



# 第七届 全国沉积学大会

The 7th National  
Sedimentological Congress

沉积学与宜居地球

会议  
摘要集

2021  
NSC



# 现代沉积学

## 大陆边缘沉积与环境演化



摘要 ID: 2405

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 近 38 kyr 以来南海北部深海盆沉积物的物质来源和风化强度记录

徐方建<sup>1</sup>、胡邦琦<sup>2,3</sup>、赵京涛<sup>2,3</sup>、刘喜停<sup>4</sup>、胥可辉<sup>5,6</sup>、熊志方<sup>7</sup>、王飞飞<sup>2,3</sup>、丁雪<sup>2,3</sup>、李清<sup>2,3</sup>、郭建卫<sup>2,3</sup>

1. 海南大学 海洋学院, 海口, 570228

2. 中国地质调查局 青岛海洋地质研究所, 青岛, 266071

3. 青岛海洋科学与技术国家实验室 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛, 266071

4. 中国海洋大学 海洋地球科学学院 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛, 266100

5. Department of Oceanography and Coastal Sciences, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA

6. Coastal Studies Institute, Louisiana State University, Baton Rouge, LA 70803, USA

7. 自然资源部第一海洋研究所 海洋地质与地球物理研究室, 青岛, 266061

对南海北部深海盆一个 4 m 长的 CS11 岩心 (118.52° E, 19.03° N, 水深 3755 m) 进行了常量元素、微量元素 (Fe、K、Al、Ti、V、Rb、Th 和 Cr)、稀土元素、粒度和 AMS <sup>14</sup>C 年代分析。除 37 ~ 35 kyr BP 期间受到吕宋北部输入的暂时影响外, CS11 岩心沉积物主要来自台湾西南部的物质输入, 主要受控于自北向南的南海底流。在过去 35 kyr, CS11 沉积物化学风化指数与世界范围内的冷事件, 如 Younger Dryas (YD)、Heinrich 1 (H1)、Heinrich 2 (H2) 和 Heinrich 3 (H3) 事件具有良好的相关性, 表明在百千年时间尺度上, 该地区沉积物的风化强度主要受控于气候的变化。而末次盛冰期 (Last Glacial Maximum, LGM) 期间, 沉积物的化学风化强度最强, 这主要是由于台湾来源的沉积物暴露在陆架上, 经进一步的化学风化后向南海深海盆输送。总体来讲, 35 ~ 11 kyr BP 期间, 沉积物的化学风化强度受控于海平面变化控制的台湾西南部陆架沉积物输入影响。约 11 kyr BP 以来, 随着海平面迅速上升和海岸线后退, 古陆架沉积物的改造和贡献相应减少。在不同地质时间尺度上, 南海北部深海盆沉积物的化学风化强度主控因素存在差异: 在百-千年尺度上主要受控于气候变化, 而在轨道尺度上主要受控于海平面变化。大陆风化理论认为大陆风化速率在冰期相对间冰期更低。我们的研究发现, 冰期热带南海陆架硅酸盐的化学风化强度较高, 这得到了南海深海盆沉积物的有效记录, 支持了“冰期热带陆架风化假说”。

### 参考文献

**关键词** 地球化学; 海平面; 化学风化; 气候变化; 台湾



摘要 ID: 3084

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 表层流与底流在冰期-间冰期截然不同的活动特性：死海 22 万年洪水“事件”沉积记录

卢银\*<sup>1</sup>、Ed L. Pope<sup>2</sup>、Jasper Moernaut<sup>3</sup>、Revital Bookman<sup>4</sup>、Nicolas Waldmann<sup>4</sup>、Amotz Agnon<sup>5</sup>、Shmuel Marco<sup>6</sup>、Michael Strasser<sup>3</sup>

1. 同济大学海洋与地球科学学院

2. Durham University (UK)

3. University of Innsbruck (Austria)

4. University of Haifa (Israel)

5. Hebrew University of Jerusalem (Israel)

6. Tel Aviv University (Israel)

在湖泊和海洋环境中，对于现代密度流沉积过程与地质记录保存的沉积物之间的关联尚不清楚。因此，目前尚不清楚长期气候变化是否会影响沉积物密度流的强度与频率；如果会，又是如何影响的。回答这个科学问题的途径之一是分析可与现代密度流沉积过程进行可靠关联的高质量长尺度地层记录。为了解答这个问题，我们研究了取自死海（地球上最大最深的高盐度湖泊）沉积中心，覆盖 MIS 7-1（22 万年）的 ICDP 5017-1 岩芯。

死海水体咸度在冰期-间冰期环境变化过程中经历了大幅度波动，会引起水体密度的较大变化。我们对死海的地质记录及现代沉积过程均有较深的理解，有助于将地层记录中的不同类型沉积与现代密度流沉积过程进行可靠关联。基于已有的流域洪水检测、现代湖面洪水监测和湖心不同深度沉积物捕集结果，我们将岩芯记录中的均质泥质沉积（homogeneous mud）、浊流沉积（turbidite）及泥流沉积（debrite）分别与现代表层流沉积过程、底流沉积过程相联系。

借助高分辨率岩芯图片、磁化率和 XRF 扫描结果（1 mm 间隔），对近 500 米长的岩芯（含平行钻孔岩芯）中的毫米-分米级厚度的均质泥岩层、浊流沉积层及泥流沉积层进行了统计分析。共计识别与测量出 >5000 个与地震事件沉积层（震积岩；Lu et al., 2020）无空间关联的沉积层，报导了迄今数量最多的密度流沉积层（Lu et al., 2022）。我们的记录（1）证实表层流沉积过程在水体咸度和密度更大的间冰期更显著，与之相对，底流沉积过程在水体咸度和密度更低的冰期更显著；（2）揭示轨道尺度气候变化会通过改变水体咸度、密度来影响密度流沉积过程及相应的地层记录；（3）表明即使在像死海这样的构造活跃环境中（Lu et al., 2017; 2020），浊流沉积过程与历史也受到气候及相关因素（如水体盐度、水面波动、物源区面积等）变化的调制。

**参考文献** Lu, Y., Waldmann, N. D., Alsop, G. Ian, & Marco, S., 2017. Interpreting soft sediment deformation and mass transport deposits as seismites in the Dead Sea depocenter. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* [J], 122, 8305–8325. Lu, Y., Wetzler, N., Waldmann, N. D., Agnon, A., Biasi, G. P., and Marco, S., 2020. A 220,000-year-long continuous large earthquake record on a slow-slipping plate boundary. *Science Advances* [J], 6 (48), doi: 10.1126/sciadv.aba4170. Lu, Y., Pope E., Moernaut, J., Bookman, R., Waldmann, N., Agnon, A., Marco, S., Strasser, M., 2022. Stratigraphic record reveals contrasting roles of overflows and underflows over glacial cycles in a hypersaline lake (Dead Sea). *Earth and Planetary Science Letters* [J], 594, 117723, doi: 10.1016/j.epsl.2022.117723

**关键词** 洪水；现代沉积过程；地质记录；事件沉积；气候变化



摘要 ID:3168

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 从源-汇角度解译台湾海峡沉积有机质的分布

陶舒琴<sup>1</sup>、James T. Liu<sup>2</sup>、王爱军<sup>1</sup>、Thomas M. Blattmann<sup>4</sup>、Rick J. Yang<sup>2</sup>、Jay Lee<sup>1</sup>、Jimmy J. Xu<sup>1</sup>、李莉<sup>3</sup>、叶翔<sup>1</sup>、尹希杰<sup>1</sup>、王亮<sup>1</sup>

1. 自然资源部第三海洋研究所
2. 台湾中山大学
3. 中国海洋大学
4. 瑞士苏黎世联邦理工学院

边缘海沉积有机质从颗粒有机质来源和迁移历史来看具有其固有的区域特征和复杂性。台湾海峡是连接东海和南海的典型浅水狭道型海洋系统。较强的洋流、沿岸上升流、长距离传输的大河和本地中小型山溪性河流均会影响台湾海峡中有机质的分布。本论文中系统研究了粒径级、陆源生物标志物、海源生物标志物、初级生产水平指标 (Chl-a) 和海水表层温度分布的共变性。使用经验正交/特征函数 (Empirical orthogonal/eigen function) 分析技术来区分台湾海峡北、南、西和东边界进入台湾海峡四个颗粒物假设源对台湾海峡沉积有机质分布的影响。结果表明, 南向浙闽沿岸流和北向南海暖流的输入源对埋藏在台湾海峡中的有机质分布具有主导影响。通过侧向边界上的河口羽流和海峡中上升流输入源对沉积有机质分布起次要影响。在这个由多源输入和多类型传输过程组成的源-汇系统格局作用下, 细颗粒物是 OM 信号的主要载体。陆地生物标志物和初级生产力与南北向两个主要的洋流系统和台湾海峡边缘的河流输入有关。海源生物标志物与台湾海峡内部的上升流过程密切相关。本论文的主要结论展示出洋流、河流冲淡水 and 上升流等海洋物理过程不仅决定了台湾海峡生物标志物的埋藏分布, 还决定了区域有机质的多样性水平。

### 参考文献

**关键词** 有机质分布; 生物标志物; 正交/特征函数分析; 台湾海峡



摘要 ID:2600

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 冲绳海槽南部晚全新世以来沉积源-汇过程的矿物学响应

朱博文<sup>\*1,2,3</sup>、曾志刚<sup>2,3,4</sup>、孙凡<sup>3,5</sup>

1. 中国科学院海洋研究所
2. 海洋地质与环境重点实验室, 中国科学院海洋研究所
3. 中国科学院大学
4. 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛海洋科学与技术试点国家实验室
5. 海洋环流与波动重点实验室, 中国科学院海洋研究所

冲绳海槽南部由于在全新世时期具有极高的沉积速率, 得到了海洋地质学家的重点关注。二十余年来, 冲绳海槽南部的沉积源汇过程尤其是沉积物源研究取得了显著的成果, 但该区域的主要物源区究竟是东海陆架还是台湾东北的兰阳河, 一直没有定论。为继续解决此问题, 本研究利用新近获取的岩芯沉积物, 开展了基于黏土矿物、重矿物及碎屑锆石年代学的物源示踪工作, 揭示了晚全新世以来冲绳海槽南部的沉积物源。

具体来说, 研究样品的重矿物主要由普通角闪石, 绿帘石和片状矿物组成, 指示了东海陆架/长江对该区域显著的物质贡献; 同时, 普遍发育的阳起石也指示了东海外陆架阳起石高值区对冲绳海槽南部沉积物的物源有控制作用; 碎屑锆石年代学特征也显示出与东海陆架的相似性。除重矿物外, H4-S2 的黏土矿物中高含量的蒙脱石, 指示了东海陆架/长江对该区域的物质贡献是连续的。众所周知, 近 7.0ka 以来, 随着黑潮跨越宜兰海脊进入冲绳海槽, 台湾河流就成为冲绳海槽南部主要的物源区, 并影响了冲绳海槽中部和北部沉积物的组成。基于此认识, 本研究中普遍存在的东海陆架/长江来源的沉积物显然是“异常”的, 黑潮的“屏障”作用并不支持它们进入冲绳海槽。因此, 是否存在一个除东海陆架外, 广泛记录东海陆架/长江沉积物的物源区? 为解决这一问题, 本研究提出冲绳海槽中部可能是南部的潜在物源区, 并开展了基于 HYCOM 数据集的数值模拟工作。结果显示, 在冲绳海槽地区 200m 水深及以下, 存在一条终年存在的等深流(速度 > 10cm/s)。因此, 冲绳海槽中部的沉积物, 可能在此等深流的作用下, 最终沉降冲绳海槽南部。需要说明的是, 黏土矿物和重矿物仅占本研究样品的少部分, 其对应的物源判别结果并不能代表全样的物质来源。结合 Sr-Nd 同位素的物源示踪结果, 台湾河流是冲绳海槽南部最主要的物源区, 这点毋庸置疑。但东海陆架、长江和冲绳海槽中部可能是冲绳海槽南部晚全新世以来不可忽略的物源区。

需要特别强调, 本研究迄今为止最大的遗憾/缺陷在于:

(1) 由于笔者对沉积动力学知识的匮乏, 尚无法准确计算 200-1500m 水深范围内, 10cm/s 的流体能否搬运砂粒级组分的沉积物颗粒(在传统的 1m 水深理想实验中, 这个条件是可以满足的);

(2) 由于航次设计时并未以沉积源汇-过程为科学导向, 该区域仍旧欠缺众多基础地质资料, 根据“一孔之见”所提出的区域性认识, 可能并不客观正确。

### 参考文献

**关键词** 冲绳海槽; 晚全新世; 沉积源-汇过程; 碎屑锆石年代学



摘要 ID:126

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 全新世气候调控陆架泥质沉积供应、输运和沉降

董江<sup>1,5</sup>、李安春<sup>\*2</sup>、刘喜停<sup>3</sup>、万世明<sup>2</sup>、徐方建<sup>4</sup>、石学法<sup>5</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所
2. 中国科学院海洋研究所海洋地质与环境重点实验室
3. 中国海洋大学海洋地球科学学院
4. 中国石油大学(华东)地球科学学院
5. 自然资源部第一海洋研究所海洋地质与成矿作用重点实验室

全新世泥质沉积广泛发育在全球陆架上,是河流入海物质的重要沉积“汇”。许多学者对全新世陆架泥质沉积机制进行研究,其结果表明陆架泥质沉积作用受到河流物质供给、海洋环流、波浪、潮汐和区域地形地貌等多种因素的共同影响。但是,全新世陆架泥质沉积演化对气候变化的响应机制仍不清楚。

作为陆架泥质沉积主要的供给物源,河流入海径流量和输沙量受到降水的显著影响;而作为与陆架泥质沉积输运和沉降直接相关的水动力,海洋环流受到全球或区域气候变化的调控。这一现象在中国边缘海尤为突出:全新世泥质沉积广泛发育在中国边缘海宽广平坦的大陆架上,这些泥质沉积主要来源于河流(如长江和黄河)物质输入,并在气候驱动的海流作用下进行长距离的搬运。因此,气候变化也可能调控全新世陆架泥质沉积的供给、输运和沉降作用。

基于以上推测和前期研究基础,本文选取东海内陆架泥质沉积区多根岩心沉积物为主要研究材料,对其矿物学和沉积速率数据进行分析,发现在全新世千年时间尺度上,东海内陆架泥质沉积通量主要受到长江入海物质的影响。而长江入海物质通量受到区域降水的调控。当亚洲夏季风增强(减弱)或厄尔尼诺活动增强(减弱)时,长江流域降水明显增加(减少),导致其输沙量增加(减少),为东海内陆架提供更多(更少)的细粒级物质供给。此外,在最近两千年,密集的人类活动和较强东亚冬季风驱动的浙闽沿岸流分别增加了东海内陆架泥质沉积的供给和输运,对该区域此时期较高的泥质沉积通量起到了积极的作用。

现代观测表明,浙闽沿岸流悬浮搬运长江入海物质南下,而冬季浙闽沿岸流与黑潮爬升流之间相互作用形成的海流速度切变锋可作为水动力屏障圈闭大量的悬浮物质,使其沉积在近岸一侧,形成较高的沉积速率。因此,在全新世百年时间尺度,较高的泥质沉积速率出现在不同站位的不同时期,表明气候变化驱动海流产生明显的强度变化,使不同海流在不同时期产生强度的相对变化,导致海流切变锋的时空迁移,从而产生东海内陆架上不同站位在不同时期出现极高的泥质沉积速率。

该项研究表明陆架泥质沉积演化(物质供给、输运和沉降)对全新世不同时间尺度上气候波动影响下的河流物质输入和海洋环流变化能敏感地响应。该项研究对当前陆架泥质沉积演化具有参考意义:日益增加的人类活动,不仅使河流入海输沙量发生明显变化,而且对气候的影响日益加剧,从而影响陆架泥质沉积演化的各个过程,这可能导致其呈现出更为复杂的演化模式。

### 参考文献

**关键词** 泥质沉积; 东海陆架; 全新世; 气候



摘要 ID:406

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 全新世长江沉积记录的信号解读

郝强、杨承帆、张驰、杨守业\*  
同济大学海洋与地球科学学院

沉积物“从源到汇”过程一直是沉积学研究的核心问题,在大河流域,流域表生过程引起物源和风化等环境信号混合,导致河流输出沉积物的埋藏不仅受到汇集区自然条件(如构造、岩性、气候等)的控制,同时也受到传输过程和区域性水动力变化的改造,最终影响了沉积记录中环境信号的正确判识和解读。以长江流域为例,末次盛冰期侵蚀基准面下降形成巨大可容空间,在河口和陆架区发育特色的陆源碎屑沉积体系,是解析源区信息的良好载体。然而,前人对长江流域风化、物源以及气候演变的研究大多忽视了流域内部上游物源转变以及中下游沉积再旋回过程,严重制约了对全新世以来气候和人类活动影响下物源、风化信号的精细剖析。

长江上游主要为“风化限制型”河段,出三峡后,水动力锐减形成泛滥平原,大量陆源碎屑物质滞留于这一“缓冲地带”,全新世以来于深切河谷和古河漫滩上分别沉积了约 35 m 和 10 m 的沉积层;全新世江汉平原掀斜和低平原区强烈沉积进一步凸显(柏道远, 2010; Xu et al, 2019),大量河间洼地湖中沉积较为连续的细粒沉积物是探究长江流域全新世环境变迁、人类活动影响的理想研究对象。本研究选取长江中游通江湖泊钻孔,通过粘土粒级 Nd 同位素组成及主微量元素特征指标判别物源信息,以硅、锂同位素组成代表大陆风化强度,通过沉积相记录判断 Si-Li-Nd 同位素组成是否受到原地环境变化的影响及其对古气候变化的响应。与流域内古气候指标进行综合对比,揭示大河流域化学风化过程如何响应全新世气候和环境变化。本研究也揭示, Si 和 Li 同位素耦合可以较好示踪大河流域的大陆风化过程,但风化信号可靠提取是关键。

**参考文献** 柏道远,李长安,2010.江汉盆地第四纪地质研究现状[J].地质科技情报,29(6):1-6. Xu Y T, & Lai Z P, & Li C A, 2019. Sea-level change as the driver for lake formation in the Yangtze Plain-Areview [J]. & Global and Planetary Change, 181:1-8.

**关键词** 全新世 长江 化学风化





摘要 ID:906

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 东中国海沉积特征及变异规律: 基于新编 1:100 万渤海、黄海和东海沉积物类型图的若干新认识

乔淑卿<sup>\*1</sup>、石学法<sup>1,2</sup>、刘焱光<sup>1,2</sup>、刘升发<sup>1,2</sup>、王昆山<sup>1,2</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所

2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室

沉积物类型图是海洋地质图的基本图件,反映了海底沉积物的分布特征和变化规律,具有重要的理论意义和实用价值。基于我国近 30 年来多个海洋调查专项项目及相关项目获取的 17145 站沉积物数据并结合收集的数据资料编制了 1:100 万渤海、黄海和东海沉积物类型图。在编图过程中,进行了沉积物粒度数据标准化处理,使其反映的沉积物分布特征和变化规律更加鲜明、准确。本套渤海、黄海和东海沉积物类型图共分 6 幅,北起辽东湾,南至台湾海峡,西起中国海岸线,东至琉球群岛,海域面积逾 120 万平方千米。本文基于本次编图工作的成果和资料,并综合矿物学、地球化学和区域水文学特征,阐述了沉积物的分布规律、来源和成因,揭示了物质供应和水文环境条件等对我国东部海域沉积物收支的控制机制。主要认识如下:

(1) 主要划分出 34 种浅海、半深海和深海沉积物类型,并标注了钙质结核、基岩、珊瑚礁、热液点等特殊底质分布特征。

(2) 渤海、黄海和东海主要分为大陆架、大陆坡、岛坡-半深海盆几种沉积环境。细砂、粉砂质砂、粉砂、砂质粉砂、粘土质粉砂、粉砂质粘土和粘土是中国东部陆架海域分布最广的沉积物类型。大陆坡或者岛坡-半深海主要发育细粒陆源碎屑沉积,以及少量的火山碎屑沉积、陆源与生物混合沉积和生物碎屑沉积。基岩主要分布在海槽中部,邻近陆坡上也少量出现,热液主要分布在海槽的中部和南部。

(3) 渤海、黄海和东海周边河流每年向海输入沉积物约为  $1646.6 \times 10^6$  t,其中约 45%沉积形成陆地三角洲,约 40~50%沉积在水下三角洲和陆架区域,仅有不超过 5%的被搬运到陆架之外。水下三角洲区域沉积速率在中国东部陆架海区域最高,在黄河和长江三角洲区域,每年的最高沉积速率可高达 95mm;泥质区现代沉积速率在 1-5mm/yr 左右,粗粒级沉积区沉积速率基本在 3 mm/yr 以下,东海陆架斜坡沉积速率 < 1.0 mm/yr。每年泥质区(平均粒径在  $>6\Phi$  ( $16\mu\text{m}$ ))沉积  $1185.4 \times 10^6$  t 沉积物,75%以上来自河流,另外 25%可能来自海岸侵蚀、海底物质再悬浮和大气沉降等。项目资助号:自然资源部全球变化与海气相互作用项目(GASI-GEOGE-03),国家基金委-山东省海洋科学中心联合项目(U1606401),泰山学者攀登计划项目(tspd 20181216)

### 参考文献

**关键词** 东中国海;沉积物类型;渤海、黄海、东海;沉积速率;收支平衡



摘要 ID:934

最终交流类型: 专题邀请报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 亚洲大陆边缘沉积物“源-汇”过程及控制机理

石学法<sup>\*1,2</sup>、乔淑卿<sup>1,2</sup>、刘升发<sup>1,2</sup>、邹建军<sup>1,2</sup>、刘焱光<sup>1,2</sup>、姚政权<sup>1,2</sup>、王昆山<sup>1,2</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所

2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室

亚洲大陆边缘位于欧亚、太平洋和印度-澳大利亚三大板块的汇聚、碰撞边界,是太平洋、印度洋和亚洲大陆之间陆海相互作用最为强烈、物质和能量交换最为频繁的区域。亚洲大陆边缘区域内以河流为纽带的“源-汇”系统贡献了全球约2/3的入海物质,这些巨量入海物质对边缘海和全球大洋沉积作用、生物地球化学过程和海洋生态环境等都产生了巨大影响。通过国际合作,系统获得了亚洲大陆边缘北起东西伯利亚陆架,南到孟加拉湾的样品和资料,使我国成为目前国际上唯一系统拥有这一广阔海区样品和资料的国家。首次编制了亚洲大陆边缘1:350万沉积物类型图,阐述了亚洲大陆边缘源沉积物分布规律。阐明了不同纬度亚洲大陆边缘沉积物“源-汇”过程及其控制因素。建立了有效的物源示踪指标体系,阐明了亚洲大陆边缘不同纬度入海河流沉积物源岩属性,判识了泰国湾、安达曼海、孟加拉湾、南海、日本海、鄂霍次克海、东西伯利亚海等沉积物来源,阐述了入海河流物质输运和沉积过程,建立了典型海域沉积模式;首次定量评估了不同纬度陆架碳质颗粒物的来源、输入方式与埋藏通量及其对自然过程和人类活动的响应;揭示了亚洲季风、海平面变化、青藏高原隆升、海流、海冰进退等对沉积物源-汇过程控制机理。

资助项目:自然资源部全球变化与海气相互作用项目(GASI-GEOGE-03),国家基金委-山东省海洋科学中心联合项目(U1606401),泰山学者攀登计划项目(tspd 20181216)

参考文献

**关键词** 亚洲大陆边缘;沉积物;源-汇;沉积物类型图;入海河流



摘要 ID:1279

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 台湾海峡南部海砂组分的空间多样性: 碎屑物源及海底地形的影响

简星\*、申啸天

厦门大学海洋与地球学院

台湾海峡是南海和东海的通道, 东北-西南方向伸展, 处于福建和台湾之间, 在南海和东海的物质和能量交换过程中起到了非常重要的作用。台湾海峡具有狭长的地形, 较浅的水深(大部分地区水深小于 100 m, 既存着高地形(水深 20 - 50 m), 也发育多个相对较深的地貌单元), 较强的潮汐作用, 同时受浙闽沿岸流、台湾暖流等水团的影响(Liu et al., 2008; Huh et al., 2011), 该地区地震、台风、洪水等极端事件多发, 两侧众多的中小型山溪性河流提供了大量陆源物质输入(Bi et al., 2015; 杨守业等, 2018), 这些背景和条件使得台湾海峡在研究入海沉积物的来源、通量、碎屑沉积物在浅水陆架搬运和扩散模式等方面均具有独到之处。值得指出的是, 海峡两侧陆地及有关入海山地流域具有截然不同的地质背景(Shen et al., 2021), 使得台湾海峡可以成为海洋沉积物源-汇示踪研究的理想区域。

已有的调查研究结果显示, 台湾海峡表层沉积物类型具有明显的多样性, 其中泥质沉积物在北部海域具有较大范围的分布, 而南部海域的底质以砂质沉积物为主(Huh et al., 2011; 梅西等, 2020)。过去学者对台湾海峡沉积物组成及源-汇过程的研究主要关注泥质沉积物, 而砂质沉积物组成、分布规律及其源-汇过程的控制因素, 仍然不清楚。本研究采用传统的沉积岩石学和重矿物分析的手段, 对台湾海峡南部海域表层砂质沉积物以及两侧入海河流携带的沉积物进行了系统的研究。海峡两侧地质背景和基岩岩性的差异, 使得这两种方法可以成为台湾海峡砂质沉积物源分析的有效手段。结果表明, 华南地区河流沉积物和台湾河流沉积物具有截然不同的组分特征, 主要缘于流域的地质、气候等背景的差异。华南地区河流沉积物以石英、长石为主, 平均含量为 86%, 而台湾浊水溪沉积物以岩屑为主, 平均含量为 70%。根据表层砂质沉积物的骨架颗粒组成和重矿物组合特征, 并考虑水深等因素, 我们将台湾海峡分为四个沉积区: (1) 海峡中-西部沉积区(水深 40 - 60 m); (2) 海峡西南边缘沉积区(水深 30 - 60 m); (3) 台湾浅滩沉积区(水深 20 - 30 m); (4) 浅滩南部沉积区(水深 > 50 m)。利用骨架颗粒组成进行半定量二元数值模拟计算, 结果表明海峡中-西部沉积区由 56% 的台湾河流沉积物和 44% 的华南地区河流沉积物组成, 浅滩南部沉积区则接受 45% 的台湾河流沉积物和 55% 的华南地区河流沉积物供给。海峡西南边缘和台湾浅滩沉积区沉积物均以石英、长石为主, 主要受华南地区河流供给。但台湾浅滩的砂质沉积物较现代华南地区河流沉积物有更高的成熟度, 主要由磨圆度较好的石英颗粒组成。总体上看, 现代河流运输的砂质沉积物最终沉积在海峡相对较深的区域, 而较浅的台湾浅滩区域则以被改造的残留沉积物(palimpsest sediments)为主。因此, 我们认为台湾海峡表层砂质沉积物的组成及分布, 除了受碎屑物源供给影响之外, 也与海底地形密切相关。推测末次冰期以来, 快速的海平面上升事件、较浅的地形以及较强的水动力条件使得现代河流沉积物难以在台湾浅滩上保存, 而残留的古老沉积物质被强水动力的浅水环境改造, 形成了具有高成熟度的砂质沉积物。本文的研究结果和认识有助于深入了解亚热带复杂背景下的陆-海相互作用和陆架浅海沉积过程, 同时可为近海矿物资源勘探提供理论支撑。

参考文献 Bi, L., Yang, S., Li, C., Guo, Y., Wang, Q., Liu, J.T., Yin, P., 2015.

Geochemistry of river-borne clays entering the East China Sea indicates two contrasting types of weathering and sediment transport processes. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 16 (9), 3034 - 3052. Huh, C.-A., Chen, W., Hsu, F., Su, C.C., Chiu, J.K., Lin, S., Liu, C.S., Huang, B.J., 2011. Modern (<100 years) sedimentation in the Taiwan Strait: Rates and source-to-sink pathways elucidated from radionuclides and particle size distribution. *Cont. Shelf Res.* 31 (1), 47 - 63. Liu, J.P., Liu, C., Xu, K., Milliman, J.D., Chiu, J.K., Kao, S.J., Lin, S., 2008. Flux and fate of small mountainous rivers derived sediments into the Taiwan



Strait. Mar. Geol. 256 (14), 65 - 76. Shen, X., Jian, X., Li, G., Liu, J. T., Chang, Y. P., Zhang, S., Mei, H., Fu, H., Zhang, W., 2021. Submarine topography-related spatial variability of the southern Taiwan Strait sands (East Asia). Mar. Geol. 436, 106495. 梅西, 李学杰, 密蓓蓓, 赵利, 王中波, 钟和贤, 杨浩, 黄湘通, 何梦颖, 熊伟, 张勇. 2020. 中国海域表层沉积物分布规律及沉积分异模式. 中国地质, 47(5): 1447-1462. 杨守业, 印萍. 2018. 自然环境变化与人类活动影响下的中小河流沉积物源汇过程. 海洋地质与第四纪地质, 38(1), 1-10.

**关键词** 碎屑物源分析; 浅水陆架沉积; 沉积岩石学; 重矿物分析; 台湾海峡



摘要 ID: 3324

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 南极大陆边缘水道分布及其控制因素研究

黄华、黄晓霞\*

中国科学院深海科学与工程研究所

海底水道又称海底峡谷,是切割到陆架或陆坡上狭长的负地形,在全球大陆边缘均广泛发育,是将沉积物从陆地输送到海洋的最重要的通道。影响水道发育的因素繁多复杂,包括气候变化,地貌,沉积物来源和类型,以及海平面变化等。在本项研究中,我们基于 IBCSO V2 (International Bathymetric Chart of the Southern Ocean Version 2) 数据共识别了 856 条水道,分布于南极大陆边缘的六个区域:威德尔海(Weddell Sea)、阿蒙森海(Amundsen Sea)、罗斯海(Ross Sea)、威尔克斯地(Wilkes Land)、普利兹湾(Prydz Bay)和德朗宁·莫德地(Dronning Maud Land),并对这六个区域的海底水道及其可能影响因素进行了统计分析。我们发现在东西南极大陆边缘,其水道分布在长度、切割深度、宽深比值等方面存在显著差异。南极大陆边缘水道整体上呈现东多西少的分布,且西南极大陆边缘的水道延伸距离较长、切割深度小、宽度/深度比值大,而东南极大陆边缘反之。进一步定量分析表明,南极大陆边缘水道的分布受陆架宽度、陆坡坡度以及冰槽通量的影响。东南极大陆边缘陆架较窄,陆坡较为陡峭,对应水道的切割深度较深,宽深比值较小,而西南极大陆边缘陆架宽度大,陆坡坡度较小,其对应的水道切割深度小,宽深比值较大。威德尔海、阿蒙森海、罗斯海和普利兹湾四个区域存在冰槽,通过计算表明威德尔海冰槽通量最大,其次分别是普利兹湾、罗斯海和阿蒙森海,对比水道参数发现,除了罗斯海以外,另外三个区域水道长度也存在相同的大小关系,威德尔海水道最长,其次是普利兹湾和阿蒙森海,初步认为冰槽大小会影响水道长度的发育,冰槽通量越大,水道长度越长,而罗斯海可能是由于冰槽数量过多影响了冰流的汇聚作用,从而减弱了侵蚀强度。

**参考文献** 李相博,刘华清,杨田,杨仁超,李树同,庞玉茂,2022.深水重力流沉积与油藏[M],石油工业出版社 Bernhard A, & Schwanghart W, 2021. Where and why do submarine canyons remain connected to the shore during sea-level rise? Insights from global topographic analysis and Bayesian regression[J]. Geophysical Research Letters, 48(10), e2020GL092234. Gales J, Rebesco M, Santis L D, et al., 2021. Role of dense shelf water in the development of Antarctic submarine canyon morphology[J]. Geomorphology, 372, 107453. Harris P T and Whiteway T, 2011. Global distribution of large submarine canyons: Geomorphic differences between active and passive continental margins[J]. Marine Geology, v. 285, p. 69-86. Harris P T, Macmillan-Lawler M, Rupp J, et al., 2014. Geomorphology of the oceans[J]. Marine Geology, 352, 4-24. Huang X and Jokat W, 2016a. Middle Miocene to present sediment transport and deposits in the Southeastern Weddell Sea, Antarctica[J]. Global and Planetary Change, 139, pp. 211-225. Huang X and Jokat W, 2016b. Sedimentation and potential venting on the rifted continental margin of Dronning Maud Land [J]. Marine Geophysical Research, 37(4), pp. 313-324. Huang X, Bernhard A, De Santis et al., 2020. Depositional and erosional signatures in sedimentary successions on the continental slope and rise off Prydz Bay, East Antarctica - implications for Pliocene paleoclimate[J]. Marine Geology, 430, 106339.

**关键词** 海底水道; 南极大陆边缘; 水道分布; 控制因素



摘要 ID: 2219

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 海平面与东亚夏季风对于冲绳海槽 MIS6 期以来沉积物物源演化的双重控制

窦衍光<sup>1,2</sup>、石学法<sup>2,3</sup>、杨守业<sup>4</sup>、赵京涛<sup>1,5</sup>、蔡峰<sup>1,5</sup>、陈晓辉<sup>1,5</sup>

1. 中国地质调查局青岛海洋地质研究所
2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋地质过程与环境功能实验室
3. 自然资源部第一海洋研究所
4. 同济大学海洋地质国家重点实验室
5. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室

不同时间尺度陆源物质“源-汇”过程, 与之相关的陆源风化-环流演变-气候变化研究, 是目前海洋地质学研究前沿方向之一。地球轨道时间尺度上, 究竟是海平面变化, 还是东亚季风演化主导控制东亚大陆边缘沉积物由陆到海输运过程, 还存在较大争议。冲绳海槽是研究中国东部边缘海沉积物源汇过程及其动力学机制的关键海区。本研究选取冲绳海槽中南部 QZ01 钻孔 (长 60 m), 通过对该孔沉积物粒度、粘土矿物、Sr-Nd-Pb 同位素等指标的分析, 旨在探讨轨道尺度上中国东部大陆风化沉积物输入海的输运过程与动力机制。

QZ01 孔沉积物底栖有孔虫氧同位素显示, 该钻孔底部年龄距今约 197.4 ka, 记录了氧同位素 6 期 (MIS6) 变化特征与海平面变化具有较好的对应关系。物源判别表明, 该孔粘土矿物主要来自长江和台湾。间冰期高海平面时期, 粘土矿物中绿泥石和伊利石含量高, 与台湾源一致; 冰期低海平面时期沉积物颗粒偏粗, 粘土矿物中蒙脱石和高岭石含量高, 与长江源一致。通过频谱分析, QZ01 钻孔粘土矿物呈现 100 ka, 41 ka 和 23ka 周期, 与地球轨道参数的三个参数偏心率 (100 ka)、斜率 (41 ka)、岁差 (23 ka) 周期一致。偏心率与南北极冰量控制的冰期-间冰期海平面变化有关, 岁差与北半球太阳辐射量有关, 体现在夏季风降雨, 表明 MIS6 期以来冲绳海槽中南部粘土矿物组成受到海平面变化和东亚夏季风的双重控制。进一步研究发现, 间冰期东亚夏季风强时, 季风降雨带来的台湾伊利石、绿泥石多, 通过黑潮输运至冲绳海槽; 冰期东亚季风减弱时, 相对的来自大陆源蒙脱石含量高。此外, MIS5-6 期间, 粘土矿物与沉积物 Sr-Nd 同位素未呈现冰期-间冰期规律特征, 可能与黑潮减弱有关。

### 参考文献

**关键词** 粘土矿物演化; 海平面变化; 东亚夏季风; MIS6 期; 冲绳海槽



摘要 ID:2952

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 塞舌尔群岛西北部海域现代沉积物黏土矿物特征及来源分析

武佳星、刘升发\*  
自然资源部第一海洋研究所

黏土矿物是海洋沉积物的重要组成部分,分析深海黏土矿物组成特征、分布规律是追溯细颗粒沉积物运移路径的良好方法。西赤道印度洋地理位置、海洋环境特殊,海底沉积物物质来源及输运过程复杂。我们对塞舌尔群岛西北部海域 34 个表层沉积物开展黏土矿物分析,讨论该海区细粒物质的物质来源和输运动力。研究区表层沉积物中黏土矿物平均含量从高到低依次为伊利石 (35%)、坡缕石 (20%)、蒙皂石 (20%)、高岭石 (15%)、绿泥石 (10%)。根据沉积物黏土矿物含量和空间分布规律,可将研究区分为 2 个亚区 (I 区、II 区)。I 区覆盖研究区北部大部区域,主要受阿拉伯半岛、印度半岛西南部以及索马里海岸沙漠的风尘物质贡献;II 区位于研究区南部的塞舌尔群岛以东,主要接收塞舌尔高原风化物物质。南亚夏季风搬运阿拉伯半岛、印度西部及索马里海岸沙漠风尘物质向南输运是影响 I 区黏土矿物组成的主要因素;南赤道逆流驱动塞舌尔高原富高岭石、绿泥石的细粒风化物物质向东扩散,控制了 II 区黏土矿物组成特征和空间分布规律。

**参考文献** 马在平,姜在兴,钱崢.我国热带亚热带部分地区花岗岩和片麻岩中黑云母风化研究[J].矿物岩石,1996(02):17-24. &nbsp; &nbsp; &nbsp; &nbsp; Alizai A, Hillier S, &nbsp; Clift P D, et al. Clay mineral variations in Holocene terrestrial sediments &nbsp; from the Indus Basin [J]. Quaternary Research, 2017, 77(3): 368-81. &nbsp; &nbsp; Baskaran M, Sarin M M, Somayajulu B J C &nbsp; G. Composition of mineral fractions of the Narbada and Tapti estuarine &nbsp; particles and the adjacent Arabian Sea sediments off western India [J]. 1984, &nbsp; 45(1-2): 33-51. &nbsp; &nbsp; Biscaye P E. Mineralogy and Sedimentation &nbsp; of Recent Deep-Sea Clay in the Atlantic Ocean and Adjacent Seas and Oceans &nbsp; [J]. Geological Society of America Bulletin, 1965, 76(7). &nbsp; &nbsp; Camoin G F, Montaggioni L F, Braithwaite &nbsp; C J R. Late glacial to post glacial sea levels in the Western Indian Ocean &nbsp; [J]. Marine Geology, 2004, 206(1-4): 119-46. &nbsp; &nbsp; Castillo -Trujillo A C, Arzeno -Soltero I &nbsp; B, Giddings S N, et al. Observations and Modeling of Ocean Circulation in the &nbsp; Seychelles Plateau Region [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2021, &nbsp; 126(2). &nbsp; &nbsp; Clemens S, Prell W, Murray D, et al. &nbsp; Forcing mechanisms of the Indian Ocean monsoon [J]. Nature, 1991, 353(6346): &nbsp; 720-5. &nbsp; &nbsp; Das S, Rai A K, Akaram V, et al. &nbsp; Paleoenvironmental significance of clay mineral assemblages in the &nbsp; southeastern Arabian Sea during last 30 kyr [J]. 2013, 122(1): 173-85. &nbsp; Dean W E, Leinen M, Stow D a J J O S R. &nbsp; Classification of deep-sea, fine-grained sediments [J]. 1985, 55(2): 250-6. &nbsp; &nbsp; Debrabant P, Fagel N, Chamley H, et al. &nbsp; Neogene to Quaternary clay mineral fluxes in the Central Indian basin [J]. &nbsp; 1993, 103(3-4): 117-31. &nbsp; &nbsp; Duncan R, Backman J, Peterson L, et al. &nbsp; Reunion hotspot activity through tertiary time: Initial results from the &nbsp; ocean drilling program, leg 115 [J]. 1989, 36(1-3): 193-8. &nbsp; &nbsp; Ehrmann W, Schmiel G. Nature and &nbsp; dynamics of North African humid and dry periods during the last 200,000 years &nbsp; documented in the clay fraction of Eastern Mediterranean deep-sea sediments &nbsp; [J]. Quaternary Science Reviews, 2021, 260. &nbsp; &nbsp; Esquevin J J B C R P-S. Influence de la &nbsp; composition chimique des illites sur leur cristallinité [J]. 1969, 3(1): &nbsp; 147-53. &nbsp; &nbsp; Fieux M, Reverdin G. Current Systems in &nbsp; the Indian Ocean [M]. Encyclopedia of Ocean Sciences. 2019: 212-8. &nbsp; &nbsp; Fieux M. Indian Ocean Equatorial Currents &nbsp; [M]. Encyclopedia of Ocean Sciences. 2001: 362-73. &nbsp; &nbsp; Fisk M R, Duncan R A, Baxter A N, et al. &nbsp; Reunion hotspot



magma chemistry over the past 65 m.y. : Results from Leg 115 &nbsp; of the Ocean Drilling Program [J]. 1989, 17(10): 934-7. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Fisk M R, Duncan R A, Baxter A N, et al. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Reunion hotspot magma chemistry over the past 65 my: Results from Leg 115 of &nbsp; &nbsp; &nbsp;the Ocean Drilling Program [J]. 1989, 17(10): 934-7. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Ganor E. The composition of clay minerals &nbsp; &nbsp; &nbsp;transported to Israel as indicators of Saharan dust emission [J]. 1991, &nbsp; &nbsp; &nbsp;25(12): 2657-64. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Goldberg E D, Griffin J J. The sediments &nbsp; &nbsp; &nbsp;of the northern Indian Ocean; proceedings of the Deep Sea Research and &nbsp; &nbsp; &nbsp;Oceanographic Abstracts, F, 1970 [C]. Elsevier. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Govil P, Naidu P D. Late Quaternary &nbsp; &nbsp; &nbsp;changes in depositional processes along the western margin of the Indus Fan &nbsp; &nbsp; &nbsp;[J]. Geo-Marine Letters, 2007, 28(1): 1-6. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Jickells T, An Z, Andersen K K, et al. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Global iron connections between desert dust, ocean biogeochemistry, and &nbsp; &nbsp; &nbsp;climate [J]. 2005, 308(5718): 67-71. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Kessarkar P, Rao V, Ahmad S, et al. Clay &nbsp; &nbsp; &nbsp;minerals and Sr -Nd isotopes of the sediments along the western margin of &nbsp; &nbsp; &nbsp;India and their implication for sediment provenance [J]. Marine Geology, &nbsp; &nbsp; &nbsp;2003, 202(1-2): 55-69. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Kolla V, Henderson L, Biscaye P E. Clay &nbsp; &nbsp; &nbsp;mineralogy and sedimentation in the western Indian Ocean; proceedings of the &nbsp; &nbsp; &nbsp;Deep Sea Research and Oceanographic Abstracts, F, 1976 [C]. Elsevier. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Kolla V, Kosteckii J, Robinson F, et al. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Distributions and origins of clay minerals and quartz in surface sediments of &nbsp; &nbsp; &nbsp;the Arabian Sea [J]. 1981, 51(2): 563-9. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Krishnan M S. Geology of India and Burma &nbsp; &nbsp; &nbsp;[J]. 1960. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Lé on J-F, Legrand M. Mineral dust sources &nbsp; &nbsp; &nbsp;in the surroundings of the north Indian Ocean [J]. Geophysical Research &nbsp; &nbsp; &nbsp;Letters, 2003, 30(6). &nbsp; &nbsp; &nbsp;L'hégaret P, Beal L M, Elipot S, et al. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Shallow Cross - Equatorial Gyres of the Indian Ocean Driven by Seasonally &nbsp; &nbsp; &nbsp;Reversing Monsoon Winds [J]. Journal of Geophysical Research: Oceans, 2018, &nbsp; &nbsp; &nbsp;123(12): 8902-20. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Lim D, Kim J, Kim J, et al. Enhancement &nbsp; &nbsp; &nbsp;of volcanic eruption in mid-ocean ridge during the last deglaciation: New &nbsp; &nbsp; &nbsp;sedimentary evidence in the middle part of Central Indian Ridge [J]. Marine &nbsp; &nbsp; &nbsp;Geology, 2021, 440. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Lindhorst S, Betzler C, Kroon D. Wind &nbsp; &nbsp; &nbsp;variability over the northern Indian Ocean during the past 4 million years - &nbsp; &nbsp; &nbsp;Insights from coarse aeolian dust (IODP exp. 359, site U1467, Maldives) [J]. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2019, 536. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Liu Z F, Wang H, Hantoro W S, et al. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Climatic and tectonic controls on chemical weathering in tropical Southeast &nbsp; &nbsp; &nbsp;Asia (Malay Peninsula, Borneo, and Sumatra) [J]. CHEMICAL GEOLOGY, 2012, 291: &nbsp; &nbsp; &nbsp;1-12. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Mcmurtry G M. Deep-Sea Sediment: &nbsp; &nbsp; &nbsp;Authigenic Deposits [M]. Encyclopedia of Ocean Sciences. 2019: 121-32. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Milliman J D, Quraishee G S, Beg M a a J &nbsp; &nbsp; &nbsp;U. Marine geology and oceanography of Arabian Sea and Coastal Pakistan [J]. &nbsp; &nbsp; &nbsp;1984. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Naidu P D, Malmgren B a J M G. Quaternary &nbsp; &nbsp; &nbsp;carbonate record from the equatorial Indian Ocean and its relationship with &nbsp; &nbsp; &nbsp;productivity changes [J]. 1999, 161(1): 49-62. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Nyadjro E S, Jensen T G, Richman J G, et &nbsp; &nbsp; &nbsp;al. On the relationship between wind, SST, and the thermocline in the &nbsp; &nbsp; &nbsp;seychelles? Chagos thermocline ridge [J]. 2017, 14(12): 2315-9. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Pandarinath K. Clay minerals in SW Indian &nbsp; &nbsp; &nbsp;continental shelf sediment cores as indicators of provenance and &nbsp; &nbsp; &nbsp;palaeomonsoonal conditions: a statistical approach [J]. International Geology &nbsp; &nbsp; &nbsp;Review, 2009, 51(2): 145-65. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Purnachandra Rao V, Ramalingeswara Rao B. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Provenance and distribution of clay minerals in the sediments of the western &nbsp; &nbsp; &nbsp;continental shelf and slope of India [J]. Continental Shelf Research, 1995, &nbsp; &nbsp; &nbsp;15(14): 1757-71. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Schott F A, McCreary Jr J P J P I O. The &nbsp; &nbsp; &nbsp;monsoon circulation of the Indian Ocean [J]. 2001, 51(1): 1-123. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Singh N D, Singh S K. Distribution and &nbsp; &nbsp; &nbsp;cyclling of dissolved aluminium in the Arabian Sea and the Western Equatorial &nbsp; &nbsp; &nbsp;Indian Ocean [J]. Marine Chemistry, 2022, 243. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Sirocko F, Lange H. Clay-mineral &nbsp; &nbsp; &nbsp;accumulation rates in the Arabian Sea during the late Quaternary [J]. Marine &nbsp; &nbsp; &nbsp;Geology, 1991, 97(1): 105-19. &nbsp; &nbsp; &nbsp;Stein R.





Clay Minerals [M]. Encyclopedia of Marine Geosciences. 2015: 1–8. Suresh K, Kumar A, Ramaswamy V, et al. Seasonal variability in aeolian dust deposition fluxes and their mineralogical composition over the Northeastern Arabian Sea [J]. International Journal of Environmental Science and Technology, 2021, 19(8): 7701–14. Thamban M, Purnachandra Rao V, Schneider R R. Reconstruction of late Quaternary monsoon oscillations based on clay mineral proxies using sediment cores from the western margin of India [J]. Marine Geology, 2002, 186(3): 527–39. Thiry M, Pletsch T. Palygorskite Clays in Marine Sediments: Records of Extreme Climate [M]. Developments in Palygorskite-Sepiolite Research. 2011: 101–24. Tindale N W, Pease P P. Aerosols over the Arabian Sea: Atmospheric transport pathways and concentrations of dust and sea salt [J]. Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography, 1999, 46(8): 1577–95. Tucker R D, Ashwal L D, Torsvik T H J E, et al. U–Pb geochronology of Seychelles granitoids: a Neoproterozoic continental arc fragment [J]. 2001, (1/2): 187. Valsangkar A B, Borole D, Shejwalkar A S, et al. Potential diagenetic and detrital sources for calcareous sediments from the Carlsberg Ridge, Indian Ocean [J]. 2009. Weaver C E, Beck K C J S G. Miocene of the SE United States: a model for chemical sedimentation in a peri-marine environment [J]. 1977, 17(1–2): IX–234. Windom H. Lithogenous material in marine sediments [J]. Chemical oceanography, 1976, 5. Wyrтки K J S. An equatorial jet in the Indian Ocean [J]. 1973, 181(4096): 262–4. Yu Z, Li H, Li M, et al. Hydrothermal signature in the axial-sediments from the Carlsberg Ridge in the northwest Indian Ocean [J]. Journal of Marine Systems, 2018, 180: 173–81. Zöllmer V, Irion G. Clay mineral and heavy metal distributions in the northeastern North Sea [J]. 1993, 111(3–4): 223–30.

**关键词** 黏土矿物；物源；季风；洋流；西印度洋



摘要 ID:2962

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 热带河流沉积物地球化学和矿物学的粒度效应及其对化学风化和碱金属元素分馏的影响

吴凯凯<sup>1</sup>、刘升发<sup>1</sup>、石学法<sup>\*1</sup>、Colin Christophe<sup>2</sup>、Bassinot Franck<sup>3</sup>、楼章华<sup>4</sup>、张辉<sup>1</sup>、朱爱美<sup>1</sup>、方习生<sup>1</sup>、Che Abd Rahim Mohamed<sup>5</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所
2. 巴黎萨克雷大学
3. 法国气候变化与环境研究所
4. 浙江大学海洋学院
5. 马来西亚国民大学

河流沉积物的矿物学和地球化学组成已被广泛用于评估过去不同时间尺度的流域盆地化学风化和物理侵蚀历史。然而,沉积物分选在河流沉积物的矿物学和地球化学成分中的作用还没有被很好的约束,因为它可以改变用于评估风化强度的代用指标。在本研究中,将取自热带马来半岛彭亨河和吉兰丹河的沉积物样品分为7个不同的粒级(<63、32-63、16-32、8-16、4-8、2-4和<2  $\mu\text{m}$ ),确定了其主微量元素的含量和矿物组成,用来评估热带气候条件下沉积物搬运过程中的化学风化和碱金属元素的分馏。细粒级组分沉积物(从<2  $\mu\text{m}$ 到4-8  $\mu\text{m}$ )的特点是Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、V、Sc和Cs的含量高于粗粒级组分(从8-16  $\mu\text{m}$ 到32-63  $\mu\text{m}$ )。锆石和独居石等重矿物对Zr和Th的含量有重要影响,导致粗粒级沉积物组分这几种元素含量非常高。元素含量随颗粒大小的变化主要归因于矿物分选和风化过程中矿物成分的变化。在两条河流中,化学风化的强度随着粒级的减小而增加。然而,随着粒级的减小,彭亨河和吉兰丹河不同粒级沉积物与化学风化趋势之间的变化关系不同,主要是由于粗粒级组分中(16-32  $\mu\text{m}$ 和32-63  $\mu\text{m}$ )斜长石和钾长石含量的差异。高岭土百分含量、伊利石化学指数和伊利石结晶度等矿物学参数可以作为沉积物化学风化强度的代用指标。对比Rb/K和Cs/K比值与CIA的关系表明,在化学风化过程中,K和Rb主要来自原生矿物,而Cs主要存在于细小的风化颗粒中,这是由于粘土矿物对Cs的再吸附。总的来说,我们的结果强调了热带河流流域沉积物中颗粒大小和矿物组合与化学风化(和碱金属元素分馏)不同状态的关系。在使用矿物学和地球化学组成重建“从源到汇”的风化历史时,需要考虑这些关系。

**参考文献** Colin, C., Turpin, L., Bertaux, J., et al., 1999. Erosional history of the Himalayan and Burman ranges during the last two glacial - interglacial cycles. *Earth and Planetary Science Letters*. 171, 647-660. Garzanti, E., Andò, S., France-Lanord, C., et al., 2011. Mineralogical and chemical variability of fluvial sediments. 2. Suspended-load silt (Ganga-Brahmaputra, Bangladesh). *Earth and Planetary Science Letters*. 302, 107 - 120. Liu, Z., Wang, H., Hantoro, W.S., et al., 2012. Climatic and tectonic controls on chemical weathering in tropical Southeast Asia (Malay Peninsula, Borneo, and Sumatra). *Chemical Geology*. 291, 1-12. Lupker, M., France-Lanord, C., Galy, V., et al., 2013. Increasing chemical weathering in the Himalayan system since the Last Glacial Maximum. *Earth and Planetary Science Letters*. 365, 243-252. Tanaka, K., Watanabe, N., 2015. Size distribution of alkali elements in riverbed sediment and its relevance to fractionation of alkali elements during chemical weathering. *Chemical Geology*. 411, 12-18.

**关键词** 热带河流沉积物; 颗粒大小; 矿物学; 主微量元素; 化学风化作用



摘要 ID:1662

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 基于分粒级地球化学组成的塞尔维亚 Stari Slankamen 剖面黄土物源研究

武雪超<sup>1</sup>、郝青振\*<sup>1</sup>、Marković Slobodan B.<sup>2</sup>、付玉<sup>1</sup>、娜米尔<sup>1</sup>、宋扬<sup>3</sup>、郭正堂<sup>1</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所

2. Department of Physical Geography, Faculty of Sciences, University of Novi Sad

3. 北京城市系统工程研究中心

黄土作为最为广阔的陆相沉积之一,其物源研究不仅是理解黄土形成基本过程和诸多古气候代用指标的基础,而且对重建过去大气环流模式和源区环境演变具有重要的意义。多瑙河黄土位于欧亚大陆黄土带的西端,是欧洲黄土保存最为完整的地区之一。特别是在多瑙河中下游地区,由于远离冰川侵蚀的直接影响,加之地势平坦,黄土堆积连续且保存良好,底界年龄可达 1 Ma 以上 (Marković et al., 2011; Song et al., 2018)。多瑙河黄土与中国黄土高原、中亚等地区的黄土共同构成了研究欧亚大陆不同气候系统冰期—间冰期气候演化及其动力学关联的罕见的陆相沉积记录。然而,尽管当前开展了许多古气候和古环境研究,关于多瑙河黄土的物源尚没有统一明确的认识。

本研究选择经典的塞尔维亚 Stari Slankamen 黄土剖面为研究材料,利用分粒级地球化学方法进行物源研究。主要获得了以下认识: 1) Stari Slankamen 剖面黄土多数主量元素、微量元素和 Sr 同位素组成存在明显的粒级效应。主量元素中,只有 Ti 元素含量随粒级变化整体较小。多数微量元素都倾向于在细粒级组分中富集,而 Sr 含量则随着颗粒物粒度的增大而增加, Nb、Ta、Zr、Hf 等高频强元素的粒级效应则较弱。对于 Sr-Nd 同位素, Sr 同位素的粒级效应较 Nd 同位素更加明显。2) 单个元素的粒级效应导致相关联的元素比值也存在明显的粒级效应。在物源研究中常用的元素比值指标中, Nb/Ta、Zr/Hf、Eu/Eu\*、Ce/Ce\* 的粒级效应较弱,且可以有效区分不同区域的黄土,因此可以用于黄土物源的判别研究。3) 塞尔维亚 Stari Slankamen 剖面黄土中不同粒级组分具有相同的物质来源,都与多瑙河的河流物质有着密切的联系,且 1 Ma 以来剖面物源没有发生明显的变化。在区域上,多瑙河黄土最终物质的来源可能与盆地周缘山脉的冰川活动及相关风化过程有着密切的联系。

**参考文献** Marković S B, Hambach U, Stevens T, et al., 2011. The last million years recorded at the Stari Slankamen (Northern Serbia) loess-palaeosol sequence: revised chronostratigraphy and long-term environmental trends[J]. *Quaternary Science Reviews*, 30: 1142-1154. Song Y, Guo Z, Marković S, et al., 2018. Magnetic stratigraphy of the Danube loess: A composite Titel-Stari Slankamen loess section over the last one million years in Vojvodina, Serbia[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 155: 68-80.

**关键词** 塞尔维亚; 黄土; 分粒级; 地球化学; 物源



摘要 ID:1924

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 锂同位素定量提取河流碎屑沉积物中大陆风化信号

曹昉<sup>1</sup>、杨守业\*<sup>1</sup>、杨承帆<sup>1</sup>、郭玉龙<sup>1</sup>、毕磊<sup>1,2</sup>、李雨泽<sup>3</sup>

1. 同济大学
2. 中国极地研究中心
3. 复旦大学

化学风化调控全球表生物物质循环及气候长期演化, 但受沉积物粒径和再旋回等因素干扰, 基于沉积物全岩地球化学组成的风化指标存在多解性, 影响化学风化信号提取以及对风化过程和机制的深入理解。本研究分析长江入海悬浮物和表层沉积物的元素及锂同位素 ( $\delta^7\text{Li}$ ) 组成, 应用质量平衡模型 (Dellinger et al., 2014) 定量提取当前大陆风化信号, 并将其有效用于东海内陆架钻孔中。研究揭示, 长江口沉积物主要来自于流域基岩的侵蚀 (比例>60%), 当前风化产物不超过 40%; 粗粒表层沉积物中未风化火成岩碎屑含量占 63%~84%, 当前风化产物仅占 4%~18%; 而细粒悬浮物主要源自流域剥蚀的页岩 (占 52%~66%), 当前风化产物约占 21%~40%。对比沉积物不同组分比例与化学蚀变指数 (CIA) 和  $\delta^7\text{Li}$  值发现, 大河流域的表生风化信号传递过程复杂, 未风化火成岩岩屑含量越高, 沉积物风化程度越低。在此基础上, 利用该方法对东海内陆架 MD06-3040 钻孔的风化强度记录进行提取, 结果表明该方法能有效分离钻孔沉积记录中的未风化基岩及风化产物变化信号, 并且得到了长江入海沉积物物源变化历史以及其他古风化记录的印证。本研究深化了对沉积物化学风化指标包括 Li 同位素组成的解读, 对大河流域的风化过程研究有借鉴意义。

**参考文献** Dellinger M, Gaillardet J, Bouchez J, Calmels D, Galy V, Hilton R G, Louvat P, France-Lanord C. 2014. Lithium isotopes in large rivers reveal the cannibalistic nature of modern continental weathering and erosion [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 401: 359-372

**关键词** 锂同位素; 长江口; 沉积物; 化学风化; 沉积旋回



摘要 ID:1983

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 南黄海 SYS-0804 岩心 MIS 4 以来黏土矿物特征及物源分析

张军强<sup>1\*</sup>、刘健<sup>2</sup>

1. 临沂大学

2. 青岛海洋地质研究所

岩心 SYS-0804 (35° 16.1001' N, 121° 09.0022' E, 水深 38m, 岩心长 65.10 m) 位于南黄海西部近岸陆架残留沉积区 (图 1A)。SYS-0804 孔岩心可划分为 DU 1 和 DU 4~DU 8 共 6 个沉积单元, 其中 42m 以上地层为 MIS 4 (Marine Isotope Stage) 以来的沉积 (图 1B) (张军强等, 2015) 本文通过分析 SYS-0804 孔 42.0m 以上沉积物样品的黏土矿物含量, 探讨该地区 MIS 4 以来物源演化。

SYS-0804 孔最上部 42m 岩心沉积物中黏土矿物组分以伊利石占优势 53.8% (42.6%-64.5%), 其次为蒙脱石 20.2% (5.7%-37.8%)、绿泥石 14.8% (8.6%-30.5%) 和高岭石 11.2% (6.0%-17.8%)

(图 2)。除两个点位的蒙脱石含量为 0, 两个点位含量小于 10% 外, 大部分层位蒙脱石的含量大于 10%。各层位蒙脱石平均含量基本接近, DU4、DU5、DU6 层位蒙脱石平均含量分别为 18.4%、19.9% 和 19.5%。蒙脱石整体含量在 42.0-22.5m 地层中有向上变小的趋势, 而 22.5m 以上蒙脱石含量逐渐变大, 蒙脱石的最高含量出现在 DU1 层位的岩心中 (0-8.7m), 变化于 14.3%-37.8%。高岭石含量变化趋势与蒙脱石相反, 而伊利石和绿泥石变化趋势不明显。

黄河沉积物基本继承了黄土的特点, 富含蒙脱石, 而由于长江流域岩石类型众多且风化强度较大, 长江沉积物存在相对较高的高岭石含量, 蒙皂石含量较低 (范德江等, 2001; 杨作升, 1988)。长江、黄河沉积物黏土矿物含量上具有明显的区别, 其中长江沉积物以伊利石含量高 (大约 70%)、蒙皂石含量较低 (5%~7%)、伊利石与蒙皂石的比值大于 8 为特征; 黄河沉积物则以伊利石含量较低 (大约 60%)、蒙皂石含量较高 (大约 15%)、伊利石与蒙皂石比值小于 6 为特征 (范德江等, 2001)。通过蒙脱石-(伊利石+绿泥石)-高岭石三角端元 (图 3), 表明 SYS-0804 孔沉积物与黄河沉积物更为接近。高岭石通常由母岩的单硅化作用 (移动元素和过渡元素被排出) 形成, 代表温暖潮湿气候下的强烈化学风化 (水解) (Chamley, 1989), 伊利石形成于基岩弱水解作用和强物理剥蚀作用。当沉积物来自多个物源时, 大量沉积物输入可能使岩芯中的黏土矿物成分复杂化 (Yao et al., 2017)。高岭石和绿泥石之间的一般线性相关性表明, SYS-0804 孔沉积物来源于单一稳定物源。物源是控制 SYS-0804 中黏土矿物组成的最主要因素, 气候环境对矿物组成的影响不明显。高岭石/伊利石散点图表明 SYS-0804 黏土矿物与黄河沉积物分布特征接近, 与长江和韩国周边河流沉积物差别较大 (图 3)。

综上所述, SYS-0804 孔 MIS 4 期以来沉积物主要受黄河沉积物的影响, 与前人相关研究结果相符 (Liu et al., 2010), 表明晚更新世以来黄河对南黄海地区保持持续的影响, 而长江沉积物对此影响很小。

**参考文献** 范德江, &nbsp;杨作升, &nbsp;毛登, &nbsp;等. 2001. 长江与黄河沉积物中黏土矿物及地化成分的组成[J]. &nbsp;海洋地质与第四纪地质, 21(4): 7-12. 杨作升. 1988. &nbsp;黄河、长江、珠江沉积物中黏土的矿物组合、化学特征及其与物源区气候环境的关系[J]. &nbsp;海洋与湖沼, (4): 336-346. 张军强, &nbsp;刘健, &nbsp;孔祥淮, 等. 2015. &nbsp;南黄海西部陆架区 SYS-0804 孔 MIS 6 以来地层和沉积演化[J]. &nbsp;海洋地质与第四纪地质, 35(1): 1-12. Chamley H, 1989. Clay Sedimentology. Springer, New York (623 pp.). Liu J, Saito Y, Kong X H, et al. 2010. Delta development and channel incision during marine isotope stages 3 and 2 in the western South Yellow Sea[J]. Marine Geology, 278(1): 54-76. Yao Z Q, Shi X F, Qiao S Q, et al. 2017. Persistent effects of the Yellow River on the Chinese marginal seas began at least ~880 ka ago. Scientific Reports 7, 2827. Yang S Y, Jung H S, Lim D et al., 2003. A review on the provenance discrimination of sediments in the Yellow Sea[J]. Earth-Science Reviews, 63(1-2): 93-120.



**关键词** 南黄海； 黏土矿物； 物源



摘要 ID:1880

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 北极东西伯利亚陆架沉积物物源: 来自 Sr-Nd-Pb 同位素的证据

李秋玲<sup>\*1,2</sup>、乔淑卿<sup>1</sup>、石学法<sup>1</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所

2. 河海大学

北极东西伯利亚陆架, 包括拉普捷夫海、东西伯利亚海和楚科奇海, 是世界上罕见的宽广大陆架, 具有复杂的海洋环流、季节性的海冰过程、强烈的陆源物质和淡水输入, 是研究北极陆架沉积物源-汇过程的理想地区。为了进一步对北极东西伯利亚陆架区沉积物的来源进行限定, 建立北极陆架沉积物输运模式。我们对东西伯利亚陆架表层沉积物样品 (<100  $\mu\text{m}$  碎屑组分) 进行了 Sr-Nd-Pb 同位素测试分析, 结合该区域已发表的数据, 系统阐述了东西伯利亚陆架沉积物 Sr-Nd-Pb 同位素特征, 探讨了该区域沉积物的来源与运移过程。结果显示东西伯利亚陆架  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  比值在 0.71032-0.72007 之间变化, 整体上呈西高东低的趋势, 从拉普捷夫海到楚科奇海逐渐降低;  $\epsilon\text{Nd}$  的范围在 -17.20- -4.90 之间变化, 其分布趋势与  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  比值相反;  $208\text{Pb}/204\text{Pb}$ 、 $207\text{Pb}/204\text{Pb}$  与  $206\text{Pb}/204\text{Pb}$  的变化范围分别为 38.430-39.440、15.5516-15.6551 和 18.306-19.3715, 空间分布上均显示东高西低的趋势, 即在楚科奇海出现高值, 尤其是楚科奇海东部, 低值区则主要在东西伯利亚海中部以及拉普捷夫海西部。根据 Sr-Nd-Pb 同位素的分布特征, 将东西伯利亚陆架分为四个不同区域: 拉普捷夫海西部、拉普捷夫海东部-东西伯利亚海西部、东西伯利亚海东部-楚科奇海西部以及楚科奇海东部。其中, 拉普捷夫海西部沉积物主要来自于哈坦加河与喀拉海输送的物质; 拉普捷夫海东部-东西伯利亚海西部具有相似的同位素组成, 其沉积物来源主要为勒拿河-因迪吉尔卡河输入; 东西伯利亚海东部-楚科奇海西部沉积物来自于科雷马河与太平洋入流水携带物质的混合; 楚科奇海东部沉积物受北美阿拉斯加陆源物质的影响明显。

### 参考文献

**关键词** 沉积物物源; Sr-Nd-Pb 同位素; 拉普捷夫海; 东西伯利亚海; 楚科奇海



摘要 ID: 2039

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 末次盛冰期以来北太平洋中深层水溯源

郑旭峰\*<sup>1</sup>、高树基<sup>1,2</sup>、Lester Lembke-Jene<sup>3</sup>、Ralf Tiedemann<sup>3</sup>、陈忠<sup>5</sup>、吴淑壮<sup>3</sup>、宫勋<sup>3,4</sup>、颜文<sup>5</sup>、卢丽娟<sup>5</sup>、王雪松<sup>4</sup>

1. 海南大学

2. 厦门大学

3. Alfred Wegener Institute

4. 中国地质大学(武汉)

5. 中国科学院南海海洋研究所

现如今北太平洋中深层水源于鄂霍茨克海地区，但是关于冰消期北太平洋中深层水的来源却很有争议。对堪察加半岛东侧的孔位进行磁化率各向异性和古地磁分析，重建水团的强度和方向演变历史。研究发现：末次盛冰期以来北太平洋中深层水主要源于鄂霍茨克海，且洋流强度呈现前千尺度震荡。北太平洋中层水的增强超前于北大西洋深层水的减弱，这与传统的北大西洋驱动北太平洋-北大西洋“跷跷板效应”不一致，表明北太平洋气候在全球气候变化过程中扮演重要角色。

参考文献

关键词





摘要 ID:2168

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 中全新世以来北极东西伯利亚陆架海冰演化及其影响因素分析

张钰莹<sup>1</sup>、胡利民<sup>\*1,2,3</sup>、石学法<sup>2,3</sup>

1. 中国海洋大学, 海洋地球科学学院

2. 自然资源部第一海洋研究所, 海洋地质与成矿作用重点实验室

3. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋地质过程与环境功能实验室

北极是对全球气候变暖响应最敏感的海区之一, 其海冰覆盖对太阳辐射反照率、海洋初级生产力和大洋深水形成等方面都有重要影响。相较于现代卫星观测, 需要构建长时间尺度的海冰记录来厘清其演化规律及其环境效应。然而由于该区沉积环境复杂、年龄难以界定等因素, 缺乏高分辨率的沉积记录来对该区海冰演化及其驱动机制等进行系统而深入的分析。本研究基于2016年中俄首次联合北极科考在东西伯利亚陆架区获得的柱状样LV77-36-1岩芯, 根据贝壳AMS14C测年结果, 恢复岩芯底部年龄约为8.2ka, 通过分析其有机分子海冰指标(IP25)、浮游植物生物标志物(sterols)获得半定量重建海冰密集度指标(PIP25), 揭示中全新世以来该区的海冰演化史及海-冰-气耦合过程。研究表明, 该岩芯记录的海冰演化规律与北极东西伯利亚陆架其它海区基于PIP25的海冰记录大体一致, 主要受控于太阳辐射和北太平洋入流水强度变化的重要影响, 该区早全新世暖期时海冰覆盖率整体较低, 逐渐过渡为季节性海冰覆盖, 海洋初级生产力的变化也受之影响呈阶段性特征。本研究提供高分辨率的海冰记录新数据, 有助于更深入认识古今不同气候背景下的北极海冰演化机理, 并对未来模式预测气候变化具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 北极海冰; 东西伯利亚陆架; 中全新世; 北太平洋入流水; 初级生产力



摘要 ID:1971

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 韩江三角洲中全新世以来河口海岸沉积过程与环境演变初探

王中波<sup>\*1,2</sup>、罗晓枫<sup>2</sup>、涂华<sup>1,2</sup>、麦咏欣<sup>2</sup>、黄旭弘<sup>2</sup>

1. 汕头大学海洋科学研究院

2. 汕头大学理学院

韩江三角洲形成于晚更新世中期, 现在地貌形态是中全新世以来随河口变迁逐步形成的。随着全球变暖和区域海平面上升, 在自然和人类活动双重驱动下, 海岸沉积和生态环境变化明显, 自然海岸分布日趋缩小。本文通过对韩江三角洲典型河口海岸沉积体和现象的初步分析, 如河口淤积与侵蚀, 障壁岛、海滩岩和海岸沙丘形成和演化, 以及海岸侵蚀和天然红树林分布变迁等, 探讨中全新世以来的沉积过程及其与环境变化的耦合关系, 以及人类活动影响下河口海岸沉积演化趋势。

### 参考文献

**关键词** 韩江三角洲; 中全新世; 河口海岸; 沉积过程; 环境演变



摘要 ID:3176

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 不同气候带长链烯酮的古温度重建指标 UK' 37 差异性研究

冉畅<sup>1</sup>、陶舒琴\*<sup>1</sup>、李云海<sup>1</sup>、唐正<sup>2</sup>、郭景腾<sup>2</sup>

1. 自然资源部第三海洋研究所, 厦门
2. 自然资源部第一海洋研究所, 青岛

近四十年来, UK' 37 作为古温度计广泛应用于海洋环境下的古海表温度 (SST) 重建。UK' 37 是由颗石藻细胞膜结构中一系列 C37 长链烯酮的不饱和度来表征的。前人通过实验室培养、悬浮颗粒物与沉积物中的 UK' 37 指标研究建立了环境样品中 UK' 37 与颗石藻生存水体温度存在经验性的显著正相关关系, 并建立了中低纬度 ( $60^{\circ}\text{S}\sim 60^{\circ}\text{N}$ ) 的 UK' 37-SST 全球经验公式 (Muller et al., 1998)。随着 UK' 37 古海水温度重建的广泛应用, 研究发现在高纬度地区利用 UK' 37-SST 全球公式重建的古海水温度普遍偏暖。为了评估和扩展该全球公式, 本研究在西南极海区开展了高纬度的 UK' 37 古温度重建指标的应用潜力研究, 发现  $73^{\circ}\text{S}$  的表层悬浮体颗粒物中可以检测到长链烯酮的存在, 低于  $3^{\circ}\text{C}$  的极地冷水中, UK' 37 与 SST 不再是传统意义上正相关线性关系, 而是呈负相关线性关系, 即随着温度降低, UK' 37 逐渐增大; 这与利用 UK' 37-SST 全球公式对北极附近海域高纬度悬浮体与沉积物中 UK' 37 海表温度重建显示出明显的“暖偏”现象的结果是一致的, 这可能与高纬度海区颗石藻种特殊的生物-环境适生机制相关, 但研究仍需要进一步的验证。本文结合来自其他海区已发表的表层悬浮体数据集合, 生成一个涵盖寒带、温带和热带的 UK' 37-SST 新的全球校准经验公式。

### 参考文献

**关键词** 南极; 长链烯酮; UK37; 暖偏



摘要 ID: 3208

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 应用自动定量矿物分析系统 (TIMA) 研究长江口-东海内陆架悬浮重矿物组成与颗粒大小

刘梦佳<sup>1</sup>、黄湘通\*<sup>1</sup>、连尔刚<sup>1</sup>、胡忠亚<sup>1</sup>、岳伟<sup>2</sup>、王中波<sup>3</sup>、杨守业<sup>1</sup>

1. 同济大学海洋地质国家重点实验室

2. 江苏师范大学地理测绘与城乡规划学院

3. 汕头大学海洋科学研究院海洋灾害预警与防护广东省重点实验室

研究沉积物重矿物矿物组成和颗粒大小对研究沉积物源和水动力分选过程具有重要指示意义。细粒沉积物中重矿物颗粒较小,使用传统人工镜下鉴定方法鉴别细颗粒重矿物难度大、准确性低,因而,极少有研究报道细粒沉积物中的重矿物类型和组合。基于扫描电子显微镜(SEM)以及X射线能量色散谱仪(EDS)联用的自动矿物识别系统是当前最成熟的自动矿物识别方法,相比于人工统计方法,SEM-EDS自动矿物识别方式更为高效、高分辨率、高精度(许苗苗等,2021)。本研究利用自动定量矿物分析系统TIMA(TESCAN Integrated Mineral Analyzer)对长江口-东海内陆架细粒悬浮物的重矿物组成和颗粒大小进行了研究。通过电子探针分析表明TIMA技术能够准确地识别细粒悬浮中的重矿物类型。统计分析发现,长江口悬浮物特征重矿物组合以为角闪石—绿帘石—铁质金属矿物为主,与长江下游沉积物重矿物组成(王中波等,2006)相似,相关系数可达0.7以上。在长江水下三角洲区重矿物组成(王昆山等,2007)的相关性系数呈现口内高于口外、南部高于北部的特点。在长江口外内陆架区悬浮物中赤/磁铁矿相对富集,这可能与强潮作用导致的中等密度重矿物的再搬运和扩散过程有关。和长江口沉积物重矿物(王孟瑶等,2019)相比,悬浮物中不同矿物的水动力分选效应不显著,不同水深悬浮重矿物粒度组成出现差异,主要受径流和潮汐过程的共同影响。值得关注的是,在舟山群岛附近站位悬浮物样品中发现了铬铁矿富集异常,推测和海区人类生产活动有关,如铁矿石在港口和航运过程的泄露或污染。本研究对于应用TIMA系统开展细粒沉积的重矿物组成和颗粒分析具有借鉴意义。

**参考文献** 许苗苗,魏晓椿,杨蓉,等. 2021. 重矿物分析物源示踪方法研究进展[J]. 地球科学进展, 36(02):154-171. 王中波,杨守业,李萍,等. 2006. 长江水系沉积物碎屑矿物组成及其示踪意义[J]. 沉积学报, 04:570-578. 王昆山,王国庆,蔡善武,等. 2007. 长江水下三角洲沉积物的重矿物分布及组合[J]. 海洋地质与第四纪地质, 01:7-12. 王孟瑶,金秉福,岳伟. 2019. 长江口表层沉积物重矿物在不同粒级中的分布与研究意义[J]. 海洋学报, 41(11):89-100.

**关键词**



摘要 ID: 3355

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 南海北部白云陆坡区峡谷脊部三维沉积结构及演化

杨毅凌<sup>1</sup>、卓海腾\*<sup>1</sup>、苏明<sup>1</sup>、王智娜<sup>2,3</sup>、林智轩<sup>1</sup>

1. 中山大学海洋科学学院
2. 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室南海海洋研究所
3. 中国科学院大学

南海北部白云陆坡区峡谷区不仅是沉积物运移的重要通道，还是海洋油气、天然气水合物等矿产资源的重要赋存区。目前，已有研究针对峡谷脊部的沉积特征与结构至今仍不清晰。本研究主要利用白云陆坡峡谷的高分辨率三维地震数据，对研究区部分峡谷划分出五个层位，将10.5Ma至现今海底分为四个演化期次，展示脊部高精度平面特征。三维地震数据展现出脊部存在规模不同的阶梯状与菱形状床层（波长在0.5—4.0km），上坡迁移特征明显，平面上表现为不规则圆坑状。综合国内外研究分析，这些不对称的波状起伏可能解释为超临界流水跃作用下形成的沉积底形。研究认为阶梯状与菱形状沉积层变化与脊部的动态演化有关，超临界流对峡谷脊部的形成与塑造具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 南海北部 陆坡峡谷 脊部结构 沉积演化



摘要 ID: 3008

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 舟山近海浅层气分布与成因

李雪<sup>1</sup>、曹珂\*<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)
2. 青岛海洋地质研究所

长江口地区浅层气广泛发育,海底浅层气不可控溢出会对近海工程安全造成极大威胁,造成桩基失稳、海底塌陷、海底管线断裂等事故。随着近海开发程度不断提高,海底浅层气灾害已经在全球范围内普遍发生,不仅造成了巨大的经济损失和人员伤亡,而且对环境也造成了不可估量损失,因此查清浅层气的分布范围及形成机制对可持续发展具有重大意义。

本研究针对舟山近海鱼山海域开展了钻探、物探、测井、静力触探和化探等多手段联合调查,发现研究区内存在大量浅层气分布。鱼山海域浅层气的埋深较浅,最浅处理深仅有1m左右,最大埋深则达到30多米,大部分区域浅层气顶板埋深都在十几米以内。研究区西北部浅层气埋深较浅,位于海底以下2-10m,且连续分布;东部浅层气顶板埋深较西北部略深,局部埋深近25m;西南侧含气层顶板埋深整体较深且变化较大,最小埋深2m左右,最大埋深达32m(图1)。从垂向分布来看,小鱼山岛北部YS1、YS4、YS7三个钻孔含气层分别为全新世和晚更新世地层;南部YS3、YS6、YS5三个钻孔和大鱼山岛东部的YS8孔,含气层均为连续的一层。含气层主要岩性为淤泥质粉质粘土,其次为粉质粘土,其中粉砂层中基本都不含气(图2)。

浅层气的成因可分为两种类型,一种是浅部地层中的有机质在缺氧条件下,经细菌还原作用形成的,即生物成因气;另一种是深部地层中的有机质经热分解作用形成的,即热成因气。浅层气 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{\text{D}}\text{CH}_4$ 关系图指示研究区内浅层气为典型的生物成因气成因,由 $\text{CO}_2$ 还原作用生成(图3)。同位素分析结果表明,长江口泥质区沉积物中浅层气的甲烷和二氧化碳 $\delta^{13}\text{C}$ 与其他来源的同位素组成显著不同,并在一个很小的区间内保持良好的线性关系,但是在边界层这种相关性不明显或消失。在一定程度上,这种相关性可以用醋酸经二氧化碳同步互养形成甲烷机理来解释(图4)。

**参考文献** 贺行良, 2019. 杭州湾柱状沉积物中甲烷的分布与厌氧氧化[D]. 中国海洋大学. Whiticar M J. 1999. Carbon and hydrogen isotope systematics of bacterial formation and oxidation of methane [J]. 161(1-3):0-314. Thauer RK, Kaster AK, Seedorf H. 2008. Methanogenic archaea: ecologically relevant differences in energy conservation [J]. *Nature Reviews Microbiology*, 6(8): 579-591. Borrel G, Parisot N, Harris HM. 2014. Comparative genomics highlights the unique biology of Methanomassiliicoccales, a thermoplasmatales-related seventh order of methanogenic archaea that encodes pyrrolysine [J]. *BMC Genomics*, 15: 679. Hedderich R, Whitman WB. 2013. Physiology and biochemistry of the methane-producing archaea [M]. Berlin Heidelberg: Springer, 635-662. Ferguson Jr DJ, Gorlatova N, Grahame DA, et al., 2000. Reconstitution of dimethylamine: coenzyme M methyl transfer with a discrete corrinoid protein and two methyltransferases purified from *Methanosarcina barkeri* [J]. *The Journal of Biological Chemistry*, 275(37): 29053-29060. Vardar D, Alpar B, 2016. High-resolution seismic characterization of shallow gas accumulations in the southern shelf of Marmara Sea, Turkey [J]. *Acta Geophysica*, 64(3): 589-609. Visnovitz F, Bodnár T, Tóth Z, et al., 2015. Seismic expressions of shallow gas in the lacustrine deposits of Lake Balaton, Hungary [J]. *Near Surface Geophysics*, 13(5): 433-446. Flury S, 2016. Controls on subsurface methane fluxes and shallow gas formation in Baltic Sea sediment (Aarhus Bay, Denmark) [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 188: 297-309.

**关键词** 浅层气成因; 浅层气分布; 甲烷; 二氧化碳; 埋藏深度



摘要 ID:846

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 中国东部陆架 1 Ma 以来沉积环境演化与海平面、气候变化

姚政权\*、石学法、乔淑卿、刘建兴、刘焱光、王昆山  
自然资源部第一海洋研究所

浅海大陆架的海侵和海退沉积提供了海平面、气候变化和当地构造在轨道尺度上变化的信息。我们对在渤海和南黄海岩芯进行了高分辨率的年代学和沉积学分析。通过天文轨道调谐方法,我们建立了过去~1 My 以来轨道时间尺度上建立了高分辨率的年龄模型。沉积学分析和环境指标表明黄海沉积以冰期-间冰期海平面变化控制的浅海和海滨/冲积沉积旋回交替为特征。这个结果证实了先前的假设,即海平面波动在南黄海沉积层序中起主导作用。此外,南黄海沉积序列中仅保留了低频海平面波动(~100 kyr);然而,较浅的渤海沉积除了发现存在 100 kyr 周期外,中也保留了高频(~40 kyr)海平面变化。尽管存在很较大的空间差异,但是这一发现表明在近 1 百万年来,中国东部边缘海的沉积环境整体上受到了海平面变化的统一影响。通过与渤海、黄海及其沿海地区以及印尼和日本的岩芯记录进行对比,发现在~0.8-1 Ma 发生了一次大规模的海侵事件。这种现象可能是由于中更新世气候转型期冰期旋回周期从 40 kyr 转变为 100 kyr 导致的长持续时间的冰川性高海平面造成的。

### 参考文献

**关键词** 中国东部陆架; 沉积环境; 海平面; 气候



摘要 ID:1972

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## Enhanced sulfidization in a sedimentary turbidite layer from the Nansha Trough in the southern South China Sea

邱鹏飞\*, 李牛

中国科学院南海海洋研究所

Microbial sulfate reduction occurs in diverse depositional sedimentary environments, especially in fine-grained sedimentary turbidites. However, the extent to which turbidites impact the mechanism of sulfidization and the carbon-sulfur-iron cycle is poorly understood. Here, a sediment gravity core (10GC) with 50-cm thick turbidites was collected from the Nansha Trough of the southwestern South China Sea (SSCS) to unravel the biogeochemistry and sulfidization processes. One accelerator mass spectrometric  $^{14}\text{C}$  date in the planktonic foraminifera indicates that the turbidite layer was deposited at or immediately before 16 ka. Using a suite of elemental (Fe, K, Si, Al, and Zr) and sediment grain size proxies suggests that the sediments within the turbidites were derived from the Sunda Shelf and the Malay Peninsula. The TOC/TN values (9–20) of the turbidites indicate deposition of terrestrial organic matter with a mixture of C3 and C4 types of vegetation. The relatively negative  $\delta^{13}\text{C}_{\text{TIC}}$  values ( $-7.76\text{‰}$  to  $2.09\text{‰}$ ) are robust evidence for the accumulation of authigenic carbonates, which was attributed to organoclastic sulfate reduction. The rather positive  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CRS}}$  (CRS: chromium reducible sulfur) ( $-37.5\text{‰}$  to  $-10.5\text{‰}$ ) and high CRS contents of the turbidites compared to the hemipelagic sediments suggest that the enhanced sulfidization occurred due to a high rate of sulfate reduction in the closed system. In contrast to the turbidites, the more negative  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CRS}}$  values ( $-50.9\text{‰}$  to  $-47.4\text{‰}$ ) in the hemipelagic sediments reflect early diagenetic pyritization at the sediment-water interface. This study highlights the importance of turbidite sedimentation on the biogeochemical cycling of sulfur, carbon, and iron. However, further research is needed to better understand and quantify the contribution of marine turbidite sediments to the global ocean C-S-Fe cycle.

参考文献

关键词





摘要 ID:163

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 辽东湾北部钻孔磁性地层研究

王忠蕾\*

青岛海洋地质研究所

辽东湾地处渤海北部,是渤海最大的海湾,其沉积历史是揭示渤海海域晚第四纪以来构造演化与地理格局形成过程的重要窗口。JXC-1孔和YKC-2孔是目前该区具备精确年代学控制的长序列研究钻孔。

以磁极性地层学为主,结合岩石地层学和测年等资料来对地层进行划分和对比,是地层年度框架建立的有效手段(Zhu et al., 2003)。本文用于测试的样品采用U-Channel无磁塑料管直接取自钻孔岩芯。对其进行了连续低场磁化率测量和古地磁交变场退磁测定,测量间距为2 cm,建立了两个钻孔的年代地层框架。研究结果显示:JXC-1孔底界年龄为1.2 Ma, JXC-1孔记录了布容正极性时至松山负极性时之间的沉积,布容松山倒转边界(MBB)位于45.18 m,埋深与渤海及周边其他钻孔存在较大差别;记录了Mono Lake、Levantine-Biwa III、Calabrian Ridge II和Jaramillo等极性事件。YKC-2孔底界年龄约为0.7 Ma,记录了布容正极性时的沉积,未打穿MBB;主要记录了Gothenburg、Blake等极性事件。

辽东湾拗陷新生代地质结构主要表现为“三凹夹两凸”的特征,即自西向东依次为辽西凹陷、辽西凸起、辽中凹陷、辽东凸起和辽东凹陷。对比发现辽东湾北部晚更新世以来沉积厚度存在“东厚西薄”的模式。JXC-1孔和YKC-2孔均位于辽东湾拗陷。二者沉积速率和沉积厚度差异较大,这与渤海湾西岸BZ1孔和BZ2孔情况类似(肖国桥等, 2008),主要是受新构造运动控制,即郯庐断裂第四纪活动性的影响。在近1 Ma以来,辽中凹陷较辽西凹陷处于快速下沉状态,但因YKC-2孔未探测到标志层,无法预测下沉深度。

对比渤海及周边钻遇MBB的多个钻孔,可根据中更新世以来沉积厚度将渤海及周边划分为4个区域:渤中区、辽东湾区、渤海湾区和莱州湾区。其中,渤中区作为沉降中心,MBB在整个区域中埋深最深;渤海湾区和莱州湾区的主要构造单元分别为黄骅拗陷和济阳拗陷,MBB埋深均呈现自南而北逐渐加深;辽东湾区MBB埋深为4个区内最浅。整个渤海及周边地区沉积相对连续,沉积厚度呈现以渤中拗陷为中心向四周减薄的特征。这表明,在新近纪构造基底控制的基础上,叠加郯庐断裂晚更新世以来的活动性影响,二者共同控制了区域内沉积厚度差异。这一研究深化了该区构造及沉积演化模式认识。

**参考文献** Zhu R X, An Z S, Potts R, et al. Magnetostratigraphic dating of early humans in China[J]. *Earth-Science Reviews*, 2003, 61:341-359. doi:10.1016/S0012-8252(02)00132-0.肖国桥,郭正堂,陈宇坤,等.渤海湾西岸BZ1钻孔的磁性地层学研究[J]. *第四纪研究*, 2008, 28(5): 909-916.

**关键词** 辽东湾; 磁性地层; 沉积厚度差异



摘要 ID:438

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## Holocene shifts of fine-grained sediment provenance and sedimentary evolution in the Central Yellow Sea muddy area

艾丽娜<sup>1,2</sup>、韩宗珠<sup>2</sup>、吴晓<sup>2</sup>、毕乃双<sup>2</sup>、Yoshiki Saito<sup>3</sup>、王厚杰<sup>\*2</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所

2. 中国海洋大学

3. Shimane University

The Central Yellow Sea Mud archived important signals of changing regional environment and climate during the Holocene. The Yellow River were likely a dominant source of the CYSM before 6.8 ka, with minimal contributions from the local small rivers in the Shandong Peninsula and Korean Peninsula. After 6.8 ka the fine-grained sediments in the CYSM presented a mixture of those from both the Yangtze and Yellow River with the contribution of  $55 \pm 8\%$  and  $45 \pm 6\%$ , respectively. The drastic environmental changes in the Yellow River basin after 4.0 ka driven by the weakened East Asian Summer Monsoon and enhanced human activities that significantly increased the sediment yield from the Chinese Loess Plateau should be responsible for the abrupt increase in the fine-grained sediment ( $< 2 \mu\text{m}$ ) flux in the CYSM. After 1.4 ka the decrease in precipitation in the Yellow River basin resulted in the imbalance between sediment yield and river runoff, and consequently decreased the accumulation flux.

### 参考文献

**关键词** Central Yellow Sea Mud; Sediment provenance; Sea level change; Climate change; Human activities



摘要 ID:1183

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## MIS 3 晚期海面变化控制东海海岸带的有机碳埋藏

金丽娜<sup>1,2</sup>、单新<sup>1,2</sup>、Romian Vaucher<sup>3</sup>、乔淑卿\*<sup>1,2</sup>、王成龙<sup>4</sup>、刘升发<sup>1,2</sup>、王华伟<sup>5</sup>、方习生<sup>1,2</sup>、白亚之<sup>1,2</sup>、朱爱美<sup>1,2</sup>、石学法<sup>1,2</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所, 海洋地质与成矿作用重点实验室
2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室
3. University of Lausanne, Institute of Earth Sciences
4. 南京大学, 地理与海洋科学学院, 海岸与海岛开发教育部重点实验室
5. 厦门大学, 海洋与地球学院

海岸带对陆源有机碳的封存起至关重要的作用。其中, 三角洲和滨岸泥质带是有机碳埋藏重要区域。海岸带陆源有机碳的埋藏显著降低大气二氧化碳含量, 因而成为继硅酸盐风化后的第二大碳汇。然而, 现代海岸带有机碳埋藏的剖析只是历史长河中的一个片段, 借此难以了解地质历史时期有机碳埋藏特征。深海氧同位素 3 阶段 (MIS 3 期) 是末次冰期中的一个特殊时期, 该时期以长期的海面下降为特征, 并伴随高频海面振荡和突发的千年尺度气候事件。通过对 MIS 3 期海岸带沉积物中有机碳的研究, 可以揭示和预测极端气候事件和海面波动导致的海岸带有机碳埋藏的变化。

本研究以东海陆架南部 MIS 3 晚期沉积物岩心为研究对象, 结合总有机碳、总氮、有机碳同位素组成、主微量元素等特征进行分析。结果表明, 山溪性河流三角洲沉积物中, 总有机碳含量最高, 并有充足的陆源有机碳供应, 但有机碳埋藏通量极低。这是由于山溪性河流洪水和侵蚀作用频发, 导致短时大量有机碳输入, 却因侵蚀作用而无法长期保存。而沿岸泥质带因沉积物的持续输入和连续沉积, 使得有机质埋藏通量最高。但因有限的河流输入, 导致滨岸泥质带有机质含量相对较低, 陆源有机碳供给有限。研究指出, MIS 3 晚期相对海面变化导致了沉积物物源和沉积过程的变化, 因而控制了海岸带有机碳埋藏。短时的气候变暖事件通过强降水和丰富的营养物质供给增加了陆地和海洋有机碳输入, 进而促进了 MIS 3 晚期海岸带有机碳埋藏。

### 参考文献

**关键词** 海岸海洋; 有机碳埋藏; MIS 3 晚期; 三角洲; 沿岸泥质带



摘要 ID:1812

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 台风“泰利”对东海陆架沉积记录的影响

卢健\*、李安春、裴文强  
中国科学院海洋研究所

东海易受夏季台风的影响。每年平均有 4 个台风经过东海 (苏纪兰 和 袁业立, 2005), 台风对东海陆架沉积物的输运及改造起着重要的作用 (Li et al., 2012; Lu et al., 2018; Cong et al., 2021)。但是, 由于台风期间恶劣天气的影响, 在台风经过时获取样品和数据十分困难。因此, 台风对东海陆架沉积记录的影响, 尤其对东海残留区的影响还没有得到完全地阐明。

本研究通过对 2017 年 18 号台风“泰利”经过前后采集的表层沉积物的粒度、化学元素的分析, 并结合端元分析 (EMMA) 结果, 探讨了台风对表层沉积物分布的影响; 根据台风前后采集的箱式岩芯  $^{210}\text{Pb}$  活度、粒度及化学元素的分析, 探讨了台风的侵蚀和再沉积作用。研究表明, 台风“泰利”经过后, 粘土分布基本与海岸线平行, 研究区东北和东南区域的砂含量减少, 内陆架泥质区的分选变好而残留区的分选变差。物源分析结果显示, 表层沉积物主要来自泥质区沉积物的再悬浮和再沉积, 来自近岸河流沉积物的影响可以忽略。端元分析分离出 3 个端元, 分别为来自河流的细粒沉积物 (EM1), 混合沉积物 (EM2) 和残留砂 (EM3)。通过比较各端元台风前后的分布, 研究发现夏季台风可以阻断由穿刺锋面引起的跨陆架输运, 并且可以促进东海内陆架泥质区细粒沉积物与残留砂之间的物质交换。泥质区边缘有来自残留砂区粗颗粒沉积物的加入, 并且加入颗粒的大小与台风的强度和路径相关。根据箱式岩芯  $^{210}\text{Pb}$  活度、粒度及化学元素分布的对比, 台风“泰利”形成的风暴层厚度为 16 cm。夏季台风对东海内陆架泥质体形态的维持及东海陆架沉积物的重新分布发挥着重要作用。

**参考文献** 苏纪兰, 袁业立, 2005. 中国近海水文 [M]. 北京: 海洋出版社, 78-95. Cong, S, Wu, X, Ge, J, et al., 2021. Impact of Typhoon Chan-hom on sediment dynamics and morphological changes on the East China Sea inner shelf [J]. *Marine Geology*, 440: 106578. Li, Y, Wang, A, Qiao, L, et al., 2012. The impact of typhoon Morakot on the modern sedimentary environment of the mud deposition center off the Zhejiang-Fujian coast, China [J]. *Continental Shelf Research*, 37: 92-100. Lu, J, Jiang, J, Li, A, et al., 2018. Impact of Typhoon Chan-hom on the marine environment and sediment dynamics on the inner shelf of the East China Sea: In-situ seafloor observations [J]. *Marine Geology*, 406: 72-83.

**关键词** 东海; 台风; 粒度; 沉积记录



摘要 ID:1267

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 南海北部陆架 24 万年来碎屑沉积记录的环境信号

张驰、黄湘通、许心宁、郝强、杨守业\*  
同济大学海洋与地球科学学院

南海陆架陆源碎屑沉积以其沉积速率高、沉积连续性较好的特征成为研究过去洋流活动和环境演变等过程的良好载体。本研究通过对南海北部中层水断面上 MD12-3429 (水深 903 m) 钻孔的陆源碎屑高分辨率粒度、粘土矿物以及元素地球化学分析, 探讨 MIS7 期以来南海陆架陆源碎屑供给在千年尺度上对南海洋流演变以及东亚季风的响应。该孔陆源碎屑粒度以 2~28  $\mu\text{m}$  为主, 平均粒径 6.5  $\phi$ , 具有明显的冰期-间冰期旋回变化特征, 反映海平面变化对陆源碎屑混合和沉积过程的控制。全岩残渣态主微量元素与粒度以及海平面变化有较好的相关性, 反映陆源碎屑物质输入的稀土元素 (REE) 在冰期与间冰期具有相似的分异特征。粘土矿物以伊利石与绿泥石为主 (平均 77.2%), 蒙脱石 (平均 10.7%) 和高岭石 (平均 12.1%) 次之; 不同粘土矿物具有不同的主导源区, 它们的变化不具典型的冰期-间冰期旋回特征。数据结果表明, 海平面变化是陆架碎屑沉积的一级控制因素, 主微量元素受沉积粒度效应影响较大, 全岩残渣态更多的反映海平面波动和多物源的混合作用而非古气候变化, 而选取特定粒级 (如  $<2\mu\text{m}$ ) 能够减小粒度效应。尽管冰期珠江口向陆架推进导致该孔高岭石含量上升, 但台湾岛仍为粘土矿物的主要供给源并且具有千年尺度旋回, 推测同黑潮南海分支和南海暖流产生的西向传播的中尺度涡旋在千年尺度上的演变有关。蒙脱石/ (伊利石+绿泥石) 在冰期-间冰期波动较大, 在千年尺度上与石笋记录的东亚季风响应良好。季风降雨剥蚀、洋流搬运能力、以及海平面变化等多种因素共同控制着各源区粘土矿物的贡献, 海洋沉积记录的各种环境信号提取需要慎重考虑多因素作用。

### 参考文献

**关键词** 南海陆架; 粘土矿物组合; 冰期旋回; 海平面变化; 东亚季风



摘要 ID:1302

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 南海北部万户海山区拐弯型海底峡谷地貌特征及演化——来自“深海勇士”号载人深潜观测的解释

苏明\*<sup>1,2,3</sup>、罗坤文<sup>1,2</sup>、刘姝<sup>1,2,3</sup>、卓海腾<sup>1,2,3</sup>、崔贺旗<sup>1,2</sup>、陈慧<sup>1,2,3</sup>、雷亚平<sup>1,2,3</sup>、余溟东<sup>1,2</sup>

1. 中山大学海洋科学学院

2. 广东省海洋资源与近岸工程重点实验室

3. 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)

海底峡谷是源汇体系中物质运输的主要通道,可以将陆源物质从大陆输送至深海环境。利用地震反射和多波束测深资料研究海底峡谷大尺度地貌特征是一种常规的传统技术手段。然而传统调查手段空间分辨率较差,限制了对峡谷地貌小尺度要素的进一步研究。本文基于载人深潜获取的海底高清视频、高精度测深以及定点沉积物柱状样资料,对南海北部万户海山区域拐弯型海底峡谷展开多尺度地貌学研究。NNW-SSE走向的C4海底峡谷在位于万户海山坡脚处发生 $122.5^\circ$ 偏转并拐弯,进而以SEE向延伸至现今中央峡谷头部区域。海底峡谷拐弯处的溢岸区域发育8个近E-W走向的沉积物波,其波长、波高从拐弯区向万户海山呈上坡方向递减,表明形成沉积物波的流体流向为近N-S向。定点沉积物柱状样C-M模式图(最粗的1%粒度值对中值粒度值)、粒度累积概率曲线及沉积物粒序特征表明,溢岸沉积物波形成于浊积活动。综合高精度小尺度地貌特征、定点粒度特征及区域地貌特征,表明万户海山对浊流的制约而使其发生偏转和反射,在多次浊流侵蚀沉积作用下而使海底峡谷发生弯曲。溢岸区部分沉积物波的异常地貌特征与浊流在溢岸区发生的反向挤压底流有关。本文结合前人的水槽实验、数值模拟结果,提出了浊流与万户海山交互作用下C4拐弯型海底峡谷的演化过程及浊流行为特征。然而,实际海底地貌特征比模拟实验中的复杂,流体行为也更为复杂。进一步理解浊流—海山的交互作用及其中浊流运动规律、地貌产物特征,需要进一步开展精细化海底峡谷地貌调查研究以及复杂参数条件下的数值模拟。通过实例研究与数值模拟的结合,深化浊流—海山交互作用过程及其产物的认识。

### 参考文献

**关键词** 浊流;地貌学分析;海底峡谷;沉积物波;载人深潜;



摘要 ID:3194

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》大陆边缘沉积与环境演化

## 沉积有机质在强潮型河口埋藏特征研究：以闽江口为例

吴水兰<sup>1,3</sup>、陶舒琴<sup>\*2,3</sup>、叶翔<sup>2,3</sup>、王爱军<sup>2,3</sup>、刘子同<sup>3</sup>、冉畅<sup>3</sup>

1. 南京信息工程大学海洋科学学院, 南京 210044

2. 福建省海洋物理与地质过程重点实验室, 福建厦门 361005

3. 自然资源部第三海洋研究所海洋与海岸地质研究室, 福建厦门 361005

河口三角洲区域作为陆地和海洋环境之间的活跃界面, 与周围环境进行着频繁的物质交换, 成为陆海有机质输运和埋藏的关键场所。研究河口有机质的来源和组成、空间分布及其影响因素, 有助于认识理解该地区有机碳的产生、运移和埋藏等行为。本论文以强潮型河口闽江口为研究对象, 通过对闽江口表层沉积物中典型生物标志物(正构烷烃、脂肪醇、甾醇)特征指标和总有机碳氮及其同位素组成, 分析和探讨了闽江口沉积有机质来源、组成和埋藏分布特征及其受控机制。结果表明: 各类有机标志物的含量及空间分布与沉积物粒度呈现显著负相关, 细颗粒物是不同来源OM的主要载体; 通过比较不同来源生物标志物的比值指标可消除沉积物粒度和沉积速率对河口有机质富集保存的影响; 基于陆/海源生物标志物比值指标的半定量分析, 闽江口沉积有机质呈现河流携带的陆源和海源二端元混合信号, 呈现离河口距离增加陆源有机质占比逐渐减少的趋势。基于C/N和稳定碳同位素 $\delta^{13}C$ 特征值, 利用蒙特卡洛三端元混合模型定量估算了河口沉积物中河流源、海源及三角洲源有机质的相对贡献率, 三者平均贡献分别为 $51 \pm 11\%$ 、 $47 \pm 12\%$ 和 $12 \pm 8\%$ , 三角洲源贡献很小。在空间分布上, 在河口三角洲前缘中部陆源沉积有机质埋藏贡献占比较高, 近海陆架区以海源有机质贡献占优势。总有机质指标与生物标志物比值指标反映陆/海源有机质埋藏分布趋势基本一致, 较明显的差异位于入河口水道处, 总有机质指标反映海源有机质埋藏贡献与陆源相当, 原因在于水道处于河口最大浑浊带处, 其中复杂的物理过程及生物过程如细颗粒物对无机氮的吸附, 微生物降解等使沉积物总有机质指标信号发生偏离, 河口环境中的有机质源解析研究应结合多参数多指标综合分析。本论文的主要结论展现了闽江口表层沉积物埋藏表现为陆海混合贡献, 三角洲本地源有机质埋藏贡献少, 不同来源有机质的分布不仅受源地输送距离影响, 动力过程如潮汐运动等对其在河口中的运移、埋藏等行为也起关键作用。

### 参考文献

**关键词** 沉积有机质来源; 生物标志物; 稳定碳同位素; 端元混合模型; 闽江口



# 现代沉积学 古灾害与沉积





摘要 ID: 3235

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 琼北杨花期火山事件与沉积

何衍鑫、田伟\*  
北京大学

爆炸性火山喷发是火山喷发中最剧烈最具破坏性的一种火山物质运动形式。琼北地区是中国第四纪以来火山活动最为强烈和频繁的地区,而杨花期是区域内火山爆炸性喷发的主要活动时期。充分认识灾害发生的地质规律是预防和减轻地质灾害的关键。琼北地区有着大量城市建筑和人类活动,因此对琼北地区杨花期火山沉积记录进行详细研究,解剖其搬运-沉积过程和机制,对火山喷发危险性评价和防灾减灾具有重要的意义。

杨花期琼北地区射气岩浆喷发形成了大量玛珥火山,间有射气喷发和岩浆喷发。喷发产生了大量火山碎屑物质,沉积于海口石山-澄迈老城一带,面积约 300 km<sup>2</sup>,厚度约 30 m。杨花期火山碎屑沉积包含浮石空落沉积、块状-交错层理-平行层理角砾凝灰岩、岩屑火山角砾岩和同-凝结凝灰岩空落沉积,其中多个岩相中发育增生火山砾。根据沉积记录,杨花期主要可分为五个喷发时期。第一期包含多次射气岩浆喷发,沉积记录了四期火山碎屑流沉积,每期均发育熔结凝灰岩流和同熔结凝灰岩空落沉积,以后者发育有丰富的增生火山砾,岩相多为块状-交错层理-平行层理角砾凝灰岩,主要分布于澄迈老城东南和海口石山西部。第二期为爆炸性岩浆喷发,产物分布较广,主要为浮石空落相沉积,岩相为块状-层状浮石火山角砾。第三期主要为射气岩浆喷发沉积,主要发育同熔结凝灰岩空落沉积,岩相多为块状角砾凝灰岩,部分发育有丰富的火山灰球。第四期为短暂的爆炸性岩浆喷发,表现为浮石空落相沉积,岩相为块状-层状浮石火山角砾。第五期为少量射气岩浆喷发,可见岩屑火山角砾岩和同-凝结凝灰岩空落沉积,岩相以块状-交错层理岩屑火山角砾岩和块状角砾凝灰岩为主,分布于石山西北,其晚期伴随着轻微的崩落和滑坡。

深入认识琼北地区爆炸式火山喷发产生的火山沉积物的时空分布特征和相变特征,对火山碎屑喷发灾害的预防具有指导作用。假如研究区再次发生杨花期爆炸性火山喷发,琼北地区的火山灾害形式包括(1)火山碎屑流灾害,主要表现为高速冲撞、高温灼烧和掩埋淤积等作用,最致命最严重的火山灾难;(2)火山空降碎屑灾害,主要表现为近火山口处大块火山碎屑以弹道式从火山口喷射或喷发柱中降落伤害人类和破坏建筑,以及山口处空落火山灰的沉积载荷引发地面构造物坍塌;(3)其他火山灾害,主要表现为火山喷发引起的火山地震、火山堆积物失稳形成的火山泥石流、火山锥体部分崩塌形成的山崩灾害。

**参考文献** 1. 白志达,徐德斌,魏海泉,胡久常. 琼北马鞍岭地区第四纪火山活动期次划分[J]. 地震地质, 2003(S1):12-20. 2. 魏海泉,白志达,胡久常等. 琼北全新世火山区火山系统的划分与锥体结构参数研究[J]. 地震地质, 2003(S1):21-32. 3. [1]田伟,王磊,潘路,弓明月. 塔里木溢流玄武岩省的巨型长英质热火山碎屑流爆发记录[J]. 岩石学报, 2018, 34(01):63-74. 4. Branney, M. and Kokelaar, P., 2002. Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites, 27. Geological Society of London. 5. Brown, R. J. and Branney, M. J., 2004. Event-stratigraphy of a caldera-forming ignimbrite eruption on Tenerife: the 273 ka Poris Formation. Bulletin of Volcanology, 66(5): 392-416.

**关键词** 琼北地区; 杨花期; 火山沉积; 火山灾害; 火山碎屑流



摘要 ID:2175

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 北京平原安定断裂活动性磁性地层的约束

赵勇\*

北京市地质调查研究院

首都规划建设主要分布于平原松散地层之上, 潜在的隐伏活动断裂已经成为首都地区国土空间规划、重大工程建设前所需关注的重大地质问题之一, 对城市减灾防灾具有重要意义。近年来, 随着北京城市地质工作对安定断裂开展的系列调查, 发现其为一条第四纪活动断裂。安定断裂走向 NE-NEE, 倾向南东, 倾角  $50^{\circ} \sim 80^{\circ}$ , 覆盖层厚度较大。断裂西北侧基岩为中上元古界, 埋深仅有数百米, 断裂的南东侧沉积了巨厚的古近系和新近系, 两侧基岩落差较大。

在北京大兴榆垓安定断裂(中段)两侧实施了揭露第四系的钻探工程, 对岩心开展了系统磁性地层学研究。磁化率各向异性(AMS)测量参数可用来检验沉积物的原生沉积结构是否已被扰动, 所做的磁学实验发现, 钻孔样品的磁化率各向异性(AMS)结果基本表现为压扁型, 说明其保持了正常沉积组构特征, 样品可作为良好的古地磁研究对象。在中国科学院地质与地球物理研究所古地磁重点实验室, 使用 GSD-2 型交变退磁仪, 对钻孔样品进行了交变场退磁, 经数据处理分离出特征剩磁样品数据编绘磁倾角曲线, 依据磁倾角的变化规律与标准古地磁极性柱(Cande S C et al., 1995; Singer B S, 2014)进行对比, 建立了钻孔长序磁性地层极性柱格架, 为从磁性地层角度去研究安定断裂活动性提供了科学依据。

依据磁性地层学结果, 以岩性组合特征为主, 结合 AMS14C、光释光(OSL)测年、钻孔测井学研究成果, 对钻孔地层的精细划分与对比, 及沉积环境的系统研究显示, 其早更新统沉积厚度相对较大, 下段为河流相沉积的大套的黄褐色含粗砂砾石层, 夹有砂质粘土层; 中段为棕色、黄褐色粉砂质粘土层夹中粗砂, 并向上逐渐演变为浅灰色中细砂、含砾粗砂层, 暗灰色、灰褐色粉砂质粘土层的明显韵律层序沉积, 总体属分支河道与分支间湾交互沉积; 上段为暗深灰色、灰色为主的中粗砂—粉砂—粘土构成的 3 个沉积旋回。中更新统主要为泛滥平原沉积的灰褐色、棕色、黄褐色的粘土、粘质粉砂类沉积物, 可见有分支河道沉积发育。上更新统以灰色、深灰色含砾中粗砂、粉砂、粘土为主, 灰黑色层之间夹有红褐色、黄褐色粘土和粉砂质粘土沉积为主。全新统发育泛滥平原与湖沼沉积。对安定断裂两侧的钻孔沉积物岩性与已报道研究(赵勇等, 2018, 2019)成果对比发现, 其厚度比远离断层部分的沉积物厚度大, 表明断裂两盘的相对运动控制了两侧的沉积作用, 沉积物敏感地记录了安定断裂第四纪以来活动过程。

依据上述研究结果, 对安定断裂两盘钻孔同期沉积物厚度差异对比分析发现, 在早更新世(2.588-1.072Ma)、Jaramillo 极性亚时(1.072-0.988 Ma)、早更新世末期(0.988-0.781 Ma)、中更新世(0.781-0.126 Ma)各自所控制的时期内安定断裂活动速率分别为 12m/Ma、82m/Ma、149m/Ma、54m/Ma, 显示大约在 1Ma 活动强度达到最大, 进入晚更新世以来断裂基本处于构造相对稳定期。可见, 安定断裂第四纪活动性从早更新世到中更新世末期其活动规律总体显示由弱—强—弱的趋势, 进入晚更新世(0.126 Ma)以来处于构造相对稳定时期。

**参考文献** 赵勇, 李瑞杰, 魏波, 王纯君, 孙永华, 方同明. 2019. 北京大兴凸起南部 PGZ05 钻孔剖面第四纪磁性地层学[J]. 现代地质, 33(01): 56-62. 赵勇, 王强, 李瑞杰, 魏波, 徐吉祥, 孙永华, 张晓亮, 王纯君, 周圆心, 尤世娜, 吕金波. 2018. 北京平原区南部 PGZ01 孔第四纪地层划分及其环境意义[J]. 古地理学报, 20(02): 337-348. Singer S Brad. 2014. A Quaternary geomagnetic instability time scale[J]. Quaternary Geochronology, 24(1): 29-52. Cande Steven C, Kent Dennis V. 1995. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the late Cretaceous and Cenozoic[J]. Journal of Geophysical Research, 100: 6093-6095.

**关键词** 礼贤断裂; 活动性; 第四纪; 北京平原



摘要 ID:2845

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 长江上游河流袭夺群是由三峡贯通触发的吗?

范念念\*

四川大学 610065

嘉陵江与大渡河均为长江重要支流, 在晚上新世-早第四纪, 两条河流均发生了明显的河流袭夺。其中, 嘉陵江袭夺了原汉江上游水系, 大渡河向南经安宁河注入雅砻江改为向东流入岷江。过去研究认为青藏高原东边缘的构造作用是造成这些河流袭夺的主要原因。然而, 汇合口在巧家-涪陵之间的长江各支流, 均在约 900m 高程存在尼克点, 长江干流(金沙江)也在 900m 高程附近存在尼克点。结合现代河流地貌反演表明, 约 8Ma, 长江三峡贯通, 长江流出四川盆地的通道由乌江-沅江改为三峡。长江三峡贯通使得侵蚀基准面下降形成尼克点, 并溯源移动, 至 3-4Ma 移动至今陕西略阳附近, 导致嘉陵江袭夺汉江, 至 ~2Ma 移动至今四川石棉, 导致大渡河袭夺。而尼克点沿长江干流移动, 约 3Ma 到达巧家, 触发了超大滑坡堰塞湖, 可能迫使长江暂时流向古红河, 至 1.2Ma 堰塞湖消失, 长江不再流向古红河。

参考文献

关键词



摘要 ID:2923

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 基于粒度参数特征对黄河河套平原段岩芯沉积环境的分析

李富强<sup>1\*</sup>、高红山<sup>2</sup>、庞红丽<sup>3</sup>、张连科<sup>4</sup>、潘保田<sup>2</sup>

1. 甘肃农业大学
2. 兰州大学
3. 上海海事大学
4. 甘肃省科学院

黄河在地势平坦的河套盆地内往复迁徙, 泛滥淤积, 地表古河道交叉重叠星罗棋布。同时黄河在此途经乌兰布和与库布齐两大沙漠, 水沙风沙交互作用, 河床演变极其复杂。巨厚的盆地沉积地层记录着古河道沉积和变迁以及区域环境演变的过程信息, 因此详细研究钻孔岩芯的沉积环境, 不仅可以提取其中蕴含的古环境信息, 对理解区域内河流、湖泊、沙漠等景观演变也具有十分重要的意义。但钻孔岩芯毕竟不如天然露头剖面可以提供更多的沉积构造信息, 因此利用沉积物结构特征如粒度特征是解析沉积地层常用的技术和手段。粒度作为沉积物颗粒最基本的表征之一, 其特征与沉积物的形成环境有密切的关系, 作为判断沉积物搬运方式与机制、判别成因类型的重要依据, 已被广泛地应用到沉积相分析和古环境的鉴别上。

本研究对比分析了河套地区现代不同沉积环境的粒度特征, 提取了不同沉积环境类型的代表性粒度识别标志, 进而应用到区域 28 个钻孔岩芯沉积环境的分析上。对现代地表不同沉积环境(沙漠、湖泊、河流)的物质粒度研究发现, 不同沉积环境物质的粒度特征虽有重叠, 但是点群的界限差异明显, 可以建立起不同沉积相的判别标志。根据现代沉积相的判别标志对钻孔岩芯沉积物进行相划分, 发现所有钻孔中以河床亚相组成为主, 巨厚的河床相代表了多次沉积旋回, 指示该段河道摆动频繁, 且河床加积是该区冲积平原发育的主要过程。

### 参考文献

**关键词** 粒度特征; 沉积相; 河套平原; 黄河



摘要 ID:2018

最终交流类型: 专题邀请报告

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 河谷区高能溃决洪水沉积与扇三角洲沉积的区别

刘维明\*

中国科学院、水利部成都山地灾害与环境研究所

高能溃决洪水是指大量的水体突然释放而产生的频率低、能量大于  $20 \text{ kJ}/(\text{s1m}^2)$ ，且洪峰大于  $0.1 \text{ M m}^3 \text{ s}^{-1}$  的洪水。Carling (2013) 对高能溃决洪水沉积物的特征进行过系统的总结，自下而上分为 S1 粗粒平行层理 (Parallel-bedded)、S2 大型斜坡沉积 (Clinofolds)、S3 水平纹层 (Horizontally-bedded laminations)、S4 交错层理 (Cross-lamination)、S5 粉砂层 (Silt beds) 及 S6 泥石流沉积单元 (Debris flow) 六个沉积序列，且此类沉积多为洪水沿河谷流动时形成。一般而言，河谷中存在多种沉积物，其中河床砾石沉积与河漫滩沉积的特征相对单一，易于与高能洪水沉积物进行区分；但堆积扇与三角洲沉积物在沉积结构上较为复杂，且局部特征与高能洪水沉积物极为类似，在野外识别时极易混淆。因此，我们系统的总结了高能洪水沉积与堆积扇及三角洲沉积物之间的区别，如堆积扇在山洪的作用下大量搬运推移质从而产生类似于高能洪水沉积 S1 与 S2，但不会形成类似于 S3 与 S4 的粉砂质沉积序列；而高山峡谷区的三角洲沉积不仅含有大量粗砾沉积，局部也会产生粉砂质的沉积序列，但三角洲沉积的粒度自上而下快速变细，且会形成低角度斜坡沉积，而多处于河弯处的高能洪水沉积没有类似现象；同时，堰塞湖中三角洲沉积由于堰塞湖的快速溃决而多存在内部错动，此类现象在高能洪水沉积物中未曾发现。因此，河谷区由于侵蚀作用的存在，需要从多证据的角度来识别和区分高能洪水、堆积扇和三角洲沉积，只有形成完整的证据链，才能避免误判。

**参考文献** Carling, P. A., 2013. Freshwater megaflood sedimentation: What can we learn about generic processes? *Earth-Science Reviews*, 125(0): 87-113.

**关键词**



摘要 ID:2179

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 西藏八宿瓦来高速远程滑坡的地貌与沉积特征研究

陈瑞琛、陈剑\*

中国地质大学(北京)

地貌学、沉积学特征研究作为一种反演手段,对于我们认识高速远程滑坡的运动特征具有重要作用(陈剑等, 2021)。西藏八宿瓦来古滑坡位于青藏高原东缘区域,其水平运动距离达到了 3487m,对应的表观摩擦系数约为 0.32。不同于无限制型与沟道型的高速远程滑坡,瓦来古滑坡是一类特殊的侧向限制型滑坡,其堆积特征充分展现了地形对于其运动过程的控制。

我们通过野外调查、高精度数字高程模型分析、粒度分析、光释光测年分析等手段对瓦来滑坡的地貌特征、沉积特征、年代特征进行了研究。瓦来滑坡的运动明显受到了高山峡谷地形的控制,其运动方向最初朝向东北方向运动,并在地形控制下向北偏转,最终堵塞了怒江支流——冷曲。通过基于等高线的地形重建手段,计算得到瓦来滑坡的堆积方量约为  $52\text{Mm}^3$ ,该结果与面积、高差等参数的关系符合 Strom(2019)建立的统计回归模型。

瓦来滑坡的主要地貌结构包括了修剪线、纵向脊、弧状脊和侧脊,这些特征清晰地指示出滑坡运动过程中厚度、宽度与方向的变化。瓦来滑坡的壳相并不发育,但壳相的粒径明显受到了基岩结构面间距的控制。滑坡的滑体相中发育有分层结构、拼图结构、剪切破坏结构和内部褶皱等沉积结构,指示了滑坡的破碎特征以及层流的运动特性。基于筛分法和图像粒度法的粒度分布结果表明,瓦来滑坡的粒度特征沿运动距离并没有明显的变细趋势,这意味表明着滑坡在水平运动堆积阶段的破碎效应并不明显(陈剑等, 2020)。依据地貌特征与沉积特征,我们将瓦来滑坡的运动过程分为了启动破碎、压缩动量传递、剪切扩展三个阶段。同时,依据 Ren(2018), Perinotto(2015)等学者对于滑坡破碎特征的研究,我们推测前两个阶段为碰撞控制的强破碎阶段,而扩展阶段是剪切控制的弱破碎阶段。依据滑坡体上河流砂沉积物、滑坡上游湖相沉积物和下游溃坝堆积物的测年结果,瓦来滑坡应发生于 38ka BP 左右,这表明其发生可能与八宿断裂在晚更新世的活动有关。瓦来滑坡极具特点的地貌结构和沉积特征为我们认识高山峡谷区高速远程滑坡的运动和堆积过程提供了重要依据。

**参考文献** 陈剑,陈瑞琛,崔之久,2021.高速远程滑坡的地貌学与沉积学研究进展[J].地学前缘,28:349-360.陈剑,陈瑞琛,米东东,等,2020.西藏瓦来高速远程滑坡的运动学过程与碎裂化特征[J].工程科学与技术,52:30-39.Perinotto H,Schneider J,Bach è lery P,et al.,2015.The extreme mobility of debris avalanches: A new model of transport mechanism[J].J Geophys Res Solid Earth,120:8110-8119.Ren Z,Wang K,Yang K,et al.,2018.The grain size distribution and composition of the Touzhai rock avalanche deposit in Yunnan, China [J].Engineering Geology,234:97-111.Strom A, Li L, Lan H, 2019.Rock avalanche mobility: optimal characterization and the effects of confinement[J].Landslides,16:1437-1452.

**关键词** 高速远程滑坡; 古滑坡; 地貌学; 沉积学; 运动特征



摘要 ID:2040

最终交流类型: 专题邀请报告

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 古灾害与三星堆文明的衰落

王运生<sup>1,3</sup>、周粤<sup>1,3</sup>、唐飞<sup>2</sup>、明伟庭<sup>1,3</sup>、王国康<sup>1,3</sup>、毕杨杨<sup>1,3</sup>、苏毅<sup>1,3</sup>

1. 成都理工大学

2. 四川省文物考古研究院

3. 成都理工大学地质灾害防治与地质环境保护国家重点实验室

随着三星堆遗址不断“上新”，三星堆文化消失的原因再度成为社会各界关注的热点话题。本文从古气候、古灾害方面分析三星堆文明的繁荣与衰落，并结合遗址含泥沙层，对鸭子河上游及白石沟堆积体进行调查，通过分析葛仙山-塘坝子飞来峰灰岩及其搬运途径，得出以下结论：(1) 三星堆遗址主要分布于鸭子河南岸及马牧河两侧 II 级阶地上，文化层上覆 60cm 厚的含泥砂层；(2) 三千年前四川盆地地处热带，鸭子河历史上洪水泛滥，最大洪峰流量超过 3000m<sup>3</sup>/s；(3) 白石沟位于鸭子河上游，流域面积 8.52km<sup>2</sup>，主沟长 3.57km，沟左岸侏罗系砂岩上覆飞来峰灰岩，与沟道高差可达 70m；(4) 白石沟内灰岩块碎石发育，通过灰岩示踪调查分析，认为在强震作用下，飞来峰发生大规模失稳并堵塞白石沟，决口后转化成泥石流，在与鸭子河汇合处壅塞干流河道使河床抬高，与此同时岷江上游的异常洪水到达壅塞处，由于过流断面的减小，洪流改道进入三星堆所在的右岸马牧河，形成洪泛灾害应冲毁三星堆古城，从此三星堆文明走向衰退。

**参考文献** 安芷生等. 二万年来中国环境变化的初步研究. 黄土、第四纪地质、全球变化, 科学出版社, 1990, 2:1-26. 黄宣佩. 太湖地区新石器时代文化剖析[J]. 史前研究, 1984(3). 洪雪晴. 全新世低温事件及海面波动, 中国近海及沿海地区第四纪进程与事件[M]. 海洋出版社, 1989, 111-116. 孔昭宸, 杜乃秋, 张子斌. 北京地区 10000 年以来的植物群发展和气候变化[J]. *Journal of Integrative Plant Biology*, 1982(02):72-81+107. 孔昭宸, 山发寿. 青海湖全新世植被演变及气候变迁:QH85—14C 孢粉数值分析[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1990, 010(003):79-90. 刘金陵. 长白山区孤山屯沼泽地 13000 年以来的植被和气候变化[J]. *古生物学报*, 28(4):17. 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究[J]. *中国科学*, 1973(2):15-38. 铃木秀夫, 李中菊. 3500 年前的气候变迁与古文明[J]. *地理科学进展*, 1988, 7(4). 林向. 论古蜀文化区[A]. 见:赵殿增, 林向, 李绍明. 三星堆与巴蜀文化[C]. 成都: 巴蜀书社, 1993:5-6. 孙湘君. 云南滇池地区全新世以来植被及环境变迁历史. 中-澳第四纪学术讨论会文集. 科学出版社, 1987, 28-42. 施雅风. 中国全新世大暖期气候与环境的基本特征, 中国全新世大暖期气候与环境[M]. 海洋出版社, 1992. 唐领余, 沈才明, 韩辉友, 等. 长江中下游地区 7500—5000a.B.P. 气候变化序列的初步研究[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1991(04):73-85. 王妙发. 黄河流域的史前聚落. *历史地理(第二辑)*, 1985. 73-93. 徐馨, 朱明伦. 镇江地区 15000 年以来古植被与古气候变化[J]. *地理学报*, 1984(3):277-284. 杨怀仁. 晚更新世以来的气候突变及未来气候变化, 中国海陆第四纪对比研究. (梁名胜等主编), 科学出版社, 1991, 40-49. 严钦尚, 洪雪晴. 长江三角洲南部平原全新世海侵问题[J]. *海洋学报:中文版*, 1987(06):744-752. 姚植栋. 祁连山教德冰芯记录的全新世气候变化, 中国全新世大暖期气候与环境[M]. 海洋出版社, 1992. 杨子廉, 李幼军, 丁秋玲, 等. 试论河北平原东部第四纪地质几个基本问题[J]. *地质学报*, 1978(04):1-23. 周昆叔, 严富华, 梁秀龙, 等. 北京平原第四纪晚期花粉分析及其意义[J]. *地质科学*, 1978, 13(1):57-64. 中科院贵阳地化所第四纪孢粉组. 辽宁省南部一万年来自然环境的演变[J]. *中国科学*, 1977(6):99-110. Denton G H, Karlen W. Holocene climatic variations—Their pattern and possible cause[J]. *Quaternary Research*, 2017, 3(2):155-205. Zhou S Z, Chen F H, &nbsp; Pan B T, et al. Environmental change during the Holocene in western China on a millennial timescale[J]. *The Holocene*, 1991.

**关键词** 三星堆文化; 消亡证据; 洪涝灾害; 灰岩示踪;



摘要 ID:2415

最终交流类型: 专题邀请报告

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 青藏高原晚第四纪冰川作用与气候变化

张威\*、唐倩玉

辽宁师范大学地理科学学院

地处中低纬度的青藏高原, 第四纪期间发育了多次与气候变化息息相关的冰川作用。分析该区第四纪冰川作用历史、规模与分布特征, 对于全球气候变化研究具有重要的科学意义。近年来的最新研究结果表明, 青藏高原及喜马拉雅山脉第四纪冰川作用的期次、冰川沉积规模的差异化分布, 强烈显示出与两极和高纬地区不同的发育特征, 中国第四纪冰川学者从理论上进行了深入探究, 认为这种冰川发育规律, 是在强烈的气候变化背景与构造抬升导致的地形条件配合下发生的, 从理论上给与该区冰川作用机制的回答。然而, 有学者也提出可能是西南季风, 尤其是降水梯度的时空变化, 控制着这种冰川作用的区域模式。如在青藏高原东部、中部、南部、西部的不同地区的典型山地, 对应的最老冰期系列依次为全新世中/早期、晚冰期、末次冰期早期、倒数第二次冰期甚至更早, 这种冰川发育模式与降水梯度的变化具有显著的对应关系。然而, 唐古拉山、喜马拉雅造山带的 Ladakh 山脉、念青唐拉山西段, 倒数第二次冰期(最老冰期)冰川广泛发育, 而末次冰期的冰川规模受到限制的现象难于解释, 这种现象也可能是由于喜马拉雅山和喀喇昆仑山的构造抬升, 导致西南季风/西风带来的水汽逐渐减少, 进而影响了末次冰期的冰川发育规模, 但直接的构造证据不足。本研究依据多年来的研究进展, 总结青藏高原等中低纬度第四纪冰川发育基本特点, 认为由于受地理位置和构造运动的差异性控制, 造成各个冰川作用区在不同时期最大冰进规模和时间存在较为明显的差异, 表明青藏高原的间歇性隆升对冰期时气候和冰川发育具有明显的强化作用, 山体抬升并超过冰川发育物质平衡线的高度, 才会启动冰川作用。

### 参考文献

**关键词** 青藏高原; 第四纪; 冰川沉积; 气候变化





摘要 ID:2002

最终交流类型: 专题邀请报告

主题分类: 现代沉积学=》古灾害与沉积

## 中国西部典型区古滑坡分布特征

许冲\*

应急管理部国家自然灾害防治研究院

本研究以西南大凉山地区与西北黄土高原 1920 年海原 M8.5 地震区与 1927 年古浪 1927 年 M8.0 地震区为研究区, 基于高分辨率遥感影像与 GIS 空间分析技术, 开展了古滑坡的识别与分布规律分析。结果表明, 范围为 32628km<sup>2</sup> 的大凉山地区的区域共发育至少 4721 个古滑坡(图 1), 滑坡总面积为 1667.43km<sup>2</sup>, 占研究区总面积的 5.11%, 滑坡点密度为 0.145 个/km<sup>2</sup>。其中, 面积大于 1km<sup>2</sup> 的大型滑坡有 293 个, 大于 0.5km<sup>2</sup> 小于 1km<sup>2</sup> 中-大型滑坡有 546 个, 大于 0.1km<sup>2</sup> 小于 0.5km<sup>2</sup> 的中型滑坡有 2323 个, 小于 0.1km<sup>2</sup> 的小型滑坡有 1559 个。滑坡在 2~3km 高程, 10~20° 坡度, 距河流 1km 内集中分布; 凹坡要比凸坡更易发生滑坡且滑坡更多的分布在接近平直坡的范围内。滑坡发育优势方向为 W 和 WN, 多发育在基岩软弱的砾岩、粉砂岩、灰岩、页岩等岩性内。距断裂带 5km 内滑坡数量最多, PGA 为 0.2g 是滑坡的多发和易发区间。研究区内滑坡多分布在低海拔、低坡度的河流两岸, 滑坡密集区域集中在研究区的西南部分。1920 年海原 M8.5 地震在 IX-XI 度区内至少发育 5384 处滑坡(图 2), 滑坡总面积为 218.78km<sup>2</sup>。滑坡密度最高的区域为 IX 烈度圈的北西部分。通过分析这些滑坡与地形、地震、地质等因子的关系发现, 高程 1700m-2000m 为滑坡的高发与高易发区间; 大多数滑坡集中发育在坡度 15°-25° 范围内, 滑坡密度随着坡度的增加而显著增加; 坡位越低, 也就是距离河流越近, 滑坡密度越大; 新生代地层、尤其是第四系黄土覆盖地区是海原地震滑坡发生的主要区域, 也是高易发区域<sup>[1]</sup>。1927 年古浪 M8.0 地震在 VIII-XI 度区内至少发育 936 处大型滑坡(图 3), 总面积为 58.6km<sup>2</sup>, 滑坡以中、小型为主, 滑坡密集区位于 X 烈度圈的中部和南部, 研究区内滑坡点密度、滑坡面积百分比分别为 0.075 个·km<sup>-2</sup> 与 0.47%。统计结果表明, 高程 2000~2800m 为滑坡的高易发区间; 滑坡主要发生在中、低坡上, 坡度越高滑坡密度越大; 东-西向和北东-南西向是滑坡的优势滑动方向; 白垩系和第四系地层是古浪地震滑坡发生的主要地层; X 烈度区产生的滑坡规模最大; 离断裂带和河流越近的产生滑坡越易发生<sup>[2]</sup>。建议开展全国尺度的古滑坡分布详细调查、解译、制图与分析工作, 为滑坡发生机理、分布特征与规律、危险性与风险评估等工作提供支撑。

**参考文献** [1] 许冲, 田颖颖, 马思远, 徐锡伟, 周本刚, 吴熙彦, 庄建琦, 高玉欣, 吴玮莹, 黄学强 (2018) 1920 年海原 8.5 级地震高烈度区滑坡编录与分布规律. 工程地质学报, 26(5): 1188-1195. [2] Xu J, Xu C, He X, Wen B, Ge K, Bai Y (2020) Spatial distribution of seismic landslides in the areas of 1927 Gulang M8.0 earthquake. Earthquake Research in China, 34(1): 5-28.

**关键词** 古滑坡; 大凉山; 海原地震; 古浪地震; 分布图



# 现代沉积学

## 河口海岸沉积环境与人类适应



摘要 ID: 3275

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 近 40a 来闽江口水下三角洲冲淤变化特征研究

梁灏深<sup>1</sup>、王爱军\*<sup>1,2</sup>

1. 自然资源第三海洋研究所
2. 福建省海洋物理与地质过程重点实验室

河口水下三角洲是陆海相互作用的敏感地带,也是人类活动最为频繁的地区,一直以来都是国际上的研究重点和热点。闽江口作为“海上丝绸之路”的起始地,河口水下三角洲的动态演化直接关系到航运安全、资源潜力与河口生态健康,因此研究闽江河口水下三角洲的变化对区域经济社会发展、资源开发及生态保护具有重要意义。本文以闽江口川石岛以东水下三角洲作为研究区域,利用近 40a 以来水深数据迪比分析河口水下三角洲的冲淤变化特征。研究表明,近 40a 来闽江河口水下三角洲呈现淤积-冲刷-略有淤积-略有冲刷的特征,且等深线也随冲刷状态发生相应的前进与后退。

### 参考文献

**关键词** 闽江口; 水下三角洲;



摘要 ID:2476

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 末次冰消期以来黄土高原输沙变化及人类活动效应

范念念<sup>\*1</sup>、安宇<sup>1</sup>、王均平<sup>2</sup>、王成善<sup>3</sup>、刘兴年<sup>1</sup>

1. 四川大学

2. 首都师范大学

3. 中国地质大学(北京)

黄土高原是世界上地表侵蚀最严重的地区,自然与人为因素对黄土高原的侵蚀作用仍不明确。永定河为仅次于黄河,流经黄土高原的第二高输沙河流。华北克拉通结晶基底及第四纪黄土占据了流域内多数地区,流域地层特性使得河流沉积物物源中的基岩与黄土容易区分。因此,厘定永定河泥沙中黄土所占比例的变化趋势,对于理解黄土高原的侵蚀规律及风成-河流源汇系统,均具有重要意义。本文以永定河中游官厅峡谷古洪水剖面为研究对象,该剖面记录了17.8ka~公元1939的多次古洪水事件,利用碎屑锆石年龄、重矿物及Sr-Nd同位素测定古洪水沉积中黄土和基岩比例的变化趋势。测定结果表明,自17.8ka以来永定河泥沙中黄土的比例在持续下降,至少持续到奴隶社会晚期。但在不晚于1.0ka时却突然上升并持续至0.8ka,随后在0.6ka回落到自然趋势;而公元1939年再次陡然增加。结合永定河流域的自然和人文特征我们推断,末次冰消期以来,自然背景下黄土高原侵蚀逐渐减弱,原始社会和奴隶社会的人类活动有限,不能改变黄土高原的侵蚀逐渐减弱的自然趋势。而自1.0ka以来,强烈的人类活动加剧了黄土侵蚀,不同时代下人类活动强度的不同造成的侵蚀增加也不相同,然而人为影响会在数百年时间尺度内回落到自然趋势。

### 参考文献

**关键词** 永定河;黄土;侵蚀;自然趋势;人类活动



摘要 ID:1090

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 大凌河流域输沙量变化控制因素定量化研究

孙爽、朱丽亚、胡克、李琰\*、聂云峰  
中国地质大学(北京)

入海河流沉积物的输运对河口-海岸地区的地貌和生态系统稳定性有重要影响。已有研究对大河流域沉积物输运过程的影响因子,如:流域面积,地貌,输水量,气候变化,植被特征以及人类活动等,进行了定量识别。然而,与大河流域有着不同河-海交互和风化-传输模式的山溪性小河流沉积物的传输机制与模式尚未得到充分研究。本文以我国东北部沉积物浓度仅次于黄河的大凌河流域为对象,收集了河流水文气象数据和归一化植被指数(NDVI),应用偏导数与多条累积曲线方法研究了大凌河流域近50年来河流输沙量变化对气候,植被覆盖度以及水库的响应。结果表明大凌河流域沉积物通量高度响应偶然气候事件(尤其是1994的洪水事件),说明该河流可以有效地记录区域极端气候事件。沉积物通量对植被覆盖度的变化异常敏感,整个流域地形坡度处于0-15°面积占比高达86.72%,大大提高了植被固沙的效果。两种定量计算均表明植被覆盖度(49.14-52.30%)是输沙量减少(1980年前后平均减少76%)的最主要因素,高于人类活动(22.90-44.09%)与气候变化(5.49-24.58%)。比较流域各区域,植被覆盖度低以及农田占比高的区域,植被覆盖度的贡献高于其他区域。本文发现水库并不是所有流域近几十年来入海输沙量减少的最主要因素,印证了植被在小流域中的贡献。

### 参考文献

**关键词** 山溪性小河流, 偏导数方法, 归一化植被指数, 植被覆盖度, 农田, 水库



摘要 ID: 3250

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 江苏射阳河口南侧潮滩侵蚀-淤积过程及其动力学机制

张望泽<sup>1,2</sup>、王爱军\*<sup>1,3,4</sup>

1. 自然资源部第三海洋研究所
2. 福州大学
3. 自然资源部华东海岸带野外科学观测研究站
4. 福建省海洋物理与地质过程重点实验室

海岸作为陆海相互作用最显著的界面,其侵蚀与淤积的变化对海岸带地区的资源开发与生态环境保护都具有重要意义。江苏海岸作为我国典型的粉砂淤泥质海岸,自黄河北归后,废黄河三角洲发生严重侵蚀,并且侵蚀范围逐渐向南延伸。本文选取射阳河口南岸潮间带作为研究区域,利用声学多普勒测流仪(ADV)和波潮仪观测了潮间带上部和下部的沉积动力学要素,并采集了不同时间段的表层沉积物,分析射阳河口南侧海岸潮间带侵蚀过程及其动力学机制。观测结果表明,(1)射阳河口南侧潮滩受到潮流和波浪的侵蚀作用,为侵蚀型潮滩。(2)射阳河口潮间带侵蚀时空变化特征有明显差异,冬季潮流和波浪的侵蚀作用远高于夏季。

### 参考文献

**关键词** 射阳河口; 海岸侵蚀; 潮滩; 沉积动力



摘要 ID:2924

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 长江三角洲南部平原贝壳堤中晚全新世发育过程模拟重建

王硕<sup>1</sup>、葛建忠<sup>2</sup>、王张华<sup>2</sup>、王宁练<sup>\*1</sup>

1. 西北大学 陕西省地表系统与环境承载力重点实验室

2. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室

滨海平原贝壳堤的发育过程关系着区域海平面变化、极端天气事件与古人类适应等重要课题。长江三角洲滨海平原贝壳堤的发育,既包括潮、波综合作用下的稳定堆积,又有强台风引起的波浪增水形成的瞬时堆积,对长江三角洲南部平原上贝壳堤发育过程的深入研究,可以恢复古风暴引起的最大波高和风暴浪强度,了解全新世极端事件的发生规律,帮助我们预测21世纪气候变化下的风暴强度和其可能对海岸带造成的影响。因此,本研究选取位于长江三角洲东南沿岸的柘林良渚文化遗址剖面,运用Delft3D地貌模型和SWAN波浪模型,考虑潮汐、波浪、台风的综合影响,模拟长江三角洲南部平原贝壳堤中晚全新世的发育过程。基于历史台风的路径和最大风速分析数据,构建具有较强代表性的台风数据集,在古地形基础上模拟不同台风情景下长江三角洲南部淤泥质潮滩表层沉积物粒径及滩面地形的演变;通过对比模拟结果与剖面显示的沉积演变过程,探讨影响贝壳堤发育的主要因素,重建贝壳堤记录的中晚全新世极端风暴事件。研究表明,台风期间的波浪在形成潮滩地形方面发挥着主要作用,长江三角洲南部潮滩具有发育贝壳堤适宜的海岸坡度和泥沙粒度,但在常态天气下,并不具备形成贝壳堤的高能波浪条件。约5.0 cal ka BP贝壳堤在长江三角洲南部滨海平原的突然建造,可能是超强风暴事件侵蚀潮滩,并在潮上带大量堆积的结果。

### 参考文献

**关键词** 贝壳堤; 风暴沉积; 数值模拟; 长江三角洲



摘要 ID: 3217

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 外部驱动力调控全新世琼东上升流的变化

黄超\*

广东海洋大学

上升流区域生物地球化学活动及其活跃, 因此在海洋的生源要素循环以及气候变化中都扮演极其重要的作用。南海北部沿海上升流控制区域海洋生产力, 从而影响“蓝色经济”。然而, 人们对百年尺度上升流的变化及其相关的驱动机制知之甚少, 主要原因是缺乏器测和历史时期以外的高分辨率上升流记录。基于海南岛东海岸上升流区获取的高分辨率(~30年)记录, 我们重建了过去7000年季风引起的上升流变化。结果表明, 该区域上升流百年尺度变化与太阳活动、热带辐合带(ITCZ)的纬向变化和 ENSO 频率基本同步。我们认为, 百年尺度上升流强度主要是由外部太阳强迫驱动, 内部反馈如 ITCZ 的纬度变化和 ENSO 活动放大了太阳活动变化的信号。我们的研究表明, 在人类世之前, 外部强迫机制对上升流的变化有显著影响, 在对未来低纬度地区上升流变化进行预测时应予以考虑。

**参考文献** Huang Chao, Yang Yin, Chen Fajin\*, Kong Deming, Xu Jin, Chen Chunqing, Zhu Qingmei, Huang Xin. External forcing mechanisms controlling the Qiongdong upwelling in the northern South China Sea during the Holocene. *Global and Planetary Change*. 2023, 220, 104021

**关键词** 海南岛; 沿岸上升流; 太阳活动; 氮同位素; 百年时间尺度





摘要 ID:1426

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 渤海近 80 年来高分辨率汞、铅和多环芳烃的沉积记录: 环渤海经济区人类活动影响沉积影响的“足迹”

陈彬\*

青岛海洋地质研究所

环渤海经济区是我国近百年来最早开始工业化的区域之一, 同时该区经济在建国后经济取得了飞速的发展。为更好的探索环渤海经济区人类活动的变化对渤海的影响, 我们在渤海北部中央地区采集了 1 根柱状样, 测定了沉积物中汞、铅和多环芳烃的含量以及铅稳定同位素组分, 重建了该区域近 80 年汞、铅和多环芳烃的高分辨率沉积历史。研究表明该海域在上世纪 30 年代初期至 40 年代中期已经受到东北地区重工业快速发展的影响。在 20 世纪 60 年代初期至 70 年代末期, 该区域明显受到环渤海经济区经济发展的影响, 在改革开放后, 人类活动的影响显著增强。这一趋势直到 20 世纪初期才被打断, 可能是由于我国在环渤海经济区已经实施强有力的环境保护措施。铅稳定同位素和多环芳烃的组分特征表明环渤海地区铅来源在近半个世纪发生了显著的变化, 以化石燃料(煤炭和含铅汽油)燃烧为主转变为以煤炭燃烧和有色金属冶炼为主。尽管在国外许多区域, 如西欧、美国、东南亚等, 已经发现了沉积物中铅含量明显下降, 但是类似的趋势并未在中国东部近岸海域沉积物中发现, 这可能归因于重工业的发展和煤炭消耗量的急剧增加。

**参考文献** Chen B, Hu L, Liu J, et al. High-resolution depositional records of lead isotopes and polycyclic aromatic hydrocarbons in the Bohai Sea, China: Implications for a sediment footprint of anthropogenic impact[J]. *Marine Geology*, 2021, 432: 106396.

**关键词** 铅稳定同位素, 多环芳烃, 柱状样, 渤海, 人类活动影响



摘要 ID: 2924

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 长江口东滩湿地沉积物中汞形态季节变化及迁移转化研究

祝常乐、吕少晔、赵庆、刘霞、王志刚、郑祥民、周立旻、王永杰\*  
华东师范大学

河口海岸湿地作为海陆作用的重要地带, 是全球生产力最高的生态系统之一(Bravo et al., 2018), 同时也是持久性重金属污染物汞(Hg)累积的主要汇库。湿地沉积物是甲基汞(MeHg)生成主要场所, 甲基汞可沿食物链富集(Hsu-Kim et al., 2013; 冯新斌等, 2020), 如此, 即使受较轻污染的河口湿地, 其对河口海岸湿地生态系统的威胁不容忽视。长江河口是典型的受潮汐和径流双重控制的河口, 长江流域内人口密度高、人类活动频繁, 河流输入是长江口汞污染的主要来源, 研究表明在长江流域每年向河口区输送了大量的Hg和MeHg(Liu et al., 2019), 导致河口湿地沉积物中汞的含量有一定的增加(Deng et al., 2013)。近几十年来, 入侵物种互花米草在河口湿地快速扩张, 导致本地物种芦苇和海三棱藨草带分布面积不断减少。研究表明互花米草入侵促进了河口湿地细颗粒物的沉积(Yang et al., 2008), 进而导致沉积物中汞含量的增大(Wang et al., 2022), 但是植物生长的季节变化对汞甲基化的影响仍不清楚。此外, 周期性潮汐作用导致的沉积物颗粒再悬浮过程, 可导致沉积物氧化还原条件不断变化, 这些变化对汞甲基化影响值得研究。

本研究测定了长江口东滩湿地三种主要植物根际沉积物中总汞(THg)和MeHg的季节变化, 并进行了微宇宙培养实验, 探究影响汞时空变化及其甲基化的主要因素。结果表明, 所有采样点的沉积物THg均值为75.9ng/g(12.3~114.9 ng/g, n=144), 且季节变化复杂, 相关分析表明THg含量与细颗粒<16 $\mu$ m体积分百分比呈显著正相关关系( $r^2=0.88$ ,  $p<0.05$ ), 这说明了总汞的主时空变化主要是受不同潮汐水动力下悬浮颗粒沉积变化所控制。沉积物中的MeHg含量均值为0.3ng/g(0.02~2.3 ng/g, n=114), 且表层(0~12 cm)一般高于深层。同时, 发现表层沉积物中参与汞的甲基化的hgcA功能基因的丰度较高, 这可能是导致MeHg含量升高的主要原因。碳同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 结果表明, 尽管三种植物表层根际沉积物中有机碳的组成不同, 但沉积物中甲MeHg含量没有明显差异。模拟试验表明, 植物凋落物添加可以显著促进汞的甲基化。这些结果表明新鲜有机质的输入可能是影响表层MeHg含量升高的主要驱动力, 与植物种类关系不大。此外, 50天的两个周期的还原-氧化模拟试验结果显示, 在一定汞输入(1.4mg/kg)的条件下, 溶解态THg迅速降低, 这可能与铁氧化物吸附有机结合态汞的所致。同时发现即使在亚厌氧的条件下沉积物中汞甲基化潜势短时间(50天)内依旧较高。这些结果表明, 在潮汐和植物凋落物的有机质输入所引起的氧化还原条件变化下, 河口湿地沉积物中汞的潜在健康风险可能较长时间存在, 其长期的变化有待进一步研究。

**参考文献** 冯新斌, 史建波, 李平, 等. 2020. 我国汞污染研究与履约进展. 中国科学院院刊 [J], 35: 7. Bravo A G, Zopfi J, Buck M, et al. 2018. Geobacteraceae are important members of mercury-methylating microbial communities of sediments impacted by waste water releases. The ISME Journal [J], 12: 802-812. Deng H, Wang D, Chen Z, et al. 2013. A comprehensive investigation and assessment of mercury in intertidal sediment in continental coast of Shanghai. Environmental Science and Pollution Research [J], 20: 6297-6305. Hsu-kim H, Kucharzyk K H, Tong Z, et al. 2013. Mechanisms Regulating Mercury Bioavailability for Methylating Microorganisms in the Aquatic Environment: A Critical Review. Environmental Science & Technology [J], 47: 2441-2456. Liu M, Xie H, He Y, et al. 2019. Sources and transport of methylmercury in the Yangtze River and the impact of the Three Gorges Dam. Water Research [J], 166: 115042. Wang Y, Wang Z, Zheng X, et al. 2022. Influence of *Spartina alterniflora* invasion on mercury storage and methylation in the sediments of Yangtze River estuarine wetlands. Estuarine, Coastal and Shelf Science [J], 265: 107717. Yang S L, Li H, Ysebaert T, et al. 2008. Spatial and temporal variations in



sediment grain size in tidal wetlands, Yangtze Delta: On the role of physical and biotic controls. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* [J], 77: 657-671.

**关键词** 汞; 甲基汞; 潮滩河口沉积物; 互花米草; 植物凋落物



摘要 ID: 3272

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 琅岐岛潮滩沉积物粒度时空变化特征研究

李海琪<sup>1,2</sup>、王爱军\*<sup>1,3</sup>

1. 自然资源部第三海洋研究所
2. 上海海洋大学
3. 福建省海洋物理与地质过程重点实验室

潮滩位于陆地与海洋相互作用的敏感地带,其沉积环境变化与海岸带生态系统演化、海岸带开发利用等密切相关。本文选取闽江口琅岐岛东侧潮滩作为研究区域,采集了2022年5月、8月、12月以及2023年2月的潮滩表层沉积物样品,利用激光粒度仪进行了粒度分析并计算了沉积物粒度参数,探讨了琅岐潮滩沉积物粒度的四季变化特征。综合五条横断面的中值粒径分析,研究结果表明:(1)琅岐潮滩四季中值粒径的变化范围为2-7.5phi;(2)中值粒径最细的是2023年2月,较细的为2022年5月,较粗的是2022年12月,最粗的为2022年8月,即中值粒径的四季变化特征为冬季最细,春季较细,秋季较粗,夏季最粗;(2)随着离岸距离的增加,除了L0横断面,其他四条横断面中值粒径的四季变化都呈现先减后增的趋势;(3)由北向南,L0横断面至L4横断面,中值粒径在2-3phi区间的空间分布范围逐渐增加。

### 参考文献

**关键词** 潮滩;琅岐岛;粒度分析



摘要 ID:553

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 基于机器学习方法的河口羽状流识别与特征提取

李昭颖<sup>1</sup>、王厚杰<sup>\*1,2</sup>

1. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室
2. 中国海洋大学

河口羽状流是河流携带的陆源物质向海洋输送的关键通道,决定着淡水、陆源沉积物、营养盐等在河口附近的分布状况和输运范围,对河口和近海物质输运与环境有重要影响。除受河流水沙条件的影响外,海洋动力环境对河口羽状流的扩散有重要控制作用。然而,囿于数据限制和技术手段,现有技术手段和方法难以获得大批量长期连续羽状流现场数据,也难以就羽状流的分布特征进行定量化和模式化的提取和分析。

近年来,机器学习技术作为能够自主学习、利用经验来改善自身性能算法,为数据提取、因素分析等问题提供了巨大的帮助,基于卫星遥感图像和机器学习技术可以为河口羽状流的识别和特征提取提供重要的技术支持。

为获取羽状流在真实河口分布的大批量长期数据,针对河口羽状流分布特征进行定量提取,本文以深度学习图像识别算法为基础,结合卷积神经网络算法,训练基于 Landsat 卫星图像的分类-分割-提取“PlumeCatcher”羽状流数据提取模型,根据扩散范围、面积和指向方向开展了量化河口羽状流分布特征提取工作,并以南美洲 Magdalena River 为例,成功就其 1998-2015 年期间的数据提取和分布模式进行探讨与分析,并与环境因素进行对比,得到不同环境因素影响下的羽状流分布特征。研究结果作为大数据背景交叉学科新方法,可为河口羽状流进一步完善羽状流结构、扩散和动力过程的研究提供数据支持,并为深入研究大型河流入海泥沙源-汇过程机制提供科学依据。

### 参考文献

**关键词** 机器学习; 河口羽状流; 卫星图像



摘要 ID:870

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 人类活动影响下的中小型山溪性河流河口水下三角洲演化过程

王爱军\*、叶翔、赖志坤、谢津剑  
自然资源部第三海洋研究所

在流域及河口地区强烈人类活动的影响下,河口环境发生变异,河口系统状态正在发生转换,河口水下三角洲的演化过程也正在发生显著变化,并且不同类型河口水下三角洲对不同人类活动的响应过程的差异很大。闽江作为中国东南沿海典型的中小型山溪性河流,河口水下三角洲发育广,并且沉积物及海底地貌动态活动性高。通过海图对比、沉积物历史变化分析、入海水沙通量时间序列分析及现场观测等手段,分析了闽江河口水下三角洲的历史演化过程及其对人类活动的响应。研究表明,在20世纪50年代以来,闽江流域土地利用变化导致流域范围内的水土流失严重,闽江河口水下三角洲范围不断扩大,前三三角洲泥质沉积区沉积速率增大;自20世纪80年代以来,随着流域范围内水库的不断建造,闽江入海泥沙通量略有减少,河口水下三角洲依然处于不断淤长状态;自水口水库建成后,一方面造成闽江入海泥沙通量锐减,河口水下三角洲前缘开始出现侵蚀,前三三角洲泥质沉积区沉积速率锐减;另一方面,水库的调节作用减小了河流入海通量的季节性变化特征,从而改变了河口地区的水动力过程,导致河口水下三角洲沉积环境发生变化。随着河口采砂活动的不断增多,河口水下三角洲前缘侵蚀强度进一步增大。

### 参考文献

**关键词** 水下三角洲; 高强度人类活动; 泥沙通量; 河口采砂; 闽江



摘要 ID:2160

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 三门湾海域表层沉积物重金属分布特征

曹珂\*、田元、高飞  
青岛海洋地质研究所

三门湾位于浙江省海岸中段,三面环陆,是一个半封闭的海湾,呈西北东南走向,其形状犹如伸开五指的手掌,众多的港汊呈指状深嵌内陆。随着三门湾海洋开发利用活动的频繁和扩大,沿海港口城市化、工业化速度的不断加快,近岸海域的环境污染有所加重,其沉积污染,也应引起必要的关注。本文对三门湾表层沉积物中重金属的含量水平、分布规律及其污染特征进行了研究,评价三门湾沉积物重金属的潜在生态风险,以期了解三门湾沉积环境中重金属的污染现状,为沉积物环境的综合评价与管理提供科学依据。

三门湾表层沉积物中Cu总量在19.8~51.0mg/kg之间,平均为31.3mg/kg;Pb总量在19.7~50.6mg/kg之间,平均为29.9mg/kg;Zn总量在71.2~160mg/kg之间,平均为96.5mg/kg;Cr总量在72.2~116mg/kg之间,平均为91.5mg/kg;Ni总量在33.3~50.8mg/kg之间,平均为42.8mg/kg;Cd总量在64~510ng/kg之间,平均为116ng/kg;As总量在9.2~16.0mg/kg之间,平均为13.1mg/kg;Hg总量在40~140ng/kg之间,平均为64ng/kg。三门湾海域表层沉积物重金属元素Cu, Pb, Zn, Cr, Ni, Cd, As, Hg分布主要呈现出湾内高,湾顶汉道高,近岸高的特点。单项重金属生态风险指数显示,Cu为3.3~8.5,平均5.2;Pb为3.9~10.1,平均6.0;Zn为0.9~2,平均1.2;Cr为2.4~3.9,平均3.1;Cd为3.8~30.6,平均为7.2;As为6.1~10.7,平均为8.7;Hg为6.4~22.4,平均10.4。重金属元素的潜在生态危害程度顺序是Hg>As>Cd>Pb>Cu>Cr>Zn,均属于潜在生态危害轻微(RI<40)。

总体潜在生态风险指数RI居于28.6~82.4之间,平均41.8,总体生态风险指数显示,整体上,三门湾海域沉积物重金属位于潜在生态危害轻微(RI<150)。分布特征呈现湾内高于湾外海域、汉道高于湾内的特征。湾内三面临陆,且人口密集,因此湾内高重金属含量受到人类活动的影响较大。而汉道内出现相对高值区,说明除了人类活动的影响,湾内的潮流模式、泥砂运移等因素也对重金属的分配和赋存产生影响。健跳北部、鹤浦北部出现的小范围高值区,这两块区域临近船舶厂,船只建造和修理过程中排放出的重金属可能是一个重要因素。

参考文献

关键词



摘要 ID:2938

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 调水调沙期间黄河口异重流输沙过程

涂德耀<sup>1</sup>、王爱美<sup>1,2</sup>、吴晓<sup>1</sup>、王厚杰<sup>\*1,2</sup>

1. 中国海洋大学海洋地球科学学院, 山东 青岛 266100

2. 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266100

河流是将陆源物质输送到海洋的主要途径, 超过 90% 的陆源物质通过河流流入海洋, 为海洋提供了丰富的沉积物、有机质和营养物质 (Bi et al., 2019), 河流成为了陆地与海洋物质交换的枢纽。河口异重流 (Hyperpycnal flow) 是河流入海的特殊方式, 当悬浮沉积物的浓度非常大时, 河水密度大于海水密度, 高浊度河流羽流俯冲到周围海水之下形成浊流 (Bates, 1953; Wang et al., 2011; Wright et al., 1988)。河口异重流具有传输速度快, 泥沙通量大等特点, 会在短时间内对河口三角洲及邻近海域地貌演化及生态环境产生重要影响 (Wang et al., 2011)。随着流域气候变化和人类活动影响, 黄河径流量和输沙量急剧减少 (Wang et al., 2015), 同时入海泥沙粒径快速增加 (Wu et al., 2021), 导致河口异重流发生几率大大降低 (Wang et al., 2017; Wu et al., 2017)。自 2002 年黄委会实施调水调沙工程以来, 实现利用更少的水输送更多的泥沙入海, 期间约占全年 30% 的泥沙在短时间内 (~10 days) 快速入海, 是河口泥沙异重流触发的重要窗口期 (李庆余等, 2021)。

本研究基于 2010 年黄河调水调沙期间河口沉积动力现场观测资料, 结合 ROMS 海洋模型, 研究了河口异重流特征以及其对于河口地貌的影响。首先, 分析了异重流的特征, 异重流作为一种由河流触发的高含沙沉积物流, 其表现为底层高温、低盐、高悬沙浓度的浑浊淡水, 具有与海底峡谷浊流相似的剖面流速结构——近底层的高流速, 最大流速出现在近底 1m 左右, 但由于浮力羽流的存在, 在观测期间出现了特殊的“S”型垂向流速结构; 异重流主要由粒径为 5~10 μm 的细颗粒粉砂组成, 该部分粒径泥沙的含量与有机碳具有高度对应关系, 由于异重流携带的高浓度细颗粒泥沙, 导致河口口门底质沉积物具有不同的细化程度, 口门外东侧海域尤为明显。此外, 通过数值模型, 模拟了调水调沙期间河口泥沙异重流过程, 并分析了河口不同输沙方式下河口沉积地貌演化过程。模型结果显示: 1. 异重流发育受潮流影响大, 异重流生消和水体垂向结构存在周期性变化特征, 落潮时段异重流发育较好, 水体层化增强; 涨潮时段异重流逐渐消亡, 水体混合增强。2. 调水期间主要对河口进行冲刷, 口门两侧近岸处堆积, 而调沙期间大量泥沙以异重流形式快速入海, 在河口外形成“梭形”沉积体, 沉积高值中心位于正对口门外水深 6-8m 处。为了探究影响沉积体形态及沉积中心的具体因素, 本研究设计了系列对照实验, 目前结果显示河流动力、粒度并非为影响河口区域沉积体形态的主要因素, 而泥沙输运方式变化是形成“梭形”沉积体的决定性因素。

黄河流域内人类活动引发了黄河河流物质通量、河口沉积动力过程和三角洲地貌演化产生一系列快速响应。由于河口三角洲其独特的重要性 (人类居住、湿地生态系统、生物多样性等), 针对黄委会实行的调水调沙工程是否能够维持三角洲面积变化有待进一步考究。

**参考文献** Bates C C, 1953. Rational theory of delta formation[J]. *Aapg Bulletin*, 37. Bi N, Sun Z, Wang H, et al., 2019. Response of channel scouring and deposition to the regulation of large reservoirs: A case study of the lower reaches of the Yellow River (Huanghe)[J]. *Journal of Hydrology*, 568, 972-984. Wang S, Fu B, Piao S, et al., 2015. Reduced sediment transport in the Yellow River due to anthropogenic changes[J]. *Nature Geoscience*, 9(1), 38-41. Wang Y, Wang H, Bi N, et al., 2011. Numerical modeling of hyperpycnal flows in an idealized river mouth[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 93(3), 228-238. Wang Y J, Liu D Y, Lee K, et al., 2017. Impact of Water-Sediment Regulation Scheme on seasonal and spatial variations of biogeochemical factors in the Yellow River estuary[J]. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 198, 92-105. Wright L D, Wiseman W J, Bornhold B D, et al., 1988. Marine dispersal and deposition of Yellow River silts by gravity-driven underflows[J]. *Nature*, 332, 629-632. Wu X, Bi N, Xu J, et al., 2017. Stepwise morphological evolution of





the active Yellow River (Huanghe) delta lobe (1976–2013): Dominant roles of riverine discharge and sediment grain size[J]. *Geomorphology*, 292, 115–127. Wu X, Fan Y, Wang H, et al., 2021. Geomorphological responses of the lower river channel and delta to interruption of reservoir regulation in the Yellow River[J]. *Chinese Science Bulletin*, 66(23), 3059–3070. 李庆余, 王爱美, 吴晓等, 2021. 调水调沙影响下黄河口泥沙异重流过程[J]. *海洋地质前沿*, 37(08):52–63.

**关键词** 调水调沙工程; 河口异重流; 数值模拟



摘要 ID:871

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》河口海岸沉积环境与人类适应

## 东海内陆架近两百年来有孔虫组合阶段变化及影响因素

郑世雯<sup>\*2,3</sup>、范德江<sup>1,3</sup>、王明霄<sup>3</sup>、贾永刚<sup>2</sup>

1. 青岛海洋科学与技术国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室
2. 中国海洋大学 环境科学与工程学院
3. 中国海洋大学 海底科学与探测技术教育部重点实验室

中国东部陆架是世界上最平坦宽广的大陆架之一, 接受长江等河流巨量的沉积物输入, 在东海内陆架形成了长条状分布厚度数十米的泥质沉积体, 是研究古海洋、古环境变化的理想地区。基于东海内陆架泥质区 DH7-2 孔岩心, 使用激光粒度分析仪、体视显微镜开展了沉积物粒度和有孔虫组成的分析和鉴定, 并利用高能  $\gamma$  能谱仪进行了沉积物岩心的年代标定, 探讨近百年来沉积记录和有孔虫组合变化及其影响因素。研究表明: 近 200 年来有孔虫组合变化可以划分为 3 个阶段, 1822-1900 年, 有孔虫绝对丰度低, 冷水富氧环境的有孔虫较为发育, 主要影响因素是东亚季风, 该时期东亚冬季风由强减弱, 水温较冷, 水体含氧量较高, 营养盐较为贫乏; 1900-1955 年, 有孔虫绝对丰度和适宜暖水环境的有孔虫增加, 主要受到东亚夏季风增强使得海水表层温度增加及台湾暖流带来的营养盐影响; 自 1955 年以来, 有孔虫绝对丰度急剧增加, 种属组合也出现明显的改变, 这与该时期大量的营养盐物质输入东海、水体富营养盐化密切相关。该研究表明 1950 年代之前, 东海内陆架海域有孔虫主要受到自然因素的影响, 而之后则受到人类活动的强烈影响(王明霄等, 2021)。

**参考文献** 王明霄, 郑世雯, 范德江. 东海内陆架近两百年来有孔虫组合变化及原因[J/OL]. 沉积学报:1-17.

**关键词** 东海内陆架; 有孔虫; 东亚季风; 人类活动



# 现代沉积学

## 水系固体物质研究



摘要 ID:897

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

## 喜马拉雅东构造结地区迫隆藏布流域河流砂物质组分与泥砂贡献率

董小龙<sup>1</sup>、胡修棉\*<sup>1</sup>、梁文栋<sup>2</sup>

1. 南京大学

2. 成都理工大学沉积地质研究院

迫隆藏布作为雅鲁藏布流域内最大的支流, 流经喜马拉雅东构造结背斜轴面位置, 形成世界第三大峡谷。前人对下游布拉马普特拉河的河流砂和河水地球化学成分表明占流域面积不足5%的喜马拉雅东构造结地区对下游的物质贡献量高达35%-50%, 如此巨量的物质来自于哪里, 作为最大支流的迫隆藏布向雅江贡献了多少沉积物, 各支流向迫隆藏布贡献了多少物质? 这些问题长期得不到解决。作者采用全砂、重矿物和碎屑锆石等方法定量得出迫隆藏布流域的物质组成及变化特征, 通过 Forward Mixing Model 定量计算出河流的贡献率。研究表明, 迫隆藏布上游河流砂以沉积变质岩岩屑为主, 重矿物以角闪石为主, 表明物质主要来自于冈底斯弧。与易贡藏布汇合后的下游地区以高级变质岩岩屑为主, 重矿物以石榴子石和辉石为主, 表明中-下地壳角闪岩相-麻粒岩相物质被剥蚀。通过全砂和重矿物模拟计算得出易贡藏布对迫隆藏布的物质贡献率为  $54 \pm 11\%$ ; 迫隆藏布上游仅贡献  $11 \pm 9\%$ 。该研究对迫隆藏布流域的水利水电开发具有重要的参考意义。

### 参考文献

**关键词** 迫隆藏布; 现代河流砂; 重矿物; 物质贡献率



摘要 ID:1261

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

## 第四纪沉积物总量计算及其地质意义——以雅鲁藏布江支流湘曲河流域为例

白雅俪格、戴紧根\*、韩中鹏、林志鹏、王成善  
中国地质大学(北京)

河流沉积物记录了构造与气候信息。但是传统地质工作中的剖面测量很难获得沉积物总量。对于发育于青藏高原地区的大型河流,其沉积物总量在不同河段的变化能有效记录高原隆升的差异性。本文选择了雅鲁藏布江中游湘曲河流域为研究对象,利用 ENVI5.3 和 ArcGIS10.2 软件,基于监督分类法对该流域第四纪沉积物进行遥感解译。该解译使用计算机识别残积物、坡积物、冲积物、洪积物和冰碛物等不同类型的第四纪沉积物,并绘制出遥感解译图。根据上述解译结果,获得了各类沉积物的特点及其分布范围,遥感解译精度约 73.3%,分类精度较高,对第四纪沉积物的分类具有适用性。在沉积物总量的计算方面,本文创新地使用了克里金插值的像元积分求解方法。该方法以像元为单位进行积分,具有较高的准确性。结合野外实测剖面的厚度,本文获得湘曲流域第四纪沉积物总量约 84 立方千米,其中河谷冲积物和洪积物分别为 2.7 立方千米和 8 立方千米。上述较多的河谷沉积物与其所处主干河流雅鲁藏布江的宽谷段具有大量沉积物相吻合,反映了该段流域处于相对缓慢的隆升阶段。冲积物主要类型为粗砾、中砾、砾石、卵石、中-粗砂和亚砂土,从剖面底部向上呈现逐渐变细的趋势,早期粗砾沉积可能对应于冰川期融雪减少的时期。但是由于沉积时代未确定,沉积物分布特征和总量与气候之间的关系还有待进一步研究。

### 参考文献

**关键词** 沉积物总量; 雅鲁藏布江; 遥感解译; 构造; 气候



摘要 ID:2340

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

## 沉积沙搬运能否贯穿雅鲁藏布江—布拉马普特拉河—恒河全流域 路径系统?

于名扬<sup>1</sup>、刘志飞<sup>\*1</sup>、赵玉龙<sup>1</sup>、林宝治<sup>1</sup>、H.M. Zakir Hossain<sup>2</sup>

1. 同济大学海洋地质国家重点实验室

2. Department of Petroleum and Mining Engineering, Jashore University of Science and Technology

青藏高原孕育了亚洲诸多的大型流域体系, 并与周围的边缘海构成全球最大的沉积物源汇系统。其中, 布拉马普特拉河—恒河以其全球最高的输沙量, 在喜马拉雅南缘和孟加拉湾形成了全球最大的三角洲—海底扇系统, 吸引了大量研究。相比之下, 作为布拉马普特拉河上游、东西向贯穿青藏高原南部的雅鲁藏布江, 其沉积物对下游布拉马普特拉河—恒河流域输沙量的贡献却缺乏研究。为此, 我们系统采集了雅鲁藏布江—布拉马普特拉河—恒河全流域的表层沉积物, 通过分析中至细沙的主量元素组成, 旨在研究沉积沙颗粒从青藏高原源头到恒河三角洲路径系统的源汇搬运过程。

结果显示, 沉积沙的主量元素组成在全流域各河段表现出高度的差异性。以  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$  比值为例, 该比值在雅鲁藏布江上游较低, 进入中游后先逐渐升高, 在小幅下降后趋于稳定, 进入下游后再次升高; 但在布拉马普特拉河, 该比值显著降低。同时,  $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  比值大体与其呈现相似的变化特征, 而  $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$  比值呈近似反向变化。其中, 在汇入恒河后,  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  比值存在显著增加。

这些元素结果表明, 雅鲁藏布江的沉积沙多数汇聚在其中游区域, 而没有贯穿其下游进入布拉马普特拉河流域。布拉马普特拉河的沉积沙主要来自于喜马拉雅南缘的前陆盆地沉积, 并显著贡献于全流域末端的恒河三角洲区域。我们的该项研究首次揭示出青藏高原内陆在现今的沉积物源汇格局下对喜马拉雅南缘流域输沙量的贡献十分有限, 为进一步研究青藏高原到边缘海的沉积物源汇过程及其驱动机制提供重要思路。

### 参考文献

**关键词** 雅鲁藏布江; 布拉马普特拉河; 恒河; 青藏高原; 源汇



摘要 ID: 2532

最终交流类型: 展板

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

## 四十万年来黄河多次解体与重新贯通的初步研究

赵瑜琪<sup>1</sup>、范念念\*<sup>1</sup>、安宇<sup>1</sup>、于禄鹏<sup>2</sup>、王成善<sup>3</sup>、聂锐华<sup>1</sup>、刘兴年<sup>1</sup>

1. 四川大学

2. 临沂大学

3. 中国地质大学(北京)

黄河发育演变对黄土高原的源汇过程,乃至人类文明变迁都有着重要意义,局部地质构造运动以及全球性气候变化导致黄河水系格局复杂多变,目前有关黄河的演化历史,尤其是对现代水系的形成发育过程仍存在争议。研究通过对河套-吉兰泰地区湖相/三角洲相沉积物以及晋陕峡谷上段河流阶地沉积物的详细调查,初步推测出40万年以来河套-吉兰泰古湖的演化进程。结果显示,河套-吉兰泰古湖与黄河的演化关系大致存在四个阶段:(1)L4时期,气候干冷条件下黄河水量急剧减少,强烈的风沙活动使得河套盆地与晋陕峡谷交界处形成沙坝,阻塞黄河,发育河套-吉兰泰古湖。直到L2期间,河套-吉兰泰古湖一直存在,总体上呈“间冰期扩大,冰期萎缩”的演变模式,但始终为内流湖(期间发育了大量的芒硝矿);(2)至S1时期,随着气候急剧温暖湿润,水量增大坝体溃决,河套-吉兰泰古湖外溢从而黄河贯通,河套地区不再存在大湖,但吉兰泰地区与黄河存在水力联系,发育淡水湖;(3)末次冰盛期黄河再度内流,吉兰泰古湖咸化,而河套地区没有发育大湖;(4)末次冰消期黄河重新贯通,直到7ka之后,黄河与吉兰泰古湖之间的水力联系切断。研究旨在探究“河套-吉兰泰”地区巨型水系对气候变化的响应以及地形地貌演变过程黄河的发展演变历史,尤其是揭示了干旱半干旱地区的河流可能在轨道尺度存在多次解体及贯通过程。

参考文献

关键词



摘要 ID:1005

最终交流类型: 专题邀请报告

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

## 雅鲁藏布江流域的沉积物组分与剥蚀速率研究

梁文栋<sup>\*1</sup>、胡修棉<sup>2</sup>、姚文生<sup>3</sup>

1. 成都理工大学

2. 南京大学

3. 中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所

雅鲁藏布江, 是布拉马普特拉河的上游, 沿着印度-雅鲁藏布缝合带由西向东流经喜马拉雅造山带, 并接受了来自南部印度被动大陆边缘及北部亚洲主动大陆边缘的碎屑沉积物供给。本研究以雅鲁藏布江流域的河流沉积物为研究对象, 通过高分辨率的全砂组分、重矿物组合、地球化学组成及已有的碎屑锆石年龄信息, 追踪整个流域的沉积物组分变化, 估算流域的剥蚀速率, 并讨论岩性、气候及人类活动对位于高山地区的大型河流的沉积物产生及搬运过程的影响。

来自拉萨地体的河流沉积物富含长石和火山岩岩屑, 透明重矿物以角闪石为主, 地球化学元素富含 K、Rb、Be、Th、Pb。喜马拉雅造山带来源的沉积物以沉积岩或低变质沉积岩岩屑为特征, 重矿物含量较低、且以抗风化剥蚀的重矿物(锆石、电气石等)或变质矿物(硬绿泥石、石榴子石等)为主, Ca 含量特征明显。来自蛇绿岩缝合带的沉积物以富蛇纹岩颗粒、基性火山岩或变火山岩岩屑, 橄榄石、铬尖晶石、顽火辉石、紫苏辉石的重矿物以及高 Mg、Cr、Ni 等地化元素为特征。

雅鲁藏布江上游沉积物特征受喜马拉雅造山带的影响显著, 而中下游流域的沉积物主要来自于拉萨地体的沉积物供给。根据不同构造单元的沉积物组分及正演混合模型计算可知, 雅鲁藏布江 80% 的沉积物是由拉萨地体供应, 喜马拉雅造山带贡献 15% 左右, 而缝合带仅贡献 5% 左右。结合水文站测得的沉积物通量数据, 可计算雅鲁藏布江大峡谷以上流域的沉积物剥蚀速率仅为 0.06 mm/a, 这与该地区的较为干旱的气候条件、以及广泛发育的宽谷河道处的沉积物堆积等现象相吻合。近年来的沉积物通量的降低主要是由逐渐增长的人类活动造成的, 并越来越成为控制该高山地区的沉积物产生和搬运的主要因素。

### 参考文献

**关键词** 雅鲁藏布江; 现代沉积; 沉积物组分; 剥蚀速率





摘要 ID:1271

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

## 陆相流域盆地沉积通量模拟及古地貌意义——以西藏尼玛地区为例

王新航、韩中鹏\*、王成善、李亚林  
中国地质大学（北京）

青藏高原中部新生代古地貌问题，一直存有强烈争议，“寒冷干燥高海拔”观点与“温暖湿润低海拔”观点相持不下。由于研究方法的差异性，两种观点始终未找到互相验证的途径。高原中部内流水系至少在早中新世已然存在，这一庞大的封闭源汇体系似乎为解决高原中部古地貌问题提供新的视角。本文基于源汇体系质量平衡原则，以高原中部新生代尼玛地区陆相流域盆地及其物源区构成的古源汇体系为研究对象，通过蒙特卡洛模拟沉积通量的方法 BQART-MSC，验证前人关于高原中部新生代古地貌的观点，试图恢复高原中部新生代古气候古地势条件。模拟假设尼玛盆地流域盆地内平均温度（T）有 $<2^{\circ}\text{C}$ 、 $2-10^{\circ}\text{C}$ 、 $10-20^{\circ}\text{C}$ 、 $20-30^{\circ}\text{C}$ 共4种可能，流域内最大地势

（R）有0-1km、1-2km、2-3km、3-4km、4-5km共5种可能，水系流量（Q）有干旱、半干旱、湿润、潮湿4种可能，共模拟24类古地貌情景，随后利用蒙特卡洛模拟估算出各类情境下的沉积物通量。此外，基于地震资料计算得到沉积汇区尼玛盆地沉积物总量为 $2.05 \times 10^7 \text{Mt}$ 。结果表明：只有在年均气温为 $2-10^{\circ}\text{C}$ 、最大地势为1-2km、干旱-半干旱的条件下，尼玛盆地源区生产的沉积物总量才与汇区沉积物总量达到平衡。这说明，渐新世-上新世时期，受印度-亚洲板块碰撞的影响，高原中部海拔接近3-4km，年均气温低于 $10^{\circ}\text{C}$ ，整体上为寒冷干燥的气候条件。研究结果反驳了古生物学“新生代高原中部古地貌为海拔仅有1-2km、年均温高达 $20-30^{\circ}\text{C}$ 的热带-亚热带低地”的观点。本研究是沉积通量数值模拟方法 BQART-MCS 在青藏高原陆相古源汇体系中的首次应用，结果证明，该方法有效地定量表征了深时源汇体系沉积物质总量，为源汇体系定量研究提供新的思路。

### 参考文献

**关键词** 尼玛盆地；源汇体系；沉积通量；数值模拟；古地貌



摘要 ID: 2552

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

最终交流类型: 口头报告

## 轨道尺度黄河多次解体与重新贯通的初步研究

赵瑜琪<sup>1</sup>、范念念\*<sup>1</sup>、安宇<sup>1</sup>、于禄鹏<sup>2</sup>、王成善<sup>3</sup>、聂锐华<sup>1</sup>、刘兴年<sup>1</sup>

1. 四川大学

2. 临沂大学

3. 中国地质大学(北京)

黄河发育演变对黄土高原的源汇过程, 全球碳循环及气候变化, 乃至人类文明变迁都有着重要意义, 而局部地质构造运动以及全球性气候变化导致黄河水系格局复杂多变。目前有关黄河的演化历史, 尤其是河套大湖与黄河的关系仍存在争议。研究通过对河套-吉兰泰地区湖相/三角洲相沉积物以及晋陕峡谷上段河流阶地沉积物的详细调查, 初步推测出 40 万年以来河套-吉兰泰古湖的演化进程。结果显示, 河套-吉兰泰古湖与黄河的演化关系大致存在四个阶段: (1) 40 多万年前, 气候干冷条件下黄河水量急剧减少, 强烈的风沙活动使得河套盆地与晋陕峡谷交界处形成沙坝, 阻塞黄河, 发育河套-吉兰泰古湖。直到 12.8 万年, 河套-吉兰泰古湖一直存在, 总体上呈“间冰期扩大, 冰期萎缩”的演变模式, 但始终为内流湖, 并在河套盆地东部发育了大量的芒硝矿; (2) 至 12.8 万年, 随着气候急剧温暖湿润, 水量增大坝体溃决, 河套-吉兰泰古湖外溢从而黄河贯通, 河套地区不再存在大湖, 但吉兰泰地区一直存在与黄河具有水力联系的淡水湖。(3) 末次冰盛期(2 万年)黄河再度内流, 吉兰泰古湖咸化, 而河套地区没有发育大湖。(4) 末次冰消期黄河重新贯通, 但直到 5.6 千年之后黄河与吉兰泰古湖之间的水力联系才切断。研究旨在探究“河套-吉兰泰”地区巨型水系对气候变化的响应以及地形地貌演变过程黄河的发展演变历史, 尤其是揭示了干旱半干旱地区的河流可能在轨道尺度存在多次解体及贯通过程。

参考文献

关键词



摘要 ID:3100

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

最终交流类型: 展板

## 渭河下游现代沉积特征及河型转化主控因素分析

杨龙华、李元昊\*  
西安石油大学

渭河的下游河流平面形态在卫星照片上存在明显差异,在调研前人文献后,对这种渭河河流形态变化现象的相关研究并不缺乏,但对于其不同河段的河型转化及河流微相沉积特征研究相关资料较少。本文通过对渭河下游现代河流沉积体的岩性、沉积微相类型、沉积模式及河型转化主控因素进行了综合研究,并对该地区现代河流沉积体系的 Google 卫星影像、实地勘察、样品采集以及相关水文资料进行分析。结果表明:渭河下游存在两种河流类型,低弯度曲流河和高弯度曲流河;两种河型的规模、粒度、边滩迁移方式、横纵向结构、生物特征、微相类型等均有差异。低弯度曲流河全长约 72km,弯曲度为 1.08,边滩砂体粒度 0.1-1.0mm、河床滞留沉积砂体 0.3-1.0mm,边滩主要是以纵向迁移为主,堤岸植物多为柳树等乔木类,发育有河床滞留、天然堤、边滩、河漫滩、决口扇 5 种沉积微相;高弯度曲流河全长约 161km,弯曲度为 1.47,边滩砂体粒度 0.01-0.5mm、河床滞留沉积砂体为 0.1-1.0mm,边滩主要为横向扩张和横向纵向混合型迁移方式,堤岸植被以灌木类为主,边滩表面鸟足类动物遗迹常见,发育有河床滞留、边滩、河漫滩、天然堤、废弃河道 5 种沉积微相。在对比两种河型的现代沉积特征并根据堤岸物质组成、植被类型及密度、河道比降等水文资料,河型转换的主控因素为流量和河流含砂量。

**参考文献** [1]郭岭,贾超超,朱毓等.现代渭河西安段沉积体沉积相与岩相特征[J].沉积学报,2015,33(03):543-550.[2]刘警阳.曲流河向辫状河转化的控制因素及模式[D].东北石油大学,2022.[3]严秀瑾.曲流河沉积过程模拟研究[D].长江大学,2019.[4]高白水.内蒙古岱海盆地现代沉积特征及控制因素[D].中国石油大学(北京),2016.[5]张寰萌,郭岭,方泽鑫等.沔河西安段现代河流沉积特征及其沉积环境变化解释[J/OL].地质科学:1-20[2023-02-24].[6]何杰.珠江及华南河流现代沉积物特征、风化及物源示踪研究[D].中国地质大学,2021.[7]刘雪萍,董颖,朱雪征等.卫星遥感在黄河中下游河流地貌地质遗迹调查中的应用[J].卫星应用,2021, No. 111(03):42-49.[8]张金亮.河流沉积相类型及相模式[J].新疆石油地质,2019,40(02):244-252.[9]刘警阳,刘宗堡,曹兰柱等.松花江干流中下游河型转化控制因素研究[J/OL].沉积学报:1-17[2023-02-24].[10]唐武,王英民,赵志刚等.河型转化研究进展综述[J].地质论评,2016,62(01):138-152.[11]吴昌洪,林木松,柳小珊等.河型分类研究现状与展望[J].人民长江,2014,45(01):6-10+65.[12]刘阿超,李元昊,汪学胜等.利用卫星照片解析现代河流沉积特征及控制因素[J].科技风,2021, No. 473(33):151-153.

**关键词** 现代河流;渭河;沉积微相;河型转化因素



摘要 ID: 3381

主题分类: 现代沉积学=》水系固体物质研究

最终交流类型: 展板

## Chemical weathering of the Mekong River basin: Clay mineralogy and elemental geochemistry of river sediments

Pham Nhu Sang<sup>\*1</sup>, Zhifei Liu<sup>1</sup>, Pham Trung Hieu<sup>2</sup>, Thav Sopheak<sup>3</sup>, Sopheap Den<sup>1</sup>, Yulong Zhao<sup>1</sup>

1. State Key Laboratory of Marine Geology, Tongji University, Shanghai 200092, China

2. Faculty of Geology, University of Science Ho Chi Minh City, Ho Chi Minh City, Vietnam

3. Faculty of Forestry Science, Centre for Agricultural and Environmental Studies, Royal University of Agriculture, Phnom Penh, Cambodia

Chemical weathering of parent rocks in river basins plays a significant role in controlling the geochemical cycle and climate change globally, especially in the largest river basins such as the Mekong River basin in tropical regions. However, the chemical weathering process of this basin is still not well understood. In this study, clay mineralogy and major/trace-element geochemistry of river sediments (silt and clay fractions) collected from the lower Mekong River basin (Cambodia and Vietnam) have been utilized to investigate the chemical weathering process. The clay mineral assemblages in the mainstream show high illite (35%), moderate kaolinite (28%) and chlorite (26%), with low smectite (10%). Illite and chlorite are derived from physical weathering and erosion, while smectite and kaolinite originate from chemical weathering, implying the smectite/(illite + chlorite) and kaolinite/(illite + chlorite) ratios can be good indicators of chemical weathering intensity in this region. The elemental results of both silt and clay-fraction sediments show stronger leaching of Sr, Ca, and Na than Mg, Ba, K, and Rb during the chemical weathering. In the lower Mekong River basin, clay-fraction sediments is first-cycle rather than polycyclic sediments and its elemental geochemistry can be used as relevant proxies of chemical weathering intensity. The clay mineral proxies combined with the chemical index of alteration (CIA),  $\alpha$  ratios, and weathering trends of the clay-fraction sediments indicate intensive chemical weathering in the Mekong River basin.

### 参考文献

关键词 clay minerals; major elements; trace elements; chemical weathering; Mekong River



# 沉积盆地分析

## 沉积盆地地质流体



摘要 ID:1350

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 民丰洼陷沙四上亚段碳酸盐胶结物 $\text{Ca}^{2+}$ 来源及其对成岩流体运移方向的启示

林教若\*、王艳忠、操应长、远光辉、葱克来  
中国石油大学(华东)

不同  $\text{Ca}^{2+}$  的来源对碳酸盐胶结物的形成与分布具有重要影响。基于对所有可能  $\text{Ca}^{2+}$  来源的识别, 结合薄片观察、阴极发光、荧光分析、原位微量元素及 Sr 同位素分析、微钻取样 C/O 同位素分析等测试手段, 以东营凹陷民丰洼陷沙四上亚段近岸水下扇砂砾岩储层中主要碳酸盐胶结物为研究对象, 探讨相同类型碳酸盐胶结物中  $\text{Ca}^{2+}$  来源的差异性, 并以此来分析同一时期成岩流体运移方向的多样性。

铁方解石及铁白云石胶结物为研究区近岸水下扇砂砾岩储层中两种主要的碳酸盐胶结物类型。靠近砂泥界面处铁方解石(铁白云石)胶结物的  $\text{Ca}^{2+}$  来源于垂向邻近的泥岩中蒙脱石向伊利石转化释放的  $\text{Ca}^{2+}$  与原始地层水体中  $\text{Ca}^{2+}$  的供给。而随着距砂泥界面距离的逐渐增大, 铁方解石(铁白云石)胶结物的  $\text{Ca}^{2+}$  来源逐渐过渡为由侧向邻近的烃源岩中碳酸盐岩屑溶蚀释放的  $\text{Ca}^{2+}$ 、蒙脱石向伊利石转化释放的  $\text{Ca}^{2+}$  及原始地层水体中  $\text{Ca}^{2+}$  的供给。

相同类型碳酸盐胶结物中  $\text{Ca}^{2+}$  来源的逐渐转变指示相同时期成岩流体运移方向的多样性。在垂向紧邻砂岩的泥岩中, 蒙脱石向伊利石转化释放大量的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  离子, 泥岩与砂岩中较大的浓度梯度将导致该三种离子不断向邻近的砂岩中扩散, 进而为砂泥界面处碳酸盐胶结物提供物质来源。而在同时期, 石油充注过程不断进行, 含有  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$  及其他金属阳离子的孔隙水会随着石油充注一并进入到砂砾岩储层中, 并促使碳酸盐胶结物在残余孔隙水中不断沉淀。由于石油的不断侵位以及砂砾岩储层垂向紧邻泥岩的物质供给, 导致靠近砂泥界面处碳酸盐胶结物含量较高, 随着距砂泥界面距离的增加, 碳酸盐胶结物含量逐渐降低且储层物性逐渐增大。然而, 在厚层砂岩中, 由于缺乏垂向紧邻泥岩的物质供给,  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、和  $\text{CO}_3^{2-}$  主要来源于侧向紧邻的烃源岩, 碳酸盐胶结物含量和储层孔隙度在垂向没有明显变化。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐胶结物;  $\text{Ca}^{2+}$  来源; Sr 同位素; 稀土元素; 储层质量



摘要 ID:1621

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 展板

## 神狐海域受重力和流体驱动的小尺度断层以及相关的复合型流体运移系统

张伯达<sup>1</sup>、苏明\*<sup>1,3,4</sup>、林智轩<sup>1</sup>、王策<sup>1,3,4</sup>、雷亚平<sup>1,3,4</sup>、罗坤文<sup>1</sup>、郑文义<sup>1</sup>、杨承志<sup>2</sup>

1. 中山大学海洋科学学院

2. 广州海洋地质调查局

3. 广东省海洋资源与近岸工程重点实验室

4. 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海)

南海北部珠江口盆地神狐海域与水合物相关的流体运移构造主要为与BSR有耦合关系的气烟囱构造。研究区共识别了59个气烟囱,其中59%的气烟囱与根部源自深部的大尺度断层相交。大尺度断层与深部的烃源岩地层相连通,因此指示了与大尺度断层相交的气烟囱可能有着更高的流体运移通量。

在研究区的晚中新世-上新世地层中还发育有一种小尺度断层。从平面分布上来看,这类小尺度断层走向为SEE-NWW方向,倾向为NNW-SSE方向,集中分布于晚中新世-上新世区间地层厚度变化较大的区域,并且约有一半的小尺度断层与气烟囱相交。地层厚度变化较大且地形起伏较大的区域容易发生沉积物的失稳,并且在小断层分布的空间有大量沉积物滑移滑塌的特征,结合小断层的走向与倾向,可以认为这类小断层属于重力驱动型小断层。对比与气烟囱相交的小断层和不与气烟囱相交的小断层,与气烟囱相交的小断层长度为1200-1500m,平面形态略弯曲,断距更大,并且部分小断层垂向上可以达到上新世地层之上;而不与气烟囱相交的小断层长度为500-800m,平面形态平直,断距很小。与气烟囱相交的小断层周围也存在大量指示流体积聚的强振幅反射,这表明了气烟囱内流体对这类小尺度断层的后期改造,流体压力引起小断层的扩张。因此与气烟囱相连接的小断层也是神狐海域的一种与流体运移构造。

发育于深部的大尺度断层、气烟囱构造以及浅部小尺度断层通过互相的连接构成了神狐海域的复合型流体运移系统。这种复合型流体运移系统可能比单一类型的流体运移构造有着更高的流体运移效能,因此对复合型流体运移系统的评估有利于在流体角度分析更适合水合物成藏的区域。

### 参考文献

**关键词** 流体运移; 小尺度断层; 气烟囱; 神狐海域



摘要 ID: 3212

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 陆相断陷盆地深层有利储层成因机制及其主控因素

孟伟\*、蒋越、郝雪峰、秦峰、李友强、伍松柏  
中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院

深层油气资源 (>3500m) 是现阶段油气勘探的重要目标之一, 对保障国家能源安全具有重要的意义 (Yuan et al., 2015)。深部储层的形成、演化及分布是控制深层油气资源分布的重要因素之一 (叶聪林 et al., 2010)。从本质上来说, 深部储层的形成及演化过程是沉积埋藏过程中储层内的水-岩反应及物质、能量的迁移及再分配。本次研究中, 首先将储层骨架矿物、成岩产物及地层流体视为一个系统, 从系统论的角度出发, 反演渤南洼陷沙四段砂岩储层的演化过程; 其次, 以热力学为基础, 探讨不同流体环境下各类矿物的转化机制及其增孔效应; 再次, 将计算结果与实际砂岩样品内成岩现象相对比, 确定深部储层形成及演化的主控因素; 最后, 确定含油气盆地内深部储层的演化机制及其分布特征。研究成果对含油气盆地深部油气勘探具有重要的理论及实践意义。

研究表明: 渤南洼陷深部储层依次经历原始地层流体、泥岩压实水体、富含有机酸的酸性流体、抬升作用导致的碱化地层水、有机酸裂解形成的富  $\text{CO}_2$  酸性流体、TSR 反应形成的富  $\text{H}_2\text{S}$  及  $\text{CO}_2$  酸性流体、生烃停止后的碱化流体。不同类型流体的注入导致储层内发生不同类型的水岩反应, 进而导致地层流体性质、成岩产物及骨架颗粒含量规律性变化。酸性流体进入砂岩储层后发生一系列的水岩反应, 该类水-岩反应的类型不仅仅受控于酸性流体类型, 同时也受控于储层的温度。例如: 当地层温度低于  $120^\circ\text{C}$ , 酸性流体导致钠长石的溶蚀, 溶解态的硅铝质矿物以自生石英及自生高岭石的形式发生沉淀; 该过程形成的次生孔隙为以长石溶孔为主的宏观孔; 当温度高于  $120^\circ\text{C}$ , 酸性流体的进入导致钠长石的溶蚀, 溶解态的硅铝质以自生石英及三水铝石的形式发生沉淀, 三水铝石进一步与钠长石发生反应, 导致钠长石整体的高岭石化; 该过程中形成的次生孔隙以高岭石晶间微孔为主。同时研究表明, 单纯酸性流体进入 (静态模型) 导致的硅铝质矿物及碳酸盐矿物溶解形成的次生孔隙的量远远小于深部储层发育的次生孔隙量, 也就是说各类地质作用控制下的地层流体的长时间、规律性运动导致成岩产物的规律性分布。对于入渗流而言, 其运移路径上表现为硅铝质的溶蚀及碳酸盐的沉淀; 压实流则与之相反; 对于热 (盐度) 对流而言, 下部上升流表现为碳酸盐的溶蚀及硅铝质的沉淀, 上部下降流则与之相反。故而明确含油气盆地各类流体渗流样式及其主控因素是预测深部储层分布的关键。

**参考文献** 叶聪林, 郑国东, 赵军. 油气储层中水岩作用研究现状[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2010, 29:89-97. Yuan G, Gluyas J, Cao Y, et al. Diagenesis and reservoir quality evolution of the Eocene sandstones in the northern Dongying Sag, Bohai Bay Basin, East China[J]. Marine & Petroleum Geology, 2015, 62:77-89.

**关键词** 深部储层, 成因机制, 古孔隙流体, 水-岩反应, 渗流样式





摘要 ID:544

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 滦平盆地西瓜园组中段厚层砾岩沉积特征及成因机制研究——来自 滦页 1 井全井段连续取心的证据

王成、姜在兴\*  
中国地质大学(北京)

**摘要:** 为了探讨陆相断陷盆地厚层砾岩的沉积特征、成因机制和控制因素的研究,从而寻找有利勘探目标,以滦平盆地西瓜园组中段厚层砾岩为研究对象,运用沉积学理论,结合测井、录井、岩心、薄片和测试结果,对厚层砾岩的岩相及岩相组合、沉积构造和电性进行分析。研究表明:西瓜园组中段厚层砾岩具有被黑色页岩包裹的特征,即顶、底部与黑色页岩突变接触,岩心中大量的黄铁矿和部分敏感元素指标,反映了缺氧的强还原环境,表明其为深水环境中的砾岩体。基于不同成因,共识别出滑动、滑塌 2 种重力流类型,滑动沉积主要包括 6 种岩相、4 种岩相组合,以主滑动面、次滑动面、高角度层理,层内小型正断层和逆断层为主要识别标志;滑塌沉积包括 6 种岩相、4 种岩相组合,以滑动面、滑塌变形构造、包卷层理、泄水构造、变形砾以及部分原生层理(粒序层理)为主要识别标志。根据滑动面的发育位置、自然伽马曲线和声波曲线的幅度变化特征,可以划分出 4 期滑动沉积。西瓜园组时期滦平盆地的边缘坡折带、物源供给和一定的触发机制共同控制深水滑动、滑塌型重力流的形成,结合控制因素和岩性分析建立陆相断陷湖盆陡坡带滑动-滑塌型重力流的发育模式。

**参考文献** 陈广坡,李娟,吴海波,等,2018. 陆相断陷湖盆滑塌型深水重力流沉积特征、识别标志及形成机制——来自海拉尔盆地东明凹陷明 D2 井全井段连续取心的证据[J]. 石油学报, 39(10): 1119-112. 耳闯,顾家裕,牛嘉玉,等,2010. 重力驱动作用——滦平盆地白垩统西瓜园组沉积时期主要的搬运机制[J]. 地质论评, 56(03): 312-320. 马云,李三忠,梁金强,等,2012. 南海北部琼东南盆地海底滑坡特征及其成因机制[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 42(S3): 196-205. 刘晖,姜在兴,张锐锋,等,2012. 廊固凹陷大兴砾岩体成因类型及其对油气的控制[J]. 石油勘探与开发, 39(05): 545-551. 潘树新,郑荣才,卫平生,等,2013. 陆相湖盆块体搬运体的沉积特征、识别标志与形成机制[J]. 岩性油气藏, 25(02): 9-18. 邱隆伟,贾继成,马立驰,等,2018. 孤北洼陷长堤断裂带扇三角洲砂砾岩体沉积特征及空间展布规律[J]. 石油与天然气地质, 39(01): 175-182+191. 王铸坤,李宇志,操应长,等,2017. 渤海湾盆地东营凹陷永北地区沙河街组三段砂砾岩粒度概率累积曲线特征及沉积环境意义[J]. 石油与天然气地质, 38(02): 230-240. 鲜本忠,路智勇,余源琦,等,2014. 东营凹陷陡坡带盐 18—永 921 地区砂砾岩沉积与储层特征[J]. 岩性油气藏, 26(04): 28-35. 杨保良,邱隆伟,杨勇强,等,2021. 滦平盆地陡坡带下白垩统西瓜园组水下粗碎屑岩沉积特征及搬运机制[J]. 地球科学, 1-23. 杨田,操应长,王艳忠,等,2015. 深水重力流类型、沉积特征及成因机制——以济阳坳陷沙河街组三段中亚段为例[J]. 石油学报, 36(09): 1048-1059. 郑荣才,文华国,韩永林,等,2016. 鄂尔多斯盆地白豹地区长 6 层组湖底滑塌沉积扇沉积特征及其研究意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), (06): 566-575. Davis C, Haughton P, McCaffrey W, et al. 2009. Character and distribution of hybrid sediment gravity flow deposits from the outer Forties Fan, Palaeocene Central North Sea, UKCS[J]. Marine and Petroleum Geology, 26(10): 1919-1939. Dorsey R J, Umhoefer P J., Renne P R, 2015. Rapid subsidence and stacked gilberttype fan deltas, pliocene loreto basin, baja California sur, Mexico. Sediment Geol., 98 (1-4), 181-204. Jia H B, Ji H C, Yu J F, et al, 2019. Sediment supply control on the delivery of sediments to deep-lacustrine environment: A case study from Luanping Basin, northern China. Geological Journal, 55 (5): 3679-3693.

**关键词** 滑动、滑塌; 沉积特征; 成因机制; 西瓜园组; 滦平盆地;



摘要 ID:1546

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 展板

## 沉积-成岩过程中大气淡水对储层孔隙度的持续影响

杨磊磊\*、陈冬华、魏国、赵伟全、胡静  
中国石油大学(北京)

碳酸盐岩储层中,由大气淡水淋滤作用形成的岩溶孔洞是重要的油气储集空间。大气淡水进入地层后,发生一系列的物理化学作用,引发矿物的溶解、沉淀,最终导致孔隙度、渗透率等物性的改变。大气淡水对碳酸盐岩储层的化学作用主要得益于数以百万年计的长时间的累积效应,短时间内对于矿物的影响并不明显,从可操作性角度来说不易进行实验室模拟,因此关于大气淡水与碳酸盐岩的作用机理的定量研究较为匮乏,导致大气淡水淋滤对碳酸盐岩储层的改造机制尚不明确,制约了碳酸盐岩储层的评价和勘探。本次研究,基于实际地质测试数据,充分利用多相流多组分反应溶质运移模拟手段,构建塔里木盆地塔中地区鹰山组Ⅲ级层序地层的概念模型,通过模拟层序地层周期性暴露沉积,大气淡水多期次淋滤层序地层过程,探究大气淡水对层序内地层和层序间地层的成岩改造和物性分布规律,为碳酸盐岩层序界面下优质储集体的成因机制提供依据。首先,建立了6种不同矿物和淋滤条件下的一维层序间大气淡水淋滤模型,明确了大气淡水淋滤溶蚀储层的控制因素,其次,建立了4个二维层序内大气淡水淋滤模型,揭示非均质条件下大气淡水淋滤对储层的影响。结果表明,大气淡水对储层的影响具有长期性、持续性、间接性和叠加性。岩性对于碳酸盐岩的溶蚀具有控制作用,方解石含量高的碳酸盐岩地层,岩石更易溶蚀形成次生孔洞。埋深较大的层序地层虽然没有持续受到大气淡水的直接淋滤作用,但由于大气淡水在暴露阶段对地层矿物的溶蚀能力能达到地层深度400 m的地方,在沉积阶段对于矿物仍具有不饱和趋势,对地层矿物具有持续不断的溶蚀能力,通过长时间的累积效应,最终导致深部层序地层受大气淡水溶蚀程度最强。本次研究明确了大气淡水溶蚀孔洞型储层发育的影响因素,揭示了储层发育过程中大气淡水的控制作用,对储层的勘探开发指导都有很大的借鉴意义。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3297

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 断陷湖盆缓坡带异重岩储层特征与成岩模式: 以中国东部渤海湾盆地勃南洼陷始新统沙河街组三段中亚段为例

崔蓉<sup>1</sup>、杨田<sup>\*2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 油气藏地质与开发国家重点实验室(成都理工大学), 沉积地质研究院

相比于沉积物破坏型重力沉积流储层, 异重岩储层的成岩过程讨论甚少。本文以中国地区渤海湾盆地勃南洼陷始新统沙河街组三段中亚段(43.7-38.2Ma)为例, 来揭示异重岩储层的物性特征、成岩过程、以及成岩模式。通过薄片岩相学、包裹体显微测温、碳氧同位素、SEM-EDS、XRD、CL、BSE-EPMA、LA-ICP-MS等方法的综合研究。结果表明: 储层主要为岩屑长石砂岩, 平均孔隙度和渗透率分别为17.4%和209.5mD; 河道和朵叶轴部的孔隙度和渗透率远高于天然堤和朵叶边缘; 原生孔和长石溶孔常见, 孔喉半径为0.01~100 μm。除机械压实以外, 石英的次生加大和方解石胶结是储层质量变差的主要原因。石英次生加大的二氧化硅主要来源于长石溶蚀、黏土矿物的转化以及碎屑石英的压溶。石英次生加大边中的含水包裹体的均一温度分布在95-160°C之间, 且加大边中的微量元素(Al, Li, Ge)含量高于碎屑石英颗粒中的含量。二氧化硅的富集程度取决于河道和朵叶轴部中长石溶蚀的强度。碳酸盐胶结物中的碳来源于有机酸对早期湖相碳酸盐的溶解作用、云母成岩蚀变释放的Mg<sup>2+</sup>和Fe<sup>2+</sup>、蒙脱石转化为伊利石释放的阳离子是碳酸盐胶结物阳离子的主要来源。铁方解石和铁白云石的δ<sup>13</sup>C值分别为+0.7~+2.1‰和+1.6~+2.7‰。高温铁方解石(平均140.7°C)和铁白云石(平均128.0°C)的形成主要受地层超压的控制。碳酸盐胶结物的富集受天然堤和朵叶边缘中云母的富集程度控制。研究区异重岩储层的储层性能与成岩作用与异重流的搬运和沉积过程密切相关。本文所研究的异重岩储层物性特征与成岩模式对研究断陷湖盆深水重力流砂岩储层具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 储层物性特征; 成岩作用; 成岩模式; 异重岩储层; 陆相湖盆



摘要 ID:1149

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地奥陶系碳酸盐岩地层中深部热液作用机理及其储层响应

王健\*、操应长  
中国石油大学(华东)

热液流体对储层的改造作用是地质学领域中备受争论的热点问题。本文以塔里木盆地塔北-塔中地区奥陶系碳酸盐岩储层为研究对象,综合岩芯观察、薄片分析以及相关地质资料,通过阴极发光、流体包裹体分析、同位素和稀土元素分析等地球化学测试及数值模拟方法,对塔北-塔中地区奥陶系储层的基本特征、不同类型热液流体的作用特征及储层响应进行研究,建立热液改造碳酸盐岩储层的发育模式。

研究表明,研究区奥陶系地层中发育的热液流体主要有富镁的地层热流体和富氟、硅的岩浆热流体两种。富镁地层热流体形成的矿物表现为中高包裹体均一温度及盐度、中等偏负的碳氧同位素值、稀土元素  $\delta \text{Eu}$  正异常及  $\delta \text{Ce}$  负异常,主要活动时期为加里东晚期-海西早期;富氟、硅岩浆热流体形成的矿物表现为高的包裹体均一温度及盐度、更为偏负的碳氧同位素值、稀土元素  $\delta \text{Eu}$  明显正异常及  $\delta \text{Ce}$  负异常,受控于海西晚期的构造运动及早二叠世的岩浆火山活动。

实际地质资料的研究与数值模拟的结果表明,研究区加里东晚期-海西早期富镁地层热液流体对奥陶系碳酸盐岩储层的成岩响应主要表现为溶蚀作用、热液白云化作用及充填作用,对储集空间兼有建设性和破坏性的改造作用,但总体上为建设性的改造作用;海西晚期富氟硅岩浆热液流体对奥陶系碳酸盐岩储层的成岩响应主要表现为破裂作用、溶蚀作用、交代作用及充填作用,流体对储层储集空间的有明显破坏作用,但在一定程度上也有建设性改造。构造运动和岩浆活动为热液流体活动提供了热量和动力来源,断裂体系则提供了通道空间。热液改造碳酸盐岩储层受断裂体系的约束,在热液改造储层上部形成的方解石沉淀充填带也起到了一定的封盖作用。

### 参考文献

**关键词** 热液流体; 流体-岩石作用; 碳酸盐岩; 塔里木盆地; 储层响应



摘要 ID: 3278

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地川中地区沙溪庙组一段富浊沸石储层物性校正

何青、杨田\*、蔡来星

成都理工大学沉积地质研究院

碎屑岩储层中浊沸石胶结物的大量发育会导致储层在地表条件下假缝发育,使得常温常压条件下测试获得的孔隙度和渗透率值显著高于储层埋藏情况下的真实值。以四川盆地川中地区中侏罗统沙溪庙组一段碎屑岩储层为例,综合岩石学、地球化学、物性表征、覆压孔渗测试等多种分析测试方法,对富含浊沸石储层的物质组成、储集物性、成岩作用等特征进行分析,并进一步探讨浊沸石发育储层物性校正方法。川中地区沙一段富含浊沸石储层砂岩以岩屑长石砂岩为主,孔隙度分布在 2.12~17.48%,平均为 10.28%,渗透率分布在 0.004~120.351 mD,平均为 2.691 mD;成岩作用类型多样,包含浊沸石胶结、方解石胶结、硅质胶结、黏土矿物胶结、浊沸石以及长石溶蚀等。研究区内浊沸石胶结物主要以连生嵌晶状形式充填孔隙,浊沸石致密胶结和溶蚀作用是影响研究区储层物性的关键因素。浊沸石致密胶结储层具有孔隙度低、渗透率偏高的典型特征,主要受颗粒与浊沸石分离形成的大量粒缘缝控制,是浊沸石由地下取至地面的过程中,减压膨胀形成的假象。通过对比不同浊沸石含量储层覆压孔隙度、渗透率与常温常压孔隙度、渗透率的差异,校正粒缘假缝发育对储层物性的影响,从而实现了对浊沸石发育储层物性的准确预测。

### 参考文献

**关键词** 浊沸石; 储层特征; 假缝; 物性校正; 沙溪庙组一段; 川中地区



摘要 ID:2155

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 渤海湾盆地东营凹陷西段古近系红层储层成岩作用及成岩相研究

张天骄<sup>1,2</sup>、韩宏伟<sup>1</sup>、曲志鹏<sup>1</sup>、于景强<sup>1</sup>、张伟忠<sup>1</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司物探研究院

2. 胜利石油管理局博士后科研工作站

随着胜利油区勘探程度的不断提高,古近系红层逐渐成为近年来胜利油区油气勘探的一个热点,而红层具有“以水上沉积为主、成岩历史长、过程复杂”等特点,有利储层分布预测成为制约油气勘探的关键问题之一。本文以东营凹陷西段古近系红层为研究对象,在充分吸收消化前人研究成果的基础上,综合利用铸体薄片、扫描电镜、物性资料、元素测量等分析手段,对红层储层成岩作用、成岩环境、成岩演化模式和成岩强度进行了分析研究。研究表明:东营凹陷西段古近系红层储层成岩作用以压实作用、胶结作用、溶蚀作用和交代作用为主。其中压实作用中等偏强,碎屑颗粒之间以“点-线”和“线-点”接触最为普遍;胶结物类型多样,以早期碳酸盐胶结物为主,主要包括方解石、白云石胶结物,还有少量的自生石英、长石胶结物、黄铁矿、硬石膏等胶结物,早期胶结作用抑制了压实作用的进行;溶蚀作用主要是石英溶蚀、长石溶蚀、岩屑溶蚀、早期碳酸盐胶结物的溶蚀;交代作用以胶结物对碎屑颗粒的交代为主。多类型成岩作用特征造就红层储层物性具有“南北分带;东西分区”的典型特征。受控于离盐湖区的位置以及原始水介质条件,原始沉积成岩环境分为弱碱性和中强碱性;受控于距离烃源岩位置以及烃源岩排有机酸时期,埋藏成岩环境分为弱酸性和中强酸性。不同构造位置的原始沉积成岩环境与埋藏成岩环境具有4种不同类型的组合形式,以此建立4种红层储层成岩演化模式:早期弱碱性—中晚期弱酸性环境控制下的早期中等压实、弱胶结—中晚期弱溶蚀储层成岩演化模式、早期弱碱性—中晚期中强酸性(局部弱碱性)成岩环境控制早期强压实、弱胶结—中晚期强溶蚀储层成岩演化模式、早期弱碱性(局部弱酸性)—中晚期中强酸性成岩环境控制的早期中等压实、中等胶结—中晚期中等溶蚀储层成岩演化模式、早期中强碱性—中晚期中强酸性(局部弱碱性)成岩环境控制早期强压实、强胶结—中晚期强溶蚀储层成岩演化模式。依据成岩演化模式及成岩强度不同,计算视压实率、视胶结率、视溶蚀率,根据各成岩强度参数的分布范围进行强度定量划分,划分成岩相类型,结果表明:红层储层中发育中等压实溶蚀相、强压实溶蚀相、碳酸盐胶结相、硫酸盐胶结相、压实致密相5种类型,储集物性及有效储层含量依次降低。其中中等压实溶蚀相和强压实溶蚀相最有利于优质储层的形成。

### 参考文献

**关键词** 东营凹陷; 红层; 储层; 成岩作用; 成岩相



摘要 ID:598

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 含烃流体与方解石的相互作用模拟实验及其地质意义

靳子濠、远光辉\*、操应长  
中国石油大学(华东)

深层-超深层含油气盆地埋藏演化过程中,含烃流体与储层间的相互作用深刻影响着油气和储层的质量演化,仍是需要进一步研究的科学问题。本文以烷烃-水溶液-方解石体系为例,应用熔融石英毛细管为反应釜,在不破坏原有实验体系的前提下,完成了以氩气为内标的气体产物定性-半定量表征及烃类裂解过程中的荧光成熟度特征分析,结合破开毛细管后矿物的收集与微观特征观察,探讨了封闭体系中方解石与含烃流体的作用机制、过程和控制因素。

实验结果表明,体系中有水存在时,将发生广泛的有机-无机相互作用,且不同的流体类型对烃类裂解有不同的影响。蒸馏水能够促进自由基热裂解和水氧化反应,生成更多的低分子量烃类、二氧化碳以及羧酸等有机酸,并抑制自由基链反应,生成较少高分子量烃类;氯化钙盐水中,由于自由基的生成受到高浓度钙离子的抑制,烃类气体产量较蒸馏水体系低。此外,方解石在不同流体环境中的表面反应性不同,决定着其对烃类裂解的不同催化效果:在烷烃-无水体系中,方解石能够促进生成更多裂解气和高分子量烃类;而在烷烃-有水体系中,方解石既能促进生成裂解气也能抑制高分子量烃类的生成,并与有机酸发生表面反应溶解形成次生孔隙。因此,深层油气藏埋藏演化过程中,有机-无机作用除受温度压力控制外,还将受到地层水丰度、类型、矿化度和矿物等多因素的共同控制,并导致烃类裂解和储集性能的差异演化。对相对封闭环境下的碳酸盐岩储层而言,在油水过渡带中,方解石更能促进液态烃的裂解演化,导致古油藏发生大规模裂解、原位聚集,形成裂解气藏。地层流体也可能会因为 TSR 或烃类热解生酸等地质作用发生改变,虽然大量酸性流体富集有利于碳酸盐岩储层的二次溶解,但由于体系中钙离子趋于饱和,碳酸盐矿物趋于沉淀,溶解形成的储层规模有限。而在含油饱和度相对较高的油层中,烃类与碳酸盐矿物间的相互作用受到抑制,在不考虑断层和超压破裂等引起的烃类物理散失条件下,古油藏得以保存,但降解为重质油。研究成果为深层-超深层油气藏演化过程提供理论依据,并为有机-无机相互作用的模拟实验研究提供了新思路。

### 参考文献

**关键词** 含烃流体; 方解石; 有机-无机相互作用; 熔融石英毛细管; 表面反应



摘要 ID:1345

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 展板

## 格陵兰岛西部巴芬湾天然气水合物流体运移系统

宫越\*、马天碧、郭荣涛、张忠民  
中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

格陵兰岛西部巴芬湾发育丰富的油气藏和天然气水合物藏, 其形成分布与流体运移系统密切相关。根据浅层地震数据, 利用 BSR 识别、地震相分析、地温梯度和热流值异常方法, 追踪流体运移路径, 分析多边形断裂对水合物分布的控制作用, 揭示各地质构造形成的流体运移系统。结果表明: 研究区发育两个天然气水合物稳定带 (GHSZ), 其热流值分布具有非均一性, 多边形断裂发育处热流值高; 流体特征表现为纵波反射模糊带、“亮点”地震相异常、“平点”地震相等; 高密度多边形断裂为流体运移提供疏导通道, 增加 (天然气) 水合物的储存空间; 深部裂解气通过聚集型高通量流体运移通道 (底辟或构造隆起、断裂、高渗透层等) 在垂向和侧向上运移, 最终在研究区北部形成天然气水合物藏。该结果对降低前沿盆地的天然气 (水合物) 开发风险具有指导意义。

**参考文献** [1] LU Z, SULTAN N. Empirical expressions for gas hydrate stability law, its volume fraction and mass-density at temperatures 273.15 K to 290.15 K[J]. *Geochemical Journal*, 2008, 42 (2) : 163-175. [2] GAY A, LOPEZ M, COCHONAT P, et al. Isolated seafloor pockmarks linked to BSRs, fluid chimneys, polygonal faults and stacked Oligocene-Miocene turbiditic palaeochannels in the Lower Congo Basin[J]. *Marine Geology*, 2006, 226 (1/2) : 25-40. [3] MÖLLER N K, GJELBERG J G, MARTINSEN O J, et al. A geological model for the Ormen Lange hydrocarbon reservoir[J]. *Norsk Geologisk Tidsskrift*, 2004, 84 (3) : 169-190.

**关键词** 天然气水合物; BSR; 多边形断裂; 运移系统; 巴芬湾; 格陵兰岛西部





摘要 ID:1397

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 渤海潜山缝溶体储层成因机制研究新认识

袁立\*, 于海波、姚君波、彭靖淞、肖锦泉  
中海油天津分公司

近年来围绕沙垒田凸起西北部斜坡带潜山钻探多口井均获规模性潜山油气发现, 展现出该区古生界潜山勘探的巨大潜力和勘探前景, 但曹6井、曹8井储层的不发育却揭示出古生界储层纵横向分布的复杂性, 目前该区对于储层成因机制及分布规律等未形成清晰的认识。为摸清沙西北斜坡带“缝溶体”裂缝成因机制及分布规律, 笔者通过大量的岩芯、薄片、壁芯等岩石学观察分析和运用成像测井资料统计和分析最终形成以下认识: ①明确了沙西北潜山主要储层类型为裂缝, 据钻井统计, 风化壳200m以下裂缝占总储层类型的91%以上, 裂缝开启率稳定在36%左右。②优势岩相是形成古生界潜山“缝溶体”储层的基础, 白云岩和与白云岩有关岩石占储层80%, 白云岩的裂缝的密度大于灰岩裂缝的密度。③长期流体岩溶作用是“缝溶体”潜山储层改造的保障, 通过碳氧同位素数据分析裂缝中的岩溶流体包括大气淡水和深部热液两种类型。④裂缝作用是提高古生界潜山“缝溶体”深层优良储层质量的关键, 印支期挤压作用形成NW-SE为主要方向的裂缝; 而燕山期的挤压作用形成NE-SW方向的裂缝; 喜山期拉张作用成因裂缝作用大多沿先存裂缝走向活化裂缝; ⑤“缝溶体”裂缝的产状与储层密切相关, 从倾向看, 裂缝倾向与地层倾向方向相同则裂缝开启率明显高于二者相反时的裂缝开启率; 从走向看, 三期强构造叠加区是储层发育有利区, 印支期断层和储层厚度的相关性不明显, 燕山期早期断层和储层厚度的相关性较好。应用沙西北潜山缝溶体储层形成机制和分布规律相关理论对新钻曹9井预测与实际钻井储层情况吻合度高, 证明了本次研究对于该区古生界的勘探实践意义。构造裂缝及相关研究是古生界潜山勘探一个重要领域, 本次研究为推动整个渤海湾盆地古生界勘探起到一定借鉴作用。

**参考文献** 参考文献 (references) 安泰库, 王新平, 安作相. 华北地区寒武系和奥陶系岩性分区及古地理变迁的研究[J]. 石油与天然气地质, 1982, (02): 158-169. 周小进, 倪春华, 杨帆. 华北古生界原型-变形构造演化及其控油气作用[J]. 石油与天然气地质, 2010, 031(006): 779-794. 张兴权, 安玉玲. 天然地震与构造裂缝、油气运移的关系研究[J]. 石油勘探与开发, 2000, (04): 106-114. 陈永弟. 白云石的热分解规律及其应用. 吉林大学, 2012. 闫志为, 刘辉利, 张志卫. 温度及CO<sub>2</sub>对方解石、白云石溶解度影响特征分析[J]. 中国岩溶, 2009, 28(1): 7-10. 张满郎, 郭振华, 张林, 等. 四川安岳气田龙王庙组颗粒滩岩溶储层发育特征及主控因素[J]. 地学前缘, 2021, v. 28; No. 147(01): 235-248. 郭茂恒, 金振奎, 朱雷, 等. 北京西山地区下苇甸剖面寒武系张夏组鲕粒硅化成因探讨[J]. 古地理学报, 2019(4): 627-635. 戴俊生, 冯建伟, 李明, 等. 砂泥岩间互地层裂缝延伸规律探讨[J]. 地学前缘, 2011, v. 18; No. 88(02): 277-283. 曹中宏, 张红臣, 刘国勇, 等. 南堡凹陷碳酸盐岩优质储层发育主控因素与分布预测[J]. 石油与天然气地质, 2015, v. 36(01): 103-110. 刘存革, 李国蓉, 朱传玲, 等. 塔河油田中下奥陶统岩溶缝洞方解石碳、氧、锶同位素地球化学特征[J]. 地球科学, 2008, 33(003): 377-386. 赵国祥, 王清斌, 金小燕, 等. 渤海海域渤中凹陷奥陶系碳酸盐岩成岩作用[J]. 地质科技情报, 2015, v. 34; No. 164(05): 1-7. Zhou Lihong, &nbsp; Fu Lixin, &nbsp; Da L, et al. Structural anatomy and dynamics of evolution of the Qikou Sag, Bohai Bay Basin: Implications for the destruction of North China craton[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2012, 47: 94-106. 张钦朋. 张夏灰岩富水规律的探讨[J]. 水利水电技术, 1994, (08): 34-39. 马寅生, 崔盛芹, 曾庆利, 等, 2002. 燕山地区燕山期的挤压与伸展作用[J]. 地质通报, 2002, (Z1): 218-223. 漆家福, 杨桥, 陆克政, 等, 2004. 渤海湾盆地基岩地质图及其所包含的构造运动信息[J]. 地学前缘, 2004, (03): 299-307.

**关键词** 缝溶体, 优势岩相, 裂缝作用, 岩溶作用



摘要 ID: 3261

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 南极麦克默多湾地下冰冻卤水的起源、性质和分布: 来自自生碳酸盐矿物分析的启示

杨名宇<sup>1\*</sup>、Tracy Frank<sup>2</sup>、Christopher Fielding<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. University of Connecticut

南极麦克默多湾(McMurdo Sound)开采的ANDRILL-2A岩心中存在盐度极高的孔隙水,盐度可达当地海水的六倍,且渗透进地下一千多米深度的中新世地层(Frank et al., 2010)。孔隙水化学分析揭示其为冰冻成因卤水,是海水持续冰冻浓缩的产物(Frank et al., 2010)。该孔隙卤水沉淀出了多种<sup>18</sup>O亏损的碳酸盐矿物,充填了沉积物的孔隙空间(Fielding et al., 2012; Staudigel et al., 2018)。为进一步探究冰冻卤水在该地区的起源、性质和时空分布,本研究对其他多个新生代岩心中的自生碳酸盐矿物及其共生关系展开了详尽的矿物相和地球化学分析。结果显示这些胶结物同样具有低 $\delta^{18}\text{O}$ 值。通过团簇同位素和地温梯度约束得到的沉淀温度,可推断出这些胶结物的沉淀母液为海水(或海水-冰川融水混合物)高度冷冻浓缩而形成的<sup>18</sup>O亏损的卤水(Yang et al., 2018; Yang et al., 2020a, b)。冰冻浓缩过程的差异导致了不同的卤水化学条件,因此,地下沉积物中的碳酸盐胶结特征也有所不同(Yang et al., 2020a, b)。该地区的卤水形成于两期气候变冷期,分别为中新世中期气候转变期(middle Miocene Climatic Transition, 约13Ma)和第四纪冰期(约1.3Ma至今)(Staudigel et al., 2018; Yang et al., 2020b)。中新世卤水形成于沿岸峡湾地带,并流向麦克默多湾,成为该区域重要的孔隙流体。该卤水导致了特有的碳酸盐胶结物的空间分布趋势,其特征是近卤水发源地胶结物以块状文石为主,远卤水发源地以方解石和白云石胶结为主。第四纪卤水则形成于沿海冰塞湖和近海的海底凹陷地带,且仅渗透进较浅的地层中(约100米地下深度),沉淀出文石。研究表明,冰冻卤水在麦克默多湾地区具有时空上的广泛分布性,且对该地区新生代沉积物的成岩作用有重要控制作用。在现代或深时相似的沉积环境中,冰冻卤水可能也存在,因此在相关研究中不容忽视。本研究深化了目前对于高纬度大陆边缘特有的冰冻卤水及其沉淀产物的认识,增进了对极地岩石圈、水圈、冰冻圈等相互作用过程的理解,也对探索深时气候变化规律、冰川动力学特征和古海水地球化学条件有启发意义。

**参考文献** Fielding C R, Blackstone B A, Frank T D, et al., 2012. Reservoir potential of sands formed in glaciomarine environments: an analogue study based on examples from McMurdo Sound, Antarctica: glacial Petroleum Systems [J]. Geological Society of London Special Publication, 338: 211 - 228. Frank T D, Gui Z, the ANDRILL-SMS Science Team, 2010. Cryogenic origin for brine in the subsurface of southern McMurdo Sound, Antarctica [J]. Geology, 38: 587 - 590. Staudigel P T, Murray S, Dunham D P, et al., 2018. Cryogenic brines as a diagenetic fluid: reconstructing the diagenetic history of the Victoria Land Basin using clumped isotopes [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 224: 154 - 170. Yang M, Frank T D, Fielding C R, 2018. Cryogenic brine and its impact on diagenesis of glaciomarine deposits, McMurdo Sound, Antarctica [J]. Journal of Sedimentary Research, 88: 898 - 916. Yang M, Frank T D, Fielding C R, et al., 2020a. Origin of blocky aragonite cement in Cenozoic glaciomarine sediments, McMurdo Sound, Antarctica [J]. Sedimentology, 67: 721 - 741. Yang M, Frank T D, Fielding C R, 2020b. Intergranular aragonite cement as evidence for widespread cryogenic brine formation during Quaternary glaciation in the McMurdo Sound region, Antarctica [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 269: 329 - 345.

**关键词** 冰冻卤水、碳酸盐胶结物、成岩作用、新生代冰期、南极



摘要 ID:2120

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 镇原地区延长组 8 段致密砂岩储层特征及成因定量表征

白青林<sup>1</sup>、束青林<sup>2</sup>、焦红岩<sup>2</sup>、刘中伟<sup>2</sup>

1. 中国石化胜利油田管理局博士后工作站

2. 中国石化胜利油田分公司

鄂尔多斯盆地西南缘镇原地区的三叠系延长组 8 段细粒砂岩整体埋深在 2000-2600m, 主力产层段的平均渗透率仅为  $0.46 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 为典型的致密砂岩储层。不同于其它盆地埋深在 3500m 以下的致密砂岩储层, 长 8 段细粒砂岩在较浅的埋藏条件下便发生了致密化(赵文智等, 2006; 王昌勇等, 2010)。影响致密化的主要因素及油气充注与储层致密化的关系缺乏定量研究。

针对上述问题, 综合利用岩心分析、铸体薄片与扫描电镜等技术, 对孔喉及成岩特征进行了分析。结果表明: 储层的成分及结构成熟度较低, 以细孔-微细喉型为主, 压实作用强烈, 并且具有多期胶结与多期溶解的特征(图 1)。以图像分析技术为手段精确计算不同事件造成的孔隙度值变化, 利用回剥反演方恢复地质历史时期储层的孔隙度(潘高峰等, 2011)。分别建立不同孔隙度及孔隙结构条件下储层的孔-渗关系, 以储层的“埋藏史-油气充注史-成岩演化序列-孔隙结构”为约束条件对致密化定量表征(操应长等, 2013), 分别计算地质历史时期不同的因素对储层致密化的贡献值发现: 长 8 段在稳定的构造背景与辫状河三角洲环境的控制下, 形成了细粒、富含塑性颗粒且高杂基含量的沉积, 配合其后的快速埋深造成了强烈压实, 其对储层致密化的贡献值为 85%。成岩环境的多期变化造成了饱和不同盐类的孔隙流体对储层的强烈胶结作用, 对储层致密化贡献值为 40.8%。长 8 段油气的两次充注分别发生在晚侏罗纪的低渗储层期与晚白垩纪—早古近纪早期特低渗储层期。绿泥石膜对颗粒的保护、稳定的构造背景及顶底板围岩处的硅质与钙质胶结层对孔隙流体活动的限制、过早的低渗和远离盆地生烃中心造成的缺乏酸性流体持续性注入等导致了溶蚀作用较弱, 对储层致密化的抑制值仅为 26.1%, 且形成的次生孔喉易被后期胶结物充填(图 2)。构造、沉积、成岩作用及其与生排烃期在时空的耦合关系造成了长 8 段储层在浅埋藏条件下的致密化。

**参考文献** [1] 操应长, 马奔奔, 王艳忠, 等. 渤南洼陷北带沙四上亚段储层低渗成因机制及分类评价[J]. 天然气地球科学, 2013, 24(5): 869-870. [2] 潘高峰, 刘震, 赵舒, 等. 砂岩孔隙度演化定量模拟方法——以鄂尔多斯盆地镇原地区延长组为例[J]. 石油学报, 2011, 32(2): 252-254. [3] 王昌勇, 郑荣才, 李士祥, 等. 鄂尔多斯盆地早期构造演化与沉积响应——以姬塬地区长 8~长 6 油层组为例[J]. 中国地质, 2010, 37(1): 133-136. [4] 赵文智, 王新民, 郭彦如, 等. 鄂尔多斯盆地西部晚三叠世原型盆地恢复及其改造演化[J]. 石油勘探与开发, 2006, 30(1): 7-10.

**关键词** 镇原地区; 延长组 8 段; 致密砂岩; 致密化; 定量表征; 成岩环境



摘要 ID:2380

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 含油气盆地次生孔隙研究 50 年

远光辉\*、操应长、王艳忠  
中国石油大学（华东）

含油气盆地深层次生孔隙发育, 是重要的储集空间。油气储层中次生孔隙可能是在浅层形成并在后续埋藏过程中有效保存到深层-超深层, 也可能是在深层-超深层阶段直接通过溶解作用形成。针对次生孔隙及其形成机制的研究, 从 20 世纪 70 年开始已经有近 50 年的历史, 目前, 国内外学者提出了矿物的酸性溶解作用 (如大气淡水淋滤机制、有机质热演化生成有机酸溶解机理、有机质热脱羧作用生成 CO<sub>2</sub> 溶解机理、粘土矿物转化生酸溶解机制[、粘土-碳酸盐矿物反应溶解机制、硅酸盐矿物逆风化生酸溶解机制、烃类微生物降解作用溶解机制 (BSR) 和烃类热化学硫酸盐还原作用 (TSR) 溶解机制、碳酸盐矿物倒退溶解机理、深部热液溶蚀机理)、碱性溶解作用和矿物选择性溶解成孔作用等 10 余种溶解成孔机制。本文系统回顾了相关研究进展, 从可预测性和次生孔隙发育规模来看, 与不整合 (近地表) 相伴的大气淡水淋滤作用、与深大断裂相伴的深部热液溶解作用、与烃源岩有关的有机质热演化生酸溶解机理对深层-超深层碎屑岩储层中次生孔隙的发育起到主要作用。

参考文献

关键词



摘要 ID:207

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地东南部上古生界储层特征研究

李涵<sup>1,2</sup>、张才利<sup>1,2</sup>、任军峰<sup>1,2</sup>、井向辉<sup>1,2</sup>、王红伟<sup>1,2</sup>、刘刚<sup>1,2</sup>、张艳<sup>1,2</sup>、杨亚娟<sup>1,2</sup>、刘刚<sup>1,2</sup>、魏嘉怡<sup>1,2</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院

2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

鄂尔多斯盆地是一个整体稳定沉降、拗陷迁移、扭动明显的大型多旋回克拉通盆地。盆地东南部地区天然气勘探始于二十世纪九十年代, 主要以寻找下古生界奥陶系风化壳气藏为目标。盆地东南部上古生界整体勘探与研究程度较低, 目前勘探中存在着对上古生界砂体致密导致含气性变化的规律认识不清, 各层段储层普遍较为致密, 非均质性较强, 虽多层段含气, 但单井试气产量低, 效果不理想的问题, 制约了该区天然气勘探深入开展的进程。因此, 在致密砂岩背景下寻找相对孔渗发育带和有效储层分布区是指导勘探的关键。

1. 明确了盆地东南部上古生界盒8、山1段储层岩石学特征。盆地东南部盒8段储层以岩屑砂岩为主, 其中盒8下局部发育岩屑石英砂岩, 石英平均含量为75.8%。山1段储层以岩屑石英砂岩为主, 其中在山12、山13两段石英含量较高, 分别为84.9%、81.5%。统计分析表明, 主力含气储层段岩屑石英砂岩占比约35%, 但分布层位相对集中, 可形成有效的岩性圈闭。

2. 确定了主河道发育岩屑石英砂岩有效储层。结合主力储层沉积微相分析, 在主河道砂体中发育的岩屑石英砂岩为有效的储层, 河道侧翼砂岩局部见到有效储层。盒8下有效储层沿黄龙—宜川—吉县一线连片分布, 位于三角洲水下分流河道的主河道上, 厚度7~13m。山1有效储层展布沿黄龙、宜川砂体南北走向分布, 位于多支水下分流主河道上, 厚度6~24m。

3. 明确了储层非均质性控制因素主要是细—微喉道孔喉结构。应用物性、压汞、核磁共振等分析方法, 重点剖析了盒8、山1储层微观孔喉结构, 盒8下储层以微细—微喉道为主, 半径为0.11~0.83μm对喉道储层渗流贡献率高。山1储层则以细—微细喉道为主, 孔喉结构较好; 半径在0.15~1.08μm的喉道对储层渗流贡献率高, 其中山12的喉道大小、分选及连通均好于山13。同时, 山1储层平均可动流体含量明显高于盒8储层, 表明山1储层孔喉结构较好, 主要表现为孔喉分选较好, 连通程度较高, 揭示了储层非均质性本质原因是孔喉结构的非均质性。

4. 明确了高岭石半充填溶蚀相是优势储层的成岩相类型。首次系统开展盒8、山1储层压实、胶结、溶蚀等多种成岩作用类型分析, 查明了成岩作用序列, 明确各成岩作用对储集性能的影响, 目前主力储层处于中成岩B期—晚成岩阶段。划分出高岭石半充填强溶蚀相、硅质胶结弱溶蚀相及钙质/伊利石胶结致密相等三类主要成岩相带, 其中高岭石半充填溶蚀相是优势的储层成岩相带。

**参考文献** [1] 张福礼等. 鄂尔多斯盆地天然气地质. 北京: 地质出版社, 2002 [2] 杨俊杰. 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律 [M], 北京: 石油工业出版社, 2002: 23~27. [3] 肖建新, 孙粉锦, 何乃祥, 等. 鄂尔多斯盆地二叠系山西组及下石盒子组盒8段南北物源沉积汇水区与古地理[J]. 古地理学报, 2008, 10 (4): 341~354. [4] 杨仁超, 李文厚, 韩作振, 等. 鄂尔多斯盆地东南部石炭—二叠纪沉积体系与层序演化[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2006, 36(专辑): 144-150.

**关键词** 盆地东南部; 上古生界; 储层特征



摘要 ID: 252

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 口头报告

## 多重有机-无机成岩作用对致密砂岩储层碳酸盐非均质胶结的影响机制

马奔奔\*

中国地质大学(武汉)

论文以塔里木盆地塔中志留系柯坪塔格组致密砂岩储层为研究对象, 试图查明多重有机-无机成岩作用对碳酸盐非均质胶结的影响机制, 进而评价碳酸盐非均质胶结对储层质量的控制作用。岩相学和矿物地球化学分析表明该区存在两期碳酸盐胶结物: (1) 早成岩阶段的嵌晶式方解石和白云石胶结物, 方解石沉淀温度在  $20\sim 50^{\circ}\text{C}$  ( $\delta 13\text{CVPDB}: -0.3\text{‰}\sim +6.8\text{‰}$ ;  $\delta 18\text{OVPDB}: -6.6\text{‰}\sim -2.9\text{‰}$ ), 白云石沉淀温度在  $40\sim 62^{\circ}\text{C}$  ( $\delta 13\text{CVPDB}: +1.9\text{‰}\sim +5.3\text{‰}$ ;  $\delta 18\text{OVPDB}: -6.2\text{‰}\sim -2.1\text{‰}$ ); (2) 中成岩阶段的孔隙充填的铁白云石胶结物, 铁白云石沉淀温度在  $70\sim 120^{\circ}\text{C}$  ( $\delta 13\text{CVPDB}: -14.4\text{‰}\sim -6.6\text{‰}$ ;  $\delta 18\text{OVPDB}: -11.6\text{‰}\sim -7.8\text{‰}$ )。早成岩期的碳酸盐胶结物主要呈碳酸盐致密胶结层或团核并靠近邻近砂-泥接触面分布, 其物质来源主要是有机质微生物甲烷生气作用和邻近钙质泥岩碳酸盐矿物的溶解。中成岩期的铁白云石胶结物主要呈致密胶结层、胶结团核和斑块产出, 集中分布于砂体中部。分析认为, 铁白云石主要来自于砂体内部有机酸的原位热脱羧形成的有机  $\text{CO}_2$  溶蚀早成岩阶段方解石和白云石胶结物。成岩矿物动力学模拟实验结合岩相学分析认为, 尽管早期方解石和白云石胶结物发生了中成岩期的溶蚀, 但是由于溶蚀产物在砂体内部再次沉淀形成铁白云石胶结物, 因此该溶蚀过程并不能增加储层整体的孔隙度。不同产状碳酸盐致密胶结的发育(胶结层、团核和斑块等), 主要是由于外源不同世代碳酸盐胶结所致, 导致储层不同部位强烈的非均质性并严重破坏了储层质量。研究成果查明了有机-无机相互作用过程中因浓度梯度形成的多期次、层内的物质迁移对于控制不同成岩环境下碳酸盐非均质胶结分布的重要性。在砂-泥岩成岩地球化学系统中, 对于这些有机-无机成岩相互作用的深入理解, 有助于对具有相似成因的深埋藏砂岩储层建立更可靠的非均质成岩响应预测模型。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐非均质胶结; 矿物动力学; 有机-无机成岩作用; 成岩数值模拟; 塔里木盆地



摘要 ID:681

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 展板

## 干旱背景致密砂岩储层特征与相对优质储层成因

杨田\*、蔡来星、李晓芳、余文强  
成都理工大学

四川盆地侏罗系沙溪庙组在整体干旱氧化环境背景下, 形成了一套以河道砂体沉积为主的浅水三角洲沉积; 这些砂体整体致密、埋深较浅、普遍含气, 是现今四川盆地浅层致密砂岩油气勘探的主要对象, 对保障低油价背景下的高效勘探开发意义重大。以四川盆地川中、川西地区侏罗系沙溪庙组致密砂岩为例, 综合物性表征、岩石学、地球化学等多种分析测试手段, 系统表征致密岩储层的物质组成、储集物性、孔喉结构、成岩作用等特征, 并进一步探讨致密致密化机理与相对优质储层成因。侏罗系沙溪庙组致密砂岩以岩屑长石砂岩为主, 孔隙度分布在 1.99~18.52%之间, 渗透率分布在 0.0018~191.34 mD 之间, 低孔致密储层含量达 77.93%。储集空间以次生孔隙为主, 发育四种类型孔喉结构, 各类储层的渗透能力均由少量半径较大的喉道控制, 储集能力则由大量半径较小的孔喉主导。破坏性化学成岩作用的广泛发育是研究区储层物性致密的主要控制因素, 主要包括浊沸石胶结、方解石胶结、硅质胶结、硬石膏胶结、钠长石胶结、黏土矿物胶结等。不同成岩胶结物的差异分布导致的强烈的成岩非均质性是研究区储层孔渗差异显著的主要原因; 受成岩非均质性控制, 不同埋深和不同地区储层的成岩演化过程会存在显著差异。碳酸盐胶结、硬石膏胶结、浊沸石胶结、高岭石充填是导致储层致密的根本原因; 黏土包壳发育和浊沸石的溶蚀作用是造成研究区储层整体致密背景下发育部分相对优质储层的主要原因。

### 参考文献

**关键词** 干旱背景; 致密砂岩; 储层特征; 储层成因; 沙溪庙组



摘要 ID:1193

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 展板

## 富氯化钙地层水的长石砂岩二氧化碳地质封存

管念民\*、王艳忠、操应长、远光辉  
中国石油大学华东

通过高温高压短期室内水岩模拟实验和长期数值模拟实验的方法,验证了富含  $\text{CaCl}_2$  的饱和二氧化碳溶液与中深层长石砂岩的  $\text{CO}_2$  地质封存的可行性。这些模拟条件与渤海湾盆地东营凹陷古近系实际砂岩储层的地质条件相似。在  $100^\circ\text{C}$ 、 $150^\circ\text{C}$  和  $P_{\text{CO}_2}=4\text{MPa}$  条件下,分别对富含钾长石和钠长石但不含钙长石的砂岩开展多组对比实验。实验中钠长石和钾长石溶解的同时伴随着方解石和高岭石大量沉淀。地层水中的  $\text{Ca}^{2+}$  浓度是矿物捕获二氧化碳的关键。钾长石和钠长石的长时间缓慢溶解可以延长方解石的沉淀时间,增加  $\text{CO}_2$  地质封存的能力。 $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{MgCl}_2$  的加入可以延长钾长石、钠长石的溶解时间和方解石的沉淀时间,同时还增加了二氧化碳矿化的质量。长期数值模拟显示二氧化碳地质封存过程可分为 3 个阶段。在阶段 I 中 100 年内碳封存主要以二氧化碳溶解捕获为主;在没有  $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{MgCl}_2$  加入的溶液中阶段 II 持续了 300 年,在富含  $\text{NaCl}$ 、 $\text{KCl}$ 、 $\text{MgCl}_2$  的溶液中阶段 II 持续了 900 年。钾长石和钠长石的不断溶解虽然降低了  $\text{Ca}^{2+}$  活性和沉淀速率,但是延长了方解石沉淀时间。随着时间增加二氧化碳矿化封存的质量不断增加。因此阶段 II 中二氧化碳地质封存主要以矿化封存为主。在阶段 III,整个反应达到平衡并且二氧化碳地质封存质量达到最大。数值模拟计算可得东营凹陷 Es4x ~ Es3z 砂岩中二氧化碳矿化封存的质量约为 3.61GT。

**参考文献** Wang Yanzhong, Zan Nianmin, Cao Yingchang., et al. Geologic  $\text{CO}_2$  storage in arkosic sandstones with  $\text{CaCl}_2$ -rich formation water [J]. *Chemical Geology*, 2020, 558.

**关键词** 二氧化碳地质封存; 矿化封存; 长石砂岩; 富氯化钙地层水; 数值模拟实验





摘要 ID:1715

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积盆地地质流体

最终交流类型: 专题邀请报告

## 高压含甲烷古流体温度、压力场恢复新技术

王小林<sup>1\*</sup>、陈强路<sup>2</sup>、刘显<sup>2</sup>、胡文瑄<sup>1</sup>

1. 南京大学

2. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

随着油气勘探向深层及非常规发展,一批在高温、高压条件下形成的油气藏逐渐被揭示并引起重视。深层、超深层油气藏具有高温、高压的特征,油气往往经历了强烈的裂解作用,以甲烷为主的轻烃是油气的主要组分。我国南方页岩气具有埋深大、热演化程度高等特征,气藏中气态组分以甲烷为主,含少量的CO<sub>2</sub>、C<sub>2</sub>+等。因此,上述流体可以用CH<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>O-NaCl体系描述。需要指出的是,深层-超深层天然气藏和页岩气藏往往以超压为特征。揭示含甲烷高压流体古温度、压力场的演化规律对于研究天然气成藏和保存条件均具有重要意义。

流体包裹体是研究古流体作用过程的重要媒介,深层-超深层和页岩气藏中的含甲烷包裹体往往以非均一捕获为特征,即富气相包裹体和富液相包裹体共存,因而均一温度(Th)和均一压力(Ph)对应流体捕获温度和捕获压力。要获取古流体作用温度和压力,最重要的参数是获得准确的Th和流体组成(x)。然而,这些包裹体往往具有较高的内压,应用传统方法难以获取准确的Th-x信息。包裹体分析的三大前提假设是包裹体是一个等容、封闭和均一体系。应用常规热台测定气-液两相Th时,包裹体外部压力等于1 bar,而其内部压力随温度升高逐渐升高。随着包裹体内外压差的增大,包裹体会发生变形、甚至泄露,进而破坏其等容性和封闭性。在这种情况下,要么无法获得有效Th,要么获得的Th偏高,从而影响应用埋藏史恢复技术推测流体作用时间和深度(进而推算古流体压力系数)的准确性。因此,需要应用外加压测温技术获取高内压包裹体的Th。例如,将包裹体样品置于热液金刚石压腔或其他透明腔体中,用水对包裹体加外压,从而减少包裹体内外压差,以保证测温过程中包裹体的等容性和封闭性,获取准确的Th。

方解石是含油气盆地中常见的包裹体寄主矿物,其硬度低、解理发育。在应用冷冻法测盐度的过程中,甲烷水合物和冰的形成会导致流体体积膨胀,从而使得包裹体发生变形,甚至发生泄漏。拉曼光谱是一种快速、无损、原位分析技术,除了用来对包裹体组成进行定性描述外,经过系统的实验校准,也可以对包裹体组成进行定量分析。然而,方解石具有较强的双折射,如何在分析过程中有效降低晶体定向性对分析结果的影响,是获取较为准确的包裹体盐度信息的重要保证。对于以甲烷为主的气相压力,应用拉曼光谱分析可以获得较为准确的结果。

综上,本文将提出针对高内压含甲烷包裹体Th和Ph恢复的方法和流程,供学界参考借鉴。

### 参考文献

**关键词** 高内压包裹体; 含甲烷流体; 均一温度; 均一压力; 新方法



# 沉积盆地分析 沉积源汇系统研究



摘要 ID: 2486

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 川西盆地上三叠统初始陆源碎屑物源分析: 从海相到陆相沉积的过渡

芦刚<sup>1</sup>、金鑫\*<sup>1</sup>、邹灏<sup>1</sup>、时志强<sup>1</sup>、黄湘通<sup>2</sup>

1. 成都理工大学
2. 上海同济大学

上三叠统地层是川西盆地海陆过渡演化的关键沉积序列, 包括马鞍塘组和须家河组, 其中, 马鞍塘组上部碎屑岩沉积序列标志着四川盆地开始由被动大陆边缘海相沉积进入前陆盆地演化阶段 (Li, 2003), 这一沉积序列转换与古特提斯洋闭合及龙门山岛链的隆升有关 (Yan, 2018; Mu, 2019)。通过对川西盆地上三叠统马鞍塘组陆源碎屑的来源进行研究, 有助于重建这一时期川西盆地的沉积演化过程。本次研究运用碎屑锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素测年、岩性和沉积相等方法示踪川西海-陆转换时期沉积物的母源区。研究结果表明川西盆地初始陆源碎屑主要来自秦岭造山带、扬子克拉通北部, 其次为康滇古陆, 而龙门山岛链在晚三叠世为川西盆地提供的碎屑物质非常有限。马鞍塘组底部最年轻的碎屑锆石 U-Pb 年龄为 233-231 Ma, 限定了川西盆地初始陆源碎屑沉积的时间, 推测其来源可能是勉略缝合带或义敦岛弧的火山活动。

**参考文献** Li Y, Allen A, Densmore L, et al., 2003. Evolution of the Longmen Shan foreland basin (western Sichuan, China) during the Late Triassic Indosinian orogeny [J]. Basin Research, 15: 117-138. Mu H, Yan DP, Qiu L, et al., 2019. Formation of the Late Triassic western Sichuan foreland basin of the Qinling Orogenic Belt, SW China: sedimentary and geochronological constraints from the Xujiahe Formation [J]. Journal of Asian Earth Sciences. 183: 103938. Yan ZK, Tian YT, Li R, et al., 2018. Late Triassic tectonic inversion in the upper Yangtze Block: insights from detrital zircon U-Pb geochronology from south-western Sichuan Basin [J]. Basin Research, 00: 1-22.

**关键词** 晚三叠世; 碎屑锆石 U-Pb 测年; 沉积物源; 秦岭造山带; 川西盆地



摘要 ID:165

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 锆石核边年龄重构地表源-汇系统

刘力<sup>\*1</sup>、朱弟成<sup>1</sup>、Daniel Stockli<sup>2</sup>、韩建辉<sup>3</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. The University of Texas at Austin

3. 成都理工大学

地表源-汇系统的研究核心是地球表层动力学过程(物源区的剥蚀、流域盆地的搬运、以及汇水区的沉积)对沉积过程的控制。由于沉积盆地中的碎屑锆石可以记录源区年龄组合、大尺度地貌变化、流域路径变化、气候变化等重要信息,在过去20年间,大量碎屑锆石数据的出现使其在重建地表源-汇系统中扮演着越来越重要的角色。然而,由于一个铀铅年龄可以对应多个结晶年龄相似的源区,使得上述关键问题难以彻底解决。本人利用深度剖面激光剥蚀等离子体质谱方法,系统性的获取了北美 Appalachian-Ouachita-Marathon 造山带前陆盆地、喜马拉雅淡色花岗岩、以及中国南海琼东南盆地中锆石的核边年龄。在北美 Appalachian-Ouachita-Marathon 造山带的前陆盆地中,美东 900-1200Ma 的锆石,源自美东 Appalachian 造山带,具有 400-500Ma 的增生边,而美西 900-1200Ma 的锆石,源自 Ouachita-Marathon 造山带,增生边年龄为 500-750Ma。因此,利用不同的边部年龄,可以将核部年龄相似的不同源区区分开来,同时本研究进一步完善了晚古生代以来贯穿北美大陆的自西向东的河流搬运体系。对于某个砂岩样品,所有锆石的核密度图以及仅具有核边年龄锆石的核密度图极为相似,表示单个核密度图中不同年龄峰,很可能不是不同源区锆石的混合,而是表征相同源区锆石的核边年龄所代表的不同阶段的岩浆-变质事件。此规律在中国南海琼东南盆地的物源分析以及构造演化的响应中,也得到了很好的验证。另外,针对喜马拉雅淡色花岗岩 1800 多颗锆石的定年结果可见,54%的锆石具有核边结构,相比于核部年龄经过多次再旋回过程,边部年龄更直接的反映出了喜马拉雅造山运动的期次。由此可见,锆石核边年龄对于源区构造活动重构、源区特征年龄刻画、古流域重建、以及沉积物源分析等方面,具有广阔的前景。

### 参考文献

**关键词** 源-汇系统; 沉积盆地分析; 地质年代学; 深度剖面年龄



摘要 ID:882

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 马克兰增生楔新近系浊积体与天然气水合物矿藏的关系

蔡建明、廖晶\*、刘欣欣、梁杰、张银国、李森、可行、李明康  
青岛海洋地质研究所

印度洋马克兰增生楔沉积厚度大、地震剖面上 BSR 连续而清晰,说明该区水合物资源十分丰富。为了确定马克兰增生楔高饱和度水合物矿藏在剖面上的位置,开展了地震资料解释和波阻抗反演,结果显示,振幅增强体分布区与阻抗反演高值异常区吻合度很好。结合日本南海海槽和中国神狐海域高饱和度水合物储层的沉积特征分析认为,马克兰增生楔高饱和度的水合物矿藏可能主要分布在 BSR 之上的浊积水道和席状浊积砂中。上述结果与马克兰增生楔新近系峡谷水道发育以及岩性较粗有关,上述研究成果对低角度俯冲区天然气水合物的勘探和开发具有重要的指导意义。

**参考文献** &nbsp;1. 廖晶等. 马克兰增生楔地层层序及发育过程[J]. 海洋地质前沿, 2019, 35(4): 69-72. &nbsp;2. 赵克斌. 日本南海海槽东部天然气水合物产出与富集特征, 石油实验地质, 2019, 41(6): 831-8373. Y. Komatsu et al. Sedimentary facies and paleoenvironments of a gas-hydrate-bearing sediment core in the eastern Nankai Trough, Japan[J]. Marine and Petroleum Geology, 2015, 66: 358-367. 4. Takuma Ito et al. Lithological features of hydrate-bearing sediments and their relationship with gas hydrate saturation in the eastern Nankai Trough, Japan Marine and Petroleum Geology, 2015, 66: 368-378. 5. 李元平等. 宽频地震无井反演技术在神狐海域天然气水合物矿体描述中的应用[J]. 中国海上油气, 2019, 31(1): 51-60.

**关键词** 浊积水道; 储层沉积特征; 水合物矿藏; 马克兰增生楔



摘要 ID:1487

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 陆相断陷湖盆细粒混合沉积的岩相特征及成因机理 -以东营凹陷沙四纯上和沙三下为例

陆永潮\*

中国地质大学(武汉)

**摘要:**我国陆相湖盆页岩油气资源丰富,而作为页岩油气的载体-“源储一体,源生储聚”陆相湖盆细粒沉积,其岩相明显不同于相对均质的海相富有机质页岩,主要由不同矿物成分(长英质(或砂质)、云灰质、粘土质、有机质等)、不同尺度(厚度和密度)“层”或“纹层”混合组成,并具有绕湖心成环分布,时空上非均质性强及地球表生系统沉积过程记录清晰完整为特征。但迄今为止,国内外关于细粒沉积岩中的混合现象研究较少,相关的定义、分类和岩相成因模式均有待探索。本文以中国东部陆相断陷湖盆——东营凹陷沙四纯上和沙三下富有机质页岩层系为例,综合钻井、测井、录井、薄片、地球化学资料和X射线衍射等技术手段,系统总结了陆相细粒混合沉积(厘米-微米级的“层和纹层”)岩相特征,提出了有别于前人的陆相细粒混合沉积分类方案,并探讨了其时空分布规律,揭示了东亚季风对混合质页岩形成的控制,对我国陆相细粒沉积研究具有重要的借鉴意义。

**参考文献** 1、王勇等(2019). 济阳拗陷泥页岩细粒沉积体系[J]. 石油学报, 40(4): 395-410. 2、赵贤正等(2019). 断陷湖盆湖相页岩油形成有利条件及富集特征——以渤海湾盆地沧东凹陷孔店组二段为例[J]. 石油学报, 40(9): 1013-1029. 3、Neugebauer I, et al (2014). Lithology of the long sediment record recovered by the ICDP Dead Sea Deep Drilling Project (DSDDP) [J]. Quaternary Science Reviews, 102:149-165. 4、Ojala, et al (2000) Preconditions for the formation of annually laminated lake sediments in southern and central Finland [J]. Boreal Environment Research, 5:243-255. 5、刘惠民等(2017). 东营凹陷沙三段下亚段细粒沉积岩岩相特征及其分布模式 [J]. 油气地质与采收率, (1):1-10. 6、杜学斌等(2018). 细粒沉积物中不同级次高频层序划分及其地质意义——以东营凹陷沙三下—沙四上亚段泥页岩为例[J]. 石油实验地质, 40(2): 244-252. 7、徐伟(2012). 基于米兰科维奇周期的沉积速率计算新方法——以东营凹陷牛38井沙三中为例[J]. 石油实验地质, 34(2):207-214. 8、Liu Z.H & et al (2017). High-resolution astrochronological record for the Paleocene-Oligocene (66-23 Ma) from the rapidly subsiding Bohai Bay Basin, northeastern China [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 31: 1-16. 9、杜学斌等(2020). 陆相细粒混合沉积分类、特征及发育模式——以东营凹陷为例. 石油学报, 2020, 41(11): 16-31.

**关键词** 细粒沉积 岩相 东亚季风 陆相断陷湖盆



摘要 ID:1513

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 渤中凹陷东南部东二下亚段源—汇系统要素及其耦合关系

白海强\*、谢晓军、刘子玉、李建平、刘志峰、杨东升、廖计华、吴斌  
中海油研究总院有限责任公司

研究发现, 渤中凹陷东南部东二下亚段发育 5 个扇体, 它与紧邻的物源区—渤南低凸起共同构成了一个完整的“源—汇系统”(朱红涛等, 2017)。本文是在“源—汇”思想的指导下, 利用露头、钻井、测井、地震资料, 精细刻画渤南低凸起母岩类型、恢复物源区, 以及精细雕刻渤中凹陷东南部东二下亚段沉积体的基础上, 定量探讨了“源—汇”系统要素及其耦合关系(杜晓峰等, 2018)。研究表明: 古近纪东二下亚段时期, 渤南低凸起出露母岩类型主要为中生界义县组火山岩(近火山口相爆发—溢流相安山/玄武质岩、远火山口相火山碎屑沉积岩), 以及前寒武系(变质)花岗岩; 凸起边部识别出 5 条继承性古沟谷型输砂通道, 可细分为 U 型、V 型及 W 型; 向盆地方向的第一、二坡折带分别发育了 3 个、2 个扇体, 其中扇体 A、B、C 位于第一坡折带, 扇体 D、E 位于第二坡折带。“源—汇”系统要素定量分析表明: 扇体体积与有效物源区面积、高差、沟谷的长、宽、深、宽/深比以及古气候等参数密切相关(杨江海等, 2017), 扇体面积及形体则与汇区古地貌息息相关。有效物源区规模控制着沉积体的发育规模, 输砂通道与汇区古地貌控制了沉积体的展布形态。

**参考文献** 朱红涛, 徐长贵, 朱筱敏, 等. 陆相盆地源—汇系统要素耦合研究进展[J]. 地球科学, 2017(11):5-24. 杜晓峰, 王清斌, 庞小军, 等. 渤中凹陷石南陡坡带东三段源汇体系定量表征[J]. 岩性油气藏, 2018, 30(5):1-10. 杨江海, 马严. 源—汇沉积过程的深时古气候意义[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2017(11):1910-1921.

**关键词** 渤中凹陷 “源—汇”系统 东二下亚段 渤南低凸起 耦合







18. YANG Hua, LIU Ziliang, ZHU Xiaomin. Provenance and sedimentary system characteristics of the Upper Triassic Yanchang Formation in the southwest margin of Ordos Basin[J]. Earth Science Frontiers, 2013, 02: 10-18. [4] 赵红格, 刘池洋. 物源分析方法及研究进展[J]. 沉积学报, 2003, 03: 409-415. [5] 张本琪, 余宏忠, 姜在兴等. 应用阴极发光技术研究母岩性质及成岩环境[J]. 石油勘探与开发, 2003, 03: 117-120. [6] 韩鹏, 冯胜斌, 李雪梅, 等. 鄂尔多斯盆地西缘晚三叠世“古脊梁”隆升地质证据及盆地原型西部边界的确定[J]. 石油天然气学报, 2014, 03: 1-6. [7] 白云来, 王新民, 刘化清, 等. 鄂尔多斯盆地西部边界的确定及其地球动力学背景[J]. 地质学报, 2006, 06: 792-813. [8] 李相博, 刘化清, 完颜容, 等. 鄂尔多斯晚三叠世盆地构造属性及后期改造[J]. 石油实验地质, 2012, 04: 376-382+394. [9] 魏然, 李红阳, 于斌等. 沉积盆地物源体系分析方法及研究进展[J]. 岩性油气藏, 2013, 03: 53-57. [10] 朱宗良, 李文厚, 李克永, 等. 鄂尔多斯盆地南部晚三叠世物源分析[J]. 高校地质学报, 2010, 04: 547-555. [11] 宋凯, 吕剑文, 杜金良, 等. 鄂尔多斯盆地中部上三叠统延长组物源方向分析与三角洲沉积体系[J]. 古地理学报, 2002, 03: 59-66. [12] 曹红霞. 鄂尔多斯盆地晚三叠世沉积中心迁移演化规律研究[D]. 西北大学, 2008. [13] 付金华, 李士祥, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组长 9 油层组沉积相及其演化[J]. 古地理学报, 2012, 03: 269-284. [14] 贺静, 冯胜斌, 袁效奇, 等. 鄂尔多斯盆地周缘延长组露头剖面砂岩组分及地质意义分析[J]. 岩性油气藏, 2011, 06: 30-36+43. [15] 杨华, 付金华, 欧阳征健, 等. 鄂尔多斯盆地西缘晚三叠世构造—沉积环境分析[J]. 沉积学报, 2011, 03: 427-439. [16] 赵云翔, 陈景山, 王建峰, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长 9 砂体的垂向结构及主控因素分析[J]. 沉积学报, 2013, 01: 77-88. [17] 朱静, 朱亚军, 辛红刚, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长 9 油层组沉积特征[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2013, 01: 93-100. [18] 时保宏, 姚泾利, 张艳, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长 9 油层组成藏地质条件[J]. 石油与天然气地质, 2013, 03: 294-300. [19] 郭军. 鄂尔多斯盆地镇泾探区长 9 油层组储层特征研究[D]. 成都理工大学, 2013.

**关键词** 鄂尔多斯盆地, 长 9 段, 物源、沉积相, 砂体特征



摘要 ID: 3195

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 沉积证据揭示大别山大陆俯冲早于二叠纪

邓涛<sup>1</sup>、胡修棉\*<sup>1</sup>、David Chew<sup>2</sup>

1. 南京大学

2. Department of Geology, School of Natural Sciences, Trinity College Dublin

大别-苏鲁造山带出露世界上规模最大的高压-超高压变质带，主体形成于三叠纪大陆深俯冲。大别山大陆俯冲始于何时？这是一个长期争论的问题。由于大别山造山带存在多期次叠加事件，使得早期大陆俯冲过程的变形-变质记录罕见。周缘沉积盆地能够忠实地记录造山带的演化过程，是重建大陆俯冲历史的重要档案。我们以大别造山带周缘的黄石盆地、月山盆地、南京盆地三叠纪碎屑沉积为研究对象，开展了包括砂岩岩相学、重矿物分析、磷灰石、锆石和金红石颗粒的多矿物 U-Pb 地质年代学，以及磷灰石和金红石的地球化学综合分析。结果显示，周缘盆地的三叠纪砂岩出现丰富的变泥质岩岩屑和白云母碎屑，重矿物以变质磷灰石为主，锆石、金红石和磷灰石 U-Pb 年龄均出现特征的二叠纪 (270~290 Ma) 年龄峰。由此推论，大别造山带三叠纪时期存在一个早-中二叠世中-高级变质岩源区，持续为周缘盆地提供物源。这期变质事件代表了大别造山带早期大陆俯冲和进变质过程。由此推论，大别大陆俯冲的开始时间不晚于早二叠世 (~290 Ma)，进一步表明大陆俯冲和盆山相互作用过程既漫长 (55 Ma, 约 290-235 Ma)，又复杂。

参考文献 无

关键词 Dabie orogen, continental subduction, multi-mineral U-Pb geochronology, provenance analysis



摘要 ID: 3385

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 巴拉望中南部古近纪裂陷期地层沉积记录: 对华南陆缘的古地理意义

陈文煌<sup>1</sup>、闫义<sup>1</sup>、Andrew Carter<sup>2</sup>、黄奇瑜<sup>3</sup>、Graciano P. Yumul Jr.<sup>4</sup>、Carla B. Dimalanta<sup>5</sup>、Jillian Aira S. Gabo-Ratio<sup>6</sup>、王明惠<sup>6</sup>、陈多福<sup>7</sup>、单业华<sup>1</sup>、张新昌<sup>1</sup>、刘维亮<sup>8</sup>

1. 中国科学院广州地球化学研究所

2. Department of Earth and Planetary Sciences, Birkbeck, University of London

3. 同济大学海洋与地球科学学院

4. Cordillera Exploration Company Incorporated

5. College of Science, University of the Philippines Diliman

6. Exploration and Development Research Institute, CPC Corporation

7. 上海海洋大学海洋科学学院

8. 中山大学海洋科学学院

裂离自大陆的微陆块保存了大陆张裂和破裂、海底扩张以及微陆块增生等地质记录, 为了解大陆边缘的古地理演化提供了重要的窗口。位于南海东南缘的巴拉望微陆块被认为是随着南海的海底扩张而从华南陆缘分离出来的微陆块。因此巴拉望微陆块对于了解华南陆缘的张裂-破裂过程和古地理格局具有重要意义。虽然过去的一些研究显示了巴拉望微陆块与南海北部陆缘之间的物源联系, 但是由于缺乏直接的地层学证据, 对于巴拉望微陆块何时从华南陆缘的哪个位置分离出来并不清楚。由于南海北部陆缘的破裂不整合具有向西南穿时变年轻的特征, 一个可行的方法是通过破裂不整合的对比来识别巴拉望微陆块的共轭陆缘。此外, 对于南海扩张以前华南陆缘上裂陷期沉积物的来源和输送路径也知之甚少, 特别是剥蚀自华夏地块内部的沉积物是否能穿越陆缘到达巴拉望? 为了解决上述问题, 本研究对位于巴拉望中南部的裂陷期层序 Panas-Pandian 组进行了详细的生物地层学和物源研究。微体古生物证据显示 Panas-Pandian 组沉积于中始新世-渐新世最早期 (47.7 - 32.9 Ma)。基于此结果和裂后期层序 Nido 石灰岩最老的年龄 (~32 Ma), 巴拉望微陆块的破裂不整合可限定在 33 - 32 Ma。这一时间接近珠江口盆地的破裂不整合时间, 说明巴拉望微陆块与珠江口盆地具有共轭的关系。此外, Panas-Pandian 组中的遗迹化石 *Helminthopsis* 和深水胶结质壳底栖有孔虫指示了中部半深海至深海 (>500 m) 水深的陆坡环境。微量元素、Nd 同位素、重矿物组合和碎屑锆石 U-Pb 年龄分析揭示 Panas-Pandian 组具有两个主要的源区: 近源的盆地基底隆起和远源的华夏地块内部。这暗示了类似于现今珠江东北支流的河流在中始新世 (47.7 - 41.9 Ma) 就已存在, 并且可以穿越低地形梯度的宽裂谷陆缘, 将来自华夏地块内部的沉积物输送至陆坡位置的巴拉望中南部。

### 参考文献

**关键词** 巴拉望微陆块, 华南陆缘, 古地理, 生物地层, 物源



摘要 ID:2883

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地东北部下侏罗统富县组沉积物源分析——来自榆林安崖剖面砂岩的岩石学及元素地球化学证据

张云望<sup>1</sup>、金鑫<sup>\*2,3</sup>、乔培军<sup>4</sup>、李滨兵<sup>2</sup>、洪彦哲<sup>2</sup>、陈俞超<sup>2</sup>、芦刚<sup>5</sup>、杜怡星<sup>2</sup>、时志强<sup>2,3</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 成都理工大学沉积地质研究院
3. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)
4. 同济大学海洋地质国家重点实验室
5. 成都理工大学能源学院

鄂尔多斯盆地位于华北克拉通的西部,处于中国西部活动带和东部稳定区域之间的结合部位,在全球构造中,介于古亚洲洋与原特提斯洋中的秦祁昆洋(商丹洋)之间,因此鄂尔多斯盆地是研究古亚洲构造域和古特提斯构造域的天然实验室,其物源体系研究是探讨该地区盆-山演化的关键。但是前人对于鄂尔多斯盆地地下侏罗统的物源体系研究还较薄弱,仅有部分学者在鄂尔多斯盆地中部、西南部等地区开展过物源研究,对于盆地东北部榆林地区一代还缺乏相应的研究。以鄂尔多斯盆地东北部榆林安崖剖面富县组砂岩为研究对象,利用富县组砂岩的地球化学特征和岩石学特征对富县组的物质来源、源区构造背景进行了分析,并结合周缘潜在源区的稀土元素数据对物源体系进行了探讨。结果表明,研究区富县组的砂岩主要为长石岩屑石英砂岩及岩屑石英砂岩,所有样品主量元素及微量元素组成相似,说明研究区富县组时期具有单一的物源体系;地球化学判别图解及Dickinson三角图解指示富县组沉积物物源物质主要形成于再旋回造山带背景,母岩岩性为花岗岩、变质岩及少量基性岩浆岩;稀土元素分配整体表现为“缓右倾斜”的样式,整体呈平坦型分布。利用稀土元素分配模式与周缘潜在源区对比发现,阴山造山带源岩的稀土元素分配模式与研究区相似,指示鄂尔多斯盆地东北部富县组主物源区为阴山造山带。结合前人关于阴山造山带的研究,认为在二叠纪至三叠纪时期,华北陆块与蒙古陆块碰撞拼合导致大量的花岗岩侵入到阴山造山带,至早-中侏罗世富县组时期,大量的中酸性岩浆岩及古老的变质结晶基底被风化剥蚀,随后被搬运到鄂尔多斯盆地东北部沉积。

### 参考文献

**关键词** 物源分析;富县组;地球化学;稀土元素;鄂尔多斯盆地;下侏罗统



摘要 ID: 3097

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地西北部下白垩统物源定量分析研究

刘持恒<sup>1\*</sup>、李子颖<sup>1</sup>、贺锋<sup>1</sup>、张宇龙<sup>1</sup>、凌明星<sup>2</sup>、刘瑞苹<sup>1</sup>、李振成<sup>3</sup>

1. 核工业北京地质研究院

2. 东华理工大学

3. 核工业二〇八大队

下白垩统是鄂尔多斯盆地晚中生代的一个重要构造层,同时也是近年来新发现砂岩型铀矿的重要层位。恢复该时期的源-汇系统对认识燕山运动晚期在华北克拉通西部的构造-沉积响应、古气候转变和盆地内砂岩铀矿的富集规律均有较大的帮助。

沉积物的物源分析是源-汇系统中重要的一个环节,碎屑锆石 U-Pb 年代学则是目前物源分析的重要手段。但该方法无论在分析测试实验过程中,还是物源对比的具体数据分析中常常会出现人为的主观偏见(Moecher and Samson, 2006; Malusà et al., 2013; 郭佩等, 2017),造成一些结果的误判。本文通过对鄂尔多斯盆地西北部下白垩统进行古流向测量和不同层位的碎屑锆石进行 U-Pb 测年,并优化了对周缘潜在物源区锆石 U-Pb 年龄数据集的汇编方案,最终采用定量的评价参数确定研究区与潜在物源区的相似性,包括基于累计概率曲线进行的 K-S 统计 D 值和 Kuiper 统计 V 值检测,以及年龄谱相关性的 R<sup>2</sup> 值检测。此外,当研究区存在多物源区共同供给时,采用 Sundell 和 Saylor (2017) 定量分离混合物源的方法,分别计算了各物源区的贡献比例。

分析结果表明,鄂尔多斯盆地西北部下白垩统中碎屑锆石具有 1.64~1.79Ga, 1.82~2.02Ga, 2.45~2.58Ga 三个稳定的前寒武纪 U-Pb 年龄峰值,以及 257~336Ma 和 425~476Ma 两个显生宙年龄峰值。单一物源对比结果显示阴山、狼山、桌子山-贺兰山北部和阿拉善地区均可不同程度地为研究区提供物源,但又难以成为盆内沉积物的唯一物源区,而是以不同比例混合后为研究区同时提供物源。多物源分离后的结果表明,阴山在早白垩世时一直是主要的物源供给区;阿拉善地区的物源通过原地风蚀和风沙搬运将沉积物从桌子山北部和贺兰山顶搬运进入鄂尔多斯盆地,与阴山和狼山的河流搬运共同促成了洛河期-罗汉洞期风成-水成交替的沉积特征。

**参考文献** Malusà, M.G., Carter, A., Limoncelli, M., Villa, I.M. and Garzanti, E., 2013. Bias in detrital zircon geochronology and thermochronometry. *Chemical Geology*, 359: 90-107. Moecher, D., Samson, S., 2006. Differential zircon fertility of source terranes and natural bias in the detrital zircon record: Implications for sedimentary provenance analysis. *Earth and Planetary Science Letters*, 247(3-4): 252-266. Sundell, K.E., Saylor, J.E., 2017. Unmixing detrital geochronology age distributions. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18(8): 2872-2886. 郭佩, 刘池洋, 王建强, 李长志, 2017. 碎屑锆石年代学在沉积物源研究中的应用及存在问题. *沉积学报*, 35(01): 46-56.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 碎屑锆石 U-Pb 年龄; 物源分析; 古流向; 砂岩型铀矿



摘要 ID:1003

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 陆相浅水湖盆河湖交互沉积体系及砂体富集规律

孙中恒<sup>1,2</sup>、朱红涛<sup>1</sup>、牛成民<sup>3</sup>、杜晓峰<sup>3</sup>、刘强虎<sup>1</sup>、杨超<sup>3</sup>

1. 中国地质大学构造与油气资源教育部重点实验室, 湖北武汉, 430074
2. 中国地质大学海洋学院, 湖北武汉, 430074
3. 中海石油(中国)有限公司天津分公司渤海油田勘探开发研究院, 天津塘沽, 300452

浅水湖盆广泛发育河湖交互沉积, 易形成良好的生储盖组合, 但尚未建立系统的河湖交互沉积体系。利用三维地震、钻井岩心/壁芯、测井、主微量元素、古生物、高分辨率时间序列遥感卫星影像等资料, 对现代鄱阳湖“高水成湖、低水成河”季节性浅水沉积和渤海湾盆地渤东地区新近系馆陶组浅水沉积体系的耦合研究, “将今论古”, “古今对比”, 深入探讨并构建了陆相浅水湖盆河湖交互沉积模式, 明确了砂体富集规律。结果表明, 气候驱动的季节性湖平面变化, 控制了河控主体区(A区)、河湖交互区(B区)和湖泊主体区(C区)3个沉积单元的时空交互叠置。A区始终处于洪水线以上, 不受湖盆水体影响, 发育稳定的骨架水系和河道砂体, 正韵律旋回, 偶尔发育孤立点状水体; B区处于洪水线和枯水线之间, 是一个动态交互区, 发育复合砂体, 正反韵律叠置, 水体分割性强, 发育多支带状水体单元; C区位于枯水线之下, 呈现为多中心片状水体分布格局, 以湖相泥岩为主, 夹薄层席状砂。陆相浅水湖盆河湖交互沉积体系的构建, 有助于丰富和完善浅水湖盆河湖交互沉积地质勘探理论, 服务于不同类型陆相盆地浅水湖盆规模性岩性地层油气藏勘探和浅层走向深层油气勘探需求。

**参考文献** [1] 孙中恒. 渤海湾盆地渤东地区浅水河湖交互沉积与有利储集区带预测 [D]. 中国地质大学(武汉), 2021. [2] 金振奎, 李燕, 高白水, 等. 现代缓坡三角洲沉积模式——以鄱阳湖赣江三角洲为例[J]. 沉积学报, 2014, 32(04): 710-723. [3] 杨超, 朱红涛, 牛成民, 等. 陆相盆地浅水背景河湖交互特征及其模式[J]. 地球科学, 46(5): 12.

**关键词** 浅水湖盆; 鄱阳湖; 渤东地区; 馆陶组; 河湖交互沉积;



摘要 ID:1185

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 专题邀请报告

## 碎屑石榴石在沉积物源研究中的应用: 微量元素地球化学的新指标

简星\*、洪东铭

厦门大学海洋与地球学院

石榴石是碎屑沉积物中常见的重矿物, 不同类型母岩来源的石榴石往往具有多样的地球化学组成, 因此碎屑石榴石的地球化学分析在沉积物源研究中应用广泛。根据石榴石主量元素含量的不同, 过去学者提出了多种母岩岩石类型示踪方法和判别图解 (Teraoka et al., 1998; Mange and Morton, 2007; Aubrecht et al., 2009; Tolosana-Delgado et al., 2018), 这些物源判别图解被广泛运用于全球的实例研究中。然而, 值得注意的是, 利用碎屑石榴石的主量元素特征指示母岩类型存在一定的多解性, 以使用最广泛的 Mange and Morton (2007) Mg-Fe+Mn-Ca 三角判别图解为例, 高 Mg 低 Ca 的石榴石既可来源于高级麻粒岩相变沉积岩, 也可能来源于紫苏花岗岩或深部壳源的中-酸性岩浆岩, 中-低级变沉积岩与中-酸性火成岩产出的石榴石均表现为高 Fe 和 Mn 的特征。因此, 石榴石主量元素的母岩岩性判别图解具有一定的局限性。

为了解决上述问题, 本文系统地收集了不同岩石类型的石榴石微量元素数据, 尝试利用微量元素地球化学的差异性对碎屑石榴石物源分析进行补充。研究结果显示, 相比变沉积岩来源的石榴石, 中-酸性火成岩来源的石榴石具有更高的重稀土元素含量 ( $\Sigma \text{HREE} > 600 \text{ ppm}$ ,  $\text{Y} > 800 \text{ ppm}$ ); 相比低级变沉积岩, 高级麻粒岩相变沉积岩的石榴石往往具有相对较高的轻稀土 ( $\Sigma \text{LREE} > 4 \text{ ppm}$ ) 和锌 ( $\text{Zn} > 150 \text{ ppm}$ ) 含量。基于这些微量元素的分布规律, 本文还对柴达木盆地新生界的碎屑石榴石物源进行了重新解释, 发现过去 (Jian et al., 2013) 解释为中-酸性火成岩来源的石榴石碎屑颗粒中, 富 Fe+Mn 石榴石应为中低级变沉积岩提供, 而富 Mg 贫 Ca 石榴石则主要为麻粒岩相变沉积岩提供 (Hong et al., 2020)。此外, 超基性-基性岩 (橄辉岩、辉石岩) 及所对应的变超基性-基性岩石 (榴辉岩) 以及砂卡岩的石榴石微量元素组成也具有明显的多样性, 表现出了示踪碎屑石榴石物源的潜力 (Hong et al., 2020)。综上所述, 石榴石微量元素地球化学可以有效地运用于沉积物源研究中, 是其主量元素物源分析方法的重要补充。

**参考文献** Aubrecht, R., Méres, Š., Sýkora, M., Mikus, T., 2009. Provenance of the detrital garnets and spinels from the Albian sediments of the Czorsztyn Unit (Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians, Slovakia). *Geologica Carpathica* 60, 463 - 483. Hong, D., Jian, X., Fu, L., Zhang, W., 2020. Garnet trace element geochemistry as a sediment provenance indicator: An example from the Qaidam basin, northern Tibet. *Marine and Petroleum Geology* 116, 104316. Jian, X., Guan, P., Zhang, D.W., Zhang, W., Feng, F., Liu, R.J., Lin, S.D., 2013. Provenance of Tertiary sandstone in the northern Qaidam basin, northeastern Tibetan Plateau: integration of framework petrography, heavy mineral analysis and mineral chemistry. *Sedimentary Geology* 290, 109 - 125. Mange, M.A., Morton, A.C., 2007. Geochemistry of heavy minerals. In: In: Mange, M.A., Wright, D.T. (Eds.), *Heavy Minerals in Use: Developments in Sedimentology*, 58, 345 - 391. Teraoka, Y., Suzuki, M., Kawakami, K., 1998. Provenance of Cretaceous and Paleogene sediments in the Median Zone of Southwest Japan. *Bulletin of the Geological Society of Japan* 49, 395 - 411. Tolosana-Delgado, R., von Eynatten, H., Krippner, A., Meinhold, G., 2018. A multivariate discrimination scheme of detrital garnet chemistry for use in sedimentary provenance analysis. *Sedimentary Geology* 375, 14 - 26.

**关键词** 碎屑石榴石; 沉积物源分析; 微量元素; 单矿物研究



摘要 ID:1736

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 中亚造山带西南缘晚古生代的伸展构造及其动力学机制——以准噶尔盆地西北缘玛湖凹陷为例

唐文斌<sup>\*1,2</sup>、张元元<sup>2</sup>、Georgia Pe-Piper<sup>3</sup>、David J.W. Piper<sup>4</sup>、郭召杰<sup>2</sup>、李威<sup>2</sup>

1. 成都理工大学, 沉积地质研究院, 成都, 610059

2. 北京大学, 地球与空间科学学院造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京, 100871

3. Department of Geology, Saint Mary's University, Halifax, Nova Scotia B3H 3C3, Canada

4. Natural Resources Canada, Geological Survey of Canada (Atlantic), Bedford Institute of Oceanography, Dartmouth, Nova Scotia B2Y 4A2, Canada

晚古生代中亚造山带西南缘发育多个具有类似伸展构造的沉积盆地, 包括准噶尔盆地, 吐哈盆地和塔里木盆地等(Xia et al., 2012)。这些断陷盆地的发育部位和动力学机制与中亚造山带西南缘的最终汇聚密切相关。本文以准噶尔盆地西北缘玛湖凹陷为例, 基于沉积相层序地层学分析、二维地震剖面解释, 以及碎屑锆石 U-Pb 年代学数据, 系统研究了玛湖凹陷二叠纪-早三叠世的沉积充填过程和构造演化。玛湖凹陷二叠系-三叠系主要发育三个沉积体系和两个与区域活动构造相关的二级湖侵-湖退层序。沉积体系包括: (1) 扇三角洲; (2) 河流三角洲; (3) 湖泊。物源体系、残余地层等厚图、古地理演化和二维地震剖面均指示玛湖凹陷经历了两个不同阶段的构造演化: (1) 早二叠世同断陷阶段 (Syn-rift) 至中二叠世的后断陷阶段 (Post-rift); (2) 晚二叠-早三叠世的构造反转 (Tang et al., 2021a)。早二叠世同断陷阶段 (Syn-rift) 表现为: (1) 机械构造沉降超过沉积速率, 形成了湖侵体系域 (TST1), 以及控制了佳木河组和风城组沉积物的展布样式; (2) 二维地震剖面和地层等厚图揭示了玛湖凹陷的半地堑结构; (3) 碎屑锆石 U-Pb 年代学和碎屑组分岩石学显示结构和成分成熟度低, 表明近源的西准噶尔中部为主要物源区 (Tang et al., 2021b); (4) 在早二叠世风城组识别大量与正断层活动相关的软沉积物变形构造 (Tang et al., 2020)。中二叠世后断陷阶段 (Post-rift) 主要表现为: (1) 沉积速率超过了热沉降速率, 形成了湖退体系域 (RST1), 以及控制了夏子街组和下乌尔禾组沉积物的展布样式; (2) 二维地震剖面和地层等厚图指示沉积中心的稳定分布; (3) 碎屑锆石 U-Pb 年代学和碎屑组分岩石学显示结构和成分成熟度相对提高, 西准噶尔中部为主要物源区, 西准噶尔北部的沉积物供给增加, 表明中二叠世以夷平作用为特征。晚二叠世-早三叠世的构造反转表现为: (1) 扇三角洲沿红车、乌夏和克百断裂带展布, 并且上乌尔禾组和百口泉组的沉积物展布样式发生了颠覆性变化; (2) 二维地震剖面和地层等厚图反映了沉积中心的迁移; (3) 碎屑锆石碎屑锆石 U-Pb 年代学和碎屑组分岩石学显示晚石炭世深层侵入岩体的剥露, 以及西准噶尔南缘的沉积物供给量显著增加。

基于详细的沉积充填过程研究, 结合晚石炭世的区域大地构造背景, 明确了控制早二叠世准噶尔盆地玛湖凹陷断陷盆地的初始轴向位置及其构造演化的地球动力学机制。西准噶尔厚地壳和玛湖凹陷薄地壳交界位置石炭纪先前断裂带的再活化决定了早二叠世玛湖凹陷初始断陷盆地的轴向位置。A 型花岗岩的侵位导致西准噶尔地块的冷却和抬升, 以及地壳增厚。准噶尔盆地下部中古生代年轻岛弧基底之上的晚石炭世深水岛弧-弧后盆地的地壳厚度相对较薄。早二叠世北西-南东向的额尔齐斯左旋走滑剪切带 (290-280 Ma) 和北天山右旋走滑剪切带 (285-255 Ma) 之间为区域张性应力场 (Wang et al., 2007), 导致西准噶尔晚石炭世先前北北东向大型走滑剪切带的再活化, 以及准噶尔盆地下部地壳的进一步伸展减薄 ( $\beta=1.74$ )。早二叠世在下地壳发生了 6-10 km 厚的底垫作用, 对应上地壳的准噶尔盆地内部发育多个具有半地堑结构的陆内断陷盆地。晚二叠世-早三叠世的古地磁和年代学证据指示了早二叠世断裂带再活动, 该时期地壳冷却, 中亚造山带西南缘的陆内变形被块体旋转所吸收 (Yi et al., 2015)。因此, 准噶尔盆地西北缘构造演化的动力学机制与中亚造山带西南缘晚古生代后增生造山阶段的演化规律相吻合。

参考文献 Tang, W., Zhang, Y., Pe-Piper, G., Piper, D.J.W., Guo, Z., Li, W., 2020. Soft-sediment deformation structures in alkaline lake deposits of Lower Permian Fengcheng





Formation, Junggar Basin, NW China: Implications for syn-sedimentary tectonic activity. *Sedimentary Geology*, 406, 105719. Tang, W., Zhang, Y., Pe-Piper, G., Piper, D. J. W., Guo, Z., Li, W., 2021a. Permian to early Triassic tectono-sedimentary evolution of the Mahu sag, Junggar Basin, western China: sedimentological implications of the transition from rifting to tectonic inversion. *Marine and Petroleum Geology*, 123, 104730. Tang W., Zhang, Y., Pe-Piper, G., Piper, D., Guo, Z., Li, W., 2021b. Permian rifting processes in the NW Junggar Basin, China: implications for the post-accretionary successor basins. *Gondwana Research*, 98, 107-124. Wang, B., Chen, Y., Zhan, S., Shu, L., Faure, M., Cluzel, D., Charvet, J. and Laurent-Charvet, S. Primary Carboniferous and Permian paleomagnetic results from the Yili Block (NW China) and their implications on the geodynamic evolution of Chinese Tianshan Belt. *Earth and Planetary Science Letters*, 2007, 263, 288-308. Xia, L., Xu, X., Li, X., Ma, Z. and Xia, Z. Reassessment of petrogenesis of Carboniferous - Early Permian rift-related volcanic rocks in the Chinese Tianshan and its neighboring areas. *Geoscience Frontiers*, 2012, 3, 445-471. Yi, Z., Huang, B., Xiao, W., Yang, L. and Qiao, Q. Paleomagnetic study of Late Paleozoic rocks in the Tacheng Basin of West Junggar (NW China): Implications for the tectonic evolution of the western Altaids. *Gondwana Research*, 2015, 27, 862-877.

**关键词** 中亚造山带, 准噶尔盆地, 断陷盆地, 玛湖凹陷, 二叠系-早三叠世



摘要 ID:1749

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 珠江口盆地珠海组陆架边缘三角洲对比

舒梁锋\*

中海油深圳分公司

珠江口盆地白云凹陷东南、南部和鹤山凹陷珠海组均发育陆架边缘三角洲,其不仅是深水区重要的油气勘探对象,也是沉积地质学和石油地质学研究热点。根据钻井及高精度三维地震资料分析,从古地貌、相对海平面和沉积物源供给三方面对珠海组陆架边缘三角洲形成条件进行分析。研究认为,白云凹陷东南、南部和鹤山凹陷陆架边缘三角洲地震上均表现为切线斜交型和S型反射结构,形成连续2~4期三角洲前积复合体,不同地区进积和加积速率有明显差异,平面上成NE-SW向分布。白云南洼珠海组陆架边缘三角洲形成规模最大,有北部和西北部两个物源供给体系,珠海组四段中后期三角洲开始推进至陆架边缘,三角洲垂向上以进积为主;珠海组三段,三角洲垂向上进积和加积均存在,陆架边缘三角洲沉积厚度达到最大,平面上北部物源发育一定规模陆架边缘三角洲-深水扇体系,西北部物源陆架三角洲前缘发育陆架条带砂脊;珠海组二段和一段三角洲垂向结构表现为先进积后加积,三角洲前缘规模变大,陆坡水道和深水扇最为发育。白云凹陷东南则主要在珠海组二段和一段发育三角洲前积体,珠海组二段规模最大。鹤山凹陷珠海组陆架边缘三角洲在珠海组三段至珠海组一段发育,其中珠海组三段规模最大,与白云南洼发育条件类似。珠海组时期陆架边缘三角洲形成处于断拗转换期构造活动相对稳定阶段,相对海平面总体为上升时期,形成演化主要受物源差异供给和古地貌共同控制。研究区珠海组二段和一段的陆架边缘三角洲-深水陆坡沉积体系可作为区内最有利的油气勘探目标。

### 参考文献

**关键词** 陆架边缘三角洲;沉积体系;珠海组;珠江口盆地



摘要 ID: 2386

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 源汇系统中河流平衡与基准面的再认识

王俊辉<sup>1</sup>、Tetsuji Muto<sup>2</sup>、鲜本忠<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(北京)

2. 长崎大学

河流平衡是指河流在输送沉积物的过程中达到了无净沉积、无净侵蚀、沉积物过路不留的平衡状态, 河流的剖面也不再发生改变, 即达到平衡剖面。它是地质学和地层学的基本概念之一, 也是沉积源汇系统研究的重要科学问题。任何使河流偏离其平衡剖面的地质作用都会造成地层的加积或侵蚀。传统观点认为, 在基准面等外部条件保持不变的条件下, 河流总会向理论的平衡剖面去逼近, 最终达到平衡状态。这是成因地层学的基本原理之一。但是, 在自由边界条件下, 假定基准面保持稳定, 河口沉积物的堆积或者进积, 必然会伴随着河流的加积。因此, 河流无法平衡于稳定的基准面, 传统观点受到了质疑。

基于此, 河流如何响应于稳定的基准面, 以及河流如何在基准面升降过程中达到平衡值得深入研究。针对以上问题, 本研究以河流-三角洲体系为研究对象, 通过水槽实验研究了基准面水平位置的差异, 即不同的盆地水深如何影响河流的平衡过程。研究表明, 盆地水深直接控制了河流接近平衡状态的程度: 盆地水深越大, 河流越接近平衡状态; 盆地水深越小, 河流越不稳定, 越偏离平衡状态表现为加积。在此基础上发展了“平衡指数”的概念, 定量表征了盆地水深如何控制河流-三角洲体系沉积物的分配过程, 揭示了深水、浅水三角洲平原地貌差异性的原理。

该研究间接证明了基准面下降是河流达到平衡状态的必要条件之一。因此, 不同于传统成因地层学的基本观点, 河流可能在基准面升降过程中自发性地达到平衡状态。基于此, 成功解释了湄公河三角洲的分流河道在过去 3500 年以来保持稳定的地质原因。

### 参考文献

**关键词** 源汇系统; 河流平衡; 平衡指数; 基准面



摘要 ID:170

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 基于细分地震岩相分析的沉积体系重建

吕浩源\*<sup>1</sup>、徐国强<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学能源学院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

通过将骨架岩相、大类沉积环境和水流路径叠加来实现沉积体系重建,该方法主要使用地震资料。基于振幅、频率、整洁性、波形等标识进行细分地震岩相分析,对地震资料进行扫描解释,确定骨架砂岩展布;通过地震相分析及沉积原形剖面恢复识别沉积岸线点、坡折点等,以此确定岸线、陆架坡折线等,然后确定河流、陆架、斜坡和盆地等大类沉积环境;通过沉积体顶部侵蚀沟谷连线确定水流路径,毛细水流方向可通过古地势、砂体形态及其组合规律来确定。

### 参考文献

**关键词** 细分地震岩相分析;岩相;沉积环境;水流路径;沉积体系



摘要 ID: 3249

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 陆相断陷湖盆转换带型源-汇系统发育特征及控砂机制——以珠江口盆地惠州凹陷为例

牛胜利\*、蔡俊杰、高翔、梁杰  
中海石油深圳分公司

惠州凹陷是珠江口盆地勘探程度最高的凹陷之一,已进入复式勘探阶段,中深层古近系陆相断陷湖盆沉积勘探主要集中在惠西南,规模优质砂体勘探有喜有忧,如何再认识古近系砂体,寻找规模优质砂体成为勘探关键难题,应用近年兴起的源-汇系统理论很好地对砂体的前世今生做了解析。本文对珠江口盆地惠州凹陷源-汇系统特征及控砂机制做了研究,研究表明其发育几类典型的陆相断陷湖盆转换带型源-汇系统。惠州凹陷古近系转换带型源-汇系统可分为四类:盆缘断裂走向斜坡近源式源-汇系统、盆缘断裂走向斜坡远源式源-汇系统、盆缘断裂墙角式源-汇系统和盆缘断裂沟谷式源-汇系统。四类源-汇系统主要差异在于坡折类型、搬运距离、入湖方式、剥蚀量、沉积相等,在母岩、剥蚀时间和气候等方面相同。走向斜坡近源式和远源式源-汇系统、墙角式源-汇系统都发育规模砂体,砂体规模大小取决于流域面积、高差和剥蚀量,沉积相和砂体展布取决于入湖方式和沉积古地貌;相同成岩条件下,砂体物性排序为远源式、近源式、墙角式;叠加特殊沉积古地貌和水动力条件,滩坝相和强水动力改造型砂体是利沉积体;沟谷式源-汇系统砂体规模小,物性差。惠州凹陷惠西南约1000平方千米的面积内,发育四类七个源-汇系统,证明古近系沉积砂体复杂性和研究难度,这对相似地质条件勘探具有借鉴意义。

**参考文献** [1]徐长贵. 陆相断陷盆地源-汇时空耦合控砂原理:基本思想、概念体系及控砂模式[J]. 中国海上油气. 2013, 25(04):1-21 [2]朱红涛,徐长贵,朱筱敏,等,2017. 陆相盆地源-汇系统要素耦合研究进展. 地球科学, 42(11):1851-1870 [3]操应长,徐琦松,王健. 沉积盆地“源-汇”系统研究进展[J]. 地学前缘. 2018, 25(04):116-131 [4]林畅松,夏庆龙,施和生,等. 地貌演化、源-汇过程与盆地分析[J]. 地学前缘, 2015, 22(1): 9-20 [5]朱红涛,朱筱敏,刘强虎,等. 层序地层学与源-汇系统理论内在关联性与差异性[J]. 石油与天然气地质, 2022, 43(4): 763-776. [6]杜家元,张向涛,刘培,等. 珠江口盆地珠一坳陷古近系“源-汇”系统分类及石油地质意义[J]. 地球科学, 2021, 46(10): 3690-3706 [7]王绪诚,杜家元,张琴,等. 惠西南地区古近系转换带型源-汇系统研究及其勘探意义[J]. 中国海上油气. 2020, 32(05):44-53 [8]梁杰,刘杰,牛胜利,等. 惠州25转换带文五段低位体系域源—渠—汇耦合关系[J]. 沉积学报. 2022网络首发论文 [9]田立新,刘杰,张向涛,等. 珠江口盆地惠州26-6大中型泛潜山油气田勘探发现及成藏模式[J]. 中国海上油气, 2020, 32(04): 1-11 [10]田立新,施和生,刘杰,等. 珠江口盆地惠州凹陷新领域勘探重大发现及意义[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(04): 22-30

**关键词** 惠州凹陷; 古近系; 源-汇系统; 规模优质砂体; 控砂机制



摘要 ID: 3326

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 新生代宁南盆地物源变迁特征及其对青藏高原北东向扩展过程的约束

赵晓辰<sup>\*1</sup>、刘池洋<sup>2</sup>、王建强<sup>2</sup>、黄雷<sup>2</sup>、牛亚卓<sup>3</sup>、陈应涛<sup>1</sup>、杜芳鹏<sup>4</sup>、彭恒<sup>2</sup>、毛争争<sup>1</sup>、董迎春<sup>1</sup>

1. 西安科技大学

2. 西北大学

3. 中国地质调查局西安地质调查中心

4. 延安大学

青藏高原东北缘新生代盆地的演化-改造过程明显受到高原向北东方向生长的影响,是探索青藏高原东北缘隆升剥蚀、扩展变形过程的理想场所,而这些盆地中的沉积物也较为完整的记录了青藏高原生长作用下地表隆起和变形过程的重要信息。本次研究以青藏高原东北部新生代宁南盆地为研究对象,通过野外调查和碎屑锆石 U-Pb 年代学定量物源分析,对盆地各个时期(寺口子组、清水营组、彰恩堡组和干河沟组)的物源变迁特征进行了综合分析,并探讨了其与青藏高原东北向扩展的耦合关系。古水流测量结果表明寺口子-彰恩堡期存在明显的多物源汇聚特征,而干河沟期古水流则表现为向北东的优势方向;砾石组分分析也反映出宁南盆地在新生代早(寺口子期)、晚期(干河沟期)存在明显的物源差别。碎屑锆石 U-Pb 年代学测试结果表明,宁南盆地新生代地层的碎屑锆石年龄分布复杂,以 200 ~ 360 Ma 和 360 ~ 540 Ma 年龄群为主,并含有较为分散的前寒武纪年龄。通过与周邻潜在蚀源区进行对比,我们认为鄂尔多斯地块西南部古老地层的再旋回物质、西秦岭-北祁连造山带,以及盆内局部古隆起(如西南华山、香山、六盘山)为主要物源区。此外,采用基于 Matlab 的蒙特卡罗反演方法对各个时期物源贡献进行了定量分析,结果表明各个时期不同物源区的贡献量存在明显变化,尤其是干河沟期来自西秦岭的物源由~25%锐减至~5%,反映了六盘山在同期快速的隆升,对来自西秦岭的物源起到了明显的阻挡作用。综合本次和前人研究,我们认为宁南盆地经历了多期演化过程,盆地早期发育于伸展断陷环境之中,并与鄂尔多斯地块周邻其它同期地堑一样,具有相似的动力学背景;而中新世晚期的构造事件,才标志着青藏隆升的远程效应开始影响宁南地区,造成干河沟期盆地物源和构造格局发生根本改变,并最终导致宁南盆地消亡。

### 参考文献

**关键词** 宁南盆地; 物源定量分析; 碎屑锆石 U-Pb 年代学; 青藏高原; 新生代



摘要 ID: 3087

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 渤南洼陷沙四下亚段干旱缓坡型源-汇系统古地貌定量刻画及发育特征

徐琦松<sup>\*1,2,3</sup>、王永诗<sup>4</sup>、巩建强<sup>3</sup>、孟涛<sup>3</sup>、张盛<sup>3</sup>、姜超<sup>3</sup>

1. 胜利石油管理局博士后科研工作站
2. 中国石化胜利石油管理局博士后科研工作站
3. 中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院
4. 中国石化胜利石油管理局

渤南洼陷是渤海湾盆地济阳坳陷沾化凹陷内面积最大的次级凹陷。沙四下沉积时期处于 PETM、ETM2 和 EECO 之后的后极热事件时期, 气候虽有向温湿条件演化的趋势, 但尚未脱离干热背景, 渤南洼陷沙四下亚段发育广泛的红层沉积, 形成广泛的陆上沉积区(雷华蕊等, 2018)。受干热气候下波动降水和径流影响, 沙四下亚段沉积时期洪泛频发, 且规模和频率时空上具有极强的非均质性。不同规模和频率的洪泛事件多期改造地貌, 使红层沉积组构时空演化极为复杂(Xu et al., 2021)。尤其是缓坡带河流体系, 多期改道下形成复杂砂泥格局, 极大限制了红层沉积模式的建立。为了明确缓坡带沉积演化规律, 遵循源-汇系统研究思路, 综合考虑水文、沉积通量和地形三者关系, 建立了干旱缓坡型源-汇系统古地貌定量刻画方法。

首先, 通过河道结构对比剖面结合多资料物源分析, 在精确划分砂分散体系基础上, 结合平均粒径衰减模型、现代地貌特征及其定量关系, 刻画不同砂分散体系及其汇水系统的平面分布(Michael and Zühlke, 2021)。其次, 量化汇水系统面积, 选取适用于不同构造背景的现代地貌定量比例关系, 反演汇水系统最大高差。最后, 以物质平衡为约束, 综合 BQART 模型及河流支点杠杆法(Brewer et al., 2020), 通过滞留沉积通量、河道泄水量和高差关系, 量化单物源体系点位高度, 结合单物源体系水文及供给通量参数, 确定混源体系中不同体系贡献比例, 计算混源体系点位高度, 明确系统地貌特征。

干旱缓坡型源-汇系统古地貌刻画揭示了干旱和缓坡背景独特的地貌特征及其对沉积的控制作用。空间上, 干旱缓坡型源-汇系统地貌变化幅度较小, 但对汇水系统响应极为敏感, 并对沉积具有极强的控制作用。物源区不同汇水系统间分水岭控制了近源地形局限性和砂分散体系分割性, 远离源区地形局限性减弱, 发育两级坡折控制着水文和物源供给横向搬运, 形成不同砂分散体系汇流混源。此种背景下坡折高度降幅不超过 50m, 但可造成不同体系水体流速变化, 触发水力跃迁作用, 进而对沉积进行强有力的控制。时间上, 受限于资料条件, 仅能明确在物源供给减弱时地貌以充填抬高为主, 地貌格局稳定。

**参考文献** 雷华蕊, 姜在兴, 周红科. 2018. 早古近纪极热时期古气候演化分析: 以东营凹陷为例[J]. 地学前缘, 25(04): 176-184. Brewer C J, Hampson G J, Whittaker A C, et al. 2020. Comparison of Methods to Estimate Sediment Flux in Ancient Sediment Routing Systems[J]. Earth-Science Reviews, 207: 103217. Michael N A, Zühlke R. 2021. Source-To-Sink: Regional Grain Size Trends to Reconstruct Sediment Budgets and Catchment Areas[J]. Basin Research, 34(1): 393-410. Xu Q, Wang Y, Ma L, et al. 2021. The Character and Origin of Sequence Architecture in the Arid Climate Zone: A Case of the Lower Submember of the Fourth Member of Shahejie Formation in the Bonan Sub-Sag[J]. IOP conference series. Earth and environmental science, 804(2): 22033.

**关键词** 渤南洼陷; 沙四下亚段; 红层; 源-汇系统; 古地貌



摘要 ID:549

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 东海盆地西湖凹陷平湖组-花港组物源体系演化分析

陈科一、杜学斌\*  
中国地质大学(武汉)

西湖凹陷是东海陆架盆地重要的含油气凹陷,其物源体系一直是倍受关注的问题,尤其是该地区海上钻井资料较少,对平湖组-花港组的物源来源一直存在争议,这严重制约了西湖凹陷油气勘探工作的进展。本文主要通过分析此次研究1350余个样品中的碎屑锆石U-Pb定年信息,结合碎屑锆石形貌分析、ZTR指数分析、碎屑矿物成分成熟度特征、物源输送通道的地震刻画、原型古地貌恢复等手段,同时参考前人多年研究的相关数据,对平湖组-花港组物源体系进行了系统分析。分析结果显示研究区锆石年龄主要集中于前寒武纪、古生代、中生代3个年龄段,而其中前寒武物源中包含古元古界(Pt1)和中元古界(Pt2)两个年龄峰值。对比西湖凹陷周缘地区基岩属性,研究区北侧虎皮礁隆起基岩年龄主要为中元古界(Pt2),古生代物源主要来自东侧钓鱼岛隆褶带,而西侧的海礁和渔山东低隆起是中生代物源的主要来源地区。

通过对比花港组和平湖组的物源体系,可以得知花港组在一定程度上继承了平湖组沉积时期的物源体系,平湖组和平湖组都存在3个物源区,而前寒武锆石整体占比较高(>50%)并沿凹陷轴向由北向南逐渐降低,凸显出虎皮礁隆起作为研究区主要物源区的主导地位,且物源运移通道以凹陷长轴向通道为主;而在凹陷中部、南部,古生代锆石、中生代锆石占比分别达到峰值,可以看出研究区中部东侧、凹陷北部西侧各存在一短轴物源输入,并在西部物源区观察到作为运移通道的下切谷。

但研究区周缘的物源区无法提供充足的古元古界(Pt1)前寒武沉积物,对比现代长江沉积物的碎屑锆石年龄分布,推测古长江为西湖凹陷提供了充足的古元古界(Pt1)前寒武物源。另外,平湖组-花港组时期,研究区西侧物源区供给强度发生了自南向北的迁移。根据碎屑锆石成因-形态学分析,平湖组中段以渔山东低隆起来源的岩浆锆石居多,表明此时研究区西侧物源由渔山东低隆起主导物源供给,海礁隆起为次要物源供给;到花港组下段,海礁隆起南部来源的变质锆石占比增长,表明渔山东低隆起逐渐夷平减弱,供源能力不显著,由海礁隆起提供主导性物源。对平湖组-花港组物源体系的研究将为西湖凹陷的油气勘探开发提供借鉴。

**参考文献** [1] 蔡华, 秦兰芝, 刘英辉. 西湖凹陷平北斜坡带海陆过渡相源-汇系统差异性及其耦合模式[J]. 地球科学, 2019, 44(03): 880-897. [2] 蔡佳, 祁鹏, 宋双. 东海盆地西湖凹陷花港组下段沉积相分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2017, 37(02): 56-65. [3] 刘晓晨. 西湖凹陷平湖斜坡带平湖组砂体精细刻画及时空演化研究[D]. 中国地质大学(武汉), 2018. [4] 秦兰芝, 刘金水, 李帅, et al. 东海西湖凹陷中央反转带花港组锆石特征及物源指示意义[J]. 石油实验地质, 2017, 39(04): 498-504+526. [5] 王文娟, 张银国, 张建培. 东海盆地西湖凹陷渐新统花港组地震相特征及沉积相分布[J]. 海相油气地质, 2014, 19(1): 60-68. [6] 赵会民, 吕炳全, 孙洪斌, 等. 西太平洋边缘海盆的形成与演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(01): 57-62. [7] 唐贤君, 蒋一鸣, 何新建, 等. 东海盆地西湖凹陷西斜坡背斜—似花状构造特征及成因机制[J]. 上海国土资源, 2019, 40(02): 65-69. [8] 周心怀, 蒋一鸣, 唐贤君. 西湖凹陷成盆背景、原型盆地演化及勘探启示[J]. 中国海上油气, 2019, 31(03): 1-10. [9] 赵洪, 蒋一鸣, 沈文超, 等. 西湖凹陷花港组物源特征及对储层的影响研究[J]. 煤炭科学技术, 2018, 46(2): 65-72. [10] 蒋一鸣. 西湖凹陷平湖斜坡带平湖组碎屑锆石U-Pb年龄及米兰科维奇旋回: 对源-汇系统及沉积演化的约束[J]. 地质科技情报, 2019, 38(06): 133-140. [11] 唐贤君, 蒋一鸣, 张绍亮. 平湖斜坡带火山岩层发育构造环境及油气地质意义[J]. 地质科技情报, 2018, 37(01): 27-36. [12] 侯国伟, 李帅, 亲兰芝, 等. 西湖凹陷西部斜坡带平湖组源-汇体系特征[J]. 中国海上油气, 2019, 31(3): 29-39. [13] 郑军. 西湖凹陷中央背斜带中北部深部优质储层孔隙保存机理[J]. 地质科技情报, 2016, 35(3): 173-179. [14] 田豹, 李维锋, 祁腾飞, 等. 重矿物物源分析研究进展[J]. 中国锰业, 2017, 35(1): 107-109. [15] 姜磊, 刘树根, 王自剑, 等. 上扬子盆地西缘晚白垩世物源变化及指示[J]. 地质论评, 2019, 65(2): 477-490. [16] 何幼斌, 王文广. 沉积岩与沉积相[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007. [17] 白华青. 川东北旺苍地区三叠-侏罗系岩石特征与物源分析[J]. 四川地质学报, 2011, 31(02): 127-130. [18] 王鹏, 赵志刚, 张功成, 等. 东海盆地钓鱼岛隆褶带构造演化分析及对西湖凹





陷油气勘探的意义[J]. 地质科技情报, 2011, 30(04): 65-72[19] 杨文达, 崔征科, 张异彪. 东海地质与矿产[M]. 北京: 海洋出版社, 2010. [20] Lee G H, Kim B, Shin K S. Geologic evolution and aspects of the petroleum geology of the northern East China Sea shelf basin[J]. AAPG Bulletin, 2006, 90(2): 237-260. [21] Zhang J Y, Lu Y C, Krijgsman W, et al. Source to sink transport in the Oligocene Huagang Formation of the Xihu Depression, East China Sea Shelf Basin[J]. Marine and Petroleum Geology, 2018, 98: 733-745. [22] Yang X H, Li A C, Qin Y S. U-Pb dating of zircons from Cenozoic sandstone: Constrain on the geodynamic setting of East China Sea shelf basin[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2006, 26(3): 75-85. [23] Fuwei W, Dongxia C, Wenlei D, et al. Improved method for quantitative evaluation of fault vertical sealing: A case study from the eastern Pinghu Slope Belt of the Xihu Depression, East China Sea Shelf Basin[J]. Marine and Petroleum Geology, 2021, 132. [24] Zhu W L, Zhong K, Fu X W, et al. The formation and evolution of the East China Sea Shelf Basin: A new view[J]. Earth-Science Reviews, 2019, 190: 89-111. [25] Kong P, Uranger D E, Wu F Y, et al. Cosmogenic nuclide burial ages and provenance of the Xigeda paleo-lake—Implications for evolution of the Middle Yangtze River[J]. Earth Planet. Sci. Lett, 2009, 278: 131-141.

**关键词** 物源体系; U-Pb 年代学; 古长江; 西湖凹陷



摘要 ID:948

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 孟加拉湾若开盆地深水沉积结构单元特征研究

王雪峰\*、李林、许小勇、杨涛涛、李东、左国平、毛超林  
中国石油杭州地质研究院

若开盆地位于孟加拉湾盆地东部边缘,为印度板块向欧亚板块NNE向俯冲的主动陆缘弧前盆地,深水沉积厚度约10-21km,发育7种深水沉积结构单元:深水泥岩沉积、朵体、水道化朵体、侵蚀性水道复合体、水道天然堤复合体,块体搬运沉积(MTD)以及上陆坡区的峡谷沉积。晚始新世-渐新世,盆地区离物源比较远,主要为深水泥岩沉积,地震反射主要为连续的弱反射。中新世地层因喜马拉雅隆升物源充沛,但仍距物源较远,以朵体、水道化朵体、侵蚀性水道沉积为主;侵蚀性水道规模相对较小,表现为单水道“U”型或“V”型特征,天然堤不发育,弯曲状;朵体上端与水道相接,规模也较小。上新世至全新世,大量物源供给,地层中水道复合体明显增多,漫溢天然堤对称发育,为鸥翼状,一般向翼端呈楔状变薄,多期叠置特征;天然堤以泥岩或细粒沉积,内侧常受水道侵蚀,表现为多个阶梯状边界。从充填方式来看水道复合体可划分为3种:底部侵蚀局限型,侵蚀-外部加积局限型,加积局限型,其中加积局限性型水道复合体可形成规模储层,内部各种粗粒沉积发育,可发育“内”水道、水道前端扇体、决口扇以及越岸沉积。块体搬运沉积集中发育在上上新统底部,可划分为3种地震相类型:弱振幅半透明杂乱地震相、叠瓦状变振幅地震相及中-强振幅丘状地震相。杂乱半透明地震相为块体搬运体系中段层状流态典型地震响应特征;叠瓦状变振幅地震相为同沉积变形的证据,为块体搬运趾部沉积;中-强振幅为搬运沉积内部漂浮块体响应特征。底界面主要表现为侵蚀现象,顶界面反映了块体搬运沉积具有层状流态和塑性流态的性质,内部特征主要表现为变形及挤压现象。峡谷主要发育在上陆坡与陆架上,主要以下切侵蚀陆架三角洲或陆坡泥岩为主,呈现出“V”字型,一般与浅水区多个水下河道相连接,汇聚而成,或是由于陆坡不稳定滑塌,沉积物流化形成的大型侵蚀冲沟峡谷。峡谷主要为沉积物提供一个通道,后期沉积主要以泥岩沉积为主。通过研究初步建立了若开盆地“上陆坡区峡谷-下陆坡区水道天然堤复合体、块体搬运沉积-近海洋盆区朵体、水道化朵体-远洋区深海泥岩沉积”这样一个深水沉积序列。

### 参考文献

**关键词** 水道;朵体;MTD;深水沉积;若开盆地



摘要 ID: 3335

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 文昌 A 凹陷南部陡坡带珠海组源—汇系统特征

段文泽<sup>1</sup>、闫百泉<sup>\*1,2</sup>

1. 东北石油大学地球科学学院
2. 东北石油大学三亚海洋油气研究院

文昌 A 凹陷南部为断陷盆地陡坡带, 其珠海组地层扇三角洲大面积发育, 具有丰富的油气资源, 是近年来我国南海油气勘探的主要目标区之一(徐长贵, 2021)。本次研究通过 34 口井的岩心、钻井、测井资料, 结合高品质的三维地震资料, 在文昌 A 凹陷南部陡坡带开展源—汇系统研究, 通过古地貌恢复、重矿物聚类分析和母岩类型识别开展物源区要素分析; 通过地震剖面识别、断层活动期次分析、断距位移曲线定量分析, 刻画出古沟槽、断层转换斜坡两种沉积物搬运通道; 通过井震结合、地震沉积学方法, 应用地震属性切片和地震波形反射结构特征, 刻画出南部陡坡带沉积区珠海组扇三角洲的平面展布形态。研究认为文昌 A 凹陷南部陡坡带存在三种源—汇系统类型: 类型 I 为古隆起供源—古沟槽搬运—扇三角洲汇聚, 类型 II 为火山剥蚀区供源—古沟槽搬运—扇三角洲汇聚; 类型 III 为古残洼供源—断层转换斜坡搬运/古沟槽搬运—扇三角洲汇聚。通过对三种源汇系统类型的要素统计分析, 得出汇聚区扇三角洲面积主要受供源区规模控制, 二者具有明显的正相关性。在此基础上预测在凹陷东部断层转换斜坡区, 扇三角洲沉积体规模应远大于现有的沉积区认识范围, 是大规模的有利砂体沉积区。研究为后续寻找有利油气聚集区提供地质依据。

**参考文献** [1]徐长贵, 范彩伟. 南海西部近海大中型油气田勘探新进展与思考[J]. 中国海上油气, 2021, 33(02): 13-25

**关键词** 源汇系统, 文昌 A 凹陷, 古地貌, 转换斜坡, 地震沉积学



摘要 ID: 3427

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 渤海沙南凹陷沙二段沉积模式及富砂机制

石文龙\*

中海石油(中国)有限公司天津分公司

沙南凹陷位于渤海西部海域,南北夹持于埕子口凸起和沙垒田凸起之间,区域沙二段油气显示活跃,但是砂体横向变化,岩性圈闭发育条件复杂,困扰着区域深部油气勘探的开展。结合钻井岩矿资料及地震精细刻画,利用源汇系统的思路恢复了凹陷沙二段古地貌,并探讨了沙南凹陷沙二段沉积模式及富砂机制。沙二时期沙南凹陷受南部埕子口凸起和北部沙垒田凸起的双向物源控制,岩屑组合显示北部以元古界变质岩(片麻岩)及沉积岩为主,南部以火成岩和中生界沉积岩为主,沙中构造带富集石榴石(GZI与ZTR均高),表明为北部变质岩远距离供源。南北靠物源区表现为辫状河三角洲沉积,地震剖面叠瓦状前积明显,北部三角洲较南部分布范围更广;沙中构造带发育滩坝沉积,薄片上可见生屑鲕粒与陆源碎屑混积特征,测井曲线为箱型,粒度曲线为双峰态、两段式,地震剖面表现为丘形反射;在构造带以南深水区发育浊积扇沉积,地震显示为弱振幅、中频、中等连续性,顺物源方向为前积反射。整体上,沙二段区域沉积表现为辫状河三角洲前缘砂体连片发育、浊积砂体斜列入南洼、混积滩坝带状分布的沉积展布,表现为“洲、坝、扇”的沉积富砂模式。区域受物源供给、地形坡度、湖平面变化、构造活动等因素控制,砂体岩相圈闭平面分布较为复杂,但是西洼和东洼辫状河三角洲前缘、沙中构造带混积滩坝、南洼多期叠置浊积扇体等为沙二段近油源、规模性有利岩性圈闭,可以作为沙南凹陷深层油气勘探的重点目标。

参考文献

关键词



摘要 ID:2378

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 柴达木盆地北缘东段中侏罗统物源分析

呼其图<sup>1,2</sup>、关平<sup>\*1,2</sup>、李世恩<sup>1,2</sup>、张驰<sup>1,2</sup>、白璐<sup>1,2</sup>、张济华<sup>1,2</sup>、丁晓楠<sup>1,2</sup>

1. 北京大学地球与空间科学学院

2. 北京大学造山带与地壳演化教育部重点实验室

柴达木盆地北缘东段红山凹陷和霍布逊凹陷广泛出露中生界侏罗系地层,但目前缺乏对该地区的系统物源研究。本文对该地区侏罗系中侏罗统的7个剖面72件砂泥岩样品,进行重矿物组合Q型聚类分析的基础上,结合全岩地球化学分析、碎屑锆石U-Pb年代学分析,完成了对该地区中侏罗世时期的系统物源分析。研究表明:①中侏罗世时期,研究区存在5个沉积体系,分别是花石沟-羊肠子沟-绿草沟地区(A区)、大煤沟地区(B区)、红山沟地区(C区)、达山西地区(D区)和旺尔秀地区(E区),各沉积区重矿物组合、全岩地球化学以及碎屑锆石年代特征明显;②研究区物源整体主要为酸性物源,且不同程度地受到古老沉积岩再旋回的影响(其中大煤沟具有长英质和玄武质混源特征,红山沟和达山西具有长英质和安山质混源特征);③物源区以大陆岛弧和活动大陆边缘构造背景为主且普遍受到两期岩浆事件(200-300Ma和400-500Ma)的影响。通过对比研究区与周缘出露中酸性岩浆岩的大地构造背景以及年代学证据,结合重矿物ZTR指数分析,认为研究区A区物源主要来自于南方向的锡铁山附近岛弧-火山岩带和高压-超高压碰撞带;B区物源主要来自于北偏东方向的南祁连地体;C区和D区物源主要来自于近源物源供给,推测为西北和北方向的古隆起;E区物源主要来自于东部的鄂拉山附近。上述研究对于柴北缘东段侏罗系的岩相古地理和原型盆地研究,以及指导油气勘探奠定了基础。

### 参考文献

**关键词** 柴北缘东段; 中侏罗统; 物源分析; 聚类分析; 重矿物组合; 元素地球化学



摘要 ID: 2583

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 专题邀请报告

## 碎屑锆石 U-Pb 年龄谱的控制因素: 源区、侵蚀强度还是水动力?

王平\*、陈玺赞、王子桓、蔡祥  
南京师范大学地理科学学院

碎屑锆石 U-Pb 年代学是目前最为流行的沉积物源分析方法, 在示踪大陆边缘源-汇过程、反演造山带隆升-剥蚀历史等众多领域发挥着重要作用。利用锆石颗粒的 U-Pb 定年结果构建的年龄组份的分布曲线, 又称为年龄谱, 可以建立沉积物与源区的对应关系, 并能够用于不同样品间源区差异的定量比较。虽然应用广泛, 但 U-Pb 年龄谱究竟受哪些因素控制, 是否能够准确反映源区的贡献? 相关的基础理论研究仍然十分薄弱。本文选取华南陆内相对稳定的春陵水流域为研究区, 在约 300km 的流程范围内采集沉积物样品 18 件 (干流 16 件, 支流 2 件), 进行碎屑锆石 U-Pb 年代学分析, 获得 >3000 个数据点。结果表明, 源区是控制年龄组份的主要因素, 年龄组份的占比却取决于源区岩石出露的面积、侵蚀强度和锆石的产率, 来自花岗岩的锆石相对于沉积岩再旋回的锆石具有绝对优势, 上游侵蚀强度大的区域的年龄组份几乎决定了整个流域年龄谱样式, 源区面积大的区域对于年龄组份的贡献也相对较大。对比上游和下游的年龄谱发现, 由于再旋回锆石加入而产生的稀释作用在整个流域范围内表现的并不明显。此外, 结合粒度分析还发现, 水动力条件对于年龄谱的影响也不容忽视, 在沉积物分选较差的裂点下游, 碎屑锆石年龄谱表现出不同程度的失真。初步研究结果对于理解碎屑锆石 U-Pb 年龄谱的内涵及物源判别具有重要的指示意义。

### 参考文献

**关键词** 碎屑锆石; 再旋回; 物源分析; 侵蚀强度; 水动力



摘要 ID: 2935

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 丽水凹陷西北部古新统灵峰组源-渠-汇系统

穆财能<sup>1,2</sup>、侯明才\*<sup>1,2</sup>、邢凤存<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

研究区位于东海陆架盆地丽水凹陷的西北部。前人就丽水凹陷灵峰组源-汇系统的研究,主要集中在对岩石地层组级别的源区物质特征描述和汇集区砂体展布的刻画,而针对该区灵峰组源-渠-汇系统的研究尚未开展。基于此,本论文依托钻井岩心、测井、分析测试、地震资料,以段级岩石地层单位,将物源体系(源)、输导体系(渠)及砂岩分散体系(汇)三者有机结合、互相约束,重建了丽水凹陷灵峰组沉积时期的源-渠-汇系统。对研究区灵峰组碎屑组分(石英、长石、岩屑)、主量元素及微量元素的综合分析显示,灵峰组下段于Q-F-L系列图解为岩浆弧及再旋回造山带区域;灵峰组上段主要位于再旋回造山带区域,其次位于岩浆弧区域,揭示研究区物源来源以再旋回造山带及岩浆弧为主。灵峰组下段 $K_2O/Na_2O-SiO_2$ 图解指示研究区物源主要来自岛弧构造环境,其次为活动大陆边缘环境;灵峰组上段以活动大陆边缘背景及岛弧构造背景为主。微量元素La/Th-Hf图解灵峰组上下段主要位于长英质物源区,其次位于长英质物源与基性岩混合物源区。结合前人物源研究及本次源-渠-汇三者相互约束,将研究区周缘划分为三个物源区,北部以岩浆岩及变质岩为主,无沉积岩,表现为分选极差,结构及成分成熟度偏低特征;东部灵峰潜山提供了中生代岩浆岩及元古界变质岩碎屑,以次棱角状磨圆为主,见斜长石及多晶石英;西部以岩浆岩为主,夹少量沉积岩,表现为高岩浆岩岩屑、低石英及长石含量、夹少量沉积岩及变质岩岩屑的特征。基于古地貌和地震相等信息,识别出沉积坡折带、断控坡折带及断层转换带等三种输导类型。南北和东西分异明显,北部主要为断控坡折带,西部为沉积坡折带,东部以断控坡折带和断层转换带为特征。在前人研究基础上,基于钻井、分析测试和地震相等标志,识别出三角洲、扇三角洲、滨浅海及水下扇等四种沉积相类型。凹陷区以浅海相为主,西侧缓坡发育三角洲及水下扇沉积,东侧陡坡附近以扇三角洲为主;垂向上,灵峰组下段主要发育三角洲沉积,灵峰组上段发育三角洲相及水下扇相。来自西部岩浆岩及沉积岩区的物源,经沉积坡折带与下切沟谷输导,最后以三角洲或水下扇分散在在研究区的西侧;来自北部岩浆岩及变质岩区的物源,经断控坡折带与下切沟谷输导,最后以三角洲及水下扇沉积体系分散在研究区的北侧;来自东部中生代岩浆岩及变质岩区的物源,断层转换带与断控坡折带输导,最后以扇三角洲沉积体系分散在研究区东侧。

### 参考文献

**关键词** 物源体系; 输导体系; 沉积体系; 源-渠-汇系统



摘要 ID: 3007

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 渤中凹陷东南缘东二下亚段扇体成因新认识

谢晓军<sup>\*</sup>、吴克强<sup>1</sup>、张锦伟<sup>2</sup>、白海强<sup>1</sup>、刘子玉<sup>1</sup>、唐武<sup>1</sup>

1. 中海油研究总院有限责任公司

2. 中海石油(中国)有限公司

前人对渤中凹陷东南缘东二下亚段5个扇体的规模、分布范围、期次以及物源区的岩性等方面具有统一的认识,母岩岩性主要包括前寒武系花岗岩和中生代火山岩,但其成因存在辫状河三角洲、限制性三角洲和湖底扇等不同观点。

在全球异重流调研的基础上,总结异重流与经典浊流(鲍马序列)的鉴别标志:逆-正粒序组合、牵引流的沉积构造和水道化。前人基于大量钻井、岩心和地震等资料,在埕北低凸起东南缘东三段识别出上述3个异重流鉴别标志,指出该层段发育异重流。

研究区与埕北低凸起东南缘东三段具相似的构造位置,本文从古气候、古物源、古地貌、沉积构造及水道化特征等5方面开展类比,两者具相似性:

1) 东二段和东三段均为亚热带偏湿润气候,渤中凹陷东营组二段整体偏湿热气候、晚期气候快速变化的背景有利于母岩区加速机械风化剥蚀,从而利于源区提供丰富的陆源碎屑物质;

2) 渤中凹陷东南缘和埕北低凸起周缘均为近源供给,物源面积与扇体面积的比值均为1:2左右;

3) 具相似坡度和三级阶梯式斜坡结构;渤中低凸起东二下亚段扇体与埕北低凸起东三段异重流扇体均发育在低凸起向凹陷过渡的斜坡区,均表现为三级阶梯式结构,整体坡度均较缓,从靠近源区的第一阶梯到靠近深洼的第三阶梯坡度变化均呈现先增大后减少的趋势;

4) 测井曲线呈现出漏斗型—钟型—漏斗型组合,具有典型的逆—正粒序组合的“二元结构(Ha-Hb)、岩心上见牵引流的沙纹层理;

5) 地震剖面上,扇体具复合水道的外形,底部侵蚀下切,内部见多期水道相互叠置和水道内侧向加积;平面上,水道复合体主体位于扇体的中间部位,靠近源区的水道复合体表现为限制型水道的特点,具“顺直河”的平面形态;远离源区(西北侧)水道复合体受沉积地形的影响相对较小,则具有一定的“曲流河”平面形态;

综合认为,渤中凹陷东南缘东二下亚段扇体是异重流成因;并提出了由近端复合水道和远端分支水道组成的沉积新模式。

**参考文献** [1]王改卫,杜晓峰,黄晓波,等.&nbsp;&nbsp;&nbsp;渤中21构造区湖底扇成因模式及勘探意义[J].东北石油大学学报,2017,41(3):84-93. [2]李虹,&nbsp;&nbsp;&nbsp;张新涛,&nbsp;&nbsp;&nbsp;郭涛,等.&nbsp;&nbsp;&nbsp;渤海石南斜坡带东二下亚段湖底扇沉积特征、微相分布及相模式[J].中国海上油气,2020,32(5):54-62. [3]Zavala C, Juan José Ponce, Mariano Arcuri, et al. Ancient Lacustrine Hyperpycnites: A Depositional model from a case study in the Rayoso Formation(Cretaceous) of West-Central Argentina[J]. Journal of Sedimentary Research, 2006, 76:41-59. [4]杨仁超,金之钧,孙冬胜,&nbsp;&nbsp;&nbsp;等.鄂尔多斯晚三叠世湖盆异重流沉积新发现[J].沉积学报,2015,33(1),10-20. [5]栾国强,董春梅,林承焰等.&nbsp;&nbsp;&nbsp;异重流发育条件、演化过程及沉积特征[J].石油与天然气地质,2018,39(3),438-453. [6]Zavala C, PAN S X. Hyperpycnal flows and hyperpycnites: Origin and distinctive characteristics. Lithologic Reservoirs, 2018, 30(1): 1-27. [7]潘树新,刘化清, ZAVALA Carlos 等.&nbsp;&nbsp;&nbsp;大型拗陷湖盆异重流成因的水道-湖底扇系统——以松辽盆地白垩系嫩江组一段为例[J].石油勘探与开发,2017,44(6),860-870. [8]杨田,操应长,王艳忠,等.&nbsp;&nbsp;&nbsp;异重流沉积动力学过程及沉积特征[J].地质评论,2015,61(1),23-33. [9]GUO Jingxiang, JIANG Zaixing, XIE Xiangyang,&nbsp;&nbsp;&nbsp;et al. Deep-lacustrine sediment gravity flow channel-lobe complexes on a stepped slope: An example from the Chengbei Low Uplift, Bohai Bay Basin, East China&nbsp;&nbsp;&nbsp;[J].&nbsp;&nbsp;&nbsp;Marine and Petroleum Geology,&nbsp;&nbsp;&nbsp;2021,124,1-27.

**关键词** 成因; 异重流; 东二下亚段; 东南缘; 渤中凹陷





摘要 ID:782

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 沙垒田凸起东南部倾末端东三段构造变革对源汇体系的控制

庞小军\*、杜晓峰、王清斌、陈容涛  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

陆相断陷湖盆源汇系统中物源的变迁控制了砂体分布,而在边界断层发育的物源区,构造变革控制了源汇体系中物源的变迁、湖泊范围以及砂体分布。为了查明构造变革对源汇体系的控制,以沙垒田凸起东南部倾末端东三段为例,利用三维地震综合解释和钻井资料,探讨了构造变革对源汇体系的控制。研究发现:

1、沙垒田凸起东部倾末端发育2条近东西走向的顺向铲式正断层(由凸起向凹陷编号为a和b),和3条近南北走向的铲式正断层(编号为c、d、e);将倾末端分为3个台阶(其中,c和d断层位于3台阶,e断层位于2台阶)。每条断层均表现为早期断层活动性强,晚期断层不活动。沿断层走向,每条断层靠近凸起区均发育1个断层活动弱的位置。

2、钻井揭示,在3个台阶上均发育扇三角洲沉积,每个台阶上扇三角洲的下部岩性主要为砂砾岩,向上逐渐过渡为细砂岩;下部砂砾岩泥质含量高,分选差,向上细砂岩泥质含量逐渐减少,交错层理和脉状层理发育,夹暗色泥岩。

3、分析认为,断层活动的期次性控制了该区的构造变革,进而影响了源汇体系的变化。沙垒田凸起东部倾末端东三段由湖盆向凸起区,断层活动逐次活动。

东三段沉积初期,东西向的2条断层和南北向的3条断层活动性均较强,1台阶、2台阶大部分和3台阶高部位为扇三角洲提供物源,湖泊范围相对较小(湖平面相对较低)。

东三段沉积中期,靠近凹陷的b断层和c、d、e断层均停止活动,受沉积区填平补齐以及东三段气候逐渐由半干旱逐渐转向湿润的影响,降水量增加,湖平面快速上升,湖泊范围逐渐扩大。3台阶物源区和2台阶物源区先后快速被淹没。由于该时期的源汇体系发生了明显变化,物源区仅为1台阶,因此,该时期3台阶上发育湖泊厚层泥岩,而扇三角洲砂砾岩逐渐向2台阶靠近凸起区退积,在靠近凸起的a断层下降盘持续发育厚层扇三角洲砂砾岩沉积,在2台阶高部位发育中薄层的扇三角洲砂砾岩沉积。

东三段沉积晚期,1台阶和2台阶之间的a断层逐渐停止活动,湖泊优先沿a断层活动性弱的位置向1台阶扩张,湖泊范围进一步扩大。该时期2台阶主要发育湖相暗色泥岩,而1台阶局部(a断层活动性弱的位置)发育扇三角洲砂砾岩,且扇三角洲逐渐向1台阶内部迁移。

4、因此,沙垒田凸起东南部倾末端东三段构造的变革主要受断层活动的控制,而构造变革导致该区源汇格局的变迁,进一步控制了该区的源汇体系演变。

### 参考文献

**关键词** 构造变革;断层活动;扇三角洲;东三段;倾末端;沙垒田凸起;渤海海域



摘要 ID:1665

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## “源-汇-岩-储”控制下优质砂砾岩储层成因机理

王茂桢\*、郭涛、惠冠洲、郝轶伟、张江涛  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

近几年,渤海海域在中深层油藏勘探领域获得大量突破,尤其在辽东凹陷东南缘缓坡带砂砾岩储层取得了一定成果,然而,由于缓坡带特殊的构造背景,砂砾岩储层往往具有物源多、沉积类型多样、成岩作用复杂的特点,其储层物性差异大、非均质性强,从而导致砂砾岩的勘探难度较大,严重制约了研究区后续评价工作的开展。针对上述问题,本文针对研究区母岩特征、沉积特征以及成岩作用特征对该区砂砾岩储层差异性进行了分析,创新建立了母岩裂缝继承型优质砂砾岩储层成因模式,并明确了优质砂砾岩分布的主控因素。主要内容如下:

1、创新认识辽东凸起母岩性质对砂砾岩储集空间类型及后期成岩演化的控制作用,提出母岩裂缝继承性优质储层发育模式。

由于研究区砂砾岩具有近源沉积的特点,母岩的原始特征得以有效保存。母岩作为砂砾岩储层的重要物质基础,对砂砾岩储层的影响主要分为两个方面,一是母岩有效裂缝的发育程度决定了储集空间的类型。局部裂缝富集的砂砾岩是以裂缝较为发育的变质石英岩作为母岩,砾石不仅保存了在物源区形成的部分裂缝,同时在长距离的搬运过程中,砾石发生碰撞甚至断裂,使得砾内缝进一步形成。后期砾石受到上覆地层压力及构造应力的挤压,储层内部的颗粒会优先沿着砾石裂缝或者颗粒边缘发生破碎,从而形成了大量的粒内缝及粒缘缝,对储层物性以及裂缝连通性具有明显的改善作用。另一方面,母岩的岩性决定了储层填隙物的成分和后期孔隙的保存情况,以石英长石为主要母岩的沉积区,其填隙物多为细小的石英颗粒或者泥质,具有一定抗压实的能力,同时长石还为后期的溶蚀提供了物质基础,利于形成优质储层,而以碳酸盐作为母岩的砂砾岩储层其粒间填隙物也多为碳酸盐岩杂基,就导致了后期成岩过程中极易发生碳酸盐胶结,这也是导致研究区南北砂砾岩储层物性差异的主要原因。

2、创新认识沉积相带与沉积坡折样式的耦合关系决定了优质砂砾岩储层的分布,明确了砂砾岩储层局部裂缝富集的主控因素。

辽东南洼东部缓坡带坡折带十分发育,顺物源方向表现为多级坡折的特点,主要发育有单断-沉积坡折复合型坡折带和同向断阶型断裂坡折带。单断-沉积坡折复合型坡折带主要控制了近源扇三角洲砂砾岩体的分布,物源区沉积物顺断沟等物源通道经垂向断面向断裂下降盘堆积,形成了近源扇三角洲,该类相带沉积物粒度粗,结构与成分成熟度低,沉积物掩埋迅速,杂基含量高,不利于原生裂缝的保存。相反同向断阶型断裂坡折带下部储层受波浪淘洗作用影响,杂基含量较少,同时在这种顺向断阶的坡折带上,粗粒的近源碎屑多在靠近边界断裂处堆积,从而对沉积颗粒进行了多级的筛选,当砾石到达坡折带下部时,其成分多较为纯净,且成分结构成熟度较高,碳酸盐矿物因其易溶的特点所占的比重会越来越小,正是由于这种缓坡带折带的上部堆积,使得在同向断阶坡折带的下部相带形成了杂基含量少,成分成熟度高的优质砂砾岩储层。沉积相带与沉积坡折样式的耦合关系主控制了相同物源条件下砂砾岩体裂缝的富集程度。

参考文献

关键词 砂砾岩;缓坡带;储层成因;差异性分析;成岩作用;辽东凹陷



摘要 ID:1810

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 渤海海域古近系滩坝砂优质储层分布规律与成因机制

张新涛\*、牛成民、杜晓峰、李虹、张藜  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

近年来,渤海油田在古近系油气勘探中陆续发现了多种类型的陆相滩坝沉积砂体。其沉积特征、成因机理、储层性质及相关的油气产能特征均具有明显的差异性,本文基于大量的已钻井,结合地震、测井以及相关分析化验资料,对滩坝砂的岩石学特征、沉积序列、储集空间、成岩演化及古地貌、古物源、古风向等多因素进行了详细研究,系统开展滩坝沉积特征与成因背景分析,建立了混积型、碎屑型两种滩坝相沉积类型。明确了不同类型滩坝的成因机理与优质储层形成的主控因素。其中混积型滩坝可进一步细分为近岸混积扇、近岸混积滩坝、远岸混积滩坝。近岸混积扇为陡坡扇三角洲环境短源水道废弃后与生物碎屑间歇性间互沉积;近岸混积滩坝为近源搬运沉积的陆源碎屑与盆内碎屑之间的混合沉积;远岸混积滩坝为典型的以富含生物碎屑为主的混合沉积,陆源碎屑含量低,一般为盆内低隆或孤立潜山之上原地生长生物与少量供给的陆源碎屑发生的混合沉积。其中近岸混积扇、近岸混积滩坝储层物性好、测试产能高,秦皇岛29区、旅大25区混积型滩坝测试产能超千吨,是渤海古近系中深层优质的储层之一,远岸混积滩坝储层厚度薄、分布广,储层物性非均质性强,储层发育程度受生物碎屑含量影响较大。混积型滩坝沉积发育模式和规模受古物源、古气候和古地貌共同控制。碎屑型滩坝可进一步分为古隆起型碎屑滩坝和近源陡坡型碎屑滩坝。其中古隆起型碎屑滩坝受波浪改造作用强,岩性成分相对单一、分选磨圆好,结构成分成熟度高,砂体厚度整体薄,一般为3-10m,分布面积大,易形成“滩砂成片、坝砂成带”分布,储层物性中等-好,测试产能较高,储层发育特征及分布规律受古水下隆起和古物源影响较大;近源陡坡型碎屑滩坝受物源影响较大,一般为近源扇三角洲受波浪改造作用而形成,砂体厚度大,最大单层厚度超过50m,储层物性好、测试产能高。目前,渤海海域古近系滩坝砂体先后在秦皇岛29/35、旅大25,锦州20、渤中28-34区均获得油气发现,研究成果可为渤海海域以及其他陆相盆地滩坝沉积的油气藏勘探提供借鉴。

**参考文献** 张藜,王德英,张新涛,等.渤海海域秦皇岛29-2东构造优质混积储层主控因素[J].沉积学报,2019,37(1):200-211.张廷山,兰光志,陈晓慧,等.川西北早志留世陆源碎屑——碳酸盐沉积缓坡[J].沉积学报,1995,13(4):27-35.王国忠.南海北部大陆架现代礁源碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积作用[J].古地理学报,2001,2(3):48-49.宋璠,邱隆伟,苏妮娜,等.渤海湾盆地渤南洼陷古近系沙河街组二段沉积相特征及演化[J].石油与天然气地质,2016,37(4):499-508.解习农,叶茂松,徐长贵,等.渤海湾盆地渤中凹陷混积岩优质储层特征及成因机理[J].地球科学,2018,43(10):3526-3539.薛永安.认识创新推动渤海海域油气勘探取得新突破—渤海海域近年主要勘探进展回顾[J].中国海上油气,2018,30(2):1-8.

**关键词** 渤海海域;沙一二段;滩坝;混合沉积



摘要 ID: 2389

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 专题邀请报告

## 晚侏罗世-早白垩世拉贡塘组: 冈底斯叶巴弧至班怒洋的横跨拉萨地体源汇系统记录

赖文<sup>1,2</sup>、胡修棉<sup>2</sup>、马安林<sup>2</sup>、Eduardo Garzanti<sup>3</sup>、许艺炜<sup>2</sup>

1. 南京大学地理与海洋科学学院
2. 南京大学地球科学与工程学院
3. 米兰-比可卡大学地球与环境科学系

位于拉萨地体上一系列盆地的沉积记录可以为重建青藏高原的早期历史提供性关键证据, 因为这些沉积特征与早期古大洋的演化与消亡以及相关的岩浆-构造活动密切相关。位于拉萨地体北部的那曲盆地, 大量分布着早侏罗世至晚白垩世拉贡塘组。拉贡塘组主要由沉积于大陆架至半深海环境中的细粒石英砂岩或岩屑石英砂岩、粉砂岩和页岩组成。通过砂岩岩相学、古水流、碎屑锆石 U-Pb 年龄和原位 Hf 同位素等数据分析表明, 拉贡塘组主要是由拉萨地体中-南部的富含石英的碎屑岩再循环提供。新鲜的长石与火山岩碎屑, 以及与生物地层分析所显示的年龄同期的最年轻碎屑锆石, 说明同时期的岩浆岩也给拉贡塘组提供了相当数量的碎屑。这些岩浆岩相关的碎屑可能来自南部拉萨地体冈底斯地区的中三叠世-早白垩世叶巴组或桑日群火山岩, 以及中部拉萨地体上的中三叠世-早白垩世岩浆岩。虽然那曲盆地与班公-怒江缝合带毗邻, 但在这里的拉贡塘地层中没有发现与班公-怒江缝合带和羌塘盆地相关的碎屑。我们的结果并不支持班怒洋南向俯冲下的那曲弧前盆地假说, 也不能支持那曲盆地属于狮泉河-纳木错洋的相关盆地的假说模型。那曲盆地拉贡塘组如实记录了一个横跨拉萨地体的源汇体系, 这个体系将冈底斯和中拉萨的碎屑物质向北搬运到当时班怒洋南侧的大陆架之上。

### 参考文献

**关键词** 那曲盆地, 砂岩岩相学, 碎屑锆石年代学, 青藏高原, 叶巴弧



摘要 ID:2986

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 南海西北陆缘第四纪源-汇系统及海洋动力学启示

葛家旺<sup>1\*</sup>、李旭彪<sup>1</sup>、赵晓明<sup>1</sup>、方小宇<sup>2</sup>

1. 西南石油大学

2. 南方海洋科学与工程广东实验室(湛江)

陆架边缘源-汇体系是当前是国际地学领域研究的热点科学问题,南海西北部第四纪发育巨厚层(达3km)陆架边缘体系,其沉积记录综合反馈了物源-气候和海平面及海洋动力学等信息;但截止到目前,其沉积物搬运过程以及与地质事件之间的响应机制研究程度低且存在争议。本次研究基于10余口52块样品获得的重矿物、稀土元素和锆石U-Pb年龄等测试数据,定性-定量厘定了陆架边缘体系沉积物来源、分散路径以及潜在物源区的沉积物贡献率,揭示了南海沉积物在陆架区搬运过程的海洋动力学机制。

研究表明,盆地内稀土元素表现出轻稀土富集,重稀土亏损的特征,大多数井呈现Eu元素负异常,仅LS33-1-1和YC35-1-1井呈正异常;早、中-晚更新世重矿物含量与组合不尽相同,早更新世崖城和万宁区绿帘石和锆石含量相当,陵水区以电气石为特征,中央峡谷磁铁矿含量最高,岭南隆起其他矿物含量接近50%。ZTR指数从崖城区到其他四个区域逐渐减少,尤其是中央峡谷和岭南隆起,ZTR值分别为1.65%和1.2%。而中-晚更新世绿帘石和磁铁矿含量明显增加,赤褐铁矿含量降低。锆石U-Pb年龄分析认为,主要年龄峰228-253 Ma、421-441 Ma,次要年龄峰99-101 Ma、755-787 Ma和1853-1888 Ma。

样品主要揭示了印支和加里东时期的U-Pb年龄峰值以及普遍存在的Eu元素负异常,指示红河沉积物为研究区主要贡献者。研究区西区较高含量的绿帘石和石榴子石以及ZTR指数,以及陆架边缘体系厚度沿北东方向降低的规律,进一步佐证了红河源区高级变质岩区的广泛影响。研究区中部样品出现Eu正异常反映基性母岩,推测越南中部提供的基性物质向西方向抵达深海平原以及陆坡区域。虽然部分样品记录了100 Ma年龄峰值,良好反馈了海南岛水系的物质贡献,但其影响范围主要集中在内陆架附近。基于蒙特卡洛模型定量计算潜在物源区对盆地的沉积贡献率结果表明,越南中部和海南岛贡献率相对低(在5-20%波动),红河物源的贡献率可达80-85%;且沿着陆架边缘走向红河物源贡献率逐步降低,指示了更新世强烈的南海暖流活动以及其“优势”的北东向水流特征,最终使得红河沉积物成为南海西北陆架边缘体系的“建造者”。越南中部北段由里河和兰江输送沉积物到莺西斜坡,南段主要通过秋盆河搬运物质到莺歌海盆地以及琼东南盆地西部,指示该时期深水区发育轴向“浊流”物质搬运体系。

第四纪高频高幅的海平面波动、气候变冷以及强烈的季风影响下,使得红河沉积物通量迅速增加,而南海暖流的强化成为北东向厚层陆架边缘体系建造的重要“推手”。源-汇系统对第四纪海洋动力学响应机制研究具有重要科学意义,亦为后续南海天然气水合物以及浅层气勘探提供了良好地质理论支撑。

**参考文献** Cao, L., Jiang, T., He, J., 2021. Fingerprinting sand from Asian rivers to the deep central South China Sea since the Late Miocene. *GSA Bulletin*. 133, 1964-1978. Clark, M. K., Schoenbohm, L. M., Royden, L. H., Whipple, K. X., Burchfiel, B. C., Zhang, X., Tang, W., Wang, E., Chen, L., 2004. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns. *Tectonics*. 23, TC1006. Clift, P. D., Blusztajn, J., Nguyen, A. D., 2006a. Large-scale drainage capture and surface uplift in eastern Tibet - SW China before 24 Ma inferred from sediments of the Hanoi Basin. *Vietnam. Geophys. Res. Lett.* 33, L19403. Clift, P. D., Sun, Z., 2006b. The sedimentary and tectonic evolution of the Yinggehai - Song Hong basin and the southern Hainan margin, South China Sea: Implications for Tibetan uplift and monsoon intensification. *J. Geophys. Res. Solid Earth*. 111,



B06405. Clift, P.D., Carter, A., Wysocka, A., Van Hoang, L., Zheng, H., Neubeck, N., 2020. A late Eocene-Oligocene through-flowing river between the upper Yangtze and south China sea. *Geochem. Geophys. Geosyst.* 21, e2020GC009046. Cui, Y., Shao, L., Qiao, P., Pei, J., Zhang, D., Tran, H., 2019. Upper Miocene - Pliocene provenance evolution of the Central Canyon in northwestern South China Sea. *Marine Geophysical Research.* 40, 223-235. Fyhn, M.B.W., Thomsen, T.B., Keulen, N., Knudsen, C., Rizzi, M., Bojesen-Koefoed, J., Olivarius, M., Tri, T.V., Phach, P.V., Minh, N.Q., Abatzis, I., Nielsen, L.H., 2019. Detrital zircon ages and heavy mineral composition along the Gulf of Tonkin-Implication for sand provenance in the Yinggehai-Song Hong and Qiongdongnan basins. *Mar. Pet. Geol.* 101, 162-179. Gong, C., Wang, Y., Steel, R.J., Olariu, C., Xu, Q., Liu, X., Zhao, Z., 2015. Growth styles of shelf-margin clinoforms; prediction of sand- and sediment-budget partitioning into and across the shelf. *Journal of Sedimentary Research.* 85, 209-229. Jiang, T., Cao, L.C., Xie, X.N., Wang, Z.F., Li, X.S., Zhang, Y.Z., Zhang, D.J., Sun, H., 2015. Insights from heavy minerals and zircon U-Pb ages into the middle Miocene-Pliocene provenance evolution of the Yinggehai Basin, northwestern South China Sea. *Sedimentary Geology.* 327, 32-42. Jonell, T.N., Clift, P.D., Hoang, L.V., Hoang, T., Carter, A., Wittmann, H., Boning, P., Pahnke, K., Rittenour, T., 2017. Controls on erosion patterns and sediment transport in a monsoonal, tectonically quiescent drainage, Song Gianh, central Vietnam. *Basin Res.* 29, 659-683. Shao, L., Cui, Y., Stattegger, K., Zhu, W., Qiao, P., Zhao, Z., 2018. Drainage control of Eocene to Miocene sedimentary records in the southeastern margin of Eurasian Plate. *Geol. Soc. GSA Bulletin.* 131, 461-478. Wang, C., Liang, X., Xie, Y., Tong, C., Pei, J., Zhou, Y., Jiang, Y., Fu, J., Wen, S., 2015. Late Miocene provenance change on the eastern margin of the Yinggehai-Song Hong Basin, South China Sea: Evidence from U-Pb dating and Hf isotope analyses of detrital zircons. *Mar. Pet. Geol.* 61, 123-139. Wang, C., Liang, X., Foster, D.A., Xie, Y., Tong, C., Pei, J., Fu, J., Jiang, Y., Dong, C., Zhou, Y., Wen, S., 2016. Zircon U-Pb geochronology and heavy mineral composition constraints on the provenance of the middle Miocene deep-water reservoir sedimentary rocks in the Yinggehai-Song Hong Basin, South China Sea. *Mar. Pet. Geol.* 77, 819-834.

**关键词** 南海西北部; 陆架边缘; 源-汇系统; 红河物源; 海洋动力学



摘要 ID:491

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 断陷盆地缓坡带沉积通量变化和河流-三角洲沉积体系响应: 渤海湾盆地饶阳凹陷蠡县斜坡古近系为例

陈贺贺<sup>\*1,2,3</sup>、朱筱敏<sup>2</sup>、Lesli Wood<sup>3</sup>、施瑞生<sup>4</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. 中国石油大学(北京)

3. Colorado School of Mines

4. 中海油田服务股份有限公司油田生产事业部

沉积物通量的动态变化以及沉积物源区的地貌性质是理解断陷盆地充填的关键因素。本研究整合了渤海湾盆地古近系饶阳凹陷蠡县斜坡的三维地震、钻井及地质年代学数据,重建了盆地汇水体系演化过程,并揭示了断陷盆地缓坡带沉积体系在物源通量变化下的沉积响应。根据前人古水系恢复,综合研究区地震前积反射特征、储层砂岩成分成熟度、ZTR指数等,识别出三条向古近系蠡县斜坡供源的古水系:古大清河、古唐河及古大沙河。三条古水系分别从西北向、西向、西南向进入蠡县斜坡,分别发育了浅水三角洲A、B、C。从始新世晚期到渐新世早期,碎屑锆石年龄丰度指示进入蠡县斜坡的晚古生代(Pz)锆石含量由37%降低至26%,指示供源水系古大清河沉积物通量明显下降,该沉积物通量减少信号指示了古大清河上游发生了水系袭夺(Chen et al., 2020a)。不同尺度的沉积记录也揭示了该异旋回变化信号的沉积响应:均方根振幅属性(RMS)地层切片指示浅水三角洲A和C的面积、分流河道带的宽度均减小;岩心统计显示浅水三角洲A和C中分流河道微相内单一交错层理厚度减小(Chen et al., 2020b)。此外,三角洲的自旋回过程控制了断陷盆地短轴向沉积体系的交互作用:由于浅水三角洲A沉积物通量的显著减小,造成浅水三角洲A在蠡县斜坡上展布范围明显减小,在盆地翘倾上游方向的浅水三角洲C,在进入盆地后以更大的角度向盆地翘倾下游方向偏转(三角洲进积方向与盆地长轴夹角由48°减小为42°)(Chen et al., 2020a)。本研究表明,响应于异旋回作用,断陷盆地短轴向三角洲的进积和退积沉积响应并非孤立发生,这些响应会影响相邻三角洲的生长和进积方向。

**参考文献** Chen H, Zhu X, Wood L, et al., 2020a. Evolution of drainage, sediment-flux, and fluvio-deltaic sedimentary systems response in hanging wall depocentres in evolving non-marine rift basins: Paleogene of Raoyang Sag, Bohai Bay Basin, China [J]. Basin Research, 32(1), 116-145. Chen H, Zhu X, Shi R, et al., 2020b. Seismic geomorphology of shoal-water deltaic and mixed carbonate-siliciclastic beach-bar systems in hanging wall of rift basins: Paleogene of the Raoyang Sag, Bohai Bay Basin, China. Interpretation, 8(2), SF1-SF19.

**关键词** 沉积物通量; 沉积响应; 碎屑锆石; 浅水三角洲; 渤海湾盆地



摘要 ID:1551

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 高凡亚群低变质细粒沉积岩的地球化学特征: 物源、风化及其古构造环境研究

白璐、关平\*、李霖龙  
北京大学地球与空间科学学院

华北克拉通作为世界最古老的克拉通之一, 记录了地球早期演化的历史。学界普遍接受华北克拉通是由东部陆块与西部陆块沿着中部造山带拼合形成 (Zhao et al., 2001, 2005), 其中山西五台地区位于华北克拉通中部, 最直接地记录了该拼合过程。区内前寒武纪地层出露较全, 由下至上分为五台群、高凡亚群及滹沱群, 其中高凡亚群主要由一套低绿片岩相变质的砂泥岩组成, 代表滨浅海相沉积环境。数十年来, 学界主要围绕高凡亚群的形成时代展开了大量的研究, 目前多数学者认为高凡亚群形成于古元古代 (2.4~2.1Ga) (万渝生等, 2010; Peng et al., 2017)。然而在高凡亚群的物源类型、沉积时期的古构造、古气候等问题上的认识仍有限, 为补充高凡亚群的地质材料, 进一步加深对于研究区在该时期古构造、古环境的认识, 我们对山西代县滩上镇的高凡亚群剖面进行系统采样, 挑选其中的变质粉砂岩及泥岩等细粒沉积物 10 余件进行微量元素和主量元素的测定。

结果显示, 样品与上陆壳 (UCC) 微量元素模式一致, 具有 LREE 富集, HREE 相对亏损的右倾型特征, LREE/HREE 较大, 平均值为 10.11, 并且具有明显的  $Eu_N$  负异常特征 ( $Eu/Eu^*_N=0.36-0.88$ ), 而 Sr 含量相对较低与样品中普遍缺乏长石有关 (附图 1, 2)。高的 Th/Sc (1.7)、La/Sc (4.6)、Th/Cr (0.34)、La/Co (10.07)、Th/Co (3.23)、 $(La/Lu)_N$  (11.4)、 $Al_2O_3/TiO_2$  (37.28) 比值, 低的 Cr/Zr (0.38) 值,  $Eu_N$  负异常和 Th/Sc-Zr/Sc 关系均表明高凡亚群细粒碎屑沉积岩的源岩类型主要为中酸性岩浆岩, 同时, Th/Sc-Zr/Sc 也反映出样品地球化学组成主要与源岩形成过程中岩浆分异有关, 而不受沉积物再循环作用的影响 (附图 3)。样品在 La-Th-Sc 以及 Th-Sc-Zr/10 构造判别图解中显示出了活动大陆边缘和大陆岛弧的特征 (附图 4), 与中部造山带整体为弧系统的构造模式相吻合。较高的原始化学风化蚀变指数 CIA 及较低的化学风化势指数 WPI 值表明物源区经历了强烈的风化作用。综上所述, 高凡亚群为形成于活动大陆边缘/大陆岛弧的中酸性岩浆岩母岩经过剥蚀、强烈风化后沉积的产物, 沉积时期可能处于温暖湿润的气候环境, 这可能与当时大气中  $CO_2$  浓度较高有关。

**参考文献** 万渝生, 周红英, 苗培森, 等, 2010. 华北克拉通高凡群, 滹沱群和东焦群的形成时代和物质来源: 碎屑锆石 SHRIMP U-Pb 同位素年代学制约 [J]. 科学通报, 55(007):572. Bhatia M R, Crook K, 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins [J]. Contributions to Mineralogy & Petrology, 92(2):181-193. Cullers R L, 2000. The geochemistry of shales, siltstones and sandstones of Pennsylvanian-Permian age, Colorado, USA: implications for provenance and metamorphic studies [J]. Lithos, 51(3):181-203. McLennan S M, Hemming S R, Mcdaniel D K, et al., 1993. Geochemical approaches to sedimentation, provenance, and tectonics [J]. Geological Society of America Special Paper, 284:27-40. Peng P, Feng L, Sun F, et al., 2017. Dating the Gaofan and Hutuo Groups - Targets to investigate the Paleoproterozoic Great Oxidation Event in North China [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 138(MAY1):535-547. Zhao G, Wilde S, Cawood P, et al., 2001. Archean blocks and their boundaries in the North China Craton: lithological, geochemical, structural and P-T path constraints and tectonic evolution [J]. Precambrian Research, 107(1):45-73. Zhao G, Sun M, Wilde S, et al., 2005. Late Archean to Paleoproterozoic evolution of the North China Craton: key issues revisited [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 24(5):519-22.

**关键词** 高凡亚群; 物源; 构造环境; 风化





摘要 ID:2079

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 惠州凹陷惠州 25 转换带古近系文昌组差异湖侵背景下沉积充填响应关系

梁杰\*

中海石油(中国)有限公司深圳分公司

断陷湖盆构造-沉积充填演化过程中发生的多期差异湖侵,控制了层序格架及其内部沉积体系类型和分布。基于惠州凹陷惠州 25 转换带三维地震/钻井/测井/井壁芯/古生物等资料,在明确古近系构造演化过程中,以文昌组文六段和文四段为研究目标,分析差异湖侵过程及其层序格架下的沉积充填响应特征。研究结果表明,文六段缓慢湖退过程中,分别在湖退初期、中期及末期发育退积型、进积型及退积型三角洲、形成文六段底部浅湖-半深湖相烃源岩、文六段中晚期近物源端辫状河三角洲前缘河道、远物源端隆起高部位滩坝相有利储层;文四段沉积快速湖侵过程中,近物源端辫状河三角洲和远物源浅湖-中深湖相泥岩广泛发育。根据上述结果,分析认为断陷期湖盆差异构造活动控制古地貌和源-渠-汇特征,进而调节岩相的空间分布,湖盆不同演化阶段层序结构和沉积体系都存在显著的差异。在此基础上,建立差异湖侵背景下沉积体系特征的响应模型,可为同类型盆地中的油气勘探特别是岩性油气藏的勘探提供借鉴。

**参考文献** [1]朱明,代一丁,朱俊章,等. 珠江口盆地惠州凹陷古近系油藏地质特征及成藏机理[J]. 中国海上油气, 2017, 29 (1): 1-11. ZHU Ming, DAI Yiding, ZHU Junzhang, et al. Geological characteristics and accumulation mechanism of Paleocene reservoir in Huizhou sag, Pearl River Mouth basin [J]. China Offshore Oil and Gas, 2017, 29(1):1-11. [2]施和生, 舒誉, 杜家元, 等. 珠江口盆地古近系石油地质[M]. 北京:地质出版社, 2017. Shi Hesheng, Shu Yu, Du Jiayuan, et al. Petroleum geology of Paleogene in Pearl River Mouth Basin [M]. Beijing: Geology Press, 2017. [3]陈长民, 施和生, 许仕策, 等. 珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M]. 北京: 科学出版社, 2003. Chen Changmin, Shi Hesheng, Xu Shice, et al. Tertiary hydrocarbon accumulation condition in Pearl River Mouth Basin[M]. Beijing: Science Press, 2003. [4]葛家旺, 朱筱敏, 陶文芳, 等. 惠州凹陷 HZ25 转换带构造特征与成藏条件[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2017, 39 (5): 19-31. Ge jiawang, Zhu xiaomin, Tao wenfang, et al. The tectonic characteristics and analysis of hydrocarbon accumulation condition in HZ25 transfer zone in Huizhou sag, Pearl River Mouth Basin[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2017, 39 (5): 19-31.

**关键词** 惠州 25 转换带 断陷湖盆 古近系 差异湖侵 沉积充填



摘要 ID: 3200

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 前陆冲断带深层原盆边界恢复及其控制下的物源-沉积体系厘定—以准噶尔盆地南缘侏罗-白垩系为例

高崇龙<sup>1\*</sup>、王柯<sup>3</sup>、刘可<sup>2</sup>、邓毅<sup>2</sup>

1. 中国石油大学(北京)克拉玛依校区
2. 东北石油大学
3. 中国石油大学(北京)

准噶尔盆地南缘(简称淮南)为一典型的陆相多旋回叠合盆地,其演化经历了印支、燕山及喜马拉雅多期强烈构造运动的叠加改造,构造特征及地层展布极其复杂。其中深层-超深层侏罗-白垩系油气前景广阔,但整个淮南特别是冲断带内部,由于侏罗-白垩系经历了多期强烈逆冲推覆隆升过程,使得山前大范围地层遭受抬升剥蚀,现今地层展布范围及盆地边界并非与沉积期一致。加之早期资料有限,使得淮南冲断带侏罗-白垩系原型盆地特征及其沉积-物源演化仍存在诸多争议。而恢复淮南侏罗-白垩系原型盆地沉积边界及其范围变迁对于明确侏罗-白垩系储层物源条件和沉积体系类型及展布具有重要意义。据此,本研究从定性分析与定量厘定角度出发,首先对淮南山体年龄数据及侏罗-白垩系砂岩碎屑成分、砾岩砾石成分、重矿物、古水流及沉积砂体展布等时空变化进行分析,在此基础上定量计算原盆边界距离,并结合区域地质背景,恢复淮南侏罗-白垩系原型盆地边界变迁及沉积-物源演化。研究表明:淮南西段山体隆升时限整体早于中段和东段,侏罗-白垩系物源以再循环造山带沉积岩系母岩为主。淮南西段整体受控于北部扎伊尔山-车排子和南部天山双物源体系,并存在混源特征,中晚侏罗世开始,原盆边界发生明显萎缩,同时物源-沉积体系受车莫古隆起演化影响显著;淮南中段受控于南部天山物源体系,原盆边界在早侏罗世至中侏罗世早期发生持续扩张,随后处于持续萎缩状态;而淮南东段原盆边界在侏罗纪处于持续萎缩状态,尤其是博格达山自中侏罗世开始的持续隆升扩大,使区域物源-沉积体系发生显著变化。相比而言,现今淮南西段和东段地区在晚侏罗世距原盆边界距离更近,近源沉积体系成因得规模连片砂体较发育,而现今淮南中段地区在整个侏罗纪距原盆边界整体均较远,规模连片砂体不甚发育。早白垩世,淮南南部边界已基本萎缩至现今盆地边界附近,但区域湖泛作用可使源区位置相对呈后退状态。研究成果对于明确淮南及天山造山带中生代演化过程具有重要的理论意义,同时也可为淮南侏罗-白垩系油气勘探提供重要科学依据。

### 参考文献

**关键词** 原型盆地边界;物源沉积体系;淮南冲断带;侏罗-白垩系



摘要 ID:172

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 莺-琼盆地新生代的物源演化分析

孟福林\*、王华  
中国地质大学(武汉)

南海西北部莺歌海和琼东南盆地保存着大量新生代沉积,其盆地的沉积物中记录了新生代青藏高原隆升、相邻板块构造活动和东亚季风演化的重要线索;同时,近几十年来在大力的勘探投入下发现了很多的油气田,他们的沉积充填、构造演化和油气成藏特征日益受到了广泛的关注;目前认为莺-琼盆地的物源方向主要有红河、越南东部和海南岛三个,但是三个方向的物源在盆地内部展布范围与特征并不清晰,而物源方向的准确拟定对油气勘探至关重要。物源分析,即源-汇系统的研究,是盆地分析的重要组成部分,其研究内容主要包括物源区位置、母岩岩性、搬运途径及演化过程等;其不仅为古地理、古构造和古气候重建提供丰富信息,而且也对沉积物路径及储层评价等方面研究具有重要意义。前人的研究分析工作主要是利用地震剖面、矿物学和沉积学等方法进行物源分析;近几年来,越来越多的研究利用地球化学手段(主要包括稀土元素和碎屑锆石 U-Pb 测年)来进行物源分析。本次物源分析在充分总结前人大量的研究成果和测试资料基础上,对红河、越南东部和海南岛河流沙样以及莺歌海和琼东南盆地内新生代沉积物进行了地球化学类的测试分析,主要集中在稀土元素和碎屑锆石 U-Pb 测年分析两个方面,以此来分析各个物源区在盆内展布的特征,以此建立莺-盆地新生代源-汇系统的演化模式。恢复的莺-琼盆地源-汇模型揭示:从崖城组沉积开始,红河物源一直为莺歌海盆地中央凹陷带和琼东南盆地的西部提供沉积物,且在中新世沉积时期,沉积在莺东斜坡带的部分沉积物也来自红河物源;从渐新统沉积开始,海南岛物源一直是莺东斜坡带和琼东南盆地重要的沉积物质来源,且在中新世沉积时期,沉积在中央凹陷带的部分沉积物也来自海南岛物源;莺-琼盆地的结合部一直是红河物源和海南岛物源的混合物源区。

### 参考文献

**关键词** 莺歌海盆地、琼东南盆地、REE、锆石 U-Pb 测年、源-汇系统



摘要 ID:225

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 东非马拉维湖晚更新世轨道尺度气候驱动下的大幅度湖侵及其定量源-汇响应

谈明轩<sup>1,2</sup>、Christopher A. Scholz<sup>2</sup>

1. 河海大学海洋学院海洋地质研究所

2. Department of Earth & Environmental Sciences, Syracuse University

沉积体系在不同时间尺度上对外界环境信号响应方式是不同的。作为轨道-亚轨道尺度湖盆“源-汇”系统的天然实验室,马拉维湖中的沉积体系受气候时空差异性影响十分显著。其粗粒沉积物记录了晚更新世两次岁差主导的湖平面停滞期(Scholz et al, 2007),并在数千年内湖侵达150m,是非洲热带气候转型的重要响应。通过数字高程模型(DEM)和高分辨率单/多道地震剖面的综合分析,本次“源-汇”研究将湖盆源区地貌特征与汇区沉积物输运样式直接关联,定量评估了湖盆中主要“源-汇”系统的沉积物通量和粗粒沉积物的年均沉积速率。基于温度递减率和地形效应对沉积物供给的影响,本研究使用的改进版沉积物通量预测模型包含底床载荷和悬移载荷两部分,并同时结合 Monte-Carlo 模拟分析以提高其估算的准确度。研究表明,在此次大幅度湖侵作用下,湖盆主要“源-汇”系统的总沉积物通量从 7.53 Mt/yr 增加到 9.50 Mt/yr;同样,粗粒沉积物的沉积速率同时也显著增加,表明其主要源汇系统对轨道尺度气候变化较为敏感。湖盆源区内缓冲沉积物的发育规模受源区先存地貌影响较大。在非洲热带气候逐渐湿润化的背景下,其缓冲沉积物的体积也可能逐渐减少。尽管湖盆在湖侵之后处于高位期,气候也相对湿润,但是此时湖盆的深水输运能力却并不如从前。基于改进版的沉积物通量预测模型,本次定量“源-汇”研究为轨道尺度的显著气候变化对于湖盆“源-汇”系统的定量响应提供新的尝试。

**参考文献** [1] Scholz, C. A., Johnson, T. C., Cohen, A. S., King, J. W., Peck, J. A., Overpeck, J. T., Talbot, M. R., Brown, E. T., Kalindekaffe, L., Amoako, P. Y. O., Lyons, R. P., Shanahan, T. M., Castaneda, I. S., Heil, C. W., Forman, S. L., McHargue, L. R., Beuning, K. R., Gomez, J. and Pierson, J. (2007) East African megadroughts between 135 and 75 thousand years ago and bearing on early-modern human origins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104, 16416-16421.

**关键词** BQART 模型; 源-汇; 气候变化; 河流流量; 沉积物通量



摘要 ID: 328

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 基于源-汇系统的砂体分布预测与三维地质建模——以川西坳陷须二段新场气田为例

商晓飞\*、赵磊、段太忠、李蒙

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

川西坳陷新场地区须家河组二段蕴含了丰富的砂岩气藏。受前陆盆地逆冲构造运动的影响,新场地区须二段形成了多物源供给的河流-三角洲沉积体系。对于砂泥沉积充填频繁变化的碎屑岩储层,定量化砂泥岩的三维空间展布,是研究有效储层分布规律的重要前提。本文基于岩心、测井和地震资料分析,对须二段地层记录的沉积充填特征进行解析,通过地震属性体地层切片绘制沉积体系演化和砂体分布,并据此构建了源-汇系统模式(图1)。结果表明:须二下亚段沉积期物源主要来自北西方向,砂体主要沉积在西部;中亚段沉积期间,沉积物来源主要为北西向和北东向,形成了大量、横向广泛、厚度较大的砂体;上亚段沉积过程中,沉积物主要来自东北向,东部砂体较为发育,河道的流动方向为由西北向东北方向迁移(图2)。基于砂体迁移规律与沉积模式,精确拟合砂岩变差函数,并以地震砂厚趋势进行协同约束,形成融合地质沉积模式与地球物理预测的砂岩空间分布模型。该模型实现了砂泥岩在三维空间分布的定量描述,经后期实钻井检验,模型反映的储层性质符合率较高(图3)。精确表征沉积体系的空间分布,可以为后续的优质砂岩岩相模拟、储层属性参数的定量化表征奠定基础,对新场须二段等致密气藏的开发具有重要的指导意义。

### 参考文献

**关键词** 砂体展布;砂体预测;地质建模;须家河组;川西坳陷



摘要 ID:1190

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 裂陷盆地碎屑锆石的物源指示意义: 以北部湾盆地为例

龚银\*<sup>1,2</sup>、王华<sup>2</sup>、甘华军<sup>2</sup>、刘恩涛<sup>2</sup>、马庆林<sup>3</sup>

1. 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)
2. 中国地质大学(武汉)
3. 中国石油南方石油勘探开发有限责任公司

裂陷盆地往往发育多阶段的构造活动,使得盆地的构造演化与沉积地层更为复杂,造成了裂陷盆地物源体系研究的诸多困难与挑战。北部湾盆地是具有许多与世界范围各裂陷盆地相同特征的典型的裂陷盆地,可作为裂陷盆地物源体系研究的良好范本。本次研究运用 LA-ICPMS 获取了北部湾盆地内不同构造单元与地层碎屑锆石 U-Pb 年龄,并结合盆地周缘河流体系碎屑锆石 U-Pb 年龄,探讨北部湾盆地潜在物源及其中始新世-早渐新世的物源演化特征。结果显示北部湾盆地物源的时空差异性:中-晚始新世地层显示相似的年龄分布特征,峰值主要为 263-253Ma 与 450-416Ma,表明沉积物都主要来自于云开地块和海南岛;相较之下,早渐新世地层显示相当差异年龄特征,峰值主要为 250-243、416、756、947-945、1096-1084Ma。早渐新世地层中新元古代锆石显著增加暗示了物源发生了重大的变化,最可能的原因是青藏高原隆升导致的地貌反转与南海扩张所共同造成的古珠江中部流域的变迁。此外,锆石年龄谱的横向对比显示早渐新世时期盆地范围内的碎屑物输入是不一致的。结合北部湾盆地同时期的构造演化史分析认为,裂陷活动改变了盆地地貌结构,形成的盆内古凸起将盆地分隔为多个相对孤立的沉降中心,而盆内的构造高部位则会阻碍物源的运移,导致了不同构造单元的物源存在差异。因此北部湾盆地沉积物源主要受控于河流体系的演化与受到持续构造活动改造的盆地结构。

### 参考文献

**关键词** 裂陷盆地; 碎屑锆石; 物源; 北部湾盆地



摘要 ID:1403

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 渤海海域石白坨凸起东南缘沙二段砂质滩坝沉积模式及勘探意义

柳永军\*、杜晓峰、张新涛、刘晓健、王晨杰、徐燕红  
中海石油(中国)有限公司天津分公司渤海石油研究院

发育于三角洲前缘与滨岸地区的砂质滩坝相沉积,具有近油源、储集物性优、储盖组合好等有利成藏条件,利于油气富集成藏。利用岩心、测井、地震和岩石薄片等资料,对渤海海域石白坨凸起东南缘沙二段砂质滩坝特征、形成条件和沉积模式进行了分析,得出以下三点认识:(1)石南陡坡带东段沙一二段低位域时期,陡坡带下降盘地形坡度较陡,水体较浅,北西向和正北方向的辫状河三角洲沉积,为大型砂质滩坝的发育提供丰富的物源基础;(2)砂质滩坝的磨圆和分选好,泥质含量低,根据古季风、古水深和破浪强度估算,强烈的波浪作用将三角洲砂质碎屑带至湖岸线的转弯处再沉积,波浪作用是砂质滩坝形成的主要动力;(3)滩坝的展布方向为东西向,平行于岸线分布,南北宽约2到3公里,东西长约10公里,为一椭圆形滩坝,滩坝的分布范围与继承性的中生界微古隆起一致,古地貌控制砂质滩坝的发育范围。论文分析了沙一二段时期的地形地貌,物源供应对滩坝形成的控制,波浪搬运和改造作用,确定了滩坝的展布方向和分布范围,最后建立了“物源-波浪-古地貌”三因素控制的砂质滩坝沉积模式。

陡坡带古近系沙河街组是渤海油田的重要成藏层系,但大多埋深大( $>3500\text{m}$ ),成岩作用强,储层物性差,但新钻遇的该套砂质滩坝相储层尽管埋深大( $3900\text{m}$ ),但物性好,测试产能近600方,创造了渤海油田古近系最深碎屑岩最大产能记录。因此,砂质滩坝沉积模式的研究拓宽了古近系的勘探领域,展现良好的勘探前景。

### 参考文献

**关键词** 砂质滩坝;三角洲;波浪作用;微古地貌;沉积模式



摘要 ID:1619

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 东非鲁武马盆地不同类型物源对深水沉积产物的控制作用

鲁银涛\*、范国章、邵大力、许小勇、吕福亮  
中国石油杭州地质研究院

鲁武马盆地位于东非中部海域,从陆上跨越浅海到深海区域,深水区水深超过 2,000m。盆地呈南北狭长状形态,北部较宽,向南部逐渐收缩。其西部为莫桑比克褶皱带,东部为基林巴地塹。盆地自西向东呈逐渐倾斜的趋势,直至东部的戴维隆起-走滑断裂带;自北向南,呈中部高,两边低的格局,盆地的中部位于隆起带上,呈三向倾斜的斜坡构造特征,为新生代深水沉积的发育提供了斜坡背景。

鲁武马深水沉积体系自西向东发育,鲁武马三角洲为其提供充足的物源。古新世开始,鲁武马盆地发育大型深水重力流沉积。从近端到远端,可以识别峡谷-水道复合体-天然堤-朵体以及块体搬运沉积等比较完整的深水沉积结构单元。东非海域陆架-陆坡体系比较狭窄,自物源区到沉积体系远端,沉积体系延伸约 50km;陆坡较陡,坡度可达 2-4°。这种在陡倾、近源环境下发育的沉积体系具有形态较顺直、沉积物较粗粒的特征。加之受古底流改造,第三纪发育了规模大、储层物性好、期次多、单侧迁移的深水重力流沉积体系。

鲁武马盆地深水沉积产物明显受鲁武马三角洲沉积的控制。从始新世到渐新世,鲁武马盆地陆坡处沉积速率增加了 2-3 倍,陆架物质向海输送量迅速增加,三角洲向海进积,引发了大规模陆坡重力流发育。这些沉积物的母岩区主要为盆地西部莫桑比克褶皱带的片麻岩、花岗岩等富含长石的结晶岩。

这些沉积物形成了不同类型的三角洲,与陆架沉积一同控制了不同形态的深水沉积产物。鲁武马深水沉积体系可明显分为南部、北部两个体系。南部沉积体系内,下始新统深水沉积底部发育厚层碳酸盐岩碎屑流沉积,表明沉积产物受陆架碳酸盐岩沉积影响较大。上始新统,碳酸盐岩含量减少,砾石含量增加,表明晚始新世深水沉积物源主要受鲁武马三角洲影响,且该时期三角洲为富砾型三角洲。北部沉积体系主要为富砂质沉积体系,砾石含量较低,且砾石粒径普遍相对较小;而且未发现规模碳酸盐岩碎屑沉积。说明北部沉积体系主要受富砂质三角洲沉积体系影响,形成较纯净的富砂质深水沉积体系。

**参考文献** Lu Y. T., Luan X. W., Shi B. Q., et al., Migrated hybrid turbidite-contourite channel-lobe complex of the late Eocene Rovuma Basin, East Africa. *Acta Oceanol. Sin.*, 2021, 40(2), 81-94. 鲁银涛, 范国章, 杨慧良, 等. 延伸的弹性波阻抗反演在东非始新世深水沉积体系刻画中的应用. *中国造船*, 2019, 60(4), 237-246.

**关键词** 鲁武马盆地; 深水沉积; 物源





摘要 ID: 3281

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 吐哈盆地吐鲁番坳陷下侏罗统沉积物源分析

闫春\*、王波、刘少治、易俊峰  
杭州地质研究院

近年来油气发现表明吐哈盆地煤系地层天然气藏勘探前景十分广阔, 但下侏罗统勘探程度较低, 亟需开展系统的基础地质研究, 本文主要介绍此项研究中对沉积物源的分析。物源体系分析是多种方法的综合应用<sup>[1]</sup>, 介于篇幅所限, 以下简要介绍此次研究所采用的 4 种主要方法。

### 1、古地貌分析

古地貌恢复采用定量“回剥”分析技术<sup>[2]</sup>, 依据沉积补偿原理, 应用东方公司的地震解释成果, 结合地层厚度, 得出吐鲁番坳陷下侏罗统沉积前古地貌。八道湾组沉积前吐鲁番坳陷古地貌整体表现为南高北低, 北部是坳陷的主要沉积区, 南部为斜坡区; 三工河组沉积前古地貌基本继承八道湾组沉积时古地貌, 但洼槽部位向南部扩大, 湖盆整体较平缓。古地貌控制着砂体的展布, 北部沟槽控砂, 南部低凸带斜坡控砂, 形成下侏罗统多物源发育的沉积特征。

### 2、重矿物分析

物源分析中重矿物因其耐磨蚀、稳定性强, 能够较多的保留其母岩的特征, 在物源分析中占有重要地位<sup>[3]</sup>。对下侏罗统的重矿物含量及其组合的异同分析, 统计得出吐鲁番坳陷下侏罗统重矿物共存在 4 种重矿物组合, 表明本区主要发育四大物源体系: 西部物源体系、西南部物源体系、东南物源体系和北部物源体系。

### 3、沉积结构特征

沉积结构是指沿着物源方向, 不同的沉积位置其沉积结构和建造是不同的, 他们在空间上有一定的变化规律, 这种规律反应了物源方向。通过精选本区不同部位 30 口井, 对其系统观察, 总结粒度变化、层理类型、含有物等沉积结构特征, 同样说明本区发育南北双向物源。

### 4、古水流物源分析<sup>[4]</sup>

通过地层倾角测井资料对下侏罗统十余口井的古水流逐一分析, 吐鲁番坳陷倾角测井处理参数选取多为步长 0.5m, 窗长 4m 以内, 探索角 30°/60°, 可反映层理产状和局部的地层产状。通过坐标系转换算法, 利用三工河组顶部泥岩段地层倾角测井值和全矢量方位频率图法得到的重点井原始产状, 校正<sup>[5]</sup>后的主频产状即为古水流方向, 确定局部古水流方向主体由北向南, 指示北部物源为主, 但整体地区的物源方向较为复杂, 需要综合评价。

综合以上分析, 吐鲁番坳陷下侏罗统主要发育 4 大物源体系: 来自喀拉乌成山方向的西部物源体系, 主要发育于葡北、托克逊地区; 来自南部觉罗塔格山的物源体系, 主要发育于神泉地区; 来自了墩隆起方向的东南物源体系, 主要发育于红台地区; 来自北部博格达山方向的北部物源体系, 主要发育于胜北、丘东、小草湖洼陷。

**参考文献** 1. 黄传炎、王华、周立宏等, 2009. 北塘凹陷古近系沙河街组三段物源体系分析[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 34(06):975-984. 2. 王敏芳、焦养泉、任建业等, 2006. 沉积盆地中古地貌恢复的方法与思路——以准噶尔盆地西山窑组沉积期为例[J]. 新疆地质, 24(03):326-330. 3. 李文厚、周立发、柳益群等, 1997. 吐哈盆地沉积格局与沉积环境的演变[J]. 新疆石油地质, 18(02):135-141+6. 4. 陈妍、陈世悦、张鹏飞等, 2008. 古流向的研究方法探讨[J]. 断块油气田, 15(01):37-40. 5. 文静、何幼斌、吴彩雄等, 2008. 地层倾角测井的地质应用[J]. 石油天然气学报, 30(01):263-265+397.

**关键词** 吐鲁番坳陷; 下侏罗统; 物源分析; 重矿物; 沉积结构



摘要 ID: 3349

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地西缘宁东地区直罗组砂岩沉积物源分析

陶瑞\*

宁夏回族自治区矿产地质调查院(自治区矿产地质研究所)

· 西北大学地质学系, 大陆动力学国家重点实验室

随着宁东国家级能源基地的建成, 以及近年来宁东地区煤炭、铀矿、地热等资源的不断发现, 鄂尔多斯盆地西缘宁东地区的研究成果也不断丰富。宁东地区侏罗系直罗组砂岩也是鄂尔多斯盆地西缘侏罗系煤炭资源的顶板和砂岩型铀矿的主要赋矿地层, 其物源分析对研究宁东地区直罗组岩石学特征、指导砂岩型铀矿勘探意义重大。此外, 侏罗纪与白垩纪之交是燕山运动发育的主要时期, 但关于燕山运动的起始时限、发展过程一直存在争议, 直罗组在整个侏罗纪演化过程中处于湖进与湖退序列的转换时期, 其构造背景是否孕育着鄂尔多斯盆地西缘断褶带发育的启动时限, 具有重要的研究意义。宁东地区直罗组砂岩沉积物源分析可为鄂尔多斯盆地西缘构造与沉积演化提供证据(陶瑞等, 2020)。

通过对宁东地区直罗组砂岩开展岩石薄片镜下观察、碎屑组分统计分析、岩石地球化学分析等研究。结果显示, 宁东地区直罗组砂岩以近源沉积的岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩为主, 还含有长石砂岩、长石石英砂岩、岩屑石英砂岩、岩屑长石砂岩, 整体长石含量较高, 指示了近的花岗质物源区。岩石成分成熟度和结构成熟度均较低, 富集不稳定的黑云母指示物源区较近。砂岩碎屑组分及地球化学分析认为宁东地区直罗组砂岩源岩类型复杂多样, 主要为中酸性岩浆岩, 以长英质火山岩为主, 混入部分基性岩、沉积岩及少量变质岩, 反映该区直罗组砂岩具有中—酸性岩混合物源区的特征。Qt-F-L、Qm-F-Lt、Qp-Lv-Ls 和 Qm-P-K 判别图分析认为, 直罗组砂岩物源主要来自岩浆弧造山带, 并混入部分陆块和再旋回造山带物质。古流向研究表明, 宁东地区古流向以东南为主, 指示直罗组地层沉积时期物源主要来自盆地西北方向, 综合鄂尔多斯盆地西缘及邻区构造背景、区域地质演化及已有研究资料分析认为, 宁东地区直罗组砂岩沉积物源主要由天山—兴蒙褶皱带、华北板块北缘造山带的结晶基底、孔兹岩和阿拉善地块海西期岩浆岩提供, 贺兰山杂岩也具较大的贡献。研究能为预测潜在铀储层的位置提供参考, 即寻找铀矿化应以鄂尔多斯盆地西北部为目标, 特别是有中酸性岩石的邻区。这个通过追踪碎屑岩沉积物源信息的预测模型, 对沉积盆地铀矿勘探是一种有效的方法(俞初安等, 2020; Tao et al., 2022)。

**参考文献** 陶瑞, 海连富, 王磊, 等, 2022. 宁夏灵武侏罗系直罗组碎屑岩地球化学特征及源区构造背景分析[J]. 中国地质. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20200623.1032.002.html> 俞初安, 司庆红, 王善博, 等, 2020. 鄂尔多斯盆地西缘石槽村地区直罗组砂岩地球化学特征和碎屑锆石 U-Pb 年代学特征: 对构造背景及物源的启示[J]. 大地构造与成矿学, 44(4): 754-771. Tao &nbsp;R, &nbsp;Shu X C, Hai L F, et al., 2022. Significance of sandstone provenance in tracking potential uranium reservoirs: A case study of the Middle Jurassic Zhiluo Formation, western Ordos Basin, northern China[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 227:1-16.

**关键词** 直罗组; 砂岩; 物源; 鄂尔多斯盆地西缘; 宁东



摘要 ID:541

主题分类：沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型：口头报告

## 珠江口盆地番禺4洼古近系陡坡带沉积体系动态演化模式及勘探意义

何金海\*、吴静、李振升、蔡国富、张丽  
中海石油（中国）有限公司深圳分公司

番禺4洼为“小而肥”的富生烃洼陷，先后发现了一系列油田，探明储量超亿吨。已钻井分析表明，优质储层发育展布规律是制约该地区古近系勘探的关键因素。本文通过分析番禺4洼古近系陡坡带古地貌的形成演化过程、古沟谷体系发育的动力学机制，重塑了番禺4洼陡坡带的沉积体系，建立了番禺4洼古近系陡坡带动态沉积体系演化模式，为番禺4洼古近系勘探和类似地区的动态沉积体系的研究提供借鉴。具体表现为：

1. 先存断层的选择性活化控制陡坡带沉积格局。珠一坳陷发育 NE-NEE 和 EW-NWW 向两组先存断层，在文昌组沉积期，两组先存断层在区域应力场的影响下选择性活化 (Qing Yea et al., 2018)。北东向先存断层在文昌组早期活化控洼，控制了番禺4洼文昌组早期陡坡带的沉积格局，以近源沉积为主。北西向先存断层在文昌组中期活化控水道，控制了番禺4洼文昌组中晚期陡坡带的沉积格局，在番禺4洼陡坡带一侧隆起区发育长源水道，以“远源”牵引流沉积为主。
2. 区域应力场的转变触发沉积格局的转变。在 43Ma 左右，受太平洋板块向欧亚板块俯冲角度和方向改变的影响 (索艳慧等, 2012)，在番禺4洼陡坡带一侧隆起区发育一系列 NWW 向沟谷体系，为沉积体的长距离搬运提供水道。同时，由于文昌早期发育的 NE 向高角度断层进一步发育，与深部低角度先存断层共用断面，断面角度变缓，造成陡坡带坡度变缓；加之，受区域性构造事件和岩浆活动的影响，洼陷中心的岩浆上拱作用，陡坡带沉积水体相应变浅，提供了相对浅水的沉积环境 (杜家元等, 2020; 施和生等, 2020; 张向涛等, 2020)。
3. 断层改造型古地貌控制动态沉积体系。文昌组沉积早期，北东向先存断层优先活化，以近岸水下扇沉积为主，砂岩粒度粗、泥质含量高、分选差，北次洼为优势发育区。文昌组沉积中晚期，北西向先存断层活化，控制形成了番禺4洼陡坡带一侧长源水道的发育，陡坡带以“远源”扇三角洲沉积为主，砂岩粒度粗、泥质含量降低、分选中等，南次洼为主体发育区。
4. 建立了番禺4洼古近系陡坡带沉积体系动态演化模式。番禺4洼古近系陡坡带，早文昌期为北东向断层主导下的近岸水下扇沉积体系；中晚文昌期为北西向断层控制下的扇三角洲沉积体系 (图 1)。南次洼上文昌组陡坡带扇三角洲发育区储层条件好，为有利勘探区。

### 参考文献

**关键词** 番禺4洼；沉积体系；动态演化模式；古近系；陡坡带



摘要 ID: 649

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 雅江中段泛滥平原沉积物地球化学特征及其对物源, 风化和构造的指示

呼延钰莹、姚文生\*

中国地质科学院地球物理地球化学勘查研究所

雅鲁藏布江缝合带作为研究新特提斯洋演化、探讨喜马拉雅-青藏高原隆升等地球系统科学问题的基础研究对象, 具有重要科学意义(吴福元等, 2014; Hu et al., 2016; 王成善等, 2009)。前人围绕缝合带开展了大量工作, 例如, 以发育的蛇绿岩(Liu et al., 2020)、沉积混杂岩带(Song et al., 2018)、放射虫古生物(崔肖辉等, 2020)为研究对象, 结合锆石定年、主微量及稀土元素、磷灰石裂变径、古生物群对比等方法, 探讨雅鲁藏布江区域的构造背景、形成时代以及物源风化特征等。

此次工作不同于以往采样对象, 并没有以碎屑沉积岩或缝合带的地幔橄辉岩为研究对象, 而是基于河流泛滥平原沉积物是反映区域地球化学特征的最佳采样介质的原理(Xie, 1997 & IGCP360/259), 收集了雅鲁藏布江及其支流泛滥平原沉积物的地球化学数据(雅鲁藏布江沿缝合带呈东西向分布, 较好代表该区域混物源性质), 采用经典的沉积物地球化学分析方法(Bhatia & Crook, 1986)——主量微量元素和部分稀土元素, 以此揭示雅鲁藏布江中段流域的物源、风化与沉积物成熟度、和构造特征, 为研究雅鲁藏布江演化及其对气候的影响提供多元介质支撑证据。现主要认识如下:

(1) 雅鲁藏布江沉积物的主要元素和微量元素(部分REE)丰度变化较大。主要元素(氧化物)的比例最高的是SiO<sub>2</sub>(平均66.67 wt.%), 最小的是MnO(平均0.08 wt.%)。微量元素中Ba含量最高(平均429ppm), Sc最低(平均10ppm)。

(2) 雅鲁藏布江沉积物的地球化学分类以次长石砂岩、长石砂岩和长石砂岩为特征。雅鲁藏布江沉积物的成熟度是多种多样的, 包括不成熟和成熟。

(3) 雅鲁藏布江沉积物的物源以弱-中度风化为主, 强风化物源较少, 表明研究区内有多个物源输入。

(4) 地球化学判别图表明, 雅鲁藏布江沉积物主要来源于上地壳长英质和酸性物源。

(5) 雅鲁藏布江沉积物的构造环境主要为活动大陆边缘和大陆岛弧, 与前人构造结果相一致。

**参考文献** 崔肖辉, 罗辉, Jonathan C. A., 等, 2020. 藏南雅鲁藏布江缝合带西段早白垩世放射虫及其地质意义[C]. 中国古生物学会化石藻类专业委员会, 云南玉溪, 2020-11-06. 王成善, 戴紧根, 刘志飞, 等, 2009. 青藏高原与喜马拉雅的隆升历史和研究方法: 回顾与进展[J]. 地学前缘, 16(03):1-30. 吴福元, 刘传周, 张亮亮, 等, 2014. 雅鲁藏布蛇绿岩——事实与臆想[J]. 岩石学报, 2014, 30(02):293-325. Bhatia & Crook K A W, 1986. Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins [J]. Contribution Mineralogy Petrology 92, 181-193. Darnley A G, Björklund, A, Bølviken B, et al., 1995. A Global Geochemical Database for Environmental and Resource Management: Final Report of IGCP Project 259. Earth Sciences, 19. UNESCO Publishing, Paris, 122. Xie X J, Cheng H X, 1997. The suitability of overbank sediment as global sampling medium: evidence from China. Journal of Geochemical Exploration 58, 51-62. Hu X M, Garzanti E, Wang J G et al., 2016. The timing of India-Asia collision onset - Facts, theories, controversies [J]. Earth-Science Reviews, 160, 264-299. Liu W L, Yun Z, Sun Z L et al., 2020. The Late Jurassic Zedong ophiolite: A remnant of subduction initiation within the Yarlung Zangbo Suture Zone (southern Tibet) and its tectonic implications [J]. Gondwana Research 78, 172-188. Song S, Cao D Y, Zhang A M et al., 2018. Apatite fission track evidence for Miocene denudation history in the Gangdese conglomerate belt and Yarlung Tsangpo River: Implications for the evolution of Southern Tibet [J]. Journal of Asian Earth Sciences 160, 159-167.



**关键词** 雅鲁藏布江, 泛滥平原沉积物, 主微量, 物源, 风化





摘要 ID:903

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 展板

## 马克兰增生楔表层沉积物常微量元素的物源表征

龚建明、廖晶、张玉玺\*、梁杰、陈建文、张银国、李森、可行、李明康  
青岛海洋地质研究所

为了探讨马克兰增生楔海域表层沉积物的物源, 本文对采集自该海域的 2 个站位的沉积物样品进行了主微量元素测试分析。测试结果显示: 主量元素除了 SiO<sub>2</sub> 和 CaO 的含量有较大差别以外, 其它成分相差不大; 微量元素同样相差不大, 以 Sr 和 Ba 为主, Cr、Ni、Zn 等次之。研究认为, 沉积物的原始物质应来自上地壳, 以长英质火成物源区为主 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/TiO<sub>2</sub> 平均值 20.7), 属初始风化阶段, 主要为花岗闪长岩。除此以外, 物源还可能来自研究区西北部的贝拉蛇绿岩和东南部的默里脊火成岩。V/Cr、Ni/Co 以及 V/(V+Ni) 等指标表明, 2 个站位的表层沉积物均处于氧化-次氧化环境, 但对比南海琼东南海域浅表层沉积物的上述指标推测, 研究区海底之下 3.0m 的沉积物有逐渐还原的趋势, 有利于天然气水合物的成藏。

**参考文献** 1. 邓希光, 等. (2006) 南海北部东沙群岛 HD196 站位地球化学特征及其对水合物的指示. 现代地质, 20, 92-102. 2. 邓义楠, 等. (2017) 南海琼东南海域沉积物的微量元素地球化学特征及其对天然气水合物的指示意义. 海洋地质与第四纪地质, 37, 70-81. 3. 龚建明, 等. (2018a) 北印度洋马克兰增生楔天然气水合物的成藏模式. 海洋地质与第四纪地质, v. 38; No. 172, 151-158. 4. 龚建明, 等. (2018b) 印度洋北部马克兰增生楔泥火山分布及主控因素探讨. 现代地质, 32, 166-171. 5. Roser BP and Korsch RJ. 1988. Provenance signature of sandstone-mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. Chemical Geology, 67: 119-139.

**关键词** 马克兰增生楔; 常微量元素特征; 物源表征



摘要 ID: 3366

主题分类: 沉积盆地分析=》沉积源汇系统研究

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地伊陕斜坡长7油层组物源分析及沉积体系

郭艳琴<sup>1,3</sup>、张俊杰<sup>1,3</sup>、吴珍珍<sup>1,3</sup>、李百强<sup>2</sup>

1. 西安石油大学地球科学与工程学院
2. 合肥工业大学 资源环境与工程学院
3. 陕西省油气成藏地质学重点实验室

页岩油已成为全球非常规油气资源勘探开发的热点(邹才能等, 2020; 王倩茹等, 2020; 聂海宽等, 2016)。目前普遍认为页岩油是指赋存于富有机质页岩层系内的石油资源(杨雷和金之钧, 2019; 张廷山等, 2015)。中国各盆地页岩油资源潜力巨大, 主要为陆相页岩油, 沉积环境多样, 储层岩石类型复杂、非均质性强, 形成类型多样的储集层“甜点”(王倩茹等, 2020; 杨智等, 2015)。鄂尔多斯盆地页岩油资源丰富, 主要赋存于长7油层组, 但其沉积时期盆地物源方向、源区母岩性质、沉积体系及其分布特征仍存在争议, 制约着储层“甜点”的预测。本文从轻、重矿物组合特征、古水流方向、石英颗粒阴极发光特征以及稀土元素配分模式等对鄂尔多斯盆地伊陕斜坡长7油层组的物源方向及源区母岩性质进行系统阐述, 并通过野外露头、钻井岩心、薄片、测井等分析进行沉积体系类型划分。结果表明, 长7油层组不仅有东北部、东部和西北部物源, 还有西南部和南部物源; 东部和东北部物源区为古阴山及大青山, 母岩主要为太古代及早元古代变质岩, 西北部物源区为阿拉善古陆, 母岩主要为太古界片麻岩, 西南部和南部物源区为陇西古陆, 母岩主要为混合花岗岩。主要发育湖泊和三角洲两大沉积体系, 包括滨浅湖、深湖、辫状河三角洲和曲流河三角洲。其中深湖亚相主要分布在东南部地区黄陵—甘泉、中部地区志丹—白豹、西北部地区定边—马家滩、西部地区环县、西南部地区镇原—泾川、南部地区旬邑等以内地区。滨浅湖沉积主要呈环带状围绕深湖区展布, 辫状河三角洲主要分布于研究区西南部环县—镇原—庆阳合水地区, 而曲流河三角洲分布在东北部和东部的定边—吴起—志靖—榆林—安塞—延安—富县地区。

**参考文献** 聂海宽, 张培先, 边瑞康, 等. 中国陆相页岩油富集特征[J]. 地学前缘, 2016, 23(2): 55-62. 王倩茹, 陶士振, 关平. 中国陆相盆地页岩油研究及勘探开发 进展[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(3): 417-427. 杨雷, 金之钧. 全球页岩油发展及展望[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(5): 553-559. 杨智, 侯连华, 陶士振, 等. 致密油与页岩油形成条件与“甜点区”评价[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(5): 555-566. 张廷山, 彭志, 杨巍, 等. 美国页岩油研究对我国的启示[J]. 岩性油气藏, 2015, 27(3): 1-10. 邹才能, 潘松圻, 荆振华, 等. 页岩油气革命及影响[J]. 石油学报, 2020, 41(1): 1-12.

**关键词** 沉积体系; 物源分析; 长7油层组; 鄂尔多斯盆地





# 沉积盆地分析 盆地动力学



摘要 ID:1244

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

# 龙门山褶皱冲断带走向差异性剥蚀作用过程—砂箱物理模型的启示

邓宾\*

成都理工大学

褶皱冲断带-前陆盆地系统普遍受控于浅表构造剥蚀-沉积作用过程及其相关耦合机制,从而具有复杂的三维空间构造变形特征与演化过程。本文基于青藏高原东缘龙门山褶皱冲断带-前陆盆地系统沿走向变化的剥蚀-沉积作用砂箱物理模拟实验与野外地质调查等研究揭示,沿走向变化的剥蚀-沉积作用导致褶皱冲断带大规模抬升剥蚀-沉积充填过程,冲断带楔高、楔长等几何学特征与多期剥蚀-沉积充填过程具有明显的阶段性生长特征,沿走向上,断层多期活化与无序变形,断层与冲起构造合并生长、形成斜向断层(转换断层);尤其是冲断带三维空间上差异性抬升剥蚀,常常形成与构造剥蚀作用相关的翻转构造或“倒转正断构造”,剥蚀作用越强、断层倒转作用越明显、“正断层”越发育。龙门山晚三叠世-侏罗纪印支期褶皱冲断带作用控制着龙门山褶皱冲断带-川西前陆盆地系统成因过程,新生代进一步逆冲推覆构造变形和沿走向差异性剥蚀-沉积作用联合控制着龙门山盆-山系统 NE-SW 走向上地貌、沉积建造和盆山结构的变化特征,尤其是走向变化的剥蚀-沉积作用可能控制着其后缘韧性剪切带-茂汶断裂带剥蚀出露及其伴生的“张性”变形特征。龙门山褶皱冲断带后山带发育韧性张性剪切和拉张变形样式,冲断带山前带发育倒转的滑动构造等揭示出挤压褶皱冲断带动力学背景下的拉张构造变形特征,可能受控于龙门山褶皱冲断带晚中生代-新生代沿冲断带走向变化的剥蚀-沉积作用过程;沿走向变化的剥蚀-沉积作用可能导致川西南前陆盆地系统中低角度断层多期活化与无序冲断变形(图1)。雅安-邛崃地区等,受新生代同构造沉积作用晚白垩世-新生代沉积地层充填于龙门山冲断带前渊,导致前陆盆地区前陆向扩展断层走向上产状明显降低,如龙泉山断层、熊坡断层等都具有明显的走向断层倾角变化特征;早期逆冲断层前缘沉积物质堆积导致其更加容易形成断坪-断坡结构,晚期进一步挤压使早期断层更加容易沿其低角度断坪发生再活化作用,如:名山断层、熊坡断层和洪雅断层等。龙门山中南段大量低温热年代学特征也反映前陆盆地断层具有明显的多期无序构造剥蚀作用过程,揭示出同构造剥蚀充填作用对于前陆盆地中断层活动变形的重要影响性。因而晚三叠世以来的构造缩短与浅表作用对青藏高原东缘龙门山独特地貌构造特征具有重要的控制作用。

参考文献

关键词



摘要 ID:3112

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 南极半岛弧前-弧后盆地沉积体系特征及演化模式

刘姝<sup>1</sup>、F. Javier Hernandez-Molina<sup>2</sup>、苏明<sup>1</sup>、杨楚鹏<sup>3</sup>

1. 中山大学

2. 英国伦敦大学皇家霍洛威学院

3. 中国地质调查局广州海洋地质调查局

岛弧是地球上构造运动最活跃的地带之一, 弧前-弧后盆地内常伴随强烈的地震、火山活动等, 其在地质时期内制约了海底地形地貌及深水沉积体系的发育演化。与中、低纬度地区不同的是, 高纬度岛弧体系受冰盖-冰架作用影响, 沉积体系复杂, 构造-沉积交互过程仍存在很多未知。南极半岛南设得兰主动陆缘(岛弧)是唯一现存的高纬度主动陆缘(Jordan et al., 2020), 本研究聚焦弧前-弧后盆地, 通过分析重力柱沉积物样品、多波束地形地貌、二维地震反射剖面及水文观测数据, 揭示其沉积体系特征及演化模式。

弧前盆地的沉积演化极为独特且主要受控于区域构造运动, 具体表现为3个方面:(1)南设得兰群岛长期构造抬升, 冰期-间冰期气候旋期间大量沉积物被侵蚀并输送到南设得兰陆架, 发育进积楔, 这一特征有别于大部分南极陆架;(2)沉积体系表现出空间差异性分布特征, 被动-主动陆缘过渡带发育复合型沉积体系, 自末次盛冰期至今重力流-底流作用分阶段交替发生, 主动陆缘则以重力流沉积为主, 虽然威德尔海底层水(WSDW)和环极深水(CDW)在此区域较为强劲(Dotto et al., 2021), 其对沉积作用的影响仅局限在地震诱发的小型滑移滑塌台地内;(3)构造挤压程度与坡度陡缓影响海底峡谷发育规模和形态, 挤压越显著则海底峡谷深泓线越凸、峡谷间距越小, 长度越短。

弧后盆地(布兰斯菲尔德海峡)的沉积演化完全区别于弧前盆地, 其约于~3.3Ma打开形成(Li et al., 2021)。现今的沉积体系于中更新世时期形成发育(~0.9 Ma), 该时期布兰斯菲尔德深层水和底层水与火山作用形成的复杂地貌发生强烈交互作用, 在盆地南侧形成广泛分布的底流漂积体; 而盆地北侧受大角度断层影响, 坡度较陡, 沉积过程以重力流为主。相关认识有助于深入了解岛弧系统沉积体系类型及发育模式, 并为高纬度地区构造-沉积交互过程提供相应的研究实例。

**参考文献** Dotto, T.S., Mata, M.M., Kerr, et al., 2021. A novel hydrographic gridded data set for the northern Antarctic Peninsula[J]. *Earth Syst. Sci. Data* 13, 671-696. Li, W., Yuan, X., Heit, B., et al., 2021. Back-Arc Extension of the Central Bransfield Basin Induced by Ridge-Trench Collision: Implications From Ambient Noise Tomography and Stress Field Inversion[J]. *Geophysical Research Letters* 48, e2021GL095032. Jordan, T.A., Riley, T.R., Siddoway, C.S., 2020. The geological history and evolution of West Antarctica[J]. *Nature Reviews Earth & Environment* 1, 117-133.

**关键词** 岛弧; 底流沉积体系; 海底峡谷



摘要 ID: 3323

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 东营凹陷古近纪陈官庄断层活动性及其对沉积的控制作用

陈鸿、蔡长娥\*、刘露、徐少华、卢科良  
重庆科技学院

断层几何学、运动学特征对于沉积盆地的形成演化具有重要控制作用。陈官庄断层位于东营凹陷南部缓坡带,为盆地的反向调节断层。前人对陈官庄断层的活动过程仅局限于形成时间和古落差以及生长指数方面,缺乏对其伸展位移过程和对砂体分布控制过程的研究。基于地震、钻井等资料,运用“三图一剥方法”对陈官庄断层进行精细研究。(1)通过位移距离曲线、断距回剥曲线综合分析表明陈官庄断层在走向上分为西、中、东三段,在始新世沙河街组时期共经历了“独立生长—相互接触—作用连接—传播生长”的活动过程;(2)受控于 NNW-SSE 方向的拉张伸展应力,通过断距埋深曲线分析陈官庄断层西、中段均为长期活动断裂在沙四段成核,中段在沙三中沉积时期活动性最强;(3)断层的差异活动控制了局部沉积中心的迁移和砂体分散。沙三中时期断层活动性强,最大断距处位于断层中部,形成的断裂坡折带进一步控制了三角洲—重力流体系的分布。沙三上时期断层活动性减弱,促进了三角洲的快速推进及砂体大面积分布。

### 参考文献

**关键词** 陈官庄断层;几何学特征;运动学特征;分段点;沉积体系



摘要 ID:3107

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 塔北隆起白垩—古近系碎屑岩物源分析

张世杰<sup>1,2</sup>、赵永强<sup>2</sup>、陈元壮<sup>3</sup>、马红强<sup>2</sup>

1. 河南师范大学

2. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

3. 中国石化石油勘探开发研究院西北勘探研究中心

位于新疆塔里木盆地北部的塔北隆起,中生代地层自南北两侧向中部的隆起减薄,新生代地层自北向南减薄,现今中—新生代地层整体向北倾斜。当这个区域受北部物源控制并向南尖灭的时候,就是岩性地层圈闭的优势勘探区带。但是,白垩—古近纪塔北隆起是受北部的天山物源控制,还是南部的西昆仑—阿尔金山物源控制,目前并不清楚。因此我们以塔北隆起的钻井岩心为研究对象,通过对砂岩样品的重矿物分类统计,碎屑锆石 U-Pb 定年,对泥岩样品进行全岩微量元素和粘土矿物组成与含量分析,对其物源特征进行了详细的研究。

研究表明:塔北隆起下白垩统卡普沙良群和古近系苏维依组的样品具有~250—200 Ma 的碎屑锆石,重矿物以高锆石、磷灰石、金红石、电气石和低石榴石、重晶石含量的组合为特征,微量元素显示出高不易迁移组分(如稀土元素、Th、Sc、Ga、Y等),这些特征与南部西昆仑—阿尔金山的基岩特征相似,表明它们以南部物源为主导。古近系库姆格列木群底部的碎屑锆石样品中不含有小于 250 Ma 的锆石,碎屑重矿物以低锆石、磷灰石、金红石、电气石和高石榴石、重晶石含量为特征,微量元素显示出较低的不易迁移组分(如稀土元素、Th、Sc、Ga、Y等),它们相互印证的指示物源区为北部的天山。

综合以上,本次研究认为塔北隆起带库姆格列木群底部砂岩段的物源区为北部的天山,结合现今北低南高的地层倾向,有利于形成上倾尖灭型地层圈闭。而下白垩统卡普沙良群和古近系苏维依组则以南部物源为主导,不利于形成上倾尖灭,应聚焦于其它类型的圈闭研究。

### 参考文献

**关键词** 物源分析;塔北隆起;白垩—古近纪



摘要 ID: 354

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 盆地深层-超深层沉积成岩动力学研究与挑战

李忠\*

中国科学院地质与地球物理研究所

中国科学院大学

埋藏-热演化、构造应变、介质物理化学属性是决定盆地充填物演变流体动力环境的基本要素。然而,与浅层相对低温低压环境的流体-岩石作用不同,深层-超深层沉积岩经历了相对高温高压环境的洗礼,其流体、岩石/岩矿的演变行为存在特殊性。

沉积岩的岩石物理属性(弹性、塑性、粘性等),特别是应力-应变或流变学行为显然会受到温压流等环境因素的影响。数值模拟研究认为,大多数沉积盆地的近地表压实状态以静水流体压力为特征,因此完全由沉积物基质流变学决定。在这种情况下,压实最初由粘弹性流变模型很好地描述。随着深度的增加,沉淀-溶解过程则将导致热激活的粘性变形的发育。实验研究显示,盆地深层多相流体化学亲和力增大、界面张力减小,均一相可能发育,这无疑将抵消或部分抵消物性变差对流体活动性的不利影响。另一方面,在盆地尺度,流体超压对岩石应力-应变行为的影响近年来已受到关注;研究表明流体超压可以大大降低岩石脆性破裂强度,并显著延缓了岩石地层深埋过程中的脆-塑性转变。

显然,从中浅层到深层-超深层沉积盆地相比,由于温压流变化或耦合效应,深层-超深层岩石流变行为与物性演变可能存在明显差异。采用新技术解析客观记录,探究深层-超深层储层演变的专属性机制,这是现阶段乃至未来相当长时期内盆地(深层)沉积成岩动力学及相关应用研究的重要任务。

**参考文献**

**关键词** 盆地; 深层-超深层; 沉积成岩动力学



摘要 ID:990

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 晚喜山运动期柴达木盆地走滑构造与沉积响应特征研究

王桂宏\*、周川闯  
中国石油勘探开发研究院

柴达木盆地中生界可划分为三大构造层,具体以第三系底(TR)与下油砂山组顶的不整合面(T2'),将中生界划为下构造层,第三系的路乐河组、上下干柴沟组、下油砂山组构成中构造层,上油砂山组、狮子沟组与第四系组成上构造层。三大构造层新划分揭示了三种不同构造背景的盆地类型,下构造层为燕山运动阶段形成,为早期断陷、后期拗陷盆地;中构造层形成于喜山早期阶段的扭张构造背景,一里坪-南八仙构造线以北地区为中、下构造层叠合区;上构造层为晚喜山运动阶段走滑挤压构造背景下形成,该阶段青藏高原强烈隆升,阿尔金山、东昆仑山与祁连山对盆地由较大的控制作用。晚喜山期柴达木盆地明显受周边三大山系的控制,挤压拗陷特征比较显著。N21末期,由于晚喜山运动的开始,昆仑山开始大规模隆升,盆地格局发生了变化。进入N22,东昆仑山由西向东逐渐隆升,同时阿尔金构造带深部块体向盆地下方挤入,柴西北地区发生隆升,盆地沉降沉积中心跃迁至一里坪-三湖一带。受深部地壳塑性变形和边界走滑断裂的控制,12Ma以来在柴达木盆地东部形成了巨厚的走滑挤压拗陷型沉积,三湖地区尤其是盆地南斜坡为单一的单斜形态,揭示了这些部位的构造变形作用较弱,仍以沉积和沉降作用为主。柴达木盆地上新世上油砂山组沉积开始的时间大概在12Ma左右,与整个中国西部造山带开始强烈隆升时间基本一致,这可能归结于印藏碰撞作用导致欧亚大陆进入整体变形阶段,具体表现为古天山、祁连山与昆仑山等造山带的重新活动,形成陆内造山带。扭动变形或走滑造山是主要特征,大规模的推覆作用并不常见,如那类弧顶挤向盆地,两侧构造变形对称的逆冲带就基本没有出现在柴达木盆地中,这主要是构造变形受控于一些大型的走滑构造带。根据沉积相图,可以判断出盆地南侧的昆仑山东段的布尔汉布达山在狮子沟组沉积期间并没有完全隆升出水面。走滑断裂活动导致盆地基底沉降快速,上构造层具有较大的厚度,同时造成沉积具有轴向迁移性与横向偏移性。综上所述,上构造层(N22-Q)分布于盆地腹部,以拗陷为特征,由于走滑沉降主要受制于昆仑山和阿尔金山,物源主要来自昆仑山,由下至上、沉降沉积中心由西向东迁移,同时沉积中心偏于拗陷中心的北侧,即三湖拗陷的北斜坡为沉积中心分布区。上构造层拗陷区的边缘及西段有一定程度的构造变形,但总的来说相对较弱,受边界挤压型走滑断裂的影响,拗陷区内发育低幅度的背斜构造。

**参考文献** 贾承造,杨树锋,魏国齐,等. 2008. 中国环青藏高原新生代巨型盆山体系构造特征与含油气前景[J]. 天然气工业, 28(8): 1-11. 靳久强, 赵文智, 薛良清, 等. 1999. 中国西北地区侏罗纪原型盆地与演化特征[J]. 地质论评, 45(1): 92-104. 李春昱. 2004. 板块构造论文集[M]. 北京: 地质出版社. 李海兵, 杨经绥, 许志琴, 等. 2006. 阿尔金断裂带对青藏高原北部生长、隆升的制约[J]. 地学前缘, 13(4): 59-76. 李鹏武, 崔军文, 高锐, 等. 2001. 柴达木地块新生代古地磁新数据及其构造意义[J]. 地球学报, 22(6): 563-568. 李思田. 2015. 沉积盆地动力学研究的进展、发展趋势与面临的挑战[J]. 地学前缘, 22(1): 1-8. 林畅松. 2009. 沉积盆地的层序和沉积充填结构及过程响应[J]. 沉积学报, 27(5): 849-862. 莫宣学, 赵志丹, 周肃, 等. 2007. 印度-亚洲大陆碰撞的时限[J]. 地质通报, 26(10): 1240-1244. 任建业. 2008. 渤海湾盆地东营凹陷S6'界面的构造变革意义[J]. 地球科学—中国地质大学学报, 29(1): 69-76. 宋晓东, 李江涛, 鲍学伟, 等. 2015. 中国西部大型盆地的深部结构及盆地形成和演化的意义[J]. 地学前缘, 22(1): 126-136. 汤良杰, 金之钧, 张明利, 等. 2000. 柴达木盆地构造古地理分析[J]. 地学前缘, 7(4): 421-429. 王桂宏, 周川闯, 夏响华, 等. 2019. 中生代柴达木叠合盆地解析、动力学机制探讨及对油气控制意义研究[J]. 地球学报, 40(6): 805-815. 王桂宏, 马达德, 张启全, 等. 2008. 柴达木盆地北缘盆山构造关系与油气勘探方向[J]. 石油勘探与开发, 35(6): 668-673. 王桂宏, 马达德, 周川闯, 等. 2011. 柴达木盆地北缘走滑断裂地震剖面解释及形成机制分析[J]. 地球学报, 32(2): 204-210. 王桂宏, 谭彦虎, 陈新领, 等. 2006. 新生代柴达木盆地构造演化与油气勘探领域[J]. 中国石油勘探, 11(1): 80-84. 王亚东, 张涛, 迟云平, 等. 2011. 柴达木盆地西部地区新生代演化特征与青藏高原隆升[J]. 地学前缘, 18(1): 141-150. 夏文臣, 张宁, 袁



晓萍, 等. 1998. 柴达木盆地侏罗系构造层序及前陆盆地演化[J]. 石油与天然气地质, 19(3): 173-180. 解习农, 林畅松, 李忠, 等. 2017. 中国盆地动力学研究现状及展望[J]. 沉积学报, 35(5): 877-887. 徐凤银, 尹成明, 巩庆林, 等. 2006. 柴达木盆地中生代构造演化及其对油气的控制[J]. 中国石油勘探, 11(5): 9-16. 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 等. 2011. 印度-亚洲碰撞大地构造[J]. 地质学报, 85(1): 1-33. 张道伟, 史基安, 李传浩, 等. 2008. 柴西南地区古近系—新近系井—震统一层序地层格架的建立[J]. 沉积学报, 26(3): 392-398. 张进江, 商姗, 魏春景, 等. 2019. 大陆岩石圈流变学研究的发展现状与前景[J]. 地球学报, 40(1): 9-16.

**关键词** 柴达木盆地; 晚喜马拉雅期; 构造层; 走滑断裂; 沉积中心迁移





摘要 ID:1896

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 展板

## 太原盆地晚新生代沉积充填演化及其构造指示意义

谭程鹏<sup>\*</sup>、郝青振<sup>1</sup>、魏荣珠<sup>2</sup>、高新勃<sup>1</sup>、张浣菡<sup>1</sup>、胥勤勉<sup>3</sup>、邓成龙<sup>1</sup>、郭正堂<sup>1</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所
2. 山西省地质调查研究院
3. 天津地质调查研究中心

新生代以来, 印度-欧亚板块碰撞造成青藏高原隆升, 西太平洋板块俯冲形成东亚沟-弧-盆体系, 共同造就了东亚地区现今构造格局。汾渭裂谷系位于东西两大动力体系交互过渡区, 其形成与演化机制存在多种动力学解释模式, 如印度-欧亚板块碰撞的远程效应导致秦岭北缘左行走滑断裂尾端拉张模式、与青藏高原隆升有关的岩石圈拆沉模式、华北地区内部次级块体发生多米诺式的旋转模式、太平洋板块俯冲逐渐东向后撤模式等。这些存在明显分歧的动力学模式更多地建立在区域构造分析的基础上, 仍相对缺少汾渭裂谷系内沉积盆地形成与充填演化所提供的关键约束。太原盆地是汾渭裂谷系中部的重要组成单元, 其沉积充填过程能够为厘定裂谷系中部裂陷起始时间和演化过程提供重要证据。近期, 我们在太原盆地内钻取了贯穿至盆地基底的、连续的、1769m长的岩芯, 为认识盆地沉积充填演化提供了难得的材料。本次研究以该长序列为基础, 通过岩石磁学、古地磁学等方法, 建立太原盆地晚新生代沉积充填序列的精确磁性地层年代框架; 依据岩芯的基本沉积特征, 开展岩相分析, 划分岩相组合, 识别沉积相类型, 并细分出沉积微相, 查明垂向演化规律, 划分沉积演化的主要阶段; 依据沉积相演化规律和叠置关系、地层界面特征等, 开展高分辨率层序地层学研究, 划分出多级次沉积旋回, 揭示太原盆地晚新生代沉积充填演化规律; 在磁性地层年代框架和沉积充填演化的基础上, 揭示盆地沉积充填序列所保存的构造变动特征, 初步将太原盆地构造演化划分为两幕裂陷过程; 结合印度-欧亚板块碰撞以及西太平洋俯冲等构造运动过程, 开展理论研究, 探讨汾渭裂谷系中部裂解过程和动力学机制。值得指出的是, 本次研究中磁性地层学工作目前仍在进行, 因而我们将在本次会议中重点对太原盆地沉积充填演化的初期成果进行交流。后续工作的完成有望为汾渭裂谷系中部裂解过程提供准确的年代约束和系统的沉积学证据, 对理解汾渭裂谷系演化和动力学机制具有指示意义。

### 参考文献

**关键词** 太原盆地; 汾渭裂谷; 晚新生代; 构造-沉积响应;



摘要 ID:1446

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 展板

## 渤海湾盆地歧口凹陷古近系沙一下亚段重力流沉积机制

余政宏、陈思\*、王华、巩天浩、黄传炎、谢卫东  
中国地质大学(武汉)

重力流沉积体作为高效优质储层是陆相湖盆油气勘探突破的重点目标之一。渤海湾盆地歧口凹陷沙一下亚段发育的大规模(面积约 $940\text{km}^2$ )、多期次重力流沉积作为典型的陆相湖盆深水沉积,具有其显著的独特性,具体表现如下:(1)其沉积过程中的流体动力学特征具备牵引流与重力流过渡转化的特点;(2)不同部位沉积体内部砂泥比和沉积构造有明显变化,从源区到汇聚区砂泥比逐渐减小,指示了沉积水动力条件的变化差异。因此根据沉积体内部特征和沉积过程中的水动力环境,将该地区的重力流沉积机制可细分为低能型碎屑流、高能型碎屑流、过渡型液化流、似涌浪浊流和普通型浊流5种类型。此外,依据重力流发育背景识别出了歧口凹陷滨海地区中央隆起带以水道为主导特征的水道型重力流和受地貌控制的面流型重力流两类沉积体系。本研究进一步完善了水动力条件-堆积机制-沉积相的关联性,丰富陆相湖盆牵引流化重力流沉积的理论体系的同时,对以深水重力流沉积体作为潜力储层目标的未来油气勘探有一定的拓展意义和借鉴作用。

### 参考文献

**关键词** 重力流;沉积机制;陆相湖盆;歧口凹陷



摘要 ID:1504

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 展板

## 盆地深层构造驱动的流体-岩石作用及成储效应 ——以四川盆地震旦系灯影组为例

梁蒙恣、李忠\*

中国科学院地质与地球物理研究所

基于碳酸盐岩成岩作用对构造-流体体制的敏感性, 以及对叠合盆地古老碳酸盐岩多期次构造-埋藏的特点, 本文以四川盆地高磨地区震旦系灯影组为例, 通过岩心观察、薄片鉴定、稳定同位素以及微量元素、流体包裹体等分析, 结合地震资料和测井资料, 从盆地动力学视角, 探讨了构造驱动流体-岩石作用以及成储效应。研究表明, 震旦纪-寒武纪早期, 伴随着罗迪尼亚超大陆最终裂解及冈瓦纳大陆初步聚合, 扬子板块未参与冈瓦纳大陆聚合呈游离状态, 四川盆地大地应力背景以拉张弱挤压为主并受到区域上的多幕构造运动影响, 盆地及周缘震旦系-下古生界形成多个不整合面和断裂体系, 在研究区灯影组发育北西向、北东向张扭性走滑断裂及近南北向张性正断层和2个不整合面(灯二/灯三不整合及灯三/麦地坪不整合), 基于原位流体-岩石作用记录与埋藏-热历史的匹配研究, 认为不同期次流体活动与五期断裂及构造变形相关; 不同尺度不同级次的断裂对深部流体活动以及储层发育起到强烈控制作用; 通过对灯影组不同构造单元碳酸盐岩胶结物分析, 灯影组有效储层经历了浅层构造-地貌控制的岩溶作用、深层断裂-热流体控制的溶蚀-交代作用的多期叠加。

**参考文献** Dickinson, W. R., 1993. Basin Geodynamics. *Basin Research*, 5(4): 195-196. &nbsp;&nbsp;&nbsp;Davies, G. R., Smith, L. B, Jr, 2007. Structurally Controlled Hydrothermal Dolomite Reservoir Facies: An Overview: Reply[J]. *AAPG Bulletin*, 91(9): 1342-1344. &nbsp;&nbsp;&nbsp;Laubach S E, Eichhubl P, Hilgers C, et al., 2010. Structural diagenesis[J]. *Journal of Structural Geology*, 32(12): 1866-1872. &nbsp;&nbsp;&nbsp;李忠, 罗威, 曾冰艳, 等, 2018. 盆地多尺度构造驱动的流体-岩石作用及成储效应[J]. *地球科学*, 43(10): 3498-3510. &nbsp;&nbsp;&nbsp;李忠, 李佳蔚, 张平童, 等, 2016. 深层碳酸盐岩关键构造-流体演变与成岩-成储——以塔中奥陶系鹰山组为例[J]. *矿物岩石地球化学通报*, 35(5): 827-838. &nbsp;&nbsp;&nbsp;MA Debo, WANG Zecheng, DUAN Shufu, et al. Strike-slip faults and their significance for hydrocarbon accumulation in Gaoshiti-Moxi area, Sichuan Basin, SW China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2018, 45(5): 795-805. &nbsp;&nbsp;&nbsp;GuanShuwei, WuLin, RenRong, et al. Distribution and petroleum prospect of Precambrian rifts in the main cratons, China[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2017, 38(1): 9-22. &nbsp;&nbsp;&nbsp;段金宝, 梅庆华, 李毕松, 2019. 四川盆地震旦纪-早寒武世构造-沉积演化过程[J]. *地球科学*, 44(3): 738-755. &nbsp;&nbsp;&nbsp;JIN Mindong, TAN Xiucheng, TONG Mingsheng, et al. Karst paleogeomorphology of the fourth Member of Sinian Dengying Formation in Gaoshiti-Moxi area, Sichuan Basin, SW China: Restoration and geological significance[J]. 2017, 44(1): 58-68. &nbsp;&nbsp;&nbsp;孙福宁, 胡文瑄, 胡忠亚, 等 2020. 断裂-层序双控机制下的热液活动及成储效应——以塔里木盆地塔河、玉北地区下奥陶统为例[J]. *石油与天然气地质*, 41(2)

**关键词** 构造应变; 流体-岩石作用; 深层碳酸盐岩储层; 盆地动力学; 四川盆地



摘要 ID:1868

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 特提斯构造域中西段中生代裂陷盆地发育机制新认识及油气差异富集效应

黄雷\*  
西北大学

位于特提斯域中西段的北非-中东地区油气极端富集, 目前已发现 280 多个世界级大型和超大型油气田, 已探明油气储量占全球的 44%, 该区油气极度富集的原因成为石油地质学家热衷于探讨的科学问题。然该区油气又表现出极大的不均匀性, 以往研究对这一油气差异性富集控制因素的探讨较为薄弱。本研究重点从中生代裂陷盆地演化和形成机制的角度, 探讨了这一科学问题。结果表明: (1) 北非-中东地区中生代裂陷盆地受晚石炭世-早二叠世海西运动形成的古隆起和新特提斯洋开启背景下的伸展作用联合控制。海西运动形成的 NE-SW 向大型隆起带, 在晚二叠-三叠以来的新特提斯洋打开过程中, 北部发生普遍塌陷反转和断陷沉降形成维德迈尔-佩拉杰、苏尔特、东地中海、中阿拉伯等多个中生代沉积中心, 这一成盆过程可能是北非-中东地区中生代裂陷盆地沉积中心的重要成因机制; (2) 中生代盆地的这一“古隆起塌陷反转成盆”过程是油气差异富集的重要控制因素, 围绕这些塌陷形成的中生代沉积中心, 因海西期塑造的古构造、海西构造剥蚀对砂岩储层控制、中生代烃源岩发育等有利因素, 成为最为重要的油气富集区带。

### 参考文献

**关键词** 特提斯构造域 ; 北非-中东; 海西运动; 构造反转; 油气差异富集



摘要 ID:1449

主题分类：沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型：口头报告

## 浅海外陆架大型高效储集体水道-扇体重力流发育机制探讨

王华\*<sup>1</sup>、陈思<sup>1</sup>、甘华军<sup>1</sup>、马江浩<sup>1</sup>、杨希冰<sup>2</sup>、余政宏<sup>1</sup>

1. 中国地质大学（武汉）

2. 中海石油(中国)有限公司湛江分公司

浅海外陆架水道-扇体重力流的沉积特征和堆积机制具有其独特性，本文以莺歌海盆地黄流组重力流沉积为例，以“整体、动态、综合”的研究思路和方法为指导，采取构造-层序地层学、沉积学与地球物理相结合的系列技术，开展了层序-沉积-储层一体化研究，探讨发育在浅海外陆架的水道-扇体重力流沉积的宏观、微观特征及堆积的控制要素与独特发育机制。古生物研究揭示该沉积期的古水深为 40-110 米，属于陆架浅水沉积背景。在这样的水深背景下，莺歌海盆地黄流组发育的重力流沉积体具有大规模、多期次（多期重力流沉积的垂向叠加序列组合）、持续性发育、牵引流到重力流过渡等特征。并进一步可将集中于黄流组一段和二段的低位体系域的重力流分为三种类型：①重力流水道、②大规模峡谷水道、③重力流片状-席状扇体。其中峡谷水道重力流主要发育在乐东区的莺东斜坡；而重力流扇体则全盆分布，以东方区和乐东中央拗陷区大型浅海重力流扇为代表。在浅海背景下形成大规模重力流水道-扇体的综合成因机制和控制因素包括：（1）沉积体系的发育地处于大陆架-陆坡地带；（2）物源距离相对较近，沉积体总体上砂质粗、分选好、物源持续供给；（3）纵向演化过程中的基底动态沉降；（4）同沉积期大规模海退作用。其中，重力流扇体的发育主要受到陆架基底的幕式动态活动和差异性沉降的控制；水道型重力流则受到稳定的基底沉降和底部断裂的控制影响。这些综合因素的配置关系对于大型高效储集体的形成至关重要。其中大型体现在沉积体的规模，单个扇体规模可达 23km\*12km，发育厚度最大 120 米；高效体现在其储集性能较好（中低孔中低渗，孔隙度主要分布在小于 10-25%，渗透率主要分布在小于 1-50md）。综上，该研究成果能丰富浅海区发育大型重力流沉积体的理论体系，对油气勘探新领域的拓展具重要的借鉴价值。

### 参考文献

**关键词** 海底扇-水道重力流；浅海外陆架；莺歌海；黄流组



摘要 ID:1459

主题分类：沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型：口头报告

## 四川盆地德阳-安岳克拉通内裂陷构造-沉积特征

夏茂龙\*、易海永、王文之、张玺华、杨京、吕文正、徐诗雨、曾乙洋  
中国石油西南油气田公司勘探开发研究院

德阳-安岳克拉通内裂陷是控制威远、安岳等大型气田形成的关键，其发育机制及天然气成藏富集规律研究具有重要的理论和实践意义。本文通过野外、钻井、地震与重磁电结合，对区域构造演化、基底结构与沉积充填特征开展综合分析，探讨裂陷槽发育的构造动力和沉积机制，厘定裂陷槽发育阶段。研究表明：裂陷及周缘南华纪早期广泛发育裂谷火山岩，火山热作用使局部地壳熔融减薄，引起持续的构造沉降是裂陷发育的主要动力机制。裂陷边界处大部分区域基底-震旦系-寒武系内断层不发育，部分区域断层断距较小，无控制裂陷特征，表明断裂不是裂陷发育的主要因素。裂陷发育于南华纪至早寒武世，具多阶段演化特征：第一期为南华纪陆内裂谷期，南华纪早期裂陷及周缘广泛发育的南华纪火山作用为裂陷发育提供了沉降动力，裂陷内发育南华纪晚期沉积岩，厚度较大，暗示裂陷在南华纪已开始发育，为裂陷发育初始期。第二期为震旦纪至早寒武世克拉通内拗陷期，结合沉积环境可为3个阶段，陡山沱期混积拗陷阶段，为裂陷发育持续期；灯影期碳酸盐岩海槽阶段，为裂陷发育高峰期；早寒武世碎屑岩海槽阶段，为裂陷充填消亡期。南华纪裂谷火山热事件引起的地壳减薄沉降、多类型基底结构与沉积环境是裂陷发育的主要控制因素，三者耦合控制了裂陷的演化和分布：地壳减薄沉降与沉积耦合控制裂陷的发育与扩张，结晶基底、火山及侵入岩体与沉积耦合影响边界展布。德阳-安岳克拉通内裂陷由盆地西北部向南延伸进入盆地腹地，处于扬子克拉通西北部被动大陆边缘，为拉张构造应力背景，具备洋向陆发育裂谷系的基础，是裂陷发育的有利构造条件；震旦系灯影组为快速海侵背景下的清水碳酸盐岩沉积环境，有利于碳酸盐岩快速沉积分异，是裂陷发展的有利沉积条件。四川盆地西部、北部长时期处于扬子克拉通西北缘被动大陆边缘构造环境，具备裂陷发育的构造背景，震旦系、二-三叠系发育快速海侵背景下的清水沉积，有利于碳酸盐岩快速沉积分异，具备裂陷发育的沉积条件，综合分析认为，川西、川北地区的震旦系、二-三叠系是四川盆地海相领域寻找裂陷及其控制下的大型富油气区的重点方向。

**参考文献** 马新华，杨雨，文龙，等，2019，四川盆地海相碳酸盐岩大中型气田分布规律及勘探方向[J]. 石油勘探与开发，46(1)：1-13. 杜金虎，&nbsp;邹才能，&nbsp;徐春春，&nbsp;等，2014，川中古隆起龙王庙组特大型气田战略发现与理论技术创新[J]. 石油勘探与开发，41(3)：267-277. 徐春春，沈平，杨跃明，等，2014&nbsp;：乐山—龙女寺古隆起震旦系—下寒武统龙王庙组天然气成藏条件与富集规律[J]. 天然气工业，34(3)：1-7. 钟勇，李亚林，张晓斌，等，2014，川中古隆起构造演化特征及其与早寒武世绵阳—长宁拉张槽的关系[J]. 成都理工大学学报：自然科学版，41(6)：703-712. 杜金虎，汪泽成，邹才能，等，2014，上扬子克拉通内裂陷的发现及对安岳特大型气田形成的控制作用[J]. 石油学报，2016, 37(1)：1-16. 罗志立. 1998, &nbsp;四川盆地基底结构的新认识[J]. 成都理工学院学报，1998(2)：191-200. &nbsp;

**关键词** 四川盆地；克拉通内裂陷；南华裂谷；地壳减薄沉降；构造-沉积耦合



摘要 ID: 2504

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 山东灵山岛地区莱阳-青山期裂谷演化: 从被动裂谷至主动裂谷的转变

周腾飞<sup>1</sup>、周瑶琪\*<sup>1</sup>、Nina Søger<sup>2</sup>、程燕君<sup>3</sup>、张振凯<sup>4</sup>、王俊<sup>5</sup>

1. 中国石油大学(华东), 地球科学与技术学院

2. University of Copenhagen, Department of Geosciences and Natural Resource Management

3. 山东科技大学, 地球科学与工程学院

4. 陕西省地质调查院, 陕西省矿产地质调查中心

5. 云南大学, 地球科学学院

灵山岛科学钻探井最新研究成果表明, 灵山岛地区记录了苏鲁造山带内部莱阳、青山两期大陆裂谷作用。通过野外踏勘、科学钻探、岩心观察描述, 进行了地层对比、锆石定年、岩心古地磁与全岩地球化学等相关分析, 揭露两期裂谷充填序列并探明两期裂谷发育、转变的时间与动力学机制。火山岩锆石年代学与岩心古地磁分析共同建立了灵山岛莱阳-青山群地层的年代学格架, 指示了莱阳期裂谷的开裂时间可能大于 147Ma, 并约束了两期裂谷转变的时间节点约为 125Ma。灵山岛地区莱阳群地层主要由深水重力流沉积与少部分火成岩夹层组成, 而青山群地层则主要为陆上火山岩与浅水陆相沉积地层, 二者界线为火山碎屑岩与下伏沉积岩之间的角度不整合。莱阳、青山期的构造要素指示了两期构造应力场方向发生了重大转变: 由莱阳期 NNW-SSE 向伸展, 经历了一个 NNW-SEE 向短暂挤压之后, 转变为青山期 NW-SE 向伸展, 表明裂谷作用为两期, 并非一期。火成岩地球化学分析指出岩浆源区为富集型岩石圈地幔, 且青山期岩浆形成演化较莱阳期岩浆有更多的壳源物质参与, 并且两期之间发生了巨量的岩石圈减薄。结合晚中生代苏鲁造山带构造演化以及古太平洋板块俯冲作用的变化, 两期裂谷发育演化过程与深部动力学机制大致如下: 苏鲁造山带加厚岩石圈地幔在侏罗纪受古太平洋板块低角度俯冲被弱化, 晚侏罗至早白垩世古太平洋板块发生回卷(郑永飞等, 2018), 岩石圈地幔发生重力垮塌被拆沉, 导致莱阳期被动裂谷发育。之后, 古太平洋板块高角度俯冲、回卷与后撤速率均达到高峰(朱日祥和徐义刚, 2019), 区域强烈伸展, 软流圈物质上涌引起区域快速隆升, 导致了被动裂谷的消亡。下地壳受上涌软流圈物质加热发生部分熔融形成长英质岩浆并上涌侵位, 导致青山期演化为火山弧盆(周瑶琪等, 2018), 表现出一定主动裂谷的特性。综上, 山东灵山岛地区莱阳-青山期记录了两期裂谷作用, 从莱阳期被动裂谷转变为青山期具有主动裂谷性质的火山弧盆。

**参考文献** 郑永飞, 徐崢, 赵子福, 戴立群. 2018. 华北中生代镁铁质岩浆作用与克拉通减薄和破坏[J]. 中国科学: 地球科学, 48: 379-414. 周瑶琪, 周腾飞, 马昌前, 张振凯, 董诗绘, 辜洋建, 尹兴城, 李曼洁, 梁文栋. 2018. 山东东部早白垩世青山期穿地壳岩浆系统与热隆滑脱成盆[J]. 地球科学, 43(10): 3373-3390. 朱日祥, 徐义刚. 2019. 西太平洋板块俯冲与华北克拉通破坏[J]. 中国科学: 地球科学, 49: 1346-1356.

**关键词** 裂谷盆地; 早白垩世; 苏鲁造山带; 盆地动力学



摘要 ID: 2562

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 珠江口盆地陆架-陆架边缘三角洲体系的演化与源-汇系统

张曼莉、林畅松\*  
中国地质大学(北京)

南海北部珠江口盆地渐新统珠海组的三角洲沉积体系蕴含有重要的油气储层,其沉积结构的变化反映了盆地动能、海平面变化和沉积物供给等的相互作用。通过对测井、地震和岩心资料的综合分析,系统分析了三角洲体系的沉积样式、层序地层结构及其控制因素。在动态层序格架内,在内陆架、中-外陆架和陆架边缘识别出3种三角洲体系,即辫状河三角洲、曲流河三角洲和下切河道三角洲体系。分布于内陆架的辫状河-辫状河三角洲沉积以垂向叠置的厚层河道砂岩和宽朵状的三角洲前缘砂体为特征。中-外陆架区发育的曲流河三角洲体系以较厚的三角洲前缘砂岩、分流间湾充填和前三角洲泥岩为特征,局部发育席状浊积。沿陆架边缘发育有下切河道三角洲体系,三角洲-斜坡前积复合体的厚度约为200-1200米,常伴随发育有大规模的滑塌和斜坡扇沉积。研究发现等时格架内三角洲体系的时空分布具有其独特的样式,辫状河三角洲体系主要发育于高位体系域早期,曲流河三角洲体系发育于高位体系域中晚期,而下切河道三角洲体系一般形成于下降体系域。三角洲体系的沉积结构揭示出从内陆架至陆架边缘盆地动能条件的差异。内陆架辫状河三角洲体系主要受控于河流作用,而中-外陆架曲流河三角洲和陆架边缘下切河道三角洲体系受到波浪和沿岸流作用的改造。在水进-水退旋回中,三角洲体系跨越宽广的陆架的迁移可能是在冰室或冷室气候条件下高幅海平面波动的结果(Zhang et al., 2021)。陆架边缘三角洲体系的高进积速率反映出裂后早期源区的不断隆升和冰期气候引发的强烈剥蚀所导致的大量沉积物供给(Lin et al., 2018)。

**参考文献** Lin C S, He M, Steel R J, et al., 2018. Changes in inner- to outer-shelf delta architecture, Oligocene to quaternary Pearl River shelf-margin prism, northern South China Sea [J]. *Marine Geology*, 404: 187-204. Zhang M L, Lin C S, Jiang Z L, et al., 2021.

Depositional styles of deltaic systems from the inner shelf to shelf edge and their controlling processes: A case study from the Upper Oligocene to Lower Miocene in the Pearl River Mouth Basin [J]. *Sedimentary Geology*, 2021, 105970.

**关键词** 沉积结构; 三角洲体系; 时-空分布; 控制作用; 珠江口盆地





摘要 ID:693

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 展板

## 斯科舍盆地下白垩统深水重力流沉积演化及控制因素

吴高奎<sup>1\*</sup>、张忠民<sup>3</sup>、田纳新<sup>1</sup>、孔凡军<sup>2</sup>、马天碧<sup>1</sup>、陶崇智<sup>1</sup>、李军<sup>1</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院
2. 中国石化石油勘探开发研究院
3. 中国石化石油勘探开发研究院

基于层序地层划分再造盆地重要阶段构造-古地理, 是阐明盆地动态演化和油气聚集分布的关键。论文综合分析地震、测井、岩心和露头资料, 建立了塔北隆起区中生界的层序地层格架, 再造了盆地重要演化阶段的构造-古地理并探讨了其构造背景。区内中生界可识别出4个区域性角度不整合(TT、TJ、TK、TE)和平行不整合(TK1bs), 据此明确出二叠纪末/三叠纪初、三叠纪末、侏罗纪末和晚白垩世/白垩纪末为盆地的4次变革期并将中生界划分为4个二级层序(I-IV, 进一步划分为11个三级层序)。变革期前后, 研究区的构造-古地理发生了突变: 晚三叠世(I-SQ3), 塔北隆起大量供源, 隆起北陡南缓, 分别发育冲积扇/扇三角洲、辫状河三角洲沉积; 早侏罗世(II-SQ1), 塔北隆起范围增大, 供源增多, 地势宽缓的南坡发育更大规模辫状河三角洲沉积; 白垩系卡普沙良群沉积末期(III-SQ4), 塔北隆起主体消亡, 研究区主要发育物源来自东南部大陆蚀源区的三角洲沉积; 白垩系巴什基奇克组沉积末期(IV-SQ3), 研究区演变为南倾斜坡, 主要发育物源来自东部大陆蚀源区及北部造山带的浅水辫状河三角洲沉积。研究区经历的4次变革是对塔里木盆地南缘古特提斯洋关闭、羌塘碰撞、拉萨碰撞、科希斯坦碰撞及北缘天山多期隆升事件的响应。

**参考文献** Chen S P, Wang Y, Jin Z J, 2007. Controls of Tectonics on both Sedimentary Sequences and Petroleum Systems in Tarim Basin, Northwest China[J]. *Petroleum Science*, 4(2): 1-9. Lin C S, Li H, Liu J Y, 2012. Major unconformities, tectonostratigraphic framework, and evolution of the superimposed Tarim basin, Northwest China[J]. *Journal of Earth Science*, 23(4): 395-407. 李忠, 郭宏, 王道轩, 等, 2005. 库车坳陷-天山中、新生代构造转折的砂岩碎屑与地球化学记录[J]. *中国科学 (D辑: 地球科学)*, 35(1): 15-28.

**关键词** 层序地层; 构造-古地理; 动力学背景; 中生代变革期; 塔北隆起



摘要 ID:1359

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 刚果扇盆地渐新统-中新统深水沉积体系及其控制因素

宫越\*、郭荣涛、张忠民、苏玉山、刘静静  
中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

下刚果-刚果扇盆地是最富产油气的盆地之一, 主要勘探目标为渐新统-中新统深水浊积砂岩。本研究通过刚果扇盆地浊积水道内部结构和外部形态变化的研究, 揭示渐新统-中新统深水沉积体系的时空演化过程及其沉积动力学响应机制。刚果扇盆地渐新统-中新统深水沉积体系主要发育浊积水道复合体、朵叶体、深海泥等沉积单元。垂向上水道由底部滞留沉积、高砂地比叠置水道、低砂地比水道天然堤复合体、泥质充填 4 段构成, 与水道的侵蚀期、充填期, 溢出期和泥岩充填期 4 个水道演化阶段相对应。平面上由陆向海依次发育侵蚀峡谷、侵蚀建设型水道、高弯曲度叠置水道、单期沉积建设水道、朵叶体。刚果扇盆地水道规模从渐新世至中新世先增大后变小, 形成渐新世单一下侵型、早中新世改向-分流型、中中新世多期叠置复合型、晚中新世泥质冲沟型 4 个沉积体系演化阶段。早渐新世物源供给突增和西非陆缘隆升开启了深水浊积大规模发育的序幕, 中中新世的气候事件和海平面下降导致沉积体系在中中新世达到最繁盛阶段; 断裂和盐构造等在陆坡上形成的三级坡折缓台, 是砂体卸载滞留的主要区域。

**参考文献** [1] 李全, 吴伟, 康洪全, 等. 西非下刚果盆地深水水道沉积特征及控制因素. 石油与天然气地质. 2019, 40(04):917-929. [2] Lin C, Liu J, Eriksson K, et al. Late Ordovician, deep-water gravity-flow deposits, palaeogeography and tectonic setting, Tarim Basin, Northwest China. Basin Research. 2014, 26(2):297-319.

**关键词** 刚果扇盆地; 深水重力流; 浊积砂; 沉积体系; 控制因素



摘要 ID:1511

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 浅水碳酸盐台地高频层序及其对古气候和海平面变化的响应——以川中地区龙王庙组为例

高达\*、赵玉茹、胡明毅  
长江大学

浅水碳酸盐台地沉积普遍发育高频层序, 其中颗粒滩和白云岩相关地层容易形成重要的油气储层。川中地区下寒武统龙王庙组作为我国发现的最大的单体整装气田, 受到广泛的关注, 但高精度层序地层格架内的微相分布研究不足, 沉积相和层序对储层的控制存在争议。在构造相对稳定时期, 气候和高频海平面变化是控制碳酸盐岩高频层序的主要因素。但关于川中地区龙王庙组沉积期古气候及其变化对高频层序的控制研究十分缺乏。基于川中地区大量钻井和连续的岩心及薄片资料, 开展精细的沉积相、高频层序、同位素和元素地球化学分析, 以明确高精度层序地层格架内的微相分布规律, 恢复古气候和海平面变化, 阐明浅水碳酸盐台地高频层序对古气候和海平面变化的响应。研究结果对于深入理解浅水碳酸盐台地的层序样式及发育的驱动机制具有重要意义。主要取得的认识与结论如下:

主要基于原始沉积特征差异, 将川中地区龙王庙组划分为鲕粒颗粒云岩、砂屑颗粒云岩(残余砂屑结构粉晶云岩)、花斑状粉晶云岩、泥质泥晶云岩等8种微相类型; 总结出垂向上发育的3种岩相组合, 包括深水台地-滩间海型、颗粒滩型和局限潮坪型。

龙王庙组作为1个三级层序, 内部划分为2个四级层序, 各四级层序内又可识别出3~5个五级层序; 在四级和五级层序格架内, 颗粒滩和潮坪具有明显的加积和向东南方向进积趋势, SQ2的颗粒滩和潮坪相发育优于SQ1。

龙王庙组 $\delta^{13}C$ 主要表现为两个先增大、后减小的旋回, 指示龙王庙组沉积期经历了2次完整的海平面变化周期; 龙王庙组沉积晚期存在多个小规模的海平面升降变化。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>、B和V的含量变化反映古水深经历了2个由深到浅变化旋回, 与海平面变化一致。

通过氧同位素计算得出龙王庙组沉积期古温度17.57°C~25.19°C(平均21.16°C), Z值平均为122.9, 共同反映亚热带正常海洋背景。Sr/Ba值指示SQ2晚期海水盐度明显增高。MgO/CaO指示古气候总体炎热干旱, MnO<sub>2</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MnO<sub>2</sub>和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/MgO的规律性变化反映SQ1早期和SQ2早期气候经历了短暂的温暖湿润期。

龙王庙组的高频层序明显受到海平面变化和古气候的共同控制。当气候温暖湿润时, 海平面上升且沉积水体加深, 可容空间快速增大, 形成以深水台地和滩间海沉积为主的海侵体系域; 当气候炎热干旱, 随着沉积水体变浅, 颗粒滩发育变好且早期白云岩化作用增强, 可容空间持续消耗, 形成高位体系域。

**参考文献** 高达, 胡明毅, 李安鹏, 等. 2021. 川中地区龙王庙组高频层序与沉积微相及其对有利储层的控制[J]. 地球科学: 1-22. 邢凤存, 胡华蕊, 侯明才, 等, 2018. 构造和古地理控制下的碳酸盐岩储集体旋回和集群性探讨: 以四川盆地为例. 地球科学, 43(10): 3540-3552. 周进高, 房超, 季汉成, 等, 2014. 四川盆地下寒武统龙王庙组颗粒滩发育规律. 天然气工业, 34(8): 27-36.

**关键词** 碳酸盐台地; 层序地层; 古气候; 海平面变化; 颗粒滩



摘要 ID:1603

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地构造-流体动力演化与储层改造效应

刘嘉庆\*、李忠

中国科学院地质与地球物理研究所

深层-超深层碳酸盐岩储层是目前国家油气研究和勘探的重点领域, 而流体-岩石相互作用贯穿储层形成演化全过程。由于深层流体活动演化复杂, 目前系统的对成岩流体活动的认识, 特别是对深层构造-流体-岩石作用效应等专属性问题的认识有限。研究以塔里木盆地塔中地区和阿满过渡带的金跃-跃满地区奥陶系深层规模岩溶储层为典型实例, 通过详细的地质-地球化学工作精细对比解剖了其成岩流体演化过程及其对储层的影响。

详细的岩石学和配套的 SIMS 原位微区碳氧同位素、微量稀土元素、团簇同位素、流体包裹体及锶同位素等分析揭示了塔中鹰山组岩溶储层主要存在六期成岩流体活动 (早期海水 C1、早期大气水/混合水 C2、浅-中埋藏卤水 C3、中-深埋藏卤水 C4、晚期卤水/大气水 C5 和热流体 C6), 其中 C5 和 C6 主要沿断裂发育, 而早期大气水/混合水 C2 对储层起最重要的建设性作用。通过油气井和非油气井对比研究表明, 储层在台内滩/藻灰岩中更发育, 且储层段普遍经历了多期流体活动的改造。阿满过渡带的金跃-跃满地区碳酸盐岩储层表现出更显著的后期构造-流体的叠加改造, 走滑断裂对储层分布具有明显控制作用。根据构造性质不同, 断裂可以分为张扭段、压扭段和平移段。对裂缝的综合地化构造-流体活动分析显示流体性质主要为热流体、大气水和与烃类有关有机酸, 压扭段表现为早期大气水活动显著, 而张扭段后期构造-热流体改造更明显。对于深层-超深层碳酸盐岩储层, 张扭段和压扭段储层优于平移段, 和烃类相关的流体对储层起重要的建设性改造作用。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地, 奥陶系, 深层-超深层碳酸盐岩储层, 构造-流体



摘要 ID:416

主题分类: 沉积盆地分析=》盆地动力学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 南海深海沉积定量重建及其对洋盆扩张过程的启示

解习农<sup>1</sup>、任建业<sup>1</sup>、姜涛<sup>1</sup>、李学杰<sup>2</sup>、姚永坚<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)海洋地质资源湖北省重点实验室

2. 自然资源部广州海洋地质调查局

通过海量地质和地球物理的综合分析,以南海关键构造变革界面和海盆扩张事件为主线,总结南海不同陆缘(离散型、走滑型和汇聚型)构造演化差异及其相应的沉积记录,定量确定南海前扩张期、同扩张期、后扩张期的沉积充填差异及沉积通量变化,揭示南海深海盆源-汇系统特征。研究表明:南海陆缘沉积盆地和洋盆的深水沉积作用主要受控于与南海扩张事件密切相关的边界条件及构造演化过程。新生代以来南海周缘板块经历了多次构造运动重组事件,塑造了南海发育的动力边界,导致了有别于伸展背景下大西洋型被动大陆边缘的发育和演化。南海经历了总体汇聚背景下的大陆岩石圈伸展破裂过程,体现出显著的区域特色,而且南海不同陆缘(离散型、走滑型和汇聚型)显示出明显的阶段性及构造变革的多期性,导致了不同阶段的同沉积构造作用和古构造格架发生显著的变化,进而对盆地沉积序列的区域性旋回、沉积体系域的时空配置等产生深刻的影响。

南海深海盆由东部次海盆、西北次海盆和西南次海盆所形成。随着南海二次扩张使得不同海盆充填开始时间及充填厚度有明显差异,一般沉积厚度为600-1200m。主要沉积中心位于深海盆北部,即西北次海盆和东部次海盆东北部。深海盆早期(渐新世-早中新世)充填以火山碎屑角砾岩及深海泥岩沉积为主,周缘沉积物极少输送到海盆沉积;深海盆中期(中中新世-晚中新世)充填主要物源来自于西北缘中央峡谷系统和北缘珠江口外峡谷系统;深海盆晚期(上中新世-第四系)充填以北缘、东北缘物源体系为主,西南缘物源也有所增强。深海盆充填主要沉积物为晚中新世以来的陆源碎屑沉积,这与南海闭合过程中同期区域构造事件,如青藏高原快速隆升、菲律宾板块俯冲密切相关,丰富陆源碎屑的供给与晚中新世以来东亚季风增强以及源区强烈的风化剥蚀有关。

### 参考文献

**关键词** 南海边缘海;南海扩张;深海沉积;源-汇系统;新生代



# 沉积盆地分析 造山带与沉积盆地演化



摘要 ID:2174

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 华北盆地南部三叠系碎屑锆石年代学特征及其对秦岭造山过程的指示

杨文涛\*、彭深远  
河南理工大学

秦岭造山带位于中国中部, 由华南板块与华北板块碰撞拼合而成, 其三叠纪的构造演化对理解古特提斯洋的闭合以及 Pangea 大陆的形成具有重要意义。目前, 普遍认为华南板块与华北板块是斜向碰撞的过程 (Liu et al., 2015; Hu et al., 2020), 即大别山地区的碰撞发生在晚二叠世, 西秦岭地区则发生在中-晚三叠世, 但在东秦岭地区发生碰撞的时间并不清楚。在碰撞造山过程中, 对华北南缘褶皱逆冲带的形成时间及其隆升剥蚀的过程也没有很好的限定。本文以华北盆地南部三叠系为研究对象, 通过系统的碎屑锆石年代学特征来探讨秦岭造山带与华北盆地的盆山系统演化过程。

华北盆地南部下三叠统包括刘家沟组、和尚沟组, 沉积环境由三角洲沉积向滨浅湖沉积演变; 中三叠统在河南济源地区包括二马营组、油房庄组, 在鄂尔多斯盆地包括纸坊组、延长组 8-10 段, 沉积环境主要由河流沉积向湖泊沉积演变; 上三叠统在河南济源地区包括椿树腰组、谭庄组, 沉积环境主要为三角洲—半深湖—深湖沉积, 在鄂尔多斯盆地为延长组 1-7 段, 沉积环境主要为深湖浊流—三角洲沉积 (Liu et al., 2013; Meng et al., 2019)。

三叠纪华北盆地古地理及指向西北方向的古水流特征指示了华北盆地南部在该时期主要接受来自盆地南部边缘的碎屑物质供给, 包括华北南缘和秦岭造山带。碎屑锆石年代学特征显示, 早三叠世砂岩样品的碎屑锆石形成了 2500、1850、950、745、450-430 和 310-250 Ma 的年龄峰值, 其物源可能来自秦岭造山带和华北南缘再旋回沉积物; 中三叠世砂岩样品的碎屑锆石年龄主峰值为 255 Ma, 两个次峰值分别为 ~2500 Ma 和 ~1800 Ma, 推测这些锆石应来自于华北南缘隆起; 晚三叠世早期的砂岩样品与中三叠世砂岩样品具有相似的锆石年代学特征, 但是晚期的砂岩样品中除具有 ~2500、~1800 和 360-256 Ma 锆石年龄峰值外, 再次出现来自秦岭造山带的新元古代-早古生代特征锆石年龄, 形成 912、740 和 453 Ma 的年龄峰值, 暗示了秦岭造山带的造山作用在逐渐增强。

物源分析结果表明, 华北南缘和秦岭造山带在早三叠世发生了快速隆升, 其动力可能与华南板块与华北板块之间的大陆碰撞有关。华北南缘褶皱逆冲带可能形成于中三叠世, 阻挡了来自秦岭造山带的沉积物, 并在中-晚三叠世经历了快速抬升与剥蚀作用, 首先是二叠纪的沉积盖层, 其次是寒武纪和新元古代地层, 最后是中元古代基底。当基底岩石暴露后, 岩石的抗风化能力增强, 剥蚀作用减弱, 导致秦岭造山带的造山负荷逐渐增强, 形成了沿造山带分布的晚三叠世深水沉积。

**参考文献** Hu, F. Y., Liu, S. W., Ducea, M. N., Chapman, J. B., Wu, F. Y., Kusky, T., 2020. Early Mesozoic magmatism&nbsp;&nbsp;&nbsp; tectonic evolution of the Qinling Orogen: Implications for oblique continental collision. *Gondwana Research*, 88, 296-332. Liu, S. F., Su, S., Zhang, G. W., 2013. Early Mesozoic basin development in North China: indications of cratonic deformation. *Journal of Asian Earth Sciences* 62, 221-236. Liu, S. F., Qian, T., Li, W. P., Dou, G. X., Wu, P., 2015. Oblique closure of the northeastern Paleo-Tethys in central China. *Tectonics* 34, 413-434. Meng, Q. R., Wu, G. L., Fan, L. G., Wei, H. H., 2019. Tectonic evolution of early Mesozoic sedimentary basins in the North China block. *Earth-Science Reviews* 190, 416-439.

**关键词** 秦岭造山带; 三叠纪; 华北南缘; 秦岭盆地; 剥蚀作用



摘要 ID: 2241

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 峨眉山隆升与龙门洞河与临江河沉积响应

可以<sup>2</sup>、孙玮\*<sup>2</sup>、邓宾<sup>1</sup>

1. 成都理工大学能源学院
2. 成都理工大学地质学系

本文利用峨眉山龙门洞河与临江河流域沉积物碎屑锆石年龄与数字高程模型 (DEM) 数据结合分析的方法分析峨眉山的隆升过程与河流形成过程之间的响应关系, 结果如图 1 所示。龙门洞河与临江河是峨眉山的主要两条河流, 发源于峨眉山, 流入峨眉平原, 两条河流的形成演化与峨眉山的形成息息相关。碎屑锆石年龄数据表明, 龙门洞河流域对应年龄分布如图 1 所示, 但主峰值非常明显, 集中于 220Ma 左右, 说明隆升至上三叠统地层时构造有一个稳定期。而临江河流域的数值与龙门洞河有较大的差异, 有 3 个主要的峰值, 说明其稳定期较北部龙门河多。从两条河流域的沉积碎屑锆石的最新年龄 4 和 6Ma, 也说明峨眉山的隆升不会早于这个阶段。临江河流域最古老的锆石年龄超过 570Ma 以上有 3 个数据, 而龙门洞河缺少相关的年龄数据, 说明龙门洞河的发源可能未到更古老的岩层。

高程面积积分图表明, 龙门洞的发育高程较之临江河低, 其面积积分在 1900-1000m 的范围内随高程的降低有较快的增加, 表明河流迅速变宽; 而临江河在 2500-1300m 的高程内面积积分变化不大, 表明在中高海拔内河道稳定。但二者在 1000m 高程处都有较大的拐点, 之后随高程降低变面积积分变小, 说明河道逐渐收敛。因此, 在中高高程两条河流有较大的差异, 但到中低高程的变化趋势是相似的。结合 HI 指数, 龙门洞河为 0.284, 临江河为 0.342, 二者都为老年期河流, 结合前面的锆石裂变径迹数据, 峨眉山整体的隆升年龄在 4 至 6Ma 之后。随着时间的迁移龙门洞河开始发育, 这些河流的发育随着时间的推移至 6Ma 时最后一次强隆升, 之后准平原化形成现今河流形貌。

结合龙门洞河和临江河现在阶地的分布, 与锆石年龄分布数据其实是可以对应的, 按阶地划分的隆升过程与年龄数据对应后, 可以计算出隆升的幅度, 对认识该地区的隆升活动有重要意义。从目前的结果来看, 峨眉山自身隆升并不是一个均匀隆升的过程, 南北隆升存在差异。

### 参考文献

**关键词** 峨眉山; 龙门洞河; 临江河; 锆石年龄; 数字高程模型





摘要 ID:2904

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 帕米尔弧形构造带东缘现代河流碎屑锆石 U-Pb 年代学及其意义

沈俊杰<sup>1,2</sup>、常宏<sup>\*1,3</sup>、涂宏志<sup>1</sup>、关冲<sup>4</sup>、李乐意<sup>1,5</sup>

1. 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室
2. 中国科学院大学
3. 中国科学院第四纪地质与全球变化卓越创新中心
4. 中国地质调查局西安地质调查中心(西北地质科技创新中心)
5. 西安地球环境创新研究院

帕米尔弧形构造东缘位于帕米尔高原与青藏高原主体部分的结合地带,是研究帕米尔构造演化、地块划分与青藏高原主体部分对比分析的理想区域。在地质和地球物理分析的基础上,量化了该地区抬升速率的时间和空间变化,但是构造变形及其对区域地貌演化的影响尚不清楚。通过对帕米尔弧形构造东缘的现代河流的碎屑锆石 U-Pb 年代的系统研究,可以分析帕米尔弧形构造带的物源变化以及对构造演化过程的响应,有助于研究帕米尔弧形构造带与青藏高原主体部分的关系。本文的主要结论有:(1)塔什库尔干河流域现代河流沉积物以 107 Ma 左右的白垩纪物质为主,13 Ma 左右的新生代年轻物质仅贡献少部分物源,200-300 Ma 和 600-800 Ma 的物质对整个流域物源组成贡献影响不大。(2)帕米尔弧形构造带东缘从南至北物源发生显著改变,南帕米尔的白垩纪物质向北影响力逐渐减弱。(3)南帕米尔与拉萨地体、中帕米尔与羌塘地体、北帕米尔与松潘甘孜地体可能具有亲缘性,这三个地体在晚古生代-中生代拼接完成。(4)在白垩纪早期,中特提斯开始关闭时发育的白垩纪岩浆岩,为南北两侧的帕米尔弧形构造带和低喜马拉雅上层与特提斯序列开始提供白垩纪物质。在新生代晚期,由于印度-欧亚板块的持续汇聚形成了帕米尔构造带的弧形形态。公格尔伸展系统的活动,奠定了现今帕米尔弧形构造东缘的河流格局,影响了帕米尔弧形构造东缘河流的物质来源。

### 参考文献

**关键词** 帕米尔; 碎屑锆石; U-Pb 定年; 物源分析; 构造演化



摘要 ID:1716

主题分类：沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型：展板

## 阿尔金断裂带中段中生代盆地形成演化

张正刚\*

中国石油勘探开发研究院西北分院

阿尔金断裂是中国西北地区北东-南西走向的大型转换断层，分隔了塔里木盆地和柴达木盆地；断裂西南起于西藏的拉竹笼，东北至于甘肃金塔一带，延伸约 1300 多千米，现今遥感图上表现为明显的左行走滑特征，80 年代以来，国内掀起了阿尔金研究的高潮，对阿尔金断裂的研究取得了重要进展。这些研究成果大都集中在阿尔金断裂形成时间、活动时间和性质、走滑距离等方面的研究，而针对阿尔金断裂两侧中生界盆地的形成和构造演化作用研究很少，很大程度上制约了对断裂两侧中生界盆地发育特征的研究，也影响了对断裂两侧中生界盆地勘探潜力的评价认识。笔者通过近年来对柴达木盆地及周缘中生界分布特征的研究结合前人研究成果，对阿尔金断裂两侧中生界盆地的成盆和改造提出以下几个方面认识：1、中生代盆地经历了燕山早中期断裂右行拉分成盆、燕山晚期左行挤压，古近纪喜山运动强烈左行走滑改造的形成演化过程；2、中生代右行拉分形成多种与拉分作用相关的不同类型的中生界盆地，自西向东发育：昆仑山西南断陷盆地、吐拉单斜盆地；塔东南拉分盆地、柴达木阿尔金西段单斜盆地、柴达木阿尔金山前带东段拉分断陷盆地，以及东北部敦煌盆地等。这些含油气盆地受成盆期拉分，改造期走滑、挤压应力机制的影响，盆地分布形态、性质、大小都有所不同；3、阿尔金断裂左行走滑运动始于燕山晚期，燕山晚期-喜山早期左行走滑距离 300—500km 之间，构造运动对阿尔金南侧白垩系分布起到了控制作用，而强烈左行走滑期发生在古近纪，造就了柴达木盆地古近纪拉分裂陷盆地的形成，新近纪主要以造山带隆升为主，以拗陷盆地为特征；4、阿尔金左行走滑具有明显的不均衡性，主要以南盘强烈向东左行运动为主，而北盘活动较弱，所以，南盘中生界盆地改造较强、而北盘中生界盆地改造相对较弱。因此正确认识这些中生界盆地成盆环境、盆地类型和盆地演化对研究阿尔金活动特征、侏罗系分布和评价盆地勘探潜力具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 阿尔金断裂带、中生代、左行走滑、右行走滑走滑拉分盆地。



摘要 ID:1748

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 中天山地块新元古代早期古地理重建

王琳溪<sup>1</sup>、黄虎\*<sup>1,2</sup>、侯明才<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

中亚造山带是世界上最大的增生型造山带, 它的演化与其中的前寒武微陆块及后期的俯冲增生杂岩具有密切联系。中天山地块是中亚造山带众多前寒武微陆块之一, 可被划分为西段和东段。前人研究表明, 中天山东段原定为长城系和蓟县系的星星峡群和卡瓦布拉克群, 应当为新元古代最早期的地层。而中天山西段广泛分布的前寒武基底为探究东西两段之间的关系提供了可能性。通过对中天山西段巴仓台地区北部的蓟县系科克苏群变质沉积岩中采集的3个样品进行碎屑锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄分析表明, 其碎屑锆石年龄以 2.0-1.0 Ga 为主, 并具有 1480 Ma 的峰值年龄。结合已有的侵入岩年龄, 指示科克苏群形成于中元古代最晚期至新元古代最早期。中天山西段科克苏群与中天山东段星星峡群和卡瓦布拉克群具有相似的碎屑锆石概率年龄谱。结合已有的岩浆岩数据, 表明中天山东西两段在新元古代最早期具有相似的构造属性和古地理位置。通过对中天山地块与其它块体的碎屑锆石年龄谱对比以及使用多维标度去分析相似性, 认为中天山地块与伊犁地块在新元古代最早期具有相似的来自澳大利亚的物源。这一时期, 中天山地块和伊犁地块很可能位于澳大利亚克拉通附近。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3351

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地西缘中段马家滩地区地震地质解释方案探讨

欧阳征健<sup>\*1</sup>、冯娟萍<sup>2,3</sup>、李文厚<sup>4</sup>、姚韦卓<sup>2,3</sup>

1. 兰州城市学院培黎石油工程学院
2. 西安科技大学地质与环境学院
3. 煤炭绿色开采地质研究所
4. 西北大学地质学系

厘清鄂尔多斯盆地西缘中段马家滩地区的构造样式、地质结构是选择合理的、客观的地震地质解释方案的前提和基础。利用野外地质考察、构造解析、平衡地质剖面技术等方法,对马家滩地区构造特征进行了研究,选取了合理的地震地质解释方案(杨华等,2011a,2011b;欧阳征健等,2012,2021;冯娟萍等,2013,2021)。结果表明:(1)马家滩地区上古生界、中生界煤层、泥岩比较发育,特别是羊虎沟组、太原组、山西组煤层十分发育,是形成多层滑覆的基本地质条件。(2)惠安堡-沙井子断裂是研究区构造分界线,断层以西以“厚皮”构造为主,断层以东以“薄皮”构造为主。(3)滑覆层主要发育于上古生界煤层、泥岩中,特别是在羊虎沟组煤层中非常发育。(4)深、浅层构造差异明显,深层构造变形较弱,断层不太发育;浅层构造变形较强,断层比较发育。(5)浅层滑覆构造模式是研究区客观的、合理的地震地质解释模式。该研究成果对认识鄂尔多斯盆地西缘中段马家滩地区构造特征具有重要的参考价值。

**参考文献** 冯娟萍,欧阳征健,黄正良.2013.平衡地质剖面技术在鄂尔多斯盆地西缘中南段中的应用.大地构造与成矿学,37(3):393-397.冯娟萍,欧阳征健,陈全红,等.2021.鄂尔多斯盆地及周缘地区上石炭统沉积特征.古地理学报,23(1):53-64.欧阳征健,陈洪德,冯娟萍.2012.鄂尔多斯盆地西缘中南段构造特征与演化.现代地质,26(4):691-695.欧阳征健,冯娟萍,龚慧山,等.2021.鄂尔多斯盆地西缘横山堡地区构造特征与油气勘探目标优选.地质科学,56(1):19-27.杨华,付金华,欧阳征健,等.2011a.鄂尔多斯盆地西缘晚三叠世构造-沉积环境分析.沉积学报,29(3):427-439.杨华,陶家庆,欧阳征健,等.2011b.鄂尔多斯盆地西缘构造特征及其成因机制.西北大学学报(自然科学版),41(5):63-868.

**关键词** 鄂尔多斯盆地西缘;马家滩地区;地质结构;滑覆构造;地震地质解释方案



摘要 ID:2185

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 川东北地区侏罗系凉高山组沉积背景及勘探有利区探讨

杨荣军<sup>1</sup>、周川阔<sup>2</sup>、张志杰<sup>2</sup>、黄秀<sup>2</sup>、孟昊<sup>2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院西北分院

2. 中国石油勘探开发研究院

随着四川盆地平安1井侏罗系凉高山组中取得非常规油气勘探的重大突破, 急需提升对川东北地区凉高山组的地质认识。目前该区凉高山组研究较为薄弱, 沉积体系及其平面展布控制因素尚不清楚, 难以优选有利勘探区带和目标, 不能指导油气勘探。本文基于露头、钻井、二三维地震等数据, 首次认为在川东北地区中部可能发育一个北北东向的古隆起带, 称为“开江—梁平”水下低幅度隆起带。该隆起带平面呈椭圆状, 隆起幅度在20-50m之间, 长轴约120km, 短轴约35km, 北段在开江以北, 南部至梁平。有以下三点证据:

- ①在川东北地区南北向和北西—南东向连井剖面中, 可见凉高山组厚度在wt1和g005-h1井明显偏薄, 向两侧变厚。
- ②在川东北地区凉高山组钻井地层厚度平面图中, 可见两隆两拗沉积格局, 隆起带和拗陷带之间分布着多个次中心。
- ③在二维格架大剖面上, 凉高山组厚度从川东向川中地区整体呈楔形减薄, 但在开江—梁平地区存在局部变薄的特征; 在钻井约束的三维地震剖面上, 可以在南北向、东西向看到凉高山组厚度向隆起带变薄的规律。

凉高山组中下段广泛发育一套厚度为10—20m的富有机质页岩, 为最大湖泛期沉积, 地震上响应为一套稳定波谷的中下半叶, 为非常规油气勘探的重要目的层。地震正演模型分析得出波谷能量越强, 页岩厚度越大, 波谷能量越弱, 页岩厚度越薄或不发育。重点三维区页岩平面分布地震预测表明, 该套富有机质页岩的分布明显受开江—梁平隆起带控制, 在拗陷区厚度更大、品质更佳。据此认为最有利勘探区带为开江—梁平隆起带两侧的拗陷带。拗陷内该套富有机质页岩已被钻井钻揭, 是非常规油气勘探的甜点段, 有望获得大突破。

### 参考文献

**关键词** 川东北地区、凉高山组、沉积背景、古隆起带、勘探有利区



摘要 ID: 2508

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 尼泊尔古近纪喜马拉雅前陆盆地演化: 对特提斯海最终关闭与喜马拉雅早期隆升的约束

王建刚<sup>\*1</sup>、Gautam Khanal<sup>1</sup>、胡修棉<sup>2</sup>、吴福元<sup>1</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所
2. 南京大学地球科学与工程学院

尼泊尔 (Tansen 地区) 是喜马拉雅山前少数保留印度-亚洲大陆碰撞早期沉积记录的地区。深入研究这些古近系沉积地层, 对于理解印度-亚洲大陆碰撞、特提斯海关闭以及喜马拉雅山的早期隆升具有重要意义。Tansen 地区古近系沉积地层包括 Amile 组和 Bhainskati 组, 二者整合接触。Amile 组不整合于下白垩统 Taltung 组火山岩屑砂岩之上, Bhainskati 组被中新世 Dumre 组不整合覆盖。沉积环境分析表明, Amile 组石英砂岩沉积于滨岸环境; Bhainskati 组下部黑色灰岩沉积于半局限泻湖, 上部砂岩、铁鲕岩和杂色泥质岩沉积于局限泻湖-陆相沉积环境。物源分析显示, Amile 组石英砂岩主要源自下伏白垩系和古生代地层, 而 Bhainskati 组上部的碎屑岩主要来自于喜马拉雅, 另外岩石中出现少量源自冈底斯的碎屑锆石 (晚白垩年龄, 正的 Hf 同位素)。

冈底斯碎屑锆石在 Bhainskati 组中的出现, 证实印度-亚洲大陆在这一时期已经发生碰撞。基于地层和物源资料, 我们认为尼泊尔古近纪地层是印度-亚洲大陆碰撞欠充填周缘前陆盆地的最远端记录。亚洲大陆及早期喜马拉雅造山带的构造荷载导致低喜马拉雅地区发生构造沉降, 引起海侵; 之后, 由于造山带物质的输入, 盆地充填完成, 导致海退。Bhainskati 组海相地层的结束标志着新特提斯海在喜马拉雅中段的最终关闭, 这一时间被地层中的有孔虫化石约束为 P11-P12a (44.9-41.2 Ma)。喜马拉雅物质的输入发生在 Bhainskati 组上部, 亦可约束喜马拉雅造山带的最早剥蚀发生在 Lutetian 中晚期~43 Ma。

参考文献

关键词



摘要 ID:369

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 扬子陆块西缘晚三叠世幕式陆内造山作用的沉积响应

颜照坤<sup>1</sup>、李勇<sup>2</sup>、邵崇建<sup>1</sup>、张代柱<sup>1</sup>、叶婷婷<sup>1</sup>

1. 东华理工大学核资源与环境国家重点实验室
2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

一般认为晚三叠世扬子西缘受松潘-甘孜造山带逆冲推覆作用的影响,盆地转变为前陆盆地,但是此阶段发育的大量花岗岩反映了松潘-甘孜地区处于造山后伸展构造环境,因此需要对该阶段前陆盆地与造山带演化之间的耦合关系进行精确刻画。本文基于地表露头剖面、钻井、地震资料,对四川盆地上三叠统黑色泥页岩的时空分布特征和上三叠统下伏不整合面分布特征进行了详细分析,结合前人研究成果,对前陆盆地系统演化过程,特别是造山楔逆冲推覆、前缘隆起迁移特征及其构造意义进行了研究。结合松潘-甘孜地区花岗岩岩体年龄的统计,系统分析了松潘-甘孜造山带构造演化与前陆盆地沉积充填序列之间的关系。在晚三叠世卡尼期羌塘地体与华北陆块共同向松潘-甘孜地体汇聚,导致松潘-甘孜地体东部发生NW-SE向地壳缩短,驱动了龙门山造山楔向南东逆冲推覆,并形成陆内前陆盆地系统。四川盆地上三叠统黑色泥页岩主要发育在龙门山冲断带的前缘地区,是晚三叠世龙门山造山楔强烈逆冲推覆作用下导致的前渊地区快速沉降,形成欠补偿盆地的结果。四川盆地上三叠统的三套黑色泥页岩(分别发育在须一段(马鞍塘组、小塘子组)、须三段和须五段)依次向南东迁移,代表了晚三叠世龙门山造山楔向南东三次较为强烈的逆冲推覆作用。根据不整合面和黑色泥页岩的分布特征,推测龙门山造山楔在卡尼期的推进速率较快,导致四川盆地西部很快被超覆,形成较小的剥蚀量;在诺利期,推进速率较慢,导致前缘隆起长期位于泸州-开江地区,并造成该地区较大的剥蚀量;在瑞替期,造山楔继续向南东推进,形成覆盖整个四川盆地的陆相湖盆。

**参考文献** Yan Z, Tian Y, Li R, et al. Late Triassic tectonic inversion in the upper Yangtze Block: Insights from detrital zircon U-Pb geochronology from south-western Sichuan Basin[J]. Basin Research, 2019, 31(1):92-113.

**关键词** 前陆盆地;晚三叠世;黑色泥页岩;四川盆地须家河组;幕式陆内造山



摘要 ID:2004

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 拉萨地块林周盆地下白垩统塔克那组: 新特提斯洋活动陆缘伸展阶段沉积记录

刘航宇、石开波、刘波\*  
北京大学

**摘要内容提要:** 拉萨地块林周盆地下白垩统系塔克那组沉积于新特提斯洋壳向拉萨地块俯冲的弧后伸展环境, 对重构该时期古地理格局、理解活动陆缘伸展构造对沉积的控制作用具有重要意义。基于野外露头描述和薄片观察, 总结塔克那组岩石地层结构、岩石学和古生物特征, 对比同期新特提斯被动陆缘阿拉伯板块 Shu' aiba 组, 讨论塔克那组沉积演化和活动陆缘沉积特征。塔克那组发育碎屑岩、硅质碎屑-碳酸盐混积岩、碳酸盐岩三大类沉积岩十种岩石类型, 纵向上划分为四个岩性段, 是一个三级相对海平面变化旋回的沉积层系。塔一段砂岩—混积岩—灰岩岩性变化、沉积构造和生物类型均指示潮间-潮下带潟湖环境; 塔二段沉积于海平面快速上升期, 主要为风暴浪基面之下厚层泥灰岩; 塔三段在玛行西剖面识别出代表风暴浪基面之上的风暴成因生物富集层, 往西南在甲绒东剖面相变为浅滩相生屑/鲕粒颗粒灰岩浅滩高能沉积相带; 塔四段沉积期海平面持续下降, 海水逐渐退出盆地, 沉积滨岸相和泛滥平原环境的泥页岩夹粉砂岩。与阿拉伯板块同期生物种属对比表明, 塔克那组沉积期, 南拉萨地块林周盆地与新特提斯洋沟通性好。活动陆缘伸展背景下, 具有基底快速差异沉降、陆源沉积物持续输入的特征, 导致纵、横向相变快, 混积岩发育, 厚壳蛤、*Lithocodium-Bacinella* 等浅海喜净水生物和深水浮游生物欠发育。

**参考文献** 胡修棉, 薛伟伟, 赖文, 王建刚, 安慰, 李娟. 造山带沉积盆地与大陆动力学. 地质学报[J], 2021, 95(1):139-158. 邢莉圆, 赵志丹, 齐宁远, 唐演, 刘栋, 佟鑫, 王青, 朱弟成. 2020. 藏南林周盆地设兴组砂岩及其中玄武岩夹层的地球化学与成因. 岩石学报[J], 2020, 36(9):2729-2765. Wang J, Hu X, Garzanti E, et al. 2020. From extension to tectonic inversion: Mid-Cretaceous onset of andean-type orogeny in the Lhasa Block and early topographic growth of Tibet[J]. Geological Society of America Bulletin, 2020, 132:2432-2454. van Buchem F S P, Al-Husseini M I, Maurer F, et al. 2010. Sequence-stratigraphic synthesis of the Barremian-Aptian of the eastern Arabian Plate and implications for the petroleum habitat. In: van Buchem F S P, Al-Husseini M I, Maurer F, Droste H J, eds. Barremian-Aptian stratigraphy and hydrocarbon habitat of the eastern Arabian Plate. GeoArabia Special Publication 4, Gulf PetroLink, Bahrain, 1:9-48. BouDagher-Fadel M K, Hu X, Price G D, et al. Foraminiferal biostratigraphy and palaeoenvironmental analysis of the Mid Cretaceous limestones in the Southern Tibetan Plateau. Journal of Foraminiferal Research, 2017, 47(2): 188-207.

**关键词** 白垩系; 塔克那组; 混积岩; 风暴沉积; 生物富集层; 弧后伸展构造; 海平面变化





摘要 ID: 3378

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 从阿布山组陆相红层约束中羌塘山脉变质岩白垩纪中期剥露过程和机制

马安林<sup>1</sup>、胡修棉\*<sup>1</sup>、Eduardo Garzanti<sup>2</sup>、Alex Pullen<sup>3</sup>、Marcelle BouDagher-Fadel<sup>4</sup>、季兴开<sup>5</sup>、王建刚<sup>6</sup>、赖文<sup>7</sup>、薛伟伟<sup>1</sup>

1. 南京大学地球科学与工程学院

2. Università di Milano-Bicocca

3. Department of Environmental Engineering and Earth Sciences, Clemson University

4. Department of Earth Sciences, University College London

5. 中国科学院南京地质古生物研究所

6. 中国科学院地质与地球物理研究所

7. 南京大学地理与海洋科学学院

青藏高原中部存在一条近东西向的中羌塘山脉, 山脉的核部由三叠纪的高压变质岩构成, 两侧是古生代的地层。中羌塘山脉的隆升时间和过程对重建青藏高原中部的地貌演化历史具有重要意义。本研究对位于双湖地堑的中羌塘山麓新发现的双湖砾岩和超过 1 公里厚的阿布山组陆相红层进行了详细的地层学、沉积学和物源研究, 试图从沉积记录角度约束中羌塘山脉隆升和剥蚀过程。研究表明双湖砾岩和阿布山组均不整合覆盖在羌塘变质岩之上。孢粉组合和最年轻碎屑锆石 U-Pb 年龄以及已发表的磁性地层学结果表明, 阿布山组地层的沉积时代为白垩纪中期。灰岩砾石中的有孔虫组合指示双湖砾岩在早-中侏罗世之后沉积, 存在与阿布山组是同时期沉积的可能。阿布山组地层呈现出向上变细, 沉积环境变深的过程: 从辫状河三角洲平原的砂砾岩转变为湖泊三角洲平原和三角洲前缘的砂岩、粉砂岩和碳酸盐岩。阿布山组和双湖砾岩都含有变质岩碎屑, 表明中羌塘变质岩出露地表至少发生在阿布山组沉积期间即白垩纪中期。阿布山组地层最底部主要由灰岩碎屑构成, 而向上石英、变质岩和火山岩碎屑的比例在不断增加, 尤其上段主要由石英构成, 这种物源的转变指示了中羌塘山脉的揭顶剥蚀过程。根据这些证据, 本研究提出北东-南西方向的双湖阿布山组沉积盆地的形成发生在晚侏罗世至早白垩世至少 40 Ma 的沉积间断之后, 可能和区域构造伸展有关。

### 参考文献

**关键词** 青藏高原, 拉萨-羌塘碰撞, 孢粉, 物源分析



摘要 ID: 3425

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地南华-震旦纪构造-沉积演化特征.

段云江\*

塔里木油田勘探开发研究院

通过对比塔里木盆地震旦系盆缘露头和盆内钻井岩心, 辅以全盆地 42 条地震大剖面以及多块三维地震资料和盆内各构造区块的二维地震资料解释成果的制约探讨盆内震旦系分布特征, 同时结合大地构造背景恢复探讨其震旦纪原型盆地、构造-沉积演化及其古地理特征。南华纪-震旦纪塔里木盆地发育完整的伸展-挤压构造旋回, 经历大陆裂谷期、断陷期-坳陷期、挤压抬升期等多期构造演变。南华纪塔里木板块处于伸展裂陷状态, 发育大陆裂谷。随着裂陷范围逐渐向盆地内扩展, 盆地内部形成一系列断陷。震旦纪则转向克拉通内坳陷, 以弱伸展滨浅海相沉积为主, 形成板内坳陷。震旦纪末期, 板块抬升遭受剥蚀, 形成前寒武纪大型区域不整合。南华-震旦纪的构造-沉积格局迥然于寒武-奥陶系克拉通内碳酸盐岩台地, 裂谷盆地旋回的下构造层与克拉通台盆的中部构造层存在显著的构造转换, 构造-沉积格局显然不同。当然, 南北分带的构造格局对后期的构造演化具有一定的控制作用, 并制约南北分带的沉积格局。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地; 南华纪; 震旦纪; 构造-沉积演化; 岩相古地理



摘要 ID:2908

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 晚中生代太行山古高程重建: 基于古高程计

文一雄<sup>1</sup>、张来明<sup>1</sup>、李亚林\*<sup>1</sup>、Katharine W. Huntington<sup>2</sup>、金天杰<sup>1</sup>、Andrew J. Schauer<sup>2</sup>、王成善<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. University of Washington

晚中生代时期(侏罗纪-白垩纪), 中国东部在板片多向汇聚的构造背景下, 深部岩石圈经历了显著的破坏, 引发了表层地貌与古气候的剧烈变化<sup>1</sup>。在此过程中, 太行山经历隆升并逐渐演变为中国东西部之间重要的构造-地貌-气候生态分界线, 对中国中东部地区的气候与经济产生了深远影响<sup>2</sup>。重建太行山地区古高程变化过程, 可以有效的约束华北地区地貌演化历史, 进而分析华北地体陆内造山的动力学过程。本研究通过古土壤团簇同位素古温度计与原岩主微量组分分析, 对太行山北部地区开展定量古高程重建。结果显示, 太行山北部在 160 Ma 时已抬升至  $2.0 \pm 0.8$  km, 在 113 Ma 时的古海拔为  $2.7 \pm 0.7$  km, 早白垩世末期(~105 Ma)的古海拔为 0.7 km, 由此推断, 太行山的初始隆升至少开始于中侏罗世晚期。结合前人低温热年代学, 岩石地球化学数据与构造变形分析, 我们认为太行山北部在晚侏罗世时期经历了持续隆升作用, 因此在早白垩世初期可能抬升到了更高的高度(>3 km)。早白垩世时期, 在华北东部经历了显著伸展裂陷作用后, 太行山北部地区仍保持较高的古海拔高度(2.7 km), 支持了古太行山高地的存在<sup>2</sup>, 也表明华北地区西高东低的地貌格局在 113 Ma 之前可能就已经形成。早白垩世末期, 受区域岩石圈伸展减薄的影响, 大同-浑源盆地经历了古海拔的降低(0.7-1.0 km)。

**参考文献** 1. 朱日祥, &nbsp;&nbsp;&nbsp;周忠和, &nbsp;&nbsp;&nbsp;孟庆任. &nbsp;&nbsp;&nbsp;华北克拉通破坏对地表地质与陆地生物的影响. &nbsp;&nbsp;&nbsp;科学通报. 2020. 2. Xu, Y. G. Diachronous lithospheric thinning of the North China Craton and formation of the Daxin' anling-Taihangshan gravity lineament. *Lithos*. 2007.

**关键词** 晚中生代; 太行山; 团簇同位素; 古高程



摘要 ID: 3042

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 走滑断裂演化阶段划分及其表征参数研究

邓铭哲\*

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

近年来,走滑构造域体现出了重要的油气勘探价值。走滑构造活动及其油气资源效应成为深化走滑构造域油气勘探的核心科学问题。走滑构造演化阶段的合理划分,是认识走滑构造活动与油气成藏过程耦合关系的关键。目前,走滑断裂演化阶段的划分始终停留在从结构样式进行类比、判断的阶段,难以形成统一的观点。其根本原因是缺乏能够表征断裂演化阶段的客观参数。

为解决此问题,开展了基于纯走滑里德尔剪切构造物理模拟平面图像的几何学参数统计分析工作,通过对比不同位移量下断裂带平面图像的几何学参数,发现断裂带相邻断裂夹角的标准差及断裂带内断裂与走滑方向的夹角数据标准差,随断裂左右两盘位移量的增加呈现阶段性变化。以相邻断裂夹角数据的标准差为依据,将断裂演化极端划分为剪切单向破裂阶段、剪切雁列式破裂阶段、剪切连通破裂阶段,以断裂与走滑方向的夹角数据标准差为依据,将断裂划分为主位移带未贯通阶段与主位移带贯通阶段。在此基础上形成了统计断裂角度、计算标准差的相关软件及判断断裂所处演化阶段的操作方法。

**参考文献** [1] Tim, P, Dooley, et al. Analogue modelling of intraplate strike-slip tectonics: A review and new experimental result[J]. Tectonophysics, 2012. 547-575:1-71 [2] 胡志伟, 宿雯, 李果营, 等. 渤海南部海域小微断裂成因机制及控藏类型[J]. 中国海上油气, 2019, 31(02):29-38. [3] Deng S, Li H, Zhang Z, et al. Structural characterization of intracratonic strike-slip faults in the central Tarim Basin[J]. AAPG Bulletin, 2019, 103(1):109-137. [4] Richard P., Michael N, et al. Experimental models of strike-slip tectonics. Petroleum Geoscience. 1995, 1, 71 - 80. [5] Schreurs, G., Fault development and interaction in distributed strike-slip shear zones: an experimental approach. In: Storti, F., Holdsworth, R.E., Salvini, F. (Eds.), Intraplate Strike-slip Deformation Belts. Geological Society, London, Special Publications 2003, 210, 35 - 52. [6] 葛肖虹, 任收麦, 刘永江, 等. 中国大型走滑断裂的复位研究与油气资源战略选区预测[J]. 地质通报, 2006, (Z2): 1022-1027. [7] 马德波, 汪泽成, 段书府, 等. 四川盆地高石梯-磨溪地区走滑断层构造特征与天然气成藏意义[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(05):51-61. [8] 万天丰, 朱鸿. 郑庐断裂带的最大左行走滑断距及其形成时期. 高校地质学报, 1996. 2(1):14-27. [9] 王勇生, 朱光, 宋传中, 等. 大别山东端郑庐断裂带由走滑向伸展运动转换的 40Ar-39Ar 年代学记录[J]. 地质科学, 2006, 41(2):242-255. [10] 余一欣, 周心怀, 徐长贵, 等. 渤海辽东湾拗陷走滑断裂差异变形特征[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(5): 632-638. [11] 朱光, 刘国生, Dunlap W. J. Teyssier C, 王勇生, 牛漫兰. 郑庐断裂带同造山走滑运动的 40Ar/39Ar 年代学证据, 科学通报, 2004, 9(2):190-



198. [12] 朱光辉, 谢晓军, 邱春光. 弧后走滑拉张盆地石油地质特征与油气勘探潜力——以缅甸 Andaman 海域马达班湾盆地为例[J]. 中国海上油气, 2010, 22(4):225-231.

**关键词** 标准差、走滑断裂、表征参数、演化阶段



摘要 ID:698

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 碎屑岩特征及碎屑锆石定年在盆地构造原型恢复中的应用

蔡芃睿\*

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

黑龙江西部龙江地区位于中亚造山带东段, 黑河—贺根山缝合带与西拉木伦缝合带之间, 地层记录了两大古板块之间古亚洲洋闭合过程的信息。本文对龙江地区乐平统林西组和下—中三叠统老龙头组的砂岩样品进行碎屑重矿物组成、碎屑岩地球化学特征和碎屑锆石 U-Pb 同位素年代学研究。碎屑重矿物组合以锆石+磷灰石+金红石+角闪石+绿帘石+重晶石的组合为特征, 表明物源主要来自中酸性岩浆岩, 并有少量变质岩及沉积岩组分。林西组样品最年轻的锆石年龄为  $278 \pm 3\text{Ma}$ , 老龙头组样品最年轻的锆石年龄为  $247 \pm 3\text{Ma}$ 、 $243 \pm 4\text{Ma}$  及  $237 \pm 3\text{Ma}$ , 结合前人的研究, 限定了林西组沉积于乐平世, 老龙头组沉积于早三叠世—中三叠世。碎屑锆石年龄谱明显分为五组:

$237 \sim 258\text{Ma}$ 、 $270 \sim 329\text{Ma}$ 、 $357 \sim 558\text{Ma}$ 、 $680 \sim 1633\text{Ma}$  及  $1893 \sim 1966\text{Ma}$ 。其中  $237 \sim 258\text{Ma}$  的碎屑锆石主要来自与古亚洲洋最终闭合及造山运动相关的火山活动,  $270 \sim 329\text{Ma}$  的碎屑锆石主要来自大石寨组火山岩及其同期侵入岩,  $357 \sim 558\text{Ma}$  的碎屑锆石来自早古生代—晚古生代早期岩浆弧,  $680 \sim 1633\text{Ma}$  的碎屑锆石可能来自兴安及额尔古纳地块的变质基底, 而较古老的  $\sim 1800\text{Ma}$  的锆石年龄暗示了华北克拉通基底的物源信息。从碎屑岩地球化学特征来看, 整体上所有样品都具有富集轻稀土元素和亏损重稀土元素的特征, 具有较弱的 Eu 负异常。从主量元素及微量元素特征来看, 主要物源区为大陆边缘弧, 并含有相当部分的主动大陆边缘组分。通过研究发现林西组及老龙头组样品前 30% 年轻的碎屑锆石年龄与地层沉积年龄之差都小于  $100\text{Ma}$ , 结合对砂岩碎屑组成、重矿物组合及盆地与火山弧位置关系的研究, 认为研究区乐平世—中三叠世沉积盆地具有汇聚背景, 为弧前盆地。

### 参考文献

**关键词** 中亚造山带; 碎屑锆石年代学; 碎屑重矿物; 地球化学; 物源分析



摘要 ID:3173

主题分类：沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型：展板

## 克拉苏构造带构造平衡与盆山关系探讨

赵英杰\*  
塔里木油田公司

库车坳陷是塔里木盆地油气勘探的重要领域，克拉苏构造带位于库车坳陷西部，整体呈 NEE-近 EW 走向（图 1），具有“整体挤压，分层变形，垂向叠置”变形特征（图 2）。在南天山与塔里木板块南北向区域挤压作用下，克拉苏构造带主要有四个变形层，即盐上变形层、膏盐岩塑变层、盐下中生界变形层和滑脱层以下相对稳定古生界变形层。本文利用高品质三维地震资料，采用地层沉积相对稳定且没有地层剥蚀的盐下层进行构造伸缩变形定量计算和研究，比较准确定量地揭示了克拉苏构造带的地壳缩短量。

图 1 库车坳陷构造单元划分图

图 2 测线 4 深度偏移剖面

### 一 平衡剖面技术方法原理

采用 Dahlstrom 平衡剖面技术通常遵循下列原则：（1）体积守恒原则；（2）二维面积守恒原则；（3）层长守恒原则；（4）断层位移距守恒原则。本区研究采用“二维面积守恒原则”，变形前后的物质守恒，即变形前、后区域地层所占的面积不变。

### 二 平衡剖面恢复计算

克拉苏构造带地震资料品质较好，地层结构清晰，中生界构造变形上下均不存在地层剥蚀现象，仅存在构造挤压地层叠置，地层恢复影响因素较小。因此，本文构造平衡剖面恢复方法只考虑逆掩叠置收缩变形一个因素，提高了计算的准确性（图 2）。

本次构造平衡剖面恢复选取克拉苏构造带 17 条三维地震测线参与计算，其中测线 1-测线 16 的变形后剖面计算长度统一选用 23.25km，用一条联络测线 1 来选取相交 16 条测线的地层厚度（图 3、图 4）。

图 3 构造剖面恢复剖面测线位置图

图 4 联络测线 1 深度偏移剖面

从联络测线 1 深度偏移剖面看（图 4），地层从西向东约 100km 长度范围内，地层厚度从 1000m 左右逐渐增大到 3000m 左右，与之正交的测线（图 2、）在测线交点以南地层比较稳定，是地层厚度取值的合理区域。因此，为了进一步克服地层厚度选取计算带来的误差，提高了地层剖面恢复的准确性和可靠性，构造平衡恢复计算中单条测线采用地层变化小且稳定的 1500m 层段长度的地层厚度平均值代替单点地层厚度值参与计算（图 2），从地层厚度计算结果看，测线 1-16 的地层厚度从西向东逐渐增大，变化在 1128m-2937m 之间（表 1），与联络测线的地层变化规律一致性好（图 4）。

克拉苏构造带地震平衡剖面恢复的计算结果表 表 1

测线名	现今盐下楔体
剖面长度(km)	
盐下楔体地层	
总面积(m <sup>2</sup> )	
地层厚度(m)	盐下楔体



恢复长度 (km)

缩短量

(km)

缩短率

测线 1	23.25	68030550	1128	60.31	37.06	61.45%
测线 2	23.25	68752493	1143	60.15	36.90	61.35%
测线 3	23.25	71263618	1188	59.99	36.74	61.24%
测线 4	23.25	72260410	1207	59.78	36.53	61.11%
测线 5	23.25	71666824	1214	59.04	35.79	60.62%
测线 6	23.25	69535894	1236	56.26	33.01	58.67%
测线 7	23.25	75302624	1358	55.45	32.20	58.07%
测线 8	23.25	87925306	1579	55.68	32.43	58.25%
测线 9	23.25	98162845	1744	56.29	33.04	58.69%
测线 10	23.25	104103350	1868	55.73	32.48	58.28%
测线 11	23.25	104322915	1874	55.67	32.42	58.23%
测线 12	23.25	104682800	1914	54.69	31.44	57.49%
测线 13	23.25	107063110	1951	54.88	31.63	57.63%
测线 14	23.25	118129653	2284	51.72	28.47	55.05%
测线 15	23.25	126594370	2479	51.07	27.82	54.47%
测线 16	23.25	149546724	2937	50.92	27.67	54.34%

### 三 缩短率与构造变化强度分析

克拉苏构造带研究区 16 条三维地震测线平衡剖面恢复的计算结果见表 1，从恢复计算结果看，从西向东变化规律较为统一，盐下中生界楔体平衡剖面恢复长度从 60.31km 到 50.92km，地层缩短量从 37.06km 到 27.67km，缩短率从 61.45% 到 54.34%。从构造变化规律性看，研究区整体构造变化强度大，地层推覆距离最小为 27.67km，缩短率均大于 54%。研究区从西向东构造强度变化可以划分为三个台阶，即测线 1-5、测线 2-13、测线 14-16，变化强度依次减弱（图 5）。测线 1-5 的地层缩短量和缩短率在从 36km 和 61% 左右，测线 2-13 的地层缩短量和缩短率在从 32km 和 58% 左右，测线 14-16 的地层缩短量和缩短率在从 28km 和 54% 左右。其缩短量结果表明，西部构造变形比东部更为复杂，表现为西部断裂多构造小，东部断裂少构造相对完整且大。

图 5 克拉苏构造带 16 条地震测线地层缩短量变化图

### 四 构造平衡恢复与盆山关系探讨

克拉苏构造带在受到喜山晚期南北向构造挤压的作用下，膏盐岩塑变层之上的盐上构造层在构造挤压应力作用下，可以自由滑动，仅仅发育几个简单的浅层构造带，且出露地表剥蚀严重（图 2、图 3）；古生界构造层位于中生界底部滑脱层以下，构造变化相对稳定几乎无变形，在测线范围内仅发生构造沉降；中生界构造层在膏盐岩层及上覆地层和古生界构造层的夹持下，地层无剥蚀作用，在喜山晚期南北向构造挤压应力作用下，发生强烈的逆掩推覆叠置的构造变形，（图 2），但随着中生界地层厚度的变化，从东到西平衡剖面的推覆距离不同，西部推覆距离大于东部。由从西向东构造强度变化的三个台阶看（图 5），构造变化强度随着推覆距离的变大依次减弱，地层越薄构造强度越大，推覆距离越远，导致构造带轴向在测线 8 附近发生明显偏转，在测线 8 以东为近东西向，而在以西变为 NEE66° 左右（图 3、图 6），而盆地边界在本区相对应层段的边界走向也发生偏转，这与南天山古生界盆山边界高度吻合。因此，中生界地层厚度的变化与推覆距离和盆山边界的关系密切相关。

图 8 克拉苏构造带地震测线缩短量图

结论





该区地震资料品质较好,地层结构清晰,构造恢复方法和参数选取较为合理,结果表明符合地质变化规律,在相同挤压应力作用下,中生界地层厚度是影响各段地层推覆距离与盆山边界走向的主控因素,地层缩短量的大小和该区北部的盆山边界走向一致性好,反映构造伸缩与天山造山带存在紧密关系。中生界不同地层厚度是造成不同层段构造强度变化的主要原因,具体表现为西段地层薄、断裂多、构造小,东段地层厚、断裂相对少、构造相对完整且较大。

作者简介及联系方式:

作者简介:赵英杰(1968-),男,硕士研究生学历,高级工程师,研究方向为地震资料处理

单位名称:中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院

通讯地址:新疆库尔勒市石化大道26号勘探开发研究院。邮编:841000。

电话:0996-2174802/13999028952。

电子邮箱:zhyj-tlm@petrochina.com.cn。

#### 参考文献

**关键词** 平衡剖面;克拉苏构造带;地壳缩短;盆山关系



摘要 ID:3316

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

# Paleozoic to Cenozoic tectono-thermal evolution and its implications for hydrocarbon accumulation in the southeastern Ordos Basin and its connected Weihe and Yuncheng rift basins, North China

Ahmed Khaled\*<sup>1</sup>, Rongxi Li<sup>1,2</sup>, Bangsheng Zhao<sup>1</sup>, Yanni Zhang<sup>1</sup>

1. School of Earth Science and Resources, Chang'an University, Xi'an, 710054, China
2. The Key Laboratory of Western Mineral Resources and Geological Engineering, Ministry of Education, Chang'an University, Xi'an, 710054, China

The eastern Weibei Uplift in the Ordos Basin and its connected Weihe and Yuncheng rift basins have prospective promising hydrocarbon exploration targets in the central North China Craton (NCC). We report integrated methods of thermochronology and organic geochemical studies coupled with a basin modeling approach to provide information on the tectono-thermal evolution history and its implications for hydrocarbon accumulation since the Early Paleozoic. The eastern Weibei Uplift and the Weihe and Yuncheng rift basins underwent a complex thermal evolution history with similar and different tectonic events since the Early Paleozoic, reaching its maximum burial and thermal history at different periods. The heat flow of the eastern Weibei Uplift reached its maximum values in the Late Jurassic and Late Cretaceous of  $\sim 90$  mW/m<sup>2</sup> and  $\sim 99$  mW/m<sup>2</sup> at maximum burial depths of  $\sim 3850$  m and  $\sim 4450$  m, respectively. The Weihe and Yuncheng rift basins reached the maximum heat flow values in the Late Jurassic and Middle Carboniferous of  $\sim 130$  mW/m<sup>2</sup> and  $\sim 120$  mW/m<sup>2</sup> at maximum burial depths of  $\sim 5950$  m and  $\sim 4000$  m, respectively. The results further indicated rapid sedimentation rates due to the massive Cenozoic rift event in the Weihe and Yuncheng rift basin, which are higher than the Pre-Cenozoic sedimentation rates. Simultaneously, the eastern Weibei Uplift was in a gradual increase in cooling rates since the abnormal tectono-thermal event in the Late Cretaceous, with cooling rates of  $\sim 16$  m/Ma until the Early Oligocene and  $\sim 53$  m/Ma since then, with a total denudation thickness of  $\sim 2500$  m until the present day. The major Cenozoic and Pre-Cenozoic tectonic subsidence and uplift events significantly contributed to the development, redistribution, and destruction of source rocks and reservoirs in the eastern Weibei Uplift and the Weihe and Yuncheng rift basins. These tectonic events and together with rapid sedimentation rates, resulted in the rapid maturation of most of the source rocks, reaching the gas generation window. It is therefore suggested that these potential source rocks in regions with comparatively deeper stratigraphic sections are promising for future petroleum exploration.

## 参考文献

**关键词** Tectono-thermal history; Hydrocarbon accumulation; Basin modeling; Eastern Weibei Uplift; Weihe and Yuncheng rift basins



摘要 ID:2313

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地康宁西地区石盒子组地震沉积学研究

赵瑞星\*

中国石油大学(北京)

鄂尔多斯盆地东缘康宁西地区石盒子组天然气资源丰富,石盒子组致密砂岩是其主储层,单层砂体厚度基本都在10m以下,小于 $\lambda/4$ (约27m),故难以采用传统的研究手段刻画沉积微相和预测有利储层。地震沉积学根据一般沉积体系宽度远远大于厚度的特征,在平面上有可能通过地震横向分辨率识别出利用地震垂向分辨率难以识别的沉积体的工作原理,可以对沉积体系和薄层砂体时空分布及演化进行精细表征。本文以鄂尔多斯盆地东缘康宁西地区为例,以层序地层学、沉积学和地震沉积学理论为指导,利用岩心、钻测井和三维地震资料,建立了康宁西地区石盒子组的层序地层格架,对重点层序的沉积相类型和沉积体系空间展布进行了研究,并预测了有利砂体分布区带。研究表明:(1)康宁西地区石盒子组可以划分为4个三级层序(SQ1、SQ2、SQ3和SQ4)和9个四级层序(SQh1、SQh2、SQh3、SQh4、SQh5、SQh6、SQh7、SQh8s和SQh8x,分别对应于盒1段、盒2段至盒8上段、盒8下段)。(2)康宁西地区石盒子组沉积时期基本处于浅水环境,发育浅水辫状河三角洲。(3)石盒子组沉积时期,康宁西地区都处于缓坡沉积背景之中,物源来自北方。在石盒子组SQh6和SQh4沉积时期,湖平面缓慢下降,发育辫状河三角洲前缘沉积,水下河道分叉合并、摆动频繁;SQh3沉积时期,浅水辫状河三角洲内前缘继续发育,但是水下河道变宽;SQh2沉积时期,三角洲整体向前推进。(4)石盒子组储层由好至差分为I类储层、II类储层和III类储层(其中I类储层为优质储层,III类储层为非有效储层),SQh6时期I类储层主要分布在西部LX-57井~LX-31井主水下分流河道区域,SQh4时期I类储层主要分布在中部的LX-9井~LX-63井主水下分流河道区域附近和东北部LX-36井的附近区域,SQh3时期I类储层主要分布在中部LX-57井~LX-32井和东北部的LX-36井的主水下分流河道区域,SQh2时期I类储层主要分布在西部的LX-19井~LX-63井主水下分流河道区域。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地;康宁西地区;石盒子组;地震沉积学;浅水辫状河三角洲;沉积演化



摘要 ID:2448

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 专题邀请报告

## 华南东南部新元古代火山-沉积记录与超大陆重建

齐靓<sup>1</sup>、徐亚军<sup>2</sup>、Cawood, Peter A<sup>3</sup>、杜远生<sup>2</sup>

1. 成都理工大学

2. 中国地质大学(武汉)

3. Monash University, Melbourne, Australia

新元古代是华南陆壳活化的重要时期,经历了扬子与华夏地块的陆-陆碰撞及碰撞后拉张作用,并在扬子与华夏地块内部保存了较为完整的新元古代中-晚期(820-545 Ma)与Rodinia超大陆聚合-裂解、Gondwana大陆聚合相关的岩浆活动和沉积记录,是重建Rodinia超大陆的重要场所(舒良树等, 2020; Cawood et al., 2020; Wang and Li, 2003; Zhao and Cawood, 2012)。为了讨论新元古代中-晚期(820-541 Ma),华南板块如何参与超大陆演化等全球地质事件,本文在华夏武夷-南岭地区、华夏西缘以及扬子东南缘,选取具有代表性的沉积、火山序列,通过碎屑锆石物源分析、岩浆演化分析及化学风化强度研究,对比了新元古代中-晚期地层,在此基础上讨论了华南东南部不同地区拉伸纪晚期至埃迪卡拉纪的物源及其演化过程、古地理环境和南华盆地的演化历史。主要取得了以下认识:

1. 化学蚀变指数的变化指示了华夏武夷-南岭地区、华夏西缘、扬子东南缘多个地区存在四次温、湿度降低的过程,并分别可以与全球新元古代冰期对应,为华南东南部新元古代中-晚期地层对比提供了新的证据。

2. 在华夏地块内部分别发现了ca. 770Ma和750Ma的火山作用,通过地球化学特征和同位素分析,揭示了两期火山事件分别处于岛弧体系和陆内裂谷体系。由此推测,随着扬子西缘俯冲作用的结束,南华盆地内裂解活动开始,华南东南部逐渐由伸展背景下的弧后盆地发展为陆内裂谷盆地。

3. 华夏西缘在635 Ma左右同时接收到来自江南造山带以及印度北缘Himalaya地区的双向物源。结合华夏西缘在该时期具有浅海陆棚的沉积环境,表明此时扬子与华夏之间并没有宽阔的大洋相隔。

4. 拉伸纪晚期(ca. 750 Ma)碎屑岩中包含了大量中元古代至新元古代早期的碎屑锆石,这与东Gondwana北部印度、东南极等地区的沉积记录吻合。指示华南板块至少自750 Ma时期就接收到来自印度北缘的碎屑物质,并位于超大陆外侧。结合上述分析,本研究认为华南板块自Rodinia超大陆裂解至Gondwana大陆聚合期间(自750 Ma直至泥盆纪),一直保持在超大陆边缘、印度北缘的古地理位置。

**参考文献** 舒良树, 陈祥云, 楼法生. 华南前侏罗纪构造 [J]. 地质学报, 2020, 94(2): 333. Cawood, P. A., Wang, W., Zhao, T., et al. Deconstructing South China and consequences for reconstructing Nuna and Rodinia [J]. Earth-Science Reviews, 2020: 103169. Zhao, G. and Cawood, P. A. Precambrian geology of China [J]. Precambrian Research, 2012, 222-223: 13-54. Wang, J. and Li, Z. X.. History of Neoproterozoic rift basins in South China: implications for Rodinia break-up [J]. Precambrian Research, 2003, 122(1-4): 141-158. Meredith, A. S., Collins, A. S., Williams, S. E., et al. A full-plate global reconstruction of the Neoproterozoic [J]. Gondwana Research, 2017, 50: 84-134.

**关键词** 华南; 新元古代; 物源分析; 构造演化; Rodinia超大陆



摘要 ID:219

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 专题邀请报告

## 三叠纪南盘江盆地演化与华南陆内变形

段亮\*<sup>1</sup>、孟庆任<sup>2</sup>、Nicholas Christie-Blick<sup>3</sup>、武国利<sup>2</sup>

1. 西北大学

2. 中国科学院地质与地球物理研究所

3. Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia University

三叠纪古特提斯洋盆的逐步消亡奠定了现今东亚大陆构造格局的雏形。在此期间, 华南以发育大规模的陆内变形和强烈的岩浆作用为特征。其构造驱动机制存在两种解释: 1) 与古特提斯洋盆关闭后华北-华南-印支多块体的碰撞造山有关; 2) 与古太平洋板块的(平板)俯冲有关。华南西南部的南盘江盆地出露近十万平方公里的三叠纪浊积岩, 位于古特提斯和古太平洋构造域的交汇区, 是检验上述两种不同观点的关键。然而, 该盆地演化本身也存在多种解释, 包括与华南和印支板块碰撞相关的前陆盆地, 与古太平洋俯冲相关的前陆盆地或弧后伸展盆地等。通过近十年的野外实测、多尺度沉积学解剖和构造沉降分析, 结合火山岩定年和关键区大比例尺填图, 在厘定盆地沉积充填和构造沉降具体样式的同时, 约束了火山作用和盆地反转的时间。盆地深水相区中主要沉积单元的分布表明盆地沉积充填明显受控于盆内断裂的活动: 在大面积发育平行断裂轴向流的同时, 沿盆内断裂发育以碎屑流为主的横向流。大比例尺填图, 斜锆石和锆石定年结果显示盆地南部的基性岩在部分隶属于峨眉山大火成岩省的同时, 证实了沿凭祥-Cao Bang 控盆断裂大规模发育早-中三叠世基性岩浆和双峰式火山作用。断裂带两侧块体典型实测剖面的回剥计算显示统计学上具有显著性差异的结果均指示断裂带垂向运动以正断层为特征。紫云-罗甸断裂带两侧二叠纪峨眉山玄武岩和中三叠世碳酸盐斜坡沉积的位错显示其晚二叠至早三叠世的左行走滑位移量约为 130 公里, 同时在贞丰龙场向斜北翼发育典型的中三叠世同沉积负花状构造。在盆地沉积充填, 构造沉降和火山作用的约束下, 综合盆地分析显示南盘江盆地在早-中三叠世为(张扭性)伸展盆地, 其成因与古太平洋的俯冲和华南内部继承性构造活化导致的块体旋转有关。华南北东和南西两侧截然不同的地壳变形方式、地层-沉积演化发育过程和岩浆作用极有可能是在多陆源汇聚的背景下与扬子和华夏板块沿华南继承性构造带的侧向解耦有关。

### 参考文献

**关键词** 华南, 三叠纪, 陆内变形, 南盘江盆地, 盆地演化



摘要 ID:627

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 北部湾盆地福山凹陷古近系流沙港组二段火成岩地球化学特征及构造环境研究

吴笑宇、王华\*

中国地质大学(武汉)资源学院

为研究北部湾盆地福山凹陷深部地球动力学演化过程, 本文通过岩心观察、薄片鉴定、主量元素、稀土元素、微量元素、锆石阴极发光、锆石 U-Pb 同位素定年等分析测试, 对古近系流二段火成岩的岩石学、年代学、地球化学特征进行研究, 并由此分析其构造环境。

福山凹陷处于海南隆起的北部斜坡带, 中新世岩浆活动异常频繁的古近系地层中, 火成岩主要分布于流二段, 本次研究采集的流二段火成岩岩芯样品为基性侵入岩脉, 岩性辉长岩和辉绿岩, 均未发生蚀变及变质作用。主量元素分析表明, 辉绿岩的固结指数平均为 27.02, 远小于 40, 表明原始岩浆经历了明显的分异作用。稀土元素分析表明, 流二段辉绿岩样品  $\Sigma$ REE 变化很高, 对地球粒陨石标准化的稀土元素配分图解可知, 该段火山岩为 LREE 富集型, 具有微弱的  $\delta$ Eu 正异常, 与含钙造岩矿物分离结晶作用的堆积相富 Eu 有关。推测这期岩浆分异作用发生在较深位置, 很可能在源区深部附近。微量元素分析表明, 辉绿岩 Nb/La 比值的平均值为 1.52; Hf/Ta 比值的平均值为 2.34; La/Ta 比值的平均值为 11.64, 与岛弧玄武岩相似, 故流二段辉绿岩产出背景为板内岛弧。由研究区辉绿岩的 La/Yb 与 Sm/Yb 交汇图表明, 其分布接近于石榴石橄榄岩和尖晶石熔融曲线。因此, 石榴石橄榄岩地幔是福山凹陷新生界基性火山岩一个必要源区。锆石样品 U-Pb 定年数据分析表明, 火成岩年龄数据分布范围为  $35 \pm 2.8$  Ma, 接近始新世与渐新世分界, 对应福山凹陷内涠洲组底面大型不整合面界面年龄, 为南海运动在福山凹陷的构造响应; 表明流二段火成岩的侵入时期为流一段沉积晚期-涠三段沉积早期。

综上, 福山凹陷岩浆岩为新生代地幔熔融产物, 发育构造背景为伸展性板内岛弧, 对应于新生代中国南部大陆边缘拉伸减薄过程; 来源于石榴石橄榄岩地幔的岩浆在深部源区发生较强的分异作用, 由于黏度较小, 在快速上涌过程中没有与上部花岗质陆壳发生混染作用。结合锆石定年可知, 福山凹陷流二段所侵入的基性岩浆岩为南海运动在福山凹陷的构造响应, 南海初始伸展阶段晚期, 地幔柱上涌的早期阶段。伴随这期构造运动, 福山凹陷在抬升过程中遭受大面积剥蚀, 形成了凹陷内大型不整合面, 也导致了福山凹陷内湖水退却, 开始大范围发育以冲积相为主的沉积地层。该研究解决了福山凹陷深部动力学背景与区域构造之间的时空对应关系, 对解决福山凹陷成盆机制、双层构造系统成因及大地构造背景等问题有着重要参考价值。

### 参考文献

**关键词** 北部湾盆地; 福山凹陷; 流沙港组; 火成岩; 区域构造



摘要 ID:994

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 西伯利亚南缘志留-泥盆纪弧盆体系演化: 来自大南湖-哈尔里克岛弧北侧沉积和物源演化序列的证据

张孟<sup>1\*</sup>、王国灿<sup>1,2</sup>、张雄华<sup>1</sup>、王玮<sup>2</sup>、郭瑞禄<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)地球科学学院
2. 中国地质大学(武汉)地质调查研究院

一直以来, 中亚造山带古生代增生过程和构造古地理演化都是研究热点。详细沉积序列梳理、沉积相研究以及物源演化序列研究的相对缺乏, 限制了对该地区古生代沉积盆地类型和演化过程的恢复, 进而导致对造山带演化存在明显争议, 尤其是对西伯利亚南缘增生系统的演化, 目前存在古生代单一洋盆持续俯冲增生(Xiao et al., 2004)、多个分支洋盆先后裂解闭合(李锦轶, 2004)以及类似现今西太平洋“增生-俯冲板片后撤-弧后裂解-再增生”模型(Li et al., 2019)。本次研究在大南湖-哈尔里克岛弧北部的原奥陶纪荒草坡群中识别出一套底部为玄武岩, 向上依次发育细碎屑岩、火山碎屑岩、灰岩和硅质泥岩的地层序列。该序列角度不整合覆于奥陶系变质碎屑岩之上, 上被下石炭统洪冲积扇或近岸水下扇沉积角度不整合或平行不整合覆盖。锆石 U-Pb 测年、灰岩中的珊瑚动物群和硅质泥岩中的底栖动物群指示这一序列时代为早志留世-中泥盆世。对该序列中关键的红柳沟组-卡拉麦里组进行详细的沉积相分析, 共从中识别出 14 种岩相和 7 种岩相组合, 整体呈现出向上变细、水深先增大后稳定的沉积序列, 可与现代或地质历史时期弧后盆地内的沉积序列进行对比。

该序列下伏的奥陶纪变质砂岩中发育~500Ma、700-900Ma 和 1750-2000Ma 的碎屑锆石年龄峰值, 前寒武纪年龄占比在 30%以上, 600-450Ma 的锆石  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值在 -20.7-14.9 之间(本次研究; Xu et al., 2015), 这些特征皆可与阿尔泰等西伯利亚克拉通南缘增生地体内同期的变质碎屑岩进行对比, 指示大南湖-哈尔里克弧在奥陶纪属于西伯利亚南缘增生地体的一部分。该序列中志留纪碎屑岩具有与奥陶纪砂岩相似的年龄分布(Long et al., 2012), 而泥盆纪红柳沟组-卡拉麦里组碎屑岩中的前寒武纪年龄占比仅在 10%左右, 年龄分布集中在 420-460Ma 之间, ~500Ma 的锆石明显减少, 指示该岛弧在早-中泥盆世物源主要来自自身岩浆活动和早期砂岩的再沉积, 可能已经不再接受来自西伯利亚及其南缘增生地体的物源。结合区域上岛弧岩浆岩、SSZ 型蛇绿岩的空间分布以及研究区毗邻的卡拉麦里蛇绿岩的时代, 推断西伯利亚南缘的弧-盆体系最早形成于志留纪, 伴随俯冲板片的不断后撤, 于早泥盆世发生弧后盆地的迅速伸展, 至中泥盆世已经形成类似现今西太平洋一带的岛弧-弧后洋盆体系。

**参考文献** 李锦轶, 2004. 新疆东部新元古代晚期和古生代构造格局及其演变[J]. 地质论评, 50(3):304-322. Li P F, Sun M, Shu C T, et al, 2019. Evolution of the CAOB along the Siberian margin from Neoproterozoic-Early Paleozoic accretion to Devonian trench retreat and a comparison with Phanerozoic eastern Australia [J]. Earth-Science Reviews, 198: 102951. Long X P, Yuan C, Sun M, et al, 2012. Geochemistry and U-Pb detrital zircon dating of Paleozoic graywackes in East Junggar, NW China: insights into subduction-accretion processes in the southern CAOB[J]. Gondwana Research, 21: 637-653. Xiao W J, Windley B F, Badarch G, et al, 2004. Palaeozoic accretionary and convergent tectonics of the southern Altai: implications for the growth of Central Asia[J]. Journal of the Geological Society, 161: 339-342. Xu X W, Li X H, Jiang N, et al, 2015. Basement nature and origin of the Junggar terrane: New zircon U-Pb-Hf isotope evidence from Paleozoic rocks and their enclaves[J]. Gondwana Research, 28: 288-310.

**关键词** 大南湖-哈尔里克岛弧; 志留-泥盆纪; 沉积盆地分析; 物源分析; 构造古地理演化



摘要 ID:3300

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 塔西南地区侏罗纪原型盆地分析及沉积演化研究

曹远志\*

中石化西北石油局

塔里木盆地西南缘侏罗纪期间发育两种湖盆沉积体系。一种是西昆仑山前的拗陷盆地沉积体系,另一种是走滑—拉分断陷盆地沉积体系。山前拗陷盆地断续分布于西昆仑山前,具有多个沉积中心,主要包括和田南部的布雅煤矿、皮山县杜瓦—桑株、叶城县柯克亚—棋盘和阿克陶县奥依塔克等地区,其中的下—中侏罗统以滨浅湖相含煤细碎屑岩为主,地层厚度较小,中侏罗世晚期地层及以上地层普遍缺失。走滑—拉分断陷盆地位于塔里木盆地西部阿克陶县克孜勒陶乡一带,受控于NNW向的控盆断裂,该湖盆西岸陡、东岸缓,巨厚的下—中侏罗统以低成分成熟度和低结构成熟度的快速、近源沉积为特征,其中还含有大量的湖相浊积岩。

塔里木盆地西南缘的侏罗纪克孜勒陶断陷盆地总体以NNW-SSE方向沿控盆断裂呈狭长带状分布,与早—中侏罗世的走滑断裂——塔拉斯—费尔干纳断裂的延伸方向是一致的。在喀什西北部,与克孜勒陶侏罗纪断陷盆地同一延伸方向上的库车贡苏侏罗纪断陷盆地已被证实是沿着塔拉斯—费尔干纳走滑断裂带发育的侏罗纪断陷盆地。克孜勒陶侏罗纪沉积盆地具有走滑拉分盆地的沉积特征,其构造样式是半地堑型,沿盆西缘控盆断裂沉积了冲积扇体系,现在残存的侏罗系以扇中—扇端及扇三角洲含煤层系为主。

塔里木盆地西南缘的侏罗纪山前拗陷盆地主要分布在盖孜河、叶城—和田一带的西昆仑山前,包括奥依塔克早—中侏罗世盆地、叶城—和田地区的早—中侏罗世盆地和民丰—且末凹陷的早—中侏罗世盆地。其主要特征表现为盆地的沉积底面平缓,拗陷或单边断陷;沉积速率低,厚度小,不出现厚度较大的粗碎屑岩沉积。

塔西南的侏罗系受控于不同构造背景下的沉积盆地可划分为克孜勒陶地层分区和西昆仑山前地层分区。克孜勒陶地层分区具走滑—拉分盆地性质,断陷盆地的沉积特征显著;昆仑山山前地层分区属于山前拗陷盆地性质。

通过对塔里木盆地西南缘山前带及相邻地区侏罗系多条控制性剖面及一些露头点的沉积成因、沉积过程、沉积体系构成及垂向演替、生物特征、古气候特点等方面的分析,并充分吸收前人的研究成果,把塔西南的侏罗系划分出了冲积体系、湖泊体系二大沉积体系,6类沉积相。

冲积扇可划分为两类:一类分布于克孜勒陶地层分区,见于莎里塔什组(J1s)和库孜贡苏组(J3kz)。另一类冲积扇分布于昆仑山山前地层分区的拗陷盆地,见于下—中侏罗统叶尔羌群(J1-2yr)的下部,大致相当于下侏罗统的莎里塔什组(J1s)。另外上侏罗统库孜贡苏组(J3kz)属于边缘小型冲积扇。扇三角洲沉积分布广泛,属于走滑伸展(拉分)盆地型(断陷湖盆型)。克孜勒陶地层分区的康苏组(J1k)、杨叶组(J2y)、塔尔尕组(J2t)都存在有扇三角洲不同亚相的沉积。侏罗纪期间塔里木盆地西南缘山前带还发育辫状河以及网结河(网状河)。辫状河可分为砾质辫状河和砂质辫状河。湖泊相沉积在塔里木盆地西南缘广泛分布,多数集中在中侏罗统。根据沉积特征可划分为水下重力流沉积、深湖泥质沉积、三角洲沉积和浅、滨湖沉积。

**参考文献** [1]陈瑞银,徐思煌,杜晓峰。2002。柯克亚油气田烃源岩特征与油源对比。新疆石油学院学报,14(2):1-14。[2]侯读杰,肖中尧,唐友军,朱俊章,李贤庆。2003。柯克亚油气田混合来源天然气的地球化学特征。天然气地球科学,14(6):474-479。[3]李思田。断陷盆地分析与聚煤规律[M]。北京:地质出版社,1988。[4]刘海兴,秦天西,杨志勇。2003。塔里木盆地三叠—侏罗系沉积相。沉积与特提斯地质,23(1):37-44。[5]罗金海,周新源,邱斌,杨芝林,尹宏,李建立。2004。塔拉斯—费尔干纳断裂对喀什凹陷的控制作用。新疆石油地质,25(6):584-587。[6]罗金海,车自成,李继亮。2000。中亚及中国西部侏罗纪沉积盆地的构造特征。地质科学,35(4):404-413。[7]罗金海,周新源,邱斌,杨芝林,尹宏,李勇,李建立。2005。塔里木—卡拉库姆地区的油气地质特征与区域地质演化。地质论评,51(4):409-415。[8]罗金海,车自成,周新源,李勇,李建立,张敬艺。2006。塔里木盆地西部中生代早期伸展作用的辉绿岩证据。中国地质,33(3):566-571。[9]秦





都。2005。塔里木盆地西南地区侏罗纪原型盆地类型与特征。石油与天然气地质, 26 (6) : 831-839。[10]唐友军, 侯读杰, 肖中尧, 徐佑德。2006a。柯克亚地区天然气的成因。海洋石油, 26 (2) : 18-22。[11]唐友军, 侯读杰, 肖中尧。2006b。柯克亚油田原油地球化学特征和油源研究。矿物岩石地球化学通报, 25 (2) : 160-162。[12]肖中尧, 唐友军, 侯读杰, 张秋茶, 王福焕, 卢玉红。2002。柯克亚凝析油气藏的油源研究。沉积学报, 20 (4) : 716-720。[13]张春生, 肖安成, 李景义, 施冬, 周延军。2000。塔西南坳陷侏罗系断陷盆地沉积特征。矿物岩石, 20 (3) : 41-45。[14]张少丽, 程遂欣, 张炜。2002。塔里木盆地西南缘侏罗纪含煤岩系聚煤规律。新疆地质, 20 (1) : 67-71。[15]P. A. 艾伦, J. R 艾伦。1995。盆地分析: 原理及应用。北京: 石油工业出版社。[16]P. A. Allen, J. R. Allen, 1995. Basin Analysis: Principles and Applications. Beijing: Petroleum Industry Press. [17]Allen M B, Alsop G I, Zhemchuzhnikov V G. 2001. Dome and basin refolding and transpressive inversion along the Karatau fault system, southern Kazakhstan. Journal of Geological Society, London, 2001, 158(1): 83-95. [18]Burtman V S. 1980. Faults of Middle Asia. Amer. J. Sci., 28:725~744. [19]Sobel E R. 1999. Basin analysis of the Jurassic-Lower Cretaceous southwest Tarim basin, Northwest China. Geological Society of America Bulletin, 111(5):709-724.

**关键词** 塔里木盆地西南缘, 侏罗纪, 沉积, 原型盆地



摘要 ID:2964

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷及周缘 P-T 构造-沉积体系响应关系研究

马江浩\*、王华、黄传炎、陈思、李潇鹏、吴笑宇  
中国地质大学(武汉)

准噶尔盆地是在晚石炭世—第四纪沉积的复合型叠合盆地。吉木萨尔凹陷位于准噶尔盆地东部，是一个相对独立的箕状凹陷，面积约 3000km<sup>2</sup>。研究区包含吉木萨尔凹陷及周缘地区，北以沙奇凸起为界，南为博格达山北缘，东临古西凸起，西至北三台凸起。

早、中二叠系该地区处于裂陷早期，边界断控作用明显，在南部吉南凹陷形成两阶断裂系统，在古西凸起边界、吉南凸起边界及二阶断裂处均沉积大量扇体，此时沉积中心位于南部，具有“北源南汇”的特征。晚二叠系对应裂陷弱伸展期，该时期处于最大湖泛期，长期处于饥饿欠补偿阶段，吉南凸起开始侵没，在吉南凸起周缘发育了大量滩坝沉积，砂体厚度较薄，吉木萨尔凹陷的滩坝远端滨海部位还形成了大量的灰坪沉积，属于该地区的优质烃源岩。三叠系时期处于陆内挤压阶段，随着博格达山的隆升，研究区沉降幅度的减小，湖水变浅，大量扇体发育，首先在博格达山山前形成了多套大型扇三角洲沉积，其次吉木萨尔凹陷整体含砂量增加，扇三角洲规模增大，此时沉积中心向北转移，具有“南源北汇”的特征。

吉木萨尔凹陷及周缘地区在 P-T 断拗转换期受到五个凸起综合供源，又受到阜康断裂带和博格达隆升的宏观构造控制，因此，充分解析吉木萨尔凹陷及周缘的构造、层序、沉积特征对于不同体系域砂体的针对性油气勘探有着重要的理论意义。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地；吉木萨尔凹陷；二叠-三叠系；构造-沉积



摘要 ID:249

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 锡尔特盆地构造沉积演化与油气成藏

赵宁\*、肖坤叶、陈忠民、郑风云、李早红  
中国石油勘探开发研究院

锡尔特盆地油气储量巨大、大型油气田数量众多,分析该盆地构造沉积演化与油气成藏关系对寻找类似富油气盆地具有指导作用。

盆地构造沉积演化分为4个阶段:(1)前寒武系泛非造山运动奠定了盆地基底,由花岗岩、火山岩和变质岩组成,至寒武-奥陶纪北非克拉通准平原化基底整体沉降,锡尔特盆地进入早裂谷期,发育石英岩质碎屑岩沉积;志留纪-石炭纪该盆地为北东-南西向广阔台地,遭受剥蚀;(2)石炭纪加里东运动开始,至晚侏罗世海西构造运动结束,盆地保持了克拉通地中海边缘沉积特征,发育河流相-冲积扇相沉积,早裂谷期结束;早白垩世新特提斯洋张开,北非克拉通整体抬升,发育一系列张性断裂,形成锡尔特区域不整合,以大规模海退,发育河流相和海相沉积为特征,同裂谷早期结束;(3)至晚白垩世赛诺曼阶北非克拉通再次整体沉降,锡尔特隆起沿张性断裂发生大规模沉降,形成北西-南东向垒-堑构造格局,新特提斯洋快速侵入盆地并蔓延至北非大部分克拉通地区,沉积了海相白云岩、砂岩、灰岩和富有机质页岩;至土伦阶海侵范围进一步扩大,向南延伸并与南大西洋相连,形成新特提斯洋与几内亚湾的一次贯通,沉积下部三角洲-浅海相砂岩,中部厚层海相页岩沉积,上部碳酸盐岩和页岩组合;晚白垩世康尼亚克期末贝努埃槽发生褶皱抬升中断新特提斯洋与几内亚湾通道,晚白垩世末马斯特里赫特期新特提斯洋再次海侵,与几内亚湾再次连通,一直持续到古新世末或始新世初,海相碳酸盐岩、硬石膏、页岩遍布整个盆地,至始新世末盆地整体下沉,发生大规模海退,分布浅海沉积,同裂谷晚期结束;(4)至渐新世发育海相页岩,渐新世末盆地继续下沉,再次发生小规模海侵,早-中中新世发育海相潮坪、泻湖、障壁沙坝沉积,至晚中新世锡尔特盆地完全露出水面,形成扇三角洲-河流相沉积,上新世及第四纪沉积较薄或者缺失。

早、晚白垩世新特提斯洋两次大规模海侵奠定了盆地良好烃源岩基础,早白垩世北非克拉通抬升形成的河流相砂岩及晚白垩世北非克拉通整体下沉发育三角洲-滨浅海砂岩、碳酸盐岩构成良好的储层,晚白垩世新特提斯洋持续海侵,发育区域页岩和局部蒸发岩组成良好区域盖层,形成以上白垩统油气系统为主,下白垩统油气系统为辅,以海西期不整合、断裂作为油气运移主要通道的油气成藏群,以构造圈闭为主,占比53.8%,油气地质储量1436.7亿桶油当量,剩余油、剩余天然气和剩余凝析油2P可采分别为54.2桶、32.5Tcf和9.2亿桶。

**参考文献** 1. Abdulgader, G. S., 1996. Sedimentology and reservoir heterogeneities of the Nubian Formation, southeastern Sirt Basin, Libya. In: Salem, M. J., El Hawat, A. S., Sbeta, A. M. (ed), The Geology of Sirt Basin Volume II, 223-249. Elsevier. 2. Aburawi, R. M., 1995. Exploration trends of the Sirte Basin. Bulletin American Association of Petroleum Geologists, 79 (8), 1191-1192. American Association of Petroleum Geologists, Tulsa, OK, USA. 3. Al Fasatwi, Y. A., Van Dijk, P. M., 1990. Lineament and geomorphic analysis of remote sensing data as aid to hydrocarbon exploration, Sirt Basin, Libya. ITC Journal (Bulletin de l'ITC), 1990 (2), 137-144. 4. Ball, L. D., Boebe, M., Sadler, P., Corbett, P. W. M., Lewis, J. F., 1996. Permeability prediction in a braided fluvial reservoir: a probe permeameter study on the Pre-Upper Cretaceous-B Sandstone, As Sarah field, Sirt Basin, Libya. In: Salem, M. J., El Hawat, A. S., Sbeta, A. M. (ed), The Geology of Sirt Basin Volume II. Elsevier.

**关键词** 锡尔特盆地; 构造沉积演化; 油气成藏; 新特提斯洋; 裂谷盆地



摘要 ID:720

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地下寒武统碎屑岩地球化学特征及其构造意义

韩雨樾<sup>1\*</sup>、冉波<sup>1</sup>、刘树根<sup>1,2</sup>、罗超<sup>3</sup>、李智武<sup>4</sup>、宋金民<sup>1</sup>、叶玥豪<sup>5</sup>、王瀚<sup>1</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 成都, 610059

2. 西华大学

3. 中国石油西南油气田分公司

4. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 成都, 610059

5. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 成都, 610059

在震旦-寒武纪转换界限, 受早期 Rodinia 超大陆裂解向晚期 Gondwana 古大陆聚合的构造转换控制, 作为 Gondwana 古大陆重要构成部分的华南板块在该转换时期也产生了显著的构造-沉积分异, 且该过程决定了华南板块西侧的下寒武统筇竹寺组沉积期的古地貌与沉积相带展布特征的分布(杨跃明等, 2016; 刘树根等, 2016; Liu et al., 2020)。

本次研究基于沉积学和地球化学研究, 结合区域地质资料和前人研究成果, 初步认为四川盆地东南部在震旦纪-早寒武世存在显著的隆-坳格局, 不仅决定了震旦系-下寒武统的厚度和岩相展布, 也控制了该区海相黑色泥岩的发育条件。古隆起(水下高地)区域沉积水体较浅, 碎屑沉积地层厚度相对较薄, 水体多呈现弱氧化-缺氧的地球化学特征; 而坳陷区具有更多的可容纳空间以及相对较深的沉积水体, 通常发育有较厚的碎屑沉积地层, 水体性质多具有厌氧-缺氧的地球化学特征(李智武等, 2019; Li et al., 2018, 图1)。

此外, 地球化学分析还表明筇竹寺组沉积时四川盆地东南部受到了明显的热液活动影响(图2)。这一特征表明研究区在震旦纪-早寒武世处于持续的裂陷活动中, 结合寒武纪全球海平面变化以及沉积学特征, 构建了川南-黔北地区的裂陷活动发育的动力学机制: 华南板块在筇竹寺组沉积前已经完成了与 Gondwana 的汇聚, 随着板块边缘的持续挤压, 造成了远离华南板块西缘的四川盆地东南地区发生陆内裂解, 从而具有典型的热液特征。

**参考文献** [1] Liu Shugen, Yang Yu, Deng Bin, Zhong Yong, Wen Long, Sun Wei, Li Zhiwu, Jansa Luba, Li Jinxi, Song Jinmin, Zhang Xihua, Peng Hanling. Tectonic evolution of the Sichuan Basin, Southwest China[J]. Earth-Science Reviews, 2021, 103470. [2] Jin Li, Shuheng Tang, Songhang Zhang, Zhaodong Xi, Ning Yang, Guoqiao Yang, Lei Li, Yanpeng Li. Paleo-environmental conditions of the Early Cambrian Niutitang Formation in the Fenggang area, the southwestern margin of the Yangtze Platform, southern China: Evidence from major elements, trace elements and other proxies[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2018, 159:81-97. [3] 刘树根, 王一刚, 孙玮, 钟勇, 洪海涛, 邓宾, 夏茂龙, 宋金民, 文应初, 吴娟. 拉张槽对四川盆地海相油气分布的控制作用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2016, (01):1-23. [4] 李智武, 冉波, 肖斌, 宋金民, 郑玲, 李金玺, 王瀚, 肖斌, 叶玥豪, 蔡其新, 刘树根. 四川盆地北缘震旦纪-早寒武世隆-坳格局及其油气勘探意义[J]. 地学前缘, 2019, 26(01):59-85. [5] 杨跃明, 文龙, 罗冰, 宋家荣, 陈骁, 王小娟, 洪海涛, 周刚, 何青林, 张晓丽, 钟佳倚, 刘冉, 山迷娇. 四川盆地达州-开江古隆起沉积构造演化及油气成藏条件分析[J]. 天然气工业, 2016, (08):1-10.

**关键词** 四川盆地; 早寒武世; 黑色页岩; 热液活动



摘要 ID: 3229

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 斜向汇聚板块边界中台湾增生楔的隆升及动态构造-沉积过程

张新昌<sup>1,3</sup>、闫义<sup>1,3</sup>、Yildirim Dilek<sup>2</sup>、陈文煌<sup>1,3</sup>、单业华<sup>1,3</sup>

1. 中国科学院广州地球化学研究所

2. Department of Geology and Environmental Earth Science, Miami University

3. 中国科学院深地科学卓越创新中心

增生楔是汇聚型大陆边缘系统中重要的组成部分, 通常被称为俯冲-吸积复合体。它一般通过消耗俯冲板片最上层的沉积物, 在横向和垂向上不断生长, 并在后期弧-陆或陆-陆碰撞的加持下快速变大、隆升并出露海平面, 形成高耸的山脉。然而事实上, 增生楔隆升的动力机制远比理想模型更为复杂。近年来的研究表明, 地形高地(如大型海山)的挤入(如 Hikurangi subduction margin of New Zealand and Costa Rica margin), 以及与俯冲海沟并列的移动刚性块体的反向楔形挤压(如 Himalayas, Alps, and Hellenides and the central Scandinavian Caledonides)也是增生楔隆升的重要驱动力。因此, 增生楔隆升何时启动? 其可能的隆升驱动力是什么? 这些问题的准确回答是进一步详细认知增生型造山带造山过程的先决条件。此外, 一个大型块体的隆升必然造成周围源-汇格局的改变, 限定造山带的出露时间, 也可为岩相古地理的重建提供重要的约束。

年轻的台湾是全球新生代弧-陆碰撞造山最典型的例子之一, 表现出从北部主动碰撞到南部洋壳俯冲的纵向转变, 面积虽小, 但却完成了从俯冲-碰撞-隆升-垮塌的全部过程。传统的观点认为, 台湾是在晚中新世时期, 北吕宋火山岛弧与欧亚大陆板块发生斜向碰撞(~6.5 Ma), 才开始快速隆升并向两侧提供剥蚀物。然而这些研究多忽略了增生楔动态生长的考量, 即台湾增生楔过去不断向西北方向迁移, 因此, 现在的前陆盆地实际上并无法记录到过去的造山信息。台湾南端的恒春半岛是台湾增生楔最晚出露的部分, 本研究选取恒春半岛增生楔的主体(中-晚中新世地层; ~11.6-6.5 Ma)作为研究对象, 详细开展砂岩/泥岩的元素地球化学、钆同位素和重矿物组合分析。结果表明, 恒春半岛与欧亚被动大陆边缘沉积物相比, 其 CaO (1.42 wt %) 和 MgO (2.57 wt %) 含量, Cr/Zr (0.52) 和 Co/Th (1.58) 比值, 铬尖晶石重矿物含量 (28.2%) 以及  $\epsilon\text{Nd}(t)$  值 (-12 至 -7) 均明显偏高, 这表明恒春半岛必然存在一个基性-超基性岩的物质来源, 华南沿海地区实际上也并不是恒春半岛的唯一源区。这些发现, 结合恒春砂岩及内部蛇绿岩块的年代学 (22-26 Ma)、岩相学(含基性-超基性岩岩屑)和地球化学(N-MORB 为主, OIB 次之)等资料, 可以确定南海海洋岩石圈源区的参与。南海洋壳物质最可能的来源是恒春半岛北侧的、先行隆升的增生楔, 其曾在南海俯冲过程中卷入了南海洋壳-海山等基性-超基性岩岩石碎片。因此, 台湾增生楔至少在 11.6 Ma 之前就已经部分出露于海平面之上, 以岩块和颗粒两种物质形态向其两侧和南侧输送物质。这个时间比大多数前期研究的观点和弧-陆起始碰撞的时间都早的多。欧亚大陆板块或海山的底垫作用, 以及楔形挤压构造, 必然在台湾早期隆升过程中发挥了重要作用, 这在沙箱实验和海洋物理观测中得到了证实。本次研究不仅更好地整合了南海由俯冲-刮削侵蚀-出露剥蚀的动态构造-沉积过程, 还通过实例强调了软挖掘机制, 相对于硬碰撞, 在全球汇聚板块之间的重要性。

### 参考文献

**关键词** 板块汇聚边缘; 增生楔; 台湾; 南海; 源-汇沉积体系



摘要 ID:2913

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 晚白垩世山东沂沭裂谷盆地物源变化及其对中国东部海岸山脉的响应

项家振\*

中国地质大学(北京)

晚白垩世早期(约 100-80 Ma)东亚地区发生了海岸山脉隆升事件,对中国东部的古地理和气候环境造成了巨大影响,研究海岸山脉的隆升历史对于探索白垩纪东亚地区构造演化过程具有重要意义。前人在中国东部胶莱盆地开展了若干研究,对海岸山脉的隆升时限、范围、高程等问题进行了探讨,但仍存在隆升时限不够精确和海岸山脉范围较为粗略等问题,这限制了我们对海岸山脉隆升历史和构造机制的全面理解。本研究以胶东半岛沂沭裂谷盆地上白垩统大盛群马朗沟组、田家楼组、寺前村组和孟疃组为研究对象,利用 U-Pb 锆石年代学分析和 Lu-Hf 同位素地球化学等方法,研究了大盛群内部的物源变化,进一步厘定了海岸山脉的隆升时限和影响范围。研究发现大盛群底部马朗沟组的年龄峰包含主峰 120-150 Ma,次级峰 200-400 Ma 以及约 1800 Ma 和 2000 Ma 的峰,其物源可能来自鲁西隆起、苏鲁造山带和胶北地体;而其上的田家楼组至孟疃组的物源主峰为 120-150 Ma,其它峰均不发育,指示其物源可能来自鲁西隆起和马朗沟组。基于此,研究认为马朗沟组/田家楼组的物源变化代表了海岸山脉隆升对区域古地理的影响,从而将海岸山脉的隆升时间限制在约 95 Ma,为进一步探索海岸山脉的隆升机制提供了重要的年龄约束。

**参考文献** Zhang L, Wang C, Cao K, et al. High elevation of Jiaolai Basin during the Late Cretaceous: Implication for the coastal mountains along the East Asian margin. *Earth and Planetary Science Letters*, 2016, 456: 112-123. 谭结. 白垩纪胶莱盆地沉积物物源及古气候变化对中国东部海岸山脉的相应[D]. 北京:中国地质大学(北京), 2018.

**关键词** 沂沭裂谷盆地; 大盛群; 锆石 U-Pb 定年;



摘要 ID:2997

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地阿瓦提坳陷东缘走滑断裂发育特征及成因机制

张红波<sup>\*1</sup>、周雨双<sup>1</sup>、储呈林<sup>1</sup>、沙旭光<sup>2</sup>、沈向存<sup>2</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

2. 中国石化西北油田分公司勘探开发研究院

近年来,随着塔里木盆地中小尺度走滑断裂的深入研究,基本明确了塔北-塔中走滑断裂体系以顺北5号带为界,分区分带存在明显差异。目前顺北东区多口勘探井、开发井钻获工业油气流,但针对顺北西区阿瓦提东缘部署多口钻井均未获规模油气发现,油气水关系复杂。鉴于此,本文利用最新高精度三维地震资料,重点开展阿瓦提坳陷东缘走滑断裂精细解析,厘定几何学和运动学特征,揭示了阿瓦提东缘走滑断裂形成机制,进一步丰富了走滑断裂活动与油气聚集成藏耦合关系的研究认识。结果表明,阿瓦提东缘走滑断裂形成与演化具有多期性与继承性的特征,受盆缘活动影响,北东向走滑断裂与北西向断裂滑移方向、活动期次存在明显差异。基于三维地震研究区寒武系阿瓦塔格组顶面相干界面断裂展布刻画以及断裂变形样式精细解析,认为研究区北东向、北西向走滑断裂具有横向交切发育、纵向分层差异活动的特点。受早二叠世大规模火山喷发和岩浆侵入事件影响,研究区岩浆侵入活动明显,上奥陶统至二叠系中发育数条断面清晰、与下伏走滑断裂特征不同的高陡逆断层。奥陶系灰岩顶面以下走滑断裂总体表现为单条近直立状发育样式,其中北西向走滑断裂晚期活动较弱,最晚活动至加里东晚期至海西早期,北东向走滑断裂表现为分层变形发育特点,持续活动至海西中晚期。阿瓦塔格组平面相干揭示以塔中1号断裂带西端为界,可分为多走向网状发育区和北东向带状发育区,通过对多组北东向、北西向走滑断裂走向角度统计,北东向走滑断裂走向大多在 $10^{\circ}$ 至 $20^{\circ}$ 之间,北西向断裂走向角度主要集中在 $0^{\circ}$ 至 $10^{\circ}$ 范围内,角度特征符合Coulomb-Anderson纯剪切模型,其中北东向平均角度为 $14.4^{\circ}$ 、北西向平均角度为 $7.8^{\circ}$ ,共轭角度平均为 $22-28^{\circ}$ ,计算得到最大主应力角度为北东向 $3.2^{\circ}$ 。分析认为加里东中期由于受到塔盆南缘南东方向远程应力传递以及北向反作用力,加之塔中1号断裂带阻挡影响,在该区域形成特殊的近南北向应力场,从而形成局部的似共轭走滑断裂。走滑断裂晚期活动与主成藏期的耦合是晚期油气富集的前提,已钻井证实北西向断裂具备控储控藏条件,但因断裂活动定型早,导致与晚期油藏欠耦合、充注条件差。而北东向断裂带相较北西向走滑断裂油气充注条件更好,与现今主应力方向一致,更有利于油气充注富集。

### 参考文献

**关键词** 发育特征;成因机制;走滑断裂;阿瓦提坳陷东缘;塔里木盆地



摘要 ID:3009

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 米仓山构造变形特征与形成演化

邓棚\*<sup>1</sup>、方成名<sup>2</sup>、左宗鑫<sup>1</sup>、邓铭哲<sup>1</sup>

1. 中石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

2. 中石化石油勘探开发研究院

米仓山构造带位于扬子地块的西北部,为其内部的一构造单元,西侧与龙门山相邻,东侧与大巴山相接,北侧则是秦岭造山带,具有特殊大地构造位置。前人在米仓山地区开展了广泛的构造变形相关研究工作,普遍观点认为米仓山构造带发育一系列叠瓦状断块,冲断作用强烈(Wei et al., 1997; Wu et al., 1998; Wu et al., 2006; Xu et al., 2009; Wang et al., 2010; Wu et al., 2011; Li et al., 2015; Tian et al., 2012)。然而由于前人的研究大多基于浅表野外地质,以及分辨率不高的二维地震测线构造解析,因此对于米仓山构造带的变形特征和成因模式认识仍然存在较大争议。本次研究主要基于高分辨率三维地震构造解析,并结合野外地质观测,认为米仓山构造带具有多层滑脱变形叠加基底隆升冲断掀斜的复合变形模式。研究认为米仓山地区在经历了震旦纪-中三叠世弱伸展的被动大陆边缘建造之后,于晚三叠世-侏罗纪期间表现为多层滑脱弱挤压变形,该时期构造变形在上三叠统膏岩层、志留系下部泥岩以及寒武系底部泥页岩等多套滑脱层系之间呈分层滑动,且上下层变形不协调,叠瓦冲断作用弱。侏罗纪之后,米仓山地区则表现为基底强烈缩短冲断变形,该时期基底发生强烈缩短冲断,且基底断块垂向叠置,从而也导致米仓山发生强烈隆升与剥蚀,地层发生不同程度掀斜改造。

**参考文献** [1]魏显贵,杜思清,何政伟,等,1997.米仓山地区构造演化[J].矿物岩石,(S1):7. [2]吴德超,魏显贵,杜思清,等,1998.米仓山叠加型推覆构造几何结构及演化[J].矿物岩石,(S1):5. [3]吴世祥,马永生,金之钧,等,2006.米仓山前陆盆地东段构造演化模式与油气聚集[J].石油勘探与开发,33(1):14-16. [4]汪新伟,沃玉进,周雁,等,2010.上扬子地区褶皱-冲断带的运动学特征[J].地学前缘,(3):13. [5]吴磊,钱俊锋,肖安成,等,2011.扬子地块西侧米仓山基底卷入式冲断带的结构分析[J].岩石学报,27(3):8. [1] Li, J. X., Z. W. Li, S. G. Liu, D. Sun and B. Deng, 2015, Paleostress reconstruction of Micangshan anticlinorium on the southern margin of Qinling orogenic belts, China[J]. Acta Geologica Sinica, v. 89, no. 2, p. 505-518. [2] Tian, Y. T., B. P. Kohn, C. Q. Zhu, M. Xu, S. B. Hu and Andrew J. W. Gleadow, 2012, Postorogenic evolution of the Mesozoic Micang Shan Foreland Basin system, central China[J]. Basin Research, v. 24, p. 70-90, doi: 10.1111/j.1365-2117.2011.00516.x. [3] Xu, H. M., S. Liu, G. S. Qu, Y. F. Li, G. Sun and K. Liu, 2009, Structural characteristics and formation mechanism in the Micangshan Foreland, South China[J]. Acta Geologica Sinica, v. 83, no. 1, p. 81-91.

**关键词** 构造特征; 多层滑脱变形; 基底隆升; 米仓山构造带





摘要 ID:931

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 口头报告

## 贺兰山古生代沉积演化对阿拉善-华北构造关系约束

孙娇鹏\*

西北大学

阿拉善和华北显生宙的构造亲缘性, 是否存在寒武纪-三叠纪“贺兰山缝合带”, 一直是地学界关注的热点问题。一种观点认为阿拉善与华北西部陆块主体在 19 亿年前后发生拼合; 前寒武纪基底对比、碎屑锆石年代学和古地磁数据, 认为阿拉善和华北在古生代、甚至中生代沿着贺兰山构造带完成拼贴。然而, 贺兰山构造带周缘与显生宙岩浆活动和变质活动并不明显, 尤其缺少蛇绿岩和双变质带等指示板块边界的标志。但是, 整个贺兰山周缘古生代到三叠纪沉积建造发育齐全, 提供了很好的研究载体, 使得沉积学工作成为验证是否存在贺兰山缝合带的关键。因此, 在大量野外地质调查和钻井观测的基础上, 以贺兰山构造带为核心, 构建了 10 余条横穿贺兰山构造带的沉积格架剖面, 结合古水流和物源分析数据, 开展阿拉善和鄂尔多斯的沉积关系对比研究。取得以下认识。

- 1) 东阿拉善、贺兰山和鄂尔多斯发育相似的寒武纪-三叠纪构造-沉积层序, 岩石建造类型、古生物组合及海平面演化趋势完全可以对比。通过沉积充填格架和源-汇体系重建揭示了贺兰山及周缘寒武纪-三叠纪各阶段古地理面貌连续过渡、物源统一, 不受贺兰山构造带影响, 不支持“显生宙贺兰山缝合带”, 即: 显生宙阿拉善是华北板块西延。
- 2) 通过沉积格架构建和沉降分析, 详细解剖了鄂尔多斯西北部奥陶纪盆地结构、构造属性及沉积充填, 恢复了奥陶纪从被动边缘到前陆盆地的演化过程。贺兰山周缘奥陶纪延续了向西缓慢加深的被动大陆边缘浅水碳酸盐岩缓坡的古地理面貌。晚奥陶世, 西部的贺兰山-东阿拉善一带快速沉降、碳酸盐岩缓坡沉没, 以西阿拉善岩浆弧为物源、沉积了厚达数千米的深水复理石建造, 东部依次发育碳酸盐岩斜坡和蒸发台地, 分别指示前陆盆地的前渊、前隆和后隆, 这种不对称的沉积充填格架不支持长期以来认为的奥陶纪贺兰山拗拉槽模式。
- 3) 基于对贺兰山及周缘寒武纪-三叠纪不同阶段盆地构造属性的分析, 归纳出 4 个阶段和性质不同的原型盆地。通过与古亚洲洋南缘关键构造事件的对比, 揭示出盆地演化与古亚洲洋复杂增生-拼贴演化的密切耦合关系。寒武纪到奥陶纪早期, 古亚洲洋扩张, 发育被动大陆边缘盆地; 晚奥陶世, 古亚洲洋低角度俯冲, 转为弧后前陆盆地; 石炭纪-二叠纪, 古亚洲洋俯冲板片回撤, 形成弧后伸展盆地; 早三叠世, 古亚洲洋闭合, 区域隆升剥蚀; 三叠纪晚期, 造山带垮塌, 幔源物质上涌形成断陷盆地。

参考文献 无

关键词 阿拉善-华北; 贺兰山构造带; 古生代; 沉积演化; 盆地动力学



摘要 ID:1028

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 辽西凸起北段磷灰石裂变径迹年代学及构造沉积意义

张江涛\*、郭涛、王鑫、惠冠洲、王茂楨  
中海石油(中国)有限公司 天津分公司

辽西凸起是渤海海域辽东湾拗陷最重要的油气富集区, 自上世纪 80 年代相继发现绥中 36-1、锦州 20-2 和锦州 25-1 等几个大中型油气田, 累计发现三级石油地质储量  $4.73 \times 10^8 \text{t}$ , 但自 2010 年之后再无重大发现, 油气勘探长期停滞, 其中新生代隆升沉降的时空格局及构造沉积响应不清晰是制约该区域勘探的主要因素。针对上述问题, 本次研究首次在该地区采用 5 个磷灰石样品的裂变径迹及热历史反演模拟, 对研究区所经历的构造活动进行探讨, 研究结果表明:

(1) 辽西凸起北段分为东块和西块, 均经历了两期剥蚀作用。西块: ①一期剥蚀

(65~45.8Ma), 基底变质岩在 65Ma 出露地表遭受剥蚀, 期间经历一个低速剥蚀期 (65~60Ma) 和一个高速剥蚀期 (60~45.8Ma), 剥蚀厚度为 1737m; ②二期剥蚀 (27.3~18.6Ma), 渐新统出露地表遭受剥蚀, 剥蚀厚度为 1020m。东块: ①一期剥蚀 (65~36.7Ma), 基底花岗岩一直出露地表遭受剥蚀, 剥蚀量为 1765m; ②二期剥蚀 (25.1~19.6Ma), 古地温表现为单调降温, 地层隆升剥蚀厚度至少为 711m。

(2) 辽西凸起北段新生代构造演化划分为 6 个阶段, 具有东西分块的特征。西块: ①隆升剥蚀期 (65~45.8Ma), 受控于辽西 2 号断裂的强烈活动, 基底变质花岗岩出露水面遭受剥蚀, 剥蚀量为 1737m, 剥蚀速率为 90.5m/Ma; ②差异断陷期 (45.8~38.1Ma), 接受沙三段沉积, 不同部位地层沉积厚度有所差异, 厚度范围 40~150m; ③构造稳定期 (38.1~31.7Ma), 沉降接受地层沉积, 厚度稳定 90~120m; ④断陷沉降期 (31.7~25.3Ma), 地层厚度为 1450m; ⑤隆升剥蚀期

(25.3~18.6Ma), 剥蚀量为 1020m; ⑥拗陷沉降期 (18.6Ma 至今), 整体接受区域性沉积, 地层厚度为 1000~1300m。东块: ①隆升剥蚀期 (65~36.7Ma), 基底黑色玄武岩抬升遭受剥蚀, 剥蚀量为 1765m, 剥蚀速率为 61.5m/Ma; ②构造稳定期 (36.7~32.1Ma), 稳定沉降接受地层沉积, 厚度 40~60m; ③断陷沉降期 (32.1~25.1Ma), 接受巨厚地层沉积, 厚度为 1520m; ④隆升剥蚀期 (25.1~19.6Ma), 东块隆升遭受剥蚀, 剥蚀量为 711m, 剥蚀速率为 129m/Ma; ⑤拗陷沉降期 (19.6Ma 至今), 接受区域性沉积, 厚度为 1330m。

### 参考文献

**关键词** 磷灰石裂变径迹; 热史模拟; 剥蚀量恢复; 构造演化; 新生代;



摘要 ID:1655

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯地块南缘奥陶纪前陆盆地结构与演化

师平平<sup>1</sup>、肖安成<sup>\*2</sup>、付金华<sup>1</sup>

1. 中石油长庆油田分公司勘探开发研究院
2. 浙江大学地球科学学院

鄂尔多斯地块南缘位于鄂尔多斯地块与北秦岭造山带结合部位,是研究北秦岭造山带奥陶纪弧-陆碰撞事件沉积-构造响应的理想场所。目前对鄂尔多斯地块南缘奥陶纪盆地的沉积充填特征、构造属性、结构以及演化历史仍缺乏清晰的认识。本文通过对露头区典型剖面观测结果和覆盖区地球物理资料的综合分析,发现鄂尔多斯地块南缘奥陶纪盆地沉积充填整体表现为南厚北薄、顶底均被区域性不整合面所限定的楔状沉积体;由北向南可以划分出局限沉积环境的坳陷带、持续抬升的隆起带和局限浅水-海相深水-陆相冲积扇环境的盆地带。结合北秦岭造山带奥陶纪大地构造属性及演化历史分析,认为鄂尔多斯地块南缘奥陶纪盆地是与北秦岭造山带奥陶纪弧-陆碰撞事件相关的周缘前陆盆地,经历了以下四个阶段的演化历史:①冶里-亮甲山期,前陆盆地初始挠曲阶段;②马一-马五期,前陆盆地结构成型阶段;③马六-平凉期,前陆盆地快速沉降阶段;④背锅山期,前陆盆地快速充填阶段。此外,该周缘前陆盆地具有经典前陆盆地的四元结构:褶皱冲断带位于包括渭河地堑在内的西安-宝鸡一带,前渊带呈近东西向展布于岐山-富平一带,前缘隆起带位于庆阳-运城一带,隆后坳陷带大致位于延安-榆林-绥德一带,呈不规则的椭圆形。该研究不仅有助于查明鄂尔多斯地块南缘奥陶纪盆地性质、结构与演化历史,还为北秦岭造山带奥陶纪弧-陆碰撞事件提供了盆地内部的地质历史证据。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯地块南缘;奥陶纪;周缘前陆盆地;演化历史;盆地结构



摘要 ID:209

主题分类：沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型：展板

## 尼泊尔南部及邻区构造—沉积演化及石油地质条件分析

王正和\*

中国地质调查局成都地质调查中心

尼泊尔低喜马拉雅带及以南具有丰富的地表油气显示，但因地质条件复杂、油气勘探程度和投入很低，油气地质认识程度也很低。为了探讨尼泊尔山前带的油气勘探潜力，笔者拟结合前人研究成果及新的研究发现，对尼泊尔低喜马拉雅带及以南的构造—沉积演化与油气地质特征进行总结与分析。结果表明：尼泊尔低喜马拉雅带及以南与印度地盾北缘在地质历史中的构造—沉积演化息息相关，且自元古宙以来，经历了被动大陆边缘→陆内裂谷→被动大陆边缘→前陆盆地等不同的构造演化阶段，并在各阶段均具有潜在的烃源岩发育；而自 Gondwana 群及以上，发育有潜在的储层及盖层；总体上具有潜在的生、储、盖组合；新构造运动是控制区域性油气运移与调整成藏的关键；丰富的地表油气显示及静态石油地质条件预示着尼泊尔低喜马拉雅带及以南，尤其是 MBT 以南具有良好的油气远景与勘探潜力。

### 参考文献

**关键词** 喜马拉雅；尼泊尔；构造—沉积演化；大陆裂解；石油地质；油气潜力



摘要 ID: 338

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 南祁连党河南山地区新元古代地层的碎屑锆石年代学及对物源研究

计波\*、李向民、时超、余吉远  
中国地质调查局西安地质调查中心

南祁连山地区广泛分布着志留纪巴龙贡噶尔组, 为一套较厚的碎屑沉积岩系(赵生贵, 1996; 冯益民等, 1996; 罗明非, 2010; 夏林圻等, 2016; Wang et al., 2017), 但多数地区该组中缺乏充分的地质时代证据。近年来, 有学者在南祁连中部与中西部原巴龙贡噶尔组中解体出新元古代的浅变质、强变形的地层, 岩性组合主要以黑云母石英片岩、二云石英片岩等片岩类为主, 具有火山—沉积建造特征(计波等, 2018; 白春东等, 2019; 王军等, 2019; 王磊等, 2019), 是研究南祁连地区新元古代构造演化的重要载体。

笔者在南祁连党河南山地区对该新元古代地层中的变质碎屑岩进行了岩石学、地球化学与碎屑锆石 U-Pb 年代学研究, 结果表明: 变质岩的原岩为成熟度较低的杂砂岩与泥岩, 是具有复理石建造特征的半深海—深海相沉积物。碎屑锆石样品记录了 866~700Ma、943~928Ma、1939~1723Ma、2279~2064Ma 和 2677~2565Ma 共 5 期构造热事件, 其中新元古代锆石年龄峰值最为集中, 古元古代锆石次之, 显示该组沉积物源主要来自南部全吉地块与北侧中祁连地块的古元古代基底岩系与新元古代岩浆岩。该新元古代地层的沉积特征与构造环境显示, 其可能为大陆裂谷向大洋盆地发展过程中形成的深海沉积, 是祁连陆块对新元古代时期 Rodinia 超大陆裂解的沉积响应。此外, 碎屑锆石的年龄分布频谱图指示了祁连陆块与扬子板块具有密切的构造亲缘性, 表明南祁连地区可能曾为扬子板块的组成部分。

**参考文献** Wang C, Li R, Smithies R, et al. 2017. Early Paleozoic felsic magmatic evolution of the western Central Qilian belt, Northwestern China, and constraints on convergent margin processes[J]. *Gondwana Research*, 41: 301-324. 白春东, 专少鹏, 毛志芳, 等. 2019. 南祁连天峻巴龙贡噶尔组变质火山岩 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 年龄、地球化学特征及构造意义[J]. *地质论评*, 65(03): 755-771. 冯益民, 何世平. 1996. 祁连山大地构造与造山作用[M]. 北京:地质出版社. 计波, 余吉远, 李向民, 等. 2018. 南祁连党河南山地区巴龙贡噶尔组的解体与岩石地层单位厘定—来自岩石学与年代学的证据[J]. *地质通报*, 37(04): 621-633. 罗明非. 2010. 甘肃党河南山早古生代大地构造性质研究[D]. 成都理工大学. 王军, 孙新春, 李小强, 等. 2019. 祁连山西段当金山一带原巴龙贡噶尔组的重新厘定及其构造意义[J]. *地质通报*, 38(07): 1116-1126. 王磊, 李向民, 胡兆国, 等. 2019. 南祁连党河南山中段科克巴斯陶玄武岩年代学、地球化学特征及其地质意义[J]. *大地构造与成矿*, 43(05): 1069-1077. 夏林圻, 李向民, 余吉远, 等. 2016. 祁连山新元古代中—晚期至早古生代火山作用与构造演化[J]. *中国地质*, 43(04): 1087-1138. 赵生贵. 1996. 祁连造山带特征及其构造演化[J]. *甘肃地质学报*, (01): 18-19+21-31.

**关键词** 南祁连 新元古代 碎屑锆石 U-Pb 定年 物源



摘要 ID:988

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 大巴山城口地区耀岭河群沉积岩物源分析和古地理意义

黄涵宇<sup>\*</sup>、何登发<sup>1</sup>、李涤<sup>1</sup>、李英强<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. 中国石化石油勘探开发研究院

沿大巴山断裂带出露的耀岭河群沉积岩富含火成岩碎屑,厚度可达数千米。它们为研究扬子地块与秦岭地块的构造位置关系和晚新元古代扬子大陆边缘的构造-沉积环境提供了重要的信息。报道了大巴山城口地区耀岭河群5个沉积岩样品中438个碎屑锆石的U-Pb同位素年龄数据和408个碎屑锆石的Lu-Hf同位素数据。结合这些含砾砂岩最年轻的碎屑锆石U-Pb年龄以及前人研究成果,限定城口地区的耀岭河群沉积岩的最大沉积时代约为650-635 Ma(新元古代成冰纪)。研究区耀岭河群含砾砂岩中的碎屑锆石以新元古代(1000-635Ma)占比最大,其对应的 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值变化范围较大,在-31.03~13.07之间,平均值2.00,主要来源于邻近的南秦岭和扬子北部地区的火成岩剥露区。少数大于1000 Ma的碎屑锆石表明耀岭河群沉积岩中含有少量的再循环沉积的古老锆石。进一步研究表明,耀陵河群沉积岩形成于罗迪尼亚超大陆裂解背景中,在扬子地块北缘的裂谷环境中近源堆积而成。研究认为俯冲板块的后撤可能导致了扬子地块北部边缘的伸展活动和大陆边缘裂谷的形成,因此,城口地区的耀岭河群沉积岩记录了罗迪尼亚超大陆裂解最后阶段的历史。

### 参考文献

**关键词** 新元古界;物源分析;南秦岭;耀岭河群



摘要 ID:1805

主题分类：沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型：展板

## 柴达木盆地北缘腹部构造带深层形成时间及发育特征分析

李红哲<sup>1</sup>、王远飞<sup>2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院西北分院
2. 中国石油青海油田公司勘探开发研究院

柴达木盆地腹部构造带深层（E-J）一直以来作为天然气勘探研究的重点地区及接替领域备受关注。其整体具有：位于生烃凹陷之上、圈闭形态完整、圈闭面积大、中浅层超压封盖、油源断裂发育等诸多良好成藏条件。但由于受理藏深度较大、二维地震资料品质较差、钻探井位较少等因素影响，严重制约着对腹部构造带深层成藏特征及构造演化特征的认识。

腹部构造带深浅层整体呈现为“两段式”，即浅层（N-Q）走滑高陡，深层（E-J）宽缓冲断的特征。前人研究认为深浅两层构造形成主要受喜山期印度-欧亚碰撞和青藏高原隆升推挤共同作用，具有深层冲断、浅层走滑等变形相叠加特征，表现为一喜山晚期形成构造带，不利于油气聚集成藏。近期，依托锆石测年、磁组构、古水流方向及构造物理模拟实验分析，针对腹部构造带开展构造形成演化特征分析认为：（1）首次通过对取自盆地阿尔金山前东段Pt片麻岩中大型基性岩墙的锆石测年（33Ma），表明其为来自喜山中期断裂活动产物，证实了E3时期构造运动的存在。

（2）利用阿尔金山前磁组构及祁连山前磁组构结合古水流方向分析，明确新生代经历两期构造转换，由古近纪近S-N向挤压转换为新近纪NE-SE向收缩，古近纪时期的近S-N向挤压控制了早期早期构造的形成。（3）通过构造物理模拟实验，结合新处理二维深度域地震剖面解析表明，古近纪近南北向挤压产生了走向近东西向的调节带，形成了阿尔金山前及腹部构造带鄂博梁II号-葫芦山构造早期构造。综上所述，喜山中期昆仑山、祁连山南北向挤压转换调节，控制了腹部构造带深层古构造的形成，深层古构造形成时期与盆地腹部侏罗系大量生排烃形成良好匹配关系，有利于油气富集成藏，并据此提出了腹部构造带鄂博梁II号-葫芦山构造为天然气勘探重点突破区带。

### 参考文献

**关键词** 腹部构造带；深层；古构造



摘要 ID: 3358

主题分类: 沉积盆地分析=》造山带与沉积盆地演化

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地及邻区早二叠世古地理与构造-沉积环境

翟咏荷\*

中国石油勘探开发研究院

鄂尔多斯盆地地下二叠统致密砂岩气近年来取得重大突破,发现一系列大型致密气田(付金华等, 2013, 2019)。其中早二叠世不同地质历史时期的古地理与构造-沉积环境的研究是探究鄂尔多斯盆地及邻区演化过程和油气进一步勘探的关键。运用最新的钻井、野外露头等地质资料,结合前人的研究成果,编制鄂尔多斯盆地及邻区早二叠世各沉积时期的构造-沉积环境图件,探讨早二叠世古地理特征及盆地演化。早二叠世古地理演化受北缘古亚洲洋和南缘勉略洋俯冲的影响,以活动大陆边缘为特征(邵济安等, 2014; 高征西等, 2019; 赖绍聪等, 2013)。太原组在晚石炭世的古地势基础上继承性发育,基准面呈上升趋势,以广阔的潮坪-泻湖环境为主,同时小型潮控三角洲。山西组沉积期是鄂尔多斯盆地海陆过渡的关键时期,海水快速从盆地东南部退出。山西组沉积早期,受区域性挤压作用影响,形成以三角洲体系为主的海陆过渡体系,盆地东部残存潮坪-开阔台地;晚期基准面整体先上升后下降,东部残存海相沉积环境向南退去。山西组沉积期后,盆地主体进入陆相沉积阶段。早二叠世盆地以稳定的沉降为特征,体现了稳定克拉通性质。由此可见,早二叠世盆地性质表现为克拉通内拗陷的特征,周缘构造环境、湖盆的差异沉降以及古隆起、古拗陷的发育对该时期的沉积充填演化具有重要影响,控制着沉积中心向盆地东部扩展。

**参考文献** 赖绍聪, 张国伟, 董云鹏, 等. 秦岭-大别勉略构造带蛇绿岩与相关火山岩性质及其时空分布[J]. 中国科学(D辑:地球科学), 2003, 33(12):1174-1183. 邵济安, 唐克东, 何国琦. 内蒙古早二叠世构造古地理的再造. 岩石学报, 2014, 30(7):1858-1866. 付金华, 郭少斌, 刘新社, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界山西组页岩气成藏条件及勘探潜力[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2013, 43(002):382-389. 付金华, 魏新善, 罗顺社, 等. 庆阳深层煤成气大气田发现与地质认识[J]. 石油勘探与开发, 2019, 046(006):1047-1061. 高征西, 王继春, 周路路, 等. 内蒙古温都尔庙地区早二叠世岛弧型花岗闪长岩的发现:对古亚洲洋闭合的时限约束[J]. 地球科学, 2019, 44(10):3178-3192.

**关键词** 古地理; 构造-沉积环境; 早二叠世; 构造演化; 鄂尔多斯盆地





# 沉积学基础理论与进展 层序地层学



摘要 ID:904

主题分类：沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型：口头报告

## 黔西盘县—水城地区上二叠统煤系层序地层划分对比\*

杨天洋<sup>1,2</sup>、沈玉林\*<sup>1,2</sup>、赵勇<sup>1,2</sup>、张云飞<sup>1,2</sup>、祝玉琳<sup>1,2</sup>、胡江晨<sup>1,2</sup>

1. 中国矿业大学资源与地球科学学院

2. 中国矿业大学 煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室

黔西地区上二叠统发育完全且保存较好，是进行层序地层研究的理想地区和层位。然而关于黔西晚二叠世层序地层划分方案众多，而且由于构造活动导致的地层倾角变化及火山活动事件的影响等干扰因素的消除不够，致使划分结果出现差异。基于黔西盘县—水城地区钻井岩心观察、测井等资料进行分析，结合 GR 高异常层及 Sr 同位素测试结果对盘县—水城上二叠统煤系进行层序识别及高频层序划分。结果表明：水城 K5 井地层倾角变化较大，地层倾角范围 27.5-73°，对岩层计算真厚度及对测井数据进行相应的深度换算，对换算后的测井数据进行多段分析及综合比较，选取合适的地层测井，减少非正常沉积地层对测井数据的影响，对处理后的数据进行米氏旋回识别并对研究区上二叠统煤系识别出 15 个 4 级层序，其中长兴组沉积时限约 2.23Ma，龙潭组沉积时限约 3.85Ma，沉积时限约 6.08Ma。通过对比在层序地层格架内 GR 高异常事件层的横向分布规律，测定了龙潭组底部在区域内分布稳定的火山灰蚀变岩层的锆石 U-Pb 同位素年龄，结果与建立的天文标尺龙潭组最底部年龄基本吻合。以铈同位素组成数据为基础，结合区内及全球长兴阶地质背景，分析了研究区内长兴组铈同位素演化趋势与当时地质事件的响应关系。研究区长兴早期至中期，铈同位素数值从 0.707252 逐渐下降到 0.707037，晚期从 0.707053 骤增至 0.707611，得出长兴组最顶部的一层灰岩中古生物壳体年龄为 252Ma。通过对比长兴组最底部样品的铈同位素比值，获得年龄为 253.8Ma。火山灰层表现为高 GR 特征并伴随关键金属富集，而富集层垂向变化规律与 4 级层序变化协同，这表明长偏心率周期可能协调了火山活动，进而引起关键金属富集。

### 参考文献

**关键词** 黔西水城；变倾角；米氏旋回；高频层序；关键金属



摘要 ID:813

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 口头报告

## 川中-川北地区震旦系灯影组沉积充填过程与碳酸盐岩沉积机制研究

王文之\*、陈曦

中石油西南油气田分公司

自四川盆地震旦纪德阳-安岳裂陷发现以来,关于灯影组沉积充填过程及裂陷成因一直都是国内碳酸盐岩科学研究的难点和热点,通过对野外露头、钻井、地化等资料测试分析基础上,以高分辨率层序地层学为指导,建立层序格架,分析层序格架内灯影组沉积充填过程,探讨裂陷成因机制,取得四点认识:①对野外、钻井岩心研究表明,灯影组与麦地坪组呈整合接触,除高石梯主体区外,麦地坪组在全区稳定分布,因此灯影组未遭受大面积侵蚀;其次,灯影组地层缺失区位于沉积期古地貌低部位,且寒武系底部未发现喀斯特等典型侵蚀痕迹,因此灯影组缺失以沉积成因为主;②高分辨率层序划分与对比表明,灯影组至少可划分为五个三级层序,整体上各个层序由川西北向川中古隆起高部位渐次超覆。SQ0 主要分布在射洪以北地区,川中地区大面积缺失, SQ1 在研究区内稳定分布, SQ2 主要分布射洪-川中地区, SQ3 碳酸盐岩分布在高石梯-龙岗以东地区,以西发生相变, SQ3 晚期发生一次区域性海退, SQ4 由西北向东南渐次超覆;③由此可见,由于沉积作用受古地貌、海平面升降模式不同的影响,沉积旋回早期地层在古地貌高部位缺失,沉积旋回晚期相对深水区沉积间断或相变。由于海平面周期性下降或强制海退,导致不同时代的层序在纵横向上相邻或叠置,形成大量复合圈闭,同时也极易发生“穿时”现象,造成误判;④沉积机制先后经历了四代,分别是构造控制→相带控制→海平面控制(层序控制)→基准面控制,基于基准面量化研究,在高分辨率层序格架内沉积充填过程、相带迁移、堆积样式、圈闭刻画是今后斜坡区油气勘探的关键。

### 参考文献

**关键词** 川中-川北;灯影组;沉积充填;碳酸盐岩;沉积机制



摘要 ID:895

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 展板

## 琼州海峡西口晚第四纪沉积体系演化

仇建东\*<sup>1</sup>、陈斌<sup>1</sup>、陈波<sup>2</sup>、张从伟<sup>2</sup>

1. 青岛海洋地质研究所

2. 海南省海洋地质调查研究院

海南岛周边海砂资源丰富,前期工作偏重于海砂资源调查,基础研究偏弱。根据单道地震在琼州海峡西部海域识别了楔形沉积、古河道、古三角洲等沉积体,但其分布特征、形成时间、成因机制等尚不清楚。本文利用在琼州海峡西部海域采集的单道地震和地质浅钻,结合历史数据,开展了AMS14C和光释光测年、元素地球化学、Sr-Nd同位素测试等,建立了研究区晚更新世以来的高分辨率年代地层和层序地层,查明了不同沉积体系的时空分布特征,进而分析了晚更新世以来的沉积体系演化,尤其关注海砂的赋存层位,分布特征及成矿机理。研究成果对于分析琼州海峡西部海域晚更新世以来的沉积环境演化、海陆相互作用、沉积物源汇过程等具有重要意义,也可从理论上指导海砂资源的开发和利用。

### 参考文献

**关键词** 琼州海峡, 沉积地层, 海砂, 晚更新世



摘要 ID:3183

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 口头报告

## 层序地层解释在库车山前复杂区储层预测中的应用

张晟\*、郑多明、成锁、肖文、陈强、罗浩渝  
塔里木油田分公司勘探开发研究院

塔里木盆地库车坳陷秋里塔格构造带古近系构造圈闭研究已经取得一系列勘探发现,且多口已钻井均显示该区域古近系膏盐岩向东发生相变,储层横向变化快,具备发育岩性圈闭的条件。然而库车山前复杂区由于地震资料的低分辨率、低信噪比且井控程度较低的情况,导致常规的储层预测方法对岩性圈闭识别的应用效果不佳,本文针对该区实际情况提出了一整套基于层序地层解释约束的储层预测技术流程。首先利用高分辨率处理技术拓宽地震资料频带为古近系内幕层序地层解释创造基本条件,然后井震结合开展高精度层序地层解释,综合地震属性分析与古地貌恢复支撑沉积相划分并识别有利相带,最后通过叠后相控反演刻画目标岩性砂体空间展布特征。实际工区应用中在X研究区古近系划分的三个三级层序中至下而上分别为低位体系域、水进体系域与高位体系域,其中水进体系域底砂岩发育且盖层条件好,目标砂体刻画结果主要分布于该沉积期洼槽内与沉积期古地貌完全吻合,岩性砂体的空间展布特征与工区地质认识一致,有效支撑了X研究区圈闭研究与井位部署工作,也证实了整套技术流程的可行性与有效性。

### 参考文献

**关键词** 库车坳陷;层序地层解释;相控反演;岩性圈闭;储层预测



摘要 ID:708

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 口头报告

## 渤海海域边缘凹陷古近系迁移层序构型及油气勘探意义

张蓁\*、张新涛、李虹、张震、王晨杰  
渤海石油研究院

边缘凹陷沉降幅度小,剥蚀量大,生油层系单一或生油气量少在油气勘探中被认为较“边缘化”。但近年渤海海域在多个边缘凹陷勘探均获亿吨级油气发现,为边缘凹陷油气勘探坚定了信心。而秦南凹陷其古地理格局和沉积格局曾发生巨变,伴随着沉积中心侧向迁移沉积充填的层序厚度、横向展布也发生侧向迁移形成迁移型层序,斜列叠置的储集层和烃源岩有利于油气成藏要素的空间配置,具有重要的油气勘探意义。因此本文基于钻井、岩心、地震资料等详细剖析了秦南凹陷自迁移和异迁移层序各个时期的构型,同时利用古生物、碳氧同位素、元素地球化学等方法对秦南凹陷古近系沙三段到东营组古环境进行了重建,评估烃源岩分布和质量,明确了四套与迁移层序相关的潜力层系,并在钻井中得到很好验证,具有较好的推广价值和后续勘探意义。古新世晚期—始新世早期秦南凹陷断裂活动为西部强,东部弱的分隔断陷盆地。从沙四段沉积时期开始,秦南凹陷古近系开始发育多个自迁移和异迁移层序。沙四段沉积时期以西部边界断裂控制下的自迁移层序为主,主要为多期近岸水下扇的纵向叠置,受可容空间的影响出现多次空间迁移。钻井揭示以大套砂砾岩为特征,扇体总厚度近1000m,为巨厚的优质储集层。沙三段时期秦南凹陷主洼控注断裂活动性加强,与西部边界断裂相当,形成具有两个沉积中心的统一凹陷,湖泊平衡充填,间歇性处于封闭状态使得水体中养分得以周期性浓缩,利于有机质保存。其中沙三下已被证实为一套优质烃源岩,以深湖泥岩夹薄层砂及特色的油页岩为特征,仅在湖盆边缘发育少量的扇三角洲,与沙四段迁移型至湖盆中心的储集层形成良好的储盖组合。另外秦南凹陷西洼沙三段下部发育规模性湖底扇沉积,总面积73km<sup>2</sup>,是源内岩性油气藏勘探的重要目标。沙三中时期,受远距离物源持续供应,湖盆萎缩,发育大规模下降体系域的自迁移层序,层序延伸10km以上,以大型S型前积和斜交前积为特征,该迁移层序在湖盆中心位置与下伏沙三下烃源岩配置,形成下生上储的极佳组合,已成为重要的勘探层序。东三段秦南主洼强裂断陷,湖盆快速沉降,水体扩张,表现为界面之上的上超,总体为一套深灰色湖相泥岩。而西部边界断裂几乎不活动,沉积了极薄层的湖相泥岩。东二下段发育由西北部的古大石河水系提供物源的大型三角洲,湖盆萎缩,再次形成自迁移层序,持续往湖盆推进,形成延伸30km以上的大型辫状河三角洲,在湖盆中心烃源岩之上形成多个上倾尖灭型岩性油气藏。

**参考文献** [1]薛永安.精细勘探背景下渤海油田勘探新思路与新进展[J].中国海上油气,2017,29(2):1-8.[2]赖维成,徐长贵,王晓刚,王存志,刘福平.秦南凹陷古近系层序地层和沉积体系研究及油气勘探方向探讨[J].中国海上油气,2007,19(5):300-305.[3]魏刚,薛永安,柴永波.秦南凹陷油气勘探思路创新与突破[J].中国海上油气,2012,24(3):7-11.[4]朱红涛,李森,刘浩冉等.陆相断陷湖盆迁移型层序构型及意义:以珠1拗陷古近系文昌组为例[J].地球科学,2016,41(3):361-372.

**关键词** 关键词: 迁移层序; 构型; 勘探意义; 秦南凹陷



摘要 ID:732

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 层序地层学形成发展与多种模型关系分析

朱筱敏\*

中国石油大学(北京)

Vail 层序地层学是在地震地层学的基础上发展起来的。目前,国际层序地层学主流学派主要包括 Vail 倡导的以不整合面及其对应的整合面为层序边界的经典层序地层学(1988)、Galloway 提出了以最大海泛面为层序边界的成因层序地层学(1989)、Embry 倡导的以首次海泛面为旋回边界的 T-R 旋回层序地层学(1992)、Cross 提出的以非物理界面基准面为旋回边界的高分辨层序地层学(1994)。后来, Hunt (1992) 和 Posamentier (1995) 分别提出了下降阶段体系域、强制海退体系域; Catuneanu (2009, 2019) 发表文著提倡实现层序地层学研究标准化以及四分体系域模型。本文分析了不同层序地层学学派的层序边界特征及其相互关系以及层序地层学模型研究的发展方向。

**参考文献** Catuneanu. O., Abreu. V., Bhattacharya. J.P., et al, Towards the standardization of sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 2009, 92:1-33  
Catuneanu. O. Model-independent sequence stratigraphy. *Earth-Science Reviews*, 2019, 188: 312-388.  
Embry, A. F., Transgressive-regressive (T-R) sequence analysis of the Jurassic succession of the Sverdrup basin, Canadian arctic arc hipelago, *Canadian Journal of Earth Sciences*, 1993, 30 (2): 301-320  
Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis I: architecture and genesis of flooding-surface bounded depositional units. *AAPG Bulletin*, 1989, 73, 125-142  
Hunt D, Tucker M.E., Stranded parasequences and the forced regressive wedge systems tract: deposition during base-level' fall, *Sedimentary Geology*, 1992, 81 (1/2): 1-9  
Posamentier H W, Allen G P, James D P, et al, Forced regression in a sequence stratigraphic framework: concepts, examples, and exploration significance, *AAPG Bulletin*, 1992, 76 (11): 1687-1709

**关键词** 层序地层学派, 层序边界, 模型



摘要 ID:1468

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 展板

## 基于时频谱约束的井震层序划分与对比方法研究

朱剑兵\*、王兴谋

中石化胜利油田分公司物探研究院

地震和测井资料是开展层序地层划分对比的常用资料,由于受地震资料分辨率限制,地震资料通常用于大尺度的层序划分,而测井资料分辨率高可用于更精细的层序划分。如何将地震、测井资料联合起来,发挥地震横向对比性强及测井纵向分辨率高的优势是层序地层划分的一个重要研究方向。本文提出了一种时频谱约束的井震联合层序对比分析方法,首先利用 Fisher 曲线、活度分析、米氏频谱分析等方法提高单井层序划分精度,并通过时频谱约束的井震时深综合标定建立井震旋回对比关系,采用基于经验模态分解的联合旋回对比方法,提高井震旋回对比的相关性,建立了井震联合层序对比分析流程。利用该方法在胜利东部油田开展了层序地层划分与对比,取得了较好的应用效果。

**参考文献** [1]纪友亮、周勇.层序地层学[M].中国石化出版社,2020.[2]邵才瑞,李洪奇.人工智能地层对比专家系统原理[J].石油物探.2000,39(1):77-84.[3]吴因业.油气层序地层学(第二版)[M].石油工业出版社,2015[4]吴义杰,高德群,许江桥.一种自动识别高分辨率层序地层的方法及计算机实现[J].石油地球物理探.1993.28(1):67-72.[5]杨建民,黄保纲,刘卫林,等.基于小波变换的浅水三角洲高分辨率层序地层定量划分[J].长江大学学报(自然科学版).2019,16(12):20-24[6]郑小武,邓宏文,徐怀大,等.测井高分辨率层序地层自动划分技术与应用尝试[J].石油与天然气地质.1999,20(4):357-360

**关键词** 时频分析;层序划分;经验模态分解;旋回对比





摘要 ID:3160

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 口头报告

## 南海北部陆架区下-中中新统强制海退砂体发育特征及沉积解释

卓海腾<sup>1</sup>、黄书勤<sup>1</sup>、冯进<sup>2</sup>、李智高<sup>2</sup>、苏明<sup>1</sup>、林理娥<sup>1</sup>、刘溢世<sup>1</sup>

1. 中山大学海洋科学学院

2. 中海石油(中国)有限公司深圳分公司

海相三角洲至浅海陆架区是层序地层学理论模式建立的典型区域,其层序发育样式和沉积构成是复杂水动力过程、沉积物供给和周缘气候变化的综合响应。本研究以南海北部珠江口盆地惠州地区为例,以层序地层学标准化思路为指导,采用地震沉积学综合分析方法并结合全三维解释等地球物理手段,基于层序界面SB、最大海退面MRS、最大海泛面MFS、强制海退底面BSFR等多类型界面,建立了下-中中新统的韩江组和珠江组高精度层序格架。其中,在多个层序内识别出了典型的强制海退砂体。研究发现,强制海退砂体平面上主要与岸线平行的呈条带状,在地震剖面上主要呈脊状形态,并可划分为头部强振幅反射、中部高角度前积反射和尾部弱振幅反射等三种主要的地震相类型。在测井上,强制海退砂体呈现明显的底突变箱状特点,且在岩心上表现有明显的侵蚀界面。综合岩心相、测井和地震相等各方面证据,研究将强制海退砂体的沉积成因解释为古海滩脊,即Beach Ridge,并认为强制海退砂体的长期沉积演变可能受控于研究区的西南向古水流场,包括波浪引发的沿岸流或陆架环流等。同时,依据强制海退砂体发育的最早时间,提出南海北部陆架区的西向古水流场应至少出现于距今21Ma之前。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3309

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 展板

## 四川盆地高石梯地区震旦系灯影组四段沉积层序模式及有利勘探区预测

张宇慧、金吉能\*  
长江大学

**摘要:** 近年来, 四川盆地高石梯地区取得重大勘探突破, 具有广阔的天然气开发前景。本文基于露头、钻井及地震资料综合分析, 对四川盆地高石梯地区震旦系灯四段开展沉积层序模式研究, 预测有利勘探区。研究表明: ①灯四段明确发育两个长期海侵-海退旋回, 层序的高位体系域发育规模性型颗粒滩及微生物丘。两个层序在地震剖面上可以追踪对比, 进行等时地层格架的建立; ②明确灯四段下部发育颗粒滩沉积, 中部及上部以微生物丘沉积为主, 高石 18 井区内存在台内洼地, 台缘滩-台缘丘为进积型沉积, 台内丘为加积型沉积; ③灯四段沿台缘带呈“西薄东厚”, 有利勘探区为台缘带东部。该研究丰富了灯四段层序地层学理论, 对井下沉积对比及建立模型具有指导意义。

**参考文献**

**关键词**



摘要 ID: 326

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 展板

## 珠三拗陷珠海组层序地层及沉积体系演化

吴太霏\*

中国地质大学(武汉)

珠三拗陷作为珠江口盆地最大的油气富集区,随着勘探开发工作转向隐蔽圈闭,沉积相的研究尺度需进一步加深。本文综合利用岩心、测井曲线、三维地震等资料,对南海珠江口盆地珠三拗陷珠海组开展高精度层序地层学研究,并在层序格架约束下,完成沉积相类型识别和沉积体系分析。依据地震不整合面以及测井响应特征将研究区珠海组自下而上划分为 PSZH32、PSZH31、PSZH22、PSZH21、PSZH11 五个四级层序单元;时间上 PSZH32、PSZH31、PSZH22、PSZH21 为扇三角洲沉积,微相以水下分流河道、河口坝为主,PSZH11 以潮坪相潮下带砂为主,部分可见曲流河三角洲沉积;空间上,潮坪沉积全区发育,潮上带和潮间带发育范围从南往北部逐渐缩小至不发育,潮下带发育范围从南往北逐渐推进扩大。曲流河三角洲主要位于西北部、东北部阳江低凸起地区,西北部三角洲从无到有并逐渐扩大,东北部三角洲在珠海组沉积过程中范围变化不大。扇三角洲主要位于南部陡坡带和西部琼海低凸起地区,发育范围逐渐缩小。到珠海组末期时,西部地区不再发育扇三角洲,南部地区仅有小规模扇体发育。

### 参考文献

**关键词** 珠三拗陷;珠海组;层序地层;沉积相;沉积体系



摘要 ID:89

主题分类：沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型：专题邀请报告

## 层序地层动力学：盆地沉降驱动的成因地层单元变异

徐国强<sup>1,2</sup>、庞雄<sup>3</sup>

1. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室
2. 成都理工大学能源学院
3. 中国海洋石油集团有限公司 (CNOOC) 深圳分公司

快速的盆地沉降会导致三阶海面升降旋回内沉积的所有地层均以退积方式堆砌。然而，由于缺乏案例研究，这种极端的地层堆砌方式变化仍未得到研究。本文首先在前人研究成果的基础上提出层序地层动力学概念，然后通过数学模拟和实例研究探讨了盆地沉降驱动的三级旋回成因地层单元的正向变异，建立了成因地层单元变化的动力学方程和评价体系，确定了6种潜在的驱动机制和36种成因单元变化路径，包括正向和反向的2种极端变异。研究表明，三级层序地层结构和相分布变化，即成因单元变化，是在周期性海平面变化( $R_{\text{sea-level}}$ )、盆地沉降( $R_{\text{base}}$ )和沉积充填( $R_{\text{sediment}}$ )三种营力一起驱动下发生的。然而，成因地层单元的变异是由剩余盆地沉降速率( $R_{\text{base}} - R_{\text{sediment}}$ )驱动的，地层堆砌方式取决于沉积物供给率与剩余可容空间变化率的比值( $R_{\text{sea-level}} + R_{\text{base}} - R_{\text{sediment}}$ )。层序地层动力学适用于所有盆地，可为更广泛的地层对比提供理论依据。

### 参考文献

**关键词** 层序地层学动力学；成因地层单位变异；全球海平面变化；盆地沉降；白云凹陷



摘要 ID: 3329

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 口头报告

## 坳陷湖盆构造层序框架下三级层序的结构样式与充填特征 -以准噶尔盆地为例

李攀\*、卫延召、吴卫安  
中国石油勘探开发研究院

三级层序是层序地层学中关注度最高、应用最广的基本地层单元。针对坳陷湖盆三级层序的结构样式和充填特征，以往研究多是较为孤立地分析，缺少在更大的（一二级）构造层序框架下去比较和对比。本文以准噶尔盆地二三叠系为例，在地震-钻井-岩心综合分析的基础上，识别出二级构造层序，并对其内部的三级进行对比性分析。研究发现，构造层序不同演化阶段的三级层序具有不同的结构特征和沉积构成：在构造层序早期，三级层序以低位水进（湖进）域为主，表现为向上变细的不对称序列，主要的沉积体系为浅水（扇）三角洲，经典层序模型中的重力流体系不发育；在构造层序晚期，三级层序则以高位（湖退）域为主，表现为向上变粗的不对称序列，主要的沉积构成为正常三角洲、重力流和湖相沉积。这一研究表明，构造层序的演化（长期基准面或沉积物供给变化）控制了三级层序的地层结构与沉积充填。因此，对三级层序模式的建立和应用，应在更宏观的构造层序框架中进行。

**参考文献**

**关键词** 构造层序，三级层序，坳陷湖盆



摘要 ID: 3337

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地长 7 段湖相细粒沉积岩高频层序识别及定量划分

郭健\*

西安石油大学

摘要: 鄂尔多斯盆地长 7 段半深湖-深湖的沉积环境, 长 7 段的湖相细粒沉积具有高度的连续性和分辨率; 在沉积环境和沉积过程稳定的条件下, 使得长 7 段泥页岩忠实的记录了米兰科维奇旋回信号, 以米兰科维奇理论为指导的高分辨率层序地层学相对传统层序地层学层序划分时人为性和主观性的不足有定量划分的优势, 是传统层序地层学重要补充。针对记录了高分辨率的米氏旋回的长 7 段细粒沉积岩, 精准识别和判定记录在地层中的高分辨率层序信号, 是对长 7 段进行高频层序划分的关键, GR 测井曲线在纵向上具有等间距、高分辨、连续等本质特征外, 同时兼具连续精准的记录了古气候变化信息的特点, 因此选取研究区段 GR 测井曲线作为古气候替代指标研究地层中米兰科维奇旋回信息。以 Lasker04 年天文解决方案为时间量化单位, 基于 Acycle 程序对替代指标进行频谱分析、相关系数分析和滤波分析去识别和分辨米氏旋回信号, 匹配最优沉积速率, 以长短偏心率和斜率天文周期作为四、五、六级层序划分参考, 实现研究区长 7 段高频层序的定量划分。对研究区段冯 58 井的 GR 测井曲线进行多窗口频谱分析和沉积速率追踪, 识别出冯 58 井的旋回周期以 20m 和 5m 为主, 主要受长短偏心率控制, 相关系数判别冯 58 井长 7 段为 5.4cm/kyr 的平均沉积速率, 与频谱分析的优势峰值相吻合, 以频谱分析和沉积速率为约束对特定的峰值频率滤波, 以滤波信号为参考, 将冯 58 井层序定量划分 7 个四级层序和 28 个五级层序, 实现研究区长 7 段湖相细粒沉积岩高频地层单元划分与对比。

### 参考文献

关键词 关键字: 长 7 段 细粒沉积岩 米兰科维奇理论 高分辨率层序



摘要 ID:2966

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 展板

## 川东南-黔北地区早志留世晚期沉积特征分析

王嘉先\*、冉钰、徐亮、孙豪飞、明盈、徐唱  
西南油气田勘探开发研究院

川东南-黔北地区下古生界志留系勘探前景较好。龙马溪组, 石牛栏(小河坝组)及韩家店组在区内构成了较好的生储盖组合。前人对该区志留系沉积相及石牛栏组灰岩储层特征等方面存在大量研究(朱志军, 2016; 马永生, 2009; 刘若等, 2007; 刘宝珺, 1994; 王鸿祯, 1985)。但对小河坝组及同期灰岩相为主的石牛栏组沉积与层序综合分析、统一纳入层序的研究较少。

层序地层研究表明龙马溪与石牛栏组沉积序列向上变浅, 即龙马溪组下部的黑色含笔石炭质页岩向上过渡为泥岩与灰岩薄互层, 到石牛栏组中上部发育灰岩为主。将志留系石牛栏组(小河坝组)与龙马溪组共同划分为一个独立的三级层序。而石牛栏组内部可进一步划分为 SQ1 和 SQ2 两个四级层序。

基于层序格架, 区内可划分为三角洲、碳酸盐台地和陆棚三种沉积体系。研究区内发育的三角洲相主要分布于筠连-威信以南、江津-綦江-南川以东, 主要以三角洲前缘和前三角洲亚相为主。碳酸盐岩台地沉积体系主要发育于川南綦江观音桥及以西地区的石牛栏组。为一套生物灰岩、生物碎屑灰岩、含生物/生屑微-粉晶灰岩、白云质灰岩及灰质白云岩组成。区内可划分台地礁

(滩)、开阔台地、局限台地和台缘斜坡四个亚相。台地礁(滩)如长宁、叙永田中生物礁滩等。开阔台地沉积主要见于 SQ1、SQ2 层序的 HST, 在混积、灰质陆棚上发育形成, 为薄-中厚层含生屑微晶灰岩、生物屑灰岩。主要分布在高县-叙永-习水以南。局限台地多发育于 SQ1-HST 晚期。局限台地分布在威信木拉、叙永安基屯、习水土河坝-温水一带, 为白云质泥晶灰岩、灰质白云岩, 可见鸟眼构造。台地前缘斜坡沉积见于石牛栏期 SQ1 和 SQ2 层序的 HST, 主要分布于高县-珙县-观音桥以南, 古宋-习水-桐梓黑石溪以北, 为一套中-厚层砾屑、颗粒灰岩夹泥页岩沉积。陆棚体系在研究区西南部黔北-川南地区广泛发育, 划分为泥质陆棚体系、混积陆棚体系及灰质陆棚体系。混积陆棚和灰质陆棚划分为浅水陆棚和深水陆棚。自贡-内江一带及其以北地区为深水陆棚, 以南地区发育浅水陆棚。

研究区早志留世晚期沉积模式主要受南侧黔中隆起及东侧雪峰山隆起控制。早志留世晚期: 海平面下降, 陆源物质供给减少, 碳酸盐沉积增加, 南部桐梓-习水地区陆棚演变为碳酸盐台地环境; 受雪峰山隆起、陆源供给影响, 水体变浅, 沉积中心向西北迁移, 东部黔江-垫江为三角洲沉积。平面上表现为碳酸盐台地、浅水陆棚进一步向北西迁移, 川东东北部地区为泥质深水陆棚沉积, 在川东南重庆以东涪陵-黔江地区发育三角洲前缘河口砂坝沉积。本文在前人研究成果的基础上, 充分利用钻井资料及野外露头, 应用层序地层学的方法, 研究川东南-黔北地区志留系层序地层及沉积体系特征及时空展布, 对下一步油气资源勘探及志留系储层的识别和预测工作打开新局面。

**参考文献** 朱志军, 张治波. 川东-鄂西志留系层序格架下沉积体系演化特征及有利区带预测[J]. 科学技术与工程, 2016, 16(11): 13-21. 马永生, 陈洪德, 王国力, 等. 中国南方层序地层与古地理[M]. 北京: 科学出版社, 2009. 刘若冰, 田景春, 黄勇, 等. 川东南震旦系灯影组白云岩与志留系石牛栏组灰岩储层特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2007, 34(3): 245-251. 刘宝珺. 中国南方岩相古地理图集[M]. 北京: 科学出版社, 1994. &nbsp;王鸿祯. 中国古地理图集[M]. 北京: 地图出版社, 1985.

**关键词** 沉积特征; 早志留世晚期; 小河坝组; 川东南



摘要 ID:2987

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 展板

## 基于米氏旋回的天文年代标尺的建立和地层剥蚀厚度的精细计算—以巴麦地区石炭系卡拉沙依组为例

张坦\*、姚威、赵永强、周雨双、黄继文、范昕禹、罗宇  
中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

**摘要:**塔里木盆地巴麦地区石炭系卡拉沙依组是一套典型的自生和自储的碎屑岩地层,古地貌的精确恢复对于指导该地区寻找优质储层及烃源岩优势相起着十分重要的作用,而剥蚀量计算又是古地貌恢复研究中的核心步骤。本次研究选取研究区丰富的自然伽马曲线数据作为替代指标,利用频谱分析、小波变换和经验模态分解(EMD)等技术手段,对主频和天文时间尺度进行了计算和分析,通过识别该地区的米兰科维奇旋回信号,建立了研究区具有相对时间概念的“浮动”天文年代标尺,并探讨了缺失旋回数量和平均旋回厚度之间的关系,最终精确计算了该地区石炭系卡拉沙依组顶部剥蚀量(势)。结果显示:巴麦地区石炭系卡拉沙依组沉积时受天文轨道周期的控制,保存有完整的米兰科维奇旋回,可检测出405 ka长偏心率(e1)、125 ka中偏心率(e2)、95 ka短偏心率(e3)、41.39 ka长斜率(o1)和33.28 ka短斜率(o2)五个周期;经验模态分解(EMD)方法计算得出的imf3分量与长偏心率(e1)控制下的地层旋回个数基本一致,可依据imf3分量的曲线作为确定天文年代标尺的依据,建立了研究区具有相对时间概念的“浮动”天文年代标尺;基于经验模态分解(EMD)方法计算的结果,选择HT1井和H3井作为研究区的基准井,将记录68个405 ka长偏心率(e1)周期的地层定义为完整的沉积序列(相对剥蚀厚度最小),利用不同地区钻井缺失旋回数量和平均旋回厚度之间的关系,进行了石炭系卡拉沙依组顶部剥蚀厚度的精确计算。研究区内石炭系卡拉沙依组顶部剥蚀厚度在0~390 m范围内变化,剥蚀最强烈的地方位于K2井以北地区,代表了巴楚运动作用最强烈的区域,而HT1井和H3井附近剥蚀作用最弱,剥蚀特征整体表现为“西厚东薄”。

**参考文献** 李京昌, 吴疆, 何宏, 等. 塔里木盆地石炭系卡拉沙依组烃源岩研究[J]. 石油实验地质, 2017, 39(04):511-519. 黄智斌, 杜品德, 张师本, 等. 塔里木盆地石炭系卡拉沙依组的厘定[J]. 地层学杂志, 2005, (01):55-61+70. 许杰, 何治亮, 郭建华, 等. 卡拉沙依组砂泥岩段层序地层及沉积体系[J]. 新疆地质, 2009, 27(02):155-159. 曹强, 叶加仁, 王巍. 沉积盆地地层剥蚀厚度恢复方法及进展[J]. 中国石油勘探, 2007, 12(6):41-46. 黄太柱, 蔡习尧, 郭书元. 塔里木盆地巴楚地区石炭纪地层问题讨论[J]. 石油实验地质, 2013, 35(06):607-614. 李伟. 恢复地层剥蚀厚度方法综述[J]. 中国海上油气地质, 1996(03):33-37. 宋翠玉, 吕大炜. 米兰科维奇旋回时间序列分析法研究进展[J]. 沉积学报, 2022, 40(02):380-395. 马超, 王成善, 陈曦, 等. 藏南晚白垩世旋回地层学研究:以定日贡扎剖面为例[J]. 地学前缘, 2009, 16(5):134-142. 石巨业, 金之钧, 刘全有, 等. 基于米兰科维奇理论的高精度旋回识别与划分:以南图尔盖盆地Ary301井中侏罗统为例[J]. 沉积学报, 2017, 35(3):436-448. 赵军, 曹强, 付宪弟, 等. 基于米兰科维奇天文旋回恢复地层剥蚀厚度:以松辽盆地X油田青山口组为例[J]. 石油实验地质, 2018, 40(2):260-267. 刘高波, 施泽进, 余晓宇. 巴楚-麦盖提的区域构造演化与油气分布规律[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004(02):157-161. 郭齐军, 赵省民. 塔河地区石炭系沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(1):99-102. 刘占红, 陈荣, 宋成兵, 等. 塔里木盆地石炭系卡拉沙依组旋回地层与层序地层综合研究[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2012, (5):1051-1065. 吴怀春, 张世红, 冯庆来, 等. 旋回地层学理论基础、研究进展和展望[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2011, 36(3):409-428. 徐敬领, 霍家庆, 宋连腾, 等. 基于测井数据的米氏旋回分析及浮动天文年代标尺的建立[J]. 地球物理学报, 2022, 65(07):2766-2778. 李江涛, 李增学, 余继峰, 等. 基于测井数据小波变换的层序地层对比——以鲁西和济阳地区石炭、二叠系含煤地层为例[J]. 沉积学报, 2005(04):639-645. 姜海健, 罗云, 李群, 等. 塔里木盆地麦盖提西部地区上石炭统不整合及储层发育模式[J]. 石油实验地质, 2017, 39(06):776-782. Wu H C, Zhang S H, Hinnov L A, et al. Time-calibrated Milankovitch cycles for the Late Permian[J]. Nature Communi -





cations, 2013, 4:2452. Li M S, Huang C J, Hinnov L, et al. Obliquity-forced climate during the Early Triassic hothouse in China[J]. *Geology*, 2016, 44(8):623-626. Zhang J Y, Pas D, Krijgsman W, et al. Astronomical forcing of the Paleogene coal-bearing hydrocarbon source rocks of the East China Sea Shelf Basin[J]. *Sedimentary Geology*, 2020, 406:105715. Hammer Ø, Harper D A T, Ryan P D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis[J]. *Palaeontologia electronica*, 2001, 4(1): 9. Shi S Y, Ding W L, Zhao G, et al. Calculating the Eroded Thickness Corresponding to a Short-Term Tectonic Uplift with Milankovitch Theory: A Case Study of the Middle Permian Maokou Formation in Southeastern Sichuan Basin, Southwest China[J]. *ACS omega*, 2021, 6(11): 7558-7575. Delage O, Portafaix T, Bencherif H, et al. Empirical adaptive wavelet decomposition (EAWD): an adaptive decomposition for the variability analysis of observation time series in atmospheric science[J]. *Nonlinear Processes in Geophysics*, 2022, 29(3): 265-277. Strasser A., Hilgen F. J, Heckel P. H., 2006. Cyclostratigraphy concepts, definitions, and applications. *Newsletters on Stratigraphy* 2006, 42(2):75-114. Berger, A, Loutre, M. F. Laskar, J. Stability of the astronomical frequencies over the Earth's history for paleoclimate studies. *Science* 1992, 255, 560-566.

**关键词** 米兰科维奇旋回；经验模态分解（EMD）；“浮动”天文年代标尺；剥蚀量；巴麦地区



摘要 ID:890

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 口头报告

## 地震沉积学在河道型岩性圈闭侧向尖灭条件评价的应用-以珠江口盆地恩平凹陷北带为例

吴宇翔\*、丁琳、李小平、谢世文、李智高、郭伟、向巧维、卫哲、李潇  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

珠江口盆地恩平北带新近系目前勘探已发现数千万吨油气地质储量,在对油气层的精细解剖过程中,推测可能发育河道型岩性圈闭。由于该区域新近系分支河道众多,分支河道在地震剖面上并不仅仅表现为同相轴合并,也存在从强到弱振幅变化特征,砂体之间可能叠置连通,因而有必要针对该地区河道砂侧向尖灭条件进行论证。本次研究采用地层切片、90度相移、频谱分解、波阻抗反演、多属性神经网络聚类地震沉积学方法开展分析。研究结果表明在常规0相位地震资料地层切片上目的层河道砂岩为波谷强振幅,泥岩为波谷弱振幅,河道砂与间湾泥大致存在一条侧向尖灭线。在0相位地震资料地层切片上部分区域侧向尖灭线振幅强弱变化不明显、尖灭点不可靠,需要进一步论证。通过统计,本地区目的层河道砂厚度介于8~14m之间,同时估算出地震子波波长约为70m,因而河道砂厚度小于该区域1/4地震子波波长,适合使用90度相移地震资料识别河道砂体顶、底界面。对比两种地震资料尖灭点位置及特征,90度相移地震资料在剖面及地层切片上砂岩尖灭边界线更为清晰,同时0相位地震资料上不可靠的尖灭点也被证实存在。频率域上,利用0相位地震资料从20hz到80hz每隔10hz提取对应主频频数据体,这些分频数据体上的尖灭点与0相位地震上的尖灭点基本一致,时频分析基础上分频数据体RGB融合地层切片显示侧向尖灭线清晰、砂体内部厚度变化具有一定响应,基于以上90度相移、频谱分解、地层切片等方法可定性认识到研究区存在河道-间湾泥侧向尖灭线。为了进一步定量判断尖灭点位置,并预测储层厚度、物性及分类,开展了储层反演及多属性神经网络聚类分析。通过岩石物理分析,砂岩呈低阻高孔、泥岩呈高阻低孔,说明利用纵波阻抗可区分砂泥岩并预测厚度物性。从反演结果来看,反演剖面上砂、泥岩分界点非常清晰,最小振幅属性平面图上尖灭线连续稳定,同时雕刻出目标区砂岩厚度约为12m,孔隙度约为0.23。综合能量类、频率类、弧长类、波阻抗类等属性,应用神经网络聚类分析,同时加入井数据进行验证,刻画出了河道砂侧向尖灭线同时将河道砂岩储层条件分成了两类。通过以上地震沉积学技术方法分析,可以得出研究区发育河道型岩性圈闭侧向尖灭条件,具备侧向封堵能力,圈闭内发育良好物性储层,同时认识到这系列地震沉积学技术组合可有效地开展河道型岩性圈闭尖灭条件分析,可为后续河道型岩性圈闭目标整体评价提供可靠地技术支持。

**参考文献** [1]&nbsp;朱筱敏,董艳蕾,曾洪流,等.中国地震沉积学研究现状和发展思考[J].古地理学报,2020,22(3):397-411. [2]&nbsp;徐长贵,杜晓峰,徐伟,等.沉积盆地“源-汇”系统研究新进展[J].石油与天然气地质,2017,38(01):1-11. [3]&nbsp;侯明才,陈洪德,田景春.层序地层学的研究进展[J].矿物岩石,2001(03):128-134. [4]&nbsp;吴因业,顾家裕,施和生,等.从层序地层学到地震沉积学—全国第5届油气层序地层学大会综述[J].石油实验地质,2008(03):217-220+226. [5]&nbsp;Zeng H L, Hentz T F. High-frequency sequence stratigraphy from seismic sedimentology: Applied to Miocene, Vermilion Block 50, Tiger Shoal area, offshore Louisiana. AAPG Bulletin, 2004, 88(2):153-174. [6]&nbsp;鲍才旺.珠江口陆架区埋藏古河道与古三角洲.海洋地质与第四纪地质,1995,15(2):25-34. [7]&nbsp;陈学华,贺振华,黄德济,等.基于广义S变换的地震资料高效时频谱分解.石油地球物理勘探,2008,43(5):530-534. [8]&nbsp;陈雪芳,李洪博,高鹏等.珠一坳陷浅层新领域油气勘探潜力条件分析.石油天然气学报,2012,34(4):52-57. [9] 王华,李忠,陆永潮.现代沉积学研究的若干思路与方法.武汉:中国地质大学出版社,2001:61-68. [10]&nbsp;陈长民.珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件.北京:科学出版社,2003. [11]&nbsp;丁琳,张昌民,杜家元,等.珠江口盆地惠州凹陷珠江组K系列陆架砂脊沉积演化及成因.&nbsp;石油与天然气地质,35(3):379-385. [12]&nbsp;贾承造,赵文智,邹才能,等.岩性地层油气藏勘探研究的两项核心技术[J].石油勘探与开发,2004,31(3):3-9. [13]&nbsp;李妙霞,张祥兰,周昌范,等.应用地震地层学方法对古珠江三角洲沉积体系的初步分析[J],1987,26(4):67-85. [14]&nbsp;夏竹,刘兰锋,任敦占,等.基于地震道时频分析的地层结构解析原理和方法.石油地球物理



勘探, 2007, 42(1):57-65. [15]&nbsp;杨少坤, 黄丽芬, 李希宗, 等. 珠江口盆地特殊层序地层模式及其对勘探的指导意义[J]. 中国海上油气, 1996, 10(3):137-152. [16]&nbsp;朱筱敏, 董艳蕾, 曾洪流, 等. 沉积地质学发展新航程——地震沉积学[J]. 古地理学报, 2019, 21(02):189-201. [17]&nbsp;李磊, 李彬, 王英民, 李冬. 块体搬运沉积体系地震地貌及沉积构型:以珠江口盆地和尼日尔三角洲盆地为例[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2013, 44(06):2410-2416. [18]&nbsp;朱筱敏, 董艳蕾, 胡廷惠, 等. 精细层序地层格架与地震沉积学研究——以泌阳凹陷核桃园组为例[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(04):615-624. [19]&nbsp;王英民. 对层序地层学工业化应用中层序分级混乱问题的探讨[J]. 岩性油气藏, 2007(01):9-15.

**关键词** 河道型岩性圈闭 地震沉积学 珠江口盆地 恩平凹陷 新近系



摘要 ID:3304

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 口头报告

## Fine sequence stratigraphic framework and spatio-temporal evolution characteristics of depositional systems: A case of Eocene Shahejie formation in the Dongying Depression, Bohai Bay Basin

尚文亮、徐少华\*、孙永河、陈鸿、李小刚、王润超  
重庆科技学院

Approximate 500 m deltaic-lacustrine successions were formed within 2 Ma in the Liangjialou area of the Dongying Depression in the Bohai Bay Basin (eastern China). However, few studies on sequence stratigraphy were previously conducted in the east of Liangjialou. In the present study, we integrate high-resolution three-dimensional (3D) seismic data with well-logging data to study the sequence stratigraphy and the depositional system. Our study shows that: (1) Four systems tracts have been identified in the study interval, they are HST, FSST, LST and TST. The HST has an ascending shelf-edge trajectory and aggradation to progradation stacking pattern. FSST has a descending shelf-edge trajectory and progradation to degradation stacking pattern. LST has a low-angle ascending shelf-edge trajectory and progradation to aggradation stacking pattern. TST has a backstepping shelf-edge trajectory and retrogradation stacking pattern. (2) Five high-resolution sequences (equal to 4th-order sequence), HRS1~HRS5, are further subdivided within the 3rd-order LST. In addition, the depositional systems of HRS1~HRS5 are significantly variable in 3D space. The delta and deep-water deposits in the north are larger than those in the south. (3) The formation of the sequence is controlled by both tectonics and dry-wet climatic cycles. The tectonic subsidence, and high sediment supply in overall wet climate play a major role in the formation of the 3rd-order sequence. The higher frequency dry-wet climatic cycles control the formation of internal systems tracts. We further divide the climate of study interval into three stages that are excellent correlated to the specific systems tracts: Stage 1 (evaporation < precipitation) corresponds to HST; Stage 2 (evaporation > precipitation) corresponds to FSST; Stage 3 (evaporation < precipitation) corresponds to LST. (4) The basin morphology and source location mainly control the lateral variability of the depositional system of LST. Low paleotopography, narrow shelf width and steep slope dip in the north cause a large accommodation, and promote the development of the deltaic and deep-water deposits. In contrast, a high relief, wide shelf width and gentle slope cause only minor accommodation in the south, and limit the development of the deltaic and deep-water deposits.

### 参考文献

关键词 Dongying Depression; lowstand systems tract; high-resolution sequence; dry-wet climatic cycle; 3D variability of depositional system



摘要 ID: 2444

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 展板

## 南海西沙群岛第四纪以来生物礁碳酸盐沉积演化分析及层序单元划分

吴峰\*<sup>1</sup>、解习农<sup>2</sup>、祝幼华<sup>3</sup>、Christian Betzler<sup>4</sup>

1. 河海大学

2. 中国地质大学(武汉)

3. 南京地质与古生物研究所

4. Hamburg University

西沙群岛为南海北部新生代以来的碳酸盐岩沉积体,发育了厚层的生物礁滩碎屑体系。通过对西沙石岛全取芯钻井资料-西科1井进行沉积学与古生物学的系统分析,进而细致刻画出西沙群岛第四纪以来的沉积演化历史。在2.6-1.7百万年期间,研究区主要发育了红藻-有孔虫-苔藓虫主导的体系,代表非强光照碳酸盐工厂(Heterozoan factory)的产物,而在1.7百万年之后,研究区主要发育了以造礁珊瑚为主导的体系,代表强光照碳酸盐工厂(Photozoan factory)的产物。结合地球化学资料,研究认为海平面变化与营养盐条件是控制西沙群岛第四系生物礁滩体系发育的主要控制因素。通过对红藻-有孔虫-苔藓虫主导的地层层段与珊瑚主导的层段进行三级-五级层序单元划分,分别刻画出高海平面、高营养盐条件下的层序单元发育特征与低海平面、低营养盐条件下的层序单元发育特征,进而揭示出了不同环境条件下层序类型的异同性。研究表明,古海洋与古气候对不同尺度的生物礁滩体系发育演化均有重要的控制作用。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3220

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》层序地层学

最终交流类型: 口头报告

## 文安斜坡带沙一下亚段沉积微相与岩性油藏研究

王芳\*、赵磊、宋惠兰、窦连彬、贾颖超、胡美玲  
中国石油华北油田勘探开发研究院

渤海湾盆地冀中坳陷文安斜坡的斜坡构造背景与沙一下亚段滨浅湖砂体相配合, 具有形成岩性圈闭的有利条件。综合运用录井和测井资料, 以高分辨率层序地层学理论为指导, 将沙一下亚段划分出了三个短期基准面升降变化旋回和六个砂组, 沉积微相发育有砂质滩坝、鲕粒滩、碳酸盐台地及浅湖泥等。其中, 砂质滩坝沉积主要发育在高分辨率层序单元上升半旋回的早期和下降半旋回的晚期; 鲕粒滩和碳酸盐台地沉积主要发育在上升半旋回期间。平面上这些砂体呈北东-南西方向展布, 与北东-南西的斜坡背景相匹配, 易于形成岩性圈闭。结合油气源条件和已钻井的分析, 砂质滩坝和鲕粒滩是此类岩性圈闭油气藏勘探的有利方向。

**参考文献** 赵贤正, 李宝刚, 卢学军, 等, 2011. 霸县凹陷文安斜坡油气富集规律及主控因素 [J]. 断块油气田, 18 (6): 730-734. 张文朝, 崔周旗, 韩春元, 等, 2001. 冀中坳陷老第三纪湖盆演化与油气 [J]. 古地理学报, 3 (1): 45-54. 胡望水, 朱罗剑, 2009, 杨申谷. 霸县凹陷文安斜坡沙一段沉积相再认识 [J]. 特种油气藏, 2009, 16 (6): 5-7, 11. 李胜利, 梁宏斌, 于兴河, 等, 2009. 河北霸县凹陷兴隆宫地区沙三段岩性油气藏成藏条件与圈闭模式 [J]. 现代地质, 23 (6): 523-530 郭永强, 刘洛夫, 2009. 辽河西部凹陷沙三段岩性油气藏主控因素研究 [J]. 岩性油气藏, 21 (2): 19-23 王洪亮, 邓宏文, 1997. 地层基准面原理在湖相储层预测中的应用 [J]. 石油与天然气地质, 18 (2): 96-102.

**关键词** 岩性圈闭; 沉积微相; 高分辨率层序地层; 沙一段; 文安斜坡



# 沉积学基础理论与进展

## 沉积地球化学



摘要 ID: 2445

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地中下寒武统元素地球化学特征及沉积环境分析\*

胥永康<sup>3</sup>、冯明石<sup>\*1,2</sup>、肖伟桐<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

3. 成都理工大学

元素地球化学特征对沉积环境的变化具有重要的指示意义。本文以肖尔布拉克野外露头和乔探 1 井岩屑为研究对象, 利用元素地球化学深入分析塔里木盆地中下寒武统沉积时古水深、古盐度、古气候、古生产力以及古氧化还原性, 从而探讨塔里木盆地早中寒武世沉积环境演化。塔里木盆地中下寒武统自下而上发育地层有玉尔吐斯组、肖尔布拉克组、吾松格尔组、沙依里克组、阿瓦塔格组。本次研究获得 C、O 同位素数据 525 组, C、O 同位素相关性差, 且  $Mn/Sr < 10$ , 表明后期成岩作用对 C、O 同位素影响较小。塔里木盆地中下寒武统  $\delta^{13}C$  介于  $-6.158\% \sim 2.672\%$ , 平均值为  $-0.557\%$ ,  $\delta^{18}O$  介于  $-8.753\% \sim -1.608\%$ , 平均值为  $-6.133\%$ , 经计算, Z 值介于  $110.6\% \sim 131.1\%$ , 平均值为  $123\%$ , 表明其属于海相环境。EF(Ni)、Y/Ho、Mn/Ti 等参数可以较好的表征古水深, 塔里木盆地中下寒武统自下而上各组地层中 EF(Ni) 分别为  $0.38 \sim 42.78$  (平均为  $6.729$ ),  $5.15 \sim 164.68$  (平均为  $50.563$ ),  $0.66 \sim 6.83$  (平均为  $2.226$ ),  $0.68 \sim 48.81$  (平均为  $17.77$ ),  $0.69 \sim 3.65$  (平均为  $1.535$ ); 而 Mn/Ti 为  $0.101 \sim 0.613$  (平均为  $0.234$ ),  $0.007 \sim 133$  (平均为  $1.325$ ),  $0.01 \sim 0.379$  (平均为  $0.093$ ),  $0.036 \sim 1.241$  (平均为  $0.108$ ),  $0.037 \sim 0.107$  (平均为  $0.06$ ); 表明水体深度依次为肖尔布拉克组 > 玉尔吐斯组 > 沙依里克组 > 吾松格尔组 > 阿瓦塔格组, 塔里木盆地早中寒武世经历了两次完整的海侵 → 海退过程。用 Sr/Ca 来反映盐度的变化, 玉尔吐斯组 Sr/Ca 平均值约为  $0.002$ , 肖尔布拉克组 Sr/Ca 平均值约为  $0.001$ , 吾松格尔组 Sr/Ca 平均值约为  $0.002$ , 沙依里克组 Sr/Ca 平均值约为  $0.001$ , 阿瓦塔格组 Sr/Ca 平均值约为  $0.004$ , 反映阿瓦塔格组水体盐度最大, 肖尔布拉克组水体盐度最低。用  $\delta U$ 、 $\delta Ce$ 、Th/U、Ni/Co 和 V/(V+Ni) 来反映氧化还原环境的变化, 结果表明肖尔布拉克剖面玉尔吐斯组、肖尔布拉克组与沙依里克组为缺氧的沉积环境, 吾松格尔组与阿瓦塔格组为氧化的沉积环境; 乔探 1 井玉尔吐斯组、肖尔布拉克组与沙依里克组为氧化的沉积环境, 吾松格尔组与阿瓦塔格组为缺氧的沉积环境。用 EF(Zn)、EF(Cu)、P、P/Ti 来反映古生产力变化, 结果表明玉尔吐斯组、肖尔布拉克组的古生产力明显高于吾松格尔组、沙依里克组与阿瓦塔格组。综合元素地球化学特征表明, 塔里木盆地早中寒武世经历了两次完整的海侵 → 海退过程, 海水化学条件指示为开阔海环境, 经历了由陆棚 → 碳酸盐缓坡 → 碳酸盐台地的沉积演化。

### 参考文献

**关键词** 沉积环境; 中下寒武统; 氧化还原





摘要 ID:2960

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 赤道西印度洋表层沉积物矿物和地化元素特征及其对物源和南极底流的指示意义

何州天<sup>1</sup>、乔淑卿\*<sup>1</sup>、沈薇<sup>1,2</sup>、金丽娜<sup>1</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所
2. 南京大学

通过粘土矿物、常量和稀土元素分析,探讨了赤道西印度洋海域表层沉积物除碳酸盐组分的物质来源以及南极底流对沉积物特征的影响。结果表明,除碳酸盐物质主要来自北非—阿拉伯半岛风尘物质、印度河和德干高原的混合沉积物。研究区根据水深和元素分布特征可分为两个沉积分区。坡缕石作为风尘指示矿物,在研究区普遍存在,其中II区风尘物质输入量高于I区。I区沉积物主要为黏土质钙质软泥,Ce正异常程度较II区弱,部分样品表现出轻微的热液输入迹象;II区沉积物主要为钙质黏土,受南极底流影响,水体氧化程度高于I区,沉积物中Ce和Mn显著富集。

### 参考文献

**关键词** 赤道西印度洋; 物质来源; 粘土矿物; 元素地球化学; 南极底流



摘要 ID: 3394

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地中侏罗统沙溪庙组泥岩元素地球化学特征及地质意义

马婧<sup>1</sup>、彭子霄<sup>1</sup>、于兴河<sup>1</sup>、张志杰<sup>2\*</sup>、周川阔<sup>2</sup>、成大伟<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. 2. 中国石油勘探开发研究院

深时泥岩沉积中的环境敏感元素及其组合可以定性或半定量地恢复古沉积环境。通过对四川盆地中侏罗系沙溪庙组泥岩进行主、微量元素地球化学分析,运用CIA、C值、Sr/Cu、Rb/Sr、Th/U、V/Cr和V/(V+Ni)等一系列判别指标,恢复沙溪庙组沉积期的物源、古气候、古盐度和古氧化还原条件,重建沙溪庙时期的陆相盆地古环境模式。结果表明,泥岩碎屑物质主要来自长英质和中性火成岩,缺乏沉积物再循环过程。沙溪庙沉积期主要处于半干旱-半湿润气候,具有向干旱演化的趋势。湖盆水体为河流输入的陆相淡水环境,沉积物主要在氧化、弱氧化-弱还原条件下形成。由于湖泊水体不稳定,水位变化迅速,漫滩和湖泊泥岩反复暴露和淹没,形成多种泥岩颜色类型。因此,沙溪庙组发育高水位冲积平原-常年湖泊和低水位冲积平原-间歇湖泊两类模式,沙一段半湿润气候下两类模式交互演化,沙二段气候半干旱仅发育后一类模式。四川盆地沙溪庙组的古气候特征与北半球低古纬度多个盆地记录一致,可能受到中侏罗世全球地质事件影响。

**参考文献** 1. Scheffler, K.; Buehmann, D.; Schwark, L., Analysis of late Palaeozoic glacial to postglacial sedimentary successions in South Africa by geochemical proxies - Response to climate evolution and sedimentary environment.

Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 2006, 240 (1-2), 184-203.

2. Rohling, E. J., Progress in paleosalinity: Overview and presentation of a new approach.

Paleoceanography 2007, 22 (3). 3. Li, K.; Yang, C.; Hu, F., Dinosaur assemblages from the middle Jurassic Shaximiao formation and Chuanjie formation in the Sichuan-Yunnan basin, China. Volumina Jurassica 2011, 9 (1), 21-

42. 4. Qian, L.; Chen, H.; Lin, L.; Xu, S., Geochemical Characteristics and Environmental Implications of Middle Jurassic Shaximiao Formation, Western Margin of Sichuan Basin. ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA 2012, 30 (06), 1061-

1071. 5. LI, J.; WEN, X.; PAN, Y.; HUANG, C., Multiproxy Paleosol Evidence for Jurassic Paleoclimate Fluctuations in the Sichuan Basin, SW China.

Acta Geologica Sinica - English Edition 2022. 6. Li, J.; Huang, C.-M.; Yang, G.-L.; Pan, Y.-Y.; Wen, X.-Y., Middle Jurassic climate oscillations from paleosol records of the Sichuan Basin, SW China. Journal of Palaeogeography 2022, 11

(1), 97-122. 7. Chen, S.; Yang, Y.; Qiu, L., Reservoir characteristics and controlling factors of Jurassic Shaximiao Formation in central Sichuan Basin. Natural Gas Geoscience 2022, 33 (10), 1597-1610.

8. Liu, S.; Li, Z.; Liu, S.; Luo, Y.; Xu, G.; Dai, G.; Jong, C.; Yong, Z., Formation and evolution of Dabashan foreland basin and fold-and-thrust belt, Sichuan, China. Geological House, Beijing 2006, 1-248.

9. Liu, S.; Yang, Y.; Deng, B.; Zhong, Y.; Wen, L.; Sun, W.; Li, Z.; Jansa, L.; Li, J.; Song, J., Tectonic evolution of the Sichuan basin, southwest China. Earth-Science Reviews 2021, 213, 103470.

10. Yingqiang, L.; Dengfa, H., Evolution of tectonic-depositional environment and prototype basins of the Early Jurassic in Sichuan Basin and adjacent areas. Acta Petrolei Sinica 2014, 35 (2), 219.

11. Getaneh, W., Geochemistry provenance and depositional tectonic setting of the Adigrat Sandstone northern Ethiopia. Journal of African Earth Sciences 2002, 35 (2), 185-198.

**关键词** 四川盆地 沙溪庙组 泥岩 元素地球化学 古环境 古气候



摘要 ID:2194

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 东濮凹陷古近系沙三中亚段泥页岩地球化学特征及湖盆演化分析

赵晴\*、王峻

成都理工大学沉积地质研究院

古近系渐新统沙河街组三段是东濮凹陷最重要的油气资源富集层段,其储层分布受沉积体系影响。据前人研究,研究区在沙三中段为三角洲相、湖泊相以及浊积扇相,而对于湖盆水体整体垂向上的演化分析还有所欠缺。依据岩相、泥页岩元素地球化学特征开展东濮凹陷沙三中亚段古地理环境分析。通过主微量以及稀土元素的配比,在四个高精度等时地层格架内开展湖盆的古氧化还原条件、古气候、古盐度、岸线距离以及古水深分析。

结果显示:U/Th 值在 0.17~2.71 之间,平均值为 0.43;V/(V+Ni) 值在 0.67~0.87 之间,平均值为 0.78;V/Cr 值在 0.96~3.14 之间,平均值为 1.68;V/Sc 值在 6.56~17.63 之间,平均值为 8.00;Sr/Ba 值在 0.05~6.92 之间,平均值为 1.40;Sr/Cu 值在 5.05~97.31 之间,平均值为 29.14;以北美页岩为标准计算的  $\delta Ce$  值在 0.78~1.08 之间,平均值为 0.98;Ceanom 值在 -0.18~-0.03 之间,平均值为 -0.08;Mg/Ca 值在 0.06~1.17 之间,平均值为 0.39;Rb/K 值在 44.02~58.84 之间,平均值为 49.57;Mn/Fe 值在 0.007~0.12 之间,平均值为 0.023;Mn/Ti 值在 0.05~1.48 之间,平均值为 0.29;Rb/Sr 值在 0.02~1.26 之间,平均值为 0.43;Lan/Ybn 值在 0.74~1.87 之间,平均值为 1.54。根据元素配比及稀土元素特征计算出的湖岸线迁移与湖平面变化规律一致性极高,仅沙三中 4 层组样品出现明显 Eu 正异常的特征,表明其可能受到深部热液的影响。

结果表明:沙三中亚段气候整体干热,湖盆水体为强还原半咸水—咸水。湖盆经历了四次干热与温湿交替,对应了四次湖盆扩张与收缩,湖盆扩张期水体矿化度较低,萎缩期显著升高,尤其上部两个层序湖盆萎缩期膏盐岩发育。高矿化度流体以浓缩成因为主,伴有间歇性的热液补给。在湖盆扩张期,湖盆中心以深湖相暗色泥岩为主,岸线附近发育滨浅湖、三角洲沉积;萎缩期湖盆中心向岸线方向依次发育厚层膏盐岩夹薄层泥岩沉积、三角洲前缘—滩坝沉积、红色基调的间歇暴露三角洲平原沉积。

### 参考文献

**关键词** 东濮凹陷;沙三中亚段;沉积环境;地球化学特征;湖盆演化



摘要 ID:2299

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 重庆云阳地区中侏罗统沙溪庙组古土壤稳定同位素特征

周羽漩\*

重庆市地质矿产勘查开发局 208 水文地质工程地质队 (重庆市地质灾害防治工程勘查设计院)

重庆云阳地区中侏罗统沙溪庙组发现大量恐龙化石, 种类丰富, 为四川盆地一新发现的大型恐龙化石集群埋藏地。除恐龙化石外, 中侏罗统沙溪庙组中可见大量成土作用形成的钙质结核。利用古土壤稳定同位素计算古大气  $\text{CO}_2$  浓度, 是陆相地层定量重建古气候的重要手段之一。本次研究共选择中侏罗统沙溪庙组 9 件钙质结核及古土壤样品。根据研究区中侏罗统沙溪庙组钙质结核的稳定碳、同位素测试结果,  $\delta^{13}\text{C}$  值 (PDB) 在  $-3.5\%$ — $6.33\%$  之间, 平均值为  $-4.72\%$ ;  $\delta^{18}\text{O}$  值 (PDB) 在  $-12.83\%$ — $9.52\%$  之间, 平均值为  $-11.51\%$ 。利用 Cerling 公式 (Cerling, 1992) 推算可知, 重庆云阳地区沙溪庙组大气  $\text{CO}_2$  浓度范围为  $1451\sim 3339\text{ppmV}$ , 平均值为  $2335\text{ppmV}$ , 是现代大气  $\text{CO}_2$  浓度的 5—8 倍。利用古土壤定量重建重庆云阳地区中侏罗统沙溪庙组的古大气  $\text{CO}_2$  浓度对后期该时期恐龙古气候、古生态环境研究等具有一定的意义。

**参考文献** Cerling T E., 1992. Use of carbon isotopes in paleosols as an indicator of the  $\text{P}(\text{CO}_2)$  of the paleoatmosphere[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 6(3):307-314.

**关键词** 重庆云阳; 恐龙; 古土壤; 古气候



摘要 ID:673

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 上扬子西缘早寒武纪-寒武纪过渡期碳同位素记录与古海洋演化特征

陈威振\*  
成都理工大学

早寒武纪-寒武纪 (PC-C) 转折期见证了大规模后生动物组合、物种多样性、地球化学和海洋环境的显著变化。然而, 关于这一时期古气候-海洋-生物之间的协同演化机制目前尚未有统一的认识。本文从上扬子西缘地区 ZY-1 井中采集了 PC-C 的连续新鲜岩芯样品, 并分析了主、微量元素组成、稀土元素及  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 。结果分析表明: 主、微量元素组成及比值表明, 沉积岩具有花岗闪长岩类物源, Y/Ho、Zr/Hf 在 PC-C 麦地坪组沉积期逐渐增高, 表明陆源风化通量减弱, 同时上升流水输入增加。 $\Sigma\text{LREE}$ :  $\Sigma\text{HREE}$  值明显低于北美页岩, 轻稀土较重稀土更为富集, REE 配分模式图显示无明显 Eu 的正异常, 受热液影响较弱。氧化还原敏感微量元素 (Mo、U、V、Cr、Ni 和 Co) 的富集因子 ( $EF_n$ )、元素交会图和  $\text{C}_{\text{org}}$ : P 比率记录了 PC-C 沉积期氧化还原条件的波动, 麦地坪组整体经历了贫氧-氧化环境的演化, 早期相对富氧, 晚期缺氧-贫氧沉积, 这可能记录到海平面的影响。而过量的 Ba 浓度与 Cu+Ni+Zn 指标记录了研究区具有由较高生产力的证据, 为后期有机质规模富集奠定了基础。高分辨率  $\delta^{13}\text{C}$  数据记录了 PC-C 显著的负漂移事件, 区域上具有明显的可对比性, 被广泛用作区域和全球化学等时地层对比, 此外, 海洋大气系统之间碳循环异常扰动, 通常是由于深海的通风和氧化作用的结果。在 PC-C 期间, 海底缺氧条件的逐渐建立和生物宜居空间大幅增加可能促进了后生动物的辐射。我们的研究结果为全球重要演替阶段的古海洋环境提供了补充。

**参考文献** [1] Ai J, Zhong N, George S C, et al. Evolution of paleo-weathering during the late Neoproterozoic in South China: Implications for paleoclimatic conditions and organic carbon burial[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2020, 555: 109843. [2] Bowyer F, Wood R A, Poulton S W. Controls on the evolution of Ediacaran metazoan ecosystems: A redox perspective[J]. *Geobiology*. 2017, 15(4): 516-551. [3] Gao P, Li S, Lash G G, et al. Stratigraphic framework, redox history, and organic matter accumulation of an Early Cambrian intraplatform basin on the Yangtze Platform, South China[J]. *Marine and Petroleum Geology*. 2021, 130: 105095. [4] Guo Q, Deng Y, Hippler D, et al. REE and trace element patterns from organic-rich rocks of the Ediacaran-Cambrian transitional interval[J]. *Gondwana Research*. 2016, 36: 94-106. [5] Och L M, Shields-Zhou G A, Poulton S W, et al. Redox changes in Early Cambrian black shales at Xiaotan section, Yunnan Province, South China[J]. *Precambrian Research*. 2013, 225: 166-189. [6] Yang H, Xiao J, Xia Y, et al. Phosphorite generative processes around the Precambrian-Cambrian boundary in South China: An integrated study of Mo and phosphate O isotopic compositions[J]. *Geoscience Frontiers*. 2021, 12(5): 101187. [7] Zhai L, Wu C, Ye Y, et al. Marine redox variations during the Ediacaran-Cambrian transition on the Yangtze Platform, South China[J]. *Geological Journal*. 2018, 53(1): 58-79. [8] Zhang J, Fan T, Algeo T J, et al. Paleo-marine environments of the Early Cambrian Yangtze Platform[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2016, 443: 66-79.

**关键词** 稀土元素; 碳同位素; 氧化还原条件; 上扬子地区; 早寒武纪-寒武纪



摘要 ID:1936

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 雅布赖盆地梭托次凹中侏罗统新河组下段烃源岩有机地球化学特征与沉积环境研究.

曹晶晶<sup>1,2</sup>、刚文哲<sup>\*1,2</sup>、高岗<sup>1,2</sup>、杨尚儒<sup>1,2</sup>、赵乐义<sup>3</sup>

1. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室

2. 中国石油大学(北京)地球科学学院

3. 中国石油玉门油田分公司勘探开发研究院

雅布赖盆地位于内蒙古西部,盆地南部跨入甘肃省境内并与民勤县相连。梭托次凹位于雅布赖盆地东部,主要发育中侏罗统新河组下段和青土井组烃源岩(田涛等,2014)。其中新河组下段构成了雅布赖盆地主要的烃源岩层,为三角洲前缘沉积。地层岩性主要为上部的中、粗砂岩与灰、黑色泥岩或泥质粉砂岩互层,以及下部的灰色、深灰色粉砂质泥岩、泥岩、细砂岩和砂砾岩等(黄军平等,2013)。通过进行烃源岩总有机碳、岩石热解、干酪根碳同位素、生物标志化合物等分析,研究雅布赖盆地东部梭托次凹中侏罗统新河组下段烃源岩有机质来源与沉积环境。梭托次凹新河组下段烃源岩 TOC 介于 0.27%~15.46% (平均值 2.76%),  $S_1+S_2$  介于 0.26 mg 烃/g 岩石~676.14 mg 烃/g 岩石 (平均值 15.84 mg 烃/g 岩石);  $S_2$  介于 0.23 mg 烃/g 岩石~71.42 mg 烃/g 岩石,平均值为 14.98 mg 烃/g 岩石;  $S_1$  介于 0.02 mg 烃/g 岩石~5.51 mg 烃/g 岩石 (平均值 0.86 mg 烃/g 岩石);  $T_{max}$  介于 418°C~442°C (平均值 433°C),表明新河组下段烃源岩主要为中等-很好的烃源岩。 $T_{max}$  和 HI 的交会图表明,新河组下段烃源岩样品在 I 型-III 型范围均有分布,且以 I 型为主。此外,干酪根元素的 O/C 和 H/C 原子比交会图显示,新河组下段有机质具有倾油特征(图 1)。 $T_{max}$  和  $R_o$  数据表明新河组下段烃源岩主要处于低熟-成熟阶段,其中 600m~1200m 为低成熟阶段,1200m~2100m 为成熟阶段。

稳定碳同位素( $\delta^{13}C$ )值可用于确定有机质的来源,低等水生生物、藻类和浮游生物来源的有机质的 $\delta^{13}C$ 值轻于-28.0‰,而陆地高等植物来源的有机质的 $\delta^{13}C$ 值重于-26.0‰。新河组下段有机质的 $\delta^{13}C$ 值大多轻于-28‰,一般在-28‰和-26‰之间,表明新河组下段有机质主要为水生和陆生来源的混合输入,且以低等水生生物为主。干酪根显微组分的三角图表明,新河组下段页岩有机质类型以倾油的 I 型为主,还有一些 II 型和 III 型。对新河组下段烃源岩有机质进行扫描电镜观察,显微组分以腐泥组为主,表明有机质的来源主要为低等水生生物,也可见镜质体、生物碎屑、壳质组和丝质体等,表明低等水生生物和陆生高等植物的混合输入,进一步证明有机质类型主要为 I 型,也有 II 型和 III 型有机质。

应用  $Pr/nC_{17}$  和  $Ph/nC_{18}$  交会图判断烃源岩有机质来源和沉积环境,新河组下段烃源岩大多形成于强还原的沉积环境,生烃母质主要为 I 型和 II 型有机质,生源主要为低等水生生物,如藻类等。此外,新河组下段存在个别烃源岩样品形成于偏氧化的水体环境,有机质类型为 III 型,生烃母质主要来源于陆源高等植物。应用 C27、C28 和 C29 规则甾烷的相对组成也可以划分母质类型,新河组下段烃源岩样品点大多落在浮游生物和陆源高等植物的区域,表明雅布赖盆地梭托次凹新河组下段烃源岩具有低等水生生物和陆源高等植物双重输入,个别样品落入高等植物区域(图 2)。梭托次凹新河组下段烃源岩  $Pr/Ph$  与伽马蜡烷指数关系表明新河组下段烃源岩大多形成于缺氧-强还原的咸水环境,水体存在分层。

综上所述,雅布赖盆地梭托次凹中侏罗统新河组下段页岩的有机质类型以具有生油潜力的 I 型为主,有机质来源表现为低等水生生物与高等植物混源输入的特征,烃源岩沉积于缺氧-强还原的咸水环境,且水体存在分层。

**参考文献** 田涛,任战利,马国福,等.雅布赖盆地萨尔台凹陷烃源岩地球化学特征、成熟度演化与油气关系[J].地球物理学进展,2014,29(6):2745-2753.黄军平,杨克荣,杨占龙,等.雅布赖盆地侏罗系烃源岩特征及油气勘探方向[J].天然气地球科学,2013,24(5):948-955.

**关键词** 页岩;沉积环境;生物标志化合物;新河组下段;雅布赖盆地



摘要 ID:3147

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地东北部上石炭统巴山组泥岩地球化学特征对古环境的指示意义

蔡倩茹\*

中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院

本次研究通过对准噶尔盆地东北部巴山组泥岩进行野外剖面观测、主微量元素分析测试, 分析其地球化学特征, 探讨巴山组泥岩的地质特征和沉积古环境, 以推动准东北地区油气勘探进展。研究表明: 多种化学风化作用指标 (CIA、CIW、PIA),  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $\text{Sr}/\text{Cu}$  比值指示巴山组沉积期具有温暖湿润的古气候背景, 且古水温在  $27\text{--}30^\circ\text{C}$ ;  $\text{U}/\text{Th}$ 、 $\text{Ni}/\text{Co}$ 、 $\text{Cu}/\text{Zn}$  等比值的变化和岩石学特征指示巴山组沉积期水体属含氧环境;  $\text{Li}$ 、 $\text{Ni}$ 、 $\text{Ga}$ 、 $\text{Sr}$  的含量变化和  $\text{Sr}/\text{Ba}$  比值显示巴山组沉积期水体属半咸水-淡水沉积环境; 结合  $\text{Rb}/\text{Zr}$  比值, 推测巴山组为浅水沉积环境;  $\text{LREE}/\text{HREE}$  和  $(\text{La}/\text{Yb})_n$  的分异程度中等反映巴山组沉积速率相对稳定。烃源岩样品分析结果表明, 泥岩的 TOC、氯仿沥青 “A”, 有机显微组分结果表明有机质类型以 III 型为主, 少量  $\text{II}_2$  或  $\text{II}_1$  型, 陆源高等植物输入明显增多。

### 参考文献

**关键词** 泥岩; 烃源岩; 地球化学特征; 巴山组; 准噶尔盆地



摘要 ID: 2884

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地须家河组诺利-瑞替期之交气候变化及其驱动机制

陈俞超<sup>1</sup>、金鑫<sup>\*1,2</sup>、杜怡星<sup>1,2</sup>、张云望<sup>1</sup>、李滨兵<sup>1</sup>、时志强<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室

晚三叠世诺利-瑞替期之交 (NRT) 的古气候-环境发生了显著的变化, 且伴随着全球性的碳同位素负漂和生物绝灭事件 (图 1)。然而, NRT 时期气候-环境扰动的原因仍然具有争议。同时期的火山活动 (如 Angayucham 大火成岩省爆发) 被认为是导致 NRT 时期生物灭绝的主要原因, 大规模的火山活动释放的大量温室气体, 会导致全球温度上升, 甚至出现极端气候, 最终可能导致 NRT 时期的生物危机。目前多数 NRT 研究均聚焦于特提斯域的浅海相地层, 而关于 NRT 时期陆地的气候与环境变迁及其驱动机制的研究还非常缺乏。为了解决这一科学问题, 对四川盆地西北部广元市以河流相和沼泽相沉积为主的诺利-瑞替阶剖面 (须家河剖面) 进行了连续采样。对采集的样品进行了主量元素和微量元素分析, 并运用元素地球化学指标重建了四川盆地须家河组 NRT 时期的古气候演化过程并探讨了其驱动机制。结果表明: 须家河剖面 (104m~138m) 的 105.5 m、110.2~122.5 m、119 m、123.4~123.45 m、137.7 m 处样品的 CIA 和 Rb/Sr 值相对较高, R 值相对较低; 剖面的 107 m、109.5 m、115.5~116.5 m、121.5 m、127~135m 处样品的 CIA 和 Rb/Sr 值相对较低, R 值相对较高 (图 2), 揭示了须家河组 NRT 时期古气候频繁波动, 存在温暖潮湿气候和凉爽干燥气候交替出现的现象; 须家河组诺利末期 (剖面: 105.5~129.5m) CIA、Rb/Sr 相对较高, R 值相对较低 (平均值分别为 73、1.2、8.2), 而诺利-瑞替期界线处 (剖面: 129.5~135 m) CIA、Rb/Sr 相对较低, R 值相对较高 (平均值分别为 60、0.5、13.5), 指示了诺利末期温暖潮湿的气候条件和诺利-瑞替期界线处短暂的降温事件。NRT 时期干冷-温暖的古气候变化和诺利-瑞替期界线处的降温事件主要可能受到晚三叠世盛行于泛大陆中的超级季风控制。但不排除同时期的火山活动和野火事件对古气候系统的影响, 然而火山活动、野火事件以及气候环境变化三者间的互馈机制, 需要进一步明晰。

### 参考文献

**关键词** 晚三叠世; 须家河组; 古气候; 风化指数; 四川盆地





摘要 ID:3108

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 柴达木盆地北缘古近系稀土元素地球化学特征及其地质意义

苑广尧、李凤杰\*  
成都理工大学

柴达木盆地下干柴沟组和路乐河组的古环境和古气候具有较高的研究价值。以柴达木盆地北缘各地区为例, 通过稀土元素测试数据, 讨论下干柴沟组和路乐河组的沉积源区的构造背景、古气候和古氧化还原条件等变化特征。样品具有明显的Eu负异常及轻微的Ce负异常, 氧化还原指标 $\delta Ce$ 和 $Ce_{anom}$ 一致指示氧化条件, 古气候指标 $\Sigma REE$ 值和Eu负异常均指示温暖湿润气候, Sm/Nd比值表明其物质来源于上地壳。 $(La/Yb)_N - \Sigma REE$ 反映沉积物源类型主要为沉积岩。古近系时期, 主要受到全球气候的控制, 即全球升温、海平面上升和大气环流中水汽增多等因素的影响, 该地区沉积期气候温暖湿润, 但是由于青藏高原隆升及副特提斯海退导致出现阶段性干旱气候。

### 参考文献

**关键词** 柴达木盆地北缘; 元素地球化学; 古环境; 古气候; 古近系



摘要 ID: 3227

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地白云岩脉的 U-Pb 定年、稀土元素、C-O-Sr-Nd 同位素及岩石声发射: 碳酸盐岩储层天然裂缝成因机制研究

王韶辉<sup>\*1,2</sup>、张晨<sup>3</sup>、文华国<sup>4</sup>

1. 成都理工大学

2. 成都理工大学沉积地质研究院

3. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

4. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 四川成都, 610059

**摘要:** 碳酸盐岩储层中的天然裂缝可以作为渗流通道, 显著提高碳酸盐岩储层的渗透率。此外, 裂缝本身可以为油气储存提供空间, 并控制溶蚀孔隙和溶洞的发育。因此, 它们对碳酸盐岩储层油气甜点分布的评估具有重要意义。四川盆地高石梯-磨溪地区灯四段是典型的碳酸盐岩储层, 天然气储量较大。高石梯-磨溪地区自古生代以来经历了多期构造运动, 并发育了许多天然裂缝。以往对四川盆地灯影组含气性的研究主要集中在区域构造、储层岩性、孔隙结构、沉积特征等方面, 对天然裂缝的研究较少。此外, 天然裂缝的形成时间和机理尚不清楚, 从而限制了灯影组天然气开采的有效开展。利用裂缝白云石胶结物的流体包裹体、C-O-Sr-Nd 同位素、稀土元素和 U-Pb 测年, 并结合岩石声发射测试, 本研究精确追溯了这些裂缝充填流体的来源, 并限制了裂缝形成的时间。通过高温高压三轴岩石力学实验, 重建了高石梯-磨溪地区古构造应力史, 揭示了灯四段碳酸盐岩储层裂缝的形成机制。微米 CT 成像用于阐明其对储层容量和连通性的贡献。结果表明, 高石梯-磨溪地区灯四段构造裂缝发育分三个阶段: 第一阶段, 早寒武世扬子板块广泛隆起。川中古隆起处于 NEE 向伸展的强动力背景下, 导致断裂走向沿 NEE 主应力方向、SEE 方向和近 EW 方向斜交, 并在断裂带附近出现局部右旋剪切应力场。这进一步导致在现有断裂带内或附近形成 NWW 向松弛剪切断裂。在这种情况下, 来自灯四段的流体在约 558 - 550 Ma 期间侵入 NWW 走向的松弛剪切裂缝。第二阶段, 晚志留世扬子板块与华夏板块碰撞, 在高石梯-磨溪地区形成压扭应力场, 进而形成 NEE 向剪切裂缝。在这种情况下, 来自灯四段和下伏灯三段的流体在 425-420 Ma 期间侵入 NEE 走向的松弛剪切裂缝。第三阶段, 晚二叠世四川盆地在峨眉裂陷作用的影响下完全隆起, 其中川中古隆起位于 EW 向张应力环境下。因此, 在近 EW 向张应力场作用下, 高石梯-磨溪地区形成了近 NS 向的张性裂缝。在这种情况下, 与峨眉山玄武岩岩浆有关的高温流体在约 258-250 Ma 期间侵入 NS 向张裂缝。微米 CT 成像显示, 裂缝的发育增加了碳酸盐岩储层的储集能力和连通性, 这是形成优质含油气储层的重要因素。

**参考文献**

**关键词**



摘要 ID: 3299

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 寒武系牛蹄塘组烃源岩中硅质成因及其对有机质保存的影响

林静文<sup>1\*</sup>、谢小敏<sup>2</sup>

1. 中国石油股份有限公司西北油田分公司勘探开发研究院

2. 长江大学

寒武纪早期牛蹄塘组页岩富有机质程度高,是南方优质的海相烃源岩,与五峰-龙马溪组硅质页岩储层相比,具有有机质含量与热演化程度更高,页岩储层厚度更大,脆性矿物含量更高等特点。通过光学显微镜与扫描电镜下的鉴定分析,有机碳含量、主微量元素、稀土元素等分析测试手段;对早寒武世牛蹄塘组底部硅质岩系进行较为精细的沉积环境分析,并将硅质岩与硅质页岩进行对比研究。

地质样品中硅质来源往往是复杂的,包括生物来源(生物硅)、热液来源(热液硅)及碎屑来源(石英),同一个样品中,往往混杂了多种来源组分。牛蹄塘组底部硅质岩系的主量特征显示,硅质岩的Fe/Ti比值平均为51.04,硅质页岩为17.24;硅质岩的Al/(Al+Fe)比值平均为0.41,硅质页岩为0.65;说明硅质岩主要为热液成因,受热液影响程度深,硅质页岩则不受热液影响,或受热液影响程度小。对比相邻样品微量元素比值特征,硅质页岩样品的Ni/Co、V/Cr、V/(V+Ni)比值通常大于硅质岩,说明相近时期的硅质页岩沉积环境相比硅质岩更偏还原。羊跳牛蹄塘组底部硅质岩系稀土元素分配整体较为平坦,有略微左倾的趋势,呈现出Eu正异常,Ce负异常的特征。硅质岩 $\delta Eu$ 平均值为14.93,硅质页岩为5.46;硅质岩 $\delta Ce$ 平均值为0.14,硅质页岩为0.46。表明牛蹄塘组底部硅质岩沉积受海底热液的影响程度更大,硅质页岩沉积环境相比硅质岩为更缺氧的环境,与主微量元素的特征一致。

硅质矿物和硅质生物,对有机质都具有物理保护的作用。通过对贵州麻江羊跳牛蹄塘组底部硅质岩系的镜下鉴定,发现了海绵动物和放射虫。在硅质岩中常见结构有机质,多为底栖藻类、浮游藻类、疑源类、海绵骨针和须腕动物等,在硅质页岩中的结构有机质绝大多数与硅质生物相关。将根据模拟方法计算出的SiO<sub>2</sub>碎屑、SiO<sub>2</sub>热液与SiO<sub>2</sub>生物与TOC进行相关性分析,说明生物硅含量对有机质含量具有正向贡献;陆源碎屑输入对页岩中有机质的富集会产生多方面的影响,可以携带陆源有机质增加沉积物中有机质的丰度,或作为稀释剂直接降低有机质的含量,还可通过影响埋藏速率破坏有机质的保存;热液能提供大量营养物质,有利于生物的繁殖和生长,但热液的稀释作用也是影响海相页岩有机质保存的一项重要因素。

### 参考文献

**关键词** 牛蹄塘组;沉积环境;硅质成因;有机质组成;有机质保存



摘要 ID: 3308

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 四川盆地东缘中二叠孤峰组岩石地球化学特征与沉积响应

吴国代<sup>\*1,2</sup>、栾进华<sup>1</sup>、张瑞刚<sup>1</sup>、王伟<sup>1</sup>、陈阳<sup>1</sup>、李良林<sup>1</sup>、张雄<sup>1</sup>、张拉<sup>1</sup>、陈飞<sup>1</sup>

1. 重庆地质矿产研究院 外生成矿与矿山环境重庆市重点实验室

2. 中国矿业大学 煤炭资源与安全开采国家重点实验室

中二叠统孤峰组在扬子板块广泛发育。与其有关的砷、锰、页岩气成矿作用, 镉、氟等污染元素富集, 砷中毒和地方病以及天然富砷农产品开发等研究近年来广受关注, 成为当今黑色岩系研究的热点。孤峰组沉积环境一直存在深水盆地和大陆边缘环境以及介于两者间的浅海-深海盆地等不同认识。该套岩系主要由硅质岩、炭质页岩组成, 而在四川旺苍、湖北建始、巫山杨柳坪等地孤峰组底部发现陆缘碎屑岩, 表明该套地层的沉积环境具有多样性和复杂性的特点。本文通过槽探揭露, 系统采集孤峰组底部至顶部的全层样品, 通过分析不同岩性样品的常量元素、微量元素和稀土元素化学组成及特征元素对沉积环境的指示意义, 研究表明: 孤峰组主体岩性由薄层硅质岩、薄层碳质硅质岩以及炭质泥岩组成(图1), 泥质粉砂岩  $\text{SiO}_2$  含量为 44.73%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  含量 29.17,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  含量为 4.17%, 具显著的陆源碎屑岩沉积特征。底部存在陆源碎屑的泥质粉砂岩, 其物质组成、地球化学参数表明其为陆相沉积, 是孤峰组短期暴露的佐证。常量元素的  $\text{Al}/$

$(\text{Al}+\text{Fe}+\text{Mn})$ 、 $\text{Si}/(\text{Si}+\text{Al}+\text{Fe})$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{Al}_2\text{O}_3+\text{Fe}_2\text{O}_3)$  等指标, 微量元素的  $\text{Sr}/\text{Ba}$ 、 $\text{B}/\text{Ga}$ 、 $\text{V}/(\text{V}+\text{Ni})$  指标以及稀土元素  $\delta \text{Ce}$  值、 $\Sigma \text{REE}$  与  $\text{Al}_2\text{O}_3$  相关性分析表明: 孤峰组的硅质岩-泥质硅质岩、炭质泥岩物质组成受陆源碎屑控制显著, 其沉积水体较浅。孤峰组中下部的炭质泥岩受陆源碎屑控制非常显著, 炭质泥岩的  $\text{B}/\text{Ga}$  比值接近海陆过渡相的比值, 但倾向海相沉积, 应为陆棚相沉积。炭质泥岩与硅质岩互层出现, 表明两者沉积环境差异较小, 硅质岩的  $\delta \text{Ce}$  值从底部至顶部呈逐渐变小的趋势, 指示其沉积深度变大, 但仍为大陆边缘环境。综上所述, 孤峰组经历短期暴露后, 总体形成于大陆边缘的陆棚相沉积环境。

### 参考文献

**关键词** 孤峰组; 沉积环境; 硅质岩; 陆棚相; 地球化学特征



摘要 ID:2560

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## Stratigraphic correlation of the Ediacaran in northern Tarim Block, NW China: constraints from zircon ages and carbon isotopes

汪远征<sup>2</sup>、陈代钊<sup>\*1</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所
2. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

Tarim Block develops a comprehensive Ediacaran succession, providing a chance to explore the geoevolution in the late Neoproterozoic Era. However, this was inhibited by the debatable chronostratigraphic correlations with lower-resolution data. Here, we conducted integrated studies on sedimentary features, zircon U-Pb dating, carbon isotopic chemo-stratigraphy. We obtained a concordant age of  $584.1 \pm 2.0$  Ma of detrital zircons from the tuffaceous mudstone in the lower part of the Chigebrek Formation (CF), which is assumed to represent the eruptional age of the basalt in the lower Sugetbrak Formation (LSF). This timing may constrain the maximum depositional time of the upper Sugetbrak Formation (USF) and imply episodic volcanism with a duration of tens of million years. The maximum depositional time of the strata overlying the tuffaceous mudstone should be smaller than  $547.8 \pm 8.5$  Ma. According to the  $\delta^{13}\text{C}$  profiles, two negative excursions (TN1 and TN2), two positive excursions (TP1 and TP2), and one intermediate-value part (TI) are observed from the USF to the CF. These excursions are supposed to reflect the primary signal of the simultaneous seawater. Specifically, TN1 with the minimum of ca.  $-12\%$  is confirmed to be temporally coincident with the Shuram Excursion (SE) in combination with the sedimentary and geochronological evidence. It is the first time to obtain such a complete  $\delta^{13}\text{C}$  variation pattern in Tarim Block, which can be correlated both regionally and globally. Based on this, we support that the Hankalchough glaciation postdates the Gaskiers ice-age, occurring in the terminal Ediacaran and might have resulted in the formation of the widespread paleokarst at the top of the CF. Our data could provide more accurate constraints for the stratigraphic correlations, and also are helpful to promote the further studies on the Ediacaran evolution of Tarim Block from a global perspective.

参考文献

关键词 Carbon isotope; Zircon U-Pb Age; Stratigraphic correlation; Ediacaran; Tarim Block



摘要 ID:2613

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 断层作用中钙华构造学 (Travitonics) 研究意义

王富东<sup>1</sup>、朱余银<sup>1</sup>、赵学钦<sup>1</sup>、董发勤<sup>1\*</sup>、蒋汉朝<sup>2</sup>、Enrico Capezzuoli<sup>3</sup>、Andrea Brogi<sup>4</sup>

1. 西南科技大学 环境与资源学院

2. 中国地震局地质研究所 地震动力学国家重点实验室

3. Department of Earth Sciences, University of Florence

4. Department of Earth and Geoenvironmental Sciences, University of Bari

断层作用对温泉水的导水与控水起着关键作用, 因而全球温泉往往是沿着一些活动断层线出露, 其中的水文地质变化还可能会与地震相伴(Barnes et al., 1978; Sibson, 1996; Hancock et al., 1999; 刘再华等, 2011)。这些信息或事件(活动性)是能够很好地被钙华沉积物所记录下来的。钙华能解码这些信息是基于其成熟的年代学手段(U-系法, 或其它间接测年法), 以及地球化学指标和同位素示踪技术。

张性和压性断层对流体控制不同而可能会在泉水沉积物类型与体量上起着截然不同的控制作用。压性断层往往以单点或串珠状出露形式控制着泉水, 但较少有压性断层分布区产出有典型的裂隙脊钙华(fissure-ridge-type travertine deposits), 钙华构造学(Travitonics)就是源自此类钙华的研究。开展此类钙华的研究将有利于提升古流体演化和构造活动性的认识。产出于张扭性断层的跨阶带(step-over zone)能更好地认识地表膨胀的张力裂缝属性, 以及压裂与钙华沉积之间的关系。在转换阶坡中最有可能经历复杂的应变, 因而裂隙脊是扭性断层跨阶带的特征表现。因为响应复杂应变场而形成的交叉张拉裂缝网络, 往往分布在两个断层之间的释放跨越区, 其运动主要是正常的, 但可能也是走滑作用所附带的结果。这些裂缝恰好促成了热水上升的通道, 有助于地下流体流动, 进而在地表形成裂隙脊钙华。许多裂隙脊钙华沉积物的位置恰好与跨阶带或断层带的侧向末端位置重合, 因而可用其寻找断层痕迹(Hancock et al., 1999; Brogi et al., 2021)。

野外调查发现, 鲜水河断裂带局部地区, 可以识别出类似的特征钙华, 这将为今后开展进一步工作提供了新的研究点。从青藏高原腹地拉张的地质背景来看, 因其本身就是高热流值地区, 发育类似的裂隙脊钙华会更加丰富, 同样也值得开展进一步的工作。

青藏高原东缘大量分布的钙华主要产出于压性断层带附件, 我们的研究认为扭性的叠加以及次级断层的发育更利于钙华的形成。鲜水河断裂、岷江断裂以及雪山断裂均存在类似的特征。从钙华沉积作用的视角研究这些断裂是必要的, 难点是钙华沉积剖面中的“钙华震积岩”的识别, 以及构造错动与新老钙华穿插关系的厘定。然而, 我们的研究揭示了雪山断裂中的钙华沉积间断更有可能是构造活动所致(Qiu et al., 2021), 因而钙华沉积间断的研究有望能认识某一断裂带上的支断裂活动性。

基于地球系统科学理论, 随着不断更新的地球化学新理论、新模型、新指标以及高精度的同位素测试技术, 相比起1999年Hancock提出的钙华构造学(travitonics), 其研究内容上会更加丰富与深化, 以及在地质与环境领域应用中有着更加广泛的空间。

基金项目: 国家自然科学基金项目(41973053); 中国地震局地质研究所地震动力学国家重点实验室开放基金(LED2019B05); 中国科学院山地灾害与地表过程重点实验室开放基金(19zd3105)

**参考文献** Barnes, I., Irwin, W. P., and White, D. E., 1978. Global distribution of carbon-dioxide discharges and major zones of seismicity, United States Geological Survey, Water Resources Investigations 78-39, Open File report., pp. 1-8. Brogi, A., Capezzuoli, E., Karabacak, V., Alcicek, M. C., and Luo, L., 2021. Fissure Ridges: A Reappraisal of Faulting and Travertine Deposition (Travitonics). *Geosciences* 11, 278. Hancock, P. L., Chalmers, R. M. L., Altunel, E., and Çakir, Z., 1999. Travitonics: using travertines in active fault studies. *Journal of Structural Geology* 21, 903-916. Qiu, S., Wang, F., Dong,



F., Tian, F., Zhao, X., Dai, Q., Li, Q., Zhu, Y., and Wang, Y., 2021. Sedimentary evolution of the Dawan travertines and their geological environmental significance, Huanglong, China. *The Depositional Record* 00: 1 - 15.

<https://doi.org/10.1002/dep2.165>Sibson, R. H., 1996. Structural permeability of fluid-

driven fault-fracture meshes. *Journal of structural geology* 18, 1031-1042. 刘再华, 王海静, 刘彦, 台永东, 付如贤, 汪孝萍, 2011. 5·12 汶川地震对黄龙世界遗产地源泉水文地球化学的影响——高分辨率和高精度的水文地球化学监测证据. *中国岩溶*, 30(3): 248-252.

**关键词** 钙华构造学 (Travitonics); 钙华沉积物; 断层活动性; 研究意义



摘要 ID: 3099

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 湘西北松桃盆地大塘坡组锰矿沉积地球化学特征与沉积环境分析——以湖南古丈地区锰矿床为例

付文念<sup>1,3</sup>、李凤杰<sup>\*2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)

3. 自然资源部深时地理环境重建与应用重点实验室/成都理工大学沉积地质研究院

为了分析湖南松桃盆地古丈地区南华系大塘坡组锰矿的沉积环境,对古丈地区锰矿进行了矿床地质和地球化学特征研究。本文以湖南古丈地区锰矿床为例,从松桃锰矿的矿床地质及地球化学特征入手,通过Fe/Mn比值、V/Cr、V/(V+Ni)、Ni/Co、U/Th、Ce等沉积环境氧化还原敏感元素指标分析古丈地区大塘坡组锰矿形成时水体的氧化还原环境;通过SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>比值、Y/Ho比值、U/Th比值、Fe-Mn-(Ni+Cu+Co)×10三角图解、Co/Zn-(Cu+Ni+Co)图解等多种指标判别成矿物质来源。分析认为,古丈地区锰矿主量元素中Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>与SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、K<sub>2</sub>O、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>都具有良好的正相关性,与MgO、CaO呈弱的负相关,而与MnO、Na<sub>2</sub>O、TFe、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的相关性不强;稀土元素整体呈“帽式”分配特征;氧化还原敏感元素指标显示古丈地区大塘坡组锰矿形成时水体处于常氧—贫氧环境,多种成矿物质来源判别指标均显示古丈地区大塘坡组锰矿石中Mn元素的形成与海底热液作用关系密切,具有热水沉积的特征。古丈地区大塘坡组锰矿整体为高Si、低Fe、含P锰矿石,沉积时水体处于常氧—贫氧环境,Mn元素主要来源于海底热液系统。

### 参考文献

**关键词** 大塘坡组;古丈地区;地球化学;沉积环境;热水沉积





摘要 ID:398

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 元素地球化学分析法在沉积环境判识中的应用 ——以柴达木盆地扎哈泉地区上干柴沟组为例

宫清顺<sup>1</sup>、龙国徽<sup>2</sup>、朱超<sup>1</sup>

1. 中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院
2. 中国石油青海油田公司勘探开发研究院

柴达木盆地扎哈泉凹陷上干柴沟组油气勘探不断获得新发现, 通过石油地质条件分析, 认为上干柴沟组下段油藏具有致密油藏特征。扎哈泉凹陷位于柴达木盆地西部南区, 为受阿拉尔、VIII号及绿东等逆断层所夹持的二级构造。目前, 国内学者对扎哈泉地区致密储层的砂体成因类型认识存在争议, 研究观点包括滨浅湖相滩坝、半深湖相重力流、三角洲前缘分流河道等。不同的砂体成因类型, 其沉积环境存在较大差异。因此, 明确沉积环境对认清致密储层砂体成因类型具有重要意义。本文通过目的层沉积物的地化元素研究, 从特征元素的含量比值分析、有机质指标等方面着手研究, 揭示沉积环境。

古环境地球化学示踪判断或恢复上干柴沟组古沉积环境。通过对氧化-还原环境变化敏感的 Fe、V、Ni 元素分析, 判别古环境 (谭红兵等, 1997)。通常认为  $Fe^{2+}/Fe^{3+} \geq 1$ 、 $V/(V+Ni) > 0.46$  指示还原环境; 反之为氧化环境。实验分析结果表明,  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ 、 $V/(V+Ni)$  比值变化规律一致, 均呈现由早期向晚期震荡减小的趋势。其中, 上干柴沟组下段,  $Fe^{2+}/Fe^{3+}$ 、 $V/(V+Ni)$  比值变化幅度大, 存在多个弱氧化环境-较强还原环境-强氧化环境的旋回, 且比值向上震荡降低; 上段其比值则趋于稳定且为氧化环境为主。实验结果表明, 上干柴沟组下段处于还原环境与氧化环境频繁震荡的古水体环境, 上段则为弱氧化-强氧化环境。

沉积物有机质特征元素含量变化指示沉积环境 (杜晨等, 2012)。有机质丰度 (TOC、氯仿“A”)、岩石热解参数 (S1+S2) 等有机地化指标分析表明, 上干柴沟组下段 TOC 值高, 普遍高于 0.5%, 氯仿“A”、岩石热解参数 S1+S2 高, 有机质类型以 II 型、I 型为主, 为有机质丰度较高、生烃潜力较大、母质类型好的相对优质烃源岩, 代表了还原性的沉积水体, 同时 TOC 频繁变化亦说明水体高频震荡; 而上段各项有机地化指标均明显低于下段, 说明氧化性、浅水的沉积水体环境不发育烃源岩。

通过地球化学示踪、有机质综合响应, 明确研究区沉积环境演化规律, 指出上干柴沟组下段主要为滨浅湖, 尤以浅湖为主, 间互发育半深湖相, 上段则以滨湖-浅湖沉积为主, 水体逐渐变浅。结合岩心沉积构造及实验分析等资料, 明确扎哈泉油藏有利储集体成因类型为滨浅湖坝, 其次为滨浅湖滩。广覆式分布的滨浅湖滩坝储集体与优质的半深湖相烃源岩组合, 构成源储共生的致密油藏, 勘探前景广阔。

**参考文献** [1] 谭红兵, 于升松. 我国湖泊沉积环境演变研究中元素地球化学的应用现状及发展方向[J]. 盐湖研究, 1999, 7 (3) : 59-64. Tan Hongbing, Yu Shengsong. 1999. Present situation and future development of elemental geochemistry in the study of lake sediments' evolution[J]. Journal of salt lake research, 7(3) : 59-64. [2] 杜晨, 张兵, 张世涛, 等. 浅谈湖泊沉积环境演变中元素地球化学的应用及原理[J]. 地质与资源, 2012, 21 (5) : 487-492. Du Chen, Zhang Bing, Zhang Shitao, et al. 2012. Application and principle of element geochemistry in the evolution of lake sedimentary environment[J]. Geology and resources, 21 (5) : 487-492.

**关键词** 沉积环境; 地球化学示踪; 扎哈泉; 柴达木盆地



摘要 ID:733

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 四川盆地北缘—西南缘灯影组硅质岩特征及成因研究

吴建鑫\*

成都理工大学

本文通过对四川盆地北缘—西南缘震旦系灯影组硅质岩的岩石学特征及地球化学特征进行分析,重点探讨了研究区硅质岩的成因、沉积环境及构造背景。

通过剖面实测,研究区硅质岩广泛发育且存在差异,即呈从北到南,呈弧状,即中间多,两头少。在四川盆地西南缘由西向东,硅质岩厚度逐渐减小和夹层逐渐减少的特征明显。地球化学判别图解表明硅质岩主要为单一的热液喷流沉积成因硅质岩,研究发现,发育在灯影末期的绵阳—长宁拉张槽地质作用对硅质岩空间上的分布造成一定的影响,认为是因为热液喷流活动的不均匀性、喷发间歇性、穿时性及构造活动中的拉张作用共同导致硅质岩空间分布的差异。

通过地球化学特征分析,表明硅质岩沉积环境为弱氧化—氧化的大陆边缘环境,结合发育在喷流间歇期的颗粒白云岩,表明硅质岩形成于浅水碳酸盐台地潮坪环境中。

研究表明,研究区硅质岩的形成与区域性拉张构造地质背景密切相关,拉张作用早在灯四段时期就已开始,灯影组热液成因硅质岩在整个四川盆地北缘、西南缘及东缘均有广泛出露,说明震旦末发生的热液喷流活动是全区域、大范围的地质事件;距离热液喷口越近,热液喷流沉积硅质岩越发育,反之,则不发育。

**参考文献** 冯彩霞. 2001. 硅质岩的研究现状及其成矿意义[J]. 世界地质, 20(2): 119-122. 雷卞军, 阙洪培, 胡宁, 等. 2002. 鄂西古生代硅质岩的地球化学特征及沉积环境[J]. 沉积与特提斯地质, 22(2): 70-79. 李凤杰, 刘殿鹤, 刘琪, 等. 2010. 四川宣汉地区吴家坪组硅质岩地球化学特征及其成因探讨[J]. 天然气地球科学, 21(1): 62-67. 刘树根, 王一刚, 孙玮, 等. 2016. 拉张槽对四川盆地海相油气分布的控制作用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 43(1): 1-23. 张位华, 等. 2003. 贵州寒武系底部黑色硅质岩成因及沉积环境探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报, 22(2): 174-178. 张亚冠, 杜远生, 等. 2015. 寒武纪之交硅质岩地球化学特征及成因环境研究[J]. 地质论评, 61(3): 499-510. Murray R W, Buchholtzten Brink M R, Jones D L, et al. 1990. Rare earth elements as indicators of different marine depositional environments in chert and shale[J]. Geology, 18: 268-271. Murray R W, Jones D L. 1992. Buchholtzten Brink M R. Diagenetic formation of bedded chert: Evidence from chemistry of the chert-shale couplet[J]. Geology, 20: 271-274. Yu B S et al. 2009. Geochemistry of basal Cambrian black shales and cherts from the Northern Tarim Basin, North China: Implications for depositional setting and tectonic history[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 34: 418-436.

**关键词** 灯影组; 硅质岩; 地球化学特征; 热液喷流沉积; 构造背景



摘要 ID: 3345

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地西缘乌拉力克组页岩沉积环境研究：以草莓状黄铁矿为对象

张艳妮\*、李荣西  
长安大学

草莓状黄铁矿广泛存在于自然界的沉积物及沉积岩中，它是由大量粒径相同、形态一致的黄铁矿微晶聚集而成的球体或亚球体，微晶粒径为亚微米级别，成分为 $\text{FeS}_2$ 。草莓状黄铁矿的形成机制分为有机成因和无机成因两种。根据 Wilkin and Barnes (1997) 观点，莓状黄铁矿的形成环境就被限制到氧化还原界面附近，离开此界面将不再生长。在不同氧化还原条件下形成的草莓状黄铁矿，因形成环境、形成阶段及沉积体系存在不同，导致其在粒径大小、形态和硫同位素等方面存在明显的差异。本文以页岩中草莓状黄铁矿为研究对象，采用原位微区硫同位素和原位微区微量元素分析的手段，并与草莓状黄铁矿粒径分布特征相结合的方法，研究了鄂尔多斯盆地西缘奥陶系乌拉力克组页岩沉积时水体的封闭-开放情况和氧化还原条件。

### 1 地质特征

鄂尔多斯盆地是我国重要的含油气盆地，面积约 $25 \times 10^4 \text{km}^2$ ，横跨陕晋蒙甘宁五省，分为伊盟隆起、晋西挠褶带、伊陕斜坡、天环拗陷、西缘逆冲带和渭北隆起等 6 个一级构造单元。盆地内部构造简单稳定，周缘断裂发育。研究区位于盆地西缘北侧，乌拉力克组是本次研究的目标层位。受加里东运动的影响，在乌拉力克组沉积期，贺兰海槽扩张，海平面上升，盆地西缘发生裂陷沉积加剧，水体加深，发育深水陆棚相。研究区沉积了一套厚度相对稳定灰黑色含笔石泥页岩。

### 2 黄铁矿研究

#### (1) 粒径分析

利用草莓状黄铁矿粒径可对古氧化-还原环境进行反演，一般认为在硫化环境中形成的草莓状黄铁矿平均粒径为 $5.0 \pm 1.7 \mu\text{m}$ ，而氧化-贫氧环境中为 $7.7 \pm 4.1 \mu\text{m}$  (Wignall and Newton, 1998)。据统计，乌拉力克组页岩中草莓状黄铁矿粒径普遍偏大，平均粒径在 $7 \mu\text{m}$ 以上，表明其形成于氧化-贫氧环境中。

#### (2) 硫同位素分析

硫酸盐还原菌将水体中的硫酸盐还原为草莓状黄铁矿形成时的中间产物硫化物时，环境中的 $\text{SO}_4^{2-}$ 浓度是制约硫同位素分馏的一个重要因素 (Canfield et al., 2000)。在开放或封闭沉积体系中，所形成的黄铁矿中 $\delta^{34}\text{S}$ 具有不同的值。研究区莓状黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 平均为 $-28.01\%$ ，与同时期海水对比分析，乌拉力克组沉积于一个开放体系。

#### (3) 微区微量稀土元素分析

为获得更准确的实验结果，本次研究摒弃常规全岩测试方法，测量了页岩中草莓状黄铁矿微区的微量稀土元素浓度。其中， $\text{Ni}/\text{Co}$ 平均值为 3.58，表明为贫氧环境； $\text{V}/\text{Sc}$ 平均值为 0.64，表明为氧化环境； $\text{U}/\text{Th}$ 平均值为 0.26，表明为氧化环境，以上数据说明，乌拉力克组页岩沉积于氧化-贫氧环境。

### 3 结论

乌拉力克组页岩沉积期水体处于开放体系，沉积环境为氧化-贫氧条件。

**参考文献** Wilkin R T, Barnes H L, 1997. Pyrite formation in an anoxic estuarine basin. *American Journal Science*, 297(6):620-650. Wignall P B, Newton R, 1998. Pyrite framboid diameter as a measure of oxygen deficiency in ancient mudrocks. *American Journal of Science*, 298(7):537-552. Canfield D E, Habicht K S, Thamdrup B. 2000. The Archean sulfur cycle and the early history of atmospheric oxygen[J]. *Science*, 288:658-661. **关键词** shale; sedimentary environments; pyrite



摘要 ID:1535

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地上震旦统奇格布拉克组白云岩特征与成因 —— 基于岩相学及地球化学的研究

李茜\*

中国石油勘探开发研究院

自 1791 年法国 Deodat de Dolomieu 首次描述白云石  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$  以来, 该矿物的成因机理一直受到学者们的广泛关注。古代碳酸盐岩台地中白云岩广泛分布, 理论上现代海水对白云石处于过饱和状态, 甚至以现代海洋的  $\text{Mg}/\text{Ca}$  值 ( $\text{Mg}/\text{Ca} \approx 5.2$ ) 应当发生大规模的白云石化现象, 然而全新世以来的地层中却极少发现白云石沉淀, 这一直成为困扰地质学家的“白云石问题”。针对“白云石问题”, 地质学家们对此开展了大量研究(田永净等, 2014; 贺训云等, 2014; 沈安江等, 2016)。关于微生物白云石化模式是近年来提出的新型白云石化模式, 其具有突破性意义。通过寻找微生物作用的证据来解决白云岩成因, 为今后解决“白云石”问题提供了重大启发和思路。但微生物白云石化模式具有一定的局限性, 一方面微生物往往是在高盐度局限环境中产生作用, 现代深海沉积物中分布极少, 难以解释古代广泛发育的白云岩成因问题, 另一方面, 微生物白云石合成实验往往缺乏天然白云石样品具有的超结构衍射线特征, 与正在意义上的白云石还有一定的差异。故微生物白云石化这一问题需要进一步研究和讨论。

塔里木盆地上震旦统奇格布拉克组微生物白云岩极其发育。王小林等(2010)认为塔里木盆地柯坪地区上震旦统藻白云岩中基质白云石为微生物调制作用下原生沉淀的结果: 刃状白云石形成于准同生环境下大气水-海水混合流体等体积交代文石胶结物的过程; 而菱形白云石胶结物则形成于埋藏环境。前人对奇格布拉克组碳酸盐岩的沉积特征、岩石学特征、白云岩成因和构造层序等方面做过相关研究, 李朋威等(2015a、2015b)认为奇格布拉克组主要为开阔台地和局限台地沉积, 以发育藻白云岩为特征, 其白云岩成因主要认为存在萨布哈白云化作用、混合水白云化作用、埋藏白云化作用, 以及微生物白云化作用等; 杨翰轩等(2020)根据野外露头的实测和大量薄片的观察, 认为塔里木盆地西北缘震旦系奇格布拉克组主要发育规模不等的各类微生物白云岩。

但上述研究并未阐明“白云石问题”的核心— $\text{Mg}/\text{Ca}$  流体的来源, 因此在本研究中, 我们使用  $\text{Mg}$  同位素来约束塔里木盆地奇格布拉克组白云岩演替过程中白云石化事件的序列。利用  $\text{Mg}$  同位素变化趋势识别白云石化过程, 根据每个沉积旋回中不同的  $\text{Mg}$  同位素变化趋势, 可进一步推测不同期次的白云石化过程及白云石化流体运移方向(甯濛等, 2018)。并结合岩石薄片观测、主微量元素分析, 碳氧同位素以及区域地质背景, 从而系统研究了塔里木盆地上震旦统奇格布拉克组白云岩成因机制, 以期为塔里木盆地震旦系奇格布拉克组油气勘探方向提供借鉴。

研究发现塔里木盆地上震旦统奇格布拉克组白云岩主要分为 3 类: 微生物白云岩; 颗粒白云岩; 晶粒白云岩。其原岩多为凝块石白云岩和颗粒白云岩, 镜下可见藻纹层、藻格架等微生物构造; 通过微量元素测试发现, 奇格布拉克组具有较高的  $\text{Na}$ 、较低的  $\text{Sr}$ 、较低的  $\text{Fe}$  和  $\text{Mn}$ 。较高的  $\text{Na}$  和较低的  $\text{Fe}$  和  $\text{Mn}$ , 反映白云岩形成环境盐度较高, 白云岩化过程中未受或很少受大气淡水的影响, 且高盐度有利于微生物促进白云石化进程, 较低的  $\text{Sr}$  可能与微生物矿化作用或者前驱矿物类型有关; 奇格布拉克组  $\delta^{13}\text{CPDB}$  为 0.44%~5.92 (平均值 2.54%),  $\delta^{18}\text{OPDB}$  为 -7.02%~-4.06 (平均值 -5.60%), 与甲烷生成微生物白云岩  $\delta^{13}\text{CPDB}$  和  $\delta^{18}\text{OPDB}$  特征基本一致 ( $\delta^{13}\text{CPDB}$  0.4%~13.8‰;  $\delta^{18}\text{OPDB}$  为 -6.7‰~5.6‰), 并运用  $\text{C}$ 、 $\text{O}$  同位素计算盐度和温度, 发现该组具有高盐度 ( $Z=129.89$ ) 和较高温度 ( $T=40.5^\circ\text{C}$ ) 特征, 可促进微生物诱导白云石化过程; 奇格布拉克组  $\text{Mg}$  同位素变化趋势与海平面升降并无直接联系, 沉积旋回中不同的  $\text{Mg}$  同位素变化趋势与海平面升降并不吻合, 这可能是微生物作用对镁同位素值产生了影响。综合上述本文认为塔里木盆地上震旦统奇格布拉克组白云岩为微生物白云岩成因, 且可能为甲烷生成微生物白云岩。



**参考文献** [1] 田永净, 马永生, 刘波, 等. 川东北元坝气田长兴组白云岩成因研究[J]. 岩石学报, 2014, 30(09): 2766-2776. [2] 贺训云, 寿建峰, 沈安江, 等. 白云岩地球化学特征及成因——以鄂尔多斯盆地靖西马五段中组合为例[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(03): 375-384. [3] 沈安江, 郑剑锋, 陈永权, 等. 塔里木盆地中下寒武统白云岩储集层特征、成因及分布[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(03): 340-349. [4] 王小林, 胡文瑄, 陈琪, 等. 塔里木盆地柯坪地区上震旦统藻白云岩特征及其成因机理[J]. 地质学报, 2010, 84(10): 1479-1494. [5] 李朋威, 罗平, 陈敏, 等. 塔里木盆地西北缘上震旦统微生物碳酸盐岩储层特征与成因[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(3): 416-428. [6] 李朋威, 罗平, 宋金民, 等. 微生物碳酸盐岩储层特征与主控因素——以塔里木盆地西北缘上震旦统一下寒武统为例[J]. 石油学报, 2015, 36(9): 1074-1089. [7] 杨翰轩, 胡安平, 郑剑锋, 等. 面扫描和定年技术在古老碳酸盐岩储集层研究中的应用——以塔里木盆地西北部震旦系奇格布拉克组为例[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(5): 935-946. [8] 甯濛, 黄康俊, 沈冰. 镁同位素在“白云岩问题”研究中的应用及进展[J]. 岩石学报, 2018, 34(12): 3690-3708.

**关键词** 塔里木盆地; 奇格布拉克组; 白云岩成因; 碳氧同位素; 镁同位素;



摘要 ID:1843

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 长江三角洲沉积物选择性提取锶钡比的海陆相沉积环境判别

王爱华\*、刘建坤、李华玲、许乃岑  
中国地质调查局南京地质调查中心

锶钡比是常用的海陆相沉积环境判别指标。一般认为海相碎屑沉积物锶钡比应该大于1,陆相碎屑沉积物锶钡比应该小于1,但事实上绝大多数的现代碎屑沉积物或古代碎屑沉积岩的锶钡比并不符合这一判别规则。

长江三角洲的人工合成沉积物的连续提取形态分析的结果表明,碎屑沉积物中锶钡主要赋存于硅酸盐矿物中,锶平均占总量锶的约65%,钡平均占总量的约87%;不同赋存形态的Sr/Ba对盐度的响应具有明显差异。可交换态的Sr/Ba随盐度升高增大明显,并具有良好的线性关系,碳酸盐态只在低盐区随盐度升高而增大,盐度大于5.0‰后基本没有变化;其他形态的Sr/Ba和总量Sr/Ba的随盐度升高变化不大,也就是说铁锰氧化物态、有机-还原态和残渣态的Sr/Ba以及总量Sr/Ba并不随盐度变化而变化,并不宜用来判别碎屑沉积物的盐度环境。自然沉积的长江三角洲系列碎屑沉积物的连续提取形态分析和选择性提取分析也获得了相似结果。离子可交换态的平均锶钡比河流环境(淡水)为0.59,三角洲前缘(半咸水)环境为2.24,前三三角洲(咸水)环境为5.24,浅海(正常海水)环境为14.9;碳酸盐态的平均锶钡比河流环境(淡水)为0.20,三角洲前缘(半咸水)环境为0.63,前三三角洲(咸水)环境为1.75,浅海(正常海水)环境为2.76;碳酸盐态的平均锶钡比河流环境(淡水)为0.20,三角洲前缘(半咸水)环境为0.63,前三三角洲(咸水)环境为1.75,浅海(正常海水)环境为2.76;铁锰氧化物态的平均锶钡比河流环境(淡水)为0.54,三角洲前缘(半咸水)环境为1.09,前三三角洲(咸水)环境为1.00,浅海(正常海水)环境为1.20;有机还原态的平均锶钡比河流环境(淡水)为0.33,三角洲前缘(半咸水)环境为0.61,前三三角洲(咸水)环境为0.68,浅海(正常海水)环境为0.87;残渣态的平均锶钡比河流环境(淡水)为0.20,三角洲前缘(半咸水)环境为0.20,前三三角洲(咸水)环境为0.23,浅海(正常海水)环境为0.35;传统的全样锶钡总量的平均锶钡比河流环境(淡水)为0.26,三角洲前缘(半咸水)环境为0.31,前三三角洲(咸水)环境为0.35,浅海(正常海水)环境为0.54。醋酸提取的平均锶钡比河流环境(淡水)为0.39,三角洲前缘(半咸水)环境为1.65,前三三角洲(咸水)环境为3.20,浅海(正常海水)环境为9.94。

### 参考文献

**关键词** 长江三角洲; 碎屑沉积物; 选择性提取; 锶钡比; 盐度沉积环境



摘要 ID:1941

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 豫西中元古界龙家园组一段硅质岩特征及其成因

王昕、郑德顺\*

河南理工大学资源环境学院

中元古界官道口群龙家园组主要分布于华北板块南缘, 出露于陕西洛南、河南灵宝、卢氏及方城等县境内, 为一套含有大量叠层石和硅质条带的以白云岩为主的碳酸盐岩组合。通过对龙家园组一段的硅质岩进行野外和镜下岩石学分析, 其在剖面上的产出状态大致分为纹层状—条带状、变形层状、透镜状—结核状、菊花状和白齿状。菊花状硅质岩是在成岩作用后期尚未完全固结的硅质条带遭受风暴破坏, 并在风暴作用下使硅质碎屑呈菊花状, 后经成岩作用将此形态保留下来, 是一种典型的风暴成因硅质岩; 白齿状硅质岩是由于快速海退导致白云岩孔隙发育, 后经大量富硅流体注入并以孔隙充填形式充填多次形成周围为栉壳状燧石, 中心为石英晶体的白齿状硅质岩。同时, 在对剖面采集到的样品分别进行主量元素、微量和稀土元素测试后发现, 样品的  $Al/(Al+Fe)$  值介于 0.04–0.75 之间, 均值为 0.38, 整体表现为受热液影响;  $Sr/Ba$  均值为 1.3, 总体显示为咸水沉积环境;  $LaN/CeN$  值在 1.02–1.29 之间,  $\delta Ce$  均值为 1.1,  $\delta Eu$  值在 0.60–0.92 之间变化, 符合大陆边缘硅质岩的条件。结合上述研究, 认为研究区硅质岩形成于大陆边缘的构造背景, 同时受风暴和海平面升降的影响, 形成了典型的风暴成因菊花状硅质岩和暴露成因白齿状硅质岩。

### 参考文献

**关键词** 硅质岩; 龙家园组; 硅质岩成因; 豫西地区



最摘要 ID:3240

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

终交流类型: 口头报告

# Roller-coaster atmospheric-terrestrial-oceanic-climatic system during Ordovician-Silurian transition: Consequences of large igneous provinces

宋立才<sup>1,2,3</sup>、Qing Chen<sup>4</sup>、Huijun Li<sup>1</sup>、Changzhou Deng<sup>\*3</sup>

1. Key Laboratory of Paleomagnetism and Tectonic Reconstruction, Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, China Geological Survey, Ministry of Natural Resources
2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences (Beijing)
3. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences
4. State Key Laboratory of Palaeobiology and Stratigraphy, Nanjing Institute of Geology and Palaeontology and Center for Excellence in Life and Palaeoenvironment, Chinese Academy of Sciences

The Ordovician-Silurian transition (OST) hosted profound and frequent changes in the atmospheric-terrestrial-oceanic-climatic system (ATOCS). Previous studies have found contrasting stages for such changes, primarily based on hiatus-interrupted sections. However, the dominant driving factors and mechanisms reconciling such frequent changes remain controversial. Mercury isotopes, which undergo both mass-dependent and mass-independent fractionation, can provide critical insights into the deep-time ATOCSs, especially for those impacted by large igneous provinces (LIPs) events. Here, we build a high-resolution multi-proxy record of Hg (concentrations and isotopic compositions) combined with organic carbon isotopes ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ ) and whole-rock geochemical data (including trace elements and phosphorus) from continuous cores in the Yangtze Platform, South China. Our data, combined with reported ones, indicate the occurrence of LIP eruptions against localized volcanism, and four successive, yet contrasting stages of ATOCSs during the OST. Moreover, we identified the coupling between two-pulse LIP magmatism and extreme ATOCSs, each with special  $p\text{CO}_2$ , weathering rate, primary productivity, redox condition, climatic mode, and biotic evolution. For stage I, the first pulse of LIP magmatism triggered global warming, enhanced terrestrial weathering, oceanic acidification, eutrophication, anoxia, P recycling, and thereby widespread deposition of black shales. During stage II, the Hirnantian glaciation and oxygenation arose from the intense chemical weathering and black shale deposition of stage I; slashed terrestrial weathering and oceanic oxygenation facilitated  $\text{CO}_2$  accumulation. In stage III, another pulse of LIP magmatism triggered the de-glaciation, and the ATOCS was largely similar to that of stage I. This led to another round of oxygenation and positive  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  excursion in stage IV. Compared with the environmental pressure by the peculiar ATOCS of each stage, their transitions might have been more devastating in triggering the prolonged Late Ordovician Mass Extinction (LOME). Moreover, limited biotic recovery was possible in the later portion of stages I and III. The multi-proxy study of continuous strata of the OST provides an excellent framework for better illuminating LIPs' essential role in driving the "roller-coaster" behavior of the ATOCS and thus biotic crisis during the pivotal period of the OST.

参考文献

关键词





摘要 ID: 3279

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 渝东南志留纪红层地球化学特征及古环境演化

张拉、栾进华、张瑞刚\*、陈阳、周政达、王倩、陈伟  
外生成矿与矿山环境重庆市重点实验室 (重庆地质矿产研究院)

重庆在志留纪时期是上扬子海的沉积中心, 广泛发育三套浅海相碎屑红层, 渝东南地区这三套红层及其中所夹非红色地层陆续发现大量古生物化石, 记录了早期脊椎动物从无颌类向有颌类转变的关键环节, 是研究志留纪气候及环境演化的窗口, 并具有揭示地球早期脊椎动物演化环境因素的巨大潜力。本文对渝东南志留系三套红层及其中非红色地层进行了系统的岩相学及地球化学分析。研究结果表明下红层(溶溪组)—秀山组—上红层(回星哨组)—罗德洛红层沉积阶段海水氧化还原性质出现明显波动, 下红层具有较高的  $Ce_{anom}$  和  $Th/U$ , 表明沉积时期海水相对氧化; 秀山组自下而上  $Fe_2O_3$  含量、 $Fe^{3+}/Fe_T$  和  $Ce_{anom}$  整体降低, 且  $Th/U$  明显低于溶溪组, 沉积于相对还原的海水环境; 上红层  $Fe^{3+}/Fe_T$  和  $Th/U$  逐渐升高, 海水氧化强度略强于秀山组; 罗德洛红层整体与上红层相当, 说明上红层沉积后海水可能保持相对氧化(如图 1)。此外, 下红层剖面自下而上  $CIA$  和  $CIW$  整体具有升高的趋势, 而秀山组保持相对稳定, 上红层和罗德洛红层具有更高的  $CIA$  和  $CIW$ , 表明志留纪早期大陆风化强度逐渐增强, 然后保持相对稳定, 但中-晚期大陆风化强度进一步增强。整体来看, 渝东南地区志留纪红层记录了显著的环境及气候变化, 但其在古生物演化中的作用还需要更多的研究。

### 参考文献

**关键词** 志留纪; 红层; 地球化学; 古环境



摘要 ID:2140

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 马里诺冰期开始海洋硫酸盐水平的快速下降

赵坤<sup>1</sup>、郎咸国\*<sup>1</sup>、贺然<sup>1</sup>、满玲<sup>1,2</sup>、周传明<sup>3</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室&沉积地质研究院, 成都理工大学

2. 中国石油西南油气田公司勘探开发研究院

3. 中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越创新中心现代古生物学和地层学国家重点实验室

硫酸根是现代海洋中含量第二丰富的阴离子, 是厌氧微生物的重要底物, 它可以通过微生物硫酸盐还原使有机物再矿化。在古代海洋, 如缺氧的元古代, 微生物硫酸盐还原是有机物降解的主要途径, 因此地质时期海洋硫酸盐水平的变化与全球有机碳埋藏和地球表层氧化还原演化密切相关。成冰纪马里诺冰期(约 650 ~ 635 Ma)代表了地球历史上最极端的冰室条件, 在此期间冰盖可能扩展到低纬度地区, 导致地球处于完全冰封的状态。普遍认为, 由于河流硫酸盐输入的终止, 马里诺冰期的海水硫酸盐水平极低。然而, 由于罕见的碳酸盐岩和蒸发岩沉积, 到目前为止, 海水硫酸盐水平低尚未被明确证实。针对这个问题, 本文对华南地区成冰纪间冰期(大塘坡组)和冰期(南沱组)的碎屑岩地层进行了黄铁矿含量和硫同位素( $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$ )分析。结果表明大塘坡组和南沱组的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$ 值较高(19.9‰ ~ 32.9‰), 黄铁矿含量较低(平均值为 0.72 wt.%)。矿物学观察表明, 黄铁矿形态以草莓状为主, 粒径范围较大, 为 4.12 ~ 13.29  $\mu\text{m}$ (平均值为 6.4  $\mu\text{m}$ ), 为早期成岩成因, 即黄铁矿形成于沉积物孔隙水中。通过一维的扩散-对流-反应模型, 计算了马里诺冰期开始的海水硫酸根浓度变化。模拟结果显示马里诺冰期(0.1 ~ 0.2 mM)的硫酸盐水平比间冰期(0.8 ~ 1 mM)更低, 表明马里诺冰期开始海水硫酸盐库的衰减。我们认为, 这种海洋硫酸盐水平的快速降低可能是由于冰盖推进时微生物硫酸盐消耗加剧的结果。这项研究提供了一个定量的限制雪球地球事件期间的海洋硫酸盐水平, 并提供了海洋生物地球化学变化从温室气候过渡到冰室条件新的认识。

### 参考文献

**关键词** 马里诺冰期; 海水硫酸根; 硫同位素; 扩散-对流-反应模型



摘要 ID: 3069

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地岐山地区蓟县纪古海洋化学特征及其地质意义

张倩、刘文汇\*、李文厚  
西北大学

在漫长的地球历史发展过程中,微生物岩作为原始生命活动的一种地质记录,其分布广泛、时代跨度大,最早可追溯至古太古代,而中新元古代地层中丰度、分布范围、形态等均达到高峰。微生物碳酸盐岩不仅与金属矿床的形成和富集相关,而且是油气勘探的重要对象。陕西岐山地区的涝川剖面位于鄂尔多斯盆地南缘,出露良好的蓟县纪碳酸盐岩海相地层,自下而上为龙家园组、巡检司组。

通过野外剖面实测、手标本鉴定、结合沉积学、岩石学、地球化学的分析研究,认为岐山地区蓟县系主要发育叠层石白云岩、白云岩、硅质条带白云岩。通过C、O同位素特征显示,蓟县系海相碳酸盐岩无机碳同位素变化普遍不明显,平均值接近0‰,整条剖面 $\delta^{13}\text{C}$ 曲线可以划分4个旋回,但 $\delta^{13}\text{C}$ 值相对稳定, $\delta^{18}\text{O}$ 小幅振荡频繁,波动幅度高于碳同位素,但整体依然相对稳定,对比岐山地区与洛南地区、燕山地区蓟县系碳同位素曲线特征,岐山剖面龙家园组上段和巡检司组与燕辽地区雾迷山组上部-铁岭组底部碳同位素值相似,整体沉积环境相似。与印度中部下Vindhyan超群、澳大利亚北部Batten亚群和Nathan群、加拿大霍恩比湾群和北美Belt超群的碳、氧同位素曲线也颇为相近,符合全球中元古代碳同位素组成较为稳定的特征,是对全球统一的古海洋背景响应。

**参考文献** 李文厚. 华北地台南缘(陕西部分)蓟县纪碳酸盐潮坪沉积[J]. 岩相古地理, 1989, 42(4): 20-26. 谭聪, 卢远征, 宋昊南, 等. 华北克拉通西南缘高山河组凝灰岩锆石U-Pb年龄及其地质意义[J]. 地质学报, 2019, 93(5): 1113~1124. 汪校锋. 华北南缘中—新元古代地层年代学研究及其地质意义[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉), 2015. 旷红伟, 李家华, 彭楠, 等. 燕山地区1.6~1.0Ga时期碳酸盐岩碳、氧同位素组成、演化及其地质意义[J]. 地学前缘, 2009, 16(5): 118~133.  
**关键词** 鄂尔多斯盆地; 蓟县系; 叠层石; 碳、氧同位素



摘要 ID:587

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 页岩热模拟生烃过程中稀土元素赋存形态变化研究

马亮帮<sup>\*1,2</sup>、陈强路<sup>1,2</sup>、杨振恒<sup>1,2</sup>、王杰<sup>1,2</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

2. 中国石油化工集团公司油气成藏重点实验室

逐级化学提取技术可应用于沉积物中微量金属元素地球化学特征和赋存形态, 选择不同强度的化学试剂可以将微量元素分离为五种赋存形态: 可交换态(水溶态、离子交换态)、碳酸盐结合态、可还原态(Fe-Mn 氧化物结合态), 可氧化态(有机物和硫化物结合态)、残渣态等赋存形态, 本文利用生排烃模拟实验研究了页岩热模拟生烃过程中稀土元素赋存形态的变化。热模拟实验采用中国石化无锡石油地质研究所研发的地层孔隙热压生排烃模拟实验仪, 能够实现保留烃源岩原始矿物组成结构和有机质赋存状态, 在于孔隙空间接近的生烃空间中完全充满高压液态水、在与地质条件相近的静岩压力、地层流体压力和围压条件下开展有机质高温短时间热解模拟实验。页岩 TOC 含量 9.8%, 升温速率 1°C/min, 模拟温度为 325°C, 360°C, 420°C, 480°C, 550°C, 恒温 24h。通过逐级化学提取技术研究了页岩原岩与模拟残渣中不同赋存形态稀土元素变化特征。数据分析表明, 采用逐级化学提取技术分析不同赋存形态的稀土元素方法回收率达到 95.3%~104.9%, 表明在逐级化学提取实验过程中稀土元素没有损失和污染。样品中稀土元素主要以碳酸盐结合态、可还原态、残渣态赋存, 而在可交换态和可还原态中含量很低。5 个模拟样品残渣中稀土元素的总含量和赋存形态与原始样品相比没有明显变化。这也表明页岩样品中的稀土元素几乎不会随着烃类的排出而运移出去。但是随着热演化程度的增加, 在部分赋存形态中的稀土元素含量会发生变化。在可交换态中稀土元素含量很低, 变化趋势可以忽略; 碳酸盐结合态中稀土元素含量随着热演化的增加而增加, 在 360°C 达到最高, 然后下降; 可还原态中稀土元素随着热演化程度的增加含量有升高的趋势; 可氧化态中稀土元素含量在逐渐降低, 生烃高峰时含量最低, 而后逐渐升高, 整体趋势含量是升高, 这表明有机质热解对稀土元素的迁移影响不大, 有机质的热成熟作用主要是热裂解, 有机质中稀土元素以稳定的络合物形式; 残渣态中稀土元素含量的变化趋势与碳酸盐结合态中变化趋势相反, 说明铝硅酸盐更倾向于富集稀土元素。

**参考文献** 1. 李志明, 郑伦举, 马中良, 等. 烃源岩有限空间油气生排模拟及其意义[J]. 石油实验地质, 2011, 33(05): 447-451+459. 2. 柏静儒, 王擎, 魏艳珍, 等. 桦甸油页岩中稀土元素赋存状态研究[J]. 燃料化学学报, 2011, 39(07): 489-494. 3. 邓模, 段新国, 翟常博, 等. 页岩热模拟过程中液态烃含量变化及对物性的影响[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(06): 1310-1320.

**关键词** 页岩; 热模拟生烃; 稀土元素; 赋存形态。



摘要 ID:602

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 中元古代增氧事件

张水昌\*、王华建、王晓梅、叶云涛  
中国石油勘探开发研究院

富含氧气是地球有别于太阳系其他行星的本质特征之一,也被认为是各种复杂生命诞生并不断演化的关键。长久以来,科学界一直认为,地球表层氧化是幕式的,其中两个关键时期是古元古代早期(2.45~2.10Ga)和新元古代晚期(0.80~0.54Ga)的两次大氧化事件,之间则是长达13亿年的低氧环境。但近年来,基于我国华北燕辽中元古界沉积和地球化学记录,先后在下马岭组、高于庄组和铁岭组发现明显的氧化事件,推测大气氧含量已达现今水平(PAL)的4%以上,高于国际普遍认知的<0.1~1%PAL。高的大气-海洋氧化程度在澳大利亚、西伯利亚的同期沉积岩和全球火成岩中也得到验证,指示两次幕式氧化事件之间的中元古代早期(1.59~1.36Ga)可能存在一次全球性增氧事件。中元古代增氧事件与Columbia超大陆裂解、富有机质页岩和铁-锰矿床沉积、真核藻类早期演化相耦合,指示地球表层系统演变和宜居演化受地质和生物作用的共同驱动。

### 参考文献

**关键词** 地球系统; 中元古代; 氧气; 华北; 燕辽盆地



摘要 ID: 3232

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 利用生物标志物解译台湾海峡浮游植物的时空变化

刘子同\*

自然资源部第三海洋研究所

在海洋中, 浮游植物直接或间接地控制着海洋生物泵的效率, 其生产力和群落结构的变化可以改变生物泵调节碳循环的能力。台湾海峡是连接东海和南海的一条典型狭窄而浅的管道, 其复杂的陆海互动和两岸人类活动对浮游植物群落的时空变化产生巨大影响。浮游植物脂质生物标志物被认为是研究浮游植物时空变化及其驱动机制的有效指标。我们通过测量 2019-2020 年台湾海峡四个季节超过 130 个站点的悬浮颗粒中的生物标志物, 研究了陆地来源的生物标志物、悬浮颗粒中海洋来源的生物标志物; 卫星衍生的初级生产者指标 (chl-a)、仪器测定的海水表面温度和盐度指标; 以及三种营养物质 ( $\text{NO}_x$ , P, Si)。结果表明, 三大浮游植物藻类中, 硅藻的分布同时受河流羽流及海峡上升流的双重影响, 甲藻更倾向于在低磷和高氮磷比的环境中生存, 颗石藻则受控于海峡不同季风影响的环流系统。本研究指出, 海峡环流系统、河流羽流、上升流以及底部沉积物的再悬浮过程所调控的营养物质交叉调节着台湾海峡浮游植物的时空变化。

### 参考文献

**关键词** 台湾海峡; 浮游植物群落; 生物标志物; 悬浮颗粒物



摘要 ID: 3421

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## BIF 中的六边形磁铁矿: 绿锈参与太古宙铁循环的证据?

孙龙飞\*, Maxwell Lechte、史晓颖、周锡强、周利敏、方浩、谢宝增、吴孟亭、汤冬杰  
中国地质大学(北京)

条带状铁建造(BIFs)是一种富含铁的海洋化学沉积岩,其矿物学和地球化学可用于分析古代海洋生物化学条件。磁铁矿作为BIFs(特别是在太古宙)中的主要含铁矿物,被解释为原生、早期成岩或变质成因。磁铁矿的不同成因导致了前寒武地球系统及其随时间演化模式的不同认识。华北新太古代五台群 2.52 Ga 的柏枝岩组以含磁铁矿的 Algoma 型 BIFs 沉积钙为特征,在 BIFs 的富硅带中发现了丰富的磁铁矿晶体,表现为自形的正六边形形态。我们认为片状六边形磁铁矿可能代表绿锈假晶,绿锈是一种在水柱中形成的混合价铁羟基盐。BIFs 的稀土元素组成显示出轻微正 Ce 异常( $Ce_{SN}/Ce_{SN}^* = 1.03 \pm 0.07$ ),代表缺氧水柱的特征。正 Eu 异常( $Eu_{SN}/Eu_{SN}^* < 3.9$ )的存在表明受到了邻近热液流体的重大影响。磁铁矿层与菱铁矿层的共生可能表明铁化海水中存在活跃的铁循环。柏枝岩组 BIFs 的地球化学特征与磁铁矿由亚稳态绿锈转化的解释一致。这种绿锈可能是通过几个过程形成的,包括分子氧/光铁营养物对 Fe(II)的部分氧化,在缺氧条件下沉淀水铁矿与富含 Fe(II)的热液流体的反应,或局部异化铁还原。这些过程都要求铁氧化还原循环,而类似的六边形磁铁矿假晶在地质记录中可能较常见。我们的发现支持绿锈是前寒武纪铁循环的重要组成部分的模型,并且在重建前寒武纪生物地球化学循环时,应该考虑绿锈与其他元素(如磷)的潜在相互作用。

参考文献

关键词



摘要 ID:2889

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 1. 2Ma 以来渭河盆地有机质记录的古湖泊演化过程

龙宜澧<sup>1,2</sup>、张航<sup>1,2</sup>、戎晓庆<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院地球环境研究所

2. 中国科学院大学

渭河盆地东部固市凹陷保存了盆地自始新世以来连续的巨厚河湖相沉积, 位于干旱-半干旱区的古湖记录为我们提供长尺度的区域水文变化历史, 是研究区域环境响应全球气候变化的理想研究区。通过环境钻探在盆地固市沉降中心获取了 1397m 的沉积岩心, 上部 300m 取芯率高达 99.107%, 平行孔 102.58m, 取芯率 96.754%, 获取岩心后, 进行了岩心理化指标和有机质指标的测设, 并通过古地磁测试结合调谐确立年代框架。岩心理化多代用指标揭示固市沉降中心在 ~280ka 由湖泊-三角洲水下沉积环境转变为次黄土暴露沉积环境, 上部 0~67m (~280ka) 次生黄土沉积受到地下水影响明显, 下部 67-303m (~280-1250ka) 湖相沉积中的有机质变化和粒度变化过程记录了明显的湖平面波动过程, 5 次大范围的湖泊表面积收缩与 5 次冰期-间冰期转换对应, 表明渭河盆地湖泊沉积记录了区域环境变化且响应了全球气候变化过程。

**参考文献**

**关键词** 渭河盆地; 有机质; 湖泊演变





摘要 ID:3036

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 元古宙中期氧化还原条件的矿物学和地球化学记录

汤冬杰<sup>1\*</sup>、史晓颖<sup>1</sup>、周锡强<sup>2</sup>、周利敏<sup>3</sup>、方浩<sup>1</sup>、谢宝增<sup>1</sup>、孙龙飞<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)
2. 中国科学院地质与地球物理研究所
3. 国家地质实验测试中心

元古宙中期处于 GOE 和 NOE 之间, 代表地球宜居性演化的重要过渡期, 也是真核生命演化的关键阶段。研究该时期的氧化还原条件对于系统认识地球宜居性与早期生命协同演化具有重要意义。以往的研究认为元古宙中期浅海氧化还原条件处于稳定的低氧或相对高氧状态, 代表地球表生环境演变过程中的长期稳定阶段。本研究综合采用矿物学和地球化学相结合的方法, 通过对华北元古宙中期多个时段、不同沉积岩相地层的深入研究来揭示当时表生环境氧化还原特征。沉积矿物是海水化学信号的重要载体, 并具有直观高效的潜在环境指示意义。基于 Fe、Mn 氧化还原元素性质及矿物沉淀特征, 识别并建立了碎屑岩里的富铁矿物(磁绿泥石、鲕绿泥石、菱铁矿、铁白云石、海绿石、赤铁矿)及富锰矿物(菱锰矿、含锰碳酸盐矿物、软锰矿)序列的氧化还原矿物学标识。基于 Fe(II)、Mn(II) 离子对碳酸盐矿物沉淀的抑制作用(限制碳酸盐矿物成核-生长-沉淀), 建立了碳酸盐岩里海底文石、水柱灰泥等氧化还原矿物学标识。在矿物学基础上, 通过综合沉积学和地球化学手段, 识别了元古宙中期大气-海洋处于总体低氧状态, 但伴生多幕式脉冲增氧过程(如~1.64 Ga、~1.58 Ga、~1.57 Ga、~1.40 Ga 和~1.36 Ga 等), 呈现出一个动态波动, 而非持续稳定的样式。这种脉冲式增氧可能促进了早期生命的短期快速演化, 将“Boring Billion”转化为“Interesting Billion”, 促进了多学科的综合研究。研究成果丰富并加强了对示踪氧化还原条件的矿物学标识的研究与应用, 拓展了早期地球表层环境研究的新技术和新思路, 对相关研究具有广泛的借鉴意义。

### 参考文献

**关键词** 元古宙中期; 氧化还原; 环境矿物学; 沉积地球化学; 真核生物演化



摘要 ID:316

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 展板

## 湖相碳循环与沉积模式的新认识——以江汉盆地始新世混合沉积岩为例

魏韧、董琳\*  
北京大学

沉积物,特别是混合沉积物的地球化学特征和沉积过程长期以来一直是盆地系统研究的热点,可用于推断古环境蒸发和降水模式、古生产力以及记录复杂多变的气候变化。然而,与浅海混合沉积相比,结合地球化学信息对湖相混合沉积体系的研究相对受限。此外,基于模型的湖泊碳元素生物地球化学循环构建研究尚不完善,尤其针对咸化湖盆。本工作以潜江凹陷 BX-7 井为研究对象,依次系统选取 26 个硅质碎屑-碳酸盐混合沉积岩样品进行扫描电镜观察、主微量元素测试和同位素测定( $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 和 $\delta^{34}\text{S}_{\text{CAS}}$ )。始新世咸水湖盆在降水/蒸发(P/E)平衡中主要发育两种类型的混合沉积物:混积型碎屑岩(M-SC)和混合型碳酸盐岩(M-Carb)。较高的 CIA 值和较低的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 值表明,混积型碎屑岩在物源区经历了较强烈的化学风化作用,并且沉积于相对温暖湿润的低盐度湖盆环境。此外,结合沉积速率、Mncarb、碳酸盐质量分数和 $[\text{Mg}^{2+}]/[\text{Ca}^{2+}]$ 等地球化学参数,建立了沉积-水界面(SWI)上的湖泊 $\delta^{13}\text{C}$ 变化模型,以定量表征方式反映碳酸盐岩形成过程中 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 和沉积环境的变化。

**参考文献** Accordi, G., Carbone, F., 2016. Evolution of the siliciclastic-carbonate shelf system of the northern Kenyan coastal belt in response to Late Pleistocene-Holocene relative sea level changes. *Journal of African Earth Sciences* 123, 234-257. Ding, W.M., Dong, L., Sun, Y.L., Ma, H.R., Xu, Y.H., Yang, R.Y., Peng, Y.B., Zhou, C.M., Shen, B., 2019. Early animal evolution and highly oxygenated seafloor niches hosted by microbial mats. *Scientific Reports* 9.

**关键词** 混积岩;咸水湖盆;湖相 $\delta^{13}\text{C}$ 循环;沉积模式



摘要 ID:1945

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 生物诱导碳酸盐岩镁同位素地球化学特征及意义.

李辰卿、李宣李、沈冰\*  
北京大学

研究海洋 Mg 循环对于揭示岩石圈和水圈的演化、大陆风化作用、白云岩问题等具有重要的意义。恢复海水的 Mg 同位素组成 ( $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$ ) 是定量地重建地史时期海洋 Mg 循环的重要途径。海相碳酸盐岩通常被认为是记录古海洋地球化学信号的良好载体, 然而利用海相碳酸盐岩的镁同位素组成恢复地质历史时期  $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$  一直备受争议。海相碳酸盐岩成因复杂, 其镁同位素组成受控于沉积-成岩过程。为探索生物诱导成因碳酸盐岩形成过程中的镁同位素体系, 我们对拉伸纪九顶山组微生物碳酸盐岩和埃迪卡拉纪灯影组微生物碳酸盐岩的镁同位素组成进行了系统研究。淮北九顶山组微生物碳酸盐岩以泥晶灰岩及藻纹层灰岩为主, 局部含有硅质结核及丝状蓝藻、球状蓝藻化石。灯影组石板滩段以微生物碳酸盐岩为主, 含藻纹层。利用微区取样对碳酸盐岩进行了镁同位素测试。结果表明, 九顶山组微生物碳酸盐岩中, 未白云岩化的灰岩其镁同位素值 ( $\delta^{26}\text{Mg}$ ) 为  $-3.09\% \sim -1.91\%$ , 而灯影组微生物碳酸盐岩的镁同位素值 ( $\delta^{26}\text{Mg}$ ) 为  $-1.34\% \sim -0.56\%$ 。相较于前人发表的灰岩镁同位素数据 ( $-5.12\% \sim -2.43\%$ ), 微生物碳酸盐岩具有较重的镁同位素值。导致这一结果的原因可能有两点: 一是镁的来源具有较重镁同位素组成, 二是碳酸盐岩形成过程中镁同位素分馏较小。排除白云岩化作用、粘土、富集  $^{26}\text{Mg}$  的海水和碳酸盐岩成岩过程中溶解再沉淀的影响, 灰岩中较重的镁同位素可能受控于生物诱导碳酸盐岩的形成过程。镁离子在进入碳酸盐岩矿物晶格的过程中需要经历镁离子去水合和进入矿物晶格两个过程, 其中  $^{24}\text{Mg}$  优先去水合, 而  $^{26}\text{Mg}$  更易进入碳酸盐岩晶格。因此, 富  $^{26}\text{Mg}$  的微生物碳酸盐岩可能在形成过程中受生物活动影响, 减少了去水合过程中镁同位素分馏效应。

参考文献

关键词



摘要 ID:1959

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 辽宁东部南芬组碳酸盐岩元素地球化学特征及其古环境恢复

吴子杰<sup>\*1,2</sup>、邱隆伟<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)
2. 辽宁省地质勘查院有限责任公司

南芬组一直被认为形成于新元古代南华系,近年来一些碎屑锆石和岩床锆石年龄数据限定了其沉积于中元古代晚期,而这一时期全球进入“Boring Billion”温室气候期。探讨辽宁东部南芬组沉积时期的古气候,可为全球前寒武纪古气候研究提供重要依据。南芬组广泛分布于辽宁东部本溪地区和大连地区,以往一直被认为是新元古代青白口纪的沉积产物,近年来通过大量的碎屑锆石年龄和侵入岩床锆石年龄的证据,学者们证实南芬组沉积于1.1Ga,其主要岩性为淡青色、紫色的泥晶灰岩、泥灰岩为主,含少量的黄绿色夹紫色页岩、砂质页岩及粉砂岩。本文采集了辽宁东部南芬组5件样品进行元素地球化学测试,结果显示微量元素仅有Li、Zn含量相对富集且高于上陆壳平均丰度,其他均低于上地壳平均丰度。稀土元素呈平缓微左倾斜模式,Eu微弱异常,总体稀土含量均低于澳大利亚后太古代页岩。辽东地区南芬组底部和中上部样品 $V/(Ni+V)$ 值接近但小于0.46,其他值均大于且接近0.46,反应南芬组早期和中晚期总体为氧化沉积环境,其他时期更趋向于还原环境。 $Sr/Cu$ 值最小为32.24,平均值为96.90,远大于5,说明其沉积期处于气候极其干热的环境。通过Sr元素含量计算出的古水温在 $29\sim 30^{\circ}C$ 之间,显示其古水温并不是非常的高。 $Sr/Ba$ 比值均小于0.5,平均值为0.19517,显示南芬组为淡水沉积环境。

在1.85~0.8Ga期间,大气含氧量较低,且呈逐渐下降趋势,总体含量大概是现今大气氧的0.1倍,而 $CO_2$ 的浓度却在急速增高,浓度是现在大气的10~200倍。因此中元古代后期地球表面光照强度较低,高浓度的 $CO_2$ 可能维持了地球表面温室气候环境。在这种 $CO_2$ 浓度较高而 $O_2$ 浓度又极低的条件下,南芬组沉积期为还原环境就得到了合理的解释。30摄氏度以内的水温,保证了沉积水体不会因为温度过高而枯竭。而关于南芬组的古盐度的结论,反映出南芬组可能沉积于淡水湖泊环境。由新元古代属于寒冷气候,而地球化学特征反映南芬组的古气候环境与新元古代的全球气候大背景不符,进一步证明南芬组并非沉积于新元古代,而是中元古代。

### 参考文献

**关键词** 辽宁东部;南芬组;碳酸盐岩;元素地球化学;古环境



摘要 ID: 3201

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## I/(Ca + Mg) 重建晚寒武纪 SPICE 事件期间海洋氧含量

张海洋<sup>1</sup>、程猛<sup>2,3</sup>、郭伟<sup>1</sup>、李超<sup>2,3,4</sup>

1. 生物地质与环境地质国家重点实验室, 中国地质大学(武汉)
2. 沉积地质研究院, 成都理工大学
3. 沉积与生物地球化学国际研究中心, 成都理工大学
4. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 成都理工大学

**摘要:** 寒武纪晚期约 494.6 Ma 前后发生的 SPICE (Steptoean Positive Carbon Isotope Excursion) 事件是一次全球范围内发育的碳循环扰动事件, 它与多个古大陆记录的区域海平面变化和部分三叶虫种的灭绝相吻合。已有研究认为 SPICE 事件伴随着全球海洋氧化还原状态的变化, 缺氧环境的扩张可能是三叶虫灭绝的驱动因素。然而现有数据多难以直接约束氧含量的变化, 限制了对当时海洋碳循环扰动的发生机制及其生物影响的深入认识。

碳酸盐岩 I/(Ca+Mg) 是近年来发展起来的能够定量反映古海洋溶解氧含量([O<sub>2</sub>])的有效指标。为了重建 SPICE 事件中的海水氧含量, 我们对豫北沙滩剖面(华北地台潮坪相)、湘西王村剖面(扬子地台斜坡相)和浙西碓边剖面(深水盆地相)开展了 I/(Ca + Mg) 组成分析。研究发现在这些剖面上随着 δ<sup>13</sup>C<sub>carb</sub> 的逐步正偏, I/(Ca + Mg) 组成没有明显波动, 均为小于 2.5 μmol/mol 的非零值。成岩过程中白云石形成和/或随后在缺氧孔隙流体中再结晶可以导致 I/(Ca + Mg) 的显著降低, 以白云岩发育为主的沙滩剖面中低的 I/(Ca + Mg) 组成不一定表明浅水低的氧含量, 而王村和碓边剖面以灰岩发育为主的地层可以更有效的反映海洋溶解氧含量的变化。类比现代海洋最小含氧带的 I/(Ca + Mg) 组成和氧含量关系, 我们推测 SPICE 事件中在 δ<sup>13</sup>C<sub>carb</sub> 正偏阶段, 深部海水的氧含量在 > 1~3 μM 和 < 20~70 μM 之间。我们的研究表明, SPICE 期间海洋氧化水体的氧含量没有明显变化, 但缺氧水体中硫化相对铁化发育的范围出现了显著的扩大, 这可能促进了有机碳的埋藏, 导致了碳同位素的正偏。同时, 硫化的发育可能导致海洋 H<sub>2</sub>S 的积累, 对生物形成了较强的毒化作用, 导致了部分生物的灭绝。

### 参考文献

**关键词** 晚寒武纪; SPICE; I/(Ca + Mg); 溶解氧



摘要 ID: 3039

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 中元古代脉冲式增氧事件: 从浅海到大气

谢宝增<sup>1</sup>、朱建明<sup>1</sup>、王相力<sup>2</sup>、徐东滔<sup>1</sup>、周利敏<sup>3</sup>、周锡强<sup>2</sup>、史晓颖<sup>1</sup>、汤冬杰<sup>\*1</sup>

1. 中国地质大学(北京)
2. 中国科学院地质与地球物理研究所
3. 国家地质实验测试中心

Oxygen availability is crucial for the evolution of eukaryotes in geological history, but the redox conditions of the mid-Proterozoic atmosphere-ocean system remains vigorously debated. Previous geochemical studies suggested a very low mid-Proterozoic atmospheric oxygen level probably below 0.1–1% of the Present Atmosphere Level (PAL) with weakly oxygenated surface ocean, which may have suppressed the early evolution of eukaryotes in the ocean. A recent study, however, revealed a pulsed oxygenation event that was recorded in shallow marine carbonate of the middle Gaoyuzhuang Formation (at ~1.57 Ga, North China) with atmospheric  $pO_2$  up to 4% PAL based on iodine speciation, and is associated with the earliest known multi-cellular eukaryotic fossils. To elucidate whether this pulsed oxygenation was limited to local shallow seawaters or could also reflect an increase in atmospheric oxygen, chromium (Cr) and carbonate-associated sulfate (CAS) sulfur isotopes in the middle Gaoyuzhuang Formation were studied in two sections of the North China Platform. The results show a positive shift in authigenic Cr isotope from  $-0.18\text{‰}$  to  $+0.66\text{‰}$ , followed by a decline to  $-0.16\text{‰}$ . This suggests a rise in atmospheric oxygen sufficient to initiate oxic Cr cycling and isotope fractionation ( $pO_2 > 0.1\text{--}1\%$  PAL). This positive Cr isotope excursion was associated with a transient positive shift in  $d^{34}S_{CAS}$  from  $\sim 20\text{‰}$  to  $\sim 50\text{‰}$ , and a subsequent decline to  $\sim 10\text{‰}$ , providing independent evidence of atmospheric oxygenation. This oxygenation may have enhanced oxidative terrestrial weathering, increasing sulfate input to the ocean, and thus stimulated bacterial sulfate reduction and pyrite burial in deep anoxic seawaters. This is broadly consistent with previous results of carbonate  $I/(Ca+Mg)$  and Ce anomaly, but also reveals a lag between shallow seawater and atmospheric oxygenation. Fluctuated redox conditions and decoupled oxygenation between shallow seawater and atmosphere during the mid-Proterozoic may help to account for the current debate.

参考文献

关键词 Mid-Proterozoic; Gaoyuzhuang; North China; Cr isotope; sulfur isotope; Eukaryote



摘要 ID:507

主题分类：沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型：展板

## 川西拗陷晚三叠世须三段暗色岩系地球化学特征及地质意义

芦云飞、田景春\*、梁庆韶、林小兵  
成都理工大学

在明确晚三叠世川西拗陷须家河组三段暗色岩系的全岩地球化学特征的基础之上，推断此套暗色岩系物源区母岩类型、构造背景、物源区化学风化程度及沉积区古气候、古环境条件。结果表明，此段暗色岩系的母岩类型为中酸性岩类，以长英质岩为主，但也含有中性岩的成分；构造背景主要为大陆岛弧，但也有部分样品可能来源于陆缘和大洋岛弧。结合前人研究成果，推测川西拗陷须三段沉积时存在两个不同的物源区，主要物源应为盆地西部的松潘-甘孜褶皱带和龙门山造山带，次要物源可能为南侧为峨眉-瓦山古隆起；物源区化学风化程度以中等化学风化为主，气候温暖湿润。沉积区古气候为温暖湿润型气候，但盆地南部比中-北部更加炎热干燥；古生产力在纵向上呈增高-降低-增高的旋回变化，在平面分布上为北高南低的状态；沉积水体以海相咸水为主，同时有淡水注入；水体氧化还原环境主要为亚氧化-亚还原环境。

### 参考文献

**关键词** 川西拗陷；须三段；沉积地球化学；沉积环境；构造背景；



摘要 ID:

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

1021 最终交流类型: 口头报告

## 三叠纪-侏罗纪之交跨海、陆地层精细对比——以准噶尔盆地郝家沟剖面为例

方琳浩<sup>\*1,2,3</sup>、房亚男<sup>4</sup>、邓胜徽<sup>5</sup>、卢远征<sup>5</sup>、张新智<sup>2,3</sup>、吕沛宗<sup>2,3</sup>、张小宇<sup>2,3</sup>

1. 中国石油大学(北京)

2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249

3. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249

4. 中国科学院南京地质古生物研究所, 南京 210008

5. 中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院, 北京 100083

三叠纪-侏罗纪之交(距今约 201 Ma)是地球历史上的关键时期,发生了地史上五次最大规模之一的生物大绝灭事件、中央大西洋大火成岩省喷发(Central Atlantic magmatic province, CAMP)、泛大陆进一步裂解导致的中大西洋开启,以及大气 CO<sub>2</sub> 浓度急剧升高等一系列显著的地质事件。然而,该时期中国主要发育陆相沉积,由于海、陆生物化石的不共通性,基于生物地层约束的地层对比,难以与同期的全球层型剖面(GSSP)进行高精度对比。本研究基于陆相有机碳同位素地层学(有机质来源以 C<sub>3</sub> 植物为主)(图 1),在新疆准噶尔盆地南缘的郝家沟剖面,两个团队分别进行了两次独立地、系统地样品采集和测试,获得了可以指示同期大气 CO<sub>2</sub> 的 δ<sup>13</sup>C 演化的碳同位素地层曲线;独立的两次结果具有较好的可重复性,验证了采样方法的有效性和数据的可靠性。在植物大化石和孢粉的生物地层约束基础上,结合该剖面三叠系—侏罗系界线附近地层存在的燃烧成因多环芳烃(PAHs)含量的异常高值,以及与地层中指示 CAMP 侵位或喷发的 Hg/TOC 高峰值的良好对应关系,首次完成了准噶尔盆地陆相郝家沟剖面与海相 TJB 的 GSSP 高精度对比。同时,也报道了全球首个 CAMP 活动区外的高纬度陆相地层中三叠纪—侏罗纪之交的野火记录(图 2)。

在该研究剖面上,确定了与全球性的三叠纪末生物大绝灭事件(ETE)等时的地层界线位于 44 层顶部(即郝家沟组与八道湾组的界线),与由海相菊石定义的 TJB 的 GSSP 等时地层界线位于 47 层顶部附近。在 ETE 和 TJB 两个界线处,碳同位素地层曲线都出现了约 2‰ 的负向偏移,第一次(即初始负偏)对应于地层记录中蕨类孢子含量“脉冲式”的爆发事件,暗示蕨类植物在 ETE 事件中(或后)短暂地占据生态系统的优势地位;第二次(即主负偏)可以对应于由菊石 *Psiloceras spelae* 首现定义的侏罗系底界,暗示与全球生态系统的恢复相关联(图 2)。在海相与陆相的 ETE 和 TJB 层位,都存在着全球范围的、广泛的碳同位素值显著的波动,推论该时期发生了全球性的、地表圈层的碳储库的扰动。

**参考文献** 邓胜徽, 卢远征, 樊茹, 等. 新疆北部的侏罗系[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2010: 17-44, 187-192, 197-200. 卢远征, 邓胜徽. 新疆准噶尔盆地南缘郝家沟组和八道湾组底部孢粉组合及三叠系-侏罗系界线[J]. 地质学报, 2005, 79(1): 15-27. 卢远征, 邓胜徽. 准噶尔盆地南缘三叠纪-侏罗纪之交的古气候[J]. 古地学报, 2009, 11(6): 652-660. 邓胜徽, 卢远征, 樊茹, 等. 中国陆相三叠系-侏罗系界线[J]. 地层学杂志, 2013, 37(4): 582-584. Sha J G, Vajda V, Pan Y H, et al. Stratigraphy of the Triassic-Jurassic Boundary successions of the southern margin of the Junggar Basin, Northwestern China[J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2011, 85(2): 421-436. 邓胜徽, 姚益民, 叶得泉, 等. 中国北方侏罗系(1)地层总论[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. Ruhl M, Kürschner W M, Krystyn L. Triassic-Jurassic organic carbon isotope stratigraphy of key sections in the western Tethys Realm (Austria)[J]. Earth and Planetary Science Letters, 2009, 281(3/4): 169-187. 新疆维吾尔自治区区域地层表编写组. 西北地区区域地层表-新疆维吾尔自治区分册[M]. 北京: 地质出版社, 1981: 1-496. 张新智, 吕沛宗, 方琳浩, 杨涵, 邓胜徽, 卢远征, 房亚男, 张小宇, 黄汝婷, 梁佳宝, 师生宝. 三叠纪—侏罗纪之交准噶尔盆地南缘野火记录及全球对比. 沉积学报. <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2020.103>

**关键词** 三叠系-侏罗系界线; 三叠纪末生物大绝灭; 地层精细对比; 陆相有机碳同位素地层学; 准噶尔盆地





摘要 ID:1243

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》沉积地球化学

最终交流类型: 口头报告

## 甲烷水合物同位素分馏系数的量子化学计算

关梓轩<sup>1\*</sup>、刘耘<sup>2</sup>、吴朝东<sup>1</sup>、卢海龙<sup>1</sup>

1. 北京大学

2. 中国科学院地球化学研究所

天然气水合物是一种笼型水合物 (clathrate hydrates)。其结构由氢键连结的水分子形成不同尺寸的笼状物并包裹不同类型的客体分子 (guest molecules) 而组成。其中包裹的客体分子为甲烷时称为甲烷水合物。天然气水合物的三种主要结构类型为: 由两种不同尺寸笼型结构组成的立方 sI 结构和 sII 结构, 以及六方的 sH 结构。

描述和理解天然气水合物的物理、化学性质对于正确开采天然气水合物以及抑制其地质灾害至关重要。为了能够利用第一性原理从基础的量子力学原理出发, 计算天然气水合物的物理性质如二阶弹性常数、热容、压缩系数、热膨胀系数、声子谱、红外光谱、拉曼光谱, 以及利用物理性质进一步计算化学性质, 天然气水合物的基态结构是必要的。同时, 利用计算所得的甲烷水合物的最优结构参数和力参数, 可以估算相应的各元素各同位素的分馏系数, 这对解决甲烷水合物的地球化学基本问题将提供关键性的工具。(Hassanpouryouzband 等, 2020)

为了利用第一性原理 DFT 计算 sI 笼型水合物的基态结构, 首先根据立方 sI 结构建立 178 个原子 (含 46 个水分子和 8 个甲烷分子) 的超胞, 其中包含两个 12 个五边形面的小笼和六个 12 个五边形面 2 个六边形面的大笼。模拟从原子位置和晶格矢量的松弛开始, 初始结构为 sI 笼型水合物的标准结构, 氢原子位置随机, 采用共轭梯度算法 (conjugate gradient algorithm), 以为原子力收敛标准, 以为应力收敛标准。以上述标准进行基于 DFT 密度泛函理论及范德瓦尔斯力修正的量子化学计算, 模拟甲烷水合物在基态、平衡态的结构。

模拟结果显示, sI 笼型水合物的标准结构并非局部势能最低点。为了验证计算结果, 确认是否因结构松弛途径的影响导致计算结果落入亚稳态势阱, 重新从 sI 笼型水合物的标准结构展开计算。首先基于 NVT 系综计算水合物中氢原子位置。之后根据计算结果松弛基矢。最后固定基矢, 只对原子位置进行松弛。模拟计算的结果显示, 第一次模拟得到的基态能量低于第二次模拟得到的基态能量。说明第一次模拟得到的结构相比第二次模拟更加稳定。之后继续以 DFT 理论计算力常数, 并根据同位素平衡分馏的 B-M 公式计算甲烷水合物的各元素各同位素在不同温度下的平衡分馏值。

**参考文献** Hassanpouryouzband A, Joonaki E, Farahani MV, 2020. Gas hydrates in sustainable chemistry[J]. Chemical Society Reviews, 49, 5225-5309

**关键词** 甲烷水合物; DFT



# 沉积学基础理论与进展 生物沉积学与微生物岩



摘要 ID:367

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 中上扬子地区古生代典型微生物碳酸盐岩及其沉积建造

刘静江、周慧\*、李文正  
中国石油勘探开发研究院

中上扬子地区古生代地层中发育有大量典型的微生物碳酸盐岩, 这些碳酸盐岩主要为凝块石、层纹石和凝块叠层石。这些微生物碳酸盐岩所形成的沉积体主要为各种类型的灰泥丘。文章重点介绍了中上扬子地区寒武系叠层石藻丘、凝块石灰泥丘、奥陶系宝塔灰岩的微生物沉积特征、川北地区志留系生物灰泥丘及二叠系豹斑状凝块灰泥丘。其中二叠系豹斑状微生物岩和宝塔灰岩是两种在我国南方分布面积广、特征典型的微生物碳酸盐岩。灰泥丘多与颗粒滩共生, 除颗粒滩外, 一些特殊类型的灰泥丘本身也可以形成溶蚀孔洞, 成为良好的储集岩, 可以作为油气、和其他流体矿产勘探的目标。

**参考文献** 参考文献: Burne R. V. nad Moore L. S.. Microbialites organosedimentary deposits of benthic microbial communities[J]. Palaios. 1987. 2: 241-254. Folk R L. Spectral subdivision of limestone types. In: Ham W E, ed. Classification of Carbonate Rocks[J]. Am. Assoc. Pet. Geol. Mem., 1962, (1):62-84. Dunham R J. Classification of carbonate rocks according to depositional texture [J]. AAPG Bulletin, 1962, 1: 108-171. Chilingar G V. Notes on classification of carbonate rocks on the basis of chemical composition [J]. Journal of Sedimentary Research, 1960, 30: 157-158. Strohmenger C, Wirsing G. A proposed extension of Folk's textural classification of carbonate rocks [J]. Carbonate and Evaporites, 1991, 6: 23-28. Riding R. (ed, Calcareous algae and stromatolites. chapter 2. Classification of microbial carbonates. ). 1991 Riding R. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories. Earth-Science Reviews. 2002. 58: 163-231. Aitken J D. Classification and environmental significance of cryptalgal limestones and dolomites. With illustration from Cambrian and Ordovician of southwestern Alberta [J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1967. 37:1 163-1 178. 梅冥相. 微生物碳酸盐岩分类体系的修订: 对灰岩成因结构分类体系的补充 [J]. 地学前缘, 2007, 5(14): 111-231. 刘静江. 周慧等, 灰泥丘系统 分类及石油地质特征 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2016 赵激林, 王中文等. 燕山西段震旦亚界地层岩石学特征及其沉积相 [J]. 华东石油学院学报, 1979(1). 张廷山, 兰光志. 大巴山米仓山南缘早寒武世礁滩发育特征[J]. 天然气地球科学. 2005. 6(4): 711-717. 王剑, 庄汝礼等. 湘西花垣地区下寒武统清虚洞组生物丘钙藻形态群与环境群带的划分及意义[J]. 岩相古地理. 1990(3). 刘特民, 陈学时. 黔北宝塔灰岩马蹄纹的研究及其成因探讨[C]. 贵州地层古生物论文集, 贵阳: 贵阳人民出版社. 1983. 169-174. 姬再良. 华中西南地区宝塔灰岩的胶缩纹构造[C]. 中国地质科学院地质研究所文集, 1987. 王尧. 上扬子地台中奥陶统“龟裂纹”灰岩成因的新解释[E]. 地质科学, 1995(3): 268-274. 周传明, 薛耀松. 湘鄂西奥陶纪宝塔组灰岩网纹构造成因及沉积环境探讨[J]. 地层学杂志, 2000. 4(24): 206-308. 朱忠德等. 中国早中奥陶世生物礁研究[M]. 北京: 地质出版社, 2006. 梅冥相. 从凝块石概念的演变论微生物碳酸盐岩的研究进展[J]. 地质科技情报, 2007, 6(26): 1-7. 李光等. 湘西北早奥陶世南津关组生物丘(礁)及其形成环境[J]. 地层学杂志, 2001. 1(25): 48-50.

**关键词** 微生物碳酸盐岩; 凝块石; 层纹石; 叠层石; 灰泥丘



摘要 ID:2417

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 展板

## 云南师宗县安尼期（中三叠世）叠层石

黄元耕、陈中强\*、吴司琪、冯学谦、方宇恒

中国地质大学（武汉）生物地质与环境地质国家重点实验室

二叠纪-三叠纪之交生物大灭绝之后，海洋生态系统极度退化。全球早三叠世浅海地区广泛发育了微生物岩沉积建造，包括叠层石、树枝石和凝块石，代表了大灾难之后一种以微体菌藻类为主导的特殊生态系统，早三叠世微生物岩也得到了广泛而深入的研究。到了中三叠世，海洋生态系统完全复苏，后生动物占据了主导地位，微生物岩沉积建造相比之前也大幅减少。本文报道了来自云南省师宗县拨云剖面关岭组第二段发育的一套叠层石沉积。拨云叠层石在水平层面表现为一个个穹窿状凸起，其大小形态变化较大，直径在3-12cm之间，多数凸起孤立存在，偶见若干凸起紧密相靠。拨云叠层石在纵切面表现为柱状和分叉柱状形态，下部纹层较为水平，向上纹层逐渐上凸。详细的显微学观察发现，拨云叠层石内部含有大量蓝细菌 *Bevocastria* 和少量 *Renalcis*，偶见破碎的海百合茎。同时自生石英颗粒在拨云叠层石中也很常见，可能也参与了其形成过程。沉积学和地球生物学证据表明，拨云叠层石发育在正常的、常氧的浅海环境中。因此，大灭绝之后发育的各种微生物沉积建造可能并非一定要指示较为极端的沉积环境。

### 参考文献

**关键词** 关岭组; *Bevocastria*; 蓝细菌; 沉积环境;



摘要 ID: 3016

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 湖相盆地微生物岩沉积序列与分布特征

夏志远<sup>1\*</sup>、刘占国<sup>1</sup>、龙国徽<sup>2</sup>、宋光永<sup>1</sup>

1. 中石油杭州地质研究院

2. 中石油青海油田勘探开发研究院

柴达木盆地阿尔金山前干柴沟地区出露了国内外都极为罕见的古近系湖相微生物岩野外露头, 单期微生物岩通常直接生长在厚层的砂砾岩或砂岩之上, 厚度 0.2m-10m, 这种特殊的岩相组合在垂向也多期重复发育。早期认为这套微生物岩为生物礁, 储集性能优越(郭泽清等, 2004), 也有学者认为以丘状叠层石为主, 生成因素为较高的温度、炎热和干燥的气候条件、坚硬的基底以及较少的藻类干扰作用(温志峰等, 2004, 2005)。宋华颖等(2010)认为其沉积环境主要为滨浅湖, 岩石类型主要有鲕粒灰岩、介壳灰岩、藻叠层石灰岩、泥晶灰岩等。研究团队通过对干柴沟地区微生物岩露头详尽踏勘, 优选出 3 条出露条件最好、最具代表性的单期剖面进行实测与微观薄片、全岩 X 衍射、碳氧同位素与微量稀土元素系统取样分析, 综合伴生岩相与上下围岩特征, 分析了不同位置微生物岩垂向沉积特征及序列演化, 结合露头特征进一步研究其时空分布, 为柴达木盆地微生物岩油气勘探提供参考, 同时也丰富了微生物岩沉积学。

阿尔金山前干柴沟地区湖相微生物岩形成于湖盆边缘区, 在薄层砾石滩或滩坝(扇三角洲砂砾岩受湖浪改造)之上发育, 与含生屑、介形虫的砂质泥晶灰岩伴生; 宏观形态主要为丘状、穹隆状与层状(图 1); 碳酸盐矿物主要为方解石, 少量白云石。单期湖相微生物岩发育 3 种典型沉积序列, 在岸线带(0-0.2km)为砾石滩之上发育层状凝块结构微生物岩; 近岸带滩坝之上(0.2-1km)早期发育丘状叠层结构微生物岩, 晚期发育丘状、穹隆状凝块结构微生物岩; 远岸带

(>1km)滩坝之上发育薄层状凝块结构微生物岩。叠层结构的微生物岩主要形成于湖平面振荡上升期, 凝块结构则多形成于缓慢下降期。沿湖岸线方向, 单期微生物岩的厚度与规模变化较小, 在岸线带层状连片稳定分布、近岸带带状连片分布、远岸带离散分布; 向湖盆中心方向, 单期微生物岩发育厚度与规模变化大, 在岸线带层状连片分布、近岸带呈串珠状断续分布、远岸带孤立分布(图 2)。陆源碎屑输入程度、离岸距离与微古地貌主控湖相微生物岩的形成。陆源碎屑输入程度影响湖平面升降与湖水盐度, 与微生物岩互为消长; 离岸距离与微古地貌的差异控制了微生物岩的生长空间、水体能量及透光程度, 影响其宏观形态、发育规模及分布特征。

**参考文献** 郭泽清, 钟建华, 刘卫红, 等. 2004. 柴西第三纪湖相生物礁储层特征及意义[J]. 沉积学报, 22(3): 425-433. 宋华颖, 伊海生, 范爱春, 等. 2010. 柴达木盆地西部西岔沟剖面湖相碳酸盐岩岩石学特征与沉积环境分析. 中国地质[J], 37(1): 117-126. 温志峰, 钟建华, 郭泽清, 等. 2004. 柴西地区第三纪叠层石岩石学特点与油气储集特征[J]. 石油勘探与开发, 31(3): 49-53. 温志峰, 钟建华, 王冠民, 等. 2005. 柴达木盆地古近纪-新近纪湖相叠层石与藻礁的沉积组合特征与意义[J]. 地质学报, 79(4): 444-452

**关键词** 微生物岩; 阿尔金山前; 沉积序列; 分布; 古近系



摘要 ID: 3075

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 华南地区早三叠世复杂遗迹化石 *Balanoglossites* 的地球生物学特征及其对大灭绝之后海洋造迹生物复苏的指示意义

商世为、冯学谦\*、陈中强  
中国地质大学(武汉)

遗迹属 *Balanoglossites* Mägdefrau, 1932 是一类十分常见的复杂遗迹化石, 在世界各地显生宙地层都广泛分布, 但是由于其形态与 *Thalassinoides* 相似, 研究起步也较晚, 目前相关研究较少且大都停留在宏观观察层面。该遗迹化石潜穴复杂度高和潜穴深度深, 在早三叠世这一生态复苏的阶段中, 其潜穴尺寸、深度与复杂度的形成原因及其与环境的关系都具有研究意义。本研究选择贵州关岭永宁镇剖面下三叠统永宁镇组二段灰岩层中的遗迹化石 *Balanoglossites* 作为研究对象, 将微观研究手段与宏观观察相结合对样品进行分析, 微观观察主要使用光学显微镜、荧光显微镜、扫描电子显微镜、能谱仪和拉曼激光光谱仪等仪器从微观角度对样品进行观察测试。经过宏观观察与描述, 该剖面中的遗迹化石直径变化范围较大, 约 0.5-4cm, 深度最大可达约 25cm, 多具有呈 U 形或者 J 形的潜穴形态, 归类为以 U 形或 Y 形虫管为主的遗迹种 *Balanoglossites triadicus*。通过光学显微镜与荧光显微镜下的观察发现, 潜穴内填充物与围岩有明显的不同, 围岩中以微晶方解石为主, 含有保存较好的轮藻化石、介壳碎片和少量棘皮类化石, 体现了水动力条件较弱的沉积环境; 潜穴内填充物中有较大的矿物颗粒, 以方解石为主, 含有较多生物碎片, 主要是棘皮类和双壳壳体, 没有轮藻化石出现, 体现了动荡的水体环境。研究区内

*Balanoglossites* 的造迹生物没有直接的指示证据, 根据潜穴的形态特征推测造迹生物可能是多毛类生物。*Balanoglossites* 造迹生物的造迹深度可能与造迹阶段处于动荡的水体环境中有关, 当时动荡的海底处于充氧环境, 营养物质充足, 氧气和营养物质能随着造迹过程进入潜穴内部, 为造迹生物创造出如此深的潜穴创造了条件。*Balanoglossites* 这类拥有复杂度高、潜穴深度深特征的遗迹化石出现在二叠纪末大灭绝后的早三叠世, 认为 *Balanoglossites* 的造迹生物是大灭绝后适应能力较强的机会分子。

**参考文献** Bertling M. Taphonomy of trace fossils at omission surfaces (Middle Triassic, East Germany) [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1999, 149 (1-4): 27-40. Bromley R G. Trace fossils: biology, taxonomy and applications [M]. Routledge, 2012. Casanova-Arenillas S, Rodríguez-Tovar F J, Martínez-Ruiz F. Ichnological analysis as a tool for assessing deep-sea circulation in the westernmost Mediterranean over the last Glacial Cycle [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2021, 562: 110082. Chen Z, Tong J, Fraiser M L. Trace fossil evidence for restoration of marine ecosystems following the end-Permian mass extinction in the Lower Yangtze region, South China [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2011, 299 (3-4): 449-474. Feng X, Chen Z, Benton M J, et al. Resilience of infaunal ecosystems during the Early Triassic greenhouse Earth [J]. *Science advances*, 2022, 8 (26): 0597. Feng X, Chen Z, Bottjer D J, et al. Additional records of ichnogenus *Rhizocorallium* from the Lower and Middle Triassic, South China: Implications for biotic recovery after the end-Permian mass extinction [J]. *GSA Bulletin*, 2018, 130 (7-8): 1197-1215. Kazmierczak J, Pszczolkowski A. Burrows of Enteropneusta in Muschelkalk (Middle Triassic) of the Holy Cross Mountains, Poland [J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 1969, 14 (2). Knaust D, Bromley R G. Trace fossils as indicators of sedimentary environments [M]. Newnes, 2012. Knaust D, Curran H A, Dronov A V. Shallow-marine carbonates [M] // *Developments in Sedimentology*. Elsevier, 2012: 705-750. Knaust D, Szulc J, Uchman A. Spurenfossilien in der Germanischen Trias und deren Bedeutung [J]. *Trias - Eine ganz andere Welt. Mitteleuropa im frühen Erdmittelalter*, 1999: 229-238. Knaust D. *Balanoglossites* Mägdefrau, 1932 from the Middle Triassic of Germany:



part of a complex trace fossil probably produced by burrowing and boring polychaetes[J]. *Paläontologische Zeitschrift*, 2008, 82(4):347-372. Knaust D. *Balanoglossites*-burrowed firmgrounds - The most common ichnofabric on earth?[J]. *Earth-Science Reviews*, 2021, 220:103747. Knaust D. Ichnology as a tool in carbonate reservoir characterization: a case study from the Permian-Triassic Khuff Formation in the Middle East[J]. *GeoArabia*, 2009, 14(3):17-38. Knaust D. The end-Permian mass extinction and its aftermath on an equatorial carbonate platform: insights from ichnology[J]. *Terra Nova*, 2010, 22(3):195-202. Knaust D. The ichnogenus *Rhizocorallium*: classification, trace makers, palaeoenvironments and evolution[J]. *Earth-Science Reviews*, 2013, 126:1-47. Knaust D. Trace fossils and ichnofabrics on the Lower Muschelkalk carbonate ramp (Triassic) of Germany: tool for high-resolution sequence stratigraphy[J]. *Geologische Rundschau*, 1998, 87(1):21-31. Mägdefrau K. Über einige Bohrgänge aus dem unteren Muschelkalk von Jena[J]. *Paläontologische Zeitschrift*, 1932, 14(3):150-160.

**关键词** Balanoglossites; 复杂遗迹化石; 早三叠世



摘要 ID:1245

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 展板

## 胞外聚合物在蓝细菌钙化过程中的作用及其地质意义

钟怡江<sup>\*1,2</sup>、文华国<sup>1,3</sup>、陈洪德<sup>1,3</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)
3. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)

化石记录长达 35 亿年的蓝细菌在地球历史的生态演化方面发挥了极其重要的作用。与蓝细菌有关的“前寒武纪之谜”等系统性科学问题一直困扰着研究学者。胞外聚合物在蓝细菌钙化起到了至关重要的作用。在分析国内外大量文献基础上,通过系统介绍蓝细菌及胞外聚合物的主要特征,回顾和总结前人在蓝细菌光合作用有关和降解过程中的钙化过程的研究成果,重点剖析蓝细菌胞外聚合物在其钙化过程中的作用,总结了主要的地质意义并提出下一步的研究展望,以期为探索与蓝细菌和微生物席钙化方面相关的系统科学问题提供借鉴和启示。

### 参考文献

**关键词** 蓝细菌;胞外聚合物;微生物席;钙化作用





摘要 ID:487

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## A laminated microbial ecosystem at the summit of the Cambrian Explosion

刘伟\*、常超、负浩、崔琳浩、张兴亮  
西北大学

MISS are microbial traces in sandy deposits. They are formed by various modes of microbial behaviour in response to the prevailing physical dynamics in shallow marine environments since the early Archean. The Guojiaba Formation is characterized by two units of biolaminite in the north margin of the Yangtze Block. Biolaminite is characterized by alternation of light layers and dark layers. The light layers represent the normal background deposition; whereas, the dark layers are rich in organic materials. SEM identified 7 types of morphologies of microorganisms of a microbenthic community accompanied by a large number of EPS and pyrite framboids from the dark layers. The occurrence of the Biolaminite in the Guojiaba Formation indicates a complex microbial ecosystem within epibenthic microbial mats in a relatively semi-closed to closed sedimentary environment with a high salinity, such as a lagoon, at the summit of the Cambrian Explosion.

参考文献 Liu W, Chang C, Yun H, et al., 2021. A laminated microbial ecosystem at the summit of the Cambrian Explosion [J]. Global and Planetary Change. (Accepted)

关键词 MISS, Biolaminite, fossil microbial mats, Geochemical composition, Cambrian Explosion



摘要 ID:535

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地北部震旦系灯影组微生物碳酸盐岩的宏微观沉积特征

王小芳<sup>1,2,3,4</sup>、谭秀成<sup>1,2,3</sup>、张哨楠<sup>1,2</sup>、沈安江<sup>3,4</sup>、周进高<sup>3,4</sup>、李文正<sup>3,4</sup>、王鑫<sup>3,4</sup>、郑剑锋<sup>3,4</sup>、张建勇<sup>3,4</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 西南石油大学, 成都 610500

2. 西南石油大学地球科学与技术学院, 成都 610500

3. 中国石油集团碳酸盐岩储层重点实验室, 杭州 310023

4. 中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院, 杭州 310023

随着近几年川中地区震旦系灯影组天然气勘探取得重大突破, 川北地区的灯影组勘探也引起重视, 由于钻井资料匮乏, 因此开展野外地质剖面沉积特征的解剖分析, 这对该区的天然气勘探具有重要意义。通过对川北宁强胡家坝高家山灯影组剖面实测与系统取样分析, 运用岩石学、沉积学、伽马、碳氧同位素等方法, 进行层序地层划分、岩石分类和沉积特征分析。研究表明: (1) 根据岩石类型、微生物岩类型、泥质含量等, 将胡家坝高家山剖面划分为灯二、灯三、灯四段和寒武系。(2) 灯二段在高家山剖面不见底, 由若干个小旋回组成, 每个小旋回下部是深色泥晶云岩, 葡萄花边构造少见, 上部为浅色凝块状微生物白云岩, 葡萄花边构造非常丰富。(3) 灯三段主要由白云质泥岩、白云质砂岩、粉砂岩、粉砂质白云岩、粉砂质泥岩等组成。(4) 灯四段主要由叠层状微生物白云岩和凝块状微生物白云岩组成, 格架孔非常发育, 孔内充填或者部分充填沥青。微生物丘状体是油气的主要储集空间类型。丘状体的底部为致密的泥晶白云岩, 顶部格架岩的孔洞非常发育, 是良好的油气储层。

### 参考文献

**关键词** 震旦系灯影组; 叠层状微生物白云岩; 凝块状微生物白云岩; 微生物丘状体; 格架孔



摘要 ID: 3149

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 展板

## 地质病毒性微生物在二叠纪瓜德鲁普世末期大灭绝前夜大爆发——来自华南的证据

韦振晟、黄元耕、冯学谦、陈中强\*

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 地球科学学院

目前人类社会正遭遇全球肆虐的新型冠状病毒疫情的困扰, 促使我们思考病毒爆发的周期性和规律性, 这样我们不得不探索地质历史时期病毒或者病毒性微生物的化石记录, 后者能够提供证据揭示病毒性微生物的爆发周期性以及控制因素。其实, 地质历史时期不乏病毒性微生物的化石记录, 我们称它们为地质病毒性微生物。它们是一类传染性寄生生物, 在不同地史时期往往幕式爆发, 并与极端气候-环境-生物事件相关。一般来说, 病毒性微生物包括微观的病毒、细菌、真菌病原体等, 它们是一类寄生在宿主身上的微生物群落, 但致病性、传染性和爆发性, 与当时环境变化相关。譬如, 学者对当代寄生虫数据的重建揭示了一个世纪以来寄生虫数量的减少与气候变化密切相关。现代珊瑚骨架内的病毒性微生物非常普遍, 可由真菌、细菌、病毒和古菌等组成, 并在珊瑚礁系统遭受环境压力时对珊瑚的健康造成损害。此外, 以伯尔纳病毒为代表的内源性病毒可以将 mRNA 嵌入宿主的 DNA 中, 从而留下古代病毒侵染的记录, 同源性分析揭示其在 96.5Ma 前就已经感染哺乳动物并整合至染色体中。另一方面, 我们对地质病毒性微生物的认识还不够, 这是因为这类微生物个体小、化石化潜力低。最近, 我们借助扫描电镜 (SEM) 和纳米二次离子探针 (NanoSIMS) 等精密仪器, 从二叠系瓜德鲁普统-乐平统 (G-L) 的地层样品中观察到类似病毒的微生物在宿主身上留下的痕迹特征以及它们矿化后的产物。这段中-上二叠统地层记录了一次大的生物集群灭绝 (称为 G-L 大灭绝) 和强烈火山爆发事件。这次大灭绝导致全球性后生生物礁坍塌和生物多样性剧减。我们发现非常丰富的病毒性微生物化石, 包括 *Ovunnurus*, *Eurygonum* 以及许多未能鉴定到属的微生物。它们主要寄生在海百合茎、腕足介壳上、苔藓虫和海绵等动物骨骼里, 它们的大量爆发与中二叠世海绵-苔藓生物礁的坍塌灭亡耦合, 发生海洋底栖生物灭绝前夕, 同时, 峨眉山火山活动开始活跃起来。这些证据表明, 在 G-L 大灭绝的前夜, 病毒性微生物的爆发可能导致海洋生物礁的崩溃和坍塌, 同时也可能是生物大灭绝事件的元凶之一。或许, 峨眉山大火成岩省初期的火山活动直接或间接导致了这些病毒性微生物爆发。本研究或许能为我们探索地质病毒性微生物导致生物大灭绝提供实证, 同时为研究当代病毒性微生物与宿主之间的关系乃至它们的爆发周期提供了一个新的窗口。

### 参考文献

**关键词** 病毒性微生物; 二叠纪; 生物灭绝; 华南



摘要 ID: 2511

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 专题邀请报告

## 由热液物质源导致微生物地球表生的化学沉积—生物化学沉积作用

孟繁莉\*  
吉林大学

从热力学角度, 生命就是大自然进化出来的一种降低化学反应条件的东西(如生物酶)。于是在有生命的地方, 很多原本不会发生的化学反应却能发生, 导致整体的熵增速度增加了, 而生命则利用了这些生化反应所释放出来的能量, 完成了自己的生长和繁殖, 进而去催化更多的化学反应, 这就是生命的热力学意义。如果把生命和它所处的环境当成一个整体来看, 生命的出现反而会加速这个整体的熵增速度, 这是由反应动力学所决定的。热力学第二定律的耗散结构理论表明, 在开放体系中, 由于物质和能量的输入导致系统向有序度高的方向发展。微生物作为地球表生环境下应运而生的化学反应的媒介和加速器, 整合了处于无序状态下的元素使它们矿化成结晶的矿物, 从跨界意义上达成有序, 在参与分解作用过程中, 完成了元素循环的另一过程。经笔者研究, 几乎地表能存在的所有元素, 都可以是微生物在新陈代谢过程中电子传递的供体或者受体, 也就是它们都是某种微生物所偏好的“食物”。地表发生的化学反应没有理由不被微生物活动所介入。

地质流体从来也没有停止过影响地球表生地质过程。国内外大洋及陆地探测技术, 包括电法和地震剖面、大陆钻探、大洋钻探、实时动态监测等工作的深入, 给我们对地质流体的认识提供了很好的窗口, 我们几乎可以“看到”流体的运行轨迹, 但是目前仍然没有受到沉积学者的注意。这些流体将改变海洋湖泊等水体的化学成分, 甚至会与断裂沟通的油气藏成熟起关键作用。实际上地球深部流体对地表的沉积、成矿、成藏等提供了源, 特别是一些单成分的所谓“化学沉积岩”。

微生物成因的所谓的化学沉积岩, 往往是单成分为主, 比如碳酸盐岩、硅质岩、铁质岩、铝质岩、锰质岩、岩盐等等, 这样势必形成某种或者几种离子的大量聚集。某种物质过量聚集的前提是有源源不断的供应物, 其实地幔物质几乎是所有地表元素的源。那么物源从地幔到地表, 热液流体这样的地质流体就是一个地球动力学的媒介。地质流体大多数是热液流体, 热水流体(物质流)的意义不在于它的温度(可以从几度到几百度), 其中对微生物活动具有意义的温度范围是小于二百多摄氏度。另外不排除地下水(比如铝土矿的形成)、冷泉等低温流体的作用。

而且直至成岩作用, 微生物直接促进岩石结构的改变和初级矿物向次级矿物转化(正长石变为高岭石)。从单个细胞直至整个地球规模, 都可以将生命活动比喻为电子流。整个生物圈是个燃料电池, 活细胞在细胞膜两侧造成电场, 在氧化还原梯度下发生电子的转移, 构成了所有代谢作用的基础, 在全球表生尺度执行这种转移的主角是微生物。

支持广泛地球化学元素转化循环的微生物主要是原核生物。

参考文献 略

关键词 热力学第二定律; 地质微生物作用; 热水(液); 微生物介导成岩成矿



摘要 ID: 3089

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 四川鱼洞子剖面微生物岩建造中的叠层石-树枝石-凝块石-巨鲕组合的岩石组构和地球生物学特征

刘丹娜、方宇恒、陈中强\*

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 地球科学学院

二叠纪末大灭绝之后, 特殊生物沉积建造比如, 微生物岩叠层石, 凝块石, 树枝石和巨鲕等在全球范围内广泛分布于浅海碳酸盐沉积体系中。然而, 它们这些特殊生物沉积的岩石组构从来没有同时出现在同一个剖面的微生物岩中。尽管前人已经对二叠系-三叠系界线 (PTB) 附近的微生物岩进行了较深入研究, 但微生物类型和微生物岩的形成过程和控制因素, 以及将它们与二叠纪末大灭绝事件联系起来的海洋环境条件仍然是个谜。在本项研究中, 我们对四川地区上扬子台地西北缘鱼洞子剖面的 PTB 微生物岩进行重新研究, 发现了该剖面 PTB 地层记录了一个叠层石-树枝石-凝块石-巨鲕生物沉积组合。鱼洞子微生物岩的下覆地层为二叠系顶部的生物碎屑灰岩, 期间为不规则接触, 缺失 2-3 个牙形带。微生物岩自底部向上由层状叠层石、指状树枝石、层状叠层石、凝块石等岩石组构组成, 其上为巨鲕建造所覆盖。层状叠层石发育波状纹层构造以及各种混合或层状凝块组构层。指状树枝石由指状分支的树枝形状结构组成, 形成于呈拱形分布的凝块组构当中, 以丰富的分支树枝状体结构为特征。凝块石呈现出独特的凝块岩石组构, 由深色微生物骨架和浅色间隙充填沉积物混合组成。我们在微生物岩中发现大量钙质微体生物化石, 初步鉴定为 *Gakumella*。每个 *Gakumella* 个体都有密集排列的部分, 形成了柱状到扇形的微观结构, 其单节呈拱形, 在每节之间都形成有薄薄的空腔。在层状微生物岩中, 也观察到类似 *Renalcis* 的钙质微生物化石。此外, 我们还发现丰富的类似颗石藻、类细菌凝块以及其他球状聚合体等微生物化石或结构。这些微生物在微生物岩的形成过程中起到非常重要的作用, 进一步支持了微生物岩的生物起源假说。PTB 微生物岩被含介壳的颗粒灰岩和巨鲕灰岩所覆盖, 这意味着鱼洞子微生物岩的消亡可能是高能环境下水流冲刷破坏的结果。一些鲕粒被微晶灰岩薄片 (或薄膜) 不均匀地包裹着, 表明其成因可能与微生物相关。这些被微生物包裹的巨鲕, 连同大量的微生物岩类型, 可能表明在二叠纪末大灭绝事件后, 随着海水温度升高, 进而使得海洋中的微生物大量繁殖、爆发式成长, 这也表明海洋生态系统和沉积系统是对大灭绝及其共生的极端气候环境事件的反馈。

### 参考文献

**关键词** 微生物岩; 巨鲕; 二叠纪-三叠纪; 大灭绝; 四川



摘要 ID:1035

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 展板

## Integrated biochemostratigraphy of the Permian–Triassic boundary beds in a shallow carbonate platform setting (Yangou, South China)

赵赫<sup>1</sup>、吕政艺<sup>1</sup>、陈中强<sup>1</sup>、Thomas J. Algeo<sup>2</sup>、Michael J. Orchard<sup>3</sup>、刘勇胜<sup>1</sup>、胡兆初<sup>\*</sup>、张磊<sup>1</sup>、张秀梅<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. 美国辛辛那提大学

3. 加拿大地质调查局

Investigation of the end-Permian mass extinction (EPME) has been greatly facilitated by high-resolution conodont biostratigraphic studies. However, a detailed biostratigraphic framework has been lacking for shallow-marine successions of the Tethys region. In this study, we analyzed conodont biostratigraphy and carbonate carbon isotopes of the Yangou Quarry section. Three conodont zones are recognized here. The conodont biostratigraphic framework of the Yangou Quarry section was refined through intercalibration with its  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  profile. This section records two discrete negative carbon isotope excursions (CIEs) that are correlative with the EPME and ETME horizons. Our study provides the first integrated, high-resolution biochemostratigraphic framework for a shallow-marine PTB succession in the eastern Tethys region, which will facilitate paleoenvironmental studies of similar facies elsewhere as well as correlations with deeper-water facies.

参考文献

关键词



摘要 ID:1996

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 展板

## 豫西中元古界龙家园组二段叠层石特征及其沉积环境分析

李倩倩、郑德顺\*

河南理工大学资源环境学院

叠层石记录早期环境、蓝细菌和微生物群落的生命活动, 其生长形态受到沉积环境的影响, 对古环境恢复具有重要意义。豫西中元古界官道口群龙家园组二段叠层石发育形态类型丰富, 分布集中。本文对龙家园组二段叠层石的宏观形态和微观特征进行详细分析, 进而反演沉积环境演化过程和建立沉积模式, 并与其他地区同时代叠层石进行了对比分析。研究表明: 龙家园组二段叠层石宏观形态分为水平纹层状、波纹状、丘状、锥状和柱状, 显微特征具有明暗纹层, 局部含少量鲕粒、球粒、碎屑物质等。叠层石的形态和规模与水动力条件、水体深度密切相关, 其中水平层状叠层石发育在潮间带, 波纹状、丘状叠层石发育在潮间高能带及潮下低能带, 锥状、柱状叠层石则发育在潮下带; 综合分析认为龙家园组二段叠层石形成于潮坪环境, 经历了潮间带-潮下带-潮间带的环境演化过程。龙家园组二段的叠层石与华北北缘雾迷山组和高于庄组以及全球同时代地层中发育的叠层石具一致性。该研究能为恢复华北南缘中元古代早期沉积环境和该时期地球环境与微生物演化耦合过程提供有力证据。

### 参考文献

**关键词** 叠层石; 龙家园组; 沉积环境; 豫西地区



摘要 ID: 3411

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 华北早二叠世滨岸古生态、古环境重建—来自山西交城水峪贯的新材料

林雯洁\*、喻建新、许存帅、苏佳  
地球科学学院, 中国地质大学(武汉), 430074, 中国

华北板块石炭纪-二叠纪时期位于北半球低纬度地区, 发育一套下部由近海碳酸盐岩与陆源碎屑岩相互沉积组成的含煤岩系和上部由陆源碎屑岩组成的红色陆相地层, 其内蕴藏着丰富的煤炭资源和古环境信息。本研究采集山西太原水峪贯岩石标本和生物化石, 重点分析浅海碳酸盐岩的生物群面貌和古生态、古环境重建, 从四套灰岩内分析出三种主要的沉积微相 (Packstone、Wackestone、Mudstone), 鉴定出有孔虫、钙质藻类、层孔虫、苔藓虫、珊瑚等海相生物化石。利用有孔虫壳体少数形态学特征指标判断其生活位置和摄食方式, 重建出潮坪-泻湖环境中三类主要有孔虫类型, 包括食植、食碎屑类型的有孔虫 *Globivalvulina*、*Endothyra*、*Eotuberitina*、*Tetrataxis*, 食碎屑、细菌与沉积物的浅-深内生的 *Nodosaria*、*Palaeotextularia*, 能够适应大的静水压力或动荡环境的 *Bradyina*, 此环境中发现大量粗枝藻 *Dasycladales* 化石, 生物面貌和结构类似现代滨岸海藻床。在灰岩上下层位的碳质页岩中, 发现丰富 *Lepidodendron*、*Sphenophyllum*、*Calamites*、*Angiopteris*、*Neuropteris*、*Cordaites*、*Noeggerathiales* 等疑似滨岸红树林植被, 与现生海岸带结构类似。剖面顶部富含孔虫和钙藻等造礁生物的东大窑灰岩的拉曼光谱结果显示这一层内富含有机质, 指示早二叠世华北海岸带地区由于古海藻床和滨岸红树林的存在促进海洋生产力和陆源输入有机质的保存。

参考文献 山西交城、古代海藻床、古代红树林、拉曼光谱、固碳

关键词





摘要 ID: 2246

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 华南上奥陶统串管海绵-微生物丘: 赫南特冰期前的混合型碳酸盐岩 (hybrid carbonates)

李启剑<sup>1\*</sup>、那琳<sup>1</sup>、于深洋<sup>2</sup>、毛颖颜<sup>1</sup>、李越<sup>1</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所
2. 曲阜师范大学

随着微生物岩丰度的显著下降, 奥陶系记录了多细胞造礁生物的一次迅速崛起。然而, 前人的研究大多集中在对后生动物如何替代礁系统中微生物成分这一关键性转折的时间、模式和动力学等相关问题上, 而对晚奥陶礁相环境中同沉积胶结物的显著增长现象一直缺乏关注。在华南浙赣台地的三衢山组中, 上奥陶统凯迪阶的大型含串管海绵的微生物礁丘虽然在国际上已有报道, 但因化石保存不佳, 对其细节鲜有跟进。最近, 小型串管海绵-微生物丘在江西玉山鸡头山剖面的三衢山组下段灰岩中被发现。这些米级规模的礁体主要由生物粘结灰岩 (boundstone) 和胶结岩 (cementstone) 组成, 串管海绵等化石保存完好精致。其中, 丛花海绵 (*Corymbospongia*)、阿姆塞士珊瑚 (*Amsassia*) 和钙质微生物为主导的造礁生物。这些造礁生物被大量纤维状和放射状的亮晶胶结壳所包裹。丛花海绵和阿姆塞士珊瑚的钙质骨骼相互缠绕形成的基本格架, 被微生物和随后形成的胶结物进一步加固, 最终形成礁体的格架。类似的礁格架构建方式, 与华北及加拿大报道的一些晚奥陶混合型 (后生动物-微生物-胶结物) 礁体的案例十分相似。这些结果暗示: 在赫南特冰期之前, 随着气温的总体下降, 全球广泛发育的同沉积胶结作用在奥陶系一些混合型碳酸盐岩的形成中起到了关键作用。

参考文献

关键词



摘要 ID: 2400

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 专题邀请报告

## 微生物岩的分类、研究现状及关键科学问题

陈中强\*

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室

越来越多证据表明,自地球诞生以来,生物(包括微生物)活动都参与到绝大多数的沉积过程之中。生物参与/诱导的沉积过程(又称为生物沉积学)是地质研究的热点之一,吸引了全世界微生物学家、生物地质学家、地质微生物学家、古生物学家和沉积学家等学者越来越多的关注。生物沉积学(Biosedimentology)是研究有关生物参与/诱导的沉积作用过程的一门沉积学与生物学的交叉学科,也是地球科学领域中一门新兴的热门学科,在全世界范围内业已较深入研究并产生了许多理论假说。其核心内容是揭示生命参与地球环境沉积的过程,反映现生和深时生命—环境的相互作用与协同演化。全球的生物沉积记录在前寒武纪时期主要是微生物岩的形式出现;它们在显生宙时期也普遍存在,但通常与极端生物环境事件相关。因此,微生物岩为评价生物在贯穿整个地质历史时期的沉积过程中所发挥的作用提供了重要素材。此外,微生物岩也是非常规油气勘探的主要烃源岩和储层之一。然而,目前国内学者对微生物岩的概念、分类、演化等基础生物沉积学问题有不同的认识和解释,分类系统比较混乱。笔者在撰写2030年中国沉积学发展战略路线图白皮书中有关生物沉积学的发展战略纲要的基础上,提出自己对微生物岩生物沉积学中的几个重要的基础科学问题的理解和解释。

首先,微生物岩的分类标准和方案长期以来比较混乱,早期学者把微生物岩(特别是叠层石)当成生物类群来研究,据其宏观形态特征鉴定为不同的属种,并总结出叠层石多样性的数据库。至今,有些学者仍然根据不同的宏观形态特征将生物岩划分为不同类型。然而,对微生物岩的微观和超微观尺度研究表明相同的微生物组合可能形成不同形态的微生物岩,不同的微生物组合也可以形成形态相似的微生物岩。因此,目前国际主流观点认为微生物岩的分类需要考虑其内部物质组成和岩石组构特征,据其多样性将微生物岩分为叠层石、凝块石、树枝石和均一石。其中,均一石(leiolite)以均匀、无结构碳酸盐沉积物为特征,但在地层中不容易识别,与灰泥丘类似。目前学界对这一类微生物岩的认识存在分歧,也是微生物岩生物沉积学研究中的灰色地带。此外,本研究探讨了微生物岩在地史时期的时空分布规律以及与古环境的耦合关系,特别强调发育不同岩石组构类型的微生物岩和不同微生物类型的微生物岩在前寒武纪至显生宙地层中的分布规律。如何正确理解微生物参与各种环境中的沉积过程以及可能的控制因素是微生物岩生物沉积学亟待解决的重要科学问题之一。一个行之有效的方法是利用‘将今论古’的原则解释微生物在前寒武纪长达40多亿年漫长的演化过程中如何一步一步地参与各种环境中的沉积过程并改变地球环境,使之从一个荒芜生命迹象的星球变为有利于生命繁衍、进化的绿色行星之一。总之,为了发展微生物岩生物沉积学学科,我们需要重点关注如下三个重大科学问题:1)现今微生物参与沉积作用的物理、化学和生物学过程与驱动力;2)地史时期微生物与化学碳酸盐工厂分布特征和规律以及两者在地层中交替出现的模式与驱动机制;3)前寒武纪微生物岩沉积作用中的生物、物理和化学过程。

### 参考文献

**关键词** 微生物岩分类; 时空分布; 成因机制; 研究现状; 科学问题;



摘要 ID:2604

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 川西北龙门山地区泥盆纪早吉维特阶碳酸盐岩核形石中硅化细菌形成机制

温龙彬<sup>1,2,3</sup>、钟怡江<sup>2,3</sup>、徐文礼<sup>2,3</sup>、王同川<sup>2,3</sup>、王茂德<sup>2,3</sup>、文华国<sup>\*2,3</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

3. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 四川成都, 610059

本研究首次报道了在川西北龙门山地区泥盆纪早吉维特阶潮下泻湖相碳酸盐岩核形石中发现的硅化细菌化石。该硅化细菌化石皆发育于核形石边界含草莓状黄铁矿纹层附近, 并根据形态划分出三种类型: (1) 胶鞘硅化的大细胞细菌化石(直径 $>10\ \mu\text{m}$ )、(2) 细胞硅化的葛万藻化石(直径介于 $2\sim 10\ \mu\text{m}$ )、(3) 细胞硅化的微细胞细菌化石(直径 $<2\ \mu\text{m}$ )。D1 峰位、D2 峰位、FWHM-D1~D4、 $[D1/D3]$  等拉曼光谱拟合参数( $n=58$ )显示大细胞细菌和葛万藻具有很强的统计相关性, 而微细胞细菌相关性明显偏低, 表明大细胞细菌与葛万藻可能为相同类群, 而微细胞细菌属于其他类群。据拉曼光谱强度统计对比( $n=58$ ), 显示出如下规律: (1) 葛万藻和大细胞细菌有机质含量与钙质含量呈正相关, 微细胞细菌的有机质含量与钙质含量不具明显相关性; (2) 葛万藻与大细胞细菌的有机质含量与硅质含量呈负相关, 微细胞细菌的有机质含量与硅质含量不具明显相关性。原位同位素(更低的 $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}=-10.59\text{‰}$ 和 $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}=-0.88\text{‰}$ )分析表明, 核形石中含草莓状黄铁矿的纹层受细菌硫酸盐还原作用更强。综上, 我们的研究支持微生物席(膜)中蓝细菌的高有机质含量促进细菌钙化作用, 并提出在核形石生长的最终阶段, 微生物席(膜)逐渐转入以细菌硫酸盐还原作用为主, 可产生 $\text{H}_2\text{S}$ 改变局部PH值, 提升局部溶解硅浓度(粘结粘土可为提升局部溶解硅浓度提供硅源), 此过程中, 葛万藻和大细胞细菌有机质的消耗可能与就近的葛万藻细胞硅化和大细胞细菌胶鞘硅化密切相关, 而硅化小细胞细菌因与黄铁矿密切共生, 可能是一种硫酸盐还原菌, 在溶解硅浓度升高后发生了被动硅化。通过硅化细菌的发现, 本研究丰富了核形石内生物矿物组合类型; 此外, 尽管需要更多数据来检验, 但本研究使用拉曼光谱定量评估微体化石硅化机制的方法拓展了拉曼光谱在生物成矿作用机理方面的应用。

### 参考文献

**关键词** 核形石、拉曼光谱、激光原位碳氧同位素、细菌差异硅化、有机质含量



摘要 ID:3062

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 展板

## 新元古代时期微生物白云岩中白云石胶结物成因解析

王静彬<sup>1</sup>、朱东亚\*<sup>1</sup>、丁茜<sup>1</sup>、何治亮<sup>2</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

2. 中国石油化工股份有限公司 科技部

白云石问题是世界之谜题, 至今仍未得到圆满的解决, 交代成因理论一直占据主导。1995年 Vasconcelos 等基于微生物模拟实验提出经典的微生物诱导白云石沉淀模式, 得到众多学者推崇, 但也存在一定争议, 如低温诱导白云石并非严格有序、花椰菜-哑铃状形貌并非可靠标志、诱导规模很小等。此外, 微生物诱导产物并非全是白云石, 也可以诱导方解石, 暗示水体化学条件可能是影响沉淀产物类型的关键。前寒武系, 尤其是新元古代时期, 微生物白云岩在全球范围内分布广泛。不少学者认为前寒武纪海水的物理化学条件显著不同于显生宙以来的, 并提出新元古代可能为特殊“文石-白云石海”海洋环境, 高碱度、高 Mg/Ca、低 O<sub>2</sub>、低 PCO<sub>2</sub>、低硫酸盐等微环境更有利于促进广泛白云石化, 甚至沉淀一些原生白云石 (Hood et al., 2011)。此观点与统计学上白云岩丰度在新元古代时期达到顶峰的趋势具有较好耦合性。这种所谓原生白云石以胶结物形式保存下来(或许是一种从未识别出来的微生物作用下形式), 不同于现有微生物诱导沉淀形态, 因此多数学者曾将其解释为快速拟晶白云岩交代作用。新元古代以胶结物形式存在的白云石究竟是原生还是拟晶交代成因有待更多地质实例进一步探索。

前期本团队曾对四川灯影组葡萄状白云岩成因进行研究, 将深时上新元古代“文石-白云石海”后推至晚震旦世 (Wang et al., 2020), 并在塔里木盆地同时代的奇格布拉克组微生物白云岩中也发现保存完好的葡萄状白云石胶结物。通过详细野外观察、岩石学、地球化学、SEM、定年技术等手段对其进行研究, 结果表明: (1) 奇格布拉克组白云石胶结物与灯影组具有较好可比性—岩石学上均保存有精美的环带结构, 不同于拟晶交代而保存完好的鲕粒、文石结构; (2) 地化上代表同时期海水特征, 水体环境为次氧化状态、高盐度等特征; (3) U-Pb 定年学上属于晚震旦世年龄范围; (4) SEM 下揭示出超微晶体结构, 表现为正延性光学特性, 显著不同于文石、方解石结构; (5) SEM 下胶结物中也观察到一些类似微生物诱导作用痕迹, 如球状结构、链状结构、EPS 等, 暗示微生物活动可能参与到其中。由此认为, 奇格布拉克组白云石胶结物也是特殊“文石-白云石海”环境下的产物, 进一步说明了新元古代时期特殊海水条件普遍存在。对已发表白云石海文献进行总结, 推测触发白云石直接沉淀的机制除了与有利海水化学条件有关以外, 微生物活动可能是诱导沉淀作用机制的关键, 但这种微生物与特殊海水环境耦合作用机制需要进一步深入研究, 以及更多地质实例支撑。

**参考文献** Vasconcelos C, McKenzie J A, Bernasconi S, et al. Microbial mediation as a possible mechanism for natural dolomite formation at low temperatures[J]. *Nature*, 1995, 377(6546): 220-222. VS Hood A, Wallace M W, Drysdale R N. Neoproterozoic aragonite-dolomite seas? Widespread marine dolomite precipitation in Cryogenian reef complexes[J]. *Geology*, 2011, 39(9): 871-874. Wang J, He Z, Zhu D, et al. Petrological and geochemical characteristics of the botryoidal dolomite of Dengying Formation in the Yangtze Craton, South China: Constraints on terminal Ediacaran “dolomite seas” [J]. *Sedimentary Geology*, 2020, 406: 105722.

**关键词** 微生物白云岩; 白云石海; 微生物诱导作用; 新元古代; 奇格布拉克组



摘要 ID: 2204

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 柴达木盆地西部始新统湖相微生物岩沉积特征研究

李翔\*<sup>1</sup>、王建功<sup>1</sup>、李飞<sup>2</sup>、钱磊<sup>3</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院西北分院
2. 西南石油大学
3. 中国石油青海油田分公司勘探开发研究院

微生物岩是研究地质历史时期生命活动和环境变化的重要载体,也是油气储层勘探领域一个新的热点方向。微生物岩是指由底栖微生物群落通过捕获与黏结碎屑沉积物,以及与微生物新陈代谢活动相关的各类无机或有机诱导矿化作用在原地形成的碳酸盐沉积物,经固结成岩作用后保存下来的生物沉积岩。目前沉积学界对于海相微生物岩的研究成果丰富,在微生物岩类型、发育特征、沉积环境、水体性质示踪等方面取得了一系列重要进展,与之相比国内外对湖相微生物岩的研究时间较晚,研究程度普遍不高。湖相微生物岩的形成和发育具有特殊性,其规模可沿湖岸线方向形成数百米至上千米的连续建造,且影响湖相微生物岩发育的因素更多,包括构造、基底岩性、水化学和水文条件,以及风、湖流和生物发育等,其内在的形成过程既包括无机化学成因,也包括生物控制以及有机矿化过程等。形成微生物岩的湖水环境既包括淡水湖,也包括碱湖和盐湖;种类既有叠层石、凝块石以及两者交替发育的复合类型,也存在大量微生物成因的球粒集合体,以及泉华和钙华等。

柴达木盆地是研究我国新生代湖相碳酸盐岩特别是湖相微生物岩的一个极佳场所。柴达木盆地西部古近系下干柴沟组是国内少见的发育规模大、产出类型多、与油气关系密切的一套湖相微生物岩发育层组。通过对柴达木盆地西岔沟和梁东地区古近系微生物岩从宏观到微观特征的精细解剖,发现该套微生物岩形成于快速湖侵阶段,整体发育于砂砾岩、粉砂岩等硬质基底之上,晚期受湖盆萎缩影响发生消亡。湖相微生物岩类型包括凝块石、叠层石以及两者交替发育的复合类型,横向延展性强,出露可达数公里。其他碳酸盐颗粒还包括微球粒、鲕粒、介屑和集合粒。凝块石镜下主要为具凝块结构的隐晶质黏结格架,含有丰富的生物碎屑和少量鲕粒和球粒等。叠层石呈缓波状,具有非常典型的明暗相间的纹层。另外,大量磨圆良好的陆源碎屑矿物混入碳酸盐沉积体系中,常在浅湖高能环境下形成鲕粒核心,或者作为微生物岩内部的粉砂质碎屑层。柴达木盆地西部始新统微生物岩主要发育于高能浅水、低能断阶带以及低能深水隆起环境。该研究成果能够为进一步认识湖相微生物岩类型和形成机制提供参考,也可为柴达木盆地新生代油气勘探、储集岩类型和特征研究提供一定参考。

尽管如此,柴达木盆地整体勘探程度较低,微生物碳酸盐岩在沉积相带上的分布规律、展布模式以及微观结构的发育特征等还不清楚,有待深入探讨。虽然前人已有研究对柴达木盆地西部新近系湖相微生物岩的分布发育情况做过介绍,但是大部分工作只是对湖相微生物岩的宏观特征进行阐述,缺乏系统的中观和微观尺度下关于湖相微生物岩内部结构的精细研究。因此,本文以柴达木盆地西部西岔沟和小梁山地区为例,对柴达木盆地古近系始新统湖相微生物岩的类型、组合及微观结构等方面进行系统论述,包括利用野外岩心、光片和薄片等资料从不同尺度分析柴西微生物岩构成和特点,通过偏光显微镜、荧光显微镜、电子探针以及扫描电镜等手段,揭示微生物岩发育的内部结构和可能的形成过程,构建柴西始新统湖相微生物岩沉积模式,以期柴达木盆地西部新生代湖相碳酸盐储层发育研究和油气勘探提供参考。

**参考文献** [1]&nbsp; Burne, R.V., Moore, L.S. Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities. 1987, *Palaios* 2: 241-254. [2]&nbsp; 穆西南, 袁训来. 绪论: 化石藻类和叠层石 [J]. *微体古生物学报*, 2003(01): 1-2. [3]&nbsp; Woo, J., Chough, S.K., and Han, Z. Chambers of epiphyton thalli in microbial buildups, Zhangxia Formation (Middle Cambrian), Shandong Province, China. 2008, *Palaios* 23: 55-64. [4]&nbsp; 韩作振, 陈吉涛, 迟乃杰, 等. 微生物碳酸盐岩研究: 回顾与展望 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2009, 29(04): 29-38. [5]&nbsp; Della Porta, G. Carbonate build-ups in lacustrine, hydrothermal and fluvial



settings: comparing depositional geometry, fabric types and geochemical signature. Geological Society, London, Special Publications, 2015, 418: 17–68. [6]&nbsp; WANG Jiangong, ZHANG Daowei, YANG Shaoyong, et al. Sedimentary characteristics and genesis of the salt lake with the upper member of the Lower Ganchaigou formation from Yingxi sag, Qaidam Basin [J]. Marine and Petroleum Geology, 2020, 111: 135–155.

**关键词** 微生物岩; 叠层石; 凝块石; 球粒; 鲕粒



摘要 ID: 2249

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 华南上石炭统混合碳酸盐岩及其地质意义

黄文韬\*<sup>1</sup>、巩恩普<sup>2</sup>、吴怀春<sup>1</sup>、张永利<sup>2</sup>、关长庆<sup>2</sup>、房强<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. 东北大学

无机成因(Abiotic)、生物诱导成因(Bioinduced)和生物成因(Biocontrolled)是地质历史时期碳酸盐岩的重要形成机制,分别对应了不同“碳酸盐岩工厂”类型。原地生长的不同成因碳酸盐岩形成的组合被定义为混合碳酸盐岩(Hybrid Carbonates)(Riding and Virgone, 2020),其组合类型、丰度和分布特征可以有效地反映地质历史时期古海洋环境的长期变化。晚石炭世,华南地处低纬度地区,发育多种生物礁类型。本研究对莫斯科期晚期-卡西莫夫期中期出露在贵州紫云猴场地区的微生物礁开展了详细的古生物学、岩相学和沉积学分析,认为其形成于台地边缘-上斜坡环境,具有较好的水循环和温暖的水体环境。微生物碳酸盐岩(生物诱导成因)、文石质海水胶结物(葡萄状胶结物,无机成因)、叶状藻、苔藓虫和四射珊瑚 *Ivanovia* sp. (生物成因)是礁体的主要建造者和重要组成成分,可归为“微生物-胶结物-骨骼”混合碳酸盐岩类型(Riding and Virgone, 2020)。

早石炭世,微生物碳酸盐岩、珊瑚、苔藓虫和海百合等是生物礁的主要建造者。晚石炭世,无机成因的文石质海水胶结物(主要为葡萄状胶结物)开始在热带生物礁形成过程中起到关键性作用,这也代表着“微生物-骨骼”混合碳酸盐岩(Dual Hybrid, 双重)向“微生物-胶结物-骨骼”混合碳酸盐岩(Triple Hybrids, 三重)转变(Wahlman, 2002; Riding and Virgone, 2020)。晚石炭世生物礁中大量发育“微生物-胶结物-骨骼”混合碳酸盐岩可能是该时期海水中高Mg/Ca和SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>浓度、低纬度浅海温暖水体、大气中低浓度CO<sub>2</sub>和钙质藻类(如:叶状藻)的繁盛共同作用的结果。研究区混合碳酸盐岩中富含的后生动物(如:珊瑚、苔藓虫),可能与早/晚石炭世之交华南地区珊瑚更替事件(Wang et al., 2006)和晚石炭世-早二叠世的生物大辐射有关(Fan et al., 2020)。

**参考文献** Fan J, Shen S, Erwin D H, et al., 2020. A high-resolution summary of Cambrian to Early Triassic marine invertebrate biodiversity [J]. *Science*, 367: 272-277. Riding R, Virgone A, 2020. Hybrid Carbonates: in situ abiotic, microbial and skeletal co-precipitates [J]. *Earth-Science Reviews*, 208: 103300. Wang X, Wang X, Zhang F, et al., 2006. Diversity patterns of Carboniferous and Permian rugose corals in South China [J]. *Geological Journal*, 41: 329-343.

**关键词** 华南; 晚石炭世; 混合碳酸盐岩; 生物礁



摘要 ID:2331

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 山西古县寒武系张夏组鲕粒—叠层石组合的沉积特征、层序位置及其地质意义

王龙<sup>1</sup>、梅朝佳<sup>2</sup>、张英杰<sup>2</sup>、吴海<sup>3</sup>、王淑敏<sup>1</sup>、邓静<sup>1</sup>

1. 中国石油长庆油田公司勘探开发研究院

2. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院

3. 中国石油勘探开发研究院

在“叠层石”(Stromatolith)这一术语还未诞生的1883年, James Hal 就描述并命名了鲕粒-叠层石组合“*Cryptozoon proliferum*”, 但此后的研究往往把叠层石和鲕粒作为不同的碳酸盐岩类型分别加以研究, 而未能整体解释它们的沉积环境和成因。随着鲕粒-叠层石组合逐渐在更多的区域和地层中发现, 它们作为一个整体逐渐引起了地质学家的关注。我们所报道的鲕粒-叠层石组合产于华北地台寒武系张夏组, 叠层石与鲕粒互层或者镶嵌分布于鲕粒灰岩中, 形成于相对浅水的沉积背景和较强的水动力条件下, 受到微生物新陈代谢活动与沉积环境共同作用的控制, 反映了一种底栖微生物群落和高能水体中寻求稳定的基本沉积样式。鲕粒-叠层石组合构成的厚层碳酸盐岩沉积以较高的碳酸盐生产作用和较慢的侵蚀作用为基本特征与相对海平面下降过程相响应, 代表了较为典型的相对海平面下降阶段的沉积记录而不符合经典的层序地层模式, 为深入理解鲕粒-叠层石组合的形成过程和微生物与环境的相互作用提供了宝贵的实际材料。

**参考文献** 陈荣坤. 华北地台中寒武世米级旋四层序与复合海平面变化. 岩相古地理, 1996, 4: 23-31. 刘超辉, 刘福来, 赵国春. 华北克拉通中部造山带早元古代盆地演化, 岩石学报, 2012, 28(9): 2770-2784. 梅冥相. 光合作用生物膜诱发的放射鲕粒: 以江苏徐州贾旺剖面寒武系苗岭统张夏组为例[J]. 古地理学报, 2021, 23(3):28. 王龙, Khalid Latif, Muhammad Riaz, 等. 微生物碳酸盐岩的成因, 分类以及问题与展望——来自华北地台寒武系微生物碳酸盐岩研究的启示[J]. 地球科学进展, 2018, 33(10): 1005-1023. 王龙, 吴海, 张瑞, 等. 碳酸盐台地的类型、特征和沉积模式——兼论华北地台寒武纪陆表海—淹没台地的沉积样式[J]. 地质论评, 2018b, 064(001):62-76. 王龙. 太行山中南部及其邻区寒武系微生物碳酸盐岩主导的生物丘研究[D]. 中国地质大学(北京), 2019. 章雨旭. 试论华北板块寒武纪地层的穿时性. 沉积与特提斯地质, 2001, 21(1): 78-87. Antoshkina A. Ooid-stromatolite association as a precursor of bioevents (Silurian, Timan-northern Ural Region) [J]. Palaeoworld, 2015, 24(1-2):198-206. Awramik S M. Respect for stromatolites. Nature. 2006, 441(7094): 700-701. Davies P J, Bubela B, Ferguson, J. The formation of ooids [J]. Sedimentology, 1978, 25: 703-729. Duguid S M A, Kyser T K, James N P, et al. Microbes and ooids[J]. Journal of Sedimentary Research, 2010, 80(3): 236-251. Fabricius F H. Origin of marine ooids and grapestones [J]. Contribution of Sedimentology, 1977 (7) : 1-113. Gerdes G, Dunajtschik-Piewak K, Riege H, et al. Structural diversity of biogenic carbonate particles in microbial mats. Sedimentology, 1994, 41(6): 1273-1294. Hall J. Plate VI and explanation: *Cryptozoon*, N. G., *Cryptozoon proliferum* n. sp. In: Pierson HR (ed) Thirtysixth annual report of the trustees of the State Museum of Natural History to the legislature. New York Senate paper 1883/53, Albany Hofmann HJ (1973) Stromatolites: Characteristics and utility. Earth-Science Reviews. 1983, 9: 339-373. Nutman A P, Bennett V C, Friend C R L, et al. Rapid emergence of life shown by discovery of 3,700-million-year-old microbial structures. Nature, 2016, 537(7621): 535-537. Paul J., Peryt T. M., Burne R. V. Kalkowsky's stromatolites and oolites (Lower Buntsandstein, Northern Germany). In: Reitner, J., Quérik, N. V., Arp, G. (Eds.), Stromatolite Geobiology. Lecture Notes in Earth Sciences, 131. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2011, pp. 13-28. Pratt B R. Calcification of cyanobacterial filaments: *Girvanella* and the origin, of lower Paleozoic lime mud. Geology, 2001, 29(9):763. Riding R. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories. Earth Science Reviews, 2002, 58(1):163-





231. Riding R. Cyanobacterial calcification, carbon dioxide concentrating mechanisms, and Proterozoic - Cambrian changes in atmospheric composition. *Geobiology*, 2006, 4(4):299-316. Riding R. The Nature of Stromatolites: 3,500 Million Years of History and a Century of Research. *Advances in Stromatolite Geobiology*, Berlin, Heidelberg: Springer, 2011, 131:29-74. Sorby H C. The structure and origin of limestones [J]. *Proceeding of Geological Society of London*. 1879, 35: 5695. Wright, D.T., Altermann, W. Microfacies development in Late Archaean stromatolites and oolites of the Ghaap Group of South Africa [J]. *Geological Society London Special Publications*, 2000, 178(1):51-70. Br €uckmann FE. Specimen physicum exhibens historiam naturalem, oolithi seu ovariorum piscium & concharum in Saxa. *Mutatorum, Helme-stadii, Salomoni & Schnorrii*, 1721, 21 p.

**关键词** 叠层石; 微生物; 层序地层; 张夏组; 华北地台



摘要 ID:2620

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 埋藏作用促进的微生物白云石熟化: 来自柴达木盆地 SG-1 钻孔更新世盐湖沉积序列的证据

赵延洋<sup>1</sup>、韩作振\*<sup>1</sup>、闫华晓<sup>2</sup>

1. 山东科技大学 地球科学与工程学院
2. 山东科技大学 化学与生物工程学院

现代海水对白云石处于过饱和状态, 但现今的海洋里并不会沉淀白云石, 实验室在低温条件下也难以形成结构上有序的理想白云石。然而它在地史上的地层里却并不缺乏, 并且总体上呈现出一种“越古老越常见”的趋势。实验研究已经证明, 微生物能够作用产生结构无序的“原白云石”, 那么这些“原白云石”是否能够随着地质过程的埋藏而逐渐变得有序呢? 当前对该问题尚没有完全认识。

柴达木盆地更新世咸水湖相沉积序列是研究白云石成熟过程的理想位置, 因为白云石较为均匀的分布在 SG-1 钻孔揭露的地层中, 白云石埋藏深度从 7.6 至 870 米, 对应的时间为 0.1 至 2.8 Ma。利用岩石学, 矿物学和有机地球化学的手段对这些含白云石的岩芯样品展开了深入分析。岩石薄片显示大部分样品具有水平层理, 可见大量呈各种晶型的石膏自形晶, 尺寸为 1 微米-2 厘米, 说明石膏是缓慢而连续生长的。X 射线粉晶衍射结果表明样品的主要矿物成分为岩盐、白云石、石膏和石膏, 个别样品还有少量的硬石膏和菱镁矿。对 XRD 数据的解析发现随着埋深的增加, 白云石的有序度、104 衍射峰半峰宽、晶轴 a 和 c 轴呈现规律性变化, 即总体表现埋深越大, 白云石的熟化程度越高。扫描电镜结果显示很多球形、椭球形白云石颗粒“漂浮”或“镶嵌”在石膏大颗粒表面, 说明白云石的形成与石膏是同时进行的, 且白云石的形成速度较快。同时白云石的独特形貌暗示它们的沉淀过程可能受到了微生物的影响, 因为微生物作用产生的白云石往往是球形的 [1, 2], 这种独特结构也可以用来判断白云石的成因 [3]。同时岩石薄片中也发现大量的类似微生物群落的沉积结构, 呈现树枝状、团簇状和分枝状, 这与碳酸盐岩中蓝细菌的形态非常类似。由于研究已经表明, 岩盐中的微生物能够活着存在几百万年以上, 我们还对这些样品进行了宏基因组分析, 发现样品中确实存在大量古细菌和嗜盐性细菌的 DNA。因此, 根据上述证据, 我们认为柴达木盆地 SG-1 钻孔揭露的白云石主要是微生物诱导产生的, 并且在形成后的埋藏过程中不断熟化, 最终形成结构和成分达到化学计量的白云石。

**参考文献** [1] Sánchez-Román M, Vasconcelos C, Schmid T, et al. Aerobic microbial dolomite at the nanometer scale: Implications for the geologic record[J]. *Geology*, 2008, 36(11): 879-882. [2] Qiu X, Wang H, Yao Y, et al. High salinity facilitates dolomite precipitation mediated by *Haloferax volcanii* DS52[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2017, 472: 197-205. [3] 由雪莲, 孙枢, 朱井泉, 刘玲, 何凯. 微生物白云岩模式研究进展[J]. *地学前缘*, 2011, 18(04): 52-64.

**关键词** 微生物白云石, 盐湖, 更新世, 埋藏作用, 熟化



摘要 ID:3181

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 重庆地区早志留世早期小河坝组精美遗迹化石 *Phycodes* 形态功能分析及其对奥陶纪末大灭绝后生物复苏的指示意义

杨僚、陈中强、冯学谦\*

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 地球科学学院

遗迹化石是地质历史时期生物活动留下的痕迹。它是研究古生物学、沉积学和古生态学的重要载体,对重建古生态、古环境和古地理,诠释生命与环境之间的相互作用,解读重大地质转折期的生态系复苏等方面具有重要意义。晚奥陶世生物大灭绝为地质历史上五次大灭绝事件之一,这次大灭绝事件改变了地球早期生物面貌和生态系统结构,大灭绝之后的生物复苏研究程度很高,不过从遗迹化石角度入手探讨有关晚奥陶世大灭绝后造迹生物复苏的研究较少。本研究首次报道了重庆武隆地区志留系兰多维列统埃隆阶-特列奇阶小河坝组中保存的复杂遗迹化石 *Phycodes*。*Phycodes* 遗迹属整体形态为扫帚状,一般多为底面保存方式,但不同遗迹种具有多种不同形态,并在全球各地不同时期被广泛报道和描述,因而具有较长的地史延限(寒武纪-新近纪)、广泛的环境分布(滨岸-浅海-深海),但关于其造迹生物行为特征和生态行为功能分析的综合研究则较少。通过对化石手标本进行潜穴形态观察和刻画,鉴定并系统描述了两个遗迹种: *P. templus* Han and Pickerill, 1994 和 *P. palmatus* Hall, 1852。从潜穴宏观和微观形貌特征两方面,对 *Phycodes* 进行形态功能分析。潜穴具有低分异度、高密度、沿层面分布等特点,可能为蠕虫状的环节动物或海鳃动物所建造的觅食迹,沉积环境为浅水有氧开放体系。晚奥陶世大灭绝之后的残存期多为深水耐贫氧型遗迹化石,而小河坝组中 *Phycodes* 的发现表明华南晚奥陶世灭绝事件后,当环境条件改善如含氧量升高,造迹生物可能向浅水区拓展生态空间,并进一步通过对沉积物颗粒和孔隙水物理性质的改造,促进沉积物-水的生物地球化学循环,为其他生物的进一步复苏提供有利的栖息环境。

### 参考文献

**关键词** 遗迹化石; 志留纪; 生物复苏; 重庆



摘要 ID: 3264

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》生物沉积学与微生物岩

最终交流类型: 口头报告

## 寒武纪早期碳酸盐岩中剧烈生物扰动促使沉积底质成岩硬化

胡亚洲<sup>1</sup>、Timothy P. Topper<sup>1</sup>、Luke Strotz<sup>1</sup>、Dirk Knaust<sup>2</sup>、王佳悦<sup>1</sup>、梁悦<sup>1</sup>、付饶<sup>1</sup>、张志飞\*<sup>1</sup>

1. 西北大学

2. Equinor ASA

寒武纪大爆发代表着后生动物的逐渐繁盛、代表着不同生态位不断被占据、更代表着不同生态系统的形成。以代表生物与底质相互作用产生的遗迹化石为例，埃迪卡拉纪遗迹化石以水平、无分枝、无向下延伸的（垂向深度多小于1cm）生物潜穴为特征。这主要是埃迪卡拉生物宜居住的栖息区本质上受限于沉积-水界面，而埃迪卡拉纪广泛发育的微生物席底有效地限制了海底生物在垂向生态空间的分布，阻碍流体运移、营养物质与水体的交换。随着生物生活方式多样性的增加及生物躯体构型的复杂化，生物与沉积底质的相互作用也逐渐变的复杂、深入，能强烈扰动沉积底质，促进沉积物混合，使得整个底质变得均质。这就是著名的寒武纪底质革命（Cambrian Substrate Revolution）。自寒武纪底质革命提出以来，研究大多集中于生物扰动如何促进不同沉积时期底质的混合与逐渐均一化，那么寒武纪底质革命是否有其新的解释与认识？生物扰动与底质之间是否有着更为复杂的联系？

笔者对华北寒武系第四阶猴家山组碳酸盐岩中的复杂生物潜穴 *Balanoglossites* 进行了研究。猴家山组中的 *Balanoglossites* 是其最早化石记录之一，这些生物潜穴结构复杂，垂向延伸远。通过侵蚀面发育与否，将该套生物扰动划分为侵蚀前遗迹化石组合与侵蚀遗迹化石组合。通过野外、光面及镜下观察，在侵蚀前遗迹化石组合中发现了同沉积期破裂，同时这些成岩晕圈与围岩相比具有较为负偏的碳同位素特征，但负偏程度未达到纯生物成因微晶灰岩范围，证明这些复杂生物潜穴在准同生期作为流体运移的通道，在生物的参与下使潜穴周缘优先形成固结成岩的成岩晕圈。应用定量生物扰动统计发现，随着生物扰动百分比的增加，生物潜穴与其成岩晕圈在整个沉积底质中的占比在不断提升，生物潜穴促进底质胶结的能力也在提升。当生物扰动与其相关成岩晕圈占据沉积底质 78% 以上的体积时，整个底质都将发生硬化，此时侵蚀作用可将生物潜穴与成岩晕圈削截，可形成侵蚀面。而体积比小于 78% 的遗迹化石组合中生物潜穴的周围晕圈仅能发生破碎，漂浮于周围泥质基底中，无法形成侵蚀面。以上现象表明，寒武系第四阶猴家山组中生物扰动与沉积底质的相互作用与前人报道的混合软化底质有着显著差异，生物扰动可将碳酸盐岩灰泥质软底，逐渐改造成碳酸盐岩固底-硬底，即寒武纪早期的生物不仅会扰乱沉积物、混合底质，还可固结、硬化整个沉积底质，代表了寒武纪底质革命时期，生物与沉积底质相互作用的另一视角。

### 参考文献

**关键词** 寒武纪；生物扰动；成岩作用；底质演化；华北



# 沉积学基础理论与进展

## 碎屑岩沉积体系



摘要 ID: 2427

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地西缘忠6井区上古生界地层发育及沉积相特征研究

欧阳明焱、王峰\*、田景春、余威、弓俐、赵剑  
成都理工大学沉积地质研究院

本文以鄂尔多斯盆地西缘地区忠6井为研究对象,以多学科理论为指导,充分利用钻井资料,测井电性资料,样品测试及古生物资料,在区域地层划分方案的基础上,阐明忠6井地层划分;在岩石颜色及岩性标志、沉积构造标志、结构及粒度分析、古生物标志和元素地球化学等相标志分析基础之上,对忠6井沉积相类型及沉积环境特征进行研究,明确了忠6井上古生界沉积相类型、特征,探讨忠6井上古生界沉积时空演化规律。

忠6井地层上古生界石炭系发育靖远组与羊虎沟组,二叠系发育太原组、山西组、石盒子组与石千峰组。石炭系靖远组与羊虎沟组在研究区西部厚度较大,自西向东地层变化较大,东部受中央古隆起影响,厚度变小,在马基1井和古探1井缺失了石炭系地层;二叠系太原组、山西组、石盒子组厚度起伏逐渐变小,太原组与山西组起伏较大,石盒子组起伏较小。忠6井区自羊虎沟组到山西组泥岩样品 Sr/Ba 平均值逐渐变小,羊虎沟组沉积水体主要为咸水环境,太原组与山西组为微咸水—淡水环境,且从羊虎沟组到山西组沉积过程中,水体盐度逐渐降低,环境由海相逐渐向陆相演化。样品中 Sr/Cu 平均值也逐渐降低,反映该时期以温暖湿润气候为主,且从羊虎沟组到山西组沉积过程中,古气候变的越来越湿润;石炭系孢粉化石组合面貌具有很高的分异度,反映气候持续温暖潮湿。自羊虎沟组到山西组泥岩样品 V/(V+Ni) 平均值逐渐变大,反映总体为氧化—还原至还原的过渡环境,且从羊虎沟组到山西组环境的还原性越来越强。忠6井上古生界从早到晚经历了由海相—海陆过渡相—陆相湖盆的沉积演化。石炭系靖远组与羊虎沟组时期,研究区受海侵作用影响,处于相对浅水的海湾环境,发育海相陆棚沉积,主要为内陆棚与外陆棚亚相;到了二叠系太原组,中央古隆起开始下沉水下,东西海域相连,发育海陆过渡体系的障壁海岸相,主要为潮坪—泻湖—障壁岛亚相,是重要的成煤期。到山西期,海水退出,气候温暖潮湿,发育三角洲沉积体系,主要为三角洲平原和三角洲前缘亚相;下石盒子组发育继承山西组特征,发育三角洲前缘沉积体系;上石盒子组与石千峰组发育湖泊相,主要为浅湖亚相。

**参考文献** 冯娟萍, 欧阳征健, 陈全红, 等, 2021. 鄂尔多斯盆地及周缘地区上石炭统沉积特征[J]. 古地理学报, (01): 1-12. 郭艳琴, 王美霞, 郭彬程, 等, 2020. 鄂尔多斯盆地西缘北部上古生界沉积体系特征及古地理演化[J]. 西北大学学报(自然科学版), 50(01): 93-104. 李明瑞, 2011. 鄂尔多斯盆地北部上古生界主要含气砂体沉积特征及储层控制因素研究[D]. 成都理工大学. 梁大勇, 2018. 鄂尔多斯盆地横山堡—惠安堡山西组—石盒子组沉积相特征[D]. 西安: 西安石油大学. 潘冬, 2013. 鄂尔多斯盆地上古生界沉积体系特征及构造演化[D]. 中国地质大学(北京). 孙远实, 赵振宇, 郭彦如, 等, 2015. 鄂尔多斯盆地西缘沉积环境与储层特征[J]. 大庆石油地质与开发, 34(06): 34-38. 田景春, 张翔, 2016. 沉积地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 63-77.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 地层划分; 沉积环境; 沉积相; 忠6井



摘要 ID:2624

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地西部祁连海域上石炭统羊虎沟组岩相组合类型及沉积模式演化

王集<sup>1</sup>、陈蓉<sup>2</sup>、肖云霄<sup>1</sup>、王峰<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学博物馆

鄂尔多斯盆地西部祁连海域构造位置特殊, 沉积环境复杂, 沉积相及沉积模式颇具争议, 导致生烃条件和储集砂体宏观分散体系不明确, 极大的制约了下一步油气勘探的进程。本文在对祁连海域中东部羊虎沟组 12 条野外露头、28 口钻井岩心的详细观察的基础上, 综合应用岩性、粒度、薄片、微量元素分析及测井资料开展了羊虎沟组岩相类型、岩相组合类型及沉积微相研究, 建立了羊虎沟组不同时期沉积模式, 讨论了不同时期沉积相及沉积模式的演化规律。研究表明: 祁连海域中东部羊虎沟组沉积期发育块状砾岩相 (Gm)、板状交错层理砾岩相 (Gp)、槽状交错层理砂岩相 (St)、板状交错层理砂岩相 (Sp)、块状层理砂岩相 (Sm)、平行层理砂岩相 (Sh)、冲洗交错层理砂岩相 (SI)、羽状交错层理砂岩相 (Sf)、变形层理粉-细砂岩相 (Fd)、沙纹层理粉砂岩相 (Fr) 脉状层理粉-细砂岩相 (Fcf)、波状复合层理粉砂岩相 (Fcw)、透镜状层理泥质粉砂岩相 (Fcl)、泥岩相 (M)、煤层及煤线 (C)、块状层理泥灰岩相 (Lm) 等 16 种岩相类型; 可划分出 9 种岩相组合类型, 分别反映了潮汐影响的三角洲平原分流河道 (Gm-St-Sp-Sh)、前缘水下分流河道 (Gp-St-Sp-Sh-Fr-Fcw), 河口湾潮道 (Gm-St-Sm-Sf-M), 潮坪沉积潮下带潮汐砂坝 (Fcf-Fd-Sf-Sp)、潮间带砂坪 (Sp-Fr-Fcf)、混合坪 (Fcf-Fcw-Fcl-M)、潮上带泥坪 (Fcl-M-C), 障壁海岸沉积障壁砂坝 (Fr-Sh-SI)、泻湖 (M-Lm-C) 等微相沉积特征。

祁连海域羊虎沟组总体属于海陆过渡沉积环境, 不同沉积时期的沉积相及沉积模式受水体深度和潮差影响。其中, 羊虎沟组沉积早期 (羊 3 段), 鄂尔多斯盆地中东部仍为剥蚀古隆起, 仅西缘局部地区接受沉积, 研究区北部水体深度较浅, 乌达-阿拉善左旗发育三角洲-滨岸沉积体系; 中南部水体相对较深, 主要发育障壁海岸沉积体系; 羊虎沟组沉积中期 (羊 2 段), 祁连海向东超覆, 受中央古隆起影响, 东西海域尚未沟通, 但沉积范围及水体深度较早期明显增加及加深, 潮汐作用较强, 河流作用受限, 研究区北部乌达地区发育河口湾沉积, 研究区中部及南部以潮汐沉积为主, 潮汐砂坝发育; 羊虎沟组沉积晚期 (羊 1 段), 祁连海继续向东超覆, 中央古隆起萎缩, 东西海域沟通, 但水体深度较小, 西部 50-150m, 中央古隆起及东部 10-40m, 西部祁连海域主要发育三角洲-障壁海岸沉积体系。

参考文献

关键词



摘要 ID:2950

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 川中地区中侏罗统沙溪庙组一段物源分析

曹甲新\*

成都理工大学沉积地质研究院

川中地区中侏罗统沙溪庙组是四川盆地重要的致密油气勘探开发层系, 其中目前针对沙溪庙组一段的油气勘探开发处于初期阶段, 整体研究薄弱, 特别是对优质砂体分布起控制作用的物源研究缺乏系统性认识。项目组通过岩石学和地球化学方法, 对沙溪庙组一段砂岩物源进行了研究, 结果如下:

(1) 川中地区沙溪庙组一段以发育三角洲前缘亚相为主, 包括水下分流河道、水下分流间湾、水下天然堤、河口坝和远沙坝微相, 岩性主要为砂岩和泥岩, 砂岩以长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩为主, 泥岩多呈紫红色和灰绿色。

(2) 川中地区沙溪庙组一段砂岩发育火成岩岩屑、变质岩岩屑和沉积岩岩屑, 其中火成岩岩屑以安山岩为主, 在下伏地层中较少出现。在盆缘川东北和川东南野外剖面的沙溪庙组一段砂岩中亦发现了大量安山岩岩屑, 显示物源可能来自于川东北和川东南地区。

(3) 川中地区沙溪庙组一段砂岩的重矿物以石榴子石和绿帘石为主, 其中绿帘石与安山岩岩屑一致, 在下伏地层中亦较少出现, 其来源可能与安山岩岩屑具有同源性, 来自于川东北和川东南地区绿帘石大量发育的火成岩区。

(4) La/Th-Hf 判别图显示物源主要为长英质, 有中酸性火山岩的特征; La-Th-Sc、Th-Co-Zr/10、Th-Sc-Zr/10 图解显示源区构造背景为岛弧和活动大陆边缘; 主量元素 F2-F1 判别图显示物源区属于成熟的大陆边缘弧或大陆转换边缘区域; Th-Hf-Co 判别图显示物源类型以沉积岩岩石为主。

通过上述分析, 川中地区沙溪庙组一段砂岩物源主要来自盆地东北部和东南部。东北部物源可能来自于大巴山造山带, 东南部物源主要由江南古陆供给。

### 参考文献

**关键词** 川中地区; 沙溪庙组一段; 物源分析





摘要 ID:2990

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 辫状河三角洲储层表征与建模-以塔河油田9区为例

赵磊<sup>1</sup>、段太忠<sup>1</sup>、阮逢明<sup>2</sup>、商晓飞<sup>1</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院
2. 斯伦贝谢科技服务(北京)有限公司

以塔河9区三叠系下油组T2a1小层为例,采用多学科综合一体化原则,利用地震、岩心、测井、分析化验及生产动态等多种信息资料,采用高分辨率层序地层学、储层沉积学、开发地质学、油藏工程等理论和方法,进行砂质辫状河三角洲储层沉积特征与三维地质精细建模研究,主要研究成果与认识如下:

- 1、以高分辨率层序地层学理论为指导,建立了塔河9区三叠系中上统高分辨率层序地层格架,结合区域沉积特征,进行等时小层对比,将目的层划分为四个韵律段,不同沉积时期地层厚度变化不大,整体构造比较稳定。
- 2、根据详细的岩心观察、粒度资料及曲线特征进行综合分析,首次确立了塔河9区三叠系下油组T2a1层同时发育辫状河三角洲平原和辫状河三角洲前缘亚相,水上分流河道、水下分流河道、天然堤和河口坝为研究区主要的沉积微相类型,沉积演化特征分析显示研究区整体上属于基准面上升,湖泊水体加深,辫状河三角洲退积的沉积过程。
- 3、利用水平井电阻率反演方法,确定了水平井范围内隔夹层的平面展布,采用单井(点)-剖面(线)-水平井(面)联合控制的方法,有效地确定了研究区隔夹层的平面展布范围;研究区隔夹层整体上呈大小不一,分布零散,连续性差,薄厚不等的透镜状;隔夹层参数定量统计为后期隔夹层模型提供指导。
- 4、采用交互式正反演方法,确定水平井轨迹和构造顶面相互关系,校正微构造,得到精确构造模型。优选基于目标的方法进行隔夹层模拟,并利用水平井约束隔夹层模型,使模拟的隔夹层更加符合真实形态。利用后期油藏数值模拟成果,动静态结合修正隔夹层模型。
- 5、根据辫状河三角洲储层沉积的层次性,采用分级建模思路建立沉积相模型。首先根据研究区各沉积微相良好的分带性,采用截断高斯方法建立包括水上分流河道、水下分流河道、河口坝的第一层次模型,其次采用序贯指示方法建立天然堤等溢岸沉积的第二层次模型,并利用水上分流河道限定水上天然堤,水下分流河道限定水下天然堤,确定各沉积微相在三维空间上的分布位置及配置关系。

**参考文献** 1. 周洪瑞等. 准噶尔盆地南缘上三叠统黄山街组辫状河三角洲沉积, 古地理学报, 2006, 8(2): 187-198. 2. 刘锐斌等. 鄂尔多斯盆地二叠系“洪水成因型”辫状河三角洲沉积模式, 石油学报, 2013, 34(S01): 120-127. 3. 李海燕等. 辫状河储集层夹层发育模式及其对开发的影响——以准噶尔盆地风城油田为例, 石油勘探与开发, 2015, 42(3): 364-373. 4. 赵磊等. 基于地震反演及多信息协同约束的冲积扇储层精细建模, 东北石油大学学报, 2017, 41(1): 63-72. 5. 尹艳树等. 萨尔图油田辫状河储层三维层次建模, 西南石油大学学报(自然科学版), 2012, 34(1): 13-18.

**关键词** 辫状河三角洲; 沉积相; 沉积演化; 塔里木盆地; 三叠系;



摘要 ID:427

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 专题邀请报告

## 咸化湖盆沉积物有序分布及其控制因素——以渤南洼陷沙四上亚段为例

刘鹏\*

中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院

咸化湖盆存在碎屑岩、化学岩及混积岩共生的沉积现象, 但多类型沉积物有序分布的机制尚不明确。以渤南洼陷沙四上亚段为例, 开展了咸化湖盆多类型沉积物有序分布及控制因素的分析, 结果表明: 渤南洼陷沙四上亚段碎屑岩、化学岩和混积岩共生发育、有序分布; 化学岩主要受水体环境控制, 水体盐度和深度耦合共同控制碳酸盐岩、膏岩以及盐岩分布, 同时水体深度对不同成因类型的碳酸盐岩及碎屑岩分布也产生影响; 碎屑岩主要受物源地貌控制, 物源区位置及物源供应强度决定着碎屑岩的沉积位置和规模大小, 同时古碳酸盐岩的发育影响着现今碳酸盐岩的发育位置; 古地貌位置的高低及坡度的陡缓决定着砂体成因类型, 同时古地貌还影响着生物礁生长及碳酸盐沉淀; 咸化湖盆多类型沉积物有序分布受古水深、古盐度、古物源、古地貌的共同作用。

**参考文献** [1] &nbsp;&nbsp;&nbsp;金强, 朱光有. 中国中新生代咸化湖盆烃源岩沉积的问题及相关进展[J]. 高校地质学报, 2006, 12(4): 483-492. Jin&nbsp;&nbsp;&nbsp;Qiang, Zhu&nbsp;&nbsp;&nbsp;Guangyou. Progress in research of deposition of oil source rocks in saline lakes and their hydrocarbon generation[J].

Geological Journal of China Universities, 2006, 12(4): 483-492. [2] &nbsp;&nbsp;&nbsp;金强, 朱光有, 王娟. 咸化湖盆优质烃源岩的形成与分布[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2008, 32(4): 19-

23. Jin&nbsp;&nbsp;&nbsp;Qiang, Zhu&nbsp;&nbsp;&nbsp;Guangyou, Wang&nbsp;&nbsp;&nbsp;Juan. Deposition and distribution of high-potential source rocks in saline lacustrine environments[J]. Journal China University of Petroleum, 2008, 32(4): 19-23. [3] &nbsp;&nbsp;&nbsp;陈世悦, 王玲, 李聪, 等. 歧口凹陷古近系沙河街组一段下亚段湖盆咸化成因[J]. 石油学报, 2012, 33(1): &nbsp;&nbsp;&nbsp;40-47. Chen&nbsp;&nbsp;&nbsp;Shiyue, Wang&nbsp;&nbsp;&nbsp;Ling,

Li&nbsp;&nbsp;&nbsp;Cong, et al. The saline genesis of lacustrine basin in the lower section of the first member of Shahejie Formation in Qikou Sag[J]. Acta Petrolei Sinica, 2012, 33(1): 40-

47. [4] &nbsp;&nbsp;&nbsp;Blanc G, Anschutz P. New stratification in the hydrothermal brine system of the Atlantis II Deep, Red Sea[J]. Geology, 1995, 23(6): 543-546. [5] &nbsp;&nbsp;&nbsp;Smith R I, Hodgson N,

Fulton M. Salt control on Triassic reservoir distribution, UKCS central North Sea[J]. Petroleum Geology of Northwest Europe, 1993, 4: 547-557. [6] &nbsp;&nbsp;&nbsp;纪友亮, 冯建辉, 王声朗, 等.

东濮凹陷下第三系沙三段盐岩和膏盐岩的成因[J]. 沉积学报, 2005, 23(2): &nbsp;&nbsp;&nbsp;225-

231. Ji&nbsp;&nbsp;&nbsp;Youliang, Feng&nbsp;&nbsp;&nbsp;Jianhui, Wang&nbsp;&nbsp;&nbsp;Shenglang, et al. Origin of Salt and Gypsum Rock in the Third Member of Shahejie Formation of Lower Tertiary in Dongpu Depression[J].

Acta Sedimentologica Sinica, 2005, 23(2): &nbsp;&nbsp;&nbsp;225-231. [7] &nbsp;&nbsp;&nbsp;高红灿, 陈发亮, 刘光蕊, 等. 东濮凹陷古近系沙河街组盐岩成因研究的进展、问题与展望[J]. 古地理学

报, 2009, 11(3): 251-264. Gao Hongcan, Chen Faliang, Liu Guangrui, et al. Advances, problems and prospect in studies of origin of salt rocks of the Paleogene Shahejie Formation in Dongpu Sag[J].

Journal of Palaeogeography, 2009, 11(3): 251-264. [8] 徐振中, 陈世悦, 王永诗, 等. 济阳拗陷白垩系沉积特征及其控制因素[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2006, 30(2): 1-

5. Xu&nbsp;&nbsp;&nbsp;Zhenzhong, Chen&nbsp;&nbsp;&nbsp;Shiyue, Wang&nbsp;&nbsp;&nbsp;Yongshi, et al. Sedimentary characteristics and controlling factors of Cretaceous in Jiyang depression[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2006, 30(2): 1-5. [9] 杨永剑, 刘家铎,

田景春, 等. 塔里木盆地上奥陶统桑塔木组混合沉积特征及控制因素[J]. 地质论

评, 2011, 57(2): 185-192. Yang&nbsp;&nbsp;&nbsp;Yongjian, Liu&nbsp;&nbsp;&nbsp;Ji duo, Tian&nbsp;&nbsp;&nbsp;Jingchun, et al.

Mixed sedimentary characteristics and controlling factors of upper Ordovician Sangtamu formation in Tarim Basin[J]. Geological Review, 2011, 57(2): 185-192. [10] 王永诗, 刘惠民, 高永进, 等.

断陷湖盆滩坝砂体成因与成藏: 以东营凹陷沙四上亚段为例[J]. 地学前缘, 2012, 19(1): 100-

107. Wang&nbsp;&nbsp;&nbsp;Yongshi, Liu&nbsp;&nbsp;&nbsp;Huimin, Gao&nbsp;&nbsp;&nbsp;Yongjin, et al. Sandbody genesis and hydrocarbon accumulation mechanism of beach-bar reservoir in faulted-lacustrine-basin: A



case study from the upper of the fourth member of Shahejie Formation, Dongying Sag[J]. Earth Science Frontiers, 2012, 19(1): 100-107. [11] 宋国奇,王延章,路达,等. 山东东营凹陷南坡地区沙四段纯下亚段湖相碳酸盐岩滩坝发育的控制因素探讨[J]. 古地理学报, 2012, 14(5): 565-570. Song Guoqi, Wang Yanzhang, Lu Da, et al. Controlling factors of carbonate rock beach and bar development in lacustrine facies in the Chunxia submember of Member 4 of Shahejie Formation in south slope of Dongying Sag, Shandong Province[J]. Journal of Palaeogeography, 2012, 14(5): 565-570. [12] 谭红兵,马海州,张西营,等. 蒸发岩序列中氯化物盐的氯同位素分馏效应及应用——兼论塔里木盆地、柴达木盆地古代岩盐的沉积阶段[J]. 岩石学报, 2009, 25(4): 955-962. Tan Hongbin, Ma Haizhou, Zhang Xiyang, et al. Fractionation of chlorine isotope in salt mineral sequences and application: Research on sedimentary stage of ancient salt rock deposit in Tarim Basin and western Qaidam Basin. Acta Petrological Sinica, 2009, 25(4): 955-962. [13] 刘鹏,宋国奇,刘雅利,等. 渤南洼陷沙四上亚段多类型沉积体系形成机制[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2014, 45(9): 3234-3243. Liu Peng, Song Guoqi, Liu Yali, et al. Mechanism of depositional system in upper fourth member of Shahejie Formation in Bonan sag[J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2014, 45(9): 3234-3243. [14] 刘雅利,刘鹏,伊伟. 渤南洼陷沙四上亚段沉积相及有利储集层分布[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(1): 39-44. Liu Yali, Liu Peng, Yi Wei. Depositional Facies and Favorable Reservoir Distribution of Sha-4 Upper Member of Shahejie Formation in Bonan Sub-Sag[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2014, 35(1): 39-44. [15] 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社, 2001, 387-390. Zhao Chenglin, Zhu Xiaomin. Sedimentary Rocks[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2001, 387-390. [16] 邓宏文,马立祥,姜正龙,等. 车镇凹陷大王北地区沙二段滩坝成因类型、分布规律与控制因素研究[J]. 沉积学报, 2008, 10, 5(26): 715-724. Deng Hongwei, Ma Lixiang, Jiang Zhenglong, et al. Sand Bank Generation Types and Its Controls on Their Distribution, the Second Member of Shahejie Formation, Lower Tertiary, Dawangbei, Chezhen Depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2008, 10, 5(26): 715-724. [17] 宋国奇,王延章,石小虎,等. 东营沙四段古盐度对碳酸盐岩沉积的控制作用[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2013, 35(2): 8-14. Song Guoqi, Wang Yanzhang, Shi Xiaohu, et al. Palaeosalinity and its Controlling on the Development of Beach and Bar in Lake Facies[J]. Journal of southwest Petroleum University(Science & Technology Edition), 2013, 35(2): 8-14. [18] 游海涛,程日辉,刘昌岭. 古盐度复原法综述[J]. 世界地质, 2002, 21(2): 111-117. You Haitao, Cheng Rihui, Liu Changling. Review of Paleosalinity Recovering Methods[J]. World Geology, 2002, 21(2): 111-117. [19] 苏新,丁旋,姜在兴,等. 用微体古生物定量水深法对东营凹陷沙四上亚段沉积早期湖泊水深再造[J]. 地学前缘, 2012, (19)1: 188-199. Su Xin, Ding Xuan, Jiang Zaixing, et al. Using of multi-microfossil proxies for reconstructing quantitative paleo-water depth during the deposit period of LST of Ess4 in Dongying Depression. Earth Science Frontiers, 2012, (19)1: 188-199. [20] 孟昱璋,刘鹏,王玲,等. 渤南洼陷沙四上亚段膏盐岩成因探讨[J]. 高校地质学报, 2015, 21(2): 300-305. Meng Yuzhang, Liu Peng, Wang Ling, et al. The Genesis of Gypsum Zone in the Upper Part of the Fourth Member of Shahejie Formation in Bonan Sag[J]. Geological Journal of China Universities, 2015, 21(2): 300-305. [21] 李丕龙,等. 陆相断陷盆地油气地质与勘探(卷二:陆相断陷盆地沉积体系与油气分布)[M]. 北京:石油工业出版社, 2003: 52-55. Li Pilong, et al. Petroleum Geology and Exploration in continental rifted basin (Volume two: Depositional system and petroleum distribution in continental rifted basin)[M]. Beijing: Petroleum industry press, 2003: 52-55. [22] 叶素娟,李嵘,张庄. 川西坳陷中段上侏罗统蓬莱镇组物源及沉积体系研究[J]. 沉积学报, 2014, 32(5): 930-941. Ye Sujuan, Li Rong, Zhang Zhuang. Provenance Analysis and Depositional System of the Upper Jurassic Penglaizhen Formation in the Middle Part of Western Sichuan, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(5): 930-941. [23] 刘军锴,简晓玲,康波,等. 东营凹陷东营三角洲沙三段中亚段古地貌特征及其对沉积的控制[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21(1): 20-24. Liu Jun'e, Jian Xiaoling, Kang Bo, et al. Paleogeomorphology of the middle part of 3rd member of Shahejie formation and their effects on depositional



systems, Dongying delta, Dongying depression[J]. PGRE, 2014, 21(1):20-23. [24] 姜秀芳. 济阳拗陷湖相碳酸盐岩沉积主控因素[J]. 油气地质与采收率, 2011. 11, 18(6):23-28. [25] 袁玉松, 郑和荣, 涂伟. 沉积盆地剥蚀量恢复方法[J]. 石油实验地质, 2008. 12, 30(6):636-642. [26] 董艳蕾, 朱筱敏, 耿晓洁, 等. 泌阳凹陷东南部核桃园组近岸水下扇与扇三角洲沉积特征比较及控制因素分析[J]. 石油与天然气地质, 36(2):271-279. Dong Yanlei, Zhu Xiaomin, Geng Xiaojie, et al. Sedimentary characteristics comparison and controlling factors analyses of nearshore subaqueous fan and fan delta in the Hetaoyuan Formation of southeastern Biyang Sag[J]. Oil & Gas Geology, 36(2):271-279. [27] 马宝军, 漆家福, 刘阳, 等. 渤南地区新生代构造演化与油气成藏[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(5):572-575. Ma Baojun, Qi Jiafu, Liu Yang, et al. Cenozoic tectonic evolution and hydrocarbon accumulation in Bonan Region[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(5):572-575.

**关键词** 威化湖盆; 沉积物有序分布; 控制因素; 水体环境; 渤南洼陷



摘要 ID:1053

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：展板

## 高精度层序地层格架下砂体展布及沉积演化——以塔里木盆地新和-三道桥地区古近系库姆格列木群为例

杨燕茹<sup>\*1,2</sup>、张翔<sup>1,2</sup>、田景春<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

以塔里木盆地新和-三道桥地区古近系库姆格列木群 (E1-2km) 为例, 基于钻录井资料、岩心及微观岩石学特征, 测井和地震资料, 可以识别等时追踪对比的标志层、层序界面和湖泛面, 以构建库姆格列木群的高精度层序地层格架, 分析各个层序单元的砂体展布特征以及沉积微相类型, 并揭示沉积相的时空演化规律。研究表明: ①塔里木盆地新和-三道桥地区古近系库姆格列木群地层由底部“厚砂”(膏泥岩段、底砂岩段)和中上部“薄砂”(上膏泥岩段、膏盐岩段)构成, 并可构成两个三级旋回 (ESQ1、ESQ2) 及六个准层序组 (砂1-砂6)。②由于喜马拉雅期构造运动导致古近系地层北部整体下沉、向南抬升, 古近系砂体发育以“泥包砂”的特征, 研究区库姆格列木群底部厚砂受水下分流河道分布控制, 中上部薄砂受浅湖砂坝分布控制, 均主要发育于东部三道桥地区, 砂体展布呈北东-南西向和南西-北东向特征; 进而发现, 在研究区西部储层缺失, 东部仍划分底部块砂、中上部薄砂的储层发育特征。砂体的连续性较好; ③ESQ1 沉积初期, 湖水不断变加深, 湖盆具有“水进砂退”的沉积模式以及膏盐岩的出现, ESQ1 期发育三角洲相沉积相与蒸发湖泊相为主; 由于蒸发作用强烈, 湖盆萎缩, 中上部 (ESQ2) 薄层砂岩段主要发育湖泊 (盐湖) 相, 通过东西向沉积对比表明, 研究区西部到东部沉积相由盐湖相逐渐转变为三角洲相。早期至晚期垂向上仅发育一期湖侵作用, 由于气候干旱, 蒸发作用强烈, 湖盆水体较浅, 盐度较高, 陆源碎屑物质供给减少, 沉积相呈现由三角洲相和蒸发湖泊相向蒸发湖相的沉积演化趋势。

### 参考文献

**关键词** 层序地层格架; 砂体展布; 沉积演化; 古近系; 库姆格列木群; 新和-三道桥地区;



摘要 ID:1965

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 河流-三角洲沉积的河型转换及其油气地质意义——以 Melut 盆地坳陷期 Jimidi 组和断陷期 Yabus 组为例

陈彬滔\*、史忠生、薛罗、马轮、王磊  
中国石油勘探开发研究院西北分院

河型时空转换现象及其在油气储层评价与预测方面的重要作用一直以来受到国内外沉积学家的重视 (Miall, 1996; 张昌民等, 2017; 谭程鹏等, 2014; 李胜利等, 2017)。就油气勘探而言, 河型时空转换的新认识可能拓展勘探领域, 同一研究区, 下部层段可能为连片分布的辫状河砂体, 以构造油藏为主, 但上部层段可能因河型转换演变为条带状分布的曲流河砂体, 具备岩性油藏勘探潜力。就油气开发而言, 河型时空转换可能造成同一区块不同小层的砂体展布和隔夹层分布不同, 影响开发部署方案。以 Melut 盆地坳陷期 Jimidi 组和断陷期 Yabus 组为例, 通过开展层序划分、岩相类型与岩相组合分析、高分辨率储层反演、以及砂体平面展布分析, 揭示了河流相沉积和三角洲前缘水下分流河道的河型转换特征, 探讨了河型转换的控制因素, 并编制工业化图件应用于勘探实践。Melut 盆地坳陷期 Jimidi 组发育厚约 200m 的河流相沉积地层, 以层序划分和岩相类型、岩相组合分析为基础, 结合高分辨率储层反演和沉积环境分析结果, 揭示出坳陷期 Jimidi 组由下至上具有“曲-辫-曲”河型转换规律, 明确了构造作用所造就的古地貌背景和长期基准面上升的总体趋势是控制河型转换的主要因素。断陷期 Yabus 组以三角洲前缘沉积为主, 可划分出 3 个中期基准面旋回, 不同中期基准面旋回的三角洲前缘水下分流河道河型存在转换现象, 建立了不同河型 (辫状河型、辫-曲转换河型、曲流河型) 水下分流河道的识别标志, 提出辫状河型水下分流河道层段是构造油藏的主力勘探层段, 并可作为侧向高速运移通道层; “树枝状”辫曲转换层段是有利的构造-岩性油藏勘探层段。河型转换的认识有效指导了研究区构造-岩性圈闭目标的评价与勘探部署, 推动了多口岩性油藏探井的勘探突破, 拓展了勘探新领域和新层系。

**参考文献** Miall, A. D., 1996. The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology [M]. Vol. 575. Berlin: Springer, 66-85. 张昌民, 朱锐, 赵康, 等, 2017. 从端点走向连续: 河流沉积模式研究进展述评[J]. 沉积学报, 35(05): 926-944. 谭程鹏, 于兴河, 李胜利, 等, 2014. 辫状河—曲流河转换模式探讨——以准噶尔盆地南缘头屯河组露头为例[J]. 沉积学报, 32(03): 450-458. 李胜利, 于兴河, 姜涛, 等, 2017. 河流辫——曲转换特点与废弃河道模式[J]. 沉积学报, 35(01): 1-9.

**关键词** 河流; 三角洲; 河型转换; 油气勘探



摘要 ID:3145

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 断拗转换期小型盆地沉积微相刻画方法研究——以双城南为例

许金双\*、李笑梅、施立冬、狄嘉祥  
大庆油田勘探开发研究院天然气研究室

双城南登娄库组属于断拗转换期沉积,具超短期沉积特征,沉积相不仅较复杂、空间相变频繁还规模较小(刘建国等,2007;李易隆等,2014;谢通等,2015),为沉积相研究、预测增加了难度。为了弄清断拗转换期这种小型盆地的沉积微相分布特征,在细分层序的基础上,建立了以单井相为标定,连井相为准绳,地震相识别为纽带的沉积微相识别方法。

首先,基于沉积相各项标志,以及多口探井的岩心描述,结合典型沉积构造特征及岩电对比分析,夯实各单井沉积相特征,认为登娄库组发育3种沉积相类型,从底部向上依次发育冲积扇相、辫状河相、辫状河三角洲相、平原淤积相,反映缓慢水进到水退的沉积过程,进一步分为6种亚相16类微相;在此基础上,为建立工区各层序地层沉积相平面格架,通过4条能覆盖研究区的连井线进行沉积相横向纵向对比分析,落实了本区沉积相基本分布特征;其次,地震相是沉积物质组合、结构以及外部形态在地震剖面上的客观反映,不同沉积环境下的产物在地震剖面上常存在不同的地震响应特征(桑凯恒等,2021)。因此,通过井震标定、正演模拟分析,以及剖面地震相特征反推出地层沉积环境,确定了研究区典型单井沉积相在地震剖面上的响应特征,建立了研究区沉积相—地震相识别标志,主要包括辫状河三角洲地震相识别标志、扇三角洲地震相识别标志、湖泊地震相识别标志等,它们在地震相上均有特殊的响应。优选了敏感属性,运用自组织神经网络多属性聚类融合技术与地震相分析相结合(马江涛等,2022),对登娄库组沉积微相带平面分布进行了刻画。研究表明,登娄库三段上部(图1a),是本区油气富集的主要层位,具多物源特征,南部以辫状河三角洲分流平原相为主;中部主要为水下分流河相;发育决口扇、分支河道、曲流河、各类坝、席砂等沉积微相,沉积充填特征表明,汇水方向均指向中部,河流的发育为本区油气腹肌提供了重要场所。通过已钻井揭示,双城地区登娄库组沉积微相刻画方法能有效的识别优势沉积微相,为进一步预测优质储层发育区带奠定了基础。

**参考文献** 刘建国,孙钰,李世银,等,2007. 济阳拗陷断拗转换期基本特征研究[J]. 特种油气藏,14(1):34-40. 李易隆,贾爱林,何东博,等,2014. 松辽盆地长岭断陷早白垩世断拗转换期沉积体系特征与演化过程[J]. 天然气地球科学,25(5):709-719. 谢通,黄传炎,张宏伟,等,2015. 霸县凹陷断拗转换期同沉积断裂的特征及对砂体的控制作用[J]. 西安石油大学学报(自然科学版),30(6):1-8. 桑凯恒,张繁昌,李传辉,2021. 地震倒谱特征参数谱聚类地震相分析方法[J]. 石油地球物理勘探,56(1):38-48. 马江涛,刘洋,张浩然,2022. 地震相智能识别研究进展[J]. 石油物探,61(2):262-274.

**关键词** 双城南;断拗转换期;单井相;地震相;沉积微相;



摘要 ID: 3265

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 断控型底流漂积体特征及沉积模式——以北康盆地为例

雷振宇<sup>1</sup>、张莉\*<sup>1</sup>、刘姗<sup>2</sup>、高远<sup>1</sup>、王坤<sup>3</sup>

1. 广州海洋地质调查局
2. 中山大学海洋科学学院
3. 中国地质大学(武汉)海洋学院

以南海南部北康盆地为例, 基于高分辨率多波束及地震反射资料解释, 系统归纳总结了断控漂积体的形态参数和在地震资料中的识别标志; 确定了同沉积断控型漂积体和后沉积断控型漂积体; 探讨了不同类别对应的断层活动、沉积过程及其沉积模式。断层活动和深海底流沉积作用同时发生时, 可形成具有不规则丘状结构的同沉积断控型漂积体; 而当断层活动发生于底流作用之前时, 前期断层活动形成的陡坎使得底流流速增加, 从而有效地改造海底地貌, 形成后沉积断控型漂积体。

### 参考文献

**关键词** 正断层; 底流; 底流漂积体; 沉积模式; 北康盆地





摘要 ID: 3415

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 箕状断陷湖盆沉积特征及岩性地层圈闭——以渤海湾盆地埕北凹陷为例

毕力格<sup>1</sup>、邵龙义\*<sup>2</sup>、郜政辉<sup>2</sup>、连豪杰<sup>2</sup>、许鹏<sup>3</sup>、孙哲<sup>3</sup>

1. 中国矿业大学(北京)

2. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

3. 中海石油(中国)有限公司天津分公司渤海石油研究院, 天津 300452

埕北凹陷是渤海湾盆地一个北断南超呈北西-南东向展布的箕状断陷湖盆, 北邻埕北低凸起, 南接埕子口凸起, 埕北凹陷沉积体系控制油气圈闭的形态、规模, 是制约油气圈闭类型的重要因素。本文用钻井岩心、测井曲线及地震反射剖面等资料, 对古近系沉积特征、储层分布规律和控制因素进行分析。研究区古近系发育扇三角洲、辫状河三角洲、近岸水下扇、湖底扇及滩坝等沉积体系, 扇三角洲发育在陡坡带, 由冲积扇直接入湖形成, 地震反射特征为透镜状、楔状前积, 测井相为微齿低平形、齿状箱形和指形; 辫状河三角洲发育于缓坡带, 距离沉积中心较远, 地震反射特征为S形前积和叠瓦状前积, 测井相为指形、漏斗状; 近岸水下扇受重力流作用影响, 发育于缓坡带一侧的坡折带, 地震反射特征为丘状退积, 测井相为微齿钟形、齿化箱形; 湖底扇受重力流控制, 发育于深湖, 地震反射特征为蠕虫状前积反射; 滩坝发育在湖泊边缘或中央局部隆起处, 受波浪作用控制, 周围被泥岩包围, 地震反射特征为透镜状反射, 测井相为指形。根据以上沉积体系的沉积特征, 结合古生物特征、古气候变化、古构造演化及古地貌类型, 埕北凹陷古近系可分为6种圈闭类型: 上倾尖灭型圈闭、砂岩透镜状圈闭、下切谷型圈闭、地层超覆型圈闭、断层-岩性圈闭和构造-岩性圈闭。最终绘制出埕北凹陷沉积模式图和油气圈闭与成藏模式图, 为箕状断陷湖盆沉积体系的沉积特征和探索油气圈闭提供了新的实例, 也可以为其他箕状断陷湖盆的研究提供类比与参考。

### 参考文献

**关键词** 埕北凹陷, 古近系, 地震相, 古构造, 油气圈闭



摘要 ID: 3424

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 海底扇沉积构成及主要单元储层差异 - 以琼东南盆地梅山组为例

高玉飞\*<sup>1</sup>、李建平<sup>1</sup>、贾万丽<sup>1</sup>、张成<sup>2</sup>

1. 中海油研究总院有限责任公司, 北京 100028

2. 中国地质大学(武汉)海洋地质资源湖北省重点实验室, 湖北武汉 430074

海底扇是海洋油气勘探开发最主要目标, 经济意义重大。目前研究集中于沉积环境、相带划分与含油性等方面, 对其内部组成涉及较少。海底扇沉积构成单元主要有内扇浊积沟道, 中扇沟道、朵叶主体, 外扇朵叶、席状砂, 扇缘薄层席状砂等, 各单元储层物性差异大, 因此海底扇沉积构成及主要单元储层差异分析对井位部署、开发注水等至关重要。通过以丰富的岩心、露头分析为基础, 充分考虑构造作用、海平面升降以及陆架坡折对深水沉积的控制, 对梅山组 19 个已钻海底扇及其 25 口探井沉积构成及主要单元储层特征研究, 总结了不同类型海底扇主要构成单元岩-电-震识别标志, 据此可以精细分析浊积扇主要单元砂体规模和几何形态、沉积厚度的横向变化、粒度分布、储层非均质及连通性、进行砂体有效对比、判断泥质、碳酸盐含量并进行预测。分析研究表明, 海底扇中扇沟道朵叶结合部巨厚层块状砂岩、外扇厚层朵叶砂岩、席状砂岩储层内部均匀, 物性好; 内扇浊积水道砂岩内部严重非均质, 储层物性受到影响; 扇缘薄层席状砂岩往往由于层薄、粒度细、高含泥高含钙而致密。本区以往许多探井由于部署在内扇浊积沟道上, 虽然获得地质成功, 但未获商业产能。在本次研究成果指导下的新钻探井在中扇厚层砂岩、外扇席状砂的探井获得商业成功。

### 参考文献

**关键词** 海底扇; 沉积构成; 浊积沟道; 朵叶; 储层差异



摘要 ID:2961

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 致密砂岩储层结构定量表征——以东营凹陷樊 154 沙河街组为例

高延玉\*<sup>1</sup>、冯明石<sup>1,2</sup>、肖伟桐<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

东营凹陷樊 154 油气田区块浊积岩致密砂岩储层孔隙度低、渗透率低和孔隙结构复杂。已有的常规砂岩储层表征及评价方法适用性差, 亟待开展微观孔隙结构表征及评价方法的研究, 通过岩心观察、铸体薄片、扫描电镜、高压压汞、核磁共振等分析测试手段, 定量刻画东营凹陷樊 154 油气田区块古近系沙河街组沙三中亚段储层岩石学特征、储层微观结构及储层物性特征, 提出致密砂岩储层微观孔隙结构的主要影响因素。分别利用铸体薄片、扫描电镜在微米级和纳米级层次上对储层的储集空间构成以及不同储集空间类型孔径特征进行定量分析。根据定量分析结果, 岩屑粒内容孔和粒间溶孔提供了主要的储集空间, 其次为长石粒内容孔和铸模孔, 原生孔对面孔率的贡献最小。通过岩心观察、薄片鉴定及扫描电镜分析, 对沙三段浊积岩岩石学特征进行了研究:

(1) 沙三段浊积岩成分成熟度低, 岩屑和长石含量高, 石英含量低, 以岩屑砂岩、长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩为主; 杂基含量较高, 部分样品超过 15%, 胶结物以方解石和高岭石为主; 粒度以细砂为主, 部分为粉砂、中砂, 分选中等, 磨圆度以次棱角状为主, 孔隙式胶结, 结构成熟度较低。(2) 压实作用和碳酸盐岩胶结作用为研究区最主要的破坏性成岩作用, 溶蚀作用为重要的建设性成岩作用。致密砂岩储层微观结构的参数体系及微观结构的定量表征方法提供了致密砂岩储层微观孔隙非均质性描述, 提高致密油有效储层描述精度, 为致密油有效开发提供了开发地质支撑。

**参考文献**

**关键词** 致密砂岩; 定量分析; 微观结构



摘要 ID:2981

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 准东北缘石炭系震积岩的发现及其典型识别标志

李倩业<sup>1</sup>、王亚蓉<sup>2</sup>、许涛\*<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(北京)克拉玛依校区

2. 中国石油大学(北京)地球科学学院

**摘要:** 准噶尔盆地处于中亚造山带腹部, 经历了漫长构造演化过程, 可划分为西部隆起、北天山山前冲断带、东部隆起、中央拗陷、陆梁隆起和乌伦古拗陷等6个一级构造单元。石北凹陷位于准噶尔盆地东北缘, 是乌伦古拗陷内的二级构造单元, 近期在区内准北6井钻遇具有典型地震特征的震积岩, 为促进该区油气勘探的深入提供了新思路。本次研究通过系统的岩心观察, 描述了震积岩的识别标志, 建立了震积岩垂向序列, 并分析了其油气地质意义。结果表明: (1) 石北凹陷主要发育液化岩脉、液化卷曲变形、球-枕构造、火焰状构造等软沉积变形构造和震裂缝、震裂岩等脆性破裂构造, 提出该区发育异地沉积的震积颗粒支撑砾岩; (2) 石炭系姜巴斯套组沉积时期火山活动剧烈、断裂运动活跃, 震积构造受地震的活动阶段控制, 震积序列自下而上为下伏未震层、颗粒支撑砾岩层、脆性破裂层、软沉积变形层和上覆未震层; (3) 震裂缝、液化砂岩脉等作为酸性流体的液化通道增强了裂缝周缘的溶蚀作用, 对改善储层物性以及形成有利的生储盖组合起到了积极作用。本次研究描述了石北凹陷石炭系地层新的储层成因类型和勘探方向, 扩展了油气勘探空间, 对该区进一步的油气勘探具有重要的指导意义。

**参考文献** 杜远生, &nbsp;韩欣, &nbsp;论震积作用和震积岩[J]. &nbsp;地球科学进

展, &nbsp;2000, &nbsp;(04):&nbsp;389-394. 刘泽璇, &nbsp;邵珠福, &nbsp;刘晶晶, &nbsp;等, &nbsp;松

辽盆地白垩纪青山口组—姚家组震积岩及其油气地质意义[J]. 东北石油大学学

报, &nbsp;2021, &nbsp;45(1):&nbsp;73-84. 乔秀夫, &nbsp;李海兵, &nbsp;沉积物的地震和古地震效应

[J]. &nbsp;古地理学报, &nbsp;2009, &nbsp;11(06):&nbsp;593-610. 孙萌思, &nbsp;张磊夫, &nbsp;刘池

洋, &nbsp;等, &nbsp;鄂尔多斯盆地三叠系延长组震积岩特征及其油气地质意义[J]. &nbsp;延安大学学报

(自然科学版), &nbsp;2021, &nbsp;40(2):&nbsp;61-66. 王昌勇, &nbsp;郑荣才, &nbsp;高振中, &nbsp;等,

准噶尔盆地下侏罗统八道湾组震积岩的发现及其研究意义[J], &nbsp;地质论

评, &nbsp;2008(6):&nbsp;821-826. 张磊, &nbsp;2020. &nbsp;准噶尔地区石炭纪盆地地质结构、充填及

成因机制[D]. &nbsp;中国地质大学(北京).

**关键词** 准噶尔盆地; 石北凹陷; 震积岩; 软沉积变形构造; 垂向序列



摘要 ID: 3085

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地南部彬长地区长 8 段致密油储层成岩作用对物性和非均质性的控制

刘凯、石万忠\*、王任  
中国地质大学(武汉)

随着石油勘探开发技术的进步,致密砂岩油气已成为中国最具发展前景的非常规油气资源之一。储层质量和非均质性是致密油气勘探的关键风险因素和重要关切问题。了解影响致密砂岩储层物性和非均质性的主要因素,预测致密砂岩储层优质砂体的分布规律对致密油气的勘探至关重要。成岩作用对储层的物性和非均质性具有重要的影响,压实作用、钙质和硅质胶结作用对储层物性通常具有明显的破坏作用,而溶蚀作用和绿泥石薄膜胶结对储层的影响则还存在着争议。鄂尔多斯盆地南部彬长地区长 8 段致密油储层具有重大的勘探潜力,然而关于其储层成岩作用的研究较为薄弱,限制了该区优质砂岩储层的预测及致密油的勘探。因此,本研究基于铸体薄片、XRD、SEM、稳定碳氧同位素和流体包裹体等方法手段,对彬长地区长 8 段致密砂岩的储层成岩作用特征进行了系统的研究,并分析其对储层物性和非均质性的影响。结果表明,长 8 段砂岩岩石类型主要包括岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩。储层物性较差,平均孔隙度和渗透率分别为 7.49% 和 0.38 mD。控制长 8 砂岩储层物性的成岩作用主要是压实作用、碳酸盐和绿泥石胶结作用。压实作用导致几乎所有砂岩样品的初始孔隙度减少了一半以上,孔隙度的分布主要取决于碳酸盐胶结物和绿泥石薄膜含量的变化。由于长 8 段碳酸盐胶结物的成分主要来自于邻近的泥岩层,因此碳酸盐胶结物优先沉淀于砂岩层段的顶部或底部(距离砂-泥岩边界距离 < 1 m)。绿泥石薄膜发育良好的砂岩孔隙度一般较高(大于 10%),但渗透率相对较低(小于 0.4 mD),表明绿泥石薄膜可以保存粒间孔隙度,但同时也会阻塞孔喉,从而明显降低渗透率。长石溶解对储层物性影响不大,因为在封闭的成岩体系中,长石溶解为下一步的胶结作用提供了大量物质。储层物性与油气显示的关系表明,储层物性会影响致密砂岩的含油饱和度,孔隙度为 > 7%,渗透率 > 0.4 mD 的砂岩为有利储层。

### 参考文献

**关键词** 致密油储层; 成岩作用; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID: 255

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 惠州凹陷 26-6 构造“双古”油气成藏模式及主控因素

徐昉昊<sup>1</sup>、徐国盛<sup>1\*</sup>、温华华<sup>2</sup>、史玉玲<sup>2</sup>

1. 成都理工大学

2. 中国石油(中国)有限公司深圳分公司

基于构造、地震、地层等资料解释, 钻井岩心、岩屑与薄片观察, 流体包裹体分析测试等有机地化分析, 对惠州凹陷 26-6 油气藏古近系烃源岩作了详细评价。研究表明, 研究区古近系烃源岩以文昌组最优, 以 II 1 型为主, 多为中等-很好品质烃源岩, 恩平组次之, 以差-中等品质为主, 多种资源评价方法表明, 惠州 A 构造古近系烃源岩具有为大型整装油气藏提供充足烃类供给的能力。除此之外, 对惠州 A 构造开展了储集条件、盖层条件、输导条件和圈闭条件的研究, 为进一步揭示研究区油气成藏规律及主控因素提供支撑。本文总结了研究区“双古”油气藏在充足的烃源和理想的封盖条件背景下, 受储集条件、圈闭条件和输导条件联合主控, 建立了惠州 A 构造油气动态成藏模式, 为研究区下一步油气勘探指明了方向。

**参考文献** Hang Jiang, Xiongqi Pang, Di Chen, et al. Characteristics of source rock controlling hydrocarbon distribution in Huizhou Depression of Pearl River Mouth Basin, South China Sea[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2018, 171: 1260-1268. Hang Jiang, Xiongqi Pang, Hesheng Shi, et al. Source rock characteristics and hydrocarbon expulsion potential of the Middle Eocene Wenchang formation in the Huizhou depression, Pearl River Mouth basin, south China sea[J]. Marine and Petroleum Geology, 2015, 67: 635-652. Jinheng Li, Dongxia Chen, Lu Chang, et al. Quality, hydrocarbon generation, and expulsion of the Eocene Enping Formation source rocks in the Wenchang Depression, western Pearl River Mouth Basin, South China Sea[J]. Energy Exploration & Exploitation, 2020, 38(6): 2169-2198. Junwen Peng, Xiongqi Pang, Huijie Peng, et al. Geochemistry, origin, and accumulation of petroleum in the Eocene Wenchang Formation reservoirs in Pearl River Mouth Basin, South China Sea: A case study of HZ25-7 oil field[J]. Marine and Petroleum Geology, 2017, 80: 154-170. Trine X. C. and Warren J. K. Bach ho field, a fractured granitic reservoir, Guu Long basin, offshore Se Vietnam: A “buried-hill” play[J]. Journal of Petroleum Geology, 2009, 32(2): 129-156. 何登发, 崔永谦, 张煜颖, 等. 渤海湾盆地冀中坳陷古潜山构造成因类型[J]. 岩石学报, 2017, 33(4): 1338-1355. 侯明才, 曹海洋, 李慧勇, 等. 渤海海域渤中 19-6 构造带深层潜山储层特征及其控制因素[J]. 天然气工业, 2019, 39(1): 33-44. 胡安文, 王德英, 于海波, 等. 渤海湾盆地渤中 19-6 凝析气田天然气成因及油气成因关系判识[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(5): 903-984. 李松峰, 徐思煌, 施和生, 等. 珠江口盆地惠州凹陷古近系烃源岩特征及资源预测[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2013, 38(01): 112-120. 罗伟, 蔡俊杰, 万琼华, 等. 惠州凹陷花岗岩潜山储层条件分析及石油地质意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2019, 39(04): 126-135. 马宁, 侯读杰, 施和生, 等. 珠江口盆地惠州凹陷烃源岩发育的主控因素分析[J]. 大庆石油学院学报, 2012, 36(03): 19-24. 秦建中等. 中国烃源岩[M]. 北京: 科学出版社, 2005. 田立新, 刘杰, 张向涛, 等. 珠江口盆地惠州 26-6 大中型范潜山油气田勘探发现及成藏模式[J]. 中国海上油气, 2020, 32(4): 1-11. 吴哲, 吴婷婷, 王文勇, 等. 珠江口盆地恩平凹陷断裂控藏研究[J]. 长江大学学报(自然科学版), 2020, 17(5): 18-24. 谢玉洪. 中国海洋石油总公司油气勘探新进展及展望[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(1): 26-35. 谢玉洪. 中国海油近海油气勘探实践与思考[J]. 中国海上油气, 2020, 32(2): 1-13. 谢玉洪. 渤海湾盆地渤中凹陷太古界潜山气藏 BZ19-6 的气源条件与成藏模式[J]. 石油实验地质, 2020, 42(5): 858-866. 徐国盛等. 石油与天然气地质学[M]. 北京: 地质出版社, 2012. 朱明, 陈维涛, 杜家元, 等. 珠江口盆地惠西南地区新近系岩性圈闭形成条件及发育类型[J]. 油气地质与采收率, 2019a, 26(06): 62-69.

**关键词** 成藏条件; 成藏模式; 主控因素; 惠州 A 构造; 惠州凹陷



摘要 ID:854

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 小断陷湖盆砂砾岩体岩相特征及成因模式——以二连盆地乌里雅斯太凹陷南洼为例

岳佳恒<sup>1</sup>、黄传炎<sup>2\*</sup>、魏秀丽<sup>3</sup>、张锡峰<sup>2</sup>、赵博雅<sup>3</sup>、王泽<sup>2</sup>、徐龙龙<sup>2</sup>、王嘉<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)地质调查研究院
2. 中国地质大学(武汉)资源学院
3. 中国石油华北油田勘探开发研究院

砂砾岩体是指季节性或事件性水流携碎屑物入湖并快速卸载形成的一系列粗粒扇形沉积体

(Gawthorpe et al., 1990; 曹辉兰等, 2001), 其储层具有相变快, 非均质性强等特征。乌里雅斯太凹陷是二连盆地内部众多小断陷湖盆之一, 早白垩系砂砾岩体在盆内广泛发育。为了明确砂砾岩体之间的沉积特征差异及发育规律, 利用岩心观察、井震分析、薄片鉴定等方法对乌里雅斯太凹陷南洼阿尔善组上段、腾格尔组一段下亚段的砂砾岩体的岩相类型及特征、沉积相类型、控制因素等进行研究。

研究表明: 以粒度、支撑方式、沉积构造为主要依据, 将研究区内岩相分为 3 类 11 种——泥质支撑砾岩相、砂质支撑砾岩相、多级颗粒支撑砾岩相、同级颗粒支撑砾岩相、粒序层理砾岩相、平行层理砾岩相、块状砂岩相、粒序层理砂岩相、平行层理砂岩相、块状泥岩相、砂屑(或块)泥岩相、薄砂泥岩相; 依据岩相特征, 总结出牵引流型扇三角洲、(牵引流和碎屑流)混合型扇三角洲、近岸水下扇、湖底扇 4 种砂砾岩体类型, 对比分析了 4 种类型砂砾岩体的岩相特征及时空分布规律, 牵引流型扇三角洲具有富砂特征, 主要发育粒序层理、平行层理砂岩相, 多发育于强烈裂陷期缓坡中、外带; 混合型扇三角洲具有富砾、砂特征, 岩相类型最为多样, 以基质支撑、颗粒支撑、正粒序、平行层理等多种砾岩相为主, 砂岩相次之, 多形成于初始裂陷期湖盆两侧、强烈裂陷期陡坡带; 近岸水下扇主要为富泥、砾特征, 泥质含量高, 纯砂岩相较少, 主要发育于初始裂陷期、强烈裂陷期陡坡带; 湖底扇同样为富泥、砾特征, 仅在强烈裂陷期缓坡内带有分布; 重点分析了构造、物源对于多类型砂砾岩体发育的控制作用, 认为由初始断陷向强烈断陷演化的过程中, 凹陷内部发生差异性沉降, 凹陷由不对称双断式向单断阶式转型, 内部构造分带性增强, 形成断阶陡坡、断鼻陡坡、多阶缓坡等多类同沉积构造古地貌, 进而造成了盆缘坡度、容纳空间等的差异, 控制了砂砾岩体类型和体系展布; 凹陷不同部位物源供给量、供给方式的不同容易造成入湖流体密度、性质的差异, 配合古地貌决定了扇体沉积特征。最终构建了“陡坡断鼻—富源—山口—混合型扇三角洲”, “陡坡—富源—靠山—近岸水下扇”, “多阶缓坡—富源—靠山—牵引流型扇三角洲”, “多阶缓坡—富源—靠山—湖底扇” 4 种砂砾岩体成因模式。

**参考文献** [1]曹辉兰, 华仁民, 纪友亮, 等, 2001. 扇三角洲砂砾岩储层沉积特征及与储层物性的关系——以罗家油田沙四段砂砾岩体为例[J]. 高校地质学报, 7(2):222-229. [2]Gawthorpe R L, Hurst J M, Sladen C P, 1990. Evolution of Miocene footwall-derived coarse-grained deltas, Gulf of Suez, Egypt: Implications for exploration[J]. AAPG, 74:1077-1086.

**关键词** 乌里雅斯太凹陷; 小断陷湖盆; 砂砾岩体; 岩相; 成因模式



摘要 ID:1040

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 库车坳陷克深地区超深层致密砂岩储层裂缝发育与沉积微相响应模型

王壮生\*

成都理工大学沉积地质研究院

库车坳陷克深地区巴什基奇克组属于超深层裂缝型致密砂岩储层, 沉积环境为辫状河三角洲。超深层致密砂岩储层低孔低渗, 裂缝是天然气主要汇聚-运移通道, 但克深地区构造强烈、埋深大、地应力复杂, 使得裂缝研究成为勘探开发的重点和难点。基于克深地区巴什基奇克组钻井岩心、岩石薄片、岩矿实验数据、地应力、成像测井、井间远端探测等资料, 开展克深地区沉积微相分析刻画、沉积砂体组合类型划分、裂缝发育规律与沉积微相响应模式研究, 结果表明: (1) 克深地区巴什基奇克组以红褐色细、粉砂岩与红褐色泥岩为主, 沉积环境为辫状河三角洲, 整体为辫状河三角洲前缘亚相, 发育水下分流河道、河口坝、分流间湾微相; (2) 克深地区巴什基奇克组沉积砂体纵向叠置与横向迁移频繁, 统计总结相应砂体组合类型: I类: 厚层水下分流主河道砂体组合; II类: 多套水下分流河道、分支河道砂体组合; III类: 孤立水下分流河道砂体; (3) 建立沉积微相-砂体组合-裂缝复合体响应模型, 主要有“树枝式”、“渔网式”和“孤立式”。①“树枝式”裂缝复合体: 主要发育在I类砂体组合, 沉积环境为水下分流主河道, 少量高角度、延伸远、开度大、充填低的裂缝和大量中角度裂缝, 形成高角度裂缝沟通低角度裂缝的断缝复合体; ②“渔网式”裂缝复合体: 主要发育在I类和II类砂体组合, 沉积环境以分支河道为主, 不同产状的中-高角度裂缝相互沟通切割, 形成复杂的鱼网状裂缝复合体; ③“孤立式”断缝复合体: 发育在III类砂体组合, 沉积环境为孤立的水下分流河道, 主要发育部位为砂岩与泥岩接触面附近, 一般为中角度、延伸短、开度小、充填高的孤立裂缝。

参考文献

关键词 巴什基奇克组; 沉积砂体组合; 裂缝复合体; 沉积-砂体-裂缝综合模型





摘要 ID:1065

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 霸县凹陷中段沙一段三角洲沉积特征及控制因素研究

谢爽慧、朱筱敏\*

中国石油大学(北京)

霸县凹陷是一个受牛东断层控制的箕状断陷盆地,具有“南北分段、东西分带”的特点(谢晓军和邓宏文,2008),其油气资源丰富,具有断裂发育、砂体大面积展布的特点,但沉积相类型及主控因素的认识制约着构造-岩性油气藏的勘探与开发。

霸县凹陷沙一上亚段缓坡带(即文安斜坡)发育大面积浅水三角洲,其沉积背景为:①断裂活动弱:沙一段进入断拗扩展期和断拗抬升消亡期(张文朝等,2001),边界断层活动强度低;②宽缓的地貌:表现为东高西低的宽缓地貌;③充足的物源:沿南东方向低角度的前积延伸距离可达20km-25km;④温暖潮湿的气候:温带中生植物栎粉属和松粉属占绝对优势;⑤水体浅而动荡:沉积时水体深度小于10m,泥岩垂向上呈氧化色与还原色频繁互层,生物扰动发育。

浅水三角洲的沉积特征主要为:①岩性以细砂岩、粉砂岩为主,概率累积曲线以二段式或三段式为主,具强牵引流特征的细粒沉积;②反映强水动力特征的牵引流构造如楔状交错层理丰富;③垂向上表现为多期正韵律相互叠置,正韵律厚度多小于1m,多表现为“砂冲砂”特征;④地震剖面上表现为低角度前积,缺乏经典的三层结构;⑤沙一上亚段下部表现为“大前缘、小平原”的特征,中部表现为“大平原、小前缘”,至沙一上亚段上部全部为平原沉积。陡坡带发育小面积的扇三角洲,其证据及沉积特征为:①发育在边界同沉积断层下降盘,近物源快速堆积;②岩性以细砂岩为主;③地震剖面上表现为楔状反射,扇跟表现为杂乱反射;④垂向厚度大且平面展布面积小。

断陷湖盆缓坡带与陡坡带沉积类型存在差异,且同一沉积位置不同时期呈现不同的沉积特征,认为其受控于如下因素:①构造-古地貌为控制沉积类型的主要因素:受断层活动的影响,出现差异性沉降,近牛东断层的位置,具有地形坡度大、沉积地层厚的特点,且牛东断层与多条次级断层形成多个转换带,近源的碎屑物质在该陡坡带形成“小而多”的扇三角洲(邓宏文等,2008),缓坡带地形坡度小,水体浅,湖水顶托作用弱,河流携带沉积物进入宽缓的沉积区,形成大面积的河控浅水三角洲;②湖平面的升降控制沉积体系的展布特征:在湖平面不断下降的过程中,三角洲持续推进,由“大前缘、小平原”转变为“大平原、小前缘”;③浅而动荡的水体影响浅水三角洲沉积充填特征,湖平面频繁波动下易形成多期三角洲砂体叠置(陈诚等,2016;叶蕾,2018)。

**参考文献** 陈诚,朱怡翔,石军辉,等.2016.断陷湖盆浅水三角洲的形成过程与发育模式——以苏丹 Muglad 盆地 Fula 凹陷 Jake 地区 AG 组为例[J].石油学报,37(12):1508-1517.邓宏文,郭建宇,王瑞菊,等.2008.陆相断陷盆地的构造层序地层分析[J].地质前缘,15(2):1-7.谢晓军,邓宏文.2008.霸县凹陷古近系层序地层构型[J].岩性油气藏,20(2):74-78.叶蕾,朱筱敏,秦祎,等.2018.断陷湖盆浅水三角洲沉积体系[J].地球科学与环境学报,40(2):186-202.张文朝,崔周旗,韩春元,等.2001.冀中拗陷老第三纪湖盆演化与油气[J].古地理学报,3(1):45-54.

**关键词** 霸县凹陷;沙一段;三角洲;沉积特征;控制因素



摘要 ID:1256

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地阜康凹陷二叠系芦草沟组岩相特征与沉积模式

潘进\*、尤新才、刘超威、刘新龙、陈洪、王泽胜、李辉、李树博、金腾瑞  
新疆油田公司勘探开发研究院

准噶尔盆地阜康凹陷二叠系芦草沟组首次钻遇厚层砂砾岩,与过去芦草沟组发育细粒沉积的认知有很大差异,目前对于芦草沟组砂砾岩缺乏系统研究,严重制约了该区的下步勘探。同时在对砂砾岩进行岩相分类时,简单应用沉积构造与岩性两种属性难以区分相似沉积微相的岩石相特征及其岩相组合在垂向上的差异性。本文应用岩石相多属性分类法,对阜康凹陷6口井的岩心与壁心进行系统描述,通过岩性、粒度、颜色、沉积构造、支撑方式、分选性、定向性、磨圆度等8种属性对岩相进行区分,并对不同岩相所指示的水动力条件、水体深度、沉积物搬运距离与流体类型等沉积环境差异进行区别。在阜康凹陷芦草沟组岩心中识别出4个类别8种类型的岩石相,表明阜康凹陷芦草沟组同时存在牵引流和重力流两种类型的搬运模式。岩相组合所指示的沉积微相类型主要为重力流水道、辫状水道、水下分流河道、滨浅湖滩坝。通过岩相分布特征和砂体对比研究,认为芦草沟组发育湖侵背景下的退覆式扇三角洲-湖泊沉积体系,阜中、阜南凹槽向物源区西泉鼻凸退积、尖灭。早期湖平面水位低,南北两侧凹槽区芦草沟组一段发育受石炭系顶界古地貌控制的丘状低位域砂砾岩扇体,构造陡坡带发育重力流水道,缓坡带发育辫状水道;芦草沟组二段发育平原水道入湖形成的水下分流河道,砂泥互层结构;三段发育受潮浪改造的前缘砂体,部分见河道分布,整体为大套泥岩盖层超覆于低位域之上,具备形成大型岩性圈闭的地层背景。通过该岩石相分类方法,较好地反映了阜康凹陷芦草沟组砂砾岩的结构特点以及砂砾岩所指示的典型沉积环境特征,通过识别砂砾岩岩相组合在垂向上的相序变化特征,对芦草沟组沉积微相类型进行了划分。通过相带分布和沉积模式研究,明确了阜康凹陷芦草沟组低位域砂砾岩在垂向、横向上的展布规律。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地;阜康凹陷;芦草沟组;岩石相;沉积模式



摘要 ID:1363

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 粒度分析在碎屑岩沉积环境精细刻画中的应用

郑宇超\*

成都理工大学

粒度分析自 Stokes 提出斯托克定理奠定理论基础之后, 通过不断发展、完善, 已成为沉积学研究中的一个重要技术手段。粒度信息不但能判别沉积岩沉积时的水动力条件, 可以作为物源判别的重要因素。碎屑岩的粒度分布特征以及分选性是衡量沉积介质能量的度量尺度, 也是反映碎屑岩沉积环境的一种手段。牙哈地区白垩系巴什基奇克组为一套高砂地比的辫状河三角洲沉积, 几乎不含泥岩, 难以对厚层砂体沉积微相进行精细划分, 导致对水下分流河道迁移叠置的砂体刻画及物性差异性分析出现较大偏差。本文通过粒度参数的综合分析对巴什基奇克组砂体进行了沉积微相划分, 以期阐明砂体叠置规律。由于不同环境的水动力条件可能类似, 需要将粒度分析结合沉积构造、测井特征和地质背景等信息联系起来分析更为准确。通过对牙哈地区的岩心观察、薄片鉴定以及测井曲线分析, 利用显微镜法, 采集了连续的岩心粒度分析数据, 进而对微相进行了精细刻画。结果表明, 巴什基奇克组发育辫状河三角洲前缘亚相, 并且从粒度分析的角度能区分出河口坝微相和水下分流河道微相的差异, 河口沙坝因为靠近河口, 悬浮物质含量多, 在沉积微相粒度概率曲线图上表现为三段式; 而水下分流河道, 主要由悬浮搬运总体和跳跃搬运总体组成的, 在沉积微相粒度概率曲线图上则表现为两段式。在纵向上根据粒度大小变化, 可以划分出粒度变化的沉积旋回。结合粒度累计曲线可以看出, 取心段发育三个水下分流河道-河口坝沉积旋回。结合测井曲线, 可以将巴什基奇克组砂岩水下分流河道-河口坝沉积旋回进行精确划分。

### 参考文献

**关键词** 粒度分析; 沉积微相; 沉积旋回; 巴什基奇克组; 牙哈地区



摘要 ID:1878

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 专题邀请报告

## 当前碎屑岩储层沉积学研究中的—些习惯性错误

张昌民\*、尹太举、冯文杰、朱锐、易雪斐、张祥辉  
长江大学

储层沉积学研究是油气勘探开发的基础性工作,陆相盆地储层沉积相类型、沉积体系分布是油气勘探中有利储层预测的依据,也是油气田开发中储层非均质预测和剩余油挖潜的基本地质依据。经过长期的探索和实践,我国陆相碎屑岩储层沉积学理论和方法日益成熟,逐步推广到除了储层沉积学之外的地震、测井、钻井和采油和油其藏管理等勘探开发的所有领域,储层沉积学成为油气勘探开发中应用最为多的学科领域。随着应用的技术领域和应用人群的扩展,碎屑岩储层沉积学得到迅速发展,但同时也出现了一些不科学的习惯性错误认识与分析方法。作者等在长期阅读国内有关油区沉积学文献和审稿的过程中,深刻认识到这些习惯性错误对我国储层沉积学研究的科学性、严谨性、学术规范性、学术道德等方面的影响,认为有必要进行总结和规范,以引起储层沉积学界重视并不断纠正错误正本清源。这些习惯性错误认识与分析方法至少表现在10个方面。

其一表现为三角洲体系的泛滥。一些研究论文在没有发现明显的湖湘沉积的基础上,也没有对前人的研究观点进行分析,直接提出三角洲前缘沉积微相和分流河道等沉积微相的存在,导致三角洲概念的在各个含油气盆地的泛滥。实际上并不是所有盆地和盆地发展的所有阶段都发育三角洲沉积,并非所有陆相沉积体系的末端都有古湖泊发育。没有大型湖泊发育就不可能发育三角洲沉积体系。

其二表现为扇三角洲平原相带过宽。由于过分地遵循扇三角洲是冲积扇进入到静止水体的经典概念,同时依照湖(海)岸线划分三角洲平原和前缘的基本定义,大多数沉积模式将冲积扇顶点到湖岸线之间的广阔区域划分为扇三角洲平原。三角洲平原是河流体系受湖水或者海水影响但在平均湖岸线以上的部分,首先属于三角洲的地理地貌区域,而目前所划分的扇三角洲平原与湖泊的水动力过程无关,根本不受湖泊的影响。

第三表现为浅水三角洲概念的模糊。自从浅水三角洲的概念被引入陆相湖盆沉积体系研究之后,在我国各油气区发现大量浅水三角洲。但极少有人探讨过浅水三角洲的水体深浅和分布的范围,将含有湖湘沼泽相的泥岩作为三角洲进入的湖泊沉积。实际上在广阔的泛滥平原上发育暂时性湖泊和湿地,他们会形成湖泊沉积,但是这些沉积地层的分布有限,厚度有限。

第四表现为用沉积物平均粒径判断河道类型。有些研究论文不注重沉积构造和沉积序列的特征,不研究砂体的几何形态和形成过程,仅仅依靠沉积物粒度判断曲流河和辫状河的存在,将粒度较细的砂岩段判断为曲流河沉积,将粒度较粗的砂岩段作为辫状河沉积。实际上,现代和古代的砂质和砾质沉积物既可能是曲流河沉积,也可能属于辫状河沉积。

第五表现为水下分流河道的标志不明显。对水下分流河道的认识早就存在争议,曾经有观点认为水下分流河道根本就不发育,但大量三角洲地区地形图显示了现代水下分流河道的存在。然而,河流入湖之后的水流方式与陆上完全不同,目前的错误表现在用陆上同样的水流方式和沉积层序区解释和识别水下分流河道,似乎水下的河道和陆上的河道具有相同的沉积过程,造成陆上和g水下分流河道难以区分。

第六表现为河流沉积研究中将河道沙坝发育在河道之外。在对河流沉积进行砂体解剖时实用建筑结构(构型)要素分析法是1985年以来河流沉积学的重要进展,在Miall的经典构型要素中有一类成为河道冲填要素(CH),这种要素被一些人错误地解释为河道沉积,因此坝河道沉积于废弃河道冲填等同起来,坝河道沉积要素和河道内发育的沙坝看成两种等同的结构(构型)要素,造成类似于坝道转换、(心滩)坝道并存的概念性误解。

第七表现将软沉积物变形与重力流划等号。这是一个普遍性错误,虽然随着软沉积物变形概念的推广和沉积学知识的普及,越来越多的人意识到变形构造并不是重力流独有的沉积构造。但是在野外露头考察和岩心分析中,仍有许多人将侵入砂岩脉等作为浊流的沉积标志。



第八表现为层序识别与划分缺乏沉积相依据。地层层序的划分以沉积微相研究为基础，只有根据沉积相的变化才能判断水体的深浅变化和沉积环境的变迁。海进、海退、低位、高位是建立在沉积微相变化基础上做出的判断。在许多人的研究中，完全抛开沉积微相类型的识别，抛开沉积相演变分析，纯粹依靠测井曲线的幅度、依靠地震反射的结构进行体系域和层序划分，采取这样的层序划分和对比方法所得的结论肯定是难以令人信服的。

第九表现为沉积微相分析没有第一手岩心资料支持。表现在一些文稿中，及逆行微相划分是没有岩心做支撑，完全依据测井曲线的变化进行沉积相判断。一些文稿对测井曲线断章取义，造成所得的测井像模式无法适应生产的应用。一些岩心图片中的沉积构造现象完全不能代表所述沉积微相的特点

第十表现为瞎子摸象式的沉积体系格局。传统沉积模式把沉积体系割裂为冲积扇、辫状河、曲流河和三角洲等不同的端元，较少考虑各端元间相互联系，对全盆地范围沉积体系分布规律把握不够。传统模式指导下沉积相分析定量化和预测性不强，难以满足对盆地范围沉积储层定量预测的要求。应当以联系的、系统的、定量的思想方法重新审视陆相盆地沉积体系格局，建立新的沉积模式，为分析盆地沉积体系格局、预测储层非均质性提供新思路。

#### 参考文献

**关键词** 陆相盆地；碎屑岩储层；沉积体系；三角洲；分流河道



摘要 ID:3196

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 轮南地区下石炭统混合沉积层序地层与沉积充填模式

彭鹏\*、晏楠、李洪、王林基、吴梅莲  
中国石油塔里木油田公司

塔里木盆地轮南地区下石炭统广泛发育陆源碎屑与碳酸盐的混合沉积。综合前人研究成果,结合区域地质资料和岩心测井等资料的综合分析,建立了轮南地区石炭系的层序地层格架,将石炭系划分为两个三级层序、四个四级准层序组和9个五级准层序,其中下石炭统为在陆棚区域发育完整的三级层序。探讨了混合沉积与层序地层的对应关系,混积陆棚是碳酸盐岩与碎屑岩均衡沉积剖面,因此与碎屑岩的层序沉积模型最显著的不同就是从陆向海的沉积物倾斜大前积现象的减弱和消失。通过对各层序的沉积体系时空展布的研究,建立了研究区下石炭统沉积期的沉积模式,并认为该时期砂泥岩段S3砂组是轮南石炭系的重要产油砂组,为泥岩夹薄层砂岩地层,其与上泥岩段的关系在垂向上是上下地层关系,但在侧向上则是侧向相变关系,内部的薄层砂岩向海域方向减薄尖灭,因此可构成重要的非构造砂岩上倾尖灭油气藏。

### 参考文献

**关键词** 混合沉积; 沉积充填模式; 层序地层; 下石炭统; 轮南地区



摘要 ID: 3267

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 四川广元利州地区上三叠统须家河组碎屑组分特征及其构造意义

郑霖\*、胡作维

成都理工大学沉积地质研究院

碎屑组分特征被大量地应用于探讨碎屑沉积岩的源区以及区域构造演化关系的研究上,进而成为沉积地质学的研究热点(许德如等, 2007; Kutterolf S et al., 2008; 杨书文, 2017)。作为山脉隆升过程在盆地内的直接记录,砂岩的碎屑组分保留了沉积物的母岩组合、源区的古气候、古环境等关键信息,将其与 Dickinson 图解结合起来解释古代板块构造物源区类型,是阐释多数沉积物源区总体构造背景的可靠办法(Dickinson W R. 1985; Graham et al., 1993; 李双建等, 2006; Fang S H et al., 2007; 段德昭, 2012; 韩京等, 2017; 游水生等, 2021; 于兴河等, 2022), 可以进一步研究区域沉积背景和物源变化,从而为油气勘探提供有利数据。

目前对于龙门山前陆盆地早期形成演化的争论焦点,主要在晚三叠世诺利期,以及该时期沉积的须家河组下部地层(须一段—须三段)的物源及构造背景(陈斌等, 2016; 陈洪德等, 2021)。加之须家河组厚度、岩性及岩相的纵横向变化很大,给相关研究带来很大的困难,至今在地层划分、沉积环境以及构造演化背景等方面均存在较大的分歧(Liu H F et al., 1994; 姜在兴等, 2007; Jin W Z et al., 2010; 李剑波等, 2010; Robert et al., 2010; 林良彪等, 2011; 陈斌等, 2015; 郑荣才等, 2015), 因此,通过研究区须家河组碎屑组分的纵向演化研究,对进一步解决上述科学问题具有重要意义。

本文通过薄片鉴定、阴极发光分析等传统手段,结合野外剖面观察和前人资料,系统统计砂岩碎屑组分并定量分析其变化特征,对研究区须家河组源岩类型、源区构造背景进行研究。研究表明:①须1段主要为深灰色粉砂岩、泥岩夹薄煤层,厚度有自西向东减薄趋势;须2段主要为灰黄色巨厚层中粒、粗粒石英砂岩;须3段是主要由灰色—深灰色粉砂岩、泥岩、细砂岩夹煤层组成,植物化石丰富;须4段主要为巨厚层砂岩且夹透镜状砾岩。②研究区须家河组物源以龙门山北段为主,推测是由于龙门山造山带持续的构造挤压运动,导致西部物源的影响不断增强。③须一—须二段为相对远源沉积,物源性质为古陆物源,从须三段开始表现为近源快速沉积特征,以大量的砾岩分布及高岩屑含量为特征,砂岩碎屑颗粒的源区为再循环造山带。

**参考文献** 陈斌,李勇,王伟明. 2015. 晚三叠世龙门山前陆盆地须家河组物源及构造背景分析[C]//. 2015年全国沉积学大会沉积学与非常规资源论文摘要集:406-407. 陈斌,李勇,王伟明,等. 2016. 晚三叠世龙门山前陆盆地须家河组物源及构造背景分析[J]. 地质学报, &nbsp;90(05):857-872. 陈洪德,刘磊,林良彪,等. 2021. 川西坳陷西部龙门山隆升时期上三叠统须家河组沉积响应[J]. 石油与天然气地质, 42(04):801-815. 段德昭. 2012. 宣汉黄金口勘探区须家河组的砂岩岩石学特征[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 29(04):58-61+70. 韩京,陈波,张家铭,等. 2017. 石柱复向斜及周缘下志留统砂岩碎屑组分特征及其构造意义[J]. 沉积与特提斯地质, 37(02):59-67. 姜在兴,田继军,陈桂菊,等. 2007. 川西前陆盆地上三叠统沉积特征[J]. 古地理学报, 02:143-154. 李剑波,付菊,任青松. 2010. 四川盆地须家河组地层划分方案讨论[J]. 地层学杂志, 34(04):423-430. 李双建,石永红,王清晨. 2006. 碎屑重矿物分析对库车坳陷白垩—第三纪物源变化的指示[J]. 沉积学报, 01:28-35. 林良彪,陈彦庆,淡水,等. 2011. 川东北须家河组中铝土矿的发育特征及其对构造活动的响应[J]. 岩石学报, &nbsp;27(08):2392-2402. 许德如,马驰,李鹏春,等. 2007. 海南岛变碎屑沉积岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及地质意义[J]. 地质学报, 03:381-393. 杨书文. 2017. 北祁连古大洋俯冲带碎屑锆石年代学及构造意义[D]. 北京:中国地质大学(北京). 游水生,李振江,李有波,等. 2021. 宁夏磁窑堡地区直罗组砂岩碎屑组分特征及物源区分析[J]. 四川地质学报, &nbsp;41(S1):34-38. 于兴河,李顺利,孙洪伟. 碎屑岩沉积从源到汇的“物-坡”耦合效应[J]. 古地理学报, 2022, 24(06):1037-1057. 郑荣才,李国辉,常海亮,等. 2015. 四川盆地东部上三叠统须家河组层序-岩相古地理特征[J]. 中国地质, , 42(04):1024-1036. Dickinson &nbsp;W R. 1985. Interpreting provenance relations from detrital &nbsp;modes of sandstones[C]//Zuffa G G. Provenance of arenites. R eidel, Dordrecht, NATO ASI Series, 148: 333-361. Fang S H &nbsp;et al. 2007. Mesozoic-Cenozoic tecton &nbsp;events and structural constraints in the southern Junggar Basin: Evidence from detrital composition[J]. Chinese Jour- nal of Geology, 42(4): 753-765(in Chinese). Graham S



A, Hendrix M S, Wang L B, et al. 1993. Collision successor basin of western China: Impact of tectonic inheritance on sand composition [J]. Geological Society of America, &nbsp;105:323-344. Jin &nbsp;WZ, Tang LJ, Yang K, et al. 2010. Segmentation of the Longmen &nbsp;Mountains &nbsp;thrust &nbsp;belt, Western Sichuan Foreland &nbsp;Basin, SW China [J]. Tectonophysics, 485:107-121. Kutterolf S, Diener R, Schacht U, et al. 2008. Provenance of the Carboniferous hochwipfel formation (mountains, &nbsp;Austria/Slovenia)-geochemistry versus petrography [J]. Sedimentary Geology, 203 &nbsp;(3-4):246-266. Liu Hefu, Liang Huishe, Cai Liguu, et al. 1994. Structural Styles of the Longmenshan Thrust Belt and Evolution of the Foreland Basin in Western Sichuan Province, China [J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), &nbsp;4:351-372. Robert A, Pubellier M, Sigoyer J de, et al. 2010. Structural and thermal &nbsp;Sediments: Review and outlook [J]. Sedimentary Geology, 171 (1-4):1-11.

**关键词** 上三叠统; 须家河组; 碎屑组分; 构造





摘要 ID: 3395

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 火山碎屑岩中自生矿物类型、特征及其形成机理研究

郭暉\*<sup>1</sup>、王暉桐<sup>1,2</sup>、张顺存<sup>1</sup>、孙国强<sup>1</sup>

1. 中国科学院西北生态环境资源研究院

2. 中国科学院大学

近几年在准噶尔盆地二叠系—三叠系勘探中有了巨大的油气发现,但砂砾岩储层中不同井位和不同层组出现的沸石类自生矿物和胶结物对储层储集性能的影响机理并不清楚,大大制约了该区油气勘探工作的进一步开展,因而对火山碎屑岩中自生矿物类型、特征及其形成机理进行研究对后期油气成藏过程和影响机理研究以及油气勘探具有重要意义。

运用矿物学、岩石学、地球化学和储层沉积学相结合的研究方法,对新疆准噶尔盆地玛湖斜坡二叠系风城组富火山岩岩屑砂砾岩中自生矿物的类型、含量及产状等微观特征进行了研究。结果表明,风城组砂砾岩中自生矿物种类多样,包括碳酸盐类(方解石、铁I方解石、铁白云石、碳酸钠钙石)、沸石类(方沸石、钠长石)、硅质(石英增生和粒间孔边缘的自生石英小晶体)以及自生黏土矿物(绿泥石、伊利石、伊-蒙混层、高岭石等)。风城组一段胶结物以方解石、自生钠长石为主,还有极少量的方沸石、砂岩、铁I方解石,杂基主要是泥质和绿泥石。风城组二段胶结物以方解石、方沸石为主,还有少量的铁白云石、自生钠长石、石英、铁I方解石,杂基主要为泥质和绿泥石。碳同位素 $\delta^{13}C$ 介于 $-6.58\%$ ~ $3.22\%$ 之间,平均值为 $-0.56\%$ ,氧同位素 $\delta^{18}O$ 介于 $-16.35\%$ ~ $-1.55\%$ ,平均值为 $-8.81\%$ ,利用碳、氧同位素计算出古盐度值Z为 $105.93\sim 132.05$ ,平均值为 $121.76$ ,表明研究区风城组的沉积环境为咸水环境。自生矿物的含量、类型存在差异,主要表现在距离物源的远近上:靠近物源、粒度较粗的砾岩、砂砾岩等粗碎屑岩的粒间孔中主要发育泥质杂基及陆源和自生黏土矿物,如伊-蒙混层黏土矿物、自生高岭石及自生石英等矿物;距离物源稍远的砂砾岩、粗砂岩中,则大量发育沸石类自生矿物、自生钠长石及自生石英、自生绿泥石等矿物;远离物源的细砂岩、粉砂岩中,常发育白云石、方解石、沸石、碳酸钙钠石、硅硼钠石、黄铁矿、石膏等碱性矿物。自生矿物成岩早期在压实作用下堵塞原生孔隙,使流体相对流动困难,对储层物性主要起破坏作用,后期在溶蚀作用下形成粒内溶孔,改善储层物性,对储层物性起建设性作用。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地、玛湖斜坡区、风城组、黏土矿物



摘要 ID:2116

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## The sedimentary system evolution of the Chaoshan Depression in northern South China Sea controlled by Mesozoic subduction of the Paleo-Pacific plate

冯凯龙\*

同济大学海洋与地球科学学院  
同济大学海洋地质国家重点实验室  
同济大学海洋资源研究中心

Chaoshan Depression is located in the southeast of the Pearl River Mouth Basin in northern South China Sea. It has the thickest Mesozoic strata in the current northern South China Sea. As the seismic profile shown, the thickness of the Mesozoic can reach more than 4,000 meters. Drilling reveals that the Mesozoic strata exists abundant rock types, which have regularity in age distribution. Previous studies have shown that Chaoshan Depression is a fore-arc basin subducted of the Paleo-Pacific plate from the Jurassic to the Early Cretaceous. The Mesozoic arc granites of the SCS, the accretionary wedge of the Palawan terrane to the southeast, and the zone of lithospheric extension north of the SCS throughout Southeast China, constituting together a southeast-to-northwest trench-arc-backarc architecture in south china continental margin from Mesozoic.

Under the tectonic background, this study is based on the Mesozoic sedimentary characteristics of the Chaoshan Depression. Mesozoic tectonic-sedimentary evolution model were constructed in combination with the analysis of sedimentary facies, seismic facies and island arc migration characteristics among coastal areas of South China, which further clarifying the evolution of sedimentary systems. It is considered that Chaoshan depression is mainly controlled by the periodic subduction of the paleo-Pacific plate. The paleo-Pacific plate was initially subducted in the Early Jurassic, the island initiation was insufficient to provide provenance. The strata in this area were mainly shallow marine facies sediments which lacks clastic rocks. Flat-slab subduction causes a large-scale migration of the island arc to the continental interior by the Middle-Late Jurassic. The dramatic increase in island arc scale triggers rapid subsidence in the fore-arc area, which in turn deepens the water depth. This ultimately leads to the supply of numerous detrital materials. The subduction angle gradually increased in the Early Cretaceous. Slab roll back resulted that the large-scale migration of the island arc to the marine, which plausibly explains water shoaling. The development of the Late Cretaceous magma arc ceased, coupled with the impact of the collision of the SCS block in the southwest, a foreland basin was formed in the Chaoshan Depression. We thus argue the arc-basin coupling controls the distribution and development characteristics of the Chaoshan sedimentary system.

参考文献 Stern, R. J., 2002, Subduction zones [J], *Reviews of Geophysics*, 40 (4):1012-1021.  
J, Dong S, Cawood P A, et al. An Andean-type retro-arc foreland system beneath northwest South China revealed by SINOPROBE profiling [J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 2018, 490:170-179.  
Weilin Zhu, Yuchi Cui, Lei Shao, et al. 2021, Reinterpretation of the northern South China Sea pre-Cenozoic basement and geodynamic



implications of the South China continent: constraints from combined geological and geophysical records[J].Acta Oceanologica Sinica, 40(2): 13-28.

**关键词** Chaoshan Depression;sedimentary system;South China Sea;Mesozoic subduction;arc-basin coupling



摘要 ID: 2509

主题分类: 沉积学基础理论与进展》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 渤海莱州湾地区明下段浅水三角洲-河流相沉积演化及砂体展布模式

范洪军、牛涛\*

中海油研究总院有限责任公司

2020年以来在海莱州湾地区连续发现了2个亿吨级油田,主要含油层位均为明化镇组下段,沉积类型为浅水三角洲和河流相,砂体窄、薄,叠置关系及连通性复杂。为认识该区域的沉积特征及砂体空间展布模式,综合利用地震、测录井、岩心和分析化验等地质资料,对明下段主要含油层位进行了系统分析。研究认为,在莱西走滑带东侧,明化镇沉积时期,整体构造呈从莱北低凸起向莱南斜坡带逐渐变低的单斜构造,构造平缓。含油层位纵向分为湖侵和湖退两个时期,沉积类型由浅水三角洲沉积逐渐演化为河流相沉积。湖侵早期,物源供给充足,A/S值较小,发育分流砂坝型浅水三角洲沉积,砂体连片,整体连通性好,砂体厚度5~10m。湖侵晚期,基准面上升,物源供给不足,A/S值大,主要发育指状砂坝型浅水三角洲,其中在浅水前缘带砂体受湖浪作用改造,呈薄层连片状,砂体厚度2~6m;而在浅水三角洲平原带主要发育带状曲流带,主要表现为几条简单的曲流带在平面上呈窄条带状分布,发育在广泛分布的泛滥平原背景下,河道宽度80~120m,砂体厚度4~8m,河道之间不连通,孤立分布模式。湖退早期,物源供给作用增强,A/S值中等,河道既受天然堤限定而稳定,宽深比较小,同时具有一定的侧向迁移能力,沉积特征同时具有网状河和曲流河的特征。在决口改造作用下,分流河道整体具有枝状-网状特征,同时在侧向迁移作用下,局部发育较厚的边滩沉积。该时期的砂体展布特征具有枝状-网状分流河道发育,整体砂体厚度小而局部较厚的特征。湖退晚期,物源供给充足,基准面进一步下降,A/S值较小,沉积逐渐演化为河流相沉积,河道侧向迁移频繁,河流侧向迁移导致多期河道砂体纵向或平面叠置,整体表现为连片状或宽带状。

参考文献

关键词



摘要 ID:1160

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 构造活动影响下地质事件沉积模式——以鄂尔多斯盆地延长组长7油层组为例

梁庆韶\*、田景春、王峰  
成都理工大学

在中晚三叠世印支运动I幕导致秦岭隆升的构造活动背景下,地震、火山等构造活动诱发的地质事件频繁发生,鄂尔多斯盆地三叠系延长组长7油层组具有大型拗陷湖盆典型的沉积特征,其中保存了火山事件、地震事件、浊流事件及缺氧事件等多种地质事件沉积层。以鄂尔多斯盆地三叠系延长组长7油层组中的事件沉积层为研究对象,以沉积学、地层学、事件沉积学的相关理论为指导,对鄂尔多斯盆地周缘的延长组长7油层组野外地质剖面及盆地内部钻井岩心延长组长7油层组地层中的各事件沉积层进行研究,总结长7地层中所发现的主要地质事件沉积的类型,通过对长7地层中地震事件、浊流事件、火山事件、缺氧事件所对应形成的震积岩、浊积岩、凝灰岩及富有机质泥页岩沉积层的叠置关系进行分析,探讨各类地质事件的耦合关系,从全新的角度认识了长7时期鄂尔多斯湖盆的形成和演化过程,最终建立起在构造活动影响下鄂尔多斯盆地延长组长7段地质事件沉积序列及沉积模式。

在鄂尔多斯盆地长7沉积时期,印支运动I幕板块碰撞导致地震事件产生,剧烈的岩浆作用产生导致了火山喷发,同时构造作用也引起了湖盆沉降,使湖盆面积增大,水深变深。构造运动引起的火山喷发,形成火山灰在季风作用下,漂浮落入湖盆中,沉积形成凝灰岩层;构造运动板块碰撞引起的地震事件,不仅使沉积层发生变形形成震积岩,而且作为重要的触发机制,导致浊流事件的产生,在湖盆底部以及研究区西南部的陡坡带形成了震积岩和浊积岩沉积层;构造运动引起的湖盆沉降,导致湖盆水深变深,在湖盆底部形成缺氧环境,造成长7富有机质泥页岩沉积。长7时期,强烈的构造运动导致湖盆面积达到整个延长期的最大,水深也达到最深,可容纳空间变大,为长7浊流事件、地震事件、火山事件和缺氧事件等沉积事件层的良好保存提供了可能性,形成了长7事件沉积垂向上相互叠置,平面上呈相带分布的特征。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地;长7油层组;事件沉积;沉积模式



摘要 ID:1566

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 基于分形理论、因子分析的 储层分类评价依据 ——以苏北盆地 溱潼凹陷阜三段为例

程浩、金振奎\*  
中国石油大学(北京)

苏北盆地溱潼凹陷阜三段地层是一套浅水缓坡三角洲沉积, 水体动荡水位变化频繁, 岩性主要为泥页岩、泥质粉砂岩及少量细砂岩, 分选差, 非均质性强, 常规单一物性参数难以准确表征储层性质。为明确苏北盆地溱潼凹陷阜三段储层物性及孔隙结构参数之间关系并总结砂体判别依据, 在明确地层主要孔隙类型的基础上, 利用分形理论对地层物性参数及样品高压压汞实验数据加以分析, 最终获得了砂体物性、孔隙结构与分形维数之间的相互关系。优选渗透率、孔喉半径均值、平均喉道半径及孔隙结构系数作为主要参考因素并以此建立了以分形维数为基础的储层分类评价标准, 将溱潼凹陷阜三段储层划分为3类: I类中砂岩储层; II类细-粉砂储层; III类泥质储层。为研究区储层结构定量化表征及储层类型判别提供了一种新的参考依据。

**参考文献** [1] 陈杰, 周改英, 赵喜亮, 等. 储层岩石孔隙结构特征研究方法综述[J]. 特种油气藏, 2005 (04): 11-14+103. [2] 耿斌, 胡心红. 孔隙结构研究在低渗透储层有效性评价中的应用[J]. 断块油气田, 2011, 18(02): 187-190. [3] Katz A J, Thompson A H. Fractal sandstone pores: implication for conductivity and pore formation. *Physical Review Letters*, 1985, 54(12): 1325-1332. [4] Wong P Z, Howard J. Surface roughening and the fractal nature of rocks. *Physical Review Letters*, 1986, 57(5): 637-640. [5] Pfeifer P, Avnir D. Chemistry in noninteger dimensions between two and three. *The Journal of Chemical Physics*, 1983, 79(7): 3558-3571. [6] Mandelbrot B B. *The fractal geometry of nature* [M]. San Francisco: W. H. Freeman, 1982. [7] 张婷, 徐守余, 杨珂. 储层微观孔隙结构分形维数应用[J]. 大庆石油学院学报, 2010, 34 (03): 44-47+124. [8] 尹帅, 谢润成, 丁文龙, 等. 常规及非常规储层岩石分形特征对渗透率的影响[J]. 岩性油气藏, 2017, 29(04): 81-90. [9] 钟业勋, 胡宝清, 乔俊军. 数学在地图学中的应用[J]. 桂林理工大学学报, 2010, 30(01): 93-98. [10] 陈更新, 刘应如, 郭宁, 等. 铸体薄片的分形表征——以柴达木盆地昆北新区为例[J]. 岩性油气藏, 2016, 28(01): 72-76+87. [11] 马立民, 林承焰, 范梦玮. 基于微观孔隙结构分形特征的定量储层分类与评价[J]. 石油天然气学报, 2012, 34(05): 15-19+2. [12] Thompson A H, Katz A J, Krohn C E. The microgeometry and transport properties of sandstones[J]. *Advances in physics*, 1987, 36(5): 625-641. [13] 程浩, 王起琮, 杨奕华, 等. R-Q 因子分析在海相石灰岩岩相识别中的应用——以塔里木盆地巴楚—塔中地区奥陶系石灰岩为例[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2020, 35(04): 1-10+18.

**关键词** 溱潼凹陷; 阜三段; 高压压汞实验; 分形理论; 因子分析



摘要 ID:1817

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 东营凹陷沙四下-孔店组红层沉积特征地震表征及薄互层砂体预测

沈正春\*、张云银、于景强、商伟、刘海宁  
胜利油田分公司物探研究院

东营凹陷沙四下-孔店组沉积时期, 气候干湿交替, 偏氧化环境下形成了以“紫红色”砂泥岩为主的沉积体。沉积类型有冲积扇、三角洲、滩坝和盐湖相等。近几年的勘探实践表明, “红层”具有较大勘探潜力: ①油源条件优越: 多条断裂沟通了沙四段和深部油源, 具有自生自储的特征; ②油藏类型丰富: 广泛发育构造油藏、地层超覆油藏、岩性-构造和构造-岩性油藏等; ③油气规模大: 受控于油源断裂, 三角洲砂体成藏形成多个含油气条带, 滩坝砂油藏纵横向叠置、横向连片。目前已上报储量近1亿吨, 完钻了GX17、J41、FX188等一批高产商业油气流井。随着勘探开发的不断深入, 勘探开发目标逐渐向复杂油气藏、低井控程度区、薄小散砂体等, 勘探难度越来越大。在沉积环境复杂、相变快尤其是低井控区, 准确描述沉积相类型、刻画三角洲-滩坝-盐湖相过度关系, 并精细刻画地震弱反射薄互层砂体、找到有利储层, 成为攻关研究的核心和难点。首先, 综合利用岩心、录井、测井、地震和分析化验资料, 建立粒度特征、沉积构造和岩性组合等测井相和地震相标志, 完成单井相分析, 明确了沉积微相类型; 其次, 开展地震沉积学解释方法研究: ①形成了基于地震反射等时性分析的等时界面识别方法, 建立了薄层砂体沉积体系等时地层格架。②基于 $90^\circ$ 相位转换、非线性切片和分频属性融合等方法, 完成沉积相规律地震表征。③基于构造演化和古地貌恢复, 明确同沉积断层、古地形等对沉积充填的控制作用, 总结沉积体系演化规律, 建立红层沉积成因模式。在明确红层沉积特征基础上, 完成了弱反射储层地震预测: 首先, 基于混合相位子波拓频技术, 提高储层地震识别能力; 其次, 开展正演模拟研究, 明确不同微相、不同岩性组合地震响应特征, 基于波形聚类属性、相控多属性融合等方法, 刻画有利储层平面展布规律, 通过波形指示反演技术精细刻画砂体尖灭点, 完成有利储层地震预测。东营凹陷沙四下-孔店组红层沉积特征及有利储层地震预测研究成果, 为该地区后续构造-岩性及岩性油藏勘探提供了有力支撑, 进一步拓展了红层油藏勘探空间。

### 参考文献

**关键词** 红层; 薄互层; 沉积特征; 有利储层地震预测; 沙四下-孔店组; 东营凹陷



摘要 ID:1954

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地早志留世柯坪塔格组层序-岩相古地理演化及油气地质意义

张翔\*<sup>1,2</sup>、田景春<sup>1,2</sup>、李建<sup>3</sup>、彭明鸿<sup>3</sup>、陈杰<sup>2</sup>、何春丰<sup>2</sup>、王鑫宇<sup>2</sup>、徐杰<sup>2</sup>

1. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室
2. 成都理工大学沉积地质研究院
3. 成都理工大学地球科学学院

塔里木盆地早志留统柯坪塔格组为海侵背景下的潮坪-陆棚沉积, 不同时期沉积分布格局和沉积相带展布存在显著差异。本文充分利用野外剖面、钻井岩心、地震、测井、测试分析等多种资料, 将柯坪塔格组划分为 SQ1-SQ4 四个三级层序, 在层序地层格架内识别出潮坪、陆棚和三角洲 3 类沉积相。以地层厚度图、砂体厚度图和砂地比等值线图为基础, 结合单井优势相、地震相平面分布特征, 系统编绘柯坪塔格组各三级层序海侵和高位体系域岩相古地理图并探讨其油气地质意义。结果表明: (1) 通过岩性、沉积构造、剖面结构、测井相和地震相等沉积微相识别标志研究, 识别出潮坪、陆棚和三角洲 3 类沉积相, 划分出潮上带、潮间带、潮下带、内陆棚和三角洲前缘 5 个亚相, 进一步细分出众多沉积微相。(2) SQ1、SQ2 层序海侵期和高位期受顺托果勒隆起控制分隔为东西两大海域, 沿古隆起依次为潮上-潮间-潮下-陆棚呈环带状展布; (3) SQ3、SQ4 层序海侵面积扩大, 海水淹没古隆起, 东西海域连为统一海域, 沉积相带演化为东西向延伸、南北向分带, 从中部往盆地南北两侧陆棚-潮下-潮间-潮上相带呈对称状分布。(4) 根据其古地理展布和演化特征, 建立了塔里木盆地柯坪塔格组沉积分异模式, 表现为: 早期受古隆起控制, 沉积格局为东、西向分异, 沉积相带沿古隆起呈环带状展布; 晚期古隆起淹没为水下隆起, 沉积格局演化为南、北分异, 东西向延伸、南北向分带特征。柯坪塔格组潮下砂坪与潮间-潮下潮汐水道为有利的储集砂体, 垂向上发育多套储盖组合, 潮间砂泥坪和陆棚相泥岩构成有效的侧向遮挡和垂向封盖, 具备有利的岩性圈闭发育条件; 同时, 柯下段向顺托果勒古隆起、柯上段向盆地南北两侧的上倾尖灭岩性圈闭均为有利的勘探方向。研究成果将为塔里木盆地海相碎屑岩领域寻找岩性圈闭和上倾尖灭等隐蔽油气藏提供重要的地质依据和指导作用。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地; 柯坪塔格组; 层序-岩相古地理; 沉积分异模式; 油气地质意义





摘要 ID: 2037

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地西缘羊虎沟组砂体成因机制与分散过程

朱淑玥<sup>1</sup>、刘磊<sup>1,2</sup>、王峰<sup>1,2</sup>、王志伟<sup>1</sup>、张成弓<sup>1,2</sup>、付斯一<sup>1,2</sup>、陈洪德<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 四川成都, 610059

鄂尔多斯盆地西缘羊虎沟组时期为加里东运动后复活的拗拉槽(赵重远, 1990), 羊虎沟组地层分布面积广, 厚度变化大, 发育良好的生储盖组合, 具有巨大的勘探潜力(张晓莉, 2005)。由于该地区构造运动强烈, 沉积环境变化频繁, 砂体沉积成因复杂, 目前对羊虎沟组砂体成因机制缺乏系统研究, 单一的沉积模式无法全面概括各类砂体的沉积特征(侯云东等, 2018; 王子腾, 2020; 冯娟萍等, 2021)。本研究通过野外剖面、岩心观察、钻侧井资料、物源分析等研究方法, 共识别出6种砂砾岩岩相组合类型, 基于其岩性、粒度、沉积构造等特征, 对其成因机制开展系统讨论。鄂尔多斯盆地西缘羊虎沟组砂体主要成因为河流三角洲、潮控三角洲、扇三角洲、障壁岛海岸、无障壁海岸和滑塌重力流六类。羊虎沟组时期整体气候潮湿, 羊三段至羊二段沉积时期海平面逐渐上升, 羊二段达到最高之后逐渐下降。羊三段沉积时期为裂陷早期, 主要在研究区北部发育潮控三角洲和扇三角洲砂体, 中部局部可见潮汐砂脊砂体, 南部砂体整体表现为无障壁海岸沉积, 砂体展布主要受波浪和潮汐作用控制。羊二段沉积时期为裂陷高潮期, 水体变深使地层落差加大, 砂体主要分布于盆地边缘; 盆地中央深水部位发育点状滑塌重力流砂体, 东部靠近中央古隆起一侧的潮汐砂脊被逐渐改造为障壁沙坝, 古隆起高部位则为潮坪和泻湖沉积, 构造活动和海平面变化控制砂体发育。羊一段沉积时期, 构造活动减弱且鄂尔多斯盆地逐渐东西连片, 物源供应充足且地貌变缓, 发育大面积具前积特征的河流三角洲砂体。羊虎沟组砂体成因机制受构造运动、古地貌演化、物源供给、古气候、沉积动力环境等多因素影响, 但砂体展布与分散过程主要受控于构造活动与古地理演化。研究成果对丰富鄂尔多斯盆地油气勘探理论和促进裂陷盆地砂体成因机制研究意义重大。

**参考文献** 冯娟萍, 欧阳征健, 陈全红, 等, 2021. 鄂尔多斯盆地及周缘地区上石炭统沉积特征[J]. 古地理学报, 23(1):12. 侯云东, 陈安清, 赵伟波, 等, 2018. 鄂尔多斯盆地本溪组潮汐-三角洲复合砂体沉积环境[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), &nbsp;&nbsp;&nbsp; 045(004):393-401. 王子腾, 2020. 鄂尔多斯盆地西缘羊虎沟组物源分析与沉积特征研究[D]. 成都:成都理工大学. 张晓莉, &nbsp;&nbsp;&nbsp; 2005. 鄂尔多斯盆地中部上古生界沉积相演化[J]. 地球科学与环境学报, &nbsp;&nbsp;&nbsp; 027(003):26-29, 37. 赵重远, 1990. 华北克拉通盆地天然气赋存的地质背景[J]. 地球科学进展, (002):40-42.

**关键词** 岩相组合; 成因机制; 控制因素; 砂体展布; 羊虎沟组; 鄂尔多斯盆地西缘



摘要 ID:3185

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 地震相分析在薄砂层沉积相研究中的应用

肖文\*、成锁、张晟、王鑫、简世凯  
塔里木油田公司勘探开发研究院

地震相分析技术是一种基于地震数据波形、振幅、频率等特征进行地震相分类的方法,这种方法可以作为沉积相分析的一种有效手段。碎屑岩薄砂层储层变化快、砂层薄、地震响应特征不清,给沉积相研究带来一定困难。本文以塔里木盆地哈拉哈塘地区石炭系薄砂层为例,开展层序地层学分析,搭建等时格架。通过典型井分析明确不同储层组合的地震响应特征。同时,通过单井以及连井的地震正演数值模拟进一步明确不同储层组合的地震响应特征,为后续的地震属性优选及提取等工作提供参考依据,在优选地震属性的基础上划分地震相。最后,综合井间砂体对比、地震相分析结果得到石炭系薄砂层沉积相图,加深了对哈拉哈塘石炭系薄砂层的认识。

### 参考文献

**关键词** 地震相分析; 沉积相; 石炭系; 薄砂层



摘要 ID: 3387

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 干旱环境浅水河控三角洲沉积特征及有利储集体分布——以塔里木盆地柯克亚西河甫组 X7-X8 段为例

姜洪\*、孙迪、程明、史超群、杨果、吕惠贤  
中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院

塔里木盆地柯克亚西河甫组经过多年勘探开发,存在动静态不匹配,下步勘探开发方向不够明确等问题,其中,沉积相认识不清是制约下一步勘探开发的关键问题之一。通过系统梳理多年来沉积储层分析资料,采用一体化研究思路,通过动静态结合,创新采用综合结构系数法,综合物源、岩心相、测井相、地震相、平面相进行沉积特征分析,重新明确了柯克亚西河甫组 X7-X8 段沉积相,厘定了研究区的沉积相归属,建立了沉积模式。ZTR 指数及稳定系数显示沿着凹陷边缘向北盆地中心由小变大,而绿帘石等不稳定重矿物含量则由大变小,结合前人锆石年龄分析成果,结合构造背景、野外露头 and 构造缩短量特征,物源来自凹陷南面的昆仑山,且沉积期研究区距物源在 80km 以上。从岩心观察及分析化验资料来看,岩心整体褐色,块状层理、波状层理、斜层理、冲刷构造,虫孔、重荷膜、泥岩撕裂屑等沉积构造,分选较好-中等,普遍含灰(6-14%),平均 9.8%,主要发育重晶石、黄铁矿、硬石膏、天青石 4 种自生矿物,指示干燥气候下的湖相沉积环境。岩心上多呈多个复合正韵律,测井曲线也呈现正反复合韵律和反韵律,砂地比 0.25-0.51, C-M 图上,发育 QR 和 RS 段,以反映悬浮搬运为主,悬浮组分含量高。通过岩心、测井和地震资料,主要识别出 3 种微相类型:水下分流河道呈现箱形和钟形,岩心上以细砂岩为主,下粗上细,地震上表现为强波谷,河口坝表现为向上变粗的漏斗形,主要为中强反射,席状砂为指状,地震上表现为宽弱反射,在粒度概率曲线上,水下分流河道发育两段式、河口坝一跳一悬夹过渡式。首次在该区采用综合结构系数法确定沉积相类型,通过综合结构系数、成熟度阶段、成熟度体系表明:研究区属于干旱环境下湖泊-三角洲沉积体系,分流河道综合结构系数在 29.7-35.82 之间,河口坝平均为 17.3,席状砂为 9.91,河道间为 6.29。综合分析认为西河甫组 X7-X8 段为干旱氧化浅水环境下发育的三角洲-湖泊沉积体系,沉积模式表明:在西河甫组沉积期,来自南昆仑及以南的物源,经过河流搬运,在研究区入湖,沉积了这套三角洲-湖泊沉积,往南的河流相和同期两侧砂体可以作为下一步勘探和评价的有利区。研究区储层以长石岩屑砂岩、岩屑砂岩为主,少量岩屑长石砂岩,整体物性较好,孔隙度主要集中在 7.1-12.8%,渗透率在 3.4-75mD,物性除了受沉积相控制外,还与碳酸盐岩含量相关,相关度达 78%以上,填隙物主要为泥质和方解石,孔隙类型主要为原生粒间孔和粒间溶孔,储层平面上呈南北向展布为主,呈朵状或条带状,受沉积微相控制,研究结果表明纵向同一套砂体动态不连通是由于河道的非均质性造成,横向不同砂体连通是由河道切叠造成,本次研究将为塔里木盆地柯克亚西河甫组下一步勘探开发提供参考。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地; 西河甫组; 浅水三角洲; 储层分布



摘要 ID: 2502

主题分类: 沉积学基础理论与进展》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 基于地震沉积学优化的沉积相研究——以西湖凹陷斜坡带为例

张兰\*

中海石油(中国)有限公司上海分公司

西湖凹陷是东海陆架盆地中规模最大、油气资源最丰富的凹陷,主要目的层为始新统平湖组和渐新统花港组。其中,平湖组为一套海陆过度的含煤地层,地层埋深大(3500m~4700m),沉积环境复杂,主要发育半封闭海湾、潮坪、受潮汐影响的三角洲相,储层横向变化快,砂、泥、煤岩性组合复杂。在此地质背景下,平湖组沉积相研究至今仍以地质模式为主,对沉积体的展布形态、范围及规模缺乏系统的定量化表征。地震沉积学是研究沉积形态的重要方法之一,尤其适应于海上工区范围广阔和单井基础资料匮乏的情况。但鉴于本区岩性分布复杂、煤层干扰严重,波阻抗呈多极分布,依靠 $90^\circ$ 相位地震体校定岩性困难,常规地层切片的效果难以满足生产需求,严重阻碍了西湖凹陷的滚动挖潜。

本文综合地震、岩芯、测井等资料,深入分析斜坡带平湖组煤系地层的井震响应特征,首先建立研究区高精度煤层等时地层格架,将平湖组P0~P12层划分出两套三级层序,内部细分为低位域、海侵域、高位体域。在层序格架约束下,基于地震沉积学原理,重点从三个方面对传统两项关键技术进行发展完善:常规地震找“形”,梯度数据体识“砂”,基于本区砂泥煤岩石物理特征分析,认为AVO梯度体与砂岩有较好的对应关系,用常规地震体和AVO梯度体迭代分析,替代单一 $90^\circ$ 相位体进岩性标定,建立一套适用于本区的切片流程;克服单一属性预测的瓶颈,探索多属性综合分析方法,传统切片以振幅类属性为主,易于识别地质体主体形态,但细节不够清晰,频率、相位、波形等属性虽然地质含义解释困难,但在刻画岩性边界、透镜体范围、窄水道形态上效果突出,融合多属性的特点和优势,刻画不同规模的水道与三角洲的展布特征,大幅提升本区储层预测精度;地震相识别与拼接,在地震地貌形态指引之下总结本区不同类型水道地震相特征:多期迁移叠置的水道带(宽1.2~2km),为冲刷充填特征,低频,中强反射,中等规模水道(宽0.5~1.2km)为微幅下切和微幅丘型的复波特征,冲刷强度中等,小规模水道(宽0.1~0.5km)为透镜体特征,通常是小河道和小潮道,冲刷强度较弱。基于上述研究,结合古地貌、岩心、测井对不同区块间地震相进行有效拼接,开展典型切片沉积学解释:SQ2海侵域为泥包砂背景,潮坪沉积为主,潮道规模较大,局部发育孤立水道和三角洲沉积,沿凹陷长轴方向呈南北向展布;SQ3低位域发育建设性三角洲和萎缩期曲流河,可见中等规模的水道沿凹陷长轴方向展布,海侵域研究区南部受潮汐影响强,中小规模潮道频繁发育,垂直岸线方向近东西向展布,向北潮汐作用减弱,河控作用增强,发育受潮汐影响的分流河道,高位域为砂包泥特征,发育受潮汐影响的三角洲,以大规模的北西-南东向分流河道为主,局部可见东西向小型分支水道。研究表明本区以北西顺向断阶物源为主,西侧物源为辅,物源-古地貌-水体综合控制了平湖组沉积展布。

本文创新性地将AVO梯度体分析技术、多属性综合分析技术、地震相识别、拼接等技术有效地应用于地震沉积学研究流程,深入探讨了平湖斜坡带平湖组的沉积特征及主控因素,为该区油气藏的钻探提供了重要依据。

### 参考文献

**关键词** 地震沉积学, AVO数据体, 多属性, 地震相, 西湖凹陷



最摘要 ID:2510

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

终交流类型: 展板

## 南海北部海底峡谷重力流沉积体系研究进展

周伟\*

成都理工大学

成都理工大学能源学院

海底峡谷是深水重力流沉积体系发育的有利场所。

参考文献

关键词



摘要 ID: 2548

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 被动大陆边缘盆地复杂陆坡区重力流源-汇过程分析

陈亮\*

中国海洋石油国际有限公司

被动大陆边缘盆地的源-汇系统由陆架区、陆坡区、深海平原多个地貌带所组成。陆坡以及深海平原是深水重力流的最终沉积区, 其研究长期受到高度关注[1-6]。提出将沉积物从陆架到陆坡的整个沉积动力学过程看成一个完整的源-汇系统来探讨深水重力流沉积的富集机理。选取陆坡迁移轨迹研究陆架区对陆坡重力流沉积的物源供给强度。首先平直型-下降型迁移轨迹代表海平面下降, 物源供给较强, 所对应的陆坡上更有利于发育大型重力流沉积; 而高角度上升型迁移轨迹代表海平面迅速上升, 物源供给减弱, 陆坡上深水重力流沉积的规模较小。物源决定了深水重力流是否发育, 而陆坡构造古格局决定了深水重力流在哪发育。区域大型反转构造对深水重力流的控制表现为充填-溢出模式, 重力流沉积主要分布在大型反转构造分隔的内外微盆。局部小构造对重力流的控制表现为限制、改向和迁移。通过源-汇过程分析, 可全面、整体了解陆坡区深水重力流的源-汇沉积过程, 明确有利砂体分布, 对深水油气勘探具有一定的指导意义。

**参考文献** [1] 庞雄, 朱明, 柳保军, 等. 南海北部珠江口盆地白云凹陷深水区重力流沉积机理[J]. 石油学报, 2014, 35(4): 646-653. Pang Xiong, Zhu Ming, Liu Baojun, et al. The mechanism of gravity flow deposition in Baiyun sag deepwater area of the northern South China Sea[J]. Acta Petrolei Sinica, 2014, 35(4): 646-653. [2] 解习农, 陈志宏, 孙志鹏, 等. 南海西北陆缘深水沉积体系内部构成特征[J]. 地球科学, 2012, 37(4): 627-634. Xie X N, Chen Z H, Sun Z P, et al. Depositional Architecture Characteristics of Deepwater Depositional Systems on the Continental Margins of Northwestern South China Sea[J]. Earth Science, 2012, 37(4): 627-634. [3] Gong C, Wang Y, Zhu W, et al. Upper Miocene to Quaternary unidirectionally migrating deepwater channels in the Pearl River Mouth Basin, northern South China Sea[J]. Aapg Bulletin, 2013, 97(2): 285-308. [4] 杨帆, 于兴河, 李胜利, 等. 西澳大陆架深水重力流砂体富集规律及主控因素[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2016, 38(2): 68-78. Fan Y, Xinghe Y U, Shengli L I, et al. Sandbody Accumulation Pattern and Key Controlling Factors of Deepwater Deposits in Northwest Australian Shelf[J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2016. [5] 庞雄, 彭大钧, 陈长民, 等. 三级“源-渠-汇”耦合研究珠江深水扇系统[J]. 地质学报, 2007, 81(6): 857-864. X. Pang, D. Peng, C. Chen, et al. Three hierarchies “source-conduit-sink” coupling analysis of the Pearl River Deepwater Fan System[J]. Acta Geologica Sinica, 2007. [6] 林畅松, 夏庆龙, 施和生, 等. 地貌演化、源-汇过程与盆地分析[J]. 地学前缘, 2015, 22(1): 9-20. Lin C, Xia Q, Shi H, et al. Geomorphological evolution, source to sink system and basin analysis[J]. Earth Science Frontiers, 2015, 22: 9-20.

**关键词** 陆坡迁移轨迹; 物源供给; 源-汇; 重力流; 迁移



摘要 ID:2896

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## Boron proxies record paleosalinity variation in the North American Midcontinent Sea in response to Carboniferous glacio-eustasy

魏巍<sup>1</sup>、余文超\*<sup>1</sup>、杜远生<sup>1</sup>、Thomas J. Algeo<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. University of Cincinnati

Salinity variation in ancient epicontinental seas has long been challenging to reconstruct. We determined salinity variation in the Late Pennsylvanian North American Midcontinent Sea based on normalized boron concentrations (B/Ga) and isotopic compositions ( $\delta^{11}\text{B}$ ) of bulk shale. We analyzed the Stark Shale Member of the Missourian Stage Dennis Limestone cyclothem in the Charleston core (CC) from the Illinois Basin (eastward, more proximal) and the Iowa Riverton core (IRC) from the Midcontinent Shelf (westward, more distal). Both cores exhibited the same pattern of secular variation, with lower B/Ga and  $\delta^{11}\text{B}$  values at their base and top, recording less saline conditions during lower sea-level stands, and higher values in their middle part, recording more saline conditions at highstands—a pattern that conforms to conventional sequence stratigraphic and glacio-eustatic interpretations of Midcontinent cyclothem. At equivalent stratigraphic levels, B/Ga and  $\delta^{11}\text{B}$  values are systematically lower at CC relative to IRC, reflecting the generally lower salinity conditions of the Illinois Basin relative to the Midcontinent shelf, which is consistent with greater freshwater influence from the east due to heavy river runoff into the Appalachian foreland basin. Our findings serve to demonstrate the utility of paired B concentration and isotope data for paleosalinity analysis of deep-time shale formations.

**参考文献** Wei, W., Yu, W., Algeo, T. J., Herrmann, A. D., Zhou, L., Liu, J., Wang, Q. & Du, Y. (2022). Boron proxies record paleosalinity variation in the North American Midcontinent Sea in response to Carboniferous glacio-eustasy. *Geology*, 50(5), 537–541.

**关键词** boron; salinity; shale; marginal marine;



摘要 ID: 3044

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 琼东南盆地梅山组浊积扇与海南岛物源源汇关系分析

贾万丽\*、李建平

中海油研究总院有限责任公司

琼东南盆地中央峡谷中新统黄流组-上新统莺歌海组已发现陵水 17-2 等大中型气田, 但对中-深层梅山组勘探尚未取得重大突破, 究其原因是如何找寻梅山组展布砂体及其控砂机制。基于此, 拟以盆地中央坳陷西北段梅山组浊积扇砂岩为解剖对象, 采用微观薄片观察、岩矿组分统计和同位素测试, 结合宏观构造演化和河道发育刻画, 对“源-汇”系统要素和控砂机制进行了分析。结果表明, YC35-X 浊积扇区是海南岛、越南中部和红河多物源供给, 沿红河断裂带 1 号和 13 号断裂和多期河道, NW 至 SE 向搬运和沉积。YC24-X 和 LS13-X 井浊积扇区是海南岛物源供给, 经 5 号、3 号和 2 号断裂和多期河道, NNW 至 SSE 向搬运和沉积。ST36-X 井浊积扇区为海南岛不同分支物源, 经 5 号、6 号和 2 号断裂和多期河道, NE 至 SW 向搬运和沉积。琼东南盆地中央坳陷西北段梅山组源-汇系统总体受海南岛物源绝对控制, 表现为海南岛、红河和越南中部等多物源供给格局、沿继承性活动断裂和多期发育的河道汇聚、沉积在海底扇底部。YC35-X 和 ST36-X 浊积扇区东北向是盆地中央坳陷西北段梅山组较为有利浊积砂体发育区带。

**参考文献** 解习农, 任建业, 雷超, 2012. 盆地动力学研究综述及展望[J]. 地质科技情报, 31(5): 80-88. 祝彦贺, 朱伟林, 徐强, 等, 2011. 珠江口盆地 13.8Ma 陆架边缘三角洲与陆坡深水扇的“源-汇”关系[J]. 中南大学学报(自然科学版), 42(12): 3827-3834. 林畅松, 夏庆龙, 施和生, 等, 2015. 地貌演化、源-汇过程与盆地分析[J]. 地学前缘, 22(1): 9-20. 刘强虎, 朱筱敏, 李顺利, 等, 2016. 沙垒田凸起前古近系基岩分布及源-汇过程[J]. 地球科学, 41(11): 1935-1949. 李顺利, 朱筱敏, 李慧勇, 等, 2017. 源-汇系统要素定量表征及耦合模式—以沙垒田凸起与沙南凹陷沙河街组为例[J]. 中国海上油气, 29(4): 39-50. 徐长贵, 加东辉, 宛良伟, 2017. 渤海走滑断裂对古近系源-汇体系的控制作用[J]. 地球科学, 42(11): 1871-1882. 朱红涛, 徐长贵, 朱筱敏, 等, 2017. 陆相盆地源-汇系统要素耦合研究进展[J]. 地球科学, 42(11): 1851-1870. 李克永, 李文厚, 宇振昆, 等, 2020. 鄂尔多斯盆地二叠系盒 8 期源-汇系统时空耦合控砂机制[J]. 西北大学学报(自然科学版), 50(2): 183-192. 商晓飞, 李蒙, 刘君龙, 等, 2022. 基于源-汇系统的砂体分布预测与三维地质建模—以四川盆地川西坳陷新场构造带须二段为例[J]. 天然气工业, 42(1): 62-72. 徐长贵, 2013. 陆相断陷盆地源-汇时空耦合控砂原理: 基本思想、概念体系及控砂模式[J]. 中国海上油气, 25(4): 1-11. 徐长贵, 杜晓峰, 徐伟, 等, 2017. 沉积盆地“源-汇”系统研究新进展[J]. 石油与天然气地质, 38(1): 1-11. 邵龙义, 王学天, 李雅楠, 等, 2019. 深时源-汇系统古地理重建方法评述[J]. 古地学报, 21(1): 67-81. 陆威延, 朱红涛, 徐长贵, 等, 2020. 源-汇系统级次划分方法及应用[J]. 地球科学, 45(4): 1327-1336. 姚哲, 王振峰, 左倩媚, 等, 2015. 琼东南盆地中央峡谷深水大气田形成关键要素与勘探前景[J]. 石油学报, 36(11): 1358-1366. 王振峰, 孙志鹏, 张迎朝, 等, 2016. 南海北部琼东南盆地深水中央峡谷大气田分布与成藏规律[J]. 中国石油勘探, 21(4): 54-64. 施和生, 杨计海, 张迎朝, 等, 2019. 琼东南盆地地质认识创新与深水领域天然气勘探重大突破[J]. 中国石油勘探, 24(6): 691-697. 甘军, 梁刚, 李兴, 等, 2021. 琼东南盆地梅山组海底扇天然气成因类型及成藏模式[J]. 地质学报, 95: doi:10.19762/j.cnki.dizhixuebao2022255. 尤丽, 江汝锋, 徐守立, 等, 2021. 琼东南盆地深水区乐东—陵水凹陷梅山组天然气成藏特征与勘探潜力[J]. 中国海上油气, 33(5): 24-31. 王春修, 1992. 琼东南盆地晚新生代层序地层学研究[J]. 中国海上油气, 6(5): 11-19. 姚根顺, 袁圣强, 吴时国, 等, 2008. 琼东南盆地深水区双物源沉积模式及勘探前景[J]. 石油勘探与开发, 35(6): 685-691. 王永凤, 王英民, 李冬, 等, 2011. 琼东南盆地中央峡谷早上新世沉积物稀土元素特征及物源分析[J]. 石油天然气学报, 33(6): 50-52. 李冬, 徐强, 王永凤, 2015. 琼东南盆地上新世中央峡谷物源分析及其意义[J]. 沉积学报, 33(4): 659-664. 张道军, 张迎朝, 邵磊, 等, 2017. 琼东南盆地中央峡谷沉积物源探讨[J]. 天然气地球科学, 28(10): 1574-1581. 尹娜, 杨海长, 马明, 等, 2017. 琼东南盆地上中新统—上新统中央峡谷沉积物来源[J]. 天然气地球科学, 28(10): 1582-1592. 李安琪, 胡林, 王真真, 等, 2021. 琼东南盆地乐东凹陷梅山组海底扇沉积演化及油气地质意义[J]. 油气地质与采收率, 28(2): 76-84. 罗泉源, 焦祥燕, 刘昆, 等, 2020. 乐东—陵水凹陷梅山组海底扇识别及沉积模式[J]. 海洋地质与第四纪地质, 40(2): 90-99. 龚再升, 李思田, 谢泰俊, 等, 1997. 南海北部大陆边缘盆地分布与油气聚集[M]. 北京: 科





学出版社. 谢玉洪, 童传新, 范彩伟, 等, 2015. 琼东南盆地断裂系统特征与演化 [J]. 大地构造与成矿学, 39(5): 795-807. 尤丽, 刘才, 钟佳, 等, 2017. 琼东南盆地西区梅山组海底扇岩相—地球化学特征及源区意义 [J]. 地球科学, 42(9): 1531-1540. 王真真, 王世朝, 李安琪, 等, 2021. 红河断裂活动对琼东南盆地环崖南凹陷构造-沉积-成藏的影响 [J]. 海相油气地质, 26(1): 51-59. 苏明, 张成, 解习农, 等, 2014. 深水峡谷体系控制因素分析—以南海北部琼东南盆地中央峡谷体系为例 [J]. 中国科学: 地球科学, 44(8): 1807-1820. 郭雯, 刘永涛, 赵俊峰, 等. 层拉平技术在地震解释中的深化应用 [J]. 石油地球物理勘探, 2020, 55(5): 1110-1120. 王策, 梁新权, 童传新, 等, 2014. 莺歌海盆地东北部邻区 7 条主要入海河流重砂矿物特征及其地质意义 [J]. 沉积学报, 32(2): 228-237. 常健, 张应麟, 邱楠生, 等, 2021. 基于碎屑锆石形态学和热年代学特征解析天山隆升过程 [J]. 中国科学: 地球科学, doi: 10.1360/SSTe-2021-0270. 周俊葵, 邵磊, 乔培军, 等, 2020. 南海北部深海盆地上中新统浊积砂体物源分析 [J]. 古地学报, 22(4): 775-784. Wang C, Liang X Q, Xie Y H, et al, &nbsp;2014. Provenance of Upper Miocene to Quaternary sediments in the Yinggehai-Song Hong Basin, South China Sea: Evidence from detrital zircon U-Pb ages [J]. Marine Geology, 355(9): 202-217. Lyu Chengfu, Li Chao, Chen Guojun, et al, 2021. Zircon U-Pb age constraints on the provenance of Upper Oligocene to Upper Miocene sandstones in the western Qiongdongnan Basin, South China sea [J]. Marine and Petroleum Geology, 126: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104891>. Allen P A, 2008. From landscapes into geological history [J]. Nature, 451: 274-276. Sagy Y., Dror O., Gardosh M., et al, 2020. The origin of the Pliocene to recent succession in the Levant basin and its depositional pattern, new insight on source to sink system [J]. Marine and Petroleum Geology, 120: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2020.104540>. Bernet M, Garver J I, 2005. Fission-track analysis of detrital zircon [J]. Reviews in Mineralogy & Geochemistry, 58(1): 205-237. &nbsp;

**关键词** 源-汇系统; 岩矿组分分析; 梅山组; 同位素测试; 浊积扇



摘要 ID: 3078

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 白垩纪“湖相红层”：大洋富氧事件的陆地响应？

王任\*

中国地质大学（武汉）

白垩纪时期曾发生过大规模的火山活动、极端温室气候及生物灭绝事件、全球大洋缺氧及富氧事件等地球表层系统的重大地质事件，对地球产生了深刻的影响，其中大洋富氧事件及其所导致的“大洋红层”沉积在海洋沉积记录上间断出现，一直以来都是白垩纪研究的热点（王成善和胡修棉，2005；王成善，2009；Hu et al., 2012）。然而，与稳定沉积的海相红层相比，我国陆相盆地广泛发育白垩纪“湖相红层”，其分布时空变化大、环境背景复杂且成因具有多解性，研究较为滞后（Du et al., 2011；Wang et al., 2017）。研究发现，中国东部盆地白垩纪的“黑-红”沉积记录转变与大洋缺氧和富氧事件具有时间上的可对比性（陈雪凝，2007），因此或许存在海陆协同沉积过程及耦合机制，白垩纪“湖相红层”是否为大洋富氧事件的陆地响应？一直以来存在很大的争议。

研究以中国东部海域北黄海盆地发育的白垩纪湖相红色泥岩为主要对象，利用岩石矿物学、沉积学以及无机地球化学手段，对比同时期“大洋红层”，开展系统的岩矿组成及关键矿物的显微形貌、时空分布规律、区域地质差异、环境气候特色与成因机制等方面的对比分析，结果表明：1）“大洋红层”与“湖相红层”岩心显示红色均匀分布，无斑点状颜色，均为同沉积期-成岩早期阶段的产物，致色因子均为赤铁矿，前者以陆源输入为主要物质来源，后者受火山和热液活动影响强烈。2）“大洋红层”与“湖相红层”普遍垂向沉积厚度大、区域连续稳定分布（前者全球广泛分布，后者区域或盆地范围内集中分布），且具有一定的全球等时性。3）“湖相红层”的Fe元素含量远高于上地壳，“大洋红层”则无明显异常，认为亚洲东部多个地区发育的白垩纪“湖相红层”与同时期东亚俯冲后大规模伸展成矿和强烈的火山-岩浆热液事件有关。4）“大洋红层”与“湖相红层”的沉积气候环境具有显著差异性，前者代表了全球气候变冷期的深水氧化环境，后者指示了氧化并伴有季节性降水的环境和湿热或干冷与半湿润交替变化的气候条件，表明陆地系统环境和古气候演变更加复杂、且更易产生波动。5）“大洋红层”的形成受气候的负反馈机制驱动，与古气候和古海洋运动有一定关联，是一系列不同地质过程的共同作用结果；而“湖相红层”更多受控于局部气候环境变化和区域构造事件，因此其可能是一期（或连续多期）大规模火山-岩浆热液作用的结果，研究能够为区域构造地质及板块动力学的研究提供新思路。

本研究由国家自然科学基金项目（42202121）资助。

**参考文献** [1] 王成善, 胡修棉. 白垩纪世界与大洋红层[J]. 地学前缘. 2005, 02:11-21. [2] 王成善, 曹珂, 黄永建. 沉积记录与白垩纪地球表层系统变化[J]. 地学前缘, 2009, 16(05):1-14. [3] 陈雪凝, 陆永潮, 吴河勇. 白垩纪大洋沉积转变期间松辽盆地的沉积响应[J]. 天然气勘探与开发, 2007, 30(3):32-36. [4] Du X B, et al. Distribution of continental red paleosols and their forming mechanisms in the Late Cretaceous Yaojia Formation of the Songliao Basin, NE China. *Cretaceous Research*, 2011, 32(2), 244-257. [5] Hu X M, et al., Cretaceous oceanic red beds (CORBs): Different time scales and models of origin. *Earth-Science Reviews*, 2012, 115(4), 217-248. [6] Wang R, et al. Hydrothermal indications of Early Cretaceous red beds in lacustrine successions, North Yellow Sea Basin, eastern China. *Marine and Petroleum Geology*, 2017, 88, 739-755.

**关键词** 白垩纪；湖相红层；沉积记录；大洋富氧事件



摘要 ID:924

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地杭锦旗地区山西组—石盒子组胶结作用和溶蚀作用对储层成岩质量的影响

张悦、田景春\*、张翔  
成都理工大学 沉积地质研究院

鄂尔多斯盆地杭锦旗地区致密砂岩气主要集中在上古生界, 研究该时期的胶结作用和溶蚀作用对储层成岩质量有一定的指导意义。本文通过对野外岩心、普通薄片、铸体薄片的观察, 确定岩石类型, 同时采用扫描电镜、阴极发光等手段分析太原组—石盒子组的胶结作用和溶蚀作用, 进一步明确了其对储层质量的影响。结果表明: 研究区岩性主要为细砂岩、粉砂岩、粗砂岩、泥岩、含砾粗砂岩以及煤层; 成岩作用中对孔隙起破坏作用的主要是高岭石胶结, 高岭石胶结分两期, 早期为泥质杂基蚀变的高岭石, 有利于储层微孔的增加, 晚期自生沉淀的高岭石充填部分次生粒间孔隙, 对储层起到破坏作用; 方解石含量愈高, 原生粒间孔或次生粒间孔的充填成度越高, 面孔率愈低, 储层孔隙质量愈差; 有较为明显且分布广泛的硅质胶结, 强烈的石英胶结可以导致孔隙减少甚至消失; 而长石、泥板岩等组分的溶蚀作用产生的次生孔隙, 使储集层的孔隙结构得到改善, 形成了以次生孔隙为主的储集空间。胶结作用对储层孔隙发育有重要的封堵作用; 溶蚀作用增加了储层的孔渗性。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯; 杭锦旗; 胶结作用; 溶蚀作用; 储层质量



摘要 ID:1162

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：专题邀请报告

## 鄂尔多斯盆地延长组长 6 致密油储集砂体特征及成因

田景春\*、梁庆韶、王峰、余威  
成都理工大学

鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 6 油层组是盆地内致密油富集层段之一，致密油储集砂体特征及成因研究对于盆地内致密油的进一步勘探、开发具有重要的指导意义。因此，本文以众多前人研究成果为基础，以位于湖盆中部的华池-庆阳地区长 6 油层组为研究对象，以致密油储集砂体特征及成因为研究重点，通过对区内众多钻井岩心的详细观察描述和室内综合分析，阐明长 6 油层组致密油储集砂体类型及特征，进而深入分析不同类型储集砂体叠置关系，最终建立其成因模式。结果表明：研究区长 6 油层组致密油储集砂体包括 4 种类型：三角洲前缘砂体、震积砂体、碎屑流砂体、浊流砂体，它们在垂向上构成不同的叠置关系，主要包括：震积砂体与三角洲前缘砂体叠置；震积砂体与碎屑流砂体的叠置；碎屑流砂体与浊积砂体叠置；震积砂体、碎屑流砂体、浊积砂体叠置。在上述基础上，建立了上述四种类型致密油砂体的成因演化模式。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地；长 6 油层组；致密油；储集砂体；成因模式



摘要 ID:1687

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地海相碎屑岩沉积特征与砂体构型

贾进华\*

中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院

塔里木盆地志留系-石炭系发育典型的滨岸碎屑沉积体系。近十几年来,海相碎屑岩勘探经历了构造圈闭勘探到岩性地层圈闭勘探的变化。目前已探明15个油气田(藏),主要分布在塔北和塔中两大古隆起,累计探明储量2.1亿吨(油当量),具有较大的勘探潜力。通过精细沉积学和高分辨率层序地层学研究,海相碎屑岩分布广泛,沉积类型丰富。其中,东河砂岩是受多期海侵控制的超覆滨岸海滩砂体,志留系沥青砂岩主要以滨岸潮汐环境沉积为主,提出的层序格架内的砂体分布模式指导并得到了生产钻井证实。

东河砂岩为晚泥盆世晚期-早石炭世早期海平面上升背景下滨岸海滩相砂岩。东河砂岩段在全盆地范围内是一个明显的穿时沉积砂体,砂体分布主要受准层序、海平面升降、古隆起或古地貌、物源等控制,在不同地区与上覆泥岩构成多套区域储盖组合。通过井-震对比分析,塔里木盆地东河砂岩段-生屑灰岩段划分为1个层序和4个准层序组。早期低位体系域(准层序组I)局限于塔西南地区西部,以临滨-前滨亚相为主。晚期低位体系域(准层序组II)分布于盆地中西部地区,以宽阔的前滨、临滨亚相为主;塔北-塔中-巴楚地区东南部为宽阔的滨岸前滨-临滨亚相,盆地中部为临滨-过渡带亚相;盆地西南部为滨外浅海亚相泥岩。早期海侵体系域(准层序组III)沉积范围扩大,塔北-巴楚地区以滨岸前滨-临滨亚相为主,塔中地区以滨岸砂坝为主,盆地腹地以滨外浅海亚相泥岩为主。晚期海侵体系域(准层序组IV)沉积范围达最大,盆地中部以广阔的碳酸盐台地相为主,塔西南地区为局限-半局限台地相,塔北地区以混积浅海相为主,在跃南-羊屋-轮古井区发育滨岸相沿岸砂坝。志留系潮坪沉积体系可识别出河口湾、潮道、潮汐砂坝、砂坪、砂泥混合坪、泥坪、潮坪风暴岩、震积岩等多种沉积类型。河口湾相为早期的河道砂砾岩受改造后与潮坪相粉砂质泥岩或泥岩呈间互的沉积序列,形成河口湾-潮坪砂体。潮道微相具有下粗上细正粒序,底部发育冲刷面,为片状或块状泥砾层,向上为细砂岩,有的冲刷面不明显,发育各类交错层理。潮汐砂坝微相发育典型向上变粗的反粒序,以细砂岩和粉砂岩为主,或较均一不发育粒序层。潮间带砂坪为绿灰色细粉砂岩,单层较薄,顶底面平整,多与泥岩互层。潮下带多受到风暴和地震等事件的影响,含泥砾层的砾石受大风暴潮影响呈半直立状或扇状,形成风暴岩,局部受地震改造作用发育震积构造。潮汐砂体主要受控于古地貌和水动力、层序体系域、沉积微相等。其分布具有明显分带性,近海岸带泥岩成分较多。远离海岸带,砂体相对富集,以中细砂岩为主。砂体沿潮汐水道呈北西-南东向分布,与岸线近垂直或斜交,砂体连通性相对较好,其厚度在侧向上变薄,岩性由细砂岩相变为粉砂岩或粉砂质泥岩。在岩心尺度上,潮汐单砂体厚度一般为0.08-2.98m,平均0.78m。在钻井尺度上,可划分出9-13个砂层组,延伸长度可达5-10km,宽度约2.5-5km。

**参考文献** 贾进华,邹才能. 2012,中国古生代海相碎屑岩储层与油气藏特征,地球科学-中国地质大学学报,2012,37,增刊2:55-66. 贾进华,申银民. 2017,塔里木盆地东河砂岩段准层序组特征及岩相古地理与砂体分布,石油学报,38(2):135-149. 贾进华. 2019,古海岸带碎屑潮汐环境沉积微相与砂体分布——以塔中地区志留系为例,中国矿业大学学报,48(1):110-123

**关键词** 塔里木盆地;海相碎屑岩;沉积特征;砂体构型



摘要 ID:1792

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：展板

## 塔北隆起牙哈地区白垩系巴什基奇克组沉积微相特征及砂体叠置规律

杨华童\*

成都理工大学沉积地质研究院

前人对于塔里木盆地白垩系巴什基奇克组进行了大量的综合性研究，但是针对塔北隆起牙哈地区的研究较少。本文在结合前人研究成果基础上，通过岩心观察、薄片鉴定、扫描电镜分析以及测井等资料的分析，对牙哈地区巴什基奇克组沉积微相进行了精细刻画。通过白垩系顶部砂岩段岩心相、沉积构造、粒度特征及测井相等沉积环境标志的研究，认为巴什基奇克组为短流程辫状河沉积体系，为辫状河三角洲前缘沉积，进一步划分为水下分流河道、河口坝及分流间湾等三种沉积微相。水下分流河道沉积主要由含砾砂岩和砂岩组成，其中河床滞留泥砾沉积与下伏地层呈侵蚀冲刷接触，多呈撕裂状。河口坝发育较少，主要以砂岩为主。分流间湾沉积物粒度细，主要为红褐色泥岩、泥质粉砂岩和粉砂岩，夹少量灰绿色泥岩。牙哈地区巴什基奇克组具有高砂地比，砂体纵向叠置，横向迁移频繁，泥岩多呈薄夹层分布在透镜状砂体之间，揭示了物源供给充足，河流改道频繁特点。

### 参考文献

**关键词** 辫状河三角洲；沉积微相；砂体叠置；巴什基奇克组；牙哈地区



摘要 ID: 3398

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 新疆准噶尔盆地玛湖斜坡二叠系风城组黏土矿物环境示踪意义

王晔桐<sup>\*1,2</sup>、郭暉<sup>1</sup>、孙国强<sup>1</sup>、张顺存<sup>1</sup>

1. 中国科学院西北生态环境资源研究院

2. 中国科学院大学

摘要:

二叠纪是全球地质和气候转变的重要时期(Tabor and Poulsen, 2008)。沉积岩常常成为各种地质现象的载体,同时也是各种地质活动和地质事件的产物。其中,沉积岩中的黏土矿物在保留和记录气候变化、构造事件等地质信息上起到了突出作用。自生黏土矿物是区域气候变化和母岩控制的风化产物(Chamley, 1989),对环境变化极其敏感,是古环境变化信息的重要载体,广泛用于古气候恢复、地层对比、追踪物源和油气资源的勘探和开发(徐国真, 2017; 左俊, 2016)。准噶尔盆地二叠系风城组是重要的含油气层系,近年来的油气勘探不断取得新的成果。其特殊的碱湖环境也成为人们研究的热点。研究碱湖的沉积环境和古气候演化过程对指导油气勘探具有重要意义。

利用薄片鉴定、扫描电镜和X衍射等方法对准噶尔盆地二叠系风城组黏土矿物的组成特征及其形成条件进行分析。结果表明,准噶尔盆地二叠系风城组黏土矿物包括绿泥石、伊利石、伊-蒙混层和高岭石,主要发育于扇三角洲平原和前缘沉积环境。黏土矿物组合类型以I+I/S+C型为主,表现为伊利石含量高,伊利石/蒙脱石和绿泥石次之,高岭石含量低,蒙脱石缺失的特征。表明准噶尔盆地玛湖斜坡二叠系风城组沉积时期盆地整体上处于干旱-半干旱气候环境,化学风化作用弱。成岩环境发生在富K<sup>+</sup>和Mg<sup>2+</sup>的碱性环境中。同时,黏土矿物含量和类型的分布主要取决于距离物源的远近。靠近物源伊-蒙混层黏土矿物、自生高岭石及自生石英等矿物发育,远离物源则发育大量发育绿泥石、沸石类矿物、自生钠长石及自生石英等矿物。

**参考文献** 1. Chamley, H., 1989. Clay sedimentology. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, pp. 1-623. 2. Tabor N J, Poulsen C J. Palaeoclimate across the Late Pennsylvanian - Early Permian tropical palaeolatitudes: A review of climate indicators, their distribution, and relation to palaeophysiographic climate factors[J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 2008, 268(3-4):293-310. 3. 徐国真. 华南 P-Tr 之交黏土矿物与地球化学特征及其气候环境演变意义[D]. 中国地质大学, 2017. 4. 左俊. 青藏高原东北缘尖扎盆地黏土矿物特征及其古环境意义[D]. 长安大学, 2016.

**关键词** 准噶尔盆地; 二叠系; 风城组; 古气候; 黏土矿物



摘要 ID:2106

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 库车乌什凹陷神木园地区舒善河组基于相控的相对优势储层预测

石鋈鞅\*、彭坤、刘军、王祖君、朱梓强  
东方物探

乌什凹陷位于库车坳陷西段,西起阿合奇,东邻秋里塔格构造带,北靠南天山造山带,南与温宿凸起以断裂相接,是一个近北东向展布、发育于古生界基底之上的长条状中-新生代沉积凹陷。古近纪沉积以来,受乌什低梁带分割,发育东、西两大次凹。东、西次凹地层发育差异较大,西次凹缺失中生界地层,新生界地层直接披覆沉积于古生界地层之上;东次凹残留中生界地层。东次凹经历了三轮勘探工作,目前在神木园地区已有钻井11口,其中乌参1井、神木2井及神木1井获得油气突破,表明神木园地区白垩系舒善河组具有巨大的勘探潜力,但8口失利井也显示了该区油气成藏的复杂性。其主要原因因为研究区岩相变化快,构造极其复杂,地震解释难度大。因而采用分析物源-划分沉积相-精准预测砂砾岩分布的研究思路,再结合测井、地震在砂砾岩中寻找相对优势储层。在单井沉积微相划分的基础之上,通过岩性逐级识别,实现岩性准确分类解释,再分析舒善河组各砂层组顶、底界面岩性岩相组合及地震响应特征,明确地震剖面上波峰与波谷的地质含义,同时分析井-震统层差异原因;多方法、多手段确定地震属性时窗,确保属性能准确反映岩性分布规律与沉积相带特征;井-震结合,优选对砂砾岩最敏感的地震属性,刻画舒善河组砂砾岩平面分布。在地震属性分析基础之上,应用钻测井资料、岩心资料,将砂砾岩细分多种岩石相,明确舒善河组河道石英岩屑砂岩优势储层的物性特征、岩电性特征以及地震响应特征,结合地震属性与反演手段,精细刻画优势储层分布,为舒善河组下一步油气勘探开发工作提供地质依据。

**参考文献** [1]杨帆,贾进华.塔里木盆地乌什凹陷白垩系冲积扇-扇三角洲沉积相及有利储盖组合[J].沉积学报,2006,24(5):681-689.[2]周延钊,鲁雪松,刘华,等.库车前陆乌什凹陷东部构造-岩性油气藏储层物性及含油性主控因素[J].天然气地球科学,2016,27(6):994-1002.[3]季丽丹,顾家裕,赵亮,等.新疆乌什凹陷东部舒善河组沉积相及其储集性能研究.天然气地球科学,2009,20(6):884-889.[4]季丽丹,顾家裕,赵亮,等.新疆乌什凹陷东部舒善河组沉积相及其储集性能研究.天然气地球科学,2009,20(6):884-889.[5]刘军,王鹏程,陈军,等.地震沉积学技术在库车坳陷南斜坡白垩系砂体尖灭线识别中的应用.石油物探,2018,57(5):788-794.

**关键词** 乌什凹陷,神木园地区,舒善河组,储层预测,砂体





摘要 ID:2341

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 季节性河流-三角洲体系中超临界流沉积与地貌响应特征: 以岱海湖周缘沉积体系为例

谭程鹏\*

中国科学院地质与地球物理研究所

气候变化与沉积记录之间的响应关系是学术界长期探索的重要科学问题。季节性河流-三角洲体系以季节性变化的水动力机制为特征, 以超临界流动为主要沉积搬运过程, 是研究气候变化与沉积响应的重要载体。本文以内蒙古岱海湖现代沉积记录和地貌形态为研究对象, 围绕河流-三角洲体系中超临界流沉积特征与河道形态演化开展了系统研究。结果表明, 季节性河流-三角洲中大量发育平坦床沙、逆行沙丘、流槽-冲坑、周期阶坎等一系列超临界流沉积底形, 而洪水在雨季迅速形成并快速消退的水力学特征, 是形成并保存大量超临界流沉积的主要原因。此外, 通过无人机航测建立高精度地貌数据, 获得现今河道形态参数, 阐明了季节性河流由源到汇的定量演化规律, 揭示出季风气候是影响河道规模的重要因素。重建的水动力参数也表明, 超临界流态是季节性河流-三角洲沉积记录与河道形态的主控因素。通过与其它气候条件下沉积与地貌特征对比, 我们认为, 季节性河流-三角洲体系中超临界流沉积与地貌响应特征的广泛发育与该地区强烈的季风降水有关。这项工作加深了对从河流到三角洲沉积过程的基本理解, 强调了超临界流态在这些过程中的重要作用。未来, 我们希望以水动力学机制(超临界流)为桥梁, 建立沉积记录与气候变化(季风气候)之间的响应关系, 为地质记录的解释提供古气候学依据, 为古气候恢复提供新的沉积学证据, 进而推动沉积学与古气候学融通发展。

### 参考文献

**关键词** 季节性河流-三角洲; 超临界流; 沉积-气候响应; 季风; 岱海;



摘要 ID:2975

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地上古生界煤系气不同储集体的形成与分布

刘晓鹏<sup>\*1,2</sup>、赵会涛<sup>1,2</sup>、虎建玲<sup>1,2</sup>、康锐<sup>1,2</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院

2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

煤系气指煤系烃源岩母质在生烃演化过程中生成的赋存于煤系地层各类储集体中的天然气(秦勇, 2018), 随着储层改造工艺技术不断进步, 煤系气整体勘探开发日益受到人们的普遍关切。鄂尔多斯盆地上古生界先后经历了本溪至太原期的陆表海、山2期海陆过渡、山1-石千峰期陆相沉积的演化过程, 形成了铝土岩、灰岩、砂岩、泥页、煤岩等多类地层。盆地范围内大面积发育致密砂岩气(本溪组、山西组、太原组、石盒子组), 灰岩气(太原组), 铝土岩气(本溪组), 煤岩气(本溪组、山西组), 页岩气(本溪组、太原组、山西组)等多种类型气藏。平缓基底上的稳定沉降、陆源物质的周期性注入和水体大范围反复进退控制了上古生界砂岩、灰岩、铝土岩、煤岩、泥页岩等大面积储集体形成与分布。

平缓沉积底形的形成。鄂尔多斯地区古生代至侏罗纪为大华北克拉通盆地的一部分。受加里东构造影响, 奥陶纪末期整体抬升剥蚀1.3亿年, 基本准平原化。于中央古隆起东侧形成了广阔的风化夷平面, 在晚石炭本溪组沉积进一步广覆式填平补齐作用下(魏红红等, 1999; 郭英海, 2000), 平缓沉积底形正式形成。

陆源物质的周期性注入。晚石炭-二叠纪末期, 华北地块北与西伯利亚板块之间, 南与扬子板块之间的碰撞、拼合具有阶段性和周期性。碰撞期, 物源区快速抬升, 物源碎屑供给相对充足, 盆内海(湖)平面下降、发育三角洲体系, 形成砂岩、泥岩。碰撞间歇期物源碎屑供给不足、或海(湖)平面上升时, 形成煤岩、灰岩。

岸线大范围反复进退。本溪期早期, 华北海自NEE、祁连海沿SW和NNW方向侵入, 奥陶纪风化物钙红土残积物在淋滤作用下形成的含铝胶体受海侵影响短距离搬运形成铝质矿物富集, 奠定了铝土岩储层形成的基础; 本溪末期沉积基底由南隆北倾转为北隆南倾海退过程中大范围平坦、富水环境形成了广泛分布的8#煤层(尚冠雄, 1995)。早二叠世晚期三角洲沼泽和独立泥炭沼泽成为主要聚煤环境, 形成了大面积的5#煤层(桑树勋等, 2001)。8#、5#煤既是上古生界煤系气的主力烃源岩, 也是煤岩气的储层; 太原期4次大范围海侵形成了4套灰岩, 海退期(特别是斜道灰岩之上6#煤沉积期的海退), 大气淡水淋滤作用促进了灰岩溶蚀孔缝的形成; 平缓沉积底形上的海(湖)岸线大范围反复进、退也控制了大面积砂体的形成。海(湖)进过程中砂体横向摆动, 海(湖)退过程中砂体顺流进积, 形成了太原组、山西组、石盒子组等致密气主力含气层段。

**参考文献** [1]秦勇, 中国煤系气共生成藏作用研究进展[J]. 天然气工业, 2018, 38(4): 26-36. [2]郭英海, 刘焕杰. 陕甘宁地区晚古生代沉积体系[J]. 古地理学报, 2000, 2(1): 19-30. [3]魏红红, 彭惠群, 李静群, 等. 鄂尔多斯盆地中部石炭-二叠系沉积相带与砂体展布[J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 403-408. [4]尚冠雄. 华北晚古生代聚煤盆地造盆构造述略[J]. 中国煤田地质, 1995, 7(2): 1-6. [5]桑树勋, 陈世悦, 刘焕杰. 华北晚古生代成煤环境与成煤模式多样性研究[J]. 地质科学, 2001, 36(2): 212-221.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 上古生界; 煤系气; 储集体形成与分布



摘要 ID: 3045

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 多属性融合技术在识别致密气砂岩储层中的应用

成德安\*

大庆油田勘探开发研究院

四川盆地东北部地区晚三叠统须家河组二段为三角洲前缘沉积, 水下分流河道砂体发育, 致密砂岩具有前陆湖盆沉积特点, 砂体厚、储层薄, 导致单一属性预测储层有利发育区的多解性强, 需要多属性综合分析降低预测多解性。为了支撑该区的天然气勘探部署, 开展了致密砂岩气勘探开发技术攻关, 本文提出了在地质模式相控指导思想下, 基于精细单井相反射特征分析, 并结合相对波阻抗反演技术, 利用多属性融合识别砂体储层, 结合地震强振幅“亮点”刻画砂体富集层; 形成了针对须家河组致密砂岩地质特点的多属性融合砂体富集层识别技术。通过砂体富集层识别的实际应用评价, 从砂岩有利发育区平面展布、剖面形态及钻井验证分析了识别效果。与单一地震属性分析结果相比, 大幅度提高了识别河道砂体的能力。钻井实例证明, 该技术能够有效识别砂岩发育区, 可指导井位目标设计, 具有良好的实际应用价值。

**参考文献** 从四川盆地须家河组勘探成效看川东地区须家河组勘探潜力, 2015年全国天然气学术年会四川盆地中国石化探区须家河组致密砂岩气勘探开发进展与攻关方向, 石油与天然气地质, 2021, Vol. 42, Issue (4): 765-783

**关键词** 致密砂岩; 多属性融合; 亮点; 砂体富集层;



摘要 ID:1857

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地东北缘府谷天生桥剖面盒8段黏土矿物特征及其对储层的影响.

张雨辰\*、管晋红、胡作维、李云、詹旗胜、郭涛  
成都理工大学沉积地质研究院

黏土矿物是沉积成岩过程中的重要产物,其组合类型、产状在储层储集能力评估及油气藏“甜点”预测等方面具有重要意义。前人对苏东地区盒8段黏土矿物的研究都是基于钻井岩心、测井等井下资料,没有相应露头与之对应,由于府谷天生桥剖面与盒8段物源相似,古地理格局也相同,所以选择该剖面作为研究重点。本文通过铸体薄片鉴定、扫描电镜观察、粒度分析、黏土矿物X射线分析等资料对鄂尔多斯盆地东北缘府谷天生桥剖面盒8段黏土矿物特征及沉淀机制进行研究,探讨其对储层的影响。府谷天生桥剖面盒8段为含较多蚀变凝灰质的长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩,黏土矿物的主要类型为自生高岭石和自生绿泥石,其中自生高岭石含量最高,平均约为55%,其次为绿泥石,伊利石,伊蒙混层;高岭石和伊利石含量从盒8<sub>下</sub><sup>2</sup>亚段到盒8<sub>上</sub><sup>1</sup>亚段逐渐减少,绿泥石含量逐渐增多。自生高岭石主要是在酸性流体影响下长石和凝灰质蚀变的产物,分布于孔隙中央,其表面较“脏”;绝大多数的自生绿泥石是以绿泥石包膜的形式产出,还有部分自生绿泥石是由黑云母和凝灰质蚀变而成,充填于粒间孔隙中。盒8段砂岩成岩作用主要集中在中成岩阶段,其主要黏土矿物的成岩作用的顺序总结如下:压实作用→绿泥石包膜的形成→长石等岩屑溶解→方解石胶结→石英次生加大→自生高岭石沉淀。

府谷天生桥剖面盒8段黏土矿物对储层的影响具有两面性:当自生高岭石含量<5%时,有利于储层的发育,当自生高岭石含量>5%时,则会充填孔喉导致面孔率降低;当自生绿泥石以包膜的形式存在时有利于孔隙的发育,当自生绿泥石以孔隙充填方式产出时,则会堵塞孔隙。通过孔隙度的定量计算,盒8段主要的黏土矿物对储层有负面影响,其中高岭石充填作用导致孔隙度降低3.72%,其损失率为7.79%,绿泥石充填作用导致孔隙度降低1.97%,其损失率值为4.2%,高岭石对储层的破坏作用大于绿泥石,是影响盒8段储层的主要黏土矿物。

基金项目: No. 41772100, 41372113

作者简介: 管晋红(1996-),女,硕士,研究方向:沉积学, E-mail: 704777632@qq.com

通讯作者: 胡作维(1981-),男,教授,研究方向:沉积学, E-mail: huzuowei@foxmail.com

### 参考文献

**关键词** 黏土矿物;天生桥剖面;盒8段;沉淀机制;储层



摘要 ID:2007

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：口头报告

## 柴达木盆地英雄岭页岩油岩相特征及富集条件研究

邢浩婷、伍坤宇\*、赵健、张静、张娜、陆振华  
中国石油天然气股份有限公司青海油田分公司

柴达木盆地西部坳陷英雄岭地区古近系下干柴沟组上段为盆地新生界最主要的烃源岩层。自 2020 年区内页岩油勘探突破以来，青海油田已针对研究区页岩油资源潜力开始了系统研究和评价工作。为明确区内页岩油层系岩相特征及页岩油富集条件，以英雄岭古近系下干柴沟组上段富有机质页岩为研究对象，综合利用高分辨率岩心图像扫描、烃源岩热解、扫描电镜、核磁共振等分析化验手段，并结合地层微电阻率扫描成像（FMI）、岩性扫描（LS）、二维核磁（NMRNG）测井等技术对英雄岭页岩油层系岩相、物性、生烃潜力、地层含油性之间的关系以及区内页岩油富集条件开展了系统研究。结果表明：英雄岭页岩油层系主要发育纹层状灰云质页岩、块状灰质泥岩、块状砂质泥岩、薄层状泥质灰云岩和块状灰云质砂岩 5 类岩相，其中纹层状灰云质页岩相和薄层状泥质灰云岩相最为发育，且纵向高频叠置，为区内目的层优势岩相组合。烃源岩热解和原油赋存状态分析结果表明，纹层状灰云质页岩生、储指标俱佳，为典型的“源储一体”滞留型页岩油藏。相比之下，薄层状泥质灰云岩层生烃能力弱，但储集性能好（孔隙度 6~11%），邻近纹层状灰云质页岩生成烃类通过运移（<1m）至灰云岩夹层聚集成藏，为典型源内短距运移型页岩油藏。总体上，英雄岭古近系下干柴沟组上段受构造、古地理及古气候变化的控制，沉积期湖盆水体震荡萎缩、逐渐咸化、陆源补给弱、水体能量低、古盐度适中，半深湖-深湖相纹层状灰云质页岩和薄层状泥质灰云岩在凹陷区广覆式发育，平面上叠合连片，纵向上高频叠置，形成了累计厚度超过 1000 m 的有利源储组合，形成了英雄岭纹层-夹层复合型页岩油。

### 参考文献

**关键词** 英雄岭页岩油；纹层状灰云质页岩；薄层状泥质灰云岩；岩相；源内成藏



摘要 ID: 2029

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 珠江口盆地恩平凹陷文昌组三角洲前缘浊积砂体成因分析及特征研究

朱君雪\*、蔡国富、李颖薇  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

三角洲前缘重力流砂体是最有利的岩性油气藏类型之一,也是珠江口盆地古近系隐蔽型油气藏勘探取得突破的希望所在。通过运用层序地层学和地球物理方法,综合测井、地震、岩石薄片资料,对恩平凹陷文昌组三角洲前缘重力流砂体进行了分析。晚文昌期,区域应力方向由NW-SE向转变为NNW-SSE向,恩平17洼西侧边界断裂右旋走滑,南部隆起带发生逆时针旋转掀斜,隆起带强烈抬升剥蚀,北东侧物源区供给量加大,恩平17洼南部缓坡发育规模辫状河三角洲,沉积坡折向湖盆中心迅速前移。文昌组二段高位域时期,湖平面下降,恩平凹陷南部隆起带发育进积型辫状河三角洲,沉积破折处三角洲前缘砂体沉积失稳,朵体末端发生滑塌,在前缘远端湖盆中心处形成浊积体。滑塌浊积体在地震上具有低频连续强振幅反射特征,呈透镜状展布;测井曲线GR具高幅度齿化箱形突变特征;井壁取心岩性为细-中粗粒岩屑石英粗砂岩,差-中分选、磨圆棱角-次棱角状,薄片观察发现泥质岩屑多因沉积成因受压发生变形。以上特征均反映了滑塌浊积体事件性沉积特点。通过层序体系域的构建、沉积成因及特征分析有助于古近系岩性圈闭储层预测,该研究为在珠江口盆地古近系中寻找岩性油气藏开辟新的勘探领域。

### 参考文献

**关键词** 滑塌浊积体;三角洲前缘;沉积坡折;体系域



摘要 ID:3125

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地浅水三角洲前缘沉积特征与砂体构型-以宜川仕望河剖面长 9 油层组为例

任奕霖<sup>1</sup>、赵俊峰<sup>2\*</sup>、陈佳宇<sup>3</sup>

1. 长庆油田
2. 西北大学
3. 中油测井

三角洲前缘砂体作为油气重要储集体, 具有巨大的油气勘探潜力, 但目前通过野外露头对浅水三角洲前缘砂体构型的研究较少。以沉积学和储集层构型理论为指导, 结合野外露头描述和取样, 综合室内分析化验与统计分析的结果, 对鄂尔多斯盆地宜川仕望河剖面长 9 油层组的沉积特征与砂体构型进行分析。研究表明, 仕望河剖面长 9 油层组沉积时期气候温暖潮湿, 水体为分层不强的氧化—弱还原过渡的淡水, 主要发育浅水三角洲前缘亚相, 包括水下分流河道、河口坝、席状砂、分流间湾等微相, 长 9 油层组浅水三角洲前缘单砂体垂向叠置样式包括非连通式和连通式 2 种, 侧向接触样式包括对接式和切叠式 2 种。地形坡度和湖平面升降共同控制的可容空间增长速率与沉积物供给速率是影响复合砂体空间发育样式的重要因素, 缓坡使得河道下切能力相对较弱且具有平面交切的特征, 平面上升和物源供给减少使可容空间增长速率与沉积物供给速率之比增大, 导致砂体连通性减弱平面上升和物源供给减少使可容空间增长速率与沉积物供给速率之比增大, 导致砂体连通性减弱。

参考文献

关键词



摘要 ID:3161

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：口头报告

## 煤系三角洲沉积演化特征与洼陷区富砂机制 ——以吐哈盆地中下侏罗统水西沟群为例

王波<sup>\*1</sup>、陈旋<sup>2</sup>、刘少治<sup>1</sup>、于海跃<sup>2</sup>、肖健旺<sup>3</sup>

1. 杭州地质研究院
2. 吐哈油田分公司
3. 中国石油大学（北京）

吐哈盆地下侏罗统煤系地层油气资源潜力大<sup>[1]</sup>，探明程度低，丘东洼陷吉7H井获得油气勘探突破后<sup>[2]</sup>，先后部署的6口井均钻遇了三工河组规模砂体，展现了洼陷区岩性油气藏勘探的巨大潜力<sup>[3]</sup>。基于系统取芯井沉积结构精细描述，综合沉积背景、钻测井、地震及分析化验资料，系统研究了下侏罗统沉积体系及砂体展布特征，分析洼陷区规模砂体的成因及煤系三角洲的特殊性。结果表明：①煤系三角洲-湖泊沉积体系可识别上平原、下平原、前缘和前三角洲-浅湖四个亚相，发育三类主要砂体：上平原辫状河道砂体纵向交互、横向栉比；下平原分流河道砂体纵向成串、横向叠瓦；前缘水下分流河道砂体纵向叠置、横向连片，并建立基于砂-煤-泥三角量化微相识别图版。②煤系三角洲经历低位充填、沼泽湿地和高位补偿三段式沉积演化，湖盆底形从斜坡-坡折-平底锅转化，受沉积坡折控制，洼陷区发育规模砂体。③与传统辫状河三角洲或浅水三角洲相比，煤系三角洲沉积具有背景特殊性、平原二分性、沉积阶段性和砂体强非均质性的特点。

**参考文献** [1] 梁世君, 2020. 吐哈探区油气勘探成果及潜力[J]. 新疆石油地质, 41(6):631-641 Liang Shijun, 2020. Achievements and Potential of Petroleum Exploration in Yuha Oil and Gas Province[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 41(6):631-641 [2] 梁世君, 钱峰, 肖冬生, 2022. 吐哈盆地台北凹陷吉7H井侏罗系致密砂岩油气藏勘探发现与启示[J]. 中国石油勘探, 27(1):50-59 Liang Shijun, Qian Feng, Xiao Dongsheng, 2022. Exploration Discovery and Implications of the Jurassic Tight Sandstone Oil and Gas Reservoir in Well J7H in Taibei Sag, Turpan-Hami Basin[J]. China Petroleum Exploration, 27(1):50-59 [3] 何海清, 梁世君, 郭绪杰, 等, 2022. 哈盆地洼陷区中下侏罗统岩性油气藏风险勘探新发现及勘探前景[J]. 天然气地球科学, 33(07):1025-1035 He Haiqing, Liang Shijun, Guo Xujie, et al, 2022. New discoveries and exploration prospects of Middle and Lower Jurassic lithologic reservoirs in depression area of Turpan-Hami Basin[J]. Natural Gas Geoscience, 33(07):1025-1035

**关键词** 吐哈盆地；煤系三角洲；三工河组；规模砂体；沉积坡折





摘要 ID: 3310

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 基于深度学习的碎屑岩岩石薄片图像组构智能识别方法

李盼盼\*、李洋冰、税蕾蕾、柳雪青、臧春艳、贺银军  
中海油能源发展工程技术公司中海油实验中心

岩石薄片鉴定是石油地质实验的基础,对研究岩石矿物组分、结构、孔隙、填隙物以及成岩作用等具有十分重要的意义。该项传统实验经过六十余年的发展,目前仍是依靠人工进行岩石矿物的定量和定性鉴定,存在鉴定人才培养周期长、鉴定耗时多以及鉴定结果主观差异性大的缺陷。本文提出一种基于Efficientnet卷积神经网络的碎屑岩岩石薄片组分结构智能识别的方法:通过碎屑岩岩石薄片显微图像采集、图像预处理、模型搭建、矿物颗粒分割及标注、学习样本库建立、训练集输入以及测试集输出等步骤(图1),实现了岩石薄片显微图像大数据深度学习的组构智能识别,输出碎屑岩定量成分以及定性综合描述。显微图像采集是通过研发新型偏光显微镜,采集岩石薄片单偏光、正交偏光的原位多角度( $0^{\circ}$ 、 $36^{\circ}$ 、 $72^{\circ}$ 、 $108^{\circ}$ 和 $144^{\circ}$ )显微图像,以达到模拟人工动态鉴定目的,同时设计岩石样本全信息管理系统用于快速分类和查找图像样本。图像预处理通过光照均衡化、边缘增强和图像锐化等方法(图2),解决原始图像中光照不均及噪声等问题,为后续模块提供高质量的基础数据。基于多阶段数据处理分割算法,设计疏松和致密岩石图像矿物分割模型,实现矿物颗粒分割准确率达95%以上。在此基础上进行人机交互式矿物名称标注,系统将矿物颗粒单偏和正交多角度光性特征图像叠合提取单颗粒图,再将全消光无特征颗粒、与对应标签无相关特征以及特征不明显或特征与其它类别相似颗粒进行数据清洗,建立机器学习大数据集,形成约13万张单颗粒图像学习数据集,训练集1.5万张单颗粒多光性的图像,用于优化矿物识别模型。针对特征相似难区分的矿物,例如石英和正长石、绢云母化斜长石和千枚岩岩屑、花岗岩岩屑和石英岩岩屑等,提出“一次识别+二次识别”的方法,通过训练小分类模型来提升矿物识别的准确率。测试集包括15类矿物类型约1.5万张单矿物颗粒图像,与人工鉴定结果比对,矿物识别准确率达90%以上。颗粒分割模型中包含矿物颗粒粒径测量、粒级划分以及磨圆分选性统计算法,结合矿物识别及定量统计数据,输出碎屑岩岩石薄片鉴定综合报告和碎屑岩二级定名。该方法验证了通过深度学习的岩石薄片显微图像智能识别的可行性,且在定量输出方面识别系统准确度更高、统计速度更快,弥补了人工鉴定主观性影响的短板,在实际实验研究中具有较高的参考价值。

**参考文献** [1]&nbsp;高婷,杨洋,何江,2020.人工智能在岩石图像上的应用综述[J].中国石油和化工标准与质量,40(20):98-100.[2]&nbsp;程国建,刘丽婷,20216.深度学习算法应用于岩石图像处理的可行性研究[J].软件导刊,15(9):163-166.[3]&nbsp;SY/T 5368-2016 《岩石薄片鉴定》[S] 中华人民共和国石油天然气行业标准

**关键词** 碎屑岩;岩石薄片显微图像;深度学习;智能识别



摘要 ID: 3399

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 地震触发下砂岩侵入体变形模拟实验研究

刘作松、易雪斐\*、吉霞、向建波  
长江大学

砂岩侵入体形成的触发机制有差异压实、地震、流体注入、波浪、重力滑动等，但普遍认为地震是最常见的一种触发机制。目前对于地震触发的砂岩侵入体的变形机理还相对薄弱，本文通过建立一套模拟地震触发砂岩侵入体的实验装置，成功地模拟了地震的发生的不同阶段砂质的变化过程。基于对实验结果观察、分析，将地震触发砂岩侵入体的形成过程分为三个演化阶段，即：1) 震前阶段，局部地层因差异压实或地层饱含流体，导致砂质地层微弱起伏变形或无变化；2) 震中阶段，由于地震循环剪切波的影响以及不同介质内地震波波速存在差异，地层异常压力迅速增大并突破上覆盖层破裂强度，产生裂缝，同时砂质发生液化、流化形成一系列的变形构造；3) 震后阶段，伴随着余震的产生，液化砂质会继续进行小规模的迁移改动直到地震完全结束，砂岩侵入体整体形态固定。地震作用可以独立触发砂岩侵入，也可以诱发其他地质作用，共同控制砂岩侵入体的形成。

### 参考文献

**关键词** 地震；砂岩侵入体；物理模拟；形成机理



摘要 ID:2926

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 松辽盆地三肇凹陷徐家围子-升西向斜葡萄花油层油水分布特征及成藏模式

刘丽园\*、刘宗堡、刘涛  
东北石油大学

徐家围子-升西向斜区是松辽盆地三肇凹陷重要的岩性类油藏发育区,有丰富的油气资源,但其油水分布十分复杂,成藏主控因素的研究相对薄弱。因此本文以徐家围子-升西向斜为靶区,利用岩心、测井及地震数据对其油水分布特征及主控因素展开讨论。结果表明:徐家围子-升西向斜区不同构造部位油水富集具有差异性,从平面上看油藏主要分布在鼻状构造的构造高点及断裂密集带内部,从垂向上看不同断块油水界面不一致;青一段源岩提供充足的油气来源,分流河道砂体为油气富集提供储集场所,断裂、砂体及鼻状构造为油气运移提供通道;基于上述分析最终提出3种成藏模:1.侧向运移鼻状构造控藏模式;2.断层垂向输导断裂密集带控藏模式;3.斜坡断-砂匹配控藏模式。

**参考文献** [1] 吴河勇,王跃文,梁晓东,等. 向斜成藏理论及其石油地质意义 [J]. 地学前缘, 2015, 22(01): 181-188. [2] 赵文智,邹才能,汪泽成,等. 富油气凹陷“满凹含油”论——内涵与意义 [J]. 石油勘探与开发, 2004(02): 5-13. [3] 侯启军,赵占银,黄志龙. 松辽盆地深盆油成藏门限及勘探潜力 [J]. 石油勘探与开发, 2011, 38(05): 523-529. [4] 赵靖舟,付金华,姚泾利,等. 鄂尔多斯盆地准连续型致密砂岩大气田成藏模式 [J]. 石油学报, 2012, 33(S1): 37-52. [5] 刘宗堡,崔羽西,方庆,等. 凹陷向斜区岩性类油藏油富集主控因素及成藏模式——以松辽盆地升西—徐家围子向斜葡萄花油层为例 [J]. 沉积学报, 2014, 32(04): 776-783. [6] 林承焰,曹铮,任丽华,等. 松辽盆地南部大情字井向斜区葡萄花油层石油富集规律及成藏模式 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2016, 46(06): 1598-1610. [7] 孙雨,马世忠,姜洪福,等. 松辽盆地三肇凹陷葡萄花油层河控浅水三角洲沉积模式 [J]. 地质学报, 2010, 84(10): 1502-1509. [8] Liu C, Sun &nbsp; L, Li J, et al. Evaluation of the TOC of Source Rocks in Lacustrine Basins Using the Variable-Coefficient  $\Delta\text{LgR}$  Technique—A Case Study of the Xujiaweizi Fault Depression in the Songliao Basin [J]. Interpretation, 2019. [9] 赵春娟,徐淑娟,程宏岗,等. 松辽盆地徐家围子断陷沙河子组沉积相类型及演化模式 [J]. 沉积学报, 2022: 1-21. [10] 周翔,李绍虎. 基于层序地层格架的成岩作用研究——以徐家围子断陷沙河子组为例 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2022, 52(06): 1800-1812. [11] 钟安宁,周翔. 松辽盆地徐家围子断陷沙河子组物源与沉积体系分析 [J]. 沉积学报, 2020, 38(03): 610-619. [12] 蔡全升,胡明毅,胡忠贵,等. 强烈断陷期小型湖盆沉积充填演化特征——以松辽盆地徐家围子断陷宋站地区沙河子组为例 [J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(02): 259-269. [13] 张大智,初丽兰,李鑫,等. 断陷盆地致密砂砾岩储层甜点综合评价及勘探成效——以松辽盆地北部徐家围子断陷下白垩统沙河子组为例 [J]. 中国石油勘探, 2022, 27(05): 73-82. [14] Zhang C, Zhang D, Wu G, et al. Gravity inversion by improved iteration with variable density and its application in Xujiaweizi area [J]. Arabian Journal of Geosciences, 2019, 12(14). [15] Er C, Zhao J, Li Y, et al. Relationship between tight reservoir diagenesis and hydrocarbon accumulation: An example from the early Cretaceous Fuyu reservoir in the Daqing oil field, Songliao Basin, China [J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2022, 208. [16] 迟博,刘站立,王春瑞. 三肇凹陷石油富集规律 [J]. 大庆石油地质与开发, 2000(05): 4-6+67. [17] 王寿庆,许先华,何祖荣,等. 对三肇凹陷葡萄花油层油藏的再认识 [J]. 石油勘探与开发, 2003(06): 48-50. [18] 刘宗堡,孙龙,吕延防,等. 凹陷不同构造区油富集主控因素及成藏模式——以松辽盆地三肇凹陷葡萄花油层为例 [J]. 中南大学学报(自然科学版), 2015, 46(08): 2992-3002. [19] 邓庆杰,康德江,胡明毅,等. 松辽盆地三肇凹陷南部泉头组四段浅水三角洲河道储层构型特征 [J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(03): 513-524. [20] 孙雨,于利民,闫百泉,等. 松辽盆地三肇凹陷向斜区白垩系姚家组葡萄花油层油水分布特征及其主控因素 [J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(06): 1120-1130+1236. [21] 刘宗堡,赵森,吕延防,等. 松辽盆地三肇凹陷葡萄花油层地层减薄模式及控油意义 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(04): 984-990.



**关键词** 徐家围子-升西向斜；葡萄花油层；断裂密集带；油水分布；成藏模式；



摘要 ID: 3020

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 物源-地貌双控背景下海底扇沉积储层主控因素及勘探意义 -以琼东南盆地梅山组为例

李建平\*、贾万丽  
中国海油

琼东南盆地中新统梅山组浊积扇是南海北部天然气勘探的重要目标,其沉积机理、储层主控因素分析直接影响着该区天然气增储上产。根据海平面变化、海底地形地貌、同生断裂组合等因素,本文将琼东南盆地浊积扇分为陆棚扇、斜坡扇和盆底扇三大类。本文根据大量的岩心及井壁取心等实测资料,对该区钻井揭示的海底扇储层进行了系统分析。研究表明,琼东南盆地梅山组浊积扇储层物性除受到埋深影响外,不同物源以及不同地貌单元浊积扇储层物性差异较大,其中来自西部越东物源和西北部宁远河物源的盆底扇储层明显好于北部陵水河和万泉河物源的陆棚扇和斜坡扇。单一浊积扇储层受到物源、海平面变化、扇体类型及内部构成以及底流改造等因素控制,浊积扇类型及其内部组成、底流改造等是影响和控制浊积体储层品质的主要因素。相比而言,低位时期的断阶盆底扇、深洼盆底扇和峡谷切割深洼盆底扇是好-优质储层相对发育的浊积体类型,是重要勘探目标;而断控陡坡根部盆底扇和断控缓坡末阶盆底扇由于储层物性较差或储层不发育,勘探风险较大。因此,基于物源体系及地貌单元的浊积扇储层研究成果可广泛应用于深水浊积扇储层预测。

### 参考文献

**关键词** 南海北部、梅山组、海底扇、浊积扇分类、优质储层



摘要 ID:737

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 现代河流沉积体系沉积特征研究-以苏干湖盆地大哈勒腾河沉积体系为例

张祥辉、张昌民\*、徐清海、冯文杰  
长江大学

随着现代地球信息技术的不断发展,河流沉积地貌的观察视野不断扩大。河流沉积学家和地貌学家针对冲积体系的研究提出了分支河流体系这一概念,认为分支河流体系是“平面上表现为发散状分支河道样式的河流体系”。本文基于对大哈勒腾河分支河流体系现代沉积的详细调查以及结合无人机航拍和卫星遥感等资料,对现代分支河流体系沉积特征及差异进行研究。从顶点到末端通过比较不同区域坡度的变化、河流形态的变化、沉积特征的变化,将大哈勒腾河分支河流体系划分为“近端”、“中部”、“远端”3个相带(图1)。近端坡度最大,水动力条件较强,主要表现为大型辫状河沉积,心滩以砾质为主,可见大型板状交错层理发育,砾石大小为中-巨砾,砂质含量较少,主要发育辫状河道、泛滥平原和风成沙丘等微相;中部相比近端坡度减小,主要以高度分汊的分汊状辫状河沉积为主,受分汊和下渗的影响,水动力条件减弱,部分支流河道干涸,表现为暂时性河道,可见小型透镜状砂体发育,砾石粒径主要以细-中砾为主,砂质含量增高,主要发育辫状河道、泛滥平原等微相;远端坡度最小,地势平坦,河流开始由辫状河向曲流河转变,沉积物主要以砂质为主,由于受坡降的影响,水动力条件减弱,有小型砂纹层理发育,在远端的底部河流完全曲流化,主要发育有辫状河道、曲流河道、泛滥平原、风成沙丘、湖泊和沼泽等微相(表1)。通过比较近端到中部到远端河流形态由辫状河到曲流河大尺度的演变,以及对各观察点沉积特征的精细刻画,深化了对现代分支河流体系沉积特征由宏观到微观的整体认识;通过对大哈勒腾河分支河流体系沉积模式的构建,对建立陆相含油气盆地具有相似沉积环境下形成的沉积体系展布模式提供了参考,促进了沉积体系展布模式的多样化(图2)。

**参考文献** [1] Weissmann G S, Hartley A J, Nichols G J, et al. Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems[J]. *Geology*, 2010, 38(1): 39-42. [2] Hartley A J, Weissmann G S, Nichols G J, et al. Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems: Comment[J]. *Geology*, 2010, 38(12): e230-e230. [3] Hartley A J, Weissmann G S, Nichols G J, et al. Fluvial form in modern continental sedimentary basins: Distributive fluvial systems: Reply[J]. *Geology*, 2010, 38(12): e231-e231. [4] Hartley A J, Weissmann G S, Nichols G J, et al. Large distributive fluvial systems: Characteristics, distribution, and controls on development[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2010, 80(2): 167-183. [5] Hartley A J, Weissmann G S, Scuderi L A. Soil development on modern distributive fluvial systems: preliminary observations with implications for interpretation of paleosols in the rock record. *Society for Sedimentary Geology Special Publication*, 2013, (104): 149-158. [6] 张昌民,朱锐,赵康,胡威,尹艳树,李少华,尹太举.从端点走向连续:河流沉积模式研究进展述评[J]. *沉积学报*, 2017, 35(05): 926-944. [7] 张昌民,宋新民,支东明,周心怀,尹太举,尹艳树,朱锐,冯文杰,张宝进.陆相含油气盆地沉积体系再思考:来自分支河流体系的启示[J]. *石油学报*, 2020, 41(02): 127-153. [8] 张元福,戴鑫,王敏,李鑫鑫.河流扇的概念、特征及意义[J]. *石油勘探与开发*, 2020(05): 1-11. [9] 张祥辉,张昌民,冯文杰,等.苏干湖盆地周缘分支河流体系的几何形态及影响因素分析[J]. *地质学报*, 2019, 93(11): 2947-2959. [10] 张祥辉,张昌民,冯文杰,等.干旱地区分支河流体系沉积特征——以疏勒河分支河流体系为例[J]. *石油勘探与开发*, 2021, 48(04): 756-767. [11] 冯文杰,吴胜和,印森林,张莉,李俊飞,夏钦禹.准噶尔盆地西北缘三叠系干旱型冲积扇储层内部构型特征[J]. *地质论评*, 2017, 63(01): 219-234. [12] 印森林,吴胜和,冯文杰,李俊飞,尹航.冲积扇储集层内部隔夹层样式——以克拉玛依油田一中区克下组为例[J]. *石油勘探与开发*, 2013, 40(06): 757-763. [13] 张祥辉.苏干湖盆地周缘现代分支河流体系特征及分布[D].长江大学, 2020. [14] 张昌民,王绪龙,陈哲,郭旭光,张祥辉,赵康,黄远光,张坦,冯文杰,袁瑞.季节性河道与暂时性河道的沉积特征——以新疆白杨河冲积扇为例[J]. *沉积学报*, 2019, 06: 1-14. [15] 张昌民,朱锐,郭旭



光,王绪龙,尹太举,袁瑞,潘进,黄云飞. 干旱地区河流扇三角洲-河流扇演替模式: 来自黄羊泉扇的启示[J]. 地球科学, 2020, 45(05):1791-1806. [16] 李军,唐勇,吴涛,赵靖舟,吴和源,吴伟涛,白玉彬. 准噶尔盆地玛湖凹陷砾岩大油区超压成因及其油气成藏效应[J]. 石油勘探与开发, 2020(04):1-12. [17] 石雨昕,高志勇,周川闽,翟弈程,樊小容,冯佳睿. 新疆博斯腾湖北缘现代冲积扇与扇三角洲平原分支河流体系的沉积特征与意义[J]. 石油学报, 2019, 40(05):542-556.

**关键词** 苏干湖盆地、分支河流体系、河流沉积、河流形态、砂体展布、沉积构造



摘要 ID:1119

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

# 库车坳陷克深地区下白垩统巴什基奇克组高砂地比厚层辫状河三角洲砂体构型

范峻铭<sup>1</sup>、林小兵<sup>\*1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

克深地区位于塔里木盆地库车坳陷中部,是西气东输的主力产区之一,发育超深层裂缝性致密砂岩气藏。白垩系巴什基奇克组(K<sub>1</sub>bs)是克深气田目前的主力产气层段,为辫状河三角洲砂体,具有埋藏深,储层基质物性差的特征。由于前期研究认为裂缝的发育程度在产能的贡献上起到决定性作用,因此研究重心在于刻画裂缝特征及发育规律。随着研究的深入,逐渐发现裂缝发育程度与辫状河三角洲不同砂体组合类型具有明显相关性。但受限于地震、测井资料品质较差,目前对该套高砂地比厚层辫状河三角洲砂体的刻画尚不够精细,从而制约了不同开发井的产能差异性问题的认知。因此针对克深地区巴什基奇克组高砂地比三角洲砂体开展砂体构型研究是有必要的。综合岩心、薄片、测井及前人研究成果等资料,通过对巴什基奇克组辫状河三角洲沉积微相的划分,建立了基于岩性-测井曲线-沉积构造等识别特征的五级砂体构型。I级、II级构型单元分别为受辫状河三角洲沉积相、亚相控制的复合砂体。考虑到测井资料分辨率和研究精度,本文主要对III级-V级砂体构型进行了研究。III级构型单元以泥岩隔夹层的岩性转换为依据,识别出叠置型、河道型、河口坝型砂体三种基本III级构型单元。河道型砂体的测井曲线多表现为钟型的叠置;岩性以含泥砾的中砂岩、细砂岩为主,表现为多期向上粒度变细的正韵律叠置;常见平行层理、块状层理等沉积构造。河口坝型砂体的测井曲线表现为漏斗型或漏斗型的叠置,岩性以中砂岩、细砂岩为主,偶含泥砾,表现为向上粒度变粗的反韵律;常见交错层理。叠置型砂体为两个泥岩隔夹层之间河道型与河口坝型砂体的叠置出现,特征上亦表现为二者特征的叠合。以沉积微相作为依据,将砂体按照成因划分为河口坝砂体与水下分流河道砂体两种IV级构型单元。河口坝砂体与III级河口坝型砂体特征一致,河道砂体与III级河道型砂体特征一致。在IV级构型单元的基础上,以单期河道或河口坝的成因为依据,划分出了单期水下分流河道砂体和单期河口坝砂体两种V级构型单元。单期水下分流河道砂体的岩性以中砂岩、细砂岩为主,表现为向上粒度变细的正韵律;测井曲线上呈现箱型或钟型。单期河口坝砂体的岩性以中砂岩、细砂岩为主,表现为向上粒度变粗的反韵律,分选与磨圆均较好;测井曲线上呈现漏斗型。单期河口坝砂体较单期河道砂体的粘土矿物含量明显偏高,岩浆岩屑、沉积岩屑含量较高,长石、方解石、高岭石、绿泥石、变质岩屑含量较低。各V级构型单元之间多被泥砾冲刷面分隔。

## 参考文献

**关键词** 高砂地比;砂体构型;辫状河三角洲;巴什基奇克组;克深区块





摘要 ID:2000

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地广安-石柱古隆起的发现及其油气地质意义

蒋华川<sup>1</sup>、文华国<sup>2</sup>、刘四兵<sup>3</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059
2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059
3. 成都理工大学能源学院, 四川成都, 610059

川西北双鱼石地区须家河组沉积期发育大规模的砂体, 而砂体作为储层形成的基础条件, 厘清其沉积特征及结构类型是该时期油气藏勘探开发的关键。因此本文通过钻井、测井、野外露头及岩心等资料的综合分析, 对川西北双鱼石地区须家河组的沉积特征及砂体结构进行系统解析。结果表明: 双鱼石地区须家河组主要发育冲积扇、扇三角洲、辫状河三角洲和滨岸~浅海4种沉积相及多种微相类型, 并根据沉积相的时空分布特征, 建立了研究区须家河组的沉积演化规律, 认为须一段为海退滨岸发育阶段、须二段早期及中期为三角洲建造阶段、须二段晚期及须三段为冲积扇-扇三角洲发育阶段、须四段为冲积扇发育阶段。在此基础上, 划分出了四种成因类型的砂体:

(1) 冲积扇-扇三角洲环境与牵引流有关的砂体, 主要为辫状河道、漫流沉积和辫状分流河道等砂体; (2) 三角洲平原环境与牵引流作用有关的砂体, 主要包括分流河道、洪泛席状砂等砂体; (3) 三角洲前缘环境与牵引流作用有关的砂体, 主要包括水下分流河道、河口坝及远砂坝等砂体; (4) 滨岸-浅海环境与海浪或海流改造作用有关的砂体, 主要为滩坝砂体。最后, 对不同类型砂体在垂向、横向及平面上的结构特征进行了详细剖析。垂向上, 共识别出四种单砂体结构类型, 与分流河道相关的B型(箱型)结构(进一步分为B<sub>1</sub>型、B<sub>2</sub>型和B<sub>3</sub>型)和C型(钟型)结构(进一步分C<sub>1</sub>型、C<sub>2</sub>型), 与滩坝相关的I型(漏斗型)结构(进一步分为I<sub>1</sub>型和I<sub>2</sub>型)和F型(指型)结构; 横向上, 可分为连片型砂体、迁移叠置型砂体、孤立型砂体和迷宫型砂体; 平面上, 砂体形态主要为连片状、分枝状、葫芦状和条带状。基于以上研究, 总结了不同结构类型砂体之间的连通性, 垂向上, B型砂体连通性较其它类型砂体好; 横向上, 连片型砂体的连通性相对优于其它类型; 平面上, 所有结构类型的砂体均具有较好的连通性。

### 参考文献

**关键词** 砂体结构; 沉积特征; 须家河组; 双鱼石地区; 四川盆地



摘要 ID:2068

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 陈家庄凸起陈 373 块稠油储层孔喉结构空间展布特征

范存金、操应长、王艳忠\*  
中国石油大学(华东)

稠油储层连通性及孔喉结构空间展布特征是油气勘探开发研究的重要内容。以陈家庄凸起陈 373 块馆陶组下段 212 储层为研究对象, 通过岩心观察和粒度分析, 明确了沉积相类型为曲流河—辫状河过渡型河流, 并识别出了块状构造粗砂岩相、楔状交错层理中砂岩相、流水砂纹层理粉砂岩相及钙质胶结类岩相等 18 种岩相类型; 结合岩性测井识别, 明确了各取芯井全井段的岩相特征, 继而利用 petrel 建立了研究区砂体展布模型。以沉积微相和岩相分析为基础, 通过铸体薄片图像分析、高压压汞测试及孔隙度渗透率测试等方法, 将储层孔喉结构划分为特大孔-特粗喉型、特大孔-粗喉型、大孔-中喉型、中孔-中喉型及微孔-微喉型 5 种类型(罗蛰潭和王允诚, 1986)。结合物性参数, 分析得出了不同岩相类型孔喉结构的优劣差异。块状构造粗砂岩相最大孔喉半径分布范围为 65-80  $\mu\text{m}$ , 中值孔喉半径分布范围为 13-20  $\mu\text{m}$ , 孔喉结构类型为特大孔-特粗喉型, 为最优孔喉结构; 交错层理中砂岩相及块状构造中砂岩相最大孔喉半径分布范围为 45-65  $\mu\text{m}$ , 中值孔喉半径分布范围为 2-13  $\mu\text{m}$ , 孔喉结构类型为特大孔-粗喉型, 为次优孔喉结构; 钙质胶结类岩相及泥岩相最大孔喉半径小于 2  $\mu\text{m}$ , 中值孔喉半径小于 0.5  $\mu\text{m}$ , 孔喉结构类型为微孔-微喉型, 为最差孔喉结构。因此, 陈 373 块馆陶组下段 212 储层岩相类型中, 块状构造粗砂岩相、块状构造中砂岩相和交错层理中砂岩相孔喉结构较好, 且展布范围较广, 为主力含油岩相。

**参考文献** [1] &nbsp;  罗蛰潭, 王允诚. 油气储集层的孔隙结构[M]. 北京: 石油工业出版社, 1986 (07). [2] &nbsp;  吴兆徽. 陈家庄油田稠油油藏剩余油分布规律研究[D]. 中国石油大学(华东), 2016. [3] &nbsp;  朱国华. 碎屑岩储集层孔隙的形成、演化和预测[J]. 沉积学报, 1992, 10(003): 114-123. [4] &nbsp;  Laurier L S, Russell G S. The influence of natural surfactants on interfacial charges in the hot-water process for recovering bitumen from the Athabasca oil sands[J]. Colloids and Surfaces, 1985, 14(1): 67-85. &nbsp;  [5] &nbsp;  Meyer R F, Attanasi E D, Freeman PA. Heavy Oil and Natural Bitumen Resources in Geological Basins of the World[J]. US Geological Survey Open-File Report, 2007, 5: 58-69.

**关键词** 稠油储层; 砂体连通性; 孔喉结构; 空间展布



摘要 ID: 3290

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

# 川东南地区须家河组特低渗致密砂岩储层孔隙结构特征及影响因素

张天操\*

中石化西南油气分公司勘探开发研究院

川东南地区须家河组特低渗致密砂岩储层孔隙结构特征及影响因素

**摘要:** 系统分析微观孔隙结构特征对寻找优质储层具有重要意义, 决定着后期开发政策的制定。本文综合运用物性分析、铸体薄片、电镜扫描和高压压汞技术对川东南地区须家河组超低孔-超低渗砂岩样品进行了研究。认为须家河组储集空间孔隙类型多样, 以次生溶蚀孔隙为主, 次生孔有利于提高孔隙度, 但对渗透率影响较小。吼道细小形态复杂, 是储层物性特别是渗透率较低的主要原因。孔喉细小, 排驱压力较高, 粗-略细歪度, 分选较差是孔隙结构的总体特征。具体分为 3 类: I 类为低排驱压力-粗孔喉型; II 类为较高排驱压力-略细孔喉型; III 类为高排驱压力-细孔喉型。中值半径和最大孔喉半径与孔隙度渗透率的相关关系, 印证渗透率主要由较大喉道所贡献, 同时较小的喉道控制的储集空间同样对孔隙度和渗透率起重要的作用。分选系数和变异系数与孔隙度渗透率相关性说明从 III 类到 I 类储层孔隙具有趋于均匀化的趋势, 而吼道却并没有变粗变均匀, 即各种成岩作用的叠加使孔隙吼道趋于形态复杂或堵塞了部分吼道。

**关键词:** 川东南 须家河组 孔隙结构 渗透率 影响因素

**参考文献** 参考文献: 1 张国常, 王良军, 冯明刚, 等, 赤水地区官南构造须四段气藏成藏条件分析[J]. 天然气工业, 2008 年 8 月: 31-35. 2 胡东风, 蔡勋育, 川东南地区官 9 井侏罗系原油地球化学特征[J]. 天然气工业, 2007 年 12 月: 151-154. 3 蒋裕强, 张春, 谭勇, 等, 川东南地区须家河组低阻气层成因机制[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32 (1): 124-132. 4 王良军, 王威, 林良彪, 川东南地区须家河组天然气远源成藏模式[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2014, 41 (5): 548-555. 5 董晓霞, 梅廉夫, 川东南官渡地区构造演化与上三叠统-中侏罗统陆相致密砂岩油气成藏关系[J]. 南方油气, 2014, 19 (4): 27-30. 6 田媛, 川东南官渡构造带赤水区须四段油气勘探与评价[J]. 当代化工, 2022, 51 (1): 151-155. 7 吴海波, 黄世伟, 张廷山, 等, 贵州赤水地区下侏罗统沉积特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2009, 28 (2): 20-23. 8 赖锦, 王贵文, 王书南, 等, 川中蓬莱地区须二段和须四段储层孔隙结构特征及影响因素[J]. 中国地质, 2013, 40 (3): 927-938. 9 高辉, 孙卫, 费二战, 等, 特低-超低渗透砂岩储层微观孔喉特征与物性差异[J]. 岩矿测试, 2011, 30 (2): 244-250. 10 李博克, 谭成仟, 白豹油田长 6 油藏储层岩矿及孔隙结构特征[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2019, 34 (1): 50-75. 11 詹国卫, 顾战宇, 鹿河清, 等, 致密砂岩储层孔隙结构特征及其对开发的影响[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2022, 44 (3): 70-84. 12 张景军, 韩江波, 李凯强, 等, 合水地区长 6 储层微观孔隙结构研究[J]. 安徽理工大学学报(自然科学版), 2018, 38 (2): 53-59. 13 蓝宝锋, 蒋立伟, 钱铮, 等, 考虑孔隙和微裂缝的煤层气储层压汞曲线分析模型[J]. 矿物岩石, 2017, 37 (1): 111-119. 14 马铨崢, 杨胜来, 杨龙, 等, 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷芦苇沟组致密储层微观孔隙特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2020, 39 (6): 13-20. 15 王思泽, 吴忠宝, 宋彦辰, 等, 鄂尔多斯盆地庆城地区长 7 段致密砂岩成岩演化与孔隙结构特征[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2022, 58 (2): 249-260. 16 刘翰林, 杨友运, 王凤琴, 等, 致密砂岩储集层微观结构特征及成因分析——以鄂尔多斯盆地陇东地区长 6 段和长 8 段为例[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45 (2): 223-234. 17 于春勇, 富县地区长 8 致密砂岩储层孔隙结构特征及形成机理[J]. 非常规油气, 2021, 8 (1): 15-24. 18 李南星, 刘林玉, 郑锐, 等, 鄂尔多斯盆地镇泾地区超低渗透储层评价[J]. 岩性油气藏, 2011, 23 (2): 42-45. 19 周晓峰, 陈波, 凡睿, 等, 川东北地区须家河组四段特低渗致密砂岩储层孔隙结构特征及分类评价[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报) 2015, 37 (5+6): 10-15. 20 赵家锐, 祝海华, 冯小哲, 鄂尔多斯盆地苏里格地区下石盒子组致密气储层孔隙结构分类及影响因素[J]. 地质论评, 2020, 66 (1): 111-114. 21 张玉晔, 赵靖舟, 鄂尔多斯盆地延长组致



密砂岩储层微观孔隙结构特征[J]. 矿产勘查, 2021, 12 (2) : 288-294. 22 谢武仁, 杨威, 杨光, 等, 川中地区上三叠统须家河组砂岩储层孔隙结构特征[J]. 天然气地球科学, 2010, 21 (3) : 435-440. 23 张代燕, 吉木萨尔凹陷致密油储层孔隙结构特征研究[J]. 新疆地质, 2017, 35 (1) : 70-73. 24 王汇智, 赵卫卫, 杨水胜, 等, 鄂尔多斯盆地下寺湾地区延长组储层特征研究[J]. 非常规油气, 2022, 9 (1) : 48-56.

**关键词**



摘要 ID: 3348

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 类复理石建造及其等深流层理和浊积层理 ——来自黔东南地区 新元古代下江群的沉积记录

覃永军<sup>\*1,2</sup>、吴冲龙<sup>1,3</sup>

1. 自然资源部基岩区矿产资源勘查工程技术创新中心
2. 贵州省地质矿产勘查开发局
3. 中国地质大学(武汉)

分布在黔东南地区(江南造山带西段)的下江群,从下至上划分为甲路组、乌叶组、番召组、清水江组、平略组和隆里组,同位素地层年代格架被限定在815~720Ma,岩性主要以粉砂质板岩、变余粉砂岩、变余粉-细砂岩、凝灰质板岩、凝灰质变余粉砂岩和沉凝灰岩等为主,显示为一套完整的由陆源碎屑岩夹火山碎屑岩组成的类复理石建造,地层中广泛发育波痕、水平层理、平行层理、粒序层理、交错层理、块状层理、均质层理、脉状和透镜状层理等沉积构造和滑塌-滑移、浊流等事件沉积(覃永军,2015)。卢定彪等(2018)研究认为下江群中存在内波、内潮汐沉积,解释为在以重力流沉积为主体的沉积体系中的牵引流沉积成因。

作者最新研究发现,在下江群的清水江组和平略组地层中,广泛可见等深流沉积特征(图1)。主要表现为在薄层状和微薄层状粉砂岩中,沉积构造既有呈现顶面波状上凸而底面平直者,也有呈现底面下凸而顶面平直者。前者居多,呈现清晰的小型波状交错层理、小型交错层理、攀升纹理,应为等深流沉积物;后者较少,呈现块状层理、小型交错层理、负载构造和砂球构造,应为浊积远端沉积物。有时二者在上下相间出现,显示了成因上的某种联系——浊积作用远程搬运细碎屑物质,而等深流利用和改造了这些物质,使之具有了等深流特征。等深流沉积是发育在半深海-深海大陆隆处、具有交错纹层的粉砂质沉积物,具有粒度细,分选好、有明显的纹层理。现代深海调查表明等深流是最常见的底流类型之一,从水深超过5000m的深海平原到水深为500~700m的较深水台地都存在这类等深流沉积,它们既出现于被动大陆边缘,也出现于活动大陆边缘。下江群中发育的等深流特征,可能指示清水江组-平略组的原生沉积环境,为半深海至深海(500~5000m)水下陆隆周缘。

**参考文献** (1) 覃永军. 2015. 江南造山带西段新元古代下江群年代地层标定与盆地演化[D]. 中国地质大学(武汉)博士学位论文. (2) 卢定彪, 吴开彬, 跃连红, 等. 2018. 贵州东南部下江群内波、内潮汐沉积的发现及其地质意义[J]. 地球科学前沿, 2018, 8(6): 1013-1023. <https://doi.org/10.12677/AG.2018.86111>

**关键词**



摘要 ID: 3391

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地南缘集海河剖面中侏罗统头屯河组中段钙质结核的成因及沉积环境研究

李澳\*

中国石油大学(北京)克拉玛依校区

**摘要:** 钙质结核是沉积岩中一种常见而又复杂的沉积构造, 对于古环境分析具有重要意义。准噶尔盆地南缘具备良好的油气地质条件, 头屯河组作为南缘重要的储集层系, 一直备受关注。本文选取准噶尔盆地南缘南缘集海河剖面进行实地勘测, 对该剖面头屯河组中段发育较为广泛的两类钙质结核进行观察和采样分析, 通过岩石学和地球化学分析方法, 探讨其成因以及沉积环境。结果表明: (1) 头屯河组中段的钙质结核根据不同的岩石学特征可分为 I 类和 II 类。I 类钙质结核呈紫红色, 形状以椭球状为主, 一般沉积于粉砂岩中, 且顺层分布, 形成于沉积期; II 类钙质结核一般为姜状或次棱角状, 垂直地层或顺层分布, 横向发育不稳定, 一般出现在泥岩之间, 其成因主要是成岩作用过程中  $\text{CaCO}_3$  饱和沉淀、溶蚀交代形成。(2) 地球化学特征表明, I 类钙质结核是随着湖水的大量蒸发, 碳酸盐不断析出并胶结成核, 主要发育于湖盆浅水环境中; II 类钙质结核则是地下水经土壤淋滤作用形成于沼泽湿地或小型局限湖泊中。(3) 准噶尔盆地南缘中侏罗统头屯河组中段所出现的两类钙质结核均指示了地势平坦、气候炎热、暴露氧化的环境。

**参考文献** [1] 郑德顺, 祁帅帅, 杨文涛等. 豫西宜阳地区上二叠统孙家沟组上段钙质结核成因及其对古气候的指示意义[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2020, 39(02): 22-31. [2] 付文俊, 张昌民, 冀东升等. 准噶尔盆地南缘集海河剖面中侏罗统头屯河组浅水三角洲沉积特征[J/OL]. 岩性油气藏: 1-16 [2023-02-28].

**关键词** 头屯河组; 钙质结核; 岩石学; 地球化学



摘要 ID:3412

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 火山碎屑密度流沉积机制研究——以松辽盆地东南隆起区九台地区白垩系营城组火山碎屑岩为例

刘润超<sup>1</sup>、黄玉龙<sup>2</sup>、王璞珺<sup>2</sup>、R. J. Brown<sup>3</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所

2. 吉林大学地球科学学院, 长春, 130061

3. Department of Earth Sciences, Durham University, Elvet Hill, Durham DH1 3LE, UK

火山碎屑密度流是一种危险的火山活动现象,也是一种重要的盆地物源供给方式,对其沉积机制的研究具有灾害预防和油气勘探的双重意义。松辽盆地东南隆起区九台营城煤矿地区白垩系营城组古火山机构保存良好,发育有典型的火山碎屑密度流沉积物。本文在精细刻画火山碎屑岩的岩石结构、沉积构造的基础上,运用薄片观察和沉积物粒度统计的方法,从物质来源、搬运机制和就位方式角度系统地分析了火山碎屑密度流的整个沉积过程,并结合国内外火山学、沉积学的研究进展探讨了不同浓度火山碎屑密度流的沉积机制。研究区内的火山碎屑密度流沉积物可以划分为五种微相:(1)块状熔结角砾凝灰岩微相;(2)无序含集块凝灰角砾岩微相;(3)逆粒序或双粒序角砾凝灰岩微相;(4)正粒序角砾凝灰岩微相;(5)韵律层理凝灰岩微相。第一种微相具有熔结结构,可能形成于高挥发分岩浆喷发柱的垮塌,火山碎屑密度流的就位温度较高;后四种微相具有正常火山碎屑岩结构,可能形成于火山口的侧向爆炸,火山碎屑密度流的就位温度中等。沉积块状熔结角砾凝灰岩微相的火山碎屑密度流具有粘性碎屑流的流体特征,沉积物整体冻结就位;沉积无序含集块凝灰角砾岩微相和逆粒序或双粒序角砾凝灰岩微相的火山碎屑密度流具有颗粒流的流体特征,沉积物整体冻结就位;沉积正粒序角砾凝灰岩微相和韵律层理凝灰岩微相的火山碎屑密度流具有湍流的流体特征,沉积物连续加积就位。火山碎屑密度流的颗粒浓度是一个连续变量,但流体性质可能会发生突变,稀释的火山碎屑密度流的沉积机制符合下部流动边界模型,稠密的火山碎屑密度流的沉积机制符合层流(碎屑流或颗粒流)模型。

**参考文献** Branney M J, Kokelaar P. 1997. Giant bed from a sustained catastrophic density current flowing over topography: Acatlán ignimbrite, Mexico. *Geology*, 25 (2): 115-118. Breard E C P, Lube G. 2017. Inside pyroclastic density currents - uncovering the enigmatic flow structure and transport behaviour in large-scale experiments. *Earth and Planetary Science Letters*, 458: 22-36. Brown R J, Branney M J. 2004. Bypassing and diachronous deposition from density currents: Evidence from a giant regressive bed form in the Poris ignimbrite, Tenerife, Canary Islands. *Geology*, 32 (5): 445-448. Doronzo D M, Dellino P, Sulpizio R, Lucchi F. 2017. Merging field mapping and numerical simulation to interpret the lithofacies variations from unsteady pyroclastic density currents on uneven terrain: The case of La Fossa di Vulcano (Aeolian Islands, Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 330: 36-42. Sher D, Woods A W. 2017. Experiments on mixing in pyroclastic density currents generated from short-lived volcanic explosions. *Earth and Planetary Science Letters*, 467: 138-148. 刘润超, &nbsp;黄玉龙, &nbsp;邹洁琼. 2019. &nbsp;火山碎屑密度流沉积机制研究——以松辽盆地东南隆起区九台地区白垩系营城组火山碎屑岩为例. &nbsp;地质学报, 93(4): 879-898. 王璞珺, &nbsp;迟元林, &nbsp;刘万洙, &nbsp;程日辉, &nbsp;单玄龙, &nbsp;任延广. 2003. &nbsp;松辽盆地火山岩相: 类型、特征和储层意义. &nbsp;吉林大学学报(地), 33 (4): 449-456.

**关键词** 火山碎屑密度流, 火山碎屑岩, 粒度分析, 搬运和沉积机制, 白垩系营城组, 松辽盆地



摘要 ID: 3022

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 四川盆地沙溪庙组浅水三角洲沉积特征探讨

孟昊<sup>1</sup>、张志杰<sup>1</sup>、成大伟<sup>1</sup>、周川阔<sup>1</sup>、马宇含<sup>2</sup>、杨荣军<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 中国石油西南油气田公司川西北气矿

近年来,四川盆地中侏罗统沙溪庙组已成为致密气勘探开发的主战场,在川中核心建产区已获得重大突破,然而其主力产层砂体成因类型尚不明确,地震刻画出的河道属于河流还是三角洲存在争议。为此,基于野外露头及钻井取心资料,对盆地范围内沙一段及沙二段下部沉积特征展开分析:①川东北部地区沙溪庙组普遍发育红色泥岩、粉砂岩,云探1井沙一段发育从红色到灰绿色到深灰色的连续沉积,显示为三角洲平原到前缘近端再到前缘远端的完整沉积序列;②川中地区岩心常见三角洲前缘近端水下分流河道和河道间的沉积,砂岩沉积速率高、发育爬升层理,暗色泥岩中发育波状纹层,反映受到波浪作用影响;③川西南部地区大31井沙二段见透镜状层理、包卷层理、滑塌变形构造,为三角洲前缘远端至前三角洲特征;④凉高山组沉积晚期以泛湖为主要特征,湖盆浅且广,因此沙一段可继承“盆大水浅”沉积格局,具备发育浅水三角洲的条件;⑤全盆地沙一段沉积晚期存在一次较大的湖侵,但暗色页岩中叶肢介化石为准原地埋藏,仍属于偏浅水的沉积标志。综合分析认为沙一段及沙二段早期属于浅水三角洲沉积环境,发育单层厚度薄的河道砂体和分布面积广的席状砂体,有利于形成广覆性的规模储集体,对指导川中地区沙溪庙组致密气的下一步勘探开发有着重要意义。

**参考文献** 肖富森,韦腾强,王小娟,等,2020.四川盆地川中-川西地区沙溪庙组层序地层特征[J].天然气地球科学,31(9):1216-1224 袁选俊,周红英,张志杰,等,2021.拗陷湖盆大型浅水三角洲沉积特征与生长模式[J].岩性油气藏,33(1):1-11 刘君龙,孙冬胜,纪友亮,等,2018.川西晚侏罗世前陆盆地浅水三角洲砂体分布特征与叠置模式[J].石油与天然气地质,39(6):1164-1178 周志宏,朱章雄,杨圳,等,2018.华蓥山中侏罗统沙溪庙组页岩叶肢介化石分析[J].四川地质学报,38(1):34-38.

**关键词** 四川盆地;沙溪庙组;浅水三角洲;红色泥岩





摘要 ID: 3094

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 南海北部陆架中新世古珠江河道地震沉积特征及汇流冲刷模式

林理斌<sup>1</sup>、卓海腾\*<sup>1</sup>、苏明<sup>1</sup>、冯进<sup>2</sup>、李智高<sup>2</sup>、王英民<sup>3</sup>、雷亚平<sup>1</sup>、林智轩<sup>1</sup>

1. 中山大学海洋科学学院

2. 中海石油(中国)有限公司深圳分公司

3. 中国石油大学(北京)

河道体系是侵蚀和沉积物搬运的重要通道,控制了大陆边缘源汇体系中砂体总体的输送和分布格局,并可有效指示古代构造活动、物源供给、气候变化和海平面变化等丰富地质信息

(Bhattacharya et al., 2003; Zhuo et al., 2015)。研究基于高分辨率的三维地震、钻测井资料,结合层序划分方法和地震沉积学综合分析手段,揭示了南海北部珠一坳陷中新世古珠江分流河道体系的类型和展布特征,并且以典型层序为例精细揭示了海平面变化控制下河道类型由辫状向曲流的转换。同时,在研究区高分辨率的地震剖面上识别到多处明显的异常下切现象,地震剖面上显示的下切深度大大超过了平均河流深度,虽然在部分区域的特征与下切谷有相似之处(Posamentier, 2001; Gibling et al., 2006),但结合平面切片数据发现该冲刷现象多分布在辫状河道的支流交汇处,几何外形呈现为近椭圆或透镜状(Ashmore and Parker, 1983; Best and Ashworth, 1997)。通过与前人研究对比确定为河流汇流处侵蚀增强产生的冲刷坑,再被后期河道携带的沉积物充填,而并非形成于由基准面下降导致的“传统”意义上的下切过程(Boyd, 1994; Talling, 1998; Smith et al., 2019)。汇流冲刷结构的识别有助于避免层序界面的错误判别,并且其后期充填的河道砂体具有局限分布特点,易于在后期海侵泥岩的覆盖下形成潜在的岩性圈闭新类型(杜家元等, 2014; Best and Ashworth, 1997; Fielding, 2008; Ullah et al., 2015; Smith et al., 2019)。研究相关结论对丰富辫状河道沉积过程具有一定意义(Miall et al., 2002; Smith et al., 2019; Wang et al., 2021)。

**参考文献** 杜家元, 施和生, 丁琳, 等. 珠江口盆地(东部)地层岩性油气藏勘探有利区域分析 [J]. 珠江口盆地(东部)地层岩性油气藏勘探有利区域分析, 2014, 26(03): 30-36+55. Ashmore P, Parker G. Confluence Scour in Coarse Braided Streams [J]. Water Resources Research - WATER RESOUR RES, 1983, 19: 392-402. Best J, Ashworth P. Scour in large braided rivers and the recognition of sequence stratigraphic boundaries [J]. Nature, 1997, 387: 275-277. Talling P. How and where do incised valleys form if sea level remains above the shelf edge? [J]. Geology, 1998, 26. Boyd R. Incised - Valley Systems: Origin and Sedimentary Sequences [J]. SEPM Society for Sedimentary Geology, 1994, 51. Posamentier H W. Lowstand alluvial bypass systems: Incised vs. unincised [J]. AAPG Bulletin, 2001, 85(10): 1771-1793. Miall A D. Architecture and sequence stratigraphy of Pleistocene fluvial systems in the Malay Basin, based on seismic time-slice analysis [J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(7): 1201-1216. Bhattacharya J. Deltas and estuaries [M]//Middleton G V, Church M J, Coniglio M, 等. Encyclopedia of Sediments and Sedimentary Rocks. Dordrecht; Springer Netherlands. 2003: 195-203. Gibling M R. Width and thickness of fluvial channel bodies and valley fills in the geological record: A literature compilation and classification [J]. Journal of Sedimentary Research, 2006, 76(5-6): 731-770. Fielding G. Sedimentology and Stratigraphy of Large River Deposits: Recognition in the Ancient Record, and Distinction from 'Incised Valley Fills' [M]. John Wiley & Sons, Ltd, Gupta A, 2008: 97-113. Zhuo H, Wang Y, Shi H, et al. Contrasting fluvial styles across the mid-Pleistocene climate transition in the northern shelf of the South China Sea: Evidence from 3D seismic data [J]. Quaternary Science Reviews, 2015, 129: 128-146. Ullah M, Bhattacharya J, Dupre W. Confluence Scours Versus Incised Valleys: Examples From the Cretaceous Ferron Notom Delta, Southeastern Utah, U.S.A [J]. Journal of Sedimentary Research, 2015, 85: 445-458. Smith G H S, Nicholas A P, Best J L, et al. The sedimentology of river confluences [J]. Sedimentology, 2019, 66(2): 391-407. Wang Y R, LIN C S, Zhang Z T, et al. Sedimentary evolution and controlling factors of



Early–Mid Miocene Deltaic systems in the Northern Pearl River Mouth Basin, South China Sea [J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(1): 6134.

**关键词** 辫状河道; 曲流河道; 汇流冲刷; 下切谷; 珠江口盆地



摘要 ID:1310

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：口头报告

## 曲流河复合砂体叠置特征解析-以海拉尔现代河流曲流带为例

闫百泉\*

东北石油大学三亚海洋油气研究院

曲流河由于侧向摆动在河谷内形成了复杂的曲流带，曲流带内部由多期次河道形成了复合点坝沉积体，如何解析其复杂的构型特征，是目前构型研究的难点。本次研究以伊敏河曲流段为研究对象，借助卫星图像、航拍影像及实地踏勘，厘定了曲流带内复合砂体叠置特征，为地下曲流河形成的储层构型解析奠定了模式基础。研究揭示曲流带内复合砂体构型具有以下特征，①不同期次废弃河道发育，呈总体断续局部连续的特征，其断续特征受侧向和垂向后期河道侵蚀控制；②平面复合砂体叠置方式以侧切及废弃河道连接为主；③单一曲流环内多为复合点坝；④单一点坝为半腹式生长模式，侧向生长位置为曲率最大处，两侧主要以被侵蚀为主；⑤对向曲流环点坝复合体具有新老点坝对称叠置特征；⑥曲流带内垂向多为深切型复合砂体叠置模式。上述砂体叠置特征精细解析能够为地下曲流河形成的复合砂体构型解析提供原型地质模式支撑。

### 参考文献

**关键词** 曲流河；复合砂体；废弃河道；点坝；叠置方式



摘要 ID:3143

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 基于 SVM 和 PCA 的隔夹层识别及薄互层型沉积体储层构型建模

姜超<sup>1,2</sup>、林承焰<sup>\*1,2</sup>、张宪国<sup>1,2</sup>

1. 青岛市黄岛区长江西路 66 号中国石油大学地球科学与技术学院

2. 山东省油藏地质重点实验室

以吴胜和储层分析理论为指导, 综合应用岩心、测井、分析化验资料对港中油田沙三上扇三角洲前缘亚相储层进行储层构型分析, 采用支持向量机方法对研究区扇三角洲前缘储层 7-9 级构型界面所对应的隔夹层进行了识别, 并用主成分分析对测井曲线进行了降维, 解决测井曲线蕴含多变量的高维诅咒问题, 使夹层识别准确率更高。依据扇三角洲受河流、湖浪双重水动力控制, 地层具低倾角砂泥岩薄互层的特点, 提出了“硬”数据控制、分层建模、储层与夹层钳套的薄互层型沉积体构型建模研究思路, 建立了研究区扇三角洲储层构型模型。该模型对研究区油藏精细挖潜、储层非均质性研究具有重要意义, 也为目前高精度的薄互层型的沉积体储层构型建模探索可行的研究方法。

**参考文献** [1] 陈修, 徐守余, 李顺明等. 基于支持向量机和主成分分析的辫状河储层夹层识别[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2021, 45(04):22-31. [2] 林承焰, 陈仕臻, 张宪国, 刘文婧, 高建霞. 多趋势融合的概率体约束方法及其在储层建模中的应用[J]. 石油学报, 2015, 36(06):730-739. [3] Bolandi V, &nbsp; Kadhodaie A, &nbsp; Farzi R. Analyzing organic richness of source rocks from well log data by using SVM and ANN classifiers: A case study from the Kazhdumi formation, the Persian Gulf basin, offshore Iran[J]. Journal of Petroleum Science & Engineering, 2017, 151. [4] Ma Z. Quantitative Geosciences: Data Analytics, Geostatistics, Reservoir Characterization and Modeling[M]. 2019. [5] 孙震源. 绥中 36-1 油田东营组三角洲前缘储层隔夹层研究[D]. 中国石油大学(北京), 2021. [6] Ye T, &nbsp; Wei A, &nbsp; Huang Z, et al. Quantitative Identification of Volcanic Lithology Based on Comprehensive Principal Component Analysis and Bayes Discriminant Method:A Case Study of Mesozoic in Bohai Bay[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2019.

**关键词** 扇三角洲; 支持向量机; 储层构型建模; 主成分分析;



摘要 ID:3190

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：口头报告

## 潮道储层构型特征及其对储层开发的控制作用——以塔中志留系柯坪塔格组为例

彭丽\*、赵红、杜虹宝、程钊、袁萍  
中国石油塔里木油田公司

起源于地质学家 Maill 提出的河流相储层构型理论，储层构型主要指不同级次储层构成单元的形态、规模、方向及其叠置关系，其对于油气勘探阶段有利储集体的预测和开发阶段剩余油预测挖潜都具有十分重要的意义（乔雨朋等，2017；陈欢庆等，2015；陈飞等，2018）。塔中地区志留系柯坪塔格组为潮坪相沉积环境，目前已进入开发阶段，但油藏地质条件复杂，单井产能低，砂体连通性复杂，如何提高油田开发效果已成为急需解决的问题（彭丽等，2019）。前人对于储层构型的研究主要集中于曲流河、辫状河和冲积扇等（徐丽强等，2016；渠芳等，2008；陈欢庆等，2015），其中对曲流河的研究较为成熟，而对潮坪储层构型研究目前还十分薄弱，没有公认的构型模式和成熟的分类方案。

本文以塔中地区志留系柯坪塔格组为例，井震结合、动静结合，基于现代潮坪相沉积及构型研究，将砂体刻画由单层向单砂体转变。首先，立足区域，井震联合标定搭框架，明确地层演化规律，塔中志留系受底超顶削不整合控制，发育一个二级层序，根据电测曲线组合、辅助标志层，细化单层对比；其次，沉积模式指导，井震结合将砂体刻画由单层向单砂体转变，潮汐作用的概念是受到月球和太阳相对于地球运动产生的引潮力作用下形成的海水周期性的涨落，水槽物理模拟实验对潮道砂体的平面形态和几何参数进行解剖，潮道砂体宽深比在 14 到 33 之间，平均 23.5，潮道砂体分布具有较好规律性，在靠近陆地一侧潮道数量多，不断分叉，数值模拟实验查明潮道形成及长期演化过程，小潮差潮道宽度和深度分别为 20 - 200m 和 0.5 - 1.0m，中潮差潮道宽度和深度分别 30 - 300m 和 0.5 - 1.8m，宽深数值模拟结果与中潮差盆地潮道系统结果相符，在潮道调研的基础上建立了潮道系统特征表征，平行海岸线由海向陆依次发育潮下带、潮间带和潮上带，塔中地区志留系属于低潮坪-潮下带沉积环境，以取心井岩心资料为基础，建立潮道、砂坪、混合坪和泥坪沉积微相划分标准，以沉积模式为指导，井震反复迭代，平剖结合开展井间砂体连通性评价，实现砂体的精细刻画；最后由注采动态资料的响应关系验证储层构型单元静态分布模型的合理性和准确性。研究表明，建立的塔中地区志留系柯坪塔格组储层构型单元静态分布模型与研究区实际生产情况吻合较好，对于油藏后期的开发具有指导作用。

**参考文献** 陈欢庆, 梁淑贤, 舒治睿, 等, 2015. 冲积扇砾岩储层构型特征及其对储层开发的控制作用: 以准噶尔盆地西北缘某区克下组冲积扇储层为例[J]. 吉林大学学报: 地球科学版, 45(1):13-14. 陈飞, 胡光义, 胡宇霆, 等, 2018. 储层构型研究发展历程与趋势思考[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 40(5):1-14. 彭丽, 王振彪, 阳建平, 等, 2019. 塔里木盆地塔中 10 号构造带志留系柯坪塔格组低渗储层特征及控制因素[J]. 石油实验地质, 41(3):355-362. 乔雨朋, 邱隆伟, 邵先杰, 等, 2017. 辫状河储层构型表征研究进展[J]. 油气地质与采收率, 24(6):34-42. 渠芳, 陈清华, 连承波, 2008. 河流相储层构型及其对油水分布的控制[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 32(3):14-18. 徐丽强, 李胜利, 于兴河, 等, 2016. 辫状河三角洲前缘储层构型分析——以彩南油田彩 9 井区三工河组为例[J]. 油气地质与采收率, 23(5):50-57+82.

**关键词** 潮道; 储层构型; 开发; 塔中地区; 志留系



摘要 ID: 3294

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 琼东南盆地宝岛凹陷陵水组三段海相三角洲源汇时空耦合关系及沉积响应

林璐\*、李珊珊、吴仕玖、夏磊、胡雯燕  
中海石油(中国)有限公司海南分公司

琼东南盆地为南海北部西区新生代重要的含油气盆地,限于早期三维地震资料较少覆盖在深水区(现今水深大于300m),琼东南盆地的气藏发现主要集中在盆内中新统及盆缘的浅水区。近年来随着琼东南盆地深水区陵水17-2大型气田的发现,天然气的勘探也逐渐走向了勘探程度较低的深水深层,并在宝岛凹陷发现首个大型气田。海相三角洲作为宝岛21-1气田的沉积体类型,其储层具有非均质性强和内部结构复杂的特点,因此储集体分布规律预测的关键在于其有利砂体的识别、刻画及展布特征研究。

研究基于宝岛21区新的三维叠前深度偏移地震资料,结合最新7口钻测井和岩心资料,开展了深水区高精度层序地层格架的建立与沉积体系的再认识工作,并对古近系上新统陵水组三段低位体系域和高位体系域两个有利砂体分布层段进行了精细识别和描述划分。通过古地理格局重建、源汇系统定量化分析和重矿物组合确定了母岩类型,恢复了不同沉积期物源区岩性及古地貌,识别了入洼边界和沟渠体系,刻画了三角洲朵叶体及多期砂体的展布特征,重塑了低位域和高位域的源-渠-边-汇耦合关系与沉积过程。

陵水组三段低位体系域为琼东南盆地低水位期,除受到海南隆起和神狐隆起古老基底的长期继承性物源供给外,下覆崖城期沉积地层的再暴露使得流经的河流携带了未固结成岩的沉积物,故而低位域沉积卸载的三角洲具有泥质含量和碳酸盐岩含量较高的特点。主河流水系由北西向南东方向推进,沟渠形态以“W”型为主,受到汇聚区地貌西低东高的影响,三角洲主要在宝岛21断阶带西侧卸载。海侵期区域海平面的上升使海南隆起物源快速萎缩,同时高位体系域沉积期宝岛凹陷北部边界断层活动性增强,在断阶带的东侧可容纳空间增大,沟渠特征以多个单“V”型为主。故不同于低位沉积期,神狐隆起物源沿断裂陡坡和转换斜坡向宝岛21断阶带输送碎屑物质,形成了沿北东向入洼的大规模辫状河三角洲,沿断裂陡坡顺物源方向发育楔形前积反射,转换斜坡则发育S型前积反射。研究进一步将三角洲内幕砂体进行了分期刻画,以期准确描述各单砂体在纵横向表现出测井相、岩心相、厚度和岩性组合的差异性与成因机制。结合微型古地貌恢复和最小振幅属性,研究得出低位域先后经历了早期砂体快速堆积、中期填平补齐、晚期砂体水系分散沉积的演化过程,而高位域早期砂体受断裂活动影响较大,以断裂陡坡入洼形成小型朵叶体为主,晚期逐渐转化成以转换斜坡向西南方向较远推进的大型朵叶体。

以上研究揭示了我国首个深水深层宝岛21-1大气田陵水组三段储集体的分布特征,阐述了区域海平面变化与断层差异活动约束下物源区供给的影响,且实现了四级层序格架内砂体的源汇时空耦合,同时重塑了古地貌约束下的沉积演化过程,对指导下步勘探和开发井部署具有重要意义。

**参考文献** [1] 徐长贵, 尤丽. 琼东南盆地松南—宝岛凹陷北坡转换带特征及其对大中型气田的控制[J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(6): 1061-1072. XU Changgui, YOU Li. North slope transition zone of Songnan-Baodao sag in Qiongdongnan Basin and its control on medium and large gas fields, South China Sea[J]. Petroleum Exploration and Development, 2022, 49(6): 1061-1072. [2] 郭书生, 廖高龙, 梁豪, 等. 琼东南盆地BD21井深水区天然气勘探重大突破及意义[J]. 中国石油勘探, 2021, 26(5): 49-59. GUO Shusheng, LIAO Gaolong, LIANG Hao, et al. Major breakthrough and significance of deep-water gas exploration in Well BD21 in Qiongdongnan Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2021, 26(5): 49-59 [3] 童亨茂, 范彩伟, 童传新, 等. 琼东南盆地宝岛变换带的特征、类型及其成因机制[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(6): 897-905. TONG Hengmao, FAN Caiwei, TONG Chuanxin, et al. Characteristics, types and genetic mechanism of Baodao transfer zone, Qiongdongnan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(6): 897-905.



**关键词** 宝岛 21-1 气田；源汇体系；时空耦合；海相三角洲；沉积响应



摘要 ID: 3392

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 基于地质统计学反演的砂体精细刻画 ——以苏 A 区块为例

王妍<sup>1</sup>、魏千盛<sup>2</sup>、贾超<sup>2</sup>、张作超<sup>2</sup>

1. 西安石油大学 石油工程学院
2. 中国石油长庆油田分公司 第三采气厂

苏里格气田位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡西北部,是我国已发现的最大致密砂岩气藏,其主力含气层段为二叠系下石盒子组盒 8 段和山西组山 1 段,储层属于曲流河和辫状河沉积,具低压、低渗、低丰度特征。气田单井控制储量低,气井投产后,产量递减快,稳产能力差(郭智等, 2016; 卢志远等, 2021)。针对苏里格气田产能建设中的问题,本文以苏里格气田苏 A 区块为研究对象,充分利用区内地质、测井及地震资料,应用相控属性建立地质模型,进而开展精细分析和研究,从而明确剩余富集区以指导后期的井位部署。

本次研究在利用叠前弹性参数预测大套地层砂体的基础上,利用叠前地质统计学反演技术进一步精细刻画小层砂体展布特征,再以小层沉积相带作为约束条件,结合测井资料、地质认识等进行联合相控属性建模,最终建立目标层段的地质模型。

苏 A 区块储层非均质性极强,孔隙度、渗透率、含水饱和度等物性参数没有严格的数学关系,因此不能简单的通过参数交会回归进行储层属性模型的转化(翟羽佳等, 2022)。因此,该区储层的属性模型必须在通过地震、地质、测井相结合,联合相控属性得到高质量的岩相体模型(图 1)的基础上,相控模拟出储层的孔、渗、饱等物性模型。

在井震一体化建模的基础上对砂体构型进行归类。苏 A 区块盒 8+山 1 段砂体构型可分为 4 类: a、垂向叠置型; b、错位叠置型; c、水平搭接型; d、孤立分布型(图 2)。随着河道的横向迁移,砂体沉积不但会垂向叠置,也会侧向加积,且不同时期、不同位置的砂体的垂向叠置和侧向加积强度均有不同。当河道相对稳定,横向迁移作用弱时,多发育多层式纺锤型砂体构型;当河道横向迁移频繁,侧向加积作用增强时,砂体多错位搭接,随着侧向加积作用程度不同,又可分为多层式叠瓦型和多边式链条型,同时废弃河道、决口扇等位置会发育孤立式透镜型砂体(图 3)。

**参考文献** 郭智, 贾爱林, 何东博, 等. 鄂尔多斯盆地苏里格气田辫状河体系带特征[J]. 石油与天然气地质, 2016, 37(02): 197-204. 卢志远, 何治亮, 马世忠, 等. 高能辫状河沉积特征及砂体分布——以苏东 X 密井网区为例[J]. 石油学报, 2021, 42(08): 1003-1014. 翟羽佳, 马军霞, 马旭, 等. 基于辫状河储层特征控制的地震反演砂体刻画——以苏里格气田盒 8 下段为例[J]. 沉积学报, 2022. DOI: 10.14027/j.issn.1000-0550.2022.102

**关键词** 苏里格地区; 砂体精细刻画; 地质统计学反演; 叠前弹性参数反演





摘要 ID:2464

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地中东部本溪组砂体精细解剖\*

吴静仪\*、赵剑、王峰、田景春、余威、欧阳明焱  
成都理工大学沉积地质研究院

鄂尔多斯盆地中东部本溪组油气资源丰富,但储层横向变化快、气藏连续性差,给开发产建目标优选、储量评价都带来了较大难度。因此需要对研究区本溪组砂岩储层进行精细解剖,刻画不同砂体的沉积及砂体发育特征。本文在野外露头 and 岩心观察基础上,结合测井资料、测试分析资料,对砂体进行精细解剖,分析盆地东部本溪组的岩相类型及组合、微相类型、构型层次等,刻画砂体发育特征。结果表明:鄂尔多斯盆地中东部本溪组共识别出12种岩相类型:Gm、Gp、St、Sp、Sl、Sf、Fd、Fc、Fr、M、c、Lm;通过岩相组合共确定微相类型15种,其中水下分流河道(Gm-St-Sp-Sf)、潮汐砂坝(Sl-Sf-Sp)、潮道(Gm-St-Sf-M)、障壁砂坝(Fr-Sl)等为主要微相;构型层次界面可划分为1-6级界面,依次为:层系界面、层系组界面、单砂体内部增生体边界、单砂体边界、单一河道(砂坝)叠置砂体边界、复合河道带(复合砂坝带)边界;共识别出水下分流河道、潮道、潮坪(砂坪)、潮汐砂坝、潮汐风暴-陆棚、障壁砂坝等6种单砂体,水下分流河道和潮道砂体主要分布于研究区东北部,水动力以河流作用为主;潮坪(砂坪)、潮汐砂坝砂体主要分布于研究区中西部,水动力以潮汐作用为主;潮汐风暴-陆棚、障壁砂坝主要分布于研究区东南部,水动力以海洋波浪作用为主。结合物性、砂体厚度分析,认为潮汐砂坝、水下分流河道是最有利的储集砂体,且在研究区内中北部以条带状、零星状广泛发育,形成了油气储集有利区。研究结果以期油气勘探提供依据。

**参考文献** 侯云东,陈安清,赵伟波,等. 2018. 鄂尔多斯盆地本溪组潮汐-三角洲复合砂体沉积环境[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 45(04):393-401. 苏东旭,于兴河,李胜利,等. 2017. 鄂尔多斯盆地东南部本溪组障壁海岸沉积特征与展布规律[J]. 天然气工业, 37(09):48-56. 苏东旭. 2015. 鄂尔多斯盆地东南部石炭系本溪组沉积体系研究[D]. 中国地质大学(北京). 李云,张建伍,李晶,等. 2014. 鄂尔多斯盆地东南部石炭系本溪组沉积微相特征及其对天然气富集控制作用[J]. 西北地质, 47(02):216-222.

**关键词** 鄂尔多斯盆地;中东部;本溪组;砂体;精细解剖



摘要 ID:2979

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 浊积岩致密储层特征及其控制因素-以基山砂体商 853 区块沙三上亚段为例

付英\*<sup>1,2</sup>、冯明石<sup>1,2,3</sup>、肖伟桐<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学

2. 成都理工大学沉积地质研究院

3. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

基山砂体商 853 区块是致密油勘探开发的重点区块,属于典型的特低孔-特低渗储层。对储层特征的研究以及对储层的控制因素分析将对于寻找相对优质储层具有重要的指导意义。通过岩心观察、铸体薄片、扫描电镜、高压压汞、核磁共振等分析测试手段,研究了基山砂体商 853 区块沙三上亚段储层岩石学特征、储层微观结构及储层物性特征,明确了对储层的控制因素。结果表明:研究区岩性主要为长石岩屑砂岩,胶结作用和溶蚀作用对储层影响较大。孔隙类型主要发育以粒间溶孔为主,占总孔隙的 44%,其次岩屑粒内容孔也是重要的储集空间类型,占总孔隙的 29%。商 853 区块沙三上亚段孔隙度主要分布区间为 10%—15%,占样品总数的 43.9%;渗透率主要分布区间为  $0.1 \times 10^{-3}$ — $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,占样品总数的 41.46%,根据常规物性测试结果,商 853 区块整体属于中孔(15%—25%)—低孔(10%—15%)、特低渗( $1 \times 10^{-3}$ — $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )—超低渗( $0.1 \times 10^{-3}$ — $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )储层。研究区储层控制因素复杂多样,其差异性是由沉积作用和成岩作用的综合响应。不同沉积环境下所形成的砂岩储层岩石类型也不同,其碎屑成分、粒度、分选及单层厚度等方面有明显差异,决定了它们具有不同的原始储集条件,研究区沉积作用对储层的控制作用主要表现为岩石粒度对储层的控制。成岩作用决定了储层的致密程度,也是研究区最重要的控制因素,主要体现在碳酸盐胶结作用和粘土矿物的胶结作用等。

**参考文献** 白森. 2012. 惠民凹陷商河构造带断层特征及封闭性研究[D]. 青岛:中国石油大学(华东). 操应长, 杨田, 宋明水, 王艳忠, 马奔奔, 王健, 远光辉, 葱克来. 2018. 陆相断陷湖盆低渗透碎屑岩储层特征及相对优质储层成因—以济阳坳陷东营凹陷古近系为例[J]. 石油学报, 39(07): 727-743. 操应长, 远光辉, 杨海军, 王艳忠, 刘可禹, 咎念民, 葱克来, 王健. 2022. 含油气盆地深层—超深层碎屑岩油气勘探现状与优质储层成因研究进展[J]. 石油学报, 43(01): 112-140. 陈波, 赵海涛. 2006. 储层精细表征的研究方法体系与思路探讨[J]. 河南石油, 20(1): 21~24. 冯越, 黄志龙, 张华, 王健, 彭亚中. 2019. 吐哈盆地胜北洼陷七克台组二段混积岩致密储层特征研究[J]. 特种油气藏, 26(05): 56-63. 韩作振, 高丽华, 杨仁超, 林玉祥, 常象春. 2007. 商河油田沙河街组二段下亚段沉积微相展布及构造成因分析[J]. 矿物岩石, 03: 88-93. 侯明扬, 杨国丰. 2013. 北美致密油勘探开发现状及影响分析[J]. 国际石油经济, 21(007): 11-16. 贾承造. 2012. 关于中国当前油气勘探的几个重要问题[J]. 石油学报, 33(S1): 6-13. 蒋裕强, 陈林, 蒋婵, 覃明友, 文秀, 甘辉, 王猛, 胡朝阳. 2014. 致密储层孔隙结构表征技术及发展趋势[J]. 地质科技情报, 33(03): 63-70. 李凯旋. 2012. 惠民凹陷商河构造带砂体输导作用研究及物理模拟[D]. 青岛:中国石油大学(华东). 李庆, 姜在兴, 由雪莲. 2016. 惠民凹陷商 847 块湖相深水浊积岩储层非均质性特征及主控因素[J]. 油气地质与采收率, 3(05): 44-49. 李荣强, 高莹, 杨永飞, 李阳, 姚军. 2015. 基于 CT 扫描的岩心压敏效应实验研究[J]. 石油钻探技术, 43(05): 37-43. 李三忠, 索艳慧, 戴黎明, 刘丽萍, 金宽, 刘鑫, 郝天珧, 周立宏, 刘保华, 周均太, 焦倩. 2010. 渤海湾盆地形成与华北克拉通破坏[J]. 地学前缘, 17(04): 64-89. 李尊芝, 杨志军, 王思文, 李亚辉, 纪友亮, 康云, 张竹林. 2010. 商河油田储层特征及同沉积断层对其影响作用[J]. 高校地质学报, 16(04): 539-546. 林森虎, 邹才能, 袁选俊, 杨智. 2011. 美国致密油开发现状及启示[J]. 岩性油气藏, 23(04): 25-30+64. 罗顺社, 魏炜, 魏新善, 赵会涛, 刘晓鹏. 2013. 致密砂岩储层微观结构表征及发展趋势[J]. 石油天然气学报, 35(09): 5-10+1. 石坚. 2020. 鄂尔多斯盆地胡尖山地区延长组低渗透砂岩储层特征及控制因素研究[D]. 西安:西北大学. 马文礼, 李治平, 卢婷, 孙玉平, 张静平, 邓思哲. 2018. 机器视觉在油气勘探开发中的应用现状[J]. 科学技术与工程, 18(17): 112-119. 孙钰, 钟建华, 姜在兴, 王志坤, 高祥成. 2007. 惠民凹陷基山砂体沉积特征及成藏条件[J]. 西南石油大学学报, 01: 40-43+141-142. 孙钰, 钟建华, 袁向春. 2007. 惠民凹陷沙河街组一段白云岩特征及其成因分析[J]. 沉积与特提斯地质, 03: 78-84. 孙致学, 孙治雷, 鲁洪江, 尹希杰. 2010. 砂岩储集层中碳酸



盐胶结物特征——以鄂尔多斯盆地中南部延长组为例[J]. 石油勘探与开发, 37(05): 543-551. 王代富, 罗静兰, 陈淑慧, 胡海燕, 马永坤, 李弛, 柳保军, 陈亮. 2017. 珠江口盆地白云凹陷深层砂岩储层中碳酸盐胶结作用及成因探讨[J]. 地质学报, 91(09): 2079-2090. 王宁, 何幼斌, 王思文, 张竹林. 2014. 惠民凹陷商河油田商三区沙三上亚段浊积扇沉积特征[J]. 岩性油气藏, 26(03): 38-44. 王茜. 2020. 西峰地区长8-1致密砂岩储层评价及有利区优选[D]. 西安: 西安石油大学. 王青春, 何幼斌. 2005. 商河油田商三区沙二下亚段储层沉积微相研究[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), (S6): 851-853. 王勇, 王学军, 宋国奇, 刘惠民, 朱德顺, 朱德燕, 丁桔红, 杨万芹, 银燕, 张顺, 王敏. 2016. 渤海湾盆地济阳拗陷泥页岩岩相与页岩油富集关系[J]. 石油勘探与开发, 43(05): 696-704. 吴仕虎, 郝诚, 肖富森, 李小刚, 李益. 2018. 蜀南地区DTC区块中二叠统茅口组高产气井地震响应及裂缝预测[J]. 科学技术与工程, 18(12): 1-9. 吴松涛, 林士尧, 晁代君, 等. 2019. 基于孔隙结构控制的致密砂岩可动流体评价——以鄂尔多斯盆地华庆地区上三叠统长6致密砂岩为例[J]. 天然气地球科学, 30(08): 1222-1232. 杨剑萍, 操应长. 1999. 惠民凹陷下第三系沙河街组基山砂体成因及石油地质意义[J]. 石油大学学报(自然科学版), 04: 22-25. 杨剑萍, 许正豪, 姜在兴, 操应长, 陈发亮. 2003. 山东惠民凹陷中央隆起带古近系沙河街组层序地层特征及控制因素研究[J]. 沉积学报, 04: 670-674. 杨明. 2017. 惠民凹陷商河地区油气藏地震解释研究[D]. 青岛: 中国石油大学(华东). 张广智, 陈娇娇, 陈怀震, 张金强, 印兴耀. 2015. 基于岩石物理模版的碳酸盐岩含气储层定量解释[J]. 2015. 吉林大学学报(地球科学版), 45(02): 630-638. 张荣虎, 杨海军, 王俊鹏, 寿建峰, 曾庆鲁, 刘群. 2014. 库车拗陷超深层低孔致密砂岩储层形成机制与油气勘探意义[J]. 石油学报, 35(06): 1057-1069. 张震, 刘太勋, 谢风猛, 孟阳, 何瑞武, 刘延峰, 张恒才, 闫斐. 2021. 惠民凹陷临北地区基山砂体油气成藏主控因素研究[J]. 辽宁石油化工大学学报, 41(03): 48-56. 钟连彬. 2015. 大庆油田三元复合驱动态特征及其跟踪调整方法[J]. 大庆石油地质与开发, 34(4): 124-128. 周庆凡. 2017. 世界页岩气和致密油技术可采资源量分布[J]. 石油与天然气地质, 38(05): 828. 朱筱敏, 张守鹏, 韩雪芳等. 2013. 济阳拗陷陡坡带沙河街组砂砾岩体储层质量差异性研究[J]. 沉积学报, 31(6): 1094-1104. 邹才能, 张光亚, 陶士振, 胡素云, 李小地, 李建忠, 董大忠, 朱如凯, 袁选俊, 侯连华, 瞿辉, 赵霞, 贾进华, 高晓辉, 郭秋麟, 王岚, 李新景. 2010. 全球油气勘探领域地质特征、重大发现及非常规石油地质[J]. 石油勘探与开发, 37(02): 129-145. 邹才能, 陶士振, 侯连华等. 2011. 非常规油气地质[M]. Ajdukiewicz, J.M., Larese, R.E., 2012. How clay grain coats inhibit quartz cement and preserve porosity in deeply buried sandstones: observations and experiments[J]. AAPG Bulletin, 96: 2091-2119. Andrieu, S., Brigaud, B., Barbarnd, J., Lasseur, E., 2018. The complex diagenetic history of discontinuities in shallow-marine carbonate rocks: new insights from high-resolution ion microprobe investigation of

**关键词** 致密储层; 孔隙类型; 储层控制因素; 基山砂体;



摘要 ID:142

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 阿拉尔辫状三角洲聚砂机理及展布特征模拟实验

张小军\*

中国石油勘探开发研究院西北分院

为研究柴达木盆地西部地区阿拉尔辫状三角洲沉积体系展布特征及聚砂规律, 预测有利储层发育区, 从原型盆地地质背景出发, 以阿拉尔辫状三角洲入湖沉积体系为原型, 开展了阿拉尔辫状三角洲聚砂机理及展布特征模拟实验。

沉积模拟实验设计水深比尺为 1:50, 盐度设计为 15-16‰, 21-30‰, 按原型构造设计模型河道与湖盆底形, 河流坡降 15-25‰, 目的层为古近纪下干柴沟组下段 (E31) 和下油砂山组 (N21), 每个目的层自下而上共分 4 个沉积层序, 每一个层序对应四个沉积期, 每一沉积期分两次中水期—洪水期—中水期—枯水期沉积过程。实验过程主要以砂体展布及搬运方式为主要研究对象, 实验表明: ①阿拉尔辫状三角洲平面上具有“大平原、小前缘”的展布特征。同一时期内, 展宽速率小于伸长速率, 不同的沉积期, 湖平面的升降控制了砂体在平面上、垂向上的展布规模; ②咸水环境下, 水下分支河道发育, 是辫状三角洲前缘的主要砂体, 河口坝较淡水条件下发育, 剖面上可见多期河道砂体相互叠置的复合砂体; ③中水期, 洪水期与枯水期的流量持续时间和携沙能力不同控制了砂坝与河道等主要沉积微相的分布形态与格局特征; 洪水期砂体以长条状纵向砂坝、斜列砂坝为主, 长宽比值较大, 中水期砂体呈新月形、舌形、菱形、长条形斜列砂坝, 前积作用显著, 长宽比介于洪水期和枯水期之间, 枯水期水流对出露的砂坝进行切割改造, 形成以大型砂坝为主, 长宽比值一般较小; ④枯水期的平均宽厚比最大, 平均长宽比最小; 洪水期的平均宽厚比最小, 平均长宽比最大; 中水期的平均宽厚比、平均长宽比介于二者之间; ⑤咸水介质盐度垂向分层使河流入湖动力过程更加复杂, 砂质的主要沉积场所为辫状三角洲平原与前缘的辫状分支水道, 砂岩沉积较为纯净, 是良好的油气储层。

**参考文献** [1] 王艳清, 刘云田, 黄革萍等. 柴达木盆地西部地区古近-新近系沉积体系与油气分布. 北京: 石油工业出版社, 2014, 51-59. WANG Y Q, LIU Y T, HUANG G P, et al. Depositional systems and oil-gas distribution of the Paleogene and Neogene in western Qaidam Basin. Beijing: Petroleum Industry Press, 2014, 51-59. [2] 何宇航, 宋保全, 张春生. 大庆长垣辫状河砂体物理模拟实验研究与认识. 地学前缘, 2012, 19(2): 42-48. HE Y H, SONG Q B, ZHANG C S. A study of braided river sand deposit in Changyuan, Daqing through physical simulation experiments. Earth Science Frontiers, 2012, 19(2): 42-48. [3] 吕明, 王颖, 徐微. 沉积模拟方法在 Bonaparte 盆地的应用. 中国海上油气, 2010, 22(2): 84-90. LV M, WANG Y, XU W. An application of sedimentation simulation in Bonaparte basin. China Offshore Oil and Gas, 2010, 22(2): 84-90. [4] 龙国清, 韩大匡, 田昌炳, 等. 油藏开发阶段河流相基准面旋回划分与储层细分对比方法探讨. 现代地质, 2009, 23(5): 963-967. LONG G Q, HANG D K, TIAN J B, et al. The Base Level Cycle Subdivision and Correlation of Fluvial Facies in the Phase of Reservoir Development. Geoscience, 2009, 23(5): 963-967.

**关键词** 辫状三角洲 模拟实验 阿拉尔 柴达木盆地



摘要 ID:277

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：口头报告

## 塔里木盆地志留系潮汐滨岸沉积体系特征与有利区带预测

陈戈\*

中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院

塔里木盆地志留系面积为 23.6 万 km<sup>2</sup>，三次资评油气总资源量为 5.98 亿吨，沥青砂岩面积约 1.51 万 km<sup>2</sup>，是十分重要的海相碎屑岩勘探层系之一。本文综合运用数字露头、钻井、地震和实验分析资料并结合层序地层学理论对其沉积体系和砂体展布进行系统研究，结果表明：志留系自东向西发育近千公里的古海岸线，其中库车坳陷南斜坡区下志留统柯坪塔格组发育海侵背景下受古隆起控制的潮坪-滨岸沉积体系，水体类型和能量的差异形成了不同的砂体类型和沉积建造。古地貌凸岸区以高能波浪作用为主，发育前滨、临滨低角度冲洗和板状交错层理沿岸砂坝，单砂体厚度 1.2-4m，砂岩成分、结构成熟度均较高，以细粒石英砂岩、粉细粒岩屑石英砂岩为主，如英买力、哈拉哈塘地区。古地貌凹岸区为中-弱能量波浪作用的海湾区，砂岩中泥屑或泥砾含量高，成分、结构成熟度较低，单砂体厚度小于 1m，如跃南地区。古海岸平缓区以潮汐作用为主，主要发育潮下带潮汐水道和潮间带砂坪，其中潮汐水道具有完整的三层结构，垂直海岸呈条带状分布，纵向多期水道砂体叠置，底部见冲刷面和顺层泥砾，中部为双向、板状交错层理，上部为潮间带砂泥坪透镜状或波纹层理粉砂岩薄互层，单砂体厚度 0.6-2.7m，如柯坪地区。通过以上研究建立了塔里木盆地潮汐-滨岸沉积模式，并预测了有利砂体展布，认为滨岸砂岩具有复合砂体分布稳定、厚度大、储层性质好、非均质性弱等特点，是油气次生成藏及勘探的有利领域。

### 参考文献

**关键词** 砂体预测；沉积特征；潮汐滨岸；塔里木盆地



摘要 ID:838

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 束鹿凹陷西斜坡主要含油层段沉积特征分析

王宏霞\*、李熹微、项鑫、贾颖超  
华北油田研究院

**摘要** 束鹿凹陷目前内部勘探程度不均衡,具有多物源、近物源、粗碎屑、相变快的沉积特点,且东营组、馆陶组等新含油层系沉积相研究相对薄弱,严重制约了勘探开发的进度。亟需开展系统配套的沉积相及储层研究,搞清各组段有利砂体的展布及储层特征。

通过岩心、钻测井、地震资料分析,结合前人研究成果,对束鹿西斜坡主要目的层段沙河街组、东营组和馆陶组的沉积相特征进行深入研究,结果表明研究区内沙三段下亚段主要为厚层砾岩、泥灰岩沉积,物源附近为扇三角洲砾岩,凹陷内部为重力流滑塌扇砾岩,与泥灰岩互层;沙三段上亚段至沙二段凹陷周边各类三角洲广泛发育,沙三段上亚段以扇三角洲的砂泥互层沉积为主,沙二段沉积时期构造抬升,以辫状河三角洲沉积为主;沙一段至东营组沉积时期,沙一段下亚段早期,气候潮湿,地势逐渐夷平,水体变浅,发育膏盐湖相;晚期水体淡化,湖盆萎缩至东营组沉积一套河流-浅湖相的红色碎屑岩地层。随着早第三纪末地壳区域抬升,湖盆消亡,进入晚第三纪拗陷期。

储层特征分析,沙三段下亚段的砾岩及泥灰岩为非常规储层。岩心观察,泥灰岩储层主要为纹层近水平状、纹层波浪状、纹层透镜状和纹层呈破碎状四种纹层状泥灰岩,说明沉积环境和水动力条件具有一定差异。薄片分析,以方解石为主,其次为白云石、黏土矿物和石英,少量长石和黄铁矿。岩心覆压孔渗分析为特低孔—特低渗型储层,孔隙度主要分布 0.75%~2.03%,平均值为 1.47%,渗透率主要分布在  $0.05 \times 10^{-3} \sim 9.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,平均为  $1.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,储集空间类型主要为溶蚀孔、晶间微孔和纹层缝,利用微纳米 CT 的三维扫描技术,对束鹿凹陷沙三下亚段纹层状泥灰岩岩心进行三维图像扫描,提取孔喉特征,获得样品孔喉结构在三维空间的分布状态,获取孔喉半径、孔隙连通性等定量参数,结果显示:纳米级孔喉是研究区致密油储层的主要孔喉体系,结合国内外致密油有效储层孔喉下限,认为束鹿凹陷沙三下亚段纹层状泥灰岩中直径大于 55nm 的孔隙是有效储层。

沙三上亚段至馆陶组为常规砂岩储层。岩石类型主要为岩屑长石砂岩,岩屑以酸性喷出岩和凝灰岩为主,岩石物性分析,中高孔中低渗型储层,储层物性总体相对较好。综合分析,沙三上段与沙二段砂体发育,储集性能较好,是西斜坡主要的储集层段。

**参考文献** [1] 邹才能,朱如凯,吴松涛,等.常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望-以中国致密油和致密气为例[J].石油学报,2012,33(2):173-187. [2] 林森虎,邹才能,袁选俊,等.美国致密油开发现状及启示[J].岩性油气藏,2011,23(4):25-30. [3] 贾承造,邹才能,李建忠,等.中国致密油评价标准、主要类型、基本特征及资源前景[J].石油学报,2012,33(3):43-350. [4] 杨华,李士祥,刘显阳.鄂尔多斯盆地致密油、页岩油特征及资源潜力[J].石油学报,2013,34(1):1-11. [5] 梁宏斌,崔周旗,卢学军,等.冀中拗陷沉积演化与岩性油气藏勘探[J].石油钻采工艺,2009,31(增刊1):1-8.

**关键词** 束鹿凹陷;沉积特征;沙三下亚段;储层



摘要 ID:943

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 乌里雅斯太凹陷南洼苏布构造中深层储层主控因素

王宏霞\*、项鑫、李熹微、黄艳伟  
华北油田研究院

乌里雅斯太凹陷位于内蒙古锡林郭勒盟东乌珠穆沁旗,构造上属于二连盆地马尼特拗陷,凹陷长220km,宽16~20km,面积近3000km<sup>2</sup>,分为南、中、北三个次级洼槽。南洼槽下白垩统包括阿尔善组、腾格尔组一段、腾格尔组二段和赛汉塔拉组,苏布构造位于南洼槽的西部陡带,阿尔善组和腾格尔组一段下亚段为主要目的层系。

苏布构造下白垩统碎屑岩储层岩石类型主要为岩屑长石砂岩,其次为长石砂岩和长石岩屑砂岩,少量岩屑砂岩。石英平均含量10%~55%,长石含量12%~57%,岩屑含量3%~76%,岩屑以花岗岩为主,其次为酸性喷出岩和变质岩。颗粒分选中或好为主,磨圆度以次棱-次圆为主,或次棱、次圆过渡类型。孔隙类型主要为粒间溶孔、粒内容孔、晶间微孔等3种孔隙类型,根据岩心物性测试及测井解释成果资料,按照总公司碎屑岩储层物性分级标准,对阿尔善组砂组碎屑岩储层储集性能进行了研究和划分,其储层常规物性有效孔隙度在5%~12.8%之间;渗透率平均 $0.66\sim 8.92\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 之间,主要为特低孔特低渗型储层,其次为特低孔低渗储层。

研究区碎屑岩储层的物性主要受沉积和成岩两方面因素的影响,其中物源区母岩类型控制了洼槽区储层的岩石类型,母岩区主要发育刚性矿物含量较高的花岗岩,利于后期储层的成岩改造,扇三角洲前缘水下分流河道砂体中的长石、方解石等易溶组分,利于增孔增渗,有效改善了洼槽区砂砾岩体的储层物性;基于工艺改造前岩心实测物性数据,选取了最大正常孔隙度演化曲线与有效储层物性下限交汇法预测储层勘探下限,拓展了该地区洼槽区的勘探空间。

**参考文献** [1]&nbsp;&nbsp; 张春生,刘忠保,施冬.扇三角洲形成过程及其演变规律[J].沉积学报,2000,18(4):521-527[2]&nbsp;&nbsp; 王海林,田家祥.不同类型三角洲特征探讨[J].大庆石油学院学报,1994,18(4):135-139[3]&nbsp;&nbsp; 朱筱敏,信荃麟.湖泊扇三角洲的重要性[J].石油大学学报,1994,18(3):6-12[4]&nbsp;  张哨楠.一种新的储层类型——冰川沉积[Z].西南石油大学资源与环境学院,2011,11.[5]&nbsp;  曾允孚,夏文杰.沉积岩石学[M].北京:地质出版社,1986.[6]&nbsp;  于兴河.碎屑岩系油气储层沉积学[M].北京:石油工业出版社,2008.[7]&nbsp;  王允成.油气储层地质学[M].北京:地质出版社,2008.

**关键词** 乌里雅斯太凹陷 主控因素 下白垩统 储层



摘要 ID:1512

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 与被动大陆边缘背景相关的四类典型深水沉积模式探讨

刘子玉\*

中海油研究总院有限责任公司

通过对全球 1196 个已发现油气田统计, 涉及深水沉积储层的油气田 193 个, 其中又与被动大陆边缘盆地相关的深水沉积储层的油气田数量将近 60 个。被动大陆边缘盆地又称大西洋型大陆边缘盆地, 即通常所说的稳定大陆边缘, 构造上长期处于相对稳定状态的大陆边缘。统计结果表明 31% 的深水沉积储层油气田发育于被动大陆边缘背景之下, 进一步分析其构造背景, 有的属于宽阔的陆架, 如墨西哥湾北部深水盆地、巴西坎普斯渐新世至今沉积期盆地、国内南海北部盆地; 有的属于狭窄的陆架, 如巴西坎普斯晚白垩世-始新世沉积期盆地; 还有的大陆边缘盆地由于构造及沉积演化差异导致所处的陆架极为狭窄甚至几乎无陆架发育, 而直接过渡到陡峭陆坡区, 如东非鲁伍马盆地即属于典型的狭窄陆架沉积背景。陆坡环境亦是复杂多样, 有的较为陡峭, 而有的较为崎岖。不同的陆架-陆坡环境导致了不同的沉积格局。目前被动大陆边缘背景下深水沉积储层油气发现非常可观, 已获得了较大价值的商业油气, 显示出广阔的勘探前景, 值得我们关注和研究。基于区域地质构造和沉积背景分析, 选取被动大陆边缘背景下典型研究实例, 通过分析盆地陆架宽-窄演变, 陆坡区是否发育限制性地貌, 开展物源供给与搬运过程研究, 探讨了被动大陆边缘背景下沉积发育特征, 建立了被动大陆边缘背景下四种典型深水沉积模式, 其沉积过程受多因素控制并各具特色: ①窄陆架-限制性陆坡模式, 物源直接供给, 主要发育水道体系; ②窄陆架-非限制陆坡模式, 物源直接供给, 主要发育朵叶(水道化朵叶)体系; ③宽陆架-限制性陆坡模式, 物源靠陆架供给, 主要发育水道体系; ④宽陆架非限制性陆坡模式, 物源靠陆架供给, 发育朵叶(水道化朵叶)体系。

### 参考文献

**关键词** 被动大陆边缘; 深水; 陆架; 陆坡; 沉积模式





摘要 ID:1553

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 展板

## 库车拗陷牙哈地区古近系苏维依组底砂岩段石膏赋存状态

林小兵\*、王壮生、范峻铭、郑宇超  
成都理工大学沉积地质研究院

库车拗陷牙哈气藏是我国开发时间最早、开发技术最为成熟的凝析气藏之一,古近系苏维依组底砂岩段为主要产层段之一,岩性以灰绿色、棕红色含膏质细-中砂岩为主。前人对于牙哈地区苏维依组膏泥岩段石膏特征已有研究,但对于底砂岩段膏质赋存状态研究较少,仅作为沉积环境和古气候研究依据。但笔者研究中发现,砂岩中不同赋存状态的石膏生成时期、水动力条件、沉积环境均有所不同,对于储层物性的影响也不同。因此通过钻井岩心、薄片数据、测井曲线综合分析,对苏维依组底砂岩段石膏赋存状态、特征进行研究。研究结果表明:(1)苏维依组底砂岩段根据岩性、测井曲线、可分为三段,EIII-1段为灰绿色膏质含砾中-粗砂岩、细砂岩,夹薄层膏泥岩;EIII-2段为灰绿色中-细砂岩,局部含膏质;EIII-3段岩性主要为灰绿色、棕红色膏质细砾岩、含砾中-粗砂岩及细砂岩。(2)苏维依组底砂岩段沉积环境为辫状河三角洲前缘亚相,发育水下分流河道和盐沼微相。(3)苏维依组底砂岩段石膏赋存状态主要有以下7种类型:①云雾状:石膏以团块状、云雾状的形式赋存在砂岩中,直径一般大于5cm,属于前期气候干旱,湖水蒸发大于补给的咸潮时期形成的稳定膏岩层,后经过流水搬运、破碎于砂岩同时沉积;②斑块状:石膏赋存状态为斑块状,较云雾状形状更规则,其直径一般在2~5cm,也是前期膏岩层经流水搬运沉积形成;③撕裂状:膏质为不规则的撕裂状,为云雾状膏质团块在沉积时期受应力挤压撕裂形成;④脉状:膏质为脉状、层状赋存于岩层层面之间,是沉积成岩阶段含膏质流体进入层面,后结晶析出形成,延伸范围较广,厚度一般为0.5cm;⑤星点状:膏质为斑状、团块状随机、均匀地分布在岩层当中,直径一般在0.2~0.5mm,是浅水蒸发收缩形成;⑥花斑状:属于微观膏质赋存状态,膏质以团状、花斑状存在,直径小于0.1mm,是成岩早期膏质成分失水收缩,重结晶形成;⑦连晶状:以胶结物形式发育在砂岩颗粒间的空隙中,一般会将周围砂岩颗粒连成整体,一般是成岩中后期地下流体中的膏质成分析出胶结在颗粒之间形成。不同的石膏形态,可以深入揭示该套砂体沉积时的古环境、古水动力条件、古气候条件。

### 参考文献

**关键词** 膏质沉积; 赋存状态; 辫状河三角洲前缘; 苏维依组; 牙哈地区



摘要 ID:1728

主题分类：沉积学基础理论与进展》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：口头报告

## 川北震旦系灯影组三段沉积特征及其地质意义

何若玮、孙玮\*  
成都理工大学

四川盆地及其周边地区震旦系分布广泛，发育良好，具有极好层储油条件。本文重点通过对南江柳湾乡剖面震旦系灯影组三段的研究，进一步分析震旦系灯影组的沉积环境、海相变化。柳湾乡剖面位于南江，区域上位于米仓山推覆构造带。剖面出露清晰，适合研究。剖面底部与澄江期花岗岩沉积接触，顶部与下寒武统沙滩段组黑色页岩不整合接触。柳湾乡灯影组根据岩性特征差异可整体划分为四段：灯影组一段主要为块状白云岩；灯影组二段主要为含葡萄花边构造的藻白云岩；灯影组三段主要为含砂屑碎屑岩与白云岩互层，顶部夹泥质白云岩；灯影组四段主要以硅质条带与泥粉晶白云岩为主。柳湾乡剖面总计 742m 长，其中灯影组三段长度为 50.81m，主要以泥晶白云岩、石英砂岩、粉砂岩和白云质泥岩为主。灯影组三段室内分层划分为 11 小层，归属为四段（图 1）：

- ①底部 2-4 层以石英砂岩为主，夹少量白云岩层，石英砂岩分选性与磨圆度极差，且无明显排列规律；
- ②向上 5-7 层白云岩含量增多，出现砾屑白云岩与砂岩互层，白云岩多为泥晶或微-细晶白云岩，砂岩多为长石石英，可能含少量岩屑，同样具有分选性差磨圆度差的特征；
- ③中部 8-10 层主要为厚度 10.7m 的红色泥岩与粉砂岩为主，夹杂薄板状白云石，多数可见明显纹层状，可表明水深环境，含极少量石英颗粒，有明显的泻湖相特征；
- ④顶部 11-13 层（13 为灯影组四段底部），呈现由灰白色泥岩-粉砂岩为主，砂质颗粒大小由粗粉砂转为细粉砂，再变为细砂，至顶部为泥质泥岩到纹层状白云岩的过渡。颗粒大小主要根据搬运距离的远近与水流深浅变化，顶部由于搬运距离较远，故多呈粉砂状或者泥状，泥岩仍多为白云质底。（如图 1 所示）

通过杨坝、正源等剖面也见相似特征。且根据对柳湾乡灯影组三段岩屑主微量测试分析得到的锶元素数据（Sr）含量可知剖面所经历的沉积演变。表明灯影组三段地质环境特征无大环境的改变，仅由台地相向潮坪相的转变；研究区灯影组三段的顶底部并不存在不整合面，岩性是过渡性，地球化学特征也无明显的变迁；碎屑物质来源于汉南古陆，仅受海进海侵影响。

### 参考文献

**关键词** 灯影组三段；混积沉积；柳湾乡；四川盆地



摘要 ID:1759

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型：展板

## 辫流带沉积成因组合模式及连通关系研究

韩建斌\*、汪利兵、张文俊、姜立富、谢京、陈铭阳  
中海石油（中国）有限公司天津分公司

综合利用现代沉积、沉积物模、岩心、地震、测井及生产动态资料，针对渤海海域 P 油田馆陶组浅水辫状河三角洲内辫流带储层结构开展研究，揭示了辫流带内心滩与心滩、心滩与河道之间 4 类成因组合模式，并进一步探索不同组合模式的连通关系和剩余油分布。研究表明：在水动力条件与河道类型的控制下，研究区辫流带内主要发生冲积、加积、前积和迁移侧积四种沉积作用，形成了四种组合模式。洪水期，水道依托心滩内串沟冲蚀心滩砂坝，于心滩坝前缘快速前积卸载形成冲积叠覆型组合模式。平水期，受顺直河道控制，目标心滩砂坝周缘主要发生两种沉积作用，即在前缘发生的前积作用和顺直河道内的加积作用，目标心滩坝逐渐加长、加宽。多期沉积后，目标心滩砂坝逐渐与前侧心滩形成前积拼接组合，通过河道内加积与侧方心滩砂坝形成多层拼接组合；而平水期的迁移河道内主要发生迁移侧积，心滩坝逐渐加宽，与侧向心滩砂坝形成侧积拼接组合，以上认识是对辫流带“拼合板结构”储层模式的进一步深化。同时，依托井-震结合、多井型联合以及正演模拟分析等技术手段开展辫流带内储层结构刻画，证实了上述四种成因组合模式并建立不同组合模式的井-震耦合特征。基于生产动态分析，认为冲积叠覆型组合类似单一心滩砂坝内部，连通关系好，表现为注采响应快、水淹强；多层拼接型，夹层不发育，连通关系较好；而前积拼接型与侧积拼接型，受前积夹层与侧积夹层发育影响，非均质性较强，连通关系较差。从生产动态资料可知，冲积叠覆型开发效果较好，剩余油较少。其它三种类型剩余油相对富集，其中多层拼接型剩余油分布在不同期次心滩坝顶部范围内，表现为“复式阁楼型”剩余油模式，适合定向井挖潜；而前积拼接型与侧积拼接型，受拼接体内夹层的遮挡，心滩坝中上部剩余油富集，适合水平井挖潜。

### 参考文献

**关键词** 浅水辫状河三角洲；沉积成因；组合模式；精细刻画；连通关系；剩余油分布



摘要 ID: 3234

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 致密砂岩多尺度构造裂缝成因机制及定量预测模型研究

任启强\*、李梦萍、杨田、蔡来星  
成都理工大学

作为全球油气勘探的热点领域, 深层-超深层致密砂岩中普遍发育的裂缝对于改善储层物性具有提渗促溶的双重建设意义, 其多尺度成因机制及定量预测模型是国际油气地质学和储层地质学的前沿和热点问题。弱层理面在致密砂岩中广泛发育, 其发育特征对多尺度构造裂缝成因机制的控制尚不明确。四川盆地上三叠统须家河组深层致密砂岩具有弱层理面类型多样、构造裂缝分布差异显著的典型特征, 是探究弱层理面控制下构造裂缝成因机制的理想场所。项目拟利用须家河组深层致密砂岩开展弱层理面与构造裂缝耦合关系解析; 综合弱层理面控制的构造裂缝演化过程岩石力学实验和有限元数值模拟, 揭示多尺度构造裂缝成因机制, 并进一步构建弱层理面控制下的多尺度裂缝定量预测模型。研究成果拟建立含弱层理面致密砂岩构造裂缝定量预测的新方法, 可完善储层裂缝理论体系, 为深层-超深层致密砂岩油气勘探开发提供新思路, 并助推须家河组致密油气勘探取得新突破。

**参考文献** Cui X, Radwan A E. Coupling relationship between current in-situ stress and natural fractures of continental tight sandstone oil reservoirs[J]. Interpretation, 2022, 10(3): SF9-SF21. Feng J W, Shi S, Zhou Z, et al. Characterizing the influence of interlayers on the development and distribution of fractures in deep tight sandstones using finite element method[J]. Journal of Structural Geology, 2019, 123: 81-95. Gale J F W, Laubach S E, Olson J E, et al. Natural fractures in shale: a review and new observations[J]. AAPG Bulletin, 2014, 98(11): 2165-2216. Gong L, Fu X, Gao S, et al. Characterization and prediction of complex natural fractures in the tight conglomerate reservoirs: a fractal method[J]. Energies, 2018, 11(9): 2311. Laubach S E, Olson J E, Gale J F W, et al. Structural diagenesis[J]. Journal of structural geology, 2010, 93(11): 1413-1426. Lyu W, Zeng L, Zhang B, et al. Influence of natural fractures on gas accumulation in the Upper Triassic tight gas sandstones in the northwestern Sichuan Basin, China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2017, 83: 60-72. Ren Q, Jin Q, Feng J, et al. Geomechanical models for the quantitatively prediction of multi-scale fracture distribution in carbonate reservoirs[J]. Journal of Structural Geology, 2020, 135: 104033. 戴俊生, 汪必峰, 马占荣. 脆性低渗透砂岩破裂准则研究[J]. 新疆石油地质, 2007, 28(4): 393-395. 邓虎成, 周文, 周秋媚, 等. 新场气田须二气藏天然裂缝有效性定量表征方法及应用[J]. 岩石学报, 2013, 29(3): 1087-1097. 丁文龙, 尹帅, 王兴华, 等. 致密砂岩气储层裂缝评价方法与表征[J]. 地学前缘, 2015, 22(4): 173-187. 冯建伟, 赵力彬, 王焰东. 库车坳陷克深气田超深层致密储层产能控制因素[J]. 石油学报, 2020, 41(4): 478-488. 巩磊, 高铭泽, 曾联波, 等. 影响致密砂岩储层裂缝分布的主控因素分析—以库车前陆盆地侏罗系—新近系为例[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(2): 199-208. 郭迎春, 庞雄奇, 陈冬霞, 等. 致密砂岩气成藏研究进展及值得关注的几个问题[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(6): 717-724. 李王鹏, 刘忠群, 胡宗全, 等. 四川盆地川西坳陷新场须家河组二段致密砂岩储层裂缝发育特征及主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(4): 884-897. 贾承造, 郑民, 张永峰. 中国非常规油气资源与勘探开发前景[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 129-136. 蒋有录, 李明阳, 王良军, 等. 川东北巴中—通南巴地区须家河组致密砂岩储层裂缝发育特征及控制因素[J]. 地质学报, 2020, 94(5): 1525-1537. 鞠玮, 尤源, 冯胜斌, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长7油层组致密砂岩储层层理缝特征及成因[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(3): 596-605. 林承焰, 李辉, 任丽华, 等. 致密砂岩储层天然裂缝建模方法研究进展[J]. 地球物理进展, 2020, 35(5): 1803-1814. 刘冬冬, 张晨, 罗群, 等. 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷芦草沟组致密储层裂缝发育特征及控制因素[J]. 中国石油勘探, 2017, 22(4): 36-47. 刘志远, 李浩, 武清钊, 等. 致密砂岩裂缝测井识别特色技术及其应用效果——以四川盆地川西坳陷新场气田上三叠统须家河组二段为例[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(4): 981-991. 吕文雅, 曾联波, 周思宾, 等. 鄂尔多斯盆地西南部致密砂岩储层微观裂缝特征及控制因素—以红河油田长8储层为例[J]. 天然气地球科学, 2020,



31(1): 37-46. 苏皓, 雷征东, 张荻荻, 等. 裂缝性油藏天然裂缝动静态综合预测方法——以鄂尔多斯盆地华庆油田三叠系长63储集层为例[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(6): 919-929. 王俊鹏, 张惠良, 张荣虎, 等. 裂缝发育对超深层致密砂岩储层的改造作用——以塔里木盆地库车坳陷克深气田为例[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(1): 77-88. 王珂, 张荣虎, 王俊鹏, 等. 超深层致密砂岩储层构造裂缝分布特征及其成因——以塔里木盆地库车前陆冲断带克深气田为例[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(2): 338-353. 杨海军, 张荣虎, 杨宪彰, 等. 超深层致密砂岩构造裂缝特征及其对储层的改造作用, 2018, 29(7): 942-950. 曾联波, 吕文雅, 徐翔, 等. 典型致密砂岩与页岩层理缝的发育特征、形成机理及油气意义[J]. 石油学报, 2022, 43(2): 180-191. 张云钊, 曾联波, 罗群等. 准噶尔盆地吉木萨尔凹陷芦草沟组致密砂岩储层裂缝特征和成因机制[J]. 天然气地球科学, 2018, 29(2): 211-225. 郑和荣, 刘忠群, 徐士林, 等. 四川盆地中国石化探区须家河组致密砂岩气勘探开发进展与攻关方向[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(4): 765-783. 邹才能, 杨智, 朱如凯, 等. 中国非常规油气勘探开发与理论技术进展[J]. 地质学报, 2015, 89(6): 979-1007.

**关键词** 深层致密砂岩; 弱层理面; 多尺度构造裂缝; 定量预测模型; 四川盆地上三叠统须家河组



摘要 ID: 3246

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 基于连续统计的须二段高频沉积旋回及演化特征分析

王贵华\*、林小兵、田景春、郑宇超、柳远松  
成都理工大学沉积地质研究院

川西前陆盆地上三叠统须家河组发育典型的致密砂岩储层,其沉积环境主要为辫状河三角洲前缘亚相,发育水下分流河道、河口坝和分流间湾等沉积微相。目前已开展的川西地区须二段小层划分和沉积微相研究,主要根据取心数据、测井和三维地震数据分析等资料,微相及砂体成因类型具有多种解释方案,使得沉积微相演化及砂体分布规律预测存在一定误差,不利于支撑精细化勘探、开发。因此,基于连续岩屑薄片鉴定的岩石学特征分析,建立须二段更精细的物质组成及沉积微相演化序列,对于指导测井及地震解释,进而精确开展微相及砂体预测具有重要意义。

本文对川西地区典型井的须二段地层开展了连续岩屑薄片精细观察,对骨架颗粒粒度、含量、结构特征、填隙物特征等参数进行统计,通过粒度分析及聚类分析技术,结合阴极发光及测井数据等资料,建立了川西地区须家河组二段垂向物质组成、结构组分变化序列,及沉积微相高频演化旋回。

结果表明:

- 1、须二段从底到顶石英含量整体较高,呈缓“M”型变化特征,长石含量整体较低,前期出现突增,降低后一直维持在较低水平,岩屑的含量呈锯齿状型变化特征,整体上呈上升趋势,填隙物整体含量较少,变化不大,局部有含量突变特征。
- 2、川西盆地须家河组二段垂向高可划分为四个长期沉积旋回,六个短期沉积旋回,以及十个高频沉积旋回。
- 3、须二段从底到顶发育多个水下分流河道-分流间湾沉积旋回、水下分流河道-河口坝沉积旋回、水下分流河道-分流间湾沉积旋回、水下分流河道-河口坝沉积旋回为主的高频沉积旋回序列。
- 4、须二段高频沉积旋回中,沉积微相组合不同,其砂体组合具有不同的成岩演化序列,其中四个长期沉积旋回中成岩作用从较强逐渐变弱再变强最后变弱,其中十个高频旋回中半数以上溶蚀作用强烈,交代作用较弱。总体上成岩作用呈现出强-弱-稳定-强-稳定-弱-变化波动大-稳定-变弱的变化趋势。
- 5、连续性岩屑分析,可为沉积微相演变化快、优质储层难于预测的地区,提供重要参考。

### 参考文献

**关键词** 岩屑分析; 物质组成; 高频沉积旋回; 须家河组二段; 川西地区



摘要 ID: 3322

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 富砂背景下泛滥平原储层结构特征及模式——以钟祥为例

胡晓红\*

长江大学

泛滥平原砂体薄、泥质含量高,故受到的关注较低。实际上,早在1957年利奥波德和沃尔曼就指出,在河道快速变化的河流中越岸水流的速度相当快,达到40或50厘米/秒的流速是很常见的。在这种情况下,越岸的洪水沉积不仅有泥质沉积物,也有大量砂,组成了具有大面积连片分布特征的砂体,其内的决口扇虽然规模小,单层砂体厚度薄,但叠的总体层段多、含砂量可观,亦可成为有力储层段。目前富砂背景下的洪泛体系露头少见,关于它的研究更少,湖北钟祥市内出露一处壁面基本上直立状,整体高度约10米,共分为北、中、南三段,总长度约115米的剖面,为研究富砂背景下泛滥平原储层结构特征及模式提供了实例。该剖面不在一条直线上,形成多条或平行或垂直的出露,为认识不同方向上的变化提供了较好的条件。以该剖面为研究对象,通过“野外剖面实测,室内分析测试”,明确该剖面的岩性、沉积构造,在此基础上,对剖面砂体形态及分布进行观察分类及总结。

研究发现,该剖面以红褐色泥岩、极细砂岩为主,偶见灰白色粉砂还原层,推测其在富氧、富砂、潮湿背景下沉积。基于岩石类型和沉积构造,识别出泥岩相、粉砂岩、极细砂岩三大类六七种岩石相及四种岩相组合。剖面主要发育辫状河沉积、决口水道沉积及河漫沉积,河漫沉积可分为泥质沉积为主的决口扇水道漫流沉积和辫状河河漫沉积,两者多发育在两套砂体之间。中厚层状互层储层与薄层状互层储层结构样式在平面上和垂向上间互分布,表明其可能是以小型河道为中心的砂体向侧缘变化为以扇缘砂为主体的储层结构模式,其中中小型河道是其主体。

基于该剖面的研究结果,总结出富砂背景下泛滥平原上,大型河道形成厚-巨厚层砂体,河道决口扇上形成小型决口扇水道,水道至扇体边缘散化形成片状具有侵蚀能力的河道,河道再进一步细化为片状不具侵蚀能力的水流,最终形成薄层状的水流失去携带砂质沉积物的能力,形成泥质沉积。近端决口河道的宽浅河道转化为窄浅河道,进而形成溢岸的薄层状片流砂体构成整个泛滥平原的储层基本结构,砂体整体呈现河道侧向变化与溢岸砂体相连、河道侧缘部位以废弃河道充填与前期沉积切割相连的特征,大型河道形成骨架,在河道间期决口扇同决口河道相连。

### 参考文献

**关键词** 富砂; 泛滥平原; 储层; 沉积模式; 湖北钟祥



摘要 ID: 3350

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碎屑岩沉积体系

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地南缘平凉二道沟剖面山西组-下石盒子组沉积相特征

肖云霄\*、王峰、吴静怡、王集、徐明慧  
成都理工大学

**摘要:** 鄂尔多斯盆地上古生界天然气资源丰富, 盆地西南缘二叠系山西组、下石盒子组盒 8 段为主要含气层位, 厘清其沉积相特征对指导该地区的天然气勘探具有重要意义 (肖平红, 2020)。本文以鄂尔多斯盆地西缘平凉二道沟剖面为研究对象, 在露头剖面实测基础上, 通过手持伽马仪测量、剖面样品岩石薄片鉴定、常量及微量元素地球化学分析, 对山西组-下石盒子组沉积期沉积环境及沉积相演化进行了分析, 并在此基础上, 建立相应的沉积模式。研究表明: ①研究区发育主要 8 种岩相, 包括块状层理含砾砂岩相; 板状交错层理砂岩相; 平行层理砂岩相; 块状层理砂岩相; 砂纹层理粉砂岩相; 水平层理泥 (页) 岩相; 深色泥岩相; ⑧水平层理泥质粉砂岩相, (孙诗等, 2019) 进一步组合为 6 种岩相组合②根据  $U/Th$ 、 $\delta U$ 、 $V/(V+Ni)$ 、 $Ni/Co$  古氧化还原环境指标反映山西组到下石盒子组的沉积环境为氧化—弱还原—氧化环境;  $Li$ 、 $Sr$ 、 $Ni$ 、 $Ga$  古盐度指标表明整个沉积过程中山 2 段以淡水环境为主, 但也有咸水的注入, 多为陆相环境, 山 1 段、下石盒子段为淡水陆相环境; 通过古水深指标  $Rb/Zr$  值分布于  $0.05 \sim 0.66$  均  $0.37$ , 数值整体偏低研究区水体程加深—变浅—加深的趋势; 研究区古气候指标  $CaO/(MgO \times Al_2O_3)$ 、 $K_2O$ 、 $Na_2O$  值均较低但处于一个变大的趋势, 反映出山西组—下石盒子组的沉积环境处于低温湿热的气候, 但随之时间的推移气候会越来越干燥 (Sun et al, 2020)。③岩性相组合及沉积环境分析表明山西组沉积环境为曲流河三角洲平原前缘沉积, 发育分流间湾、水下天然堤、决口扇、天然堤、分流河道 5 种微相类型; 下石盒子组沉积期沉积环境主要为—辫状河三角洲平原沉积, 发育辫状河道、越岸沉积 8 中沉积微相。(肖平红, 2020; 沈玉林等 2006) 该研究对山西组河流三角洲的沉积相带做出明确划分, 深入探讨和明确河流三角洲沉积体系时空演化及有利碎屑岩储层分布, 具有重要的理论意义。

**参考文献** [1] 孙诗, 王峰, 陈洪德, 魏新善, 陈东阳, 祝圣贤, 鄂尔多斯盆地东北缘府谷剖面中二叠统盒 8 段沉积相特征[J]. 地球科学与环境学报, 2019, 41(2): 226-240. [2] 沈玉林, 郭英海, 李壮福. 鄂尔多斯盆地苏里格庙地区二叠系山西组及下石盒子组盒八段沉积相[J]. 古地理学报, 2006, 8(1): 53-62. [3] 肖平红. 鄂尔多斯盆地山西组—盒 8 段沉积体系与有利储层研究[D]. 北京: 中国地质大学 (北京), 2020. [4] Sun Jiaopeng, Dong Yunpeng, et al. Ordovician tectonic shift in the western North China Craton constrained by stratigraphic and geochronological analyses[J]. Basin Research, 2020, 6(32): 1413-1440.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 微量元素特征; 沉积相; 山西组; 下石盒子段;





# 沉积学基础理论与进展

## 碳酸盐岩沉积学



摘要 ID: 2225

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地西南部寒武纪沉积序列与古地理演化

耿峰\*<sup>1</sup>、郝建龙<sup>1</sup>、范伟峰<sup>1</sup>、苏炳睿<sup>2</sup>、段雄<sup>2</sup>

1. 中石化西北油田分公司勘探开发研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011

2. 西华师范大学地理科学学院, 四川 南充 637002

基于最新的钻井和地震资料, 对塔里木盆地西南部寒武纪不同海平面、古气候和沉积速率背景下的岩相古地理进行精细刻画。玉尔吐斯组沉积期巴楚隆起向塔西南坳陷依次为潮坪、浅水陆棚和深水陆棚。肖尔布拉克组沉积期巴楚隆起为局限台地, 麦盖提斜坡至塔西南坳陷依次为浅水缓坡、深水缓坡和陆棚。吾松格尔组沉积期巴楚隆起西部发育蒸发台地, 麦盖提斜坡北部为局限台地。沙依里克组沉积期巴楚隆起至麦盖提北部主要为开阔台地所主导。阿瓦塔格组沉积期盆地内部主要为大面积的蒸发台地。下丘里塔格组沉积期巴楚隆起至麦盖提斜坡为局限台地—开阔台地。玉尔吐斯组发育优质的烃源岩, 肖尔布拉克组台缘白云岩受古岩溶作用形成有效储层, 而吾松格尔组和阿瓦塔格组膏盐岩则形成优越的区域性盖层。塔里木盆地西南部寒武系具有良好的勘探潜力和前景。

**参考文献** 曹自成, 朱秀香, 吴鲜, 等, 2021. 塔里木盆地巴楚隆起盐下白云岩中油气来源[J]. 石油实验地质, 43(04): 648 - 654. Zhao G C, Wang Y J, Huang B C, et al., 2018. Geological reconstructions of the East Asian blocks: From the breakup of Rodinia to the assembly of Pangea [J]. Earth-Science Reviews, 186: 262 - 286. 石开波, 刘波, 姜伟民, 等, 2018. 塔里木盆地南华纪-震旦纪构造-沉积格局[J]. 石油与天然气地质, 39(05): 862 - 877. 高华华, 何登发, 童晓光, 等, 2017. 塔里木盆地寒武纪构造-沉积环境与原型盆地演化[J]. 现代地质, 31(01): 102 - 118. Zhang C L, Ye X T, Zou H B, et al., 2016. Neoproterozoic sedimentary basin evolution in southwestern Tarim, NW China: New evidence from field observations, detrital zircon U-Pb ages and Hf isotope compositions [J]. Precambrian Research, 280: 31 - 45. 朱光有, 陈斐然, 陈志勇, 等, 2016. 塔里木盆地寒武系玉尔吐斯组优质烃源岩的发现及其基本特征[J]. 天然气地球科学, 27(01): 8 - 21. 何登发, 贾承造, 德生, 等, 2005. 塔里木多旋回叠合盆地的形成与演化[J]. 石油与天然气地质, (01): 64 - 77.

**关键词** 塔里木盆地; 寒武纪; 沉积序列; 古地理; 油气勘探



摘要 ID:2968

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 龙门山区中泥盆统养马坝组混积碳酸盐岩—碎屑岩陆棚风暴事件的轨道气候驱动分析

李凤杰<sup>\*1,2</sup>、陈政安<sup>1</sup>、苑广尧<sup>1</sup>

1. 自然资源部深时地理环境重建与应用重点实验室/沉积地质研究院, 成都理工大学
2. 油气藏地质及开发国家重点实验室(成都理工大学)

龙门山地区中泥盆统养马坝组混合沉积发育。通过对龙门山地区北川甘溪剖面养马坝组的野外实测, 在混合相和混积层序研究的基础上, 分析了养马坝组层序体系域中的混合沉积机理及其控制因素。研究表明: 龙门山地区中泥盆统养马坝组由下部的以泥质为背景的I型混积类型和中、上部以砂、灰为背景的II型混积类型组成, 混积机理包括间断混合、相混合和原地混合, 前两种是主要类型。由陆向海依次发育混积滨岸、碎屑混积陆棚沉积和碳酸盐混积陆棚, 在养马坝组混积陆棚中, 风暴沉积类型多样、极为发育, 建立了混积滨岸-混积陆棚沉积模式。

养马坝组发育II型混积层序, 沉积体系域可划分为4种: 陆架边缘体系域(SMST)、海侵体系域(TST)、早期高位体系域(EHST)和晚期高位体系域(LHST)。各体系域均有不同程度的混合沉积现象, 但混积沉积机理存在差别: SMST和LHST以间断混合为主, 相混合为次, TST和EHST以相混合为主; 风暴作用是龙门山地区中泥盆统养马坝组间断混合的最主要的驱动因素。相对海平面变化、物源供给、碳酸盐生产速率和气候变化是控制和影响混合沉积的因素。SMST和高位体系域(HST)主要受相对海平面的变化有关, TST则受控于物源供给, 气候变化不同程度地影响各体系域的混合作用。

龙门山地区中泥盆统养马坝组风暴沉积物的厚度、成分和每米丰度各不相同。通过对北川甘溪剖面和平武响岩剖面米级的相对风暴频率(每米事件数)和丰度(层厚)的实测, 建立了两个剖面养马坝组相对风暴频率(每米事件数)和丰度变化曲线, 运用Acycle软件对其进行低通滤波和频谱分析计算, 结果显示两个剖面的风暴沉积记录均发育3.5个主要振荡周期, 平均波长为23米, 这些长波长趋势与解释的海平面长期变化是一致的。在长波长周期上叠加的是5.5-6.3米的中波长周期。养马坝组下段牙形石带的时间跨度约为1.5 m.y., 这些波长的比值约为1:4, 表明主要风暴的频率和强度以及风暴沉积记录均为100和95 k.y. 轨道气候周期所调制。短偏心率轨道-气候振荡叠加在主405 k.y.的长偏心率周期之上。这些偏心率气候周期控制着华南热带扬子地台边缘的风暴强度和区域海平面升降。

### 参考文献

**关键词** 混积陆棚; 风暴沉积; 养马坝组; 泥盆系; 龙门山地区



摘要 ID:1219

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 浅谈白云石的重结晶作用及其研究意义

白璇\*、钟怡江  
成都理工大学

有关于白云石成因的相关问题,即“白云石问题”一直困扰着地质学者。重结晶作用是一种重要的成岩后生作用,并且白云石的重结晶作用会改变白云石的结构特征和地球化学特征,从而掩盖了白云石形成过程中的原始信息。通过对近年来国内外有关重结晶实验、重结晶作用研究实例等文献进行调研,系统梳理了白云石形成过程中的重结晶作用现象,归纳了白云石重结晶作用的岩石学及地球化学特征,总结了白云石重结晶问题的研究意义,以期为“白云石问题”的研究提供重结晶作用方面的理论基础。

### 参考文献

**关键词** 白云石;成岩作用;地球化学;重结晶作用



摘要 ID:1255

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 济阳拗陷富台潜山寒武系内幕白云岩储层特征及成因.

杜玉洁<sup>1</sup>、王艳忠\*<sup>1</sup>、解强旺<sup>1</sup>、操应长<sup>1</sup>、王淑萍<sup>2</sup>

1. 中国石油大学(华东)

2. 中国石油大学(华东)石油工业训练中心

内幕白云岩储层成因机制是制约碳酸盐岩潜山内幕油气藏勘探的关键,以济阳拗陷车镇凹陷富台潜山远离顶部风化壳的内幕白云岩储层为研究对象,综合运用地质剖面解释、岩心观察、薄片观察、主微量元素分析、Sr同位素分析、C-O同位素分析、流体包裹体均一温度分析等方法,对内幕白云岩储层特征、白云石成因、白云岩储层的成因等进行了系统的研究。富台潜山下古生界寒武系凤山组发育一套连续分布的厚层细-中晶晶粒白云岩,储集空间主要有裂缝连通溶解孔洞和白云石晶间孔,白云石和硬石膏溶解特征明显,压实压溶作用弱,发育白云石胶结、黄铁矿胶结、石英胶结以及硬石膏胶结。基质白云石Na元素含量高,Fe和Mn含量低,<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr值位于同期海水范围内,表明白云岩形成与早期蒸发泵白云石化作用和渗透回流白云石化作用有关;基质白云石晶粒粗(100-600 μm),基质白云石中气液两相盐水包裹体均一温度范围53.6°C-86.6°C,对应深度范围在800-1300m,表明在埋藏过程中又逐步发生了埋藏白云石化作用。富台潜山下古生界寒武系内幕白云岩晶间孔隙的形成与早期回流渗透白云石化作用以及白云石晶粒间硬石膏的溶解作用有关。白云岩储层中稀土元素含量降低以及O同位素变轻的自形白云石表明储层演化过程中经历了大气淡水的淋滤作用,中稀土元素富集、放射性<sup>87</sup>Sr含量高、流体包裹体拉曼光谱图可见沥青峰的自形白云石,表明储层演化过程中经历了有机酸改造。燕山运动期间大气淡水对早期形成硬石膏和白云石淋滤是造成储层溶解孔洞的主要原因,Es<sub>3</sub>段烃源岩生烃过程中产生的有机酸对储层溶解孔洞贡献有限,主要是溶解-再沉淀作用,热液作用对储层的改造作用表现在热液矿物(石英、黄铁矿)对储集空间的充填作用。同时,白云岩抗压实能力强、地层长期浅埋晚期快速深埋,晚期油气超压倒灌是早期白云石化晶间孔以及燕山运动期间大气淡水溶解孔洞有效保存的重要原因。

### 参考文献

**关键词** 内幕白云岩储层,白云石化作用,形成机制,下古生界,济阳拗陷



摘要 ID:1634

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 济阳探区奥陶系细分层系沉积-古地理研究及油气勘探意义

马帅<sup>1</sup>、王永诗<sup>2</sup>、马立驰<sup>2</sup>、陈世悦<sup>3</sup>、景安语<sup>1</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院
2. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司
3. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

济阳探区奥陶系发育巨厚层海相碳酸盐岩旋回性沉积建造,地层厚度达500~700m,油气主要来源于第三系,这种新生古储型潜山油藏的勘探是胜利油田增储上产的重要领域(马立驰等,2020)。目前研究发现奥陶系优质储层的分布受到沉积环境演化、埋藏成岩作用以及后期构造活动等多种因素的影响,同时济阳探区潜山勘探由多样性潜山阶段转向隐蔽潜山勘探阶段(李丕龙等,2003;宋明水等,2019),传统以组为单元的地层划分方案及沉积-古地理研究已经很难满足储层预测要求及生产实践需求。因此本次研究以济阳探区奥陶系沉积建造为研究对象,开展地层精细划分研究,并对内部次一级沉积旋回开展沉积学及岩相古地理方面的研究,明确潜在储层发育期岩性相变规律及沉积演化特征,为预测规模有效储层分布奠定可靠基础。

济阳探区奥陶系包括冶里组、亮甲山组、下马家沟组、上马家沟组以及八陡组,结合野外露头剖面实测,在测录井、钻井岩心、岩石薄片等资料分析基础上,根据岩电特征、相序组合、层序旋回性及沉积演化规律等,将中奥陶统下马家沟组—八陡组自下而上划分为8个亚段,其中下马家沟组2个、上马家沟组3个、八陡组3个。共识别出包括蒸发台地、局限台地及开阔台地等3种沉积相类型,并将其进一步划分为潮上坪、潮间坪、浅滩、局限海、潮下高能滩及开阔海等6种沉积亚相,同时建立了研究区奥陶纪沉积演化模式,编制了各亚段岩相古地理图。研究表明马三段、马五段及八一段、八二段以蒸发台地沉积为主,冶里组、马一段、马四段主要发育局限台地相,亮甲山组、马二段及八三段主要发育开阔台地相,整体垂向上构成三期明显海侵-海退旋回,单一旋回发育蒸发台地—局限台地—开阔台地的沉积演化序列。

研究区奥陶系细分层系沉积学研究及岩相古地理编图可以更加准确地刻画更小地层单元的岩性相变规律,对于有利相控储层的预测更加精准,且对主力目的层的研究分析更具针对性。同时结合奥陶系白云岩成因机理研究,可进一步深入对短期海侵-海退层序与白云岩化机理相互关系的认识。因此本次研究代表了深部碳酸盐岩油气勘探的一个重要方向(包洪平等,2017;乔亚斌等,2020),无论是对相带展布、层序演化及白云岩化等沉积学方面的研究,还是对明确油气勘探方向及指导区带勘探部署都具有实际指导意义。

**参考文献** 包洪平,杨帆,白海峰,等,2017.细分小层岩相古地理编图的沉积学研究及油气勘探意义—以鄂尔多斯地区中东部奥陶系马家沟组马五段为例[J].岩石学报,33(04):1094-1106.李丕龙,张善文,王永诗,等,2004.断陷盆地多样性潜山成因及成藏研究—以济阳拗陷为例[J].石油学报,25(03):28-31.马立驰,王永诗,景安语,2020.渤海湾盆地济阳拗陷隐蔽潜山油藏新发现及其意义[J].石油实验地质,42(01):13-18.乔亚斌,张林,王子,等,2020.鄂尔多斯盆地苏里格气田中奥陶统马家沟组五段凝块石类型与古盐度初步分析[J].古地理学报,22(01):97-110.宋明水,王惠勇,张云银,2019.济阳拗陷潜山“挤-拉-滑”成山机制及油气藏类型划分[J].油气地质与采收率,26(04):1-8.

**关键词** 奥陶系;细分层系;岩相古地理;油气勘探意义



摘要 ID:3155

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 香格里拉下给裂隙脊带状钙华的稳定碳氧同位素特征

游雅贤<sup>1,2</sup>、文华国<sup>\*1,2,3,4</sup>、罗连超<sup>5</sup>、路志朋<sup>1,2</sup>、李亮<sup>6</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室
3. 中国石油天然气集团有限公司碳酸盐岩储层重点实验室成都理工大学研究分室
4. 自然资源部深时地理环境重建与应用重点实验室, 成都
5. 佛罗伦萨大学地球科学系
6. 成都理工大学地球科学院

带状钙华是裂隙脊系统的重要组成部分,但是带状钙华的地球化学特征研究却有限。本研究调查了中国香格里拉下给地区带状钙华的岩相和稳定碳氧同位素特征,以探讨其形成机制。带状钙华的岩石学特征显示下给钙华主要含有两种岩石类型:一种是厚层状栅状结晶壳,另外一种为薄层状复合型结晶壳。下给带状钙华的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{V-PDB}}$ 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{V-PDB}}$ 的范围分别为2.82‰至4.50‰, -25.86‰至-20.90‰。母 $\text{CO}_2$ 结果表明,下给带状钙华主要接受来自海相碳酸盐脱碳的 $\text{CO}_2$ ,但岩浆源 $\text{CO}_2$ 和海相碳酸盐溶解贡献的 $\text{CO}_2$ 也不容忽视。值得注意的是,岩浆源 $\text{CO}_2$ 可能表明岩石圈的分层以及软流圈上升流可能发生在青藏高原东部。古温度计算表明,下给钙华是从中高温温泉(44.3至86.8°C)中沉积。有趣的是,厚层状栅状结晶壳和薄层状复合型结晶壳分别显示出的古温度范围为66.6至86.8°C和56.6至77.7°C,反映了水温对带状钙华岩相的控制作用。下给和其他地区带状钙华的对比也表明,温度是控制带状钙华沉积的一个不可忽略的因素。然而,这并不意味着水温是决定性的控制因素,更多的对带状钙华的研究对于揭示控制影响带状钙华岩相的因素/过程的潜在因素仍然不可或缺。本次研究为理解钙华矿床岩相与稳定同位素地球化学特征之间的关系提供了一个很好的范例。

**参考文献** Brogi, A.; Capezzuoli, E. Travertine deposition and faulting: The fault-related travertine fissure-ridge at Terme S. Giovanni, Rapolano Terme (Italy). *Int. J. Earth Sci.* 2008, 98, 931–947. Brogi, A.; Capezzuoli, E.; Alçiçek, M.C.; Gandin, A. Evolution of a fault-controlled fissure-ridge type travertine deposit in the western Anatolia extensional province: The Çukurbağ fissure-ridge (Pamukkale, Turkey). *J. Geol. Soc.* 2014, 171, 425–441. De Filippis, L.; Anzalone, E.; Billi, A.; Faccenna, C.; Poncia, P.P.; Sella, P. The origin and growth of a recently-active fissure ridge travertine over a seismic fault, Tivoli, Italy. *Geomorphology* 2013, 195, 13–26. Della Porta, G. Carbonate build-ups in lacustrine, hydrothermal and fluvial settings: Comparing depositional geometry, fabric types and geochemical signature. In: Bosence, D.W.J., Gibbons, K.A., Le Heron, D.P., Morgan, W.A., Pritchard, T., Vining, B.A. *Microbial Carbonates in Space and Time: Implications for Global Exploration and Production.* *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.* 2015, 418, 17–68. Capezzuoli, E.; Ruggieri, G.; Rimondi, V.; Brogi, A.; Liotta, D.; Alçiçek, M.C.; Alçiçek, H.; Bülbül, A.; Gandin, A.; Meccheri, M.; et al. Calcite veining and feeding conduits in a hydrothermal system: Insights from a natural section across the Pleistocene Gölemezli travertine depositional system (western Anatolia, Turkey). *Sediment. Geol.* 2018, 364, 180–203.

**关键词** 带状钙华, 裂隙脊, 岩相, 稳定碳氧同位素, 香格里拉



摘要 ID:3306

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型：口头报告

## 鄂尔多斯盆地寒武纪末期-奥陶纪早期不整合面构造-沉积响应及其储层特征

韩晓宇\*、付斯一、张成弓  
成都理工大学

寒武纪末期-奥陶纪早期不整合面是鄂尔多斯盆地内的一个重要不整合面。基于野外剖面、钻井岩心的观察和取样，结合测井解释、地球化学测试，对该不整合面的识别标志、平面分布、成因演化、储层特征及相关有利区分布进行了分析。研究表明：该不整合面上下岩性发生了突变，不整合面之上的马家沟组底部为含角砾白云岩、白云质石英砂岩、泥质白云岩。不整合面之下的亮甲山组顶部为含燧石条带或结核的白云岩；三山子组顶部为含溶孔粉-细晶白云岩。盆地内地层的缺失程度反映了构造的强弱，整体来看该不整合在鄂尔多斯盆地呈南强北弱，西强东弱的特征。不整合面形成的原因主要有两方面，一是在早古生代盆地南部受到了秦岭洋板块的俯冲导致南缘抬升遭受剥蚀，二是该时期为全球大的海平面下降期，导致了海水逐渐退出鄂尔多斯盆地。不整合面的演化可以分为4个阶段：张夏组和三山子组沉积期前，海水从西、南方向大规模入侵鄂尔多斯盆地；张夏组和三山子组沉积期盆地中部隆起，隔绝东西海域，奠定了不整合面的雏形；冶里-亮甲山沉积期奥陶世盆地大部分区域隆起，下伏地层暴露剥蚀，不整合面基本形成；马家沟组沉积期海平面上升，形成了不同地层接触关系的不整合面。受不整合面的影响，在寒武系三山子组顶部发育良好的岩溶储层，部分经历了较为彻底的白云石化作用，其整体物性一般，但局部存在高孔渗段。根据储层特征及烃源条件，认为其有利区在盆地西南缘的庆阳古隆起右侧地区。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地；寒武世末期-奥陶世早期；不整合面；储层；三山子组





摘要 ID:3314

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 四川盆地高磨地区震旦系灯影组成岩作用与优质储层发育关系

孟庆昊\*

长江大学

四川盆地高磨地区震旦系具有广阔的油气勘探前景,但储层埋深大,非均质性强,勘探难度大。本文通过岩心观察、薄片鉴定、扫描电镜等多种分析结果,重点研究四川盆地高磨地区震旦系灯影组白云岩储层的成岩作用及其对储层发育的影响,预测储层发育的有利区。研究表明:研究区白云岩先后经历了四个成岩阶段,主要发育压实作用、胶结作用、重结晶作用、溶蚀作用、硅化作用和充填作用六种成岩作用。岩溶作用可以形成溶孔、溶洞和溶缝,对改善储层质量起关键性作用;压实作用、硅化作用及胶结作用大大减少了原有储集空间。CT扫描成像、测井解释等定量分析结果表明岩溶地貌的残丘、坡折带与沉积古地貌高值叠合的区域,是储层发育的有利区。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3367

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 富台地区下古生界潜山油藏储集体发育规律研究

刘丽\*、徐耀东、张强、田同辉、翟亮  
中石化胜利油田分公司勘探开发研究院

车镇拗陷富台地区下古生界潜山油藏为一套海相碳酸盐岩、泥页岩沉积, 储集体内幕原生孔隙不发育, 后期改造作用形成的复杂且多样的次生孔隙, 具有较强非均质性, 造成研究区呈现整体“采出程度低、采油速度低”且单井开发效果差异大的现象。综合应用岩心、测井、试油、露头等资料对研究区储集体内幕储集空间发育的主控因素进行了分析, 认为“微米-厘米级”的裂缝和溶蚀孔洞主要受断裂系统和表生岩溶作用控制。结合区域构造演化规律、井点裂缝及溶蚀发育规律、动态资料, 建立了研究区两种“断-缝-溶”储集体发育模式。在风化壳和内幕断层附近, 沉积间断造成不同层位的表生岩溶作用, 形成溶蚀孔洞, 后期应力作用发育裂缝, 串联孔洞, 形成了以“缝洞相连”为代表的“断-缝-溶”储集体; 在褶皱的核部, 溶蚀孔洞不发育, 多组裂缝发育, 相互切割形成缝网, 形成了以“缝缝相连”为代表的“断-缝-溶”储集体。该成果有效指导了富台潜山油藏开发潜力评价。

**参考文献** [1] 马立驰. 济阳拗陷碳酸盐岩潜山油气藏勘探技术综述 [J]. 石油学报, 2004, 25 (6): 44-47. [2] 林会喜, 熊伟, 王勇等. 济阳拗陷埋岛潜山油气成藏特征[J]. 油气地质与采收率, 2021, 28 (1): 1-8 [3] 李丕龙, 张善文, 王永诗, 等. 多样性潜山成因、成藏与勘探—以济阳拗陷为例 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. [4] 邓运华. 渤海大中型潜山油气田形成机理与勘探实践 [J]. 石油学报, 2015, 36 (3): 253-261. [5] 梁钊. 华北东部寒武-奥陶系潜山成藏机制与模式研究 [R]. 青岛: 中国石油大学 (华东), 2013. [6] 赵凯, 蒋有录, 胡洪瑾, 等. 济阳拗陷潜山油气分布规律及富集样式 [J]. 断块油气田, 2018, 25 (2): 137-140. [7] 刘华夏, &nbsp;王永诗.&nbsp;富台油田古潜山储集层特征及分布模式[J]. &nbsp;特种油气藏, 2003, 10 (3): 35-37, 41. [8] 张本琪.&nbsp;车镇拗陷层序地层与石油地质研究[D].&nbsp;广州:&nbsp;中国科学院广州地球化学研究所, 2004. [9] 金强, 毛晶晶, 杜玉山, 等. 渤海湾盆地富台油田碳酸盐岩潜山裂缝充填机制[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42 (4): 454-462 [10] 戴俊生, 商琳, 王彤达等. 富台潜山凤山组现今地应力场数值模拟及有效裂缝分布预测[J]. 油气地质与采收率, 2014, 21 (6): 33-36 [11] 张奎华, 马立权. 济阳拗陷下古生界碳酸盐岩潜山内幕储层再研究[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14 (4): 26-28

**关键词** 富台潜山; “断-缝-溶”储集体; 微裂缝; 溶蚀孔洞



摘要 ID:2347

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 伊朗南部白垩纪中期碳酸盐岩台地形态转变机制

许艺炜<sup>1,5</sup>、胡修棉<sup>\*1</sup>、Eduardo Garzanti<sup>2</sup>、Marcelle BouDagher-Fadel<sup>6</sup>、赖文<sup>1</sup>、孙高远<sup>3</sup>、张世杰<sup>4</sup>

1. 南京大学

2. Università di Milano-Bicocca,

3. 河海大学

4. 河南师范大学

5. 中国科学院南京地质古生物研究所

6. University College London

台地几何形态是碳酸盐台地划分的基础,其中镶边台地和单斜缓坡是碳酸盐岩台地的两种端元类型。在构造稳定地区,碳酸盐岩台地形态通常受控于不同水深的碳酸盐岩沉积速率。一般浅水和深水的碳酸盐岩沉积速率显著差异会形成镶边台地,而相对均一的碳酸盐沉积速率更容易形成碳酸盐岩缓坡。白垩纪时期,阿拉伯板块北缘存在大面积碳酸盐岩沉积,其台地形态多次由碳酸盐缓坡转变为镶边台地。前人认为台地形态转变与海平面有关,但海平面变化是如何影响碳酸盐沉积速率变化,进而引起碳酸盐台地形态转变始终没有清楚的阐述。本研究以伊朗南部白垩纪中期碳酸盐岩地层(Kazhdumi组和Sarvak组)为研究对象,进行了详细地野外沉积学观察、生物地层、沉积微相以及元素地球化学工作。通过有孔虫生物地层研究,将Kazhdumi组和Sarvak组时代分别限定到Albian和Cenomanian。结合野外沉积观察和微相分析,Kazhdumi组碳酸盐岩主要由圆笠虫和绿藻组成,并沉积在碳酸盐缓坡中;而Sarvak组碳酸盐岩主要由固着蛤组成,沉积在镶边碳酸盐岩台地之上。台地类型转变伴随着钙质生物转变,暗示着二者之间的成因联系。元素地球化学显示碳酸盐缓坡阶段具有高Al的特征,显示出陆源碎屑输入影响,而镶边台地阶段Al元素含量极低,基本没有陆源碎屑的影响。综上,本研究认为陆源碎屑输入加强,导致台地碳酸盐生产者由固着蛤转变为圆笠虫,从而导致碳酸盐岩沉积速率的改变,进而影响白垩纪中期碳酸盐台地形态的变化。

### 参考文献

**关键词** 白垩纪;海平面变化;沉积微相;拉萨地体;郎山组



摘要 ID: 2893

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 四川盆地震旦系灯影组二段葡萄-花边结构成因及其对储层控制作用

鲁鹏达<sup>3,4</sup>、李泽奇<sup>3,4</sup>、田腾振<sup>3,4</sup>、吴娟<sup>3,4</sup>、孙玮<sup>3,4</sup>、乔占峰<sup>1</sup>、王永生<sup>1</sup>、刘树根<sup>2</sup>、邓宾<sup>\*3,4</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院

2. 西华大学

3. 成都理工大学“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室

4. 成都理工大学能源学院

四川盆地深层碳酸盐岩气田 95% 以上的天然气储量富集于白云岩储层中, 其中震旦系灯影组白云岩构成了四川盆地勘探古老深层层系的最重要领域(杜金虎等, 2016; 张建勇等, 2017; Zhou et al., 2020), 尤其是以葡萄-花边状白云岩为典型代表的灯影组二段白云岩储层(郝毅等, 2015; Zhu et al., 2022)。因而, 灯二段以葡萄-花边状为格架的白云岩储层, 受到学术界广泛关注(刘树根等, 2016; 宋金民等, 2017; 张杰等, 2014; 张荫本等, 1980)。但目前对于灯影组葡萄-花边结构的命名、分类、特征和成因尚不统一, 其成因机制与沉积模式具广泛争议。基于四川盆地灯二段岩宏观-微观岩石学特征以及地球化学等研究表明: (1) 四川盆地灯二段葡萄状、花边状结构是震旦纪“文石-白云石海”环境准同生期高频海平面波动下岩溶作用产物(图 1), 微生物岩在岩溶空间规模的非均质性最终决定着葡萄-花边结构形态分异特征, 即不同形态的纤维状胶结物(FSD+FFD 或 FSD+RFD)(图 2)。(2) 葡萄状结构与花边状结构发育丰度与微生物岩组构(MM)之间存在明显相关性, 其中葡萄状结构主要由束状正延性白云石(FSD)及束状负延性白云石(FFD)组成, 通常发育在四级旋回基准面底部的颗粒白云岩、顶部的凝块石白云岩层段; 花边状结构由束状正延性白云石和放射状负延性白云石(RFD)组成, 主要发育在以四级旋回基准面中部的纹层-叠层石白云岩层段(图 3); 葡萄状结构是束状白云石发育的宏观表现, FSD 与围岩类似的 REE 配分型式及同位素组成、正延性光学特征(图 2; 3; 4a-b), 以及 FFD “帽型”的稀土配分特征及较低的 Y/Ho 以及负延性光学特征(图 2; 3; 4d), 指示了葡萄状结构是古喀斯特岩溶洞穴在海水环境下生物-化学成因的原生白云石(FSD)沉淀, 以及淡水流入影响的文石沉淀的结果(FFD)(图 6); “右倾型”稀土配分型式于强烈 Ce 正异常和 La 的正异常、高 Y/Ho 比等指标(图 3; 4c), 表明了花边状结构则为微生物岩格架孔、鸟眼孔/窗格孔等小型孔洞被早期原生白云石(FSD)沉淀堵塞孔隙, 其孔隙水继续结晶(RFD)共同作用的产物(图 6)。

(3) 总体上, 葡萄-花边结构可作为古岩溶/暴露的一种识别标志, 表现为以台地边缘微生物丘滩相及台内微生物丘滩相为优势相带, 受控于灯二段高频海平面波动下形成的多旋回岩相组合以及间歇性暴露岩溶作用, 最终形成了与不同葡萄-花边结构相关的溶蚀结构(图 5)。如潮间-潮下沉积的纹层-叠层石多发育以顺层溶蚀孔洞为主, 表现为对称性的花边状结构尤为发育; 四级旋回基准面底部的颗粒白云岩、顶部的凝块石白云岩层段, 作为垂向渗流的有利结构, 表现为葡萄-花边结构非对称性、内部多圈层性。因此, 灯二段微生物岩组构纵向上多旋回特征和间歇性大气淡水溶蚀作用, 共同形成了灯二段葡萄-花边优质白云岩储层的多级、立体结构。

**参考文献** 杜金虎, 汪泽成, 邹才能, 等. 上扬子克拉通内裂隙的发现及对安岳特大型气田形成的控制作用[J]. 石油学报, 2016, 37(1):16. 郝毅, 周进高, 陈旭, 等. 四川盆地灯影组“葡萄花边”状白云岩成因及地质意义[J]. 海相油气地质, 2015, 20(4): 57-64. 刘树根, 宋金民, 罗平, 等. 四川盆地深层微生物碳酸盐岩储层特征及其油气勘探前景[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2016, 43(2): 129-152. 宋金民, 刘树根, 李智武, 等. 四川盆地上震旦统灯影组微生物碳酸盐岩储层特征与主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(4): 741-752. 张杰, 潘立银, 周进高, 等. 四川盆地震旦系灯影组葡萄状白云岩成因[J]. 古地学报, 2014, 16(5): 715-725. 张建勇, 倪新峰, 吴兴宁, 等. 中国主要克拉通盆地深层白云岩优质储层发育主控因素及分布[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(8): 1165-1175. 张荫本. 震旦纪白云岩中的葡萄状构造成因初探[J]. 石油实验地质, 1980, 4: 40-43. ZHU D Y, LIU Q Y, WANG J B, et al. Transition of seawater conditions favorable for development of



microbial hydrocarbon source - Reservoir assemblage system in the Precambrian[J].  
Precambrian Research, 2022, 374: 106649. ZHOU Y, YANG F, JI Y, et al. Characteristics and  
controlling factors of dolomite karst reservoirs of the Sinian Dengying Formation, central  
Sichuan Basin, southwestern China[J]. Precambrian Research, 2020, 343: 105708.

**关键词** 四川盆地; 灯影组; 碳酸盐岩; 微生物岩; 岩溶储层



摘要 ID:2951

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 白云岩储层孔隙结构定量演化特征—来自溶蚀模拟实验的证据

李笑天、文华国\*、梁金同  
成都理工大学沉积地质研究院

深埋藏白云岩储层是近年来深层-超深层碳酸盐岩油气勘探的关键领域之一。然而, 由于白云岩储层自身非均质性较强, 且次生孔隙的发育受到多种地质因素的影响, 因此很难量化表征白云岩在埋藏溶蚀过程中孔隙结构的演化规律。本文分别选择柱塞样和颗粒样品两类岩石样品开展流动条件下的溶蚀模拟实验, 并对反应前后样品开展核磁共振、N<sub>2</sub> 吸附、扫描电镜等分析测试, 旨在量化表征温度和初始孔隙结构对白云岩在埋藏溶蚀过程中孔隙结构演化路径的影响。结果表明:

(1) 开放体系下, 溶蚀作用对孔隙结构的改造趋势整体以孔隙空间的扩大为主; (2) 相同温度下, 不同初始孔径的孔喉空间扩大程度受溶蚀的促进效果不同; (3) 受初始孔隙结构影响, 溶蚀作用可以大幅提高部分白云岩储层渗透率, 改善储层孔隙结构的连通性; (4) 依据溶蚀改造方式的不同与是否存在优势通道, 白云岩储层溶蚀改造路径可分为定向改造溶蚀和随机弥散溶蚀两种。

### 参考文献

**关键词** 深层-超深层碳酸盐岩; 溶蚀模拟实验; 溶蚀增孔效应



摘要 ID:144

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 中上扬子地区震旦纪灯影期构造-沉积格局与碳酸盐岩台地演化

丁一\*<sup>1</sup>、刘树根<sup>1,2</sup>、陈代钊<sup>3</sup>、李智武<sup>1</sup>、周锡强<sup>3</sup>、宋金民<sup>1</sup>、孙玮<sup>1</sup>、李泽奇<sup>1</sup>、王瀚<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 西华大学

3. 中国科学院地质与地球物理研究所

震旦纪-寒武纪转折期, 是地球演化的关键时期, 发生了地球环境的重大变革以及生物的快速革新。扬子地区广泛分布有震旦系-寒武系, 并蕴藏有巨量的油气资源。为了更好的支撑古海洋环境研究, 推动灯影组油气勘探。本文对中上扬子地区近 40 条剖面进行了详细的野外描述和岩石薄片分析, 以重建中上扬子地区灯影期构造-沉积格局及碳酸盐岩台地演化过程。

其中, 在中扬子地区灯影组中共识别出 25 种岩相, 根据岩相时空组合关系划分出 6 种沉积相: 陆架盆地, 台缘滩, 局限台地, 台地边缘, 上斜坡, 下斜坡-盆地。这 6 种沉积相的空间分布进一步揭示中扬子西南缘灯影期为一个非对称的孤立台地: 台地南缘表现为镶边台地, 而台地西缘(三峡地区)则为碳酸盐岩缓坡。台地边缘礁滩的阻挡使得台地内部发育广阔的局限泻湖-潮坪环境。将上扬子地区灯影组划分为两大沉积体系: 碳酸盐岩为主的陆表海台地; 碎屑岩为主的淹没台地(陆源碎屑陆表海)。其中, 碳酸盐岩为主的陆表海台地包含半局限台内、台地边缘滩、斜坡/中-外缓坡、硅质岩盆地四个亚相, 及 19 个岩石微相; 碎屑岩为主的陆表海包含滨岸、浅海两个亚相, 及 5 个岩石微相。根据沉积亚相时空组合情况认为上扬子地区灯影组总体上具有宽阔平坦的台内环境、没有与大型陆地相连、狭窄的台地边缘和斜坡, 属于典型的陆表海碳酸盐岩台地。

根据层序界面和旋回叠加模式, 将中上扬子地区灯影组划分为 2.5 个 T-R 层序。结合碳同位素地层, 生物地层, 绝对年龄数据, 这 2.5 个层序能够与其它板块晚震旦世地层对比, 响应了全球海平面变化。中扬子台地南缘(北东向)和西缘北段(北西向)均表现为朝盆地方向沉积相截然加深和沉积厚度骤降的特征, 指示有张性断裂的活动。此外, 上扬子台地东缘(近南北向)向鄂西海槽方向也表现为类似的沉积相和沉积厚度突变。因此, 中扬子台地边缘的两条张性断裂带可能向西终止于上扬子东缘的走滑(扭张)断裂带, 反映了扭张的构造背景。

### 参考文献

**关键词** 扬子; 灯影组; 碳酸盐岩台地; 构造-沉积格局



摘要 ID:684

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 海相碳酸盐岩构造-岩相古地理研究进展

周进高\*、沈安江、郑剑锋、王鑫、李文正、朱永进、吴东旭  
杭州地质研究院

构造-岩相古地理是生储盖成藏组合及区带评价的基础,在油气勘探研究中占有十分重要地位。随着勘探向深层、向古老碳酸盐岩拓展,已有岩相古地理图件难以满足快速勘探的需求。依托国家攻关项目,创新岩相识别技术和编图方法,充分运用新的钻井和地震资料,对塔里木盆地、四川盆地和鄂尔多斯盆地海相碳酸盐岩构造-岩相古地理进行持续研究,在沉积古地理背景、沉积模式和微生物岩研究方面取得重要进展,支撑了我国三大海相盆地深层碳酸盐岩油气勘探开发。

以“古裂陷”为核心的沉积古地理背景研究取得重要进展。我国3大海相碳酸盐岩盆地主要发育4期古裂陷,分别与哥伦比亚、罗迪尼亚、冈瓦纳、潘基亚4期超级大陆裂解相对应。其中,四川盆地主要发育了罗迪尼亚期的南华系裂陷、冈瓦纳期的德阳—安岳裂陷(震旦系—寒武系)、潘基亚期的梁平—开江海槽(二叠系),鄂尔多斯盆地主要发育哥伦比亚期裂陷,如长城系的贺兰、定边、晋陕裂陷等。塔里木盆地主要发育罗迪尼亚期裂陷,如南华纪的库满裂陷、塔西南裂陷等。上述裂陷控制了主力烃源灶和储层的区域展布。

以“丘滩体”为核心的沉积模式研究取得重要进展。基于天津蓟县剖面、陕西岐山剖面和阿克苏肖尔布拉克剖面,建立了前寒武系微生物岩缓坡沉积模式,该模式包括4相带12种微相;基于四川盆地寒武系龙王庙组和塔里木盆地肖尔布拉克组,建立了“双滩”缓坡沉积模式,指出内缓坡颗粒滩是利储集相带;基于四川盆地震旦系灯影组和二叠系长兴组建立了“多台缘”镶边台地沉积模式,提出了大陆边缘型台缘、裂陷边缘型台缘和坳陷边缘型台缘的概念以及同沉积断裂和古地貌对台缘发育的控制作用。上述沉积模式的建立丰富和发展了碳酸盐岩沉积学同时揭示我国海相碳酸盐台地内部具备多种有利成藏组合。

微生物岩沉积成储研究取得重要进展。基于天津蓟县系、塔里木盆地奇格布拉克组和肖尔布拉克组、四川盆地灯影组、鄂尔多斯盆地马家沟组剖面解剖,建立了微生物碳酸盐岩分类方案,明确了微生物岩与膏盐岩和火山岩的共生组合关系,指出微生物诱导早期白云石化作用、微生物降解和微生物热解生酸作用有利于微生物岩储层的形成和保持。

综上所述,碳酸盐岩构造岩相古地理研究进展促进了我国三大海相含油气盆地深层碳酸盐岩有利储集相带和规模储层分布的预测,为四川盆地安岳气田、鄂尔多斯盆地马家沟组盐下和塔里木盆地寒武系盐下的勘探发现提供了理论支撑。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐岩 ; 古裂陷 ; 岩相古地理; 沉积模式 ; 微生物岩





摘要 ID:1816

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 英国东海岸白垩纪中期红色白垩中赤铁矿的成因及其沉积环境研究

章涛、刘秀铭\*  
福建师范大学

白垩通常被认为是在浅海环境中形成的。然而, 红色白垩中赤铁矿的来源和成因等问题一直存在着争议, 进而影响对红色白垩的沉积环境的认识。为了更好地了解英国东海岸白垩纪中期红色白垩中赤铁矿的成因及其沉积环境的研究, 通过微观地球化学分析和宏观野外地层观察相结合的方式对英国 Hunstanton 和 Speeton 两个剖面的红色白垩进行了研究。红色白垩的稀土元素模式类似上地壳模式表现为轻稀土富集、重稀土亏损的特征。红色白垩的 Fe 同位素组成较火成岩重且 Eu 呈负异常 ( $Eu/Eu^* = 0.58-0.73$ ), 表明红色白垩中赤铁矿不是以往提出的微生物或热液成因, 而是沉积成因。再根据野外地层观察的记录, 红色白垩中出现了不均匀赤铁矿分布、泥裂和倾斜或接近垂直的白色白垩等成土特征的现象。根据上述证据以及结合上覆和下伏地层的沉积环境综合分析, 推测英国东海岸红色白垩的沉积于潮上环境, 并且在该环境下经历了一定程度的干燥和成土改造。

### 参考文献

**关键词** 红色白垩; 铁同位素; 稀土元素; 成壤成因; 白垩纪中期



摘要 ID: 3333

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 塔西南前寒武基底结构及其演化

李金秘\*

中国石化西北油田分公司

随着塔西南地区深层油气勘探进一步的深入, 其前寒武基底结构和演化的相关研究对塔西南深层油气具有重要的意义。但是目前塔西南前寒武基底结构特征缺乏系统全面的认识, 其基底岩性复杂、不同岩性基底时代变化大、结构划分粗略, 制约着塔西南地区超深层油气勘探的进一步推进。本文在前人研究的基础上, 采用地质-地球物理综合研究方法结合前寒武基底测年结果对塔西南地区前寒武基底岩性、年龄、结构和演化进行了分析。研究结果表明塔西南前寒武基底结构在巴楚隆起区域表现为古生界地层直接上覆在古元古界变质岩/花岗岩之上, 在麦盖提斜坡-西南坳陷表现为典型的三层结构, 最底部为古元古界变质岩/花岗岩, 上覆为南华系-震旦系的裂陷-坳陷演化过程的沉积建造。塔西南前寒武中-新元古代基底演化主要经历了五个阶段, 其中南华纪受 Rodinia 大陆裂解的影响, 塔西南进入裂陷期, 盆内伴生岩浆活动, 震旦纪塔西南进入坳陷阶段。南华系裂陷期的隆坳结构控制了震旦-下寒武沉积地层的发育。

### 参考文献

**关键词** 前寒武; 锆石年龄; 基底结构; 基底演化; 塔西南



摘要 ID:2300

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 鄂西-渝东地区早寒武世克拉通内裂陷演化及对古地理格局的控制

王志伟<sup>1</sup>、钟怡江<sup>\*1,2</sup>、刘磊<sup>1,2</sup>、陈洪德<sup>1,2</sup>、王兴龙<sup>3</sup>、陈安清<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)

3. 四川省能投油气勘探开发有限公司

克拉通内裂陷对四川盆地及周缘海相碳酸盐岩油气勘探有利区带具有重要的控制作用(陈洪德等, 2014; 刘树根等, 2013; 赵文智等, 2017), 大量露头证据揭示鄂西-渝东地区早寒武世克拉通内裂陷的存在。研究充分利用野外露头与已有钻井资料, 结合相关构造背景与地球动力学成因, 在前人研究基础上明确提出早寒武世鄂西-渝东地区克拉通内裂陷发育的综合识别标志(曹瑞骥等, 1984; 夏文杰等, 1989; 李智武等, 2019; 李文正等, 2020), 并刻画了裂陷的沉积充填演化过程以及对古地理格局的控制。结果表明: ①裂陷呈南宽北窄、东缓西陡的不对称箕状形态; ②受裂陷西缘同沉积断裂控制, 裂陷内地层沉积厚度与深-浅水沉积、斜坡相沉积均具明显分异性, 分异程度与断裂活动性呈正相关关系; ③在早寒武世裂陷以补偿沉积充填为主, 其内部由初期陆棚沉积向末期碳酸盐岩台地过渡, 根据充填特性可将裂陷演化划分为裂陷(水井沱组沉积期)、凹陷(石牌-天河板组沉积期)、填平补齐(石龙洞组沉积期) 3个阶段; ④裂陷的“开启-闭合”是超大陆“裂解-聚合”在中上扬子之间的响应, 该构造背景下的古地貌分异、同沉积断裂活动及海平面变化共同控制其古地理格局。鄂西-渝东地区早寒武世克拉通内裂陷的提出不仅为四川盆地克拉通内裂陷作用构造-沉积格局提供了新的认识, 也对推动中上扬子地区油气勘探具有重要的指导意义。

**参考文献** 曹瑞骥, 唐天福, 薛耀松, 等, 1989. 扬子区震旦纪含矿地层研究[C] 中国科学院南京地质古生物研究所著: 扬子区上前寒武系, 南京: 南京大学出版社, 1-94. 陈洪德, 钟怡江, 许效松, 等, 2014. 中国西部三大盆地海相碳酸盐岩台地边缘类型及特征[J]. 岩石学报, 30(03): 609-621. 李文正, 张建勇, 李浩涵, 等, 2020. 鄂西-渝东地区克拉通内裂陷分布特征及油气勘探意义[J]. 天然气地球科学, 31(05): 675-685. 李智武, 冉波, 肖斌, 等, 2019. 四川盆地北缘震旦纪—早寒武世隆-坳格局及其油气勘探意义[J]. 地学前缘, 26(01): 59-85. 刘树根, 孙玮, 罗志立, 等, 2013. 兴凯地裂运动与四川盆地地下组合油气勘探[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 40(05): 511-520. 夏文杰, 杜森官, 徐新煌, 等, 1994. 中国南方震旦纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社, 1-86. 赵文智, 魏国齐, 杨威, 等, 2017. 四川盆地万源—达州克拉通内裂陷的发现及勘探意义[J]. 石油勘探与开发, 44(05): 659-669.

**关键词** 鄂西-渝东地区; 中上扬子地区; 早寒武世; 克拉通内裂陷; 裂陷作用



摘要 ID:2922

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地寒武系洗象池组白云岩成因研究

呼唤<sup>1,2</sup>、徐胜林\*<sup>1,2</sup>、陈安清<sup>1,2</sup>、刘孟琦<sup>1,2</sup>、雍伟<sup>2,3</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)
3. 成都理工大学地球科学学院

四川盆地寒武系洗象池组发育厚层白云岩,是重要的勘探目标,但关于其成因仍存在争议。本文基于野外露头与钻井岩心的观测、取样,结合显微薄片分析、阴极发光分析和地球化学测试,开展了四川盆地寒武系洗象池组白云岩特征及其成因研究。四川盆地寒武系洗象池组主要有三种类型的白云岩:(1)晶体细,结晶程度较低,呈广泛层状分布的微粉晶白云岩(Type 1)。(2)晶粒较粗,并且保持原始颗粒结构的颗粒白云岩(Type 2)。(3)细晶为主,晶形自形程度较高,重结晶作用明显的结构残余白云岩(Type 3)。研究区灰岩和三类白云岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值绝大部分位于中上寒武统碳氧同位素范围内,说明其成岩流体应该为准同生期海水或孔隙中封存的原始海水。三种类型的白云岩显示了与灰岩几乎相同的REE配分模式,说明三类白云岩的流体来源为同生期海水。研究区大部分样品都高于中上寒武世的海水铈同位素比值,且低于陆源铈同位素平均比值,说明四川盆地寒武系洗象池组碳酸盐岩成岩过程中受到陆源铈的影响。研究区样品 $\delta^{18}\text{O}$ 偏负、Eu负异常、Ce异常值高于正常海相沉积物,都说明研究区白云岩形成于较为开放的氧化环境,且未受异常高温影响,这与四川盆地洗象池组形成于浅水台地潮坪环境吻合。微粉晶白云岩常见纹层构造,且具有最高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值,该类白云岩化流体可能是潮上蒸发浓缩的受陆源影响的海水,即形成于古隆起周缘潮上带环境的准同生白云岩。颗粒白云岩的成岩温度略高、卤水盐度略低,该类白云岩为发育于台地颗粒滩环境的回流-渗透白云岩。结构残余白云岩最低的REY含量和较高的白云岩化温度表明其为颗粒白云岩在埋藏过程中进一步发生了埋藏白云岩化的结果。

### 参考文献

**关键词** 白云岩成因;白云石化;地球化学特征;洗象池组



摘要 ID:1211

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 云南永善万和剖面上奥陶统凯迪阶上部—赫南特阶旋回地层学研究

王凯、刘建波\*

北京大学地球与空间科学学院

晚奥陶世凯迪晚期, 全球发生了一系列重要生物和地质事件。由于全球奥陶-志留纪过渡期地层缺少高精度放射性测年数据, 阻碍了人们对这一地质历史时期的进一步认识, 这段地球历史的年代地层学研究有待进一步发展, 而旋回地层学研究是实现高精度地层划分与对比的有效手段。前人利用磁化率等参数进行了旋回地层学分析, 但由于绝对年龄和适合的旋回地层学研究对象的缺乏, 相关工作有待进一步验证和提升。晚奥陶世晚期, 扬子台地西部发育了一套相对较浅水, 以灰岩-泥岩互层为特征的碳酸盐岩地层, 向上变浅沉积旋回发育, 并已有比较精确的同位素测年数据, 有利于进行沉积相和环境分析及使用沉积旋回进行旋回地层学研究。

研究剖面位于云南省昭通市永善县万和乡、镇雄县赵家坟山和尾坝村。上奥陶统地层出露连续, 自下而上包括宝塔组、“临湘组”、大渡河组和观音桥层。在详细的野外实测、室内沉积学和地球化学研究的基础上, 在大渡河组和观音桥层中共识别出 9 个沉积亚相、15 个沉积微相, 主要沉积于页岩盆地和深潮下带环境, 少量地层沉积于浅潮下带环境。在万和剖面识别出 47 个向上变浅沉积旋回, 在赵家坟山-尾坝村剖面识别出 39 个向上变浅旋回, 分属 6 类、22 个亚类。

万和剖面和赵家坟山-尾坝村剖面旋回发育特征的横向可对比性证实了属异旋回沉积体系。根据其受轨道力形成旋回的机制, 结合万和剖面高精度放射性同位素测年的结果, 识别每个岩性旋回周期对应的天文旋回周期, 在大渡河组下段识别出较好的 17 ka 岁差周期, 在大渡河组中段识别出 0.1 Ma 周期, 在大渡河组上段和观音桥层识别出 0.23 Ma 长周期。根据放射性同位素年龄和识别出的天文旋回周期, 计算出 O/S 界线年龄为 442.75 Ma, 较最新国际地层年表年轻, 推断晚奥陶世凯迪晚期 *Dicellograptus complexus* 带底部至 O/S 界线时长为 2.07 Myr。天文周期信号有助于提供更高精度的浮动天文年代标尺, 大大提高年代地层划分对比精度, 对建立高分辨率地质时间坐标具有重要意义。早古生代天文周期信号识别相对困难, 本研究通过高精度沉积相和沉积旋回识别, 结合放射性同位素年龄约束, 为该时期通过沉积旋回识别高精度天文周期信号提供了可能。

### 参考文献

**关键词** 旋回地层学; 沉积相; 沉积旋回; 上奥陶统; 上扬子区



摘要 ID:1673

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 安岳气田震旦系台内灯四气藏走滑断裂破碎带分布规律研究

苏琛<sup>1</sup>、冉峙<sup>2</sup>、刘义成<sup>2</sup>、徐伟<sup>2</sup>、罗文军<sup>2</sup>、黄天俊<sup>2</sup>、何浦为<sup>2</sup>、刘耘<sup>2</sup>、申艳<sup>2</sup>

1. 中石油西南油气田分公司勘探开发研究院
2. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院

四川盆地安岳气田高石梯—磨溪地区震旦系灯四气藏为局限台地环境下微生物白云岩岩溶型气藏,是“十四五”期间安岳气田上产180亿方的重点层系。与台缘相比,台内灯四气藏具有丘滩厚度变薄、岩溶作用变弱、优质储层变薄以及气井产能较低等特点,开发难度较大。然而近期研究表明,走滑断裂对台内灯四段储层物性起到较大改善作用,同时对气井产能具有重要的影响,亟需开展走滑断裂系统研究。然而经过广泛调研发现,走滑断裂研究存在走滑断裂组合与分布复杂、缺少规律性认识、走滑断裂破碎带缺乏地质模式等诸多问题。本文基于钻测井、地震、动态等资料,针对安岳气田高石梯—磨溪地区震旦系台内灯四段进一步开展走滑断裂破碎带相关研究。研究结果表明:(1)在拉张背景下,研究区发育NWW向和NE向2组走滑断裂,根据断裂规模、作用等指标,研究区走滑断裂可划分为4个级别:一级断层控制一级构造单元的形成与演化;二级断层控制一级构造单元内构造带的分布与特征;三级断层位于一、二级构造单元内部,或是主断层的调节断层;四级断层为主干断裂的派生小断层;(2)在精细井震标定的基础上,明确走滑断裂破碎带裂缝发育,建立走滑断裂破碎带地质模型,综合利用地震属性刻画断裂破碎带展布和边界特征,并明确了断裂破碎带宽度和强度;(3)通过储层分类评价,明确断裂破碎带缝洞型优质储层发育,灯四段部分优质储层受丘滩沉积、表生岩溶,叠合走滑断裂破碎带共同作用影响。建立台内灯四段核控和破碎带控2类储层发育模式,刻画破碎带储层发育有利区面积218km<sup>2</sup>。在该研究成果的应用下,针对台内灯四气藏丘滩、岩溶叠合走滑断裂有利区部署开发井9口,已完成试油2口,均获百万方高产,效果显著。本文研究成果对台内灯四气藏评价建产、以及对安岳气田多层系开发评价部署与开发调整技术对策有着极其重要的实际意义。

**参考文献** [1] Guan&nbsp;Shuwei, Liang Han, Jiang Hua, et al. Characteristics and evolution of the main strike-slip fault belts of the central Sichuan Basin, southwestern China, and associated structures[J]. Earth Science Frontiers, 2022, 29(6): 252. [2] He Xiao, Guo Guian, Tang Qingsong, et al. The Advances and Challenges of the Ediacaran Fractured Reservoir Development in the Central Sichuan Basin, China[J]. Energies, 2022, 15(21): 8137. [3] Ma Debo, Wang Zecheng, Duan Shufu, et al. Strike-slip faults and their significance for hydrocarbon accumulation in Gaoshiti-Moxi area, Sichuan Basin, SW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(5): 851-861. [4] Tang Qingsong, Tang Shuhang, Luo Bing, et al. Seismic Description of Deep Strike-Slip Fault Damage Zone by Steerable Pyramid Method in the Sichuan Basin, China[J]. Energies, 2022, 15(21): 8131. [5] Wen Long, Ran Qi, Tian Weizhen, et al. Strike-Slip Fault Effects on Diversity of the Ediacaran Mound-Shoal Distribution in the Central Sichuan Intracratonic Basin, China[J]. ENERGIES, 2022, 15(16). [6]焦方正,杨雨,冉峙,等.四川盆地中部地区走滑断层的分布与天然气勘探[J].天然气工业,2021,41(08):92-101. [7]罗冰,杨跃明,罗文军,等.川中古隆起灯影组储层发育控制因素及展布[J].石油学报,2015,36(4):11. [8]马德波,汪泽成,段书府,等.四川盆地高石梯—磨溪地区走滑断层构造特征与天然气成藏意义[J].石油勘探与开发,2018,45(5):851-861. [9]马庆佑,&nbsp;曾联波,&nbsp;徐旭辉,&nbsp;等.塔里木盆地肖尔布拉克剖面走滑断裂带内部结构及控储模式[J].石油与天然气地质,2022,43(01):69-78. [10]田兴旺,彭瀚霖,王云龙,等.&nbsp;川中安岳气田震旦系灯影组四段台缘—台内区储层差异及控制因素[J].天然气地球科学,2020,31(9):1225-1238. [11]汪泽成,王铜山,文龙,&nbsp;等.四川盆地安岳特大型气田基本地质特征与形成条件[J].中国海上油气,2016,28(2):45-52. [12]魏国齐,王志宏,&nbsp;李剑,等.&nbsp;四川盆地震旦系、寒武系烃源岩特征、资源潜力与勘探方向[J].&nbsp;天然气地球科学,&nbsp;2017,&nbsp;28(1):1-13. [13]杨雨,黄先平,张健,等.四川盆地寒武系沉积前震旦系顶界岩溶地貌特征及其地质意义[J].天然气



工业, 2014, 34 (3) : 38-43. [14] 杨雨, &nbsp;文龙, 谢继容, &nbsp;等. 四川盆地海相碳酸盐岩天然气勘探进展与方向. 中国石油勘探, 2020, 25(3) : 44-55. [15] 杨跃明, 杨雨, 杨光, 等. 安岳气田震旦系、寒武系气藏成藏条件及勘探开发关键技术[J]. &nbsp;石油学报, 2019, 40(4) : 493-508. [16] 周进高, 姚根顺, 杨光, 等. 四川盆地安岳大气田震旦系—寒武系储层的发育机制[J]. 天然气工业, 2015, 35(1) :9. [17] 邹才能, 杜金虎, 徐春春, 等. 四川盆地震旦系—寒武系特大型气田形成分布、资源潜力及勘探发现[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(3) : 278-293.

**关键词** 四川盆地; 安岳气田; 灯四气藏; 走滑断裂; 破碎带; 储层发育模式



摘要 ID:2086

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 徐州地区新元古界倪园组地震变形特征及沉积环境控制

孟艳、李壮福\*  
中国矿业大学

徐州地区地处华北板块东南缘,南接扬子板块,新元古界地层出露完整,是我国华南地区与华北地区晚前寒武纪地层衔接、对比的关键地区,其中新元古界下部倪园组是以广泛发育白云岩为特征的一套地层,在不同层位倪园组集中发现了多个期次、不同规模由地震作用改造的沉积现象。倪园组整体岩性分为三部分,下部以暗灰色薄-中厚层泥晶灰岩为主,见多个由灰岩到白云岩构成的完整的沉积旋回;中部为暗灰色薄层泥晶灰岩与浅灰黄色细-粗粉晶白云岩韵律层;上部为浅灰黄色薄-中厚层水平层理发育细粉晶白云岩。倪园组形成于碳酸盐缓斜坡,呈现向上变浅的海退过程,广泛发育地震诱发沉积物变形构造,其中下部主要见地震作用改造形成的呈现叠瓦状到杂乱状排列的棱角状竹叶状中粒度砾屑灰岩;中部发育大规模地震成因的放射状到倒“小”字形棱角状竹叶状砾屑灰岩透镜体,并伴随粒序断层、白齿构造、液化底劈构造等次生沉积构造;上部主要为震碎角砾岩以及龙鳞构造。结合徐州地区的构造背景和前人研究资料,认为倪园组岩性特征以及地震变形特征主要是受到地震活动的频率、强度以及沉积环境影响的沉积、成岩作用控制。

### 参考文献

**关键词** 倪园组;白云岩;地震;沉积物变形;





摘要 ID: 3158

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 渤海湾盆地冀中坳陷亮甲山组白云岩储层特征及成因分析

黄芸\*、张锐锋、胡延旭、谢莹  
华北油田公司勘探开发研究院

渤海湾盆地冀中坳陷下古生界奥陶系亮甲山组主要为一套厚层白云岩, 近年华北油田在奥陶系上下马家沟组至亮甲山组取得了勘探突破, 亮甲山组作为新增的含油气层系, 具有非常重要的研究价值。结合钻井资料、测井资料及分析化验资料, 亮甲山组岩性及岩相三分性较为明显, 亮甲山组顶部主要发育潮间亚相, 云坪、灰云坪微相, 岩性以泥粉晶白云岩为主, 中部主要发育局限潮下亚相, 云质潟湖、低能滩微相, 岩性以粗粉晶-细晶白云岩、含灰颗粒云岩为主, 此段粗粉晶-细晶白云岩中多见颗粒结构及残余颗粒结构。底部为局限潮下亚相, 灰质潟湖、静水泥微相, 主要发育泥晶灰岩、含生屑灰岩, 储层欠发育。亮甲山组储层主要分布在中上部, 累计厚度 90m 左右。上部储集空间以溶孔、裂缝为主, 中部储层储集空间以晶间孔隙为主。结合稀土元素、碳氧同位素、阴极发光、有序度等资料对白云岩储层的储集空间形成机制进行分析, 上部的泥粉晶白云岩为同生期蒸发泵作用形成, 与上奥陶统泥晶云岩相似, 具有较低的有序度 (0.8 左右); 中部的粗粉晶-细晶白云岩为埋藏作用形成, 有序度较高 (1.2 左右), 其与顶部的泥粉晶白云岩及中上奥陶统马家沟组白云岩在成因上具有明显的差异。影响亮甲山组储层发育的因素主要包括岩性岩相、构造、表生岩溶及硅质热液充填, 各层段具有不同的主要影响因素。岩性岩相是储层发育的基础, 局限潮下颗粒滩为影响中部形成优质储层的主要因素, 颗粒灰岩在埋藏过程中, 由于颗粒的支撑作用, 颗粒间富含可流动流体, 在经历埋藏云化作用过程中, 形成了粗粉晶-细晶云岩, 并且形成了大量的晶间孔隙, 从而形成了亮甲山中部的储层段。岩溶作用主要影响亮甲山组顶部的储层, 亮甲山组沉积之后, 经历了怀远运动的表生淋滤剥蚀作用, 形成亮甲山组顶部的溶孔、溶洞型储层。构造作用对中部储层具有重要的作用, 有构造缝沟通的地方, 中部储层发育厚度较大, 颗粒云化彻底, 形成晶粒云岩, 没有构造作用沟通的层段, 颗粒云化不彻底, 仅仅形成含灰颗粒云岩, 未能形成晶粒云岩及晶间孔隙。硅质热液主要是伴随构造裂缝对碳酸盐岩进行硅化及对孔隙进行充填, 具有一定的破坏作用, 亮甲山组中上部发育多处的硅质热液充填作用, 储层不发育, 作为隔层存在。对研究区奥陶系亮甲山组白云岩储层的研究, 完善了该层系储层特征及成因分析, 为该区储层分析奠定良好的基础。

**参考文献** 1、Pengfei Xiang, Hancheng Ji, Yanqing Shi, et al., 2021. Petrographic, Rare Earth Elements and isotope constraints on the dolomite origin of Ordovician Majiagou Formation (Jizhong Depression, North China) [J], *marine and petroleum geology*, 1-13. 2、孙子舒, 黄芸, 梁婷等, 2020. 基于 XGboost 算法的复杂碳酸盐岩岩性测井识别 [J], *岩性油气藏*, 32 (4): 98-106. 3、黄芸, 杨德相, 李玉帮等, 2021. 渤海湾盆地冀中坳陷中北部杨税务奥陶系深潜山储层特征及主控因素分析 [J], *岩性油气藏*, 33 (2): 70-80. 4、李玉帮, 张以明, 杨德相等, 冀中坳陷奥陶纪岩相古地理 [J], *古地理学报*, 23 (2): 335-359.

**关键词** 奥陶系; 亮甲山组; 云化作用



摘要 ID: 3268

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 川东北地区早三叠世构造-沉积演化分析及认识

邹连松\*、徐文礼

成都理工大学沉积地质研究院

川东北地区早三叠世地层是我国天然气勘探开发的重要层系。前期勘探开发针对礁、滩进行研究并取得了一定的认识,如今项目组针对开展海槽东侧及末端下三叠统滩体的迁移规律、沉积演化特征及储层控制因素等方面进行了深化研究,结果如下:

(1) 通过对野外剖面、钻井沉积相与层序地层学综合分析及地震关键界面识别,将飞仙关组和嘉陵江组各划分2个三级层序,根据次级海平面变化及界面识别,飞仙关组细分为5个四级层序(ssq1-ssq5),嘉陵江组细分为6个四级层序(ssq1-ssq6)。

(2) 根据野外剖面、岩心观察描述和岩石薄片鉴定分析,对飞仙关组进行了沉积相划分,飞仙关组划分出蒸发台地、局限台地、开阔台地、台地边缘、海槽等相类型及若干亚相和微相类型,鲕滩主要发育ssq2—ssq4层序,明确了鲕滩迁移规律,古地貌是优质鲕滩发育的主控因素。

(3) 根据野外剖面、录井资料数据、岩心观察描述和岩石薄片鉴定分析,对嘉陵江组进行了沉积相划分,嘉陵江组划分出蒸发台地、局限台地相类型及若干亚相和微相类型,古地貌及海平面升降控制沉积微相平面展布,隆、凹微地貌控制有利滩体的分布,有利滩体主要分布于ssq1—ssq3层序,在此基础上,建立了早三叠世构造—沉积演化模式。

### 参考文献

**关键词** 川东北地区; 早三叠世; 礁滩演化



摘要 ID: 3353

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地东南部奥陶系马家沟组上组合储层特征及主控因素

袁珍<sup>\*1,2</sup>、李倩<sup>1,2</sup>、司豪杰<sup>1,2</sup>、陈兵兵<sup>1,2</sup>、戴亚威<sup>1,2</sup>

1. 西安石油大学地球科学与工程学院

2. 陕西省油气成藏地质学重点实验室

受加里东运动影响,晚奥陶世华北地台整体抬升,经历了长达 150Ma 的风化剥蚀(侯方浩等, 2003),鄂尔多斯奥陶纪广泛发育古岩溶风化壳储层(王国亭等, 2018)。作为奥陶系岩溶风化壳主力产层的马家沟组马五 1—马五 4 段,储层致密且非均质性强,天然气富集程度差异大(方继瑶等, 2019; 王果等, 2019; 方继瑶等, 2019)。有效储层形成机理及分布规律的认识不足,制约了盆地东南部马家沟组上组合天然气勘探进展。本文根据岩芯观察、铸体薄片、扫描电镜等分析,结合钻井、测井资料及试采结果,认为处于岩溶斜坡的研究区因岩溶作用方式以慢速扩散流溶蚀为主而具有了优质储层的形成基础,并进一步划分出溶丘、洼地、坡地、沟谷 4 类次一级古地貌单元;受海平面升降影响发育云坪、泥云坪、灰云坪、膏云坪、含膏云坪、灰坪微相;以粉晶-细晶云岩、含灰微晶白云岩、含膏粉晶云岩及粉晶砂屑云岩为主的储集层经历了同生期层间岩溶、表生期风化岩溶和埋藏期埋藏岩溶三期岩溶作用的改造形成了晶间孔(溶孔)、(石膏)铸模孔、溶孔及溶缝 4 种储集空间;储层具有低孔低渗—特低孔特低渗特点。通过物性与岩性、古地貌与岩性、古地貌与含气性、古地貌与物性的叠合分析,认为奥陶系马家沟组顶部岩溶古地貌是地表和地下岩溶水作用的结果,反映了古岩溶作用程度,控制着岩溶作用带内的孔洞发育,与沉积微相共同协作控制岩溶储层的岩性及物性条件,从而影响储层内气水分布差异。据此将(含)膏云坪、膏云坪、云坪与岩溶斜坡中溶丘叠合的地区作为储层有利区,为盆地东南部马家沟组碳酸盐岩储层天然气勘探有利区优选提供依据。

**参考文献** 方继瑶,陈洪德,史云鹤,等. 2019. 鄂尔多斯盆地宜川—黄龙地区马家沟组古岩溶储层特征及形成机理[J]. 地球科学与环境学报, 41(01): 83-95. 侯方浩,方少仙,董兆雄,等. 2003. 鄂尔多斯盆地中奥陶统马家沟组沉积环境与岩相发育特征[J]. 沉积学报, 21(01): 106~112. 苏中堂,胡孙龙,刘国庆,等. 2022. 鄂尔多斯盆地早古生代构造分异作用对碳酸盐岩沉积与规模性储层发育的控制[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 49(05): 513-532. 王国亭,程立华,孟德伟,等. 2018. 鄂尔多斯盆地东部奥陶系古岩溶型碳酸盐岩致密储层特征、形成机理与天然气富集潜力[J]. 石油与天然气地质, 39(04): 685-695. 王果,仲向云,张成弓,等. 2019. 鄂尔多斯盆地东南部马家沟组上组合沉积微相特征及展布规律[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 46(03): 326-333.

**关键词** 主控因素; 储层特征; 马家沟组; 鄂尔多斯盆地东南部



摘要 ID: 2886

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 显生宙甲烷源自生碳酸盐岩 (MDAC) 时空分布特征及其碳、氧稳定同位素组成汇总研究

陈思洁、王舟\*、王家生  
中国地质大学 (武汉)

甲烷源自生碳酸盐岩 (MDAC) 的相关研究从上世纪 80 年代开始兴起, 40 余年来, 国内外学者在现代海洋 (如南中国海、墨西哥湾等地) 沉积物和地质历史时期古海洋地层记录中均发现了甲烷源自生碳酸盐岩的产出, 其宏观特征主要呈结核状、结壳状、烟囱状以及管状等, 主要矿物组成为方解石、文石和白云石等碳酸盐类矿物, 具有直接指示甲烷相关生物地球化学过程 (如甲烷厌氧氧化作用 AOM) 的无机碳同位素组成特征。

目前, 现代海洋和古海洋环境下 MDAC 记录的产出报道和形成过程的事例研究已经屡见不鲜, 但尚缺乏全球范围内不同时代 MDAC 地质记录的系统性汇总研究。本研究针对全球范围内显生宙 (即古生代至今) MDAC 产出时代、产出位置、形成年龄及其碳、氧稳定同位素组成数据开展了系统性汇总与分析, 并重建了第四纪以前地层中 MDAC 原始产出的古纬度信息。汇总研究结果表明: MDAC 在不同地质历史时期的空间分布偏好具有相似性, 即主要分布于大陆板块面积较大的纬度范围, 可能与该范围内边缘海沉积环境分布广泛有关; 不同时代 MDAC 碳、氧稳定同位素数据分布范围指示地层埋藏成岩作用对早期成岩阶段形成的 MDAC 碳、氧同位素组成的改造效应较为明显, 其具体表现为相对增大了氧同位素的变化范围和相对缩小了碳同位素的变化范围; 通过更新世晚期以来 MDAC 形成年龄与全球深海底栖有孔虫壳体氧同位素变化曲线的对比, 我们推测甲烷循环在地球冷期-暖期快速变暖期间的气候正反馈效应显著, 与气候变化的相互作用表现更为灵敏。

### 参考文献

**关键词** 甲烷源自生碳酸盐岩; 时空分布特征; 碳氧稳定同位素组成



摘要 ID:2953

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 开江—梁平海槽南段飞仙关组颗粒滩储层特征及主控因素

徐唱\*、徐亮、孙豪飞、明盈、王嘉先、冉钰  
西南油气田公司勘探开发研究院油气地质研究所

环开江—梁平海槽下三叠统飞仙关组气藏勘探已在北段和中段取得突破，而南段储层特征及主控因素尚待明确。基于钻录井、岩心、薄片、扫描电镜、压汞等资料分析，精细研究了开江—梁平海槽南段飞仙关组的颗粒滩储层特征和主控因素。研究表明：①颗粒滩储层可进一步分为鲕滩储层、生屑滩储层和砂屑滩储层，颗粒岩和晶粒云岩是开江—梁平海槽南段地区最主要的储集岩类型；②飞仙关组颗粒滩储层总体上属于低孔低渗-孔隙型储层范畴，孔隙类型可划分为残余粒间孔+粒间溶孔、粒内容孔+铸模孔和晶间孔+晶间溶孔3大类；③区内颗粒滩储层具有分异性，海槽西侧主要以发育残余粒间孔+粒间溶孔的鲕滩储层为主，海槽东侧以发育粒内容孔+铸模孔和晶间孔+晶间溶孔的生屑滩储层和砂屑滩储层为主；④有利沉积相带为形成储层提供物质基础，“东高西低”的沉积古地貌决定了区内海槽西侧与东侧颗粒滩储层的分异，残余粒间孔保存+埋藏溶蚀是海槽西侧鲕滩储层改造定型的关键，早期大气淡水淋滤+渗透回流白云石化作用是海槽东侧生屑滩储层和砂屑滩储层改造定型的关键。

### 参考文献

**关键词** 储层特征；主控因素；飞仙关组；下三叠统；南段；开江—梁平海槽



摘要 ID: 3053

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 川西北部地区上震旦统灯影组四段台地边缘-局限台地的丘滩沉积差异性模式

王悦<sup>1</sup>、屈海洲<sup>1</sup>、杨迅<sup>2</sup>、张本建<sup>3</sup>、尹宏<sup>2</sup>、孙志昀<sup>2</sup>、胡欣<sup>2</sup>、张兴宇<sup>1</sup>

1. 西南石油大学

2. 中国石油西南油气田分公司川西北气矿

3. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院

**摘要:** 德阳—安岳裂陷位于四川盆地中部至西北部, 近南北向分布, 呈V字形轮廓, 其东侧高磨地区灯影组第四段的台地边缘-局限台地相中均获得工业气流, 显示出与裂陷深水相相邻的浅水台地相的巨大储集能力。本文通过野外露头、薄片、测井和地震资料, 分析研究川西北地区上震旦统灯影组四段台地边缘相、局限台地相的岩石学和沉积学特征与差异性。川西北部地区灯影组四段主要发育砂屑云岩、微生物岩、泥、粉晶云岩, 由台地边缘到局限台地, 三大岩类的沉积厚度减薄, 颗粒含量减少, 颗粒和晶体粒径减小, 台内沉积的砂屑云岩和微生物岩颜色稍浅, 而晶粒云岩颜色则明显偏深。研究区灯影组四段的台地边缘-局限台地相可进一步划分出6种亚相和8种微相; 由台地边缘到台内, 灯影组四段平均厚度减薄, GR曲线波动幅度增大, 各亚相GR值均具增大趋势, 丘滩复合体发育程度降低, 丘滩亚相沉积厚度与灯影组四段厚度比值呈下降趋势。灯三、灯四段沉积时期继承灯二期古地貌特征, 同时受到四川盆地拉张、不均匀沉降作用以及桐湾运动的影响, 川西北灯影组四段最终形成以台地边缘-局限台地为主的沉积格局。

**参考文献** 蔡珺君, 彭先, 李骞, 等, 2021. 超深层强非均质性气藏早中期产能主控因素及开发优化技术对策——以四川盆地中部安岳气田震旦系气藏为例[J]. 天然气地球科学, 32(11):1622-1633. 陈尘, 曾伟, 金民东, 等, 2014. 川北地区灯影组灰泥丘沉积特征及储集性[J]. 天然气技术与经济, 8(03):23-28+78. 杜金虎, 汪泽成, 邹才能, 等, 2016. 上扬子克拉通内裂陷的发现及对安岳特大型气田形成的控制作用[J]. 石油学报, 37(01):1-16. 辜学达, 刘啸虎, 1997. 全国地层多重划分对比研究(51):四川省岩石地层. 武汉:中国地质大学出版社. 1-418 谷志东, 李宗银, 袁苗, 等, 2014. 四川盆地及其周缘晚震旦世—早寒武世早期区域抬升运动对岩溶储层发育的影响[J]. 天然气工业, 34(08):37-45. 郭恒玮, 伏美燕, 宋荣彩, 等, 2022. 川中高石梯地区灯影组四段藻丘类型与沉积模式[J]. 沉积学报, 40(01):217-228. 何顺, 秦启荣, 王家树, 等, 2020. 磨溪地区台缘带灯影组四段储层地质特征及其控藏作用[J]. 四川地质学报, 40(01):19-25. 蒋航, 曾德铭, 王兴志, 等, 2019. 川北地区震旦系灯影组储层特征与主控因素[J]. 海相油气地质, 24(01):9-19. 姜巽, 2019. 四川盆地主要不整合特征及其构造意义[D]. 成都理工大学. 金民东, 2017. 高磨地区震旦系灯影组四段岩溶型储层发育规律及预测[D]. 西南石油大学. 金民东, 李毕松, 朱祥, 等, 2020. 四川盆地东北部元坝地区及周缘震旦系灯影组四段储集层特征及主控因素[J]. 石油勘探与开发, 47(06):1090-1099. 李凌, 谭秀成, 曾伟, 等, 2013. 四川盆地震旦系灯影组灰泥丘发育特征及储集意义[J]. 石油勘探与开发, 40(06):666-673. 刘文栋, 钟大康, 孙海涛, 等, 2021. 川西北中二叠统栖霞组沉积特征及古地貌响应[J]. 沉积学报, 39(05):1275-1291. 马永生, 蔡勋育, 赵培荣, 等, 2010. 四川盆地大中型天然气田分布特征与勘探方向[J]. 石油学报, 31(03):347-354. 单秀琴, 张静, 张宝民, 等, 2016. 四川盆地震旦系灯影组白云岩岩溶储层特征及溶蚀作用证据[J]. 石油学报, 37(01):17-29. 谭磊, 刘宏, 陈康, 等, 2022. 川中高磨地区震旦系灯影组三、四段层序沉积与储集层分布[J]. 石油勘探与开发, 49(05):871-883. 田兴旺, 彭瀚霖, 王云龙, 等, 2020. 川中安岳气田震旦系灯影组四段台缘—台内区储层差异及控制因素[J]. 天然气地球科学, 31(09):1225-1238. 田兴旺, 张玺华, 彭瀚霖, 等, 2019. 川中高石梯—磨溪地区震旦系灯影组四段气藏产能差异[J]. 新疆石油地质, 40(06):673-679. 汪泽成, 姜华, 王铜山, 等, 2014. 四川盆地桐湾期古地貌特征及成藏意义[J]. 石油勘探与开发, 41(03):305-312. 徐哲航, 2018. 四川盆地灯影组白云岩储层成因机制研究[D]. 中国石油大学(北京). 杨成, 王海军, 王东, 等, 2020. 川西南井研地区灯影组沉积相及沉积模式[J]. 东北石油大学学报, 44(05):59-69+106+8. 杨威, 魏国齐, 谢武仁, 等, 2020. 四川盆地绵竹—长宁克拉通内裂陷东侧震旦系灯影组四段台缘丘滩体成藏特征与勘探前景[J]. 石油勘探与开发, 47(06):1174-1184. 杨威, 魏国齐, 赵蓉蓉, 等, 2014. 四川盆地震旦系灯影组岩溶储层特征及展布[J]. 天然气工业, 34(03):55-60. 杨雨, 汪泽成, 文龙, 等, 2022. 扬子克拉通西北缘震旦系油气成藏条件及勘探潜力[J]. 石油勘探与开发, 49(02):238-248. 杨雨, 文龙, 谢继容, 等, 2020. 四川盆地海相碳酸盐岩天然气勘探进展与方向[J]. 中国石油勘



探, 25(03):44-55. 杨跃明, 王文之, 文龙, 等, 2021. 四川盆地大型古隆起斜坡区微生物碳酸盐岩储层沉积演化特征与天然气规模成藏模式[J]. 天然气工业, 41(3):38-47. 姚根顺, 郝毅, 周进高, 等, 2014. 四川盆地震旦系灯影组储层储集空间的形成与演化[J]. 天然气工业, 34(03):31-37. 赵文智, 汪泽成, 姜华, 等, 2020. 从古老碳酸盐岩大油气田形成条件看四川盆地深层震旦系的勘探地位[J]. 天然气工业, 40(02):1-10. 赵子豪, 李凌, 孟庆龙, 等, 2016. 四川盆地灯影组沉积相及演化规律[J]. 地质调查与研究, 39(04):241-248. 张玺华, 彭瀚霖, 文龙, 等, 2020. 四川盆地西北部灯影组深水沉积的发现及油气地质意义[J]. 天然气勘探与开发, 43(04):10-21. 周进高, 张建勇, 邓红婴, 等, 2017. 四川盆地震旦系灯影组岩相古地理与沉积模式[J]. 天然气工业, 37(01):24-31. Burne R V, Moore L S, 1987. Microbialites: Organosedimentary Deposits of Benthic Microbial Communities[J]. PALAIOS, 2(3):241-254. Negra M H, Purser B H, M&#39;Rabet A, 2009. Sedimentation, diagenesis and syntectonic erosion of Upper Cretaceous rudist mounds in Central Tunisia[M]. Blackwell Publishing Ltd. Pas D, Silva A, Dhital M R, et al, 2011. Sedimentology of a Mid-Late Ordovician carbonate mud-mound complex from the Katmandu nappe in Central Nepal[J]. Journal of Asian earth sciences. Riding R, 2002. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories[J]. Earth Science Reviews, 58(1-2):163-231. Sivhed U, Erlstrm M, Bojesen-Koefoed J A, et al, 2010. UPPER ORDOVICIAN CARBONATE MOUNDS ON GOTLAND, CENTRAL BALTIC SEA: DISTRIBUTION, COMPOSITION AND RESERVOIR CHARACTERISTICS[J]. Journal of Petroleum Geology, 27(2): &nbsp;115-140.

**关键词** 川西北地区; 灯四段; 丘滩; 沉积差异; 沉积模式



摘要 ID:114

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型：展板

## 南海北部西沙海域新近纪碳酸盐岩台地地震反射特征及控制因素

杜文波\*

广州海洋地质调查局

南海是西太平洋最大的边缘海，由于其独特的地理位置，已被证实是中新世以来碳酸盐岩台地开发最重要的区域之一（吴时国等，2009）。西沙群岛位于南海西北部的西沙隆起上，是南海陆地面积最大的群岛。前人的研究表明，西沙海域的碳酸盐岩台地及生物礁自晚渐新世开始发育，中新世时期发育规模达到顶峰（Wu et al., 2014; 杨振等，2014; 魏喜等，2005）。由于前期受技术水平的限制，南海北部深水区的钻井相对较少，针对生物礁碳酸盐岩的钻井更是缺乏，从而对该区碳酸盐岩台地和生物礁的发育特征不是很清楚，对碳酸盐岩台地的结构、发育演化和分布规律及控制因素等方面还没有深入研究。本文利用西沙海域最新采集的高分辨率二维地震资料及钻井资料，结合前人研究成果，建立了西沙海区高精度层序地层格架；并在西沙海区新近纪识别出点礁、塔礁、台地边缘礁和环礁这4种不同类型生物礁，总结了不同生物礁的地震反射特征。早中新世时，西沙碳酸盐岩台地开始发育，台地数量较少且规模有限；中中新世，随着海平面的持续上升，海平面上升速率和碳酸盐岩的生长速率接近，此时碳酸盐岩台地发育规模达到最大；晚中新世以后，海平面继续上升，海平面上升速率远大于碳酸盐岩的生长速率，随着水深的快速增加，台地进入淹没阶段，不适合碳酸盐岩台地及生物礁发育，仅在部分构造高部位继续发育，生物礁主要为大型的环礁。控制西沙碳酸盐岩台地发育的影响因素为构造作用和相对海平面变化。

**参考文献** (1) 吴时国, 袁圣强, 董冬冬, 等. 南海北部深水区中新世生物礁发育特征[J]. 海洋与湖沼, 2009, 40(2): 117-121. (2) Wu S G, Y Zhen, Wang D W, et al. Architecture, development and geological control of the Xisha carbonate platforms, northwestern South China Sea[J]. Marine Geology, 2014, 350, 71-83. (3) 杨振, 吴时国, 吕福亮, 等. 西沙海区晚新生代碳酸盐岩台地的发育模式及控制因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2014, 34(5): 47-55. (4) 魏喜, 邓晋福, 谢文彦, 等. 南海盆地演化对生物礁的控制及礁油气藏潜力分析[J]. 地学前缘, 2005, 12(3): 245-252.

**关键词** 碳酸盐岩台地；生物礁；构造作用；相对海平面变化；西沙海域





摘要 ID:781

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 新元古代盖帽白云岩: 浅水陆架成因及其古地理意义

柳永清\*<sup>1</sup>、旷红伟<sup>1</sup>、陈骁帅<sup>1</sup>、王玉冲<sup>1,2</sup>、祁柯宁<sup>1</sup>、彭楠<sup>1</sup>

1. 中国地质科学院地质研究所

2. 中国矿业大学(北京)

前寒武纪冰后期盖帽白云岩是 20 多年来经久不衰的地质研究热点, 由于其涉及到包括沉积学、冰期前后海洋地球化学条件转变等内容, 基于不同方向和手段的几十篇研究成果发表于国内外若干知名学术刊物, 提出了若干的成因模式, 其中 1-2 种为最受推崇和被长期广泛引用为“经典”盖帽白云岩沉积模式, 其主要的观点是认为盖帽白云岩可以发育在从深水盆地、斜坡和浅水陆架的所有沉积相区。

本研究基于国内外新元古代成冰纪和埃迪卡拉纪, 特别是整个扬子和塔里木克拉通成冰纪等冰后期几十个盖帽白云岩系统研究认为, 盖帽白云岩和上覆岩系构成快速海侵-退积与向上变深的沉积层序, 底部和冰碛岩或呈过渡或表现为明显的“跳相”沉积间断, 或直接超覆于非冰碛岩基底之上, 顶部与上覆(斜坡或盆地)海侵层系为渐变过渡关系。盖帽白云岩主要由细粉晶白云岩组成, 下部普遍含有砾石, 甚至“漂砾”, 常见叠层石、团块, 藻丝体等微生物和有机质, 罕见指示浅滩-斜坡或盆地环境的层理构造, 特别是那些“大型低角度斜层理”, “板片状角砾”, “层状晶洞”和硅化钙结壳(强烈硅化段)等并非是深水或陆架边缘浅滩产物或指相标志。尤其是冰碛岩直接上覆的深水环境仅发育硅质岩, 页岩, 未见盖帽白云岩, 而在陆架边缘与深水环境过渡带则发育非典型盖帽白云岩(硅质泥质白云岩和砂质白云岩)。也即, 迄今为止我们观察到的一系列沉积学特征等皆是盖帽白云岩为浅水陆架成因, 而且一般也认为 CCD 之下不可能发育正常沉积的碳酸盐岩, 故此我们提出了新元古代冰后期盖帽白云岩形成于浅水陆架的成因模式, 认为盖帽白云岩与冰后期海平面快速上升同步, 并穿时发育, 主要沉积环境为浅水陆架浅潮下带之上的潮间-潮上坪沉积环境, 并据此重建了基于盖帽白云岩的埃迪卡拉纪初期等时古地理格架。

本研究为国家自然科学基金(42072135)、国家重点研发计划深地资源勘查开采

(2016YFC0601001)、中国地质调查局(DD20190002, DD20190005)以及神农架地区新元古代地层格架和沉积特征研究(AS2101)共同资助。

参考文献 从略

关键词 新元古代; 盖帽白云岩; 浅水陆架; 古地理意义



摘要 ID: 3207

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 南海北部潮汕坳陷中部低凸起中侏罗世生物礁和碳酸盐岩台地发育特征及油气勘探潜力

孙鸣\*、易海、胡小强  
广州海洋地质调查局

生物礁及碳酸盐岩台地是典型的油气储层，具有非常大的油气勘探潜力。本文利用近年来新采集的准三维地震资料，首次在南海北部潮汕坳陷中生代识别出生物礁及碳酸盐台地的发育，并对其平面展布特征和垂向演化特征开展了系统研究。研究表明潮汕坳陷生物礁和碳酸盐岩台地地震反射特征整体表现为强弱相间的断续反射或杂乱反射，局部呈空白反射或亚平行弱振幅反射，且明显表现为高速异常特征。在台地局部高部位发育有环礁、层状礁和点礁等生物礁类型。环礁主要发育在三维区的中部，层状礁主要发育在三维区东北部，点礁集中分布于三维区的中东部。垂向上可分为4个演化阶段分别为：初始发育阶段、繁盛阶段、衰退阶段及淹没阶段。构造古地形控制了生物礁和碳酸盐岩台地的形成位置，相对海平面变化控制了其发育规模。此外，中侏罗统上段生物礁灰岩储层成藏条件优越，发育“下生、上储、上盖”型成藏模式，具备形成大中型油气藏的有利条件，油气勘探潜力巨大。

### 参考文献

**关键词** 中侏罗世；生物礁；碳酸盐岩台地；潮汕坳陷



摘要 ID: 3354

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 川东地区寒武系沧浪铺组一段沉积格局新认识及地质意义

许健<sup>3,5</sup>、文龙<sup>2</sup>、张本健<sup>2</sup>、周刚<sup>2</sup>、文华国\*<sup>1</sup>、梁金同<sup>1</sup>、刘四兵<sup>4</sup>、蒋华川<sup>1</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)
2. 西南油气田公司勘探开发研究院
3. 成都理工大学沉积地质研究院
4. 成都理工大学能源学院
5. 成都理工大学

准确的岩相古地理恢复对川东地区寒武系沧浪铺组一段储层研究具有重要意义。本文以测井、地震和野外露头资料为基础,首先针对四川盆地沧浪铺组一段开展地层对比发现,川东地区建始-德江一带沧一段地层厚度普遍介于200-600米之间,较两侧地层厚度明显偏大;结合地震剖面追踪和前人研究成果,落实了川东地区存在大型台内洼地发育。同时,该洼地整体呈北东-南西向展布,北至建始、南抵德江,空间上与位于奉节-黔江-道江-瓮安一带的同沉积断裂重合,推测沧一段川东台洼的形成可能受控于该同沉积断裂。进一步地,基于点-线-面的沉积相分析表明,川东枫1井井区和丰都-涪陵一带发育膏质泻湖,并且台洼带和泻湖带之间的高部位发育大规模灰质鲕粒滩,据此建立了川东地区“台洼边缘控滩、泻湖边缘控滩”的沉积发育模式,明确了川东地区沧一段岩相古地理的展布特征。特别地,通过扫描电镜分析发现,鲕粒灰岩中宏孔发育少,但普遍发育微孔(3-5 μm),与蓬深7井可能具有类似的孔隙发育特征,据此提出了川东地区沧浪铺组的一种新储集岩类型。综上,本次研究明确了四川盆地沧浪铺组“一隆四洼两高带”的沉积格局,提出了川东沧浪铺组发育受同沉积断裂控制的“台洼”的新认识,同时提出了一种以鲕粒灰岩为主的新储集岩类型,可为川东地区寒武系沧浪铺组有利储集层的预测及勘探区带优选提供重要依据。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地; 寒武系; 沧浪铺组; 沉积相; 鲕粒灰岩



摘要 ID:2887

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 早三叠世低纬度地区硅质岩沉积空缺的时间限定及其成因探讨

杨芬<sup>1</sup>、孙亚东<sup>\*1,2</sup>、Patrick J. Frings<sup>3,4</sup>、罗琳<sup>1</sup>、鄂婧雯<sup>5</sup>、王丽娜<sup>6</sup>、黄亚飞<sup>1</sup>、王檀<sup>1</sup>、Johann Müller<sup>2</sup>、谢树成<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. Universität Erlangen-Nürnberg

3. Earth Surface Geochemistry, GFZ German Research Centre for Geosciences, Telegrafenberg, 14473 Potsdam, Germany

4. Plants and Ecosystems (PLECO), Biology Department, University of Antwerp, Wilrijk, Belgium

5. 曲江中学

6. 河北地质大学

长达 30 百万年的二叠纪硅质岩沉积伴随着二叠纪末生物大灭绝戛然而止, 形成了早三叠世数百万年的硅质岩沉积空缺。导致硅质岩沉积空缺的原因是国际争论的焦点。为探讨早三叠世硅质岩沉积空缺开始的时间和成因, 笔者在华南扬子台地北缘深水盆地相赤壁剖面上开展了沉积学、牙形石生物地层学及地球化学等方面的研究。赤壁剖面出露地层从老到新依次为上二叠统吴家坪组、大隆组以及下三叠统大冶组。吴家坪组岩性以中-厚层灰岩为主, 生物化石种类丰富, 以棘皮、有孔虫、腕足为主, 含少量钙藻、介形、腹足、钙质海绵、三叶虫和苔藓虫。大隆组由薄层硅质岩、硅质灰岩和页岩组成, 生物化石种类单一, 以海绵骨针和放射虫为主。大冶组岩性以薄层灰岩为主, 含少量腹足和菊石化石。大隆组全岩二氧化硅含量在长兴期晚期就开始下降。随着大隆组顶部硅质灰岩向大冶组灰岩转变, 其中的二氧化硅含量也从 77.8% 下降至 7.1%。牙形石生物地层学研究表明, 这一变化过程发生在 *C. yini*-*H. praeparvus* 带。二氧化硅含量开始减少的时间略早于同时期的碳同位素偏移和气候变暖, 但它与镍元素反映的初级生产力的崩塌几乎同步发生。结合海洋硅循环箱式模型模拟结果, 本研究认为仅靠高温导致的二氧化硅溶解度增加难以维持数百万年的硅质岩沉积空缺, 由二叠纪末期环境恶化造成的硅质生物的生物量减少才是早三叠世硅质岩消失的主要原因。

### 参考文献

**关键词** 二叠纪末生物大灭绝; 硅质岩沉积空缺; 牙形石; 硅循环箱式模型



摘要 ID:2912

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 镁同位素对选择性白云石化的约束——以四川盆地中二叠统栖霞组豹皮状灰岩为例

吴宇婷<sup>1,3,4</sup>、甯濛<sup>\*1,3,4</sup>、文华国<sup>1,3,4</sup>、梁峰<sup>2</sup>、夏攀<sup>1,3,4</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 中国石油杭州地质研究院
3. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)
4. 中石油碳酸盐岩储层重点实验室成都理工大学研究分室

传统的地球化学方法在理解“白云岩问题”方面发挥了重要的作用,但却无法对具体的白云石化过程和镁离子来源提供很好的约束。近年来,镁同位素为解决“白云岩问题”提供了一个新的视野。为了进一步推动镁同位素在白云岩成因研究中的应用,我们测试了四川盆地中二叠统栖霞组豹皮状灰岩的镁同位素组成。基于岩石学特征分析,将豹皮状灰岩划分为白云石斑块和方解石基质两类,并对其进行了主微量元素和C、O、Mg同位素分析。白云石斑块的碳和氧同位素组成( $\delta^{13}\text{C} = -0.12 \sim 3.48\%$ 和 $\delta^{18}\text{O} = 10.26 \sim -3.2\%$ )与方解石基质( $\delta^{13}\text{C} = -1.54 \sim 3.52\%$ 和 $\delta^{18}\text{O} = -8.71 \sim -3.69\%$ )相似,表明选择性白云石化发生时间可能与石灰岩沉积期相近。白云石斑块的Mn、Fe和Sr含量表明选择性白云石化发生在陆上氧化环境中。 $\delta^{26}\text{Mg}$ 变化模式支持准同生期暴露和早期成岩白云石化过程。在海平面相对较高时,石灰-泥灰岩沉积,随后海平面下降,陆上暴露导致岩溶洞穴的形成,选择性白云石化受到约束。随着海平面的波动,石灰岩沉淀-准同生期暴露-选择性白云石化循环反复发生,最终形成豹皮状灰岩。

### 参考文献

**关键词** 镁同位素; 选择性白云石化; 栖霞组; 准同生期暴露



摘要 ID:3019

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 川西北深层中二叠统茅口组岩相古地理及勘探意义

李雯<sup>1</sup>、杨帅\*<sup>1</sup>、陈安清<sup>1</sup>、张玺华<sup>2</sup>、陈聪<sup>2</sup>、徐胜林<sup>1</sup>、孙诗<sup>1</sup>、罗健<sup>1</sup>、陈洪德<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院

四川盆地西北部是深层油气勘探的重点区域,围绕“开江-梁平海槽”发现多个长兴组台缘礁滩型气田。近年,随着该油气带下的茅口组获得新的油气发现,海槽的形成时间和范围及其对茅口组有利勘探区带的约束成为新的研究热点。基于川西北地区剖面钻井资料,详细开展茅口组的岩相古地理重建。揭示出川西北地区茅口中-晚期呈现深水相和台地相的分异,相带沉积作用造成地层厚度的带状协同差异;重建了茅口中-晚期的岩相古地理,刻画出该时期的构造-沉积分异格局;明确“开江-梁平海槽”形成时间应向前推至中二叠世晚期。总体上,茅口组深水槽沿广元-巴中-平昌一带展布,其两侧台缘是新的潜在大型油气聚集带。沿该深水槽的构造-沉积分异形成的台缘带为初始地貌继承型边缘,具有宽边缘、薄滩体的特点,滩相结构为间断加积状,与其上长期镶边塑造的连续加积或进积形成的窄边缘、厚滩体模式形成鲜明对比。

**参考文献** Beauchamp, B., Baud, A., 2002. Growth and Demise of Permian Biogenic Chert Along Northwest Pangea: Evidence for End-Permian Collapse of Thermohaline Circulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 184(1-2): 37-63. [https://doi.org/10.1016/S0031-0182\(2\)00245-6](https://doi.org/10.1016/S0031-0182(2)00245-6) Chen, A. Q., Hou, M. C., Lin, L. B., et al., 2020. Cambrian Lithofacies Paleogeographic Characteristics of the Upper Yangtze Block: Implications for the Marine Basin Evolution and Hydrocarbon Accumulation of Small-Scale Tectonic Blocks in China. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 40(3): 38-47 (in Chinese with English abstract). Chen, A. Q., Yang, S., Chen, H. D., et al., 2017. The Sedimentary Filling Model of Epeiric Platform and New Inspiration of Innercratonic Carbonate for Oil & Gas Exploration. *Acta Petrologica Sinica*, 33(4):1243-1256(in Chinese with English abstract). Chen, C., Lin, L. B., Yu, Y., et al., 2022. Geochemical Characteristics and Paleoenvironmental Significance of Longtan Formation in Well CLD1 in Southern Sichuan Basin, China. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 49(2): 225-238 (in Chinese with English abstract). Chen, H. D., Wang, C. S., Liu, W. J., et al., 1999. Permian Sequence Stratigraphy and Basin Evolution in South of China. *Acta Sedimentologica Sinica*, (4):32-38(in Chinese with English abstract). Chen, H. D., Zhong, Y. H., Xu, X. S., et al., 2014. Types and Characteristics of Carbonate Platform Margins of Marine Carbonate Rock in Three Major Basins in Western China. *Acta Petrologica Sinica*, 30(3):609-621 (in Chinese with English abstract). Feng, J. C., He, Y. B., Wu, S. H., et al., 1993. Lithofacies Paleogeography of Permian Middle and Lower Yangtze Region. *Acta Sedimentologica Sinica*, 11(3): 13-24 (in Chinese with English abstract). He, B., Xu, Y. G., Wang, Y. M., et al., 2005. The Magnitude of Crustal Uplift Prior to the Eruption of the Emeishan Basalt: Inferred from Sedimentary Records. *Geotectonica et Metallogenia*, 29(3):5 (in Chinese with English abstract). He, B., Xu, Y. G., Xiao, L., et al., 2006. Sedimentary Responses to Uplift of Emeishan Mantle Plume and Its Implications. *Geological Review*, 52(1):8 (in Chinese with English abstract). Hu, C. W., Hu, G., Zhang, X. H., et al., 2020. Sedimentary Environment, Hydrocarbon Potential and Development of Black Rocks in Upper Maokou Formation, Northwestern Sichuan. *Petroleum Geology & Experiment*, 42(2):202-214 (in Chinese with English abstract). Hu, S. Z., 2000. New Consideration of Gufong Formation by Stratigraphy Check up. *Volcanology & Mineral Resources*, 21(1): 63-68 (in Chinese with English abstract). Kametaka, M., Takebeb, M., Nagaic, H., et al., 2005. Sedimentary Environments of the Middle Permian Phosphorit-Chert Complex from the Northeastern Yangtze Platform, China;



the Gufeng Formation: a Continental Shelf Radiolarian Chert. *Sedimentary Geology*, 174(3-4):197-222. <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2004.12.005> Li, Q., Xu, S. L., Chen, H. D., et al., 2018. Geochemical Characteristic and Palaeo-Environmental Implication of Middle Permian Maokou Formation in Wangcang Region, Sichuan Basin, China. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 45(3): 268-281 (in Chinese with English abstract). Liu, A., Yang, J. H., Cheng, L., et al., 2022. Climate-Controlled Coastal Deposition of the Early Permian Liangshan Formation in Western South China. *Earth Science*, <https://doi.org/10.3389/feart.2022.888012> Liu, B., 2022. Organic Matter in Shales: Types, Thermal Evolution, and Organic Pores. *Earth Science*, 1-24 (in Chinese with English abstract). Liu, S. G., Wen, L., Song, J. M., et al., 2022. Sedimentary Topography and Tectonic Differentiation on The Middle Permian Platform and Hydrocarbon Exploration in Sichuan Basin, SW China. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 49(4): 68-81 (in Chinese with English abstract). Ma, X. H., Yang, Y., Zhang, J., et al., 2019. A Major Discovery in Permian Volcanic Rock Gas Reservoir Exploration in the Sichuan Basin and Its Implications. *Natural Gas Industry*, 39(2):1-8 (in Chinese with English abstract). Ma, Y. S., Mou, C. L., Tan, Q. Y., et al., 2006. A Discussion on Kaijiang-Liangping Ocean Trough. *Oil & Gas Geology*, 27(3): 326-331 (in Chinese with English abstract). Murchey, B. L., Jones, D. L., 1992. A Mid-Permian Chert Event; Widespread Deposition of Biogenic Siliceous Sediments in Coastal, Island Arc and Oceanic Basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 96(1-2):161-174. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2020.109915> Shen, S. Z., Zhang, H., Zhang, Y. C., et al., 2019. Permian Comprehensive Stratigraphy and Time Frame in China. *Scientia Sinica Terrae*, 49(1): 160-193 (in Chinese with English abstract). Tian, J. C., Guo, W., Huang, P. H., et al., 2012. Lithofacies Palaeogeography of Maokou Period in Southwestern Sichuan Basin. *Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition)*, 34(2): 1-8 (in Chinese with English abstract). Wang, Y. G., Chen, S. J., Xu, S. Q., et al., 2001. The Formation Condition and the Prospecting Technology of the Gas Reservoir in Paleozoic and Upper Proterozoic in Sichuan Basin. *Petroleum Industry Press*, Beijing, 67-78 Wang, X. Z., Li, B., Yang, X. Y., et al., 2021. Characteristics of 'Guangyuan-Wangcang' Trough During Late Middle Permian and Its Petroleum Geological Significance in Northern Sichuan Basin, SW China. *Petroleum Exploration and Development*, 48(3): 562-574 (in Chinese with English abstract). Wang, Z. C., Jiang, Q. C., Huang, S. P., et al., 2018. Geological Conditions for Massive Accumulation of Natural Gas in the Mid-Permian Maokou Fm of the Sichuan Basin. *Natural Gas Industry*, 38(1):30-38 (in Chinese with English abstract). Wen, L., Li, Y., Yi, H. Y., et al., 2019. Lithofacies and Reservoir Characteristics of Permian Volcanic Rocks in the Sichuan Basin. *Natural Gas Industry*, 39(2): 17-27 (in Chinese with English abstract). Xia, M. L., Wen, L., Wang, Y. G., et al., 2010. High-Quality Source Rocks in Trough Facies of Upper Permian Dalong Formation of Sichuan Basin. *Petroleum Exploration and Development*, 37(6): 654-662 (in Chinese with English abstract). Xiong, S. Y., Shi, Z. W., Zhou, G., et al., 2022. Paleogeographic Environment and Evolution of Permian Volcanic Eruption in Southwest Sichuan. *Earth Science*, 1-28 (in Chinese with English abstract). Xu, Y. G., He, B., Huang, X. L., et al., 2007. The Debate over Mantle Plumes and How to Test the Plume Hypothesis. *Earth Science Frontiers*, 14(2): 1-9 (in Chinese with English abstract). Yang, S., Chen, A. Q., Zhang, X. H., et al., 2021. Paleogeographic Transition of the Permian Chihshia-Maokou Period in the Sichuan Basin and Indications for Oil-Gas Exploration. *Acta Sedimentologica Sinica*, 39(6):1466-1477 (in Chinese with English abstract). Yang, Y., Wen, L., Xie, J. R., et al., 2020. Progress and Direction of Marine Carbonate Gas Exploration in Sichuan Basin. *China Petroleum Exploration*, 25(3): 44-55 (in



Chinese & with English abstract). Yang, Y. M., Yang, Y., Wen, L., et al., 2020. New Exploration & Progress and Prospect of Middle Permian Natural Gas in & the Sichuan Basin. *Natural Gas Industry*, 40(7): 10-22 (in & Chinese with English abstract).

Yao, X., Zhou, Y. Q., Hinnov, L. A., 2015. Astronomical Forcing & of a Middle Permian Chert Sequence in Chaohu, South & China. *Earth and Planetary Science Letters*, 422:206-221. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2015.04.017>

Yuan, D. X., 2015. Comparative Study on the Guadalupian & (Middle Permian) Conodont Biostratigraphy and Environmental Evolution between South China and North & America (Dissertation). Nanjing University, Nanjing (in & Chinese with English abstract).

Zhang, G. W., Guo, A. L., 2019. Thoughts on Continental Tectonic. *Earth Science*, 44(5): 1464-1475 (in Chinese with & English abstract).

Zhang, G. W., Guo, A. L., Dong, Y. P., et al., 2019. Rethinking & of the Qinling Orogen. *Journal of Geomechanics*, 25(5): 746-768 (in Chinese with English abstract).

Zhang, S. C., Zhang, B. M., Bian, L. Z., et al., 2005. Development & Constraints of Marine Source Rocks in China. *Earth Science Frontiers*, 12(3):39-48 (in Chinese with English abstract).

Zhang, X. H., Chen, C., Huang, J., et al., 2019. The Discovery & of Middle Permian Guangyuan - Bazhong Extensional & Trough in the Sichuan Basin and Its Petroleum Geological & Significance. *China Petroleum Exploration*, 24(4):10 (in & Chinese with English abstract).

Zhang, X. H., Chen, C., Zhang, Y., et al., 2018. Geological & 11 第 XX 卷 地球科学 <http://www.earth-science.net> Characteristics of Trough Facies, Maokou Formation, northwestern Sichuan Basin: Implications for Geology. *Natural Gas Exploration and Development*, 41(3): 9 (in & Chinese with English abstract).

Zhang, X. X., Chen, A. Q., Dang, N., et al., 2020. Tectono - Sedimentary Differentiation of Lower Palaeozoic Carbonate & rock in Ordos Basin, NW China and Its Implications for & Hydrocarbonplay Generation. *Carsologica Sinica*, 39(2): 215-224 (in Chinese with English abstract).

Zou, C. N., Du, J. H., Xu, C. C., et al., 2014. Formation, Distribution, Resource Potential and Discovery of the Sinian - Cambrian Giant Gas Field, Sichuan Basin, SW China. *Petroleum Exploration and Development*, 41(3):278-293 (in Chinese with English abstract).

附中中文参考文献 陈安清, 侯明才, 林良彪, 等, 2020. 上扬子地区寒武纪岩相古地理: 对中国小陆块海相盆地演化特点及其控藏效应的启示. *沉积与特提斯地质*, 40(3): 38-47. 陈安清, 杨帅, 陈洪德, 等, 2017. 陆表海台地沉积充填模式及内 克拉通碳酸盐岩勘探新启示. *岩石学报*, 33(4):1243-1256. 陈聪, 林良彪, 余瑜, 等, 2022. 四川盆地南部 CLD1 井龙潭组地 球化学特征及古环境意义. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 49(2):225-238. 陈洪德, 王成善, 刘文均, 等, 1999. 华南二叠纪层序地层与盆地 演化. *沉积学报*, (4):32-38. 陈洪德, 钟怡江, 许效松, 等, 2014. 中国西部三大盆地海相碳酸 盐岩台地边缘类型及特征. *岩石学报*, 30(3): 609-621. 冯增昭, 何幼斌, 吴胜和, 1993. 中下扬子地区二叠纪岩相古地 理. *沉积学报*, 11(3): 13-24. 何斌, 徐义刚, 王雅玫, 等, 2005. 用沉积记录来估计峨眉山玄武 岩喷发前的地壳抬升幅度. *大地构造与成矿学*, 29(3):5. 何斌, 徐义刚, 肖龙, 等, 2006. 峨眉山地幔柱上升的沉积响应及 其地质意义. *地质论评*, 52(1):8. 胡朝伟, 胡广, 张玺华, 等, 2020. 川西北地区茅口组上部黑色岩 系的层位、沉积环境及生烃潜力评价. *石油实验地质*, 42 (2):202-214. 胡世忠, 2000. 对孤峰组的新认识. *火山地质与矿产*, 21(1): 63-68. 李乾, 徐胜林, 陈洪德, 等, 2018. 川北旺苍地区茅口组地球化学 特征及古环境记录. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 45 (3): 268-281. 刘贝, 2022. 泥页岩中有机质: 类型、热演化与有机孔隙. *地球科学*, 1-24. 刘树根, 文龙, 宋金民, 等, 2022. 四川盆地中二叠统构造-沉积 分异与油气勘探. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 49(4): 68-81. 马新华, 杨雨, 张健, 等, 2019. 四川盆地二叠系火山碎屑 岩气藏 勘探重大发现及其启示. *天然气工业*, 39(2): 1-8. 马永生, 牟传龙, 谭钦银, 等, 2006. 关于 开江-梁平海槽的认识. *石油与天然气地质*, 27(3):326-331. 沈树忠, 张华, 张以春, 等, 2019. 中国 二叠纪综合地层和时间框架. *中国科学: 地球科学*, 49(1): 160-193. 田景春, 郭维, 黄平辉, 等, 2012. 四川盆地西南部茅口期岩相古地 理. *西南石油大学学报(自然科学版)*, 34(2): 1-8. 汪泽成, 江青春, 黄士鹏, 等, 2018. 四川盆地中二叠统茅口组天 然气大面积成藏的地质条件. *天然气工业*, 38(1):30-38. 王兴志, 李博, 杨西燕, 等, 2021. 四川盆地北部中二叠世晚期“广 元-旺苍”海槽特征 及其油气地质意义. *石油勘探与开发*, 48(3): 562-574 王一刚, 陈盛吉, 徐世琦, 等, 四川盆地古生 界-上元古界天然 气成藏条件及勘探技术. 北京: 石油工业出版社, 2001.67-68. 文龙, 李亚, 易海永, 等, 2019. 四川盆地二叠系火山岩岩相与储 层特征. *天然气工业*, 39(2): 17-





27 夏茂龙, 文龙, 王一刚, 等, 2010. 四川盆地上二叠统海槽相大隆组优质烃源岩. 石油勘探与开发, 37(6): 654-662. 熊绍云, 史志伟, 周刚, 等, 2022. 川西南二叠纪火山岩喷发古地理环境及演化. 地球科学, 33(6): 1-18. 徐义刚, 何斌, 黄小龙, 等, 2007. 地幔柱大辩论及如何验证地幔柱假说. 地学前缘, 14(2): 1-9. 杨帅, 陈安清, 张玺华, 等, 2021. 四川盆地二叠纪栖霞-茅口期古地理格局转换及勘探启示. 沉积学报, 39(6): 1466-1477. 杨雨, 文龙, 谢继荣, 等, 2020. 四川盆地海相碳酸盐岩天然气勘探进展与方向. 中国石油勘探, 25(3): 44-55. 杨跃明, 杨雨, 文龙, 等, 2020. 四川盆地中二叠统天然气勘探新进展与前景展望. 天然气工业, 40(7): 10-22. 袁东勋. 2015. 华南、北美二叠纪瓜德鲁普世牙形类生物地层学及环境演变的对比研究(博士学位论文). 南京: 南京大学. 张国伟, 郭安林, 2019. 关于大陆构造研究的一些思考与讨论. 地球科学, 44(5): 1464-1475. 张国伟, 郭安林, 董云鹏, 等, 2019. 关于秦岭造山带. 地质力学学报, 25(5): 746-768. 张水昌, 张宝民, 边立曾, 等, 2005. 中国海相烃源岩发育控制因素. 地学前缘, 12(3): 039-048. 张玺华, 2019. 四川盆地中二叠世广元-巴中拉张槽的发现及其油气地质意义. 中国石油勘探, 24(4): 10. 张玺华, 陈聪, 张亚, 等, 2018. 川西北地区茅口组海槽相地质特征及其油气地质意义. 天然气勘探与开发, 41(3): 9. 张晓星, 陈安清, 党牛, 等, 2020. 鄂尔多斯盆地下古生界碳酸盐岩构造-沉积分异及成藏效应. 中国岩溶, 39(2): 215-224. 邹才能, 杜金虎, 徐春春, 等, 2014. 四川盆地震旦系-寒武系特大型气田形成分布、资源潜力及勘探发现. 石油勘探与开发, 41(3): 278-293.

**关键词** 古地理; 台-槽分异; 台地边缘; 中二叠统; 茅口组; 石油地质.



摘要 ID: 3080

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 南羌塘坳陷上三叠统-下侏罗统碳酸盐岩元素地球化学特征及指示

谭梅<sup>1</sup>、季长军<sup>2\*</sup>、周冰洋<sup>3</sup>、康少伟<sup>4</sup>

1. 重庆自然博物馆, 重庆, 400700

2. 中国地质科学院, 北京, 100081

3. 湖北省地质科学研究所, 武汉, 430000

4. 陕西省煤田地质集团有限公司, 西安, 710021

青藏高原羌塘盆地因发现有巨大的油气资源潜力而备受关注, 是极有希望取得油气勘探突破的地区, 但同时也是勘探程度最低的陆域含油气盆地。三叠系与侏罗系地层为羌塘盆地中油气资源调查的重点地层, 但是在南羌塘坳陷中这二者之间存在广泛的沉积间断, 针对这一时期地层的研究对于南羌塘盆地在该时期的沉积环境以及构造演化具有重要意义。笔者等以南羌塘坳陷内连续沉积的上三叠统-下侏罗统索布查组碳酸盐岩的地球化学元素为对象进行了相关分析。

在利用碳酸盐岩地球化学元素碳酸盐岩的地球化学元素进行环境判别时需要剔除掉陆源组分的影响。因此采用公式  $X_{\text{自生}} = X_{\text{样品}} - AI_{\text{样品}} \times (X/AI)_{\text{标准样品}}$ , 其中  $X_{\text{自生}}$  表示扣除陆源元素影响之后的目标元素含量,  $X_{\text{样品}}$  表示所测样品中的目标元素含量,  $AI_{\text{样品}}$  表示测试样品中的 AI 元素含量,  $(X/AI)_{\text{标准样品}}$  表示所选的标准样品中的目标元素与 AI 元素的比值。笔者等采用的标准样品为平均页岩 (AS)。在剔除陆源组分影响之后利用微量元素对碳酸盐岩进行沉积环境分析显示索布查组碳酸盐岩沉积时处于氧化环境, 且地层由下往上水体逐渐变深, 盐度逐渐增加, 且研究区在当时处于炎热干燥的气候环境下。

根据索布查组碳酸盐岩样品中与陆源碎屑相关的稳定元素特征结合区域地质调查推断陆源碎屑岩为研究区北部中央隆起带附近的上三叠统土门格拉组地层。土门格拉组地层由于数次海退作用暴露出地表并开始剥蚀, 该海退作用可能与南羌塘地块向北羌塘地块的俯冲导致北羌塘地块相对隆升有关。索布查组碳酸盐岩与上覆曲色组泥页岩整合接触, 以及样品中的陆源元素含量由地层底部往上逐渐降低的特征, 均反映在这一时期海平面是逐渐升高的。说明至少在索布查组碳酸盐岩沉积期, 海水就已持续性地向北推进, 这就表明班公湖-怒江洋盆扩张不应晚于索布查碳酸盐岩沉积期。南北羌塘地块的汇聚碰撞与班公湖-怒江洋盆的扩张是羌塘盆地十分重要的地质事件, 索布查组碳酸盐岩正处于这两次事件转变的节点, 索布查碳酸盐岩的出现应为南羌塘地块向北羌塘地块俯冲的结束和班公湖-怒江洋盆开始扩张的标志, 海水由南向北推进, 南羌塘地区开始进入被动大陆边缘沉积的演化阶段。

### 参考文献

**关键词** 南羌塘坳陷; 晚三叠世-早侏罗世; 碳酸盐岩; 元素分析



摘要 ID:116

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型：展板

## 柴达木盆地西部英雄岭构造带下干柴沟组上段碳酸盐岩沉积环境与沉积演化

易定红\*

中国石油勘探开发研究院西北分院

为了整体评价柴达木盆地西部英雄岭构造带古近系渐新统下干柴沟组上段（E32）湖相碳酸盐岩的油气勘探前景以及预测英雄岭构造带的中段（英中地区）和东段（英东地区）有利勘探区带和勘探目标，本文在岩心观察、钻/测井资料和三维地震资料综合分析的基础上，结合岩石薄片、氯离子含量、粘土矿物分析、全岩矿物分析和地球化学敏感参数分析结果，对该地区 E32 湖相碳酸盐岩沉积环境和沉积演化进行了详细研究，认为英中北部地区 XI 号断层下盘具备发育白云岩、灰云岩储层和膏盐岩盖层条件以及下生上储式、自生自储式生储盖组合条件。结果表明：①英雄岭地区 E32 沉积时期整体上半干旱—干旱炎热古气候背景，从早期到晚期气候干旱化程度加剧，水体从半咸水、咸水过渡到盐水，盐度不断增大。平面上，从英西到英东，温暖潮湿程度增加、干旱化程度减弱，湖盆水体盐度降低，膏盐岩发育程度变差，其中，英西和英中北部地区的膏盐岩厚度大，英中南部地区的膏盐岩厚度小，英东地区则不发育膏盐岩。②英雄岭地区 E32 碳酸盐岩矿物组分复杂、岩性多样，分区性明显，纵向上早期碳酸盐岩的发育程度好于晚期，平面上碳酸盐岩主要分布在英西和英中北部地区，英中南部其次，英东地区较差。其中，英西和英中北部地区的碳酸盐岩主要为化学沉积成因的白云岩和灰云岩，英中南部地区除了发育化学成因的灰岩和灰云岩外，在斜坡高部位还发育生物和生物化学作用成因的藻灰云岩；英东地区主要发育泥灰岩和灰岩。③综合分析认为英中北部 XI 号断层下盘在 E32 时期处于半深湖—深湖亚相沉积环境，优质高效膏盐岩盖层和白云岩、灰云岩储层发育，具备优越的生储盖组合条件，是油气勘探的有利区带，勘探潜力大。

参考文献

关键词



摘要 ID:831

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地奥陶纪层序-岩相古地理演化及层序-沉积充填模式

田景春\*、张翔、孟万斌、韩建辉  
成都理工大学

在前人研究成果基础上,充分利用最新的露头、钻井、地震等资料,在层序界面识别的基础上,开展了露头剖面、钻井剖面、地震剖面层序划分,共划分为11各三级层序;进而开展了层序对比,构建了塔里木盆地奥陶系层序地层格架。在上述基础上阐明了层序格架内沉积相类型、特征。系统编绘了奥陶系各三级层序岩相古地理图,重塑了不同层序发育期古地理格局和面貌,揭示了不同层序发育期沉积演化特征。塔里木盆地奥陶系沉积充填从早到晚经历了由碳酸盐岩沉积®陆源碎屑岩沉积的演化过程,盆地的沉积充填可分为三个阶段,归纳为三种模式。(1)单一台地——缓坡、陡坡边缘共存——盆地沉积模式,该模式发育于蓬莱坝组~一间房组沉积期,对应于SQ1-SQ6层序发育期。(2)多台地——多台缘——多盆地沉积模式,该模式发育于良里塔格组~恰尔巴克组沉积期,对应于SQ7-SQ8层序发育期。(3)陆源碎屑海洋环境沉积模式,该模式发育于桑塔木组沉积期,对应于SQ9-SQ11层序发育期。

**参考文献** [1] 刘家铎,漆立新,田景春等.塔里木盆地构造演化与沉积格架[M].2014,北京:科学出版社.[2] 罗少辉,李九梅,张旭光,等.塔里木盆地玉北地区奥陶系沉积相与沉积演化模式[J].海相油气地质,2017,22(03):23-29.[3] 周明,罗平,董琳,等.塔里木盆地柯坪地区奥陶系鹰山组台内滩沉积特征[J].沉积学报,2016,34(05):951-962.[4] 马宇驰.塔里木盆地玉北地区奥陶系层序地层及沉积相研究[D].中国石油大学(北京),2016.[5] Pomar L, Guillocheau F, Calves A G. Types of carbonate platforms: a genetic approach[J]. 2001,13(3):313-334.[6] Lin C, Yang H, Liu J, et al. Sequence architecture and depositional evolution of the Ordovician carbonate platform margins in the Tarim Basin and its response to tectonism and sea-level change[J]. Basin Research, 2012(24):559-582.

**关键词** 塔里木盆地;奥陶系;层序-岩相古地理;层序-沉积充填模式



摘要 ID:2078

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 西沙群岛晚中新世白云石的计量学特征及其控制因素

王瑞\*、余克服  
广西大学

计量学 (mole %  $\text{CaCO}_3$ ; 以下简称%Ca) 是白云石 ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ ) 矿物的一种重要属性, 可以反映白云石化流体的信息, 但控制白云石计量学的因素仍不清楚。考虑到白云石计量学 (%Ca) 通常随地质年龄的增加而降低, 成岩时间晚、未经历深埋藏的新生代岛礁白云石是检验计量学控制因素的理想材料。本文对南海西沙群岛琛科2井 (928.75m) 晚中新世黄流组白云岩 (210.5m 厚) 开展了研究, 以评估白云石计量学的发育特征和控制因素。与加勒比海开曼群岛白云岩类似, 黄流组白云岩由低钙白云石 (LCD, <55%Ca) 和高钙白云石 (HCD, >55%Ca) 组成。背散射图像显示, 单个白云石晶体由 LCD、HCD 或 HCD 核心+LCD 外缘或 HCD 和 LCD 的交替外缘 (1-10  $\mu\text{m}$  厚) 所组成。XRD 分析表明, 单个白云石晶体中 HCD 和 LCD 之间存在 4.5-5% 的 %Ca 差异, 可能反映了  $\text{Mg}^{2+}$  嵌入到白云石晶格中受到晶体结构的控制。团簇同位素 ( $\Delta 47$ ) 和氧同位素 ( $\delta 18\text{O}$ ) 显示 LCD 和 HCD 是由正常或轻微改造的海水形成的, 但 LCD 似乎是在稍高温度和/或盐度的条件下形成的。电子探针分析表明, 随着白云石中 Mg 含量的增加, Mn/Fe 的相对含量也随之增加, 这表明 HCD 可能形成于更氧化的环境中。高温 (220 $^{\circ}\text{C}$ ) 实验模拟显示, 高 Mg/Ca 的白云石化流体中会促进  $\text{Mg}^{2+}$  进入白云石晶格, 形成具有高 Mg 含量的白云石。综合来看, HCD 和 LCD 的发育主要受白云石化流体性质的控制, 但也受白云石晶体结构的影响。

### 参考文献

**关键词** 计量学; 白云岩; 白云石晶体; 西沙群岛; 新生代



摘要 ID: 3199

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地西南部寒武系充填层序及沉积样式演化

罗少辉\*

中国石化西北油田分公司勘探开发研究院

针对塔里木盆地西南部寒武系一直存在的古隆起/陆棚相分歧, 本文利用锆石 U-Pb 年龄、井-震联合开了展寒武系层序充填与沉积演化的研究。研究表明: 在塔西南巴楚隆起, 寒武系直接覆盖在基底之上, 寒武系沉积充填与前寒武地层结构呈“镜像”关系。受前寒武底形及构造运动和海平面控制, 塔西南寒武系发育 4 个 II 级层序, 分别为  $\text{ESSQ1}$  ( $\text{E1y}-\text{E1x}$ )、 $\text{ESSQ2}$  ( $\text{E1w}-\text{E2s}$ )、 $\text{ESSQ3}$  ( $\text{E2a}$ )、 $\text{ESSQ4}$  ( $\text{E3xq}$ ), 共包含 7 个沉积相、10 个沉积亚相。塔西南  $\text{ESSQ1}-\text{ESSQ3}$  早-中寒武世巴楚隆起-麦盖提斜坡-塔西南坳陷沉积相为台地-缓坡-斜坡-陆棚相沉积, 表现出向海凝缩减薄的沉积特征并发育烃源岩;  $\text{ESSQ4}$  晚寒武世塔里木盆地西南部主体演化为局限台地, 塔里木盆地西台东盆沉积格局正式形成。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地西南部; 前寒武系; 寒武系; 层序充填; 沉积演化



摘要 ID: 3390

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 贵州册亨中三叠统坡段组巨鲕特征及其环境指示意义

赵俊杰<sup>1</sup>、黄云飞<sup>1\*</sup>、田力<sup>2</sup>、黄子航<sup>1</sup>、王延达<sup>1</sup>、吉霞<sup>1</sup>、张世岩<sup>2</sup>、童金南<sup>2,3</sup>

1. 长江大学

2. 中国地质大学(武汉)

3. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室

二叠纪末期生物大灭绝之后的早三叠世, 巨鲕作为一种异常沉积物, 在全球范围内广泛发育, 代表了不利于后生动物生存的海洋碳酸盐超饱和状态, 在中三叠世早期环境稳定后, 异常沉积物变得十分罕见. 然而, 贵州坡短剖面中三叠世巨鲕的发现, 为了揭示该时期古海洋环境条件提供了重要线索. 本研究对册亨坡短剖面坡段组底部碳酸盐岩进行了沉积微相和沉积组构分析, 从鲕粒特征、鲕粒含量、生屑含量、沉积微相等角度综合分析鲕粒富集层位的沉积环境. 册亨坡短地区坡段组共发现了4种不同的鲕粒, 包括普通致密鲕粒、巨型致密鲕粒、表皮鲕粒和泥晶鲕粒, 可认为有两个鲕粒富集时期. 根据岩石结构和碳酸盐颗粒特征等识别出4种微相类型, 包括鲕粒泥粒灰岩、泥晶灰岩、生物碎屑颗粒灰岩和双壳类砾状灰岩. 沉积微相分析表明册亨坡短地区在中三叠世早期, 沉积环境为台地边缘斜坡-台缘鲕粒滩-台缘生物碎屑滩沉积交互, 处于碳酸盐镶边台地边缘. 这一地区坡段组所发育的巨鲕可能指示海水碳酸盐饱和度仍然十分高, 表明在坡短地区中三叠世初仍处于异常海洋环境中, 暗示着中三叠世全球海洋环境存在明显的区域性差异, 是中三叠世生物复苏辐射模式复杂的重要原因.

### 参考文献

**关键词** 沉积微相; 鲕粒; 古海洋; 碳酸盐超饱和; 生物复苏



摘要 ID:2471

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 中二叠世(卡匹敦期)生物灭绝事件后华南生物礁生态系统的复苏及重建过程

王夏\*<sup>1</sup>、孟琦<sup>2,3</sup>、陈发焱<sup>2,3</sup>、颜佳新<sup>2,3</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

2. 中国地质大学(武汉)地球科学学院, 湖北武汉, 430074

3. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北武汉, 430074

在中二叠世(卡匹敦期)生物灭绝事件之后, 出现了全球性的礁缺失, 这一事件在古生代向中生代礁生态系统的过渡中非常重要(Weidlich, 2002)。晚二叠世长期期则是全球生物礁快速辐射和繁盛的时期, 因而此前的吴家坪期是礁生态系统在灭绝事件之后至关重要的复苏期, 然而其复苏过程和模式还不甚清楚。为此, 我们对广西来宾铁桥剖面上二叠统合山组进行了详细的沉积学描述, 该剖面出露华南地区唯一有良好生物地层学限定的吴家坪期生物礁。本研究确定了六个海进-海退旋回, 这些旋回代表了晚二叠世吴家坪期从浅海台盆沉积环境到潮下台地沉积环境的变化; 并识别出六个生物礁造礁旋回。这些生物礁均发育在海进-海退旋回中水体向上变浅的部分, 即在透光层内, 浪基面之上。半定量研究结果表明, 生物礁的复苏开始于第一个旋回的向上变浅部分, 发生于吴家坪期早期的 *Clarkina leveni* 牙形石带内, 比前人的认识(如 Huang et al., 2019 等)早了两个牙形石带。此外, 尽管后生动物(如海绵)在礁体的发育过程中重要性逐渐增强, 但直至吴家坪期后期(第5个和第6个海进-海退旋回)它们才成为生物礁的主要组成部分。这表明在中二叠世灭绝事件之后, 后生动物占主导地位的生物礁生态系统的恢复有所延迟。此外, 包壳生物如古石孔藻 *Archaeolithoporella* 和管壳石 *Tubiphytes* 以及丰富的微生物沉积物在形成稳定的生物礁格架进而形成正向凸起地貌的过程中起到了关键的作用。此外, 通过基于薄片的骨屑颗粒和全岩组分定量统计分析, 我们共识别出了11个生物相(组合)和8个微相(全岩组分组合), 并讨论了主要组分的生态学归属和功能意义: 海绵、管壳石和古石孔藻是铁桥吴家坪期生物礁中最重要的生态组分, 其中海绵在六个造礁旋回中广泛发育; 管壳石的分布广泛, 在造礁旋回中对生物礁群落的初始建立起到关键作用; 而古石孔藻的分布则局限于生物礁核相带的较浅部分, 可能表明其对光照可能有依赖性, 而它在功能上对生物礁体积的增大起到重要作用。根据沉积序列和生态功能分析, 中二叠世(卡匹敦期)灭绝事件后生物礁的复苏过程在很大程度上是由生物群落的变化结合生态可容空间和环境的适宜性以及稳定性来控制的。

**参考文献** Huang Y, Chen Z, Zhao L, et al., 2019. Restoration of reef ecosystems following the Guadalupian-Lopingian boundary mass extinction: Evidence from the Laibin area, South China [J]. *Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology.*, 519: 8-22. Weidlich O, 2002. Permian reefs re-examined: extrinsic control mechanisms of gradual and abrupt changes during 40 my of reef evolution [J]. *Geobios*, 35: 287-294.

**关键词** 生物礁; 造礁生物; 中二叠世灭绝事件; 复苏; 吴家坪期





摘要 ID: 2955

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 川中地区蓬溪-武胜台洼周缘长兴组生物礁滩储层特征及油气成藏机制

冉钰\*、陈晓、孙豪飞、徐亮、明盈、徐唱、王嘉先  
西南油气田勘探开发研究院

随着礁滩领域的不断深化研究,生物礁储层逐渐受到越来越多的关注。近年来,龙岗和磨溪地区长兴组台内生屑滩储层的发现证实了生物礁储层具有较大的勘探潜力。然而,实际勘探中发现蓬溪-武胜台洼周缘长兴组礁滩储层的分布规律、控制因素及成藏机制尚未明确,制约了长期的勘探部署。因此,本文结合最新地质和地震资料,进一步刻画出蓬溪-武胜台洼的新边界,确定晚二叠世蓬溪-武胜台洼对长兴组生物礁储层发育及成藏特征的影响,最终明确川中地区生物礁储层特征及油气成藏机制。研究成果以期为川中地区生物礁滩气藏下一步勘探提供依据。

川中地区晚二叠世构造活动强烈,受基底断裂活动影响,蓬溪-武胜一带形成长条状构造沉积带,最终形成碳酸盐岩台地内凹陷,即蓬溪-武胜台洼。拉张形成的台洼控制了生物礁滩的分布,长兴组礁滩多发育在台洼周缘。台洼东侧长兴组发育生屑滩、生物礁储层,岩性以残余生屑白云岩、细-粉晶云岩为主,多见藻、珊瑚等生物碎屑;台洼西侧则发育生屑滩储层,岩性主要为泥-粉晶生屑灰岩、生屑云质灰岩和生屑灰质白云岩,生物多以碎片形成出现,可见柯兰尼虫,指示台内高能环境及较低的生物自身营造抗浪建造。长兴组礁滩储层总体为低孔低渗储层,孔隙度和渗透率均值分别为4.01%和0.37md,储集空间主要为粒间溶孔和晶间溶孔。研究区礁滩储层的物性主要受控于沉积相带、成岩后生变化中的白云石化和溶蚀作用及构造裂缝等因素。台洼东侧生物礁滩储层物性主要受白云石化程度和溶蚀作用控制,而台洼西侧生屑滩储层白云石化程度低,储层物性主要受裂缝形成和溶蚀作用控制。长兴组礁滩气藏主要以岩性气藏为主,具有多源供烃的特征,天然气主要来自于下寒武统和上二叠统烃源岩。台洼内部及周缘烃源岩生气强度高,其中东侧生气强度为 $15\sim 30\times 10^8\text{m}^3/\text{km}^2$ ,西侧生气强度为 $25\sim 50\times 10^8\text{m}^3/\text{km}^2$ ,具备形成大中型气田的气源基础。同时,加里东期和海西期已发育的深层断裂在中新生代持续活动形成了垂向输导体系有效沟通了深部烃源岩与长兴组储层,有利于天然气垂向运移至礁滩体储层中。此外,长兴组中上部发育的断裂-裂缝体系多沿台洼边界呈带状分布,与台洼周缘长兴组礁滩体储层耦合度较高,利于天然气从台洼内部侧向运移至周缘礁滩体储层中。综合分析认为长兴组生物礁滩气藏形成的关键在于优势气源区-输导系统-优质储层三要素相互耦合,因此下一步勘探部署的重点在于寻找三要素匹配的“甜点区”。

### 参考文献

**关键词** 蓬溪-武胜台洼;生物礁滩储层;油气成藏机制



摘要 ID:2965

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地二叠纪茅口期古地理分异格局及规模勘探区带

陈聪\*、张玺华

中石油西南油气田分公司勘探开发研究院

构造-沉积分异作用是影响古地理格局的关键,也是形成有利成藏组合的有利因素。四川盆地是克拉通构造-沉积分异的典型地区之一,其晚二叠世-早三叠世“开江-梁平”海槽和震旦纪-早寒武世“德阳-武胜”拉张槽发育了两个万亿方大型油气聚集带。近年来,二叠系茅口组发现了JT1井、NC1、MX145等多口高产井,但由于储集滩带厚度较薄,地震识别难度较大,导致对古地理分异格局及相关储集滩带发育规律的认识较为薄弱。本次研究在系统重新厘定地层划分对比的基础上,通过精细分析野外露头 and 钻井岩心的岩相发育特征,结合井-震约束的单因素图件,重建了茅口组各段岩相古地理格局,精细刻画了茅口组二段上亚段、下亚段的有利勘探相带分布。结果表明:(1)茅口组下部的指状高伽马段为水体较深的海侵沉积,被定为新的茅口组一段,以其厚度重建的古地貌高部位很大程度上约束了上覆滩相储层的分布;(2)新的钻井分层和地震剖面特征很好地揭示了茅口组沉积期具有中等构造-沉积分异作用,“开江-梁平”海槽在茅口组二段沉积期已经开始发育,其南翼JT1井-NC1-MX145一带发育规模性的台地边缘;(3)茅口组台缘带发育由砂砾屑和生屑组成的高能浅滩,浅滩相带受古地理分异格局的控制,呈薄层状发育于邻近深水槽的台地浅水台坪,有别于发育于台-槽交接斜坡带的龙岗地区长兴组礁滩模式;(4)浅滩相早期云化作用显著,古地貌高部位为强云化区,向低地貌区云化程度减弱,在MX145-X39-HS4-TS4一带的强云化区储层厚度大于10m,孔隙度>3.5%,跨度达50km。总之,二叠纪茅口期古地理分异格局指示茅口组具备发育大型油气聚集带的规模滩相储层基础。

**参考文献** [1] 张玺华,陈聪,黄婕,等.四川盆地中二叠世广元—巴中拉张槽的发现及其油气地质意义[J].中国石油勘探,2019,24(4):466-475. Zhang Xihua, Chen Cong, Huang Jie, et al. The discovery of Middle Permian Guangyuan-Bazhong extensional trough in the Sichuan Basin and its petroleum geological significance[J]. China Petroleum Exploration, 2019, 24(4):466-475. [2] 杨雨,谢继容,赵路子,等.四川盆地茅口组滩相孔隙型白云岩储层天然气勘探的突破及启示——以川中北部地区JT1井天然气立体勘探为例[J].天然气工业,2021,42(2):1-9. YANG Yu, XIE Jirong, ZHAO Luzi, et al. Breakthrough of natural gas exploration in the beach facies porous dolomite reservoir of Middle Permian Maokou Formation in the Sichuan Basin and its enlightenment: A case study of the tridimensional exploration of Well JT1 in the central-northern Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2021, 42(2):1-9. [3] 杨跃明,杨雨,文龙,等.四川盆地中二叠统天然气勘探新进展与前景展望[J].天然气工业,2020,40(7):10-22. YANG Yueming, YANG Yu, WEN Long, et al. New exploration progress and prospect of Middle Permian natural gas in the Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2021, 42(2):1-9. [4] 张玺华,陈聪,张亚,文龙,罗冰,陈双玲,王丽英,李亚,杨雨然.川西北地区茅口组海槽相地质特征及其油气地质意义[J].天然气勘探与开发,2018, v. 41; No. 163(03):42-50.

**关键词** 四川盆地; 茅口期; 沉积分异; 滩相储层; 规模区带



摘要 ID: 3046

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 巴西 Campos 盆地 Peregrino 油田 Macaé 组碳酸盐岩油藏潜力层分析

范兴燕\*、温志新、王兆明、贺正军、Ruiyin Chen 陈瑞银、刘小兵  
中国石油勘探开发研究院

Peregrino 油田位于巴西 Campos 盆地海域西南端, 距离海岸线 85km, 水深 100-120m。周边区块在 Albian-Cenomanian 的 Macaé 组陆架碳酸盐岩地层普遍获得油气发现, Peregrino 油田西南部的 BM-C-37 区块见到约 28m 的产层, 2009 年 8 月-2010 年, 巴西最大的私人石油公司 OGX 在 BM-C-41、42 和 43 等 3 个区块钻探井 10 口, 其中 8 口在 Macaé 组获得发现。早期根据 Peregrino 油田几口油井的显示, Macaé 组被认为是一个巨大的资源潜力发现。该地区的石油发现可以主要分为三种圈闭模式: 1) 针对与倾斜断块走向相关的断层 (Albian 油气藏) 的三向倾角圈闭; 2) 铲状断层伴生翻转的四向倾斜圈闭 (Cenomanian); 3) 与进积碳酸盐砂坝上倾尖灭有关的地层圈闭 (Cenomanian)。基于对 Peregrino 油田 Macaé 组实际地质情况的研究, 认为将其做为一个整装储层进行资源量的核算是 inaccurate 的。Macaé 组地层在 Peregrino 油田北部和南部的其他地区已经有多个发现, 基于油田北部、南部已经发现的油气计算资源量丰度, 通过采用类比法可以预测资源量结果。经过预测, Peregrino 油田 Macaé 组 2P 可采资源量 P10 为 855.87 MM bbl, P50 为 244.45 MM bbl, Pmean 为 364.49 MM bbl, P90 为 43.54 MM bbl。

参考文献 无

关键词 类比法 储量丰度 2P 可采资源量



摘要 ID:336

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地奥陶纪碳酸盐岩缓坡生物沉积系统和气候环境协同演化

沈越峰\*

合肥工业大学资源与环境工程学院  
自然资源部地层与古生物重点实验室

奥陶纪碳酸盐沉积系统记录了重要的海平面波动、快速生物多样化和海洋碳氧同位素记录异常,代表了奥陶纪末(赫尔南特期)冰期的前奏。本研究探讨了塔里木盆地中-晚奥陶世碳酸盐岩缓坡生物沉积系统演化和相应的气候环境变化。通过对岩相、群落结构组成、原生碳酸盐矿物学和成岩序列的分析,确定了四个一致的沉积-成岩单元。首次运用特定组构的碳和氧同位素值分析确定了三个随平均  $\delta^{13}\text{C}$  碳酸盐值不断增加的地球化学单元,而  $\delta^{18}\text{O}$  值则伴随渐进的埋藏趋势不断减小。塔里木盆地西部沉积历史,结合碳和氧同位素值记录,揭示了从数千万年到数十万年的系统扰动。 $\delta^{13}\text{C}$  值增加的长期趋势在凯迪阶最底部达到顶峰(3.2‰),随后稳步下降。尽管尚未完全解决(有机碳埋藏、巴哈马滩型碳酸盐工厂、光合作用和文石含量),但这一临界点与古腾堡碳同位素漂移(GICE)一致。有一个中期(达瑞威尔阶到桑比阶最底部)负  $\delta^{13}\text{C}$  漂移(Saergan nCIE)。其开始与  $\delta^{18}\text{O}$  的正偏移( $\Delta^{18}\text{O}$ )相一致 $\approx +2.0\text{‰}$ ,快速冷却,然后长期变暖)和达瑞威尔阶碳酸盐岩缓坡系统的消亡(Suecicus事件,新术语;火山作用/ $\text{SO}_2$ 脱气,黑色页岩形成,酸化)。Suecicus事件与中奥陶世 Cathay-Tasman 省转变为活动大陆弧的过程相吻合。其岩石地球化学特征掩盖了预期的和其他地方记录的中达瑞威尔阶碳同位素漂移(MDICE)。

**参考文献** Wolf K H. Gradational sedimentary products of calcareous algae[J]. *Sedimentology*, 1965, 5(1): 1-37. Dupraz C, Reid R P, Braissant O, et al. Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats[J]. *Earth-Science Reviews*, 2009, 96(3): 141-162. Webb G E, Kamber B S. Trace element geochemistry as a tool for interpreting microbialites[M]//Golding S D, Glikson M. *Earliest life on earth: Habitats, environments and methods of detection*. Dordrecht: Springer, 2011: 127-170. Shen Y F, Neuweiler F. Questioning the microbial origin of automicrite in Ordovician calathid-demosponge carbonate mounds[J]. *Sedimentology*, 2018, 65(1): 303-333.

**关键词** 原地微晶碳酸钙; 生物矿化作用; 有机矿化作用; 微生物岩; 灰泥丘



摘要 ID:464

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 塔西南山前早石炭-晚石炭世早期沉积特征及沉积相分布

杨光、王振宇\*  
西南石油大学

前人研究表明,塔西南山前地区石炭系为海相沉积,各类砂屑滩、鲕粒滩发育;同时受叠瓦式冲断层及后期喜山运动影响形成一系列北陡南缓的背斜及大量完整的冲断带,构造形态保留相对完整,具备形成构造或岩性油气藏的地质条件(牟中海,2001;何登发,2013;田军,2019)。但受钻井较少影响,该区石炭系前人研究集中于构造演化、烃源岩上(李萌,2015;韩文学,2016;杨鑫,2020;王平,2020;朱光友,2020;田雷,2020),沉积研究相对薄弱,未系统开展沉积相综合识别及对比分析、不同地层分区下沉积微相类型及差异性、沉积相平面分布及演化模式等工作,制约了该区石炭系的油气勘探进程。

通过对塔西南山前地区12条野外剖面的观察分析、薄片鉴定以及邻区钻井资料的统筹分析,对塔西南山前地区早石炭世-晚石炭世早期的地层进行了沉积学与沉积相的研究。取得了以下主要认识:

1、塔西南山前地区早石炭世-晚石炭世早期发育局限-蒸发台地相、混积台地相、台地边缘相、斜坡相、陆棚相5种沉积相类型。蒸发-局限台地相分为泻湖、潮坪、台内滩3个亚相。泻湖亚相分为灰质泻湖、云质泻湖、灰云质泻湖、泥灰质泻湖、泥云质泻湖等5个微相;潮坪亚相分为云坪、砂坪、泥坪、砂泥坪、泥云坪6个微相;台内滩亚相分为砂屑滩与鲕粒滩2个微相。混积台地相分为泻湖、潮坪、障壁滩3个亚相。泻湖亚相分为泥质泻湖与泥砂质泻湖2个微相;潮坪亚相分为灰云坪与砂泥坪2个微相;障壁滩亚相分为砂坝、生屑滩、砂屑滩3个微相。台地边缘相粒屑滩、滩间海、礁丘3个亚相。粒屑滩亚相分为生屑滩、砂屑滩和鲕粒滩3个微相;滩间海亚相划分为泥晶灰岩微相;礁丘分为礁核与礁翼2个微相。陆棚相划分为内陆棚和外陆棚2个亚相。

2、基于对塔西南山前地区早石炭世-晚石炭世早期的沉积环境及沉积相类型的分析,共识别出2大沉积体系。塔西南山前地区早石炭世早期发育陆棚-斜坡-台地边缘-蒸发-局限台地的沉积体系。早石炭世晚期-晚石炭世早期发育斜坡-台地边缘-混积台地沉积体系。

3、早石炭世早期克里塔克组沉积期,塔西南山前地区自西向东发育陆棚-斜坡-台地边缘-蒸发-局限台地相的沉积格局。受海平面变化影响,早石炭世晚期和什拉甫组沉积期,塔西南山前地区自西向东发育陆棚-斜坡-台地边缘-混积台地相的沉积格局。晚石炭世早期卡拉乌衣组沉积期,塔西南山前地区自西向东发育台地边缘-混积台地相沉积格局。

**参考文献** 韩文学,陶士振,胡国艺,等.塔西南坳陷山前带天然气地球化学特征和成因[J].中国矿业大学学报,2017,46(01):121-130.何登发,李德生,何金有,等.塔里木盆地库车坳陷和西南坳陷油气地质特征类比及勘探启示[J].石油学报,2013,34(02):201-218.李萌,汤良杰,杨勇,等.塔里木盆地主要山前带差异构造变形及对油气成藏的控制[J].地质与勘探,2015,51(04):776-788.牟中海,肖又军,王国林,等.从岩相古地理论塔里木盆地西南地区石炭系油气潜景[J].地球学报,2001(01):79-84.田军.塔里木盆地油气勘探成果与勘探方向[J].新疆石油地质,2019,40(01):1-11.田雷,张虎权,刘军,等.塔里木盆地西南部南华纪-震旦纪裂谷分布及原型盆地演化[J].石油勘探与开发,2020,47(06):1122-1133.王平,刘栋梁,李海兵,等.塔里木盆地南缘始新世物源变化及其对中帕米尔隆升过程的约束[J/OL].中国地质:1-26 杨鑫,徐旭辉,邓尚,等.塔里木西南大陆边缘原特提斯洋构造演化[J].地球科学,2020,45(11):4153-4175.朱光有,闫慧慧,陈玮岩,等.塔里木盆地东部南华系-寒武系黑色岩系地球化学特征及形成与分布[J].岩石学报,2020,36(11):3442-3462.

**关键词** 塔西南山前;碳酸盐岩台地;斜坡相;早石炭世-晚石炭世早期;沉积相分布



摘要 ID:630

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组斑状白云岩成因

苏中堂\*  
成都理工大学

鄂尔多斯盆地中东部马五5亚段发现大量不均一斑化白云岩,多口钻井油气显示良好,成为油气勘探关注的热点,但成因机理尚未明确。依据岩石学特征,辅以地球化学分析研究了斑化白云岩成因,结果表明:斑化白云岩可分为不均匀斑化白云岩、明显斑化含灰云岩和略微斑化灰质云岩三类,白云岩斑块与基质的阴极发光相同;斑化白云岩总体具有较高的Fe、Mn、Na和较低的Sr含量,斑块与基质的Fe、Mn和Sr的含量无明显差别;斑化白云岩 $\delta^{13}\text{C}$ 值与同期海水相同, $\delta^{18}\text{O}$ 值均偏负,三类白云岩无明显差别; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值高于同期海水。岩石学和地球化学特征表明生物扰动使岩石不均一,扰动程度影响斑化率,斑化白云岩系生物扰动灰岩经高盐度海水渗透回流白云石化作用而成;白云岩再埋藏后经历了重结晶作用改造。

参考文献

关键词



摘要 ID:1369

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 埃迪卡拉纪古海洋硅酸盐风化作用 可能促进了自生碳酸盐碳汇

王舟<sup>1,2,3</sup>、王家生<sup>1,2,3</sup>、陈黎<sup>1</sup>、马晓晨<sup>1</sup>、岑越<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)海洋学院
2. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室
3. 中国地质大学(武汉)海洋地质资源湖北省重点实验室

海洋自生碳酸盐是海洋碳循环的重要碳汇组分, 自生碳酸盐矿物在沉积物中的过饱和沉淀和有效保存与早期成岩阶段孔隙流体微环境的变化息息相关。其中, 早期成岩带深部产甲烷作用会降低孔隙环境碱度引发自生碳酸盐的溶解而不利于其埋藏, 但海洋沉积物硅酸盐风化作用(Marine Silicate Weathering)会显著补充环境碱度而促进自生碳酸盐矿物的形成和保存, 现代海洋沉积物孔隙水地球化学组成特征可以较直接地指示以上作用过程(Torres et al., 2020; Luo et al., 2020)。

地质历史时期古海洋碳循环扰动是地球宜居性演化中的重要事件, 海相地层可见自生碳酸盐矿物的地质记录, 其形成和保存是否与古海洋硅酸盐风化作用相关? 在古孔隙水记录已经荡然无存的条件下是否可以得到指示性的地球化学证据?

围绕以上问题, 我们对埃迪卡拉纪早中期(6.35亿年至5.8亿年前)鄂西陡山沱组海相地层中具有轻碳同位素特征( $\delta^{13}\text{C}$ 低至-50‰)的自生碳酸盐记录开展了研究。结果表明, 自生碳酸盐矿物(主要为方解石)记录了早期成岩阶段有机质和甲烷厌氧氧化作用碳同位素信号, 值得注意的是, 自生碳酸盐铍同位素组成与同层位围岩铍同位素值(代表同时期海水铍同位素水平)具有明显的差异, 结合围岩岩石学和矿物特征, 该差异性可以区别指示6.35亿年前火山源硅酸盐富集沉积物和5.8亿年前陆源硅酸盐富集沉积物中具有不同铍同位素信号的海洋硅酸盐风化过程, 该过程对陡山沱组自生碳酸盐记录的形成和保存可能起到了促进作用。

### 参考文献

**关键词** 自生碳酸盐; 团簇同位素; 成岩作用; 碳汇



摘要 ID:1822

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型：口头报告

## 苏里格南部地区奥陶系马家沟组马五5亚段沉积相研究

李政\*、田景春、杨田

成都理工大学沉积地质研究院

苏里格气田位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡带，是我国首个天然气储量超亿万的气田。其下古生界蕴藏着丰富的油气资源，特别是近年来在马家沟组马五5亚段勘测出储量可观的天然气资源。以研究区奥陶系马家沟组马五5亚段为研究对象，结合实测地层剖面、测井、录井、岩心、薄片等相关资料和分析测试数据，对其地层特征、岩石学特征、沉积相特征进行了系统的研究。结果表明：研究区马五5亚段可细分为马五51和马五52两个小层。其中，马五51亚段地层厚度变化相对较大，中部、北部地区厚度大，东南部地层厚度较薄；马五52亚段地层分布较为稳定，北部地层厚度较大，南部较薄。研究区主要发育灰岩类和白云岩类。石灰岩可划分为颗粒石灰岩、泥晶石灰岩、粉晶石灰岩、过渡类石灰岩；白云岩分为泥晶白云岩、泥粉晶白云岩、粉晶白云岩、过渡类白云岩。

该地区属于碳酸盐台地相，发育局限台地和开阔台地两种亚相，和云坪、灰坪、云灰—灰云坪、台内滩等沉积微相类型。研究区马五5亚段为潮坪—局限台地—开阔台地沉积体系，潮坪相带因剥蚀等作用几乎无遗留，为典型的陆表海碳酸盐台地沉积模式，中东部地区的云坪微相是储层发育的有利相带。

### 参考文献

**关键词** 苏里格南部；马家沟组；马五5亚段；碳酸盐岩；沉积相





摘要 ID: 2008

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 碳酸盐岩微亮晶的成因及意义

刘波\*, 石开波, 刘航宇  
北京大学

微亮晶是指 5-15 $\mu\text{m}$  大小的多边形低镁方解石单晶, 以不同形式广泛存在于各个历史时期的碳酸盐岩中。微亮晶在元古界碳酸盐岩中形成具有一定构造特征的集合体(白齿构造 MTS), 在古生界可见成层出现, 在古生界和中生界也可见于泥晶灰岩、粒泥灰岩和泥粒灰岩中的不均匀斑块或孔隙填充。微亮晶在晶体结构、光性特征和地球化学成分上与沉积时期形成的泥晶基质(Micrite Matrix)和埋藏成岩阶段形成的亮晶方解石(Sparry Calcite)存在明显区别。单个微亮晶具有从初始晶核到多边形晶体的沉淀生长特征(Fairchild and Spiro, 1987; Pol-lock et al., 2006), 微亮晶镶嵌而成的集合体具有相似的阴极发光特性, 具有同期海水地球化学特征。现代海洋中主要沉淀文石和高镁方解石, 普遍认为是 Mg 离子的存在阻止了低镁方解石的沉淀。不仅如此, 实验也表明 Mg 离子的存在还阻碍了文石向低镁方解石的成岩重结晶。因此认为地史中大量出现的低镁方解石微亮晶是 Mg 含量低的淡水参与成岩作用的结果(Folk, 1965, 1974)。

Wiggins III (1982) 基于几乎未经压实的 Marble Falls 和 Barnett 组灰岩的研究则认为微亮晶并不一定是成岩重结晶形成的, 而可能是还原性孔隙水与沉积物相互作用的结果, 从而具有沉积相的选择性。Munnecke 等(1997)对比了瑞典未经压实的志留系碳酸盐岩和巴哈马的上新统碳酸盐岩, 认为尽管其时代和背景差别很大, 但其方解石微亮晶都是作为原始胶结物在海洋埋藏成岩的早期阶段形成, 未经明显压实, 也不需要大气淡水的影响。Melim 等(2002)在研究巴哈马上新统时得出了类似的结论, 即方解石微亮晶是早期胶结物而不是成岩重结晶的产物。那些具有白齿构造的微亮晶集合体还被认为局限于 7.5 亿年前的元古界浅朝下带碳酸盐岩中(Shields, 2006), 其成因或是硫酸盐的微生物还原作用与甲烷排气作用相结合的结果(沈冰等, 2016)。

基于不同地史时期、不同产出状态的微亮晶研究表明, 微亮晶都是沉积期或准同生期从海水中经化学沉淀方式沉积而成, 既不是泥晶重结晶形成, 也不是埋藏成岩阶段从封闭孔隙水中沉淀而来。化学沉淀方式主要有两种, 一是以微生物粘结构为晶核, 沉淀于微生物岩的孔隙中, 成为微生物岩的重要组分; 二是以孔壁或孔内悬浮泥晶为生长核, 沉淀于生屑的骨骼孔中, 成为生屑内部组分; 三是以海水中悬浮文石针或泥晶为晶核, 沉淀于沉积物开放性孔洞中, 或沉淀于风暴浪基面之下的深水陆棚和深海形成微亮晶灰岩层。各类微亮晶的存在对碳酸盐岩微孔发育和埋藏成岩改造有重要意义。

**参考文献** Fairchild and Spiro, 1987, Petrological and isotopic implications of some contrasting Late Precambrian carbonates, NE Spitsbergen. *Sedimentology*, 34(6): 973—989  
Folk, R.L., 1965, Some aspects of recrystallization in ancient limestones. In: Pray, L.C., Murray, R.C. (Eds.), *Dolomitization and Limestone Diagenesis*. SEPM Spec. Publ. 13, pp. 14-48  
Folk, R.L., 1974, The natural history of crystalline calcium carbonate: effect of magnesium content and salinity. *J. Sediment. Petrol.* 44, 141-153  
Pol-lock M.D. et al., 2006, Morphology of molar-tooth structures in Precambrian carbonates: Influence of substrate geology and implications for genesis *Journal of Sedimentary Research*, 76(2): 310-323  
Shen B. et al. 2016, Molar tooth carbonates and benthic methane fluxes in Proterozoic oceans. *NATURE COMMUNICATIONS* DOI: 10.1038/ncomms10317  
Shields, G.A., 2006, 'Molar-tooth microspar': a chemical explanation for its disappearance 750 Ma. *Terra Nova* 14, 108-113  
Melim, L.A., et al., 2002, Questioning carbonate diagenetic paradigms: evidence from the Neogene of the Bahamas. *Marine Geology* 185 (2002) 27-53  
Munnecke, A., et al., 1997, Microspar development during early marine-burial diagenesis: a comparison of Pliocene carbonates from the Bahamas with Silurian limestones from Gotland (Sweden). *Sedimentology* 44, 977-990  
Wiggins W.D. III, 1982, Depositional history and microspar development in reducing pore water: marble falls limestone (Pennsylvanian) and



Barnett shale (Mississippian), central Texas. The University of Texas at Austin, Doctoral Dissertation, 1982

**关键词** 碳酸盐岩; 微亮晶; 成因类型; 储层意义



摘要 ID:3162

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 非淡水成因选择性溶蚀及其沉积旋回中差异性分布特征研究——以羌塘盆地布曲组为例

王茂德<sup>1,2</sup>、葛毓柱<sup>1,2</sup>、文华国<sup>\*1,2</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 四川成都, 610059
2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

碳酸盐岩颗粒组选择性溶蚀是指亚稳定的颗粒或颗粒内部被不饱和流体优先溶解, 形成铸模孔和粒内容孔。尽管选择性溶蚀现象在碳酸盐岩地层中广泛发育且见于不同沉积环境中, 前人多认为选择性溶蚀是大气淡水成岩作用的标志, 对于选择性溶蚀其他可能成因缺乏进一步研究。探讨选择性溶蚀多成因机制, 对于全面深入理解碳酸盐岩成岩作用、储层发育和沉积-成岩环境具有重要意义。南羌塘盆地 GK1 井侏罗纪巴通阶布曲组发育良好的选择性溶蚀现象。本研究基于岩石学、碳氧同位素和元素地球化学对选择性溶蚀成因进行综合分析。结果显示, GK1 井布曲组识别出 8 个沉积旋回, 每个旋回下部为灰岩, 上部为白云岩。灰岩段颗粒组成以生物碎屑和鲕粒为主, 白云岩段保存大量鲕粒幻影, 并在幻影内部发育选择性溶蚀孔隙。不同旋回白云岩段中, 选择性溶蚀孔隙发育程度不同。碳氧同位素数据显示, 每个旋回中白云岩段相对于灰岩段碳氧同位素偏正。稀土元素总量整体偏低(平均值  $2.06 \times 10^{-6}$ ), 白云岩段总体上又低于灰岩段。灰岩段和白云岩段稀土元素配分模式不同, 灰岩段表现为相对轻稀土富集, 重稀土亏损, 配分模式趋于水平, 白云岩段表现为相对轻稀土亏损, 重稀土富集, 具海水特征。此外, 氧化还原敏感元素 U、Mo、V 含量很低, 古生产力指标 Cu、Zn、P 在每个旋回中白云岩段高, 灰岩段低。每个沉积旋回中, 沉积颗粒类型及其组合特征指示颗粒滩沉积环境, 并且自下而上沉积水体变浅, 水动力增强。基于每个旋回中岩心和镜下观察未见淡水溶蚀现象, 且白云岩段碳氧同位素偏正, 稀土元素总量和配分模式符合氧化海水特征, 综合认为选择性溶蚀形成于海相而非淡水环境。此外, 沉积(如鲕粒、多类型生物碎屑)和元素特征(如低含量稀土元素和 U、Mo、V)表明海水为氧化环境。本研究提出早期海相成岩过程中有机质降解产生有机酸, 形成不饱和流体使文石质颗粒溶解而产生选择性溶蚀。在每个旋回中, 相对于灰岩段, 白云岩段生产力较高, 且早成岩以氧化环境为主, 有利于有机质迅速降解产生有机酸, 从而产生溶蚀孔隙。而在不同旋回中, 选择性溶蚀发育程度的差异性可能受控于文石含量、古生产力和早成岩孔隙水氧化还原界面的波动。

### 参考文献

**关键词** 南羌塘盆地; 巴通阶; 布曲组; 碳酸盐岩; 选择性溶蚀



摘要 ID: 3262

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 四川盆地高石梯—磨溪地区栖霞组沉积模式研究

刘慧\*、吴冬  
成都理工大学

近年来川中地区二叠系栖霞组油气勘探持续取得突破,成为重点勘探领域。然而,目前对栖霞组沉积格局的认识尚存在较大的争议,为厘清川中高石梯—磨溪地区栖霞组的沉积特征,本次研究结合沉积古地貌,根据岩心、岩屑、常规测井、成像测井和地球化学资料,开展了沉积相和沉积模式研究,认为研究区栖霞期发育开阔台地相,台内滩和台坪亚相,滩、滩间、灰坪微相。滩相以生屑灰岩、微亮晶球粒灰岩、亮晶砂屑灰岩为主,发育砂屑滩和生屑滩;滩间岩性为泥晶生屑灰岩;灰坪相岩性为泥晶灰岩和硅质灰岩。滩相存在局部白云岩化特征,发育白云质灰岩、灰质白云岩、细-中晶白云岩在、中-粗晶白云岩。栖霞一段沉积期相对局限,海水相对较深,滩相与滩间交互发育,滩相主体沉积于古地貌相对较高的古隆起高部位,沉积相受古地貌的影响较大;栖霞二段沉积期相对开阔,古地貌对滩相的影响变弱,滩相连片发育。结合沉积背景,本文建立了开阔台地滩相模式,为高石梯—磨溪地区栖霞组的下一步开发部署提供了地质依据。

**参考文献** 陈宗清,2009.论四川盆地中二叠统栖霞组天然气勘探[J].天然气地球科学,20(03):325-334.沈平,张健,宋家荣,等,2015.四川盆地中二叠统天然气勘探新突破的意义及有利勘探方向[J].天然气工业,35(07):1-9.厚刚福,周进高,谷明峰,等,2017.四川盆地中二叠统栖霞组、茅口组岩相古地理及勘探方向[J].海相油气地质,22(01):25-31.郝毅,谷明峰,韦东晓,等,2020.四川盆地二叠系栖霞组沉积特征及储层分布规律[J].海相油气地质,25(03):193-201.

**关键词** 高石梯—磨溪地区;栖霞组;沉积模式;开阔台地



摘要 ID: 3303

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地东北部茅口组多起岩溶储层特征

莫博文<sup>1,2</sup>、文华国<sup>\*1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)

古岩溶作用是油气储层的重要形成机制之一,古岩溶储层作为其中一种重要的油气储集体,其勘探潜力十分巨大。受到二叠纪东吴运动和峨眉山慢柱活动的影响,四川盆地东北部地区茅口组中晚期之间的表生岩溶作用发育,形成的岩溶储层是其中一类重要的储层,开发勘探效益显著,获多口工业气井,潜力巨大。

基于研究区野外剖面,钻井岩心观察及岩屑镜下薄片鉴定,常规测井结合测井成像资料分析,对川东北茅口组岩溶缝洞体各类储集空间进行识别,建立不同类型储集空间的识别标准,并对储集空间纵向剖面及平面展布特征分布进行研究,总结了茅口岩溶发育模式,并对岩溶有利相带进行了预测。测井成像显示,茅口组内部存在多期暴露特征,特别是茅口末期长时间的暴露风化,茅口组末期全盆地范围内的碳同位素负偏也印证了茅口组末期发生的大规模岩溶作用,可能出现多期岩溶暴露。川东北茅口组部分井成像测井响应特征显示,茅二b顶部和茅二c内部发育两期明显的岩溶暴露面。纵向岩溶储层分布显示,分别距离茅口顶部35m和80m深度范围内,两期岩溶储层之间分布有18-55m的致密层。储集体的识别及数量统计表明研究区茅口组岩溶缝洞体储集岩性主要为灰色、浅灰色亮晶生屑灰岩、泥晶生屑灰岩、泥晶灰岩,储集空间主要为裂缝-孔洞型、孔洞型、裂缝型,分别占比约为40%、35.8%、24.2%,平均孔隙度分别在2.3%-2.7%、4.1%、2.4%。利用井点地层残厚校正区域地震残厚的精细古地貌恢复表明,研究区茅口组由南向北依次为岩溶高地,岩溶斜坡,岩溶盆地,斜坡带古浅丘-古浅洼间是古水流发达区域,溶蚀作用强烈,有利于岩溶储层发育。

本次研究认为:①受到二叠纪末期东吴运动和峨眉山慢柱活动的影响,川东北地区茅口组沉积中期及晚期可能分别存在表生岩溶作用,在两期表生岩作用下形成两套岩溶缝洞储集体。②川东北地区茅口组储层储集空间共有3类,分别是裂缝-孔洞型、孔洞型、裂缝型,其中裂缝-孔洞型和孔洞型为优势储集空间。③川东北茅口组斜坡相带是最有利的岩溶储层发育相带。根据岩心岩屑及古地貌斜坡分布区推测川东北地区典型岩溶储层发育井区集中在檀木场、沙罐坪区域。

参考文献

关键词 四川盆地东北部;茅口组;岩溶储层;古地貌恢复



摘要 ID: 3320

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 吐孜沟三工河组风暴沉积特征研究

黄舒雅\*、祁利祺

中国石油大学(北京)克拉玛依校区

【背景】研究区位于克拉玛依市西北吐孜阿克内沟,属于准噶尔盆地扎伊尔山山缘地带。研究区内侏罗系地层层序连续,中、下侏罗统出露明显。

【现象描述】通过对吐孜阿克内沟剖面露头的仔细观察,中侏罗统三工河组整体发育深灰色泥质粉砂岩。在泥质粉砂岩中发育最大直径0.5cm~3cm砾石,砾石磨圆较好,呈分散分布,间隔0.5m~1m左右。吐孜沟三工河组露头发育有丘状交错层理与洼状交错层理,理说明该露头沉积时水流受到风暴扰动发生剧烈震动且该露头的洼状交错层理与丘状交错层理垂向上呈叠置关系。

【分析】吐孜沟三工河组为半深湖-深湖相沉积,岩性主要是泥岩,在泥岩中混有粒径大小不等的砾石是在该露头沉积时受风暴作用沉积形成。通过野外实测资料识别出吐孜沟三工河组存在多套有缺失的风暴沉积序列,与标准序列相比较吐孜沟三工河组风暴序列层理段与泥岩段发育良好,缺失最下方的砾石滞积层段。对于其缺失原因,其一:影响三工河组的风暴作用不够强烈,故无法对下方粒径较大的砾石形成搅动,而粒径偏小的砾石可以被风暴浪影响搬运,因而三工河组风暴沉积序列缺少砾石滞积段;其二:沉积位置不在风暴中心。鲍马序列在平面上呈现扇形展开,随着风暴与沉积中心距离的增大,序列缺失程度亦增大。

【结果】1)吐孜沟三工河组为半深湖-深湖相沉积,岩性主要是泥岩,在泥岩中混有粒径大小不等的砾石是在该露头沉积时受风暴作用沉积形成。2)共识别出6种风暴沉积序列,其中序列I主要由侵蚀底面及砾屑段(A)和远源风暴浊流沉积(E)构成,沉积环境处于风暴浪基面附近;序列II主要由粒序段(B)和平行层理段(C)构成,沉积环境应处于正常浪基面与风暴浪基面之间,并且靠近正常浪基面;序列III由粒序段(B)和远源风暴浊流沉积(E)构成,沉积环境应处于风暴浪基面之下;序列IV由侵蚀底面及砾屑段(A)构成,沉积环境应处于晴天浪基面附近;序列V由侵蚀底面及砾屑段(A)和丘状交错层理段(D)构成,沉积环境应处于风暴浪基面之上;序列VI由侵蚀底面及砾屑段(A)和粒序段(B)构成,沉积环境应处于正常浪基面与风暴浪基面之间,并且靠近正常浪基面。

【结论】风暴沉积的总结可以辅助判断古湖泊深度,这对于研究古地貌还原古水深有重要作用。此处发育的风暴沉积可作为区域内其他风暴沉积的寻找依据,而风暴岩是良好的油气储层,因此对风暴沉积的研究对于油气勘探领域具有一定意义。

参考文献 [1]张国栋,王益友,朱静昌,颜建平.现代滨岸风暴沉积——以舟山普陀岛、朱家尖岛为例[J].沉积学报,1987(02):17-28+146-147. [2]章诚诚,方朝刚,黄正清,周道容,刘桃.下扬子地区下志留统风暴沉积特征及风暴作用对泥页岩品质的影响[J/OL].天然地球科学:1-18[2022-09-10]. [3]梁桂香.风暴沉积及其构造背景[J].世界地质,1994(03):131-143. [4]赖志云,赖伟庆.丘状交错层理的成因探讨[J].石油天然气学报,2010,32(05):42-45+400. [5]严钦尚.论滨岸和浅海的风暴沉积[J].海洋与湖沼,1984(01):14-20. [6]冯宇翔,宋金民,刘树根,杨迪,李智武,金鑫,范建平,王佳蕊.川西地区雷口坡组风暴沉积特征及其地质意义[J/OL].沉积学报:1-16[2022-10-01].<https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2021.132>. [7]蔡全升,陈孝红,周鹏,危凯,李炎桂.峡东地区震旦纪最早期风暴沉积记录及其地质意义[J].沉积学报,2020,38(01):182-195. DOI:10.14027/j.issn.1000-0550.2019.003. [8] Kelling G, Mullin P R. Graded limestones and limestone-quartzite couplets: Possible storm-deposits from the Moroccan Carboniferous[J]. Sedimentary Geology, 1975, 13(3):161-190. [9] Aigner T. Calcareous Tempestites: Storm-dominated Stratification in Upper Muschelkalk Limestones (Middle Trias, SW-Germany) [J]. Springer Berlin Heidelberg, 1982. [10] DOTT, R, H, et al. Hummocky stratification: Significance of its variable bedding sequences[J]. Geol Soc America Bull, 1982. [11]刘宝珺,张继庆,许效松.四川兴文四龙下二叠统碳酸盐风暴岩[J].地质学报,1986(01):55-67+121-122. [12]马永生.华北北部晚寒武世碳酸盐岩岩石学沉积学及沉积作用等时性研究[D].中国地质科学院,1990. [13]宋金民,



罗平, 刘树根, 杨迪, 王鑫, 李朋威. 塔里木盆地苏盖特布拉克地区下寒武统风暴岩及其地质意义[J]. 地学前缘, 2014, 21(06): 346-355. DOI: 10.13745/j.esf.2014.06.033.

**关键词** 吐孜阿克内沟、三工河组、风暴沉积、风暴沉积序列







摘要 ID: 3401

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 四川江油马角坝地区中三叠统天井山组沉积相特征及其演化

张雨辰\*、胡作维、李云、黄浩  
成都理工大学沉积地质研究院

受中三叠世末期印支运动早幕抬升作用影响,四川盆地仅西北部江油、绵竹等地保留中三叠统天井山组,中三叠统天井山组沉积相的类型及划分位置现仍存在争议。本文通过野外剖面观察、实测及室内显微薄片观察,采用微相分析的方法对研究区颗粒类型、灰泥/亮晶相对百分含量、结构构造特征、生物化石组合展开研究,推测其岩相类型及岩石学特征、沉积环境、沉积相类型及沉积特征垂向演化过程。研究表明:江油马角坝地区中三叠统天井山组可分为6种岩相类型,即灰泥灰岩、含生物碎屑藻砂屑泥粒灰岩、似球粒泥粒灰岩、窗格孔泥粒灰岩、纹层状叠层黏结灰岩、微晶白云岩。通过分析其岩相组合及沉积环境,将其划分为4种沉积相带,即开阔台地相、局限台地相、蒸发台地相和台地边缘浅滩相。根据沉积相带在垂向上的变化特征可知:中三叠世江油马角坝地区天井山组较雷口坡组开阔台地相所占比例增加,局限台地相占比减少,相对海平面整体呈现出波动上升趋势,咸化海水被淡化,证实中三叠世安尼期至拉丁期存在广泛海侵。深入研究江油地区中三叠统天井山组中碳酸盐岩特征并对其沉积相进行细致划分,有利于还原其沉积环境演化过程,为下一步进行地质勘探和资源利用提供参考。

### 参考文献

**关键词** 天井山组;沉积相;海相沉积;中三叠统;江油马角坝地区



摘要 ID: 2525

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 西沙群岛琛科 2 井晚中新世黄流组白云石晶体的主量元素分布特征

沈若夏<sup>\*1</sup>、王瑞<sup>1,2,3</sup>、余克服<sup>1,2,3</sup>、吴律<sup>1</sup>、刘春彤<sup>1</sup>

1. 广西大学海洋学院, 广西南宁, 530000
2. 广西大学珊瑚礁研究重点实验室, 广西南宁, 530004
3. 广西大学珊瑚礁研究中心, 广西南宁, 530004

新生代的岛礁白云岩成岩早、埋藏浅, 是研究“白云石问题”的理想对象。由于微观分析技术的限制, 自然条件下白云石化的微观条件至今仍不明确, 但原位微区分析技术的发展为研究白云石主量元素的分布规律提供了新的方法。本研究利用扫描电镜和电子探针 (EPMA) 等技术对南海西沙群岛琛科 2 井晚中新世白云石进行了原位地球化学分析。分析表明, ①单个白云石晶体一般为低钙白云石 (low-Ca dolomite, LCD,  $< 55 \text{ mol } \% \text{ CaCO}_3$ )、高钙白云石 (high-Ca dolomite, HCD,  $> 55 \text{ mol } \% \text{ CaCO}_3$ ) 或是 HCD 核心被 LCD 和 HCD 的交替环带 (厚  $1-10 \mu\text{m}$ ) 包裹, 其中 HCD 和 LCD 组分间存在约  $4.5\sim 5\% \text{Ca}$  的差值; ②HCD 和 LCD 的分布规律表明其沉积环境受到溶蚀-交代过程的影响, 在白云石化过程中, 白云石的主量元素含量在横向和纵向上都有变化, 这表明微观的物理化学条件在单个白云石晶体的演化中起着关键作用。③HCD 为交代过程的产物, LCD 为后期成岩流体的产物, 同时后期流体可能通过晶面间隙或裂隙将早期 HCD 改造成 LCD, 而后期白云石胶结物 (LCD) 的胶结作用可能是降低孔隙度、形成结构保存型白云岩的主要因素。

### 参考文献

**关键词** 白云岩 (石); Mg/Ca 比; 微区分析; 南海; 西沙群岛



摘要 ID: 379

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 岩性差异对深埋中低渗潜山储层的影响

党胜国\*、黄保纲、陈红兵、李俊飞、徐静  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

本文以渤海西部海域南堡凹陷2号构造带奥陶系台地相碳酸盐岩潜山储层为研究目标,通过钻井岩心、壁心、岩屑观察,铸体薄片鉴定,测井岩性识别和分类,不同岩性碳酸盐岩实验模拟研究,结合区域分析和三维地震资料对不同类型碳酸盐岩岩性特征、分布规律、成储机理进行综合分析。研究表明该区碳酸盐岩储层主要由奥陶系中统下马家沟组、下统亮甲山组和冶里组地层组成,遭受多期构造改造和长期风化淋滤作用,形成溶蚀孔、缝、小型溶洞并存在的似层状风化壳型多孔介质储层(肖述光等, 2020; 李玉帮等, 2021)。沉积环境水体能量较弱,主要形成于浅海局限台地和开阔台地环境,岩性以灰岩为主,含量25.3%~95.1%,平均67.8%,次为白云岩,含量5.0%~74.7%,平均28.5%,少量的灰质(云质)泥岩,含量0.0%~12.4%,平均3.6%。灰岩发育类型多样,主要包括(含白云质/白云质)泥晶灰岩、隐晶灰岩、粉晶灰岩,少量的(泥晶)砂屑灰岩、粒屑灰岩及鲕粒灰岩,有效储层发育段以泥晶-粉晶灰岩为主;白云岩类型包括(灰质/泥质)泥晶白云岩、粉晶白云岩、(含灰质)显微-微晶白云岩,少量的中-细晶白云岩、砂屑/砾屑白云岩等,有效储层发育段以泥晶-粉晶白云岩为主。区域地层对比结合地震资料分析表明潜山顶部出露地层不同,岩性构成存在差异,构造高部位出露亮甲山组和冶里组,白云岩含量5.0%~69.8%,平均34.9%,占比较高;构造低部位出露下马家沟组地层,白云岩含量1.6%~47.3%,平均17.0%,占比较低(周东红, 2021; 常少英等, 2020)。大量调研及实验数据表明,在埋藏条件下,弱酸性流体的作用下,白云岩的溶蚀速率显著高于灰岩的溶蚀速率,白云岩溶蚀强度高,流体沿矿物解理深入颗粒内部加速溶蚀,形成“蜂窝状”溶蚀特征,而灰岩溶蚀现象多发生于颗粒表面,揭示了白云岩发育层段储层物性、油层厚度显著高于灰岩层段的成因机理,证实了亮甲山组和冶里组出露地层露区储层物性、厚度、测试产能高于下马家沟组地层出露区的主要原因(王宇等, 2021; 侯明才等, 2021; 赵文龙等, 2020)。研究成果阐明了研究区不同类型碳酸盐岩储层的差异分布及其规律,明确了有效储层成因机理,有效指导了研究区油气田勘探开发。

**参考文献** [1]肖述光,李慧勇,李飞,等.渤海西部中生代多旋回构造演化与潜山形成[J].海洋地质前沿, 2020, &nbsp;&nbsp;&nbsp;36(06): 1-10. [2]李玉帮,张以明,杨德相,等.冀中坳陷奥陶纪岩相古地理[J].古地理学报, 2021, 23(02): 359-374. [3]周东红.渤海油田深埋潜山储层预测关键技术研究[J].中国海上油气, &nbsp;&nbsp;&nbsp;2021, 33(03): 69-76. [4]常少英,李昌,陈娅娜,等.海相碳酸盐岩储层地震预测技术进展及应用实效[J].海相油气地质, 2020, &nbsp;&nbsp;&nbsp;25(01): 22-34. [5]王宇,徐春强,郭玲莉,等.渤海湾盆地石白坨东428潜山构造成因解析[J].大地构造与成矿学, 2021, 45(01): 219-228. [6]侯明才,陈扬,王粤川,等.渤中22-1构造碳酸盐岩储层岩溶识别及影响因素[J].西南石油大学学报(自然科学版), 2021, 43(01): 17-29. [7]赵文龙,韩春元,严梦颖,等.冀中坳陷北部奥陶系储层形成机理与分布模式[J].特种油气藏, 2020, &nbsp;&nbsp;&nbsp;27(05): 61-67.

**关键词** 奥陶系; 碳酸盐岩潜山; 岩性差异; 成因机理



摘要 ID:1714

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 碳酸盐台地内存在广泛的台内滩吗?

陈代钊\*

中国科学院地质与地球物理研究所

在许多,特别是国内发表的有关碳酸盐台地沉积相及其(古地理)分布的文章和科研报告中,我们会经常见到在大型碳酸盐台地,特别是古生代与更老的大型陆表海台地内“台内滩”星罗棋布,那么这种所谓的“台内滩”是真实存在抑或推测?是一个值得进一步商榷和探讨的问题,其真实性会影响到油气勘探的思路和布局。

所谓碳酸盐台地浅滩(shoal),简称“滩”,通常是指碳酸盐台缘因强烈波浪冲洗、簸选形成的潮下高能浅滩,既可发育于镶边台地边缘也可发育于碳酸盐缓坡(或陆表海)过渡带,一般由碳酸盐砂(特别是鲕粒)组成;当然大规模的海平面下降或构造掀斜(抬升)也可能造成滩体暴露,甚至形成大规模风成碳酸盐砂体,这种情况一般形成于断控型陡坡边缘,如现代大巴哈马台地。

正是由于滩体对外海波浪的阻挡作用,往往造成了滩后的局限、低能环境(泻湖和陆表浅海),所以其波浪作用常常很弱,整个水域主要受到潮汐水流的影响,由此可见在滩后的广大台地内部缺乏发育浅滩的水动力基础,现代碳酸盐台地缺乏台内滩即是明证。在此背景下,在陆地一侧广大浅水区域往往发育比较广阔的潮坪体系(包括潮汐水道或潮渠);虽然在相对较深的泻湖或陆表海中的局部正向地形,开始可以发育孤立的微生物丘/点礁,但当它们加积到潮间带时往往会演化为潮坪岛(即潮坪岛模式),并侧向扩展(或进积),这种情况在早古生代的陆表海台地中比较常见。

在滩后背景下,由于主要受到潮缘作用影响,局部的高能仅仅出现在潮坪上受双向水流(涨、退潮)影响的潮汐水道(或潮渠)中。另外,对于一些较深的宽阔泻湖而言,也有可能受到瞬时强风暴的影响,在低能泻湖沉积中形成高能的风暴夹层。虽然两者都可能都由颗粒岩组成(一般鲕粒极少),但它们的产状、组成、沉积构造和规模、沉积序列与滩相沉积具有明显的差别。近年来,本人团队对扬子、塔里木地块新元古代末-早古生代碳酸盐台地碳酸盐岩的研究并没有发现所谓的“台内滩”沉积证据,相关相对高能沉积基本都为上述两类沉积(潮渠或风暴沉积)。因此,有必要对所谓“台内滩”沉积进行必要的进一步查验,使得我们的沉积相解释更加符合客观现实。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐台地;台内滩;潮渠(道);风暴沉积;潮坪



摘要 ID:3110

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 龙门山地区上泥盆统沙窝子组白云岩特征及成因研究

刘小勤、李凤杰\*  
成都理工大学

**摘要:** 以岩石学特征为基础, 结合常量元素、微量元素、稀土元素、碳氧同位素等地球化学特征, 对四川盆地龙门山地区上泥盆统沙窝子组白云岩特征及成因进行了研究。得出该区沙窝子组沉积环境为局限台地-开阔台地, 广泛发育晶粒白云岩和残余结构白云岩; MgO-CaO 常量元素表现为负相关的线性关系; 不同类型碳酸盐岩的 Fe、Mn 和 Sr 元素含量差异性明显: 灰质云岩、细晶白云岩和细-中晶白云岩中 Fe、Mn 元素的含量普遍较高, Sr 含量较低, 而中晶白云岩和粗晶白云岩中 Fe、Mn 元素的含量则普遍较低, Sr 含量较高; 稀土元素  $\Sigma$ REE+Y 含量平均值为 11.85ppm, 总体偏低, 其中稀土元素  $\delta$ Ce 平均值为 1.09, 异常特征不明显,  $\delta$ Eu 平均值为 0.86, 负异常特征明显; 碳、氧同位素特征为:  $\delta^{13}\text{C}$  平均值为 0.18,  $\delta^{18}\text{O}$  平均值为 -6.9。结果表明, 该地区的白云岩为浅-中埋藏成因白云石化作用形成的结果, 并建立了龙门山地区上泥盆统沙窝子组白云石化模式, 以期为该地区白云岩储层进一步研究提供基础数据。

**参考文献** 程红光, 李心清, 袁洪林, 等, 2009. 泥盆纪海水的碳、氧同位素变化: 来自腕足化石的同位素记录[J]. 地球学报, 30(1): 79-88. 侯鸿飞, 万正权, 唐德章, 等, 1985. 四川龙门山泥盆系北川桂溪-沙窝子剖面研究进展[J]. 地层学杂志, &nbsp;9(3): 187-193 黄思静, 1993. 川西北甘溪中、上泥盆统海相碳酸盐岩的碳、锶同位素组成及其地质意义[J]. 岩石学报, 9: 214-225 何治亮, 马永生, 张军涛, 等, 2020. 中国的白云岩与白云岩储层: 分布、成因与控制因素[J]. 石油与天然气地质, 41(01): 1-14. 沈安江, 罗宪婴, 胡安平, 等, 2022. 从准同生到埋藏环境的白云石化路径及其成储效应[J]. 石油勘探与开发, 49(04): 637-647. 郑和荣. 1992. 四川龙门山北段泥盆纪陆架沉积特征与盆地演化[J]. 石油勘探与开发, 19(4): 27-35. 赵文智, 沈安江, 乔占峰, 等, 2018. 白云岩成因类型、识别特征及储集空间成因[J]. 石油勘探与开发, 45(06): 923-935. Xueping M, Yiming G, Daizhao C, et al. 2016. The Late Devonian Frasnian - Famennian Event in South China — Patterns and causes of extinctions, sea level changes, and isotope variations[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 448: 224-244. Mckenzie J A, Vasconcelos C. 2009. Dolomite mountains and the origin of the dolomite rock of which they mainly consist: Historical developments and new perspectives[J]. Sedimentology, 56(1): 205-219. Xiao Y, Whitaker F F, Al-Helal A B, et al. 2013. Fundamental Approaches to Dolomitization and Carbonate Diagenesis in Different Hydrogeological Systems and the Impact on Reservoir Quality Distribution[C]. Beijing: International Petroleum Technology Conference.

**关键词** 龙门山地区; 沙窝子组; 白云岩成因; 地球化学; 白云岩化作用模式



摘要 ID:1620

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地蓬莱地区埃迪卡拉系灯影组成岩作用: 对孔隙系统成因的启示

王雅萍<sup>1</sup>、王兴志<sup>2</sup>、徐伟<sup>1</sup>、罗文军<sup>1</sup>、汪文洋<sup>3</sup>

1. 西南油气田探勘开发研究院

2. 西南石油大学

3. 中国科学院地质与地球物理研究所

为加大油气勘探力度、提高油气产量,逐步科学降低煤炭在一次能源所占比例,对早日实现“双碳”目标具有重要的意义,人们对深埋油气藏的兴趣迅速增加。四川盆地埃迪卡拉系灯影组微生物岩分布广泛,越来越被认为是深埋碳酸盐岩储层的潜在油气勘探目标。然而,微生物岩储层发育的控制因素以及孔隙系统成因尚未得到很好的认识。在基于详细的岩石学、地球化学和岩石物理学调查的基础上,对四川盆地灯影组的微生物岩进行研究,旨在了解成岩过程和孔隙度的产生和保存的影响。所研究的微生物白云岩,包括四个独特的岩相类型:凝块石云岩、叠层石云岩、核形石云岩和(微生物)泥-粉晶云岩。主要成岩矿物有三类白云石(微生物白云石、早期纤维状白云石胶结物和晚期充孔白云石胶结物)、石英、方解石和沥青充填物。孔隙空间以孔洞、溶扩格架孔、残余格架孔、晶间孔、粒间、粒内容孔和裂缝为主。蓬莱地区灯影组的有效储层岩心分析孔隙度分布于2.00%~12.78%,平均为4.17%,中值为3.77%,渗透率分布于0.011mD~4.860mD,平均为0.325mD,中值为0.138mD,储层整体表现为低孔、特低渗、裂缝-孔隙(洞)型储层,其岩石物理性质优于其岩石类型。该研究指出,研究区优质微生物岩储层的发育基本上受三个控制因素的控制:微生物岩沉积、大气岩溶浸出和断裂作用的影响。微生物沉积作用可以被认为是形成骨架孔的基础。此外,溶蚀作用(表生岩溶、准同生岩溶、埋藏溶蚀)是通过形成大量与孔洞和溶蚀相关的孔隙来提高孔隙度的关键控制因素。后是构造作用对储层的影响,构造作用同沉积期对沉积作用起了决定性的影响,控制了沉积的基本格局,断控的陡坡型台缘也就是储层最发育的位置,造成了灯影组初始孔隙发育,本研究旨在更好地了解可能影响储层物性的微生物岩成岩作用,并为中国其他地区类似微生物岩储层提供类比。

**参考文献** 白莹, 罗平, 刘伟, 翟秀芬, 周川, 2018. 微生物碳酸盐岩储层特征及主控因素——以塔里木盆地阿克苏地区下寒武统肖尔布拉克组上段为例. 中国石油勘探 23, 95-106. 鲍志东, 季汉成, 梁婷, 等. 中新元古界原生白云岩: 以中国典型台地地区为例[J]. 古地理学报, 2019, 21(6): 869-884. 陈代钊, 钱一雄, 2017. 深层—超深层白云岩储集层: 机遇与挑战. 古地理学报 19, 187-196. 邓世彪, 关平, 庞磊, 刘沛显, 金亦秋, 张艳秋, 2018. 塔里木盆地柯坪地区肖尔布拉克组优质微生物碳酸盐岩储层成因. 沉积学报 36, 1218-1232. 翟秀芬, 汪泽成, 罗平, 王铜山, 石书缘, 张洪, 2017. 四川盆地高石梯东部地区震旦系灯影组微生物白云岩储层特征及成因. 天然气地球科学 28, 1199-1210. 费宝生, 汪建红. 中国海相油气田勘探实例之三 渤海湾盆地任丘古潜山大油田的发现与勘探[J]. 海相油气地质, 2005, 10(3): 43-50. 高孝巧, 2018. 塔里木盆地巴楚—塔中地区肖尔布拉克组沉积特征及控储机理. 中国地质大学(北京). 高振家, 成守德, 1984. 塔里木地台区早古生代及古老碳酸盐岩层中含油气的可能性. 新疆地质, 1-10. 高振家, 吴绍祖, 李永安, 钱建新, 1981. 新疆阿克苏—柯坪地区震旦纪—寒武纪地层研究. 科学通报, 741-743. 韩作振, 陈吉涛, 迟乃杰, 王兆鹏, 杨仁超, 樊爱萍, 2009. 微生物碳酸盐岩研究: 回顾与展望. 海洋地质与第四纪地质 29, 29-38. 何金有, 贾承造, 邬光辉, 徐备, 2010. 新疆阿克苏地区震旦系风化壳古岩溶特征及其发育模式. 岩石学报 26, 2513-2518. 何治亮, 李双建, 刘全有, 杨天博, 张英, 2020a. 盆地深部地质作用与深层资源——科学问题与攻关方向. 石油实验地质 42, 767-779. 何治亮, 马永生, 张军涛, 朱东亚, 钱一雄, 丁茜, 陈代钊, 2020b. 中国的白云岩与白云岩储层: 分布、成因与控制因素. 石油与天然气地质 41, 1-14. 黄擎宇, 胡素云, 潘文庆, 等. 台内微生物丘沉积特征及其对储层发育的控制——以塔里木盆地柯坪—巴楚地区下寒武统肖尔布拉克组为例[J]. 天然气工业, 2016, 36(6): 21-29. 黄新翠. 川西南震旦系灯影组优质储层特征研究[D]. 硕士学位论文. 成都: 成都理工大学, 2012. 金廷福, 2014. 天津蓟县雾迷山组微生物碳酸盐岩沉积与储层特征. 成都理工大学. 李红, 柳益群. “白云石(岩)问题”与湖相白云岩研究[J]. 沉积学报, 2013,



31(2): 302-314. 李朋威, 金廷福, 王果谦, 等. 微生物碳酸盐岩及其油气勘探意义[J]. 地质科技情报, 2013, 32(3): 66-74. 李朋威, 罗平, 陈敏, 宋金民, 金廷福, 王果谦, 2015a. 塔里木盆地西北缘上震旦统微生物碳酸盐岩储层特征与成因. 石油与天然气地质 36, 416-428. 李朋威, 罗平, 宋金民, 金廷福, 王果谦, 2015b. 塔里木盆地西北缘上震旦统白云岩储层特征. 海相油气地质 20, 1-12. 李朋威, 罗平, 宋金民, 金廷福, 王果谦, 2015c. 微生物碳酸盐岩储层特征与主控因素——以塔里木盆地西北缘上震旦统一寒武统为例. 石油学报 36, 1074-1089. 刘树根, 宋金民, 罗平, Hairuo, Q., 林彤, 孙玮, 李智武, 王浩, 彭瀚霖, 余永强, 龙翼, 万元博, 2016. 四川盆地深层微生物碳酸盐岩储层特征及其油气勘探前景. 成都理工大学学报(自然科学版) 43, 129-152. 刘树根, 宋金民, 罗平, 等. 四川盆地深层微生物碳酸盐岩储层特征及其油气勘探前景[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2016, 43(2): 129-152. 罗平, 王石, 李朋威, 等. 微生物碳酸盐岩油气储层研究现状与展望[J]. 沉积学报, 2013, 31(5): 807-823. 罗平, 王石, 李朋威, 宋金民, 金廷福, 王果谦, 杨式升, 2013. 微生物碳酸盐岩油气储层研究现状与展望. 沉积学报 31, 807-823. 马永生, 蔡勋育, 赵培荣, 2011. 深层、超深层碳酸盐岩油气储层形成机理研究综述. 地学前缘 18, 181-192. 马永生, 何登发, 蔡勋育, 刘波, 2017. 中国海相碳酸盐岩的分布及油气地质基础问题. 岩石学报 33, 1007-1020. 马永生, 何治亮, 赵培荣, 朱宏权, 韩俊, 尤东华, 张军涛, 2019. 深层—超深层碳酸盐岩储层形成机理新进展. 石油学报 40, 1415-1425. 梅冥相, 2007. 微生物碳酸盐岩分类体系的修订: 对灰岩成因结构分类体系的补充. 地学前缘, 222-234. 梅冥相. 微生物碳酸盐岩分类体系的修订: 对灰岩成因结构分类体系的补充[J]. 地学前缘, 2007(5): 222-234. 屈海洲, 周子坤, 张云峰, 陈薇, 张正红, 罗新生, 马超, 谭飞, 朱玉环, 2018. 微生物碳酸盐岩孔隙研究进展. 沉积学报 36, 651-663. 沈安江, 陈娅娜, 蒙绍兴, 郑剑锋, 乔占峰, 倪新锋, 张建勇, 吴兴宁, 2019. 中国海相碳酸盐岩储层研究进展及油气勘探意义. 海相油气地质 24, 1-14. 石书缘, 刘伟, 黄擎宇, 王铜山, 周慧, 王坤, 马奎, 2017. 塔里木盆地北部震旦系齐格布拉克组白云岩储层特征及成因. 天然气地球科学 28, 1226-1234. 宋金民, 刘树根, 李智武, 罗平, 杨迪, 孙玮, 彭瀚霖, 余永强, 2017. 四川盆地上震旦统灯影组微生物碳酸盐岩储层特征与主控因素. 石油与天然气地质 38, 741-752. 宋金民, 罗平, 杨式升, 杨迪, 周川闽, 李朋威, 翟秀芬, 2014. 塔里木盆地下寒武统微生物碳酸盐岩储集层特征. 石油勘探与开发 41, 404-413+437. 宋立勋, 刘万祥, 1990. 塔里木地台震旦纪古地理概貌. 新疆石油地质, 199-203. 王浩, 2018. 四川盆地西部雷口坡组四段微生物碳酸盐岩储层特征及其主控因素. 成都理工大学. 魏国齐, 杨威, 杜金虎, 等. 四川盆地震旦纪—早寒武世克拉通内裂陷地质特征[J]. 天然气工业, 2015, 35(1): 24-35. 吴亚生, 姜红霞, 虞功亮, 刘丽静, 2018. 微生物岩的概念和重庆老龙洞剖面 P-T 界线地层微生物岩成因. 古地理学报 20, 737-775. 鲜本忠, 朱筱敏, 岳大力, 等. 沉积学研究热点与进展: 第 19 届国际沉积学大会综述[J]. 古地理学报, 2014, 16(6): 816-826. 严威, 杨果, 易艳, 左小军, 王孝明, 姜洪, 饶华文, 2019. 塔里木盆地柯坪地区上震旦统白云岩储层特征与成因. 石油学报 40, 295-307+321. 杨飞, 鲍志东, 潘文庆, 刘金侠, 张德民, 肖菁, 2017. 塔里木盆地柯坪上震旦统奇格布拉克组优质储层形成机理. 石油科学通报 2, 12-23. 杨海军, 陈永权, 田军, 杜金虎, 朱永峰, 李洪辉, 潘文庆, 杨鹏飞, 李勇, 安海亭, 2020. 塔里木盆地轮探 1 井超深层油气勘探重大发现与意义. 中国石油勘探 25, 62-72. 杨翰轩, 沈安江, 郑剑锋, 胡安平, 2020. 塔里木盆地西北缘震旦系奇格布拉克组微生物白云岩发育特征及储集意义. 海相油气地质 25, 44-54. 杨孝群, 李忠. 微生物碳酸盐岩沉积学研究进展——基于第 33 届国际沉积学会议的综述[J]. 沉积学报, 2018, 36(4): 639-650. 叶德胜, 1992. 塔里木盆地东北地区震旦—奥陶系白云岩的储集性. 石油实验地质, 125-134+216-219. 由雪莲, 孙枢, 朱井泉, 刘玲, 何凯, 2011. 微生物白云岩模式研究进展. 地学前缘 18, 52-64. 游杰, 胡广, 张玺华, 沈安江, 彭瀚霖, 田兴旺, 赵东方, 2020. 微生物碳酸盐岩同生—早成岩阶段有机质降解示踪: 以四川盆地灯影组四段为例. 南京大学学报(自然科学) 56, 308-321. 余浩元, 蔡春芳, 郑剑锋, 黄理力, 袁文芳, 2018. 微生物结构对微生物白云岩孔隙特征的影响——以塔里木盆地柯坪地区肖尔布拉克组为例. 石油实验地质 40, 233-243. 张荫本, 唐泽尧, 陈季高, 1996. 粘结岩分类及应用. 天然气勘探与开发, 24-33. 赵文智, 胡素云, 汪泽成, 张水昌, 王铜山, 2018. 中国元古界—寒武系油气地质条件与勘探地位. 石油勘探与开发 45, 1-13. 钟勇, 李亚林, 张晓斌, 等. 四川盆地组合张性构造特征[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2013, 40(5): 498-510. 朱筱敏, 李顺利, 潘荣, 等. 沉积学研究热点与进展: 第 32 届国际沉积学会议综述[J]. 古地理学报, 2016, 18(5): 699-716. 朱筱敏, 谈明轩, 董艳蕾, 等. 当今沉积学研究热点讨论——第 20 届国际沉积学大会评述[J]. 沉积学报, 2019, 37(1): 1-16. Ahr, W. M., Mancini, E. A., Parcell, W. C., 2011. Pore characteristics in microbial carbonate reservoirs, AAPG Annual Conference and Exhibition, Houston, Tex. Al Haddad, S., Mancini, E. A., 2013. Reservoir characterization, modeling, and evaluation of Upper Jurassic Smackover microbial carbonate



and associated facies in Little Cedar Creek field, southwest Alabama, eastern Gulf coastal plain of the United States. AAPG Bulletin 97, 2059–2083. Arenas C, Jones B. Temporal and environmental significance of microbial lamination: Insights from Recent fluvial stromatolites in the River Piedra, Spain[J]. Sedimentology, 2017, 64(6): 1597–1629. Arp G, Reimer A, Reitner J. Photosynthesis-induced biofilm calcification and calcium concentrations in Phanerozoic oceans[J]. Science, 2001, 292(5522): 1701–1704. Awramik, S.M., 1971. Precambrian columnar stromatolite diversity: reflection of metazoan appearance. Science 174, 825–827. Bahniuk, A.M., Anjos, S., França, A.B., Matsuda, N., Eiler, J., McKenzie, J.A., Vasconcelos, C., 2015. Development of microbial carbonates in the Lower Cretaceous Codó Formation (north-east Brazil): Implications for interpretation of microbialite facies associations and palaeoenvironmental conditions. Sedimentology 62, 155–181. Bergmann, K., Grotzinger, J., Osburn, M., 2012. Telling time in microbial carbonates: A case study from the Latest Precambrian, Sultanate of Oman, 2012 AAPG Convention and Exhibition. Bosence, D., Gibbons, K., Le Heron, D.P., Morgan, W.A., Pritchard, T., Vining, B.A., 2015. Microbial carbonates in space and time: introduction. Geological Society, London, Special Publications 418, 1–15. Burne R V, Moore L S, Christy A G, et al. Stevensite in the modern thrombolites of Lake Clifton, Western Australia: A missing link in microbialite mineralization?[J]. Geology, 2014, 42(7): 575–578. Burne R V, Moore L S. Microbialites: organosedimentary deposits of benthic microbial communities[J]. Palaios, 1987: 241–254. Burne, R.V., Moore, L.S., 1987. Microbialites; organosedimentary deposits of benthic microbial communities. Palaios 2, 241–254. Burne, R.V., Moore, L.S., Christy, A.G., Troitzsch, U., King, P.L., Carnerup, A.M., Hamilton, P.J., 2014. Stevensite in the modern thrombolites of Lake Clifton, Western Australia: A missing link in microbialite mineralization? Geology 42, 575–578. Burns, S.J., McKenzie, J.A., Vasconcelos, C., 2000. Dolomite formation and biogeochemical cycles in the Phanerozoic. Sedimentology 47, 49–61. Chafetz, H.S., 2013. Porosity in bacterially induced carbonates: Focus on micropores. AAPG bulletin 97, 2103–2111. CHEN, J., LEE, J.H., 2014. Current progress on the geological record of microbialites and microbial carbonates. Acta Geologica Sinica - English Edition 88, 260–275. Chen, Z.-Q., Tu, C., Pei, Y., Ogg, J., Fang, Y., Wu, S., Feng, X., Huang, Y., Guo, Z., Yang, H., 2019. Biosedimentological features of major microbe-metazoan transitions (MMTs) from Precambrian to Cenozoic. Earth-Science Reviews 189, 21–50. Chidsey, T.C., Vanden Berg, M.D., Eby, D.E., 2015. Petrography and characterization of microbial carbonates and associated facies from modern Great Salt Lake and Uinta Basin's Eocene Green River Formation in Utah, USA. Geological Society, London, Special Publications 418, 261–286. Choquette, P.W., Pray, L.C., 1970. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates. AAPG bulletin 54, 207–250. Collins, J., Kenter, J., Playton, T., 2012. Characterization and controls on slope geometry, framework and internal heterogeneity in the Unit 1 Tengiz Field (Kazakhstan), and comparison with outcrop analogs, American Association of Petroleum Geologists Annual Meeting, CA. Corbett, P., Hayashi, F.Y., Alves, M.S., Jiang, Z., Wang, H., Demyanov, V., Machado, A., Borghi, L., Srivastava, N., 2015. Microbial carbonates: a sampling and measurement challenge for petrophysics addressed by capturing the bioarchitectural components. Geological Society, London, Special Publications 418, 69–85. Couradeau, E., Benzerara, K., Gérard, E., Moreira, D., Bernard, S., Brown, G.E., López-García, P., 2012. An early-branching microbialite cyanobacterium forms intracellular carbonates. Science 336, 459–462. Donaldson, J.A., 1976. Chapter 10.2 Paleoecology of Conophyton and Associated Stromatolites in the Precambrian Dismal Lakes and Rae Groups, Canada, in: Walter, M.R. (Ed.), Developments in Sedimentology[M]. Elsevier, 523–534. Dupraz, C., Reid, R.P., Braissant, O., Decho, A.W., Norman, R.S., Visscher, P.T., 2009. Processes of carbonate precipitation in modern microbial mats. Earth-Science Reviews 96, 141–162. Given, R.K., Wilkinson, B.H., 1987. Dolomite abundance and stratigraphic age; constraints on rates and mechanisms of Phanerozoic dolostone formation. Journal of Sedimentary Research





57, 1068–1078. Grotzinger J, Al-Rawahi Z. Depositional facies and platform architecture of microbialite-dominated carbonate reservoirs, Ediacaran–Cambrian Ara Group, Sultanate of Oman. *Microbialite Reservoirs in Oman* [J]. *AAPG bulletin*, 2014, 98(8): 1453–1494. Grotzinger, J.P., Knoll, A.H., 1999. Stromatolites in Precambrian carbonates: evolutionary mileposts or environmental dipsticks? *Annual review of earth and planetary sciences* 27, 313–358. Harwood Theisen C, Sumner D Y. Thrombolite fabrics and origins: influences of diverse microbial and metazoan processes on Cambrian thrombolite variability in the Great Basin, California and Nevada [J]. *Sedimentology*, 2016, 63(7): 2217–2252. Hofmann, H., 1973. Stromatolites: characteristics and utility. *Earth–Science Reviews* 9, 339–373. Hubert, H.L., Rankey, E.C., Omelon, C., 2018. Organic Matter, Textures, and Pore Attributes of Hypersaline Lacustrine Microbial Deposits (Holocene, Bahamas). *Journal of Sedimentary Research* 88, 827–849. Jahnert, R.J., Collins, L.B., 2012. Characteristics, distribution and morphogenesis of subtidal microbial systems in Shark Bay, Australia [J]. *Marine Geology*, 303–306: 115–136. Jiang, L., Hu, S.Y., Zhao, W.Z., Xu, Z.H., Shi, S.Y., Fu, Q.L., Zeng, H.L., Liu, W., Fall, A., 2018. Diagenesis and its impact on a microbially derived carbonate reservoir from the Middle Triassic Leikoupo Formation, Sichuan Basin, China. *AAPG Bulletin* 102, 2599–2628. Jiang, L., Xu, Z., Shi, S., Liu, W., 2019. Multiphase dolomitization of a microbialite-dominated gas reservoir, the middle Triassic Leikoupo Formation, Sichuan Basin, China. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 180, 820–834. Kennard, J.M., James, N.P., 1986. Thrombolites and stromatolites; two distinct types of microbial structures. *Palaios* 1, 492–503. Leinfelder, R.R., Schmid, D.U., 2000. Mesozoic reefal thrombolites and other microbolites, *Microbial sediments*. Springer, pp. 289–294. Lett eron A, Fournier F, Hamon Y, et al. Paleocological Variations Recorded in a Shallow Lacustrine Formation: The Upper Eocene of the Issirac Basin (SE France) [C]//AAPG Annual Convention and Exhibition. Mancini E A, Llinas J C, Parcell W C, et al. Upper Jurassic thrombolite reservoir play, northeastern Gulf of Mexico [J]. *AAPG bulletin*, 2004, 88(11): 1573–1602. Mancini, E.A., Parcell, W.C., Ahr, W.M., Ramirez, V.O., Llin as, J.C., Cameron, M., 2008. Upper Jurassic updip stratigraphic trap and associated Smackover microbial and nearshore carbonate facies, eastern Gulf coastal plain. *AAPG Bulletin* 92, 417–442. Muniz, M., Bosence, D., 2012. Carbonate platforms in non-marine rift system in the Early Cretaceous (Pre-salt) of the Campos Basin, Brazil, Long Beach: AAPG Annual Convention and Exhibition. Pace A, Bourillot R, Bouton A. Initiation of Stromatolite Formation at the interface of oxygenic–anoxygenic photosynthesis [C]//Proceedings of the 33rd IAS international meeting of sedimentology. Toulouse: IMS. 2017. Perri, E., Borrelli, M., Spadafora, A., Critelli, S., 2017. The role of microbialitic facies in the micro- and nano-pore system of dolomitized carbonate platforms (Upper Triassic–Southern Italy). *Marine and Petroleum Geology* 88, 1–17. Quijada I E, Cuadrado D G, Maisano L, et al. 2017. Carbonate precipitation in microbial mats. Rezende M F, Tonietto S N, Pope M C. Three-dimensional pore connectivity evaluation in a Holocene and Jurassic microbialite buildup [J]. *AAPG bulletin*, 2013, 97(11): 2085–2101. Rezende, M.F., Pope, M.C., 2015. Importance of depositional texture in pore characterization of subsalt microbialite carbonates, offshore Brazil, *Microbial Carbonates in Space and Time: Implications for Global Exploration and Production* [M]. Geological Society of London. Rezende, M.F., Pope, M.C., 2015. Importance of depositional texture in pore characterization of subsalt microbialite carbonates, offshore Brazil. Geological Society, London, Special Publications 418, 193–207. Rezende, M.F., Tonietto, S.N., Pope, M.C., 2013. Three-dimensional pore connectivity evaluation in a Holocene and Jurassic microbialite buildup. Three-Dimensional Pore Connectivity Evaluation in Microbialite Buildup. *AAPG bulletin* 97, 2085–2101. Riding R. An atmospheric stimulus for cyanobacterial-bioinduced calcification ca. 350 million years ago? [J]. *Palaios*, 2009, 24(10): 685–696. Riding R. Classification of microbial carbonates [M]//Calcareous algae and stromatolites. Springer, Berlin, Heidelberg, 1991: 21–51. Riding R. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial–algal



mats and biofilms[J]. *Sedimentology*, 2000, 47: 179–214. Riding, R., 1991. Classification of microbial carbonates, Calcareous algae and stromatolites. Springer, pp. 21–51. Riding, R., 2000. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial–algal mats and biofilms. *Sedimentology* 47, 179–214. Riding, R., 2006. Microbial carbonate abundance compared with fluctuations in metazoan diversity over geological time. *Sedimentary Geology* 185, 229–238. Riding, R., 2011a. Microbialites, stromatolites, and thrombolites, *Encyclopedia of geobiology*. Riding, R., 2011b. The nature of stromatolites: 3,500 million years of history and a century of research, *Advances in stromatolite geobiology*. Springer, pp. 29–74. Roberts, J.A., Bennett, P.C., González, L.A., Macpherson, G., Milliken, K.L., 2004. Microbial precipitation of dolomite in methanogenic groundwater. *Geology* 32, 277–280. Sarg J F, Tănăsescu–Milkevičienė K, Humphrey J D. Lithofacies, stable isotopic composition, and stratigraphic evolution of microbial and associated carbonates, Green River Formation (Eocene), Piceance Basin, Colorado[J]. *AAPG bulletin*, 2013, 97(11): 1937–1966. Sarg, J.F., Tănăsescu–Milkevičienė, K., Humphrey, J.D., 2013. Lithofacies, stable isotopic composition, and stratigraphic evolution of microbial and associated carbonates, Green River Formation (Eocene), Piceance Basin, Colorado. *AAPG bulletin* 97, 1937–1966. Seckbach, J., Oren, A., 2010. Microbial mats: modern and ancient microorganisms in stratified systems. Springer Science & Business Media. Shapiro, R.S., 2000. A comment on the systematic confusion of thrombolites. *Palaios* 15, 166–169. Słowakiewicz, M., Perri, E., Tucker, M.E., 2016. Micro- and nanopores in tight zechstein 2 carbonate facies from the Southern Permian Basin, NW Europe[J]. *Journal of Petroleum Geology*, 39: 149–168. Słowakiewicz, M., & Perri, E., Tucker, M.E., 2016. Micro- and nanopores in tight zechstein 2 carbonate facies from the Southern Permian Basin, NW Europe. *Journal of Petroleum Geology* 39, 149–168. Słowakiewicz, M., Tucker, M.E., Pancost, R.D., Perri, E., Mawson, M., 2013. Upper Permian (Zechstein) microbialites: Supratidal through deep subtidal deposition, source rock, and reservoir potential. *AAPG bulletin* 97, 1921–1936. Smodej, J., Reuning, L., Becker, S., Kukla, P.A., 2019. Micro- and nano-pores in intrasalt, microbialite-dominated carbonate reservoirs, Ara Group, South-Oman salt basin. *Marine and Petroleum Geology* 104, 389–403. Sun, F., Hu, W., Wu, H., Fu, B., Wang, X., Tang, Y., Gao, J., Yang, S., Hu, Z., 2020. Two-stage mineral dissolution and precipitation related to organic matter degradation: Insights from in situ C–O isotopes of zoned carbonate cements. *Marine and Petroleum Geology*, 104812. Sun, S.Q., 1994. A reappraisal of dolomite abundance and occurrence in the Phanerozoic. *Journal of Sedimentary Research* 64, 396–404. Sun, S.Q., 1995. Dolomite reservoirs: porosity evolution and reservoir characteristics. *AAPG bulletin* 79, 186–204. Suosaari, E.P., Reid, R.P., Andres, M.S., 2019. Stromatolites, so what?! A tribute to Robert N. Ginsburg[J]. *The Depositional Record*, 5: 486–497. the 33rd IAS international meeting of sedimentology. Toulouse: IMS. Tucker M, Perri E, Słowakiewicz M. Mineral precipitates in modern microbial mats: Crystallites, spheroids, bacteria and viruses[C]//Proceedings of the 33rd IAS international meeting of sedimentology. Toulouse: IMS. 2017. Tucker, M.E., Wright, V.P., 2009. Carbonate sedimentology. John Wiley & Sons. Tull, S.J., 1997. The diversity of hydrocarbon habitat in Russia. *Petroleum Geoscience* 3, 315–325. Vasconcelos C, McKenzie J A, Bernasconi S, et al. Microbial mediation as a possible mechanism for natural dolomite formation at low temperatures[J]. *Nature*, 1995, 377(6546): 220–222. Vasconcelos, C., McKenzie, J.A., Bernasconi, S., Grujic, D., Tiens, A.J., 1995. Microbial mediation as a possible mechanism for natural dolomite formation at low temperatures. *Nature* 377, 220–222. Visscher, P.T., Stolz, J.F., 2005. Microbial mats as bioreactors: populations, processes, and products. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 219, 87–100. Wang W Y, Pang X Q, Wang Y P, et al. Hydrocarbon expulsion model and resource potential evaluation of high-maturity marine source rocks in deep basins: Example from the Ediacaran microbial dolomite in the Sichuan Basin, China[J]. *Petroleum Science*, 2022. Warren, J., 2000. Dolomite: occurrence, evolution and economically important associations. *Earth–Science Reviews* 52, 1–81. Webb,



G.E., 1996. Was Phanerozoic reef history controlled by the distribution of non-enzymatically secreted reef carbonates (microbial carbonate and biologically induced cement)? *Sedimentology* 43, 947-971. Weiner S, Dove P M. Biomineralization: Reviews in mineralogy and geochemistry[J]. 2003. Woo J, Chough S K. Growth patterns of the Cambrian microbialite: phototropism and speciation of Epiphyton[J]. *Sedimentary Geology*, 2010, 229(1-2): 1-8. Wright P V, Racey A. Pre-salt microbial carbonate reservoirs of the Santos Basin, offshore Brazil[C]//AAPG Annual Convention and Exhibition, Denver, Colorado. 2009: 7-10. &nbsp;

**关键词** 四川盆地蓬莱地区; 灯影组; 微生物岩; 成岩作用



摘要 ID: 2485

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 西沙群岛生物礁顶级地质遗迹资源之殇之永续与生态传承之问

许红<sup>1,2</sup>、邱隆伟<sup>3</sup>、李荣<sup>4</sup>、董树义<sup>5</sup>、李琦<sup>6</sup>、陈刚<sup>4</sup>、罗进雄<sup>7</sup>、王晴<sup>2,7</sup>、王英<sup>5</sup>、纳琴<sup>1,3</sup>、陶萌<sup>1,3</sup>、郭恒伟<sup>5</sup>、王宇喆<sup>3</sup>、沈江远<sup>2,7</sup>、吴汉儒<sup>8</sup>、闫桂京<sup>1</sup>、苏大鹏<sup>1</sup>、董刚<sup>1</sup>、马骁<sup>1,9</sup>、付和平<sup>1,3</sup>、马亚增<sup>2,7</sup>、陈舒<sup>1,7</sup>

1. 青岛海洋地质研究所
2. 自然资源部第一海洋研究所
3. 中国石油大学(华东)
4. 中国地质大学(武汉)
5. 成都理工大学
6. 中国地质大学(北京)
7. 长江大学
8. 中国海洋大学
9. 中国石油大学(马晓)

西沙群岛距离海南岛 330km, 位于大陆坡深水, 故又称孤立碳酸盐岩台地。西沙群岛成岛标志是高位海滩岩、低位海滩岩与海滩沙, 都属于生物礁-碳酸盐岩, 总数 41 个岛、礁、滩、沙形成于两千万年以来, 却自然干出陆地面积小于 10km<sup>2</sup>。高位海滩岩指海拔高度位于高潮线以上的海滩岩。但最高海拔仅为 15.8m, 不但是南海 280 余座岛礁滩沙最高海拔且还属于唯一, 尤其高位海滩岩不过十座, 多见低位海滩岩, 更多的是海滩沙, 它们全部属于生物成因, 弱固结弱胶结初成岩, 是典型的人类世生物礁。因此, 稀少珍贵顶级寸土寸金价值连城乃至无价, 是这些海洋国土的标配, 它们的组合曾被达尔文指为环礁, 至今, 还尚为碳酸盐岩沉积学热点与前沿, 也是研究薄弱环节。关键在于, 在习近平生态治国理念中, 高位海滩岩是南海重中之重, 它们构成顶级生态景观和地质遗迹资源, 形成老龙头、蓝洞、根管石、风成石灰岩大剖面包括全富岛-鸭公岛, 该两岛沉积动力分异明显, 但至今成因机制尚为科学之谜, 有幸成为西沙群岛唯一五星级豪华邮轮旅游目的地海岛。但是, 自然海洋局部环境及其全球气候环境变化加速, 西沙群岛诸岛生物礁-碳酸盐岩无时无刻不受半日潮, 波浪流、双向季风、热带风暴潮, 高温, 高湿与高盐, 淡水淋滤溶蚀八种自然力作用, 加上参观人流共同摧残, 正在发生从损耗损害损坏损毁的量变与质变, 改变的过程触目惊心, 它们的现状一年不如一年是实情!

首次公开报告以下连续十余年不间断西沙群岛多环礁岛、礁、滩、沙调查的现状: 1. 目力可见: 地表溶蚀、垮塌、日趋严重沙化。高潮线以下, 每天两次潮涨潮落及浪蚀破坏; 高潮线以上, 登岛人流踩踏弱固结弱胶结初成岩体的沙化; 时时不在的高温、高湿、高盐和淡水淋滤溶蚀岩溶, 新近形成的龙眼; 特别是热带风暴超临界巨风大浪瞬间造成的毁灭性垮塌。2. 目力不可见: 地下溶蚀洞, 涛蚀洞, 淡水沿裂缝下渗溶蚀形成肉眼看不见的地下塌陷, 不少高位海滩岩内部-底部溶蚀已至地表出现垂直裂缝, 乃至内部掏空悬空形成溶洞等, 形成所谓“龙眼”。

它们统称高位海滩岩岩溶。由此产生西沙群岛顶级地质遗迹资源之殇之永续和生态传承之问? 前车之鉴, 是台湾高雄野柳公园女王头, 或应属于钙质泥灰岩? 与欧洲合作采用纳米技术修复, 十年后不得不承认失败, 女王头瘦颈是大趋势而且很可能因此断颈!

**参考文献** 业治铮, 张明书, 韩春瑞, 等. 西沙石岛风成石灰岩和化石土壤层的发现及其意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1984, 4(1): 1-10. 孙志鹏, 许红, 王振峰, 等. 西沙群岛海滩岩类型及其油气地质意义[J]. 海洋地质动态, 2010, 026(007): 1-6. 许红, 苏大鹏, 王晴, 等. 中国西沙人居环境珊瑚-珊瑚礁生态环境现状科考[C]. 中国环境科学学会. 2019 中国环境科学学会科学技术年会论文集(第四卷). 中国环境科学学会, 2019: 955-962. 许红, 邱隆伟, 李荣, 等. 西沙群岛海滩沙: 分布特征、成因机制和模式[J], 热带海洋学报, 待刊.

**关键词** 西沙群岛; 高位海滩岩; 碳酸盐岩岩溶; 顶级地质遗迹资源; 现状



摘要 ID:2930

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地富满地区中奥陶统一间房组沉积微相类型及分布

韩宇<sup>1</sup>、张云峰\*<sup>1</sup>、张艳秋<sup>2</sup>、张银涛<sup>2</sup>、王振宇<sup>1</sup>、李世银<sup>2</sup>

1. 西南石油大学

2. 中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院

近年来,塔里木盆地富满地区中奥陶统一间房组灰岩中发现了一系列大型断控型油气藏,多口井获得日产千吨级测试产量,成为世界级超深层油藏勘探的典范(王清华等,2021,2022)。与此同时,断控型油气藏井位部署思路难以在面上有效铺开,一间房组沉积相研究较薄弱等现实问题制约了该区持续增储上产能力。研究显示,有利沉积相带可作为断溶体、风化壳岩溶作用的重要物质基础(何志亮,2019)。因此,开展该区沉积微相类型及分布的研究,明确高能沉积相带分布及演化对演化该区储层成因、寻找更大规模的有利勘探目标具有重要意义。

论文综合34口井岩心及薄片系统鉴定,划分了取心段沉积微相类型及垂向演化;基于岩石微相-成像测井相-常规测井相标定,建立了富满地区一间房组碳酸盐岩微相综合识别方法。并结合大量岩屑薄片及碳同位素,分析了沉积微相垂向演化及其与海平面变化之间的耦合关系。单因素分析与地质-地震相解译相结合,对富满地区一间房组沉积微相平面分布进行了精细刻画,明确了不同类型的颗粒滩相分布。

富满地区一间房组属开阔台地沉积,地层厚度一般50m-180m,呈北部薄、中北部厚、中部减薄的东西向带状和厚薄相间展布的特征。岩石类型包括亮晶砂屑灰岩、亮晶砂砾屑灰岩、亮晶鲕粒灰岩、泥-亮晶生屑砂屑灰岩、亮-泥晶生屑灰岩(生屑类型以棘皮、腹足、腕足、双壳、三叶虫、藻类(葛万藻、藻鲕、直管藻、链状藻等)为主,可见瓶筐石类、托盘类、苔藓虫等造礁生物)、泥晶灰岩、含颗粒泥晶灰岩等。其中颗粒灰岩厚度超过80%;FMI成像测井显示为斑状相、层状相等,以斑状相为主,占60-85%,为颗粒灰岩的响应。常规测井整体上GR呈低值(15-25API)窄振幅,顶部受暴露影响GR值有所升高。

微相上表现为多个粒度向上变粗的反旋回,单个旋回厚度一般0.3-1m;岩石微相组合类型包括亮-泥晶生屑灰岩~泥-亮晶生屑砂屑灰岩~亮晶砂屑灰岩~亮晶鲕粒灰岩或泥-亮晶生屑砂屑灰岩~亮晶砂屑灰岩~亮晶鲕粒灰岩或亮晶砂屑灰岩~亮晶鲕粒灰岩的组合序列。显示了向上水体变浅、能量升高的高频率旋回沉积。

研究区一间房组下部以高能砂屑滩、鲕粒滩沉积为主,夹薄层滩间海。颗粒滩横向连续性好、累积厚度大;上部以中低能生屑滩、生屑砂屑滩为主,夹高能砂屑滩、薄层滩间海,颗粒滩连续性较下部差。一间房组地震反射类型包括强振幅连续反射、中强振幅连续反射、中弱振幅连续反射、弱振幅连续反射等,其中前两者为砂屑滩、生屑砂屑滩、生屑滩的响应特征,后两者分别为生屑滩、颗粒滩夹滩间海的响应特征。

富满地区一间房组自西向东为开阔台地-弱镶边缘-缓斜坡的沉积体系,来自深水的涌浪作用于开阔台地的广泛区域,波浪作用强,台内碳酸盐产率高,使得台内以大面积发育颗粒滩,多数井颗粒滩厚度占比80%以上。微相分布上,砂屑滩主要分布在工区中部与东部、生屑滩主要分布在工区西部、生屑砂屑滩主要分布在东北部,滩间海面积较小,呈斑团状分布于颗粒滩之间。

富满地区一间房组广泛分布的颗粒滩,尤其是高能砂屑滩、鲕粒滩具备良好的物质基础。其米级沉积旋回不仅受准同生期大气淡水溶蚀形成孔隙型储层,又为断溶体、风化壳岩溶改造提供了良好的条件,为研究区最有利的沉积相带。

**参考文献** 参考文献[1]陈坤.塔里木盆地顺托果勒中下奥陶统储层发育控制因素研究[D].中国石油大学(北京),2020.D01:10.27643/d.cnki.gsybu.2020.000041.[2]何治亮,云露,尤东华,等.塔里木盆地阿-满过渡带超深层碳酸盐岩储层成因与分布预测[J].地学前缘,2019,26(01):13-

21.D01:10.13745/j.esf.sf.2018.12.20.[3]何治亮,彭守涛,张涛.塔里木盆地塔河地区奥陶系储层形成的控制因素与复合-联合成因机制[J].石油与天然气地质,2010,31(06):743-752.[4]韩剑发,王清龙,陈军,等.塔里木盆地西北缘中一下奥陶统碳酸盐岩层序结构和沉积微相分布[J].现代地

质,2015,29(03):599-608.[5]王清华,杨海军,汪如军,等.塔里木盆地超深层走滑断裂断控大油气田的勘



探发现与技术创新[J]. 中国石油勘探, 2021, 26(04):58-71. [6] 王清华, 杨海军, 李勇, 等. 塔里木盆地富满大型碳酸盐岩油气聚集区走滑断裂控储模式[J]. 地学前缘, 2022, 29(06):239-251. DOI:10.13745/j.esf.sf.2022.8.17. [7] 吴丰, 代瑾, 姚聪, 等. 塔河油田奥陶系一间房组与鹰山组断溶体发育模式解剖[J]. 断块油气田, 2022, 29(01):33-39. [8] 赵宗举, 吴兴宁, 潘文庆, 等. 塔里木盆地奥陶纪层序岩相古地理[J]. 沉积学报, 2009, 27(05):939-955. [9] 赵宗举. 全球海平面变化指标及海相构造层序研究方法——以塔里木盆地奥陶系为例[J]. 石油学报, 2015, 36(03):262-273. [10] Cross T A, Baler M R, Chapin M A, et al. Application of high resolution sequence stratigraphy to reservoir analysis[ C] //Es-chard R, Doligez B. Subsurface reservoir characterization from outcrop observation. Paris: Editions Technip, 1993: 11-33. [11] Folk R L. Spectral subdivision of limestone types. Mem Am Assoc Pet Geol[M], 1962,1:108-121. [12] Tucker M E, Wright V P. Chapter 2. Geological background to carbonate sedimentation Carbonate Sedimentology[J]. Blackwell Publishing Ltd , 2009,28-67.

**关键词** 沉积微相; 有利沉积相带; 一间房组; 中奥陶系; 富满地区



摘要 ID:3011

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 川中地区北部下寒武统沧浪铺组一段风暴岩特征及沉积地质意义

田立洲<sup>1,2,3</sup>、宋金民<sup>\*2,3</sup>、叶玥豪<sup>2,3</sup>、刘树根<sup>3,4</sup>、李智武<sup>3</sup>、金鑫<sup>2,3</sup>、杨迪<sup>3</sup>、赵玲丽<sup>2,3</sup>、丁一<sup>2,3</sup>、任佳鑫<sup>2,3</sup>、王瀚<sup>2,3</sup>、李柯然<sup>2,3</sup>、邓豪爽<sup>2,3</sup>

1. 成都理工大学

2. 成都理工大学能源学院

3. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

4. 西华大学

川中地区北部下寒武统沧浪铺组风暴岩发育。研究区沧浪铺组发育砾屑层、粒序段、平行层理和丘状交错层理等风暴沉积构造,可划分出5个风暴沉积序列:序列I由砾屑段(A)、平行层理段(C)和丘状交错层理段(D)组成,在正常浪基面之上沉积;序列II由平行层理段(C)、丘状交错层理段(D)和水平层理泥岩段(E)组成,位于风暴浪基面附近;序列III由底冲刷面和砾屑段(A)和粒序段(B)构成,于正常浪基面和风暴浪基面之间;序列IV由粒序段(B)和水平层理段(C)组成,距离风暴中心远,沉积环境更靠近风暴浪基面附近;序列V由底冲刷面和砾屑段(A)构成,为平均海平面与正常浪基面之间且靠近正常浪基面。风暴岩的发现证实了沧浪铺组为陆棚-缓坡-台地边缘的沉积模式,为沧浪铺组的岩相古地理恢复提供了约束;指示着上扬子板块在沧浪铺期处于低纬度地区;同时,风暴作用形成连片分布的混积滩,有利于储集层的发育,有助于对研究区颗粒滩储集相带的分布进行预测。

### 参考文献

**关键词** 川中北部;沧浪铺组;风暴沉积;沉积模式;地质意义



摘要 ID:1029

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 塔北新元古代上震旦统奇格布拉克组中多类型鲕粒成因探讨及其意义

钱一雄<sup>1\*</sup>、何治亮<sup>2</sup>、陈代钊<sup>3</sup>、储呈林<sup>1</sup>、董少峰<sup>4</sup>、张庆珍<sup>1</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所
2. 中国石油化工股份有限公司 科技部
3. 中国科学院地质与地球物理研究所
4. 西南石油大学地球科学与技术学院

碳酸盐岩中的鲕粒是记录古海洋-大气环境特征的重要载体之一。本文报道了在塔里木盆地北部(乌什-阿克苏,星火1井区)上震旦统奇格布拉克组中的多类型鲕粒及其共生特征;探讨了微生物成核、特殊海洋环境(文石海、底质、风暴作用等)以及多种成岩改造等因素的影响。研究表明:鲕粒共有12个亚类,主要包括细菌藻类、异形泥晶巨鲕、泥晶大鲕、蜘蛛状鲕、异形大-巨鲕、蜘蛛-放射状的巨复鲕、再生异形复鲕、选择云化鲕、放射状的泥晶(套)鲕、同心-放射状鲕、放射-同心圈鲕、重结晶的复鲕等。以泥晶大-巨鲕、细菌(藻)复鲕、放射状鲕粒、放射-同心状鲕粒为主;在新元古代软底粘质的文石海中,粘质流体相对缓慢的运动,导致了微生物矿化-成核、海水胶结等现象十分普遍;而间隙性-短暂风暴事件可将泻湖中微生物席中富含文石或有机质的泥晶(斑块或条带)发生撕裂、滚动、磨圆,为大-巨型泥晶鲕提供了物源;并将邻近的潮坪滩坝的正常鲕粒搬运低能泻湖中,造成了多种鲕粒共生;文石海中广泛的文石与高镁方解石胶结,原生白云石形成或快速白云化过程均有利于多种鲕粒保存。另外,铸模孔、粒间(内)溶孔、晶间孔、有机微孔等孔隙具有一定油气储集意义。

**参考文献** [1] Fabricius FH, Berdau D, Münnich KO. Early holocene ooids in modern littoral sands reworked from a coastal terrace, southern Tunisia. *Science (New York)*, 1970, 169(3947):757-760. [2] Sumner, D. Y. & Grotzinger, J. P. Numerical modeling of ooid size and the problem of Neoproterozoic giant ooids. *Journal of Sedimentary Research*, 1993, 63:974-982. [3] Brehm U, Krumbein WE, Palinska KA. Biomicrospheres Generate Ooids in the Laboratory, *Geomicrobiology Journal*, 2006, 23 (7): 545-550 [4] 李飞, 武思琴, 刘柯. 鲕粒原生矿物识别及对海水化学成分变化的指导意义. *沉积学报*, 2015, 33 (3): 500-511. Li Fei, Wu Siqin, Liu Ke. Identification of ooid primary mineralogy: A clue for understanding the variation in paleo-oceanic chemistry. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2015, 33 (3): 500-511. [5] 赵东方, 胡广, 张文济, 王利超, 李飞, 谭秀成, 连承波. 渝北巫溪鱼鳞剖面灯影组鲕粒沉积特征及其地质意义. *地质论评*, 2018, 64 (1): 191-202. Zhao Dongfang, Hu Guang, Zhang Wenji, Wang Lichao, Li Fei, Tan Xiucheng, Lian Chengbo. Sedimentary characteristic of ooids of Sinian (Ediacara) Dengying Formation on the Yulin section in Wuxi, Chongqing, and Geological Implications. *Geological Review*, 2018, 64 (1): 191-202. [6] Siah M, Hofmann A, Master S, Mueller CW, Gerdes A. Carbonate ooids of the Mesoarchean Pongola Supergroup, South Africa. *Geobiology*, 2017, 15(6): 750-766. [7] Flannery DT, Allwood AC, Hodyss R, & Summons RE, & Tuite M, & Walter MR, & Williford KH. Microbially influenced formation of Neoproterozoic ooids. *Geobiology*, 2019, 17(2): 151-160. [8] Antoshkina AI, Zhegalov EA, Isaenko SI. Microbially Mediated Organomineralization in Paleozoic Carbonate Ooids. *Paleontological Journal*, 2020, 54(8): 825-834. [9] Trower EJ. The Enigma of Neoproterozoic Giant Ooids—Fingerprints of Extreme Climate? *Geophysical Research Letters*, 2020, 47(4): e2019GL086146 [10] Diaz MR, Eberli GP, Blackwelder P, Phillips B and Swart PK. Microbially mediated organo-mineralization in the formation of ooids. *Geology*, 2017, 45, 771-774 [11] Diaz MR, Eberli GP. Decoding the mechanism of formation in marine ooids: A review. *Earth Science Review*, 2019, 190: 536-556. [12] Riding R. Microbial Carbonates: The geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms. *Sedimentology*, 2000, 47





(Suppl1): 179-214 [13] Tang DJ, Shi XY, Shi Q, Wu JJ, Song GY, Jiang GQ. Organo-mineralization in Mesoproterozoic giant ooids. *Journal of Asian Earth Science*, 2015, 107:195-211 [14] Batchelor MT, Burne RV, Henry BI, Li F and Paul J. A biofilm and organo mineralisation model for the growth and limiting size of ooids. *Scientific Reports*, 2018, 8:559 | DOI: 10.1038/s41598-017-18908-4 [15] Hood AS, Wallace MW, Drysdale RN. Neoproterozoic aragonite-dolomite seas? Widespread marine dolomite precipitation in Cryogenian reef complexes. *Geology*, 2011, 39(9):871-874. [16] Qian T, Ze JS, Ya MT, Yong W, Chang CW. Origin of ooids in ooidal -muddy laminites: A case study of the lower Cambrian Qingxudong Formation in the Sichuan Basin, South China. *Geological Journal*, 2018, 53(5):1716-1727.

**关键词** 多类型鲕粒, 微生物藻菌成核, 风暴作用, 成岩改造, 奇格布拉克组



摘要 ID:1620

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 四川盆地埃迪卡拉系灯影组白云石特征及其形成环境

任影\*

中国石油大学(北京)克拉玛依校区 石油学院

四川盆地埃迪卡拉系灯影组白云岩是寒武纪大爆发前夕生物与环境协同演化作用关键信息以及固体矿产、油气资源等的重要载体(周传明等, 2019; 鲍志东等, 2019; 侯明才等, 2020; 汪泽成等, 2020)。近年来, 考虑到埃迪卡拉系灯影组白云石原生沉积组构往往得以完好保存, 且常与鲕粒、叠层石、核形石等微生物构造一同出现(赵东方等, 2018; 林孝先等, 2018), 陆续建立起拟晶白云石化作用、微生物白云石化作用等模式来解释上述微生物活动参与或调节白云石形成并保留原生沉积组构的白云石化作用过程(Vasconcelos et al., 1995; Lowenstein等, 2003), 强调埃迪卡拉纪大量广泛存在的、保存原生构造的白云石成因很难用局限、特殊的地球化学条件成因模式解释, 更倾向于早期地球存在一种特定而广泛的海洋条件, 可导致大规模早期成岩白云石的形成(Vasconcelos et al., 1995; Seilacher, 1999; 梅冥相, 2012; Bontognail et al., 2014; Petrash et al., 2017)。但截至目前, 上述观点涉及的特定而广泛存在的海洋条件仍然存在争议(Wood等, 2017; Zhao等, 2020), 白云石具体形成过程与动力学机理尚未得到实验模拟与认证, 加之埃迪卡拉系灯影组普遍埋藏深度大、成岩作用漫长而复杂, 对其形成能否使用单个模式解释一直存在争议, 导致前寒武纪白云石的形成环境、成因机理等问题尚未得到全面解决。

本文以四川盆地廖家槽剖面埃迪卡拉系灯影组白云石为例进行研究, 分析其岩石学、矿物学及地球化学特征并探讨其所具有的形成环境指示意义。研究发现廖家槽剖面灯影组主要发育有泥晶、细晶和中晶白云岩等晶粒白云岩以及藻粘结、藻屑白云岩等藻云岩; 其中, 泥晶白云岩、藻粘结白云岩多保留原始沉积结构, 且微生物席、藻斑点、藻迹等微生物及其遗迹化石较常见; 而中晶白云岩、藻屑白云岩等沉积期后的成岩改造作用(如重结晶作用、溶蚀作用等)显著。原位地球化学特征分析显示, 保留原始沉积结构的灯影组泥晶白云石、藻粘结白云石的Mg/Ca比值接近理想原生白云石; Fe、Mn含量较低, Na、Sr含量分布范围与正常海洋环境中形成的方解石、白云石相近; 负Ce异常与正Eu异常显著, 具有LREE亏损、MREE和HREE富集的配分模式。全岩稳定同位素分析测试显示, 保留原始沉积结构的白云岩 $\delta^{13}\text{C}_{\text{dol}}$ 值与原始海相碳酸盐岩分布范围相一致, 但 $\delta^{18}\text{O}_{\text{dol}}$ 值略低于对应值域。综合分析, 认为廖家槽剖面灯影组保留原始沉积结构的白云石是拟晶白云石化作用的产物, 形成于具有微生物广泛作用、以方解石为先存矿物、盐度正常、以氧化海水为白云石化流体的环境; 而且, 灯影组沉积期气候条件较为干热, 海水水温暖, 四川盆地为表层海水氧化、底层水体还原的陆表海环境, 处于文石海向方解石海的转换时期。本次研究通过案例资料与数据的累计和证据与线索的广泛收集, 有助于揭示早期地球是否存在、存在何种特定而广泛的海洋条件, 为该领域进一步深入研究提供参考。

本次研究在东北石油大学青年科学基金项目(2018QNL-09)和东北石油大学人才引进科研启动费资助项目(1305021844)资助下完成!

**参考文献** [1]鲍志东, 季汉成, 梁婷, 等. 中新元古界原生白云岩: 以中国典型台地区为例[J]. 古地学报, 2019, 21(06): 869-884. [2]侯明才, 何亮, 徐胜林, 等. 镇巴地区灯影组岩石微相研究与沉积环境分析[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2020, 42(03): 31-42. [3]林孝先, 彭军, 侯中健, 等. 四川汉源—峨边地区上震旦统灯影组藻白云岩特征及成因研究[J]. 沉积学报, 2018, 36(01): 57-71. [4]梅冥相. 从3个科学理念简论沉积学中的“白云岩问题”[J]. 古地学报, 2012, 14(01): 1-12. [5]汪泽成, 姜华, 陈志勇, 等. 中上扬子地区晚震旦世构造古地理及油气地质意义[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(05): 884-897. [6]赵东方, 胡广, 张文济, 等. 渝北巫溪鱼鳞剖面灯影组鲕粒沉积特征及其地质意义[J]. 地质论评, 2018, 64(01): 191-202. [7]周传明, 袁训来, 肖书海, 等. 中国埃迪卡拉纪综合地层和时间框架[J]. 中国科学: 地球科学, 2019, 49(01): 7-



25. [8] BONTOGNALI T R R, MCKENZIE J A, WARTHMAN R, et al. Microbially influenced formation of Mg-calcite and Ca-dolomite in the presence of exopolymeric substances produced by sulfate reducing bacteria [J]. Terra Nova, 2014, 26:72-77. [9] LOWENSTEIN T K, HARDIE L A, TIMOFEEFF M N, et al. Secular variation in seawater chemistry and the origin of calcium chloride basinal brines [J]. Geology, 2003, 31:857-860. [10] SEILACHER A. Theme Issue: Unexplored Microbial Worlds || Biomat-Related Lifestyles in the Precambrian [J]. PALAIOS, 1999, 14(1):86-93. [11] VASCONCELOS C, MCKENZIE J A, BERNASCONI S, et al. Microbial mediation as a possible mechanism for natural dolomite formation at low temperatures [J]. Nature, 1995, 377:220-222. [12] WOOD R A, ZHURAVLEV A Y, SUKHOV S S, et al. Demise of Ediacaran dolomitic seas marks widespread biomineralization on the Siberian Platform [J]. Geology, 2017, 45(1): 27-30. [13] ZHAO D F, HU G, WANG L C, et al. Sedimentary characteristics and origin of dolomitic ooids of the terminal Ediacaran Dengying Formation at Yulin (Chongqing, South China) [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2020, 544.

**关键词** 白云石之谜; 微生物白云石; 拟晶白云石



摘要 ID:1631

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 基于孤立残余灰岩的百色盆地中三叠统兰木组沉积相特征研究

闫怡帆<sup>1</sup>、林小兵\*<sup>1</sup>、刘喜欢<sup>2</sup>

1. 成都理工大学

2. 江苏油田分公司勘探开发研究院

中三叠统兰木组灰岩潜山油藏是百色盆地油气勘探的重要领域,但其沉积相认识一直存在争议。兰木组地层沉积后经历印支晚期-燕山-喜山运动早期的长期隆升及差异剥蚀,现今残余的灰岩呈孤立块状不均匀分布,上法地区灰岩分布范围较大,约43km<sup>2</sup>,灰岩最大厚度600m;朔元28km<sup>2</sup>,最大厚度约200m;花茶7.5km<sup>2</sup>,灰岩最大厚度大于350m,从底至顶可划分为H6-H1共6个小层。基于野外剖面及法8、法18等井岩心资料,通过薄片鉴定、阴极发光、扫描电镜、元素和同位素地球化学分析等科学研究手段,对百色盆地中三叠统兰木组残余灰岩特征研究进行研究。结果表明,百色盆地中三叠统兰木组灰岩主要岩石类型为泥晶灰岩、颗粒灰岩、礁灰岩、岩溶角砾岩。底部H6小层岩性组合以泥岩夹泥晶灰岩为主,整体呈现为浅水陆棚沉积格局。H5小层为藻砂屑灰岩、泥晶灰岩为主,夹泥灰岩,为开阔台地台内滩-滩间海沉积。H4小层岩性组合又变为泥晶灰岩夹泥岩,为开阔海-浅水陆棚沉积。H3-H1主要为藻砂屑灰岩、藻纹层灰岩与藻粘结(礁)灰岩,为潮坪和台内礁滩沉积环境。纵向上的变化规律表现为,下部以泥岩为主,向上碳酸盐岩逐渐增厚,揭示了水体变清,陆源碎屑含量减少,灰岩变纯的过程,且在碳酸盐岩上部,颗粒滩与藻丘沉积逐渐增多,沉积环境依次为浅水陆棚-开阔台地-局限台地-潮坪,经历了两个水体变浅的旋回演变过程。

### 参考文献

**关键词** 百色盆地; 兰木组; 残余灰岩; 沉积相



摘要 ID:2047

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地西北缘震旦系奇格布拉克组微生物白云岩成岩演化及控储作用

唐攀\*、陈代钊、汪远征、杨钹  
中国科学院地质与地球物理研究所

塔里木盆地西北缘上震旦统奇格布拉克组广泛发育一套微生物白云岩, 且是深层-超深层碳酸盐岩油气勘探的潜在层位。然而, 其成岩演化历程及对储层的控制作用还缺乏系统研究, 制约了进一步的勘探。以阿克苏地区出露较好的6条剖面为研究对象, 基于岩相学、物性、地球化学(碳、氧、锶同位素)和包裹体分析, 对这套微生物白云岩的储集性、成岩演化及其控储作用开展了详细的研究。研究表明: (1) 区内主要发育四种类型的微生物白云岩, 分别是微生物纹层白云岩、叠层石白云岩、泡沫棉层白云岩和微生物球粒白云岩。(2) 主要的成岩矿物包括泥-粉晶白云石基质、早期纤状白云石胶结物、晚期中-粗晶白云石胶结物、孔洞充填石英、多期方解石胶结物以及沥青等。(3) 孔隙类型以小型溶洞、溶蚀扩大孔、微生物格架孔、晶间孔和微孔隙为主。

(4) 泡沫棉层白云岩的平均孔隙度和渗透率分别达6.15%、0.20mD, 在所有的微生物岩类中显示出相对最好的储集物性。(5) 优质储层的发育主要受控于微生物席沉积、早期白云石化作用和大气淡水淋滤。微生物席的沉积是各种格架孔发育的基础; 早期白云石化作用不仅可增强格架孔的抗压实能力, 也可产生大量的微孔隙; 与奇格布拉克组顶部不整合面相关的大气淡水淋滤事件则是改善先存孔隙、形成大量溶蚀扩大孔和小型溶洞的关键因素。

**参考文献** 陈汉林, 杨树锋, 董传万, 等. 塔里木盆地地质热事件研究[J]. 科学通报, 1997, 1096-1099. 何秀彬, 徐备, 袁志云, 2007. 新疆柯坪地区新元古代晚期地层碳同位素组成及其对比[J]. 科学通报, 2007, 107-113. 李朋威, 罗平, 陈敏, 等. 塔里木盆地西北缘上震旦统微生物碳酸盐岩储层特征与成因[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36, 416-428. 刘树根, 宋金民, 罗平, 等. 四川盆地深层微生物碳酸盐岩储层特征及其油气勘探前景[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2016, 43, 129-152. 罗平, 王石, 李朋威, 等. 微生物碳酸盐岩油气储层研究现状与展望[J]. 沉积学报, 2013, 31, 807-823. 钱一雄, 杜永明, 陈代钊, 等. 塔里木盆地肖尔布拉克剖面奇格布拉克组层序界面与沉积相研究[J]. 石油实验地质, 2014, 36, 1-8. 钱一雄, 何治亮, 李慧莉, 等. 塔里木盆地北部上震旦统葡萄状白云岩的发现及成因探讨[J]. 古地理学报, 2017, 19, 197-210. 石书缘, 刘伟, 黄擎宇, 等. 塔里木盆地北部震旦系齐格布拉克组白云岩储层特征及成因[J]. 天然气地球科学, 2017, 28, 1226-1234. 吴林, 管树巍, 杨海军, 等. 塔里木北部新元古代裂谷盆地古地理格局与油气勘探潜力[J]. 石油学报, 2017, 38, 375-385. 严威, 杨果, 易艳, 等. 塔里木盆地柯坪地区上震旦统白云岩储层特征与成因[J]. 石油学报, 2019, 40, 295-307+321. Loucks R. G. Paleocave carbonate reservoirs: Origins, burial depth modifications, spatial complexity, and reservoir implications[J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(11):1795-1834. Riding, R.. Microbial carbonates: the geological record of calcified bacterial-algal mats and biofilms[J]. Sedimentology, 2000, 47, 179-214. Shang, Y., Gao, Z., Fan, T., et al. The Ediacaran-Cambrian boundary in the Tarim Basin, NW China: Geological data anomalies and reservoir implication[J]. Marine and Petroleum Geology, 2020, 557-575. Zhu, D.Y., Liu, Q.Y., He, Z.L., et al. Early development and late preservation of porosity linked to presence of hydrocarbons in Precambrian microbialite gas reservoirs within the Sichuan Basin, southern China[J]. Precambrian Research, 2020, 342, 105694.

**关键词** 奇格布拉克组; 微生物白云岩; 成岩演化; 控储作用



摘要 ID:3211

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 南沙李准台地生物礁发育特征及其油气勘探前景

易海\*、胡小强、冯常茂、钟广见  
广州海洋地质调查局

南沙李准台地位于北康盆地与曾母盆地相接处。新近采集的地震资料揭示李准台地在中-晚中新世发育了多期生物礁。该处生物礁发育特征可与曾母盆地西部的瑟吉蒂加台地相类比;这也指示了李准台地在中-晚中新世仍处于远海浅水台地相带,至上新世才快速下沉,接受深海沉积,形成与地形起伏大体一致的披覆沉积。目前在部分生物礁体中可观察到平点现象,指示李准台地生物礁储层具有良好的油气勘探前景。

### 参考文献

**关键词** 生物礁; 李准碳酸盐岩台地; 北康-曾母盆地



摘要 ID: 3255

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 走滑断裂形成断控储集体层控因素影响 ——以顺北1号带、4号带为例

肖重阳<sup>\*1</sup>、韩俊<sup>1</sup>、赵锐<sup>2</sup>、黄诚<sup>1</sup>、李映涛<sup>2</sup>

1. 中石化西北油田分公司

2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

自顺北油气田发现以来,围绕顺北地区深层碳酸盐岩油气勘探接连取得突破。前人也大量提及顺北地区储集体主要控制因素以断裂为主,但同样条件的断裂带产量存在差异。通过选取断裂发育条件类似的1号、4号断裂带沉积微相进行对比。采用不同单井的岩屑薄片及测井特征将一间房组划分为2个半三级层序,并且识别出8种微相类型。1号带一间房组以开阔过渡-深水潮下带为主,4号带一间房组下段以局限-半局限过渡-浅水潮下带为主,上部则转变为开阔过渡-浅水潮下带为主。分析不同层序界面及不同微相位置的岩心孔渗情况,发现顺北地区一间房组储集体在断裂作为主控因素的条件同样受到层序及微相的控制,且二级层序界面的影响要强于沉积相的影响,而三级层序界面影响弱于沉积相的影响。

**参考文献** [1] Zenger DH, Dunham JD, Ethington RL. Concepts and Models of Dolomitization[J]. SEPM Special Publication, 1980, 28: 320. [2] Ma YS, Cai XY, Guo TL. The controlling factors of oil and gas charging and accumulation of Puguang Gas Field in the Sichuan Basin[J]. Chin Sci Bull, 2007, 52(1): 193-200. [3] 马永生, 蔡勋育, 赵培荣, 等. 2010. 深层超深层碳酸盐岩优质储层发育机理和“三元控储”模式——以四川普光气田为例[J]. 地质学报, 84(08): 1087-1094. MA YongSheng, CAI XunYu, Zhao Peirong. Formation Mechanism of Deep-Buried Carbonate Reservoir and Its Model of Three-Element Controlling Reservoir :A Case Study from the Puguang Oilfield in Sichuan[J]. ACTA GEOLOGICA SINICA, 2011, 18(4): 181-192. [4] 马永生, 蔡勋育, 赵培荣. 2011. 深层、超深层碳酸盐岩油气储层形成机理研究综述[J]. 地学前缘, 2011, 18(4): 181-192. MA Yongsheng, Cai Xunyu, Zhao Peirong. The research status and advances in porosity evolution and diagenesis of deep carbonate reservoir[J]. Earth Science Frontiers, 2011, 18(4): 181-192. [5] 马永生, 黎茂稳, 蔡勋育, 等. 中国海相深层油气富集机理与勘探开发: 研究现状、关键技术瓶颈与基础科学问题[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(04): 655-672+683. MA YongSheng, Li Maowen, CAI XunYu et al. Mechanisms and exploitation of deep marine petroleum accumulations in China: Advances, technological bottlenecks and basic scientific problems[J]. Oil & Gas Geology. 41(04): 655-672+683. [6] 吴丰, 代瑾, 姚聪, 等. 塔河油田奥陶系一间房组与鹰山组断溶体发育模式解剖[J]. 断块油气田, 2022, 29(01): 33-39. WU Feng, DAI Jin, YAO Cong, et al. Developmental mode analysis of the fault-karst reservoir in Yijianfang Formation and Yingshan Formation of Ordovician in Tahe Oilfield[J]. FAULT-BLOCK OIL & GAS FIELD, 2022, 29(01): 33-39. [7] 马永生, 何治亮, 赵培荣, 等. 深层—超深层碳酸盐岩储层形成机理新进展[J]. 石油学报, 2019, 40(12). MA Yongsheng, He Zhiliang, Zhao Peirong, et al. The new progress in formation mechanism of deep and ultra deep carbonate reservoir[J]. Acta Petrologica Sinica, 2019, 40(12): 1-10. [8] 马永生, 蔡勋育, 云露, 等. 塔里木盆地顺北超深层碳酸盐岩油气田勘探开发实践与理论技术进展[J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(01): 1-17. MA Yongsheng, CAI Xunyu, YUN Lu, et al. Practice and theoretical and technical progress in exploration and development of Shunbei ultra-deep carbonate oil and gas field, Tarim Basin, NW China[J]. PETROLEUM EXPLORATION AND DEVELOPMENT, 2022, 49(01): 1-17. [9] 马永生, 何登发, 蔡勋育, 等. 中国海相碳酸盐岩的分布及油气地质基础问题[J]. 岩石学报, 2017, 33(04): 1007-1020. MA YongSheng, HE DengFa, CAI XunYu et al. Distribution and fundamental science questions for petroleum geology of marine carbonate in China[J]. Acta Petrologica Sinica, 2017, 33(4): 1007-1020 [10] 赵锐, 赵腾, 李慧莉, 等. 塔里木盆地顺北油气田断控缝洞型储层特征与主控因素[J]. 特种油气藏, 2019, 26(05): 8-13. Zhao Rui, Zhao Teng, Li Huili, Deng Shang, Zhang Jibiao. Fault-Controlled Fracture-Cavity Reservoir Characterization and Main-Controlling Factors



in the Shunbei hydrocarbon field of Tarim Basin[J]. *Special Oil and Gas Reservoirs*. 2019, 26(05): 8-13. [11] 云露, 朱秀香. 一种新型圈闭: 断控缝洞型圈闭[J]. *石油与天然气地质*, 2022, 43(01): 34-42. Yun Lu, Zhu Xiuxiang. A new trap type: Fault-controlled fracture-vuggy trap[J]. *Oil & Gas Geology*, 2022, 43(01): 34-42. [12] 吕海涛, 韩俊, 张继标, 等. 塔里木盆地顺北地区超深碳酸盐岩断溶体发育特征与形成机制[J]. *石油实验地质*, 2021, 43(01): 14-22. Lv Haitao, Han Jun, Zhang Jibiao, et al. Development characteristics and formation mechanism of ultra-deep carbonate fault-dissolution body in Shunbei area, Tarim Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2021, 43(01): 14-22. [13] 黄诚, 云露, 曹自成, 等. 塔里木盆地顺北地区中-下奥陶统“断控”缝洞系统划分与形成机制[J]. *石油与天然气地质*, 2022, 43(01): 54-68. Huang Cheng, Yun Lu, Cao Zicheng, et al. Division and Formation Mechanism of Fault Controlled Fracture Cave System of Middle Lower Ordovician in Shunbei area, Tarim Basin[J]. *Oil & Gas Geology*, 2022, 43(01): 54-68. [14] 王玉伟, 陈红汉, 曹自成, 等. 顺北地区流体活动对储层形成的控制作用[J]. *断块油气田*, 2023, 30(1): 44-51. Wang Yuwei, Chen Honghan, Cao Zicheng, et al. Controlling effects of fluid activity on reservoir formation in Shunbei area[J]. *FAULT-BLOCK OIL & GAS FIELD*, 2023, 30(1): 44-51. [15] 邓尚, 李慧莉, 张仲培, 等. 塔里木盆地顺北及邻区主干走滑断裂带差异活动特征及其与油气富集的关系[J]. *石油与天然气地质*, 2018, 39(05): 878-888. Deng Shang, Li Huili, Zhang Zhongpei, et al. Characteristics of differential activities in major strike-slip fault zones and their control on hydrocarbon enrichment in Shunbei area and its surroundings, Tarim Basin [J]. *Oil & Gas Geology*. 2018, 39(05): 878-888. [16] 文山师, 李海英, 洪才均, 等. 顺北油田断溶体储层地震响应特征及描述技术[J]. *断块油气田*, 2020, 27(01): 45-49. WEN Shanshi, LI Haiying, HONG Caijun, et al. Technology of seismic response characteristics and description of fault-karst reservoir in Shunbei Oilfield[J]. *FAULT-BLOCK OIL & GAS FIELD*, 2020, 27(01): 45-49. [17] 邓尚, 李慧莉, 韩俊, 等. 塔里木盆地顺北5号走滑断裂中段活动特征及其地质意义[J]. *石油与天然气地质*, 2019, 40(05): 990-998+1073. Deng Shang, Li Huili, Han Jun, et al. Characteristics of the central segment of Shunbei 5 strike-slip fault zone in Tarim Basin and its geological significance [J]. *Oil & Gas Geology*. 2019, 40(05): 990-998+1073. [18] 韩俊, 况安鹏, 能源, 等. 顺北5号走滑断裂带纵向分层结构及其油气地质意义[J]. *新疆石油地质*, 2021, 42(02): 152-160. Han Jun, Kuang Anpeng, Neng Yuan, et al. Vertical Layered Structure of Shunbei No.5 Strike-Slip Fault Zone and Its Significance on Hydrocarbon Accumulation [J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2021, 42(02): 152-160. [19] 云露. 顺北东部北东向走滑断裂体系控储控藏作用与突破意义[J]. *中国石油勘探*, 2021, 26(03): 41-52. Yun Lu. Controlling effect of NE strike-slip fault system on reservoir development and hydrocarbon accumulation in the eastern Shunbei area and its geological significance, Tarim Basin[J]. *China Petroleum Exploration*. 2021, 26(03): 41-52. [20] 林波, 张旭, 况安鹏, 等. 塔里木盆地走滑断裂构造变形特征及油气意义——以顺北地区1号和5号断裂为例[J]. *石油学报*, 2021, 42(07): 906-923. Lin Bo, Zhang Xu, Kuang Anpeng, et al. Structural deformation characteristics of strike-slip faults in Tarim Basin and their hydrocarbon significance: a case study of No.1 fault and No.5 fault in Shunbei area[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2021, 42(07): 906-923. [21] 刘雨晴, 邓尚. 板内中小滑移距走滑断裂发育演化特征精细解析——以塔里木盆地顺北4号走滑断裂为例[J]. *中国矿业大学学报*, 2022, 51(01): 124-136. DOI:10.13247/j.cnki.jcumbt.001324. Liu Yuqing, Deng Shang. Structural analysis of intraplate strike-slip fault with meso-micro displacement: A case study of the Shunbei 4 fault, Tarim Basin[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2022, 51(01): 124-136. DOI:10.13247/j.cnki.jcumbt.001324. [22] 赵锐, 赵腾, 李慧莉, 等. 塔里木盆地顺托果勒地区中下奥陶统鹰山组与一间房组沉积相与旋回地层[J]. *东北石油大学学报*, 2019, 43(04): 1-16+139. Zhao Rui, Zhao Teng, Li Huili, et al. Sedimentary facies and cyclic stratigraphy of Yingshan Formations of Lower-Middle Ordovician in Shuntuoguole Area, Tarim Basin[J]. *Journal of Northeast Petroleum University*, 2019, 43(04): 1-16+139 [23] 王文博, 傅恒, 阎廖然, 等. 塔里木盆地顺北地区奥陶系碳酸盐岩层序模式及其意义[J/OL]. *沉积学报*: 1-17 [2021-10-24]. <https://doi.org/10.14027/j.issn.1000-0550.2021.078>. Wang Wenbo, Fu Heng, LÜ Liao-Ran, et al. Sequence Model of Ordovician Carbonate Strata in Shunbei Area, Tarim Basin, and Its Significance[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*: 1-17 [2021-10-24]. [24] Cai CF, Zhang CM, Cai





LL, et al. Origins of Palaeozoic oils in the Tarim Basin: Evidence from sulfur isotopes and biomarkers[J]. *Chemical Geology*: 2009, 268, 197-210. [25] Jiang L, Worden RH, Cai CF, et al. Contrasting diagenetic evolution patterns of platform margin dolostone and limestone in the Lower Triassic Feixianguan Formation, Sichuan Basin, China[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2018a, 92: 332-351. [26] Jiang L, Wordern RH, Cai CF, et al. Diagenesis of an evaporiterelated carbonate reservoir in deeply buried Cambrian strata, Tarim Basin, northwest China[J]. *AAPG Bulletin*, 2018, 102(1): 77-102

**关键词** 顺北地区; 一间房组; 沉积微相; 层序; 控制因素级别



摘要 ID: 3274

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 展板

## 川东石炭系微古岩溶地貌恢复——以川东五百梯地区为例

王同川<sup>1,2</sup>、文华国\*<sup>1,2</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 成都, 610059

2. 成都理工大学沉积地质研究院, 成都, 610059

潮湿条件下碳酸盐台地或岛屿经受陆上岩溶作用时, 沉积不整合面附近就会发育古岩溶系统, 这种岩溶作用可能与碳酸盐溶解、沉淀导致的孔隙度/渗透率改变有关。由于古岩溶环境对于油气资源的储藏具有非常大的潜力, 所以对川东石炭系微古岩溶地貌的恢复和精细刻画对于油气勘探开发十分重要, 前人针对川东古岩溶地貌恢复的研究工作已经较为细致, 明确了岩溶高地、岩溶斜坡、岩溶盆地的分布及其内部微地貌的发育特征, 但还存在一些需要解决的问题, 一是依靠钻井的地层厚度数据精度较低, 无法识别出发育规模较小的微古地貌的确切分布位置; 二是川东石炭系地层厚度较薄, 其上下均为不等时界面, 考虑到上覆梁山组泥岩也较薄同时受压实的影响, 依靠等时界面的传统岩溶古地貌恢复方法可能并不太适用。

为了准确识别出川东石炭系微古岩溶地貌, 本文借助精细三维地震资料及正演模型, 发现不同地貌单元在地震剖面及振幅平面上具有不同的响应特征: 残丘剖面特征为同相轴相对上提、振幅加强、反射连续性较好, 而浅洼为局部的同相轴下拉、振幅减弱、内部弱反射, 浅洼和残丘振幅平面上为椭圆状或不规则形状, 边界模糊; 落水洞和暗河剖面特征相似, 都为较强的相位下拉、振幅加强及短轴状强反射, 但落水洞的平面特征为不规则点状, 与暗河的线状相区别, 但都边界较为清晰。

本文据此结合研究区内的岩石学特征及钻井资料恢复了川东五百梯地区的石炭系残余厚度及微古岩溶地貌展布。恢复结果表明, 研究区内石炭系地层具有遭受岩溶作用强度由西向东逐渐降低的趋势, 与当时西高东低的古地理环境相吻合; 研究区在岩溶斜坡大背景下划分为岩溶高地、岩溶斜坡、岩溶残丘、岩溶浅洼四个地貌单元, 岩溶斜坡由于存在不同岩溶侵蚀程度的浅洼而进一步被分为陡斜坡带和缓斜坡带, 岩溶残丘和浅洼呈椭圆状或不规则长条状分布于岩溶斜坡当中, 而洼地中也有残丘及落水洞的存在。由于不同古岩溶地貌具有不同的油气储集潜力, 所以本研究有助于勘探目标区的选择, 同时为其他具有相似地质环境的古岩溶恢复工作提供了一定的理论基础和借鉴意义。

### 参考文献

**关键词** 川东石炭系; 微古岩溶地貌; 碳酸盐岩; 地震识别



摘要 ID: 3341

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型: 口头报告

## 川东南茅一段碳酸盐岩储层有机碳含量测井评价方法

周纯润\*、王亮、苏树特、刘瑜超、胡梦蝶、刘宇、姚茵芳、罗洋  
成都理工大学能源学院

有机碳含量(TOC)是含有机质碳酸盐岩储层评价的关键参数。目前,四川盆地东南部二叠系茅口组一段缺乏针对性的TOC计算模型,严重制约了该层系储层的综合评价。 $\Delta \log R$ 法与自然伽马法(GR)在计算该层系TOC时均存在局限性,无法准确反映地层中的TOC。为此,基于岩心分析、地质及常规测井等资料,综合 $\Delta \log R$ 法与自然伽马法的TOC计算模型以及茅口组一段整体岩性不同测井响应特征,建立一种计算该套层段灰质含量的方法,以及一套适用于该地区的TOC计算模型。该模型综合自然伽马法与 $\Delta \log R$ 法计算得到灰质参数指标T,以及四川盆地茅一段中部与顶部独特的岩性特征,计算得到目标层段的灰质含量(Car),进而得到茅口组一段的TOC。该方法已成功适用于JY66井,以及邻井DYS1等四口井,相比自然伽马法和 $\Delta \log R$ 法,该方法在茅一段上部有更强的适用性,且该灰质计算方法相比一般自然伽马计算的泥质参数具有更高的优先级。

**参考文献** [1]&nbsp;Supernaw, I. R., A. D. McCoy, and A. J. Lind, Method for in situ evaluation of the source rock potential of earth formations[P]. Patent U.S. , 071, 755, 1978. [2]&nbsp;Schmoker, J. W., Determination of organic content of Appalachian Devonian shale from formation-density logs[J]: AAPG Bulletin, 1979, 63, p. 1504-1509. [3]&nbsp;Passey Q R, Creaney S, Kulla J B. A practiCar&nbsp;model for organic richness from porosity and resistivity logs [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74 (12) : 1777-1794. [4]&nbsp;Fertl, W. H., and G. V. Chilingar. Total organic carbon content determined from well logs[J]. SPE Form. Eval, 1988, 15612, 407-419. [5]&nbsp;Peiqiang Zhao, C.N. A new method for estimating total organic carbon content from well logs[J]. AAPG Bulletin, 2016, 100(8): 1311 - 1327. [6]&nbsp;Jacobi, D., M. Gladkikh, B. Lecompte, G. Hursan, et al. Integrated petrophysiCar&nbsp;evaluation of shale gas reservoirs: Canadian International Petroleum Conference[C]// SPE Gas Technology Symposium Joint Conference, Cargary, Alberta, Canada, June 16 - 19, 2008, SPE-114925-MS, 23 p. [7]&nbsp;KHOSHNOODKIA M, MOHSENI H, RAHMANI O, et al. TOC determination of Gadvan Formation in south pars gasfield, using artificial intelligent systems and geochemiCar&nbsp;data[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2011, 78(1): 119-130. [8]&nbsp;郭越. 碳酸盐岩储层测井流体识别方法研究[D]. 中国地质大学(北京), 2013. [9]&nbsp;李进. 川东南地区茅口组一段碳酸盐岩储层测井评价方法研究[D]. 西南石油大学, 2019. [10]&nbsp;四川油气区石油地质志编写组. 中国石油地质志卷十四川油气区[M]. 北京:石油工业出版社, 1989: 55[11]&nbsp;胡明毅, 胡忠贵, 魏国齐. 四川盆地茅口组层序岩相古地理特征及储集层预测[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(1): 45-55. [12]&nbsp;谢云欣. 四川盆地雷口坡组油气聚集带特征及分布评价[D]. 成都理工大学, 2018. [13]&nbsp;胡东风, 王良军, 张汉荣, 等. 碳酸盐岩烃源岩气藏的发现及其油气地质意义——以四川盆地涪陵地区中二叠统茅口组一段气藏为例[J]. 天然气工业, 2020, 40(07): 23-33. [14]&nbsp;薛武强, 刘喜停, 颜佳新, 等. 重庆南川地区中二叠统茅口组眼球状灰岩成因[J]. 地质科学, 2015. 50(3): 1001-1013. [15]&nbsp;Lin, J.L, Salisch, H.A., Determination From Well Logs of the Total Orgtinic Carbon Content in Potential Source Rocks[J]. SPE 27627 1993. [16]&nbsp;汪宏年, 李舟波, 常明澈. 地球物理测井综合高分辨率处理系统及其应用[J]. &nbsp;测井技术, &nbsp;1996(06) :&nbsp;53-60. [17]&nbsp;张厚福, 方朝亮, 高先志等. 石油地质学[M]. 北京:石油工业出版社, 2002, 83-90. [18]&nbsp;PHILIPPI G T. On the depth time and mechanism of petro- leum generation[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1968, 29: 1021-1049. [19]&nbsp;NIXON R P. Oil source beds in Cretaceous Mowry shale of north western interior United State[J]. AAPG Bulletin, 1973, 52:57-65. [20]&nbsp;MEISSNER F F. Petroleum Geology of the Bakken Formation Williston Basin, North Dakota and Montana, in the Economic Geology of the Williston Basin[C]. Montana GeologiCar&nbsp;Society, Williston Basin



Symposium, 1978. [21]&nbsp;LEWIS D, INGRAHAM, PEARCY M. et. al. New Evaluation Techniques for Gas Shale Reservoirs[C]. Schlumberger Reservoir Symposium, Denver, Colorado, 2004, July 29-20. [22]&nbsp;陈增智, 郝石生, 席胜利. 碳酸盐岩烃源岩有机质丰度测井评价方法[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1994(04): 16-19. [23]&nbsp;黄华. 綦江地区中二叠统茅口组层序地层与沉积相研究[D]. 成都理工大学, 2013. [24]&nbsp;韩月卿, 李双建, 韩文彪, 赵红琴, 刘光祥, 郝运轻. 川东南地区中二叠统茅口组灰泥灰岩储层孔隙特征[J]. 石油实验地质, 2022, 44(04): 666-676. [25]&nbsp;马正. 油气测井地质学[M]. 北京: 中国地质大学出版社, 1994.

**关键词** 四川盆地; 茅口组一段; 碳酸盐岩储层; TOC; 计算方法



1472

主题分类：沉积学基础理论与进展=》碳酸盐岩沉积学

最终交流类型：展板

## 渤海古近系混和沉积储层岩石类型、分布规律和成因机制分析——以石白坨凸起陡坡带沙一二段储层为例

卢欢<sup>1,2\*</sup>, 刘晓健<sup>1</sup>, 王丽君<sup>1</sup>, 达利亚<sup>1</sup>, 贾业<sup>1</sup>

1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司

2. 中国地质大学(北京)

石白坨凸起陡坡带为一套近岸陡坡带扇三角洲和滩坝混合沉积、火山岩基底隆起背景的生屑云岩、白云质砾岩储层,以Q构造(扇三角洲和滩坝混积)和为代表,储层规模大。

本文首先总结了石白坨凸起陡坡带混合沉积储层岩石类型纵向上的分布规律。石白坨凸起岩石类型包括沙一段顶部的致密胶结的碎屑岩,中部滩相的生屑白云岩、鲕粒白云岩,以及底部扇三角洲砂砾岩、砂岩、白云质砂砾岩,沙二段主要由上部的凝灰质砂岩和下部的玄武岩组成。其中扇三角洲砂砾岩与砂岩、滩相白云岩、白云质砂砾岩均为优质储层。石白坨凸起储集空间类型湖相碳酸盐段原生粒间孔、鲕粒铸模孔、生物体腔孔、生屑铸模孔和非选择性溶蚀孔;扇三角洲段发育原生粒间孔隙和中酸性火山岩砾石的选择性溶蚀孔和粒内缝。

其次分析了混合沉积优质储层形成的沉积条件和成岩环境。

元素分析表明,本区沙一、二段V/Ni:3.94~1.78,平均2.63;Th/U:5.07~0.81,平均2.63;

Sr/Ba<0.1,总体反映陆相咸水环境;断层活动速率演化表明本区沙一、二段构造强度并不大,因此沙一段沉积期,渤海湖泊浅而广,气候的季节性变化及局部周期性的构造的运动导致湖盆边缘水深的变化,为短期暴露提供了条件。小凸起及大凸起都可以提供稳定的物源,表现为多方向、多类型物源充填。沉积相类型包括扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲、滩坝等。

同位素地质温度计分析表明其形成温度较低,最低可达25.15℃,最高48.29℃,反映其形成时期为准同沉积期形成的。通过碳氧同位素分析,得到了本区碳酸盐胶结物的碳氧同位素值,通过成因图版投点,可以发现,本区存在大气淡水成因方解石和混合水成因的白云石。其中泥晶套、白云石包壳形成时间最早,其次是环边、衬垫白云石,具有世代性,而粒间胶结物形成时间稍晚。

早期形成的泥晶套、白云石包壳及环边的胶结物可以提高岩石机械强度,增加岩石的抗压能力,对孔隙保存具有建设性作用;经历了同沉积淋滤的反复淘洗,早期的粒间胶结物往往发生溶蚀,有的甚至形成铸膜孔,仅保留泥晶套。在此基础上,对同沉积淋滤作用阶段进行了划分,可以划分为物源期、搬运期、滩坝期淋滤三个阶段,

最后,总结了石白坨凸起陡坡带混合沉积储层的成岩模式,可分为差异明显的两个成岩带:大气水渗流带及潜流带渗流带的顶部发育溶解带,其淋滤溶蚀作用最强,是鲕粒铸模孔、生屑铸模孔及颗粒内部孔的主要发育带,是优质储层的重要成因,也是火山岩岩屑及砾石溶蚀并高岭石化的主要区间。底部的沉淀带主要发育新月形、悬垂状胶结物,虽然是沉淀带,但是增强了岩石的抗压性,有利于粒间孔的保存。潜流带顶部的沉淀带主要发生方解石胶结,胶结物的形态具有等厚环边胶结特点。底部的溶解带主要为早期胶结物在后期溶解,为大量“原生孔隙”的打开提供了条件;此外,底部以中酸性砾岩火山岩为母岩的砾石在后期流体作用下发生粒内矿物的选择性溶解,共同形成了潜流带的溶解带。

### 参考文献:

王清斌,刘立,牛成民,2018.石白坨凸起陡坡带大气淡水成岩环境对湖相混积岩储层的影响.地球科学,43(2):1-9.

**关键词:**沙一二段;岩石类型;分布规律;沉积条件;成岩模式



# 沉积学基础理论与进展

## 细粒沉积岩



摘要 ID: 2579

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》 细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 湖相细粒沉积岩沉积环境条件分析及其对岩相发育的影响—以东营凹陷樊页1井沙三下亚段为例

许天宇\*、彭军、于乐丹、王瑜斌  
西南石油大学

近年来,针对细粒沉积的研究方向主要集中在岩石类型、沉积环境、沉积作用及层序地层学等方面,而沉积环境与岩相两者间的关系研究较为缺乏,明晰两者间的关系对泥页岩油气勘探开发具有重要意义。本文以东营凹陷樊页1井沙三下亚段半深湖-深湖相泥页岩为研究对象,通过岩芯描述、薄片鉴定、X射线全岩衍射等技术手段,综合地球化学等资料,分析研究区沉积环境介质条件及垂向变化,探讨沉积环境与岩相发育的关系。

东营凹陷古近系沙河街组发育大套细粒沉积岩,该凹陷油气资源丰富,勘探程度高,取芯井岩芯和分析化验资料齐全,是开展沉积环境条件分析及其与岩相发育关系研究的最佳地区。

本文运用指示湖相沉积环境介质条件的沉积学和地球化学指标开展研究层段古环境条件分析。采用Na/Al比值、气候干湿指数和矿物含量反映古气候,用Fe/Mn、(Fe+Al)/(Ca+Mg)和黄铁矿含量反映古水深,用V/Cr、Ni/Co和V/(V+Ni)等元素比值反映古氧化还原性,用Sr/Ba和Ca/(Ca+Fe)比值反映古盐度,用Ba、Ba/Al和Al/Ti比值反映古生产力。通过研究可知,①古气候:划分为3个阶段,即相对干冷-相对暖湿(第1阶段,3169.15~3251m,下同)→暖湿(第2阶段,3086.55~3169.15m,下同)→暖湿-相对暖湿(第3阶段,3051~3086.55m,下同)。②古水深:在第1阶段,相对干旱-相对暖湿气候下湖盆外河流淡水输入及降雨量少,湖盆内水体蒸发量大,供给量减少而排出量增大,共同造成水深变浅,但水深向上略微加深;第2阶段为暖湿气候阶段,水体快速加深达到最大,第3阶段气候由暖湿向相对暖湿转变,水体仍较深。③古氧化还原性:首先,受干旱气候下湖盆外河流淡水输入及降雨量少,湖盆内水体蒸发量大,供给量减少而排出量增大,共同造成水深变浅,水体呈弱还原性,在干旱气候之后,湖盆淡水输入及降雨量有所增加,水体还原性逐渐增强;之后进入暖湿气候阶段,水体深度达到最大,还原性最强;最后,气候向相对暖湿转变,水深略微变浅,还原性减小。④古盐度:第1阶段,气候相对干冷,受蒸发作用影响,湖水盐类析出,水体盐度较高,在后期气候向相对暖湿过渡,盐度略微降低;第2阶段,气候达到暖湿,水深达到最大,水体盐度持续降低;第3阶段,气候由暖湿向相对暖湿过渡,水体盐度略微增加但总体盐度仍处于低值。⑤古生产力:整体划分为3个阶段:古生产力较低-相对较高→古生产力水平高→古生产力水平较高。

根据每一阶段古环境分析的结果,探究并总结了沉积环境对岩相的控制作用。干旱气候条件下,含有机质泥质灰岩相和含有机质灰质泥岩相较为发育,当气候向暖湿转变时,发育富有机质灰质泥岩相;暖湿气候条件下,富有机质含灰泥岩相和富有机质泥岩相最为发育;暖湿气候向相对暖湿气候过渡时,富有机质含灰泥岩相和富有机质灰质泥岩相较为发育。同时,有机质丰度主要受盐度控制,岩性主要受气候控制,气候也是沉积环境介质条件变化的主要原因。

综上所述,运用沉积学和地球化学指标相结合的手段,详细剖析了东营凹陷樊页1井沙三下亚段沉积环境条件的演化,探讨了沉积环境变化对岩相的控制作用,既弥补了两者间关系研究的匮乏,也对后续泥页岩油气的勘探开发及优势岩相的确立有着重要意义。

### 参考文献

**关键词** 细粒沉积岩; 环境分析条件; 岩相; 沙河街组; 东营凹陷



摘要 ID: 3025

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 鄂西宜昌地区下寒武统水井沱组页岩中草莓状黄铁矿的形成与氧化作用——基于 SEM、EDS 及 $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$ 的证据

宋辉<sup>1</sup>、张同伟\*<sup>2</sup>、孟康<sup>1</sup>、张瑜<sup>1</sup>、邵德勇<sup>1</sup>、罗欢<sup>3</sup>

1. 西北大学 地质学系

2. Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin

3. 兰州大学 地质科学与矿产资源学院

页岩中草莓状黄铁矿的形成与氧化过程不仅在全球碳、硫和铁的循环中起着关键作用,其粒径与微晶晶型也通常用于反映环境的氧化还原状态 (Wilkin et al., 1996),对有机质的保存有重要指示意义。本研究以鄂西宜昌地区鄂阳页 1 井 (EYY1) 及流溪 03 钻井 (LX03) 下寒武统水井沱组为研究对象,通过氩离子抛光-场发射扫描电镜技术观察黄铁矿赋存形式,并利用图像处理软件 ImageJ 快速获取 SEM 图像中草莓状黄铁矿相关参数。同时,结合主微量元素与黄铁矿硫同位素 ( $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$ ) 等地化指标,综合探讨了草莓状黄铁矿形成过程与环境变化的关系。

研究结果表明:(1)水井沱组页岩中沉积黄铁矿主要有草莓状黄铁矿、团块状黄铁矿、黄铁矿自形晶及其集合体等多种赋存类型。且水井沱组富有机质层段自底部向上,草莓状黄铁矿及黄铁矿自形晶相对占比逐渐增多。(2)通过扫描电镜及能谱分析可见水井沱组富有机质层段上部草莓状黄铁矿存在微晶边缘锯齿状现象,是黄铁矿多阶段氧化溶解的表现。同沉积阶段温度较低,黄铁矿氧化主要受细菌间接氧化及含氧化剂孔隙水的影响;晚成岩阶段其氧化主要受温度和矿物结晶水的影响。黄铁矿的氧化会产生铁氧化物环带结构 (Gu et al., 2019),在有机质生烃阶段,大量的有机酸可能导致氧化产物的溶解从而只留下具有锯齿状边缘的黄铁矿内核。(3)EYY1 井与 LX03 井 Al 含量、U/Th 值等显示在水井沱组富有机质层段自下而上陆源输入增多,沉积环境由缺氧向贫氧转变。陆源输入带来的较多氧化剂促进了细菌硫酸盐还原作用 (BSR),形成了楔形  $\text{H}_2\text{S}$  水体,该阶段形成的草莓状黄铁矿于  $\text{H}_2\text{S}$  水柱中形成,由于重力及水动力影响导致迅速沉降并埋藏,其粒径偏小。从黄铁矿氧化的原理可知,细菌催化下促使黄铁矿氧化的速率会大大提高,因此可能存在细菌将水体中的  $\text{Fe}^{2+}$  氧化为  $\text{Fe}^{3+}$  的过程,故水井沱组富有机质层段上部  $\text{Fe}^{2+}$  含量低也可能导致草莓状黄铁矿及其微晶粒径偏小。(4)EYY1 井和 LX03 井水井沱组样品  $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$  范围分别为:  $-2.10\% \sim 37.50\%$  和  $-14.71\% \sim 21.00\%$ 。在水井沱组富有机质层段下段存在正漂现象,EYY1 井样品由 13% 左右正漂至 37% 左右,LX03 井样品由 4% 左右正漂至 20% 左右;上段存在负漂现象,EYY1 井及 LX03 井负漂最小值分别至  $-2\%$  及  $-14\%$  附近,该层段的负漂不仅与陆源硫酸根的输入有关,还可能与黄铁矿的氧化有关。黄铁矿的氧化本身带来的硫同位素的分馏很小,但是氧化的中间产物(如单质硫)发生的歧化作用会导致较大程度的负漂。

**参考文献** Gu X, Heaney P, Reis F, D. A. A et al., 2020, Deep abiotic weathering of pyrite[J]. *Science*, 370:425. Wilkin R T, Barnes H L, Brantley S L, 1996. The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: an indicator of redox conditions[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 60(20): 3897-3912.

**关键词** 草莓状黄铁矿; 寒武系页岩; 黄铁矿氧化; 硫同位素; 鄂西宜昌地区





摘要 ID:1195

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 展板

## 四川盆地筇竹寺组页岩类型与储层特征

赵国伟\*、邓模、曾华盛、张长江、彭金宁、李龙龙

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

海相页岩由于矿物组成的差异可划分为硅质页岩、钙质页岩、粘土质页岩和粉砂质页岩等 4 种主要岩石类型, 不同类型页岩生-排-滞留烃效率、储集性能等特征均有所差异。四川盆地筇竹寺组页岩类型及组合受早寒武世构造-沉积分异影响, 康滇古陆、汉南古陆等古隆起周缘浅水-深水陆棚型以粉砂质页岩-粘土质页岩为主, 部分为钙质页岩; 绵阳-长宁、川北、鄂西等克拉通内拗陷深水陆棚型以钙质页岩-硅质页岩为主; 川西北、川东南、川东北等被动陆缘深水陆棚-盆地型以硅质页岩为主。自粉砂质页岩-粘土质页岩-钙质页岩-硅质页岩, TOC 逐渐增高, 有机质富氢组分逐渐增加, 生烃能力逐渐增强。粉砂质页岩储集空间以粘土矿物孔和碳酸盐矿物粒内溶蚀孔为主, 极少量有机质孔以固体沥青孔为主; 粘土质页岩以有机质孔和粘土矿物孔为主; 钙质页岩有机质孔为主, 碳酸盐矿物粒内溶蚀孔贡献较大; 硅质页岩以有机质孔为主, 少量粘土矿物孔; 自粉砂质页岩-粘土质页岩-钙质页岩-硅质页岩, 大孔占总孔比例逐渐降低。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地; 筇竹寺组; 页岩类型; 储层特征



摘要 ID:717

主题分类：沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型：口头报告

## 海相页岩定量古地理编图及深水陆棚沉积微相划分—以川南泸州地区五峰组—龙马溪组为例

施振生\*

中国石油勘探开发研究院

海相页岩定量古地理编图和深水陆棚亚相的沉积微相划分是寻找页岩气“甜点”段的关键。本文以川南泸州地区五峰组—龙—14小层为编图单元，通过关键单因素的选取和典型钻井剖面测井数据的统计分析，编制了关键单因素图件。在此基础上，通过深水陆棚亚相各沉积微相划分标准的确定及多因素图件综合分析，系统编制了海相页岩定量古地理图。结果表明：（1）海相页岩定量古地理编图的关键单因素是地层厚度（m）、碳酸盐矿物含量（%）、石英含量（m）和黏土矿物含量（%）。其中，地层厚度（m）反映了该地层单元在区域上的分布范围、厚度变化及沉积时期的古大地构造背景；碳酸盐矿物含量（%）及分布能够反映古底型变化，底型越高，碳酸盐矿物含量（%）越高；石英含量（m）及分布主要受古底型控制，底型越低，石英含量越高；黏土矿物含量（%）和分布可以反映古物源方向，黏土矿物的含量越高，受陆源碎屑影响越大。（2）依据海相页岩的碳酸盐矿物含量（%）、石英含量（m）和黏土矿物含量（%），深水陆棚亚相可划分出水下高地、水下洼地、块体搬运沉积复合体和水下平原4种沉积微相。其中，水下高地微相碳酸盐含量最高（16%~20%），水下洼地微相石英含量最高（>55%），块体搬运沉积复合体微相黏土矿物含量最高（>40%），水下平原微相各矿物含量介于其它微相之间。（3）五峰组—龙—14小层发育时期，川南泸州地区发育水下高地、块体搬运沉积复合体、水下洼地和水下平原4种沉积微相。4种沉积微相整体呈“3高1洼1复合体”的分布格局，其中，水下高地分布于研究区西北部和东北部，块体搬运沉积复合体发育于研究区东南部，水下洼地发育于研究区中部，其它地区发育水下平原。

### 参考文献

**关键词** 单因素；多因素综合作图；定量；沉积微相；川南；五峰组；龙马溪组



摘要 ID:1209

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 川南地区五峰组-龙马溪组底部页岩岩相特征与沉积模式——以L204井为例

谢浩然、梁超\*、韩豫、刘雨迪、梅俊芳  
中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

近年来,国内外学者广泛开展对细粒沉积岩的研究并取得一系列优异的成绩,推动了我国非常规油气勘探和开发事业的发展。四川盆地南部的上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组海相页岩是我国页岩气开发的主力层位,所以明确其岩相特征和沉积模式对油气勘探具有重要指导意义。本文选取了泸州地区的L204井作为研究对象,利用其主微量元素、碳氧同位素、矿物全岩及TOC数据资料分析其沉积环境,并结合岩心、薄片和电镜资料分析岩相特征和沉积作用之间的关系。研究表明:①泸州地区五峰组-龙马溪组下段主要发育钙质粉砂页岩、石英-钙质混积粉砂页岩、黏土质页岩、生物介壳灰岩及凝灰岩五种岩相,主要岩相为钙质粉砂页岩、石英-钙质混积粉砂页岩和黏土质页岩,生物介壳灰岩仅在观音桥段发育,凝灰岩岩层大多较薄且主要分布在下部,向上变薄变少;②五峰组-龙马溪组底部下段以气候干热、还原性、盐度较高、深水体环境为主,古生产力较高,有利于有机质保存,TOC相对较高(TOC约2.34%~5.48%,平均值3.99%),其中五峰组底部气候暖湿、盐度低、氧化作用强、水体较浅使得有机质保存不好,TOC出现低值,底部上段主要以气候暖湿、氧化-贫氧、盐度较低、浅水体环境,生产力较低,TOC较底部下段低(TOC约0.8%~3.62%,平均值2.07%);③该区的沉积作用有悬浮作用、生物化学作用、底流作用和浊流作用,大部分页岩受悬浮作用控制,黏土物质较多且碎屑物质颗粒较小,黏土矿物则以片状伊利石和伊蒙混层为主;底流作用控制底部上段岩相,碎屑颗粒较多且定向性好;生物化学作用在观音桥段控制生物介壳灰岩发育;浊流作用则在底部上段低频出现,碎屑颗粒较大且定向性较差;④泸州地区的岩相发育主要受控于沉积环境、古地理环境、火山活动和陆源物质供应,沉积环境影响着陆源物质供应和页岩的成岩作用,古地理环境影响水体封闭性和碎屑物质物源,火山活动喷发出的火山灰形成凝灰岩会影响水体环境造成生物大量死亡,对页岩的成岩作用产生影响。基于以上结论,建立起泸州地区的沉积模式,有利于川南地区的页岩气勘探开发工作。

**参考文献** 马新华,谢军,雍锐,等,2020,四川盆地南部龙马溪组页岩气储集层地质特征及高产控制因素[J].石油勘探与开发,47(05):841-855.吴靖,胡宗全,谢俊,等,2018,四川盆地及周缘五峰组—龙马溪组页岩有机质宏微观赋存机制[J].天然气工业,(08):23-32.Liang C, Jiang Z, Cao Y, et al.,2017.Sedimentary Characteristics and Paleoenvironment of Shale in the Wufeng-Longmaxi Formation, North Guizhou Province, and Its Shale Gas Potential[J].Journal of Earth Science,(06):1020-1031.

**关键词** 川南地区;五峰组-龙马溪组;岩相特征;沉积模式;页岩气



摘要 ID:3170

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地龙马溪组低电阻页岩成因机制及其勘探潜力

高金亮\*、邹才能、郭伟、周天琪  
中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院

四川盆地龙马溪组页岩气勘探实践发现: 低电阻页岩储层 ( $<15\Omega\cdot\text{m}$ ) 在川南地区广泛发育 (Shi et al., 2021; 王滢等, 2022), 含气量、产量差异大, 高产、低产井均有发现, 打破了以往“低电阻页岩含气性差”的传统认识, 低电阻页岩的成因机制、含气性差异及其勘探潜力等问题亟待解决。

川南低电阻页岩纵向上主要发育于五峰组—龙一1亚段, 平面上主要分布于靠近一级断裂的构造低部位, 有机质成熟度高,  $R_o$  普遍大于 3.5%。利用 X 射线光电子能谱计算有机质石墨化相对含量, 发现川南低电阻页岩普遍存在有机质石墨化现象, 有机质石墨化程度高于 15%, 有机质石墨化后参与导电, 可造成页岩电阻率的降低 (王玉满等, 2018)。分析发现, 低阻页岩储层测井电阻率与 TOC 含量及有机质石墨化程度均呈现显著负相关关系, 即电阻率随有机质含量及石墨化程度的升高而降低, 表明有机质石墨化导电是形成页岩低电阻特征的主控因素之一。有机质石墨化易造成页岩有机质孔坍塌, 从而造成页岩孔隙度降低。峨眉山玄武岩与低电阻页岩的叠置关系显示, 峨眉山火山活动是造成川南地区有机质石墨化的重要诱因。同时, 部分井低电阻页岩电阻率与含水饱和度具有显著负相关关系, 表明高含水是造成页岩低电阻特征的另一因素, 断裂发育处构造保存条件破坏及天然气逸散是形成页岩高含水饱和度的主要原因。黏土矿物含量对于低电阻页岩电阻率影响较小, 黄铁矿富集可造成局部页岩层段出现低电阻尖峰, 但并非形成纵横向稳定分布低电阻页岩的主要原因。

现有页岩储层电阻率-含水饱和度模型未考虑有机质石墨化及导电矿物的影响, 造成低电阻页岩含气性计算存在较大偏差 (谢慧卓等, 2019)。为精确评价低电阻页岩含气性特征, 本研究构建了低电阻页岩导电体积模型, 并依据电阻率影响因素创建了针对高-过成熟页岩的非线性含水饱和度计算模型。同时, 利用随机森林算法, 建立了基于机器学习的区域低电阻页岩含气饱和度评价方法, 含气饱和度预测精度较传统算法大幅提高。低电阻页岩含气饱和度计算模型为准确评价低阻页岩含气性及区域勘探潜力提供了支撑。

通过对各低电阻页岩气井的深入剖析, 发现川南地区低电阻页岩主要分为高含水石墨化页岩和低含水石墨化页岩两类, 其中高含水石墨化低电阻页岩含气性差, 勘探潜力低; 低含水石墨化页岩含气性相对较好, 具备一定勘探潜力。

**参考文献** 谢慧卓, 李会银, 袁卫国, 等, 2019. 龙马溪低电阻率页岩含气饱和度计算研究[J]. 测井技术, 43(2):6 王滢, 何嘉, 寇一龙, 等, 2020. 长宁地区龙马溪组页岩储层低电阻率成因[J]. 油气地质与采收率, (003):029 王玉满, 李新景, 陈波, 等, 2018. 海相页岩有机质炭化的热成熟度下限及勘探风险[J]. 石油勘探与开发, 45(3):11 Shi W, Zhang Z, Huang Z, et al., 2021. Investigation of the Origin of Low Resistivity and Methods for the Calculation of Gas Saturation in Shale Gas Reservoirs in the Fuling Area [J]. Energy & Fuel, 35:5181-5193

**关键词** 龙马溪组; 页岩; 低电阻; 含气性



摘要 ID: 3257

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地及周缘下寒武统筇竹寺组细粒沉积岩沉积微相研究

曹凯旋\*<sup>1</sup>、吴冬<sup>1,2,3</sup>

1. 成都理工大学能源学院
2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室
3. 成都理工大学产业技术学院

作为四川盆地乃至中国页岩油气勘探开发的重要目的层位,上扬子地区下寒武统筇竹寺组越来越受到科研院所和生产企业的广泛关注。但受限于埋藏较深、构造-沉积背景复杂及研究资料有限等多种因素,目前对该套页岩的岩石特征及其形成的沉积环境认识相对薄弱,直接影响着深层页岩气勘探目标的确定。在目前国内外专家学者划分页岩沉积微相普遍仅依靠水深和岩相2方面依据的研究习惯之上,本次研究以四川盆地及周缘筇竹寺组野外露头、岩心、测井等资料为基础,结合地球化学参数、古生物种属等识别标志揭示了筇竹寺组沉积环境的差异。在海洋-古陆联合影响、水深中等、较强还原的陆棚环境中,进一步识别出富氧波浪-潮汐扰动相、富氧弱蒸发混积相、贫氧局限静水相和缺氧上升洋流扰动相四种沉积微相,并明确了优势沉积相的发育区带及其形成机理。筇竹寺组沉积微相的研究可有效帮助对该套海相页岩沉积演化的认识,为下一步油气勘探方向提供参考。

**参考文献** 刘攀,张克银,2018.井研—犍为地区麦地坪组—筇竹寺组沉积相特征[J].科学技术与工程,18,(02):20-25.胡琳,朱炎铭,陈尚斌,等,2012.中上扬子地区下寒武统筇竹寺组页岩气资源潜力分析[J].煤炭学报,37,(11):1871-1877.范海经,邓虎成,伏美燕,等,2021.四川盆地下寒武统筇竹寺组沉积特征及其对构造的响应[J].沉积学报,39,(4):1004-1019.刘忠宝,高波,张钰莹,等,2017.上扬子地区下寒武统页岩沉积相类型及分布特征[J].石油勘探与开发,44,(01):21-31.邢浩婷,2017.渝东北下寒武统牛蹄塘组富有机质页岩沉积与储层特征[D].硕士,成都理工大学.

**关键词** 四川盆地; 筇竹寺组; 细粒沉积岩; 沉积环境; 沉积微相



摘要 ID:3017

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》 细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 陆相断陷湖盆页岩细粒沉积体系探讨

王勇\*、张顺、杨永红  
胜利油田勘探开发研究院

泥页岩细粒沉积体系是当前沉积学研究的前沿方向之一。济阳拗陷沙四上-沙三下亚段页岩岩相类型多样、特征明显,近年来针对页岩系统取心 6000 余米,为陆相断陷湖盆页岩细粒沉积体系研究提供了“天然实验室”。综合利用岩心描述、薄片观察、能谱分析和地球化学测试等方法,以济阳拗陷为研究区,对沙四上-沙三下亚段的页岩沉积相类型及特征进行研究,并揭示了页岩细粒沉积主控因素和沉积作用机制。结果表明,济阳拗陷沙四上-沙三下亚段主要发育碳酸盐页岩、混合页岩、粘土页岩和长英页岩 4 种 9 类岩相;古气候、古水介质(水深、盐度、氧化-还原性)和古地貌协同控制了页岩岩相类型和分区带分布;层流作用、絮凝作用、生物-化学作用是页岩沉积的主要沉积作用机理。基于研究区页岩的组分主要由他生盆外陆源碎屑岩和自生盆内碳酸盐岩构成的特点,首先以物质来源为主要依据,将页岩细粒沉积体系划分为外源相、混源相和内源相;进一步以沉积动力和岩相的有序组合为主要依据,结合古地貌,将外源相划分为斜坡边缘亚相和外斜坡亚相、混源相划分为内斜坡亚相和深洼亚相、内源相划分为水下隆起亚相和浅洼亚相。沉积体系在纵向上受沉积环境的演化控制,随着气候由干旱向潮湿演化,物源注入增强,由下至上依次发育内源相、混源相和外源相;横向上,受碎屑物源对称供给的影响,沉积相具有对称分布的特征,从缓坡至陡坡带依次发育外源相-混源相-内源相-混源相-外源相;平面上,受古地貌、古物源和古水介质等影响,沉积相大致以盆地几何中心为核心呈环带状分布,内源相主要分布在水下隆起和浅洼区,混源相主要发育在半深湖区,外源相主要分布在粗碎屑沉积体系的边缘。细粒沉积体系的建立,将为陆相细粒沉积岩相的预测奠定理论基础,指导页岩油甜点的有效预测;同时,基于不同页岩细粒沉积体系烃源岩的评价,将有利于提高有效烃源岩的可信度,夯实资源的落实程度。

### 参考文献

**关键词** 页岩; 细粒沉积体系; 湖相; 沉积环境; 絮凝作用; 生物化学作用



摘要 ID:3077

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 浅层山地页岩储层特征研究——以昭通太阳区块五峰-龙马溪组为例

秦何星<sup>1,2,3</sup>、陈雷<sup>1,2,3</sup>

1. 西南石油大学地球科学与技术学院 四川成都 610500

2. 天然气地质四川省重点实验室 四川成都 610500

3. 中国石油天然气集团有限公司碳酸盐岩储层重点实验室西南石油大学研究分室 四川成都 610500

通过岩心、薄片、X-衍射、扫描电镜、测井等分析测试资料,对昭通地区太阳区块五峰-龙马溪组浅层山地页岩的矿物组分特征、储集空间特征、物性特征、有机地球化学特征和含气性特征等五个方面进行评价研究,制定储层评价标准,分析山地页岩储层控制因素,优选研究区有利储层。结果表明:昭通地区太阳区块五峰-龙马溪组页岩矿物成分以石英和粘土矿物为主,碳酸盐矿物次之,见少量长石。粘土矿物主要为伊利石、绿泥石、伊/蒙混层和高岭石。脆性矿物含量较高,其中主要矿物为石英,整体具有较好的脆性和可压性,同时,石英等脆性矿物含量高有利于孔隙与天然裂缝的形成与保存,对页岩储层的物性与含气性的改善有重要作用。昭通地区太阳区块五峰-龙马溪组页岩表现为特低孔、特低渗特征。孔隙形态多样,通过镜下观察识别出有机质孔、粒间孔、粒内孔和微裂缝,微裂缝主要发育应力差异性微裂缝、粒缘缝和粒内缝,为页岩气提供了大量的赋存空间。龙马溪组以有机孔、粒间孔、粒内孔为主,以I类微孔为主,保留少量粒间宏孔,所以五峰-龙马溪页岩储层为有机孔主导型储层。昭通地区太阳区块五峰-龙马溪组页岩的TOC值较高,处于生气的成熟~过成熟演化阶段,热演化程度适中,储层品质整体较好。含气量从底部向上逐渐减小,含气量最高的在龙一1亚段的1小层。选取矿物组分,储集空间,物性特征,总有机碳含量、有机质成熟度和含气性等评价参数建立评价体系,对研究区页岩储层进行评价,结果表明I类储层主要分布在龙马溪组下段龙一1亚段的1小层,而2小层、3小层和4小层以II类和III类储层为主,理想开发层位是龙一1亚段的1小层和2小层。

**参考文献** 白志强,刘树根,孙玮,等,2013.四川盆地西南雷波地区五峰组-龙马溪组页岩储层特征[J].成都理工大学学报(自然科学版),40(05):521-531.毕赫,姜振学,李鹏,等,2014.渝东南地区黔江凹陷五峰组——龙马溪组页岩储层特征及其对含气量的影响[J].天然气地球科学,25(08):1275-1283.常泰乐,王甘露,刘瑞鉴,等,2016.黔北地区与涪陵地区下志留系龙马溪组页岩储层特征研究[J].石化技术,23(02):212-213.陈尚斌,朱炎铭,王红岩,等,2012.川南龙马溪组页岩气储层纳米孔隙结构特征及其成藏意义[J].煤炭学报,37(03):438-444.陈尚斌,朱炎铭,王红岩,等,2011.四川盆地南缘下志留统龙马溪组页岩气储层矿物成分特征及意义[J].石油学报,32(05):775-782.龚小平,唐洪明,赵峰,等,2016.四川盆地龙马溪组页岩储层孔隙结构的定量表征[J].岩性油气藏,28(03):48-57.韩梅,2018.川南地区五峰组-龙马溪组黑色页岩储层特征及控制因素[D].山东科技大学.黄金亮,邹才能,李建忠,董大忠,王社教,王世谦,王玉满,李登华.川南志留系龙马溪组页岩气形成条件与有利区分析[J].煤炭学报,2012,37(05):782-787.贾成业,贾爱林,韩品龙,等,2017.四川盆地志留系龙马溪组优质页岩储层特征与开发评价[J].天然气地球科学,28(09):1406-1415.蒋柯,周文,邓乃尔,等,2020.四川盆地五峰组-龙马溪组页岩储层中黄铁矿特征及地质意义[J].成都理工大学学报(自然科学版),47(01):50-64.蒋裕强,董大忠,漆麟,等,2010.页岩气储层的基本特征及其评价[J].天然气工业,30(10):7-12+113-114.解德录,2016.川东南龙马溪组下段页岩储层储集空间特征及地质控制[D].中国矿业大学.靳雅夕,蔡潇,袁艺,等,2015.渝东南地区志留系龙马溪组页岩粘土矿物特征及其地质意义[J].中国煤炭地质,27(02):21-25.梁兴,徐政语,张介辉,等,2020.浅层页岩气高效勘探开发关键技术——以昭通国家级页岩气示范区太阳背斜区为例[J].石油学报,41(09):1033-1048.林腊梅,张金川,唐玄,等,2012.南方地区古生界页岩储层含气性主控因素[J].吉林大学学报(地球科学版),42(S2):88-94.刘树根,马文辛,LUBA Jansa,等,2011.四川盆地东部地区下志留统龙马溪组页岩储层特征[J].岩石学报,27(08):2239-2252.蒲伯伶,董大忠,耳闯,等,2013.川南地区龙马溪组页岩有利储层发育特征及其影响因素[J].天然气工业,33(12):41-47.孙梦迪,于炳松,李娟,2014,等.渝东南地区龙马溪组页岩储层特征与主控因素[J].特种油气藏,21(04):63-66+153.王玉满,董大忠,李建



忠, 等, 2012. 川南下志留统龙马溪组页岩气储层特征[J]. 石油学报, 33(04):551-561. 武瑾, 梁峰, 吝文, 等, 2016. 渝东北地区龙马溪组页岩储层微观孔隙结构特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 43(03):308-319. 张汉荣, 王强, 倪楷, 等, 2016. 川东南五峰—龙马溪组页岩储层六性特征及主控因素分析[J]. 石油实验地质, 38(03):320-325+332. 张士万, 孟志勇, 郭战峰, 等, 2014. 涪陵地区龙马溪组页岩储层特征及其发育主控因素[J]. 天然气工业, 34(12):16-24. 张正顺, 胡沛青, 沈娟, 等, 2013. 四川盆地志留系龙马溪组页岩矿物组成与有机质赋存状态[J]. 煤炭学报, 38(05):766-771. 赵迪斐, 郭英海, 白万备, 等, 2018. 沉积环境对优质页岩储层发育的控制作用—以渝东南地区龙马溪组为例[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 37(04):37-47. 赵迪斐, 郭英海, 陈蕾, 等, 2016. 页岩储层脆性特征及其影响因素探讨[J]. 非常规油气, 3(06):6-11. BI He, JIANG Zhenxue, LI Peng, et al., 2014. Shale Reservoir Characteristics and Its Influence on Gas Content of Wufeng-Longmaxi Formation in the Southeastern Chongqing[J]. Natural Gas Geoscience, 25(08): 1275-1283. Curtis J, B, Fractured shale-gas systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11):1921-1938. Clarkson C R, Jensen J L, Blasingame T A, 2012. Reservoir engineering for unconventional gas reservoirs:What do we have to consider?[J]. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 75(13):1483-1498. Han Y Q, Jiang Z Y, Feng G Q, et al., 2022. Pore Structure Classification and Influence Factors of Shale Reservoir of Wufeng-Longmaxi Formation in Southeast Sichuan[J]. Advances in Geosciences, 12(3): 298-309. Li X, Jiang Z X, Wang P F, et al., 2018. Porosity-preserving mechanisms of marine shale in Lower Cambrian of Sichuan Basin, South China [J]. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 55:191-205. Montgomery S, L, Jarvie D, M, Bowker K, A, et al., 2005. Mississippian Barnett Shale, Fort Worth basin, north-central Texas: Gas-shale play with multi-trillion cubic foot potential[J]. AAPG Bulletin, 89(2): 155-175. Tim B, Corey J, 2012. The Shale Gas Revolution: U.S. and EU Policy and Research Agendas[J]. Review of Policy Research, 29(4):32-34.

**关键词** 浅层页岩气; 太阳区块; 龙马溪组; 储层特征





摘要 ID:84

主题分类：沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型：口头报告

## 天文旋回在页岩油气储层预测中的应用

张建国\*、钟骑、姜在兴  
中国地质大学（北京）能源学院

页岩油气的勘探开发，对泥页岩的高精度划分要求极高。然而，传统的层序地层学地层划分理论并不能将泥页岩地层进行更高精度的划分，无法满足对页岩油气储层勘探及预测的要求。于是引入天文旋回理论作为泥页岩地层高精度划分的工具，通过研究天文旋回对气候变化的控制来发现其控制沉积的规律，进而预测有利的页岩油气储层。

采用天文时间序列分析与地质研究方法相结合的研究思路，对目的层段泥页岩地层用天文旋回进行地层旋回划分，以建立地层旋回与气候变化、孔隙度、有机质丰度、脆性矿物含量等指标演化规律之间的关系，结合天文旋回控制下的物性发育特征进一步指出有利的储层层段。

通过对测井数据中指示泥页岩沉积的参数（如自然伽马、磁化率等）运用快速傅里叶变换（频谱分析）、小波分析等多种信号处理方法对测井数据进行分析，通过分析并提取出能够被识别出旋回所对应的周期值以及所对应的地层旋回级次的曲线，以作为建立高精度旋回地层格架进行高精度旋回地层划分的基础。

将天文旋回建立高精度旋回地层格架进行高精度旋回地层划分方法运用于济阳拗陷和松辽盆地的地层对比。首先，在济阳拗陷，提取全区天文旋回信号，建立高精度旋回地层格架，发现了高精度旋回地层格架控制泥页岩沉积演化规律，如在牛页1井中发现受23ka岁差控制的泥灰岩与泥岩垂向上高频互层。然后，在松辽盆地的齐家-古龙凹陷，青山口组沉积了总厚300~600m厚层富有机质泥页岩，在钻穿青一段的211口探井中，通过对青一段30口取芯井建立高精度旋回地层格架进行高精度旋回地层划分，得到的结果显示青一段可划分为3套长偏心率地层，10套短偏心率地层，26套斜率地层，52套岁差地层，划分精度约1-2米，经地层对比，发现了超长偏心率、长偏心率控制岩相组合体垂向层段，短偏心率和斜率控制岩相组合体其次旋回。

总的来说，便是先建立起高精度泥页岩天文旋回地层格架，对泥页岩地层进行高精度的地层划分，然后，分析研究并建立天文旋回与气候变化、影响储层质量的指标之间的联系，进而对整个研究区的泥页岩有利储层进行预测。

### 参考文献

**关键词** 天文旋回；页岩；旋回地层格架；储层预测



摘要 ID:167

主题分类：沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型：口头报告

## 咸化湖相区细粒碎屑岩沉积特征及控沉机制

王艳清\*、李森明  
中国石油杭州地质研究院

为了探究咸化湖盆细粒碎屑岩沉积特征及其控沉机制，利用盆地内野外露头剖面、钻井取心、实验测试、录测井及地震等资料，借助于区域沉积背景，开展了咸化湖相区细粒碎屑岩发育特征综合研究，并结合水槽模拟实验剖析咸化湖盆水体盐度对细碎屑岩的控制作用。研究表明，柴达木盆地古近-新近系为咸化湖盆沉积，湖相区细粒碎屑岩分布范围较广，沉积特征具体表现为：（1）岩性上，主要为细砂岩、粉砂岩，分选中等-好，杂基含量低-中等；（2）层理构造特征上，发育低角度交错层理、波状（交错）层理、透镜状层理、脉状层理等，大量生物潜穴，未见以冲刷-滞留沉积；（3）沉积砂体类型上，为滨浅湖滩坝砂岩，坝砂单层厚度 1-5m，以低角度交错层理为主，正粒序、反粒序均有，滩坝单层厚度 0.5-2m，以波状层理、脉状层理、透镜状层理为主，反粒序；（4）分布特征上，纵向上具有多层叠置的发育特征、横向上具有叠置连片的发育特征、垂向上具有随三角洲前缘进退积而表现出迁移特征、平面上在滨浅湖内广覆式的分布特征；（5）沉积序列特征上，发育单期向上粒度变粗反粒序型、多期反粒序叠置型、正粒序与反粒序复合型三种典型的沉积序列，在砂岩的顶部均出现了鲕粒灰岩、含砂鲕粒灰岩、含鲕砂岩，这是有别于淡水湖盆滩坝沉积的最典型区别标志。控沉机制上，提出发育四个主控因素：水体盐度影响滩坝沉积速率与分布范围、碎屑输入影响滩坝砂岩分布范围、古地貌控制滩坝砂岩分布与富集、西北季风驱动效应控制滩坝砂岩展布方向。揭示滩坝叠合砂体的分布带范围可达 10-35km，多集中分布在距离三角洲前缘 3-15km，以此预测新近系 14 个砂组滩坝砂岩叠合发育区的面积达 5000km<sup>2</sup>，支撑了柴西南区岩性油气藏勘探及下凹找油的重大发现，对丰富陆相湖盆沉积学理论有着重要意义。

### 参考文献

**关键词** 咸化湖盆；细粒碎屑岩；控沉机制；柴达木盆地；新近系



摘要 ID:1173

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》 细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 湖相深水细粒沉积岩中亮晶方解石成因机制及意义

熊周海\*、操应长、梁超  
中国石油大学(华东)

湖相深水细粒沉积岩中亮晶方解石普遍发育,是页岩油的重要储层之一。本研究以济阳拗陷沙四上(Es4s)和沙三下(Es3x)亚段细粒沉积岩为例,利用薄片观察、包裹体测试、场发射扫描电镜观察、LA-ICP-MS分析、微区碳-氧同位素分析等技术手段,研究表明:济阳拗陷Es4s-Es3x湖相深水细粒沉积岩中亮晶方解石主要形成于中成岩期,古埋深范围为2000~3000m,温度范围为90~120°C,压力范围为45~60Mpa。根据晶粒的长宽比,亮晶方解石分为粒状、纤柱状和纤维状。粒状亮晶方解石中根据钠长石、石英等杂质矿物的发育情况,进一步划分为富杂质粒状亮晶方解石和贫杂质粒状亮晶方解石,纤柱状/纤维状亮晶方解石(统称Beef亮晶方解石)根据基底类型也进一步划分为黏土基底和碳酸盐基底两大类。亮晶方解石的发育是有机质热演化、黏土矿物转化以及早期方解石、长石等不稳定矿物溶蚀协同作用的结果。研究区粒状亮晶方解石以富杂质类型为主,且以贫铁为特征,物质来源主要为原地的早期泥晶方解石,是在有机酸和碳酸驱动下重结晶作用形成,产状、结构、矿物组分以及元素含量上很大程度地继承了早期方解石的特征;Beef亮晶方解石的发育受结晶力作用机制和异常超压作用机制的控制。碳酸盐基底Beef亮晶方解石以贫铁为主,物质组分主要来源于基底碳酸盐的溶蚀,元素含量变化幅度和趋势在一定程度上继承了基底的特征;黏土基底Beef亮晶方解石主要发育在富有机质的泥页岩层位,以富铁为主,是黏土矿物转化、钙质生物碎屑溶蚀和有机质热演化耦合的结果。

**参考文献** Folk, R.L. (1965) Some aspects of recrystallization in ancient limestones. Special Publications, 14-48. Bons, P.D. and Jessel, M.W. (1997) Experimental simulation of the formation of fibrous veins by localised dissolution-precipitation creep. Mineralogical Magazine 61, 53-63. Potter, P.E., Maynard, J.B. and Depetris, P.J. (2005) Mud and mudstones: Introduction and overview. , Springer Science & Business Media, pp. 157-174. Liang, G., Cao, Y., Liu, K., Jiang, Z., Wu, J. and Hao, F. (2018) Diagenetic variation at the lamina scale in lacustrine organic-rich shales: Implications for hydrocarbon migration and accumulation. Geochimica et Cosmochimica Acta 229, 112-128.

**关键词** 细粒沉积岩; 亮晶方解石; 济阳拗陷; 成岩作用; 成因机制; 页岩油



摘要 ID:3137

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》 细粒沉积岩

最终交流类型: 展板

## 河套盆地临河拗陷中新世代拗-断转换时期烃源岩时空分布、热成熟度特征及控制因素分析

李晨曦<sup>1,2</sup>、王永刚<sup>\*1,2</sup>、刘震<sup>3</sup>、刘峰<sup>1,2</sup>、陈树光<sup>4</sup>、王标<sup>4</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院
2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室
3. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室
4. 中国石油华北油田分公司勘探开发研究院

河套盆地临河拗陷作为中西部小型低勘探盆地,明确其烃源岩分布是盆地油气勘探的首要任务。而该盆地目前钻井稀少,缺乏采样分析资料,严重制约着烃源岩(固阳组和临河组烃源岩)早期预测。因此本文首先根据地震相-有机相分析法预测了烃源岩的分布范围,然后利用地震速度-岩性分析法定量计算了泥岩相厚度,之后通过地震速度反演和 $Ro-\phi$ 模型预测了烃源岩有机质热成熟度分布,最后综合分析了拗-断转换对烃源岩分布及热演化程度的控制机理。研究表明:(1)从早白垩世拗陷盆地到渐新世断陷盆地,烃源岩从广布式分布变为局限分布,从远离边界断层到靠近边界断层,从缓坡坡折带沉积到深凹沉积。(2)拗陷时期高成熟的烃源岩( $Ro>0.9\%$ )分布在整个拗陷,断陷时期高成熟( $Ro>0.9\%$ )的烃源岩集中分布在边界断裂的下降盘深凹陷中。(3)拗-断转换控制了烃源岩的时空分布和热演化程度。盆地类型从具有前陆盆地特征的拗陷盆地到箕状断陷盆地的转变控制了烃源岩的发育位置由“多湖”分布到“单湖”的转变,并在纵向上形成差异叠加;湖泊中心的迁移控制了烃源岩由南向北转移;拗陷时期的南强北弱的差异挤压控制了固阳组烃源岩南厚北薄的分布格局,断陷时期边界断裂的类型和活性强弱是烃源岩厚度沿着断裂走向差异变化的主要因素,铲状断裂的下降盘强活动区是烃源岩沉积的主要区域;渐新世断陷时期,高成熟的烃源岩主要分布在边界断裂的下降盘,早白垩世拗陷时期,受到上覆断陷盆地的叠加效应,在边界断裂下降盘处烃源岩热演化程度最高,而拗陷时期其他的湖盆中心处烃源岩的热演化程度也较高。本次研究有效地预测了临河拗陷主力烃源岩的分布、厚度及热成熟度分布并得到了新钻井的证实,进一步分析了拗-断转换对烃源岩及热演化程度的控制机理,最后建立了拗-断转化控制烃源岩分布的新模式,对类似叠合盆地的烃源岩研究具有重大借鉴意义。

**参考文献** [1]付锁堂,付金华,喻建,等,2018.河套盆地临河拗陷石油地质特征及勘探前景[J].石油勘探与开发,45(5):749—762. [2]顾礼敬,徐守余,苏劲,等,2011.利用地震资料预测和评价烃源岩[J].天然气地球科学,22(3):554—560. [3]刘震,常迈,赵阳,等,2007.低勘探程度盆地烃源岩早期预测方法研究[J].地学前缘,14(4):159—167. [4]赵重远,郭忠铭,惠斌耀,1984.河套弧形构造体系及其形成和演化机制[J].石油与天然气地质,5(4):349—361.

**关键词** 临河拗陷;拗-断转换;差异叠加;控制因素;叠合盆地



摘要 ID:2377

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》 细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 细粒沉积岩宏微观沉积构造的强水动力特征指示

廖纪佳<sup>3</sup>、Piret Plink-Björklund<sup>1</sup>、李海鹏<sup>2</sup>

1. 科罗拉多矿业学院地质与地质工程系
2. 深时数字地球国际卓越研究中心
3. 西南石油大学地球科学与技术学院

细粒沉积岩是非常规油气的生油岩和储集岩,蕴藏着储量可观的油气。以往人们对细粒沉积岩石的形成机理理解为,该类岩石的沉积物通常形成于安静的水动力,即细粒沉积物是在悬浮状态下自然沉降而形成的。国外科学家率先研究了细粒沉积岩石的形成水动力条件,以美国印第安纳大学地质系 Schieber 教授为首的学者基于室内水槽实验,观察和解剖了细粒沉积物的沉积机理,认为细粒沉积物可以在搬运细砂级物质的流速状态下发生沉积,从而揭示了并非所有的细粒沉积岩只能在安静水动力条件下形成。随着我国页岩气的规模效益开发,国内学者对该类细粒岩石的沉积机理开展了一些探索,主要是采用岩石薄片观察微观沉积构造,进而分析沉积条件,在宏观上的沉积构造认识仍然比较单一。本次研究基于对四川盆地北部地区的筇竹寺组及龙马溪组露头的宏观和微观解剖发现,露头岩性为深灰色粉砂质泥岩和泥质粉砂岩,在宏观沉积特征方面,可观察到明显的交错层理、下切充填构造(类似河道)、边部的冲刷切割等强水动力沉积构造;微观方面,基于大岩石薄片(4cm×5cm)扫描及图像分析后发现,发育多期次毫米级的正粒序(单期粒序厚度约4mm)纵向叠置、冲刷面、垂直层理的生物扰动构造、变形层理等强水动力及快速沉积的证据。该露头层位为四川盆地重要的页岩气开发层系,对露头沉积特征的详细研究,有利于更全面地揭示页岩储层的沉积环境以及细粒沉积岩的沉积机理,为我国细粒岩石沉积学研究提供可贵的素材。

### 参考文献

**关键词** 细粒沉积岩;沉积构造;宏微观特征



摘要 ID: 345

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》 细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 73 亚段细粒沉积特征及成因机制研究

余威\*

成都理工大学

近年来,随着深水沉积物重力流沉积理论的发展与实践应用,鄂尔多斯盆地长 7<sub>3</sub>亚段半深湖—深湖范围内被证实除了发育正常湖相泥岩外,还存在大量深水重力流搬运形成的细粒沉积物。湖相泥岩一般认为是由悬浮沉降形成,沉积特征与形成过程相对明确,但重力流的流体类型多样、且可以互相转化,因此重力流形成的细粒沉积物一般沉积特征与形成过程复杂,需要深入研究。本论文以鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 7<sub>3</sub>亚段细粒沉积岩为研究对象,综合运用岩芯观察、薄片鉴定、X-衍射分析及统计学分析等技术方法,对细粒沉积岩沉积特征、岩相类型、岩相组合类型、分布特征、成因机制等进行了系统研究。主要成果和认识如下:

长 7<sub>3</sub>亚段发育的细粒沉积岩岩相类型主要包括:块状层理粉砂岩相、平行层理粉砂岩相、沙纹层理粉砂岩相、韵律层理粉砂岩相、泥质碎屑粉砂岩相、泥质粉砂岩或粉砂质泥岩相、变形构造粉砂岩相、块状层理泥岩相及水平层理泥岩相。重力流成因的细粒沉积岩相组合主要包括:滑动滑塌沉积、泥质碎屑流沉积、低密度浊流沉积、混合事件层及异重流沉积岩相组合。研究区细粒沉积岩垂向表现为多种岩相组合的叠置,从平面上看,混合事件层中的细粒沉积是研究区最主要的细粒沉积类型。研究区细粒沉积物成因机制主要存在沉积物再搬运成因和洪水持续供给成因两种;岩芯观察中发现,垂向上可见地震与火山活动频繁发生诱发滑塌型重力流搬运演化直至恢复正常沉积的过程,盆地西南缘及南缘地震活动和火山作用强于盆地东北部; Sr/Cu 比值大部分在 10 以内,指示了湿润的古气候,这种古气候有利于洪水型重力流的形成。洪水型重力流模拟实验结果表明,搬运沉积物的粒度减小,有利于异重流的形成与搬运,形成的异重流的潜入点距出水口距离增加、发生潜入的时间减少、流体流速加大、形成的流体厚度加大。长 7<sub>3</sub>亚段沉积期,重力流是细粒沉积岩的重要成因机制,其中,沉积物垮塌再搬运成因重力流发育在盆地西南缘,搬运过程中表现出滑动滑塌块体搬运—碎屑流—浊流的有序演化,过程中浊流也可以向碎屑流转化;沉积物持续供给成因的重力流,暨异重流,主要发育在盆地南缘,其搬运演化主要受洪水能量强弱的控制。

**参考文献** 操应长, 杨田, 王艳忠, 等. &nbsp;&nbsp;&nbsp;深水碎屑流与浊流混合事件层类型及成因机制[J]. 地学前缘, 2017, 24(03): 234-248. 金杰华, 操应长, 王健, 等. 深水砂质碎屑流沉积:概念、沉积过程与沉积特征[J]. 地质论评, 2019, 65(3): 171-184. 刘军龙. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 7 油层组沉积体系与储层特征研究[D]. 2018, 西安:西北大学. 吕奇奇, 罗顺社, 李梦杰, 等. 深水碎屑流与浊流混合事件层沉积特征及分布—以鄂尔多斯盆地西南长 7 油层组为例[J]. 东北石油大学学报, 2020, 44(02): 69-78. 杨田, 操应长, 田景春. 浅谈陆相湖盆深水重力流沉积研究中的几点认识[J]. 沉积学报, 2021, 39(01): 88-111.

**关键词** 细粒沉积; 深水重力流; 成因机制; 长 73 亚段; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID: 3288

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 桂中坳陷北部地区上泥盆统榴江组沉积环境与页岩气勘查潜力

陈榕、石砥石\*、魏思宇、高棚、周志、葛佳  
中国地质调查局油气资源调查中心

桂中坳陷上古生界发育多套富有机质页岩,是我国南方页岩气勘查重点地区。前期桂中坳陷页岩气勘查工作主要集中在中泥盆统及下石炭统,目前已在桂中坳陷北部柳城斜坡带下石炭统鹿寨组获得了页岩气重要发现。为进一步拓展页岩气勘查层系,优选远景区,对上泥盆统榴江组开展了研究,认为桂中坳陷北上泥盆统榴江组具有良好的页岩气勘查潜力。

榴江组为一套以硅质岩、硅质页岩及页岩为主的海相沉积,厚度约30—150m,在桂中坳陷北部主要发育于南丹、河池、柳州、桂林一带,上覆五指山组扁豆状灰岩,平面上呈长条弧形分布。前人认为榴江组及上覆五指山组属于一套拉张型深水—半深水海槽环境的沉积物(石丰江,1985)。早泥盆世时期,在经过加里东运动运动之后,桂中坳陷的沉积格局发生了极大的变化,海水由南向北海侵,在区内发育了大套的碳酸盐岩台地相沉积。随后桂中坳陷经历了泥盆纪一系列张性的构造活动,裂隙槽打开,逐渐形成滇黔桂地区晚古生代典型的台盆相间的沉积格局。在弗拉斯阶时期,桂中坳陷经历了一次海侵,于裂隙槽斜坡带沉积了一套榴江组的硅质岩系。到了法门阶时期则出现了大面积的海退,在榴江组的上部沉积了具有半深水斜坡特征的五指山组扁豆状灰岩(黄锡强等,2015)。榴江组作为斜坡相深水—半深水沉积,属于良好的暗色烃源岩,可以作为页岩气勘查的潜力层系。

在桂中坳陷北部象州浅凹寨沙向斜地区,榴江组为一套硅质页岩、硅质岩、炭质泥岩沉积组合,厚度约90m。对该区榴江组露头样品进行地球化学分析,开展上泥盆统榴江组页岩气地质条件研究。测试结果表明,榴江组TOC值为0.8—10.9%,平均值3.9%;Ro值为0.95%—2.92%,平均2.48%;泥页岩脆性矿物含量较高,碳酸盐含量极少;整体上榴江组页岩气地质条件较好,具有页岩气勘查潜力。2022年,中国地质调查局油气资源调查中心部署于寨沙向斜的桂鹿地1井在上泥盆统榴江组获得了页岩气发现,进一步证实了榴江组的页岩气勘查潜力,拓展了桂中坳陷地区页岩气勘查层系及区域。

**参考文献** 石丰江,1985.论广西榴江组沉积环境[J].广西地质(02):35—38.黄锡强,覃洪锋,梁国科等,2015.广西融水地区榴江—五指山组地层及沉积环境分析[J].南方国土资源(08):31—33+37.

**关键词** 晚泥盆世;弗拉斯阶;深水沉积;页岩气



摘要 ID:2984

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》 细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 咸化湖相页岩层系岩相特征及典型沉积旋回模式——以柴达木盆地柴西坳陷为例

宋光永\*、李森明  
中国石油杭州地质研究院

咸水湖盆页岩层系沉积记录与淡水湖盆和海相盆地明显不同,具有独特性。本文以柴达木盆地柴西坳陷古近系为例,通过解剖大量钻井岩心、全岩X衍射、薄片、扫描电镜等大量测试资料,揭示了咸水湖盆页岩层系岩矿组成、岩相类型及组合,首次提出了一个咸化湖相页岩层系的理想沉积旋回模式。结果表明,岩矿组成以铁白云石、方解石、黏土矿物、石英、钠长石和硬石膏为主,同时含有少量黄铁矿、钙芒硝、石盐和钾长石等。其中,黏土矿物、石英及长石类矿物均为陆源机械沉积,大部分碳酸盐及硫酸盐矿物为化学沉积。也就是说咸化湖相页岩层系是陆源机械与化学两种沉积机制共同作用形成的。根据岩矿组成、沉积结构及构造的差异,将咸化湖相页岩层系分为7类典型的岩相,分别是块状不等粒砂岩、块状泥质粉砂岩、块状泥岩、长英质页岩、灰质页岩、纹层状泥晶-粉屑灰云岩、斑块状膏质灰云岩。正是由以上这7种岩相由下至上沉积构成一个米级典型完整沉积旋回。其中块状不等粒砂岩、块状泥质粉砂岩、块状泥岩构成上升半旋回,为浊流沉积系统所主导,而长英质页岩、灰质页岩、纹层状泥晶-粉屑灰云岩、斑块状膏质灰云岩构成下降半旋回,反映了化学沉积主导力逐渐增强。柴达木盆地柴西坳陷古近系页岩层系就是由这种典型完整旋回或它的一部分高频叠加形成的沉积记录。该研究结果对高分辨率层序地层学在咸化湖相页岩层系中的应用具有理论意义,并且当前的页岩油资源评价具有一定启示意义。

### 参考文献

**关键词** 咸化湖盆; 混积页岩; 岩相; 沉积旋回





摘要 ID:401

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》 细粒沉积岩

最终交流类型: 专题邀请报告

## 细粒沉积研究与页岩岩相编图

胡宗全<sup>1,2,3</sup>、朱彤<sup>1,2,3</sup>、杜伟<sup>1,2,3</sup>、王濡岳<sup>1,2,3</sup>、冯动军<sup>1,2,3</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院
2. 页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室
3. 中国石化页岩油气勘探开发重点实验室

本次研究以四川盆地及周缘五峰组-龙马溪组海相页岩为研究对象,通过大量钻井和露头的精细研究与对比,系统开展细粒沉积的层序地层划分与对比、岩相分类与识别、沉积环境分析、沉积模式建立、沉积微相-岩相编图以及有利岩相分布区预测。以多参数精细划分的层序与体系域为编图地层单元,以无机-有机组分综合岩相划分为依据,以无机-有机组分-环境单因素平面编图的手段,以岩相-沉积微相分布与演化的综合编图为核心,以优质页岩精细评价预测为目的,建立基于无机-有机组分的岩相平面编图技术,开展了系统的、以三级层序体系域为单元的沉积微相-岩相编图。

(1) 采用地质(岩性、古生物等)、测井及地球化学多方法相结合,将四川盆地及周缘五峰组-龙马溪组一段页岩划分为3个三级层序,7个体系域。(2) 以无机矿物含量和有机质含量作为分类定量参数,通过无机矿物的三端元图解确定石英、粘土和碳酸盐矿物的岩相划分标准,将无机岩相划分为4类8个亚类;基于有机质含量高低将有机相划分为5个级别;采用有机组分含量定品质、无机组分含量定岩性的方法进行细粒沉积岩相的综合分类与命名。基于岩相综合分类结果,合并归类为7种重点岩相,并针对页岩气勘探开发的需要,确定1种最有利岩相类型,3种较有利岩相类型。(3) 针对深水沉积模式与岩相分布规律问题,通过横切和平行深水陆棚两个方向进行层序地层与岩相的对比,建立了五峰组-龙马溪组页岩的沉积模式,指出四川盆地及周缘地区在五峰组-龙马溪组沉积时期发育台内拗陷背景之上的陆棚沉积模式。明确了从古陆到浅水陆棚再到深水陆棚,岩相中主体矿物含量的分布顺序为陆源碎屑和粘土到碳酸盐再到石英。

在对细粒沉积的三大理论认识问题进行深入研究的基础上,建立基于无机-有机组分的岩相平面编图技术。以建立的沉积模式为指导,以三端元主量矿物(石英、粘土和碳酸盐)含量、有机组分含量(TOC)定量编图为基础,参考环境地球化学参数(Th/U)定量编图预测的深水还原环境分布和对古水深的探讨,对7个体系域开展了系统的沉积微相-岩相编图。

**参考文献** [1]袁选俊,林森虎,刘群,等.湖相细粒沉积学研究进展与富有机质页岩分布模式——以鄂尔多斯盆地延长组长7油层组为例[C]/非常规油气成藏与勘探评价学术讨论会.2013.[2]姜在兴,梁超,吴靖,等.含油气细粒岩研究的几个问题.石油学报,2013,34(6):1031-1039.[3]Loucks R G, Reed R M, Ruppel S C. Morphology, genesis, and distribution of nanometer-scale pores in siliceous mudstones of the Mississippian Barnett shale. *Journal of Sedimentary Research*, 2009, 79: 848-861.[4]张金川,薛会,张德明,等.页岩气及其成藏机理[J].现代地质,2003,17(4):466-466.[5]郑和荣,高波,彭勇民,等.中上扬子地区下志留统沉积演化与页岩气勘探方向[J].古地理学报,2013,15(5):645-656.

**关键词** 细粒沉积;龙马溪组;页岩岩相;陆源碎屑



摘要 ID:489

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 湘鄂西桑植地区晚奥陶世-早志留世沉积古环境研究: 来自元素地球化学证据

赵刚<sup>1</sup>、云金表<sup>\*</sup>、刘光祥<sup>1</sup>、丁文龙<sup>2</sup>、孙雅雄<sup>1</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院
2. 中国地质大学(北京)

中扬子湘鄂西桑植地区在晚奥陶世-早志留世沉积环境经历较大转变。在野外露头地质调查基础上,通过露头、岩芯样品主量、微量、稀土元素分析,对桑植地区晚奥陶世-早志留世沉积古环境进行了研究,结合笔石带年龄划分,明确了在晚奥陶世-早志留世湘鄂西沉积时水体古氧化还原条件、古盐度和古生产力状况。元素地球化学分析结果表明:研究区五峰组-龙马溪组形成于“下部厌氧、上部贫氧”的古氧化还原环境、“下部高产、上部低产”的古生产力水平、“海侵降低、海退增高”的古盐度变化的沉积环境中。与上扬子地区(渝东北、黔北南坝子、川南)相比,元素含量垂向演变有其特殊性和复杂性,除了受沉积期古地理的隆降变化、古气候的冷暖转换、火山事件的频繁程度、构造活动的强弱等宏观地质条件共同控制以外,研究区还受到了局部性深部热液活动影响,导致了Eu、Tb、Er等元素的异常波动。

### 参考文献

**关键词** 沉积古环境; 元素地球化学; 晚奥陶世-早志留世; 湘鄂西桑植地区



摘要 ID:702

主题分类：沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型：展板

## 湖泊深水细粒沉积岩相发育特征及致密油成藏配置 ——以鄂尔多斯盆地延长组长7油层组为例

王峰\*<sup>1</sup>、陈蓉<sup>1,2</sup>、田景春<sup>1</sup>、余威<sup>1</sup>、梁晓伟<sup>3</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 成都理工大学博物馆
3. 中石油长庆油田勘探开发研究院

细粒沉积岩的岩相特征影响致密油生烃能力与储集性能，与沉积环境具有密切的联系。在野外露头及岩心观察的基础上，结合测井数据及薄片鉴定、粒度分析、有机碳分析、物性测试等分析测试方法，对鄂尔多斯盆地长7段细粒沉积岩岩相进行研究，共识别出交错层理砂岩相（Spt）、块状层理细砂岩相（Sm）、滑塌变形细砂岩相（Scd）、鲍马序列粉细砂岩相（Fd）、砂纹层理粉砂岩相（Fr）、水平层理泥岩相（Mh）、块状层理泥岩相（Mn）、水平层理页岩相（S）及凝灰岩相（T）等9种岩相类型。平面上，研究区东北部缓坡带发育Spt、Scd、Fr、Fd等岩相类型，为三角洲前缘-半深湖沉积环境，主要发育水下分流河道及河口坝沉积微相类型；研究区西南陡坡带发育Scd、Sm、Fd、Mn、T等岩相类型，为沟道型物重力流沉积环境，发育近源水道、远源水道和前缘朵状体等沉积微相类型。纵向上长73沉积期，湖面范围和水深均达到最大，气候温暖潮湿，S、Mh岩相发育，有利于致密油优质烃源岩的形成；长73-长71沉积期，湖盆萎缩，水体还原性减弱，东北部Spt岩相和西南部Sm岩相更为发育，形成了致密油的重要储集空间。优质的生烃岩相与有利的储集岩相在空间上叠置发育，构成长7致密油源内成藏和近源成藏两种源储组合成藏类型。

### 参考文献

**关键词** 细粒沉积岩；岩相特征；沉积环境；鄂尔多斯盆地；长7油层组



摘要 ID:1497

主题分类：沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型：口头报告

## 东营凹陷沙河街组三段下-四段上米氏旋回识别及其对湖相页岩发育的控制作用-以牛页1井为例

韩豫、操应长、梁超\*、杨博  
中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

东营凹陷古近系沙河街组三段下-四段上发育一套连续且厚度大的富有机质湖相页岩，是页岩油气的良好储层。本研究以牛页1井为研究对象，综合运用岩芯观察、薄片鉴定、测井数据分析、岩芯灰度值分析、X全岩衍射、ICP-MS分析和总有机碳测试，识别出了米兰科维奇旋回，探讨了偏心率、斜率和岁差对古气候演化的驱动，以及天文旋回对湖相页岩发育的控制作用。取得以下认识：1.以自然伽马测井数据作为古气候替代指标，通过预处理和滑动窗口频谱分析，识别出与天文理论模型符合良好的米兰科维奇旋回，使用相关系数法得出目标层位沉积速率约为11.4cm/kyr，并通过滤波得到该段偏心率、斜率和岁差信号曲线。2.偏心率与Sr含量、Sr/Ba曲线处于反相位：当偏心率较大时，地球公转轨道椭圆率较大，季节性差异较大，夏季降雨量大，湖平面较高，整体气候潮湿，古盐度处于低值；反之当偏心率较小时，整体气候干旱，古盐度较高。3.斜率与Sr含量处于同相位，与Fe/Mn曲线处于反相位：当斜率较大时，北半球中高纬度获得更多的日照量，气候较干旱，径流量较小，物源输入较少；反之当斜率较小时，气候较潮湿，物源输入较多。4.岁差与岩芯灰度值、碳酸盐矿物含量处于同相位，与TOC处于反相位：当岁差较大时，北半球夏至日位于远日点附近，夏季时间长，冬季时间短且相对温暖，主要发育泥晶方解石纹层和黏土粉砂纹层的纹层组合，TOC值较低；反之当岁差较小时，北半球夏至日位于近日点附近，冬季漫长，大量陆源碎屑长时间输入湖盆，黏土矿物含量较高，同时湖平面较高，水体常呈缺氧，利于有机质保存，主要发育黏土粉砂纹层和富有机质黏土纹层的纹层组合。

**参考文献** 梁超, 2015. 含油气细粒沉积岩沉积作用与储层形成机理 [D]. 石巨业, 2018. 东营凹陷始新世泥页岩段米氏旋回识别及其环境响应研究 [D].

**关键词** 页岩；米兰科维奇旋回；沉积环境；纹层组合；东营凹陷



摘要 ID:565

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 口头报告

## 川东南-川南地区龙马溪组优质页岩地质特征对比研究

杜伟\*、胡宗全、张殿伟、冯动军、聂海宽、边瑞康  
中国石化石油勘探开发研究院

四川盆地及其周缘上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组海相页岩气勘探开发取得一系列突破,发现了涪陵、威荣、长宁等多个大中型页岩气田,累计探明地质储量超2万亿方。勘探实践表明四川盆地及周缘不同地区五峰组-龙马溪组优质页岩发育特征存在较大差异,主要表现在厚度、岩相类型以及纵向分布特征。本次研究通过对川东南焦石坝地区、川南永川地区和川南威远地区的关键钻井资料、录井资料、测井资料以及分析测试数据进行对比分析,明确了川东南地区和川南地区优质页岩纵向分布特征,TOC分布特征以及页岩岩相类型。

川东南焦石坝地区优质页岩具有两段性分布特征,川南威远和永川地区优质页岩具有单段厚层连续发育特征;受陆源碎屑供给影响,川东南焦石坝地区上下部优质页岩中发育粉砂质页岩;受川中古陆影响,川南威远地区优质页岩中碳酸盐矿物含量较高,呈纹层状分布。川东南地区焦石坝地区优质页岩岩相类型为硅质页岩、含粘土硅质页岩和粘土质页岩。川南威远地区优质页岩岩相类型为硅质页岩、含灰硅质页岩和混合型页岩。

川东南地区粉砂质页岩将优质页岩分隔为上下部层段,具备上下部气层立体开发的物质基础,川南威远地区优质页岩厚度较薄,不具备立体开发的物质基础,川南永川地区优质页岩厚度大,可根据工程地质条件和应力特征,尝试进行多层立体开发。

**参考文献** [1]姜在兴,梁超,吴靖,等.含油气细粒岩研究的几个问题 石油学报,2013,34(6):1031-1039.[2]张金川,薛会,张德明,等.页岩气及其成藏机理[J]现代地质,2003,17(4):466-466.[3]梁狄刚,郭彤楼,边立曾,等.中国南方海相生烃成藏研究的若干新进展(三)南方四套区域性海相烃源岩的沉积杆及发育的控制因素[J]海相油气地质,2009,14(2):1-19.[4]郑和荣,高波,彭勇民,等.中上扬子地区下志留统沉积演化与页岩气勘探方向[J]古地学期刊,2013,15(5):645-656.[5]刘树根,王世玉,孙玮,等.四川盆地及其周缘五峰组-龙马溪组黑色页岩特征[J]成都理工大学学报:自然科学版,2013,40(6):621-639.[6]王玉满,董大忠,李新景,等.四川盆地及其周缘下志留统龙马溪组层序与沉积特征[J].天然气工业,2015,35(3)12-21.[7]梁超,姜在兴,杨懿婷,等.四川盆地五峰组-龙马溪组页岩岩相及储集空间特征[J].石油勘探与开发,2012,39(6):691-698.[8]王淑芳,董大忠,王玉满,等.四川盆地志留系龙马溪组富气页岩地球化学特征及古沉积环境[J].矿物岩石地球化学通报,2015,34(6):1203-1212 [9]郭岭.渝东南地区志留系龙马溪组黑色页岩沉积特征及其页岩气意义[D].中国地质大学(北京),2012[10]邹才能,董大忠,王玉满,等.中国页岩气特征、挑战及前景(一)[J].石油勘探与开发,2015,42(6):689-701 [11]张正顺,胡沛青,沈娟,等.四川盆地志留系龙马溪组页岩矿物组成与有机质赋存状态[J].煤炭学报,2013,38(5):766-771 [12]杜伟,胡宗全,朱彤,等.四川盆地及其周缘上奥陶统五峰组岩相特征[J].石油实验地质,2020,42(3):398-404.[13]聂海宽,金之钧,边瑞康,杜伟.四川盆地及其周缘上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组页岩气“源-盖控藏”富集[J].石油学报,2016,37(5):557-571.[14]熊亮.川南威荣页岩气田五峰组-龙马溪组页岩沉积相特征及其意义[J].石油实验地质,2019,41(03):326-332.

**关键词** 龙马溪组;优质页岩;碳酸盐矿物;粉砂质页岩;上下部气层



摘要 ID:1192

主题分类：沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型：口头报告

## 川南龙马溪组页岩纹层对储集性能的影响

赵国伟\*、邓模、曾华盛、史政

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

页岩中矿物和有机质组成、结构与构造的非均质性常表现为层理结构，纹层是层理的最初级单位，厚度通常小于1mm。宏观上，纹层的研究主要利用录井、测井、岩心观察等对纹层分布、密度、类型、结构、构造等特征开展定性和定量描述。微观上，主要利用岩石薄片、扫描电镜等，结合孔隙度、孔隙结构等开展纹层对储集性能影响的探索。但现有手段难以兼顾宏观和微观、整体性和非均质性，因此，建立一种页岩纹层定量表征方法来综合分析纹层对储集性能的影响就十分必要。以川南龙马溪组页岩为例，通过大面积氩离子抛光扫描电镜（MAPS）和矿物自动分析技术（AMICS）的结合，实现了0.7mm×0.7mm视域范围内，基于矿物组分精确识别的跨纹层mm-μm多尺度储层特征图像表征，进一步利用Photoshop、ImageJ图像分析技术实现了对矿物和有机质组成、结构、孔隙类型与结构的定量表征。结果表明：川南地区龙马溪组页岩可识别出明暗相间两种纹层，亮层以粉砂质纹层为主，暗层以泥质纹层为主，两种纹层矿物具定向性，超过50%颗粒长轴与纹层面夹角 $<30^\circ$ ；两种纹层矿物与有机质类型、含量、粒度差异性大，砂质纹层相较于泥质纹层具有高陆源碎屑石英、高碳酸盐岩、低粘土矿物、高固体沥青、低干酪根、大粒度的特点；储集性能方面，粉砂质纹层面孔率大于泥质纹层，粉砂质纹层无机孔占比高，无机孔主要为溶蚀孔隙，以宏孔为主，有机质孔主要为固体沥青孔，以中宏孔为主；泥质纹层有机质孔占比略高，有机质孔主要为干酪根孔和固体沥青孔，以中微孔为主，无机孔主要为粘土矿物晶间孔，以宏孔为主。纹层的发育有利于形成优质页岩储层。

### 参考文献

**关键词** 纹层；页岩；储集性能；川南；龙马溪组



摘要 ID:1835

主题分类: 沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型: 展板

## 勘探前沿无井区优质烃源岩定量识别技术

王颖\*、苗顺德  
中海油国际公司

优质烃源岩评价是含油气盆地勘探研究的基础, 优质烃源岩的有效分布范围决定了盆地的生烃潜力, 优质烃源岩定量预测的精度对于确定勘探领域和有利目标寻找具有重要的实际意义。巴布亚湾深水是勘探前沿区, 存在三大难题, 一是超深水, 二是盆地及周边 200km 范围内无钻井, 三是构造演化复杂, 周边无可类比的相似盆地。各大石油公司对盆地的勘探潜力没有明确的认识, 虽有钻井计划, 但仍互相观望, 希望其他公司能够开钻第一口探井, 落实盆地的潜力。本文针对以上难题, 首次提出并运用了勘探前沿无井区优质烃源岩定量识别技术, 从定向-定性-定量三个层次, 采用宏观类比、精细刻画、定量预测三类手段, 九大识别方法, 定量预测了优质烃源岩分布范围及发育厚度, 对盆地勘探及决策提供了重要的指导。

“勘探前沿无井区优质烃源岩定量识别技术”从盆地是否存在烃源岩可能性的源头出发, 采用油苗迹示踪法、构造演化复原法、地震相类比法判定盆地勘探潜力, 明确可类比盆地及烃源岩主力层系, 快速确定烃源岩规模、潜力; 建立了烃源岩精细刻画 4 步法, 通过断裂活动速率分析、沉积模式推测、层序地层分析及地震相精细划分 (图 1), 确定了优质烃源岩的发育背景, 落实了有利烃源岩发育区域、主发育层系, 明确了烃源岩的特征; 创新性的利用相对波阻抗反演门槛截断 NTG 法, 定量预测了泥岩的厚度 (图 2), 叠加沉积相分析, 对于盆地优质烃源岩发育的位置、规模有了明确的认识。

巴布亚湾深水东部高地 (盆地) 下侏罗系发育优质的中深湖相烃源岩, 以生气为主, 泥岩厚度在 100-450m 之间, 成熟烃源岩面积约 230km<sup>2</sup>, 滨浅湖相烃源岩以生气为主, 面积约 80km<sup>2</sup>。按照不同类型烃源岩计算的资源量, 明确了盆地的生烃规模, 对于盆地的勘探决策提供了重要的依据。

### 参考文献

**关键词** 巴布亚湾深水; 勘探前沿; 湖相优质烃源岩; 定量预测



摘要 ID:566

主题分类：沉积学基础理论与进展=》细粒沉积岩

最终交流类型：口头报告

## 台槽沉积对页岩气源储的控制作用——以桂中坳陷下石炭统为例

陶金雨\*、申宝剑、潘安阳

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

北美地区上古生界的泥盆系、石炭系海相页岩为主要的页岩气产层。我国桂中坳陷下石炭统地层也发育一套较深水的海相页岩，形成于台-槽相间的沉积背景。近年来，四川盆地下古生界五峰组-龙马溪组页岩气已经取得突破，该套海相页岩形成于深水陆棚沉积（张金川等，2004；郑和荣等，2013）。在桂中坳陷，台槽沉积的页岩层系是否具有好的资源潜力？特殊的台槽相如何影响页岩气的“源”条件和“储”条件？为了推进桂中地区上古生界的页岩气勘探工作，本次研究以桂中坳陷北部地区下石炭统鹿寨组页岩为对象，通过无机地化古环境分析、成烃生物定量分析、储层孔隙表征与微观结构分析等实验分析方法，从台槽相页岩的沉积特征、源岩和储层的基本特征等方面，将页岩气源的有机质和储集孔隙作为一个“源储”系统进行研究，探讨台槽沉积对源储的控制作用，以期对桂北地区页岩气勘探开发提供参考。

研究表明，桂中坳陷北部地区下石炭统鹿寨组页岩的厚度和有机质丰度受相带控制，台槽相次深水台盆微相的硅质页岩相具有形成页岩气的良好的物质基础。次深水台盆环境属于淡水、较高生产力的还原水体环境，缺乏陆源输入，硅质页岩的厚度可达8~60m，TOC含量在0.6~7.0%。次深水台盆环境富集大量浮游藻类，常见水幽球藻、波罗的藻等组合，有机质以I、II型为主，生烃潜力良好，控制了沥青有机孔与生物有机孔的发育。这些有机孔以介孔为主，N<sub>2</sub>吸附脱附回环形态H4型，沥青有机孔比生物有机孔更发育，而且次深水台盆硅质页岩的孔隙结构特征优于深水台盆。

台槽相不同微相环境中的无机矿物直接影响着无机矿物孔隙的发育。次深水台盆的富有机质硅质页岩沉积水动力极弱，多以化学生物或悬浮方式发生沉积，具有石英较高（17.6~77.2%/平均56%）、粘土适中（7.0~43.4%/平均28.3%）、灰质很低（0.2~27.9%）的矿物组成特征。台槽相深水台盆微相中局部受热液影响，形成热水成因的纯硅质岩，石英含量超过91%，TOC含量通常不到1%，不利于有机质的富集；次深水台盆硅质页岩中，适中的粘土矿物含量有利于粘土层间孔和有机质-粘土复合孔的发育，但粘土含量过高不利于孔隙的保存；在上斜坡和台棚微相的贫有机质硅质-碳酸盐质页岩相中，碳酸盐矿物含量较其他微相环境要高，以微晶（粒径<0.3 μm）方解石为主，隐晶结构，颗粒致密，鲜有残余粒间孔和粒内容孔。

### 参考文献

**关键词** 源储耦合；成烃生物；台槽相；下石炭统；桂中坳陷





# 沉积学新技术与新方法

## 地层正演数值模拟方法原理与应用



摘要 ID:2980

主题分类：沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型：展板

## 基于沉积动力学的河口湾储层智能建模研究——以 Oriente 盆地东部 P 区块 M1 层为例

韩仔坤\*、唐明明、程佳俊  
中国石油大学（华东）

厄瓜多尔奥连特盆地是南美安第斯山前的一个前陆盆地，走向近南北，呈非对称构造格架，盆地西陡东缓。P 区块面积为 1047km<sup>2</sup>，工区位置位于 P 区块西部，目标研究层为 M1 层，主要形成于潮控河口湾环境，潮控河口湾沉积受到河流和潮汐流的双重作用，导致储层非均质性强且内部结构相对复杂。为有效提高潮控河口湾储层中少井区三维建模精度，最大程度地降低地质模型的不确定性，本文采用沉积动力学与深度学习相结合的方法进行三维地质建模。

基于沉积动力学的沉积正演模拟相比于传统的地质建模能更为真实地刻画出地质体的分布情况和空间规律，但是与观测数据吻合难度大，难以条件化。多点地质统计学是目前较为常用的方法，可以有效解决在地质建模过程中工区少井的问题，但多点地质统计学的 MPS 模板无法容纳多次沉积模拟得到的沉积模式的总体统计特征。深度学习相比于多点地质统计学，可以解决无法容纳多次沉积模拟得到的沉积模式、选取模板依赖专家经验等问题，所建的地质模型砂体连续性更好，但是深度学习需要大量的数据集。综合沉积动力学与深度学习的三维地质建模方法可以实现优势互补，解决沉积模拟与观测数据难以吻合和深度学习地质建模缺少训练样本的问题。

为了有效提高工区沉积相（岩相）模拟的精度，通过对地形坡高、潮汐幅度、河口水流速度等因素进行条件约束，再对水位，潮汐等因素进行多因素分析，建立该地区的沉积动力学正演模型。通过沉积动力学模拟建立该区域的岩性模型，对中河口湾、外河口湾、过渡带三个区域选取合适的位置，利用 Petrel 与 Matlab 软件，对选取区域进行切分，作为深度学习训练的数据集。之后通过 CGAN 系统对数据集进行深度学习，从而能够直接生成可用于内河口湾，中河口湾以及外河口湾三维地质模型建模的 MPS 模板，利用深度学习生成的 MPS 模板进行地质建模。河口湾智能建模最终生成的地质模型符合率超过 92%，具有较高的模拟精度。表明在潮控河口湾储层中，通过沉积动力学建立三维训练模板约束储层进行智能建模，能够在少井区有效提高模型精度，这将为潮控河口湾含油储层的勘探与开发提供指导。

### 参考文献

**关键词** 沉积动力学；深度学习；潮控河口湾；地质建模



摘要 ID:481

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 沉积地层完整性及其控制因素定量评价: 来自地层正演模拟的启示

刘建良\*、刘可禹  
中国石油大学(华东)

自然界中沉积地层普遍存在不完整特征。“地层完整性”研究一直是国际上定量沉积学的前沿领域, 具有较大的研究难度。明确和定量表征“地层完整性”对准确了解地质时期的地层沉积演化过程、古环境与古气候背景以及与油气勘探相关的储集层与输导层特征等方面具有重要意义。尽管前人已尝试采用多种方法开展了“地层完整性”的理论与应用研究, 但由于研究难度大且各研究方法的不足, 目前研究进展不够理想, 这也制约了碎屑岩和碳酸盐岩地层完整性及其控制因素的定量化研究。

本次研究提出一种基于沉积过程的地层正演数值模拟方法, 可用于定量评价沉积盆地地层完整性及其影响因素。通过在地层正演数值模拟结果中同时提取沉积盆地中不同位置(不同沉积环境)虚拟井的时间域和深度域信息, 建立时空演化剖面, 定量分析不同沉积相带地层沉积、剥蚀及滑塌重力流沉积等全过程演化, 刻画沉积间断面及间断时间, 进而计算地层完整性并开展控制因素探讨。

分别以台地-斜坡-盆地相碳酸盐岩沉积概念模型和珠江口盆地白云凹陷恩平组上段碎屑岩沉积为例, 开展了不同沉积相带地层完整性评价及其控制因素探讨。结果表明, 碳酸盐岩地层完整性受沉积环境、海平面升降幅度、碳酸盐岩生长速率和构造沉降样式影响, 且诸因素影响方式和作用结果各异。白云凹陷恩平组上段河流-三角洲沉积体系沉积正演模拟结果分析表明, 地层完整性与构造沉降的改变成正比, 与物源供应成反比关系, 海平面变化中振幅及频率的改变则会使地层完整性发生小幅度的增大, 整体上, 构造沉降为影响地层完整性的主控因素, 物源供应次之, 海平面变化最弱。

### 参考文献

**关键词** 地层完整性; 控制因素; 地层正演模拟; 碳酸盐岩; 碎屑岩



摘要 ID: 3377

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 展板

## 断陷湖盆陡坡带浊积扇侧向摆动能力外部影响因素分析及优势砂体分布预测——沉积正演数值模拟的启示

陈柄屹<sup>\*1,2</sup>、Peter M. Burgess<sup>2</sup>、林承焰<sup>1</sup>、董春梅<sup>1</sup>、任丽华<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

2. School of Environmental Science, University of Liverpool

断陷湖盆陡坡带由于受“沟梁对应”的地貌特征影响且受控于边界断层, 浊积扇体发育, 也因此成为湖相致密油气与深层油气勘探的重要目标。在浊积扇形成与演化过程中, 扇体的侧向摆动与迁移是一个明显特征, 也是浊积岩储层空间分布非均质性较强的一个重要原因(Prélat et al., 2010)。本文以东营凹陷胜坨地区沙四段上亚段为研究对象, 以岩芯, 地震, 测井, 录井资料为基础, 利用沉积正演数值模拟模型 Lobyte-3D (Burgess et al., 2019) 开展了针对浊积扇体侧向摆动能力对于构造沉降、断层坡度、沉积物供应总量、沉积物供应频率这四个外部影响因素的敏感性与不确定性研究, 并综合多个与实际资料数据相吻合的模拟结果 (Multi-scenario approach) (Burgess et al., 2006; Gervais et al., 2018), 结合研究区优势砂体成因类型分析, 对研究区浊积扇沉积优势砂体平面分布进行了预测。研究结果表明: (1) 胜北断层在始新世早同生断裂期由多个互不相连的次级断层组成, 沿断层走向的不同断层部位活动强弱不同导致了研究区断控构造沉降显示出时空差异, (2) 扇体侧向摆动能力对构造沉降和断层坡度敏感性高, 构造沉降量增大或断层坡度变陡, 扇体侧向摆动能力均减弱; 扇体侧向摆动能力对沉积物供应量敏感性中等, 沉积物供应量增大, 扇体侧向摆动能力增强, 但其影响随着盆地可容空间的减小而变弱; 而扇体侧向摆动能力对沉积物供给频率敏感性低; (3) 基于沉积数值模拟的研究区优势砂体概率分布图显示: 浊积扇优势砂体出现概率较大区域主要为扇中与部分水道位置, 其中扇中优势砂体概率从中心到边缘逐渐降低。

**参考文献** [1] Burgess P M, Lammers H, Oosterhout C, et al., (2006); Multivariate sequence stratigraphy: Tackling complexity and uncertainty with stratigraphic forward modeling, multiple scenarios, and conditional frequency maps. *AAPG Bulletin*, 90 (12): 1883 - 1901. <https://doi.org/10.1306/06260605081> [2] Burgess, P M, Masiero, I, Toby, S C, et al., (2019) A big fan of signals? Exploring autogenic and allogenic process and product in a numerical stratigraphic forward model of submarine-fan development. *Journal of Sedimentary Research*, 89, 1 - 12. <https://doi.org/10.2110/jsr.2019.3> [3] Gervais V, Ducros, M, Granjeon, D (2018). Probability maps of reservoir presence and sensitivity analysis in stratigraphic forward modeling. *AAPG bulletin*, 102(4), 613-628. <http://DOI:10.1306/0913171611517242> [4] Prélat A, Hodgson, D M, Flint, S S (2010). Evolution, architecture and hierarchy of distributary deep-water deposits: a high-resolution outcrop investigation from the permian karoo basin, south africa. *Sedimentology*, 56(7), 2132-2154. doi :10.1111/j.1365309.2009.01073.x

**关键词** 断陷湖盆; 浊积扇; 扇体空间展布; 优势砂体分布预测; 沉积正演数值模拟



摘要 ID:295

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 基于对抗式生成网络的碳酸盐岩地层模拟代理模型构建及应用

刘彦锋<sup>1</sup>、段太忠<sup>2\*</sup>、龚伟<sup>3</sup>、张文彪<sup>2</sup>、黄渊<sup>2</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

3. 北京师范大学

地层沉积过程正演模拟方法比传统的基于统计学的建模能更真实地刻画地下地质体的分布规律 (Tetzlaff and Harbaugh, 1989; 段太忠等, 2019), 但是存在条件化难度大、模拟结果很难与观测数据吻合的缺陷, 导致该方法很难应用到实际油藏地质建模。基于模拟结果与观测数据定量比较, 地层沉积反演模拟技术在全局优化算法的驱动下不断修正沉积正演模拟输入参数, 使模拟结果与观测数据吻合度达到最好, 提高了沉积模拟方法的实用性 (Lessenger and Cross, 1991; Charvin et al. 2009; Duan, 2017)。但是, 由于整个反演系统非线性极强, 收敛难度大, 需要的迭代次数很大, 导致效率较低。基于对抗式生成网络的深度学习方法 (Arjovsky et al. 2017; Gulrajani et al. 2017), 可以通过大量的沉积模拟正演合成模型样本, 形成地层正演模拟器的代理模型, 然后将其代入反演模拟系统, 借助神经网络全程可微分的特征, 加快反演模拟的收敛速度。通过巴哈马西缘斜坡现代沉积验证了该方法的可行性, 为了尽可能涵盖真实解, 选择了尽量多的参数和尽量宽的参数区间, 共有 34 个参数, 包括初始地形、海平面曲线、构造沉降、产率、沉积搬运、动能分布等, 然后通过超立方采样的方式生成大规模训练样本给改进后的卷积对抗神经网络进行学习。对抗式生成网络同时训练生成器和判别器, 生成器输入上述 34 个参数输出二维沉积相模型, 判别器输入二维沉积相模型输出该二维沉积相模型与沉积规律的吻合程度。采用学习后的生成网络进行沉积反演模拟, 大大加快了收敛速度。尽管本文展示的是二维实例, 也有望扩展应用在三维模型上。

**参考文献** 段太忠, 王光付, 廉培庆等. 油气藏定量地质建模方法与应用 [M]. 石油工业出版社, 北京, 2019. Arjovsky M, Chintala S, Bottou L. Wasserstein generative adversarial networks [C] // International conference on machine learning. PMLR, 2017: 214-223. Charvin K, Gallagher K, Hampson G L, et al. A Bayesian approach to inverse modelling of stratigraphy, part 1: method [J]. Basin Research, 2009, 21(1): 5-25. Duan, Taizhong. Similarity measure of sedimentary successions and its application in inverse stratigraphic modeling [J]. Petroleum Science, 2017. Gulrajani I, Ahmed F, Arjovsky M, et al. Improved training of wasserstein gans [J]. arXiv preprint arXiv:1704.00028, 2017. Lessenger M A, Cross T A. A stratigraphic inverse simulation model [J]. AAPG Bulletin (American Association of Petroleum Geologists); (United States), 1991, 75 (CONF-910403) Tetzlaff D M, Harbaugh J W. Simulating clastic sedimentation [M] // Simulating Clastic Sedimentation. Springer, Berlin, 1989.

**关键词** 代理模型; 深度学习; 沉积过程模拟; 地层沉积正演模拟; 地层沉积反演模拟



摘要 ID:1840

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 基于沉积动力学模拟和多点地质统计学方法的河口湾储层建模研究

唐佳凡<sup>1</sup>、唐明明\*<sup>1</sup>、刘雪萍<sup>2</sup>

1. 中国石油大学(华东)

2. 中国石化胜利油田分公司滨南采油厂

潮控河口湾由于其复杂的岩性特征,表现出了多尺度的非均质性与内部复杂的结构,描述潮控河口湾特征具有挑战性。潮控河口湾在世界各地许多油气田形成了重要储层,例如加拿大 Alberta 盆地 McMurray 组中的阿萨巴斯卡油砂(Wighman and Pemverton, 1997), 中国塔里木盆地塔中地区 Kalpingtage 层(Zhang and Zhang, 2008), 澳大利 Bonaparte 盆地 Upper Cape Hay 层(M. Virolle, et al, 2019), 阿根廷 Austral 盆地 Springhill 层(E. Schwarz et al., 2011), 以及厄瓜多尔 Oriente 盆地 Napo 组中 M1、U、T 层(G. H. Lee et al., 2004)。现代沉积模拟表明, 河口潮汐砂坝有望成为深埋砂岩中最好的储层地质体(M. Virolle, et al, 2020)。奥连特盆地是南美洲厄瓜多尔最主要的含油气盆地, 研究目的层是位于 Oriente 盆地中 T 区块西部的 Napo 组中 M1 层。M1 层为潮控三角洲沉积, 横向分布不稳定, 在局部发育“泥岩墙”, 仅使用井上数据建立的岩相模型难以将其砂泥展布规律表现出来, 研究区亟需更为精确的三维地质模型。现今多点地质统计学方法是在面对河流相储层建模中常用的方法之一(A. J. Mitten et al., 2020)。多点地质统计学在面对地质情况较为复杂如河流-三角洲沉积相、潮控河口湾相研究区时, 能够较好的重现实际的储层展布形态。本研究设置与研究区沉积特征相近的趁机参数, 建立研究区趁机模型, 将与研究区沉积特征最相近的区域截取出, 进行多点地质统计学训练建模。这种方法既结合了研究区实际的沉积特征, 又使用了井上数据进行约束, 建模结果能展现出不同岩相砂体的发育规模, 得到与研究区地质认识相符的岩相模型。此次三维岩相建模使用多点地质统计学方法结合沉积动力学数值模拟提供的模板, 结果充分体现出了多点地质统计方法在复杂空间结构和几何形态地质体建模中的优势, 其建模结果对研究区进一步开发方案的制定等问题解决提供了指导作用。

**参考文献** Wighman D M, Pember S G, 1997. The Lower Cretaceous (Aptian) McMurray Formation: An overview of Carbon in the Fort McMurray area, northeastern Alberta [J]. Cspg Special Publications, 312-344. Zhang J, Zhang Z, 2008. Sedimentary facies of the Silurian tide-dominated paleo-estuary of the Tazhong area in the Tarim Basin [J]. Petroleum Science. Vol. 5 (No. 2): 95-104. Virolle M, Benjamin L, Sylvain P, et al., 2019. Influence of sedimentation and detrital clay grain coats on chloritized sandstone reservoir qualities: Insights from comparisons between ancient tidal heterolithic sandstones and a modern estuarine system [J]. Marine and Petroleum Geology, 107:163-184. Schwarz E, Veiga G D, Spalletti L A, et al., 2011. The transgressive infill of an inherited-valley system: The Springhill Formation (lower Cretaceous) in southern Austral Basin, Argentina [J]. Marine and Petroleum Geology, Vol. 28 (No. 6): 1218-1241. Lee G H, Eissa M A, Decker C L, et al., 2004. Aspects of the petroleum geology of the bermejo field, northwestern oriente basin, Ecuador [J]. Journal of Petroleum Geology, Vol. 27 (NO. 4): 335-355. Virolle M, Féniès H, Brigaud B, Bourillot R, et al., 2020. Facies associations, detrital clay grain coats and mineralogical characterization of the Gironde estuary tidal bars: A modern analogue for deeply buried estuarine sandstone reservoirs [J]. Marine and Petroleum Geology, 114:104225. Mitten A J, Mullins J, Pringle J K, et al., 2020. Depositional conditioning of three-dimensional training images: Improving the reproduction and representation of architectural elements in sand-dominated fluvial reservoir models [J]. Marine and Petroleum Geology, 113:104156.

**关键词** 潮控河口湾; 多点地质统计学; 沉积动力学模拟; 岩相模型



摘要 ID:635

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 柴达木盆地及其周缘第四纪地貌演化定量模拟及源到汇系统分析

刘维晶、刘可禹\*、刘建良、张逸帆  
中国石油大学(华东)

柴达木盆地是青藏高原内部最大的新生代陆相山间盆地,是了解构造和气候对沉积演化耦合控制的理想环境(李伟等,2004;赵俊猛等,2006;曹正林等,2018)。前人已对柴达木盆地第四纪沉积演化做了大量研究,但大多数都是针对局部区域开展的定性研究,缺乏系统性,定量性研究。Badlands 是一个模拟盆地和地貌演化开源软件,旨在模型化描述大陆尺度和地质时间(数千年到数百万年)尺度上的地表地貌演化和区域沉积成盆过程,能够通过模拟从源到汇环境中的侵蚀、沉积物搬运和沉积演化过程,进而恢复研究区的地貌演变(Salles et al., 2016; Ding et al., 2019)。

本次研究采用 Badlands 模拟柴达木盆地及其周围山脉在第四纪时期的剥蚀和沉积过程。通过对第四纪初期青藏高原北部古地貌的恢复,模拟了柴达木盆地 2.5 Ma 以来地貌演化和源-汇系统的演变,基于模拟结果分离了物源区和沉积区对应的地貌演化数据,定量研究了构造和气候变化对沉积侵蚀速率及第四纪沉积演化的影响。研究表明,构造隆升和气候变化对剥蚀速率和沉积速率都有直接影响。然而,气候的影响似乎更为显著:在冰期内,构造隆升使得沉积区的沉积速率和物源区的剥蚀速率缓慢增加(2.5 Ma-2.28 Ma; 1.94Ma-1.66 Ma; 1.2 Ma -0.6 Ma; 0.15 Ma-0.09 Ma)。但在间冰期,由于降雨量和雪山融水等气候原因会使其迅速增加至原本沉积或剥蚀速率的 2-3 倍(0.6 Ma-0.48 Ma; 0.42Ma -0.36 Ma; 0.1 Ma-0.075 Ma; 0.01 Ma -0)。柴达木盆地的沉积在 2.5 Ma-0.6 Ma 期间主要受构造运动的影响,在 0.6 Ma 结束时达到最大沉积厚度 2130 m,但 0.6 Ma 后主要受气候影响,在第四纪末最大沉积厚度达 3200 m 左右。

在第四纪,祁连山,昆仑山和阿尔金山为柴达木盆地提供了大量沉积物,其贡献量分别占 44%, 39% 和 17%,这与目前盆地周围山脉排水网络分布相符。由于东昆仑山属于次极大陆型冰川带,而南祁连山属于极大陆型冰川带,因此,与前者相比,后者的年降水量较低。第四纪末,受气候影响,昆仑山对柴达木盆地的沉积物贡献逐渐增加。

**参考文献** 曹正林,孙秀建,吴武军,等,2018.柴达木盆地盆缘冲断古隆起的形成演化及对油气成藏的影响[J].石油学报,39(09):980-989.李伟,2004.柴达木盆地沉积体系发育的动力学机制及成藏效应[D].成都理工大学.赵俊猛,唐伟,黎益仕,等,2006.青藏高原东北缘岩石圈密度与磁化强度及动力学含义[J].地学前缘,(05):391-400.朱筱敏,康安,韩德馨,等,2003.柴达木盆地第四纪环境演变、构造变形与青藏高原隆升的关系[J].地质科学,(03):367-376.Ding X, Salles T, Flament N, et al., 2019.

Quantitative stratigraphic analysis in a source-to-sink numerical framework: Geoscientific Model Development Discussions, 12: 2571 - 2585.Salles T, 2016. Badlands: A parallel basin and landscape dynamics model: SoftwareX, 5: 195 - 202.

**关键词** 柴达木盆地及其周缘;地貌演化;Badlands;源-汇系统



摘要 ID:1103

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 专题邀请报告

## 碳酸盐岩地层沉积反演模拟技术

段太忠\*、刘彦锋、黄渊

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

碳酸盐岩沉积学研究从早期简单的静态描述和形态学分类逐渐发展为对沉积体系形成至消亡的动态演化过程及其成因的多角度研究。层序地层学理论与技术的发展加深了对不同类型碳酸盐岩沉积系统内沉积相和地层结构的认识。针对碳酸盐岩体系时空复杂性和应用简单概念模式进行预测的高难度性,从定性分析到定量模拟是重要的发展趋势,地层沉积反演模拟技术可有力促进定量沉积学的发展和实际应用(Lessenger and Cross, 1991;Charvin et al. 2009;AlQattan et al. 2017)。

地层沉积反演模拟系统是地层正演模拟器、地层体定量比较技术和地层模型参数优化器的有机统一。区别于碎屑岩沉积,碳酸盐岩沉积体系的形成、演化和消亡除受构造活动、海平面变化、气候条件、海洋环境和水动力条件等多种作用于碎屑岩沉积体系的共同因素的直接或间接的控制外,还受到体系中生物与生态因素的重要控制(Pomar., 2001; 2020; Pomar and Haq, 2016)。根据最新的碳酸盐岩工厂、生态可容空间和层序地层学等基本原理,我们建立了基于环境能量和生物碳酸盐产能的地层沉积正演模拟方法和软件系统,可以模拟台缘带、缓坡、孤立台地以及复杂地形下的碳酸盐岩沉积体系等(段太忠等, 2019);以基因编码、句法模式和动态规划为基础,形成了沉积相序列定量表示和相似性计算,刻画模拟结果与观测数据的吻合度,作为反演系统的目标函数(Duan 2017);采用模拟退火、差异演化和复型洗牌等智能优化算法作为反演系统驱动器,逐步优化调整沉积正演模拟参数,使模拟结果与观测数据的误差最小,提高最终三维沉积相模型的预测能力。

通过巴哈马西缘斜坡现代沉积验证了该方法的可行性。在参数不确定性分析的基础上,选择与海平面曲线、碳酸盐产率、搬运和动能有关且不确定性较大的14-16个参数作为反演参数,4口科考钻探井为观测数据,进行了沉积反演模拟实例研究,通过5万次左右的迭代模拟,实现了模型收敛,得到了符合地质认识、与观测数据吻合度最佳的模拟结果。

**参考文献** 段太忠,王光付,廉培庆等. 油气藏定量地质建模方法与应用[M]. 石油工业出版社,北京,2019 Lessenger M A, Cross T A. A stratigraphic inverse simulation model[J]. AAPG Bulletin (American Association of Petroleum Geologists); (United States), 1991, 75(CONF-910403) AlQattan H, Mezghani M, Hmoud K. Moving Models into Reality: An Automated Workflow to Calibrate Forward Stratigraphic Modeling; Application to Hanifa and Arab-D in Central Saudi Arabia[C]//SPE Abu Dhabi International Petroleum Exhibition & Conference. Society of Petroleum Engineers, 2017. Charvin K, Gallagher K, Hampson G L, et al. A Bayesian approach to inverse modelling of stratigraphy, part 1: method[J]. Basin Research, 2009, 21(1):5-25. Duan, Taizhong. Similarity measure of sedimentary successions and its application in inverse stratigraphic modeling[J]. Petroleum Science, 2017. Pomar L. Ecological control of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2001, 175(1): 249-272. Pomar L, Haq B U. Decoding depositional sequences in carbonate systems: Concepts vs experience. Global and Planetary Change, 2016, 146: 190-225.

**关键词** 沉积模拟; 地层沉积正演; 地层沉积反演; 巴哈马





摘要 ID:1436

主题分类：沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型：专题邀请报告

## 地层正演数值模拟方法原理与应用研究现状

刘可禹\*、刘建良  
中国石油大学（华东）

地层或沉积正演数值模拟是定量沉积学研究的重要方法之一，能够定量恢复地层构造-沉积或地貌演化过程，定量探讨不同地质因素控制作用与机理，预测有利沉积相带或储层，定量评价源-汇系统等，具有重要理论研究和应用价值。该方法已广泛应用于古今碎屑岩和碳酸盐岩地层沉积演化研究及油气勘探中，但根据模拟原理与算法、考虑地质因素的不同，现有的模拟算法各有优劣。本次研究调研了国内外主要的地层正演数值模拟方法，根据模拟对象不同，可以分为碎屑岩和碳酸盐岩（有机质）沉积正演数值模拟模型，根据模拟算法不同可以总结为几何模型、扩散方程模型、基于规则的分析模型、模糊逻辑模型以及水动力学模型，其中基于水动力学的碎屑岩沉积模拟方法能够较为真实地处理流体所接触地形和运动状态，模拟沉积物的侵蚀、搬运和沉积过程，被认为最接近实际地质的一种碎屑岩沉积过程正演模拟方法，基于模糊逻辑算法的碳酸盐岩沉积模拟算法可以考虑多种控制碳酸盐岩生长、有机质沉积、剥蚀的控制因素，较为灵活且模糊速度较快。

利用基于水动力学方法和模糊逻辑算法的 Sedfil3D 地层正演数值模拟软件，以白云凹陷恩平组上段和川中地区灯影组为例，分别模拟了碎屑岩和碳酸盐岩地层构造-沉积演化过程，结果表明，恩平组上段早期为辫状河三角洲，近源、流体速度快，中-粗粒砂体可搬运至现今白云凹陷中心，晚期由于构造沉降速率快，可容空间快速增大，沉积物和中-粗粒砂岩向陆退积；川中地区灯影组“裂陷槽”可能为拉张构造背景下的“碳酸盐差异生长”成因模式。

### 参考文献

**关键词** 地层正演模拟；研究现状；白云凹陷；川中地区



摘要 ID:1925

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 陡坡带牵引流扇三角洲沉积特征及沉积过程模拟研究

徐伟\*<sup>1</sup>、邹婧芸<sup>1</sup>、房磊<sup>1</sup>、陈开远<sup>2</sup>

1. 中海油研究总院有限责任公司

2. 中国地质大学(北京)

裂谷盆地陡坡带通常发育重力流作用形成的冲积扇,其进入湖盆水体后紧靠断层形成近岸水下扇。然而,乌干达 Albert 盆地南部边界大断层下降盘发育由牵引流作用形成的扇三角洲沉积体系。本文通过综合定量的方法揭示了该特殊沉积体系特征,并通过正演模拟结果分析其成因及演化过程。

综合分析岩心描述、测井曲线、古生物分布、重矿物含量、粒度分析等资料开展沉积相分析,定量分析可容纳空间、物源供应及沉积物搬运参数等沉积主控因素的变化机制。利用米兰科维奇旋回地层学方法建立盆地天文年代标尺作为时间格架,通过四维沉积正演模拟,分析牵引流沉积的成因机制,揭示沉积过程随时间的演化模式。岩心显示,沉积物粒度为中-细砂岩,交错层理发育,几乎不含砾,以低能长期的水下分流河道牵引流搬运为主。藻类结果显示,Albert 盆地南部中新统地层属于滨浅湖环境,古水深较浅。重矿和地层厚度变化趋势表明物源方向位于盆地东南部边界断层东侧。

旋回地层学研究建立 Albert 盆地南部中新统地层天文年代地层格架,结果表明扇三角洲于 12.74Ma 开始沉积,至 11.93Ma 结束。该扇三角洲形成的主要的原因有两点:一是盆地开始接受沉积大概在 14.5-15Ma 之间,此时裂谷处于形成初期,东部边界断层断距远不及现今。二是盆地拉升的过程中,边界断层不断被侵蚀,季节性水流不断冲刷断层基岩,形成了一系列的冲蚀深沟,进一步降低了物源区于沉积区的落差,造就了牵引流的基础条件。通过基于扩散方程的沉积正演模拟,分析沉积特征对各沉积控制因素的响应样式,建立陡坡带牵引流扇三角洲随地质时间变化的沉积演化模型。

本研究揭示了一种特殊的沉积体系,即位于断层陡坡带由牵引流为主形成的扇三角洲。沉积正演模拟定量分析可以帮助我们进一步深入认识其复杂的沉积演化过程与储层分布规律。

**参考文献** 黄秀,刘可禹,邹才能,等,2013. 鄱阳湖浅水三角洲沉积体系三维定量正演模拟. 地球科学, 38(5): 1005-1013. Csato, I., Granjeon, D., Catuneanu, O., et al., 2013. A three-dimensional stratigraphic model for the Messinian crisis in the Pannonian Basin, eastern Hungary. Basin Research, 25: 121-148. Yin, X.D., Lu S.F., Wang, P.F., et al., 2017. A three-dimensional high-resolution reservoir model of the Eocene Shahejie Formation in Bohai Bay Basin, integrating stratigraphic forward modeling and geostatistics. Marine and Petroleum Geology, 82: 362-370. Hawie, N., Dubille, M., Guyomar, N., Maury, G., Thomas, V., Vidal, O., Carayon, V., Cuilhe, L. Al-Sahlan, G., Al-Ali, S., Al-Khamis, A., Dawwas Al-Ajmi, M., 2016. Innovative and Integrated Multi-disciplinary Workflow for Mature Basins Exploration: The Arabian Platform Case Study. SPE-183193-MS presented at the Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference held in Abu Dhabi, UAE, 7-10 November.

**关键词** 沉积特征; 沉积过程模拟; 扇三角洲; 牵引流; 陡坡带



摘要 ID: 2328

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 应用沉积正演研究地貌对于三角洲-峡谷-海底扇的控制作用

万力\*、张志杰、袁选俊  
中国石油勘探开发研究院

地貌是控制三角洲-峡谷-海底扇形成与演化的重要因素之一。然而, 针对地貌的控制作用仍然缺乏定量化和系统化的研究。本研究应用沉积正演研究了被动大陆边缘地貌对于三角洲-峡谷-海底扇体系的沉积物配置和河网分布的影响。研究建立了 47 个沉积正演模型测试了 6 个地貌参数, 即陆架坡度、陆架宽度、陆坡坡度、峡谷弯曲度、峡谷深度、和深海平原坡度; 随后确立了地貌参数和沉积参数间的定量关系, 沉积参数包括沉积体规模、沉积侵蚀体积与面积、支流水道数量和陆坡水道数量等; 最后结合粒度分布、水道迁移、以及层序地层格架分析了沉积对于地貌的响应。研究结果表明低陆架坡度、低陆架宽度、高峡谷坡度、低峡谷弯度有利于沉积物向深水输送, 也有利于浊流在峡谷内汇聚。低峡谷深度同样促进沉积物向深水输送, 但是促进浊流在峡谷两侧陆坡之上分布。对于三角洲而言, 由于坡度对于河道曲率的影响存在门限值, 因此随着陆架坡度增加, 河道迁移先降低后增加; 由于陆架宽度对于可容纳空间和沉积物供给的平衡同样存在门限值, 因此随着陆架宽度增加, 三角洲规模先增加后增速降低。对于峡谷而言, 低峡谷坡度、高峡谷弯曲度和低峡谷深度具有相似的效果, 都会促进峡谷迁移和峡谷加宽, 但会降低峡谷向岸侵蚀。本研究增进了三角洲-峡谷-海底扇的控制作用以及沉积物搬运机制的研究, 此外, 本研究中地貌与沉积体系间的关系可以为预测三角洲-峡谷-海底扇规模以及油气储层分布提供半量化的参考依据。

### 参考文献

**关键词** 沉积正演; 被动大陆边缘地貌; 三角洲; 峡谷; 海底扇



摘要 ID:1520

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 展板

## 基于地层沉积正演模拟的沉积演化机制分析: 以塔北地区寒武纪复杂碳酸盐岩体系为例

黄渊\*<sup>1</sup>、段太忠<sup>1</sup>、樊太亮<sup>2</sup>、刘彦锋<sup>1</sup>、沈祿银<sup>3</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院

2. 中国地质大学(北京)

3. 长江大学

碳酸盐岩体系形成与演化是一个多机制联合响应的动态过程,多种控制因素之间的相互作用、不同组合配置以及不同影响程度导致了碳酸盐岩体系强非均质性特征。尤其是古代碳酸盐岩体系往往受埋藏深、钻井资料少、地震资料品质差等方面限制,其沉积层序时空演化与成因机制都还有待深入研究。本文以塔里木盆地塔北地区早古生代寒武系碳酸盐岩层系为目标,利用有限的岩心、测井、地震等资料定性分析了沉积体系类型、层序地层结构和沉积相分布特征,建立了沉积概念模式。并在此基础上,通过地层沉积正演模拟技术定量恢复了寒武纪碳酸盐岩沉积演化过程,剖析了沉积时空演化规律,探讨了沉积演化主要控制因素。

研究表明,塔北地区寒武纪经历了五个阶段的演化(早寒武世玉尔吐斯期陆棚;肖尔布拉克期碳酸盐岩缓坡;吾松格尔期碳酸盐岩弱镶边(平顶)台地;中寒武世进积型碳酸盐岩镶边台地;晚寒武世碳酸盐岩进积型镶边台地)。台地类型的更替和复杂多样的层序结构是海平面变化与非匀速构造沉降共同控制的物理可容空间,以及碳酸盐沉积物生产(类型、数量、聚集能力、发育位置)和水动力搬运耦合作用所导致。东西分异的构造沉降影响了寒武纪西部台地整体向东部盆地推进的趋势。早寒武世肖尔布拉克期碳酸盐岩缓坡的形成、沉积相分散分布以及阶段性分异特征是由于海平面振荡、沉积物类型以及有效水动力搬运的共同作用。早寒武世吾松格尔期向弱镶边(平顶)台地的转化受生态可容空间变化的影响较大,水动力搬运减弱且与地形相关的碳酸盐生产和原地聚集增强造成台地形态和结构的演变。中-晚寒武世镶边台地与多期厚层进积地层的形成则主要是物理可容空间与生态可容空间相互作用的结果。

沉积定性分析与地层正演模拟定量研究相结合的碳酸盐岩沉积学综合研究方法,从成因角度出发刻画过程细节,可以最大限度地挖掘资料的信息量,有助于更全面了解古今碳酸盐岩沉积演化史,也有助于提高岩相非均质性预测的精度,对相控型深层碳酸盐岩油气勘探理论和技术方法具有补充作用。

### 参考文献

**关键词** 地层沉积正演模拟;塔里木盆地;寒武纪;碳酸盐岩;沉积演化



摘要 ID:1251

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 展板

## 碳酸盐岩断控岩溶过程及构件要素表征方法

张文彪<sup>1</sup>、段太忠<sup>1</sup>、何治亮<sup>2</sup>、马琦琦<sup>1</sup>、李蒙<sup>1</sup>、赵华伟<sup>1</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院

2. 中国石油化工股份有限公司

碳酸盐岩断溶体油气藏是近几年倍受关注的一种特殊类型油气藏,主要分布在中国西部塔里木盆地的奥陶系地层,埋藏深、非均质性强、形成过程复杂,探索断溶体发育演化过程以及断溶体构件要素特征,对于指导该类油气藏高效勘探开发较为关键。基于野外露头,岩心,测井及地震资料信息的挖掘,采用地质与地球物理相结合的手段,总结了断溶体形成演化模式,解剖了断溶体构件要素特征,建立了断溶体构件表征综合技术系列。研究表明:走滑断裂及其先期形成的破碎地层是断控岩溶发育的地质基础,大气淡水或深部热液沿不同尺度裂缝流动并发生溶蚀反应,形成与裂缝发育强度相关的断溶体发育模式。断溶体的不同组成结构称为断溶体构件,考虑岩溶程度、控制关系,将断溶体构件划分为主核岩带、次核岩带、大型溶洞带、孔缝带、裂缝-基岩过渡带。主核岩带由走滑断裂的骨干断裂带组成,纵向断穿深度大、平面延伸规模长,主核岩带内部主要由断层核及破碎角砾构成,其物性特征取决于内部角砾间胶结程度,主核岩带分布主要基于U-net深度学习网络进行地震三维预测;次核岩带是较主核岩带低一级次的构件要素,是由主干走滑断裂在活动过程中产生的较多的次级断裂/裂缝所形成,次级断裂主要沿主干断裂周围分布,所以次级核岩带的规模也较主核岩带小,其内部物性差异主要取决于裂缝的开启闭合以及内部角砾间的胶结程度,次级核岩带的预测主要基于地震TFL(Thinned Fault Likelihood)属性;大型溶洞带代表断控岩溶作用最强的部位,形成较大的溶蚀洞穴,洞穴内部根据垮塌程度呈现不同的充填特征,大型洞穴带是断溶体最重要的储集空间,主要基于钻井放空漏失段标定,地震剩余阻抗进行三维空间预测;孔缝带主要沿着大型溶洞带外围分布,其溶蚀程度较大型溶洞带弱,储集空间类型主要为溶孔以及溶孔间的裂缝,本次主要采用地震能量包络属性并参考钻时曲线进行标定和预测;裂缝-基岩过渡带主要分布在孔缝带的外围,是断溶体构件中破碎程度最弱的部位,储集能力较差,本次主要基于地震纹理(TEXTURE)属性进行三维预测。本研究系统总结了断溶体发育演化模式并建立了针对断溶体构件要素的三维表征技术,对于碳酸盐岩断控岩溶理论及实践具有补充和指导作用。

**参考文献** [1]. 鲁新便, 胡文革, 汪彦, 等. 塔河地区碳酸盐岩断溶体油藏特征与开发实践. 石油与天然气地质, 2015, 36(03): 347-355. [2]. 何治亮, 马永生, 朱东亚, 等. 深层-超深层碳酸盐岩储层理论技术进展与攻关方向[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(3): 533-546. [3]. 周文, 李秀华, 金文辉, 等. 塔河奥陶系油藏断裂对古岩溶的控制作用[J]. 岩石学报, 2011, 027(008): 2339-2348. [4]. 商晓飞, 段太忠, 张文彪, 等. 断控岩溶主控的缝洞型碳酸盐岩内部溶蚀相带表征——以塔河油田10区奥陶系油藏为例[J]. 石油学报, 2020, 41(3): 329-341. [5]. 鲁新便, 赵敏, 胡向阳, 等. 碳酸盐岩缝洞型油藏三维建模方法技术研究——以塔河奥陶系缝洞型油藏为例[J]. 石油实验地质, 2012, 034(002): 193-198. [6]. 胡向阳, 权莲顺, 齐得山, 等. 塔河油田缝洞型碳酸盐岩油藏溶洞充填特征[J]. 特种油气藏, 2014, 021(001): 18-21. [7]. 何治亮, 张军涛, 丁茜, 等. 深层-超深层优质碳酸盐岩储层形成控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2017, 038(004): 633-644, 763. [8]. 韩长城, 林承艳, 鲁新便, 等. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩岩溶斜坡断控岩溶储层特征及形成机制[J]. 石油与天然气地质, 2016, 037(005): 644-652. [9]. 伍齐乔, 李景瑞, 曹飞, 等. 顺北1井区奥陶系断溶体油藏岩溶发育特征[J]. 中国岩溶, 2019, 38(03): 444-449. [10]. 彭军, 王雪龙, 韩浩东, 等. 塔里木盆地寒武系碳酸盐岩溶蚀作用机理模拟实验[J]. 石油勘探与开发, 2018, 045(003): 415-425.

**关键词** 碳酸盐岩; 断控岩溶; 缝洞结构; 构件要素; 表征方法



摘要 ID:199

主题分类：沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型：口头报告

## 准噶尔盆地玛湖地区下乌尔禾组地层沉积正演数值模拟

黄秀\*

中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院

准噶尔盆地玛湖凹陷中二叠统下乌尔禾组是区域油气勘探的重要领域，但是由于勘探程度较低，目前勘探的区域都只局限在盆地周边，对于盆地中心的区域则没有进一步的研究。本次研究主要以下乌尔禾组三角洲沉积体系为例，应用三维正演地层模拟软件在参考前人研究的基础上，将湖盆底部地形、湖（海）平面变化、沉积物注入量及注入方式、气候、沉积物供给速率等动力要素结合在一起，对该浅水三角洲沉积体系的形成过程及年以来的演化进行定量正演模拟，并采用历史和野外数据对该三角洲沉积模型进行约束和校正。结果表明，较厚的砂体主要分布在玛9-艾参1-玛西1附近地区，累计厚度可达700多米，埋深为3000-4000米；泥岩主要分布在沙1-庄2附近地区，累计厚度可达600多米，埋深为6000-7000米；湖相中发育前三角洲砂体，埋深为5000-7000米，分布面积3800km<sup>2</sup>，其中5500m以浅分布面积1410km<sup>2</sup>，是近期的有利勘探区带。此外，单因素分析结果表明，物源供给量越大，越不利于前三角洲砂体的发育；盆地的入口坡角小于4°时，广泛发育前三角洲砂体；湖平面变化振幅的改变主要控制沉积体系的叠置关系，而对盆地的沉积物总量影响不大，前三角洲砂体主要发育于湖平面下降时期。该模拟结果不仅能够对大型浅水三角洲的内部特征及形成过程有着更直观的认识，而且也为今后研究不同地区相似的三角洲沉积体系的形成过程提供了可借鉴的分析模型与理论依据。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地；下乌尔禾组；三维定量正演模拟；数值模拟；



摘要 ID: 329

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 基于地层正演模拟和地质统计学方法的三维油藏表征新方法

尹相东\*

西南石油大学

基于地质统计学方法的油藏表征需要大量约束条件(如井资料、地质资料)才能提高井间油藏预测质量。然而,地震资料分辨率有限,往往不能满足精细油藏表征的要求,特别是刻画不同砂体的边界。我们提出了一种提高油藏表征精度的新方法,即将地层正演模拟、沉积相分析和地质统计学建模相结合。我们将其应用于渤海湾盆地辽西凹陷J油田沙河街组三段某含油层段取得了较好效果。

我们将油藏表征分为两步,分别应用不同的约束条件。第一步,我们将经过井校正后的地层正演模拟的泥质含量模型作为趋势体约束进行地质统计学建模,建立三维油藏砂泥岩模型;第二步,识别模型中砂岩部分的不同沉积微相类型,制作成沉积微相平面图,在砂岩模型中进行二次约束建模,刻画出砂岩中不同沉积微相的边界。经过正演模型约束、分级相控建模后,再建立油藏孔隙度、渗透率和含油饱和度的三维精细模型。结果表明,三角洲前缘分流河道砂体物性最好、含油程度最高,为油藏后续开发的有利区。

**参考文献** Yin, X.D., Huang, W.H., Wang, P.F., Wang, J.Y., Wang, Q.M., Yan, D.Y., Zhou, X.Z., 2017. Sedimentary evolution of overlapped sand bodies in terrestrial faulted lacustrine basin: insights from 3D stratigraphic forward modeling. *Mar. Petrol. Geol.* 86, 1431 - 1443. Yin, X.D., Lu, S.F., Wang, P.F., Wang, Q.M., Wang, W., Yao, T.Y., 2017. A three-dimensional high-resolution reservoir model of the Eocene Shahejie Formation in Bohai Bay Basin, integrating stratigraphic forward modeling and geostatistics. *Mar. Petrol. Geol.* 82, 362 - 370.

**关键词** 地层正演模拟; 沉积微相; 地质统计学; 油藏表征; 渤海湾盆地



摘要 ID:426

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 展板

## 沉积水槽物理模拟实验数值化过程中关键问题探讨

高建磊<sup>\*1,2</sup>、刘可禹<sup>1,2,3</sup>、刘建良<sup>1,2</sup>

1. 中国石油大学(华东) 深层油气重点实验室
2. 中国石油大学(华东) 地球科学与技术学院
3. 海洋国家实验室海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室

沉积动力学研究中, 实验室模拟、数值模拟以及现代沉积的实地观测是基于过程理论主要的定量研究方法。实地观测受限于野外尺度沉积体形成的长期性和事件沉积在时间上的不确定性, 并且相同时刻在空间尺度难以观测沉积动力过程的整体结构。缩小尺度的实验室模拟有助于在物理原理框架下开展定量研究。然而, 实验材料性质、水动力特征等实验条件在时-空尺度缩小过程中产生的矛盾, 仅凭物理模拟实验分析仍面临诸多挑战。本研究选取前人关于不同海平面变化条件下陆架边缘三角洲地层结构和形态动力学特征的沉积物理模拟实验 Straub(2019) 为研究对象, 使用基于流体力学方程的地层正演数值模拟软件构建对应水槽尺度数值模型和有关概念模型。在算法上该模型基于 N-S 方程可以表示流动, 将其与控制沉积物侵蚀、搬运和沉积的物理方程联系。数值模拟具有经济、高效的优点, 在尺度缩放有关物理参数和无量纲数分析、设置过程中扮演至关重要的角色。对比物理模拟结果, 经参数敏感性分析以及沉积物厚度、几何形态和粒度分布校正后, 得到合理的数值模型。结果表明: (1) 数值模拟中离散化的空间网格、时间步长和简化的算法导致数值模型无法完全重现物理模拟的连续过程。(2) 数值模拟可捕捉到物理模拟实验的自旋回、异旋回时-空尺度动力学过程。(3) 数值模拟概念模型分析表明, 对比实验室尺度模型和实验原型, 曼宁系数、沉积休止角等模拟参数需增大或减小几个量级。

**参考文献** Straub K M, 2019. Morphodynamics and Stratigraphic Architecture of Shelf-Edge Deltas Subject to Constant vs. Dynamic Environmental Forcings: A Laboratory Study [J]. *Frontiers in Earth Science*, 7: 121.

**关键词** 水槽实验; 沉积数值模拟; 尺度缩放; 沉积过程; 陆架边缘三角洲





摘要 ID:655

主题分类：沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型：展板

## 陆相断陷盆地深湖沉积充填—来自地层正演模拟的启示

章诚诚\*

中国地质调查局南京地质调查中心

陆相断陷盆地是一类重要的含油气盆地，其深湖相（烃源岩及深水储集层）的发育、展布及沉积特征直接关系着盆地的油气资源潜力。相对于稳定大陆边缘深水沉积环境，陆相断陷盆地深湖沉积充填对构造活动、气候、物源、沉积基准面的变化更加敏感（Gong et al., 2019; Zhang et al., 2019），因此其沉积充填特征、沉积体系配置、沉积环境和演化等往往更加复杂和多变。为了更好探究陆相断陷盆地沉积充填过程及其多因素影响作用，本文利用三维数值模拟软件

（*Dionisos*）对陆相断陷盆地深湖沉积充填进行了一系列的地层正演模拟。通过模型将盆地充填与盆外汇水区演化相结合，并将构造活动和区域降水变化与湖平面波动及沉积物供应的变化联系起来，该模拟再现了从物源区的侵蚀到盆地深水区沉积的整个沉积过程，重塑了陆相断陷湖盆沉积过程的复杂性和多变性。本次模拟对揭示断陷盆地深湖沉积充填具有重要启示，同时加深了不同蒸发-降水条件（从干旱到潮湿）、不同沉积速率（反映盆地伸展端元过程）及不同侵蚀速率（反映汇水区不同基岩条件）对湖盆沉积充填影响的认识，有助于预测湖相烃源岩和深水油气储集层发育的有利条件。

**参考文献** Gong C, Sztano O, Steel R, et al., 2019. Critical differences in sediment delivery and partitioning between marine and lacustrine basins: A comparison of marine and lacustrine aggradational to progradational clinofacies pairs [J]. *GSA Bulletin* 131, 766-781. Zhang J, Olariu C, Steel R, et al., 2019. Climatically controlled lacustrine clinofacies: Theory and modelling results [J]. *Basin Research* 32, 240-250.

**关键词** 地层正演模拟；断陷盆地；沉积充填；源汇系统



摘要 ID:1349

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 基于沉积动力学数值模拟和水槽实验的潮控河口湾砂体特征分析

唐明明\*

中国石油大学(华东)

潮控河口湾沉积广泛发育于海侵体系域,是一类重要的油气储层。河口湾受到潮汐和河流的强烈交互作用影响,砂体内部形成了独特的夹层构造。详细分析潮控河口湾砂体和泥质的沉积动力学过程,对于精细河口湾储层内部构型特征,细化储层分析具有重要意义。因为现代河口湾沉积砂体主体位于海面以下,现代沉积观察受到一定限制。本文以南美 Oriente 盆地白垩系河口湾沉积为研究对象,采用沉积动力学数值模拟和水槽物理模拟相结合的方法,对潮控河口湾砂体和泥质夹层的沉积动力学过程进行定量刻画研究。在分析工区河口湾沉积环境参数的基础上,建立典型的潮控河口湾数值模拟模型。在此基础上,基于单因素方法,通过设定不同的水体深度、潮差和坡度,开展潮控河口湾坝体的沉积模拟,探讨其发育主控因素。通过分析坝体长度、宽度与厚度的发育特征,揭示各因素于河口湾沉积的关系。在沉积数值模拟基础上,搭建适用于潮控沉积的水槽物理实验装置,优选水槽物理实验参数,开展潮控河口湾水槽物理实验模拟。结果表明:在潮控河口湾环境中,对河口湾砂坝的形态起主要作用的因素是潮汐高度,其次分别为底床坡度和水体深度因素。潮差对砂坝的主要影响表现为潮差越大河口湾砂坝长宽比值越大,砂坝的发育程度越高。在潮控河口湾环境下,夹层的形成和分布主要受潮汐的影响。其中,夹层长度随着潮汐能量的增强而增大,而厚度变化不明显。基于沉积动力学对坝体及夹层发育和分布的数值模拟研究,将为潮控河口湾体系的沉积演化提供新思路,为潮控河口湾含油储层的勘探和开发提供指导。

沉积动力学模拟适用于少井、稀井地区沉积特征分析,是分析沉积环境、识别沉积扩散系数、确定少量井沉积面分布的有力工具。如今,国内外许多专家学者将沉积动力学数值模拟应用到河口湾沉积中, Schramkowski et al. (2002) 和 Toffolon and Crosato (2007) 对潮控河口湾砂体形态进行了早期研究; 2018 年, Feldman. (2018) 对潮控河口湾进行了河流流量和潮汐幅度因素的模拟; Weisscher et al. (2018) 发表利用 Nays2D 沉积数值模拟软件进行形态动力学建模,确定动态入流扰动对河流格局和动态曲流河流的影响; 2019 年, Tang et al. (2019) 利用数值模拟对潮控河口湾储层构型进行了研究。本文在 Tang et al. (2019) 提出的沉积数值模拟模型基础上,进一步结合水槽实验开展研究。

图 1 为不同水体深度下,潮控河口湾砂体分布特征。图 1 a 水体深度较浅(10m)的条件下,泥砂质沉积物被搬运并覆盖整个河口湾,砂坝高度发育,种类丰富,数量最多。在模拟前期,内河口湾处发育多条河道,砂坝出露水面,砂坝成椭圆状;模拟后期,沉积物在内河口湾处加积,使部分河道被沉积物充填。图 1 b 水体深度中等(18m)的条件下,沉积物沉积速度明显小于水体深度较小的河口湾,发育单一河道,导致砂泥主要沉积在内河口湾处。图 1 c 水体深度较深(26m)的条件下,大部分被沉积物被带入海洋,砂坝发育速度最慢,砂泥质沿内河口湾两侧沉积,同时两侧发育河道。据图片所示,随着水体深度的增加,沉积物向海进积的范围减小,沉积速度越慢,砂坝发育形态越简单,水深与砂坝的发育程度大致呈负相关关系。

图 2 为坡度对潮控河口湾沉积的影响。图 2a 表明,坡度较小( $0.017^\circ$ )的河口湾砂坝发育较成熟,砂坝形状呈椭圆形,随着模拟的进行,内河口湾砂坝呈现不断加积的状态,外河口湾砂坝继续缓慢的向海进积。中等坡度的河口湾模型砂坝发育速度较坡度较小的河口湾慢,两者内河口湾砂坝的发育位置相同,但外河口湾砂坝的位置相差很大。当河口湾坡度较大时,河口湾模拟不能正常进行,因此,将河口湾河道部分去除,只保留河口湾部分和海洋部分,模拟结果显示,坡度较大的河口湾砂坝沉积缓慢,只在河口湾靠岸位置缓慢发育,且在河口湾中部位置无沉积物发生沉积,砂坝发育位置无内外河口湾之分。随着河口湾坡度的增加,砂坝的形态越来越不规则。图 2a 地形坡度下,沉积物自然下泄的速度变慢,而此时潮汐能量消耗减小,退潮流携带砂泥沉积物



向海进积的能力强，河口湾砂坝发育速度快。图 2b 坡度增大( $0.023^\circ$ )，退潮流能量减弱，砂坝向海进积速度降低。图 2c 底形坡度最大( $0.029^\circ$ )时，沉积物自然下泄的速度最快，大部分沉积物被带入海洋，此时潮汐能量最弱，砂坝的形成受河流作用最强，因此砂坝沿河道方向沉积。坡度最小的时候砂坝发育越成熟，砂坝形状类型丰富，小坡度促进河口湾砂坝的发育，坡度越大，潮控河口湾砂坝发育速度越慢。

图 3 为潮差对河口湾沉积的影响。退潮流随着潮差的增大而增大，潮控河口湾模拟结果表示砂坝形态随潮差的改变变化明显(图 3)。潮汐强度较小时即潮差为 3.4 m(图 3a)，沉积物进积范围小，河口湾砂坝发育程度不高，但砂坝沉积厚度最大，平均厚度为 24.5m。当潮差高度增加到 6.8m 和 7.2m 时，砂坝在外河口湾处沉积程度高，此时潮汐砂坝和潮汐水道较发育。在中潮差(图 3b)和大潮差(图 3c)的情况下，砂坝遭到侵蚀和重新沉积，外河口湾处砂坝呈长条状。潮差越大造成退潮流增大，沉积物扩散程度增大，砂坝受潮汐水道的切割程度更高，同时砂坝数量多。

图 4 为水槽实验与沉积数值模拟结果对比图，并对砂坝进行 1-12 号编号。水槽实验模拟的结果(图 4a)与数值模拟结果(图 4b)相似。在河口湾中部右岸位置上发育 1 号、2 号和 11 号三种砂坝。1 号砂坝发育的位置和形状相同，向海一侧的砂坝开口角度比向陆一侧的开口角度小；2 号砂坝发育位置相同，但形状明显不同；11 号砂坝呈透镜状形态，两端细，中间粗。在中部发育长条状的 3 号砂坝，4、5、6 号砂坝发育的形状和位置相似度很高，7 号为复合砂坝，8 号、9 号、10 号和 12 号均为发育在内河口湾位置的长条状砂坝。虽然水槽实验与模拟结果略有差异，但依然可以重现与数值模拟相似的沉积模式，也进一步说明数值模拟结果成立。因此，基于相似性的参数转换，水槽实验可验证数值模拟结果，也可对潮控河口湾砂体沉积特征进行补充论证。

**参考文献** Feldman H. 2018. Process-based modelling of morphodynamics and bar architecture in confined basins with fluvial and tidal currents. *Marine Geology*, 398:35-47. Schramkowski G., Schuttelaars H., Swart H. 2002. The effect of geometry and bottom friction on local bed forms in a tidal embayment. *Continental Shelf Research*, 22(11-13): 1821 - 1833. Tang M., Lu S., Zhang K., et al. 2019. A three dimensional high-resolution reservoir model of Napo Formation in Oriente Basin, Ecuador, integrating sediment dynamic simulation and geostatistics[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 11: 110-125. Toffolon M., Crosato A. 2007. Developing Macroscale Indicators for Estuarine Morphology: The Case of the Scheldt Estuary. *Journal of Coastal Research*, 231: 195 - 212. Weisscher S., Shimizu Y., Kleinmans M. 2019. Upstream perturbation and floodplain formation effects on chute - cutoff - dominated meandering river pattern and dynamics. *Wiley-Blackwell Online Open*, 44(11): 21-32.

**关键词** 沉积动力学；沉积水槽；河口湾；砂体；泥质；



摘要 ID:1775

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地层正演数值模拟方法原理与应用

最终交流类型: 口头报告

## 莺歌海盆地深水水道沉积水动力学模拟

田冬梅\*、姜涛

海洋地质资源湖北省重点实验室, 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074

深水水道通过浊流(颗粒驱动的重力流)将沉积物、营养物、污染物和有机碳等搬运到深水环境(Galy, 2007; Meiburg and Kneller, 2010; Azpiroz-Zabala et al., 2017; Kane and Clare, 2019; Wells and Dorrell, 2021)。水道充填物能够记录气候变化、海平面升降、构造活动等信息,同时可作为良好储层,在过去几十年里,在世界各地发现了具有相当经济和战略重要性的油气藏(Mayall et al., 2006; Picot et al., 2019)。以南海北部莺歌海盆地晚中新世深水水道为解剖对象,基于已有的三维地震、测井及钻井资料建立水道模型,通过积水动力学模拟技术求解雷诺平均 Navier-Stokes (RANS) 方程、质量守恒方程和 Exner 方程,探讨了南海北部深水水道发育演化过程的水动力学机制及其影响因素,构建了深水水道沉积模式。研究结果 1) 揭示了水道中流体流动过程及结构; 2) 说明了地形及水道几何形态对浊流动力学的控制作用; 3) 精确阐明了海南岛及红河物源对水道的影响范围及大小; 4) 讨论了深水水道中二次流的控制因素并建立了其演化模型; 5) 表明了水道内沉积物聚集区。研究成果深化了对南海大陆边缘深水水道沉积机制、动力学特征、优质储层展布及控制因素等的整体性和全面性认识。

**参考文献** Azpiroz-Zabala, M., Cartigny, M. J. B., Sumner, E. J., et al., 2017. Newly recognized turbidity current structure can explain prolonged flushing of submarine canyons [J]. *Sci. Adv.* 3, 1-12. Galy, V., France-Lanord, G., Beyssac, O., et al., 2007. Efficient organic carbon burial in the Bengal fan sustained by the Himalayan erosional system [J]. *Nature* 450, 407-410. Kane, I. A., Clare, M. A., 2019. Dispersion, accumulation and the ultimate fate of microplastics in deep-marine environments: a review and future directions [J]. *Front. Earth Sci.* 7, 80. Mayall, M., Jones, E., Casey, M., 2006. Turbidite channel reservoirs—Key elements in facies prediction and effective development [J]. *Mar. Pet. Geol.* 23, 821-841. Meiburg, E., Kneller, B., 2010. Turbidity currents and their deposits [J]. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 42, 135-156. Picot M., Marsset T., Droz L., et al., 2019. Monsoon control on channel avulsions in the Late Quaternary Congo Fan [J]. *Q. Sci. Rev.* 204:149-71. Wells, M. G., Dorrell, R. M., 2021. Turbulence processes within turbidity currents [J]. *Annu. Rev. Fluid Mech.* 53 (1), 59-83.

**关键词** 深水水道; 浊流; 数值模拟; 莺歌海盆地



# 沉积学新技术与新方法

## 地时中国：沉积岩精确定年



摘要 ID: 3096

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地时中国: 沉积岩精确定年

最终交流类型: 口头报告

## 华北寒武系底部辛集组的层序和旋回地层学研究

张小银、段亮\*、马楚萱、魏荣浩、詹荣若、史毅  
西北大学

米兰科维奇旋回已经精确的校准了中、新生代的地质年代, 由于缺乏高精度的放射性同位素的年龄数据, 对于深时的重大地质事件的出现以及它们的持续事件及驱动因素尚不清楚, 因此对于深时开展详细的旋回地层学研究对认识深时的地球天文驱动力、建立深时的年代标尺意义重大。本研究中选取了华北板块寒武纪辛集组的地层作为研究对象, 进行旋回地层学的研究, 通过连续高精度的 XRF 数据及 MS 数据结合古生物化石带约束, 成功解译了辛集组存在 405ky 的长偏心率周期, 确定了华北阳坡地区辛集组的持续时间为 3.0Ma 左右, 推测 405ky 长偏心率周期驱动了华北板块寒武纪早期的气候变化, 探索了深时太阳系行星的混沌行为。

### 参考文献

**关键词** 辛集组; 旋回地层学; 层序地层学; 米兰科维奇旋回



摘要 ID:555

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地时中国: 沉积岩精确定年

最终交流类型: 口头报告

## 高精度年代学对古生代重大地质事件的约束——以泥盆纪末 Hangenberg 生物大灭绝事件和晚奥陶世 GICE 碳漂事件为例

许俊杰<sup>1,2</sup>、Jahandar Ramezani<sup>3</sup>、吴怀春\*<sup>1</sup>、储著银<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(北京), 北京 100083

2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029

3. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA 02139

近年来, 锆石 U-Pb 法作为地质年代学研究中应用最广泛和最重要的定年方法, 正在高速发展。其中以 CA-ID-TIMS 为代表的高时间分辨率方法, 已成为重大地质事件高精度定年、地质年代学 (GTS 2020)、岩浆演化精细过程等领域的重要工具 (储著银等, 2016)。本文利用 CA-ID-TIMS 测年方法对以下重大地质事件进行了高精度年代学研究: 1. 泥盆纪-石炭纪界线处发生了全球性的 Hangenberg 生物大灭绝事件, 整个海洋生物和陆地生态系统彻底被破坏 (Kaiser et al., 2016)。通过对华南陆化区域大坡上剖面中, 火山灰层 CA-ID-TIMS 高精度定年, 报道了国内第一个 Hangenberg 事件高精度年龄, 为  $360.48 \pm 0.68$  Ma, 并与波兰的同层位 CA-ID-TIMS 年龄可对比 (Myrow et al., 2014)。2. 晚奥陶世 GICE 碳同位素正漂事件, 在全球范围内已被广泛识别 (Bergstrom et al., 2011)。本文通过对新疆塔里木盆地羊吉坎剖面中, 碳盐酸碳同位素和火山灰层 CA-ID-TIMS 定年研究, 证明 GICE 事件在塔里木盆地、华南、北美可良好对比, 并具有全球同时性。认为是大规模的火山作用导致了 GICE 期气候变冷, 并提高了生物生产力, 导致有机碳埋藏增加, 进而导致 GICE 正漂事件的发生。

**参考文献** 储著银, &nbsp;许俊杰, &nbsp;陈知, &nbsp;等. 2016. &nbsp;超低本底单颗粒锆石 CA-ID-TIMS U-Pb 高精度定年方法. &nbsp;科学通报, 61: 1121 - 1129. Bergstrom S M, Schmitz B, Young S A, et al., 2011. Lower Katian (Upper Ordovician)  $\delta^{13}\text{C}$  chemostratigraphy, global correlation and sea level changes in Baltoscandia. GFF, 133(1-2), 31 - 47. Myrow P M, Ramezani J, Hanson A E, et al., 2014. High-precision U - Pb age and duration of the latest Devonian (Famennian) Hangenberg event, and its implications. Terra Nova, 26, 222 - 229. Kaiser S I, Aretz M, Becker R T, 2016. The global Hangenberg Crisis (Devonian - Carboniferous transition): review of a first-order mass extinction. In: Becker, R.T., Knorr, P., Brett, C.E. (Eds.), Devonian Climate, Sea Level and Evolutionary Events. Geological Society, London, Special Publications. 423. pp. 387 - 439.

**关键词** CA-ID-TIMS; 生物大灭绝; 碳同位素漂移



摘要 ID: 3236

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地时中国: 沉积岩精确定年

最终交流类型: 口头报告

## 下三叠统天文年代学: 来自德国盆地及大雨淋剖面的研究证据

张皓天、李明松\*、张昊勋、张小宇、纪开宣、朱晗宇、王蒙  
北京大学地球与空间科学学院

晚二叠世-早三叠世之交的生物灭绝事件是显生宙以来最为严重的一次灭绝事件, 早三叠世是研究生态系统恢复的关键时期, 一直以来备受关注, 精确的年代框架对于早三叠世的研究尤为重要。因此, 对全球多个沉积地层的沉积物类型及其记录的环境变化进行研究, 有助于更好的理解晚二叠世-早三叠世之交的生物灭绝事件。

本文选择我国河南宜阳大雨淋剖面以及德国盆地开展了旋回地层学研究。通过对大雨淋陆相剖面进行旋回地层学分析, 我们发现研究层段沉积速率呈三段式变化, 底部及顶部沉积速率较低约为 5 cm/kyr, 中部沉积速率较高约为 9 cm/kyr, 对数据分段进行能谱分析, 识别出了 405 kyr 以及 100 kyr 周期的旋回, 将深度域的数据调谐到时间域, 建立了大雨淋剖面下三叠统浮动的天文年代标尺。此外对德国盆地地下三叠统自然伽马测井曲线进行分析, 我们发现德国盆地长兴阶-印度阶 Calvörde 组与印度阶 Bernburg 组可以识别出显著的~73 m、~19 m、~7 m 的沉积周期, 印度阶-奥伦尼克阶 Volpriehausen 组可以识别出显著的~30 m、~9 m、~4 m 的沉积周期, 利用统计调谐 COCO 法得到该段地层的平均沉积速率约为 20 cm/kyr, 通过识别出的 405 kyr 周期将深度域数据调谐到时间域, 对时间域的数据开展能谱分析, 识别出了~100 kyr 和 33 kyr 周期的旋回, 这些周期与 La2004 理论模型预测结果一致。本研究建立了下三叠统印度阶的天文年代标尺, 确定印度阶的持续时间为  $2.0 \pm 0.2$  Myr, 同时认为《地质年代表 2020》(GTS2020) 中印度阶 2.0 Myr 的持续时间是合理的, 《国际年代地层表 2022》(ICS2022) 中印度阶 0.7 Myr 的持续时间需要修订。

磁性地层学因其具有全球等时的磁极性倒转序列, 可以实现全球等时的地层对比, 在缺乏生物化石的陆相地层对比中, 是一种较好的地层对比手段。我们利用 405 kyr 滤波曲线相位在磁极性带的对应位置, 将德国盆地研究层段以及大雨淋剖面与来自华南煤山、巢湖、峡口的地层进行了国际地层对比, 结果显示具有良好的对比性, 有望解决这一时期高分辨率的磁性-旋回国际地层对比的困难。

1.2 Myr 天文长周期与早三叠世全球海平面、温度、海洋氧化还原状态以及生物多样性有着十分密切的联系, 是地球表层系统环境变化的重要驱动力。在本次研究中, 我们发现了德国盆地地下三叠统斜率信号周期性增强的层段, 可以与我国华南巢湖以及峡口剖面下三叠统记录的 1.2 Myr 斜率长周期比较, 首次证明了 1.2 Myr 的斜率调制周期具有全球性的影响。同时我们针对大雨淋陆相剖面开展了古湖平面变化的研究, 沉积噪音模型结果显示大雨淋剖面古湖平面变化的结果与华南峡口、巢湖重建的海平面变化具有明显的反相关关系, 且与 1.2 Myr 周期性增强的斜率信号对应, 与斜率驱动的古气候变化密切相关。

### 参考文献

**关键词** 下三叠统; 印度阶; 国际地层对比; 斜率; 古气候





摘要 ID:805

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地时中国: 沉积岩精确定年

最终交流类型: 口头报告

## 方解石 U-Pb 定年限定前寒武纪碳酸盐岩沉积时代

兰中伍<sup>1\*</sup>、张妹婧<sup>2</sup>、吴石头<sup>1</sup>、王浩<sup>1</sup>、Nick Roberts<sup>5</sup>、Ying Zhou<sup>4</sup>、Graham Shields<sup>4</sup>、李振生<sup>3</sup>、赵卓娅<sup>3</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

2. Department of Geology, School of Natural Sciences, Trinity College Dublin, Dublin 2

3. 合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽 230009

4. Department of Earth Sciences, University College London, London, WC1E 6BT, UK

5. Geochronology and Tracers Facility, British Geological Survey, Keyworth, NG12 5GG, UK

方解石激光原位 U-Pb 定年近些年来广泛用于限定地质事件、生物事件和环境事件的发生时间, 例如限定热液矿床的形成时间、油气运移时间、构造活动时间、生物化石的形成时间以及沉积成岩时间。这些研究突出强调了方解石 U-Pb 定年的实用性, 归因于方解石内 U, Pb 含量的不均一分布以及 U/Pb 比值的展布。这些优势提高了微观区域内所测年龄的空间分辨率和测试精度, 是常规溶解/稀释方法无法实现的。然而, 以往的研究主要集中于显生宙样品, 对于前寒武纪样品尚未开展充分的尝试。本研究以我国华北和华南地区的中新元古代碳酸盐岩为研究对象进行直接年龄限定。所测得的方解石 U-Pb 年龄在误差范围内和生物地层、年代地层的证据相吻合, 说明我们的测试结果是可靠的。在缺少火山灰夹层的地层中, 通过方解石原位 U-Pb 定年来限定碳酸盐岩的沉积时代是可行的。前寒武纪碳酸盐岩蕴涵丰富的生物事件和环境事件的信息, 例如大氧化事件, 雪球地球事件, 多细胞真核生物的演化以及 Bitter Spring、Shuram 碳同位素负漂移等等。方解石原位 U-Pb 定年测试有望对这些事件提供可靠的年龄限定, 为地球早期生命-环境协同演化提供关键的时间节点。

### 参考文献

**关键词** 方解石; U-Pb 定年; 碳酸盐岩; 前寒武纪; 沉积时代



摘要 ID:867

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地时中国: 沉积岩精确定年

最终交流类型: 专题邀请报告

## 自生磷酸盐 Pb-Pb 定年限定淮北群/淮南群沉积时代

张姝婧<sup>1</sup>、曹熔<sup>2,3</sup>、兰中伍<sup>2</sup>、李振生<sup>4</sup>、赵卓娅<sup>4</sup>

1. Department of Geology, School of Natural Sciences, Trinity College Dublin, Dublin 2

2. 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室, 北京 100029

3. 中国科学院大学, 北京 100049

4. 合肥工业大学资源与环境工程学院, 安徽 230009

华北地台东南缘中-新元古代沉积岩(淮北群/淮南群)含有大量生物化石以及碳同位素负漂移信息,为我们了解地球早期生命与环境协同演化提供了直接的生物学和化学地层学证据。然而,由于缺少可靠同位素年龄的制约,这些化石的产出时间、碳同位素负漂移时间尚存争议,妨碍了我们了解多细胞生命的演化以及区域和洲际化学地层对比。本研究通过寻找淮北群/淮南群碎屑岩中自生磷钇矿和独居石对其进行年龄测试来限定地层的沉积时代。碎屑岩中经常混入一些碎屑成因的磷钇矿和独居石,这不可避免。这种情况在淮北群/淮南群中也有出现。要想获得可靠的沉积年龄,必须把碎屑成因和自生成因的磷钇矿和独居石区分开来。碎屑成因的磷钇矿和独居石均有不同程度的磨圆,稀土元素配分图上出现明显的Eu负异常,其Pb-Pb年龄也明显老于采样层位的理论沉积年龄;相比之下,自生成因的磷钇矿和独居石形态不规则,棱角明显,没有磨圆,稀土元素配分图上出现微弱、不明显的Eu负异常或者正异常。淮北群史家组测得的自生磷钇矿SIMS Pb-Pb年龄为 $919 \pm 23$  Ma,淮北群新兴组以及淮南群刘老碑组测得的自生独居石SIMS Pb-Pb年龄分别为 $1086 \pm 17$  Ma和 $1086 \pm 120$  Ma,代表了最接近的沉积时代。新的年龄数据表明多细胞真核生物早在1.0 Ga之前就可能高度演化、分异了,并且证实了疑源类化石Trachystrichosphaera aimika可以作为中-新元古代过渡时期的标准化石。

### 参考文献

**关键词** 徐淮地区; 淮南群/淮北群; 磷酸盐矿物; SIMS Pb-Pb 年龄; 沉积时代



摘要 ID:722

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地时中国: 沉积岩精确定年

最终交流类型: 口头报告

## 中-晚始新世陆相磁性地层年代的天文校准

马义权<sup>1</sup>、李明松<sup>2</sup>、陆永潮<sup>3</sup>、刘惠民<sup>4</sup>、马超<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 北京大学地球与空间科学学院
3. 中国地质大学(武汉)资源学院
4. 中国石化胜利油田分公司机关

中-晚始新世是新生代“温室地球”到“冰室地球”的重要过渡期,对该时期气候演化的研究是地史时期古气候研究的热点和前沿领域(Komar and Zeebe, 2021)。目前对中-晚始新世全球气候变化的认识,主要源于海相记录,通过陆相记录开展的相关研究较少并缺乏系统认识(Vahlenkamp et al., 2018; Ma et al., 2019; Westerhold et al., 2020),主要原因是陆相沉积记录常具有沉积间断,并且缺乏精确的年代学约束。渤海湾盆地济阳拗陷中-上始新统沙四上-沙三中亚段富有机质页岩是我国东部陆相页岩油勘探的重点层段,具有多口钻井的连续取心,为系统建立中-晚始新世陆相高分辨率年代框架提供了连续的地质记录。本文以济阳拗陷两口钻井沙四上-沙三下亚段富有机质页岩为研究对象,综合运用多气候指标表征、沉积速率定量评估(COCO 和 eCOCO)、旋回地层学分析等关键技术,结合前人建立的磁性地层序列(姚益民等,1994; Shi et al., 2019),开展中-晚始新世陆相天文年代学和磁性地层年代的天文校准研究。结果表明,目的层的延续时间约为 10Myr,地磁极性带 C18n.1r-C20n 的总持续时间与最新的磁性地层年代标尺相当(Gradstein et al., 2020; Westerhold et al., 2020)。其中, C18n.1r 和 C18r 的持续时间与 Westerhold et al. (2020) 的结果比较接近,而 C18n.2n、C19n、C19r 和 C20n 的持续时间与 GPTS2020 的结果一致。此外,本文天文校准的磁极性年代标尺也与全球关键地层的年龄和关键事件(例如,LLTM 事件)的年龄一致,而且 C18n.1r、C18r 和 C19r 的沉积速率与 eCOCO 的结果十分吻合,表明本次研究建立的中-晚始新世陆相高分辨率天文年代框架和磁性地层年代的天文校准比较可靠。研究成果为进一步开展中-晚始新世陆相气候演化规律研究提供了连续的高分辨率年代约束,也为完善渤海湾盆地中-上始新统高精度年代格架及其与海相地层的对比方案提供了坚实的理论基础。

**参考文献** 姚益民,梁鸿德,蔡治国,等,1994.中国油气区第三系IV渤海湾盆地油气区分册[M].北京:石油工业出版社,1-240.Gradstein F, Ogg J, Schmitz M, et al., 2020. On the Geologic Time Scale [J]. *Newsletters on Stratigraphy*, 53/4: 497-504.Komar N, Zeebe R, 2021. Reconciling atmospheric CO<sub>2</sub>, weathering, and calcite compensation depth across the Cenozoic [J]. *Science Advances*, 7(4): eabd4876.Ma Y, Fan M, Lu Y, et al., 2019. Stable isotope record of middle Eocene summer monsoon and its instability in eastern China [J]. *Global and Planetary Change*, 175: 103-112.Shi, J., Jin, Z., Liu, Q., et al., 2019. Cyclostratigraphy and astronomical tuning of the middle Eocene terrestrial successions in the Bohai Bay Basin, Eastern China [J]. *Global and Planetary Change*, 174: 115-126.Vahlenkamp, M., Niezgodzki, I., De Vleeschouwer, D., et al., 2018. Astronomically paced changes in deep-water circulation in the western North Atlantic during the middle Eocene [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 484: 329-340.Westerhold, T., Marwan, N., Drury, A. J., et al., 2020. An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years [J]. *Science*, 369: 1383-1387.

**关键词** 渤海湾盆地; 始新世; 湖泊; 高分辨率; 精确定年



摘要 ID:1166

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地时中国: 沉积岩精确定年

最终交流类型: 口头报告

## 中国南海 IODP U1505 站位晚中新世以来的磁性地层与旋回地层学研究

聂云峰<sup>3,4</sup>、吴怀春<sup>\*3,4</sup>、时美楠<sup>3,4</sup>、Eric C. Ferré<sup>1</sup>、Sara Satolli<sup>2</sup>

1. Department of Geology Southern Illinois University at Carbondale USA
2. Department of Engineering and Geology University of Chieti-Pescara Italy
3. 中国地质大学(北京)生物地质与环境地质国家重点实验室, 北京
4. 中国地质大学(北京)海洋学院, 北京

国际大洋发现计划 368 航次在南海北部 U1505 站位获取了最大深度为 480.2 m 的沉积物岩芯, 首次提供了南海自晚始新世以来近乎连续的轨道及千年尺度记录 (Sun et al., 2018)。该沉积记录对于新近纪南海北部大陆边缘的古海洋与古气候重建具有重要意义。高精度的年代标尺是开展上述工作的重要前提, 但受限于低采样分辨率, 航次内的生物地层学定年结果在深度上有较大的不确定性, U1505 站位的年代学研究仍有较大的改进空间。本次研究对来自 U1505 站位 C、D 两孔合成记录顶部~200 mcd 的共 420 个离散样品开展了细致的岩石磁学和古地磁学研究, 共识别出 12 个正极性带和 11 个负极性带, 同时使用动态时间规整算法获取各极性带年龄的概率分布, 与地磁极性年表 2020 (Ogg, 2020) 建立了可靠的对应关系。在此基础上, 对反映陆源输入变化的磁化率与自然伽马扫描序列进行天文调谐, 建立了 U1505 站位~10 Ma 的高精度 (~40 kyr) 综合年代标尺, 为研究区晚中新世以来的古海洋学和古气候学研究打下了良好基础。

**参考文献** Ogg J G, 2020. Geomagnetic polarity time scale[A]. In: Gradstein F M, Ogg J G, Schmitz M, et al., (Eds.), The Geologic Time Scale 2020[M]. Elsevier, 159-192. &nbsp;&nbsp;&nbsp;Sun Z, Jian Z, Stock J M, et al., 2018. South China Sea Rifted Margin. Proceedings of the International Ocean Discovery Program, 367/368[R]. College Station, TX (International Ocean Discovery Program). &nbsp;&nbsp;&nbsp;

**关键词** 中国南海; 岩石磁学; 磁性地层学; 动态时间规整算法; 天文调谐



摘要 ID:1851

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》地时中国: 沉积岩精确定年

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地南缘赵老峪组凝灰岩锆石 LA-ICP-MS 年代学及其地质意义

侯林君<sup>1,2</sup>、付斯一<sup>\*1,2</sup>、苏中堂<sup>1,2</sup>、张成弓<sup>1,2</sup>、陈洪德<sup>1,2</sup>、夏雨晴<sup>1,2</sup>、方继瑶<sup>3</sup>、王果<sup>4</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)
3. 自然资源部复杂构造区页岩气勘探开发工程技术创新中心
4. 成都鼎佳能源技术有限公司

鄂尔多斯盆地南缘赵老峪组时代归属一直是鄂尔多斯盆地下古生界地层划分及沉积背景研究中倍受关注的热点问题。自 1983 年被发现命名之后,人们进行了大量的研究,但其沉积时代一直未得到很好的约束。基于古生物化石的年龄可得时代为中晚奥陶世,之后虽然有学者依据凝灰岩进行过测年实验,但因为层位限制,未能获得该套地层准确的沉积时代,导致认识上仍存在分歧。由此,我们对富平赵老峪组凝灰岩进行了系统的地质调查,并选取了赵老峪组顶部地层进行了精确的 LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 同位素测年实验,获得了最小为  $434.2 \pm 3.9\text{Ma}$  的年龄结果,说明该套地层形成于晚奥陶世-早志留世时期。

中晚奥陶世,沿华北板块南缘的陇县-富平一线,发育笔石页岩夹火山凝灰岩沉积,指示中晚奥陶转折时期,板块碰撞导致火山喷发。晚奥陶世挤压的地质背景下,北秦岭-祁连带形成岛弧,伴生大量的火山岩,赵老峪组凝灰岩层的形成记录了这个过程伴生的火山喷发事件。已有研究表明,中国华南,欧洲,北美奥陶-志留纪之交同样存在大量的晚奥陶世钾质斑脱岩(Huff., 2008; Histon et al., 2007; Kiipli et al., 2014; Wei et al., 2020),说明此次火山活动是一次全球事件。

**参考文献** Histon K, Klein P, Schönlaub H P, et al. Lower Palaeozoic K-bentonites from the carnic alps, Austria[J]. *Austrian Journal of Earth Sciences*, 2007, 100. Huff W D. Ordovician K-bentonites: Issues in interpreting and correlating ancient tephras[J]. *Quaternary International*, 2008, 178(1): 276-287. Kiipli, T., Kallaste, T., Nielsen, A. T., Schovsbo, N. H., & Siir, S. Geochemical discrimination of the Upper Ordovician Kinnekulle Bentonite in the Billegrav-2 drill core section, Bornholm, Denmark. *Estonian Journal of Earth Sciences*, 2014, 63(4): 264-270. Wei L, Yuan L, Zuoxun Z, et al. K-bentonites in Ordovician-Silurian transition from South China: implications for tectonic evolution in the northern margin of Gondwana[J]. *Journal of the Geological Society*. 2020, 177(6): 1245-1260.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 赵老峪组; 凝灰岩; 锆石 LA-ICP-MS 定年; 古地理



# 沉积学新技术与新方法

## 数字沉积剖面



摘要 ID:2334

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》数字沉积剖面

最终交流类型: 口头报告

## 一种三维数字露头智能岩层分层方法

王炳乾<sup>1</sup>、陈建华<sup>1</sup>、王峰<sup>2</sup>、侯明才<sup>2</sup>、胡作维<sup>2</sup>

1. 成都理工大学地球物理学院

2. 成都理工大学沉积地质研究院

露头岩层分层是地层研究的基本前提,传统通过野外实地考察的研究方法费时、费力,这与国家对油气勘探和开发的迫切需求相矛盾。与传统的遥感技术相比,倾斜摄影测量技术(Petrie, 2009)以能够收集精细的地物侧面纹理而著称,通过该技术可以构建精细化的露头三维模型。但是,模型中的各个岩层本质上是一个整体,没有单独的岩层对象存在。近几年,研究人员针对城市三维模型中的建筑物、道路、树木等对象的分类进行了不少研究(Gong and Liu, 2012; Vasuki et al., 2017; 印森林等, 2018),而露头岩层与前述地物显著不同,使得这些方法很难有效应用于岩层分层。案例推理作为一种人工智能方法,目前已得到广泛的研究与应用。在目前大量有关案例推理研究与应用中(徐军等, 2017; 李铭等, 2017),推理模型主要是采用经典的属性相似性推理,依据空间特征的空间相似性推理较少。然而,岩层中蕴藏着丰富空间特征,挖其中的空间特征,研究空间-属性相似性集成推理模型,对于岩层分层的有效性和精确性是非常有意义的。

为解决上述问题,本研究提出了一种三维数字露头智能岩层分层方法,该方法包括:(1)点云数据八叉树体元分割;(2)构建岩层案例空间-属性集成表达模型;(3)创建岩层案例空间-属性集成相似性模型;(4)推理后岩层划分。

研究将该方法应用于陕西省府谷县的五虎山与悬空寺两个露头剖面的岩层分层,采用经典案例推理方法进行植被剔除后,通过3种分层方法(属性相似性推理、空间相似性推理、空间-属性集成相似性推理)的对比实验发现,包含有空间特征的案例推理方法实验精度达99%以上。其中,空间-属性集成相似性推理方法分层结果,更贴近人工岩层划分结果。因此,研究提出的三维数字露头智能岩层分层方法为露头岩层分层提供了新的技术支持。

**参考文献** 李铭,朱欣焰,段炼,等, 2017. 时空约束下任务驱动的遥感影像发现案例推理方法[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 42(6): 768-774. 徐军,张鑫森,李建松, 2017. 基于双层案例推理模型的高分辨率遥感影像道路提取方法[J]. 大连海事大学学报, 43(4): 104-111. 印森林,陈恭洋,刘兆良,等, 2018. 基于无人机倾斜摄影的三维数字露头表征技术[J]. 沉积学报, 36(1): 72-80. Gong X, Liu J, 2012. Rock detection via superpixel graph cuts[C]. IEEE International Conference on Image Processing. IEEE. Petrie G, 2009. Systematic oblique aerial photography using multiple digital frame cameras[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 75(2): 102 - 107. Vasuki Y, Holden E, Kovesi P, et al., 2017. An interactive image segmentation method for lithological boundary detection[J]. Computers & Geosciences: 27-40.

**关键词** 岩层分层;案例推理;人工智能;



摘要 ID:1908

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》数字沉积剖面

最终交流类型: 口头报告

## 青藏高原数字沉积地质剖面信息采集与建模——以日喀则地区 5 条剖面为例

林宗祺<sup>1</sup>、钟瀚霆<sup>\*</sup>、韩中<sup>1</sup>、李娟<sup>2</sup>、刘群<sup>2</sup>、姚翰威<sup>3</sup>、杜磊<sup>1</sup>、黄侠超<sup>1</sup>、延晗<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 南京大学地球科学与工程学院

3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院

青藏高原位于亚洲大陆南部,以巨大的高差坐落在中亚和南亚诸盆地之上,面积达 250 万平方千米,平均海拔高度 4000m 以上,是全球面积最大、海拔最高、形成时代最晚的高原,素有“世界屋脊”和“地球第三极”之称。晚古生代,特别是新生代以来,板块的多次离散聚合使青藏高原成为全球地质构造最为复杂、最为特殊的巨型构造带。多年来,地质工作者们在青藏高原进行了大量基础调查及科研工作,发现并积累下数量众多的典型地质剖面。一方面,这些剖面保留着大量地质信息,具有广泛研究意义;另一方面,因为青藏高原特殊的自然环境,对大多数剖面的观测和科研都受到交通、气候、地理等条件的制约[1]。

本次实践属于“中国数字沉积地质路线建设计划”的一部分,本团队利用多型号无人机、insta360 全景相机及单反数码相机等设备,对西藏日喀则地区的 5 条典型沉积地质剖面进行野外信息采集及室内建模工作,实现剖面信息的数字化与可视化,为未来以数字平台为载体系统展示野外地质剖面提供支撑。

本次完成信息采集与建模的 5 条沉积地质剖面分别为聂拉木县年多剖面、聂拉木县古措剖面、定日县申克扎剖面、定日县尼让剖面及萨嘎县木巴拉剖面;完成信息采集工作的主力设备为大疆公司“经纬 M300 RTK”和“精灵 4 RTK”两款多旋翼无人机以及一台 Insta360 Pro2 专业级全景相机。其中经纬 M300 RTK 无人机搭载 WP-E2 全画幅量测型云台相机,使用 GPS-RTK 量测技术,主要获取剖面宏观地貌特征照片数据和 POS (Positioning and Orientating System, 定位定向系统) 数据[2]。采集由外部导入剖面 kml 相控信息文件完成 1 条正射与 4 条倾斜航线拍摄,在等距点拍照,确保航向与旁向重叠率在 70~80%。精灵 4 RTK 无人机用于完成剖面近景高精度图像扫描,以手动飞行扫描方式为主,无人机距离剖面约 5~10 米,两张连续照片旁向重叠率达到 30%~40%。采集数据均具有三维坐标信息(经度、纬度、海拔),这种坐标信息与图像信息匹配性强,为在室内利用倾斜影像三维建模关键技术进行三维数字露头建模奠定了良好基础[3]。通过 Insta360 Pro2 专业级全景相机采集全景照片,并搭配 GIS 技术平台、VR (虚拟现实) 技术、AR (增强现实) 技术等对野外地质露头建立数据库,以裸眼 3D 效果将野外地质露头自然场景虚拟再现,实现地质信息查询、路线地质考察、剖面绘制等功能的融合。

**参考文献** [1] 李亚林,王成善,文华国,钟瀚霆,马安林. 数字露头与野外实践教学平台建设趋势与展望[J]. 中国地质教育, 2021, 30(01):31-35. [2] 李潇雨,陈晓慧. 基于无人机航拍的地质剖面三维建模方法研究[J]. 科学技术创新, 2021(09):55-56. [3] 印森林,谭媛元,张磊,冯伟,刘善勇,晋静. 基于无人机倾斜摄影的三维露头地质建模:以山西吕梁市坪头乡剖面为例[J]. 古地理学报, 2018, 20(05):909-924.

**关键词** 青藏高原, 沉积学, 数字剖面, 无人机, 倾斜摄影





摘要 ID:2580

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》数字沉积剖面

最终交流类型: 口头报告

## 数字露头实景三维信息共享互动平台研究与实现

陈建华\*、王炳乾、王帅琪、粟解、凌嘉扬、吴玉清  
成都理工大学, 地球物理学院

野外露头是沉积学研究的重要对象。由于露头剖面常规模度大、地形条件复杂,使得传统地质工作方法费时、费力,并且由野外照片、野外记录等构成的数据资料,很难在室内从整体上再现野外露头的种种特征。同时,不同研究者针对露头的资料、见解、成果很难有效共享,学者之间针对露头信息的交流互动不直接、不顺畅、难聚焦、成效差。因此,研究新的技术和方法,采集高分辨率野外露头数据,构建数字露头实景三维模型,进而研究、开发露头地质信息共享互动平台,可有效解决上述问题,意义重大。

倾斜摄影测量技术(Petrie, 2009)可通过无人机拍摄倾斜影像来构建精细化的三维模型,为数字露头实景三维模型代替传统野外数据资料提供了新的契机(Ellenberget al., 2009; Xu et al., 2019; 崔庆宏, 2021)。Cesium是一个跨平台的Web端三维数字地球引擎,通过WebGL实现图形硬件加速,具有很高的扩展性与灵活性(何撼东等, 2017; 王金娜等, 2021)。精细化倾斜摄影建模技术、三维数字地球引擎技术及计算机网络技术的进步,为数字露头实景三维信息共享互动平台的实现奠定了良好的基础。

本研究通过无人机获取高分辨率野外露头倾斜影像数据,使用建模软件构建数字露头实景三维模型,以客户端-服务端-数据端为平台架构,以Cesium为Web三维引擎,以HTTP为通信协议,使用HTML、JavaScript、Python等程序设计语言开发、实现数字露头实景三维信息共享互动平台。平台功能包括:实景三维模型展示、剖面地质要素勾绘、剖面热点信息标注、剖面量测、图片与视频呈现、全景展示、地质要素与标注信息共享、场景化学者互动交流等功能。该平台为野外露头数字化环境的研究提供了真实、丰富、开放、动态、互动、新颖的视角,为数字地质研究开辟了新路、奠定了基础。

**参考文献** 崔庆宏, 2021. 精细化建模在特大桥维护检测中的应用[J]. 测绘通报, (5): 162-166. 何撼东, 胡迪, 闫国年, 等, 2017. 几何与语义统一的区域地质构造GIS数据模型[J]. 测绘学报, 46(08): 1058-1068. 王金娜, 焦学军, 宋会传, 等, 2021. 基于Cesium的露天矿山实景三维智能监管技术研究[J]. 地理空间信息, 19(8): 93-96+6. Ellenberget al., 2015. Use of unmanned aerial vehicle for quantitative infrastructure evaluation[J]. Journal of Infrastructure Systems, 21(3): 04014054. Petrie G, 2009. Systematic oblique aerial photography using multiple digital frame cameras[J]. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 75(2): 102 - 107. Xu H, Li F, Zhao W, et al, 2019. A high precision fiber Bragg grating inclination sensor for slope monitoring[J]. Journal of Sensors, 15(3): 165-169.

**关键词** 三维露头; 地质要素; 信息分享; 场景化交流; Web平台



摘要 ID: 3287

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》数字沉积剖面

最终交流类型: 展板

## 数字露头综述

张晓童\*

中国石油大学(北京)克拉玛依校区

数字露头 (Digital Outcrop Models), 也被称为虚拟露头 (Virtual Outcrop Models), 是一种逼真的三维露头模型, 可以整合及可视化剖面数据, 补充、加强和扩展露头解释, 便于提取可用数据, 在储层模拟、几何特征研究、野外教学和极地考察等方面潜力巨大。随着新兴技术手段的进步, 制作数字露头的成本大幅降低, 近年得到了爆炸式关注。本文深入分析数字露头领域野外数据采集与处理不同的技术, 从成本、模型分辨率、应用前景等方面论述它们的优缺点, 指出数字露头未来发展趋势和限制其进一步发展的的问题。

**参考文献** 1 Howell, J.A, et al, 2014. The application of outcrop analogues in geological modelling: a review, present status and future outlook. Geol. Soc. Lond., Spec. Publ. 387, 1-25. 2 Bellian, J.A, et al, 2005. Digital outcrop models: applications of terrestrial scanning lidar technology in stratigraphic modeling. J. Sediment. Res. 75, 166-176. 3 Buckley, S.J, et al, 2010. Terrestrial laser scanning for use in virtual outcrop geology. Photogramm. Rec. 25, 225-239. 4 Hodgetts, D., 2013. Laser scanning and digital outcrop geology in the petroleum industry: a review. Mar. Pet. Geol. 46, 335-354. 5 Vollgger, S.A, et al, 2019. Review of drones, photogrammetry and emerging sensor technology for the study of dykes: best practises and future potential. J. Volcanol. Geotherm. Res.

**关键词** 数字露头; 储层; sfm 算法



# 沉积学新技术与新方法 碎屑热年代学



摘要 ID:1001

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碎屑热年代学

最终交流类型: 口头报告

## “长江砾岩”物源的碎屑轻矿物（钾长石和白云母）同位素和年代学约束及其对长江三峡贯通的启示

张增杰\*<sup>1</sup>、孙习林<sup>1</sup>、田云涛<sup>1</sup>、J. Stephen Daly<sup>2</sup>、李长安<sup>3</sup>、闫义<sup>4</sup>

1. 中山大学

2. 都柏林大学

3. 中国地质大学（武汉）

4. 中国科学院广州地球化学研究所

长江何时贯通三峡东流入海，一直是学术界关注的问题，虽经百余年研究，仍存较大的争议。一条发源于青藏高原的巨型长江贯通，必然会对中下游沉积环境带来较大影响。新近纪以来，中国东部盆地由裂陷向凹陷转变，在长江中下游宜昌、武汉、九江、安庆和南京等地沉积了一套巨厚河流相砾石层，其沉积时代和物质来源是破译“长江三峡何时切穿？”的关键。本研究对宜昌峡东剖面、武汉阳逻剖面、南京灵岩山和桂子山剖面开展了详细的碎屑钾长石 Pb 同位素和 Ar-Ar 年龄、碎屑白云母 Ar-Ar 年龄研究，将这些物源信号与周缘地体及长江的进行对比，以判别它们的物质来源。

钾长石 Pb 同位素结果表明，宜昌东部在白垩纪-晚始新世发育一些规模较小的河流，源区主要为临近的黄陵背斜及南秦岭；此时未见青藏东南缘物质，表明还没有水系将青藏东缘与三峡区域连接起来，三峡很可能还没有被切穿。在江汉盆地内部，与之对应的是始新统荆河镇组，主要由页岩-蒸发岩组成，表明较弱的沉积环境，暗示此时没有大规模水系的汇入。在第四纪（或中新世？）时，宜昌东部形成了一个巨大的冲积扇，物源分析表明，这套沉积物由一条类似于现代长江的大型水系搬运而来，表明三峡在此时已贯通。

阳逻砾石层钾长石 Pb 同位素组成以中-低放射性成因 Pb 为特征，与大别山的一致，与现代长江（武汉）则有很大差异，表明其为近源沉积。南京砾石层的钾长石 Pb 同位素和 Ar-Ar 年龄及白云母 Ar-Ar 年龄结果表明，这套沉积物主要由大别山供给，与现代长江（南京）的物源信号截然不同。这些信息表明，古长江的流域范围与现代长江有很大区别，“长江砾岩”能否代表长江东流入海仍值得商榷。

参考文献

关键词



摘要 ID:1278

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碎屑热年代学

最终交流类型: 口头报告

## 基于碎屑锆石形态学和热年代学性质解析天山隆升过程

常健<sup>1,2</sup>、邱楠生<sup>1,2</sup>、张应麟<sup>1,2</sup>、李晨星<sup>1,2</sup>

1. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249

2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249

当磷灰石、锆石等矿物从造山带被搬运至沉积盆地后, 如果沉积埋藏深度很浅, 埋藏温度未超过低温热年代学封闭温度体系时, 那么这些矿物保留的仍是物源区热信息, 可有效地用于研究物源区(造山带)隆升史和盆山耦合关系(Bernet et al., 2001; Bernet and Garver, 2005; Malusà and Fitzgerald, 2020)。与阿尔卑斯山、青藏高原等类似, 天山(尤其是南天山及周缘)长期处于隆升剥蚀状态, 其剥蚀物被快速搬运到南侧库车前陆盆地沉积下来, 因此在库车前陆盆地采集中-新生界碎屑岩开展热年代学物源分析是可行的。相对于磷灰石矿物, 锆石矿物性质更稳定, 抗风化能力强, 且其裂变径迹封闭温度也比较高( $>190^{\circ}\text{C}$ , Yamada et al., 2007), 在碎屑物源分析方面应用更广泛。为了更全面地认识和理解南天山及周缘隆升过程, 我们基于库车前陆盆地中-新生界碎屑锆石的形态学特征和热年代学参数系统地探讨了其物源区-南天山及中天山南部自晚古生代以来的构造隆升史。库车前陆盆地中-新生界碎屑锆石标型以P(P1或P2)、S、G等三种类型为主, 对应的平均温度指数和平均碱度指数分别介于668.0~677.2和347.6~413.5之间, 这些特征表明其源岩为碱性花岗岩, 另外主要发育270~330Ma(峰值年龄为300Ma)和380~470Ma(峰值年龄为424.5Ma)两组碎屑锆石U-Pb年龄, 刚好与南天山及中天山地区广泛出露的早石炭世-早二叠世和中奥陶世-中泥盆世时期发育的花岗岩具有很好地等时性, 据此断定库车前陆盆地中-新生界碎屑锆石主要来源于南天山和中天山南部。库车前陆盆地中-新生界碎屑锆石裂变径迹(ZFT)中值年龄远大于地层年龄, 表明这些锆石矿物沉积后未经历过高温重置, 其ZFT年龄可用于物源区-南天山和中天山南部构造冷却事件分析研究。通过ZFT年龄重分组揭示出南天山和中天山南部主要经历过399.5~362.2Ma、293.4~267.9Ma、232.6~175.6Ma、130.3~73.2Ma等四期冷却事件, 分别与南天山洋向北俯冲诱发的中天山南部隆升、塔里木盆地与中天山碰撞后的挤压和增生作用、羌塘板块和拉萨板块与欧亚板块南缘碰撞等有关。同时基于ZFT年龄时滞演化模式还揭示出南天山曾经历过中新世一期快速冷却事件, 是由印度板块与欧亚板块碰撞的远程效应造成的。本研究不仅提出了新的物源分析研究方法和首次明确了南天山自碰撞形成以来的多期冷却事件, 而且印证了碎屑热年代学物源分析在天山地区的应用成效, 从而为中亚地区构造演化研究提供了新思路。

**参考文献** Bernet M., Garver J. I., 2005. Fission-track Analysis of Detrital Zircon [J]. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, 58(1): 205-237. Bernet M., Zattin M., Garver J. I. et al., 2001. Steady-state exhumation of the European Alps [J]. *Geology*, 1: 35-38. Malusà M. G., Fitzgerald P. G., 2020. The geologic interpretation of the detrital thermochronology record within a stratigraphic framework, with examples from the European Alps, Taiwan and the Himalayas [J]. *Earth-Science Reviews*, 201: 103074. Yamada, R., Murakami, M., Tagami, T., 2007. Statistical modeling of annealing kinetics of fission tracks in zircon; reassessment of laboratory experiments [J]. *Chemical Geology*. 236: 75-91.

**关键词** 碎屑锆石; 形态学; 热年代学; 天山; 塔里木盆地



摘要 ID:1312

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碎屑热年代学

最终交流类型: 口头报告

## 西秦岭夷平面发育过程的碎屑低温热年代学证据

王修喜\*、王红、庞博中、王领兵  
兰州大学资源环境学院

青藏高原多圈层相互作用研究一直是国际地学界研究的热点和难点。而高原各主要块体精确的内陆耦合作用记录成为取得突破的关键。西秦岭被认为是高原东北向生长的最前缘,夷平面保留完好,具典型性,是研究区域内外力耦合作用的良好载体。我们在野外考察的基础上,通过地貌因子提取法和目视解译法对该区进行定量解译分析,发现山顶面与主夷平面分别残留于高山顶部和普遍分布在西秦岭山脉主体部分。夷平面东北向倾斜暗示高原在该区抬升幅度由内部向边缘逐渐减小。梳理和分析该区有关低温热年代学和构造变形证据,特别是根据贵德-兰州-武山-天水-武都盆地的裂变径迹热年代学证据,获得该区新生代以来造山期次主要发生在 66-47 Ma, 38-22 Ma,  $\leq 13$  Ma, 期间的 47-38 Ma 和 22-13 Ma 相对平静期为准平原过程。初步推断现存的山顶面在始新世中期(约 47 Ma)开始夷平,主夷平面的发育始于中新世早期(约 22 Ma),约 13 Ma 准平原形成。青藏运动导致这两级地貌面隆升到现代高度,现代地貌格局最终奠定。青藏高原在其最东北缘的隆升具同步性和多期次性。本研究同时也根据以磷灰石裂变径迹为主导的源-汇分析和对比,发现并例证了地质地貌体发育过程中的相关沉积物的碎屑裂变径迹热年代学可以为层状地貌面发育年代提供证据。本研究受国家自然科学基金面上项目(41671001)资助。

### 参考文献

**关键词** 构造地貌; 低温热年代学; 盆地沉积物; 西秦岭



摘要 ID:1865

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碎屑热年代学

最终交流类型: 专题邀请报告

## 阿拉伯-欧亚板块缝合过程以及对喜马拉雅山隆升的启示

蔡福龙\*、丁林、王厚起  
中国科学院青藏高原研究所

新特提斯洋闭合以及随后的大陆碰撞创造了线状的阿尔卑斯山、较低海拔和较小面积的扎格罗斯-伊朗高原以及巨大面积和高海拔的喜马拉雅-青藏高原造山带(Hatzfeld and Molnar, 2010; Yin and Harrison, 2000)。每一部分都具有相似的大地构造背景,但是却产生了不同的地形特征,它们可能代表了造山的不同阶段(Hatzfeld and Molnar, 2010)。特提斯域是理解大陆碰撞过程以及区域板块边界变化响应的天然实验室。而解析如此复杂过程的关键步骤就是确定每一段大陆碰撞时间以及碰撞前的板块边缘结构。遗憾的是,目前对阿拉伯-欧亚板块初始碰撞时间和结构依然缺乏统一的认识,导致在扎格罗斯-伊朗高原扩展和隆升、新生代气候变化,以及区域动力学模型等方面缺乏系统认识。一种观点认为阿拉伯和欧亚板块直接在晚白垩世最晚期碰撞(Alavi, 2004),不存在任何洋内岛弧和蛇绿岩仰冲。另一种观点则认为,新特提斯洋内蛇绿岩首先在晚白垩世仰冲到阿拉伯板块之上,随后才发生阿拉伯-欧亚板块碰撞,然而,陆-陆碰撞时间从晚始新世到晚中新世等各种观点均有(Agard, et al., 2011; Allen & Armstrong, 2008; Fakhari et al., 2008; McQuarrie and van Hinsbergen, 2013; Pirouz et al., 2017; Zhang et al., 2017)。近年来,我们对伊朗扎格罗斯造山带新生代前陆盆地地层进行了系统的砂岩岩石学和碎屑锆石 U-Pb-Hf 同位素以及微量元素研究(Cai et al., 2021)。结果表明,含放射虫硅质岩砾石、100-90 Ma 具有正 $\epsilon_{\text{Hf}}$ 和洋中脊地球化学亲缘的碎屑锆石,以及 SSZ 型铬尖晶石第一次出现于上白垩统-古新统的 Sachun 组,而此时没有任何欧亚板块物质出现在 Sachun 组之中,表明此阶段为蛇绿岩向阿拉伯板块的仰冲,而非阿拉伯和欧亚大陆碰撞;真正的属于欧亚板块物质的 50-27 Ma 以及 180-160 Ma 具有变化 $\epsilon_{\text{Hf}}$ 和大陆岛弧特征的碎屑锆石第一次出现在 Razak 组。根据我们获得的碎屑锆石最大沉积年龄以及前人发表的磁性地层数据, Razak 组最底部沉积时间介于 25.7-21.5 Ma 之间,因此,我们提出阿拉伯与欧亚板块的碰撞一定发生在 Razak 组沉积之前。此外,通过汇总扎格罗斯前陆盆地与喜马拉雅前陆盆地迁移历史,我们发现,前陆褶冲带和前陆盆地迁移速率的变化对造山带生长起到一定程度的控制作用。迁移速率大幅度降低前,造山带以相对低海拔(<2000 m)的水平生长为主,而迁移速率降低后,水平生长几乎停止,转为快速的垂向生长为主。

**参考文献** Alavi M. 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution. *American Journal of Science*, 304: 1-20. Agard P, Omrani J, Jolivet L, et al. 2011. Zagros orogeny: A subduction-dominated process. *Geological Magazine*, 148: 692-725. Allen MB, and Armstrong HA. 2008. Arabia-Eurasia collision and the forcing of mid-Cenozoic global cooling. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 265: 52-58. Cai F, Ding L, Wang H, et al., 2021. Configuration and timing of collision between Arabia and Eurasia in the Zagros collision zone, Fars, southern Iran. *Tectonics*, 40, e2021TC006762. Fakhari MD, Axen GJ, Horton BK, et al. 2008. Revised age of proximal deposits in the Zagros foreland basin and implications for Cenozoic evolution of the High Zagros. *Tectonophysics*, 451: 170-185. Hatzfeld D, and Molnar P. 2010. Comparisons of the kinematics and deep structures of the Zagros and Himalaya and of the Iranian and Tibetan Plateaus and Geodynamic implications. *Reviews of Geophysics*, 48, RG2005. McQuarrie N, and van Hinsbergen DJJ. 2013. Retrodeforming the Arabia-Eurasia collision zone: Age of collision versus magnitude of continental subduction. *Geology*, 41: 315-318. Pirouz M, Avouac J-P, Hassanzadeh J, et al. 2017. Early Neogene foreland of the Zagros, implications for the initial closure of the Neo-Tethys and kinematics of crustal shortening. *Earth and Planetary Science Letters*, 477: 168-182. Yin A, and Harrison TM. 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28: 211-280. Zhang Z, Xiao W, Majidifard MR, et al. 2017. Detrital zircon provenance analysis in



the Zagros Orogen, SW Iran: Implications for the amalgamation history of the Neo-Tethys.  
International Journal of Earth Sciences, 106: 1223 - 1238.

关键词





摘要 ID:2906

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碎屑热年代学

最终交流类型: 口头报告

## 新特提斯洋俯冲与增生过程: 来自雅鲁藏布缝合带西段混杂岩的约束

余志成\*

中国地质大学(北京)

藏南雅鲁藏布江缝合带西段的普兰混杂岩记录了白垩纪新特提斯洋俯冲增生的过程。普兰混杂岩由岩块和“基质”组成,岩块类型有砂岩、硅质岩、玄武岩、灰岩等,“基质”以泥岩为主。砂岩碎屑组分分析结果表明,砂岩主要为岩屑石英砂岩,成分成熟度高,暗示其潜在物源区为印度被动大陆边缘而非拉萨地体活动大陆边缘。而砂岩碎屑锆石 U-Pb 年龄分析结果表明,所有锆石 U-Pb 年龄均大于 400 Ma,并具有 2 个主要峰值,分别是 530Ma 和 950Ma,与特提斯喜马拉雅地体类似,而明显不同于拉萨地体(以 1170Ma 峰值为特征)。混杂岩中玄武岩岩块的全岩地球化学数据显示,它们具有不同的端元,既有 E-MORB 和 N-MORB 型,也有 E-MORB 至 OIB 的过渡型,说明玄武岩可能来自俯冲的新特提斯洋板片。混杂岩中硅质岩同时具有远洋和大陆边缘的地球化学特征,暗示它们可能来自俯冲的新特提斯洋洋底和俯冲带之上的弧前洋底。根据上述观测,我们提出在白垩纪新特提斯洋俯冲阶段,来自俯冲的大洋洋底的玄武岩和硅质岩被刮削并拼贴到俯冲增生杂岩中;而在古近纪碰撞开始期间,沉积在印度被动大陆边缘上的石英砂岩到达海沟并经历了逆冲、变形过程成为混杂岩块,同时,来自俯冲带之上弧前地区的硅质岩遭受侵蚀而被卷入混杂岩,并最终在构造作用下混合形成普兰混杂岩的一部分。

### 参考文献

**关键词** 普兰混杂岩; 物源分析; 全岩地球化学特征; 新特提斯洋俯冲



摘要 ID:1294

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碎屑热年代学

最终交流类型: 展板

## 华北克拉通北缘新元古界构造-热演化研究

李晨星、常健\*

中国石油大学(北京)

华北克拉通北缘燕辽裂陷带是我国中-新元古界最发育的地区之一。由于地层沉积时期早, 沉积后经历复杂的构造运动, 造成新元古界构造-热演研究难度较大。本研究在确定燕辽裂陷带青白口系沉积物源的基础上, 结合低温热年代学正、反演耦合模拟方法, 恢复了燕辽裂陷带新元古界热演化史, 同时探讨了热史与构造运动之间的关系。新元古界碎屑锆石 U-Pb 峰值年龄为 1.8Ga 和 2.5Ga, 碎屑锆石来源于华北克拉通结晶基底。低温热年代学数据显示, 青白口系样品磷灰石裂变径迹年龄和锆石 (U-Th)/He 年龄均小于地层沉积年龄, 说明其年龄已被重置, 可以反映样品经历的热事件。样品单颗粒锆石 (U-Th)/He 年龄与有效铀浓度呈现负相关关系, 可以完整记录样品沉积以来的热史信息。利用锆石辐射损伤积累和退火模型 (ZRDAAM) 进行热史正、反演耦合模拟, 揭示出青白口系样品在三叠纪末期达到最大埋藏温度 140°C。模拟结果显示燕辽裂陷带新元古界在显生宙以来主要发生了两期构造隆升事件, 其中 430Ma~320Ma 的隆升事件是白乃庙岛弧向南与华北克拉通北缘发生弧陆碰撞造成的, 220Ma~0Ma 的隆升事件蒙古-鄂霍次克洋闭合及西伯利亚地块与华北地块碰撞造成的。本文明确了燕辽裂陷带新元古界构造-热演化史, 同时表明锆石 U-Pb 定年技术与低温热年代学技术的联合应用, 对于古老层系的热历史重建具有重要意义。

**参考文献**

**关键词** 燕辽裂陷带; 新元古界; 锆石 U-Pb; 低温热年代学; 构造-热演化



摘要 ID: 2345

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碎屑热年代学

最终交流类型: 口头报告

## 帕米尔新生代构造地貌演化过程: 来自碎屑锆石 U-Pb 年代学的证据

贾营营<sup>1\*</sup>、Christoph Glotzbach<sup>2</sup>、吕丽星<sup>3</sup>、Todd Ehlers<sup>2</sup>

1. 应急管理部国家自然灾害防治研究院

2. 图宾根大学

3. 中国地震局地质研究所

帕米尔弧形构造带组成了青藏高原的西构造节, 是理解青藏高原构造变形向外传递与分配的关键地区之一, 其新生代以来的构造隆升和水平运动过程, 与天山陆内构造变形、塔里木盆地气候极端干旱化、副特提斯海退等过程密切相关, 是地质学家近二十年来关注的焦点问题。但是, 无论其新生代构造隆升过程, 还是向北运动的过程都存在很大的争议。尤其是对于北帕米尔构造活动过程的研究, 不同的研究所获得的构造隆升的时间在 40-15Ma、24Ma 和中新世不等, 帕米尔弧形构造带形成的时间也存在二叠纪、古新世-始新世、~25-15 Ma 等不同的结论。基于这些争议, 本研究选择帕米尔-天山汇聚带东北部的铁热克萨孜剖面为研究区, 对该剖面白垩纪-上新世地层开展了系统的碎屑锆石物缘分析和古流向重建, 结合帕米尔地区已发表的碎屑锆石 U-Pb 数据和低温热年代学数据, 探讨了帕米尔弧形构造带新生代构造地貌演化过程。本研究的结果表明, 白垩纪时期, 天山山脉是铁热克萨孜剖面的主要物源区, 以向南的为主要特征; 始新世中晚期 (41-40 Ma) -中新世中期, 古流向转而向北, 沉积物中碎屑锆石以北帕米尔的信号为主要特征, 指示了北帕米尔的构造隆升可能不晚于~41-40 Ma, 对比帕米尔北缘已发表的碎屑锆石数据, 帕米尔西侧同时期的沉积物中包含有来自中帕米、甚至南帕米尔的碎屑锆石, 而帕米尔东侧的沉积物则主要以北帕米尔的碎屑锆石信号为主要特征, 表明该时期帕米尔西侧发育较大的流域盆地, 东侧发育的流域盆地都局限在北帕米尔地区, 这种不对称的流域分布格局可能指示了帕米尔地区降水的东西差异性在始新世中晚期就开始出现, 帕米尔弧形构造带可能在始新世中晚期就已经存在; 中新世中晚期-上新世, 随着帕米尔的不断向北运动, 来自帕米尔的碎屑锆石反而在铁热克萨孜剖面消失, 天山山脉再次成为该剖面的主要物源区, 古流向转而向东和向南, 这与西南天山该时期的构造隆升较为一致, 同时帕米尔前陆地区发育的逆冲褶皱带对沉积物的向北搬运也起到了一定的阻挡作用。

### 参考文献

**关键词** 帕米尔, 新生代, 物源分析, 构造地貌



摘要 ID:975

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碎屑热年代学

最终交流类型: 展板

## 碎屑锆石大数据 U-Pb 年代学研究进展

陈玺贇<sup>1</sup>、王平\*<sup>1</sup>、黄湘通<sup>2</sup>、吕开来<sup>1</sup>

1. 南京师范大学地理科学学院

2. 同济大学海洋与地球科学学院

碎屑锆石 U-Pb 年代学已成为识别碎屑来源和确定最大沉积年龄的重要依据。过去对物源的研究,往往采用了较小的碎屑锆石测试数量 ( $n \leq 120$ ), 物源判别的准确度较低。国外学者认为需要大的锆石测试数量 ( $n \geq 300$ ), 以获得相对“真实”的碎屑锆石年龄比例, 得出合理的地质推论。大数据碎屑锆石 U-Pb 年代学的研究在这一背景下逐渐发展。本文从碎屑锆石大数据 U-Pb 年代学的获取、处理与质量评估角度简要介绍其研究进展, 为快速定年提供新的思路。在数据获取方面, 介绍了国外学者利用 Q-ICPMS 和 MC-ICPMS 两种质谱在快速获取 U-Pb 年代学数据方面的创新, 分析了影响 LA-ICPMS 数据获取效率的几个因素, 以说明从仪器方面如何突破传统方法获取速率的限制。总结了碎屑锆石 U-Pb 年代学数据处理的流程, 并介绍了适合于大数据处理的软件 Iolite、ET\_Redux 和 AgeCalcML 以及它们在大数据处理方面的优势。综述了 6 种不谐和度计算方法, 并结合大量数据比较, 发现到谐和线的对数值距离产生的结果最好。碎屑锆石大数据 U-Pb 年代学的发展与成熟是数据获取速率加快、数据处理能力增强和数据分析形式多样化的必然趋势, 推动了物源判别与地层限定等传统应用的发展, 并且对岩浆活动、气候等领域的研究提供一定的数据依据。最后, 对碎屑锆石大数据 U-Pb 年代学在岩浆活动和气候等方面的应用给予了展望。

**参考文献** [1] Vermeesch P. Quantitative geomorphology of the White Mountains (California) using detrital apatite fission track thermochronology[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2007, 112(F3): F03004. [2] Copeland P, Harrison T M. Episodic rapid uplift in the Himalaya revealed by  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  analysis of detrital K-feldspar and muscovite, Bengal fan[J]. *Geology*, GeoScienceWorld, 1990, 18(4): 354 - 357. [3] Fedo C M, Sircombe K N, Rainbird R H. Detrital Zircon Analysis of the Sedimentary Record[J]. *Reviews in Mineralogy and Geochemistry*, GeoScienceWorld, 2003, 53(1): 277 - 303. [4] Vermeesch P. How many grains are needed for a provenance study?[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2004, 224(3-4): 441 - 451. [5] Dodson M H, Compston W, Williams I S, et al. A search for ancient detrital zircons in Zimbabwean sediments[J]. *Journal of the Geological Society*, 1988, 145(6): 977-983. [6] Andersen T. Detrital zircons as tracers of sedimentary provenance: limiting conditions from statistics and numerical simulation[J]. *Chemical Geology*, 2005, 216(3): 249 - 270. [7] Dickinson W R, Gehrels G E. Use of U-Pb ages of detrital zircons to infer maximum depositional ages of strata: A test against a Colorado Plateau Mesozoic database[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2009, 288(1): 115 - 125. [8] Pullen A, Ibáñez-Mejía M, Gehrels G E, et al. What happens when  $n = 1000$ ? Creating large- $n$  geochronological datasets with LA-ICP-MS for geologic investigations[J]. *J. Anal. At. Spectrom.*, 2014, 29(6): 971 - 980. [9] Saylor J E, Sundell K E. Quantifying comparison of large detrital geochronology data sets[J]. *Geosphere*, 2016, 12(1): 203 - 220. [10] Pettit B S, Blum M, Pecha M, et al. Detrital-Zircon U-Pb Paleodrainage Reconstruction and Geochronology of the Campanian Blackhawk - Castlegate Succession, Wasatch Plateau and Book Cliffs, Utah, U.S.A. [J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2019, 89(4): 273 - 292. [11] Gray A L. Solid sample introduction by laser ablation for inductively coupled plasma source mass spectrometry[J]. *The Analyst*, 1985, 110(5): 551 - 556. [12] Matthews W A, Guest B. A Practical Approach for Collecting Large- $n$  Detrital Zircon U-Pb Data sets by Quadrupole LA-ICP-MS[J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 2017, 41(2): 161 - 180. [13] Chew D, Drost K, Petrus J A. Ultrafast, > 50 Hz LA-ICP-MS Spot Analysis Applied to U-Pb Dating of Zircon and other U-Bearing Minerals[J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*,



2019, 43(1): 39 - 60. [14] Sundell K E, Gehrels G E, Pecha M E. Rapid U - Pb Geochronology by Laser Ablation Multi - Collector ICP - MS[J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 2021, 45(1): 37 - 57. [15] Malderen S J M V, J. Managh A, L. Sharp B, et al. Recent developments in the design of rapid response cells for laser ablation-inductively coupled plasma-mass spectrometry and their impact on bioimaging applications[J]. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, Royal Society of Chemistry, 2016, 31(2): 423 - 439. [16] 范晨子, 胡明月, 赵令浩, 等. 锆石铀-铅定年激光剥蚀-电感耦合等离子体质谱原位微区分析进展[J]. *岩矿测试*, 2012, 31(01): 29 - 46. [17] Gundlach-Graham A, Günther D. Toward faster and higher resolution LA - ICPMS imaging: on the co-evolution of LA cell design and ICPMS instrumentation[J]. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 2016, 408(11): 2687 - 2695. [18] 李献华, 柳小明, 刘勇胜, 等. LA-ICPMS 锆石 U-Pb 定年的准确度: 多实验室对比分析[J]. *中国科学: 地球科学*, 2015, 45(09): 1294 - 1303. [19] Wiedenbeck M, ALLÉ P, CORFU F, et al. Three natural zircon standards for U - Th - Pb, Lu - Hf, trace element and REE analyses[J]. *Geostandards Newsletter*, 2007, 19: 1 - 23. [20] Andersen T, Elburg M A, Magwaza B N. Sources of bias in detrital zircon geochronology: Discordance, concealed lead loss and common lead correction[J]. *Earth-Science Reviews*, 2019, 197. [21] Mckibben M, Shanks W C, Ridley W. Applications of Microanalytical Techniques to Understanding Mineralizing Processes[A]. 1998. [22] Pease V, Scott R A. Crustal affinities in the Arctic Uralides, northern Russia: significance of detrital zircon ages from Neoproterozoic and Palaeozoic sediments in Novaya Zemlya and Taimyr[J]. *Journal of the Geological Society*, Geological Society of London, 2009, 166(3): 517 - 527. [23] Ludwig K R. User' s Manual for Isoplot 3.00: A Geochronological Toolkit for Microsoft Excel[M]. [24] Andersen T. Correction of common lead in U - Pb analyses that do not report  $^{204}\text{Pb}$ [J]. *Chemical Geology*, 2002, 192(1): 59 - 79. [25] Paton C, Hellstrom J, Paul B, et al. Iolite: Freeware for the visualisation and processing of mass spectrometric data[J]. 2011: 11. [26] McLean N M, Bowring J F, Gehrels G. Algorithms and software for U-Pb geochronology by LA-ICPMS: U-PB LA-ICPMS ALGORITHMS AND SOFTWARE[J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2016, 17(7): 2480 - 2496. [27] Bowring J F, McLean N M, Bowring S A. Engineering cyber infrastructure for U-Pb geochronology: Tripoli and U-Pb\_Redux[J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2011, 12(6). [28] Ludwig K R. Calculation of uncertainties of U-Pb isotope data[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1980, 46(2): 212 - 220. [29] Jaffey A H, Flynn K F, Glendenin L E, et al. Precision Measurement of Half-Lives and Specific Activities of  $^{235}\text{U}$  and  $^{238}\text{U}$ [J]. *Physical Review C*, American Physical Society, 1971, 4(5): 1889 - 1906. [30] Wetherill G W. Discordant uranium-lead ages, I[J]. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 1956, 37(3): 320 - 326. [31] Tera F, Wasserburg G J. U-Th-Pb systematics in three Apollo 14 basalts and the problem of initial Pb in lunar rocks[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1972, 14(3): 281 - 304. [32] Schoene B. U - Th - Pb Geochronology[A]. [33] Gehrels G. Detrital Zircon U-Pb Geochronology: Current Methods and New Opportunities[A]. [34] Puetz S J, Ganade C E, Zimmermann U, et al. Statistical analyses of Global U-Pb Database 2017[J]. *Geoscience Frontiers*, 2018, 9(1): 121 - 145. [35] Spencer C J, Kirkland C L, Taylor R J M. Strategies towards statistically robust interpretations of in situ U - Pb zircon geochronology[J]. *Geoscience Frontiers*, 2016, 7(4): 581 - 589. [36] Stacey J S, Kramers J D. Approximation of terrestrial lead isotope evolution by a two-stage model[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 1975, 26(2): 207 - 221. [37] Vermeesch P. On the treatment of discordant detrital zircon U - Pb data[J]. *Geochronology*, Copernicus GmbH, 2021, 3(1): 247 - 257. [38] Voice P J, Kowalewski M, Eriksson K A. Quantifying the Timing and Rate of Crustal Evolution: Global Compilation of Radiometrically Dated Detrital Zircon Grains[J]. *The Journal of Geology*, 2011, 119(2): 109 - 126. [39] McKenzie N R, Horton B K, Loomis S E, et al. Continental arc volcanism as the principal driver of icehouse-greenhouse variability[J]. *Science*, 2016, 352(6284): 444 - 447.

**关键词** 碎屑锆石; 大数据 U-Pb 年代学; 数据获取; 数据处理



# 沉积学新技术与新方法 碳酸盐岩测试新技术



摘要 ID:330

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 专题邀请报告

## 镁同位素示踪选择性白云石化过程——以奥陶系马家沟组生物扰动灰岩为例

甯濛<sup>3</sup>、李辰卿<sup>1</sup>、丁伟铭<sup>1</sup>、李超<sup>2</sup>、沈冰<sup>1</sup>

1. 北京大学 地球与空间科学学院
2. 国家地质实验测试研究中心
3. 成都理工大学 沉积地质研究院

选择性白云石化作用在生物扰动灰岩中普遍存在,但对与生物扰动相关的选择性白云石化作用的发生时间和物理化学过程的研究仍存在较大争议。为探讨生物扰动灰岩的选择性白云石化过程,本文在详细的沉积学、岩石学研究基础之上,对奥陶系马家沟组生物扰动灰岩的生物潜穴充填物和围岩的主微量元素、碳氧同位素及镁同位素特征进行了系统研究。研究区马家沟组生物扰动灰岩主要发育两种遗迹化石: *Thalassinoides callianassa* 和 *Thalassinoides horizontalis*。基于对遗迹化石组构及沉积构造分析,认为马家沟组生物扰动灰岩形成于沉积环境稳定,缺乏风暴作用影响的潮间带中下部-潮下带浅水低能环境,水体氧气充足,原始沉积物中有机质丰富,为遗迹生物的繁盛提供了有利条件。根据岩石学特征分析,潜穴中充填的白云石可分为两类,其地球化学组成相似,说明白云石化过程相同,均由交代早期方解石形成,两者岩石结构特征的差异由不同强度的生物扰动作用造成。原始沉积的泥晶方解石形成于氧气充足的沉积物-水界面附近,有机物分解导致贫<sup>13</sup>C的DIC加入,使泥晶方解石的 $\delta^{13}\text{C}$ 值偏低;潜穴充填白云石的Fe、Mn含量均明显高于围岩基质,说明白云石化作用可能发生在浅埋藏期(Fe、Mn还原带);潜穴充填白云石的Mg同位素值相同、空间分布均一,符合DAR模型模拟结果,证明 $\text{Mg}^{2+}$ 来自海水,以扩散方式在潜穴中富集,潜穴内微生物和有机质的催化作用为克服白云石形成的动力学障碍提供了有利条件。

**参考文献** 胡亚洲,牛永斌,崔胜利,等. 2019. 碳酸盐岩中生物潜穴充填特征及其诱导孔隙演化规律——以豫西奥陶系马家沟组三段为例[J]. 沉积学报, 37(04): 690-701. 刘梦瑶,齐永安,史云鹤,等. 2020. 华北寒武纪—奥陶纪豹皮状碳酸盐岩系生物扰动成因[J]. 沉积学报, 38(01): 91-103. Gingras MK, S. George P, Muelenbachs K, et al.. 2004. Conceptual models for burrow-related, selective dolomitization with textural and isotopic evidence from the Tyndall Stone, Canada [J]. Geobiology, 2(1): 21-30. Huang KJ, Shen B, Lang XG, et al. 2015. Magnesium isotopic compositions of the Mesoproterozoic dolostones: Implications for Mg isotopic systematics of marine carbonates [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 164: 333-351.

**关键词** 镁同位素; 选择性白云石化作用; 生物扰动作用; 奥陶系; 马家沟组



摘要 ID:1405

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 基于相控约束的虚拟井反演技术在古老深层碳酸盐岩储层预测中的应用

孙炜\*、孙自明、李双建、武重阳、陆红梅  
中石化勘探院油气勘探所

古老深层碳酸盐岩储层预测一直是制约风险勘探突破的关键所在。由于风险勘探领域均处于勘探初期,在风险勘探井位论证中能够借鉴并应用于储层预测的井资料普遍较少。那么,如何在井资料匮乏的情况下利用地球物理技术准确刻画古老深层碳酸盐岩储层的分布特征,成为风险井论证工作中至关重要的问题。研究中,以川南荣昌-永川地区震旦系灯影组台缘藻丘滩储层为研究目标,针对研究区无钻井钻至灯影组目的层的实际情况,首先,根据研究区相似地区的储层对比分析,确定研究区储层的基本特征,然后,结合正演模拟、地震属性、波形分类等技术在沉积相的控制下构建出三口虚拟井,最后,利用虚拟井开展波阻抗反演,有效刻画了研究区灯影组台缘藻丘滩储层的分布特征,并进一步实现对岩性圈闭的定量描述,从而为该地区的风险勘探提供了有利支撑。

**参考文献** 1. 黄海平,包强,刘荣和.“虚拟井”技术在复杂气藏建模中的应用.天然气工业,2012,32(4):39-41. 2. 杨亚迪,黄悍东,张生等.二维虚拟井反演技术在碳酸盐岩储层预测中的应用.中国地球科学联合学术年会2015.804-805. 3. 贾超.基于虚拟井约束的致密砂岩储层建模方法.中国矿业,2019,28(sup1):289-293. 4. 于兴河,陈建阳,张志杰,等.油气储层相控随机建模技术的约束方法.地学前缘,2005(3):237-243. 5. 刘超,谢传礼,李宇鹏,等.利用虚拟井提高相控随机建模中地质约束的原理和方法.天然气地球科学,2015,26(4):616-624. 6. 何丽娟,王振峰,邓勇,等.虚拟井技术在琼东南深水区储层预测中的应用.物探与化探,2016,40(2):390-397. 7. 潘军,张艳,栾锡武,等.虚拟井技术在油气预测中的应用——以渤中3-2油田中牛代潜山储层为例.地球物理学进展,2018,33(6):2563-2567. 8. 李梅,郝诚,张志让,等.虚拟井约束地震反演方法在台地斜坡带鲕滩储层预测中的应用——以四川盆地龙岗地区某单元为例.海相油气地质,2012,17(4):73-77. 9. 唐志远,郭清正,刘国昌.一种无井反演方法在印度河盆地储层预测中的应用.物探化探计算基数,2018,40(3):324-329.

**关键词** 相控约束;虚拟井反演;古老深层;碳酸盐岩储层;油气勘探





摘要 ID: 3359

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 埃迪卡拉纪 Shuram 碳同位素负漂移结束时限及成因解释

徐若炎、张亮亮\*  
中国地质大学(北京)

埃迪卡拉纪是衔接元古宙和显生宙的关键时期,对地球早期生命起源等诸多科学问题的研究都十分重要,同时也是地球宜居性演化的关键时期。地质历史上最大的一次碳同位素负漂移事件 Shuram Excursion 便出现在该时期,在中国华南其被称作陡山沱组碳同位素负漂移事件,简称“DOUNCE”,该事件的始末时间一直是学界关注的重要科学问题。本文选取华南三峡地区 5 条埃迪卡拉系的典型剖面,对“DOUNCE”沉积层位的白云岩进行了系统采样。从中选取关键层位的白云岩样品,基于新开发的激光碳酸盐岩 U-Pb 定年技术和碳酸盐岩微量元素地球化学分析方法对“DOUNCE”结束时间给予了约束并进一步探讨了埃迪卡拉系陡山沱组大规模白云岩的形成机制。白云石 U-Pb 定年结果显示,“DOUNCE”事件结束时间为  $559 \pm 9$  Ma,表明激光碳酸盐岩 U-Pb 定年技术在解决部分碳酸盐岩沉积地层定年问题方面的潜力。此外,“DOUNCE”事件起始层位的白云岩定年结果分布在  $\sim 380 - 420$  Ma,结合研究剖面碳酸盐岩地层的无机碳、氧同位素,碳酸盐组分主微量元素和显微岩相学观察,表明:“DOUNCE”时期的少量白云岩样品保存了原始沉积信息,其 U-Pb 系统相对封闭,几乎没有受到后期成岩或流体交代作用影响,可能为微生物及其有机质作用下的低温成因;另一方面,该套地层内也存在大量后期具有重结晶现象的白云岩样品,集中于  $\sim 380 - 420$  Ma 的年龄结果可能与泥盆纪生物繁盛,CO<sub>2</sub> 含量降低以及氧气浓度升高有关。

参考文献

关键词



摘要 ID:1565

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 展板

## 碳酸盐岩测试新技术 ——以四川盆地高石梯地区震旦系灯影组四段多期构造与流体活动叠加效应对优质储层的控制作用研究为例

郭恒玮<sup>1</sup>、宋荣彩<sup>1</sup>、伏美燕<sup>\*1</sup>、董树义<sup>1</sup>、刘文<sup>2</sup>、李豫源<sup>1</sup>、文发杨<sup>1</sup>、陈海雯<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 中国科学院广州地球化学研究所

四川盆地震旦系灯影组四段广泛发育微生物碳酸盐岩,且灯四微生物岩主要为藻叠层云岩、藻纹层云岩及藻凝块云岩。前人研究表明,四川盆地经历多期构造变革,灯四段先后受到了桐湾运动、加里东运动、印支运动等构造运动的影响,灯四段成岩晚期存在了多期流体的充注(刘树根,2009;梁家驹,2014)。微生物碳酸盐岩为底栖微生物群落捕获和粘结碳酸盐岩颗粒,或由其诱发的矿物沉淀(Riding,2000),主要包括叠层石(stromatolite)、凝块石(thrombolite)、树枝石(dendrolite)、均一石(leiolite)、核形石(oncolite)和纹理石(laminite)等。前人一般将微生物碳酸盐岩结构分为宏观尺度和微观尺度,宏观尺度可见柱状、穹窿状、丘状、凝块状、缓波状等结构,微观尺度可见球状、椭球状、杆状等结构,并常见丝状体、胞外聚合物等。微生物岩原生孔隙主要为窗格孔、格架孔、粒间孔、粒内孔、生物体腔孔等,一般具有组构选择性(郝雁等,2018)。在微生物参与或调剂下,微生物碳酸盐岩常发育一些形成机理及分布特殊的微观孔和巨观孔洞(郝雁等,2018)。

本文研究样品取自中国石油西南油气田分公司蜀南气矿五口井的岩心,共78个薄片。样品运用碳酸盐岩测试新技术,通过岩心、薄片、地球化学分析等手段及资料,对四川盆地高石梯地区灯影组四段微生物岩多期流体活动与多期表生岩溶作用进行了研究。其中主要使用CITL/CL8200 MK5-2(英国制造)冷阴极仪拍摄氯离子图像;THMS600冷热台(英国萨里郡林康科学公司)测定白云岩中石英、白云石及方解石胶结物中包裹体的均一温度;Optima 5300V电感耦合等离子体原子发射光谱法(ICP-AES)和电感耦合等离子体质谱法(ICP-MS)测定了碳酸盐岩中元素的组成;以及使用Mat253稳定同位素比质谱仪(美国马萨诸塞州沃尔瑟姆市Thermo Scientific)测量了GS1和GS7井16块白云石的碳和氧稳定同位素值。根据充填物赋存状态及充填顺序,结合阴极发光及流体包裹体均一温度等,发现研究区灯四段至少存在四期流体充填,表现为第一期沥青-第二期白云石-第三期石英-第四期沥青。

通过碳酸盐岩测试分析技术及前人的研究本文主要得出以下结论:

(1) 高石梯地区灯四段在沉积期后充填顺序应为:第一期沥青-白云石-石英-第二期沥青,应至少出现了4期流体活动。第一期主要为原油充注,在后期的深埋过程中,原油发生热裂解形成沥青和天然气,现今它们主要表现为沥青;第二期为盐水流体充注,表现为白云石胶结;第三期主要为酸性流体充注或热液充注,表现为石英的大量出现,有时可见热液成因的鞍形白云石。同时在稀土元素对球粒陨石标准化中,我们发现了Eu的正异常,表明区内灯四段确实存在热液活动。第四期主要为油气充注,现今表现为沥青充填。

(2) 通过对四期流体活动的分析,发现第二期盐水流体活动伴随表生期溶蚀作用,利于灯四段溶蚀孔洞的出现,有利于优质储层的形成;最后,发现主要受桐湾运动III幕影响的上部储层发育带储集性更好,这说明桐湾运动III幕对研究区灯四段影响更为重要。

**参考文献** 刘树根,马永生,蔡勋育,徐国盛,王国芝,雍自权,孙玮,袁海锋,盘昌林.四川盆地震旦系下古生界天然气成藏过程和特征[J].成都理工大学学报(自然科学版),2009,36(04):345-354.梁家驹.四川盆地川中—川西南地区震旦系—下古生界油气成藏差异性研究[D].成都理工大学,2014.Riding R. 2002. Structure and composition of organic reefs and carbonate mud mounds: Concepts and categories. Earth Science Reviews, 58: 163-231.郝雁,张哨楠 & 张德民.(2018).微生物碳酸盐岩研究现状及进展.成都理工大学学报(自然科学版)(04),415-427. doi:

**关键词** 四川盆地;高石梯地区灯四段;微生物岩;流体活动与构造运动;测试技术



摘要 ID:908

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 多种实验方法探索白云岩储层孔洞形成及演化——多种实验方法 探索白云岩储层孔洞形成及演化

熊绍云\*

中国石油杭州地质研究院

通过野外及钻井岩心观察,结合镜下薄片鉴定,川西地区中泥盆统观雾山组白云岩储层主要为生物(礁)白云岩、角砾状白云岩,白云岩储层储集空间主要为孔洞和裂缝两类,其孔洞多为组构选择性溶蚀形成(主要与层孔虫有关),后期被白云石、方解石完全或部分充填,通过阴极发光及产状分析,孔洞内存在三期白云石胶结物和一期方解石胶结物,第一期白云石胶结物与基质白云石具有相同的阴极发光特征,均为暗红色,表明第一期白云石胶结物与基质白云石形成于相同的成岩环境、具有相似的成岩流体。为弄清观雾山组白云岩储层孔洞成因、孔洞充填期次及演化,首先通过对孔洞型白云岩储层发育与沉积相、层序关系以及第一期白云石胶结物与围岩形成的时间研究。在沉积相上,生物礁白云岩、角砾状白云岩主要分布在台地边缘及潮坪环境;在层序上,其主要发育在三级层序的高位体系域中,四级层序中-上部。第一期胶结物包裹体均一温度为 $58.7\sim 75.3^{\circ}\text{C}$ ,通过激光原位U-Pb同位素定年技术测得方解石胶结物形成时间为 $235.9\pm 4.0\sim 244.36\pm 2.1\text{Ma}$ ,说明三期白云石胶结物及方解石在三叠纪或之前形成,川西地区三叠纪-泥盆纪之间各时期古地温梯度为 $4.34\sim 3.57^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ ,平均为 $4.0^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ (王一刚等,1998),泥盆纪-二叠纪扬子古板块仍处于赤道 $1\sim 3^{\circ}$ (贾承造等,2007),平均气温为 $30^{\circ}\text{C}$ ,经计算第一期白云石胶结物形成的埋藏深度约为 $700\sim 1100\text{m}$ ,处于准同生期或浅埋藏期,有机质处于生油早期,不存在大规模排烃,有机酸溶蚀作用有限。因此第一期白云石胶结之前大规模溶蚀孔洞应为相控准同生溶蚀形成的。针对孔洞内不同期次充填物的包裹体均一温度、碳氧同位素、激光原位U-Pb同位素定年、锶同位素、稀土元素等分析,认为孔洞内充填物形成于封闭的成岩环境,成岩流体为受下伏碎屑岩地层水加入修改的中泥盆世海水,同时白云岩储层储集空间经历了沉积期-白云石化开始的孔洞及裂缝形成、白云石过程的围岩白云石化及第一期白云石胶结及中深埋藏成岩过程的孔隙定型3个演化阶段,其中中深埋藏阶段是孔隙减少的主要阶段,造成约25%的孔隙损失。

**参考文献** [1]胡文煊,陈琪,王小林,曹剑. 2010. 白云岩储层形成演化过程中不同流体包裹体作用的稀土元素判别模式. 石油与天然气地质, 31(6): 810~818. [2]何治亮,云露,尤东华,彭守涛,张宏,王康宁,钱一雄,焦存礼,张继标. 2019. 塔里木盆地阿-满过渡带超深层碳酸盐岩储层成因与分布预测. 地学前缘(中国地质大学(北京)), 26(1): 13~21. [3]何治亮,马永生,张军涛,朱东亚,钱一雄,丁茜,陈代钊. 2020. 中国的白云岩与白云岩储层:分布、成因与主控因素. 石油与天然气地质, 41(1): 1~14. [4]胡安平,沈安江,梁峰,赵建新,罗宪婴,俸月星,程婷. 2020. 激光铀铅同位素定年技术在塔里木盆地肖尔布拉克组储层孔隙演化研究中的应用. 石油与天然气地质, 41(1): 37~49. [5]贾承造,李本亮,张兴阳,李传新. 2007. 中国海相盆地的形成与演化. 科学通报, (S1): 1~8. [6]马永生,何治亮,赵培荣,朱宏权,韩俊,尤东华,张军涛. 2019. 深层-超深层碳酸盐岩储层形成机理新进展. 石油学报, 40(12): 1415~1425. [7]倪新锋,黄理力,陈永权,郑剑锋,熊益学,朱永进,杨鹏飞,李昌. 2017. 塔中地区深层寒武系盐下白云岩储层特征及主控因素. 石油与天然气地质, 38(3): 489~498. [8]沈安江,胡安平,程婷,梁峰,潘文庆,俸月星,赵建新. 2019. 激光原位U-Pb同位素定年技术及其在碳酸盐成岩-孔隙演化中的应用. 石油勘探与开发, 46(6): 1062~1074. [9]余敏,寿建峰,沈安江,潘立银,胡安平,胡圆. 2016. 碳酸盐岩溶蚀规律与孔隙演化实验研究. 石油勘探与开发, 43(4): 564~572. [10]王一刚,余晓锋,杨雨,张静. 1998. 流体包裹体在建立四川盆地古地温剖面研究中的应用. 地球科学-中国地质大学学报, 23(3): 285~288. [11]熊连桥,姚根顺,倪超,熊绍云,沈安江,周刚,郝毅. 2017. 川西北地区中泥盆统观雾山组储集特征、控制因素与演化. 天然气地质学, 28(7): 1672~1926.

**关键词** 川西地区; 中泥盆统; 观雾山组; 储集空间; 成因及演化



摘要 ID:1314

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 展板

## 湖相混积岩碎屑组分镁同位素对化学风化强度的响应

丁晓楠、关平\*  
北京大学

柴达木盆地西部狮子沟地区在下干柴沟组上段时期发育一套干旱条件下的湖相混积岩, 通常发育碎屑组分-碳酸盐组分-蒸发岩组分(石膏、钙芒硝等)的混积序列。本文选取英西地区典型井狮41-2井, 以约为0.2m的间隔对混积沉积层段进行密集取样, 精细刻画了10万年尺度内的沉积地球化学信息。通过化学方法进行前处理, 从混积岩中提取出硅酸盐组分, 并对其进行了Mg同位素分析测试。测试结果显示, 该时期硅酸盐Mg同位素组成的变化范围为-0.1‰~-0.6‰, 与前人研究中硅酸盐风化剖面中的Mg同位素变化范围相吻合。硅酸盐Mg同位素的变化存在多个波动周期, 将其与反应湖盆气候干湿的碎屑组分相对含量指标进行精细比对, 发现二者具有良好的对应关系。本研究发现, 在碎屑组分相对含量较高的气候湿润期, 硅酸盐组分Mg同位素具有较高值或相对滞后的高值, 分别指示在化学风化较强情况下的水量充沛期和水量不足期。相反, 在碎屑组分相对含量较低的气候干旱期, 硅酸盐组分Mg同位素则具有较低值, 指示该时期的化学风化强度较弱, 导致湖盆碎屑供给不足。

### 参考文献

**关键词** 柴达木盆地, 湖相混积岩, 镁同位素, 化学风化



摘要 ID:2327

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 镁同位素示踪碳酸盐岩沉积-成岩过程及其对恢复深时海水镁同位素组成的启示

夏攀<sup>1,2,3</sup>、甯濛\*<sup>1,2,3</sup>、文华国<sup>1,2,3</sup>、沈安江<sup>4</sup>、郎咸国<sup>1,2,3</sup>、梁峰<sup>4</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059
2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 四川成都, 610059
3. 中石油碳酸盐岩储层重点实验室成都理工大学研究分室, 四川成都, 610059
4. 中国石油杭州地质研究院, 浙江杭州, 310023

镁(Mg)作为主要的造岩元素及生物营养元素广泛分布于地球各圈层中,是连接大陆、海洋和地球内部循环的重要纽带,在全球生物地球化学循环中起着重要作用。随着Mg同位素分析测试技术的发展和Mg同位素地球化学理论的完善,Mg同位素成为示踪全球Mg循环的重要手段。碳酸盐岩作为Mg的主要储库,是全球Mg循环的重要组成部分,利用Mg同位素示踪碳酸盐岩沉积-成岩过程是有效反演深时海水Mg同位素组成( $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$ )、恢复全球Mg循环的基本前提。近二十年来,利用Mg同位素示踪碳酸盐岩沉积-成岩过程的研究取得了较大进展:(1)在碳酸盐岩的Mg同位素分馏理论体系研究方面,通过大量理论计算(Rustad et al., 2010; Schauble et al., 2011; Pinilla et al., 2015; Wang et al., 2017)、实验模拟(Immenhauser et al., 2010; Pearce et al., 2012; Saulnier et al., 2012; Mavromatis et al., 2013; Shirokova et al., 2013; Wang et al., 2013; Li et al., 2012, 2015; Perez-Fernandez et al., 2017; Chen et al., 2020)和实际观测(Galy et al., 2002; Immenhauser et al., 2010; Higgins and Schrag, 2010; Mavromatis et al., 2014; Geske et al., 2015; Mavromatis et al., 2017a, 2017b),不同类型碳酸盐矿物形成过程中的分馏大小及其影响因素的研究得到进一步完善,为利用Mg同位素示踪碳酸盐岩沉积-成岩过程奠定了理论基础;(2)在利用Mg同位素示踪白云石化过程研究中,建立了不同白云石化过程中的Mg同位素地球化学模型(Huang et al., 2015; Peng et al., 2016; Ning et al., 2020),可以对白云石化过程进行半定量-定量约束,并提出利用Mg同位素变化趋势识别不同白云石化过程的方法,为解决厚层白云岩的成因提供了新的思路;(3)在碳酸盐岩沉积-成岩流体体系研究方面,建立了利用Mg同位素反演“沉积物缓冲”和“海水缓冲”流体体系(Higgins et al., 2018; Ahm et al., 2018, 2019)的方法,并利用Mg同位素探讨了碳酸盐岩早成岩期文石-方解石转化过程(He et al., 2020)的成岩体系。以上三方面研究进展为利用碳酸盐岩恢复 $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$ 奠定了理论基础。目前,对选择有效的碳酸盐岩载体恢复 $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$ 尚处于探索阶段,前人曾利用有孔虫壳体(Strandmann et al., 2014)、珊瑚壳体(Gothmann et al., 2015, 2017)、深海碳酸盐岩(Shalev et al., 2021)、白云岩(Li et al., 2015)和不同灰岩组分(泥晶组分、胶结物组分、生物碎屑与灰泥混合组分、腕足壳体)(Ma et al., 2018)等,初步恢复了地史时期的 $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$ ,但存在一定差异。恢复 $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$ 已成为定量重建地史时期海洋Mg循环的重要途径,在选择有效的碳酸盐岩载体恢复 $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$ 时,需充分考虑碳酸盐岩的沉积-成岩过程以及对Mg同位素组成的具体控制作用,在此基础上,选择合适的载体并适当结合地球化学模型,消除沉积-成岩因素的影响,进而恢复 $\delta^{26}\text{Mg}_{\text{sw}}$ 。

**参考文献** [1]Ahm A S C, Bjerrum C J, Blättler C L, et al., 2018. Quantifying early marine diagenesis in shallow-water carbonate sediments[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 236: 140-159. [2]Ahm A S C, Maloof A C, Macdonald F A, et al., 2019. An early diagenetic deglacial origin for basal Ediacaran “cap dolostones” [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 506: 292-307. [3]Chen X Y, Teng F Z, Sanchez W R, et al., 2020. Experimental constraints on magnesium isotope fractionation during abiogenic calcite precipitation at room temperature[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 281: 102-117. [4]Galy A, Bar-Matthews M, Halicz L, et al., 2002. Mg isotopic composition of carbonate: Insight from speleothem formation[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 201(1): 105-115. [5]Geske A, Lokier S, Dietzel M, et al., 2015. Magnesium isotope composition of sabkha porewater and related



(Sub-)Recent stoichiometric dolomites, Abu Dhabi (UAE) [J]. *Chemical Geology*, 393–394: 112–124. [6]Gothmann A M, Stolarski J, Adkins J F, et al., 2015. Fossil corals as an archive of secular variations in seawater chemistry since the Mesozoic[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 160: 188–208. [7]Gothmann A M, Stolarski J, Adkins J F, et al., 2017. A Cenozoic record of seawater Mg isotopes in well-preserved fossil corals[J]. *Geology*, 45(11): 1039–1042. [8]He R, Ning M, Huang K J, et al., 2020. Mg isotopic systematics during early diagenetic aragonite–calcite transition: Insights from the Key Largo Limestone[J]. *Chemical Geology*, 558: 119876. [9]Higgins J A, Blättler C L, Lundstrom E A, et al., 2018. Mineralogy, early marine diagenesis, and the chemistry of shallow-water carbonate sediments[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 220: 512–534. [10]Higgins J A, Schrag D P. 2010. Constraining magnesium cycling in marine sediments using magnesium isotopes[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74(17): 5039–5053. [11]Huang K J, Shen B, Lang X G, et al., 2015. Magnesium isotopic compositions of the Mesoproterozoic dolostones: Implications for Mg isotopic systematics of marine carbonates[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 164: 333–351. [12]Immenhauser A, Buhl D, Richter D, et al., 2010. Magnesium–isotope fractionation during low-Mg calcite precipitation in a limestone cave - Field study and experiments[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74(15): 4346–4364. [13]Li W Q, Beard B L, Li C X, et al., 2015. Experimental calibration of Mg isotope fractionation between dolomite and aqueous solution and its geological implications[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 157: 164–181. [14]Li W Q, Chakraborty S, Beard B L, et al., 2012. Magnesium isotope fractionation during precipitation of inorganic calcite under laboratory conditions[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 333–334: 304–316. [15]Ma H R, Xu Y H, Huang K J, et al., 2018. Heterogeneous Mg isotopic composition of the early Carboniferous limestone: Implications for carbonate as a seawater archive[J]. *Acta Geochimica*, 37(1): 1–18. [16]Mavromatis V, Gautier Q, Bosc O, et al., 2013. Kinetics of Mg partition and Mg stable isotope fractionation during its incorporation in calcite[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 114: 188–203. [17]Mavromatis V, Immenhauser A, Buhl D, et al., 2017a. Effect of organic ligands on Mg partitioning and Mg isotope fractionation during low-temperature precipitation of calcite in the absence of growth rate effects[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 207: 139–153. [18]Mavromatis V, Meister P, Oelkers E H. 2014. Using stable Mg isotopes to distinguish dolomite Formation mechanisms: A case study from the Peru Margin[J]. *Chemical Geology*, 385: 84–91. [19]Mavromatis V, Purgstaller B, Dietzel M, et al., 2017b. Impact of amorphous precursor phases on magnesium isotope signatures of Mg–calcite[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 464: 227–236. [20]Ning M, Lang X G, Huang K J, et al., 2020. Towards understanding the origin of massive dolostones[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 545: 116403. [21]Pearce C R, Saldi G D, Schott J, et al., 2012. Isotopic fractionation during congruent dissolution, precipitation and at equilibrium: Evidence from Mg isotopes[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 92: 170–183. [22]Peng Y, Shen B, Lang X G, et al., 2016. Constraining dolomitization by Mg isotopes: A case study from partially dolomitized limestones of the Middle Cambrian Xuzhuang Formation, North China[J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 17(3): 1109–1129. [23]Perez–Fernandez A, Berninger U N, Mavromatis V, et al., 2017. Ca and Mg isotope fractionation during the stoichiometric dissolution of dolomite at temperatures from 51 to 126 ° C and 5 bars CO<sub>2</sub> pressure[J]. *Chemical Geology*, 467: 76–88. [24]Pinilla C, Blanchard M, Balan E, et al., 2015. Equilibrium magnesium isotope fractionation between aqueous Mg<sup>2+</sup> and carbonate minerals: Insights from path integral molecular dynamics[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 163: 126–139. [25]Rustad J R, Casey W H, Yin Q Z, et al., 2010. Isotopic fractionation of Mg<sup>2+</sup>(aq), Ca<sup>2+</sup>(aq), and Fe<sup>2+</sup>(aq) with carbonate minerals[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 74(22): 6301–6323. [26]Saulnier S, Rollion–Bard C, Vigier N, et al., 2012. Mg isotope fractionation during calcite precipitation: An experimental study[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 91: 75–91. [27]Schauble E A. 2011. First-principles estimates of equilibrium magnesium isotope fractionation in silicate, oxide, carbonate and



hexaaquamagnesium(2+) crystals[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 75(3): 844-869. [28]Shalev N, Bontognali T R R, Vance D. 2021. Sabkha dolomite as an archive for the magnesium isotope composition of seawater[J]. *Geology*, 49(3): 253-257. [29]Shirokova L S, Mavromatis V, Bundeleva I A, et al., 2013. Using Mg isotopes to trace cyanobacterially mediated magnesium carbonate precipitation in alkaline lakes[J]. *Aquatic Geochemistry*, 19(1): 1-24. [30]von Strandmann P A E P, Forshaw J, Schmidt D N. 2014 Modern and Cenozoic records of seawater magnesium from foraminiferal Mg isotopes[J]. *Biogeosciences*, 11(18): 5155-5168. [31]Wang W Z, Qin T, Zhou C, et al., 2017. Concentration effect on equilibrium fractionation of Mg-Ca isotopes in carbonate minerals: Insights from first-principles calculations[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 208: 185-197. [32]Wang Z R, Hu P, Gaetani G, et al., 2013. Experimental calibration of Mg isotope fractionation between aragonite and seawater[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 102: 113-123.

**关键词** Mg 同位素; 海相碳酸盐岩; 沉积—成岩过程; 白云石化过程; 海水 Mg 同位素组成



摘要 ID:856

主题分类：沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型：专题邀请报告

## 碳酸盐岩储层实验分析技术进展及应用

胡安平\*<sup>1,2</sup>、沈安江<sup>1,2</sup>

1. 中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院
2. 中国石油集团碳酸盐岩储层重点实验室

本文综述了中国石油集团碳酸盐岩储层重点实验室近十年实验分析技术进展及应用实效。中国石油集团碳酸盐岩储层重点实验室拥有大型仪器设备 70 余台（套），拥有百级超净实验室，为微量/稀土元素、Ca/Mg/Sr 同位素化学分离提供保障，形成了三项特色技术系列，能够开展碳酸盐岩储层从宏观到纳米尺度非均质性表征和评价、元素和同位素等高精度微区地球化学分析、不同地质背景的成烃-成储-成藏实验模拟研究。

### 1. 成岩演化微区多参数实验分析技术

成岩演化历史重现是认识碳酸盐岩储层成因和分布的基础，在岩石组分与结构分析基础上，开展从牙钻-微钻-激光三个层次的取样，实现了溶液法和激光法两种手段的检测，建立了激光原位 U-Pb 同位素测年、团簇同位素、微量元素激光面扫成像、微区/激光铀同位素、激光原位 C/O 稳定同位素、Mg / Ca / Fe 非传统稳定同位素、流体包裹体均一温度等特色技术，解决了古老海相碳酸盐矿物的定年、定温和流体属性示踪难题，推动了成岩年代学学科发展，为储层成因、成岩-孔隙演化和油气充注前有效孔隙判识、油气成藏史重建提供了利器。

### 2. 全埋藏过程孔隙形成与保存实验模拟技术

孔隙形成与保存实验模拟是在实验室重现溶蚀与沉淀过程，认识古老深层碳酸盐岩孔隙发育主控因素和分布规律的重要手段。碳酸盐岩储层重点实验室自主研发了具多阶段-连续流模拟、渗透率在线检测和可视化、流体原位检测三项技术创新的高温高压溶解动力学模拟装置，可在常温常压至 400°C/100MPa 条件下，模拟地下真实地质背景的岩石内部水岩反应，实现溶蚀过程的可视化和在线检测，为经历漫长多期构造-成岩强叠加改造深层碳酸盐岩埋藏溶蚀孔洞分布预测、溶蚀过程中孔喉结构变化的定量表征提供了技术保障。

### 3. 多尺度碳酸盐岩储层非均质性表征与评价技术

建立了多尺度融合的碳酸盐岩储层非均质性表征与评价技术：（1）露头数字化和储层地质建模技术揭示层序格架中储层地质体与非储层地质体分布规律，支撑有利储层区评价；（2）油藏尺度储层地质建模和评价技术揭示流动单元和隔挡层的分布样式，指导有效储层预测、油气分布特征分析和井位部署；（3）储层微观孔喉结构表征和评价技术揭示流动单元的渗流机制，指导产能评估，孔喉结构控制渗流特征、油气产能和采收率。

上述技术为中国古老海相碳酸盐岩储层成因和分布、埋藏溶蚀孔成因和分布、储层非均质性表征和评价提供了手段，并取得了明显的应用实效。

### 参考文献

**关键词** 微区多参数实验分析技术；模拟实验技术；多尺度表征与评价技术；储层成因与分布





摘要 ID:1296

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 碳酸盐矿物激光原位 U-Pb 定年及标样研究

梁峰\*、胡安平、罗宪婴  
中国石油杭州地质研究院

碳酸盐矿物的 U-Pb 年代学研究已经有 30 年的时间, 早期主要以同位素稀释法分析为主。近些年来, 随着激光在地质科学的广泛应用, 激光原位 U-Pb 定年日趋成熟。特别是近两三年以来, 国内外学者进行了较多的研究, 比如测定裂谷系统的断层方解石的年龄、沉积盆地的热演化历史揭示大规模构造和地球动力学演化、基底断层系统的方解石定年确定与方解石同期的石油充注时间等。

碳酸盐矿物的激光原位 U-Pb 定年因为缺乏基体匹配的标样而难以准确分析, 因而, 寻找碳酸盐矿物标样是国内外 U-Pb 年代学实验室的首要任务, 也是建立该方法的关键。目前广泛使用的方解石标样是 WC-1, 其年龄为  $254.4 \pm 6.4\text{Ma}$ , 年龄误差较大, 通过该标样校正实际测试的样品的话, 测试的样品的年龄应该再加 2.5% 的误差, 限制了方解石激光原位 U-Pb 定年的精度的提高。另一个较为广泛使用的方解石标样是 ASH15D, 该样品取自以色列 Negev 沙漠中一处洞穴沉积物, 其年龄为  $3.085 \pm 0.044\text{Ma}$ , 该年龄偏年轻, 限制了其在碳酸盐 U-Pb 定年领域的应用。对白云石矿物来说, 目前没有合适的标样, 国内外实验室一般采用方解石标样 WC-1 作为校正标样, 但是由于方解石和白云石的化学成分不同, 所以存在基体匹配的问题。因此, 研发用于激光原位 U-Pb 定年的方解石和白云石标样至关重要, 也是建立该方法的第一步工作。

作者单位已经建立了方解石 LA-ICP-MS U-Pb 定年技术, 实验分析所用标样为 NIST 614 和 WC-1 方解石标样 (年龄为  $254.4 \pm 6.4\text{Ma}$ , Roberts et al., 2017), AHX-1 方解石 (年龄为  $209.8 \pm 1.3\text{Ma}$ , 程婷等, 2020) 作为实验室内部标样, 实验分析仪器为 GeoLas HD 193nm 准分子激光剥蚀系统和 Element XR 型电感耦合等离子质谱仪。在已建立的方法的基础上, 通过测试大量样品, 找到可以作为标样的两个方解石和白云石样品, 方解石的年龄为  $228.8 \pm 3.2\text{Ma}$ , 铀含量在 0.1 到 2ppm 之间, 铅含量在 0.001 到 0.02ppm 之间, 白云石的年龄为  $235.2 \pm 7.7\text{Ma}$ , 铀含量在 0.9 到 2ppm 之间, 铅含量在 0.01 到 0.7ppm 之间。白云石的年龄测定是用方解石作为标样校正的, 因此存在基体效应, 真实年龄可能存在差别。

要成为激光原位 U-Pb 定年的标样, 还需要用同位素稀释对方解石和白云石潜在标样进行标定。这两个潜在碳酸盐标样可以有效提高碳酸盐矿物激光原位 U-Pb 定年的精度, 特别是白云石标样的建立可以推动其年代学分析测试的广泛应用。

**参考文献** 程婷, Zhao Jianxin, Feng Yuexing, 等. 低铀碳酸盐矿物的 LA-MC-ICPMS 微区原位 U-Pb 定年方法[J]. 科学通报, 2020, 65(2-3), 150-154  
Roberts Nick. M. W E, Rasbury Troy, Parrish Randall R. et al. A calcite reference material for LA-ICP-MS U-Pb geochronology[J], Geochemistry Geophysics Geosystems, 2017, 18, 2807 - 2814

**关键词** 碳酸盐矿物; 铀铅定年; 标样研制; 沉积岩; 地质年代学



摘要 ID: 3260

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地深层碳酸盐岩缝洞充填方解石的成岩环境研究

韦东晓\*

中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院

对碳酸盐矿物和结构组分进行阴极发光、包裹体分析及微量元素分析可以直观、快捷地研究碳酸盐岩储层的成岩作用环境及成因。基于塔里木盆地塔北地区奥陶系深层碳酸盐岩缝洞充填方解石阴极发光性特征分析,结合Fe—Mn—Sr微量元素、流体包裹体均一温度,深入研究了其对成岩环境的指示作用。结果表明:  $Mn^{2+}$ 和  $Fe^{2+}$ 含量及发光特征可大致反映成岩环境的氧化还原条件,明亮发光(高  $Mn^{2+}$ )表明成岩环境为还原条件,也可能是与不发光胶结作用相关的氧化水停滞有关;昏暗—不发光表明成岩环境为氧化条件,  $Mn^{2+}$ 趋向于被氧化为高价态而不易置换  $Ca^{2+}$ 进入晶格所致;不同产状的缝洞充填方解石发光性、 $Mn^{2+}$ 和  $Fe^{2+}$ 含量及两者比值各异,粒间胶结方解石主要发暗棕褐色光—不发光,  $Mn^{2+}$ 和  $Fe^{2+}$ 含量均小于0.04%,  $Mn^{2+}/Fe^{2+}$ 值小于0.2的样品占65.5%,表明为大气淡水成岩环境下形成的;溶蚀孔洞充填方解石阴极发光性主要为不发光—发暗棕褐色光,  $Mn^{2+}$ 含量多小于0.04%,  $Fe^{2+}$ 除少数点外也基本在0.05%以下,  $Mn^{2+}/Fe^{2+}$ 值小于0.2的样品占71.9%,表明为弱氧化—还原成岩环境;构造裂缝、不规则缝洞及洞穴充填方解石的阴极发光较为丰富,从不发光、暗棕褐色、中暗桔黄色、中等桔黄色到明亮桔黄色都有,反映裂缝形成多期次,  $Mn^{2+}$ 和  $Fe^{2+}$ 含量及  $Mn^{2+}/Fe^{2+}$ 值变化较大,与研究区的构造演化背景相关。不同发光性与方解石流体包裹体均一温度分析表明,暗棕褐色光的温度区间主要为  $60\sim 90^{\circ}C$ 和  $150\sim 190^{\circ}C$ ,中暗桔黄色光的温度区间为  $90\sim 130^{\circ}C$ ,中等桔黄色光的温度区间为  $120\sim 150^{\circ}C$ ,明亮桔黄色光的温度区间为  $140\sim 200^{\circ}C$ 。因此可以认为,主导塔里盆地塔北地区深层奥陶系碳酸盐岩缝洞型储层的岩溶作用发生于中—晚加里东期以及早海西期,是规模储层形成的主要时期。

**参考文献** 郑荣才,赵灿,刘合年,等.阿姆河盆地卡洛夫—牛津阶碳酸盐岩阴极发光性及其研究意义[J].成都理工大学学报:自然科学版,2010,37(4):377-385.倪新锋,沈安江,乔占峰,等.塔里木盆地奥陶系缝洞型碳酸盐岩岩溶储层成因及勘探启示[J].岩性油气藏,2023,35(2):144-158.曹彦清,张友,沈安江,等.塔里木盆地古城地区奥陶系碳酸盐岩成储与油气成藏[J].海相油气地质,2020,25(4):303-311.倪新锋,杨海军,沈安江,等.塔北地区奥陶系灰岩段裂缝特征及其对岩溶储层的控制[J].石油学报,2010,31(6):933-940.

**关键词** 阴极发光 包裹体均一温度 缝洞方解石 成岩环境 奥陶系



摘要 ID: 3327

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 川中古隆起北斜坡灯影组不同泥浆测井响应差异及 NGI 裂缝评价方法

罗洋、王亮\*、刘宇  
成都理工大学

川中古隆起北斜坡灯影组地质条件与紧邻的安岳气区类似, 源储条件优越, 具备发育大型油气田的条件(刘辉等, 2018; 马奎等, 2019)。且灯影组属于深、超深地层, 为适应深、超深地层高温高压环境、提高钻井速度, 需采用油基泥浆钻井(伍贤柱等, 2020)。各测井曲线在不同泥浆条件下对地层特征的响应会有一些的差异, 给储层测井评价带来新的挑战。针对以上情况, 通过岩心分析、成像对比等技术对常规测井和成像测井分别在油基泥浆和水基泥浆条件下的测井响应特征进行了综合研究。研究表明: ①油基泥浆条件下三孔隙度曲线值略高(表 1); ②油基泥浆条件下感应电阻率对水层敏感, 在水层处存在“高侵”现象(图 1), 受流体性质、泥浆侵入深度和测井原理的影响, 侧向测井电阻率明显高于感应测井电阻率; ③NGI 成像测井对地质分层特征的识别度与 FMI 成像测井相当(图 2a), 裂缝在 NGI 成像测井上表现为亮色连续或不连续的正弦曲线(图 2b), 且存在裂缝虚构(图 2c)和裂缝丢失(图 2d)的现象, 所以单一通过 NGI 成像测井识别有效缝存在困难, 需结合岩心、间隙反演和阵列声波等测井技术进行对比验证(图 3), 进一步提高裂缝识别的准确度。

**参考文献** [1]刘辉, 韩嵩, 叶茂, 等. 四川盆地大中型气田分布特征及勘探前景[J]. 天然气勘探与开发, 2018, 41(02):55-62. [2]马奎, 沈平, 汪泽成, 等. 从“四古”特征论四川盆地川中古隆起北斜坡龙王庙组天然气勘探潜力[J]. 天然气地球科学, 2019, 30(10):1451-1464. [3]伍贤柱, 万夫磊, 陈作, 等. 四川盆地深层碳酸盐岩钻完井技术实践与展望[J]. 天然气工业, 2020, 40(02):97-105.

**关键词** 油基泥浆; NGI 成像测井; 阵列感应测井; 侧向测井; 阵列声波测井;



摘要 ID: 3380

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 基于微电阻率成像测井的碳酸盐岩储层非均质性表征方法

王亮\*<sup>1</sup>、田杰<sup>2</sup>、张浩<sup>3</sup>、司马立强<sup>2</sup>、罗洋<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 西南石油大学

3. 中国石油勘探开发研究院

碳酸盐岩储层孔隙、喉道、溶蚀孔洞与裂缝共同发育, 孔隙结构复杂, 常规测井难以精确识别缝洞, 且孔渗参数为平均值, 难以反映储层连续变化。鉴于此, 本文基于微电阻率成像测井, 首先提出一种基于图像区域分割和卷积神经网络的电成像图像自动识别裂缝、溶蚀孔洞的方法。该方法基于成像测井数据, 结合 Otsu 算法与平均法分割阈值, 从地层背景中分离裂缝、溶蚀孔洞信息, 并应用连通域像素标记法提取独立的连通域缝洞个体, 通过搭建并训练改进的 LeNet-5 网络模型, 可实现缝洞特征的自动识别; 相较于成像测井人工处理, 该方法能够提高精度和处理速度 (15s/m), 训练模型针对测试集的预测准确率达 97.8%, 可为缝洞型储层的测井精细解释提供算法支撑。其次, 基于微电阻率成像测井毛管物理模型的构建, 进一步给出了孔隙度谱 ( $\Phi_i$ )、渗透率谱 ( $K_i$ ) 以及等效毛管压力曲线 ( $P_{ci}$ ) 模型。对比发现: (1) 现有孔隙度谱模型基于 Archie 公式构建, 相较于现模型,  $\Phi_i$  模型从理论上给出了物理意义; (2) 现有渗透率模型只能计算平均值,  $K_i$  模型可显示渗透率谱; (3) 现有等效毛管压力曲线模型基于孔隙度谱与储层分类拟合构建, 计算的毛管压力无量纲, 理论上无法通过刻度将孔隙度转化为毛管压力; 相较于现模型,  $P_{ci}$  模型基于孔径构建, 同时考虑了孔隙度谱与渗透率谱, 不受现有模型的应用局限。最后, 现场实例应用表明, 基于微电阻率成像测井构建的  $\Phi_i$ 、 $K_i$ 、 $P_{ci}$  模型可连续表征孔、渗、孔隙结构参数的变化, 在碳酸盐岩储层类型识别、孔隙结构评价中应用效果良好。

参考文献 [1] Volokitin, Y., W. J. Looyestijn, W. F. J. Slijkerman, and J. P. Hofman, 2001, A practical approach to obtain primary drainage capillary pressure curves from NMR core and log data: *Petrophysics*, v. 42, no. 4, p. 334-343. [2] Looyestijn, W. J., 2001, Distinguishing uid properties and producibility from NMR logs: 6th Nordic Symposium on Petrophysics, Trondheim, Norway, May 15-16, 2001, 9 p. [3] Olubunmi, A., and Chike, N. 2011, Capillary pressure curves from nuclear magnetic resonance log data in a deepwater turbidite Nigeria eld-A comparison to saturation models from SCAL drainage capillary pressure curves: Nigeria Annual International Conference and Exhibition, Abuja, Nigeria, July 30-August 3, 2011, SPE-150749-MS, 8 p., doi:10.2118/150749-MS. [4] Mao, Z. Q., L. C. Kuang, Z. C. Sun, X. P. Luo, and L. Xiao, 2007, Effects of hydrocarbon on deriving pore structure information from NMR T2 data: Society of Petrophysicists and Well Log Analysts 48th Annual Logging Symposium, Austin, Texas, June 3-6, 2007, 7p. [5] Xiao, L., Mao, Z. Q., Li, J. R. and Yu, H. Y. 2018, Effect of hydrocarbon on evaluating formation pore structure using nuclear magnetic resonance (NMR) logging: *Fuel*, v. 216, p. 199-207, doi:10.1016/j.fuel.2017.12.020. [6] Coates, G. R., L. Z. Xiao, and M. G. Primmer, 2000, NMR logging principles and applications: Houston, Texas, Gulf Publishing Company, 256 p. [7] Dunn, K.-J., D. J. Bergman, and G. A. Latorraca, 2002, Nuclear magnetic resonance: Petrophysical and logging applications: New York, Pergamon, Handbook of Geophysical Exploration: Seismic Exploration, v. 32, 293 p. [8] O' Hara, A. P., Jacobi, R. D. and Sheets, H. D. 2017, Predicting the width and average fracture frequency of damage zones using a partial least squares statistical analysis: Implications for fault zone development: *Journal of Structural Geology*, v. 98, p. 38-52,



doi:10.1016/j.jsg.2017.03.008. [9] Zhao, X. Y., T. Wang, D. Elsworth, Y. L. He, W. Zhou, L. Zhuang, J. Zeng, and S. F. Wang, 2018, Controls of natural fractures on the texture of hydraulic fractures in rock: Journal of Petroleum Science Engineering, v. 165, p. 616–626,

doi:10.1016/j.petrol.2018.02.047. [10] Newberry, B. M., L. M. Grace, and D. Stief, 1996, Analysis of carbonate dual porosity systems from borehole electrical images: Permian Basin Oil and Gas Recovery Conference, Midland, Texas, March 27–29, 1996, SPE-35158-MS, 7 p., doi:10.2118/35158-MS. [11]

Akbar, M., S. Chakravorty, S. D. Russell, M. A. Al-Deeb, M. R. Saleh, R. Thower, H. Karakhanian, S. S. Mohamed, and M. N. Bushara, 2000, Unconventional approach to resolving primary and secondary porosity in Gulf carbonates from conventional logs and borehole images: Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference, Abu Dhabi, United Arab Emirates, October 13–15, 2000, SPE-897297-MS, 17 p., doi:10.2118/87297-

ms. [12] Xiao, L., Mao, Z. Q., Zou, C. C., Jin, Y. and Zhu, J. C., 2016, A new methodology of constructing pseudo capillary pressure ( $P_c$ ) curves from nuclear magnetic resonance (NMR) Logs: Journal of Petroleum Science Engineering, v. 147, p. 154–167, doi:10.1016/j.petrol.2016.05.015. Liu G, Reda F A, Shih K J, et al. Image inpainting for irregular holes using partial convolutions[C]. European Conference on Computer Vision, Springer, Cham, 2018, 89–105

**关键词** 微电阻率成像测井; 神经网络; 孔隙度谱; 渗透率谱; 毛管压力曲线



摘要 ID:614

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 专题邀请报告

## 白云岩储层埋藏成岩过程中孔隙形成与保存机制实验研究

余敏\*、沈安江、胡安平、吕玉珍、陈薇  
中国石油杭州地质研究院

勘探实践表明,白云岩储层具有储集空间类型复杂多样和物性变化大特征,既可以在超深层发育高孔渗的孔隙和孔洞,也可能在中浅层主要发育裂缝和低孔渗的孔隙,要想在中国 300 多万平方公里的碳酸盐岩发育地区取得油气勘探的更大突破,对白云岩储层孔隙成因及其保存规律的合理认识至关重要。目前,关于埋藏成岩阶段白云岩孔隙形成和保存存在两方面科学问题:一是埋藏环境“溶蚀增孔”和“胶结减孔”现象普遍,其中埋藏溶蚀增孔量可占深层碳酸盐岩孔隙总体积的 30%以上,是深层碳酸盐岩孔隙调整和优质储层形成的关键,但对于埋藏溶蚀孔洞发育的主控因素和分布不清,制约了深层碳酸盐岩储层预测;二是在中-深埋藏成岩阶段,白云岩厚度减小,孔隙度和渗透率降低,不同类型白云岩是否存在差异压实,白云岩抗压实效率如何定量评价,又如何识别出更具抗压实能力的白云岩。碳酸盐岩溶蚀和压实模拟实验是解决碳酸盐岩埋藏环境下溶孔形成和保存发生机制的关键技术。

针对白云岩埋藏溶蚀主控因素、分布规律和孔洞预测的难题,通过地层条件下的溶蚀模拟实验揭示碳酸盐岩埋藏溶蚀孔洞发育的主控因素和分布规律,为埋藏溶蚀孔洞预测提供理论依据。实验结果表明,岩石物性、酸性流体浓度和温度主控埋藏溶蚀孔洞的发育,地质界面(暴露面、层序界面、不整合面和断裂系统)和高孔渗层主控埋藏溶蚀孔洞的平面分布,垂向上存在一个“成孔高峰期”,埋藏溶孔的生成呈事件式发生,在特定深度段的温度和高浓度酸性流体的匹配下可以形成大量的溶蚀孔洞,并受埋藏史、温压史和流体演化史控制。

针对中-深埋藏成岩阶段压实作用下白云岩物性的演化规律和保存机制问题,利用非稳态压力衰减孔渗联测方法,对孔隙型、孔洞型和裂缝型三种孔隙空间类型白云岩的抗压实效应进行模拟实验对比研究。实验结果表明,随着有效应力增加,白云岩物性相应下降,且孔隙空间类型和初始物性不同导致了白云岩压实效应差异,并将孔隙型细分为孔隙 I 型和孔隙 II 型。在有效应力加大过程中,孔隙 I 型和孔洞型白云岩储集空间抗压实能力强,孔隙度演化特征为早期快速下降、后期基本不变;裂缝型和孔隙 II 型白云岩储集空间抗压实能力弱,孔隙度演化规律为早期快速下降、后期持续下降;孔隙 I 型白云岩连通属性抗压实能力强,有效应力超过 10MPa 后,渗透率基本保持不变;孔隙 II 型、孔洞型和裂缝型白云岩连通属性抗压实能依次变弱,渗透率随有效应力的增加具有早期快速下降、后期持续下降特征。

**参考文献** 1. 沈安江, &nbsp;赵文智&nbsp;, 胡安平, &nbsp;等. &nbsp;海相碳酸盐岩储集层发育主控因素[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(5):&nbsp;545-554. 2. 余敏, 寿建峰, 沈安江, 等. 碳酸盐岩溶蚀规律与孔隙演化实验研究[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(4): 616-625. 3. 赵伦, 陈焯菲, 宁正福, 等. 异常高压碳酸盐岩油藏应力敏感实验评价--以滨里海盆地肯基亚克裂缝-孔隙型低渗透碳酸盐岩油藏为例[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(2):194-200.

**关键词** 白云岩储层; 有机酸溶蚀; 差异压实; 孔隙空间类型



摘要 ID: 3093

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 三氧同位素指标在古老地层碳酸盐岩中的初步应用

段鹏珍\*

中国石油勘探开发研究院

目前, 基于三种氧同位素 (16O-17O-18O) 获得的高维度指标  $\Delta' 17O$  ( $\Delta' 17O = \ln(\delta 17O/1000+1) - \lambda * \ln(\delta 18O/1000+1)$ ), 在不同地质载体中的应用和研究方兴未艾, 受到众多研究人员的关注和重视。近年来, 该指标在不同时空分布的不同类别的碳酸盐岩中的应用逐步展开, 促进了测试技术的成熟进步和相关理论的发展完善。本研究将立足于中国不同地区的古老地层, 通过对不同时间和成因的碳酸盐岩  $\Delta' 17O$  指标的测试分析, 总结归纳各碳酸盐岩三氧同位素指标数据的规律和影响因素, 深化理论认识; 并结合传统指标, 期望为约束碳酸盐岩成岩条件以及过程提供新的证据, 同时从新的角度理解优质油气储层的发育机理和特征。基于此, 本研究预计将三氧同位素指标应用于寒武-震旦等古老地层白云岩的研究, 期望利用新的高维度指标区分出不同成岩过程及相应的影响因素, 推动对“白云岩成因之谜”的进一步认识和理解。

参考文献

关键词



摘要 ID:833

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 团簇同位素测试方法建立及应用探讨

王永生\*、胡安平  
中国石油杭州地质研究院

从 20 世纪 40 年代 Urey 发展同位素理论 (Urey, 1947) 和 Nier 发展了质谱仪 (Nier, 1947) 以来, 研究者多注重一元一维的同位素研究即主要关注一种元素的一种或多种同位素。随着对同位素体研究的深入, 本世纪初, 一种同位素研究的新视角团簇同位素地球化学出现了 (Wang et al, 2004)。加州理工大学 John Eiler 教授的同位素实验室发展了其理论并且改进了同位素质谱仪 (增加至 8 个法拉第杯)。该方法从同位素相互结合程度的角度研究“同位素体”的地球化学行为, 获得传统同位素组成研究无法获得的新信息。Wang 研究了多种团簇同位素同位素体 ( $O_2$ 、 $CO_2$ 、 $N_2$  等) 分馏程度  $\Delta i$  与温度的相关性, 其结果发现,  $\Delta i$  值增加且与 T-2 有近似线性变化关系 (Eiler, 2007; Wang et al, 2004)。该发现在测定碳酸盐岩形成温度领域展示了广阔的发展前景, 除了测温应用, 团簇同位素还具有示踪方面的应用, 可以预见碳酸盐岩团簇同位素将在古气候重建、成岩流体示踪及重建盆地热历史方面发挥重要作用。

团簇同位素测试技术至今已经有 10 多年了, 国外特别是欧美实验室团簇测试和应用研究比较成熟, 国内该技术还处于起步发展阶段, 实验条件的影响还在摸索当中, 因此高标准建立一套成熟的团簇同位素测试技术尤为重要。

本文主要从团簇同位素前处理系统、同位素质谱仪参数优化和团簇同位素的数据校正 (尤其是背景校正) 等方面探讨团簇同位素测试方法建立, 重点探讨了在建立实验方法过程中关键影响因素及其对测试精度的影响, 由于离线团簇同位素前处理系统比较耗时、耗力, 操作繁琐, 因此展望了两种自动化团簇同位素测试技术的可能性及测试精度。

最后讨论了团簇同位素应用范围及存在的问题, 发展趋势。

**参考文献** Urey H C. 1947 The thermodynamic properties of isotopic substance[J]. Journal of the chemical society, 562-581. Eiler J M 2007. "Clumped-isotope" geochemistry—the study of naturally-occurring, multiply-substituted isotopologues[J] Earth and planetary science letters 262 (3-4): 309-327

**关键词** 团簇同位素; 前处理系统; 同位素体





摘要 ID:1299

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 碳酸盐矿物微量元素激光原位面扫描成像技术及应用

罗宪婴\*、梁峰

中国石油杭州地质研究院

利用微量元素确定碳酸盐矿物成矿作用发生的成岩环境已经得到广泛认同,目前比较成熟的溶液法和激光原位法测定微量元素含量只能给出单个样品点的微量元素含量组成,难以反映成岩矿物生长过程中连续的微量元素含量的变迁。激光原位面扫描成像技术的开发,可以整体反映成岩矿物生长过程的微量元素含量变化(汪方跃等,2017)。

本文通过激光原位面扫描技术的3个方面的改进和创新:(1)针对碳酸盐矿物微量元素含量普遍偏低的问题,采用激光剥蚀系统(GeoLasHD)和灵敏度最高的扇形场电感耦合等离子质谱仪

(Element XR),使检测极限低至0.1ppb;(2)针对激光面扫产生的数据量大和数据处理难度较大的问题,采用Iolite软件,实现全程可视化数据处理;(3)通过3D打印技术升级改造样品池内衬,解决激光样品池吹扫时间太长造成的信号交叉影响, $^{208}\text{Pb}$ 的背景从200cps降低到100cps以下,信号吹扫时间从30s降低到2s,开发了碳酸盐矿物微量稀土元素激光面扫描成像技术。

该技术可应用于油气地质研究:(1)通过激光原位面扫描成像技术与碳酸盐岩激光U-Pb定年技术相结合,选取高 $^{238}\text{U}$ 含量、高U/Pb的区域,提高激光U-Pb同位素测年的成功率和分析精度;

(2)通过激光原位点-线-面扫描,生成微量元素平面分布图,直观反映碳酸盐矿物生长过程中微量元素、成岩流体性质和成岩介质属性的变化;(3)与同视域阴极发光特征结合,可以探讨微量(稀土)元素种类、含量、比值对发光特征的控制(Barker et al., 1991)。

**参考文献** 汪方跃,葛粲,宁思远,等. 2017. 一个新的矿物面扫描分析方法开发和地质学应用[J]. 岩石学报, 33(11): 3422-3436. Barker C E, Burruss R C, Kopp O C, et al. 1991. Luminescence Microscopy and Spectroscopy[M].

**关键词** 碳酸盐矿物;激光原位面扫描成像;成岩流体示踪;激光U-Pb定年;阴极发光特征



摘要 ID:2232

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 展板

## 碳酸盐岩油气储层成像测井相的智能识别与应用

韩宗晏、王贵文\*  
中国石油大学(北京)

碳酸盐岩储层在我国油气分布中占有重要的地位,一直以来都是勘探开发的重点。对于碳酸盐岩储层的沉积和构造研究,成像测井技术具有不可取代的作用。目前国内外成像测井相的识别和解释多采用人工方式,工作量巨大,受人为因素影响很强,误差较大,利用计算机对成像测井资料进行自动解释逐渐成为未来测井的发展趋势。如何提高计算机对成像测井相的自动识别精度是现阶段亟待解决的关键问题。本文对塔里木、鄂尔多斯和四川盆地典型碳酸盐岩储层成像测井特征进行研究并总结,建立了一套适用于我国典型碳酸盐岩储层的成像测井相识别图版,利用 JAVA 及 CIFLog 平台实现了对成像测井特征及相模式的识别与提取,形成适用于计算机深度学习的成像测井相模式数据库,采用 CNN 技术实现计算机对样本的深度学习。基于此,对四川盆地合川-潼南地区长兴组、茅口组、栖霞组、龙王庙组及灯影组的碳酸盐岩储层的成像测井相进行了识别,经对比验证,识别准确率达 84%,具有很高的实际应用价值。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐岩储层; 成像测井特征; 成像测井相; 特征提取; 深度学习



摘要 ID:2472

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 超深碳酸盐岩断控缝洞体内部结构表征技术及应用

常少英\*、乔占峰、曹鹏、刘玲利、王孟修  
中国石油杭州地质研究院

碳酸盐岩镶边台地地层结构较为复杂,地层结构研究是该类台地开展储层精细表征的前提。以塔里木盆地塔北地区良里塔格组为例,综合钻井、岩心、地震等资料,采用多尺度地质目标自适应解释性处理技术来表征地层结构。具体内容包括:依据连井地层解释对比剖面,设计地层结构正演模型;开展地震正演模拟,试验不同频率子波,优选适用表征地层结构特征的频率数据体,总结不同地层结构的频率 $\alpha$ ;对原始地震数据体做反射系数反演,褶积主频为 $\alpha$ 的子波,获得能够表征地层结构特征的地震数据体;在新的数据体上进行地层结构解释,对镶边台地进行岩相识别及储层预测。结果表明,基于地震正演模拟的镶边台地地层结构表征技术,识别出塔中62井区镶边台地五期地层,其中良1段礁滩体数量为16个,良2段礁滩体数量为23个,良3段礁滩体数量为25个,良4段礁滩体数量为12个,良5段礁滩体数量为10个。该方法可为其他相似研究区提供借鉴。

### 参考文献

**关键词** 地震正演 镶边台地 地层结构 礁滩相 岩相识别



摘要 ID:848

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 展板

## 四川盆地川西地区二叠系沉火山碎屑岩结晶质及非晶质组分定量分析方法

谭杰\*<sup>1,2</sup>、周克明<sup>1,2</sup>、何家欢<sup>1,2</sup>

1. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院

2. 中国石油天然气股份有限公司碳酸盐岩储层重点实验室西南油气田研究室

四川盆地川西地区二叠系发育大面积喷溢相火山碎屑岩,并在2019年取得重大勘探发现,标志着该地区火山碎屑岩油气藏有望成为重要的资源接替层系及区块。沉火山碎屑岩作为该地区火山碎屑岩的重要类别,是火山碎屑岩和正常沉积岩间的过渡类型,受火山作用和沉积作用双重影响,导致其岩石结构复杂,矿物种类多样,现有实验方法和标准不能准确确定其矿物组分,因此不能对其矿物组分进行定量分析。通过借助X射线荧光光谱、扫描鉴定及能谱、岩石薄片鉴定等实验分析手段,从认识该地区沉火山碎屑岩主要矿物组分特征,发现该地区沉火山碎屑岩中除含有钙斜长石、含铁榍石、普通辉石、含铁锐钛矿、铁绿泥石等结晶质矿物组分外,还含有玻璃质、有机质等非晶质组分。为此,在常规的沉积岩X射线衍射K值法基础上,创新运用全谱拟合法和内标分析法,精修矿物晶体结构参数和X射线衍射峰形参数,建立了沉火山碎屑岩结晶质及非晶质组分定量分析方法。①首次将沉积岩的X射线衍射K值法和全谱拟合法有机结合,得到了沉火山碎屑岩常见矿物X射线衍射定量分析K值表,实现了沉火山碎屑岩结晶质组分定量分析;②将沉火山碎屑岩X射线衍射K值法与内标法相结合,得到了沉火山碎屑岩非晶质组分计算模型,实现了沉火山碎屑岩结晶度分析;③本方法分析过程快速准确,在无标准矿物条件下可实现批量沉火山碎屑岩矿物组分分析。本方法的建立,对川西地区二叠系沉火山碎屑岩火山作用、沉积作用等研究具有重要意义。

**参考文献** [1]马新华,杨雨,张健,谢继容.四川盆地二叠系火山碎屑岩气藏勘探重大发现及其启示[J].天然气工业,2019,39(02):1-8. [2]李学军.峨眉山大火成岩省镁铁质岩体显微结构、物理化学条件及深部岩浆作用研究[D].中国地质大学(北京),2019. [3]王尉,赵路子,张本健,刘冉,李亚,赵立可,裴森奇,胡涛.火山岩储层沥青发育特征与天然气富集规律—以川西凹陷带二叠系火山岩为例[J/OL].中国矿业大学学报,2021(06):1-12[2021-08-02]. [4]李冰,周剑雄,詹秀春.无机多元素现代仪器分析技术[J].地质学报,2011,85(11):1878-1916. [5]曾理,焦玉国,等.SY/T 5163-2018,《沉积岩中黏土矿物和常见非黏土矿物X射线衍射分析方法》[S],国家能源局,2018-10-29发布. [6]张庆国,吕星辉,王海娇.TAS图版法在火成岩岩性识别中的应用[J].黑龙江科技大学学报,2019,29(06):678-681. [7]文龙,李亚,易永海,刘鑫,张本健等.四川盆地二叠系火山岩相与储层特征[J].地质勘探,2019,39(02):17-27. [8]陈骁,何青林,冉崎,陈康,韩嵩,黄天俊,吕夔.四川盆地二叠系火山岩地震相特征及识别[J].天然气工业,2019,39(02):28-36. [9]汪卫华.非晶态物质的本质特征[J].物理学进展,2013,10(5):177-351. [10]高璐,胡耀东.K值法测定工业硅粉中二氧化硅的含量[J].云南冶金,2017,12(46):48-51. [11]张乃娴,傅景春.用X射线衍射仪定量分析粘土矿物的实验研究[J].石油勘探与开发,1980(06):12-19+33. [12]唐梦奇,黎香荣,刘国文,刘顺琼.X射线衍射K值法测定氧化铁皮中游离 $\alpha$ - $\text{SiO}_2$ 的含量[J].岩矿测试,2015,34(05):565-569. [13]韩海波,陈虹锦,钱雪峰,等. $\text{TiO}_2$ 粉末多晶X射线衍射Rietveld全谱拟合定量相分析[J].实验室研究与探索,2011,30(12):34-37. [14]曾祥伟.基于XRD全谱拟合技术的风化壳矿物组分定量研究[D].广西:桂林理工大学,2017. [15]冉敬,郭创锋,杜谷,王凤玉.X射线衍射全谱拟合法分析蓝晶石的矿物含量[J].岩矿测试,2019,38(06):660-667. [16]林金辉.多相体系中非晶态二氧化硅的X射线衍射定量分析[J].矿物岩石,1997,12(17):22-25. [17]张婉玉,刘喜财.电感耦合等离子体发射光谱仪内标法测定多金属矿中的铜、铅、锌的不确定度评定[J].化工管理,2018(32). [18]谭杰,曾理,等.四川盆地川西地区二叠系火成岩矿物组分判别方法及岩电关系研究[R].中石油西南油气田勘探开发研究院内部资料,2020-2021.

**关键词** 沉火山碎屑岩; 矿物组分; 全谱拟合法; 内标法; X射线衍射



摘要 ID:3393

主题分类: 沉积学新技术与新方法=》碳酸盐岩测试新技术

最终交流类型: 口头报告

## 基于测井资料的碳酸盐岩储层类型识别——以川中地区茅口组为例

刘宇、王亮\*、罗洋、苏树特、姚蒲芳  
成都理工大学

川中地区茅口组碳酸盐岩储层缝洞发育,但大多被半充填,储层类型多样,非均质性强。在结合岩心资料和成像测井的基础上能较准确的识别各种储层类型,然而大多数井缺乏岩心资料和成像测井资料,难以对储层类型进行有效的识别。为了解决上述问题,结合前人在该区域的研究成果,以及岩心、薄片和成像测井资料分析,划分了4种储层类型:缝洞型储层、裂缝型储层、孔洞型储层和基质孔隙型储层。根据这些储层类型标定常规测井信息了,分别利用李善军经验公式和P-A模型求取储层裂缝孔隙度,结果显示,裂缝越发育二者之间的差值越小,孔洞对裂缝孔隙度的计算结果影响较大,因此,本文结合李善军经验公式和P-A模型求取储层裂缝孔隙度( $\phi_f$ ),再采用三孔隙度差值法求取表征次生孔隙度发育程度的参数(RP),最后利用 $\phi_f$ -RP交会可以有效识别不同的储层类型。利用该方法对研究区XX井进行储层识别,最终识别结果与岩心、成像资料吻合度较高,为川中地区碳酸盐岩储层类型测井识别提供了新的技术方法。

**参考文献** 陈宗清. 四川盆地中二叠统茅口组天然气勘探[J]. 中国石油勘探, 2007(05):1-11+78. 贺川航, 鲜成龙, 林煜, 等. 川中茅口组白云岩储层预测关键技术研究与应用[J]. 石油物探, 2021, 60(02):342-352. 洪海涛, 杨雨, 刘鑫, 等. 四川盆地海相碳酸盐岩储层特征及控制因素[J]. 石油学报, 2012, 33(S2):64-73. 景建恩, 梅忠武, 李舟波. 塔河油田碳酸盐岩缝洞型储层的测井识别与评价方法研究[J]. 地球物理学进展, 2003(02):336-341. 李宁, 肖承文, 伍丽红, 等. 复杂碳酸盐岩储层测井评价:中国的创新与发展[J]. 测井技术, 2014, 38(01):1-10. 李宁. 2013. 中国海相碳酸盐岩测井解释概论[M]. 科学出版社, 2-3. 李善军, 汪涵明, 肖承文, 等. 碳酸盐岩地层中裂缝孔隙度的定量解释[J]. 测井技术, 1997(03):51-60+66. DOI:10.16489/j.issn.1004-1338.1997.03.009. 李政宏, 张立强, 陈曦, 等. 缝洞型碳酸盐岩储层测井识别——以塔中东部良里塔格组良二段为例[J]. 天然气地球科学, 2019, 30(20):1805-1814. 刘建强, 郑浩夫, 刘波, 等. 川中地区中二叠统茅口组白云岩特征及成因机理[J]. 石油学报, 2017, 38(04):386-398. 马立文, 窦齐丰, 彭仕宓, 等. 用Q型聚类分析与判别函数法进行储层评价——以冀东老爷庙油田庙28X1区块东一段为例[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2003, 18(2):83-86. 田瀚, 杨敏. 碳酸盐岩缝洞型储层测井评价方法[J]. 物探与化探, 2015, 39(03):545-552. 汪华, 沈浩, 黄东, 等. 四川盆地中二叠统热水白云岩成因及其分布[J]. 天然气工业, 2014, 34(09):25-32. 杨光, 汪华, 沈浩, 等. 四川盆地中二叠统储层特征与勘探方向[J]. 天然气工业, 2015, 35(07):10-16. 张峰, 罗少成, 李震, 等. 四川盆地茅口组岩溶缝洞型储层有效性测井评价[J]. 石油钻探技术, 2020, 48(06):116-122. 赵军, 刘彦斌, 王菲菲, 等. 碳酸盐岩缝洞型储层类型识别与分类预测[J]. 中国岩溶, 2018, 37(4):584-591. 周进高, 郝毅, 邓红婴, 等. 四川盆地中西部栖霞组—茅口组孔洞型白云岩储层成因与分布[J]. 海相油气地质, 2019, 24(04):67-78.

**关键词** 茅口组; 成像测井; 碳酸盐岩储层; 缝洞型储层; 储层类型识别



# 非常规油气沉积学 沉积有机质富集机理



摘要 ID:441

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 专题邀请报告

## 14 亿年前海洋中的铁循环与有机质富集

王华建\*、张水昌、王晓梅、叶云涛  
中国石油勘探开发研究院

地球上的规模性铁沉积主要出现在 18 亿年前, 8 亿年前又曾短暂出现。针对长达 10 亿年的规模铁沉积的匮乏现象, 有多种解释方案: 一是地球氧化事件使得海水  $\text{Fe}^{2+}$  被大量氧化沉积; 二是海洋硫酸盐输入量增加, 还原后生成的  $\text{H}_2\text{S}$  将铁以黄铁矿的形式沉积。近年来研究发现, 18-8 亿年间的超大陆裂解、大火成岩省、海底热液等活动仍然活跃, 可以持续向海洋输入  $\text{Fe}^{2+}$ , 海洋仍以富  $\text{Fe}^{2+}$  水体为主。

海洋中的铁循环主要取决于氧化还原反应和微生物作用。在低氧的海洋环境下, 厌氧和需氧的微生物活动可能是铁循环的主要驱动者。绿硫和紫硫细菌、铁氧化细菌等微生物作用使得  $\text{Fe}^{2+}$  被氧化, 形成难溶的铁氢氧化矿物。这一过程主要发生在海洋表层, 伴随着光合作用的发生、有机质的生产和氧气的释放。铁还原菌则通过异化铁还原反应将铁氢氧化矿物还原成  $\text{Fe}^{2+}$ , 再次进入海水。这一过程则主要发生在海洋深部和水岩界面, 伴随着有机质的消耗和降解。因此, 微生物参与的铁循环对于有机质的制造和埋藏、氧气的生成和释放有着至关重要的意义。

中国华北克拉通下马岭组是一套 14 亿年前沉积的以黑色页岩和绿色粉砂质泥岩为主的碎屑岩沉积。在其厚层黑色页岩的下部, 沉积铁的矿物形式依次从菱铁矿、赤铁矿/磁铁矿过渡到黄铁矿, 同步沉积的有机质丰度则呈现中、低、高的变化趋势。下马岭组沉积铁的同位素分馏情况证实铁还原细菌主导的异化铁还原作用在 14 亿年前的海洋深部和水岩界面普遍存在的, 且规模巨大, 使得原始沉积的赤铁矿或铁氧化氢氧化物被还原成  $\text{Fe}^{2+}$ , 再次进入海洋或被  $\text{HCO}_3^-$  捕获后菱铁矿形式沉积, 进而导致有机质降解和无机矿化。因此, 沉积型菱铁矿床中的有机质含量虽然很低, 但并非没有生成, 只是被降解消耗了。这些被消耗的有机质和菱铁矿床形成也意味着海洋释氧过程。直至细菌硫酸盐还原反应启动, 生成的  $\text{H}_2\text{S}$  使得海水中的  $\text{Fe}^{2+}$  以黄铁矿沉积, 抑制异化铁还原作用, 才开始有机质的大规模富集。

下马岭组沉积物记录了 14 亿年前海洋中多种微生物驱动的铁循环和碳埋藏过程, 也记录了富铁沉积至富有机质沉积的转变和大气增氧过程。由此揭示中元古代贫有机质的沉积物可能并不意味着初级生产力的匮乏, 而是受到了异化铁还原作用的影响。中元古代富  $\text{Fe}^{2+}$  海洋可能依然有着高的初级生产力水平和高效的产氧机制, 但有机质的富集不仅依赖于海洋表层的初级生产, 还受控于地球氧化带来的大量硫酸盐输入和黄铁矿的沉降 (图 1)。

### 参考文献

**关键词** 铁; 有机质; 中元古代; 下马岭组



摘要 ID:893

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 歧口凹陷古近系沙河街组湖相页岩古环境沉积模式及有机质富集机制

吴卓雅<sup>\*1</sup>、赵贤正<sup>2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 中国石油大港油田公司

渤海湾盆地沙河街地层 (Es3) 页岩勘探突破激发了学者们前所未有的兴趣。然而, 鉴于研究的时效性, 这一勘探突破还远未达到精细研究的水平, 未来的勘探需要由更具体精细的研究作为指导, 特别是对古沉积环境及其与有机质富集之间的耦合关系是非常规油气研究的重要内容之一。本研究采用目前国际上最新改进的方法对歧口凹陷沙河街地层 Es3 的页岩的沉积过程进行了深入研究。岩石学特征、有机地球化学和丰富的元素数据库为有机质富集的主控因素分析和建立有机质积累和保存的沉积模式奠定了坚实的基础。

研究结果表明, 虽然整个沙三段都呈现出较高的勘探潜力, 但其上部 (Es31) 富有机质页岩是一个更理想的勘探层段。歧口凹陷沙三段形成的页岩主要是以 II 型干酪根为主的优质烃源岩, 具有合适的成熟度 (成熟阶段)。在自上而下分布的三层中, L1 是最理想的目标层, 油气潜力最大。地球化学参数指标表明, 该段页岩沉积在湿润环境中, 风化作用和沉积物输入较弱, 沉积水体为亚氧状态的淡水湖泊, 各层之间没有明显的差异。在整个 Es3 沉积过程中, 古生产力反映了 L1、L2 和 L3 之间的明显波动。L1 和 L3 研究段较弱的碎屑输入来自大陆裂谷和碰撞背景下的混合长石岩, 而 L2 的输入性碎屑物质是在碰撞过程中由长石岩和安山岩的混合物, 外界碎屑输入对有机质的富集产生了负面影响。

古环境的波动通过初级生产力、氧化还原条件和碎屑的涌入对 TOC 含量的变化作出反应。在 Es3 沉积过程中, 初级生产力和氧化还原条件对有机质的积累起着主要的积极作用。碎屑沉积物的输入带来了不可忽视的负面作用。而与同一地区的 Es1 地层页岩相比, 盐度的影响对该层位似乎是最小的。

L1-L2 和 L3 之间沉积模式的变化主要来自两个沉积时期的沉积盆地状态。湖泊扩张期 (Es32) 导致页岩主要沉积在平缓的斜坡上, 水体较浅, 与 Es31 阶段半深湖的最佳状态相比, 其有机质富集不充分, 易受氧化还原作用影响。

对有机质富集关键因素的探究和沉积模式的了解对于建立页岩有机质富集和保存的认识至关重要, 这将进一步指导有目的的勘探, 以期减少损失。

**参考文献** Algeo, T. J., Li, C., 2020. Redox classification and calibration of redox thresholds in sedimentary systems. *Geochim. Cosmochim. Acta*.

<https://doi.org/10.1016/j.gca.2020.01.055>. Algeo, T. J., Liu, J. S., 2020. A re-assessment of

elemental proxies for paleoredox analysis. *Chem. Geol.* 540, 119549. Wei, W., Algeo, T. J.,

Lu, Y., Lu, Y., Liu, H., Zhang, S., Peng, L., Zhang, J., Chen, L., 2018. Identifying marine incursions into the Paleogene Bohai Bay Basin lake system in northeastern China. *Int. J. Coal Geol.* 200, 1-17. Wei, W. and Algeo, T. J., 2020. Elemental proxies for

paleosalinity analysis of ancient shales and mudrocks. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 287, pp. 341-366. Wu, Z. Y., Zhao, X. Z., Wang, E. Z., Pu, X. G., Lush, G., Han, W. Z., Zhang,

W., Feng, Y., 2021. Sedimentary environment and organic enrichment mechanisms of lacustrine shale: a case study of the Paleogene Shahejie formation, Qikou sag, Bohai Bay Basin. *Palaeogeogr palaeoclimatol.* <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.11040>. Zhao, X. Z., Zhou, L. H.,

Pu, X. G., Han, W. Z., Jin, F. M., Xiao, D. Q., et al., 2019. Exploration breakthroughs and geological characteristics of continental shale oil: a case study of the kongdian formation in the cangdong sag, china. *Mar. Pet. Geol.* 102, 544-556. Zhao, X. Z., Zhou, L. H.,





Pu, X.G., Shi, Z.N., Han, G.M., Wu, J.P., et al., 2020. Geological characteristics and exploration breakthrough of shale oil in member 3 of shahejie formation of Qibei subsag, Qikou sag. *Acta Sedimentol. Sin.* 41 (6), 643 - 657 (in Chinese with English abstract). Zou, C.N., Yang, Z., Tao, S.Z., Yuan, X.J., Zhu, R.K., Hou, L.H., Wu, S.T., et al., 2013. Continuous hydrocarbon accumulation over a large area as a distinguishing characteristic of unconventional petroleum: the Ordos basin, north-central China. *Earth Sci. Rev.* 126, 358 - 369.

**关键词** 页岩; 古盐度; 氧化还原阈值; 主控因素; 沉积模式



摘要 ID:1158

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 陆相断陷咸化湖盆有机质差异富集因素探讨

胡涛\*<sup>1</sup>、姜福杰<sup>1,2</sup>、王琦峰<sup>3</sup>、庞雄奇<sup>1,2</sup>、徐田武<sup>4</sup>

1. 中国石油大学(北京)
2. 油气资源与探测国家重点实验室
3. 中国石油 勘探开发研究院
4. 中国石化 中原油田分公司勘探开发研究院

我国中、新生代陆相断陷咸化湖盆广泛发育含盐泥页岩,蕴藏着大量页岩油资源。页岩油“甜点”发育与有机质富集密切相关,但含盐泥页岩有机质差异富集主控因素研究相对较少,且存在争议(Petersen et al., 1990; Kzta, 1995; Bohacs, et al., 2000; Katz and Lin, 2014; 邱振和邹才能, 2020)。以渤海湾盆地东濮凹陷为例,针对古近系沙三段泥页岩取芯,开展总有机碳(TOC)、扫描电镜、能谱分析以及主量、微量和稀土元素分析,探讨泥页岩的有机质丰度与古气候、古盐度、沉积速率、古生产力和氧化还原条件的关系。结果表明:沙三段含盐泥页岩 TOC 为 0.11% ~ 6.78% (平均值 1.58%),有机质丰度差异大。泥页岩发育于寒冷干旱的古气候条件,沉积水体古盐度高,沉积速率变化大,古生产力中等,整体为缺氧的还原环境。沙三段泥页岩的有机质富集主要受控于古生产力、古盐度和沉积速率。古生产力越大,有机质富集程度越高;随古盐度和沉积速率升高,有机质富集程度先增大后减小。氧化还原条件对有机质富集的影响不大,这与泥页岩整体发育于缺氧的还原条件有关。只有在高的古生产力、适当的古盐度和适当的沉积速率背景下,方才利于沉积有机质富集。对于陆相断陷咸化湖盆而言,沉积有机质的差异富集既非单一的高生产力模式或者保存模式,亦非简单的生产力模式和保存模式的叠加。未来须从特定盆地的具体沉积环境入手,对沉积有机质差异富集机理展开分析,这对我国陆相页岩油勘探开发具有一定的指导意义。

**参考文献** Pedersen T F, Calvert S E. Anoxia vs. productivity: What controls the formation of organic-carbon-rich sediments and sedimentary Rocks? AAPG Bulletin, 1990, 74 (4) :454-466. Bohacs K M, Carroll A R, et al. Lake-basin type, source potential, and hydrocarbon character: An integrated sequence stratigraphic geochemical framework // Gierlowski-Kordesch E H, Kelts K R. Lake basins through space and time. Tulsa: AAPG, 2000: 3-34. Katz B J. Factors controlling the development of lacustrine petroleum source rocks—An update [M] // Huc A T. Paleogeography, paleoclimate, and source rocks. Tulsa: American Association of Petroleum Geologists, 1995: 61-79. Katz B, Lin F. Lacustrine basin unconventional resource plays: Key differences. Marine and Petroleum Geology, 2014, 56: 255-265. 邱振, 邹才能. 非常规油气沉积学: 内涵与展望. 沉积学报, 2020, 38 (1) : 1-29. [Qiu Z, Zou C. Unconventional Petroleum Sedimentology: Connotation and prospect. Acta Sedimentologica Sin 2020, 38(1): 1-29.

**关键词** 非常规油气沉积学; 页岩油; 断陷湖盆; 含盐泥页岩; 有机质差异富集



摘要 ID:1455

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地南缘芦苇沟组油页岩有机地化特征及其对古环境的指示

王思洋<sup>1,2</sup>、甘华军<sup>2</sup>、柯友亮<sup>2</sup>、刘可行<sup>2</sup>

1. 南方海洋科学与工程广东省实验室(湛江)
2. 中国地质大学(武汉)

准噶尔盆地是一个多旋回的沉积盆地,经历了石炭纪海陆过渡相和二叠纪—新生代陆内盆地多旋回演化,形成了3套主要烃源岩,整个盆地无论从纵向还是横向上都展布着丰富的煤、常规油气、油页岩、页岩气等矿产资源。其中准噶尔南缘芦苇沟组是油页岩发育的重要层段。然而其地球化学特征和沉积环境的差异性的研究还相对较少。

利用岩石热解、分子地球化学,对ZY-2井油页岩进行烃源岩地化特征及其生烃潜力分析,探究芦苇沟组油页岩生烃潜力、沉积时的古环境特征及其垂向演化规律。分析结果如下:

淮南芦苇沟组油页岩样品 TOC 为 0.59%—8.49%, 平均为 3.49%, 氯仿沥青“A”为 0.02%—0.48%, 平均为 0.16%, 总烃平均值为 966.39ppm, 总体上芦苇沟组油页岩有机质丰属于度好—极好级别,具有较强的生烃潜力。综合可溶有机质族组分特征、正构烷烃和的规则甾烷相对含量可得出准噶尔南缘芦苇沟组油页岩有机质类型主要为 II1 型(腐殖-腐泥型)为主。参考 C29 $\alpha$  / C29 $\beta$  和 C29 $\alpha$  / C29 $\beta$  两个参数可知油页岩有机质成熟度较高。结合生物标志化合物 Pr/Ph 比值, Pr/nC17, 2 $\gamma$ /C31 升藿烷的比值等生物标志化合物参数可以判断出芦苇沟组沉积环境主要为还原性的咸水湖相沉积环境,准噶尔芦苇沟组油页岩沉积环境为深湖—半深湖环境。

淮南芦苇沟组油页岩生烃潜力和沉积环境在纵向上表现出明显差异性,大致可分为上中下三个层段,其中上段油页岩生烃潜力一般,有机质类型以 II1 为主,为还原、低盐度半咸水的沉积环境;中段油页岩生烃潜力最优,有机质类型以 I 型(腐泥型)为主,为盐度较高、强还原性、半开阔的咸水湖相沉积;下段油页岩生烃潜力较好,为还原、半咸水的沉积环境。

**参考文献** 王东营. 准噶尔南缘阜康地区芦苇沟组油页岩地质特征[J]. 中国石油勘探, 2007(2): 18—25. 彭雪枫. 准噶尔盆地东南缘芦苇沟组油页岩元素地球化学特征及沉积环境指示意义[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2012(2): 121—127. 何登发. 准噶尔盆地古隆起形成演化与油气聚集[M]. 北京: 石油工业出版社, 2012. 李红. 准噶尔盆地柴窝堡凹陷油气地质条件综合研究[D]. 西安: 西北大学, 2006. 姚婷. 克拉玛依天然沥青的溶解性及重要生物标志物组成分析[J]. 西安石油大学学报, 2012 赵春花. 渤海海域原油地球化学特征研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2010. 陈义才. 石油和大然气有机地球化学[M]. 北京市: 北京市科学出版社, 2007. Peters K E, Moldowan J M, 生物标记化合物指南中生代沉积物和石油中分子化石的解释[M]. 北京: 北京市石油工业出版社, 1995: 236. 刘招君, 孟庆涛, 柳蓉. 中国陆相油页岩特征及成因类型[J]. 古地理学报, 2009, 第 11 卷, 第 1 期: 105—114 高建平. 准噶尔盆地南缘东段山前带构造特征与油气基本地质条件[D]. 西北大学, 2008. 李婧婧等. 准噶尔盆地南缘大黄山矿区二叠系芦苇沟组油页岩沉积特征[J]. 西安科技大学学报, 2009, 第 29 卷, 第 1 期: 68—72. 熊志. 准噶尔盆地南缘中二叠统芦苇沟组油页岩地球化学特征[D]: [研究生学位论文]. 长安大学, 2015. Bradley W H, Eugster H P. Geochemistry and paleolimnology of the trona deposits and associated authigenic minerals of the Green River Formation of Wyoming[M]. US Government Printing Office, 1969. Baojia Huang et. al, Geochemical characteristics, palaeoenvironment and formation model of Eocene organic-rich shales in the B161eibuwan Basin, South China Sea[J]. Marine and Petroleum Geology, 2013, 48: 77—89. 陈健. 新疆准噶尔盆地南缘东段芦苇沟组层序地层分析[D]: 武汉: 中国地质大学资源学院, 2015. 杨海波. 准噶尔盆地构造单元划分新方案[J]. 新疆石油地质, 2004(6): 109—111. 孙自明. 准噶尔盆地南缘构造特征及有利勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2004(2): 99—104. 马庆佑. 新疆博格达山的构造特征与中、新生代的造山活动[D]. 中国地质大学(北京), 2007. 杨文孝, 况军, 徐长胜. 准噶尔盆地大油气田形成条件和预测



(庆祝克拉玛依油田勘探开发 40 周年) [J]. 新疆石油地质, 1995(3):200-211. 陈义才. 石油和大然气有机地球化学[M]. 北京市: 北京市科学出版社, 2007. 刘海涛孙德强胡宇芳高晓辉. 浅析油气地球化学在含油气系统研究中的作用[J]. 中国石油勘探, 2007(4):7-7. 白斌. 准噶尔南缘构造沉积演化及其控制下的基本油气地质条件[D]. 西北大学, 2008. 苗建宇. 新疆北部主要盆地二叠系烃源岩沉积环境与生烃特征[D]. 西北大学, 2002. 程甘露等. 准噶尔盆地南缘油页岩特征及控矿条件[J]. 西安科技大学学报, 2014(5):54-59. Zou, C. N.; Yang, Z.; Cui, J. W.; Zhu, R. K.; Hou, L. H.; Tao, S. Z.; Yuan, X. J.; Wu, S. T.; Lin, S. H.; Wang, L.; Bai, B.; Yao, J. L. *Pet. Explor. Dev.* 2013, 40, 15-27. Bauersachs, T.; Schouten, S.; Schwark, L. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.* 2014, 410, 390-400. Li, W. H.; Lu, S. F.; Xue, H. T.; Zhang, P. F.; Hu, Y. *Fuel* 2015, 143, 424-429. Chen, G. H.; Lu, S. F.; Zhang, J. F.; Wang, M.; Li, J. B.; Xu, G. X.; Pervukhina, M.; Wang, J. *Energy Fuels* 2017, 31, 3635-3642. Liu, B.; Bechtel, A.; Gross, D.; Fu, X. F.; Li, X. N.; Sachsenhofer, R. F. *Int. J. Coal Geol.* 2018, 185, 119-137

**关键词** 准噶尔盆地南缘; 芦草沟组; 油页岩; 沉积环境; 有机地球化学



摘要 ID: 3342

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## Termit 盆地上白垩统 Yogou 组沉积环境演化及有机质来源分析

白国帅<sup>1</sup>、晏国慰<sup>1</sup>、陈国辉\*<sup>1</sup>、刘邦<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. 中国石油勘探开发研究院

尼日尔 Termit 盆地为中西非裂谷系中的中-新生代富油盆地。上白垩统地层自下而上由 Donga 组、Yogou 组和 Madama 组组成, Yogou 组作为盆地内主要烃源岩地层之一, 其上部 TOC 含量是下部的 1.8-9 倍。然而, Yogou 组沉积环境演化对有机质非均质性的影响尚不清楚, 有机质富集段的有机质来源仍缺乏认识, 从而制约着优质烃源岩发育机理和分布规律的研究。本文综合微体古生物、元素地球化学、有机地球化学以及有机显微组分资料, 对 Yogou 组沉积环境和有机质来源进行了研究。

具体的研究方法包括: (1) 综合利用微体古生物化石纪录、岩性、自然伽马曲线等对 Yogou 组生物地层和层序进行划分, 明确各层序沉积环境特征; (2) 利用 MgO/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Sr/Cu、U/Th、MnO/TiO<sub>2</sub> 等元素地球化学参数和 Ga/C<sub>30</sub>H、Pr/Ph 等生物标志化合物参数, 分析 Yogou 组的古盐度、古气候、古物源以及氧化还原条件。(3) 利用有机质显微组分资料和 C<sub>27</sub>-C<sub>28</sub>-C<sub>29</sub> 规则甾烷相对含量等地化参数, 判断 Yogou 组烃源岩有机质来源。

研究结果显示: (1) Yogou 组共发现三个三级层序(YSQ1、YSQ2 和 YSQ3, 自下而上)。从 Donga 组到 YSQ1 层序, 海相藻类和介形虫数量增多, 指示海进过程; 从 YSQ2 至 YSQ3 层序, 海相生物和半咸水、咸水藻类数量明显降低, 甚至消失, 淡水藻类起主导作用, 指示海退过程, 环境由海相转变为海陆过渡相。(2) 元素地球化学和有机地球化学参数表明, YSQ1 层序水体盐度高于 YSQ2 和 YSQ3 层序, 从 YSQ1 至 YSQ3 层序, 陆源输入增多, 湿热气候增强, 还原性减弱。YSQ1 层序沉积于亚缺氧-缺氧环境, 而 YSQ3 层序沉积于还原-氧化频繁交替的环境, 还原环境可能为有机质富集提供了良好的保存条件。(3) 有机显微组分和饱和烃气相色谱质谱分析表明, Yogou 组显微组分以壳质组为主, 有机质来源为陆源高等植物。从 YSQ1 至 YSQ3 层序, 色谱质谱图中主峰碳数从低碳向高碳数偏移,  $\alpha\alpha\alpha$ -20R 甾烷 C<sub>27</sub>、C<sub>28</sub>、C<sub>29</sub> 从不对称“V”型分布向反“L”型分布转变, TAR 值增加, 表明 Yogou 组从下往上陆源输入增多, 表现为海退特征。

综上所述, Yogou 组从下部到上部, 沉积环境从海相过渡到海陆过渡相, 水体盐度由高到低, 陆源有机质输入增多, 还原条件变差, 湿热气候增强, 风化强度增大; 结合有机质发育特征和沉积环境特征认为, 充足的陆源有机质输入和良好的保存条件是 Yogou 组上部 TOC 含量高的原因。

**参考文献** [1] 刘邦, 潘校华, 万仑坤, 等. 东尼日尔盆地海侵的微体古生物和地球化学证据[J]. 现代地质, 2011, 25(5): 995-1006. [2] 赖洪飞. 西非裂谷系 Termit 盆地上白垩统 Yogou 组层序地层地球化学研究[D]. 中国石油大学(北京), 2018. [3] 李美俊, 赖洪飞, 毛凤军, 等. 层序地层格架下烃源岩地球化学研究: 以尼日尔 Termit 盆地为例[J]. 地球科学, 2018, 43(10): 3603-3615. [4] 汤望新, 姜在兴, 刘若涵, 等. 尼日尔 Termit 盆地 Yogou 组泥岩地球化学特征及沉积背景[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(3): 592-601+632.

**关键词** 沉积环境; 有机质来源; 烃源岩有机质; Termit 盆地 Yogou 组



摘要 ID: 269

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 海相页岩元素地球化学特征及沉积环境分析—以鄂西地区 X 井和 Y 井下寒武统牛蹄塘组为例

何庆\*<sup>1</sup>、董田<sup>1</sup>、何生<sup>1</sup>、翟刚毅<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)构造与油气资源教育部重点实验室
2. 中国地质调查局油气资源调查中心

目前关于牛蹄塘组页岩沉积环境及其对有机质富集影响的研究尚显不足。为此,选取鄂西地区 X 井和 Y 井下寒武统牛蹄塘组页岩为研究对象,开展有机碳含量、薄片观察、XRD 矿物组分、主微量元素等分析测试,恢复页岩的沉积环境,并探究沉积环境对页岩有机质富集的影响。研究结果表明牛二段下部的有机碳含量相对更高,且牛一段以及牛二段下部的石英含量更高,牛三段的黏土矿物含量更高。而牛一段页岩的 Ca、P 呈现显著富集,牛二段和牛三段的 Ca、Fe 呈现显著富集。研究区牛蹄塘组页岩中的氧化还原敏感元素 Co、Mo、U、V、Zn 等较为富集。稀土元素配分模式图表明牛蹄塘组页岩中的轻稀土元素比重稀土元素更加富集,且曲线变化较为平坦,无明显的 Eu 异常。

与四川盆地上奥陶统五峰组一下志留统龙马溪组以及下寒武统筇竹寺组相比,鄂西地区牛蹄塘组页岩的  $Ba_{bio}$  含量同样较高,其沉积时期具有高的古生产力。同时,牛二段作为有机质含量最高的层段,其  $Si_{bio}$  含量同样也最高。而牛三段页岩中的氧化还原敏感元素的富集程度明显低于牛一段和牛二段,表明牛蹄塘组沉积晚期水体中的氧含量要高于早期和中期。 $C_{org}/P_{tot}$  摩尔比值、U/Th 比值和 Mo-U 富集共变关系图显示研究区牛蹄塘组牛一段以及牛二段下部页岩主要沉积于缺氧的底水环境中,牛二段上部页岩主要沉积于缺氧—贫氧的底水环境中,牛三段页岩主要沉积于氧化的底水环境中。此外,鄂西地区牛蹄塘组页岩的 Al 含量和 Ti/Al 在垂向上的变化无特定的规律,但牛一段的碎屑输入量要低于牛二段和牛三段。总体而言,鄂西地区牛蹄塘组从沉积的早期到晚期,水深逐渐变浅,水动力条件变强,沉积底水的氧含量逐渐增加,表层水体的古生产力逐渐降低。牛蹄塘组页岩的 TOC 含量与  $Ba_{bio}$ 、 $Si_{bio}$  呈现微弱的正相关性,与 U/Th 比值、 $C_{org}/P_{tot}$  摩尔比值呈现显著的正相关性,与 Al、Ti/Al 比值呈现极其微弱的负相关性。以上相关性表明,氧化还原条件是控制鄂西地区牛蹄塘组页岩有机质富集的主要因素。同时,表层水体较高的古生产力对于牛蹄塘组页岩有机质富集具有一定的贡献,而碎屑流的输入对于牛蹄塘组页岩有机质富集具有稀释作用,但该影响极其微弱。此外,鄂西地区牛蹄塘组页岩的  $(Fe+Mn)/Ti$ 、 $Al/(Al+Fe+Mn)$  比值表明其沉积时期并不存在热液活动。因此,缺氧的沉积底水环境是控制鄂西地区牛蹄塘组富有机质页岩发育的关键因素。

### 参考文献

**关键词** 下寒武统;牛蹄塘组;页岩岩相;沉积环境;有机质富集



摘要 ID:520

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 构造-热事件控制的有机质差异富集—以鄂尔多斯盆地高 135 井长 73 段页岩为例

王坤\*、卞从胜、刘伟、董劲  
中国石油勘探开发研究院

鄂尔多斯盆地中晚三叠世长 7 段沉积期发育了一套湖相富有机质黑色页岩,是全盆地最主要的烃源岩,又以长 7<sub>3</sub>段烃源岩累计厚度最大,品质最好(杨华等, 2016; 刘池洋等, 2020)。以深湖相区的高 135 井为对象,研究认为,有机质的富集与构造-热事件密切相关,造成长 7<sub>3</sub>段页岩有机质含量表现出强非均质性。

高 135 井长 7<sub>3</sub>段三分特征明显(图 1)。下亚段以黑色页岩为主夹凝灰质层, TOC 分布范围 4.2%~27.3%,有机质类型以 I 型为主;中亚段主要为黑色页岩夹粉砂岩和泥岩薄层, TOC 含量 3.1%~19.5%,有机质类型以 III 型为主;上亚段主要为黑色页岩、黑色-深灰色泥岩夹灰色粉砂岩, TOC 含量 2.5%~11%,有机质类型以 I 型为主。

高 135 井长 7<sub>3</sub>段的化学蚀变指数(CIA; Nesbitt 和 Young, 1982)总体保持稳定,显示长 7<sub>3</sub>沉积期整体具有温暖湿润的气候环境和中等的风化强度。A-CN-K 图版显示长 7<sub>3</sub>段母岩以花岗闪长岩为主,但中亚段略有其他母岩成分的硅质碎屑混入(图 2)。B/Ga, Sr/Ba, S/TOC 等参数(Wei 和 Algeo, 2019)指示长 7<sub>3</sub>段湖泊水体总体保持稳定的微咸水环境。Mo 和 U 的协变关系(Algeo 和 Tribovillard, 2009)显示下亚段(缺氧)与上亚段(贫氧)保持了相对稳定的氧化-还原状态,中亚段表现为缺氧-厌氧环境但稳定性变差,指示水体并未发生明显分层(图 3)。

岩石学观察显示高 135 井长 7<sub>3</sub>段富凝灰质纹层在中亚段最为发育,并出现疑似热液白云石沉淀。判识图版显示长 7<sub>3</sub>中亚段物源有明显花岗岩的混入,凝灰岩成分较物源区更偏酸性(图 4)。REE 配分模式指示以富钾花岗质为母岩的凝灰质输入量以中亚段最多。长 73 段碳酸盐岩氧同位素表现为明显的负漂移(图 5),指示了热水沉积环境,且碳酸盐岩含量的增加与凝灰质的出现有较好的对应关系。基于生物钡的古生产力恢复(Schoepfer 等, 2015)显示中亚段的生物最繁盛,且生产力高的样品普遍表现构造-热事件的岩石学和地球化学响应。

基于上述分析,认为中亚段沉积期火山及热液活动高频出现,带来大量营养物质造成水体藻类勃发,对浮游生物造成“生存环境袭夺”,有机质产出以 II 型为主, I 型减少。此外,生物勃发与火山灰输入等地质事件关系密切,造成中段有机碳含量呈现明显的“锯齿状”,明显区别于下亚段和上亚段“相对均一”的有机碳含量。

**参考文献** 刘池洋, 王建强, 邱欣卫, 等, 2020. 鄂尔多斯盆地延长期富烃拗陷形成的动力学环境与构造属性[J]. 岩石学报, 36(6): 1913-1930. 杨华, 张文正, 彭平安, 等, 2016. 鄂尔多斯盆地中生界湖相油型油的精细划分与油源对比. 地球科学与环境学报, 38(2): 196-205. Algeo, T. J., Tribovillard, N., 2009. Environmental analysis of paleoceanographic systems based on molybdenum-uranium covariation [J]. Chem. Geol. 268, 211-225. Nesbitt, H. W., Young, G. M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites [J]. Nature, 299: 715-717. Schoepfer, S. D., Shen, J., Wei, H. Y., et al., 2015. Total organic carbon, organic phosphorus, and biogenic barium fluxes as proxies for paleomarine productivity [J]. Earth-Sci. Rev. 149, 23-52. Wei, W., Algeo, T. J., 2019. Elemental proxies for paleosalinity analysis of ancient shales and mudrocks [J]. Geochim. Cosmochim. Acta, doi: <https://doi.org/10.1016/j.gca.2019.06.034>.

**关键词** 长 73 段; 富有机质页岩; 构造-热事件; 非均质性



摘要 ID:532

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 专题邀请报告

## 天文轨道周期及火山活动对中上扬子区晚奥陶世—早志留世有机碳聚集的影响

张喜\*、张廷山、祝海华  
西南石油大学地球科学与技术学院

基于野外露头资料, 通过旋回地层学、地球化学等方法, 探讨天文轨道周期变化及火山活动对中上扬子区晚奥陶—早志留世有机碳富集的影响。运用有机碳同位素组成及化学风化指数数据序列, 滤波输出记录在沉积物中的天文轨道参数。天文轨道周期驱动下的气候变化控制了不同级次海平面波动, 斜率周期调制的气候变化驱动海洋温盐循环, 将位于高纬度区营养物质向中低纬度区转移, 温盐循环是低纬度扬子区海洋生产力的主要动力。赫南特晚期海洋生产力指标  $Ba/Al$  及  $Ni/Al$  值显示, 火山活动对海洋生产力贡献有限, 对有机碳保存效率有显著影响; 古海洋氧化还原环境指标  $Th/U$ 、 $V/Cr$  及  $V/(V+Ni)$  值显示, 火山活动与古海洋含氧量有显著关系, 火山活动通过调节大洋含氧量来控制有机碳的保存效率, 不同地区火山活动强度的差异是有机碳差异保存的重要因素 (图 1)。轨道周期驱动的有机碳输入动力及受火山活动影响有机碳保存效率, 二者耦合控制中上扬子区有机碳富集 (图 2)。

**参考文献** 陈旭, 樊隽轩, 张元动, 等. 五峰组及龙马溪组黑色页岩在扬子覆盖区内的划分与圈定[J]. 地层学杂志, 2015, 39(4): 352-357. 李登华, 李建忠, 黄金亮, 等. 火山灰对页岩油气成藏的重要作用及其启示[J]. 天然气工业, 2014, 34(5): 56-65. 吴蓝宇, 陆永潮, 蒋恕, 刘晓峰, 何贵松. 上扬子区奥陶系五峰组—志留系龙马溪组沉积期火山活动对页岩有机质富集程度的影响[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(5): 806-816. FANG Qiang, WU Hhaichun, HINNOV L A, et al. A record of astronomically forced climate change in a late Ordovician(Sandbian) deep marine sequence, Ordos Basin, North China[J]. Sedimentary Geology, 2016, 341(15): 163-174.

**关键词** 旋回地层学; 有机碳同位素; 化学风化指数; 温盐循环; 火山灰; 上奥陶统五峰组; 下志留统龙马溪组





摘要 ID: 3205

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 松辽盆地上白垩统嫩江组富有机质页岩成因差异

刘伟<sup>1</sup>、刘牧<sup>2</sup>、刘鑫<sup>3</sup>、卞从胜<sup>1</sup>、董劲<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083
2. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100083
3. 中国石油大庆油田研究院, 黑龙江 大庆 163000

松辽盆地嫩江组发育富有机质页岩, 是盆地重要的烃源岩也是中低熟页岩油原位转化重点关注的层系(侯启军, 2009; 侯读杰, 1999)。本次研究基于钻井系统取样和测试分析, 探讨了嫩江组嫩一段和嫩二段富有机质页岩形成差异, 为陆相湖盆富有机质页岩形成机制提供了新的解释。松辽盆地嫩江组总体深湖沉积背景下, 具有两次有机碳含量快速升高的趋势。第一次是嫩一段(K2n1)中部, 厚约30m, 总有机碳最大值约为8%, 并呈现快速波动的特点; 第二次发生嫩二段(K2n2)底部, 厚约10-15m, 呈现单峰的特点, 有机碳含量快速上升, 到达峰值后快速下降, 总有机碳最大可达13%。

无机和有机地球化学指标一致表明, 嫩一段和嫩二段有机质富集事件受控于不同的古环境。(1)姥鲛烷/植烷比值、高藿烷指数和氧化还原敏感元素的分布表明, 相比较而言嫩一段沉积期湖盆底层水体中的氧含量更低, 出现短暂的缺氧和硫化水体环境;(2)古生产力和有机质来源指标表明, 嫩一段海相浮游藻类供给大量增加, 是该段有机质的主要来源, 而嫩二段沉积期早期, 则表现为陆生生物供给逐渐占据优势的特点;(3)水体受限程度指标表明, 尽管嫩一段沉积期和嫩二段沉积早期, 湖盆整体表现为封闭的特点, 但是在嫩一段沉积期间, 海水发生周期性侵入并改变了湖盆水体环境, 例如周期性的湖水盐度增加、Mo/TOC出现间歇性高值等; 但嫩二段沉积早期则与外海相隔, 古湖泊以淡水为主。

松辽盆地低沉积速率环境下, 强烈的密度跃层与间歇性的底水脱氧作用导致的水体分层可能引起了嫩一段的第一次有机质大量富集。在嫩二段沉积早期, 温暖湿润气候形成的强降水和地表径流增加, 在短期内促进了初级生产力的提高和OMZ带的扩展, 从而导致松辽盆地Santonian-Campanian过渡期有机质的快速而剧烈的堆积。

**参考文献** 侯启军. 2009. 松辽盆地陆相石油地质学[M]. 北京: 石油工业出版社. 侯读杰, 黄清华, 孔庆云, 冯子辉, 黄福堂. 1999. 松辽盆地白垩纪海侵事件与油气的早期生成[J]. 石油天然气学报, (1): 26-28.

**关键词** 松辽盆地; 嫩江组; 富有机质页岩



摘要 ID:2312

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地中生界长7段优质烃源岩中草莓状黄铁矿的粒径特征及环境意义

杨伟伟<sup>1,2</sup>、解丽琴<sup>1,2</sup>、李希<sup>1,2</sup>

1. 中石油长庆油田分公司勘探开发研究院
2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

草莓状黄铁矿是指由等粒度的亚微米级黄铁矿晶体或微晶体紧密堆积而成,形似草莓的黄铁矿球形集合体,其粒径分布特征可反映出沉积盆地的氧化还原状态,对岩石古沉积环境研究具有重要指示意义。本文选取鄂尔多斯盆地20余口井的50多块岩心样品,通过场发射电子扫描显微镜系统观察、测量、统计长7段优质烃源岩中草莓状黄铁矿的分布特征,结合有机地球化学、微量元素、稀土元素等数据对该套烃源岩形成时期的古沉积环境进行了精细研究,得到以下几点认识:

(1) 草莓状黄铁矿粒径大小与有机质富集程度呈反比,当有机质丰度高于10%时,草莓状黄铁矿粒径多分布在4~9 μm,与元素特征指示的缺氧环境一致;(2) 优质烃源岩可明显分为页岩与泥岩两大类,前者页理发育、有机质纹层富集,草莓状黄铁矿粒径大都小于9 μm;后者呈块状展布、以分散状有机质为主,草莓状黄铁矿粒径偏大,多大于10 μm,最高可达30 μm,沉积环境截然不同且在空间展布上具有补偿关系;(3) 长7段烃源岩发育期,自下而上草莓状黄铁矿粒径逐渐变大,指示了沉积环境由还原到氧化的变化过程。本次研究对鄂尔多斯盆地中生界长7段烃源岩发育期的古沉积环境有了更为深刻的认识,空间上可划分为缺氧-超富有机质页岩相;次氧化-富有机质泥岩相;氧化-含有机质粉砂质泥岩相,为盆地烃源岩发育规律、有机质富集机理、生烃能力评价等奠定了重要基础。

**参考文献** [1] 常华进, 储雪蕾. 草莓状黄铁矿与古海洋环境恢复[J]. 地球科学进展, 2011, 26(5):475-481. [2] 朱延辉, 耿建军. 不同环境下沉积黄铁矿成因分析 [J]. 河北煤炭, 2002, (1):11-12. [3] 张明亮, 郭伟, 沈俊, 等. 古海洋氧化地球化学指标研究新进展[J]. 地质科技情报, 2017, 36(4):95-106. [4] Wilkin R T, Rarnes H L, Brantley S L. The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An indicator of redox conditions[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1996, 60(20):3897-3912. [5] Wilkin R T, Arthur M A. Variations in pyrite texture, sulfur isotope composition, and iron systematic in the Black Sea: Evidence for Late Pleistocene to Holocene excursions of the O<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>S redox transition[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2001, 65(9):1399-1416.

**关键词** 鄂尔多斯; 草莓状黄铁矿; 粒径; 沉积环境; 烃源岩



摘要 ID: 2569

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 中扬子地区水井沱组地球化学特征及其对沉积环境和有机质富集的指示

陈林\*<sup>1</sup>、陈孝红<sup>1</sup>、张保民<sup>1</sup>、张国涛<sup>1</sup>、林卫兵<sup>2</sup>

1. 中国地质调查局武汉地质调查中心
2. 中国地质大学(武汉)

扬子地区下寒武统水井沱组发育的富有机质页岩被认为是华南地区优质的烃源岩罗胜元等, 2020; Wei et al., 2020; 张君峰等, 2019)。由于有机质控制了页岩系统中的生烃潜力、储层空间发育和吸附能力, 因此为充分揭示该套地层的页岩气富集规律, 必须研究其有机质富集机理(金之钧等, 2016; 姜振学等, 2015)。该时期全球性的海平面上升以及扬子板块的伸展构造活动, 形成的区域上底层海水的缺氧环境, 为富有机质黑色页岩的形成提供了良好的环境条件(Huang et al., 2019)。本次研究通过地球化学手段揭示了中扬子宜昌地区该套页岩的形成和保存条件。地球化学指标包括氧化还原指标(U/Th, V/Cr 和 Ni/Co 等)和生产力指标(Ba/Al、Cu/Al、Ni/Al 等)以及陆源碎屑输入指标(Al、Ti 等)被用来分析该套页岩的有机质富集机理。依据 TOC 的变化将水井沱组划分为两段, 下部高 TOC 段(大于 2%)和上部低 TOC 段(小于 2%)。地球化学指标结果显示, 水井沱组下段高 TOC 页岩段沉积过程中, 中扬子地区主要处于还原环境、生产率一般、陆源碎屑输入相对较低条件, 而中上段低 TOC 页岩段主要处于氧化环境, 生产率较前期下降, 陆源碎屑输入相对较高条件。地化指标显示高有机质页岩段局部发育的上升流活动促进了下段有机质的聚集。研究区处于水体限制性条件逐渐增强的环境。TOC 与氧化还原指标、生产率指标之间具有相对较好的正相关性, 而与陆源碎屑指标之间具有不明显的负相关性。Co/Mn 与 Cd/Mo 图解同样表明研究区主要受保存条件控制, 处于限制性盆地环境。以上结果指示氧化还原条件是控制研究区水井沱组有机质富集的最重要因素, 还原环境和高生产率有利于有机质的富集。研究区有机质富集属于受保存条件控制的限制性盆地模型。

**参考文献** 姜振学, 李卓, 唐相路, 等, 2015. 页岩气成藏富集主控因素研究及目标优选[J]. 吉林大学学报(地球科学版), S1: 892-892. 金之钧, 胡宗全, 高波, 等, 2016. 川东南地区五峰组-龙马溪组页岩气富集与高产控制因素[J]. 地学前缘, 23(001):1-10. 罗胜元, 陈孝红, 岳勇, 等, 2020. 中扬子宜昌地区沉积-构造演化与寒武系页岩气富集规律[J]. 天然气地球科学, (8): 1052-1068. 张君峰, 许浩, 周志, 等, 2019. 鄂西宜昌地区页岩气成藏地质特征. 石油学报, 40(8):887-899. Huang, T., Chen, D., Fu, Y., Yeasmin, R., Guo, C., 2019. Development and evolution of a euxinic wedge on the ferruginous outer shelf of the early Cambrian Yangtze sea[J]. Chem. Geol. 524, 259-271. Wei, S., He, S., Pan, Z., Zhai, G., Dong, T., Guo, X., Yang, R., Han, Y. J., Yang, W., 2020. Characteristics and evolution of pyrobitumen-hosted pores of the overmature Lower Cambrian Shuijingtuo Shale in the south of Huangling anticline, Yichang area, China: Evidence from FE-SEM petrography[J]. Mar. Petrol. Geol. 116, 104303.

**关键词** 中扬子; 水井沱组; 地球化学; 沉积环境; 有机质富集



摘要 ID:332

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 专题邀请报告

## 皖南地区上二叠统大隆组页岩沉积环境与有机质富集

丁江辉<sup>1,2</sup>、张金川<sup>3</sup>、杨向同<sup>1</sup>、王如意<sup>1</sup>、黄波<sup>1</sup>、李会丽<sup>1</sup>、曲世元<sup>1</sup>

1. 中国石油集团工程技术研究院有限公司

2. 中国石油勘探开发研究院

3. 中国地质大学(北京)

皖南地区位于长江经济带核心地区,经济高速发展,但能源资源匮乏。上二叠统大隆组页岩气区域地质条件良好,有望获得勘探突破。为研究其沉积环境与有机质富集机理,对港地1井进行系统取样,开展了页岩有机地球化学、元素地球化学、岩矿组成及黄铁矿等研究。结果表明:

(1) 根据区域海平面变化,港地1井大隆组可以分为两段。下部形成于区域海平面上升阶段,以黑色硅质页岩和炭质页岩为主,局部夹薄层粉砂质泥岩和粉砂岩,为深水陆棚—盆地相沉积,TOC含量介于1.19%~6.45%,平均为3.19%;上部形成于区域海平面下降阶段,以黑色硅质泥页岩和粉砂质泥岩为主,相较下部砂质成分相对增加,为浅水陆棚相沉积,TOC含量介于1.18%~4.90%,平均为2.09%。

(2) 皖南地区大隆组页岩形成于地质条件较为封闭、菌藻类有机质供给丰富、较高沉积速率的海相环境。页岩沉积时期处于暖湿型气候,具有高的生物生产力和沉积速率,早中期伴随着区域性海平面上升,沉积水体加深且滞留程度增强,整体处于贫氧—厌氧环境,到了晚期区域性海平面下降,水体变浅且滞留程度减弱,整体处于氧化环境,且在二叠纪末期伴随有明显的火山热液活动。并发现无论沉积水体处于何种状态,均可能造成有机质富集。

(3) 皖南地区大隆组富含有机质页岩的形成,不是由单一因素所决定,而是由古气候、水体氧化还原性质、生物生产力、沉积速率等多个要素相互配置与耦合的结果,这些因素都会直接或者间接地影响有机质的供给或者有机质的埋藏和保存。因此有机质富集不是单一的“生产力模式”或者“保存模式”,而是多因素共同作用的结果,这里称之为“综合模式”。

(4) 皖南地区大隆组沉积时期高的生物生产力为有机质的形成提供了物质基础,有机质产生后,会进一步接受埋藏和保存。大隆组早中期区域性海平面上升把深水的营养物质带到浅海的透光带,促进表层水体微生物大量繁殖,产生了高的生物生产力,贫氧—厌氧的水体环境有利于有机质保存,形成了偏还原条件下的有机质富集模式;大隆组晚期水体整体处于氧化状态,虽然富氧水体不利于有机质保存,但二叠纪末期全区广泛存在的热液中蕴含了丰富的营养物质,促进生物大量繁殖,这样一方面可以形成高的生物生产力,另一方面生物的呼吸也可以加剧水体中氧的消耗,而且高的沉积速率也可以缩短有机质在水体中被氧化分解的时间,使得有机质快速沉积和埋藏,形成了偏氧化条件下的有机质富集模式。

**参考文献** 1. Ross D J K, Bustin R M. Investigating the use of sedimentary geochemical proxies for paleoenvironment interpretation of thermally mature organic-rich strata: Examples from the Devonian-Mississippian shales, Western Canadian Sedimentary Basin[J]. *Chemical Geology*, 2009, 260(1/2): 1-19. 2. Algeo T J, Lyons T W. Mo-total organic carbon covariation in modern anoxic marine environments: Implications for analysis of paleoredox and paleohydrographic conditions[J]. *Paleoceanography*, 2006, 21(1): PA1016. 3. Wei H Y, Chen D Z, Wang J G, et al. Organic accumulation in the Lower Chihhsia Formation (Middle Permian) of South China: Constraints from pyrite morphology and multiple geochemical proxies[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2012, 353-355(3): 73-86. 4. 邱振, 邹才能. 非常规油气沉积学: 内涵与展望[J]. *沉积学报*, 2020, 38(1): 1-29. 5. 陈代钊, 汪建国, 严德天, 等. 扬子地区古生代主要烃源岩有机质富集的环境动力学机制与差异[J]. *地质科学*, 2011, 46(1): 5-26.

**关键词** 黑色页岩; 有机质; 沉积环境; 控制因素; 富集机理; 大隆组; 皖南地区



摘要 ID:855

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 吉木萨尔凹陷吉 174 井二叠系芦草沟组沉积特征

李佳洋\*

长江大学

吉木萨尔凹陷二叠系芦草沟组主要为湖泊相和三角洲相沉积, 通过岩心镜下微观照片结合沉积物供给、构造和气候等因素对吉木萨尔湖盆沉积演化方式和沉积环境进行分析。基于岩心、测井、地震数据将芦草沟组划分为三个二级层序和五个体系域, 岩心出现厚层白云岩夹薄层粉砂岩的沉积特征, 反映湖平面经历了周期性波动, 深、浅水不断交替, 中-上二叠统发生低水位域-高水位域-低水位域的变化过程, 也导致了湖盆边缘和中心岩性的变化, 在湖盆沉积时期可以看到沉积物和火山物质混合沉积特点, 岩石组分包括了陆源碎屑、火山碎屑、碳酸盐和有机质组分, 推测为风成作用, 风带动火山物质进入湖盆发生岩石混合沉积。其中, 发育有两个主要甜点体, 形成在高位体系域中, 镜下观察甜点体内粒度细、粉砂岩层薄、石英和长石含量高、碳酸盐岩含量高且黏土矿物含量低。同时, 镜下照片中还可以观察到明显盐晶, 且由早期到晚期盐晶含量呈增加趋势, 综合碳氢同位素得到芦草沟沉积时期为咸水湖泊, 且咸化程度逐渐增强。基于上述认识, 建立陆相咸化湖泊多沉积组分混合的沉积模式, 分析研究区沉积演化过程和沉积特征。

### 参考文献

**关键词** 吉木萨尔凹陷; 芦草沟组; 镜下微观照片; 沉积特征



摘要 ID:1737

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 辽西凹陷古近系沙河街组古湖泊环境与有机质差异富集机制

田德瑞\*、牛成民、郭涛、潘文静  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

陆相断陷盆地中,构造活动控制着盆地的古地理面貌,决定了盆地的形成和消亡,是影响湖盆以及湖相优质烃源岩发育的决定性因素。辽西凹陷是渤海海域近几年重点勘探的盆缘凹陷之一,但优质烃源岩展布规律不明,是制约勘探研究的关键。通过对辽西凹陷古近系沙河街组四段、沙河街组三段和沙河街组一段泥页岩样品的元素地球化学、有机地球化学和同位素地球化学分析,结合湖泊的构造-沉积演化和古气候变化特征,探讨湖泊演化过程中水体盐度、氧化还原条件和生产力变化及其有机质差异富集机制。

研究表明,岩石热解和元素分析表明辽西凹陷 TOC 大于 2% 的优质烃源岩发育与生产力具有明显的正相关关系,代表古湖盆生产力水平的 P 元素与 TOC 具有较好的相关性,相关系数达 70% 以上。辽西凹陷在湖泊形成早期(沙四段)湖盆构造活动较强,气候温暖,湖泊水体盐度低,底层水体为弱还原环境,但沟鞭藻类等浮游植物繁盛,表层水古生产力高。在湖泊鼎盛阶段(沙三段)盆地经历强烈断陷期,湖盆面积大,降水较多,气候温暖湿润,湖泊水体为波动咸水环境,水体为弱还原-还原环境,渤海藻和副渤海藻等沟鞭藻类为沙三段古湖盆提供了中等-高的初始生产力,同时沙三段多期咸化波动的沉积环境为沉积有机质的保存提供了较好的还原条件。在湖泊发育中晚期,硅藻等特殊浮游植物为沙一段古湖盆提供了相对较高的初始生产力,同时沙一段普遍发育的盐跃层隔绝了表层水与底层水的交换,高盐度的咸水环境为沉积有机质的保存提供了优越的强还原条件,形成了沙一段这样一套稳定分布的湖相优质烃源岩。

通过对辽西凹陷两个次洼源-汇沉积条件的刻画,发现湖盆构造-沉积演化对不同次洼有机质差异富集具有较明显的控制作用。辽西凹陷中洼盆地沉降速率为 48.6m/Ma,该次洼沙三段沉积速率为 537.5m/Ma,沙三段烃源岩品质差,无法作为有效烃源岩,而辽西凹陷北洼盆地沉降速率为 56.6m/Ma,该次洼沙三段沉积速率仅为 275.0m/Ma,沙三段发育优质烃源岩。在同一时期湖盆沉降速率大体相当的情况下,较高的沉积速率不利于优质烃源岩的发育和形成。

综上所述,沙四段有机质富集主要与表层水高生产力密切相关,沙三段有机质富集受生产力和沉积水体波动咸化缺氧环境控制,沙一段有机质富集主要受底层水缺氧环境控制,而古湖盆构造沉降-沉积物供给速率的差异是导致辽西凹陷两个次洼有机质差异富集的关键因素。这一研究对盆缘凹陷优质烃源岩时空分布的准确识别和预测具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 构造-沉积演化;氧化还原条件;古生产力;有机质差异富集;古湖泊



摘要 ID: 3344

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 海相富碳酸盐页岩成岩-成烃演化过程中孔隙演变机制-来自于热模拟试验的启示

王桐<sup>1</sup>、刘文汇<sup>\*1,2</sup>、王晓锋<sup>1</sup>、张东东<sup>1</sup>、罗厚勇<sup>1</sup>、王庆涛<sup>3</sup>

1. 西北大学地质学系
2. 中国石化石油勘探开发研究院
3. 广州能源检测研究院

富有机质页岩储层孔隙形成与演化特征直接制约着页岩油气的储集和渗流。为了厘清海相海相富有机质页岩成岩-成烃过程中孔隙结构的演变规律,以中国华南地区扬子板块泥盆系海相低成熟富碳酸盐页岩为研究对象,开展了近地质条件下含水半封闭热解模拟生烃实验,获得了从低成熟到成熟阶段和高过成熟阶段的一系列演化样品,并利用FE-SEM、CO<sub>2</sub>吸附、N<sub>2</sub>吸附等对模拟页岩样品的孔隙结构特征进行定性和定量表征。实验结果表明:富碳酸盐页岩随着模拟实验温度和压力的增大,总油、排出油、滞留油、烃气的产率呈现出差异性演化特征,总油产率在Ro=0.97%时达到高峰,同时也是滞留油的最大赋存期。有机质孔、粒间孔、黄铁矿晶间孔、粒内容蚀孔、黏土矿物层间孔和收缩缝孔是主要的储集空间类型。孔体积和比表面积随着热演化程度的增加呈现出先增加再减少而后再逐步增加至最大值后减小。整个过程中,微孔的孔体积和大孔的比表面积变化不大,中孔和大孔是总孔体积的主要贡献者,超过70%以上的总比表面积为微孔和介孔所贡献。压实作用、残留烃堵塞充填作用以及矿物重结晶作用是富有机质页岩主要的减孔作用,有机质生烃作用和不稳定矿物的溶蚀作用和富碳酸盐页岩储层孔隙发育的主要影响因素。有机质生-排-滞烃作用和成岩作用共同影响着富有机质页岩储层孔隙演化特征,并在此基础上建立富碳酸盐页岩孔隙耦合演化模型,研究结果有助于认识富碳酸盐页岩油气和孔隙的形成和演化机制,可为深层页岩油气的勘探开发工作提供理论支撑和指导意义。

### 参考文献

**关键词** 富碳酸盐页岩; 孔隙演化; 气体吸附; 热模拟实验



摘要 ID: 650

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 羌塘盆地东部上三叠统黑色岩系有机质富集机理研究

王忠伟<sup>1</sup>、王剑<sup>1</sup>、韦恒叶<sup>1</sup>、付修根<sup>1</sup>、宋春彦<sup>2</sup>、肖杨<sup>1</sup>

1. 西南石油大学

2. 中国地质调查局成都地质调查中心

羌塘盆地是目前我国陆域地区油气勘探程度最低的海相含油气盆地,其油气资源的勘探和开发对我国,尤其是西藏的国民经济发展具有至关重要的战略意义。晚三叠世时期,受古特提斯洋关闭的影响,发育的北羌塘前陆盆地逐步萎缩,在北羌塘地区形成了一套分布广泛、延伸稳定的黑色岩系,被认为是该地区最重要的烃源岩,但主要出露在盆地边缘。前人对地表上三叠统黑色岩系有机质富集机理做过一定的研究,认为有机质富集主要受水体古生产力和氧化还原条件共同控制。近年来,羌塘盆地东部3口地质调查井揭示了不同沉积背景下的上三叠统巴贡组黑色岩系。那么,井下不同沉积背景下上三叠统黑色岩系有机质是如何富集的呢?与邻区露头样品是否存在差异性?本次研究以盆地东部QZ-7和QZ-16井中的上三叠统黑色岩系为主要研究对象,通过还原其沉积期古生产力水平、氧化还原状态及沉积速率等条件,利用TOC进行反演评价,明确QZ-7和QZ-16井中上三叠统黑色岩系有机质富集的机理及差异。

结果表明:QZ-7和QZ-16井沉积区古气候、古生产力和沉积速率之间无明显的差异,气候总体上以炎热干旱气候为主,局部出现了短暂的温暖潮湿气候;古生产力水平总体较低,局部具增高的趋势,低的古生产力可能与炎热干旱气候有关;沉积速率主体较缓慢,但在垂向上呈现出周期性的变化。QZ-7井黑色岩系沉积期水体以咸水环境为主,且不受古气候的影响。QZ-16井黑色岩系沉积期以咸水-淡水-半咸水和咸水环境为特征,古盐度存在周期性波动,且与古气候变化近乎一致,表明该地区盐度变化主要受气候变化的控制,高盐度水体可能受干旱和半干旱气候条件下蒸发作用控制。尽管黑色岩系沉积期水体以贫氧-氧化为主,但QZ-16井沉积区氧化作用总体要强于QZ-7井沉积区。保存条件是控制盆地东部上三叠统黑色岩系有机质富集的主要因素。虽然晚三叠世该地区炎热干旱为主体的古气候条件制约了QZ-7和QZ-16井沉积区生物的大量繁殖,使得水体古生产力水平总体偏低,但研究区古生产力水平高低对有机质富集的影响是有限的,可以忽略不计。水体氧化还原条件的变化是控制着QZ-7和QZ-16井地区有机质的富集,贫氧的水体环境促使有机质保存,而氧化的水体使得更多有机质被降解,研究区贫氧-氧化水体的交替出现是导致有机碳含量波动的主要原因。另外,QZ-7和QZ-16井沉积区缓慢的沉积速率和分层的高盐度水体有利于该地区有机质的保存。

### 参考文献

**关键词** 羌塘盆地东部;地质调查井;上三叠统巴贡组;黑色岩系;有机质富集机理





摘要 ID:719

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 柴东欧南凹陷石炭系烃源岩有机质富集的影响因素

施辉\*、李宗星、胡俊杰、彭博、方欣欣、魏小洁、张浩  
中国地质科学院地质力学研究所

柴东欧南凹陷是石炭系油气运聚成藏的有利构造单元,具有一定勘探潜力,但对有机质富集机理认识不清楚导致优质烃源岩分布的预测缺乏有效指导,制约了油气勘探进程。基于地球化学分析、XRD、SEM等分析测试,对石炭系烃源岩矿物组分、有机质丰度、干酪根类型、热演化程度、形成环境、TOC与主要矿物关系等综合研究,明确了有机质富集的主要影响因素。结果表明:石炭系主要发育“差-中等”级别和少量“好”以上级别泥页岩和碳酸盐岩烃源岩,形成于咸水、干热、弱还原-弱氧化过渡带的海陆交互陆棚沉积环境;分散有机质由海相和陆相混源型生物有机质组成,整体处于“成熟-高成熟阶段”,烃源岩主要残留III型干酪根,但抽提的氯仿沥青“A”主要来自于II型干酪根;高丰度烃源岩TOC随石英矿物组分增大而升高,富含硅质微体生物化石,高硅烃源岩中硅质证实为生物成因,推测石炭纪硅质生物的参与引起海相生物有机质的富集并极大提高了沉积物初级生产力。研究认识为研究区石炭系优质烃源岩分布预测和下一步油气资源部署提供了理论依据和有效指导。

### 参考文献

**关键词** 生物硅质; 有机质富集; 优质烃源岩; 石炭系; 欧南凹陷



摘要 ID:1034

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 专题邀请报告

## 湖相富有机质页岩的控制因素-来自热液的约束

尤继元<sup>1,2</sup>、柳益群\*<sup>1</sup>、周鼎武<sup>1</sup>、杨奕曜<sup>1</sup>

1. 西北大学

2. 榆林学院

鄂尔多斯盆地南缘三叠系延长组长7油页岩中因广泛发育湖相热水沉积岩而受到研究者的关注。在这里,我们通过普通薄片、扫描电镜和电子探针观察,研究了热水沉积岩的岩石学、矿物学特征,并从油页岩中识别出了热液活动的证据。在此基础上,进一步完成它们的地球化学分析,研究发现:长7烃源岩的Cs、U、Th、Pb、Mn等微量元素的显著正异常, Eu、Ta元素是负异常的。TOC值范围是0.18wt%~18.15wt%,平均值为3.85wt%。其中长7-3的平均值是5.33wt%,长7-2的平均值是2.15wt%,长7-1的平均值是3.05wt%。另外,长7油页岩的热液指标显示:长7油页岩的热液指标与TOC数值之间的相关系数分别高达-0.86和0.85。长7-3沉积期的热液活动最强,长7-2沉积期有所减弱,到长7-1沉积期又增强。研究表明,湖底热水活动对长7优质烃源岩的大规模发育具有重要的促进作用,热液输入强度越大,油页岩的TOC数值越高。含热水沉积层段的有机质丰度比正常沉积的要好。

**参考文献** Adachi M., Yamamoto & Sugisaki R., (1986). Hydrothermal chert and associated siliceous rocks from the Northern Pacific: their geological significance as indication of ocean ridge activity [J]. *Sedimentary Geology*, 47(1/2): 125-148. Doi: 10.1016/0037-0738(86)90075-8 Bostrom K., & Kpaemer T., & Gartner S., (1973). Provenance and accumulation rates of opaline silica, Al, Fe, Ti, Mn, Ni and Co in Pacific pelagic sediment. *Chemical Geology*, 11(2): 123-148. Doi: 10.1016/0009-2541(73)90049-1. Bonatti E. (1975) Metallogeneses at oceanic spreading centers. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 3: 401-431. Doi: 10.1146/annurev. ea. 03. 050175. 002153 Bostrom K., Rydell H., Joensuu O. (1979). Langbank: An exhalative sedimentary deposit. *Econ Geol*, 74(5): 1002-1011. Doi: org/10.2113/gsecongeo. 74. 5. 1002. Boynton, W. V. (1984). Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorites studies. In P. Henderson (Ed.) *Rare Earth Element Geochemistry* (pp. 63 - 114). Amsterdam: Elsevier Development in Geochemistry. Doi: 10.1016/B978-0-444-42148-7. 50008-3 Brown A. G., & 1993. Sediment-host of stratiform copper deposits, *Geoscience Canada*, 19(3): 125-141. Doi: 10.1007/978-94-011-3925-0\_12. Bao Z. A., Yuan H. L., Zong C. L., Liu Y., Chen K. Y., and Zhang Y. L., (2016). Simultaneous Determination of Trace Elements and Lead Isotopes in Fused Silicate Rock Powders Using a Boron Nitride Vessel and fsLA-(MC)-ICP-MS. *J. Anal. At. Spectrom.*, 31, 1012-1022. Doi: 10.1039/c5ja00410a. Crerar, D. A., Namson, J., Chyi, M. S., Williams, L., & Feigenson, M. D. (1982). Manganiferous cherts of the Franciscan assemblage. 1. General geology, ancient and modern analogs, and implications for hydrothermal convection at oceanic spreading centers. *Economic Geology*, 77, 519-540. Doi: 10.2113/gsecongeo. 77. 3. 519 Dias & A. S., Barriga & F. G. A. S. (2006). Mineralogy and geochemistry of hydrothermal sediments from the serpentinite-hosted Saldanha hydrothermal field (36 degrees 34' N; 33 degrees 26' W) at MAR. *Marine Geology*, 225(1/2/3/4): 157-175. Doi: 10.1016/j.margeo. 2005. 07. 013. Edmond J. M., Von Damm K., McDuff R., (1982). Chemistry of hot springs on the east pacific rise and their effluent dispersal. *Nature*, 297: 187-191. Doi: org/10.1038/297187a0 Fu J. H., Li S. X., Xu L. M., Niu X. B. (2017). Paleo-sedimentary environmental restoration and its significance of Chang 7 Member of Triassic Yanchang Formation in Ordos Basin, NW China. *Petroleum Exploration and Development*. 45(6): 936-946. Doi: 10.11698/PED. 2018. 06. 02 Haymon & R. M., Fornarri & D. J., Vondamm & K. L. (1993). Volcanic eruption of the Mid ocean Ridge along the East Pacific Rise Crest at 9-Degrees-45-52, N: direct submersible observations of



seafloor phenomena associated with an eruption event in April, 1991. *Earth and Planetary Science Letters*, 119:85–101. Doi.org/10.1016/0012-821X(93)90008-W. He, C., Ji, L., Su, A., Liu, Y., Li, J., Wu, Y., & Zhang, M. (2017). Relationship between hydrothermal sedimentation process and source rock development in the Yanchang Formation in southern Ordos Basin. *Earth Science Frontiers*, 24 (6), 277–285. Doi: 10.13745/j.esf.yx.2016-11-29. Karl & D., Wirsén & C. N., Jannasch & H. W. (1980). Deep-sea primary production at the Galapagos hydrothermal vents. *Science*, 207(4437): 1345–1347. Doi: 10.1126/science.207.4437.1345. Kalatha S., & Economou E. M. (2015). Framboidal pyrite and bacterio-morphic goethite at transitional zones between Fe-Ni-laterites and limestones: Evidence from Lokris, Greece. *Ore Geology Reviews*. 413–425. Doi:10.1016/j.oregeorev.2014.10.012. Liu Y. Q., Li H., Zhu Y. S., Hu T., Fu G. B., Liu H. F., Zhou X. H., Zheng C. Y. & Fan T. T. (2010). Permian Lacustrine Eruptive Hydrothermal Dolomites, Santanghu Basin, Xinjiang Province. *ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA*. 28(5): 862–868. Doi:10.14027/j.cnki.cjxb.2010.05.003. Liu, C., Zhao, H., Wang, F., & Chen, H. (2005). Attributes of the Mesozoic structure on the west margin of the Ordos Basin. *Acta Geologica Sinica*, 79 (6), 738–746. Doi: 10.3321/j.issn:0001-5717.2005.06.003. Li D. L., Li R. X., Zhu Z. W., et al. (2017). Origin of organic matter and paleo-sedimentary environment reconstruction of the Triassic oil shale in Tongchuan City, southern Ordos Basin (China). *Fuel* 208, 223–235. Doi.org/10.1016/j.fuel.2017.07.008

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 延长组; 油页岩; 热液喷流沉积; 元素地球化学



摘要 ID: 3362

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 古沉积环境与页岩中有机质富集的关系: 以四川盆地东北部侏罗系凉高山组为例

安测<sup>\*1,2</sup>、王有智<sup>1,2</sup>、王志国<sup>1,2</sup>、王显东<sup>1,2</sup>

1. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院
2. 黑龙江省陆相页岩油重点实验室

侏罗系作为四川盆地唯一产油层, 在凉高山组、自流井组大安寨段及自流井组东岳庙段发育三套优质富有机质页岩, 大庆油田依据“古龙页岩油”的勘探思路, 部署 PA1 井在凉高山组获得高产工业油气流。然而, 其有机质富集影响因素尚未理清, 限制了该区域页岩油的勘探与开发。本文通过岩石学、有机地球化学和元素地球化学, 对四川盆地东北部凉高山组页岩有机质富集的影响因素进行分析, 揭示了古沉积环境特征对川东北地区页岩油富集的控制作用。结果表明, 侏罗系凉高山组凉上段共发育三套优质页岩, Sr/Cu、V/(V+Ni)、Sr/Ba、Ca/(Ca+Fe)、Ba/Al 以及 Ti/Al 等参数指示凉高山组整体属淡水、湿润的沉积环境, 平静湖面以及还原环境为有机质提供了良好的保存条件。页岩中 Ba/Al 和 Cu/Al 含量指示侏罗系凉高山组沉积期具有中高生产力特征, 且 TOC 与氧化还原指标具有良好的正相关性, 即氧化还原环境主要控制着有机质含量的变化。此外, Ti/Al 与 TOC 不具有明显的相关关系, 说明在浅水、含氧量高的条件下, 高陆源输入和营养元素增加不能大幅增加原始生产力, 不能弥补有机质的分解量, 这导致陆源输入不是有机质富集的核心控制因素。

**参考文献** 蔡进功, 包子进, 杨守业等, 2007. 泥质沉积物和泥岩中有机质的赋存形式与富集机制[J]. 中国科学(D辑:地球科学), (02):234-243. 柳波, 吕延防, 孟元林, 等, 2015. 湖相纹层状细粒岩特征、成因模式及其页岩油意义——以三塘湖盆地马朗凹陷二叠系芦草沟组为例[J]. 石油勘探与开发, 42(05):598-607. 李艳芳, 邵德勇, 吕海刚, 等, 2015. 四川盆地五峰组—龙马溪组海相页岩元素地球化学特征与有机质富集的关系[J]. 石油学报, 36(12):1470-1483. 柳波, 石佳欣, 付晓飞, 等, 2018. 陆相泥页岩层系岩相特征与页岩油富集条件——以松辽盆地古龙凹陷白垩系青山口组一段富有机质泥页岩为例[J]. 石油勘探与开发, 45(05):828-838. 刘惠民, 于炳松, 谢忠怀等, 2018. 陆相湖盆富有机质页岩微相特征及对页岩油富集的指示意义——以渤海湾盆地济阳拗陷为例[J]. 石油学报, 39(12):1328-1343. 袁伟, 柳广弟, 徐黎明, 等, 2019. 鄂尔多斯盆地延长组 7 段有机质富集主控因素[J]. 石油与天然气地质, 40(02):326-334. 邱振, 邹才能, 2020. 非常规油气沉积学: 内涵与展望[J]. 沉积学报, 38(01):1-29.

**关键词** 四川盆地; 沉积环境; 侏罗系凉高山组; 有机质富集; 微量元素



摘要 ID:1480

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 火山作用对有机质聚集是促进还是抑制? ——上奥陶统五峰组沉积纪录的启示

陆扬博\*

中国地质大学(武汉)

火山作用是连接地球深部与地表系统的重要桥梁,也是探索地史重大转折期古气候、古环境变化和生命演化的关键抓手。自寒武纪以来,业已证实的海相重要有机碳埋藏层位,其与富有机质页岩的发育及重大页岩油气的形成息息相关,并常与全球性或区域性的高频火山活动相伴。富有机质页岩作为常规和非常规油气的源岩,及全球性或区域性缺氧事件的沉积记录,前人已开展了大量研究,并认为高频火山活动对促进古海洋初级生产力的增长,以及对古海洋缺氧环境的形成具有至关重要的影响。然而,现代海洋观测和模拟实验所揭示的环境和生物演变过程,大多没有考虑其是否能在有机质聚集和保存的载体(沉积岩相及成烃生物)中记录下来。另一方面,地史记录中的研究由于剖面工作分辨率较低,这一演变过程又难以完整恢复。通过对上奥陶统五峰组的沉积记录进行了高分辨率的岩石学研究和地球化学分析,我们首次详细揭示了火山活动所导致的古环境演变过程和有机质聚集的不同阶段。火山作用催生了五峰组中特定的沉积旋回,每个旋回由火山灰层(膨润土层)、富硅质粘土泥岩层、放射虫层和夹薄黄铁矿的硅质泥岩层组成。同时,火山活动引起的微生物群落变化(由原核生物向真核生物转变过程)影响了沉积物中有机质的丰度,可能是华南地区广泛发育页岩油气藏的关键推手。

**参考文献** Lu, Y.B., Hao, F., Yan, D.T., & et al., 2021. Volcanism-induced late Boda warming in the Late Ordovician: Evidence from the Upper Yangtze Platform, South China [J]. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 578, 110579. Lu, Y.B., Jiang, S., Lu, Y.C., et al., 2019. Productivity or preservation? The factors controlling the organic matter accumulation in the late Katian through Hirnantian Wufeng organic-rich shale, South China [J]. *Marine & Petroleum Geology*. 109, 22 - 35.

**关键词** 火山作用; 页岩气; 有机质富集; 微岩相



摘要 ID:3139

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 歧口凹陷歧北斜坡沙三段泥页岩岩相特征及其对页岩油富集的控制作用

卞从胜\*、郭彬程、曾旭、刘伟、李永新  
中国石油勘探开发研究院

歧口凹陷沙三段沉积期由于湖盆沉积环境、物源供给的快速变化导致泥页岩岩性和岩相组合的复杂性与强非均质性, 制约了该区页岩油富集区的评价。通过 F39X1 井岩芯观察描述, 元素扫描与 X 衍射、扫描电镜与氮气吸附、核磁共振等手段, 研究了沙三段泥页岩岩相特征、类型及其对页岩油富集的控制作用, 取得如下认识: (1) 依据沙三段泥页岩纹层构造与岩性特征, 综合考虑矿物成分和有机质含量, 提出新的岩相划分类型, 并划分出薄纹层页岩、厚纹层页岩、块状泥岩和泥质粉砂岩四大类岩相和六个亚相, 各类岩相在纵向上呈薄互层分布; (2) 薄纹层和中有机质厚纹层页岩具有有机碳含量高 (TOC 平均 1.1%~1.6%)、微米孔 (0.5~2 μm) 和裂缝发育、滞留烃含量高和源储配置好等页岩油富集的有利条件, 是页岩油勘探的甜点发育区; (3) 岩相中纹层的发育程度控制了有机质丰度的高低与微米孔的发育, 进一步控制了滞留烃的含量和页岩油的富集。半深湖与部分深湖相区是优势岩相的有利发育区。

**参考文献** 1、赵文智, 胡素云, 侯连华, 等. 中国陆相页岩油类型、资源潜力及与致密油的边界[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(1): 1-10. 2、胡素云, 白斌, 陶士振, 等. 中国陆相中高成熟度页岩油非均质地质条件与差异富集特征[J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(2): 224-237. 3、赵贤正, 周立宏, 蒲秀刚, 等. 歧口凹陷歧北次凹沙河街组三段页岩油地质特征与勘探突破[J]. 石油学报, 2020, 41(6): 643-657. 4、周立宏, 韩国猛, 杨飞, 等. 渤海湾盆地歧口凹陷沙河街组三段一亚段地质特征与页岩油勘探实践[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(2): 443-454. 5、韩文中, 赵贤正, 金凤鸣, 等. 渤海湾盆地沧东凹陷孔二段湖相页岩油甜点评价与勘探实践[J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(4): 777-786.

**关键词** 岩相, 孔隙表征, 页岩油富集, 沙三段, 歧口凹陷



摘要 ID: 3347

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 渤海湾盆地东濮凹陷中始新世咸化湖盆有机质富集机理

朱晨曦、姜福杰\*

中国石油大学(北京)

古代含盐湖泊中的富有机质沉积也是全球碳循环中的重要组成部分, 而古环境演化与浮游生物的发育更是控制有机质富集的关键一环 (Cai et al., 2007)。我国中、新生代咸化湖盆广泛发育, 通常为蒸发岩与富有机质泥页岩呈互层状, 且非均质发育 (Zou et al., 2019)。过去的研究基于单因素或多因素的影响下, 揭示了咸化湖盆的有机质富集机理与主要发育的生物类群特征, 但是目前针对古气候周期变化与古环境、古生物群、有机质富集和碳循环之间的耦合关系尚未得到系统研究。东濮凹陷作为我国渤海湾盆地典型的咸化湖盆, 在始新世沙河街组连续沉积了一套富有机质泥页岩 (张洪安等, 2017)。因此, 本次研究主要选择了烃源岩质量最佳的沙三下亚段开展研究, 基于 TOC 含量分析、主微量元素分析、孢粉分析以及有机碳同位素分析数据, 结合 Milankovi 分析对东濮凹陷沙三下亚段全球气候变化的背景下陆相咸化湖盆中生物周期性变化、湖盆沉积环境变化特征、有机质富集特征与碳循环的耦合关系进行深入研究。

结果表明含盐沉积环境发育有石盐和石膏矿物, 盐类矿物平均值达到 8.24%, 碳酸盐矿物较为常见 (平均值为 34.79%)。总有机碳 (TOC) 含量分布在 0.11% 到 4.70% 之间。随着埋藏深度的不断变化, TOC 含量呈现周期性的增加→降低的趋势。页岩样品中浮游生物类型主要包括沟鞭藻、疑源藻类、绿藻化石以及陆源植物碎屑, 其中沟鞭藻和疑源藻类是主要供应有机质的浮游生物。水体盐度的增加有利于沟鞭藻与疑源藻类的发育, 适量的陆源碎屑输入也能够为异养型沟鞭藻的发育提供营养物质, 沟鞭藻的大量发育为沉积盆地提供古生产力。水体还原环境控制了浮游藻类的埋藏和保存, 也为湖盆提供了高古生产力。Milankovi 结果表明东濮凹陷沙三下亚段沉积时期湖平面变化受 405kyr 的短偏心率周期影响, 并且控制了古盐度的周期性演化, 并进一步影响了古湖泊中浮游藻类的生长和勃发。结合有机碳同位素演化特征, 认为陆相咸化湖盆中气候温暖时期浮游藻类大量发育以及有机质能够有效埋藏后, 沉积页岩的  $\delta^{13}C_{org}$  值偏轻; 而气候寒冷阶段, 陆源高等植物输入较多时, 碳同位素的值逐渐增加 (图 1)。这种碳同位素、湖泊水体环境以及气候变化之间的耦合关系可能解释了咸化湖盆中有机碳埋藏对碳循环的响应意义。

**参考文献** Cai, J. G., Bao, Y. J., Yang, S. Y., et al., 2007. Research on preservation and enrichment mechanisms of organic matter in muddy sediment and mudstone[J]. Science in China Series D: Earth Sciences, 50(5): 765-775. 张洪安, 徐田武 和 张云献, 2017. 东濮凹陷咸化湖盆优质烃源岩的发育特征及意义[J]. 断块油气田, 24(4): 437-441. Zou, C. N., Zhu, R. K., Chen, Z. Q., et al., 2019. Organic-matter-rich shales of China[J]. Earth-Science Reviews, 189: 51-78.

**关键词** 古环境重建; 浮游藻类特征; 气候变化; 咸化湖盆; 碳循环



摘要 ID: 3420

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 藏北羌塘盆地早二叠世黑色页岩地球化学特征及意义

宋春彦\*<sup>2</sup>、曹竣锋<sup>1,3</sup>、王东<sup>1,3</sup>、何利<sup>1,3</sup>

1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 成都 610082
2. 中国地质调查局成都地质调查中心
3. 自然资源部沉积盆地与油气资源重点实验室, 成都 610082

羌塘盆地位于油气富集的特提斯构造域东段, 青藏高原中北部, 是我国陆上勘探程度最低的海相含油气盆地之一。羌塘盆地早二叠世展金组发育一套优质黑色页岩烃源岩(曹竣锋等, 2015, 2018; 陈文彬等, 2017), 但是对于这套黑色页岩的形成并不十分清楚。为此, 本文对羌塘盆地羌资 5 井(QZ-5 井)早二叠世黑色页岩开展了地球化学研究, 并探讨其有机质富集规律, 为深入评价这套烃源岩提供更多借鉴资料。在羌资 5 井展金组连续采集了 30 件富有机质页岩样品, 进行了全岩有机碳含量、硫含量、主量元素、微量元素、稀土元素、扫描电镜和 X 衍射分析。结果显示, 有机碳含量为 0.90-2.52%, 平均值 1.48%; 硫含量 0.27-2.39%, 平均值 0.77%; 有机碳和硫含量呈现出很强的正相关关系。主要元素的氧化物与主要矿物之间的高度正相关关系揭示了元素的可能赋存状态。古气候指标表明这套黑色页岩沉积期间为温暖湿润至半湿润气候, 非常适宜生物繁殖; 但古生产力并不是特别高, 仅足以产生中等有机质的沉积物。氧化还原敏感元素及其比值均反映其主要沉积在缺氧水体中, 有利于有机质的保存和富集。此外, 稀土元素反映了缓慢的沉积速率和对有机物浓度的有限稀释作用。TOC 与粘土矿物含量之间存在明显的正相关关系, 显示有机质积累的另一个重要因素是粘土矿物的吸附和保存作用。最后, 总结出了羌塘盆地二叠系展金组黑色页岩有机质富集条件, 生产力中等、气候湿润、缺氧环境、沉积速度小、粘土矿物含量高。

**参考文献** 曹竣锋, 宋春彦, 付修根, 等, 2015. 羌塘盆地羌资 5 井二叠系展金组烃源岩基本特征[J]. 海相油气地质, 20(2):15-20. 曹竣锋, 宋春彦, 付修根, 等, &nbsp;2018. 羌塘盆地二叠系展金组烃源岩生物标记化合物特征及意义[J]. 沉积与特提斯地质, 38(02):64-73. 陈文彬, 付修根, 谭富文, 等, 2017. 羌塘盆地石炭—二叠系烃源岩地球化学特征讨论[J]. 中国地质, 44(03):499-510.

**关键词**





摘要 ID:3057

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地乌拉力克组沉积特征与有机质富集模式

李凤娇、张东东\*

西北大学地质学系

在北美页岩气革命 (Montgomery et al., 2005; Sun et al., 2021; Dang et al., 2018) 几十年后, 页岩油气作为非常规油气已成为全球油气资源中的重要组成部分 (Yang et al., 2019; Xu et al., 2020; Sun et al., 2020)。在奥陶纪-志留纪过渡时期, 富含有机质页岩在世界范围内广泛沉积。长期以来, 中国海相页岩气仅发现于扬子板块的四川盆地中, 称为五峰组-龙马溪组页岩 (Zou et al., 2018; Chen et al., 2019a, b)。这些地层的成功勘探, 是因为成功钻探到了高有机质丰度的“甜点区” (Ma et al., 2018; Zou et al., 2016)。直至近年在鄂尔多斯盆地西部的奥陶系乌拉力克组的勘探中取得重大突破, 多口探井获得工业气流 (席胜利等, 2021; 王志伟, 2020; 邓昆等, 2016)。而该页岩层段的孔隙类型 (邓昆, 2016)、有机地球化学特征 (陈孟晋等, 2007; 孙宜朴等, 2008; 王志伟, 2020; 孔庆芬, 2007; 武春英, 2015; 张月巧, 2013) 和岩性组成 (陈志尧, 2018) 等均不同于所熟知的中国南方上扬子地台五峰组-龙马溪组页岩和北美 Barnett 页岩, 整体表现为低 TOC、低孔隙度、低含气量、低压力系数、高脆性指数 (碳酸盐含量较高) 被称为“新型”海相页岩 (席胜利等, 2021)。乌拉力克组为晚奥陶世桑比期沉积地层, 其以沉积黑色笔石页岩为特征, 沉积环境以台缘斜坡相和广海陆棚相为主, 然而在实际勘探与研究中发现乌拉力克组的富有机质层段存在多种岩性组合, 可能存在同时异相的混相沉积, 这种沉积同时显示了鄂尔多斯盆地边缘在晚奥陶世的构造背景并不稳定, 且不同类型的混相沉积将对有机质的分布与富集产生影响, 所以对于其沉积环境和有机质富集因素的相关研究显得势在必行。

鄂尔多斯盆地乌拉力克组沉积相自东向西沉积变深, 由斜坡相-深水陆棚相-盆地相转变, 该研究区水体较斜坡相深, 处于深水陆棚相, 因此沉积环境和岩石学矿物组成与深水斜坡相有很大不同。本研究通过有机地球化学、岩石学和元素地球化学等手段对深水陆棚相沉积的陆源输入、氧化还原环境、古生产力以及古构造活动对有机质富集控制因素进行分析。研究表明: (1) 乌拉力克组 TOC 在 0.06 wt% 至 2.15 wt%, 纵向上从下到上逐渐降低; 平面上深水陆棚相高于深水斜坡相。(2) 矿物组成上, 硅质含量纵向上从下到上逐渐降低, 乌拉力克组底部硅质含量大于 50%, 黏土含量从下到上逐渐增加, 到乌拉力克组顶部, 黏土含量大于 50%; 平面上, 深水陆棚相黏土含量整体大于深水斜坡相, 碳酸盐含量则小于深水斜坡相。(3) 研究区气候温暖湿润, 物源风化程度中等, 水体较为稳定, 是典型的开阔海沉积。随着沉积的进程, 氧化还原环境发生从缺氧到亚氧到富氧的变化, 生产力水平在 W1、W2 期较高, 且在 W2 期生产力海水较为动荡, 氧化还原环境和古生产力水平出现震荡的循环变化, 到 W3 期生产力水平下降, 生烃母质是浮游藻+底栖藻组合。(4) 乌拉力克早期 (W1), 有机质的富集受古生产力水平和保存条件共同控制, 中期 (W2), 有机质的富集主要受保存条件的控制, 晚期 (W3) 低水平的古生产力和氧化环境均导致有机质富集较差。有机质富集模式为“保存条件模式”。(5) 构造活动导致地形变化, 地形控制水体的氧化还原环境, 从而控制有机质的富集而氧化还原环境是由该时期的构造活动决定的。构造格局的转换是沉积环境的主要控制因素, 而有机质的富集又主要受到保存环境的控制, 乌拉力克组构造、沉积模式与有机质富集模式之间的关系如图所示。以上对乌拉力克组陆源输入、氧化还原环境和古生产力的分析, 都是在此构造、沉积背景下展开的。本文分析了乌拉力克组广海陆棚相的沉积特征和有机质赋存条件, 提出了有机质赋存模式, 与前人的深水斜坡相研究互为补充, 为中国北方页岩气的勘探拓宽空间。

**参考文献** 陈孟晋, 宁宁, 胡国艺, 等, 2007. 鄂尔多斯盆地西部平凉组烃源岩特征及其影响因素 [J]. 科学通报, (S1): 78-85. 陈志尧, 2018. 鄂尔多斯盆地西缘中奥陶统页岩储层特征 [D]. 成都理工大学. 邓昆, 周文, 周立发, 等, 2016. 鄂尔多斯盆地奥陶系平凉组笔石页岩微孔隙特征及其影响因素 [J]. 石油勘探与开发, 43(03): 378-385. 孔庆芬, 张文正, 李剑锋, 2007. 鄂尔多斯盆地西缘奥陶系烃源岩生烃能力评价 [J]. 天然气工业, 27(12): 62-64. 孙宜朴, 王传刚, 王毅, 等, 2008. 鄂尔多斯盆地中奥陶统平凉组烃源岩地球



化学特征及勘探潜力[J]. 石油实验地质, (02): 162-168. 王志伟, 2020. 吴忠地区中上奥陶统页岩气地质条件分析及有利区预测[D]. 西安石油大学. 武春英, 贾亚妮, 韩会平, 等, 2015. 鄂尔多斯盆地西缘探区奥陶系烃源岩评价[J]. 新疆石油地质, 36(2): 180-185. 席胜利, 莫午零, 刘新社等, 2021. 鄂尔多斯盆地西缘奥陶系乌拉力克组页岩气勘探潜力——以忠平1井为例[J]. 天然气地球科学, 32(08):1235-1246. 张月巧, 郭彦如, 侯伟, 等, 2013. 鄂尔多斯盆地西南缘中上奥陶统烃源岩特征及勘探潜力[J]. 天然气地球科学, 24(05): 894-904. Chen L, Zuo L, Jiang Z, et al., 2019a. Mechanisms of shale gas adsorption: Evidence from thermodynamics and kinetics study of methane adsorption on shale[J]. Chem. Eng. J. 361, 559-570. Chen L, Jiang Z, Liu Q, Jiang, S, et al., 2019b. Mechanism of shale gas occurrence: Insights from comparative study on pore structures of marine and lacustrine shales[J]. Mar. Pet. Geol. 104, 200-216. Dang W, Zhang J, Tang X, et al., 2018. Investigation of gas content of organic-rich shale: A case study from lower permian shale in southern north china basin, central China[J], Geosci. Front. 9(2):559 - 575. Ma Y, Cai X, Zhao P, 2018. China's shale gas exploration and development: Understanding and practice. Petrol. Explor. Develop, 45 (4):589-60. Montgomery S L, Jarvie D M, Bowker K A, Pollastro R M, 2005. Mississippian Barnett shale, Fort Worth basin, north-central Texas: Gas-shale play with multi-trillion cubic foot potential[J], AAPG Bull, 89(2):155 - 175. Sun C, Nie H, Dang W, et al., 2021. Shale gas exploration and development in China: current status, geological challenges, and future directions[J], Energy Fuels, 35(8):6359 - 6379. Sun M, Zhao J, Pan Z, et al., 2020. Pore characterization of shales: A review of small angle scattering technique[J], J. Nat. Gas Sci. Eng. 78, 103294. Xu S, Gou Q, Hao F, et al., 2020. Multiscale faults and fractures characterization and their effects on shale gas accumulation in the Jiaoshiba area, Sichuan Basin, China[J], J. Pet. Sci. Eng. 189, 107026. Yang F, Xu S, Hao F, et al., 2019. Petrophysical characteristics of shales with different lithofacies in Jiaoshiba area, Sichuan Basin, China: Implications for shale gas accumulation mechanism[J], Mar. Petrol. Geol. 109:394 - 407. Zou C, Zhu R, Chen Z, et al., 2018. Organic-matter-rich shales of China[J]. Earth-Sci Rev 189, 51-78. Zou C, Dong D, Wang Y, et al., 2016. Shale gas in China: Characteristics, challenges and prospects (II) [J]. Petro. Explor. Develop, 42 (6): 753 - 767.

**关键词** 乌拉力克组; 深水陆棚相; 有机质富集



摘要 ID:2109

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 川东北地区二叠纪晚期大隆组海洋环境与有机质富集

葛小瞳<sup>1,2</sup>、陈代钊<sup>\*1,2</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所
2. 中国科学院大学

有机质的大量富集往往记录了关键的地质历史事件,并且通常与优质烃源岩的形成有关。川东北地区大隆组的富有机质深水层序记录了二叠纪晚期海洋、气候和生态变化的丰富信息,同时也为普光气田等四川盆地气田提供了优质烃源岩(马永生,2008),其富集机制具有重要的研究意义和经济价值。然而,控制有机质富集的初级生产力和氧化还原环境在全球范围内都具有强烈的时空不均一性,使大隆组的有机质富集机制和古海洋环境仍存在争议。

在这里,我们选择了位于中国四川盆地西北部内陆架盆地(或海槽)中的2个深水剖面,通过多种地球化学指标,包括铁组分、主量和微量元素含量、汞(Hg)含量、总有机碳(TOC)含量以及有机和无机碳同位素来记录同期的海洋变化。我们基于Fe-Mo-U-V数据确定了可在西北乡、建峰剖面之间对应良好的,具有不同氧化还原条件的四个阶段(I-IV,对应大隆组下、中、上部和飞仙关组下部),西北乡剖面经历了次氧化-硫化-硫化和铁化波动-铁化环境的变化,建峰剖面相应经历了氧化-铁化-硫化-氧化的变化。同时,TOC在阶段II和III显示出高值,Zn<sub>xs</sub>、Cu<sub>xs</sub>和Ni<sub>xs</sub>数据说明阶段I和IV初级生产力较低,而阶段II和III较高。对于初级生产力的来源,Hg/TOC数据发现紧邻二叠-三叠纪界线(Permian-Triassic boundary, PTB)下出现汞异常,说明有剧烈的火山活动;Al和Ti/Al数据揭示了阶段II和IV的陆源输入较高,并且在PTB之后逐渐由河流输入转变为风力输入;CoxMn数据表明了阶段II和III上升流较为发育。

综上所述,在大隆组早期,水体以氧化-次氧化环境为主,生产力也较低,有机质不富集。在大隆组中部,海平面的上升促进了上升流的发育,将底部水体的营养物质带到内陆架;同时陆源输入增加,二者共同导致了高初级生产力,形成大量有机质;还原环境也提高了有机质的保存效率,有助于有机质的大量富集。在大隆组上部,海平面波动上升促使上升流进一步发育,但陆源输入减少导致初级生产力较之前略有降低,虽然水体仍处于缺氧环境中,但有机质富集程度较大隆组中部略有减小。而在飞仙关组底部,初级生产力和水体缺氧程度都较低,故有机质不富集。因此,川东北地区大隆组有机质富集是在高初级生产力和还原条件的共同作用下形成的,并且受初级生产力的影响较大;高初级生产力主要是因为陆源输入和上升流带来的营养物质,与火山活动无关。

**参考文献** [1]马永生.普光气田天然气地球化学特征及气源探讨[J].天然气地球科学,2008(01):1-7.

**关键词** 有机质富集;二叠纪晚期;氧化还原环境;初级生产力



摘要 ID:2575

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 东营凹陷沉积环境和古生产力对优质烃源岩形成的控制

段玮<sup>1,3</sup>、曾翔<sup>1</sup>、蔡进功<sup>\*1</sup>、李政<sup>2</sup>、王长轩<sup>2</sup>、林茹<sup>4</sup>

1. 同济大学海洋地质国家重点实验室
2. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院
3. 同济大学地球与科学学院
4. 中国石油化工股份有限公司胜利油田鲁胜石油开发有限责任公司

陆相泥质烃源岩作为我国页岩油气勘探的重要对象, 深刻了解其有机质供给和水体环境与烃源岩形成关系, 对烃源岩正确评价和分布规律研究具有重要意义。为此, 选取东营凹陷古近系沙河街组沙三中至沙四上亚段泥质烃源岩, 展开薄片、热解和主微量元素等检测, 恢复烃源岩沉积环境与古生产力水平, 并探讨其对烃源岩形成的控制。选取符合区域地质特性的P、U、Mo等元素, 综合考虑氧化还原条件、沉积速率和压实作用等因素, 计算得到元素埋藏通量MAR(Pbio)、MAR(Ubio)和MAR(Mobio), 作为各层段古生产力指数, 发现沙四纯上>沙三下>沙四纯下>沙三中; 从各层段MAR与TOC和HI相关性的变化特征可知, 沙四纯上和沙三下以内源有机质贡献为主, 而沙三中和沙四纯下以外源有机质贡献占优, 充分展现了生产力控制下有机质来源组成和丰度的差异性; 综合各烃源岩层有机质特征, 认为优质烃源岩发育程度: 沙三下>沙四纯上>沙四纯下>沙三中。各层段有机质富集的主控模式不一, 其中沙三下和沙四纯上分别为高生产力主控和高生产力、深水、高盐三因素耦合主控, 而沙四纯下和沙三下仅受沉积环境主控, 分别为浅水主控和浅水、低盐共同控制。优质烃源岩形成主控因素的研究是明确优质烃源岩发育层系和非均质性的基础, 对非常规油气勘探具有重要指导作用。

**参考文献** Schoepfer, S. D., Shen, J., Wei, H., et al., 2015. Total Organic Carbon, Organic Phosphorus, and Biogenic Barium Fluxes as Proxies for Paleomarine Productivity. *Earth-Science Reviews*. 149 (01): 1-20. &nbsp;Ma, Z., Gray, E., Thomas, E., et al., 2014. Carbon Sequestration During the Palaeocene - Eocene Thermal Maximum by An Efficient Biological Pump. *Nature Geoscience*. 7 (05): 382-388. &nbsp;丁修建, 柳广弟, 黄志龙, 等, 2016. 有机质供给和保存在烃源岩形成中的控制作用. *地球科学*. 41 (05): 832-842. 胡涛, 庞雄奇, 姜福杰, 等, 2021. 陆相断陷咸化湖盆有机质差异富集因素探讨——以东濮凹陷古近系沙三段泥页岩为例. *沉积学报*. 39 (01): 140-152.

**关键词** 东营凹陷; 烃源岩形成; 地球化学元素; 沉积环境; 古生产力计



摘要 ID: 2586

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 湘中坳陷上古生界页岩孔隙特征差异及其主控因素

田巍\*、陈林、李海

中国地质调查局武汉地质调查中心

页岩储层中微纳米级孔隙是主要的储集空间,其结构特征对储层的储集能力至关重要(杨峰等, 2013; Yang F et al., 2014; Wu et al., 2018)。众多学者研究认为影响页岩储层储集能力的主要因素包括有机质丰度、有机质成熟度、有机质类型、矿物组分等。普遍认识到有机碳含量对页岩储层的储集能力具有明显的控制作用(朱阳升等, 2016);有机质成熟度过高会导致有机质孔隙减少(赵文智, 2016; Yu et al., 2016; Wang et al., 2018);不同环境下形成的干酪根类型存在差异性,海相页岩随着热演化程度增加,裂解成气,海陆过渡相产气潜力大(邹才能, 2013; 杨锐, 2018);不同的矿物组成对页岩微纳米孔隙储集能力具有不同的控制作用,粘土矿物含量对中孔体积的控制具有显著影响(Fishman et al., 2012; Milliken et al., 2013; Yang et al., 2016)。但是不同地区页岩层系储层的储集能力主控因素存在差异性。

位于被动大陆边缘盆地以南的湘中坳陷作为中扬子地区页岩气勘探领域的构造稳定带之一,该坳陷已成为我国南方复杂构造区页岩气勘探的热点地区。湘中坳陷发育不同类型、多套层系的优质烃源岩,以二叠系龙潭组、石炭系测水组海陆过渡相页岩,石炭系天鹅坪组,泥盆系佘田桥组海相页岩为典型代表。选取湘中坳陷上古生界二叠系龙潭组海陆过渡相页岩、石炭系天鹅坪组、泥盆系佘田桥组海相页岩为研究对象,在沉积背景、地化特征、岩石学特征以及孔隙结构研究的基础上,通过场发射扫描电镜、低温氮气吸附、X-射线衍射、等温吸附、有机碳含量和镜质体反射率等实验手段,对比分析多层系页岩储层特征,明确不同层系页岩储集能力主控因素。深入分析不同沉积背景页岩储层,探究不同层系页岩储层的差异主控因素,对于不同类型储层页岩气成藏再认识及勘探突破具有重要现实意义。

参考文献

关键词



摘要 ID:2929

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 华南鲁丹期古海洋生物笔石与黑色页岩有机质富集关系研究

李季林<sup>1,2</sup>、张廷山<sup>3,4</sup>、梁兴<sup>5</sup>、张介辉<sup>5</sup>、舒红林<sup>5</sup>、何勇<sup>5</sup>、刘成<sup>5</sup>、张昊天<sup>1</sup>

1. 宜宾学院工业化城市二氧化碳捕集封存与资源利用研究院, 四川宜宾, 64400

2. 河北工业大学化工学院, 天津, 300401

3. 西南石油大学, 四川成都, 6105000

4. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(西南石油大学)

5. 中石油浙江油田分公司, 浙江杭州, 310000

摘要: 中国南方地区在早志留世沉积了一套以龙马溪组为代表的富含笔石的黑色页岩, TOC 含量介于 0.52%~9.02%, 均由底部向上逐渐增加, 龙马溪组底部富含笔石页岩段 TOC 平均含量大于 2%, 高 TOC 层段与高丰度笔石层段对应发育, TOC 含量与笔石多样性也显示良好正相关性。本文通过选取四川叙永地区 Y8 井龙马溪组底部不同深度、不同笔石丰度页岩样品, 基于对叙永地区龙马溪组底部页岩样品中笔石丰度、全岩有机碳、围岩有机碳以及能谱对笔石和围岩的结果综合分析表明: (1) 龙马溪组笔石主要由 C、N 和 Fe 组成元素, C 元素相对含量最高, 为 27.23%~32.25%, C 元素可能是笔石主要的原始构成部分。围岩化学成分为 Si、O、Al、Ca、K、Mg 和 Fe, 主要为 Si、O、Al 和 Ca, K、Mg 和 Fe 含量很低。笔石较围岩相对更富集 C 元素。(2) 自底部 P. persculptus zone 向上至 c. vesiculosu Zone, 笔石 TOC 含量、全岩 TOC 含量和笔石丰度呈逐渐降低的趋势。全岩 TOC 含量与笔石丰度、笔石 TOC 含量相关性均较好, 这些均指示着笔石是页岩有机质的贡献者。(3) 自底部 P. persculptus zone 向上至 C. vesiculosu Zone, 笔石对页岩有机质贡献率逐渐降低。在 P. persculptus zone 和 A. ascensus zone, 笔石对页岩有机质的贡献率平均值分别为 58.5%、55.3%, 笔石是页岩中有机质的主要来源。在 P. acuminatus zone 和 C. vesiculosu zone, 贡献率平均值分别为 24.23%、13.65%, 笔石和其它生物共同控制有机质的丰度, 但其它生物提供的碳源不足以弥补笔石丰度降低导致的有机质的损失。总体来讲, 笔石丰度指示着页岩有机质富集的程度。

参考文献 [1] 罗情勇, 郝婧玥, 李可文, 戴娜, 栾进华, 程礼军, 张志平, 胡科, 钟宁宁. 重庆地区五峰组—龙马溪组页岩笔石光学特征及其在成熟度评价中的应用[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(12):1855-1863 [2] 尹锦涛, 俞雨溪, 姜呈馥, 刘建, 赵谦平, 史鹏. 鄂尔多斯盆地张家滩页岩元素地球化学特征及与有机质富集的关系[J]. 煤炭学报, 2017, 42(6):1544-1556. [3] Riediger C, Goodarzi F, Macqueen R W. Graptolites as indicators of regional maturity in Lower Paleozoic sediments, Selwyn Basin, Yukon and Northwest Territories, Canada [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1989, 26(10): 2003-2015. [4] Kozłowski R. On the structure and relationships of graptolites [J]. Journal of Paleontology, 1966, 40(3): 489-501. [5] Towe K M, Urbanek A. Collagen-like structures in Ordovician graptolite periderm [J]. Nature, 1972, 237(5356): 443-445. [6] Liu Dameng, Hou Xiaoqiang, Jiang Jin peng. The composition and structure of graptolite amicro-area analysis [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1996, 16(1): 53-57. [7] 王勤, 钱门辉, 蒋启贵, 仰云峰, 腾格尔. 中国南方海相烃源岩中笔石生烃能力研究 [J]. 岩矿测试, 2017, 36(3):258-264. [8] 牟传龙, 王秀平, 王启宇, 周恩恩, 梁薇, 葛祥英, 陈小炜. 川南及邻区下志留统龙马溪组下段沉积相与页岩气地质条件的关系[J]. 古地理学报, 2016, 18(3):457-472. [9] 徐政语, 蒋恕, 熊绍云, 梁兴, 王高成, 郭燕玲, 何勇, 饶大骞. 扬子陆块下古生界页岩发育特征与沉积模式[J]. 沉积学报, 2015, 33(1):21-35. [10] 徐政语, 姚根顺, 梁兴, 熊绍云, 何勇, 张介辉, 王高成, 廖勇, 石元会. 扬子陆块下古生界页岩气保存条件分析[J]. 石油实验地质, 2015, 37(4): 407-417. [11] 陈旭, 樊隽轩, 王文舟, 王红岩, 聂海宽, 石学文, 文治东, 陈冬阳, 李文杰. 黔渝地区志留系龙马溪组黑色笔石页岩的阶段渐进展布模式[J]. 中国科学:地球科学, 2017, 47(6):720-732. [12] Liang, D. G., T. L. Guo, L. Z. Bian, and J. P. Chen. 2009. Some progresses on studies of hydrocarbon generation and accumulation in marine sedimentary



regions, southern China (Part 3): controlling factors on the sedimentary Facies and development of palaeozoic marine source rock. *Marine Origin Petroleum Geology* 14(2):1-19. [13] Peters K. E., Walters C. C., Moldowan J. M. *The biomarker guide* (Vol. 2) [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005, :1132 [14] Dutta, S., Greenwood, P.F., Brocke, R., et al. New insights into the relationship between Tasmanites and tricyclic terpenoids [J]. *Organic Geochemistry*, 2006, 37: 117-127. [15] Pancost R. D., Colemana J M., Love G. D., et al. Kerogen-bound glycerol dialkyl tetraether lipids released by hydropyrolysis of marine sediments: A bias against incorporation of sedimentary organisms? [J]. *Organic Geochemistry*, 2008, 39: 1359-1371. [16] Duggen S, Groot P, Schacht U. Subduction Zone Volcanic Ash can Fertilize the Surface Ocean and Stimulate Phytoplankton Growth: Evidence form Biogeochemical Experiments and Satellite Data [J]. *Geophysical Research Letter*, 2007, 34 (1) : 95-119. [17] Hamme R C, Webley P W, Crawford W R. Volcanic Ash Fuels Anomalous Plankton Bloom in Subarctic Northeast Pacific [J]. *Geophysical Research Letters*, 2010, 37 (19) : L19604 [18] Yan Detian, Wang Qingchen, Chen Daizhao, et al. Sedimentary environment and development controls of the hydrocarbon sources beds: the Upper Ordovician Wufeng Formation and the Lower Silurian Longmaxi Formation in the Yangtze Area [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82(3): 322-327. [19] Li Shuangjian, Xiao Kaihua, Wo Yujin, et al. Palaeo-environment restoration of Upper Ordovician-Lower Silurian hydrocarbon source rock in Middle-Upper Yangtze area [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2009, 28(5): 450-458. [20] HuiFang Zhang, XingSong Wu Bin Wang, et al. Research Progress of the Enrichment Mechanism of Sedimentary Organics in Lacustrine Basin [J]. *Act Sedimentologica Sinica*, 2016, (34)3:464-474.

**关键词** 关键词: 华南; 龙马溪组; 黑色页岩; 笔石; 有机质富集



摘要 ID:579

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 专题邀请报告

## 陆相页岩岩相与有机质富集关系—以东营凹陷为例

杜学斌<sup>1,2</sup>、陆永潮<sup>3</sup>、马义权<sup>4</sup>、刘占红<sup>1,2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)海洋学院
2. 中国地质大学(武汉)海洋地质与资源湖北省重点实验室
3. 中国地质大学(武汉)资源学院
4. 成都理工大学沉积研究院

陆相湖盆不同于海相盆地,它具有自身的独特属性。盆地形成的构造主控性、物源复杂多变性、古气候的敏感性,从而造成了细粒沉积岩相类型复杂、横向变化快,研究难度增大。对于我国东部沉积盆地来说,其内发育的细粒沉积由于受构造、气候、物源等因素的联合影响,其表现出明显的富灰质与强非均质性。细粒沉积构成成分不像海相页岩一样具有单一性。其成分既有黏土矿物,也有陆源成分(石英+长石),还有碳酸盐矿物,没有哪一种占据主导地位,因此陆相细粒沉积物实际是三类成分的耦合产物,也代表着具有多种成因控制。本文在近年来对东营凹陷泥页岩岩相及控制因素持续研究基础上,总结了不同级次等时地层格架下陆相页岩岩相多尺度识精细识别标志与发育特征,认为三级层序反映的是岩相组合宏观变化规律,四级层序控制的是岩相域变化、五级层序反映的是岩相层偶的组合变化、六-七级层序反映的是岩相层及层偶的变化。其中,构造、气候、物源控制了层偶组的变化,古生产力、古季风、古氧化还原条件控制了层偶的形成和组合。其中,东亚季风对岩相和有机质富集具有重要的控制作用。

具体来讲,东亚季风强的时候,济阳凹陷基本不受热带高压影响,古气候非常湿润,发育纹层状页岩相,有机质异常发育,富含大量含碳生物,TOC可以达到3.0%以上;当东亚季风变弱的时候,西风带携带水汽少,济阳凹陷处于热带高压影响之下,古气候变得逐渐干旱,生物发育少,主要发育了块状灰质页岩相、含粉砂富粘土质页岩相、蒸发岩薄夹层页岩相等集中贫有机质的岩相,平均TOC在1.7%以下,从而形成了贫碳-富碳的耦合过程,导致富碳和贫碳页岩的有序分布。研究成果对于系统刻画陆相页岩岩相特征、理解不同尺度岩相形成机理具有重要意义。

**参考文献** 杜学斌, 刘晓峰, 陆永潮, 等, 2020. 陆相细粒混合沉积分类、特征及发育模式——以东营凹陷为例[J]. 石油学报, 41(11):1324-1333. 刘惠民, 孙善勇, 操应长, 等, 2017. 东营凹陷沙三段下亚段细粒沉积岩岩相特征及其分布模式[J]. 油气地质与采收率, 24(01):1-10. Ma Y, Fan M, Lu Y, et al., 2019. Stable isotope record of middle Eocene summer monsoon and its instability in eastern China[J]. Global and Planetary Change, 175: 103-112.

**关键词** 陆相页岩; 岩相; 有机质; 东营凹陷





摘要 ID:1988

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 临南洼陷沙三下亚段细粒沉积岩岩相特征及控制因素

高阳\*

中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院

临南洼陷沙三下亚段湖相细粒沉积岩岩相特征及沉积成因缺乏研究。以临南洼陷第1口页岩油系统取芯井X井岩心为研究对象,通过岩心观察、显微薄片观察、X-射线衍射分析、有机碳含量测定、岩石热解等试验分析手段,划分了临南洼陷沙三下亚段细粒沉积岩岩相类型,并分析了岩相发育控制因素。在岩相划分时,首先按照有机碳含量(TOC)2%和4%为界划分为贫有机质( $TOC \leq 2\%$ )、含有机质( $TOC=2\% \sim 4\%$ )和富有机质( $TOC \geq 4\%$ )3类,再按照沉积构造划分为纹层状、亚纹层状和块状3种沉积构造类型,最后依据X-射线衍射分析数据,采用三端元分类法划分岩石组成为灰岩类、黏土岩类、长英质岩类和细粒混合沉积岩类4大类。通过统计发现:临南洼陷沙三下亚段主要发育富/含有机质纹层状灰岩相、含/贫有机质纹层状黏土质细粒混合沉积岩相、含有机质亚纹层状灰岩相、含/贫有机质亚纹层状碳酸盐岩质细粒混合沉积岩相、含有机质亚纹层状黏土质细粒混合沉积岩相、含/贫有机质块状黏土岩相、含/贫有机质块状黏土质细粒混合沉积岩相、含有机质块状黏土质灰岩相8种主要岩相类型(图1),不同岩相细粒沉积岩中有机质的富集程度和赋存产状态存在明显差异。通过分析认为气候变化和陆源碎屑供应强度是决定临南洼陷沙三下亚段细粒沉积岩相的主要因素,其中气候干冷、温湿的规律性变化控制着细粒沉积岩韵律性纹层的形成,而陆源碎屑供应在不同程度上破坏了细粒沉积岩的纹层结构,当陆源碎屑供应强度大时易形成贫-含有机质块状岩相,陆源碎屑供应强度小时易形成亚纹层状岩相,缺乏陆源碎屑供应时易形成纹层状岩相。

**参考文献** 陈世悦, 胡忠亚, 柳飒, 等. 沧东凹陷孔二段泥页岩特征及页岩油勘探潜力[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(18):26-33. 邓远, 陈世悦, 蒲秀刚, 等. 渤海湾盆地沧东凹陷孔店组二段细粒沉积岩形成机理与环境演化[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(4):811-823. 李增学, 宋明水, 李莹, 等. 湖相细粒岩二级指标划分法岩相分类及其应用实例[J]. 现代地质, 2021, 35(2):365-377. 刘惠民, 于炳松, 谢忠怀, 等. 陆相富有机质页岩微相特征及对页岩油富集的指示意义:以渤海湾盆地济阳拗陷为例[J]. 石油学报, 2018, 39(12):1328-1343. 刘雅利, 张顺, 刘惠民, 等. 断陷盆地陡坡带富有机质页岩基本特征及勘探前景:以济阳拗陷为例[J]. 中国矿业大学学报, 2021, 50(6):1146-1156. 聂银兰, 谢庆宾, 朱筱敏, 等. 基于岩相表征的细粒沉积物沉积机制和研究展望[J]. 断块油气田, 2021, 28(3):305-310. 逢淑伊, 操应长, 梁超. 渤海湾盆地东营凹陷沙四上亚段-沙三下亚段岩相特征及沉积环境[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40(4):799-809. 王勇, 王学军, 宋国奇, 等. 渤海湾盆地济阳拗陷泥页岩岩相与页岩油富集关系[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(5):676-704. 王勇和张顺. 细粒趁机体系类型及特征[J]. 地质论评, 2021, 67(增刊1):135-136. 鄢继华, 蒲秀刚, 周立宏, 等. 基于X射线衍射数据的洗礼沉积岩岩石定名方法与应用[J]. 中国石油勘探, 2015, 20(1):48-54. 鄢继华, 邓远, 蒲秀刚, 等. 渤海湾盆地沧东凹陷孔二段细粒混合沉积岩特征及控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(1):98-109. 张建国, 姜在兴, 刘立安, 等. 渤海湾盆地沾化凹陷沙河街组三段下亚段细粒沉积岩岩相特征与沉积演化[J]. 石油学报, 2021, 42(3):293-306. 张顺, 王永诗, 刘惠民, 等. 渤海湾盆地东营凹陷细粒沉积微相对页岩油储层微观结构的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2016, 37(6):923-934.

**关键词** 细粒沉积岩; 岩相; 临南洼陷; 沉积成因



摘要 ID: 3374

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 玛湖凹陷风城组页岩油微运移机制及富集机理

刘远、胡涛\*

中国石油大学(北京)

近年来,随着页岩油勘探开发实践进一步展开,页岩层系内“微运移”现象不断被提出(Ma et al., 2019; Liang et al., 2018; Hu et al., 2020),微运移对页岩油烃类组分、含油性富集有重要影响,进而影响了页岩油可动性及经济高效开发。前人对页岩油微运移现象已开展微运移方向及通道等定性讨论(李水福等, 2019; Han et al., 2019),但页岩油微运移过程中烃类数量和组分演化、页岩油微运移的控制因素及富集机制尚不清楚。本次研究提出一种定量评价页岩油微运移的方法。通过实际岩石热解数据获取页岩单元现今生烃潜力指数(HGPR);基于干酪根生烃动力学理论,采用数据驱动模型,拟合获取页岩单元原始生烃潜力指数(HGPO),根据质量平衡原理,原始生烃潜力指数与现今生烃潜力指数差值可定量评价页岩单元排烃量或接收外来烃量大小。选取准噶尔盆地玛湖凹陷风城组页岩作为页岩油微运移现象研究区。玛湖凹陷风城组页岩是全球已发现最古老碱湖页岩,目前处于成熟—高成熟热演化阶段,具备生成巨量轻质油条件。针对玛湖凹陷风城组页岩油专探井玛页1井开展系统取心,共获取110块有效页岩样品。研究表明,69%的样品发生了外来运移烃的充注,31%的样品发生了排烃。微运移现象受控于页岩生烃能力、孔隙空间及毛管压差等因素。研究表明,发生了排烃作用的页岩样品,TOC值介于0.43%~2.33%(平均值1%),主要干酪根类型为I型(8%)和II1型(87%),微孔、介孔及宏孔体积占总孔隙体积比例分别为33.7%、22.4%及43.9%;接收外来运移烃的页岩样品,TOC值介于0.33%~1.85%(平均值0.76%),主要干酪根类型为II1型(46%)、II2型(47%)及III型(4%),微孔、介孔及宏孔体积占总孔隙体积比例分别为13.0%、3.7%及83.3%。

**参考文献** Hu, S., Li, S., Xia, L., Lv, Q., & Cao, J. (2020). On the internal oil migration in shale systems and implications for shale oil accumulation: A combined petrological and geochemical investigation in the Eocene Nanxiang Basin, China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 184, 106493. Han, Y., Horsfield, B., LaReau, H., & Mahlstedt, N. (2019). Intraformational migration of petroleum: Insights into the development of sweet spot in the Cretaceous Niobrara shale-oil system, Denver Basin. *Marine and Petroleum Geology*, 107, 301-309. Ma, X., Li, M., Pang, X., Wei, X., Qian, M., Tao, G., ... & Wu, S. (2019). Paradox in bulk and molecular geochemical data and implications for hydrocarbon migration in the inter-salt lacustrine shale oil reservoir, Qianjiang Formation, Jiangnan Basin, central China. *International Journal of Coal Geology*, 209, 72-88. 李水福, 胡守志, 张冬梅, 李祥权, & 解习农. (2019). 自由烃差值法评价页岩含油性的思想, 方法及应用. *地球科学*, 44(3), 929-938. Liang, G., Cao, Y., Liu, K., Jiang, Z., Wu, J., & Hao, F. (2018). Diagenetic variation at the lamina scale in lacustrine organic-rich shales: Implications for hydrocarbon migration and accumulation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 229, 112-128.

**关键词** 页岩油; 微运移; 定量评价方法; 风城组; 玛湖凹陷



摘要 ID: 2392

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 展板

## 延安地区山西组泥页岩微观孔隙结构特征及其对含气性控制 —— ——以 QUAN56 井山 1 段为例

赵卫卫\*

西安石油大学

以延安地区 QUAN56 井山西组山 1 段泥页岩为对象, 通过氩离子抛光场发射扫描电镜、N<sub>2</sub> 吸附实验、CO<sub>2</sub> 吸附实验、CH<sub>4</sub> 等温吸附及岩石有机地球化学分析、岩石矿物成分分析等实验测试, 探讨泥页岩微观孔隙类型、孔隙结构、全孔径分布及其对页岩含气性的控制作用。研究结果表明: 延安地区山西组山 1 段泥页岩厚度稳定 (平均 20m~45m), 有机质丰度低 (TOC 平均为 0.598%), 泥页岩热演化成熟度属于过成熟阶段 (R<sub>o</sub> 平均为 2.66%), 有机质类型以 III 型为主。泥页岩矿物组成以粘土矿物和石英为主, 粘土矿物质量分数含量最高 (25%~78%, 平均 61.0%), 石英质量分数含量较低 (平均 32.0%); 山西组山 1 段泥页岩孔隙类型多样, 以粒间孔、粒内孔、黏土矿物晶 (片) 间孔为主, 其次是微裂缝、溶蚀孔和有机质孔, 不同类型孔隙为页岩气赋存提供了有效的储集空间。山 1 段泥页岩孔径分布具有较强的非均质性, 泥页岩中全孔径孔体积分布以中孔为主, 中孔对孔体积的贡献最大, 其次为宏孔和微孔; 泥页岩全孔径总比表面积以微孔和中孔对总比表面积贡献最大, 宏孔贡献最小。山 1 段泥页岩中有机碳含量普遍较低, 有机质孔隙发育较少, 黏土矿物晶间孔隙为气体吸附提供了更多的比表面和吸附点位, 是影响其甲烷吸附能力的重要因素。随着热演化程度升高, 有机质孔隙逐渐增加, 在一定程度上增强了泥页岩吸附性。

**参考文献** [1] 王香增, 高胜利, 高潮. 鄂尔多斯盆地南部中生界陆相页岩气地质特征[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41 (3): 294-304. [2] 姜呈馥, 王香增, 张丽霞, 等. 鄂尔多斯盆地东南部延长组长 7 段陆相页岩气地质特征及勘探潜力评价[J]. 中国地质, 2013, 40 (6): 1880-1888. [3] 赵谦平, 高潮, 尹锦涛, 等. 鄂尔多斯盆地寺湾地区山西组泥页岩气特征[J]. 西安科技大学学报, 2018, 38 (1): 108-117. [4] 张丽霞, 姜呈馥, 郭超. 鄂尔多斯盆地东部上古生界页岩气勘探潜力分析[J]. 西安石油大学学报 (自然科学版), 2012, 27 (1): 23-26 (34). [5] 宫美林, 丁文龙, 皮冬冬, 等. 鄂尔多斯盆地东南部下寺湾—云岩区二叠系山西组页岩气形成条件[J]. 东北石油大学学报, 2013, 37 (3): 1-10. [6] 付金华, 郭少斌, 刘新社, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界山西组页岩气成藏条件及勘探潜力[J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2013, 43 (2): 382-389. [7] 覃小丽, 李荣西, 王香增, 等. 鄂尔多斯盆地中南部地区山西组泥页岩含气量测定及方法探讨[J]. 天然气地球科学, 2015, 26 (10): 1984-1991. [8] 兰朝利, 郭伟, 王奇, 等. 鄂尔多斯盆地东部二叠系山西组页岩气成藏条件与有利区筛选[J]. 地质学报, 2016, 90 (1): 177-188. [9] 张培河, 刘云亮, 贾立龙. 鄂尔多斯盆地东部上古生界煤系页岩气藏特征及勘探方向[J]. 煤田地质与勘探, 2016, 44 (4): 54-58. [10] 郝兆栋, 田忠斌, 唐书恒. 鄂尔多斯盆地东缘海陆过渡相页岩气储层孔隙特征及影响因素[J]. 中国地质, 2016, 43 (6): 2059-2069. [11] 冯子齐, 于炳松, 曾秋楠, 等. 鄂尔多斯东南部页岩气储层特征及其主控因素[J]. 特种油气藏, 2013, 20 (6): 40-43. [12] 徐红卫, 李贤庆, 周宝刚, 等. 鄂尔多斯盆地延长探区陆相页岩气储层特征[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45 (6): 46-53. [13] 汶锋刚, 朱玉双, 任战利, 等. 鄂尔多斯盆地延长地区山西组页岩储层特征及影响因素[J]. 石油实验地质, 2018, 40 (6): 778-785. [14] 王子龙, 郭少斌. 鄂尔多斯盆地延安地区山西组泥页岩孔隙表征[J]. 石油实验地质, 2019, 41 (1): 99-107. [15] 赵帮胜, 李荣西, 覃小丽, 等. 鄂尔多斯盆地中部上古生界山西组页岩储层特征[J]. 沉积学报, 2019, 37 (6): 1140-1151. [16] 郭少斌, 赵克英. 鄂尔多斯盆地上古生界泥页岩储层含气性影响因素及储层评价[J]. 石油实验地质, 2014, 36 (6): 678-683 (691). [17] 唐玄, 张金川, 丁文龙, 等. 鄂尔多斯盆地东南部上古生界海陆过渡相页岩储集性与含气性[J]. 地学前缘 (中国地质大学 (北京); 北京大学), 2016, 23 (2): 147-157. [18] Loucks R G, Reed R M, Ruppel S C, et al. Spectrum of pore types and networks in mudrocks and a descriptive



classification for matrix-related mudrock pores [J]. AAPG Bulletin, 2012, 96(6):1071-1098. [19]&nbsp; Groen J C, Peffer L A A, Pérez-Ramírez J. Pore size determination in modified micro-and mesoporous materials. Pitfalls and limitations in gas adsorption data analysis [J]. Microporous and Mesoporous Materials, 2003, 60: 1-17. [20]&nbsp; Ross D J K, Bustin R M. Shale gas potential of Lower Jurassic Gordondale Member, Northeastern British Columbia, Canada [J]. Bulletin of Canada Petroleum Geology, 2007, 55(1):51-75. [21]&nbsp; Chalmers G R L., Bustin R M. Lower Cretaceous gas shale in northeastern British Columbia, Part I: Geological controls on methane sorption capacity [J]. Bulletin of Canada Petroleum Geology, 2008, 56(1):1-21.

**关键词** 陆相泥页岩; 孔隙类型; 孔隙结构; 甲烷吸附性; 山1段; 延安地区



摘要 ID:915

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 专题邀请报告

## 现代海洋有机质分布特征及其控制因素

黄臣军\*

中国石化 石油勘探开发研究院

现代海洋是古代海洋地质的天然实验室, 研究现代海洋有机质分布的控制因素, 对古代海相富有机质泥页岩预测具有借鉴意义。通过对全球海洋表层海水叶绿素 a 浓度、海底沉积物 TOC 及相关海洋物理数据的研究, 表明:

表层海水有机质富集区 (叶绿素 a 浓度  $\geq 0.5$  mg/m<sup>3</sup>) 主要分布在浅海 (水深 0~500 m) 及近海 (离岸 0~200 km), 58.4% 的浅海面积、45.4% 的近海面积, 以及 63.1% 的浅海与近海叠合面积富集有机质。

相关性分析表明, 表层海水有机质与海水营养 (N、P) 含量非正相关, 但有机质富集区具有营养浓度下限。而且, 表层海水有机质显著受海面热流影响, 富集区主要分布在净热流值  $< 70$  W/m<sup>2</sup> 的范围内。

海底沉积物 TOC 受多因素控制, TOC  $\geq 1$  区域的限定条件包括: 表层海水叶绿素 a 浓度  $\geq 0.5$  mg/m<sup>3</sup>、底层海水溶解氧含量  $< 165$   $\mu$ mol/l、海水深度  $< 3000$  m, 以及细粒沉积物沉积速率  $\geq 3.6$  cm/ka。

参考文献

关键词 叶绿素 a; 海水营养; 溶解氧; 沉积速率; 沉积物 TOC



摘要 ID:1072

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 专题邀请报告

## 古环境旋回控制盐湖盆地有机质富集——以渤海湾盆地东濮凹陷沙三段为例

姜福杰\*、陈迪  
中国石油大学(北京)

页岩油气已经成为了油气勘探的主要目标之一,纹层状富有机质页岩是目前页岩油的有利勘探区(Sonnenberg and Pramudito, 2009)。我国古近系始新世沉积的陆相湖盆中,页岩常与蒸发岩矿物互层沉积(金强等, 2008)。复杂的盐类矿物是由于古环境频繁的变化而形成的(Peters et al., 1996),而含盐页岩不仅有利于烃类的生成和保存,其形成较为复杂的古环境变化与有机质的丰度和类型等特征也显著相关(Lewan and Ruble., 2002)。所以,探究盐湖盆地烃源岩有机质富集特征可以明确盐类物质对于页岩油气的重要意义,了解页岩资源下一步的勘探方向。渤海湾盆地东濮凹陷是我国东部典型的陆相断陷湖盆,北部含盐沉积环境包括4套盐岩,93个盐岩韵律层,盐层厚度累计超过1000m,东濮凹陷超过80%的油气资源位于北部(杜海峰等, 2008)。所以,基于东濮凹陷含盐沉积环境泥页岩探究古环境的旋回变化对有机质富集的控制作用及内在机制仍具有重要研究意义。首先,岩石矿物分析表明沙三段泥页岩矿物以粘土矿物为主,平均为35.66 wt.%,此外泥页岩中的盐岩矿物主要为石膏、硬石膏和岩盐等。结合有机地化特征分析认为,随着盐类累积厚度的增加有机质丰度也逐渐增加,有机质类型表现为在含盐沉积环境下主要为腐泥型,因此含盐沉积环境更有利于页岩油气的生成与保存。结合主微量元素等重建了含盐泥页岩沉积时期的古环境。东濮凹陷在沙三段沉积时期主要为干旱气候、伴随着短暂的湿润气候,湖盆水位较浅,为蒸发环境。这种环境使得东濮凹陷湖盆古盐度最高达23.43%。Ti、Al和Zr等指示物源的元素表示古气候的变化也控制了有机质的来源,干旱气候下陆源输入较多,湿润气候则较少。古盐度控制了古生产力和有机质类型(图1)。基于有机碳法定量计算的含盐区的古生产力(平均值为 $707.67 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ )明显高于淡水区(平均值 $370.71 \text{ gCm}^{-2}\text{yr}^{-1}$ )。此外,沙三段咸水沉积环境下古湖水体表现为缺氧环境,为有机质的保存也提供了良好的条件。古环境的变化控制了富有机质页岩沉积的位置、厚度和质量。因此,根据盐层分布、富有机质页岩分布、有机质丰度、类型、成熟度以及古环境等,将东濮凹陷沙三段划分为7个阶段。II、III、IV、VI期是有机质较为富集的阶段,也是页岩油勘探的有利层位(图2)。

**参考文献** 杜海峰, 于兴河, 陈发亮, 2008. 河南省东濮凹陷古近系沙河街组沙三段盐岩沉积特征及其石油地质意义[J]. 古地理学报, 01:53-62. 金强, 朱光有, 王娟, 2008. 咸化湖盆优质烃源岩的形成与分布[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 32(004):19-23. Lewan, M. D., T. E. Ruble, 2002, Comparison of petroleum generation kinetics by isothermal hydrous and nonisothermal open-system pyrolysis[J]. Org. Geochem, 33:1457-1475. Peters, K. E., A. E. Cunningham, C. C. Walters, J. Jiang, Z. Fan, 1996, Petroleum systems in the Jiangling - Danyang area, Jiangnan Basin, China[J]. Org. Geochem, 24:1035-1060. Sonnenberg, S. A., A. Pramudito, 2009, Petroleum Geology of the giant Elm Coulee field, Williston Basin[J]. AAPG Bull, 93:1127-1153.

**关键词** 有机质富集; 含盐页岩; 页岩油勘探; 渤海湾盆地;



摘要 ID:1863

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 页岩纹层研究现状及其与页岩气富集的关系

熊敏<sup>1</sup>、陈雷<sup>1</sup>、计玉冰<sup>2</sup>、程青松<sup>2</sup>、吴佩津<sup>3</sup>

1. 西南石油大学

2. 中国石油浙江油田公司, 浙江杭州

3. 中国石油集团东方地球物理勘探有限责任公司西南物探研究院, 四川成都

纹层的发育影响页岩内部非均质性、储集性、含气性及页岩气的富集。基于对页岩中纹层对储层非均质性影响、纹层的多源成因机制以及纹层与页岩气富集的关系进行综述调研, 结果表明:

(1) 研究页岩纹层的方法主要包括野外露头剖面、岩心观察、薄片分析以及实验测试 4 类;

(2) 纹层多样性的存在影响页岩内部非均质性, 尤其是砂质纹层对页岩气运聚和生产均具有积极作用。湖相页岩纹层的组分、结构影响储层储集性和含气性, 海相页岩纹层控制页岩的物质组成、孔隙结构和微裂缝展布; (3) 湖相、海相页岩纹层的多样性主要受控于陆源季节性输入、生物、化学作用以及机械沉积作用。其中湖相页岩纹层易受藻类季节性勃发和同生期改造的影响, 而海相页岩纹层的形成可能与富硅生物的勃发有关; (4) 纹层对页岩气的富集具有重要意义。湖相页岩中有机质纹层的发育决定了生烃潜力的大小, 不同矿物组分的纹层储集能力和有机质富集程度不同, 并构成不同的源储共生关系。海相页岩中纹层强发育不利于有机质保存, 纹层强发育段总有机碳含量和有机孔隙均相对减少, 无机孔隙相对发育, 在应力作用下, 微裂缝优先在纹层界面处形成。纹层的深入研究对预测页岩储层“甜点”具有重要意义。

**参考文献** [1]张金川, 金之钧, 袁明生. 页岩气成藏机理和分布[J]. 天然气工业, 2004(07):15-18+131-132. [Zhang Jinchuan, Jin Zhijun, Yuan Mingsheng. The accumulation mechanism and distribution of shale gas[J]. Natural gas industry, 2004(07):15-18+131-132.] [2]赵建华, 金之钧, 金振奎, 等. 四川盆地五峰组—龙马溪组页岩岩相类型与沉积环境[J]. 石油学报, 2016, 37(5):572-586. [Zhao Jianhua, Jin Zhijun, Jin Zhenkui, et al. Lithofacies types and sedimentary environment of shale in Wufeng-Longmaxi Formation, Sichuan Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2016, 37(5):572-586.] [3]施振生, 邱振, 董大忠, 等. 四川盆地巫溪 2 井龙马溪组含气页岩细粒沉积纹层特征[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(2):339-348. [Shi Zhensheng, Qiu Zhen, Dong Dazhong, et al. Laminae characteristics of gas-bearing shale fine-grained sediment of the Silurian Longmaxi Formation of Well Wuxi 2 in Sichuan Basin, SW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(2):339-348.] [4]葱克来, 李克, 操应长, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 73 亚段富有机质页岩纹层组合与页岩油富集模式[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(6):1244-1255. [Xi Kelai, Li Ke, Gao Yingchang, et al. Laminae combination and shale oil enrichment patterns of Chang 7 organic-rich shales in the Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 47(6):1244-1255.] [5]华柑霖, 吴松涛, 邱振, 等. 页岩纹层结构分类与储集性能差异——以四川盆地龙马溪组页岩为例[J]. 沉积学报, 2021, 39(2):281-296. [Hua Ganlin, Wu Songtao, Qiu Zhen, et al. Lamination Texture and Its Effect on Reservoir Properties: A Case Study of Longmaxi Shale, Sichuan Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2021, 39(2):281-296.] [6]王玉杰, 赵迪斐, 卢琪荣, 等. 纹层、夹层沉积构造对海相页岩储集空间和储层脆性的影响——以四川盆地龙马溪组页岩为例[J]. 非常规油气, 2020, 7(6):33-40. [Wang Yujie, Zhao Difei, Lu Qirong, et al. Impact of laminae and interlayer sedimentary structure on the storage and brittleness of shale reservoirs: taking Longmaxi formation shale in Sichuan Basin as an example[J]. Unconventional Oil and Gas, 2020, 7(6):33-40.] [7]施振生, 董大忠, 王红岩, 等. 含气页岩不同纹层及组合储集层特征差异性及其成因——以四川盆地志留统龙马溪组一段典型井为例[J].



石油勘探与开发, 2020, 47(4):829-840. [Shi Zhensheng, Dong Dazhong, Wang Hongyan, et al. Reservoir characteristics and genetic mechanisms of gas-bearing shales with different laminae and laminae combinations: A case study of Member 1 of the Lower Silurian Longmaxi shale in Sichuan Basin, SW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2020, 47(4):829-840.] [8] 胡月, 陈雷, 周昊, 等. 海相页岩纹层特征及其对页岩储层发育的影响——以川南长宁地区龙马溪组为例[J]. 断块油气田, 2021, 28(2):145-150. [Hu Yue, Chen Lei, Zhou Hao, et al. Lamina characteristics of marine shale and its influence on shale reservoir development: a case study of Longmaxi Formation, Changning area, South Sichuan Basin[J]. Fault block oil and Gas field, 2021, 28(2):145-150.] [9] 施振生, 邱振. 海相细粒沉积层理类型及其油气勘探开发意义[J]. 沉积学报, 2021, 39(1):181-196. [Shi Zhensheng, Qiu Zhen. Main Bedding Types of Marine Fine-Grained Sediments and their Significance for Oil and Gas Exploration and Development[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2021, 39(1):181-196.] [10] 王冠民. 济阳拗陷古近系页岩的纹层组合及成因分类[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2012, 42(3):666-671+680. [Wang Guanmin. Laminae Combination and Genetic Classification of Eogene Shale in Jiyang Depression[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition, 2012, 42(3):666-671+680.] [11] 俞雨溪. 鄂尔多斯盆地延长组页岩内粉砂质纹层孔隙结构和物性特征研究[D]. 中国石油大学(华东), 2013. [Yu Yuxi. Pore structure and petrophysical properties of silt laminae in lacustrine gas shale: Example from Yanchang Group, Ordos Basin. [D]. China University of Petroleum (east china), 2013.] [12] 杨潇, 姜呈馥, 孙兵华, 等. 砂质纹层的发育特征及对页岩储层物性的影响——以鄂尔多斯盆地南部中生界延长组为例[J]. 延安大学学报(自然科学版), 2015, 34(2):18-23. [Yang Xiao, Jiang Chengfu, Sun Binhua, et al. The Sandy Laminar Characteristics and Its Effect on Reservoir Property of Shale: A Case Study from the Upper Triassic Yanchang Fm in Southern Ordos Basin[J]. Journal of Yanan University( Natural Science Edition), 2015, 34(2):18-23.] [13] 许丹, 胡瑞林, 高玮, 等. 页岩纹层结构对水力裂缝扩展规律的影响[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(4):523-528. [Xu Dan, Hu Ruilin, Gao Wei, et al. Effects of laminated structure on hydraulic fracture propagation in shale[J]. Petroleum Exploration and Development, 2015, 42(4):523-528.] [14] 林长木, 王红岩, 梁萍萍, 等. 川南地区五峰组—龙马溪组黑色页岩纹层特征及其储集意义[J]. 地层学杂志, 2019, 43(2):133-140. [Lin Changmu, Wang Hongyan, Liang Pingping, et al. The Characteristics of Laminae and Its Reservoir Significance in black shale: Taking the Wufeng-Longmaxi Formations in the Changning-Shuanghe Section as an example[J]. Journal of Stratigraphy, 2019, 43(2):133-140.] [15] 程涌, 聂琪, 刘聪, 等. 昆明地区筇竹寺组页岩粉砂质夹层/纹层特征[J]. 昆明冶金高等专科学校学报, 2019, 35(04):29-35. [Cheng Yong, Nieqi, Liu Cong, et al. Silty Interlayer/Laminae Characteristic of Qiongzhusi Formation shale in Kunming Area[J]. Journal of Kunming Metallurgy College, 2019, 35(04):29-35.] [16] 王超, 张柏桥, 舒志国, 等. 焦石坝地区五峰组-龙马溪组页岩纹层发育特征及其储集意义[J]. 地球科学, 2019, 44(3):972-982. [Wang Chao, Zhang Boqiao, Shu Zhiguo, et al. Shale Lamination and its Influence on Shale Reservoir Quality of Wufeng Formation-Longmaxi Formation in Jiaoshiba Area[J]. Earth Science, 2019, 44(3):972-982.] [17] 覃文圣, 刘建波, 韩宝福, 等. 山东山旺中新世硅藻土的纹层类型及成因[J]. 沉积学报, 2004(2):267-275. [Qin Wensheng, Liu Jianbo, Han Baofu, et al. Types and Origin of Diatomaceous Laminae of the Miocene Shanwang Formation in Linqu, Shandong Province[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004(2):267-275.] [18] 高波, 程克明, 樊太亮, 等. 酒西拗陷下白垩统藻纹层发育环境及形成机制[J]. 西南石油大学学报, 2007(4):44-48+189. [Gao Bo, Chen Keming, Fan Tailiang, et al. Development Environment and Formation Mechanism of Algae Laminae Lower Cretaceous in Jiuxi Depression[J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2007(4):44-48+189.] [19] 刘惠民, 孙善勇, 操应长, 等. 东营凹陷沙三段下亚段细粒沉积岩岩相特征及其分布模式[J]. 油气地质与采收率, 2017, 24(1):1-10. [Liu Huimin, Sun Shanyong, Gao Yingchang, et al. Lithofacies characteristics and distribution model of





fine-grained sedimentary rock in the lower Es3 member, Dongying sag[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2017, 24(1):1-10. ] [20] 赵迪斐, 郭英海, 朱炎铭, 等. 海相页岩储层微观孔隙非均质性及其量化表征[J]. *中国矿业大学学报*, 2018, 47(2):296-307. [Zhao Difei, Guo Yinghai, Zhu Yanming, et al. Analysis of micro-scale heterogeneity characteristics in marine shale gas reservoir: Pore heterogeneity and quantitative characterization. [J]. *Journal of China University of Mining and Technology*, 2018, 47(2):296-307. ] [21] 李一凡, 魏小洁, 樊太亮. 海相泥页岩沉积过程研究进展[J]. *沉积学报*, 2021, 39(1):73-87. [Li Yifan, Wei Xiaojie, Fan Tailiang. A Review on Sedimentary Processes of Marine Mudstones and Shales[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2021, 39(1):73-87. ] [22] 刘国恒, 黄志龙, 姜振学, 等. 鄂尔多斯盆地延长组湖相页岩纹层发育特征及储集意义[J]. *天然气地球科学*, 2015, 26(3):408-417. [Liu Guoheng, Huang Zhilong, Jiang Zhenxue, et al. The Characteristic and Reservoir significance of Lamination in Shale from Yanchang Formation of Ordos Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2015, 26(3):408-417. ] [23] 柳波, 吕延防, 孟元林, 等. 湖相纹层状细粒岩特征、成因模式及其页岩油意义——以三塘湖盆地马朗凹陷二叠系芦草沟组为例[J]. *石油勘探与开发*, 2015, 42(5):598-607. [Liu Bo, Lü Yanfang, Meng Yuanlin, et al. Petrologic characteristics and genetic model of lacustrine lamellar fine-grained rock and its significance for shale oil exploration: A case study of Permian Lucaogou Formation in Malang sag, Santanghu Basin, NW China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2015, 42(5):598-607. ] [24] 毛俊莉, 张金川, 刘通, 等. 辽河西部凹陷页岩纹层结构及其储集空间意义[J]. *石油实验地质*, 2019, 41(1):113-120. [Mao Junli, Zhang Jinchuan, Liu Tong, et al. Laminated texture of shale and its storage space significance in Western Depression, Liaohe Basin[J]. *Petroleum Geology and Experiment*, 2019, 41(1):113-120. ] [25] 王玉满, 董大忠, 杨桦, 等. 川南下志留统龙马溪组页岩储集空间定量表征[J]. *中国科学:地球科学*, 2014, 44(6):1348-1356. [Wang Yuman, Dong Dazhong, Yanghua, et al. Quantitative characterization of reservoir space in the Lower Silurian Longmaxi Shale, southern Sichuan, China. *Science China: Earth Sciences*, 2014, 44(6):1348-1356. ] [26] 李婷婷, 朱如凯, 白斌, 等. 酒泉盆地青西凹陷下沟组湖相细粒沉积岩纹层特征及研究意义[J]. *中国石油勘探*, 2015, 20(1):38-47. [Li Tingting, Zhu Rukai, Bai Bin, et al. Characteristics and Research Significance of Fine Lacustrine Sedimentary Rock Laminations of Xiagou Formation in Qingxi Depression of Jiuquan Basin[J]. *China Petroleum Exploration*, 2015, 20(1):38-47. ] [27] 董大忠, 施振生, 孙莎莎, 等. 黑色页岩微裂缝发育控制因素——以长宁双河剖面五峰组—龙马溪组为例[J]. *石油勘探与开发*, 2018, 45(5):763-774. [Dong Dazhong, Shi Zhensheng, Sun Shasha, et al. Factors controlling microfractures in black shale: A case study of Ordovician Wufeng Formation-Silurian Longmaxi Formation in Shuanghe Profile, Changning area, Sichuan Basin, SW China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2018, 45(5):763-774. ] [28] 程明, 罗晓容, 雷裕红, 等. 鄂尔多斯盆地张家滩页岩粉砂质夹层/纹层分布、分形特征和估算方法研究[J]. *天然气地球科学*, 2015, 26(5):845-854. [Cheng Ming, Luo Xiaorong, Lei Yuhong, et al. The Distribution, Fractal Characteristic and Thickness Estimation of Silty Laminae and Beds in the Zhangjiatan Shale, Ordos Basin[J]. *Natural Gas Geoscience*, 2015, 26(5):845-854. ] [29] 王香增, 张丽霞, 高潮. 鄂尔多斯盆地寺湾地区延长组页岩气储层非均质性特征[J]. *地学前缘*, 2016, 23(1):134-145. [Wang Xiangzeng, Zhang Lixia, Gao Chao. The heterogeneity of shale gas reservoir in the Yanchang Formation, Xiasiwan area, Ordos Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2016, 23(1):134-145. ] [30] 李晓霞, 谷渊涛, 万泉. 泥页岩细粒沉积纹层研究进展及意义[A]. *中国矿物岩石地球化学学会. 中国矿物岩石地球化学学会第17届学术年会论文摘要集*[C]. *中国矿物岩石地球化学学会:中国矿物岩石地球化学学会*, 2019:2. [Li Xiaoxia, Gu Yuantao, Wan Quan. Research progress and significance of shale fine grained lamination[A]. *China Society of Mineral Geochemistry. Summary of Papers of the 17th Annual Conference of the Chinese Society of Mineral Geochemistry*[C]. *China Society of Mineral and Rock Geochemistry: China Society of Mineral and Rock Geochemistry*, 2019:2. ] [31] 郭彤楼, 张





Stromatolites in Wudaolian area, Northern Tibetan Plateau: Implications for Paleoclimate[J]. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 2011, 31(3): 111-119. [46] 储国强, 刘嘉麒, 高登义, 等. 北极斯瓦尔巴德群岛 Bolterskardet 湖泊沉积纹层形成机理及古环境重建[J]. *地质学报*, 2006, 80(8): 1160. [Chu Guoqiang, Liu Jialin, Gao Dengyi, et al. Formation mechanism and paleoenvironmental reconstruction of Lacustrine laminae in Bolterskardet, Svalbard Islands, Arctic[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2006, 80(8): 1160. ] [47] 孔祥鑫, 姜在兴, 韩超, 等. 东鹿凹陷沙三段下亚段细粒碳酸盐纹层特征与储集意义[J]. *油气地质与采收率*, 2016, 23(4): 19-26. [Kong Xiangxing, Jiang Zaixing, Han Chao, et al. Laminations characteristics and reservoir significance of fine-grained carbonate in the lower 3rd member of Shahejie Formation of Shulu sag[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2016, 23(4): 19-26. ] [48] 邹才能, 陶士振, 侯连华等著. 非常规油气地质学[M]. 北京: 地质出版社, 2014. [Zou Caineng, Tao Shizhen, Hou Lianhua, et al. *Unconventional Petroleum Geology*[M]. Beijing: Geology Press, 2014. ] [49] Campbell C V. Lamina, laminaset, bed and bedset[J]. *Sedimentology*, 1967, 8(1): 7-26. [50] Brien N R. Significance of lamination in Toarcian (Lower Jurassic) shales from Yorkshire, Great Britain[J]. *Sedimentary Geology*, 1990, 67(1): 25-34. [51] Brien N R. Shale lamination and sedimentary processes[J]. *Geological Society London Special Publications*, 1996, 116(1): 23-36. [52] Macquaker J H S, Bentley S J, Bohacs K M. Wave-enhanced sediment-gravity flows and mud dispersal across continental shelves: Reappraising sediment transport processes operating in ancient mudstone successions[J]. *Geology*, 2010, 38(10): 947-950. [53] Macquaker J H S, Keller M A, Davies S J. Algal blooms and "marine snow": Mechanisms that enhance preservation of organic carbon in ancient fine-grained sediments[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2010, 80(11): 934-942. [54] Lazar O R, Bohacs K M, Macquaker J, et al. Capturing key attributes of fine-grained sedimentary rocks in outcrops, cores, and thin sections: Nomenclature and description guidelines[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2015, 85(3): 230-246. [55] Lei Y H, Luo X R, Wang X Z, et al. Characteristics of silty laminae in Zhangjiatan Shale of southeastern Ordos Basin, China: Implications for shale gas formation[J]. *AAPG Bulletin*, 2015, 99(4): 661-687. [56] Yawar Z, Schieber J. On the origin of silt laminae in laminated shales[J]. *Sedimentary Geology*, 2017, 360: 22-34. [57] Zhao K, Du X B, Lu Y C, et al. Are light-dark coupled laminae in lacustrine shale seasonally controlled? A case study using astronomical tuning from 42.2 to 45.4 Ma in the Dongying Depression, Bohai Bay Basin, eastern China[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2019, 528: 35-49. [58] Zou C N, Zhang G S, Yang Z, et al. Concepts, characteristics, potential and technology of unconventional hydrocarbons: On unconventional petroleum geology[J]. *Petroleum Exploration & Development*, 2013, 40(4): 413-428. [59] Guo T L. Key controls on accumulation and high production of large non-marine gas fields in northern Sichuan Basin[J]. *Petroleum Exploration & Development*, 2013, 40(2): 150-160. [60] Broadhead R F, Kepferle R C, Potter P E. Stratigraphic and sedimentologic controls of gas in shale - example from Upper Devonian of northern Ohio[J]. *AAPG Bulletin*, 1982, 66(1): 10-27. [61] Slatt R M, O'Brien N R. Pore types in the Barnett and Woodford gas shales: Contribution to understanding gas storage and migration pathways in fine-grained rocks[J]. *AAPG Bulletin*, 2011, 95(12): 2017-2030. [62] Sutton S J, Ethridge F G, Almon W R, et al. Textural and sequence-stratigraphic controls on sealing capacity of Lower and Upper Cretaceous shales, Denver basin, Colorado[J]. *AAPG Bulletin*, 2004, 88(8): 1185-1206. [63] Hammes U, Hamlin H S, Ewing T E. Geologic analysis of the Upper Jurassic Haynesville Shale in east Texas and west Louisiana[J]. *Journal of Biological Chemistry*, 2011, 95(10): 1643-



1666. [64] Raji M, GrÖcke D R, Greenwell H C, et al. The effect of interbedding on shale reservoir properties[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2015, 70:154–169. [65] Davies D K, Bryant W R, Vessell R K, et al. Porosities, Permeabilities, and Microfabrics of Devonian Shales[M]. Springer New York, 1991:109–119. [66] Rokosh D, Pawlowicz J, Anderson S, et al. Shale fabric, mineralogy and effective porosity of the Upper Colorado Group: *Frontiers+Innovation*, 2009 CSPG CSEG CWLS Convention, Calgary, Alberta, Canada, 572–576. [67] Huang H X, Sun W, Ji W M, et al. Impact of laminae on gas storage capacity: A case study in Shanxi Formation, Xiasiwan Area, Ordos Basin, China (Article)[J]. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2018, 60: 92–102 [68] Liu D D, Li Z, Jiang Z X, et al. Impact of laminae on pore structures of lacustrine shales in the southern Songliao Basin, NE China[J]. *Journal of Asian earth sciences*, 2019, 182(Sep. 15):103935.1–103935.14. [69] Liu B, Lü Y F, Meng Y L, et al. Petrologic characteristics and genetic model of lacustrine lamellar fine-grained rock and its significance for shale oil exploration: A case study of Permian Lucaogou Formation in Malang sag, Santanghu Basin, NW China[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2015, 42(5):656–666. [70] Laurent D, Kaenel E D, Spangenberg J E, et al. A sedimentological model of organic-matter preservation and phosphogenesis in the Miocene Monterey Formation at Haskells Beach, Goleta (central California)[J]. *Sedimentary Geology*, 2015, 326:16–32. [71] Bahk J J, Chough S K, Han S J. Origins and paleoceanographic significance of laminated muds from the Ulleung Basin, East Sea (Sea of Japan)[J]. *Marine Geology*, 2000, 162(2):459–477. [72] Barbara G M, Mitchell J G. Formation of 30- to 40-Micrometer-Thick Laminations by High-Speed Marine Bacteria in Microbial Mats[J]. *Appl Environ Microbiol*, 1996, 62(11):3985–3990. [73] Bai C Y, Yu B S, Han S J, et al. Characterization of lithofacies in shale oil reservoirs of a lacustrine basin in eastern China: Implications for oil accumulation(Article)[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2020, 195: 107907 [74] Hao F, Zou H Y, Lu Y C. Mechanisms of shale gas storage: Implications for shale gas exploration in China[J]. *AAPG Bulletin*, 2013, 97(8):1325–1346. [75] Shu Y, Lu Y C, Chen L, et al. Factors influencing shale gas accumulation in the lower Silurian Longmaxi formation between the north and South Jiaoshiba area, Southeast Sichuan Basin, China[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2020, 111:905–917. [76] Liu Z B, Liu G X, Hu Z Q, et al. Lithofacies types and assemblage features of continental shale strata and their implications for shale gas exploration: A case study of the Middle and Lower Jurassic strata in the Sichuan Basin[J]. *Natural Gas Industry B*, 2020, 7(4):358–369. [77] Liu R, Zheng J, Hao F, et al. Variation in pore systems with tectonic stress in the overthrust Wufeng-Longmaxi shale of the southern Sichuan Basin, China(Article)[J]. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2020, 83: 103617. [78] Li Y F, Schiebe J, Fan T L, et al. Pore characterization and shale facies analysis of the Ordovician-Silurian transition of northern Guizhou, South China: The controls of shale facies on pore distribution[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2018, 92:697–718. [79] Loucks R G, Reed R M, Ruppel S C, et al. Morphology, Genesis, and Distribution of Nanometer-Scale Pores in Siliceous Mudstones of the Mississippian Barnett Shale[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2009, 79(12):848–861. [80] Kim J W, Bryant W R, Watkins J S, et al. Electron microscopic observations of shale diagenesis, offshore Louisiana, USA, Gulf of Mexico[J]. *Geo-Marine Letters*, 1998, 18(3):234–240. [81] Retallack G J. Interflag sandstone laminae, a novel sedimentary structure, with implications for Ediacaran paleoenvironments[J]. *Sedimentary Geology*, 2019, 379(JAN.):60–76. [82] Stow D A V, Mayall M. Deep-water sedimentary systems: New models for the 21st century[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2000, 17(2):125–



135. [83] Roban R, Melinte-Dobrinescu M C. Lower Cretaceous lithofacies of the black shales rich Audia Formation, Tarcu Nappe, Eastern Carpathians: Genetic significance and sedimentary palaeoenvironments[J]. *Cretaceous Research*, 2012, 38(none). [84] Leclair S F, Arnott R W. Parallel Lamination Formed by High-Density Turbidity Currents[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2005, 75(1):1-5. [85] Putschew A, BM Scholz-Böttcher, J Rullkötter. Early diagenesis of organic matter and related sulphur incorporation in surface sediments of meromictic Lake Cadagno in the Swiss Alps[J]. *Organic Geochemistry*, 1996, 25(5):379-390. [86] Zhang X, Sha J. Sedimentary laminations in the lacustrine Jianshangou Bed of the Yixian Formation at Sihetun, western Liaoning, China[J]. *Cretaceous Research*, 2012, 36(none):96-105. [87] Bennett R H, Bryant W R, Hulbert M H, et al. Microstructure of Fine-Grained Sediments: From Mud to Shale[J]. Springer-Verlag, 1991, [88] Leithold E L. Preservation of laminated shale in ancient clinofolds; comparison to modern subaqueous deltas[J]. *Geology*, 1993, 21(4):359-362. [89] Kuroda J, Ohkouchi N, Ishii T, et al. Lamina-scale analysis of sedimentary components in Cretaceous black shales by chemical compositional mapping: Implications for paleoenvironmental changes during the Oceanic Anoxic Events[J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta*, 2005, 69(6):1479-1494. [90] Maisano L, Quijada I E, Cuadrado D G, et al. Carbonate laminae recorded in a siliciclastic tidal flat colonized by microbial mats[J]. *Sedimentary Geology*, 2020, 405(27):105702. [91] Zhang M Z, Zhu Y H, Ji L M, et al. Early Cretaceous aquatic algae and algal laminae from the Jiuquan Basin, northwestern China: Evidence of the oil precursors for terrestrial source rocks[J]. *Cretaceous Research*, 2020, 105: 104165 [92] Wu J, Liang C, Yang R C, et al. significance of organic matter-mineral associations in different lithofacies in the Wufeng and longmaxi shale-gas reservoirs in the Sichuan Basin(Article) [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2021, 126: 104866 [93] Wang Z Y, Chen L, Chen D X, et al. Characterization and evaluation of shale lithofacies within the lowermost Longmaxi-Wufeng Formation in the Southeast Sichuan Basin[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2020, 193(1):107353. [94] Wu H Z, Xiong L, Ge Z W, et al. Fine characterization and target window optimization of high-quality shale gas reservoirs in the Weiyuan area, Sichuan Basin[J]. *Natural Gas Industry B*, 2019, 6(5):463-471. [95] Mutterlose J, Pauly S, Steuber T. Temperature controlled deposition of early Cretaceous (Barremian early Aptian) black shales in an epicontinental sea[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 2009, 273(3-4):0-345. [96] Negri A. Possible origin of laminated sediments of the anoxic Bannock Basin (eastern Mediterranean) [J]. *Geo-Marine Letters*, 1996, 16(2):101-107. [97] Liang C, Jiang Z X, Liu K Y, et al. Diagenetic variation at the lamina scale in lacustrine organic-rich shales: Implications for hydrocarbon migration and accumulation[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2018:S0016703718301686. [98] Wang C, Zhang B Q, Hu Q H, et al. Laminae characteristics and influence on shale gas reservoir quality of lower Silurian Longmaxi Formation in the Jiaoshiba area of the Sichuan Basin, China[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2019, 109:839-851.

**关键词** 纹层; 页岩; 非均质性; 页岩气富集; 主控因素



摘要 ID: 3144

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 华南奥陶-志留纪之交富硅质微体化石页岩的沉积环境及其对有机质富集的影响

户瑞宁<sup>1</sup>、谭静强<sup>2</sup>、刘池阳<sup>1</sup>

1. 西北大学
2. 中南大学

奥陶-志留纪之交的五峰组和龙马溪组是我国四川盆地页岩气勘探的主要目标层位。除高有机质丰度外, 硅质微体化石如放射虫和海绵骨针同样广泛分布在该套富有机质页岩中。大量研究表明古海洋的沉积环境对有机质的富集至关重要, 然而鲜有研究报道关于富硅质微体化石页岩的沉积环境特征, 富硅质微体化石页岩沉积时期的古海洋条件是否有利于有机质的富集尚不清楚。基于以上问题, 本研究以华南五峰组-龙马溪组富硅质微体化石页岩为研究对象, 通过主量/微量元素地球化学方法明确了其沉积环境特征, 加强了硅质微生物对有机质富集影响的认识。结果表明: 大多数硅质微体化石是在缺氧还原并伴有硫化氢存在的水体条件下沉积, 水体滞留程度中等偏弱, 同时富硅质微体化石页岩沉积时期的初级生产力水平较高。调研发现硅质微体化石富集的层段常常对应着高有机质丰度和高产气量, 其中有机质的累积和保存受缺氧的底水条件、高的生产力水平和硅质微生物的繁盛等多因素共同控制。

### 参考文献

**关键词** 硅质微体化石; 沉积环境; 有机质富集; 奥陶-志留纪之交



摘要 ID: 3313

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 柴达木盆地涪北地区第四系弱成岩泥岩型储层甲烷气赋存状态及含气性影响因素

苏树特<sup>1</sup>、王亮<sup>1\*</sup>、马俊<sup>2</sup>

1. 成都理工大学能源学院

2. 西南石油大学地球科学与技术学院

柴达木盆地油气勘探由来已久, 目前已经发现了包括以石炭系、侏罗系、第三系及第四系为烃源岩的4套含油气系统(徐凤银等, 2003; 付锁堂等, 2016), 其中, 第四系泥岩通过甲烷菌作用形成的天然气潜力巨大(顾树松等, 1990, 1993; 魏国齐等, 2005)。近年来, 多口井在第四系泥岩层中获得工业气流, 证实其具有良好的勘探开发价值。柴达木盆地第四系生物气储层是国内为数不多的发育在第四系湖相泥岩地层中的油气储层(谢宗奎, 2009; 唐相路等, 2022), 作为新的气藏类型, 柴达木盆地第四系泥岩型生物气储层含气性控制因素及含气性评价标准不明确, 储层关键参数(孔隙度、饱和度)评价困难。为了明确泥岩型储层甲烷气赋存状态及含气性主控因素, 为储层测井精细评价奠定基础, 本文通过选取柴达木盆地第四系泥岩型生物气储层岩心柱塞样开展配套岩石物理实验, 结合测井资料进行分析, 认为: ①柴达木盆地第四系泥岩型生物气储层TOC含量普遍低于0.2%, 有机质含量低, 有机孔不发育, 储集空间以粒间微孔为主(图1), 且岩石内粘土矿物主要是伊利石(图2), 对甲烷气的吸附性较差, 缺乏甲烷吸附的物质基础。②柴达木盆地第四系泥岩型生物气储层含气性受到多种因素的影响: 粒度增加, 岩石内碳酸盐矿物等脆性矿物的含量也会增加(图3), 对储层粒间微孔的保存与储层裂缝的形成有积极作用; 粘土矿物含量增加, 可溶有机碳含量越高(图4), 生烃能力也越强; 粒度也会影响储层有效孔隙度与可动流体孔隙度, 通过变烘干温度核磁共振实验确定了可动流体与束缚流体的界限值T2, 以及粘土束缚水与毛管束缚水的截止值T2C2(图5)。③含气性的差异会体现在阵列感应测井对低阻环带的响应中: 含气饱和度越大, 环带越窄, 与Rt差距越大; 孔隙度越大, 与井壁越近, 环带宽度越小, 与Rt差距越小(图6)。甲烷气在柴达木盆地第四系泥岩型储层中主要以游离气的形式存在, 储层含气性控制因素包括岩石粒度、粘土含量与矿物类型、孔隙结构, 基于储层含气性研究, 建立了包括有机质、粒度、矿物成分、孔隙度、渗透率和饱和度等因素的测井含气性评价方法, 实现了储层含气性测井定量表征。

**参考文献** [1]徐凤银, 彭德华, 侯恩科. 柴达木盆地油气聚集规律及勘探前景[J]. 石油学报, 2003(04): 1-6. [2]付锁堂, 马达德, 陈琰等. 柴达木盆地油气勘探新进展[J]. 石油学报, 2016, 37(S1): 1-10. [3]谢宗奎. 柴达木台南地区第四系细粒沉积岩相与沉积模式研究[J]. 地学前缘, 2009, 16(05): 245-250. [4]唐相路, 姜振学, 邵泽宇等. 第四系泥岩型生物气储层特征及动态成藏过程[J]. 现代地质, 2022, 36(02): 682-694. DOI: 10. 19657/j. geoscience. 1000-8527. 2022. 200. [5]顾树松. 柴达木盆地东部第四系气藏的形成和勘探前景[J]. 天然气工业, 1990(01): 1-6+6. [6]顾树松, 周翥红. 柴达木盆地东部第四系天然气地化特征与分类[J]. 天然气工业, 1993(02): 1-6+6. [7]魏国齐, 刘德来, 张英, 李本亮, 胡国艺, 李剑. 柴达木盆地第四系生物气形成机理、分布规律与勘探前景[J]. 石油勘探与开发, 2005(04): 84-89. [8]CHALMERS R L, BUSTIN R M. The organic matter distribution and methane capacity of the lower Cretaceous strata of northeastern British Columbia[J], International Journal of Coal Geology, 2007, 70(1/3): 223-239 [9]Curtis J B. Fractured shale gas systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86(11): 1921-1938

**关键词** 柴达木盆地; 第四系; 泥岩型储层; 含气性; 测井



摘要 ID: 3384

主题分类: 非常规油气沉积学=》沉积有机质富集机理

最终交流类型: 口头报告

## 全球性/区域性变暖条件下有机质富集机理: 来自羌塘盆地 Barremian 晚期钙质页岩的启示

聂应<sup>1,2,3</sup>、付修根<sup>\*1,2,3</sup>

1. 西南石油大学地球科学与技术学院
2. 西南石油大学羌塘盆地研究院
3. 油气藏地质与开发工程国家重点实验室 (西南石油大学)

早白垩世 Barremian 晚期是一个全球性/区域性变暖期。解译该时期有机质富集机理有助于阐明全球性/区域性变暖背景下的有机质富集机理。本文利用羌塘盆地晚 Barremian 晚期泥灰岩和钙质页岩高分辨率的地球化学数据揭示了古气候和热液活动对有机质富集的影响, 并进一步探讨了变暖气候条件下有机质富集机理。我们的研究表明: 羌塘盆地 Barremian 晚期钙质页岩具有高的总有机碳含量, 这些钙质页岩沉积于缺氧-硫化, 高生物生产力和相对稳定的高盐度水体中。在钙质页岩沉积时期具有强烈的热液活动。热液流体一方面释放还原性气体增加了水体的还原性, 另一方面提供了丰富的营养元素增加了生物生产力, 从而有利于有机质的保存和积累。在钙质页岩开始沉积时, 气候发生了由冷干到暖湿的变化。羌塘盆地 Barremian 晚期记录的变暖气候揭示了这至少是一次区域性变暖事件。羌塘盆地 Barremian 晚期钙质页岩有机质富集机理是区域因素 (变暖气候) 和局域因素 (热液活动) 共同作用的结果。气候变暖条件下加速的水文循环促进了河流携带的营养物质输入, 从而有利于生物生产力的提高。局域性因素 (如热液活动和水体分层) 也有助于变暖背景下有机质的保存和积累。

### 参考文献

**关键词** 全球变暖事件; 羌塘盆地; Barremian 晚期; 热液活动; 有机质富集





# 非常规油气沉积学

## 海陆过渡相沉积与非常规油气富集



摘要 ID:509

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 贵州省复杂地质背景下煤层气差异性地质特征与勘探开发策略

韩思杰<sup>1</sup>、桑树勋\*<sup>1</sup>、赵福平<sup>2</sup>、吴章利<sup>2</sup>、周培明<sup>2</sup>、赵伟光<sup>1</sup>、张金超<sup>1</sup>、向文鑫<sup>1</sup>

1. 中国矿业大学

2. 贵州省油气勘查开发工程研究院

贵州省煤层气具有“一弱，两多，三高，四大”的典型特征，但同时存在构造条件复杂、煤层气地质特征差异性大、构造煤普遍发育、富集高产的地质要素配置认识不清等不利因素，制约了贵州省煤层气增储上产和规模化开发。贵州省龙潭煤系形成于海陆过渡相沉积体系，但六盘水与黔北地区煤层发育特征差异显著。本次研究以大河边向斜区块和大方背斜南段区块为例，系统研究和对比了两区块煤层赋存特征、煤岩煤质特征、含气特征和储层物性特征。大河边向斜区块含煤27-39层，煤层厚度2.51-41.1m，平均19.08m，以半暗型及半亮-半暗型煤为主，镜质组反射率0.73-1.71%，惰质组含量12.5-19.6%，含气量为8.39-14.92m<sup>3</sup>/t，渗透率0.022-0.037mD；大方背斜南段区块含煤30-66层，煤层厚度30m-47m，平均为35m，以亮煤为主，镜质组反射率2.94%-3.42%，惰质组含量21.02-30.2%，含气量17.84-23.75 m<sup>3</sup>/t，渗透率0.02-0.64mD。龙潭煤系形成与改造的沉积-构造背景是造成贵州省煤层气差异性地质特征的根本原因。大方背斜南段区块多以潮控三角洲为主，发育潮坪沉积，受海水作用强烈，而大河边向斜区块以河控三角洲为主，并伴有陆相沉积；燕山期以来黔北地区煤层遭受高温热异常演化，发育无烟煤，六盘水煤田整体属于正常地温梯度，煤级受埋深控制，发育气煤至焦瘦煤；煤层含气性具明显的向斜控气特征，埋深对煤层含气性和渗透性的影响显著，构造煤发育层段表现出高含气饱和度和特低渗透率的特征。勘探开发实践表明，贵州省煤层气富集高产是构造-埋深-煤体结构耦合控制的结果，富气向斜翼部且埋深较浅的煤矿区内(<500m)，原生结构煤为主的含煤段是开展贵州省煤层气开发的有利部位。针对贵州省煤层气低效开发的瓶颈，本次研究提出了分类评价-递阶优选-层次分析的选区选层评价方法，煤矿区井上-井下瓦斯抽采一体化开发模式和构造煤卸压的多层合采煤层气开发工艺等方法与技术，以期为贵州省煤层气高效勘探开发提供新的思路。

### 参考文献

**关键词** 煤层气；差异性地质特征；变质程度；复杂地质条件；沉积-构造背景



摘要 ID: 2439

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地中北部大安寨组岩相与构造特征及页岩油气勘探前景分析

孙玮\*<sup>1</sup>、韩克猷<sup>2</sup>

1. 成都理工大学

2. 中石油四川石油管理局勘探开发研究院

四川盆地大安寨石油勘探始于1956年蓬基井钻探,目前在川中地区已有十多个油气构造。目前随着油气勘探技术的进步,加之页岩油气理论的出现,对于大安寨组原来所认识的致密性储层甚至烃源岩页岩内寻找油气都成为可能。

四川盆地早侏罗世至中侏罗世早期是四川湖盆沉积范围最大的时期,湖相沉积发育,河流相碎屑岩主要出现在盆地周缘的山前。早侏罗世湖盆向东经湖北秭归、荆州、当阳等地与赣湘粤海湾相遍,向东北扩展到陕南西乡甚至安康等地。早侏罗世沉积物仍以暗色为主,但趋于向湿热型转变。早侏罗世早期,盆地北缘沉积了以冲积扇为特征的白田坝组底部砾岩,从什邡、江油、广元、南江、万源经云阳向东可一直延续到湖北香溪等地,并以舌形伸入四川盆地中心通江等地。盆地内部自流井组东岳庙段和大安寨段是两个主要的湖侵沉积期,属典型的大型陆相淡水湖泊沉积,发育区域上分布稳定的浅—半深湖相泥页岩和淡水灰岩。目前勘探主要分布在III区半深水湖区,目前油田大多数分布在该相区。

晚白垩世开始隆升,但川中及北部地区该层的构造格局未发生大的变化,基本上继承了隆升前的构造格局,仅是局部构造发生了一些调整,因此,油气破坏作用不强。

通过与下古生界两套重要的黑色页岩及Barnett组页岩比较可以发现(表1),整体上要逊于下古生界及北美页岩,但也该套页岩达到了成熟-过成熟,有效厚度较厚,特别是埋深浅。四川盆地中北部可供勘探开发的面积广大,以中浅湖至深湖分布区算可达 $6 \times 10^4 \text{km}^2$ ,这是下古生界黑色页岩所不能比拟的。此大安寨组不仅仅勘探页岩气,也要兼顾页岩油的勘探。

四川盆地自流井组东岳庙段和大安寨段是两个主要的湖侵沉积期,属典型的大型陆相淡水湖泊沉积,发育区域上分布稳定的浅—半深湖相泥页岩和淡水灰岩。大安寨组可以分为五个相带,大致从西向东为滨湖砂泥岩相区、浅水湖相、半深水湖相、深水湖相和深水湖相;四川盆地侏罗系底面构造具有一定的继承性,主要是西高东低的构造格局,川中位于构造的枢纽带,从构造上来讲位于斜坡带。从坳陷至斜坡带紧临或就在烃源区,是油气运移的必经之道,有“近水楼台”的优势;四川盆地东北部大安寨组黑色页岩平均厚达45m, Ro%为1.29-1.66, TOC%平均1.19,埋深一般1200-2500m,较深处位于盆地的北部,因此具有非常良好的页岩油气的勘探前景。

### 参考文献

关键词 大安寨;页岩油;四川盆地



摘要 ID:685

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地西南部太原组铝土岩天然气 成藏特征及勘探潜力

井向辉<sup>\*1</sup>、张雷<sup>1,2</sup>、张才利<sup>1,2</sup>、刘蝶<sup>1,2</sup>、王红伟<sup>1,2</sup>、杜广宏<sup>1,2</sup>、李涵<sup>1,2</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院

2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

鄂尔多斯盆地西南部在太原组底部发育铝土岩, 近期在天然气勘探中该铝土岩气藏率获突破, 多口井突破工业气流取得高产。改变了以往认为其只是下古生界风化壳的盖层的传统地质认识。证实铝土岩型气藏的勘探前景, 发现了新的气藏类型。为了进一步评价铝土岩气藏的勘探潜力, 寻求规模资源发现, 系统的开展了铝土岩气藏含气性、储积性及天然气成藏特征研究。在对区域地质背景分析的前提下, 结合前期对西南部风化壳气藏的认识, 并利用钻井、测井、地震和分析测试资料, 对盆地西南部铝土岩气藏进行成藏地质特征研究, 并取得以下几点认识: ①盆地西南部铝土岩属于沉积型(风化-改造-搬运-再沉积)铝土岩, 平面上分布连片, 规模较大; ②该区铝土岩系由铝土岩、砂岩、凝灰岩薄层互层构成, 纵向上变化大。③铝土岩的天然气来源于石炭-二叠系煤成气、下古生界碳酸岩盐自生气成的混源气④受风化-改造-搬运-再沉积的控制, 储集空间主要为粒内溶孔、基质溶孔、残余格架孔和微裂缝。另低钾铝土岩段与再沉积有关, 发育高孔高渗性储层; ⑤铝土岩与二叠系煤系烃源岩直接接触, 形成良好源储配置, 保证了充足的气源供给。盆地西南部铝土岩新类型气藏的突破, 展示了铝土岩具备规模储量发现的潜力及广阔的勘探前景, 对盆地西南部的油气勘探具有重要的指导意义, 拓展了鄂尔多斯盆地天然气勘探领域, 同时也可为鄂尔多斯盆地及周缘新层系的油气调查提供借鉴。

**参考文献** [1] 孟卫工, 李晓光, 吴炳伟等. 鄂尔多斯盆地宁古3井太原组含铝岩系天然气成藏特征及地质意义 [J] 中国石油勘探, 2021.05 [2] 刘文辉, 潘和平, 李健伟等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田铝土岩泥岩储层的测井评价 [J] 天然气工业, 2015.05 [3] 袁珍, 武富礼, 封蓉等. 鄂尔多斯延长气田铝土岩分布规律及其地质意义 [J] 西安科技大学学报, 2016.06 [3] 马红义. 河南省禹州方山矿区高钾铝土矿的地质特征 [J] 地质找矿论丛 2013.03

**关键词** 鄂尔多斯盆地 铝土岩 风化壳



摘要 ID:856

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地东缘二叠系山西组优质页岩岩相类型及其储层特征

封从军\*<sup>1</sup>、王以城<sup>1</sup>、彭思钟<sup>1</sup>、孙萌思<sup>2</sup>

1. 西北大学

2. 延安大学

我国海陆过渡相页岩气资源丰富,有望成为页岩气增储的未来领域。目前海陆过渡相页岩气的勘探开发正处于起步阶段,而开展页岩岩相划分及储层特征的研究是页岩气勘探开发的基础性工作。通过薄片鉴定、X-全岩衍射、扫描电镜等一系列方法对研究区海陆过渡相页岩进行精细研究,结合矿物成分、TOC含量建立了一套海陆过渡相页岩岩相的分类方案并将山23亚段页岩划分为8种不同的岩相类型,其中主要发育富有机质黏土质硅质页岩(I 2)、富有机质含钙黏土质硅质页岩(I 3)、富有机质含钙硅质黏土页岩(II 3)、富有机质含钙含硅黏土页岩(II 4)4种岩相。不同岩相类型的页岩储层品质具有较大差异,富有机质含钙硅质黏土页岩(II 3)TOC含量最高,具有最佳的生烃潜力,孔隙之间连通性较好且孔比表面积较大,吸附气含量也相应较高,发育有良好的纹层状构造,易于压裂形成渗流通道,为最优页岩相;富有机质黏土质硅质页岩(I 2)发育层状构造,易于压裂,孔体积最大且游离气的聚集含量高,为次优页岩相;富有机质含钙黏土质硅质页岩(I 3)及富有机质含钙含硅黏土页岩(II 4)具块状特征,纹层发育情况较差,孔体积和比表面积较其它岩相发育较差,见单一粒间孔,有机质孔少见,为较差页岩相。

参考文献 无

关键词 海陆过渡相;页岩气;岩相类型;硅质页岩;黏土页岩



摘要 ID:1024

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地陇东太原组铝土岩储层初认识

石小虎<sup>1,2</sup>、张雷<sup>1,2</sup>、杨伟伟<sup>1,2</sup>、解丽琴<sup>1,2</sup>、王慧玲<sup>1,2</sup>、王素荣<sup>1,2</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院

2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

鄂尔多斯盆地陇东地区太原组底部发育一套铝土岩, 经过多年的勘探有 40 余口井钻遇铝土岩层, 其中 20 余口井含气显示明显, 7 口井试气产量大于 1 万方/日, 初步落实勘探面积约 14000Km<sup>2</sup>, 资源潜力 5000 亿方, 勘探前景巨大。2021 年长庆油田加强陇东地区新领域勘探力度, 在一口井的太原组铝土岩试气获得 67 万方/日的无阻流量, 实现的铝土岩勘探质的飞跃, 也开辟了新的勘探领域。

通过野外地质探勘、岩心观察及测井解释, 明确了陇东地区太原组铝土岩属于沉积型铝土岩, 形成与盆地边缘的滨海环境, 沿着古陆周边的拗陷内分布, 位于下古生界碳酸盐岩古风化剥蚀面至上, 中上石炭统海侵岩系下部。通过薄片鉴定、X 衍射全岩及扫描电镜资料的分析, 铝土岩的组成矿物以一水硬铝石为主, 含量超过 80%, 高岭石、伊利石等粘土矿物约 5%, 偶见菱铁矿、黄铁矿、锐钛矿等。矿物晶体细小, 以隐晶、微晶及隐晶质团块为主。薄片观察下岩石由大小不等的豆粒、鲕粒组成, 成分为隐晶-微晶-一水硬铝石, 颗粒具有定向性排列, 具有层状结构, 局部颗粒见沿层面压扁拉长的特征。储集空间是豆粒、鲕粒团块发生溶蚀形成粒内溶蚀孔, 孔径为 100~200 μm, 面孔率 1.5%; 溶蚀孔隙中析出的高岭石及针状一水硬铝石晶体分割孔隙形成晶间微孔, 孔径细小。属于铝土质矿物在高温高压下溶于酸性物质, 形成的溶蚀孔隙。储层物性孔隙度 5%~25%, 平均为 19%, 渗透率 0.5mD~36.6mD, 平均为 3.5mD, 储集空间好。通过铝土岩储层研究将对陇东地区的新类型气藏勘探起到指导意义。

**参考文献** [1] 高兰, 王登红, 熊晓云等. 中国铝土矿资源特征及潜力分析[J]. 中国地质, 2015, 42(4):853-863. [2] 孙凤余. 华北陆块东南部本溪组物源及铝的富集作用研究[D]. 河南理工大学, 2019. [3] 曹高社, 杜新. 华北陆块本溪组含铝岩系形成机理[M]. 科学出版社, 2020. [4] 孟卫工, 李晓光, 吴炳伟, 宫振超, 董德胜, 刘媛媛, 戚秀明. 鄂尔多斯盆地宁古 3 井太原组含铝岩系天然气成藏特征及地质意义[J]. 中国石油勘探, 2021, v. 26;No. 134(03):79-87.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 陇东; 太原组; 铝土岩; 新领域



摘要 ID:1549

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 陆相遗迹相与湖相遗迹化石组合

胡斌\*、宋慧波、王长征  
河南理工大学资源环境学院

陆相沉积中的遗迹化石研究随着近代沉积学的深入发展已逐渐受到广泛关注。因为遗迹化石是沉积物乃至沉积岩中重要的生物成因沉积构造记录,它不仅能为古环境和古地理的恢复提供准确、可靠的指相标志,而且还能为各种生物成因的岩性储层物性分析提供理论和方法指导。尤其是我国发育较多的陆相沉积盆地,其中发现的油气储层越来越多,更突显古地理、古环境和生物成因储层物性分析的重要性。目前,国际上常用的陆相遗迹相模式主要有五种,包括(1)

*Termitichnus* (白蚁巢迹) 遗迹相,产自冲积平原或泛滥平原温暖潮湿古土壤沉积中;(2)

*Coprinisphaera* (金龟子虫穴迹) 遗迹相,多见于干热的陆地环境,如热带稀树草原、青草地、大草原和干草原上经常裸露的干土壤环境;(3) *Scoyenia* (斯柯茵迹) 遗迹相,常见于低能的极浅水湖泊和缓流河的滨岸带,发育在周期性暴露地表和被水淹没的低能沉积环境;(4) *Mermia* (默米亚迹) 遗迹相,出现在无粘性的细粒沉积物底层,充氧、低能、永久非海相水下环境;(5)

*Skolithos* (石针迹) 遗迹相,主要产生于河漫滩、心滩、边滩、决口扇、滨湖和滨岸沙坝沉积环境。

基于对我国济阳拗陷、东濮凹陷和辽河盆地古近系以及豫西和鄂尔多斯中生代盆地湖泊沉积中的遗迹化石研究,已总结出以下六种不同环境带的遗迹化石组合:(1) *Scoyenia*-*Skolithos* 遗迹组合,常出现在遭受周期性暴露(有时为干旱或半干旱)的极浅水湖滨和湖泊三角洲平原分流间湾等砂质沉积环境;(2) *Palaeophycus*-*Arenicolites* 遗迹组合,常见于在极浅水湖、浅湖上部和湖泊三角洲平原至前缘沉积环境;(3) *Planolites*-*Teichichnus* 遗迹组合,主要出现于中等能量与低能水体交替变化的、供氧条件较差的浅湖较深部位或半封闭的湖湾以及三角洲前缘远端沉积环境;(4) *Vagorichnus*-*Helminthopsis* 遗迹组合,大量产生于半深湖-深湖的浊流沉积环境;(5) *Mermoides*-*Neonereites* 遗迹组合,主要出现在水体较平静的半深湖或较深湖沉积环境;(6) *Semirobundichnus*-*Chondrites* 遗迹组合,产生于深水湖沉积环境。

### 参考文献

**关键词** 遗迹化石; 遗迹组合; 遗迹相; 湖相; 陆相



摘要 ID: 2019

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 华北海陆过渡相泥岩可溶有机质组成特征及其地质学意义

张小东\*、陈凤杰  
河南理工大学

可溶有机质作为页岩有机质的一部分, 其组成对于页岩生烃机理和油气赋存机制研究具有重要意义。为了解华北地区海陆过渡相泥岩中可溶有机质的化学组成特征及其地质学意义, 采用不同极性溶剂对华北太原组-山西组泥岩进行了索氏抽提, 通过气相色谱/质谱联用仪 (GC/MS) 对抽提物的化合物组成进行了测定。结果表明, 华北太原组-山西组海陆过渡相泥岩的溶剂抽提率较低, 介于 0.02%~0.23%, 太原组略高于山西组, 但均低于华南龙马溪组海相页岩溶剂抽提率

(0.02%~0.73%); 不同溶剂间甲醇抽提率最高, 氯仿和丙酮其次, 正己烷抽提率最低; 泥岩可溶有机质由少量的脂肪烃和大量的含杂原子化合物组成, 脂肪烃主要为烷烃及脂环烃, 杂原子化合物中酯类最多, 其次为醇类和卤代烃; 正己烷、丙酮、甲醇溶剂对含氧小分子化合物溶出较好, 氯仿溶剂对卤代烃和含氧小分子化合物溶出均较好; 与华南龙马溪组海相页岩相比, 二者可溶有机质组成面貌较为相似, 差异主要表现为华南龙马溪组页岩脂肪烃和卤代烃含量稍高, 华北太原组-山西组泥岩中醇类含量较高, 可能是沉积环境及有机质来源不同的结果; 自浅海相→过渡相 (向海) →过渡相 (向陆), 泥页岩中脂肪烃和卤代烃总含量逐渐减少, 醇类含量逐渐增加。研究认为, 泥岩中醇类含量、脂肪烃和卤代烃含量在一定程度上可以指示沉积环境受古海洋影响的强烈程度, 可作为页岩气藏储层沉积相划分的参考或依据。

### 参考文献

**关键词** 海陆过渡相; 泥岩; 溶剂抽提; 可溶有机质; 化学组成





摘要 ID:524

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 华北晚石炭世海陆过渡相有机质(煤)沉积学特征及其与高纬度冰川旋回的联系

鲁静\*<sup>1</sup>、王野<sup>1</sup>、杨敏芳<sup>2</sup>、边晓<sup>1</sup>、邵龙义<sup>1</sup>

1. 中国矿业大学(北京)

2. 中国石油勘探开发研究院

石炭-二叠纪(约 360-260 Ma)的晚古生代冰期(LPIA)是地球上唯一记录的由冰室期到温室期的过渡时期。本文研究了鄂尔多斯盆地保德扒楼沟剖面宾夕法尼亚期的沉积物特征与冰期-间冰期气候旋回的关系。3个沉凝灰岩锆石放射性年龄(315.4-299.3Ma)与生物地层的结合确立了目标地层高分辨率地层格架,将本溪组限定为石炭系的晚 Bashkirian-晚 Moscovian 阶,太原组为石炭系晚 Moscovian 阶-二叠纪的 Sakmarian 阶。我们发现本溪组底部 Bashkirian 晚期沉积的紫红色 G 层铝土质泥岩可能是炎热干旱气候下形成的,这与 C4 冰期前的间冰期温暖的气候的一致。本溪组中下部-顶部中 Moscovian 期的主要沉积物为煤层,根土岩,黑色页岩和透镜状细砂岩,识别出 2 个海泛面,说明海平面波动不频繁,这与 C4 冰期导致的寒冷气候有关。太原组下部-中部(Moscovian 晚期-Gzhelian 期)的主要沉积物为多层黑色页岩和煤层的旋回并识别出 8 个海泛面,在太原组中部毛儿沟灰岩的出现,说明了该时期经历了多个海侵-海退的旋回,说明该时期海平面波动较频繁,可能是气候变暖导致的海平面的剧烈波动,对应于 C4 冰期后的间冰期。太原组中部(C-P 界线)#8/9 煤层的出现,说明海平面下降,气候变冷,对应于二叠系 P1 冰期的开始。我们的研究表明,高纬度冰期-间冰期的旋回的气候变化与低纬度地区沉积物反应出的海平面波动有着良好的对应关系,并且广泛发育在华北 C-P 界限的#8/9 号煤层是在 P1 冰期下形成的。

**参考文献**

**关键词** 宾夕法尼亚期;冰室期;U-Pb 锆石定年;古气候;有机碳同位素组成



摘要 ID: 3356

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 川南二叠系龙潭组海陆过渡相页岩储层沉积学与地球化学特征

籍宇\*<sup>1,2</sup>、蒋裕强<sup>1,2</sup>、李建林<sup>3</sup>、隆辉<sup>3</sup>、高瑞琪<sup>3</sup>、王占磊<sup>1,2</sup>、钱计安<sup>1,2</sup>

1. 西南石油大学

2. 中国石油非常规重点实验室储层评价实验室

3. 中国石油天然气股份有限公司西南油气田分公司蜀南气矿

**摘要:** 川南地区二叠系龙潭组属于海陆过渡相地层, 页岩气勘探前景广阔。通过野外剖面观察、岩心描述以及室内显微薄片观察, 结合全岩衍射、特征微量元素测试等方法, 揭示了沉积环境、古气候、古盐度和古氧化还原条件。结果表明, 川南龙潭组沉积以滨岸相为主, 沉积早期海平面较低, 主要处于贫氧环境, 其 Sr/Ba 平均为 3.25, U/Th 平均为 0.99, V/(V+Ni) 平均为 0.69, 古生产力较低, 陆源输入大, 龙潭组沉积早期处于暖湿型气候, 有利于陆源高等植物生长和母岩风化, 向水体输入的营养物质增多有机碳含量较高, 受陆源输入强度和古生产力影响, 有机碳含量较高; 沉积晚期海平面持续上升, 主要处于缺氧环境, 其 Sr/Ba 平均为 2.47, U/Th 平均为 1.36, V/(V+Ni) 平均为 0.71, 龙潭组沉积晚期处于热湿型气候, 古生产力较低, 陆源输入低, 龙潭组沉积晚期仅受古生产力影响, 陆源碎屑输入减少, 有机质来源于深水营养物质。

**参考文献** 郭旭升, 胡东风, 刘若冰等. 四川盆地二叠系海陆过渡相页岩气地质条件及勘探潜力[J]. 天然气工业, 2018, 38(10):11-18. 曹清古, 刘光祥, 张长江等. 四川盆地晚二叠世龙潭期沉积环境及其源控作用分析[J]. 石油实验地质, 2013, 35(1):36-41. 肖威, 张兵, 姚永君, 王艳, 杨洪宇, 杨凯. 川东二叠系龙潭组页岩岩相特征与沉积环境[J]. 岩性油气藏, 2022, 34(02):152-162. 孙越, 蒋裕强, 熊先钱, 李星涛, 李树新, 邱振, 孙雄伟. 鄂尔多斯盆地东缘大宁-吉县地区山西组山<sub>2</sub>~<sub>3</sub>亚段海陆过渡相页岩岩相与沉积环境变化[J]. 煤田地质与勘探, 2022, 50(09):104-114. 曹涛涛, 邓模, 肖娟宜, 刘虎, 潘安阳, 曹清古. 海陆过渡相页岩储层特征及含气赋存机理——基于与海相页岩储层对比的认识[J]. 天然气地球科学, 2023, 34(01):122-139. 陈鑫, 吴鹏, 高计县, 胡维强, 丁万贵, 李洋冰, 柳雪青, 马立涛, 刘成, 孔为, 曹地, 陈建奇, 李勇. 临兴地区海陆过渡相页岩及页岩气地球化学特征[J]. 煤田地质与勘探, 2021, 49(06):12-23. 叶辉, 牟蜚声, 张洋洋, 尹相东. 鄂尔多斯盆地东缘 S 区海陆过渡相页岩古环境研究[J]. 化工设计通讯, 2021, 47(10):26-27. 彭思钟, 刘德勋, 张磊夫, 邱振, 王以城, 封从军, 孙萌思. 鄂尔多斯盆地东缘大宁—吉县地区山西组页岩岩相与沉积相特征[J]. 沉积学报, 2022, 40(01):47-59. 董大忠, 邱振, 张磊夫, 李树新, 张琴, 李星涛, 张素荣, 刘翰林, 王玉满. 海陆过渡相页岩气层系沉积研究进展与页岩气新发现[J]. 沉积学报, 2021, 39(01):29-45. 丁江辉, 张金川, 石刚, 申宝剑, 唐玄, 杨振恒, 李兴起, 李楚雄. 宣城地区龙潭组页岩沉积环境与有机质富集[J]. 沉积学报, 2021, 39(02):324-340. Peng Y & Pan J & S, An X & F. A preliminary study on the geological conditions and indexes for the accumulation of shale gas in the marine-continental transitional facies sediments in the South North China Basin[J]. Frontiers in Earth Science, 2022. Zhao W & B, & Wen Z & G, Zhang H, et al.. Integrated Assessment of Marine-Continental Transitional Facies Shale Gas of the Carboniferous Benxi Formation in the Eastern Ordos Basin[J]. Energies, 2021, 14(24). Wang G & C, Sun M & Z, Yi Z & W, et al.. Geochemical and Petrographic Characterization of Marine-Continental Transitional Facies Shale (Qilian Basin, China): Origin of Organic Matter Input, Depositional Environments and Hydrocarbon Generation Potential [J]. Frontiers in Earth Science, 2021. Fan Q & Z, Cheng P, Tian H, et al.. Distribution and occurrence of pore water and retained oil in nanopores of marine-terrestrial transitional shales during oil generation and expulsion: Implications from a thermal simulation experiment on shale plug samples[J]. Marine and Petroleum Geology, 2023, 150. Lu C & G, Xiao X & M, Gai H & F, et al.. Nanopore structure characteristics



and evolution of type III kerogen in marine-continental transitional shales from the Qinshui basin, northern China[J]. *Geoenery Science and Engineering*, 2023, 221. Zhang Y, Liao Z&nbsp;W, Wu Z&nbsp;G, et al.. Climate change controls on extreme organic matter enrichment in Late Permian marine-terrestrial transitional shales in Guizhou, south China[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2022, 218. Wang T, Tian F&nbsp;H, Deng Z, et al.. The Pore Structure of Marine to Continental Transitional Shales in the Permian Shanxi Formation on the East Margin of the Ordos Basin, China[J]. *Geofluids*, 2022, 2022. Wu J, Zhang X&nbsp;W, Xu H, et al.. Process and Controlling Factors of Pore Evolution in Marine-Continental Transitional Black Shale—An Example From Permian Shanxi Formation in the Eastern Margin of Ordos Basin[J]. *Frontiers in Earth Science*, 2022. Yin X&nbsp;D, Jiang S, Ma L T, et al..&nbsp;Paleoenvironment of the Upper Paleozoic marine-continental transitional shales and its implications for organic matter enrichment in the L-Block, eastern Ordos Basin, North China[J]. *Petroleum Science and Technology*, 2022, 40(5).

**关键词** 海陆过渡相页岩；地球化学指标；二叠系；龙潭组；川南



摘要 ID: 3365

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地南部龙潭组海陆过渡相沉积特征及演化

钱计安\*

西南石油大学

川南晚二叠世聚煤盆地位于扬子板块西部,为海陆过渡相沉积,从南西往北东依次发育河流相、滨岸相和碳酸盐台地相。本次研究以层序地层学理论为指导,将川南地区二叠系龙潭组地层划分为5个亚段,对龙潭组沉积相发育及沉积演化特征进行深入探讨。研究表明,龙潭组早期(L1-L3),盆地整体沉降加剧,海平面上升明显,聚煤盆地不断扩大,大量碎屑物质进入聚煤盆地形成面积广泛的冲积平原,形成河流相沉积,同时海侵逐渐超覆到冲积平原之上,形成早期滨岸沉积。龙潭晚期(L4-L5),盆地沉降速度减慢,海平面升降没有发生明显改变,聚煤盆地变化不大,粗粒的沉积物退缩,较细粒的碎屑物质补偿过剩,向浅海方向填积,平原化程度增高,聚煤区呈现出向西和向东明显的双向扩展,沼泽化向陆和向海双向扩大,造成沉积补偿性海退,形成同时又台地相沉积。

**参考文献** 赵东娜,朱筱敏,林金成,董艳蕾,杨朝强,王庆帅.南海琼东南盆地崖13-1气田古近系陵水组海陆过渡带沉积特征及演化[J].古地理学报,2014,16(03):385-400.刘顺喜.海陆过渡相泥页岩储层特征及其沉积控制机理[D].中国矿业大学,2018.董大忠,邱振,张磊夫,李树新,张琴,李星涛,张素荣,刘翰林,王玉满.海陆过渡相页岩气层系沉积研究进展与页岩气新发现[J].沉积学报,2021,39(01):29-45.王振升,汤戈,苏俊青,胡俊刚,周育文,王冠群.尼日尔Moul凹陷白垩系Yogou组海陆过渡相沉积与成藏条件[J].天然气地球科学,2016,27(07):1153-1163.孙越,蒋裕强,熊先铖,李星涛,李树新,邱振,孙雄伟.鄂尔多斯盆地东缘大宁-吉县地区山西组山<sub>2</sub>~<sub>3</sub>亚段海陆过渡相页岩岩相与沉积环境变化[J].煤田地质与勘探,2022,50(09):104-114.彭思钟,刘德勋,张磊夫,邱振,王以城,封从军,孙萌思.鄂尔多斯盆地东缘大宁-吉县地区山西组页岩岩相与沉积相特征[J].沉积学报,2022,40(01):47-59.董大忠,邱振,张磊夫,李树新,张琴,李星涛,张素荣,刘翰林,王玉满.海陆过渡相页岩气层系沉积研究进展与页岩气新发现[J].沉积学报,2021,39(01):29-45.李智高,龚建明,操应长,王蛟,王伟超,李刚.东海南部及邻区海陆中生代沉积特征对比[J].海洋地质与第四纪地质,2015,35(01):29-35.曹涛涛,邓模,肖娟宜,刘虎,潘安阳,曹清古.海陆过渡相页岩储层特征及含气赋存机理——基于与海相页岩储层对比的认识[J].天然气地球科学,2023,34(01):122-139.陈倩倩.南华北盆地海陆过渡相页岩特征及勘探层位优选——以通许地区上古生界为例[J].油气藏评价与开发,2022,12(04):690-697. DOI:10.13809/j.cnki.cn32-1825/te.2022.04.018. Fan Q&nbsp;Z, Cheng P, Tian H, et al.. Distribution and occurrence of pore water and retained oil in nanopores of marine-terrestrial transitional shales during oil generation and expulsion: Implications from a thermal simulation experiment on shale plug samples[J]. Marine and Petroleum Geology, 2023, 150. Peng Y&nbsp;C, Pan J&nbsp;S, An X&nbsp;F. A preliminary study on the geological conditions and indexes for the accumulation of shale gas in the marine-continental transitional facies sediments in the South North China Basin[J]. Frontiers in Earth Science, 2022. Wang T&nbsp;S, Tian F&nbsp;H, Deng Z, et al.. The Pore Structure of Marine to Continental Transitional Shales in the Permian Shanxi Formation on the East Margin of the Ordos Basin, China[J]. Geofluids, 2022, 2022. Shan C&nbsp;G, Ye C&nbsp;C, Zhang Z, et al.. Reservoir Characteristics and Resource Potential Analysis of Transitional Shale Gas in Southern Sichuan Basin[J]. Frontiers in Earth Science, 2022. Wu J, Zhang X&nbsp;W, Xu H, et al.. Process and Controlling Factors of Pore Evolution in Marine-Continental Transitional Black Shale—An Example From Permian Shanxi Formation in the Eastern Margin of Ordos Basin[J]. Frontiers in Earth Science, 2022. Zhang B&nbsp;X, Li W&nbsp;Z, Yang Y&nbsp;M, et al.. Characteristic and mechanism of marine-continental transitional shale hydration: a case study on disaggregated shale in Guizhou Province, South China[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2022, 15(6). Wang



Zhang L, Guo B, Zeng X, Jiang C, et al.. Nanoscale Pore Characteristics of the Lower Permian Shanxi Formation Transitional Facies Shale, Eastern Ordos Basin, North China [J]. *Frontiers in Earth Science*, 2022. Zeng X, Wang W, Cao Q, et al.. Evaluation of the Accumulation Conditions and Favorable Areas of Shale Gas in the Upper Palaeozoic Marine-Continental Transitional Facies in the Daning-Jixian Area, Ordos Basin[J]. *Geofluids*, 2022, 2022. Zhao W, Wen Z, Zhang H, et al.. Integrated Assessment of Marine-Continental Transitional Facies Shale Gas of the Carboniferous Benxi Formation in the Eastern Ordos Basin[J]. *Energies*, 2021, 14(24).

**关键词** 海陆过渡相页岩；沉积相；沉积演化；二叠系；龙潭组



摘要 ID: 2988

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 煤化过程中煤岩孔隙结构与甲烷吸附行为的演化特征及其意义 ——以贵州中高阶煤为例

徐昂<sup>1,2</sup>、桑树勋<sup>\*1,2,4</sup>、韩思杰<sup>1,2,4</sup>、郭志军<sup>3,5</sup>、周培明<sup>3,6</sup>、周效志<sup>1</sup>、张金超<sup>1,2</sup>

1. 中国矿业大学资源与地球科学学院
2. 中国矿业大学碳中和研究院
3. 自然资源部复杂构造区非常规天然气评价与开发重点实验室
4. 中国矿业大学江苏省煤基温室气体减排与资源化利用重点实验室
5. 自然资源部复杂构造区非常规天然气评价与开发重点实验室
6. 贵州省油气勘查开发工程研究院

深化认识不同煤阶煤孔隙结构发育特征与吸附甲烷行为的演化规律,对揭示煤储层储气和产气机理具有重要意义,贵州中高阶煤储层煤层气富集程度差异显著,本次研究工作有助于推动贵州上二叠统龙潭组煤层气高效开发。研究选取黔西北龙潭组不同变质程度的16件代表性煤样,开展了煤岩孔隙结构多尺度联合表征,同时计算获取了煤样甲烷吸附相平均分子层数。研究表明:

(1) 贵州中高阶煤全孔径孔隙发育以  $R_{o,max}=1.5\%$ 、 $2.0\%$  划分为三个阶段,最终大孔逐渐消亡,介孔轻微增加,微孔,特别是孔径占比显著增加,达到  $89.68\%$ ,煤化过程中有机质生烃产生的气孔和煤大分子缩聚形成的大分子结构孔造成中高阶煤以微孔为主的孔隙发育特征;(2) 与孔隙发育程度相关的煤级、显微组分含量同吸附能力表现出较强正相关性,煤化过程中微孔比表面积增加提供了更多吸附位,同时显著增长的更小孔径微孔孔容为以微孔填充状态吸附的甲烷提供了大量吸附空间,饱和吸附量显著增加;(3) 贵州中高阶煤甲烷平均吸附分子层数介于  $1.01-2.99$ ,与煤级呈较高负相关关系,煤基质表面芳构化是吸附分子层数降低的主要原因,随煤化作用加深,一方面,分子级别微孔增加造成吸附能力显著增强;另一方面,固-气相互作用的减弱使得吸附分子层数降低,吸附相甲烷逐渐向单分子层吸附转化,可被甲烷分子完全填充的微孔孔径上限降低。(4) 不同煤化阶段中高阶煤微孔结构及其控制的甲烷吸附行为差异是造成中高阶煤产气表现差异的重要原因,中高阶煤不同产气阶段甲烷解吸运移过程与孔隙结构和吸附行为密切相关,深化认识中高阶煤不同微观结构和甲烷吸附机理对实施地质适配性的煤层气增产稳产措施具有重要作用。

**参考文献** [1] Chen S D, Tao S, Tang D Z, et al. Pore structure characterization of different rank coals using N<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> adsorption and its effect on CH<sub>4</sub> adsorption capacity: A case in Panguan syncline, western Guizhou, China[J]. Energy & Fuels, 2017, 31(6): 6034-6044. [2] 高为, 易同生, 金军, 等. 黔西地区煤样孔隙综合分形特征及对孔渗性的影响[J]. 煤炭学报, 2017, 42(5): 1258-1265. [Gao Wei, Yi Tongsheng, Jin Jun, et al. Pore integrated fractal characteristics of coal sample in western Guizhou and its impact to porosity and permeability[J]. Journal of China Coal Society, 2017, 42(5): 1258-1265.] [3] 曾泉树, 高清春, 汪志明. 煤岩吸附高压甲烷的实验与模型研究. 石油科学通报, 2020, 01: 78-92. [Zeng Quanshu, Gao Qingchun, Wang Zhiming. Experimental and modeling studies on high pressure methane adsorbed on coals. Petroleum Science Bulletin, 2020, 01: 78-92.] [4] 刘金森, 陈健, 马俊强. 不同煤阶煤孔隙特征及其吸附能力响应[J]. 能源与环境, 2020, 42(6): 58-62. [Liu Jinsen, Chen Jian, Ma Junqiang. Pore characteristics and adsorption capacity response of coals with different ranks[J]. China Energy and Environmental Protection, 2020, 42(6): 58-62.] [5] 李子文, 林柏泉, 郝志勇, 等. 煤体孔径分布特征及其对瓦斯吸附的影响[J]. 中国矿业大学学报, 2013, 42(6): 1047-1053. [Li Ziwen, Lin Baiquan, Hao Zhiyong, et al. Characteristics of pore size distribution of coal and its impacts on gas adsorption[J]. Journal of China University of Mining & Technology, 2013, 42(6): 1047-1053.] [6] Liu S Q, Sang S X, Hu Q J, et al.



Characteristics of high rank coal structure parallel and perpendicular to the bedding plane via NMR and X-ray CT[J]. *Petroleum Science*, 2020, 17(4): 925-938. [7] 杨明, 柳磊, 刘佳佳, 等. 中阶煤孔隙结构的氮吸附-压汞-核磁共振联合表征研究[J]. *煤炭科学技术*, 2021, 49(5): 67-74. [Yang Ming, Liu Lei, Liu Jiajia, et al. Study on joint characterization of pore structure of middle-rank coal by nitrogen adsorption-mercury intrusion-NMR[J]. *Coal Science and Technology*, 2021, 49(5): 67-74.] [8] Radliński A P, Busbridge T L, Gray E M A, et al. Small angle X-ray scattering mapping and kinetics study of subcritical CO<sub>2</sub> sorption by two Australian coals[J]. *International Journal of Coal Geology*, 2009, 77(1/2): 80-89. [9] 刘世奇, 王鹤, 王冉, 等. 煤层孔隙与裂隙特征研究进展[J]. *沉积学报*, 2020, 39(1): 212-231. [Liu Shiqi, Wang He, Wang Ran, et al. Research Advances on Characteristics of Pores and Fractures in Coal Seams[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2020, 39(1): 212-231.] [10] 秦勇. 煤系气聚集系统与开发地质研究战略思考[J]. *煤炭学报*, 2021, 46(8): 2387-2399. [Qin Yong. Strategic thinking on research of coal measure gas accumulation system and development geology[J]. *Journal of China Coal Society*, 2021, 46(8): 2387-2399.] [11] 陶传奇. 鄂尔多斯盆地东缘临兴地区深部煤层气富集成藏规律研究[M]. 北京: 中国矿业大学, 2019. [Tao Cuanqi. Deep coalbed methane accumulation and reservoiring in Linxing area, Eastern Ordos Basin, China[M]. Beijing: China University of Mining & Technology, 2019.] [12] 熊孟辉, 秦勇, 易同生. 贵州晚二叠世含煤地层沉积格局及其构造控制[J]. *中国矿业大学学报*, 2006, 35(6): 778-782. [Xiong Menghui, Qin Yong, Yi Tongsheng. Sedimentary patterns and structural controls of Late Permian coal-bearing strata in Guizhou, China[J]. *Journal of China University of Mining & Technology*, 2006, 35(6): 778-782.] [13] 向文鑫, 桑树勋, 吴章利, 等. 贵州省煤层气规划区块煤储层特征与有利区优选[J]. *煤田地质与勘探*, 2022, 50(3): 156-164. [Xiang Wenxin, Sang Shuxun, Wu Zhangli, et al. Characteristics of coal reservoirs and favorable areas classification and optimization of CBM planning blocks in Guizhou Province[J]. *Coal Geology & Exploration*, 2022, 50(3): 156-164.] [14] 毋亚文, 潘结南. 煤层甲烷等温吸附拟合模型[J]. *煤炭学报*, 2017, 42(S2): 452-458. [WU Yawen, PAN Jienan. Isothermal adsorption model of coalbed methane[J]. *Journal of China Coal Society*, 2017, 42(S2): 452-458.] [15] 李阳, 张玉贵, 张浪, 等. 基于压汞、低温 N<sub>2</sub> 吸附和 CO<sub>2</sub> 吸附的构造煤孔隙结构表征[J]. *煤炭学报*, 2019, 44(4): 1188-1196. [Li Yang, Zhang Yugui, Zhang Lang, et al. Characterization on pore structure of tectonic coals based on the method of mercury intrusion, carbon dioxide adsorption and nitrogen adsorption: *Journal of China Coal Society*, 2019, 44(4): 1188-1196.] [16] 潘结南, 张召召, 李猛, 等. 煤的多尺度孔隙结构特征及其对渗透率的影响[J]. *天然气工业*, 2019, 39(1): 64-73. [Pan Jienan, Zhang Zhaozhao, Li Meng, et al. Characteristics of multi-scale pore structure of coal and its influence on permeability[J]. *Natural Gas Industry*, 2019, 39(1): 64-73.] [17] Gregg S J, Sing K S. Adsorption, surface area and porosity[M]. London: Academic press, 1982. [18] IUPAC. Reporting physisorption data for gas/solid systems with special reference to the determination of surface area and porosity[J]. *Pure and Applied Chemistry*, 1982, 54(11): 2201-18. [19] 陈向军, 赵伞, 司朝霞, 等. 不同变质程度煤孔隙结构分形特征对瓦斯吸附性影响[J]. *煤炭科学技术*, 2020, 48(2): 118-124. [Chen Xiangjun, Zhao San, Si Zhaoxia, et al. Fractal characteristics of pore structure of coal with different metamorphic degrees and its effect on gas adsorption characteristics[J]. *Coal Science and Technology*, 2020, 48(2): 118-124.] [20] Crosdale P J, Beamish B B, Valix M. Coal bed methane sorption related to coal composition[J]. *International Journal of Coal Geology*, 1998, 35: 147-158. [21] 苏现波, 张丽萍, 林晓英. 煤阶对煤的吸附能力的影响[J]. *天然气工业*, 2005, 25(1): 19-21. [Su Xianbo, Zhang Liping, Lin Xiaoying. Influence of coal rank on coal sorption capacity[J]. *Natural Gas Industry*, 2005, 25(1): 19-21.] [22] 降文萍. 煤阶对煤吸附能力影响的微观机理研究[J]. *中国煤层气*, 2009, 6(2): 19-22, 34. [Jiang Wenping. Microscopic mechanism







摘要 ID:317

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 海陆过渡环境控制下的煤层气富集特征——以沁水盆地石炭二叠系为例

侯海海<sup>\*1,2</sup>、邵龙义<sup>2</sup>、王帅<sup>1</sup>、肖正辉<sup>3</sup>、王学天<sup>2</sup>、李振<sup>2</sup>

1. 辽宁工程技术大学矿业学院, 辽宁 阜新, 123000

2. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京, 100083

3. 湖南科技大学 土木工程学院, 湖南 湘潭, 411201

含煤岩系沉积环境不仅控制着煤层的聚集条件和分布特征, 而且决定着成煤后围岩岩相组成, 因而也就影响到煤层气形成的物质基础及其聚集和保存条件[1-4]。含煤岩系沉积环境对煤层气成藏条件的控制作用主要体现在以下三个方面[5]: 一是对煤层厚度及其展布特征的控制; 二是对煤层中煤岩煤质及微裂隙等相关的非均质性的控制; 三是对煤层围岩特征及其岩相组合的控制[6]。沁水盆地作为我国煤层气重要产业基地, 众多学者对该盆地煤层气成藏富集条件及影响因素进行了研究[7-9], 认为沁水盆地煤层含气量具有随埋深增加而增大的趋势[10-11], 然而在相同或相似埋深不同沉积环境下含气量如何变化很少见报道。

为了揭示含煤岩系沉积环境对煤层气富集条件的控制作用, 在研究沁水盆地石炭二叠岩相古地理的基础上, 分析了不同古地理单元内煤层厚度、煤储层物性、煤层围岩组合及含气量变化特征, 从沉积的角度提出了太原组和山西组煤层气富集条件的主控因素。研究表明, 形成于障壁-潟湖-滨外陆棚成煤环境的太原组煤层, 总体上北厚南薄, 形成于滨海三角洲环境的山西组煤层整体上表现为中部厚两端薄。山西组3号煤层和太原组15号煤层的镜质组含量及镜质比最大值均出现在盆地的南部, 且由南向北镜质组含量降低, 相应的情质组含量增高; 太原组硫分含量要远高于山西组, 太原组灰分产率表现为南高北低, 山西组灰分产率则呈现为中北部高。太原组和山西组煤储层中的微裂隙密度随着镜质组含量的增高而增大, 随着情质组含量的增高而降低, 认为可以通过含煤岩系沉积环境来定性预测煤中微裂隙的发育程度。太原组和山西组含煤岩系共划分出8类典型围岩组合类型, 其中太原组6类, 山西组2类, 认为成煤后围岩岩性及其组合相比较于煤厚和煤储层物性对于煤层气的富集更为重要; 在相似埋深和煤级的前提下, 太原组煤层含气量整体上呈现为下三角洲平原9#>下三角洲平原15#>障壁-潟湖15#>障壁-潮坪15#>三角洲前缘15#>碳酸盐台地15#, 煤层气聚集区易出现在碳酸盐台地石灰岩欠发育和潟湖、潮坪及三角洲分流间湾泥岩发育的地带; 山西组3号煤层含气量整体上呈现为三角洲前缘>下三角洲平原, 含气量高值区则主要受控于三角洲分流间湾的泥岩厚度。区域预测盆地北部寿阳-阳泉-昔阳和盆地南部襄垣-屯留-马必等两地区为太原组煤层气的富集区, 盆地中北部和顺-左权-武乡-沁源和盆地东南部等两个地区为山西组煤层气的富集区。

**参考文献** [1] 尹国勋, 张祖银. 华南龙潭组煤层中的瓦斯含量与沉积环境的关系[J]. 煤田地质与勘探, 1987, 15(3): 5-10. [2] 韦重韬, 秦勇, 姜波, 等. 华北残留盆地煤层气成藏动力学过程研究[J]. 地质学报, 2008, 82(10): 1364-1366. [3] 李贵中, 孙粉锦, 李五忠, 等. 西北地区低煤阶煤层气地质[M]. 北京: 石油工业出版社, 2012. [4] 秦勇, 傅学海, 岳巍, 等. 沉积体系域煤层气储盖特征之关系探讨[J]. 古地理学报, 2000, 2(1): 77-83. [5] Hou H.H., Shao L.Y., Wang S., et al. Influence of depositional environment on coalbed methane accumulation in the Carboniferous-Permian coal of the Qinshui Basin, northern China[J]. Frontiers of Earth Science, 2019, 13(3): 535-550. [6] 韦重韬, 桑树勋. 河东煤田乡宁地区主煤层储层物性特征及意义[J]. 中国矿业大学学报, 1997, 26(4): 45-48. [7] 秦勇, 姜波, 王继尧, 等. 沁水盆地煤层气构造动力条件耦合控藏效应[J]. 地质学报, 2008, 82(10): 1355-1361. [8] 宋岩, 柳少波, 琚宜文, 等. 含气量和渗透率耦合作用对高丰度煤层气富集区的控制[J]. 石油学报, 2013, 34(3): 418-419. [9] 叶建平, 吴建光, 房超, 等. 沁南潘河煤层气田区域地质特征与煤储层特征及其对产能的影响[J]. 天然气工业, 2011, 31(5): 16-20. [10] 陈彦君. 沁水盆地南部煤层气富集主控因素及富集区块优选[D]. 长江大学, 2013. [11] 王勃. 沁水盆地煤层气富集高产规律及有利区块预测评价[D]. 中国矿业大学, 2013.



**关键词** 沉积环境；沁水盆地；煤层气；富集条件；太原组；山西组



摘要 ID:580

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地上二叠统龙潭组/吴家坪组海陆过渡相页岩储层发育特征及主控因素

王鹏威\*、刘光祥、张殿伟、刘忠宝、聂海宽、杜伟  
中石化石油勘探开发研究院

四川盆地上二叠统广泛发育海陆过渡相页岩,是我国海陆过渡相页岩气最现实的勘探领域之一。其中,川东南-黔西北地区龙潭组与川东北-鄂西渝东地区吴家坪组为同期异相沉积,前者主要发育潮坪-泻湖相泥页岩,后者主要发育深水陆棚相页岩。目前两套页岩储层发育特征及其主控因素的研究相对薄弱。因此,本次研究以典型钻井为例,对比分析四川盆地龙潭组/吴家坪组页岩储层发育特征并揭示储层发育主控因素,以期为四川盆地海陆过渡相页岩气富集机理研究和勘探实践奠定基础。

研究表明,上二叠统吴家坪组页岩有机质丰度(8.76%)明显高于龙潭组泥页岩(3.84%),但吴家坪组页岩储层物性比龙潭组泥页岩储层物性略差。吴家坪组页岩孔隙度均值5.59%,主要发育微孔-介孔为主;龙潭组泥页岩储层孔隙度均值6.40%,主要发育介孔-大孔为主。此外,吴家坪组页岩储层含气性较高,龙潭组泥页岩储层含气性较低。孔隙类型导致吴家坪组和龙潭组页岩储层物性及微观结构差异的主要原因:前者以发育有机质孔为主,后者以发育黏土矿物孔为主。孔隙类型也是控制龙潭组/吴家坪组储层储集能力的主要因素之一:有机质表明亲油,有利于页岩气富集,黏土矿物孔表面亲水,且黏土矿物吸附能力随含水饱和度增大呈减低趋势。有机显微组分和矿物组成不同是储层孔隙类型差异的主要控制因素:前者有机显微组分以层状藻和藻屑体为主,可见一定量的固体沥青,硅质矿物含量较高,黏土矿物含量低;后者有机显微组分以镜质体和惰质体为主,黏土含量较高,硅质矿物含量较低。

参考文献

关键词



摘要 ID:1229

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 石炭纪末华北西部克拉通内三级海侵—海退层序解剖: 异成因和自成因过程的耦合控制

刘金城\*, 谭静强

中南大学地球科学与信息物理学院

临兴气田及其附近地区太原组西铭砂岩—8号煤层记录了石炭纪末(格舍尔阶)华北西部克拉通内盆地旋回层的复杂内部构型。对过该旋回层的岩心、测井、露头 and 地震资料进行相、古土壤和层序地层综合分析识别出一系列河流—陆表海沉积环境, 它们叠置在由海侵体系域(TST)、高位体系域(HST)、下降期体系域(FSST)、低位体系域(LST)、低级海侵—海退(T-R)层序、层序地层界面和趋势内相接触面构成的地层格架内。通过含牙形石灰岩标志层和火山灰放射性定年约束, 研究区高级T-R层序及其内部的低级T-R层序大体上与北美中大陆和东欧顿涅茨盆地格舍尔阶间冰期—冰期旋回及其嵌套的400 kyr旋回同步。受控于同时期冰川型海平面升降、构造运动、气候变化和自成因过程的相互作用, 研究区格舍尔阶高级T-R层序的地层叠置样式从下切谷海湾—障壁后泻湖退积(TST)向上依次过渡为海岸平原—陆表海向上进积(HST)、伴随河流加积的开阔海岸潮坪—陆表海向下进积(FSST)和低位河流加积(LST)。其中, 三级间冰期—冰期海平面升降与受内蒙古隆起持续抬升驱动的差异盆地沉降相互作用控制了高级T-R层序发育时可容空间的变化; 而三级间冰期赤道季节性干旱(半湿润—半干旱)气候—冰期赤道潮湿气候的旋回性变化与构造驱动的源—汇重组相互作用控制了高级T-R层序发育时沉积速率的变化。下降期河流加积和海侵期陆上不整合面的形成被分别归因于(相对于同时期地形梯度而言)更低梯度的强制海退和海侵滨线轨迹。受长偏心率(约400 kyr)天文旋回驱动的四级冰川型海平面升降控制了低级T-R层序发育时可容空间的变化; 而低级T-R层序陆上—近岸地层单元的相趋势受控于河道或潮道自成因侧向迁移和四级海平面上升的耦合控制。三级海侵期滨岸沉积速率的长期下降(相对于长期海平面上升速率而言)和下切谷充填晚期不同步于海侵叠置滨线轨迹的海退叠置湾头滨线轨迹可以最简单地归因于在三级海平面上升和沉积物供给速率不变的情况下滨线的自动后退和前进; 而三级强制海退期河流扇远端终结于泛滥平原可归因于在河流剖面梯度大于汇水盆地梯度的情况下河流扇与滨线的自动拆离。本研究不仅有助于更好地理解石炭纪末华北克拉通内三级和四级冰川型海平面升降、构造运动、气候变化和自成因过程的层序地层响应, 而且提供了一个高分辨率层序地层格架来解释煤—砂岩—页岩叠置含气储层的共生关系、预测有利储层(组)的时空分布、揭示沉积非均质性对烃类生成和运移路径的影响。

### 参考文献

**关键词** 华北克拉通; 石炭纪末; 海侵—海退层序; 冰川型海平面升降; 气候; 自成因过程



摘要 ID:2092

主题分类: 非常规油气沉积学=》海陆过渡相沉积与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 南海北部珠江口盆地恩平凹陷中新统层序构型及其对岩性圈闭勘探的启示

李潇\*、高阳东、彭光荣、李小平、李智高  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司, 广东深圳 518054

珠江口盆地勘探实践表明, 新构造运动导致东沙隆起抬升, 使其成为油气运移长期的有利指向区, 在其北部已发现多个岩性构造油气藏。新近系沉积时其沉积环境整体从西北侧古珠江三角洲过渡为东南侧的碳酸盐岩体系, 但碎屑岩—碳酸盐岩共生区内的砂体成因、展布规律及岩性圈闭模式不明, 导致该区岩性圈闭勘探受阻。本次研究以东沙隆起北部碎屑岩—碳酸盐岩共生区珠江组为主要目的层, 以三级层序界面和最大海泛面为界, 建立了碎屑岩-碳酸盐岩发育区高频层序格架。在地层格架的约束下, 结合测井旋回、岩芯、薄片及地层切片等手段, 重新厘定了惠州地区SB21-T50之间发育的砂体类型, 以潮砂坝、辫状河道为主, 建立了辫状河道-潮坪-碳酸盐岩台地的沉积演化模式。研究认为高频层序格架对砂体发育具有较好的约束作用, 海泛面之下更有利于岩性的发育。建立了基于高频层序格架的“潮砂坝-泥坪”岩性圈闭模式, 结合前人成藏认识, 指出了3个有利岩性圈闭, 推动了岩性圈闭勘探进程。

**参考文献** 张磊夫, 吴陈君, 苏洋, 等, 2017. 爱尔兰克莱尔盆地 Ross Sandstone 组深水浊积岩露头高分辨率层序地层[J]. 石油与天然气地质, 38(1):165-174. 高阳东, 张向涛, 李智高, 等, 2021. 珠江口盆地恩平凹陷北带下-中中新统层序构型及其差异性分析: 对岩性圈闭发育的启示[J]. 地球科学, 46(5):1758-1770. 朱红涛, 刘可禹, 朱筱敏, 等, 2018. 陆相盆地层序构型多元化体系[J]. 地球科学, 43(3):770-785. 李小平, 施和生, 杜家元, 等. 珠江口盆地东沙隆起在珠海组—珠江组时期物源提供能力探讨[J]. 沉积学报, 2014, 32(4):654-662.

**关键词** 珠江口盆地; 珠江组; 碎屑岩—碳酸盐岩共生区; 沉积演化; 岩性圈闭



# 非常规油气沉积学

泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集



摘要 ID:2920

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 热液改造型陆相页岩粘土矿物转化机制及其地质意义

黄嘉成\*、刘宗堡  
东北石油大学

受控于地层所经历的温度场、压力场和时间场三者耦合影响,页岩储层在成岩演化过程中粘土矿物类型及组合不断变化;同时,陆相页岩储层普遍发育热液改造,这也使得不同热液改造下的页岩储层内粘土矿物类型、组合及转化机制更加复杂,因此亟需开展热液改造型陆相页岩粘土矿物转化机制研究,并分析其地质意义。针对以上问题,本文选取松辽盆地北部青山口组湖相页岩储层为靶区,通过对代表性岩样的古温标实验分析测试,重建白垩纪以来热演化史,同时选取不同构造单元和不同热液改造的富有机质泥页岩新鲜样品,多种实验手段综合测定页岩储层在不同成岩演化阶段的粘土矿物类型,明确不同热液改造下页岩储层有机质及孔缝特征,结合典型井温度演化过程,建立不同热液条件下陆相页岩油储层中粘土矿物类型、含量、形态演化与古温压时窗的耦合演化模式,以期对页岩油储层勘探开发提供有力指导。

### 参考文献

**关键词** 陆相页岩储层;粘土矿物;热演化史;古温压



摘要 ID:268

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 渤海湾盆地中始新世太阳活动周期与年纹层记录

石巨业\*<sup>1</sup>、金之钧<sup>2,3</sup>、刘全有<sup>2,4</sup>、樊太亮<sup>1</sup>、张瑞<sup>3</sup>

1. 中国地质大学(北京)
2. 页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室
3. 北京大学地球与空间科学学院
4. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院

千年至年际尺度的事件对于地球气候系统变化具有重要的驱动作用,但受到保存条件及地层分辨率的限制,多数研究集中在第四纪,前第四纪研究较少。渤海湾盆地中始新世发育多套湖相烃源岩层系,具有保存年纹层记录的基本条件,同时湖相沉积具有高的连续性和分辨率,使其成为探讨千年至年际尺度气候波动的理想场所。

本文详细分析了渤海湾盆地济阳拗陷页岩油取心井沙三下-沙四上亚段页岩纹层特征,将纹层类型划分为连续性纹层、不连续纹层和夹层三大类七小类,连续性纹层中平直纹层以二元结构为主,是最有可能成为年纹层的类型。以济阳拗陷牛页1井沙四上亚段115m厚页岩为主要研究对象,通过三个尺度旋回相互验证,证实渤海湾盆地年纹层的发育,同时发现了80-90年、22年、11年太阳活动周期。研究发现渤海湾盆地中始新世年纹层是由厚度为70-300um亮色和暗色纹层组成,亮色纹层元素组成以Ca为主,为纯净的方解石。暗色纹层元素组成以Si、Al、Fe、K等为主,是粘土矿物、石英碎屑和有机质的混合。亮色纹层主要是在夏季-早秋形成,由于日照与光合作用增强,藻类诱导碳酸盐沉淀,形成以方解石为主的纹层。暗色纹层主要是在冬季-早春形成,冬季水温下降,大量的藻类及浮游植物死亡,缓慢地向湖底沉淀堆积,并与湖底的粘土矿物及有机质共同沉积形成暗色纹层。太阳黑子活动和地球气候的耦合作用在研究区形成每隔11年的厚层暗色纹层,该现象强有力的印证了渤海湾盆地中始新世年纹层的可靠性。

### 参考文献

**关键词** 季节性纹层; 年际纹层; 太阳黑子周期; 渤海湾盆地; 牛页1井





摘要 ID:542

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 下扬子地区下寒武统海相富有机质泥页岩孔隙发育特征及其影响因素

张鹏辉\*<sup>1</sup>、鲍衍君<sup>1</sup>、付奕霖<sup>1</sup>、王拔秀<sup>1</sup>、张旭<sup>1</sup>、梁杰<sup>2</sup>

1. 河海大学海洋学院

2. 中国地质调查局青岛海洋地质研究所

位于下扬子地区北缘的官地1井钻遇了厚层的下寒武统幕府山组海相富有机质泥页岩,以该套泥页岩岩心样品为研究对象,综合运用场发射扫描电镜、X衍射分析、气体吸附、高压压汞和有机地球化学分析等手段,系统探讨了孔隙结构特征和孔隙发育影响因素,以期为下扬子地区下寒武统泥页岩储集性能评价提供参考。研究表明:(1)官地1井下寒武统幕府山组泥页岩主要由石英、方解石和黏土矿物构成,其总有机碳含量较高,有机质类型以I型干酪根为主且均处于过成熟阶段。(2)孔隙类型包括基质孔隙(粒间孔隙和粒内孔隙)、有机质孔隙和微裂隙,以有机质孔隙为主,而粒间孔隙面孔率占比最高。(3)有机质孔隙主要受总有机碳的影响,受成熟度和干酪根类型的影响较小;刚性矿物对孔隙度、比表面积和孔体积均具有较为显著的影响,刚性矿物的支撑作用对孔隙空间的保存具有积极作用。(4)利用FHH(Frenkel-Halsey-Hill)模型进行样品孔隙分形维数计算显示,分形维数与总有机碳含量和比表面积相关性较好,而与孔体积相关性弱;表明孔壁粗糙程度及孔隙结构复杂程度受有机质丰度影响,分形维数越大的页岩样品具有较大的比表面积,其不同形状和不同孔径的孔隙组合构成的复杂孔隙网络导致分形维数受孔体积影响较小。

参考文献

关键词



摘要 ID:944

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 浅谈页岩层中的碳埋存

欧成华\*

西南石油大学

截至 2021 年 5 月, 我国天然气对外依存度接近 50%, 石油对外依存度超过 70%, 油气勘探开发形势严峻, 同时, 我国确定在 2030 年碳达峰, 2060 年碳中和, CO<sub>2</sub> 减排与增汇迫在眉睫。依据对国内外文献的综合梳理, 以及分别在准噶尔盆地吉木萨尔页岩油产建区和鄂尔多斯盆地寺湾-甘泉地区页岩气勘探区的具体实践, 系统论述了从 CO<sub>2</sub> 增产页岩油和页岩气兼顾地质封存的作用机制、控制因素及实施效果, 证实了页岩层中的碳埋存不仅机理可行, 而且效果可期。在此基础上, 详细阐述了实现 CO<sub>2</sub> 增产页岩油气兼顾地质封存的实施技术路径。研究成果有利于提高页岩油气产出规模, 有益于为实现 CO<sub>2</sub> 减排与增汇提供页岩油气层新途径。

参考文献 [1]&nbsp;EIA. Annual Energy Outlook 2020.

https://www.eia.gov/pressroom/presentations/, 2020 [2]&nbsp;荆克尧. 疫情与低油价下美国页岩油气公司生存之道[J]. &nbsp;当代石油石化, 2021, 29(2): 28-32 [3]&nbsp;邹才能, 潘松圻, 荆振华, 等. 页岩油气革命及影响[J]. 石油学报, 2020, 41(1): 1-12 [4]&nbsp;张九天, 张璐. 面向碳中和目标的碳捕集、利用与封存发展初步探讨[J]. 热力发电, 2021, 50(1): 1-6 [5]&nbsp;王峰. CO<sub>2</sub> 驱油及埋存技术[M]. 北京:&nbsp;石油工业出版社, 2019 [6]&nbsp;胡建国, 宏小龙, 商永滨. 特/超低渗透油藏二氧化碳驱油技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2020 [7]&nbsp;王香增著. 低渗透砂岩油藏二氧化碳驱油技术[M]. 北京: 石油工业出版社, 2017 [8]&nbsp;Liu F, Lu P, Griffith G, et al. CO<sub>2</sub>-brine-caprock interaction: Reactivity experiments on Eau Claire shale and a review of relevant literature[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2012, 7:153-167. [9]&nbsp;Mouzakis K M, Navarre-Sitchler A K, Rother G, et al. Experimental Study of Porosity Changes in Shale Caprocks Exposed to CO<sub>2</sub>-Saturated Brines I: Evolution of Mineralogy, Pore Connectivity, Pore Size Distribution, and Surface Area[J]. Environmental Engineering Science, 2016, 33(10): 725-735. [10]&nbsp;Pearce J K, Dawson G K, Blach T P, et al. Impure CO<sub>2</sub> reaction of feldspar, clay, and organic matter rich cap-rocks: Decreases in the fraction of accessible mesopores measured by SANS[J]. International Journal of Coal Geology, 2018, 185:79-90. [11]&nbsp;Rezaee R, Saeedi A, Iglauer S, et al. Shale alteration after exposure to supercritical CO<sub>2</sub>&nbsp;[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2017, 62:91-99. [12]&nbsp;Jiang Y, Luo Y, Lu Y, et al. Effects of supercritical CO<sub>2</sub>&nbsp;treatment time, pressure, and temperature on microstructure of shale[J]. Energy, 2016, 97:173-181. [13]&nbsp;Zeng K, Jiang P, Lun Z, et al. Molecular Simulation of Carbon Dioxide and Methane Adsorption in Shale Organic Nanopores[J]. Energy&Fuels, 2018, 33(3): 1785-1796. [14]&nbsp;Sherif F, Abdulmohsin I, 杜东. 注 CO<sub>2</sub> 提高页岩油采收率并实现 CO<sub>2</sub> 地质封存实验研究[J]. 石油科技动态, 2020, (6): 23-31 [15]&nbsp;Brice Y K, Olufemi O, Yucel A, 等. 注二氧化碳提高页岩气采收率方法多尺度分析[J]. 石油科技动态, 2020, (6): 32-42 [16]&nbsp;CHIQUET P, BROSETA D, THIBEAU S. Wettability alteration of caprock minerals by carbon dioxide[J]. Geofluids, 2007, 7(2):112-122. [17]&nbsp;&nbsp;He Z, Li G, Tian S, et al. SEM analysis on rock failure mechanism by supercritical CO<sub>2</sub>&nbsp;jet impingement[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2016, 146:111-120. [18]&nbsp;&nbsp;Okamoto I, Li X, Ohsumi T. Effect of supercritical CO<sub>2</sub>&nbsp;as the organic solvent on cap rock sealing performance for underground storage[J]. Energy, 2005, 30(11-12):2344-2351. [19]&nbsp;&nbsp;Davila G, Cama J, Luquot L, et al. Experimental and modeling study of the interaction between a crushed marl caprock and CO<sub>2</sub>-rich solutions under different pressure and temperature conditions[J]. Chemical Geology, 2017, 448:26-42. [20]&nbsp;&nbsp;Yin H, Zhou J, Jiang Y, et al. Physical and structural changes in shale associated with supercritical CO<sub>2</sub>&nbsp;exposure[J]. Fuel, 2016, 184:289-



303. [21] Zhou J, Yin H, Tan J, et al. Pore Structural Characterization of Shales Treated by Sub Critical and Supercritical CO<sub>2</sub> Exposure[J]. Journal of Nanoscience and Nanotechnology, 2017, 17(9S1):6603-6613. [22] Zheng H, Feng X, Pan P. Experimental investigation of sandstone properties under CO<sub>2</sub>-NaCl solution-rock interactions[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2015, 37(0):451-470. [23] Lyu Q, Ranjith P, Long X, et al. Experimental Investigation of Mechanical Properties of Black Shales after CO<sub>2</sub>-Water-Rock Interaction[J]. Materials, 2016, 9(8): 663-678. [24] Balashov V N, Guthrie G D, Lopano C L, et al. Reaction and diffusion at the reservoir/shale interface during CO<sub>2</sub> storage: Impact of geochemical kinetics[J]. Applied Geochemistry, 2015, 61:119-131. [25] Wang X, Alvarado V, Swoboda-Colberg N, et al. Reactivity of dolomite in watersaturated supercritical carbon dioxide: Significance for carbon capture and storage and for enhanced oil and gas recovery[J]. Energy Conversion and Management, 2013, 65:564-573. [26] Wang T, Wang H, Zhang F, et al. Simulation of CO<sub>2</sub>-water-rock interactions on geologic CO<sub>2</sub> sequestration under geological conditions of China[J]. Marine Pollution Bulletin, 2013, 76(1-2):307-314. [27] 杨国栋, 李义连, 马鑫, 等. 绿泥石对 CO<sub>2</sub>-水-岩石相互作用的影响[J]. 地球科学(中国地质大学学报), 2014, 39(04):462-472. [28] 陈逸云, 冯涛, 喻红艳, 等. CO<sub>2</sub>-水-页岩相互作用的研究现状及展望[J]. 广州化学, 2020, 第 45 卷(2): 53-63 [29] Ou Chenghua, Zhu Haiyan, Liu Qingyou, et al. Multi-Functional Multi-Field Coupling Seepage Experiment Decice and Testing Method Thereof, US 10801942B2, 2017.09.06 [30] 欧成华, 李朝纯, 张强, 等. 一种二氧化碳置换页岩气多尺度多场耦合渗流数学建模方法(公开), ZL201811223221.X, 2018.10.19 [31] 熊健, 刘向君, 梁利喜. 甲烷在蒙脱石狭缝孔中吸附行为的分子模拟[J]. 石油学报, 2016, 7(8):1021-1029. [32] 陈国辉, 卢双舫, 刘可禹, 等. 页岩气在孔隙表面的赋存状态及其微观作用机理[J]. 地球科学, 2020, 45(5): 1782-1790 [33] 张路, 刘朝, 蔡守银, 等. 页岩气中 CH<sub>4</sub>-C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 吸附-扩散分子动力学研究[J]. 工程热物理学报, 2021, 42(1): 40-47 [34] Cuisiat F, Gutierrez M, Lewis R-W, et al. Petroleum reservoir simulation coupling flow and deformation[C]. SPE Europec'98, The Hague, The Netherlands, 1998. [35] Settari Antonin-Tony, Walters Dale-A. Advances in coupled geomechanical and reservoir modeling with applications to reservoir compaction. SPE Journal, 2001, 6(3): 334-342 [36] Chin L-Y, Thomas L-K, Sylte J-E, et al. Iterative coupled analysis of geomechanics and fluid flow for rock compaction in reservoir simulation[J]. Oil & Gas Science and Technology, 2002, 57(5): 485-497. [37] Dean R H, Gai X, Stone C M, et al. A comparison of techniques for coupling porous flow and geomechanics[J]. SPE Journal, 2006, 11(01): 132-140. [38] Onaisi A, Fiore J, Rodriguez-Herrera A, et al. Matching stress-induced 4D seismic time-shifts with coupled geomechanical models[C]. San Francisco, CA, USA: American Rock Mechanics Association, 2015. [39] Gupta J, Zielonka M, Albert R A, et al. Integrated methodology for optimizing development of unconventional gas resources[C]. SPE Hydraulic Fracturing Technology Conference, The Woodlands, Texas, USA, 2012. [40] Zheng Wei, Xu Lili, Pankaj Piyush, et al. Advanced modeling of production induced stress change impact on wellbore stability of infill well drilling in unconventional reservoirs[C]. SPE/AAPG/SEG Unconventional Resources Technology Conference, Houston, Texas, USA: The URTEC Technical Program Committee, 2018. [41] 张卓, 袁晓俊, 饶大骞, 等. 页岩气多尺度渗流数值模拟技术——以昭通国家级页岩气示范区为例[J]. 天然气工业, 2021, 41: 145-151

**关键词** 页岩层; 碳埋存; CO<sub>2</sub> 减排与增汇; 技术路径



摘要 ID:1030

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 页岩束缚水赋存对储集空间的影响研究

俞凌杰\*、陈红宇

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

页岩孔隙可近似视为树状多级分叉结构 (Pour, 2015), 由于气、水共同赋存在微-纳米孔隙为主的储集空间中, 呈现出毛细管力束缚、低速扩散和表面吸附这些显著区别于常规储层的作用模式 (Hildenbrand, 2002, 2004, 2012; Gensterlum, 2015)。页岩孔隙中的水主要以束缚水形式存在, 其与有机-无机孔隙的作用关系及赋存特征是研究储集空间有效性及连通性的基础, 也是影响页岩气微观保存能力的重要因素。

本研究中, 选择了龙马溪组不同类型页岩开展了重量法水蒸气吸附-脱附研究, 获取不同页岩对水分子的吸附-脱附曲线, 并通过 GAB、FHH 等模型研究得到表征页岩束缚水赋存能力的特征参数, 进一步结合页岩矿物组分、有机质特征探讨影响页岩对甲烷气和水分子吸附的差异。研究中选择粘土质页岩、高碳高硅质页岩、富碳高硅质页岩这三类样品, 通过改进后的液氮吸附-脱附实验流程, 开展不同湿度平衡条件下的页岩含水孔隙结构表征, 探讨水分子赋存后对不同类型页岩孔隙结构的影响。实验结果表明, 不同类型页岩在不同湿度条件下其储集空间特征存在较大差异。粘土质页岩中, 直径 $<3\text{nm}$ 的孔隙中将全部被束缚水所占据, 高碳高硅质页岩中直径 $<2\text{nm}$ 的孔隙将全部被束缚水所占据, 富碳高硅质页岩中, 仍有较多直径 $<2\text{nm}$ 的孔隙未被水分子占据。

通过上述研究表明, 不同类型页岩由于无机-有机孔隙网络结构及其孔隙表面润湿性差异, 会导致束缚水在不同的孔隙空间中赋存, 进而影响孔隙的储气的有效性及气体的连通性。

**参考文献** [1] Sakhaee-Pour A, Bryant S L. Pore structure of shale[J]. Fuel, 2015, 143(mar. 1):467-475. [2] Amann-Hildenbrand A, Ghanizadeh A, Krooss B M. Transport properties of unconventional gas systems[J]. Marine & Petroleum Geology, 2012, 31(1):90-99. [3] Gensterblum Y, Ghanizadeh A, Cuss R J, et al. Gas transport and storage capacity in shale gas reservoirs-A reviews. Part A:Transport processes. Journal of unconventional Oil and Gas resources. 2015, 12: 87-122

**关键词** 束缚水; 孔隙结构; 储集空间



摘要 ID:1671

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 东营凹陷富有机质泥页岩中白云石成因机制探讨

赵子茹<sup>1</sup>、董春梅<sup>1</sup>、马鹏杰<sup>1</sup>、张雨<sup>2</sup>、李贵昂<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)

2. 中国石油长庆油田分公司第九采油厂

东营凹陷沙三下亚段-沙四上亚段广泛发育富有机质湖相泥页岩,前人研究主要侧重于有机质含量、储集空间及可改造性等方面(马鹏杰,2015;董大忠等,2016;He et al.,2017),而对其白云石的类型、赋存方式、成因、分布规律及对储层的影响等方面系统研究较少。针对上述问题,本文在前人研究的基础上,综合利用岩心、薄片、扫描电镜观察及地球化学测试等资料,对东营凹陷沙四上-沙三下亚段泥页岩中白云石特征及成因机制展开了系统研究,取得如下认识:

结合XRD数据、岩心、薄片、扫描电镜观察统计,确定了白云石主要发育在沙三下亚段中部、沙四上亚段下部,含量最高可达98%。该段沉积时期水深较浅,气候干热,湖水盐度较高,湖水蒸发量大于降水量,湖水浓缩,湖面附近盐度高,重盐水可以为白云石化过程提供丰富Mg<sup>2+</sup>来源,形成大量与蒸发矿物石膏硬石膏共生的泥晶白云石。

从岩心、薄片及扫描电镜下等多尺度观察开展了白云石类型研究。将白云石分为泥晶白云石(图1)、粉晶白云石(图2)、与胶磷矿共生的鞍状白云石(图3)、充填裂缝的鞍状白云石(图4)等四种类型:泥晶白云石多为半自形,阴极发光下发光性较弱;粉晶白云石主要有4种赋存方式:分散状分布、沿纹层状泥岩与方解石脉互层分布、沿纹层状泥岩与泥晶方解石互层分布、沿纹层状纹层状泥岩与富有机质纹层互层分布;鞍状白云石多为细晶,为波状消光特点,一类主要赋存于较大孔隙中与胶磷矿共生,另一类主要赋存于超压缝内。

结合白云石原位主量元素、微量元素、稀土元素、Sr同位素探讨了不同类型白云石的成因。泥晶白云石多是在早期受细菌硫酸盐还原作用影响下在准同生期形成。粉晶白云石是在有机质-无机协同演化过程中,温度压力升高及流体作用,由泥晶白云石重结晶作用形成。两种鞍状白云石均与有机质热演化过程中,产生的有机酸溶蚀基质,形成高温富镁流体的排出有关,产生高温富镁流体进入早期胶磷矿生长产生的孔隙中,重结晶作用,形成与磷矿共生的鞍状白云石;产生的高温富镁流体在异常压力作用下,进入超压缝形成充填裂缝的鞍状白云石。

**参考文献** 马鹏杰. 东濮凹陷北部沙三段硬石膏发育特征及对储层的影响[D]. 中国石油大学(华东),2015. 董大忠,王玉满,李新景,等. 中国页岩气勘探开发新突破及发展前景思考[J]. 天然气工业,2016,36(01):19-32. He J, Ding W, Jiang Z, et al. Mineralogical and chemical distribution of the Es3L oil shale in the Dongying Sag, Bohai Bay Basin (E China): Implications for paleoenvironmental reconstruction and organic matter accumulation[J]. Marine and Petroleum Geology, 2017, 81: 196-219.

**关键词** 东营凹陷,富有机质,泥页岩,白云石



摘要 ID:1895

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 不同类型页岩的岩石电学属性特征及其沉积成因

张兵<sup>\*1,2</sup>、杨凯<sup>2</sup>、王绪本<sup>1,2</sup>、王鹏万<sup>3</sup>、何兰芳<sup>4</sup>

1. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室
2. 成都理工大学地球勘探与信息技术教育部重点实验室
3. 中国石油杭州地质研究院
4. 中国科学院地质与地球物理研究所

### 0 前言

四川盆地龙马溪组页岩已成为近几年勘探开发的热点和主要层位(邹才能等, 2015; 郭旭升等, 2017)。岩石电学属性是岩石物理分析的基础, 龙马溪组页岩电学属性差异及其成因研究目前研究较为薄弱(Wang et al., 2016)。如何建立沉积条件与岩石电学属性之间的关系, 并合理解释产生电学差异的原因, 是本文重点研究的问题。

### 1 页岩频谱特征

高石英含量和高黄铁矿含量样品的电阻率整体偏低, 并且在低频频谱发生明显的衰减而高频趋于平缓; 相位变化也明显, 在低频相位曲线发生明显的上滑现象, 高频缓缓趋于0(Yang et al., 2020)。低石英含量和低黄铁矿含量的电阻率整体偏高, 随着频率由低向高递增, 在低频趋于平缓而高频发生较明显的衰减。且相位曲线变化较大的频段往往对应着电阻率频散大的频段。

### 2 不同页岩类型的电学属性特征

不同类型的页岩表现出不同的电学属性, 其中电阻率方面黏土质页岩最高, 其次为粉砂质页岩、含黏土/硅混合质页岩, 硅质页岩电阻率最低; 而极化率表现出的差异性也特别明显, 其中硅质页岩极化率最高, 其次为含黏土/硅混合质页岩和粉砂质页岩, 黏土质页岩极化率最低。

### 3 电学属性的沉积成因

在龙马溪组早期, 水体主要为厌氧状态。厌氧状态下页岩的过量硅含量较高, 指示石英来源主要为生物成因。同时火山运动带来大量的营养物质, 使得古生产力得到大大提高。自生石英抗压能力较强, 能够为有机质和原生孔隙的保存提供积极的影响。有机质更易在厌氧环境中富集。龙马溪组页岩已达到高过成熟阶段, 随着沥青的热裂解, 形成一个渗透、连通、多孔的网络。还原条件发育的硅质页岩比上部其他三种页岩具有更多的有机质孔隙, 其比表面积增大, 有机质表面官能团增多。无机孔与有机质构成的纳米级孔隙网络为流体运移提供了通道。同时还原环境下黄铁矿大量发育, 呈分散状或层状。在电场作用下, 离子导体与电子导体极易形成导电回路, 缩短导电路径, 增加阳离子交换量, 提高页岩的导电性, 使得硅质页岩呈现低电阻特征。极化率用来表征极化介质的激电性质, 黄铁矿是电子导体, 所产生的激发极化现象普遍认为是一种界面极化现象。极化率整体随着黄铁矿的含量的增加而增大。并且深水厌氧还原条件下的页岩黄铁矿含量最高, 导致极化率相比于浅水贫氧-氧化条件下的页岩较高。

**参考文献** 郭旭升, 胡东风, 李宇平, 等. 2017. 涪陵页岩气田富集高产主控地质因素. 石油勘探与开发, 44(4):481-491. 邹才能, 董大忠, 王玉满, 等. 2015. 中国页岩气特征、挑战及前景(一). 石油勘探与开发, 42(06): 689-701. Wang X B, Zhang B, He Z X, et al. Electrical properties of Longmaxi organic-rich shale and its potential applications to shale gas exploration and exploitation[J]. Journal of Natural Gas Science & Engineering, 2016, 36:573-585. Yang K, Zhang B, Wang X B, et al. Relationship between Electrical Properties and Sedimentary Environment of the Longmaxi Formation Shale, Southern Sichuan[J]. Acta Geologica Sinica - English Edition, 2020, 94(5): 1531-1546.

**关键词** 沉积成因; 石英; 黄铁矿; 电阻率; 极化率



摘要 ID:2072

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 碱湖页岩岩相及页岩油流动性差异与主控因素—以准噶尔盆地玛湖凹陷风城组页岩为例

张晨曦<sup>1,2</sup>、姜福杰<sup>1,2</sup>、胡涛<sup>1,2</sup>、黄立良<sup>3</sup>

1. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室
2. 中国石油大学(北京)地球科学学院
3. 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院

以准噶尔盆地玛湖凹陷二叠系风城组页岩层系为例,对玛页1井及周缘7口页岩油探井开展161块岩心样品分析联测。在X射线衍射、高压压汞、有机地球化学等实验分析的基础上,挑选出28块样品进行有机溶剂抽提后热解以及18块样品饱和油后离心的二维核磁共振实验。揭示了风城组层系页岩地质特征,明确了影响页岩油流动性的因素,建立了流动性与页岩岩相的内在联系。采用“三分法”确定了TOC=0.4%和1%为有机质丰度界限,将页岩划分为贫有机、含有机、富有机相。结果显示:①风城组主要发育含有机质长英质页岩、含有机质钙质页岩、富/含有机含钙长英质页岩、富/含有机含长英钙质页岩、富有机混合质页岩;②页岩中残余有机质丰度中等(TOC=0.76%),II型为主,处于中—高成熟度热演化阶段( $R_o=1.34\%$ ),生烃量大( $PG=3.65\text{mg HC/g Rock}$ ),低孔特低渗( $\Phi=3\%$ ,  $K=0.038\text{mD}$ )。总体表现出强生烃、弱渗流、非均质、广含油的特征。

采用吸附油量、吸附油/总油、吸附油/TOC和可动油饱和度等参数表征页岩油流动性,从有机质丰度、矿物组成、成熟度、物性方面分析了页岩油流动性的影响因素。结果显示,沉积时生物丰度、物源、热演化和成岩作用差异导致不同岩相页岩油的流动性不同。具体而言:①随有机质丰度增加吸附油比例不断增加;②长英质矿物增强了页岩吸附能力,碳酸盐矿物相反,黏土矿物对原油的吸附作用不明显;③成熟度升高降低了原油密度、粘度,原油—干酪根极性差异增大,进而增强页岩油流动性;④相对较高的孔隙度和较大的孔喉利于提高原油流动性。各影响因素间具有耦合作用,共同影响页岩油的流动性。具体在于:①对于物性相对较好的长英质页岩、钙质页岩,高有机质增强了其生烃能力,低有机质则依靠外来烃的充注,物性对原油渗流的促进作用远大于矿物及TOC的吸附作用,是良好的可动油富集场所;②富有机质含钙长英质页岩生烃能力强,物性较好,但TOC、长英质含量对滞留烃流动性影响较大,因此滞留烃量丰富但可动性稍弱;③富有机含长英钙质页岩和富有机混合质页岩生烃能力强,物性较差,滞留烃量小且主要以吸附态存在,可作为供烃的主要来源。

### 参考文献

**关键词** 页岩油;岩相;流动性;主控因素;玛湖凹陷风城组



摘要 ID: 3256

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 基于激光扫描共聚焦成像技术的页岩微裂隙研究

万佳林、侯连华、于志超\*、姜晓华、郭谨豪、丁立华  
中国石油勘探开发研究院

不同于常规砂岩储集空间, 泥页岩储层孔喉直径小、连通性差, 孔隙结构复杂, 且非均质性强, 表征难度大(Loucks et al., 2009; Slatt and O&#39;brien, 2011)。因此, 准确刻画微纳米孔隙结构已成为泥页岩储层研究的重要内容。激光共聚焦扫描显微镜(CLSM)是光学显微镜的进一步发展, 在原有设备的基础上添加了激光扫描和计算机图像处理装置, 有效排除了非焦平面信息, 大幅度提高了图像的分辨率和对比度(肖艳梅等, 1999)。它具有双离子束系统(FIB-SEM)和微纳米CT扫描三维成像技术不具备的很多优点, 如样品制备十分简单, 操作过程保持了样品原有形态, 重构的孔隙三维结构在兼顾高分辨率的同时具有较大的表征尺度。因此, 广泛用于储集空间3D重建、剩余油分布、原油组分识别、包裹体成熟度测定和古生物化石精细观察等地质领域的研究(孙先达等, 2019; 王文明等, 2021)。

利用CLSM技术对页岩纹层进行全薄片扫描成像分析, 结果显示松辽盆地古龙凹陷青一段3种纹层类型的页岩中, 长英质页岩具有良好的脆性和可压性, 混合质页岩次之, 黏土质页岩最差。长英质页岩具有黏土质纹层和长英质纹层形成的微层理构造, 薄片上表现为亮色纹层和暗色纹层(见图1)。根据偏光显微镜观察和扫描电镜矿物定量分析(QEMSCAN)综合表明, 整个区域内黏土质纹层厚约1.3 mm, 矿物组成以伊利石为主, 含石英、长石和黑云母等。而长英质纹层的厚度明显比黏土质纹层大, 约7.4 mm, 主要由粉砂级石英和钠长石等碎屑矿物组成, 含少量黏土矿物和介壳, 同时陆源碎屑颗粒和介壳颗粒间被亮晶方解石胶结。X射线衍射(XRD)全岩矿物分析结果显示, 长英质页岩的矿物组成以石英和长石为主, 含量大于50wt.%, 黏土矿物含量约30wt.%, 碳酸盐类矿物含量小于15 wt. %。此外, 长英质页岩的TOC值为1.02 wt. %, 游离烃S1含量为1.31 mg/g, 可动油指数OSI值为128.43 mg/g。混合质页岩具有黏土质纹层、富有机质纹层和长英质纹层互层的微层理构造, 薄片上可见亮色纹层与暗色纹层互层(见图1)。扫描电镜和QEMSCAN结果显示, 黏土质纹层厚约0.5 ~ 2.0 mm, 纹层分布以隐晶状或鳞片状的伊利石矿物为主, 还有微量有机质。而富有机质纹层是依据纹层中有机质含量较高提出的, 纹层厚1.0 ~ 3.0 mm, 主要以隐晶状黏土矿物组成, 含少量石英和长石等碎屑矿物。长英质纹层厚约0.8 mm, 主要由石英和钠长石等矿物组成, 局部可见生物介壳。其中, 长英质矿物呈次棱角状, 粒间填充有泥-粉晶方解石和黏土矿物。XRD数据表明, 黏土矿物含量较长英质页岩略有上升, 约35wt. %, 长石和石英含量小于40 wt. %, 方解石含量高, 可达30wt. %, 还有少量黄铁矿发育, 含量小于5wt. %。有机质含量较高, TOC值为1.55 wt. %, 游离烃S1含量为1.88 mg/g, 可动油指数OSI值为121.20 mg/g。黏土质页岩的微层理结构以发育黏土质纹层和富有机质纹层为特征, 薄片上显示暗色纹层(见图1), 其黑暗程度与有机质含量有关。黏土质纹层厚约1.5 ~ 2.0 mm, 以伊利石分布为主, 还有少量次圆状或次棱角状的石英和钠长石等碎屑颗粒。而富有机质纹层厚约4.5 mm, 发育有大量的隐晶状或鳞片状伊利石和绿泥石等黏土矿物, 还有少量硅质生屑和长英质矿物, 偶见介壳。镜下可见硅质生屑发生破碎, 其原生结构难以辨识。根据XRD数据, 黏土矿物含量相较于混合质页岩更高, 大于50wt. %, 长石和石英含量小于40wt. %, 碳酸盐矿物含量小于10wt. %, 还有含量小于5wt. %的黄铁矿。有机质常常富集在黏土矿物间, 因此黏土质页岩的TOC含量高, 可达1.82wt. %, 游离烃S1含量为2.26 mg/g, 可动油指数OSI值为124.18 mg/g。

参考文献 [1] Loucks R G, Reed R M, Ruppel S C, et al., 2009. Morphology, genesis and distribution of nanometer-scale pores in siliceous mudstones of the Mississippian Barnett Shale[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 79(12): 848-861. [2] Slatt R M, O&#39;brien N R, 2011. Pore types in the Barnett and Woodford gas shales: Contribution to understanding gas storage and migration pathways in fine-grained rocks[J]. *AAPG Bulletin*, 95(12): 2017-2030. [3] 肖艳梅, 付道林, 李安生, 1999. 激光扫描共聚焦显微镜(LSCM)及其生物学应用[J]. *激光生*





物学报, 8 (4):305-311. [4] 孙先达, 索丽敏, 张民志, 等, 2005. 激光共聚焦扫描显微检测技术在大庆探区储层分析研究中的新进展[J]. 岩石学报, 21 (5): 1479-1488. [5] 王文明, 衣晓东, 殷代印, 2021. 应用激光共聚焦研究特低渗透储层微观剩余油分布——以榆林油田扶杨油层为例[J]. 石油地质与工程, 35 (02):50-55.

**关键词**



摘要 ID: 2252

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 成像测井与元素测井在页岩沉积特征及差异性研究中的应用——以滇黔北地区太阳区块五峰-龙马溪组页岩为例

潘峰<sup>1,2</sup>、罗瑞峰<sup>\*3</sup>、王高成<sup>3</sup>、王玥<sup>2</sup>、莫静<sup>2</sup>

1. 西南石油大学

2. 斯伦贝谢科技服务(成都)有限公司

3. 中国石油浙江油田公司

滇黔北地区上奥陶统五峰组和下志留统龙马溪组一段黑色页岩拥有较高的页岩气勘探潜力, 针对两套页岩在上千平方公里尺度内的沉积环境分析已有若干成果, 但对其在百平方公里尺度内的沉积特征及差异性还缺乏细致研究。以滇黔北地区太阳区块为例, 本文利用 35 口井的成像测井与元素测井数据, 并结合岩芯、薄片观察、扫描电镜和分析化验等资料, 分析了两套页岩在百平方公里尺度内的沉积特征及差异性。结果表明: ①太阳区块五峰组与龙马溪组一段两套页岩整体都处于向北西方向开口加深的含钙质半深水-深水陆棚沉积环境, 成像测井揭示五峰组底部含有一套 0-34cm 厚的“泥包灰”海侵滞留沉积物, 海侵滞留沉积自南东向北西方向逐渐消失, 与之对应, 五峰组顶部观音桥段的成像地层结构也从南东向的弱层状向北西向过渡为强层状, 赫南特贝类化石大小也自南东向北西有减小趋势。②然而, 五峰组与龙马溪组一段页岩的地层真厚度却“此消彼长”, 五峰组地层向北西方向厚度减薄, 龙马溪一段页岩地层向北西方向厚度增厚。③五峰组与龙马溪组一段页岩的地层真厚度与 GR 峰值的关系也明显不同, 五峰组地层真厚度与五峰组 GR 峰值负相关, 地层越薄, GR 峰值越大, 而龙马溪组一段页岩则与之相反。④五峰组与龙马溪组一段页岩矿物种类虽然相同, 但质量百分数差异较大, 五峰组地层的碳酸盐岩矿物质量百分数高于龙马溪组一段, 硅质矿物质量百分数低于龙马溪组一段。⑤五峰组与龙马溪组一段矿物平面变化规律也存在差异, 五峰组地层的硅质矿物从南东向北西方向有减小趋势, 但龙马溪组一段硅质矿物从南东向北西方向显著增加。综上, 虽然太阳区块内五峰组与龙马溪组一段两套页岩整体沉积背景相似, 但沉积水体环境、沉积物质来源和沉积方式截然不同, 五峰组处于强滞留还原环境, 陆源碎屑影响较强, 碳酸盐岩含量较高, 硅质骨骼生物提供的“海洋雪”垂向加积方式相对较弱; 龙马溪组一段处于半滞留还原环境, 陆源碎屑沉积物供给受限, 硅质骨骼生物勃发, 以“海洋雪”垂向加积沉积方式为主。沉积环境的不同导致了两套页岩的地层厚度、矿物组份、沉积地层结构在研究区内变化规律的差异。本文首次利用元素测井和成像测井资料对百平方公里尺度内的页岩沉积特征及差异性进行了分析, 弥补了钻井取芯少、取芯不连续、沉积刻画难的不足, 更加客观地反映了五峰组与龙马溪组一段在的岩相古地理格局及其演化过程。

参考文献

关键词 成像测井; 元素测井; 页岩沉积特征; 差异性; 五峰组-龙马溪组一段; 滇黔北地区



摘要 ID:2456

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 沉积构造对页岩气储层关键参数的约束

廖纪佳\*、赵宁

西南石油大学地球科学与技术学院

四川盆地南部泸州地区上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组黑色泥页岩发育多种沉积构造。为研究沉积构造对页岩储层性质关键参数的控制作用,以研究区内 A-H1 井、B-H1 井、C-H1 井、D-H1 所取页岩样品为研究对象,开展沉积构造分类、扫描电镜观察、页岩组构分析、孔隙度特征、氮气吸附实验、甲烷等温吸附测试、常规三轴压缩试验等工作。根据微观组构的分布状态,将五峰组-龙马溪组下部页岩的沉积构造分为五类:均质层理、弱水平层理、强水平层理、断续波纹层理和“砾石”级组构。总体来看,均质层理页岩在沉积时,古流体水动力弱,水体含氧量低;其有机质最丰富,TOC 均值达 4.01%;石英含量均值为 43.5%,脆性指数最大;孔隙度最高、吸附能力最强,均值分别为 4.57%和 79.5scf/ton (Langmuir 体积)。结合其低泊松比和高杨氏模量的力学性质,均质层理页岩是有机质丰度最高、储集性能最强、可压裂性最好的沉积构造类型,是五峰组-龙马溪组下部页岩优先勘探与开发的目标。

### 参考文献

**关键词** 沉积构造; TOC; 矿物组分; 孔隙度; 储集性能; 可压裂性



摘要 ID: 3004

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 川东复兴地区侏罗系东岳庙段陆相页岩岩相类型与储层发育特征

贾梦瑶\*、张文涛、卢龙飞、何陈诚、李志明、蒋启贵  
中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

**摘要:** 页岩岩相类型的精细表征是页岩油气勘探开发潜力评价的基础, 对于指导下一步页岩油气的勘探起着至关重要的作用。本文以复兴地区侏罗系自流井组东岳庙段陆相页岩为研究对象, 利用X衍射全岩矿物分析、岩石薄片观察、氩离子扫描电镜观察以及氮气吸脱附、高压压汞实验等技术手段, 精确划分了复兴地区东岳庙段页岩岩相类型, 并各岩相的储集物性、孔隙类型、孔隙结构、含气性及可压性等储层发育特征进行了分析, 最终优选出该地区优势岩相发育类型。结果表明: 东岳庙段页岩层系采用“矿物组分+TOC含量”的原则可划分为5种岩相类型和12种岩相亚类。不同岩相的储层发育特征具有明显差异, (低碳、中碳、高碳)粉砂质页岩、(低碳、中碳、高碳)粉砂质黏土质页岩及(中碳、高碳)介壳灰质黏土质页岩岩相类型有机孔较为发育, 并具有较高的TOC含量、孔隙度、孔体积、比表面积及含气量, 储集条件相对较优; (低碳、中碳)黏土质介壳灰质页岩和(低碳、中碳)泥质介壳灰岩有机孔少见, TOC含量、孔隙度和比表面积较小, 储集条件相对较差。复兴地区东岳庙段(中碳、高碳)介壳灰质黏土质页岩岩相地质与工程条件最佳, 为东岳庙段最优岩相类型和有利勘探目标。

**Abstract:** The fine characterization of shale lithofacies types and the evaluation of dominant lithofacies are the basis of shale gas exploration and development potential evaluation, which is of great significance for shale sweet spot interval identification and well location deployment. Taking terrestrial shale of the Dongyuemiao Member of the Jurassic Ziliujing Formation in the Fuxing area as the research object, the lithofacies types of the Dongyuemiao member in the Fuxing area are accurately classified by means of X-ray diffraction whole rock mineral analysis, thin section observation, argon ion scanning electron microscopy observation, nitrogen adsorption desorption and high pressure mercury injection experiments. And the reservoir development characteristics of each lithofacies such as reservoir physical property, pore type, pore structure, gas bearing and compressibility are analyzed, and finally the dominant lithofacies development types in this area are selected. The results show that the shale strata of Dongyuemiao Member can be divided into 5 lithofacies types and 12 lithofacies subclasses by the principle of "mineral composition +TOC content". The reservoir development characteristics of different lithofacies are obviously different. (Low carbon, medium carbon, high carbon) silty shale, (low carbon, medium carbon, high carbon) silty clay shale and (medium carbon, high carbon) shell limestone clay shale lithofacies types have relatively developed organic pores, with higher TOC content, porosity, pore volume, specific surface area and gas content, so the reservoir conditions are relatively better. The (low carbon, medium carbon) shell limy clay shale lithofacies, and (low carbon, medium carbon) argillaceous shell limestone have rare organic pores, small TOC content, porosity and specific surface area, and relatively poor storage conditions. Dongyuemiao Member in the Fuxing area has the best geological and engineering conditions for the (medium carbon, high carbon) shell limestone clay shale lithofacies, which is the best lithofacies type and favorable exploration target.

**参考文献** 胡东风, 魏志红, 刘若冰, 等. 四川盆地拔山寺向斜泰页1井页岩油气重大突破及意义[J]. 中国石油勘探, 2021, 26(2): 21-32. 何发岐, 朱彤. 陆相页岩气突破和建产的有利目标——



以四川盆地下侏罗统为例[J]. 石油实验地质, 2012, 34(3): 246-251. 魏志红, 刘若冰, 魏祥峰, 等. 四川盆地复兴地区陆相页岩油气勘探评价与认识[J]. 中国石油勘探, 2022, 27(1): 111-119. 舒志国, 周林, 李雄, 等. 四川盆地东部复兴地区侏罗系自流井组东岳庙段陆相页岩凝析气藏地质特征及勘探开发前景[J]. 石油与天然气地质, 2002, 43(5): 1127-1140. 刘忠宝, 刘光祥, 胡宗全, 等. 陆相页岩层系岩相类型、组合特征及其油气勘探意义——以四川盆地中下侏罗统为例[J]. 天然气工业, 2019, 39(12): 10-21. 刘忠宝, 胡宗全, 刘光祥, 等. 高成熟陆相页岩油气源—储特征及富集层段评价方法——以川东复兴地区侏罗系东岳庙段为例[J]. 天然气工业, 2022, 42(10): 11-24. 聂海宽, 何发歧, 包书景. 中国页岩气地质特殊性及其勘探对策[J]. 天然气工业, 2011, 31(11): 111-116. 聂海宽, 张培先, 边瑞康. 中国陆相页岩油富集特征[J]. 地学前缘, 2016, 23(2): 55-62. O' BRIEN N R. Significance of lamination in Toarcian (Lower Jurassic) shales from Yorkshire, Great Britain[J]. Sedimentary Geology, 1990, 67: 25-34. 付金华, 邓秀芹, 楚美娟, 等. 鄂尔多斯盆地延长组深水岩相发育特征及其石油地质意义[J]. 沉积学报, 2013, 31(5): 928-938. 曹香妮, 姜振学, 朱德宇, 等. 川东北地区自流井组陆相页岩岩相类型及储层发育特征[J]. 天然气地球科学, 2019, 30(12): 1782-1793. 徐立富, 邓纪梅, 杜佳, 等. 鄂尔多斯盆地东缘临兴地区海陆过渡相页岩岩相类型和储层差异研究[J]. 煤炭学报, 2021, 46(S2): 862-876. 刘忠宝, 胡宗全, 刘光祥, 等. 四川盆地东北部下侏罗统自流井组陆相页岩储层孔隙特征及形成控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(1): 136-145. 朱毅秀, 金振奎, 金科, 等. 中国陆相湖盆细粒沉积岩岩石学特征及成岩演化表征: 以四川盆地元坝地区下侏罗统大安寨段为例[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(2): 494-508. 庞正炼, 陶士振, 张琴, 等. 四川盆地中部侏罗系大安寨段储集层微观结构及油气意义[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(1): 62-72. 陈尚斌, 朱炎铭, 王红岩, 等. 川南龙马溪组页岩气储层纳米孔隙结构特征及其成藏意义[J]. 煤炭学报, 2012, 37(3): 438-444. 潘仁芳, 李笑天, 金吉能, 等. 渝东南盆缘转换带常压页岩气储层非均质性特征及主控因素[J]. 天然气工业, 2018, 38(12): 26-36. 王欣, 齐梅, 胡永乐, 等. 高压压汞法结合分形理论分析页岩孔隙结构[J]. 大庆石油地质与开发, 2015, 34(02): 165-169. 赵迪斐, 郭英海, 毛潇潇, 等. 基于压汞、氮气吸附与 FE-SEM 的无烟煤微纳米孔特征[J]. 煤炭学报, 2017, 42(6): 1517-1526. 唐颖, 张金川, 刘珠江, 等. 解吸法测量页岩含气量及其方法的改进[J]. 天然气工业, 2011, 31(10): 108-112, 128. 董谦, 刘小平, 李武广, 等. 关于页岩含气量确定方法的探讨[J]. 天然气与石油, 2012, 30(5): 34-37, 106-107. Dong Qian, Liu Xiaoping, Li Wuguang, et al. Determination of Gas Content in Shale[J]. Nature Gas and Oil, 2012, 贾爱林. 中国天然气开发技术进展及展望[J]. 天然气工业, 2018, 38(4): 77-86. 曾义金. 页岩气开发的地质与工程一体化技术[J]. 石油钻探技术, 2014, 42(1): 1-6. 马存飞, 黄文俊, 杜争利, 等. 陆相湖盆页岩岩相分类方案及其意义——以沧东凹陷孔二段为例[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2022, 53(09): 3287-3300. Wei G D, Wang W, Feng L, et al. Geological characteristics and exploration prospect of black shale in the Dongyuemiao Member of Lower Jurassic, the eastern Sichuan Basin, China[J]. Frontiers in Earth Science, 2021, 9: 765568. Wang X, He S, Guo X W, et al. The resource evaluation of Jurassic shale in North Fuling area, eastern Sichuan Basin, China[J]. Energy&Fuels, 2018, 32(2): 1213-1222.

**关键词** 陆相页岩; 复兴地区; 岩相类型; 东岳庙段; 侏罗系



摘要 ID: 3027

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 断陷湖盆页岩型页岩岩相组合与页岩油富集主控条件——以渤海湾盆地沧东凹陷孔二段为例

周立宏<sup>1</sup>、蒲秀刚<sup>2</sup>、鄢继华<sup>3</sup>、时战楠<sup>2</sup>、陈世悦<sup>3</sup>、韩文中<sup>2</sup>、官全胜<sup>2</sup>、张伟<sup>2</sup>、解德录<sup>2</sup>、董姜畅<sup>2</sup>

1. 中国石油大港油田分公司
2. 大港油田勘探开发研究院
3. 中国石油大学(华东)

渤海湾断陷盆地沧东凹陷孔二段发育典型的富有机质页岩型页岩,具有良好的页岩油资源勘探前景。由于孔二段页岩矿物组成复杂、岩性变化快、沉积非均质性强,制约了富有机质页岩的分布规律、发育模式和富油规律等的深入研究。本文充分利用岩心、薄片、全岩X射线衍射、地球化学分析,以及测井、地震等资料,系统研究了沧东凹陷孔二段页岩岩相类型与岩相组合特征,在细粒沉积区47口探井小层划分基础上,采用“优势岩相组合投点法”,以单井优势岩相组合为约束、结合重点区域的地震属性分析,分析了孔二段重点层系页岩的岩相组合平面展布特征。研究认为,沧东凹陷孔二段发育三大岩类(长英质页岩、灰云质页岩、混合质页岩)、五种岩相类型(块状白云岩相、纹层状白云岩相、块状细粒混合沉积岩相、纹层状细粒混合沉积岩相、块状细粒长英沉积岩相)和五种岩相组合类型(长英质型岩相组合、长英质夹碳酸盐型岩相组合、混积型岩相组合、碳酸盐夹长英质型岩相组合和碳酸盐型岩相组合)。岩相组合发育模式与沉积环境特征密切相关,受物源输入、气候变化双重因素控制。平面上,岩相组合呈环带状展布,从湖盆四周向中心整体遵循长英质矿物含量减少、碳酸盐矿物含量增加的变化规律;纵向上,岩相组合受湖平面升降影响而交替演化,湖进期长英质为主型岩相组合发育,湖退期碳酸盐为主型岩相组合更发育。岩相组构特征差异控制了孔二段页岩有机质发育特征与微观储层非均质性,形成“源储共存”、“源储紧邻”两种类型的有利源储组合模式,并进一步影响了页岩油的富集程度和赋存状态。总体来说,湖进期的长英质型和长英质夹碳酸盐型岩相组合有机质丰度高、储集空间类型多样、储层物性相对较好,更有利于页岩油的富集,是研究区孔二段页岩油勘探开发的甜点岩相组合。在此基础上研究发现,“适中物源供给、适中有有机碳含量、适中有有机质组合、适中热成熟度”等适中的物源及烃源岩条件,“高密度微纳米纹层、高占比微纳米孔缝、高滞留可动烃含量”等适高的储集条件,以及“顶底板封堵条件优、断裂破坏程度弱”等优良的保存条件,是页岩型页岩油富集的3项主控条件,提出了“两优一超一匹配”的“中高匹配”富集规律与“优势组构相”页岩油富集模式。理论认识与技术方法指导实现了沧东凹陷页岩型页岩油的规模开发,其中多口水平井单井日产页岩油突破百吨,GY5-1-9H井首年累产超万吨,建成了年产10万吨陆相纯页岩型页岩油开发示范区,实现了在65美元/桶油价下的效益开发,展示了我国东部断陷盆地陆相页岩油良好的勘探开发前景。

### 参考文献

**关键词** 页岩型页岩; 岩相组合; 陆相页岩油; 主控条件; 孔二段; 渤海湾盆地



摘要 ID: 3065

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地定边罗庞塬长 71 沉积相类型及空间展布模式

刘双双\*、师调调、张佳琪、李春霞、王敏、伍小雄  
陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院

**摘要:** 目的 分析鄂尔多斯盆地定边罗庞塬长 71 油层组沉积相标志及类型, 建立沉积相空间展布模式。方法 对录井资料、岩心资料、电测曲线、粒度概率、C-M 等资料进行分析, 采用微观与宏观, 野外观察与室内研究相结合的方法进行研究。结果 研究区长 71 油层主要为深灰色、灰黑色细砂岩, 粉砂岩与灰黑色、黑色泥岩以及深黑色油页岩。区内泥岩中广泛发育黄铁矿。岩心观察可见火焰状构造、变形层理、包卷层理、块状层理等沉积物滑塌变形的典型特征以及水平层理、沙纹层理等反应安静水动力条件或较弱水动力条件的典型特征; 在 C-M 图上点的分布表现为平行于 C-M 基线的平行线, 属于粒序悬浮区, 也反映递变悬浮沉积为主的特点, 亦显示了浊流沉积特征。电测曲线显示为箱型、齿化箱型等形态特征, 砂岩与泥岩呈突变接触。结论 研究区长 71 沉积时期发育水体较深的还原环境即湖泊相, 并以半深湖-深湖亚相为主, 可识别出半深湖-深湖微相与浊积水道微相。长 71 期沉积体系主要呈北东-南西方向展布。其中浊积水道是长 71 油层发育的有利沉积微相带。浊积水道砂体宽度在 0.6-4.5 千米之间, 砂体厚度大, 连续性好, 砂厚以 10-25m 为主; 大于 25m 的砂体零星分布在研究区各个地方, 呈条带状或者土豆状展布。

### 参考文献

**关键词** 沉积相标志; 泥页岩; 半深湖-深湖微相; 浊积水道



摘要 ID:744

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 优质页岩储层预测——以四川盆地下侏罗统为例

王金艺、金振奎\*、王昕尧、任奕霖、程浩、焦盼盼  
中国石油大学(北京)

由于陆相细粒岩储层与海相细粒岩储层在物质组成、沉积环境方面差别较大,储层质量影响因素也不尽相同。以四川盆地下侏罗统为例,利用X射线衍射、氦气法测孔渗、元素地球化学、有机地化分析、扫描电镜等多种实验测试手段,分析陆相细粒岩组成成分、储层物性特征和空间类型,探讨陆相细粒岩储层质量的主控因素。研究认为,四川盆地下侏罗统细粒岩的主要组成矿物为黏土矿物、石英、碳酸盐矿物。黏土矿物与石英普遍含量较高,碳酸盐矿物局部富集。陆相细粒岩层段主要由5种岩石类型组成,包括页岩、介壳泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩和介壳灰岩。页岩与介壳泥岩有机质含量较高,物性较好,可作为良好的页岩气储层。下侏罗统陆相细粒岩储层的储集空间尽管有多种,但以黏土矿物片间孔等原生粒间孔为主,而原生粒间孔的多少主要受压实作用控制。本文提出了一种在陆相盆地内预测页岩优质储层和有利页岩其聚集部位的方法——在富有机质湖相页岩中寻找异常高压带。异常高压带是页岩欠压实带,保存了较多原生的黏土矿物片间孔,孔隙度普遍较高,是优质储层发育带。富有机质则保证了页岩有足够的生烃能力,而半深湖相页岩最有利于有机质生成和保存。

### 参考文献

**关键词** 陆相页岩; 储层预测; 压实作用; 异常高压带; 四川盆地





摘要 ID:1172

主题分类：非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型：口头报告

## 页岩储层多尺度层理缝识别及形成过程重建

汪虎<sup>1</sup>、蒋恕\*<sup>1</sup>、何治亮<sup>2</sup>、张永贵<sup>2</sup>

1. 中国地质大学

2. 中石化非常规油气勘探开发重点实验室

页岩储层层理缝是影响页岩油气藏开发重要因素之一，层理缝是否有效直接影响页岩油气产量。通过野外露头、岩心观察及浸水实验分析，明确页岩储层层理缝在自然状态下存在状态。使用成像测井、湿照识别、镜下成像灰度分析等技术联合识别开度上多尺度层理缝。成像测井能识别开度在5mm以上层理缝密度可达14条/米；浸水实验方法是识别层理缝密度可达1813.5条/米，冒泡数量与层理数量、天然微裂缝数量呈正相关关系，可利用TOC和硅质含量可以定量计算微裂缝线密度。成像测井以岩心上泥质条带、低角度裂缝和成像测井进行对比标定，对应张开位置大于5mm层理缝在成像测井上有很好的响应，对于岩心上小于5mm的页理缝成像测井上没有响应，但按照该模式推断，地下状态下部分层理缝为张开状态。结合研究区岩心观察到的方解石脉体的分布和方解石脉体的生长模式，提出了页理缝发育的四个阶段，第一阶段为原始阶段，沉积形成层面；第二阶段为初生阶段，沿层理面部分裂缝开启；第三阶段为成长阶段，开启的裂缝继续增长或合并形成规模较大裂缝，或者闭合消失；第四阶段为老年阶段，一部分裂缝继续保持张开，一部分裂缝由于重结晶作用形成方解石充填裂缝。该研究成果对重新理解页岩气储集空间大小和勘探开发具有广泛借鉴意义。

**参考文献** Zhiliang He, Shuangjian Li, Haikuan Nie, Yusong Yuan, Hu Wang., 2019. The Shale Gas “Sweet Window”: “the cracked and unbroken” state of shale and its depth range. *Marine and Petroleum Geology*. 101: 334–342.

Wang, H., He, Z., Zhang, Y., Su, K., Wang, R., 2018. Quantitative identification of microfractures in the marine shale reservoir of the Wufeng-Longmaxi Formation using water immersion tests and image characterization. *Interpretation* 4: SN23–SN30.

汪虎，何治亮，张永贵等，2019. 海相页岩储层微裂缝类型及其对储层物性影响，*石油与天然气地质* 40:41–49.

**关键词** 裂缝；填充；流体包裹体；层理缝开启性；层理缝充填性



摘要 ID:1761

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 变应力条件下页岩渗透率计算新公式

杜书恒\*

中国科学院力学研究所

随着有效应力的增大, 岩石渗透率将逐渐降低, 这种现象称作“应力敏感”或“压敏”。然而, 对于固结成岩后期的页岩而言, 在应力状态改变的过程中, 页岩储渗空间尺寸变小和渗透率下降的幅度究竟有多大, 下降的规律究竟如何等问题, 学界的观点碰撞仍然较为尖锐, 至今尚无定论。本文认为, 解决这一矛盾的方法除了审视实验本身的问题, 还应从理论上加以推导、完善, 从而更好地指导实验的开展。

从 Inglis 和 Griffith 经典弹性力学解出发, 在充分刻画页岩非均质储渗空间的基础上, 通过建立孔隙横截面为椭圆的柱体管束模型, 推导得到应力作用下页岩渗透率保持程度公式, 基于此给出适用于非均质页岩的新的应力敏感性评价参数和页岩覆压渗透率计算新公式。研究表明:

(1) 相同应力条件下, 页岩应力敏感程度(渗透率损耗程度)由页岩三类属性共同决定, 即 a. 岩石骨架杨氏模量(负相关)、b. 孔隙初始长短轴比值(正相关)、c. 岩石骨架泊松比(负相关), 影响程度显著性依次降低。

(2) 页岩应力敏感性与其初始孔隙度、渗透率无关。因此“低渗储层具有强应力敏感性”的说法没有依据, 且“高渗储层应力敏感性较强”的说法亦值得商榷。

(3) 在平均 25MPa 的有效应力作用下, 页岩渗透率损耗程度分布在 0.1%~21.7% 之间, 平均约为 3%, 学术界和现场都应对页岩应力敏感性程度的认识保持客观。

(4) 页岩永远会在其储渗空间完全压缩之前, 由于应力达到其屈服强度或抗压强度而屈服或破坏, 从而不可能完全压缩。事实上, 在漫长的地质历史中, 永远找不到完全致密的岩石, 岩石永远存在缺陷。

研究成果将为厘清不同有效应力状态下, 固结成岩后期的页岩渗透率演化规律提供新的思路, 助力沉积学家和构造学家从动态视角寻找新的页岩油气甜点。

**参考文献** [1] Gutierrez M, Øino L E, Nygaard R. Stress-dependent permeability of a de-mineralised fracture in shale[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2000, 17(8): 895-907. [2] Bhandari A R, Flemings P B, Polito P J, et al. Anisotropy and stress dependence of permeability in the Barnett shale[J]. *Transport in porous media*, 2015, 108(2): 393-411. [3] 李树同, 姚宜同, 乔华伟, 惠潇, 程党性, 张文选, 牟炜卫. 鄂尔多斯盆地姬塬地区长 8 致密储层溶蚀作用及其对储层孔隙的定量影响[J]. *天然气地球科学*, 2018, 29(12): 1727-1738.

**关键词** 页岩; 应力; 杨氏模量; 孔隙椭圆长短轴比; 渗透率



摘要 ID: 3360

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 四川盆地东北部侏罗系凉高山组页岩油赋存特征研究

张金旭<sup>\*1,2</sup>、王有智<sup>1,2</sup>、王显东<sup>1,2</sup>、王志国<sup>1,2</sup>

1. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

2. 黑龙江省陆相页岩油重点实验室

页岩油作为稳定油气产量的重要接替资源,对减少油气对外依存度与确保能源安全具有关键意义。四川盆地 PA1 井于凉高山组获得的工业油流及区域内多口页岩油井(TY1、YB9 等)的勘探突破说明了侏罗系页岩油具有勘探潜力,也证实了四川盆地侏罗系页岩油可作为后续能源支撑的关键一部分。

作为影响页岩油富集与可动关键因素之一,页岩油赋存特征研究对页岩油的勘探与开发具有关键意义。然而现阶段针对侏罗系页岩油赋存特征的研究仍存在欠缺,鉴于此,本文以凉高山组页岩油为例,在通过全岩矿物分析、XRF 元素面扫描与 QEMSCAN 实验等分析手段厘清页岩岩相类型的基础上,应用热解、核磁共振二维谱等实验确定含油优势相,并结合场发射电镜与激光共聚焦等方法揭示页岩油赋存的孔隙类型及分布规律,为进一步明确页岩油的有利层段/有利区奠定基础。结果表明:页岩岩相可划分为粉砂岩、长英质页岩、含介屑页岩、黏土质页岩与黏土质泥岩五种岩相,同时页岩含油性受岩性岩相控制,长英质页岩和黏土质泥岩为含油优势相且长英质页岩可动油含量最高,镜下观察显示页岩油在多类型孔隙中赋存,于粒间孔(缝)、黏土矿物晶间孔(缝)、粒内容孔、黄铁矿晶间孔中均可见原油分布,且最小赋存孔径约为 16nm,在页岩网状缝发育处及页理缝发育处页岩油多以轻质组分赋存,而在基质孔隙内多以重质组分分布,整体上轻重比大于 1 或接近 1。

**参考文献** 金之钧,白振瑞,高波,等.中国迎来页岩油气革命了吗?[J].石油与天然气地

质,2019,40(3):451-458.赵文智,胡素云,侯连华,等.中国陆相页岩油类型、资源潜力及与致密油的边界

[J].石油勘探与开发,2020,47(1):1-10.何文渊,白雪峰,蒙启安,等.四川盆地陆相页岩油成藏地质特征

与重大发现[J].石油学报,2022,43(7):885-898.

**关键词** 四川盆地;赋存特征;侏罗系凉高山组;岩相划分



摘要 ID:2176

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂南长7凝灰岩储层特征及成因分析

李庆\*

中国石油大学(北京)

与火山活动密切相关的凝灰岩,已经成为目前地球科学领域的研究热点之一。本文针对鄂尔多斯盆地南部长73亚段的凝灰岩储层进行了研究。研究表明,凝灰岩储层细分为玻屑凝灰岩、晶屑质玻屑凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质砂岩和晶屑凝灰岩,沉凝灰岩含量最高。“张家滩页岩”内发育纹层状凝灰岩,为火山碎屑物质沉降成因,底部凝灰岩发育碎屑流、浊流等重力流沉积。通过主微量元素分析认为,凝灰岩储层整体上显示中酸性,低钠高钾特点。底部凝灰岩更偏酸性,微量元素更富集,而U元素在上部凝灰岩中更为富集。凝灰岩的母岩浆属于长英质系列,形成于与俯冲类型相关的火山弧环境,有陆壳物质的混染。

研究认为,宏孔是凝灰岩储层的主要储集空间,玻屑凝灰岩和晶屑质玻屑凝灰岩的孔隙类型以粒间孔为主,孔喉较粗,分选性差;晶屑凝灰岩常发育晶面裂缝,沉凝灰岩和凝灰质砂岩多发育粘土矿物晶间孔,孔喉分选性较好。研究表明,玻屑、晶屑含量越高,储层质量越好;孔隙度、渗透率和宏孔均与石英、长石含量呈正相关关系,与粘土含量呈负相关;凝灰岩储层粒度越粗,沉积构造越发育,脱玻化作用和溶蚀作用越强,储层性能越好;胶结作用对储层质量来说属于不利因素。

通过测井特征分析,利用多元回归拟合方法,对凝灰岩储层的厚度、孔隙度和脆性指数进行解释,整体上由南部、西南部向北部、东北部,凝灰岩储层的厚度增大,孔隙度和脆性指数提高。以这三个参数建立储层分类综合评价方法,将凝灰岩储层分为三类:I类储层呈指状分布在研究区北部和东北部,II类储层主要分布在研究区北部,III类储层的分布范围最广,主要分布在研究区中部和南部。

### 参考文献

**关键词** 凝灰岩 非常规储层, 沉积模式 鄂尔多斯盆地 延长组



摘要 ID:2210

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 四川盆地及邻区上奥陶统五峰组—下志留统龙马溪组底部笔石带及沉积特征

聂海宽<sup>1,2</sup>、孙川翔<sup>1,2</sup>、杜伟<sup>1,2</sup>、苏海琨<sup>3</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院
2. 页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室
3. 中国地质大学(北京)

上奥陶统五峰组至下志留统龙马溪组底部 WF2—LM4 笔石带页岩是五峰组—龙马溪组页岩气富集高产层段,但对不同笔石带页岩的展布范围和发育特征还不十分清楚,制约了页岩气高效开发。本文根据四川盆地五峰组—龙马溪组主要页岩气井和典型剖面的资料,通过笔石鉴定和基于笔石带特征的页岩等时地层测井划分两种方法对典型井笔石带进行的鉴定和划分,分析了不同笔石带页岩的沉积环境、厚度等特征,明确了五峰组下部 WF2—WF3 笔石带页岩(奥陶纪凯迪阶晚期 447.62~445.16 Ma)、五峰组观音桥层 WF4 灰岩/泥质灰岩/灰质泥页岩段(奥陶纪赫南特阶早期 445.16~444.43 Ma)和龙马溪组底部 LM1—LM4 笔石带页岩(奥陶纪赫南特阶晚期 444.43~443.83 Ma)和志留纪鲁丹阶早中期 443.83~441.57 Ma)3 个层段的沉积环境、岩性和厚度特征,分析了页岩平面展布特征。研究表明:(1)五峰组下部 WF2—WF3 笔石带页岩沉积期,研究区主体上受广西运动的影响较小,沉积环境为广海深水环境,主要沉积了黑色页岩,沉积中心发育在黔东南—川东北和川南 2 个区域,沉积中心最大厚度为 4~6 m。(2)五峰组观音桥层 WF4 笔石带页岩沉积期,受全球海平面下降和广西运动增强的影响,研究区沉积环境发生重大变化,川中古隆起、黔中古隆起和江南—雪峰古隆起进一步扩大,沉积盆地面积减小,沉积环境变为以浅海碳酸盐生屑滩沉积为主,少量深水沉积环境为辅(仅分布在川东—川东北地区石柱—涪陵—巫溪一带和川南地区的长宁—永川一带),浅水沉积物以富含赫南特贝的灰岩、泥质灰岩等沉积为主,深水沉积物主体为含赫南特贝的灰质泥岩、页岩沉积。(3)龙马溪组底部 LM1—LM4 笔石带页岩沉积期,受全球海平面上升和广西运动的控制沉积范围比观音桥层沉积期大,主体为滞留的深水沉积环境,沉积了厚度较大的 LM1—LM4 笔石带页岩黑色页岩,最大厚度超过 20 m。进一步分析了川中古隆起、黔中古隆起及江南雪峰古隆起对黑色页岩的控制作用,探讨了自流井水下高地/隆起、华蓥山水下高地、丁山水下高地和湘鄂西水下高地/隆起对黑色页岩沉积与保存的控制作用。

### 参考文献

**关键词** 页岩气;笔石带;等时地层;五峰组—龙马溪组;四川盆地



摘要 ID:2982

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 利用焦沥青光学反射率和激光拉曼光谱方法联合测定中国南方下寒武统富有机质页岩热成熟度

孟康<sup>1</sup>、张同伟<sup>2\*</sup>、刘秀岩<sup>3</sup>、罗欢<sup>4</sup>、邵德勇<sup>1</sup>、张瑜<sup>1</sup>、彭恒<sup>1</sup>、宋辉<sup>1</sup>

1. 西北大学 地质学系, 大陆动力学国家重点实验室

2. Bureau of Economic Geology, The University of Texas at Austin

3. 中国地质大学(武汉)“构造与油气资源”教育部重点实验室

4. 兰州大学 地质科学与矿产资源学院

准确测定有机质热成熟度是生烃评价的关键,也是页岩油气勘探开发的关键指标之一(赵文智等,2016)。然而,中国南方下寒武统页岩热成熟度的准确测定一直是限制寒武系页岩气勘探的难题之一。本研究利用焦沥青光学反射率和拉曼光谱方法联合测定中国南方下寒武统富有机质页岩热成熟度,并且探讨了造成热成熟度区域性差异的主控因素。结果显示,在对下寒武统富有机质页岩中不同类型焦沥青进行筛选,去除掉受到黏土矿物基质干扰造成光学反射率值明显低估的基质状焦沥青后,焦沥青光学反射率值(BR<sub>0</sub>)和由拉曼参数转化的等效焦沥青反射率值

(RmcBR<sub>0</sub>)具有较好的一致性,反映焦沥青的光学反射率和拉曼光谱联合方法对于过成熟页岩热成熟度的准确测定具有较好的适用性。中国南方下寒武统富有机质页岩热成熟度存在较大区域性差异,鄂西宜昌地区鄂阳页1井和流溪03井水井沱组页岩等效镜质体反射率值(EqVR<sub>0</sub>)分别为2.64%~2.71%和2.60%~2.92%,陕南汉中地区陕南页1井牛蹄塘组页岩EqVR<sub>0</sub>值为3.16%~3.29%,川南威远地区威001-4井筇竹寺组页岩EqVR<sub>0</sub>值为3.26%~3.32%,渝东南酉阳地区丹泉露头牛蹄塘组页岩EqVR<sub>0</sub>值为4.10%~4.23%。拉曼光谱研究表明,在热演化过程中,杂原子和无定形碳逐渐脱离有机质,并且有机质结构中形成更大粒径的芳香簇。当RmcBR<sub>0</sub>值达到3.5%~4.0%时,有机质出现显著增强的芳构化程度,基于该特征,将有机质过成熟阶段进一步划分为过成熟阶段早期和过成熟阶段晚期。简单对比中国南方下寒武统富有机质页岩的热成熟度和含气量特征,发现寒武系页岩气突破区(川南威远地区、陕南汉中地区和鄂西宜昌地区)内的下寒武统富有机质页岩普遍处于过成熟阶段早期,进一步证明当有机质处于过成熟阶段晚期,由于有机质遭受了强烈的芳构化程度造成有机孔相对不发育和生气潜力较差,不利于寒武系过成熟页岩气的勘探开发。通过对比寒武系页岩气突破区和未突破区内下寒武统页岩的埋藏史和热演化史,发现位于古隆起周缘的寒武系页岩气藏具有相对较浅的埋深和相对优越的页岩气保存条件,是寒武系页岩气勘探开发的有利区域。

**参考文献** 赵文智,李建忠,杨涛,等,2016.中国南方海相页岩气成藏差异性比较与意义[J].石油勘探与开发,43(4):499-510.

**关键词** 过成熟页岩;寒武系页岩气;焦沥青;干酪根;疑源类有机质



摘要 ID: 3052

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 陆相页岩油甜点成因机制与主控因素——以吉木萨尔凹陷芦草沟组为例

陈佳\*

中国石油大学(北京)克拉玛依校区

页岩油是我国重要的油气资源现实接替领域,以吉木萨尔芦草沟组为代表的陆相页岩油已进入规模开发阶段,但仍面临甜点成因机制不明、主控因素不清楚等问题。本文通过岩心精细描述,结合薄片鉴定、X射线衍射分析等测试,围绕吉木萨尔凹陷芦草沟组页岩油开展甜点形成机制与主控因素研究,认为页岩油甜点的形成可总结为“组分成储、源储成甜、差异富集”,即较高粉砂含量提供较多的易溶矿物且抗压实能力强,适当白云石含量有效改善储集空间,降低微观孔喉参数非均质性,低粘土和低方解石胶结物是优质页岩油储层形成的基础;不同源储配置形成的页岩油甜点品质有显著差异,以“源储共生”型源储配置形成的甜点含油性最好、可动性最高,“源生临储”型次之,“源储共生”型最差;甜点富集与分布主要受到古气候、沉积微相与古地貌控制,芦草沟组下段沉积期处于半干旱季节性气候,异重流朵叶体微相较为发育,古凹陷范围广阔,形成的甜点品质好、分布范围广。

### 参考文献

**关键词** 页岩油;成因机制;主控因素;芦草沟组;吉木萨尔凹陷



摘要 ID:193

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 贵州温水村剖面牛蹄塘组黑色页岩微观孔隙发育特征及主控因素分析

李丹龙\*、薛睿、黄云  
成都理工大学

探究页岩微观孔隙发育特征及其主要影响因素, 对研究区的页岩气勘探和资源评价具有重要的理论指导意义。为明确下寒武统页岩微观孔隙发育特征以及探究孔隙发育的主要控制因素, 以贵州温水村剖面下寒武统牛蹄塘组页岩为研究对象, 运用氩离子剖光场发射扫描电镜技术、低温液氮吸附解吸实验系统研究该剖面微观孔隙发育特征, 并结合研究区矿物和地球化学特征, 分析微观孔隙与干酪根显微组分含量、总有机碳含量 (TOC) 以及不同矿物含量之间存在的关系。研究结果表明: ①贵州温水村剖面牛蹄塘组页岩孔隙类型主要发育无机孔 (黏土矿物溶蚀孔、黄铁矿晶间孔)、微裂缝 (黏土矿物收缩缝、构造缝和超压破裂缝), 未见有机质孔发育; ②页岩孔径主要为纳米级, 孔径大小主要分布在 2-50nm, 占比 58.33%, 以介孔为主; ③黏土矿物含量与宏孔体积、平均孔径具有明显的正相关性, 与微孔体积具有明显的负相关性; 同时, 脆性矿物中长石含量宏孔体积、平均孔径具有较强负相关性, 与微孔体积、BET 比表面积具有较强正相关性; ④TOC 含量和不同干酪根显微组分的含量与该剖面页岩微观孔隙发育相关性不明显。在此研究成果上, 得出结论认为, 该剖面微观孔隙发育的主控因素为黏土矿物含量和长石矿物含量, 有机质丰度和显微组分含量对其影响不大。

**参考文献** 蔡苏阳, 肖七林, 朱卫平, 等. 纳米孔隙发育特征及其控制因素-以四川盆地南部长宁双河剖面为例[J]. 石油实验地质, 2020, 42 (6): 920-927. 梁峰, 邱响晰, 戴赟, 等. 四川盆地志留统龙马溪组页岩纳米孔隙发育特征及主控因素[J]. 2020, 42 (3): 451-458. 王淑芳, 张子亚, 董大忠, 等. 四川盆地寒武统筇竹寺组页岩孔隙特征及物性变差机制探讨[J]. 天然气地球科学, 2016, 27 (9): 1619-1628. Wang Shufang, Zhang Ziya, Dong Dazhong, et al. Microscopic pore structure and reasons making reservoir property weaker of Lower Cambrian Qiongzhusi shale Basin, China [J]. Natural Gas Geoscience, 2016, 27(9): 1619-1628. 熊亮. 四川盆地及周缘下寒武统富有机质页岩孔隙发育特征[J]. 天然气地球科学, 2019, 30 (9): 1319-1331. HACKLEY P C, ARAUJO C V, BORREGO A G. Standardization of measurements in dispersed organic matter: Results of an exercise to improve inter laboratory agreement [J]. Marine and Petroleum Geology, 2015, 59: 22-34.

**关键词** 贵州温水村; 下寒武统牛蹄塘组; 黑色页岩; 微观孔隙; 主控因素;





摘要 ID:533

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 有机质显微组分的成孔效率差异及其对储层质量的制约——以川南地区海相龙马溪组页岩储层为例

贾云倩<sup>1,2</sup>、韩登林<sup>\*1,2</sup>、张吉振<sup>2,3</sup>、王晨晨<sup>2,4</sup>、林伟<sup>1,2</sup>、任晓海<sup>5</sup>

1. 长江大学地球科学学院

2. 储层微观结构演化及数字表征实验室

3. 长江大学资源与环境学院

4. 非常规油气省部共建协同创新中心

5. 中国石油川庆钻探工程有限公司页岩气勘探开发项目经理部

富有机质页岩层系中, 有机质孔在页岩孔隙系统中具有重要意义。前人研究主要集中于总有机碳含量 (TOC)、有机质成熟度 ( $R_o$ )、有机质类型、基质沥青、压实作用、矿物成分等对有机质孔的影响, 但对于有机质显微组分对有机质孔贡献程度的定量分析仍有欠缺。此次研究以威远地区志留系龙马溪组一段第一亚段过成熟海相页岩储层为例, 利用扫描电镜针对不同有机质显微组分及其孔隙发育能力做出定性和定量判识, 研究表明: (1) 有机质孔发育的控制因素之一为成孔效率, 其中腐泥组成孔效率最高 (平均 38.5%), 镜质组、惰质组和壳质组的成孔效率较低; (2) 腐泥组含量最高 (平均 82.4%), 且在龙一 11、龙一 13 小层含量较高; (3) 腐泥组含量与有机质面孔率呈较强的正相关性; (4) 有机质面孔率、总有机质孔含量、总孔隙度三者单井垂向变化上基本一致, 有机质面孔率制约着总有机质孔含量, 总有机质孔含量占总孔隙度比重极高, 因此有机质显微组分的成孔效率制约着储层的储集性能。

参考文献

关键词 四川盆地; 威远地区; 志留系; 扫描电镜; 有机质孔



摘要 ID:648

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 玛湖凹陷二叠系风城组硅质岩成因及地质意义

雷海艳\*、陈俊、周波、胡亮、孟颖、张锡新  
中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司

准噶尔盆地玛北斜坡区风城组储层中硅质含量高, 其在页岩油生烃和成储过程中发挥着重要作用, 硅质发育层段也是该区页岩油分布最好的层段之一。本文利用岩石薄片、扫描电镜、古生物化石分析、有机和无机地球化学测试等资料, 采用多尺度岩矿学和地球化学结合的方法, 对准噶尔盆地玛北斜坡区风城组硅质岩成因、硅质中藻类的类型和生烃情况、以及硅质岩中孔隙结构展开了系统的研究。结果表明: 1、风城组硅质岩主要有三类成因: 生物成因、凝灰物质蚀变成因和热液成因; 2、首次发现硅质岩中发育大量杜氏藻休眠孢子, 且生烃明显。揭示了硅质岩是风城组除富有机质泥岩和藻云岩外一种非常重要的烃源岩。3、硅质岩中微纳米孔隙发育, 揭示了风城组硅质岩储集性能, 并建立了硅质岩生烃-成储模式。该项研究找到了风城组中杜氏藻存在的确切证据; 突出了风城组硅质岩在生烃、成储方面的重要性, 为水平井的井位部署和靶点选择提供了实验技术支撑, 为玛湖凹陷风城组页岩油的精准勘探打下了坚实基础。

参考文献

关键词



摘要 ID:1033

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 纹层尺度成岩差异性及其对烃类运聚的意义

梁超\*、操应长、刘可禹  
中国石油大学(华东)

纹层组合差异直接影响页岩成岩过程和路径,进而导致页岩储集空间和页岩油储集差异,研究纹层及其组合的形成过程,分析纹层组分赋存引起的成岩进程、驱动机制和流体传输过程,有助于明确页岩油储层形成和多尺度时空分布。本文通过显微观察、原位元素和碳氧同位素分析等分析测试,针对济阳拗陷古近系页岩开展了页岩纹层特征、沉积成岩过程和页岩油储层形成等研究。结果表明东营凹陷纹层页岩发育7种纹层成分组合和3种纹层样式,不同纹层组合和有机质赋存差异受控于由水深-陆源动态平衡控制湖泊盐跃层的快速波动。纹层组合差异性导致成岩进程和驱动机制的差异性,层偶界面突变面是流体横向运移的主要通道。有机质生烃演化诱发的碳酸盐重结晶晶间孔是页岩主要的基质孔隙,这与热解实验相互印证,游离烃主要赋存于高碳酸盐含量页岩中重结晶晶间孔中。

**参考文献** Liang, C., Cao, Y.C., Liu, K.Y., et al. 2018. Diagenetic variation at the lamina scale in lacustrine organic-rich shales: Implications for hydrocarbon migration and accumulation. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 229, 112-128. Milliken, K.L., Olson T., 2017. Silica diagenesis, porosity evolution, and mechanical behavior in siliceous mudstones, Mowry shale (Cretaceous), Rocky Mountains, U.S.A., *Journal of Sedimentary Research*, 87, 366-387. O'Brien, N.R., Cremer, M.D., and Canales, D.G.. 2012 The role of argillaceous rock fabric in primary migration of oil. *Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions*[D], 52: 1103-1112.

**关键词** 陆相页岩、纹层、成岩差异、烃类聚集



摘要 ID:1148

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 沧东凹陷孔二段页岩含油性特征及其控制因素

王志昊<sup>1</sup>、赵建华\*<sup>1</sup>、刘可禹<sup>1</sup>、蒲秀刚<sup>2</sup>、李俊乾<sup>1</sup>、韩文中<sup>2</sup>、田雨<sup>1</sup>、张伟<sup>2</sup>、钱门辉<sup>3</sup>、范雨辰<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东青岛 266580

2. 中国石油大港油田勘探开发研究院, 天津 300280

3. 中国石化石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏无锡 214126

沧东凹陷孔店组二段页岩为我国典型的湖相沉积, 页岩油勘探开发潜力巨大。为研究其含油性特征及影响因素, 本文通过岩石学和有机地球化学相结合手段开展研究。研究表明, 孔二段页岩样品中沥青“A”含量介于0.13%~2.03%之间, 平均值为1.05%。为进一步分析页岩油的赋存状态, 通过Rock-Eval热解、热解色谱和原油气相色谱, 建立了适合沧东凹陷孔二段中等成熟度页岩油不同赋存状态的定量表征方法: 在225°C恒温3min测试S1-1(实际可采量); 然后以25°C/min升温至350°C, 恒温3min测试S1-2(与S1-1之和为游离量); 再以25°C/min升温至400°C, 恒温3min测试S2-1(吸附量); 最后以25°C/min升温至600°C测试S2-2(干酪根裂解量)。利用索氏抽提和多温阶方法对沧东凹陷孔二段页岩进行分析, 发现页岩的含油性特征与矿物组成和沉积构造具有较强的相关性。长英质页岩含油性最好, 尽管吸附油比例相对较高, 这与族组分显示其沥青质含量较高一致, 但其游离油含量仍然较高; 灰云质页岩含油性最差, 但具有较高的游离油比例; 混合质页岩居于二者之间。纹层结构有利于页岩油的富集, 黏土有机质纹层热演化过程中生成的油在满足自身吸附的条件下, 近距离运移到邻近的长英质、碳酸盐纹层中保留的原始粒间孔隙中, 这些纹层是游离油主要的赋存空间。整体上, 纹层状长英质页岩是含油性最好的岩相类型, 纹层发育的页岩层段是页岩油勘探开发的主要靶区。

参考文献

关键词



摘要 ID:1234

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 颗粒尺寸效应对页岩储层中微裂缝产出产生的影响——以威远地区志留系龙马溪组页岩储层为例

武倩宇<sup>1,5</sup>、韩登林<sup>\*1,5</sup>、张吉振<sup>2</sup>、王晨晨<sup>3,5</sup>、任晓海<sup>4</sup>、苏苗苗<sup>2,5</sup>、朱亚玲<sup>1</sup>、张娟<sup>1,5</sup>

1. 长江大学地球科学学院

2. 长江大学资源与环境学院

3. 非常规油气湖北省协同创新中心

4. 中国石油川庆钻探工程有限公司页岩气勘探开发项目经理部

5. 储层微观结构演化及数字表征实验室

近年来,源储一体的页岩气作为有望代替常规能源的非常规天然气资源,受到世界各国的广泛关注。页岩储层因具有低孔低渗、非均质性强等特点,使其在开采前需要对储层进行压裂改造,以改善天然气的流动条件。前人认为影响裂缝发育的因素有构造应力、岩性、物性、有机质丰度以及沉积成岩作用等,鲜有人从微观尺度研究脆性矿物颗粒尺寸效应对微裂缝产出产生的影响。以威远地区志留系龙马溪组页岩储层为例,基于地质领域前人对页岩储层压裂改造的研究,引入工程领域尺寸效应的思路,运用矿物自动识别及分析系统(QEMSCAN)、单轴压缩模拟压裂试验、二维大视场背散射扫描电镜成像(MAPS)技术,由微观扫描图识别微裂缝产出特征及其周缘与矿物颗粒的接触关系,揭示矿物颗粒粒径对微裂缝走向产生的影响。研究表明:①页岩储层微裂缝的产出一方面受岩层特征的影响,而另一方面,脆性矿物颗粒的粒径大小也制约着裂缝产出效应及延伸程度;②页岩储层层理发育,微裂缝大多成层定向排列,且脆性矿物颗粒粒径分选差处更易发育微裂缝;③微裂缝发生转向或分叉,除受裂缝与应力方向的夹角、地应力等因素影响外,脆性矿物颗粒粒径大小对其也产生重要影响,即微裂缝会优先沿粒径相对较大的脆性矿物颗粒边缘延伸,大粒径矿物颗粒边缘对其延伸方向具有牵引作用。

**参考文献** 郭旭升,胡东风,魏祥峰,等,2016.四川盆地焦石坝地区页岩裂缝发育主控因素及对产能的影响[J].石油与天然气地质,37(6):799-808.何顺平,2016.页岩断裂韧性及诱导裂缝前缘形态影响因素研究[D].成都:西南石油大学.龙鹏宇,张金川,唐玄,等,2011.泥页岩裂缝发育特征及其对页岩气勘探和开发的影响[J].天然气地球科学,22(3):525-532.米晓飞,迟世春,2020.堆石颗粒强度的尺寸效应研究[J].水利与建筑工程学报,42(8):1564-1570.孙壮壮,马刚,周伟,等,2021.颗粒形状对堆石颗粒破碎强度尺寸效应的影响[J].岩土力学,42(2):1-10.王濡岳,聂海宽,胡宗全,等,2020.压力演化对页岩气储层的控制作用——以四川盆地五峰组—龙马溪组为例[J].天然气工业,40(10):1-11.吴建发,赵圣贤,范存辉,等,2021.川南长宁地区龙马溪组富有机质页岩裂缝发育特征及其与含气性的关系[J].石油学报,42(4):428-446.赵旭,2012.页岩气开发浪潮席卷全球[J].中国石化,29(12):18-20. Pollastro R M, 2007. Total petroleum system assessment of undiscovered resources in the giant Barnett Shale continuous(unconventional) gas accumulation, Fort Worth Basin, Texas[J]. AAPG Bulletin, 91: 551-578.

**关键词** 页岩储层;微裂缝特征;脆性矿物;矿物粒度;尺寸效应



摘要 ID:1419

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 基于热模拟实验的泥页岩热成熟生烃与成岩作用及孔隙结构的耦合演化

徐良伟<sup>\*1</sup>、魏浩<sup>2</sup>、朱金涛<sup>1</sup>、杨克基<sup>2</sup>

1. 北京大学

2. 河北地质大学

泥页岩是具有“源-储-盖”三位一体的非常规复杂含油气系统,其热成熟生烃、成岩作用、微纳米孔隙三者耦合演化的是影响页岩气富集成藏的关键科学问题。回顾关于泥岩成熟生烃、成岩作用、微纳米孔隙三者耦合演化相关的研究,目前主要的研究方法有直接观察法和物理模拟法,这两种方法均有各自的优点与局限性。本次研究选区了河北省张家口地区中元古界低成熟的下马岭组海相泥页岩进行了成岩物理模拟,对热模拟样品进行了基础地球化学分析、矿物成份与含量测试、微纳米孔隙结构特征表征等定性与定量实验,探讨了模拟升温过程中,在泥页岩热成熟生烃的同时所发生的成岩作用以及纳米孔隙结构的演化,从而有效的避免了样品非均质性对这一演化过程的影响,清晰直观的揭示了泥页岩热成熟生烃、成岩作用、纳米孔隙结构三者的耦合演化关系。

模拟实验结果显示,在模拟升温过程中随着泥页岩成熟度的不断升高,泥页岩在发生生、排烃作用的同时,也形成大量的内部多孔型和收缩边缘孔型有机质孔,并排出大量的有机酸,这些酸性流体对于模拟样品无机孔隙的生成与演化有着重要的促进作用,也影响着泥页岩成岩演化的过程。模拟升温加剧了不稳定脆性矿物的溶蚀并产生溶蚀孔,也促进了粘土矿物的转化,同时加快了粘土矿物孔隙的生成和发育。微纳米孔隙直径在模拟过程中变化并不明显,而孔隙体积呈先减小后增大的变化趋势,分别在 $350^{\circ}\text{C}$ 和 $650^{\circ}\text{C}$ 达到最小值和最大值。微孔和介孔比表面积呈先减小后增大的变化规律,在 $350^{\circ}\text{C}$ 时达到最小值,而宏孔比表面积则呈先增后减的变化趋势,分别在 $350^{\circ}\text{C}$ 和 $650^{\circ}\text{C}$ 达到最小值和最大值(图1)。

模拟升温过程中所发生的成岩演化可以划分为四个阶段,主要的成岩作用类型有溶蚀作用、粘土矿物转化作用、热成熟生烃作用、压实与重结晶作用。本次研究对泥页岩的成岩演化过程和孔隙演化模式进行了大体的划分,并建立了基于热模拟实验的泥页岩热成熟生烃与成岩作用及孔隙结构的耦合演化模式(图2)。

本次研究建立的基于热模拟实验的泥页岩热成熟生烃与成岩作用及孔隙结构的耦合演化模式提供了富有机质泥页岩有机质生烃、成岩作用和微纳米孔隙结构演化的定性与定量的表征评价方法,该模式对于泥页岩储层的评价,页岩气成藏机理以及页岩气勘探开发具有重要指导意义。

参考文献 无

关键词 泥页岩, 成岩作用, 孔隙结构, 耦合演化



摘要 ID:1686

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 湖相泥页岩有利岩相组合及其特征研究

李贵昂\*、林承焰、董春梅、马鹏杰、杜心宇  
中国石油大学(华东)

随着非常规油气勘探开发的不断深入,陆相页岩油逐渐成为我国含油气盆地增储上产的关键。然而,与海相泥页岩不同,湖相泥页岩存在含油性差异性大、沉积环境变快、岩相组分复杂等特征,缺乏对有利岩相的系统认识。本次以济阳凹陷牛庄洼陷沙四上亚段湖相泥页岩为例,在基于“四组分-三端元”的岩相类型划分基础上,综合应用岩石组分、XRF元素分析、元素测井分析和GR曲线预测误差滤波分析(GR-INPEFA),对沙四纯上亚段进行了五级层序(准层序组)的精细划分,明确了不同岩相组合及有利岩相的发育特征。

沙四上纯上亚段自下而上可划分为P1-P6共六个准层序组。P1以贫有机质薄层状和中有机质纹层状灰(云)质泥岩组合为主,P2以富有机质亮晶方解石脉状、页状和纹层状灰(云)质泥岩互层为主,P3以中有机质纹层状、富有机质纹层状、富有机质页状灰质泥岩互层的岩相组合为主,P4以贫有机质纹层状和富有机质纹层状含粉砂质、中有机质纹层状灰质泥岩互层为主,P5以中有机质纹层状、贫有机质薄层状灰(云)质泥岩互层为主,P6准层序组以贫有机质纹层状、贫有机质薄层状灰(云)质泥岩互层为主。其中,P2准层序组沉积期,水体快速加深,盐度适中,为陆源输入较少的还原环境,以发育富有机质亮晶方解石脉状灰(云)质泥岩为典型特征。P2准层序组泥页岩整体有机质丰度高,TOC介于2.0~7.0%(平均3.5%)。纹层间发育的亮晶方解石脉,与有机质成熟过程中富泥晶方解石纹层的溶蚀再沉淀有关,镜下多以不规则块状和粒状晶体形态为主,晶间孔隙发育,多为沥青充填。该准层序组含油性好,生烃潜量大,可压裂性好,为区内较为有利的岩相组合层段。本研究将为深入理解不同岩相组合特征及其沉积-成岩演化规律,进而指导陆相页岩油勘探,提供重要的地质依据。

**参考文献** [1]许怀先,单东柏.《页岩油地质评价方法》国家标准通过审查.石油勘探与开发·油气田开发.2019,46(5):958.[2]张守鹏.西加拿大盆地与济阳拗陷页岩油气成藏条件对比分析及启示[J],油气地质与采收率.2019.26(1):29-36[3]宋明水,刘慧民,等.济阳拗陷古近系页岩油富集规律认识与勘探实践[J],石油勘探与开发,2020,47(2):225-235.[4]Shun Zhanga,b,Huimin Liua,b,Yali Liua,Yongshi Wanga,Min Wanga,b,Youshu Baoa,Qinhong Huc,Zheng Lia,Shoupeng Zhanga,Suping Yaod,Yong Wanga,Wei Xionga,Peng Liua,b,Zhengwei Fanga,2020.Main controls and geological sweet spot types in Paleogene shale oil rich areas of the Jiyang Depression, Bohai Bay basin, China. Marine and Petroleum Geology 111 (2020) 576-587.[5]刘慧民,张顺,等.东营凹陷页岩油储集地质特征与有效性[J],石油与天然气地质.2019.40(3):512-523.[6]Munther Alshakhs, et al,2019.Sweet-spot mapping through formation evaluation and property modelling using data from the Goldwyer Formation of the Barbwire Terrace, Canning Basin. Petroleum 5 (2019) 13-29.[7]邹才能,杨智,张国生,等.常规-非常规油气“有序聚集”理论认识及实践意义[J],石油勘探与开发,2014,41(1):14-26.[8]杨智,侯连华,陶士振,等.致密油与页岩油形成条件与“甜点区”评价[J],石油勘探与开发,2015,42(5):555-565.[9]陈桂华,白玉湖,陈晓,等.页岩油气纵向综合甜点识别新方法及其量化评价.石油学报,2016,37(11):1337-1360.[10]S.Sharma,et al .Role of biogeochemistry in efficient shale oil and gas production. Fuel 259 (2020) 116207.[11]赵贤正,周立宏,蒲秀刚,等.陆相湖盆页岩层系基本地质特征与页岩油勘探突破——以渤海湾盆地沧东凹陷古近系孔店组二段一亚段为例[J],石油勘探与开发,2018,45(3):361-372.[12]祝彦贺,陈桂华,梁建设,等.页岩油气甜点识别的综合评价方法[J],中国矿业大学学报,2016,45(2):301-309.[13]Jarvie DM,Hill RJ,Ruble TE,Pollastro RM.Unconventional shale-gas systems;the Mississippian Barnett Shale of north-central Texas as one model for thermogenic shale-gas assessment. Am Assoc Pet Geol Bull 2007;91(4):25.[14]Wang FP,Gale JFW. Screening criteria for shale-gas systems. Trans-Gulf Coast Assoc Geol Soc 2009;59:779-94.[15]Li Q,Chen M,Wang FP,Jin Y,Li Z. Influences of engineering factors on shale gas



productivity:a case study from the Haynesville shale gas reservoir in North America. Nat Gas Ind 2012;32(4):54-9. [16] Jin X, Shah SN, Roegiers J-C, Zhang B. Fracability evaluation in shale reservoirs—an integrated petrophysics and geomechanics approach Society of Petroleum Engineers;2014.

**关键词** 东营凹陷; 沙四纯上亚段; 岩相; 层序划分; 沉积环境





摘要 ID:1800

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 内蒙古林西地区上二叠统林西组烃源岩有机岩石学特征

罗立艳、施立志\*、汪彪  
中国地质科学院矿产资源研究所

近些年的二连盆地及外围地区(兴蒙地区)基础石油地质研究工作指出该区石炭-二叠系可作为潜在的有利含油气层系,具有良好的生储盖组合和油气成藏条件,内蒙古东部地区上二叠统的林西组烃源岩十分发育,是北方石炭-二叠系新区新层系油气勘探的重要目标层系之一(卢进才等,2018;施立志等,2020),林西组的构造环境、沉积特征、岩相古地理及地层古生物等方面前人已开展了不同程度的研究(王丹丹等,2016;张健等,2019;郑月娟等,2020),但该组烃源岩特征及生烃潜力研究仍较少,故本文根据野外采集样品结合区域石油调查等资料,对该区林西组烃源岩开展有机地球化学与岩石学特征研究,为二连盆地及外围地区上古生界油气资源前景评价提供基础资料。林西地区位于佳-蒙地块南部与华北板块北缘相邻地带,区域内发育地层以上古生界和中生界为主,二叠系从下到上主要发育有大石寨组、哲斯组和林西组且晚古生代的林西组地层出露较为广泛,林西组从下到上发育林一段-林五段,岩性主要为碳质泥页岩、深灰色粉砂岩、灰黑色砾岩、颗粒灰岩、泥灰岩以及生物格架灰岩等,以海相沉积环境为主,存在过渡相环境,沉积环境主要经历了由滨海—半深海—三角洲前缘—浅海—滨海的演变(翟大兴等,2015;王亚东等,2018;张健等2020),林西组碳质泥页岩是重要的烃源岩层位且具有良好的页岩气勘探前景(韩春元等,2011;吴桐等,2018)。本文所研究的烃源岩样品均采于该区半拉山剖面上二叠统林西组的灰黑色-黑色泥岩、页岩,并对该套样品进行了有机显微组分的鉴定与定量、总有机碳(TOC)分析、镜质体反射率及岩石热解实验等测试分析,结果表明:烃源岩样品中95.24%的总有机碳(TOC)值超过1.0%(平均值0.87%),其有机质丰度总体可达到“较好-好”级别;90.47%的烃源岩样品镜质体反射率( $R_o$ )值大于1.3%(平均值1.88%),其有机质成熟度可达到“高成熟”至“过成熟”阶段;岩石热解氢指数均值为27.52mg/g,其有机质类型归属于III型。综合上述烃源岩样品的有机质丰度、成熟度与有机质类型的认识,笔者认为林西地区上二叠统林西组烃源岩属于“较好-好”烃源岩,生烃潜力较大且具有较好的油气资源前景。

**参考文献** [1] 卢进才,牛亚卓,姜亭,2018.中国北方石炭系—二叠系油气地质调查与勘探进展[J].地质通报,37(01):7-15. [2] 施立志,张英利,张永生,苗忠英,赵撼霆,汪彪,娄鹏程,崔新宇,2020.蒙西地1井发现下二叠统寿山沟组巨厚页岩气生烃层[J].中国地质,47(05):1594-1595. [3] 王丹丹,李世臻,周新桂,刘伟伟,林燕华,曾秋楠,张文,2016.内蒙古东部上二叠统林西组砂岩锆石 SHRIMP U-Pb 年代学及其构造意义[J].地质论评,62(04):1021-1040. [4] 张健,朱占平,孙雷,王辉,李昌晓,2019.松辽盆地外围西部上二叠统林西组岩相古地理特征[J].东北石油大学学报,43(02):1-11+139. [5] 郑月娟,张健,张海华,张德军,卞雄飞,陈树旺,苏飞,黄欣,宋绍钧,2020.大兴安岭中段晚二叠世林西组介形虫化石及环境意义[J].吉林大学学报(地球科学版),50(06):1776-1786. [6] 翟大兴,张永生,田树刚,吴非蒙,邢恩袁,王猛,施立志,王卓卓,2015.内蒙古林西地区上二叠统林西组沉积环境与演变[J].古地理学报,17(03):359-370. [7] 王亚东,王之晟,马国祥,孙明坤,王晓奇,卢天军,王洪志,2018.内蒙古扎鲁特旗丰胜村东上二叠统林西组烃源岩沉积学特征[J].内蒙古科技与经济,(07):56-57+63. [8] 张健,张海华,陈树旺,郑月娟,张德军,苏飞,黄欣,2020.松辽盆地北部上二叠统林西组地球化学特征及地质意义[J].吉林大学学报(地球科学版),50(02):518-530. [9] 韩春元,金凤鸣,王静,高正虹,吴瑾,崔庆庆,2011.内蒙古二连盆地上古生界油气勘探前景[J].地质通报,30(Z1):243-249. [10] 吴桐,周铁锁,2018.大兴安岭南地区林西组油气勘探前景探讨[J].地质与资源,27(05):438-444.

**关键词** 林西地区; 林西组; 烃源岩; 有机质丰度; 有机质成熟度; 有机质类型



摘要 ID: 3361

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 四川盆地东北地区侏罗系凉高山组页岩沉积组合特征

徐亮<sup>\*1,2</sup>、王显东<sup>1,2</sup>、王有智<sup>1,2</sup>、王志国<sup>1,2</sup>

1. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

2. 黑龙江省陆相页岩油重点实验室

**摘要:** 多年来, 针对四川盆地侏罗系以常规思路在致密灰岩和砂岩中开展勘探部署并未取得显著效益, 随着页岩油勘探理论的创新, 直到近年来确定以非常规油气勘探为主要思路后取得重大突破, 在侏罗系中石油、中石化等先后在平安1井、泰页1井和巴中1HF等井钻遇工业油流, 其中平安1井获产油量112.8m<sup>3</sup>/d、产气量11.45×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d, 泰页1井获产油量9.8m<sup>3</sup>/d、产气量7.5×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d, 巴中1HF井, 获日产油126m<sup>3</sup>/d, 产气量5.77×10<sup>4</sup>m<sup>3</sup>/d。本文以侏罗系凉高山组页岩为研究对象, 通过钻井取心结合大量岩心实验数据分析, 研究了页岩沉积发育模式及其地质特征, 同时分析了不同类型页岩油平面分布特征, 对四川盆地页岩油下一步全面勘探开发具备重要指导意义。

**结果表明:** 通过构造演化分析晚三叠世以来, 受大巴山方向构造挤压的影响, 在山前形成深湖~半深湖沉积环境, 控制岩相岩性空间展布。三期大规模湖盆扩张, 分别形成自流井组的东岳庙段和大安寨段以及凉高山组三套页岩。其中凉高山组凉上段处于湖盆鼎盛期一收缩期, 川东北地区发育以静水深湖相页岩夹近源震积、浊积砂体, 川西南地区发育滩坝砂体。从页岩厚度平面分布图看, 凉上段厚度一般介于15-100m之间, 面积约8.36万km<sup>2</sup>, 主要分布在川东, 川北地区。从纵向发育模式上看, 凉高山组经三期水进旋回分别形成凉上1、凉上2、凉上3三个页岩发育亚段, 页岩与砂岩交互发育3种沉积组合类型, 即纯页岩型、夹层型和互层型。

纯页岩型页岩油发育在大段页岩夹粉砂岩纹层中, 页理发育, 页地比大于90%, 单层砂岩厚度小于2m, 具备高伽马、低电阻的电性特征; 夹层型页岩油发育在上下套页岩夹粉砂岩为典型特征, 纹层、页理发育, 页地比介于80%-90%之间, 单层砂岩厚度分布在2-4m之间, 粉砂岩发育交错层理与平行层理, 页岩具备高伽马-低电阻、砂岩夹层为低伽马-高电阻且曲线呈薄箱型或漏斗型组合的电性特征; 互层型页岩油储层为砂岩-页岩互层, 呈现多期反旋回的沉积特征, 页地比介于60%-80%之间, 单层砂岩厚度分布在4-5m之间, 测井曲线(伽马、电阻)呈现漏斗型组合特征并且在纵向频繁叠置。3种页岩组合类型在平面和剖面上具有一定的分区分带的特征, 平面上三类页岩呈环带状分布, 湖盆中心发育以纯页岩型页岩油为主, 向湖盆边缘发育夹层型页岩油, 在湖盆边缘临近物源区发育互层性页岩油。凉上1、凉上2亚段纯页岩、夹层型页岩油发育在仪陇-平昌地区, 面积约7600km<sup>2</sup>; 而凉上3亚段纯页岩、夹层型页岩油主要发育在合川地区, 面积约4000km<sup>2</sup>。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地东北地区; 侏罗系; 凉高山组; 页岩油气; 页岩油类型



摘要 ID:2440

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地玛湖凹陷下二叠统风城组页岩优势岩相及其成因

胡美玲<sup>1,2</sup>、姜福杰<sup>\*1,2</sup>、胡涛<sup>1,2</sup>、黄立良<sup>3</sup>

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院

2. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室

3. 新疆油田公司勘探开发研究院

准噶尔盆地玛湖凹陷风城组广泛发育一套碱湖相细粒沉积页岩,是近年来页岩油勘探的重要领域之一。以玛湖凹陷风城组页岩为研究对象,基于岩心观察,结合XRD全岩衍射、热解,总有机碳测定和高压压汞毛管压力曲线测试等实验,对风城组页岩岩相进行了研究。结果显示,风城组页岩的黏土矿物含量整体较低,主要发育长英质矿物,碳酸盐矿物则以白云石为主。基于矿物组成,以20%、50%、80%为界限对页岩进行岩相划分,结果显示研究区发育有6种页岩相,其中,硅质页岩相、混合质页岩相、钙质页岩相为主要页岩相,而硅岩相、碳酸盐岩相和粘土质岩相仅少量发育。

基于风城组页岩的有机质丰度、有机质类型、生烃潜力、含油饱和度OSI、物性(孔隙度和渗透率)等参数确定页岩优势岩相。硅质页岩相的TOC含量为0.14%~2.31%,平均为0.9%;生烃潜力为0.12mg/g~15.08mg/g,均值为4.68mg/g;孔隙度为0.97%~3.86%,平均为2.76%;渗透率介于 $0.011 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 0.019 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,均值为 $0.015 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。钙质页岩相的TOC含量介于0.14%~2.95%,平均为0.87%;生烃潜力为0.28mg/g~20.81mg/g,均值为4.11mg/g;孔隙度为1.37%~4.76%,平均为2.46%;渗透率介于 $0.012 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 0.016 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,均值为 $0.014 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。混合质页岩相的TOC含量介于0.08%~2.29%,平均为0.70%;生烃潜力为0.24mg/g~13.36mg/g,均值为3.04mg/g;孔隙度为1.50%~5.93%,平均为2.84%;渗透率介于 $0.011 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 \sim 0.016 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,均值为 $0.013 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

结果显示,硅质页岩相的TOC含量和生烃潜力均为最高,有机质类型主要是II2型,为较好的生油岩。其孔隙度和渗透率也较好,存在相对的高值,表现出较好的储集物性。含油饱和度OSI均值达190mg/g,根据OSI指标判断其具有较强的产油能力。综合来看,硅质页岩相为研究区勘探最有利的岩相,其次为混合质页岩相和钙质页岩相。

玛湖凹陷风城组优势岩相的形成和发育受到沉积环境和成岩作用的共同控制。沉积环境决定了页岩的物质组成及结构。当物源碎屑物质供应较为充足时长英质矿物较为发育;当蒸发作用较强时水体咸度增大,碳酸盐矿物发育(张益邾等,2021)。岩心观察和薄片镜下观察分析表明,优势岩相中的长英质矿物呈碎屑状杂乱分布,主要为陆源碎屑成因。结果表明,优势岩相在沉积期间陆源物质供给充足,为其有机质富集提供了良好的物质基础。成岩作用控制着页岩的储集空间。从有机质孔发育情况来看,II型干酪根比III型干酪根更容易产生有机孔(HOU et al.,曹涛涛和宋之光,2016;刘洪林等,2018)。玛湖凹陷风城组优势岩相有机质类型主要为II2型,易于有机质气泡孔的产生。除此之外,优势岩相含有方解石矿物,易受到有机酸溶蚀形成溶蚀孔;其富含脆性矿物,机械抗压实能力较强,利于原生孔隙的保存,也增强了储集层的可压裂性。

**参考文献** 曹涛涛,宋之光.页岩有机质特征对有机孔发育及储层的影响[J].特种油气藏,2016,23(04):7-13.刘洪林,李晓波,周尚文.黑色页岩中发生的气泡变孔作用及地质意义[J].天然气与石油,2018,36(6):60-64.张益邾,王贵文,宋连腾,等,2021.页岩岩相测井表征方法-以准噶尔盆地玛湖凹陷风城组为例[J],地球物理学进展:1-16.HOU Y G, HE S, WANG J G, et al. Preliminary study on the pore characterization of lacustrine shale reservoirs using low pressure nitrogen adsorption and field emission scanning electron microscopy methods A case study of the Upper Jurassic Emuerhe Formation, Mohe basin northeastern China [J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 2015, 52(5): 294-306.

**关键词** 页岩 优势岩相 下二叠统风城组 准噶尔盆地 玛湖凹陷



摘要 ID:2934

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 泸州地区页岩储层天然裂缝描述及定量评价研究

赵圣贤<sup>1</sup>、夏自强<sup>\*1</sup>、王高翔<sup>1</sup>、邱振<sup>2</sup>、李博<sup>1</sup>、刘永畅<sup>1</sup>

1. 中国石油西南油气田分公司页岩气研究院

2. 中国石油勘探开发研究院

页岩储层天然裂缝对页岩气赋存和保存尤为重要,为定量评价页岩岩心天然裂缝发育程度,以泸州地区五峰组~龙马溪组页岩为研究对象,针对不同构造部位典型评价井,通过岩心精细描述、有机地球化学测试、三轴岩石力学实验、测井力学解释等手段,对页岩储层天然裂缝分类、裂缝发育指数评价、发育控制因素等方面进行了系统研究。结果表明:泸州地区五峰组—龙一1亚段页岩发育构造缝、成岩缝2大类、6种裂缝类型;创新建立耦合裂缝线密度-裂缝充填种类-裂缝倾角种类的天然裂缝发育指数评价方法,实现裂缝发育程度定量表征,明确了构造部位控制区域天然裂缝发育程度:背斜区>斜坡区>向斜区;泸州地区五峰组—龙一1亚段页岩岩心天然裂缝发育受到构造及非构造作用的共同控制,影响程度:构造作用>岩石力学性质>沉积成岩作用;天然裂缝发育段集中于富有机质( $TOC \geq 3\%$ )硅质页岩岩相,从而有利于页岩气富集。

**参考文献** 杨洪志, 赵圣贤, 刘勇, 等. 泸州区块深层页岩气富集高产主控因素[J]. 天然气工业, 2019, 39(11): 55-63. [Yang Hongzhi, Zhao Shengxian, Liu Yong, et al. Main controlling factors of enrichment and high-yield of deep shale gas in the Luzhou Block, southern Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2019, 39(11): 55-63.] 管全中, 董大忠. 页岩储集层中裂缝对产量影响的探讨[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2015, 34(5): 1064-1070. [Guan Quanzhong, Dong Dazhong. Discussion of Fracture Effects on the Shale Gas Reservoir Productivity [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2015, 34(5): 1064-1070.] 施振生, 赵圣贤, 赵群, 等. 川南地区下古生界五峰组-龙马溪组含气页岩岩心裂缝特征及其页岩气意义[J]. 石油与天然气地质, 2022, 43(5): 1087-1101. [Shi Zhensheng, Zhao Shengxian, Zhao Qun, et al. Fractures in cores from the Lower Paleozoic Wufeng-Longmaxi shale in southern Sichuan Basin and their implications for shale gas exploration [J]. Oil & Gas Geology, 2022, 43(5): 1087-1101.] 杨洪志, 赵圣贤, 夏自强, 等. 四川盆地南部泸州区块深层页岩气立体开发目标优选[J]. 天然气工业, 2022, 42(8): 162-174. [Yang Hongzhi, Zhao Shengxian, Xia Ziqiang, et al. Target selection of tridimensional development of deep shale gas in the Luzhou region, South Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2022, 42(8): 162-174.] 吴建发, 赵圣贤, 范存辉, 等. 川南长宁地区龙马溪组富有机质页岩裂缝发育特征及其与含气性的关系[J]. 石油学报, 2021, 42(04): 428-446. [Wu Jianfa Zhao Shengxian<sup>1</sup> Fan Cunhui, et al. Fracture characteristics of the Longmaxi Formation shale and its relationship with gas-bearing properties in Changning area, southern Sichuan[J]. Acta Petrolei Sinica, 2021, 42(04): 428-446.] 吴蓝宇, 胡东风, 陆永潮, 等. 四川盆地涪陵气田五峰组—龙马溪组页岩优势岩相[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(02): 189-197. [Wu Lanyu, Hu Dongfeng, Lu Yongchao, et al. Advantageous shale lithofacies of Wufeng Formation-Longmaxi Formation in Fuling gas field of Sichuan Basin, SW China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2016, 43(02): 189-197.]

**关键词** 天然裂缝; 构造作用; 沉积成岩作用; 龙马溪组; 泸州地区



摘要 ID:2983

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 咸化湖相页岩油地质特征与甜点评价技术——以柴达木盆地英雄岭页岩油为例

田明智<sup>\*1</sup>、朱超<sup>1</sup>、伍坤宇<sup>2</sup>、夏志远<sup>1</sup>、李森明<sup>1</sup>、邢浩婷<sup>2</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院

2. 中国石油青海油田分公司

中国陆相页岩油资源潜力巨大,在摸清页岩油富集机理、分布特征与开采方式以及技术取得突破基础上,页岩油会是今后相当长一个时期获取稳定石油和天然气产量的重要领域,将对中国原油自给供应的长期安全形成重大支撑(赵文智等,2020)。2021年以来,青海油田立足于源内油气形成机理研究和系统取心评价,转变勘探观念,首次明确英雄岭下干柴沟组上段发育典型湖相碳酸盐岩页岩油。依托英雄岭三维地震连片解释成果,优选埋藏适中、构造相对英西-英中地区更为稳定的干柴沟地区实施勘探,取得盆地页岩油勘探的战略性突破,开展水平井探索获日产百方高产油流(李国欣等,2022)。

英雄岭页岩油具有强混积、高纹层密度和低 TOC 的特征,测井响应特征复杂,甜点评价困难。受湖平面季节性变化和物源间歇性补给影响,目的层碳酸盐岩陆源碎屑含量较高(大于 30%),纹层密度可达 40-45 层/厘米,TOC 平均值低于 1.0%。提出岩石结构因子技术使得强混积背景下的湖相碳酸盐岩岩性高精度识别成为可能;通过电成像测井资料建立纹层指数定量计算模型来表征纹层密度,能够有效识别出高纹层密度岩相;利用元素俘获能谱测井资料计算 TOC,可以解决贫有机质页岩 TOC 计算难题。结合“双高”甜点的认识,即高孔隙度的纹层状泥晶-粉屑灰云岩与高 TOC 的灰云质页岩的岩相组合为有利甜点,开展研究区单井甜点评价。认为研究区 IV-11 小层优质甜点集中发育且横向连通性好,支撑了柴平 1 井在该小层试油并获得高产稳产,实现了勘探战略突破。

**参考文献** 赵文智,胡素云,侯连华,等,2020.中国陆相页岩油类型、资源潜力及与致密油的边界[J].石油勘探与开发,47(01):1-10.李国欣,朱如凯,张永庶,等,2022.柴达木盆地英雄岭页岩油地质特征、评价标准及发现意义[J].石油勘探与开发,49(01):18-31.

**关键词** 咸化湖盆;页岩油;甜点评价



摘要 ID:234

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 四川盆地五峰组—龙马溪组页岩裂缝发育特征及其控储意义

王濡岳\*、胡宗全、周彤、杜伟、王鹏威  
中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

利用岩心、测井、扫描电镜和相关样品物性分析等手段,分析探讨了四川盆地周缘五峰组—龙马溪组页岩裂缝类型、发育特征、分布规律及其对页岩气富集与保存的影响。结果表明:(1)页岩裂缝发育受沉积、成岩、构造与压力演化等因素共同影响。低角度滑脱缝与层理缝充填程度低,对储层孔渗均具有贡献;高角度裂缝和水平层间缝通常被充填,裂缝有效性较低。低角度裂缝对高角度裂缝穿层性的调节对页岩气的富集与保存具有重要意义。(2)页岩微裂缝以非构造成因为主,上部低有机质高黏土层段层理缝与大尺度层间微裂缝发育程度低,小尺度黏土粒间孔缝发育,宜增加水力裂缝切割密度和加砂强度以提高缝网控制储量。底部硅质页岩层理缝、层间微裂缝和刚性矿物粒缘缝发育程度高,裂缝力学性质薄弱,加之密集发育的低角度与小尺度高角度裂缝的共生形成了有利的天然缝网系统。(3)中浅埋深下层理缝和层间微裂缝渗透率显著高于基质,利于页岩气的储层改造与渗流。深层条件下裂缝与基质渗透率均较低且大致相当,储层渗流能力与压裂改造效果是制约深层页岩气高效开发的重要因素。

**参考文献** [1] 郭旭升, 胡东风, 魏祥峰, 等. 四川盆地焦石坝地区页岩裂缝发育主控因素及对产能的影响[J]. 石油与天然气地质, 2016, 37 (6): 799-808. [2] 胡宗全, 杜伟, 刘忠宝, 等. 页岩气源储耦合机理及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 2018: 1-38. [3] 董大忠, 施振生, 孙莎莎, 等. 黑色页岩微裂缝发育控制因素——以长宁双河剖面五峰组—龙马溪组为例[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45 (5): 763-774. [4] 何治亮, 胡宗全, 聂海宽, 等. 四川盆地五峰组—龙马溪组页岩气富集特征与“建造—改造”评价思路[J]. 天然气地球科学, 2017, 28(5): 724-733. [5] 范存辉, 李虎, 钟城, 等. 川东南丁山构造龙马溪组页岩构造裂缝期次及演化模式[J]. 石油学报, 2018, 39 (4): 379-390. [6] Zeng L, Lyu W, Li J, et al. Natural fractures and their influence on shale gas enrichment in Sichuan Basin, China[J]. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2016, 30: 1-9. [7] 王濡岳, 聂海宽, 胡宗全, 等. 压力演化对页岩储层的控制作用——以四川盆地五峰组—龙马溪组页岩为例[J]. 天然气工业, 2020, 40 (10): 1-11. [8] 田鹤, 曾联波, 徐翔, 等. 四川盆地涪陵地区海相页岩天然裂缝特征及对页岩气的影响[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41 (3): 474-483. [9] Xu X, Zeng L, Tian H, et al. Controlling factors of lamellation fractures in marine shales: A case study of the Fuling area in eastern Sichuan Basin, China[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2021, 207, 109091.

**关键词** 页岩气; 裂缝; 物性; 产能; 保存; 五峰组; 龙马溪组; 四川盆地



摘要 ID:450

主题分类：非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型：专题邀请报告

## 四川盆地五峰组-龙马溪组页岩石英多成因类型及与页岩气差异富集响应

卢龙飞\*、刘伟新、潘安阳、申宝剑、刘旺威

中国石化股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

在X射线衍射分析基础上，利用光学显微镜、环境扫描电镜和高分辨率场发射扫描电镜及能谱等多级显微与微区分析手段对四川盆地五峰组-龙马溪组页岩进行了石英来源和成因的半定量识别研究及与页岩气富集的耦合关系分析。五峰组-龙马溪组一段（龙一段）页岩石英主要包括生物成因、黏土矿物成岩自生成因和陆源碎屑三种成因类型，其中一亚段中下部页岩以具明显生物结构和球粒状集合体两种特征的生物成因石英为主，占全岩石英的90%以上；一亚段上部主要发育黏土矿物成岩自生石英，石英多呈球状，被定向排列的黏土矿物片晶所包裹，占全岩石英的50%-60%之间；二亚段和三亚段页岩以碎屑石英为主体，具明显棱角状，分散于其他碎屑矿物之中，占石英的60%-80%。富生物成因石英的页岩层段不仅全岩石英总含量高于自生石英和陆源碎屑石英富集层段，而且有机碳含量、孔隙度和总含气量也高于后两者。生物成因硅质的富集反映的是一种海水中溶解态硅和其他营养元素丰富非常适于硅质生物和浮游藻类共同繁盛的海洋环境，不仅初级生产力高，而且大量硅质生物进入沉积地层其疏松结构和快速成岩相变特征及硬度逐渐增加过程使页岩能够保持高孔结构，利于有机孔隙的发育和保存，从而形成“高硅高碳高孔”等甜点要素的复合叠加，为页岩气富集提供了极为优越的条件。而富自生石英和碎屑石英的页岩层段全岩石英含量相对较低，同时由于黏土矿物含量较高和石英颗粒分散于碎屑矿物中的结构差异，导致有机碳（包括沥青）含量较低，有机孔隙数量较少，进而使总孔隙度和含气量较低。研究揭示渝东南地区生物成因硅质富集页岩层段在整个区域上对应于页岩气富集层，是该区页岩气开发的优选目标层位。

参考文献

关键词



摘要 ID:3124

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地延长组长 9 段油页岩油地质特征及其勘探潜力

张月巧\*

中国石油勘探开发研究院

鄂尔多斯盆地中生界延长组主要发育长 7 和长 9 两套泥页岩层系。近年来,长 7 段页岩油勘探开发取得了突破性进展,成为长庆油田原油产量稳产乃至上产的重要战略性接替资源(付金华等,2020)。然而,由于勘探程度低,长 9 泥页岩一直被认为是非主力烃源岩而未受到足够的重视。近期勘探实践证实长 9 段黑色页岩有机质丰度高,类型好,油源对比研究也表明其是一套优质烃源岩层(张文正等,2007)。目前,对长 9 段黑色页岩的分布范围、生烃潜力及其勘探潜力仍不清楚。本文析结合钻井资料,利用地球化学分析等技术手段,对长 9 泥页岩进行了系统研究,并对其勘探潜力进行了预测,取得了以下几点认识:(1)根据标志层、沉积旋回和岩相,长 9 段可划分为长 92 和长 91 亚段。长 92 沉积期,半深湖沉积在盆地内较为局限,长 91 沉积期湖盆初始扩张达到最大范围,湖岸线向陆推移,湖域面积扩大,半深湖沉积较发育,从而在长 91 的顶部沉积了一套具有生烃潜力的油页岩。(2)该段页岩在测井上表现出高自然伽马值、高声波时差、高电阻率、低密度“三高一低”的显著特征。据此对盆地内发育这套页岩的井位进行统计,得到长 9 顶部高伽马页岩的分布特征。该页岩段主要分布于吴起-志丹-高桥一带,呈北西南东方向延伸。厚度普遍在 5-15m 之间,中心部位厚度可达 25m 以上。(3)烃源岩样品分析表明,长 9 黑色页岩有机质丰度平均达到 4.91%,暗色泥岩有机质达到 2.71%,有机质类型以 I 型-III 型为主,显微组分主要由镜质组合类脂组构成,壳质组和惰质组次之。 $R_o$  值分布范围在 0.5%~1.3%, $T_{max}$  值分布范围在 451 0C-490 0C,有机质演化处于生油高峰期。从以上地化指标来看,长 9 段页岩有机质丰度高、类型好,演化阶段好,分布范围广,厚度大,具备页岩油发育的资源基础。(4)夹持于厚层富有机质泥页岩层系内的薄层砂质岩类构成了含油富集的甜点段,根据单层砂质岩的厚度可分为厚夹层型储层(4m-6m)、薄夹层型储层(2m-4m)和页理型储层(<2m);(5)从矿物组分分析来看,长 9 段泥页岩黏土矿物以伊/蒙混层和伊利石为主,其次为石英和长石,脆性矿物含量在 40%~50%左右。长 9 泥页岩纹层大量发育,镜下可见较多砂质碎屑颗粒,具备可压性。综上可知,鄂尔多斯盆地长 9 段烃源岩条件好,分布范围广,同时源储互层共生,配置优良,源内成藏条件优越,具备巨大的页岩油勘探潜力。

**参考文献** 付金华,李士祥,牛小兵等,2020.鄂尔多斯盆地三叠系长 7 段页岩油地质特征与勘探实践[J].石油勘探与开发,47(5):870-883.张文正,杨华,付锁堂,等,2007.鄂尔多斯盆地长 91 湖相优质烃源岩的发育机制探讨[J].中国科学 D 辑:地球科学,37 卷,增刊:33-38.

**关键词** 鄂尔多斯盆地;长 9 油层组;页岩油;勘探潜力





摘要 ID:3174

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 多期成岩改造对海相页岩气藏储集空间的影响 ——以泸州北区五峰组—龙马溪组为例

李博\*<sup>1</sup>、赵圣贤<sup>1</sup>、施振生<sup>2</sup>、周天琪<sup>2</sup>、张成林<sup>1</sup>、王高翔<sup>1</sup>

1. 中国石油西南油气田公司页岩气研究院
2. 中国石油勘探开发研究院

为进一步揭示川南海相页岩微观结构差异形成机理,提高页岩气开发效益,以泸州北区五峰组—龙马溪组页岩为对象,通过XRD矿物组分测试、大面积高分辨率背散射成像、扫描电镜矿物定量评价测试(QEMSCAN)等技术,分析页岩矿物组成、孔隙特征,并探讨页岩气藏形成过程中多期成岩作用对页岩微观结构产生的影响。研究表明,泸州北区五峰组—龙马溪组页岩石英占比最高,含量介于25%~75%,其次为黏土矿物,含量约10%~30%,碳酸盐矿物和长石含量分别占3%~15%与2%~12%;页岩储集空间类型丰富,包括海绵状有机孔、蜂窝状有机孔、针状孔等多种有机孔,而无机孔则以溶蚀孔与伊利石片间孔为主,页岩孔径大小主要分布在20nm~300nm之间,微裂缝发育程度相对较低,多为有机质生烃收缩缝与应力作用产生破裂缝。目前,研究区海相页岩成岩阶段已进入晚成岩阶段(赵迪斐等,2021),主要成岩作用包括压实作用、胶结作用、溶解作用、重结晶作用以及黏土矿物转化等,其中压实作用与胶结作用对页岩气藏储集空间具有强烈的破坏作用,而溶解作用形成的次生孔隙对页岩气储集空间具有一定贡献,但贡献能力有限;此外,硅质生物壳体重结晶过程形成的石英微晶颗粒,一方面占据原有孔隙的发育位置,导致孔渗性能降低,另一方面,这些微晶石英作为岩石骨架,对孔隙起到较好的保护作用;而黏土矿物转化作用对海相页岩气藏储集空间发育同样起到双重作用,其主要产物伊利石作为胶结物对孔隙间连通性起到极大的破坏作用,但伊利石片间孔又能为页岩气赋存提供场所,而在伊利石形成过程中产生的H<sub>2</sub>O却在一定程度上占用了气体的储集空间,对气体赋存具有负面作用,但同时伊利石转化析出Si<sup>4+</sup>在后期形成微晶石英,这些石英同样为颗粒骨架抗压保孔提供帮助(刘洪林等,2018)。研究成果为川南海相页岩气效益开发提供有力支撑,为中国页岩气发展奠定坚实理论基础。

**参考文献** 刘洪林,郭伟,刘德勋,等,2018.海相页岩成岩过程中的自生脆化作用[J].天然气工业,38(05):17-25.赵迪斐,焦伟伟,魏源,等,2021.页岩储层成岩作用及其对储层脆性的影响——以渝西地区五峰组—龙马溪组深层页岩为例[J].沉积学报,39(04):811-825.

**关键词** 页岩气,成岩作用



摘要 ID: 3031

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地西缘奥陶系乌拉力克组页岩发育特征

史江龙\*、李相博、黄军平、王菁  
中国石油勘探开发研究院西北分院

鄂尔多斯盆地是我国最大的天然气生产基地, 长期以来盆地西缘下古生界勘探以常规天然气为主, 奥陶系乌拉力克组一直被看作烃源岩, 直到 2019 年忠平 1 井在乌拉力克组获井口无阻流量  $26.48 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$  的高产工业气流, 标志着中国北方低 TOC “新型”海相页岩气勘探获得重大突破。随后针对西缘不同构造带部署的多口探井进一步取得突破, 尤其南段银洞子地区银探 3 井在乌拉力克组获  $5.3 \text{t}/\text{d}$  工业油流, 成为盆地首口下古生界工业油流井, 打开了西缘古老层系油气并举的勘探新局面。

本文以西缘 5 口典型钻井乌拉力克组页岩岩心为研究对象, 在构造演化研究基础上, 对乌拉力克组页岩发育特征进行综合分析, 以期对优质页岩的分布及预测页岩气有利勘探区带提供依据。综合研究认为: 西缘乌拉力克组页岩为一套广海陆棚相沉积, 沉积水体从东向西逐渐变深, 黑色页岩厚度介于 40-160 米, 且在区域上分布相对稳定。依据硅质矿物-碳酸盐矿物-粘土矿物三端元图解, 乌拉力克组页岩可分为硅质页岩、钙质页岩和混合页岩三类, 其中  $\text{TOC} > 0.5\%$  的页岩以硅质页岩为主, 岩性以黑色—灰黑色生物硅质页岩为主, 岩层面可见较多笔石化石;  $\text{TOC} < 0.5\%$  的页岩为钙质页岩, 岩性以灰黑色灰质页岩为主, 未见笔石化石。

与四川盆地五峰-龙马溪页岩相比, 乌拉力克页岩 TOC 相对较低, 主要介于 0.4%-1.2% 之间, 生烃母质以放射虫等硅质生物为主, 干酪根为 I-III 型,  $R_o$  通常介于 0.7%-1.9%。对于富有机质页岩段页岩样品, TOC 值随着石英含量的增加总体呈现较好的正相关关系。其主要原因为乌拉力克组高 TOC 页岩硅质成因为生物硅, 生烃母质主要为笔石类生物; 其次, 生物硅可起到早期胶结的作用增大沉积物骨架的刚性, 致使原生粒间孔隙得以保存, 可提高有机质的保存率。

基于西缘地震资料精细解释及构造演化分析, 结合已钻井岩性发育特征, 明确了乌拉力克组页岩沉积期为典型的裂陷沉降期, 该时期发育大量同沉积断裂, 有效控制乌拉力克页岩厚度及岩性。同沉积断裂控制的洼陷区为硅质页岩发育的有利相带, 且硅质页岩厚度大, 具有较好的页岩气成藏及保存条件, 是页岩气勘探的有利区带。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地西缘; 乌拉力克组页岩; 岩石特征; 沉积环境



摘要 ID:629

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 咸化湖盆细粒沉积模式及其对页岩油甜点发育的控制作用

邓远\*、覃建华、高阳  
新疆油田公司勘探开发研究院

我国陆相页岩油规模巨大、储量丰富,是重要的油气资源现实接替领域。为解决页岩油勘探开发实践中遇到的沉积模式不清楚、甜点成因机制不明确等问题,本文以吉木萨尔凹陷二叠系芦草沟组页岩为例,通过岩心精细描述,结合薄片鉴定、X射线衍射分析等测试,分析我国陆相咸化湖盆页岩沉积环境、组合模式和形成机理,认为陆相咸化湖盆环境下共发育“源生夹储”、“源储共生”与“源生原储”三类典型的岩石组合,在物质来源、沉积过程、垂向组合上有显著差异,分别对应于三种典型细粒沉积模式;揭示了古气候、古物源、古地貌与沉积微相等因素对陆相页岩油甜点发育的控制作用,分析了三类沉积模式下形成的页岩油甜点的物性、含油性的控制机制,认为源生夹储型甜点形成于近源、低盐度背景,以碎屑矿物机械沉积为主,邻近源岩品质与储层物性配置关系决定了甜点含油性,非均质性较强;源储共生型形成于近源、高盐度背景,碎屑矿物与碳酸盐矿物混合沉积,邻源供烃为主,自身生烃为辅,物性含油性好,非均质性弱;源生原储型形成于远源、高盐度背景,悬浮沉降和化学沉淀共同作用形成,岩石整体粒度细,脆性矿物含量决定了储层品质,整体生烃能力强,自生自储、含油性好,但物性较差。

### 参考文献

**关键词** 咸化湖盆; 芦草沟组; 细粒沉积; 页岩油; 甜点



摘要 ID:710

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 泥页岩中有机质: 富集、热演化与有机孔隙

刘贝\*

中国地质大学(武汉)

泥页岩中有机质数量、类型和成熟度是烃源岩评价和致密页岩储层表征的关键参数。本研究以美国 Illinois 盆地晚泥盆系 New Albany 页岩为例, 研究了页岩中有机质富集机理、显微组分差异演化规律以及有机孔隙发育控制因素。页岩中有机质富集受陆源碎屑供给、底水氧化还原条件以及古生产力的综合影响。在每个三级层序内, 有机质含量呈现先增加后减少的分布规律, 并在最大海泛面附近达到最大值。New Albany 页岩中显微组分主要包括无定形体、藻类体、镜质体、惰质体和固体沥青(次生有机质)。无定形体和藻类体是主要的生油型有机质, 在成熟度达到镜质体反射率  $R_o$  0.9% 之后便消失了, 转化为油气和固体沥青。镜质体和惰质体生烃潜力较差, 其形貌特征在热演化过程中不发生明显的变化。页岩中的有机孔隙包含原生孔隙和次生孔隙。原生孔隙主要来自植物的细胞结构, 孔径分布在几百 nm 到几十  $\mu\text{m}$ , 并且多被早期成岩矿物(石英、黄铁矿等)充填。次生孔隙是有机质生烃、排烃过程中产生的, 孔径一般小于 1000 nm, 赋存在固体沥青中, 是页岩中主要的有机孔隙类型。此外, 本研究揭示了有机孔隙随成熟度增加的演化规律, 建立了扫描电镜下区分有机质类型的方案。

**参考文献**

**关键词** 有机质; 显微组分; 富集; 热演化; 有机孔隙



摘要 ID:877

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地长7段泥页岩特征及油气富集意义

李士祥\*、郭茂恒、周新平、刘江艳  
长庆油田分公司勘探开发研究院

三叠系延长组长7沉积期是鄂尔多斯盆地内陆坳陷湖盆发育的鼎盛期,形成了一套富有机质泥页岩层系,沉积厚度大,分布稳定,是页岩油勘探开发的主要目标,目前湖盆中部已经提交超10亿吨级探明储量。在野外剖面、岩心观察的基础上,结合岩矿、物性、有机地球化学测试等分析资料,明确了长7段泥页岩沉积特征、烃源岩特征,探讨了其对页岩油富集的影响。结果表明,长7沉积期古气候温暖湿润,属于半深湖-深湖环境,为典型的淡水湖盆,古水体贫氧还原,火山作用提供丰度的生命元素形成的高生产力为有机质富集奠定了物质基础。泥页岩的矿物组分主要为石英、长石和黏土矿物,黏土矿物主要以伊利石为主,泥岩的有机质丰度明显低于页岩。页岩主要以纹层状长英质页岩为主,发育少量的黏土质页岩,长英质页岩的有机质含量明显高于黏土质页岩,页岩在微观尺度上表现为富有机质纹层与贫有机质长英质纹层明暗相间特征,富有机质纹层是吸附烃的主要赋存单元,长英质纹层是游离烃的主要赋存单元。泥岩主要以块状黏土质泥岩和长英质泥岩为主,发育少量的混合质泥岩,黏土质泥岩和长英质泥岩有机质含量相近,混合质泥岩有机质含量偏低,泥岩在微观尺度上表现为均质结构,有机质分散分布。泥页岩生油母质类型好,以湖生藻类为主,长7烃源岩热演化程度适中( $R_o$ 为0.7~1.2%),平均 $T_{max}$ 达447°C,已达生油成熟阶段,处于生油高峰期,强烈的生排烃作用为页岩油规模富集奠定了基础。泥页岩中长英质矿物越高,孔隙直径越大和轻质烃含量越高,可动性越好;黏土矿物含量越高,孔隙直径越小,重质烃及非烃含量越高,可动性越差,页岩中游离烃的含量明显高于泥岩,纹层状长英质页岩是页理型页岩油勘探开发的优势岩相。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地;长7段;页岩油;泥页岩;富集机理



摘要 ID:1357

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地延长组长 73 亚段富有机质页岩纹层的沉积成因

葱克来\*、林救若、操应长  
中国石油大学(华东)

页岩纹层沉积成因的研究对恢复高频古环境演化特征,分析页岩生烃潜力、页岩油气储层储集能力及压裂效果等具有重要意义。运用薄片观察,AMICS,手持/微区 XRF 分析,原位主微量元素及同位素分析,微钻取样干酪根 C 同位素分析、频谱分析、小波分析等测试手段,以鄂尔多斯盆地延长组长 73 亚段富有机质页岩为研究对象,探讨页岩纹层的沉积成因。

延长组长 73 亚段页岩主要发育富有机质纹层、富凝灰质纹层及粉砂级长英质纹层等三种纹层类型以及“富有机质+粉砂级长英质纹层”二元纹层组合页岩和“富有机质+富凝灰质”二元纹层组合页岩等两种纹层组合页岩段。粉砂级长英质纹层主要由南秦岭火山喷发的火山灰供源,以底流搬运的方式入湖沉积;富有机质及富凝灰质纹层则主要由西秦岭火山喷发的火山尘供源,再以底流搬运的方式入湖沉积。地轴斜率周期性变化主要控制了不同纹层组合页岩的沉积。斜率低值时期气候暖湿,湖平面较高,“富有机质+富凝灰质”二元纹层组合页岩发育且沉积在靠近湖盆中心的位置;斜率高值时期气候干冷,湖平面较低,“富有机质+粉砂级长英质”二元纹层组合页岩发育且沉积在靠近湖盆南缘的位置。在不同纹层组合页岩段内,识别出稳定存在的三种时间尺度的太阳活动周期,分别是 360-500yr, 80-110yr 及 30-57yr 周期。太阳活动引起的短时间尺度湖平面升降变化进一步控制了不同纹层组合页岩段内纹层的形成与分布。360-500yr 周期中,当太阳活动强烈期时,湖平面大幅度下降,靠近湖盆边缘处富有机质纹层与粉砂级长英质纹层频繁交替沉积(发育 10 余组层偶);靠近湖盆中心处富有机质纹层与富凝灰质纹层频繁交替沉积(发育 10 余组层偶)。而当太阳活动衰弱期时,湖平面大幅度上升,湖盆边缘及中心处均以黑色富有机质沉积物为主,纹层不发育。80-110yr 及 30-57yr 周期分别控制了 360-500yr 周期内低水位期毫米级地层旋回(2-3 组层偶)及微米级地层旋回(1 组层偶)的发育。两时间尺度周期中,当太阳活动强烈期时,湖平面小幅度下降,靠近湖盆边缘处沉积粉砂级长英质纹层;靠近湖盆中心处,沉积富凝灰质纹层。而当太阳活动衰弱期时,湖平面小幅度上升,湖盆边缘及中心处均沉积富有机质纹层。在 360-500yr 周期中的高水位期,由于水深相对较大,80-110yr 及 30-57yr 周期控制的小幅度湖平面升降无法促使物源供给产生明显变化,进而导致该时期纹层不发育。

### 参考文献

**关键词** 长 73 段页岩;纹层沉积成因;太阳活动;湖平面升降



摘要 ID:1985

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 下扬子江苏宁镇地区五峰-高家边组页岩气地质特征

岑超\*<sup>1,2</sup>、阮娟<sup>2</sup>、刘理湘<sup>1,2</sup>、李世臻<sup>3</sup>、韩红庆<sup>1,2</sup>、何委徽<sup>1,2</sup>

1. 江苏华东八一四地球物理勘查有限公司
2. 江苏省有色金属华东地质勘查局
3. 中国地质调查局油气资源调查中心

江苏宁镇地区为“高家边组”命名地,其五峰-高家边组页岩气地质特征为下扬子的典型代表。为准确掌握五峰-高家边组页岩气地质条件,在南京宁镇褶皱冲断带汤山-仑山复背斜南翼实施三口全孔取芯页岩气参数井:苏页1井(1203.37米)、汤地1井(452.48米)、汤地2井(2701.32米)。对三口参数井开展综合研究,并结合前人成果,总结了五峰-高家边组页岩气地质特征。宁镇地区高家边组主要为黑色厚层状泥岩,深灰色薄层状含泥粉砂岩夹灰黑色薄层状粉砂质泥岩,灰色中厚层状含粉砂泥岩、泥质粉砂岩等,颜色整体下深上浅,粒径整体下细上粗。五峰组主要为黑色层状泥岩、硅质页岩等。逆冲推覆和构造滑脱导致岩芯破碎、地层重复、优质页岩段减薄或埋深加大。 $\omega$ TOC大于1%井段集中于五峰组-高家边组底部;有机质总体处于过成熟早-中期生干气阶段;干酪根类型为I型,且高氧化;显微组分除以镜质组为主外,普遍可见较高含量沥青,表明有过烃类的排出。

苏页1井1063m至1104m井段可划分出WF2至LM5笔石带,汤地2井2644.57米破碎带以浅为LM2至LM5笔石带,未见WF-LM1笔石分子,下伏地层出现LM3-LM5的笔石分子,与上部地层重复。基于苏页1井243个厘米-分米级采样间隔的TOC数据,建立了五峰-高家边组页岩分段与笔石带对应标准,共分7个页岩段,包含4个优质/富有机质页岩段,呈两层式,真厚度累计22.4米,其中页岩气勘探潜力最好的WF4-LM3优质页岩段真厚度8.6米,应作为主力产气页岩小层和未来水平井钻进层段。汤地2井页岩分段规律与苏页1井基本一致,代表了宁镇地区典型情况。优质/富有机质页岩段沉积速率小于6.33m/Ma,说明物源输入作用变强的同时TOC含量降低。

汤地1井优质页岩中现场解析出最高6.94%的CH<sub>4</sub>含量,为江苏省首次。因受逆冲滑脱或热液活动影响,三口参数井的主力产气层均遭到破坏。高家边组普遍含烃类+CO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>的气体组合,反映了不同来源的气体多期次运移、富集。未来勘探工作中应加强保存条件的研究。

### 参考文献

**关键词** 页岩气;五峰-高家边组;优质页岩;笔石带;下扬子



摘要 ID:930

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 基于成岩作用过程的页岩数字岩心建模及其应用

吴玉其\*、林承焰、刘可禹、董春梅、任丽华、张宪国、林建力  
中国石油大学(华东)

页岩数字岩心分析技术是研究气体在微纳米孔隙中吸附机理和渗流特性的一种有效技术。进行页岩数字岩心分析工作的前提是构建一个较为准确的页岩数字模型。构建页岩数字岩心不仅要考虑微纳米尺度的孔隙结构和复杂的物质组分,还应考虑不同成岩作用下的页岩孔隙结构和物质组分的变化特征。为此,本次研究将提出一种新颖的、基于成岩作用过程的、考虑了多物质组分和多尺度孔隙结构的页岩数字岩心建模算法。该算法将模拟页岩中发生的成岩作用(如压实作用、胶结作用、溶蚀作用和有机质的形成)以及该过程中物质组分和孔隙结构的演化。建模过程时会考虑三种类型的孔隙(粒间孔隙、粒内孔隙和有机物孔)和多种物质组分(石英、方解石、长石、黄铁矿、粘土矿物、干酪根、球形化石和石油产物)。为了证明该建模方法的强大性能,将构建包含不同物质组分的多个案例的三维页岩模型。随后,所有模型的物质组分和孔隙的体积分数,孔隙结构的孔隙/喉道半径分布、分形维数、迂曲度、表观渗透率都会被定量表征,这些分析将定量地揭示成岩作用对岩石物性的影响。

本次研究首次提出了基于成岩作用过程的多组分多尺度页岩数字岩心建模算法。所提出算法构建的多组分和多尺度页岩数字模型可以用于分析成岩作用对页岩性质的影响、探究页岩气的富集机理和渗流规律以及分析其它岩石物理性质(如电学、声学 and 力学性质)的影响因素等。因此,本次研究对页岩油气的勘探和开发都有一定的意义。

**参考文献** [1] Loucks RG, Reed RM, Ruppel SC, Hammes U. Spectrum of pore types and networks in mudrocks and a descriptive classification for matrix-related mudrock pores. *Am Assoc Pet Geol Bull* 2012;96:1071-98. &nbsp; [2] Wu Y, Tahmasebi P, Lin C, Dong C. Process-based and dynamic 2D modeling of shale samples: Considering the geology and pore-system evolution. *Int J Coal Geol* 2020;218:103368. &nbsp; [3] Wu Y, Lin C, Yan W, Liu Q, Zhao P, Ren L. Pore-scale simulations of electrical and elastic properties of shale samples based on multicomponent and multiscale digital rocks. *Mar Pet Geol* 2020;117:104369. &nbsp; [4] Wu Y, Tahmasebi P, Yu H, Lin C, Wu H, Dong C. Pore-scale 3D Dynamic Modeling and Characterization of Shale Samples: Considering the Effects of Thermal Maturation. *J Geophys Res&nbsp; Solid Earth* 2020;125:e2019JB01830. &nbsp;

**关键词** 成岩作用; 数字岩心; 页岩; 孔隙结构; 沉积过程





摘要 ID:973

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地长7细粒沉积岩相与有机质富集研究 ——以铜川地区典型露头为例

黄军平<sup>\*</sup>、李相博<sup>1</sup>、杨田<sup>2</sup>、林俊峰<sup>3</sup>、董岐石<sup>4</sup>、张艳<sup>4</sup>、郑泽宇<sup>4</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院西北分院
2. 成都理工大学
3. 河南理工大学
4. 中国石油大学(北京)

随着页岩油气的勘探开发,中国鄂尔多斯盆地和松辽盆地页岩油勘探取得了重要进展,细粒沉积再度成为国内外沉积学界研究的热点话题。但富有机质泥页岩能形成于什么样的深水细粒沉积岩相类型?细粒沉积物中有机质如何富集?

本文针对上述地质问题,以铜川地区长7典型露头剖面为例,对细粒沉积发育的岩相进行了详细划分,同时对有机质富集的原因进行了初步探讨。研究认为铜川地区长7段细粒沉积发育3大类岩相,分别为页岩相、泥岩相和粉砂岩相。基于沉积构造和岩性特征,这3大类岩相又可以细分为10个小类,即块状粉砂岩相、块状泥质粉砂岩相、粒序状粉砂质泥岩相、叠层状泥岩相、纹层状泥岩相、块状泥岩相、互层状凝灰质页岩相、互层状粉砂质页岩相、块状页岩相和纹层状页岩相。显微镜下,这10小类岩相中均可见有机质,但从有机质富集程度来看,叠层状泥岩相、纹层状泥岩相、互层状凝灰质页岩相和纹层状页岩相有机质富集程度高。

**参考文献** 1、庞军刚,李赛,杨友运,刘利军,朱杰,陈栋. 2014. 湖盆深水区细粒沉积成因研究进展:以鄂尔多斯盆地延长组为例. 石油实验地质, 36(6): 706-711. 2、蒲秀刚,周立宏,韩文中,周建生,王文革,张伟,陈世悦,时战楠,柳飒. 2016. 细粒相沉积地质特征与致密油勘探:以渤海湾盆地沧东凹陷孔店组二段为例. 石油勘探与开发, 43(1): 1-10. 3、杨仁超,尹伟,樊爱萍等, 2017, 鄂尔多斯盆地南部三叠系延长组湖相重力流沉积细粒岩及其油气地质意义, 古地理学报, 19(5): 792-806.

**关键词** 岩相划分; 细粒沉积; 有机质富集; 长7; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID:1264

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 川东地区下侏罗统细粒沉积地质特征与油气富集

张少敏\*、洪海涛、李楠

西南油气田分公司勘探开发研究院

川东地区侏罗系主要发育陆相湖泊—三角洲—河流相沉积,形成了多套生、储、盖组合,勘探潜力大。川东侏罗系细粒沉积主要发育于下侏罗统东岳庙段、大安寨段和凉高山组,也是侏罗系主要的烃源岩,有机碳含量 TOC 主要分布在 0.6-2.5%,平均 1.35%,Ro 分布范围较大,整体偏高,介于 0.8~2.0%之间,干酪根类型以 II 型为主,少数为 III 型。川东侏罗系细粒沉积储层主要分布在东岳庙段、大安寨段和凉高山组,其中,凉高山组以页岩及粉细砂岩夹层为特征,大安寨段和东岳庙段以页岩夹不等厚介壳灰岩为典型特征,目前在三套细粒沉积层中均获得油气突破,证实了川东地区陆相页岩层系含油气性。

根据烃源岩与储层的配置关系,页岩层系内部存在多种油气成藏类型,凉高山组上部较厚层砂岩以下生上储型成藏类型为主,凉高山组中下部、大安寨段中部及东岳庙段整体以页岩自生自储为主,而大安寨段页岩与中厚层灰岩组合则为兼具断裂沟通下生上储-自生自储的复合型成藏类型。因此,川东地区下侏罗统油气勘探需要“先选层、再选区”:大安寨段、东岳庙段及凉高山组页岩储层应作为勘探首选,向斜区的半深湖沉积是最为有利的勘探区,裂缝发育程度对页岩油气具有重要影响;凉高山组上部及其上覆沙溪庙组致密砂岩储层作为兼顾目标,尤其是与富有机质页岩紧邻的砂岩,烃源好,封盖条件较好的背斜区较为有利;灰岩储层分布局限,裂缝发育带为相对有利勘探区。

### 参考文献

**关键词** 细粒沉积; 陆相页岩; 油气富集; 下侏罗统; 川东地区



摘要 ID:1450

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 页岩纹层结构差异性及其对储集性的影响

倪良田\*

中国石化胜利油田分公司勘探开发研究院  
中国石油化工集团胜利石油管理局博士后科研工作站

济阳凹陷是中国东部新生代典型富油断陷盆地, 常规油气资源量 101.6 亿吨, 已发现太古界-明化镇组 11 套含油层系, 累计探明常规原油储量 52.28 亿吨。共发育沙四纯上、沙三下、沙一 3 套富有机质页岩层系, 不同层系均已实现勘探突破、前景广阔, 成为重要的石油资源战略接替阵地。济阳页岩是在咸化湖盆背景下形成的一套富灰、富有机质、灰泥纹层发育的细粒沉积, 具有的纹层结构是济阳页岩最富特色和广发育的沉积特征, 不仅为储层特征分布提供重要的基础信息, 纹层结构的多样性也是造成济阳页岩储层非均质性强、进而影响储层品质的重要因素。

牛庄洼陷沙四纯上页岩纹层发育, 纹层发育控制着无机宏孔的尺度和孔径分布情况, 并影响页岩油孔隙结构特征和层理缝的发育。牛庄洼陷沙四纯上页岩纹层根据纹层组分、结构、厚度、形态等特征可划分为以下 8 种类型: ①水平等厚粗晶灰质纹层, 由重结晶的粗晶灰岩组成, 垂向上具有多期次叠置分布特点, ②水平不等厚粗晶灰质纹层, 由厚度不等的粗晶灰岩组成, 多呈波状; 粗晶纹层多发育层理缝、晶间缝、溶蚀孔缝等亚微米级-微米级孔缝, 是页岩油重要的成储控储组构; ③水平等厚细晶灰质纹层, 由重结晶的细晶灰岩组成; ④水平不等厚细晶灰质纹层, 由不等厚细晶灰岩组成, 多成波状; 细晶纹层多被不等粒的细晶晶间缝分割“破碎”, 发育亚微米级-微米级孔缝; ⑤断续透镜状粗晶灰质纹层, 灰质纹层多呈透镜状, 不连续分布, 粗晶纹层具有多期次性, 晶间缝及溶蚀孔缝发育; ⑥连续波状隐晶灰质纹层, 由等厚的隐晶灰岩组成, 灰岩层中多夹泥质条带, 相邻的泥质纹层中多见短灰质透镜体; ⑦断续透镜状灰质纹层, 由断续分布的隐晶灰岩组成, 泥质组成多, 灰质较致密, 多不夹泥质条带; ⑧泥质纹层, 由富有机质黏土矿物、碳酸盐颗粒及长英质矿物组成, 随岩相类型的差异, 泥质纹层构成具有一定的差异性。灰质纹层多发育方解石溶蚀孔缝、晶间缝、层理缝等亚微米-微米级孔缝和宏孔, 微缝多贯穿泥质纹层, 是重要的可动油储集空间, 灰质纹层横向沟通能力强, 是页岩油重要横向运移通道。泥质纹层中多发育碳酸盐矿物颗粒溶蚀孔、黏土矿物片间孔缝、黄铁矿晶间孔等纳米级-微纳米级孔隙, 是页岩油孔隙的贡献主体, 但有效孔隙贡献有限。综上, 牛庄洼陷沙四纯上页岩层系中纹层越发育, 有效孔隙占比越大, 页岩储集渗流能力越强, 粗晶灰质纹层成储控储能力>细晶灰质纹层>隐晶灰质纹层, 纹层横向延展性强, 横向沟通能力越强。

### 参考文献

**关键词** 页岩油; 纹层结构; 层理缝; 成储控储; 牛庄洼陷; 济阳拗陷; 沙四纯上



摘要 ID: 2057

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 有机质石墨化作用及对页岩储层品质的影响

张琴\*<sup>1,2</sup>、梁峰<sup>1,2</sup>、卢斌<sup>1,2</sup>、郭伟<sup>1,2</sup>、王南<sup>1,2</sup>、梁萍萍<sup>1,2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083

2. 国家能源页岩气研发(实验)中心, 河北 廊坊 065007

石墨化广义上是指固体碳经过高温处理后, 碳的乱层结构部分或全部转变为石墨结构的结晶化过程 (Buseck and Beyssac, 2014)。进入石墨化阶段富有机质页岩具有生烃能力衰竭、基质孔隙大幅度减少, 不含气或微气显示等特征, 划定石墨化在平面上的分布范围对于规避页岩气勘探的风险具有现实意义。目前针对石墨化研究, 主要依据测井电阻率“细脖子型”响应特征对石墨化分布范围以及分布深度进行确定 (王玉满等, 2014, 2020; 蒋珊等 2018), 该方法具有简便, 操作性强的特点, 然而对于石墨化开始的成熟度界限则缺乏系统的研究。目前仅是根据有机质成熟度与页岩含气性关系, 成熟度与孔隙度关系确定成熟度的下限 (肖贤明等, 2015), 且对石墨化造成的页岩储层影响也缺少相应研究成果。因此, 本次以龙马溪组和筇竹寺页岩样品为例, 采用激光拉曼, 红外光谱、气体吸附、核磁共振、扫描电镜以及高分辨率透射电镜等手段, 对页岩中有机质随成熟度发生的结构变化特征、孔隙结构特征进行系统研究。得出以下结论: (1) 有机质开始石墨化的成熟度界限值为  $R_{mcRo}=3.5\%$ , 并以此为界, 激光拉曼的 D/G 峰位移、半峰宽以及强度比值发生明显变化, 脂肪族侧链逐渐脱落; (2) 高分辨率透射电镜观察显示随着成熟度增加, 芳香环集团数量增多增大, 且定向性更好; (3)  $R_{mcRo}>3.5\%$  时, 页岩样品的孔隙度普遍  $<3\%$ , 微孔发育程度降低, 比表面积减小, 有机质由于缩合反应加剧, 孔隙被周围芳香核重排、缩聚致密化, 导致有机质孔隙不发育, 无机质孔占主体。

参考文献 [1] Buseck P R, Beyssac O. From Organic Matter to Graphite:

Graphitization [J]. Elements, 2014, 10(6): 421-426. [2] 王玉满, 董大忠, 程相志, 等. 海相页岩有机质碳化的电性证据及其地质意义——以四川盆地南部地区下寒武统筇竹寺组页岩为例 [J]. 天然气工业, 2014, 34(08): 1-7. [3] 王玉满, 李新景, 王皓, 等. 中上扬子地区下志留统龙马溪组有机质碳化区预测 [J]. 天然气地球科学, 2020, 31(02): 151-162. [4] 蒋珊, 王玉满, 王书彦, 等. 四川盆地川中古隆起及周缘下寒武统筇竹寺组页岩有机质石墨化区预测 [J]. 天然气工业, 2018, 38(10): 19-27. [5] 肖贤明, 王茂林, 魏强, 等. 中国南方下古生界页岩气远景区评价 [J]. 天然气地球科学, 2015, 26(08): 1433-1445.

关键词 石墨化; 有机质; 成熟度; 储层品质



摘要 ID:3151

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 页岩油赋存空间及可流动性评价: 以渤海湾盆地沧东凹陷孔二段为例

文家成<sup>2</sup>、胡钦红<sup>\*1</sup>、杨升宇<sup>2</sup>、马斌玉<sup>2</sup>

1. 美国德克萨斯大学阿灵顿分校

2. 中国石油大学(华东) 深层油气重点实验室和地球科学与技术学院

随着北美页岩油气实现商业化开采, 非常规油气逐渐成为世界各国的重要资源(贾承造等, 2018; 孙龙德等, 2019)。我国非常规油气资源类型多、分布广且潜力大, 并已在南海相页岩气和北方陆相页岩油的开采上有重大突破(张廷山等, 2015)。但相比于美国页岩油储层, 中国陆相页岩油储层具有成熟度低、非均质性强、可流动性差等特点(武晓玲等, 2013; 柳波等, 2012; 董清源等, 2013), 导致开发成本较高。其中, 渤海湾盆地沧东凹陷孔二段页岩层系是中国陆相页岩油的典型代表。赵贤正等(2022)研究发现, 沧东凹陷孔二段页岩分布广、有机质含量高, 具有巨大的勘探潜力。然而, 孔二段页岩储层的孔隙结构、连通性、含油空间方面的研究尚不够深入, 尤其是对页岩油的可动规律认识不清, 从而影响了页岩油的勘探与经济开发。本文以沧东凹陷孔二段页岩为研究对象, 采用X射线衍射、薄片鉴定、场发射扫描电镜、低温氮气吸附、高压压汞、饱和-离心核磁共振等多种实验方法, 对孔二段页岩的岩相、孔隙结构、页岩油赋存空间及可流动性进行了分析。

综上所述, 沧东凹陷孔二段发育主要发育富有机质长英质页岩、富有机质灰云质页岩、富有机质混合质页岩、含有机质长英质页岩、含有机质灰云质页岩、含有机质混合质页岩六种岩相, 孔隙主要以纳米级的介孔为主, 另外还发育少量的微米级孔隙以及微裂缝。洗油前后的氮气吸附和高压压汞结果表明页岩油主要赋存在10nm-40nm和100nm以上的孔隙中, 除此之外, 微裂缝中也存在少量的滞留烃; 饱和-离心核磁共振实验表明在长英质页岩中流体渗流能力最强, 灰云质页岩最差。通过以上结果分析可知, 在沧东凹陷孔二段页岩储层中, 与其他岩相相比, 富有机质长英质页岩更有利于页岩油的赋存。长英质页岩脆性矿物含量高, 黏土矿物含量低, 使储层对页岩油的吸附能力较低。同时长英质页岩主要发育有粒间孔、溶蚀孔、微裂缝等多种类型孔隙, 孔隙的存在和连通性为页岩油的赋存和运移提供了较好的空间, 而黏土矿物层间孔和有机质孔的存在也帮助了不同尺度孔隙之间的连通性, 进一步提高了页岩油在储层中的渗流能力。因此, 富有机质长英质页岩为沧东凹陷孔二段页岩油勘探开发的最优质岩相。

**参考文献** [1]柳波, 吕延防, 赵荣, 等. 三塘湖盆地芦草沟组泥页岩系统地层超压与页岩油富集机理[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(6): 699-705. [2]武晓玲, 高波, 叶欣, 等. 中国东部断陷盆地页岩油成藏条件与勘探潜力[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(4): 455-462. [3]董清源, 刘小平, 李洪香, 等. 黄骅拗陷孔南地区孔二段页岩油藏形成条件[J]. 天然气地球科学, 2013, 24(1): 188-198. [4]张廷山, 彭志, 杨巍, 等. 美国页岩油研究对我国的启示[J]. 岩性油气藏, 2015, 27(3): 1-10. [5]贾承造, 邹才能, 杨智, 等. 陆相油气地质理论在中国西部盆地的重大进展[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(4): 546-560. [6]孙龙德, 邹才能, 贾爱林, 等. 中国致密油气发展特征与方向[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(6): 1015-1026. [7]赵贤正, 周立宏, 蒲秀刚, 金凤鸣, 韩文中, 时战楠, 陈长伟, 姜文亚, 官全胜, 许静, 刘学伟, 张伟, 马建英. 湖相页岩型页岩油勘探开发理论技术与实践——以渤海湾盆地沧东凹陷古近系孔店组为例[J]. 石油勘探与开发, 2022, 49(03): 616-626.

**关键词** 沧东凹陷孔二段; 页岩油; 滞留烃; 赋存空间; 可流动性



摘要 ID:3364

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 四川盆地东北部下侏罗统沉积特征与页岩油赋存模式

曾宏斌<sup>\*2</sup>、王志国<sup>1</sup>、王显东<sup>1</sup>、王有智<sup>1</sup>

1. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

2. 大庆油田有限责任公司成都勘探开发研究院

四川盆地东北部下侏罗统发育陆相湖盆页岩, 分布面积广, 厚度大且稳定, 烃源岩品质好、有机质丰度高、页岩油资源丰富。前期研究以自流井组大安寨段为重点, 2019年以来凉高山组及自流井组东岳庙段逐渐受到了更多关注, 平安1井、巴中1HF井等多口页岩油高产井的突破, 进一步证实了侏罗系陆相页岩油的勘探潜力。但目前整体基础地质研究较为薄弱, 亟需增强区域构造沉积方面的研究。综合利用野外露头、地震、岩心、测井录井、地球化学元素等资料, 对侏罗系凉高山组、自流井组大安寨段和东岳庙段三套富有机质页岩层段的沉积特征与岩性组合进行研究; 通过室内生/排烃模拟实验、多温阶岩石热解、激光共聚焦扫描等手段, 尝试提出了研究区陆相页岩油赋存模式。研究结果表明: 晚三叠世以来, 大巴山方向构造挤压在山前形成深湖~半深湖沉积环境, 控制岩相和岩性空间展布, 三期大规模湖盆扩张, 大安寨段中期达到最大进水时期。凉高山组为三角洲-湖相沉积, 富有机质页岩与三角洲前缘、滩坝、重力流薄层砂岩组合, 大安寨段、东岳庙段为介壳滩-湖相沉积, 深湖富有机质页岩与浅湖薄层介壳灰岩组合。侏罗系页岩与粉砂岩、介壳灰岩组合, 发育纯页岩型、夹层型、互层型三种类型, 以纯页岩型、夹层型为主, 凉上1、2亚段主要在仪陇-平昌地区, 面积7600km<sup>2</sup>, 大安寨段和东岳庙段主要分布在平昌-合川北地区, 面积5600 km<sup>2</sup>。侏罗系页岩原油主要滞留在页岩中原位富集, 页岩裂缝基质和裂缝均富油, 砂岩裂缝欠发育, 仅在大孔隙中含少量油, 具有更高的汽油比和轻重比, 认为砂岩致密后页岩生烃, 提出“页储油、砂储气”模式。本次研究系统研究了四川盆地东北部下侏罗统沉积特征, 建立了陆相页岩发育和页岩油赋存模式, 可为研究区侏罗系陆相页岩油基础地质条件研究方面提供借鉴和参考。

**参考文献** [1]何文渊, 何海清, 王玉华等. 川东北地区平安1井侏罗系凉高山组页岩油重大突破及意义[J]. 中国石油勘探, 2022, 27(01):40-49. [2]何文渊, 白雪峰, 蒙启安等. 四川盆地陆相页岩油成藏地质特征与重大发现[J]. 石油学报, 2022, 43(07):885-898. [3]张岳桥, 董树文, 李建华等. 中生代多向挤压构造作用与四川盆地的形成和改造[J]. 中国地质, 2011, 38(02):233-250. [4]杨帅. 四川盆地侏罗系沉积演化与相控储层预测[D]. 成都理工大学, 2014.

**关键词** 四川盆地东北部; 沉积特征; 页岩油; 岩性组合; 油气赋存模式



摘要 ID:2344

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地龙马溪组页岩成岩作用特征及其对储层物性的影响

赵建华\*

中国石油大学(华东)

泥岩成岩作用是当今沉积学和石油地质学研究比较活跃的前沿领域之一,特别是在页岩油气勘探开发中对成岩作用的时空分布和发育规律已经提出了愈来愈高的要求。页岩原始沉积组分及其成岩过程中的变化是页岩气储层孔隙发育和保存的重要影响因素。此外,泥岩成岩作用还控制着油气的生成和运移,同时对储层物性和力学性质都具有重要的影响。本文选取四川盆地龙马溪组富有机质页岩为主要研究对象,采用岩石学与地球化学研究相结合的方法,通过对野外剖面及岩心样品薄片观察、X-射线衍射分析、扫描电镜、阴极发光、能谱分析及主微量元素等测试等手段,明确了成岩过程中主要矿物的形成和演化机制,探讨了成岩作用其对储层物性的影响。

硅质成岩过程与有机质演化动态耦合作用是龙马溪组页岩优质储层形成的关键。原始成分为蛋白石的放射虫,在成岩阶段经脱水和溶解-再沉淀作用转化为自生石英。主要形成在早成岩阶段,时间早于油气生成阶段,呈微晶及微晶聚集体的形式分布在颗粒间孔隙中,这种结构在一定程度上抑制了后期的压实,对页岩孔隙的保存起到了建设性的作用。尽管这种微晶聚集体形式的石英充填了原始的粒间孔隙,但是在其内部仍保留了相当一部分孔隙,这部分孔隙为有机质热解生烃阶段油气的充注提供了有效的空间。在生气窗内,充填在孔隙内的石油经历二次裂解转化成富含孔隙的固体沥青或焦沥青。碳酸盐矿物主要形成于早成岩作用阶段,微生物硫酸盐还原作用对早期方解石的形成具有控制作用,白云石和含铁白云石则主要形成于硫酸盐还原-甲烷转化带,中成岩阶段生烃超压形成裂缝控制着晚期方解石脉的形成。

硅质页岩和粉砂质页岩孔隙度相对较高,孔隙类型构成以有机质孔为主,介于49.4%-76.2%;而黏土质页岩孔隙度低,孔隙类型以黏土矿物相关孔隙为主,有机质孔的比例最低,仅为12.4%左右。压实作用是页岩储层最主要的减孔机制,通过扫描电镜图像分析,硅质页岩视压实率介于30%-60%,粉砂质页岩视压实率介于70%-90%,黏土质页岩视压实率最高介于85%-97%。龙马溪组上部粉砂质页岩和黏土质页岩由于自生石英含量低,页岩的压实程度增强,特别是黏土质页岩由于内部缺少自生石英,碎屑颗粒与黏土矿物紧密接触。缺少刚性矿物格架的支撑,有机质孔隙的发育同样受到影响,硅质页岩中有机质面孔率最高,黏土质页岩中有机质的面孔率最低。因此,成岩过程中形成刚性矿物网络对有机质孔的发育和保持具有重要的控制作用,是优质页岩气储层特别是深层页岩气储层形成的关键。

**参考文献** [1] Milliken K L, Esch W L, Reed, R M, et al. Grain assemblages and strong diagenetic overprinting in siliceous mudrocks, Barnett Shale (Mississippian), Fort Worth Basin, Texas [J]. AAPG Bulletin, 2012, 96(8): 1553-1578. [2] Macquaker J H S, Taylor K G, Keller M, et al. Compositional controls on early diagenetic pathways in fine-grained sedimentary rocks: Implications for predicting unconventional reservoir attributes of mudstones [J]. AAPG Bulletin, 2014, 98(3): 587-603. [3] 赵建华, 金之钧, 金振奎, 等. 四川盆地五峰组-龙马溪组含气页岩中石英成因研究[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(2): 377-386. [4] 董大忠, 程克明, 王玉满, 等. 中国上扬子区下古生界页岩气形成条件及特征[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(3): 288-301. [5] 郭彤楼, 张汉荣. 四川盆地焦石坝页岩气田形成与富集高产模式[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(1): 28-36. [6] 赵建华, 金之钧. 泥岩成岩作用研究进展与展望. 沉积学报, 2021, 39(1): 58-72, 1987, 52: 65-108. [7] Zhao J, Z Jin, Q Hu, et al. Mineral composition and seal condition implicated in pore structure development of organic-rich Longmaxi Shales, Sichuan Basin, China [J], Marine and Petroleum Geology, 2018, 98: 507-522. [8] Schieber J, Krinsley D, Riciputi L. Diagenetic origin of quartz silt in mudstones and implications for silica cycling [J]. Nature, 2000, 406: 981-985. [9] Zhao J, Jin Z, Jin Z, et al. Origin of authigenic quartz in organic-rich shales of the Wufeng and Longmaxi Formations in the Sichuan Basin, South China: Implications for pore evolution[J]. Journal



of Natural Gas Science and Engineering. 2017, 38: 21–38.. [10] Loucks R G, Reed R M, Ruppel S G, et al. Spectrum of pore types and networks in mudrocks and a descriptive classification for matrix-related mudrock pores [J]. AAPG Bulletin, 2012, 96: 1071–1098. [11] 邱振, 邹才能. 非常规油气沉积学: 内涵与展望[J]. 沉积学报, 2020, 38(1): 1–29. [12] 王秀平, 牟传龙, 王启宇, 等. 川南及邻区龙马溪组黑色岩系成岩作用[J]. 石油学报, 2015, 36: 1035–1047. [13] Heydari E, Wade W J. Massive recrystallization of low-Mg calcite at high temperatures in hydrocarbon source rocks: Implications for organic acids as factors in diagenesis [J]. AAPG Bulletin. 2002, 86(7): 1285–1303. [14] Bernard S, Horsfield B, Schulz H M, et al. Geochemical evolution of organic-rich shales with increasing maturity: A STXM and TEM study of the Posidonia Shale (Lower Toarcian, northern Germany) [J]. Marine and Petroleum Geology. 2012, 31(1): 70–89.

关键词





摘要 ID: 2505

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 准噶尔盆地中下二叠统细粒岩特征对比与古环境分析

张志杰\*<sup>1</sup>、周川闽<sup>1</sup>、成大伟<sup>1</sup>、袁选俊<sup>1</sup>、余宽宏<sup>2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院

2. 中国石油大学(华东)

中下二叠统是准噶尔盆地重要的烃源岩层位及页岩油勘探层位。下二叠统风城组主要分布在玛湖凹陷,是西北缘二—三叠系的主力烃源岩层位,中二叠统芦草沟组与平地泉组以沙奇凸起相隔,是准东和准东北地区的主力烃源岩。

西北缘风城组富有机质泥页岩常与含碱性矿物岩伴生或与泥质白云岩互层,古环境演化主要受火山活动和古气候控制,总体为高盐还原环境,并阶段性演化:第一阶段火山活动强烈,气候较干旱;第二阶段火山活动减弱,气候较湿润,富有机质泥岩发育,上一阶段的火山碎屑物质易于水解提供丰富的营养物质导致藻类勃发,形成风城组主要烃源岩;第三、四阶段气候转向干热、湖盆开始萎缩,盐度逐渐升高,白云岩及云质岩类、天然碱等特殊碱性矿物相继析出,使下伏富有机质泥岩处于还原环境,有利于有机质保存;第五阶段气候再次转为湿润,湖平面升高,湖盆开始淡化。

芦草沟组细粒岩的研究已取得较多成果,沙奇凸起以北的平地泉组研究相对薄弱。以石树沟凹陷平地泉组长取心的石树1井为例,探讨克拉美丽山前平地泉组的细粒岩特征与古环境。平地泉组为一个完整的三级层序,对应于南缘芦草沟组与红雁池组,为一套咸湖背景下的扇三角洲-湖相沉积序列为主,横向相变快,有利烃源岩发育在湖平面上升半旋回的上部,即平一段的中上部,与芦草沟组中上部对应,平二段陆源碎屑供给增强,以浅湖沉积为主。平地泉组细粒岩以高含量方沸石为特征,与芦草沟组在岩石结构组成上存在一定差异;有机质以内生藻类为主,干酪根类型以I型和II1型为主,与芦草沟组基本一致,有机质主要源于内生藻类,特别是层状藻富集;平一段藻纹层更为发育,与白云岩层交互分布,有机质丰度高。平地泉组为氧化-弱还原环境下的微咸化湖沉积,盐度明显低于风城组和芦草沟组,古风化强度为低至中等,古生产率和水体的氧化还原状态与同时期的芦草沟组相似,古生产率主体偏低并以氧化状态为主,该阶段的物源供应强度较弱。

对比准噶尔盆地中下二叠统三套细粒岩沉积发现,富有机质泥岩与贫有机质泥岩高频旋回明确受气候旋回控制,且火山活动与热液作用有利于藻类勃发和有机质成熟生油;浅湖-深湖相优质烃源岩与三角洲前缘及垮塌成因/洪水成因重力流砂体互层状产出,形成良好的源储配置。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地, 中下二叠统, 细粒沉积, 古环境



摘要 ID:94

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地五峰组—龙马溪组页岩储层特征与演化机制

王濡岳<sup>1,2,3</sup>、胡宗全<sup>1</sup>、聂海宽<sup>1</sup>、杜伟<sup>1</sup>、赵建华<sup>4</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院
2. 页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室
3. 中国石油化工集团有限公司页岩油气勘探开发重点实验室
4. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

依据矿物岩石学、有机地球化学、储集空间、物性及含气性等特征,系统分析并探讨了上奥陶统五峰组一下志留统龙马溪组页岩储层特征、演化机制及其对页岩气勘探开发的影响,提出“生物硅钙控格架、协同演化促生孔、压力演化控保存”的优质页岩储层演化机制,在四川盆地及其周缘五峰组—龙马溪组页岩气储层地质评价研究中具有重要参考意义。研究表明:(1)岩相、有机孔载体类型及其赋存方式对有机孔的发育具有重要控制作用,硅质页岩大尺度有机质充填粒间孔( $>3\sim 5\ \mu\text{m}$ )发育程度高,最利于有机质大孔发育;黏土质页岩受TOC含量和有机-黏土复合体结构影响,有机孔的孔径分布范围广、平均孔径大,但有机孔总量较小。(2)中生-早成岩阶段早期形成的生物石英、微生物白云石、黄铁矿等构成的刚性支撑格架利于原生孔隙的保存。中成岩阶段早期,有机酸的产生和消耗、不稳定矿物溶蚀/蚀变、黏土矿物转化和干酪根生油具有同步性,为生油期液态烃的充注与滞留提供了有利空间。中成岩晚期至晚成岩阶段,干酪根和滞留烃裂解生气、成孔和增压促进了有机孔与微裂缝的发育。(3)超压对压实作用的缓解利于有机孔形态与页岩物性的保持,对高应力敏感性黏土质页岩物性的保持影响显著,对底部高脆性矿物页岩段影响较低。盆内至盆缘构造改造与泄压强度逐渐增大,底部硅质页岩物性变化不显著,上部黏土质页岩物性降低显著,封盖作用增强。未来研究建议:对于以五峰组—龙马溪组为代表的海相页岩,未来研究重点应聚焦于不同类型(深层、常压等)页岩储层构造-压力与生烃-成岩演化耦合关系及其对页岩储集类型、页岩气富集与保存机制及勘探开发对策等方面。

**参考文献** [1] 马永生, 蔡勋育, 赵培荣. 中国页岩气勘探开发理论认识与实践[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45 (4): 561-574. [2] 郭旭升, 李宇平, 腾格尔, 等. 四川盆地五峰组—龙马溪组深水陆棚相页岩生储机理探讨[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47 (1): 1-9. [3] 郭彤楼. 涪陵页岩气田发现的启示与思考[J]. 地学前缘, 2016, 23 (1): 29-43. [4] 邹才能, 杨智, 孙莎莎, 等. “进源找油”: 论四川盆地页岩油气[J]. 中国科学: 地球科学, 2020, 50 (7): 903-920. [5] 胡东风, 张汉荣, 倪楷, 等. 四川盆地东南缘海相页岩气保存条件及其主控因素[J]. 天然气工业, 2014, 34 (6): 17-23. [6] 龙胜祥, 彭勇民, 刘华, 等. 四川盆地东南部下志留统龙马溪组一段页岩微—纳米观地质特征[J]. 天然气工业, 2017, 37 (9): 23-30. [7] 胡宗全, 杜伟, 彭勇民, 等. 页岩微观孔隙特征及源-储关系: 以川东南地区五峰组—龙马溪组为例[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36 (6): 1001-1008. [8] 胡宗全, 杜伟, 刘忠宝, 等. 页岩气源储耦合机理及其应用[M]. 北京: 地质出版社, 2018: 1-38. [9] 赵建华, 金之钧, 金振奎, 等. 四川盆地五峰组—龙马溪组含气页岩中石英成因研究[J]. 天然气地球科学, 2016, 27 (2): 377-386. [10] 王濡岳, 聂海宽, 胡宗全, 等. 压力演化对页岩储层的控制作用——以四川盆地五峰组—龙马溪组页岩为例[J]. 天然气工业, 2020, 40 (10): 1-11. [11] 高键, 何生, 易积正. 焦石坝页岩气田中高密度甲烷包裹体的发现及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36 (3): 472-480. [12] 席斌斌, 腾格尔, 俞凌杰, 等. 川东南页岩气储层脉体中包裹体古压力特征及其地质意义[J]. 石油实验地质, 2016, 38 (4): 473-479.

**关键词** 页岩气; 储层; 演化; 岩相; 地层压力; 五峰组—龙马溪组; 四川盆地



摘要 ID:604

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 渝东地区五峰组-龙马溪组沉积环境及有机质主控因素分析——以接龙剖面为例

王兴<sup>1,2</sup>、田景春<sup>1,2</sup>、林小兵<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室

为研究渝东地区五峰组-龙马溪组有机质黑色页岩的沉积环境及有机质主控因素, 选取重庆市武隆区接龙剖面进行实测观察, 在此基础上, 通过野外连续采样进行相关地球化学分析, 得到相关测试分析结果。按层段垂向上对比分析页岩元素变化特征, 并与渝东地区黔浅1井进行对比(李艳芳等, 2015), 探讨川东地区五峰组—龙马溪组古环境演化并进行 TOC 富集因素分析。测试结果表明: V/Cr、V/(V+Ni) 氧化还原指标显示 (Wei H et al., 2012), 五峰组为缺氧环境、观音桥为弱氧环境、龙马溪组为还原环境。页岩古生产力指标 P/Al 值和 Ba(xs) 含量指示了五峰组~龙马溪组均具有相对高的生产力(王淑芳等, 2014)。其中, 龙马溪组最高, 五峰组次之, 观音桥最低。根据 TOC 与古生产力指标 P/Al、Ba(xs) 及氧化还原指标 V/Cr、V/(V+Ni) 进行相关性分析(贾敏, 2019), 对比黔浅1井, 发现渝东地区五峰组—龙马溪组的 TOC 主控因素为水体的氧化还原性。并且这种氧化还原性受控于水体深度, 具体表现为位于沉降中心深水陆棚区的接龙剖面还原性明显高于位于沉降周缘浅水陆棚区的黔浅1井, 导致接龙剖面 TOC 含量明显高于黔浅1井。虽然五峰组和龙马溪组页岩富有机质层段都形成于缺氧环境, 但是两组页岩形成的沉积环境却不一样。五峰组页岩形成于有机流通性极差的强滞留水体环境, 而龙马溪组沉积环境主要为静海相的缺氧环境。

**参考文献** 贾敏. 川东北地区五峰组—龙马溪组泥页岩特征及有机质富集机理研究[D]. 兰州大学, 2019. 李艳芳, 邵德勇, 吕海刚, 等. 四川盆地五峰组—龙马溪组海相页岩元素地球化学特征与有机质富集的关系[J]. 石油学报, 2015, 36(12): 1470—1483. 王淑芳, 董大忠, 王玉满, 等. 四川盆地南部志留系龙马溪组富有机质页岩沉积环境的元素地球化学判别指标[J]. 海相油气地质, 2014, 19(3): 27-33. Wei H, Chen D, Wang J, et al. Organic accumulation in the lower Chihshia Formation (Middle Permian) of South China: constraints from pyrite morphology and multiple geochemical proxies[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2012, 353: 73-86.

**关键词** 渝东地区; 五峰组; 龙马溪组; 页岩; 沉积环境



摘要 ID:1538

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 玛湖凹陷北斜坡下二叠统风城组碱湖沉积相研究

齐婧\*、孟颖、雷海艳、陈俊、张锡新、胡亮  
中国石油天然气股份有限公司新疆油田分公司

目前我国陆相页岩油勘探取得重大突破,玛湖凹陷风城组页岩油是新疆油田继吉木萨尔页岩油之后又一重要的勘探领域。2019年在玛北斜坡区部署了玛页1井,其在风城组表现出大段含油的特征。本文通过对玛页1井444.8米岩心的厘米级刻画、600余块岩石薄片鉴定和3000多个点的XRF元素分析研究,对玛湖凹陷风城组岩性和岩相进行系统剖析。

碱湖沉积环境和碱性成岩流体,在造山运动、火山喷发的综合控制下,形成了玛湖凹陷风城组复杂的岩性组合。玛页1井风城组取心段风一段中下部岩性以火山岩和砂砾岩为主;风一段上部至风三段为一套混积岩,岩石成分以泥质、粉砂、白云石和硅质为主,其次为凝灰质(火山尘)和方解石。

风城组碱湖沉积受火山活动和气候条件共同影响,风一段沉积时期,气候干燥炎热,火山活动剧烈,水下火山喷发的大量CO<sub>2</sub>直接入湖,导致碱盐沉积局限;风二段沉积时期,气候炎热干旱,火山活动大为减弱,热液活动强烈,热液携带大量的HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>离子入湖,增加湖泊碱性,该时期碱盐沉积最为发育;风三段沉积时期,气候寒冷潮湿,碱湖淡化,碱盐沉积停止,以云质岩沉积为主。风一段上部至风三段属盐湖边缘沉积,盐度波动高于或接近海水。在岩石组合上更接近潟湖沉积,因此风城组发育的沉积-成岩构造常常具有潟湖-潮坪相的特征。

结合湖水深度和盐度的变化,湖泊沉积经历了盐湖-微咸水湖-盐湖-微咸水湖-盐湖五个大的沉积环境演化。确定湖泊相存在不同的类型,主要包括滨浅湖、半深湖和深湖沉积,其中半深湖又包括正常半深湖、酸化半深湖、咸化半深湖。

玛页1井各岩性间相互组合分布,组合类型复杂多样,变化迅速。研究成果可为研究区风城组页岩油勘探提供有力的理论支撑。

### 参考文献

**关键词** 玛湖凹陷; 风城组; 碱湖; 沉积相



摘要 ID:1745

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 四川盆地晚三叠世-早侏罗世烃源岩有机质分布特征及主控因素

张一帆\*、操应长、查明、丁修建、葱克来  
中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

四川盆地为近年来油气勘探的热点地区,认识烃源岩有机质分布特征及其控制因素对于该区勘探具有重要意义。以四川盆地晚三叠世-早侏罗世烃源岩为研究对象,基于钻井、测井和录井资料,结合有机地球化学分析,通过纵向上扩展目的层段,平面上延伸研究范围,对有机质分布特征及主控因素进行详细解剖,研究表明:四川盆地晚三叠世-早侏罗世有机质分布特征主要发育三种类型。沉积中心高有机质丰度烃源岩以大安寨段和凉高山组为代表,TOC与烃源岩厚度成正比,高有机质丰度烃源岩发育于沉积中心,该类烃源岩发育受控于沉积环境,多个环境参数共同作用于烃源岩发育。斜坡带高有机质丰度烃源岩以须三段和须五段为代表,斜坡带发育高有机质丰度烃源岩,随泥岩厚度增大,TOC具有先增大后减小趋势。该类烃源岩发育受控于沉积速率,沉积速率适中的斜坡带最利于烃源岩发育。通道型高有机质丰度烃源岩以须一段、东岳庙段和珍珠冲段为代表,输入通道发育高有机质丰度烃源岩,烃源岩TOC与泥岩厚度相关性弱。该类烃源岩发育与陆源有机质输入有关,陆源有机质输入通道携带大量有机质,有利于烃源岩发育。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地;晚三叠世-早侏罗世;有机质富集;分布特征;主控因素



摘要 ID:1347

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地延长组长 73 亚段页岩成岩作用特征及有机-无机相互 作用过程

林教若\*、葱克来、操应长  
中国石油大学(华东)

页岩中有机-无机相互作用过程的研究对分析页岩油气储层物性演化、力学性质演变以及油气生成与运聚等方面具有重要意义。运用薄片观察、扫描电镜、SEM-CL、AMICS、微区 XRF 分析、电子探针、原位激光拉曼、原位红外光谱等测试手段,以鄂尔多斯盆地延长组长 73 亚段富有机质页岩为研究对象,探讨不同纹层组合页岩中成岩作用特征及有机-无机相互作用过程。

延长组长 73 亚段页岩主要发育“富有机质+粉砂级长英质”二元纹层组合页岩和“富有机质+富凝灰质”二元纹层组合页岩等两种纹层组合页岩。“富有机质+粉砂级长英质”二元纹层组合页岩中粉砂级长英质纹层内长石溶蚀强烈,长石溶孔中充填蠕虫状自生高岭石。靠近粉砂级长英质纹层处发育大量自生石英,呈层状分布。远离粉砂级长英质纹层自生石英含量较低,呈分散状分布。自生石英与分散状黄铁矿均发育在富有机质纹层内凝灰质团块与有机质接触的位置。“富有机质+富凝灰质”二元纹层组合页岩中主要发育分散状黄铁矿和少量的自生石英,主要分布在凝灰质团块/纹层与有机质接触的位置。

“富有机质+粉砂级长英质”二元纹层组合页岩中有机质  $R_o$  可达 0.9%,该成熟度下有机质已经生成了大量的有机酸并进入邻近的粉砂级长英质纹层促进钾长石强烈溶蚀。钾长石溶蚀释放大量  $K^+$  并向邻近的富有机质纹层中扩散,为蒙脱石向伊利石转化提供必要的物质来源,促使靠近粉砂级长英质纹层处伊蒙混层转化率的提高。一方面,强烈的长石溶蚀及蒙脱石向伊利石转化可为自生石英提供物质来源。另一方面,蒙脱石向伊利石转化过程中脱水增压,促进凝灰质团块与有机质之间层间缝发育,为自生石英的沉淀提供空间。同时,蒙脱石向伊利石转化释放大量的  $Fe^{2+}$  可为分散状黄铁矿提供物质来源。而在“富有机质+富凝灰质”二元纹层组合页岩中缺少过量的  $K^+$  供给,伊蒙混层转化率较低,随着埋深的增加,蒙脱石向伊利石转化的供源及增压效应将促使分散状黄铁矿及少量自生石英沉淀。相对封闭体系中,“富有机质+粉砂机长英质”二元纹层组合页岩内不断发生的物质迁移与调配导致该类页岩储集空间发育,岩石脆性大,有利于页岩油的源内聚集且增加了页岩的可压裂性。而“富有机质+富凝灰质”二元纹层组合页岩内储集空间发育较差,原油主要聚集在该类页岩邻近的砂质薄夹层中。

### 参考文献

**关键词** 长 73 段页岩; 有机-无机相互作用; 长石溶蚀; 自生石英; 物质调配



摘要 ID:1538

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 玛湖凹陷风城组页岩油储层成岩作用及其对储层发育的指示意义

杨磊磊<sup>\*1</sup>、赵伟全<sup>1</sup>、唐相路<sup>1</sup>、姜振学<sup>1</sup>、黄立良<sup>2</sup>、叶浩<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(北京)

2. 新疆油田分公司勘探开发研究院

准噶尔盆地玛湖凹陷风城组页岩储层资源勘探潜力巨大,是典型的碱湖细粒混积岩沉积,云质泥页岩发育,碱性矿物丰富。风城组在沉积成岩过程中受到一系列构造运动、深部流体改造和火山活动等多种因素耦合影响,导致其成岩演化过程复杂。目前,风城组页岩储层成岩作用及储层发育机制尚不清晰,限制了资源勘探和开发。

本次研究基于薄片鉴定、碳氧同位素、流体包裹体等岩石学测试分析手段,结合多相流溶质运移数值模拟技术,针对玛湖凹陷风城组页岩储层,深入探讨矿物溶蚀、胶结和转化对储层孔隙度的影响,确定沉积-成岩-成藏过程,揭示储层发育机理。首先,基于薄片鉴定等基础测试,查明成岩矿物的类型、产状、孔隙类型和特征、相互之间关系及其生成顺序,在此基础上开展流体包裹体等测试,根据包裹体均一温度分布情况确定石英次生加大、方解石等主要胶结物的形成温度、期次与成岩流体性质及其物理化学环境,厘定风城组页岩成岩序列;其次,通过湖相碳酸盐岩的碳氧同位素特征,判断沉积古环境和碳酸盐胶结物沉淀时的古温度,对比分析原生和成岩过程中水介质环境的差异性,进而判别沉积过程中湖盆盐度和开放程度及碳酸盐胶结物的形成时间、条件和对储层的影响,并结合碳氧同位素测试,判断风城组储层发生偏移程度并对其原因进行探讨;最后,基于多相流反应溶质运移理论,运用储层成岩作用数值模拟技术,选取温度、压力、碱性矿物等主要参数,定量模拟计算不同成岩条件下的矿物溶蚀、沉淀和转化及其对孔隙度的影响,进而确定储层发育的有利因素。

结果表明,风城组储层在成岩演化过程中经历了机械压实/压溶-溶蚀-多期次胶结-多类型交代综合交替的成岩过程,胶结物以自生矿物胶结、硅质胶结和黏土矿物胶结为主,其中对储层影响较大的主要为压实作用、胶结作用和溶蚀作用。碱性矿物和深部热液、有机酸是影响风城组页岩储层发育的重要因素,碱性矿物的形成与有机酸侵入同期发生并相互促进,碱性矿物的交代及转化产生层间缝连通孔隙为有机酸侵入提供运移通道,同时,有机酸促进了碱性矿物溶蚀及转化的发生。在一定范围内碱性矿物含量越高,储层孔隙度越高,与储层孔隙度呈一定正相关关系。本次研究结果为风城组页岩储层的发育机制提供了理论支持,进而有利于提高页岩油勘探预测精度。

致谢:

本次研究得到中石油-中国石油大学(北京)战略合作项目(ZLZX2020-01-05)和国家自然科学基金(41702249)的资助。

参考文献

关键词



摘要 ID:1745

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地哈山地区风城组页岩有机质赋存状态研究

黄文俊<sup>1</sup>、马存飞\*<sup>1</sup>、周健<sup>2</sup>

1. 中国石油大学(华东)
2. 中石化胜利油田勘探开发研究院

有机质的赋存状态对页岩油气资源评价十分重要,其中页岩油的赋存状态对于表征页岩油的可动性至关重要。准噶尔盆地哈山地区风城组页岩中有机质的赋存状态不明确限制了对页岩油资源的评价。本文重点采用二维核磁共振测试,并结合岩心观察、薄片鉴定、X射线衍射、TOC测试、岩石热解和扫描电镜等多种分析手段,对准噶尔盆地哈山地区风城组页岩中有机质的赋存状态进行了系统研究。结果表明,准噶尔盆地哈山地区风城组干酪根存在孤立状、分散状和纹层状三种分布样式;页岩油具有可动油和吸附油两种赋存状态,可动油主要赋存于裂缝和溶孔(脉体)中,其次是孔径较大的基质孔隙中,而吸附油可能与干酪根密切相关,并最终建立了风城组页岩油赋存状态的T1-T2识别图版。本研究成果为陆相页岩油甜点评价提供了重要依据和借鉴意义。

参考文献

关键词





摘要 ID:1772

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 渤海湾盆地古近系沙河街组细粒沉积岩岩相特征与沉积演化

杜江峰\*<sup>1</sup>、王清斌<sup>2</sup>、白玉湖<sup>1</sup>

1. 中海油研究总院有限责任公司

2. 中海石油(中国)有限公司天津分公司

渤海湾盆地古近系沙河街组发育多套深盆湖相细粒沉积岩,页岩油形成地质条件非常有利,近年来相继在东营凹陷和辽河西部凹陷沙四上亚段、沾化凹陷和东濮凹陷沙三下亚段、歧口凹陷沙三上亚段、饶阳凹陷沙一下亚段等取得了勘探突破,多井次实现了页岩油工业化产能,冀中、渤中、临清拗陷等更多地区和层系见不同程度油气显示(薛永安,2020;赵贤正,2021)。勘探实践表明,针对沙河街组湖相细粒沉积岩岩相特征及其沉积演化的精准认识,为页岩油勘探提供了重要的理论支撑。

近千口钻井资料揭示,渤海湾盆地古近系沙河街组主要发育沙四上、沙三下、沙三上和沙一下亚段4套富有机质细粒沉积岩,具有累计厚度大、连续性好、埋深适中,有机质丰度高、类型好的特点。大量岩心描述、岩矿鉴定及扫描电镜分析表明,沙四上亚段主要发育贫有机质纹层状碳酸盐岩夹碳酸盐型混合细粒沉积岩,碳酸盐矿物平均含量可达40%~60%;沙三下亚段以富有机质层状碳酸盐型、硅质碎屑型混合细粒沉积岩互层为主;沙三上亚段以富有机质纹层状硅质碎屑型夹层状碳酸盐型混合细粒沉积岩为主,长英质矿物平均含量为26%~48%(张建国,2021)。沙一下亚段岩相以贫有机质纹层状碳酸盐型混合细粒沉积岩夹层状碳酸盐岩,碳酸盐矿物平均含量大于45%,粘土矿物平均含量一般小于30%(周立宏,2019)。总体上,沙三上、沙三下亚段碳酸盐矿物含量比沙四段减小,石英含量略增且总体较稳定,粘土矿物含量变化相对较大。

上述4套细粒沉积岩岩相类型不同,均为特定沉积环境的产物,岩相变化同时记录了区域构造及沉积环境的演化。古近纪渤海湾盆地构造演化具有多幕裂陷、多旋回叠加、多成因机制复合等深部过程响应的特征,形成诸多以半地堑为主的沉降单元,构成相对独立的陆源湖泊沉积单元,总体表现为长期封闭性的咸水湖泊。沙四上-沙三段、沙一段沉积期分别对应裂陷伸展期II、III幕(夏庆龙,2012)。沙四晚期发育众多分隔性断陷,具有“浅水广盆”型沉积特征,多为封闭咸化-半咸化湖盆环境。沙三期分隔性断陷联合,断陷规模扩大且数量减少,为“深水窄盆”型沉积背景,较沙四期浅水体控制范围大,易形成有利有机质保存的还原环境,以距湖岸较近且相对深水区域最为有利(毛俊莉,2020)。沙一期为间裂期热沉降阶段,表现为整体沉降,沉积厚度小但分布广。自下而上,沉积环境演化整体表现为气候由干旱向半潮湿转化、物源增加、水体加深、盐度降低和氧化性增强等特点,主要发育内源相和混源相细粒沉积岩,岩性组合受旋回控制作用明显。辽河西部、东营等次级凹陷沉积相平面展布表现出大致以盆地几何中心为核心,呈环带状分布的特点。

**参考文献** [1]赵贤正、蒲秀刚、周立宏等,2021.深盆湖相区页岩油富集理论、勘探技术及前景—以渤海湾盆地黄骅拗陷古近系为例[J],石油学报,42(2):143-162.[2]张建国、姜在兴、刘立安等,2021.渤海湾盆地沾化凹陷沙河街组三段下亚段细粒沉积岩岩相特征与沉积演化[J].石油学报,42(3):293-306.[3]周立宏、陈长伟、韩国猛等,2019.渤海湾盆地歧口凹陷沙一下亚段地质特征与页岩油勘探潜力[J],地球科学,44(8):2736-2750.[4]夏庆龙、田立新、周心怀等,2012.渤海海域构造形成演化与变形机制[M],48-63.[5]毛俊莉、张金川,2020.辽河西部凹陷页岩油气成藏机理与富集模式[D],107-113.

**关键词** 细粒沉积岩;岩相特征;沉积演化;沙河街组;渤海湾盆地



摘要 ID:1920

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 济阳拗陷古近系页岩层系岩相组合类型及沉积环境

张顺<sup>1\*</sup>、刘惠民<sup>2</sup>、秦峰<sup>1</sup>、朱德燕<sup>1</sup>、银燕<sup>1</sup>、魏晓亮<sup>1</sup>、丁桔红<sup>1</sup>、宁方兴<sup>1</sup>、关丽<sup>1</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司胜利油田勘探开发研究院

2. 中石化胜利油田分公司

在页岩油井取芯井段岩心精细观察描述的基础上,利用岩石薄片观察和X射线-全岩矿物衍射分析明确取芯段页岩的基本岩石和岩相类型,通过主要矿物成分及主量微量元素测试分析,提取济阳拗陷古近系页岩沉积古环境信息,依据四古环境(古气候、古物源、古盐度、古水深)基本特征,按照沉积环境相似性以及内部结构均一性等原则对沙三下-沙四上亚段页岩进行岩相组合划分,按照测井识别能力及工程参数进行岩相组合亚类的划分,建立了基于沉积环境主控的页岩岩相组合分级划分方案。结果表明:沙四上亚段主要发育5~6个岩相组合,沙三下亚段发育4~5个岩相组合;依据所处沉积构造部位及主要矿物含量,可将岩相组合分为富长英质矿物型页岩岩相组合、富碳酸盐矿物型页岩岩相组合、细粒混合沉积型页岩岩相组合;凹陷中心主要发育富碳酸盐岩型和细粒混合沉积型页岩岩相组合,如纹层状泥质灰岩夹灰质泥岩、层状泥质灰岩与层状灰质泥岩互层;缓坡带主要发育纹层状灰质泥岩(或泥质灰岩)夹白云岩;陡坡带主要发育富长英质矿物型页岩岩相组合,如层状灰质泥岩夹层状砂岩、纹层状泥质灰岩与层状灰质泥岩互层夹砂岩等,依据砂岩夹层的厚度及分布状态可以进一步细分。从发育丰度上,富有机质的纹层状泥质灰岩夹灰质泥岩的岩相组合最为发育,也是目前济阳拗陷页岩油获得突破的一种岩相组合类型。进一步分析不同岩相组合的基本地质特征及含油性特征、厘定主要页岩岩相组合的发育分布特征对陆相断陷盆地页岩油勘探具有现实的指导意义。

**参考文献** [1] &nbsp;&nbsp;&nbsp;姜在兴, 张文昭, 梁超, 等. 页岩油储层基本特征及评价要素[J]. 石油学报, 2014, 35(1): 184-196. JIANG Zaixing, ZHANG Wenzhao, LIANG Chao, et al. Characteristic and evaluation elements of shale oil reservoir[J]. Acta Petroleum Sinica, 2014, 35(1): 184-196. [2] &nbsp;&nbsp;&nbsp;张&nbsp;&nbsp;&nbsp;顺, 刘惠民, 宋国奇, 等. 东营凹陷页岩油储集空间成因及控制因素[J]. 石油学报, 2016, 37(12): 1495-1507+1527. ZHANG Shun, LIU Huimin, SONG Guoqi, et al. Genesis and control factors of shale oil reserving space in Dongying Sag[J]. Acta Petroleum Sinica, 2016, 37(12): 1495-1507+1527.

**关键词** 页岩, 岩相组合, 古近系, 济阳拗陷



摘要 ID:3119

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地侏罗系大安寨段页岩油形成条件及富集主控因素

蒋奇君\*、李勇  
西南石油大学

四川盆地侏罗系页岩层系具有成熟度较高、气油比较大、页岩脆性较高、页岩油的流动性较强的特征,勘探潜力巨大。但目前针对性的研究才刚刚起步,页岩油富集主控因素认识不清,制约了该区块下一步油气勘探与开发。通过岩石热解、薄片镜下观察、扫描电镜及 XRD 等实验分析,明确了川中大安寨段页岩油形成条件及富集主控因素。结果表明:大安寨段页岩层系形成于内陆开放型湖泊沉积环境,展布范围广,厚度可达 80m 以上,南部—营山一带为烃源岩沉积中心;页岩有机碳含量中等,平均值为 1.35%,有机质类型整体以 II 型为主,  $R_o$  平均值为 1.11%,处于成熟阶段;大安寨段页岩层系总体上为低孔特低渗的致密储层,具有较强的非均质性;页岩的黏土矿物含量较高,平均达到 45%,具有较低的比表面积和总孔体积,主要由片状黏土和刚性颗粒组成的狭缝状孔构成,微裂缝是页岩油的有效渗流通道。综合分析认为,合适的成熟区间、较好的有机质类型、优势的赋存空间及良好的保存条件是大安寨段页岩油富集的主控因素。该研究结果为川中大安寨段页岩油的勘探提供了理论依据,对页岩油的后续开发具有重要指导意义。

### 参考文献

**关键词** 页岩油;富集主控因素;大安寨段;四川盆地



摘要 ID: 3253

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 细粒沉积岩粒度界线划分探讨

蔡毅\*

中国石油勘探开发研究院

细粒沉积岩类型复杂,原因是其定义基于结构粒度概念,缺乏对矿物成分的有效约束,加之,不同学者在不同尺度下对构造现象描述,使得细粒沉积岩缺乏较为科学、系统的分类。细粒沉积物(粒径小于 $62.5\mu\text{m}$ )的概念最早由Krumbein(1932)在粒度分析中首次提出,后被广大研究人员广泛接受,且大多数学者普遍认为可依据粒度大小,进一步将细粒沉积物划分为黏土级颗粒(粒径小于 $3.9\mu\text{m}$ )和粉砂级颗粒(粒径介于 $3.9\mu\text{m}$ 与 $62.5\mu\text{m}$ 之间)。然而,由于“黏土”(Clay)这一术语既包含粒度尺寸,又包含有矿物成分的双重内涵,加之许多黏土矿物又会含有粉砂级颗粒,故无形中扩展了黏土级与粉砂级颗粒大小的界限。细粒沉积物中相对偏大的颗粒会具有类似砂岩的属性,相对偏小的颗粒具有类似页岩的属性,现代泥质粒度分析表明,大多数直径小于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒以絮凝物形式沉积,直径大于 $10\mu\text{m}$ 的颗粒则主要以单独颗粒形式沉降。因此,有一些学者Krumbein, Sloss等提出 $10\mu\text{m}$ 大小的分界粒径更为合适。而且,调研发现国、内外沉积学界对细粒沉积物“泥”(泥级颗粒)的粒径划分不同,欧美学者一般将“泥”界定为粒径小于 $62.5\mu\text{m}$ ,包括黏土级颗粒与粉砂级颗粒。在我国,自上世纪五十年代开始,沿用了前苏联的方案,“泥”的粒径对应黏土级颗粒即小于 $3.9\mu\text{m}$ 。这是导致泥岩与页岩等概念使用混乱的根本原因,也导致了含油气沉积岩石学的概念与工业生产实用性之间产生了分歧。因而,学者们对“泥”(泥级颗粒)的粒径划分进行过有益的尝试,其中,Lazar从岩石学的角度,将细粒沉积物“泥”(泥级颗粒)的粒径划分为:细泥级(黏土级—极细粉砂级)颗粒粒度小于 $8\mu\text{m}$ ;中泥级(细粉砂级—中粉砂级)颗粒粒度为 $8\sim 32\mu\text{m}$ ;粗泥级(粗粉砂级)颗粒粒度为 $32\sim 62.5\mu\text{m}$ 。进而,划分出粗粒泥岩,中粒泥岩和细粒泥岩。

### 参考文献

**关键词** 细粒沉积物;黏土级颗粒;粉砂级颗粒;泥级颗粒;泥岩;页岩



摘要 ID: 2274

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 陆相页岩油地质甜点预测新思路: 基于旋回地层学与层序地层学综合研究

鲜本忠<sup>\*2,3</sup>、周靖皓<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249
2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249
3. 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249

陆相深水页岩油气勘探中, 岩相及其组合的空间分布预测及甜点评价至关重要。由于对水深变化和陆源供给的不敏感, 难以采用测井数据的层序地层学方法建立陆相深水泥页岩沉积区高精度的地层格架、预测岩相空间分布规律。旋回地层技术的日益成熟为陆相深水区泥页岩地层高精度地层格架的建立及其内部岩相空间分布的预测提供了技术支撑。本次研究通过对渤海湾盆地济阳坳陷深洼区泥页岩地层开展了地层学、沉积学综合研究, 得到以下结论: (1) 陆相深水区页岩具有沉积连续性好的特点, 能够较完整的记录米兰科维奇旋回, 证明旋回地层方法可以在陆相深水区页岩地层中建立高精度等时地层格架; (2) 采用 TR 层序地层方法, 可以对斜坡区地层进行高精度地层划分, 并通过层序地层-旋回地层相结合建立起全区, 乃至全盆地的高精度等时地层格架; (3) 综合多尺度基准面约束下的岩心相、测井相横向分布与垂向演化研究发现, 旋回地层多尺度地层系统的划分与对比, 有效约束了有机质丰度 (TOC)、深水重力流砂岩、浅水碳酸盐岩薄层和纹层状页岩、层状泥岩和块状泥岩的空间分布, 为综合利用旋回地层与层序地层学分析预测陆相页岩油地质甜点的新思路。

### 参考文献

**关键词** 陆相页岩油; 旋回地层学; 层序地层学; 地质甜点预测



摘要 ID: 2516

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 陆相咸化湖盆泥页岩可动油含量优势岩相及其主控因素——以东濮凹陷沙河街组为例

吴冠昀、胡涛\*、刘远、席念旭、庞雄奇、姜福杰  
中国石油大学(北京)

我国陆相咸化湖盆页岩油资源丰富,可动油是最为现实可采的资源。湖相泥页岩非均质性强,不同岩相页岩可动油含量差异显著,明确页岩可动油含量的优势岩相,揭示影响不同岩相页岩可动油含量的主控因素,将为陆相页岩油勘探提供实际指导。

以渤海湾盆地东濮凹陷古近系沙河街组为例,选取不同成熟度的富有机质泥页岩岩心样品。以岩心观察为基础,结合总有机碳、多温阶热解、薄片鉴定、XRD全岩衍射、高压压汞、低温气体吸附等实验,划分研究区泥页岩岩相,评价不同页岩可动油含量,剖析影响不同岩相页岩可动油含量的主控因素。结果显示:沙河街组泥页岩有机质丰度高( $TOC=1.88\%$ ),以II型干酪根为主,目前处于成熟阶段( $R_o=0.92$ )。综合矿物组分和沉积结构特征,将沙河街组泥页岩划分为8种岩相:纹层状灰岩相(I<sub>纹层</sub>)、层状灰岩相(I<sub>层</sub>)、纹层状粘土质泥灰岩相(II<sub>纹层</sub>)、层状粘土质泥灰岩相(II<sub>层</sub>)、块状长英质泥灰岩相(III<sub>层</sub>)、纹层状粘土质泥岩相(IV<sub>纹层</sub>)、层状粘土质泥岩相(IV<sub>层</sub>)和块状粘土质泥岩相(IV<sub>块</sub>),其中以I<sub>纹层</sub>、II<sub>纹层</sub>、IV<sub>纹层</sub>岩相最为发育。采用经轻烃校正之后的多温阶热解参数( $S_{11}+S_{21}$ )评价可动油量,分析显示II<sub>纹层</sub>可动油含量最高,I<sub>纹层</sub>和IV<sub>纹层</sub>次之,IV<sub>层</sub>和IV<sub>块</sub>可动油含量最低。

进一步从有机质丰度、类型、成熟度、石英含量、碳酸盐矿物含量、粘土矿物含量、孔隙体积、比表面积、孔喉半径等方面分析影响可动油量的因素,结果显示:①可动油含量随TOC增加而增多,TOC均值最高( $TOC=2.38\%$ )的II<sub>纹层</sub>页岩可动油含量最高;②可动油含量随成熟度升高而增多。成熟度越高,原油粘度降低进而增加流动性,导致可动油含量越高,研究区I<sub>纹层</sub>页岩的成熟度最高( $R_o=1.1\%$ );③脆性矿物含量越高则可动油含量越高。脆性矿物如石英和碳酸盐岩矿物含量增加可以提高页岩的脆性,在应力作用下形成孔隙和裂缝。大孔隙( $>2nm$ )不仅可以提供页岩油储集空间,也有利于页岩油流动。其中IV<sub>纹层</sub>页岩的大孔隙体积最大,其次为I<sub>纹层</sub>和II<sub>纹层</sub>;④可动油含量随孔喉半径的增大而升高。储层孔喉半径越大渗透率越高,油气运移所受毛细管力越小,接受外来运移烃充注量越大。研究区泥页岩的孔喉半径与可动油含量有较好的正相关性,且纹层状页岩孔喉半径较大。

综上所述,东濮凹陷古近系沙河街组页岩发育8类主要岩相类型,以I<sub>纹层</sub>、II<sub>纹层</sub>、IV<sub>纹层</sub>岩相页岩最为发育,其中II<sub>纹层</sub>可动油含量最高,为可动油含量优势岩相,主要受控于有机质丰度、热演化成熟度、脆性矿物含量和孔喉半径大小。

### 参考文献

**关键词** 可动油含量;优势岩相;主控因素;东濮凹陷;沙河街组



摘要 ID:2903

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 湘鄂西寒武系牛蹄塘组富有机质页岩孔隙特征与其控制因素分析

徐洁<sup>1</sup>、陶辉飞<sup>2\*</sup>、王晓锋<sup>3</sup>、张中宁<sup>2</sup>、马东旭<sup>1</sup>

1. 兰州城市学院

2. 中国科学院西北生态环境资源研究院油气资源研究中心

3. 西北大学地质学系

寒武系牛蹄塘组页岩是中扬子地区最重要的页岩气储层之一。纳米孔是页岩气重要的储集空间。研究牛蹄塘组页岩孔隙特征及其形成控制因素,对牛蹄塘组页岩气的勘探开发具有重要意义。此次研究,以湘鄂西区寒武系牛蹄塘组两口钻井岩心样品和两个剖面样品为研究对象,采用激光拉曼、x射线衍射、场发射-扫描电镜、低温低压 $N_2$ 和 $CO_2$ 吸附等实验方法研究了该组页岩的地球化学特征、矿物特征以及孔隙特征,在此基础上探讨了该组页岩的纳米孔演化的主要控制因素。结果表明:(1)该组页岩有机质丰富,总有机碳含量为2.65~11.33%,平均值为6.81%;(2)页岩主要矿物成分为石英、长石、粘土矿物、方解石和少量黄铁矿;(3)来自于EY1井和BGP剖面的页岩样品有更高的成熟度( $R_{mc}R\%=4.0\%$ ),来自于XD1井和JF剖面的样品则成熟度相对较低

( $R_{mc}R\%=2.8\%$ );(4)四组页岩样品的最大 $N_2$ 吸附量为 $5.090\sim 27.333\text{ cm}^3/\text{g}$ ,平均 $15.571\text{ cm}^3/\text{g}$ , $CO_2$ 的最大吸附容量为 $2.686\sim 5.567\text{ cm}^3/\text{g}$ ,平均 $3.776\text{ cm}^3/\text{g}$ 。分析认为最高的成熟度导致EY1井平均最大 $N_2$ 吸附能力低,且有机孔的直径也大多小于10 nm。分别对比具有相同成熟度的EY1井和BGP剖面,XD1井和JF剖面的气体吸附特征和镜下特征,发现剖面样品比岩心样品有更好的孔隙结构,说明构造抬升利于页岩孔隙发育。此外,溶蚀孔隙的发育和颗粒矿物支撑作用是牛蹄塘组更高演化阶段页岩孔隙结构较好的关键影响因素。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3048

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 四川盆地龙岗地区侏罗系大安寨页岩油富集区预测

陈绪强\*

大庆油田勘探开发研究院

四川盆地侏罗系发育大型陆相湖盆沉积, 大安寨段为湖盆鼎盛期。龙岗东部地区大安寨段主要为滨浅湖——半深湖沉积, 岩性以页岩和介壳灰岩为主, 页岩与介壳灰岩相比具有高伽马、高声波时差、低电阻的测井响应特征, 其中大二亚段上部页岩发育较好, TOC 较高, 有效孔隙度较高, 为纵向页岩油富集层。地震正演模拟表明大二亚段页岩越发育, 大二顶部波谷振幅能量越强。通过地震振幅属性和高分辨率地震波形指示反演预测页岩油富集区位于研究区东南部, 成条带状展布。

**参考文献** 卢炳雄, 郑荣才, 梁西文, 等, 2014. 四川盆地东部地区大安寨段页岩气(油)储层特征[J]. 期刊, 41(4): 1387-1398. 邹才能, 杨智, 孙莎莎, 等, 2020. “进源找油”: 论四川盆地页岩油气[J]. 期刊, 50(7): 903-920.

**关键词** 大安寨段; 页岩油; 地震属性; 波形指示反演, 富集区





摘要 ID:1392

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 济阳拗陷泥页岩特征及夹层对泥页岩的作用

周磊\*<sup>1</sup>、王永诗<sup>2</sup>、刘雅利<sup>2</sup>、王勇<sup>1</sup>、刘鹏<sup>1</sup>

1. 胜利油田勘探开发研究院

2. 中国石化胜利油田分公司

截止 2018 年底, 济阳拗陷共有 319 口井泥页岩发育段见到油气显示, 测试 68 口, 其中 40 口井初产达到工业油气流标准, 累计产油 11.491 万吨。平面上以沾化凹陷、东营凹陷为多, 层位上主要集中在沙四上亚段和沙三下亚段; 页岩油气产出以油为主, 已投产页岩油气探井初期产能为 12~72t/d, 东营凹陷河 54 井累积产能最高达 27896t, 沾化凹陷罗 42 井、新义深 9 井累积产量均在 10000t 以上, 展示了济阳拗陷页岩油气良好的勘探开发前景。

### 1. 泥页岩岩相及展布特征

建立了基于岩石组分-沉积构造-有机质的泥页岩岩相类型划分方案, 根据该方案对济阳拗陷 4 口系统取心井沙三下亚段-沙四上亚段泥页岩样品进行系统岩相划分, 可分为纹层状、层状和块状三大岩相类型, 其中纹层状岩相主要为富有机质纹层状泥质灰岩相、富有机质纹层状灰质泥岩相两种类型; 层状岩相主要为富有机质层状泥质灰岩相、富有机质层状灰质泥岩相, 此外含有机质层状泥质灰岩相、含有机质层状灰质泥岩相也有一定数量的样品; 块状岩相主要为含有机质块状灰质泥岩相、含有机质块状泥质灰岩。

济阳拗陷泥页岩展布垂向上, 从沙四上到沙三下, 由下至上依次发育盐水阶段的含有机质岩相、咸水阶段的富有机质纹层状岩相、半咸水阶段的富有机质层状岩相; 横向上, 受物源对称供给的影响, 从斜坡带到陡坡带岩相具有对称分布的特征, 从盆地缓坡带边缘到洼陷中心再到陡坡带边缘, 依次发育: 砂岩-含有机质块状泥岩相-含有机质层状灰质泥岩相-富有机质层状泥质灰岩相-富有机质纹层状泥质灰岩-富有机质纹层状灰质泥岩相-富有机质层状灰质泥岩相或富有机质层状泥质灰岩相-含有机质层状灰质泥岩相-含有机质块状泥岩相-砂岩相; 平面上, 大致以盆地几何中心呈环带状分布(王勇等, 2019)。

### 2. 泥页岩储集及含油性特征

济阳拗陷泥页岩储集空间从成因类型分类包括裂缝和孔隙两大类, 其中裂缝型根据成因可分为成岩裂缝和构造裂缝两小类, 前者主要包括层间微裂缝和超压微裂缝, 后者按照产状主要为斜交裂缝; 孔隙型根据成因分成无机成因孔和有机成因孔, 前者主要包括矿物粒间孔、原生晶间孔、成岩晶间孔与溶蚀孔等, 后者主要为有机质网状孔、沥青收缩孔; 储集空间尺度从小于 1nm 到几 mm 均有分布, 小于 100nm 的储集空间主要有有机质网状孔、粘土矿物晶间孔、生物结构孔和部分方解石晶间孔; 100nm-10 μm 储集空间主要有沥青质收缩孔、粘土矿物收缩缝、碳酸盐矿物(方解石和白云石)晶间孔缝、碳酸盐矿物(方解石和白云石)溶蚀孔缝; 大于 10 μm 的超微米级储集空间主要为碎屑颗粒间孔和各种裂缝。其中粘土矿物晶间孔和方解石晶间孔对总孔隙度的贡献率最高, 平均可达 50%-70%, 其次为粘土矿物收缩缝、白云石晶间孔、碳酸盐溶蚀孔和构造张裂缝等, 对总孔隙度的贡献率平均在 20%-40%, 其他储集空间的总体贡献率一般 10%左右。有机质孔隙总体发育程度较差, 主要发育在有机质边缘, 以配位数较低的缝状孔隙形貌出现。粘土矿物晶间微孔数量较多, 主要为片状孔喉。

济阳拗陷页岩油气储集空间发育裂缝-基质孔隙网络系统, 具有以各级裂缝为主脉、以各类孔隙为基质的多级分层网络的特点; 实验观察可见原油在基质孔隙中浸染状产出并在裂缝周围富集, 反映微米-纳米级储集空间具保存液态烃类的储集能力(刘惠民等, 2019)。

不同岩相类型中以纹层状岩相储集性最好, 发育大量基质孔隙并被网状缝连通, 基质孔隙包括晶间孔-溶孔-有机孔等多种类型, 孔径、连通性、分选性、均质性等参数最优, 孔隙度通常在 5%-16%; 层状岩相储集性其次, 穿层缝和顺层缝连通基质孔隙, 发育部分晶间孔、溶孔和有机孔, 物性通常在 4%-13%; 块状岩相储集性较差, 少量不规则缝连通基质孔隙, 仅有少量粘土晶间孔和有机孔发育, 物性通常在 3%-8%。



通过对比有机溶剂洗提前后样品的孔隙体积变化,发现富碳酸盐矿物页岩样品增孔峰值为 8-9nm,高黏土矿物含量页岩样品增孔峰值为 5-6nm,表明 5-6nm 孔隙具备储油能力,即泥页岩的储油孔径下限为 5nm;利用场发射电镜观察-抽真空实验,对樊页 1 井 3408.36m 样品进行了纳米级原油储集有效性分析,经测量得到页岩油溢出点处宽度随机值分布在 8.9-20.1nm,平均宽度值为 13.7nm,因此认为 10nm 为泥页岩基质孔游离油赋存的下限;通过核磁实验分析,对比模拟地层压力条件下的泥页岩析油前后的核磁 T2 谱图, T2 截止值一般在 2-3ms,对应的孔径为 20-30nm,认为游离油大量富集的孔径下限为 30nm (宋明水等, 2019)。

### 3. 夹层对泥页岩的作用

济阳拗陷富有机质泥页岩中贫有机质的夹层普遍发育,夹层 TOC 小于 0.5%,厚度小于 3m。济阳拗陷泥页岩中夹层类型主要为砂岩、灰岩与白云岩 3 种,夹层的储集空间主要由粒间/晶间孔隙、粒间/晶间微缝及粒内/晶内孔隙组成,白云岩夹层微米孔隙最为发育,孔喉结构最好,砂岩夹层次之,灰岩夹层相对较差。夹层对泥页岩的作用主要表现在以下三个方面 (刘雅利, 刘鹏, 2019) :

夹层微米级孔喉发育,具有一定的储集性和渗透性,其与富有机质页岩共生,是页岩油气的有效储集体。勘探实践表明,含夹层的泥页岩井段试油初产普遍比不含夹层的泥页岩段初产油量高。泥页岩基质渗透率随上覆压力升高而迅速降低,而夹层渗透性则对压力敏感性较弱,地层条件下夹层渗透率远高于泥页岩基质,在夹层本身所储存的油气产出后可以成为邻近泥页岩中油气的运移通道。勘探实践表明,含夹层的泥页岩段油气产出递减律总体上小于不含夹层的泥页岩段。夹层多为长英质、方解石和白云石这类脆性矿物,有利于大型压裂改造,易造缝且裂缝延伸远;夹层页岩油应是济阳拗陷页岩油勘探突破的首选类型。

**参考文献** [1] 王勇, 刘惠民, 宋国奇, 等. 济阳拗陷泥页岩细粒沉积体系[J]. 石油学报, 2019, 40 (4) : 395-410. [2] 刘惠民, 张顺, 包友书, 等. 东营凹陷页岩油储集地质特征与有效性[J]. 石油与天然气地质, 2019, 40 (3) : 512-523. [3] 宋明水. 济阳拗陷页岩油勘探实践与现状[J]. 油气地质与采收率, 2019, 26 (1) : 1-12. [4] 刘雅利, 刘鹏. 陆相富有机质泥页岩中夹层特征及其作用-以济阳拗陷为例[J]. 油气地质与采收率, 2019, 26 (5) : 1-9.

**关键词** 济阳拗陷 泥页岩 储层特征 夹层



摘要 ID:1593

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 中低成熟度湖相页岩微观特征及含油气性影响因素—以南堡凹陷为例

黄任达<sup>2,3,4</sup>、姜福杰<sup>\*2,3</sup>、邓倩<sup>2,3</sup>、王建伟<sup>1</sup>、陈迪<sup>2,3</sup>

1. 中国石油冀东油田分公司
2. 中国石油大学(北京)地球科学学院
3. 油气资源与探测国家重点实验室
- 4.

渤海湾盆地沧东凹陷孔二段页岩油获得重大突破,证实了其重大的页岩油规模效益。南堡凹陷与之相邻,构造演化相近,成烃条件相似,具有页岩油资源大规模发育的优势条件。本次研究通过有机碳、岩石热解、XRD全岩矿物分析、氮气吸附、扫描电镜、等温甲烷吸附等实验手段,对南堡凹陷高柳地区沙三段中低熟泥页岩的矿物特征、孔隙特征等进行了系统评价,与四川盆地龙马溪组高熟泥页岩进行了对比分析,并探讨了影响沙三段泥页岩含油气性的主要因素。

研究发现,高柳地区沙三段泥页岩干酪根类型主要为I-II型,  $R_o$  介于0.6%~1.2%, TOC分布在0.5%~6.0%,平均值为1.87%;四川盆地龙马溪组泥页岩干酪根类型主要为I-II型,  $R_o$  介于2.0%~3.2%, TOC分布在0~2%,平均值为1.48%。对比矿物组成,龙马溪组和沙三段泥页岩脆性矿物含量近似相同,但龙马溪组泥页岩脆性矿物以石英为主,碳酸盐矿物发育较少;而沙三段石英和碳酸盐矿物含量较均等。沙三段孔隙类型主要包括粒间孔、粒内孔、有机质孔和微裂缝等,孔隙形态以墨水瓶形为主,表现出较强的油气吸附能力。龙马溪组泥页岩则广泛发育有机质孔,孔径较大,且形成蜂窝状连通孔隙;孔隙形态主要为墨水瓶状和层状。沙三段泥页岩以中孔为主,微孔发育较少;绝大部分孔隙体积由中孔贡献,而比表面积则主要由微孔贡献。龙马溪组泥页岩以中孔为主,微孔也较发育;孔体积和比表面积主要由小孔径提供。龙马溪组高熟泥页岩与沙三段中低熟泥页岩具有相似的干酪根类型和孔隙形态,但成熟度的差异造成了二者TOC、孔隙类型和孔径分布的差异。龙马溪组泥页岩经历了较高的热演化程度,大部分有机质已转化为烃类,导致现今残留有机质较少,故表现出低丰度烃源岩数量多的特征。另外,高热演化程度往往伴随着较大的古埋深,强烈的压实作用压缩了孔隙,导致了龙马溪组泥页岩微孔和小孔的发育,而干酪根生烃产生的大量有机质孔则扩大了其中孔和大孔的比例。

影响沙三段泥页岩含油气性的主要因素为有机质丰度、矿物组分、孔隙结构等。有机质丰度对含油气性具有正向影响。平均孔径与含油性参数呈明显正相关,并且随着大孔比例的增加,含油性参数也呈增加的趋势,表明沙三段页岩油主要富集在大孔中。不同矿物含量与含气性有明显的关联,粘土矿物呈正相关,碳酸盐矿物呈负相关。比表面积对页岩气的富集具有明显的控制作用。超压对沙三段页岩油的微运移、聚集和保存起到正向作用,但过高的压力会导致油气的逸散,影响产量。

### 参考文献

**关键词** 南堡凹陷; 泥页岩; 孔隙特征; 含油气性



摘要 ID: 3120

主题分类: 非常规油气沉积学=》泥页岩沉积、成岩改造与页岩油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地西南缘侏罗统延安组油页岩发育特征及其古环境恢复

杨俊\*

长江大学

鄂尔多斯盆地西南缘侏罗统延安组不仅发育丰富的煤资源, 与其伴生富含有机质油页岩也比较发育, 但是长期以来对油页岩缺乏系统的研究。本文通过对彭阳地区钻井岩心进行取样, 开展低温干馏、主微量元素、稀土元素和热解实验, 对油页岩的工业指标、地球化学特征和沉积古环境进行分析。结果显示, 彭阳地区油页岩含油率为 3.8%~6.7%, 灰分质量分数为 49.46%~75.58%, 全硫为 0.31%~2.29%, 发热量为 11.95kJ/g (平均值), 属于中品质、硅质灰分、特低硫的油页岩; 油页岩中主量元素以 SiO<sub>2</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为主, 分别为 48.26% (平均值) 和 17.57% (平均值)。其中,  $\omega$  (K<sub>2</sub>O) 明显高于  $\omega$  (Na<sub>2</sub>O), 表明彭阳地区油页岩中含有较多的含钾矿物, 另外  $\omega$  (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+MgO) 为 1.51%~8.63%, 平均为 5.52%, 表明彭阳地区油页岩中含有镁铁成分。样品中 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/(CaO+Na<sub>2</sub>O) 的值为 5.09~20.58, 平均值为 11.60, 反映彭阳地区油页岩稳定组分含量较高; 彭阳地区油页岩 CIA 值介于 73.34~85.80, 平均为 80.03, Th/U 值介于 2.67~4.69, 平均值为 4.03, V/(V+Ni) 值介于 0.75~0.93, 平均值为 0.83, 表明本地区油页岩沉积环境为温暖、湿润的厌氧、贫氧的陆相淡水环境。

**参考文献** 海连富, 王磊, 马治军, 等, 2020. 宁夏固原炭山地区中侏罗统延安组油页岩特征及其沉积环境[J], 吉林大学学报, 50 (3): 747-756. 孟庆涛, 李金国, 刘招君, 等, 2020. 茂名盆地羊角含矿区始新统油柑窝组油页岩有机地球化学特征及沉积环境[J], 吉林大学学报, 50 (2): 356-367. 于婷婷, 刘招君, 王君贤, 等, 2022. 巴西巴拉纳盆地下二叠统伊拉蒂组油页岩地球化学特征及地质意义[J], 中国煤炭地质, 34 (8): 1-8. 徐银波, 毕彩芹, 张家强, 等, 2022. 新疆三塘湖盆地芦草沟组油页岩特征及成矿背景[J], 地质与勘探, 58 (2): 442-453. 高波, 武晓玲, 张英, 等, 2022. 鄂尔多斯盆地南部张家滩油页岩生烃演化特征[J], 石油实验地质, 44 (1): 24-32. 薛敏, 刘招君, 孙平昌, 等, 2018. 抚顺、桦甸、龙口含矿区始新统高品质油页岩特征及地质意义[J], 中国煤炭地质, 30 (6): 41-47. 刘招君, 孙平昌, 2021. 中国陆相盆地油页岩形成环境与成矿机制[J], 古地理学报, 23 (1): 1-17. 陈玲玲, 孟庆涛, 刘招君, 等, 2018. 柴达木盆地团鱼山地区石门沟组煤与油页岩沉积环境[J], 新疆石油地质, 39 (6): 643-652.

**关键词** 油页岩; 含油率; 延安组; 淡水环境



# 非常规油气沉积学

## 深水重力流沉积体系与致密油气富集



摘要 ID: 2394

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 深时源汇系统对构造作用的响应机制: 来自珠一坳陷古近系锆石 U-Pb 年龄的记录

李一超<sup>1</sup>、龚承林\*<sup>1</sup>、余一欣<sup>1</sup>、朱世发<sup>1</sup>、牛胜利<sup>2</sup>、邱欣卫<sup>2</sup>

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院

2. 中海石油(中国)深圳分公司

深时源汇系统聚焦于前第四纪重大构造事件及古气候的沉积记录,是当前沉积学研究的前沿和热点,建立源汇转换过程与构造事件的耦合关系具有重要的科学意义(林畅松等, 2015; 朱红涛等, 2017; 邵龙义等, 2019)。晚白垩世至新生代华南陆缘由安第斯型大陆边缘转变为被动大陆边缘,珠江口盆地经历了复杂的构造运动,其盆内基底差异性隆升剥蚀向沉积凹陷的物源供给及古珠江对沉积凹陷的物源输送,形成了珠江口盆地深时源汇系统(施和生等, 2017)。以珠一坳陷惠州凹陷为例,结合区域构造背景,利用研究区锆石年龄资料,揭示了“文昌期盆内近源→恩平期盆外远源”的物源转换过程,厘定了白垩纪 Izanagi 板块俯冲及 Okhotomorsk 陆块碰撞背景下华南沿岸山系隆升的构造响应,明确了珠一坳陷古近纪源汇转换过程对华南沿岸山系隆升剥蚀的响应机制。

在盆内物源区锆石年龄特征方面,珠一坳陷惠州凹陷基底以燕山期单峰年龄为特征。在盆外物源区锆石年龄特征方面,古珠江水系以“燕山期、印支期、加里东期、晋宁期的四个年龄峰值且所占比例依次减少”为特征(Shao et al., 2018)。在沉积区锆石年龄特征方面,惠州凹陷文昌组锆石年龄以单峰为特征,恩平组锆石年龄谱出现燕山期、印支期、加里东期和晋宁期四个所占比例依次减少的峰值。物源区、沉积区锆石年龄对比分析表明,惠州凹陷古近纪发生了“文昌期盆内近源→恩平期盆外远源”的物源转换过程。

143Ma 左右 Izanagi 板块俯冲角度发生由 W 向 NWW 的转变,俯冲速率变化明显(Wang et al., 2020), 100Ma 以来 Izanagi 板块内 Okhotomorsk 陆块与华南板块发生碰撞(Yang, 2013)。基于碎屑锆石 Eu 异常的地壳厚度分析表明(Tang et al., 2020), 143Ma 至 80Ma 华南陆缘地壳厚度显著增加,华南沿古太平洋西岸地区形成了一条巨大的沿岸山系(陈丕基, 1997; Chen et al., 2021)。

受华南沿岸山系雨影效应影响,古近纪华南沿岸山系西北侧表现为干旱气候,东南侧表现为润湿气候(Teng et al., 2019; 张丽丽等, 2020)。华南沿岸山系阻挡了太平洋暖湿气流,东南侧润湿气候下的水流沿新生代拉张裂谷向珠江口盆地输送沉积物,形成华南沿岸山系-珠江口盆地的迟滞响应源汇系统。综合分析源汇转换过程及区域构造事件,明确了珠一坳陷“文昌期近源小洲小扇→恩平期远源洲扇连片”的源汇转换对华南沿岸山系隆升剥蚀的响应机制。

**参考文献** 陈丕基, 1997. 晚白垩世中国东南沿岸山系与中南地区的沙漠和盐湖化[J]. 地层学杂志, 21(03):44-54. 林畅松, 夏庆龙, 施和生, 等, 2015. 地貌演化、源-汇过程与盆地分析[J]. 地学前缘, 22(01):9-20. 邵龙义, 王学天, 李雅楠, 等, 2019. 深时源-汇系统古地理重建方法评述[J]. 古地理学报, 21(01):67-81. 施和生, 舒誉, 杜家元, 等, 2017. 珠江口盆地古近系石油地质[M]. 地质出版社. 张丽丽, 舒梁锋, 冯轩, 等, 2020. 再论珠江口盆地恩平组时代归属[J]. 中国海上油气, 32(05):9-18. 朱红涛, 徐长贵, 朱筱敏, 等, 2017. 陆相盆地源-汇系统要素耦合研究进展[J]. 地球科学, 42(11):1851-1870. Chen Y, Meng J, Liu H, et al., 2021. Detrital zircons record the evolution of the Cathaysian Coastal Mountains along the South China margin[J]. Basin Research, 00:1-14. Shao &nbsp;L, Cui Y, Stattegger K, et al., 2018. &nbsp;Drainage control of Eocene to Miocene sedimentary records in the southeastern margin of Eurasian Plate[J]. The Geological Society of America, 131(3-4). Tang M, Ji W, Chu X, et al., 2020. Reconstructing crustal thickness evolution from europium anomalies in detrital zircons[J]. Geology, 49(1):76-80. Teng X, Fang X, Kaufman A, et al., 2019. Sedimentological and mineralogical records from drill core SKD1 in the Jiangnan Basin, Central China, and their implications for late Cretaceous-early Eocene climate change[J]. Journal of Asian earth sciences, 182:1-14. Wang P, Li S, Suo



Y, &nbsp;et al., 2020. Plate tectonic control on the formation and tectonic migration of Cenozoic basins in northern margin of the South China Sea[J]. *Geoscience Frontiers*, 11(4):1231–1251. Yang Y, 2013. An unrecognized major collision of the Okhotomorsk Block with East Asia during the Late Cretaceous, constraints on the plate reorganization of the Northwest Pacific[J]. *Earth-Science Reviews*, 126:96–115.

**关键词** 珠一坳陷; 源汇系统; 锆石 U-Pb 年龄; 响应机制



摘要 ID:339

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 涪西南凹陷北部陡坡带流一段深水重力流沉积特征差异性及其控制因素

金杰华\*

中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司物探研究院

综合利用三维地震、测井、录井、钻井岩心及分析测试等资料,采用岩心观察描述、古地貌恢复、地震相分析、地震属性提取与分析等技术方法,详细分析涪西南凹陷北部陡坡带流一段沉积时期深水重力流沉积类型及分布特征,探讨沉积扇体发育控制因素。结果表明:

①涪西南凹陷北部陡坡带深水重力流沉积具有明显的分区性:陡坡带西部发育大型近岸水下扇沉积,扇体粒度较粗,砂砾岩为主,地震剖面呈楔形特征,垂利物源方向基本表现为中间厚,两边薄,呈现出透镜状特征。每一期扇体平均能量地震属性表现为在断层根部形成能量相对较低沿断层走向分布的低值条带,高值区由断层附近向盆地内部呈扇形分布。中部发育异重流沉积,异重流水道以砂岩和含砾砂岩为主,朵叶体以细砂岩或粉砂岩为主,富含陆源植物碎屑,单层砂岩垂向上一一般表现为逆粒序与正粒序成对出现,振幅属性表现为狭长的水道及水道前朵叶体,其能量明显强于周围围岩(金杰华等,2019)。东部发育小规模异重流及块体搬运沉积,在地震属性平面图上表现为一个孤立的强能量区域,呈水滴状,指向坡折带。垂直块体搬运方向上,地震反射表现为强振幅,形态上呈现凹坑状;顺块体搬运方向,地震反射表现为孤立的强振幅地震反射,两侧地震反射较弱,呈现逆冲褶皱、逆冲断层等反应块体搬运的构造特征(李磊等,2013)。

②“源-汇”系统的要素(源区母岩类型、沉积物搬运距离、地势差异、断层落差)差异是造成涪西南凹陷北部陡坡带深水重力流沉积差异的关键。北部陡坡带西部“源-汇”系统母岩以易风化的变质砂页岩为主,沉积物供应量大,搬运距离短,1号断裂断层落差大,地势陡,大型沟谷发育,其“源-汇”系统的末端发育规模较大的近岸水下扇;北部陡坡带中部及东部“源-汇”系统母岩以不易发生物理风化的岩浆岩为主,沉积物供应量较小,搬运距离大,1号断裂断层落差小,地势缓,沟谷规模小,其“源-汇”系统的末端发育规模较小的异重流沉积以及块体搬运沉积。

**参考文献** 金杰华,操应长,王健,等,2019.涪西南凹陷陡坡带流一段上亚段异重流沉积新发现[J].地学前缘,26(4):250-258.李磊,李彬,王英民,等,2013.块体搬运沉积体系地震地貌及沉积构型:以珠江口盆地和尼日尔三角洲盆地为例[J].中南大学学报(自然科学版),44(6):2410-2416.

**关键词** 深水重力流;沉积特征;控制因素;流一段;涪西南凹陷





摘要 ID:752

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 渤海海域辽中凹陷西斜坡东三段重力流成因机制与勘探意义

王启明\*

中海石油(中国)有限公司天津分公司

**摘要:** 渤海海域辽中凹陷中南部西斜坡东三段发育重力流沉积, 其沉积特征与控制因素不明。利用钻测井、分析化验以及三维地震资料, 分析重力流成因类型, 明确不同类型重力流平面分布和垂向演化特征, 探讨重力流成因机制。研究表明: 研究区重力流主要发育滑动、滑塌、碎屑流、浊流 4 种类型, 不同类型其沉积构造、测井响应、地震响应特征差异显著, 且不同地区重力流发育程度、成因类型、垂向序列存在差异(杨田等, 2015; 邹才能等, 2009)。其中, 斜坡带中上部的旅大 A 区主要以滑动沉积为主, 砂体厚度薄, 展布面积大, 多与湖岸线平行或斜交分布; 斜坡带中部的旅大 B 区主要以滑塌岩为主, 局部发育砂质碎屑流沉积, 砂体厚度较大, 以朵状向前延伸; 斜坡带中下部位的旅大 C 区主要以砂质碎屑流为主, 局部发育浊流沉积, 砂体多期叠置厚度大, 并表现为舌状体分布的特征。不同位置重力流成因类型差异受控于物源供给能力、坡折带类型与地形坡度、相对湖平面变化等因素(徐伟等, 2018)。其中, 西部盆外物源形成的大型辫状河三角洲越过“链状岛式”的辽西低凸起, 进入辽中凹陷西斜坡为重力流沉积提供了物质基础, 其北弱南强的物源供给能力决定了南北区重力流成因类型和砂体发育程度的差异(周心怀等, 2010); 沉积坡折对重力流形成具有明显的控制作用, 其地形坡度大小控制重力流发育位置和相带边界, 盆内断裂坡折对重力流分布和流向具有再分配和调节作用(张青青等, 2017); 湖平面频繁波动变化形成的次级湖泛面, 对斜坡带重力流侧向遮挡提供了良好的保存条件。三因素动态平衡控制下形成的重力流沉积模式为该斜坡区发育大面积的岩性圈闭提供了良好地质条件和理论依据, 指导了该区岩性油气藏勘探并取得重大突破。

**参考文献** 徐伟, 李正宇, 刘艺萌, 等. 渤中 25-1 油田沙三段重力流沉积模式及油气地质意义[J]. 沉积学报, &nbsp;2018, 36(3)&nbsp;: 557-569. &nbsp;&nbsp;&nbsp;杨田, 操应长, 王艳忠, 等. 深水重力流类型、沉积特征及成因机制: 以济阳坳陷沙河街组三段中亚段为例[J]. 石油学报, 2015, 36(9): 1048-1059. 张青青, 操应长, 刘可禹, 等. 东营凹陷滑塌型重力流沉积分布特征及三角洲沉积对其影响[J]. 地球科学, 2017, 42(11): 2025-2039. 周心怀, 余一欣, 汤良杰, 等. 渤海海域新生代盆地结构与构造单元划分[J]. 中国海上油气, 2010, 22(5): 285-289. 邹才能, 赵政璋, 杨华, 等. 陆相湖盆深水砂质碎屑流成因机制与分布特征—以鄂尔多斯盆地为例[J]. 沉积学报, 2009, 27(6): 1065-1075.

**关键词** 重力流; 沉积特征; 成因机制; 发育模式; 斜坡带; 辽中凹陷



摘要 ID:933

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 渤南洼陷北带沙河街组深水重力流沉积特征及其控制因素

巴素玉\*、刘升余、金杰华  
中石化胜利油田分公司物探研究院

深水重力流砂体不仅记录了沉积物从物源区经剥蚀—搬运—沉积的一系列地质信息,而且作为油气储层具有重要的经济价值。随着国内油气勘探开发程度的提高,深水重力流砂体已逐渐成为油气增储上产的主要砂体之一。本文以渤南洼陷北带沙河街组三段中亚段为研究对象,综合利用三维地震、测井、录井、钻井岩心及分析测试等资料,对研究区深水重力流砂体的沉积特征及其控制因素开展了系统的研究。结果表明:

①渤南洼陷北带沙三段中亚段发育洪水型异重流成因砂体。岩心上可见多个向上变细的正粒序,底部中粗砂岩,顶部泥质粉砂岩,内部发育泥岩撕裂屑,发育于正粒序的中上部,泥岩撕裂屑内部可见层理构造,表明其受侵蚀再搬运沉积形成,总体上单套砂岩厚度5-50cm。此外,岩心中可见块状层理砂岩,砂岩分选中等,厚度较薄,是异重流携带悬浮物质快速堆积的结果。其上下界面与泥岩突变接触,底部可见火焰状构造,顶部突变面可指示一次重力流时间的结束,为能量转换面。异重流沉积砂体测井响应多呈钟形和指状箱型,录井岩性上呈现厚层泥岩夹薄层砂岩,呈“泥包砂”的特征。垂物源方向地震表现为孤立的强振幅特征,地震属性表现为舌形,其能量明显较强。

②异重流沉积受地形坡度、构造活动强度、气候条件、物源性质、沉积物供给、水体密度等多种因素控制。从构造背景看,埕东凸起在沙三段中亚段沉积时期持续活动,凸起西部埕南断裂呈NW向,凸起东部埕东断裂呈SE向,存在明显的走向差异,在研究区形成构造转换带。构造转换带是源区水系发育的主要控制区域,是物源水系进入坡折带的优势通道(鲍志东,2011),有利于异重流沉积物的搬运。从气候背景看,沙三段中亚段沉积时期古气候温暖湿润,湖盆水体充盈,水体密度相对较小。源区母岩以片麻岩为主,岩浆岩及沉积岩母岩含量次之,物源供给能力相对较强,温暖湿润性气候可提供充沛的降雨量,阵发性洪水发育较频繁,有利于长距离搬运沉积物至湖盆底部形成异重流沉积。异重流沉积砂体作为陆相断陷盆地深水环境下形成的一种重要储集砂体类型,其粒度相对较粗,分选较好,泥质含量低,且紧邻烃源岩,有利于形成岩性油气藏,是潜在的有利勘探区。

**参考文献** 鲍志东,赵艳军,祁利祺,等,2011.构造转换带储集体发育的主控因素:以准噶尔盆地腹部侏罗系为例[J].岩石学报,27(3):867-877.

**关键词** 沉积特征;控制因素;深水重力流;沙三段中亚段;渤南洼陷



摘要 ID:1554

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 滇东地区下寒武统页岩层系沉积特征及高分辨率沉积环境演化

郭岭\*、刘建妮、方泽鑫、杨永祯  
大陆动力学国家重点实验室/地质学系 西北大学

“寒武纪生命大爆发”时期是地球生命演化历史中非常重要的一个时期。随着寒武纪小壳生物群和澄江生物群的幕式大爆发,滇东地区古海洋环境经历了复杂的变化过程。为寻找地质证据和论证该时期古海洋环境的变化过程以及其对生物的爆发、死亡和埋藏的驱动机制,我们对滇东地区寒武系筇竹寺组和沧浪铺组地层开展了详细的沉积学特征研究。寒武纪时期滇东地区地处康滇古陆和牛头山古陆中间地带,具有连接南北海域的分水岭特征,特别是昆明梅树村、龙宝山、古莲村等剖面筇竹寺组和沧浪铺组地层出露良好,具有高分辨率旋回特征,是研究寒武纪早期古海洋沉积体系和古海洋海平面变化等特征的良好对象。本次研究利用详细的野外沉积学描述、岩石薄片和元素地球化学测试数据,解析滇东地区寒武系筇竹寺组和沧浪铺组的沉积体系,重建筇竹寺期海平面变化曲线、古盐度变化曲线和古生产力变化曲线。

滇东地区寒武系筇竹寺组石岩头段发育水平层理、平行层理、递变层理和块状层理,生物遗迹化石以水平状爬行迹为主,此外在页岩层系中发育典型的鲍马层序,指示了深水陆棚环境下的浊流沉积。筇竹寺组玉案山段以黑色页岩、粉砂质页岩夹薄层细砂岩为主,薄层砂岩底部多具有舌状槽模。在玉案山段沉积晚期页岩呈灰色,部分层段夹薄层粉砂岩,可能代表了水体较浅时期的浅水陆棚环境。寒武系沧浪铺组红井哨段发育脉状层理、透镜状层理、波痕和冲刷面构造,具有三角洲前缘和三角洲平原的沉积特征。乌龙箐段沉积构造多样包括透镜状层理、递变层理、变形层理、丘状交错层理等,生物化石以三叶虫和腕足类化石常见,可见水平状生物遗迹化石和直立生物逃逸钻孔,反映了乌龙箐段沉积时期复杂的水动力环境,沉积微相类型包括风暴流、浊流、碎屑流、颗粒流、浅水陆棚和深水陆棚等。

利用氧化还原敏感等微量元素,重建了滇东地区寒武系筇竹寺期海平面变化、古盐度变化和古生产力变化曲线。结果显示石岩头段早期海平面上升,海水氧化性增强;晚期海平面下降,海水氧化性减弱;玉案山段早期海平面上升,海水氧化性增强;晚期海平面下降,海水氧化性减弱。筇竹寺期生产力高的阶段主要集中于低海平面时期,以及由高海平面向低海平面的转换时期。筇竹寺期古盐度较高阶段主要在海平面上升及海平面由高到低的转换时期;研究区盐度的高低可能受到海底热液、陆地淡水注入和气候(降雨量)的影响。

**参考文献** 冯增昭,彭勇民,金振奎,等,2001.中国南方寒武纪岩相古地理[J].古地学报,2001,3(1):1-14.姜在兴,梁超,吴靖,等.2013.含油气细粒沉积岩研究的几个问题[J].石油学报,34(06):1031-1039.罗惠麟等,1984.中国云南晋宁梅树村震旦系-寒武系界线层型剖面[M].云南人民出版社.牟传龙,梁薇,周恩恩,等,2012.中上扬子地区早寒武世(纽芬兰世-第二世)岩相古地理[J],沉积与特提斯地质,32(3):41-53.朱茂炎,杨爱华,袁金良,等.中国寒武纪综合地层和时间框架[J],中国科学:地球科学,2019,49(1):26-65.Lawrence M, Graham A, Zhou S, et al., 2013. Redox changes in Early Cambrian black shales at Xiaotan section, Yunnan Province, South China, Precambrian Research, 225: 166-189. Zhao G, Wang Y, Huang B, et al. 2018. Geological reconstructions of the East Asian blocks: From the breakup of Rodinia to the assembly of Pangea[J]. Earth-Science Reviews, 262-286.

**关键词** 页岩;重力流;沉积环境;寒武系;滇东地区



摘要 ID: 3204

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 印尼加里曼丹岛周缘中中新世快速沉积体系特征研究

冉伟民<sup>1\*</sup>、鲁银涛<sup>2</sup>

1. 青岛海洋地质研究所

2. 中国石油杭州地质研究院

印度尼西亚加里曼丹岛位于巽他陆架东缘,处于世界最大的群岛-马来群岛的核心位置;其北部与西南部整体地势较高,东南部与南部地势较低,岛上河流多向南和向东流入爪哇海和望加锡海峡。新生代以来,加里曼丹岛北部与西南部山脉持续变形隆起,遭受风化剥蚀作用,成为沉积物源主要供给区,沉积物随河流向东和向南搬运,在加里曼丹岛东部和南部形成大规模沉积物汇聚区。基于加里曼丹岛东部库泰盆地中新世三角洲沉积体系特征研究成果,结合加里曼丹岛南部东爪哇盆地中新世半深海斜坡—盆底沉积体系特征分析,综合探讨加里曼丹岛周缘中新世区域构造反转—沉积响应特征。中中新世时期约 15 Ma 左右,形成了大规模马哈坎进积型三角洲沉积体系雏形;东爪哇盆地中新世半深海斜坡—盆底沉积体系初始发育时间约为 16~15 Ma,两种沉积体系初始发育时间基本一致。东南亚区域中中新世时期大规模构造反转事件是加里曼丹岛周缘两种沉积体系发育的主要控制因素;而同时期库泰盆地开阔深水环境和东爪哇盆地东西向狭长延伸半深海环境,分别为库泰盆地大规模进积型三角洲沉积体系和东爪哇盆地半深海浊积体发育创造了充足的容纳空间。关于中新世大规模区域性构造反转阶段两大盆地沉积响应过程的差异性特征,未来还需开展详细研究工作,以便深入认识巽他大陆周缘新生代以来构造—沉积耦合过程,从而对盆地油气勘探工作提供切实可行的意见和建议。

### 参考文献

**关键词** 加里曼丹岛;中中新世;快速沉积;构造-沉积响应;控制因素



摘要 ID: 2026

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 地震相控技术在深水沉积体预测中的应用

李东\*、张颖、杨志力  
杭州地质研究院

缅甸若开海域的沉积物主要来源于孟加拉湾北部, 中新世以来, 受区域北部喜马拉雅山抬升和海平面升降变化影响, 缅甸-孟加拉海域陆架坡折带不断往南推进, 使孟加拉湾的沉积中心不断由北向南迁移。受陆架坡折带和海域沉积中心南移的影响, 该区域沉积体系主要从北部陆架的深水峡谷-水道向南部陆架深水区水道-天然堤-决口扇深水沉积体系过渡。在该区域深水沉积体系的分类中, 基于对深水沉积结构单元的几何形态进行、地震响应特征、测井曲线特征和岩心特征将深水沉积储层划分为水道、天然堤(薄层沉积)、朵叶体/席状砂(复合叠置席状砂和层状席状砂)[1]。其中, 结合邻区深水沉积油气勘探历程, 有油气发现的深水沉积储层主要是水道复合体砂岩储层、天然堤-漫溢沉积体砂岩储层、水道末端扇上的朵叶/席状砂。

在该区域勘探初期, 对深水沉积的研究主要以 PSTM 地震资料为主, 通过主要层序界面解释框架, 对重点深水沉积结构单元的地震几何形态进行了描述, 总结各结构单元地震响应特征(包括振幅、频率、相位、连续性)[1]。在后续储层预测时, 以主要层序界面为约束层, 沿层对已有的钻井测井曲线内插值生成沉积地层低频模型。在该模型基础之上进行的储层反演结果纵向分辨率高, 砂体特征明显, 但是水平方向并不能识别宽度较小的水道砂体。究其原因而言, 该低频模型适合于水平方向岩性、物性变化不大的地层沉积体系; 但是对于深水沉积体系而言, 由于在水平方向上水道形态变化很大, 可以从顺直形一直变化到高弯度形, 沉积时地形坡度、沉积物粒度、流量等都会影响水道形态和演化过程[2]。按照水道形态也可以将常见的深水水道分为以下几类: 单个侵蚀型水道、垂向加积型复合水道和侧向加积型复合水道。

研究区钻井稀少, 储层物性横向变化快, 厚度不稳定, 深水沉积体纵、横向叠置关系复杂, 如果按照传统井间插值的方法建立初始地质模型并进行反演, 其结果并不能反应出深水沉积体的纵横向展布形态。鉴于上述难题, 我们对沉积体主要采用小时窗采样间隔切片技术, 以能够反映沉积体的连续平面展布状态, 结合切片对应的振幅异常、频率属性, 充分利用全波形反演建模生成的精细速度模型, 建立横向相控、纵向层位和井约束的初始低频模型来反映出深水沉积体系中的主要沉积结构单元[3-4]。在该地质模型基础之上的反演结果能较好地刻画出深水沉积体的平面展布特征, 同时也能优选出有利的深水沉积储层。

**参考文献** [1] 杨飞等. 深水沉积体系内部结构的地震沉积学研究. 石油物探, 2012, 51 (3): 292-295 [2] 关永贤等. 南海西南部深水水道的多波束地形与多道反射地震研究. 地球物理学报, 2016, 59 (11): 4155-4160 [3] 李艳华, 高君等. 西非深水区弱固结浊积砂岩岩石物理模型研究及其应用. 地球物理学进展, 2015, 30 (1): 185-190 [4] 黄饶, 王志红等. 应用泊松阻抗和烃类指示属性预测深水浊积砂岩油藏. 石油地球物理勘探, 2013, 48 (4): 612-617

**关键词** 深水沉积; 地震相控; 储层预测



摘要 ID: 3086

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 深水细粒重力流沉积结构及沉积过程-以西非科特迪瓦盆地研究为例

李全\*

中国海洋石油国际有限公司

重力流是深水沉积物汇聚的主要流体类型,是地球表层动力学研究的重要内容,其形成的沉积物粒度涵盖从细粒到粗粒的宽广范围。通常对于常规油气勘探相关的深水重力流沉积粗粒砂体解剖和成因分析较多,而针对深水细粒沉积岩的研究相对较少。近些年,随着非常规油气勘探的兴起,深水重力流作用下的细粒沉积岩研究得到国内外学者的广泛关注,逐渐认识到深水细粒沉积岩并非全为稳定静水环境下的悬浮沉降成因,而大部分是响应于波浪输导、浊流搬运、底流改造等多种强水动力作用下再沉积的产物,具有复杂的内部结构。

通过分析岩心、薄片、扫描电镜、测井曲线和地震剖面等资料,宏观、微观手段相结合,对西非赤道段科特迪瓦盆地森诺曼-土伦阶深水细粒沉积岩的结构和沉积过程进行研究,发现多种毫米级的沉积旋回构造,显示沉积水动力条件复杂多变的特征,广泛发育透镜状泥岩纹层结构,纵向上具有强烈非均质性。共识别出“向上变粗反粒序层”、“向上变细正粒序层”、“交错状纹层”和“透镜状纹层”4种结构类型。其中向上变粗反粒序粉砂层解释为气候驱动的盆外洪水事件形成的异重流沉积响应,反映了流体能量的逐渐增强过程。向上变细的正粒序粉砂层解释为底部高密度浊流事件层向上逐渐转变为低密度浊流的过程或异重流衰退过程。中间厚向两端逐渐尖灭的透镜状泥质层和交错状泥岩纹层揭示了其沉积期波浪或潮汐作用下的足以搬运砂体的强水动力环境。在细粒沉积岩中识别出“粒度突变”和“侵蚀冲刷”两种界面,其中粒度突变面认为是流体转换作用的响应界面,侵蚀冲刷面是高密度流体发育的事件面。

沉积过程分析表明森诺曼时期受气候驱动的气候洪水事件控制异重流发生的频率,构造隆起之间地貌低地控制的汇水路径,是异重流输送优势通道,在深水区形成向上变粗再变细的旋回特征,指示水动力逐渐增强再减弱的洪峰演变过程。此种重力流触发状态流速相对较慢,因此携砂能力有限,沉积黏土级沉积物。足以搬运砂体的高流速流体以底负载形式搬运未固结泥岩絮状团块,沉积压实后形成透镜状泥岩纹层。土伦时期地貌阻挡作用减弱,中南大西洋贯通,海洋作用影响增加(波浪、潮汐)。对深水重力流细粒沉积物具有改造作用,形成交错状纹层结构和定向排列的透镜状絮状团块。通过研究区的细粒沉积岩结构特征和沉积过程分析表明,森诺曼-土伦阶沉积期深水水动力条件在不断发生变化,并非整体稳定的静水沉积环境,这种周期性变化是海平面变化以及古气候变化的综合响应,进而影响着深海烃源岩的品质和分布。

**参考文献** [1]杨田,操应长,田景春,等,2021. 陆相湖盆深水重力流混合事件层沉积及沉积学意义[J]. 地质学报, 95(12):3842-3857. [2]Zavala&nbsp;C,潘树新, 2018. 异重流成因和异重岩沉积特征[J]&nbsp;. 岩性油气藏, 30(1): 1-18. [3]Paull&nbsp;C K, Talling&nbsp;P J, Maier&nbsp;K L,&nbsp;et al., 2018.&nbsp;Powerful turbidity currents driven by dense basal&nbsp;layers[J]. Nature Communication,&nbsp;9:4114. [4]Schieber&nbsp;J, Southard&nbsp;J B, 2009. Bedload transport of mud by floccule ripples-Direct observation of ripple migration processes and their implications[J]. Geology, 37(6):483-486. [5]Sumner&nbsp;E J, Talling&nbsp;P J, Amy&nbsp;L A, 2009. Deposits of fl ows transitional between turbidity current and debris flow[J]. Geology, 37(11):991-994. [6]Schieber&nbsp;J, Southard&nbsp;J B, Schimmelmann A, 2010. Lenticular shale fabrics resulting from intermittent erosion of water-rich muds-interpreting the rock record in the light of recent flume experiments[J]. Journal of Sedimentary Research, 80:119-128. [7]Schieber&nbsp;J, 2011. Reverse engineering mother nature-Shale sedimentology from an&nbsp;experimental perspective[J]. Sedimentary Geology, 238:1-22. [8]Talling P J, Masson D G,&nbsp;Sumner E J, et al., 2012. Subaqueous sediment density flows:&nbsp;Depositional



processes and deposit types[J]. *Sedimentology*, 59:1937–2003. [9]Talling P J, Paull C K, Piper D, J, W. 2013. How are subaqueous sediment density flows triggered, what is their internal structure and how does it evolve? Direct observations from monitoring of active flows[J]. *Earth-Science Reviews*, 125:244–287. [10]Talling P J. 2014. On the triggers, resulting flow types and frequencies of subaqueous sediment density flows in different settings[J]. *Marine Geology*, 352:155–182. [11]Yang T, Cao Y C, Liu K Y, et al., 2020. Gravity-flow deposits caused by different initiation processes in a deep-lake system[J]. *AAPG Bulletin*, 104(7):1463–1499. [12]Zavala C, Arcuri M, 2016. Intrabasinal and extrabasinal turbidites: Origin and distinctive characteristics[J]. *Sedimentary Geology*, 337:36–54.

**关键词** 深水细粒沉积, 重力流, 沉积结构, 沉积过程, 异重流



摘要 ID:922

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 深水砂质块体搬运沉积(SMTDs)判别标志及搬运机理研究——以鄂尔多斯盆地上三叠统延长组研究为例

李相博\*、刘化清、黄军平、王菁  
中国石油勘探开发研究院西北分院

由块体搬运作用形成的水下碎屑流是近年来在深水环境(深海或深湖)中日益受到重视的一种沉积类型,然而目前还没有一个确定水下沉积物的块体搬运过程的公认鉴别标志,而且与陆上碎屑流块体搬运作用相比较,深水环境中的块体搬运有显著的特殊性,目前对其搬运机理尚不清楚。

本文通过对鄂尔多斯盆地湖盆中央地区几个露头剖面的地质调查,首次在延长组深水厚层块状砂岩中发现了一种“泥包砾”结构,并分析了其形成与演变过程。研究认为这种“泥包砾”结构主要与三角洲前缘特殊的“碎屑流”成因机理与发育过程有关,其形成过程自始至终表现出含有它的沉积物是作为块体状态(宾汉塑性体)被搬运的,自始至终表现出其在搬运过程中是被介质的强度所支撑的,据此认为“泥包砾”结构是确定延长组深水厚层块状砂岩为碎屑流成因的最有意义的标志性证据,并由此建立了延长组深水砂岩从开始启动到搬运、再到沉积的过程与模式。同时,本文探讨了水下沉积物呈块体状态搬运的机理,认为少量的黏土杂基的润滑作用与等厚黏土薄膜的“黏附剂”作用是延长组“砂质碎屑流”在水下能呈块体搬运而没有被水体打散的根源。

该研究对于当前全球深水(包括深海与深湖)油气勘探以及目前国际地学界广泛开展的大陆边缘沉积物“从源到汇”过程的研究都有积极意义。

**参考文献** 1、Li Xiangbo, et al. Subaqueous sandy mass-transport deposits in lacustrine facies of the Upper Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin, Central China. *Marine & Petroleum Geology*, 2018 (97): 66-77. 2、Li, X., Yang, Z., Wang, J., Liu, H., Chen, Q., & Rong, W., Liao, J., Li, Z. (2016). Mud-coated intraclasts: a criterion for recognizing sandy mass-transport deposits—deep-lacustrine massive sandstone of the upper triassic yanchang formation, ordos basin, central china. *Journal of Asian Earth Sciences*, 129 (2016), 98-116. 3、李相博, 刘化清, 潘树新, et al. 中国湖相沉积物重力流研究的过去、现在与未来[J]. *沉积学报*, 2019, 37(5): 1-10.

**关键词** 泥包砾结构; 深水沉积; 块体搬运; 搬运机理; 延长组; 鄂尔多斯盆地





摘要 ID:85

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 青海隆务峡地区三叠系深水沉积

吴佳男\*、王彬、鲁银涛、马宏霞、张颖、左国平、丁梁波、许小勇、李林、范国章  
中国石油杭州地质研究院

青海隆务峡地区出露三叠纪深水沉积地层。本次研究选取隆务峡1号隧道南北两组剖面进行研究,按照岩性特征,共识别出碎屑流沉积,高密度浊流和低密度浊流沉积等三种重力流沉积类型。研究区地层多呈席状展布,侧向上厚度无明显变化,顶底面相对平整,少见下切侵蚀特征,将两条剖面解释为朵体/朵体复合体的沉积结构单元,并进一步划分出朵体近端、中端、远端/边缘等三种次级沉积结构单元(图1)。近端以中-厚层含砾极粗砂岩-中粗砂岩沉积为主,单层砂岩厚度一般大于50cm,砂岩与砂岩直接接触的叠合面广泛发育,偶夹厚度小于5cm的薄层泥岩或粉砂岩,最大叠合厚度约2米。流体类型以碎屑流和高密度浊流为主,流体能量及侵蚀作用强。中端以中-厚层中粗砂岩夹薄层泥岩沉积为主,单层砂岩的厚度一般大于20cm。流体类型以高密度浊流和低密度浊流为主,流体能量相比近端减弱,侵蚀作用中等。远端/边缘由中-薄层细砂岩/粉砂岩与泥岩互层组成,单层砂岩厚度普遍小于20cm。流体类型低密度浊流为主,流体的能量减弱到最低状态。剖面由下至上反映了朵体/朵体复合体的侧向迁移或物源后退的过程。此次研究对深水油气储层有一定的指导意义。

### 参考文献

**关键词** 深水沉积; 碎屑流; 浊流; 朵体; 隆务峡; 三叠系



摘要 ID:310

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 冲绳海槽南部晚全新世以来深水重力流与底流的交互作用

朱博文<sup>\*1,2</sup>、曾志刚<sup>1,2,3</sup>、孙凡<sup>2,4</sup>

1. 海洋地质与环境重点实验室, 中国科学院海洋研究所
2. 中国科学院大学
3. 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛海洋科学与技术试点国家实验室
4. 海洋环流与波动重点实验室, 中国科学院海洋研究所

冲绳海槽作为东海陆架和西北太平洋连接处的边缘海盆地, 其南部发育众多海底峡谷及“水道-天然堤”系统, 为东海外陆架的沉积物向海槽内输运提供了天然通道。冲绳海槽南部靠近我国台湾省, 台湾省充沛的降水、频发的地震, 台湾东北海域广泛发育的内波、内潮汐共同触发了大量的重力流(有待商榷), 为冲绳海槽南部供应了充足的沉积物。因此, 冲绳海槽南部理应成为开展深水重力流沉积、内波内潮汐沉积和“多尺度气候变化调控沉积物从外陆架-深水盆地的搬运-分散和堆积过程”研究的天然实验室。

本研究通过冲绳海槽南部两根岩芯沉积物正在进行和已发表的岩相、重矿物和碎屑单矿物研究结果, 识别出晚全新世以来, 深水重力流对该区域沉积源汇过程的显著影响, 是该区域存在东海陆架/长江来源沉积物的重要输运机制, 而黏土矿物组成指示了该区域在晚全新世以来, 持续受到东海陆架、长江乃至冲绳海槽中部沉积物的显著影响。结合对冲绳海槽海底流体速度场的数值模拟结果, 识别出整个冲绳海槽 200m 水深以下存在显著的等深流(速度 $>10\text{cm/s}$ ), 其改造了重力流输运的沉积物, 并将改造后的沉积物输运至宜兰陆架。同时, 重力流层位的沉积年代普遍与史料记载、测器记录的地震时间不吻合, 而与“中世纪暖期”有很好的对应关系, 指示了该区域重力流的触发机制可能为台风及强降水。此外, 研究样品广泛发育的双向递变层序和单项递变层序, 究竟判别为重力流沉积还是内潮汐、内波沉积, 仍待商榷。因为除等深流外, 内潮汐和内波作用也是终年发育的。这也对该区域连续记录的东海陆架/长江来源沉积物所对应的沉积动力过程, 有很好的指示意义。

综上所述, 深水重力流和底流共同作用于冲绳海槽南部晚全新世以来的沉积过程。极端气候事件触发了该区域的深水重力流作用, 控制了东海外陆架沉积物向冲绳海槽南部的输运。但由于笔者对岩芯宏观构造观察的不完善和部分知识的欠缺, 该区域深水重力流和底流交互作用的依据均为物源判别和数值模拟的结果, 不敢妄议其在岩相上具体的识别特征, 需要在后期工作中查漏补缺并做进一步探讨。

### 参考文献

**关键词** 冲绳海槽; 东海陆架; 沉积源积; 深水重力流; 底流



摘要 ID:1842

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 博兴洼陷沙三段深水重力流沉积发育特征及地震描述

韩敏\*、张伟忠、王丽、吴明荣  
胜利油田物探研究院

博兴洼陷是东营凹陷西部的次级单元,沙三段时期属于湖盆的深陷期,此时水位上升,南部的鲁西隆起,西部的青城凸起提供充足的物源供给,水流携带大量风化剥蚀物由南、西进入凹陷区。由于三角洲推进速度快,沉积速率高,前缘砂厚度大,在湖平面升降和自身重力的作用下,导致三角洲前缘多次滑塌,或呈透镜体堆积在前缘斜坡的中下方,或被带到三角洲前方,在底积层中充填坑凹。由此在凹陷内部形成较大规模和范围的近东西向展布的浊积体。目前在研究区发现的有坡移扇和滑塌浊积扇以及湖底扇沉积发育。

其中坡移扇和滑塌浊积扇发育在博兴洼陷的深洼区以及南部斜坡上,其接受鲁西隆起的物源前方发育金家三角洲沉积,在其前方滑动、滑塌发育一系列的滑塌浊积扇沉积。是重要的岩性油藏类型。其中滑塌浊积扇发育在博兴洼陷深洼区,表现为厚层泥岩夹厚层砂岩特征,单层厚度大,正粒序特征。地震上表现为中强振幅、连续性好的地震相特征,呈一定的透镜体反射形态。通过振幅属性类特征可有效区分滑塌浊积砂体。坡移扇是近期发现的新类型,其仍然保留了三角洲的沉积特征,但同时兼具滑动变形构造特点。发育位置上位于构造坡折带上,紧邻三角洲发育,与地层有一定夹角。由于纯波资料保幅性好,利用纯波资料提取甜点体属性,可有效的刻画坡移扇的展布范围。

重力流砂体的另一类型湖底扇主要在博兴洼陷东部梁家楼地区发育。其是一种由浊积水道控制的、具有牵引流和浊流双重沉积特征、自南向北呈树形放射状撒开、南窄北宽、东西两侧尖灭于暗色泥岩中的湖底扇。岩性发育为一套浅灰色、灰白色砂质粗砾岩、砾状砂岩、及粉细砂岩,砂体成分成熟度与结构成熟度均较低,砂砾岩中可见板状交错层理、粒序层理、递变层理、块状层理及泥岩撕裂屑,底部发育大型冲刷面,反映了浊流快速搬运与快速充填等特征。测井曲线多具有齿化钟形、箱形的特征。湖底扇浊积砂体为夹于生油岩系中间的孤立砂体,灰质砂岩、砂岩形成连续强振幅反射。通过正演模拟分析发现甜点体属性在深水环境中可以有效区分砂岩储层,突出砂岩强振幅、低频率特征。因此应用甜点体监测技术可以精确描述该套湖底扇浊积砂体的边界。

博兴洼陷重力流砂体与暗色生油岩互层沉积,易形成自升自储的岩性油藏类型,具有埋深浅,产能高的特点。重力流沉积发育特征以及地震描述的研究为拓展岩性油藏勘探空间具有重要现实意义。

**参考文献** 杨田,操应长,王艳忠,等.深水重力流类型、沉积特征及成因机制—以济阳拗陷沙河街组三段中亚段为例[J].石油学报,2015,36:1048-1059.骆帅兵,张莉,雷振宇,等.陆坡盆地体系深水重力流形成机制、沉积模式及应用实例探讨[J].石油实验地质,2017,39:747-754

**关键词** 博兴洼陷;滑塌浊积扇;坡移扇;湖底扇;甜点体属性



摘要 ID: 3228

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 深水重力流特殊层面构造及形成过程分析

唐玮玮<sup>1</sup>、李凤杰<sup>\*2</sup>

1. 成都理工大学

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

通过对衣食村瑶曲剖面的现场观察以及采集岩样的分析,结合该地区重力流研究背景,分析盆地瑶曲剖面长7期重力流沉积背景下特殊的层面构造及其成因。结果表明:瑶曲剖面发育重力流成因的块状砂岩相鲍马序列细砂-粉砂-泥岩相-多期次块状砂岩相组合、透镜状细砂岩相和细砂岩-粉砂岩-泥岩不规则互层相组合;在此深水沉积背景下,形成重荷模构造与舌状槽模构造、沟模构造、扭曲的团块状凸起3类特殊的层面构造;分析发现特殊的层面构造是经历了浊流及其他深湖底流的对斜坡床面的改造后,以浊流和砂质碎屑流搬运的沉积物填充形成。综合特殊层面构造特征和成因分析,陆相深水湖盆可发育风力驱动底流,对盆底及斜坡床面有重要改造作用;在砂质碎屑流搬运过程中,改造强烈的斜坡床面与砂质碎屑流底部形成的摩擦阻力限制了滑水机制的作用;在浊流内部不同粒级的颗粒丰度和分布情况等因素影响下,形成不同的浊流岩相和相组合。

**参考文献** 张家强,李士祥,李宏伟,等. 2021. 鄂尔多斯盆地延长组7油层组湖盆远端重力流沉积与深水油气勘探—以城页水平井区长7<sub>3</sub>小层为例[J]. 石油学报, 42(05):570-587. 赵俊峰,刘池洋,张东东,等. 2022. 鄂尔多斯盆地南缘铜川地区三叠系延长组长7段剖面及其油气地质意义[J]. 油气藏评价与开发, 12(01):233-245. 吕奇奇,罗顺社,付金华,等. 2017. 湖泊深水重力流沉积露头精细解剖—以鄂尔多斯盆地瑶曲剖面长7油层组为例[J]. 地质学报, 91(03):617-628. 李华,王英民,徐强,等. 2014. 南海北部珠江口盆地重力流与等深流交互作用沉积特征、过程及沉积模式[J]. 地质学报, 88(06):1120-1129. 刘芬,朱筱敏,李洋,等. 2015. 鄂尔多斯盆地西南部延长组重力流沉积特征及相模式[J]. 石油勘探与开发, 42(05):577-588. Shanmugam G. 2017. 等深流沉积:物理海洋学、过程沉积学和石油地质学[J]. 石油勘探与开发, 44(02):177-195. Yang T, Cao Y & Wang Y & Z, et al. 2015. Status and trends in research on deep-water gravity flow deposits[J]. Acta Geological Sinica: English Edition. 89(2):610-631. Shanmugam G. 2002. Ten turbidite myths[J]. Earth Science Reviews, 58(3/4): 311-341. Shanmugam, G. 2008. Deep-water Bottom Currents and Their Deposits[J]. Developments in Sedimentology, Vol. 1(60): 59-82.

**关键词** 瑶曲剖面;长7油层组;砂质碎屑流;浊流;层面构造



摘要 ID:86

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 莫桑比克海域深水重力流沉积体系演化特征及油气成藏条件

左国平\*、孙辉、许小勇、曹全斌、李伟强  
中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院

东非海域鲁伍马盆地陆坡深水区发育了挤压冲断带和伸展断陷两种类型的构造,在这种特殊构造背景下,从古近系到新近系发育丰富的沉积体系。不同时期沉积体系具有复杂多期次的充填特征,时空特征多样。基于三维地震资料和钻井资料进行深水沉积体系的演化特征进行分析研究和深水沉积结构单元识别描述对该地区的储层展布和目标评价具有重要意义。本文采用三维可视化、沿层相干切片、层间振幅属性提取等多种地震解释技术,并结合岩心、测井等资料进行系统研究,明确了古近系以来的深水沉积体系演化特征,总结了沉积体系和结构单元的平面分布规律,建立纵、横向演化模式,明确了莫桑比克海域深水重力流沉积体系的油气成藏条件,指出了该地区有利的勘探方向。

不同时期深水沉积体系的研究和结构单元的识别描述表明该地区主要发育水道、水道复合体、簇状叠置朵体、条状朵体、块体搬运等沉积结构单元。白垩纪末期发育少量深水沉积,以朵体沉积为主,局部有水道发育,物源来自于西部及南西方向。早古新世时期,浊流沉积规模明显扩大,分布广泛,以朵体沉积为主,沉积物源来自于南西方向和西部;到晚古新世,浊流沉积规模有效消减,沉积以泥岩为主,局部发育北西至南东方向的浊流沉积体系。始新世时期深水浊流沉积分布范围比较局限,沉积类型以朵体和水道-朵体体系为主。渐新世浊积沉积体单个体系规模较小,但多期叠加;渐新世晚期浊流沉积规模逐渐变小,浊积砂体相对不发育,推测此时期有规模性海侵,沉积大套厚层泥岩。中新统主要发育大型朵体复合体、水道复合体、块体搬运沉积、天然堤等深水沉积结构单元。

东非海域鲁伍马盆地具有良好的油气地质条件,中-下侏罗统裂谷期泥岩为渐新统-上新统浊积砂和古新统-始新统浊积砂岩成藏组合的主要烃源岩。深水沉积储层为该地区主要的储层,厚度大、物性好。渐新统上部,发育厚层泥岩,是重要的区域盖层。

侏罗-白垩的烃源岩通过深大断裂沟通向上运移,在构造相对高部位的古新统-渐新统的规模深水沉积储层中聚集,渐新统顶部的厚层全局分布的泥岩成为主要的区域该层,因此,具有“断裂控源、规模深水沉积控储、构造斜坡控藏”的油气成藏模式。成藏具有“下生上储”、“近源岩灶”、“断裂控源”的特征。优质的古新统-渐新统浊积砂岩为油气的聚集提供了储集空间,构造斜坡带为油气聚集有利指向区,控制了油气富集成藏,构造斜坡带的构造-岩性-地层、构造圈闭是该地区油气勘探的有利方向。

### 参考文献

**关键词** 深水重力流沉积体系;深水沉积结构单元;振幅属性;相关切片;沉积模式;油气成藏模式



摘要 ID:845

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## “源汇”系统控制下的断陷盆地重力流沉积

袁静\*

中国石油大学(华东)

以苏北盆地高邮凹陷深凹带戴一段-戴二五亚段和渤海湾盆地沾化凹陷孤岛西部斜坡带沙三段为例,以传统沉积学理论和方法为基础,以测录井、地球物理、岩心观察、薄片鉴定和粒度分析等为主要资料和手段,探讨“源-汇”系统控制下的断陷盆地重力流沉积发育模式、控砂机制和砂体发育模型。

高邮凹陷深凹带戴南组主要发育碎屑流、浊流和液化流3种沉积物重力流和滑动-滑塌这一重要的斜坡沉积物重力流触发机制和断阶带物源方向的双断阶混源型、多断阶混源型和斜坡带物源方向的内源型三种不同物源条件下的重力流发育与转化模式。探讨了断层活动、古地貌、沉积基准面变化、物源体系、古气候、古水体6种重力流控砂机制,建立了断崖型构造坡折带-断层活动控制型、缓坡断裂坡折带-事件作用控制型、台阶型构造坡折带-物源供给-基准面升降控制型、梳状断裂坡折带-断层活动控制型4类重力流砂体发育模型。

沾化凹陷孤岛西部斜坡带沙三段沉积时期发育异重流、碎屑流、液化沉积物流和浊流4种类型和构成弹性-塑性块体搬运序列的滑动-滑塌,具有洪水型和滑塌型两种触发机制。活动断层是断层斜坡环境下诱发内源性重力流的重要因素。这些断层的活动性决定了再搬运沉积物的体积,从而进一步影响了由此产生的水流的演化和沉积。外源型重力流起源于洪水期间的河流,其形成和沉积主要受气候、控凹断裂和盆内断裂的控制。总体上,研究区具有断槽沟谷、断裂坡折、断裂走向斜坡及缓坡沟谷等4种主要的源-汇耦合体系。

### 参考文献

**关键词** “源-汇”系统;重力流;断陷盆地;控砂机制;发育模式



摘要 ID:983

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 台湾海峡内长江沿岸泥质带的沉积相分布特征与控制因素

单新\*<sup>1,2</sup>、Robert W. Dalrymple<sup>3</sup>、石学法<sup>1,2</sup>、金丽娜<sup>1,2</sup>、刘升发<sup>1,2</sup>、刘晨光<sup>1,2</sup>、刘世昊<sup>4</sup>、乔淑卿<sup>1,2</sup>、姚政权<sup>1,2</sup>、周庆杰<sup>1,2</sup>、方习生<sup>1,2</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所, 自然资源部海洋地质与成矿作用重点实验室, 山东青岛 266061

2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室, 海洋地质过程与环境功能实验室, 山东青岛 266061

3. Department of Geological Sciences and Geological Engineering, Queen's University, Kingston, Ontario, K7L 3N6, Canada

4. 河口海岸学国家重点实验室, 华东师范大学, 上海, 200241

滨岸泥质带位于岸线向海一侧, 是浅海沉积物聚集的最重要场所之一。然而, 针对滨岸泥质带沉积相分布规律与沉积作用的研究非常少。本研究以台湾海峡北部进口区域MZ03钻孔(30米长)及其周边浅地层剖面为研究对象, 综合利用沉积学、黏土矿物、锆石测年和有机地化分析, 详细阐明了世界上最大的滨岸泥质区之一——长江滨岸泥质区的沉积相分布与沉积作用:

(1) 本区内共识别了3个区域不整合面(下切谷), 很可能形成于末次盛冰期、MIS6和MIS8三个低海平面时期。锆石测年结果揭示了闽江下切形成了MIS6和MIS8时期的不整合。末次盛冰期在钻孔位置形成的侵蚀/沉积受到后期海侵侵蚀的影响, 因而无法明确LGM下切谷的成因。

(2) 放射性碳定年结果揭示了MIS6下切谷内以MIS3沉积为主。该下切谷充填下部为河口湾内三角洲平原/前缘沉积, 物源结果表明沉积物主要来自闽江、少部分来自长江, 因而查明了该三角洲为闽江三角洲, 揭示了在MIS3中期古沿岸流已将长江物质携带至古闽江口, 暗示了古长江沿岸泥质区的存在。下切谷充填中部为浅海泥(富贝壳泥和生物扰动泥), 物源结果表明沉积物主要来自长江和台湾, 因而再一次揭示了MIS3时期古长江泥楔能够延伸至台湾海峡, 这也是MIS3时期古长江沿岸泥质区的首次发现。从下切谷下部(三角洲)至中部(浅海泥), 该序列记录了闽江三角洲受到海侵后, 沉积物物源发生了巨大变化。当海平面较低时以区域物源为主(闽江), 当海平面上升时以远端物源为主(长江和台湾)。

(3) 古水深恢复与物源结果分析表明当海平面上升时, 沿岸泥质区向陆地方向迁移, 当海平面下降时, 泥质区向海方向移动。这表明在长江强大的沉积物供给背景下, 沿岸泥质区能够经历多个海平面升降。

(4) 基于古水深恢复、物源重建和岩心描述, 本研究揭示了长江沿岸泥质区的沉积相分布规律: 浅水(0-20 m)沉积主要包括潮成或浪成浮泥沉积(事件沉积的一种), 强调了波浪与潮汐的再悬浮作用, 因而内部存在大量沉积间断, 突破了“长江泥质区是连续的稳定沉积”的传统认识; 深水(20-70 m)沉积主要包括富贝壳泥和生物扰动泥, 可能形成于海流影响的区域, 为稳定沉积。该沉积相分布规律的建立有助于在其他沉积记录中识别古沿岸泥质区沉积。

参考文献

关键词



摘要 ID:1423

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 现代黄河三角洲前缘重力沉积体系演化及其启示

刘世昊\*<sup>1</sup>、丰爱平<sup>2,3</sup>、高抒<sup>1</sup>、汪亚平<sup>1</sup>、于永贵<sup>2</sup>

1. 华东师范大学
2. 自然资源部第一海洋研究所
3. 自然资源部海岛研究中心

陆架重力流是沉积物与有机质重要的跨陆架输运机制,在三角洲与陆架斜坡的演化进程中也扮演着重要角色。较之深水重力流,三角洲前缘重力流沉积体系的高时-空分辨率演化数据更易获取,是发展陡坡重力流沉积理论的重要实验室。本研究选取现代黄河水下三角洲为研究区,此处黄河高浓度入海水体催生异重流频发,同时独特的近岸潮流切变锋阻碍了沉积物向外扩散,在切变锋内堆积了陡峭的水下斜坡,亦促使前缘与再悬浮/滑塌相关的浊流频发。本研究综合地震地层、地震地貌与沉积序列,从产物特征反推三角洲前缘重力流沉积过程;同时收集三角洲前缘重力流堆积体演化进程中的多期历史水深数据,在为地震地层与沉积序列提供年代框架限制的同时,也尝试定量揭示重力流演化的过程与产物关系。主要取得如下发现:(1)黄河三角洲前缘重力流堆积了两套地层单元覆盖于早期S型三角洲斜坡体底积层之上,下部单元形成于叶瓣活跃期(1976年前),是水下三角洲整体进积的产物,上部单元形成于叶瓣废弃期(1976年以来),是水下三角洲侵顶淤底的产物,两者可能分别由异重流堆积和再悬浮或滑塌浊积主导;(2)两地层单元广泛发育于三角洲前缘,构成了平行海岸的狭长楔形体,可能是沿岸潮余流输运与沉积物再分配作用后的结果,占早期水下三角洲斜坡体约1/3体积,相当于重力流促成了水下三角洲高达25 km的额外海向生长;(3)在重力流楔形体的陆缘,发育大量长约5至10 km、宽1 km以内的水下沟谷,是三角洲前缘重力流现实向海物质输运的通道;(4)重力流楔形体沿海岸方向呈现平行-亚平行层理,且未见叶瓣型堆叠;较短周期(7-8年内)地形变化中尽管可见叶瓣状堆积,但在更长时间尺度(15-16年以更长)则表现为海岸平行的狭长堆积,与产物特征一致。上述发现说明

(1)三角洲前缘重力流堆积可能比以往认识的更为复杂,其可由多种重力流类型交替主导;

(2)浊流及其侵上淤下机制可能是叶瓣退化阶段沉积/地貌演化的主要控制因素;(3)三角洲前缘重力流堆积体在演化进程中的可能存在着叶瓣状堆叠演化,但这不一定能最终反映到沉积产物中。

参考文献

关键词





摘要 ID: 2888

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 莺歌海盆地乐东区重力流水道成因分析

张启扬\*、王华、甘华军、陈思  
中国地质大学(武汉)

莺歌海盆地黄流组(11.6Ma~5.7 Ma)在莺东斜坡带发育大规模的重力流水道沉积(总长约140km),其中所富含的天然气是当前油气勘探的重点目标。本次研究利用三维地震、岩心、钻测井等资料,对乐东区重力流水道的沉积特征和控制因素进行综合分析。重力流水道主要发育于黄流组二段低位体系域,从岩心上可以识别出变形构造、冲刷面等典型的重力流沉积特征;粒度曲线揭示了沉积物的分选较差,C-M图投点分析呈现出平行于基线特征,符合高密度浊流-低密度浊流过渡型。通过岩心相和测井相可将重力流水道沉积划分为侵蚀水道、主水道、次级水道、水道边缘和海相泥五个沉积单元,侵蚀水道以高幅箱型曲线为测井相标志,主水道以高幅平直箱型曲线及高幅弱齿化箱型为测井相标志,水道边缘则以指型、微幅指型+箱型以及互层钟型三种测井相为主。根据地震剖面上地震相和叠加模式对重力流水道沉积进行了时空分析,结果分为初始期、发育期和消亡期。初始期水道分叉区域地震剖面呈现弱振幅和杂乱反射特征,发育期以东支水道的弱至中等振幅和不连续反射体为特征,消亡期则具有中高振幅和连续反射特征。在相对海平面大幅下降(最大下降幅度超过150m)、三角洲大规模物源近距离供应、为水道充填提供输砂通道的继承性下切谷和水道下伏的断裂薄弱带四个因素的耦合作用下,形成莺歌海盆地黄流组沉积时期重力流水道。其中断裂薄弱带是控制重力流水道发育的主要因素。

**参考文献** Huang Y, Tan X, Liu E, et al. Sedimentary processes of shallow-marine turbidite fans: An example from the Huangliu Formation in the Yinggehai Basin, South China Sea[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2021, 132: 105191. 操应长, 金杰华, 刘海宁, 等. 中国东部断陷湖盆深水重力流沉积及其油气地质意义[J]. *石油勘探与开发*, 2021, 48(2): 247-257. 陈杨, 张建新, 黄灿, 等. 莺歌海盆地黄流组轴向重力流水道充填演化特征[J]. *东北石油大学学报*, 2019, 43(6): 23-32. 陈杨, 张道军, 张建新, 等. 莺歌海盆地莺东斜坡黄流组轴向重力流水道沉积特征及控制因素[J]. *东北石油大学学报*, 2020, 44(2): 91-102. 王华, 陈思, 刘恩涛, 等. 南海北部莺-琼盆地典型重力流沉积特征与物源体系[J]. *地质科技通报*, 2022, 41(05): 5-18. 王华, 陈思, 甘华军, 等. 浅海背景下大型浊积扇研究进展及堆积机制探讨: 以莺歌海盆地黄流组重力流为例[J]. *地学前缘*, 2015, 22(1): 21-34. 张道军, 王亚辉, 赵鹏肖, 等. 南海北部莺-琼盆地轴向水道沉积特征及成因演化[J]. *中国海上油气*, 2015, 27(3): 46-53.

**关键词** 重力流水道; 成因分析; 沉积特征; 黄流组; 莺歌海盆地



摘要 ID: 3032

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 歧口凹陷歧南断阶带沙一段重力流类型及勘探潜力分析

李振鹏\*、常涛、刘洪洲

中海石油(中国)有限公司天津分公司渤海石油研究院

歧南断阶带作为渤海西部歧口凹陷内重要的含油气构造, 油气勘探开发重点逐渐转到岩性油藏, 但目前对本区重力流沉积的系统研究较少, 本论文在沉积学理论的指导下, 对研究区湖底扇内部砂体沉积特征进行了分析, 并在此基础上研究了其成因类型及识别特征, 确立了研究区沙一段重力流沉积模式, 并进一步研究了各类砂体的成藏潜力。

本文综合前人分类方案(李林等, 2011; 杨田等, 2015; Shanmugam, 2013; ), 结合区域内4口取心井的岩心观察分析, 对研究区内发育的重力流类型进行了厘定, 依据沉积物的搬运过程及支撑机制, 由盆地边缘至中心位置, 采用滑动滑塌、泥质碎屑流、砂质碎屑流及浊流的分类方案解释工区内重力流沉积的形成机制及沉积阶段, 各类重力流沉积基本特征总结见表1。结合研究区构造特征, 最终建立了歧南断阶带的重力流沉积模式。受断层活动的触发, 浅水区的三角洲前缘沉积物发生滑动形成重力流沉积, 自盆地边缘向盆地中心依次发育滑动滑塌沉积、泥质碎屑流、砂质碎屑流沉积及浊流沉积(图1)。其中, 滑动滑塌沉积多发育于邻近扇三角洲前缘的斜坡位置处, 砂体数量多, 体积小, 多呈叠置样式; 泥质碎屑流多为洪水成因, 发育于盆地斜坡的构造转换带位置, 平面上呈条带状、剖面上呈透镜状; 随着沉积物向前运动及水体的不断加入, 滑动滑塌及泥质碎屑流沉积继续向前运移转换为砂质碎屑流沉积, 多发育于盆地斜坡的中下部, 平面形态多呈舌状体分布; 浊流沉积多发育于湖盆深水平原位置, 平面分布呈扇形, 面积较大, 但厚度薄。

在此基础上, 最终从重力流沉积发育位置、圈闭条件及储层物性三个方面对四种成因重力流砂体的勘探潜力进行了分析, 认为砂质碎屑流成因的湖底扇中扇亚相砂体沉积勘探潜力最大, 其次为滑动滑塌成因砂体, 浊流成因砂体次之, 泥质碎屑流成因的内扇亚相砂体潜力最差。

**参考文献** 李林, 曲永强, 孟庆任, 等. 2011, 重力流沉积: 理论与野外识别[J]. 沉积学报, 29(4): 677-688. 杨田, 操应长, 王艳忠, 等. 2015, 深水重力流类型、沉积特征及成因机制—以济阳拗陷沙河街组三段中亚段为例[J]. 石油学报, 36(9): 1048-1059. Shanmugam G. 2013, 深水砂体成因研究新进展[J]. 石油勘探与开发, 40(3): 294-301.

**关键词** 重力流沉积; 砂体类型; 识别特征; 勘探潜力分析; 歧南断阶带



摘要 ID:327

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 西秦岭大峪沟地区晚三叠世深水细粒重力流沉积特征及其成因意义

谈明轩<sup>1,3</sup>、付奕霖<sup>2</sup>、张旭<sup>2,4</sup>、马皓然<sup>2</sup>

1. 河海大学海洋学院海洋地质研究所
2. 河海大学海洋学院海洋地质研究所
3. 河海大学海岸灾害及防护教育部重点实验室
4. 中国地质调查局青岛海洋地质研究所

深水细粒重力流沉积具有重要的古气候和古环境指示意义, 然而其沉积过程相对于粗粒沉积物重力流而言却更为复杂。西秦岭大峪沟地区上三叠统卡车组主要发育斜坡扇和半远洋沉积, 其中细粒重力流包括异重流沉积、异轻流沉积及细粒浊积岩。异重流沉积以悬浮载荷的粉砂岩和泥质粉砂岩为主(单期沉积厚度为 0.05~0.60m), 其中过渡性泥质重力流波纹发育, 垂向上整体表现为多期复合沉积韵律。异轻流沉积岩性组合以厘米级砂泥薄互层为特征, 大致可分为两类异轻岩(Mutti, 2019)。其薄砂层中发育不完全沙纹, 局部层内可见软沉积物变形特征。细粒浊积岩在地层中亦有发育(单期沉积厚度为 0.05m~0.2m), 主要表现为鲍玛层序 Ta-Tb 段或 Ta-Tc 段特征, 部分可能受底流改造而发育深水复合流沉积构造。晚三叠世卡尼期洪积事件(Garnian Pluvial Event)前后, 多期强降雨为秦岭残留洋盆海相异重流的形成提供了有利气候条件。与临近的鄂尔多斯湖盆同时期发育的大规模异重岩相比, 其岩性粒度更细, 但反韵律部分保留程度更高, 从而表明其水动力相对较弱。这可能是海水密度大于湖泊, 所形成的海相异重流对河流泥沙浓度更高有一定的关系。大峪沟地区上三叠统卡车组异轻流沉积的发现表明在河流低泥沙条件下异轻流及其相关成因重力流亦是该时期重要的深水沉积物运输机制。

参考文献 [1] Mutti E. 2019. Thin-bedded plumites: an overlooked deep-water deposit. *Journal of Mediterranean Earth Sciences*. 11, doi:10.3304/JMES.2019.005.

关键词 异重流; 异轻流; 细粒浊流; 沉积特征; 成因机制



摘要 ID: 3252

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 咸化湖盆细粒重力流沉积特征研究 ——以古近系柴西英雄岭地区下干柴沟组上段为例

王小妮<sup>1</sup>、冯有良<sup>\*</sup>、杨智<sup>1</sup>、张天舒<sup>1</sup>、张洪<sup>1</sup>、侯鸣秋<sup>1</sup>、蒋文琦<sup>2</sup>、刘畅<sup>1</sup>、李嘉蕊<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 北京大学地球与空间科学学院

细粒重力流作为深湖-半深湖地区沉积物的重要搬运方式之一, 它能把浅水碎屑和有机质进一步搬运到深湖, 形成页岩油的“甜点段”(邹才能等, 2022; 邹才能等, 2023)。古近系柴达木盆地西部英雄岭地区沉积时期为一咸化的湖盆环境, 发育7大类岩相: 云/灰质泥岩、粉砂质泥岩、白云岩、泥质白云岩、泥粉砂岩、细粉砂岩以及粗粉砂岩岩相, 存在多种细粒重力流沉积过程, 形成了7类细粒重力流岩相组合: (1) 泥流-泥质湍流-安静水体沉积岩相组合(LA1);

(2) 半深湖化学沉淀与事件沉积互层岩相组合(LA2); (3) 滑塌-细粒碎屑流-泥流沉积岩相组合(LA3); (4) 细粒湍流-细粒异重流沉积岩相组合(LA4); (5) 细粒浓缩密度流沉积岩相组合(LA5); (6) 细粒碎屑流-细粒过渡流-细粒浊流沉积岩相组合(LA6); (7) 细粒浓缩密度流-细粒湍流-细粒过渡流-泥流沉积岩相组合(LA7) (图1)。细粒重力流作用及其相互转化, 形成了多样的岩相组合, 反映了复杂的沉积作用过程。下干柴沟组上段沉积时期, 湖盆气候逐渐变得干旱, 水体进一步咸化, 沉淀了碳酸盐岩、石膏等矿物。陆源碎屑物质和内源化学沉淀物质形成了该区混源沉积的特征(张世铭等, 2022)。其中安静水体空落沉积和化学沉淀形成的LA1和LA2是该区页岩油的“甜点段”。

**参考文献** [1]&nbsp;邹才能, 冯有良, 杨智, 等, 2022. 湖盆细粒重力流沉积作用过程及甜点层发育机制是什么? [J]. 地球科学, 47(10):3864-3866. [2]&nbsp;邹才能, 冯有良, 杨智, 等, 2023. 中国湖盆细粒重力流沉积作用及其对页岩油“甜点段”发育的影响[J]. 石油勘探与开发, 50(3):1-15. [3]&nbsp;张世铭, 张小军, 王建功, 等, 2022. 咸化湖盆混合沉积特征及控制因素分析——以柴达木盆地西部地区古近系下干柴沟组为例[J]. 中国矿业大学学报, 51(01):160-173.

**关键词** 细粒重力流沉积; 咸化湖泊; 页岩油; 下干柴沟组; 柴达木盆地



摘要 ID:2182

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 桩海地区古近系重力流沉积特征及储层预测研究

伊慧\*、张云涛

中石化胜利油田物探研究院

桩海地区位于渤海湾盆地济阳拗陷东北部,区域构造上位于长堤潜山、埕岛潜山、黄河口凹陷三个二级构造单元交汇处,黄河口生油凹陷为本区提供主要油源。近期钻探的 ZHX25 井在 EdIII<sup>2</sup> 砂组试油获日产油 413m<sup>3</sup> 的高产工业油流,揭示了该区古近系富集高产的勘探潜力。ZHX25 岩心观察兼具重力流和牵引流的特征,沉积类型及沉积模式认识不清,且由于储层发育在灰质成分背景下,常规地震剖面描述困难,储层预测研究较少,本文通过岩心、沉积构造特征分析,明确了深水浊积扇的沉积类型,通过古地形、断层控砂分析明确了沉积模式,建立了甜点属性和叠前反演相结合的储层描述方法。

桩海地区东营组主要发育由南向北推进的大型三角洲沉积, ZHX25 取心段 SP 曲线自下而上为反旋回、漏斗型的特征,与呈正旋回的典型浊积岩钟形形态有明显不同,但通过岩性、沉积构造特征、测井相分析发现,取心段岩性整体表现为顶底发育大段深水暗色泥岩,以浅灰色多套细砂岩为主,反映了深水浊积的特征,虽顶部可见泥岩撕裂层夹杂泥质砂岩,反映了牵引流的特征,但综合分析认为是水下河道沉积后,受到滑动和滑塌作用,且液化不完全,在坡折处再沉积所导致,整体仍是重力流的沉积特点。

通过古地形、断裂系统分析,明确该区物源供给与同沉积断坡因素耦合控制重力流沉积发育的特征:受北部北东向边界大断层长期持续活动的影响,逐级北掉的顺向断裂带控制了地层向洼陷带的逐层加厚以及重力流沉积的分布。三角洲在前积过程中产生的斜坡带,可容空间相对较小,重力流流态在滑动向碎屑流或浊流转化的过程中沉积下来,部分沉积物保留了牵引流(反旋回)沉积特征。受边界断层持续活动影响,产生的同沉积断层使得坡折带之下可容空间大,重力流搬运距离较远,则发育碎屑流和浊流沉积,随着物源供给量增大,砂体逐步洼陷中心靠近,数量多、规模大。由此建立了南物源三角洲—边界断层控类型—同沉积坡折控砂的重力流沉积模式。

由于受灰质背景的影响,含灰质储层与非储层在地震上均表现为连续强反射的特征,常规地震资料无法实现储层的刻画。研究通过离散合成记录、去灰正演模拟,明确了强反射的形成机理;利用地震波形聚类分析结合甜点属性算法,突出了砂岩的反射能量,明确了有利储集相带的展布范围;通过岩石物理分析明确灰岩高速高密特征,据此以密度和泊松比为敏感参数拟合了岩相概率属性,利用叠前反演有效去除了灰质影响,预测了斜坡带及洼陷带内有效储层规模,为下一步古近系勘探提供了有利支撑。

**参考文献** [1] 何卫军,甘军,刘芳,等,2019. 濠西南凹陷流一段上亚段重力流沉积特征及发育模式[J]. 油气地质与采收率, 26(3): 31-37. [2] 刘为,杨希冰,张秀革,等,2019. 莺歌海盆地东部黄流组重力流沉积特征及其控制因素[J]. 岩性油气藏, 31(2): 75-82. [3] 张景军,李凯强,王群会,等,2019. 渤海湾盆地南堡凹陷古近系重力流沉积特征及模式[J]. 沉积学报, 35(6): 1241-1253.

**关键词** 重力流; 同沉积断层; 坡折控砂; 甜点属性



摘要 ID: 2355

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 深水油气勘探领域的拓展——来自浅海陆架大型重力流沉积规律的启发

鲜本忠<sup>\*2,3</sup>、王震<sup>4</sup>、范彩伟<sup>5</sup>、李辉<sup>1</sup>

1. 中海石油(中国)有限公司海南分公司, 海口 570311
2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249
3. 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249
4. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100023
5. 中海石油(中国)有限公司海南分公司, 海口 570311

世界深水油气勘探实践表明, 陆坡区和深海平原是大型深水重力流沉积的有利场所, 其沉积规律及发育模式已进行了广泛深入的研究。除了陆坡及深海平原以外, 陆架浅海中的重力流沉积日渐引起广泛关注, 但已发现的浅海重力流沉积大多数规模较小。中国南海西北部的莺歌海盆地中新统在浅海背景中发现了规模最大重力流沉积体系, 识别出多个大型富砂海底扇-水道沉积体系。为了探索陆架浅海中大型重力流发育的环境条件和沉积规律, 本文利用 3D 地震、钻测井和地震反演数据, 对莺歌海盆地莺东斜坡带上中新统开展了层序地层格架内古地貌恢复和重力流沉积单元识别、分布及演化研究, 以期深化浅海重力流沉积规模性富集的环境条件、沉积规律, 为进一步拓展深水沉积的油气勘探开发提供支撑。

通过研究, 在上中新统黄流组识别出 2 个三级层序(SQh2 和 SQh1), 地层及深水沉积的平面分布受控于不同的坡折。在 SQh2 识别出海底扇和水道, 其中海底扇可分为低位早期扇、低位晚期扇和高位扇。低位早期扇规模最大(面积>700km<sup>2</sup>), 分布于该时期的沉降中心, 受控于先存断裂成因的挠曲坡折带; 水道分为走向型轴向水道和与倾向型顺向水道。顺向水道规模较小, 其形成受控于 10.5Ma 全球海平面的大幅下降引发的河道下切, 而轴向水道规模大(最大砂岩厚度>200m), 除了全球海平面的大幅下降外, 其形成还受控于先存断裂的活化作用。

陆架浅海大型富砂重力流的发育受特殊的环境条件限制。半封闭海湾地貌及其控制下独立的源汇系统, 使得大量陆源沉积物汇聚于浅海型盆地内部而不是输送至外海; 断裂活动除了直接提供重力流沉积的触发机制外, 还通过断裂坡折、挠曲坡折的发育控制重力流的分布范围。高物源供给下的海平面大幅度下降不仅增强了河道下切作用而促进大型水道的发育, 还导致水深有限的半封闭海湾原水下区域的大面积暴露, 促成低位时期大型海底扇的发育。陆架浅海大型重力流沉积规律的研究对深化不同背景下重力流沉积规律, 开辟油气勘探新领域具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 重力流沉积; 浅海; 海底扇; 重力流水道; 莺歌海盆地



摘要 ID: 2597

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 东非鲁伍马盆地深水扇沉积特征——来自东非裂谷活动的制约

陈宇航\*

西安石油大学

近年来,东非海域深水盆地连续获得油气勘探重大突破。目前对该地区研究多集中在东非裂谷活动前的地层内(张光亚等,2015;陈宇航等,2017;梁建设等,2021),但对裂谷活动后发育的深水扇沉积特征仍不明确。本研究以鲁伍马盆地深水扇为目标,利用三维地震资料,刻画深水扇沉积分布特征,揭示东非裂谷活动对深水扇沉积的控制作用。

鲁伍马盆地位于东非裂谷系构造带内(图1a,b)。中新世以来,东非裂谷活动导致东非大陆抬升,陆架早期沉积物由于重力失稳,形成褶皱推覆带(Mahanjane and Franke, 2014)(图1,剖面A-A#39;),同时在推覆带前端形成陆坡峡谷(图1c)。由于海底断层活动发育,在陆坡末端形成海底地堑(图1b)。

通过地震相和三维海底地貌分析,峡谷内沉积受物源物供给和海底形态的控制。连接陆架河流的峡谷物源充足,重力流对峡谷下伏地层侵蚀明显,峡谷规模大,峡谷内以侵蚀作用为主,沉积物局限分布在褶皱的翼部及峡谷开口处(图2,剖面a-a'至e-e');没有和河流连接的峡谷物源供给不足,无明显沉积,峡谷规模较小(图2,剖面f-f'至i-i')。峡谷间发育丘状漂积体,为向北流动的底流与峡谷内重力流交互作用的产物。陆坡被海底地堑的边界断层切割,在陆坡末端形成陡峭的断层崖,因此海底滑塌发育。同时峡谷前端并不发育水道及朵体沉积,这也与陆缘典型的深水扇沉积体系有明显区别(Posamentier et al., 2003; Gong et al., 2011; Franke et al., 2015)。陆源物质经峡谷输送到东部海底地堑内,形成大规模的富砂朵体沉积。朵体分布受断层控制,呈南北向延伸,与物源方向垂直。在远离陆地的地堑东缘,断层活动引发海底滑塌,形成的泥质沉积被搬运至地堑内部,与朵体混合,可能会影响砂体的储集性能(图1d)。

基于研究结果,建立了鲁伍马盆地深水扇沉积模式:受东非裂谷活动构造抬升影响,大量陆源物质沿峡谷向深水区搬运。由于断层活动,陆坡陡且短,在陆坡处重力流沉积分布局限,且峡谷内重力流侵蚀下伏地层,陆坡处被剥蚀的物质随陆源物质一起搬运至深海地堑中(图3)。东非陆缘深水扇双向物源模式与传统被动大陆边缘盆地的单向物源的模式明显不同。本研究揭示了东非裂谷活动对深水扇沉积的控制作用,有助于完善深水沉积的源—汇过程研究,并为深水储集砂体预测提供新的理论依据。

**参考文献** 陈宇航,姚根顺,吕福亮,等,&nbsp;2017a. 东非鲁伍马盆地渐新统深水水道-朵体沉积特征及控制因素[J]. 石油学报, 38(9): 1047-1058. 梁建设,孔令武,邱春光,等, 2021. 东非海岸坦桑尼亚和鲁伍马盆地天然气成藏机理[J]. 地球科学,&nbsp;46(08):2919-2933. 张光亚,刘小兵,温志新,等,&nbsp;2015. 东非被动大陆边缘盆地构造-沉积特征及其对大气田富集的控制作用[J]. 中国石油勘探, 20(4): 71-80. Franke D, Jokat W, Ladage S, et al, 2015. The offshore East African Rift System: Structural framework at the toe of a juvenile rift. *Tectonics*, 34: 2086-2104. Gong C L, Wang Y, Zhu W L, et al,&nbsp;2011. The Central Submarine Canyon in the Qiongdongnan Basin, northwestern South China Sea: Architecture, sequence stratigraphy, and depositional processes. *Marine and Petroleum Geology*, 28: 1690-1702. Mahanjane E S, Franke D. 2014. The Rovuma Delta deep-water fold-and-thrust belt, offshore Mozambique. *Tectonophysics*, 614: 91-99. Posamentier, Henry W K, Venkatarathnan. 2003. Seismic geomorphology and stratigraphy of depositional elements in deep-water settings. *Journal of Sedimentary Research*, 73: 367-388.

**关键词** 东非裂谷; 鲁伍马盆地; 陆坡峡谷; 沉积特征; 控制因素



摘要 ID:3102

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 西非纳米贝盆地海底限制性水道三维地震表征及沉积演化

王兴华\*、付志方、郭荣涛、宫越、苏玉山、林东升、汲生珍  
中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

伴随着纳米比亚国家世界级深水油田 Graff 与 Venus 的相继发现, 被动陆缘深水浊积砂体再次成为深海油气勘探的热点领域。本文基于西非被动陆缘纳米贝盆地深水高分辨率三维地震资料, 精细表征了限制性水道沉积剖面和平面的地震响应特征, 总结了深水限制型水道的沉积演化与控制因素。研究表明, 纳米贝盆地第四纪沉积地层受构造活动和沉积压实影响较小, 浊积水道保持原始沉积构型, 南部小型顺直水道处于侵蚀性过路不沉积的早期发育阶段, 中部大型限制性弯曲水道处于纵横向叠置发育的成熟阶段, 地震属性刻画三期演化过程, 整体向北迁移。限制性浊积水道侵蚀作用总体大于沉积作用, 单一水道的沉积模式以凹岸侵蚀、凸岸“S”型加积为主, 河谷底部持续的凹岸侵蚀、凸岸加积导致“V”型河谷展宽为“U”型水道沉积体; 多期叠置水道沉积体系受纵横向差异沉积影响分为侧切叠置和垂切叠置两种模式, 以阶梯状侧切叠置发育最为广泛。纳米贝盆地整体窄陆架、宽缓陆坡的海底地形控制了限制性水道的延伸方向及长度规模, 陆缘盆地的沉降中心则控制着各期水道的迁移方向, 而与古气候事件相关的物源供给频次则控制了水道体系内部浊积砂体发育的期次。研究成果丰富了限制性浊积水道沉积构型理论并为后续浊积砂体预测以及勘探部署提供了参考。

### 参考文献

**关键词** 被动陆缘; 深水限制性水道; 地震表征; 沉积模式; 控制因素





摘要 ID:242

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 陆相断陷湖盆大型同沉积走滑断裂控制的滑塌重力流沉积特征及地震识别

陈广坡\*、张斌、雷明、谢明贤、李娟  
中国石油勘探开发研究院西北分院

海拉尔盆地乌尔逊凹陷乌北次凹发育一条大型的NEE向同沉积走滑断裂,它对洼槽区湖底扇的发育起到了重要的控制作用。苏301井在大一段钻遇一套地震异常体,并进行了6.8m连续取芯,通过对该井岩心观察、测井、钻井资料的对比分析,认为该异常体为一多期次的滑塌重力流沉积。从6.8m的岩心上,可以识别出约12个期次的滑塌重力流沉积,从滑动、滑塌、砂质碎屑流以及浊流等各阶段沉积均有发育,且每个期次的重力流沉积厚薄不均,最厚约78cm,最薄约18cm。这些滑塌重力流沉积发育在厚层的暗色泥岩中,滑动-滑塌阶段发育大量小型层内正错断、碎裂岩块、包卷等同沉积构造;砂岩液化后的砂质碎屑流沉积阶段,发育以块状层理、随机分布的炭屑等为主的沉积构造;浊流沉积阶段主要发育正粒序薄层粉-细砂岩,完整或不完整的鲍马序列等沉积构造。在沉积特征分析的基础上,进行了测井、三维地震资料的精细标定和解释,优选地震属性进行了分析,认为该套滑塌重力流沉积在地震剖面上与正常滑塌重力流反射特征明显不同,整体上显示为透镜状,较强振幅、断续或较连续的反射特征;在平面上以较强-强振幅的形态呈较宽的朵叶状分布。经过精细解剖,认为该朵叶体是由多期次的滑塌重力流扇体侧移叠加而成,具有面积较大的特点。

**参考文献** [1] 操应长,王思佳,王艳忠,等.滑塌型深水重力流沉积特征及沉积模式:以渤海湾盆地临南洼陷古近系沙三中亚段为例[J].古地学报,2017,19(3):419-432.[2] 杨田,操应长,王艳忠,等.深水重力流类型、沉积特征及成因机制-以济阳拗陷沙河街组三段中亚段为例[J].石油学报,2015,36(9):048-1059.[3] 潘树新,郑荣才,卫平生,等.陆相湖盆块体搬运体的沉积特征、识别标志与形成机制[J].岩性油气藏,2013,25(2):9-18.[4] 李相博,刘化清,张忠义,等.深水块状砂岩碎屑流成因的直接证据“泥包砾”结构—以鄂尔多斯盆地上三叠统延长组研究为例[J].沉积学报,2014,32(4):611-622.[5] 邹才能.陆相湖盆深水砂质碎屑流成因机制与分布特征——以鄂尔多斯盆地为例[J].沉积学报,2009,27(6):1068-1075.[6] 夏景生,刘晓涵,王政军,等.渤海湾盆地南堡凹陷西部东营组三段—沙河街组一段砂质碎屑流沉积特征及油气勘探意义[J].石油学报,2017,38(4):399-413.[7] 鲜本忠,万锦峰,董艳蕾,等.湖相深水块状砂岩特征、成因及发育模式:以南堡凹陷东营组为例[J].岩石学报,2013,29(9):3287-3299.

**关键词** 大型同沉积走滑断裂;滑塌重力流;侧移叠加;沉积特征;地震识别



摘要 ID:1085

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 深水扇或浅海扇? 来自珠江口盆地白云凹陷中新统潮流改造海底扇的实例

王家豪<sup>1\*</sup>、庞雄<sup>2</sup>、柳保军<sup>2</sup>、陈鑫鑫<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. 中海石油(中国)有限公司深圳分公司

深水扇(Deepwater fan)术语被广泛应用于海相重力流沉积学研究。然而,随着浅海扇沉积近年来被越来越多地发现(Okay, et al., 2011),这个术语是否合适值得推敲。王华等(2015)和黄银涛等(2018)在莺歌海盆地识别了上中新统黄流组一段发育大型浅海扇沉积,含丰富的生物潜穴构造,并厘定当时水深仅40~110 m。Wang et al (2017)通过野外露头观察,在广西百色中三叠统识别了浅海背景下风暴改造型海底扇沉积,具备渠模、丘状交错层理、浪成波痕和浪成波纹交错层理等风暴作用标志。

珠江口盆地白云凹陷是我国海底扇油气勘探的主要场所之一,该凹陷下中新统SQ21层序是砂质海底扇发育和油气发现的主力层位(庞雄等, 2014; 施和生等, 2014)。以此为实例对象,本文研究通过岩心观察、测井相、地震相和地震地貌分析,识别了重力流水道-天然堤、席状朵叶等沉积微相类型,在地震属性图上分别表现为均方根振幅高值条带和朵叶形态。其中,重力流水道-天然堤微相由块状-递变层理中-细砂岩和波状层理粉-细砂岩组成,具有正旋回、箱型-钟型测井相、水道充填地震相等识别标志。

进一步地,上述水道-天然堤微相中大量发育波状层理,由粉-细砂岩频繁夹泥质纹层显示,局部呈典型的双粘土层构造,并富含菱铁质结核、生物潜穴和扰动构造,指示了浅海背景和潮流改造作用(Shepard, et al., 1978; 李云等, 2012; 杨红君等, 2013)。不同井区的岩心观察表明,潮流作用在上陆坡带活动强烈,在下陆坡带减弱,在海底平原消失,指示海底平原处于深海背景。

本文研究给出了一个重要启示,砂质海底扇沉积与陆坡浅海背景存在密切联系,均为海平面大幅度下降的结果。标准层序地层学理论指出,砂质扇沉积需要海平面下降至陆架坡折以下

(Catuneanu, 2006)。在这种前提下,大陆架整体暴露,陆坡处于滨-浅海环境,远程河流回春下切入海,将大量的沉积物输送至陆坡-海底平原,形成了砂质海底扇。相反,如果海平面下降幅度小,未抵达陆架坡折以下,砂质沉积物将赋存在陆架之上,陆坡-海底平原则发育泥质海底扇。总之,“深水”并不是海底扇发育的必备条件,“深水扇”术语应该谨慎使用。

**参考文献** 王华,陈思,甘华军,等.浅海背景下大型浊积扇研究进展及堆积机制探讨:以莺歌海盆地黄流组重力流为例[J].地学前缘,2015,22(1):21-34.黄银涛,文力,姚光庆,等.莺歌海盆地东方区黄流组细粒厚层重力流砂体沉积特征[J].石油学报,2018,39(3):290-303.Wang&nbsp;JH, Xie&nbsp;XN, Pang&nbsp;X, et al. Storm-reworked shallow-marine fans in the Middle Triassic Baise Area, South China [J]. Sedimentary geology, 2017, 349:33-45.庞雄,朱明,柳保军,等.南海北部珠江口盆地白云凹陷深水重力流沉积机理[J].石油学报,2014,(04):646-653.&nbsp;施和生,何敏,张丽丽,等.珠江口盆地(东部)油气地质特征、成藏规律及下一步勘探策略[J].中国海上油气,2014,26(3):11-22.Shepard&nbsp;FP, &nbsp;Marshall NF, Meloughlin&nbsp;PA, et al. &nbsp;Currents&nbsp;in submarine canyons and other sea valleys [J]. AAPG&nbsp;studies&nbsp;in Geology, 1978, 8:1-13.李云,郑荣才,朱国金,等.珠江口盆地白云凹陷珠江组深水牵引流沉积特征及其地质意义[J].海洋学报,2012,(01):127-135.杨红君,郭书生,刘博,等.莺歌海盆地SE区上中新统重力流与内波内潮汐沉积新认识[J].石油实验地质,2013,35(6):626-633.Catuneanu O. &nbsp;Principles of Sequence Stratigraphy [M]. Elsevier Science Ltd, 2006, P105-245.

**关键词** 海底扇;底流改造作用;潮流;珠江口盆地白云凹陷



摘要 ID: 2564

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 深水重力流沉积体系、类型特征与分布规律

杨仁超<sup>1,2</sup>、樊爱萍<sup>1</sup>、韩作振<sup>1</sup>、A. J. (Tom) van Loon<sup>1</sup>

1. 山东科技大学

2. 青岛海洋科学与技术国家(试点)实验室, 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室

随着国内外油气勘探开发不断向深水沉积区拓展, 深水重力流沉积成为当今沉积学界和油气工业界共同关注的热点话题和前沿领域。沉积物在重力作用驱动下, 以碎屑流(debris flow)、浊流(turbidity current)、洪水异重流(hyperpycnal flow)等形式发生搬运与沉积(Yang et al., 2014, 2016, 2017a), 受同一水动力系统控制; 不同类型的重力流在适当的条件下可以相互转化, 其沉积产物在时空上可以共生共存(Yang et al., 2016); 形成有密切成因联系的三维空间岩相组合, 构成深水重力流沉积体系(deep-water gravity-flow depositional system, DGDS)。需要注意的是, 水下发生的块体滑动(slide)、滑塌(slump), 虽然也是受重力驱动, 但严格意义上, 它们属于以固态的形式发生的搬运、堆积作用, 不属于沉积物重力流的范畴, 但常常可与重力流沉积物共存。滑动、滑塌与碎屑流均呈块体(流)的形式搬运, 即块体搬运(mass-transport deposit, MTD), 它们之间的区别为: 滑动块体的内部基本未变形; 滑塌体的内部发育液化、变形等软沉积物变形构造, 但沉积层基本保持连续(Yang and Van Loon, 2016); 碎屑流可以由滑塌体的强烈破碎演化而来, 由大量崩解的碎屑与基质构成, 沉积层被强烈破坏、不连续。

深水重力流沉积既可以在海洋环境中发生, 也可以在湖泊环境发生(Yang et al., 2016)。深水重力流沉积的物质组成可以是砂砾质、粉砂质-泥质、碳酸盐沉积物或者上述沉积物的混合产物。湖泊环境中的重力流主要搬运和沉积陆源碎屑物质、细粒沉积物质, 可以根据泥质含量将重力流划分为砂质重力流、泥质重力流和混合重力流3个系列, 并根据成因将重力流及块体搬运机制划分为滑塌体、碎屑流、浊流、异重流等4种亚类; 结合成因和泥质含量, 将重力流沉积划分为12种类型(Fan et al., 2018)。研究发现, 泥质沉积物可以在动荡水体和较强水动力条件下沉淀; 泥质重力流沉积在深水沉积区占有重要地位; 泥质重力流沉积细粒岩与重力流沉积砂岩在时空上可以共生共存(Yang et al., 2017b)。

不同成因、不同类型的重力流沉积, 在空间分布上具有规律性。滑塌体、碎屑流沉积常分布于三角洲斜坡脚、大陆斜坡底部附近; 浊积岩、异重岩可广泛分布于三角洲斜坡至盆地平原; 由于受到洪水期河流在较长时间内(数天-数十天)的大量高密度流体注入, 可以延伸很远的距离。因此, 在一个中期基准面旋回之内, 随着三角洲进积作用的发生, 自下而上依次可发育异重岩-浊积岩-碎屑流沉积-滑塌体-滑动块体沉积序列(Yang et al., 2016)。

**参考文献** Yang R., He Z., Qiu G., et al., 2014. A Late Triassic gravity flow depositional system in the southern Ordos Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 41(6): 724-733. Yang R., Fan A., Han Z., et al. 2016. An upward shallowing succession of gravity flow deposits in the Early Cretaceous Lingshanda Formation, Western Yellow Sea [J]. *Acta Geologica Sinica* 8/2016, 90(4). 1553-1554. Yang R., Jin Z., Van Loon, A. J., et al., 2017a, Climatic and tectonic controls of lacustrine hyperpycnite origination in the Late Triassic Ordos Basin, central China: implications for unconventional petroleum development[J]. *AAPG Bulletin*, 101,1: 95-117. Yang R., Fan A., Han Z., et al., 2017b, Lithofacies and origin of the Late Triassic muddy gravity-flow deposits in the Ordos Basin, central China[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 85: 194-219. Yang R., Van Loon A. J., 2016. Early Cretaceous slumps and turbidites with peculiar soft-sediment deformation structures on Lingshan Island (Qingdao, China) indicating a tensional tectonic regime[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 129: 206-219. Fan A., Yang R., A. J. (Tom) van Loon, et al. 2018. Classification of gravity-flow deposits and their significance for unconventional petroleum exploration, with a case study from the Triassic Yanchang Formation (southern Ordos Basin, China). *Journal of Asian Earth Sciences*, 161, 57-73.



**关键词** 重力流；沉积体系；碎屑流沉积；浊积岩；异重岩



摘要 ID:2606

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 沉积层序演化对松辽盆地古龙凹陷青一段湖相深水细粒沉积的控制作用

张天舒<sup>1\*</sup>、朱如凯<sup>1</sup>、蔡毅<sup>1</sup>、王华建<sup>1</sup>、吕丹<sup>1</sup>、刘畅<sup>1</sup>、付秀丽<sup>2</sup>、周海燕<sup>1</sup>、崔坤宁<sup>2</sup>、冯有良<sup>1</sup>、张素荣<sup>1</sup>、张婧雅<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 中国石油大庆油田分公司勘探开发研究院

松辽盆地古龙凹陷青山口组陆相纯页岩型页岩油获得高产突破,但古龙页岩的有机质分布的非均质性强,有利岩相的形成和分布的主控因素不清,制约有利区和甜点段的优选和预测[1]。本文在对岩心、露头、薄片、地震、测井和地球化学等数据的宏观-微观不同尺度的分析基础上,针对湖相深水页岩特点,基于“层序等级”理论[2]与“湖侵—湖退(T—R)旋回”层序划分体系[3],建立了深湖区高频层序等时格架,精细解剖了高频层序格架下页岩的沉积微相、岩相和纹层组合,分析了页岩纹层结构的沉积成因,明确了高频层序演化对湖相深水细粒沉积的控制作用,建立了沉积模式。取得以下主要认识:(1)松辽盆地古龙凹陷青山口组划分为4个三级层序,其中,层序1和层序2划分为2个T—R旋回,由13个准层序组(52个准层序)构成。每个准层序和准层序组均由1个T—R旋回构成。(2)高频层序格架下页岩发育3种岩相、4种纹层、5种组合类型、11种纹层组合模式,识别出静水沉积、泥流沉积和低密度浊流沉积3种沉积微相。高频T—R旋回控制了沉积微相、岩相和纹层组合的纵向分布。其中,深湖相静水沉积和泥流沉积的黏土质页岩为有利岩相,主要发育在准层序组顶底界、湖侵顶部和早期湖退。(3)古龙页岩为受陆源输入影响下,以悬浮搬运为主的重力流事件沉积和间歇期静水沉积。洪水异重流为湖相深水细粒沉积的搬运形式之一[4],为古龙凹陷深水页岩纹层的沉积成因之一,其形成的纹层结构可作为页岩油源储组合。洪水异重流沉积的发育受体系域、气候和坡折控制,主要发育在湖侵及湖退早期,干旱-湿润气候转换期,三角洲前端、浅水斜坡及深水坡折下方。本文的研究认识为满足页岩油勘探开发不同精度要求下的富油层段划分、有利区和甜点段分布预测提供沉积学依据。

**参考文献** [1]孙龙德,刘合,何文渊,等. 2021. 大庆古龙页岩油重大科学问题与研究路径探析[J]. 48(3):1-11. [2] Catuneanu, O. &nbsp;Scale in sequence stratigraphy, Mar. Petrol. Geol. 2019, 106, 128 - 159. &nbsp;https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2019.04.026. [3]&nbsp;Embry, A.F. Transgressive-regressive (T-R) sequence analysis of the jurassic succession of the sverdrup basin, Canadian arctic archipelago. Can. J. Earth Sci. &nbsp;1993, &nbsp;30 (2), 301 - 320. https://doi.org/10.1139/e93-024. [4]邹才能, 冯有良, 杨智, 等. 中国湖盆细粒重力流沉积作用及其对页岩油“甜点段”发育的影响[J]. 石油勘探 与开发, 2023, 50(3): 1-15.

**关键词** 页岩油; 层序地层; 深水沉积; 细粒沉积; 松辽盆地青一段



摘要 ID: 3000

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 琼东南盆地第四系水道体系展布特征和控制因素研究

孟苗苗\*、梁金强、匡增柱、任金锋、何玉林、邓炜、龚跃华  
广州海洋地质调查局

深水水道体系的研究对了解边缘海的沉积演化机制和沉积过程具有重要意义。2019年琼东南盆地第四系砂层中首次发现了高饱和度孔隙充填型水合物,扩大了南海天然气水合物的储层类型。然而,与砂层相关的深水水道沉积相及展布特征并未开展研究,这也限制了对砂质储层天然气水合物的预测。综合利用2D/3D地震、测井和取心资料,对第四系地层深水水道体系的分布特征进行精细刻画并对其控制因素进行了探讨。综合分析表明,与水道相关的沉积相包括水道充填相、天然堤相、决口扇相和朵体相。第四系自上而下共识别了6个期次的水道系统,重点对全区第1期和第3期水道的展布规律进行分析,发现水道在东段、中段和西段的分布存在明显差异:东西段水道主要为近平直V形下切水道,中段主要为大型网状水道,水道-天然堤相发育。与中央峡谷的分布相比,西段的第1期水道和第3期水道体系自中新世以来向南迁移。第四系水道的分布和演化很可能是受到海底形态、构造运动、海平面变化和物源供给的共同控制:构造运动控制着海底形态,而海底形态直接控制着水道的流向及分布特征;物源供给决定了水道的规模和沉积特征;海平面的周期性变化控制了多期水道系统的演化。推测琼东南盆地中段的浅层水道体系(如水道充填相、天然堤相、决口扇和朵体沉积)中可能广泛发育有利于水合物赋存的砂体。本研究对琼东南盆地含高饱和度水合物砂层的预测具有重要意义,同时加深了对琼东南盆地沉积演化的认识。

### 参考文献

**关键词** 深水水道; 第四系; 沉积特征; 琼东南盆地; 天然气水合物



摘要 ID:122

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 松辽盆地青一段(K2qn1)和嫩一段(K2n1)水道化细粒重力流沉积及其石油地质意义

冯有良\*

中国石油勘探开发研究院

松辽盆地是一个含油气丰富的晚白垩世大型后裂谷拗陷盆地。青山口组(K2qn)至嫩二段(K2n2)别出了深湖重力流水道-堤-扇叶和斜坡扇沉积物。本文对该盆地重力流沉积体系的研究有助于理解后裂谷拗陷湖盆重力流沉积作用的过程和进行储层(甜点)预测。研究表明深湖水道-堤-扇叶体系主要发育在青一段(K2qn1)和嫩一段层序(K2n1)。直的水道-堤和斜坡扇发育在较高坡度梯度的斜坡,然而曲流水道-堤-扇叶体系发育在较低坡度梯度的斜坡。由东北部三角洲水下分流河道延伸出来的直的和曲流水道-溢堤系统可延伸15-70KM,结束于分支水道或小的扇叶体。这些水道-溢堤-扇叶体系发育在层序的水进到早期高位体系域。西部三角洲水下分流河道供给的水道-溢堤-扇叶和斜坡扇沉积在受挠曲坡折控制的同沉积挠曲坡折带之下。层序高位域和低位域下降的滨线坡折轨迹、层序水进域高的沉积物流量导致了斜坡扇和水道-溢堤-扇叶体系的发育。湖底古地貌影响水道体系的形态。发育在斜坡扇和水道-溢堤-扇叶体系的砂体,被富有质泥岩包裹,代表了新的油气勘探目标。

### 参考文献

**关键词** 水道-溢堤-扇叶体系、斜坡扇、重力流沉积、晚白垩世、松辽盆地



摘要 ID:226

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 基于跨井知识迁移的岩相预测模型建立方法

张文婷<sup>1</sup>、冯德永<sup>2</sup>、刘海宁<sup>2</sup>、吕文君\*<sup>1</sup>

1. 中国科学技术大学自动化系
2. 中国石油化工股份有限公司胜利油田物探研究院

在油气勘探工程中, 通常需要利用已解释测井资料建立分类器, 预测未解释测井资料所对应的岩相类型(Xu et al., 2021)。由于沉积环境、测井设备、钻井液等方面的差异影响了测井曲线的变化规律, 导致同一岩相可能在两口不同的井、甚至同一口井中的两个不同的地层中表现出不同的测井特征(Li et al., 2020)。因此, 基于已解释测井数据训练的模型直接应用在未解释井上, 存在较大的精度下降的风险(Chang et al., 2021)。针对这些问题, 在不额外提高数据标记成本的情况下, 我们提出了跨井知识迁移的岩相分类方法, 主要贡献有两个方面: (1) 特征由原始数据随机映射到高维空间进行表达, 以提高特征对齐的性能; (2) 采用目标域信息保存项设计特定的对准对象, 通过投影最大平均偏差(PMMD)将源域广义特征在统计上与设计的校准对象对齐。通过在胜利油田测井数据集上的实验证明该方法在精度和稳定性方面优于已有的工作。

**参考文献** Xu T, Chang J, Feng D Y, et al., 2021. Evaluation of active learning algorithms for formation lithology identification[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 206: 108999. Chang J, Li J, Kang Y, et al., 2021. Unsupervised domain adaptation using maximum mean discrepancy optimization for lithology identification[J]. *Geophysics*, &nbsp;86(2): ID19-ID30. Li Z R, Kang Y, Feng D Y, et al., 2020. Semi-supervised learning for lithology identification using Laplacian support vector machine[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 195: 107510.

**关键词** 测井解释; 机器学习; 岩相分类





摘要 ID:1501

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 济阳拗陷古近系异重流沉积及其石油地质意义

刘海宁<sup>\*1,2</sup>、韩宏伟<sup>2</sup>、操应长<sup>1</sup>、曲志鹏<sup>1</sup>、张云银<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

2. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司物探研究院

国内外研究表明,深洼区除发育静水悬浮细粒沉积物之外,还发育洪水远距离搬运的异重流沉积。异重流沉积是密度高于湖/海水密度的洪水入湖/海后,在河口区下潜,形成的稳定的、长距离搬运的分层底流。

相比于海相环境,陆相湖盆由于构造活动强烈、地形高差较大、湖盆水体盐度及密度低、物源以中小型河流为主等特点,更容易发生异重流。众多学者已在陆相松辽盆地嫩江组、鄂尔多斯盆地长7段、歧口凹陷沙一段、西湖凹陷花港组、济阳拗陷沙三段发现异重流沉积。

前人在济阳拗陷开展沉积特征研究,寻找相应证据,发现异重流沉积,并初步建立了沉积模式(杨田等,2015;陈雁雁等,2019)。胜利油田勘探实践中,在深洼区也发现了一些呈条带状或扇状远距离搬运形成的砂体,在勘探生产中常被称作浊积水道、深水浊积扇等,但其成因及沉积特征开展研究较少,研究程度相对较低。这些砂体的根部常不发育大规模三角洲或其他近源堆积体,不同于常规滑塌浊积岩。如东营凹陷牛庄洼陷沙三下亚段牛876井区、沙四上纯上王58井区,东营凹陷利津洼陷沙三下利988井区、沾化凹陷孤北洼陷沙三下9砂组等。初步分析认为济阳拗陷沙四上一沙三段(尤其是沙三下)广泛发育的浊积水道、深水浊积扇应与异重流沉积作用有关。异重流沉积模拟实验和理论分析较多,针对断陷湖盆进行具体实例解剖,开展异重流沉积作用、沉积作用过程及分布规律相关研究较少。

济阳拗陷沙四上-沙三下气候潮湿,洪水沉积作用广泛发育,该时期盆广、水深、近源沉积砂体相对不发育。开展异重流沉积作用研究,对盆内细粒沉积物来源、洼陷带沉积充填作用方式研究具有重要意义。

济阳拗陷已发现浊积岩岩性油藏以三角洲前缘滑塌浊积岩为主,开展异重流沉积作用研究,将拓展沙四上、沙三下远离三角洲前缘或三角洲等近源沉积相对不发育地区的常规油气藏勘探潜力。部分孤立水道砂体、扇朵叶体可形成岩性油气藏;富砂背景下,扇朵叶体可形成断块油藏;水道-堤岸复合体可形成“断层切香肠”构造岩性油气藏。

异重流沉积是盆地细粒沉积物的重要来源,能够带来丰富的有机质,利于油气生成,同时异重流沉积前端朵叶体可能是夹层型页岩油勘探有利甜点,开展其沉积作用研究,可以指导砂质夹层型页岩油有利勘探区的选定。

**参考文献** 陈雁雁,林承焰,马存飞,等.博兴洼陷大芦湖油田沙三段中亚段二砂组异重流沉积特征[J].油气地质与采收率,2019,26(4):33-42.杨田,操应长,王艳忠,等.深水重力流类型、沉积特征及成因机制—以济阳拗陷沙河街组三段中亚段为例[J].石油学报,2015,36:1048-1059.

**关键词** 异重流;济阳拗陷;重力流;浊积水道;深水浊积扇



摘要 ID:3153

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 三级层序地层格架组成及深水沉积演化规律 ——以东非鲁武马盆地中始新统为例

孙辉\*、范国章、王红平、丁梁波、马红霞、刘少治  
中国石油杭州地质研究院

鲁武马盆地是东非最重要的含油气盆地之一,深水区主要沉积了中侏罗到新生代地层 (Salman and Abdula, 1995)。始新世,鲁武马盆地深水重力流开始大规模发育,深水浊积扇砂岩成为最重要的储集层。此外,东非深水区受南极洲底流作用影响强烈 (Faugères and Mulder, 2011),底流对重力流的分布及沉积形态具有显著的影响作用 (孙辉等, 2017)。层序地层分析对盆地中始新统油气储盖组合的研究具有重要意义。利用岩心、测井及地震资料,以层序地层学经典模式 (Catuneanu, 2006) 为指导,建立中始新统三、四级层序地层格架。

生物地层研究表明,目标浊积砂岩形成于中始新世,是在新生代最大规模海退过程中形成 (Haq et al., 1987),其底部的碳酸盐碎屑流形成于早始新世。三级层序边界位于碳酸盐碎屑流的顶部及逐期向南迁移的重力流的底界,改变了该区域早期针对三级层序底界面的认识。层序底部具有明显的喇叭形地貌形态,代表了研究区处于由陆坡坡脚向盆底演变的沉积位置。四级层序边界位于中始新统沉积复合体内部由岩心识别的半深海泥岩的顶界,以及地震剖面上连续性好的沉积界面上。受底流影响,三级层序内低位体系域沉积整体表现为北厚南薄,沉积顶部形成北高南低的古地貌;高位体系域补偿沉积于低位域之上。中始新统三级层序可以细分为四个四级层序,四期沉积体向南迁移。低位体系域各期次的有利储层分布于对应期次沉积的南部区域。

**参考文献** 孙辉,吕福亮,范国章,等,2017. 三级层序内受底流影响的富砂深水沉积演化规律——以东非鲁武马盆地中始新统为例[J]. 天然气地球科学, 28(1):106-115. Salman G, Abdula L, 1995.

Development of the Mozambique and Ruvum sedimentary basins, offshore

Mozambique[J]. Sediment Geol, 96(1-2):7-41. Jean-Claude Faugères, Thierry Mulder, 2011.

Contour Currents and Contourite Drifts[C]//Heiko Hüneke, Thierry Mulder. Developments in

Sedimentology (63), Amsterdam: The Netherlands, 49-214. Catuneanu O, 2006. Principles of

sequence stratigraphy[M]. Italy: Elsevier, 1-375. Haq B U, Hardenbol J, Vail P R, 1987.

Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic[J]. Science, 235(235):1156-1167.

**关键词** 层序; 体系域; 深水沉积; 底流; 中始新统



摘要 ID: 3305

主题分类: 非常规油气沉积学=》深水重力流沉积体系与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地延长组长7段3亚段细粒重力流沉积特征及其成因机制

蒋文琦<sup>1</sup>、冯有良<sup>2</sup>、杨智<sup>2</sup>、张天舒<sup>2</sup>、张洪<sup>2</sup>、王小妮<sup>2</sup>、李嘉蕊<sup>2</sup>、侯鸣秋<sup>2</sup>、刘畅<sup>2</sup>

1. 北京大学地球与空间科学学院
2. 中国石油勘探开发研究院

作为深湖环境的重要沉积作用过程之一, 细粒重力流沉积作用可以把浅水的细粒碎屑和有机质搬运到深湖, 形成优质烃源岩和页岩油甜点储层, 因此, 开展湖盆细粒重力流沉积特征及其成因的研究对陆相盆地页岩油的勘探有着重要的意义(邹才能等, 2023)。通过岩心描述、薄片观察、X射线衍射和微量元素分析等手段, 对鄂尔多斯盆地延长组长7段3亚段细粒重力流的沉积特征及其成因机制展开了研究。结果表明, 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组长7<sub>3</sub>段为温暖湿润的深湖还原环境, 这套地层内主要发育了6种细粒重力流沉积岩相组合, 分别为: 细粒浓缩密度流岩相组合(LA1), 细粒碎屑流-泥流岩相组合(LA2), 细粒异重流岩相组合(LA3), 浪涌状浊流岩相组合(LA4), 含砂泥薄互层的过渡流岩相组合(LA5)和混合事件层岩相组合(LA6)。这些岩相组合分别发育在非限定水道湖底扇体系和细粒水道-堤岸-朵叶体系内。细粒重力流体系的发育主要受控于湖平面的变化、沉积物的补给和湖床古地貌等因素。鄂尔多斯盆地长7<sub>3</sub>段沉积期为晚三叠世最大湖泛期(CARNIAN), 构造运动活跃, 挠曲坡折发育, 火山喷发频繁, 多重因素导致坡折之下细粒重力流沉积发育; 凝灰质的加入促使缺氧还原环境中的藻类生物生长更繁茂, 形成了长7<sub>3</sub>段多套源储组合。细粒碎屑流-泥流、细粒异重流、浪涌状浊流等流体形成的粉砂质和泥质沉积物有利于形成页岩油“甜点段”。

**参考文献** 邹才能, 冯有良, 杨智等. 中国湖盆细粒重力流沉积作用及其对页岩油“甜点段”发育的影响[J/OL]. 石油勘探与开发: 1-15[2023-02-

28]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2360.TE.20230220.1620.012.html>.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 延长组; 细粒重力流; 岩相组合; 甜点段



# 非常规油气沉积学

## 细粒沉积物理实验与数值模拟



摘要 ID: 383

主题分类: 非常规油气沉积学=》细粒沉积物理实验与数值模拟

最终交流类型: 口头报告

## 威远五峰组—龙马溪组页岩岩相展布及对水平井产量的影响

梁峰\*<sup>1</sup>、张琴<sup>1</sup>、卢斌<sup>1</sup>、姜巍<sup>2</sup>、熊小林<sup>3</sup>、陈鹏<sup>1</sup>、姜仁<sup>1</sup>、梁萍萍<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 中国石油集团川庆钻探工程有限公司
3. 中国石油集团长城钻探工程有限公司

通过对威远地区 14 口评价井或导眼井五峰组—龙马溪组地层开展系统的笔石生物地层、岩相地层、测井响应、地球化学、元素地球化学等特征分析, 论实了威远地区五峰组—龙马溪组古隆起的发育, 指出古隆起发育控制页岩的厚度及岩相展布, 明确优质页岩展布受古隆起发育控制, 并提出水平井井位优化部署建议。主要结论如下: 1) 首次从生物地层、岩性地层、电性特征、地层厚度等方面证实在 Z4-Z1—威页 1 井—W5 井—WX 井一带存在(水下)古隆起; 2) 不同时期地层分布及岩相主要受古隆起发育控制, 隆起区及周边地层厚度薄, 黏土矿物或碳酸盐矿物含量高, 拗陷区沉积厚度大, 硅质矿物含量高。3) 威远地区五峰组页岩沉积期物源多来自川中古陆, 鲁丹阶早期以生物成因石英为主, 物源较少, 鲁丹阶晚期物源可能来自川南的黔中古陆, 不同的物源方向意味着沉积体系的变化; 4) 鲁丹阶早期(LM1-LM3)地层储层品质最优, 产量高, 其储层参数平面展布受隆起发育控制, 拗陷区域储层品质最好。建议以鲁丹阶早期地层为目标靶体实施水平井, 优先部署该层段厚度较大区域水平井, 尽量避开隆起发育区。

**参考文献** [1]郭彤楼. 涪陵页岩气田发现的启示与思考[J]. 地学前缘, 2016, 23(1): 29-

43. [2]邹才能, 董大忠, 王玉满, 等. 中国页岩气特征、挑战及前景(二)[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(2): 166-
178. [3]赵文智, 李建忠, 杨涛, 等. 中国南方海相页岩气成藏差异性比较与意义[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(4): 499-
510. [4]陈旭, 樊隽轩, 张元动, 等. 五峰组及龙马溪组黑色页岩在扬子覆盖区内的划分与圈定[J]. 地层学杂志, 2015, 39(4): 351-
358. [5]杨洪志, 张小涛, 陈满, 等. 四川盆地长宁区块页岩气水平井地质目标关键技术参数优化[J]. 天然气工业, 2016, 36(8): 60-
65. [6]梁峰, 拜文华, 邹才能, 等. 渝东北地区巫溪 2 井页岩气富集模式及勘探意义[J]. 石油勘探与开发, 2016, 43(3): 350-
358. [7]金之钧, 胡宗全, 高波, 等. 川东南地区五峰组—龙马溪组页岩气富集与高产控制因素[J]. 地学前缘, 2016, 23(1): 1-
10. [8]梁峰, 王红岩, 拜文华, 等. 川南地区五峰组—龙马溪组页岩笔石带对比及沉积特征[J]. 天然气工业, 2017, 37(7): 20-
26. [9]孙莎莎, 芮昀, 董大忠, 等. 中、上扬子地区晚奥陶世—早志留世古地理演化及页岩沉积模式[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(6): 1087-1106. [10]马新华, 谢军. 川南地区页岩气勘探开发进展及发展前景[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(1): 161-
169. [11]谢军, 赵圣贤, 石学文, 等. 四川盆地页岩气水平井高产的地质主控因素[J]. 天然气工业, 2017, 37(7): 1-12. [12]王玉满, 董大忠, 李新景, 等. 四川盆地及其周缘下志留统龙马溪组层序与沉积特征[J]. 天然气工业, 2015, 35(3): 12-21. [13]李艳芳, 邵德勇, 吕海刚, 等. 四川盆地五峰组—龙马溪组海相页岩元素地球化学特征与有机质富集的关系[J]. 石油学报, 2015, 36(12): 1470-1483. [14]邹才能, 董大忠, 王社教, 等. 中国页岩气形成机理、地质特征及资源潜力[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(6): 641-
653. [15]赵圣贤, 杨跃明, 张鉴, 等. 四川盆地志留统龙马溪组页岩小层划分与储层精细对比[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(3): 470-
487. [16]陈旭, 樊隽轩, 王文卉, 等. 黔渝地区志留系龙马溪组黑色笔石页岩的阶段渐进展布模式[J]. 中国科学(D辑): 地球科学, 2017, 47(6): 720-



732. [17] 聂海宽, 金之钧, 马鑫, 等. 四川盆地及邻区上奥陶统五峰组—下志留统龙马溪组底部笔石带及沉积特征[J]. 石油学报, 2017, 38 (2): 160-174.
- [18] 王同, 张克银, 熊亮, 等. 四川自贡地区五峰组—龙马溪组下段古地貌刻画及其油气意义[J]. 石油实验地质, 2018, 40 (6): 764-770.
- [19] 戎嘉余. 生态地层学的基础: 群落生态的研究[C]//中国古生物学会第十三、十四届学术年会论文集. 合肥: 安徽科学技术出版社, 1986.
- [20] Boucot A J, Chen X. Fossil plankton depth zones[J]. Palaeoworld, 2009, 18 (4): 213-234.
- [21] 张琳娜, 樊隽轩, 陈清. 华南上奥陶统观音桥层的空间分布和古地理重建[J]. 科学通报, 2016, 61 (18): 2053-2063.
- [22] 王玉满, 王淑芳, 董大忠, 等. 川南下志留统龙马溪组页岩岩相表征[J]. 地学前缘, 2016, 23 (1): 119-133.
- [23] 戎嘉余, 陈旭, 王怿, 等. 奥陶—志留纪之交黔中古陆的变迁: 证据与启示[J]. 中国科学 (D辑): 地球科学, 2011, 41 (10): 1407-1415.
- [24] Lüning S, Craig J, Loydell D K, et al. Lower Silurian 'hot shales' in North Africa and Arabia: Regional distribution and depositional model[J]. Earth-Science Reviews, 2000, 49 (1/2/3/4): 121-200.
- [25] Wright A M, Spain D, Ratcliffe K T. Application of inorganic whole rock geochemistry to shale resource plays[C]//Paper presented at the Canadian unconventional resources and international petroleum conference. Calgary: SPE, 2010.
- [26] 马新华, 李熙喆, 梁峰, 等. 威远页岩气田单井产能主控因素与开发优化技术对策[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47 (3): 555-563.
- [27] 张晓明, 石万忠, 徐清海, 等. 四川盆地焦石坝地区页岩气储层特征及控制因素[J]. 石油学报, 2015, 36 (8): 926-939, 953.
- 关键词** 威远页岩气田; 五峰组—龙马溪组; 笔石生物地层; 古隆起; 水平井产量



摘要 ID:449

主题分类: 非常规油气沉积学=》细粒沉积物理实验与数值模拟

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地五峰组-龙马溪组页岩沉积环境及有机质富集主控因素

卢斌\*

中国石油勘探开发研究院

四川盆地上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组页岩中蕴藏着丰富的页岩气资源,是我国页岩气勘探开发的重点层系。由于该时期构造运动活跃,古气候、古环境变化较大,导致优质页岩纵向展布和物性特征均表现出强烈的非均质性,从而对页岩气勘探造成极大影响。为进一步明确页岩古沉积环境与有机质富集主控因素,本文以长宁双河、重庆漆辽和巫溪田坝三个典型剖面为研究对象,综合薄片鉴定、扫描电镜、全岩矿物、主、微量元素、有机碳同位素、黄铁矿硫同位素等方法,共开展1000余样次实验分析,深入研究了页岩岩石学、地球化学等特征及其指示意义。

研究表明,四川盆地五峰组-龙马溪组页岩主要包括黏土矿物、石英、白云石、方解石、斜长石、钾长石、黄铁矿等矿物,其中五峰组和龙马溪组发育硅质和钙质富有机质笔石页岩,而观音桥层为生物碎屑泥灰岩;页岩中还发育了大量的草莓状黄铁矿,黄铁矿粒径主要介于 $5.00\sim 10.00\ \mu\text{m}$ 之间,并发现大量放射虫化石;纵向上龙马溪组TOC含量最高,其次是五峰组,观音桥层TOC含量最低,平面上川东地区TOC含量最高,品质最好,而川南和川东北地区TOC含量相近,品质相似;页岩中主量元素SiO<sub>2</sub>含量最高,其次是CaO和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>;页岩中微量元素主要包括Rb、Ba等大离子亲石元素,Zr、Hf、Th、U等高场强元素,以及稀土元素等,且分布特征相似,与北美页岩具有可对比性;页岩中REE球粒陨石标准化配分模式图相似,表现出Eu中等负异常特征;垂向上观音桥层 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 最重,平面上川东地区 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ 最轻。

从五峰组早期到龙马溪组中期,四川盆地可划分为5个沉积阶段,且经历了从贫氧→缺氧→富氧→缺氧→贫氧的演化过程,具体为龙马溪组早期和五峰组晚期水体缺氧,龙马溪组中期和五峰组早-中期水体贫氧,而观音桥层时期水体富氧。综合古沉积环境、古生产力、陆源碎屑输入等影响因素,研究认为缺氧沉积环境有利于有机质富集和保存,但有机质富集同时也受陆源碎屑和古生产力等因素影响。总之,缺氧的保存条件、良好的物质基础、适宜的气候条件、适当的沉积速率、稳定的构造背景等因素时空耦合关系决定了页岩中有机质的丰度,从而建立了五峰组-龙马溪组页岩沉积模式。

研究成果对四川盆地页岩气的勘探与开发将提供理论指导,并有助于提高四川盆地页岩气勘探开发效率,推动中国页岩气工业快速发展。

### 参考文献

**关键词** 页岩;地球化学;沉积环境;五峰组-龙马溪组;四川盆地



摘要 ID:612

主题分类: 非常规油气沉积学=》细粒沉积物理实验与数值模拟

最终交流类型: 专题邀请报告

## 松辽盆地北部致密油层沉积富集模式与勘探开发成效

赵波<sup>\*1,2</sup>、蒙启安<sup>1</sup>

1. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院
2. 成都理工大学地球科学学院

松辽盆地北部扶余油层致密油属于上生下储型油藏,而且有利区储集层形成于河流相大背景环境下的浅水三角洲沉积相带内,造就了致密储集砂体具有单砂体厚度薄、纵向错叠不集中、横向连续性差等特点(图1),导致平面和纵向“甜点”识别难。针对这一难题,应用丰富的钻井、三维地震资料,从沉积学角度开展浅水三角洲相带的精细地质解剖,提出了扶余油层小层级叠置型致密河道砂体发育模式及叠置砂体预测技术,总结了其勘探开发做法及成效。依据扶余油层砂层组中单层含油砂岩发育规模,建立研究区致密油储层砂体叠置模式(图1)及划分标准:①主力层河道砂体叠置型(单层含油砂岩厚度2.5 m以上、层数<3层);②主力层薄层河道砂体叠置型(单层含油砂岩厚度2.0 m以上、层数≤3层);③薄层分流河道砂体叠置型(单层含油砂岩厚度1.5 m以上、层数>3层)。由于沉积环境控制,松辽盆地北部扶余油层整体表现为薄互层,单层砂岩厚度小于2 m的砂体占总数50%以上,致使储层厚度小于 $1/4 \lambda$ 地震波长。对于这种窄小河道、纵向薄互层叠置砂体,根据钻井揭示的砂岩厚度和砂体组合类型,建立了叠置河道砂体的地震识别正演模型、地震响应特征及刻画技术(图2,表1),逐步形成了以黏弹偏处理技术为主,以Z等反演储层预测技术为核心的不同类型砂体井—震结合的多属性规模“甜点”区预测技术。在松辽盆地北部17个三维地震工区进行推广应用,地震资料品质提高15~20 Hz,水平井油层综合钻遇率85%以上(表2),提高了3~5 m河道砂岩储层预测能力,指导了水平井部署与钻探。针对松辽盆地扶余油层致密油非均质特性,形成了“预探先行,探索技术提产量;评价跟进,控投降本增效益”的总体工作思路,多区带均获突破,实现了增储上产同步,打破了勘探开发工作界限,创建了“预探评价一体化、整体部署”工作模式(图3)。同时,以地质和工程“双甜点”刻画、压裂渗吸开采机理为基础,发展完善了扶余油层薄互层“斜直井组缝网压裂弹性开发”和主体河道“立体水平井体积压裂”一体化优化设计技术。以储量动用率最大、改造效果最佳、经济效益最优为目标,形成了“多层位、多井型、平台式、工厂化”的直井缝网压裂、立体水平井体积压裂、直—平联合立体动用开发模式(图4)。

**参考文献** 金成志. 松辽盆地北部陆相非均质致密油整体勘探开发“2+3”模式[J]. 大庆石油地质与开发, 2014, 33(5): 9-15. 王玉华, 蒙启安, 梁江平, 等. 松辽盆地北部致密油勘探[J]. 中国石油勘探, 2015, 20(4): 44-53. 黄薇, 梁江平, 赵波, 等. 松辽盆地北部白垩系泉头组扶余油层致密油成藏主控因素[J]. 古地理学报, 2013, 15(5): 635-644. 蒙启安, 赵波, 陈树民, 等. 致密油层沉积富集模式与勘探开发成效分析——以松辽盆地北部扶余油层为例[J]. 沉积学报, 2021, 39(1): 112-125.

**关键词** 致密油; 沉积富集模式; 甜点识别技术; 成效分析; 松辽盆地北部





摘要 ID:1106

主题分类: 非常规油气沉积学=》细粒沉积物理实验与数值模拟

最终交流类型: 口头报告

## 核磁共振技术在页岩储层研究中应用-以川南龙马溪组为例

王俊轲<sup>1</sup>、冯明石<sup>2</sup>、王佳蕊<sup>1</sup>、王斌<sup>1</sup>、马佳明<sup>1</sup>

1. 成都理工大学能源学院
2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

核磁共振技术是页岩储层表征的重要手段, 常规低场核磁共振通过 H 原子能量变化判断样品中饱和水的自由度、分析不同种类水的含量, 是一种快速、有效、无损的测量技术。本文选取川南地区宜宾市长宁县黑土潭采石场中川南龙马溪组龙二段页岩为研究对象, 应用该技术对页岩孔隙结构进行表征。采用 MAGMED-Cores-2230 核磁共振分析仪, 放入饱和蒸馏水页岩样品, 选定运行适宜脉冲序列可得 T<sub>2</sub> 信号。后续信号反演后, 所得岩芯样本 T<sub>2</sub> 一维分布图谱借以核磁共振 (NMR) 及 MICP/液氮吸附联测法, 并根据 T<sub>2</sub> 图谱及对应模型方程精确计算岩样孔隙度、含油饱和度、含水饱和度等基本物性参数。研究结果表明, 龙马溪组二段岩石类型以高-过成熟的黑色页岩为主, 有机质微孔是页岩油气主要富集空间。核磁共振实验显示: ①横向弛豫时间 T<sub>2</sub><1ms- T<sub>2</sub> 双峰谱左峰峰位和单峰谱主峰峰位主要分布在<1ms 的范围内, 组分主要为束缚水孔隙, 微孔隙; 1ms<T<sub>2</sub><10ms- T<sub>2</sub> 双峰谱右峰峰位主要分布在 1~10ms 的范围内, 小孔隙; T<sub>2</sub>>10ms- T<sub>2</sub> 饱和谱信号幅度很小或消失, 认为是可动流体分布的孔隙区间, 大孔隙; ②从页岩核磁共振 T<sub>2</sub> 谱图响应特征出发, 可将页岩样品 T<sub>2</sub> 谱图大致分为 3 种类型: 单峰型、连续双峰型、分离双峰型, 样品多呈分离双峰型, 代表着有机质孔与无机孔分布特征明显, 且有机质孔信号量面积偏大指示了页岩样品有机质较发育, 具良好储集空间特征; ③页岩有机孔隙具有强烈亲油性, 无机孔隙具有强烈亲水性。基于页岩孔隙润湿性差异, 利用核磁共振技术 (NMR) 可确定有机孔隙和无机孔隙孔径分布, 亲油孔隙 T<sub>2</sub> 分布峰值在 1ms 左右为小孔径, 亲水孔隙主要分布在 6ms 左右对应于无机孔隙, 可采用不同性质液体介质测试分析谱图进而精细表征页岩孔隙特征。在核磁共振分析过程中, 由于谱图的信号强弱、横向弛豫时间 T<sub>2</sub> 包含着丰富的物性、含油气性信息, 具体表征为信号强弱对应着总孔隙度的大小, 横向弛豫时间 T<sub>2</sub> 长短对应着孔隙半径大小, 微孔隙 (小孔径) 对应于有机孔为页岩气赋存的主要储集空间。

**参考文献** 1. 李军, 金武军, 王亮, 武清钊, 路菁, 郝士博. 利用核磁共振技术确定有机孔与无机孔孔径分布——以四川盆地涪陵地区志留系龙马溪组页岩气储层为例[J]. 石油与天然气地质, 2016, 37(01): 129-134. 2. 曹淑慧, 汪益宁, 黄小娟, 倪军, 展转盈, 欧阳静芸, 王晖. 核磁共振 T<sub>2</sub> 谱构建页岩储层孔隙结构研究——以张家界柑子坪地区下寒武统牛蹄塘组的页岩为例[J]. 复杂油气藏, 2016, 9(03): 19-24.

**关键词** 龙马溪组; 核磁共振; T<sub>2</sub> 谱图; 孔径分布



摘要 ID:1307

主题分类: 非常规油气沉积学=》细粒沉积物理实验与数值模拟

最终交流类型: 专题邀请报告

## 咸化湖絮凝作用及其对有机质富集影响

周川闯<sup>1,3</sup>、Wonsuck Kim<sup>2</sup>、张志杰<sup>1,3</sup>、Ronald Steel<sup>4</sup>、成大伟<sup>1,3</sup>、袁选俊<sup>1,3</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院

2. Department of Earth System Sciences, Yonsei University

3. 提高石油采收率国家重点实验室

4. Jackson School of Geosciences, University of Texas at Austin

由于理化属性特殊, 并具胶体属性, 细粒沉积物极易发生絮凝。絮凝作用通常被认为对于有机质在细粒沉积物中的富集起到重要作用。前人对于絮凝作用的机理及其影响因素已开展了大量研究(周川闯, 2021), 然而对于絮凝作用与有机质富集及分布的关系探讨十分有限, 特别是由重力流引发的絮凝作用。在水槽物理模拟实验中, 通过改变水体的盐度(0-40%)和重力流的含沙量(1-5%), 探讨了盐度和密度差(重力流密度-水体密度)对细粒沉积物的分布及其中有机质含量的影响。结果表明: 1) 细粒沉积物的分布范围随盐度增大而减小; 随密度差增大, 先减小后增大; 2) 细粒沉积物中有机质的含量随盐度增大, 先增多后减少; 随着密度差增大, 先增大后减小。

咸化湖特征受干-湿气候旋回控制明显, 干早期以地表径流小、沉积物和营养物质通量低、湖区面积小、水深浅、生物初级生产率低为主要特征, 反之, 则相反。结合物理模拟结果, 可总结出咸化湖干早期和湿润期富有机质岩相的分布及其总有机碳含量特征: 1) 干早期因盐度高、密度差偏大、絮凝作用强, 有机质更易在细粒沉积物中富集, 但因初级生产力低, 且湖区面积小, 富有机质岩相主要是三角洲前方的半深湖-深湖相泥页岩; 2) 湿润期因盐度低、密度差小、絮凝作用弱, 富有机质岩相的分布及总有机碳主要受水动力控制, 以深湖相为主。

综合干-湿气候沉积旋回(相当于4-5级层序)和絮凝机制, 可总结出咸化湖相沉积层序(相当于3级层序)(Mitchum, 1977)中富有机质岩相的分布及其总有机碳特征: 1) 低位体系域富有机质岩相分布受限, 主要是三角洲前方的半深湖-深湖相泥页岩; 水进体系域和高位体系域上段富有机质岩相分布较广泛, 主要为深湖相泥页岩; 高位体系域下段富有机质岩相最为富集, 广泛发育由干-湿气候频繁交替沉积的贫-富有机质互层。咸化湖富有机质岩相的这种分布特征在我国准噶尔盆地的芦草沟组、美国 Uinta 盆地的绿河组(Smith et al., 2014)和非洲马拉维湖的全新统(Lyons et al., 2011)等都有发现, 可为咸化湖相页岩油气的勘探部署提供参考。

**参考文献** 周川闯, 张志杰, 邱振, 等, 2021. 细粒沉积物理模拟研究进展与展望[J]. 沉积学报, 39(01): 253-267. LYONS, R. P., SCHOLZ, C. A., BUONICONTI, M. R., et al., 2011. Late Quaternary stratigraphic analysis of the Lake Malawi Rift, East Africa: an integration of drill core and seismic-reflection data[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 303: 20-37. Mitchum, R. M., 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level, part 1: Glossary of terms used in seismic stratigraphy, in C. E. Payton, ed., Seismic stratigraphy—applications to hydrocarbon exploration[M]. American Association Petroleum Geologists Memoir, 26: 205-212. SMITH, M. E., CARROLL, A. R., SCOTT, J. J., et al., 2014. Early Eocene carbon isotope excursions and landscape destabilization at eccentricity minima: Green River Formation of Wyoming[J]. Earth and Planetary Science Letters, 403: 393-406. Tänavsuu-Milkeviciene, Kati., Sarg, J. Frederick., Bartov, Yuval., 2017. Depositional Cycles and Sequences In An Organic-Rich Lake Basin: Eocene Green River Formation, Lake Uinta, Colorado and Utah, U. S. A. [J]. Journal of Sedimentary Research, 87(3): 210-229. &nbsp;

**关键词** 水槽模拟; 咸化湖; 絮凝; 有机质富集; 重力流; 干-湿气候旋回



摘要 ID: 3251

主题分类: 非常规油气沉积学=》细粒沉积物理实验与数值模拟

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地石炭系膏盐岩岩石物理建模与应用

简世凯<sup>\*1,2</sup>、肖又军<sup>1,2</sup>、彭更新<sup>1,2</sup>、郑多明<sup>1,2</sup>、成锁<sup>1,2</sup>、赵光亮<sup>1,2</sup>、肖文<sup>1,2</sup>

1. 中国石油塔里木油田分公司勘探开发研究院
2. 中国石油超深层复杂油气藏勘探开发技术研发中心

### 1 引言

中国主要含油气盆地均存在膏盐岩(金之均等, 2010)。膏盐岩是一种特殊类型的沉积岩, 在整个构造和经济历史中发挥了重要作用(Zong et al., 2017)。塔里木盆地发育了多层系膏盐岩地层。膏盐岩具有低孔低渗的特点(Zhu et al., 2014), 可作为含油气盆地的区域盖层, 也可用于地下储气库的建设(Shen et al., 2020)。然而在钻井中, 钻遇膏盐层往往会发生阻卡和套损事故。塔里木盆地玉科地区石炭系膏盐岩地震岩石物理响应特征不清楚, 目前很少从岩石物理建模角度研究膏盐岩。本文首先描述了膏盐岩的岩性特征; 然后, 利用 Xu-Keys 模型和 Gassmann 公式等理论, 建立了一个新的表征膏盐岩的岩石物理模型; 通过目标函数的建立和反演, 实现膏盐岩层纵横波速度预测; 在此基础上, 建立岩石物理定量解释图版, 为膏盐岩分布预测和工程钻井提供有益的参考。

### 2 塔里木盆地石炭系膏盐岩特征

塔里木盆地石炭系膏盐岩研究区位于哈拉哈塘凹陷和满加尔拗陷之间, 在膏盐岩沉积时期, 发育泻湖-碳酸盐岩台地。基于研究区仅有的几条测井曲线, 通过细化分层, 得如图 1 所示 A、B 两口井的自然伽马与速度的交会图。

### 3 膏盐岩岩石物理建模方法与应用

为厘清研究区膏盐岩复杂微结构对弹性参数的影响, 本文建立了如图 2 所示的岩石物理建模流程。

在岩石物理建模的基础上, 建立目标函数, 通过反演实现膏盐岩纵横波速度的精确预测。如图 3 所示为预测的纵横波速度。

**参考文献** [1]金之钧, 周雁, 云金表, 等. 我国海相地层膏盐岩盖层分布与近期油气勘探方向[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 715-724. [2]Zong J J, Stewart R R, Dyaar N, et al., 2017. Elastic properties of rock salt: Laboratory measurements and Gulf of Mexico well-log analysis[J]. Geophysics, 82(5): D303-D317. [3]Shen X D, Arson C, Ding J H, et al., 2020. Mechanisms of anisotropy in salt rock upon microcrack propagation[J]. Rock Mechanics and Rock Engineering, 53(7):1-20. [4]Zhu C, Arson C., 2014. A model of damage and healing coupling halite thermo-mechanical behavior to microstructure evolution[J]. Geotechnical and Geological Engineering, 33(2): 389-410. [5]Mavko G, Mukerji T, Dvorkin J., 2009. The Rock Physics Handbook[M], Cambridge: Cambridge University Press, 91-124.

**关键词** 膏盐岩; 岩石物理建模; 纵横波预测; 定量解释



摘要 ID:1346

主题分类: 非常规油气沉积学=》细粒沉积物理实验与数值模拟

最终交流类型: 专题邀请报告

## 基于 LES-DEM 模型的浊流自悬浮机制的数值模拟研究

谢佳烽、胡鹏\*、Thomas Pähtz

浙江大学

浊流是一种广泛存在于自然环境和工程实际中的流体和颗粒共同运动的现象。其可以在坡度非常缓的地形上长距离运输,这背后的自悬浮机制引起了众多学者的关注。本研究采用 LES-DEM 耦合的欧拉-拉格朗日模型 (Large-Eddy Simulation and Discrete Element Method) 模拟了斜坡上开闸式浊流,通过颗粒运动特征、流体-颗粒相互作用等分析了斜坡上浊流的自悬浮的力学机制,并探究了初始颗粒浓度、地形坡度对自悬浮指标、床面切应力、颗粒平均受力和能量转化的影响。研究结果显示, (1) 颗粒的自悬浮主要发生在头部附近。自悬浮颗粒的运动轨迹可以分解为沿坡向的直线运动和近似的圆周运动,其中近圆周运动的上升段是颗粒自悬浮的关键,其力学机制是颗粒运动到浊流头部时受到的上升水流引起的强大曳力超过了颗粒的有效重力; (2) 地形坡度的增大和初始颗粒浓度的提高都可以提高浊流维持自悬浮的能力; (3) 随着初始浓度的提高,沿坡向的曳力降低,颗粒动能的转化速率增大,使得浊流前进速度更快;而垂坡向的曳力的增大有助于颗粒的自悬浮; (4) 随着地形坡度的增大,负的曳力逐渐增强,浊流会从平坡时的“水带沙”、“沙带水”两个阶段逐渐过渡到仅存在“沙带水”阶段的状态;同时,无量纲化的颗粒重力势能的转化速率得到了降低,这是颗粒自悬浮性能提高的一种表征。

**参考文献**

**关键词** 浊流; LES-DEM 模型; 自悬浮机制; 流体-颗粒相互作用



摘要 ID: 351

主题分类: 非常规油气沉积学=》细粒沉积物理实验与数值模拟

最终交流类型: 口头报告

## 深水陆棚富有机质页岩沉积微相-微地貌及其对储层的控制作用: 以四川盆地南部五峰组-龙马溪组页岩为例

郭伟\*、李熙喆、梁萍萍  
中国石油勘探开发研究院

为了探究深层深水陆棚富有机质页岩储层质量影响因素, 根据钻井、元素测井、岩心描述、薄片鉴定和岩心实验分析资料, 结合现代海洋沉积考察, 研究了四川盆地南部地区深层奥陶系五峰组-志留系龙马溪组富有机质页岩矿物含量平面分布、岩相特征和沉积作用类型, 首次开展了深层深水陆棚沉积微相和微地貌划分, 分析了深水陆棚沉积微相和微地貌对储层质量的影响, 探讨了深水陆棚微相横向分布规律。认识到: ①研究区五峰组-龙马溪组富有机质页岩陆源碎屑来自北侧川中水下高地; 岩相主要包括硅质页岩、含粘土硅质页岩和混合页岩三种类型。②目的层沉积作用类型以半远洋沉积和浊流沉积为主。③深水陆棚沉积微相可细分为钙质陆棚、钙-硅质陆棚、钙-硅-泥混合陆棚、硅-泥质陆棚、硅质陆棚和富泥扇六种类型, 以硅质陆棚、硅-泥质陆棚和钙-硅-泥混合陆棚为主; 沉积微地貌包括陆棚高地、陆棚斜坡、陆棚沟、陆棚丘和陆棚平原五种类型, 以陆棚平原和陆棚斜坡为主。④深水陆棚沉积微相通过控制储集能力而控制富有机质页岩的储层质量, 钙-硅-泥混合陆棚和硅质陆棚具有最好的储层品质; 沉积微地貌通过控制页岩富有机质页岩厚度而影响页岩储层质量, 陆棚平原具有最厚的储层厚度。⑤在深水陆棚环境, 随着沉积水体加深, 沉积微地貌由陆棚高地经陆棚斜坡(陆棚沟、陆棚丘)过渡到陆棚平原(陆棚丘), 沉积微相由钙-硅质陆棚经钙-硅-泥混合陆棚过渡到硅-泥质陆棚(富泥扇), 并最终演化为硅质陆棚。首次提出的这种深水陆棚沉积微相相律分布模式将为深层富有机质页岩储层评价与预测、储量评价、采收率预测以及稳产因素分析提供科学支撑。

### 参考文献

**关键词** 深层页岩气; 五峰组和龙马溪组; 深水陆棚沉积微相; 深水陆棚沉积微地貌; 沉积微相-微地貌对储层控制作用



非常规油气沉积学  
致密储层沉积、成岩改造与  
致密油气富集



摘要 ID:2309

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 利用油基泥浆电成像测井资料分析砂砾岩体沉积特征—以准噶尔盆地南缘高泉背斜下组合砂砾岩为例

潘峰\*<sup>1,2</sup>、甘仁忠<sup>3</sup>、郑以华<sup>3</sup>、杨应波<sup>3</sup>、陈敬<sup>3</sup>、王炜<sup>2</sup>

1. 西南石油大学

2. 斯伦贝谢科技服务(成都)有限公司

3. 中国石油新疆油田公司

准噶尔盆地南缘高泉背斜下组合砂砾岩地层主体为中侏罗统头屯河组-下白垩统清水河组,是辫状河三角洲和扇三角洲的沉积产物,其物源及沉积过程极其复杂而难以建立统一的沉积模式,加之本区钻井过程中常使用油基泥浆钻井液,常规测井信息对砂砾岩岩性和沉积微相的变化响应微弱。本文利用相对丰富的油基泥浆电成像测井资料,通过成像测井对砾石进行识别,用测井图像砾石定量表征方法计算了砾石长度、面积百分比、圆度和球度等砾石参数,再基于砾石参数和层理类型划分了单井砂砾岩体的岩相,通过分析交错层理特征获得了古水流方向,并结合地震属性和岩芯分析化验资料,明确了高泉背斜头屯河组-清水河组砂砾岩的沉积特征。结果表明:①研究区头屯河组-清水河组砂砾岩体主要由12种岩相组成。头屯河组地层自南西向北东方向,从块状层理砾岩相,在10km内,砾地比明显减小,岩相快速变化为块状层理砾岩相夹大量水平层理泥岩相,砾石长度、砾石面积百分比也具向北东方向减小趋势,砾石圆度和球度逐渐向好,与之对应,头屯河组地层真厚度向北东方向显著增厚。②清水河组砂砾岩以发育水平层理砾岩相为主,砾石长度、砾石面积百分比比较头屯河组减小,但10km内地层厚度分布稳定,砾石参数也变化较小。③头屯河组与清水河组砂砾岩古水流方向基本一致,平面上主体古水流方向为北东向。综上,头屯河组为近源陡坡快速入湖的扇三角洲,以非限制性洪泛沉积砾岩为沉积主体,储层发育程度低,局部发育的水下分流河道和河口坝沉积为储层有利相带;清水河组为远源缓坡入湖的辫状河三角洲,以片流砾岩为沉积主体,局部发育有河道沉积,在河道砂体与湖相泥岩指状交互的前缘位置,源-储叠置发育,成藏要素匹配较好,是有利的勘探目标区。本文首次在油基泥浆钻井液条件下利用电成像测井资料对砂砾岩体沉积特征进行分析,弥补了钻井取芯少、取芯不连续、沉积刻画难的不足,更加客观地反映了准噶尔盆地南缘高泉背斜下组合砂砾岩岩相古地理格局及其演化过程。

### 参考文献

**关键词** 油基泥浆电成像测井;砂砾岩沉积特征;头屯河组;清水河组;准噶尔盆地南缘;高泉背斜



摘要 ID: 2517

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 浅水三角洲混积层系有效储层分布规律及预测技术研究

于姗姗\*

中海油研究总院有限责任公司

鄂尔多斯盆地东缘L气田石炭系太原组太2段是区内主力目的层段,勘探开发潜力巨大,但是存在岩性组合复杂、沉积相多样、砂体横向变化快以及储层致密、非均质性强的特点,砂体成因及砂体内有效储层的展布规律不清,已经成为制约区内勘探开发的瓶颈问题。本文首先基于岩心、录井、测井、地震等资料开展浅水三角洲混合沉积层系的沉积相研究,明确了区内自北向南发育浅水三角洲前缘水下分流河道、混合沉积砂坝两类砂体,并针对砂体进行了精细刻画,在分流河道内部识别出主河道、次河道,在混合沉积砂坝内识别出了砂坝主体、砂坝侧翼及砂坝侧翼叠置等沉积微相单元,在此基础上,结合铸体薄片、物性分析、试气结果等资料对各类砂体对比分析后认为,主河道、砂坝主体的物性、孔喉结构较好,为研究区的有效储层,并据此建立了两类有效储层发育模式。最后,引入储层品质因子RQI指数,结合有效储层发育模式以及分频反演等地球物理手段,地质-地球物理综合分析,预测有效储层分布区,指导了井位部署及调整,对加快鄂尔多斯东缘致密气勘探开发进程,尽快实现增储上产具有重要意义。

**参考文献**

**关键词** 浅水三角洲;混积层系;太2段;有效储层;鄂尔多斯盆地





摘要 ID:2931

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 川西新场地区上三叠统须家河组二、四段物源及储层特征差异对比研究

苏加亮<sup>1,2</sup>、林良彪\*<sup>1,2</sup>、余瑜<sup>1,2</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)

2. 成都理工大学沉积地质研究院

川西拗陷新场地区须二段、四段是四川盆地致密气储层勘探的重点层位。受沉积环境、埋深、成岩环境的影响,不同物源下储层砂岩矿物组成、成岩演化以及储集物性等方面存在着显著差异。综合砂岩类型和岩屑类型特征,分析研究区须二段、须四段的物源方向,在此基础上通过储层岩石学特征、物性及储集空间特征及储集成岩作用类型探究物源对储层特征的影响,进而明确不同物源控制下研究区须二段、须四段储层特征的差异性。研究表明,川西新场地区须二段主物源区是米仓山-大巴山,须四段主物源区是龙门山。同一层位下不同物源控制的储层成岩作用特征有所差异。须二段,米仓山-大巴山物源较龙门山物源控制的储层压实作用及硅质胶结略强,绿泥石薄膜发育,碳酸盐胶结作用作用弱。须四段,龙门山物源较米仓山-大巴山物源控制的储层碳酸盐岩屑极大的提高了储层的抗压实能力,长石溶蚀作用显著,方解石胶结作用略弱。研究发现,同一物源控制下的不同层位储层成岩作用特征有着明显的差异性。龙门山物源下,须二段绿泥石胶结和长石溶蚀作用主要改变储层物性,碳酸盐胶结、硅质胶结是储层致密化的关键因素;须四段溶蚀作用和相对较弱的压实作用是储层孔隙发育的主要因素,碳酸盐胶结是储层致密化的关键因素。米仓山-大巴山物源下,须二段绿泥石胶结和长石溶蚀作用是改善储层物性的主要因素,硅质胶结是储层致密化的关键因素;须四段溶蚀作用和碳酸盐岩屑抗压实能力是改善储层物性的主要因素,碳酸盐胶结是储层致密的关键因素。

### 参考文献

**关键词** 川西拗陷; 新场地区; 须家河组; 物源特征; 储层特征



摘要 ID:3001

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 致密砂岩储层黏土矿物发育特征、生长机理及研究热点浅析

蔡来星\*、杨田、田景春、任启强  
成都理工大学沉积地质研究院

**【目的】**沉积岩中广泛发育的黏土矿物衔接着构造—沉积—成岩整个地质过程,记录了全盆地尺度的水—岩—烃相互作用信息。针对砂岩储层中黏土矿物的形成、生长和转化过程进行系统调研,不仅对健全成岩作用研究体系具有重要的学术探索意义,也从孔喉结构演变和物性响应角度为致密砂岩油气勘探、开发提供有力支撑。**【方法】**围绕这一主旨,本文详述了蒙脱石、高岭石、伊利石、绿泥石和混合晶层黏土矿物的基本特征、物质基础与生长环境,在归纳前人经典认识和最新进展的基础上梳理关键科学问题和前沿研究热点。**【结果】**认为黏土矿物与母岩性质、沉积微相之间空间耦合特征明显;内层膜形成过程中可能存在机械渗滤和生物诱导两种机理,有待后续研究进一步明确;在成岩环境主导下,外层膜的生长与其他流—岩作用的发生存在物质依赖和空间竞争关系,并反向影响介质条件。在含油气盆地中,黏土矿物通过改变孔喉结构和成岩进程对储层品质表现出绝对消极和相对积极的“双刃剑”作用;利用微区原位分析技术精准揭示全盆地尺度的黏土矿物生长过程和控储作用,既满足油气勘探开发的现实需求,又推动了盆地流体—岩石相互作用的发展。**【结论】**技术创新驱动地质学认识不断深化,并在实际勘探工作中逐渐完善,为实现油气增储上产提供理论基础。

**参考文献** [1] Michael D. Wilson. Inherited grain-rimming clays in sandstones from eolian and shelf environments: their origin and control on reservoir properties[M]. SEPM Society for Sedimentary Geology, 1992, 47: 209-225. [2] Wooldridge L J, Worden R H, Griffiths J, et al. The origin of clay-coated sand grains and sediment heterogeneity in tidal flats[J]. Sedimentary Geology, 2018, 373: 191-209. [3] Verhagen I T E, Crisóstomo-Figueroa A, Utley J E P, et al. Abrasion of detrital grain-coating clays during sediment transport: Implications for diagenetic clay coats[J]. Sedimentary Geology, 2020, 403: 105653. [4] Wooldridge L J, Worden R H, Griffiths J, et al. Biofilm origin of clay-coated sand grains[J]. Geology, 2017, 45(10): 875-878. [5] Konhauser K O, Ferris F G. Diversity of iron and silica precipitation by microbial mats in hydrothermal waters, Iceland: Implications for Precambrian iron formations[J]. Geology, 1996, 24(4): 323-326. [6] Duteil T, Bourillot R, Grégoire B, et al. Experimental formation of clay-coated sand grains using diatom biofilm exopolymers[J]. Geology, 2020, 48(10): 1012-1017. [7] 徐同台, 王行信, 张有瑜, 等. 中国含油气盆地黏土矿物[M]. 北京: 石油工业出版社, 2003. [8] 陈忠, 沈明道, 赵敬松, 等. 黏土矿物含量分析中的几个问题[J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 137-139. [9] 伏万军. 黏土矿物成因及对砂岩储集性能的影响[J]. 古地理学报, 2000, 2(3): 59-68. [10] 李忠, 陈景山, 关平. 含油气盆地成岩作用的科学问题及研究前沿[J]. 岩石学报, 2006, 22(8): 2113-2122.

**关键词** 黏土矿物, 生长机理, 致密砂岩, 油气意义, 研究热点



摘要 ID:3064

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 川中营山地区须二段含气砂岩地震识别技术

祝斯淼\*

大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

位于四川盆地中部隆起带的营山地区须二段地层属于扇三角洲分流河道与滩坝沉积,是该地区的主要产气层。由于其沉积环境的特殊性,须二段砂岩储层横向非均质性较强,低密度、低速、低纵波阻抗是含气砂岩区别于其它岩性最明显的特征。结合前人研究成果:沉积微相与通源断裂共同控制着营山地区致密砂岩储层的形成与发育的结论,笔者首先以测井岩石物理分析为基础,确定储层敏感参数;其次通过单井地震记录分析,研究目的层含气砂岩的地震响应特征,在此基础上结合正演模拟,确定含气砂岩的地震敏感属性;最后,针对叠后三维地震数据体提取平面属性提取,理清营山地区须二段含气砂岩的平面分布规律,初步形成了须二段“致密砂岩储层地震一体化预测”技术,以此为依据指导井位部署取得良好效果。

**参考文献** [1]&nbsp;熊伟,刘华勋,高树生,等.低渗透储层特征研究[J].西南石油大学学报:自然科学版,2009,31(5):89-92. XIONG Wei, LIU Huaxun, GAO Shusheng, et al. Study on characteristics of low permeability reservoir [J].&nbsp;Journal of Southwest Petroleum University&nbsp;(Science&nbsp;Technology&nbsp;Edition), 2009, 31(5):89-92. [2]&nbsp;张一伟,熊琦华,王志章,等.陆相油藏描述[M].北京:石油工业出版社,1997. ZHANG Yiwei, XIONG Qihua, WANG Zhizhang, et al. Continental reservoir description [M].&nbsp;Beijing: Petroleum Industry Press, 1997. [3]&nbsp;张旭光.玉北地区碳酸盐岩储层地震响应特征研究[J].石油物探,2012,51(5):493-495. ZHANG Xuguang. Study on seismic response characteristics of carbonate reservoir in Yubei area [J].&nbsp;&nbsp;Geophysical Prospection for Petroleum, 2012, 51(5):493-495. [4]&nbsp;郭正吾,邓康龄,韩永辉.四川盆地形成与演化[M].北京:地质出版社,1996:163-165. GUO Zhengwu, DENG Kangling, HAN Yonghui. Formation and evolution of Sichuan Basin [M].&nbsp;Beijing: Geological Publishing House, 1996:163-165. [5]&nbsp;周峰,雍自权,盛海波,等.川中合川地区上三叠统须家河组二段储层特征[J].四川地质学报[J].2011,31(1):25-28. ZHOU Feng, YONG Ziquan, SHENG Haibo, et al. Geological Features of Reservoir of the 2nd Member of the Upper Triassic Xujiahe Formation in Hechuan, Central Sichuan [J].&nbsp;Acta Geologica Sichuan, 2011, 31(1):25-28. [6]&nbsp;库丽曼,刘树根,张长俊,等.川中地区上三叠统须家河组二段和四段沉积相[J].油气地质与采收率[J].2007,14(2):35-38. KU Liman, LIU Shugen, ZHANG Changjun, et al. Sedimentary facies of the second and fourth members of the upper Triassic Xujiahe Formation in Central Sichuan [J].&nbsp;Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2007, 14(2):35-38. [7]&nbsp;张光荣,卢晓敏,钟子川,等.潼南地区须家河组须二段储层预测[J].西南石油大学学报:自然科学版,2008,30(5):77-80. ZHANG Guangtong, LU Xiaomin, ZHONG Zichuan, et al. Reservoir prediction of the second member of Xujiahe Formation in Tongnan area [J].&nbsp;Journal of Southwest Petroleum University&nbsp;(Science&nbsp;Technology&nbsp;Edition), 2008, 30(5):77-80. [8]&nbsp;雍自权,王浩,冯逢,等.川中营山构造须家河组第二段致密砂岩储层特征[J].成都理工大学学报:自然科学版,2012,39(2):137-140. YONG Ziquan, WANG Hao, FENG Feng, et al. Geological features of tight sandstone reservoir of Member 2 of Xujiahe Formation in Yingshan structure, Central Sichuan, China [J].&nbsp;Journal of Chengdu&nbsp;University&nbsp;of Technology (Science&nbsp;Technology&nbsp;Edition), 2012, 39(2):137-140. [9]Doherty S M, Claerbout J F. Structure independent velocity estimation [J]. Geophysics, 1976, 41(5):850-881. [10]余刚,周小鹰,王箭波.多子波分解与重构法砂岩储层预测[J].西南石油大学学报:自然科学版,2013,35(1):19-21. SHE Gang, ZHOU Xiaoying, WANG Jianbo. Prediction of Sand Reservoir with Multi-Wavelet



Seismic Trace Decomposition and Reconstruction [J]. &nbsp;Journal of Southwest Petroleum University&nbsp;(Science&nbsp;Technology&nbsp;Edition), 2013, 35 (1) :19-21. [11]&nbsp;余振, 王彦春, 何静, 等. 富含油储层地震响应特征分析[J].现代地质, 2012, 26 (6) :1250-1251. YU Zhen, WANG Yanchun, He jing, et al. Analysis of seismic response characteristics of oil rich reservoirs [J]. &nbsp;Geoscience, 2012, 26 (6) :1250-1251. [12]&nbsp;张军舵, 乐友喜, 王艳香. 双相各向同性介质伪谱法地震波场数值模拟[J].石油物探, 2008, 47( 4) : 338-345. ZHANG Junduo, YUE Youxi, WANG Yanxiang. Numerical simulation of seismic wave field by pseudo spectral method in two-phase isotropic media [J]. &nbsp;Geophysical Prospection for Petroleum, 2008, 47( 4) : 338-345. [13]&nbsp;龙国清, 邓宏文, 李玉君, 等. 基于模型正演的测井曲线重构技术在储层表征中的应用[J].油气地质与采收率, 2008, 15(1):66-68. LONG Guoqing, DENG Hongwen, LI Yujun, et al. Application of the log reconstruction technology to reservoir characterization based on forward modeling [J]. &nbsp;Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2008, 15(1):66-68. [14]&nbsp;苏朝光, 闫昭岷, 张营革, 等. 应用井约束正演模型技术解决地层圈闭描述中的几个难题—以济阳拗陷为例 [J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(1):52-55. SU Chaoguang, YAN Zhaomin, ZHANG Yingge, et al. Application of a well-constrained forward model technique in solving difficulties of stratigraphic trap description——taking Jiyang Depression as an example [J]. &nbsp;Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2007, 14(1):52-55. [15]&nbsp;王军, 吕小伟, 王立歆. 基于正演模型的地震处理技术保幅性分析与评价 [J]. 油气地质与采收率, 2012, 19(4):46-49. WANG Jun, Lv Xiaowei, WANG Lixin. Model-based relative-amplitude-preserved estimation methods and application of seismic processing technology [J]. &nbsp;Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(4):46-49. [16]&nbsp;王开燕, 徐清彦, 张桂芳, 等. 地震属性分析技术综述[J].&nbsp;地球物理学进展, 2013, 28 (2) : 816-818. WANG Kaiyan, XU Qingyan, ZHANG Guifang, et al. Summary of seismic attribute analysis [J]. &nbsp;Progress in Geophysics, 2013, 28 (2) : 816-818.

**关键词** 致密砂岩; 含气砂岩; 地震响应特征; 正演模拟; 属性分析



摘要 ID:727

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 西江主洼古近系致密储层特征及油气有利区研究

向巧维、丁琳\*、谢世文、张月霞、卫哲  
中海石油有限公司(中国)深圳分公司

南海东部珠江口盆地西江主洼古近系恩平组埋藏较深(超4000m),储层较为致密,为低孔低渗油气藏,但近年来恩平组钻井揭示了较好的产能,预示着普遍低孔渗储层中存在着相对高孔渗地区,为了寻找油气有利区,基于井震资料,利用铸体薄片、扫描电镜、X衍射、物性分析等多种手段,从宏观到微观系统地研究了该地区恩平组储层的沉积特征、岩石学特征、储集空间类型和成岩作用特征,分析了普遍低孔渗储层中相对高孔渗油气有利区的主控因素。研究表明:①西江主洼为北断南超、东西缓坡的半地堑构造,恩平组时期地形整体较为平缓,水体较浅,但湖盆中央断裂活动较强,沉积了一套水下分支河道极为发育的浅水三角洲体系,其砂体厚度约5m左右,以含砾中粗砂岩为主,泥岩中见大量煤层,砂体以浅水三角洲水下分流河道和河道边缘为主。②恩平组储层岩性以长石砂岩、长石石英砂岩为主,岩屑以花岗岩岩屑为主,填隙物包括高岭石、铁方解石、泥晶碳酸盐、白云石、黄铁矿以及菱铁矿。孔隙类型以原生粒间孔为主,少量次生溶蚀孔,少量微裂缝,颗粒间多为线接触,磨圆以次棱角-次圆状为主,分选较差,整体处于中成岩A2期,成岩阶段的压实作用及胶结交代作用是物性变差的主要原因。储层物性非均质性很强,孔隙度变化范围为2.5%-17.1%(平均值为10.2%),渗透率变化范围为0.03mD-671.13mD(平均值为24.9mD),表明低孔渗储层中发育相对高孔渗油气有利区。③恩平组时期湖盆水体较浅,湖盆边缘砂体由于湖盆中央断裂活动较频繁被“引入”湖盆中央,形成水下分支河道,主河道砂体粒度较粗,具有较好的抗压实能力,钻井揭示产能较高的井多位于断裂带附近,大气水风化淋滤作用及有机酸溶蚀可改善储层物性,因此,该地区断裂带附近的主河道砂体物性会相对较好,为油气有利区。

### 参考文献

**关键词** 致密储层;储层物性;古近系;西江主洼;珠江口盆地



摘要 ID:989

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 致密砂岩气藏微纳米孔隙结构全孔径定量表征及其对流体渗流机理的控制作用

张茜\*<sup>1</sup>、秦宇<sup>1</sup>、孙卫<sup>2</sup>、韩进<sup>1</sup>

1. 石油工程与环境工程学院·延安大学, 陕西 延安 716000

2. 大陆动力学国家重点实验室/地质学系·西北大学, 陕西 西安 710069

致密砂岩储层微纳米孔隙结构是影响油气运聚成藏、评价和开发的关键因素。岩石组构、微纳米孔隙结构对流体渗流机理具有控制作用,但它们之间的作用关系和约束机制尚未厘清。课题拟以鄂尔多斯盆地苏里格气田东区山1段致密砂岩气藏为例,开展致密砂岩气藏微纳米孔隙结构全孔径定量表征及其对渗流机理的控制作用研究。结合全尺度孔喉测试实验,构建致密砂岩气层孔隙结构-岩石组构模型,连续定量表征致密砂岩气藏微纳米孔隙结构特征,明确致密砂岩气藏在充注和开采动力制约机制下天然气充填孔隙空间的半径变化特征和组合规律;定量刻画致密砂岩气藏不同尺度孔隙结构中流体的分布特征和运动规律,阐明致密砂岩气藏微纳米孔隙结构对流体赋存状态的约束机制。为致密砂岩气藏的合理高效开发提供地质依据。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 致密砂岩气藏; 岩石组构; 微纳米孔隙结构; 渗流机理



摘要 ID:2003

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 海相碳酸盐岩中生物碎屑的泥晶化作用及其成孔效应

刘航宇、石开波、刘波\*  
北京大学

泥晶化作用是碳酸盐颗粒边缘或整个颗粒被隐晶或微晶碳酸盐岩晶体交代的过程。生物碎屑作为浅海中碳酸盐岩的主要造岩组分,其泥晶化作用特征、机制及其与生物种属的关系对理解碳酸盐岩成岩改造过程、恢复沉积环境具有重要理论意义,此外,伴随生物碎屑泥晶化作用过程可能产生孔隙,对碳酸盐岩成储具有重要价值。本文以中东美索不达米亚盆地地下白垩统 Mauddud 组缓坡相和上白垩统 Rumaila 组镶边台地相碳酸盐岩为研究对象,通过显微观察、阴极发光、扫描电镜、孔渗测试等技术手段,对不同种属生物碎屑的泥晶化作用及其成孔效应进行研究。结果表明:各种属生物碎屑均经历泥晶化,其中有孔虫、藻类等生屑对泥晶化作用的敏感性强于厚壳蛤、棘皮、腕足类等。微钻孔充填与重结晶作用均可导致泥晶化作用,微钻孔导致的泥晶化作用部位具有随机性、与生物碎屑原生微观晶体结构无关;而重结晶作用的泥晶化受到原生生物碎屑晶体结构的制约、泥晶化作用部位沿着生物碎屑晶体排列方向分布。上述两种泥晶化作用中,重结晶作用更常见,是湿态的极小范围内溶解-沉淀过程。生物碎屑泥晶化作用过程并非一定产生颗粒内微孔,粒内微孔发育与否与泥晶化后微晶方解石结构具有明显相关性,随着微晶方解石自形程度变好再变差,粒内微孔发育程度逐渐变差。颗粒内微孔形成于早期成岩过程海洋环境中的泥晶化作用,粒内微孔发育与否与封闭/开放成岩微环境、压实强度相关,弱压实、封闭性成岩环境有利于粒内微孔的形成。

**参考文献** 尤东华,韩俊,胡文煊,等.超深层灰岩孔隙-微孔隙特征与成因——以塔里木盆地顺南7井和顺托1井一间房组灰岩为例[J].石油与天然气地质,2017,38(4):693-702. Bathurst R. Boring algae, micrite envelopes and lithification of molluscan biosparites[J]. Geological Journal, 1966, 5(1):15-32. Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks Analysis, Interpretation and Application [M]. Springer Berlin Heidelberg, 2010. Morad D, Nader F H, Gasparrini M, et al. Comparison of the diagenetic and reservoir quality evolution between the anticline crest and flank of an Upper Jurassic carbonate gas reservoir, Abu Dhabi, United Arab Emirates[J]. Sedimentary Geology, 2018, 367(5):96-113. Reid R P, Macintyre I G. Microboring Versus Recrystallization: Further Insight into the Micritization Process[J]. Journal of Sedimentary Research, 2000, 70(1):24-28.

**关键词** 海相碳酸盐岩;白垩系;生物碎屑;泥晶化作用;微孔



摘要 ID:3121

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 超深层油气藏形成及演化研究 ——以川中古隆起北斜坡地区震旦系灯影组为例

丁孝恒、葛冰飞、宋泽章\*  
中国石油大学(北京)

超深层地层中烃类的演化机制是石油地质迈向深地研究的核心问题。重建超深层油气演化史是揭示深层油气藏动态演化机制的关键,可为下一步油气勘探指明方向。四川盆地川中地区安岳气田是中国深层油气勘探的前沿地区。本研究选取川中地区上震旦统灯影组天然气储层为研究对象,通过综合分析天然气地球化学特征、烃源岩评价、储层的沥青-源岩对比、包裹体分析、一维和二维油气成藏模拟,动态还原和比较了川中地区不同构造区,即继承性古隆起和非继承性斜坡区油气的生成演化过程。结果表明:(1)川中地区震旦系灯影组超深层天然气为典型的古油藏裂解气,天然气主要来源于下寒武统筇竹寺组和麦地坪组烃源岩;(2)震旦系气藏的形成包括三个阶段:古油藏的形成;古油藏裂解成古气藏;古气藏的调整;(3)烃源岩储层评价、固体沥青定量分析和油气成藏模拟表明:斜坡区天然气成藏条件优于继承性古隆起核部,古油藏规模可能比继承性古隆起核部更大。

**参考文献** Cai, G., Xiang, L., Yuan, Y., Xu, C., He, W., Tang, Y., et al. (2017). Sulfur and carbon isotopic compositions of the Permian to Triassic TSR and non-TSR altered solid bitumen and its parent source rock in NE Sichuan Basin. *Organic Geochemistry* 105, 1–12. doi: 10.1016/j.orggeochem.2016.12.004. Ma, K., Shen, P., Wang, Z., Tian, X., Peng, H., Wang, H., et al. (2019). Natural gas exploration potential of Longwangmiao Formation on the north slope of Chuanzhong paleo-uplift from the characteristics of Four Paleo. *Natural Gas Geoscience* 30(10), 1451–1464. Ren, Z., Cui, J., Qi, K., Yang, G., Chen, Z., Yang, P., et al. (2020). Control effects of temperature and thermal evolution history of deep and ultra-deep layers on hydrocarbon phase state and hydrocarbon generation history. *Natural Gas Industry* 40(2), 22–30. Song, Z., Liu, G., Luo, B., Zeng, Q., Tian, X., Dai, X., et al. (2021). Logging Evaluation of Solid Bitumen in Tight Carbonate in Deepburied and Ultra-deep-buried Strata of the Central Sichuan Basin. *Acta Sedimentologica Sinica* 39(1), 197–211. Tissot, B.P., and Welte, D.H. (1978). "Formation of Petroleum in Relation to Geological Processes. Timing of Oil and Gas Generation," in *Petroleum Formation and Occurrence: A New Approach to Oil and Gas Exploration*, eds. B.P. Tissot & D.H. Welte. (Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg), 185–201. Vandenbroucke, M., Behar, F., and Rudkiewicz, J.L. (1999). Kinetic modelling of petroleum formation and cracking: implications from the high pressure/high temperature Elgin Field (UK, North Sea). *Organic Geochemistry* 30(9), 1105–1125. doi: [https://doi.org/10.1016/S0146-6380\(99\)00089-3](https://doi.org/10.1016/S0146-6380(99)00089-3). Wei, G., Du, J., Xu, C., Zou, C., Yang, W., Shen, P., et al. (2015a). Characteristics and accumulation modes of large gas reservoirs in Sinian-Cambrian of Gaoshiti-Moxi region, Sichuan Basin. *Acta Petrolei Sinica* 36(1), 1–12. Xie, Z., Li, J., Yang, C., Tian, X., Zhang, L., Li, J., et al. (2021a). Geochemical characteristics of Sinian-Cambrian natural gas in central Sichuan paleo-uplift and exploration potential of Taihe gas area. *Natural Gas Industry* 41(7), 1–14. Zhu, G., Liu, X., Yang, H., Su, J., Zhu, Y., Wang, Y., et al. (2017b). Genesis and distribution of hydrogen sulfide in deep heavy oil of the Halahatang area in the Tarim Basin, China. *Journal of Natural Gas Geoscience* 2(1), 57–71. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jnggs.2017.03.004>.

**关键词** 生烃; 成藏; 演化史; 灯影组; 川中地区





摘要 ID: 3283

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地苏里格地区二叠系太原组致密砂岩储层石英胶结物成因机制研究

王子龙<sup>1,2</sup>、刘明洁<sup>1,2</sup>、孙宇鹏<sup>3</sup>、范毅君<sup>3</sup>、付亮<sup>4</sup>

1. 西南石油大学天然气地质四川省重点实验室
2. 西南石油大学地球科学与技术学院
3. 中国石油长庆油田分公司勘探事业部
4. 中国石油长庆油田分公司第四采油厂

石英胶结物广泛发育于鄂尔多斯盆地苏里格地区二叠系太原组致密砂岩储层,是影响该储层质量的重要因素。本次研究综合铸体薄片、扫描电镜、X-衍射、电子探针、流体包裹体以及碳氧同位素等测试分析,明确太原组致密砂岩储层石英胶结物的类型、产状、期次及其成因机制,探讨石英胶结物对储层质量的影响。研究发现:太原组致密砂岩储层主要发育粗粒石英砂岩和岩屑石英砂岩;孔隙类型以粒间孔、黏土矿物晶间孔和溶蚀孔洞为主;可见两期次生石英加大边发育以及六方锥状的自生石英晶体充填粒间孔和粒内容孔。碳氧同位素呈负偏特征( $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ :  $-7.79\% \sim -2.91\%$ ;  $\delta^{18}\text{O}_{\text{PDB}}$ :  $-17.97\% \sim -10.98\%$ ),反映与有机质脱羧作用相关。石英胶结物流体包裹体均一温度为 $80^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ ,表现为多期次连续沉淀过程。研究表明:鄂尔多斯盆地苏里格地区太原组致密砂岩储层石英胶结物表现为早晚两期四类成因机制:早期石英胶结物来源于 $80^{\circ}\text{C} \sim 110^{\circ}\text{C}$ 阶段有机酸对长石、岩屑等铝硅酸盐的溶蚀,其相对石英颗粒更富集 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Al}^{3+}$ ;少量来自于因火成岩岩屑蚀变所形成蒙脱石的伊利石化。晚期石英胶结物主要来源于 $110^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ 阶段高岭石的伊利石化作用,其所需的钾离子来源于钾长石溶解和海源流体提供的外源钾;少量源于石英颗粒和胶结物碱性溶蚀后的再沉淀。尽管研究区普遍发育的石英胶结物致使储层质量变差,但同时可显著提高砂岩的抗压强度,起到支撑岩石骨架、保护粒间孔隙的作用,且石英胶结物充填孔喉形成封闭成岩体系,使后期成岩流体不能对前期存在的孔隙进行明显破坏。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地;太原组;致密砂岩;石英胶结作用;储层质量



摘要 ID: 2589

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 川西坳陷新场构造带须二气藏“甜点”模式及形成分布规律

刘君龙、刘忠群\*、胡宗全、金武军、李吉通  
中国石化石油勘探开发研究院

致密砂岩气藏甜点评价是储量有效动用的关键。基于新场须家河组二段气藏精细解剖, 阐明了气藏甜点地质特征, 建立了气藏甜点模式和识别标准, 明确了甜点空间分布特征, 探讨了致密气藏甜点形成机理。结果表明: ① 有效储层划分 2 种类型, 分别为平缝发育的和块状的中粗粒砂岩, 且有效裂缝为倾角大于  $30^{\circ}$  的斜缝、高角度缝和立缝等构造缝; ② 气藏甜点可以划分 3 种类型, 断缝型甜点高角度裂缝较发育, 主要分布在 SN 向断裂所控制的断缝体内。层理缝及孔隙型甜点高角度缝不发育, 主要分布在断缝体之外的优质储层范围内; ③ 构造位置较高的有利含气区是新场须二气藏甜点发育的基础, 晚期断裂影响的断缝体决定了断缝型甜点形成, 在断缝体之间, 优质储层品质是层理缝及孔隙型甜点形成的主要控制因素。明确气藏甜点模式, 阐明甜点形成机理, 一方面可以深化致密气藏甜点理论认识, 另一方面也可以为甜点分布预测和可动储量评价提供有力支撑。

参考文献

关键词



摘要 ID:428

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 碎屑岩潜山储层构造活动与成岩作用耦合关系探讨

王晔磊\*<sup>1</sup>、刘卫红<sup>2</sup>、邱隆伟<sup>1</sup>、杨勇强<sup>1</sup>、杨保良<sup>1</sup>、董道涛<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)

2. 中国石油勘探开发研究院

近年来,随着油气需求增加和油气勘探工作深入,潜山油气藏再度成为众多学者和勘探家关注的重点。前期勘探发现,我国潜山油气藏资源十分丰富,从辽河油田大型太古界变质岩潜山油气藏到华北油田霸县凹陷碳酸盐岩潜山中取得重大突破,均表明渤海湾盆地潜山油气藏具备良好的勘探前景。

为深化对碎屑岩潜山储层的认识,以济阳拗陷孤北低潜山二叠系上石盒子组砂岩储层为例,利用岩心观察、薄片鉴定、扫描电镜、阴极发光、电子探针、背散射、流体包裹体及孔渗测试等技术,结合埋藏演化史和构造演化史,对储层的埋藏-抬升-再埋藏过程中的成岩相应进行研究。结果表明:济阳拗陷孤北低潜山二叠系上石盒子组砂岩储层整体为低孔-低渗储层,成岩作用类型复杂,成岩序列为早期长石溶蚀/高岭石胶结/早期黄铁矿胶结→碳酸盐胶结/石英次生加大→石英溶蚀/石英及其加大边溶蚀→晚期黄铁矿胶结/碳酸盐溶蚀/晚期长石溶蚀/可溶性杂基溶蚀,压实作用贯穿整个埋藏过程。济阳拗陷孤北低潜山二叠系上石盒子组砂岩储层先后经历了:Ⅰ、地层浅埋藏+火山活动阶段;Ⅱ、地层抬升暴露剥蚀阶段和Ⅲ、再埋藏阶段。孔隙演化定量恢复结果显示,阶段Ⅰ和Ⅱ压实作用与胶结作用对孔隙度的影响较大,孔隙度从40%降至19%;阶段Ⅲ早期碱性环境下成岩作用对储层为破坏性作用,使储层孔隙度从19%降至6.7%;之后酸性环境下溶蚀改造使储层孔隙度从6.7%升高到9.1%;次生溶蚀孔隙发育且保存较好。研究为济阳拗陷孤北低潜山二叠系上石盒子组砂岩储层埋藏-抬升-再埋藏过程物性演化规律提供参考,对致密砂岩油气勘探有一定意义。

**参考文献** [1]谢文彦,孟卫工,张占文等.辽河拗陷潜山内幕多期裂缝油藏成藏模式[J].石油勘探与开发,2006(06):649-652. [2]赵贤正,王权,金凤鸣等.冀中拗陷隐蔽型潜山油气藏主控因素与勘探实践[J].石油学报,2012,33(S1):71-79. [3]王永诗,吴智平.济阳拗陷中-新生代叠合盆地及油气成藏[J].地质科技情报,2009,28(05):53-59. [4]邱隆伟,徐宁宁,周涌沂等.鄂尔多斯盆地大牛地地区致密砂岩石英溶解作用及其对优质储集层的影响[J].矿物岩石地球化学通报,2015,34(01):38-44+2. [5] Alaa M, Salem S, Morad S. Diagenesis and reservoir-quality evolution of fluvial sandstones during progressive burial and uplift: Evidence from the Upper Jurassic Boipeba Member, Revoncavo Basin, Northeastern Brazil[J]. AAPG Bulletin, 2000, 84: 1015-1040.

**关键词** 成岩作用; 构造演化; 上石盒子组; 孤北潜山; 济阳拗陷



摘要 ID:634

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 致密砂岩含油非均质性储层的野外实例: 鄂尔多斯盆地三叠系延长组安沟露头的三维数字模型和精细解剖

詹容若<sup>1</sup>、段亮\*<sup>1</sup>、罗晓容<sup>2</sup>、程明<sup>2</sup>、孟选刚<sup>3</sup>、汪洋<sup>3</sup>、王爱国<sup>1</sup>、魏荣浩<sup>1</sup>

1. 西北大学

2. 中国科学院地质与地球物理研究所

3. 延长油田股份有限公司七里村采油厂

非均质性是(致密)砂岩储层普遍具有的地质现象,结构上具体表现为不同级别和尺度(从孔径级至盆地尺度)的构型界面。典型油砂露头的稀缺制约着砂体尺度下对储层和含油非均质性关系的认识,使得以往研究在方法上倚重于数学模拟和各种物性参数的统计。位于鄂尔多斯盆地东南部的安沟油砂露头作为目前国内可类比地下典型结构非均质性储层的经典露头,出露的三叠系延长组致密砂岩中含油非均质性表现明显,是研究储层非均质性和含油非均质性具体关系有效素材。露头区沉积-层序分析表明含油致密砂岩的沉积环境为曲流河道,底面为对应长7和长6油层组界限的三级层序界面。为精确刻画砂体内部不同构型界面和含油非均质性的具体关系,通过无人机三维数字露头建模、野外实地解剖、露头连续取样和薄片观察,发现研究区含油非均质性与五级(水道叠置)、六级(砂坝垂向加积)和七级(交错层等底形)构型界面关系密切,单套砂体内含油和不含油区域显示出截然不同的结构和成岩特征。安沟油砂露头单砂层顶、底和内部含油非均质性显著,通过对单砂层的连续采样分析发现,单水道砂体底部为典型的中粒长石砂岩,碎屑颗粒间紧密接触,胶结物总体含量相对较少,主要为少量的石英和长石自生加大和充填颗粒间空隙的黄铁矿。同时发育暗色细粒纹层的包络线和大量假杂基的定向排列。单水道砂体的主体为细粒长石砂岩,碎屑颗粒间接触较少,胶结物含量相对较高,主要为连晶式的方解石和浊沸石。单水道砂体的顶部为极细粒长石杂砂岩,碎屑颗粒呈漂浮状分布于填隙物中,互不接触。胶结物含量较高,主要为基底式的方解石胶结。研究结果显示安沟油砂露头单砂层顶、底和内部截然不同的结构、物性和成岩特征是造成露头差异化含油的根本原因。该露头的发现和详细解剖为致密砂岩储层中含油非均质性明显受控于沉积作用和差异化的成岩作用提供了直接的地质证据。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地 延长组 致密砂岩 三维数字露头模型 含油非均质性



摘要 ID:696

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 低渗透凝灰质砂岩储集空间特征及储层差异演化——以珠江口盆地陆丰西南斜坡文昌组为例

李晓艳\*、丁琳、周凤娟、李小平  
中海油深圳分公司

珠江口盆地陆丰西南斜坡文昌组发育富凝灰质的低渗透砂岩储层,凝灰质对储层物性的影响是勘探面临的关键问题之一。本文利用岩心/井壁心观察、薄片鉴定、扫描电镜分析、阴极发光分析等方法,对研究区文昌组凝灰质砂岩储层储集空间及其储层质量演化过程进行了系统研究。结果表明:1)储层储集空间类型复杂,以复合型孔隙为主。研究区发育原生孔隙+凝灰质溶孔+长石溶孔(I类)、凝灰质溶孔+原生孔隙+高岭石晶间孔(II类)、高岭石晶间孔+凝灰质溶孔+原生孔隙(III类)、高岭石晶间孔+磷灰石晶间孔+凝灰质溶孔(IV类)、高岭石晶间孔+长石溶孔(V类)5种类型的复合孔隙储层。2)凝灰质的充填及蚀变强度是储层差异演化的关键因素。凝灰质致密充填粒间导致储层孔隙度和渗透率降低;凝灰质弱蚀变产生的胶状高岭石或磷灰石导致储层渗透率大大降低;而粒间凝灰质大量溶蚀则有效提高储层孔隙度和渗透率。3)原生孔隙在复合型孔隙中的占比对优质储层的发育起决定性作用。原生孔隙越发育,后期成岩流体越容易进入,粒间凝灰质溶蚀强度越大,越有利于发育优质储层。进而明确了研究区以发育I类复合孔隙的储层质量最好,为凝灰质砂岩优质储层的勘探和实践提供地质依据。

**参考文献** 蒙启安,李军辉,李跃,等.海拉尔——塔木察格盆地中部富油凹陷高含凝灰质碎屑岩储层成因及油气勘探意义[J].吉林大学学报(地球科学版),2020,50(2):569-578.田立新.珠江口盆地惠州凹陷古近系规模性砂砾岩储层凝灰质成因及其油气地质意义[J].地球科学,2020,网络首发.刘晓健,王清斌,代黎明,等.凝灰质砂砾岩复合型储集空间特征及其成因——以莱州湾南斜坡沙河街组为例[J].海洋地质前沿,2019,35(3):48-58.魏巍,朱筱敏,朱世发,等.湖相富火山物质复杂储层的岩石学特征及成岩作用:以二连盆地阿南凹陷下白垩统腾一段为例[J].地学前缘(中国地质大学(北京);北京大学),2018,25(2):147-158.贾珍臻,林承焰,任丽华,等.苏德尔特油田低渗透凝灰质砂岩成岩作用及储层质量差异性演化[J].吉林大学学报(地球科学版),2016,46(6):1624-1636.朱世发,朱筱敏,刘学超,等.油气储层火山物质蚀变产物及其对储集空间的影响——以准噶尔盆地克-夏地区下二叠统为例[J].石油学报,2014,35(2):276-285.朱世发,朱筱敏,吴冬,等.准噶尔盆地西北缘下二叠统油气储层中火山物质蚀变及控制因素[J].石油与天然气地质,2014,35(1):77-85.

**关键词** 陆丰地区;文昌组;凝灰质砂岩;储集空间;差异演化



摘要 ID:979

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 致密砂岩孔隙结构 2D-3D 联合分形表征

赵琚仪<sup>1,2</sup>、郑伟<sup>1,2</sup>、宋泽章<sup>\*1,2</sup>

1. 中国石油大学(北京) 油气资源与探测国家重点实验室

2. 中国石油大学(北京) 地球科学学院

常规油气的日益枯竭使得致密油气成为现今国内外油气勘探与开发的重点领域。近几年,致密气储集层的孔隙结构定量表征一直是致密储层研究的热点。孔隙结构直接决定了储层渗流特征,并直接影响致密气井的产量和最终采收率。分形几何表征是定量研究孔隙结构非均质性最直接的方法之一,然而,截至目前,在大多数的研究中,对于孔隙结构的分形表征多使用一种分形模型并限于单个维度,却很少讨论不同维度的分形维数之间的差异和相互关系。本文选取了我国最具代表性的致密砂岩储层之一须家河组须二段储层作为研究对象。首先,在物性分析和 XRD 衍射分析的基础上,利用铸体薄片和扫描电镜对样品的孔隙结构进行了定性研究。然后,利用高压压汞技术获得了详细的孔隙结构参数。最终,将铸体薄片二维分形分析结果与压汞三维分形分析结果相结合,对致密砂岩储层的孔隙结构的非均质性进行了综合定量表征。研究表明:须二段致密砂岩主要为中细粒岩屑长石砂岩或长石岩屑砂岩,具有低孔、低渗的特点。须家河组致密砂岩主要由石英、长石和粘土矿物组成。其中,石英为主要矿物(平均含量可达 75.39%),气层样品中的石英含量的比干层样品高 11.18%。须二段致密砂岩的孔隙类型主要为粒间孔、微裂缝和粒内、粒间溶蚀孔。此外,含气地层中的微裂缝大多为开放性裂缝,而非含气地层中虽然也有微裂缝发育但大多被粘土矿物充填,无法作为气体渗流的通道。由高压压汞测试结果可知,含气地层与干层差异显著,气层样品与干层样品的孔喉半径中值  $r_{50}$  分别为 200 nm 和 80 nm,表明气层整体具有较大的孔喉半径。同时,气层样品还具有排驱压力较低( $<1$  MPa)、偏粗歪度,孔径分布具明显峰值的特点。通过分形分析可知,  $D_2$  表征了孔隙空间的非均质性,  $D_s$  则表征了孔隙网络的发育程度。气层样品的二维分形维数 ( $D_s$ ) 明显大于干层,而气层样品的三维分形维数 ( $D_1$ 、 $D_2$ ) 则明显小于干层。其中,三维分形维数  $D_2$  与含气性、渗透率、石英含量和  $r_{50}$  呈较强的负相关关系,而二维分形维数  $D_s$  与以上参数呈正相关关系。综合二维与三维分形分析,对致密砂岩储层的孔隙结构实现了更全面的定量表征。本研究为致密砂岩储层的孔隙结构表征提供了更全面的研究思路,进一步拓展了二维与三维分形联合分析的研究方式。

**参考文献** Brooks, R.H., and Corey, A.T. (1964). Hydraulic Properties of Porous Media. 26(1), 352-366. Corey, A.T. (1954). The interrelation between gas and oil relative permeabilities. Producers monthly 19(1), 38-41. Dai, J.X., Ni, Y.Y., and Wu, X.Q. (2012). Tight gas in China and its significance in exploration and exploitation. Petroleum Exploration and Development 39(3), 277-284. doi: Doi 10.1016/S1876-3804(12)60043-3. Daigle, H., Johnson, A., and Thomas, B. (2014). Determining fractal dimension from nuclear magnetic resonance data in rocks with internal magnetic field gradients. 79(6), D425-D431. doi: 10.1190/geo2014-0325.1. Ersoy, E., Schaffer, M.E., and Ditzen, J. (2019). "BP Statistical Review of World Energy 2019"(. Gao, H., and Li, H.A. (2015). Pore structure characterisation, permeability evaluation and enhanced gas recovery techniques of tight gas sandstones. Journal of Natural Gas Science & Engineering 28, 536-547. Guo, X., Huang, Z., Zhao, L., Han, W., Ding, C., Sun, X., et al. (2019). Pore structure and multi-fractal analysis of tight sandstone using MIP, NMR and NMRC methods: A case study from the Kuqa depression, China. Journal of Petroleum Science and Engineering 178, 544-558. doi: https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.03.069. Hou, X., Zhu, Y., Chen, S., Wang, Y., and Liu, Y. (2019). Investigation on pore structure and multifractal of tight sandstone reservoirs in coal bearing strata using LF-NMR measurements. Journal of Petroleum Science and Engineering. doi: 10.1016/j.petrol.2019.106757. Lai, J., and Wang, G. (2015). Fractal analysis of tight gas sandstones using high-pressure mercury intrusion techniques. Journal



of Natural Gas Science & Engineering 24, 185–196. Li, A., Ding, W.L., Jiu, K., Wang, Z., Wang, R.Y., and He, J.H. (2018). Investigation of the pore structures and fractal characteristics of marine shale reservoirs using NMR experiments and image analyses: A case study of the Lower Cambrian Niutitang Formation in northern Guizhou Province, South China. *Marine and Petroleum Geology* 89, 530–540. doi: 10.1016/j.marpetgeo.2017.10.019. Li, K. (2010). Analytical derivation of Brooks–Corey type capillary pressure models using fractal geometry and evaluation of rock heterogeneity. *Journal of Petroleum Science & Engineering* 73(1–2), 20–26. Li, K., and Horne, R.N. (Year). “Fractal characterisation of the geysers rock”, in: *Proceedings of the GRC 2003 annual meeting*. Li, K., and Horne, R.N. (Year). “Universal capillary pressure and relative permeability model from fractal characterisation of rock”, in: *th Stanford Geothermal Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University, Stanford, California*. Li, K., and Horne, R.N. (2006). Fractal modeling of capillary pressure curves for The Geysers rocks. *Geothermics* 35(2), 198–207. Li, K.W., and Zhao, H.Y. (2012). Fractal Prediction Model of Spontaneous Imbibition Rate. *Transport in Porous Media* 91(2), 363–376. doi: 10.1007/s11242-011-9848-0. Lian, T.L., Radhakrishnan, P., and Sagar, B.S.D. (2004). Morphological decomposition of sandstone pore-space: fractal power-laws. *Chaos Solitons & Fractals* 19(2), 339–346. doi: 10.1016/S0960-0779(03)00046-8. Mandelbrot, B.B., Passoja, D.E., and Paullay, A.J. (1984). Fractal Character of Fracture Surfaces of Metal. *Nature* 308(5961), 721–722. Mandelbrot, B.B., and Wheeler, J.A. (1983). The Fractal Geometry of Nature. *The Quarterly Review of Biology* 147(Volume 58, Number 3), 468 p. Peng, J., Han, H., Xia, Q., and Li, B. (2018). Evaluation of the pore structure of tight sandstone reservoirs based on multifractal analysis: a case study from the Kepingtage Formation in the Shuntuoguole uplift, Tarim Basin, NW China. *J. Geophys. Eng.* 15(4), 1122. Sakhaee–Pour, A., and Bryant, S.L. (2014). Effect of pore structure on the producibility of tight-gas sandstones. *Aapg Bulletin* 98(4), 663–694. Schmitt, M., Fernandes, C.P., Wolf, F.G., Bellini da Cunha Neto, J.A., Rahner, C.P., and Santiago dos Santos, V.S. (2015). Characterisation of Brazilian tight gas sandstones relating permeability and Angstrom–to micron–scale pore structures. *Journal of Natural Gas Science and Engineering* 27, 785–807. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2015.09.027>. Shao, X., Pang, X., Li, H., and Zhang, X. (2017). Fractal Analysis of Pore Network in Tight Gas Sandstones Using NMR Method: A Case Study from the Ordos Basin, China. *Energy & Fuels* 31(10), 10358–10368. doi: 10.1021/acs.energyfuels.7b01007. Song, Z., Liu, G., Yang, W., Zou, H., Sun, M., and Wang, X. (2018). Multi–fractal distribution analysis for pore structure characterisation of tight sandstone—A case study of the Upper Paleozoic tight formations in the Longdong District, Ordos Basin. *Marine and Petroleum Geology* 92, 842–854. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2017.12.018>. Sumantri, Y., and Permadi, P. (2018). A Study of Sandstone Permeability Anisotropy Through Fractal Concept. *American Journal of Science Engineering and Technology* 3(2). Sun, W., Zuo, Y., Wu, Z., Liu, H., Xi, S., Shui, Y., et al. (2019). Fractal analysis of pores and the pore structure of the Lower Cambrian Niutitang shale in northern Guizhou province: Investigations using NMR, SEM and image analyses. *Marine and Petroleum Geology* 99, 416–428. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.10.042>. Thomeer, J. (1960). Introduction of a pore geometrical factor defined by the capillary pressure curve. *Journal of Petroleum Technology* 12(03), 73–77. Wang, H., Liu, Y., Song, Y., Zhao, Y., Zhao, J., and Wang, D. (2012). Fractal analysis and its impact factors on pore structure of artificial cores based on the images obtained using magnetic resonance imaging. *Journal of Applied Geophysics* 86, 70–81. doi: <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2012.07.015>. Xi, K., Cao, Y., Haile, B.G., Zhu, R., Jahren, J., Bjørlykke, K., et al. (2016). How does the pore–throat size control the reservoir quality and oiliness of tight sandstones? The case of the Lower Cretaceous Quantou Formation in the southern Songliao Basin, China. *Marine & Petroleum Geology* 76, 1–15. Xie, H., Wang, J.A., and Kwaśniewski, M.A. (1999). Multifractal



characterisation of rock fracture surfaces. *International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences* 36(1), 19–27. Xie, H.P., Sun, H.Q., Ju, Y., and Feng, Z.G. (2001). Study on generation of rock fracture surfaces by using fractal interpolation. *International Journal of Solids and Structures* 38(32–33), 5765–5787. doi: 10.1016/s0020-7683(00)00390-5. Yuan, Y., and Rezaee, R. (2019). Fractal analysis of the pore structure for clay bound water and potential gas storage in shales based on NMR and N<sub>2</sub> gas adsorption. *Journal of Petroleum Science and Engineering* 177, 756–765. doi: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.02.082>. Zhang, Y., Bao, Z., Yang, F., Mao, S., Song, J., and Jiang, L. (2018). The Controls of Pore-Throat Structure on Fluid Performance in Tight Clastic Rock Reservoir: A Case from the Upper Triassic of Chang 7 Member, Ordos Basin, China. *Geofluids* 2018, 17. doi: 10.1155/2018/3403026. Zhao, P., Wang, Z., Sun, Z., Cai, J., and Wang, L. (2017). Investigation on the pore structure and multifractal characteristics of tight oil reservoirs using NMR measurements: Permian Lucaogou Formation in Jimusaer Sag, Junggar Basin. *Marine and Petroleum Geology* 86, 1067–1081. doi: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2017.07.011>. Zou, C., Zhu, R., Liu, K., Su, L., Bai, B., Zhang, X., et al. (2012). Tight gas sandstone reservoirs in China: characteristics and recognition criteria. *Journal of Petroleum Science & Engineering* 88–89(2), 82–91.

**关键词** 致密砂岩；孔隙结构；须家河组；分形；





摘要 ID:1647

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 低渗-致密砂岩储层非均质性成因分析——以鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 9-长 10 为例

毛治国<sup>\*1,2</sup>、袁选俊<sup>1,2</sup>、崔景伟<sup>1,2</sup>、张忠义<sup>3</sup>、邵晓州<sup>3</sup>、陈俊飞<sup>4</sup>、刘广林<sup>3</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院

2. 中国石油天然气集团公司油气储层重点实验室

3. 中国石油长庆油田分公司

4. 同济大学

在油气勘探开发中,位于同一地区、同一层位,岩性、沉积相带,甚至砂体类型和物性等均相同的储层,往往含油和产油不均,呈现出强烈的非均质性(Samsol et al., 2021; 曹江骏等, 2021),给勘探生产中的有利区带评价优选、井位部署、开发方案制定等工作带来困扰(Chen et al., 2021)。

为明确上述情况下,油气储层非均质的成因,有效指导勘探生产,本文选取鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 9-长 10 的低渗-致密砂岩储层进行分析和研究。在沉积相、岩性、砂体构型、物性分析的基础上,重点开展成岩作用及其演化、非均质性发育机理的研究工作。研究发现,研究区储层的非均质性主要受沉积、成岩双因素的控制(陈俊飞等, 2019; 何子琼等, 2021),具有沉积控砂、成岩控储、非均质性控油特征。沉积主要为宏观控制砂体的类型、构型、规模和展布;成岩主要为微观上控制储集性能,砂体间、砂体内部成岩的差异直接导致了储层的非均质性。上述双重因素下,直接导致了储层强烈的非均质性,从而使得含油和产油不均。

本文对储层非均质性的成果和认识,具有两方面的意义:一方面,可为研究区的油田勘探生产提供参考;另一方面,可为其他地区的储层分析和评价所借鉴。

**参考文献** 曹江骏,罗静兰,马迪娜·马吾提汗,盛伟琰,毛倩茹,杨涛,邸文渊,宋昆鹏. 砂砾岩储层微观非均质性特征及对储层致密化的影响机理——以准噶尔盆地东道海子凹陷 DN8 井区上二叠统梧桐沟组为例[J/OL]. 地球科学: 1-19 [2021-08-31]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/42.1874.P.20210301.1554.022.html>. 陈俊飞,李琦,朱如凯,毛治国. 鄂尔多斯盆地陕北地区长 101 低孔低渗储层孔隙演化及其定量模式[J]. 天然气地球科学, 2019, 30(01):83-94. 何子琼,郭艳琴,郭彬程,王一军,白海东,白海燕. 鄂尔多斯盆地靖安油田杨 66 井区延 91 储层非均质性[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2021, 36(01):37-44. Chen Lin, Lin Weibing, Chen Ping, Jiang Shu, Liu Lu, Hu Haiyan. Porosity Prediction from Well Logs Using Back Propagation Neural Network Optimized by Genetic Algorithm in One Heterogeneous Oil Reservoirs of Ordos Basin, China[J]. Journal of Earth Science, 2021, 32(4). Samsol, Rahmawan Sigit, Ridaliani Onnie. Effect of Heterogeneity of Reservoir Properties on Sandstone Formations in Oil Recovery[J]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 2021, 819(1).

**关键词** 致密砂岩储层; 非均质性; 延长组; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID:1980

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地华庆地区长 63 储层深水致密砂岩储层微观特征及影响因素分析

南凡驰<sup>1,2</sup>、吴少波<sup>3,4</sup>、林良彪<sup>1,2</sup>、陈朝兵<sup>\*3,4</sup>、余瑜<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室
3. 西安石油大学地球科学与工程学院
4. 陕西省油气成藏地质学重点实验室

摘要: 随着常规高渗储层石油逐渐开发殆尽, 低孔低渗储层作为其替代资源和石油勘探开发的必然趋势越发被学者和专家所关注。鄂尔多斯盆地华庆地区长 63 深水致密砂岩储层成岩作用复杂、储层非均质性强, 导致研究区单井产量低, 严重制约油田的稳产周期。为明确华庆地区长 63 储层微观特征, 为油田勘探开发提供理论依据。本文在充分吸收前人研究成果的基础上, 结合野外露头剖面、岩心观察、测井资料等资料, 利用高压压汞、恒速压汞、纳米 CT 等实验方法对华庆地区长 63 重力流深水致密砂岩储层微观特征及影响因素进行研究。结果表明: 研究区 63 储层平均孔隙度为 10.26%, 平均渗透率为  $0.19 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 属于低孔一特低孔、特低渗一超低渗透致密砂岩储层。孔隙类型以平行板状、裂缝状的孔隙为主, 孔喉分布曲线形态上出现“拖尾”现象, 表明储层中大于  $1 \mu\text{m}$  的孔喉极少, 主要分布在  $0.02 \sim 0.15 \mu\text{m}$  之间。

根据最大进汞饱和度和进退汞曲线形态, 将研究区长 63 储层分为 I、II、III 类储层。I 类储层平均孔隙度和平均渗透率分别为 11.47% 和  $1.10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 孔喉半径主要集中在  $0.08 \mu\text{m} \sim 2 \mu\text{m}$ , 进汞梯度最大可达到 28%; II 类储层平均孔隙度和平均渗透率分别为 8.37% 和  $0.54 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 孔喉半径主要集中在  $0.008 \mu\text{m} \sim 0.2 \mu\text{m}$ , 进汞梯度最大为 12%; III 类储层平均孔隙度和平均渗透率分别为 8.28% 和  $0.29 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 孔喉半径主要集中在  $0.05 \mu\text{m} \sim 0.1 \mu\text{m}$ , 进汞梯度最大仅为 3.8%。

从砂体结构类型、成岩作用、岩石结构、岩石成分等方面对造成各类储层微观差异成因进行研究。I、II 类储层砂体结构以连续叠加型和间隔叠加型为主, III 类储层以侧向尖灭型到砂泥互层型为主。压实作用使 I、II、III 类储层孔隙度分别减少了 34.81%、33.47%、37.25%; 溶蚀作用使得 I、II、III 类储层孔隙度分别增加了 4.14%、3.86%、3.19%; 胶结作用使 I、II、III 类储层孔隙度分别减少了 5.03%、6.46%、8.19%。I、II、III 类储层平均分选系数分别为 1.78, 1.48, 2.26, 分选性较差是引起 III 类储层物性较差的原因。三类储层磨圆度均以次棱角状为主, 说明磨圆度不是三类储层微观特征产生差异的原因。I、II、III 类储层中岩石成分差异较大是石英和杂基含量。石英平均含量分别为 35.45%、37.61% 和 33.59%, 黏土矿物含量平均分别为 4.62%、4.5% 和 6.34%, 胶结物平均含量分别为 4.68%、6.25% 和 6.47%, 粒间孔体积分数分别为 2.61%、2.63% 和 1.23%。作为骨架颗粒的石英对储层中粒间孔的保存起到了重要作用, 较高的杂基含量对 III 类储层中储集空间的保存产生较为严重的破坏作用。

### 参考文献

关键词 华庆地区; 长 63 储层; 微观特征; 储层分类; 影响因素



摘要 ID:3122

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 有机酸对致密砂岩储层孔隙结构的影响机制

陆统智<sup>1,2</sup>、曹喆<sup>\*3</sup>、万志峰<sup>1</sup>

1. 中山大学海洋科学学院
2. 中国石油大学(北京)地球科学学院
3. 中国石化石油勘探开发研究院

致密砂岩油富集程度主要取决于孔隙结构和充注动力的匹配关系(曹喆等, 2014)。烃源岩中有机质热演化释放大量有机酸并强烈溶蚀矿物而形成大量次生孔隙(Teng et al., 2021)。研究有机酸溶蚀作用改变致密砂岩孔隙结构, 以及这种改变对致密油充注的影响, 对刻画致密油聚集过程、预测有利富集区具有重要意义。

本文以济阳拗陷博兴洼陷沙四段致密砂岩为研究对象, 开展开放体系下有机酸溶蚀实验, 结合岩石薄片观察、全岩矿物分析、微米CT扫描、高压压汞等分析测试, 研究了有机酸溶蚀对孔隙结构改造作用及其对致密砂岩储层石油充注的影响。

研究表明: 有机酸溶蚀导致斜长石、方解石、白云石、钾长石等矿物减少, 石英、铁白云石、硬石膏增多, 并使地层水中 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 等离子含量上升明显, 储层受到有机酸溶蚀后, 孔渗普遍增加, 渗透率增加更加明显; 溶蚀作用首先发生在相对大的孔喉中, 使大于1微米的孔隙、喉道增多, 储层配位数变大, 连通性变好, 形成优势运移通道。但水岩反应的产物沉淀在相对小的孔隙中使其堵塞, 导致小于0.01微米的孔喉增多, 孔喉分选变差, 原先与小孔喉连接的孔隙形成死孔, 储层整体孔隙数量锐减; 有机酸溶蚀后, 储层排驱压力变小, 最大汞饱和变小, 石油将更容易发生充注和运移, 但最终含油饱和度将会下降。

**参考文献** 曹喆, 柳广弟, 柳庄小雪, 等, 2014. 致密油地质研究现状及展望[J]. 天然气地球科学, 25(10): 1499-1508. Teng J, Deng B, Liu W, et al., 2021. Insights of the pore system of lacustrine shales from immature to late mature with the aid of petrology, mineralogy and porosimetry: A case study of the Triassic Yanchang Formation of the Ordos Basin, North China[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 196: 1-11.

**关键词** 致密砂岩; 孔隙结构; 有机酸溶蚀; 水岩反应; 石油充注



摘要 ID:2942

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 窄河道砂体结构对致密气藏天然气充注的影响机制研究—以川中金秋气田侏罗系沙溪庙组沙二1亚段为例

张小菊\*、邓虎成、伏美燕、凌灿、段博瀚  
成都理工大学

全球致密砂岩气具有巨大的资源潜力和可观的规模储量,我国大型致密气田主要分布于鄂尔多斯盆地、四川盆地和塔里木盆地,其中四川盆地侏罗系沙溪庙组和三叠系须家河组致密气勘探开发潜力巨大,但致密气特征的综合评价方法及勘探开发技术亟需攻关。目前金秋气田沙溪庙组沙二1亚段储集体内部结构特征研究薄弱,不同河道段砂体内部结构的非均质性特征认识不清,不同砂体结构条件下的天然气充注机制有待深入研究。本次研究主要是以川中金秋气田侏罗系沙溪庙组沙二1亚段窄河道砂体为对象,开展窄河道砂体结构对致密气藏天然气充注的影响机制研究。基于岩芯、测井、地震、实验测试分析数据等,明确了研究区发育的沉积微相及其组合,划分了7种河道沉积充填式,包括边滩+边滩充填、边滩+河床滞留沉积充填、边滩+废弃河道充填、边滩+决口扇+天然堤充填、水下分流河道+水下分流河道充填、水下分流河道+河口坝充填、水下分流河道+水下天然堤充填。在河道内部充填样式划分的基础上,综合河道的平面几何形态、规模,将河道成因类型划分为5类,包括多期叠加型河道、深切型河道、废弃型河道、进积叠加型、无叠加单期次型河道(图1)。其中多期叠加型、深切型河道的平面几何形态为中弯宽型,废弃型河道为中-低弯宽型,进积叠加型和无叠加单期次型河道的平面几何形态为中-低弯中-宽型和低弯窄型。多期叠加型、深切型、进积叠加型河道宽深比39-49,河床侧积、加积为主,为底载荷型富砂沉积,砂体侧向连通;废弃型和无叠加单期次河道宽深比33-37,河床加积为主,为混合载荷型相对贫砂沉积,砂体连通性较差(图2)。根据河道成因类型、砂体连通率、砂泥比、宽深比等特征将河道段分为通畅、局部通畅、不通畅型三种类型。其中,多期叠加型和深切型河道段砂体通畅,砂泥比和宽深比大,其中砂体连通率平均83.5%,砂泥比0.94-1.23,宽深比40-56。以河道成因认识为基础,剖析河道内部充填样式,划分砂泥组合,确定粒度变化,对照生产差异,将砂组构型划分为均匀粒序纯砂构型(A)、正反粒序砂夹泥构型(B)和正粒序泥夹砂构型(C)(图3)。结合生产特征差异,根据通畅程度和构型划分河道类型,I类河道为通畅+A、B构型的河道,II类河道为局部通畅+B构型,III类河道为局部通畅+C构型和不通畅+B构型。考虑岩性、储层规模、物性与产能关系,建立储层分类划分依据。其中I类储层岩性为中砂,砂体厚度为20-40m,河道砂宽度大于800m,孔喉中值半径大于 $0.63\mu\text{m}$ ,孔隙度大于12%,渗透率大于 $0.50\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ ;I类河道(通畅+A、B构型)砂体的非均质性较弱,主要发育I、II类储层,I类河道平均日产量可达28.5万方/天,主要产气段分布在A、B类构型和I、II类储层中;发育A、B类构型和I、II类储层的砂体日产气量均普遍大于30万方/天。连通性较好的砂体天然气充注阻力小,压力损失少,富集程度高(图4);连通性好的河道砂体含气性普遍较好,日产气量16.52-83.43万方,压力系数0.71-0.98;连通性差的河道砂体含气性差,日产气量0.51-11.62万方,压力系数0.46-0.77。有利砂组构型具有“砂厚、储集空间大”的特征,形成优势充注通道(图5);发育均匀粒序纯砂构型、正反粒序砂夹泥构型的河道段含气性好,日产气量29.16-47.6万方,压力系数0.72-1.08;发育正粒序泥夹砂构型河道段含气性差,日产气量0.51-5.16万方,压力系数0.47-1.05。本次研究通过河道砂体连通性、砂组结构、单砂体储层逐级刻画,深入剖析致密砂岩内部结构,同时揭示窄河道砂体结构对致密气藏天然气充注的影响机制,其结果不仅有效解决在加快致密气增储上产的瓶颈问题,为致密气高效开发提供有利支撑,同时助力川渝“气大庆”建设,保障致密气勘探开发战略目标实现。

参考文献 [1]戴金星,倪云燕,吴小奇.中国致密砂岩气及在勘探开发上的重要意义[J].石油勘探与开发,2012,39(03):257-264.[2]樊阳,查明,姜林,等.致密砂岩气充注机制及成藏富集规律[J].断块油气



田, 2014, 21(01):1-6. [3]郭艳琴, 蔡志成, 余芳, 等. 苏东南地区盒8段砂体叠置关系及其对气水分布的影响[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2018, 33(04):1-7. [4]干大勇, 吕夔, 杨广广, 等. 川中QL地区沙溪庙组致密河道砂岩储层预测技术[C]//. 2020 油气田勘探与开发国际会议论文集. [5]衡勇, 段新国, 王勇飞, 等. 浅水三角洲分流河道砂体内部结构及其对气水分布的影响——以四川盆地中江气田沙溪庙组为例[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2022, 49(01):1-11. [6]孙龙德, 邹才能, 贾爱林, 等. 中国致密油气发展特征与方向[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(06):1015-1026. [7]童强, 余建国, 田云吉, 等. 滨武油田Y116井区延8段构型界面约束下的单河道砂体构型[J]. 岩性油气藏, 2020, 32(03):144-158. [8]魏新善, 程国建, 石晓英, 等. 致密砂岩气认知阶段讨论与启示[J]. 西安石油大学学报(社会科学版), 2017, 26(02):17-22. [9]王身建, 徐国盛, 杨宗恒, 等. 川中北部地区沙溪庙组储层特征及其主控因素[C]//. 2020 油气田勘探与开发国际会议论文集. [10]韦腾强, 张本健, 王小娟, 等. 四川盆地秋林地区侏罗系沙溪庙组二段河流相沉积特征及储集差异性分析[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(29):12438-12446. [11]杨涛, 张国生, 梁坤, 等. 全球致密气勘探开发进展及中国发展趋势预测[J]. 中国工程科学, 2012, 14(06):64-68. [12]杨跃明, 王小娟, 陈双玲, 等. 四川盆地中部地区侏罗系沙溪庙组沉积体系演化及砂体发育特征[J]. 天然气工业, 2022, 42(01):12-24. [13]赵贤正, 曾斌辉, 韩国猛, 等. 渤海湾盆地黄骅拗陷板桥凹陷深层低渗透(致密)砂岩气藏充注特征及成藏过程[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(05):913-927. [14]张本健, 潘珂, 吴长江, 等. 四川盆地金秋气田侏罗系沙溪庙组多期砂组天然气复合成藏机理及模式[J]. 天然气工业, 2022, 42(01):51-61. [15]Backert, N., Ford, M., Malartre, F., 2010. Architecture and sedimentology of the Kerinitis Gilbert-type fan delta, Corinth Rift, Greece[J]. *Sedimentology*, 57, 543-586. [16]Colombera, L., Mountney, N. P., McGaffrey, W. D., 2015. A meta-study of relationships between fluvial channel-body stacking pattern and aggradation rate: implications for sequence stratigraphy[J]. *Geology*, 43(04), 283-286. [17]Miall, A. D., 1985. Architectural-element analysis: a new method of facies applied to fluvial deposits[J]. *Earth -Science Reviews*, 22(04), 261-308. [18]Miall, A. D., 1988. Reservoir heterogeneities in fluvial sandstone: lessons from outcrop studies [J]. *AAPG*, 72(06), 682-697. [19]Miall, A. D., 1996. The geology of fluvial deposits[J]. Springer Verlag Berlin Heidelberg, 75-178. [20]Miall, A. D., 2006. Reconstructing the architecture and sequence stratigraphy of the preserved fluvial record as a tool for reservoir development: a reality check[J]. *AAPG Bulletin*, 90(07), 989-1002. [21]Shi, C. X, Zhou, Y. Y, Liu, X. F., et al. 2019. River base level change in mouth channel evolution: The case of the Yellow River delta, China[J]. *Catena*, 183, 104193. [22]Weber, J., Ricken, W., 2005. Quartz cementation and related sedimentary architecture of the Triassic Sollong Formation, Reinhardswald Basin, Germany[J]. *Sedimentary Geology*, 175(01-04), 459-477. &nbsp;

**关键词** 窄河道; 致密气藏; 砂体连通性; 砂组构型; 天然气充注程度



摘要 ID:496

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 三塘湖盆地条湖组致密凝灰岩储集层高孔特低渗形成机理分析

文静\*<sup>1</sup>、崔英怀<sup>2</sup>、荆文波<sup>2</sup>、于家义<sup>2</sup>、印森林<sup>1</sup>

1. 长江大学录井技术与工程研究院

2. 中国石油吐哈油田勘探开发研究院

三塘湖盆地马朗凹陷二叠系条湖组二段底部发育一套厚约 20m 的致密火山岩储集层, 该套储集层为一种特殊的火山碎屑岩储集层, 呈现中高孔、特低渗的特征, 为揭示其储集层特征及形成机理, 通过岩心观察、铸体薄片、扫描电镜与能谱、电子探针、全岩 X 衍射和常规高压压汞实验等, 结合区域构造资料, 进行了储集层特征及高孔特低渗形成机理研究。结果表明: 马朗凹陷二叠系条湖组二段致密凝灰岩储集层岩性为中性火山凝灰岩, 以玻屑凝灰岩为主, 含少量晶屑玻屑凝灰岩。粒级粉砂级至微级, 通常能识别的碎屑组分主要为玻屑、晶屑, 岩屑少见; 能谱分析显示其成分以长英质为主, 其次是 Al、Na、K, 还含少量 Mg、Fe、Ga 等; 全岩 X 衍射及能谱分析显示矿物组分绝大部分为石英与长石, 石英与长石含量合计为 70~98%。沉积和成岩共同作用造成了储集层高孔特低渗。中性火山喷发偏细粒碎屑物质直接漂落水下并富集的沉积方式形成了条湖组纯净的凝灰岩储集层, 在白垩纪之前至今, 特别是早期经过了快速压实作用, 加之岩性粒度较细, 使得孔隙度与渗透率均较低, 由于条湖组凝灰岩以酸性火山玻璃为主, 且含有沉积有机质, 温度和成熟度均有利于有机酸的形成, 同时玻屑含量高, 使得脱玻化作用强烈, 形成了大量微孔, 脱玻化作用产生大量孔隙的同时还产生了大量的石英和长石, 石英为刚性, 抗压能力强, 很好的保存了孔隙。长石为脆性, 在达到破裂压力之前也对储集层起积极的支撑作用, 在破裂之后基于其易溶蚀的特点, 在有机酸的溶蚀下也极易形成溶蚀缝。条湖组二段底部凝灰岩沉积于水动力条件较弱的环境下, 陆源碎屑供应少, 粘土含量低, 且自生绿泥石含量高, 对优质储集层的形成也具有积极作用。压汞资料主要参数及压汞曲线特征表明三塘湖盆地条湖组凝灰岩储集层孔喉均较细小, 凝灰岩的孔喉半径是制约其渗透性的主要因素, 条湖组凝灰岩储集层的孔喉半径主要集中在 0.05~0.1 μm, 平均值为 0.29 μm。在有利的脱玻化环境下发生强烈的脱玻化作用, 虽然形成的均是微孔, 孔隙体积很小, 但数量巨大, 同时伴随脱玻化作用产生的溶蚀孔、裂缝等使得条湖组凝灰岩储集层呈现高孔隙度特征; 而细小的孔喉半径导致了条湖组凝灰岩储集层的特低渗透率。

### 参考文献

**关键词** 高孔特低渗; 脱玻化作用; 形成机理; 致密储集层



摘要 ID:674

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## An integration of 3D pore characterization and fluid-flow visualization of tight-gas sandstones in the Lower Cretaceous Denglouku Formation, Songliao Basin

张鹏辉<sup>\*1</sup>、Yong Il Lee<sup>2</sup>、张金亮<sup>3</sup>、付奕霖<sup>1</sup>

1. 河海大学海洋学院

2. 首尔大学地球与环境科学系

3. 北京师范大学地理学部

High-resolution X-ray computed tomography (micro-CT) has been widely used as a non-destructive technique, allowing 3D imaging and analysis of tight-gas sandstone reservoirs. Reservoir quality controls the storage, distribution, and flow of fluids within tight-gas sandstone reservoirs, however, it remains difficult to predict. Micro-CT is performed on representative sandstone samples from the studied Denglouku sandstones, (1) to quantify the internal architecture in 3D and (2) to carry out fluid-flow modelling to determine the effective transport capacity. The quantitative 3D imaging and modelling by means of micro-CT provides a better insight of pore network connectivity and pore preservation characteristics at the pore scale. Integration of micro-CT results with data obtained by analyses of thin section, XRD, and SEM as well as core and wireline log interpretation opens the opportunity to improve the characterization of reservoir sandstones, upscaling from pore scale to core scale.

参考文献

关键词



摘要 ID:1222

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## Carbonate cements in Eocene turbidite sandstones, Dongying Depression, Bohai Bay Basin: origin, distribution, and effect on reservoir properties

栾国强\*、董春梅、林承焰  
中国石油大学(华东)

Diagenetic carbonate cements occur throughout Eocene turbidite lithic arkose in Niuzhuang Sag, Eastern China, displaying as sporadic siderite, dolomite, calcite 1 (C1), and massive ankerite (Ak) and calcite 2 (C2). Petrographic and geochemical investigations suggest that the non-ferroan C1 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{car}} +3.1$  to  $+4.7\%$ VPDB;  $\delta^{18}\text{O}_{\text{car}} -12.5$  to  $-10.5\%$ VPDB) was the earliest carbonate cement that was followed by Ak ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{car}} +0.2$  to  $+5.1\%$ VPDB;  $\delta^{18}\text{O}_{\text{car}} -12.8$  to  $-10\%$ VPDB) and ferroan C2 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{car}} +2$  to  $+3.1\%$ VPDB;  $\delta^{18}\text{O}_{\text{car}} -12.6\%$  to  $-15.8\%$ VPDB). The homogenization temperatures (Th, 74.3 to 105.8°C, 105.6 to 130.4°C, and 119.7 to 144.6°C, respectively) reflect the pattern of increasing temperature with progressive burial. The  $\delta^{13}\text{C}_{\text{car}}$  values suggest that C1 and C2 were mainly derived from dissolution of carbonates in calcareous shales ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{car}} +3.5\%$  to  $+6.3\%$ VPDB), with minor contributions from organic matter. The  $\delta^{13}\text{C}_{\text{car}}$  values of Ak documented some contributions from magmatic carbon. Ankerite and C2 were restricted under the top seal (geochemical barrier) of overpressure compartment and the of highly cemented zones occur mainly along faults. Carbonate cementation seems to negatively impact the reservoir quality when it exceeds 10%.

参考文献

关键词 Turbidite sandstone; Carbonate cements; Diagenesis; Geochemistry





摘要 ID:1913

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 基于深度学习的致密储层岩石薄片图像鉴定方法研究

刘涛\*<sup>1</sup>、刘宗堡<sup>2</sup>、张可佳<sup>1</sup>、刘丽园<sup>2</sup>、黄嘉成<sup>2</sup>

1. 东北石油大学计算机与信息技术学院

2. 东北石油大学地球科学学院

陆相致密储层成岩非均质性极强,其微观孔喉结构特征需要采用大量岩石薄片鉴定进行表征。针对陆相致密储层岩石薄片鉴定识别难、制片成本高、时间消耗长和人为主观强等难题,本文选取鄂尔多斯盆地临兴区块上古生界和松辽盆地三肇凹陷扶余油层为靶区,提出了一种基于深度学习的致密油储层岩石薄片人工智能鉴定方法:1)引入图像预处理技术去除岩石薄片图像噪声并统一图像像素大小,有效提高了原始图像质量;2)构建空间几何增广机制,解决了岩石薄片样本的数量值及特征标签不均衡问题;3)基于空间注意力机制改进Mask R-CNN算法,实现了岩石薄片成分的精准多维分割与智能判识。同时,将上述方法应用于实例靶区进行有效性验证,结果表明该方法在精准性、时效性和迁移性等方面均具有显著优势。具体研究内容包括以下内容:

1.设计致密储层岩石图像预处理机制。图像预处理机制主要包括图像去噪、图像归一化大小和图像划分,图像去噪应用高斯核非均质滤波算法,在去除图像噪声的同时,可以良好的保存图像的纹理特征;图像归一化大小引用Resize方法,在最大程度保障图像原始质量的前提下,将致密岩石薄片图像像素大小进行统一;图像划分采用Crop方法将统一后的图像划分为指定大小,以初步增加样本数量,并且划分后的样本即满足算法需求,又保障图像最大程度接近原始图像。

2.设计空间几何图像增广机制。为提高算法效率,以几何图像处理技术为基础,通过设定数据变形方法子操作权重选择变形类型,完成基于空间几何机制的图像增广机制设计,在实现薄片图像增广的同时,保证了各类图像在总样本数量中的原始比例。

3.研究基于改进Mask-RCNN算法的致密储层岩石薄片图像鉴定方法。为使Mask-RCNN算法更好的适用非均质多成分致密储层岩石薄片鉴定工作,并提高鉴定效果,本文在原始主干网络中引入空间注意力机制,对Mask-RCNN算法进行改进,实现了对致密储层岩石薄片成分的精细分割与准确识别。

实验结果表明,本方法可以同时完成复杂岩石薄片成分的分割与智能识别工作,分割精度在不同数据集情况下的平均精度为89.2%,整体识别准确率为93%,适用于致密油储层岩石薄片特征鉴定。

### 参考文献

**关键词** 致密储层; 岩石薄片; 深度学习; Mask R-CNN; 分割与识别



摘要 ID:3115

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 下寺湾油田长8致密油成藏条件及富集特征

杜贵超\*

西安石油大学

**摘要:** 基于钻井岩心、测井、录井及分析化验等资料,通过沉积微相、烃源岩、储层特征等研究,对下寺湾油田长8致密油成藏发育特征、成藏条件及富集规律开展了系统分析。结果表明,研究区长8致密油藏具有“顶底持续供烃充注、砂体-裂缝疏导、微构造-岩性控藏、近源富集”等典型特征。下寺湾油田长7及长9优质烃源岩广覆式发育、品质好、生排烃规模大等特征,是长8致密油富集的首要条件。其次,长8期水下分流河道砂体纵向上相互叠置,横向上大面积复合连片,是致密油藏富集的重要基础。该储集砂体微米孔、纳米孔发育,连通性相对较好。长8致密油藏具有良好的源储配置关系,长7及长9烃源岩热演化生成的石油在源-储压差及浮力等驱动下,克服储层毛管压力短距离运移至长8储层。优质储层是研究区长8致密油藏富集高产的最关键因素,一方面优质储集砂体为油气侧向或垂向运移的主要通道;另一方面,砂体内部储集空间越大,越有利于油气的储集。因此,邻近烃源岩层的优质砂体、微构造控制下的优质砂体、上倾尖灭型砂体、隔夹层遮挡型砂体及泥岩中的透镜状砂体等往往形成良好的圈闭,是有利的致密油富集区。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 延长组; 长8油层组; 致密油藏; 富集规律



摘要 ID:2117

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 川东北五宝场地区中侏罗统沙溪庙组二段沉积相特征及演化

王海霞、孙海涛\*、钟大康

中国石油大学(北京)

针对川东北五宝场地区沙溪庙组二段沉积相认识不一致的问题,基于岩心、钻测井和地震资料,厘定了五宝场地区沙溪庙组主力储层沙二段沉积相分布,明确了亚相之间的沉积界限,分析了沉积演化过程。结果表明:五宝场地区沙二段主体发育曲流河三角洲沉积。沙二1亚段沉积时期,研究区主要发育三角洲前缘沉积,南部黄龙场井区可见前三角洲沉积;沙二2亚段沉积时期,研究区北部出现三角洲平原沉积,南部以三角洲前缘沉积为主,黄龙场井区局部可见前三角洲沉积;沙二3亚段沉积时期,研究区广泛发育三角洲平原沉积,南部黄龙场井区以三角洲前缘沉积为主。其中,古气候、构造运动和地形起伏等共同控制了川东北五宝场地区中侏罗统沙二段的沉积相平面展布和沉积演化,地形起伏起主导作用,进而影响砂体分布。

**参考文献** [1]杨帅. 四川盆地侏罗系沉积演化与相控储层预测[D]. 成都理工大学, 2014. [2]李朝辉. 四川盆地侏罗纪岩相古地理研究[D]. 成都理工大学, 2016. [3]李军, 陶士振, 汪泽成, 等. 川东北地区侏罗系油气地质特征与成藏主控因素[J]. 天然气地球科学, 2010, 21(05): 732-741. [4]李亚兰. 五宝场沙溪庙低渗气藏地质评价及勘探目标选择[D]. 西南石油大学, 2013. [5]蒋晓光, 彭大钧, 钟子川, 等. 川东北地区侏罗系含油气砂体横向预测研究[J]. 西南石油学院学报, 2006, (01): 1-5.

**关键词** 川东北五宝场地区; 中侏罗统; 沙二段; 沉积相特征; 沉积相演化



摘要 ID:2177

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 低孔渗砂岩储层动态评价方法及其勘探意义

刘震\*、夏鲁

中国石油大学(北京)

**摘要:** 成藏期砂岩储层物性是油气能否成藏的关键。现有的储层评价方法只是对储层现今特征的表征,忽略了成藏期后砂岩储层性质的变化,只是一种静态的储层评价方法,不能有效地预测砂岩储层的含油性。本文从剖析现有储层评价的缺陷出发,通过砂岩储层演化特征即成岩阶段与成藏过程耦合关系两个方面的对比分析,发现砂岩储层物性在演化过程中一直受成岩作用的影响而变化,不同的成岩阶段对应于不同的储层物性;油气成藏后砂岩储层在压实作用和胶结作用的影响下,仍保持孔隙度减小的趋势。针对静态储层评价的先天不足,本文提出了动态储层评价的新思路、形成了利用成藏期古孔隙度评价储层质量的新方法。并在此基础上选取鄂尔多斯盆地延长组低孔渗砂岩储层进行试验,尝试建立了动态储层评价的相关参数和分类方案。分析结果表明,现今的储层物性特征不能反映成藏期砂岩储层性质,也与储层含油性关系不明显,只有对储层演化过程进行动态分析,即对成藏期砂岩储层性质与含油性进行评价,才能抓住储层评价的本质,才能更有效的预测储层的含油气性。

**参考文献** 参考文献朱国华, 章卫平, . 1993,煤系地层砂岩成岩作用和孔隙演化研究——以长广地区龙潭组为例[J]. 石油勘探与开发. 20(1): 39-47. 郑茂茂, 吴仁龙. 1996,黄骅坳陷砂岩储层的成岩作用与孔隙分带性[J]. 石油与天然气地质. 17(4): 268-275. 文龙, 刘埃平, 钟子川等. 2005,川西前陆盆地上三叠统致密砂岩储层评价方法研究[J]. 天然气工业. 25(增刊A): 49-53. 寿建峰, 张惠良, 沈扬. 2007,库车前陆地区吐格爾明背斜下侏罗统砂岩成岩作用及孔隙发育的控制因素分析[J]. 沉积学报. 25(6): 869-875. 朱如凯, 郭宏莉, 高志勇等. 2007,塔里木盆地北部地区白垩系—古近系储集性与储层评价[J]. 中国地质. 34(5):837-842. 王艳忠, 操应长, 宋国奇等. 2008,试油资料在渤南洼陷深部碎屑岩有效储层评价中的应用[J]. 石油学报. 2008,29(5):701-706. 杨威, 谢增业, 金惠等. 2010,四川盆地上三叠统须家河组储层评价及天然气成藏机理[J]. 天然气工业. 30(12):10-15. 操应长, 马奔奔, 王艳忠等. 2013,渤南洼陷北带沙四上亚段储层低渗成因机制及分类评价[J]. 天然气地球科学. 24(5):837-842. 刘明洁, 刘震, 王标等. 2014,成藏期砂岩孔隙度对油气分布的控制作用——以东营凹陷牛庄洼陷沙三中亚段岩性油藏为例[J]. 地质科学. 49(1): 147-160. 王化爱, 钟建华, 杨少勇等. 2009,柴达木盆地乌南—绿草滩地区下油砂山组滩坝砂岩特征与储层评价[J]. 石油地球物理勘探. 44(5): 597-602. 陈蓉, 田景春, 王峰等. 2013,鄂尔多斯盆地高桥地区盒8段砂岩储层评价[J]. 成都理工大学学报(自然科学版). 40(1): 8-14. &nbsp;Leverson A I. 2006. Geology of petroleum [M]. 2e. CBS Publisher & Distributors:赵澄林, 胡爱梅, 陈碧珏等. 1998. SY/T 6285-1997 油气储层评价方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 尹昕, 应文敏. 2013,鄂尔多斯盆地大牛地气田上古生界低孔渗砂岩储层评价[J]. 矿物岩石. 25(2): 104-109. 杨正明, 张英芝, 郝明强等. 2006,低渗透油田储层综合评价方法[J]. 石油学报. 27(2): 64-67. 杨晓萍, 赵文智, 邹才能等. 2007,川中气田与苏里格气田“甜点”储层对比研究[J]. 天然气工业. 27(1):4-7. 肖芝华, 钟宁宁, 赵占银等. 2008,低渗透油藏“甜点”成藏模式及主控因素分析——以松辽盆地南部扶杨油层为例[J]. 岩性油气藏. 20(4):53-58. 刘曾勤, 王英民, 白广臣等. 2010,甜点及其融合属性在深水储层研究中的应用[J]. 石油地球物理勘探. 45(增刊1):158-163. 杨升宇, 张金川, 黄卫东等. 2013, &nbsp;吐哈盆地柯柯亚地区致密砂岩气储层“甜点”类型及成因[J]. 石油工业. 34(2):272-282. 崔琳. ,2014,鄂尔多斯盆地西部上古生界致密砂岩储层的控气性研究[D]. 西安石油大学. 张国印, 王志章, 郭旭光等. 2015,准噶尔盆地乌夏地区风城组云质岩致密油特征及“甜点”预测[J]. 石油与天然气地质, 36(2):219-229. 贾承造, 郑民, 张永峰. 2012,中国非常规油气资源与勘探开发前景. 石油勘探与开发[J]. 39(2): 129-136. 刘震, 黄艳辉, 潘高峰等. 2012,低孔渗砂岩储层临界物性确定及其石油地质意义[J]. 地质学报. 86(11): 1815-1825. 刘明洁, 刘震, 刘静静等. 2014,砂岩储集层致密与成藏耦合关系——以鄂尔多斯盆地西峰-安塞地区延长组为例[J]. 石油勘探与开发. 41(2): 168-175. 刘静静, 刘震, 潘高峰等. 2014, &nbsp;鄂尔多斯盆地安塞地区区长6段低孔渗储层动态评价[J]. 地质科学. 49(1): 131-146. 杨华, 李士祥, 刘显阳. 2013,鄂尔多斯盆



地致密油、页岩油特征及资源潜力[J]. 石油学报. 34(1): 1-11. 郑浚茂, 赵省民, 陈纯芳. 1998, 碎屑岩储层的两种不同成岩序列[J]. 地质论评. 44(2): 207-212. 周书欣. 1981, 对成岩作用及其阶段划分的意见[J]. 石油勘探与开发. (3): 10-13. 郑浚茂, 庞明. 1987, 华北某些地区石炭—二叠系成岩作用及成岩阶段的研究[J]. 现代地质. 1(3、4): 367-376. 沙庆安, 陈景山, 潘正蕾. 1986, 论成岩作用阶段的划分和术语的选用[J]. 岩石学报. 2(2): 42-49. 夏文杰, 李秀华. 2005, 沉积成岩作用阶段划分的有关问题[J]. 地质论评. 41(5): 444-451. 穆曙光, 张以明. 1994, 成岩作用及阶段对碎屑岩储层孔隙演化的控制[J]. 西南石油学院学报. 16(3): 22-27. 朱国华, 袁亦楠. 1984, 成岩作用对砂岩储层孔隙结构的影响[J]. 沉积学报. 2(1): 1-17. 应凤祥, 罗平, 何东博等. , 2003, 中国含油气盆地碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟[M]. 北京: 石油工业出版社. 潘高峰, 刘震, 赵舒. 2011, 砂岩孔隙度演化定量模拟方法—以鄂尔多斯盆地镇泾地区延长组为例[J]. 石油学报. 32(2): 249-256. Johnson R H . 1920. The cementation process in sandstones[J]. AAPG Bulletin. 4(1): 33-35. Hawkins P J . 1978. Relationship between diagenesis, porosity reduction, and oil emplacement in late Carboniferous sandstone reservoirs, Bothamsall Oilfield, E Midlands[J]. Journal of the Geological Society, 135: 7-24. Hayes J B. 1991. Porosity evolution of sandstone relates to vitrinite reflectance[J]. Organic Geochemistry. 17(2): 117-129. Agersborg R, Johansen TA, Mavko G , et al. 2011, Modeling of elasticity effects of sandstone compaction using coated inclusions[J]. Geophysics. 76(3): E69-E79. Bernaud D, Dormieux L, Maghous S. A, 2006. constitutive and numerical model for mechanical compaction in sedimentary basins[J]. Computers and Geotechnics, 33: 316-329. Giles MR. , 199, In Diagenesis and its impact on rock properties: A quantitative perspective[M]. Kluwer. Mondol NH, Bjørlykke K, Jahren J, et al., 2007, Experimental mechanical compaction of clay mineral aggregates—Changes in physical properties of mudstones during burial[J]. Marine and Petroleum Geology. 24(5): 289-311. Ramm M. 1992, Porosity-depth trends in reservoir sandstones: off-shore Norway[J]. Marine and Petroleum Geology. 9: 553-567. 罗静兰, 刘小洪, 林潼等. 2006, 成岩作用与油气侵位对鄂尔多斯盆地延长组砂岩储层物性的影响[J]. 地质学报. 80(5): 664-673. 王琪, 史基安, 肖立新等. 1998, 石油侵位对碎屑储集岩成岩序列的影响及其与孔隙演化的关系—以塔西南坳陷石炭系石英砂岩为例[J]. 沉积学报. 16(3): 97-101. 史基安, 王金鹏, 毛明陆等., 2003, 鄂尔多斯盆地西峰油田三叠系延长组长 6—8 段储层砂岩成岩作用研究[J]. 沉积学报. 21(3): 373-380. 蔡长娥, 刘震, 邓守伟等. 2015, 伊通盆地西北缘深层储层动态评价[J]. 中国矿业大学学报. 44(01): 101-109. 孟元林, 王志国, 杨俊生等. 2003, 成岩作用过程综合模拟及其应用[J]. 石油实验地质, 25(2): 211-215. 郭彦如, 刘俊榜, 杨华等. 2012, 鄂尔多斯盆地延长组低渗透致密岩性油藏成藏机理[J]. 石油勘探与开发, 39(4): 417-425. 孟元林, 刘文慧, 孟凡晋等. 2011, 松辽盆地徐家围子断陷深层异常高孔带分布特征与成因分析[J]. 古地理学报, 13(1): 75-84. Surdam R C, Boese S W, Crossey L J. 1984, The chemistry of secondary porosity[J]. AAPG Memoir, 37: 127-149. Carothers W W, Kharaka Y K. 1978, Aliphatic acid anions in oil-field waters; implications for origin of natural gas[J]. AAPG Bulletin, 62(12): 2441-2453. 何自新. 2003, 鄂尔多斯盆地构造演化与油气[M]. 北京: 石油工业出版社: 1-50. 杨俊杰. 2002, 鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M]. 北京: 石油工业出版社, 50-56. 邓秀芹, 2011, 鄂尔多斯盆地三叠系延长组超低渗透大型岩性油藏成藏机理研究[D]. 西安: 西北大学. 张文正, 杨华, 李剑锋, 等. 2006, 论鄂尔多斯盆地长 7 段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用: 强生排烃特征及机理分析[J]. 石油勘探与开发, 33(3): 289-293.

**关键词** 储层演化; 成岩作用; 成藏过程; 成藏期古孔隙度; 动态储层评价



摘要 ID:2211

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地延长组储层中绿泥石的酸化反应差异研究

解古巍<sup>1,2</sup>、王小琳<sup>3</sup>、解丽琴<sup>1,2</sup>、柳娜<sup>1,2</sup>、尹鹏<sup>1,2</sup>

1. 长庆油田分公司勘探开发研究院

2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

3. 西安长庆化工集团有限公司

鄂尔多斯盆地延长组储层常见的黏土矿物组合为绿泥石、高岭石、伊/蒙混层和伊利石。绿泥石通常以孔隙衬里的方式存在,也有少量充填孔隙的方式存在,还有碎屑颗粒的蚀变绿泥石及少数存在于岩屑中的绿泥石。绿泥石是储层中重要的黏土矿物,一般认为绿泥石是造成储层酸敏的重要因素,对储层的物性和后续开发措施有显著影响。生产实践过程中,对高含绿泥石地层采取酸化措施的结果并不太契合储层中绿泥石的含量,可能因为不同区域和层位的绿泥石有差异。

鄂尔多斯盆地延长组是重要的产油层,本研究根据X衍射全岩分析结果挑选绿泥石含量较高的储层样品,依据中国石油天然气行业标准 5163-2018 中黏土矿物的提取前处理流程,获得储层的高含绿泥石黏土样品。通过X衍射黏土矿物分析测定每个样品中黏土矿物的组合特征,对每份黏土样品分别进行不同温度(50°C和70°C)条件的盐酸酸化反应实验,并对酸化反应前后的样品进行能谱分析和X衍射分析。

经过前处理流程的提取富集,提取物中黏土矿物的含量为84.2%~98.8%,其中绿泥石含量为50.9%~86.9%,含有的非黏土矿物为石英和长石,不含碳酸盐类矿物,其能与盐酸反应的唯有绿泥石,避免了其他矿物对酸化实验影响。

用过量6mol/L盐酸50°C反应黏土提取物2小时后,固体颗粒物中仍有少量绿泥石存在,用过量6mol/L盐酸70°C反应黏土提取物2小时后,残余固体颗粒物中不再含绿泥石,说明延长组储层中绿泥石的类型不唯一,不同绿泥石对盐酸酸化反应的温度要求有差异。黄思静等(2004)研究认为孔隙环边衬里的自生绿泥石沉淀后会继续生长,因而在不同时间生长的绿泥石可具有不同的元素构成,相对早期的绿泥石较为富铁,而相对晚期的绿泥石铁含量相对较低,从早期的32.73%降到晚期的3.31%(以FeO计)。汪地鹏(2016)研究姬塬地区长4+5储层中的绿泥石,根据电子探针分析划分为辉绿泥石和少量的叶绿泥石。笔者根据能谱分析、电子探针和X衍射分析对鄂尔多斯盆地长6和长8储层中的绿泥石进行了细致划分,认为其主要为铁镁绿泥石和辉绿泥石,有少量斜绿泥石。延长组储层中绿泥石存在多种类型确认无误,后续工作将结合更多分析方法进行有效区分。

酸化反应过程中绿泥石中的Fe全部以Fe<sup>2+</sup>离子的形式进入酸液,没有形成Fe(OH)<sub>3</sub>沉淀。损失的固体质量与绿泥石的含量并不相等,提取物中绿泥石含量和70°C酸化反应酸溶率之间的差值,与模拟计算的提取物中绿泥石产生的非晶态水合二氧化硅物质的百分含量存在明显的正相关关系,表明酸化反应中绿泥石残余的部分是非晶态的水合二氧化硅物质,这与前人的研究比较一致

(Bryant & Buller, 1990; Baker et al., 1993)。绿泥石酸化反应残留物有可能在流体流动过程中迁移,造成与微粒运移相关的地层损害,对储层造成影响。很有必要进一步研究储层中绿泥石的具体类型,并确认不同类型绿泥石酸化反应产物的形态及特征,排查其可能的伤害潜力。

**参考文献** 1. 黄思静, 谢连文, 张萌等. 中国三叠系陆相砂岩中自生绿泥石的形成机制及其与储层孔隙保存的关系[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2004, 31(3): 273-281. 2. 汪地鹏, 鄂尔多斯盆地姬塬地区长4+5油层组储层特征及其主控因素研究[D], 西北大学, 2016, pp76. 3. Bryant, S.L. and Buller, D.C., Formation damage from acid treatments. Soc. Pet. Eng. Prod. Eng., 1990, 5: 455-460. 4. Baker J C, Vwins P J R, Mackinnon I D R. ESEM study of authigenic chlorite acid sensitivity in sandstone reservoirs[J]. JPSE, 1993, 8(3): 269-277.

**关键词** 绿泥石; 酸化; 延长组; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID: 3109

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 临南洼陷江家店地区沙三下亚段致密砂岩储层差异成岩作用及有效储层形成机制研究

房贤旭<sup>1,2</sup>、马存飞<sup>\*2</sup>、赵兰全<sup>3</sup>、雷利庆<sup>3</sup>、韩长城<sup>4</sup>

1. 中国石油大学(华东)

2. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

3. 中国石化胜利油田勘探开发研究院

4. 新疆大学地质与矿业工程学院

临南洼陷致密油具有巨大的开发潜力,受成岩作用影响,储层致密、微观非均质性强,目前对有效储层形成机制及分布规律认识不清,是造成中深层油气勘探难度大、成功率低的直接原因。本文综合利用岩心、粒度分析、铸体薄片、X射线衍射、压汞、扫描电镜、包裹体和同位素等资料,对临南洼陷江家店地区沙三下亚段致密砂岩差异成岩及有效储层形成机制进行了细化研究。研究表明:研究区以三角洲前缘河口坝、远沙坝微相为主,粉砂岩相、细砂岩相物性最好。来自江家店西部物源区的岩相粒度较大,且埋深较深,成岩演化程度较高,物性较好。研究区经历了压实、交代、胶结和溶蚀等成岩作用改造,储层孔隙以次生孔隙为主,同一深度发育有含油级别差距较大的溶蚀粉砂岩相和钙质粉砂岩相,储层主体处于中成岩A期。总结成岩演化过程如下:弱碱性环境下早期黄铁矿胶结+早期方解石胶结/白云石胶结+少量的菱铁矿胶结→酸性环境下岩屑、长石溶蚀+自生高岭石沉淀+I期石英次生加大+晚期铁方解石/白云石胶结→碱性环境下晚期碳酸盐胶结+石英加大边溶蚀+第一期油气充注→弱酸性环境下长石、岩屑再次溶蚀+碳酸盐胶结物溶蚀+II期石英次生加大+第二期油气充注→弱碱性环境下晚期黄铁矿胶结。通过差异成岩演化研究,溶蚀粉砂岩相在中成岩A1阶段发生溶蚀后,物性变好;而钙质粉砂岩相,在早成岩晚期胶结后,物性一直很差。不同的成岩作用在不同的成岩阶段发挥着多种效应,对储层致密化起到关键而又复杂的影响。差异对比不同岩相孔隙结构,研究区有效储层孔隙度下限约为7%,微米级孔隙的出现与储层有效性密切相关。沉积结构因素是致密砂岩储层的基础控制因素,成岩作用因素为致密砂岩储层致密性差异的关键控制因素。不同强度的成岩作用对储层致密化起到不同的影响,溶蚀作用导致的增孔效应与胶结作用导致的减孔效应的相对强弱程度是研究区储层有效性的关键因素。有机质埋藏热演化、石膏层脱水等过程与储层成岩演化耦合,导致了三期碱性流体与两期酸性流体的交替存在。以研究区典型岩相组合——“泥包砂”岩相组合为例,分析了储层成岩作用机理,建立了“有机酸-碱卤水交替渗流”有效储层成因模式。本文不仅可以深化对致密砂岩有效储层形成机制的认识,而且对研究区致密油勘探部署与规模增储增效具有指导意义。

### 参考文献

**关键词** 临南洼陷; 致密砂岩储层; 差异成岩作用; 有效储层; 形成机制



摘要 ID:159

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 三塘湖盆地芦草沟组沉积特征与致密油形成

方向\*

中国石油勘探开发研究院

三塘湖盆地位于新疆东北部,面积约23000km<sup>2</sup>。是我国最早开展致密油勘探的地区之一。早在2012年,部署的多口探井就以探索中二叠统芦草沟组致密油为目标,并见到良好显示。经过多年攻关,随着地质认识的深入及工艺技术的进步,取得了一定成效,近年来多口井获工业油流,证实了芦草沟组致密油资源具有较好的勘探潜力(杨智等,2018)。

三塘湖盆地发育石炭系一下二叠统、中二叠统、三叠系、侏罗系、白垩系、古近系—第四系等六套构造-沉积建造,其中中二叠世处于弧后拉张构造背景,芦草沟期形成多个断陷,湖盆水体长期发育,沉积相主体为咸化湖盆的三角洲前缘到深湖相,沉积了以暗色泥岩、灰云质泥岩为主的地层,是盆地主要烃源岩的发育层段(国建英等,2012)。芦草沟组主要分布于马朗凹陷和条湖凹陷,最大厚度位于马朗凹陷,达800m,南厚北薄,北部地层发育不全,厚0~170m。自下而上分为三段,其中芦一段以砂泥岩为主,夹少量泥灰岩,总体以下粗上细的正粒序沉积特征为主(徐雄飞等,2020),芦二段以泥灰岩、泥质云岩等碳酸盐岩为主,夹少量碳质泥岩、凝灰质泥岩等,分布相对稳定,厚度一般100~300m,是主力烃源岩发育层段,也是致密油分布的主要层段;芦三段以泥岩为主夹薄层泥灰岩。

芦草沟组沉积时期条湖凹陷和马朗凹陷连通,整体上自下而上表现为湖侵过程,不同地区有一定差异性。芦一段沉积时湖盆范围较广,主要由滨浅湖和扇三角洲相沉积体系组成,向东水体加深,条湖凹陷南北两侧为扇三角洲环境下形成的砾岩、含砾砂岩等粗碎屑岩,为三角洲前缘亚相和前三三角洲亚相的沉积。芦二、三段湖盆范围进一步扩大,条湖—马朗凹陷基本上为湖泊相,与早期相比,半深湖—深湖范围有所扩大,并向西迁移。

芦草沟组沉积期间还发生了多期次火山喷发作用,地层中夹有中基性岩及火山碎屑岩,薄片中也常见凝灰质成分与有机质、云质、灰质成分共存,长英质类矿物是凝灰质的主要组成部分(李新宁等,2015)。这类火山物质为三塘湖盆地致密油的形成与富集提供了独特的有利地质条件,尤其在烃源岩生烃能力与储集性能方面起到了建设性作用。

综合评价芦草沟组具有滨浅湖—深湖相带发育的沉积特点,独特的咸化湖盆背景和火山作用为致密油的形成和富集提供了得天独厚的有利条件,发育大面积优质烃源岩,源储交相互层、紧密接触,利于形成连续性分布的混积岩型致密油,具有形成规模致密油的良好物质基础。

**参考文献** [1]杨智,侯连华,林森虎,等.吉木萨尔凹陷芦草沟组致密油、页岩油地质特征与勘探潜力[J].中国石油勘探,2018,23(4):76-85. [2]国建英,钟宁宁,梁浩,等.三塘湖盆地中二叠统原油的来源及其分布特征[J].地球化学,2012,41(3):266-277. [3]徐雄飞,于祥春,卿忠,等.三塘湖盆地芦草沟组岩相特征及其与页岩油藏的关系[J].新疆石油地质,2020,41(6):677-684. [4]李新宁,马强,梁辉,等.三塘湖盆地二叠系芦草沟组二段混积岩致密油地质特征及勘探潜力[J].石油勘探与开发,2015,42(6):763-771.

**关键词** 三塘湖盆地;芦草沟组;沉积特征;致密油





摘要 ID:284

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地南缘侏罗系沉积成岩作用与致密砂岩孔隙结构表征研究

周天琪\*

中国石油勘探开发研究院

近物源沉积环境下发育的致密砂岩储层具有巨大勘探潜力, 由于沉积速率快、砂岩成分复杂, 致密砂岩宏观储层物性以及微观孔隙结构表现出极强的非均质性。本文以准噶尔盆地南缘(简称“淮南”)侏罗系致密砂岩为研究对象, 明确了近物源沉积环境以及成岩改造对于砂岩宏观储层物性以及微观孔隙结构的控制作用, 探讨了砂岩储层在致密化背景下油气聚集过程, 主要认识如下:

(1) 埋藏方式差异导致淮南中段侏罗系致密砂岩受成岩改造程度明显强于淮南西段, 砂岩致密化原因有四点: 杂基含量较高造成压实作用强烈、碳酸盐岩胶结严重、溶蚀改造有限以及自生黏土矿物严重堵塞孔隙。齐古断褶带八道湾组砂岩储层受成岩改造影响强烈, 大部分砂岩在 120Ma 之前已发生致密化; 四棵树凹陷头屯河组砂岩受到成岩改造作用弱, 除弱成岩改造相外, 其余成岩相在 9Ma 之前已进入致密砂岩界限。

(2) 淮南侏罗系砂岩发育五种成岩相以及六种主要孔隙类型, 不同成因孔隙决定了成岩相的宏观物性。弱成岩改造相砂岩中绿泥石包膜以及碎屑石英发育, 一定程度上增加了储层的抗压强度, 孔渗条件最好; 成岩环境封闭造成有机酸溶蚀改造有限, 石英加大—溶蚀相孔隙度略高于其他岩相, 渗透率高于其他岩相; 溶蚀产物经过短距离运移, 进一步堵塞自生黏土矿物相, 导致渗透率大幅降低; 早成岩期亮晶方解石以及菱铁矿胶结严重堵塞了碳酸盐岩胶结相原生孔隙, 孔隙度大幅降低; 高含量杂基不仅加剧压实作用从而减小平均孔隙体积, 同时杂基孔是导致多尺度孔隙网络非均质性强的因素, 因此杂基—强压实相孔渗条件最差。致密砂岩孔隙度主要由纳米级自生黏土矿物相关孔以及杂基孔所贡献; 渗透率主要由孔体积相对较小、半径较大、连通性好、孔隙形状规则的微米级残余粒间孔以及溶蚀孔贡献。常规砂岩的孔隙度及渗透率主要由残余粒间孔以及溶蚀孔贡献。

(3) 受到致密化程度、储层润湿性以及油气聚集方式的影响, 淮南中段八道湾组砂岩储层含油性差于淮南西段头屯河组。淮南中段八道湾组砂岩经历“持续埋藏—后期抬升”埋藏过程, 强烈的压实以及胶结作用造成砂岩致密化更加普遍, 大量高岭石致使砂岩储层亲水性进一步增加; 源储压差小造成异常高压发育条件有限, 构造挤压作用破坏了异常高压保存条件, 导致中段砂岩储层含油性较差。淮南西段头屯河组埋藏方式为“早期缓慢浅埋, 后期快速深埋”, 砂岩受到成岩改造弱, 毛管压力较小; 同时, 绿泥石包膜增加了储层亲油性, 以上条件有利于油气富集。

**参考文献** Ajdukiewicz, J.M., Lander, R.H., 2010. Sandstone reservoir quality prediction: The state of the art. *Aapg Bulletin* 94, 1083-1091. Allen, M.B., Windley, B.F., Chi, Z., Zhong-Yan, Z., Guang-Rei, W., 1991. Basin evolution within and adjacent to the Tien Shan range, NW China. *Journal of the Geological Society* 148, 369-378. Allen, M.B., Windley, B.F., Zhang, C., 1993. Palaeozoic collisional tectonics and magmatism of the Chinese Tien Shan, central Asia. *Tectonophysics* 220, 89-115. Al-Nofli, K., Pourafshary, P., Mosavat, N., Shafiei, A., 2018. Effect of initial wettability on performance of smart water flooding in carbonate reservoirs—an experimental investigation with IOR implications. *Energies* 11, 1394.

**关键词** 准噶尔盆地南缘、近物源沉积、侏罗系、致密砂岩、成岩作用



摘要 ID:757

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 基于分水岭分割算法的孔径分布表征

阿比德阿不拉、吕明阳、宋泽章\*、侯佳凯  
中国石油大学(北京)地球科学学院

孔径分布是反映储层流体在微-纳米级孔隙网络中的渗流能力的重要参数,它控制了页岩中气体的吸附机理,决定了气体的赋存状态和比例;决定了页岩储层的吸附能力;此外,孔径分布会影响储层性质,因此,孔径分布的研究对于天然气产能和经济可行性评价也至关重要。截至目前,学者们通常直接采用氮气吸附技术给出的孔径分布来解释与孔隙结构有关的问题,然而,氮气吸附技术得到的孔径分布是基于单几何热力学模型而获得的,其页岩孔径分布解释过于简单,与真实的孔隙网络存在明显偏差。本文在前人研究基础上,基于分水岭图像分割算法,综合氮气吸附技术、扫描电镜技术,建立了一个表征页岩孔径分布的新型热力学模型。我们将孔隙的几何模型简化为圆柱形和狭缝形两种类型,采用分水岭图像分割算法,对扫描电镜下的两种类型的孔隙进行分离,并定量评价其对孔径分布的贡献比例。在此基础上,综合两种典型的单几何(圆柱形和狭缝形)热力学模型,形成了一种新的混合模型,用于氮气吸附数据的孔径分布解释。通过地球化学分析、矿物成分分析、扫描电子显微镜定性观察、与DFT模型定量比较以及分形分析,验证了混合模型的有效性。与热力学单几何模型相比,混合模型的孔径分布与DFT模型的孔径分布更接近——相对于圆柱形和狭缝型模型,偏差降低了5.06%~68.88%。本文提出的混合模型能够更好地反映不同几何形状孔隙对孔径分布的贡献,根据混合模型得到的孔径分布表征更接近真实的孔隙空间情况。

**参考文献** Yang F, Ning Z, Liu H, 2014. Fractal characteristics of shales from a shale gas reservoir in the Sichuan Basin, China. *Fuel* [J], 115: 378-384. Yang F, Ning Z F, Wang Q, et al., 2016. Pore structure characteristics of lower Silurian shales in the southern Sichuan Basin, China: Insights to pore development and gas storage mechanism. *International Journal of Coal Geology* [J], 156: 12-24.

**关键词** 孔径分布;单几何热力学模型;混合模型;孔隙结构;页岩



摘要 ID:1078

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 川中北部侏罗系沙溪庙组储层成岩特征及控制因素

陈少云<sup>1</sup>、杨勇强<sup>\*1,2</sup>、邱隆伟<sup>1,2</sup>

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院
2. 中国石油大学(华东)深层油气重点实验室

川中侏罗系沙溪庙组是四川盆地陆相地层勘探的新热点,主要发育河流-三角洲-湖泊沉积,纵向上叠置的多期河道砂体是目前沙溪庙组主要的产气层段。本文以优质储层的特征为基础,综合铸体薄片、扫描电镜、阴极发光、包裹体均一温度测试、碳氧同位素等分析测试手段,分析了其成岩演化序列,探讨了优质储层形成的主控因素。研究表明:(1)川中地区沙溪庙组储层岩石类型以长石砂岩、岩屑质长石砂岩为主,储层砂体平均孔隙度为10.6%、平均渗透率为2.76mD,属于(中)低孔-低渗的储集层,储集空间以残余粒间孔、次生溶孔和多成因的裂缝为主。(2)目前川中沙溪庙组储层总体处于中成岩A期,成岩流体经历了弱酸弱碱→碱性→酸性→碱性4个阶段,主要的成岩事件序列如下:早期弱机械压实作用→早期绿泥石出现、部分长石发生早期溶蚀→早期方解石、浊沸石出现→长石大量溶蚀→自生石英大量出现、浊沸石大量溶蚀→晚期方解石、浊沸石、绿泥石出现→石英溶蚀。(3)各类河道砂体的细-中砂岩、中-细砂岩部分因其塑性颗粒、杂基含量较少,具有较高的结构成熟度和成分成熟度,而更有利于原生孔隙的保存和次生孔隙的形成,为优质储层的形成提供了基础条件。(4)压实作用和胶结作用是沙溪庙组储层致密化、孔隙度降低的最主要的原因,起主要作用的胶结物有浊沸石胶结、方解石胶结、硅质胶结;溶蚀作用的发生是川中沙溪庙组储层物性得以改善的关键,以长石溶蚀、浊沸石的溶蚀最为重要。(5)绿泥石环边的出现,浊沸石、长石等物质的溶蚀是优质储层形成的关键。浊沸石溶蚀-裂缝相、绿泥石胶结-长石溶蚀相是优质储层发育的重要位置。

### 参考文献

**关键词** 川中沙溪庙组; 优质储层; 成岩作用; 主控因素; 浊沸石



摘要 ID:284

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地南缘卡因迪克井区侏罗系储集层成岩作用研究

冯佳睿\*、高志勇、桂丽黎、张宇航

中国石油勘探开发研究院

利用岩心观察、薄片鉴定、阴极发光分析、扫描电镜、碳氧同位素组成等综合技术分析方法,系统评价准噶尔盆地南缘卡因迪克井区侏罗系储集层成岩作用。该区储集层成岩环境经历了早期碱性、中期酸性和晚期碱性的演化过程,主要的成岩演化序列为:绿泥石膜沉淀,早期方解石胶结,长石溶蚀、石英次生加大和自生高岭石充填,晚期铁方解石胶结、晚期铁白云石胶结、黄铁矿胶结,其中压实作用贯穿于整个埋藏过程。

卡因迪克井区侏罗系储集层经历了多种成岩环境演化,具有多种成岩作用类型。(司学强等,2021;胡瀚文等,2020;胡素云等,2019;陈建平等,2016;Kong et al.,2021)前人对该区成岩作用的研究较少,制约了准噶尔盆地南缘油气勘探的高效开发。卡因迪克井区侏罗系储集层以长石质岩屑砂岩为主,颗粒呈次棱-次圆状,分选性为中-差,杂基含量低,碎屑颗粒间以点-线接触为主,胶结物类型多样,胶结类型以孔隙式胶结为主。

该区储集层中岩屑含量一般为46%左右,且多为塑性岩屑,长石和石英颗粒含量低,抗压实能力弱。在持续的压实作用下,颗粒多呈线接触,局部见凹凸接触,常见云母强烈的塑性变形,偶见长石颗粒破裂。储集层的溶蚀以长石、岩屑等矿物的溶蚀为主,粒间孔发育,见粒内溶孔与粒内溶蚀缝。胶结作用发育,碳酸盐胶结物主要为铁方解石和铁白云石,方解石胶结作用至少分为两期。碳氧同位素组成表明,碳酸盐胶结物受有机质脱羧作用明显。交代作用是判断成岩演化序列的重要依据,主要可见晚期碳酸盐对早期碳酸盐的交代、黄铁矿对碳酸盐的交代作用等。卡因迪克井区侏罗系储集层绿泥石膜普遍发育,从形态上看可分为两期,早期为结壳状,晚期为针状、柱状等。碳酸盐胶结物以方解石和白云石为主,见铁方解石等充填在长石溶孔中,判断其形成晚于长石溶蚀。长石溶蚀过程中形成石英加大和自生高岭石,铁方解石和铁白云石胶结物交代石英加大,而又被少量黄铁矿胶结物交代,表明其形成晚于石英加大而早于黄铁矿胶结。

**参考文献** [1]. 司学强,袁波,彭博,等,2021,准噶尔盆地南缘冲断带侏罗系喀拉扎组沉积特征[J].新疆石油地质,42(04):389-398.[2]. 胡瀚文,张元元,郭召杰,等.2020.准噶尔盆地南缘深层侏罗系储层沥青成因及其对油气成藏的启示[J].地质学报,94(06):1883-1895.[3]. 胡素云,王小军,曹正林,等,2020.准噶尔盆地大中型气田(藏)形成条件与勘探方向[J].石油勘探与开发,47(02):247-259. [4]. 陈建平,王绪龙,邓春萍,等.2016.准噶尔盆地南缘油气生成与分布规律-典型油藏油源解剖与原油分布规律[J].石油学报,2016,37(04):415-429.[5]. Kong X Y, Zeng J H, Tan X F, et al., 2021. Natural tectonic fractures and their formation stages in tight reservoirs of Permian Lucaogou Formation, Jimsar Sag, southern Junggar Basin, NW China[J]. Marine and Petroleum Geology,133. &nbsp;

**关键词** 卡因迪克,成岩作用,演化序列



摘要 ID:3116

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 七里村油田延长组长 6 油层浊沸石胶结特征及其对储层物性的影响

王颖、杜贵超\*  
西安石油大学

摘要: 本文通过孔渗、压汞分析、薄片鉴定、扫描电镜及 X 衍射等分析手段, 对鄂尔多斯盆地七里村油田延长组长 6 油藏储层砂岩开展了系统的成岩作用研究。结果表明, 浊沸石胶结是研究区目的层砂岩最重要的成岩特征之一; 浊沸石胶结可形成于同生成岩期、早成岩 A 期及晚成岩期 A 期的碱性成岩环境中。其沉淀受多因素控制, 同生成岩期主要受沉积环境和物源条件影响, 研究区碎屑沉积物中火山岩屑中玻璃质矿物及变质岩屑的水化作用释放出  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  等金属阳离子, 为早期浊沸石胶结提供丰富的钙质及  $\text{SiO}_2$  来源。斜长石的钠长石化是早成岩 A 期到中成岩早期重要的物质来源。研究区目的层砂岩丰富的斜长石在该成岩期的碱性成岩环境中发生钠化石化作用, 为该期浊沸石胶结提供了物质基础。晚成岩 A 期胶结主要与浊沸石在孔隙流体中过饱和析出有关, 所需的  $\text{Ca}^{2+}$  及  $\text{Na}^+$  及  $\text{SiO}_2$  等可来源于早期浊沸石、长石颗粒、火山岩屑及变质岩屑的溶蚀。浊沸石胶结与研究区目的层储层物性演化关系密切, 早期胶结有效阻止了碎屑颗粒进一步压实及砂岩致密化, 同时为后期溶蚀形成大量次生孔隙提供了重要的物质基础。浊沸石在晚成岩 A 期的溶蚀作用扩大了砂岩储集层孔隙空间, 形成了研究区目的层储层孔隙为粒间孔+粒内容孔+粒间溶孔的孔隙组合类型。同时改善了孔喉结构, 增加了孔喉连通性, 有效改善了储层物性。

### 参考文献

关键词 浊沸石胶结物; 成岩作用; 储层物性; 延长组; 七里村油田



摘要 ID: 3198

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 地质力学层的识别及其对深层致密砂岩储层品质的影响分析 —— 以塔里木盆地库车坳陷博孜地区白垩系为例

尹国庆<sup>\*</sup>、吴孔友<sup>2</sup>、张辉<sup>1</sup>、孙海涛<sup>3</sup>、徐珂<sup>1</sup>、王志民<sup>1</sup>、来妹君<sup>1</sup>

1. 中国石油塔里木油田公司
2. 中国石油大学(华东)
3. 中国石油大学(北京)

塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带白垩系发育超深裂缝性低孔砂岩储层, 储层非均质强, 井间产能差异较大[1-2]。前期研究表明, 这类储层的储层品质可能由沉积作用、成岩作用、构造挤压作用、地应力等多种因素共同控制[3-6]。为了阐明多因素对储层发育的影响模式, 预测优质储层的分布规律, 本文结合沉积岩石学和储层地质力学理论, 利用钻井、测井、地应力等多类型资料, 通过单井分析和多井对比, 提出了“地质力学层”的概念, 并分析了“地质力学层”的识别依据、划分方法、分布规律, 及其对储层品质的影响。

研究结果表明: (1) 在博孜地区, 利用各段地层的杨氏模量、泊松比、抗压强度、最小与最大水平主应力, 结合电阻率、裂缝发育状况、孔隙度、渗透率的差异来划分“地质力学层”, 不同“地质力学层”的储层表现出不同的地应力状态和岩石力学性质, 物性和裂缝发育程度有差异, 且有一定的规律。(2) 博孜地区单井划分的“地质力学层”数量及差异表现出四类情况, 分别为: ①两层且具有明显的分层特征、②两层但分层特征不明显、③多层且分层特征不明显、④多层且分层特征明显等四类, 分层个数自东向西逐渐增多, 具有不明显分层特征的单井多位于断裂带附近, 具有明显分层特征的单井多位于圈闭高点, 构造样式简单。(3) 影响单井“地质力学层”划分的因素至少有两个: 第一, 沉积环境, 通过控制岩性变化, 影响岩石力学层属性, 垂向上巴什基奇克组细砂岩的脆性低于巴西改组粗砂岩, 在相同围压条件下, 巴西改组水平应力差值更高, 平面上, 从近物源到远端, 砂岩的粒度逐渐变细, 脆性增加, 岩石未发生破裂情况下, 应力更容易集中; 第二、构造演化, 通过控制圈闭裂缝发育特征控制岩体应力状态, 影响地质力学层, 不同圈闭受喜马拉雅构造运动的影响不同, 自北向南, 不同圈闭的古应力值逐渐降低, 裂缝密度逐渐降低, 更容易应力释放, 应力差值变小; 第三、局部地区膏岩发育程度, 例如博孜地区东南部, 储层顶部膏岩厚度减少, 储层上部易出现强挤压, 井壁易出现垮塌, 博孜地区西南部, 沉积物源变化, 砂泥互层增多, 砂体之间地应力状态差异大。(4) 在超深层致密砂岩储层中, 不同“地质力学层”表现出了不同的地应力状态、储层的各向异性特征, 这对勘探部署和完井改造都有重要的意义。首先, 可以通过平面上“地质力学层”的数量分布, 在探井或评价井部署时, 区分储层品质变化的复杂区和简单区, 以及钻井过程中井壁稳定区和不稳定区; 其次, 通过多井“地质力学层”对比, 建立“地质力学层”分布模式, 可以有效预测完钻井的有利改造井段, 有效支持完井改造选层、选段; 最后, “地质力学层”的提出将储层品质的地质因素和工程因素综合考虑, 促进了对非常规储层品质研究的更加全面的研究和认识[7-8], 对超深层气井增产、提高超深层油气勘探开发效益都有积极作用。

讨论: 对于类似塔里木盆地库车坳陷博孜-大北区块致密砂岩储层品质的影响仅对现象进行了分析, 背后机理需要深入开展研究, 是否对于其他盆地类似储层具有推广意义, 需要开展具体分析。

参考文献 [1] 江同文, 张辉, 徐珂, 王志民, 王海应. 克深气田储层地质力学特征及其对开发的影响[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2020, 42(04): 1-

12. [2] 徐珂; 田军; 杨海军; 张辉; 鞠玮; 刘新宇; 王志民; 房璐. 库车坳陷超深层现今地应力对储层品质的影响及实践应用[J]. 天然气地球科学. 2022, 33(1): 13-

23. [3] 曾联波, 刘国平, 朱如凯等. 库车前陆盆地深层致密砂岩储层构造成岩强度的定量评价方法[J]. 石油学报, 2020, 41(12): 1601-

1609. [4] 张辉, 尹国庆, 王海应. 塔里木盆地库车坳陷天然裂缝地质力





摘要 ID: 3068

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 碱湖型页岩油纹层品质差异与主控因素分析：以准噶尔盆地风城组为例

李梦莹、吴松涛\*

中国石油勘探开发研究院

玛湖凹陷风城组沉积于火山-碱湖蒸发环境中，发育一套独特的碱湖细粒沉积体系。针对玛湖凹陷风城组二段（风二段），综合运用薄片鉴定、X-射线衍射、XRF、扫描电镜、氮气吸附和核磁共振等分析方法，系统分析和评价沉积微相对纹层结构发育的影响。风二段主要发育6种纹层类型，其中长英质纹层、硅硼钠石纹层、碳钠钙石纹层和燧石纹层在扇三角洲前缘相和半深湖-深湖相采集样品中发育比例均较高。在沉积微相影响下，同一类型纹层表现出矿物组成、孔隙结构和有机地化特征差异，纹层密度、矿物组成、岩石结构、有机质丰度和裂缝发育程度等因素协同作用控制纹层储集性、含油性和可压裂性。高纹层密度、高燧石含量限制了半深湖-深湖相孔隙空间的发育，储集性和可压裂性较差；而高有机质含量、高长石、黄铁矿和黏土矿物的扇三角洲前缘沉积有机质和矿物的协同作用更强，纹层品质更好。在此基础上建立了玛湖凹陷风二段纹层发育模式，并指出扇三角洲前缘相储层可能是甜点评价更有利的岩相。

### 参考文献

**关键词** 碱湖；纹层品质；细粒沉积；成岩改造





摘要 ID:138

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地樊家川地区长 63 储层成岩作用对孔隙度演化定量表征的影响

肖玲<sup>1,2</sup>、王翀<sup>1,2</sup>

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 陕西西安, 710065

2. 陕西省油气成藏地质学重点实验室, 陕西西安, 710065

鄂尔多斯盆地樊家川长 63 储层经过复杂的沉积、埋藏及成岩等地质作用, 形成了典型的致密砂岩储层。对孔隙度演化的分析, 作为致密砂岩储层研究的一个热点, 是恢复储层致密化过程、明确储层致密化原因的有效手段。本研究选取 138 块代表性样品, 通过岩石薄片鉴定、镜下矿物观察、常规物性及图像粒度分析, 以时间为主轴, 综合沉积环境、埋藏史、古地温等因素, 依据成岩演化序列统计各个孔隙度演化相关参数, 建立了樊家川长 63 储层的孔隙度演化方程及模型, 分析了储层致密成因机理。

应用未固结砂岩孔隙度公式计算出样品的分选系数为 0.85~2.67, 平均为 1.54; 原始孔隙度为 29.49%~47.72%, 平均为 36.82%。在早期几何堆叠阶段, 研究区储层岩石矿物组分、分选、颗粒接触关系及磨圆程度相似, 因此孔隙大小及分布形态也接近, 储层物性差别也较小。随着埋深加大, 进入埋藏成岩阶段后, 压实作用逐渐增强, 早期强烈的机械压实作用损失的孔隙度为 18%; 压实作用减弱后, 早期胶结作用产生, 由压实作用和早期胶结作用损失的孔隙度为 4.54%; 次生增孔是由于地层中酸性流体的溶蚀作用而产生的, 主要发生在 70°C~90°C 的温度窗口内, 溶蚀作用增加的孔隙度为 4.87%; 溶蚀作用减弱后, 开始进入中晚期胶结-交代作用阶段, 由中晚期胶结-交代作用损失的孔隙度为 10.29%; 计算所得樊家川长 63 储层砂岩孔隙度为 8.86%, 而实测孔隙度为 9.05%, 相对误差为 2.10%, 在合理范围之内。可以看出, 压实作用是导致该区长 63 储层致密化的主要原因, 胶结作用对致密化过程也有一定的影响。

**参考文献** 魏钦廉, 郑荣才, 肖玲, 等, 2007. 鄂尔多斯盆地吴旗地区长 6 储层特征及影响因素分析[J]. 岩性油气藏, 19(4): 45-50. 王艳忠, 操应长, 葱克来, 等, 2013. 碎屑岩储层地质历史时期孔隙度演化恢复方法——以济阳拗陷东营凹陷沙河街组四段上亚段为例[J]. 石油学报, 34(6): 1100-1111. 任大忠, 孙卫, 田辉, 等, 2016. 鄂尔多斯盆地姬源油田长 6 储层成岩作用特征及孔隙度演化研究[J]. 西北大学学报(自然科学版), 46(1): 105-112. 张茜, 孙卫, 杨晓菁, 等, 2017. 致密砂岩储层差异性成岩演化对孔隙度演化定量表征的影响: 以鄂尔多斯盆地华庆地区长 63 储层为例[J]. 石油实验地质, 39(1): 126-133.

**关键词** 成岩作用; 孔隙度演化; 樊家川; 长 6



摘要 ID:260

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 辽河清水洼陷沙三中致密砂岩成岩特征及致密成因

朱毅秀<sup>1</sup>、吕品<sup>1,2</sup>

1. 中国石油大学(北京)地球科学学院
2. 油气资源与探测国家重点实验室

辽河拗陷西部凹陷中南部清水洼陷深层沙河街组沙三段具备有利成藏条件,致密砂岩储层特征和致密成因机制是本段研究的热点和难点。借助岩心观察和薄片、粒度、扫描电镜与能谱、X衍射(XRD)、系列元素测试、压汞、物性测试等实验分析,全面剖析沙三段中亚段砂岩的形成环境、岩性与物性、成岩与演化等,对比此段不同埋深(深层与浅层)成岩及物性特征差异,刻画本区深层沙三中亚段砂岩储层成岩特殊性与演化模式,分析其成岩、成储控制因素,模拟其成岩演化过程,探讨深层砂岩致密化控制因素与成因机制,预测储层分布,这有利于丰富深层碎屑岩储层形成理论及指导致密砂岩油气的勘探开发。本沙三中亚段以最大湖泛面为界分为沙三中上层和沙三中下层,岩石类型为砾岩、砂岩和泥岩、以砂岩为主,为灰色、灰黑色块状含泥长石质岩屑砂岩和岩屑质长石砂岩。碎屑岩发育块状层理、韵律层理、交错层理及水平层理,岩心上见冲刷面、各种变形构造;碎屑岩层形成于两种水流体系,以辫状河三角洲与湖底扇沉积为主。结构与成分成熟度中低的砂岩经历较强烈的压实作用、胶结作用、溶蚀作用、交代作用及新生矿物转化作用;中等-强压实作用明显,不同时代与不同区域存在压实差异性;胶结物以泥晶至细晶方解石为主,少量为自生石英和黏土矿物,零散状、连晶状分布;长石溶蚀常见,岩屑其次,胶结物的溶蚀不均匀;碳酸盐交代碎屑矿物、云母交代长石、黏土矿物交代长石;自生黏土矿物常见,发育黏土矿物转化、碳酸盐矿物转化与替代。本段处于中成岩A亚期或B亚期,主要发生了压实作用与早期方解石沉淀-早期长石溶蚀与高岭石沉淀/石英加大-早期方解石胶结物溶蚀/长石与岩屑溶蚀/黏土矿物自生与转化/石英加大-油气运移、充注/交代与溶蚀/(埋深加大地温增高)压实加强与热胶结充填-油气再改造/成岩致密、异常高压区成储、成藏。呈现弱酸/弱碱-酸性-碱性的流体演化,本段以正常压力场演化为主,局部存在异常压力场。砂岩储层平均孔隙度为10%左右,不同微相砂体孔隙度不同,两个最有利微相砂体为三角洲前缘分流河道砂体(达12%)、中扇辫状河道(达14%);物性与压汞实验显示砂岩储层属于中、低孔-低渗、特低渗储层。早期烃类注入有得于保护水下分流河道砂体的孔隙,溶蚀作用与构造成缝改善了储层物性、影响了矿物转化,后期深层的热压实作用与胶结作用造成了砂岩普通致密;成岩是致密的主因,本段是先成藏后致密。

**参考文献** [1]郝杰,周立发,袁义东,等,2018.断陷湖盆致密砂岩储层成岩作用及其对孔隙演化的影响[J].石油实验地质,40(05):632-638+649. [2]李忠,陈景山,关平,2006.含油气盆地成岩作用的科学问题及研究前沿[J].岩石学报,22(08):2113-2122. [3]李会军,吴泰然,吴波,等,2004.中国优质碎屑岩深层储层控制因素综述[J].地质科技情报,23(04):76-82. [4]罗静兰,李弛,雷川,等,2020.碎屑岩储集层成岩作用研究进展与热点问题讨论[J].古地学报,22(06):1021-1040. [5]孟元林,王志轩,张凤莲,等,2016.辽河拗陷西部凹陷南段古近系沙河街组致密砂岩特征与成因机制[J].古地学报,18(04):569-580. [6]葱克来,操应长,王艳忠,等,2015.低渗透储集层成岩作用与孔渗演化——以准噶尔盆地中部1区侏罗系三工河组为例[J].石油勘探与开发,42(04):434-443. [7]王亚,杨少春,路研,等,2019.渤海湾盆地东营凹陷高青地区中生界低渗透碎屑岩有效储层特征及发育控制因素[J].石油与天然气地质,40(02):271-283. [8]朱毅秀,金振奎,金科,等,2021.中国陆相湖盆细粒沉积岩岩石学特征及成岩演化表征——以四川盆地元坝地区下侏罗统大安寨段为例[J].石油与天然气地质,42(02):494-508. [9]朱毅秀,王欢,单俊峰,等,2018.辽河拗陷茨榆坨潜山太古界基岩储层岩性和储集空间特征[J].石油与天然气地质,39(06):1225-1236. [10]Cantrell D L, Shah R A, Ou J, et al, 2020. Depositional and diagenetic controls on reservoir quality: Example from the upper Cretaceous Mishrif Formation of Iraq[J]. Marine and Petroleum Geology, 118:104415. [11]Liu G, Zeng L, Zhu R, et al., 2021. Effective fractures and their contribution to the reservoirs in deep tight



sandstones in the Kuqa Depression, Tarim Basin, China[J]. Marine and Petroleum Geology, 124:104824. [12]Li Y, Fan A, Yang R, et al., 2021. Sedimentary facies control on sandstone reservoir properties: a case study from the Permian Shanxi Formation in the southern Ordos Basin, central China[J]. Marine and Petroleum Geology, 129:105083. [13]Weilong P, Guoyi H, Ziqi F, et al., 2018. Origin of Paleogene natural gases and discussion of abnormal carbon isotopic composition of heavy alkanes in the Liaohe Basin, NE China[J]. Marine and Petroleum Geology, 92:670–684. [14]Schicker A, Gier S, Schieber J, et al., 2021. Diagenesis of the Malmian Mikulov Formation source rock, Vienna Basin: Focus on matrix and pores[J]. Marine and Petroleum Geology, 129:105082 [15]Sun P, Xu H, Zhu H, Jia L, et al., 2021. Investigation of pore-type heterogeneity and its control on microscopic remaining oil distribution in deeply buried marine clastic reservoirs[J]. Marine and Petroleum Geology, 2021, 123:104750.

**关键词** 致密砂岩；成岩作用；深层储层控制因素；辽河坳陷



摘要 ID:536

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地中元古界雁列裂谷成因机制及油气地质意义

李萌<sup>1</sup>、冯志强<sup>1</sup>、闫相宾<sup>1</sup>、郭元岭<sup>1</sup>、张威<sup>2</sup>、杨双<sup>1</sup>、蔡利学<sup>1</sup>、范玲玲<sup>2</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院

2. 中国石化华北油气分公司勘探开发研究院

位于大陆板块边缘的雁列裂谷, 具有鲜明的组合特征和独特的构造位置, 在全球范围内比较少见。在华北板块西缘, 鄂尔多斯盆地发育一系列中元古代裂谷, 具有北东向雁列式展布特征, 目前对于该裂谷带成因机制的认识仍存在分歧。本文回顾了已知陆缘雁列裂谷的进展认识, 研究了杭锦旗地区中元古界裂谷特征, 综合提出了新的解释方案。在哥伦比亚超大陆裂解背景下, 华北板块西缘与相邻板块相对运动形成边界转换断层, 平移剪切作用下发育雁列展布的局部张性(T)破裂, 持续发育形成的一系列NW向裂谷带。在边界转换断层尾端的走向转折处, 伴生T破裂走向自东向西表现出NNE-NS-NNW向偏转, 最终形成杭锦旗地区的发散裂谷。边界转换断层成因机制推测与超大陆内洋中脊扩展作用有关, 同时受到华北板块逆时针旋转的平切作用。本文提出的边界转换断层伴生构造成因, 为鄂尔多斯中元古界雁列裂谷和北部发散裂谷的形成机制诠释了一种可能。边界转换断层及伴生变形作用对裂谷沉积、储层改造及油气富集具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 雁列裂谷; 中元古界; 边界转换断层; 油气意义



摘要 ID:1740

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 川西坳陷上三叠统须家河组四段储层致密化过程及其与油气成藏的耦合关系

林良彪<sup>1,2</sup>、余瑜<sup>1,2</sup>、刘冯斌<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059

2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610059

川西坳陷上三叠统须家河组油气资源丰富, 是四川盆地主要的致密砂岩气产气层段之一。以川西坳陷须家河组四段(须四段)致密砂岩为研究对象, 基于岩石学特征、物性分析和成岩作用的研究, 分析须四段砂岩的致密化过程及致密因素, 并结合油气成藏史, 探讨须四段储层的致密-成藏耦合关系。研究表明造成须四段孔隙损失的主因是压实作用, 但导致储层致密的关键因素是成岩系统处于半封闭-封闭状态下沉淀的晚期碳酸盐胶结物, 使得须四段相对有利储层在中成岩 A 期的中、晚阶段砂岩孔隙度降至 10% 以下, 对应地质历史时期为早白垩世; 储层的致密化是个动态的过程, 定义孔隙度小于 10% 是为了量化储层的致密时间(即储层孔隙度降至 10% 的时间); 本次研究对导致储层致密的关键因素—方解石胶结物进行 U-Pb 定年分析, 获得  $149.5 \pm 31.1\text{Ma}$  (晚侏罗世) 的年龄, 但由于无法判断方解石胶结的世代性, 只能表明须四段致密砂岩从  $149.5 \pm 31.1\text{Ma}$  已开始致密化, 但孔隙度还没有降低到 10%。包裹体及激光拉曼成分分析表明须四段具有两个成藏时期, 分别是晚三叠世-中侏罗世和晚侏罗世-早白垩世, 其中晚侏罗世-早白垩世的晚期成藏为主成藏期; 选取须四段的沥青进行 Re-Os 同位素分析, 获得年龄为  $187.42 \pm 6.58\text{Ma}$  (早侏罗世)。以储层孔隙度低于 10% 为标准, 川西坳陷须四段不同类型储层进入致密演化阶段时, 须四段的主成藏期(晚侏罗世-早白垩世)尚未结束, 表明须四段储层是“先致密后成藏”型储层。

### 参考文献

**关键词** 川西坳陷; 须家河组; 致密砂岩; U-Pb 定年; Re-Os 同位素; 成藏。



摘要 ID:1915

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 放射性元素分析在油气勘探中的应用浅析

王敏<sup>\*1</sup>、傅爱兵<sup>1</sup>、杜振京<sup>2</sup>、高阳<sup>1</sup>

1. 中国石化胜利油田勘探开发研究院
2. 中石化胜利油田油气勘探管理中心

特定地质背景及条件下,不同放射性元素(铀、钍、钾)的局部富集是引起砂岩储层高伽马值的主要因素,但不同放射性元素的分布受控于哪些因素,以及在储层评价中如何有效利用这些信息需要进一步梳理。从铀、钍、钾等三种主要放射性元素的赋存及运移特性入手,逐一分析了导致岩石高放射性的成因和控制因素,其中高铀放射性受控于储层油气活动和黏土矿物含量及类型;高钍放射性受控于火山活动及风化淋滤作用;高钾放射性受控于含钾母岩和黏土矿物类型。并基于上述分析,利用实例分类探讨了高放射性元素在储层评价中的应用,如基于元素间比值判定沉积环境,基于 TH/K 比值判断黏土矿物类型,与 PE 曲线结合识别高伽马层段中的有效储层;与渗透性曲线 SP、物性曲线 AC 结合指示风化壳和判断砂岩成熟度以及利用钍元素放射性来指示砂岩物源方向,这些探索有效拓展了放射性元素在油气勘探中的应用。

**参考文献** 吴慧山,于铭强,周镭庭,等译.放射性同位素地球化学[D].原子能出版社,北京:1985,10-12.李冬梅,于兴河,李胜利.自然伽马能谱测井辅助识别砾石储层方法研究[J].测井技术,2010,34(2):155-158.于振锋,程日辉,赵小青,等.海拉尔盆地乌南凹陷南一段高伽马砂岩成因与识别[J].中国石油大学学报(自然科学版),2012,36(3):76-83.刘行军,杨双定,南力亚,等.陕北地区延长组长6段高伽马砂岩储层参数确定方法[J].中国石油勘探,2014,19(2):59-66.

**关键词** 高自然伽马;放射性元素;运移特性;风化作用;黏土矿物



摘要 ID: 2898

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 太古界花岗岩风化壳储层结构识别标准及分布特征研究-以渤海湾盆地东营凹陷为例

李晓珂\*

大陆动力学国家重点实验室, 西北大学地质学系

花岗岩潜山研究作为近年来非常规勘探的前沿性课题, 其在油气生产中逐渐占据重要地位。目前国际上在古地台(北美和南美)、年轻地台(西西伯利亚、西欧)、年轻的褶皱造山带拗陷(委内瑞拉)均发现工业性基岩油气田, 其中约40%油气都产于花岗岩潜山风化壳储层中, 且其储量约占据整个基岩油气田储量的75%左右[Williams and Augifield, 1972; Trinh et al, 2009; 陈文玲和周文, 2012]。国外以委内瑞拉的拉帕兹油田, 越南的白虎油田为代表[Borgohain, 2010; Haskell et al, 2010; Li, 2011], 其中白虎油田属于第三系花岗岩基底油气藏, 储量超6亿吨, 日产超过1000吨。国内花岗岩风化壳储层的勘探也陆续取得了一些成果, 蓬莱9-1, 锦州25-1S, 牛心坨花岗岩潜山, 兴隆台花岗岩潜山, 埕北30潜山[王青春等, 2006; 邓强, 2007; 史浩等, 2008; 崔云江, 2008; 鹿洪友, 2008; 房圆, 2016]等都取得了重大勘探成功。随着渤海湾盆地, 珠江口盆地花岗岩风化壳油气藏的大量发现, 花岗岩风化壳储层的研究对油气增产具有重要意义。

纵观国内外花岗岩风化壳储层的研究, 其主要侧重于储层结构纵向划分和油气成藏方面的研究。花岗岩潜山接受差异性的风化作用, 非均质强, 在纵向上形成明显的分带性。根据风化壳矿物特征, 结构和化学指标等, 可以将风化壳储层从上到下划分为不同分带。比如土壤带、砂质风化带、砾质风化带、裂缝带和基岩带。或者划分为风化淋滤带、裂缝发育带、半充填裂缝发育带和致密带[王昕等, 2015; 窦立荣等, 2015; 王景春等, 2018]。储集空间类型自上而下由孔隙型, 裂缝孔隙型, 孔隙裂缝型, 裂缝型过渡[邓运华和彭文绪, 2009; 陈国成等, 2016; 周伟等, 2016]。其渗透率和孔隙度在纵向上也有很大差异, 随着深度逐渐增加, 孔隙度从4%下降到1%, 渗透率从13md下降到0.1md [陈志海等, 2009; 葛志丹和王兴志, 2011; 王景春等, 2018], 局部有高渗透层出现。同时, 为了识别风化壳结构及其分布, 从测井和地震方面也做了很多尝试。花岗岩骨架的不导电性, 呈现为高电阻响应特征, 伴随裂缝发育程度电阻率呈现起伏不平的尖峰状。声波时差的“周波跳跃”现象反应基底裂缝的发育[刘春成等, 2000; 倪祥龙, 2015; 谭伟雄和王俊瑞, 2015]。地震高频强振幅反射多对应上覆风化层, 杂乱反射或者空白反射对应基底致密带[黄继新等, 2007; 李玉彤等, 2009; 龚再升, 2010; 李良泉等, 2016]。风化淋滤, 剥蚀时间, 古气候环境, 上覆沉积环境, 岩性差异, 构造改造等[邓运华和彭文绪, 2009; 张攀等, 李建平等, 2014; 王明臣等, 2016; 黄建红和谭先锋, 2016]。都在一定程度上影响风化壳储层的形成与分布。

伴随着花岗岩潜山油藏的进一步勘探, 前人的研究存在着一些不足和问题。由于风化壳储层纵向的差异性, 测井和地震分层响应特征尚未明确, 各种划分标准不能结合起来, 没有综合性的分带识别标准; 并且各种已划分的风化壳结构并不统一, 难以应用到工区实际研究中; 其次全区统一的风化壳划分方案, 忽略了风化壳结构随着构造位置变化而变化的客观事实。需要考虑地形及构造变化过程中, 风化壳结构在潜山不同部位分布的差异性, 乃至纵向结构在不同部位的配置关系; 最后, 基岩风化壳储层的形成, 破坏及保存是一个动态演化的过程, 现有静态划分模式, 并未考虑后期改造和保存因素对其分布的影响, 使得花岗岩油藏勘探不确定性增加。

我们在渤海湾东营凹陷滨县凸起地区进行了一系列研究, 分析其太古界花岗岩风化壳储层结构、分布特征、动态演化的过程和分布主控因素。首先通过岩性划分, 测井曲线特征分类统计, 物性计算, 地震相标定分类识别的方法, 建立不同风化壳储层的识别标准; 然后结合井上储层发育特征, 确定不同构造部位的风化壳储层叠置类型, 创新型的建立了包含动态演化因素的风化壳储层双层结构, 分析风化壳储层演化模式。然后结合大量连井剖面 and 地震属性分析, 确定其横向, 平



面分布特征。最后对其主控因素进行分析。东营凹陷滨县凸起地区太古界花岗岩风化壳储层从岩性上可分为三类，砂砾质的残积层、溶蚀孔隙发育的溶蚀层、裂缝发育的崩积层。残积层呈现高声波时差（均值  $477 \mu\text{s}/\text{ft}$ ），低密度（均值为  $2.27 \text{ g}/\text{cm}^3$ ），高伽马值（均值  $122.5 \text{ API}$ ）和低电阻率（均值  $16.23 \Omega \cdot \text{m}$ ）；溶蚀层中声波时差（均值为  $327.5 \mu\text{s}/\text{ft}$ ），中高密度（均值为  $2.31 \text{ g}/\text{cm}^3$ ），中低伽马值（均值为  $64.25 \text{ API}$ ）和中电阻率（均值  $52.11 \Omega \cdot \text{m}$ ）。崩解层表现为低声波时差（均值为  $290 \mu\text{s}/\text{ft}$ ），高密度（均值为  $2.68 \text{ g}/\text{cm}^3$ ）低伽马值（平均值为  $60.1 \text{ API}$ ）和高电阻率（均值  $221.42 \Omega \cdot \text{m}$ ）。残积层属于高孔中渗型储层（孔隙度范围 5%–9% 之间，渗透率为  $0.7\text{--}10 \text{ mD}$ ），溶蚀层为中孔中渗型（孔隙度范围 2%–7%，溶蚀层渗透率  $0.1\text{--}5 \text{ mD}$ ），崩解层为低孔低渗（孔隙度范围 1%–4%，渗透率范围  $0.01\text{--}0.5 \text{ mD}$ ），裂缝对储层物性有明显改善。地震上残积层对应高振幅相，溶蚀层对应中振幅相，崩解层对应弱振幅相。工区内包含三类风化壳储层叠置关系残积-崩解；溶蚀-崩解；崩解层单独发育。残积层与溶蚀层同属于全风化层，是全风化层不同演化阶段的产物，建立包含动态演化思维的全风化层-半风化层双层结构。明确残积层发育在临近构造高点的缓坡上，溶蚀层发育在坡脚，崩解层在构造高点出露。基岩断块掀斜，地表水冲蚀，埋藏时期控制着风化壳储层的空间分布特征。

**参考文献** 陈国成, 陈华靖, 田晓平等. 渤海 PL 油田花岗岩潜山储层发育特征及控制因素[J]. 海洋地质前沿, 2016, 32(2): 14–18. 陈文玲, 周文. 含油气盆地重要勘探领域——基岩油气藏[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2012, 34(05): 17–24. 陈志海, 牟珍宝, 孙钰等. 越南白虎油田缝洞型基岩油藏特征与开发对策[J]. 中外能源, 2009, 14(9): 45–49. 崔云江. 渤海锦州 25-1 南油田太古界潜山储层测井评价技术[D]. 中国石油大学, 2008. 邓强. JZS 低潜山带储集层特征及控制因素分析[J]. 内蒙古石油化工, 2007(12): 132–136. 邓运华, 彭文绪. 渤海锦州 25-1S 混合花岗岩潜山大油气田的发现[J]. 中国海上油气, 2009, 21(3): 145–149. 窦立荣, 魏小东, 王景春等. 乍得 Bongor 盆地花岗质基岩潜山储层特征[J]. 石油学报, 2015, 36(08): 897–904+925. 房圆. 渤海海域 PL9-1 中生界岩浆岩潜山储层特征研究[D]. 中国石油大学(北京), 2016. 葛志丹, 王兴志. 东营凹陷太古界岩岩储层特征研究[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(4): 49–51. 龚再升. 继续勘探中国近海盆地花岗岩储层油气藏[J]. 中国海上油气, 2010, 22(4): 214–220. 黄继新, 彭仕宓, 黄述旺. 河流相储层建模中测井和地震资料整合研究[J]. 中国矿业大学学报, 2007, 36(01): 126–131. 黄建红, 谭先锋. 花岗质基岩风化壳结构特征及油气地质意义[J]. 地球科学, 2016, 41(12): 2041–2060. 李建平, 周心怀, 王清斌等. 表生喀斯特作用对蓬莱花岗岩潜山油田风化壳储层发育的控制作用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2014, 41(5): 556–564. 李良泉, 熊晓军, 侯秋平等. 基于地震属性建模的数值模拟及其应用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2016, 43(04): 454–459. 李玉彤, 李国艳, 贺荣梅等. 适用地震技术优化组合在伊通盆地的实践与认识[J]. 中国石油勘探, 2009, 14(04): 57–60. 刘春成, 赵立, 王春红等. 测井约束波阻抗反演及应用[J]. 中国海上油气. 地质, 2000, 14(01): 65–68. 鹿洪友. 埕北 30 潜山油藏储层特征及成藏模式研究[J]. 石油天然气学报, 2008(04): 23–27+173. 倪祥龙. 分频反演技术在致密油甜点预测中的应用——以柴达木盆地扎哈泉地区为例[C]. 中国石油学会石油物探专业委员会. 中国石油学会 2015 年物探技术研讨会论文集. 中国石油学会石油物探专业委员会: 石油地球物理勘探编辑部, 2015: 821–823. 史浩, 周心怀, 孙书滨等. 渤海 JZS 潜山油藏储层发育特征研究[J]. 石油地质与工程, 2008(03): 26–28+32. 谭伟雄, 王俊瑞. 花岗岩储层储集性能定量评价方法及应用[J]. 中国海上油气, 2015, 27(2): 31–37. 王景春, 窦立荣, 徐建国等. “两宽一高”地震资料在花岗岩潜山储层表征中的应用——以乍得邦戈盆地为例[J]. 石油地球物理勘探, 2018, 53(02): 320–329+222. 王明臣, 官大勇, 刘朋波等. 渤海蓬莱 9-1 油藏花岗岩储层特征与成储化条件分析[J]. 地质科技情报, 2016, 35(06): 83–89. 王青春, 姜华, 戴雄军. 辽河拗陷牛心坨地区隐蔽油气藏研究[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2006(01): 26–28+138–139. 王昕, 周心怀, 徐国胜等. 渤海海域蓬莱 9-1 花岗岩潜山大型油气田储层发育特征与主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(02): 262–270. 张攀, 胡明, 何冰, 荣毅等. 东营凹陷太古界基岩储层主控因素分析[J]. 断块油气田, 2011, 18(01): 18–21. 周伟. 柴达木盆地西缘基岩风化壳与油气运聚关系研究[D]. 北京, 中国石油大学, 2016. Borgohain, T., 2010. Reservoir fairway analysis of a Barail interval of Deohal area in upper Assam basin using high resolution sequence stratigraphy and seismic attributes. [C]. Annual AAPG Convention. 965–985. Haskell, J.B. Toelsie, S., Mohan, A., Optimization of sand control for unconsolidated, shallow, and low-pressure sandstone reservoirs: A Suriname case study. [C]. Society of Petroleum Engineers-Trinidad and Tobago Energy Resources Conference. 953–964. Li, B. J., 2011. The natural fracture evaluation in







摘要 ID:162

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 细粒沉积岩人工裂缝动态演化与微纳米孔喉系统

吴松涛\*、苏玲、姜晓华、于志超、于聪、廖凤蓉  
中国石油勘探开发研究院

利用水力压裂形成有效渗流通道沟通微纳米级孔喉系统,是页岩油气等非常规油气有效动用的核心。然而,目前学术界与工业界仍有多个问题未得到回答。例如,沟通微纳米孔喉系统的微裂缝究竟有多大?与已有孔喉系统具有什么关系?本文以准噶尔盆地吉木萨尔凹陷芦草沟组富有机质页岩和鄂尔多斯盆地长7致密砂岩为研究对象,创造性利用纳米CT三维原位成像技术,开展微纳米级别裂缝形成过程的精细研究,直观展示页岩等细粒沉积岩储层人工裂缝生长特征,探讨有机质、矿物组成、孔隙结构对裂缝形成与分布的影响,建立非常规储层微纳米尺度三维裂缝动态生长模型。主要取得以下成果:(1)芦草沟组页岩以白云石粒间孔、伊利石粒内孔为主,孔隙直径主体介于 $200\text{nm}\sim 2\mu\text{m}$ ,微纳米尺度裂缝发育程度较低;长7致密砂岩发育长石与岩屑溶蚀孔,见少量粒间孔,三维CT显示长7孔隙直径主体介于 $6.1\mu\text{m}\sim 70.5\mu\text{m}$ 。(2)致密储层裂缝发育符合摩尔力学定律,与加载应力呈正相关性,芦草沟组页岩起裂应力为 $475\text{mN}$ ,长7致密砂岩起裂压力为 $100\text{N}$ ;裂缝可切穿白云石、钠长石等脆性矿物,主体沿孔隙更发育的位置扩展。(3)从 $50\text{mN}$ 到 $515\text{mN}$ ,芦草沟组页岩延展尺寸从 $2\mu\text{m}$ 扩大到 $14\mu\text{m}$ ,人造裂缝宽度介于 $0.3\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$ ,孔隙度从 $5.45\%$ 增大为 $8.35\%$ ;长7致密砂岩裂缝最大宽度为 $200\mu\text{m}$ ,孔隙体积可增大11倍。本研究首次表征了连通微纳米孔喉系统的裂缝系统,相关认识对于深化页岩等细粒沉积岩裂缝生长基础理论研究具有重要参考意义。

**参考文献** Renard, F., Bernard, D., Desrues, J., et al., 2009. 3D imaging of fracture propagation using synchrotron X-ray microtomography. *Earth and Planetary Science Letters*, 286(1-2), 285-291.

**关键词** 非常规油气; 细粒沉积岩; 裂缝演化; 微纳米孔喉; 原位表征



摘要 ID:437

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 川西坳陷须家河组致密砂岩方解石胶结物 LA-ICP-MS U-Pb 定年研究

余瑜\*、林良彪  
成都理工大学

川西坳陷须家河组致密砂岩是四川盆地碎屑岩层系天然气主力产层,为典型的低孔、低渗-特低孔、低渗的深层致密砂岩。须家河组四段形成了以自生方解石为主的砂岩储层,严重地影响着储层的物性质量、非均质性特征和油气运移。运用扫描电镜-阴极发光(SEM-CL)、矿物综合分析仪(TIMA)、流体包裹体和激光剥蚀电感耦合等离子体质谱仪(LA-ICP-MS)对川西坳陷须四段致密砂岩方解石胶结物进行U-Pb定年分析。矿物相分布结果表明方解石胶结物的含量在14%~16%,表现为原生粒间孔隙和长石溶蚀孔隙的充填。方解石胶结物在SEM-CL图像中几乎不发光,说明方解石胶结物相对均质且形成于同一成岩期次。流体包裹体测得方解石胶结物的均一温度介于100~130°C,形成于中成岩阶段,结合地层埋藏史,指示方解石胶结物沉淀于中-晚侏罗世。两件砂岩样品的方解石胶结物分别获得了U-Pb年龄为149.5±31.1Ma和145.0±47.9Ma,表明方解石胶结物形成于晚侏罗世,与均一温度结合热史推断的形成时间吻合。样品方解石胶结物较低的 $^{238}\text{U}/^{206}\text{Pb}$ 比值影响了U-Pb的年龄精度,Mn和U元素表现出较好的正相关性,推测U元素的富集可能与富含大气淡水的流体来源有关。结合成岩作用判断,当古地温达80°C,有机质成熟、热脱羧反应产生有机酸和二氧化碳,造成了长石矿物溶解;邻近泥页岩层富钙流体进入须四段砂岩,降低流体CO<sub>2</sub>分压、增加流体pH值,使得方解石胶结物沉淀。晚侏罗纪燕山运动早幕造成了四川盆地周缘多向挤压构造,西缘龙门山的剧烈活动加快了盆地西部的沉积速率,上侏罗统蓬莱镇组和遂宁组地层厚度超过2000m,上覆地层快速增厚,形成了地层超压,将须四段砂岩上部的须五段中的流体挤压进须四段。

参考文献

关键词



摘要 ID:1308

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 川西地区侏罗系须家河组五段 致密气藏层序结构及含气储层微观特征

李琦\*<sup>1</sup>、刘勇<sup>1</sup>、张自力<sup>1,2</sup>、李剑<sup>1</sup>、朱珍君<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. 中国石油四川石油管理局西南油气分公司博士后工作站

综合沉积相、层序地层和高产层段的岩性组合分析,指出川西地区侏罗系须五段砂夹泥、砂泥互层和泥夹砂型组合分别对应水进期形成的水下分流河道砂体、水退期进积形成的水下分流河道及河口坝砂体、高位期湖相滩坝砂体。须五含气储层主要为纵向多套砂体叠置,空间上复合连片的薄砂体,相对优质储层为高能环境下的分流河道或河口坝砂体。由于砂泥频繁互层及陆相煤系地层有机质类型及热演化特点,川西地区地区须五段含气储层主要为致密砂岩。采用激光共聚焦、纳米CT扫描等技术刻画砂岩和泥岩微观结构特征,揭示砂岩主要为致密超低-低渗储层,砂岩储集空间发育溶蚀孔、晶间孔和部分微裂缝,泥岩储集空间主要发育有矿物溶蚀孔隙、粘土矿物晶间孔、晶内孔和机质纳米孔。须五段成岩作用主要处于中成岩A期,部分进入B期,长石、方解石及岩屑等不稳定碎屑颗粒在一定程度上阻止了成岩早-中期的压实、压溶作用,溶蚀改造作用造成了多种类型的次生溶蚀孔隙,是低孔渗背景下优质储层发育的重要因素之一。指出水下分流河道、河口坝和滩坝砂体与富有机质泥岩有效配置以及建设形成岩溶蚀发育区叠合部位是有效储层发育的有利区域。

**参考文献** 1、叶军,曾华盛. 川西须家河组泥页岩气成藏条件与勘探潜力[J]. 天然气工业, 2008, 28(12):18-25. 2、朱彤,包书景等. 四川盆地陆相页岩气形成条件及勘探开发前景[J]. 天然气工业, 2012, 32(9):16-21. 3、庞河清,曾焱等. 基于氮气吸附-核磁共振-氩离子抛光场发射扫描电镜研究川西须五段泥质岩储层孔隙结构[J]. 岩矿测试, 2017, 36(1):66-74. 4、白斌,朱如凯等. 非常规油气致密储层微观孔喉结构表征新技术及其意义[J]. 中国石油勘探, 2014, 19(3):78-86. 5、王伟明,李勇等. 致密砂岩储层岩石脆性评价及相关因素分析[J]. 中国石油勘探, 2016, 21(6):50-57. 6、杨峰,宁正福等. 页岩储层微观孔隙结构特征[J]. 石油学报, 2013, 34(2):301-311. 7、王香增,高胜利等. 鄂尔多斯盆地南部中生界陆相页岩气地质特征[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(3):35-41. 8、应凤祥,杨式升等. 激光扫描共聚焦显微镜研究储层孔隙结构[J]. 沉积学报, 2002, 20(1):75-79.

**关键词** 层序结构; 致密气藏; 须五段; 微观结构; 川西地区



摘要 ID:1320

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 川东地区中二叠统茅口组一段储层特征及主控因素

王佳蕊<sup>\*1,2</sup>、范建平<sup>1,2</sup>、宋金民<sup>1,2</sup>、刘树根<sup>2,3</sup>、叶玥豪<sup>1,2</sup>、杨迪<sup>2</sup>、李智武<sup>1,2</sup>、李立基<sup>1,2</sup>、冯宇翔<sup>1,3</sup>

1. 成都理工大学能源学院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

3. 西华大学

中二叠世茅口期 (Guadalupian 期) 是显生宙全球格局转变的重要时期, Pangea 超级大陆在此时开始裂解, 古特提斯洋进一步扩张。中二叠世经历了全球古气候由冷转温的过程, 冈瓦纳大陆冰盖的推进或消融在低纬度地区形成了高频海平面降或升的变化旋回, 中二叠世 Guadalupian 期 (茅口组) Roadian 时 (茅一期), 全球气候转入温凉时期, 此时古海水为凉水环境。近期川东地区 JS1 井、YH1 井茅口组一段 (之后简称茅一段) 非常规致密灰岩取得重大勘探发现, 目前茅一段非常规致密灰岩储层的形成机制与主控因素尚不明确。本文基于野外露头剖面及钻井取芯岩心观察, 通过薄片鉴定、物性分析、X 衍射、核磁共振、氩离子抛光扫描电镜、TOC 测定以及 CT 扫描并结合测井解释资料, 对川东地区茅一段致密灰岩储层进行研究。研究表明, 川东地区茅一段主要岩性为泥晶灰岩、泥晶生屑灰岩、生屑泥晶灰岩、(含) 泥质生屑泥晶灰岩, 发育粒缘孔 (缝)、有机质孔、溶孔 (缝)、裂缝、滑石收缩孔 (缝) 五类储集空间, 发育于外缓坡亚相。其中泥晶灰岩孔隙结构呈单峰型, 以小孔 ( $< 0.1 \mu\text{m}$ ) 为主, 可动流体饱和度小于 20%, 孔隙连通性差, 孔隙度均值为 0.69%, 渗透率均值为 0.07mD, 储层物性差; 泥晶生屑灰岩孔隙结构呈双峰型, 以小-中孔 ( $0.1 - 0.5 \mu\text{m}$ ) 为主, 可动流体饱和度小于 40%, 主要发育 II 级连通域, 孔隙连通性一般, 孔隙度均值为 0.79%, 渗透率均值为 0.06mD, 储层物性差; 生屑泥晶灰岩孔隙结构呈双峰型, 以中-大孔 ( $0.5 - 1 \mu\text{m}$ ) 为主, 可动流体饱和度大于 40%, 主要发育 III 级连通域, 孔隙连通性好, 孔隙度均值为 1.97%, 渗透率均值为 0.146mD, 储层物性好; (含) 泥质生屑泥晶灰岩孔隙结构呈双峰型, 以中-大孔 ( $0.5 - 1 \mu\text{m}$ ) 为主, 可动流体饱和度大于 40%, 孔隙连通性好, 孔隙度均值为 2.70%, 渗透率均值为 0.233mD, 储层物性好。该区茅一段储层受多因素综合控制, 沉积相是茅一段储层发育的基础, 控制了储层平面分布, 以生屑泥晶灰岩和 (含) 泥质生屑泥晶灰岩沉积为主的地区储层厚度大; 海平面变化是储层发育的前提, 决定了储层纵向分布, 储层主要发育于茅一 a 亚段和茅一 c 亚段; 溶蚀作用和构造运动是茅一段储层形成的关键; 有机质丰度、白云石化作用和黏土矿物的转化控制了茅一段优质储层的发育。

参考文献

关键词 川东地区; 中二叠统茅口组一段; 致密灰岩; 储层特征; 主控因素



摘要 ID: 3218

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 延长探区东部子长区域延长组下组合长9致密油藏富集规律及有利勘探方向

李娜\*

陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院

子长油田位于鄂尔多斯盆地延长探区东部,近半个世纪的勘探开发主要集中在延长组上组合长2~长6等层系。截止2022年底,上组合探明率达到75%以上,已至勘探后期。而延长组下组合受滨浅湖沉积为主、油源条件差、储层致密、成藏可能性低等传统认识制约,一直未作为主要勘探层系予以重视。近年来,在吴起、志丹、富县等地区下组合规模发现的带动下,子长区域西部下组合阳道峁区WS2861、ZT2866、ZT2879、ZT6107等井和余家坪区ZT8670井长9均获油流,说明了其具有较好的勘探潜力。但是子长区域下组合钻井少,勘探程度低,地质认识几乎空白,勘探方向不明确,严重制约其下组合勘探进程。鉴于此,亟需对子长区域延长组下组合长9致密油藏进行较为系统的地质评价工作,明确其富集规律和有利勘探方向,为浅湖区其他区域下组合勘探提供借鉴和参考。

本文在大量野外剖面、岩心、测试分析基础上,系统梳理研究区石油及天然气钻井、试油、测井等资料,对子长区域下组合长9致密油藏富集规律进行了深入分析,预测其潜在有利区。研究表明:(1)油源供给控制油藏分布格局;(2)优越的沉积微相之下的储层发育控制油藏聚集;

(3)构造对油藏富集不具有决定性的控制作用。在此基础上预测有利区:(1)纵向上,长9共发育李家畔页岩和长91中部页岩两套烃源岩,其长91中部源岩具有品质较好、厚度较大、分布较稳定的特征;(2)平面上,石家湾-涧峪岔是长92有利区较为富集的区域,南沟岔、马家砭北、子长北等也有零星发育;长91有利区最为发育,整体有阳道峁-李家岔、寺湾、史家畔-热寺湾三大富集区,玉家湾西、南沟岔等区也有零星发育。

参考文献

关键词 子长区域、延长组、长9、致密油藏、富集规律、有利勘探方向



摘要 ID: 3244

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 川中西部地区沙溪一段储层成岩作用及孔隙演化定量分析

徐皓玮\*

长江大学

综合利用岩心、铸体薄片、阴极发光、X-射线衍射、扫描电镜、包裹体分析和孔渗数据等资料,对四川盆地川中西部地区沙一段致密砂岩储层成岩作用和孔隙演化进行了分析。川中西部地区沙溪庙组分为上部的沙二段和下部的沙一段,主要沉积相类型为一套河流-三角洲沉积(王小娟等,2022)。沙一段储集岩主要由岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩及少量长石砂岩组成,孔隙度为10%~14%,渗透率为0.1 mD ~1mD,属于典型的致密砂岩储层。沙一段砂岩主要经历了压实、溶蚀、胶结和交代等成岩作用,具体演化过程为压实作用→绿泥石环边→早期方解石胶结→黄铁矿胶结→早期长石溶蚀→早期高岭石胶结→石英加大边→浊沸石胶结→长石溶蚀→自生石英→方解石胶结。通过定量计算研究区砂岩储层的成岩演化过程可知,砂岩原始孔隙度为40%,经压实作用孔隙度减小30.1%,压实后孔隙度为9.9%,此后因胶结作用使孔隙度减小5.7%,胶结后孔隙度为4.2%,经溶蚀作用使孔隙度增加6.9%,溶蚀后孔隙度16.8%,最后达到现今孔隙度11.1%。压实作用和胶结作用是导致沙一段砂岩储层致密化的关键因素,视压实率和视胶结率分别为75.25%和14.25%。目前,川西地区沙一段成岩作用已经进入中成岩演化阶段B期。由于储集层受压实作用和胶结作用影响较大,受溶蚀作用影响较小,储集岩总体以低孔、特低渗为特征。

**参考文献** [1]王小娟,洪海涛,吴长江,等,2022. 四川盆地川中地区侏罗系沙溪庙组致密砂岩储层特征及成因[J]. 吉林大学学报(地球科学版),&nbsp;52(4): 1037-1051.

**关键词** 沙溪庙组;成岩作用;致密砂岩;储集性能;四川盆地



摘要 ID:952

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地东缘临兴K气田浅水三角洲沉积特征及致密砂岩气藏预测

孙乐\*、齐宇、房茂军、王波、李正义、杜凯  
中海油研究总院有限责任公司

浅水三角洲砂体是鄂尔多斯盆地东缘致密砂岩气藏勘探开发的重要目标(付金华等, 2021; 袁选俊等, 2021; Liu et al., 2020), 系统研究大型拗陷湖盆—鄂尔多斯盆地东缘二叠系浅水三角洲的沉积特征, 总结沉积演化模式, 探讨浅水三角洲的震积学响应等, 对我国陆相盆地大型浅水成因砂体分布规律分析和致密砂岩气藏勘探开发具有重要意义(张昌民等, 2010; 朱伟林等, 2008; 朱筱敏等, 2013; 邹才能等, 2008)。本成果以层序地层学、现代沉积学和地震沉积学等学科为理论基础, 以鄂尔多斯盆地东缘临兴K气田重点产层二叠系石盒子组为研究对象, 充分利用地震、钻测井、岩心、室内分析化验等资料, 建立精细地层格架, 探讨石盒子组浅水三角洲沉积体系内部各砂层组沉积展布格局、演化规律等, 明确鄂尔多斯盆地东缘浅水三角洲沉积特征和地震沉积学研究手段, 并指出有利勘探开发目标的分布范围。

### 一、明确鄂尔多斯盆地东缘浅水三角洲成因类型和沉积特征

“河道为主, 沙坝发育, 侧向迁移”, 发育牵引流沉积构造, 河道表现为更深、更持续的水流和很好的侧向连续性; 沉积区距离物源相对较近, 物源持续性供给, 低位和水进域时期多期砂体叠置是形成厚层砂岩、砂砾岩展布的核心成因。浅水三角洲平原发育横向多变的分流河道, 具有平面连片呈朵状, 纵向多期正韵律叠置的空间分布特征, 为形成区域性致密气储层提供了有利的储集空间, 并常与最大湖泛期形成的泥质烃源岩一起构成有效生储盖组合。研究分析认为, 拗陷型湖盆大面积浅水三角洲是鄂尔多斯盆地东缘致密砂岩气藏勘探开发的重要目标。

### 二、系统总结鄂尔多斯盆地东缘致密砂岩气藏预测技术

频谱分析技术提高井震资料可解释精度(曹思远和袁殿, 2016; 李国发等, 2005), 相位转换和切片技术刻画河道砂体边界, 分层次属性预测技术明确储层展布规律(Cao et al., 2019), 依托微相控储、物性控藏的研究思路, 通过合理细分小层, 沉积相→砂体→气层逐级剖析, 精细刻画含气砂体空间展布, 指导精细挖潜, 提升产能认识。本成果建立了适用于临兴K气田致密砂岩气藏的相控储层精细预测技术, 明确优质储层分布, 为研究区致密气井位调整、实现增储上产、高效开发打下坚实基础。

**参考文献** 曹思远, 袁殿. 高分辨率地震资料处理技术综述[J]. 新疆石油地质, 2016, 37(01):112-119. 付金华, 董国栋, 周新平, 等. 鄂尔多斯盆地油气地质研究进展与勘探技术[J]. 中国石油勘探, 2021, v. 26; No. 134(03):19-40. 李国发, 彭苏萍, 高日胜, 何兵寿, 赵国平. 复赛谱域提取混合相位子波的方法[J]. 天然气工业, 2005(01):85-87+213-214. 袁选俊, 周红英, 张志杰, 等. 拗陷湖盆大型浅水三角洲沉积特征与生长模式[J]. 岩性油气藏, 2021, v. 33(01):1-11+281. 张昌民, 尹太举, 朱永进, 等. 浅水三角洲沉积模式[J]. 沉积学报, 2010, v. 28(05):933-944. 朱伟林, 李建平, 周心怀, 等. 渤海新近系浅水三角洲沉积体系与大型油气田勘探[J]. 沉积学报, 2008, (04):575-582. 朱筱敏, 潘荣, 赵东娜, 等. 湖盆浅水三角洲形成发育与实例分析[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2013, v. 37; No. 199(05):7-14. 邹才能, 赵文智, 张兴阳, 等. 大型拗流拗陷湖盆浅水三角洲与湖盆中心砂体的形成与分布[J]. 地质学报, 2008, (06):813-825. Cao &nbsp;L &nbsp;T &nbsp;; Chang &nbsp;S &nbsp;L &nbsp;; Yao &nbsp;Y &nbsp;B &nbsp;; Application of seismic sedimentology in predicating sedimentary microfacies and coalbed methane gas content, Journal of Natural Gas Science and Engineering, Volume 69, 2019, 102944, ISSN 1875-5100. Liu &nbsp;D , Li &nbsp;J , Liu &nbsp;J &nbsp;Q &nbsp;; Zhang &nbsp;L , Modeling hydrocarbon accumulation based on gas origin and source rock distribution in Paleozoic strata of the Ordos Basin, China, International Journal of Coal Geology, Volume 225, 2020, 103486. &nbsp;;





**关键词** 鄂尔多斯盆地；浅水三角洲；沉积演化特征；致密气藏预测



摘要 ID:1380

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 川西坳陷上三叠统须家河组二段致密砂岩自生矿物形成机制

潘博<sup>\*1,2</sup>、陈洪德<sup>2</sup>

1. 中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司勘探开发研究院

2. 成都理工大学沉积地质研究院

随着社会生产力的日益发展及环保理念的普及,清洁能源尤其是非常规天然气资源已经成为目前勘探研究的重点。四川盆地川西坳陷油气资源丰富,三级地质储量为  $7379.8 \times 10^8 \text{m}^3$ ,勘探开发工作已开展近半个世纪,但受制于深埋藏、超致密、成岩作用多样、构造复杂等客观因素,无法有效动用油气资源的潜力。近年来,在川西地区钻遇多口高产工业气井,标志着川西坳陷须家河组致密砂岩仍具有优异的油气勘探潜力。本研究以川西坳陷上三叠统须家河组二段致密砂岩为对象,在国内外研究成果的基础上,综合运用镜下薄片鉴定、核磁共振、扫描电镜、电子探针、微区碳氧同位素等技术手段,在对成岩作用特征的精细表征基础上,通过现象表征探索胶结物成因、成岩演化序列及成岩流体性质演化,最终明确储层自生矿物形成机制。

川西坳陷须二段致密砂岩中的硅质胶结物具有多期次、多成因、连续胶结的特征。在低温条件下长石与有机酸反应发生溶蚀,沉淀出高岭石与硅质胶结物;随着地层温度升高,蒙脱石及高岭石的伊利石化在高温条件下沉淀出硅质胶结物;研究区深埋藏下强烈的压实作用促进石英颗粒边缘化学压溶作用的发生;热液中的硅质也会通过研究区内发育的裂缝及断裂运移到致密砂岩储层中。早期方解石胶结物成因主要与甲烷细菌的还原作用有关;晚期方解石胶结物主要来源于有机质脱羧作用;白云石的沉淀与邻近泥岩以及裂缝带来的流体有关。研究区绿泥石主要发育铁绿泥石,其中形成于早成岩期的颗粒包膜绿泥石由粘土矿物转化而来;长石及火成岩岩屑的水解作用为孔隙衬里绿泥石提供物质来源;中成岩期粘土矿物在富含  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  的孔隙水中沉淀出绿泥石并充填溶孔。

沉淀早期方解石胶结物的流体主要受海水作用影响,  $\delta^{18}\text{O}$  平均值为  $-1.16\%$ 。与早期方解石相比,沉淀晚期方解石胶结物的流体受大气淡水的影响更为明显,  $\delta^{18}\text{O}$  平均值为  $-1.8\%$ 。沉淀白云石胶结物的流体  $\delta^{18}\text{O}$  平均为  $-5.13\%$ ,更接近大陆淡水的  $\delta^{18}\text{O}$  值,明显低于方解石胶结物沉淀时流体的  $\delta^{18}\text{O}$  值,说明两者沉淀时的流体来源不同。结合自生矿物形成机理的研究,认为研究区须二段先后经历了五次酸碱性质演化。

### 参考文献

**关键词** 川西坳陷; 须家河组; 致密砂岩; 成岩作用; 胶结物



摘要 ID:1644

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地陇东地区延长组成岩控制因素分析

柳娜<sup>\*1,2</sup>、南琚祥<sup>1,2</sup>、王邢颖<sup>1,2</sup>、尹鹏<sup>1,2</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院
2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

成岩作用最早由贡别尔在 1868 年提出,后经学者们研究并发展(周书欣, 1981)。它与含油气盆地的勘探开发密切相关,得到石油地质学家们的广泛关注(刘建清等, 2006; 雷卞军等, 2008; 张金亮等, 2013; 罗静兰等, 2020),研究认为压实作用会破坏储层物性(罗静兰等, 2006),胶结作用具有双向性(黄思静等, 2007),后期溶蚀作用对储层物性具有一定改善意义(柳益群等, 1996)。本文通过岩心观察、薄片分析、X 衍射、扫描电镜等技术,对鄂尔多斯盆地陇东地区延长组主力储层成岩控制因素进行了分析。结果表明,沉积作用、岩石组分、碎屑粒度及埋藏热演化史为成岩主控因素。1) 研究区长 6、长 7 以重力流沉积为主,分选差,杂基量高,缺失原始粒间孔,以压实作用为主(图 1a);研究区以外地区、层位以牵引流沉积为主,分选较好,杂基量少,原始粒间孔发育,为胶结作用提供了空间。2) 千枚岩等塑性岩屑降低了岩石抗压强度,易挤压变形,呈假杂基状充填孔隙;长石、中酸性喷发岩屑、浊沸石等组分在酸性孔隙水介质条件下,溶蚀强烈,形成次生孔隙(图 1b)。钾长石溶蚀强,斜长石溶蚀较弱;云母类矿物水化析出钾离子形成碱性环境,促进了压溶缝合线的形成;云母蚀变后析出硅铝铁成分在石英与长石颗粒周围形成绿泥石膜,在粒间孔中形成高岭石与含铁类矿物胶结(图 1c),降低了储层物性。绿泥石以叶片集合体薄膜状发育于颗粒表面(图 1d);高岭石与长 7 烃源岩排酸对邻近层长石、凝灰岩屑、花岗岩屑溶蚀有关,呈书页、蠕虫状充填孔隙(图 1e);伊利石部分来自陆源杂基,部分来自杂基、碎屑及碱性富 K 十条件下高岭石的蚀变,多呈片状、丝状充填孔隙(图 1f)。3) 粒度主要控制砂岩的抗压和胶结程度,粒径越大渗透率越高(图 2)。长 8、长 9 段以中细砂为主,部分为粗砂,抗压性相对较好,在埋藏过程中其粒间孔损失相对较少,平均孔隙度约 10~13%,渗透率约 0.1~5mD;而长 6、长 7 段以粉砂和泥质粉砂为主,由于早期快速压实,原生孔隙消失殆尽,成岩流体流通不畅,致次生孔隙不发育,物性差,孔隙度约 6~11%,渗透率约 0.03~0.5mD。4) 埋藏热演化史不同(图 3),压实强度不同,储层物性差异大。鄂尔多斯盆地延长组(T3)埋深 3000m,但自晚三叠世以来基本处于匀速埋藏阶段,直到白垩纪末期才有所抬升,压实作用较强,目的层处于中成岩 B 阶段,延长组中下组合一般孔隙度<13%,渗透率<3mD;相比之下,塔里木盆地东河砂岩(S)埋深 6000m,但埋藏史具有在低地温梯度背景下长期浅埋且晚期短暂快速深埋的特点,压实相对较弱,孔隙保存较好,孔隙度约 13~20%,渗透率约 1~300mD。

**参考文献** [1]黄思静,黄培培,王庆东,等,2007.胶结作用在深埋藏砂岩孔隙保存中的意义[J].岩性油气藏,(03):7-13. [2]雷卞军,刘斌,李世临,等,2008.致密砂岩成岩作用及其对储层的影响[J].西南石油大学学报(自然科学版),30(06):57-61. [3]刘建清,赖兴运,于炳松,等,2006.成岩作用的研究现状及展望[J].石油实验地质,(01):65-72. [4]柳益群,李文厚,1996.陕甘宁盆地东部上三叠统含油长石砂岩的成岩特点及孔隙演化[J].沉积学报,(03):89-98. [5]罗静兰,李弛,雷川,等,2020.碎屑岩储集层成岩作用研究进展与热点问题讨论[J].古地理学报,22(06):1021-1040. [6]罗静兰,刘小洪,林潼,等,2006.成岩作用与油气侵位对鄂尔多斯盆地延长组砂岩储层物性的影响[J].地质学报,(05):664-673. [7]张金亮,张鹏辉,谢俊,等,2013.碎屑岩储集层成岩作用研究进展与展望[J].地球科学进展,28(09):957-967. [8]周书欣.对成岩作用及其阶段划分的意见[J].石油勘探与开发,1981(03):10-13.

**关键词** 鄂尔多斯盆地;成岩控制因素;沉积作用;埋藏热演化史



摘要 ID:3152

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地中部 2、4 区块下侏罗统储层特征及其控制因素研究

万齐\*

山东科技大学

准噶尔盆地是我国西部重要的大型多期叠合含油气盆地之一,盆地中部 2、4 区块分别位于东道海子凹陷和阜康凹陷(图 1),三工河组和八道湾组均发育厚层砂体,油气显示丰富,预示较大潜力。但研究区下侏罗统储层岩性致密、物性差,储层致密化原因及主控因素不明确,成为制约该区下侏罗统油气勘探的关键因素。因此,对研究区进行储层及其控制因素研究研究区下侏罗统储层评价、储集“甜点”分布特征及油气勘探开发具有理论价值和现实意义。

通过岩芯观察、薄片观察、阴极发光、扫描电镜及物性分析等技术手段,对研究区储层的岩石学特征、孔隙与物性特征、成岩作用类型及控制因素等进行了研究。结果表明:①研究区储层砂岩多为中砂岩和细砂岩,分选中等-好,颗粒磨圆为次圆-次棱角状;储层砂岩主要岩石类型为长石岩屑砂岩和岩屑砂岩(图 2);杂基含量较高,胶结物包括碳酸盐胶结、硅质胶结和粘土矿物胶结。②储层物性测试分析显示,研究区主要为特低孔、特低渗储层。根据铸体薄片镜下观察,研究区孔隙类型主要为残余粒间孔、溶蚀孔隙、自生矿物晶间孔和微裂隙。③研究区成岩作用类型有压实作用、胶结作用、溶蚀作用、交代作用和破裂作用;研究区储层砂岩现今成岩阶段最高可达中成岩阶段 A 期。④研究区储层砂岩的成岩演化序列为:机械压实(贯穿整个成岩过程)→薄膜状绿泥石→衬里绿泥石→有机酸溶蚀、高岭石形成→蒙脱石和杂基伊利石化→石英次生加大(自生石英晶体集合体)→绒球状绿泥石→方解石胶结→铁方解石、白云石胶结和交代。在此基础上,结合成岩作用特征及孔隙演化特征,总结了中部 2 区块和中部 4 区块的孔隙演化模式(图 3)。⑤研究区储层物性的主要控制因素有异常压力、构造因素、沉积因素和成岩因素。异常压力表现为准噶尔盆地腹部下侏罗统发育的地层高压对储层砂岩原生孔隙的保护和溶蚀作用的促进;构造活动形成的微裂缝对储层物性有重要影响;沉积因素主要表现为岩石粒度、颗粒分选、杂基含量、碎屑颗粒成分和沉积微相对储层物性的影响;成岩作用主要表现为压实作用和胶结作用对储层的破坏作用以及溶蚀作用对储层孔隙度和渗透率的建设性作用。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地;下侏罗统;储层特征;成岩作用;孔隙演化;控制因素



摘要 ID: 3179

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 川中地区沙溪庙组致密砂岩储层孔喉结构及流体可动性研究

潘辉\*<sup>1</sup>、蒋裕强<sup>1</sup>、郭贵安<sup>2</sup>、杨长城<sup>2</sup>、邓海波<sup>2</sup>、朱迅<sup>3</sup>、曾青高<sup>4</sup>、宋林柯<sup>4</sup>、王占磊<sup>1</sup>、李杪<sup>1</sup>

1. 西南石油大学

2. 中国石油西南油气田分公司

3. 西南油气田公司勘探开发研究院

4. 中国石油西南油气田公司致密油气勘探开发项目部

**摘要:** 孔喉结构及流体的可动性是研究致密砂岩储层特征、开展储层分类评价的关键要素,也是致密砂岩储层研究的重点问题。以四川盆地川中地区沙溪庙组致密砂岩储层为例,通过铸体薄片、扫描电镜、高压压汞和核磁共振等技术,结合分形理论对储层的孔喉结构、流体的可动性进行了深入研究。结果表明:研究区沙溪庙组储层主要发育残余粒间孔、溶蚀孔隙及少量的微裂缝,根据毛管压力曲线特征将孔喉结构分为 I、II、III 三种类型, I 类孔喉结构孔喉较大、连通性好、分形维数小,储层非均质性较弱,孔喉半径主要分布在  $0.3\sim 1.1\ \mu\text{m}$ ,流体可动性强,平均可动流体孔隙度和饱和度分别为 6.04% 和 49.93%; II 类的孔喉半径主要分布在  $0.01\sim 0.03\ \mu\text{m}$  和  $0.2\sim 0.8\ \mu\text{m}$ ,孔喉分选性较差,平均可动流体孔隙度和饱和度分别为 1.13% 和 14.3%; III 类的孔喉半径小、分形维数最大,孔喉结构最为复杂,平均可动流体孔隙度和饱和度分别为 0.49% 和 12.76%,流体可动性最差。致密砂岩储层流体的可动性主要受到储层物性、孔喉结构的影响,物性好、孔喉半径大、孔喉连通性好、非均质性弱的储层具有较高的可动流体孔隙度和饱和度。此外,矿物成分对流体的可动性具有一定的影响,长石含量高、粘土矿物含量低的储层流体可动性较强。

**参考文献** [1] 邹才能, 翟光明, 张光亚, 等. 全球常规-非常规油气形成分布, 资源潜力及趋势预测 [J]. 石油勘探与开发, 2015, 42(1): 13-25 [2] 邹才能, 杨智, 何东博, 等. 常规-非常规天然气理论、技术及前景 [J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(4): 575-587. [3] 孙龙德, 邹才能, 贾爱林, 等. 中国致密油气发展特征与方向 [J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(6): 1015-1026. [4] 朱筱敏, 潘荣, 朱世发, 等. 致密储层研究进展和热点问题分析 [J]. 地学前缘, 2018, 25(2): 141-146. [5] 唐大海, 王旭丽, 曾琪, 等. 四川盆地西南部沙溪庙组致密砂岩低渗储层特征及形成机理 [J]. 科学技术与工程, 2023, 23(01): 143-154. [6] 陈少云, 杨勇强, 邱隆伟, 等. 川中地区侏罗系沙溪庙组储层特征及控制因素 [J]. 天然气地球科学, 2022, 33(10): 1597-1610. [7] 王小娟, 洪海涛, 吴长江, 等. 四川盆地川中地区侏罗系沙溪庙组致密砂岩储层特征及成因 [J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2022, 52(04): 1051. DOI: 10.13278/j.cnki.jjuese.20210247. [8] 周亚东, 蒋裕强, 杨广广, 等. 致密河道砂体精细刻画及富气区预测技术——以川中北部地区中侏罗统沙溪庙组为例 [J]. 天然气地球科学, 2022, 33(09): 1532-1540. [9] 陈沁, 谢增业, 张璐, 等. 川东北五宝场地区须家河组和沙溪庙组天然气地球化学特征及其勘探意义 [J]. 天然气地球科学, 2022, 33(10): 1648-1660. [10] 李磊, 鲍志东, 李忠诚, 等. 致密砂岩气储层微观孔隙结构与分形特征: 以松辽盆地长岭气田登娄库组为例 [J/OL]. 天然气地球科学: 1-18 [2023-02-25]. [11] 王跃祥, 谢冰, 赖强, 等. 基于核磁共振测井的致密气储层孔隙结构评价与分类 [J/OL]. 地球物理学进展: 1-10 [2023-02-25]. [12] 庞玉东, 刘元良, 张丽, 等. 鄂尔多斯盆地华池地区长 8 段致密砂岩储层微观孔隙结构及流体可动性 [J/OL]. 大庆石油地质与开发: 1-10 [2023-02-25]. DOI: 10.19597/j. ISSN. 1000-3754. 202205011. [13] 何云, 王瑞飞, 张占杨, 等. 鄂尔多斯盆地杭锦旗地区下石盒子组致密砂岩储层孔隙结构及可动流体特征 [J/OL]. 地质科技通报: 1-9 [2023-02-25]. DOI: 10.19509/j.cnki.dzkg. 2022. 0134. [14] 钟红利, 张凤奇, 赵振宇, 魏驰, 刘阳. 致密砂岩储层微观孔喉分布特征及对可动流体的控制作用 [J]. 石油实验地质, 2021, 43(01): 77-85. [15] 吴建彪, 王瑞飞, 杨川, 郑森, 陈笛, 宗廷博, 王元一. 鄂尔多斯盆地致密砂岩气藏微观孔喉球棍模型表征方法 [J/OL]. 地球物理学进展: 1-10 [2023-02-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2982.P.20221028.1630.008.html> [16] 陈富瑜, 周勇, 杨栋吉, 等. 基于分形理论的致密砂岩储层孔隙结构研究——以鄂尔多斯盆地庆城地区延长组长 7 段为例 [J]. 中国矿业大学学报, 2022, 51(05): 941-955. DOI: 10.13247/j.cnki.jcumt.001431. [17]



赵静, 黄志龙, 张景缘, 等. 致密砂岩储层孔隙结构分形与分级评价——以莺歌海盆地乐东区黄流组为例[J/OL]. 沉积学报: 1-19[2023-02-25]. DOI: 10. 14027/j. issn. 1000-0550. 2022. 038. [18]&nbsp;詹国卫, 顾战宇, 庞河清, 等. 致密砂岩储层孔隙结构特征及其对开发的影响[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2022, 44(03): 70-84. [19]&nbsp;卢振东, 刘成林, 臧起彪, 等. 高压压汞与核磁共振技术在致密储层孔隙结构分析中的应用: 以鄂尔多斯盆地合水地区为例[J]. 地质科技通报, 2022, 41(03): &nbsp;300-310. DOI: 10. 19509/j. cnki. dzkq. 2021. 0256. [20]&nbsp;卢振东, 刘成林, 臧起彪, 等. 高压压汞联合分形理论分析致密砂岩孔隙结构: 以鄂尔多斯盆地合水地区为例[J]. 地质科技通报, 2023, 42(01): 264-273. &nbsp;[21]&nbsp;刘凯, 石万忠, 王任, 等. 鄂尔多斯盆地杭锦旗地区盒1段致密砂岩孔隙结构分形特征及其与储层物性的关系[J]. 地质科技通报, 2021, 40(01): 57-68. [22]&nbsp;惠威, 薛宇泽, 白晓路, 等. 致密砂岩储层微观孔隙结构对可动流体赋存特征的影响[J]. 特种油气藏, 2020, 27(02): 87-92. [23]&nbsp;谢升洪, 李伟, 冷福, 等. 致密砂岩储层可动流体赋存规律及制约因素研究: 以鄂尔多斯盆地华庆油田长6段储层为例[J]. 地质科技情报, 2019, 38(05): 105-114. [24]&nbsp;柳娜, 周兆华, 任大忠, 等. 致密砂岩气藏可动流体分布特征及其控制因素——以苏里格气田西区盒8段与山1段为例[J]. 岩性油气藏, 2019, 31(06): 14-25. [25]&nbsp;吴松涛, 林士尧, 晁代君, 等. 基于孔隙结构控制的致密砂岩可动流体评价——以鄂尔多斯盆地华庆地区上三叠统长6致密砂岩为例[J]. 天然气地球科学, 2019, 30(08): 1222-1232. [26]&nbsp;高洁, 任大忠, 刘登科, 等. 致密砂岩储层孔隙结构与可动流体赋存特征: 以鄂尔多斯盆地华庆地区长6\_3致密砂岩储层为例[J]. 地质科技情报, 2018, 37(04): 184-189. [27]&nbsp;王伟, 牛小兵, 梁晓伟, 等. 鄂尔多斯盆地致密砂岩储层可动流体特征: 以姬塬地区延长组长7段油层组为例[J]. 地质科技情报, 2017, 36(01): 183-187. [28]&nbsp;肖开华, 冯动军, 李秀鹏. 川西新场须四段致密砂岩储层微观孔喉与可动流体变化特征[J]. 石油实验地质, 2014, 36(01): 77-82. [29]&nbsp;方锐, 蒋裕强, 陈沁, 等. 川东北五宝场地区侏罗系沙溪庙组沉积特征[J/OL]. 岩性油气藏: 1-12[2023-02-25]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/62.1195.TE.20220915.1110.004.html> [30]&nbsp;付蕾, 张本健, 曹正林, 等. 四川盆地川中地区侏罗系沙溪庙组不同类型砂体地质特征及地震精细雕刻[J]. 石油实验地质, 2022, 44(01): 85-93. [31]&nbsp;韦腾强, 张本健, 王小娟, 等. 四川盆地秋林地区侏罗系沙溪庙组二段河流相沉积特征及储集差异性分析[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(29): 12438-12446. [32]&nbsp;张全培, 王海红, 刘美荣, 等. 超低渗透储层全孔径分布及其分形特征研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2020, 49(6): 1137-1149. [33]&nbsp;潘辉, 武富礼, 袁珍, 等. 基于压汞实验及密闭取芯的致密油储层分形特征[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(23): 9823-9829.

**关键词** 致密砂岩储层; 高压压汞; 核磁共振; 孔喉结构; 流体可动性



摘要 ID: 3340

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 深湖-半深湖区重力流砂岩长石溶孔主控因素及分布规律 ——以鄂尔多斯盆地长7段为例

张秋霞、祝海华\*  
西南石油大学

我国陆相沉积盆地普遍发育长石骨架颗粒含量较高的储层，长石骨架颗粒的溶蚀作用形成次生孔隙，可改善砂岩储层性能，对低粒间孔砂岩储层具有重要意义。鄂尔多斯盆地是中国最大的油气生产盆地，上三叠统延长组长7段油气资源潜力巨大，发育大面积展布的半深湖-深湖相重力流砂岩，深湖-半深湖区大面积展布的重力流砂岩是重要油气储集体，由于靠近源岩，长石溶蚀是重要的储集空间，其形成与分布对了解优质储层发育与预测至关重要。为了系统深入了解长石溶孔的控制因素及分布规律，本文以鄂尔多斯盆地长7段深湖半深湖碎屑岩储层为对象，利用薄片、扫描电镜、XRD及物理实验分析等方法进行研究。结果显示：（1）鄂尔多斯盆地长7段长石溶蚀孔隙往往围绕有利烃源岩发育区分布；（2）长7段长石溶孔一般由钾长石溶解形成，其溶蚀孔隙的形成不受其含量的约束；（3）长7段整体处于封闭环境，体系开放性对长石溶孔分布无影响；（4）实验结果显示，当长石溶蚀孔隙为主要次生孔隙时，预测溶蚀孔隙分布时需考虑云母分布。

### 参考文献

**关键词** 重力流砂岩；长石溶孔；主控因素；鄂尔多斯盆地



摘要 ID:2216

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 柴达木盆地尕斯 N1 重力流沉积特征及石油地质意义

崔俊\*

青海油田勘探开发研究院

柴达木盆地尕斯构造位于柴达木盆地西南,为一南北向背斜构造,北部以XI断层为界,紧邻茫崖凹陷,油气资源十分丰富,从下到上发育 E31 油藏、E32 油藏、N21 油藏,受昆仑山抬升影响,从下干柴沟组上段(E32)到下油砂山组(N21)为退积过程,上干柴沟组(N1)下段为下干柴沟组上段(E32)滨浅湖碳酸盐岩沉积向下油砂山组(N21)三角洲沉积、滩坝沉积的过渡沉积,受XI断裂活动等诱发,研究区重力流沉积频发,重力流沉积将远端碎屑沉积物搬运至研究区,又因研究区湖水平静,湖流、湖浪对重力流沉积改造弱,从而使重力流沉积得以保存。下油砂山组

(N21)沉积时期,研究区湖水逐步变浅,湖流、湖浪改造力加强,研究区以浅湖滩坝、浅湖席状砂、三角洲前缘砂体沉积为主。岩心观察及薄片鉴定发现研究区发育砂质重力流和泥质重力流,砂质重力流来源于跃进斜坡,以碎屑流阶段为主,单层平均厚度为 22.5cm;泥质重力流为就地就近形成,搬运距离近,以滑塌阶段和碎屑流阶段为主,单层平均厚度为 44.5cm;重力流沉积是致密油勘探的重要领域,通过对研究区重力流沉积进一步研究,明确重力流沉积分布规律,为研究区致密油勘探提供技术支撑。

**参考文献** [1]&nbsp;鲜本忠,安思奇,施文华.水下碎屑流沉积:深水沉积研究热点与进展[J].地质论评,2014,60(01):39-51. XIAN Benzong, AN Siqi, SHI Wenhua. Subaqueous Debris Flow: Hotspots and Advances of Deep-water Sedimentation[J]. Geological Review, 2014, 60(01):39-51. [2]&nbsp;裴羽,何幼斌,李华,等.高密度浊流和砂质碎屑流关系的探讨[J].地质评论,2015,61(6):1281-1292. PEI Yu, HE Youbin, LI Hua, et al. Discuss about Relationship between High-density&nbsp;Turbidity Current and Sandy Debris Flow[J]. Geological Review, 2015, 61(6):1281-1292. [3]&nbsp;王家豪,王华,肖敦清,等.陆相断陷湖盆异重流与滑塌型重力流沉积判别[J].石油学报,2020,41(04):392-402+411. WANG&nbsp;Jiahao, WANG&nbsp;Hua, XIAO&nbsp;Dunqing, et al. Differentiation between hyperpycnal flow deposition and slump-induced gravity flow deposition in terrestrial rifted lacustrine basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2020, 41(4): 392-402, 411. [4]&nbsp;宋明水,向奎张宇,等.泥质重力流沉积研究进展及其页岩油气地质意义——以东营凹陷古近系沙河街组三段为例[J].沉积学报,2017,35(4):740-751. SONG MingShui, XIANG Kui, ZHANG Yu, et al. Research Progresses on Muddy Gravity Flow Deposits and Their Significances on Shale Oil and Gas: A case study from the 3rd oil-member of the Paleogene Shahejie Formation in the Dongying Sag[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2017, 35(4): 740-751. [5]&nbsp;李存磊,任伟伟,唐明明.流体性质转换机制在重力流沉积体系分析中应用初探[J].地质论评,2012,58(2):285-296. LI Cunlei, REN Weiwei, TANG Mingming. Preliminary Study on Gravity Flow Depositional System Based on Fluid Properties Conversion Theory[J]. Geological Review, 2012, 58(2):285-296. [6]&nbsp;赵约翰.济阳坳陷埋岛东坡东营组重力流沉积特征及相模式[J].特种油气藏,2017,24(04):24-31. ZHAO Yuehan. Gravity Flow Sedimentary Characteristics and Facies Model for Dongying Formation on East Slope of Chengdao, Jiyang Depression[J] Special Oil & Gas Reservoirs, 2017, 24(04):24-31. [7]&nbsp;余焯,王莉,尹太举,等.下刚果盆地早白垩世巴雷姆晚期深水重力流沉积的发现及意义[J].古地理学报,2020,22(04):620-634. YU&nbsp;Ye, WANG&nbsp;Li, YIN&nbsp;Tai-Ju, et al. Discovery and significance of deep-water gravity-flow deposits of the late Barremian of Early Cretaceous in Lower Congo Basin[J]. Journal Of Palaeogeography, 2020, 22(4): 620-634. &nbsp;[8]&nbsp;李相博,刘化清,潘树新,等.中国湖相沉积物重力流研究的过去、现在与未来[J].沉积学报,2019,37(05):904-921. LI XiangBo, LIU HuaQing, PAN ShuXin, et al. The Past, Present and Future of Research on Deep-water Sedimentary Gravity Flow in Lake Basins of China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2019, 37(5): 904-921. [9]&nbsp;王桂宏,周川闽,夏响华,等.中新生代柴达木叠合盆地解析、动力学机制探讨及对油气控制意义研究[J].地球学





报, 2019, 40 (06) :805-815. WANG Guihong, ZHOU Chuanmin, XIA Xianghua, et al. Superposition Process and Dynamic Mechanism of Mesozoic - Cenozoic Qaidam Basin and Their Influence on Hydrocarbon Accumulations[J]. Acta Geoscientia Sinica, 2019, 40 (06) :805-815. [10]肖子洋, 黄传炎, 谢通, 等. 砂质碎屑流典型特征及识别标志[J]. 特种油气藏, 2016, 23 (02) :45-49+153. XIAO Ziyang, HUANG Chuanyan, XIE Tong, et al. Typical Characteristics and Identification Marks of Sandy Debris Flow[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2016, 23 (02) :45-49+153. [11]倪祥龙, 王建功, 郭佳佳, 等. 柴达木盆地西南地区基底断裂的控藏作用与有利区带[J]. 岩性油气藏, 2019, 31 (04) :32-41. NI Xianglong, WANG Jiangong, GUO Jiajia, et al. Reservoir-controlling effect of basement faults and favorable exploration zones in southwestern Qaidam Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2019, 31 (4) : 32 - 41. [12]朱柳, 李俊武, 徐垚, 等. 柴西南地区下干柴沟组碳酸盐岩致密油储层特征[J]. 特种油气藏, 2018, 25 (01) :58-63. ZHU Liu, LI Junwu, XU Yao, et al. Carbonated Tight Oil Reservoir Characterization of the Lower Ganchaigou Formation in the Southwestern Qaidam Basin[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2018, 25 (01) :58-63.

**关键词** 重力流; 致密油; 尔斯; 柴达木盆地



摘要 ID:2382

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 超深层古油藏定量评价及其对气藏形成的指示意义

宋泽章\*、霍利娜、陈伟业  
中国石油大学(北京)地球科学学院

库车坳陷博孜—大北区块白垩系巴什基奇克组是典型的超深层、高温、高压(压力系数可达2.0以上)、裂缝性致密砂岩储层;岩性致密、孔隙结构复杂、非均质性强。深化储层孔隙结构定量表征,厘清孔隙演化及其与成藏的耦合关系,有助于强化储层致密化研究,明确致密砂岩气富集规律和主控因素。本研究首先综合铸体薄片分析、XRD矿物成分分析、扫描电镜分析、高压压汞分析等方法,对巴什基奇克组致密砂岩储层组构及孔隙结构进行了表征;而后,在储层成岩演化研究的基础上,基于反演回剥法,定量恢复了致密储层孔隙度演化过程,建立了博孜—大北孔隙度定量演化模型;最后,综合流体包裹体测温、埋藏史及生排烃史模拟等方法,分析了储层孔隙度演化史与烃类充注史的匹配关系,探讨了致密砂岩气藏成藏模式。

研究表明:(1)博孜—大北区块巴什基奇克组储层以长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩为主,填隙物含量高(可达41%)并以胶结物为主;(2)储层低孔、低渗( $4\% < \phi < 7\%$ ,  $K < 1\text{mD}$ ),储集空间类型以粒间孔、粒内容孔和构造裂缝为主;排驱压力普遍大于1MPa,平均孔喉半径多小于0.05  $\mu\text{m}$ ,孔喉半径在0.25~0.4  $\mu\text{m}$ 范围的孔隙对渗流起主要贡献;(3)巴什基奇克组经历了早期浅埋、中期快速埋藏、晚期构造挤压调整,目前处于中成岩演化阶段A期,储层原始孔隙度可达35%左右,主要的减孔作用为压实和胶结作用,而溶蚀作用和构造裂缝对储层的孔隙空间进行了改善;(4)巴什基奇克组致密砂岩气藏为“先致密后成藏”,并且“早油晚气,晚期成藏”,经历了两期烃类充注。

**参考文献** [1]&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;  LAI J, WANG G. Fractal analysis of tight gas sandstones using high-pressure mercury intrusion techniques [J]. Journal of Natural Gas Science & Engineering, 2015, 24(185-196). [2]&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;  SONG Z, LIU G, YANG W, et al. Multi-fractal distribution analysis for pore structure characterization of tight sandstone—A case study of the Upper Paleozoic tight formations in the Longdong District, Ordos Basin [J]. Mar Pet Geol, 2018, 92(842-854). [3]&nbsp;&nbsp;&nbsp;&nbsp;  CAO X, ZHONG D, LIU J, et al. Coupling between Diagenetic Environment and Porosity Evolution—A Quantitative Study of the Zhuhai Formation in the Huizhou Sag, Pearl River Mouth Basin, South China Sea [J]. Minerals-Basel, 2020, 10(2): 170.

**关键词** 致密化; 孔隙结构; 孔隙度演化; 反演回剥; 巴什基奇克组; 库车坳陷



摘要 ID:2958

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 湖相浊积砂岩单砂层厚度对碳酸盐胶结物及储层质量的控制—— 以渤海湾盆地惠民凹陷沙三上亚段为例

赵文能<sup>1</sup>、冯明石<sup>\*1,2</sup>、肖伟桐<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

摘要: 渤海湾盆地惠民凹陷商 853 区块沙三上亚段广泛发育深湖相浊积岩, 砂泥岩薄互层发育, 储层非均质性强。为明确单砂层厚度对碳酸盐胶结物及储层质量的控制机理, 综合利用岩心观察、薄片鉴定、扫描电镜及图像分析、阴极发光和电子探针, 开展商 853 区块储层岩石学及矿物学、成岩作用和储层物性研究。结果表明, 商 853 区块沙三上亚段砂岩主要为灰、浅灰色或灰褐色长石岩屑、岩屑砂岩, 碎屑组分以“贫长石、富岩屑”为特征, 碳酸盐胶结物含量较高, 粒度主要为极细粒-细粒, 次生孔隙发育, 主要为粒间溶孔和岩屑粒内容孔。砂岩储层孔隙度介于 3.65%~18.09%之间, 平均值为 12.87%, 主要介于 10%~15%之间; 渗透率介于  $0.009 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ~ $5.46 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  之间, 平均值为  $0.99 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 主要介于  $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ~ $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  之间, 整体属于中—低孔、特低—超低渗储层。研究区砂岩储层主要发育三期碳酸盐胶结物, 为早期含铁白云石、方解石, 中期铁方解石, 晚期铁白云石。单砂层内碳酸盐胶结物分布不均, 砂层顶部和底部的碳酸盐胶结物含量高, 发育紧密, 储层物性差; 中部碳酸盐胶结物含量较低, 发育较弱, 储层物性好, 表明单砂层厚度与碳酸盐胶结物的发育及储层物性具有耦合性。单砂层厚度控制着碳酸盐胶结物的发育从而控制了储层质量。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐胶结物; 单砂层厚度; 沙三上亚段; 惠民凹陷



摘要 ID: 3024

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 前陆盆地凹陷带致密砂岩储层碳酸盐胶结物的形成机制及其对储层非均质性的影响: 以川西前陆盆地上三叠统须家河组为例

黄鹏\*、刘明洁  
西南石油大学

近年来, 四川盆地川西坳陷上三叠统须家河组先后发现新场、大邑、邛西等致密砂岩气藏, 均表现出良好的勘探开发前景和潜力(黄莉莎等, 2022; 赵明珠等, 2022; 许晗等, 2022; 叶素娟等, 2021)。致密砂岩储层中的碳酸盐胶结物的类型、赋存状态、胶结期次和成因机制具有复杂多样的特征(Jia et al., 2021; Mansour et al., 2014; Rossi et al., 2001; 王琪等, 2010)。川西前陆盆地现今勘探实践表明, 凹陷带须三段致密砂岩储层碳酸盐胶结物的成因机制及其对储层非均质性的影响仍认识不清, 导致优质储层预测存在较大误差, 严重制约了凹陷带须三段致密砂岩气的勘探。本次研究综合利用岩心、铸体薄片、阴极发光、扫描电镜、包裹体分析、原位碳氧稳定同位素、微量元素和稀土元素分析等资料, 对川西前陆盆地凹陷带须三段致密砂岩储层中的碳酸盐胶结物的特征及成因机制进行系统分析。研究发现凹陷带须三段共发育三期碳酸盐胶结物, 早成岩阶段形成充填粒间孔隙和粒内孔隙的早期方解石和白云石, 与浅埋藏阶段粘土及含煤层段经压实作用排出的有机酸相关, 由外源有机酸和内源碳酸盐岩岩屑同时提供碳源, 并与碳酸盐岩岩屑溶蚀释放的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{Mg}^{2+}$  离子结合形成。中成岩阶段 A 期形成充填残余粒间孔隙和粒内孔隙的中期铁方解石和铁白云石, 与埋深较大阶段有机质成熟并经历压实作用排出的有机酸有关, 由外源有机酸提供碳源, 并与伴随有机酸进入砂岩的  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  和  $\text{Fe}^{2+}$  离子结合形成。中成岩阶段 B 期形成充填裂缝的晚期粗-巨晶方解石, 与深部地层高温热液流体相关, 由富含  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{CO}_3^{2-}$  的热液流体直接在裂缝中沉淀析出。因离子纵向迁移分异, 碳酸盐胶结物主要分布在沉积旋回的中部, 而相对优质储层则主要发育在沉积旋回的底部和顶部, 导致前陆盆地凹陷带致密砂岩储层表现出较强的非均质性。

**参考文献** 黄莉莎, 闫建平, 刘明洁, 等. 深层致密砂岩气储层成岩相测井识别及应用——以川西坳陷大邑须家河组须三段为例[J]. 中国矿业大学学报, 2022, 51(01): 107-123. 王琪, 郝乐伟, 陈国俊, 等. 2010. 白云凹陷珠海组砂岩中碳酸盐胶结物的形成机理[J]. 石油学报, 31, 553-558+565. 许晗, 刘明洁, 张庄, 等. 四川盆地川西坳陷须家河组三段致密砂岩储层成岩作用及孔隙演化[J]. 天然气地球科学, 2022, 33(03): 344-357. 叶素娟, 杨映涛, 张玲, 等. 四川盆地川西坳陷上三叠统须家河组三段和五段“甜点”储层特征及分布[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(04): 829-840+862. 赵明珠, 杨威, 王耀华, 等. 陆相页岩储层连通孔隙系统分布与形成机制——以川西坳陷上三叠统须家河组为例[J]. 石油实验地质, 2022, 44(01): 170-179+198. Jia Y, Gao Y, Wang H, et al., 2021. Influence of multiphase carbonate cementation on the Eocene delta sandstone of the Bohai Bay Basin, China [J]. Journal of Petroleum Science and Engineering 205, 108866. Mansour A S, Rifai R I, Shaaban M N, et al., 2014. Geochemical constraint on the origin of the multi-mineralogic carbonate cements in the subsurface Middle Jurassic sandstones, Central Sinai, Egypt [J]. Journal of Geochemical Exploration 143, 163-173. Rossi C, Marfil R, Ramseyer K, et al., 2001. Facies-Related Diagenesis and Multiphase Siderite Cementation and Dissolution in the Reservoir Sandstones of the Khataba Formation, Egypt's Western Desert [J]. Journal of Sedimentary Research 71, 459-472.

**关键词** 致密砂岩; 碳酸盐胶结物; 成因机制; 川西坳陷; 前陆盆地凹陷带



摘要 ID:3071

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 基于 HPMI 与 NMR 分形维数估算致密砂岩储层渗透率

吕明阳、杨振中、宋泽章\*

中国石油大学(北京)

渗透率决定了流体的生产能力,是致密砂岩气藏开发的重要储层信息。目前渗透率估算模型多基于孔隙度的方法得到,但这些方法主要适用于未固结或均质砂岩。与常规砂岩储层相比,致密砂岩储层具有孔隙尺度小、非均质性强和孔隙结构复杂的特点,尤其在高度非均质岩石中,获得准确的渗透率仍然具有挑战性。本文首先结合 HPMI 与 NMR 技术对塔里木盆地库车坳陷巴什基奇克组致密砂岩孔隙结构进行定量表征,计算出可动流体储集及渗流空间的孔径下限为 17.05 nm。基于分形理论与流体渗流孔径下限,确定了对流体渗流起主要贡献的孔隙分形维数  $D_m$ 。在此基础上,将分形维数代替孔隙度引入到前人 8 种基于 HPMI 与 NMR 的渗透率估算模型中,通过精度指数 (ACI) 筛选出估算精度最高、最适合于致密砂岩的 HPMI 与 NMR 渗透率估算模型。对比结果表明,HPMI 渗透率估算模型中  $r_{20}$  分形模型的估算精度最高,NMR 渗透率估算模型中  $SDR(>5)$  分形模型的估算精度最高。其中,HPMI  $r_{20}$  分形模型的精度指数 (ACI) 为 0.89,NMR  $SDR(>5)$  分形模型的精度指数 (ACI) 为 0.71。两种模型中,NMR  $SDR(>5)$  分形模型的渗透率估算精度要低些。这可能是由于 NMR PSD 中孔径大于 17.05 nm 的孔隙范围内包含了大量墨水瓶孔,对 NMR  $D_m$  的计算有一定干扰,进而影响渗透率的估算。本研究在前人的基础上,进一步将纳米孔隙中流体的流动特征考虑进渗透率估算模型中,为纳米级致密砂岩渗透率估算提供了新的思路和理论依据。

**参考文献** [1]Dai Q Q et al., 2021. Fractal model for permeability estimation in low-permeable porous media with variable pore sizes and unevenly adsorbed water lay. MARINE AND PETROLEUM GEOLOGY [J], 130(2021). [2]Yan W C et al., 2021. Investigating NMR-based absolute and relative permeability models of sandstone using digital rock techniques. JOURNAL OF PETROLEUM SCIENCE AND ENGINEERING[J], 207(2021). [3]Wu F et al., 2022. Fractal-based NMR permeability estimation in tight sandstone: A case study of the Jurassic rocks in the Sichuan Basin, China. JOURNAL OF PETROLEUM SCIENCE AND ENGINEERING[J], 218(2022). [4]Wang F Y et al., 2022. Pore structure analysis and permeability prediction of shale oil reservoirs with HPMI and NMR: A case study of the Permian Lucaogou Formation in the Jimsar Sag, Junggar Basin, NW China. JOURNAL OF PETROLEUM SCIENCE AND ENGINEERING[J], 214(2022). [5] Liu T T et al., 2022. Experimental investigation into the permeability of water vapor in shales. JOURNAL OF HYDROLOGY [J] 609(2022)127697.

**关键词** 致密砂岩; 分形维数; 孔隙结构; 渗透率



摘要 ID:3083

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 柴达木盆地英西 E32 湖相碳酸盐岩高产油藏控制因素浅析

姜营海\*  
青海油田公司

英西地区位于柴达木盆地英雄岭构造带西段, 古近系 (E32) 时期位于柴西拗陷中心, 围绕 E32 湖相碳酸盐岩勘探始于上世纪 80 年代, 先后钻探了狮 20、狮 24、狮新 28 等高产井, 受限于地震资料品质及油藏类型、控制因素不明确, 历经三十余年, 始终未获明显进展。2014 年以来, 一方面开展山地三维地震攻关, 另一方面深化咸化湖相混积型碳酸盐岩成藏研究, 油气勘探终获突破。发现了下干柴沟组缝洞型高产、高效油藏, 英雄岭页岩油也展现出良好勘探开发前景。本文深入剖析缝洞型高产、高效油藏, 认为高产主要受控于四方面条件: ①优质烃源岩是油气富集的基础, ②一是稳定盐岩层是高压油气封存的保障, ③断裂相关的裂缝孔洞型储层是高产的关键, ④构造细节决定了油气的局部富集。

**参考文献** 1. 郭占谦, 师继红. 新构造运动活跃的柴达木盆地含油气系统特征[J]. 大庆石油地质与开发, 2001, 20(1): 9-122. 2. 刘占国, 张永庶, 宋光永, 等. 柴达木盆地英西地区咸化湖盆混积碳酸盐岩岩相特征与控储机制[J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(1): 1-13. 3. 徐伟, 陈开远, 曹正林, 等. 咸化湖盆混积岩成因机理研究 [J]. 岩石学报, 2014, 30(6): 1804-1816. 4. 冯进来, 曹剑, 胡凯, 等. 柴达木盆地中深层混积岩储层形成机制 [J]. 岩石学报, 2011, 27(8): 2461-2472. 5. 李延钧, 江波, 张永庶, 等. 柴西狮子沟构造油气成藏期与成藏模式 [J]. 新疆石油地质, 29(2): 176-1796. 6. 罗群, 庞雄奇. 柴达木盆地断裂特征与油气区带成藏规律[J]. 西南石油学院学报, 2003, 25(1): 1-57. 7. 刘震, 党玉琪, 李鹤永, 等. 柴达木盆地西部第三系油气晚期成藏特征. [J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 2007, 22(1): 1-6

**关键词** 柴达木盆地; 英西地区; 勘探突破; 高产油藏



摘要 ID: 3095

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地彬长地区上三叠统延长组长 8 致密储层特征及主控因素

李元昊<sup>1</sup>、黎小伟<sup>2</sup>、王曼<sup>1</sup>

1. 西安石油大学

2. 中国石化华北油气分公司

彬长（彬县-长武）地区位于鄂尔多斯盆地西南部，延长组长 8 是该区石油增储建产的主力层系，但储层砂体类型及物性整体较差机制尚不清楚，因此，明确工区储层特征及控制因素对于预测有利储集体具有重要的理论和实践意义。在充分调研前人研究基础上，通过野外露头、岩心观察、测井特征及大量分析化验基础上，明确了长 8 储层类型、特征及主控因素。结果表明，长 8 为浅水背景下的三角洲沉积，储集体主要为分流河道及滩坝砂体；分流河道砂体延伸远，厚度较大，南西-北东向展布，是主力储集体，滩坝砂体沿湖岸线片状分布，厚度较小，连续性较差，是次要储集体（图 1）。物源供屑能力弱、波浪改造较强是控制了长 8 砂体类型及空间分布的主要因素。储层物性整体较致密，平均孔隙度 7.5%；平均渗透率 0.25mD，早期机械压实、中晚期铁方解石胶结和粘土矿物充填是储层致密的主要原因，长石等不稳定组分溶蚀作用改善了局部储层物性。储层甜点区受沉积、成岩相、断裂共同控制。研究认识为工区有利储层预测及有利目标优选提供了指导。

**参考文献** 王曼, 李元昊. 彬长地区长 8 油层组浅水三角洲沉积特征及发育模式. 佳木斯大学学报 (自然科学版), 2022, 40 &nbsp; &nbsp; &nbsp; &nbsp; (4): 132-135. 王少飞. 彬长地区长 8 沉积相分析. 中国石油和化工标准与质量, 2014, 34 (10): 129-130. 赵先超, 田景春, 王峰, 等. 鄂尔多斯盆地长武探区三叠系延长组沉积体系研究. 安徽地质, 2008(01) 2: 1-7.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 长 8 油层组; 浅水三角洲; 致密储层; 成岩相



摘要 ID:97

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 川中坳陷雷三段泻湖相泥灰岩非常规成藏及其意义

辛勇光<sup>1\*</sup>、张豪<sup>2</sup>、田瀚<sup>3</sup>

1. 四川盆地研究中心

2. 中国石油杭州地质研究院

3. 中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院

基于钻井岩心、岩屑分析化验资料和测井资料,对川中坳陷雷三段新发现的泻湖相泥灰岩致密气开展了烃源岩、储层和成藏综合研究。认为:1、川中坳陷雷三段泥灰岩是一套泻湖相烃源岩,实测残余有机碳含量(TOC)平均0.77%,最高可达1.98%,遂宁-西充地区为生烃中心,主体厚40-70m,生烃强度6-10(108m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>),估算生烃量为0.8-1.2×10<sup>12</sup>m<sup>3</sup>;2、泥灰岩既是烃源岩又是储层,纳米-微米级孔隙为主,低孔低渗;3、川中坳陷雷三段泥灰岩是蒸发岩封盖、源储一体的非常规成藏体系,在川中坳陷大面积连续分布,埋深较浅,普遍含气。这一认识改变了泥灰岩生烃潜力小、无有效储集空间的传统认识,改变了四川盆地雷口坡组以常规气藏为主、依靠外源、源储配置苛刻、分布局限的固有思维,建立了蒸发岩封堵、源储一体、大面积分布的非常规成藏模式,推测川中坳陷雷三段存在连续分布的非常规天然气藏,是一个值得期待的非常规油气勘探新领域。

**参考文献** [1] 邹才能,张国生,杨智,等. 2013, 非常规油气概念、特征、潜力及技术——兼论非常规油气地质学[J]. 石油勘探与开发, 40(4):385-399. [2] 邹才能, &nbsp;陶士振, &nbsp;侯连华, &nbsp;等. &nbsp;2013. 非常规油气地质[M]. &nbsp;2版. &nbsp;北京:地质出版社. &nbsp;[3] Schmoker &nbsp;J &nbsp;W. &nbsp;1995. Method &nbsp;for &nbsp;assessing &nbsp;continuous-type &nbsp;(unconventional) hydrocarbon accumulations[M/CD]//Gautier D L, Dolton G L, Takahashi &nbsp;K &nbsp;I, &nbsp;et &nbsp;al. &nbsp;US &nbsp;Geological &nbsp;Survey &nbsp;Digital &nbsp;Data &nbsp;Series DDS-30: National assessment of United States oil and gas resources. Tulsa: USGS. [4] Schmoker &nbsp;J &nbsp;W. &nbsp;2005. US &nbsp;geological &nbsp;survey &nbsp;assessment &nbsp;concepts &nbsp;for continuous &nbsp;petroleum &nbsp;accumulations[M/CD]//USGS &nbsp;Southwestern Wyoming Province Assessment Team. US Geological Survey Digital Data &nbsp;Series &nbsp;DDS-69-D: &nbsp;Petroleum &nbsp;systems &nbsp;and &nbsp;geologic &nbsp;assessment of &nbsp;oil &nbsp;and &nbsp;gas &nbsp;in &nbsp;the &nbsp;southwestern &nbsp;Wyoming &nbsp;Province, &nbsp;Wyoming, Colorado, and Utah. Tulsa: USGS, 2005: 1-9. [5] Singh K, Holditch S A, Ayers W B Jr., 2008. Basin analog investigations answer characterization challenges of unconventional gas potential in frontier basins[J]. Journal of Energy Resources Technology, 2008, 130(4):1-7. [6] Old S, Holditch S A, Ayers W B, et al. 2008. PRISE: Petroleum Resource Investigation Summary and Evaluation [C]. SPE117703, 2008:1-16. [7] Martin S O, Holditch S A, Ayers W B, et al. 2010. PRISE Validates Resource Triangle Concept[C]. April 2010 SPE Economics & Management, 2010:51-60. [8] Cheng K, Wu W, Holditch S A, et al. 2010. Assessment of the Distribution of Technically-Recoverable Resources in North American Basins[C]. CSUG, SPE 137599, 2010:1-11. [9] Vidas H, Hugman B. 2008. Availability, Economics and Production Potential of North American Unconventional Natural Gas Supplies[C]. The INGAA Foundation, Inc., 2008, :167. [10] 邹才能, 杨智, 朱如凯, 等. 2015, 中国非常规油气勘探开发与理论技术进展[J]. 地质学报, 89(6):979-1007. [11] 邹才能, &nbsp;杨智, 何东博, &nbsp;等. 2018, 常规-非常规天然气理论、技术及前景[J]. 石油勘探与开发, 45(4):575-587. &nbsp;[12] 孙龙德, 邹才能, 贾爱林, 等. 2019, 中国致密油气发展特征与方向[J]. 石油勘探与开发, 46(6):1015-1026. &nbsp;[13] 周进高, 辛勇光, 谷明峰, 等. 2010, 四川盆地中三叠统雷口坡组天然气勘探方向[J]. 天然气工业, 30(12):16-19 [14] 刘树根, 孙玮, 宋金民, 等. 2019, 四川盆地中三叠统雷口坡组天然气勘探的关键地质问题[J]. 天然气地球科学, 30(2):152-167 [15] 沈安江, 周进高, 辛勇光, 等. 2008, 四川盆地雷口坡组白云岩储层类型及成因[J]. 海相油气地质, 13(4):19-28 [16] 辛勇光, 周进高, 倪超, 等. &nbsp;2013, 四川盆地中三叠世雷口坡期障壁型碳酸盐岩台地沉积特征[J]. 海相油气地质, 18(2): 1-7. [17] 辛勇光, 周进高, 倪超, 等. &nbsp;2013, 四





川盆地中三叠世雷口坡期障壁型碳酸盐岩台地沉积特征[J]. 海相油气地质, 18(2): 1-7. [18] 辛勇光, 郑兴平, 周进高, 等. &nbsp;2013, 四川盆地中西部地区中三叠统雷口坡组雷三3段储层特征及其分布[J]. 天然气工业, &nbsp;33(3): 1-5. [19] Ronov A B. 1958. Organic carbon in sedimentary rocks (in relation to presence of petroleum). Translation in Geochemistry, 5: 510-536. [20] Gehman H M. 1962. Organic matter in limestones. Geochim. Cosmochim. Acta, 26: 885-897. [21] Tissot B P, Welte D H. 1984. Petroleum formation and occurrence. Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1-699. [22] Palacas J G. 1984. Petroleum geochemistry and source rock potential of carbonate rocks. AAPG Studies in Geology No 18, Tulsa, Oklahoma, 1-208. [23] Jarvies DM. 1991. Total organic carbon (TOC) analysis. In: Merrill RK, ed. Source Migration Processes and Evaluation Techniques. American Association of Petroleum Geologists, Treatise of Petroleum Geology Handbook of Petroleum Geology, 113-118. [24] 张水昌, 梁狄刚, 张大江. 2002, 关于古生界烃源岩有机质丰度的评价标准[J]. 石油勘探与开发, &nbsp;29(2): 8-12. [25] 许国明, 宋晓波, 冯霞, 等, 2013, 川西地区中三叠统雷口坡组天然气勘探潜力[J]. 天然气工业, 33(8): 8-14 Xu Guoming, Song Xiaobo, Feng Xi, et al. Gas potential of the Middle Triassic Leikoupo Fm in the western Sichuan Basin [J]. Natural Gas Industry, 2013, 33(8): 8-14 [26] 胡素云, 石书缘, 王铜山, 等. 2016, 膏盐环境对碳酸盐岩层系成烃、成储和成藏的影响[J]. 中国石油勘探, 21(2): 20-27. [27] 朱臻, 尹宏伟, 贾东, 等. 2015, 四川盆地膏盐岩层对页岩气保存及勘探前景的影响[J]. 天然气地球科学, 26(8): 1472-1480. [28] 马奎, 胡素云, 王铜山, 等. 2016, 膏盐岩对碳酸盐层系油气成藏的影响及勘探领域分析[J]. 地质科技情报, 35(2): 169-176.

**关键词** 川中坳陷 雷三段泻湖相泥灰岩致密气 源储一体 蒸发岩封盖 非常规油气勘探新领域



摘要 ID:304

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 联合高压压汞、氮气吸附实验数据表征准全尺度孔径分布的适用性讨论

张驰、关平\*、张济华、丁晓楠、李世恩、呼其图、白璐  
北京大学

致密砂岩储层具有复杂的孔隙结构特征, 孔隙类型以残余粒间孔以及次生溶蚀孔为主, 并含有少量的晶间孔以及微裂缝(卢杰河等, 2017)。孔隙的孔径分布在数纳米-数十微米的尺度上(邹才能等, 2011), 因此用单一的实验方法难以准确表征准全尺度上的孔径分布特征。鄂尔多斯盆地长7段是典型的致密油储层, 其具有纳米级孔隙连续分布的特点(尤源等, 2014), 本次研究从该段挑选出10个样品, 进行XRD、XRF、高压压汞以及氮气吸附实验, 对研究区致密砂岩的孔径分布进行研究, 并对联合高压压汞、氮气吸附两种实验方法表征孔径-孔体积分布的适用性进行了讨论。

分析高压压汞、氮气吸附的实验数据, 发现高压压汞实验的孔径-孔体积数据具有较为统一的孔径刻度, 将高压压汞孔径刻度向着小孔径的方向进行线性延长, 并将氮气吸附的孔体积数据插值投影到由高压压汞刻度拟合得到的孔径刻度上, 可以得到基于同一孔径刻度值的孔体积数据, 便于进行两者数据之间的对比研究。此外, 首次引入“余弦相似性”(参数1)以及“同孔径两数据峰值之差绝对值的和/两方法总孔体积”(参数2)两个参数, 对数据重叠部分的数据相似性进行定量表征。结合两个参数, 提出样品数据“综合相似性”, 根据“综合相似性”的数值大小, 选择相似性好(参数1: 0.93; 参数2: 0.42)、中(参数1: 0.94; 参数2: 0.34)、差(参数1: 0.0004; 参数2: 0.57)的三个样品进行MAPs场发射扫描电镜实验, 将得到的二维图像数据进行阈值分割、中轴线提取等操作, 得到大视域范围内的孔隙面积占比, 同样对其采用统一孔径刻度、插值投影的方式, 并将其作为标尺来衡量高压压汞以及氮气吸附实验数据重叠部分。发现联合多方法进行数据拼接, 不应当机械的选择一个点作为联孔的拼接点, 而是应当综合数据重叠部分某一段孔径区间上不同实验方法数据的趋势相似性, 在研究数据相似性的基础上, 对多方法联孔的原理以及适用性进行更加深入的研究, 进一步讨论联合多方法表征准全尺度上孔径分布特征的适用性以及拼接点的选择。

**参考文献** [1]卢杰河, 王香增, 贺永红, 杨超, 邓南涛. 鄂尔多斯盆地富县地区长7油层组致密砂岩成岩作用及孔隙演化[J]. 东北石油大学学报, 2017, 41(03):9-20+5-6. [2]邹才能, 朱如凯, 白斌, 等. 中国油气储层中纳米孔首次发现及其科学价值[J]. 岩石学报, 2011, 27(06):1857-1864. [3]尤源, 牛小兵, 冯胜斌, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长7致密油储层微观孔隙特征研究[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2014, 38(06):18-23.

**关键词** 数据拼接; 相似性; 插值投影;



摘要 ID:776

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 展板

## 深埋砂岩中不同岩相绿泥石包膜晶体生长差异成因

林建力<sup>1\*</sup>、董春梅<sup>1</sup>、刘彬彬<sup>2</sup>、马鹏杰<sup>1</sup>、张宪国<sup>1</sup>、黄鑫<sup>2</sup>、林承焰<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院

2. 中海石油(中国)有限公司上海分公司

绿泥石包膜对深埋砂岩中自生石英广泛成核具有抑制作用。大量研究表明,深埋砂岩中异常高的孔隙度和较好的储层质量往往与绿泥石包膜的发育相关,深入研究绿泥石包膜生长机制有利于深埋砂岩储层中绿泥石包膜分布和“甜点”的预测。东海盆地西湖凹陷中北部花港组辫状河沉积砂岩储层中绿泥石包膜发育,不同类型河道砂岩绿泥石包膜晶体生长特点不同。研究表明,研究区绿泥石包膜由内层碎屑黏土包膜和外层成岩绿泥石包膜共同组成,强水动力河道砂岩(中-粗粒级砂岩)中偶见内层碎屑黏土包膜发育,绿泥石包膜呈现出相对较小的平均单晶大小和平均包膜厚度以及相对较高的包膜覆盖率特点。富泥砾强水动力河道砂岩中,碎屑黏土包膜发育,绿泥石包膜平均单晶大小和平均厚度相对较大,包膜覆盖率相对较低;而弱水动力河道砂岩(粉-细粒级砂岩)中绿泥石包膜平均单晶大小和包膜平均厚度都稍高于强水动力河道砂岩(非富泥砾型),然而包膜覆盖率极低。结合储层整体成岩演化过程分析可知,内层碎屑黏土物质与不同河道砂岩沉积过程中水动力条件相关,在埋藏过程中可向伊利石或绿泥石转化,外层成岩绿泥石出现晚于压实作用和早期基底式胶结方解石,晚于晚期孔隙式胶结方解石,可直接在碎屑颗粒或者早期包膜表面结晶生长。成岩绿泥石包膜晶体在不同类型河道砂岩中的差异生长受控于成岩系统开放性、物质来源供给过程和成核条件。绿泥石包膜生长是一个等化学反应过程,其成核和晶体生长过程中,铁镁物质来源很大程度上取决于孔隙尺度的物质供给过程,含泥砾河道砂岩中塑性碎屑含量高,压实程度大,仅有部分孔隙孤立保存,成岩系统相对封闭,然而泥砾碎屑在压实过程中可以释放较多的铁镁物质,使孤立的孔隙中铁镁物质来源充足,能够持续保持相对较高的物质浓度,同时内层黏土包膜的大量存在有助于成岩绿泥石的成核生长,因此呈现出单晶尺寸和整体厚度较大而覆盖率较低的特点。而中粗粒河道砂岩中刚性颗粒含量高,粒度较粗和分选较好,有助于孔隙连通保存,成岩系统相对开放,铁镁物质主要来源于局部火山岩屑或重矿物的溶蚀,在孔隙系统中分布较广但浓度相对较低,从而导致外层绿泥石虽然能够在碎屑颗粒表面广泛成核生长,呈现较高的覆盖率,但单晶大小和包膜厚度却相对较小。

**参考文献** 1.Cho, M., Fawcett, J. J. (1986). Morphologies and growth mechanisms of synthetic Mg-chlorite and cordierite[J]. *American Mineralogist*, 71(1-2), 78-84. 2.Haile, B. G., Hellevang, H., Aagaard, P., et al., 2015. Experimental nucleation and growth of smectite and chlorite coatings on clean feldspar and quartz grain surfaces[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 68, 664-674. 3.Wilkinson, M., 2015. Does the nucleation of clay minerals control the rate of diagenesis in sandstones?[J]. *Clay Minerals*, 50(3), 275-281. 4.Worden, R. H., Griffiths, J., Wooldridge, L. J., et al., 2020. Chlorite in sandstones[J]. *Earth-Science Reviews*, 204, 103105. 5.Zhu, S., Wang, X., Qin, Y., et al., 2017. Occurrence and origin of pore-lining chlorite and its effectiveness on preserving porosity in sandstone of the middle Yanchang Formation in the southwest Ordos Basin[J]. *Applied Clay Science*, 148, 25-38.

**关键词** 西湖凹陷; 花港组; 深埋砂岩; 绿泥石包膜; 成核生长



摘要 ID:1168

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 超深层碎屑岩储层孔隙与裂缝保存耦合机制

韩登林<sup>\*1,2</sup>、王晨晨<sup>2,3</sup>、汪林波<sup>1,2</sup>、张月<sup>1,2</sup>、袁瑞<sup>2,4</sup>

1. 长江大学地球科学学院
2. 储层微观结构演化及数字表征实验室
3. 非常规油气湖北省协同创新中心
4. 长江大学地球物理与石油资源学院

作为超深层碎屑岩地层,裂缝与孔隙是其成储的核心要素。前人围绕着孔隙的保存以及裂缝的产出进行了深入地研究,构建了多种成因机理及预测模型,但对于基质孔隙与缝网体系的研究主线多呈现出孤立状态,对深层碎屑岩储层内广泛且共同发育的孔-缝产出鲜有耦合分析研究。本次研究以库车坳陷克深井区白垩系巴什基奇克组储层为例,采用数字岩心与流体示踪两项分析方法,揭示深层碎屑岩储层中基质孔隙与缝网体系的流体耦合特征及成储意义。研究表明,深层背景下迁移的深层流体优先充填裂缝(微裂缝),使得裂缝周边的粒间孔隙未能被胶结填充,从而得以保存,即裂缝的充填有利于周边孔隙的保存。这一显微机制的实例揭示,对于深入理解中国中西部特别是山前冲断带深层碎屑岩储层的成因问题,提供了更多一份的参考模式。

### 参考文献

**关键词** 库车坳陷;巴什基奇克组;孔隙;裂缝;胶结作用



摘要 ID:1524

主题分类: 非常规油气沉积学=》致密储层沉积、成岩改造与致密油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 苏里格中部盒8段致密砂岩储层孔隙微观非均质性研究

张济华、关平\*、张驰、丁晓楠、李世恩、白璐、呼其图、宋丹丹  
北京大学 地球与空间科学学院

针对苏里格气田中部致密砂岩储层,以盒8段储层为研究对象,利用氦气孔隙度渗透率测试、扫描电镜、全岩X衍射分析、高压压汞实验、氮气吸附实验和全直径毫米级CT扫描分析等实验方法,对储层岩石学特征、物性非均质程度和孔隙结构非均质性等进行分析,并在此基础上探讨储层物性非均质程度的控制因素。研究表明,(1)盒8段储层石英含量、黏土矿物含量和长石含量分别与藏深度的关系并没有规律性变化,表现出碎屑颗粒含量在层间的非均质性。(2)通过高压压汞实验数据分析,样品主要以纳米孔占主导,孔喉分布呈明显的多峰状态,表现出孔喉分布的非均质性。(3)通过氮吸附实验吸附回环类型分析,表明样品中存在一定量的墨水瓶型孔、平行板状、狭缝状的孔隙,这与黏土矿物晶间孔、粒内微纳米溶孔的形态相似。样品的孔体积变化率同孔径分布之间没有统一的相关性。样品孔喉分布在2-100nm尺度小表现出明显的非均质性。

(4)对盒8段储层岩石样品进行全直径毫米级CT扫描分析,根据ROI值将岩心样品分为四类储层,其中I、II类储层渗透率相对较高,为优质储层,III和IV类储层渗透率相对较低,为较差储层。

**参考文献** [1] 邹才能,朱如凯,白斌,杨智,吴松涛,苏玲,董大忠,李新景.中国油气储层中纳米孔首次发现及其科学价值[J].岩石学报,2011,27(06):1857-1864. [2] 朱如凯,吴松涛,崔景伟,白斌,杨智,惠潇,冯佳睿,苏玲,时文,王晓瑞.油气储层中孔隙尺寸分级评价的讨论[J].地质科技情报,2016,35(03):133-144. [3] 吴松涛,朱如凯,李勋,金旭,杨智,毛治国.致密储层孔隙结构表征技术有效性评价与应用[J/OL].地学前缘:1-13[2018-04-17]. [4] 吴松涛,朱如凯,崔京钢,崔景伟,白斌,张响响,金旭,朱德升,游建昌,李晓红.鄂尔多斯盆地长7湖相泥页岩孔隙演化特征[J].石油勘探与开发,2015,42(02):167-176. [5] 邹才能,朱如凯,白斌,杨智,吴松涛,苏玲,董大忠,李新景.中国油气储层中纳米孔首次发现及其科学价值[J].岩石学报,2011,27(06):1857-1864. [6] 吴浩,刘锐娥,纪友亮,张春林,陈胜,周勇,杜威,张云钊,王晔.致密气储层孔喉分形特征及其与渗流的关系——以鄂尔多斯盆地地下石盒子组盒8段为例[J].沉积学报,2017,35(01):151-162.

**关键词** 苏里格气田;致密砂岩储层;高压压汞;氮吸附;微观非均质性



# 非常规油气沉积学

## 重大地质事件与非常规油气富集



摘要 ID:1339

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 晚奥陶世-早志留世华南扬子地区海洋碳-氮循环模式及其对富有机质页岩沉积的指示

严德天\*, 杨向荣  
中国地质大学(武汉)

奥陶纪-志留纪转折期是一个重要的地质历史时期, 研究发现这个时期全球板块构造形态、古气候条件、古海洋氧化还原条件、生物群类型等都发生了巨大的改变, 然而关于该时期华南扬子地区海洋碳-氮循环模式研究及其与富有机质页岩沉积的相关关系还比较薄弱, 因而本次研究利用地球化学、同位素地球化学和岩石学的方法来探究这一课题。结果表明区域上浅水地区剖面在晚奥陶世-早志留世时期展现了强烈的上升洋流信号(高 Cd/Mo 值, 低 Co×Mn 值), 并且较深水剖面具有更高的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  和  $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$  值, 而在时间序列上, 五峰组和龙马溪组下部则较龙马溪组上部拥有更低的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值。本次研究认为浅水地区较高的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  值可能与上升洋流引发的光合作用效率和生物生产力提高有关, 此外, 赫南特冰期加大的极地-赤道温度梯度, 这样上升洋流促进了浅水地区更强的生产力, 进而导致了浅水地区赫南特冰期更大的碳同位素正漂幅度。浅水地区晚奥陶世较高的  $\delta^{15}\text{N}_{\text{bulk}}$  值则指示了该区域以有氧氮循环为主, 相反, 深水地区由于缺氧条件促进了反硝化作用, 使得深水地区以厌氧氮循环为主。时间序列上五峰组和龙马溪组下部碳同位素的负漂可能源于火山活动喷发的大量富含  $^{12}\text{C}$  的  $\text{CO}_2$  进入了大气-海洋系统。总的来说, 晚奥陶世-早志留世扬子海碳-氮循环模式对富有机质页岩的沉积具有重要指示作用, 其中浅水地区海洋有氧氮循环指示海洋水体富氧, 使得浅水地区即使具有较深水区域更高的生产力也难以保证有机质的富集, 这便强调了区域上保存条件的重要性。此外, 五峰组与龙马溪组沉积期强烈的火山活动释放大量  $\text{CO}_2$  和营养物质提高了海洋表层生物生产力, 高的有机质通量进而促进了海洋底层水体的缺氧化, 最终导致了富有机质页岩的沉积, 这便强调了时间序列上生产力的重要性。

### 参考文献

**关键词** 赫南特冰期; 碳循环; 氮循环; 火山活动; 上升洋流



摘要 ID:282

主题分类: 非常规油气沉积学》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 奥陶-志留纪过渡时期火山活动对有机质富集的影响作用——以 扬子地区五峰-龙马溪组页岩为例

赵珂<sup>1</sup>、杜学斌<sup>\*2</sup>、贾冀新<sup>2</sup>、岳上<sup>2</sup>、陆永潮<sup>1</sup>、郝芳<sup>3</sup>

1. 中国地质大学(武汉)资源学院, 武汉, 430074

2. 中国地质大学(武汉)海洋学院, 武汉, 430074

3. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 青岛, 266580

火山爆发对地球气候、全球系统的诸多循环(包括大气循环和海洋中的有机碳循环)都产生了巨大的影响(Jones and Gislason, 2008)。位于大陆之上的陆地火山作用和大气火山灰沉积是影响海洋表层养分含量和水体氧化还原条件的重要因素。火山灰是火山活动的产物,也是火山活动最典型的识别标志,火山灰提供了关于母体岩浆的宝贵信息、古火山活动的记录,并可作为地层时间定年标志,因此火山灰在各个研究方向中都具有重要的意义。在中国南方板块奥陶-志留纪(O-S)过渡时期发育了一套富含多层火山灰层的富有机质的黑色硅质页岩沉积,是研究O-S界面火山活动的良好沉积记录。前人研究发现在该段页岩中富有机质层段与富火山灰层段具有十分明显的相关关系(Kietzmann et al., 2014; Wu et al., 2016, 2018; Lee et al., 2018),然而对于火山灰是如何影响页岩中富有机质的形成仍没有明确的研究。我们通过研究火山灰中的残余微量元素、富火山灰层段的页岩元素特征以及纯页岩层段的元素特征,结合调研得到的中国南方板块岩浆岩元素特征,分析探讨了火山灰喷发后在海水中的元素损失百分比,通过对比典型的营养元素Si、Fe和P,我们发现多数火山灰样品的营养元素释放量在25%-75%之间。同时结合不同页岩层段的古氧化还原环境和古生产力指标,我们认为火山灰为富有机质页岩的沉积提供了大量营养元素,为海洋表层初级生产力提供营养物质,造成了富火山灰层段的页岩具有典型的高古生产力的特征。同时火山活动也为海洋提供了一个局部的还原环境,有利于有机质的保存,同时利于黄铁矿的发育,在O-S界面处发育的火山灰层大多数都是与黄铁矿伴生的,这也是火山活动造成了局部还原环境的一个间接证明。因此,总结来说,火山灰为富有机质页岩的沉积提供了良好的保存环境,并提高了海表初级生产力,促进了古生产力的提高,既增加了有机质的数量,又在一定程度上提供了有机质的保护,对O-S界面的富有机质页岩发育起到了十分关键的作用。

**参考文献** Jones, M.T., and Gislason, S.R., 2008, Rapid releases of metal salts and nutrients following the deposition of volcanic ash into aqueous environments: *Geochimica et Cosmochimica Acta*, v. 72, p. 3661-3680, <https://doi.org/10.1016/j.gca.2008.05.030>. Kietzmann, D.A., Palma, R.M., Riccardi, A.C., Martin-Chivelet, J., and Lopez-Gomez, J., 2014, Sedimentology and sequence stratigraphy of a Tithonian-Valanginian carbonate ramp (Vaca Muerta Formation): A misunderstood exceptional source rock in the Southern Mendoza area of the Neuquen Basin, Argentina: *Sedimentary Geology*, v. 302, p. 64-86, <https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2014.01.002>. Wu, L.Y., Lu, Y.C., Jiang, S., Liu, X.F., and He, G.S., 2018, Effects of volcanic activities in Ordovician Wufeng-Silurian Longmaxi period on organic-rich shale in the Upper Yangtze area, South China: *Petroleum Exploration and Development*, v. 45, no. 5, p. 862-872, [https://doi.org/10.1016/S1876-3804\(18\)30089-2](https://doi.org/10.1016/S1876-3804(18)30089-2). Wu, L.Y., Lu, Y.C., Jiang, S., Liu, X.F., Liu, Z.H., and Lu, Y.B., 2019, Relationship between the origin of organic-rich shale and geological events of the Upper Ordovician-Lower Silurian in the Upper Yangtze area: *Marine and Petroleum Geology*, v. 102, p. 74-85, <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2018.11.017>. Lee, C-T.A., Jiang, H.H., Ronay, E., Minisini, D., Stiles, J., and Neal, M., 2018, Volcanic ash as a driver of enhanced organic carbon burial in the Cretaceous: *Scientific Reports*, v. 8, p. 4197, <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22576-3>.

**关键词** 火山灰; 火山活动; 有机质富集; 五峰-龙马溪组; 扬子地区





摘要 ID: 3214

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 非常规储层有机碳含量与测井参数的预测模型及油气富集带优选

樊笑微\*、李晓路、王超、吴凤、李广涛  
陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院

总有机碳含量(TOC)的预测是非常规储层品质评价的重要一环,但传统方法预测结果的准确率较低,难以满足近年来精细勘探的需求,为解决评价页岩油储层这一问题,本文以鄂尔多斯盆地富北油田三叠系延长组长为研究对象,结合该区的地质特征、钻井、测井等资料,分析该区有机碳含量在测井曲线上的响应特征,优选出自然伽马(GR)、自然电位(SP)、声波时差(AC)以及电阻率(Rt)四条测井曲线,建立适合该区的多元回归法及BP神经网络模型预测有机碳含量,对预测结果进行对比分析,可选出适合本地区的方法。结果表明:在富县地区借助BP神经网络模型预测有机碳含量可减少相对误差,提高准确性,该模型预测的TOC值与实测TOC数据相对比,吻合度较高,可验证模型的准确性,拟合相关系数高达0.80728,相对误差为17.67%。解决了以往有机碳含量预测评价问题,并优选出油气富集带,确定有利勘探目标,研究成果对拓展富北油田有利油气资源接替区具有重要意义。

**参考文献** Schmoker J W (1983) Huang, Z (1996) 张立鹏等(2001) 王贵文等(2002) 徐思煌等(2010) Bakhtiar H Aet al (2011) 李延钧等(2013) 李武广等(2014) 丁安徐等(2017) 熊镭等(2018) 胡慧婷等(2021)

**关键词** 非常规油气;有机碳含量(TOC);神经网络法;油气富集



摘要 ID:1056

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## T-OAE 极热事件对四川盆地湖相页岩形成的控制作用

何江林\*

中国地质调查局成都地质调查中心

四川盆地侏罗统自流井组湖相页岩油气有利勘探面积超  $4 \times 10^4 \text{ km}^2$  (李登华等, 2017), 作为四川盆地“油气并举”增储上产的重点层位, 其内页岩油气的勘探开发备受业内高度重视。并在涪陵、元坝等地获工业油气流, 初步证实了其潜在的页岩油气资源潜力。但与海相页岩相比, 湖相页岩沉积环境变化迅速, 优质页岩单层连续厚度较小, 横向延伸稳定性较差, 对湖相富有机质页岩形成机理有效预测, 长期制约着我国陆相页岩油气的突破, 目前尚未实现规模开发 (杨跃明等, 2019)。近年来, Xu et al. (2017) 研究发现, 自流井组大安寨段主要形成于 T-OAE 全球极热事件时期。本研究在对川东地区自流井的野外调查的基础上, 发现自流井组东岳庙段至大安寨段泥页岩的形成及其内贫富有机质泥页岩的发育与 T-OAE 事件前后四川盆地的古地理格局、沉积环境水体演化及古气候变化具有密切的关系。东岳庙段内富有机质泥页岩与大安寨段富有机质泥页岩的形成机理迥异, 东岳庙段可能主要受沉积体系域变化下的物理沉积作用控制, 大安寨段可能受 T-OAE 极热气候条件下的化学沉积作用控制。

**参考文献** 李登华, 李建忠, 张斌, 等. 四川盆地侏罗系致密油形成条件、资源潜力与甜点区预测[J]. 石油学报, 2017, 38(7): 740-752. 杨跃明, 黄东. 四川盆地侏罗系湖相页岩油气地质特征及勘探开发新认识[J]. 天然气工业, 2019, 39(6): 22-33. Xu Weimu, Micha Ruhl, Hugh C. Jenkyns, et al. Carbon sequestration in an expanded lake system during the Toarcian oceanic anoxic event[J]. Nature Geoscience, 2017, 10: 129-134.

**关键词** 页岩气; 页岩油; 湖相页岩; 极热事件; 四川盆地



摘要 ID: 3215

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地志丹地区延长组长 8 致密油富集主控因素研究

魏笑笑\*

陕西延长石油(集团)有限责任公司研究院

鄂尔多斯盆地志丹地区延长组长 8 致密油层发育广泛, 多口井试油获得高产工业油流, 但油藏分布不均, 富集主控因素研究较弱。本文根据岩心、测井、录井、试油试采和实验测试分析等资料, 多角度深入探讨志丹地区延长组长 8 致密油富集主控因素。结果表明志丹地区主要发育两套烃源岩: 长 7 “张家滩油页岩”和长 9 “李家畔油页岩”, 其中, 张家滩油页岩厚度大, 多为 30-45m, 最厚可超过 60m, 李家畔油页岩相对于张家滩油页岩厚度相对较薄, 多分布在 6~15m。长 7 烃源岩有机碳含量为 6%~11%, 有机质类型主要为 I 型和 II<sub>1</sub> 型, 有机质成熟度为 0.9%-1.1%, 为致密油富集提供了丰富的油源; 长 8 致密油藏有上下两套源岩供给, 形成了优越的源储配置组合。岩心、测井和镜下分析表明, 长 8 致密储层主要发育三角洲前缘水下分流河道和河口坝砂体, 部分区域岩心显示发育包卷层理、丘洼状构造、火焰状构造等, 表明湖相重力流沉积发育。储层整体上致密, 储集性能较差, 非均质性强, 致密油在致密岩体遮挡下的相对高孔、高渗砂体或透镜状砂体中更为富集。在近源、优势相、源储配置好的区域部署的长 8 致密油井岩心含油显示良好、试油单井产量高, “油源条件好、近源、优相、优配置、裂缝发育”是本区致密油富集的主控因素。本次研究成果可为志丹地区延长组致密油下一步勘探提供方向。

### 参考文献

**关键词** 致密油; 富集主控因素; 志丹地区; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID:194

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷反向断层与圈闭油气藏

牛文\*、牛文\*  
大庆勘探开发研究院

海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷反向断层与圈闭油气藏牛文大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 163712

一、海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷反向断层面倾向与岩层倾向相反的阶梯状正断层, 断层面倾向与岩层倾向相反的反向断层是伸展盆地中广泛发育的一类断层, 与油气成藏有着较为密切的关系。反向断层分为平行反向断层和斜交反向断层。平行反向断层是断层面倾向与岩层倾向相反, 并且与岩层倾向相互平行的断层; 斜交反向断层是断层面倾向与岩层倾向相反, 并且与岩层倾向相互之间不平行、形成角度。据此对海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷盆地的大磨拐河、南屯组、铜钵庙地震反射层反向断层进行了梳理、分类。乌尔逊-贝尔凹陷盆地反向断层, 分为平行反向断层和斜交反向断层两类。二、海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷反向断层与圈闭油气藏乌尔逊-贝尔凹陷构造对沉积、油气运移和聚集具有控制作用, 油气藏类型以构造成因为主, 断层控藏作用明显, 与反向断层相关的圈闭更有利于油气聚集。与反向断层相关圈闭的油气藏类型包括: 背斜型油气藏、断层型油气藏及复合油气藏油气纵向上主要分布于南一段和南二段, 以反向断层岩性油藏及断背斜型油藏为主, 断鼻型及断块型次之。三、海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷油气藏分析乌尔逊-贝尔凹陷油气藏类型丰富, 大多数以构造成因为主, 且以与断层有关的构造油气藏发育居多, 隐蔽油气藏发现较少。油气藏类型主要有背斜型油气藏、断层型油气藏和复合油气藏三大类。断层型油气藏包括断背斜型、断鼻型、地垒式型及断块型; 复合油气藏包括反向断层-岩性型、顺向断层-岩性型及断鼻-岩性型。从油气藏分类表中可以看出, 本区形成的油气藏并不是单一地质因素所控制的, 而是由多种地质因素结合所形成的油气藏, 尤其明显的现象是几乎所有的油气藏(岩性油气藏除外)都与断层有关, 断层在本地区油气聚集成藏中的作用巨大, 断层控油作用显著。油气藏成因类型和基本特征各不相同。总之乌尔逊-贝尔凹陷油气藏类型以反向断层-岩性油气藏为主, 局部发育断背型、断鼻型及断块型油气藏; 乌中次凹油气藏发育反向断层-岩性油气藏及断块型油气藏, 巴彦塔拉油气聚集带位于乌尔逊和贝尔凹陷构造转换带上, 油气藏类型以反向断层-岩性和逆牵引背斜油气藏为主。

关键词: 海拉尔盆地, 乌尔逊-贝尔凹陷, 反向断层, 圈闭油气藏作者: 牛文, 1968年3月25日出生、工程师、从事石油地质勘探专业、大庆油田有限责任公司勘探开发研究院, 黑龙江大庆163712、联系电话: 13845916191 邮箱: niuwen@petrochina.com.cn

### 参考文献

关键词 关键词: 海拉尔盆地; 乌尔逊-贝尔凹陷; 反向断层; 圈闭油气藏



摘要 ID:3187

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 浅析塔里木盆地氦气富集成因及主控因素

郭辉\*<sup>1</sup>、李振宇<sup>2</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司西北油田分公司勘探开发研究院
2. 任丘市河北石油学会技术服务公司

氦气属于战略性资源,被广泛用于航天、核工业、超导实验等领域。但我国贫氦且主要依赖进口,资源安全形势十分严峻。因此对中国现已发现的氦气藏进行全面、系统的研究,掌握中国氦气的来源、分布规律及富集特征,指出下一步的研究方向及研究重点,对未来中国氦气资源的勘探、开发具有重要的理论指导意义。通过分析化验、地质、地震等资料,明确我国塔里木盆地天然气中氦气主要为壳源放射成因,主控因素主要为有效的氦源岩(花岗岩及相关铀富集或火成岩)、断穿基底的高速运移通道(深大断裂)和苛刻的保存条件。

**Abstract:** Helium, as a strategic resource, is widely used in aerospace, nuclear industry, superconducting experiment and other fields. However, China is poor in helium and mainly depends on imports, so the resource security situation is very serious. Therefore, a comprehensive and systematic study on the helium gas reservoirs discovered in China is carried out to master the source, distribution and enrichment characteristics of helium in China, and to point out the next research direction and research focus, which is of great theoretical significance for the exploration and development of helium resources in China in the future. Based on the analysis of laboratory, geological and seismic data, it is clear that the helium in the natural gas of Tarim Basin in China is mainly caused by shell source radiation, and the main controlling factors are effective helium source rock (granite and related uranium enrichment or igneous rock), high-speed migration channel (deep fault fracture) through the basement and strict preservation conditions.

### 参考文献

**关键词** 氦气; 壳源; 主控因素; 塔里木盆地  
control factors; Tarim basin

**Key words:** Helium; Shell source; Main



摘要 ID:298

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地埃隆-特列奇阶盆地性质的转换——来自龙马溪组的沉积记录约束

孙通<sup>1</sup>、朱逸青<sup>2</sup>、冉波<sup>\*1</sup>、梁柯<sup>1</sup>、韩雨樾<sup>1</sup>

1. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室
2. 西南油气田分公司页岩气研究院

早志留世基于华夏地块向扬子地块的挤压作用,使得四川盆地的沉积环境为一个三面环山(古隆起:雪峰古隆、黔中古隆和川中古隆)的陆表海,并导致了海相富有机质泥岩——龙马溪组的沉积。本次研究通过对威远地区W钻井龙马溪组薄片的镜下观察,对泥岩的显微沉积构造、矿物颗粒特征、生物碎屑及生物潜穴进行了系统描述,再结合泥岩的矿物成分和TOC,发现龙马溪组上段(埃隆阶-特列奇阶)海相泥岩中间存在一个明显的沉积突变界面,界面上下的沉积过程有明显的差异,且这个界面与笔石带划分的埃隆阶和特列奇阶的界面基本一致。埃隆阶的龙马溪组主要是深水黑色泥岩,显微沉积构造很少,局部发育有平行纹层,矿物成分以石英、长石、碳酸盐矿物和粘土矿物为主,并且有很高的TOC含量(平均3.12%);特列奇阶的龙马溪组沉积时水体较浅,显微沉积构造丰富,主要形成了透镜状纹层、正粒序、同沉积断层、交错纹层、侵蚀面等,且在底部发现了一定量的生物碎屑。与埃隆阶龙马溪组相比,特列奇阶龙马溪组的碳酸盐矿物含量明显减少(<10%),石英、长石和粘土矿物含量增加,TOC含量减少(平均0.57%)。本次研究基于龙马溪组沉积特征和碎屑物源的变化趋势,初步认为四川盆地从埃隆阶到特列奇阶发生了由挤压作用到伸展作用明显的构造性质转换。

### 参考文献

**关键词** 早志留世;龙马溪组;富有机质泥岩;挤压作用



摘要 ID:311

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 异整合面——古环境剧变的地层记录

高远\*<sup>1</sup>、黄何<sup>1</sup>、Alan R. Carroll<sup>2</sup>、王成善<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. University of Wisconsin, Madison

沉积学与地层学的经典理论往往要求古环境保持稳定或者缓慢而连续的变化。百年前提出的“瓦尔特相律”为分析沉积相和沉积环境、探讨地层时空关系奠定了理论基础。然而在沉积学和地层学研究中,越来越多的发现一些不遵循瓦尔特相律的地质现象,例如在整合的地层中出现突然的、不连续的相变,导致这些“非瓦尔特相律”相变的重要原因是古环境快速的、显著的变化。这些相变界面往往也是岩石地层学、年代地层学、层序地层学、地震地层学中明显的地质界面,代表了古环境剧变事件,但是在经典的沉积学和地层学理论中缺少一个合适的术语描述此类界面。我们提出“异整合面(xenoconformity)”的概念,来描述古环境剧变事件导致沉积体系发生根本性变化而产生的相变界面。本研究系统介绍异整合面的概念和沉积学原理,并列举陆相和海相地层中经典的异整合面。值得关注的是,近两年来我国学者提出全球非常规油气资源沉积富集与重大地质环境突变密切相关,与异整合面相关的古环境剧变事件往往直接影响有机质的埋藏和富集,是非常规油气沉积学研究的重要内容之一,对寻找非常规油气资源具有重要指导意义。

参考文献

关键词



摘要 ID:1150

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 湖北宜昌探区龙马溪组深层页岩气甜点区评价

王鹏万<sup>1\*</sup>、贾丹<sup>1</sup>、梅珏<sup>2</sup>、黄羚<sup>1</sup>、马立桥<sup>1</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院
2. 中国石油浙江油田分公司

鄂西宜昌地区位于秦岭-大别造山带南缘大洪山变形带,其构造变形受秦岭-大别造山挤压作用和黄陵隆起阻挡作用共同控制,中生代以来经历印支期黄陵隆升、中燕山期挤压、晚燕山期拉张和喜山期隆升。中燕山期两期挤压作用控制了区内主体构造格局,构造变形具东西分带、南北分区的特征。燕山期两期挤压变形控制了断层发育。弧形构造变形控制宜昌探区发育基底卷入和盖层滑脱2大类7种构造样式,保康-远安弧形构造三角带改造相对较弱。基于地震资料和地表构造变形强度,建立宜昌盆外构造稳定区评价技术,优选了远安、花林构造稳定有利区1200km<sup>2</sup>。

宜昌探区五峰-龙马溪组优质页岩厚度20m左右,钻探证实其具页岩气勘探潜力。通过页岩岩相、电性、脆性、物性、含气性及地球物理响应特征,确定了荆门探区五峰-龙马溪组富气页岩段特征与识别方法,建立了闭塞海湾缺氧型沉积模式,明确了富气页岩纵向分布在五峰-龙一12小层,平面上分布在探区中北部。燕山期以来构造变形强度控制宜昌探区深层页岩富气程度,燕山期-喜山期为页岩气富集关键期,确立了断背斜、推覆体、低角度斜坡及高角度斜坡四种页岩气赋存模式。形成了宜昌盆外复杂构造区页岩气选区评价技术,优选宜昌探区远安、花林两个有利区1100km<sup>2</sup>。

通过岩石物理分析,建立各储层参数TOC、总含气量与弹性参数的关系,选取纵横波速度比、纵波阻抗双参数,建立双参数与TOC、总含气量及孔隙度之间的函数关系,进而实现对各储层指标的预测,初步形成深层页岩气甜点预测技术,优选宜昌探区龙马溪组地质工程甜点5块面积共112km<sup>2</sup>。深层页岩气地质工程甜点区优选与评价,有效指导了宜昌探区五峰-龙马溪组深层页岩气的勘探。

### 参考文献

**关键词** 宜昌 五峰-龙马溪组 甜点区 评价





摘要 ID:1782

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 银额盆地楚鲁隆起下白垩统巴音戈壁组含油页岩岩系地质事件与油页岩富集

柳蓉\*、张坤、刘招君、刘高飞  
吉林大学地球科学学院

我国油页岩资源丰富,居世界第二位,成为了我国重要的战略储备资源和补充能源,优选出适合原位开发的高含油率甜点区成为了目前摆在油页岩原位开发面前的难题。寻找高含油率甜点区也就是找寻有机质最富集的油页岩(含油率大于10%的为高含油率油页岩,TOC含量通常大于15%)。目前,越来越多的学者研究发现,在含油页岩沉积组合序列中,油页岩经常与火山、热液、大洋缺氧、气候突变、海侵、重力流等地质事件耦合出现(柳蓉等,2021;Zhang等,2020;刘招君等,2020;商斐等,2020;程甘露等,2014;薛敏,2019;杨华等,2017;熊林芳,2015;杜乐天,1996;陈志鹏等,2018)。本文以银额盆地楚鲁隆起早白垩世事件沉积期的一套连续的低成岩作用的含油页岩岩系细粒沉积为研究对象,充分利用含油页岩岩系富含有机质的细粒沉积,刻画OAE1a和热液事件作用与有机质富集间的耦合作用关系,反演事件作用时期的古环境演化,丰富全球陆相深时地质事件研究。

结合前人的锆石放射性同位素年代学资料及本次对研究区的热河生物群化石、孢粉种类分析可知,油页岩岩系巴音戈壁组二段的沉积时代属于早白垩世Barremian晚期-Aptian早期,处于全球的大洋缺氧事件OAE1a时期。通过与白垩世全球古海洋的稳定氧同位素( $\delta^{18}O$ )/大气CO<sub>2</sub>浓度及海平面相对变化对比研究发现,高温气候和冷室气候事件往往对应着海平面的谷位及 $\delta^{18}O$ 的低值和高值。巴音戈壁组油页岩段在一个三级层序中发育了温凉-半湿润、温暖-半湿润及温凉-半干旱的古气候演化过程。Zhang等(2021)认为OAE1a时期的热室气候事件造成陆相古气候偏向温暖,促进了湖泊水体中有机质的富集,这与巴音戈壁组油页岩段中早生孢粉含量快速升高相一致。巴音戈壁组油页岩段下部出现的古气温的骤降及冰筏沉积可能是OAE1a时期气候冷却事件的物理证据。温暖-半湿润的古气候是研究区有机质富集的最佳条件。油页岩沉积时期古气候暖化可能与早白垩世Aptian阶全球古气温的上升相关。因此,由ntong-Java超级地幔柱的喷发而引发的热室气候事件在中国北方地区Aptian时期陆相烃源岩的发育过程中扮演了重要角色。同时,OAE1a促进了湿润-半湿润古气候由中国东北向中国西北的进一步扩张,中国西北地区发育湖泊沉积,在热河生物群向西北地区的传播与演化起到了关键作用。

在银额盆地楚鲁隆起靠近南部断裂分布位置发育多处热液沉积。强热水沉积往往对应了较高的古盐度及缺氧的水体环境,其中这种耦合关系可能暗示了强烈的热水活动可能释放了更多的热液流体,促进了湖底盐度的增加以及湖底缺氧环境的形成。中等热水活动与高古湖泊生产力具有着耦合性,暗示了中等热水活动释放的营养元素可能促进了古湖泊初级生产力的提高,但从油页岩富集程度的对应关系来看,较强的热液活动不利于油页岩的富集,可能是抑制了古湖泊初级生产力。

结合OAE1a时期古气候演化及热水沉积事件对有机质富集的影响,建立了不同阶段有机质富集模型,揭示了巴音戈壁组二段油页岩有机质富集机制。

**参考文献** 陈志鹏,任战利,于春勇,等.银额盆地哈日凹陷下白垩统热水沉积岩特征及成因[J].地球科学,2018,43(6):1941-1956.程甘露,田继军,王长江,等.准噶尔盆地南缘油页岩特征及控矿条件[J].西安科技大学学报,2014,34(5):558-563.杜乐天.烃碱流体地球化学原理:重论热液作用和岩浆作用[M].北京:科学出版社,1996:390.康玉柱.准噶尔盆地古生界油气前景与勘探方向[J].新疆石油地质,2010,31(5):449-453.刘招君,柳蓉,孙平昌,等.中国典型盆地油页岩特征及赋存规律[J].吉林大学学报(地球科学版),2020,50(2):313-325.柳蓉,张坤,刘招君,等.中国油页岩富集与地质事件研究[J].沉积学报,2021,(39)1:10-28.庞军刚,李赛,杨友运,等.湖盆深水区细粒沉积成因研究进展:以鄂尔多斯盆地延长组为例[J].石油实验地质,2014,36(6):706-



711, 724. 商斐, 周海燕, 刘勇, 等. 松辽盆地嫩江组泥页岩有机质富集模式探讨: 以嫩江组一、二段油页岩为例 [J]. 中国地质, 2020, 47 (1): 236-248. 熊林芳. 坳陷型富烃凹陷优质烃源岩的形成环境: 以鄂尔多斯盆地长7烃源岩为例 [D]. 西安: 西北大学, 2015. 薛敏. 北票盆地下白垩统九佛堂组油页岩特征及资源评价 [D]. 长春: 吉林大学, 2019. 杨华, 梁晓伟, 牛小兵, 等. 陆相致密油形成地质条件及富集主控因素: 以鄂尔多斯盆地三叠系延长组7段为例 [J]. 石油勘探与开发, 2017, 44 (1): 12-20. Zhang K, Liu R, Liu Z, et al., 2020. Influence of palaeoclimate and hydrothermal activity on organic matter accumulation in lacustrine black shales from the Lower Cretaceous Bayingebi Formation of the Yin' e Basin, China[J]. Palaeogeography, palaeoclimatology, Palaeoecology, 560:110007. Zhang X, Li S, Wang X, et al., 2021. Expression of the early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE) 1a in lacustrine depositional systems of East China[J]. Global and Planetary Change, 196: 103370.

**关键词** 油页岩富集; 地质事件; 大洋缺氧事件; 热液沉积



摘要 ID:58

主题分类：非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型：口头报告

## 构造热事件对渤中 19-6 构造带天然气成藏的控制作用

李威\*

中海油研究总院有限责任公司

渤海湾盆地是中国东部重要含油气盆地，2018 年中国东部最大整装凝析气田—渤中 19-6 气田的发现，一举打开了渤海湾盆地深层天然气勘探的新领域，展现了油型盆地天然气勘探的巨大潜力。渤中 19-6 构造带具有上油下气的分布特征，为了研究渤中 19-6 构造带油气的成藏机理，从烃源岩生排烃史、构造热演化史、岩浆活动、流体包裹体显微荧光与测温技术等方面系统分析渤中 19-6 构造带油气成藏史，深入研究其形成机理，认为：1) 渤中 19-6 构造带凝析气田不同深度的包裹体具有相似的盐度和均一温度分布范围，且不同深度的均一温度主峰温度相同，均表现为高于地层的温度，显示了油气充注属于事件性成藏，具有穿层、瞬时、高温的特征；2) 渤中 19-6 构造带岩浆活动发育，岩浆侵入加速了有机质的成熟，促进了烃源岩生排烃作用，烃源岩在短时间内大量形成凝析油气；3) 渤中 19-6 潜山构造带早期形成的古油藏，受新构造运动的影响，向上调整为渤中 19-4 油田，同时构造活动造成岩浆上涌，伴随的超临界状态幔源 CO<sub>2</sub> 液体，加速了油气运移过程，凝析油气快速充注进入渤中 19-6 潜山圈闭，形成现今的渤中 19-6 凝析气田。

**参考文献** &nbsp;Xu Changgui, Yu Haibo, Wang Jun, et al. Formation conditions and accumulation characteristics of Bozhong 19-6 large condensate gas field in offshore Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2019, 46(1):1-14. 施和生, 王清斌, 王军, 等. 渤中凹陷深层渤中 19-6 构造大型凝析气田的发现及勘探意义[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(1): 36-45. 薛永安. 渤海海域深层天然气勘探的突破与启示[J]. 天然气工业, 2019, 39(1): 11-20. 徐长贵, 杜晓峰, 刘晓健, 等. 渤海海域太古界深埋变质岩潜山优质储集层形成机制与油气勘探意义[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(1):235-247.

**关键词** 渤海湾盆地；渤中凹陷；渤中 19-6 构造；成藏过程；岩浆活动



摘要 ID:361

主题分类: 非常规油气沉积学》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 扬子地区奥陶纪-志留纪过渡期沉积火山灰层的来源

贾冀新<sup>1</sup>、杜学斌<sup>\*1</sup>、赵珂<sup>2</sup>、陆永潮<sup>2</sup>、谭超<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)海洋学院

2. 中国地质大学(武汉)资源学院

在奥陶纪-志留纪过渡期,全球范围内的气候、生物演化、古海洋格局和岩石圈板块发生了重大的变革。该时期扬子地区沉积的上奥陶统五峰组和下志留统龙马溪组下段黑色页岩富含有机质,其总有机碳含量(TOC)均值大于1%,是页岩气勘探开发的有利层系(Wu et al., 2019)。该黑色页岩层段中存在十层以上至上百层的火山灰层(Su et al., 2009; Yang et al., 2019; Du et al., 2020, 2021; Liu et al., 2020),这些火山灰层的存在对于黑色页岩的沉积与保存具有积极的作用(Wu et al., 2019; Zhao et al., 2021)。但人们对于这些火山灰的来源目前还未取得一致的认识(Su et al., 2009; Yang et al., 2019; 熊等, 2019; Liu et al., 2020)。本研究以位于扬子地区的剖面(井)的奥陶系-志留系过渡地层中的5个火山灰层(V-1, QL-12, 3-5, 2-1 和 LM-1)为研究对象,利用全岩主微量元素、全岩同位素和微区地化等,综合分析了这些火山灰层的可能的来源。根据5个火山灰层的锆石年龄,扬子地区在奥陶纪-志留纪过渡时期发生了强烈的火山活动。火山活动至少在晚奥陶世的 $449.2\text{Ma} \pm 1.3\text{Ma}$ (QL-12)时就已存在,并在早志留世的 $444.2\text{Ma} \pm 0.9\text{Ma}$ (LM-1)时仍然在持续活动,活动的持续时间超过了5Ma。所测得的扬子地区的火山灰层的要晚与北美地区和欧洲地区的,说明扬子地区的火山活动与欧美地区的不完全一致,具有一定的区域性。根据源岩浆的性质,所研究的火山灰层的可以分为两大类。第一类以的源岩浆的进化程度较高,成分以陆壳物质为主,构造背景为板内环境。第二类源岩浆的进化程度高与第一类,成分可能以陆壳物质为主,构造背景为弧相关环境。结合华南地块(扬子地块+华夏地块)的构造活动背景,第一类的火山灰层来源于扬子板块(现在的南秦岭构造带)北缘的晚奥陶世开始的近东西向的板内裂谷伸展活动导致的大规模的火山活动。第二类的火山灰层来源于扬子地块与华夏地块早已拼合在一起的情况下冈瓦纳大陆碎片向华夏地块南缘的西北俯冲碰撞导致的大规模的火山活动。本研究对于扬子地区黑色页岩的沉积环境的研究具有一定的指导意义。

**参考文献** 熊国庆, 王剑, 李园园, 等, 2019. 南大巴山东段上奥陶统五峰组-下志留统龙马溪组钾质斑脱岩锆石 U-Pb 年龄及其构造意义[J]. 地质学报, 93(04): 843-864. Du X B., Lu Y C, Duan, D, et al., 2020. Was volcanic activity during the Ordovician-Silurian transition in South China part of a global phenomenon? Constraints from zircon U-Pb dating of volcanic ash beds in black shales[J]. Mar. Pet. Geol., 114: 104209. Du X B, Jia J J, Zhao K, et al., 2021. Was the volcanism during the Ordovician-Silurian transition in South China actually global in extent? Evidence from the distribution of volcanic ash beds in black shales[J]. Mar. Pet. Geol., 123: 104721. Liu W, Liu Y, Zeng Z X, et al., 2020. K-bentonites in Ordovician-Silurian transition from South China: implications for tectonic evolution in the northern margin of Gondwana[J]. J. Geol. Soc., 177: 1245-1260. Su W B, Huff W D, Ettensohn F R, et al., 2009. K-bentonite, black-shale and flysch successions at the Ordovician-Silurian transition, South China: Possible sedimentary responses to the accretion of Cathaysia to the Yangtze Block and its implications for the evolution of Gondwana[J]. Gondwana Res., 15: 111-130. Wu L Y, Lu Y C, Jiang S, et al., 2019. Relationship between the origin of organic-rich shale and geological events of the Upper Ordovician-Lower Silurian in the Upper Yangtze area[J]. Mar. Pet. Geol., 102: 74-85. Yang, S C, Hu W X, Wang X L, et al., 2019. Duration, evolution, and implications of volcanic activity across the Ordovician-Silurian transition in the Lower Yangtze region, South China[J]. Earth Planet. Sci. Lett., 518: 13-25. Zhao K, Du X B, Lu Y C, et al., 2021. Is volcanic ash responsible for the enrichment of organic carbon in shales? Quantitative



characterization of organic-rich shale at the Ordovician-Silurian transition[J]. Geol. Soc. Am. Bull., 2021, 133: 837-848.

**关键词** 火山灰; 来源; 奥陶纪-志留纪过渡期; 扬子地区



摘要 ID:511

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 华南地区奥陶纪-志留纪转折期火山灰发育特征、规律及其意义

杜学斌<sup>\*1,2,3</sup>、贾冀新<sup>2,3</sup>、赵珂<sup>3,4</sup>、陆永潮<sup>4</sup>、刘占红<sup>2,3</sup>、谭超<sup>2,3</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. 中国地质大学(武汉)海洋学院

3. 中国地质大学(武汉)海洋地质与资源湖北省重点实验室

4. 中国地质大学(武汉)资源学院

全球奥陶纪-志留纪转折期发生一些重大事件,如近85%海洋动物物种迅速灭绝、海平面快速下降近100 m、气候短暂变冷(持续时间小于1 Ma)等。近些年来,这些事件之间的成因关系或相互响应程度等科学问题一直是国际上重要的研究热点之一。在这一重大转折期,北美、欧洲、北非、我国华南地区等广泛沉积了一套黑色富有机质页岩,是全球古生代油气资源最重要的烃源岩层系之一。同时,这一时期北美、欧洲及我国华南等地区火山喷发活动也广泛发育,大量火山灰层被发现于页岩之中。华南地区的五峰组-龙马溪组页岩沉积相对连续,也是上奥陶统赫南特阶全球层型剖面所在地,该地区连续地记录这一时期有机质富集程度的变化,且火山灰层保存相对较好,是开展火山灰沉积与有机质富集关系研究较为理想的地区,可以为我国页岩油气形成与富集提供基础理论支撑。通过对华南地区12个野外剖面和3口单井的详细调查发现,无论是上扬子地区还是下扬子地区,在O-S转折期都有火山灰发育。虽然不同剖面上识别出的火山灰层数不同,但总体看来,火山灰在这个时期是普遍存在的,也就是说,在奥陶纪-志留纪过渡时期,中国南方发生了一次大规模的区域性火山活动,对该地区的古环境和海洋环境的古生态产生了重要影响。在垂直方向上,火山灰层的分布有显著分段性,根据其发育密度,可分为3段:密集段、稀疏段和零星段。从奥陶系五峰组至志留系龙马溪组一段,火山灰层密度明显降低,火山灰单层厚度逐渐减小,相邻火山灰层的间距有明显增加的趋势。这三个层段的火山活动差异是造成古生产力和古氧化还原条件差异的主要原因,也是影响有机质差异富集的主要原因。定量计算表明,火山灰的沉淀能够促进水体中营养元素25%-75%的增长,从而造就了富火山灰层段的页岩具有典型的高古生产力的特征。

此外,通过比较中国南方和其它地区已识别火山灰层的分布,认为中国南方的火山灰层主要出现于晚奥陶世凯迪阶-赫南特阶和早志留世鲁丹阶,其它地区则主要出现于上奥陶系比阶和凯迪阶。这种时间分布可能表明中国南方火山活动的发生比其它地区稍晚;与其它地区相比,中国南方发现了更多的火山灰层,表明该地区经历了更强的火山活动。这可能表明中国南方的火山活动比其它地区更复杂。

**参考文献** Du X B., Lu Y C, Duan, D, et al., 2020. Was volcanic activity during the Ordovician-Silurian transition in South China part of a global phenomenon? Constraints from zircon U-Pb dating of volcanic ash beds in black shales[J]. *Mar. Pet. Geol.*, 114: 104209. Du X B, Jia J J, Zhao K, et al., 2021. Was the volcanism during the Ordovician-Silurian transition in South China actually global in extent? Evidence from the distribution of volcanic ash beds in black shales[J]. *Mar. Pet. Geol.*, 123: 104721. Liu W, Liu Y, Zeng Z X, et al., 2020. K-bentonites in Ordovician-Silurian transition from South China: implications for tectonic evolution in the northern margin of Gondwana[J]. *J. Geol. Soc.*, 177: 1245-1260. Su W B, Huff W D, Etensohn F R, et al., 2009. K-bentonite, black-shale and flysch successions at the Ordovician-Silurian transition, South China: Possible sedimentary responses to the accretion of Cathaysia to the Yangtze Block and its implications for the evolution of Gondwana[J]. *Gondwana Res.*, 15: 111-130. Zhao K, Du X B, Lu Y C, et al., 2021. Is volcanic ash responsible for the enrichment of organic carbon in shales? Quantitative characterization of organic-rich shale at the Ordovician-Silurian transition[J]. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 2021, 133: 837-848.

**关键词** 火山灰 发育特征 奥陶纪-志留纪转折期 华南地区



摘要 ID:1378

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地晚奥陶世-早志留世碳同位素偏移与有机质富集关系研究

袁桃\*

中国石油化工有限公司勘探分公司

晚奥陶世-早志留世是一个极为特殊的地质历史时期,经历了显生宙以来的第一次生物大灭绝和短时期多幕次的大规模冰川作用,为此一直备受国内外学者的广泛关注(Chen et al., 2005; Fan et al., 2009; Hammarlunda et al., 2012)。关于碳同位素的研究,成因机理复杂,目前大多应用于地层对比划分、全球事件研究等(Schmitz and Bergström, 2007; Bassett et al., 1991),利用碳同位素分析古水体环境及其与油气富集关系的研究相对比较少。前人针对四川盆地晚奥陶世五峰组-早志留世龙马溪组岩石地层、生物地层和地球化学特征等开展了一系列的研究,取得丰硕的成果(樊隽轩等, 2013; 郭旭升, 2017; 聂海宽等, 2020; 王红岩等, 2021)。也有专家学者对该时期富有机质泥页岩碳同位素偏移开展了相关研究,取得了一定的认识(门玉彭等, 2018; 马中良等, 2020; 牛强等, 2020),但鲜有研究者对四川盆地该时期碳同位素的偏移与五峰组-龙马溪组有机质的富集的关系进行深入分析研究,二者有何关系?对油气勘探是否具有指示意义,是值得探究的一个科学问题。

论文以四川盆地五峰组-龙马溪组实际钻井资料为基础,基于沉积学、沉积地球化学、油气地球化学等学科基础理论,重点以晚奥陶世-早志留世碳同位素偏移特征为切入点,从偏移形态、偏移方式、偏移量等方面分析,结合该时期发育的页岩生储特征、沉积环境和勘探实践认识,综合分析碳同位素的偏移与有机质富集的关系。

分析研究表明,从晚奥陶世到早志留世碳同位素表现出先减小再增加的趋势,其中在②小层观音桥段出现了较为明显的负偏现象,偏移量可达1.6%,且干酪根碳同位素与实测TOC值存在明显的负相关关系。一般岩石圈与海洋-大气系统的交换则需要相当长的时间尺度(105~106年),因此海洋系统自身有机碳库和无机碳库的变化可以指示与其直接相关的地球化学作用和事件,如浮游生物对 $^{12}\text{C}$ 的迁移、表层水和深部海水的分馏等。海水中浮游生物优先将 $^{12}\text{C}$ 迁移走,海洋表层水溶解无机碳(DIC)通常富集 $^{13}\text{C}$ ,而有机碳通常富集 $^{12}\text{C}$ ,因此认为四川盆地晚奥陶世到早志留世碳同位素的突变式的负偏,表明干酪根轻碳同位素越富集,海水中古生物(浮游植物或浮游动物)越繁盛,群集性灭绝后导致缺氧层加深,以腐殖质的形式大量保存,是有机质富集的重要指标,结合A井勘探实践认识,初步认为四川盆地五峰组-龙马溪组干酪根碳同位素值小于-29‰是有机质富集的分界线,轻碳同位素越富集,越有利于有机质的富集。

**参考文献** Chen Xu., Melchin M J., Sheets David H., Mitchell C E., Fan J X. 2005. PATTERNS AND PROCESSES OF LATEST ORDOVICIAN GRAPTOLITE EXTINCTION AND RECOVERY BASED ON DATA FROM SOUTH CHINA [J]. Journal of Paleontology, NO.5. Hammarlund E U, Dahlb T W, Harperd D A T, et al. 2012. A sulfidic driver for the end-Ordovician mass extinction [J]. Earth and Planetary Science Letters. Schmitz B., Bergström S. M. 2007. Chemostratigraphy in the Swedish Upper Ordovician: regional significance of the Hirnantian  $\delta^{13}\text{C}$  excursion (HICE) in the Boda Limestone of the Siljan region. GFF, 129 (2), 133-140.

**关键词** 四川盆地; 晚奥陶世; 早志留世; 碳同位素; 有机质富集



摘要 ID:2901

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 山东东部近海地区北东向构造带中生代构造演化及其对油气控制因素

张悦\*、周瑶琪、周腾飞、李孙义、白冰洋  
中国石油大学(华东)

位于山东东部近海地区的日青威盆地、其北侧胶莱盆地、南部相毗邻的千里岩隆起等构造带均以北东向为主。日青威盆地目前处于初探阶段,白垩系莱阳群发现了大套优质烃源岩。胶莱盆地已钻井在中生界有良好油气显示,研究区具有一定的勘探潜力。本文综合利用胶莱盆地已钻井、日青威盆地的科学探井灵科1井的岩心资料,结合烃源岩有机地球化学特征,并对盆地的控盆断裂及其内部北东向走滑断裂,如沧口断裂、桃村断裂、五莲-牟即断裂带、灵山岛内部断裂进行了大量野外工作,研究该走滑断裂及其派生构造走滑-伸展量,应力场变化,根据断裂带岩浆作用及变形岩体的年龄,对断裂带的年龄进行时代限定,明确研究区构造运动的关键时间节点,恢复其中生代构造演化历程,同时将断裂带的活动时间与华北克拉通东部中生代的演化历史和应力场方向的变化做对比,结果表明研究区北东向构造带的构造演化与古太平洋板块侏罗-白垩纪时期的俯冲、回卷及俯冲方向的转变有着密切相关性。综合分析认为,山东东部近海地区北东向构造带的断裂活动性是研究区油气赋存的主控因素,不同活动阶段的断裂活动对油气控制作用不同,青山期( $87.5 \pm 2.5\text{Ma}$ )左旋走滑阶段,形成了走滑规模较大的北东向控盆断裂及一系列内部走滑断层,盆地内走滑断裂派生的逆断层对油气有一定的封堵性,有利于圈闭的形成;王氏末期右旋走滑阶段( $50 \pm 5\text{Ma}$ )走滑规模较小,胶莱盆地地层被强烈抬升而对油气起到破坏作用。明确研究区的油气主控因素可为下一步油气勘探工作提供重要的指导意义。

### 参考文献

**关键词** 日青威盆地;胶莱盆地;构造特征;烃源岩;油气主控因素





摘要 ID:704

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地延长组长7油层组异常高有机质页岩成因探讨

张家强<sup>\*1,2</sup>、李树同<sup>3</sup>、陶辉飞<sup>3</sup>、邱军利<sup>3</sup>、陈俊霖<sup>2,3</sup>、李家程<sup>2,3</sup>、王永超<sup>2,3</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所岩石圈演化国家重点实验室

2. 中国科学院大学

3. 中国科学院西北生态环境资源研究院甘肃省油气资源研究重点实验室

鄂尔多斯盆地三叠系延长组长8油层组至长7油层组,湖盆充填物发生了由滨浅湖粗碎屑为主向半深湖-深湖细粒沉积主导的明显转变。长7油层组半深湖-深湖相泥页岩有机质含量普遍高、分布范围广,下部长7<sub>3</sub>小层异常高有机质黑色页岩段TOC值达8-16%。基于湖盆中央CY-1井岩心,对长8油层组至长7油层组沉积环境的转变及沉积响应进行了研究,探讨了地质事件在长7油层组异常高有机质页岩沉积过程中的重要作用。岩心观察与分析表明:在长8油层组顶部,沉积类型为粉-细砂岩夹泥岩薄层,细砂岩段发育浪成沙纹层理、垂直生物潜穴、炭化的植物茎叶碎片等浅水沉积构造与标志,并在局部保存典型的风暴沉积特征;长7油层组的底以大段黑色页岩和凝灰质薄层的出现为标志,黑色页岩有机质含量高(TOC值11.56%-18.22%,平均15.48%),见黄铁矿条带和平行层理。发育厚层块状砂岩是长7油层组的另一鲜明特征,其具有厚度大(CY-1井上,一般厚0.5~2.5 m,最厚7.28 m)、均质无明显构造、颗粒分选好等特征,为深水重力流成因。泥页岩沉积地球化学分析指示,由长8至长7油层组,区域气候更趋于温暖、湖泊水体盐度降低、湖盆远端陆源碎屑沉积速率降低,湖水表层有机物生产力提高、底水还原性增强。结合前人研究成果,综合分析认为:长7油层组异常富有机质页岩是多种地质要素、地质事件共同作用的产物。首先,扬子与华北板块的碰撞、拼合造就了鄂尔多斯原型湖盆的形成与发展,为碎屑物的沉积与转换提供了可容纳空间;其次,长8油层组末期至长7油层组初期,区域构造活动增强,湖盆快速加深,发育大面积的半深湖-深湖区,决定深水细粒沉积物的沉积;伴随活跃的区域构造,火山灰沉降和热液流体活动频发,为湖盆输入了重要的生物营养元素,促使水生生物的勃发,水体表层的有机质初级生产力显著提高,有机质沉积通量增加;同时,缺氧还原的底水,减少了有机质在沉降过程中的降解损耗;再者,湖平面上升、水体覆盖面积的扩展使得远端沉积区碎屑颗粒沉积速率降低,减小了其对沉积物中有机质的“稀释作用”;此外,短期重力流事件伴随的碎屑颗粒高速沉积,将沉积物-水界面附近的早期沉积有机质快速掩埋,减少其裸露时间,并将浅水区的部分陆源有机质带入深湖区,给深水有机碳储库提供另一碳源。总之,多种地质事件与地质要素在时空上的耦合造就了长7油层组下部有机质的富集,控制了异常高有机质页岩的形成。

参考文献

关键词



摘要 ID:1288

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 展板

## 四川盆地东缘齐岳山断裂两侧构造变形差异对页岩气保存的影响

李双建\*

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

构造变形是控制四川盆地东缘龙马溪组页岩气保存的主要因素之一, 勘探实践表明, 川东齐岳山断裂以西页岩气的保存条件明显优于齐岳山断裂以东。本文通过对齐岳山断裂的分段性研究, 结合典型井地震剖面的解释, 总结了页岩气富集的主要构造样式, 通过磷灰石裂变径迹反演了川东中新生代以来隆升过程, 通过岩石力学实验, 模拟了不同层理面倾角受力时裂缝破裂的样式, 总结了页岩力学特征对页岩气保存的影响机理。研究表明: 页岩气主要富集在平缓的背斜和向斜的核部, 齐岳山断裂中段为过渡型变形带, 志留系地层在断裂带两侧埋深和变形结构差异小, 页岩气保存条件好。齐岳山断裂以东的隔槽式变形带构造变形初始为 160~120Ma, 齐岳山-华蓥山之间的川东隔档式变形带构造变形的初始时间为 100~80Ma, 并且由中间, 向南北两侧逐渐变新。三轴岩石力学实验显示, 地层倾角与裂缝产状和破裂的难易程度有明显的关系, 地层倾角在 34°~37°时, 受水平挤压最容易产生贯通的剪切裂缝。结合钻井的分析, 认为齐岳山断裂以西构造变形晚, 抬升幅度低, 受多期应力改造弱, 是其保存条件较好的主要因素, 其中正向平缓构造的剪切裂缝发育少, 水平层理缝多, 有利于页岩气富集。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地; 龙马溪组; 页岩气; 齐岳山断裂; 保存条件; 岩石力学; 裂变径迹



摘要 ID: 2425

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 口头报告

## 华南奥陶—志留纪火山活动对海洋环境和有机质富集的影响

李艳芳<sup>\*1</sup>、申宝剑<sup>2</sup>、邵德勇<sup>3</sup>

1. 中国科学院广州地球化学研究所

2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无事由地质研究所

3. 西北大学地质学系

奥陶纪—志留纪 (O-S) 转折期频繁的火山活动被认为可能是诱发当时气候环境变化的重要原因, 并且对页岩有机质的富集具有明显的控制作用 (Buggisch et al., 2010; Yang et al., 2019; Lu et al., 2020)。但是, 由于缺少火山活动在海相沉积物中的高分辨率记录, 制约着对其关系以及作用机制的研究。本研究以我国华南地区五峰组—龙马溪组页岩为研究对象, 运用国际上新兴的汞 (Hg) 含量以及汞同位素分析技术为主要研究手段, 并结合传统的地质学和地球化学方法 (包括沉积学、元素地球化学、同位素地球化学、古生物学和地层学等), 提供了晚奥陶世—早志留世火山活动在海相页岩中的高分辨地球化学证据, 探讨了火山活动的变化规律以及与气候、环境演化和有机质富集之间的关系。研究表明, 在五峰组—龙马溪组页岩研究剖面上, 五峰组—龙马溪组页岩的 Hg 含量出现了两次显著的富集现象 (55.6 至 224.2ppb, 平均为 138.8ppb), 其含量远高于正常海洋沉积物的 Hg 含量, 表明当时外界 Hg 输入明显增加。第一次 Hg 富集出现在凯迪晚期—赫南特早期, 第二次富集出现在赫南特晚期至鲁丹阶中期。在 Hg 含量富集的层段,  $\Delta^{199}\text{Hg}$  值在很小的范围内波动 (0‰至+0.10‰), 具有接近于 0 或者轻微正偏的特征, 这与沉积物中 Hg 的主要来源是火山活动喷发到大气中的 Hg 的同位素组成一致 (Thibodeau and Bergquist, 2017)。因此, 五峰组—龙马溪组页岩中异常富集的 Hg 是火山活动导致 Hg 释放增加的结果, 为晚奥陶世—早志留世频繁的火山活动提供了海相页岩中的高分辨率地球化学证据。

五峰组—龙马溪组页岩 Hg 含量富集的层段与碳、硫同位素的负偏、海洋缺氧以及有机质的富集在时间上高度吻合, 表明频繁的火山活动可能是导致晚奥陶世—早志留世气候、环境变化、碳、硫同位素波动以及有机质富集的主要因素。研究成果为无机金属元素同位素在页岩油气研究方面开拓了新的领域, 也为研究晚奥陶世—早志留世气候环境演化提供了新的手段。

**参考文献** 1. Buggisch W, Joachimski M M, Lehnert O, et al. Did intense volcanism trigger the first Late Ordovician icehouse? [J]. *Geology*, 2010, 38(4): 327-330. 2. Lu Y B., Hao F., Lu Y C, et al. 2020. Lithofacies and depositional mechanisms of the Ordovician-Silurian WufengLongmaxi organic-rich shales in the Upper Yangtze area, southern China[J]. *AAPG Bull.* 104 (1), 97-129. 3. Thibodeau A M, Bergquist B A. 2017. Do mercury isotopes record the signature of massive volcanism in marine sedimentary records[J]. *Geology* 45, 96. 4. Yang S, Hu W, Wang X, et al. 2019. Duration, evolution, and implications of volcanic activity across the Ordovician-Silurian transition in the Lower Yangtze region, South China[J]. *Earth Planet. Sci. Lett.* 518, 13-25.

**关键词** 火山活动; 汞元素; 有机质富集; 海洋缺氧; 上扬子地区



摘要 ID:880

主题分类: 非常规油气沉积学=》重大地质事件与非常规油气富集

最终交流类型: 专题邀请报告

## 咸化湖盆陆源碎屑与碳酸盐混合沉积模式及其油气地质意义 ——以准噶尔盆地玛湖凹陷风城组为例

唐勇<sup>1</sup>、何文军<sup>\*1,2</sup>、黄立良<sup>1,2</sup>、钱永新<sup>1</sup>、王然<sup>1</sup>、邹阳<sup>1</sup>、杨森<sup>1</sup>、常秋生<sup>1</sup>、刘国良<sup>1</sup>

1. 中国石油新疆油田分公司勘探开发研究院

2. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室

近年,混积岩逐渐成为沉积学研究的热点,倍受关注。在准噶尔盆地玛湖、吉木萨尔、石树沟—五彩湾三大前陆凹陷区中下二叠统也发育一套咸化湖相陆源碎屑与碳酸盐混合沉积建造,是页岩油勘探的主战场。有别于其他两个凹陷咸化湖相沉积,玛湖凹陷盐度最高,形成了年代较老且埋藏较深的碱湖沉积,具有代表性研究意义。根据现有钻井揭示的风城组表现出碱性矿物丰富,岩石类型复杂多样,陆源碎屑与碱性矿物、碳酸盐混合沉积;纵向高频旋回,频繁互层,沉积—成岩作用模式尚无可借鉴的研究成果。本文基于系统取心资料,宏微观结合开展碱湖成因、演化序列、成岩过程研究,结果显示:(1)风城组受干旱炎热的环境、深部热液及火山物质的共同作用,加之陆源碎屑的供给,形成了内源化学、陆源碎屑以及火山物质“三源”混积岩。(2)受咸化—碱湖水体变化的影响,纵向上,具有风一段淡水及较低盐度泥质岩类组合;风二段下部中高盐度碱化含碳酸盐岩类组合;风二段中上部高盐度蒸发盐岩碱性矿物沉积组合;风三段咸化减弱—陆源供给增大的低盐度混积岩性组合。(3)受高频水体变化以及“三源”控制,成岩作用有别,可划分为陆源供给型、内源控制型以及混合型三类韵律组合。(4)根据三类岩性组合及纵向演化序列,建立风城组碱湖“三源”联控,“牛眼”式混积细粒模式。该模式的建立,指导了玛湖凹陷风城组断裂带陆源碎屑为主、斜坡区三源混积为主、凹陷区内源化学沉积为主的砂砾岩—白云质砂岩—白云质泥页岩有序分布认识,明确了平面上岩相分布,对于构建新的涵盖常规—非常规油气的全油气系统理论具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地; 玛湖凹陷; 风城组; 碱湖; 混积岩; 有序共生; 全油气系统



# 古地理重建与演化 古大陆再造



摘要 ID:319

主题分类: 古地理重建与演化=》古大陆再造

最终交流类型: 口头报告

## 华南白垩纪红层重磁化时间、机制与古地理意义

孟俊\*<sup>1</sup>、Stuart Gilder<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. Ludwig-Maximilians-University

红层沉积岩中富含赤铁矿, 为揭示古地磁场特征与古地理演化提供了高度稳定的剩磁。然而, 关于红层的剩磁成因机制与获得时间存在着巨大争议(古地磁学界称之为“红层之争”: 原生沉积剩磁 vs 成岩期化学剩磁)。由于红层中化石稀少、沉积剩磁存在磁倾角浅化、化学重磁化的时代难以约束等因素, 使得基于红层沉积岩的构造古地理重建变得极其复杂。红层中赤铁矿剩磁成因机制与获得时间成为古地理重建的关键科学问题。华南地体构造古地理重建多数来自红层古地磁数据。一方面, 以唯一正极性与中高磁倾角为特征的化学重磁化在华南地体普遍出现; 另一方面, 白垩纪以来红层的磁倾角存在  $20 \pm 5^\circ$  浅化, 指示了华南地体相对于稳定欧亚大陆  $>1000$  km 的南北向运动, 阻碍了我们正确理解红河断裂与华南地体的构造古地理。本文针对海南鹿母湾组红层与侵入其中的岩墙进行古地磁学与年代学研究, 获得如下认识: (1) 陆相红层鹿母湾组凝灰岩夹层时代  $106.6 \pm 0.3$  Ma, 侵入红层的岩墙时代  $104.6 \pm 0.7$  Ma; (2) 岩墙侵入对于红层围岩剩磁的热影响十分有限。天然剩磁强度与解阻温度是区分烘烤带热剩磁与化学剩磁有效指标;

(3) 海南岛出露的白垩系红层 104 个采点 ( $>900$  个样品) 表明同褶皱期的化学重磁化发生在  $106.6$  Ma -  $104.6$  Ma; (4) 红层与岩墙磁组构示踪了华南(海南陆相盆地)的白垩纪的伸展构造; (5) 在华南伸展盆地内, 成岩期自生的铁氧化物与铁硫化物发生于沉积后的 2 Myr 内, 隆起的地垒产生的构造热流体是造成华南重磁化的主要机制; (6) 白垩纪以来华南地体稳定在现今的纬度,  $>1000$  km 的南北向运动是磁倾角浅化与重磁化时间厘定不清的假象; (7) 构造旋转的等值线图显示红河断裂两侧高度不同的旋转性质与强度变化, 表明红河断裂是挤出构造的主要构造边界。

### 参考文献

**关键词** 重磁化; 岩墙; 古地理重建; 构造旋转; 华南地体; 白垩纪



摘要 ID:765

主题分类: 古地理重建与演化=》古大陆再造

最终交流类型: 展板

## 动力地形控制下的大河水系演化

陈磊<sup>1</sup>、王平\*<sup>1</sup>、张怀<sup>2</sup>

1. 南京师范大学地理科学学院

2. 中国科学院大学地球与行星科学学院, 计算地球动力学重点实验室

大河是人类文明的发源地, 是大陆地貌乃至地球表层系统中最重要的组成部分。大河水系形成与演化的决定性因素是地形的改变, 早期学术界普遍认为大河水系的演化主要受板块构造的影响即“构造地形”, 但越来越多的证据表明, 地球地形并非单纯由板块水平运动塑造, 还包括由地幔流动产生的粘性应力所造成的“动力地形”的影响。从深部地幔流控制下的动力地形与地貌演化模型两方面, 阐述了其概念, 模拟计算以及模型验证, 再以北美、澳大利亚、非洲以及南美的大河水系演化为例, 得出大河水系的演化与长波长动力地形之间存在强烈的耦合关系, 相对于构造作用的局部影响, 长波长动力地形能影响甚至改变大陆尺度上的水系演化模式。亚洲特别是东亚地区从侏罗纪开始就受到了多阶段板块俯冲的影响, 动力地形情况复杂, 但最近的研究表明东亚地区的水系演化与动力地形之间存在相应联系, 这对东亚地区接下来的构造演化研究具有重大的指示意义。

**参考文献** [1]汪品先. 亚洲形变与全球变冷——探索气候与构造的关系[J]. 第四纪研究, 1998(03): 213-221. [Wang Pinxian. DEFORMATION OF ASIA AND GLOBAL COOLING:SEARCHING LINKS BETWEEN CLIMATE AND TECTONICS[J]. Quaternary Sciences, 1998(03): 213-221.] [2]DICKINSON W R. Provenance and Sediment Dispersal in Relation to Paleotectonics and Paleogeography of Sedimentary Basins[G]//KLEINSPEHN K L, PAOLA C. New Perspectives in Basin Analysis. New York, NY: Springer New York, 1988: 3-25. [3]The Nile: origin, environments, limnology, and human use[M]. DUMONT H J. Dordrecht, Netherlands: Springer, 2009. [4]FLAMENT N, GURNIS M, MÜLLER R D. A review of observations and models of dynamic topography[J]. Lithosphere, 2013, 5(2): 189-210. [5]郑洪波, 贾军涛. 大河的地质演化与构造控制[J]. 第四纪研究, 2009, 29(02): 268-275. [Zheng Hongbo, Jia Juntao. GEOLOGICAL EVOLUTION OF BIG RIVER SYSTEMS AND TECTONIC CONTROL[J]. Quaternary Sciences, 2009, 29(2): 268-275.] [6]COX K G. The role of mantle plumes in the development of continental drainage patterns[J]. Nature, 1989, 342(6252): 873-877. [7]BRAUN J. The many surface expressions of mantle dynamics[J]. Nature Geoscience, 2010, 3(12): 825-833. [8]GURNIS M. Rapid Continental Subsidence Following the Initiation and Evolution of Subduction[J]. Science, 1992, 255(5051): 1556-1558. [9]BERCOVICI D, LONG M D. Slab rollback instability and supercontinent dispersal[J]. Geophysical Research Letters, 2014, 41(19): 6659-6666. [10]刘少峰. 叠加于弧后前陆盆地挠曲沉降之上的另一类沉降-动力沉降[J]. 地学前缘, 2008(03): 178-185. [Liu Shaofeng. Dynamic subsidence, another kind of subsidence superposed on flexural subsidence of retroarc foreland basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(3): 178-185.] [11]MITROVICA J X, JARVIS G T. Surface deflections due to transient subduction in a convecting mantle[J]. Tectonophysics, 1985, 120(3-4): 211-237. [12]JORDAN T E. Thrust Loads and Foreland Basin Evolution, Cretaceous, Western United States[J]. AAPG Bulletin, GeoScienceWorld, 1981, 65(12): 2506-2520. [13]GROSS T A. Tectonic Controls of Foreland Basin Subsidence and Laramide Style Deformation, Western United States[G]//Foreland Basins. John Wiley & Sons, Ltd, 1986: 13-39. [14]PANG M, NUMMEDAL D.







160. [40] AHNERT F. THE ROLE OF THE EQUILIBRIUM CONCEPT IN THE INTERPRETATION OF LANDFORMS OF FLUVIAL EROSION AND DEPOSITION. [M]. 1966. [41] MCKEAN J A, DIETRICH W E, FINKEL R C, 等. Quantification of soil production and downslope creep rates from cosmogenic  $^{10}\text{Be}$  accumulations on a hillslope profile[J]. *Geology*, 1993, 21(4): 343 - 346. [42] ROERING J J. Soil creep and convex-upward velocity profiles: theoretical and experimental investigation of disturbance-driven sediment transport on hillslopes[J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2004, 29(13): 1597 - 1612. [43] CROSS T. Quantitative Dynamic Stratigraphy[M]. Englewood Cliffs, N. J: Pearson, 1990. [44] HOWARD A D. A detachment-limited model of drainage basin evolution[J]. *Water Resources Research*, 1994, 30(7): 2261 - 2285. [45] ROERING J J, KIRCHNER J W, DIETRICH W E. Evidence for nonlinear, diffusive sediment transport on hillslopes and implications for landscape morphology[J]. *Water Resources Research*, 1999, 35(3): 853 - 870. [46] GABET E J. Gopher bioturbation: field evidence for nonlinear hillslope diffusion[J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2000, 25(13): 1419-1428. [47] DIETRICH W E, BELLUGI D G, SKLAR L S, 等. Geomorphic Transport Laws for Predicting Landscape form and Dynamics[G]//WILCOCK P R, IVERSON R M. Geophysical Monograph Series. Washington, D. C: American Geophysical Union, 2013: 103 - 132. [48] CARSON M A, KIRKBY M J. Hillslope form and process[J]. University Press, 1972, 443-467. [49] TUCKER G E, WHIPPLE K X. Topographic outcomes predicted by stream erosion models: Sensitivity analysis and intermodel comparison: TOPOGRAPHIC PREDICTIONS[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2002, 107(B9): ETG 1-1-ETG 1-16. [50] HOWARD A D, KERBY G. Channel changes in badlands[J]. *GSA Bulletin, GeoScienceWorld*, 1983, 94(6): 739 - 752. [51] 胡小飞, 潘保田, 李琼. 基岩河道水力侵蚀模型原理及其最新研究进展[J]. *兰州大学学报(自然科学版)*, 2014, 50(06): 824 - 831. [Hu Xiaofei, Pan Baotian, Li Qiong. Principles of the stream power erosion model and its latest progress in research[J]. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 2014, 50(06): 824 - 831.] [52] FOSTER G R. A closed-form soil erosion equation for upland areas[J]. *Sedimentation, Colorado State University*, 1972:, 12:1-19. [53] BRAUN J, SAMBRIDGE M. Modelling landscape evolution on geological time scales: a new method based on irregular spatial discretization[J]. *Basin Research*, 1997, 9(1): 27 - 52. [54] SALLES T, DUCLAUX G. Combined hillslope diffusion and sediment transport simulation applied to landscape dynamics modelling: HILLSLOPE DIFFUSION AND SEDIMENT TRANSPORT MODEL[J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 2015, 40(6): 823 - 839. [55] 刘泽, 李三忠, S. Wajid. Hanif. Bukhari, 等. 动态古地貌再造: Badlands 软件在盆地分析中的应用[J]. *古地理学报*, 2020, 22(01): 29-38. [Liu Ze, Li San-Zhong, S. Wajid. Hanif. Bukhari et al. Reconstruction of dynamic palaeogeomorphology: Application of Badlands software in basin analysis[J]. *JOURNAL OF PALAEOGEOGRAPHY (Chinese Edition)*, 2020, 22(01): 29-38.] [56] SALLES T, HARDIMAN L. Badlands: An open-source, flexible and parallel framework to study landscape dynamics[J]. *Computers & Geosciences*, 2016, 91: 77 - 89. [57] COULTHARD T J. Landscape evolution models: a software review[J]. *Hydrological Processes*, 2001, 15(1): 165-173. [58] PAUL J D, ROBERTS G G, WHITE N. The African landscape through space and time[J]. *Tectonics*, 2014, 33(6): 898 - 935. [59] STANLEY J R, BRAUN J, BABY G, 等. Constraining Plateau Uplift in Southern Africa by Combining Thermochronology, Sediment Flux, Topography, and Landscape Evolution Modeling[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 2021, 126(7). [60] 潘保田, 蔡顺, 耿豪鹏. 山体隆升历史与地貌演化过程的数值模拟约束—以青藏高原东北缘河西走廊中段的周边年轻上升山地为例[J]. *中国科学: 地球科学*, 2021, 51(4): 523 - 536. [Pan B, Cai S, Geng H. Numerical simulation of landscape evolution and mountain uplift history constrain—A case study from the youthful stage mountains around the central Hexi Corridor, NE Tibetan Plateau. *Science China Earth Sciences*, 2021, 64(3): 412 -







American topography[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2015, 430: 9 - 18. [107] RASANEN M E, LINNA A M, SANTOS J C R, 等. Late Miocene Tidal Deposits in the Amazonian Foreland Basin[J]. *Science*, 1995, 269(5222): 386 - 390. [108] BICUDO T C, SACEK V, PAES DE ALMEIDA R. Reappraisal of the relative importance of dynamic topography and Andean orogeny on Amazon landscape evolution[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2020, 546: 116423. [109] ZHONG S, GURNIS M. Controls on trench topography from dynamic models of subducted slabs[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 1994, 99(B8): 15683 - 15695. [110] LIU S, GURNIS M, MA P, 等. Reconstruction of northeast Asian deformation integrated with western Pacific plate subduction since 200 Ma[J]. *Earth-Science Reviews*, 2017, 175: 114 - 142. [111] GURNIS M, TURNER M, ZAHIROVIC S, 等. Plate tectonic reconstructions with continuously closing plates[J]. *Computers & Geosciences*, 2012, 38(1): 35 - 42. [112] LI C, VAN DER HILST R D, ENGDAHL E R, 等. A new global model for P wave speed variations in Earth's mantle: P WAVE SPEED VARIATIONS IN EARTH'S MANTLE[J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 2008, 9(5): Q05018. [113] WEI W, XU J, ZHAO D, 等. East Asia mantle tomography: New insight into plate subduction and intraplate volcanism[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2012, 60: 88 - 103. [114] 李三忠, 张国伟, 周立宏, 等. 中、新生代超级汇聚背景下的陆内差异变形: 华北伸展裂解和华南挤压逆冲[J]. *地学前缘*, 2011, 18(03): 79-107. [Li Sanzhong, Zhang Guowei, Zhou Lihong et al. The opposite Meso-Cenozoic intracontinental deformations under the superconvergence: Rifting and extension in the North China Craton and shortening and thrusting in the South China Craton[J]. *Earth Science Frontiers*, 2011, 18(3): 079-107] [115] STEINBERGER B, SCHMELING H, MARQUART G. Large-scale lithospheric stress field and topography induced by global mantle circulation[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, 186(1): 75-91 [116] YANG T, GURNIS M. Dynamic topography, gravity and the role of lateral viscosity variations from inversion of global mantle flow[J]. *Geophysical Journal International*, 2016, 207(2): 1186 - 1202. [117] ZHANG N, ZHONG S, LENG W, 等. A model for the evolution of the Earth's mantle structure since the Early Paleozoic[J]. *Journal of Geophysical Research*, 2010, 115(B6): B06401. [118] ZHONG S, GURNIS M. Mantle Convection with Plates and Mobile, Faulted Plate Margins[J]. *Science*, 1995, 267(5199): 838 - 843. [119] YANG T, MORESI L, GURNIS M, 等. Contrasted East Asia and South America tectonics driven by deep mantle flow[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2019, 517: 106 - 116. [120] XU J, LI Z, SHI Y. Jurassic detrital zircon U-Pb and Hf isotopic geochronology of Luxi Uplift, eastern North China, and its provenance implications for tectonic-paleogeographic reconstruction[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2013, 78: 184 - 197. [121] CLARK M K, SCHOENBOHM L M, ROYDEN L H, 等. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns: SURFACE UPLIFT, TECTONICS, AND EROSION OF EASTERN TIBET[J]. *Tectonics*, 2004, 23(1): 1-20 [122] WANG P, ZHENG H, WANG Y, 等. Sedimentology, geochronology, and provenance of the late Cenozoic "Yangtze Gravel": Implications for Lower Yangtze River reorganization and tectonic evolution in southeast China[J]. *GSA Bulletin*, 2021. [123] ZHENG H, CLIFT P D, WANG P, 等. Pre-Miocene birth of the Yangtze River[J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2013, 110(19): 7556 - 7561. [124] ALLEN P A, ARMITAGE J J, CARTER A, 等. The Q s problem: Sediment volumetric balance of proximal foreland basin systems[J]. *SCHLUNEGGER F. Sedimentology*, 2013, 60(1): 102 - 130. [125] YAO X, LIU S, MA P, 等. Cenozoic residual subsidence and its response to sinking slab in deep mantle in eastern part of China[J]. *Proceedings of the European General Assembly*, 2016, 18: 5968

**关键词** 动力地形; 水系演化; 地貌演化模型; 地幔流



摘要 ID:2372

主题分类: 古地理重建与演化=》古大陆再造

最终交流类型: 口头报告

## Rodinia – Gondwana 转换时期华南与印度大陆聚散关系初探

王伟\*<sup>1</sup>、Manoj Pandit<sup>2</sup>

1. 中国地质大学 (武汉)
2. University of Rajasthan

广泛出露于印度北部和华南的晚拉伸系至早寒武统地层具有可对比性，并记录了印度和华南在由 Rodinia 到 Gondwana 期间的古地理位置的转变。通过对印度北部低喜马拉雅地区的 Jaunsar-Simla, Blaini, Krol 和 Tal 地层进行物源分析，我们发现印度和华南的晚拉伸系地层 (Jaunsar-Simla 群和莲沱组) 具有非常相似的物源组成，说明二者具有一致的沉积来源。碎屑锆石的 Hf-0 同位素记录了在 800-700 Ma 之间，印度北部和华南共同经历了陆内伸展事件，对应 Rodinia 超大陆的裂解。在此之后，印度和华南的成冰系接受了完全不同的物源，指示随着 Rodinia 超大陆的裂解，原本具有很强亲缘性的印度和华南大陆开始分离。印度北缘自成冰纪之后进入被动陆缘状态，一直持续至寒武纪，而华南大陆则在埃迪卡拉纪至寒武纪接受来自印度东北缘及澳洲西北缘的沉积物源，且后者的物源供给自晚埃迪卡拉世开始减少。因此，我们推论，在 Rodinia 超大陆聚合时期，印度北缘和华南相连，二者在 Rodinia 超大陆裂解时分离，之后华南大陆沿东冈瓦纳大陆北缘向东迁移，并在埃迪卡拉纪至寒武纪与印度东北缘及澳洲西北缘相连。

参考文献

关键词



摘要 ID:2336

主题分类: 古地理重建与演化=》古大陆再造

最终交流类型: 口头报告

## 菲律宾海与南海协同构造演化探讨

刘伟<sup>1,2</sup>、赵西西<sup>2,3</sup>、林间<sup>2,3</sup>、赵明辉<sup>3,4</sup>、刘青松<sup>\*2,3</sup>

1. 哈尔滨工业大学环境学院
2. 南方科技大学海洋科学与工程系
3. 南方海洋科学与工程广东省实验室(广州)
4. 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室, 中国科学院南海海洋研究所

菲律宾海与南海处于欧亚板块、太平洋板块和澳大利亚板块的交汇区域, 其形成演化对东南亚、西太平洋乃至全球板块构造重建具有重要意义。虽然菲律宾海和南海的构造演化模型已经分别建立, 但二者之间的协同演化关系还不明确。本文基于菲律宾海和南海的古地磁数据、海底磁异常条带和地震层析成像以及其它地质结果约束, 对菲律宾海与南海的演化关系进行了探讨。认为菲律宾海四国盆地与南海在渐新世开始时, 受控于统一的地球动力学系统, 两者是连在一起的。随着早中新世澳大利亚板块与东南亚地块的碰撞, 菲律宾海板块发生旋转, 四国盆地开始与南海发生分离, 并逐渐向北运动和旋转, 直至演化至现今位置。本文最后提出了这种协同构造演化模式有待解决的问题与未来研究展望。

### 参考文献

**关键词** 菲律宾海; 南海; 古地磁; 磁异常条带; 协同演化



摘要 ID:296

主题分类: 古地理重建与演化=》古大陆再造

最终交流类型: 专题邀请报告

## 定量估计晚石炭世-早二叠世古亚洲洋的范围

张东海<sup>\*1</sup>、黄宝春<sup>2</sup>、赵国春<sup>1,3</sup>、Joseph G. Meert<sup>4</sup>

1. 西北大学地质学系, 大陆动力学国家重点实验室, 西安 710069

2. 北京大学地球与空间科学学院, 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京 100871

3. 香港大学地球科学系, 香港

4. Department of Geological Sciences, University of Florida, Gainesville 32611

在现有的 Pangea 超大陆重建方案中, 通常不将东亚主要的块体(华北、华南、印支及蒙古)作为晚古生代 Pangea 的一部分。其中, 古亚洲洋分隔了华北-塔里木与蒙古、西伯利亚等板块, 其闭合时间争论已久, 极大地制约了东亚块体在 Pangea 超大陆的古地理重建。古亚洲洋闭合的争议时间可大致分为晚泥盆世和晚二叠世两种观点。其争论的核心就在于 380-250 Ma (石炭纪-二叠纪) 该地区的古地理重建。古地磁学是用来进行古板块重建最有效的方法, 但是以往的研究中没有高质量的古地磁数据来约束古亚洲洋北岸蒙古板块在晚石炭世-早二叠世的古地理位置, 使得我们无法有效解决上述争议。在本次研究中, 我们从蒙古板块南缘(南蒙-兴安构造带) 320-280 Ma 宝力高庙组的一套火山沉积地层中获得了 320-296 Ma 和 300-280 Ma 的两个高质量古地磁结果, 稳定的特征剩磁分量均通过了褶皱检验和长期变检验, 单一负极性显示了与 Kiaman 负极性超时的的一致性, 指示岩石很可能记录了可靠的原生剩磁。根本本文获得的最新结果, 并结合已发表的可靠古地磁数据以及古生物和其他地质证据约束, 我们对中亚造山带晚石炭世-早二叠世的古地理进行了重建: (1) 在古亚洲洋北岸, 蒙古板块在 320-296 Ma 和 300-280 Ma 期间分别位于  $34.0^{\circ} \pm 3.8^{\circ} \text{N}$  和  $43.6^{\circ} \pm 6.6^{\circ} \text{N}$ , 发育北方大区腕足动物群和安加拉植物群; 在古亚洲洋南岸, 华北板块和锡林浩特地块位于赤道低纬度地区, 发育特提斯大区动物群和华夏植物群。古亚洲洋作为主要的地理分隔, 阻碍了两岸的生物混生进程; (2) 古亚洲洋的宽度从西往东逐渐变宽, 呈喇叭状开口, 在中段(靠近苏尼特右旗地区,  $43^{\circ} \text{N}/114^{\circ} \text{E}$ ) 的南北向距离大约为 2700 km; 在西段( $43^{\circ} \text{N}/102^{\circ} \text{E}$ ) 的南北向距离大约为 1300 km。 (3) 华北和蒙古在晚石炭世至早二叠世发生了协同北移, 这一运动趋势与 Pangea 大陆的主体部分 Laurussia 的运动趋势相一致, 表明此时华北和蒙古可能已经是 Pangea 超大陆的一部分。 (4) 古亚洲洋的闭合过程整体呈剪刀式由西往东穿时完成, 古生物混生也显示了同样的穿时性, 安加拉植物群和华夏植物群的混生在中二叠世已在天山-北山地区大量出现, 而在东段兴安造山带地区则要持续到晚二叠世才广泛出现。

### 参考文献

**关键词** 古地理重建, 古亚洲洋, 古地磁学, 石炭纪-二叠纪, 中亚造山带



摘要 ID: 389

主题分类: 古地理重建与演化=》古大陆再造

最终交流类型: 口头报告

## 西藏南部拉萨地体起源于澳大利亚冈瓦纳新证据

马健飞<sup>\*1,5</sup>、安显银<sup>2,3</sup>、黄丰<sup>4</sup>、马中良<sup>1,5</sup>、郑伦举<sup>1,5</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所
2. 中国地质调查局成都地质调查中心
3. 云南大学地球系统科学研究中心
4. 中国地质大学地球科学与资源学院
5. 中国石化油气成藏重点实验室

拉萨地体位于青藏高原中南部,其起源和形成一直是研究热点。近年来,学者基于拉萨地体的结晶基底、沉积盖层、碎屑锆石和古生物学等特征对拉萨地体的起源做了大量研究,认为拉萨地体可能起源于印度冈瓦纳北缘、澳大利亚冈瓦纳北缘、东非造山带北缘以及印度和澳大利亚冈瓦纳之间,显然现有研究方法具有一定的多解性,拉萨地体在古生代时期确切的古地理位置依然存在争论。包含在冰海相沉积物中的砾石也可以提供有关其来源和古地理重建的宝贵信息,拉萨地体广泛发育以冰川-海洋相(冰海相)沉积而闻名的下二叠统拉嘎组地层,因此追溯拉嘎组中冰海相沉积中砾石的物源有望为其古地理重建提供新的强有力证据。

为了充分挖掘蕴藏在冰海相沉积物砾石中的物源和古地理信息,系统介绍了拉萨地体中部下二叠统拉嘎组中花岗质砾石的岩石学、年代学、全岩地球化学及同位素特征。最新在拉嘎组地层中发现了晚古元古代(锆石 U-Pb 年龄为  $1759 \pm 12$  Ma)的英云闪长岩砾石,属于钙碱性系列偏铝质岩石,具 I 型花岗岩亲缘性。英云闪长岩具有明显负 Eu 异常 ( $\delta \text{Eu} = 0.31 \sim 0.37$ ),富集稀土元素,亏损高场强元素,富含 Th 等,锆石  $\varepsilon \text{Hf}(t)$  为明显正值 ( $6.46 \sim 14.68$ ),  $\varepsilon \text{Nd}(t)$  值为  $-1.24$  至  $+1.76$ ,全岩 Sr-Nd 二阶段模式年龄在  $2.37 \text{ Ga} \sim 2.13 \text{ Ga}$  之间。所有这些数据表明,英云闪长岩是在俯冲相关环境下由被改变的镁铁质地壳或底侵镁铁质层部分熔融形成。

晚古元古代英云闪长岩砾石的发现表明拉萨地体冰海相沉积岩中砾石的物源地有丰富的古元古代岩浆岩。 $1.8 \text{ Ga} \sim 1.7 \text{ Ga}$  的岩浆作用在拉萨地体少有分布,而在印度冈瓦纳中的阿拉瓦利、中部构造带和东高止山带,以及澳大利亚冈瓦纳中的鲁德尔杂岩、阿伦塔和高勒克拉通分布广泛。不同冈瓦纳中岩浆作用的年代、背景等特征差异明显,其中,阿伦塔南部地区在  $1.76 \text{ Ga}$  时期正处于西澳大利亚克拉通北倾俯冲环境中,广泛分布着形成时代约为  $1.76 \text{ Ga}$  的钙碱性英云闪长岩-奥长花岗岩-花岗闪长岩岩套和 Main 组花岗岩。Main 组中部分低铝型花岗岩类的形成时间、构造环境和成因与英云闪长岩砾石存在很大相似性,因此,澳大利亚北部的阿伦塔南部地区是拉萨地体拉嘎组中英云闪长岩砾石最有可能的物源地。

由于拉嘎组地层为一套近岸冰海陆棚沉积,具澳大利亚冈瓦纳亲缘性的花岗质砾石的发现也暗示着拉萨地体在古生代期间可能更靠近澳大利亚冈瓦纳。

### 参考文献

**关键词** 花岗质砾石; 拉嘎组; 物源; 拉萨地体; 古地理重建





# 古地理重建与演化

## 生物-岩相-气候古地理



摘要 ID:1039

主题分类：古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型：口头报告

## 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组下组合岩相古地理特征

吴兴宁\*、丁振纯、李维岭、于洲、吴东旭  
中国石油杭州地质研究院

通过大量钻井岩心和岩石薄片观察、测井岩石结构组分解、单因素图分析、地震资料解释，研究认为马家沟组下组合具有隆洼相间的沉积特点，特别是马四段岩相古地理被“四隆二拗”的古地貌所控制，中央古隆起东侧发育榆林—志丹北北东向的次一级低隆带，在其东西两侧发育台内洼地。结合构造演化、重磁及地震资料解释进一步分析，鄂尔多斯盆地元古代北东向展布的裂陷槽及寒武纪乌审旗古隆起的发育，对奥陶纪马家沟期岩相古地理格局具有重要影响作用，并与相对海平面的变化共同控制了马家沟组下组合生储盖组合的发育。明确了台内低隆带上发育的颗粒滩是储层发育的有利相带，台内洼地沉积的泥质碳酸盐岩或泥质岩形成了有利的海相烃源岩，相对海平面下降期沉积的膏盐岩形成了优质的封盖层，并指出马家沟组下组合有利勘探区主要分布在榆林—延安一带。

**参考文献** [1] 李安仁，刘文均，张锦泉，等. 鄂尔多斯盆地早奥陶世沉积特征及其演化. 成都地质学院学报，1993，20(1):17-26. [2] 张军，徐黎明，包国民. 陕甘宁盆地中央古隆起的形成及其与天然气的关系. 天然气工业，1994，14(增刊):19-33. [3] 冯增昭，鲍志东，康祺发，等. 鄂尔多斯奥陶纪古构造. 古地理学报，1999，1(3):83-94. [4] 付金华，郑聪斌. 鄂尔多斯盆地奥陶纪华北海和祁连海演变及岩相古地理特征. 古地理学报，2011，3(4):25-34. [5] 王庆飞，邓军，杨立强，等. 鄂尔多斯盆地奥陶纪“L”状边缘隆起演化过程及其构造背景. 现代地质，2006，20(1):30-34.

**关键词** 鄂尔多斯盆地；奥陶系；马家沟组；岩相古地理；沉积相



摘要 ID:1776

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 川西地区中二叠统储层特征及控制因素

杜崇娇\*、彭金宁、罗开平、李龙龙

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

近年来,川西地区多口探井在中二叠统获得高产工业气流,勘探前景良好。为了明确川西地区中二叠统储层特征从而指明下一步勘探方向,通过岩心、薄片观察,结合扫描电镜及地球化学分析等实验手段,系统地分析了川西地区中二叠统储层特征及控制因素。结果表明:(1)川西地区中二叠统储层主要发育于栖霞二段、茅二-茅三段。栖霞二段储层岩性为白云岩,以晶间孔、晶间溶孔为主,少见粒间溶孔,储层类型为孔隙型。这类白云岩储层储集性能明显优于灰岩类,储集性能最好的是中晶白云岩,平均孔隙度为2.5%,平均渗透率为3.1mD;茅二段-茅三段储层岩性以颗粒灰岩为主,且亮晶颗粒灰岩的储集性能比泥晶颗粒灰岩好,与白云岩平均渗透率0.06mD相比,灰岩类平均渗透率可达1.4mD,可能与存在裂缝有关系。储层类型为孔隙-缝洞型。(2)川西地区中二叠统储层受沉积微相、白云岩化作用及溶蚀作用等多重因素的共同控制,其中台缘滩相沉积是储层发育的物质基础,准同生-浅埋藏白云石化作用与准同生期的溶蚀作用对储层的改造是孔隙发育的关键,裂缝沟通了各个储集体,改善了储层的渗流能力。

**参考文献**

**关键词** 储层特征;控制因素;中二叠统;川西地区



摘要 ID: 3296

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 阿拉伯板块古生代岩相古地理及对油气富集的控制作用

刘小兵\*、王兆明、贺正军、刘祚冬、范兴燕、陈瑞银、汪永华  
中国石油勘探开发研究院

中东阿拉伯板块自寒武纪以来为一个构造相对稳定的块体, 油气储量占全球重要地位。近年来, 深部古生界储层成为油气勘探新发现的主要层系。本文通过调研中东区域地质、含油气盆地地质资料, 结合油气藏层位及分布特征, 编制阿拉伯板块寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、早二叠世、晚二叠世等6个地质时期的岩相古地理图, 并分析对油气富集特征的控制作用。研究结果表明: (1) 寒武纪-志留纪, 阿拉伯板块整体以陆相-浅海相沉积环境为主, 早志留世的快速海侵形成热页岩, 为古生界油气生成提供了雄厚的物质基础; (2) 泥盆纪-石炭纪, 海西构造事件造成抬升剥蚀, 使志留纪烃源岩能够发生垂向/侧向运移至二叠系储层; (3) 早二叠世以碎屑岩沉积为主, 晚二叠世为海相和局限海沉积环境, 形成了以碳酸盐岩储层和蒸发盐岩盖层为主的优质储盖组合; (4) 已发现油气藏主要分布在寒武系-志留系陆相碎屑岩、下二叠统陆相-海陆过渡相碎屑岩和碳酸盐岩以及上二叠统海相碳酸盐岩储层中, 上二叠统碳酸盐岩为最重要的储层, 志留系热页岩广泛分布、基底继承性构造和前寒武系盐穹隆为古生界油气运聚提供了有利条件。

**参考文献** Alsharhan AS and Kendall CGSC. 2021. Paleozoic sequence stratigraphy, depositional systems, and hydrocarbon habitats across the Arabian plate. AAPG Bulletin, 105(6): 1149 - 119Konert G, Afifi AM, Al-Hajri SA and Droste HJ. 2001. Paleozoic stratigraphy and hydrocarbon habitat of the Arabian plate. GeoArabia, 6(3): 407 - 442Ziegler MA. 2001. Late Permian to Holocene paleofacies evolution of the Arabian plate and its hydrocarbon occurrences. GeoArabia, 6(3): 445 - 504 刘小兵, 王兆明, 贺正军, 等. 阿拉伯板块古生代岩相古地理及其对油气富集的控制作用[J]. 岩石学报, 2022, 38(09): 2595-2607

**关键词** 阿拉伯板块; 岩相古地理; 志留系热页岩; Khuff 组碳酸盐岩; 油气富集特征



摘要 ID:787

主题分类：古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型：展板

## 四川盆地中下三叠统构造演化及其对天然气成藏富集的控制作用研究

姜华、王铜山\*

中国石油勘探开发研究院

四川盆地中下三叠统发育多套天然气产层，飞仙关组鲕粒滩、嘉陵江组白云岩储层、雷口坡组岩溶及微生物岩储层都有天然气发现，并形成系列天然气藏。同时，该套地层也是四川盆地最复杂的含膏盐层系，嘉陵江组、雷口坡组膏盐岩构成了四川盆地浅部滑脱层，控制深浅层构造拆离。基于以上原因，中下三叠统天然气勘探潜力大，但成藏条件复杂，富集规律不明。本次研究，以四川盆地中下三叠统整体构造演化研究为主线，研究沉积演化、成藏过程及天然气分布差异性，综合分析勘探潜力，主要取得三方面认识：1、以全盆地124条全区格架线为基础，结合三维、二维地震，精细解释重点地层界面，重建飞仙关组、嘉陵江组、雷口坡组古构造演化过程。明确印支运动一幕、二幕构造演化及燕山-喜山期构造演化对各阶段埋藏地貌的控制作用，创新提出指出泸州-开江古隆起自嘉陵江组沉积早期发育，控制嘉陵江组-雷口坡组沉积相带展布；2、以区域格架剖面构造解译为基础，明确分区构造样式差异及其对成藏的控制作用，指出川中地区以晚期走滑断裂为主要疏导体系，川东-蜀南地区以志留系泥岩为构造调节层，形成烃源断裂，有利于志留系优质烃源岩供烃，川西等山前逆冲地区，逆冲断裂可造成须家河组烃源岩与中下三叠统储层对接，形成顶部烃源岩供烃条件；3、综合分析中下三叠统外源多源多期供烃成藏特征，将中下三叠统视为以顶部须家河组烃源岩和底部龙潭组烃源岩夹持的复合成藏组合开展整体研究。该系统成藏以外源供烃为主，成藏受“烃源岩分布+疏导体系”联合控制，成藏垂向上具有时序性，区域差异明显，局部富集。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地；中下三叠统；泸州-开江古隆起；印支运动；成藏模式



摘要 ID:231

主题分类：古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型：口头报告

## 四川盆地德阳-安岳裂陷差异演化新认识及油气意义

姜华、王瑞菊\*

中国石油勘探开发研究院

克拉通内裂陷是指克拉通盆地内部发生的、受同沉积断裂控制的凹陷。“德阳-安岳克拉通内裂陷”是2011年安岳大气田发现后，经风险探井高石17井钻探证实气田东侧发育的大型负向构造单元。长期以来，针对裂陷成因的讨论从未停止。逐渐形成了拉长槽（刘树根等，2013）、侵蚀谷（杨雨等，2014）、拉张-侵蚀槽（李忠权等，2015）、绵阳-长宁凹槽（李双建等，2018）以及对于克拉通内裂陷不同演化规律的观点（文龙等，2016；周进高等，2018；沈安江等，2020）。主流有两派观点：一类以杜金虎等（2014年）认为在震旦纪便已经发育有裂陷，从而认识到震旦系台缘勘探领域，对灯影组勘探形成重要认识指导，但近年来，随着勘探领域的拓展，裂陷内是否存在勘探领域成为一个新的科学命题。另一类是以刘树根等（2014年）提出的寒武纪裂陷，认为是灯影组遭受剥蚀以后，局部拉张形成该裂陷，虽然控制了寒武统烃源岩的发育，但是不存在灯影组台缘。争论的焦点是裂陷形成的时期、是否发育台缘带以及裂陷内沉积充填序列。

本次研究结合最新钻井资料和地震资料，运用古生物学-地震地质学等手段对德阳-安岳裂陷的成因及其沉积充填序列展开深入研究，通过古地貌重建，明确了德阳-安岳裂陷成因及其沉积充填过程。本次研究形成2个方面地质新认识：

1. 结合裂陷及周缘钻井的岩心、岩屑等资料，以麦地坪组小壳化石和灯影组二段葡萄花边构造为识别标志，明确裂陷内中江2、蓬探1、高石17、资4等钻井缺失灯三、四段，麦地坪组与灯二段不整合接触，指出桐湾运动在裂陷内作用形成岩溶侵蚀作用。
2. 露头-钻井-地震综合研究，深化认识德阳-安岳克拉通内裂陷构造演化规律：震旦纪陡山沱期至下寒武统麦地坪期为裂陷发育期，裂陷自西向东多幕拉张，单阶段具有“西侧拉张，东部侵蚀”特征，并经历桐湾运动改造，裂陷呈分段性发育：西部断控灯影组多级台缘发育、中部基底稳定控制多期台缘叠置发育且台内侵蚀、东部以广泛侵蚀为主；下寒武统筇竹寺期至沧浪铺期为裂陷多幕充填期。

**参考文献** 克拉通内裂陷是指克拉通盆地内部发生的、受同沉积断裂控制的凹陷。“德阳-安岳克拉通内裂陷”是2011年安岳大气田发现后，经风险探井高石17井钻探证实气田东侧发育的大型负向构造单元。长期以来，针对裂陷成因的讨论从未停止。逐渐形成了拉长槽（刘树根等，2013）、侵蚀谷（杨雨等，2014）、拉张-侵蚀槽（李忠权等，2015）、绵阳-长宁凹槽（李双建等，2018）以及对于克拉通内裂陷不同演化规律的观点（文龙等，2016；周进高等，2018；沈安江等，2020）。主流有两派观点：一类以杜金虎等（2014年）认为在震旦纪便已经发育有裂陷，从而认识到震旦系台缘勘探领域，对灯影组勘探形成重要认识指导，但近年来，随着勘探领域的拓展，裂陷内是否存在勘探领域成为一个新的科学命题。另一类是以刘树根等（2014年）提出的寒武纪裂陷，认为是灯影组遭受剥蚀以后，局部拉张形成该裂陷，虽然控制了寒武统烃源岩的发育，但是不存在灯影组台缘。争论的焦点是裂陷形成的时期、是否发育台缘带以及裂陷内沉积充填序列。本次研究结合最新钻井资料和地震资料，运用古生物学-地震地质学等手段对德阳-安岳裂陷的成因及其沉积充填序列展开深入研究，通过古地貌重建，明确了德阳-安岳裂陷成因及其沉积充填过程。本次研究形成2个方面地质新认识：1. 结合裂陷及周缘钻井的岩心、岩屑等资料，以麦地坪组小壳化石和灯影组二段葡萄花边构造为识别标志，明确裂陷内中江2、蓬探1、高石17、资4等钻井缺失灯三、四段，麦地坪组与灯二段不整合接触，指出桐湾运动在裂陷内作用形成岩溶侵蚀作用。2. 露头-钻井-地震综合研究，深化认识德阳-安岳克拉通内裂陷构造演化规律：震旦纪陡山沱期至下寒武统麦地坪期为裂陷发育期，裂陷自西向东多幕拉张，单阶段具有“西侧拉张，东部侵蚀”特征，并经历桐湾运动改造，裂陷呈分段性发育：西部断控灯影组多级台缘发育、中部基底稳定控制多期台缘叠置发育且台内侵蚀、东部以广泛侵蚀为主；下寒武统筇竹寺期至沧浪铺期为裂陷多幕充填期。

**关键词** 四川盆地；德阳-安岳裂陷；桐湾运动；差异演化；分段活动性



摘要 ID:431

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## Depositional environments of the Early to Middle Permian Roseneath–Epsilon–Murteree strata, Cooper Basin, Australia: their paleogeographic evolution and main controls

郭丰涛\*<sup>1</sup>、冯志强<sup>1</sup>、Peter McCabe<sup>2</sup>、张忠民<sup>1</sup>、郭金瑞<sup>1</sup>

1. 中石化石油勘探开发研究院

2. 阿德莱德大学

The Early to Middle Permian Roseneath–Epsilon–Murteree (REM) strata of the Cooper Basin in Australia host substantial conventional and unconventional resources, and are believed to be the most feasible shale gas play in Australia. Despite their potential resource significances, the REM strata are poorly understood with regard to regional facies architecture and paleogeographic evolution. Using a multidisciplinary approach with robust data (facies analysis, petrology, wireline logs, and geochemistry), the sedimentary evolution of the REM strata is described within a new sequence stratigraphic framework defined by key surfaces identified from cores and wireline logs. Detailed facies analysis of over 1400 m of cores and wireline logs from nine wells identified twelve lithofacies and eight facies associations for the first time which reveal various depositional processes and environments. The REM strata are interpreted as a fluvial–deltaic–lacustrine system with glacial influences. 1st-order and 2nd-order Maximum Flooding Surfaces (MFS) define a regional sequence stratigraphic framework which subdivides the REM strata into four sequence units, among which two Transgressive–Regressive (T–R) cycles can be observed. Paleogeographic maps of four depositional phases suggest that the REM strata were dominated by a lacustrine system with some delta and mire deposits. Rivers primarily drained from the Gidgealpa, Merrimelia, Packsaddle and Innamincka ridges (GMI Trend) in the north or northeast as indicated by sandstone percentage and gross unit isopach maps. Possible marine incursions into the lake probably came from the east when eustatic sea level was high. Far field effects from thermal subsidence of Eastern Australia and paleoclimate (glaciation, interglaciation) primarily controlled deposition of the REM strata. A similar multidisciplinary approach should help elucidate the evolution of other fluvial–deltaic–lacustrine systems in other basins and aid in resource prediction.

**参考文献** Alexander, E.M., Gravestock, D.I., Cubitt, C. & Chaney, A. (1998) Chapter 6: Lithostratigraphy and Environments of Deposition. In: The Petroleum Geology of South Australia. Vol 4: Cooper Basin (Ed. by D. I. Gravestock, Hibburt, J.E. & Drexel, J.F), 69–115. South Australia Department of Primary Industries and Resources, Adelaide. Apak, S., Stuart, W. & Lemon, N. (1993) Structural–Stratigraphic Development of the Gidgealpa–Merrimelia–Innamincka Trend with Implications for Petroleum Trap Styles, Cooper Basin, Australia. The APPEA Journal, 33, 94–104. Aplin, A.C. & Macquaker, J.H.S. (2011) Mudstone Diversity: Origin and Implications for Source, Seal, and Reservoir Properties in Petroleum Systems. AAPG Bulletin, 95, 2031–2059. Bohacs, K. & Suter, J. (1997) Sequence Stratigraphic Distribution of Coaly Rocks: Fundamental Controls and Paralic Examples. AAPG bulletin, 81, 1612–1639. Bohacs, K.M., Carroll, A.R., Neal, J.E. & Mankiewicz, P.J.



(2000) Lake-Basin Type, Source Potential, and Hydrocarbon Character: An Integrated Sequence-Stratigraphic-Geochemical Framework. *Lake basins through space and time: AAPG Studies in Geology*, 46, 3-34. Bohacs, K.M., Grabowski Jr, G. & Carroll, A.R. (2007) Lithofacies Architecture and Variations in Expression of Sequence Stratigraphy within Representative Intervals of the Green River Formation, Greater Green River Basin, Wyoming and Colorado. *Mountain Geologist*, 44, 39-60. Ceglar, N. (2002) Sequence Stratigraphy and Reservoir Characterisation of Permian Fluvial-Lacustrine Successions, Baryulah Area, Southwest Queensland, Australia, The University of Adelaide. Center, B.P. (2020) Annual Energy Outlook 2020. US Energy Information Administration, 50. Chandler, B.M.P. & Evans, D.J.A. (2021) Glacial Processes and Sediments. In: *Encyclopedia of Geology (Second Edition)* (Ed. by D. Alderton & S. A. Elias), 830-856. Academic Press, Oxford. De Silva, P., Simons, S., Stevens, P. & Philip, L. (2015) A Comparison of North American Shale Plays with Emerging Non-Marine Shale Plays in Australia. *Marine and Petroleum Geology*, 67, 16-29. Gatehouse, C. (1972) Formations of the Gidgealpa Group in the Cooper Basin. *Australasian Oil & Gas Review*, 18, 10-15. Goldstein, B., Menpes, S., Hill, A., Wickham, A., Alexander, E., Jarosz, M., Pepicelli, D., Malavazos, M., Staritski, K., Taliangis, P., Coda, J., Hill, D. & Webb, M. (2012) Roadmap for Unconventional Gas Projects in South Australia. South Australia Department for Manufacturing, Innovation, Trade, Resources and Energy, Energy Resources Division. Gravelstock, D.I., Hibbert, J. & Drexel, J.F. (1998) *Petroleum Geology of South Australia. Vol.4: Cooper Basin. Report Book 98/9.* Department of Primary Industries and Resources. , Adelaide. Hall, L., Hill, A., Troup, A., Korsch, R., Radke, B., Nicoll, R., Palu, T., Wang, L. & Stacey, A. (2015) Cooper Basin Architecture and Lithofacies: Regional Hydrocarbon Prospectivity of the Cooper Basin, Part 1. Record 2015/31, Canberra. Jadoon, Q.K., Roberts, E.M., Henderson, B., Blenkinsop, T.G., Wüst, R.A. & Mtelela, C. (2017) Lithological and Facies Analysis of the Roseneath and Murteree Shales, Cooper Basin, Australia. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 37, 138-168. Kapel, A. (1972) The Geology of the Patchawarra Area Cooper Basin. *The APPEA Journal*, 12, 53-57. Kuuskraa, V., Stevens, S.H. & Moodhe, K.D. (2013) Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States. US Energy Information Administration, US Department of Energy. Labani, M. & Rezaee, R. (2015) Petrophysical Evaluation of Gas Shale Reservoirs. *Fundamentals of Gas Shale Reservoirs*, 117-137. Loucks, R.G. & Ruppel, S.C. (2007) Mississippian Barnett Shale: Lithofacies and Depositional Setting of a Deep-Water Shale-Gas Succession in the Fort Worth Basin, Texas. *AAPG bulletin*, 91, 579-601. Matali, M.H. (2013) Palaeogeography of the Roseneath Shale in the South-Western Cooper Basin, South Australia. Unpublished master's thesis Thesis, The University of Adelaide, Adelaide. Nakanishi, T. & Lang, S.C. (2001) Visualisation of Fluvial Stratigraphic Trap Opportunities in the Pondrinie 3d Survey, Cooper-Eromanga Basin. *Eastern Australasian Basins Symposium 2001.* K. C. Hill & T. Bernecker, Petroleum Exploration Society of Australia. Melbourne, Australia, 301-310. Schenk, C.J., Tennyson, M.E., Mercier, T.J., Klett, T.R., Finn, T.M., Le, P.A., Brownfield, M.E., Gaswirth, S.B., Marra, K.R. & Hawkins, S.J. (2016a) Assessment of Continuous Oil and Gas Resources of the Cooper Basin, Australia, 2016, U.S. Geological Survey Fact Sheet 2016-3050, 1-2. Schenk, C.J., Tennyson, M.E., Mercier, T.J., Klett, T.R., Finn, T.M., Le, P.A., Brownfield, M.E., Gaswirth, S.B., Marra, K.R. & Hawkins, S.J. (2016b) Assessment of Undiscovered Conventional Oil and Gas Resources of the Cooper and Eromanga Basins, Australia, 2016, U.S. Geological Survey Fact Sheet 2016-3028, 1-2. Smith, M.J. (1987) Facies Interpretation and Genetic Unit Mapping of the Epsilon Formation in the Toolachee Field Area, Southern Cooper Basin, South Australia. Unpublished honours thesis Thesis, University of Adelaide, Adelaide. Thornton, R. (1978) Regional Lithofacies and Palaeogeography of the Gidgealpa Group. *The APPEA Journal*, 18, 52-63.

**关键词** Facies analysis; Paleogeographic Reconstruction; Cooper Basin





摘要 ID:1353

主题分类：古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型：展板

## 塔里木盆地玉北地区奥陶系良里塔格组沉积演化特征

姜海健\*

中石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

塔里木盆地奥陶系良里塔格组地层结构和沉积特征研究较为透彻，近年来随着塔西南玉北地区发现了良里塔格组地层，与中央隆起带地层沉积特征有一定的差异性，需要详细研究。通过岩心、薄片、测井、成像测井、地震等资料分析，采用了邓哈姆岩相分类方法，细分了良里塔格组岩石类型和沉积微相，并通过GR曲线、Th/K比值曲线和成像测井对比的方法，确定沉积相类型，分析了层序格架下的沉积相展布，编制了玉北及邻区的岩相古地理和沉积模式图。玉北地区发育了九种岩相类型和七种沉积相，包括了泻湖、滩间海、台内滩、台缘滩相、台缘缓斜坡、生物丘、陆棚相等沉积相。由于加里东中期主要为南北向挤压，玉北地区东部的北东向断裂非构造主要应力方向，逆冲幅度较小，形成一个 $0.1-0.5^\circ$ 的缓倾斜坡，分隔了台缘斜坡和陆棚。玉北地区的台地边缘相带受控于古地貌和海平面的变化，不同时期不断发生侧向的迁移，属于缓坡型台地边缘；而中央隆起带巴楚东段的台缘带主要受控于边界断裂，呈现垂向加积特征，属于镶边台地边缘。局限台地泻湖相靠近隆起区，随着海平面变化，常发育红褐色的泥质灰岩、泥岩与正常灰岩频繁互层，可能代表了米兰科维奇旋回。在层序结构、沉积相和沉积模式等方面，具缓坡型台缘的碳酸盐岩台地相比碳酸盐岩镶边型台地差异较大，值得深入研究。

### 参考文献

**关键词** 良里塔格组 沉积相 沉积模式 层序地层 岩相古地理



摘要 ID:1939

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地准东地区石炭系火山岛礁的发现及其油气勘探意义

刘银河<sup>1,3,4</sup>、周川<sup>1</sup>、张志杰<sup>1</sup>、袁选俊<sup>1</sup>、成大伟<sup>1</sup>、陈星渝<sup>1,2</sup>、万力<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院

2. 北京大学

3. 提高采收率国家重点实验室

4. 中国石油天然气集团有限公司科学技术研究院

准东地区广泛分布石炭系火山喷发岩、玄武岩、火山碎屑岩、凝灰岩、沉凝灰岩,但在上石炭统以火山碎屑岩为主的地层中,经常出现规模不等的灰岩透镜体或灰岩夹层,一般规模为厚度10-100多米,面积0.1-几千Km<sup>2</sup>,不连续分布。前人解释认为它们代表了一种海相碳酸盐岩生屑滩沉积,这些灰岩体确实含有大量的壳类生物碎片,珊瑚碎片,各种钙质生物碎屑,以及完整的腕足类贝壳,野外观测确实很像生屑滩相,以石钱滩组和祁家沟组为代表。近年来,我们经过对多个类似地层组段和剖面的连续观测,重新解释发现,这套沉积特征类似的火山岩夹灰岩的建造,具有火山岛礁的沉积特征:最显著的特征之一是在礁灰岩体中发现有垮塌的火山岩角砾岩和团块,灰岩与火山岩的接触边界十分不规则,灰岩与火山岩呈不规则、不等厚互层,空间形态复杂,与正常的碳酸盐岩台地,台缘滩或台内滩完全不同,综合判断其原始沉积环境可能是海相大陆边缘裂谷内的火山岛礁,火山剧烈活动阶段发育受古火山锥控制的各类火山岩、火山碎屑岩,在火山活动的平静期,火山岛受到剥蚀,垮塌,淹没在海平面附近,在其上发育珊瑚礁体,礁体的生长与改造受到海平面升降和波浪的控制,或垮塌,或铺开,形成生物碎屑滩,宏观特征与火山岛礁模式更加符合,笼统地可以称为礁滩,宏观储层物性极佳,它与现代热带海洋中的火山岛礁,火山环礁十分相似,所不同的是准东地区当时的盆地类型不太可能是远大洋环境。

石炭-二叠系的生物礁灰岩体在世界范围内有十分重要的油气勘探意义,大型和巨型的礁灰岩油田不乏其例。在准东地区发现和确认的这种沉积模式十分重要,尽管现在野外观测的地区已经失去了良好的油气保存条件,但山前附近,盆地内部,保存条件好的地区肯定存在,本区C3-P1基本上属于连续沉积,之间没有大的构造运动与角度不整合面,火山作用减弱,正处于海相-海陆交互-陆相的转换阶段,生储盖组合发育十分有利,在盆地深部有发现原生礁灰岩油气藏的可能性。建议:1 通过地震资料识别出石炭系的稳定分布区,寻找保存条件好的礁灰岩体作为油气勘探目标,成功的可能性极大。2 可以将这一模式类比到西北缘-玛湖凹陷地区,有证据表明石炭系阿腊德依克赛组、包古图组-佳木河组极有可能也发育火山岛礁沉积环境。3 加强全盆地C3-P1碳酸盐岩研究。(为了与早年的文献一致,石炭系三分)

**参考文献** [1]汪晓伟. 东天山博格达东段晚古生代火山岩岩石学、地球化学及其构造属性[D]. 长安大学, 2016. [2]郑有伟, 郭建明, 郑建京, 王亚东, 许世阳. 新疆博格达构造带晚古生代构造格局与演化过程探讨[J]. 地质找矿论丛, 2015, 30(04): 588-593. [3]郑勇, 孙文, 郭新成, 梁婷, 高景刚, 周汝宏. 新疆博格达构造带的构造属性及造山机制[J]. 东华理工大学学报(自然科学版), 2014, 37(02): 199-206. [4]易鹏飞. 东天山博格达-巴里坤塔格石炭纪-早二叠世陆内裂谷演化特征[D]. 长安大学, 2013. [5]王玉玺. 新疆博格达山东段晚古生代水系沉积物及成矿意义的研究[D]. 兰州大学, 2010. [6]郭威. 新疆博格达山及其邻区板内构造作用研究[D]. 西北大学, 2008. [7]魏红兴. 博格达山南缘构造特征及其形成演化[D]. 西北大学, 2007. [8]余海洋. 新疆博格达地区晚海西期原型盆地发育及其对成藏的控制[D]. 中国地质大学(北京), 2005. [9]王宗秀. 博格达山链的造山活动与山体形成演化[D]. 中国地震局地质研究所, 2003. [10]宋倩倩, 冯江鹏, 潘占超, 孙秀凤. 新疆博格达地区晚石炭世柳树沟组玄武岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及时代讨论[J]. 新疆有色金属, 2020, 43(04): 90-91. [11]龙登红, 王思成, 郝贺超, 慕旭峰, 王亮亮, 梁明宏, 高晓峰. 新疆博格达中段木垒地区七角井组火山岩岩石地球化学特征及构造意义[J]. 西北地质, 2020, 53(01): 13-23. [12]周新桂, 高永进, 杜小弟, 杨有星, 孙相灿, 张金虎, 文磊. 新疆博格达山前带油气调查进展[J]. 中国地质调查, 2020, 7(01): 1-6. [13]刘松柏, 李长寿, 窦虎, 吴攀登, 彭志军, 崔玉宝. 新疆博格达麻沟梁地区晚石炭世祁家沟组地质特征及沉积相分析[J]. 新疆地质, 2017, 35(02): 139-144. [14]



方嘉迪,张峰玮,齐兴华,刘源,陈飞,安然.桃西沟祁家沟组沉积相研究[J].石化技术,2017,24(03):94-95. [15]初建朋,李勇,郭俊锋,肖良,张永明.东天山博格达地层小区石炭纪地层研究进展[J].西北地质,2016,49(02):229-236. [16]高金汉,王训练,傅国斌,宋健兴,秦恩鹏.相对海平面变化对腕足动物群落取代的影响——以吐哈盆地北缘桃西沟上石炭统祁家沟组—奥尔土组剖面为例[J].现代地质,2004(03):290-296. [17]朱荣,林甲兴.新疆准噶尔盆地南缘祁家沟组有孔虫化石及其地层意义[J].石油实验地质,1987(04):321-331+389-392. [18]翟晓先.乌鲁木齐祁家沟剖面中上石炭统风暴岩沉积特征[J].成都地质学院学报,1987(01):45-54. [19]吴乃元,王明倩.新疆北部石炭系地层层序和其化石组合特征[J].新疆地质,1983(02):17-31. [20]王宝瑜.新疆乌鲁木齐地区中—晚石炭世地层划分[J].地层学杂志,1988(01):20-27.

**关键词** 准噶尔盆地; 深层勘探; 石炭系; 火山岛礁; 准东地区



摘要 ID:3379

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地超深油气勘探层系岩相古地理重建技术——以寒武系玉尔吐斯组为例

杨果、陈永权\*、张科、黄少英、杨鹏飞、王新新  
中国石油塔里木油田公司勘探开发研究院

寒武系玉尔吐斯组作为塔里木盆地最重要的生烃层系, 长期以来备受关注, 但由于埋深大、地震资料品质差、缺少钻井地质资料等客观原因, 主要采集野外露头样品开展分析研究。前人研究认为寒武系玉尔吐斯组沉积主要受海平面变化、古构造及沉积环境控制, 是早寒武世海平面快速上升的产物, 整体上为缓坡型盆地沉积模式, 优质烃源岩主要发育在中-下缓坡(熊冉等, 2015)。在盆地西北缘柯坪露头区玉尔吐斯组发育层状硅质岩—黑色泥页岩—中薄层白云岩 3 段式岩性组合, 其中黑色泥页岩厚 10~15m, 有机碳含量(TOC)主要为 2%~6%, 最高可达 16%, 是一套非常优质的海相烃源岩。LT1 井首次在超深层钻遇玉尔吐斯组, 其中黑色泥岩 23m, 有机碳含量(TOC)平均为 5.6%, 最高可达 29.8%, 证实玉尔吐斯组是古生界丰度极高的优质烃源岩(朱光有等, 2022)。从露头到井下均证实了玉尔吐斯组黑色泥质烃源岩厚度较薄, 这与古生界已发现的油气储量、评价的资源量之间不匹配的矛盾更加凸显。在此背景之下, 迫切需要重建塔里木盆地寒武系玉尔吐斯组岩相古地理环境, 分析沉积规律, 找出烃源岩厚值区, 为超深层的油气勘探选区选带指明方向。近年来, 随着新的超深层探井 LT3、XH1、TS5 等陆续钻揭玉尔吐斯组, 同时塔里木盆地又开展了新一轮盆地整体基础研究工作, 通过地质统层在塔东、塔北、阿瓦提凹陷周缘共 19 口井中划分出了玉尔吐斯组, 极大丰富了钻井地质资料基础; 在地震资料方面, 台盆区完成了约  $5 \times 10^4 \text{ km}^2$  的三维资料拼接处理, 极大丰富了地震资料基础, 为探索基于多因素综合(分区岩相统计、生物有机相分析、多重地球化学参数)重建寒武系玉尔吐斯组岩相古地理提供了可靠的资料保证。通过地层对比及单井、露头玉尔吐斯组整体岩相段统计分析发现地层向隆起部位减薄, 钙质、硅质含量增加; 向拗陷部位增厚, 泥质增加。基于藻类碳同位素差异原理, 利用烃源岩及原油碳同位素数据, 结合沉积古地理环境, 编制出玉尔吐斯组生物有机相平面分布图, 盆地西部以底栖藻有机相区为主, 盆地东部以浮游藻有机相区为主, 盆地中间结合部为混合有机相区。利用 Sr、Mo、P/Al 等多重地球化学参数分析, 玉尔吐斯组烃源岩表现为“西部局限, 生产力高、东部开阔, 生产力低”的沉积环境, 即最优质的烃源岩发育在缓坡台地上的潟湖之中。因此根据玉尔吐斯组缓坡沉积模式, 利用岩相、有机相和沉积环境的变化, 重建了塔里木盆地寒武系玉尔吐斯组岩相古地理。通过不同岩性组合正演玉尔吐斯组的地震反射特征, 发现玉尔吐斯组优质烃源岩发育区寒武系底强振幅反射、肖尔布拉克组底强波峰反射, 根据“受古隆起控制、相控约束”的原则, 编制出寒武系玉尔吐斯组烃源岩厚度图, 共划分出“一大四小”5 个生烃凹陷, 基本理清了塔里木盆地寒武系玉尔吐斯组主力烃源岩的分布范围, 为超深层油气近源、进源勘探指明了方向。

**参考文献** 熊冉, 周进高, 倪新锋, 等, 2015. 塔里木盆地下寒武统玉尔吐斯组烃源岩分布预测及油气勘探的意义[J], 天然气工业, 35(10): 49-56. 朱光有, 胡剑风, 陈永权, 等, 2022. 塔里木盆地轮探 1 井下寒武统玉尔吐斯组烃源岩地球化学特征与形成环境[J], 地质学报, 96(6): 2116-2130.

**关键词** 塔里木盆地; 玉尔吐斯组; 岩相古地理; 生烃凹陷



摘要 ID:3018

主题分类：古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型：展板

## 俄罗斯远东地区萨哈林盆地岩相古地理

贺正军\*、温志新、王兆明、刘小兵、刘祚冬、汪永华  
中国石油勘探开发研究院

萨哈林盆地位于俄罗斯远东地区鄂霍茨克海域，油气资源丰富，勘探程度还比较低、未来前景良好，是亚太国家油气合作关注热点区。深入开展基础地质研究，有利于为中俄在该地区开展上游油气勘探提供地质依据，对深化认识西太平洋海域新生代沉积盆地油气地质研究也具有参考意义。萨哈林盆地属于晚白垩世褶皱基底上发育的弧后裂谷盆地，受区域上构造多期次差异活动，盆地从西侧陆上往东向海域陆架方向，构造-沉积演化与沉积物充填存在差异与迁移性。以构造-沉积共同控制盆地成藏要素的发育和分布为指导，通过综合文献资料，结合大量油气藏数据，编制了7套岩相古地理图，系统刻画了盆地各成藏要素发育的岩相古地理环境。研究表明，从陆往海域方向，古新世-中新世早期裂陷阶段，发育多个以隆起分割的箕状断陷，沉积充填受断层和一个单一的海侵控制，近源三角洲、扇三角洲、河流、冲积扇沉积体系发育，粗碎屑沉积物多；中新世进入拗陷阶段，受三期区域性海平面升降旋回控制，以海陆过渡相三角洲、水下扇发育为主，拗陷整体连片沉降，进入广域海盆沉积；沉积体系空间展布具有纵向叠置、平面呈阶梯状条带并排分布特征。盆地主力成藏组合主要发育于拗陷阶段，受控于沉积充填在空间上的迁移变化而具有明显分带性，对未来油气勘探具有重要指导性。

**参考文献** 贺正军等，俄罗斯远东北萨哈林盆地油气分布及成藏主控因素，地学前缘，2015，22（1），291-300.朱伟林等，俄罗斯含油气盆地，科学出版社，2012，385-412.O.M. Prischepea et al.，Hydrocarbon potential north-western and eastern regions of Russia, Nedra Press, 2009, 86-135.L.S. Margulies, Sequence stratigraphy and hydrocarbon potential of the Okhotsk Region, Russian State Library, 2002, 64-245.V.V.Kharakhinov, Oil and gas geology of the Sakhalin Region, Science World Press, 2010, 85-108.

**关键词** 弧后盆地；裂谷；岩相古地理；成藏组合；俄罗斯远东；萨哈林盆地



摘要 ID:887

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地西北缘志留系柯坪塔格组物源分析及源区特征

张琪沅<sup>1\*</sup>、张翔<sup>2</sup>、田景春<sup>2</sup>、李建<sup>1</sup>、彭明鸿<sup>1</sup>

1. 成都理工大学地球科学学院, 四川 成都 610059

2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川 成都 610059

基于塔里木盆地西北缘四石厂、大湾沟、同古孜布隆剖面的野外露头, 通过对研究区志留系柯坪塔格组砂岩样品的碎屑组分、全岩地球化学分析, 结合区域地质背景, 本文认为塔里木盆地西北缘志留系柯坪塔格组沉积物主要为岩屑石英砂岩和岩屑砂岩, 以及少量的长石岩屑砂岩。碎屑组分分析显示塔西北柯坪塔格组砂岩物源区主要属于稳定克拉通及再旋回造山带, 主量元素分析结果显示砂岩源岩为长英质酸性火成岩, 微量元素结果显示砂岩主要来自被动大陆边缘环境。CIA指数介于55-73之间, 平均为64.6, 显示出塔西北柯坪塔格组砂岩受到弱-中等强度的风化作用。推测作为古老克拉通背景的塔北隆起可能成为塔里木盆地西北缘柯坪塔格组砂岩物源。

**参考文献** [1] 操应长, 宋玲, 王健, 等. 2011. 重矿物资料在沉积物物源分析中的应用——以涪西南凹陷古近系流三段下亚段为例[J]. 沉积学报, 29(5): 835-841. [2] 曹守连, 陈发景. 1994. 塔里木盆地东北部沉积充填序列的物源分析[J]. 新疆石油地质, 15(2): 126-132. [3] 曾智伟. 2016. 珠江口盆地白云凹陷古近系恩平组源—汇系统研究[D]. 武汉: 中国地质大学. [4] 陈强路, 赵欣, 储呈林, 等. 2015. 塔里木盆地东北部中—上奥陶统沉积物源与构造背景相关性分析[J]. 地学前缘, 22(1): 53-66. [5] 陈全红, 李文厚, 刘昊伟, 等. 2009. 鄂尔多斯盆地上石炭统-中二叠统砂岩物源分析[J]. 古地理学报, 11(6): 629-640. [6] 陈淑慧, 侯元立, 邵磊, 等. 2019. 台湾始新统-中新统沉积物源与沉积环境[J]. 沉积学报, 1-13. [7] 陈秀艳, 罗平, 贾进华, 等. 2013. 塔北中部石炭系物源及沉积体系[J]. 海相油气地质, 18(2): 23-30. [8] 丛琳, 马世忠. 2010. 松辽盆地南部两井东-木头南地区扶余油层物源分析[J]. 科学技术与工程, 10(25): 6138-6145. [9] 郭春涛, 高剑, 李忠, 等. 2017. 塔里木盆地巴楚地区上泥盆统-下石炭统沉积-物源记录及其构造演化[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 42(3): 421-434. [10] 郭春涛. 2014. 塔里木盆地北部志留纪沉积记录与物源演化及构造-古地理重建[D]. 北京: 中国科学院.

**关键词** 塔里木盆地; 志留系; 柯坪塔格组; 构造背景; 物源分析



摘要 ID:1753

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 广东连阳地区上二叠统九陂组地层特征与古地理环境

谢睿捷<sup>1,2</sup>、杨宝忠<sup>\*2</sup>、周秋月<sup>3,4</sup>、徐亚东<sup>2</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油物探技术研究院
2. 中国地质大学(武汉)地球科学学院
3. 中国科学院地球环境研究所黄土与第四纪地质国家重点实验室
4. 中国科学院大学地球与行星科学学院

上二叠统九陂组是广东地区重要的含煤地层且含有大量动、植物化石,其地层特征和沉积环境一直以来都是学界关心的重要科学问题。本文通过野外地质调查,共实测阳山县小江镇凹头村剖面(PM202)和连州市九陂镇莲塘村剖面(PM206),以沉积学、古生物与地层学以及沉积古地理等学科方法为指导,进一步厘定了九陂组的岩石地层特征,连阳地区九陂组主要岩石类型为岩屑石英砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩、硅质泥岩、碳质泥岩等细粒碎屑岩,且含有少量灰岩透镜体或夹层,灰岩中并未发现蠕类或其它生物,沉积构造包括水平纹层、泥裂等,并包含多个自下至上粒度有粗变细的基本层序;发现了一个由蕨类分子为代表的典型晚二叠世华南分区华夏植物群低地成煤沼泽群落,以及一个以小型新戟贝、准直形贝及刺围脊贝为主体的晚二叠世长兴期华南地区典型的特提斯大区暖水型类群,并由此限定了九陂组的时代为长兴期晚期;另外,本文发现九陂组与长兴组并非前人所提出的单一的整合接触关系,其顶部与长兴组实则为相变关系,九陂组在局部地区与三叠系四望嶂组直接接触,四望嶂组覆于九陂组、长兴组二者之上。古地理方面,本文认识与前人提出的三角洲或单一滨岸沼泽环境有所不同,认为连阳地区上二叠统九陂组沉积环境具有早期由浅水陆棚过渡为滨岸沼泽,后又转变为浅水陆棚的演化特征,并在此基础上初步提出了连阳地区九陂组沉积时期的沉积模式,反映了连阳地区当时整体为自北西至南东方向水体逐渐加深,早期为一次海退,晚期发生海进的环境演变过程。

**参考文献** 陈凤杰,曾勇,柯妍,等,2010.安徽萧县晚石炭世地层与植物群研究[J].地质学刊,34(4):362-366.董大啸,刘特辉,吴雷,等,2012.广东省二叠纪含煤岩系层序地层特征[J].中国煤炭地质,24(10):1-7+13.杜远生,朱杰,顾松竹,等,2007.北祁连造山带寒武系-奥陶系硅质岩沉积地球化学特征及其对多海洋的启示[J].中国科学(D辑:地球科学),10:1314-1329.冯少南,1986.论 Palaeofusulina 带在广东二叠系划分对比的作用[J].科学通报,31(11):852-856.冯增昭,杨玉卿,金振奎,等,1996.中国南方二叠纪岩相古地理[J].沉积学报,14(2):1-11.广东煤田地质局,1994.广东二叠纪岩石地层单位的重新厘定[J].中国煤炭地质,6(2):8-11.广东省地质矿产局,1988.广东省区域地质志[M].北京:地质出版社,137-176.广东省地质矿产局,1996.广东省岩石地层[M].武汉:中国地质大学出版社,9-94.韩英,2013.广东凡口铅锌矿床成矿机制与成矿模式[D].昆明:昆明理工大学.何锡麟,梁敦士,沈树忠,等,1996.中国江西二叠纪植物群[M].徐州:中国矿业大学出版社.侯鸿飞,项礼文,赖才根,等,1979.天山—兴安区古生代地层研究新进展[J].地层学杂志,3:175-187.侯鸿飞,詹立培,陈炳蔚,等,1979.广东晚二叠世含煤地层和生物群[M].北京:地质出版社,1-166.侯章帅,2020.华南二叠纪高精度定量古地理研究[D].中国科学技术大学,18-19.胡世忠,1994.论东吴运动构造事件与二叠系分统界线问题[J].地层学杂志,18(4):309-315.金建华,廖文波,彭少麟,2006.广东省地质时期植物区系的形成与演变[J].生态环境,15(4):831-837.金建华,1999.地质时期植物生活型重建及古植物群落恢复[J].生态科学,18(3):39-46.柯妍,张华,侯旭东,等,2018.晚二叠世长兴期—三叠纪腕足动物类群组成和纬度分布及演变[J].古生物学报,57(1):84-94.梁新权,周云,蒋英,等,2013.二叠纪东吴运动的沉积响应差异:来自扬子和华夏板块吴家坪组或龙潭组碎屑锆石 LA-ICPMS U-Pb 年龄研究[J].岩石学报,29(10):3592-3606.林甲兴,冯少男,1981.试论广东省二叠系的划分与对比[J].中国地质科学院宜昌研究所所刊,4:18-33.刘陆军,姚兆奇,2007.广西扶绥东罗二叠纪长兴期海相层中的植物大化石[J].古生物学报,46(2):195-212.刘陆军,姚兆奇,2013.华南二叠纪松柏植物化石[J].古生物学报,52(2):182-201.柳准之,等,1988.扬子地块晚古生代裂谷与地体[J].桂林冶金地质学院学报,8(4):301-311.马施民,杨雯,刘珊珊,等,2013.我国含煤地层区划的再认识[J].煤炭科学技术,41(7):1-9.梅美棠,李生盛,1987.福建早二叠世晚期含煤地层植物群的研究[J].中国矿业大学学报,16(3):85-101.莫滨,2018.粤北连州地区晚二叠世九陂组岩石组合特征及沉积环境分析[J].内



江科技, 6:71-72. 曲利军, 2005. 华夏植物群概述[J]. 古生物学报, 44(1):117-124. 任光明, 王鹏, 张林奎, 等, 2011. 滇东南弗拉斯期放射虫硅质岩地球化学特征及沉积环境探讨. 地质论评, 57(4):505-514. 任纪舜, 1990. 论中国南部的大地构造[J]. 地质学报, 64(4):275-288. 沈树忠, 张华, 张以春, 等, 2019. 中国二叠纪综合地层和时间框架[J]. 中国科学: 地球科学, 49(1):160-193. 舒良树, 陈祥云, 楼法生, 2020. 华南前侏罗构造[J]. 地质学报, 94(2):333-360. 舒良树, 周新民, 邓平, 等, 2006. 南岭构造带的基本地质特征[J]. 地质论评, 52(2):251-265. 舒良树, 2012. 华南构造演化的基本特征[J]. 地质通报, 31(7):1035-1053. 斯行健, 1953. 中国古生代植物图鉴[M], 北京: 中国科学院. 孙克勤, 邓胜徽, 2004. 华夏植物群起源中心的研究[J]. 地质论评, 50(4):337-342. 孙克勤, 2002. 华夏植物群及其与全球同期植物群的比较[J]. 地学前缘, 9(3):73-84. 孙克勤, 2001. 中国石炭纪和二叠纪植物群[J]. 植物学通报, 18(6):691-706. 田景春, 张翔, 2016. 沉积地球化学[M]. 北京: 地质出版社, 78, 101. 万明礼, 2011. 云南省墨江县坝溜乡羊八寨晚二叠世植物群[D]. 成都理工大学, 19-39. 王立亭, 1994. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社. 王濮, 翁玲宝, 陈代璋, 1995. 粤北凡口铅锌矿床的成因、成矿时代、成矿模式与找矿[J]. 现代地质, 9(1):61-68. 王世俊, 1998. 中国华夏植物区的科达植物化石[J]. 植物学报, 40(6):573-579. 徐亚军, 杜远生, 杨江海, 等, 2011. 北祁连造山带东段上奥陶统-下、中泥盆统砂岩碎屑组分与物源分析[J]. 地质科技情报, 30(02):28-33. 杨关秀, 陈芬, 1979. 广东晚二叠世含煤地层和生物群·古植物部分[M]. 北京: 地质出版社. 杨关秀, 1991. 大羽羊齿类的起源与进化. 第二届国际古植物大会会刊[C]. 杨仁超, 李进步, 樊爱萍, 等, 2013. 陆源沉积岩物源分析研究进展与发展趋势[J]. 沉积学报, 31(1):99-107. 杨森柄, 1989, 华南裂陷系的建造特征和构造演化[J]. 地球科学, 14(1):29-36. 姚兆奇, 陈楚震, 芮琳, 等. 2011. 广东连长兴期含煤地层[J]. 地层学杂志, 35(1):55-65. 姚兆奇, 1983. 大羽羊齿植物的生态和埋藏学. 中国科学院南京地质古生物研究所丛刊·第六号[M]. 南京: 江苏科技出版社. 殷鸿福, 童金南, 丁梅华, 等, 1994. 扬子区晚二叠世—中三叠世海平面变化[J]. 地球科学, 19(5):627-632. 于津海, 魏震洋, 王丽娟, 等, 2006. 华夏地块: 一个由古老物质组成的年轻地块[J]. 高校地质学报, 12(4):440-447. 余星, 杨树锋, 陈汉林, 等, 2017. 塔里木早二叠世大火成岩省的成因模式[J]. 中国科学: 地球科学, 47:1179-1190. 张德民, 1995, 广东二叠纪区域构造背景及具煤古构造因素[J]. 中国煤炭地质, 7(4):26-31. 张克信, 潘桂棠, 何卫红, 等, 2015. 中国构造—地层大区划分新方案[J]. 地球科学, 40(2):206-233. 张克信, 1991. 二叠-三叠纪过渡期灾变事件研究进展[J]. 地质科技情报, 10(3):37-40. 中国科学院南京地质古生物研究所、植物研究所, 1974. 《中国古生代植物》编写小组, 中国古生代植物[M]. 北京: 科学出版社. 中国科学院南京地质古生物研究所, 1980. 黔西滇东晚二叠世含煤地层和古生物群[M]. 北京: 科学出版社. 周煜, 郭芸, 杨海林, 等, 2017. 中国晚古生代栉羊齿属 *Pecopteris* 的多样性及地质地理分布[J]. 矿产与地质, 31(6):1169-1174. 朱彤, 1990. 福建二叠纪含煤地层及古生物群[M]. 北京: 地质出版社. Behrensmeier A K, Kidwell S M, Gastaldo R A, 2000. Taphonomy and paleobiology[J]. *Paleobiology*, 26(4):103-147. Calder J H, Gibling M R, Eble C F, et al., 1996. The Westphalian D fossiliferous forest at Table Head, Sydney Basin, Nova Scotia: Sedimentology, paleoecology, and floral response to changing edaphic conditions[J]. *International Journal of Coal Geology*, 31:277-313. DiMichele W A, Hook R W, 1992, Paleozoic terrestrial ecosystems. In: Behrensmeier A, Damuth J, Dimichele W A, Potts R, Sues H D, Wing S (eds), *Terrestrial Ecosystems through Time*[M]. Chicago: University of Chicago Press, 205-326. Halle T G, 1927, Palaeozoic plants from central Shansi[J]. *Palaeontologia Sinica, Series A*, &nbsp;2(1)1-316. Herron M M, 1988, Geochemical classification of terrigenous sands and shales from core or log data[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 58:820-829. Libertín M, Bek J, Drábková J, 2008, Two new Carboniferous fertile Sphenophylls and their spores from the Czech Republic[J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 53(4):723-732.

**关键词** 连阳地区; 九陂组; 生物地层; 沉积相; 古地理环境





摘要 ID:1940

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地东部早侏罗世湖泊水体性质分析

王昌勇<sup>\*</sup>、李胡蝶<sup>1</sup>、常玖<sup>1</sup>、林如南<sup>1</sup>、王小娟<sup>2</sup>、李楠<sup>2</sup>

1. 成都理工大学

2. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院

四川盆地下侏罗统主要发育一套湖泊—三角洲沉积体系,发育类型丰富的碎屑岩和碳酸盐岩沉积。近年来,四川盆地侏罗系逐渐成为勘探的热点,特别是自流井组页岩油气勘探不断取得重大发现,为非常规油气勘探提供了新的思路,但川东地区侏罗系基础地质研究的滞后制约了勘探评价和部署,其中,早侏罗世湖盆水体性质即为亟需明确的重要基础问题之一。川东地区自流井组东岳庙段—大安寨段主要为湖泊相沉积(郑荣才等,2013),由于缺少指示淡水或者咸水的直接证据,长期以来对早侏罗世湖盆沉积水体盐度存在极大争议(郑荣才等,2013;郭来源等,2017)。本次研究发现,川东地区大安寨段发育大量介壳灰岩、生物碎屑灰岩以及少量泥晶砂屑灰岩和膏质白云岩,膏质白云岩中石膏具有原生结构,为早侏罗世大安寨段沉积时期存在咸化湖盆的直接证据。硼元素对于沉积环境及盐度的反应比较敏感,常作为反映盐度的指标(周仰康等,1984),但由于有机质对硼具有强烈的吸附作用(Wang C Y et al., 2017),导致富有机质沉积物中全岩硼的含量难以直接表征沉积水体盐度,因此,利用沉积物质硼元素的含量判断水体盐度必须考虑有机质的影响(马茗茗等,2019)。对川东地区下侏罗统泥质岩及灰岩等样品总有有机碳(TOC)和硼元素含量分析结果表明:川东地区自流井组珍珠冲段—大安寨段泥质岩普遍具有较高的硼含量,部分TOC含量极低的样品全岩硼的含量甚至超过100 μg/g,表明其沉积水体具有较高的硼含量和盐度。各类岩性标志和地球化学指标均反映早侏罗世川东地区湖泊水体具有一定盐度,但湖盆不同位置水体盐度存在较大差异:河口区由于淡水的输入,水体盐度为淡水—微咸水性,而远离河口区或湖盆中心位置,水体盐度逐渐升高至正常湖水盐度,大安寨段沉积时期,由于大量生屑滩的存在形成了众多的局限环境,在湖平面下降时期强烈的蒸发背景下可能形成局部的盐水环境导致石膏沉积。大安寨段沉积时期湖泊水体盐度最高、凉高山组沉积时期水体盐度逐渐淡化,咸化的水体性质是川东地区下侏罗统富有机质泥页岩形成和保存的重要条件。

**参考文献** 郭来源,张士万,解习农,等.鄂西—渝东地区下侏罗统东岳庙段泥岩地球化学特征及有机质富集模式[J].地球科学,2017,42(07):1235-1246.马茗茗,王昌勇,许兴斌,等.Adams和Couch法古盐度恢复结果的可靠性检验——以青海湖布哈河口区沉积物为例[J].沉积学报,2019,37(06):1224-1233.郑荣才,何龙,梁西文,等.川东地区下侏罗统大安寨段页岩气(油)成藏条件[J].天然气工业,2013,33(12):30-40.周仰康,何锦文,王子玉.硼作为古盐度指标的应用[C]/沉积学和有机地球化学学术会议论文集.北京:科学出版社,1984:55-57. Guo L Y, Zhang S W, Xie X N, et al. Geochemical Characteristics and Organic Matter Enrichment of the Dongyuemiao Member Mudstone of Lower Jurassic in the Western Hubei—Eastern Chongqing[J]. Earth Science, 2017,42(07):1235-1246. Ma M M, Wang C Y, Xu X B, et al. Testing the Reliability of Adams Formula and Couch Formula for Estimating Paleosalinity: Case study of the Buha River Estuary, Qinghai Lake[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2019,37(06):1224-1233. Wang C Y, Lin S G, Wei Y Q, et al. Major factors influencing boron adsorption in sediments— a case study of modern sediments in Qinghai Lake[J]. Environmental Earth Sciences, 2017,76:181. Zheng R C, He L, Liang X W, et al. Forming conditions of shale gas(oil) plays in the Lower Jurassic Da'anzhai member in the eastern Sichuan Basin[J]. Natural Gas Industry, 2013, 33(12):30-40. Zhou Y K, He J W, Wang Z Y. Application of B as an Index for Palaeosalinity [C]. Collected Papers of Sedimentology and Organic Geochemistry Academic Conference. Beijing: Science Press, 1984:55-57.

**关键词** 岩相古地理; 水体性质; 古盐度; 侏罗系; 四川盆地



摘要 ID:1995

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 东吴运动对川东北西乡—镇巴地区古地理演化的影响

姚升阳<sup>1,2</sup>、牟传龙<sup>\*2</sup>、王启宇<sup>2,3</sup>、王秀平<sup>2</sup>

1. 成都理工大学
2. 中国地质调查局成都地质调查中心
3. 山东科技大学

二叠纪发生了许多全球范围内的地质事件,包括火山喷发、大规模的海退海侵以及生物灭绝等,这对四川盆地演化、发展有着重要的影响。其中,中二叠世末—晚二叠世初的东吴运动对整个四川盆地的沉积格局、沉积模式影响重大。汉中西乡—镇巴地区位于大巴山断褶带,属于四川盆地东北部外缘,茅口组—吴家坪组的古地理特征与整个四川盆地的古地理演化密切相关。同时,前人对该地区岩性特征、沉积相展布、沉积环境、古地理特征缺乏系统的研究,因此,重塑该地区的古地理格局可以为四川盆地东吴运动前后的古地理格局重建提供依据。

本文在前人研究的基础上,通过野外露头观测、岩石镜下特征鉴定及地球化学分析,搜集区域文献资料,结合典型剖面(西乡川洞子、镇巴杨家湾),根据研究区茅口组—吴家坪组的岩性、古生物特征、沉积特征以及镜下薄片鉴定划分沉积相类型,并以这些研究为基础,绘制岩相古地理图,针对东吴运动对研究区的古地理格局变化意义进行探讨。

研究表明:(1)研究区茅口组一段在栖霞组沉积的基础上,随着一次海侵,沉积了含泥灰岩、泥质灰岩、含角砾灰岩、含生屑泥微晶灰岩等,可见深水沉积的硅质骨针、硅质放射虫等,主要为开阔台地—台地边缘斜坡相沉积;茅二段水体变浅,发育开阔台地相沉积,岩石类型主要为生屑泥微晶灰岩、含砂屑泥晶灰岩、泥灰岩等;茅三段发育开阔台地相沉积,主要岩性为泥微晶灰岩、含泥灰岩、含生屑砂屑泥微晶灰岩。吴家坪组一段主要发育陆棚相的碳质泥页岩沉积,二段为开阔台地相的碳质钙质泥页岩与泥质灰岩互层。(2)研究区内茅口组主要为开阔台地相沉积;吴家坪组主要为浅水—深水陆棚→开阔台地相沉积。(3)东吴运动极大地改变了原有的沉积格局,将稳定的台地分割为隆凹相间,并造成大规模的沉积中断甚至缺失。同时,东吴运动造成的古温度的快速变化,可能也导致了生物的加速灭绝。

参考文献

关键词



摘要 ID:734

主题分类：古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型：展板

## 四川盆地中二叠统茅口组沉积相特征

李龙龙\*、曹清古、杜崇娇、彭金宁

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

近期的勘探成果表明，四川盆地中二叠统茅口组具有较大的天然气勘探潜力。但前人对茅口组层段划分不一，对不同层段沉积相类型和展布存在认识分歧，尤其是一直以来对于中二叠世四川盆地是碳酸盐岩台地、还是碳酸盐岩缓坡存在概念模型模糊，对茅口组沉积与峨眉地裂运动和东吴运动的关系仍然认识不够清晰的问题，这些问题制约了对茅口组沉积演化的深入认识和碳酸盐岩储层展布的预测。随着勘探的不断深入，四川盆地内多口钻井在茅口组取得突破，所获得的岩心、测井、分析测试等资料为开展沉积相研究提供了基础。本文运用沉积岩石学、岩相古地理等理论，利用新资料、新认识开展了深入的沉积相展布规律研究。

综合野外露头、岩屑录井、钻井取心、地震及测井等多项资料，结合构造沉积背景和前人划分方案，在茅口组顶底界面确定的基础上，以岩性特征、电性特征为主要分层分段依据，重新梳理了茅口组段和亚段的划分，自下而上划分为茅一段（茅一a、茅一b、茅一c）、茅二段（茅二a、茅二b、茅二c）、茅三段及茅四段。

以岩心精细描述、薄片鉴定和测井曲线分析为基础，通过对岩性组合、古生物、沉积结构、沉积构造等相标志的研究，结合区域背景，认为四川盆地茅口组主要发育碳酸盐岩台地沉积体系，识别出局限台地、开阔台地及斜坡-陆棚3种沉积相，进一步识别出10种沉积亚相类型，其中局限台地上发育台内滩和滩间海亚相，开阔台地上发育台内滩、滩间海、台内洼地、台地边缘及台缘滩亚相，斜坡-陆棚发育斜坡、浅水陆棚及深水陆棚亚相。

通过连井沉积相剖面对比和各层段沉积相平面分布特征研究，认为茅口组沉积期，盆地总体继承了栖霞期盆地沉积格局，为海相碳酸盐岩台地沉积，盆地西南缘为康滇古陆，东北缘为被动大陆边缘，与南秦岭陆缘盆地相接，由西南向东北方向，地势逐渐降低，由陆相逐渐向海相过渡。沉积相演化显示茅一段和茅二段沉积时期基本继承性发展，到茅二段沉积末期，受峨眉地裂运动区域拉张影响，在广元-平昌一带形成古裂陷雏形、两侧台缘带发育高能滩，奠定了中晚二叠世有利的油气储集层发育、棚生缘储成藏模式古地理基础。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐岩；沉积相；茅口组；中二叠统；四川盆地



摘要 ID:1224

主题分类：古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型：展板

## 涪陵地区茅一段瘤状灰岩沉积环境及成因分析

李风勋<sup>\*1</sup>、李龙龙<sup>1</sup>、杜崇娇<sup>1</sup>、李昂<sup>2</sup>、潘文蕾<sup>1</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所
2. 吉林大学地球科学学院

四川盆地茅口组一段近年来陆续钻获工业气流，展示了良好的天然气勘探潜力。为探讨涪陵地区茅一段瘤状灰岩沉积环境及成因，开展了岩心和野外剖面观察，认为茅口组一段发育的灰泥灰岩、瘤状灰泥灰岩、瘤状泥晶灰岩和泥晶灰岩岩性是泥晶灰岩和灰泥灰岩两个端元以不同的成分比例组合构成的，通称为瘤状灰岩。在运用矿物岩石学、无机地球化学等理论上，采用金属元素、稀土元素、同位素分析、测井评价等手段对涪陵地区 JY66-1 井茅一段瘤状灰岩进行了系统研究，取得以下认识：①金属和稀土元素、碳氧同位素、铈同位素、测井 U-Th-K 分析表明涪陵地区茅一段沉积期为局限较深水咸化、还原环境，沉积基准面高频振荡，海水盐度较高，海水温度平均 40~65 °C，高于当时正常海水温度、盐度；②稀土元素 (REE) 分配模式揭示灰泥部分和泥晶部分均为同一沉积环境下形成，存在 Eu 负异常，表明受到洋流的改造作用；③瘤状灰岩受沉积和成岩双重控制，沉积时期受洋流等左右影响，CCD 界面高频振荡，造成泥岩、灰岩互层状沉积，后期成岩伴随着烃源岩热演化程度提高、排酸，在沉积高灰岩含量组分处细颈化，经历差异压实及溶蚀改造，最终形成现今的瘤状灰岩，根据压溶程度差异，可以分为孤立型、断续型、连续型。

### 参考文献

**关键词** 瘤状灰岩；灰泥灰岩；茅一段；沉积环境；涪陵地区



摘要 ID:240

主题分类：古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型：口头报告

## 下扬子早寒武世岩相古地理特征及其油气勘探意义

张银国<sup>\*</sup>、陈建文<sup>1</sup>、梁杰<sup>1</sup>、王建强<sup>1</sup>、王文娟<sup>1</sup>、袁勇<sup>1</sup>、孙晶<sup>1</sup>、雷宝华<sup>1</sup>、杨艳秋<sup>1</sup>、吴飘<sup>1</sup>、蓝天宇<sup>2</sup>、薛路<sup>1</sup>

1. 青岛海洋地质研究所

2. 中国海洋大学

本文针对下扬子早寒武世，利用露头、岩心资料，结合区域地质背景，分析了早寒武世沉积时期岩性发育特征，根据岩性发育规律，分析早寒武世古地理分布特征。研究表明，下扬子在经历晚震旦世晋宁运动构造抬升后，在进入加里东早期发生了拉张，形成北部滁州和南部休宁两个海槽，中央为台地隆起区。在海槽沉积岩性主要为炭质泥岩、硅质泥岩、硅质岩，局部发育泥质灰岩、灰质泥岩；在中央台地主要为碳酸盐岩，以巢湖和无锡地区为代表。下扬子北部滁州海槽和南部休宁海槽暗色泥页岩是有利的烃源岩，这对下扬子的油气勘探具有重要意义，在下扬子以下寒武统幕府山组为烃源岩的上震旦统灯影组、下古生界和页岩气将成为下一步勘探重要方向，尤其是对下扬子南黄海构造稳定区崂山隆起的深部油气勘探。

### 参考文献

**关键词** 下扬子 南黄海 岩相古地理、深水陆棚、盆地相 烃源岩



摘要 ID:869

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 渤海湾盆地冀中坳陷武清凹陷重点层段古生物-地化协同分析及古环境演化

张晓芳\*、王帅、王静雅  
华北油田勘探开发研究院

本次研究从古生物、地球化学角度开展协同分析,综合古气候、古水体盐度、氧化还原性及湖泊生产力等因素深入探讨武清凹陷重点层段古环境演化特征,取得如下认识:

1、沙四期区域孢粉组合特征为 *Quercoidites* 含量大于 *Ulmoideipites*, *Ephedripites* 及热带、亚热带植物大量发育, Sr/Cu 值分布不稳定且均值较高, Rb/Sr 值具降低趋势,反映针叶、落叶阔叶混交林为主的植被面貌及逐渐干热的南亚热带气候;沙三期进入湖盆扩展、深陷的稳定沉积阶段,孢粉组合与沙四段相比 *Ephedripites* 及热带、亚热带植物分子明显减少,而 Juglandaceae 和 Betulaceae 等喜温落叶阔叶植物发育, Sr/Cu 值分布相对稳定且均值较低, Rb/Sr 值同样具降低趋势,反映温湿的中亚热带气候。

2、沙四期藻类化石较少,属种单调,以 *Campenia* 及 *Deflandrea* 较常见,部分地区 *Minutisphaeridium* 较为发育,介形类化石常见 *Austrocypris*, 多个 Sr/Ba 值高于 0.5, 多个 Rb/K 值高于 0.004, 反映半咸水-咸水环境;沙三期以渤海藻科的 *Bohaidina*、*Parabohaidina* 等沟鞭藻类分子,疑源类的 *Leiosphaeridia*、*Granodiscus*、*Filisphaeridium*、*Dictyotidium*、*Cleistosphaeridium*, 以及绿藻门分子 *Pediustrum* 等较常见,介形类主要以 *Candona* 为主, Sr/Ba 值均低于 0.5, Rb/K 值普遍低于 0.004, 反映淡水-微咸水环境。

3、沙三、沙四段 V/(V+Ni) 值分布稳定 (0.6~0.8), Ce 异常参数高于 -0.1, 均反映缺氧的还原环境,而敏感元素钼 (Mo) 和镉 (Cd) 显示,沙四段含量 (Mo 均值 4.6、Cd 均值 3.5) 均高于沙三段 (Mo 均值 3.9、Cd 均值 2.8), 指示沙四期为静水停滞的还原环境,而沙三期为水体较动荡的弱还原环境。

4、元素 P 是藻华等勃发的限制性营养元素,它的输入是湖泊生产力的重要控制因素,通过分布范围、均值分析表明 P/Ti 与 P/Al 纵向上均表现为增大趋势,指示沙三段相比沙四段湖泊生产力的不断提高。

综上分析,武清凹陷沙四期气候干热,湖盆较浅,水体呈半咸水-咸水,属静水停滞的还原环境,生产力水平较低;沙三期气候湿润,湖盆较深,水体呈淡水-微咸水,属较动荡的弱还原环境,生产力水平提高。

冀中坳陷作为华北油田勘探开发主战场,历经几代石油人接续奋斗,取得了丰硕成果。而复杂地质背景下的武清凹陷是冀中探区久攻不破的“硬骨头”,为尽快突破,需深化基础地质认识,本次基于最新钻探成果开展古环境演化分析,旨在从全新研究视角展开对老区“硬骨头”的强化攻关。

### 参考文献

**关键词** 武清凹陷;古生物;地球化学;古环境演化



摘要 ID:2214

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 大陆风化指数研究与古气候重建

李睿璇\*、陈安清、孙诗  
成都理工大学沉积地质研究院

大陆风化的过程主要是物源区源岩在构造和气候的控制下,通过风化剥蚀,经过搬运,最终在盆地中沉积下来。源区基岩与空气中的  $\text{CO}_2$  和水反应,生成碱金属和二价阳离子等产物,经过流水搬运,最终输入到盆地最终沉积下来。基于大陆风化对于大气中  $\text{CO}_2$  的负反馈作用,可以通过研究大陆风化作用来示踪古气候。大陆风化强度较高时,通常指示温暖潮湿的气候条件,大陆风化强度较低时,则指示寒冷干旱的气候条件。随着化学风化过程的进行,一些不稳定元素 (Ca、Na、K 等) 往往会迁移亏损,一些稳定元素 (Al、Ti 等) 则基本不受影响进而富集。由此,我们可以用某些特定元素的含量和比值来评价源区的化学风化强度。并基于该原理,前人建立了诸多风化指数来量化风化强度,如 CIA、CIX、CIW、PIA、WIP 等,另外 A-CN-K 图解也可以用来判别化学风化的强度。由于这些风化指数的基本原理相似,因此不同风化指数曲线会显示基本一致的协变。CIA 指数是大陆风化研究中的经典风化指数,对气候变化的响应十分灵敏,这也在地质历史时期的冰期-间冰期的气候转换中得到了大量的验证。当利用 CIA 等风化指数来提取气候信息时,需排除一些非风化因素的干扰,主要从物源影响、成岩作用、再循环和水力分选这四个要素进行相应评估。最终通过将原始风化指数放置在高精度的年龄框架内,我们可以较为准确可靠的重建研究时期的古气候。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3129

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 口头报告

## 华北陆相晚二叠世—早三叠世古地理重建及古气候响应

纪开宣<sup>1</sup>、Paul B. Wignall<sup>2</sup>、童金南<sup>3</sup>、俞映月<sup>4</sup>、郭文伟<sup>5</sup>、舒文超<sup>3</sup>、楚道亮<sup>3</sup>

1. 北京大学

2. 利兹大学

3. 中国地质大学(武汉)

4. 中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司勘探开发研究院

5. 漳州职业技术学院文化旅游学院

二叠纪—三叠纪之交发生了显生宙以来最大的生物集群灭绝事件,并伴发了早三叠世一系列的极端气候动荡(e.g. Song et al., 2012; Zhang et al., 2016)。在陆相环境中,生物灭绝、复苏通常与沉积环境及古气候的重大转变有着紧密的关系。先前报道提出,在二叠纪—三叠纪之交,陆相河流体系从晚二叠世的曲流河突变为早三叠世的辫状河,同时伴随着古气候干旱程度的持续增加(e.g. Tewari, 1999; Ward et al., 2005; Zhu et al., 2020)。近年来,随着全球陆相盆地研究的深入,不同的观点被提出,如,在澳大利亚悉尼盆地二叠纪—三叠纪过渡带并未有沉积学的突变(Fielding et al., 2021),在南非卡鲁盆地的古气候从晚二叠世的相对干旱转变为早三叠世湿润环境等(e.g. Tabor et al., 2017; Retallack 2021)。但总体来讲,陆相盆地的沉积学及气候变化研究相对匮乏且具有争议。本研究通过对华北陕西、山西和河南省的11条剖面进行了大区域的系统的地层学及沉积学研究后认为:在鄂尔多斯盆地中部及南部和豫西地区,二叠纪—三叠纪生物大灭绝处于孙家沟组中上部,而在这期间,沉积体系由低弯曲度河流、终端终点扇、和泥质滨海平原构成,并未发生明显的沉积格局转变。主要的沉积学突变发生在早三叠世早期刘家沟组底界——泥质滨海平原沉积体系突变为辫状河—河口三角洲—滨浅湖沉积体系。随后,在早三叠世晚期和尚沟组,沉积体系转变为以细粒沉积为主导的洪泛平原—浅湖—干湖沉积体系。在古气候研究方面,本文利用古土壤分类和河道年径流量判断标准定性还原了华北盆地晚二叠世—早三叠世的干湿气候变化过程,认为:华北盆地晚二叠世普遍干旱,在二叠纪最末期降水量开始有所增加,早三叠世早期刘家沟组气候最为湿润,早三叠世晚期和尚沟组气候湿润程度有所下降,但仍受季节性或年际性降水支配。

**参考文献** Fielding, C.R., & Frank, T.D., Tevyaw, A.P., Savatic, K., Vajda, V., McLoughlin, S., Mays, C., Nicoll, R.S., Bocking, M. and Crowley, J.L., 2021. Sedimentology of the continental end-Permian extinction event in the Sydney Basin, eastern Australia. *Sedimentology*, 68(1), pp. 30–62. Retallack, G.J., 2021. Multiple Permian-Triassic life crises on land and at sea. *Global and Planetary Change*, 198, p. 103415. Song, H., Wignall, P.B., Tong, J. and Yin, H., 2013. Two pulses of extinction during the Permian-Triassic crisis. *Nature Geoscience*, 6(1), pp. 52–56. Tabor, N.J., Sidor, C.A., Smith, R.M., Nesbitt, S.J. and Angielczyk, K.D., 2017. Paleosols of the Permian-Triassic: proxies for rainfall, climate change and major changes in terrestrial tetrapod diversity. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 37(sup1), pp. 240–253. Tewari, R.C., 1999. Sedimentary-Tectonic Status of Permian-Triassic Boundary (250 Ma) in Gondwana Stratigraphy of Peninsular India. *Gondwana Research*, 2(2), pp. 185–189. Ward, P.D., Botha, J., Buick, R., De Kock, M.O., Erwin, D.H., Garrison, G.H., Kirschvink, J.L. and Smith, R., 2005. Abrupt and gradual extinction among Late Permian land vertebrates in the Karoo Basin, South Africa. *Science*, 307(5710), pp. 709–714. Zhang, H., Cao, C.Q., Liu, X.L., Mu, L., Zheng, Q.F., Liu, F., Xiang, L., Liu, L.J. and Shen, S.Z., 2016. The terrestrial end-Permian mass extinction in South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 448, pp. 108–124. Zhu, Z., Kuang, H., Liu, Y., Benton, M.J., Newell, A.J., Xu, H., An, W., Ji, S.A., Xu, S., Peng,





N. and Zhai, Q., 2020. Intensifying aeolian activity following the end - Permian mass extinction: Evidence from the Late Permian - Early Triassic terrestrial sedimentary record of the Ordos Basin, North China. *Sedimentology*, 67 (5), pp. 2691–2720.

**关键词** 华北, 二叠纪—三叠纪, 陆相, 沉积学, 古土壤, 古气候



摘要 ID: 3312

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地西缘北部二叠系太原组沉积特征及沉积相分布

马瑶<sup>1,2</sup>、郭春伟<sup>1</sup>、李晓芸<sup>3</sup>、文鹏<sup>1</sup>、杨澜<sup>1</sup>

1. 西安石油大学地球科学与工程学院
2. 陕西省油气成藏地质学重点实验室
3. 中国石油长庆油田分公司第三采气厂

近年来鄂尔多斯盆地二叠系太原组天然气勘探已取得重大突破,成为盆地上古生界新的重要天然气勘探层位,引起大量关注和研究(董国栋, 2023; 刘雯, 2023; 付金华, 2023; 崔树辉, 2022; 彭磊, 2022),但盆地西缘太原组勘探程度和研究程度均较低,关于沉积相的认识存在明显分歧(郭艳琴, 2020; 陈延涛, 2019)。本文通过大量野外露头、钻井岩心、薄片及测井曲线等资料分析,对鄂尔多斯盆地西缘北部二叠系太原组地层厚度、岩性组合及沉积特征进行研究,明确沉积相类型及沉积演化规律,为古地理恢复提供依据。结果表明:(1)鄂尔多斯盆地西缘北部太原组地层呈现西北部厚度大,向东南部厚度递减的趋势,地层展布明显受控于早二叠世中央古隆起分布范围的影响。(2)太原组发育砂岩、泥岩、煤、灰岩等多种岩性组合,砂岩主要为中-细粒石英砂岩;煤层含硫量高,野外露头及岩心煤层中可见大量单质硫析出而呈黄色;泥岩多呈灰黑色或为深灰色碳质泥岩;灰岩岩性主要为生物碎屑泥晶灰岩及生物碎屑粉晶灰岩,富含大量海百合、腕足类及蜓类等生物化石,厚度及垂向分布东西差异较大,底部灰岩厚度最大分布最为稳定,对应早二叠世最大海侵期斜道段或毛儿沟段沉积,中部鄂托克前旗一带无灰岩发育或仅发育底部单层灰岩,向东南逐渐增加至较稳定的3~4层灰岩,向西可识别出2~3层灰岩,反映盆地西缘北部受到中央古隆起两侧祁连海和华北海不同范围的海侵影响。(3)盆地西缘北部太原组发育障壁海岸-滨浅海沉积体系,可划分出障壁岛、泻湖、潮坪、浅海陆棚等沉积亚相,并根据砂体结构及测井响应特征识别出沉积相差异分布特征,东部主要发育潮坪沉积,障壁-泻湖沉积主要分布于研究区西南部,垂向上表现为浅海陆棚-潮坪-障壁岛-泻湖等多期次海侵-海退沉积旋回。

**参考文献** 董国栋,刘新社,裴文超,等,2023. 鄂尔多斯盆地二叠系太原组致密灰岩储层特征及主控因素[J/OL]. 天然气地球科学:1-13. 刘雯,赵群,邱振,等,2023. 鄂尔多斯盆地东缘海陆过渡相页岩气成藏条件研究现状与展望[J/OL]. 天然气地球科学:1-20. 付金华,2023. 鄂尔多斯盆地太原组致密灰岩天然气成藏地质特征与勘探潜力[J]. 地学前缘, 30(01):20-29. 崔树辉,吴鹏,赵霏,等,2022. 鄂尔多斯盆地东缘临兴区块页岩气成藏因素分析及富集区预测[J]. 现代地质, 36(05):1271-1280. 彭磊,石磊,朱玉杰,等,2022. 鄂尔多斯盆地东部神木地区太原组微观储层特征及其产能影响因素分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 58(04):451-457+464. 郭艳琴,王美霞,郭彬程,等,2020. 鄂尔多斯盆地西缘北部上古生界沉积体系特征及古地理演化[J]. 西北大学学报(自然科学版), 50(01):93-104. 陈延涛,2019. 苏里格西部地区太原组沉积相及有利储集相带预测[D]. 成都:西南石油大学.

**关键词** 沉积特征; 沉积相; 太原组; 二叠系; 鄂尔多斯盆地西缘



摘要 ID:3330

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## Changhsingian calcareous algae and foraminifers and their palaeoenvironmental significance in the Shuicheng area, western Guizhou, South China

党志英、沈玉林\*  
中国矿业大学

**Abstract** Three genera and three species of calcareous algae were identified in Well K576, including *Gymnocodium bellerophontis*, *Permocalculus* sp. and *Tauridium kurdistanensis*. Eight genera and ten species of foraminifers, including 1 genera and 1 species of fusulinids. The foraminiferal fauna mainly consists of *Nanlingella simplex.*, *Pachyphloia schwageri.*, *Pachyphloia* sp., *Geinitzina* sp., *Nestellorella* sp., *Howchinella* sp., *Neoendothyra* sp. *Hemigordius* aff. *Saranensis*, *Hemigordius* sp. and *Midiella* sp. According to the biological characteristics, the well is divided into six assemblage: Foraminifera-Calcareous algae-Brachiopoda assemblage, Foraminifera-Brachiopoda-Bivalve assemblage, Bivalve-Gastropoda-Crinoida assemblage, Foraminifera-Calcareous algae-Bivalve assemblage, Foraminifera-Bivalve-Brachiopoda and Foraminifera-Calcareous algae-Ostracoda assemblages. Based on the sequence stratigraphy of the studied area, the characteristics of the vertical sedimentary sequence and the analysis of logging data, the palaeoenvironment of deposits that yield the Foraminifera-Calcareous algae-Brachiopoda assemblage (SQ3-3) and Foraminifera-Brachiopoda-Bivalve assemblage (SQ3-4) period stratigraphy was a delta front. The stratigraphic interval that yields Bivalve-Gastropoda-Crinoida assemblage (SQ4-1) was deposited in a tidal flat. The Foraminifera-Calcareous algae-Bivalve assemblage (SQ4-2), Foraminifera-Bivalve-Brachiopoda and Foraminifera-Calcareous algae-Ostracoda assemblages (SQ4-3) period stratigraphy was a lagoon. Delta and barrier lagoon depositional systems are generally developed in the Changhsingian in Shuicheng area of western Guizhou, with a water depth of no more than 30 m and a normal salinity, low-energy, calm and warm nearshore.

**参考文献** Abdelghany O, Fowler A R, Hashem W. 2019. Oman Exotic limestones in the UAE-Oman border area with implications for Middle-Upper Permian Neo-Tethyan rifting. *Journal of Asian earth sciences*, 181: 103879.1-103879.13. Dou X Z, Jiang B, Qin Y, Wang W, Chen W Y. 2012. Structure evolution in west of Guizhou area and control to seam in Late Permian. *Coal Science Technology*, 40: 109e114. Elias M K. 1937. Depth of deposition of the Big Blue (Late Paleozoic) sediments in Kansas. *Bulletin of the Geological Society of America*, 48(3): 403-432. Elliott G F. 1955. The Permian calcareous alga *Gymnocodium*. *Micropaleontology*, 1(1): 83-97. Fan J S, Wu Y S. 2002. On some Permian calcareous algae from Guanxi, Guizhou Provinces and East Sichuan, and their paleoecological environments. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 19(4): 337-347 (in Chinese). Fassihi S, Vachard D, Esfahani F S. 2020. Taxonomic composition of the latest Carboniferous - earliest Permian smaller foraminifers in the Sanandaj-Sirjan Zone, Iran: New insights about palaeobiogeography, palaeoclimate and paleoecology of the northern margin of the Palaeotethys. *Journal of Asian Earth Sciences*, 193: 104310. Filimonova T V. 2015. New species of the order Nodosariida from the Kungurian-Ufimian (Permian) of the Kolyma-Omolon region (Northeastern Russia). *Paleontological Journal*, 49(1): 1-9. Filimonova T, Gorgij M, Yarahmadzahi H, Leven E. 2015. Lower Permian smaller foraminifers from the Rahdar section, Central Iran.



Stratigraphy and Geological Correlation, 23(4): 375–386. Gaillot J, Vachard D. 2007. The Khuff Formation (Middle East) and time-equivalents in Turkey and South China: biostratigraphy from Capitanian to Changhsingian times (Permian), new foraminiferal taxa, and palaeogeographical implications. *Coloquios de Paleontologia*, 57: 37–223. Galfetti T, Bucher H, Martini R, Hochuli P A, Weissert H, Crasquin-Soleau S, Brayard A, Goudemand N, Brühwiler T, Kuang G. 2008. Evolution of Early Triassic outer platform paleoenvironments in the Nanpanjiang basin (South China) and their significance for the biotic recovery. *Sedimentary Geology*, 204(1–2): 36–60. Ginsburg R N, Rezak R, Wray J L. 1972. Geology of calcareous algae (Notes for a short course). University of Miami, Comparative Sedimentology Laboratory, 1–297. Grigoryana G, Danelianb T, Vachardb D, Tsourouc T, Zambetakis-Lekkasc A. 2020. Calcareous algae and Foraminifera from the Upper Capitanian/Lower Wuchiapingian (Middle/Upper Permian) transitional carbonates of the Chios Island (Greece). Biostratigraphic and paleogeographic implications. *Revue de Micropaléontologie*, 68(0): 100409. Gu S Z. 2002. Radiolarian and foraminifera from uppermost Changhsingian in Southern Guizhou province. Doctoral' s. thesis. China University of Geosciences, Wuhan, China (in Chinese). Hattin D E. 1957. Depositional environment of the Wreford megacyclothem (Lower Permian) of Kansas. *State Geological Survey Kansas Bulletin*, 124: 1–117. Huang Y F, Bond D P G, Wang Y B, Wang T, Yi Z X, Yuan A H, Jia J Y, Su Y Q. 2019. Early Triassic microbialites from the Changxing Region of Zhejiang Province, South China. *Journal of Palaeogeography*, 8(1): 1–13. Hughes G W. 2017. Exceptionally well-preserved Permocalculus cf. tenellus (Pia) (Gymnocodiaceae) from Upper Permian Khuff Formation limestones. Saudi Arabia. *Journal of Micropalaeontology*, 36(2): 166–173. Jerram D A, Widdowson M, Wignall P B, Sun Y, Torsvik T H. 2015. Submarine palaeoenvironments during emeishan flood basalt volcanism, SW China: implications for plume-lithosphere interaction during the Capitanian, Middle Permian (&#39;end Guadalupian&#39;) extinction event. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 441(1): 65–73. Jia E H, Song H J. 2018. End-Permian mass extinction of calcareous algae and microproblematica from Liangfengya, South China. *Geobios*, 51(5): 401–418. Karavaeva N I, Nestell G P. 2007. Permian foraminifers of the Omolon Massif, Northeastern Siberia, Russia. *Micropaleontology*, 53(3): 161–211. Li G S, Wang Y B, Li S, Wang T, Liao W, Deng B Z, Lai Z P. 2022. Biotic response to rapid environmental changes during the Permian-Triassic mass extinction. *Frontiers in Marine Science*, 9: 911492. Luo W, Hou M C, Liu X C, Huang S G, Chao H, Zhang R, Deng X. 2018. Geological and geochemical characteristics of marine-continental transitional shale from the Upper Permian Longtan formation, Northwestern Guizhou, China. *Marine Petroleum Geology*, 89(1): 58–67. Mazaheri J M, Ebrahim G. 2017. Palaeoenvironment, Biostratigraphy and sequence stratigraphic studies of the Permian-Triassic boundary of the offshore Persian Gulf, Iran: using an integrated approach. *Geopersia*, 7(1): 35–54. Mckrone A W. 1963. Paleocology and biostratigraphy of the Red Eagle cyclonthern (Lower Permian) in Kansas. *State Geological Survey Kansas Bulletin*, 164: 1–114. Mu X N. 1981. Upper Permian calcareous algae from Western Guizhou. *Acta Palaeontologica Sinica*, 20(1): 491, 36–110 (in Chinese). Nestell G P, Sudar M N, Jovanovic D, Kolar-Jurkovsek T. 2009. Latest Permian foraminifers from the Vlasic mountain area, Northwestern Serbia. *Micropaleontology*, 55(5): 495–513. Niu X S, Feng C M, Liu J. 2007. Formation mechanism and time of Qianzhong uplift. *Marine Origin Petroleum Geology*, 12(2): 46e50. Palmieri V. 1994. Permian foraminifera in the Bowen Basin, Queensland. *Queensland Geology*, 6: 1–125. Parvizi T, Rashidi K, Vachard D. 2013. Middle Permian calcareous algae and microproblematica (Dalan Formation, Dena Mountain, High Zagros, SW Iran). *Facies*, 59(Special SI), 149–177. Payne J L, Lehrmann D J, Wei J Y, Knoll A H. 2006. The pattern and timing of biotic recovery from the end-Permian extinction on the Great Bank of Guizhou, Guizhou Province, China. *Palaios*, 21(1): 63–85. Pia J. 1920. Die Siphoneae verticillatae vom Karbon bis zur Kreide. *Abhandlungen der Zoologisch-Botanischen Gesellschaft in Wien*, 11: 1–263. Qiao F, Zhang Y C, Xu H P, Ju Q. 2021. Late Permian foraminifers in the Xainza area,



Lhasa Block, Tibet. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 38(1): 1–17 (in Chinese). Qin Y, Moore T A, Shen J, Yang Z B, Shen Y L, Wang G. 2018. Resources and geology of coalbed methane in China: a review. *International Geology Review*, 60(5–6): 777–812. Ross C A. 1961. Fusulinids as paleoecological indicators. *Journal of Paleontology*, 35(2): 398–400. Shen Y L, Qin Y, Guo Y H, Yi T S, Jin H B. 2012. Sedimentary controlling factor of unattached multiple superimposed coalbed–methane system formation. *Earth Science Journal of China University of Geosciences*, 37(3): 573–579. Shen Y L, Qin Y, Guo Y H, Yi T S, Yuan X X, Shao Y B. 2016. Characteristics and sedimentary control of a coalbed methane–bearing system in coal–bearing strata in the Lingian of the Permian, Western Guizhou province. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 33: 8–17. Shen Y L, Qin Y, Li Z F, Jin J, Wei Z H, Zheng J, Zhang T, Zong Y, Wang X H. 2017. The sedimentary origin and geological significance of siderite in the Longtan Formation of Western Guizhou province. *Earth Science Frontiers*, 24(6): 152–161. Shen Y L, Qin Y, Wang G G X, Xiao Q, Shen J, Jin J, Zhang T, Zong Y, Liu J B, Zhang Y J, Zheng J. 2019. Sealing capacity of siderite–bearing strata: the effect of pore dimension on abundance and micromorphology type of siderite in the Lopingian (Late Permian) coal–bearing strata, Western Guizhou Province. *Journal of Petroleum Science Engineering*, 178: 180–192. Sheng J Z, Wang Y J. 1981. Permian fusulinids from Xizang with reference to their geographical Provincialism. *Acta Palaeontologica Sinica*, 20(6), 546–551 (in Chinese). Sheng J Z, Zhang L X, Wang J H. 1988. Fusulinids. Beijing: Science Press, 1–239 (in Chinese). Sheng J Z. 1963. Permian fusulinids from Guangxi, Guizhou and Sichuan, China. Beijing: Science Press, 1–200 (in Chinese). Song H J. 2012. Extinction and recovery of foraminifera and calcareous algae during the Permian–Triassic transition. Doctoral’ s. thesis. China University of Geosciences, Wuhan, China (in Chinese). Stevens C H. 1966. Paleoecologic implications of Early Permian fossil communities in Eastern Nevada and Western Utah. *Geological Society of America Bulletin*, 77(10): 1121–1129. Vachard D, Krainer K, Lucas S G. 2015. Late early Permian (Late Lonardian; Kngurian) algae, microproblematica, and smaller foraminifers from the Yeso Group and San Andres Formation (New Mexico; USA). *Palaeontologia Electronica*, 18(1): 1–77. Vachard D, Zambetakis–Lekkas A, Skourtsos E, Martini R, Zaninetti L. 2003. Foraminifera, algae and carbonate microproblematica from the late Wuchiapingian/Dzhulfian (Late Permian) of Peloponnesus (Greece). *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 109(2): 339–358. Wang K L. 1976. The foraminifera from the Changhsing formation in Western Guizhou. *Acta Palaeontologica Sinica*, 18(2): 7–195, 256 (in Chinese). Wang Y B, Meng Z, Liao W, Weng Z T, Yang, H. 2011. Shallow marine ecosystem feedback to the Permian/Triassic mass extinction. *Frontiers of Earth Science in China*, 5(1): 14–22. Wu Y S. 1991. Calcareous algae from Permian Reefs of Longlin, Guangxi, China. *Acta Palaeontologica Sinica*, 30(6): 750–767, 811–814 (in Chinese). Wu Y S. 1994. Paleoecology of Permian reef in Guangxi and Guizhou. *Oil and Gas Geology*, 15(3): 201–207, 267–268 (in Chinese). Xu B B, He M D. 2003. *Coal Geology of Guizhou Province*. China University of Mining and Technology Press, Xuzhou, China, 163–196 (in Chinese). Zhang M H, Gu S Z. 2015. Latest Permian deep–water foraminifers from Daxiakou, Hubei, South China. *Journal of Paleontology*, 89(3): 448–464. Zhao Y. 2021. High frequency sequence stratigraphy of Late Permian coal measures in Liupanshui Area Western Guizhou constrained by Event Layers. China University of Mining and Technology Press, Xuzhou, China (in Chinese). Zhao Z H, Zhang G Q, Xue X L. 2008. Fossil oil pools and residual oil and gas pools in the lower assemblage of Qianzhong uplift. *Natural Gas Industry*, 28(8): 39–42. Zong Y. 2019. High frequency cyclic sequence of Upper Permian coal measures in Panguan area of Western Guizhou Province. Master’ s. thesis. China University of Mining and Technology Press, Xuzhou, China (in Chinese).

**关键词** Calcareous algae, Foraminifera, Sedimentary environment, Changhsingian, Western Guizhou region



摘要 ID:173

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 口头报告

## 扬子西北缘中泥盆世观雾山期古地理重建及对储层发育的控制

熊绍云\*

中国石油杭州地质研究院

通过对野外露头、钻井资料的岩性特征、沉积构造、沉积组合及相序等详细分析,在威尔逊和塔克碳酸盐台地沉积相划分的基础上,结合我国碳酸盐台地沉积相研究成果,川西地区中泥盆统观雾山组可识别出7类沉积相、7类沉积亚相及15类沉积微相。由西往东依次发育斜坡-盆地相、台地边缘礁滩、开阔-局限台地相及潮坪相,沉积相明显受泥盆纪同沉积断层控制,具有由西往东迁移的特征,同时台地边缘具有礁向滩演化的特征,由于受古岛遮挡影响,川西南地区沉积相分布与演化具有受同沉积断层及障壁岛双重控制的特征。通过对川西龙门山泥盆系推覆体位置恢复,观雾山组沉积时期地理位置相对现今露头及钻井向东推移了3~45公里,越靠近盆地推移距离越小,中段推移距离大于南北两段。沉积作用对观雾山组碳酸盐岩储层发育控制明显,主要表现在沉积作用控制了碳酸盐岩储层类型及原生孔隙发育程度,受沉积旋回控制的相控准同生溶蚀改善了原生孔隙,受沉积演化控制的相分布控制了碳酸盐岩储层平面展布特征及有利储层分布。观雾山组白云岩储层主要为生物礁白云岩、角砾状白云岩、生屑白云岩,储集空间主要为溶蚀扩大的生物体腔孔和残余生物体腔孔,其次为裂缝。通过对白云岩储层发育所处的沉积位置、层序位置及第一期白云石胶结物与基质白云石形成先后顺序研究,认为扬子地区西北缘观雾山组白云岩储集空间为准同生期暴露溶蚀扩大的生物体腔孔,利用白云岩储层中孔洞充填的白云石及方解石胶结物碳氧同位素、锶同位素、包裹体均一温度等数据分析,认为白云石及方解石胶结物均形成于较为封闭的成岩环境,成岩流体为当时海水或稍加改造的海水。扬子地区西北缘观雾山组白云岩储层孔洞经历了三个阶段演化:沉积期-白云石化开始之前,该阶段为生物体腔孔溶蚀扩大或保存阶段;白云石化过程中,该阶段为溶蚀扩大的生物体腔孔、残余生物体腔孔被白云石部分充填,同时灰岩白云石化产生晶间孔;埋藏成岩过程中,该阶段主要为胶结作用,烃类成熟之前第二期白云石充填孔洞或裂缝,油气充注时或充注后,第三期白云石充填孔洞或裂缝,最后一期为方解石充填,这期胶结物对储层破坏性强,局部地区部分孔洞或裂缝被方解石完全充填,同时经历埋藏成岩,白云石晶体经历调整加大,晶间孔减少。

**参考文献** [1] 侯鸿飞. 四川龙门山地区泥盆纪地层古生物及沉积相[M]. 地质出版社, 1988: 121-144. Hou Hongfei. Devonian stratigraphy, paleobiology and facies of Longmen mountain area in Sichuan[M]. Geological Publishing House, 1988: 121-144. [2] 侯鸿飞, 万正权, 唐德章, 等. 四川龙门山泥盆系北川桂溪-沙窝子剖面研究进展[J]. 地层学杂志, 1985, 9(3), 186-193. Hou Hongfei, Wan Zhengquan, Tang Dezhang, et al. Sequence Stratigraphy of Devonian in Longmenshan Area, Sichuan[J]. Journal of Stratigraphy, 1985, 9(3): 186-193. [3] 李祥辉. 四川龙门山地区泥盆纪层序地层学研究[D]. 成都理工大学, 1995: 11-15. Li Xianghui. Sequence Stratigraphy of Devonian in Longmenshan Area, Sichuan[D]. Chengdu University of Technology, 1995: 11-15. [4] 万正权. 四川龙门山泥盆系研究进展与金宝石组的建立[J]. 中国地质科学院成都地质矿产研究所文集, 1983, (2). Wan Zhengquan. Advances in Devonian research and establishment of Jinbaoshi Formation in Longmenshan area, Sichuan[J]. Collected Works of Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Science, 1983(2). [5] 赵兵. 四川龙门山中段泥盆纪层序地层[J]. 沉积与特提斯地质, 2000, 20(4): 89-96. Zhao Bing. Devonian sequence stratigraphy of central Longmen Mountains, Sichuan[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2000, 20(4): 89-96. [6] 鲜思远, 陈继荣, 万正权. 四川龙门山甘溪泥盆纪生态地层、层序地层与海平面变化[J]. 岩相古地理, 1995, 15(06): 1-47. Xian Siyuan, Chen Jirong, Wan Zhengquan. Devonian ecostratigraphy, sequence stratigraphy and sea-level changes in



Guixi, Longmen Mountain area, Sichuan[J]. Lithofacies Palaeogeography, 1995, 15(6): 1-47. [7] 乐森璋. 四川龙门山区泥盆纪地层分层分带及其对比[J]. 地质学报, 1956, 36(4): 443-479. Le Senxun. Devonian stratigraphic zoning and correlation in Longmen Mountains, Sichuan[J]. Acta Geologica Sinica, 1956, 36(4): 443-479. [8] 李祥辉, 刘文均, 郑荣才. 龙门山地区泥盆纪碳酸盐与硅质碎屑的混积相与混积机理[J]. 岩相古地理, 1997, 17(03): 1-10. Li Xianghui, Liu Wenjun, Zheng Rongcai. Hybrid facies and mechanism for the formation of the mixed Devonian carbonate-siliciclastic sediments in the Longmenshan Mountain area, Sichuan[J]. Lithofacies Palaeogeography, 1997, 17(03): 1-10. [9] 李祥辉. 造山带古地理和盆地分析基础: 露头的复原与复位-以前龙门山中北段泥盆系为例. 成都理工学院学报, 1997, 24(4): 54-60. Li Xianghui. Determination of depositional position of orogenic belt strata in paleogeography and basin analysis[J]. Journal of Chengdu University of Technology, 1997, 24(4): 54-60. [10] 李祥辉, 曾允孚. 扬子西缘泥盆纪碳酸盐与陆源碎屑的混积层序和混积模式[J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 339-344. Li Xianghui, Zeng Yunfu. Mixed sequence and mixed model of carbonate and terrestrial clastic in Devonian from western margin of Yangtze[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(3): 339-344. [11] 郑荣才, 周刚, 董霞, 等. 龙门山甘溪组谢家湾段混积相和混积层序地层学特征[J]. 沉积学报, 2010, 28(01): 33-41. Zheng Rongcai, Zhou Gang, Dong Xia, et al. The characteristics of hybrid facies and hybrid sequence of Xiejiawan Member of Ganxi Formation in the Longmenshan area[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(01): 33-41. [12] 李凤杰, 屈雪林, 杜凌春, 等. 龙门山甘溪土桥子组碳酸盐岩沉积相及其演化[J]. 岩性油气藏, 2015, 27(5): 6-12. Li Fengjie, Qu Xuelin, Du Lingchun, et al. Carbonate facies and sedimentary evolution of Upper Devonian Tuqiaozi Formation in Ganxi section of Longmen mountain[J]. Lithologic Reservoirs, 2015, 27(5): 6-12. [13] 熊连桥, 姚根顺, 沈安江, 等. 川西北部泥盆系观雾山组沉积相新认识-以大木垭剖面与何家梁剖面为例[J]. 海相油气地质, 2017, 22(3): 1-11. Xiong Lianqiao, Yao Genshun, Shen Anjiang, et al. A View of the Sedimentary Facies of Middle Devonian Guanwushan Formation in Northwestern Sichuan Basin, China: A Case Study of Damuya & Hejialiang Sections[J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2017, 22(3): 1-11. [14] 刘文均, 郑荣才, 李祥辉. 龙门山泥盆纪沉积盆地的古地理和古构造重建[J]. 地质学报, 1999, 73(2): 109-119. Liu Wenjun, Zheng Rongcai, Li Xianghui. Reconstruction of paleogeography and paleotectonics of a Devonian sedimentary basin in the Longmenshan area, Sichuan[J]. Acta Geologica Sinica, 1999(02): 109-119. [15] 龙学明. 龙门山中北段地史发展的若干问题[J]. 成都地质学院学报, 1991, 18(1): 7-16. Long Xueming. Several questions of geochronic evolution in the mid-northern segment of Longmenshan Mountains [J]. Journal of Chendou College of Geology, 1991, 18(1): 7-16. [16] 陈竹新, 贾东, 张樵, 等. 龙门山前陆褶皱冲断带的平衡剖面分析[J]. 地质学报, 2005, 79(1): 38-45. Chen Zhuxin, Jia Dong, Zhang Qie, et al. Balanced cross-section analysis of the fold-thrust belt of the Longmen Mountains[J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(1): 38-45. [17] 熊连桥, 姚根顺, 熊绍云, 沈安江, 郝毅. 基于平衡剖面对断裂带地层展布恢复的方法-以川西地区中泥盆统观雾山组为例[J]. 大地构造与成矿学, 2018, 43(6): 1079-1093. Xiong Lianqiao, Yao Genshun, Xiong Shaoyun, Shen Anjiang, Hao Yi. A method of stratum restoration for fault belt based on balanced cross-section: A case study of the Middle Devonian Guanwushan Formation in the Longmenshan area, western Sichuan Basin, China[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2018, 43(6): 1079-1093. [18] 陈源仁. 四川龙门山区泥盆纪海水来自何方[J]. 岩相古地理, 1990, 1(1): 19-27. Chen Yuanren. Where did sea water of the Longmen Mountain area come from during the Devonian[J]. Lithofacies Palaeogeography, 1990, 1(1): 19-27. [19] 陈留勤. 龙门山地区泥盆纪层序地层及海平面变化-以四川北川桂溪剖面为例[J]. 西北地质, 2007, 40(04): 58-66. Chen Liuqin. Devonian Sequence Stratigraphy and Sea-Level Change in Longmenshan Mountains-An Example from the Guixi Section in Beichuan County, Sichuan Provincen[J]. North West Geology, 2007, 40(04): 58-66. [20] 庞艳君, 张本健, 冯仁蔚, 等. 龙门山构造带北段泥盆系沉积环境演化[J]. 世界地质, 2010, 29(04): 561-568. Pang Yanjun, Zhang benjian, Feng Renwei, Wang YingRong. Evolution of Devonian depositional environment







熊连桥, 姚根顺, 倪超, 等. 川西北地区中泥盆统观雾山组储集特征、控制因素与演化[J]. 天然气地质学, 2017, 28(07): 1672-1926. Xiong Lianqiao, Yao Genshun, Ni Chao, et al. Characteristics, controlling factors and evolution of the Middle Devonian Guanwushan Formation reservoirs in Longmenshan area, northwestern Sichuan, China[J]. Nature Gas Geoscience, 2017, 28(07): 1672-1926. [35]&nbsp; Lianqiao Xiong, Genshun Yao, Shaoyun Xiong, et al. Origin of dolomite in the Middle Devonian Guanwushan Formation of the western Sichuan Basin, western China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 495(3) 113-126. [36]&nbsp; Chen F C, Wilson C J L. Emplacement of the Longmen Shan Thrust-Nappe Belt along the eastern margin of the Tibetan Plateau[J]. Journal of Structural Geology, 1996, 18(4): 413-430. [37]&nbsp; Wilson J L. Carbonate facies in geologic history[J]. New York Springer-Verlag Belin Heidelberg, 1975. [38]&nbsp; Turcker M E. Shallow-marine carbonate facies and facies models, sedimentology, recent development and applied aspects[J]. Oxford Blackwell Scientific Publication, 1985, 111-117. [39]&nbsp; 曾允孚, 王正英, 田洪均. 广西大厂龙头泥盆纪生物礁的研究[J]. 地质论评, 1983, 29(4): 321-330. Zeng Yunfu, Wang Zhengying, Tian Hongjun. The study of the Devonian Longtoushan Organic Reef in Dachang, Guangxi[J]. Geological Review, 1983, 29(4): 321-330. [40]&nbsp; 王一刚. 黔南桂西早三叠世大陆斜坡碳酸盐重力流沉积[J]. 沉积学报, 1986, 4(2): 91-100. Wang Yigang. Sedimentary characteristics of carbonate gravity flows on the continental slope of the early Triassic in southern Guizhou and western Guangxi[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1986, 4(2): 91-100. [41]&nbsp; 张锦泉. 碳酸盐台地边缘或斜坡的类型及沉积模式[J]. 岩相古地理, 1988, 2: 32-41. Zhang Jinquan. Types and facies models of platform margins and slopes[J]. Lithofacies Palaeogeography, 1988, 2: 32-41. [42]&nbsp; 曾允孚, 王成善. 海洋碳酸盐沉积相模式[J]. 矿物岩石, 1991, 11(3): 107-117. Zeng Yunfu, Wang Chengshan. Marine carbonate depositional facies models[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1991, 11(3): 107-117. [43]&nbsp; Cornelia Klindworth, Werner Schneider, 刘效曾. 桂林唐家湾剖面中-上泥盆统碳酸盐岩沉积相和成岩作用[J]. 岩相古地理, 1993, 13(3): 9-17. Cornelia Klindworth, Werner Schneider, Liu Xiaozeng. Sedimentary facies and diagenesis of the Middle and Upper Devonian carbonate rocks in the Tangjiawan section, Guilin[J]. Lithofacies Palaeogeography, 1993, 13(3): 9-17. [44]&nbsp; 王生海, 范嘉松, J. Keith Rigby. 贵州紫云二叠纪生物礁的基本特征及其发育规律[J]. 沉积学报, 1996, 14(2): 66-73. Wang Shenghai, Fan Jiasong, J. Keith Rigby. The characteristics and development of the Permian reefs in Ziyun county, South Guizhou, China[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1996, 14(2): 66-73. [45]&nbsp; 牛新生, 王成善. 异地碳酸盐岩块体与碳酸盐岩重力流沉积研究及展望[J]. 古地理学报, 2010, 12(1): 17-30. Niu Xinsheng, Wang Chengshan. Problems and prospect in studies of allochthonous carbonate blocks and carbonate gravity flow deposits[J]. Journal of Palaeogeography, 2010, 12(1): 17-30. [46]&nbsp; 金振奎, 石良, 高白水, 余宽宏. 碳酸盐岩沉积相及相模式[J]. 沉积学报, 2013, 31(6): 965-979. Jin Zhenkui, Shi Liang, Gao Baishui, Yu Kuanhong. Carbonate facies and facies models[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2013, 31(6): 965-979. [47]&nbsp; 徐胜利, 袁文俊, 侯明才, 林良彪, 姬广建. 上扬子地台南缘早志留世埃隆期碳酸盐岩岩石学特征及沉积环境[J]. 岩石学报, 2017, 33(4): 1357-1368. Xu Shenglin, Yuan Wenjun, Hou Mingcai, Lin Liangbiao, Ji Guangjian. Petrological characteristics and sedimentary environment of carbonate during Aeronian stage of Early Silurian in the southern margin of Yangtze Craton[J]. Acta Petrologica Sinica, 2017, 33(4): 1357-1368. [48]&nbsp; 罗贝维, 张庆春, 段海岗, 吕明胜, 贾民强, 杨沛广, 林腾飞, 杨超. 中东地区阿普特阶 Shuaiba 组碳酸盐岩沉积体系特征及模式探究[J]. 岩石学报, 2019, 35(4): 1291-1301. Luo Beiwei, Zhang Qingchun, Duan Haigang, Lü Mingsheng, Jia Minqiang, Yang Peiguang, Lin Tengfei. Geological characteristics of sedimentary system and model of Shuaiba Formation at Aptian Stage, Middle East[J]. Acta Petrologica Sinica, 2019, 35(4): 1291-1301. [49]&nbsp; 罗志立. 龙门山造山带岩石圈演化的动力学模式[J]. 成都地质学院学报, 1991(1): 1-7. Luo Zhili. The dynamic model of the lithospheric evolution in Longmenshan orogenic belt[J]. Journal of Chengde College of Geology, 1991(1): 1-7. [50]&nbsp; 刘树根. 龙门山冲断带与川西前陆盆地的形成演化



[M]. 成都科技大学出版社, 1993: 113-118. Liu Shugen. Longmenshan thrust belt and formation and evolution of the western Sichuan foreland basin[M]. University of Chendu Technology Publishing House, 1993: 113-118. [51] Valladares M I. Siliciclastic carbonate slope apron in an immature tensional margin (upper Precambrian-Lower Cambrian), central Iberian Zone Salamanca, Spain[J]. *Sedimentary Geology*, 1995, 4(3-4): 165-186. [52] 高振中, 段太忠. 湘西黔东寒武纪深水碳酸盐重力沉积[J]. *沉积学报*, 1985, 3(3): 7-22. Gao Zhenzhong, Duan Taizhong. Gravity-displaced deposits of Cambrian deep-water carbonates in West Hunan and East Guizhou[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1985, 3(3): 7-22. [53] Kiessling W, Flügel E, Golonka J. 2002. Phanerozoic reef patterns. SEPM Special Publication, 2002: 1-743. [54] Copper P. Silurian and Devonian reef: 80 million years of green-house between two ice ages//Kiessling W, Flügel E, Golonka J eds. *Phanerozoic Reef Pattern: SEPM Special Publication*, 2002: 181-238. [55] 张静, 张宝民, 单秀琴. 中国中西部盆地海相白云岩主要形成机制与模式[J]. *地质通报*, 2017, 36(4): 664-675. Zhang Jing, Zhang Baomin, Shan Xiuqin. Major formation mechanisms and models of marine dolomite in middle and western basins of China. *Geological Bulletin of China*, 2017, 36(4): 664-675. [56] 何治亮, 马永生, 张军涛, 朱东亚, 钱一雄, 丁茜, 陈代钊. 中国的白云岩与白云岩储层: 分布、成因与主控因素. *石油与天然气地质*, 2020, 41(1): 1-14. He Zhiliang, Ma Yongsheng, Zhang Juntao, Zhu Dongya, Qian Yixiong, Ding Qian, Chen Daizhao. Distribution, genetic mechanism and control factors of dolomite reservoirs in China[J]. *Oil & Gas Geology*, 2020, 41(1): 1-14. [57] 贾承造, 李本亮, 张兴阳, 李传新. 中国海相盆地的形成与演化[J]. *科学通报*, 2007(S1): 1-8. Jia Chengzao, Li Ben Liang, Zhang Xinyang, Li Chuanxin. Formation and evolution of marine basins of China[J]. *Science China*, 2007, (S1): 1-8. [58] Joachimski M M, Breisig S, Buggisch W, Talent J A. Devonian climate and reef evolution: insights from oxygen isotopes in apatite. *Earth Planet Science Letters*, 2009, 284: 599-609. [59] Johnson J G, Klapper G, Sandberg C A. Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geological Society of America Bulletin*, 1985, 96: 567-587. [60] 郑荣才, 刘文均. 龙门山泥盆纪层序地层的碳、锶同位素效应[J]. *地质论评*, 1997, 43(3): 264-272. Zheng Rongcai, Liu Wenjun. Carbon and strontium isotopic effects of the Devonian sequence in the Longmen mountains area[J]. *Geological Review*, 1997, 43(3): 264-272. [61] 詹行礼, 李远图, 何绍府. 川西龙门山“彭灌杂岩”花岗岩成因类型及其构造环境初步探讨[J]. *成都地质学院学报*, 1986, 13(1): 50-59. Zhan Xingli, Li Yuantu, He Shaofu. A preliminary study of the genetic types and tectonic environment of the “Peng-Guan Complex” in Longmen range, western Sichuan[J]. *Journal of Chengde College of Geology*, 1986, 13(1): 50-59. [62] 张沛, 周祖翼, 许长海, 张青林. 川西龙门山彭灌杂岩地球化学特征: 岩石成因与构造意义[J]. *大地构造与成矿学*, 2008, 32(1): 105-116. Zhang Pei, Zhou Zuyi, Xu Changhai, Zhang Qinglin. Geochemistry of Pengguan Complex in the Longmenshan region, western Sichuan province, SW China: Petrogenesis and tectonic implications[J]. *Geotectonica et Metalligenia*, 2008, 32(1): 105-116. [63] 邹才能, 陶士振. 海相碳酸盐岩大中型岩性地层油气田形成的主要控制因素[J]. *科学通报*, 2007, 52(S1), 32-39. Zou Caineng, Tao Shizhen. Main controlling factors for the formation of large and medium-sized lithostratigraphic oil and gas field in marine carbonate rocks[J]. *Scientific Bulletin*, 2007, 52(S1), 32-39. [64] 马永生, 何治亮, 赵培荣, 朱宏权, 韩俊, 尤东华, 张军涛. 深层-超深层碳酸盐岩储层形成机理新进展[J]. *石油学报*, 2019, 40(12): 1415-1425. Ma Yongsheng, He Zhiliang, Zhao Peirong, Zhu Hongquan, Han Jun, You Donghua, Zhang Juntao. A new progress in formation mechanism of deep and ultra-deep carbonate reservoir[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2019, 40(12): 1415-1425. [65] 何治亮, 云露, 尤东华, 彭守涛, 张宏, 王康宁, 钱一雄, 焦存礼, 张继标. 塔里木盆地阿-满过渡带超深层碳酸盐岩储层成因与分布预测[J]. *地学前缘(中国地质大学(北京))*, 2019, 26(1): 13-21. He Zhiliang, Yun Lu, You Donghua, Peng Shoutao, Zhang Hong, Wang Kangning, Qian Yixiong, Jiao Cunli, Zhang Jibiao. Genesis and distribution prediction of the ultra-deep carbonate reservoirs in the transitional zone between the Awati and Manjiaer depressions, Tarim Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2019, 26(1): 13-21. [66] 沈安江, 胡安平, 程婷, 梁峰, 潘文庆, 俸月星, 赵建新. 2019. 激光原位 U-Pb 同位



素定年技术及其在碳酸盐成岩-孔隙演化中的应用[J]. 石油勘探与开发, 46(6): 1062-1074. Shen Anjiang, Hu Anping, Cheng Ting, Liang Feng, Pan Wenqing, Feng Yuexing, Zhao Jianxin. Laser ablation in situ U-Pb dating and its application to diagenesis-porosity evolution of carbonate reservoirs[J]. Petroleum Exploration and Development, 2019, 46(6): 1062-1074. [67]&nbsp;赵文智, 沈安江, 乔占峰, 潘立银, 胡安平, 张杰. 白云岩成因类型、识别特征及储集空间成因. 石油勘探与开发, 2018, 45(6): 923-935. Zhao Wenzhi, Shen Anjiang, Qiao Zhanfeng, Pan Liyin, Hu Anping, Zhang Jie. Genetic type and distinguished characteristics of dolomite and the origin of dolomite reservoirs[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018, 45(6): 923-935. [68]&nbsp;方少仙, 侯方浩. 石油天然气储层地质学[M]. 东营: 石油大学出版社, 2006: 187-193. Fang Shaoxian, Hou Fanghao. Petroleum and natural gas reservoir geology[M]. Dongying: Oil University Press, 2006: 187-193. [69]&nbsp;王兴志, 张帆, 蒋志斌, 张金友, 曾德铭. 四川盆地东北部飞仙关组储层研究[J]. 地质前缘(中国地质大学(北京); 北京大学), 2008, 15(1): 117-122. Wang Xingzhi, Zhang Fan, Jiang Zhibin, Zhang Jinyou, Zeng Deming. A study of Feixianguan reservoir in northeast Sichuan basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(1): 117-122. [70]&nbsp;董昭雄, 沈昭国, 何国贤, 等. 鄂尔多斯盆地大牛地气田山1段储层与沉积微相的关系[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(2): 162-167. Dong Zhaoxiong, Shen Zhaoguo, He Guoxian, et al. Relationship of sedimentary microfacies with reservoirs in the Shan-1 member of the Daniudi gas field, Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(2): 162-167. [71]&nbsp;倪新锋, 黄理力, 陈永权, 郑剑锋, 熊益学, 朱永进, 杨鹏飞, 李昌. 塔中地区深层寒武系盐下白云岩储层特征及主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(3): 489-498. Ni xinfeng, Huang Lili, Chen Yongquan, Zheng Jianfeng, Xiong Yixue, Zhu Yongjin, Yang Pengfei, Li Chang. Characteristics and main controlling factors of the Cambrian pre-salt dolomite reservoirs in Tazhong Block, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38(3): 489-498. [72]&nbsp;崔永谦, 汪建国, 田建章, 等. 华北地台中北部寒武系-奥陶系白云岩储层特征及主控因素[J]. 石油学报, 2018, 39(8): 890-901. Cui Yongqian, Wang Jianguo, Tian Jianzhang, et al. Reservoir characteristics and main controlling factors of Cambrian-Ordovician dolomite in the north central part of North China Platform[J]. Acta Petrolei Sinica, 2018, 39(8): 890-901. [73]&nbsp;Lianqiao Xiong, Genshun Yao, Shaoyun Xiong, et al. Origin of dolomite in the Middle Devonian Guanwushan Formation of the western Sichuan Basin, western China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2018, 495(3): 113-126.

**关键词** 扬子地区西北缘; 中泥盆统; 观雾山组; 古地理重建; 储层成因及演化



摘要 ID: 3282

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地元古宇古地理环境重建

周思宇、程明\*、杨宪彰、黄少英、罗彩明、史超群  
中国石油塔里木油田

**摘要:** 在塔里木盆地元古宇古地理的分析中, 根据盆地重磁电资料中古元古长城系、中元古蓟县系残余地层厚度图、断裂分布等, 初步明确两者隆凹分布, 结合盆地周缘露头岩相特征, 编绘了古元古长城系、中元古蓟县系、新元古青白口系古地理图。

**参考文献** 参考文献 (references) 蔡雄飞, 田文明, 张雄华, 等, 2013. 新疆卡瓦布拉克地区中元古界碳酸盐台地形成的标志和作用. 资源调查与环境, 34(1):001-008. 成守德, 刘朝荣, 肖立新, 2002. 塔里木盆地西部及邻区构造格局与演化. 新疆地质, 20(Suppl.):013-018. 成守德, 王元龙, 1998. 新疆大地构造演化基本特征. 新疆地质, 16(2):97-107. 崔建堂, 边小卫, 王根宝, 2006. 西昆仑地质组成与演化. 陕西地质, 24(1):1-11. 董富荣, 李嵩龄, 冯新昌, 1998. 新疆库鲁克塔格地区辛格尔变质核杂岩特征. 新疆地质, 16(3):203-211. 郭坤一, 张传林, 沈家林, 等, 2004. 西昆仑山中元古代长城系火山岩地球化学. 地质通报, 23(2):130-135. 韩强, 李宗杰, 王超, 等, 2016. 塔里木盆地沙雅隆起北部-元古宙潜山气藏地震解析、地层特征与时代研究. 中国地质, 43(2):486-499. 姜春发, 1997. 塔里木地台开合构造简述. 新疆地质, 5(3):193-202. 姜耀辉, 芮行健, 郭坤一, 等, 2001. 西昆仑山构造格架与成矿堆积环境. 火山地质与矿产, 22(1):1-11. 金建斌, 郭瑞清, 木合塔尔. 扎日, 等, 2016. 新疆库鲁克塔格西段青白口纪末期伸展构造. 新疆地质, 34(2):164-169. 刘永顺, 于海峰, 辛后田, 等, 2009. 阿尔金山地区构造单元划分和前寒武纪重要地质事件. 地质通报, 28(10):1430-1438. 齐秋菊, 张招崇, 董书云, 等, 2011. 西南天山阿克苏地区中元古代变质岩的地球化学特征及其构造背景. 岩石矿物学杂志, 30(2):172~184. 汪玉珍, 2000. 新疆中-新元古代古地理. 新疆地质, 18(4):0297-0300. 王向利, 高小平, 刘幼骥, 等, 2010. 塔里木盆地南缘铁克里克断隆结晶基底特征. 西北地质, 43(4):0095-112. 伍跃中, 2008. 阿尔金山的构造归属及其构造运动特征. 地球科学与环境学报, 30(2):111-117. 颜丙鹏, 2019. 西昆仑库孜一带长城纪火山岩地球化学特征及地质意义. 山东国土资源, 35(6):19-26. 杨鑫, 徐旭辉, 钱一雄, 等, 2014. 塔里木盆地基底组成的区域差异性探讨. 大地构造与成矿学, 38(3):544-556. 姚世齐, 于海峰, 虞卫东, 等, 2011. 西天山木札尔特岩群地球化学与变形变质特征及构造演化. 新疆地质, 29(4):403-411. 于海峰, 王福君, 潘明臣, 等, 2011. 西天山古元古代木札尔特岩群地质特征及时代厘定. 新疆地质, 29(1):0020-0025.

**关键词** 塔里木盆地; 元古宇; 古地理; 长城系; 蓟县系; 青白口系



摘要 ID: 3423

主题分类: 古地理重建与演化=》生物-岩相-气候古地理

最终交流类型: 口头报告

## 峨眉山地区乐平统宣威组鳞木化石的发现及其古气候意义

黄淑婷\*、王峻、张春光、王潇

成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

鳞木是石炭纪和二叠纪的沼泽和森林中的主要成煤植物之一, 并一度成为二叠纪热带、亚热带滨岸环境植物群落中的优势种群。最近在四川省峨眉山地区龙门碛剖面乐平统宣威组(长兴阶)的煤系地层中发现了大量的鳞木化石和黄铁矿质煤核。通过宏观特征分析后确定 C1 煤层鳞木叶座化石的种属为峨眉山鳞木 *Lepidodendron emeishamensis* sp. nov., 其中, C1 煤层鳞木化石埋藏层位晚于先前国内发现的鳞木化石, 鳞木生物延限带末现面可扩大至晚二叠世宣威组顶部。综合运用煤岩显微镜和带能谱的扫描电镜对鳞木叶座化石、黄铁矿质煤核(含鳞木茎化石)及煤中的显微组分及矿物组成进行分析, 并首次通过微观方法观察鳞木茎的解剖特征, 另外对 C1 煤层中采集的岩浆锆石样品进行 U-Pb 年代学测试。综上所述表明, 龙门碛剖面 C1 煤层岩浆锆石测年结果为  $252.7 \pm 1.7$  Ma, C1 煤层极可能形成于 P/T 界线上, 峨眉山地区乃至全球均处于极端气候条件下; 煤岩显微镜照片显示较为完整的鳞木结构镜质体以及焚烧的鳞木丝质体等, 指示区内泥炭地在晚二叠世遭受了野火事件, 导致陆相生态系统的紊乱甚至崩溃, 峨眉山大火成岩省后期酸性火山活动影响下, 峨眉山地区气候表现为炎热干旱的热带-亚热带气候; 扫描电镜下观察到: ①鳞木化石叶座部分均保留完整植物结构, 原始成分被硅质交代, 说明植物死亡后准原地埋藏, 结合 C1 煤层鳞木化石埋藏层位特点可推测峨眉山地区是二叠纪末生物大灭绝事件中陆相植物最后一处避难所; ②黄铁矿质煤核含有丰富的古生物化石, 均为黄铁矿交代, 推断乐平统宣威组(长兴阶)煤层沉积环境为活动大陆边缘的中-弱碱性富氧的陆相河流环境, 发育河流冲积平原相, 而后成煤过程处于潮坪-泻湖相。

### 参考文献

**关键词** 峨眉山地区; 宣威组; 鳞木; 煤核; 野火



# 古地理重建与演化 数据驱动下的沉积研究



摘要 ID:3014

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型: 口头报告

## 地震地貌切片解释技术及应用

杨占龙\*

中国石油勘探开发研究院西北分院

时间切片、沿层切片、地层切片、层拉平技术等是目前地震资料地质解释中分析构造、沉积与古地貌等的常方法。针对沉积体系精细研究的特定需要,提出地震地貌切片的概念并归纳其制作方法。地震地貌切片是指沿地震数据体中反映一定时期古地貌特征的部位制作的一种地震切片类型。地质体空间追踪法和小时窗透视法是地震地貌切片制作的有效方法。地震地貌切片具有对约束层位等时性要求低而适应性广、从古地貌角度出发易于被地质人员理解而实用性强、采用将今论古对比分析方法而预测结果可靠的优势,是利用切片技术进行精细地震沉积分析的一种有效方法。通过实际应用,证实了地震地貌切片概念的科学性、切片制作方法的合理性及分析结果的有效性。

**参考文献** [1] 张军华,周振晓,谭明友,等,地震切片解释中的几个理论问题[J],石油地球物理勘探,2007,42(3):348-352,361.[2] 张延章,李淑恩,黄国平,等,地震切片的分类及应用价值[J],油气地质与采收率,2002,9(3):67-69.[3] Hongliu Zeng, Stephen C Henry, John P Riola, Stratal Slicing, Part I: Realistic 3-D seismic model [J], Geophysics, 1998, 63(2):502-513.[4] Hongliu Zeng, Stephen C Henry, John P Riola, Stratal Slicing, Part II: Realistic 3-D seismic model [J], Geophysics, 1998, 63(2):514-522.[5] Posamentier H W, Dorn G A, Cole M J. et al, Imaging elements of depositional systems with 3-D seismic data: A case study[C], GCSSEPM Foundation, 17th Annual Research Conference, 1996:213-228[6] 李国发,岳英,国春香等.基于模型的薄互层地震属性分析及其应用[J].石油物探,2011,50(2):144-149.[7] 李国发,岳英,熊金良,等.基于三维模型的薄互层振幅属性实验研究[J],石油地球物理勘探,2011,46(1):115-120.[8] 李国发,王亚静,熊金良,等,薄互层地震切片解释中的几个问题—以一个三维地质模型为例[J],石油地球物理勘探,2014,49(2):388-393.[9] 刘化清,倪长宽,陈启林,等,地层切片的合理性及影响因素[J],天然气地球科学,2014,25(11):1821-1829.[10] 倪长宽,刘化清,苏明军,等,有关地层切片应用条件和分辨率的探讨[J],天然气地球科学,2014,25(11):1830-1838.[11] 张宏,董宁,宁俊瑞,等,利用地震地貌学刻画古喀斯特地貌[J],石油地球物理勘探,2010,45(增刊1):125-129.[12] Knapp R W. Vertical resolution of thick beds, thin beds, and bed cyclothem [J], Geophysics, 1990, 55(9):1183-1190[13] Ricker N, Wavelet contraction, wavelet expression, and the control of seismic resolution [J], Geophysics, 1953, 18(6):769-792.[14] Widess M A, How thin is a thin bed? [J], Geophysics, 1973. 38(8):1176-1254.[15] Widess M A, Quantifying resolution power of seismic systems[J], Geophysics, 1982, 47(8):1160-1173.[16] 凌云研究组,地震分辨率极限问题的研究[J],石油地球物理勘探,2004,39(4):435-442.[17] 云美厚,地震分辨率[J],勘探地球物理进展,2005,28(1):12-18.[18] 杨占龙,彭立才,陈启林,等,地震属性分析与岩性油气藏勘探[J].石油物探,2007,46(2):131-136.[19] 杨占龙,刘化清,沙雪梅,等,融合地震结构信息与属性信息表征陆相湖盆沉积体系[J].石油地球物理勘探,2017,52(1):138-145.

**关键词** 地震地貌切片;沉积体系;地质体追踪;小时窗透视;层拉平;可分辨性;可检测性



摘要 ID:166

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型：展板

## 沉积盆地波动过程与天文旋回：研究进展与展望

张瑞\*<sup>1,2</sup>、金之钧<sup>1,2,3</sup>、刘全有<sup>1,2,3</sup>、李明松<sup>2</sup>、陈书平<sup>4</sup>、石巨业<sup>5</sup>

1. 北京大学能源研究院

2. 北京大学地球与空间科学学院

3. 页岩油气富集机理与有效开发国家重点实验室

4. 中国石油大学（北京）地球科学学院

5. 中国地质大学（北京）能源学院

波动是物质运动的基本形式，波动过程贯穿于宜居地球演化过程与各圈层（Umbgrove, 1947）。沉积过程的旋回性变化体现在不同级次的时间尺度上，这种旋回性变化在地球轨道时间尺度（米兰科维奇旋回）驱动气候变化方面取得了成功。但米兰科维奇旋回难以解释超越地球轨道尺度的长期过程（Boulila 等, 2018）。在更长的（百万年至亿年）时间尺度上探索盆地沉积-剥蚀过程与趋势，还须纳入太阳系在银河系中的运行对地球系统的影响机制（Rampino 等, 2020）。本文回顾了沉积盆地波动理论的发展历程，指出波动分析以物理学中的波动理论为基础，从地层记录信息中识别周期波，以波动方程等数学语言表达跨越时间尺度和穿越空间圈层的基本地质节律。通过总结地球轨道与太阳系轨道周期，阐明盆地波动过程与全球地质记录、多尺度天文周期之间存在时空相关性。选取塔里木盆地、鄂尔多斯盆地等实例，剖析了天文旋回驱动的盆地构造-沉积波动过程与盆地细粒沉积作用响应（金之钧等, 2003；张瑞, 2020）。深入理解“波动”在地球系统多圈层耦合过程中的纽带作用，不仅可为探索地球宜居性历史演化提供参考，也可为揭示盆地烃源岩发育环境与页岩油气富集规律提供新思路。

**参考文献** Umbgrove, J. H. F., 1947. The pulse of the earth. 3d ed. The Hague, Nijhoff, 358. Boulila S, Laskar J, Haq B U, et al. Long-term cyclicities in Phanerozoic sea-level sedimentary record and their potential drivers[J]. *Global and Planetary Change*, 2018, 165: 128 - 136. Rampino, M. R., Caldeira, K., & Zhu, Y.. 2020. A 27.5-my underlying periodicity detected in extinction episodes of non-marine tetrapods. *Historical Biology*, 1-7. 金之钧, 吕修祥, 王毅. 塔里木盆地波动过程及控油规律[M]. 石油工业出版社, 2003. 张瑞. 鄂尔多斯盆地中生代波动沉积响应及对烃源岩的控制[D]. 中国石油大学(华东), 2020.

**关键词** 圈层相互作用, 地壳波动, 万有引力, 天文周期, 页岩层系





摘要 ID:396

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型：展板

## 利用天文旋回识别平行不整合面及剥蚀量计算-以川中古隆起及 周缘寒武系为例

张浩然\*、汪泽成、郑俊章、姜华、张明军、尹微、蔡蕊  
中国石油勘探开发研究院

四川盆地加里东期沉积形成了优质的成藏组合，天然气勘探潜力巨大，古隆起范围内发现多个气田，其中在川中古隆起寒武系龙王庙组中发现了安岳大气田，是目前国内发现的最大的整装型气田。截止 2018 年底，川中古隆起内累计探明储量 8491.36 亿方，三级储量 1.48 万亿方。因此通过川中古隆起加里东期内幕运动的研究，对预测油气勘探选区具有重要应用价值。

加里东期内幕存在多期不整合，通过传统的不整合面识别方法（野外露头、地震剖面、钻测井资料等）只能识别出川中古隆起中的六个角度不整合面，但像寒武系龙王庙组这种受到地震垂向分辨率限制无法识别，勘探却揭示其经历过暴露剥蚀的地层该如何识别成为本次研究拟解决的关键问题。本研究利用天文旋回识别出 3 个平行不整合面，对川中古隆起寒武系内部的平行不整合面进行研究，研究表明：（1）在前人研究基础上识别出三个平行不整合面，即龙王庙组与沧浪铺组、高台组与龙王庙组、洗象池组与高台组，至此川中古隆起及周缘加里东期共发育九个不整合面（图 1）；（2）分别对盆地内沧浪铺组、龙王庙组、高台组、洗象池组进行了米兰科维奇旋回的识别，计算出各个层组顶部的剥蚀量，并绘制成图。由于盆地在此期间呈西高东低的古地理格局，因此川西遭受剥蚀程度大。沧浪铺组遭受的最大剥蚀量为 75m，龙王庙组遭受的最大剥蚀量为 80m，高台组遭受的最大剥蚀量为 120m，洗象池组遭受的最大剥蚀量为 150m（图 2-图 9）；（3）对川中古隆起及周缘加里东期不整合划分为三级，一级不整合一个，二级不整合 3 个，三级不整合五个（表 1）；（4）川中古隆起加里东期经历了三个阶段构造演化：差异隆升阶段（晚震旦世-麦地坪组沉积末期）、同沉积古隆起阶段（筇竹寺组沉积初期-寒武纪末）、褶皱型古隆起及定型阶段（奥陶纪-二叠纪前）（图 10-图 13）。

目前，位于川中古隆起之上的安岳万亿方特大整装型气田已经建立，随着川中古隆起北斜坡太和含气区寒武系沧浪铺组、二叠系茅口组相继获得天然气勘探重大战略新突破后，中国石油西南油气田将太和含气区作为“十四五”天然气规模增储的主攻领域，正在积极建立川中古隆起新的万亿方特大气田。因此通过研究川中古隆起平行不整合发育情况及恢复构造演化过程，对于深化川中古隆起新勘探区带及新层系天然气勘探具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 天文旋回；不整合面；剥蚀量；构造演化



摘要 ID:1853

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型: 专题邀请报告

## 大数据在显生宙古环境重建中的应用

宋海军<sup>\*1,3</sup>、Christopher Scotese<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室

2. Department of Earth and Planetary Sciences, Northwestern University, USA

3. 中国地质大学(武汉)

近年来大数据在各个学科发展迅速,主要因为大数据既有量又有用。有量是指现在已经进入了大数据时代,各类数据都有很大的体量;有用是指很多重要的科学问题需要大数据才能解决。地质学大数据发展非常迅速。仅从发表的论文数量来看,地质学类的年均SCI论文数量在过去40年增加了7倍,而且现在每篇论文中的数据量往往比几十年前更多。另外,随着计算能力的逐年提高,算力不再是制约大数据研究的瓶颈,这使得大数据有关的研究出现爆发式增长。

本文重点介绍如何利用地球化学和沉积学大数据恢复长时间尺度的古环境变化,主要聚焦显生宙的古温度和海洋的氧化还原条件。从指标上看,古温度重建的指标比较多,包括氧同位素( $\delta^{18}\text{O}$ )、团簇同位素( $\Delta_{47}$ )、生物标志物指标 $\text{TEX}_{86}$ 和 $\text{Uk}_{37}$ ,  $\text{Mg}/\text{Ca}$ 比值等,但后面三种指标因保存问题,主要用在较新的地层中(新生代)。在较老的中生代和古生代地层中,氧同位素数据最为常见,但能用来恢复古温度的氧同位素主要来自结构比较致密、抵抗成岩改造能力较强的化石中,比如腕足、箭石等钙质化石和牙形石、鱼牙等磷质化石。目前化石氧同位素数据已有数万条,成为重建显生宙古温度变化的关键数据。但化石氧同位素恢复古温度也存在局限性,例如海水的氧同位素本身随时间也在变化。而古气候的沉积学指标,例如能指示特定气候的冰碛岩、蒸发岩、红土壤等,能提供一定的古温度信息,在一定程度上弥补了地化指标的缺点。基于氧同位素和沉积学的联合大数据是一种较好的方法来恢复显生宙地球平均温度的变化。此外,本文还利用一些特殊的沉积标志物,例如海洋红层、白云岩等,恢复显生宙古海洋水化学条件,重点是氧化还原条件。

环境变化是生物演化的主要驱动力之一。重建的显生宙古环境变化,为我们深入理解一些重要生物事件发生的原因提供了条件。通过定量分析古温度变化与生物大灭绝事件之间的关系,发现显生宙不同时期的海洋生物灭绝率与温度变化的幅度和速率均存在显著的正相关关系,也就是说温度变化速度越快、幅度越大,该时期的生物灭绝率就越高。这一发现说明温度变化(包括幅度和速率)对海洋生物带来很大的压力,如果生物有时间适应(温度变化速率较低的情况下),温度变化的影响将得到缓和。研究发现显生宙的五大灭绝事件,对应于温度变化幅度 $>5.2^\circ\text{C}$ ,且温度变化率 $>10^\circ\text{C}/\text{Myr}$ 。并且背景灭绝和小灭绝事件期间,温度变化的幅度和速率都没有超过这两个数值。这说明温度变化幅度 $>5.2^\circ\text{C}$ 和速率 $>10^\circ\text{C}/\text{Myr}$ 代表了五次大灭绝的关键阈值。

参考文献

关键词



摘要 ID:1375

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型：口头报告

## 基于岩心照片的沉积构造智能识别

陈诗望\*

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

随着数字化岩心照片的日益丰富和网络共享，数据与算法结合，未来一定能实现沉积构造的智能识别。智能识别岩心上面的沉积构造只是沉积相自动分析的第一个阶段；第二阶段是单井相的智能鉴定，对于连续取芯的一口单井上识别出来的一系列沉积构造组成一个集合，与沉积相知识库进行比对，可以自动判断是属于哪一种沉积微相类型，遇到多解性的问题，结合测井相结果等资料综合判断。第三阶段是沉积相的平面自动分析和自动编图。某一段地层单元的沉积相识别之后，就会在地质图上形成一个有大地坐标的点数据，这样许许多多的点数据再统一考虑起来，加上地震相预测的平面划定边界功能，就可以勾画出一个油田的准确的沉积相图。本研究尝试采用人工智能手段进行岩心照片的沉积构造自动识别。首先，概述了该方法，包括数据准备，按照距离物源由近到远，水动力逐渐变弱的趋势，选择标注了5种有代表性，岩心观察时出现概率高的沉积构造（粒序层理，平行层理，交错层理，透镜层理，水平层理）组成训练集。其次，利用国内先进的百度人工智能开放平台 easyDL，智能识别岩心照片上的沉积构造，挑选816张照片训练样本，3个版本的训练，模型校验显示5种常见沉积构造识别精度已经达到86%。为了进一步提高模型精度，对核心图像集进行混淆矩阵误差分析，发现某些分类标注的样本本身特征不明显导致识别混淆，去除误识别图像，并对新结果进行分析。最后，将原模型与优化后的模型进行了比较，对如何扩展和改进 workflow 提出了建议。下一步准备开发手机端应用，拍照识别沉积构造。在进一步丰富样本的基础上扩展更多的沉积构造类型并提高每一种类型的识别精度。

**参考文献** Bianco, S., M. Buzzelli, D. Mazzini, and R. Schettini, 2017, Deep learning for logo recognition: *Neurocomputing*, v. 245, p. 23-30. Li, N., H. Hao, Q. Gu, D. Wang, and X. Hu, 2017, A transfer learning method for automatic identification of sandstone microscopic images: *Computers & Geosciences*, v. 103, p. 111-121. Schmidhuber, J., 2015, Deep learning in neural networks: *Neural Networks*, v. 61, p. 85-117. Brynjolfsson, E., and T. Mitchell, 2017, What can machine learning do? Workforce implications: *Science*, v. 358, p. 1530-1534. Chengshan, W., F. Zhiqiang, W. Pujun, and S. A. Graham, 2019, Section 5 - SK-1 Core Description and Core Photographs, in W. Chengshan, F. Zhiqiang, W. Pujun, and S. A. Graham, eds., *Initial Report of Continental Scientific Drilling Project of the Cretaceous Songliao Basin (SK-1) in China*, Elsevier, p. 133-655. Fawcett, T., 2006, An introduction to ROC analysis: *Pattern Recognition Letters*, v. 27, p. 861-874. Yuan, Z., T. Lu, and C. L. Tan, 2017, Learning discriminated and correlated patches for multi-view object detection using sparse coding: *Pattern Recognition*, v. 69, p. 26-38. Zhang, Y., M. Li, and S. Han, 2018, Automatic identification and classification in lithology based on deep learning in rock images: *Acta Petrologica Sinica*, v. 34.

**关键词** 沉积构造；智能识别；百度人工智能开放平台；深度学习；单井沉积相



摘要 ID:709

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型：口头报告

## 碎屑锆石大数据的探索：青藏高原碎屑锆石年龄相的建立及在缝合带物源分析中的应用

薛伟伟<sup>1,2</sup>、胡修棉\*<sup>1</sup>、Eduardo Garzanti<sup>3</sup>、Anlin Ma<sup>1</sup>、Wen Lai<sup>4</sup>、Chao Li<sup>1</sup>

1. 地球科学与工程学院，南京大学，南京，210023，中国
2. 同位素地球化学国家重点实验室，中国科学院广州地球化学研究所，广州，510640，中国
3. 地球和环境科学学院，米兰比可卡大学，米兰，20126，意大利
4. 地理与海洋科学学院，南京大学，南京，210023，中国

物源分析是判断古侵蚀区、重建古地形、恢复古水系以及确定源区构造背景的重要方法。由于锆石 U-Pb 年龄具有较高的封闭温度且很难被后期改造，是近年来最常用的物源分析手段。青藏高原积累了大量的碎屑锆石 U-Pb 数据，但由于数据量时空分布的不均一，不同学者总结和搜集的各地体碎屑锆石年龄特征有所差异，这对于认识源区地块的锆石年龄特征和推断盆地物源区有很大影响。然而，少有学者将这些数据汇总并总结各地体的碎屑锆石年龄分布特征。本研究探索性的开展了青藏高原碎屑锆石大数据研究，建立碎屑锆石数据库并使用碰撞前碎屑锆石年龄相有效区别了缝合带的沉积物源。

通过搜集青藏高原的南羌塘地体、拉萨地体、特提斯喜马拉雅地体、班怒带和雅江带前寒武纪-新生代 49111 颗碎屑锆石 U-Pb 年龄（533 个样品）和 8532 颗 Hf 同位素数据（156 个样品），本研究建立了各地体碰撞前的碎屑锆石年龄相。南羌塘地体被分为两个碎屑锆石年龄相（DZF SQ1 和 DZF SQ2），北拉萨地体分为三个相（DZF NL-1, NL-2 和 NL-3），南拉萨地体分为三个相（DZF SL-1, SL-2 和 SL-3），特提斯喜马拉雅地体分为三个相（DZF TH-1, TH-2, TH-3）。使用各地体的碎屑锆石年龄相结合 MDS 方法对班怒带和雅江带的木嘎岗日杂岩或修康杂岩等 19 个沉积单元进行了物源判别，结果表明碰撞前碎屑锆石年龄相的建立有助于识别缝合带沉积单元的物源。此外，本研究还探讨了碎屑锆石年龄相判别缝合带物源的优势和缺陷，并认为碎屑锆石年龄相物源分析方法相比传统方法更加客观和有效。

### 参考文献

**关键词** 青藏高原；物源分析；碎屑锆石年龄相



摘要 ID:1650

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型: 口头报告

## 大洋钻探沉积地层时间数据库的建立

马超\*<sup>1</sup>、蔡灿<sup>2</sup>、张鹏程<sup>1</sup>、韩卿臣<sup>1</sup>、周生健<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 中国地质大学(北京)

国际大洋钻探计划是一个始于 20 世纪 60 年代末并持续至今的国际大科学计划, 该计划通过海底侏罗纪以来的连续沉积地层的研究, 揭示了一系列地球演化规律, 也积累了大量的海底沉积数据。其中地层时间对这些数据后续的挖掘和应用起到至关重要的作用。大洋钻探地层时间数据分为放射性测年、磁性地层、古生物地层和旋回地层。这些数据主要是航次中、航次后的研究中测量和解释获得的, 存在航次报告、发表文献和数据库中, 赋存形式为图和表。但是目前还没有一个完整的数据库整合所有的地层时间数据, 并提供相应服务。基于此, 过去两年, 本研究针对大洋钻探地层时间数据建立了一套完整的人机交互的数据挖掘流程, 并对该数据进行挖掘。大洋钻探共 4092 个钻孔, 其中含有沉积物的钻孔有 3335 个, 目前我们共提取了 1444 个钻孔的沉积地层时间数据, 共 45128 条数据。同时, 我们整合了基于地层时间数据的 Age-Depth 模型, 以及地质年代知识图谱, 来提供完整的地层时间服务。

### 参考文献

**关键词** 大洋钻探; 数据库; 沉积地层时间; 年龄模型



摘要 ID: 3269

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型: 口头报告

## 显生宙古气候和古海洋环境演变的地质记录与调节机制

田力\*、宋海军、宋虎跃、楚道亮、吴玉祥

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室

气候和环境是影响生物演化与人类社会发展的关键自然因素,恢复古海洋环境条件和古气候演变历史是我们认识过去地球宜居性的起源与发展过程重要内容。通过系统整理用于重建古温度、古氧相和古海洋酸碱度的地质记录和模型模拟结果,我们初步揭示了显生宙长时间尺度下的古气候-古环境演变规律:1)早古生代地表以温室气候为主、夹有小冰期,大气 $pCO_2$ 和氧含量都处于低值、波动升高,大洋普遍缺氧、海水碱度低;2)晚古生代大气 $pCO_2$ 低、氧含量高,海水氧化程度高、碱度高,中期冰室气候主导、但从二叠纪中晚期 $pCO_2$ 开始增加、温度上升,局部海洋缺氧,持续到三叠纪初;3)中生代到新生代早期,除了白垩纪中晚期有较大波动外,其他时段大气 $pCO_2$ 和氧含量都处于高位、温室气候强盛、海水碱度在较高水平小幅波动,海水氧化程度高但短时间的缺氧事件较为频繁;4)新生代中期开始,大气 $pCO_2$ 低、氧含量高,冰室气候再次出现、海水氧化程度高、碱度高,各种气候环境条件逐步发展到现代水平。结合构造运动、火山活动、古地理和生物进化等演变历史背景,在长时间尺度上存在聚合期高温-缺氧、拉升期降温氧化的大致规律。火山活动可以直接影响大气 $pCO_2$ ,造山运动会通过影响风化作用和反风化作用调节 $pCO_2$ ,植物登陆和海洋表层生产力革命等重要生物事件对大气组分有明显的影响。海陆格局演化会改变季风和海洋环流,直接控制区域气候条件变化。从这些气候和环境演变历史和调节机制中不难发现,碳循环不仅在短时间尺度,例如近现代和地质突变期,的气候环境变化中扮演了主要角色,也在长时间尺度上其他圈层对表层系统的控制与调节中发挥了重要作用,是我们开展地球宜居性的过去和未来研究中应该重点关注的核心地质过程。

### 参考文献

**关键词** 古温度;古氧相;古海水酸碱度;古大气 $pCO_2$ ;古大气氧含量



摘要 ID: 3418

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型: 口头报告

## 基于深度学习的岩心图像智能分析技术

任义丽\*、刘茜、林盛斓、蒋丽维、苏乾潇  
中国石油勘探开发研究院

受精准查找甜点储层和提升数据处理分析效率的迫切需要，目前储层分析技术正在从数字岩心向着智能岩心方向发展。本研究围绕多尺度岩心图像开展多项攻关研究工作，攻克通用领域算法无法直接适用于石油勘探开发领域的难题，自主研发新算法和新模型，利用图像分类、图像分割、关键点识别等技术，构建面向薄片、CT、扫描电镜等多源异构岩心图像数据，建立涵盖碎屑岩、碳酸盐岩、复杂岩性（如泥岩、页岩）等多种岩性的岩石组分识别、孔隙结构分析、岩石结构评价等模型，形成岩性识别、碎屑岩薄片智能分析、泥页岩孔缝和矿物智能识别、古生物孢粉化石鉴定等岩心图像智能分析优势技术，实现油气储层的智能识别与描述，以期在该领域实现技术、算法和应用多维度、多层面的突破，帮助岩矿鉴定专家更好地理解储层，从而提高油气勘探和开发的精度与效率。

参考文献

关键词



摘要 ID:2201

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型: 口头报告

## 基于深度学习的碳酸盐岩生物化石显微图像识别

余晓露<sup>\*1,2</sup>、杜崇娇<sup>1</sup>、马中良<sup>1,2</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所
2. 中国石油化工集团公司油气成藏重点实验室

碳酸盐岩薄片中的生物化石识别对判断沉积环境及古环境研究具有重要的意义,但传统的人工鉴定方法对经验要求高,受主观影响较大,准确率有限。

本研究使用深度学习技术对常见生物化石进行识别,提出一种基于卷积神经网络的碳酸盐岩生物化石显微图像识别方法。将碳酸盐岩中的常见生物化石分为腕足动物、棘皮动物、有孔虫等10大类,对于一张含有生物化石的碳酸盐岩薄片图像,通过图像预处理、设计模型、训练模型等步骤,使用ResNet模型作为生物化石特征提取的基础模型,并将提取到的特征送入模型进行计算,最终得到识别结果。实验中选出1635张碳酸盐岩生物化石图像进行测试,综合识别准确率约为86%。同时,为了识别碳酸盐岩薄片图像中生物所在位置,本研究还提出YOLO目标检测模型,可同时实现薄片图像中生物所在区域的检测和生物化石的识别,识别准确率为85%。

本研究使用改进的卷积神经网络模型来识别生物化石图像,判断生物化石物种,该方法验证了使用深度学习方法对碳酸盐岩生物显微图像进行智能识别的可行性,可作为传统人工鉴定方法的有益补充,具有一定的实际应用价值,如果增加使用场景,图像识别技术在本行业将具有广阔的应用前景。

### 参考文献

**关键词** 生物化石; 卷积神经网络; ResNet; YOLO; 生物识别





摘要 ID:1666

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型: 口头报告

## 基于偏正态概率分布的粒度分布次总体沉积信息挖掘

袁瑞\*、张昌民、赵芸、张莉  
长江大学

沉积颗粒是某种沉积环境和沉积水动力条件下多个沉积过程的最终产物, 粒度分布是原始沉积信息的载体 (Ijmker et al., 2012; 章婷曦等, 2018; Rose et al., 2019; 常宏等, 2019; 王中波等, 2020; Bright et al., 2020; 刘祥奇等, 2020)。粒度分布是来自不同沉积过程的多个次总体的叠加, 频率曲线可能表现为双峰或者多峰特征 (Gan and Scholz, 2017; Wu et al., 2020)。常见的概率分布模型在分离次总体后无法全面计算统计参数 (Spencer, 1963; Bartholdy et al., 2007; Xiao et al., 2012; Wu et al., 2020)。本研究以 214 份鄱阳湖现代沉积物的粒度分布数据为例, 利用偏正态概率分布模型共分离提取 977 个次总体, 计算各个次总体的统计参数, 并对比分析了不同沉积环境中次总体参数的异同。

设粒度分布次总体  $Y_i$  均服从偏正态概率分布  $Y_i \sim SN(\mu_i, \sigma_i^2, \alpha_i)$ , 其中  $\mu_i$ 、 $\sigma_i$  和  $\alpha_i$  分别为第  $i$  个次总体的位置参数、尺度参数和偏度参数, 则沉积物粒度分布的偏正态概率分布模型为 (Gan and Scholz, 2017; Yuan et al., 2018):

其中  $c_i$  为第  $i$  个次总体的所占百分比,  $\sum c_i = 100\%$ ;  $x$  为粒径; 粒度分布中某个粒径的频率  $y$  的估计值为各次总体频率之和  $\sum y_i$ 。采用自适应网格最优化求解得出每个次总体的偏正态概率分布模型参数 ( $c_i, \mu_i, \sigma_i^2, \alpha_i$ ), 再计算各个次总体的均值  $M$ 、方差  $V$ 、偏度  $Sk$  和峰度  $Ku$ 。例如, 一个现代沉积物样品的粒度分布及其次总体计算结果如图 1 所示。该样品取自康山河枯水主河道中部, 野外鉴定岩性为粉砂质泥岩, 其粒度频率曲线具有为 5 个峰值。利用偏正态概率分布从中共分离出 6 个次级总体。

在 977 个次总体中, 次总体均值主要为  $0 \sim 1\phi$ 、 $1 \sim 2\phi$ 、 $2 \sim 3\phi$ 、 $4 \sim 5\phi$ 、 $6 \sim 7\phi$  和  $7 \sim 8\phi$  (图 2a)。均值为  $0 \sim 2\phi$  的次总体分选性极好, 均值为  $2 \sim 3\phi$  的次总体分选性极好—好, 均值为  $4 \sim 5\phi$  的次总体分选性极好—较好, 均值为  $6 \sim 8\phi$  次总体的分选性随着均值的减小而变差 (图 2b)。均值为  $4 \sim 5\phi$  和  $6 \sim 8\phi$  次总体主要为极粗偏 (图 2c)。次总体偏度均小于 0.8 (图 2d); 均值为  $4 \sim 5\phi$  和  $6 \sim 8\phi$  次总体的所占百分比一般不超过 30% (图 2e)。次总体的最大频率均不超过 12%, 且均值为  $4 \sim 5\phi$  次总体的最大频率小于 3%、均值为  $6 \sim 8\phi$  次总体的最大频率小于 2% (图 2f)。次总体的所占百分比与最大频率呈线性正相关关系 (图 2g)。

本次在康山河末端顺河道取样 8 个; 在河流消亡处左右两侧的河道、天然堤、天然堤外缘和靠湖区分别取样 4 次尽管粒度分布的参数无法表征河流终端沉积物粒度的变化规律, 但是通过分离得到的次总体参数发现, 离河道越远, 主要次总体的粒度均值逐渐较小, 最终转化为各个次总体的百分比接近、无主要次总体的特征 (图 3)。

**参考文献** 常宏, 左合君, 王海兵, 等, 2019. 黄河乌兰布和沙漠段两岸地表沉积物多重分形特征及其指示意义[J]. 干旱区研究, 36(6): 1559-1567. 刘祥奇, 宋磊, 吴奇龙, 等, 2020. 基于粒度分布曲线的邻近传播聚类算法在沉积环境识别中的应用——以白洋淀地区为例[J]. 海洋地质与第四纪地质, 40(1): 198-209. 王中波, 陆凯, 温珍河, 等, 2020. 中国东部海域表层沉积物粒度组成及影响因素[J]. 地球科学, 45(7): 2709-2721. 章婷曦, 文莹亭, 董丹萍, 等, 2018. 太湖西北部表层沉积物粒度特征与沉积环境[J]. 湖泊科学, 30(3): 836-846. Bright C, Mager S, Horton S, 2020. Response of nephelometric turbidity to hydrodynamic particle size of fine suspended sediment[J]. International Journal of Sediment Research, 35(5): 444-454. Gan S Q, Scholz C A. 2017. Skew normal distribution deconvolution of grain-size distribution and its application to 530 samples from Lake Bosomtwi, Ghana[J]. Journal of Sedimentary Research, 87: 1214-1225. Ijmker J, Stauch G, Dietze E, et al., 2012. Characterisation of transport processes and sedimentary deposits by statistical end-member mixing analysis of terrestrial



sediments in the Donggi Cona lake catchment, NE Tibetan Plateau[J]. *Sedimentary Geology*, 281(1): 166-179. Rose M D, Mattioli M, Capuano N, et al., 2019. Stratigraphy, petrography and grain-size distribution of sedimentary lithologies at Cahuachi (South Peru): ENSO-related deposits or a common regional succession?[J] *Geosciences*, 9: 80. Wu L, Krijgsman W, Liu J, et al., 2020. CFLab: A MATLAB GUI program for decomposing sediment grain size distribution using Weibull functions[J]. *Sedimentary Geology* 398: 105590. Yuan R, Zhang C M, Wang X L, et al., 2018. Utilizing skew normal distribution to unmix grain-size distribution of swampy lakeshore: example from Lake Ulungur, China[J]. *Arabian Journal of Geosciences*, 11: 695.

**关键词** 偏正态概率分布; 粒度分布; 次总体参数; 沉积环境; 沉积信息挖掘



摘要 ID:141

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型: 展板

## 酒西盆地砂岩储层碳酸盐胶结物碳氧同位素特征及地质意义

苟迎春\*

中国石油勘探开发研究院西北分院

碳酸盐胶结物是酒西盆地泉子组(N1B1)M油组砂岩储层中最常见、含量最高的自生矿物,通过对其碳氧同位素组成及丰度的测定研究,可为沉积古环境恢复、成岩流体特征、孔隙演化规律研究提供地球化学证据。

本次研究共选取了2口井M油组的210个岩心样品测试分析认为,该区碳酸盐胶结物主要以方解石为主,少量白云石胶结物,胶结物分布范围为2.11%~56.39%,平均为12.93%。胶结物以基底式、孔隙式结构为主,部分斑点状、环边状。

碳酸盐胶结物碳氧同位素分析表明,M油组岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值的范围为-11.14‰~-3.25‰, $\delta^{13}\text{C}$ 值的范围为-7.32‰~-0.42‰,与国内其它盆地的区间值 $\delta^{13}\text{C}$ -2‰~6‰、 $\delta^{18}\text{O}$ -4‰~-8‰相比,M油组砂岩储层碳同位素值具有整体向负波动特征,表明M油组砂体发育环境属于水体滞留时间短的开放性淡水—微咸水湖泊系统(图1)。碳酸盐胶结物的形成与溶解—沉积作用相关。 $\delta^{13}\text{C}$ 、 $\delta^{18}\text{O}$ 值呈现由深部到浅部逐渐变小、变轻的趋势,说明由深到浅大气淡水影响逐渐增强,水体盐度减小,成岩温度逐渐增高。研究还发现,碳酸盐胶结物 $\delta^{18}\text{O}$ 值、 $\delta^{13}\text{C}$ 值的分异与油气富集程度具较好的分区性,一般规律是:油浸~含油砂岩层碳酸盐胶结物富集 $\delta^{13}\text{C}$ ,同位素数据点基本散布在交汇图的下部,油斑~油迹砂岩层缺少 $\delta^{18}\text{O}$ 同位素,数据点基本散布在图的右中部分,而非主流的荧光砂岩层胶结物同时缺少 $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 同位素,数据点基本散布在图的右上角(图2)。这种现象与同位素的分异作用以及烃类物质的热蚀变和细菌降解关。

**参考文献** [1] 张敏强,黄思静,吴志轩,等.东海盆地丽水凹陷古近系储层砂岩中碳酸盐胶结物及形成机制[J].成都理工大学学报:自然科学版,2007,34(3):259-266. ZHANG M Q, HUANG S J, WU Z X, et al. Carbonate cements and their formation mechanism in Palaeogene sandstones of Lishuisag, East China Sea Basin[J]. Journal of Chengde University of Technology: Science & Technology Edition, 2007, 34(3): 259-266. [2] Carlos R, Rafaela M, Karl R, et al. Facies-related diagenesis and multiphase siderite cementation and dissolution in there reservoirs and stones of the Khatatba Formation Egypt western desert[J]. Journal of Sedimentary Research, 2001, 71(3): 459-472. [3] 苏玲,朱如凯,崔景伟等.中国湖相碳酸盐岩时空分布与碳氧同位素特征[J].古地学报,2017,19(6):1063-1074. Su L, Zhu R k, Cui J w, et al. Spatial-temporal distribution of lacustrine carbonate rocks in China and their carbon and oxygen isotopic characteristics[J]. Journal of Palaeo geography, 2017, 19(6): 1063-1074. [4] li b f, fang q, li y f. et al. Stable oxygen and carbon isotope record from a drill core from the Hetao Basin in the upper reaches of the Yellow River in northern China and its implications for paleolake evolution [J]. Chemical Geology, 2000, 557, 1119-1128. [5] 郑永飞,徐宝龙,周根陶.矿物稳定同位素地球化学研究[J].地学前缘(中国地质大学,北京),2000,7(2):299-320. ZHENG Y f, XU B l, ZHOU G t. Geochemical studies of atable isotopes in mimerals[J]. Earth Science Frontiers (China University of Geosciences, Beijing), 2000, 7(2): 299-320. [6] KEITH M L, WEBER J N. Carbon and oxygen isotopic composition of selected limestones and fossils [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1964, 28(10/11): 1786-1816. [7] 陈强,张慧元,李文厚,等.鄂尔多斯奥陶系碳酸盐岩碳氧同位素特征及其意义 [J]. 古地学报, 2012, 14(1): 117-124. Chen q, Zhang h y, Li w h, et al. characteristics of Carbon and oxygen isotopic of the Ordovician carbonate rocks in Ordos and their limlication [J]. Journal of Palaeogeography, 2012, 14(1): 117-124.

**关键词** 碳酸盐胶结物; 碳氧同位素; 间泉子段M油组; 石油沟油田; 酒西盆地;



摘要 ID:518

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型：展板

## 华北克拉通上石炭统本溪组碎屑岩物源再认识 及沉积构造演化对砂体展布的控制

范立勇\*、刘新社

中国石油天然气股份有限公司长庆油田分公司

长期以来华北克拉通上石炭统本溪组碎屑岩物源被认为主要来源于克拉通北缘，南部是否存在物源并不确定。本次研究通过对本溪组8个砂岩样品进行了LA-ICP-MS锆石U-Pb测年，得到~310Ma、~450Ma、~800Ma、~950Ma、~1900Ma、~2500Ma 6个明显的峰值年龄。结合前人对华北克拉通周缘岩体获得的年代学数据，综合碎屑组分、重矿物、石英阴极发光等常规物源分析方法，分析认为：①~310Ma、~1900Ma、~2500Ma峰值年龄的锆石晶体主要来源于华北克拉通北缘；②~450Ma、~800Ma、~950Ma峰值年龄的锆石晶体 $\epsilon$  Hf(t)值与北秦岭造山带中同时期的锆石 $\epsilon$  Hf(t)值较为一致，与中亚造山带的南部造山带同时期的锆石 $\epsilon$  Hf(t)值具有较大的区别，主要来源于北秦岭造山带；③晚石炭世华北克拉通周缘造山带的造山运动对克拉通陆内板块古地貌的改变有很大影响，本溪组湖田段沉积早期表现为北秦岭造山带快速隆升，古地貌呈现南隆北倾，物源主要来自北秦岭造山带；到本溪组湖田段沉积晚期-晋祠段沉积期，构造发生反转，华北克拉通北缘快速隆升，古地貌呈现北隆南倾，物源表现出以北部物源为主的南北双向供源特征。

鄂尔多斯盆地石炭系本溪组发现了部分“小而肥”的海相砂岩高产气藏，但气藏孤立不连片。基于沉积物源分析，结合源区构造演化特征、盆山耦合关系和沉积相特征等研究，分析得出鄂尔多斯盆地本溪期南北物源交汇于吴起-柳林一带，以北部物源为主。北部物源和沉积底形控制砂体展布方向，受中央古隆起控制，本溪期沉积底形整体西高东低，盆地东部为本溪的沉积中心，呈北东-南西向隆凹相间格局。本溪期发育潮控三角洲-河口湾沉积体系，盆地北部以河流作用为主，发育三角洲分流河道，潮汐影响到三角洲前缘区，但改造弱，砂体呈近南北向条带状展布；盆地南部潮汐作用强，把水下分流河道彻底改造为潮汐砂坝，在西南部呈拉长的断续状分布。明确了盆地本溪组砂体展布规律，转变了的勘探认识，提出了“北部寻找分流河道砂体，南部主抓潮汐砂坝”部署思路，为落实高效储量有利目标区提供地质依据。

### 参考文献

**关键词** 华北克拉通；北秦岭造山带；上石炭统本溪组；沉积构造演化；砂体展布规律



摘要 ID:3111

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的沉积研究

最终交流类型：口头报告

## 古气候数据同化重建早始新世气候适宜期海水表面温度

张昊勋、李明松\*

北京大学地球与空间科学学院

早始新世气候适宜期是新生代最温暖的时期，其温室状态持续了长达四百万年。这期间发生了多次极热事件，伴随着表层海水温度上升、大洋酸化等多种响应，与政府间气候变化专门委员会（IPCC）第六次评估报告中最极端的碳排放路径——共享经济路径 SSP8.5 情景下的未来地球十分相似，对当今全球气候变暖的趋势预测以及对人类生存发展影响的评估有着重要的指示意义。然而，地球系统对于各种内部或外部驱动的反应机制还存在许多争议，使得地球系统模型难以重建真实的古气候状态；利用古气候替代指标重建古海水表面温度（SST）的方法已经较为成熟，但这些替代指标的地理分布并不均匀，这使得其重建的 SST 在空间上并不具有连续性。因此，我们采用了最新的古气候数据同化的方法，将地球系统模型（cGENIE）重建的早始新世气候适宜期的海水表面温度与该时期的 TEX86、浮游有孔虫 Mg/Ca 等古气候替代指标融合，获得了更加精确的全球重建结果。经过数据同化后得到的 SST 与模型重建的结果相比更加温暖，可以达到  $36.3 \pm 1.6^\circ\text{C}$ ，与前人重建的结果相比更优。

### 参考文献

**关键词** 数据同化；早始新世气候适宜期；古气候替代指标



# 古地理重建与演化 数据驱动下的古地理研究



摘要 ID:2161

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 吐哈盆地侏罗-白垩系碎屑锆石年代学: 对东天山晚中生代构造演化的意义

秦阳、刘池洋\*、彭恒  
西北大学地质学系

碎屑锆石 U-Pb 地质年代学被广泛应用于解析物源的历史, 并且已经成为制约古沉积系统物源的最常用方法之一。同时, 沉积盆地对于记录其周围山系的构造演化至关重要。随着碎屑锆石数据数量的积累, 便利与麻烦结合在一起, 特别是当数据分析之间存在不一致、出现矛盾的时候。在这种情况下, 有必要从整体、综合的角度来审查这些数据。以东天山为例, 东天山的侏罗纪-白垩纪构造演化及其对周边的吐鲁番-哈密盆地的物源转换的影响仍有很大争议。本文对吐鲁番-哈密盆地及其周边的侏罗纪-白垩纪地层的 41 个锆石 U-Pb 测年样品进行了整理, 并结合统计方法和定量表征, 剖析了吐鲁番-哈密盆地的侏罗纪-白垩纪源-汇系统和东天山造山带的隆升过程。最值得注意的是, 博格达山在晚侏罗世之前具有分段式的差异隆起和剥蚀演化模式, 而在侏罗纪晚期则是快速、大规模隆起。与博格达山相反, 觉罗塔格构造带和中天山的物源在中生代晚期逐渐下降。这种构造演化模式可能是由于不同时间和方向上的, 不同地球动力学机制的叠加。此外, 基于对东天山造山带中生代的碎屑锆石数据集的定量分析, 我们发现蒙特卡罗混合模型用于解析砂岩样品物源常常受限于碎屑锆石种群、源区年龄谱、同时代岩浆作用和沉积地层的回返。精确制约古地理学重建的效果往往因地质、分析和统计的不确定性而变得复杂。

### 参考文献

**关键词** 侏罗纪-白垩纪, 博格达山, 吐鲁番-哈密盆地, 物源, U-Pb 碎屑锆石



摘要 ID:294

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型：口头报告

## 气候古地理知识体系的构建

余晨旻<sup>1</sup>、张来明\*<sup>1,2</sup>、王成善<sup>1,2</sup>

1. 地球科学与资源学院，中国地质大学（北京）

2. 生物地质与环境地质国家重点实验室，中国地质大学（北京）

气候带的划分有助于我们认识和了解世界各地的气候模式，直观地对比不同地区的气候状况，研究全球和区域气候特征及其变化。现代的气候带划分方案无法直接运用于深时。深时古气候带划分方案缺乏统一的专业术语和数据标准，不同方案之间无法进行对比和统一，影响了深时气候带划分方案的广泛应用。为了消除这些方案语义上的异质性，我们有必要建立一个以气候带划分方案为核心的气候古地理知识体系。因此，我们在在 DDE 项目下建立了气候古地理知识体系，并将古气候方法分类分为 Boucot 古气候分类、Saward 古植被分类、Donnadieu 古植被分类、Köppen 气候分类、Zhang 古气候分类 5 个大类，使用了“简单性、适用性、可复制性、分辨率、可比性”5 个方面，对不同分类的优缺点及其前景进行评估，可以帮助古气候学家根据需求进行方法的选择。通过收集大量晚白垩世古气候数据重建了各个方案下的晚白垩世气候带，我们对比了气候带相对分布面积和栅格数量的百分比，统一了这些分类的古气候学语义和边界划分条件。我们最终实现了气候古地理知识体系的初步构建，开创了知识体系在古地理学中应用的先例，为深时古气候分类应用提供了重要的理论支持。

### 参考文献

**关键词** 气候古地理；知识体系；深时；古气候带划分方案





摘要 ID:965

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型：口头报告

## 基于岩相敏感曲线的米兰科维奇沉积速率-古水深定量恢复方法：西湖凹陷中南部渐新世花港组古水深重建

李志焱<sup>1</sup>、刘强虎\*<sup>1</sup>、朱红涛<sup>1</sup>、邹伟<sup>2</sup>、秦兰芝<sup>2</sup>、徐东浩<sup>2</sup>

1. 中国地质大学（武汉）资源学院，武汉 430074

2. 中海石油(中国)有限公司上海分公司，上海 200335

古水深的时空分布序列对沉积环境与相带分析至关重要，然而当前研究多偏定性-半定量且存在方法应用的局限性。本研究创新性提出一套基于岩相敏感曲线（如 Gr、AC 曲线）的米兰科维奇旋回沉积速率定量计算恢复古水深的方法。即考虑 1) 沉积地层中各种元素周期性变化与地球轨道参数周期性变化具关联性，2) 岩相敏感曲线可反映这些周期性变化的米兰科维奇天文信号，进而转换为地层沉积速率，3) 关键元素（如 Co）记录了沉积古水深、沉积速率信息，使得拟合构建的古水深定量恢复方法具有可靠的理论基础。通过对东海陆架盆地西湖凹陷中南部渐新世花港组时期古水深恢复实例解剖，将理想情况下斜坡模型中古水深和沉积速率之间的关系相结合，拟合两者之间的函数关系，得到古水深计算公式： $V=36.69/h^{0.714}$ （V 为地层沉积速率，h 为古水深）。勘探实践证实利用这套沉积速率-古水深定量恢复方法可有效编制单井全序列古水深曲线（点）、获得全区井控古水深平面分布（面），最终恢复研究区古水深时空分布（体-时）的方法可行。基于该古水深定量恢复方法可探索解剖如下地质问题：1) 利用水深信息刻画沉积相边界，为不同沉积体系及演化过程研究构建新指标；2) 古水深垂向变化与旋回地层学高度关联，且精度可以达到千年尺度，为高频层序地层格架划分提供新思路；3) 古水深平面分布实质上是沉积古地貌的映射，而不同时期水深中心的变化又可以指示沉积中心的迁移变化，为古地貌及原型盆地的校准恢复探索新方法。

### 参考文献

**关键词** 古水深；米兰科维奇旋回；沉积速率；岩相敏感曲线；西湖凹陷



摘要 ID:484

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 基于岩心图像和测井曲线的沉积构造和沉积相智能识别方法

张宝森<sup>1</sup>、肖倚天<sup>1</sup>、陈诗望<sup>1</sup>、廉培庆<sup>1</sup>、王明<sup>1</sup>、张来明<sup>2</sup>、王成善<sup>2</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院

2. 中国地质大学(北京)

岩心沉积构造识别和钻井沉积相划分是油气勘探开发中储层物性表征的重要内容,是岩相古地理重建和编图的物质基础。传统专家识别和划分的方法由于存在人为偏见,难以规范化和标准化,且极为耗时。机器学习作为一种新兴技术,近年来在地球科学领域得到广泛应用,并被逐渐应用到基于岩心图像和测井曲线的沉积构造和沉积相智能识别研究中,以满足实时沉积构造和沉积相识别以及岩相古地理智能编图的需求。

基于迁移学习(TL)和卷积神经网络(CNN)对岩心图像(De Lima et al., 2019)及其描述性数据(Odi and Nguyen, 2018)进行岩相智能识别的研究已经取得具有高效、客观等优点的探索性成果。本文将来自渤海湾盆地和松辽盆地7口取芯井的695张岩心图像分为波状层理(323)、平行层理(210)和炭屑面理(162)3种沉积构造。利用TL将已成功应用于其他图像识别领域的预训练模型应用到沉积构造智能识别模型的训练中,然后利用CNN和695张已标注的岩心图像对模型进行优化。其中,随机抽取70%的岩心图像组成训练集,其余30%组成验证集,模型在验证集上的识别准确率为90.01%。为进一步提高模型准确率,删除发生过误识的91张岩心图像,利用604张岩心图像构成的新数据集建立模型,新模型准确率为91.11%。虽然新模型的准确率略有提高,但新模型的泛化能力下降,原模型中部分正确识别的样本在新模型中反而发生误识。

基于机器学习对测井曲线进行岩相识别(Sidahmed et al., 2017)和沉积相划分(Bestagini et al., 2017)已经成功应用到了测井解释中。本文根据四川盆地碳酸盐岩储层8口取芯井岩心描述、岩石薄片和测井曲线的分析将其划分为泻湖、浅滩、滩间、前滨和浅海5种沉积相。采用三种机器学习方法,包括多分辨率图论聚类(MRGC)和K最近邻(KNN)两种聚类算法,以及人工神经网络(ANN)方法以测井曲线数据作为输入建立沉积相智能识别模型。在盲井测试中,MRGC、KNN和ANN的平均识别准确率分别为~95%、~96%和~90%。与Lian et al. (2020)对同一数据集应用的、分别取得82.3%、80.2%和79.8%识别准确率的支持向量机、深度神经网络和长短时差方法相比,KNN、MRGC和ANN方法提高了沉积相智能识别的准确率。

**参考文献** Bestagini P, Lipari V, Tubaro S, 2017. A machine learning approach to facies classification using well logs[C]. SEG International Exposition and Annual Meeting, 17729805: 2137-2142. De Lima R P, Surianam F, Marfurt K J, et al., 2019. Convolutional neural networks as aid in core lithofacies classification[J]. Interpretation, 7(3): 1-50. Lian P, Zhao J, Duan T, et al., 2020. Application of Machine Learning Methods for Sedimentary Facies Identification and Inverse Stratigraphic Modeling[C]. AAPG Annual Convention and Exhibition. Odi U, Nguyen T, 2018. Geological Facies Prediction Using Computed Tomography in a Machine Learning and Deep Learning Environment[C]. Unconventional Resources Technology Conference, 2901881: 1-11. Sidahmed M, Roy A, Sayed A, 2017. Streamline Rock Facies Classification with Deep Learning Cognitive Process[C]. SPE Annual Technical Conference and Exhibition, 187436: 1-11.

**关键词** 机器学习; 测井曲线; 岩心图像; 沉积构造; 沉积相



摘要 ID:2074

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 展板

## 扬子北缘新元古代晚期盆地隆-坳格局及其识别标志

杜秋定\*<sup>1</sup>、王剑<sup>1</sup>、汪正江<sup>2</sup>、刘灏<sup>1</sup>、张健<sup>1</sup>、罗青云<sup>1</sup>、萧洒<sup>1</sup>

1. 西南石油大学

2. 中国地质调查局成都地质调查中心

近年来,中国南方寒武-前寒武纪油气系统勘探在四川盆地安岳-遂宁地区取得了重大突破。中上扬子区(四川盆地及周缘)古地理认识与隆坳格局的机制也成为研究的焦点(刘树根等,2013a,b,2015;杨雨等,2014;汪泽成等,2014;李忠权等,2015;杜金虎等,2016;赵文智等,2017;李智武等,2019;Li et al.,2019)。

四川盆地及周缘经历多期构造运动,盆地关键时期岩相古地理恢复难度大。大量的钻井资料和地震解释表明,四川盆地川中及川东北地区克拉通盆地发育同沉积断裂控制的裂陷。中上扬子克拉通盆地内部隆-坳格局的识别改变了传统上古地理格局的认知,克拉通盆地内部沉积-构造分异对碳酸盐岩油气成藏要素及大油气田形成分布具有控制作用。

四川盆地是一个在上扬子克拉通基础上发展起来的叠合盆地,盆地基底是中-新元古代晋宁-四堡运动形成的褶皱基底。现在大家普遍接受的一个观点是新元古代中晚期,无论是全球格局Rodinia超大陆裂解,还是扬子地块,古地理背景以拉张背景为主。华南经历了一次裂解事件,形成一系列新元古代裂谷盆地,主裂谷分布于华南扬子地块的东南缘与西北缘(王剑等,2000;Wang et al.,2003;Du et al.,2013;2016;2020)。

基于露头剖面岩石组合、岩相分析,地球化学指标结合地震资料解释,震旦-寒武纪中上扬子克拉通内或边缘存在三个裂陷,三个裂陷自西向为绵阳-长宁裂陷或德阳-安岳裂陷、川东北裂陷、鄂西裂陷。中上扬子克拉通平面呈现隆-坳相间的古地理格局。盆地隆-坳格局主要体现在以下几个方面(1)裂陷与台地的地层厚度具明显差异;(2)裂陷内发育典型深水岩相;(3)台缘相带沉积组合(台缘礁滩相、滑塌沉积序列、浊积岩);(4)明显的同沉积断裂带;(5)构造活动相关热液作用。

**参考文献** 刘树根,孙玮,王国芝,等.2013a.四川叠合盆地油气富集原因剖析.成都理工大学学报(自然科学版),40(5):481-497.刘树根,孙玮,罗志立,等.2013b.兴凯地裂运动与四川盆地地下组合油气勘探.成都理工大学学报,40(5):511-520.刘树根,孙玮,宋金民,等.2015.四川盆地海相油气分布的构造控制理论.地学前缘,22(03):146-160.杨雨,黄先平,张健,等.2014.四川盆地寒武系沉积前震旦系顶界岩溶地貌特征及其地质意义.天然气工业,34(3):38-43.汪泽成,姜华,王铜山,等.2014.四川盆地桐湾期古地貌特征及成藏意义.石油勘探与开发,41(3):305-312.李忠权,刘记,李应,等.2015.四川盆地震旦系威远-安岳拉张侵蚀槽特征及形成演化.石油勘探与开发,42(1):26-33.杜金虎,汪泽成,邹才能,等.2016.上扬子克拉通内裂陷的发现及对安岳特大型气田形成的控制作用.石油学报,37(1):1-16.李智武,冉波,肖斌,等.2019.四川盆地北缘震旦纪-早寒武世隆-坳格局及其油气勘探意义.地学前缘,26(1):59-85.赵文智,魏国齐,杨威,等.2017.四川盆地万源-达州克拉通内裂陷的发现及勘探意义.石油勘探与开发,44(5):659-669.王剑.2000.华南新元古代裂谷盆地沉积演化——兼论与Rodinia解体的关系.北京:地质出版社,1-146.Wang, J., Li Z. X., 2003.

History of Neoproterozoic rift basins in South China: implications for Rodinia break-up. Precambrian Research, 122 (1-4): 141-158. Du, Q. D., Wang, Z. J., Wang, J., et al., 2013. Geochronology and paleoenvironment of the pre-Sturtian glacial strata: Evidence from the Liantuo Formation in the Nanhua rift basin of the Yangtze Block, South China. Precambrian Research 233, 118-131. Du, Q. D., Wang, Z. J., Wang, J., et al., 2016. Geochronology and geochemistry of tuff beds from the Shicaohe Formation of Shennongjia Group and tectonic evolution in the northern Yangtze Block, South China. International Journal of Earth Sciences 105, 521-535. Du, Q. D., Qin, Z. P., Wang, J., et al., 2020. The Cryogenian Nanhua System (South China) during the interglacial-glacial transition: geochemistry, sedimentary provenance, and tectonic setting. International Geology Review.

DOI:10.1080/00206814.2020.1784045



关键词



摘要 ID: 3368

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## EaDz: 东亚地区基于网络的关系型碎屑锆石数据库

张博、刘少峰\*

中国地质大学(北京)

碎屑锆石年代学和地球化学数据已经成为重建地球构造和地表演变的主要方法。汇编和分享碎屑锆石数据对于促进快速、创新和可靠的研究以及推动地球科学领域新的研究发现至关重要。为此,我们汇编并构建了一个东亚地区的碎屑锆石数据库,命名为EaDz。EaDz是以一个基于网络的关系型数据库,其中包括地质年代学、地球化学、岩石学和地层学等多个数据集。该数据库旨在作为新的和现有的碎屑锆石数据的储存库和碎屑锆石数据的可视化和分析平台。通过一个可公开访问的互动网站,EaDz允许在云端同时进行数据检索、分析和可视化。此外,结合全球板块重建模型,该数据库提供样品古位置的深时动态重建。因此,EaDz为古生物学重建、板块构造重建和地壳-地幔演化方面的应用提供了强大的资源。该数据库将继续发展和改进,数据的收集工作仍在进行中。

### 参考文献

**关键词** 东亚地区; 碎屑锆石; 可视化工具; 关系型数据库



摘要 ID: 2253

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 古地理高程自动重建与可视化方法

李志林\*<sup>1</sup>、遆鹏<sup>1</sup>、王继成<sup>2</sup>、熊涛<sup>1</sup>、张天宇<sup>1</sup>

1. 西南交通大学地球科学与环境工程学院, 四川成都

2. 四川师范大学地理与资源科学学院, 四川成都

古地理高程重建是数据驱动下古地理重建的重要工作之一, 而当前高程重建主要以半自动方式实现, 不仅耗时耗力, 而且大量人工参与降低了重建过程的透明性, 因此本研究提出一种古地理高程自动重建方法, 能够极大减轻工作量并提升了高程重建流程的透明度, 所得到的现存海量纸质版古地理图的数字化高程重建结果能够更好地支持不同时空高程信息的整合、解译、分析等。本研究提出方法以栅格岩相古地理图为基础数据, 首先采用机器学习方法, 将栅格古地理图自动转化为矢量格式, 然后进行高程自动重建、配色渲染, 从而实现古地理高程可视化表达。该方法示意图如图 1 所示, 其中主要步骤包括:

(1) 实现不同坐标系统的栅格岩相图坐标系统的统一, 包括自动检测经纬网交点、采用多项式转换实现地理配准;

(2) 实现矢量板块提取, 包括去除图件等干扰因素、构建样本集、深度学习模型设计与训练、提取板块矢量数据;

(3) 实现高程自动化重建, 包括基于板块边界的地形格网重建、采用 Laplacian 平滑技术实现边界的高程平滑、转化地形网格为数字高程模型;

(4) 实现高程可视化表达, 包括采用扫描线法剔除边界外对象、基于色彩板 (当前采用 SCOTSE 色彩板) 构建基于 RGB 色彩空间的颜色映射模型、采用分段线性插值方法实现古地理高程模型渲染。

本研究基于所提出方法开发了相应软件工具并实现了多幅古地理图高程自动化重建和可视化表达, 从而证明了本研究方法的可用性和实用性, 能够为古地理重建数据的数字化整合、管理与分析研究提供有力支撑。

**参考文献**

**关键词**



摘要 ID:2373

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型：口头报告

## 古生物地理学知识图谱建设——进展、问题及展望

张琳娜\*<sup>1</sup>、侯章帅<sup>2</sup>、申博恒<sup>2</sup>、陈清<sup>1</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越创新中心，现代古生物学和地层学国家重点实验室
2. 南京大学地球与科学学院

二十一世纪是大数据的时代，对于地学领域亦是如此，地学数据爆发式增长，给数据检索、共享和应用带来了新的机遇和挑战。古生物地理学，作为地学的一个重要分支学科，是认识生物圈和地理环境的重要窗口，其通过研究地史时期生物的地理分布及影响控制因素，揭示生物宏演化特点及生物-环境协同发展过程。学科经百年发展，积累了丰富的古生物地理数据资源和学科专业知识点，为古生物地理学研究提供了坚实的数据基础和新的的发展契机。这些资源中，除化石产出点数据以结构化形式保存在相关专业数据库中（如 PBDB, GBDB），形成学科框架的理论知识点或术语仍多是以半结构化或非结构化形式分散在相关书籍和文献中，这些“孤岛”式的数据查询较为繁琐，使用也较为不便。同时，由于学科发展尚不成熟，古生物地理学具权威定义的知识数量不多且部分术语还存在语义异质性问题，学科知识体系亦未完全建立，难以实现知识点的准确使用和关联检索。上述问题会制约大数据时代下古生物地理学的信息化建设和智能化研究，进而对古生物地理学的未来发展造成显著影响，需积极应对和认真解决。

知识图谱能清晰地表达学科概念及其相互之间的语义关系，是实现数据组织、融合和数据挖掘的关键技术。对古生物地理学进行知识图谱的建设可以帮助我们梳理学科内的知识点及知识点之间的关系，建立能被计算机所理解的学科知识库，进而实现学科相关术语、数据的高效检索、应用和分析。鉴于此，本项研究在对古生物地理学研究对象、研究内容进行梳理的基础上，阐述了该学科领域知识图谱的构建流程，并在此基础上建立了包含 273 条概念，172 条属性和 47 条规则的古生物地理学知识图谱。同时，还基于古生物地理知识图谱开展了两项应用研究，即古生物地理百科全书和新型古生物地理研究平台，前者可实现古生物地理学专业术语的高效查询、更新和推广，后者是集基础数据查询、管理和古生物地理区划、可视化及分析于一体的综合在线平台，可更好地服务于大数据背景下的古生物地理科学研究和发现。

### 参考文献

**关键词** 古生物地理学；知识图谱；生物地理区系；知识库；关联检索



摘要 ID:2601

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 专题邀请报告

## Rigid and deforming plate tectonic reconstructions, mantle flow, and paleogeography in digital Earth models

Sabin Zahirovic<sup>\*1</sup>, James Ogg<sup>2</sup>, Wen Du<sup>3</sup>, Haipeng Li<sup>2</sup>, Mingcai Hou<sup>3</sup>, Christopher Scotese<sup>4</sup>

1. The University of Sydney

2. International Union of Geological Sciences, Deep-time Digital Earth Research Center of Excellence (Suzhou)

3. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology

4. PALEOMAP Program, Northwestern University

Earth's paleogeography in deep time has shaped biological evolution, formation of mineral deposits and energy reserves, influenced climate, modified global and regional sea level, and contributed to the habitability of our planet over billions of years. In this presentation I will briefly introduce the work of the Deep-time Digital Earth (DDE) Paleogeography Working Group, and explore how the plate tectonic and paleogeographic reconstructions are being used to help us better understand the evolution of our planet. Modelling and visualizing deep-time and deep-Earth processes that influence paleogeography have been enabled by the cross-platform and open source GPlates ([www.gplates.org](http://www.gplates.org)) plate reconstruction software. I will cover the innovations enabled by GPlates, including rigid and deforming plate tectonic reconstructions, modelling of Earth's mantle evolution, and reconstructing our planet's paleogeography. The eastern Tethyan hemisphere provides opportunities to explore the interconnected role of tectonics, geodynamics, climate, and landscape evolution. I will discuss the opening and closure of the Tethyan ocean basins, including the convergence between Australia and Asia. These case studies highlight at least two modes for continental breakup through slab-pull driven rifting, versus the back-arc rifting to tear off terranes from an active continental margin. The rifting episodes on the north-west Australian margin in the Triassic and Jurassic, as well as the Late Cretaceous and Paleogene rift episodes and opening of the (Proto) South China Sea provide key insights into the mechanisms for ocean basin formation. These digital Earth models that document the tectonic, geodynamic and paleogeographic evolution of our planet provide a key opportunity to fill gaps between spatial and temporal data constraints, enabling knowledge discovery and a better understanding of fundamental Earth processes.

参考文献

关键词





摘要 ID:1879

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 华南右江盆地晚古生代巴马碳酸盐岩台地沉积模式及演化

刘超<sup>\*1,2</sup>、杜远生<sup>2</sup>、颜佳新<sup>2</sup>、杨江海<sup>2</sup>、陆刚<sup>3</sup>

1. 河南理工大学

2. 中国地质大学(武汉)

3. 广西壮族自治区区域地质调查研究院

碳酸盐岩台地泛指由大套浅水碳酸盐岩沉积序列组成的地质体(Tucker, 1990)。它的出现、生长和消亡受区域构造活动、全球海平面、气候、碳酸盐工厂类型和海洋环境等因素的控制和影响(Chen et al., 2001; Pomar et al., 2004; Wilson et al., 2012)。在不同时间和空间尺度上区分单一因素对碳酸盐岩台地的控制作用是沉积地质学学科的重要研究内容(Lukasik and Simo, 2008)。

泥盆纪早期由于古特提斯洋向东扩张,处于大陆边缘的滇黔桂地区开始裂陷,形成裂谷期的右江盆地,并逐步形成孤立碳酸盐岩台地与台间海盆相间隔的格局(杜远生等, 2013)。这些台地拥有近 140 Ma 的沉积历史(中泥盆世-二叠纪末),为世界所罕见,见证右江盆地从裂谷到洋壳形成-扩张-俯冲消减完整的威尔逊旋回、中晚二叠世峨眉山-西伯利亚大火成岩省及盆地南缘的弧火山活动、五次重要的生物绝灭事件、从温室-冰室-温室复杂的气候演变过程和频繁的海平面波动(Qie et al., 2019)。这为探究长时间尺度下不同因素对碳酸盐台地生长演化的控制作用提供了重要窗口。

巴马台地是右江盆地北缘最大的孤立碳酸盐岩台地。通过对跨台地内部-边缘-斜坡盆地的 8 条露头剖面进行系统的生物地层、岩石地层和沉积相研究,共在中泥盆统-二叠纪乐平统识别出 8 种沉积相组合类型,包括暴露相、局限台地相、开阔台地相、滩相、台地边缘生物礁相、斜坡盆地相、内缓坡相和中缓坡相。这些沉积相组合可细分为 34 种岩相类型。根据其横向古地理分布和纵向堆积样式,恢复了巴马台地晚古生代沉积模式演变过程和相对海平面变化历史。盆地构造沉降是维持巴马台地沉积生长最主要的驱动力。台地消亡过程与盆地南缘洋壳俯冲、印支板块向华南板块不断汇聚提供大量陆源碎屑物质有关。晚古生代大冰期对应盆地或台地沉降稳定期,全球海平面是控制台地演化的最主要因素;其他地质时期,区域构造(如盆地裂陷活动和与之相关的同沉积断层活动等)和生物演化共同控制了沉积相类型及其古地理分布。

**参考文献** 杜远生,黄虎,杨江海,等, 2013. 晚古生代-中三叠世右江盆地的格局和转换[J], 地质论评, 59(1):1-11. Chen D, Tucker M, Jiang M, et al., 2001. Long-distance correlation between tectonic-controlled, isolated carbonate platforms by cyclostratigraphy and sequence stratigraphy in the Devonian of South China[J], *Sedimentology* 48: 57-78. Lukasik J, Simo J, 2008. Controls on carbonate platform and reef development[M]. Tulsa: SEPM (Society for Sedimentary Geology): 1-361. Pomar L, Brandano M, Westphal H, 2004. Environmental factors influencing skeletal grain sediment associations: a critical review of Miocene examples from the western Mediterranean[J]. *Sedimentology* 51: 627-651. Qie W, Algeo J, Luo G, et al., 2019. Global events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A review[J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 531:109259. Tucker M, 1990. Geological background to carbonate sedimentation, In: Tucker M, Wright V, *Carbonate sedimentology*[M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications: 28-69. Wilson M, 2012. Equatorial carbonates: an earth systems approach[J]. *Sedimentology* 59:1-13.

**关键词**



摘要 ID:2267

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 展板

## 2.5 亿年以来全球植被分布结构的演化

郭佳琦、胡永云\*  
北京大学

植被是地球系统中重要组成之一。温度、降水等气候条件影响植被的分布结构,而植被的存在可以改变地表的反照率和粗糙度,同时伴随着植被自身的光合作用、呼吸作用和蒸腾作用,植被可以影响大气与陆地间的碳、水、动量和能量的交换,进而影响气候(Piao et al, 2019; Boyce and Lee, 2017)。植被的真实性对于气候研究具有十分重要的意义,植被分布结构的演化导致不同时期植被对于气候的贡献是不同的。

利用植被模式模拟可以得到任何时期任何地点的植被数据。虽然模拟结果真实性可能有待进一步校正,但是对于全球植被结构的演化具有一定的参考价值。关于模拟早期植被而言,输入到植被模式中的气候态是未知的,需要气候模式模拟得到,所以一些地球系统模式中考虑将植被模式与气候模式耦合(Valdes et al, 2017; Oleson et al, 2016)。然而,古气候模拟研究广泛使用的CESM 地球系统模式和其所包括的CNDV 植被模式的耦合结果并不是很理想,模拟发现即使工业革命前(P1)时期模拟得到的植被覆盖率和分布也不合理。

本研究将地球系统模式CESM 耦合植被模式BIOME4,解决CESM 植被模拟得到的覆盖率和分布不合理问题。分析对比植被改善后气候态的变化,发现在相同二氧化碳浓度下,CESM 耦合BIOME4 的全球地表平均温度上升了4.5°C。为了达到地质证据重建的温度所需要的二氧化碳浓度可以减小为原来的一半,更接近地质证据重建的二氧化碳浓度范围。相较原试验陆地大部分没有植被覆盖而言,改进的新试验植被覆盖和分布更合理。温度在中高纬度地区有明显的差异,新试验的季风区面积有所增大。此外,研究初步得到了基于现代参数情形下2.5 亿年以来植被的分布结构的演变过程,展现了不同地质时期植被分布的特点。

后续将结合古植物演化修改植被模式,来更好地重现古植被,理解古植被演化和气候演化的相互作用。希望本研究有望可以回答二叠纪-三叠纪交界(Permian-Triassic boundary, PTB)和古新世-始新世极热(Paleocene-Eocene Thermal Maximum, PETM)时期不同生物响应出现的机制等科学问题。

**参考文献** [1] Piao S, Wang X, Park T, et al. 2019.Characteristics, drivers and feedbacks of global greening[J]. Nature Reviews Earth & Environment, 1(1763):1-14. [2] Boyce C K and Lee J. 2017.Plant evolution and climate over geological & timescales, Annu. Rev. Annual Review of Earth and Planetary Sciences, 45:61-87. [3] Valdes P J, Edward A, Badger M, et al. 2017. The BRIDGE HadCM3 family of climate models: HadCM3@Bristol v1.0[J]. Geoscientific Model Development, 10(10):1-42. [4] Oleson K W., Lawrence D M., Gordon B, et al. 2016.Technical Description of the Community Land Model (CLM) [M]

**关键词** 气候模拟; 植被模拟; 植被演化



摘要 ID:371

主题分类：古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型：口头报告

## 碎屑锆石示踪了华夏海岸山脉的演化

陈艳、孟俊\*

中国地质大学（北京）

中生代华南陆缘可能存在以燕山期岩浆岩为主体的华夏海岸山脉，其作为地形屏障影响着中国内陆的古气候演化。海岸山脉是否存在以及如何演化是正确理解中生代以来东亚古气候演化的关键古地理问题。本文对海南岛白垩系鹿母湾组、始新统瓦窑组和宁远河水系沉积物开展了沉积学和碎屑锆石研究，取得了如下认识：（1）碎屑锆石  $Eu/Eu^*$  值的重建表明华南边缘的地壳厚度在晚侏罗世与早白垩世晚期两次显著增厚，证实晚侏罗世-白垩纪华南陆缘存在隆起的华夏海岸山脉；

（2）海南岛白垩系鹿母湾组物源来自现今未出露的近源岩浆弧，始新世瓦窑组和现代水系沉积物物源则来自岛内广泛分布的花岗岩；（3）南海北部边缘盆地的碎屑锆石均表现出相似的物源转换特征，示踪了海岸山脉的存在与演化。我们认为在白垩纪华夏海岸山脉沿着华南边缘从红河延伸到台湾，自始新世由东向西逐渐坍塌。白垩纪在华南陆缘分布的海岸山脉为毗邻的南海北部边缘盆地提供了丰富的碎屑沉积物，作为隆起屏障，其阻挡了潮湿的太平洋气流，促成了中国内陆的干旱气候。

### 参考文献

**关键词** 华南，华夏海岸山脉，地壳增厚，物源，碎屑锆石



摘要 ID:1355

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 古地磁学在复杂造山带古地理重建中的尝试与挑战: 以中亚造山带为例

张东海<sup>1</sup>、黄宝春<sup>2</sup>、赵国春<sup>1,3</sup>、Joseph, Meert<sup>4</sup>

1. 西北大学地质学系, 大陆动力学国家重点实验室, 西安 710069

2. 北京大学地球与空间科学学院, 造山带与地壳演化教育部重点实验室, 北京 100871

3. 香港大学地球科学系, 香港

4. Department of Geological Sciences, University of Florida, Gainesville 32611

古地磁学对于板块构造学说的建立和完善起到了举足轻重的作用, 过去几十年来, 全球主要克拉通视极移曲线的建立使得显生宙以来全球主要大陆的古地理格局及演化历史得到了有效限定。然而除了稳定的刚性克拉通, 地球上还存在由微陆块、海山、洋底高原、增生楔等地质体碰撞拼贴而成的大面积的复杂造山带。复杂造山带内的岩石通常易遭受后期构造旋转, 岩石中记录的原始磁偏角信息不易恢复, 因此无法像对克拉通那样, 对造山带内的微小块体建立连续时间尺度的视极移曲线来进行古地理重建; 此外, 造山带内岩石还易于遭受后期热流体改造而发生重磁化, 由于缺少可信的视极移曲线, 重磁化的年龄也很难得到可靠限定。上述不利因素使得我们运用古地磁学手段对造山带进行古地理重建时通常面临巨大挑战。以中亚造山带为例, 其演化始于新元古代 Rodinia 超大陆裂解, 终于晚古生代古亚洲洋闭合, 是地质历史上演化时间最长、规模最大的增生造山带。研究古生代期间中亚造山带的古地理重建对于理解东亚诸块体在 Pangea 超大陆聚合过程中的汇聚历史具有重要意义。在中亚造山带古生代的古地理重建中, 运用古地磁学手段并结合地质证据约束, 目前的研究现状概述如下: (1) 有学者从中亚造山带西段哈萨克斯坦弯山构造两翼不同位置分离出可靠的磁偏角信息, 有效约束了弯山构造的形成过程及古地理位置。然而哈萨克斯坦、塔里木、敦煌板块与东准噶尔、北山之间的汇聚过程却没有得到可靠的古地磁约束; (2) 从地质和地球物理证据来看, 蒙古-鄂霍茨克弯山构造的形成过程类似于哈萨克斯坦弯山, 但弯山两翼晚古生代以来记录的磁偏角却没有显著规律支持这一认识, 数据普遍受中生代走滑作用改造。此外, 全球是否存在侏罗纪的真极移 (Monster-shift) 以及东亚地区古地磁记录的争议, 也极大程度上阻碍了我们对于蒙古-鄂霍茨克洋关闭时间的认识; (3) 蒙古-鄂霍茨克弯山构造的南翼 (Amuria 板块) 由多个微陆块组成, 这些微陆块石炭纪-二叠纪期间的古地磁记录中不仅磁偏角记录缺失, 磁倾角记录也十分混乱, 记录了  $0^{\circ}$  -  $60^{\circ}$  N 不等的古纬度, 从而不同学者对华北-Amuria 联合陆块何时形成/古亚洲洋何时闭合存在不同认识。我们对组成 Amuria 的不同微陆块开展了大范围的同时代多地区古地磁研究, 并对已有的古地磁数据进行了系统分析再研究。通过对这些微陆块进行古纬度对比, 我们查明了 Amuria 陆块的形成时间不晚于石炭纪-二叠纪界限, 古亚洲洋呈剪刀式从西往东穿时闭合, 最终闭合时限不晚于 250 Ma。这一认识与生物古地理、沉积地层和岩浆记录高度吻合。

本研究受国家自然科学基金 NSFC (41902229, 41730213, 92055205, 42072264, 41902229, 41972237, 41972237)、中国博士后面上基金 (2019M650271)、陕西省自然科学基金基础研究计划 (2020JQ-586)、973 项目子课题 (2013CB429802) 和 Hong Kong RGC GRF (17307918) 等项目联合资助。

参考文献

关键词 古地磁学; 古地理重建; 中亚造山带; 古生代



摘要 ID:1801

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 地质文本数据智能挖掘

马超\*<sup>1</sup>、何杭<sup>1</sup>、李鑫<sup>2</sup>、王瀚<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 中科院南京地质古生物研究所

迄今为止地质学积累了大量的数据, 这些数据很多赋存于地质文献的文本中。该数据是半结构化的数据, 无法直接被计算机读取并进行分析, 人工提取速度慢并且对专业要求高, 这严重阻碍了地质大数据的集成和数据驱动的地球科学发现和应用。计算机中自然语言处理(Natural Language Processing)的技术可以解决文字中数据的挖掘问题, 但目前针对地质学的文本数据挖掘方法和流程仍处于探索阶段, 还未有大规模准确的应用。本研究尝试利用多项现有的自然语言处理的先进技术, 建立了一套地质文本数据的挖掘流程, 通过对上万篇的文献中文字数据的挖掘, 成功的提取了放射虫、碳酸盐台地数据。

### 参考文献

**关键词** 文本; 数据挖掘; 自然语言处理



摘要 ID:2138

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 量化铝土矿和高岭土矿的形成与温度和降水的关系

包秀娟\*

北京大学

铝土矿和高岭土矿是典型的表生矿产, 在高温高降水的气候条件下经强烈风化作用形成。铝土矿和高岭土矿表征的气候条件的认识目前仅局限在定性阶段。本文结合气候模拟和地质数据, 定量的展示铝土矿和高岭土矿形成与温度和降水的关系。铝土矿和高岭土矿的形成主要集中在两个时间段: 石炭纪-二叠纪和白垩纪-古近纪。在石炭纪-二叠纪, 铝土矿形成的年平均温度集中在  $27^{\circ}\text{C}$ , 年平均降水集中在  $1814\text{ mm y}^{-1}$ , 高岭土矿形成的年平均温度集中在  $25.5^{\circ}\text{C}$ , 年平均降水集中在  $1517\text{ mm y}^{-1}$ 。在白垩纪-古近纪, 铝土矿形成的年平均温度集中在  $24^{\circ}\text{C}$ , 年平均降水集中在  $1130\text{ mm y}^{-1}$ , 高岭土矿形成的年平均温度集中在  $22^{\circ}\text{C}$ , 年平均降水集中在  $1195\text{ mm y}^{-1}$ 。结果显示, 在冰室和温室背景下, 铝土矿和高岭土矿形成的气候条件是不同的。在石炭纪-二叠纪, 铝土矿比高岭土矿形成的温度和降水更高, 然而在白垩纪-古近纪, 铝土矿比高岭土矿形成的温度更高, 降水更少。该结果对了解铝土矿和高岭土矿形成的化学风化过程和气候的关系有重要启示作用。

**参考文献** Scotese C R, 2018. &nbsp;PALEOMAP PaleoAtlas Rasters[J]. Boucot A J, &nbsp;Chen X, Scotese C R, 2013. &nbsp;Lithology Data Tables[J]. Markwick P J, 2007. The palaeogeographic and palaeoclimatic significance of climate proxies for data-model&nbsp;comparisons[J]. Geological Society London Special Publications, 251 - 312. Lottes A L and A M Ziegler, 1994. &nbsp;World peat occurrence and the seasonality of climate and vegetation[J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 106: 23 - 37.

**关键词** 煤; 成煤植物的演化; 古气候; 大气模拟; 数据库分析



摘要 ID: 2256

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 古地理百科知识平台设计与众包建设

李海鹏<sup>\*1,2</sup>、李艳<sup>3</sup>、闫海荣<sup>3,4</sup>、柯郑林<sup>3</sup>、石顺中<sup>3</sup>、王成善<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京市海淀区学院路29号, 100083

2. 苏州深时数字地球研究中心, 江苏省昆山市祖冲之南路1699号南楼11层, 215347

3. 清华-福州数据技术研究院, 福建省福州市长乐区东南大数据产业园区东湖路33号6#楼, 350200

4. 清华大学自动化系, 北京市海淀区双清路30号, 10003

近几十年来, 人们在方法学、区域及全球古地理重建方面取得了显著进展, 但在古地理图的制作和使用方面仍然面临诸多挑战。一个直观表现是对于一些看似简单的问题, 我们很难在没有大量调研的情况下给出答案。图1展示了两个版本的寒武纪全球古地理重建, 对于“北京在图中的什么位置? 我们该相信哪张古地理图? 不同版本的差异是源于数据还是方法? 如果有一些新数据, 我们能否迅速更新已有重建结果? 我们如何评估每个版本的不确定性?”等问题, 我们很难甚至无法回答, 这严重制约着古地理重建所能发挥的作用。

上述挑战的根源在于古地理重建过程具有涉及学科多、所需数据类型多、数据量大的特点。例如, 截至1995年, 芝加哥大学Alfred M. Ziegler所领导的古地理重建项目数据库拥有参考文献3万余条(Markwick, 2019)。因此, 相比原始数据, 最终成形的古地理图高度概括并且省略了制图过程中的大量细节也就不足为奇了。原始数据与重建流程的不透明降低了其互操作性和可重用性, 使得重建结果的质量和可重复性评估变得困难, 同时也阻碍了研究人员使用其他来源数据对重建结果进行交叉验证和动态更新。为了解决这些问题, 研究人员迫切需要一个综合性平台对古地理重建的原始数据、模型以及重建结果提供一站式管理, 以提高古地理重建的再现性(reproducibility)、准确性(accuracy)与可用性(usability)。

为了构建上述平台, 我们首先需要实现古地理重建的知识管理。知识管理系统的首要目标是帮助用户以最有效的方式从地质数据中提取古地理信息。为此, 它涉及到古地理知识的识别、创建、组织、存储和共享, 使用户能够找到、使用、更新、并将相关信息整合到他们的研究活动中。此外, 知识管理系统还可以促进社区内的知识发现和创新, 加强社区成员之间的合作。

知识管理系统的核心是古地理百科知识平台, 其核心目标是通过建立数据、模型和古地理属性之间的关系来回答古地理重建的基本问题: 有哪些数据可用于古地理重建? 这些数据可以约束哪些古地理属性? 将数据和古地理属性联系起来的模型是什么? 为此, 我们将平台中的词条分为数据载体(host materials), 数据属性(record attributes), 解释模型(interpretation models), 古地理属性(paleogeography attributes)以及其他(other)五大类。上述数据-模型-古地理属性关系往往是多对多的, 这就要求研究人员对重建过程中数据和模型的选择加以说明。一个办法是通过贝叶斯推理来对不同数据和模型进行筛选。因此, 我们需要通过在词条中收录数据的收集和处理方法以及解释模型的原理与对应假设, 从而对其不确定性加以评估和排序。古地理百科知识平台的众包建设与评论机制为词条的实时更新提供了保障, 也能最大程度的实现同行评审, 避免谬误。在此基础上, 平台还可以为古地理重建工作流程自动化、模型适用性检查、研究课题的优先性排序与研究方案设计提供支撑。

目前, 依托深时数字地球(DDE)国际大科学计划, 我们已经完成了平台的设计方案, 并于今年10月推出测试版本。平台的主要模块包括词条编辑、评论、用户档案(可与其他DDE系统模块互通)、专家认证、项目管理等。测试结果和用户反馈将被整合到知识管理系统未来的版本更新中。最终, 我们期望通过古地理社区成员的共同努力, 打造一个全体成员共建共享的知识管理系统, 并为后续数据、模型及重建结果管理系统的研发奠定基础。

**参考文献** Golonka, J., Krobicki, M., Pajak, J., Nguyen, V. G. & Zuchiewicz, W. Global plate tectonics and paleogeography of Southeast Asia. *Fac. Geol. Geophys. Environ. Prot. AGH Univ. Sci. Technol. Arkadia, Krakow, Pol.* (2006). Markwick, P. J. *Palaeogeography in exploration. Geol. Mag.* 156, 366-407 (2019). Scotese, C. R. *Atlas of Cambrian and Early*



Ordovician Paleogeographic Maps (Mollweide Projection), Volumes 5, The Early Paleozoic, PALEOMAP Atlas for ArcGIS. (PALEOMAP Project, 2014).

**关键词** 古地理, 深时数字地球, 数据与模型驱动, 知识管理, 众包建设





摘要 ID:2432

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 柴北缘鄂博梁地区古—新近系碎屑岩地球化学特征及构造环境判别

任栩莹\*  
成都理工大学

鄂博梁构造带位于柴达木盆地北缘, 构造上属于柴北缘走滑冲断系内部的次级走滑构造。鄂博梁古—新近系发育齐全, 以鄂博梁地区古—新近系碎屑岩为研究对象, 通过稀土元素地球化学分析, 结果显示: 样品 REE 总量为  $129.47 \times 10^{-6} \sim 181.14 \times 10^{-6}$ , 均值为  $162.94 \times 10^{-6}$ , 与北美页岩相近; 为  $112.90 \times 10^{-6} \sim 158.46 \times 10^{-6}$ , 均值  $141.25 \times 10^{-6}$ , 为  $16.84 \times 10^{-6} \sim 22.68 \times 10^{-6}$ , 均值  $21.69 \times 10^{-6}$ ,  $\lambda$  为  $5.27 \sim 7.62$ , 平均值为  $6.56$ ;  $LaN/SmN$ 、 $GdN/YbN$ 、 $\lambda$  及球粒陨石标准化 REE 分布模式均反映出 LREE 相对富集且分异明显、HREE 分异不明显。Eu 明显负异常, Ce 负异常不明显。通过微量元素蛛网图、La-Th-Sc、Th-Co-Zr 等图解判别, 再根据样品测试数据与不同构造环境参数进行对比, 结合区域地质和地球化学资料分析, 认为研究区古—新近系构造环境主要为大陆岛弧和活动大陆边缘。为鄂博梁构造环境的研究提供了补充。

参考文献

关键词



摘要 ID:1643

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 侏罗纪全球气候古地理演化及其对恐龙化石分布的约束

申欢<sup>1</sup>、张来明\*<sup>2</sup>、王成善<sup>2</sup>

1. 清华大学

2. 中国地质大学(北京)

地球深时生命的宏观演化模式与过程日益受到古生物学家的重视。以典型的“温室时期”时期,代表性陆生生物恐龙来说,重建恐龙生态是当下的研究热点。恐龙生态恢复的核心基础问题是,如何“量化”化石记录中“空间、时间和抽样偏差”承载的信息,客观地分析恐龙生活的生态。在影响恐龙化石保存的众多指标中,与气候干湿的关系较为密切。常见干旱或半干旱的恐龙围岩气候特征(Noto and Grossman, 2010),但是多以局部定性指标描述为主,缺乏干湿对恐龙化石埋藏的定量、系统性规律研究。本研究依据“深时气候带”划分原则(Zhang et al., 2016),以地质指标及古气候模拟数据为基础,恢复了早中侏罗世晚期(~180 Ma)与晚侏罗世早期(~160 Ma)两个时间断面的深时气候带,并进行了对比与校正。然后利用PBDB恐龙化石数据分布进行空间统计分析,探讨气候干湿对化石分布的关系;在整合气候敏感沉积物数据基础上,开展了ArcGIS空间分析,比较了全球恐龙化石的空间分布与侏罗纪时期气候敏感沉积物的空间分布。结果显示,侏罗纪年平均温度约为19°C,比现代全球年平均温度(14.9°C)大约高了4°C,具有温热气候特征(申欢, 2021);全球侏罗纪恐龙化石点的分布规律存在强烈的气候差异,早-中和晚侏罗世均有80%左右的恐龙化石分布在干旱带(Shen et al., 2021),且以热带沙漠气候带为主。气候干湿对恐龙埋藏学的影响不容忽视。

**参考文献** Noto C R and Grossman A., 2010. Broad-scale patterns of late jurassic dinosaurs paleoecology [J]. PLoS ONE, 5(9): 1-11. Shen H, Zhang L, Wang C, et al., 2021. Early Jurassic palaeoclimate in Southwest China and its implications for dinosaur fossil distribution [J]. Geological Journal. Zhang L, Wang C, Li X, et al., 2016. A new paleoclimate classification for deep time [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 443: 98-106. 申欢, 2021. 侏罗纪气候古地理及其对恐龙化石分布的约束 [D]. 中国地质大学(北京).

**关键词** 侏罗纪; 年平均温; 年平均降水; 恐龙



摘要 ID:1679

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 专题邀请报告

## 含油气盆地岩相古地理解析与智能编图

侯明才<sup>\*</sup>、陈安清<sup>1</sup>、钟瀚霆<sup>1</sup>、肖倚天<sup>2</sup>、刘少峰<sup>3</sup>、伍新明<sup>4</sup>、姜莉莉<sup>5</sup>、任强<sup>1</sup>、郑栋宇<sup>1</sup>

1. 成都理工大学
2. 中国石化石油勘探开发研究院
3. 中国地质大学(北京)
4. 中国科学技术大学
5. 中国科学院地理科学与资源研究所

油气是关系国家战略安全和发展经济的重要资源,针对含油气盆地的岩相古地理解析和编图将为油气勘探预测及开发部署提供重要依据。近年来,随着含油气盆地地质数据的爆发式增长,研究者们迫切需要实现多源异构数据融合及海量地质信息挖掘,以提高岩相古地理重建的精度和准确性。知识图谱和机器学习技术使实现含油气盆地地质大数据融合、复杂时空大数据的古地理信息挖掘、岩相古地理人工智能编图等方面的创新成为可能。

本文将从以下四个层次系统介绍含油气盆地岩相古地理解析与智能编图领域的研究现状及本团队的相关工作进展,探讨并展望学科交叉融合可能为该领域带来的创新发展:(1)建立岩相古地理知识体系和含油气盆地多源异构数据汇集标准,认识岩相古地理学科知识演化;(2)构建基于大数据的岩相古地理知识图谱,实现沉积相智能解析,认识含油气盆地深时沉积环境演变;(3)形成基于嵌入知识图谱的多元盆地大数据挖掘和岩相古地理编图技术体系,认识含油气盆地成藏基础物质条件发育分布规律;(4)研究知识规则驱动下的智能岩相古地理编图模型和大数据标准。

**参考文献** Hou M C, Chen A Q, Ogg J G, et al. 2018. China paleogeography: Current status and future challenges[J]. *Earth-Science Reviews*, DOI: 2018:S0012825217302349. Ogg J G, Scotese C R, Hou M C, et al. 2019. Global Paleogeography through the Proterozoic and Phanerozoic: Goals and Challenges[J]. *Acta Geologica Sinica*, 93(S3):59-60. Zahirovic S, Matthews K J, Flament N, et al. 2016, Tectonic evolution and deep mantle structure of the eastern Tethys since the latest Jurassic[J]. *Earth-Science Reviews*, 162:293-337. Zhao Y Q, Zhong H T, Xu S L, et al. 2019, Quantitative Expression of Paleogeographic Information Based on Big Data[J]. *Acta Geologica Sinica*, 93(S3):83-85. Zheng D Y, Wu S, Hou M C, 2021. Fully Connected Deep Network: An Improved Method to Predict TOC of Shale Reservoirs from Well Logs[J]. *Marine and Petroleum Geology*, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2021.105205>. Zheng D Y, Wu S, 2021. Principal component analysis of textural characteristics of fluvio-lacustrine sandstones and controlling factors of sandstone textures[J]. *Geological Magazine*, DOI: <https://doi.org/10.1017/S0016756821000418>

**关键词** 含油气盆地; 岩相古地理; 知识图谱; 智能编图; 油气勘探



摘要 ID:1783

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 基于对比学习的自监督地震相分类

李金涛、伍新明\*  
中国科学技术大学

地震相识别是油气勘探过程中的一个重要步骤。传统的地震相识别工作严重依赖于地震解释专家的经验与地质背景,同时以各种基于地震数据计算出的地震属性作为辅助工具来对地震相进行识别解释。随着地震数据海量的增加,所耗费的人力成本急剧上升,因而许多基于传统机器学习的地震相智能解释方法被提出,如SOM (Zhao et al, 2015)等。近年来,随着深度学习的兴起,许多学者将深度学习应用到地震相分类的场景中,如Zhang et al (2019), Kaur et al (2021)等,这些都是基于监督学习的方法。然而,这些方法都面临着两大问题,首先他们的训练数据集都是基于某一个地震数据体而制作的,这面临着许多泛化性问题,其次标注地震数据体是一个非常耗时耗力的工作,所以他们大多在一些解释的非常好的公开数据集上做的测试。

我们提出了一种基于对比学习的自监督地震相分类方法,不需要任何人工的标注。首先基于地震数据计算出地震属性,然后将地震数据和地震属性作为输入数据对。其次,将输入数据对输入到一个共享权重的深度神经网络中,神经网络用于从地震数据和地震属性中提取特征。最后使用两个独立的MLPs将提取的特征分别映射到实例级和聚类级的空间中,并分别使用实例级的对比损失函数和聚类级的对比损失函数最大化两支输出的相似性。与当前应用在地震相分类的无监督深度聚类方法(Qian et al, 2018; Duan et al, 2019)相比,我们的方法是一个端到端的而不是一个多步的算法。最后,借鉴传统的地震相识别过程,我们使用地震属性作为一支输入,引入了地球物理的约束。该方法在新西兰某浊积盆地中取得了较好的地震相解释应用效果。

**参考文献** Duan Y, Zheng X, Hu L, et al., 2019. Seismic facies analysis based on deep convolutional embedded clustering [J]. *Geophysics*, 84(6), 1M87-1M97. Kaur H, Pham N, Fomel S, et al., 2021. A Deep learning framework for seismic facies classification [C]. *First International Meeting for Applied Geoscience & Energy*. Society of Exploration Geophysicists, 1420-1424. Qian F, Yin M, Liu X, et al., 2018. Unsupervised seismic facies analysis via deep convolutional autoencoders [J]. *Geophysics*, 83(3), A39-A43. Zhang Y, Liu Y, Zhang H, et al., 2019. Seismic facies analysis based on deep learning [J]. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 17(7), 1119-1123. Zhao T, Jayaram V, Roy A, et al., 2015. A comparison of classification techniques for seismic facies recognition [J]. *Interpretation*, 3(4), SAE29-SAE58.

**关键词** 地震相; 人工智能; 对比学习



摘要 ID:3118

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 沉积正演模拟和基于深度学习的坡体识别

高晖\*、伍新明  
中国科学技术大学

深度学习虽然已被广泛用于各种数据挖掘任务,但由于缺乏标记的训练数据集,在地震地层解释方面的应用并不多。我们提出了一个自动生成大量合成训练数据集的工作流程,并以地震坡体识别作为一个例子,证明了使用合成数据集进行训练的有效性。在这个工作流程中,我们首先随机生成大量的初始地形、海平面变化曲线、沉积盆地热沉降、山体抬升和降水模型,再通过沉积正演模拟 (Salles et al., 2018, Ding et al., 2019) 生成大量的地层深度模型和相应的多种地层属性模型 (相对地质年代体、古水深、孔隙度、沉积厚度等)。然后我们根据生成的孔隙度模型利用 Velocity-Porosity 经验关系 (Krief et al. 1990) 计算出对应的 P 波速度模型、并得到相应的波阻抗模型。最后我们再通过将由波阻抗模型转换得到的反射系数模型与不同峰值频率的 Ricker 子波进行褶积,并加入从实际地震数据中提取到的实际噪声来生成最终的合成地震数据。根据上述这些流程,我们可以得到相应的坡体和相对地质年代体标签,同时我们还可以根据盆地沉积正演模拟过程中沉积物供给变化 ( $\delta S$ ) 和沉积盆地可容空间变化 ( $\delta A$ ) 之间的变化关系 (Van Wagoner et al, 1988, Neal et al, 2016) 生成对应的沉积相、地层层序和层序边界标签等。根据上述工作流程,我们可以得到大量的合成地震数据和相应的标签 (坡体、RGT、沉积相、地层层序、层序边界等)。然后我们用生成的合成地震数据及其对应的坡体标签来训练一个卷积神经网络、并将训练好的网络应用到三个实际地震数据上进行坡体识别。在网络预测的过程中,我们在网络解码器部分中加入了沿构造方向的平滑 (Hale, 2009), 用于去除预测结果中的空洞和奇异值。最终, 2D 和 3D 的实际地震数据预测结果表明: 只用合成数据集训练的网络可以在实际地震数据中准确、高效的识别坡体。此外, 我们的工作流可以很容易扩展到其他的地震地层解释任务中, 例如: 相对地质年代体的提取、沉积相的划分、地层层序的划分、层序边界的识别等。

**参考文献** Ding X, Salles T, Flament N, et al. Quantitative stratigraphic analysis in a source-to-sink? numerical framework[J]. Geoscientific Model Development, 2019, 12(6): 2571-2585. Hale D. Structure-oriented smoothing and semblance[J]. CWP report, 2009, 635(635). Krief M, Garat J, Stellingwerff J, et al. A petrophysical interpretation using the velocities of P and S waves (full-waveform sonic) [J]. The Log Analyst, 1990, 31(06). Neal J E, Abreu V, Bohacs K M, et al. Accommodation succession ( $\delta A/\delta S$ ) sequence stratigraphy: observational method, utility and insights into sequence boundary formation[J]. Journal of the Geological Society, 2016, 173(5): 803-816. Salles T, Ding X, Brocard G. pyBadlands: A framework to simulate sediment transport, landscape dynamics and basin stratigraphic evolution through space and time[J]. PloS one, 2018, 13(4): e0195557. Van Wagoner J C, Posamentier H W, Mitchum R M J, et al. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions[J]. 1988.

**关键词** 沉积正演模拟; 合成数据集; 深度学习; 坡体识别



摘要 ID:2247

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 专题邀请报告

## On-line databases of geologic formations of China, India, Thailand and Vietnam with web-based one-click visualizations onto appropriate East Asia plate reconstructions

James Ogg\*<sup>1,2,3</sup>, Wen Du<sup>2</sup>, Suyash Mishra<sup>3</sup>, Yuzhen Qian<sup>4</sup>, Aaron Ault<sup>3</sup>, Sabin Zahirovic<sup>5</sup>, Haipeng Li<sup>1</sup>, Christopher Scotese<sup>6</sup>, Hongfei Hou<sup>7</sup>, Mingcai Hou<sup>2</sup>, D.S.N. Raju<sup>8</sup>, Bui Dong<sup>9</sup>

1. Deep-time Digital Earth (DDE) Research Center of Excellence (Suzhou), International Union of Geological Sciences, 1699 Zu Chongzhi South Road, Kunshan (Jiangsu), China
2. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan, 610059, China
3. Electrical and Computer Engineering, Purdue University, West Lafayette, IN 47907
4. Electrical and Computer Engineering, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213
5. EarthByte Group, School of Geosciences, The University of Sydney, Sydney, NSW 2006, Australia
6. Earth and Planetary Sciences, Northwestern University, Evanston, IL 60208
7. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037, China
8. Oil and Natural Gas Corporation (ONGC), Chennai, India
9. Faculty of Geology, Vietnam National University of Science, Hanoi, Viet Nam

Paleogeography is the merger of sediment and volcanic facies, depositional settings, tectonic plate movements, topography, climate patterns and ecosystems through time. The construction of paleogeographic maps on tectonic plate reconstruction models requires a team effort to compile databases, data-sharing standards and computer projection methods. Two of the goals of Paleogeography working group of the IUGS program for Deep-Time Digital Earth (DDE) were: (1) Develop and interlink on-line national lexicons for all sedimentary and volcanic formations of nations that lack those; (2) Target specific intervals for testing/showcasing paleogeography output from these databases.

Following these goals, we are developing and applying techniques to East Asia. This has been a successful collaboration among computer-engineers, plate-modelers and stratigraphers in India (ONGC), China (Chengdu Univ. Tech., Chinese Acad. Geol. Sci.), USA (Purdue Univ., and Paleomap Project), Australia (GPlates visualization team) and Vietnam (Vietnam Nat. Univ.). Independent online lexicons with map-based and stratigraphic-based user-interfaces were developed for all formations in India and China, and partially for Thailand and Vietnam. A multi-database search system returns formations of a desired geologic stage or date from these 4 independent databases. With one-click, a user can plot the regional extent of all of those regional formations on different plate reconstruction models of that desired age [See Figure below]. The fillings of the formation polygons are either lithologic facies patterns or color-coded depositional environments.

参考文献

关键词



摘要 ID:2259

主题分类: 古地理重建与演化=》数据驱动下的古地理研究

最终交流类型: 口头报告

## 面向云原生的全球古地理重建服务框架研究

杜震洪<sup>\*1,2</sup>、汪愿愿<sup>2,3</sup>、陈奕君<sup>2</sup>、王冻棋<sup>2</sup>、李岸洲<sup>2</sup>

1. 浙江省资源与环境信息系统重点实验室, 杭州 310028
2. 浙江大学地球科学学院, 地理与空间信息研究所, 杭州 310027
3. 浙江大学海洋研究院, 舟山 316022

为服务全球地球科学家共建共享, 实现古地理重建透明可追溯、可迭代, 本研究提出面向云原生的全球古地理重建服务框架, 将数据、算法、算力三者解耦, 通过虚拟化技术将存储、计算实现池化, 以提供弹性服务, 即调即用, 用完即释放, 实现在线大规模高效全球古地理重建。本研究主要进行了两个方面的核心工作:

(1) 基于有向无环图的工作流模式来组织所有分析计算需求, 提供多种任务并发模式和结果构建物, 实现古地理重建流程的全自动化, 大大减少了人工操作在古地理重建中的占比, 增强了古地理重建结果的客观性; (图 1)

(2) 构建古地理重建镜像, 将古地理重建服务容器化, 适配云原生环境, 提高运维及服务效率, 实现多种经典模型以及用户自定义模型的古地理重建服务。(图 2)

为验证研究提出的服务框架的有效性和可行性, 将其应用于 Deep Engine 中, 提供在线的云原生古地理重建服务, 为全球地球科学家共建共享, 全球古地理分析研究提供有力支撑。

### 参考文献

**关键词** 全球古地理, 云原生



# 古海洋与古气候

## 古生代古海洋古气候及其沉积响应





摘要 ID:1291

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 华南下扬子中宾夕法尼亚世沉积记录对于古气候的响应

高彪<sup>1</sup>、辛浩<sup>1,3</sup>、陈吉涛\*<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所, 现代古生物学和地层学重点实验室, 南京 210008

2. 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心, 南京 210008

3. 中国科学院大学 北京 100049

晚古生代大冰期大陆冰川扩张与收缩, 可引起全球海平面及气候状态发生显著变化。华南板块在晚古生代位于古赤道附近, 是位于古特提斯洋和泛大洋之间的一个孤立的陆块, 为研究冰川消融对于低纬度地区的气候响应提供理想的研究材料。本研究选取位于下扬子江山地区中宾夕法尼亚世的藕塘底组, 通过开展详细的沉积学、古生物地层学和碎屑锆石年代学等的综合研究, 识别出了古土壤层、泥岩、砂岩和多种碳酸盐岩岩相和明显的旋回特征; 在精确的生物地层框架下, 重建了研究层段的沉积过程、沉积环境以及沉积大地构造背景; 藕塘底沉积剖面记录的碎屑供应增强和显著的旋回性指示, 该时期相对海平面的波动较大, 在间冰期赤道地区季节性气候增强。

### 参考文献

**关键词** 晚石炭世; 藕塘底组; 晚古生代大冰期; 古气候



摘要 ID:1502

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 展板

## 四川盆地蜀南地区茅口组碳氧同位素特征及其地质意义

伏珏蓉\*

中国石油勘探开发研究院西北分院

四川盆地蜀南地区中二叠统茅口组具有良好的油气勘探前景,前人已对蜀南地区茅口组沉积环境和古地理特征进行了大量的研究(胡安平,2018;施泽进,2019),但是还需要碳氧同位素方面的地球化学证据进一步制约(Guo et al.,2017)。本文系统采集了蜀南地区茅口组不同深度的样品,在详细的岩石学观察基础上,选取未经过明显风化蚀变的岩石样品,进行了C-O同位素组成的系统研究,通过分析数据揭示样品同位素的赋存和迁移规律,探讨研究区沉积演化特征和地质意义。

蜀南地区茅口组由下至上可分为茅一、茅二、茅三段三段(胡安平,2018)。茅一段的上部为灰黑色泥晶灰岩,中部和下部为深灰色泥晶灰岩。茅一段a的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 平均值分别为3.023‰和-6.694‰;茅一段b的平均值分别为2.314‰和-6.281‰;茅一段c的平均值分别为3.163‰和-6.585‰。茅二段的茅二a段上部以褐灰色泥晶灰岩为主。茅二b上部以灰褐色粉、泥晶灰岩为主,下部以深灰色泥晶灰岩为主。茅二c上部为褐灰色泥晶灰岩与深灰色泥晶灰岩不等厚互层,下部为深灰色泥晶灰岩与灰黑色泥晶灰岩不等厚互层。茅二段a的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 平均值分别为3.115‰和-8.578‰;茅二段b上部的平均值分别为4.002‰和-8.659‰;茅二段b下部的平均值分别为4.119‰和-8.017‰;茅二段c的平均值分别为3.360‰和-6.901‰;茅三段以灰至灰白色粉晶-泥晶灰岩为主。 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值茅三段的平均值分别为-1.941‰和-8.607‰。

数据表明 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 值在茅一段和茅二段整体比较稳定, $\delta^{13}\text{C}$ 具有较大的正值。 $\delta^{13}\text{C}$ 值在茅三段存在明显的拐点,总体呈负漂移。研究表明蜀南地区茅口组末期的 $\delta^{13}\text{C}$ 值负漂移可能与二叠纪海退事件和峨眉山大火成岩省火山喷发事件有关(沈树忠和张华,2017;Zhu et al.,2006)。海退和火山喷发事件导致海洋生物大量死亡,生态环境不断恶化,进一步造成 $\delta^{13}\text{C}$ 值的降低。

**参考文献** 胡安平,潘立银,郝毅,等.四川盆地二叠系栖霞组,茅口组白云岩储层特征,成因和分布[J].海相油气地质,2018,v.23(02):41-54.沈树忠,张华.什么引起五次生物大灭绝?[J].科学通报,2017,62(011):1119-1135.施泽进,张瑾,李文杰,等.四川盆地 Guadalupian 统碳酸盐岩稀土元素和碳-氧同位素特征及地质意义[J].岩石学报,2019,35(04):129-140.Guo Q, Deng Y, Hu J, et al. Carbonate carbon isotope evolution of seawater across the Ediacaran-Cambrian transition: evidence from the Keping area, Tarim Basin, NW China[J]. Geological Magazine, 2017:1-13.Zhu M Y, Babcock L, Peng S C, et al. Advances in Cambrian stratigraphy and paleontology: Integrating correlation techniques, paleobiology, taphonomy and paleoenvironmental reconstruction[J]. Palaeoworld, 2006, 15(3-4):217-222.

**关键词** 碳氧同位素;海退事件;茅口组



摘要 ID:188

主题分类：古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型：展板

## 北非阿赫奈特盆地奥陶纪海洋冰川沉积特征

陈忠民\*、肖坤叶、张光亚、秦雁群  
中国石油勘探开发研究院

阿赫奈特盆地位于阿尔及利亚中南部，与北非其它古生界盆地具有相似的构造背景和沉积演化特征。依据区域构造升降和海平面变化，盆地奥陶纪沉积可划分为三个超层序，即早-中寒武世泛非期东非与西非板块碰撞形成的同裂谷超层序1、中寒武世-中奥陶世（太康造山运动）初始被动大陆边缘超层序2和中-晚奥陶世的冰川-河流-浅海超层序3。

超层序1为早-中奥陶世直接不整合覆盖在寒武系 Meribel 砂岩之上而形成。上部为 El Atchane 砂岩（高位体系域）。薄层（<15米）El Gassi 页岩（海侵体系域）分隔上述两套砂岩层。

超层序2划分为两套（三级）层序2、3。该超层序的底部为 Hamra 砂岩底部区域不整合面。层序2是阿伦尼克中期盆地级海侵所形成的 LST/TST 石英砂岩（Hamra 砂岩）。盆地隆起区上覆 Tiferouine 页岩。层序3是一个向上变细的 LST/TST 的层间砂岩和页岩沉积。发育良好的最大海泛面将海侵沉积与上覆进积 HST 沉积分开。盆地局部的层序3被太康运动和冰川古河谷所切断和剥蚀。

超层序1、2的储层以 Hamra 砂岩最为典型。发育层序1、2的低位体系域的砂体横向连续性良好，胶结和压实作用使砂岩储层整体较差（孔隙度<8%，渗透率<0.01md）。盆地测试结果表明，裂缝和次生孔隙可改善其储集性能。上覆的 Tiferouine 页岩为储层提供了良好的盖层条件。

超层序3自下而上划分为三套（三级）层序4、5和6。层序4、5以冰川和冰期所形成的冰川-浅海环境沉积为主。层序6为河流-三角洲、浅海环境碎屑岩沉积。

奥陶系层序4的底界由与太康运动和冰川下切作用相关的区域侵蚀面所界定。在地震剖面和野外地质研究中均观察到冰川下切现象。该层序储层为冰川古河谷充填砂岩。砂岩在厚度和储层性质方面具有明显的横向变化快特征。储集性能相对较差（孔隙度<8%、渗透率<0.01md）。

奥陶系层序5、6为冰期结束后的海侵古河谷充填和浅海沉积。层序5的低位体系域（LST）的岩性向上变细，高位体系域（HST）见亚平行层理和生物扰动构造。高位体系域为最大海泛期层序5之后的一个向上变粗的沉积旋回。层序6位于奥陶系顶部，以深灰色、胶结良好、粉细至中砂岩为主，见亚平行层理，为浅海相沉积。该层序薄（10~15米），其下部为晚奥陶世沉积，上部为志留系底部 TST-HST 沉积。这两套层序的储层以奥陶系上部的河流-三角洲-滨岸砂岩为主。

**参考文献** [1] D. R. D. Boote, D. D. Clark-Lowes, M. W. Traut. 1998. Paleozoic petroleum systems of North Africa, 7-68. in D. S. MacGregor, R. T. J. Moody, D. D. Clark-Lowes (eds.): Petroleum geology of North Africa[M]. Geological Society Special Publication No 132, The Geological Society, London. [2] 陈忠民等. 2007. 北非库弗腊盆地油气成藏条件及地质风险初探[J]. 石油勘探与开发, 34(2), 252-256. [3] 陈旭, Stig M. Bergstrom, 2008. 奥陶系研究百余年：从英国标准到国际标准[J]. 地层学杂志, 32(1), 1-12. [4] 陈忠民等, 2014. 北非石油地质特征与勘探方向[J]. 地学前缘, 21(3), 63-71. [5] Richard C. Selley, 2015. Elements of Petroleum Geology (third edition) [M], Academic Press. [6] Trond H. Torsvik and L. Robin M. Cocks 2017. Earth History and Palaeogeography[M]. Cambridge University Press, 85-137.

**关键词** 北非；阿赫奈特盆地；奥陶纪；被动大陆边缘；海洋-冰川沉积



摘要 ID:2362

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 展板

## 华北台地东部寒武系 SPICE 事件的氮同位素特征及其古海洋意义

辛浩<sup>1,2</sup>、陈吉涛\*<sup>2</sup>

1. 中国科学院大学

2. 中国科学院南京地质古生物研究所和生物演化与环境卓越创新中心, 现代古生物学和地层学国家重点实验室

寒武纪地层中记录了多次碳同位素漂移事件, 而位于芙蓉统排碧阶底部的碳同位素正漂事件 (SPICE) 代表了寒武纪晚期全球碳循环一次较大的波动。该事件持续 2-4 百万年, 正漂幅度约为 4%-6%, 同时伴随着全球海平面波动、海洋氧化还原变化、生物灭绝与更替等事件发生。虽然 SPICE 事件在全球范围内得到了广泛研究, 并认为是由缺氧扩张、风化增强等引发有机碳埋藏增加所导致, 但其成因机制与该时期古海洋环境尚未有定论。

氮作为生物代谢所需的重要营养盐, 能够反映海洋初级生产力, 而固氮、反硝化等氮循环过程易受到海洋氧化还原的影响。本研究选取分别位于华北台地东部鲁西与辽宁地区的陈沟湾剖面与白家山剖面, 通过对 SPICE 事件层段碳酸盐岩进行有机氮同位素分析, 我们认为在 SPICE 事件初始阶段, 氮同位素值的明显升高指示了缺氧环境下的反硝化作用增强, 而后由于海洋中可利用氮的含量降低, 氮同位素值出现明显负漂 (幅度约为 3%)。氮同位素波动反映了该时期古海洋氧化还原的变化, SPICE 事件初期海洋缺氧扩张导致反硝化作用增强, 并为同时期发生的三叶虫灭绝事件提供合理的解释。

### 参考文献

**关键词** 华北台地; 芙蓉统; SPICE 事件; 有机氮同位素; 古海洋



摘要 ID:145

主题分类：古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型：展板

## 下扬子区北缘早寒武世热水沉积岩的元素地球化学响应

王建强<sup>\*1,2</sup>、张银国<sup>1,2</sup>、李双林<sup>1,2</sup>、梁杰<sup>1,2</sup>、龚建明<sup>1,2</sup>、陈建文<sup>1,2</sup>、孙晶<sup>1,2</sup>

1. 青岛海洋地质研究所

2. 青岛海洋科学与技术国家试点实验室海洋矿产资源评价与探测功能实验室

扬子地台是全球埃迪卡拉纪-寒武纪地层发育最好的地区之一，该时期沉积具有热液活动和缺氧沉积的双重特征，并且伴有火山活动（刘宝珺等，1993；Han et al., 2015；周文喜，2017）。早寒武世时期黑色页岩富金属元素成矿序列清晰，同时该套地层有机碳含量高，与页岩气、页岩油成因关系十分密切。近年来油气勘探表明，黑色页岩作为一种优质烃源岩，大多形成于古热水沉积区，与热水沉积作用有着密切的联系，在全国尤其是南方扬子地台大范围分布，上、中扬子区早寒武世与热水沉积有关的黑色页岩层系区中已取得重大的油气突破（贾智彬等，2016）。下扬子区早寒武世早期，受拉张作用，形成“两拗夹一隆”的构造格局，两个深水海槽以盆地-斜坡相为主，发育黑色泥岩、硅质岩和暗色细粉晶灰岩，厚度大、分布范围广，且有机碳含量高、有机质类型以I型为主，脆性矿物含量高，具有良好的页岩气成藏条件，是早古生代生油物质聚集中心。官地1井揭示下寒武统黑色页岩有机碳丰度TOC介于0.51-47.70%，成熟度Ro介于4.91-6.18%，处于过成熟演化阶段。在常量元素 $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{FeO})-w(\text{SiO}_2)/w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 和 $w(\text{SiO}_2)/w(\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O})-w(\text{MnO})/w(\text{TiO}_2)$ 判别图解中，研究区内样品多落在热水成因区。在正常沉积碎屑岩中长石及粘土矿物随着石英的增加而减少，因而 $w(\text{SiO}_2)$ 与 $w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 常呈负相关。热水沉积岩也通常相对富 $\text{SiO}_2$ 而贫 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。因此， $w(\text{SiO}_2)-w(\text{Al}_2\text{O}_3)$ 二元图解常作为判别热水成因的图解。研究区内样品多落在热水成因区，有极个别落在水成区。而在 $w(\text{Fe}_2\text{O}_3)/w(\text{TiO}_2)-w(\text{MnO})/w(\text{TiO}_2)$ 判别图解中，均落在热水区，说明研究区样品具有热水成因性质。因此通过对该套地层沉积特征、元素地球化学特征研究，有助于认识下扬子区北缘早寒武世古热液活动及其与地层有机质富集的关系。这一研究不仅能够为下扬子区油气勘探提供理论依据，同时对于这一地区早寒武世演化历史也具有重要的意义。

**参考文献** 周文喜. 黔北地区下寒武统黑色岩系的沉积环境与地球化学研究[D]. 贵州大学, 2017. 贾智彬, 侯读杰, 孙德强, 等. 热水沉积判别标志及与烃源岩的耦合关系[J]. 天然气地球科学, 2016, (27)6:1025-1031. Han Tao, Zhu Xiaoqing, Li Kun, et al. Metal sources for the polymetallic Ni-Mo-PGE mineralization in the black shales of the Lower Cambrian Niutitang Formation, South China[J]. Ore Geology Reviews, 2015, 67(12):158-169. 刘宝珺, 许效松, 潘杏南, 等. 中国南方古大陆沉积地壳演化与成矿[M], 北京, 科学出版社, 1993.

**关键词** 下扬子区北缘；早寒武世；热水沉积；黑色页岩；元素地球化学特征



摘要 ID: 3369

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 华南地区寒武系龙王庙组碳、氧、锶同位素及元素特征: 对古环境及碳同位素偏移的指示意义

张鹏远\*

中国科学院地质与地球物理研究所

生物圈在早寒武世经历了阶段性的扰动, 伴随着碳循环的剧烈波动。寒武纪第四期共发生两幕生物灭绝: 第一次被称为“Boyomian-Toyonian 危机”; 第二次是发生于早中寒武世转折时期, 以 Redlichiiid 和 Olenellid 灭绝和碳同位素负飘为特征, 被称为 ROECE 事件。较少的寒武纪第四期地化记录使得 ROECE 事件的原因仍然存在争议。四川盆地处于中国南方的上扬子地台, 在早寒武世连续沉积了一套碳酸盐岩。因此, 我们对四川盆地中部 HS2 井龙王庙组碳酸盐岩连续取样并进行高精度碳、氧、锶同位素和主微量元素测试、以重建该时期古环境并探索 ROECE 的原因。我们对全球多个地区早寒武世的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  记录进行对比, 结果显示全球  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  值在早寒武世第四期逐渐升高, 这暗示着大陆风化的逐渐增强。HS2 井的碳同位素曲线发生了一次明显的负飘, 这与 ROECE 事件相吻合。然而, 传统的观点的认为这次事件是由一次全球性海侵带来的缺氧水引起, 但是 HS2 井的地化记录并没有对这次海侵进行响应。这就暗示着全球性海侵可能并不是引起 ROECE 事件的唯一因素。在此基础上, 重建的古环境显示, ROECE 事件发生的同时伴随着古环境的明显波动。因此, 我们提出了一个新的古环境模型来解释 ROECE 事件的成因。因为寒武纪多数生物无法适应  $1\text{-}5^\circ\text{C}$  范围以外的温度波动, 所以温度的降低可能促进了生物的灭绝。另一方面, 干旱的气候导致陆源碎屑供应减少, 进一步降低了海洋生物可利用的营养物质, 所以这种贫营养环境也可以导致生物灭绝。最终, 低温以及贫营养的古环境触发了浅水地区 ROECE 事件。

**参考文献** Anbar, A.D., Duan, Y., Lyons, T.W., Arnold, G.L., Kendall, B., Creaser, R.A., Kaufman, A.J., Gordon, G.W., Scott, C., Garvin, J., Buick, R., 2007. A whiff of oxygen before the great oxidation event? *Science* 317, 1903 - 1906. Brasier, M.D., Corfield, R.M., Deryy, L.A., Rozanov, A.Y., Zhuravlev, A.Y., 1994a. Multiple  $\delta^{13}\text{C}$  excursions spanning the Cambrian explosion to the Botomian crisis in Siberia. *Geology* 22, 455 - 458. Faggetter, L.E., Wignall, P.B., Pruss, S.B., Jones, D.S., Grasby, S., Widdowson, M., Newton, R.J., 2019. Mercury chemostratigraphy across the Cambrian Series 2 - Series 3 boundary: evidence for increased volcanic activity coincident with extinction? *Chem. Geol.* 510, 188 - 199. Schiffbauer, J.D., Huntley, J.W., Fike, D.A., Jeffrey, M.J., M, G.J., Shelton, K.L., 2017. Decoupling biogeochemical records, extinction, and environmental change during the Cambrian SPICE event. *Sci. Adv.* 3, e1602158. Hardisty, D.S., Lu, Z., Planavsky, N.J., Bekker, A., Philippot, P., Zhou, X., Lyons, T.W., 2014. An iodine record of Paleoproterozoic surface ocean oxygenation. *Geology* 42, 619 - 622.

**关键词**



摘要 ID:1058

主题分类: 古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 寒武纪陆表海风暴作用及其沉积响应: 以北京西山下苇甸剖面为例

吴淳、刘航宇、刘波\*、石开波  
北京大学地球与空间科学学院

寒武纪被称为“贫乏骨骼的风暴海洋”，竹叶状灰岩一般被认为形成于风暴沉积作用。本研究以北京妙峰山镇下苇甸剖面为例，通过对典型风暴成因竹叶状灰岩的野外实测和多种实验分析研究，明确了风暴沉积特征、建立了陆表海风暴作用沉积模式并探讨了其记录的古老海洋风暴信息，主要取得如下认识：（1）下苇甸风暴沉积发育于中上寒武统，识别出 59 套竹叶状灰岩风暴沉积层，厚度多小于 30cm，透镜状至层状展布；（2）竹叶状灰岩沉积结构反映出原地型、近源型和远源型三类风暴沉积层，三者距风暴中心距离和搬运距离依次增加。近源型的砾屑呈叠瓦状等形态半定向排列，可见递变层理，随着搬运距离增加，砾屑的丰度减小，基质的丰度增加，沉积构造特征的发育程度减弱；（3）对比表明下苇甸剖面所反映的寒武纪的风暴强度相当于现代 10 级暴风，如此级别的风暴在寒武系发生频率约为 0.246Ma/次；（4）下苇甸竹叶状灰岩风暴沉积特征可与同时代华北其他地区、塔里木盆地、华南地区、北美板块、西伯利亚板块等地区对比，记录了地史上罕见的洲际性飓风频发期陆表海典型沉积样式。

**参考文献** 陈吉涛, 韩作振, 张晓蕾, 等, 2009. 鲁西芙蓉统条带灰岩早期成岩变形构造——竹叶状砾屑灰岩形成机理探讨[J]. 中国科学(D辑:地球科学), 39(12): 1732-1743. 景宇轩, 刘建波, 闫振, 等, 2015. 利用风暴沉积类型恢复海平面变化: 以北京西山下苇甸剖面寒武纪中晚期风暴沉积为例[J]. 古地理学报 17(05): 653-668. 康世龙, 邵龙义, 易琦, 等, 2016. 京西下苇甸地区寒武系岩石特征及沉积环境研究[J]. 中国煤炭地质, 28(06): 1-8. Chen Jitao, 2014. Surface and subsurface reworking by storms on a Cambrian carbonate platform: evidence from limestone breccias and conglomerates [J]. Geologos, 20(1): 13-23. Jr J, 1982. Flat-Pebble Conglomerates, Storm Deposits, and the Cambrian Bottom Fauna [J]. Springer Berlin Heidelberg. Myrow P M, Tice L, Archuleta B, et al., 2010. Flat-pebble conglomerate: its multiple origins and relationship to metre-scale depositional cycles [J]. Sedimentology, 51(5).

**关键词** 下苇甸; 寒武系; 陆表海; 风暴沉积; 竹叶状灰岩



摘要 ID:1127

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 中二叠世气候变暖对古海洋系统的影响: 对 Capitanian 生物-环境事件的启示

张柏林\*<sup>1</sup>、姚素平<sup>2</sup>

1. 成都理工大学

2. 南京大学

中二叠世是晚古生代冰期减弱的主要时期,可能见证了地球由冰室向温室气候的过渡。此时,全球板块构造聚合及气候环境变迁使得生物的生存处于不断的动荡之中,并在其晚期发生了 Capitanian 生物灭绝。研究表明,华南峨眉山火成岩大省(ELIP)的喷发可能与这一事件及当时气候与海洋环流的波动变化有关。然而,目前仍缺乏将此生物危机与可能的 ELIP-气候-海洋共变联系起来的因果机制约束。本次研究以华南下扬子地台边缘深水剖面(巢湖)为主要研究对象,通过对中二叠统孤峰组硅质岩-泥岩韵律层及银屏组下部泥页岩地层进行系统的沉积地球化学分析,从古气候-古海洋变化的角度揭示了中二叠世气候变暖所导致的古海洋系统的变化及对此次生物灭绝的影响。结果显示,化学风化强度自 Roadian 到 Capitanian 不断增加,表明当时气候从温暖潮湿变为炎热潮湿。综合运用 Cd/Mo 和 Co x Mn 指标表明,具有缺氧(但不硫化)条件和中高生产力的强大沿岸上升流系统在扬子地台边缘至少持续了 10Ma。然而,这一系统在 Capitanian 中期突然发生崩溃,然后转变为一个相对局限(缺氧加剧)但富营养(生产力增强)的古海洋系统。我们发现,气候变暖的发生稍微早于这些古海洋的变化,因此很可能是其主要触发因素。地化指标的定量分析表明,气候变暖不仅会减缓海洋环流,还会通过增强的大陆风化促进营养物质输送到海洋中。所有这些都导致了在 Capitanian 生物危机之前发生的海洋缺氧硫化的加剧及扩张。ELIP 的大规模火山活动可能引发了当时古气候-古海洋的解耦变化。进一步综合研究表明,ELIP 的大规模火山活动可能是 Capitanian 生物灭绝事件的重要诱发因素,其通过气候变暖引发了古海洋温盐循环及大洋环流的剧烈波动,从而导致了海洋缺氧-硫化条件的加剧及扩张,从而最终导致了 Capitanian 生物危机。

### 参考文献

**关键词** 古气候; 上升流; 海洋缺氧; 瓜德鲁普世; 晚古生代冰期





摘要 ID:2421

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 上扬子晚寒武世海相碳酸盐岩地球化学研究: 对 SPICE 事件的启示

夏文鹏、陈安清\*、徐胜林、杨帅、孙诗、李睿璇  
成都理工大学沉积地质研究院

SPICE 事件是晚寒武世的一次典型碳同位素正漂移事件, 同时也暗示了全球性的碳循环及海洋-生物圈系统的间歇波动。目前认为 SPICE 事件主要与两种机制密切相关, 即有机碳埋藏的增加和甲烷水合物的大量生成。碳酸盐岩碳同位素组成常被用来反映全球海洋的  $\delta^{13}\text{C}$ , 锶同位素一般作为指示壳源输入通量的有力指标, Ba、P 等微量元素则与海洋初级生产力挂钩。通过研究这一时期的碳同位素波动、陆源输入以及初级生产力, 我们试图揭示气候变化-海洋循环-SPICE 事件可能具有的内在联系。贵州金沙地区岩孔剖面上寒武统娄山关组地层发育一套缺乏生物化石的白云岩, 我们对其进行采样以开展对碳、氧同位素和锶同位素及主微量元素等研究。结果表明: 娄山关组上部出现显著的碳同位素正漂移,  $\delta^{13}\text{C}$  值升高至 2.21‰, 上升幅度达 3.4‰, 这一响应同时存在于全球其他地区; 锶同位素在娄山关组上部明显的增幅与  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TFe}_2\text{O}_3$ , REE 以及 Sc 含量在 SPICE 事件期间的增加, 表明与陆源输入增强有关; Ba 和 P 的含量在娄山关组上部呈上升趋势,  $\text{EF}_{\text{Ba}}$  和  $\text{EF}_{\text{P}}$  在此期间的升高指示初级生产力的提高; 氧化还原敏感元素 U, V 等在娄山关组上部处于高值,  $\text{V}/(\text{V}+\text{Ni})$ , Th/U 等均为明显增大, 表明此时期水体还原性增强。因此, SPICE 事件可能是由于陆源输入的增加, 使得海水中营养物质供应增强, 刺激了初级生产力的提高, 同时水体还原性增强有利于有机质的保存, 最终促使有机碳埋藏增强, 导致的碳同位素正漂移事件。

**参考文献** 樊茹, 邓胜徽, 张学磊, 2011. 寒武系碳同位素漂移事件的全球对比性分析[J]. 中国科学: 地球科学, (第 12 期). 朱茂炎, 杨爱华, 袁金良, 等, 2019. 中国寒武纪综合地层和时间框架[J]. 中国科学: 地球科学, 49(01): 26~65. Azmy K, 2019. Carbon-isotope stratigraphy of the SPICE event (Upper Cambrian) in eastern Laurentia: implications for global correlation and a potential reference section[J]. Geological Magazine, 156: 1311~1322. Saltzman MR, Yonug SA, Kumo LR, et al, 2011. A pulse of atmospheric oxygen during the late Cambrian[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 108: 3876~3881. Kump LR., Arthur MA, 1999. Interpreting carbon-isotope excursions: carbonates and organic matter[J]. Chemical Geology, 161:181~198.

**关键词** 晚寒武世; 碳同位素漂移; 碳循环; SPICE 事件



摘要 ID:2493

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 展板

## 硫同位素与大气氧气含量的演化

宋丹丹\*

北京大学地球与空间科学学院

大气中氧气含量的演化一直是科学界关注的重点, 而古沉积岩中非质量分馏的硫元素为此提供了证据。在 24.5 亿年前的沉积岩样品中, 硫化物和硫酸盐矿物存在明显的非质量硫同位素分馏信号 (Farquhar J et al., 2000)。随后该小组进行了  $H_2S$  和  $SO_2$  的光解实验, 推测紫外光下  $SO_2$  的光解反应是古沉积岩中 MIF-S (非质量分馏的硫) 的主要来源。随后的光化学模型证实,  $SO_2$  的光解反应 ( $SO_2=SO+O$ ) 会导致硫的非质量分馏, 反应条件为氧气分压小于  $10^{-5}PAL$ , 紫外线波长小于 220nm (Pavlov A A and Kasting J F, 2002)。因此, 通过古沉积岩中 MIF-S 的变化推测, 24.5 亿年以前大气中几乎没有氧气, 火山口喷发的  $SO_2$  进行紫外光解, 产生 MIF-S 并储存在沉积岩中。而 24.5 亿年以后大气中氧分压逐渐升高, 沉积岩中的 MIF-S 信号消失。

但是更多的古沉积岩样品研究与此推测并不一致。澳大利亚西部 27.6 亿年前的湖沉积岩与 29.2 亿年前的海成页岩样本中的 MIF-S 异常少, 由此推测沉积岩中的 MIF-S 含量可能受到氧气水平波动、火山喷发等因素影响, 除此之外, MIF-S 可能有其他的来源 (Ohmoto H et al., 2006)。随后, 实验室中的硫酸盐热还原反应表明, 氨基酸等有机物与硫酸盐热液的反应也可以导致硫化物中含有 MIF-S (Watanabe Y et al., 2009)。总的来说, 硫的非质量分馏机制目前尚未明确, 仍需进一步的研究探讨。除了 MIF-S 的起源之外, 自然界的硫循环过程也会强烈影响地质体中最终记录的 MIF-S 信号。因此, 单纯地通过硫同位素判断大气氧气含量可能是并不准确的。

**参考文献** Farquhar J, Bao H, Thiemens M. 2000. Atmospheric Influence of Earth's Earliest Sulfur Cycle[J]. *Science*, 289(5480):756-8. Pavlov A A and Kasting J F. 2002. Mass-independent fractionation of sulfur isotopes in Archean sediments: strong evidence for an anoxic Archean atmosphere[J]. *Astrobiology*, 2(1) : 27-41. Ohmoto H, Watanabe Y, Ikemi H, et al., 2006. Sulphur isotope evidence for an oxic Archaean atmosphere[J]. *Nature*, 442(7105): 908-11. Watanabe Y, Farquhar J, Ohmoto H. 2009. Anomalous fractionations of sulfur isotopes during thermochemical sulfate reduction[J]. *Science*, 324(5925):370-3.

**关键词** 大气氧含量; 非质量硫同位素分馏; 沉积岩



摘要 ID:222

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 晚奥陶世末期的大洋缺氧与生物绝灭

刘牧\*、陈代钊

中国科学院地质与地球物理研究所

晚奥陶世末期发生了显生宙五次大规模生命灭绝事件中第一次灭绝事件, 晚奥陶世生物大灭绝 (LOME; Sheehan, 2001)。本研究通过沉积学、古生物学、地球化学及数理模型的综合方法, 以位于四川布拖县乌科的连续的以碳酸盐为主的 O-S 剖面 (从上奥陶统凯迪阶-下志留统鲁丹阶) 为对象, 在旋回地层学、碳同位素地层学对比建立地层框架的基础上, 对晚奥陶世全球海洋缺氧面积与生物灭绝事件的关系进行了研究。

数据显示,  $\delta^{238}\text{U}$  在凯迪阶地层中稳定在较低数值, 在凯迪-赫南特界限处开始正漂 (自-0.80 % 至 0.11 %), 随后在 *M. extraordinarius* 与 *M. persculptus* 笔石带界限处开始快速负漂。

凯迪期缺氧事件跨越 *P. pacificus* 笔石带大部, 结束于标志着 LOME-1 的开始的凯迪-赫南特界限处。然而, 本次缺氧事件准确的开始时间仍然不确定, 因为波罗的古陆的  $\delta^{98}\text{Mo}$  记录表明, 在凯迪期缺氧事件可能已经发生过了一段时间 (Lu et al., 2017)。随后的  $\delta^{238}\text{U}$  正偏移跨越了赫南特阶下部的 *M. extraordinarius* 带, 在时间上与奥陶纪末冰川事件起止吻合, 可能代表了一期与气候相关的短暂的氧化事件。赫南特期缺氧事件从 *M. persculptus* 笔石带上沿至 *A. ascensus* 笔石带 (志留纪鲁丹期), 与 LOME-2 重合。根据来自鲁丹阶黑色页岩的  $\delta^{238}\text{U}$  和  $\delta^{98}\text{Mo}$  数据, 这种广泛海洋缺氧状态很可能在赫南特晚期开始后持续了至少 3 Ma。模型显示, 晚奥陶世经历了约 1.2 Ma 的广泛海洋缺氧, 并伴随着约 0.3 Ma 的快速氧化作用, 与赫南期冰川作用起止时间相一致, 因此早赫南特期的氧化水体扩张可能仅仅是一次缺氧背景下的“快闪”事件。从生物响应角度看, 凯迪期缺氧事件期间未发生大规模生物灭绝事件, 可能是由于缺氧水体局限在缺乏生物栖息的深水或远洋地区, 而浅层大陆架大部分仍然是氧化的。相比之下, 赫南特缺氧事件与 LOME-2 发生时间吻合。在此期间, 由于化学风化加剧 (Yan et al., 2010) 等因素而导致增强的冰川融化河流的输入, 可能提供了过量的生物有效营养并提高了初级生产力并导致耗氧量的增加。考虑到这一点, 晚赫南特期的缺氧水体可能扩展到浅海架 (Zou et al., 2018), 并最终导致 *Hirnantia* 动物群和其他浅海底栖生物的大规模死亡。

**参考文献** Bartlett R, Elrick M, Wheeley JR, et al., 2018. Abrupt global-ocean anoxia during the Late Ordovician-early Silurian detected using uranium isotopes of marine carbonates [J]. *Proc Natl Acad Sci U S A.*, 115(23): 5896-5901. Lu X, Kendall B, Stein H, et al., 2017. Marine redox conditions during deposition of Late Ordovician and Early Silurian organic-rich mudrocks in the Siljan ring district, central Sweden [J]: *Chemical Geology*, 457: 75-94. Sheehan P M, 2001. The Late Ordovician Mass Extinction [J]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 29: 331-364. Yan D, Chen D, Wang Q, et al., 2010, Large-scale climatic fluctuations in the latest Ordovician on the Yangtze block, south China [J]. *Geology*, 38(7): 599-602. Zou C, Qiu Z, Poulton SW, et al., 2018. Ocean euxinia and climate change “double whammy” drove the Late Ordovician mass extinction [J]. *Geology*, 46(6): 535-538.

**关键词** 晚奥陶世; 氧化还原; 碳酸盐岩; 铀同位素; 华南



摘要 ID:1178

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 华北寒武系底部砂岩碎屑锆石 U-Pb 年龄对深时流域体系以及与超大陆关系的制约

魏荣浩、段亮\*、詹荣若、史毅、马楚莹  
西北大学

长时期的暴露地表和遭受侵蚀通常伴随着古陆的准平原化, 导致区域性不整合的形成。作为华北平行不整合于新元古界之上的最老地层单元, 寒武系第二统辛集组/苏峪口组以底部发育磷块岩和含磷砂岩为特征, 代表了华北有史以来最大规模海侵的启始。在已有小壳化石的标定下, 华北寒武系底部碎屑沉积的 U-Pb 年代学工作是准等时框架下探索深时准平原化古陆从“源”到“汇”流域体系的有效途径。本文针对华北克拉通西部苏峪口组和南部辛集组 7 条典型实测剖面进行了碎屑锆石 U-Pb 定年, 并且通过对华北克拉通其他地区的研究结果进行综合整理, 建立了华北寒武纪碎屑锆石数据集。结果显示, 华北克拉通寒武系底部碎屑锆石 U-Pb 年龄组成在区域上具有多样性, 在呈现出不同的时空分布特征的同时可划分为三种类型。类型 1 于海侵初始期分布于华北的各个边缘, 而后在西部延续分布, 以太古代 (约 2.50 Ga)、古元古代 (约 1.8 Ga-1.9 Ga) 年龄的双峰式分布为特征, 与华北前寒武纪重大岩浆变质事件年龄一致, 代表了华北结晶基底的年龄组成。类型 2 于海侵初始期分布于华北的西缘和东缘, 以出现新元古代年龄并部分呈现单峰式分布为代表, 与西部贺兰山地区以及东部朝鲜半岛以及辽东半岛报道的新元古代岩浆作用的年龄相近。类型 3 以出现寒武纪年龄 (峰值约 505 Ma) 的多峰式为特征, 证明在华北东缘和南缘, 有接近地层沉积年龄的新生物源的混入。物源的多样性说明华北在寒武纪初始海侵过程中的准平原化“源”到“汇”流域体系仍然具有明显的分水岭, 所以针对局部地区少数剖面的碎屑锆石物源分析并不能完整地揭示该时期华北古陆的总体特征。根据碎屑锆石的类型的空间分布, 我们划分了华北克拉通寒武纪三种对应的流域并且描绘了其在海侵过程中的变化趋势, 且判断出流域的分水岭主要由继承性的地貌高地构成。数据集中新元古代年龄出现的地区与华北记录新元古代岩浆作用的地区具有较好的对应关系, 年龄组成与全球 Rodinia 裂解带来的地壳增生事件一致, 表明了华北克拉通记录并可能直接参与了 Rodinia 超大陆的裂解过程。数据集中探测到接近地层时代 (寒武纪) 年龄的年龄谱与冈瓦纳大陆北缘同时代地层的年龄谱具有差异, 其来源可能与原太平洋在华北东部俯冲形成的大陆边缘弧有关。

### 参考文献

**关键词** 华北克拉通; 早寒武世; 流域体系; 物源分析



摘要 ID: 2056

主题分类: 古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 峨眉山大火成岩省火山喷发高精度年代学研究及其对中晚二叠世之交生物-气候事件的启示

黄虎<sup>1</sup>、Magdalena H. Huyskens<sup>2</sup>、Qing-Zhu Yin<sup>2</sup>、Peter A. Cawood<sup>3</sup>、侯明才<sup>1</sup>、杨江海<sup>4</sup>、熊富浩<sup>1</sup>、杜远生<sup>4</sup>、杨晨晨<sup>1</sup>

1. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

2. Department of Earth and Planetary Sciences, University of California at Davis

3. School of Earth, Atmosphere & Environment, Monash University

4. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室

峨眉山大火成岩省被认为是中晚二叠世之交生物危机和古气候波动的潜在控制因素。然而,有关火山活动时间还缺少高精度的年代学约束,其限制了评估大火成岩省和生物与环境变化的关系。本项研究选取了峨眉山大火成岩省西部中心地区火山序列的顶部流纹岩和底部红层样品开展单颗粒锆石 CA-ID-IRMS U-Pb 定年。结果表明,峨眉山大火成岩省火山活动的起始时间为  $260.14 \pm 0.13$  Ma, 并至少持续到了  $257.22 \pm 0.37$  Ma。结合前人已发表的酸性熔结凝灰岩的年龄 ( $259.1 \pm 0.5$  Ma) (Zhong et al., 2014) 和最新的牙形石年代学研究 (Wu et al., 2020), 我们可以估计约 85% 的大火成岩省岩浆在中晚二叠世界线前约 1.04Ma 喷发, 与最早的生物危机事件同期或略早, 并与古气候变暖时间一致。早期火山岩喷发的速率约为  $0.49 \text{ km}^3/\text{a}$ , 接近晚期喷发速率的 10 倍。新的年代学数据支持峨眉山大火成岩省是中晚二叠世之交生物危机和古气候变化的影响因素。

第一作者简介: 黄虎, 男, 1987 年生, 副教授, 主要从事沉积地质学研究, E-mail: 118huanghu@163.com

参考文献 Wu & Q, Ramezani J, Zhang H, et al., 2020. High-precision U-Pb zircon age constraints on the Guadalupian in West Texas, USA [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 548: 109668. Zhong Y, He B, Mundil R, et al., 2014. CA-TIMS zircon U-Pb dating of felsic ignimbrite from the Binchuan section: Implications for the termination age of Emeishan large igneous province [J]. *Lithos*, 204: 14-19.

关键词 峨眉山大火成岩省; CA-ID-IRMS; 生物危机; 古气候



摘要 ID:3117

主题分类：古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型：口头报告

## 火山事件驱动页岩硅含量变化：以鄂尔多斯盆地东缘太原组为例

戚宇\*<sup>1</sup>、琚宜文<sup>2</sup>

1. 燕山大学

2. 中国科学院大学

硅质含量是影响页岩脆性的最主要因素。海陆过渡相页岩硅质含量少、脆性低，是制约过渡相页岩气开发的关键因素。本文以鄂尔多斯盆地东缘太原组海陆过渡相页岩为研究对象，测试了样品的主、微量元素，利用地球化学指标解析了太原组沉积期古气候变化、风成输入、火山输入等因素对页岩硅质含量的影响。研究表明：在太原组沉积期出现了两次 CIA（化学调整指数）的显著升高，并伴随 K/Al 显著降低，表明古气候条件周期性变化。整个沉积层段的 CIA 普遍均较高

（79%~97%），反映了整体上温暖潮湿的古气候背景。异常高的 CIA 指数代表了极端湿热的气候条件。Ga/Rb 与 Ka20/Al2O3 的关系图也很好的指示了气候的剧烈波动，但总体上仍属于湿热的气候环境。风成沉积物输入指标 Ti/Al 与 K/Al 一致，指示气候变化可能控制了风的强度。通常气候越寒冷干燥，风强度越小；而气候越温暖湿热，风强度越大。Zr/Al 也是重要的风成输入指标，但并未与 Ti/Al 协同变化，这表明 Ti/Al 受到其它因素控制。研究区页岩样品具有异常高的 Zr 含量（212.4~531.6 ppm），远高于一般页岩（通常<250ppm），且 Zr/Ti 的变化范围相对较大。由于华北地区太原组沉积岩中凝灰岩非常普遍。我们认为异常高的 Zr 浓度和 Zr/Ti 反映了长英质火山灰输入。Zr/Ti 与风化指标的相关性，表明火山活动显著影响气候。火山活动（喷发）释放大量温室气体，短期内导致温度快速升高，长期以后又由于喷发的火山岩不断风化，消耗大气中 CO<sub>2</sub> 导致气候变冷。火山灰中含大量不稳定物质，在极度湿热的条件下，大量元素（如 K，Si）被淋滤丢失，相对富集 Al，并导致 Si/Al 比降低。综上所述，太原组沉积期的脉冲式火山活动增加了页岩中的火山物质，火山喷发导致使气候湿热程度增加，进一步加剧了火山灰的风化淋滤，导致页岩中 Si 的淋滤丢失和 Al 的富集。本次研究表明，太原组沉积期页岩硅质含量受火山活动控制，火山输入强度可能在盆地尺度或更大范围内可对比。这对于寻找硅质含量相对较高的页岩气储层具有重要意义。

参考文献

关键词 风化；火山灰；硅；过渡相；页岩



摘要 ID:1275

主题分类: 古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 华南中-晚奥陶世碳同位素漂移事件和地层间断的天文年代学约束

任传真<sup>1,2</sup>、房强<sup>\*1,2</sup>、吴怀春<sup>1,2</sup>、房吉闯<sup>5</sup>、张世红<sup>1,3</sup>、杨天水<sup>1,3</sup>、李海燕<sup>1,4</sup>

1. 中国地质大学(北京)生物地质与环境地质国家重点实验室

2. 中国地质大学(北京)海洋学院

3. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院

4. 中国地质大学(北京)科学研究院

5. 中国极地研究中心

早古生代地球生物的演替及其与环境之间的关系一直是地球科学研究的焦点(如 Zhang et al., 2014; Zhao et al., 2015; Servais and Harper, 2018; Saupe et al., 2020),这不仅为地球演化历史的研究提供直接证据,还对未来环境变化的预测提供重要启示。中-晚奥陶世过渡时期是地球历史上最重要的时期之一,期间发生了古气候变化和海洋生物面貌更替等重大事件(Fan et al., 2015; Edwards et al., 2017; Fang et al., 2019)。其中,发生于中达瑞威尔期同位素碳漂移(Middle Darriwilian isotope Carbon Excursion, MDICE)和凯迪期的古滕贝格碳同位素碳漂移(Guttenberg isotope Carbon Excursion, GICE)反映了或由气候变化驱动的海洋碳同位素异常事件(Rasmussen et al., 2016; Young et al., 2016; Goldberg et al., 2021)。同时,最近来自生物地层和碳同位素地球化学的研究数据表明华南扬子台地在中-晚奥陶世过渡期间可能存在沉积间断(Ma et al., 2015; 张元动等, 2019),但对于地层间断的持续时间仍不明确。解释 MDICE 和 GICE 的成因机制,并对沉积间断的持续时间进行精确的年代约束可以提升对中-晚奥陶世地球环境系统演变的理解。本文以磁化率(Magnetic susceptibility, MS)作为古气候指标,对湖北宜昌真金剖面 and 普溪河剖面开展详细的旋回地层学分析,建立天文地质年代标尺,通过高分辨率年代学约束来了解天文驱动的古气候变化。MS 序列的频谱分析表明,牯牛潭组、庙坡组和宝塔组地层不同沉积旋回的比值与中-晚奥陶世时期米兰科维奇旋回的比值一致。利用稳定的 405 kyr 长偏心率周期进行天文校正,分别建立了真金剖面~6.31 Myr 和普溪河剖面~1.63 Myr 的浮动天文年代标尺(Astronomical time scale, ATS),估算出 MDICE 的最小持续时间为~550 kyr, GICE 的持续时间为~474 kyr。~1.2 Myr 斜率长周期和 405 kyr 偏心率周期最大值的耦合可能触发了 MDICE 峰值的开始。基于高精度的年代标尺,实现华南板块与塔里木板块间的旋回地层对比,估算出沉积间断的持续时间约为 1.38 Myr。

**参考文献** 张元动, &nbsp;詹仁斌, &nbsp;甄永毅, &nbsp;等, 2019. &nbsp;中国奥陶纪综合地层和时间框架&nbsp;[J]. &nbsp;中国科学:&nbsp;地球科学, 49 (01): 66-92. Edwards C T, Saltzman M R, Royer D L, et al, 2017. Oxygenation as a driver of the Great Ordovician Biodiversification Event [J]. Nature Geoscience, 10(12): 925~929. Fan J X, Chen Q and Goldman D, 2015. A graphic correlation and diversity analysis of the&nbsp;&nbsp;Upper Darriwilian to Lower Katian Graptolites. In: Chen X, Zhang Y D, Goldman D, et al., &nbsp;&nbsp;Eds. Darrivilian to Katian (Ordovician) Graptolites from Northwest China. Zhejiang&nbsp;&nbsp;University Press, 79~86. Fang Q, &nbsp;&nbsp;Wu H C, &nbsp;&nbsp;Wang X L, et al, 2019. An astronomically forced cooling event during the Middle Ordovician [J]. Global and Planetary Change, 173: 96~108. Goldberg, S L, Present, T M, Finnegan, S, et al, 2021. A high-resolution record of early Paleozoic climate [J]. PNAS, 118 (6): e2013083118. Ma X, Wang Z H, Zhang Y D, et al, 2015. Carbon isotope records of the Middle-Upper Ordovician transition in Yichang area, South China [J]. Palaeoworld, 24(1): 136~148. Rasmussen, C M Ø, Ullmann, C V, Jakobsen, K G, et al., 2016. Onset of main Phanerozoic marine radiation sparked by emerging Mid Ordovician icehouse [J]. Scientific Reports, 6 (1): 1-9. Saupe E E, Qiao H, Donnadiou Y, et al, 2020. Extinction intensity during Ordovician and Cenozoic glaciations explained by cooling and palaeogeography [J]. Nature Geoscience, 13(1): 65~70. Servais T H and Harper D



A T. 2018. The Great Ordovician Biodiversification Event (GOBE): definition, concept and duration [J]. *Lethaia*, 51: 151~164. Young S A, Gill B C, Edwards C T, et al, 2016. Middle-Late Ordovician (Darriwilian-Sandbian) decoupling of global sulfur and carbon cycles: Isotopic evidence from eastern and southern Laurentia [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 458: 118~132. Zhang X L, Shu D G, Han J, et al., 2014. Triggers for the Cambrian explosion: Hypotheses and problems [J]. *Gondwana research*, 25: 896-909. Zhao W J and Zhu M, 2015. A review of Silurian fishes from Yunnan, China and related biostratigraphy [J]. *Palaeoworld*, 24: 243-250.

**关键词** 中-晚奥陶世; 旋回地层对比; 天文年代标尺; 碳同位素漂移; 驱动机制





摘要 ID: 2282

主题分类: 古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 展板

## Marinoan 冰期结束时海洋硫化的新证据: 来自华南南沱组的研究

曾杨丹杰<sup>1,2</sup>、祝圣贤<sup>1</sup>、郎咸国\*<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学能源学院

Marinoan 冰期是地质历史时期最严酷的冰室气候, 被称为“雪球地球”。冰期结束后, 全球范围内广泛沉积了一套数米厚的盖帽碳酸盐岩, 并且直接覆盖在冰川杂砾岩之上, 表明雪球地球的快速解体, 即冰室气候向温室气候的快速转变。近年来的研究发现, 在盖帽碳酸盐岩沉积之下的冰期地层中发育有大量的黄铁矿结核, 并且具有较高的硫同位素值, 这些黄铁矿结核的沉积可能指示了雪球地球结束时, 盖帽碳酸盐岩沉积之前海洋硫酸盐输入通量激增而呈现的短暂却广泛的硫化海洋。尽管这些黄铁矿结核形成于早成岩阶段为大量证据所肯定, 但由于缺乏黄铁矿结核围岩的研究, 其可能无法全面地揭露水体化学状态。因此, 重建雪球地球结束时海洋化学特征需要对南沱组黄铁矿结核的围岩地层进行研究。

我们的研究材料来自华南南沱组顶部的 7 条沉积剖面, 它们记录了成冰纪“雪球地球”解体过程中不同沉积环境的冰川消融沉积。对于这些冰川消融沉积地层中的分散状黄铁矿以及有机碳的综合研究表明: 首先, 在华南南沱组顶部除了存在大量黄铁矿结核以外, 冰川杂砾岩的颗粒间隙中同样保存着较多的分散状黄铁矿, 其硫同位素值 ( $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$  平均值为 14.53‰) 与南沱组黄铁矿结核具有相近的  $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$  值, 证明了它们具有相同的硫源; 其次, 在垂向剖面上,  $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$  从底部到顶部存在明显的升高 ( $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$  由+2‰升高至+25‰), 我们认为此过程指示了水体在硫化过程中, 大量硫酸根被硫酸盐还原菌消耗并生成黄铁矿埋藏, 导致海洋硫酸盐库逐步萎缩; 最后, 较高的有机碳含量 (平均值为 0.13%) 表明, 即使在极其强烈的硫酸盐还原反应背景下仍然不能完全消耗有机质, 这揭露了当期表层海洋初级生产力的爆发。我们的研究证明在盖帽碳酸盐岩沉积前海洋初级生产力已经复苏, 支持了当期海洋短暂但广泛硫化的观点, 并且认为这种硫化环境的形成将快速消耗硫酸根, 使得海洋的硫酸根浓度降低。

参考文献

关键词



摘要 ID:2369

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 华北鄂尔多斯盆地早二叠世化学风化指数和与成煤期结束相关的气候转换

孙诗<sup>1,2,3</sup>、陈安清<sup>\*1,2</sup>、陈洪德<sup>1,2</sup>、侯明才<sup>1,2</sup>、杨帅<sup>1</sup>、徐胜林<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室
3. 成都理工大学

早二叠世被公认为是晚古生代冰期 (LPIA) 的鼎盛期, 冰川覆盖冈瓦纳大陆大部分地区。该时期, 华北太原组-山西组下部发育具工业开采规模的煤层, 但山西组上部基本无煤层。为探讨古气候变化是否可能是这次成煤期终止的一个因素, 我们对华北鄂尔多斯盆地下二叠统山西组-下石盒子组进行化学风化研究。多项化学风化指数一致表明, 化学风化强度在萨克马尔初期迅速下降, 在萨克马尔早中期保持较低水平, 到萨克马尔晚期突然增高。随后进入亚丁斯克期再次下降。这正好对应于冰期-间冰期-冰期的气候轮回。类似同期的化学风化指数变化也发生在南美洲南部巴拉那盆地和中国西北部准噶尔盆地。化学风化变化趋势与全球海平面变化、北美陆架有孔虫多样性以及大气 CO<sub>2</sub> 浓度变化等指标一致反映该时期全球显著的气候波动。同时表明始于萨克马尔晚期的全球升温事件可能导致华北湿地植物群数量的骤减, 最终促使早二叠世成煤期结束。

**参考文献** Cawood, P. A., Nemchin, A. A., Freeman, M., et al., 2003. Linking source and sedimentary basin: detrital zircon record of sediment flux along a modern river system and implications for provenance studies. *Earth Planet. Sci. Lett.* 210, 259–268. Chen, A. Q., Zou, H., Ogg, J. G., et al., 2020. Source-to-sink of Late Carboniferous Ordos Basin: Constraints on crustal accretion margins converting to orogenic belts bounding the North China Block. *Geoscience Frontiers*, 11(6): 2031–2052. Cox, G. M., Halverson, G. P., Stevenson, R. K., et al., 2016. Continental flood basalt weathering as a trigger for Neoproterozoic snowball Earth. *Earth Planet. Sci. Lett.* 446, 89–99. Fielding, C. R., Frank, T. D., Birgenheier, L. P., et al., 2008. Stratigraphic imprint of the Late Paleozoic Ice Age in eastern Australia: a record of alternating glacial and nonglacial climate regime. *J. Geol. Soc. Lond.* 165, 129–140. Frank, T. D., Shultis, A. I., Fielding, C. R., 2015. Acme and demise of the Late Palaeozoic Ice Age: a view from the southeastern margin of Gondwana. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. & Palaeoecol.* 418, 176–192. Montañez, I. P., Mc Elwain, J. C., Poulsen, C. J., et al., 2016. Climate, pCO<sub>2</sub> and terrestrial carbon cycle linkages during late Palaeozoic glacial-interglacial cycles. *Nature Geoscience*, 9 (11): 824–828. Metcalfe, I., Crowley, J. L., Nicoll, R. S., et al., 2015. High-precision U–Pb CA–TIMS calibration of Middle Permian to Lower Triassic sequences, mass extinction and extreme climate-change in eastern Australian Gondwana. *Gondwana Res.* 28, 61–81. Nesbitt, H. W., Young, G. M., 1982. Early Proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. *Nature* 299, 715–717. Wang, P., Du, Y., Yu, W., et al., 2020. The chemical index of alteration (CIA) as a proxy for climate change during glacial-interglacial transitions in Earth history. *Earth Sci. Rev.* 201, article #103032. Qie, W. K., Algeo, T. J., Luo, G. M., et al., 2019. Global events of the Late Paleozoic (Early Devonian to Middle Permian): A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 531, p. 109259. Yang, J. H., Cawood, P. A., Du, Y. S., et al., 2014. Global continental weathering trends across the Early Permian glacial to postglacial transition: correlating high- and low- paleolatitude sedimentary records. *Geology* 42, 835–838. Yang, J. H., Cawood, P. A., Du, Y. S., et al., 2016. Reconstructing Early Permian tropical climates from chemical weathering indices. *Geol. Soc. Am. Bull.* 128, 739–751. Yang, J. H., Cawood, P. A., Montañez, I. P., et al., 2020. Enhanced



continental weathering and large igneous province induced climate warming at the Permo-Carboniferous transition. *Earth Planet. Sci. Lett.* 534, 116074.

**关键词** 晚古生代冰期; 萨克马尔晚期; 山西组上部; 升温事件; 成煤期结束



摘要 ID:2605

主题分类：古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型：展板

## 牙形刺氧同位素古温度计：研究进展与展望

刘康、周锡强、江茂生\*

中国科学院地质与地球物理研究所

牙形刺是寒武系至三叠系海相地层里常见的磷酸盐质古生物化石，具有分布较广、易于保存等优势，其氧同位素可用于重建同时期海水温度，受到广泛关注和重视。为此，本文从牙形刺基本特征、氧同位素古温度计原理、氧同位素分析测试方法等方面，对牙形刺氧同位素古温度计的基本特点和原理进行了回顾。在此基础上，进一步讨论了牙形动物生物习性、成岩作用改造、量化计算方式等多种因素对牙形刺氧同位素定量重建古海水温度的潜在影响。目前，牙形刺氧同位素古温度计在古海水温度重建、牙形动物生物习性研究、及古地理格局重建等方面开展了大量重要应用，相关研究成果极大促进了我们对深时环境和生物演化的认识。未来，深入研究牙形刺磷酸盐氧同位素与同时期海水的分馏机理、精细厘定牙形动物关键属种的生物习性、有效评估成岩作用对牙形刺氧同位素组成改造程度，并充分考量特定时期研究区古地理背景，将有助于牙形刺氧同位素古温度计在古海洋、古环境和古生物研究中发挥更大的作用。

### 参考文献

**关键词** 牙形刺；氧同位素；古海洋；古温度



摘要 ID:1693

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 展板

## 上扬子北缘 Guadalupian 层状硅质岩主、微量元素和 Sr 同位素特征: 硅质来源、形成环境及古海洋意义

余瑜\*、林良彪、黄虎  
成都理工大学

二叠纪硅质沉积事件是一个时间跨度达数十个百万年的全球性地质事件 (Murche y and Jones, 1992; Beauchamp and Baud, 2002)。上扬子地区二叠纪硅质岩分布广泛, 按照岩性特征和产出状态可划分为层状和非层状 (包括结核状、团块状和条带状)。在四川盆地北部、东部, 中、晚二叠统之交的茅口组与吴家坪组界线附近发育层状硅质岩。通过对川北地区茅口组中、上部至吴家坪组底部与层状硅质岩互层产出的灰岩进行微体古生物化石鉴定, 结果表明层状硅质岩在时代上归属瓜德鲁普统 (Guadalupian) 卡匹敦阶 (Capitanian), 与中下扬子地区的孤峰组为同一时代。地球化学分析表明硅质岩具高  $Al/(Al+Fe+Mn)$  值, 介于 0.6~0.7 之间, 属于非热液成因硅质岩, 结合镜下薄片观察到的大量硅质放射虫, 认为 Guadalupian 层状硅质岩的硅质来源以生物来源为主。 $La_N/Yb_N$  值、 $\delta Ce$  值、 $La_N/Ce_N$  值和  $La_N/Ce_N-Al_2O_3/(Al_2O_3+Fe_2O_3)$  图解显示硅质岩形成于远离陆地的远洋盆地。 $HNO_3$  加 HF 溶解硅质岩测得的  $^{87}Sr/^{86}Sr$  值介于 0.706903~0.708298, 结合硅质岩样品的 Sr 和 Rb 值校正后, 获得沉积初始  $^{87}Sr/^{86}Sr$  值介于 0.706315~0.707568, 这与中二叠世 Guadalupian 统全球  $^{87}Sr/^{86}Sr$  值的演化一致。海水的  $^{87}Sr/^{86}Sr$  值在 Guadalupian 末期的 Capitanian 降至古生代最低, 与当时峨眉山玄武岩的喷发、海水中幔源锶的加入有关。另外, 层状硅质岩的  $^{87}Sr/^{86}Sr$  值与同时期的海水的  $^{87}Sr/^{86}Sr$  值的一致进一步说明硅质岩的成因以海水沉积为主, 但受到了峨眉山玄武岩喷发的间接影响。

**参考文献** 1. Beauchamp, B., & Baud, A. (2002). Growth and demise of Permian biogenic chert along northwest Pangea: Evidence for end-Permian collapse of thermohaline circulation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 184, 37-63. 2. Murche y, B. L., & Jones, D. L. (1992). A mid-Permian chert event: Widespread deposition of biogenic siliceous sediments in coastal, island arc and oceanic basins. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 96, 161-174. &nbsp;

**关键词**



摘要 ID: 2033

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 泥盆纪生物大灭绝事件的古生态学研究——海洋底栖群落的结壳模式

常晓琳\*、侯明才

成都理工大学沉积地质研究院

附生生物和宿主以及它们的相互关系构成了海洋硬底群落中的一个特殊的生态系统, 可以为地史上的关键事件提供古生态学意义(Taylor and Wilson, 2002; Bose, 2011)。泥盆纪 Frasnian-Famennian 事件是显生宙五次生物大灭绝事件之一, 但至今其灭绝的过程及机制都有较大的争议(Ma et al., 2016; Fan et al., 2020; Song et al., 2021)。而泥盆纪关于附生生物的研究基本仅集中于早中泥盆世, 缺少跨越 F/F 界线的相关研究。我们从中国南方龙门山地区的中晚泥盆世地层中采集了大量附有包壳的腕足动物宿主, 通过附生生物的丰度、多样性、宿主与附生生物之间的关系以及附生生物类群之间的相互作用来描述腕足类动物的结壳模式。本研究分析了 7 个种的腕足动物, 共计 3067 个标本, 其中 683 个腕足标本分别被 8 个类群的附生生物结壳包裹。腕足动物类群的结壳百分比和每壳附生生物的平均数主要与寄主的壳体形态及生态环境有关。而附生生物的丰度和组合类型的数量在早 Frasnian 显著下降, 而后于 Famennian 略有回升。大多数附生生物对宿主类群有明显的选择偏好, 其中附生生物的个体大小是选择宿主的重要因素。体型小、对生活环境要求低的附生生物在不同的宿主和环境中将获得更多的生存机会。除了少部分的 *Aulopora* sp. B 和 *microconchid* 以外, 大多数附生生物都附着在活的腕足壳体上, 这说明 *Aulopora* sp. B 和 *microconchid* 可能是共生的而非寄生的生物(Zaton and Borszcz, 2013; Zaton et al., 2017)。Givetian 和 Frasnian 的腕足寄主背壳上的附生生物明显多于腹壳, 但 Famennian 的腕足上却恰恰相反。这种在 Frasnian/Famennian 界线处附生生物分布的突然转变可能是由于宿主类群的变化而非环境变化引起的。研究中, F/F 界线附近腕足上的附生生物群落并没有出现突然的崩溃, 附生生物的丰度、多样性、宿主与附生生物之间的关系以及附生生物分类群之间的相互作用在 F/F 界线附近亦没有显著变化。而是在 Frasnian 早期出现了附生生物丰度和组合类型的数量显著下降。这可能表明在 Frasnian-Famennian 期时古海洋并没有发生剧烈的环境变化, 而是在整个晚泥盆世存在长期、持续的生态破坏。

**参考文献** Bose, R., Schneider, C.L., Leighton, L.R., & Polly, P.D. 2011. Influence of atrypid morphological shape on Devonian episkeletobiont assemblages from the lower Genshaw Formation of the Traverse Group of Michigan: a geometric morphometric approach. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*. 310: 427 - 441. Fan, J.X., Sheng, S.Z., Erwin, D.H., Sadler, P.M., Norman, M.L., & Cheng, Q.M., et al. 2020. A high-resolution summary of Cambrian to Early Triassic marine invertebrate biodiversity. *Science*. 367: 272 - 277. Ma, X., Gong, Y., Chen, D., Racki, G., & Liao, W. 2016. The Late Devonian Frasnian - Famennian Event in South China — patterns and causes of extinctions, sea level changes, and isotope variations. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*. 448: 224 - 244. Song, H.J., Kemp, D.B., Tian, L., Chu, D. L., Song, H.Y., & Dai, X. 2021. Thresholds of temperature change for mass extinctions. *Nature Communications*. 12: 4694. Taylor, P.D., & Wilson, M.A. 2002. A new terminology for marine organisms inhabiting hard substrates. *Palaios*. 17(5): 522 - 525. Zatoń, M., & Borszcz, T. 2013. Encrustation patterns on postextinction early Famennian (Late Devonian) brachiopods from Russia. *Historical Biology*. 25 (1): 1 - 12. Zatoń, M., Borszcz, T., & Rakociński, M. 2017. Temporal dynamics of encrusting communities during the Late Devonian: a case study from the Central Devonian Field, Russia. *Paleobiology*. 43(4): 550 - 568.

**关键词** 附生生物; 腕足动物; 结壳模式; 古生态; F-F 事件



摘要 ID: 2356

主题分类: 古海洋与古气候=》古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 展板

## 华南晚石炭-早二叠世斜坡相沉积过程与碳同位素变化

杨文莉<sup>1,2</sup>、陈吉涛<sup>\*1,3</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所, 现代古生物学和地层学重点实验室

2. 中国科学院大学

3. 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心

晚古生代大冰期开始于晚泥盆世的法门期, 在石炭-二叠纪 (C/P) 之交达到了冰盛期, 之后开始逐渐变暖, 至早二叠世晚期, 大陆冰川基本消融; 它是地球上自高等植物发育以来, 唯一一次记录了地球从“冰室”向“温室”气候这一转变过程的时期。深时地层记录, 特别是低纬度地区的沉积记录能够较好地反映全球冰川型海平面变化。但是前人对于该转换期的研究多聚焦于浅水碳酸盐岩台地, 受相对海平面下降影响,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  值在一定程度上受到大气淡水成岩作用的影响, 不能够反映海水的原始碳同位素组成。而且, 该转折期  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  记录的分辨率较低。冰期向冰消期转变的全球碳循环还有待进一步研究。

华南板块在晚石炭-早二叠世处于古特提斯洋东缘低纬度地区, 发育了一套保存完好的碳酸盐岩沉积序列。本文选取了黔南罗甸盆地的两个碳酸盐岩斜坡相剖面 (纳庆、上隆) 进行了详细的沉积学和高分辨率碳酸盐岩碳同位素 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ ) 研究。在研究剖面共识别出七种岩相, 包括薄板状泥晶灰岩、纹层状粉屑灰岩、纹层状粒泥灰岩、薄至厚层生物碎屑泥粒灰岩、中至巨厚层块状颗粒灰岩、中至巨厚层块状漂砾岩和厚至巨厚层块状灰砾岩。在早乌拉尔世的阿瑟尔晚期和萨克马尔早期, 两个剖面均发育有多套滑塌沉积, 指示海平面发生了明显的下降。从萨克马尔中晚期开始, 两个剖面变为以薄板状泥晶灰岩沉积为特征, 可能指示了一次明显的全球变暖事件, 导致冈瓦纳大陆冰川消融, 全球海平面明显上升。研究剖面的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  记录从格舍尔晚期出现大幅度的正漂 ( $>1.5\%$ ), 在 C/P 界线附近稳定在  $\sim 5-6\%$ , 从阿瑟尔晚期到萨克马尔期,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  整体上发生了明显的负漂移 (幅度约为  $1.5-3\%$ ), 表明在该时期全球碳循环发生波动, 这可能是导致全球变暖的主要原因。在萨克马尔早期,  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  值在整体负漂移的趋势上存在小幅度 ( $\sim 1\%$ ) 的正漂, 与滑塌层相对应, 指示了在全球变暖趋势中存在小幅度降温事件。

### 参考文献

**关键词** 晚古生代大冰期; 华南; 晚石炭; 早二叠; 斜坡相; 沉积学; 碳酸盐岩; 碳同位素



摘要 ID:822

主题分类: 古海洋与古气候=》 古生代古海洋古气候及其沉积响应

最终交流类型: 口头报告

## 龙门山地区北川甘溪泥盆系谢家湾组风暴沉积特征 及其控制因素分析

陈政安<sup>1</sup>、李凤杰<sup>\*1,2</sup>、李佐强<sup>1,3</sup>、赖雪莲<sup>1</sup>、任栩莹<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室

3. 四川省地质矿产勘查开发局二零七地质队

依据风暴沉积野外剖面实测资料,对北川下泥盆统谢家湾组风暴沉积野外剖面结构和沉积演化进行研究,建立了该区风暴沉积序列模式及分布模式。该剖面广泛发育侵蚀冲刷面、渠模构造、生物介壳滞留沉积、粒序层理、平行层理、丘状交错层理等风暴沉积构造,可划分出2类风暴沉积和6类风暴沉积序列。通过频谱分析方法,识别出了地层中所包含的天文轨道周期,并从海平面变化、二氧化碳浓度和天文轨道旋回三个方面对风暴沉积控制因素进行讨论,表明风暴岩的形成机制受地球自身气候和天体作用共同影响,同时又佐证了北川下泥盆统沉积期时处于热带-亚热带低纬度地区,具有良好的古气候和古地理意义。

**参考文献** 荆锡贵,陈政安,李凤杰,等. 2019. 龙门山地区中泥盆统养马坝组风暴沉积中的遗迹化石及其环境意义[J]. 沉积学报, 37(04): 749-757. 李凤杰,荆锡贵,张昊,等. 2017. 龙门山甘溪泥盆系生物骨架富集层成因机制[J]. 地学前缘, 24(6): 322-332. 吴怀春,钟阳阳,房强,等. 2017. 古生代旋回地层学与天文地质年代表[J]. 矿物岩石地球化学通报, 36(5): 750-770. De Vleeschouwer D, Rakociński M, Racki G, et al. 2013. The astronomical rhythm of Late-Devonian climate change (Kowala section, Holy Cross Mountains, Poland). Earth and Planetary Science Letters, 365: 25-37. Li M S, Linda H, Lee R K. 2019. Acycle: Time-series analysis software for paleoclimate projects and education[J]. Computers & Geosciences, 127: 12-22. Long D G F. 2007. Tempestite frequency curves: a key to Late Ordovician and Early Silurian subsidence, sealevel change, and orbital forcing in the Anticosti foreland basin, Quebec, Canada[J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 44:413-431.

**关键词** 龙门山地区; 泥盆系; 谢家湾组; 风暴沉积; 风暴控制因素





# 古海洋与古气候

新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化



摘要 ID:2383

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 黑龙江依兰盆地始新世气候演化及其对油页岩与煤成矿的影响

孟庆涛\*、康嘉楠、胡菲、李金国、曾文人  
吉林大学

依兰盆地是东北地区有代表性的始新世含煤、油页岩盆地, 由于其始新世地层广泛发育, 且受露天矿开采的影响, 始新世地层完全剥露于地表, 是开展始新世古气候研究的理想场所。本文以依兰盆地始新统达连河组含煤—油页岩岩系为目的层, 通过分析孢粉资料, 重建研究区始新世古气候演化特征, 并探讨了古气候对煤和油页岩成矿过程的影响。

研究区目的层可分为含煤段和油页岩段。其中, 含煤段为湖沼相沉积, 主要发育煤、油页岩、泥岩和碳质泥岩, 油页岩段为半深湖—深湖相沉积, 主要沉积泥岩和油页岩, 且沉积多套以粉、细砂岩为主的重力流。

根据孢粉资料, 采用共存因子分析法提取研究区古气候参数, 获得的年均温为 13.4~13.8°C, 年降雨量为 850~1096mm。反应依兰盆地始新世气候为北亚热带温暖湿润气候。气候变化总体呈现出由热转冷的趋势。

在早始新世, 依兰盆地发生气温逐渐下降的变化, 但此时气候仍以温暖湿润为特点, 中始新世巨厚层油页岩沉积结束后, 气温有一个明显的骤减过程, 这一过程指示该时期气候的由热转冷, 至晚始新世砂页岩段沉积时期, 气温有下降的趋势。

依兰盆地始新统达连河组为气候温暖湿润的北亚热带气候, 该气候有利于煤和油页岩的形成。下部含煤段沉积时期, 气候温暖湿润, 降雨量大, 盆地内形成湖沼沉积, 有利于煤和油页岩的发育, 在丰富的降雨量的影响下, 陆生植被繁盛, 从而达连河组底部沉积了较厚的煤层。而在中部油页岩段沉积时期, 盆地进入快速扩张阶段, 气温和降雨量有所上升, 沉积环境转变为半深湖—深湖相, 从而盆地内沉积了巨厚层的泥岩和大套劣质油页岩。

### 参考文献

**关键词** 依兰盆地; 达连河组; 煤和油页岩; 始新世气候; 有机质聚集条件



摘要 ID:1022

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 末次盛冰期以来北欧海南部深层水演化特征及其对海冰活动的响应

吴东<sup>1,2</sup>、刘焱光<sup>2</sup>

1. 中国海洋大学

2. 自然资源部第一海洋研究所

北欧海是连接北大西洋和北冰洋的过渡海域,受全球变暖的影响敏感,对北半球气候变化具有显著的放大作用,同时作为大洋传送带的动力工厂,其自身洋流系统的细微变化也会通过 AMOC 进一步影响全球的海洋与气候模式(Koç et al., 1993),因此该区域一直以来都被视为研究古气候、古海洋演化的重要海域。北欧海横跨极区北大西洋的经向气候变化梯度带,受洋流、海冰、火山活动等因素的综合影响,海底沉积物中记录着丰富的洋流演化、海冰扩张和海洋环境变化的信息,是研究更新世以来亚轨道尺度 Dansgaard-Oeschger 旋回、Heinrich Stadial、Bølling/Allerød 和 Younger Dryas cold phases 等短时间尺度气候事件的关键海域(Henrich et al., 2002; Kuhlbrodt et al., 2007)。

北欧海也是北冰洋和北大西洋之间最主要的深水洋流通道:北冰洋底层水和格陵兰海深层水可以通过经向流动的方式进入挪威海盆,而寒冷且高密度的挪威海深层水,以溢流的方式越过冰岛-苏格兰海脊,注入北大西洋,成为大洋传送带的重要动力源,影响着全球海洋热盐环流的热量传递和物质运输。因此恢复北欧海深层水演化对重建古 AMOC 有着重要意义(Clarke et al., 1990; Thornalley, 2013)。

本项研究以中国第五次北极科学考察在挪威海南部取得的 ARC5-IS-1B 岩心、冰岛海东部的 ARC5-IS-4C 和挪威海北部的 ARC5-BB03 三根岩心为研究对象,使用有孔虫 14C 建立年代地层框架,使用有孔虫壳体 LA-ICP-MS 分析,激光粒度分析、可选性粉砂分析、XRF 元素扫描测试和半定性粘土矿物分析,通过因子分析等方法,综合讨论末次盛冰期以来北欧海深层水的演化特征,结合冰筏碎屑沉积研究海区内海冰和冰盖活动的影响及对深层水形成的响应。

研究结果显示,在末次盛冰期早期,挪威海深层水体系可能受到了冷而咸的北冰洋底层水的入侵,挪威海深层水被抬升,溢流向北大西洋注入的强度下降,而冰岛海深层水受东冰岛寒流增强的影响,对流深度增加导致深层水体的流动性活跃。进入全新世后,随着进入北欧海的北大西洋暖流的增强,表层洋流系统和经向环流逐渐恢复,而入侵挪威海的北冰洋底层水逐渐退却,并在全新世大暖期早期完全消失,挪威海深层水下沉控制了罗弗敦海盆和挪威海盆的底层水体, ISOW 强度也在全新世大暖期中期达到顶峰, AMOC 的现代模式也逐渐建立了起来。

**参考文献** Clarke R A, Swift J H, Reid J L, et al. The formation of Greenland Sea Deep Water: double diffusion or deep convection?[J]. Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers, 1990, 37(9):1385-1424. Henrich R, Baumann K H, Huber R, et al. Carbonate preservation records of the past 3 Myr in the Norwegian-Greenland Sea and the northern North Atlantic: implications for the history of NADW production[J]. Marine Geology, 2002, 184(1):17-39. Koç N, Jansen E, Haflidason H. Paleooceanographic reconstructions of surface ocean conditions in the Greenland, Iceland and Norwegian seas through the last 14 ka based on diatoms[J]. Quaternary Science Reviews, 1993, 12(2):115-140. Kuhlbrodt T, Griesel A, Montoya M, et al. On the driving processes of the Atlantic meridional overturning circulation[J]. Reviews of Geophysics, 2007, 45(2). Thornalley D. J. R. Long-term variations in Iceland-Scotland overflow strength during the Holocene[J]. Climate of the Past, 2013, 9, 2073-2084.

**关键词** 北欧海; 深层水; 可选性粉砂; 末次盛冰期



摘要 ID:2050

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## Tropical paleoenvironmental change during the Paleocene–Eocene thermal maximum in southern Tibet

金思敏<sup>1</sup>、Guobiao Li<sup>2</sup>、Juan Li<sup>3</sup>、Xiumian Hu<sup>3</sup>、Huan Yang<sup>4</sup>、Chunju Huang<sup>1</sup>、David B. Kemp\*<sup>1</sup>

1. State Key Laboratory of Biogeology and Environmental Geology and School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, P.R. China
2. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
3. State Key Laboratory of Mineral Deposit Research, School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China
4. Hubei Key Laboratory of Critical Zone Evolution, School of Geography and Information Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

见附件

参考文献

关键词



摘要 ID: 3247

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 天文约束和沉积噪音模拟下车镇凹陷中始新统湖平面变化

栾旭伟<sup>1</sup>、张金亮\*<sup>1</sup>、胡涛<sup>2</sup>

1. 北京师范大学

2. 中国石油大学(北京)

地质年代的精确确定是我们认识地球演化历史和过程的关键,而如何提高地质年代的精度却一直是个尚待解决的科学难题。渤海湾盆地是中国东部最大的新生代断陷湖盆,也是中国东部最大的含油气盆地,其古近纪中始新统广泛发育优质烃源岩,以湖相细粒沉积岩为主,沉积连续且厚度较大(Hao et al., 2009; Feng et al., 2013)。湖相细粒沉积是指粒径小于62.5 μm的颗粒组成的岩石,其主要成分包括粘土矿物、粉砂、碳酸盐、有机质等(Freytet and Verrecchia, 2002; Aplin and Macquaker, 2011),因其具有不间断,分辨率高的特性,可以作为古气候信息的良好记录者(Liu et al., 2018)。最近40多年来,基于古气候学研究的天文旋回理论获得了普遍认可和广泛应用,尤其是成功应用于天文地质年代校准中(Hinnov and Hilgen, 2012; Hinnov, 2013; 黄春菊, 2014)。本次研究通过对渤海湾盆地车镇凹陷车271井的自然伽马测井数据进行频谱分析和滑动窗口频谱分析,对405kyr和40.1kyr的周期进行高斯带通滤波,并以沙三段和沙四上亚段的界限所对应的磁性地层年龄为锚点,建立了车271井沙四上亚段到沙三段的的天文年代标尺。沙四上亚段到沙三段总共记录了约13.6个405kyr长偏心率周期和138个40.1kyr斜率周期,沉积时限为5.53Myr。其中,Es4U持续1.48 Myr,底界年龄为42.87Ma(未钻穿);Es3L持续2.66 Myr,底部年龄为41.39Ma(磁测年龄);Es3M到Es3U持续1.39 Myr,顶底界年龄分别为37.34Ma和38.73Ma。通过COCO分析和eCOCO分析得到Es4U的最优沉积速率为15.4 cm/kyr,Es3L的最优沉积速率为8.76cm/kyr,Es3M到Es3U的最优沉积速率为11.9 cm/kyr。沉积噪音模拟揭示了车镇凹陷中始新统时期古湖水变化的历史,并依此划分了4个层序(图1)。利用旋回地层学理论,探究了车镇凹陷中始新统时期湖泊演化与天文强迫之间的联系,研究表明,渤海湾盆地车镇凹陷中始新统时期的湖平面变化与天文驱动力有关,1.2Myr超长斜率调幅周期与相对湖平面变化有很好的相关性,反相位对应。基于高精度天文年代标尺恢复的相对湖平面变化对于理解陆相地层层序垂向演变和油气资源的形成与分布具有重要的科学和经济价值。

**参考文献** Hao, F., et al., Mechanisms for oil depletion and enrichment on the Shijiutuo uplift, Bohai Bay Basin, China. AAPG Bulletin, 2009. 93(8): p. 1015-1037. Feng, Y., et al., Sequence stratigraphy and importance of syndepositional structural slope-break for architecture of Paleogene syn-rift lacustrine strata, Bohai Bay Basin, E. China. Marine and Petroleum Geology, 2016. 69: p. 183-204. Freytet P, Verrecchia E P. Lacustrine and palustrine carbonate petrography: An overview[J]. Journal of Paleolimnology, 2002, 27(2): 221-237. Aplin A C, Macquaker J S H. Mudstone diversity: Origin and implications for source, seal, and reservoir properties in petroleum systems[J]. AAPG Bulletin, 2011, 95(12): 2031-2059. Liu, Z., et al., High-resolution astrochronological record for the Paleocene-Oligocene (66-23 Ma) from the rapidly subsiding Bohai Bay Basin, northeastern China. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2018. 510: p. 78-92. Hinnov L A, Hilgen F J. Cyclostratigraphy and astrochronology[M]//Gradstein F M, Ogg J G, Schmitz M D, et al. The geologic time scale. Amsterdam: Elsevier, 2012: 63-83. Hinnov L A. Cyclostratigraphy and its revolutionizing applications in the earth and planetary sciences[J]. GSA Bulletin, 2013, 125(11/12): 1703-1734. 黄春菊. 旋回地层学和天文年代学及其在中生代的研究现状[J]. 地学前缘, 2014, 21(02): 48-66

**关键词** 车镇凹陷; 旋回地层学; 天文年代标尺; 沉积噪音模拟



摘要 ID: 2242

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 古新世-始新世极热事件期间的火山活动: 来自汞元素及汞同位素的证据

李娟\*<sup>1</sup>、胡修棉<sup>2</sup>、尹润生<sup>3</sup>、沈俊<sup>4</sup>、金思敏<sup>4</sup>、David B. Kemp<sup>4</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所现代古生物学和地层学国家重点实验室, 南京, 210008
2. 南京大学内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 地球科学与工程学院, 南京, 210023
3. 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学国家重点实验室, 贵阳, 550081
4. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室, 地球科学学院, 武汉, 430074

古新世-始新世极热事件 (Paleocene Eocene Thermal Maximum, PETM) 是发生在古新世-始新世界线 (55.8 Ma) 的一次极端全球变暖事件, 主要表现为大气 CO<sub>2</sub> 浓度快速增加和全球迅速增温 (Zachos et al., 2001)。PETM 事件启动迅速 (<20 kyr), 持续时间短 (170-200 kyr), 对当时的全球气候、环境和生态产生了巨大的影响, 不仅引起了全球增温, 还导致了快速的海平面变化、水循环增强、海洋缺氧、生物更替或灭绝等一系列全球性的重要事件 (McInerney and Wing, 2011)。作为距现今时代最近、最为剧烈的全球增温事件, PETM 事件对于我们了解极端温室气候条件下, 全球的气候、生物、环境变化具有重要的科学意义。尽管在过去几十年中, 国内外地质学家对 PETM 事件开展了大量的研究工作, 取得了一系列研究成果, 但是关于 PETM 事件的碳来源一直存在争议, 目前主要为北大西洋火山活动与天然气水合物分解两种观点。近年来的研究显示, 沉积物中汞元素浓度和同位素可以有效记录火山活动 (Grasby et al., 2019)。本文在前期沉积学、古生物地层学的基础上 (Li et al., 2021), 对西班牙比利牛斯山地区晚古新世-早始新世浅水碳酸盐岩进一步做了详细的汞元素浓度 (Hg) 和总有机碳含量 (TOC) 等地球化学工作, 探究 PETM 期间是否存在火山活动。研究发现在 PETM 事件开始之前的 POE 和 PETM CIE, 汞元素浓度均突然增加, 同时 Hg/TOC 也增加, 指示了强烈的火山活动。通过与北海、丹麦、挪威和北美等地区的研究对比, 发现北大西洋火山活动至少参与了引起 POE 和 PETM CIE 的碳释放。

**参考文献** (1) Grasby S, Them II T, Chen Z, Yin R, Ardakani O, 2019. Mercury as a proxy for volcanic emissions in the geologic record. *Earth Science Reviews*, 102880 (2) Li J, Hu X, Garzanti E, & BouDagher-Fadel Marcelle, 2021. Climate-driven hydrological change and carbonate platform demise induced by the Paleocene - Eocene Thermal Maximum (southern Pyrenees). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 567(2021), 110250, doi.org/10.1016/j.palaeo.2021.110250 (3) McInerney F, Wing S, 2011. The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: a perturbation of carbon cycle, climate, and biosphere with implications for the future. *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 39, 489-516. (4) Zachos J, Pagani M, Sloan L, Thomas E, Billups K, 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present. *Science* 292, 686-693.

**关键词** 古新世-始新世极热事件; 火山活动; 汞元素



摘要 ID:1596

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## QGrain: 开源易用的沉积物粒度综合分析软件

刘宇明<sup>\*1,2</sup>、刘星星<sup>1</sup>、孙有斌<sup>1</sup>

1. 中国科学院地球环境研究所

2. 中国科学院大学

在过去的一百年里, 沉积物的粒度分析方法被广泛地研究, 许多有效的方法已经被发表 (Blott and Pye, 2001; Folk, 1966; Hateren et al., 2018; Vandenberghe, 2013; Weltje and Prins, 2003)。在最近的研究中, 对沉积物粒度的分解是一个热点。单样本分解 (曲线拟合) 是一种经典的分解方法, 已经被广泛地运用于多种沉积物的粒度分析中 (Qin et al., 2005; Sun et al., 2011; Chen et al., 2013; Liu et al., 2016; Xiao et al., 2015)。但是另一种分解方法, 即端元分析, 却认为它不具有普遍意义 (Weltje and Prins, 2007)。端元分析已经逐渐成为粒度分解的主流方法, 并衍生出了许多的变种算法。最近的一些研究已经注意到, 端元分析也存在一定的局限性, 而且不同的端元分析算法可能会给出不一样的结果 (van Hateren et al., 2018)。然而, 还没有研究对这两种方法的异同及其应用范围进行详细的讨论。本研究基于这两种方法的数学模型和一系列的实验, 结合数值优化和信息论, 对他们的特性进行了详细的讨论。之后, 我们客观总结了两种方法的适用范围。尽管单样本分解方法的拟合难度更大, 但是我们认为该方法具有更大的潜力。我们同样强调综合分析的重要性, 一些传统方法 (主成分和聚类分析) 同样可以发挥重要的作用, 让我们对粒度数据的认识更为全面。最后, 我们介绍一个开源易用的粒度综合分析软件, QGrain。QGrain 不仅集成了许多传统的分析工具, 而且提供了新的端元分析和单样品分解算法。与其他端元分析算法相比, 新方法具有杰出的表现。此外, 我们对单样本分解方法做了大量的扩展以提高其稳定性, 使其可以与端元分析算法进行竞争或合作。

**参考文献** van Hateren J A, Prins M A, van Balen R T, 2018. On the genetically meaningful decomposition of grain-size distributions: A comparison of different end-member modelling algorithms[J]. *Sedimentary Geology*, 375: 49 - 71. Liu X, Vandenberghe J, An Z, Li Y, et al., 2016. Grain size of Lake Qinghai sediments: Implications for riverine input and Holocene monsoon variability[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 449: 41 - 51. Xiao J, Fan J, Zhai D, et al., 2015. Testing the model for linking grain-size component to lake level status of modern clastic lakes[J]. *Quaternary International*, 355: 34 - 43. Vandenberghe J, 2013. Grain size of fine-grained windblown sediment: A powerful proxy for process identification[J]. *Earth-Science Reviews*, 121: 18 - 30. Chen F, Qiang M, Zhou A, et al., 2013. A 2000-year dust storm record from Lake Sugan in the dust source area of arid China[J]. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 118(5): 2149 - 2160. Sun D, Su R, Li Z, et al., 2011. The ultrafine component in Chinese loess and its variation over the past 7.6 Ma: implications for the history of pedogenesis[J]. *Sedimentology*, 58(4): 916 - 935. Weltje G J, Prins M A, 2007. Genetically meaningful decomposition of grain-size distributions[J]. *Sedimentary Geology*, 202(3): 409 - 424. Qin X, Cai B, Liu T, 2005. Loess record of the aerodynamic environment in the East Asia monsoon area since 60,000 years before present[J]. *Journal of Geophysical Research*, 110(B1). Weltje G J, Prins M A, 2003. Muddled or mixed? Inferring palaeoclimate from size distributions of deep-sea clastics[J]. *Sedimentary Geology*, 162(1 - 2): 39 - 62. Blott S J, Pye K. GRADISTAT, 2001: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments[J]. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26(11): 1237 - 1248. Folk R L, 1966. A review of grain-size parameters[J]. *Sedimentology*, 6(2): 73 - 93.

**关键词** 粒度分布; 粒度分析; 端元分解; 曲线拟合; 单样本分解



摘要 ID:1807

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 青藏高原隆升、大陆风化与全球变化：高原东北部的沉积记录约束

杨一博\*、方小敏

中国科学院青藏高原研究所

新生代青藏高原隆升产生了巨大的环境效应，不仅影响了亚洲季风-干旱气候格局形成和演化，还通过大陆风化过程影响了全球气候变化。青藏高原东北部保存有最完整的隆升-剥蚀-风化-环境记录，年代可以连续追溯到五千多万年前，为系统揭示高原隆升、剥蚀风化与全球变化的关系提供了绝佳机会。本研究以青藏高原东北部盆地多条精确年代控制的新生代沉积序列为基础，系统开展“风化剥蚀-季风和干旱化-全球变化”的关联性研究，建立了高原东北部五千多万年以来大陆化学风化强度历史并揭示其驱动机理；揭示了青藏高原隆升驱动亚洲季风-干旱环境的耦合演化及其与新生代全球变化的新联系。

### 参考文献

**关键词** 粘土矿物 Sr-Nd 同位素 硅酸盐风化 大气二氧化碳 风尘





摘要 ID: 2036

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 天文年代学对古新世-始新世极热事件 (PETM) 持续时间的整合和厘定

褚润健<sup>1</sup>、吴怀春\*<sup>1</sup>、姜仕军<sup>2</sup>

1. 中国地质大学 (北京)

2. 河海大学

发生在~56 Ma 的古新世-始新世之交极热事件 (PETM) 是新生代以来一次最显著的极端增温事件, 以地层碳同位素负偏为主要特征。重建精确的年代标尺是研究该事件的基石, 旋回地层学和 <sup>3</sup>He 是估计 PETM 持续时间的主要方法; 其中旋回地层学研究中面临的区域性旋回保存的完整性, 以及用于衡量该事件的岁差周期的不确定性, 是建立该事件年代标尺需要考虑的两大误差来源, 也是前人研究中被忽略的误差问题。因此, 为更全面和准确地重建 PETM 的持续时间, 我们选取了涵盖高低纬、南北半球、海陆相全球范围内 8 个地区的, 包含了显著的轨道岁差和偏心率周期的 PETM 沉积记录。我们通过时间优化算法, 结合蒙特卡洛采样充分考虑了该时期岁差周期的不确定性, 从而获得了每个记录的沉积速率的概率分布。我们进一步对选取的记录建立了一个以沉积速率 (cm/ka) 为横坐标, PETM 碳同位素负偏地层厚度 (cm) 为纵坐标的坐标系, 其中数据是否共线过原点可以评价全球 PETM 是否为等时事件, 斜率则为 PETM 的持续时间。因此该问题可视为线性回归问题, 线性回归的优点是可以统计全球数据求取最优 PETM 持续时间, 以及进行误差传递; 我们通过蒙特卡洛采样的最小二乘法线性回归, 以及贝叶斯线性回归评价了统计数据的线性关系, 并得到了全球 PETM 的持续时间: 统计的 PETM 记录呈线性相关, 指示了至少在 10<sup>4</sup> 年量级上为全球等时事件, 重新厘定了全球 PETM 持续时间为 158 ± 14 ka (2σ)。

**参考文献**

**关键词** PETM; 持续时间; 时间优化算法; 线性回归



摘要 ID: 3276

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 自生碳酸盐对渭河盆地晚上新世-早更新世湖泊环境演化的记录

肖静芸、宋友桂\*

中国科学院地球环境研究所

晚上新世-早更新世全球发生了重要的气候转型, 渭河盆地内连续的沉积地层堆积为揭示区域气候及湖泊水文环境的演化历史提供了理想场所, 有助于进一步理解亚洲季风演化过程。由于该地沉积相变化频繁, 传统的气候代用指标存在多解性, 而自生碳酸盐矿物能够直接有效的记录湖泊水体物理化学条件的变化, 并广泛的应用于其他湖泊中。本文以渭河盆地固市凹陷钻孔深度在 700-1055m 的湖相沉积序列为研究对象, 通过 X 射线衍射仪 (XRD)、便携式 X 射线荧光光谱仪

(pXRF) 和阴极发光仪 (CL) 技术手段, 进行了系统的矿物学、岩相学及地球化学分析。研究结果显示, 钻孔的湖泊沉积物自生碳酸盐主要有方解石、低镁方解石、高镁方解石、白云石、含铁白云石和文石, 主要以微晶胶结物的形式存在, 且含量随深度发生周期性变化, 表明 2.4~3.1Ma 期间湖泊中 Ca-Mg 体系随湖水蒸发、环境气候呈阶段性变化。因此, 我们重建了晚上新世-早更新世渭河盆地古气候变化过程, 为全面认识亚洲季风与全球气候变化提供有利证据。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐; 湖泊; 东亚季风; 古气候



摘要 ID: 3307

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## PETM 时期华中湖相沉积物磁学响应

梁耀、陈祚伶\*

中国科学院地质与地球物理研究所

古新世-始新世极热事件(PETM)是发生在早新生代的一次历时短暂的快速增温事件。该事件的主要地质特征为大幅度碳同位素负漂(CIE),表明当时有巨量富<sup>12</sup>C的轻碳注入海汽系统,其排放场景与当今人类碳排放非常相似,故对这类事件的研究有重要的现实意义(McInerney and Wing, 2011)。已有研究表明,磁性矿物的产生、保存与气候环境变化之间有密切关系(Thompson and Oldfield, 1986; Evans and Heller, 2003),因此,通过对PETM时期沉积物磁学参数的研究,可以揭示增温背景下古环境演化的时空特征。前人利用磁学方法研究海相沉积物时发现,PETM时期磁学信号出现显著响应,但具体原因仍有争议(Kent et al., 2003; Kopp et al., 2007; Lippert and Zachos, 2007; Lippert, 2008; Schumann et al., 2008; Larrasoña et al., 2012; Wang et al., 2013, 2015; Chang et al., 2018; Wagner et al., 2021)。本文对江汉盆地湖相PETM地层开展磁学研究,测量岩石磁学与环境磁学参数,发现PETM时期沉积物磁性减弱,赤铁矿含量锐减,直到极热事件结束后才缓慢恢复到背景水平,说明事件发生前、发生期间和事件结束后的湖泊环境经历了氧化-厌氧-氧化三个阶段,呈现出陆相与海相记录对于增温事件不同的磁学响应方式。

**参考文献** Chang L, Harrison R J, Zeng F, et al., 2018. Coupled microbial bloom and oxygenation decline recorded by magnetofossils during the Palaeocene - Eocene Thermal Maximum [J]. *Nature Communications*, 9(1), 4007. Evans M E, Heller F, 2003. *Environmental Magnetism: Principles and Applications of Enviromagnetics* [M]. San Diego: Academic Press. Kent D V, Cramer B S, Lanci L, et al., 2003. A case for a comet impact trigger for the Paleocene/Eocene thermal maximum and carbon isotope excursion [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 211(1-2): 13-26. Kopp R E, Raub T D, Schumann D, et al., 2007. Magnetofossil spike during the Paleocene-Eocene thermal maximum: Ferromagnetic resonance, rock magnetic, and electron microscopy evidence from Ancora, New Jersey, United States [J]. *Paleoceanography*, 22(4). Larrasoña J C, Roberts A P, Chang L, et al., 2012. Magnetotactic bacterial response to Antarctic dust supply during the Palaeocene - Eocene thermal maximum [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 333 - 334, 122 - 133. Lippert P C, Zachos J C, 2007. A biogenic origin for anomalous fine-grained magnetic material at the Paleocene-Eocene boundary at Wilson Lake, New Jersey [J]. *Paleoceanography*, 22(4). Lippert P C, 2008. Big discovery for biogenic magnetite [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(46): 17595-17596. McInerney F A, Wing S L, 2011. The Paleocene-Eocene Thermal Maximum: A Perturbation of Carbon Cycle, Climate, and Biosphere with Implications for the Future [J]. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39(1), 489 - 516. Thompson R, Oldfield F, 1986. *Environmental Magnetism* [M]. Dordrecht: Springer Netherlands. Wang H, Kent D V, Jackson M J, 2013. Evidence for abundant isolated magnetic nanoparticles at the Paleocene-Eocene boundary [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(2): 425-430. Wang H, Wang J, Chen-Wiegart Y K, 2015. Quantified abundance of magnetofossils at the Paleocene - Eocene boundary from synchrotron-based transmission X-ray microscopy [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(41): 12598-12603. Wagner C L, Lascau I, Lippert P C, et al., 2021. Diversification of Iron - Biomineralizing Organisms During the Paleocene - Eocene Thermal Maximum: Evidence From Quantitative Unmixing of Magnetic Signatures of Conventional and Giant Magnetofossils [J]. *Paleoceanography and Paleoclimatology*, 36(5).

**关键词** PETM; 环境磁学; 陆相



摘要 ID: 2266

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 郑州邙山黄土记录的过去 80 ka 以来东亚季风变化

邵可涵、鹿化煜\*、陈久毅、顾心婕、褚博文、伍江、弋双文  
南京大学地理与海洋科学学院

全面揭示东亚季风在不同时间尺度上的变化规律和驱动机制,是第四纪古气候研究的重要内容。在亚轨道时间尺度,东亚季风变化是否存在区域差异、冬季风与夏季风变化是否/如何耦合,迄今还不清楚。郑州邙山位于东亚季风影响的中心区,沉积了高分辨率的厚层马兰黄土,为研究末次冰期季风变化提供了理想的材料。本研究对郑州黄土剖面(113.38° E, 34.95° N)进行高分辨率的碳酸盐/白云石含量、磁化率、粒度指标测试,并基于已有的高密度光释光独立定年,重建了 80 ka 以来邙山地区东亚冬夏季风强度变化过程。

结果显示,末次间冰期末期以来,邙山地区发生过数次亚轨道时间尺度的冬夏季风增强/减弱事件。夏季风增强与减弱事件与其他地区黄土、南京葫芦洞石笋记录具有同步性,证实在千年时间尺度东亚季风降水核心区、中心区和边缘区干湿变化的同步性,支持季风环流大空间同步增强的模式。此外,夏季风增强与减弱事件具有约 22 ka 和约 1.6 ka 周期,表明东亚夏季风受低纬太阳辐射和高纬度冷事件的联合驱动作用。冬季风和夏季风在千年时间尺度上耦合与非耦合变化的特征,造成东亚季风气候季节性的增强或减弱,其中非耦合的变化多集中于夏季风较弱的冰阶,耦合的季风事件则多集中于夏季风较强的间冰期与间冰阶。邙山黄土记录与其他黄土剖面和石笋、冰芯的记录对比依然存在不确定性,表明新的高质量季风气候记录对于深入研究千年尺度季风事件仍十分重要。

### 参考文献

**关键词** 黄土 千年事件 碳酸盐/白云石含量 东亚季风



摘要 ID:874

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 1.2 Ma 以来皋兰山黄土氯元素记录的古大气环流演变

于昊<sup>1</sup>、刘懿纬<sup>1</sup>、彭廷江<sup>2</sup>、赵志军\*<sup>1</sup>

1. 南京师范大学

2. 兰州大学

高山巨盆相间分布是亚洲内陆干旱区地貌的显著特征。山地隆升会导致物质分选,依次沉积岩漠,砾漠,沙漠。山地隆升也会导致水系重组,河流流向和水量均会发生较大变化(Thomas, 2011)。上述景观格局是构造-气候耦合演化的结果,它的演化过程与机理受到多方面关注。1.1-0.6 Ma 青藏高原北部发生了显著的构造运动。沉积砾岩发生了强烈的褶皱变形(Fang et al., 2005; Li et al., 2014a),奠定了西北地区山川地貌和重大水系的现今格局。0.8~0.6 Ma 高原面抬升到 3000~5000m(施雅风, 1998; 李吉均等, 2004; 崔之久等, 2011)。高原隆升导致水系的改组,黄河兰州段在 1.24~0.86 Ma 下切显著(Pan et al., 2009)。大通河,黑河也均在此时开始形成(Ma et al., 2020; Pan et al., 2016)。水系的发育为沙漠的形成提供了充足的物质,巴丹吉林沙漠,腾格里沙漠,塔卡拉玛干沙漠也均在~1.1~0.9Ma 显著变干或开始形成(Wang et al., 2015; Liu et al., 2020; Li et al., 2014b)。罗布泊,察尔汗,居延海自晚更新世以来显著变干(黄麒和韩凤清, 2007)。盐湖除了受气候变化影响,还受构造活动和物质来源的影响,所以难以以一孔之见来揭示干旱区系统的整体变化,需要从系统外来进行反演。黄土高原广大地区沉积了巨厚的风尘沉积,其黄土-古土壤旋回同全球气候变化匹配,其中厚层粉砂层 0.9 Ma 形成的 L9 和 1.1Ma 形成的 L15 同西北内陆沙漠扩张和高原的阶段性隆升有关(Sun and Liu, 2000)。干盐湖是干旱区的标志性地貌景观。尘暴将干盐尘输送到下风向的黄土沉积区(吉力力·阿不都外力等, 2012),因此黄土-古土壤序列中易溶盐离子组分是理想的反映内陆干旱化的指标。中部黄土高原气候相对暖湿,易溶盐离子容易被淋滤。而高原东北缘的黄土地区处于化学风化的初级阶段,黄土沉积反映源区信息(孙斌等, 2006)。我们尝试利用兰州黄土从易溶盐的角度来揭示亚洲内陆的气候变化过程。结果表明,~0.9~0.3 Ma 是亚洲内陆干旱化加剧阶段,黄土易溶盐组分具备反演古大气环流的能力。

**参考文献** 1. Thomas D S, 2011. Arid zone geomorphology: process, form and change in drylands[M]. Chichester: John Wiley & Sons, 1-624. 2. Fang X M, Zhao Z J, Li J J, et al., 2005. Magnetostratigraphy of the late Cenozoic Laojunmiao anticline in the northern Qilian Mountains and its implications for the northern Tibetan Plateau uplift[J]. Science in China Series D-Earth Sciences. 48(7):1040-1051. 3. Li J, Fang X, Song C, et al., 2014a. Late Miocene - Quaternary rapid stepwise uplift of the NE Tibetan Plateau and its effects on climatic and environmental changes[J]. Quaternary Research. 81(3):400-423. 4. 施雅风. 1998. 第四纪中期青藏高原冰冻圈的演化及其与全球变化的联系[J]. 冰川冻土. 20(3):197-208. 5. 李吉均, 舒强, 周尚哲, 等, 2004. 中国第四纪冰川研究的回顾与展望[J]. 冰川冻土. 26(3):235-243. 6. 崔之久, 陈艺鑫, 周力平, 等, 2011. 中国第四纪冰期历史、特征及成因探讨[J]. 第四纪研究. 31(5):749-764. 7. Pan B, Su H, Hu Z, et al., 2009. Evaluating the role of climate and tectonics during non-steady incision of the Yellow River: evidence from a 1.24 Ma terrace record near Lanzhou, China[J]. Quaternary Science Reviews. 28:3281-3290. 8. Ma Z H, Feng Z T, Peng T J, et al., 2020. Quaternary drainage evolution of the Datong River, Qilian Mountains, northeastern Tibetan Plateau, China[J]. Geomorphology. 353:1-12. 9. Pan B, Chen D, Hu X, et al., 2016. Drainage evolution of the Heihe River in western Hexi Corridor, China, derived from sedimentary and magnetostratigraphic results[J]. Quaternary Science Reviews. 150:250-263. 10. Wang F, Sun D, Chen F, et al., 2015. Formation and evolution of the Badain Jaran Desert, North China, as revealed by a drill core from the desert centre and by geological survey[J].



Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 426:139–158. 11. Liu W G, Liu Z H, Sun J M, et al., 2020. Onset of permanent Taklimakan Desert linked to the mid-Pleistocene transition[J]. *Geology*. 48(8):782–786. 12. Li Z, Sun D, Chen F, et al., 2014b. Chronology and paleoenvironmental records of a drill core in the central Tengger Desert of China[J]. *Quaternary Science Reviews*. 85:85–98. 13. 黄麒, 韩凤清, 2007. 柴达木盆地盐湖演化与古气候波动[M]. 北京: 科学出版社, 1–209. 14. Sun J and Liu T. 2000. Stratigraphic Evidence for the Uplift of the Tibetan Plateau between ~ 1.1 and ~ 0.9 myr Ago[J]. *Quaternary Research*. 54(3):309–320. 15. Zeng L, Lu H, Yi S, et al., 2016. New magnetostratigraphic and pedostratigraphic investigations of loess deposits in north-east China and their implications for regional environmental change during the Mid-Pleistocene climatic transition[J]. *Journal of Quaternary Science*. 31(1):20–32. 16. 吉力力·阿不都外力等, 2012. 干旱区湖泊与盐尘暴[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1–301. 17. 孙斌, 郭正堂, 尹秋珍, 等, 2006. 西宁第四纪黄土-古土壤序列中的可溶盐、来源及环境意义[J]. *第四纪研究*. 26(4):649–656.

**关键词** 易溶盐; 兰州黄土; 盐湖; 沙漠;



摘要 ID:1364

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 晚渐新世以来青藏高原北部东昆仑山构造隆升对亚洲内陆干旱化的潜在影响—基于现代地质观测证据

李乐意<sup>1,2</sup>、常宏<sup>\*1,3</sup>、关冲<sup>4,5</sup>、陶亚玲<sup>6</sup>、沈俊杰<sup>1,5</sup>、权春艳<sup>1</sup>、秦秀玲<sup>1</sup>

1. 中科院地球环境研究所
2. 西安地球环境创新研究院
3. 中国科学院第四纪地质与全球变化卓越中心
4. 中国科学院青藏高原研究所
5. 中国科学院大学
6. 中国地震局地质研究所

青藏高原生长过程及其资源环境效应是地球系统科学研究中的一个重要命题。其中, 新生代青藏高原构造隆升过程与亚洲内陆干旱化之间的联系是研究的一个热点和难点, 不同学科或交叉学科背景的学者在这方面开展了大量的研究工作(如 Sun et al., 2009; Chang et al., 2017; Fang et al., 2020)。但是, 目前缺乏比较高原北部和整个高原对亚洲内陆干旱化作用谁占主导等这方面的地质证据, 而且这种具有明确比较意义的地质证据难以获取, 因为在新生代时期高原的隆升具有明显的不等时性和差异性, 想找到一个契合点且同时需要排除其他因素的可能影响(如全球气候变化)较为困难。另外, 模拟研究显示高原北部对内陆干旱化的影响较大(如 Liu et al., 2013), 那么具体又是北部哪块区域? 通过寻找地质时期的证据来讨论以上问题比较难, 因此, 本文拟利用青藏高原的现代地理要素证据以及大量器测观测数据和模拟结果来讨论以上问题。本文基于从格尔木到拉萨的 109 国道的地理景观以及器测台站等温度降水数据(主要分布在羌塘地体、松潘甘孜可可西里地体以及昆仑—柴达木地体)来分析讨论研究现在青藏高原及其北部对亚洲内陆干旱化的影响, 判定具体区域对内陆干旱化的影响, 然后尝试讨论晚渐新世以来高原北部东昆仑山隆升与内陆干旱化是否具有时间上的耦合性。本文具体的研究路线段是从格尔木到那曲, 沿着东北-西南方向考察沿途地理景观要素的变化。

地理景观变化结果: 从那曲到格尔木, 反映植被景观和河流量的照片(统一拍摄于 2019 年 7 月)具有明显的一个特点: 那曲植被相比较于沱沱河、风火山和五道梁等地区更加繁盛, 沱沱河、风火山和五道梁以青绿的高山草地草甸为主, 地表积水和附近河流径流量较大, 如五道梁附近的楚玛尔河。总体来看, 从那曲到五道梁地区, 植被和河流径流量显示其降水量相对较多。在昆仑山垭口地区, 发育玉珠峰冰川。其西侧的布喀达坂峰, 也发育大量的冰川。西大滩开始出现风尘沙丘。继续往北至格尔木地区, 地表景观则变成干旱的准戈壁荒漠。从南边的那曲到格尔木, 很明显的一个特点就是西大滩开始, 年平均降水量开始明显减少, 气候变得逐渐相对干旱。从那曲到格尔木地理要素以东昆仑山为界由相对湿润到干旱的变化, 在一定程度上说明了昆仑山对南来水汽的阻挡作用;

降水  $\delta 18O$  和气象台站数据结果: 青藏高原面上 24 个站点的 10 年降水  $\delta 18O$  数据以及高分辨率的稳定同位素模型和气象台站数据等显示, 夏季沱沱河( $\sim 34^\circ N$ )地区仍然受印度季风的影响(Yao et al., 2013), 而超过  $35^\circ N$  的地区则基本没有印度季风带来的水汽,  $35^\circ N$  地区与东昆仑山位置基本重合, 从另外一个角度说明东昆仑山对现在青藏高原面上降水分布的影响;

野外观测结果: 作者等曾经夏季在东昆仑山腹地连续工作 1.5 个月以上, 发现夏季工作地点的降水主要是来自于北边的水汽, 驻扎地北边的山脉存有一定量的积雪和冰川, 而南边的山脉则没有, 因两边海拔都已至少超过 5000 m, 所以水汽的来源成了主控因素。说明南来印度季风带来的降水已影响不到(或者非常弱)东昆仑山腹地, 进一步说明东昆仑山对青藏高原面上降水分布的影响;

大气跨境污染物结果: 基于在我国西部 7 条冰川采集的冰尘样品分析, 显示印度季风主控影响冰川区的冰尘汞浓度水平普遍高于西风主导冰川区, 大约以  $35^\circ N$  为界(与东昆仑纬度基本一致; Huang Jie et al., 2019), 说明了东昆仑对印度季风携带污染物的阻挡作用。



上述四点证据共同指示东昆仑对印度季风的阻挡作用，是一个重要的水汽屏障。通过梳理晚渐新世以来亚洲内陆干旱化和东昆仑构造隆升的重要时间节点，发现两者具有高度的时间契合点，分别是 27–23 Ma、14–12 Ma、10–5 Ma、~3.6 Ma、~2.7 Ma、~1.1 Ma、0.9–0.6 Ma。结合上述的地质证据和观测数据所显示的东昆仑山对印度季风携带水汽的阻挡作用，暗示了东昆仑山晚渐新世以来的构造隆升对亚洲内陆干旱化具有重要的作用。但是需要指出的是帕米尔高原与天山在~5.3 Ma 碰撞闭合 (Sun et al., 2015)，对亚洲内陆干旱化，如塔里木盆地也存在明显的作用；另外，考虑到东昆仑山在~3 Ma 已经隆升到接近现在的海拔高度 (张弥曼和 Miao Desui, 2016)，其对水汽的阻挡作用已经完全形成，后续的构造活动对盆地的干旱化影响已经不及之前，更重要的是~3.6 Ma 北半球冰期已经开始 (Mudelsee and Raymo, 2005)，所以本文认为东昆仑山的构造活动可能主要影响 27–23 Ma 以及~14 Ma 两个时期的内陆干旱化，~3.6 Ma 以后内陆盆地的干旱化更多的是由北半球冰期寒冷事件所控制。

**参考文献** 张弥曼, Miao Desui. 2016. 青藏高原的新生代鱼化石及其古环境意义. 科学通报, 61(9): 981~995. Chang Hong, An Zhisheng, Wu Feng, Song Yougui, Qiang Xiaoke, Li Leyi. 2017. Late Miocene—early Pleistocene climate change in the mid-latitude westerlies and their influence on Asian monsoon as constrained by the K / Al ratio record from drill core Ls2 in the Tarim Basin. *Catena*, 153: 75 ~ 82. Fang Xiaomin, An Zhisheng, Clemens S C, Zan Jinbo, Shi Zhengguo, Yang Shengli, Han Wenxia. 2020. The 3.6-Ma aridity and westerlies history over midlatitude Asia linked with global climatic cooling. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(40): 24729 ~ 24734. Huang Jie, Kang Shichang, Ma Ming, Guo Junming, Cong Zhiyuan, Dong Zhiweng, Yin Runsheng, Xu Jianzhong, Tripathee L, Ram K, Wang Feiyue. 2019. Accumulation of atmospheric mercury in glacier cryoconite over Western China. *Environmental Science & Technology*, 53: 6632 ~ 6639. Liu Xiaodong, Dong Buwen. 2013. Influence of the Tibetan Plateau uplift on the Asian monsoon—arid environment evolution. *Chinese Science Bulletin*, 58(34): 4277 ~ 4291. Mudelsee M, Raymo M E. 2005. Slow dynamics of the Northern Hemisphere glaciation. *Paleoceanography*, 20(4): 1 ~ 14. Sun Jimin, Gong Zhijun, Tian Zhonghua, Jia Yingying, Windley B. 2015. Late Miocene stepwise aridification in the Asian interior and the interplay between tectonics and climate. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 421: 48 ~ 59. Sun Jimin, Zhang Zhenqing, Zhang Liyuan. 2009. New evidence on the age of the Taklimakan Desert. *Geology*, 37(2): 159 ~ 162. Yao Tandong, Masson-Delmotte V, Gao Jing, Yu Wusheng, Yang Xiaoxin, Risi C, Sturm C, Werner M, Zhao Huabiao, He You, Ren Wei, Tian Lide, Shi Chunming, Hou Shugui, 2013. A review of climatic controls on  $\delta^{18}O$  in precipitation over the Tibetan Plateau: Observations and simulations. *Reviews of Geophysics*, 51(4): 525~548.

**关键词**





摘要 ID:1841

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 云南始新世火山岩/火山凝灰岩和沉积岩岩石磁学对比研究及其地质意义

申苗苗<sup>1</sup>、咎金波<sup>1</sup>、颜茂都\*<sup>1</sup>、张伟林<sup>1</sup>、方小敏<sup>1</sup>、张大文<sup>2</sup>、张涛<sup>3</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所
2. 枣庄学院
3. 兰州大学

青藏高原内部及其周边盆地的新生代地层因缺乏绝对年代的限定而导致对相关构造和古环境演化等问题的认识存在很大争议。快速准确的识别可供限定沉积地层精细年代的火山物质对解决这些争议具有重要意义。本研究对来自青藏高原东南部云南剑川和曲靖盆地始新世地层中的火山岩/火山凝灰岩和未受火山作用影响的沉积岩,开展了系统的岩石磁学比较分析,并结合岩相学、地球化学等方法,以期获取可以快速识别地层中火山物质的最灵敏的岩石磁学参数。对比结果显示:本研究中火山岩/火山凝灰岩的主要磁性矿物为低钛钛磁铁矿和/或磁铁矿,磁畴范围从SP到PSD不等,尤其显著富集小于VSP颗粒的超细SP颗粒;而未受火山活动影响的沉积岩的主要磁性矿物则是赤铁矿,且常含大量顺磁性矿物,亦可见PSD、SD磁铁矿和磁赤铁矿。相比于沉积岩,火山岩/火山凝灰岩中富集了大量明显小于VSP颗粒的超细SP颗粒,导致低温频率磁化率在<300 K范围内呈现出具有可见峰值的正态分布特征,而通常成土作用形成的VSP颗粒没有这一峰值特征。因此,低温频率磁化率可作为快速识别云南地区含火山物质地层的有效且灵敏的岩石磁学参数。

### 参考文献

**关键词** 云南; 始新世; 火山物质; 低温频率磁化率



摘要 ID:2095

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 专题邀请报告

## 东亚季风气候变迁的渭河盆地沉积记录

鹿化煜\*、王逸超、赖文、吕恒志、张瀚之、胡谥、王可欣、王翰林、雷昉、张红艳  
南京大学地理与海洋科学学院

东亚季风气候起源、演化过程及其驱动机制,是受到关注的重要科学问题。长期以来,诸多关于东亚季风变迁的研究,在很大程度上深化了我们对全球季风变化规律的认识。然而,常见沉积记录的不完整性(或片段性)、年代控制的不确定性、气候代用指标的多解性和研究地点的代表性差等问题,对东亚季风气候起源和演化过程的认识依然不全面,存在诸多未解之谜。中国中部渭河盆地为揭示东亚季风气候变迁规律提供了独一无二的沉积记录。渭河盆地是一个地堑盆地,从始新世开始接受沉积物。由于秦岭造山带和鄂尔多斯地块的挤压,从~46 Ma开始渭河盆地阶段性连续沉降,并接受了>7000 m的连续的河湖相沉积物,发育了中-晚始新世、早-中渐新世、中新世、上新世、更新世和全新世的堆积序列,成为揭示新生代环境演变的良好记录。渭河盆地位于东亚季风影响区,中等尺度的流域汇水面积,使渭河盆地成为记录季风降水长期演变的“雨量筒”。从2009年开始,南京大学研究团队对渭河盆地的地貌、沉积、地层和古季风气候变化开展了全面和持续的研究。基于多指标分析,论证了古近纪渭河盆地的偏温暖半湿润半干旱的气候、新近纪的偏凉半湿润半干旱气候、以及期间的多尺度季风气候变率,揭示了东亚季风气候长期演变对高纬温度和低纬水文过程驱动响应,为揭示东亚季风气候的演变规律和驱动机制、以及未来大气CO<sub>2</sub>增多和增温背景下季风气候发展趋势,提供了重要的借鉴。本报告基于野外沉积观察证据、以及年代学、沉积学和生物学、地球化学的研究、并结合最新的气候模拟结果,汇报我们获得的新认识,探讨东亚季风气候变迁研究有争议的科学问题,为认识亚洲季风演变规律和驱动机制,提供新证据。

参考文献

关键词



摘要 ID:3123

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 尼泊尔白垩系-中新统物源变化约束印度-欧亚大陆碰撞和喜马拉雅造山带早期剥蚀历史

冯伟<sup>1</sup>、孟庆泉\*<sup>1</sup>、宋春晖<sup>1</sup>、方小敏<sup>2</sup>、Zhuang Guangsheng<sup>3</sup>、何鹏举<sup>1</sup>、杨淑芬<sup>1</sup>、张晶<sup>1</sup>、陈永发<sup>1</sup>、张义虎<sup>1</sup>

1. 兰州大学地质科学与矿产资源学院

2. 中国科学院青藏高原研究所

3. Department of the Geology and Geophysics, Louisiana State University

印度-欧亚大陆碰撞和喜马拉雅造山带剥蚀历史对于理解青藏高原构造演化过程和机制、全球气候环境和海洋地球化学变化具有重要意义,因此长期以来都是地球科学研究的热点。然而上述问题目前仍存在争议,主要有四种印度-欧亚大陆碰撞模式(图1):(1)单阶段碰撞(Ding et al., 2005);(2)弧-陆碰撞(Aitchison et al., 2007);(3)大印度洋盆(van Hinsbergen et al., 2012)或北印度海(Yuan et al., 2021);(4)日喀则弧后盆地(Kapp and DeCelles, 2019)。本文在对尼泊尔低喜马拉雅白垩系-中新统地层沉积环境分析基础上,通过碎屑锆石U-Pb-Hf和全岩Sr-Nd同位素方法研究其物源变化,从而约束印度-欧亚大陆碰撞模式和喜马拉雅造山带早期剥蚀历史。分析结果指示低喜马拉雅从晚白垩世到早中新世经历了两次重大物源变化。第一次是从上白垩统-古新统Amile组到始新统Bhainskati组,晚元古代-早古生代碎屑锆石含量(以500-1200 Ma/1600-2800 Ma比值标识)从几乎为0增加到0.7-1.4,中生代锆石比例从约14%降低到5-12%。全岩<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr和εNd(t=0)值分别从Amile组的0.732139和-17.2转变为Bhainskati组的0.718106和-11.4。第二次是从Bhainskati组到下-中中新统Dumri组,500-1200 Ma/1600-2800 Ma比值增加到2.2-3.7,中生代锆石含量几乎降为0。全岩<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr和εNd(t=0)值在Dumri组分别变为0.750124和-15.8。上白垩统-古新统Taltung组和Amile组白垩纪锆石U-Pb-εHf(t)值落入印度属性物源区,而始新统Bhainskati组三叠纪-古新世锆石U-Pb-εHf(t)值指示亚洲大陆在始新世已经成为喜马拉雅前陆盆地物源之一。我们的物源分析结果表明:(1)印度-欧亚大陆在喜马拉雅造山带中段碰撞时间不晚于早-中始新世;(2)高喜马拉雅至少在早中新世已经遭受剥蚀并为喜马拉雅前陆盆地提供沉积物。结合区域沉积-构造演化史(Robinson et al., 2003)和特提斯喜马拉雅古新统-始新统物源结果(Decelles et al., 2014; Hu et al., 2015; Najman et al., 2017),本文研究一方面支持印度-欧亚大陆单阶段碰撞模式,另一方面指示喜马拉雅造山带自始新世以来通过顺序式向南扩展方式隆起。

**参考文献** Aitchison J C, Ali J R, Davis A M, 2007. When and where did India and Asia collide?[J]. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 112: B05423. Colleps C L, McKenzie N R, Horton B K, et al., 2020. Sediment provenance of pre- and post-collisional Cretaceous-Paleogene strata from the frontal Himalaya of northwest India[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 534: 116079. DeCelles P G, Kapp P, Gehrels G E, et al., 2014. Paleocene-Eocene foreland basin evolution in the Himalaya of southern Tibet and Nepal: Implications for the age of initial India-Asia collision[J]. *Tectonics*, 33: 824-849. Ding L, Kapp P, Wan X Q, 2005. Paleocene-Eocene record of ophiolite obduction and initial India-Asia collision, south central Tibet[J]. *Tectonics*, 24: TC3001. Hu X M, Garzanti E, Moore T, et al., 2015. Direct stratigraphic dating of India-Asia collision onset at the Selandian (middle Paleocene, 59±1Ma)[J]. *Geology*, 43: 859-862. Kapp P, DeCelles P G, 2019. Mesozoic-Cenozoic geological evolution of the Himalayan-Tibetan orogen and working tectonic hypotheses[J]. *American Journal of Science*, 319: 159-254. Najman Y, Jenks D, Godin L, et al., 2017. The Tethyan Himalayan detrital record shows that India-Asia terminal collision occurred by 54 Ma in the Western Himalaya[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 459: 301-310. Robinson D M, DeCelles P G, Garzanti C N, et al., 2003. Kinematic model for the Main Central thrust in Nepal[J]. *Geology*, 31: 359-362. van Hinsbergen D J, Lippert P C,



Dupont-Nivet G, et al., 2012. Greater India Basin hypothesis and a two-stage Cenozoic collision between India and Asia[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 109(20): 7659-7664. Yuan J, Yang Z Y, Deng C L, et al., 2021. Rapid drift of the Tethyan Himalaya terrane before two-stage India-Asia collision[J]. National Science Review, 8: nwa173.

**关键词** 印度-欧亚大陆碰撞; 喜马拉雅造山带; 碎屑锆石 U-Pb-Hf 同位素; 全岩 Sr-Nd 同位素



摘要 ID: 3206

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 东南极普里兹湾新生代古水深演化分析

肖子健、黄晓霞\*、黄华、焦裕  
中国科学院深海科学与工程研究所

普里兹湾 (Prydz Bay) 位于东南极大陆边缘, 是南极地区仅次于威德尔海 (Weddell Sea) 和罗斯海 (Ross Sea) 的第三大海湾, 目前被兰伯特冰川和艾默里冰架 (Lambert Glacier-Amery Ice Shelf) 覆盖。普里兹湾是东南极最大的冰川向海排泄通道, 排泄量约占东南极的 20%、全南极的 9%。前人发现普里兹湾近海沉积层厚达 12 km, 沉积物记录了该地区的沉积演化史。该区域多道地震测线充足, 大洋钻探计划 (Ocean Drilling Program, ODP) 也先后在此处进行过十余次钻探, 丰富数据信息为进行盆地分析、研究古水深演化历史提供了理想条件。ODP 119 航次 (1988 年) 和 188 航次 (2000 年) 的岩芯孔隙度信息表明, 普里兹湾陆架区域地层由于冰负载作用而产生了过度压实, 陆坡区域则表现为孔深关系正常的沉积特征。本研究使用回剥法 (Backstripping), 结合大洋钻探信息、水深数据、地震数据以及洋壳陆壳年龄信息等, 充分考虑到陆架与陆坡沉积物的压实差异, 创新性地将普里兹湾划分为陆架与陆坡两个区域, 分别进行定量计算并得到了新生以来几个关键地质历史时期普里兹湾大陆边缘的古水深网格图, 恢复了该区域古陆坡的位置, 研究成果可用于建立更真实的极地冰川、洋流、气候模型, 推动了关于普里兹湾地区古水深演化模式的研究进展。

**参考文献** Cooper A.K., and Brien P.E., 2004. Leg 188 synthesis: transitions in the glacial history of the Prydz Bay region, East Antarctica, from ODP drilling. In Cooper, A.K., Brien, P.E., and Richter, C. (Eds.), Proc. ODP, Sci. Results, 188: College Station, TX (Ocean Drilling Program). Huang Xiaoxia, Bernhard Anne, Laura De Santis, et al. 2020, Depositional and erosional signatures in sedimentary successions on the continental slope and rise off Prydz Bay, East Antarctica - implications for Pliocene paleoclimate[J]. Marine Geology. Huang X., Gohl K., Jokat W. 2014, Variability in Cenozoic sedimentation and paleo-water depths of the Weddell Sea basin related to pre-glacial and glacial conditions of Antarctica[J]. Global and planetary change, 118(Jul.):25-41. Huang Xiaoxia, Steel Ronald, Larter Robert D. 2022, Late Eocene signals of oncoming Icehouse conditions and changing ocean circulation, Antarctica, Earth and Planetary Science Letters, Volume 600. Huang Xiaoxia, Wu Shiguo, Laura De Santis, et al. 2022, Deep water sedimentary processes in the Enderby Basin (East Antarctic margin) during the Cenozoic Shipboard Scientific Party, 1989. Introduction. In Barron, J., Larsen, B., et al., Proc. ODP, Init. Repts., 119: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 5-14. Shipboard Scientific Party, 2001. Site 1165. In Brien, P.E., Cooper, A.K., Richter, C., et al., Proc. ODP, Init. Repts., 188: College Station, TX (Ocean Drilling Program), 1-191.

**关键词** 回剥法; 普里兹湾; 古水深演化



摘要 ID: 3237

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 沉积物微形态学及应用

张玉修<sup>\*2</sup>、吴金旭<sup>1</sup>

1. 中国科学院大学
2. 中国科学院大学

沉积物/土壤具有松散未固结属性, 存在无法从原位、定向、微区、过程角度开展研究的难点, 因此对于未成岩松散堆积物的微观研究, 主要运用微形态学 (Micromorphology)。微形态学最早起源于 20 世纪 30 年代土壤学研究, 沉积物微形态学是沉积学年轻的分支学科。沉积物微形态学是对树脂浸渍胶结的原位、定向样品开展 (超) 显微研究, 旨在研究肉眼无法识别的原生组分 (Constituent)、土壤形成物 (Pedofeature)、结构 (Fabric)、微构造 (Microstructure) 等特征, 探究其时序、空间和成因关系 (Courty et al., 1989; Stoops, 2003; Goldberg and Berna, 2010; 吴金旭等, 2022)。微形态分析 (Micromorphological analysis) 主要包括原位样品采集、多功能样品制备、鉴定与描述, 以及解译等技术环节。近年来, 微形态分析在洞穴、河湖、海洋、风成、冻土、冰川、冰缘、火山等多种沉积环境解译中发挥了独特的作用, 还被应用于工程地质、灾害地质、断层泥、人造土等特殊环境 (van der Meer and Menzies, 2011)。微形态特征与宏观堆积、埋藏序列相关联, 为沉积物成因解释提供有力证据。

以洞穴环境为例, 在洞穴形成过程中, 受各种自然、生物与人为营力的影响, 不同年代、不同来源或不同成因的堆积物在洞穴底面叠置, 形成一定的堆积层序和界面, 经历物理/化学沉积期后作用影响, 其堆积与埋藏过程及接触关系十分复杂 (图 1; Sasowsky et al., 2007)。洞穴堆积物宏观观察结合微形态分析, 可以有效识别不同洞穴堆积物以及沉积期后作用, 进一步引入沉积微相的概念, 可追踪关键微形态特征的发育及演化规律, 综合地层年代学框架, 能反演洞穴堆积物在空间与时间上的堆积、埋藏演化历史, 服务于洞穴遗址考古等相关研究 (吴金旭等, 2022)。

**参考文献** 吴金旭, 张玉修, 刘浩宇, 等, 2022. 洞穴堆积物的微形态研究进展及其应用[J]. 沉积学报: 1-32. Courty M A, Goldberg P, Macphail R, 1989. Soils and micromorphology in archaeology [M]. Cambridge: Cambridge University Press. Goldberg P, Berna F, 2010. Micromorphology and context [J]. Quaternary International, 214: 56-62. Sasowsky I D, Mylroie J, 2007. Studies of cave sediments: Physical and chemical records of paleoclimate [M]. Dordrecht: Springer-Verlag GmbH. Stoops G, 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolith thin sections [M]. Madison: Soil Science Society of America. van der Meer J J M, Menzies J, 2011. The micromorphology of unconsolidated sediments [J]. Sedimentary Geology, 238 (3-4): 213-232.

**关键词**



摘要 ID: 3426

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 渤海南部新近系大型岩性圈闭成因机制及其勘探意义

高雁飞\*

中海(石油)中国有限公司天津分公司

渤海南部探区是渤海油田重要的油气产区之一,新近系是渤南最主要勘探层系,其探明储量占比高达70%,持续在渤海南部新近系获得突破是渤海油田增储上产的关键。研究区新近系岩性勘探主要具有单个砂体面积小,单井井控储量小的特点。在新近系湖盆萎缩背景下,理清沉积体系形成主控因素及其展布规律,以寻找具备一定规模的岩性圈闭是渤海南部新近系获得规模性发现的重点。

在充分利用钻井、岩心、测井、地震资料的基础上,从物源体系、沉积背景、改造条件三个方面对渤海南部新近系大型岩性圈闭成因机制展开攻关,得出三点认识:1、渤海南部明下段发育西北物源供给的大型沉积体系。由于渤海新近系由于资料缺乏,大多物源示踪方法都不可用,物源方向判识难度较大。通过利用常规宏观振幅属性可大致确认河道的走向,利用瞬时切片中河道与侧积体的切截关系定河流流向,明确物源来自于西北部,河道延伸长度超80km,整体宽度超50km,大物源体系给岩性圈闭形成提供了良好的物质基础。2、明下段V油组低可容纳空间下具备大型砂体的发育条件。低可容纳空间体现为坡度缓、水深浅:古地貌研究表明,明下段V油组是馆陶组之后的继续填平补齐阶段,坡度缓,V油组末期坡度小于 $0.05^\circ$ ;古生物研究表明,明下段V油组古生物中水生植物含量变化频繁,典型藻类化石含量差异大,指示古水深波动变化频繁,并且大量发育水生植物满江红,元素分析表明Ga、V、Ni变化幅度小,V/Sc均小于23也指示水体较浅。结合渤海南部新近系不同沉积类型对应的孢藻特征,创建了古沉积环境辨别指数P。对区域古生物资料展开系统复查,证实V油组沉积时期,东南部广泛发育过水湖泊,在同一空间内,河流与湖泊同时发育,在这种沉积背景下,具备大面积砂体的形成条件。3、V油组末期快速湖侵事件为连片砂体的形成根本原因。古生物及黏土矿物变化表明,明下段V油组沉积末期发生了快速湖侵,在低可容纳空间下,受强物源供给,快速湖侵,湖水顶托作用造成沉积物快速卸载,河道频繁改道,形成密网河,密网河受快速湖侵,波浪改造,形成以河道型砂体为主体,河道间充填席状砂的大型连片砂体。

渤海南部新近系大型岩性圈闭成因机制有力指导了垦利6-A油田岩性圈闭解释,由孤立河道转向单个超100km<sup>2</sup>连片砂体,极大拓展了勘探空间。指导了后续一批井位的部署钻探,井控储量由142万吨跃升到330万吨,直接指导了垦利6-A亿吨级油田发现。新近系大型岩性圈闭成因机制已在渤海多个构造推广,指导了垦利B等一批大中型油气田发现,该机制的提出也对具有类似沉积背景下岩性勘探具有较强的借鉴意义。

参考文献

关键词



摘要 ID:2963

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 末次冰期以来东经 90° 海岭北部物源变化及其对古环境的响应

齐文菁<sup>1,2</sup>、刘升发<sup>\*1</sup>、范德江<sup>2</sup>、李小艳<sup>1</sup>

1. 自然资源部第一海洋研究所

2. 中国海洋大学海洋地球科学学院

东经 90° 海岭位于东北印度洋, 北起 17° N 沿东经 90° 经线向南延伸到 30° S, 是最长的线性海底构造之一, 将东北印度洋划分为中印度洋海盆和沃顿海盆。海岭北部位于青藏高原-孟加拉湾这一重要的“源-汇”体系中, 大量的陆源侵蚀物质随着山地河流汇入孟加拉湾和安达曼海等周边海域, 又被孟加拉扇上活跃的浊流活动携带至深海平原乃至海岭。因此, 海岭北部的沉积记录对青藏高原的隆升及其带来的气候效应具有很强的指示意义。

选取位于东经 90° 海岭北部的岩心沉积物进行了 AMS<sup>14</sup>C 测年、粒度和元素地球化学测试, 获得了近 6 万年以来的粒度和地球化学记录。岩心中部分地层出现重复, 其年代、岩性以及元素特征曲线几乎完全相同, 推测是滑塌或断层导致。分别用常量和稀土特征参数进行了物源判别, 发现海岭北部沉积物主要来源于伊洛瓦底江和恒河-布拉马普特拉河。将 1-CaCO<sub>3</sub>、Ti/Ca 以及因子分析提取出的 F1 作为陆源输入量替代性指标, CIA\* 作为源区化学风化强度指标, 结合印度夏季风、气候和海平面变化, 探讨了末次冰期以来海岭北部沉积过程的控制因素。陆源输入在末次冰期呈高-低-高的旋回变化, CIA\* 也与印度夏季风强弱变化吻合, H2-H5 这几个冷期在岩心中均有体现; LGM 期由于海平面迅速降低, 恒河物质的入海通道打开, 使得在印度夏季风和源区化学风化没有明显增强的情况下, 海岭北部的陆源物质输入量却处于较高水平; 全新世以来气候变暖, 印度夏季风增强, 但海岭北部的陆源物质输入量呈降低趋势, 这可能是海平面上升导致了恒河物质入海通道被切断, 从而导致物质供应量大大降低。

**参考文献**

**关键词** 印度洋; 东经 90° 海岭; 古气候; 物源判别





摘要 ID:595

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## Millennial Resolution Late Miocene Northern China Precipitation Record Spanning Astronomical Analogue Interval to the Future

高鹏<sup>1</sup>、聂军胜<sup>\*1</sup>、燕青<sup>2</sup>、张旭<sup>1,3</sup>、刘青松<sup>4</sup>、曹泊<sup>1</sup>、潘保田<sup>1</sup>

1. 兰州大学

2. 中国科学院大气物理研究所

3. 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心

4. 南方科技大学

Much has been learned regarding orbital and millennial timescale climate changes after the onset of Northern Hemisphere glaciations (NHG) at ca. 2.7 Ma. By contrast, little is known about these variations before the NHG due to lack of high-resolution records. Here we report first millennial resolution quantified East Asian summer monsoon (EASM) precipitation record from the north eastern Tibetan Plateau. The record supports astronomical forcing of EASM during the late Miocene, except for the period of 8.13–8.03 Ma when EASM experienced high amplitude variations at the 100-, 20-kyr, and suborbital bands, which is in sharp contrast with the damped astronomical forcing. Detection of strong 100-kyr and millennial cycles during low eccentricity intervals of the warm late Miocene with ephemeral NH ice sheets cast doubt on NH ice sheet size variations as their exclusive forcing in the late Miocene and late Quaternary paleoclimatic records.

参考文献

关键词



摘要 ID:1189

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 柴达木盆地中始新世-早渐新世 (42-29 Ma) 古湖盐度演化历史及其与全球变冷和特提斯海退的关系

叶程程<sup>\*1</sup>、杨一博<sup>1</sup>、方小敏<sup>1</sup>、张伟林<sup>1</sup>、宋春晖<sup>2</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所

2. 兰州大学

青藏高原隆升、特提斯海退与全球变冷被认为是亚洲内陆干旱区新生代气候变化的主要驱动力 (Meijer et al., 2019)。然而, 青藏高原隆升历史的争议性以及青藏高原隆升和特提斯海退导致的气候效应重叠性使得难以单独评估它们对区域气候变化的影响。中始新世-早渐新世时期全球气候呈现长期的变冷趋势并伴随有快速降温的始新世-渐新世气候转型事件 (Zachos et al., 2008)。与此同时, 近来的一些最新研究不仅精确限定了该时期的特提斯海进/海退过程 (Kaya et al., 2019), 还显示青藏高原隆升在此时期幅度相小 (Botsyun et al., 2019; Fang et al., 2020)。因此, 一条具有年代控制且指标意义明确的亚洲内陆干旱区的气候记录将有助于分别评估全球变冷和特提斯海退对区域气候变化的影响。

本研究展示了基于粘土矿物硼含量获得的柴达木盆地中始新世-早渐新世 (42-29 Ma) 古湖水的盐度演化记录。科奇盐度 (Couch, 1971) 与相当硼法 (Walker, 1968) 这两种独立的盐度计均表明柴达木盆地古湖水经历了两阶段的演化过程: 即从中-晚始新世 (~42-34 Ma) 中盐水环境逐步咸化为晚始新世-早渐新世 (~34-29 Ma) 的中盐水-多盐水环境。上述基于粘土矿物硼含量获得的柴达木盆地古湖水的盐度记录与前人发表的周边区域的介形虫组合 (杨藩等, 2006) 和  $\text{Cl}^-$  盐度计的结果是一致的 (Guo et al., 2018), 且与同时期西宁盆地的气候记录也具有空间对比性 (Page et al., 2019), 从而表明重建结果的可靠性。通过与深海氧同位素与特提斯海退记录作对比, 我们发现全球变冷是亚洲内陆干旱区中始新世-早渐新世 (42-29 Ma) 长期气候变化的主要驱动力, 而特提斯海进/海退过程则在短期尺度上调控区域的干湿波动。

**参考文献** 1. 杨藩, 乔子真, 张海泉, 等, 2006. 柴达木盆地新生代介形类动物群特征及环境意义 [J]. 古地学报, 008(002): 143-156. 2. Botsyun S, Sepulchre P, Donnadiou Y, et al., 2019. Revised paleoaltimetry data show low Tibetan Plateau elevation during the Eocene [J]. Science, 363: eaaq1436, <https://doi.org/10.1126/science.eaaq1436>. 3. Couch E L, 1971. Calculation of paleosalinities from boron and clay mineral data [J]. AAPG Bulletin, 55: 1829-1837. 4. Fang X, Dupont-Nivet G, Wang C, et al., 2020. Revised chronology of central Tibet uplift (Lunpola Basin) [J]. Science Advances, 6: eaba7298, DOI: 10.1126/sciadv.aba7298. 5. Guo P, Liu C, Yu M, et al., 2018. Paleosalinity evolution of the Paleogene perennial Qaidam lake on the Tibetan Plateau: climatic vs. tectonic control [J]. International Journal of Earth Sciences, 107: 1641-1656. 6. Kaya M Y, Dupont - Nivet G, Proust J N, et al., 2019. Paleogene evolution and demise of the proto-Paratethys Sea in Central Asia (Tarim and Tajik basins): Role of intensified tectonic activity at ca. 41 Ma [J]. Basin Research, 31: 461-486. 7. Meijer N, Dupont-Nivet G, Abels H A, et al., 2019. Central Asian moisture modulated by proto-Paratethys Sea incursions since the early Eocene [J]. Earth and Planetary Science Letters, 510: 73-84. 8. Page M, Licht A, Dupont-Nivet G, et al., 2019. Synchronous cooling and decline in monsoonal rainfall in northeastern Tibet during the fall into the Oligocene icehouse [J]. Geology, 47: 203-206. 9. Walker C T, 1968. Evaluation of boron as a paleosalinity indicator and its application to offshore prospects [J]. AAPG Bulletin, 52: 751 - 766. 10. Zachos J C, Dickens G R, Zeebe R E, 2008. An early Cenozoic perspective on greenhouse warming and carbon-cycle dynamics [J]. Nature, 451: 279-283.



**关键词** 柴达木盆地；古盐度；粘土矿物；全球变冷；特提斯海退



摘要 ID: 2480

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 豫东盆地上新世以来沉积环境演化

张建广<sup>1,2</sup>、吕敦玉<sup>3</sup>、陈洪云<sup>3</sup>、余楚<sup>3</sup>、赵凯华<sup>4</sup>、刘星星<sup>1</sup>、刘宇明<sup>1,2</sup>、刘博<sup>5</sup>、强小科<sup>1</sup>、康树刚<sup>1</sup>、孙有斌<sup>\*</sup>

1. 中国科学院地球环境研究所

2. 中国科学院大学

3. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所

4. 河北省地矿局第九地质大队

5. 西安地球环境创新研究院

豫东盆地位于黄河中、下游交界,自上新世以来堆积了厚度超过 500 余米的河湖相地层,蕴含了丰富的环境变化和地貌演化信息。本文在豫东盆地西缘南北相距 9 km 的航空港(HKG)和白沙(BS)获取了两个取心率达 95%、长度超过 300 m 的高质量岩心,开展了系统的年代学和沉积学研究。古地磁结果表明,两个钻孔记录了 3.4 Ma 以来的磁极性变化,高斯/松山地磁倒转在 HKG 孔和 BS 孔分别位于 140 m 和 122 m,而松山/布容地磁倒转分别位于 54 m 和 58 m。综合岩心特征和沉积学参数变化,认为豫东盆地晚上新世以来沉积环境演化经历了四个阶段: 3.4 Ma~3.1 Ma 主体发育灰黄色含砾砂层,夹薄层红色粘土,旋回性不明显,属于沉积动力较强的河床滞留沉积; 3.1 Ma~2.6 Ma 发育 4 个灰黄色含砾砂层(或浅红色细砂)-红色粘土的正旋回,粘土层厚于砂层且内部钙结核发育,属于沉积动力周期性强弱变化的河床-河漫亚相沉积; 2.6 Ma~0.9 Ma 发育 4 个浅红色细砂-红色粘土的正旋回,粘土层厚于砂层且内部钙结核发育,最后一个旋回的红色粘土层顶部发育成层钙质胶结,属于沉积动力偏弱的堤岸-河漫亚相沉积; 0.9 Ma~0 Ma 发育 5 个灰黄色细砂-粉砂正旋回,为沉积动力周期性强弱变化的泛滥平原沉积。钻孔记录的沉积相变化具有一定的阶段性和明显的旋回性,说明豫东盆地沉积环境演化受到区域地貌演化和季风周期变化的共同影响。

### 参考文献

**关键词** 豫东盆地; 上新世-更新世; 沉积环境演化



摘要 ID: 2523

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 末次冰盛期以来南海深海沉积演化及其对海峡联通和洋流模态转变的响应

王雪松<sup>1\*</sup>、陈忠<sup>2</sup>、宫勋<sup>1</sup>、许安涛<sup>3</sup>、曹立<sup>4</sup>、田雨杭<sup>4</sup>、张斌<sup>4</sup>

1. 中国地质大学(武汉), 海洋地质资源湖北省重点实验室

2. 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室, 南海海洋研究所, 南海生态环境工程创新研究院

3. 亥姆霍兹基尔海洋研究中心, 德国 基尔

4. 中国科学院边缘海与大洋地质重点实验室, 南海海洋研究所, 南海生态环境工程创新研究院, 中国科学院大学

南海形成演化过程中的洋流活动和水体通道改变对南海沉积演化、岛礁发育和资源分布起着重要作用。研究表明, 距今 34 Ma 的始新世南海从陆地变为海洋, 距今约 24 Ma 前南海海盆整体进入深海环境, 北太平洋中层水(NPIW)和太平洋深层水(NPDW)可以自由进入南海。自中新世以来, 南海海盆开始向东俯冲, 巴士海峡海槛不断隆升, 导致南海成为半封闭海盆, 南海的深水来源和沉积环境发生重大变化, 由来自南大洋的下层南极绕极流(LCDW)演变为来自上层南极绕极流(UCDW)和来自北太平洋的深层水(NPDW)混合而成, 呈现冰期、间冰期模式。然而南海洋流活动的演化要复杂得多, 低海平面时期(如末次盛冰期, LGM), 南海北部大陆架、巽他陆架出露成陆, 高海平面时期被淹没, 全球和区域因素导致南海洋流模态转变及海峡水体贯通状态的变化, 对南海的沉积环境、岛礁发育和资源形成聚集产生影响, 然而对其影响机理还知之甚少。

论文以南海南部及北部深海区多个站位岩心为研究对象, 开展陆源碎屑粒度、磁性参数、地球化学性质和年龄测定, 通过粒级-标准偏差法提取环境敏感因子、粒度端元组分分析确定物源变化, 并重建底流强度及搬运能力。研究表明, 研究区陆源碎屑主要由粉砂和粘土组成, 砂组分仅在部分层位出现, 南海北部深海沉积环境经历了三个演化阶段, I: 22.39-16.02ka BP; II: 16.02-9.58ka BP; III: 9.58ka BP 至今, 各演化阶段粘土和粉砂组分均呈反相演变过程。

研究发现, 在末次冰盛期南海深层水和北大西洋深层水演变存在遥相关, 在 15.8-14.4ka 期间, 大洋洋流模态转变, 侵入南海北部的大洋洋流模态由大西洋型转变为太平洋型。南海东北部底流强度和搬运能力在末次冰盛期以来逐渐减低并呈同步变化, 随着海平面的上升, 16ka BP、11.5ka BP 后南海分别与印度洋贯通、台湾海峡联通, 影响南海北部物源搬运和海洋过程。9.58ka BP 以来南海北部海洋混合方式和强度的改变, 深刻影响深海陆源碎屑输运及沉积演化。

研究结果厘定了末次冰期进入南海中深层水体洋流模态切换时间, 揭示了南海古洋流的强弱变化和海洋过程受到吕宋海峡的构造隆升和海平面变化影响, 南海分别与印度洋贯通、台湾海峡联通深刻影响了南海北部海洋混合方式和搬运强度。研究成果为南海北部底流活动演变、南海深海过程及其资源环境效应研究提供了新的证据。

### 参考文献

**关键词** 深水沉积; 洋流活动; 模态转变; 海峡联通; 南海深海



摘要 ID:817

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 中中新世南海深海沉积过程及其古气候意义

马鹏飞<sup>1</sup>、马超<sup>2</sup>、Adrian Raymund Fernandez<sup>1</sup>、吕璇<sup>1</sup>

1. 同济大学

2. 成都理工大学

南海大洋钻探 IODP 349/367/368/368X 等航次的深水站位均发现了早-中中新世形成于碳酸盐补偿深度 (Carbonate compensation depth, CCD) 附近及以下的红色粘土沉积, 初步说明南海在 ~23-12 Ma 之间发育了稳定远洋沉积环境。然而, 由于目前深海沉积物来源和沉积时代的约束较差, 其对早-中中新世东亚气候演化的指示意义尚未被充分挖掘。本项研究利用位于西南次海盆中部的 U1433 站位样品开展了系统的沉积学、地层学、高分辨率 XRF 扫描研究, 并与北部洋陆过渡带区域站位进行对比。结果显示, U1433 站位红层沉积于 17.12-12.80 Ma, 其陆源碎屑主要由来自吕宋等岛屿, 以及华南大陆、中南半岛和婆罗洲。气候敏感性元素比值、测井和岩芯自然伽马等参数均与低纬 (20° N) 夏季日照辐射量和全球气候变化相关, 体现出明显的季风控制特征; 而沉积堆积速率则直接受控于海平面变化。相似的演化趋势也出现在南海北部站位。本项研究的开展不仅解决了南海 U1433 站位陆源碎屑来源和定年的难题, 也证实南海深海沉积物是研究东亚季风演化的良好素材。

### 参考文献

**关键词** 东亚季风; 中新世; 南海; 深海沉积; 大洋钻探



摘要 ID:949

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## Late Miocene periodicity anomaly identified in multiproxy paleoenvironmental records from the Asian interior: response to tectonic activity

张涛\*<sup>1</sup>、韩文霞<sup>2</sup>、方小敏<sup>3</sup>

1. 兰州大学

2. 临沂大学

3. 中国科学院青藏高原研究所

Periodicity analysis is widely applied to geological records to decipher climatic responses to orbital forcing; however, how internal adjustment of the Earth system affects its response to periodic external forcing remains unclear. Analyses of Miocene multiproxy records from the Tibetan Plateau reveal a periodicity anomaly, characterized by opposite periodicity variations in specific proxies before and after 10 Ma. Seismostratigraphic and sedimentary data demonstrate a synchronous relationship of this periodicity anomaly with the tectonic uplift. We propose that the tectonic activity, serving as an important internal adjustment of earth system, would perturb the orbital control of the environmental evolution of the Asian interior at 10 Ma. Our observations firstly provide a paradigm for studying the interaction of internal and external forcing on the evolution of the Earth's climate system, and highlight the need for caution in interpreting periodicity patterns from a single record.

### 参考文献

**关键词** Orbital parameters, Internal forcing, Tibetan Plateau uplift, Asia interior, Periodicity transition



摘要 ID:1007

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 青藏高原东北缘连续湖相地层的新近纪高分辨率古气候记录

宋世骏、黄雷\*

长庆油田勘探开发研究院

目前, 亚洲内陆缺乏来自于连续钻孔取芯的高分辨率气候记录, 阻碍了我们更客观地认识该区域新近纪以来气候演化的驱动因素。本研究借助柴达木盆地沉积中心 2000 m 的连续湖相钻孔岩心, 利用碳氧同位素、碳酸盐含量、氯离子浓度、热裂解参数、孢粉等古气候参数, 以及从伽玛曲线 (GR) 提取的天文学年龄, 建立了高分辨率的新近纪气候框架。整体上, 20 Ma 以来, 湖相  $\delta^{18}\text{O}$  值随深海底栖  $\delta^{18}\text{O}$  值发生正偏移, 对应于湖泊盐度和碳酸盐含量的逐渐增高。湖盆经历了由开放到封闭的转变, 转折点约为 10 Ma。基于此, 我们识别出了 16~14 Ma 的中中新世温暖适宜期 (MMCO), 以发育碳酸盐岩夹层 (即藻/鲕灰岩和白云岩) 为特征, 和 14~12 Ma 的中中新世降温事件 (MMCC), 其特征是藻灰岩夹层骤然消失。其中, 16~13 Ma 湖泊生烃潜力达到顶峰。在 12~7 Ma 期间, 青藏高原东北部隆升 (12~10 Ma) 和全球变冷 (10~7 Ma) 共同加剧亚洲内陆的干旱化, 碳酸盐夹层消失, 湖泊盐度显著增加, 湖泊几乎不具有生烃潜力。湖相  $\delta^{18}\text{O}$  和  $\delta^{13}\text{C}$  值自 7 Ma 以来显著离散化, 主要是受东亚夏季风降水增加、冬季西风水汽减少的影响。其中, 7~4 Ma, 淡水藻类 (盘星藻) 含量显著提高, 湖泊生烃潜力略有增加。特别是在 4 Ma 之后, 湖泊  $\delta^{18}\text{O}$  值与底栖生物  $\delta^{18}\text{O}$  值的负相关性, 指示了全球变冷的驱动力与其他时期相比明显减弱。总之, 在 20~7 Ma, 全球变化是亚洲内陆气候演化的首要驱动因素, 而区域事件在 7 Ma 以后逐渐占据了主导地位。

### 参考文献

**关键词** 全球变化; 亚洲干旱化; 天文年代学; 柴达木盆地; 青藏高原





摘要 ID:1871

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 柴达木盆地深钻震积岩序列揭示青藏高原北部上新世晚期幕式变形特征

Yin Lu<sup>1\*</sup>、方小敏<sup>2</sup>、Shmuel Marco<sup>3</sup>、Nadav Wetzler<sup>4</sup>、G. Ian Alsop<sup>5</sup>、Aurélia Hubert-Ferrari<sup>6</sup>

1. University of Innsbruck (Austria)

2. 中国科学院青藏高原研究所

3. Tel Aviv University (Israel)

4. Geological Survey of Israel (Israel)

5. University of Aberdeen (UK)

6. University of Liege (Belgium)

位于青藏高原东北部的柴达木盆地西部, 最显著的地貌形态特征之一是发育于昆仑山脉以北的一系列北西-南东向展布的逆冲断层与背斜。这些背斜和褶皱在该区中新世-第四纪隆起中起着重要作用。然而, 由于缺乏足够长的古地震记录, 人们对这个活动逆冲带的长期地震-构造历史知之甚少。

柴达木古湖泊沉积了一套连续的湖相沉积序列, 连续地记录了下伏褶皱和冲断作用的发育与活动历史。我们在柴西碱山背斜顶部钻取了723米深的SG-1b岩芯。通过详细的沉积学分析, 钻孔沉积序列里的微断层、软沉积变形、水下滑坡沉积物、滑脱构造面被解译为古地震/构造活动的指示标志, 并建立了一个覆盖3.6-1.6 Ma的震积岩(地震岩)序列。

该序列在3.6-2.7 Ma时段内相对较为连续, 记录了发生于3.6-3.5, 3.4-3.2, 3.15-3.1, 3.0-2.9, and 2.8-2.75 Ma的5个震积岩集合, 揭示了与强烈的区域变形有关的幕式逆冲过程。结合全球湖泊/海洋古地震学文献、区域探槽古地震学文献及器测地震分布状况, SG-1b钻孔沉积序列所记录的古地震事件被解译为源于钻孔附近柴西盆地内部各背斜-逆冲断层(而非远端第一级大断裂, 如阿尔金断裂、昆仑断裂)的 $M_w \geq 5$ 地震事件。

我们提出在地震聚集发生期间, 区域形变主要集中于盆地内的褶皱-逆冲断层体系; 而在地震平静期, 区域形变主要沿着阿尔金与昆仑走滑断裂分布。这两种体系在地震聚集发生期及地震平静期可能都吸收了相同量的由印-欧板块碰撞引起的远程构造载荷。该项研究的独特性与意义在于: (1) 将构造尺度上的古地震事件、古地震复发模式与区域构造形变相联系, 展示了古地震学在理解构造尺度上区域变形的能力; (2) 本工作为理解区域变形提供了一个新的视角, 将传统的古地震学研究扩展至构造尺度上, 拓展了古地震学理解区域变形的能力。

参考文献

关键词



摘要 ID: 2213

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 亚洲内陆干旱区孢粉学研究进展及其与沉积相关的基本问题

苗运法<sup>\*1,2</sup>、赵永涛<sup>1</sup>、王雪莲<sup>1</sup>、杨永恒<sup>1,2</sup>、雷艳<sup>1,2</sup>、王梓莎<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院西北生态环境资源研究院, 沙漠与沙漠化重点实验室, 兰州 730000

2. 中国科学院大学, 北京 100049

孢粉来自植物, 对降水、温度和海拔等气候和地形要素高度敏感, 是经典的气候环境代用指标。在亚洲内陆干旱区开展不同时间尺度的孢粉研究对认识该地区的干旱环境演化、青藏高原隆升及其气候环境效应, 以及全球变化背景下的人类可持续发展均具有重要的参考价值。经过几十年的发展, 孢粉学者对早期亚洲内陆盆地气候变化的框架性认识进行了细化, 依托古地磁、放射性等测年手段提高了气候环境变化解释的时间准确性, 并尝试量化气候环境参数, 探讨与青藏高原构造抬升以及全球变冷的趋势和重大事件等因素之间的关系, 凸显了孢粉学在过去气候环境研究中的重要作用。主要进展包括在新生代构造时间尺度上, 利用孢粉百分含量、浓度和特征花粉等方法建立了古气候序列, 揭示了亚洲内陆地区存在干旱化增强的连续性或阶段性证据, 与高原隆升、全球变冷以及海洋退却均具有重要的关系。在第四纪, 亚洲内陆草本植物进一步增加, 支持干旱化加剧的基本认识; 并在轨道时间尺度上表现出明显的冰期-间冰期旋回。而在更短的时间尺度上, 孢粉样品的时间分辨率达到最高, 在晚全新世甚至能达到年代际尺度, 并发现孢粉对干旱环境的响应程度和幅度具有显著的区域差异。尽管上述研究取得了较大进展, 但还存在一些基本问题有待解决。主要涉及与沉积学相关的问题: 1. 孢粉提取问题: 干旱区沉积物中孢粉难获取, 特别是厚层河流相沉积物中孢粉提取成功率更低, 有“哑地层”之称, 是孢粉被氧化还是沉积分选的问题还有待被进一步证实; 2. 孢粉来源问题: 由于孢粉颗粒较小, 容易被远距离搬运, 从而影响孢粉-植物群的解释, 常被喻为孢粉学的“先天不足”, 事实究竟如何还需要进一步分析; 3. 孢粉鉴定问题: 菌孢子、微体炭屑、无定形有机质等可能蕴含重要沉积环境以及气候环境的意义, 可对孢粉形成重要补充, 但常被忽略, 导致不能最大化的发挥作用。针对以上三个方面的困境, 未来需要加强干旱区流域空间尺度上的植被分布与孢粉沉积等方面的系统性调查, 开展孢粉沉积富集区与空白区沉积要素(沉积微相、粒度等)对比, 用以揭示孢粉颗粒的沉积动力学基本特征; 加强合作, 进行大空间尺度上现代孢粉的空气动力学过程监测研究, 形成大空间尺度上的花粉传播断面, 揭示孢粉风力搬运作用在孢粉组合中的占比和解释; 同时, 积极开展孢粉相的形态学以及同位素等方面的研究, 开拓孢粉学研究范畴。只有直面孢粉学的基本问题, 才能够促进孢粉学发展, 并能够为孢粉学继续在过去气候环境演化研究中扮演重要角色提供重要保障。

### 参考文献

**关键词** 孢粉学; 干旱区; 过去环境; 现代过程; 沉积学



摘要 ID: 2450

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 陆源过程驱动的晚中新世碳位移事件：基于箱式模型的研究

杜金龙\*<sup>1</sup>、田军<sup>1</sup>、马文涛<sup>2,3</sup>

1. 同济大学海洋地质国家重点实验室
2. 卫星海洋环境动力学国家重点实验室, 自然资源部第二海洋研究所, 杭州
3. 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海), 珠海

晚中新世碳位移事件(LMCS)是发生在晚中新世一次全球性的海水碳稳定同位素( $\delta^{13}\text{C}$ )负偏事件,在大约一百万年的时间内,全球底层海水 $\delta^{13}\text{C}$ 下降了约0.9%。过去的研究倾向于使用海洋内部的成因机制来解释LMCS,提出了包括生物泵假说、洋流改组假说等在内的一系列假设。新近发表的基于浮游有孔虫的表层海水 $\delta^{13}\text{C}$ 数据则表明,LMCS不止发生在底层海洋中,而是在大洋水柱上下都有体现,这说明一定是海洋与其他碳库的碳收支过程驱动了这一事件。而至今为止,基于不同碳库间相互关系解释LMCS的研究尚属空白。基于一个包含七个箱体的海气碳循环箱式模型,我们验证了陆源过程在LMCS中的作用。基于重建数据的敏感性测试表明,发生在晚中新世时的陆源输入加强过程,通过增加陆源轻碳的输入,可能造成整体海水的碳同位素负偏;此外,通过新加入的植被-土壤同位素模块,晚中新世遍及全球的 $\text{C}_4$ 植被扩张过程,通过扣压轻碳在陆地的方式,也能造成海水碳同位素的负偏。但是,我们的敏感性实验表明,两者单独实验中 $\delta^{13}\text{C}$ 变化幅度均远小于记录中的LMCS;而同时考虑两种机制的综合实验,则产生了与记录相当吻合的结果。我们的结果表明,由构造变动为起点,协同的陆源输入过程的变化可能是导致晚中新世碳位移的主要原因;在此期间大气二氧化碳可能体现出长期下降的特点,与最新的长时重建记录吻合得很好。

### 参考文献

**关键词** 晚中新世, 碳位移事件, 碳同位素, 大气二氧化碳



摘要 ID:2461

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 西沙群岛琛科2井更新世大气淡水成岩作用环境

吴律、王瑞\*、余克服  
广西大学

碳酸盐岩台地主要发育于温暖、浅水、清澈的近地表海洋环境,易遭受因海平面下降导致的大气淡水成岩作用的改造。由于区域气候和降雨量的差异,碳酸盐岩台地对大气淡水改造的响应会呈现出不同的矿物学、岩石学和地球化学响应特征。然而,目前对于大气淡水成岩环境与古气候之间关系的研究仍较薄弱。西沙群岛我国南海北部的热带海区,常年受东亚冬季风和夏季风的双重影响,是检验大气淡水成岩作用与古气候关系的理想地区。基于此,我们拟以西沙群岛琛航岛上2013年钻探的一口千米深钻井(928.75 m)上部~200m段的岩芯为材料,综合开展岩石学、矿物学、年代学和地球化学(主微量元素、稀土元素和碳氧稳定同位素)分析,探究西沙更新世时期大气淡水成岩环境与古气候之间的联系。

$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和古地磁显示~200-16.7m层段为更新世段,其内部发育了4个以不整合界面限定的地层单元:单元一(177.5~187.5m)主要为低镁方解石和含量<10%的白云石,单元二

(73.5~177.5m)、单元三(33.5~73.5m)、单元四(16.5~33.5m)主要为低镁方解石。溶蚀孔洞、新生变形作用和多种方解石胶结物(重力悬垂、等厚环边、块状)均指示该段遭受了普遍的大气淡水改造。然而,根据目的层段的地球化学数据, $\text{Mn}/\text{Sr}$ 远<1, $\text{Mn}$ 平均含量(<50ppm), $\text{Sr}$ 平均含量(>1200ppm)将其确定为封闭的大气淡水成岩系统,意味着降雨产生的地下水对碳酸盐岩台地的改造并不彻底。

结合暴露面以及碳氧同位素、微量元素变化的特征,目的层段的成岩环境和成岩演化表现为:(1) $\delta^{13}\text{C}$ 主要受海洋DIC和淡水淋滤的影响,暴露面有强烈的 $\delta^{13}\text{C}$ 负偏特征;(2) $\delta^{18}\text{O}$ 均匀且波动小,可推测多个单元一致的成岩温度及潮湿多雨的成岩环境;(3) $\delta^{18}\text{O}$ 和 $\delta^{13}\text{C}$ 的协同变化无法指示古地下水系统的垂直分布区域位置;(4)封闭的,彻底的淡水成岩系统中, $\delta^{18}\text{O}$ 含量变化范围较窄,而 $\delta^{13}\text{C}$ 含量范围较广;(5)彻底的封闭淡水成岩系统中 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值受到的影响很小,仍可以作为定年的可靠指标;(6)稀土元素及一些微量元素主要受东亚季风的影响,淡水渗流对其影响不大。

受东亚季风的影响,西沙群岛更新世时期的大气淡水成岩环境并不类似于典型热带海区的碳酸盐岩台地,其主要表现为淡水供给不充分、封闭-半封闭的大气淡水成岩改造过程。进一步细化重现西沙群岛更新世成岩环境与古气候的关系,未来还需要加强实验室模拟的研究。

### 参考文献

**关键词** 琛科2井;更新世;大气淡水;封闭成岩系统



摘要 ID:2618

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 中国东部淮北平原晚新生代 8Ma 以来沉积磁性地层与古环境事件

张磊<sup>1,2</sup>、刘嘉麒<sup>2</sup>、秦小光<sup>\*2</sup>、穆燕<sup>2</sup>、靳春胜<sup>2</sup>、孙春青<sup>2</sup>、刘建兴<sup>2</sup>、邓成龙<sup>2</sup>

1. 中国地质科学院地质力学研究所

2. 中国科学院地质与地球物理研究所

重建中国东部淮北平原地区晚新生代古环境演化史对于理解中国东部晚新生代环境变迁及亚洲季风的演化均具有重要意义。但是该地区晚新生代以来具有可靠年代标尺的记录非常缺乏。本研究利用安徽淮南钻孔岩芯首次建立了淮北平原中部晚新生代~8 Ma 以来的磁性地层年代框架, 为该地区今后的古气候、古环境研究提供了可靠的年代标尺。磁性地层结果表明:

1. 淮南钻孔底界年龄约为 8 Ma, 这表明淮北平原晚新生代沉积起始时间不晚于 8 Ma。其中布容/松山 (0.78 Ma), 松山/高斯 (2.58Ma), 高斯/吉尔伯特 (3.6 Ma), 上新世/中新世 (5.33 Ma) 界限分别位于 72.0m, 136.0m, 211.0m 和 286.1m 处。
2. 首次发现在钻孔中 58.8 m, 108.0 m 和 312.4 m 处存在三层磁化率异常高层, 可能与流域内三次火山喷发有关, 年龄分别为 0.64 Ma, 1.41 Ma 和 6.10 Ma, 这可以作为淮北平原晚新生代地层的等时面, 对于区域地层对比具有重要意义。
3. 钻孔沉积物的粒度组成在~7.0 Ma 和~1.7 Ma 附近发生突变性转折, 指示两次重大环境转变事件, 这可能分别与南亚夏季风增强和东亚冬季风增强有关。

**参考文献** Zhang L, &nbsp; Liu J, &nbsp; Qin X, et al. Magnetostratigraphy and paleoenvironmental events recorded in a late Cenozoic sedimentary succession in HuaiBei Plain, East China[J]. Quaternary Science Reviews, 2018, 200:52-64.

**关键词** 磁性地层; 等时面; 晚新生代; 淮河流域; 古环境



摘要 ID:499

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 云南白垩纪-新生代地层年代及其地质学意义

颜茂都\*<sup>1</sup>、方小敏<sup>1</sup>、张大文<sup>2</sup>、张伟林<sup>1</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所

2. 枣庄学院旅游与资源环境学院

印度-欧亚板块碰撞在青藏高原及周边形成了大量的新生代地层, 这些地层很好的记录了青藏高原的隆升演化历史及气候环境变化历史。但是这些地层, 往往由于缺乏精确的年代学控制, 很多地层年代存在很大争议, 认识差异范围从几千万年到几百万不等。同样的, 位于青藏高原东南缘印度季风区的云南地区, 由于盆地分割, 地层不连续, 以及很多地层缺乏火山岩和化石年代控制, 地层划分和年代相对混乱, 很大程度限制了对青藏高原东南缘区域构造和古气候演化等方面的认识。

最近几年, 在科技部 973 项目和全球变化项目及科学院 B 类先导项目等的支持下, 本团队对云南的新生代地层年代进行了攻关。通过多个盆地地层相接, 结合部分地层的火山岩和化石年代学, 利用详细的磁性地层年代学研究, 初步建立了云南地区白垩纪~115Ma 以来的磁性地层年代学框架: 1) 将传统认为古新统的含钾盐矿勤野井组地层年代限定为~115-65 Ma; (2) 限定小屯组和蔡家冲组地层年代为~46 - 36 Ma; (3) 将早期划分为中晚中新世的双湖组地层限定为 ~41 - 35 Ma; (4) 将含古猿化石小龙潭组地层年代限定为 ~14 -10 Ma。在次基础上, (1) 通过碎屑锆石年代学分析, 提出云南地区在早新生代存在一个连接青藏高原与南海的大型水系-古红河; 其在~35 Ma 前后由于红河断裂活动, 由于青藏高原东南向逃逸等构造活动, 失去了其上游截水面积, 现代红河格局基本形成; (2) 通过岩性分析和生态特征等证据, 提出由于印度-欧亚板块完全碰撞导致的古地理变化可能导致印度季风加强和北向扩展至云南北部。

**参考文献** Chen Y, Yan M, Fang X, Song C, Zhang W, Zan J, Zhang Z, Li B, Yang Y, Zhang D, 2017. Detrital zircon U-Pb geochronological and sedimentological study of the Simao Basin, Yunnan: Implications for the Early Cenozoic evolution of the Red River. *Earth and Planetary Science Letters*, 476: 22-33. Fang X, Yan M, Zhang W, Nie J, Han W, Wu F, & Song C, & Zhang T, Zan J, Yang Y, 2021. & Paleogeography control of Indian monsoon intensification and expansion & at 41 Ma. & Science Bulletin (8). Yan M, Zhang D, Fang X, Zhang W, Song C, Liu C, Zan J, Shen M, 2021. New insights on the age of the Mengyejing Formation in the Simao Basin, SE Tethyan domain and its geological implications. *Science China Earth Sciences*, 51, 1-23. <https://doi.org/10.1007/s11430-020-9689-3> & Zhang W, Yan M, Fang X, Zhang D, Zhang T, Zan J, Song C, 2019. High-resolution paleomagnetic constraint on the oldest hominoid- fossil-bearing sequence in the Xiaolongtan Basin, southeast margin of the Tibetan Plateau and its geologic implications. *Global and Planetary Change*, 182:12.

**关键词** 云南; 新生代; 地层年代学; 地质学意义



摘要 ID:1151

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 专题邀请报告

## 中国东部古新世-始新世古气候格局演化及其驱动因素

王健\*、操应长  
中国石油大学(华东)

古新世—始新世是东亚地区古近纪气候的关键转变期,其古气候演化过程及影响因素非常复杂。以往主要是依据东亚中西部地区的沉积资料对这一时期的古气候演化进行研究,东营凹陷位于东亚地区中部干旱带的东部边缘,古新世—始新世时期发育有一套连续的红层—膏盐层—湖相泥岩沉积序列,含有大量的孢粉化石和地层学资料,对古气候变化非常敏感。本论文以东营凹陷孔店组—沙三段为研究对象,综合利用沉积学资料、地球化学指标以及古生物资料,通过米氏旋回分析手段,并与同时期东亚中西部古气候演化进行对比,探讨了其古新世—始新世古气候演化特征及其驱动因素。

根据研究区沉积物特征、孢粉化石组分特征以及地球化学指标的垂向演化特征,东营凹陷孔店组—沙三段古气候演化可分为8个阶段。其中,第1-4阶段古气候变化与东亚中西部古气候变化基本一致,即第1阶段的升温旱化后古气候达到新时代最热的时期,随后呈现一个长周期的干冷化趋势,并在第4阶段经历了一个全球性的短暂的急剧变暖过程(MECO)。第5-8阶段研究区古气候演化与东亚中西部古气候变化趋势出现明显差异。第5阶段沉积时期,虽然研究区古气候整体干旱,但东亚东部地区古气候开始逐渐向湿润方向演化,纬向分带古气候格局开始发生变化;第6阶段时期,研究区古气候已经不再那么干旱,开始呈现震荡性湿润,纬向分带古气候格局逐渐被打破;第7-8阶段,古气候整体转变为东湿西干的气候格局,东亚季风开始盛行并成为东亚东部地区气候的主导因素。

通过对古新世—始新世全球大气演化、构造活动等的调研及不同尺度沉积旋回的刻画与分析,发现研究区各阶段古气候演化的驱动因素存在较大差异。第1-6阶段研究区古气候主要受盛行西风控制,气候较为干旱,米级沉积旋回所反映的气候波动性变化主要受偏心率周期驱动,在偏心率调制下,岁差和斜率周期对沉积旋回的发育也产生了重要的驱动作用。第7-8阶段,随着青藏高原隆升及塔里木盆地海退等因素的影响,东亚地区内陆和周缘大洋的热对比增大,促进东亚季风的盛行,古气候大背景上受东亚季风控制,米级沉积旋回反映的古气候则主要受短偏心率和岁差周期控制。

### 参考文献

**关键词** 古气候; 始新世; 盛行西风; 东亚季风; 中国东部



摘要 ID:1872

主题分类：古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型：展板

## 渭河盆地固市沉降中心上新世以来沉积环境演化

张航<sup>1,2</sup>、戎晓庆<sup>1,2</sup>、龙宜澧<sup>1,2</sup>、刘博<sup>3</sup>、刘星星<sup>1</sup>、宋友桂<sup>1</sup>、常宏<sup>1</sup>、王旭龙<sup>1</sup>、强小科<sup>1</sup>、孙有斌<sup>\*1</sup>

1. 中国科学院地球环境研究所

2. 中国科学院大学

3. 西安地球环境创新研究院

渭河盆地东部固市凹陷保存了始新世以来巨厚的河湖相沉积，为研究东亚季风演化及其与区域构造及全球气候变化联系提供了宝贵材料。通过环境钻探在渭南固市沉降中心获取了 1397m 的高质量河湖相沉积岩心 (WB-1 孔)，取心率达 95%。本文简要介绍 WB-1 孔的岩性和沉积相变化，旨在探讨东沉降中心上新世以来沉积环境演化。沉积相分析表明，WB-1 孔岩心下部 (1397-900 m) 以灰绿色粉砂质黏土为主、砂层极少，反映当时沉积环境为滨浅湖的静水还原环境；岩心中部 (900-55 m) 主要为滨浅湖与三角洲前缘亚相交互沉积，岩性以灰黄色粉砂质黏土为主，局部灰绿色粉砂质黏土，夹少量磨圆、分选好的灰黄色细石英砂层，含多个完整的水进沉积旋回；岩心上部 (55-0 m) 为较典型的次生黄土沉积，受地下水影响明显。根据前人区域地层划分及钻孔沉积相变化，WB-1 钻孔地层自下而上包括了晚上新世灰绿色粉砂质黏土为主的游河组，早更新世灰黄色及灰绿色粉砂质黏土交互的三门组，中晚更新世灰黄色粉砂质黏土夹多套砂层的秦川群。WB-1 孔垂向沉积序列整体为下细上粗反旋回沉积层序特征，反映了渭河盆地晚上新世以来随着古三门湖逐渐消亡，固市沉降中心沉积环境由浅湖-滨湖向三角洲前缘和次生黄土的沉积环境演变过程，这一过程可能受周边山地隆起及盆地降水长期减少的影响，与东亚季风因大范围区域地貌变形水汽受到阻挡及全球气候变冷造成环流系统水汽含量减少密切相关。

### 参考文献

**关键词** 渭河盆地；固市沉降中心；沉积环境演化





摘要 ID: 3178

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 中国东部苏北盆地晚古新世-早始新世古气候变化的天文驱动

刘娟<sup>1</sup>、黄春菊\*<sup>1</sup>、钱智麒<sup>1</sup>、王治祥<sup>2</sup>、肖安国<sup>1</sup>、张泽<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)
2. 中国科学院青海盐湖研究所

古近系页岩是我国东部分布广泛的重要烃源岩。苏北盆地古近系地层年代学仍存在争议,这阻碍了对陆相盆地古湖泊演化和油气勘探的理解。本研究在溱潼凹陷溱页1井阜二段连续钻取了408 m厚的岩心,结合伽马测井(GR)和岩石地球化学元素(XRF)数据,以建立高分辨率地层格架和研究轨道尺度水文气候的演变。深度域GR数据序列频谱分析分别显示了~44.8 m、~27.2 m、~10 m、~5 m和~2 m旋回。古地磁结果得出的平均沉积速率为8.9 cm/kyr,这得到了最佳沉积速率统计建模的支持。将GR数据调谐到405 kyr偏心率周期,结合磁性地层格架,构建了4.82 Myr的高分辨率天文年代标尺。在晚古新世-早始新世暖期,没有极地冰盖的影响,轨道周期作用可能会更加明显,苏北盆地的湖泊扩张主要受~405 kyr和~200 kyr偏心率主控。

### 参考文献

**关键词** 古新世始新世; 苏北盆地; 天文旋回; 古气候变化; 沉积响应



摘要 ID:2273

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 1.9 Ma 以来黄河对渤海西岸的影响: 来自黏土矿物和 Sr-Nd-Pb 同位素的证据

张欣、岳保静\*、刘健  
青岛海洋地质研究所

黄河是中国第二大河, 自其贯通以来携带了大量泥沙入海, 对渤海和黄海地区的沉积产生深刻影响(Milliman and Meade, 1983; Wang et al., 2007)。然而, 关于黄河的入海时间及其机制仍有争议(Clark et al., 2004; Kong et al., 2014; Xiao et al., 2020; Zhang et al., 2019)。本研究以现代黄河三角洲地区的 YRD-1101 孔为研究对象, 对其进行了 Sr-Nd-Pb 同位素分析以及高分辨率的黏土矿物分析。结果表明, 黄河物质信号在现代黄河三角洲地区自 1.9 Ma 以来始终存在, 且 Sr-Nd-Pb 和黏土矿物在 0.68 Ma 时存在一个较大变化, 意味着自此之后沉积物中黄河物质所占比例显著增加。本研究认为中更新世以来青藏高原的隆升、中国东部边缘海的构造沉降以及气候波动和冰川融水等因素共同作用, 导致了黄河物质在 0.68 Ma 之后的物源中占绝对主导地位。

**参考文献** Clark, M K, Schoenbohm, L M, Royden, L.H, et al., 2004. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns. [J]. *Tectonics*, 23, TC106. Kong, P, Jia, J, Zheng, Y, 2014. Time constraints for the Yellow River traversing the Sanmen Gorge. [J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 15, 395 - 407. Milliman, J D, Meade, R H, 1983. World-wide delivery of river sediment to the oceans. [J]. *The Journal of Geology*, 91, 1 - 21. Wang, H J, Yang, Z S, Saito, Y, et al., 2007. Stepwise decreases of the Huanghe (Yellow River) sediment load (1950 - 2005): Impacts of climate change and human activities. [J]. *Global and Planetary Change*, 57, 331 - 354. Xiao, G Q, Sun, Y Q, Yang, J L, et al., 2020. Early Pleistocene integration of the Yellow River I: Detrital-zircon evidence from the North China Plain. [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 546, 109691. Zhang, J, Wan, S M, Clift, P D, et al., 2019. History of Yellow River and Yangtze River delivering sediment to the Yellow Sea since 3.5 Ma: Tectonic or climate forcing? [J]. *Quaternary Science Reviews*, 216, 74 - 88.

**关键词** 黄河, 黏土矿物, Sr-Nd-Pb 同位素, 物源分析, 中更新世气候转型



最摘要 ID:3082

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

终交流类型: 口头报告

## 晚新生代以来古海洋镁同位素变化及地质意义

胡忠亚\*

同济大学海洋与地球科学学院

近 40Myr 以来, 伴随着青藏高原抬升 (Raymo and Ruddiman, 1992), 古气候以及海洋和陆地环境发生了一系列重要变化, 深刻影响着地球的宜居性。在晚新生代全球变冷的大背景下, 海水 Mg/Ca 比值在不到 30Myr 里上升了 3 倍 (Coggon et al., 2010), 反映了这一时期以来海洋和陆地“源-汇过程”的整体快速演变。镁是地壳、海水以及海洋沉积物的重要组成元素, 表生镁循环过程与碳循环过程紧密关联, 并伴随着显著的镁同位素分馏 (Hu et al., 2021; Tipper et al., 2006)。重建关键地质历史时期海水镁同位素演化可以示踪全球海洋-陆地耦合演化过程, 进而揭示古气候演变的驱动机制。本研究以我国南海西沙岛礁上西科 1 井揭示的晚新生代白云岩地层为研究对象, 开展了系统的矿物学、岩石学和高精度的镁同位素测试分析, 重建了 2300 万年以来海洋镁同位素演化。结果显示, 尽管同时期全球海水镁钙离子浓度以及 Mg/Ca 比值发生了显著变化, 但“矛盾”的是海水镁同位素组成却保持稳定。据此开展的同位素质量平衡数值模拟分析表明, 晚新生代以来, 海水镁钙比值变化并不是单一因素控制的结果, 相反, 在构造隆升和全球变冷背景下, 大陆风化剥蚀过程演变以及海洋白云岩化和自生粘土矿物沉积作用的减弱共同控制了海水镁钙离子浓度变化并维持了大洋碱度平衡 (Hu et al., 2022)。这一研究结果强调了晚新生代以来海洋和陆地耦合演化过程对古气候和古海洋环境重要控制作用。本研究重建的 2300 万年以来古海水镁同位素变化与普林斯顿大学 John. Higgins 教授团队 2015 年和 2017 年的研究结果基本一致 (Gothmann et al., 2017; Higgins and Schrag, 2015), 但由于所选“档案矿物”不同, 本次重建结果在精度上至少提高了 2 倍, 因而可以更有效地约束相关地质演化过程。

**参考文献** Raymo, M.E. and Ruddiman, W.F. 1992. Tectonic forcing of late cenozoic climate. *Nature* 359, 117-122. Tipper, E., Galy, A., Gaillardet, J., Bickle, M., , et al. 2006. The magnesium isotope budget of the modern ocean: Constraints from riverine magnesium isotope ratios. *Earth and Planetary Science Letters* 250, 241-253. Higgins, J.A. and Schrag, D.P. 2015. The Mg isotopic composition of Cenozoic seawater - evidence for a link between Mg-clays, seawater Mg/Ca, and climate. *Earth and Planetary Science Letters* 416, 73-81. Coggon, R.M., Teagle, D.A., Smithduque, C.E., Alt, J.C. , et al. 2010. Reconstructing past seawater Mg/Ca and Sr/Ca from mid-ocean ridge flank calcium carbonate veins. *Science* 327, 1114-1117. Gothmann, A.M., Stolarski, J., Adkins, J.F. , et al. &nbsp; 2017. A Cenozoic record of seawater Mg isotopes in well-preserved fossil corals. *Geology* 45, 1039-1042. Hu, Z., Li, W., Zhang, H., Krainer, K., Zheng, Q.-F., , et al. 2021. Mg isotope evidence for restriction events within the Paleotethys ocean around the Permian-Triassic transition. *Earth and Planetary Science Letters* 556, 116704. Hu, Z., Shi, Z., Li, G., Xia, Z., et al. 2022. The Cenozoic Seawater Conundrum: New constraints from Mg isotopes in island dolostones. *Earth and Planetary Science Letters* 595, 117755.

**关键词** 晚新生代, 南海, 白云岩, 镁同位素, 气候



摘要 ID:724

主题分类：古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型：口头报告

## 纳木错长岩芯反映的末次间冰期以来环境变化研究及 ICDP 钻探计划

王君波<sup>\*1,2</sup>、于思维<sup>1,3</sup>、陈浩<sup>1</sup>、开金磊<sup>1,3</sup>、马庆峰<sup>1</sup>、黄磊<sup>1</sup>、鞠建廷<sup>1</sup>、朱立平<sup>1,2,3</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所 纳木错多圈层综合观测研究站
2. 中国科学院青藏高原地球科学卓越创新中心
3. 中国科学院大学

青藏高原古气候变化及机制研究是地球系统科学的重要研究内容，而深水湖泊沉积物是记录古气候演变的关键地质档案。高原中部地区跨越多个冰期-间冰期百万年尺度的气候环境记录尚比较缺乏，这阻碍了从更广的视角深入理解季风西风演化对气候变化的影响以及亚洲水塔长时间尺度演变等重大科学问题。为此，在中科院丝路环境专项和第二次青藏科考项目的支持下，于2020年6-7月在纳木错中心湖区水深94.5m的地方获取一根长岩芯，钻探深度超过150m，取芯率达到96%，岩芯连续性较好，根据已有短岩芯沉积速率和沉积物地震剖面分层特征推断，本岩芯底部年龄可能超过末次间冰期（MIS5），为开展长尺度、高分辨率环境变化研究提供了良好的材料。目前正在利用AMS 14C和OSL等方法开展测年工作，并同步进行XRF元素含量与磁化率无损扫描、粒度组成、有机碳和总氮等分析测试，高分辨率XRF扫描结果初步揭示了较为明显的周期性变化，但在不同时期周期变化的时间长度和变化的峰值区间范围不同。

对纳木错湖底沉积物开展了详细的地震剖面测量，发现中心湖区沉积物厚度可达700余米，时间尺度有望达到1Ma，基于良好的预期和开展长时间尺度环境变化研究的巨大潜力，研究团队和德国、英国、法国、瑞士等国家的合作者共同申请了纳木错国际大陆科学钻探计划（ICDP），该项目已于2020年6月获批，计划于2023年在纳木错中心湖区五个点位开展钻探，计划钻探的岩芯总长度达2250m，中心湖区最长单个岩芯超过700m。从已有工作经验来看，在纳木错这样的高海拔深水大湖开展长岩芯钻探，无论是在天气因素和平台稳定性方面还是钻探技术和人员高海拔适应性方面都具有极大的挑战，纳木错ICDP项目的成功实施将会对我国乃至国际湖泊钻探领域做出重要的贡献，推动青藏高原古气候研究的持续发展。

### 参考文献

**关键词** 末次间冰期；湖泊沉积；ICDP计划；纳木错；青藏高原；



摘要 ID:3321

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 大西洋沿岸平原古新世-始新世极热事件的天文年代学和古环境变化

李明松<sup>1</sup>、Timothy J. Bralower<sup>2</sup>、Lee R. Kump<sup>2</sup>、Jean M. Self-Trail<sup>3</sup>、James C. Zachos<sup>4</sup>、William D. Rush<sup>4</sup>、  
Marc M. Robinson<sup>3</sup>

1. 北京大学

2. Pennsylvania State University

3. U. S. Geological Survey

4. University of California Santa Cruz, Santa Cruz

古新世-始新世极热事件 (PETM, 约 56Ma) 的年代标尺仍存在很大的争议, 妨碍了我们对这一极热事件触发机制的理解。我们研究了大西洋中部沿海平原上的马里兰古大陆架环境中的 Howards Tract 钻孔, 利用客观的统计调谐技术相关系数法, 为 PETM 事件中的碳同位素偏移记录建立了岁差分辨率的天文年代标尺。对高分辨率的钙含量和磁化率强度变化的统计调谐研究表明, 该钻井保存了良好的天文信号。结果表明, PETM 事件启动期的持续时间约 6 千年。天文年代学和地球系统模型表明, PETM 发生在偏心率最大值和岁差极值时期, 此时有利于温度升高, 导致还原性碳库的碳释放, 表明天文强迫可能在触发该事件中发挥了重要作用。古大陆架上的钙含量数据, 以及其他的海洋沉积记录, 支持 PETM 期间全球海洋酸化后出现的碳酸盐饱和度超标的观点。

**参考文献**

**关键词** PETM; paleoshelf; astrochronology; Earth system modeling; acidification



摘要 ID: 3383

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 展板

## 早始新世极热事件对库车坳陷库姆格列木群膏盐岩沉积的控制作用

莫涛\*<sup>1</sup>、郭佩<sup>2</sup>、范坤宇<sup>1</sup>、张锡婷<sup>2</sup>、胡春雷<sup>1</sup>、李鹏真<sup>1</sup>

1. 塔里木油田勘探开发研究院

2. 成都理工大学

库车坳陷位于塔里木盆地北部,始新统库姆格列木群沉积了巨厚膏盐岩层,为白垩系储集层的优质盖层,然而该套膏盐岩的成因机制尚缺乏细致研究。库姆格列木群不同层段岩性组合特征明显不同,本文通过盆缘野外实测剖面与坳陷内录井元素资料相结合,认为库姆格列木群沉积时期,库车坳陷为一个宽而浅的湖盆,自下至上发育三个三级旋回:第一个沉积旋回以盆缘冲积扇砂砾-泥-膏组合和盆内碳酸盐岩-膏岩-盐岩组合为特征;第二个旋回以盆缘冲积扇砂砾-泥-膏组合和盆内盐岩-盐质泥岩组合为特征,发育有巨厚石盐层;第三个沉积旋回以盆缘泥-膏组合和盆内盐岩-泥岩-膏质泥岩组合为特征,下部沉积少量盐岩。根据前人的古地磁年龄研究得知,库姆格列木群第二个旋回可能形成于古新世末期—始新世早期极热事件(PETM)最热期间,第三个旋回可能受早始新世气候最佳期(EECO)的影响。库姆格列木群第一个沉积旋回的岩相组合特征符合正常海侵—海退的沉积模式,该旋回沉积期间主要由海水提供物源,在部分井上存在有碳酸盐岩、膏岩、盐岩的多个旋回。第二个旋回沉积不符合正常的海侵—海退模式佐证,其沉积主要受到极热事件影响,物源主要来自周围山体大气淡水,湖水蒸发强烈,沉积有大量的盐岩。由于EECO的高温表现不强烈,第三旋回湖水蒸发不明显,没有沉积大套膏岩、盐岩等盐类物质。由此可见,库姆格列木群膏盐岩沉积是海侵和气候综合作用的结果,第一个旋回中盆内膏盐岩的发育主要受到海侵—海退的影响,第二个旋回中的盆内大套盐岩发育主要受到极热事件(PETM)的影响,第三个旋回全盆膏质泥岩主要受EECO的影响。明确库姆格列木群不同层段膏盐岩发育的主控因素,有利于更好地理解库姆格列木群膏盐岩展布特征和岩相组合差异性,从而提高库姆格列木群盐底卡层成功率。

### 参考文献

**关键词** 蒸发岩;盐湖类型;物质来源;层序对比;盐底卡层



摘要 ID:619

主题分类：古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型：口头报告

## 柴达木盆地西部地区新生代古气候演化历史研究：来自碳氧同位素的证据

李世恩、关平\*、刘沛显、丁晓楠、张驰、张济华  
北京大学地球与空间科学学院

中亚地区干旱化是新生代北半球环境演化的重大事件，这一持续至今的干旱气候背后的演化历史和驱动机制一直是古环境研究的热点问题，包括全球气候变冷、青藏高原隆升和副特提斯洋的撤退在内的因素被认为是复杂气候变化的主要驱动因素。柴达木盆地位于青藏高原北部，盆地中发育的巨厚新生代沉积地层中保存了良好的古气候及古环境信息。针对这一地区新生代的气候演化历史，前人已经在沉积学、稳定同位素、古生物学方面进行了大量的研究，但受限于研究的精度、方法及剖面的地层发育情况，缺乏长时间尺度下的定量研究。本研究基于柴达木盆地西部地区的钻井岩心资料，通过对下干柴沟组下段—上油砂山组五个地层中发育的湖相碳酸盐岩进行详细的岩石学、矿物学和碳氧同位素分析，依托前人精细的年代学框架重建了始新世以来的气候演化历史，并重点讨论了气候演化过程背后的控制机制。研究发现，样品的碳氧同位素之间及其与蒸发盐类矿物和总化学沉积物含量之间具有较好的相关性，并在纵向上随时间呈协同演化的趋势，说明蒸发作用与温度相比是控制碳氧同位素更重要的因素，反之碳氧同位素也可以作为反映本地区蒸发作用强弱及气候干湿程度的良好指标。根据碳氧同位素这一特征加上矿物含量尤其是蒸发盐类矿物的变化情况，将柴达木盆地下干柴沟组下段—上油砂山组（约 43.8–8.2Ma）划分为①43.8–40 Ma、②40–31.5 Ma、③31.5–22 Ma、④22–20 Ma、⑤20–13 Ma 和⑥13–8.2 Ma 等六个阶段。其中①③⑤阶段为相对湿润期而②④⑥阶段为相对干旱时期，气候的演化受到全球气候变冷、青藏高原隆升和副特提斯洋的撤退三者的影响，但不同阶段之间的控制因素明显不同。

### 参考文献

**关键词** 柴达木盆地；新生代；碳氧同位素；气候演化



摘要 ID:1904

主题分类: 古海洋与古气候=》新生代地层高精度年代与沉积环境和气候变化

最终交流类型: 口头报告

## 青藏高原伦坡拉盆地新生代地层高精度年代测定改写高原中南部隆升和生态环境演化历史

方小敏<sup>\*1</sup>、王成善<sup>2</sup>、宋春晖<sup>3</sup>、孟庆泉<sup>3</sup>、张伟林<sup>1</sup>、聂军胜<sup>4</sup>、张涛<sup>3</sup>、毛子强<sup>1</sup>、G. Dupont-Nivet<sup>5</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所
2. 中国地质大学(北京)
3. 兰州大学地质科学与矿产资源学院
4. 兰州大学资源环境学院
5. 德国波茨坦大学

青藏高原中部的隆起过程在整个高原研究中最关键,涉及到对整个高原形成、机制和气候与生态环境效应的理解。国际主流观点认为高原中部约4000万年前已隆起到现今高度并产生了重要环境效应。

我们通过古地磁和火山灰年代学,首次获得了伦坡拉盆地新生代地层高精度年代序列,准确确定过去用于氧同位素古高度恢复的古土壤发生年代为2600-2150万年前,同时确定近期发现大量热带植物化石的年代不是原先认定2600万年前,而是约4000万年前,从而完全修正了该区古高度演化历史,否定了现今流行的国际主流观点,认为4000万年前该区是一个位于南北冈底斯山和唐古拉山之间的热带季风生态环境盛行的低地,2600-2100万年前以后通过新提出的“千斤顶”壳内岩浆垂直顶托机制,叠合高原岩石圈拆沉和均衡反弹机制,才快速隆升达到现今高度。因此,需要对高原隆升过程、机制和气候生态环境效应等一系列相关问题的重新认识。

参考文献

关键词





古海洋与古气候  
新元古代-  
早古生代转折期地球环境与  
生命协同演化



摘要 ID:2126

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 展板

## 四川盆地上奥陶统宝塔-临湘组地球化学特征与古环境研究

刘冯斌、林良彪\*、余瑜  
成都理工大学

四川盆地是国内重要的含油气盆地之一, 众多层位中上奥陶统宝塔-临湘组探明率较低, 开发潜力较大。此前钻井资料较少, 对于宝塔组、临湘组的地球化学特征及古环境特征等研究匮乏, 尤其是缺乏横跨全盆的古环境演化研究。为此本文以四川盆地上奥陶统宝塔-临湘组为研究对象, 在四川盆地4条野外实测剖面的基础上, 通过无机碳氧同位素、微量稀土元素分析等沉积地球化学手段, 对四川盆地古气候特征以及东西向古环境条件变化进行研究。

地球化学数据结果显示: 研究区内宝塔-临湘组  $\delta^{13}\text{C}$  与  $\delta^{18}\text{O}$  缺乏相关性, 指示大气淡水淋滤作用对剖面成岩改造较小。剖面样品  $\delta\text{Eu}$  不存在明显正异常, 说明地层微量元素受热液作用干扰较为有限。研究区碳酸盐岩  $\delta\text{Ce}$  与  $\delta\text{Eu}$ 、 $\Sigma\text{REE}$  之间无明显相关性, 表明地球化学特征受后期成岩作用影响较小, 所以地球化学可作为判断沉积环境的可靠指标。宝塔组岩性多为泥质生屑灰岩, 偶见龟裂纹构造发育, 向上可见砂屑、生屑含量逐渐升高。临湘组岩性多为泥质灰岩、泥灰岩、生屑灰岩、泥岩。主量元素  $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}$ 、 $\text{TFe}_2\text{O}_3$  与海相地层中来自陆源碎屑成因的  $\text{TiO}_2$  之间呈较明显正相关, 反映了剖面地层受到陆源碎屑组分干扰。古水深指标 ( $\text{V}$ 、 $\text{Sr}$ 、 $\text{Mn}$ 、 $\text{Ba}$ 、 $\Sigma\text{REE}$ ) 显示: 四川盆地整体处浅水环境, 由下至上 (即宝塔期至临湘期) 水体呈逐渐加深的趋势, 且越往东部, 这一趋势越明显。同时, 四川盆地整体上由西向东水体加深。通过碳氧同位素计算古盐度指标  $Z$  值, 结合  $\text{Sr}/\text{Ba}$ 、 $\text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  分析, 四川盆地宝塔组、临湘组地层均属正常海水沉积。由宝塔组至临湘组古盐度呈明显下降的趋势。在横向变化上, 盆地东缘古盐度远小于其余部位, 盆地南缘古盐度最高。利用  $\text{Sr}$  含量计算古水温, 并结合  $\text{MgO}/\text{CaO}$  反映气候变化, 可知四条剖面处于一致的古气候环境, 均处温暖湿润的气候。同时, 氧化还原指标 ( $\text{V}/(\text{V}+\text{Ni})$ 、 $\text{V}/\text{Sc}$ 、 $\text{Ni}/\text{Co}$ ) 结果显示: 四条剖面具有类似的变化特征, 由下至上含氧量略有降低的趋势, 而盆地东缘的下降幅度较西部更高。宝塔期由西向东含氧量变化并不明显, 整体处于氧化环境。临湘期由西向东可见含氧量明显下降, 部分地区环境由富氧逐渐转化为贫氧环境。综上可得: 宝塔期, 四川盆地整体处于湿润、氧化环境。盆地西部水体较浅, 盐度略高, 向东水体加深, 盐度下降。后随着四川盆地整体海平面上升, 至临湘期水体全面加深, 盐度下降, 同时伴随含氧量下降, 川东部分地区转化为贫氧环境。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地; 上奥陶统; 宝塔组; 临湘组; 地球化学特征; 沉积环境



摘要 ID: 3105

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 沉积有机地球化学与非传统同位素在石油地质学中的应用

朱光有\*、艾依飞、李婷婷、王萌、陈玮岩、张志遥、赵坤、李茜、张岩、段鹏珍、石军  
中国石油勘探开发研究院

油气地球化学与成藏学科近年来在新技术、新方法、新思路的引领下,快速发展,在指导超深层油气、非常规油气和复杂油气藏的勘探与开发方面发挥了重要作用。其中,金属同位素(非传统稳定同位素)、团簇同位素、高维度同位素(分子内同位素,三氧、多硫)等非常规同位素体系受到学界高度关注,并成为地球化学学科发展最为迅猛的方向之一。传统同位素技术进一步升级换代,C、H、O、N、S同位素系列技术依然发挥主要功能。卤族、硅等同位素等,正在快速兴起。成藏年代学步入油气藏精准定年新时代。新的有机化学分析手段,使新化合物的发现成为可能,一批新化合物的发现,为油气成因提供了新的证据。随着油气勘探对象复杂程度的提高,对油气地球化学的需求将愈加强烈,新技术的研发和应用,将是未来油气地球化学与成藏学科科研工作者的重要使命。

### 参考文献

**关键词** 金属同位素;团簇同位素;高维度同位素;卤族同位素;成藏年代学



摘要 ID:174

主题分类：古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型：口头报告

## 海洋惰性溶解有机碳库与海侵黑色页岩

张兴亮\*

西北大学

惰性溶解有机碳是现代海洋最主要的有机碳储库，在古海洋中可能有更大的容量，因此是海洋科学、碳循环、全球变化等领域关注的热点。黑色页岩不仅是油气资源的母岩，而且富含多种稀有金属，是地质学与矿产资源勘查领域的重点研究对象。黑色页岩有机质含量高，主要由黏土矿物组成。黏土矿物最显著的特点是具有很大的活性表面，可以大量吸附溶解在水中的有机化合物，并有助于有机化合物的长期保存。本文提出海洋惰性有机碳的沉积与保存机制，同时也是一种海侵黑色页岩沉积模型。在海侵过程中，惰性溶解有机化合物可以与黏土沉积物充分混合并被吸附后沉积，形成海侵黑色页岩，因此进入地质储库。本文提出的机制或模型为惰性有机碳从海洋储库到地质储库的转移提供一种可能的途径，对研究黑色页岩有机碳的来源有一定的启示，但目前仅代表一种假说或者猜测，需要开展广泛的研究工作去验证。

### 参考文献

**关键词** 惰性溶解有机碳，沉积与保存，黑色页岩，海侵，寒武纪



摘要 ID:812

主题分类：古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型：展板

## 塔里木盆地西北缘早寒武世磷结核成因研究

方珣\*、苏劲、马巴翊  
中国石油勘探开发研究院

晚埃迪卡拉纪-早寒武世是地质历史的关键时期，全球构造格局、海洋地球化学特征、大气氧含量等方面都发生了重大变化。在塔里木盆地，下寒武统底部黑色岩系不仅是优质的海相烃源岩，也是重要的富磷沉积层，其沉积形式多为磷块岩和磷结核，并在其他大陆广泛分布，如扬子、澳大利亚、加拿大、西伯利亚等陆块。针对此次全球成磷事件前人已做了大量研究工作，对磷块岩成矿作用的研究越来越倾向于从多因素作用方面考察，包括生物吸收、沉积分解、成岩作用等等，相较于磷块岩易受风化作用影响，磷结核则相对保存稳定，其研究对全球成磷事件的成因揭示具有一定的理论意义。

本研究基于 LA-ICP-MS 的多元素原位成像技术，对塔里木盆地下寒武统玉尔吐斯组黑色页岩中磷结核进行元素原位扫描成像发现（图 1），磷结核核部以硅和钡富集为主，主要由于玉尔吐斯组下部整体受热水沉积作用影响，沉积厚层硅质岩和重晶石，镜下可见疑源类、小壳化石、微生物菌藻等等，笔者认为由热水沉积作用下带来了大量的营养物质和氧化的水体环境使微生物繁盛，在生物细菌作用下，磷结核开始生长。核部向外 Ca、P 以及稀土元素（La-Lu）共富集，指示主要矿物为磷灰石；在磷灰石形成过程中，会吸附稀土元素，部分稀土元素离子也可能取代 Ca 进入晶格。核部最外圈可见 U 元素呈同心环带状，Mo、As 在围岩共富集，富集程度高于周围的黑色页岩，指示水体向厌氧甚至硫化环境转变，Cu、Zn、V 在周围的黑色页岩中富集，指示水体的缺氧环境，并使得有机质得以保存富集。

结合前人对扬子板块磷结核的研究工作，笔者发现，两个板块磷结核较发育区域均属于台内（裂）凹陷沉积相，初始形成于氧化的水体环境，待氧消耗殆尽时会在最外圈形成一层富铀包壳，使得磷结核生长终止。但其富集机制略有不同，塔里木盆地西北缘早寒武世为典型的热热水沉积作用带来大量的营养物质，而扬子地区则主要受上升洋流作用的影响，这也导致两个地区磷结核形成的微环境不同，造成其内部元素富集略有差异。

### 参考文献

**关键词** 磷结核；早寒武世；沉积环境



摘要 ID:1063

主题分类：古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型：口头报告

## 神农架南华系南沱组沉积环境演化及其对极端冰期环境生命演化的启示

胡军<sup>1,4</sup>、李超<sup>1</sup>、童金南<sup>2</sup>、孙思远<sup>1</sup>、谷昊东<sup>1</sup>、安志辉<sup>3</sup>、叶琴<sup>2</sup>、Matthew S. Dodd<sup>1</sup>、Thomas J. Algeo<sup>1</sup>

1. 中国地质大学（武汉）生物地质与环境地质国家重点实验室

2. 中国地质大学（武汉）地球科学学院

3. 中国地质调查局武汉地质调查中心

4. 古生物与地质环境演化湖北省重点实验室

新元古代成冰纪（我国称为南华纪）“雪球地球”事件是地质历史时期最为极端的冰期事件之一，其与显生宙之后的冰期存在明显的不同，主要表现在冰川发育规模巨大，延伸至中、低纬度地区以及短时间内气候的剧烈波动（Shields-Zhou et al., 2016）。这次全球性冰川事件被认为是生命演化的“过滤器”和“瓶颈”，大多数真核生物谱系死亡或绝灭，少量生物残存在条件相对适宜的“避难所”（Hoffman et al., 1998; Hoffman, 2016）。目前对于新元古代冰期规模、期次等属性问题认识不足，阻碍了探索极端冰期环境与生命演化之间的关系。本研究以神农架地区南华系南沱组（对应 Marinoan 冰期）为研究对象，借鉴第四纪冰川沉积物研究方法，对东西长约 20 km 范围内的 6 个南沱组剖面开展系统沉积学和地层学研究。研究结果确认南沱组冰川成因，并识别出具体沉积环境。根据地层厚度和沉积相分布特征，推测南沱组充填于一个复杂的冰蚀古地形面之上，而研究区古地理呈现自东向西由高到低展布。南沱组碎屑锆石研究表明，南沱组最大沉积时间限定在约 655 ~ 623 Ma，碎屑锆石年龄分布在剖面上显示明显变化规律，从近源为主物源向远源为主物源演化。南沱组冰期地层序列研究和物源分析都指示了一个动态的冰期演化过程，并支持强烈的冰川退缩可能为“宋洛生物群”（Ye et al., 2015）在冰期海洋中的生存提供了适宜环境。

**参考文献** Hoffman, P.F., Kaufman, A.J., Halverson, G.P., et al., 1998. A Neoproterozoic Snowball Earth[J]. *Science* 281, 1342-1346. Hoffman, P.F., 2016. Cryoconite pans on Snowball Earth: supraglacial oases for Cryogenian eukaryotes? [J] *Geobiology* 14, 531-542. Shields-Zhou, G.A., Porter, S., Halverson, G.P., 2016. A new rock-based definition for the Cryogenian Period (circa 720 - 635 Ma) [J]. *Episodes* 39, 3-8. Ye, Q., Tong, J., Xiao, S., et al., 2015. The survival of benthic macroscopic phototrophs on a Neoproterozoic snowball Earth[J]. *Geology* 43, 507-510.

**关键词** 成冰系；南华系；南沱组；冰期沉积；神农架



摘要 ID: 3407

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 寒武系纽芬兰统年代地层新进展: 水井沱组底部锆石 U-Pb 年龄

杨传\*<sup>1</sup>、Fred Bowyer<sup>2</sup>、Daniel Condon<sup>3</sup>、李献华<sup>4</sup>、朱茂炎<sup>1</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所
2. 英国爱丁堡大学
3. 英国地质调查局
4. 中国科学院地质与地球物理研究所

寒武系纽芬兰统保存了寒武纪大爆发的重要化石记录,并同时记录了以碳酸盐岩碳同位素剧烈波动为特征的海洋化学成分变化。重构寒武纪大爆发期间生物、环境等重大事件相互作用关系以及建立纽芬兰统年代地层内部划分标准,需要对这些重大事件发生的时间、顺序和速率等进行准确约束。我们结合 SIMS 和 CA-ID-TIMS 锆石 U-Pb 年代学方法,将湖北省三峡地区寒武系经典剖面水井沱组底部火山灰的年龄确定为  $526.43 \pm 0.54$  Ma。该年龄数据代表了区域内

ZHUCE (Zhujiqing positive carbon isotope excursion) 事件和 *Watsonella crosbyi*、*Aldanella attleborensis* 首现的最小年龄约束。据此,我们可将 ZHUCE 对比于西伯利亚和摩洛哥的 5p 或者 5p/1' 碳同位素正漂移事件,并建立了相对应的两个埃迪卡拉纪-寒武纪过渡期时间模型。这两个模型对纽芬兰统内部的划分具有不同的指示意义:模型一表明 *W. crosbyi* 或者 *A. attleborensis* 在华南和西伯利亚的首现具有显著时间差异,而模型二表明 *W. crosbyi* 在华南和西伯利亚的首现具有等时性。我们倾向于模型二,并认为新获得的年龄数据、ZHUCE/5p/1' 和 *W. crosbyi*、*A. attleborensis* 的首现对于寒武系第二阶的建立具有重要意义。

参考文献

关键词



摘要 ID:201

主题分类：古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型：口头报告

## 埃迪卡拉纪晚期到寒武纪早期海洋整体氧化还原状态演化：来自钒同位素证据

卫炜<sup>1</sup>、黄方<sup>1</sup>、凌洪飞<sup>2</sup>

1. 中国科学技术大学

2. 南京大学

埃迪卡拉纪晚期至寒武纪早期见证了后生动物的多幕式辐射和灭绝，直至出现“寒武纪大爆发”。海洋氧化还原状态的变化可能在此起到了至关重要的作用。但是，该时期海洋氧化还原状态具体的时空演化仍不清楚且充满争议。钒同位素是新近发展的金属稳定同位素体系，具有示踪海洋整体氧化还原状态在短时间尺度下快速变化的潜力。我们分析了九龙湾剖面陡山沱组第四段（庙河段）以及龙鼻嘴剖面留茶坡组和牛蹄塘组富有机质硅质岩和页岩的钒同位素组成（ $\delta^{51}\text{V}$ ）。结果显示， $\delta^{51}\text{V}$  值的变化范围很大，庙河段的值为 $-1.03\%$ 至 $-0.52\%$ ，留茶坡组的值为 $-0.77\%$ 至 $-0.49\%$ ，牛蹄塘组的值为 $-0.44\%$ 至 $-0.16\%$ 。 $\delta^{51}\text{V}$  数据与之前发表的 $\delta^{98}\text{Mo}$  数据有良好的正相关关系（ $R^2 = 0.7$ ,  $n = 20$ ; Chen et al., 2015），表明在埃迪卡拉纪-寒武纪过渡时期海洋中钒的生物地球化学循环与钼类似，也证实了钒同位素作为古海洋氧化还原指标的可靠性。缺氧沉积物与海水间的同位素分馏约为 $-0.7\%$ ，而硫化沉积物与海水间的分馏约为 $-0.4\%$ （Wu et al., 2020）。据此，我们可以重建埃迪卡拉纪晚期至寒武纪早期海水的 $\delta^{51}\text{V}$  变化趋势。海水的 $\delta^{51}\text{V}$  值在该时期呈上升趋势，并逐渐接近现代海水值（Wu et al., 2019）。由此，我们可以推测自埃迪卡拉纪晚期至寒武纪早期海洋整体氧化程度逐渐增加，并在寒武纪早期达到现代水平，可能促使了生命的爆发。

**参考文献** Chen X, Ling H, Vance D, et al., 2015. Rise to modern levels of ocean oxygenation coincided with the Cambrian radiation of animals [J]. *Nat. Commun.* 6: 7142. Wu F, Owens J, Huang T, et al., 2019. Vanadium isotope composition of seawater [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta* 244: 403-415. Wu F, Owens J, Scholz F, et al., 2020. Sedimentary vanadium isotope signatures in low oxygen marine conditions [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta* 284: 134-155.

**关键词**





摘要 ID:884

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 碎屑岩锂同位素重建前寒武纪-寒武纪转折期大陆化学风化强度变化

魏广祎<sup>\*1</sup>、Noah Planavsky<sup>2</sup>、凌洪飞<sup>1</sup>

1. 南京大学

2. Yale University

前寒武纪—寒武纪转折期(约 635–510 Ma)后生动物起源与早期演化是地球历史上最为壮观的事件之一。传统观点认为这一时期地球表生系统(尤其是大气和海洋)氧含量的增加是触发后生动物起源与早期演化的最重要因素。然而,最新研究指出这一时期海洋的氧化还原状态可能随时间存在快速波动,空间上也存在不均一性。目前关于前寒武纪—寒武纪转折期独特的海洋环境的成因机制还缺乏系统研究。大陆化学风化会调控营养物质向海洋的输入,同时可能影响海洋有机碳埋藏速率,因此可能会对海洋氧化还原变化起到最根本的控制作用,但是这一关键时期大陆硅酸盐化学风化强度还没有很好的限制。现代河流碎屑沉积物的锂同位素组成被认为和源区化学风化强度直接相关,因此碎屑沉积物的锂同位素组成可以作为潜在的示踪硅酸盐化学风化强度的指标。本研究选取埃迪卡拉纪到寒武纪中期全球各地连续沉积的泥页岩作为研究对象,系统分析其锂同位素组成及主微量元素变化,进而对前寒武纪—寒武纪转折期大陆硅酸盐风化强度变化做出约束,并认为寒武纪第二阶开始硅酸盐风化强度的增强可能为海洋提供更多的营养物质,造成海洋生产力的繁盛及氧化还原状态的改变,最终对“寒武纪大爆发”起到促进作用。

参考文献

关键词



摘要 ID: 2064

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 专题邀请报告

## 埃迪卡拉纪原位微区硫同位素的组成特征: 以蓝田岩芯样品为例

王伟\*<sup>1</sup>、关成国<sup>1</sup>、郝佳龙<sup>2</sup>、周传明<sup>1</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所

2. 中国科学院地质与地球物理研究所

埃迪卡拉纪 (6.35 - 5.41 亿年前) 是地球复杂多细胞生命 (e. g., “蓝田生物群”、“瓮安生物群”、“庙河生物群”及“石板滩生物群”等) 与古海洋氧化的关键时期。这些生物的出现标志着当时地球环境中含氧量的增高。硫同位素是恢复地质历史时期古海洋环境的重要地化指标, 在大气含氧量普遍较低的情况下, 陆源硫酸根离子是海洋的重要氧化剂, 对古海洋深水区的氧化起到关键性作用。地质历史时期古海洋中的硫酸根浓度无法直接测得, 其浓度水平一般用古海洋中硫同位素分馏程度来表征。低温环境中, 在硫酸盐还原细菌参与下, 海水硫酸根与有机质发生氧化还原反应, 硫在氧化态 (硫酸根) 和还原态 (硫化氢, 可以被黄铁矿记录) 之间发生同位素分馏。尽管引发硫同位素分馏的因素很多, 但在地质学研究中其分馏程度 ( $\Delta 34S = \delta 34SCAS - \delta 34SPy$ ) 的高低一般认为与海水环境中的硫酸根浓度有关, 并常用来反推地质历史时期海洋环境中的硫酸根浓度和古海洋的氧化能力。一般认为硫酸根浓度低于 1 mM 的开放环境中  $\Delta 34S$  值 < 10%。

以华南埃迪卡拉纪深水相蓝田岩芯为研究对象, 本研究利用扫描电子显微镜 (SEM) 和 nanoSIMS 开展了沉积地层中黄铁矿形态特征和原位微区黄铁矿硫同位素组成特征研究, 研究表明: 埃迪卡拉纪蓝田岩芯中的沉积黄铁矿主要存在草莓状黄铁矿和自形/半自形黄铁矿两种形态。前者均具中等大小的粒径范围, 以及较低且稳定的同位素组成 ( $-25.3 \pm 6.2\%$ ), 应形成于底层水体或沉积物的浅表面, 代表了开放的形成环境。与之相比, 自形/半自形黄铁矿普遍具较高而变化范围较大的  $\delta 34SPy$  值 ( $12.6 \pm 13.3\%$ )。推测它们形成于与上覆水体不甚通畅的封闭环境, 较大的值域分布应为在孔隙水微环境中发生的瑞利分馏导致的库效应所致。不同形态黄铁矿的形成环境差异较大, 故在以后利用硫同位素进行古海洋环境恢复时, 应充分进行岩石学和矿物学分析, 并充分考虑沉积硫化物 (例如黄铁矿) 形成过程及其后期成岩作用的复杂性。形成于开放水体环境、未经成岩作用改造的草莓状黄铁矿的硫同位素组成最有可能代表底层水体的硫同位素分馏状态, 可作为恢复古海洋氧化还原条件的研究载体。

研究表明也表明自形/半自形黄铁矿在蓝田组黑色页岩下段与中上段的  $\delta 34SPy$  有很大差异, 表明其形成环境的不同: 早期海洋中的氧化还原界面较深, 自形/半自形黄铁矿应形成于沉积物浅表层, 故具有分馏较大的硫同位素组成; 而中期的氧化还原界面较深, 自形/半自形黄铁矿应形成于沉积物较深位置, 故在瑞利分馏影响下具较高的硫同位素值。以上体现了深层海水在埃迪卡拉纪早期至中期的氧化过程。逐渐加深的氧化还原界面深度也有助于使深部的硫化水体转变为氧化/次氧化水体, 从而为复杂形态的底栖宏体藻类和动物的出现提供了有利的环境背景。

**参考文献** Li, C., Love, G. D., Lyons, T. W., Fike, D. A., Sessions, A. L., and Chu, X. L., 2010, A stratified redox model for the Ediacaran ocean: *Science*, v. 328, p. 80 - 83, <https://doi.org/10.1126/science.1182369>. Wang, W., Guan, C. G., Zhou, C. M., Peng, Y. B., Pratt, L. M., Chen, X., Chen, L., Chen, Z., Yuan, X. L., and Xiao, S. H., 2017, Integrated carbon, sulfur, and nitrogen isotope chemostratigraphy of the Ediacaran Lantian Formation in South China: Spatial gradient, ocean redox oscillation, and fossil distribution: *Geobiology*, v. 15, p. 552 - 571, <https://doi.org/10.1111/gbi.12226>. Wang W., Hu Y. L., Muscente A. D., Cui H., Guan C. G., Hao J. L., and Zhou C. M., Revisiting Ediacaran sulfur isotope chemostratigraphy with in situ NanoSIMS analysis of sedimentary pyrite. *Geology*. 2021, v. 49. <https://doi.org/10.1130/G48262.1>.

**关键词** 埃迪卡拉纪; 蓝田岩芯; SIMS; 古海洋环境; 黄铁矿



摘要 ID:3133

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 华北地区中元古代高于庄组的宏观碳质化石新材料

陈凯<sup>1,2</sup>、苗兰云<sup>1</sup>、赵方臣<sup>1,2</sup>、朱茂炎<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所

2. 中国科学院大学

多细胞化是地球生命演化史中的重要演化创新之一，它是生命体向大型化和复杂化演化的重要条件。虽然多细胞化在原核和真核生物中多次独立起源，但最早起源于何时，尤其是真核生物何时演化出了这一生物创新，目前仍未有很好的答案(Niklas and Newman, 2020; Rose and Hammerschmidt, 2021)。宏观化石，尤其是碳质化石，在全球古-中元古代地层中均有所报道，虽然化石记录很少，形态多样性也远低于埃迪卡拉系的化石，但可以为研究真核多细胞生物的起源和早期演化提供最直接的材料(Butterfield, 2009; Javaux and Lepot, 2018)。宏观碳质化石最早可以追溯至古元古代，但由于其形态过于简单且缺少精细的生物学信息(如细胞结构)，它们的真核属性和多细胞体质仍存在很大疑问(Hofmann, 1985; Javaux, 2019)。目前可靠的最古老多细胞真核化石是产于我国燕山地区距今 15.6 亿年高于庄组的厘米至分米级大小的宏观碳质化石(Zhu et al., 2016)。本研究在前人的工作基础之上，通过大量新化石标本的采集，对高于庄组宏观碳质化石进行了系统的古生物学研究，识别出 3 属 5 种(含 1 新属和 3 新种)，具体为 *Grandilingulata qianxiensis* gen. et sp. nov. (舌形)、*Tuanshanzia fasciaria* (倒披针形)、*Tuanshanzia linearia* sp. nov. (带状至披针状)、*Tuanshanzia parva* sp. nov. (小的带状)，和简单无分枝的丝状体 *Proterotainia* sp.。其中，化石保存特征表明 *Tuanshanzia* 类化石原本很可能是薄片状的生命体，具有一定的厚度和强度；部分化石还保存有类似固着器的结构。结合化石形态的高度一致性和稳定性，本研究支持前人结论，即认为 *Tuanshanzia* 类化石是宏观多细胞真核生物，且可能营光合自养生活，而非原核生物的聚集体(Qu et al., 2018; Zhu et al., 2016)。这些化石的发现表明，真核生物在中元古代之初便已演化出了宏观多细胞体制，表示所谓“枯燥的十亿年”可能是真核多细胞生物早期演化的重要时期。

**参考文献** Butterfield, N. J., 2009. Modes of pre-Ediacaran multicellularity. *Precambrian Research* 173, 201–211. Hofmann, H. J., 1985. Precambrian Carbonaceous Megafossils, *Paleoalgology*, pp. 20–33. Javaux, E. J., 2019. Challenges in evidencing the earliest traces of life. *Nature* 572, 451–460. Javaux, E. J., Lepot, K., 2018. The Paleoproterozoic fossil record: Implications for the evolution of the biosphere during Earth's middle-age. *Earth-Science Reviews* 176, 68–86. Niklas, K. J., Newman, S. A., 2020. The many roads to and from multicellularity. *J Exp Bot* 71, 3247–3253. Qu, Y., Zhu, S., Whitehouse, M., Engdahl, A., McLoughlin, N., 2018. Carbonaceous biosignatures of the earliest putative macroscopic multicellular eukaryotes from 1630 Ma Tuanshanzi Formation, north China. *Precambrian Research* 304, 99–109. Rose, C. J., Hammerschmidt, K., 2021. What Do We Mean by Multicellularity? The Evolutionary Transitions Framework Provides Answers. *Frontiers in Ecology and Evolution* 9. Zhu, S., Zhu, M., Knoll, A. H., Yin, Z., Zhao, F., Sun, S., Qu, Y., Shi, M., Liu, H., 2016. Decimetre-scale multicellular eukaryotes from the 1.56-billion-year-old Gaoyuzhuang Formation in North China. *Nat Commun* 7, 11500.

**关键词** 宏观碳质化石；多细胞生物；高于庄组；中元古代



摘要 ID: 3248

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 华北克拉通南缘埃迪卡拉纪冰川沉积特征和沉积演化

陈骁帅<sup>1</sup>、旷红伟\*<sup>1</sup>、柳永清<sup>1</sup>、彭楠<sup>1</sup>、王玉冲<sup>1,2</sup>、祁柯宁<sup>1,3</sup>

1. 中国地质科学院地质研究所
2. 地球科学与测绘工程学院, 中国矿业大学(北京)
3. 资源与环境工程学院, 合肥工业大学

成冰纪雪球地球后的埃迪卡拉纪-寒武纪过渡期(0.635-0.54 Ga)是公认的全球性温室气候时期,然而,该时期全球十余个大陆,特别是从华北克拉通西南缘,向西经阿拉善、祁连山到甘肃北山、柴北缘和新疆东北库鲁克塔格,发育着绵延3000 km的以罗圈组(及相当层位)为代表的冰川沉积记录。目前其冰川类型,即是大陆冰盖还是山岳冰川目前尚不明确,且罗圈组冰川与全球其他埃迪卡拉纪冰川的沉积特征有何异同仍然存疑,制约了对全球埃迪卡拉纪冰川性质与特征的识别和对比。本文通过对华北克拉通南缘豫西8个罗圈组剖面充填序列和沉积特征的详细解剖,识别出杂砾岩、含砾纹层状粉砂岩-粉砂质泥岩韵律、含砾石粉砂质泥岩和不含砾粉砂岩和粉砂质泥岩等4种相类型,并且在从北至南的空间上可划分为3种垂向组合,指示着明显的冰下-冰缘-冰海的沉积环境演化规律,即从冰溜面之上块状杂砾岩代表的冰下滞积,至由层状杂砾岩指示的冰缘冲积扇平原,以及最终的冰海近缘水下触地扇和冰筏飘落沉积至冰海远缘冰筏沉积,最终至正常浅海的沉积演化过程。华北南缘豫西罗圈组的沉积演化规律表明,冰缘冲积扇平原和开阔水体广泛发育指示着罗圈组冰川并非整体冰封,而是存在部分融化的情景,表征着存在相对温暖和短时和/或局部开阔的水域条件。进一步通过与全球典型埃迪卡拉纪冰川对比发现,全球埃迪卡拉纪冰川也具有从陆地逐步向海洋推进的特征,体现着从冰下或与冰川接触环境,至冰缘以及冰海-半深海的环境演化,并非属于完全冰封状态的“硬雪球”模式。因此,本文研究成果深化了对埃迪卡拉纪-寒武过渡期上述重大地质事件的认识,丰富了上述各方面的研究材料和证据,对现今地球宜居环境研究也具有重要借鉴意义。

本文由国家重点研发计划(2022YFF0800302、2016YFC0601001)、国家自然科学基金(42072135)、中国地质调查局项目(DD20221649)和北京科委国际创新资源合作项目(Z201100008320007)共同资助。

参考文献 (略)

关键词 罗圈组; 冰川沉积相; 沉积演化; 华北克拉通南缘; 埃迪卡拉纪冰川



摘要 ID:2397

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 扬子地台区寒武系幸运阶小壳动物群的辐射及与磷分布的关系

庞艳春\*、胡强、张梦韶、梁思雨、何阳剑、冀文虎  
成都理工大学

扬子地台区寒武系幸运阶以含磷碳酸盐岩为主,小壳化石丰富,生物地层和碳同位素研究程度较高,地台北缘和南缘幸运阶中的磷分布明显不均,小壳化石组合带特征也有明显差异(杨暹和等,1983;钱逸,1999;Li et al.,2007;Steiner et al.,2004,2007,2020;Li et al.,2013;Guo et al.,2014;Yang et al.,2014,2021;Zhu et al.,2019)。本文选取扬子地台区南缘马边地区和扬子地台区北缘南江地区的典型剖面进行对比研究,揭示小壳动物群的辐射特征及其与磷分布的关系。通过剖面对比可知,幸运期古海洋环境分异已逐渐显现,磷矿主要集中在扬子地台区南缘。扬子地台区北缘与扬子地台区南缘的小壳化石组合面貌既有共性也有差异。扬子地台北缘第一小壳化石组合带中发现的标志性分子特征与扬子地台南缘第一小壳化石组合带上部的标志性分子特征一致。碳同位素测试及对比结果也显示,扬子地台北缘第一小壳化石组合带出现的层位高于扬子地台区南缘第一小壳化石组合带的层位。常量元素的测试结果显示,小壳动物群总是出现或富集在磷质含量较高的地层中,但磷质含量较高的地层中不一定出现或富集小壳化石。由此可见,寒武纪幸运期时,古海洋中磷的富集促进了小壳动物群的广泛分布,但磷不是小壳动物群繁盛的唯一因素。小壳动物群在幸运早期受到磷分布的影响就开始了由扬子地台南缘向地台周边的辐射,由于古地理环境的分异明显和远距离的隔离,生物群面貌也发生了明显的分异。

**参考文献** Guo, J. F., Li, Y. and Li, G. X., 2014, Small shelly fossils from the early Cambrian Yanjiahe Formation, Yichang, Hubei, China [J]. *Gondwana Research*, 25, 999 - 1007. Li, D., Ling, H. F. Graham A. S.-Zhou, X. C., Lorenzo C., Lawrence O., Matthew T., Christina J. M. 2013. Carbon and strontium isotope evolution of seawater across the Ediacaran - Cambrian transition: Evidence from the Xiaotan section, NE Yunnan, South China [J]. *Precambrian Research*, 225, 128 - 147. Li, G. X., Steiner, M., Zhu, X. J., Yang, A. H., Wang, H. F., Erdtmann, B. D., 2007, Early Cambrian metazoan fossil record of South China: Generic diversity and radiation patterns [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254, 229 - 249. Steiner, M., Li, G. X., Qian, Y., Zhu, M. Y. and Erdtmann, B. D., 2007, Neoproterozoic to early Cambrian small shelly fossil assemblages and a revised biostratigraphic correlation of the Yangtze Platform (China) [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254, 67 - 99. Steiner, M., Li, G. X., Qian, Y., Zhu, M. Y., 2004, Lower Cambrian small shelly fossils of Northern Sichuan and southern Shanxi (China), and their biostratigraphic importance [J]. *Geobios*, 37, 259 - 275. Steiner, M., Yang, B., Hohl, S., Zhang, L., Chang, S., 2020, Cambrian small skeletal fossil and carbon isotope records of the southern Huangling Anticline, Hubei (China) and implications for chemostratigraphy of the Yangtze Platform [J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 554, 1 - 19. Yang B. and Steiner M. 2021. Terreneuvian bio- and chemostratigraphy of the South Sichuan Region (South China) [J]. *Journal of the Geological Society*, 178, 1 - 15. Yang, B., Steiner, M., Li, G. X. and Keupp, H., 2014, Terreneuvian small shelly faunas of East Yunnan (South China) and their biostratigraphic implications [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 398, 28 - 58. Zhu, M. Y., Yang, A. H., Yuan, J. L., Li G. X., Zhang, J. M., Zhao, F. C., Ahn, S. Y. and Miao, L. Y., 2019, Cambrian integrative stratigraphy and timescale of China [J]. *Science China Earth Sciences*, 62, 25 - 60. 庞艳春, 王绪本, 林丽. 2017. 上扬子地台北缘小壳动物爆发前夕的古海洋环境. 北京: 科学出版社. 1-110. 钱逸. 1999. 中国小壳化石分类学与生物地层学 [M]. 北京: 科学出版



社. 杨暹和、何原相, 邓守和. 1983. 四川南江地区震旦系-寒武系界线及小壳化石群 [J]. 中国地质科学院成都地质矿产研究所刊, 4: 91 - 110.

**关键词** 寒武系 幸运阶 小壳动物群 碳同位素 磷



摘要 ID:2971

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 矿物促进的有机碳埋藏与地球的氧化

赵明宇<sup>\*1</sup>、Benjamin J. W. Mills<sup>2</sup>、William B. Homoky<sup>2</sup>、Caroline L. Peacock<sup>2</sup>

1. 地质与地球物理研究所

2. University of Leeds

光合作用产生氧气，但是只有沉积物中有机碳的最终埋藏才能使分子氧在地球的大气中积累。然而，目前的研究对有机碳的保存和埋藏的许多直接控制因素尚未进行详细的探讨。对于现代表层地球系统来说，活性铁相对有机碳的保存非常重要，这表明颗粒铁相向海洋的输入量可能是地球历史上海洋和大气氧化的重要控制因素。在本研究中，我们开发了一个理论模型，以研究矿物促进的有机碳埋藏对地球氧化的影响。我们发现全球海洋铁输入速率的变化是一个大气-海洋氧含量的独立控制因素。因此，我们认为，不断增加的大陆面积和剥蚀速率可能促进了地球历史上大气-海洋氧和其他氧化剂含量的上升。这一结论得到了海洋沉积物中活性铁相含量随时间演化的统计数据的支持。最后，模型的结果表明，通过削弱初级生产力和有机碳埋藏之间的联系，矿物促进的有机碳埋藏的纳入使全球大气-海洋氧含量对营养物质输入变化的响应更有弹性。我们得出的结论是，矿物促进的有机碳埋藏是一个未被考虑到当前地球长期碳循环模型中的重要过程。

**参考文献** Mingyu Zhao, Benjamin J. W. Mills, William B. Homoky and Caroline L. Peacock.

Oxygenation of the Earth aided by mineral-organic carbon preservation. *Nature Geoscience* (2023) In press

**关键词** 大气氧演化 有机碳埋藏 活性铁相 大陆演化 碳循环



摘要 ID: 3066

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 新元古代海洋通风性对冰雪地球发育和生命演化的影响

刘鹏<sup>1</sup>、刘永岗<sup>2\*</sup>、顾思凡<sup>3</sup>、Paul Hoffman<sup>4</sup>、李三忠<sup>1</sup>

1. 海底科学与探测技术教育部重点实验室, 中国海洋大学
2. 大气与海洋科学系, 北京大学
3. 海洋学院, 上海交通大学
4. 地球与海洋科学学院, 维多利亚大学

海洋通风性 (Ocean ventilation) 对调节早期地球大气二氧化碳浓度 ( $p\text{CO}_2$ ) 和海表生境具有重要意义 (Thiele and Sarmiento, 1990)。海洋通风性是指海洋与大气通过在海洋表层的物质能量交换而引起的相互作用。当海洋通风性减弱, 通过大洋环流输送到深海的碳物质 (如: 生物有机碳) 滞留时间增长, 可以降低  $p\text{CO}_2$  而影响地球气候环境演化, 同时也会导致随洋流上翻的营养物质减少, 从而影响海洋生命的繁衍。海洋通风性受海洋层结、西风带位置、降水等多种气候要素的影响 (Donnadieu et al., 2016)。其中, 海冰直接阻挡大气与海洋之间的物质能量交换, 可以对海洋通风性产生显著影响。晚新元古代 (~800–541Ma) 可能发生了两次冰雪地球事件, 海冰广泛发育至赤道低纬度地区 (Hoffman et al., 2017), 海洋通风性可能会显著减弱并对地球气候与生命演化造成影响。

本研究使用地球气候系统耦合模式 (CESM1.2.2), 结合新元古代的海陆分布格局和太阳常数等气候边界条件, 分别运行  $p\text{CO}_2$  为 2240、280 和 70ppmv 的试验, 以此模拟地球从温暖气候向冰雪地球寒冷气候转变的过程。针对海洋通风性模拟, 默认模式版本只计算海洋理想年龄 (IAGE) 并且没有考虑海冰的影响。为弥补该模式缺陷, 我们首先改进模式使其也可以计算考虑海冰影响的海洋通风年龄 (VAGE)。试验结果表明, 当地球从一个几乎无海冰的温暖状态 ( $p\text{CO}_2=2240\text{ppmv}$ ) 到海冰覆盖率达到 50% 的软冰雪地球状态时 ( $p\text{CO}_2=280\text{ppmv}$ ), 全球平均深海 (>2000m) VAGE 大概增高 3 倍 (图 1)。当继续将  $p\text{CO}_2$  从 280ppmv 降低至 70ppmv, VAGE 从 1900 年增加到 2300 年, 并且可能导致大气二氧化碳浓度再降低 48ppmv, 这也足够使地球进入完全冰封的硬冰雪地球状态 (Liu et al., 2023)。随着冰雪地球发育, 海冰逐渐向低纬度地区延伸, 模拟结果表明副热带开放海洋的混合层 (<500m) 通风性增强, 深度加深, 可能导致大量营养物质上翻并使副热带成为净初级生产力较高的区域, 从而为冰雪地球极寒时期生命延续繁衍的观测事实提供一种模式解释 (Hoffman et al., 2017)。

综上所述, 在新元古代冰期深海通风性减弱可以降低  $p\text{CO}_2$ , 促进冰雪地球的发育, 形成正反馈过程: 副热带开放海洋混合层深度增加, 随洋流上翻的营养物质增多, 有助于冰雪地球时期的生命演化。相较于新元古代冰期, 早古生代是一个比较温暖的时期, 本研究的模拟试验包含温暖与冰雪地球的不同气候态, 可以为理解新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化提供模式视角。

**参考文献** Donnadieu Y, Pucéat E, Moiroud M, Guillocheau F, et al., 2016. A better-ventilated ocean triggered by Late Cretaceous changes in continental configuration [J]. *Nature Communications*, 7: 1–12. Hoffman P F, Abbot D, Ashkenazy Y, et al., 2017. Snowball Earth climate dynamics and Cryogenian geology–geobiology [J]. *Science Advances*, 3, e1600983. Liu P, Liu Y, Gu S, et al., 2023. A positive cooling feedback for the Neoproterozoic snowball Earth initiation due to weakening of Ocean ventilation [J]. *Geophysical Research Letters*, 50, e2022GL102020. (in press) Thiele G, and Sarmiento J, 1990. Tracer dating and ocean ventilation [J]. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 95, 9377–9391.

**关键词** 新元古代冰雪地球; 海洋通风性; 古气候数值模拟; 大气二氧化碳浓度; 海表营养物质





摘要 ID: 3098

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地上震旦统早期微生物白云岩沉积期古海洋环境记录

张岩<sup>\*1</sup>、朱光有<sup>1</sup>、刘金城<sup>2</sup>、李茜<sup>1</sup>、艾依飞<sup>1</sup>、段鹏珍<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院

2. 中南大学

塔里木盆地上震旦统奇格布拉克组微生物白云岩分布广泛, 不仅是深层/超深层油气的潜在勘探目标, 还是古海洋环境演化的良好记录者。本研究对塔里木盆地西北部阿克苏地区西沟剖面奇格布拉克组底部微生物岩进行了详细的岩石学和地球化学研究, 旨在了解其沉积期古海洋环境。所研究的白云岩主要包括藻凝块石白云岩、泡沫绵层石白云岩和(残余)晶粒白云岩三种不同的岩相类型; 其地化参数受成岩作用和陆源碎屑影响微弱, 记录了一个全球可追溯的 $\delta^{13}\text{C}$ “正漂移”及埃迪卡拉缺氧背景下的有氧波动; MoEF/UEF、U/Th、(Cu+Mo)/Zn、 $\delta^{57}\text{Fe}$  指示亚氧环境, Sr、REE 含量、 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $\delta^7\text{Li}$  指示增强的风化作用,  $\delta^{66}\text{Zn}$ 、TOC 指示增强的生产力水平; 整体上, 奇格布拉克组底部微生物白云岩沉积过程中, 风化通量的增加, 触发了海洋氧化作用, 进而造成海洋初级生产力和有机碳埋藏的增加。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地; 上震旦统早期; 微生物白云岩; 古海洋环境;



摘要 ID: 309

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 华南埃迪卡拉纪灯影组原生有机成因白云石的证据

肖倩<sup>1</sup>、余振兵<sup>\*1,2</sup>

1. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉

2. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北武汉

白云石在地质记录中广泛分布, 常形成分布广泛的厚层白云岩, 然而在现代正常海水条件下和无生物参与的低温条件实验中均无法形成化学计量的白云石, 这一古今差异通常被称为“白云石问题”(McKenzie, 1991)。与古生代和前寒武纪地层中大量产出白云岩相反, 全新世的白云石只出现在某些高度蒸发和碱性环境中的微生物席中, 如沿海萨布哈、高盐湖和内陆盐湖(Vasconcelos & McKenzie, 1997)。大量实验研究已表明微生物活动可以打破白云石成核的动力学障碍并促进原白云石的沉淀(Kenward et al., 2013; Roberts et al., 2013), 然而这些有机成因白云石的特征难以经过地质作用而保存下来, 这使得微生物活动和地质记录中的白云石形成之间的联系仍然难以验证。为了探索古老地层中潜在的原生有机成因白云石, 我们对华南峡东地区埃迪卡拉纪灯影组石板滩段碳酸盐岩进行了详细的矿物岩石学研究。结果表明, 秭归地区灯影组石板滩段以微生物席与非微生物席的韵律层为特征, 微生物席中普遍出现与有机质密切相关的微晶-粉晶白云石颗粒, 含量达50%, 呈菱形紧密分布或散乱分布在微生物席中。白云石拉曼光谱以位于 $1096\text{ cm}^{-1}$ 的 $\nu_1(\text{CO}_3)^{2-}$ 对称伸缩振动峰为特征, 并且总是同时出现位于 $1343\text{ cm}^{-1}$ 和 $1560\text{ cm}^{-1}$ 的有机质拉曼峰。白云石与微生物和有机质在空间上的密切相关性指示其可能为微生物诱导沉淀的原生矿物。在与微生物席相邻的非微生物席中, 矿物均以方解石为主, 因此可排除微生物中的白云石为后期白云岩化所形成。EDS分析表明, 白云石 $\text{Mg}/(\text{Mg}+\text{Ca})$ 比值为0.36, 对微生物席层微钻取样粉末的XRD分析也显示了(015)和(021)的衍射峰, 表明这些微晶-粉晶颗粒为接近化学计量的有序白云石。在微生物席白云石之间发现疑似胞外聚合物, 同时有少量含镁碳酸盐矿物纳米集体被保留下来, 这与现代微生物席中的原生白云石特征非常相似, 也是前寒武地层中罕见的保存了部分原生有机成因特征的白云石。综上, 我们认为石板滩段白云石是由微生物诱导成因的原白云石在后期成岩过程中逐渐有序化而形成的, 这种白云岩与灰岩韵律层可能主要由生物席生长的季节性周期控制。总结前人研究发现地质历史时期原生白云岩与微生物岩的分布呈正相关, 我们认为具有足够 $\text{Mg}^{2+}$ 的微生物主导的海洋环境有利于大套白云岩的形成。

**参考文献** McKenzie, J. A., 1991. The dolomite problem: an outstanding controversy. In: Moiler, D. W., McKenzie, J. A., Weissert, H. (Eds.), *Controversies in Modern Geology*. Academic Press London, pp. 37 - 54. Vasconcelos, C., McKenzie, J. A., 1997. Microbial mediation of modern dolomite precipitation and diagenesis under anoxic conditions Lagoa Vermelha, Rio de Janeiro, Brazil. *J. Sediment. Res.* 67, 378 - 390. Kenward, P. A., Fowle, D. A., Goldstein, R. H., Ueshima, M., González, L. A., Roberts, J. A., 2013. Ordered low-temperature dolomite mediated by carboxyl-group density of microbial cell walls. *Am. Assoc. Pet. Geol. Bull.* 97, 2113 - 2125. Roberts, N. M. W., 2013. The boring billion? - lid tectonics, continental growth and environmental change associated with the Columbia supercontinent. *Geosci. Front.* 4, 681 - 691.

**关键词** 石板滩段; 微生物席; 原生白云石; 大套白云岩; 微生物岩



摘要 ID:3197

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 扬子地块南缘中-晚寒武世浅海多次短暂增氧及其诱因: 来自碳酸盐岩铈异常及碳-锶同位素证据

柯伟杰<sup>1</sup>、魏广祎<sup>1</sup>、殷一盛<sup>1</sup>、何天辰<sup>2</sup>、俞志航<sup>1</sup>、凌洪飞<sup>1\*</sup>

1. 南京大学地球科学与工程学院

2. 河海大学海洋学院

中-晚寒武世(509~485 Ma)是地球历史上的一个动荡时期,期间发生了多次碳同位素漂移和生物灭绝事件,表明地球表层环境可能发生了剧烈变动。本文以湖南省永顺县王村剖面的清虚洞组、教溪组和花桥组的碳酸盐岩地层为研究对象,通过碳、锶同位素地层学对比和稀土Ce异常的分析,揭示出扬子地块南缘在中晚寒武世发生了四次短暂的浅海短暂增氧( $Ce_N/Ce_N^* < 0.8$ ),分别位于乌溜期(~509-504.5 Ma)、早鼓山期(~505 Ma)、古丈期(~500.5-497 Ma)和早排碧期(~497-496 Ma),其中排碧期早期和乌溜期内发生的增氧可能指示了全球表层海水的广泛增氧,而鼓山期早期和古丈期内发生的增氧可能仅局限于扬子地块南部边缘海。根据最新的生物地层学研究成果,浅海短暂增氧发生的时间与华南地区三叶虫和总体的生物多样性高峰基本对应,指示浅海氧气含量的上升可能促进了生物多样性的发展。海水 $\delta^{13}C$ 和 $^{87}Sr/^{86}Sr$ 值的变化趋势指示大陆风化增强向海洋输入大量营养物质,导致表层海洋的初级生产力升高,可能是浅海氧化程度相对升高的重要驱动因素。

**参考文献** 柯伟杰, 魏广祎, 殷一盛, 何天辰, 俞志航, 凌洪飞. 扬子地块南缘中-晚寒武世浅海多次短暂增氧及其诱因: 来自碳酸盐岩铈异常及碳-锶同位素证据. 地质学报, 97. &nbsp;&nbsp;&nbsp;

doi:10.19762/j.cnki.dizhixuebao.2023214.

**关键词** 铈异常; 碳-锶同位素; 浅海增氧; 大陆风化; 中-晚寒武世



摘要 ID: 3259

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 寒武纪 SPICE 事件期间海洋环境和三叶虫多样性变化

张磊\*<sup>1</sup>、Thomas J. Algeo<sup>1,2,3</sup>、赵来时<sup>1</sup>、Tais W. Dahl<sup>1,8</sup>、陈中强<sup>1,2</sup>、张子虎<sup>4,5,6</sup>、Simon W. Poulton<sup>1,9</sup>、Nigel C. Hughes<sup>7</sup>、缙雪清<sup>1</sup>、李超<sup>4,5,6</sup>

1. 中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室
2. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室
3. 辛辛那提大学 地球科学系
4. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室&沉积地质研究院
5. 成都理工大学 自然资源部深时地理环境重建与应用重点实验室
6. 成都理工大学 沉积与生物地球化学国际研究中心
7. 加利福尼亚大学河滨分校 地球与行星科学系
8. 哥本哈根大学 GLOBE 研究所
9. 利兹大学 地球与环境学院

Steptoean 碳同位素正漂移 (SPICE) 事件 (~497-494Ma) 见证了寒武纪晚期最重要的一次海洋碳循环波动和三叶虫多样性的突变 (Palmer, 1984; Saltzman et al., 2000; Gerhardt and Gill, 2016; Zhang et al., 2021)。前人已提出多种模式来解释 SPICE 开端三叶虫群落的灭绝, 包括降温和海水缺氧等 (Elrick et al., 2011; Gill et al., 2011), 但确切的机制仍不清楚。本研究选取位于华南地区江南斜坡相区两个鼓山阶-江山阶 (Drumian-Jiangshanian) 地层剖面 (位于斜坡上部的王村剖面和斜坡下部的碓边剖面) 开展了无机碳同位素 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ )、晶格硫酸盐硫同位素 ( $\delta^{34}\text{S}_{\text{CAS}}$ ) 以及海水氧化还原指标 ( $U_{\text{EF}}$ 、 $Mo_{\text{EF}}$  和  $C_{\text{org}}/P$ ) 研究, 并进一步处理了产自相同剖面的三叶虫数据 (Peng et al., 2009; 2012), 探讨了 SPICE 事件期间三叶虫多样性与地表环境协同演变关系。研究显示, SPICE 事件期间研究区海水氧化条件良好, 仅在碓边剖面 SPICE 上升翼 (早-中排碧期) 显示出贫氧条件。与全球同时代剖面类似, 研究剖面  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  和  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CAS}}$  总体上呈现出耦合关系, 反映了在全球生产力、有机碳埋藏速率和陆架缺氧控制下的有机质和黄铁矿的共同埋藏。在 SPICE 早期 (晚古丈期),  $\delta^{34}\text{S}_{\text{CAS}}$  已经开始升高, 而此时  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  仅有微弱升高或基本保持不变, 表明在全球碳循环受到扰动之前海洋环境已经发生了重大变化 (如全球海洋缺氧)。华南地区 SPICE 早期和末期三叶虫多样性呈下降趋势, 可分别对应于劳伦大陆 Marjuman 末期和 Steptoean 末期生物灭绝事件 (EMBE 和 ESBE), 且与其他大陆的三叶虫演变模式一致。我们推断, SPICE 初期海洋最小含氧带和/或陆架缺氧开始扩大, 可能是由全球降温后上升流加剧导致生产力局部提高的结果, 而缺氧的扩大可能在 EMBE 中发挥了主要作用。在 SPICE 事件期间, 全球海洋通风促进了海洋生物的复苏, 但在排碧晚期与 SPICE 相关的降温过程终止后全球海洋环流减弱, 这可能引发了海水氧化还原的变化, 进而加速了 ESBE 的发生。本研究提出晚古丈期海洋环境和三叶虫群落类型就已经发生了重大变化, 因此 SPICE 事件应开始于晚古丈期, 早于以往认识的开始于古丈期-排碧期界线。

**参考文献** (1) Elrick, M., Rieboldt, S., Saltzman, M., et al., 2011. Oxygen-isotope trends and seawater temperature changes across the Late Cambrian Steptoean positive carbon-isotope excursion (SPICE event). *Geology* 39, 987-990. (2) Gerhardt, A.M., Gill, B.C., 2016. Elucidating the relationship between the later Cambrian end-Marjuman extinctions and SPICE Event: *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 461, 362-373. (3) Gill, B.C., Lyons, T.W., Young, S.A., et al., 2011. Geochemical evidence for widespread euxinia in the later Cambrian ocean. *Nature* 469, 80-83. (4) Palmer, A.R., 1984. The bioturbation problem — evolution of an idea: *J. Paleontol.* 58, 599-611. (5) Peng, S.C., Babcock, L.E., Cooper, R.A., 2012. The Cambrian Period, pp. 437-488. In: Gradstein, F.M., Ogg, J.G., Schmitz, M.D., Ogg, G.M. (eds.), *The Geologic Time Scale 2012*. Elsevier, New York. (6) Peng, S.C., Babcock, L.E., Zuo, J.X., et al., 2009. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Guzhangian Stage (Cambrian) in the Wuling Mountains, Northwestern



Hunan, China. Episodes 32, 41 - 55. (7) Saltzman, M.R., Ripperdan, R.L., Brasier, M.D., et al., 2000. A global carbon isotope excursion (SPICE) during the Late Cambrian: relation to trilobite extinctions, organic-matter burial and sea level. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 162, 211 - 223. (8) Zhang, S.H., Fan, J.X., Morgan, C.A., et al., 2021. Quantifying the middle - late Cambrian trilobite diversity pattern in South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 570, 110361.

**关键词** 碳同位素; 硫同位素; 海洋缺氧; 三叶虫多样性



摘要 ID:2410

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 展板

## 埃迪卡拉纪-寒武纪转折期海绵动物的起源及其古环境意义: 来自峡东地区的证据

常珊\*

湖北师范大学

海绵属于多孔动物, 或者侧生动物, 其躯体构型与现生的其它动物都具有较大差异, 被认为是最早的动物, 海绵动物的起源和早期演化对动物树的重建具有关键性作用 (Wörheide et al., 2012)。另一方面, 海绵具有高效过滤海水的能力, 平均每七秒就能过滤与自己同等体积的海水 (Bergquist, 1978; Reisinger, 1971), 可高效固定海水中的有机质并影响微生物的丰度和多样性, 被认为是海洋中重要的生态系统工程师 (Renard et al., 2013)。

早期海绵动物化石的研究, 一直是人们探索前寒武纪时期古生物学和地球生物学的热点问题。最近报道的距今 890Ma 碳酸盐岩地层中的蠕虫状结构与角海绵具有形态相似性, 可能代表了最早的海绵实体化石 (Turner 2021); 生物标志化合物和分子钟证据也表明海绵动物可能起源于成冰系 (635-713Ma 左右, 见 Love et al., 2009; Gold et al., 2016)。然而, 前寒武纪时期大部分海绵动物化石的真实性都存在很大争议 (Antcliffe et al., 2014; Nettersheim et al., 2019), 其骨针结构、海绵分布和丰度更无从探究。

本研究对峡东地区 E-C 之交地层进行研究, 包括滚石坳、乔家坪、罗家村和松林坡 (天柱山段) 四个剖面, 通过对这些剖面高精度采样、酸蚀处理实验、扫描电镜观察, 以及切片分析, 发现了大量的海绵硅质骨针化石。研究发现, 海绵骨针首现位置为滚石坳剖面岩家河组/灯影组界限以上约 9 m 处, 依据碳同位素  $\delta^{13}C$  值、小壳化组合以及疑源类化石组合的生物地层, 该层位位于 Ediacaran-Cambrian (E-C) 界限之下, 但其绝对年龄有赖于进一步的锆石定年数据。从分布来看, 海绵动物在四个剖面的硅质岩、灰岩和白云岩中皆有保存, 结合古地理环境, 认识到海绵动物从当时的潮间带到离岸盆地都有分布, 局部层位可富集成海绵岩, 海绵动物在埃迪卡拉系-寒武系之交就已经较为繁盛。

E-C 之交硅质海绵的兴起, 对海洋生态系统以及大洋硅循环都发挥着积极作用。通过对研究区滚石坳剖面的硅质岩样品进行主量、微量以及稀土元素的分析, 利用地球化学 Fe-Al-Mn 三角投图以及 Ge/Si 比值, 发现岩家河组的硅质岩主要为生物成因, 即来源于硅质海绵骨针, 可能有少量放射虫的贡献。E-C 之交海绵动物的兴起, 标志着大洋溶解硅元素的阶段性下降, 代表了硅质岩成因模式从前寒武纪的无机成因主导向着显生宙生物成因主导的转换。

另一方面, 海绵动物的生态学效应, 促进了有机碳的固定, 与海水的氧化事件具有直接的关联, 优化了前寒武纪时期以微生物席为主体的浑浊、海水强烈分层的海洋环境, 对现代海洋型生态系统初步建立具有重要意义, 为“寒武纪大爆发主幕期”多门类生物的爆发式新生奠定了基础。

**参考文献** Antcliffe J B, Callow R H T, Brasier M D, 2014. Giving the early fossil record of sponges a squeeze[J]. *Biological Reviews*, 89(4): 972-1004. Bergquist P R, 1978.

Sponges[M]//Hedges S B, Kumar S: *Animals (Metazoa), The Timetree of Life*. Oxford: Oxford University Press, 223-230. Nettersheim B J, Brocks J J, Schwelm A, Hope J M, et al., 2019.

Putative sponge biomarkers in unicellular Rhizaria question an early rise of animals[J].

*Nature ecology & evolution*, 3(4): 577-581. Reisinger H M, 1971. In situ pumping

activities of tropical Demospongiae[J]. *Marine Biology*, 9: 38-50. Renard E, Gazave E,

Fierro-Constain L, Schenkelaars Q, Ereskovsky A, Vacelet J, Borchellini C, 2013. Porifera (Sponges): Recent Knowledge and New Perspectives[M]. eLS. John Wiley & Sons, Ltd:

Chichester. Turner, E. C., 2021. Possible poriferan body fossils in early Neoproterozoic

microbial reefs[J]. *Nature*, 1-5. Wörheide G, Dohrmann M, Erpenbeck D, et al., 2012. Deep

phylogeny and evolution of sponges (Phylum Porifera) [J]. *Advances in marine biology*, 61:1-78.



**关键词** 海绵动物, 硅循环, 峡东, 寒武纪大爆发



摘要 ID:204

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 展板

## 海水对华南下寒武统黑色页岩中多金属 Ni-Mo-V 矿化的贡献: 来自钒同位素的证据

董琳慧\*, 卫炜  
中国科学技术大学

华南下寒武统黑色页岩层序最下部广泛发育 Ni-Mo-V 多金属矿层。尽管该矿层仅有几厘米厚, 但其显示出极高的金属富集程度。前人对该矿床的成因开展了大量研究, 但对此仍存在争论, 主要观点为 (1) 海水成因: 金属在还原环境以极低沉积速率直接从海水中沉淀而来 (Mao et al., 2002); (2) 热液成因: 金属元素由海底热液提供 (Lott et al., 1999); (3) 复合成因: 矿化受热液对基底地层的汲取、海水的正常沉积、生物及有机质的富集等多种复合作用影响

(Pašava et al., 2008)。Ni-Mo-V 矿层中富集 V 元素 (V 含量可高于 1%)。V 是一种新近发展的金属稳定同位素体系, 对 Ni-Mo-V 矿层样品进行 V 同位素分析可以示踪其中 V 的来源和富集机制, 对于探明矿床成因具有重要意义。

我们分析了四个不同矿区样品 (贵州省大竹流水和马路河矿区、湖南省三岔和曹家坪矿区) 的 V 含量和 V 同位素组成 ( $\delta^{51}\text{V}$ )。初步结果表明, V 矿和围岩样品的  $\delta^{51}\text{V}$  值变化范围较小 (数据分布范围为  $-0.62\text{‰}$ ~ $0.04\text{‰}$ , 平均值为  $-0.24\pm 0.36\text{‰}$ )。并且, 样品的 V 浓度和  $\delta^{51}\text{V}$  值没有展示非线性相关性, 说明金属并不是来源于热液而是来自于海水的缓慢沉积作用。因为样品沉积于局部硫化的环境, 根据硫化沉积物与海水的 V 同位素分馏 ( $\Delta_{\text{euxinic-SW}} = -0.4\text{‰}$ ; Wu et al., 2020), 可以推测早寒武世海水的  $\delta^{51}\text{V}$  值约为  $+0.24\text{‰}$ , 接近于现代海水的  $\delta^{51}\text{V}$  值, 表明当时的广海的氧化程度接近现代水平。但是大竹流水和马路河矿区的 Ni-Mo 矿样品的  $\delta^{51}\text{V}$  值均偏轻 (低至  $-1.33\text{‰}$ )。自然界中, 造成沉积物与海水之间产生如此大分馏的过程可能是 Fe-Mn 氧化物对 V 的吸附 ( $\Delta_{\text{Fe-Mn nodule-SW}} = -1.2\text{‰}$ ; Wu et al., 2019), 随后在氧化还原界面之下发生还原溶解, 轻 V 同位素被释放而沉淀导致的。

**参考文献** Lott D, Coveney R, Murowchick J, et al., 1999. Sedimentary exhalative nickel-molybdenum ores in South China [J]. *Economic Geology*, 94 (7): 1051-1066. Mao J, 2002. Re-Os Dating of Polymetallic Ni-Mo-PGE-Au Mineralization in Lower Cambrian Black Shales of South China and Its Geologic Significance [J]. *Economic Geology*, 97 (5): 1051-1061. Pašava J, Křibek B, Vymazalová A, et al., 2008. Multiple Sources of Metals of Mineralization in Lower Cambrian Black Shales of South China: Evidence from Geochemical and Petrographic Study [J]. *Resource Geology*, 58 (1): 25-42. Wu F, Owens J, Scholz F, et al., 2020. Sedimentary Vanadium Isotope Signatures in Low Oxygen Marine Conditions [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 284: 134-155. Wu F, Owens J, Tang L, et al., 2019. Vanadium Isotopic Fractionation during the Formation of Marine Ferromanganese Crusts and Nodules [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 265: 371-385.

**关键词** Ni-Mo-V 多金属硫化物矿床; V 同位素; 金属来源; 海水贡献





摘要 ID:410

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 展板

## 塔里木西北缘阿克苏地区埃迪卡拉系中基性岩的地质特征及其地 层学意义研究

谢鸿哲、朱祥坤\*、王勋、何源、沈卫兵  
中国地质科学院地质研究所

阿克苏地区位于塔里木盆地西北缘,是前寒武系—古生界地层出露最好的地区之一,并因发育前寒武系蓝片岩和多种类型的基性岩浆岩而备受关注(Zhu et al., 2011)。由于阿克苏地区地层长期以来缺少生物地层及其他沉积年龄的制约,导致难以通过生物地层学进行可靠的层位控制,使得该地区尚未建立系统的区域地层格架,从而难以进行有效的区域地层对比。

为了解决这一问题,人们常根据地层中发育的喷出岩的形成时间来约束沉积地层的时代,并通过区域地层对比建立特定地区地层年代学格架。阿克苏地区埃迪卡拉系的苏盖特布拉克组碎屑岩中普遍发育层数不等的基性岩,但这些基性岩到底是玄武岩还是辉绿岩,目前存在不同认识(吴鸿翔等, 2020; Xu et al., 2013),从而导致其地层学意义不清。

本文针对阿克苏地区东二沟剖面、磷矿沟剖面和尤尔美那克剖面所出露的基性岩进行了详细的野外地质调查和室内研究。三个剖面的基性岩除尤尔美那克剖面苏盖特布拉克组中顶部出露的基性岩外,其余剖面基性层都可观察到基性岩侵入地层的现象,且每层基性岩层有非常典型的岩相学变化特征,岩石中的矿物颗粒由边缘相到内部结晶颗粒存在相变,且存在上部砂岩层接触边界处有明显的烘烤带现象,三个典型剖面的基性岩均有相似的岩相学特征。本文认为除尤尔美那克剖面顶部的基性岩成因仍存在争议,需进行进一步研究之外,其余均为侵入成因的辉绿岩,因此不能将其作为标志层进行区域地层对比,其成岩年龄也不能用于对其侵入的埃迪卡拉系的地层年龄进行精确约束。

**参考文献** Zhu W., Zheng B., Shu L., et al. Neoproterozoic tectonic evolution of the Precambrian Aksu blueschist terrane, northwestern Tarim, China: Insights from LA-ICP-MS zircon U-Pb ages and geochemical data [J]. *Precambrian Research*, 2011, 185(3-4): 215-230. 吴鸿翔, 黄伟康, 励音骐, 等. 塔里木地块西北缘震旦系发现二叠纪基性岩床侵入事件[J]. *地质学报*, 2020, 94(06): 1869-1882. Xu B., Zou H., Chen Y., et al. The Sugetbrak basalts from northwestern Tarim Block of northwest China: Geochronology, geochemistry and implications for Rodinia breakup and ice age in the Late Neoproterozoic[J]. *Precambrian Research*, 2013, 236: 214-226.

**关键词** 塔里木西北缘; 基性岩; 埃迪卡拉系; 地层学



摘要 ID:771

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 展板

## 神农架埃迪卡拉系陡山沱组沉积特征及其对“鄂西海槽”的启示

谷昊东<sup>1</sup>、胡军<sup>1</sup>、安志辉<sup>2</sup>、叶琴<sup>3</sup>、孙思远<sup>1</sup>、张志麒<sup>4</sup>、李超\*<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室

2. 中国地质调查局武汉地质调查中心

3. 中国地质大学(武汉)地球科学学院

4. 神农架国家公园管理局

新元古代埃迪卡拉纪是地球环境与生命演化发生重大转变的时期。华南扬子板块鄂西地区埃迪卡拉系陡山沱组出露保存良好,是研究晚新元古代生物环境演化的重要层位(Li et al., 2018, 2020)。然而,目前扬子板块陡山沱组时期的古地理重建仍存争议,这阻碍了我们对于陡山沱组沉积时期古海洋环境与生命协同演化关系的理解。其中,一个突出问题是扬子板块内盆地“鄂西海槽”的存在与展布问题(Zhu et al., 2007; Jiang et al., 2011; Wang et al., 2020)。在前人讨论的鄂西海槽范围内,神农架地区陡山沱组出露良好且在岩性和沉积构造等方面变化明显,是深入探讨“鄂西海槽”这一问题的极佳切入点。在本研究中,我们对鄂西神农架地区陡山沱组开展了详细的地层学和沉积学研究,结果显示:神农架东部地区陡山沱组岩性组合与宜昌地区黄陵背斜北部樟村坪地区陡山沱组岩性组合相似,发育鸟眼和球粒等沉积构造,指示了台地环境;神农架西部地区陡山沱组主要由砂岩、粉砂岩和泥岩组成,产出粒序和平行层理等不完整鲍玛序列,指示斜坡或较深水环境。因此,我们认为,神农架东部和黄陵背斜东北部地区位于台地内,而神农架西部和黄陵背斜西南部地区位于“鄂西海槽”内。结合前人研究,本研究进一步明确了陡山沱组时期“鄂西海槽”的分布特征,表明这一时期华南扬子板块具有较为复杂的古地理分布特征,这很可能决定了不同研究区域之间在距陆源剥蚀区远近、水体深浅和圈闭程度等地质背景上的差异,从而影响了各地之间在氧化还原状态、元素生物地球化学循环和生物的演化与分布上的不同(Li et al., 2017, 2018, 2020; Gao et al., 2020)。

**参考文献** Gao Y, Zhang X, Xu Y, et al., 2020. High primary productivity during the Ediacaran Period revealed by the covariation of paired C-isotopic records from South China[J]. *Precambrian Research*, 349: 105411. Jiang G, Shi X, Zhang S, et al., 2011. Stratigraphy and paleogeography of the Ediacaran Doushantuo Formation (ca. 635–551 Ma) in south China[J]. *Gondwana Research*, 19(4): 831–849. Li C, Hardisty D S, Luo G, et al., 2017. Uncovering the spatial heterogeneity of Ediacaran carbon cycling[J]. *Geobiology*, 15(2): 211–224. Li, C., Cheng, M., Zhu, M., Lyons, T.W., 2018. Heterogeneous and dynamic marine shelf oxygenation and coupled early animal evolution. *Emerging Topics in Life Sciences* 2, 279–288. Li C, Shi W, Cheng M, et al., 2020. The redox structure of Ediacaran and early Cambrian oceans and its controls[J]. *Science Bulletin*. Wang H, Li Z, Liu S, et al., 2020. Ediacaran extension along the northern margin of the Yangtze Platform, South China: Constraints from the lithofacies and geochemistry of the Doushantuo Formation[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 112: 104056. Zhu M, Zhang J, Yang A., 2007. Integrated Ediacaran (Sinian) chronostratigraphy of South China[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 254(1–2): 7–61.

**关键词** 神农架; 陡山沱组; 埃迪卡拉纪; 古地理重建; 鄂西海槽



摘要 ID: 3239

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 专题邀请报告

## 原位微区同位素示踪与定年方法及其在新元古代-早古生代古海洋环境重建中的应用

蒋少涌\*

中国地质大学(武汉)

新元古代-早古生代转折期古海洋环境是如何变迁的是一个国内外广受关注的重要科学问题。对该时期古海洋环境重建需要精确的时限厘定和有效的示踪海水化学演变。沉积岩形成时代的精确确定一直是学术界的一个难题。常用的方法有沉积岩中的火山灰锆石 U-Pb 同位素定年, 黑色页岩的 Re-Os 同位素定年等, 近年来发展起来的碳酸盐 LA-MC-ICP-MS 原位微区 U-Pb 同位素定年技术, 为解决沉积碳酸盐岩地层的定年提供了一条新途径, 我们对灯影组白云岩的定年也获得了较好的效果。此外, 沉积岩地层中的自生独居石等富铀矿物, 如果颗粒粒径大于 10-15 微米, 也可开展 LA-ICP-MS 原位微区 U-Pb 同位素定年, 从而获得沉积或成岩年龄。

前人已采用多种地球化学和同位素方法来示踪古海洋环境和古海水化学组成, 如氧化还原敏感元素、稀土元素、铂族元素、铁组分、碳硫同位素和钪同位素等等。最近, 我们在实验室建立了方解石、白云石等碳酸盐矿物的 LA-MC-ICP-MS 原位微区碳和镁同位素分析方法, 这些方法将在揭示碳酸盐岩沉积环境、成岩过程及后期热液改造等方面发挥重要示踪作用。本文也将对这些新方法及其可能应用进行详细介绍。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐; LA-MC-ICP-MS; 原位微区; U-Pb 同位素定年; 碳和镁同位素分析



摘要 ID:2996

主题分类：古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型：专题邀请报告

## 生物矿化：寒武纪小壳化石研究的新机遇

李洛阳<sup>\*1,2</sup>、张兴亮<sup>3</sup>、负浩<sup>3</sup>、潘兵<sup>4</sup>、李国祥<sup>4</sup>

1. 中国海洋大学海洋地球科学学院
2. 中国海洋大学海底科学与探测技术教育部重点实验室
3. 西北大学地质学系
4. 中国科学院南京地质与古生物研究所

小壳化石 (Small Shelly Fossils/Small Skeletal Fossils, 缩写“SSF”), 又称梅树村动物群或托莫特动物群, 是指产于寒武系纽芬兰统含磷地层中的多门类后生动物的最古老骨骼化石。这些具各类骨片、骨刺和壳体的动物在寒武系地层中的大规模出现是寒武纪生命大爆发这一重大生命演化事件最直观的表现。我国华南寒武系保存有全球最好的小壳化石组合, 研究历史悠久, 研究成果丰硕, 在国际寒武纪生命大爆发研究中占有举足轻重的地位。同时, 对华南小壳化石的研究也是中国寒武纪古生物研究从出生, 到壮大, 再到后来争抢国际寒武纪古生物研究前沿的一个缩影。小壳化石研究是传统经典的古生物学与地层学研究。通常, 利用野外采集岩石样品制作薄片或光片开展岩石学和化石埋藏学的研究, 或通过弱酸溶蚀岩石获得三维立体保存的骨骼碎屑, 开展小壳化石形貌描述、属种分类和鉴定, 以及研究化石基本组合特征, 并进一步开展国际古生物地层划分与对比, 以及全球生物古地理重建研究。

与传统的小壳化石分类学研究相比, 为解决动物控制矿化骨骼的起源和演化而开展生物矿化研究, 是多学科共同关注的焦点问题, 也是极具挑战的新方向。生物矿化是典型的多学科交叉领域, 涉及生命科学、材料科学、地球科学、医学应用等领域。但是, 由于化石记录保存精度的极限, 以及化石不可避免的遭受埋藏和后期成岩作用的改造, 生物矿化信息往往很难保存在古老骨骼化石中。例如, 寒武纪小壳化石呈磷酸盐化保存, 原生矿物组成丢失; 此外, 文石质骨骼在自然条件下会逐渐转变为更为稳定的方解石, 因此最早的原生文石质软体动物贝壳仅在三叠纪和更年轻地层中被发现。尽管磷酸盐化作用改造了小壳化石的原始矿物组成, 但是也能或多或少地保存生物矿化的基本信息。历经近十年的持续钻研, 通过古今比较研究, 多学科交叉, 目前我们能够基本识别出小壳化石不同门类骨骼的多层次超微结构类型、矿物组成、有机-无机组分等生物矿化基础信息, 例如软体动物贝壳交叉叠片结构、层状纤维珠目结构、文石片状结构、方解石片状结构, 以及控制生物矿化过程的有机基质的化石保存, 等等。这些研究不仅极大地填补了我们对寒武纪生命大爆发时期特殊古海洋环境下早期动物生物矿化的认知空白。同时, 这也极大的拓宽了寒武纪小壳化石研究的范围, 增强了与生物矿化多学科领域的交叉融合, 是寒武纪小壳化石研究的新机遇。

### 参考文献

**关键词** 寒武纪大爆发; 小壳化石; 生物矿化; 学科交叉



摘要 ID:1754

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 专题邀请报告

## 金属稳定同位素示踪地球增氧事件

黄康俊\*<sup>1,2</sup>、王振飞<sup>1,2</sup>、路雅雯<sup>1,2</sup>、罗瑾<sup>1,2</sup>、鞠鹏程<sup>1,2</sup>、蒙泽坤<sup>1,2</sup>

1. 西北大学地质学系

2. 大陆动力学国家重点实验室&陕西省早期生命与环境重点实验室

早期贫氧地球如何演化至现今富氧地球是理解地球宜居性形成与演化的关键,但重建地质历史时期地球大气与海洋氧含量仍是地球科学领域的重大挑战。金属稳定同位素的高精度测试分析为示踪地球大气与海洋氧化历史提供了新的研究手段。本文以 Mo、U、Tl、Cr 四种氧化还原敏感金属稳定同位素体系为例,详细介绍了氧化还原敏感金属稳定同位素地球化学行为及分馏机理。在此基础上,系统回顾了金属稳定同位素在研究产氧光合作用的起源、大氧化事件(GOE)、中元古代大气和海洋氧化还原状态、新元古代氧化事件(NOE)等重大科学问题中的研究进展。金属稳定同位素在重建地球表层圈层氧化过程具有广阔的应用前景,对认识地球宜居性的演化历史以及探索其未来发展趋势具有深远意义。

### 参考文献

**关键词** 氧循环; 地球宜居性; 氧化还原敏感金属元素; 产氧光合作用; 大氧化事件; 中元古代; 新元古代氧化事件



摘要 ID: 3188

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 清江生物群化石埋藏方式及对布尔吉斯页岩型保存的启示

傅东静<sup>1\*</sup>、张兴亮<sup>1</sup>、Robert R. Gaines<sup>2</sup>

1. 西北大学地质学系, 大陆动力学国家重点实验室

2. Department of Geology, Pomona College, Claremont, CA 91711, USA

布尔吉斯页岩型 (Burgess Shale-type, BST) 保存最初被定义为, 非矿化生物在泥页岩相中以有机碳质压膜形式保存 (Butterfield, 1990)。以这种方式保存的软躯体生物群在全球寒武纪地层中大量出现, 为研究寒武纪大爆发和后生动物起源与演化问题提供了关键的化石证据 (Zhang and Shu, 2021; Zhu et al., 2019; Hou et al., 2017; Briggs, 2015; Erwin et al., 2011)。然而, 此后的研究结果却对 BST 保存的本质特征充满了争议。主要问题是, 全球两个保真度最高的 BST 化石库, 在埋藏之后都经历了严重的地质改造, 如布尔吉斯化石上覆盖的粘土矿物究竟是否为原生, 澄江化石的黄铁矿化在保存软躯体原始形态方面起到的作用等 (Anderson et al., 2018, 2020; Forchielli et al., 2014; Gaines, 2014; Butterfield et al., 2007; Zhu et al., 2005)。清江生物群的化石既没有经历高温变质, 也未遭遇强烈风化, 是开展此类化石埋藏学研究的最理想材料 (Fu et al., 2019)。

利用 EMPA-WDS 技术与 EDS 分析相结合, 我们对清江生物群多门类后生动物化石开展了全元素分析。结果表明, 清江生物群的化石是纯粹的有机碳质保存, 不存在类群间或是组织间的保存差异。元素 S 和 Fe 的含量很低, 分布不规律, 不能复制和反映软躯体组织的形貌特征。在特定组织器官的保存中, 未发现明显的自生矿化作用, 如磷酸岩化或铝硅酸岩化。因此, 我们的分析结果还原了 BST 化石保存方式的最初认知。同时, 研究还发现, 由于 EPMA-WDS 对于检测低原子序数的元素非常敏感, 在 C 元素分析图谱上, C 不仅能够精准地复制包括高度不稳定组织在内的所有解剖特征, 而且不同组织之间呈现出明显的 C 浓度差异。利用 C 的这种浓度梯度, 能够将 BST 化石中叠压保存的多种器官区分出来, 这为我们解决 BST 化石缺乏三维空间分辨力的问题提供了崭新的分析视角。我们对全球 BST 化石产地进行了统计, 发现它们主要集中在寒武纪第二世和苗岭世 (Stage 3-Drumian Stage) 的地层中, 且在空间上分布不均匀, 多数分布在华南和劳伦大陆。准确理解 BST 化石产地在时空分布上的这种局限性, 很大程度上依赖于对化石保存机制的进一步研究。此外, 我们今后还将结合古环境研究, 揭示同时期不同生物群, 如澄江和清江在物种组成和生态系统上存在显著差异的控制因素。

**参考文献** Anderson RP, Tosca NJ, Gaines RR, et al., 2018. A mineralogical signature for Burgess Shale-type fossilization. *Geology*, 46(4): 347-350. Anderson RP, Tosca NJ, Saupe EE, et al., 2020. Early formation and taphonomic significance of kaolinite associated with Burgess Shale fossils. *Geology*, 49(4): 355-359. Briggs DEG, 2015. The Cambrian explosion. *Current Biology*, 25: R845-R875. Butterfield NJ, Balthasar UWE, Wilson LA, 2007. Fossil Diagenesis in the Burgess Shale. *Palaeontology*, 50(3): 537-543. Erwin DH, Laflamme M, Tweedt SM, et al., 2011. The Cambrian conundrum: early divergence and later ecological success in the early history of animals. *Science*, 334: 1091-1097. Forchielli A, Steiner M, Kasbohm J, et al., 2014. Taphonomic traits of clay-hosted early Cambrian Burgess Shale-type fossil Lagerstätten in South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 398: 59-85. Fu DJ, Tong GH, Zhang XL, et al., 2019. The Qingjiang biota: a Burgess Shale-type fossil Lagerstätte from the early Cambrian of South China. *Science*, 363(6433): 1338-1342. Gaines RR, 2014. Burgess Shale-type preservation and its distribution in space and time. *The Paleontological Society Papers*, 20: 123-146. Hou XG, Siveter DJ, Siveter DJ, et al., 2017. *The Cambrian Fossils of Chengjiang, China: The Flowering of Early Animal Life*, 2nd edition. Wiley-Blackwell, Oxford, UK. Zhang XL and Shu DG, 2021. Current understanding on the Cambrian Explosion: questions and answers. *Paläontologische Zeitschrift*. Zhu MY, Babcock LE,



Steiner M, 2005. Fossilization modes in the Chengjiang Lagerstätte (Cambrian of China): Testing the roles of organic preservation and diagenetic alteration in exceptional preservation. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220 (1-2): 31 - 46. Zhu MY, Zhao FC, Yin ZJ, et al., 2019. The Cambrian explosion: advances and perspectives from China. *Science China Earth Sciences*, 49: 1455 - 1490.

**关键词** 清江生物群; 埋藏; 布尔吉斯页岩型保存; 寒武纪



摘要 ID: 3328

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 蓝田生物群促进了埃迪卡拉纪深海的氧化: 来自钒同位素和钡同位素的证据

隋佩珊、卫炜、张少兵\*  
中国科学技术大学

埃迪卡拉纪是地质历史时期环境和生物演化的重要阶段, 见证了雪球地球结束和复杂宏体多细胞生物的出现和与辐射。其中, 发现于皖南蓝田组二段黑色页岩中的蓝田生物群 (~630 - 580 Ma) 是目前已知最古老的宏体多细胞生物群, 其中部分化石可与现代刺细胞动物和蠕虫动物相比较。海洋氧化还原状态变化可能是蓝田生物群出现与演化至关重要的因素。但是, 由于一些氧化还原指标的局限性, 目前学界对该时期海洋氧化还原状态具体的时空演化存在争议。钒同位素是新近发展的氧化还原指标, 海相页岩中的钒同位素组成与上覆水体的氧化程度密切相关, 因此可定量示踪短时间尺度下海洋整体氧化程度的快速变化。海相页岩中非碎屑钡的同位素组成受控于表层海水有机质的形成与输出, 因此其钡同位素组成可示踪海洋古生产力变化。

我们分析了皖南蓝田剖面埃迪卡拉系蓝田组二段黑色页岩 (ca. 600 Ma) 的 V 同位素 ( $\delta^{51}\text{V}$ ) 和钡同位素 ( $\delta^{138}\text{Ba}$ ) 组成。根据  $\text{Mo}_{\text{EF}}-\text{U}_{\text{EF}}$  相关性及 Fe 组分数据确定了样品的局部沉积环境 (硫化、铁化), 利用不同环境下 V 沉积过程的同位素分馏重建了该时期广海的 V 同位素组成 ( $\delta^{51}\text{V}_{\text{OSW}}$ ) 变化。结果显示,  $\delta^{51}\text{V}_{\text{OSW}}$  值 (平均值  $-0.22\%$ ) 明显低于现代海洋的 V 同位素值, 表明该时期广海的氧化程度较低。Fe 组分数据表明蓝田生物群形成于局部氧化还原环境波动的水体之中, 随着水体硫化程度减弱,  $\delta^{138}\text{Ba}$  值从  $-0.30\%$  升高到  $+0.23\%$ , 表明生产力大大提高。由此, 我们推测埃迪卡拉纪 ~600Ma 广海的氧化程度较低, 蓝田生物群生产力的提高可能使得局部水体硫化程度减弱。

### 参考文献

**关键词** 埃迪卡拉纪; 蓝田生物群; 海洋氧化; 钒同位素; Ba 同位素





摘要 ID: 2514

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 专题邀请报告

## 雪球地球结束时的海洋生物地球化学响应

郎咸国<sup>1,2</sup>、祝圣贤<sup>1,2</sup>、贺然<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室

成冰纪 Sturtian 冰期 (717–660Ma) 和 Marinoan 冰期 (650–635Ma) 是地质历史上最极端的全球性冰室气候事件。沉积记录显示, 在冰期过程中冰川曾波及至赤道区域。此种全球性的冰冻现象, 被称之为“雪球地球”事件。雪球地球假说提出, 全球冰冻过程中的水-气交换受到阻碍, 海洋初级生产力停滞, 大陆风化作用终止, 大气  $\text{CO}_2$  不断积累, 直至产生强烈的温室效应导致冰川快速消融。气候模拟显示全球冰期的消融过程是短暂且快速的, 为千年-万年时间尺度。然而, 对于快速冰川消融引起的海洋生物地球化学环境响应的认识并不清楚。为了解决这一科学问题, 我们对华南扬子板块 Sturtian 冰期和 Marinoan 冰期消融沉积记录进行了系统的地球化学研究。研究发现, 两次极端的全球冰期结束过程中, 均伴随有强烈的微生物硫酸盐还原反应, 表现为广泛的缺氧硫化现象和大量的黄铁矿生成。并且缺氧硫化海水中存在明显的硫同位素梯度。硫化的形成需要充足的有机物和硫酸盐供给, 代表了雪球地球融化过程中海洋初级生产力的快速恢复和海水硫酸根浓度的升高。碳同位素的统计数据显示, 冰期融化过程中到盖帽碳酸盐岩沉积前存在海水无机碳同位素的显著升高, 可能是生产力快速恢复导致的有机碳埋藏增加引起的。由此可见, 雪球地球冰期的快速消融, 导致了全球海洋初级生产力迅速恢复, 并伴随有广泛的缺氧硫化、硫酸根浓度升高、有机碳的埋藏等一系列的响应, 为大气氧含量的增加以及新元古代真核生命的演化奠定了基础。

### 参考文献

**关键词** 雪球地球; 成冰纪; 黄铁矿; 硫同位素; 初级生产力



摘要 ID:961

主题分类：古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型：展板

## 华南樟村坪地区上、下磷矿层的元素地球化学特征差异及其对古环境的指示

白玛曲宗<sup>1,2</sup>、朱祥坤\*<sup>1</sup>、闫斌<sup>1</sup>、高兆富<sup>1</sup>

1. 中国地质科学院地质研究所
2. 中国地质大学(北京)

磷是重要的营养元素。位于鄂西黄陵隆起北缘的樟村坪地区，是华南最重要的工业磷矿产地之一，主要赋矿层为埃迪卡拉纪陡山沱组二段中下部（下磷矿段）和中上部（上磷矿段）。由于对两层磷矿的研究缺乏系统的地球化学对比，不同矿层的成矿环境是否一致尚不明确。本研究拟选取樟村坪地区典型赋矿剖面，通过对不同层位磷矿进行岩相学和元素地球化学分析制约其成矿古环境和成因关系。

### 1. 地质和元素地球化学特征

樟村坪下磷矿段赋存于陡山沱组二段中下部。矿体主要为条带状磷块岩，与白云岩相间组成。磷矿石中的主要矿物主要为碳氟磷灰石，胶结物以白云质和磷质为主。矿石主要以颗粒结构和泥晶结构为主，相比于下磷矿段，上磷矿生物结构明显增多。

本研究中两层磷矿的磷矿石的 As、Cu、Sr、Ba、U 含量均高于正常沉积的海相碳酸盐岩。下磷矿段磷矿石的部分微量元素含量高于上磷矿段，如 V、Zn、Ba、Cd、Ni、Pb、Sr、Zr 等。上、下磷矿段的稀土元素分布特征存在以下几点差异：①上磷矿层呈现出中稀土富集的“帽型”配分模式，与典型的磷块岩稀土元素配分模式一致；下磷矿层具有较高的 LREE/HREE 比值，表现出轻微“右倾”的稀土配分模式（图 1）。②下磷矿层无 Ce 异常， $CeN/Ce^*N$  平均值为 0.98，而上磷矿层具有明显 Ce 负异常， $CeN/Ce^*N$  平均值为 0.68；③下磷矿层没有明显 Eu 异常， $EuN/Eu^*N$  平均值为 0.98，而上磷矿层具有轻微 Eu 正异常， $EuN/Eu^*N$  平均值为 1.15；④下磷矿层矿石 Y/Ho 值为 32.75，明显高于上磷矿 Y/Ho 值（42.31）（图 2）。

### 2. 沉积环境分析和成因讨论

樟村坪陡山沱组中的两层磷矿的元素地球化学特征存在明显差别，指示了其成矿古环境的差异。低氧/缺氧水体中具有较高的 LREE/HREE 比值，较低的 Y/Ho 比值以及较弱的 Ce 负异常 (Bau et al., 1997; Tostevin et al., 2016)。从下磷矿段到上磷矿段磷块岩的稀土配分模式从“右倾”变为“帽型”，Ce 异常表现为无异常到明显负异常，以及上磷矿段的 Y/Ho 值比下磷矿段高，表明樟村坪磷矿层由下部到上部沉积环境由缺氧-氧化的转变。氧化转变促进了初级生产力，进一步促进了生物作用相关的磷块岩沉积，这与上磷矿更常见生物结构的特征一致。

（由于字数限制，完整摘要已上传附件）

**参考文献** Bau, M., Moller, P., Dulski, P., 1997. Yttrium and lanthanides in eastern Mediterranean seawater and their fractionation during redox-cycling[J]. *Marine Chemistry*, 56: 123-131. Tostevin, R., Wood, R. A., Shields, G. A., et al., 2016. Low-oxygen waters limited habitable space for early animals[J]. *Nat Commun*, 7: 12818

**关键词** 樟村坪地区；磷矿；元素地球化学；古环境



摘要 ID: 2918

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 埃迪卡拉纪-寒武纪转折期气候变冷及其对地球表生系统的影响

陈代钊<sup>\*1,2,4</sup>、张恭境<sup>1,2</sup>、黄康俊<sup>3</sup>、刘牧<sup>1,4</sup>、黄泰誉<sup>1</sup>、Yeasmin Rumana<sup>1,5</sup>、付勇<sup>6</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所

2. 中国科学院大学

3. 西北大学大陆动力学国家重点实验室

4. 中国科学院地球科学创新研究院

5. Department of Geological sciences, Jahangirnagar University, Savar, Dhaka, 1342, Bangladesh

6. 贵州大学资源与环境工程学院

埃迪卡拉纪—寒武纪 (E—C) 转折期是地球从隐生宙迈向显生宙的关键过渡时期。在此期间, 全球构造格局、大气海洋环境、海洋化学状态、古气候条件、生物面貌都发生了巨大的变化。重建这一时期的古地理、古气候、古海洋环境将有助于理解圈层相互作用机制及其对 E—C 转折期标志性时限沉积物 (黑色页岩、磷块岩等) 以及生物演化的重要影响。

为此, 我们以黔东南黄埃迪卡拉系—寒武系界线地层序列的深水剖面为研究对象, 开展了高精度的  $\delta^{26}\text{Mg}$ , CIA, Al/Ti 地层研究, 发现在 E—C 转折期  $\delta^{26}\text{Mg}$ , CIA, Al/Ti 值发生了同步的大幅下降, 表明化学风化强度明显降低、气候显著变冷。基于该时期全球大地构造格局, 我们认为在埃迪卡拉纪末期, 随着冈瓦纳大陆的形成, 大陆面积的大幅增加强化了化学风化作用, 强烈的化学风化作用消耗了大量的温室气体  $\text{CO}_2$ , 从而导致了在 E—C 转折期气候的变冷, 这次气候变冷事件可能与中高纬度高寒地区的报道的大陆冰川事件存在时间上的对应关系。之后在寒武纪早期, 随着古大西洋的开启使洋中脊长度增加、以及火山/海底热液频发, 大量的温室气体  $\text{CO}_2$  进入大气圈, 从而使气温上升, 造成  $\delta^{26}\text{Mg}$ 、CIA、Al/Ti 值同步增高。E—C 转折期气候变冷不仅会改变海洋循环样式、营养物质再分配、生物初始产力、海水化学性质与结构, 造成一些特殊的时限性沉积 (如磷块岩、黑色页岩), 同时也会对后生动物的演化产生重大的影响。

### 参考文献

**关键词** 埃迪卡拉纪—寒武纪转折期; 大陆风化作用降低; 气候变冷; 中高纬度大陆冰川; 圈层相互作用



摘要 ID: 3209

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 展板

## 局限盆地黑色页岩对晚埃迪卡拉纪海水 Mo 同位素组成的限定

谭昭昭、贾望鲁\*、李杰

中国科学院广州地球化学研究所

埃迪卡拉生物群对揭示寒武纪生命大爆发之前的宏体生物演化具有十分关键的意义, 很多研究认为与晚埃迪卡拉纪深海氧化程度的增加等海洋环境的变化密切相关。Mo 的地球化学行为主要受控于氧化还原条件, 其同位素组成在全球不同大洋中具有非常强的均一性, 因而全球海水的 Mo 同位素组成是限定海洋氧化还原状态的关键指标。早期有研究根据华南陡山沱组 IV 段黑色页岩的分析结果推测当时全球海水的  $\delta^{98}\text{Mo}$  值不低於 2.0‰, 指示了海洋氧化程度的显著增加 (Kendall et al., 2015)。但随后许多研究表明影响这套黑色页岩 Mo 同位素组成的因素十分复杂, 因而其对全球海水 Mo 同位素组成的限定仍存在很大争论 (Kurzweil et al., 2015; Ostrander et al., 2019; Ye et al., 2020; Qin et al., 2022)。

现代海洋研究表明, 局限盆地硫化条件下形成的沉积物最有可能捕获全球海水的 Mo 同位素组成, 但目前很少有针对晚埃迪卡拉纪局限盆地黑色页岩 Mo 同位素变化规律与机制的报道。本次工作对重庆城口盆地一口钻井的黑色页岩样品开展了研究, 结果表明: (1) 铁组份与黄铁矿分布指示其主要形成于硫化底水条件, Mo 含量反映其经历了由开放到局限到再开放三个阶段。(2) 黑色页岩的  $\delta^{98}\text{Mo}$  为 -0.01‰ 到 1.27‰, 与 Mn、V 含量的负相关性指示其负偏趋势主要受锰氧化物穿梭作用的控制, 而具有较高  $\delta^{98}\text{Mo}$  的样品沉积于盆地局限时期的硫化条件下。(3) 盆地内锰输入量的增加可能主要受区域热液活动增强的影响, 也可能与盆地连通性的再次增加有关, 这些过程以及氧化还原条件共同控制了锰氧化物穿梭作用对 Mo 同位素组成的影响程度。

晚埃迪卡拉纪沉积岩的统计结果表明, 局限-半局限盆地中样品  $\delta^{98}\text{Mo}$  的变化总体较小, 但导致  $\delta^{98}\text{Mo}$  变化的因素有所不同, 可能导致这些样品最高的  $\delta^{98}\text{Mo}$  略低于开放大洋海水的值。根据城口地区黑色页岩  $\delta^{98}\text{Mo}$  值与锰氧化物穿梭指标之间的负相关关系, 估计其沉积时期全球海水的  $\delta^{98}\text{Mo}$  值为 1.3-1.6‰。该值略高于成冰纪和埃迪卡拉纪早-中期全球海水的  $\delta^{98}\text{Mo}$  值, 表明埃迪卡拉纪晚期海洋氧化程度更接近中生代海洋缺氧事件, 而非现代海洋。

**参考文献** Kendall B, Komiya T, Lyons T. W., et al., 2015. Uranium and molybdenum isotope evidence for an episode of widespread ocean oxygenation during the late Ediacaran Period [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta* 156: 173-193. Kurzweil F, Drost K, Pašava J, et al., 2015. Coupled sulfur, iron and molybdenum isotope data from black shales of the Teplá-Barrandian unit argue against deep ocean oxygenation during the Ediacaran [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta* 171: 121-142. Ostrander C M, Sahoo S K, Kendall B, et al., 2019. Multiple negative molybdenum isotope excursions in the Doushantuo Formation (South China) fingerprint complex redox-related processes in the Ediacaran Nanhua Basin [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta* 261: 191-209. Qin Z, Xu D T., Kendall B, et al., 2022. Molybdenum isotope-based redox deviation driven by continental margin euxinia during the early Cambrian [J]. *Geochim. Cosmochim. Acta* 325: 152-169. Ye Y T., Wang H J., Wang X M., et al., 2020. Tracking the evolution of seawater Mo isotopes through the Ediacaran-Cambrian transition [J]. *Precambrian Res.* 350: 105929.

**关键词** Mo 同位素; 锰氧化物穿梭; 黑色页岩; 城口盆地; 晚埃迪卡拉纪



摘要 ID:2318

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 海洋溶解有机碳缓冲迟滞元古代海洋氧化

陈波<sup>1</sup>、胡春林<sup>1</sup>、Benjamin J. W. Mills<sup>2</sup>、Tianchen He<sup>2</sup>、Morten B. Andersen<sup>3</sup>、陈曦<sup>4</sup>、刘鹏举<sup>5</sup>、吕苗<sup>1</sup>、Robert J. Newton<sup>2</sup>、Simon W. Poulton<sup>2</sup>、Graham A. Shields<sup>6</sup>、朱茂炎\*<sup>1</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所
2. University of Leeds
3. Cardiff University
4. 南京大学
5. 中国地质科学院地质研究所
6. University College London

埃迪卡拉纪出现过多次重大的碳同位素负漂移事件, 尤其是以埃迪卡拉纪中期 (~570 Ma) 的 Shuram/DOUNCE (Doushantuo Negative Carbon isotope Excursion; 陡山沱负碳同位素偏移) 最为显著, 这次事件通常被解释代表一次海洋氧化事件, 这次氧化事件可能为后生动物的早期辐射创造了有利条件。最近, 我们在三峡地区南沱村剖面陡山沱组 II 段地层 (~610Ma) 识别出一个与 DOUNCE 事件级别相同, 但持续时间更短 (~1.5 Ma) 的碳同位素负偏移事件, 这次事件时间上相当于先前报道 WANCE 事件 (Weng's An Negative Carbon isotope Excursion; 瓮安负碳同位素偏移)。为了弄清这一负漂移事件发生原因, 我们对其开展了详细的碳、硫、铀、锶等多同位素分析, 研究结果显示, 这次漂移记录一次由大陆风化增强导致的硫酸输入增加所触发的短暂海洋氧化事件。大陆风化增加所带来的氧化剂 (SO<sub>4</sub>) 使深海溶解有机碳库 (DOC) 被迅速氧化, 导致碳酸盐 δ<sup>13</sup>C 急剧下降 (最低点 ~-10‰), 随着风化作用减弱, 氧化剂耗尽, 海洋迅速恢复到缺氧状态, 同时 δ<sup>13</sup>C 恢复到正值。这一模式与 Shuram/DOUNCE 异常极其一致, 表明脉冲式氧化剂输入增加可能是导致埃迪卡拉纪极端负碳同位素偏移 (氧化事件) 主要驱动因素, 这种海洋氧化还原状态和氧化剂供应之间的动态平衡强烈支持 Rotman 提出的在元古代深海存在一个巨大的溶解有机碳库 (DOC) 的假设, 这一碳库的存在是阻止元古代海洋彻底氧化的重要原因。发生在埃迪卡拉纪早期的 WANCE 事件, 可能标志着这一大型深海溶解有机碳库开始走向解体, 随后多次持续时间更长、强度更大的脉冲式氧化剂输入事件, 不断消耗 DOC 库, 促使其在早寒武世最终消亡, 为复杂海洋生态系统的出现扫清了障碍。

### 参考文献

**关键词** 溶解有机碳库, 氧化事件, 锶同位素, 铀同位素, 硫同位素



摘要 ID:2918

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 埃迪卡拉纪海洋白云石与方解石沉积的 DOM 调控模型: 对“白云石问题”的启示

王威<sup>1</sup>、李超<sup>2,3,4</sup>、Matthew S. Dodd<sup>2,3,4</sup>、Thomas J. Algeo<sup>1,5,6</sup>、张子虎<sup>2,3,4</sup>、程猛<sup>2,3,4</sup>、侯明才<sup>2,3</sup>

1. 中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室
2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室&沉积地质研究院
3. 成都理工大学自然资源部深时地理环境重建与应用重点实验室
4. 成都理工大学国际沉积地球化学与生物地球化学研究中心
5. 中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室
6. 美国辛辛那提大学地质学系

埃迪卡拉纪(~635-539 Ma)地层在全球范围内广泛记录了地质历史上最为显著的碳酸盐岩无机碳同位素( $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ )负偏事件(最负值可达-12‰ VPDB),即 SE (Shuram Excursion) 事件 (Grotzinger et al., 2011)。在我国华南地区埃迪卡拉纪陡山沱组及同时期全球其他地区与 SE 相关的地层中,我们发现白云岩与灰岩地层之间广泛存在互层现象,表明埃迪卡拉纪海洋中白云石与方解石沉积模式的频繁变换,同时这种互层现象也与 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 的波动之间存在较好的对应关系。为了解释这种互层现象,在通过碳酸盐矿物含量、Mn/Sr、 $\delta^{18}\text{O}_{\text{carb}}$ 及 XRD 等指标排除受后期成岩作用及非碳酸盐矿物明显干扰的样品后,我们获得了来自全球 17 个 SE 相关剖面共计 991 组碳酸盐岩样品的 Mg/(Mg+Ca)及 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 数据。根据 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  vs Mg/(Mg+Ca)散点图,我们发现以白云石为主样品[Mg/(Mg+Ca) > 0.36]的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 值为-10‰至+7‰,以方解石为主样品[Mg/(Mg+Ca) < 0.04]的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 值为-10‰至-5‰,而白云石与方解石混合样品[0.04 < Mg/(Mg+Ca) < 0.36]的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$ 值呈-10‰至-5‰和+4‰至+8‰的双峰分布。

受 DOM 诱导白云石假说(Liu et al., 2020)、埃迪卡拉纪海洋高度氧化还原分层模型(Li et al., 2010, 2020)及超大型溶解有机碳(DOM)库假说(Rothman et al., 2003)的启发,我们提出了“DOM 调控模型”来解释埃迪卡拉纪海洋中白云石与方解石沉积模式,进而解释观察到的 $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  vs Mg/(Mg+Ca)数据分布模式。在该模型中,方解石沉积于低含量 DOM 环境,包括表层氧化水体和中等水深 DOM 氧化水体的近岸部分,前者的溶解无机碳(DIC)因与大气 $\text{CO}_2$ 平衡,其同位素组成( $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ ) > +4‰,后者因受 DOM 氧化所释放富 $^{12}\text{C}$ 馏分的影响,其 $^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ 为-10‰至+4‰;白云石沉积于高含量 DOM 环境,包括中等水深 DOM 氧化水体的远洋部分和深海缺氧水体,前者因受 DOM 氧化所释放富 $^{12}\text{C}$ 馏分的影响,其 $^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ 为-10‰至+4‰,后者由于 DIC 最终与大气 $\text{CO}_2$ 平衡,其 $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  > +4‰。该模型中不同水深处的碳酸盐矿物沉积模式均得到了能表征碳酸盐矿物沉积水体氧化还原程度的多项指标[ $\delta^{34}\text{S}_{\text{CAS}}$ 、Ce 异常、 $1/(\text{Ca}+\text{Mg})$ ]支持。

我们的研究凸显了埃迪卡拉纪海洋大规模白云岩的形成与当时海洋中超大型 DOM 库之间可能存在的联系,也为深时海洋系统中白云岩的起源与广泛分布以及产生白云石的海水化学条件(即“白云岩问题”)提供了全新的研究视角。

**参考文献** Grotzinger J P, Fike D A, Fischer W W. Enigmatic origin of the largest-known carbon isotope excursion in Earth's history[J]. Nature Geoscience. 2011, 4(5): 285-292. Li C, Love G D, Lyons T W, et al. A stratified redox model for the Ediacaran ocean[J]. Science. 2010, 328(5974): 80-83. Li C, Shi W, Cheng M, et al. The redox structure of Ediacaran and early Cambrian oceans and its controls[J]. Science Bulletin. 2020, 65(24): 2141-2149. Liu D, Xu Y, Yu Q, et al. Catalytic effect of microbially-derived carboxylic acids on the precipitation of Mg-calcite and disordered dolomite: Implications for sedimentary dolomite formation[J]. Journal of Asian Earth Sciences. 2020, 193: 104301. Rothman D H, Hayes J M, Summons R E. Dynamics of the Neoproterozoic carbon cycle[J]. Proc Natl Acad Sci U S A. 2003, 100(14): 8124-8129.

**关键词** Doushantuo Formation; Shuram Excursion; carbon isotopes; dissolved organic matter; ocean stratification



摘要 ID:540

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 寒武纪生命大爆发时期南华盆地的古盐度重建

张洪杰<sup>1</sup>、樊海峰\*<sup>1</sup>、张放<sup>1</sup>、温汉捷<sup>1,2</sup>

1. 中国科学院地球化学研究所

2. 长安大学地球科学与资源学院

与海洋的氧水平和营养盐的补给类似,海水的盐度同样被认为是早期生命演化的重要控制因素 (Zhang et al., 2014)。前人初步的建模研究表明,在埃迪卡拉纪-寒武纪转折期全球海洋的盐度发生了快速的下降,然而,该时期盐度的详细演化历史及其与早期生命演化的联系尚缺乏系统的评价。此次研究针对南华盆地的梅树村(云南昆明)、王家坪(湖北宜昌)、织金(贵州毕节)和道坨(贵州铜仁)等四个不同水深的剖面开展了高精度的B/Ga和B/K比值分析,系统探讨了寒武纪早期(~526-515 Ma)南华盆地的古盐度条件及其与寒武纪生命大爆发的联系。结果显示,浅水的梅树村(B/Ga =  $13.8 \pm 2.3$ 和B/K =  $73.5 \pm 15.7$ )和王家坪地区(B/Ga =  $20.6 \pm 2.7$ 和B/K =  $101.1 \pm 17.1$ )普遍发育超咸的水体。与此不同的是,结合前人的工作(Cheng et al., 2022),南华盆地的中-深水主要为弱微咸-正常海水的盐度条件,例如在半深水的织金(B/Ga =  $8.0 \pm 1.1$ 和B/K =  $48.2 \pm 4.5$ )和道坨剖面(B/Ga =  $6.4 \pm 1.6$ 和B/K =  $57.6 \pm 12.3$ )以及深水的袁家(B/Ga =  $4.3 \pm 2.7$ )和扎拉沟(B/Ga =  $6.1 \pm 1.2$ )剖面。值得注意的是,浅水地区在~526 Ma和~518 Ma的两个时间节点可能短暂的发育正常的海水盐度条件(分别称为LS1和LS2),期间,水体的盐度可能已经适合生命的演化。结合前人的氧化还原条件研究,在LS1期间,浅水可能短暂缺氧(Wei et al., 2020),因此只发育了大量耐缺氧的海绵动物,指示氧化还原环境对生命演化的限制。另外,在LS1-LS2的高盐度条件期间,虽然浅水迅速氧化,该时期的南华盆地缺少重要的生物群记录,指示盐度对早期生命演化的控制。重要的是,在LS2期间(~518 Ma),当氧化的水体和正常的海水盐度在浅水区同时发育时,寒武纪生命大爆发达到了巅峰。因此,我们认为海水的盐度对早期的生命演化同样起着重要的控制作用。

**参考文献** Cheng, M., Zhang, Z., Jin, C., Wei, Wei., Wang, H., Algeo, Thomas., Li, Chao., 2022. Salinity variation and hydrographic dynamics in the early Cambrian Nanhua Basin (South China). *Sci. China: Earth Sci.* 1674-7313, 2022. Wei, G., Planavsky, N. J., Tarhan, L. G., He, T., Wang, D., Shields, G. A., Wei, W., Ling, H., 2020. Highly dynamic marine redox state through the Cambrian explosion highlighted by authigenic  $\delta^{238}\text{U}$  records. *Earth Planet. Sci. Lett.* 544, 116361. Zhang, X., Shu, D., Han, J., Zhang, Z., Liu, J., Fu, D., 2014. Triggers for the Cambrian explosion: Hypotheses and problems. *Gondwana Res.* 25, 896-909.

**关键词** 寒武纪生命大爆发、南华盆地、古盐度、B/Ga比值、B/K比值



摘要 ID:1206

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 拉曼地质温度计初探澄江生物群和清江生物群热成熟度

乔昱衡、崔琳浩、张兴亮\*  
西北大学

布尔吉斯页岩型特异埋藏化石宝库为我们研究动物的早期演化提供了丰富的信息。在全世界 50 多个寒武纪布尔吉斯页岩型沉积中,澄江生物群和清江生物群闻名于其软躯体类群的丰富性、保存的精美性和所处。虽然风化对化石产生的影响已经得到了深入的研究,但这两个生物群所在地层单元的热成熟度还尚未被阐明。我们使用了两种独立的方法来研究这两两大生物群所经历的最高变质温度。Basinmod 计算机软件盆地模拟分析结果显示澄江生物群化石所在地层在早三叠世埋藏达到最大深度——约为 8500 米,最高温度达 300°C;而清江生物群的模式产地——津洋口剖面在早侏罗世时埋深达到最大——约 8700 米,最大温度达 240°C;天柱山剖面与津洋口剖面经历了一样的埋藏过程,但其最大埋深达到了 9700m,对应最大温度达到了 270°C。。拉曼地质温度计对化石中含碳物质的分析表明,最高温度在不同的化石产地之间有所不同。澄江生物群的三街子剖面 and 棠梨坡剖面所经历的最高变质温度分别为 301±50 °C 和 308±50 °C,红军哨剖面所经历最高温度为 236±21°C;清江生物群津洋口剖面经历最高变质温度为 238±22°C,天柱山剖面最高变质温度为 279±33°C。两种方法所得结果相互佐证,证明本文还原的埋藏史和受热史具有可靠性。在所有已做过热成熟度研究的 BST 生物群中,清江生物群的热成熟度是最低的,最大程度减少了变质作用对化石信息的改变,可以为我们进一步研究 BST 特异埋藏化石库打开一扇新的大门。

**参考文献** 湖北省地质矿产局, 1996. 湖北省岩石地层[M]. &nbsp;武汉:&nbsp;中国地质大学出版社, 1-284. 罗胜元,&nbsp;刘安,&nbsp;李海,&nbsp;等, 2019. &nbsp;中扬子宜昌地区寒武系水井沱组页岩含气性及影响因素[J]. &nbsp;石油实验地质, 41 (01) 60-71. 王洪江,&nbsp;刘光祥, 2011. &nbsp;中上扬子区热场分布与演化[J]石油实验地质, 33 (02) 60-64. 王毅, 2015. 滇东曲靖地区筇竹寺组页岩气成藏地质特征分析[D]. &nbsp;徐州:&nbsp;中国矿业大学. 云南省地质矿产局, 1996. 云南省岩石地层[M]. &nbsp;武汉:&nbsp;中国地质大学出版社, 1-366. Baludikay B K., Franc ois C, Sforina M C, et al., 2018. Raman microspectroscopy, bitumen reflectance and illite crystallinity scale: comparison of different geothermometry methods on fossiliferous Proterozoic sedimentary basins (DR Congo, Mauritania and Australia) [J]. International Journal of Coal Geology 191: 80-94. Kouketsu Y, Mizukami T, Mori H, et al., 2014. A new approach to develop the Raman carbonaceous material geothermometer for low-grade metamorphism using peak width [J]. Island Arc 23: 33-50.

**关键词** 澄江生物群, 清江生物群, 拉曼地质温度计, 热历史, 埋藏史





摘要 ID:1216

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 展板

## 黑色页岩不同组分锂同位素组成及对大陆风化的指示

殷一盛、魏广祎\*

南京大学

黑色页岩沉积是在物理沉积过程中较深的位置进行的, 代表了一个还原甚至是缺氧硫化的沉积环境。早期前人对于前寒武黑色页岩的研究多以反应古环境的氧化还原状态为主, 如通过提取黑色页岩中的铁组分来判断古沉积环境 (Poulton and Canfield, 2005)。随着色谱分析技术以及质谱技术的发展, 同位素研究也慢慢开始把黑色页岩作为研究对象。目前有研究表明在华南大塘坡组底部有一个明显的锂同位素组成值的负漂移伴随着同时期沉积物中 TOC 的上升 (Wei et al., 2020), 指示了一次短时间的大陆硅酸盐化学风化的增强及可能的生产力提高。但是另有工作提到, 一些陆源有机质 (包括煤和干酪根等) 的锂同位素组成值普遍远低于自然界样品的锂同位素组成值 (Teichert et al., 2020)。因此对于有机质含量偏高的黑色页岩来说, 有机质内可能的锂同位素组成低值就成为了很重要的干扰项, 故在使用黑色页岩锂同位素组成作为研究大陆风化的指标之前, 需要率先排除有机物组分的影响。因此与前人的研究方式不同, 本研究旨在按照分步淋滤的方法, 对样品进行先后总共 3 步不同的淋滤流程, 依次提取得到黑色页岩当中可交换态组分, 有机质&黄铁矿组分以及硅酸盐晶格组分, 然后分别测试各个组分的锂同位素组成来揭示有机质的存在对黑色页岩全岩的锂同位素组成是否存在影响。此外, 本文准备了华南 3 个地区前寒武的样品, 进一步希望通过对各个时间段黑色页岩不同组分锂同位素的分析, 更加精确地指示在新元古代晚期硅酸盐风化变化。

**参考文献** Poulton SW, Canfield DE, 2005. Development of a sequential extraction procedure for iron: implications for iron partitioning in continentally derived particulates[J]. *Chemical Geology*, 214(3-4):209-221. Teichert Z, Bose M, Williams LB, 2020. Lithium isotope compositions of U.S. coals and source rocks: Potential tracer of hydrocarbons[J]. *Chemical Geology*, 549:119694. Wei GY, Wei W, Wang D, et al., 2020. Enhanced chemical weathering triggered an expansion of euxinic seawater in the aftermath of the Sturtian glaciation[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 539:116244.

**关键词** 黑色页岩淋滤; Li 同位素; 大陆风化



摘要 ID:2967

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 鄂西黄陵背斜周缘埃迪卡拉纪灯影组地层序列

安志辉<sup>1,2</sup>、叶琴<sup>3</sup>、童金南<sup>3,4</sup>、田力<sup>4</sup>、赵小明<sup>2,5</sup>

1. 中国地质调查局武汉地质调查中心
2. 古生物与地质环境演化湖北省重点实验室
3. 中国地质大学(武汉)地球科学学院
4. 生物地质与环境地质国家重点实验室
5. 中国地质科学院岩溶地质研究所

华南峡东地区埃迪卡拉纪灯影组地层中保存了寒武纪大爆发之前包括西陵峡生物群和石板滩生物群在内的大量埃迪卡拉纪宏体化石记录,是研究早期生命演化的热点地层单元之一。长期以来,灯影组地层的研究主要集中在黄陵背斜东南缘地区,其灯影组一般划分为蛤蟆井段、石板滩段和白马沱段三个岩性段。然而,灯影组在黄陵背斜周缘不同区域的岩性特征、地层单元厚度等多个方面存在较大的差异,使得其在黄陵背斜周缘的对比关系仍然存在疑问,并且与滇东地区和陕南地区的灯影组之间也没有能够建立更好的联系。这制约了埃迪卡拉纪晚期区域地层对比和对早期生命演化过程的认识。

围绕鄂西黄陵背斜周缘对灯影组地层开展大量野外地质调查工作,以典型剖面为代表,辅以关键层段的短剖面,依据岩性变化,将黄陵背斜周缘灯影组地层归纳出7种类型,并建立峡东地区灯影组岩石地层对比格架(图1)。黄陵背斜南缘的雾河型和北东缘的樟村坪型自下而上均可划分为蛤蟆井段、石板滩段和白马沱段,但二者石板滩段岩性具有明显差异,前者为深灰色-灰黑色薄层状灰岩,而后者为深灰色皮壳状白云岩。与之相比,黄陵背斜东缘和东南缘的晓峰型和灯影峡型灯影组顶部多一个天柱山段,可与岩家河组对比;晓峰型灯影组石板滩段仅在下部发育深灰色-灰黑色薄层状灰岩,之上为薄层状白云岩夹中厚层状白云岩。而在黄陵背斜西翼,青林口型、芝麻坪型和麻溪型灯影组蛤蟆井段之上多一个庙河段,可与雾河型石板滩段下部对比;芝麻坪型和麻溪型灯影组石板滩段具有下部为深灰色-灰黑色薄层状灰岩和上部为深灰色-灰黑色薄层状白云岩的两分性。同时,结合岩石地层序列、Shaanxilithes的出现层位和已有同位素定年数据,将峡东地区灯影组石板滩段顶部、滇东地区灯影组旧城段上部和陕南地区灯影组高家山段下部建立对比关系。

综上,以大量详实的野外剖面为依据,建立黄陵背斜周缘灯影组地层格架,阐述区域上变化特征,为埃迪卡拉纪晚期地层对比提供重要支撑。

### 参考文献

**关键词** 埃迪卡拉纪;灯影组;地层对比;峡东;黄陵背斜



摘要 ID:266

主题分类：古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型：口头报告

## 早新元古代的底栖氧化绿洲环境

王海洋<sup>1,2</sup>、李超<sup>\*2</sup>

1. 南京大学，国际同位素效应研究中心
2. 中国地质大学（武汉），生物地质与环境地质国家重点实验室

对现代缺氧水体环境的研究发现了一些由底栖藻席通过产氧光合作用制造的局部含氧微环境，即“底栖氧化绿洲”。前寒武纪海洋被认为以广泛的缺氧水体为主，同时发育有底栖宏体藻类或微生物藻席。如果这些生物营产氧光合作用，该时期的“底栖氧化绿洲”则可能非常普遍。目前，对该假说尚缺乏明确的地球化学证据予以支持。本研究对我国华北燕山盆地早新元古代骆驼岭组含底栖龙凤山藻为主的龙凤山生物群化石及其上下层位开展了详细地球化学分析，为该时期海洋中的氧化绿洲环境提供了地球化学证据。我们发现（1）骆驼岭组不含化石层段的 $Fe_{HR}/Fe_T$ 比值较低（均值 $\sim 0.14$ ），指示其为氧化沉积环境；而 $Fe_{HR}$ 中含相当比例的 $Fe_{py}$ 和 $Fe_{carb}$ （高达44%），它们应形成于相对缺氧的沉积物孔隙水环境中，因而其 $\delta^{34}S_{py}$ 值整体较高（均值 $+34\text{‰}$ ）。（2）与之对应，含龙凤山生物群层段 $Fe_{HR}/Fe_T$ 相对较高（均值 $\sim 0.39$ ）且高度振荡，指示动荡的缺氧水体环境。然而，矛盾的是（3）该化石层段不含黄铁矿（ $Fe_{py}/Fe_{HR} \sim 0$ ），且氧化还原敏感元素无富集。更为重要的是，升高的 $Fe_{HR}$ 以氧化铁和磁铁矿占据主导（ $Fe_{ox+mag}/Fe_{HR} \sim 96-100\%$ ），远高于非化石层段，这些特征指示了更强的氧化条件。我们认为这些矛盾的地球化学记录可以由相对还原水体中底部富氧微环境的发育，即“底栖氧化绿洲”来解释，其可能是由微生物藻席与/或底栖宏体龙凤山藻通过产氧光合作用提高局部水体的氧含量来维持。这一发现为认识新元古代陆架地区透光带海洋氧化还原条件、铁循环及早期需氧生物特别是动物的进化提供了新思考。

### 参考文献

**关键词** 拉伸纪；龙凤山生物群；铁组分；氧化环境；底栖宏体藻类



摘要 ID:1325

主题分类：古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型：口头报告

## 新元古代至寒武纪早期华南海洋水循环及其对海洋化学演化的可能影响

程猛\*、李超

中国地质大学（武汉）

海洋的增氧常被认为是动物早期演化的关键触发因素，但已有研究对新元古代至寒武纪早期海洋氧化还原状态的认识却存在显著的矛盾，导致对两者关系的认识难以明确。造成该矛盾的原因之一在于对调控海洋中关键物质(如氧气、硫酸盐和营养盐等)的机制缺乏深入的认识。

海洋水循环是所有物质迁移、交换和作用的物理基础，我们综合运用铁组分、元素含量和非传统稳定同位素等多种手段对该时期的海洋水循环过程进行了系统研究。我们发现受控于罗迪尼亚大陆的裂解和冈瓦纳大陆的聚合，南华盆地的盆地结构在新元古代至寒武纪发生了显著变化，表现在盆地的盐度组成上既有短时间内的快速波动、又有长时间的持续增加，表明南华盆地在半开放状态下受到海水涌入和淡水输入的双重影响。强烈的淡水输入可能导致南华盆地在多个阶段(如寒武纪早期)存在的盐度和密度的分层，使得盆地内水体交换的减慢，而强烈的海水涌入会造成相反的结果。我们还发现在南华盆地内海水的交换不仅表现在横向上的两端元混合特征，还表现在垂向上的上升流发育和底水通风过程。

海洋水循环过程对盆地内的物质迁移具有显著的影响。强烈的盐度和密度分层所导致的海水交换受限会影响氧气和营养盐等物质的更新，有利于硫化的发育和有机质的积累。可能受此影响，在寒武纪早期南华盆地内广泛发育了硫化和富含有机质黑色页岩(Cheng et al., 2016, 2020, 2021c)。海水的涌入会打破密度的分层，导致海水交换的增强，受此影响，成冰纪大塘坡组 I 段沉积表现为硫化和铁化的交替发育(Cheng et al., 2021a)。垂向上的水体交换会将深部的营养盐和其它物质如 DOC 带至浅部，导致生产力的提高和 DOC 的氧化，这可以部分解释了埃迪卡拉纪陡山沱组 DOUNCE 时期海相重晶石的发育和地质历史上最大一次的碳同位素负偏的发育(Cheng et al., 2021b)。受限的水体交换还可能导致了表层水体和深部水体氧化还原状态的解耦，表现为海洋氧化还原状态的空间差异性和元素生物地球化学循环的空间差异性特征(Cheng et al., 2016)。在长周期(百万年尺度)上，受限的水体交换所导致的黄铁矿和有机质的埋藏有利于大气氧气的净积累，将导致大气-海洋系统整体氧化程度的增加，而这可能是触发动物早期演化的重要原因(Cheng et al., 2018)。

### 参考文献

**关键词** 氧化还原状态，生产力，华南，环境与生命演化



摘要 ID:1694

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 多硫同位素揭示早期钙质骨骼动物因环境缺氧而消失

黄晶\*

中国科学院海洋研究所

最早的钙质骨骼动物（比如 *Cloudina*）在晚埃迪卡拉纪的出现和消失被认为与海洋的氧化还原环境变化关系密切。我们对华南板块北缘的埃迪卡拉纪高家山组沉积物进行了黄铁矿和碳酸盐中微量硫酸盐（CAS）的多硫同位素（ $^{32}\text{S}$ ,  $^{33}\text{S}$ , and  $^{34}\text{S}$ ）研究。结果显示在高家山组 *Cloudina* 段中，硫的代谢主要以硫的歧化反应为主，到了 *Cloudina* 消失的时候，硫的代谢过程变成了以细菌硫酸盐还原反应为主，说明 *Cloudina* 消失可能与环境变还原有关。硫同位素模型分析发现，在 *Cloudina* 阶段的沉积环境在不断地变还原。我们重新整理了已发表的来自 Oman 的相关数据，发现其 *Cloudina* 阶段的硫同位素也能够反映相似的沉积环境变化。通过对碳同位素等其他资料的综合考虑，我们提出 *Cloudina* 与微生物席的交互生态系统广泛分布于晚埃迪卡拉纪的浅海区域。在氧气有限的海洋中，光合微生物席的繁盛可以为 *Cloudina* 提供额外的氧气支持，但也带来更多的有机质产出和埋藏。在这样的海底生态系统中，长期积累的有机碳会消耗更多的氧气，导致环境氧气的不断减少，并最终导致 *Cloudina* 的消失。

参考文献

关键词 多硫同位素; *Cloudina*; 埃迪卡拉纪



摘要 ID:3167

主题分类: 古海洋与古气候=》新元古代-早古生代转折期地球环境与生命协同演化

最终交流类型: 口头报告

## 深时冻土识别及意义——以豫西新元古代-早古生代转折期楔状构造为例

王玉冲<sup>1,2</sup>、旷红伟<sup>\*</sup>、柳永清<sup>1</sup>、赵峰华<sup>2</sup>、彭楠<sup>1</sup>、陈晓帅<sup>1</sup>、祁柯宁<sup>1,3</sup>

1. 中国地质科学院地质研究所
2. 地球科学与测绘工程学院, 中国矿业大学(北京)
3. 资源与环境工程学院, 合肥工业大学

冰冻圈冻土对全球气候变化极为敏感, 是地球气候变化的敏感指示器。地质历史时期(深时)冻土可以为地球演化中的重大气候波动研究提供直接证据, 对现今应对全球气候变化与生命-环境关系研究也具有重要的现实意义。然而, 深时冻土遗迹保存条件苛刻, 只在古元古代休伦冰期、成冰纪、晚古生代和早白垩世等地层中发现和报道, 为深时冻土研究带来挑战。本研究以华北克拉通南缘汝州地区新元古代罗圈冰碛岩与寒武系辛集组界线上发现的楔状构造群为对象, 从楔分类、形态、结构和围岩特征出发, 论证其成因和地质意义。

楔状构造群从辛集组底部呈V形发育, 并向下贯入罗圈组冰碛岩; 楔状构造深度在0.2-4 m, 顶部宽度在3-25 cm, 顺层展布, 多方位延伸; 楔内填充物以中细砾级、砂级石英、砂岩碎屑为主, 砾级颗粒为大多垂向排列集中于楔体中上部, 砂级颗粒具垂直纹层。对比现代冰冻圈冷生成因楔状构造, 表明该楔状构造兼具冰冻圈冻土的原生砂楔、冰楔铸体特征, 发育在相对干燥和寒冷的冰缘地区。综合考虑到罗圈冰碛岩为围岩、辛集组滨岸砂岩为上覆层和源岩, 华北南缘冻土冷生楔主要由埃迪卡拉纪晚期-早寒武世华北克拉通内干燥的下行风和寒流主导, 寒武纪初期全球性海平面上升为其埋藏和保存提供了有利条件。

新元古代-早古生代转折期是生物急遽迭代和演化的关键期, 处于中低纬度华北克拉通上的冷生楔可能是罗圈冰期冰川消退时在冰川外缘发育的冻土标志性构造, 也不排除早寒武世海侵沉积初期华北克拉通南缘低温冻土的产物。冻土冷生楔在新元古代-早古生代转折期地层中的发现为新元古代-早古生代转折期全球气候波动研究提供了直接沉积记录和证据。进一步引出的新元古代-早古生代转折期气候异常与冰冻圈进退问题, 以及如何评估这次气候事件对埃迪卡拉生物向小壳生物更迭、寒武纪生物大爆炸的影响是进一步研究的方向。

本文由国家重点研发计划(2022YFF0800302、2016YFC0601001)、国家自然科学基金(42072135)、中国地质调查局项目(DD20221649)和北京科委国际创新资源合作项目(Z201100008320007)共同资助。

参考文献 略

关键词 华北南缘; 罗圈组; 辛集组; 古冻土; 冷生楔



# 古海洋与古气候

## 中生代气候环境演变与沉积记录



摘要 ID:2891

主题分类：古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型：展板

## 白垩纪—古近纪时期东亚低纬地区的陆地高温记录

殷艺天<sup>1</sup>、顾雪<sup>1</sup>、张来明\*<sup>1</sup>、尹润生<sup>2</sup>、文一雄<sup>1</sup>、金天杰<sup>1</sup>、王成善<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. 中国科学院地球化学研究所

定量重建深时高大气二氧化碳浓度下的温室气候是预测未来气候演化的关键，能够为探索地球系统对极端气候事件的响应提供借鉴。近年来，越来越多研究指出，温室时期低纬地区陆地气候在调控全球气候系统动态平衡中发挥了重要作用。但温室时期低纬陆地温度数据较少，且基于替代性指标与古气候模拟重建的温度记录之间存在显著差异，这限制了对极热期地球气候系统如何响应的理解。白垩末期，德干大火成岩省的大规模喷发导致全球大气CO<sub>2</sub>浓度发生了短暂但强烈的变化，该时期位于较低纬度的南雄盆地保存了相对完整的上白垩统—下古新统地层，为研究这一时期陆地生态环境提供了绝佳素材。因此，本研究对中国南雄盆地上白垩统—下古新统地层开展了碳酸盐团簇同位素( $\Delta_{47}$ )地球化学与汞元素地球化学(THg)分析，发现古土壤碳酸盐结反映的白垩纪末期低纬陆地年平均温度约为30℃，远高于前人重建结果，与同时期海洋表层温度重建结果一致。研究结果与前人提出的全球系统“恒温器”机制相矛盾，支持了气候模拟中温室状态下热带高温的存在，并强调了极热期全球热量调控中低纬陆地的重要作用。此外，不同于该时期全球其他剖面中广泛存在的德干大火成岩省喷发导致的汞峰值，南雄盆地的沉积汞浓度远低于预期，研究认为南雄盆地的汞沉积可能受到了当时炎热干旱环境的影响而未能较好的保存下来。

参考文献

关键词





摘要 ID:253

主题分类：古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型：口头报告

## 四川盆地中侏罗世气候变化的深时古土壤记录

李军<sup>1,2</sup>、黄成敏<sup>\*2</sup>、文星跃<sup>3</sup>、杨国林<sup>4</sup>

1. 兰州城市学院城市环境学院
2. 四川大学环境科学与工程系
3. 西华师范大学国土资源学院
4. 兰州城市学院培黎石油工程学院

深时古气候研究不仅可为当前及未来全球气候变化提供借鉴，也有助于了解宜居地球的演化与形成。距今 1.74 亿 - 1.63 亿年前的中侏罗世期间，伴随着盘古大陆的裂解，剧烈的岩浆活动和大火成岩省以及西班牙通道 (Hispanic Corridor) 的拓宽和加深等事件深刻地影响着全球气候、生物和环境演变，同时，大小火流星撞击事件诱发了古气候环境突变。然而陆相记录的缺乏限制了人类对中侏罗世陆地气候环境的认识。本研究以深时古土壤野外成土特征为基础，在四川盆地中侏罗统沙溪庙组地层中辨识出 151 个深时古土壤剖面，结合深时古土壤的形态、微形态和地球化学等成土特征，发现四川盆地中侏罗统沙溪庙组古土壤为原生土 (Protosol)、泥质原生土 (Argillic Protosol) 和钙质土 (Calcisol)。深时古土壤成壤碳酸盐结核深度、化学风化 (CIA-K) 指数、盐化指数和深时古土壤风化指数 (PWI) 等多重指标定量重建结果显示中侏罗统沙溪庙组沉积期间四川盆地年均降水为 140 - 1140 mm，年均温度为 11 - 14 °C，属温带干旱 - 湿润交替波动变化的气候环境。四川盆地中侏罗世气候环境变化可能不仅与中侏罗世期间板块构造活动引起的盘古大陆裂解和东亚季风环流以及火流星撞击事件有关，还可能与中侏罗世期间区域构造运动导致的盆地内部山系隆起及古地理格局引起的焚风效应有关。

参考文献

关键词



摘要 ID:1123

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 晚白垩世松辽盆地青山口组一段沉积环境、岩相和 TOC 关系初探

李玉寅\*、曹永强  
中国地质大学(北京)

白垩纪是距现在最近的温室气候时期,研究白垩纪温室气候对与理解过去和预测未来的气候变化有重要意义。在白垩纪,松辽盆地曾是一个大型的内陆湖盆,最大深度超过一公里,保存有完整的白垩纪古气候记录。其中,青山口组形成于松辽盆地构造演化的热沉降拗陷阶段,发生了一次大规模的湖侵,主要为一套深色泥岩夹油页岩、灰色砂岩、粉砂岩沉积,以湖相沉积为主。在青山口组一段沉积时期,湖泊达到最大范围和最大深度,主要为一套深灰色、橄榄灰色、橄榄黑色泥岩为主的深湖相沉积,岩性大多属于由粒度小于  $62\ \mu\text{m}$  的细粒沉积物组成的细粒沉积岩范畴,是松辽盆地重要的烃源岩层。因此,了解细粒沉积岩沉积环境和有机质富集规律,对非常规油气的实际生产有重要意义。

松辽盆地“松科一井”大陆科学钻探工程获取了晚白垩世连续完整的陆相沉积岩心记录,为研究提供了良好基础。我们综合考虑,采用了较为通用且全面的由 Lazar 提出的方案,配合“划痕试验”,对松科 1 井青山口组一段总长 80.16m 的岩心进行了精细描述,并对颜色、岩性、沉积构造、含有物等进行了统计,试图初步揭示了沉积环境与 TOC (总有机碳) 周期性变化的关系。

我们识别出青一段主要岩性为深灰色粗粒泥岩、深灰色中粒泥岩、深灰色细粒泥岩、中深灰色粗粒泥岩、中深灰色中粒泥岩、中深灰色细粒泥岩、中灰色粗粒泥岩、橄榄灰色中粒泥岩、浅橄榄灰色白云岩、浅棕灰色泥质白云岩和火山灰。沉积构造有不连续直线状平行纹层、连续直线状平行纹层和无层理的块状构造。其中,不连续纹层可能反映了水动力相对较弱的环境,而连续纹层反映了水动力相对较强的环境。沉积相初判为深湖亚相和静水泥质沉积(深色块状泥岩)、浊流沉积(可见由浅色钙质粗泥质透镜体、条带和暗色中、细泥质组成的纹层的纹层状泥质岩)、白云岩沉积(白云岩夹层、结核)、泥灰岩沉积(泥灰岩夹层)和火山灰沉积 5 种沉积微相。将沉积构造、含有物在深度域上的分布特征与青一段 TOC 曲线和有机碳同位素曲线对比,我们发现具有块状构造、含较多黄铁矿、出现方解石脉或重结晶灰岩夹层的层位可以与 TOC 周期性富集的层位较好的对应起来。这可能反映了在水体为还原性条件下发生的静水泥质沉积有利于 TOC 的富集和保存。该发现对研究青山口组一段这一烃源岩层的富集规律有一定意义,对识别非常规油气中页岩油、页岩气的烃源岩可能有帮助。

**参考文献** 高有峰,王璞珺,程日辉,等,2009.松科 1 井南孔白垩系青山口组一段沉积序列精细描述:岩石地层、沉积相与旋回地层[J].地学前缘,16(02):314-323. 黄河,2018.晚白垩世松辽盆地青山口组高分辨率有机地球化学记录及其古气候意义[D].中国地质大学(北京). 王璞珺,高有峰,程日辉,等,2009.松科 1 井南孔白垩系青山口组二、三段沉积序列精细描述:岩石地层、沉积相与旋回地层[J].地学前缘,16(02):288-313. Hay W W, 2011. Can humans force a return to a ‘Cretaceous’ climate?[J]. Sedimentary Geology, 235(1-2):5-26. Lazar O R, Bohacs K M, Macquaker J, et al., 2015. Capturing Key Attributes of Fine-Grained Sedimentary Rocks In Outcrops, Cores, and Thin Sections: Nomenclature and Description Guidelines[J]. Journal of Sedimentary Research, 85(3):230-246. Yawar Z, Schieber J, 2017. On the origin of silt laminae in laminated shales[J]. Sedimentary Geology, 360:22-34.

**关键词** 青山口组; 细粒沉积岩; 沉积环境



摘要 ID:2115

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 伊朗西南部 Zagros 盆地早古近纪极热时期的沉积和环境响应

蒋璟鑫<sup>1,2</sup>、胡修棉<sup>\*2</sup>、Marcelle Kamal BouDagher-Fadel<sup>3</sup>、李娟<sup>2</sup>、许艺炜<sup>2</sup>、孙高远<sup>4</sup>

1. 南京大学

2. 南京大学 地球科学与工程学院, 江苏南京, 210023

3. Department of Earth Sciences, University College London, London, WC1H0BT

4. 河海大学 海洋学院, 江苏南京, 210098

早古近纪是新生代主要的碳循环和气候扰动时期, 包括了古新世-始新世极热事件 (PETM) 等一系列升温事件, 是研究当前气候变暖的良好地质实例 (Zachos et al., 2001; Westerhold et al., 2020)。本研究以伊朗西南部 Khormoj 剖面 Pabdeh 组中-下段碳酸盐岩为研究对象, 追踪中特提斯远洋环境下早古近纪极热时期的记录, 在重建地层时代、古环境与沉积过程基础上探讨极热事件与沉积和环境的关系。通过浮游有孔虫生物地层学研究, 限定 Pabdeh 组中-下段时代为 Thanetian 晚期至 Lutetian 晚期 (P4c-P12a; BouDagher-Fadel, 2015)。全岩碳同位素组成显示 4 次碳同位素扰动事件 (CIP), 同位素扰动幅度分别为 1.3‰, 2.1‰, 2.4‰和 3.0‰。通过与全球记录进行对比, 确定这 4 次 CIP 事件分别有可能对应 PETM 前偏移事件 (POE)、早始新世气候适宜期 (EECO) 以及中始新世极热事件 (METM)。根据碳酸盐颗粒、基质类型和生物化石组合, Pabdeh 组划分出 7 个微相类型, 整体为碳酸盐斜坡至盆地边缘环境, 无明显的海侵海退旋回变化 (Flügel, 2010)。根据微相类型以及野外沉积特征识别出 Pabdeh 组经历了 3 种不同的沉积过程: 正常远洋背景沉积、上升流沉积以及 (近源和远源) 浊流沉积。浊流沉积出现于 POE 启动段, 至 EECO 时期演化为大规模浊流沉积, 同时出现上升流沉积, 之上演化为正常远洋沉积, 期间 METM 时期出现远源浊流沉积。结合海平面、区域构造以及全球古地理和气候信息, 大规模浊流沉积的发育被认为是早古近纪高温气候下的产物 (Gray, 1968; Ziegler, 2001; Alavi, 2004; Cui and Schubert, 2017)。早古近纪时期, 极端高温和高大气 CO<sub>2</sub> 促使海表温度异常升高, 热带风暴频发, 当风暴流向岸发展, 裹挟悬浮的并扰动未固结的沉积物, 大量颗粒进一步混合形成浊流, 沿斜坡搬运至斜坡角或盆地深处 (Emanuel, 2016; Korty et al., 2017), 同时该时期风暴流和浊流的侵蚀作用可能导致了区域晚白垩与早古近纪侵蚀不整合的形成。

**参考文献** Alavi M, 2004. Regional stratigraphy of the Zagros fold-thrust belt of Iran and its proforeland evolution [J]. *American Journal of Science*, 304: 1–20. BouDagher-Fadel M K, 2015. Biostratigraphic and Geological Significance of Planktonic Foraminifera [M]. London: UCL Press, 1–298. Cui Y and Schubert B A, 2017. Atmospheric pCO<sub>2</sub> reconstructed across five early Eocene global warming events [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 478: 225–233. Emanuel K, 2017. Will global warming make hurricane forecasting more difficult? [J]. *American Meteorological Society*, 98(3): 495–501. Flügel, E., 2010. *Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application* [M]. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, New York, 1–976. Gray W M, 1968. Global view of the origin of tropical disturbances and storms [J]. *Mon. Weather Rev.*, 96: 669–900. Korty R L, Emanuel K A, Huber M et al., 2017. Tropical Cyclones Downscaled from Simulations with Very High Carbon Dioxide Levels [J]. *American Meteorological Society*, 30: 649–667. Westerhold T, Marwan N, Drury A J et al, 2020. An astronomically dated record of Earth's climate and its predictability over the last 66 million years [J]. *Science*, 369: 1383–1387. Zachos J, Pagani M, Sloan L et al., 2001. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to present [J]. *Science*, 292: 686–693. Ziegler M A, 2001. Late Permian to Holocene Paleofacies Evolution of the Arabian Plate and its Hydrocarbon Occurrences [J]. *GeoArabia*, 6(3): 445–503.

**关键词** 极热事件; 微相分析; 碳同位素; 浊流沉积; Zagros



摘要 ID: 2546

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地三叠纪—侏罗纪之交的天文年代标尺与偏心率 10 万年隐匿

张小宇<sup>1,4</sup>、方琳浩\*<sup>1,4</sup>、邱若原<sup>2,3</sup>

1. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室
2. 中国科学院地质与地球物理研究所 新生代地质与环境重点实验室
3. 中国科学院大学
4. 中国石油大学(北京)地球科学学院

显生宙以来,地质历史时期共发生了五次生物大灭绝事件。其中,距今约 201.3Ma 的三叠纪末大灭绝(end-Triassic mass extinction, ETE)使得全球海陆生态系统受到重创,在属的级别上至少有 50% 的海洋生物和陆地生物的灭绝。同时期发生着一系列重大地质事件:中大西洋开启,大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高 2-4 倍、全球平均气温升高 3-4°C、全球海平面波动、海水酸化和缺氧、野火事件频率显著增加等。导致这一系列重大事件的导火索归因于中大西洋火成岩省(Central Atlantic Magmatic Province, CAMP)的喷发。该时期生态系统的巨大波动也使得发育连续的层型界面难以保存。前人基于秘鲁 Pucara 盆地存在 *Psiloceras spelae* 菊石首现面,利用火山灰层锆石定年时间推出三叠系—侏罗系界线的近似时间,即 201.3±0.18Ma;综合美国 Newark 盆地的锆石定年和生物地层研究,三叠纪末灭绝事件发生的时间为 201.6±0.015Ma。但目前对于三叠纪—侏罗纪界线陆相高纬度地区生态系统缺乏“浮动”天文标尺的约束,三叠纪末大灭绝至三叠纪—侏罗纪之交的持续时间、生态系统的巨大波动下天文轨道周期的响应特征等科学问题尚不明确。因此,开展三叠纪—侏罗纪之交陆相高纬度地区的天文年代学研究,为进一步探究陆地生态系统的崩溃机制提供了天文标尺约束,对于揭示生态系统的演变以及天文轨道周期在特殊时期的记录具有重要意义。本研究以陆相高纬湖盆准噶尔盆地南缘的郝家沟剖面展开研究,基于磁化率数据对该剖面建立了“浮动”天文标尺,并与前人研究的岩性指数对比,结合该时期的 Laskar 天文周期模型(La2010),讨论该剖面的天文年代学特征。对磁化率和 Lith Index 数据进行深度域的多窗谱法频谱分析和滑动窗口频谱分析,并与主要的米兰科维奇旋回周期进行对比,识别出短偏心率 100kyr,分别建立浮动天文标尺。结果表明,磁化率约束下 ETE-TJB 持续时间为 291.2kyr, Lith Index 约束下为 288.2kyr,两者结果高度相似。同时,在滑动窗口频谱分析结果中可以看出,深度域磁化率数据序列中,ETE-TJB 时期存在短偏心率 100kyr 隐匿现象,斜率信号增强。根据 Laskar 天文周期模型(La2010),201.3Ma 时期未显示天文轨道周期异常,说明该时期的偏心率隐匿现象与生态系统环境的巨大波动有关,而非天文周期影响。本研究报道了三叠纪—侏罗纪之交来自陆相高纬度地区准噶尔盆地的天文年代学特征,为进一步探索陆相生态系统的崩溃提供了浮动标尺约束,为认识该时期生态系统的波动与偏心率 100kyr 的隐匿提供了依据。

### 参考文献

**关键词** 三叠纪—侏罗纪界线;准噶尔盆地;磁化率;天文年代标尺;偏心率隐匿



摘要 ID:1054

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 晚白垩世松辽盆地嫩江组化学风化记录中的米兰科维奇周期及其古气候意义

李祥、黄永建\*、王成善

中国地质大学(北京)地球科学与资源学院

陆相沉积物的风化记录有助于了解温室气候的陆地降水和温度变化(Liu et al., 2014)。旋回地层学能将孤立的陆相记录与其他地质信息联系起来(Wu et al., 2014)。近些年来,米兰科维奇周期已被证明是万年-十万年时间尺度上气候驱动的主导因素(Hinnov, 2013, 2018)。本文以松辽盆地大陆科学钻探松科一井北孔连续取芯的嫩江组二段湖相沉积记录为研究对象(Wang et al., 2013),通过岩芯扫描获取高分辨率的XRF元素记录,选取风化指标K/Ti、Rb/Sr,盐度指标Ca/Ti和粘土矿物输入指标Th-logging数据作为古气候替代性指标。对嫩二段3个风化指标(K/Ti, Rb/Sr和Th-logging)进行沉积速率的数值模拟分析(Li et al., 2018),拟定了该区间最佳沉积速率范围为5.1 ~ 6.7 cm/kyr,并建立一个浮动的天文年代标尺。基于各地化指标间的相互变化,对嫩二段的化学风化史进行划分,湿润期对应高化学风化强度,低盐度以及高粘土矿物输入,并在嫩二段底部发现极端干旱环境和由干旱到湿润气候的显著转换,这可能与桑托至坎帕阶边界的水文气候变化有关(Wang et al., 2020)。松辽盆地的干湿变化反映了当时地表较强的季节变化和水分流动,可能与古季风有关。倾角和岁差共同调节增加了湿润期的季节对比,从而放大了古季风效应,从而给松辽盆地带来了更多的水汽,导致降雨和径流的增加。利用XRF扫描数据K/Ti、Rb/Sr、Ca/Ti和Th-logging数据重建的古气候结果与前人研究结果一致,进一步验证了地球化学指标在古气候研究的可靠性。

**参考文献** Hinnov L A, 2013. Cyclostratigraphy and its revolutionizing applications in the earth and planetary sciences [J]. GSA Bulletin, 125: 1703-1734. Hinnov L A, 2018. Chapter One - Cyclostratigraphy and Astrochronology in 2018, in: Montenari, M. (Ed.), Stratigraphy & Timescales [M]. Academic Press, pp. 1-80. Li M S, Kump L R, Hinnov L A, et al., 2018. Tracking variable sedimentation rates and astronomical forcing in Phanerozoic paleoclimate proxy series with evolutionary correlation coefficients and hypothesis testing [J]. Earth and Planetary Science Letters, 501: 165-179. Liu J B, Chen J H, Selvaraj K, et al., 2014. Chemical weathering over the last 1200 years recorded in the sediments of Gonghai Lake, Lvliang Mountains, North China: a high-resolution proxy of past climate [J]. Boreas, 43: 914-923. Wang C S, Feng Z Q, Zhang L M, et al., 2013. Cretaceous paleogeography and paleoclimate and the setting of SKI borehole sites in Songliao Basin, northeast China [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 385: 17-30. Wang L, Tian Y K, Zhao J J, 2020. A rapid hydroclimate change and its influence on the Songliao Basin during the Santonian-Campanian transition as recorded by compound-specific isotopes [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 546: 109674. Wu H C, Zhang S H, Hinnov L A, et al., 2014. Cyclostratigraphy and orbital tuning of the terrestrial upper Santonian-Lower Danian in Songliao Basin, northeastern China [J]. Earth and Planetary Science Letters, 407: 82-95.

**关键词** 晚白垩世; XRF扫描; 松辽盆地; 米兰科维奇旋回; 化学风化作用



摘要 ID:1147

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地西缘晚三叠世卡尼期洪泛事件的研究进展及存在问题

金鑫<sup>\*1</sup>、时志强<sup>1</sup>、Paolo Mietto<sup>2</sup>、Piero Gianolla<sup>3</sup>、Marco Franceschi<sup>4</sup>、Manuel Rigo<sup>2,5</sup>、Marcello Caggiati<sup>3</sup>、Guido Roghi<sup>2,5</sup>、杜怡星<sup>1</sup>、Nereo Preto<sup>2</sup>

1. 成都理工大学

2. Department of Geosciences, Università degli Studi di Padova

3. Department of Physics and Earth Sciences, Università degli Studi di Ferrara

4. Department of Mathematics and Geosciences, University of Trieste

5. Institute of Geosciences and Georesources, C.N.R.

晚三叠世卡尼期洪泛事件 (Carnian Pluvial Episode, 简称为 CPE) 是地质历史中最著名的“雨季”事件。在 CPE 时期, 古气候极为湿润, 降雨量和陆地风化速率增强, 大量的陆源硅质碎屑输入海洋, 致使碳酸盐岩沉积中断; 与之伴随的是生物绝灭和碳同位素多次负偏。CPE 时期异常的生物环境响应及其机制已经成为当前国际地质学者们关注的热点问题之一。近三十年来, 国内外学者对卡尼期洪泛事件进行了大量的研究, 西北特提斯域被动大陆边缘地区是目前研究比较全面和深入的地区。与国外丰硕的 CPE 研究成果相比, 我国 CPE 研究起步较晚, 但也注意到了上三叠统卡尼阶中的岩性突变现象, 并取得了一些认识。时志强等 (2009) 在研究四川盆地西北部地区 CPE 时, 首次提出上三叠统卡尼阶马鞍塘组幕次沉积的黑色页岩与西北特提斯域卡尼阶地层中的黑色泥 (页) 岩具有等时对比性。在川西北绵竹汉旺地区, CPE 研究仍存在巨大争议。Shi 等 (2017) 主要根据岩性突变特征认为该处马鞍塘组中部碳酸盐台地消失和上覆黑色页岩沉积是 CPE 在东特提斯域的沉积学响应, 此观点被 Jiang 等 (2019) 的牙形石数据和 Li 等 (2020) 的碳同位素数据支持。然而, Jin 等 (2018, 2019) 和 Mietto 等 (2021) 综合利用菊石、牙形石、双壳以及孢粉等化石鉴定结果, 并结合锆石 U-Pb 定年和碳同位素数据, 认为该处岩性突变时间明显要晚于 CPE 启动时间; 且岩性突变层位处的碳同位素波动明显受到不同的碳源影响, 因此得出该地区马鞍塘组中部岩性突变现象与 CPE 无关的结论。Shi 等 (2019) 在川西北江油石元地区首次识别出 CPE 地层中有机碳同位素波动具有全球等时对比性。晚三叠世四川盆地作为古特提斯洋的重要组成部分, 该时期也是四川盆地及周缘“海陆变迁”的关键变革期。四川盆地 CPE 研究为完善全球 CPE 研究理论提供重要的数据支撑, 同时对研究晚三叠世以来古特提斯洋闭合对四川盆地及其周缘的沉积与古气候的影响提供借鉴和启示。

**参考文献** 时志强, 欧莉华, 罗凤姿, 李云, 钱利军, 2009. 晚三叠世卡尼期黑色页岩事件在龙门山地区的沉积学和古生物学响应[J]. 古地理学报. 11 (4): 375-383.

Jiang, H., Yuan, J., Chen, Y., Ogg, J. G., Yan, J., 2019. Synchronous onset of the Mid-Carnian Pluvial Episode in the East and West Tethys: Conodont evidence from Hanwang, Sichuan, South China[J].

Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology, 520, 173-180. Jin, X., Shi, Z. Q., Rigo, M., Franceschi, M., Preto, N., 2018. Carbonate platform crisis in the Carnian (Late Triassic) of Hanwang (Sichuan Basin, South China): insights from conodonts and stable isotope data[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 164, 104-124.

Jin, X., McRoberts, A. C., Shi, Z. Q., Mietto, P., Rigo, M., Roghi, G., Manfrin, S., Franceschi, M., Preto, N., 2019. The aftermath of the CPE and the Carnian/Norian transition in northwestern Sichuan Basin, South China[J]. Journal of the Geological Society, 176, 179-196.

Li, Z., Chen, Z. Q., Zhang, F., Ogg, J. G., Zhao, L., 2020. Global carbon cycle perturbations triggered by volatile volcanism and ecosystem responses during the Carnian Pluvial Episode (late Triassic) [J]. Earth-Science Reviews, 103404.

Mietto, P., Jin, X., Manfrin, S., Lu, G., Shi, Z. Q., Gianolla, P., Huang, X. T., Preto, N., 2021. Onset of sedimentation near the Carnian/Norian boundary in the northwestern Sichuan Basin: new evidence from ammonoid biostratigraphy and zircon U-Pb geochronology[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 567, 110246.

Shi, Z. Q., Preto, N., Jiang, H. S., Krystyn, L., Zhang, Y., Ogg, J. G., Jin, X.,



Yuan, J.L., Yang, X. K., Du, Y. X., 2017. Demise of Late Triassic sponge mounds along the northwestern margin of the Yangtze Block, South China: Related to the Carnian Pluvial Phase[J]? *Palaeogeography, palaeoclimatology, palaeoecology*, 474, 247–263. Shi, Z.Q., Jin, X., Preto, N., Rigo, M., Du, Y. X., Han Lu., 2019. The Carnian Pluvial Episode at Maantang, Jiangyou in Upper Yangtze Block, Southwestern China[J]. *Journal of the Geological Society*, 176, 197–207.

**关键词** 马鞍塘组; Carnian Pluvial Episode; 碳同位素; 岩性转换



摘要 ID: 3386

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## A sulfur-isotope record of long-term oceanic anoxia, stepwise deoxygenation and near cessation of gypsum deposition in the Toarcian

韩中\*  
成都理工大学

The early Toarcian of the Early Jurassic saw a long-term positive carbon-isotope excursion (CIE) abruptly interrupted by a significant negative shift (nCIE), associated with rapid global warming and an oceanic anoxic event (T-OAE, ~ 183 Ma). However, the detailed processes and mechanisms behind ocean deoxygenation are unclear. Here, we present high-resolution carbonate-associated sulfate-sulfur isotope ( $\delta^{34}\text{SCAS}$ ), spanning the late Pliensbachian - Toarcian (PI - To) interval from the Tibetan Himalaya. There is a large positive sulfur-isotope excursion (SIE) from ~20‰ (around PI - To boundary) to ~40‰ (around the end of the T-OAE nCIE) and then high values persist to nearly the end of the Toarcian, which confirms spatial heterogeneity in seawater sulfate  $\delta^{34}\text{S}$  composition. The  $\delta^{34}\text{S}$  data presented here provide strong evidence for two phases of Toarcian ocean deoxygenation and that this process was likely terminated around the end of the T-OAE nCIE. Box modelling indicates that the persistent, post-SIE positive  $\delta^{34}\text{S}$  values was likely maintained by a long-term downwards shift in the relative proportion of gypsum burial in the world ocean. This requirement could in turn have increased the proportion but markedly reduce the total amount of pyrite burial needed to generate the positive  $\delta^{34}\text{S}$  values. The shift to negligible global gypsum deposition was likely driven by the forcing of seawater to below gypsum saturation point caused by a combination of a decline in weathering flux and massive evaporite burial of sulfate, followed by enhanced pyrite burial associated with anoxia.

### 参考文献

**关键词** Toarcian Oceanic Anoxic Event; CAS sulfur isotopes; Long-term oceanic anoxia; Stepwise deoxygenation; negligible gypsum deposition; Tibetan Himalaya





摘要 ID: 3408

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地三叠纪-侏罗纪之交陆相生态系统崩溃的生物标志物证据

张小宇<sup>1</sup>、吕沛宗<sup>2</sup>、方琳浩<sup>3</sup>

1. 中国石油大学(北京)

2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京 102249

3. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249

显生宙以来, 地质历史时期共发生了五次生物大灭绝事件。其中, 距今约 201.3Ma 的三叠纪末大灭绝 (end-Triassic mass extinction, ETE) 使得全球海陆生态系统受到重创, 在属的级别上至少有 50% 的海洋生物和陆地生物的灭绝。同时期发生着一系列重大地质事件: 中大西洋开启, 大气 CO<sub>2</sub> 浓度升高 2-4 倍、全球平均气温升高 3-4°C、全球海平面波动、海水酸化和缺氧、野火事件频率显著增加等。导致这一系列重大事件的导火索归因于中大西洋火成岩省 (Central Atlantic Magmatic Province, CAMP) 的喷发。海洋生物的灭绝与极端的全球变暖有关, 然而, 陆地生态系统的初级生产力 (陆地高等植物) 破坏的原因尚不明确。本文报道了中国准噶尔盆地郝家沟剖面卡达烯、萜烯、海松烯和呋喃等高等植物生物标志物, 其丰度在 ETE 期间急剧增加并与蕨类“脉冲式激增”对应, 指示陆地植被死亡而埋葬增加。正构烷烃系列的相对含量变化和其峰型的转变与多环芳烃指示的野火一致。经全球对比, 郝家沟剖面与其他典型的三叠纪-侏罗纪界线剖面均可观察到高等植物快速埋藏、野火频率增加与 CAMP 火山活动同期, 推论 CAMP 活动期间形成的酸雨导致了大规模的森林植被死亡, 而植被的快速死亡同时又为野火提供了干燥的燃料。

### 参考文献

**关键词** 三叠纪末大灭绝, 陆相生态系统, 野火, 生物标志物, 蕨类“脉冲式激增”



摘要 ID: 2895

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 古新世早期大气 CO<sub>2</sub> 浓度记录——基于胶莱盆地古土壤碳同位素的定量重建

赵晓梅、张来明\*、顾雪  
中国地质大学（北京）

白垩纪-古近纪是中-新生代全球气候环境的重要变化期，期间全球温度和大气二氧化碳浓度发生了巨大波动，并导致了海洋和陆地生物的大规模灭绝。定量重建白垩纪-古近纪大气二氧化碳浓度是认识该时期气候变化机制的重要手段。然而相比白垩纪末期，古新世早期大气二氧化碳浓度定量重建记录较少，重建结果也存在分辨率低，不同指标重建差异较大等问题，这限制了对古新世早期气候变化与生物演化关系的理解。中国东部胶莱盆地发育较连续的白垩系-古近系陆相地层，前人在该地区识别出大量古土壤和碳酸盐结核，为开展大气二氧化碳定量重建工作提供了理想的材料。本研究针对胶莱盆地鲁科1井的古土壤碳酸盐（约 65.9 Ma-63.4 Ma）开展了稳定同位素分析，定量重建了古新世早期大气二氧化碳浓度为 183-1712 ppmv。结合前人发表的大气二氧化碳浓度数据，本研究认为大气二氧化碳浓度在白垩纪-古近纪界线之后发生了巨大波动，先迅速下降并立即回升，最后回落至较低水平（约 394 ppmv）。该记录有望为深入探索古新世早期气候变化趋势及其与生物复苏之间的联系提供重要依据。

参考文献

关键词



摘要 ID:283

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 早白垩世温室气候条件下的高频 ENSO

田兴<sup>1</sup>、高远\*<sup>1</sup>、胡永云<sup>2</sup>、李想<sup>2</sup>、郭佳琦<sup>2</sup>、都晓菁<sup>4</sup>、Tyler Kukla<sup>3</sup>、Daniel E. Ibarra<sup>3</sup>、秦健铭<sup>1</sup>、黄何<sup>1</sup>、王成善<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京), 北京海淀, 100083
2. 北京大学, 北京海淀, 100871
3. 斯坦福大学, 美国加利福尼亚州, 94305
4. 布朗大学, 美国罗得岛州, 02912

厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)是当今年际时间尺度上最主要的气候模式。ENSO的两个阶段——拉尼娜和厄尔尼诺——与热带太平洋的海温变化关系密切, 远程控制着全球的气候, 是导致全球极端天气和气候的罪魁祸首。然而, ENSO是否在过去温室气候状态下活跃? 以及未来 ENSO 的变化仍然是一个热点问题。与现代相比, 解决温室厄尔尼诺现象的一个关键挑战是缺乏深时温室状态下的年际分辨率地质记录。本文获得了中国东北辽西四合屯地区的年纹层(varves), 该年纹层主要由湿季沉积的硅质碎屑层和旱季形成的富有机质层组成。通过对年纹层厚度的频谱分析, 显示了准两年(2.0-2.7年)和低频(3.5-4.0年)周期, 类似于现代 ENSO 周期性, 但缺乏 5-7 年的周期。结合早白垩世气候模拟, 热带太平洋温度变化和中国东北降水的 ENSO 周期与本文通过年纹层识别的周期类似, 进一步证实了我们的发现, 即早白垩世温室气候时期存在 ENSO。同时, 通过与现代记录对比, 模拟和地质记录均显示早白垩世 ENSO 的变化幅度和频率比现在要大。因此, 我本文结果表明, 早白垩世温室气候期间存在高频率和高振幅的 ENSO 活动。

**参考文献** W. J. Cai et al., Increased variability of eastern Pacific El Nino under greenhouse warming. *Nature* 564, 201-206 (2018). W. J. Cai et al., Increased frequency of extreme La Nina events under greenhouse warming. *Nat Clim Change* 5, 132-137 (2015).

**关键词** 早白垩世; 辽西; 年纹层; 高频 ENSO



摘要 ID:

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 晚白垩世中国东南部山间沙漠物源分析: 风成沙的超远程搬运

曹硕\*、张来明、王成善  
中国地质大学(北京)

沙漠中沉积物的来源一直存在争议, 其中风成和水成沉积物的相互作用关系目前研究不足。山间沙漠是温室时期古沙漠重要的组成部分, 但其物源分析研究极少。本研究对晚白垩世中国东南部信江盆地山间沙漠开展物源分析研究。对 14 件风成和水成砂岩样品进行了岩相学分析, 并对其中 6 件样品进行了碎屑锆石形态学分析及 U-Pb 年龄测试。结果显示风成砂岩和水成砂岩的碎屑组分、锆石形态及年龄组成具有明显区别, 说明风成和水成沉积来自于不同的物源区。与水成砂岩相比, 风成砂岩分选磨圆较好, 石英含量高, 其碎屑锆石较小且多呈他形, 表明经历了长距离的搬运过程。水成砂岩的碎屑锆石 U-Pb 年龄谱中仅有 1 个年龄峰值, 但在风成砂岩中却识别出 7 个明显的年龄峰值, 表明风力提供了多个物源。另外, 风成砂岩存在一个特殊的碎屑锆石峰值年龄段——寒武纪-新元古代 (503-722 Ma), 该年龄段在整个华南板块中普遍缺失, 推测样品中该年龄段组成的锆石来自于西扬子块体, 表明在信江盆地 1000 km 之外的西扬子块体为其物源区之一, 证明风力对沙存在超远距离的搬运用。对信江盆地山间沙漠的物源分析研究, 明确了沙漠环境中风成沉积和水成沉积的相互作用关系, 揭示了风力超远距离搬运的新的物源供给机制, 同时可以提供重要的古气候及古地理信息。

### 参考文献

**关键词** 山间沙漠; 物源分析; 碎屑砂岩组分; 碎屑锆石; 物源供给机制; 风成/水成沉积相互作用关系



摘要 ID:1004

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 三叠纪中期鄂尔多斯湖泊生态系统的恢复

赵向东<sup>\*1,2</sup>、郑大燃<sup>3</sup>、王伟<sup>1</sup>

1. 中国科学院南京地质古生物研究所
2. 中国科学院大学
3. 香港大学地球科学系

二叠纪末大灭绝导致了海洋生态系统和陆地生态系统发生了重大的转折 (Wignall, 2016)。现有研究表明, 二叠纪大灭绝之后, 海洋生态系统在三叠纪晚期仍处于持续恢复阶段 (Chen and Benton, 2012; Song et al., 2018)。然而, 有关湖泊生态系统的恢复时间和模式尚不清楚。本文依托鄂尔多斯盆地南缘富含油页岩的四条中三叠世剖面 (漆水河、霸王庄、马庄和衣食村剖面), 对古湖泊生态系统进行了重建。

对其中三条剖面 (霸王庄、马庄和衣食村剖面) 湖相油页岩中的火山质夹层进行了铀-铅 (U-Pb) 定年, 最终将湖相油页岩底部年龄卡定在 242 Ma 左右, 归于中三叠统铜川组。地层中保存有植物、介形虫、叶肢介、昆虫、鱼和鱼粪等化石, 该组合记录了中生代类型的、多层营养级的复杂食物网系统。这一发现代表了二叠纪末大灭绝之后已知最早的三叠纪复杂湖泊生态系统, 且这种复杂湖泊生态系统最多需要一千万年的时间能完全恢复。

对霸王庄剖面进行了高分辨率的岩石矿物学和地球化学组合分析。铜川组油页岩中 TOC 含量平均值高达  $23 \pm 9\%$ , 指示了沉积时期非常高的湖泊生产力, 以及伴随而来的大量的有机质埋藏。 $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  特征表现为值域较窄, 平均值为  $-29.1 \pm 0.7\%$ , 表明沉积期碳循环稳定且持续, 碳源主要为湖泊中浮游光合植物。油页岩中黄铁矿晶体以草莓状黄铁矿形态为主, 平均粒径和值域分布范围均较大 ( $7.0 \pm 1.7 \mu\text{m}$  至  $14.3 \pm 6.8 \mu\text{m}$ ), 表明油页岩沉积过程中底层水为含氧-次氧化状态。黄铁矿含量平均值高达  $7 \pm 3\%$ , 指示该时期的硫酸根氧化还原界面较浅, 接近水-岩交互界面, 以保持湖水中硫酸盐可以畅通扩散至孔隙水中的开放环境, 从而形成高含量的以草莓状黄铁矿为主的沉积型黄铁矿。铜川组油页岩  $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$  值相对较高且变化较小 ( $-4.1\%$  至  $4.9\%$ ), 可能是由于较高沉积速率等因素导致了硫同位素无法达到最大分馏 ( $\Delta^{34}\text{S} < 40\%$ ) 造成的。相对稳定的  $\delta^{34}\text{S}_{\text{py}}$  值也从侧面证实了该套油页岩沉积时期水体中较浅的硫酸根氧化还原界面。

总体而言, 铜川组油页岩及其保存的湖泊生态系统沉积在含氧-次氧化的湖泊底层水条件下。较浅的氧化还原界面结合较高的沉积速率和较高的初级生产力可能在铜川组油页岩的形成和沉积保存过程中起到了关键作用。同时, 较浅的氧化还原界面也有利于沉积物中化石的保存。

**参考文献** Wignall P R, 2016. The Worst of Times[M]. Princeton University Press, Princeton. Chen Z Q, Benton M J. 2012. The timing and pattern of biotic recovery following the end-Permian mass extinction[J]. Nature Geoscience, 5: 375 - 383. Song H, Wignall P B, Dunhill A M. 2018. Decoupled taxonomic and ecological recoveries from the Permo-Triassic extinction[J]. Science Advance, 4: eaat5091. Benton M J, Newell A J. 2014. Impacts of global warming on Permo-Triassic terrestrial ecosystems[J]. Gondwana Research, 25: 1308 - 1337.

**关键词** 生物大灭绝; 生态系统; 铜川组; 油页岩; 古环境



摘要 ID:1013

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 一种受费舍尔图解启发的重建水下陆源碎屑沉积记录中相对海平面及湖平面变化的方法

杨大明、黄永建\*、王成善

中国地质大学(北京), 地球科学与资源学院, 北京, 100083

相对海平面变化和相对湖平面变化是古气候、古环境研究, 以及油气勘探工作中的重要概念。例如, 地质历史时期的全球海平面变化的重建工作通常需要对不同地区的相对海平面变化进行对比。然而, 常用的重建相对海、湖泊平面变化的常用方法通常具有应用环境或材料方面的局限性。例如, 费舍尔图解是一种通过计算平均旋回厚度累积偏移 (CDMT) 来指示相对海平面变化的图形方法。由于该方法的应用前提是碳酸盐的生长可填满相对海平面变化产生的新增可容纳空间, 因此仅适用于潮缘相环境中。对于水下 (subaqueous) 陆源碎屑沉积, 相对海、湖平面变化可以控制盆地内的沉积物供给, 进而造成给定位置的反向沉积速率变化及沉积旋回。基于这一假设, 并受费舍尔图解的启发, 本研究引入 SediRate-Fischer plot (SR-Fischer plot), 专门用于指示水下陆源碎屑沉积记录中的相对海、湖平面的变化。费舍尔图解中对潮缘相旋回的处理方法被应用于陆源碎屑沉积旋回的沉积速率, 以构建 SR-Fischer plot 中的旋回平均沉积率累积偏移 (CDMR)。CDMR 的变化与相应的相对海平面或湖平面变化相反。岩性循环和受相对湖、湖平面控制的指标, 提别是一些已被大量采集的地下数据, 如 GR 测井数据等, 均可以作为建立 SR-Fischer plot 的材料。本研究以松科 1 井岩心中识别到的层尺度沉积旋回以及 GR 测井数据中的旋回分别构建了白垩纪松辽盆地湖泊相明水组一段的 SR-Fischer plot。两个图解中的 CDMR 的相对高、低值分别出现在滨湖相和浅湖相区间, 指示了不同水深造成的沉积速率累积变化, 与通过岩心描述获取的湖平面变化曲线对应良好。此外, 以瓜达尔基维尔盆地的 MTMY-1 井海相 Arcillas de Gibraleón 组的陆源碎屑元素 Ti、Si 构建的 SR-Fischer plot 也与该岩心沟鞭藻孢囊/孢粉含量比值所指示的海平面变化一致。海、陆相两个案例的结果证明了 SR-Fischer plot 的可行性。

**参考文献** Einsele G, 2000. Sedimentary basins. Evolution, facies and sediment budget, 2nd edn [M]. Springer, Berlin, 792 pp. Guo J, Jiang Z, Xie X, Liang, C., et al., 2021. Deep-lacustrine sediment gravity flow channel-lobe complexes on a stepped slope: An example from the Chengbei Low Uplift, Bohai Bay Basin, East China [J]. Marine and Petroleum Geology, 124: 104839. Yang D, Huang Y, Guo W, et al., 2018. Late Santonian-early Campanian lake-level fluctuations in the Songliao Basin, NE China and their relationship to coeval eustatic changes [J]. Cretaceous Research, 92: 138-149. Yang D, Huang Y, Guo W, et al., 2021. A python code for automatic construction of Fischer plots using proxy data [J]. Scientific Reports, 11:10518.

**关键词** 陆源碎屑沉积; 相对海平面变化; 相对湖平面变化; 费舍尔图解; 沉积速率



摘要 ID:1624

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## Astronomical forcing in a high resolution carbon-isotope record through the late Pliensbachian and early Toarcian from Yorkshire(UK), and its palaeoclimate implications

朱玉晴<sup>1</sup>、David Bryan Kemp\*<sup>1</sup>、黄春菊<sup>1</sup>、刘冬洋<sup>2</sup>、张泽<sup>1</sup>

1. 中国地质大学武汉

2. 湖南文理学院

The Toarcian Oceanic Anoxic Event (T-OAE; ~183Ma ago) in the Early Jurassic Period was one of the largest perturbations of the climate system in the past 250 Ma. It is recorded in sedimentary rocks as a pronounced negative carbon-isotope excursion (CIE). The event was also marked by high rates of organic carbon burial globally. At the Pliensbachian-Toarcian boundary, a similar but smaller perturbation to the global carbon cycle occurred. The precise timescale and causes of both events are debated. Determining the timing, pace and paleoclimate system behavior of these events is critical for understanding their respective cause(s). Here, we present new high-resolution organic carbon-isotope, total organic carbon (TOC) and carbonate concentration data from bulk organic-rich rocks spanning the latest Pliensbachian to early Toarcian from Yorkshire (UK). We have analyzed the geochemical trends in these data and built a new astronomical timescale that builds on previous studies. Our detailed analyses show a negative CIE and increased TOC at the Pliensbachian-Toarcian boundary, and a smaller, hitherto unrecognized negative CIE above this that was coeval with elevated TOC and storm bed deposition. We focus on the relationship between astronomical forcing and carbon isotope changes in both Yorkshire and a contemporaneous section from Peniche, Portugal. Based on available age constraints and sedimentation rate modelling, the cycles we recognize in organic carbon isotopes, are most likely to be short eccentricity and precession cycles. Thus, astronomical climate forcing by these cycles were primary drivers of carbon cycle changes during the Early Jurassic. Overall, our findings demonstrate that astronomical forcing likely played an important role in pacing a series of extreme paleoenvironment events under the background conditions of extreme warmth in the Early Jurassic.

参考文献

关键词 Organic carbon-isotopes; Astronomical forcing; The Early Jurassic ; Toarcian OAE



摘要 ID:1779

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 皖南地区晚二叠世-早三叠世页岩古环境及其物源指示意义

霍金钢、徐文礼\*、马义权、文华国  
成都理工大学沉积地质研究院

**摘要:** 晚二叠-早三叠世是地球演化历史上的重要转折时期, 经历了重大的气候环境-生物种类更替。该时期皖南地区发育的一套烃源岩, 不仅是非常规油气资源储层, 而且为恢复该时期气候环境演变提供了良好的研究载体。本文以皖南地区上二叠统大隆组-下三叠统殷坑组页岩为研究对象, 通过岩心观察、野外剖面测量、薄片鉴定、X衍射、扫描电镜及地球化学分析等手段深入研究古环境、古气候和物源输入对页岩形成和分布的影响。

(1) 皖南地区上二叠统大隆组页岩主要为富硅泥质页岩、(富硅/泥)混合质页岩和(含钙泥)硅质页岩, 有机质富集, TOC含量1.23%-7.08%, 下三叠统殷坑组页岩以贫有机质富泥硅质页岩、富硅泥质页岩为主, TOC含量0.29%-1.43%, 结合高 $V/(V+Ni)$  (0.53-0.93)和 $U/Th$  (0.23-4.52)以及草莓状黄铁矿( $<6\mu m$ )特征, 整体显示上二叠统大隆组-下三叠统殷坑组页岩为具有较强的缺氧-硫化深水盆地沉积环境。

(2) 高 $Sr/Ba$ 比(0.75-3.66)、相对较高的Cu和Zn元素含量及频繁波动的低 $Sr/Cu$  (1.55-8.17)和 $\Sigma REE$ , 表明上二叠统大隆组-下三叠统殷坑组页岩具有较高的古生产力和盐度, 总体为温暖潮湿气候, 气候的频繁波动可能是造成该时期海水盐度和古生产力变化的原因之一。

(3)  $La-Th-Sc$ 、 $Th-Co-Zr/10$ 和 $Th-Sc-Zr/10$ 判别图以显示上二叠统大隆组-下三叠统殷坑组页岩物源区构造背景为被动大陆边缘, 兼具大陆岛弧, 结合 $Th/Sc$ 、 $(Gd/Yb)_N$ 、 $Th/Sc-Zr/Sc$ 二元图、 $La/Sc-Co/Th$ 、 $Hf-La/Th$ 判别图、稀土元素球粒陨石标准化分布模式图以及明显的负Eu异常, 显示其物源主要来自后太古代上陆壳长英质碎屑, 并混杂部分基性物质, 其物源可能来自南部的“江南造山带”。

### 参考文献

**关键词** 关键词: 古环境; 物源; 大隆组; 殷坑组; 皖南地区





摘要 ID: 2398

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 专题邀请报告

## 中生代早期的环境波动与生物变革

陈中强\*

中国地质大学(武汉)生物地质与环境地质国家重点实验室

三叠纪是中生代最早的年代单元,也是地球生命与环境演化的最重要时期之一。海洋和陆地生命在三叠纪的最初期和末期分别遭受了大灭绝的洗礼,并在三叠纪内部遭受了多次次一级生物灭绝的打击。同时,三叠纪环境持续波动不停,记录了多次极端环境和气候事件。生物与环境经历了三叠纪急剧震荡的时期,至侏罗纪以后才逐渐建立相对稳定的生态系统,见证了中生代海洋革命和生物多样性的急剧升高,出现了现代型的海洋生态系统和典型的中新生代的陆地生态系统。本文利用多种沉积、生物、地球化学指标从生物、环境、气候三个方面全面总结地球生态系统在三叠纪时期动荡不定模式规律与驱动机制,特别强调沉积体系的变化与生物环境变革和演化的耦合关系。地球生物多样性、寿命等指标在显生宙的演化过程中,三叠纪是它们演化的一个明显的转折时期。在三叠纪初期,地球生命经历了最大的灭绝事件和最艰难和缓慢的复苏-辐射过程,至中三叠世才建立稳定的生态系统,但很快遭受晚三叠世早期卡尼中期雨季事件的打击;在晚三叠世恢复的生态系统又遭受三叠纪末期大灭绝的洗礼,因此,地球生命在整个三叠纪的演化过程可谓曲折多难,异常艰难。另一方面,海洋-大气的碳循环在三叠纪时期强烈波动,至中生代中晚期相当稳定。火山活动异常频繁、活跃;温室气候统治三叠纪早期,其后并多次重复出现。不过,动荡不定的环境造就了海洋生态系统和沉积体系的变革,出现中生代常见的钙质超微化石和沉积体系,为中生代生物多样性的爆发和生态系统的稳定奠定了基础。同时,陆地生态系统出现湖泊革命和早期恐龙等大型脊椎动物。特别是,生物沉积体系在三叠纪时期出现明显的不寻常的变化趋势,海洋中出现大量的以微生物介导为主的沉积建造和构造,地球上微生物岩发育的最后一个时期是三叠纪(特别是早三叠世);早三叠世出现后生生物礁、硅质沉积和煤沉积的空窗期。不过,早期的钙质超微化石至少在中卡尼事件之后已经出现,最新的研究表明随着微生物岩的发育,统治中生代远洋沉积体系的钙质超微可能在三叠纪最初的微生物岩体系业已出现,表明二叠纪末期大灭绝不但摧毁了生态系统上层的后生生物功能群,而且促使生态系统底层发生变革,初级生产者出现钙质超微类群。后者使得海洋生态系统从底层向顶层发生变革性变化,最终,在三叠纪就出现现代海洋生态系统的雏形。三叠纪海洋中生态系统的初级生产者以蓝细菌为主微生物功能群向以钙质超微为主群落的演变,为中生代出现现代型远洋沉积和碳循环的稳定性打下了坚实的基础。这是因为钙质超微化石类群不但构成了现代远洋沉积的主要物质成分,而且极大地缓冲了海洋碳循环的极端变化,使得由碳同位素指示的碳循环在后三叠纪的中生代时期非常稳定,这也有利于生态系统的稳定和生物多样性的急剧增高。

### 参考文献

**关键词** 三叠纪; 生物灭绝与复苏; 环境动荡; 碳循环波动; 海洋初级生产者;



摘要 ID: 2420

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 白垩纪-古近纪界线时期的陆地碳循环与大气 CO<sub>2</sub> 浓度变化

王旌羽、李祥辉\*、王尹  
南京大学

白垩纪至古近纪 (K-Pg) 之间的过渡时期全球发生了重要的生物群体绝灭、小行星撞击和火山喷发事件, 在显生宙地球表层系统留下了重要的地质印记。其时, 全球气候发生了快速变化, 被认为是该生物绝灭的关键原因, 可能与小行星撞击和/或德干玄武岩喷发有关。本次工作重点对南雄盆地和四川盆地含有该过渡层段的古土壤开展了陆地碳循环和大气 CO<sub>2</sub> 浓度 (pCO<sub>2</sub>) 研究, 试图解析其成因关系。为此, 我们对南雄盆地大唐剖面上白垩统主田组、涪水组和古新统上湖组坪岭段 (76-62 Ma) 进行了观察和采样工作, 辅以四川雅安太平剖面上白垩统灌口组调查。

分析结果显示, 太平剖面  $\delta^{13}\text{C}$  值在 -10.43‰ 和 -6.39‰ 之间, 平均值 -8.32‰; 大唐剖面为 -12.41‰ ~ -4.98‰, 平均值 -8.99‰, 显示均为成壤碳酸盐岩正常范围。将松辽盆地、美国 Tornillo 盆地与本次数据结合起来进行 Kernel 平滑, 结果表明,  $\delta^{13}\text{C}$  值以 K-Pg 界限 (66 Ma) 为界分为两个阶段: 76-66 Ma 期间缓慢减小, 66-62 Ma 期间大幅度波动。该界线之前陆地关键带  $\delta^{13}\text{C}$  值与海洋浮游和底栖有孔虫结果变化趋势相似, 说明此时段陆地与海洋碳循环变化一致; 之后, 成壤碳酸盐岩  $\delta^{13}\text{C}$  值大幅度波动表现为快速减小而后快速较大幅度增加的过程, 与浮游有孔虫的变化样式较为相似, 但与底栖有孔虫差异甚大, 指示陆地碳循环与表层海洋的碳循环波动大, 深海碳循环变化小。进一步放大南雄盆地和松辽盆地在 K-Pg 界线时期, 显示  $\delta^{13}\text{C}$  值多次快速大幅度偏移: 66.2~66.0 Ma 期间, 由 ~-8.5‰ 增加到 -7‰, 增加了 1.5‰; 66.0~65.6 Ma 期间, 从 ~-6‰ 降至 ~-12‰, 降幅超过 6‰; 65.6-64.8 Ma 阶段, 快速回升至 ~-9‰ 而后又快速下降至 ~-12‰; 64.8~64.6 Ma 时期频繁地升降直到 64.6 Ma 达到较为稳定状态。反映了 K-Pg 界限过渡时期陆地碳循环的快速大幅度变化。

CO<sub>2</sub> 是关键的温室气体, pCO<sub>2</sub> 是重建古气候的重要参数之一。对四川盆地盆地和南雄盆地的 K-Pg 过渡时期 pCO<sub>2</sub> 估算结果显示: 四川盆地灌口组为 290~977 ppmV, 平均值 593 ppmV, 可见几次较为平缓的小幅度波动; 南雄盆地 181~1833 ppmV, 其中 76-66 Ma 期间平均值为 916 ppmV, 66-62 Ma 时段平均值为 620 ppmV。对来自松辽盆地和美国 Tornillo 盆地的碳同位素值进行时间校对和参数匹配后, 统一标准计算了 pCO<sub>2</sub>, 进而与本次工作结果合并, Kernel 平滑结果为: 在 K-Pg 界限时间之前表现出微弱的降低, 其后显示大幅度下降和上升。这一变化与表层海水浮游有孔虫  $\delta^{12}\text{O}$  值指示的温度变化趋势吻合, 也与深海底栖有孔虫指示的温度在 K-Pg 界限之前一致, 但与该界限之后变化样式明显不同。当放大观察时可以看出, pCO<sub>2</sub> 变化样式、节点与碳循环完全相似。

**参考文献** Gao, Y, Ibarra, D E, Wang, C S, Caves, J K, Chamberlain, C P, Graham, S A, and Wu, H C, 2015, Mid-latitude terrestrial climate of East Asia linked to global climate in the Late Cretaceous, *Geology*, v. 43, p. 287-290. Nordt, L, Atchley, S, Dworkinet, S, 2003; *Terrestrial Evidence for Two Greenhouse Events in the Latest Cretaceous*, The *Geology Society of America*, v. 13, p. 4-9.

**关键词** 陆地碳循环, 古气候, K-Pg 界线, 大气 CO<sub>2</sub>



摘要 ID:560

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 华北地区晚中生代的差异性地貌演化: 来自稳定同位素的证据

金天杰<sup>1</sup>、张来明\*<sup>1</sup>、Katharine W. Huntington<sup>2</sup>、王成善<sup>1</sup>、文一雄<sup>1</sup>、顾雪<sup>1</sup>、殷艺天<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. University of Washington

中国的地形由西到东逐渐变低,呈三级阶梯样式。中国东部以大兴安岭-太行山-雪峰山为界被分为西高东低的两级台阶,这与现今中国降水和人口分界线也有一定的重合,说明阶梯式地形的出现对气候和环境的影响是巨大的。但是,目前中国东部阶梯式地形形成的时间和模式还不明确。因此,本文对最具代表性的华北地区的阶梯式地形的演化展开研究。本文基于华北西部的鄂尔多斯盆地和东部的合肥盆地晚中生代的古土壤碳酸盐结核的团簇同位素( $\Delta 47$ )以及稳定同位素( $\delta 18O$ 、 $\delta 13C$ )进行古高程重建。结果表明鄂尔多斯盆地在中侏罗世-早白垩世期间始终具有较高的古高程(>2 km)和较干旱的气候;而合肥盆地则受华北克拉通破坏的影响在早白垩世时经历了高程的显著降低,受到这一地形变化的影响,合肥盆地在早白垩世时转变为潮湿环境。结合古地理、地球物理以及古生物学的证据,我们认为这种差异性地貌变化可能形成了现代华北地区阶梯式地形的雏形,形成时间至少在早白垩世 Aptian 期之前,并且这种阶梯式地形的形成改变了华北地区的气候格局。结合大地构造学及热年代学证据,我们进一步认为中国东部阶梯式地形的整体出现最晚发生在晚白垩世,并对气候格局产生了影响。

### 参考文献

**关键词** 中国东部; 阶梯式地形; 华北地区; 团簇同位素; 古高程



摘要 ID:1558

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 专题邀请报告

## 5.4 亿年以来全球水循环和干旱区演变

Yongyun Hu\*、胡永云、李想  
北京大学物理学院大气与海洋科学系

全球水循环的演变对理解地球深时气候演化和生态系统演变具有重要意义。我们使用地球系统模式对 5.4 亿年以来的水循环和干旱区演变开展了系列模拟试验,结果表明,全球降水强度与全球平均温度密切相关,尤其是海洋降水与全球平均温度具有很高的相关性。但陆地降水与海洋降水不同,虽然与全球平均温度也有统计显著的相关性,但陆地降水与大陆裂解度、大陆面积和平均纬度有关,并非完全取决于温度条件。总体来讲,陆地强干旱区面随潘吉亚超大陆裂解而减少,而陆地强湿润区面积随超大陆裂解而增加。

### 参考文献

**关键词** 全球水循环; 深时气候演变; 干旱区演变; 大陆裂解-汇聚; 气候模拟



摘要 ID: 3410

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 中三叠统巴东组沉积环境和古植物重建指示晚二叠世大灭绝后陆地生态系统的全面复苏

徐珍\*<sup>1</sup>、喻建新<sup>1</sup>、Jason Hilton<sup>2</sup>、殷鸿福<sup>1</sup>、史骁<sup>3</sup>、沈俊<sup>4</sup>、孟繁松<sup>5</sup>

1. 地球科学学院, 生物地质与环境地质国家重点实验室, 中国地质大学(武汉), 430074, 中国;
2. 地理、地球和环境科学学院, 伯明翰大学, B15 2TT, 英国;
3. 地球科学学院, 吉林大学, 长春, 130061, 中国;
4. 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 中国地质大学(武汉), 430074, 中国;
5. 武汉地质调查中心(宜昌所), 中国地质调查局, 宜昌, 443005, 中国。

本研究报道华南地区扬子流域保存完好的中三叠世脊囊 *Lepacyclotes* (*Annalepis*)-肋木 *Pleuromeia*-伏脂杉 *Voltzia* 植物组合, 在湖南和湖北地区 11 个剖面开展沉积学和植物埋藏学的研究, 重建中三叠统巴东组植物群的景观和古环境。本研究共识别出 7 个沉积相, 包括河漫滩相 (RFF)、滨岸平原和三角洲相 (CDF)、萨布哈盐沼相 (SBF)、陆源碎屑潮坪相 (TTF), 间歇泻湖相 (ILF)、障壁沙坝相 (LBF) 和局限台地潮下相 (RSF)。根据各沉积环境内植物化石和动物化石的保存状态, 识别出 5 个陆地植物生态位, 分别为高地松柏和种子植物群、低地蕨类如 *Todites*、新芦木 *Neocalamites* 和 *Pelourdea* (*Yuccites*) 植物群、三角洲和河岸区的新芦木 *Neocalamites* 植物群、滨岸平原上的草本石松 *Lepacyclotes* (*Annalepis*) 和盾籽 *Peltaspermum* 植物群、泻湖附件的 *Lepacyclotes* (*Annalepis*) 和 *Pleuromeia* 植物群。丰富的生态位显示巴东组植物群已占领全部二叠纪大灭绝后陆地空出的生态位, 巴东组在大灭绝事件后首次出现陆生四足动物如 *Lotosaurus* 和煤的沉积, 自此大灭绝后近 7 个百万年的煤缺失事件结束, 指示陆地植物多样性、植被丰度和生态系统的复苏。对中二叠世至晚三叠世植物群组成的对比研究表明, 大灭绝后植物的复苏从早三叠世最早期滨岸和高低避难所内开始, 奥伦尼克期开始出现多样性和丰度的复苏, 以中三叠世巴东植物群内低地植物群和陆地生态系统的全面复苏为标志, 巴东植物群为晚二叠世大羽羊齿植物群和晚三叠世 DC 植物群的过渡。

### 参考文献

**关键词** 中三叠世、巴东组、沉积环境、植物生态、陆地复苏



摘要 ID: 2293

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 东特提斯域白垩纪 (Albian 早期到 Maastrichtian 早期) 生物地层学和古温度重建: 来自藏南钙质超微化石的证据

张艺<sup>1</sup>、刘莹<sup>1</sup>、Mauro Daniel R. Bruno<sup>2</sup>、韩凯博<sup>1</sup>、郭会芳<sup>1</sup>、陈曦<sup>\*</sup>

1. 中国地质大学 (北京)

2. Itt Fossil

前人研究表明地球的气候和海洋环境在白垩纪时期经历了重大变化, 然而, 对于东特提斯域白垩纪气候演化研究仍相对较少。本文根据尼让剖面钙质超微化石记录, 研究了中国藏南特提斯喜马拉雅地区白垩纪的生物地层学和海表温度 (SST) 演化。对 67 个样品进行了钙质超微化石的定量分析, 识别出 131 个属种、12 个生物事件 (CC8 带-CC18 带) 和一个不整合 (最大缺失 81-71 Ma)。同时, 为重建海表温度, 对钙质超微化石组合进行了定量分析, 其中选取 *Zeugrhabdotus embergeri*, *Tranolithus orionatus*, *Biscutum constans* 和 *Eprolithus floralis* 作为冷水种指标; *Watznaueria barnesiae*, *Zeugrhabdotus diplogrammus*, *Nannoconus* spp 和 *Manivitella pemmatoidea* 作为暖水种指标, 重新修订了钙质超微化石温度指标 (MTi)。结果显示, 位于东特提斯南缘的 SST 经历了从 Albian 早期到 Cenomanian 时期的逐渐变暖, 在 Turonian 早期达到峰值, 然后从 Turonian 中期到 Campanian 早期始终保持暖化, 与邻近的 Exmouth Plateau (Clarke and Jenkyns, 1999) 和南部高纬度 (SHL) 地区 (Huber et al., 2018) 的地球化学指标研究一致。本文为西藏南部建立了第一个长尺度的生物地层框架和白垩纪 (Albian 早期到 Campanian 早期) 古温度曲线, 填补了东特提斯域长尺度古生物研究的空白, 并对白垩纪全球气候演变提供了更好的理解。

### 参考文献

**关键词** 白垩纪; 东特提斯; 钙质超微化石; 生物地层; 古气候



摘要 ID:2353

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 南极洲冰川演化历史的研究--以 IRD 为观察对象

焦裕\*、黄晓霞

中国科学院深海科学与工程研究所

南极冰盖的演化及其对地球系统的反馈仍有争议,但同位素数据显示,最早的冰盖在新生代早期形成,随后在渐新世早期和中新世中期南极大陆冰盖迅速扩张,从而形成巨型冰川(Zachos et al., 2008)。冰筏碎屑(IRD)和粘土矿物组合对冰川的时空演化提供了较为直接证据。

本研究旨在利用 ODP/IODP 钻孔岩芯的冰筏海洋沉积物作为指标重建南极冰盖的历史。冰筏碎屑(IRD)的来源通过冰山的崩塌为冰盖的动力学和海洋环流提供了一个关键的基础,它将冰筏碎屑(IRD)从大陆运输到开阔的海洋。冰山被洋流移动,在运输过程中融化,导致所携带的碎片解体沉积。该研究将在钻孔岩芯中出现的 IRD 数量进行统计,分别以丰富、中等以及稀少三种不同的分类方法进行区分 IRD 的丰度。通过对比东西南极 IRD 出现年代以及丰度,发现东南极的 IRD 最早出现在渐新世早期,而西南极的 IRD 普遍出现在晚中新世早期。研究分析表明,在早中新世(23-18Ma)时期,东南极洲各区域均发现有丰度为稀少的 IRD,西南极洲则仅在罗斯海部分区域发现有丰度为稀少-丰富的 IRD。在早中新世-晚中新世(18-9Ma)时期,东南极洲各区域均发现有丰度为稀少的 IRD,西南极洲仅在罗斯海区域发现有丰度为稀少-中等-丰富的 IRD,在罗斯海部分区域发现沉积物类型主要以混杂陆源沉积岩为主,这些物质被认为是由于大陆架周期性被搁浅的冰原进行冰下改造和海洋泥浆的运移而形成的碎屑,层状和块状生物扰动泥里遍布 IRD,表现了冰川扰动的特征。自早上新世(5Ma)开始,东西南极洲均发现有丰度不等的 IRD 出现,但根据西南极洲混杂陆源沉积岩中发现的丰度为中等的 IRD 均表明,西南极冰盖活动性要比东南极冰盖活动性强。

**参考文献** 1.Pierce, E. L., T. Williams, T. van de Flierdt, S. R. Hemming, S. L. Goldstein, and S. A. Brachfeld (2011), Characterizing the sediment provenance of East Antarctica's weak underbelly: The Aurora and Wilkes subglacial basins, *Paleoceanography*, 26, PA4217, doi:10.1029/2011PA002127. 2.Smith, J.A., Graham, A.G.C., Post, A.L. et al. The marine geological imprint of Antarctic ice shelves. *Nat Commun* 10, 5635 (2019). <https://doi.org/10.1038/s41467-019-13496-5>. 3. 李永斌, 王汝建, 武力, 肖文申. 南极罗斯海扇区晚更新世以来冰筏碎屑记录反映的冰川动力学史[J]. *第四纪研究*, 2021, 41 (03):662-677.

**关键词** 冰筏碎屑 IRD; 东南极; 冰盖历史



摘要 ID:2897

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## Early Aptian mineral and geochemical evidence of siderites from the Tibetan Himalaya: implications for the low sulfate concentration of Oceanic Anoxic Event

孟凡<sup>1</sup>、韩中<sup>\*1</sup>、侯明才<sup>1</sup>、张柏林<sup>1</sup>、陈曦<sup>2</sup>

1. 成都理工大学
2. 中国地质大学(北京)

Several typical Oceanic Anoxic Events (OAEs) occurred in the greenhouse period of the Mesozoic. These OAEs were characterized by low seawater sulfate concentration ( $[SO_4^{2-}]$ ) before and during the events, suggested by sulfur-cycle, which have been considered to play a significant role in their formation and evolution. However, there is still lack of reliable sedimentary evidence for the low  $[SO_4^{2-}]$  and the details how the low  $[SO_4^{2-}]$  impact the OAEs. Here, we present integrated sedimentological, mineral and geochemical study of black shale and siderites hosted in black shale and concretions during the early Aptian in the Guco section (Tibetan Himalaya). The siderites were observed throughout the section and share the similar characteristics in the black shale and concretion, which can be divided into dominant disseminated and rhombus crystals in early diagenesis and minor spherical crystals in the late diagenesis. The multiple evidence of relatively high V/Al and V/(V+Ni), MREE bulge pattern, minor pyrites and the extremely low carbon-isotope values of carbonate concretion that close to organic matter indicate that siderites were formed in the Fe reduction zones by the process of Dissimilatory Iron Reduction (DIR) which required the strict conditions of low  $[SO_4^{2-}]$ , reducing environment, abundant iron and high alkalinity. Additionally, the symbiosis of siderite and pyrite may indicate that the DIR occurred close to the Microbial Sulfate Reduction (MSR) zone, and the extremely low seawater  $[SO_4^{2-}]$  hovered around the tipping point where pyrites could form once the seawater sulfate increase by pulse input of enhanced continental weathering and/or volcanism. Our observations supported the previous hypothesis that under the background of low  $[SO_4^{2-}]$ , enhanced volcanic-derived sulfate input could have promoted the MSR and organic matter mineralization, which further enhanced nutrient recycling, and increased primary productivity and organic carbon burial, leading to more oxygen consumption and subsequently driving an expansion of the oxygen minimum zones.

**参考文献** 胡修棉, 李娟, 韩中, 等, 2020. 中生代两类极热事件的环境变化、生态效应与驱动机制 [J]. 中国科学: 地球科学, 50: 1023 - 1043. 黄丽萍, 2004. 论龙永煤田童子岩组菱铁矿及其岩相意义 [J]. 中国煤田地质, S1: 41 - 43. Adams, D. D., Hurtgen, M. T., Sageman, B. B., 2010. Volcanic triggering of a biogeochemical cascade during Oceanic Anoxic Event 2. [J]. Nature Geoscience 3: 201 - 204. Algeo, T. J., Lyons, T. W., 2006. Mo-total organic carbon covariation in modern anoxic marine environments: Implications for analysis of paleoredox and paleohydrographic conditions. [J]. Paleoclimatology 21. Algeo, T. J., Maynard, J. B., 2004. Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems. [J]. Chemical Geology 206: 289 - 318. Algeo, T. J., Tribovillard, N., 2009. Environmental analysis of paleoceanographic systems based on molybdenum-uranium covariation. [J]. Chemical Geology 268: 211 - 225. Anderson, T. F., Raiswell, R., 2004. Sources and mechanisms for the enrichment of highly reactive iron in euxinic Black Sea





sediments. [J]. *American Journal of Science* 304: 203. Bauer, K.W., Bottini, C., Katsev, S., et al., 2022. Ferruginous oceans during OAE1a and collapse of the marine sulfate pool. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 578: 117324. Bekker, A., Slack, J.F., Planavsky, N., et al., 2010. Iron Formation: The Sedimentary Product of a Complex Interplay among Mantle, Tectonic, Oceanic, and Biospheric Processes\*. [J]. *Economic Geology* 105: 467–508. Berner, R.A., 1981. A new geochemical classification of sedimentary environments. [J]. *Journal of Sedimentary Research* 51: 359–365. Bond, D.P.G., Wignall, P.B., 2010. Pyrite framboid study of marine Permian–Triassic boundary sections: A complex anoxic event and its relationship to contemporaneous mass extinction. [J]. *GSA Bulletin* 122: 1265–1279. Chen, X., Idakieva, V., Stoykova, K., et al., 2017. Ammonite biostratigraphy and organic carbon isotope chemostratigraphy of the early Aptian oceanic anoxic event (OAE 1a) in the Tethyan Himalaya of southern Tibet. [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 485: 531–542. Fairbridge, R.W., 1967. Chapter 2 Phases of Diagenesis and Authigenesis, In: Larsen, G., Chilingar, G.V. (Eds.), *Developments in Sedimentology*. Elsevier, pp. 19–89. Fike, D.A., Bradley, A.S., Rose, C.V. J.A.R.o.E., et al., 2015. Rethinking the ancient sulfur cycle. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 43: 593–622. Gaines, R.R., Vorhies, J.S., 2016. Growth mechanisms and geochemistry of carbonate concretions from the Cambrian Wheeler Formation (Utah, USA). [J]. *Sedimentology* 63: 662–698. Gansser, A., 1964. *Geology of the Himalayas* [M]. Garcia, T.I., Gorton, M.P., Li, H., et al., 2016. The geochemistry of the 2.75 Ga-old Helen Iron Formation, Wawa, Ontario – Insights into iron formation deposition from carbon isotopes and rare earth elements. [J]. *Precambrian Research* 275: 357–368. Gill, B.C., Lyons, T.W., Jenkyns, H.C., 2011. A global perturbation to the sulfur cycle during the Toarcian Oceanic Anoxic Event. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 312: 484–496. Gomes, M.L., Hurtgen, M.T., Sageman, B.B., 2016. Biogeochemical sulfur cycling during Cretaceous oceanic anoxic events: A comparison of OAE1a and OAE2. [J]. *Paleoceanography* 31: 233–251. Halama, M., Swanner, E.D., Konhauser, K.O., et al., 2016. Evaluation of siderite and magnetite formation in BIFs by pressure–temperature experiments of Fe(III) minerals and microbial biomass. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 450: 243–253. Haley, B.A., Klinkhammer, G.P., McManus, J., 2004. Rare earth elements in pore waters of marine sediments. [J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 68: 1265–1279. Han, Z., Hu, X., Hu, Z., et al., 2022. Geochemical evidence from the Kioto Carbonate Platform (Tibet) reveals enhanced terrigenous input and deoxygenation during the early Toarcian. [J]. *Global and Planetary Change* 215: 103887. Han, Z., Hu, X., Li, J., et al., 2016. Jurassic carbonate microfacies and relative sea-level changes in the Tethys Himalaya (southern Tibet). [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 456: 1–20. He, T., Dal Corso, J., Newton, R.J., et al., 2020. An enormous sulfur isotope excursion indicates marine anoxia during the end-Triassic mass extinction. [J]. *Science advances* 6: eabb6704. Heimann, A., Johnson, C.M., Beard, B.L., et al., 2010. Fe, C, and O isotope compositions of banded iron formation carbonates demonstrate a major role for dissimilatory iron reduction in ~2.5 Ga marine environments. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 294: 8–18. Hu, X., Jansa, L., Wang, C., 2008. Upper Jurassic–Lower Cretaceous stratigraphy in south-eastern Tibet: a comparison with the western Himalayas. [J]. *Cretaceous Research* 29: 301–315. Irwin, H., Curtis, C., Coleman, M., 1977. Isotopic evidence for source of diagenetic carbonates formed during burial of organic-rich sediments. [J]. *Nature* 269: 209–213. Jadoul, F., Berra, F., Garzanti, E., 1998. The Tethys Himalayan passive margin from Late Triassic to Early Cretaceous (South Tibet). [J]. *Journal of Asian Earth Sciences* 16: 173–194. Jenkyns, H.C., 2003. Evidence for rapid climate change in the Mesozoic–Palaeogene greenhouse world. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 361: 1885–1916. Jenkyns, H.C., 2010. Geochemistry of oceanic anoxic events. [J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems* 11. Jenkyns, H.C., 2018. Transient cooling episodes during Cretaceous Oceanic Anoxic Events with special reference to OAE 1a (Early Aptian). [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 376: 20170073. Jones, B., Manning, D.A.C., 1994. Comparison of



geochemical indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. [J]. *Chemical Geology* 111: 111–129. Kaźmierczak, J., 1979. The eukaryotic nature of Eosphaera-like ferriferous structures from the Precambrian Gunflint Iron Formation, Canada: A comparative study. [J]. *Precambrian Research* 9: 1–22. Keller, C.E., Hochuli, P.A., Weissert, H., et al., 2011. A volcanically induced climate warming and floral change preceded the onset of OAE1a (Early Cretaceous). [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 305: 43–49. Knittel, K., Boetius, A., 2009. Anaerobic oxidation of methane: progress with an unknown process. [J]. *Annual review of microbiology* 63: 311–334. Köhler, I., Konhauser, K.O., Papineau, D., et al., 2013. Biological carbon precursor to diagenetic siderite with spherical structures in iron formations. [J]. *Nature Communications* 4: 1741. Konhauser, K.O., Newman, D.K., Kappler, A., 2005. The potential significance of microbial Fe(III) reduction during deposition of Precambrian banded iron formations. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 233: 167–177. Krylov, A., Khlystov, O., Zemskaya, T., et al., 2008. First discovery and formation process of authigenic siderite from gas hydrate-bearing mud volcanoes in fresh water: Lake Baikal, eastern Siberia. [J]. *Geophysical Research Letters* 35. Kuhn, W., Holbourn, A., Moutou, M., 2011. Transient global cooling at the onset of early Aptian oceanic anoxic event (OAE) 1a. [J]. *Geology* 39: 323–326. Kump, L.R., Arthur, M.A., 1999. Interpreting carbon-isotope excursions: carbonates and organic matter. [J]. *Chemical Geology* 161: 181–198. LaBerge, G.L., 1973. Possible Biological Origin of Precambrian Iron-Formations. [J]. *Economic Geology* 68: 1098–1109. Liang, H., Chen, X., Wang, C., et al., 2016. Methane-derived authigenic carbonates of mid-Cretaceous age in southern Tibet: Types of carbonate concretions, carbon sources, and formation processes. [J]. *Journal of Asian Earth Sciences* 115: 153–169. Liu, A.-Q., Tang, D.-J., Shi, X.-Y., et al., 2019. Growth mechanisms and environmental implications of carbonate concretions from the ~1.4 Ga Xiamaling Formation, North China. [J]. *Journal of Palaeogeography* 8: 20. Lovley, D.R., 1991. Dissimilatory Fe(III) and Mn(IV) reduction. [J]. *Microbiological Reviews* 55: 259–287. Lovley, D.R., Stolz, J.F., Nord, G.L., et al., 1987. Anaerobic production of magnetite by a dissimilatory iron-reducing microorganism. [J]. *Nature* 330: 252–254. Lowenstein, T.K., Hardie, L.A., Timofeeff, M.N., et al., 2003. Secular variation in seawater chemistry and the origin of calcium chloride basinal brines. [J]. *Geology* 31: 857–860. Loyd, S.J., Marenco, P.J., Hagadorn, J.W., et al., 2012. Sustained low marine sulfate concentrations from the Neoproterozoic to the Cambrian: Insights from carbonates of northwestern Mexico and eastern California. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 339–340: 79–94. Luo, G., Kump, L.R., Wang, Y., et al., 2010. Isotopic evidence for an anomalously low oceanic sulfate concentration following end-Permian mass extinction. [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 300: 101–111. Lyons, T.W., Severmann, S., 2006. A critical look at iron paleoredox proxies: New insights from modern euxinic marine basins. [J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 70: 5698–5722. McLennan, S.M., 1989. Rare earth elements in sedimentary rocks: influence of provenance and sedimentary processes, *Geochemistry and mineralogy of rare earth elements*. De Gruyter, pp. 169–200. Menegatti, A.P., Weissert, H., Brown, R.S., et al., 1998. High-resolution  $\delta^{13}\text{C}$  stratigraphy through the Early Aptian “Livello selli” of the Alpine tethys. [J]. *Paleoceanography* 13: 530–545. Mills, J.V., Gomes, M.L., Kristall, B., et al., 2017. Massive volcanism, evaporite deposition, and the chemical evolution of the Early Cretaceous ocean. [J]. *Geology* 45: 475–478. Mozley, P.S., Burns, S.J., 1993. Oxygen and carbon isotopic composition of marine carbonate concretions; an overview. [J]. *Journal of Sedimentary Research* 63: 73–83. Mozley, P.S., Wersin, P., 1992. Isotopic composition of siderite as an indicator of depositional environment. [J]. *Geology* 20: 817–820. Newton, R.J., Reeves, E.P., Kafousia, N., et al., 2011. Low marine sulfate concentrations and the isolation of the European epicontinental sea during the Early Jurassic. [J]. *Geology* 39: 7–10. Ohkouchi, N., Kawamura, K., Kajiwar, Y., et al., 1999. Sulfur isotope records around Livello Bonarelli (northern Apennines, Italy) black shale at the Cenomanian–Turonian boundary. [J]. *Geology* 27: 535–538. Ohmoto,



H., Watanabe, Y., Kumazawa, K., 2004. Evidence from massive siderite beds for a CO<sub>2</sub>-rich atmosphere before, 1.8 billion years ago. [J]. *Nature* 429: 395–399. Owens, J.D., Gill, B.C., Jenkyns, H.C., et al., 2013. Sulfur isotopes track the global extent and dynamics of euxinia during Cretaceous Oceanic Anoxic Event 2. [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 110: 18407–18412. Poulton, S.W., Canfield, D.E., 2011. Ferruginous Conditions: A Dominant Feature of the Ocean through Earth's History. [J]. *Elements* 7: 107–112. Raiswell, R., 1987. Non-steady state microbiological diagenesis and the origin of concretions and nodular limestones. [J]. *Geological Society, London, Special Publications* 36: 41. Raiswell, R., Canfield, D.E., 2012. The Iron Biogeochemical Cycle Past and Present. [J]. *Geochemical Perspectives* 1: 1–2. Raiswell, R., Fisher, Q.J., 2000. Mudrock-hosted carbonate concretions: a review of growth mechanisms and their influence on chemical and isotopic composition. [J]. *Journal of the Geological Society* 157: 239. Raiswell, R., Fisher, Q.J., 2004. Rates of carbonate cementation associated with sulphate reduction in DSDP/ODP sediments: implications for the formation of concretions. [J]. *Chemical Geology* 211: 71–85. Roden, E.E., Edmonds, J.W.J.A.f.H., 1997. Phosphate mobilization in iron-rich anaerobic sediments: microbial Fe (III) oxide reduction versus iron-sulfide formation. [J]. 347–378. Romanek, C.S., Jiménez-López, C., Navarro, A.R., et al., 2009. Inorganic synthesis of Fe–Ca–Mg carbonates at low temperature. [J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 73: 5361–5376. Sciunnach, D., Garzanti, E., 2012. Subsidence history of the Tethys Himalaya. [J]. *Earth-Science Reviews* 111: 179–198. Scotese, C., Jan, G., 1992. Slide Set of Paleogeographic Atlas. Sellés-Martínez, J., 1996. Concretion morphology, classification and genesis. [J]. *Earth-Science Reviews* 41: 177–210. Silva, R.L., Duarte, L.V., Wach, G.D., et al., 2021. An Early Jurassic (Sinemurian–Toarcian) stratigraphic framework for the occurrence of Organic Matter Preservation Intervals (OMPIs). [J]. *Earth-Science Reviews* 221: 103780. Socorro, J., Maurrasse, F.J.M.R., Sanchez-Hernandez, Y., 2017. Characterization of the negative carbon isotope shift in segment C2, its global implications as a harbinger of OAE1a. [J]. *Science China-Earth Sciences* 60: 30–43. Tang, D., Shi, X., Jiang, G., et al., 2018. Stratiform siderites from the Mesoproterozoic Xiamaling Formation in North China: Genesis and environmental implications. [J]. *Gondwana Research* 58: 1–15. Tedeschi, L.R., Jenkyns, H.C., Robinson, S.A., et al., 2017. New age constraints on Aptian evaporites and carbonates from the South Atlantic: Implications for Oceanic Anoxic Event 1a. [J]. *Geology* 45: 543–546. Teixeira, N.L., Caxito, F.A., Rosière, C.A., et al., 2017. Trace elements and isotope geochemistry (C, O, Fe, Cr) of the Gauê iron formation, Quadrilátero Ferrífero, Brazil: Evidence for widespread microbial dissimilatory iron reduction at the Archean/Paleoproterozoic transition. [J]. *Precambrian Research* 298: 39–55. Tejada, M.L.G., Suzuki, K., Kuroda, J., et al., 2009. Ontong Java Plateau eruption as a trigger for the early Aptian oceanic anoxic event. [J]. *Geology* 37: 855–858. Tribouillard, N., Algeo, T.J., Baudin, F., et al., 2012. Analysis of marine environmental conditions based on molybdenum–uranium covariation—Applications to Mesozoic paleoceanography. [J]. *Chemical Geology* 324–325: 46–58. Tribouillard, N., Algeo, T.J., Lyons, T., et al., 2006. Trace metals as paleoredox and paleoproductivity proxies: An update. [J]. *Chemical Geology* 232: 12–32. Turner, P., Pelz, K., 2017. Chapter 27 – Development of an Upper Triassic–Lower Jurassic Evaporite Basin on the Saharan Platform, North Africa, In: Soto, J.I., Flinch, J.F., Tari, G. (Eds.), *Permo-Triassic Salt Provinces of Europe, North Africa and the Atlantic Margins*. Elsevier, pp. 581–599. Tyson, R.V., Pearson, T.H., 1991. Modern and ancient continental shelf anoxia: an overview. [J]. *Geological Society, London, Special Publications* 58: 1. Van Der Weijden, C.H., 1992. Early Diagenesis and Marine Pore Water, In: Wolf, K.H., Chilingarian, G.V. (Eds.), *Developments in Sedimentology*. Elsevier, pp. 13–134. Whiticar, M.J., 1999. Carbon and hydrogen isotope systematics of bacterial formation and oxidation of methane. [J]. *Chemical Geology* 161: 291–314. Wilkin, R.T., Barnes, H.L., Brantley, S.L., 1996. The size distribution of framboidal pyrite in modern sediments: An



indicator of redox conditions. [J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* 60: 3897 - 3912. Wortmann, U. G., Chernyavsky, B. M., 2007. Effect of evaporite deposition on Early Cretaceous carbon and sulphur cycling. [J]. *Nature* 446: 654 - 656. Xu, W., Ruhl, M., Jenkyns, H. C., et al., 2018. Evolution of the Toarcian (Early Jurassic) carbon-cycle and global climatic controls on local sedimentary processes (Cardigan Bay Basin, UK). [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 484: 396 - 411.

**关键词** Aptian Oceanic Anoxic Events; Siderite; Black shale; sulfate concentration; Tibetan Himalaya



摘要 ID:2945

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## Strontium isotope evidence for continental weathering linked to the early Toarcian Oceanic Anoxic Event in the Tethys Himalaya, Tibet

杨雨波、韩中\*

成都理工大学沉积地质研究院

The early Toarcian of the Early Jurassic was characterized by an interval of global warming, enhanced continental weathering, and oceanic anoxic events (T-OAE, ~ 183 Ma). However, the changes in continental weathering intensity in low latitude and its direct relationship with oceanic deoxygenation remains poorly constrained. Here, we present strontium isotope ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ) data of the Toarcian interval from the Tibetan Himalaya, which was formerly located in the tropical/subtropical zone of the southeastern Tethys. The  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  absolute values are higher than those of coeval records from Europe, probably due to the stronger continental weathering in the Tethys Himalayan region than Europe. Additionally, the  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  shows two major phases of positive shift. The first began around Pliensbachian - Toarcian boundary time (PTBE) and continued to the early phase of the T-OAE CIE (~ -10 - 0.2 m) and the second is a large positive shift superimposed on top of the first and terminated at the end of the T-OAE CIE (~ 0.2 - 20.4 m), respectively. These two shifts have not correlation with the change of sea-level. Continental weathering increases the inflow of terrigenous influx into the ocean, causing a high  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  ratios and might have elevated primary production, consumed the dissolved oxygen and then triggered global oceanic anoxia.

### 参考文献

**关键词** Toarcian Oceanic Anoxic Event; Strontium isotopes; Continental weathering; Tibetan Himalaya



摘要 ID:335

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 白垩纪末期至古近纪初期东亚中纬度陆地温室气候变化对降水的影响

陈积权、高远\*、王成善  
中国地质大学(北京)

全球气候变暖如何影响北半球中纬度地区(如东亚)的降水变化是一个亟待解决的科学问题,目前不同的气候模型之间缺乏共识。深时温室气体时期记录(如晚白垩世)为了解未来高大气二氧化碳浓度下的气候演变提供了参考。白垩纪末期至古近纪初期(约76-65.5Ma)是一个显著的温室气候波动时期,我们根据中国东北松辽盆地SK-1n井四方台组-明水组的古土壤记录,定量重建该时期东亚地区古降雨量。钙积层深度指标(DTC)和元素地球化学指标(CIA-K, CALMAG)的古降雨量重建结果具有一致性,共同表明降雨量变化与变暖和变冷事件的发生有联系。在变暖期间(如~69.5-68.5Ma),海陆温差增加,东亚大陆上空的热低压系统扩大、增强、向北极移动,导致松辽盆地水文循环增强和降雨量增加。在变冷期间(如~72.5-69.5Ma, ~68.5-66.5Ma),东亚季风的减弱和向赤道偏移西风的加强,使得更多的冷干气团从中亚和北冰洋进入松辽盆地,导致降雨量下降。此外,我们的研究表明,K-Pg边界附近松辽盆地降雨量变化与气候波动和灾难性地质事件的发生相吻合。三个深时变暖时期(马斯特里赫特中期、马斯特里赫特晚期和古近纪初期)与现代模拟情景(RCP)下21世纪末的松辽盆地降雨量比较表明,随着二氧化碳的排放增加,东亚的降雨量可能会在接下来的几十年里持续增加。

### 参考文献

**关键词** 白垩纪; 松辽盆地; 温室气候; 降雨量; 古土壤



摘要 ID: 346

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 用数值模拟方法分析北美上白垩统陆缘碎屑纹层中的 ENSO 信号

秦健铭<sup>1</sup>、高远<sup>\*1</sup>、张健<sup>2</sup>、田兴<sup>1</sup>、Andrew Davis<sup>3</sup>

1. 中国地质大学(北京)
2. 中国科学院青藏高原研究所
3. Andrew Davis

厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)是最重要的年际气候变化之一,它源自赤道太平洋海表温度(SST)异常,准周期约为2~7年(Trenberth, 1997; Rasmusson and Carpenter, 1982)。既有研究表明,虽然 ENSO 起源于赤道太平洋,但是通过改变大气环流,ENSO 可以对东亚、美洲等地的气候产生影响(例如 Han et al., 2017),因此,ENSO 关系到数十亿人的生活。由于连续高精度地质记录的缺乏,对新生代以前 ENSO 的研究仍十分有限。Davies et al. (2012)曾报导来自北美洲中纬度上白垩统 Moreno 组 Marca 页岩中的陆源碎屑纹层,其层厚与夏季降水直接相关,谱分析结果中存在 2~7 年周期,其中 2.12、2.26 和 2.48 年的峰十分明显,被认为是 ENSO 信号。我们使用数值模拟方法模拟晚白垩世距今 70Ma 的古气候(Zhang et al., 2019),设置大气 CO<sub>2</sub> 含量为 1120ppmv(工业革命前值的四倍),选取连续 100 年的逐月降水和逐月 SST 数据进行研究,识别出了多次 ENSO 事件,其中,厄尔尼诺事件的基本规律是,海温正异常区域从西太平洋出现,并逐渐向东扩展,在十月前后扩展到东太平洋,随后开始收缩,在第二年四月基本消失。对数据进行谱分析研究, Nino 4 指数(5° S~5° N、160° E~150° W 区域内的海温异常)存在明显的 2~7 年周期,并存在与地质记录相对应的 2.16 和 2.69 年周期的峰;类似的周期在北美洲西岸中纬度地区的月降水也能找到(2.19、2.67 和 2.74 年周期)。我们认为,数值模拟试验结果支持晚白垩世有 ENSO 的结论,同时可以证明 Marca 页岩纹层中的 2~7 年周期为 ENSO 周期。

**参考文献** Trenberth K E . The Definition of El Niño[J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 1997, 78(12): 2771-2777. Rasmusson E M , Carpenter T H . Variations in Tropical Sea Surface Temperature and Surface Wind Fields Associated with the Southern Oscillation/El Niño[J]. Monthly Weather Review, 1982, 110(5): 354-384. Han T, Wang H, Sun J. Strengthened relationship between eastern ENSO and summer precipitation over northeastern China[J]. Journal of Climate, 2017, 30(12): 4497-4512. Davies A, Kemp A E S, Weedon G P, et al. El Niño - southern oscillation variability from the late cretaceous Marca shale of California[J]. Geology, 2012, 40(1): 15-18. Zhang J, Liu Y, Fang X, et al. Large dry-humid fluctuations in Asia during the Late Cretaceous due to orbital forcing: A modeling study[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2019, 533: 109230.

**关键词** 气候模拟; 纹层; ENSO



摘要 ID:1017

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 早侏罗世 Pliensbachian 晚期至 Toarcian 早期泛大洋深水浅水铁循环和氧化还原条件演化

陈文汉<sup>1</sup>、David B. Kemp<sup>\*1</sup>、何天辰<sup>3</sup>、Robert J. Newton<sup>2</sup>、熊怡俊<sup>2</sup>、Hugh C. Jenkyns<sup>4</sup>、Kentaro Izumi<sup>5</sup>、Tenichi Cho<sup>6</sup>、黄春菊<sup>1</sup>、Simon W. Poulton<sup>2,7</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. 利兹大学地球环境学院, 利兹 LS2 9JT

3. 利兹大学地球环境学院, 利兹 LS2 9JT

4. 牛津大学地球科学学院, 牛津 OX1 3AN

5. 千叶大学教育和研究生院, 千叶 263-8522

6. 早稻田大学创新科学与工程研究生院, 东京 169-8050

7. 中国地质大学(武汉)地质过程与矿产资源国家重点实验室, 武汉 430074

早侏罗世 Pliensbachian 晚期至 Toarcian 早期全球经历了重大的气候环境变化, 出现 Toarcian 大洋缺氧事件(简称 T-OAE, 或 Jenkyns 事件, 距今约 183 个百万年)和 Pliensbachian-Toarcian 界线事件(简称 PI/To Event)。截至目前, 关于该气候突变时期海水氧化还原条件的研究主要来自于盆地水体相对局限的欧洲地区, 这导致对于同期开放大洋(特别是泛大洋)海水氧化还原条件的演化缺乏足够的认识。我们的工作以 Pliensbachian 晚期至 Toarcian 早期泛大洋两条剖面为研究对象, 呈现了高分辨率的铁组分和氧化还原敏感元素数据。其中一条剖面位于泛大洋中部深水(古水深超过 2.7 千米), 另一条剖面位于泛大洋西侧边缘浅水(古水深可能小于 50 米)。研究表明, Pliensbachian 晚期至 T-OAE 开始前泛大洋深水主要以缺氧铁化(水体中含 Fe<sup>2+</sup>)为主。在 PI/To 界线处, 深水氧化还原条件在短期氧化与缺氧硫化(水体中含 H<sub>2</sub>S)间波动, 而在 T-OAE 期间深水至少存在区域性的水体硫化特征, T-OAE 结束后深水逐渐向氧化条件过渡。浅水剖面氧化还原敏感元素数据指示浅水在 T-OAE 时期以氧化、次氧化为主。然而, T-OAE 时期浅水沉积物中高度富集活性铁(特别是铁的氧化物组分)。我们的工作提出一种深水上涌模型来解释这一特征: 海平面上升和盛行风驱动深水上涌, 这一过程将深部缺氧铁化(富含 Fe<sup>2+</sup>)的水体带入浅水陆架区, 大量还原性铁在浅水氧化条件下被氧化成铁的氧化物而大量沉淀。

参考文献

关键词





摘要 ID:1026

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## Variable sedimentary host phases of mercury (Hg) and implications for the Hg-volcanism proxy: a case study from the late Triassic

华夏、David B. Kemp\*、黄春菊  
中国地质大学(武汉)

以附件形式上传

参考文献

关键词 Rhenish; Triassic-Jurassic boundary; mercury; volcanism



摘要 ID:1691

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 云南罗平关岭组二段记录的中三叠世古环境演化

丁仲昭<sup>1</sup>、张启跃<sup>2</sup>、戴霜<sup>1</sup>、胡世学<sup>2</sup>、马志鑫<sup>2</sup>、文芃<sup>2</sup>、宋董军<sup>1</sup>

1. 兰州大学地质科学与矿产资源学院
2. 中国地质调查局成都地质调查中心

中三叠世是二叠纪末生物大灭绝后生物复苏的重要时期,环境变化是影响生物生存和繁衍的重要因素。本文通过对云南罗平地区含罗平生物群层位的关岭组二段剖面测量、野外岩性观察、镜下微相和元素地球化学分析,对罗平生物群生物复苏的古环境背景进行探讨。研究剖面由多个向上变浅的海进序列组成,微相分析共识别出开阔台地、局限台地、潮坪、浅滩和台盆五种沉积相类型,处于一个台盆相间的古地理格局中,  $Mo_{EF}-U_{EF}$  共变图解以及  $V/Cr$ 、 $U/Th$ 、 $V/(V+Ni)$  等氧化还原指标显示该时期海洋环境以次氧化-缺氧为主。结合古盐度指标  $Sr/Ba$  以及古水深指标  $Y/Ho$ , 将关岭组二段划分为四个阶段,阶段 I 以潮坪-开阔台地和局限台地-浅滩相为主:  $Mo_{EF}$ 、 $V/Cr$  较低,  $U_{EF}$  中等,指示氧化-次氧化环境,  $V/Cr$  和  $Sr/Ba$  出现两次增大,  $Y/Ho$  则出现两次降低的现象,表明海平面可能经历了两次上升和下降运动;阶段 II 主要为潮坪、局限台地环境:  $Mo_{EF}$ 、 $U_{EF}$ 、 $V/Cr$  均较低,指示氧化环境,  $V/Cr$ 、 $Sr/Ba$  和  $Y/Ho$  数值变化均比较稳定,表明此阶段海平面运动比较稳定;阶段 III 主要为台盆相:  $Mo_{EF}$ 、 $U_{EF}$ 、 $V/Cr$  和  $Sr/Ba$  显著升高,  $Y/Ho$  则显著降低,指示缺氧环境,显示出海平面发生了突然性地大规模上升;阶段 IV 主要为多个潮坪-浅滩或局限台地-浅滩相组合:  $Mo_{EF}$ 、 $V/Cr$  较低,  $U_{EF}$  中等,指示氧化-次氧化环境,  $V/Cr$ 、 $Sr/Ba$  和  $Y/Ho$  变化较为频繁,表明此阶段的海平面具有周期性波动的特征。基于以上各阶段的古环境特征,认为阶段 I 可能继承了早三叠世动荡的环境,海平面变化比较频繁;阶段 II 的古环境背景比较稳定,加之稳定的古气候条件(孙媛媛等, 2009)和丰富的有机质和陆源营养物质(尹超等, 2014),是生物生存和繁衍的绝佳场所;阶段 III 是罗平生物群埋藏层位,根据在邻区发现的包卷层理和多层凝灰岩证据(马志鑫等, 2020; 尹超等, 2014),认为由大规模海平面上升造成的风暴事件和海底火山喷发是造成海洋生物集体死亡的重要原因;阶段 IV 的古环境背景比较动荡,通过野外岩性和镜下微相观察发现此阶段发育较多的内碎屑、鲕粒等,认为此阶段的海水动力作用较强。

**参考文献** [1] 马志鑫, 张启跃, 文芃, 等. 2020. 云南罗平中三叠统关岭组沉积环境演化及化石埋藏[J]. 地球科学, 45(8): 3104-3118. [2] 孙媛媛, 刘俊, 吕涛, 等. 2009. 罗平生物群产出层位氧碳稳定同位素的初步研究[J]. 地质学报, 83(8): 1110-1117. [3] 尹超, 郝维城, 季承, 等. 2014. 盘县-罗平动物群-中三叠世初期生物复苏、辐射的标志性生物群[J]. 地层学杂志, 38(3): 328-335.

**关键词** 云南罗平; 中三叠世; 海平面变化; 古环境



摘要 ID:299

主题分类：古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型：口头报告

## 白垩纪多时间尺度陆地气候环境变化——来自松辽盆地大陆科学 钻探的记录

高远\*、黄河、田兴、陈积权、席党鹏、黄永建、吴怀春、王成善  
中国地质大学（北京）

研究白垩纪不同时间尺度（构造尺度、轨道尺度、人类尺度）气候环境变化对于全面认识深时温室地球表层系统演化和准确预测未来气候变化均有借鉴意义。然而，研究困难在于缺少连续高分辨率地质记录，尤其是陆相沉积记录。松辽盆地国际大陆科学钻探实现“三井四孔、八千米取心、钻穿松辽盆地、取全陆相白垩系”，提供了宝贵的连续高分辨率陆相沉积记录。本研究综合沉积学、矿物学、地球化学指标，重建白垩纪东亚中纬度陆地多时间尺度气候环境变化。在构造尺度上，发现了多次百万年-十万年尺度气候环境变化事件，证明了中纬度陆地对全球气候变化和重大地质事件（如火山活动）敏感响应，揭示了陆地气候变化对生物灭绝与复苏的潜在影响。在轨道尺度上，发现了约17万年斜率振幅调制周期驱动中高纬度有机碳埋藏，揭示了“非常规”天文轨道周期对全球水循环和碳循环调控的过程与机理。在人类尺度上，发现了年际尺度沉积记录——年纹层，证明了白垩纪温室状态下地球存在 ENSO 周期气候变化，探讨了未来高频率高振幅 ENSO 可能性。综上，来自松辽盆地大陆科学钻探的记录表明，温室状态相比冰室状态在气候系统的运作机制上有相似也有差异。

参考文献

关键词



摘要 ID:820

主题分类：古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型：口头报告

## 早三叠世微生物诱导型中深水碳酸盐岩工厂

李明涛<sup>\*1,2</sup>、宋海军<sup>2</sup>、代旭<sup>2</sup>

1. 长江大学

2. 中国地质大学（武汉）

二叠纪-三叠纪之交发生了显生宙以来最为严重的生物灭绝事件，超过 90% 的海洋物种灭绝，其中后生造礁生物如珊瑚、钙藻、海绵等受影响最为强烈。此次生物灭绝事件直接导致了早三叠世碳酸盐岩台地面积发生了锐减，同时碳酸盐岩台地面貌也发生了显著变化，晚二叠世浅水地区以广泛的后生生物礁为主，生物灭绝后，浅水地区广泛沉积了微生物岩、鲕粒、海底碳酸盐胶结物等，这些异常的碳酸盐沉积指示了缺氧、硫化及微生物繁盛的极端海洋环境。目前，关于早三叠世碳酸盐岩研究多集中于浅水地区，而对于中深水地区的碳酸盐岩研究较少，这限制了我们对于中深水地区碳酸盐岩响应生物大灭绝机制的理解。本研究以我国华南、藏南多条中深水剖面为研究对象，通过详细的微相分析、岩相观察结合地球化学数据，对早三叠世中深水碳酸盐工厂进行了详细研究，研究发现：早三叠世的中深水碳酸盐岩以泥晶白云质灰岩为主，后生动物化石稀少，其中保存了大量微生物结构，如疑似胞外聚合物、丝状蓝细菌及杆状微生物化石，生物标志化合物显示该时期对应绿硫细菌的繁盛。综合以上证据，认为：早三叠世中深水碳酸盐岩以微生物诱导型为特征，对应缺氧、微生物繁盛的极端海洋环境。

### 参考文献

**关键词** 二叠纪-三叠纪之交；生物大灭绝；微生物；碳酸盐岩；缺氧



摘要 ID:1250

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 专题邀请报告

## 白垩纪大洋缺氧事件 OAE2 期间碳循环扰动的过程与机制

陈曦\*、郭会芳、姚翰威、韩凯博、汪恒慧  
中国地质大学(北京)

OAE2 是白垩纪一次全球性大洋缺氧事件,也是迄今研究程度最高的中生代古海洋事件之一。同时, OAE2 期间地球气候处于极热气候状态,因而它对于研究极端温室气候条件下地球系统演化过程具有重要意义。近年来,在更高的时空分辨率条件下,针对 OAE2 开展了诸多精细研究,特别是全球性古环境指标应用,在事件的触发机制和地球系统反馈过程方面取得了新认识。通过综述了国际研究成果,我们从海水碳同位素 ( $\delta^{13}\text{C}$ ) 演化的角度分析了 OAE2 期间全球碳循环扰动过程及其控制因素:大火成岩省岩浆作用是 OAE2 碳循环扰动的触发因素,海洋生产力和缺氧条件是导致海水  $\delta^{13}\text{C}$  演化的直接原因,大陆风化强度对海洋生产力和有机质保存条件的影响,海水氧化还原条件动态演化对 OAE2 期间  $\delta^{13}\text{C}$  次级波动具有重要影响。本文分析了 OAE2 期间  $\delta^{13}\text{C}$  演化在不同阶段的主要控制因素具有重要差异,认为全球环境演化及其对碳循环影响具有五个阶段,建立了 OAE2 碳循环扰动期间全球演化模型。

### 参考文献

**关键词** 白垩纪; 大洋缺氧; 大火成岩省; 有机质埋藏; 硅酸盐风化



摘要 ID:1334

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 峨眉山玄武岩风化引起晚二叠纪全球气候变冷?

龚政<sup>1</sup>、黄成敏\*<sup>1</sup>、James L. Crowley<sup>2</sup>、张茂超<sup>3</sup>、李军<sup>4</sup>

1. 四川大学建筑与环境学院

2. Department of Geosciences, Boise State University, Boise

3. 重庆工程职业技术学院

4. 兰州城市学院地理与环境工程学院

晚古生代冰期 (LPIA) 是显生宙持续时间最长的冰期事件, 在经历了二叠纪晚期的最后一次冰期 P4 以后, 于晚二叠纪末期彻底结束。目前, 对于控制 P4 冰期演化的原因尚没有定论。根据最新的高精度锆石定年结果, 峨眉山大火成岩省 (ELIP) 的喷发时间为中-晚二叠纪, 其与晚古生代冰期的 P4 冰期在时间上的紧密联系暗示着两者可能存在成因上的联系。明确当时的陆地表面温度 (LST) 的变化有助于理解峨眉山大火成岩省的气候效应, 而峨眉山玄武岩的喷发间歇期发育了大量的古土壤, 是重建地表温度的绝佳材料。我们在峨眉山大火成岩省的 11 个地点一共识别出 42 层古土壤。根据颜色、结构和层次等野外剖面特征, 古土壤被划分成四种类型: I、II、III 和 IV。大多数 I、II 和 III 类土壤可以被划分为 Oxisol 或 Ultisol (或者砖红壤), 矿物组成以高岭石, 铁和铝氧化物为主, CIA 值高达 90 - 99, 具有一定程度的脱硅富铁铝化。IV 类土壤的矿物往往以辉石和长石等原生矿物为主, CIA 值较低, 一般为 35 - 65, 基于这些特征, 被划分为 Entisol 或 Inceptisol。

ELIP 东部地区的土壤类型主要为强风化的 I、II 类, 而 ELIP 西部地区主要为 III 类和弱风化 IV 类。我们认为这两个区域之间的古地形差异是导致土壤的空间分布差异的主要原因。地表溢流玄武岩的堆积会引起海拔的变化, ELIP 的西部玄武岩厚度大, 往往为 3000-5000m, 容易形成陡峭的高地, 而东部区域的玄武岩一般为 300-800m, 往往会形成丘陵、台地和平原等地形。这种地形差异造成西部区域具有比东部地区更低的气温, 并且由于地形陡峭, 还具有较强的土壤侵蚀, 因此, 西部地区的土壤发育程度要明显弱于东部地区。

根据  $\text{SiO}_2/\text{R}_2\text{O}_3$  气候函数, 我们在四个地点的峨眉山玄武岩剖面的上部识别出  $\sim 2-4^\circ\text{C}$  的 LST 变冷趋势。古土壤和凝灰岩的高精度锆石定年结果 (CA-ID-TIMS) 将这一变冷趋势的时间限定为  $\sim 260$  至  $\sim 253$  Ma。这一 LST 变冷事件与晚二叠纪海水表层温度的变冷事件 ( $\sim 260\text{Ma}-\sim 253$  Ma) 以及 P4 冰期 (260-254.5 Ma) 在时间上高度重合。ELIP 在二叠纪期间位于低纬度赤道地区, 气候温暖潮湿, 有利于强烈风化作用的进行, 而同时期的 Pangea 大陆低纬度地区由于气候干旱, 风化程度很低。因此, 我们提出, 以玄武岩上部连续的厚层砖红壤为标志的强烈的玄武岩风化显著加剧了大气  $\text{CO}_2$  消耗, 导致了全球气候变冷, 而气候变冷结合其他一些特定的环境因素, 有可能触发了 P4 冰期的形成。

参考文献

关键词



摘要 ID:3128

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## Volcanic activity drives lacustrine carbon sequestration after Oceanic Anoxic Event 1a

李礼<sup>1,2,3,4</sup>、杨松岭<sup>2</sup>、李全<sup>2</sup>、刘招君<sup>1</sup>

1. 吉林大学

2. 中国海油石油国际有限公司

3. 吉林大学

4. 麦考瑞大学

The Mesozoic is punctuated by relatively brief periods of anomalous warmth associated with pulses of volcanism, intensified weathering, expansive marine anoxia, and increased organic carbon burial. These are known as Oceanic Anoxic Events, or OAEs. Several OAEs have also been linked to potentially synchronous episodes of increased carbon burial in lacustrine settings, attributed to increased weathering-derived nutrient fluxes. Here we present the Early Aptian oil shale sequences of western Liaoning Province, north China, combining sediment petrology, zircon U-Pb geochronology, carbon isotope chemostratigraphy, as well inorganic and organic geochemical palaeoenvironmental proxies to assess possible causal links to OAE1a. New zircon  $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$  ages ( $121.06 \pm 0.63$  Ma,  $119.72 \pm 0.40$  Ma, and  $119.9 \pm 0.65$  Ma) for three tuffs and  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  chemostratigraphic correlation show that the western Liaoning Province oil shale interval formed shortly after widespread marine black shale deposition characteristic of OAE1a had ceased. Elevated concentrations of alginite (dinoflagellate-derived organic matter) in oil shale samples which contain micron-thick tuff layers suggest that arc volcanism in north China was the major factor driving increased lacustrine carbon burial, via volcanic ash fertilisation. This is supported by high values of  $\text{Babio}$ ,  $\text{C27/C29 } \alpha\alpha\alpha\text{-20R steranes}$ ,  $\text{C28/C29 } \alpha\alpha\alpha\text{-20R steranes}$ , 4-methylsterane index, dinosterane index, and tetramethylsterane index in these layers, which imply that the input of volcanic ash contributed to a flourishing of brackish/saline-water adapted dinoflagellates, leading to the formation of organic-rich tuff laminae. This is a novel mechanism that is distinct to the processes known to have contributed to enhanced marine organic matter burial on a global scale during OAE1a. This research not only contributes to the study of lacustrine source rocks in north China, but also provides insights into the influence of intermediate-acidic volcanic eruptions on organic carbon burial more generally.

**参考文献** [1] Ando, A., Kakegawa, T., Takashima, R., Saito, T., 2002. New perspective on Aptian carbon isotope stratigraphy: Data from  $\delta^{13}\text{C}$  records of terrestrial organic matter. *Geology* 30, 227–230. [2] Kuhnt, W., Holbourn, A., Moullade, M., 2011. Transient global cooling at the onset of early Aptian oceanic anoxic event (OAE) 1a. *Geology* 39, 323–326. [3] Zhang, X., Li, S., Wang, X., Zhao, X., Yin, T., 2021. Expression of the early Aptian Oceanic Anoxic Event (OAE) 1a in lacustrine depositional systems of East China. *Global and Planetary Change* 196, 103370. [4] Zhang, X., Zhang, G., Sha, J., 2016. Lacustrine sedimentary record of early Aptian carbon cycle perturbation in western Liaoning, China. *Cretaceous Research* 62, 122–129.

**关键词** Carbon isotope chemostratigraphy; U-Pb geochronology; Ontong Java Plateau; paleoclimates cooling; oil shale sequence.



摘要 ID:1120

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 展板

## 简述松辽盆地青山口组一段裂缝类型、分布与 TOC 之间的关系

曹永强\*、李玉寅  
中国地质大学(北京)

天然裂缝为页岩储层提供了重要的储集空间,也是油气运移和聚集的重要通道,明确泥岩天然裂缝的类型与分布对于页岩油气的开采具有重要意义。松辽盆地是我国最具潜力的陆相页岩油资源盆地之一,具有丰富的油气资源,最大深度超过一万余米。其中青山口组沉积厚度为 260—500m。其中青山口组一段长 80—16m 是松辽盆地重要的烃源岩层系。我们通过借鉴 Lazar 对纹层、层理的描述方法,配合“划痕实验”对“松科一井”南孔青山口组一段岩心进行了精细的描述,结合已有的 TOC 数据,在 TOC 的峰值处进行代表性取样,试图揭示裂缝类型、分布与 TOC 含量之间的关系。

古龙地区青山口组岩心裂缝主要以层理裂缝为主,裂缝产状稳定大多为低角度的平行裂缝,层理缝垂直于上覆压力方向,开启程度相对较差。大多单独出现,平行裂缝聚集性出现的泥岩层段可见明显的油浸现象。肉眼可观察到层理裂缝 103 条;岩心中发育较多构造裂缝,裂缝产状稳定大多为高角度的垂向裂缝,裂缝面平直光滑,大多被方解石充填或表面被方解石所覆盖,大部分出现在块状泥岩层段或白云石结核层段,肉眼可观察到裂缝 17 条。但是由于岩心大多呈薄饼状,完整性较差,肉眼可观察的裂缝可能并不精确,后续会设计取样方案进行镜下观察。

对古龙地区青山口组裂缝的分布情况与 TOC 进行对比,识别出 TOC 周期性富集的层位与裂缝的聚集性分布具有较好的对应关系,在 1759m 处 TOC 值达到最大 7.04,与此同时在 1760.46—

1760.86m 处层理裂缝聚集性出现多达 13 条;在 1752m 处 TOC 值达到最小 1.41,而在 1750.4—1753.88m 处仅有 5 条裂缝出现。但是由于岩心大多呈薄饼状,完整性较差,层理裂缝的观察并不准确可能会有疏漏。我们将层理裂缝忽略,只将构造裂缝的分布情况与 TOC 值进行对比,结果同样显示 TOC 与裂缝的分布密度成正比。后续我们会在镜下进行观察详细论证裂缝与 TOC 之间的关系。

**参考文献** [1] Lazar O R , Bohacs K M , Macquaker J , et al. Capturing Key Attributes of Fine-Grained Sedimentary Rocks In Outcrops, Cores, and Thin Sections: Nomenclature and Description Guidelines[J]. Journal of Sedimentary Research, 2015, 85(3):230-246. [2] 王璞珺,高有峰,程日辉,等 2009. 松科 1 井南孔白垩系青山口组二、三段沉积序列精细描述:岩石地层、沉积相与旋回地层[J]. 地学前缘, 16(02):288-313. [3] 高有峰,王璞珺,程日辉,等 2009. 松科 1 井南孔白垩系青山口组一段沉积序列精细描述:岩石地层、沉积相与旋回地层[J]. 地学前缘, 16(02):314-323. [4] 柳波,刘俊杰,付晓飞,等 2021. 松辽盆地陆相页岩油地质研究方法 with 勘探评价进展[J]. 地质与资源, 30(03):239-248. [5] 冯子辉,柳波,邵红梅,等 2020. 松辽盆地古龙地区青山口组泥页岩成岩演化与储集性能[J]. 大庆石油地质与开发, 39(03):72-85.

**关键词** 青山口组; 岩心描述; TOC; 裂缝





摘要 ID: 2587

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 松辽盆地早三冬期疑似冰筏沉积坠石的发现及其成因

高有峰<sup>1\*</sup>、瞿雪姣<sup>2</sup>、王国栋<sup>3</sup>、王璞珺<sup>1</sup>、白雪峰<sup>4</sup>

1. 吉林大学

2. 重庆科技学院

3. 中国石油勘探开发研究院西北分院

4. 中国石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

在松辽盆地白垩纪地层钻井中首次发现坠石沉积, 利用中国大陆科学钻探松科 1 井精细地层划分方案 (wan et al., 2013; wang et al., 2013) 进行连井对比, 对照 2021 年国际地质年表, 确定坠石发育时代为早三冬期。坠石呈肉红色, 岩性为花岗岩, 岩心中见坠石孤立赋存于层状灰色泥岩中, 背景沉积为半深湖-深湖环境。坠石长轴直径 65 mm, 短轴直径 46 mm, 呈圆状。根据坠石的岩性、形状和大小特征及其与沉积环境的关系, 排除其机械、火山和生物成因。同时, 由于松辽盆地在早三冬期的低纬度位置以及周围没有高海拔地形 (Scotese et al., 2012), 可排除极地冰川和山地冰川成因。Zakharov et al. (1999) 利用氧同位素数据和相关的古温度和海平面重建, 记录了库页岛南部 (古纬度与松辽盆地相当) 早三冬期是一个相对寒冷的时期, 气候与现代中国东北地区相似, 季节明显。同时, 我们对包裹坠石的灰色泥岩进行的孢粉分析中, 也发现少量可表示冷气候环境的薄壁雪松粉 (*Cedripites leptodermus* (Zauer) Krutzsch, 1971)、开放拟云杉粉 (*Piceites expositus* Bolkh., 1956) 和假圆形拟云杉粉 (*Piceites pseudorotundiformis* (Mal.) Pocock, 1970), 表明坠石沉积的背景环境可能存在短期冷气候事件。综上, 本次研究的坠石沉积的成因可能为短暂气候变冷事件导致中低纬度地区古湖盆的支流或湖岸表面结冰, 随季节变化使携带砾石的冰体搬运到深湖区融化形成。这一发现可能为白垩纪温室世界早三冬期短暂的全球变冷事件提供直接证据。

**参考文献** Scotese C R and Dreher C, 2012. *Global Geology*. [http://www. GlobalGeology.com](http://www.GlobalGeology.com). Wan X Q, Zhao J, Scott B W, et al., 2013. Late Cretaceous stratigraphy, Songliao Basin, NE China [J]. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 385: 31 - 43. Wang C S, Feng Z Q, Zhang L M, et al., 2013. Cretaceous paleogeography and paleoclimate and the setting of SKI borehole sites in Songliao Basin, northeast China [J]. *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 385: 17 - 30. Zakharov Y D, Boriskina N G, Ignatyev A V, et al., 1999. Palaeotemperature curve for the Late Cretaceous of the northwestern circum-Pacific [J]. *Cretaceous Research*, 20: 685 - 697.

**关键词** 松辽盆地; 坠石; 冰筏沉积; 早三冬期;



摘要 ID: 3063

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## Aptian-Albian 时期六盘山盆地湖相沉积记录的陆地古环境演变特征

宋董军<sup>1,2</sup>、戴霜<sup>\*1,2</sup>

1. 兰州大学地质科学与矿产资源学院自然资源部黄河上游战略性矿产资源重点实验室

2. 兰州大学地质科学与矿产资源学院甘肃省西部矿产资源重点实验室

探究早白垩世陆地古环境的演变, 对于理解白垩纪时期温室气候的运行具有重要意义。六盘山盆地作为早白垩世陆相盆地的代表, 在 Aptian-Albian 时期发育李洼峡组和马东山组两套湖相泥页岩地层(戴霜等, 2009), 通过分析两套湖相沉积样品的总有机碳(TOC)含量、C/N比、CaCO<sub>3</sub>含量、饱和烃生物标志物以及正构烷烃单体碳同位素, 探究了两套地层中有机质的来源及沉积环境的变化特征。

结果表明, 李洼峡组沉积期气候炎热干旱, 有机质主要来源于湖泊浮游生物, 沉积水体盐度相对较低, 水体分层现象较弱, 底水缺氧程度也较低。马东山组下部沉积期气候逐渐变得温暖潮湿, 碳源的供给程度明显增加, 有机质主要来源于水生生物和高等植物的混合。湖泊水体盐度明显增高并出现分层, 导致底水缺氧程度增强。马东山组上部气候逐渐变干, 碳源供给程度明显减弱, 有机质来源主要以高等植物输入为主。沉积水体的盐度进一步增高并引起水体强烈分层, 进而导致底水缺氧程度增强。本研究结果对于理解 Aptian-Albian 时期陆地环境-气候的演变具有重要的科学意义。

本研究受甘肃省科技计划项目(22JR5RA516)、第二次青藏高原综合科学考察研究

(2019QZZK0704)、兰州大学中央高校基本科研业务费专项资金(lzujbky-2022-pd02)及国家自然科学基金(41972213)等项目资助。

**参考文献** 戴霜, 朱强, 胡鸿飞, 等, 2009. 六盘山群磁性地层年代[J]. 地层学杂志, 33: 188-192.

**关键词** 白垩纪; 湖相沉积; 六盘山盆地; 有机质来源; 沉积环境



摘要 ID:726

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## Deccan Traps volcanism caused the extinction of non-avian dinosaur in SE China

Mingming Ma<sup>1,2,3</sup>、Wenfang Zhang<sup>4</sup>、Mengting Zhao<sup>1,3</sup>、Yudan Qiu<sup>1,3</sup>、Hongming Cai<sup>5</sup>、Jiubin Chen<sup>5</sup>、Xiuming Liu<sup>1,3,6</sup>

1. Key Laboratory of Humid Sub-tropical Eco-geographical Process of Ministry of Education, Fujian Normal University, Fuzhou, 350007, China;
2. Fujian Provincial Key Laboratory for Subtropical Resources and Environment, Fujian Normal University, Fuzhou, 350007, China;
3. College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou, 350007, China;
4. State Key Laboratory of Lake Science and Environment, Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;
5. School of Earth System Science, Tianjin University, Tianjin, 300072, China;
6. Department of Environment and Geography, Macquarie University, NSW 2109, Australia.

The debate concerning the causes of the extinction of non-avian dinosaurs has lasted for several decades. Here, mercury (Hg) and its isotopic composition were undertaken at Nanxiong Basin, SE China. The results show that Hg exhibited anomalies from 66.4 to 65.6 Ma, with near-zero to positive  $\Delta^{199}\text{Hg}$  values, which reflected the eruption of Deccan Traps (DT) volcanism. Besides, Hg anomalies coincided with the gradual extinction of non-avian dinosaurs and the delayed emergence of large mammals, indicating that the toxic substances emitted by DT volcanism played a key role in the mass extinction and the subsequent recovery. Furthermore, time series analyses shows that both the Late Maastrichtian warming event (LMWE) and Dan-C2 event occurred at the maxima of 405-kyr long eccentricity cycle, and they were of a comparable size in the magnitude of warming, suggesting that LMWE was not the primary trigger for the extinction, though it may aggravated the complicated situation.

参考文献

关键词



摘要 ID: 3202

主题分类: 古海洋与古气候=》中生代气候环境演变与沉积记录

最终交流类型: 口头报告

## 三叠纪末大灭绝期间欧洲陆缘海的氧化还原状态

何天辰<sup>\*1</sup>、吴赫嫔<sup>2</sup>

1. 河海大学海洋学院

2. 南京师范大学海洋科学与工程学院

三叠纪末大灭绝 (ETME) 与中大西洋大火成岩省及温室条件驱动的全球海洋广泛的缺氧有因果关系。然而, 对西特提斯洋区域的氧化还原状态的时空变化及其与灭绝事件的直接联系还需深入研究。我们通过调查英格兰东北部 Cleveland 盆地的一套跨越三叠纪-侏罗纪界线的连续海相泥岩沉积钻孔记录 (Dove's Nest), 并对这些泥岩样品进行了碳、氮同位素、铁组分和氧化还原敏感元素的分析。结果显示, 在晚三叠世 (Westbury 组) 和三叠纪-侏罗纪界线期间, 盆地水体呈现出频繁的缺氧-铁化或硫化状态。然而, 在 Westbury 组上覆 Cotham 组的晚三叠世沉积时期, 其中包括 ETME 的第一阶段灭绝层位, 盆地水体则以氧化状态为主。这与欧洲陆缘海很多区域同时期呈现普遍缺氧的状态形成鲜明对比。因此, 我们认为在欧洲陆缘海的一些区域性盆地, 导致 ETME 发生的初始驱动力并非海洋缺氧, 而可能来自于其他的环境压力。在三叠纪末大灭绝期间, 地球化学证据指示多数北半球的陆缘海盆地呈现缺氧状态, 但同时沉积物中底栖动物化石的广泛分布和频繁出现表明水体并非持续缺氧, 而表现为氧化-缺氧之间高频振荡的特殊状态。欧洲陆缘海盆地的氧化还原状态具有在空间上的非均一和时间上的非稳定的特征, 因此可能限制了海洋缺氧对三叠纪末大灭绝开始阶段底栖生态系统的影响。

### 参考文献

**关键词** 三叠纪末大灭绝; 海洋缺氧; 氧化还原环境的非均一性



# 能源与矿产沉积学

## 中国海域沉积与储层



摘要 ID:3072

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 东海丽水凹陷早新生代古生物组合及其物源演化

刘正华<sup>\*1</sup>、侯元立<sup>2</sup>、陈淑慧<sup>3</sup>、廖凯飞<sup>4</sup>、邵磊<sup>2</sup>、朱伟林<sup>2</sup>

1. 上海自然博物馆(上海科技馆分馆)
2. 同济大学海洋地质国家重点实验室
3. 中海石油(中国)有限公司深圳分公司
4. 中海油上海分公司

东海陆架盆地新生代发育了丰富的油气资源,有着广阔的勘探前景。盆地为大型弧后盆地,主要接受海相及陆相沉积,丽水凹陷在古新统-始新统沉积环境主要发育扇三角洲、河流三角洲及滨浅海相沉积。丽水凹陷在沉积环境和物源对比方面一直存在争议,这影响到该时期盆地油气资源的勘探研究。本文通过古生物学和碎屑锆石 U-Pb 年龄谱系综合分析,对丽水凹陷古新统-始新统的古生物组合特征、沉积环境及潜在源区进行源汇对比研究。结果发现,丽水凹陷古新统及早始新统发育的有孔虫和钙质超微古生物组合,指示该时期沉积环境为海相环境。碎屑锆石 U-Pb 年龄谱系分析揭示,凹陷东西侧在沉积物源上存在明显差异。凹陷西侧从古新统-始新统海水较深,沉积物锆石 U-Pb 年龄谱系仅发育燕山期单峰,沉积物主要来自东南沿海燕山期岩浆岩;而凹陷东侧沉积物锆石 U-Pb 年龄谱系发育单峰、双峰或多峰,存在明显的印支期物源,进入始新世以后,丽水凹陷东西两侧物源发生了显著改变,东侧有大量古老锆石出现,表明该时期沉积物主要来自北部渔山低隆起,凹陷北侧发育较大规模的三角洲沉积。在晚始新世晚期,丽水凹陷经历了玉泉运动以后发生了隆升剥蚀,持续到中新世以后再接受沉积。由于丽水凹陷在古新统-始新统为海陆过渡相沉积环境,使得该时期烃源岩和储集层发育,成为有利的油气勘探目标。

### 参考文献

**关键词** 东海; 丽水凹陷; 古生物组合; 沉积环境; 物源; 油气勘探



摘要 ID:213

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 从侵蚀-搬运-沉降角度再现东海陆架盆地细粒沉积物充填过程与生烃潜力

付超<sup>1</sup>、李胜利<sup>1\*</sup>、李顺利<sup>1</sup>、徐建勇<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. 中海石油(中国)有限公司北京研究中心

东海陆架盆地作为我国东部重要的含油气盆地,在早新生代经历了完整的裂谷发育阶段,分别为初始裂谷、裂谷发育和构造反转阶段(Zhu et al., 2019, and Zhang et al., 2015)。伴随着其沉积体系从封闭的湖相源汇系统转变为开放的海洋源汇系统,然后返回到半开放的海湾源汇系统。因此如何建立沉积环境演化、细粒沉积物充填与生烃潜力之间的关系引起了更多关注。本研究根据微量元素和微古生物组合推测水盐度,确定了早古新世以封闭湖相环境为主,中古新世响应开阔的海洋环境,晚古新世和始新世是半封闭的海湾环境。针对其中的细粒沉积物组成和沉积结构的差异将泥岩成分分为:碳质泥岩、钙质泥岩、粘土质泥岩和硅质泥岩;考虑到不同的沉积构造,硅质泥岩可细分为层状泥岩、波浪状泥岩和滑塌软沉积变形泥岩。针对不同类型的泥岩,本次从侵蚀-搬运-沉降角度对其进行再现。首先,本研究利用碎屑锆石 U-Pb 数据和重矿物组合重建了物源区;其次,利用地震剖面刻画沉积搬运路径。最终,通过对早古新世地层内源汇体系参数的统计,计算了细粒沉积物聚集过程的沉积物供给量、平均地形高度、源汇体积。通过研究认为封闭湖相和开放环境对泥岩富集的控制因素不同。结合岩石热解结果和古环境恢复结果,我们提出两种不同的有机质泥岩聚集模式:1) 封闭湖相泥岩堆积模式,其特征是沉积物供应丰富,以絮凝过程为主,淡水到微咸水环境为微生物提供了充足的营养,适宜的温度导致 III1 和 III2 型干酪根增加。2) 开阔的海相泥岩堆积模式,该模式细粒沉积物易遭受后期改造,絮凝过程和浊积作用是导致泥岩聚集的主要过程,其更多的植物集中在盐度较小的半咸水中,大量碳质泥岩富集。

**参考文献** Zhu, W et al., 2019. The formation and evolution of the East China Sea Shelf Basin: A new view[J]. Earth-Science Reviews, 190: 89-111. Zhang, Met al., &nbsp; 2015. Paleocene sequence stratigraphy and depositional systems in the Lishui Sag[J], East China Sea Shelf Basin. Marine and Petroleum Geology, 59: 390-405.

**关键词** 东海陆架盆地; 细粒沉积; 源汇体系; 生烃潜力



摘要 ID:606

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 渤海湾盆地新近系低阻油层成因分析及高效评价技术创新

杨威\*、孙思慧、张文童、谭捷、张墨  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

受特定地质历史时期的特殊沉积环境与气候等因素影响,渤海湾盆地新近系地层中存在大量低阻油层。以渤海C油田群为典型代表,依据岩心分析结果,特殊矿物成分、复杂岩石孔隙结构与高泥质含量等多重因素的叠加,导致这一区域的低阻油层电阻率与地层相当甚至低于地层,给低阻油层的识别与勘探评价造成了极大的困难,直接导致了油田内部与周边大量的低阻油层在勘探阶段被遗漏。本次研究在充分分析本地区多种资料对油层敏感度的基础上,选择气测录井资料为主要研究目标,通过开展油层中烃气成分含量与分布、气测录井影响因素、气测录井资料校正方法与基于气测录井资料的低阻油层判别标准等工作,逐渐形成了一整套经济有效并适用于海上油田的低阻油层“识别-验证-评价-开发”技术体系。近年来,该方法在渤海多个油田进行了实际应用,先后是老油田内部与周边成功评价并落实超过1亿吨的优质地质储量,并极大改善了老油田开发效果。该方法在低油价大背景下创造了巨大的经济效益,同时也为渤海湾盆地周边类似含油气构造的勘探与低阻油田开发提供了新思路。

**参考文献** 范文科,王伟超,俞勇刚,等,2015.青海木里三露天天然气水合物预判气录井应用研究[J].现代地质,29(5):1151-1156.李国瑞,2016.影响气测录井准确发现和评价油气层的因素[J].中国石油和化工标准与质量,5(2):113-114.郭琼,邓建华,姬月凤,等,2007.气测录井环形网状解释图版及评价方法[J].录井工程,18(4):54-58.黄保纲,宋洪亮,申春生,等.利用气测资料判断调整井油层水淹程度的尝试[J].中国海上油气,2011,23(3):170-174.赵军龙,李甘,朱广社,等,2011.低阻油层成因机理及测井评价方法综述[J].地球物理学进展,26(4):1334-1343.单祥,季汉成,刘计国,等,2014.尼日尔Agadem区块古近系Sokor1组低阻油层成因[J].东北石油大学学报,38(2):27-34.居宇龙,唐辉,刘伟新,等,2016.珠江口盆地高束缚水饱和度成因低阻油层地质控制因素及分布规律差异[J].中国海上油气,28(1):60-68.曹凤俊,2008.气测录井资料的影响分析及校正方法[J].录井工程,19(1):22-24.王灏,张建山,2016.气测录井的影响因素研究[J].中国石油和化工标准与质量,4:45-48.高志,王建伟,李山昌,等,2014.循环钻井液气测录井资料校正方法及应用[J].录井工程,25(3):51-55.

**关键词** 渤海湾盆地;沉积环境;低阻油层;气测录井





摘要 ID:633

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 渤海海域西南部孔店组深层砂砾岩优质储层成因定量研究

庞小军\*、杜晓峰、王清斌、陈容涛  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

近年来,渤海海域深层(埋深大于3500m)孔店组砂砾岩储层中首次发现了大量油气,但储层物性差异较大。为了查明深层砂砾岩优质储层的成因,利用铸体薄片、粒度、常规物性、包裹体等化验资料,结合埋藏史分析,对渤海海域西南部孔店组深层砂砾岩储层物性的差异进行了定量分析,明确了孔店组砂砾岩优质储层发育的主控因素。结果表明:1)研究区深层孔店组发育扇三角洲砂砾岩储层,埋深分布在3500~4200m,为深层致密储层,物性较差,以低孔低渗为主,成岩阶段处于中成岩A2-B期,溶蚀孔发育。2)富钾长石骨架颗粒、大气淡水淋滤、有机酸溶蚀、深部热流体和超压是研究区孔店组砂砾岩优质储层发育的主要控制因素。3)孔店组砂砾岩储层主要经历了大气淡水增孔-早成岩期长期、快速埋藏、快速压实减孔-中成岩A1期中长期、快速埋藏、缓慢压实减孔、有机酸、深部热流体和超压大量溶蚀增孔、油气首次充注-中成岩A2或B期短期、快速埋藏、缓慢胶结减孔和油气大规模充注。4)但不同构造经历的成岩演化和孔隙演化强度具有明显的差异性,渤中A构造孔店组砂砾岩储层埋藏后,经历了早成岩期、中成岩A1期和中成岩A2至B期,其减孔量分别为15.5%、4.7%(增孔量11.5%)、2.0%,减孔率分别为47.1%、14.4%(增孔率35.3%)、6.1%;渤中B构造砂砾岩储层主要经历了早成岩期、中成岩A1期和中成岩A2期,其减孔量分别为12.9%、5.7%(增孔量12.8%)、1.0%,减孔率分别为39.0%、17.4%(增孔率39.1%)、3.1%。5)与渤中A构造相比,渤中B构造孔店组砂砾岩储层压实作用相对较弱,超压作用更强,溶解作用较强,是该构造孔隙度相对较好的主要因素,而粗粒、晚期强压实形成的粒内容蚀孔-缝是渤中A构造砂砾岩储层渗透率相对较高的主要因素。

**参考文献** [1]徐长贵,于海波,王军,等.渤海海域渤中19-6大型凝析气田形成条件与成藏特征[J].石油勘探与开发,2019,46(01):25-38. [2]王彤,朱筱敏,张自力,等.莱州湾凹陷北洼沙河街组三段砂砾岩储层孔隙定量演化模式[J].石油学报,2020,41(06):671-690. [3]徐燕红,杨香华,梅廉夫.涠西南凹陷西北陡坡带流三段砂砾岩储层特征与主控因素[J].地球科学,2020,45(05):1706-1721. [4]林红梅,刘鹏,王彤达,等.基于母岩类型差异的深层砂砾岩储集体成岩演化机制——以渤海湾盆地车镇凹陷沙河街组三段下亚段为例[J].石油学报,2019,40(10):1180-1191.

**关键词**



摘要 ID:695

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 基于地震沉积学的断陷湖盆湖底扇沉积储层预测

王志萍\*、官大勇、郑敬贵、王启明、于喜通  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

渤海海域莱州湾凹陷沙三段发育大型复合型湖底扇岩性圈闭,圈闭位于生烃凹陷内,成藏背景较好,勘探潜力较大,但湖底扇沉积特征不明确,储层分布难以精细刻画,制约了勘探的进程。本文以地震沉积学、沉积学理论指导下,地质分析与地震技术相结合,采用“分级别、分期次、多手段”的研究策略,对湖底扇期次、边界及内幕水道进行刻画。通过地震相分析建立不同微相地震岩相量版,将地震岩相分为5类,包括限制水道相、叠置水道相、水道侧翼、水道间和湖相泥,前3类地震岩相为富砂相,总体特征为内幕杂乱,中-弱振幅,横向成层性中-差,可以优选结构类属性进行湖底扇边界及储层富砂性预测。因此采用基于灰度共生矩阵的地震纹理能量属性和基于分频倾角的相干融合属性对湖底扇边界进行精细刻画。通过基于神经网络技术的波形分类对湖底扇内幕水道进行刻画,由此对水道宽带、水道类型以及水道分支等水道平面分布变化进行分析。在此基础上,以源汇理论为指导,结合物源供给、湖平面、古地貌特征分析对湖底扇沉积演化模式进行研究。

研究结果表明研究区湖底扇体主水道受物源供给、湖平面变化以及古地貌控制。平面上水道垂直于断裂坡折走向沿古地貌低势方向推进延伸,形成了北东向展布的水道型扇体,自南向北表现为“叠覆型水道及侧翼→复合型水道及侧翼侧缘→水道间→深湖泥”。储层厚度及有效性从南向北也渐变差。垂向上主要发育两期湖底扇,两期湖底扇垂向叠置,第1期湖底扇水道下切明显,但延伸不远,晚期湖平面上升,碎屑流逐渐稀释转变为浊流,水道规模变小,砂体厚度变薄。第2期湖底扇水道叠置在前期湖底扇体上,但主水道为主发生侧向迁移。水道发育规模及延伸范围明显高于第1期水道。断裂坡折下降盘附近的主水道是有利的储层发育区。第2期储层明显优于第1期,叠覆型水道以及复合型水道富砂性将是湖底扇岩性油气藏勘探的有利储层。

本次研究明确了该区湖底扇储层的沉积展布特征,为勘探布井提供了依据。建立了渤海水道型湖底扇沉积模式,丰富了渤海古近系湖底扇的沉积类型,建立了该类储层预测的技术组合,将有效的指导渤海海域相关类型储层的储层预测工作。

参考文献

关键词



摘要 ID:853

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 基于模糊数学的珠一坳陷洼陷生烃潜力定量评价及优选

吴宇翔\*、谢世文、舒誉、丁琳、李小平、刘冬青、杨亚娟  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

珠一坳陷经过多年勘探实践,已取得一批商业发现,然而随着勘探的推进,发现29个洼陷油气资源分布差异性大,研究表明其为构造背景、沉积充填、候条件等多因素的耦合结果,但前人主要是利用这些地质条件定性分析洼陷生烃潜力。为了定量评价珠一坳陷各洼陷生烃潜力并优选潜在富生烃洼陷,本次研究采用模糊数学的方法,引入构造特征、沉积充填、水体环境、生物类型、气候条件对烃源岩发育的9个控制因素作为变量,包括凹陷结构类型、源岩面积、地层厚度、泥岩类型、有机质含量、古盐度参数、古水深参数、古氧相参数、火山事件及海侵事件,依据它们对源岩发育贡献的大小,分配不同的权重值,同时考虑每个单因素内部不同条件下影响程度不同,赋予不同隶属值,构建单因素评价矩阵,建立数据模型计算加权值,值越大生烃潜力越大,数值结果作为洼陷生烃潜力排序依据。数值从大到小依次排序,若排序符合目前勘探实践,则结果有效,否则调整各因素隶属度及权重值,重新评分。根据最终评分结果将珠一坳陷不同洼陷分成3类,综合评分大于0.7时,为一类富生烃洼陷;综合评分介于0.5至0.7时,为二类富生烃洼陷;综合评分小于0.5时,为三类富生烃洼陷。本次研究认识到一类富生烃洼陷有14个,包含了7个已证实富烃洼陷,优选出7个潜在富生烃洼陷,为下一步勘探部署提供依据。

**参考文献** [1]&nbsp;朱伟林,2002.中国近海含油盆地古湖泊学研究(博士学位论文).上海:同济大学. [2]&nbsp;邵磊,雷永昌,庞雄,等.珠江口盆地构造演化及对沉积环境的控制作用[J]. 同济大学学报:自然科学版,2005,33(9):1177-1181. [3]&nbsp;陈建文,梁杰,张银国,等.中国海域油气资源潜力分析与黄东海海域油气资源调查进展[J]. 海洋地质与第四纪地质,2019,39(6):1-29. [4]&nbsp;徐长贵,加东辉,宛良伟.2017a.渤海走滑断裂对古近系源-汇体系的控制作用. 地球科学,42(11):1871-1881. [5]&nbsp;陈长民.珠江口盆地东部石油地质及油气藏形成条件初探[J]. 中国海上油气,2000,14(2):73-83. [6]&nbsp;冯有良,周海民,李思田,等.陆相断陷盆地层序类型与构造特征[J]. 地质论评.2004,(01):43-49. [7]&nbsp;付兆辉,施明华,秦伟军,等.张扭性断陷盆地的构造样式[J]. 海洋地质前沿.2012,28(10):1-9. [8]&nbsp;郭永华,何炳骏.利用测井资料确定生油岩有机质的成熟度[J]. 石油勘探与开发,1993,20(3):22-26. [9]&nbsp;胡见义,黄弟潘,徐树宝,等.中国陆相石油地质理论基础,北京:石油工业出版社,1991 [10]&nbsp;焦养泉,周海民.断陷盆地多层次幕式裂隙作用与沉积充填响应:以南堡老第三纪断陷盆地为例[J]. 地球科学—中国地质大学学报,1996,21(6):633-636. [11]&nbsp;解习农,任建业,焦养泉,等.断陷盆地构造作用与层序样式[J]. 地质论评.1996(03):239-244. [12]&nbsp;李松峰,徐思煌,施和生,等.珠江口盆地惠州凹陷古近系烃源岩特征及资源预测[J]. 地球科学—中国地质大学学报,2013,38(1):112-119. [13]&nbsp;林畅松,张燕梅,李思田,等.中国东部中生代断陷盆地幕式裂陷过程的动力学响应和模拟模型[J]. 地球科学—中国地质大学学报,2004,29(5):583-588. [14]&nbsp;刘安,吴世敏.珠江口盆地花岗岩成因探讨及其对油气资源指示意义[J]. 地学前缘,2011,18(1):141-148. [15]&nbsp;刘俊,杨洪,沈华,等.构造对沉积的控制作用[J]. 中国矿业,2006,15(11):98-101. [16]&nbsp;刘强虎,朱红涛,杨香华,等.珠江口盆地恩平凹陷古近系文昌组地震层序地层单元定量识别[J]. 中南大学学报(自然科学版),2013,44(3):1076-1082. [17]&nbsp;苗顺德,张功成,梁建设,等.珠江口盆地北部坳陷带文昌组地震反射特征及沉积环境分析[J]. 天然气地球科学,2010,21(5):844-850. [18]&nbsp;沈渭洲,朱金初,刘昌实,等.华南基底变质岩的Sm-Nd同位素及其对花岗岩类物质来源的制约[J]. 岩石学报,1993,9(2):115-124. [19]&nbsp;王中刚,于学元,赵振华等.稀土元素地球化学[M].北京:科学出版社,1989. [20]&nbsp;周新民,李武显中国东南部晚中生代火成岩成因:岩石圈消减和玄武岩底侵相结合的模式[J]. 自然科学进展.2000,10(3):240-247. [21]朱伟,顾韶秋,曹子剑,等.基于模糊数学的滨里海盆地东南油气储层评价[J]. 石油与天然气地质,2013,34(03):357-362. [22]王起新,孙维吉,梁冰,等.阜新盆地煤层气资源可采性模糊数学评价[J]. 天然气工业,2008(07):39-42+134. [23]石骁骅,石广仁,张庆春.模糊数学和灰色理论综合评判效果对比[J]. 石油勘探与开发,2002(02):84-85+116.



**关键词** 模糊数学 洼陷评价 珠一坳陷 生烃潜力 定量



摘要 ID:1099

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 莺歌海乐东区重力流沉积特征及其物性影响因素

李珊珊<sup>2</sup>、吴仕玖<sup>1</sup>、罗静兰<sup>1</sup>、陈杨<sup>1</sup>、彭松<sup>1</sup>

1. 中海石油(中国)有限公司海南分公司

2. 中海石油(中国)有限公司海南分公司

莺歌海盆地是一个位于南海北部大陆架西区的新生代裂谷盆地,中新世以来双断的“U”型盆地结构以及后期走滑伸展伴生的凹中底辟活动频发事件等使该区黄流组具有高温、超压、热流影响和深埋的特点。在多元联控的地质条件下,中深层具有沉积机制认识不清、成储机理不明和规模优质储集体落实难等问题。研究发现,黄流组发育缓坡轴向重力流水道与海底扇两类大型储集体,通过古地理再造技术重塑沉积充填演化历程,明确其具有低位域砂岩更为富集、多物源供给、多类型相互交错的特点(图1)。其中重力流水道为乐东区特色的储集体类型,黄二段表现为浅海背景下南北两支于近洼区交汇、继承性发育、内幕分段充填且沿轴向展布的大型水道沉积,黄一段则表现为在单一北支继承性物源影响下的多期频繁摆动迁移、单期规模较小、与海底扇交互沉积的水道体系特点。其中,黄二段规模储集体以莺东斜坡南段乐东10区最为发育,具有低位~高位持续沉积、砂岩厚度大、粒度粗等特点(图2)。进一步通过对乐东区储层展布特点与主控因素进行剖析,发现整体具有先致密后成藏的特点。研究指出受超压形成时间、热流影响范围以及物源与水动力条件差异等影响,在莺东斜坡南段以CO<sub>2</sub>及热流改造的深层水道砂岩储集体为优,而中段以低碳酸盐胶结、低泥质的中深层水道和海底扇储集体为优。其中,针对乐东10区储层非均质性较强的特征入手,开展中新统黄流组致密砂岩储层微观非均质性特征及其影响因素进行研究,发现从10.5Ma开始,储层经历了压实作用、胶结作用、溶蚀作用过程,导致储层整体微观非均质性强(图3)。但相比较而言,黄流组二段超压(压力系数1.95~2.30)储层的微观非均质性较弱,黄流组一段超压(压力系数1.70~1.95)储层的微观非均质性较强。研究结合实验正演模拟和孔隙回剥反演等方法,从动、静态角度开展高温超压作用下孔隙定量恢复的综合分析,进一步提出储层微观非均质性主要受异常高压影响下的成岩作用控制(图4)。其中,铁方解石胶结物的发育程度是影响填隙物非均质性的重要因素,孔喉结构的差异影响孔喉非均质性并最终控制储层物性非均质性。通过进一步认识其成因,发现与早期生物碎屑及钙质母岩的溶解再沉淀有关,故推测与南部物源区碳酸盐岩广泛发育有关,并指出有利储层主要分布在黄流组中下部的强超压和热流影响段。

**参考文献** &nbsp;&nbsp;&nbsp;王振峰, 裴健翔, 郝德峰, 王亚辉, 王立锋, 朱继田. 2015. 莺—琼盆地中新统大型重力流储集体发育条件、沉积特征及天然气勘探有利方向. 中国海上油气, 27(4): 13~21. 陈杨, 张建新, 黄灿, 等. 莺歌海盆地黄流组轴向重力流水道充填演化特征[J]. 东北石油大学学报, 2019, 43(6): 23-32. 黄银涛, 文力, 姚光庆, 等. 莺歌海盆地东方区黄流组细粒厚层重力流砂体沉积特征[J]. 石油学报, 2018, 39(3): 290-303. 张伙兰, 裴健翔, 谢金有, 等. 莺歌海盆地东方区黄流组一段超压储层孔隙结构特征[J]. 中国海上油气, 2014, 26(1): 30-38. 吴仕玖, 范彩伟, 招湛杰, 等. 莺歌海盆地乐东区碳酸盐胶结物成因及地质意义[J]. 地球科学, 2019, 44(8): 2686-2694. 谢玉洪, 张迎朝, 李绪深, 等. 莺歌海盆地高温超压气藏控藏要素与成藏模式[J]. 石油学报, 2012, 33(4): 601-609. 孟凡晋, 肖丽华, 谢玉洪, 等. 莺歌海盆地黏土矿物异常转化及其地质意义[J]. 沉积学报, 2012, 30(3): 469-476. 罗静兰, 罗晓容, 白玉彬, 等. 差异性成岩演化过程对储层致密化时序与孔隙演化的影响: 以鄂尔多斯盆地西南部长7致密浊积砂岩储层为例[J]. 地球科学与环境学报, 2016, 38(1): 79-92. 段威, 罗程飞, 刘建章, 等. 莺歌海盆地LD区块地层超压对储层成岩作用的影响及其地质意义[J]. 地球科学, 2015, 40(9): 1517-1528. 赖锦, 王贵文, 柴毓, 等. 致密砂岩储层孔隙结构成因机理分析及定量评价—以鄂尔多斯盆地姬塬地区长8油层组为例[J]. 地质学报, 2014, 88(11): 2119-2130.

**关键词** 黄流组; 轴向水道; 海底扇; 非均质性; 超压



摘要 ID:3131

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 基于不连续界限预测的海上油田复合砂体构型研究 ——以 PL 油田 IV-2 层为例

马子麟\*、范洪军、王海峰、杜昕  
中海油研究总院有限责任公司

河流相储层横向变化快、非均质性强、砂体叠置关系复杂, 油田开发后期储层内部结构对剩余油的控制作用明显, 如何在稀疏井网(开发后期井距 200-300m)条件下对复合砂体储层结构进行剖析, 是海上在生产油田开发调整工作部署、实现控水稳油面临的主要问题。

河流演化过程中形成复合砂体, 砂体间的构型界面是储层中的不连续界限, 兼具地质和生产意义(范廷恩等, 2021; 胡光义等, 2019)。通过对地震融合属性平面图的数学形态学运算, 可对储层不连续界限进行识别, 并通过无监督聚类方法对界限的不连通程度进行分类, 所得到的结果可与不同沉积成因的构型边界相对应(Zhang et al, 2021; 王海峰等, 2021)。之后, 基于单井构型分类, 通过界限预测结果确定构型边界, 再综合界限附近波形响应、砂体规模、生产动态等因素进一步确定边界处砂体叠置关系, 划分构型单元。

PL 油田 IV 油组储层形成于低 A/S 值下的曲流河沉积, 多期砂体连续沉积叠加, 本文以 IV-2 层为例, 按以上流程剖析储层结构。研究结果表明: ①IV-2 层单井构型模式可划分为单期型、两期型和多期型, 以两期型为主; ②井间可识别出三类不连续界限, 一类不连续界限成因为泛滥平原、废弃河道或两复合点坝叠置不接触, 二类不连续界限为两个复合点坝的接触面, 三类不连续界限为相互切叠的复合点坝的接触面; ③针对 PL-6 典型井组综合多因素确定砂体间的组合方式, 将 IV-2 层进一步细分为三期沉积时期相近的河道带, 河道叠置形成了复杂的砂体连通关系, 厚层复合点坝的上部、不连续界限两侧剩余油赋存, 是开发调整的重点; ⑤不连续界限能有效揭示砂体间构型界面, 降低井间对比多解性, 结合单井构型、地震响应可刻画复合砂体内部储层结构, 指导开发调整, 并在一定程度上揭示储层的沉积过程。

**参考文献** 范廷恩, 王海峰, 胡光义, 等. 河流相储层不连续界限及其对油田开发的影响[J]. 中国海上油气, 2021, 33(2):96-105. 胡光义, 肖大坤, 范廷恩, 等. 河流相储层构型研究新理论、新方法: 海上油田河流相复合砂体构型概念、内容及表征方法[J]. 古地理学报, 2019, 21(1):145-161. 王海峰, 胡光义, 范廷恩, 等. 基于地震属性的海上复合砂体构型界面建模方法研究[J]. 石油物探, 2021, 60(6):1016-1025. Zhang & D, Huang X, Fan T, et al. & Fluvial reservoir architecture interpretation below the seismic resolution in an offshore oilfield[J]. Interpretation, 2021, 9(3): T623 - T635.

**关键词** 曲流河; 复合砂体; 储层构型; 不连续界限



摘要 ID:472

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 同沉积碳酸盐岩和滞留高岭石对优质沉积微相的成岩改造机制 ——以西湖凹陷平湖斜坡平湖组为例

李鑫\*

中海油研究总院

中国东海盆地西湖凹陷油气勘探已历时 40 余年, 中浅层油气勘探程度相对较高(顾惠荣等, 2002; 蒋海军等, 2011; 刘金水等, 2012), 深层已成为下一步勘探的潜力区。西湖凹陷生烃潜力大(高伟中等, 2015; 吴嘉鹏等, 2017), 但探明大中型油气田少, 油气分布具有“小而散”的一般特征, 相邻井位、相同沉积微相物性、产能均存在差异, 且砂体内部往往“气-干互层”、纵向变化大(胡明毅等, 2013; 周心怀等, 2019)。勘探现象未能形成规律性认识, 究其原因在于储层非均质性的成因机制尚未能明确, 不能迎合深层碎屑岩储层地质复杂性和特殊性的需求。本课题通过静态表征和动态分析结合的微观研究思路, 应用岩心描述、光电观察、孔渗测试、粒度分析、C/O 同位素分析、包裹体分析、矿物衍射分析等方法, 对西湖凹陷平湖斜坡平湖组潮道和 水下分流河道 2 种高能沉积微相的成岩改造机制进行分析, 明确其非均质性的成因机制。研究表明: ①潮道和 水下分流河道沉积时期强水动力淘洗, 原始储集物性优越, 但底部物性较差, 存在非均质性; ②潮道微相底部: 碳酸盐岩胶结是导致物性变差主因, 其来源于同沉积期水体混合后的金属阳离子析出沉淀; ③水下分流河道底部: 高岭石充填是导致物性变差得主要原因, 其来源于沉积期水体侵蚀河道底部滞留物的再沉淀。

以上认识表明, 沉积因素不能完全解释现今储层非均质性的成因, 标志着以优质沉积相带为有利预测目标的井位部署思路在深层勘探中并不适用, 不能迎合深层碎屑岩储层地质复杂性和特殊性的需求。储层成岩改造的微观机理研究亟需深入, 对于揭示有效储层发育控制因素和作用机理、深化深层油气勘探开发具有重要的理论指导意义和实际生产价值。

**参考文献** 顾惠荣, 贾健谊, 叶加仁. 东海西湖凹陷含油气系统特征[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(3): 295-298. 胡明毅, 沈娇, 胡蝶. 西湖凹陷平湖构造带平湖组砂岩储层特征及其主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2013, 34(2): 185-191. 蒋海军, 胡明毅, 胡中贵, 等. 西湖凹陷古近系沉积环境分析-以微体古生物化石为主要依据[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(1): 74-77. 刘金水, 曹冰, 徐志星, 等. 西湖凹陷某构造花港组沉积相及致密砂岩储层特征[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2012, 39(2): 130-136. 吴嘉鹏, 张兰, 万丽芬, 等. 西湖凹陷平湖组物源分析[J]. 中国石油勘探, 2017, 22(2): 50-57. 周心怀, 高顺莉, 高伟中, 等. 东海陆架盆地西湖凹陷平北斜坡带海陆过渡型岩性油气藏形成与分布预测[J]. 中国石油勘探, 2019, 24(2): 153-164. 高伟中, 杨彩虹, 赵洪. 东海盆地西湖凹陷热事件对储层的改造及其机理探讨[J]. 石油实验地质, 2015, 37(5): 548-554.

**关键词** 西湖凹陷; 平湖组; 低渗砂岩; 非均质性; 成岩改造



摘要 ID:728

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 珠江口盆地珠一坳陷文昌组含凝灰质碎屑岩蚀变产物及成岩演化特征

丁琳<sup>1</sup>、李晓艳<sup>1</sup>、靳子濠<sup>2</sup>、周凤娟<sup>1</sup>

1. 中海油深圳分公司

2. 中国石油大学(华东)

综合利用岩心分析、显微镜下观察(铸体薄片、扫描电镜和阴极发光)、岩石地球化学分析测试等技术手段,以珠江口盆地珠一坳陷文昌组碎屑岩油气储层为例,研究了含凝灰质油气储层中不同自生矿物类型、特征以及成岩演化过程。结果表明,1)研究区不同构造带文昌组凝灰质都有不同程度的分布,惠州25构造带凝灰质平均含量约为2%,最高可达12%,惠州26构造带凝灰质平均含量约为8%,最高可达22%,陆丰13构造带凝灰质平均含量约为10%,最高可达30%。对储集空间具有重要影响的凝灰质蚀变产物主要有绿泥石、高岭石、磷灰石和自生石英,其蚀变产物类型与同沉积火山性质及母岩物质组成密切相关。2)惠州25构造带文昌组碎屑岩主要含富铝硅凝灰质,其蚀变产物以高岭石为主,常呈蠕虫状沉淀于碎屑颗粒之间,堵塞孔隙破坏储集性能。惠州26构造带文昌组碎屑岩主要含富铁镁凝灰质,其蚀变产物以绿泥石为主,早期包壳状绿泥石对储集层原生孔隙具有保护作用。陆丰13构造带文昌组碎屑岩既含富磷凝灰质,也含富铝硅凝灰质,前者蚀变产物以磷灰石为主,后者则以高岭石为主;蚀变产物磷灰石呈短柱状或细条状分布在颗粒表面或颗粒之间,晶间孔较发育,能一定程度上改善储层储集性能;蚀变产物高岭石自形程度一般,晶体小于 $8\mu\text{m}$ ,较脏,呈絮状充填于颗粒之间,发育晶间微孔,但渗透性差。3)惠州25构造带文昌组凝灰质含量较低但胶结物种类较多,其成岩演化为:压实作用-绿泥石/方解石胶结-凝灰质溶蚀/长石溶蚀/早期高岭石/自生石英胶结-长石溶蚀/自生石英/高岭石沉淀-(含)铁方解石胶结/石膏(硬石膏)胶结;惠州26构造带文昌组总体胶结物含量低,其成岩演化过程较为简单,其成岩演化过程为:压实作用-凝灰质溶蚀/绿泥石胶结/方解石胶结-长石/岩屑溶蚀/自生石英沉淀;陆丰13构造带文昌组经历了多类型、多期次胶结作用,成岩演化表现为:压实作用-凝灰质蚀变/早期磷灰石沉淀/早期高岭石沉淀-凝灰质蚀变/早期石英胶结-长石溶蚀/磷灰石溶蚀/晚期石英胶结/晚期高岭石沉淀/凝灰质伊利石化-晚期磷灰石胶结。研究珠一坳陷不同构造带文昌组含凝灰质碎屑岩蚀变的产物、成岩过程,能够明确含凝灰质油气储层质量差异机理,为优质储层预测提供科学依据。

### 参考文献

**关键词** 珠江口盆地;珠一坳陷;文昌组;含凝灰质碎屑岩;成岩演化





摘要 ID:1023

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 珠江口盆地球三拗陷断裂特征及油气地质意义

吴宛秋<sup>1</sup>、李伟<sup>1</sup>、李明<sup>2</sup>、范彩伟<sup>2</sup>

1. 中国石油大学(华东)
2. 中海石油(中国)有限公司湛江分公司

珠江口盆地球三拗陷是位于南海北部陆缘,是发育在中生代基底上呈 NEE-SWW 向的新生代伸展裂陷盆地。珠三拗陷内发育有文昌 A 凹、文昌 B 凹等共 9 个次级单元,其中文昌 A、B、C 凹陷内探明有油气藏分布。根据珠三拗陷内断裂的规模、特征,以及对构造演化和沉积作用的控制作用的不同,可将珠三拗陷断裂按三类、四级、五种走向共三种类型进行归类。根据珠三拗陷断裂的平面、剖面几何学特征,再结合由各层系沿层水平相干切片,分析总结不同层系珠三拗陷断裂体系的展布规律。平面上分析不同层系断裂体系差异性,深层主断裂连续、断距大,方向以 NE 向为主,中部和北部近 EW 向、NEE 向断裂较为发育;中层主断裂连续性减弱、断距小,次级断裂数量增多,NE、近 EW、NWW 向断裂呈带状分布,雁列式、帚状、侧接式排列发育;在浅层 NWW 向次级断裂发育,呈 NE、NWW 向带状分布,雁列式、平行排列发育。剖面上可按单一型和组合型划分为铲式、坡式、坡坪式、同向 Y 字型、反向 Y 字型等多种断裂组合关系。南断裂带文昌 9-7 区为珠三拗陷油气富集的重点区带,表现为后期走滑增压改造下的同向叠覆型构造变换带,多期斜向伸展作用进一步有利于油气的富集成藏,是断陷盆地最有利的油气聚集区带。

**参考文献** 陈长民. 2003. 珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M]. 北京:科学出版社. 张迎朝,陈志宏,李绪深,等. 珠江口盆地西部油气成藏组合和成藏模式[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(1):108-117, 123. 张功成,刘震,米立军,等. 珠江口盆地—琼东南盆地深水区古近系沉积演化[J]. 沉积学报, 2009, 27(4):632-641. 蔡周荣,刘维亮,万志峰,等. 南海北部新生代构造运动厘定及与油气成藏关系探讨[J]. 海洋学报, 2010, 29(2):384-391. 葛家旺,朱筱敏,张向涛,等. 珠江口盆地陆丰凹陷文昌组构造—沉积演化模式[J]. 中国矿业大学学报, 2018, 47(2):308-322. 廖成基,廖明光. 珠江口盆地球三拗陷地层及沉积演化特征分析[J]. 化工设计通讯, 2020, 46(02):232+242.

**关键词** 断裂系统 断层组合样式 油气地质意义 珠三拗陷 珠江口盆地



摘要 ID:1159

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 南海中南部大陆边缘盆地新生代沉积充填结构及主控因素

唐武\*、谢晓军、赵志刚、郭佳、王一博、宋双、刘世翔  
中海油研究总院有限责任公司

为了揭示南海中南部大陆边缘盆地新生代沉积充填结构及主控因素, 本文利用覆盖南海中南部的地震、钻井、露头、古生物等资料, 结合区域构造事件, 确定南海中南部盆地沉积充填演化规律, 探讨了其形成演化主控因素。结果表明南海中南部新生代发育前陆、走滑和裂离型3种不同类型的沉积盆地, 具有3种不同的沉积充填结构。其中前陆盆地具有“早深晚浅”的沉积格局, 早渐新世以前以深水沉积为主, 海底扇发育, 晚期以浅水沉积为主, 发育三角洲、浅海相和碳酸盐岩台地, 三角洲形成时代由西向东逐渐变新。走滑盆地具有“早湖晚海”的特点, 始新世以湖泊沉积为主, 渐新世以来进入海相沉积环境, 盆地西部持续发育三角洲。裂离型盆地呈“早砂晚灰”的沉积格局, 渐新世之前以浅海碎屑沉积体系为主, 晚渐新世以后碳酸盐岩发育, 且具有东早西晚的特点。古南海“剪刀式”关闭和新南海“渐进式”扩张主控南海南部三大盆地群沉积充填结构的差异性。始新世时期, 古南海控制南部盆地群早期深水沉积环境; 渐新世-早中新世, 随着古南海自西向东“剪刀式”关闭, 婆罗洲西北部持续隆升, 向南部盆地群提供大量物源供给, 大型三角洲持续发育, 且从西向东时代变新。早渐新世以前, 古隆起控制了西部盆地群早期湖相沉积的分布范围; 晚渐新世以后, 随着新南海扩张, 自东北方向向盆地海侵, 西部盆地群逐渐处于一种海相沉积环境, 总体呈“早湖晚海”的充填特征。新南海扩张主控中部盆地群的沉积充填演化, 导致中部盆地群从华南大陆裂离, 向南漂移, 缺少陆源碎屑沉积物供给, 形成清水环境, 以滨浅海-半深海沉积环境为主, 有利于碳酸盐岩台地的发育, 形成“早砂晚灰”的沉积格局。

### 参考文献

**关键词** 关键词: 南海中南部; 沉积充填; 演化规律; 主控因素; 古南海



摘要 ID:1445

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 渤海南部明下段沉积格局转换面的发现及油气勘探意义

王利良\*、杨海风、石文龙、涂翔、宿雯  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

明化镇组下段是渤海南部主要的勘探层系之一,主要发育以河流相砂体为储层类型的岩性油气藏。传统认为明下段河道型砂体面积小,且分散、孤立,难以形成大型整装油气田。利用地震沉积学方法,结合钻井取芯、测井、古生物、粘土分析等资料,对渤海海域南部明下段沉积体系及控制因素进行了系统研究,首次发现明下段内部存在可区域对比的沉积格局转换面,并阐明沉积格局转换的驱动机制。沉积格局转换表现为地震相、测井相、物源方向、河道样式、砂体平面连通性等垂向上发生系统性变化。古气候和古地貌变化是沉积格局转换的驱动因素。转换面之上,古气候湿润,地形坡度平缓,发育多个不同方向的小物源,物源供给能力弱,沉积可容纳空间高,发育孤立型单河道砂体,不同河道之间的垂向和横向连通性均较差。转换面之下,地形坡度较陡,古气候干旱,整个渤海南部具有统一的物源方向,物源供给能力强,沉积可容纳空间低,河道决口改道频繁,形成平面上密集分布、枝蔓式互联的大型复合河道砂体,其具有平面展布广,横向连通性好的特点。不同类型的砂体具有不同的油气成藏模式。转换面之上的孤立河道型砂体具有“一砂一藏”的特征,断层-砂体耦合程度是油气成藏的关键控制因素。而转换面之下的大型枝蔓互联式复合河道砂体不仅可以作为油气储集层,还可以作为重要的油气横向输导层,由于砂体展布范围广、断层-砂体接触面积大,砂体油气充注能力通常较强,利于形成大面积连片含油的高丰度岩性油藏。明下段沉积格局转换面的发现改变了渤海浅层勘探的思路,重点勘探方向由孤立单河道砂体转向大型枝蔓互联式复合河道砂体,开辟了大型岩性圈闭勘探的新领域,并指导发现了渤海最大的岩性油田——垦利6-1油田。

参考文献

关键词



摘要 ID:1923

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 东喜马拉雅构造结形成时间——来自缅甸中央盆地沉积学的证据

鲁毅、崔宇驰、Si Si Thu、Kyaw Kyaw Khing、Myo Min Aung、朱伟林、邵磊\*  
同济大学

东喜马拉雅构造结形成时间以及雅鲁藏布江和伊洛瓦底江是否曾经相连已经争论了超过半个世纪 (Stamp, 1940; Seeber and Gornitz, 1983; Brookfield, 1998; Clark et al., 2004; Liang et al., 2008; Robinson et al., 2014; Lang et al., 2016; Bracciali et al., 2015; Blum et al., 2018; McNeill et al., 2017; Chen et al., 2020)。本文采用锆石 U-Pb 年代学等方法, 对缅甸中央盆地新生代地层的“源-汇”路径开展研究, 对该问题进行探讨。缅甸中央盆地古新统和始新统发育大量铬尖晶石、各拗陷间锆石年龄谱各不相同, 表明该时期沉积物以盆地周边隆起为主要物源, 不存在统一的源区; 渐新世之后, 源自区域变质岩的重矿物组合比例逐渐增加, 盆地各拗陷碎屑锆石年龄谱特征趋于一致, 均以 40-70Ma 的主峰以及 80-110Ma 次峰为特征, 表明沉积物源区进入抹谷变质带, 伊洛瓦底江雏形已经形成; 由于缅甸中央盆地渐新统至下中新统完全没有喜马拉雅造山带信息, 可以认为, 该时期雅鲁藏布江-伊洛瓦底江并未相连。晚中新世-更新世, 喜马拉雅造山带特征组合十字石和蓝晶石以及 110-130Ma 年龄峰的出现, 表明伊洛瓦底江已经侵蚀到东喜马拉雅构造结, 达到现今流域规模。因此, 东喜马拉雅构造结快速隆升形成的时间大约发生在晚中新世。

**参考文献** Blum M, Rogers K, Gleason J, et al., 2018. Allogenic and autogenic signals in the stratigraphic record of the deep-sea Bengal Fan[J]. *Scientific Reports*, 8(1): 1-13. Bracciali L, Najman Y, Parrish R R, et al., 2015. The Brahmaputra tale of tectonics and erosion: Early Miocene river capture in the Eastern Himalaya. *Earth & Planetary Science Letters*, 415: 25-37. Brookfield M E, 1998. The evolution of the great river systems of southern Asia during the Cenozoic India-Asia collision: rivers draining southwards[J]. *Geomorphology*, 22(3-4): 285-312. Chen W H, Yan Y, Clift P D, et al., 2020. Drainage evolution and exhumation history of the eastern Himalaya: Insights from the Nicobar Fan, northeastern Indian Ocean[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 548: 116472. Clark M K, Schoenbohm L M, Royden L H, et al., 2004. Surface uplift, tectonics, and erosion of eastern Tibet from large-scale drainage patterns[J]. *Tectonics*, 23(1): p. 6. 1-6. 20. Lang K A, Huntington K W, Burmester R, et al., 2016. Rapid exhumation of the eastern Himalayan syntaxis since the late Miocene[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 2016, 128(9-10): 1403-1422. Liang Y H, Chung S L, Liu D Y, et al., 2008. Detrital zircon evidence from Burma for reorganization of the eastern Himalayan river system[J]. *American Journal of Science*, 308(4): 618-638. McNeill L C, Dugan B, Backman J, et al., 2017. Understanding Himalayan erosion and the significance of the Nicobar Fan[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 475: 134-142. Robinson R A J, Brezina C A, Parrish R R, et al., 2014. Large rivers and orogens: The evolution of the Yarlung Tsangpo-Irrawaddy system and the eastern Himalayan syntaxis[J]. *Gondwana Research*, 26(1): 112-121. Seeber L, Gornitz V, 1983. River profiles along the Himalayan arc as indicators of active tectonics[J]. *Tectonophysics* 92, 335-367. Stamp L D. 1940. The Irrawaddy River[J]. *Geograph. J.*, 95, 329-352.

**关键词** 青藏东南缘; 缅甸中央盆地; 河流演化; 锆石 U-Pb 定年; 物源分析



摘要 ID:2186

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 东海陆架盆地南部中生代沉积环境及演化

孙晶<sup>\*1,2</sup>、杨长清<sup>1,2</sup>

1. 青岛海洋地质研究所

2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室 海洋矿产资源评价与探测技术功能实验室

东海陆架盆地南部中生代自西向东划分为瓯江断陷带、雁荡低凸起、闽江斜坡、台北转折带和基隆凹陷5个二级构造单元。

上三叠统-中侏罗统主要分布在闽江斜坡带和基隆凹陷的北部,台北低凸起上也有较厚的晚三叠-中侏罗世地层分布,厚度最大可达3 000 m以上。浙闽隆起区为主要物源区,灵峰凸起带、雁荡低凸起带也是中生界地层的物源区之一,可能发育冲积扇或者三角洲沉积环境。通过对FZ10-1-1井中-下侏罗统福州组岩芯、薄片的观察,结合多种有机地化指标对沉积环境的指示以及颗石藻、海绵骨针等超微化石的发现,认为该组有机质来源为海洋低等浮游生物,当时应为滨浅海的沉积环境(胡文博,2012)。结合区域岩相古地理标志,如在冲绳岛露头的晚侏罗世地层的硅质页岩层中发现放射虫化石,表明其为典型的海相沉积(Yen T.P.,1992)。综合分析认为,上三叠统-中侏罗统主要为海陆过渡相、滨岸相和海相沉积地层。海陆过渡相主要发育在西部,向北部逐渐缩小;海相地层主要分布在东部,表明早上三叠统-中侏罗统时期,主要受来自南部和东南部两个方向的海侵影响(孙晶等,2019)。

白垩系分布范围相对较广,基本上遍布整个东海陆架盆地南部,最大残留厚度可达2 800 m左右。闽江斜坡FZ13-2-1井白垩系闽江组岩芯中发现了丰富的海绿石以及丁丁虫化石,认为闽江斜坡、基隆凹陷白垩系为滨浅海、浅海半深海沉积环境(胡文博,2012)。岩芯中大量火山岩碎屑以及晶屑的发现说明该套地层沉积时期受到了强烈的火山作用的影响。区域上,西部瓯江凹陷带内的富阳-1井及YCC-1井为陆相沉积(胡文博,2012),在冲绳岛露头的早白垩世地层的硅质页岩层中发现放射虫化石,表明其为典型的海相沉积(Yen T.P.,1992)。综合分析认为,白垩纪时期,以灵峰凸起带为界,西部主要发育一个小型的断陷湖盆沉积,物源区主要来自浙闽隆起带和灵峰凸起带;东部是一个开阔与海相通的沉积环境,由于受到东部海侵影响,沉积环境由陆相逐渐过渡到海相。可以划分为浙闽火山岩带、瓯江断陷带的陆相冲积扇-河流-三角洲-湖泊沉积体系以及闽江斜坡-基隆凹陷的滨浅海沉积体系。

综上,海侵是控制东海陆架盆地南部中生代沉积格局的最主要因素(许璐等,2017)。受海侵方向变化影响,东海陆架盆地南部白垩纪沉积相带展布方向较晚三叠-中侏罗世有所变化。此时,在闽江斜坡北部及整个基隆凹陷沉积了海相地层,向西在闽江斜坡带南部主要沉积了海陆交互向地层,再向西,为陆相沉积区,此时陆相沉积区范围也较晚三叠-中侏罗世沉积范围有所扩大。

**参考文献** 冯晓杰,张川燕,王春修,等.东海陆架和台西南盆地中生界及其油气勘探潜力[J].中国海上油气(地质),2001,15(5):306-310.胡文博.东海陆架盆地南部中生界沉积体系研究[D].中国地质大学(北京),2012.孙晶,杨长清,徐立明,等.东海陆架南部邻近陆域晚三叠世—早侏罗世沉积古环境分析[J].海洋地质与第四纪地质,2019,39(6):81-92.许璐,杨长清,王海荣.东海陆架南部海域及周边陆域白垩纪海侵标志及地质意义[J].海洋地质前沿,2017,33(4):22-30.Yen T.P.

Depositional Environments of Strata in Taiwan[M]. Special Publications of the Central Geological Survey, 1992: 1-8.

**关键词** 沉积环境及演化,中生代,东海陆架盆地南部



摘要 ID: 2590

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 现今长江形成于晚中新世-来自中国东部海域盆地碎屑锆石的证据

付晓伟<sup>\*</sup>、朱伟林<sup>1</sup>、杨守业<sup>1</sup>、耿建华<sup>1</sup>、钟锴<sup>1</sup>、黄湘通<sup>1</sup>、张路遥<sup>1</sup>、徐曦<sup>2</sup>

1. 同济大学海洋地质国家重点实验室
2. 中国自然资源部航空物探遥感中心

长江起源于青藏高原,并向东海地区输送了巨量的碎屑物质。然而,长江的形成方式和形成时间依旧存在很大争议。本研究对中国东部新生代海域盆地(南黄海盆地和东海盆地)进行了大量的碎屑锆石分析,结果表明南黄海盆地新生代物源存在较大的时空差异,而东海盆地表现出明显地阶段性,晚中新世前后物源发生明显的改变。通过与华南、华北及朝鲜等地一系列现今河流的对比发现晚中新世开始物源年龄特征与现今长江基本一致,并持续至第四纪,在此之前,物源主要来自华北和朝鲜半岛,因此,与现今规模和流域侵蚀型式类似的长江应形成于晚中新世。这与青藏东缘晚中新世以来的强烈河流下切起始和持续时间基本一致。考虑到中新世之前江汉盆地湖泊相为主导的沉积特征,始新世至中中新世东海盆地持续且稳定的物源特征表明该时期长江可能并未到达青藏东缘。本研究为长江的演化提供了新的视角。考虑到长江复杂的源-汇过程及构造、气候等对流域的影响,还需更多证据来分析长江的形成和演化。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3028

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 下扬子-南黄海地区晚奥陶世-早志留世沉积演化及控烃机制

陈建文<sup>\*1,2</sup>、魏斌<sup>3</sup>、张银国<sup>1,2</sup>、吴飘<sup>1,2</sup>、王文娟<sup>1,2</sup>、龚建明<sup>1,2</sup>

1. 青岛海洋地质研究所

2. 崂山实验室

3. 中石油长城钻探工程公司

近年来的调查与研究表明,下扬子-南黄海地区晚奥陶世五峰组-早志留世高家边组地层齐全、厚度大,笔石生物带与中扬子区和上扬子区具有可比性。岩相古地理研究表明,晚奥陶世凯迪晚期,受加里东构造运动影响,华南板内碰撞挤压作用显著,“江南古陆”不断抬升和扩张,直接导致了旧的“台-坡-盆”格局的消失和新的古地理格局的形成。晚奥陶世赫南特期,由于南极冰盖凝聚导致的全球海平面下降和气候变冷,扬子地台海域变浅,至使海底盆地上升至最低含氧面之上处于充氧层中,富氧环境代替了缺氧环境,岩相由五峰组黑色页岩转变为更浅水的观音桥层泥灰岩。早志留世鲁丹期,随着全球海平面重新上升,隆起面积继续扩大,构造围限作用加剧,黑色页岩重新出现。苏页1井、古地1井、皖含地1井、仓2井、仓5井以及南京地区野外露头揭示:五峰组以黑色硅质页岩为主、高家边组以黑色炭质页岩为主,有机碳 TOC:2-4%,干酪根类型以II1型为主,部分I型和II2型,演化程度高成熟 $R_o$ :1.2-2.6%。北东向分布于安庆-芜湖-扬州-南通一线以北及南黄海海域广大地区,宁国至南黄海海域 CSDP-2 井一带沉积较厚,最厚可达 970 m,表明该处为沉积中心,物源较为充足。从高家边组底部黑色页岩的展布情况来看,推测有同沉积断裂存在,该期是一次重要的缺氧事件,其特点是:海水处于半封闭状态、水流不畅、缺氧、食物链被破坏、底栖生物大批死亡、上升流将养分和食物带入水体上部,以笔石为代表的浮游生物极为发育,形成了富含笔石黑色页岩,有机含量高,产生了优质烃源岩。烃源岩的控制因素包括以下几个方面:区域构造格局造就烃源岩发育的宏观背景、古地貌特征控制了烃源岩的发育范围、有利相带控制了烃源岩的空间分布、古海洋事件控制了笔石生物带的发育和有机质丰度、地层埋藏史控制了有机质的演化。

### 参考文献

**关键词** 晚奥陶世-早志留世; 沉积演化; 控烃机制; 下扬子-南黄海



摘要 ID:609

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 南黄海盆地崂山隆起地层特征及沉积演化

王建强<sup>\*1,2</sup>、陈建文<sup>1,2</sup>、梁杰<sup>1,2</sup>、张银国<sup>1,2</sup>、李双林<sup>1,2</sup>、龚建明<sup>1,2</sup>

1. 青岛海洋地质研究所

2. 青岛海洋科学与技术国家试点实验室海洋矿产资源评价与探测功能实验室

南黄海盆地面积 18 万 km<sup>2</sup>, 是扬子板块东部的一个组成部分, 该盆地北起千里岩断裂, 南至江绍断裂, 西接下扬子苏北盆地, 东临京畿地块, 是一个陆相中-新生界和海相中-古生界叠合的大型沉积盆地, 是下扬子地块主体 (张海启等, 2009)。目前南黄海海域共有 8 口井钻遇下扬子地台地层, 其中志留系至下三叠统海相地层已由钻井证实。南黄海海域广泛分布下扬子地台型沉积地层, 其岩性与陆地相似, 以碳酸盐岩为主, 其次为碎屑岩。在崂山隆起有 1 口钻井揭示了下志留系高家边组中上段。根据区域及钻井对比分析, 崂山隆起区主要发育三大碳酸盐岩, 即下三叠统青龙组灰岩、中石炭统-下二叠统灰岩及中上寒武统-奥陶系碳酸盐岩, 推测崂山隆起海相中-古生代地层保存相对较齐全, 主要发育了震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系。下扬子地台海相中古生界主要发育震旦系-早志留系和晚泥盆系-早三叠系两套沉积地层。震旦纪至志留纪是一个稳定的克拉通沉积时期, 从震旦世到中奥陶世, 下扬子地区沉积格局具有较强的继承性, 为“两坳夹一隆”的沉积格局 (纪友亮等, 2011; 路琳琳等, 2013), 直至晚奥陶世, 受南部华夏地块的向北挤压, 形成南部抬升, 北部沉降的地质格局, 结束了“两坳夹一隆”的沉积格局。受印支运动构造挤压及陆内造山作用的影响, 扬子块体与华夏块体碰撞, 结束了海相沉积稳定时期。研究发现, 震旦纪—三叠纪崂山隆起经历了 3 期大型构造运动, 即加里东运动、海西运动与印支运动, 形成了下三叠统、中石炭统-下二叠统及中上寒武统-奥陶系碳酸盐岩三层沉积结构。在多期构造运动控制下, 崂山隆起主要经历了 6 期演化阶段, 即晚震旦世-中奥陶世稳定克拉通沉积阶段、晚奥陶世-志留纪前陆沉积阶段、石炭纪-早中三叠世稳定台地沉积阶段、中晚三叠-早侏罗系前陆沉积阶段、中晚侏罗世-古近纪陆相断陷沉积阶段及新近纪-第四纪陆相坳陷沉积阶段。

**参考文献** 张海启, 陈建文, 李刚, 等. 地震调查在南黄海崂山隆起的发现及其石油地质意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2009 (03): 107-113. 路琳琳, 纪友亮. 下扬子地区寒武纪层序格架及古地理演化[J]. 古地理学报, 2013, 15(6): 765-776. 纪友亮, 周勇, 王改为, 等. 下扬子地区古生界海相碳酸盐岩层序地层发育模式及储层预测[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(54): 92-100+1

**关键词** 南黄海盆地; 崂山隆起; 三大碳酸盐岩; 三层沉积结构; 沉积演化





摘要 ID:625

最终交流类型: 口头报告展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 珠江口盆地惠州 26 地区古近系砂砾岩储层成岩演化序列及成岩相划分

王菲\*、丁琳、林璐、牛胜利  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

根据岩石薄片、扫描电镜、X 衍射、碳氧同位素分析,系统研究珠江口盆地惠州凹陷 26 地区古近系砂砾岩储层的岩石学特征、填隙物特征和成岩作用,分析其成岩演化序列并划分成岩相类型。结果表明:惠州 26 区块古近系砂砾岩岩石类型主要为含砾砂岩、细砾岩、中粗砂岩及不等粒砂岩,填隙物含量不等,砾石及岩屑成分以火成岩岩屑为主。成岩作用主要有压实作用、胶结作用及溶蚀作用,其中该区发育的胶结和溶蚀作用较为多样,胶结作用主要表现为自生粘土矿物胶结、碳酸盐胶结和黄铁矿胶结,溶蚀作用主要包括长石和火成岩岩屑的溶蚀。早成岩时期主要表现为压实作用,见粘土颗粒包壳,推测为同期火山物质在埋藏过程蚀变形成,包壳的成分主要为绿泥石和绿蒙混层粘土矿物。中成岩时期,文昌组烃源岩演化成熟释放大量酸性流体对古近系储层进行酸溶改造,见长石和火成岩岩屑发生规模性溶蚀,自生石英及高岭石沉淀同期发生。碳氧同位素结果及方解石胶结物产状表明方解石沉淀发生在酸性溶蚀作用之后,同期伴有填隙物中凝灰质蚀变产生绿泥石和浊沸石。成岩晚期发生少量铁白云石胶结和黄铁矿胶结。在此基础上建立起惠州 26 地区古近系砂砾岩储层的成岩演化序列:压实作用/粘土矿物包壳→长石与火成岩岩屑溶解/高岭石/石英加大→方解石胶结/凝灰质蚀变/粘土矿物转化→油气充注→晚期铁白云石/黄铁矿胶结。最后结合岩相、胶结物类型、孔隙类型及不同成岩作用下面孔率贡献,将惠州 26 地区古近系储层的成岩相类型划分为 5 类:Ⅰ类中等压实-弱胶结-中等至强溶蚀成岩相;Ⅱ类中等压实-高岭石中-强胶结-弱溶蚀成岩相;Ⅲ类强压实-弱胶结-弱溶蚀成岩相;Ⅳ类中等压实-方解石强胶结-弱溶蚀成岩相;Ⅴ类强压实-凝灰质蚀变-弱溶蚀成岩相。

### 参考文献

**关键词** 珠江口盆地;砂砾岩;储层;成岩演化;成岩相



摘要 ID:780

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 早-中中新世古珠江三角洲沉积格局及其对岩性圈闭的控制

李智高\*、丁琳、李小平、吴宇翔、李潇、郭伟、向巧维、张晓钊  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

大型海相三角洲分布范围大, 沉积动力复杂, 其精细层序-沉积构型和演化规律是沉积学领域长期研究的热点。本文以古珠江三角洲西侧的恩平地区为例, 综合岩矿、测井和三维地震资料, 充分结合高精度层序地层学和三维地震沉积学分析方法, 对早-中中新世古珠江三角洲沉积特征进行了精细重建。研究识别出了辫状河道、曲流河道等河控三角洲的主要微相单元, 同时也揭示出海岸砂脊等浪控三角洲中发育的典型微相类型。在高精度层序格架约束下, 揭示出单一典型层序内古珠江三角洲的演化特征: 低位体系域以河控三角洲为主, 发育大型交切状辫状水道; 海侵和高位体系域河道规模明显减小, 以小规模曲流河道为主, 且易于见到海岸砂脊等波浪作用的典型特征。此外, 针对恩平地区早-中中新世沉积相带的系统编图和演化分析, 在大约 6Ma 时间内识别出了 6 次大型的河道改道现象。分析认为恩平地区的沉积演化整体受海平面升降旋回控制, 而河道的多次改道明显受到自旋回沉积过程的影响, 即异旋回-自旋回联控。本论文相关结论对于指导古珠江三角洲和其他海相三角洲岩性圈闭勘探具有一定价值, 已推动恩平凹陷三个河道型岩性圈闭的评价与钻探。

### 参考文献

**关键词** 古珠江三角洲 恩平凹陷 沉积演化 中新世 控制因素 河道型岩性圈闭



摘要 ID:1708

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 白云凹陷晚期热液活动的证据及地质意义

陈淑慧\*

中海石油(中国)有限公司深圳分公司

白云凹陷中深层珠海组下段-恩平组发育缓坡大型三角洲-湖相沉积体系, 油气显示丰富, 资源潜力巨大, 砂岩储层埋深超过 3500m-4500m。分析表明: 大型三角洲砂岩储层普遍致密化, 局部层段发育构造作用导致的微裂缝, 溶蚀作用强, 储层物性好, 渗透率可达 45md。早期研究认为深部储层的强压实作用和普遍伊利石化是造成储层致密的重要因素。进一步研究表明, 除了上述因素外, 储层还受到深部慢源热流体的影响。通过包裹体分析证实, 储层中存在普遍的流体包裹体均已温度异常高的现象, 且存在大量含 CO<sub>2</sub> 的包裹体; 且研究区多个构造富含 CO<sub>2</sub>, 碳同位素及氦同位素显示其为慢源成因; 通过阴极发光和薄片鉴定分析表明, 孔隙中存在大量自生石英的沉淀, 且伴生重晶石、金红石、锆石、铁白云石和黄铁矿等典型热液矿物。综合分析表明, 慢源热流体侵位后造成了珠海组下段-恩平组砂岩储层中粒间凝灰质、长石以及岩屑等易溶物质的选择性溶蚀, 溶蚀强度受控于晚期构造作用导致的微裂缝的发育程度, 微裂缝发育的地层溶蚀作用强, 储层物性得到明显的改善, 形成裂缝-溶蚀型储层。慢源热流体带来的热促进烃源岩演化, 快速生烃裂解产生超压。因此, 在该区普遍致密砂岩含气条件下, 紧邻烃源的、被慢源热液改造的砂岩优质储层段超压富集成藏区可能是下步的勘探方向。

**参考文献** [1]金之钧, 朱东亚, 胡文瑄, 等, 2006. 塔里木盆地热液活动地质地球化学特征及其对储层影响[J]. 地质学报, 80 (2): 245-254. [2]金之钧, 张刘平, 杨雷, 等, 2002b. 沉积盆地深部流体的地球化学特征及油气成藏效应初探[J]. 地球科学, 27 (6): 659-665. [3]金之钧, 胡文瑄, 张刘平, 等, 2007. 深部流体活动及油气成藏效应[M]. 北京: 科学出版社, 124-126. [4]李忠, 黄思静, 刘嘉庆, 等, 2010. 塔里木盆地塔和构造河奥陶系碳酸盐岩储层埋藏成岩流体作用及其有效性[J]. 沉积学报, 28(5): 969-979. [5]张藜, 张新涛, 刘艺萌, 等, 2021. 渤海海域深部热流体存在的证据及其对油气成藏意义——以秦皇岛 29- 2/2E 油气田为例[J]. 天然气地球科学, 32(5): 633-644. [6]王清斌, 刘立, 牛成民, 等, 2019. 渤中凹陷北部陡坡带热液活动及其对湖相碳酸盐岩储层的影响[J]. 地球科学, 44(8): 2751-2760

**关键词** 白云凹陷; 致密储层; 热液改造; 裂缝-溶蚀型储层;



摘要 ID:3148

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 华光-中建地区中新世生物礁滩发育特征及油气勘探意义

杨志力\*、李丽、李林、李东、毛超林  
中国石油杭州地质研究院

研究区华光-中建地区地处南海北部,位于海南岛南部,区内海底地形复杂,岛屿和沟谷相间分布,水深处于1000~3000m。自中新世以来中建海域处于稳定沉降期,构造不活跃,在中中新世以后进入了陆坡深水沉积环境。

通过对现今岛礁、大量二维地震资料的研究分析及对中中新世时期的古地貌特征的恢复,认为中新世时期中建海域发育生物礁滩。早中新世时期中建海域海平面较低,在广乐隆起、西沙隆起区以及中建拗陷局部的古凸起之上水体较浅,且缺少陆源物质的注入,适合生物礁的发育,在广乐隆起上成片的发育生物礁滩;在西沙隆起内的断隆之上发育生物礁,呈现成排成带分布的特征;广乐隆起和西沙隆起间的隆间低洼区的局部古凸起及火山隆起之上也发育生物礁,具有零星分布的特征。中中新世时期海平面逐渐上升,西沙隆起边缘隆坳结合部和两大隆起之间的局部古凸起和火山隆起之上水体逐渐变深,生物礁在中中新世早期生物礁以垂向加积为主,到中中新世晚期由于海平面的持续上升,生物礁滩逐渐被淹没停止了发育;在广乐隆起上,靠陆一侧由于陆源碎屑的注入及热沉降作用生物礁逐渐退积,靠海一侧垂向加积,西沙断隆较高的位置生物礁以垂向加积为主;中中新世之后由于海平面的持续上升及热沉降作用,仅在广乐隆起的高部位及西沙断隆的高部位发育生物礁滩,其余区域以半深海-深海沉积为主,沉积厚的海相泥岩。

研究区属于琼东南盆地中央湖盆的一部分,从烃源条件分析,研究区具有良好的有机质生成和保存系统,可与琼东南盆地中央拗陷带的北部边缘对比,发育的烃源岩厚度大,具备较好的生烃条件。广乐隆起与西沙隆起间的隆间低洼区古凸起之上发育的生物礁滩、广乐隆起靠陆一侧和靠华光凹陷一侧发育的生物礁滩及西沙隆起边部隆坳结合部发育的生物礁在中中新世之后被淹没被厚层的深海-半深海的海相泥岩所覆盖,具有较好的泥岩封盖条件,形成了好的储盖组合,这些生物礁滩邻近生烃凹陷,侧部的烃源岩生成的油气可沿断裂向上和侧向运移到生物礁储层中被上覆的海相泥岩封盖而成藏。研究认为生物礁滩为中建海域一个有利的勘探领域。

**参考文献** 朱伟林,张功成,高乐.南海北部大陆边缘盆地油气地质特征与勘探方向[J].石油学报,2008,29(1):1-9.邵磊,李昂,吴国瑄,等.琼东南盆地沉积环境及物源演变特征[J].石油学报,2010,31(4):548-552.杨振,张光学,等.西沙海域中新世碳酸盐台地的时空分布及其油气成藏模式[J].地质学报,2017,91(6):1360-1373.

**关键词** 华光-中建;生物礁;中新世;西沙隆起;



摘要 ID:2993

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## Substrate erosional features beneath mass transport deposits and their implications for sand-hosted gas hydrate in the Qiongdongnan Slope, north South China Sea

任金锋\*

天然气水合物勘查开发国家工程研究中心  
广州海洋地质调查局

Substrate erosional features beneath mass transport deposits (MTDs) are important for understanding erosional mechanisms on the seafloor and long distance transport of deep-water deposits along the shelf margin. Using a high-quality well seismic dataset, five thin MTDs associated with concave incision were identified in the late-Quaternary lower slope region of the Qiongdongnan basin, north South China Sea. Internal characteristics of these thin MTDs and hemipelagic sediments cannot be easily differentiated only on the basis of seismic characteristic in the seismic profiles, but they can be characterized in the logging-while-drilling data (LWD) by higher gamma ray, resistivity, velocity, bulk density, and lower neutron porosity than 'background' hemipelagic sediments. They are also characterized by high dips and random azimuths in high-resolution resistivity images. Four linear erosional features with differing geometry and downcutting depth (large to small megascour and cat-claw scours, grooves, peel-back scours, and striations) were characterized by seismic topography, horizon dip slice, and horizon amplitude. An undeformed block and a deformed block at the bottom of the MTDs were recognized by higher gamma ray, bulk density, velocity, and resistivity as well as lower porosity and permeability than the MTD's matrix. These blocks were semi-consolidated in the core photograph and may be the result of strong dewatering and shear compaction at the base of the MTDs. Megascour is interpreted to be a consequence of substrate tooling of large and rigid blocks when they move over loose and unconsolidated sandy substrate. Cat-claw scours, radially distributed grooves, peel-back scours, and divergent striations are related to the further fragmentation of large blocks due to friction with the substrate or variations in flow dynamics. Like meandering channel incisions, these erosional features can be an auxiliary indicator for the presence of turbidite sands in seismic profiles, assisting in the identification of sand-hosted gas hydrates in the deepwater area of passive continental margin.

**参考文献** Sobiesiak, M. S., Ben, K., Ian, A. G., Juanpablo, M., 2018. Styles of basal interaction beneath mass transport deposits. *Marine and Petroleum Geology* 98, 629–639. Sobiesiak, M. S., Kneller, B., Alsop, G. I., Pablo Milana, J., 2016. Internal deformation and kinematic indicators within a tripartite Mass Transport Deposit, NW Argentina. *Sedimentary Geology* 344, 364–381. Moscardelli, L., Wood, L., Mann, P., 2006. Mass-transport complexes and associated processes in the offshore area of Trinidad and Venezuela. *AAPG Bulletin* 90, 1059–1088. &nbsp;

**关键词** Mass transport deposits; Basal erosion; Continental slope; Qiongdongnan Basin



摘要 ID:136

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 南海南部北康-曾母盆地早中新世层序内部优质砂岩精细刻画

骆帅兵、王笑雪\*、张莉  
广州海洋地质调查局

随着深水油气地质研究和勘探的不断深入, 优质砂岩的研究和刻画持续升温, 已成为当今全球油气, 尤其是深水油气勘探的热点和焦点。南海南部周边国家油气勘探开发成果表明, 北康-曾母盆地发育大量优质砂岩储层, 且其中蕴藏着巨大的油气资源。北康-曾母盆地早中新世(约 23-16Ma) 层序对应于南海北部珠江口盆地珠江组沉积层序, 其内部砂岩具有丰度高、种类多、分布广且多期次发育的特征。但由于北康-曾母盆地特殊的地质背景, 砂岩的物性受沉积环境和构造作用等因素的综合控制, 以及国际形势所致的资料有限与采集难度大等问题, 较南海北部珠江口盆地而言, 南海南部北康-曾母盆地早中新世层序内部砂岩预测存在更大的难度。本文以波形分析建立的优质砂岩及其组合的地震响应特征为基础, 选取骨干地震剖面, 识别并厘定北康-曾母盆地早中新世层序格架内典型砂层组, 并根据沉积厚度图, 在平面上圈定与刻画砂岩的发育分布范围, 结合沉积环境分析, 最终建立北康-曾母盆地早中新世层序内部砂岩的沉积体系(三角洲-深水扇)发育模式。

**参考文献** [1] 李金蓉, 朱瑛, 方银霞. 南海南部油气资源勘探开发状况及对策建议[J]. 海洋开发与管理, 2014, 12 (4) : 12-15. [LI Jinrong, ZHU Ying, FANG Yinxia. Exploration and development of oil and gas resources in southern South China Sea and suggestions[J]. Marine Development and Management, 2014, 12 (4) : 12-15. ] [2] 谢晓军, 张功成, 赵志刚, 等. 曾母盆地油气地质条件、分布特征及有利勘探方向[J]. 中国海上油气, 2015, 27 (1) : 19-26. [XIE Xiaojun, ZHANG Gongcheng, ZHAO Zhigang, et al. Hydrocarbon geology, distribution and favorable exploration direction in Zengmu basin, South China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas, 2015, 27 (1) : 19-26. ] [3] 赵志刚, 刘世翔, 谢晓军, 等. 万安盆地油气地质特征及成藏条件[J]. 中国海上油气, 2016, 28 (4) : 9-15. [ZHAO Zhigang, LIU Shixiang, XIE Xiaojun, et al. Hydrocarbon geological characteristics and reservoir forming conditions in Wan'an basin, South China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas, 2016, 28 (4) : 9-15. ] [4] 朱伟林, 张功成, 钟锴, 等. 中国南海油气资源前景[J]. 中国工程科学, 2010, 12 (5) : 46-50. [ZHU Weilin, ZHANG Gongcheng, ZHONG Kai, et al. South China Sea: oil and gas outlook[J]. Engineering Science in China, 2010, 12 (5) : 46-50. ] [5] 吴炳伟. 南沙海域主要沉积盆地资源潜力分析[J]. 海洋石油, 2007, 27 (1) : 30-35. [WU Bingwei. Analysis on the resource potential in the main depositional basins of Nansha area, South China Sea[J]. Offshore Oil, 2007, 27 (1) : 30-35. ] [6] 姚伯初, 刘振湖. 南沙海域沉积盆地及油气资源分布[J]. 中国海上油气, 2006, 18 (3) : 150-160. [YAO Bochu, LIU Zhenhu. Sedimentary basins and petroleum resources in Nansha offshore area, South China Sea[J]. China Offshore Oil and Gas, 2006, 18 (3) : 150-160. ] [7] 杨明慧, 张厚和, 廖宗宝, 等. 南海南沙海域主要盆地含油气系统特征[J]. 地学前缘, 2015, 22 (3) : 48-58. [YANG Minghui, ZHANG Houhe, LIAO Zongbao, et al. Petroleum systems of the major sedimentary basins in Nansha sea waters (South China Sea) [J]. Earth Science Frontiers, 2015, 22 (3) : 48-58. ] [8] 姚永坚, 吴能友, 夏斌, 等. 南海南部海域曾母盆地油气地质特征[J]. 中国地质, 2008, 35 (3) : 503-513. [YAO Yongjian, WU Nengyou, XIA Bin, et al. Petroleum geology of the Zengmu basin in the southern South China Sea[J]. Geology in China, 2008, 35 (3) : 503-513. ] [9] 姚伯初, 万玲, 刘振湖, 等. 南海南部海域新生代万安运动的构造意义及其油气资源效应[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24 (1) : 69-77. [YAO Bochu, WAN Ling, LIU Zhenghu, et al. Tectonic significance and its petroleum effect of the Wan'an tectonic movement in the south of the South China Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2004, 24 (1) : 69-77. ] [10] 金庆焱, 李堂根. 南沙海域区域地质构造



[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20 (1) : 1-8. [JIN Qinghuan, LI Tanggen. Regional geologic tectonics of the Nansha sea area[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2000, 20 (1) : 1-8. ] [11] 姚永坚, 杨楚鹏, 李学杰, 等. 南海南部海域中新世 (T3界面) 构造变革界面地震反射特征及构造含义[J]. 地球物理学报, 2013, 56 (4) : 1274-1286. [YAO Yongjian, YANG Chupeng, LI Xuejie, et al. The seismic reflection characteristics and tectonic significance of the tectonic revolutionary surface of mid-Miocene (T3 seismic interface) in the southern South China Sea[J]. Chinese Journal Of Geophysics, 2013, 56 (4) : 1274-1286. ] [12] 张翀, 吴世敏, 丘学林. 南海南部海区前陆盆地形成与演化[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2007, 27 (1) : 61-70. [ZHANG Chong, WU Shimin, QIU Xuelin. Formation of foreland basins in the south of the South China Sea[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2007, 27 (1) : 61-70. ] [13] 赵长煜, 宋海斌, 杨振武, 等. 南海南部边缘沉积盆地构造-热演化历史[J]. 地球物理学报, 2014, 57 (5) : 1543-1553. [ZHAO Changyu, SONG Haibin, YANG Zhenwu, et al. Tectonic an thermal evolution modeling for the marginal basins of the southern South China Sea[J]. Chinese Journal Of Geophysics, 2014, 57 (5) : 1543-1553. ] [14] 施秋华, 万志峰, 夏斌. 婆罗洲地质构造特征及其对南海南部盆地的影响[J]. 海洋地质前沿, 2012, 29 (1) : 11-16. [SHI Qiuhua, WAN Zhifeng, XIA Bin. Geology of Borneo Block and its influence on basins of southern South China Sea[J]. Marine Geology Frontiers, 2012, 29 (1) : 11-16. ] [15] 姚衍桃, 詹文欢. 南海南部断裂的分布研究[J]. 海洋学报, 2007, 29 (2) : 59-66. [YAO Yantao, ZHAN Wenhuan. Fractal analysis of faults in the southern part of the South China Sea[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2007, 29 (2) : 59-66. ] [16] 张莉, 王嘹亮, 易海. 北康盆地的形成与演化[J]. 中国海上油气 (地质), 2003, 17 (4) : 245-248. [ZHANG Li, WANG Liaoliang, YI Hai. The formation and evolution of Beikang basin[J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2003, 17 (4) : 245-248. ] [17] 周蒂, 孙珍, 杨少坤, 等. 南沙海区曾母盆地地层系统[J]. 地球科学-中国地质大学学报 (中文版), 2011, 36 (5) : 789-797. [ZHOU Di, SUN Zhen, YANG Shaokun, et al. The stratigraphic system of the Zengmu Basin, Southern South China Sea[J]. Earth Science-Journal of China University of Geoscience (in Chinese), 2011, 36 (5) : 789-797. ] [18] 孙珍, 赵忠贤, 周蒂, 等. 南沙海域盆地的地层系统与沉积结构[J]. 地球科学-中国地质大学学报 (中文版), 2011, 36 (5) : 798-806. [SUN Zhen, ZHAO Zhongxian, ZHOU Di, et al. The stratigraphy and the sequence architecture of the Basins in Nansha Region[J]. Earth Science-Journal of China University of Geoscience (in Chinese), 2011, 36 (5) : 798-806. ] [19] N. A. 安蒂斯. 砂岩油气藏的地震勘探[M]. 石油工业出版社, 1987. [N. A. Anstey. Seismic exploration of sand body reservoirs[M]. Petroleum Industry, 1987. ] [20] 潘自强, 徐贵来, 吴曲波, 等. 砂岩型铀矿勘探中的地震资料高分辨率处理方法[J]. 工程地球物理学报, 2015, 12(2): 246-253. [PAN Ziqiang, XU Guilai, WU Qubo, et al. High resolution processing method of seismic data for the exploration of sandstone-type uranium deposits[J]. Chinese Journal Of Engineering Geophysics, 2015, 12(2): 246-253. ] [21] 陈亮, 庞雄, 刘军, 等. 珠江口盆地白云凹陷深水重力流优质砂岩储集层特征及识别方法[J]. 石油勘探与开发, 2015, 42 (4) : 463-471. [CHEN Liang, PANG Xiong, LIU Jun, et al. Characteristics and identification of high quality deep-water gravity flow sandstone reservoirs in Baiyun sag, Pearl River Mouth Basin, South China Sea[J]. Petroleum Exploration And Development, 2015, 42 (4) : 463-471. ] [22] 孙杰, 詹文欢, 丘学林. 珠江口盆地白云凹陷构造演化与油气系统的关系[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(1): 101-107. [SUN Jie, ZAN Wenhuan, QIU Xuelin. Relationship between tectonic evolution and petroleum systems in Baiyun sag, Pearl River Mouth basin[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2011, 31(1): 101-107. ] [23] 蔡希源. 深层致密砂岩气藏天然气富集规律与勘探关键技术-以四川盆地川西坳陷须家河组天然气勘探为例[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 707-714. [CAI Xiyuan. Gas accumulation patterns and key exploration techniques of deep gas reservoirs in tight sandstone: an example from gas exploration in the Xujiahe Formation of the western Sichuan Depression, the Sichuan Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(6): 707-714. ] [24] 王笑雪, 骆帅兵, 胡璉, 等. 地震波波形分析方法在南海北部陆坡白云深水区含气砂岩层识别中的应用[J]. 工程地球物理学报, 2015, 12 (5) : 576-582. [WANG Xiaoxue, LUO Shuaibing, HU Lian, et al. The application of seismic waveform analysis to the gas bearing sandstone in Baiyun deep water area at the northern



continental slope, South China Sea[J]. Chinese Journal Of Engineering Geophysics, 2015, 12 (5): 576-582. ] [25] 骆帅兵, 张忠涛, 郭伟, 等. 白云凹陷西南区块中-深层优质砂岩体地震响应特征[J]. 地质学刊, 2017, 41 (2): 282-291. [LUO Shuaibing, ZHANG Zhongtao, GUO Wei, et al. Seismic response characteristics of the middle-deep high-quality sand bodies at the southwest margin of Baiyun Depression[J]. Journal of Geology, 2017, 41 (2): 282-291. ] [26] 伍新和, 林良彪, 张玺华. 地震波形分析技术在川西新场地区沉积微相研究中的应用[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2013, 40 (4): 409-416. [WU Xinhe, LIN Liangbiao, ZHANG Xihua. Application of seismic waveform analysis technology in studying sedimentary microfacies of Xinchang region in West Sichuan, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2013, 40 (4): 409-416. ] [27] 曾清波, 陈国俊, 张功成, 等. 珠江口盆地深水珠海组陆架边缘三角洲特征及其意义[J]. 沉积学报, 2015, 33(3): 595-606. [Zeng Qingbo, CHEN Guojun, ZHANG Gongcheng, et al. The shelf-margin delta feature and its significance in Zhuhai Formation of deep-water area, Pearl River Mouth basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2015, 33(3): 595-606. ] [28] 郑荣才, 郑哲, 高博禹, 等. 珠江口盆地白云凹陷珠江组海底扇深水重力流沉积特征[J]. 岩性油气藏, 2013, 25(2): 1-8. [ZHENG Rongcai, ZHENG Zhe, GAO Boyu, et al. Sedimentary features of the gravity flows in submarine fan of Zhujiang Formation in Baiyun Sag, Pearl River Mouth Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2013, 25(2): 1-8. ] [29] Catuneanu, O. Sequence stratigraphy of clastic systems: concepts, merits, and pitfalls. Journal of African Earth Sciences, 2002, 35(1), 1-43. [30] Catuneanu, O. Principles of Sequence Stratigraphy. Elsevier, Amsterdam, 2006. Ostrander W J. Plane wave reflection coefficients for gas-sands at non-normal angles of incidence, presented at 52nd annual SEG, 1982. . [31] Posamentier H W, Allen G P. Siliciclastic sequence stratigraphy concepts and applications[J]. SEPM Special Publications, 1999, 7: 85-91.

**关键词** 南海南部; 北康-曾母盆地; 早中新世层序; 波形分析; 砂岩分布





摘要 ID:1212

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 南海北部陆缘裂解层序的识别及其成因机制探讨

郑金云\*、庞雄、吴建耀、王福国、刘冬青、孙辉  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

裂解层序(LBS)是记录大西洋贫岩浆型典型被动陆缘从地壳-地幔-岩石圈序次破裂过程的沉积响应,用以区别传统岩石圈伸展瞬时破裂模型中所对应的破裂不整合面(BU)。通常表现为一套由陆向海呈大角度进积的沉积层序,是陆缘地壳伸展破裂后、热收缩主导沉降前,陆缘岩石圈均衡调整期的沉积充填。

在位于南海北部陆缘的珠江口盆地,基于大面积连片三维地震资料,钻井古生物标定和南海大洋钻探相关研究成果佐证,识别了一套早渐新世(~33.9-28Ma)具有裂解层序特征的沉积充填。该套层序在北部珠一坳陷缺失或局限分布,其南部的珠二坳陷则由陆向洋表现出以含薄层煤系地层为特征的三角洲平原-沼泽相沉积-以箱状厚层水下分流河道为主要特征的三角洲前缘-以大角度前积或S形前积为主要特征的前三角洲或陆架边缘三角洲沉积组合,局部区域可形成具有沉积坡折特征的陆架坡折带。因该套含煤的三角洲平原-沼泽地层中含有恩平组典型孢粉组合,而易于将其划归为恩平组地层。在陆缘外侧的珠四坳陷则表现为向周缘隆起上超、具有填平补齐特征的沉积充填,并伴有较强的岩浆侵入隆起改造,形成隆起间具有同沉积充填特征的mini盆地式沉积。该套层序之后的渐新世中-晚期(~28-23Ma),盆地发生大范围海侵,进入区域沉降主控的陆坡内盆地演化阶段,各坳陷具有较为统一的沉积中心,且珠四坳陷优先进入深水区,并于渐新世末期向北扩展。

基于南海大洋钻探的研究成果表明,南海北部陆缘岩石圈的伸展破裂过程不同于大西洋的贫岩浆型和富岩浆型,具有“先贫后富”、晚期快速破裂的特征,大西洋裂解层序的成因模式不完全适用。但早渐新世的这套沉积层序表明,陆缘地壳在~34Ma破裂后到区域热沉降主导之间,经历了均衡调整期。推测与南海所处的区域构造背景下扩张脊两次(~28-26、23Ma)向南跃迁的破裂过程有关,跃迁前海盆扩张脊虹吸效应未能建立陆缘软流圈物质大范围向扩张脊的运动而导致区域沉降,但叠加了岩石圈快速破裂后的挠曲回弹效应,形成了陆缘岩石圈均衡调整过程。同时,这可能指示了扩张脊跃迁前、后,岩石圈伸展破裂机制有所不同。该套层序的识别,为盆地地层的区域对比和南海北部岩石圈伸展破裂过程的研究提供了新视角。

### 参考文献

**关键词** 南海北部陆缘; 珠江口盆地; 裂解层序; 扩张脊跃迁; 岩石圈均衡调整



摘要 ID:1396

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 陆相断陷湖盆断拗转换期沉积特征与大面积岩性勘探 ——以渤海海域沙河街组一二段为例

王德英\*、薛永安、杜晓峰、王昕、牛成民  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

渤海海域为渤海湾盆地海域部分,为典型的陆相断陷湖盆。油气勘探历经60余年,已连续10年上产3000万吨,并规划2025年上产4000万吨,储量缺口很大。随着传统浅层勘探程度的提高,难度的加大,深层、岩性油藏勘探越来越成为储量增长的主力军。由于海上经济性的限制,岩性油藏的规模性成为制约勘探的关键问题。在勘探实践中,伴随沉积学、构造学以及地球物理方法等多学科融合,提出在断拗转换期极易形成大规模岩性油藏,特别是在古近系沙河街组一二段。

### 一、沙河街组一二段构造特征

十二五期间渤海湾的盆地地质研究获得长足进展。进一步明确其中新生代走滑伸展双动力陆相断陷盆地属性,形成多凸多洼的构造格局。并划分为孔店组-沙四段的初始断陷阶段、沙三段的强断陷阶段、沙一二段的断拗转换阶段、东营组再断陷阶段、明化镇馆陶组的拗陷阶段、拗陷阶段,明确渤海海域是渤海湾盆地的构造演化归宿,晚期沉积沉降中心。其中沙河街组一二段又可细分为沙二的小断陷与沙一的拗陷。沙二段一般是在控凹断裂的附近,特别是陡坡带附近活动性较强。其中沙河街组一段为一最大湖泛面,部分凸起上也有沉积。发育沙四上、沙三段、沙一二段、东三段多套优质湖相烃源岩。

### 二、沙河街组一二段沉积特征

沙河街组一二段整体为浅水大湖的特征,水体为微咸-咸水特征,沉积主要是黑色泥岩、砂岩、砂砾岩、油页岩、钙质灰岩、生物灰岩等,是一套传统描述的特殊岩性段。沉积体系主要为浅湖-三角洲沉积体系,但同时也是混合沉积发育的主要时期。沉积相类型丰富,主要包括湖相、扇三角洲相、砂砾质滩坝、生物滩等,特别是在微古地貌高附近波浪改造作用强烈,砂体容易席状大面积连片分布。

### 三、沙河街组一二段圈闭特征

沙河街组一二段圈闭类型丰富,主要发育构造圈闭,岩性圈闭。构造圈闭的一般是发育在陡坡带、后期走滑活动影响形成断块群。岩性圈闭多发于在陡坡带、挠区缓坡带、断阶带、洼中隆起带、凸起(低凸起)的围斜带。面积较大。

### 四、沙河街组一二段成藏特征

沙河街组一二段是大面积岩性规模成藏的有利层系。一般圈闭多发育于油气优势运移聚集方向,且近油源、或位于源内成藏条件优越。埋深适中,沉积改造,储集条件好。沙河街组一段、东营组巨厚区域超压泥岩多发育,使得其保存充注条件极优,油藏高度可达几百甚至上千米。

**参考文献** 徐长贵,杨海风,王德英,等. 渤海海域莱北低凸起新近系大面积高丰度岩性油藏形成条件[J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(1): 12-25. 于海波,王德英,王军,等. 渤海海域石白坨凸起东段地层岩性油气藏类型及成藏主控因素[J]. 石油地质与工程, 2015, 29(4): 34-37+62. 王德英,于娅,张藜,等. 渤海海域石白坨凸起大型岩性油气藏成藏关键要素[J]. 岩性油气藏, 2020, 32(1): 1-10. 谷志猛,王德英,王明臣,等. 海上岩性油气藏勘探的关键思路与技术方法——以渤海海域石白坨凸起中段为例[J]. 中国石油勘探, 2015, 20(4): 54-62.

**关键词** 陆相断陷湖盆; 渤海油田; 沙河街组; 岩性勘探



摘要 ID:1458

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 地质模式指导下的薄层混积滩坝沉积储层定量预测 ——以渤海海域沙一二段为例

宋章强\*、杜晓峰、官大勇、魏国财、陈丽祥  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

渤海海域勘探实践表明,沙一二段混积滩坝储层往往具有物性好、产能高的特点,是中深层重要的油气勘探目标之一。然而,钻井揭示的该类混积滩坝储层厚度薄,统计表明55%的储层厚度小于10米、厚度超过30米的储层仅占5.9%;在地震剖面多呈现出一个强反射覆盖在下伏地层之上,地震响应难以识别,给钻前预测带来了极大困难和挑战。

本文在系统研究渤海多个混积滩坝实例基础上,明确了混积滩坝储层发育特征并建立了沉积模式,提出了薄层混积滩坝储层厚度定量预测新方法。①明确了混积滩坝沉积储层发育特征,建立了典型的垂向序列模式,认识到硬底型混积滩坝具有二元垂向序列特征,底部残积型云(钙)质砂砾岩体,上部为典型混积滩坝云(钙)质砂岩、颗粒碳酸盐岩等岩性序列。②建立了混积滩坝沉积发育模式,明确了不同古地貌背景混积滩坝沉积特征的差异性,认识到斜坡中高部位是厚层混积滩坝发育最有利区,古地貌较高部位和较低部位混积储层发育欠佳(不发育)。③在上述模式指导下,根据大量实钻井数据统计,混积滩坝储层厚度与地层厚度(古地貌)有明显的相关性,表明用地层厚度定量预测混积储层厚度是可行的,进而建立了薄层滩坝储层厚度定量预测模板。

上述认识和技术方法在近期渤海油田某构造评价中发挥了积极作用,准确预测了薄层混积滩坝储层分布,为油气勘探评价提供了技术支撑。

### 参考文献

**关键词** 混积滩坝; 沉积模式; 定量预测; 渤海海域



摘要 ID:1508

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 辽中凹陷南洼东营组裂陷期沉积体系及演化

党胜国\*、王大为、廖辉、黄保纲、李俊飞  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

研究区旅大16构造位于渤海湾盆地辽东湾拗陷辽中凹陷南洼,西接辽西凸起,东侧受胶辽隆起控制,南临渤东凹陷研和渤东低凸起,郑庐断裂带贯穿其间(加东辉等,2007;朱筱敏等,2008)。渐新世东营组沉积期形成于沙一、二段热沉降后的裂陷III幕,洼陷内发育LD21、LD16和LD16东3条主干走滑断裂及其伴生断裂。将洼陷分割为若干次级构造单元。考虑构造背景、物源供给、气候等地质因素,运用岩心、录井、测井、粒度分析、地震等资料,通过岩心相、测井相和地震相综合分析,东营组沉积期依附LD21断裂及LD16断裂及其伴生断裂,主要发育扇三角洲、辫状河三角洲、曲流河三角洲、浅水曲流河三角洲,局部发育滑塌湖底扇和砂质碎屑流等重力流沉积(肖子洋等,2016;李强等,2018;朱筱敏等,2020)。

层序SQ<sub>d3</sub>沉积期,辽西低凸起大面积出露遭受剥蚀,为研究区提供物源,沉积背景为近源沉积,岩性录井显示沉积物岩性粒度较粗,发育多期扇三角洲前缘和滑塌重力流沉积。到SQ<sub>d3</sub>沉积末期,LD21及其伴生断裂附近地势较高,沉积体系转换为依附多级断裂沉积的辫状河三角洲前缘及滑塌湖底扇沉积体。

层序SQ<sub>d2</sub>沉积期,辽西低凸起基本沉没于水下,局部出露提供物源能力非常有限,沉积背景为远源沉积,岩性录井显示沉积岩性泥岩较厚,砂岩粒度较细。主要发育曲流河三角洲前缘和滑塌重力流沉积,NE-SW向地震剖面可识别出7期三角洲进积体。SQ<sub>d2</sub>沉积末期,研究区北部地势较高,LD16-3东断裂附近发育小型隆起,在SQ<sub>d2</sub>高位体系域内大面积发育曲流河三角洲前缘沉积,地震剖面可识别出5期进积体。

层序SQ<sub>d1</sub>沉积期,辽西低凸起基本沉没于水下,小范围出露提供物源能力非常有限,沉积背景为远源沉积,地震相主要为低角度叠瓦状前积,水动力较强,砂体发育,主要发育浅水曲流河三角洲前缘沉积。

研究成果理清了东营组沉积期沉积体系及其演化规律,为勘探开发寻找有利储集体指明了方向。

**参考文献** [1]加东辉,徐长贵,杨波,等.辽东湾辽东带中南部古近纪古地貌恢复和演化及其对沉积体系的控制[J].古地理学报,2007,9(2):155-166.[2]朱筱敏,董艳蕾,杨俊生,等.辽东湾地区古近系层序地层格架与沉积体系分布[J].中国科学:D辑,2008(S1):1-10.[3]肖子洋,黄传炎,谢通,等.砂质碎屑流典型特征及识别标志[J].特种油气藏,2016,23(2):45.[4]李强,田晓平,张婕茹,等.辽中凹陷南洼旅大21油田油气成藏条件及分布特征[J].油气地质与采收率,2018,25(3):11-19.[5]朱筱敏,董艳蕾,曾洪流,等.中国地震沉积学研究进展和发展思考,古地理学报,2020,22(3):397-411.

**关键词** 辽中凹陷南洼 东营组 沉积体系 三角洲前缘 沉积演化



摘要 ID: 3388

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 断陷残洼原型恢复及烃源岩定量预测方法与应用 ——以珠一坳陷 惠北-陆西地区古近系为例

陈凯\*、张功成、杨海长、朱文奇、李欣、柯岭  
中海油研究总院责任有限公司

**摘要:** 珠江口盆地珠一坳陷惠北-陆西地区古近纪发育多个断控洼陷, 洼陷形成期经历多期构造隆升及岩浆活动, 导致洼陷结构被强烈改造形成古近系残洼, 且主力烃源岩发育层位遭受大范围剥蚀, 优质烃源岩的分布不清造成洼陷资源潜力评价存在重大争议, 严重制约了勘探方向。本文运用改造型盆地的研究思路, 利用盆地构造解析、源-汇体系、平衡剖面、地层趋势外推以及最大古断距回剥法等相结合, 梳理断陷残洼三维立体原型盆地恢复“五步法”技术, 重建惠北-陆西地区关键期次古构造-沉积演化过程, 并明确了优质烃源岩的展布范围。利用基于烃源岩 TOC 曲线与敏感属性反演的烃源岩定量预测技术, 定量预测了少井区优质烃源岩的资源量。研究表明:

(1) 惠北-陆西地区断陷期遭受两期强烈的剥蚀改造, 造成洼陷南部大范围剥蚀殆尽, 其中, 文四段沉积期连通形成广盆深水的沉积环境, 形成统一“大湖盆”, 控制文四段半深湖相优质烃源岩的形成, 陆丰 13 西北洼断陷“小残洼”主力烃源岩文四段沉积期“满洼含烃”; (2) 烃源岩 TOC 曲线与五种敏感地震属性相关性高, 利用神经网络算法定量预测陆丰 13 西北洼烃源岩 TOC 数据体, 并结合沉积储层、地球化学等研究成果, 计算得到资源量 1 亿方油当量以上, 陆丰 13 西北洼具有良好的资源潜力。

**参考文献** &nbsp;&nbsp;&nbsp;陈长民, 施和生, 许士策, 等. 2003. 珠江口盆地(东部)第三系油气藏形成条件[M]. 科学出版社, 31-104&nbsp;&nbsp;&nbsp;王启明, 黄晓波, 周晓光, 等. 2018. 莱南斜坡带沙四段-沙三下亚段原型盆地恢复及其对沉积的控制[J]. 地质力学学报, 24(3): 371-378. &nbsp;&nbsp;&nbsp;王腾飞, 金振奎, 田甜, 等. 2019. 利用声波时差资料的剥蚀量恢复方法与实例[J]. 世界地质, 38(4): 1082-1087. &nbsp;&nbsp;&nbsp;汪晓萌, 彭光荣, 吴静, 等. 2021. 珠江口盆地恩平 21 洼文昌组沉积期原型盆地及其对优质烃源岩的控制[J]. 大地构造与成矿学, 01(14):158-167&nbsp;&nbsp;&nbsp;韩少甲, 赵俊峰, 刘池洋, 等. 2014. 渤海海域庙西凹陷古近纪沙三段沉积期原盆面貌恢复[J]. 地质论评, 60(2): 339 - 346. &nbsp;&nbsp;&nbsp;刘池洋, 杨兴科. 2000. 改造盆地研究和油气评价的思路[J]. 石油与天然气地质, 21(2): 11 - 14.

**关键词** 关键词: 珠一坳陷; 陆丰 13 西北洼; 剥蚀厚度; 原型盆地; 原始烃源岩规模



摘要 ID:1214

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 水动力条件控制下的沉积响应及岩性圈闭发育模式

黄鑫\*、丁琳、贾培蒙、李智高  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

随着珠江口盆地勘探程度的提高,构造圈闭勘探难度逐步增大,地层岩性油气藏的勘探逐渐成为勘探的重要方向和储量增长点(杜家元,2014)。沉积环境重建、沉积微相精细研究、砂体展布特征预测,是岩性圈闭条件评价的重要内容,其前提条件就是要合理解释砂体的沉积过程,而沉积过程分析必须建立在合理的水动力特征分析基础上(齐亚林,2015)。有专家运用沉积粒度、沉积结构等,大量开展了砂体成因机制下现代和古水动力研究(操应长,2010,陈彬滔,2012),而对珠江口盆地关于古水动力对砂体沉积过程的研究还存在空白,同时对不同水动力条件下砂体展布特征及岩性圈闭形成模式也还缺少系统总结。鉴于此,本次研究以惠州地区珠江组为例,根据其沉积演化特点(图1),尝试从水动力角度出发,探讨珠江组砂体沉积响应特征,分析岩性圈闭形成机制、建立岩性圈闭形成模式,以期为类似地区有利砂体分布预测及岩性油气藏精细勘探提供参考。研究表明,惠州地区珠江组时期沉积环境具有水动力多变,沉积微相类型丰富的特点,不同水动力条件下的砂体沉积响应及岩性圈闭发育模式也不同。通过精细解剖已钻岩性圈闭,综合运用层序地层学、沉积动力学、地震沉积学等理论,采用岩心、测井、地震响应等地质与地球物理手段,对本区珠江组各个演化阶段代表砂体的沉积水动力条件、沉积微相展布及岩性圈闭形成模式进行了分析,总结出研究区发育3类水动力作用下的3种沉积体系,即珠江五段海侵早期发育沿岸流、潮流水动力作用为主的滨岸砂坝体系(图2);珠江四段海侵期发育以河流水动力作用为主的三角洲前缘水下分流河道近端、远端与河口坝复合体系(图3);珠江四段高位晚期则发育以潮汐水动力作用为主的陆架砂脊体系(图4)。根据砂体尖灭特征,可将岩性圈闭发育模式划分为3种,即侵蚀尖灭型、缓慢尖灭型、快速尖灭型(图5)。勘探实践表明,惠州地区岩性圈闭勘探地质成功率近75%,已在多个砂体尖灭模式下的岩性圈闭中发现油气。以惠州H油田为例,其主力油藏珠江四段L30up层在勘探早期被认为是背斜油藏,储量规模较小,随着滚动勘探的不断深入,认识到L30up层为快速海侵期河控三角洲体系,砂体呈三期叠加并向构造抬升方向缓慢尖灭,形成向上倾方向缓慢尖灭型岩性圈闭,在后续的评价井部署中证实了该认识并实现了储量的翻倍(图6)。因此,不同水动力条件下对应砂体沉积响应特征及岩性圈闭发育模式分析是岩性圈闭精细勘探的关键环节,对于深度挖掘类似地区岩性圈闭的勘探潜力具有重要的指导意义。

**参考文献** 杜家元,陈维涛,张昌民.珠江口盆地新近系地层岩性圈闭形成条件及发育规律分析[J].石油实验地质,2014,36(05):555-561.齐亚林,刘显阳,杨时雨,等.内陆湖泊三角洲河口区水动力特征及地质意义[J].岩性油气藏,2015,27(03):49-55.操应长,王健,刘惠民.利用环境敏感粒度组分分析滩坝砂体水动力学机制的初步探讨——以东营凹陷西部沙四上滩坝砂体沉积为例[J].沉积学报,2010,28(02):274-284.陈彬滔,杨丽莎,于兴河,李顺利,谭程鹏,谢京.准噶尔盆地南缘三工河组和西山窑组辫状河三角洲水动力条件与砂体分布规模定量分析[J].中国地质,2012,39(05):1290-1298.

**关键词** 惠州地区;珠江组;水动力条件;沉积响应;岩性圈闭



摘要 ID:1297

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 琼东南盆地沉积学研究新进展及面临的挑战

张道军\*、刘娟、朱继田

中海石油(中国)有限公司海南分公司

琼东南盆地是复杂的边缘海盆地,盆地约三分之二的地区位于深水区,构造上受特提斯域和太平洋域两大构造域的影响,沉积上受南海隆起、昆崙隆起、南部隆起、神狐隆起四大物源区的影响,其各自影响层系、影响规模、影响范围难以精确厘定,因而沉积学的研究面临诸多困难。近年来,随着三维地震资料逐步实现了全盆地覆盖,给沉积学的研究突破带来契机。在充分利用钻井、地震、测井等资料基础上,结合重矿、粒度、铸体薄片、常规物性、锆石测年等分析化验资料,运用地震属性、地层切片、三维可视化等手段,对源-汇系统进行了定量-半定量的分析,取得了三个方面的新认识:1)发现了昆崙隆起西物源梅山组多期叠置的大型海底扇,扇体内部发育大规模水道砂优质储层,钻遇储层厚度超过60m,孔隙度平均为20.7%,渗透率为2.4-59.7mD/cp,并精确的厘定其展布范围;2)首次揭示以神狐隆起区为物源的上渐新统大型辫状河三角洲优质储集体。其水下分流河道砂体厚度约280m,岩性为细砂岩、中砂岩,及少量砂砾岩。砂体实测孔隙度平均13.1%,渗透率平均26.2mD。3)查明了与海南隆起区主要物源水系对应的新近系陆架边缘三角洲-海底扇的发育规律,持续推动深水区海底扇岩性圈闭群的勘探。虽然琼东南盆地的勘探近年来不断取得新层系、新领域的突破,但是,随着南海西部天然气勘探进入更深、更新、更隐蔽、更复杂的勘探领域,琼东南盆地的沉积学研究面临着重大挑战:储层埋深相对较大,受中深层超压影响,储层成岩演化纵横向变化规律复杂,大型优质储集体预测难度较大。亟需建立一套适用于琼东南盆地“双深”(深水、深层)领域的大型储集体及岩性圈闭识别的地质-地球物理综合预测方法。

### 参考文献

**关键词** 琼东南盆地;源汇系统;辫状河三角洲;陆架边缘三角洲;海底扇



摘要 ID:1389

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 多期隆升物源控制下的断阶带储层发育模式及应用

罗威\*、芮诗阳、胡雯燕、代龙、夏磊  
中海石油(中国)有限公司海南分公司

琼东南盆地深水区中新统大中型勘探目标日渐减少, 领域突破难度逐渐增大, 因此走向中深层是深水勘探突破的必由之路。但中深层盆地呈多隆多凹格局, 凹陷内各小凸起能否形成规模有效储集体是制约勘探的关键因素之一。特别是对于永乐 X 区, 其紧邻的宝岛凹陷已证实为富生烃凹陷, 陵三段在多级断阶均可见大范围振幅异常, 但紧邻的物源区规模却较小, 与之对应的振幅异常是否为规模有效储集体成为制约该区勘探的关键要素之一。针对上述问题, 本次基于物源区构造、地貌及源汇体系与储层特征的分析, 明确了该区规模储集体发育模式并推动了勘探的突破。

针对上述问题, 本次基于物源区地貌、构造及源汇体系与储层特征的分析, 推动了该区勘探的突破, 明确了下一步有利勘探方向。1) 应用物源区古地貌精细刻画与恢复技术, 落实了永乐 X-1 剥蚀区陵三段沉积时期物源水体展布特征, 明确了断块的旋转及多期隆升为该时期提供了稳定的物源供给。分析表明永乐 X-1 剥蚀区受多期构造运动改造, 其中崖城组晚期受区域应力场旋转影响, 该区发生明显隆升及褶皱变形, 而陵水组末期受南海运动影响, 发生了明显的夷平作用。据此开展了陵三段沉积时期古地貌的恢复, 结果表明该时期地貌与现今构造差异明显, 受褶皱变形影响, 该区发育多条 NW 向沟谷, 从而有利于大量物源向北侧目标区汇聚; 同时控凹断裂强烈活动导致块体旋转翘倾隆升构成的动态物源区为本区提供了长期稳定的物源供给, 从而解决了该区物源供给的问题, 推动了该区勘探的突破。2) 基于多级断阶控制下的源汇体系分析技术, 阐明了永乐 X 区陵三段砂体展布特征, 建立了该区古地貌+活动断裂控砂沉积模式。针对该区断阶带的背景, 通过断裂活动性与控沉积样式分析, 明确了该区砂体优势推进方向。在此基础上, 通过物源区沟谷落实、顺物源前积特征识别、垂利物源优势路径刻画及绕断层砂体连续追踪, 并应用地震沉积学方法, 再现了多期砂体平面展布特征与迁移规律。指出局部挤压形成的沟谷及其沟通源区面积的大小控制了砂体的规模; 断裂活动性及内凹形成的断湾控制了砂体南北向优势输送通道; 活动断裂形成的断槽地貌控制了砂体的东西向优势推进方向。3) 采用储层宏-微观相结合分析方法, 开展了永乐 X 区成岩演化、胶结物特征及粒度、泥质含量等的分析, 指出埋深为不同断阶间储层物性差异主控因素, 其造成减孔差异平均可达 8.7%。泥质含量为同一断阶内储层物性差异主控因素, 其中早期砂体因剥蚀崖城组晚期富泥地层, 泥质含量较高; 同时受多级断阶形成坡折地貌的影响, 近控沉积断裂处受泥岩滑塌影响, 泥质含量较高。基于此预测近源高部位断阶及远离断裂强烈活动段的低部位断阶晚期砂体储层物性较好, 为下一步有利勘探方向。

### 参考文献

**关键词** 琼东南盆地; 源汇体系; 动态物源; 储集体; 断阶带





摘要 ID:1957

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 高频海平面变化对珠江口盆地陆丰凹陷珠江组两期灰岩的影响

孙阳子\*、赵庆、周凤娟、何雁兵、贾连凯  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

新近系下珠江组是陆丰地区的传统主力产层,也是近年新发现的陆丰 12-A 油田和海域首个重新开采的陆丰 22-C 油田的主力含油层段。截至 2020 年,仅在下珠江组发现的三级储量约占到整个陆丰凹陷已发现三级储量的六成以上。无论是下珠江组的砂岩油藏 ZJ450、ZJ470 还是灰岩油藏 ZJ460,其油气成藏都与陆丰地区下珠江组发育的两期灰岩息息相关。但由于海上地质资料获取受限,而录井资料对碎屑岩-灰岩混积层序的岩性识别精度低,故长期以来我们对两期灰岩的认识相对有限。本文收集和整理了陆丰地区下珠江组两期灰岩的相关录井和分析化验资料,通过对单井的“灰岩有效厚度”进行重新厘定,并结合地震资料,确定两期灰岩的发育范围、厚度和沉积环境,指出灰岩的分布及其是否具有渗透性(做储层或盖层),受到其发育的古地貌位置和高频海平面变化的共同影响:①在 SB21-SB19 的高位域沉积期,在东沙隆起的古地貌高部位为清水沉积环境,发育点礁-生屑滩沉积(如陆丰 15-B、陆丰 22-C 油田 ZJ460 层),灰岩厚度向北部的陆丰南地区减薄,台缘斜坡带的灰岩由于沉积位置较低,未受到后期暴露淋滤作用,勘探证实可以作为盖层(如陆丰 12-A 油田);②在 SB19-SB18.5 的低位域时期发生短暂的海退,ZJ450 层砂岩向盆地内部进积,在陆丰南地区(如陆丰 12-A 油田)形成了碎屑岩-灰岩混积层序;同时,受到相对海平面下降的影响,先期形成的、处于古地貌高部位的生物礁滩相灰岩暴露出海平面,受到表生大气淡水的淋滤作用,形成一套优质的灰岩储层。③随着海平面进一步上升,在 SB19-SB18.5 的海侵及高位域,陆丰南盆地局部低洼区(如陆丰 12-A 油田)形成了致密的二期灰岩,与上珠江组的区域海泛泥岩共同形成了区域盖层。

**参考文献** 梁卫,李小平,2020.珠江口盆地东部碎屑岩-碳酸盐混合沉积区岩性油气藏形成地质条件与潜力[J].地球科学,45(10):3870-3884.徐伟,杜晓峰,黄晓波,等,2019.混合沉积研究进展与关键问题[J].沉积学报,37(2):225-238.昌建波,邹晓萍,余国达,等,2017.珠江口盆地惠州凹陷南部珠江组混合沉积作用[J].海相油气地质,22(4):19-26.汪瑞良,周小康,曾驿,等,2011.珠江口盆地东部东沙隆起中新世碳酸盐岩与生物礁地震响应特征及其识别.石油天然气学报,33(8):63-68.

**关键词** 陆丰凹陷;灰岩;混积;海平面变化;盖层



摘要 ID: 2231

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 丽水凹陷强制海退体系域识别及在古新统岩性油气藏勘探中的意义

马文睿\*、覃军、李炳颖、焦社宝  
中海石油(中国)有限公司上海分公司研究院

丽水凹陷位于东海陆架盆地西南端,面积约1.4万平方公里,是一个在晚白垩纪残留盆地上发育起来的新生代断陷盆地;古新统丽水凹陷受仙桥潜山带分隔,成为两个次凹,具有东断西超的箕状凹陷特征。凹陷最大沉积厚度近万米,发育月桂峰组湖相和灵峰组海相泥质烃源岩,钻井揭示古新统油气显示丰富,发现了丽水36-1气田,是东海陆架盆地潜在的勘探有利区域。丽水36-1构造-岩性圈闭位于丽水凹陷西次凹丽水36洼与温州19洼交汇处,是一套上古新统明月峰组下段低位域扇体沉积在始新世末期挤压应力下构造反转形成的断背斜-岩性含油气构造,具自然产能的储层物性下限约2300m;自油气田发现以来,针对丽水36-1气田同类型“低位扇”圈闭的研究不断开展,但始终未能再有商业性油气发现突破。

前人围绕明月峰组低位域扇形沉积砂体开展了大量研究工作,提出了明月峰组下段早期低位扇群发育模式并进行了包括岩性、构造-岩性复合圈闭的探索,但均未能取得油气发现突破,主要失利原因为勘探不入洼、岩性圈闭上倾尖灭不明、油气显示差等问题。在目标评价过程中具有物性和油气运汇聚的突出矛盾,具体表现为浙闽隆起带物源体系下形成的储层类型为岩屑砂岩,储层在埋深加大过程中物性损失快、勘探下限限制难以入洼加深;古新统中下段巨厚泥岩盖层对油气运移的遮挡作用明显,依据源控论需入洼、近源勘探。解决此矛盾的途径是寻找入洼发育的优质储层。

在吸收其他海域勘探成果和前人对明月峰组下段低位体系域研究成果基础上,以全球海平面变化背景分析入手,开展测井曲线最大熵海水进退分析和小波变换层序界面识别,以地震资料为基础、井震结合开展精细层序地层研究,在此基础上对物源输入、沉积水动力条件与优质储层发育机理开展研究。在Vail经典层序地层学低位域(LST)、海侵体系域(TST)和高位域(HST)三分体系域基础上,从地震波组接触关系方面开展精细研究,以Posamentier提出的强制海退体系域概念,将明月峰组下段低位体系域划进一步划分为早期的强制海退体系域(FRST)和晚期的低位域(LST)并开展相关的层序演化、沉积储层、物性条件的研究。根据全球环境变化相关研究表明,灵峰组—明月峰组转换时期(约-59Ma)经历的全球小冰期导致的海平面快速下降,灵峰组界面之上沉积物物源不断向海侧推进,在坡折带之上形成下切河谷输砂通道,坡下发育“双向下超”特征的斜坡扇-盆底扇局限沉积体。

强制海退体系域的提出和识别,在丽水凹陷油气勘探中具有重要意义。一是强制海退体系域水体变浅、可容纳空间减小、物源不断推进的进积砂体形成过程,具有砂体入洼发育的沉积背景,在高位泥岩沉积背景上形成相对独立的砂体,有利于岩性圈闭的形成;二是粗碎屑物能顺输砂通道入洼发育,物源含砂量增大,形成砂质碎屑流沉积-浊积砂体沉积,其中富砂质量的碎屑流对于储层物性改善具有较好的作用;三是砂体入洼贴近烃源岩层系上方沉积,有利于后期油气充注成藏。该体系域提出和识别在丽水凹陷油气勘探中具有重要理论意义和领域意义。

### 参考文献

**关键词** 丽水凹陷;强制海退体系域;岩性油气藏勘探



摘要 ID:703

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 济阳拗陷古近系烃源岩矿物-有机质响应特征与资源效应

蔡进功\*、杜佳宗、都鹏燕、曾翔  
同济大学海洋地质国家重点实验室

油气资源与烃源岩的形成和演化等密切相关,而传统观点更关注烃源岩中有机质特征和热演化等对油气资源的控制作用,特别强调有机质的成熟度( $R_o$ )差异对油气产物的控制,但忽视了烃源岩中矿物和有机质共存的特征,忽视了矿物-有机质相互作用对油气资源效应的影响。为此,以济阳拗陷为例,开展烃源岩的薄片、XRD、热解和可溶有机质等检测,探讨各凹陷的矿物-有机质相互作用下烃源岩的形成和演化特征,阐释油气资源效应和分布规律,为油气勘探提供理论支撑。济阳各凹陷烃源岩全岩矿物和有机质特征差异较大。东营和沾化凹陷的碳酸盐与粘土矿物含量较高,TOC较高,HI指数较高,有机质属I-II型,表明内源的化学活性较强的粘土和碳酸盐矿物与无定型有机质等极其丰富。车镇和惠民凹陷碎屑矿物(石英和长石等)含量高,TOC降低,HI指数偏低,有机质属II-III型,表明外源的化学惰性较强的碎屑矿物与结构有机质等最丰富。济阳各凹陷矿物-有机质来源的差异奠定了油气资源效应的基础。

济阳各凹陷烃源岩埋藏演化也具有极大的差异性。东营和沾化凹陷的成岩矿物以伊利石和绿泥石等为主,含铁方解石和白云石等极其发育,但沾化凹陷的伊利石和白云石等含量低于东营凹陷,且伊蒙混层和高岭石等含量略高;有机质的生烃参数S1、S2、S1+S2以及氯仿A值均很高,特别是饱和烃与芳烃等族组分更为显著,展现了成岩晚期的成岩矿物组合与高-成熟期的烃产物组合的响应特征。车镇和惠民凹陷的成岩矿物伊蒙混层、伊利石和高岭石含量相当,见少量含铁方解石和白云石等,而惠民凹陷伊蒙混层含量偏高,车镇凹陷伊利石以及铁方解石和白云石等含量偏高;有机质的生烃参数S1、S2、S1+S2以及氯仿A值较高,饱和烃与芳烃等族组分也较高,展现了成岩中期的成岩矿物组合与成熟期的烃产物组合的响应特征。济阳各凹陷矿物-有机质演化进程的不同扩大了油气资源效应的差异。

济阳各凹陷烃源岩的矿物-有机质的相互作用,既控制了烃源岩形成和有机质富集,又控制了烃源岩埋藏演化以及成岩矿物和烃产物的特征,即矿物-有机质响应控制了油气资源效应。因此,关注矿物-有机质相互作用对烃源岩的形成、演化和资源效应的影响,对认识油气分布规律和提高油气勘探的经济效益都具有重要的意义。

参考文献

关键词



摘要 ID:1460

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 渤海油田沉积学研究新进展与方向讨论

杜晓峰\*、宋章强、王启明、李晓辉、庞小军  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

渤海油田处于中国东部渤海海域,是渤海湾盆地的海域部分。渤海海域在复杂的区域地质演化背景下,形成了断裂系统复杂、隆凹相间、沉积体系复杂多变的地质特点。近年来,渤海油田沉积学研究在源汇系统、混合沉积、河湖交互沉积等研究和应用方面取得了丰硕成果。

### 一、陆相断陷盆地源汇系统理论和技术体系

陆相断陷盆地构造其复杂,受构造幕式多期活动、盆内盆外多物源水系影响,沉积相变快,富砂沉积储层预测困难。同时,传统的单因素控砂理论在储层预测的实际应用中均出现了不同程度的问题,例如沟、扇不一定对应,坡折不一定控砂,低位域不一定富砂,这些单一的控砂作用研究很难揭示复杂陆相断陷盆地的砂岩富集规律。

在总结分析传统储层预测思路与方法的基础上,结合渤海勘探实践,创新形成了陆相断陷盆地“源汇”系统控砂理论,阐明有效物源体系、搬运通道体系和沉积汇聚体系等三要素耦合作用,并突破传统认识,首次提出并建立了时间、空间和物质三大类六种隐性物源发育模式,释放了一批勘探禁区;深入剖析了地幔隆升与板块斜向挤压作用、基准面转换作用控制下的源汇系统响应动力学机制,并系统总结了陆相断陷盆地伸展与走滑两大类源汇系统共10种差异控砂模式;通过深入研究物源搬运过程及示踪分析、沉积砂体定量化刻画、源汇系统对储集体质量控制机制,形成了陆相断陷盆地源-汇系统较为完善的理论体系,并建立了源汇系统工业化应用工作流程及规范,在渤海油田油气勘探中取得了良好的效果,将渤海油田古近系储层预测成功率从45%提高到了80%以上,为渤海油田的增储上产做出了重要贡献。

### 二、陆相断陷盆地混合沉积理论体系

勘探实践表明:陆源碎屑与碳酸盐混合的混积型储层在埋深超过3500m的条件下仍具有高孔高渗的特点,在渤海古近系中深部碎屑岩储层物性普遍偏差、勘探成效总体不佳的背景下,混合沉积型储层具有较大勘探潜力,并逐渐成为渤海油田中深层勘探的现实领域。针对渤海古近系混积型优质储层成因机理不清和缺乏预测技术等难题,对混合沉积及储层特征进行了系统研究。

提出了以“陆源碎屑、生物成因碳酸盐颗粒、化学成因碳酸盐”为三端元的混合沉积岩石成因分类及命名标准,解决了复杂岩性识别的难题;建立了系统的复杂陆相断陷盆地近岸混积扇、近岸混积滩坝和远岸混积滩坝混合沉积相类型及微相发育模式,为储层预测奠定了地质理论基础;揭示了混积型优质储层的成因机理,厘清了富含生屑、包壳结构、淡水淋滤、早期白云石化等是影响混积岩优质储层形成的重要因素;形成了成因模式约束下的地质-地球物理一体化混积岩储层综合预测技术流程,实现了混积型储层的钻前预测。基于混积型优质储层的创新认识,优选了一批有利的混积岩勘探目标,勘探成效显著。

### 三、渤海新近系河湖交互体系地质新认识

新近系以来,渤海海域是渤海湾盆地沉积沉降中心,是渤海湾盆地沉积演化的归宿,不同于陆地油气区新近系以典型河流相沉积为主的沉积格局,渤海海域部分凹陷中心发育浅水湖泊沉积,盆地具有盆大水浅、湖泊范围波动频繁等特征,存在广泛发育的河流与湖泊频繁交互发育区

(带)。结合渤海勘探实践,在沉积模拟和现代沉积考察基础上,系统总结并提出了新近系河湖交互体系新认识。

首次明确提出了古湖岸带概念,建立了湖盆萎缩期古湖岸带河-湖交互沉积体系识别标志,丰富完善了传统的沉积学理论认识;建立了断陷湖盆湖盆萎缩期陆区-交互区-湖区连续沉积演化综合模式,认识到古湖岸带河流-湖泊交互沉积体系为有利的岩性圈闭发育区,为渤海新近系岩性勘探指明了方向;明确了渤海渤海新近系湖盆萎缩期“古水深-古坡度-古地貌”三古联控大型砂体发育机制,阐明了砂体砂体差异分布的动力学特征,为寻找大面积岩性砂体提供了理论指导。在此新



认识指导下，渤海新发现了新近系首个亿吨级岩性油气藏，该成果获得 2020 年地质学会十大找矿成果。

#### 四、下步重点研究方向探讨

针对目前研究存在的难点和未来学术发展趋势，下步重点研究领域包括但不限于以下几个方面：古物源体系恢复方法与技术、源汇系统过程分析与沉积响应、源汇系统定量分析与描述、薄层混合沉积储层预计技术、高频层序分析与河湖交互沉积背景下砂体预测与精细描述等。

#### 参考文献

**关键词** 渤海海域；沉积学；源汇系统；混合沉积；河湖交互



摘要 ID: 3430

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## Characteristic of Milankovitch cycle in the Eocene Formation, Eastern Depression, North Yellow Sea Basin, North China

吴淑玉<sup>\*1,2</sup>、Jun Liu<sup>2</sup>、Jianwen Chen<sup>3</sup>、Hongxian Chu<sup>2</sup>、Yongcai Feng<sup>2</sup>

1. China School of Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Yantai Coastal Zone Geological Survey Center, China Geological Survey, Yantai 264001, China

3. Natural Resource Department of Gas Hydrate Laboratory, Ministry of Natural and Resource, Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao 266071, China

Milankovitch cycle is a manifestation of sedimentation in recorded data. Its time implication is an effective means of high-resolution stratigraphic division and correlation. The reservation information obtained from the Milankovitch cycle enriches the stratigraphic theory, especially the cycle stratigraphic theory. Characteristics of the Milankovitch cycle in the Eastern Depression of the North Yellow Sea Basin were explored in this study, and the study mainly focuses on the controlling effects which Milankovitch had on the high-frequency sequence. Milankovitch cycle can be used as a ruler of sequence stratigraphy division and correlation to ensure the scientificity and the unity of sequence stratigraphy. Nowadays, it is also widely used in geological survey engineering. Major parameters of the Milankovitch cycle was worked out by J.Laskar solution in the Eocene Formation: The eccentricity cycle is 125 kyr and 99 kyr, the obliquity cycle is 51 kyr and 39 kyr, and the precession cycle is 23 kyr and 19 kyr. The well-logging data gamma-ray (GR) and spontaneous potential (SP) of the Eocene Formation were processed and the frequency spectrum analysis technique was used to carry out the sequence stratigraphy division and correlation. Their spectrum peak cycle corresponds well to its astronomy cycle, indicating a well-preserved Milankovitch cycle in the formation. Stratigraphic cycle thickness is of 13.03 m to 15.89 m long-cycle, 3.7 m to 5.21 m mid-cycle, and 2.17 m to 2.94 m short-cycle, by which sedimentation rate of the formation is calculated between 121.2 m/Ma to 127.12 m/Ma. The sedimentation duration is increasingly longer, while the Formation thickness is increasing thicker from uplift along the slope toward the center of the lacustrine basin. However, the sedimentation rate is relatively stable. As to the sublayer division of Eocene with the continuous wavelet transform, it can be divided into six high sequences, with each high sequence as a separate window for spectrum analysis to calculate the sedimentation duration and sedimentation rates. From the perspective of the impact of climate change on the sedimentary environment, it is concluded that E6 period was low water system tract, E5 and E4 were lacustrine expand system tract, E3 was highstand system tract, E2 and E1 were lacustrine contraction system tract from the bottom to top sequence stratigraphy. It verifies that the Milankovitch cycles are an effective approach for depositional cycle analysis.

### Acknowledgements

This study was supported by the Science and Technology Innovation Fund of Command Center of Natural Resources Comprehensive Survey entitled "Temporal and spatial distribution of palaeochannel and origin of organic carbon burial in the Western



Bohai Sea since 2.28Ma” (KC20220011), project of China Geological Survey “ 1:250000 Weihai Marine Regional Geological Survey” (DD20230412), project of China Geological Survey “Comprehensive survey of natural resources in coastal zone of Bohai Sea” (DD20230073). The authors would like to express their gratitude to Qingdao Institute of Marine Geology, China Geological Survey for providing basic data, also thanks to Ph. D Jun Liu for his help in this study. The authors are also grateful for the editors and reviewers who provide sincere comments and assisted in the process of writing this manuscript.

#### 参考文献

**关键词** Milankovitch cycle; Sedimentation rate; Sedimentation duration; Geophysics; Eocene; Geological survey engineering; Eastern Depression; North Yellow Sea Basin



摘要 ID: 2948

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 鄂尔多斯盆地西缘石炭系羊虎沟组沉积相特征

张君莹、侯云东\*、史云鹤、虎建玲  
中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院

随着勘探程度的不断深入,盆地西缘西区羊虎沟组发现新的苗头,但天然气勘探和研究程度均较低,通过对鄂尔多斯盆地西缘羊虎沟组进行露头实地考察、现场岩心观察并结合测井资料与古生物组合特征的分析,对羊虎沟组地层发育特征进行了细致研究。将羊虎沟组自上而下分为羊1、羊2、羊3段,其中羊1段地层时代为上石炭统斯蒂芬阶,羊2段为维斯发阶C-D期,羊3段为维斯发阶A-B期。根据区域沉积格局和沉积作用特点,在前人研究成果的基础上,将鄂尔多斯盆地羊虎沟组划分出4种沉积相及若干微相类型。

羊1段时期,盆地西缘北部、中部发育大套泥岩夹灰岩及煤层,砂岩粒度较细,厚度较薄,发育大量沼泽与泻湖,以三角洲平原—滨岸平原沉积为主,物源主要来自北部与西北部,三角洲主要为曲流河三角洲,沉积规模最大,雀儿沟可见沙坝沉积,为滨海沉积相;南部发育泻湖、沼泽、障壁砂坝,为障壁—泻湖沉积;东部古隆起为滨浅海沉积,潮坪—泻湖较为发育,并且发育大量滩坝,主要为滨岸平原—滨海沉积相;中西部AC1井羊1段发育大套灰岩,可见煤层,为泻湖、沼泽沉积,向东部过渡为三角洲沉积,总体为滨岸平原—滨海—三角洲沉积体系。

羊2段时期,盆地西缘北部砂岩相对较多,厚度较薄,可见灰岩及煤层,发育大量槽板交错,沙纹层理,常见河道冲刷,为滨浅海—三角洲沉积体系,三角洲规模较大,可见障壁沙坝与沿岸沙坝;南部与西部发育大套页岩,砂岩中可见丘状层理、发育多组板状交错,泥岩中可见菱铁矿结核与植物碎屑为障壁型海岸沉积相;中部苏峪口地区主要为三角洲沉积,三角洲规模较小,根据该地区相序的变化,沿岸沙坝较为发育,总体为滨浅海—三角洲沉积。

羊3段时期,盆地西缘总体砂岩含量较为发育,北部可见大量沙纹层理及铁质结核,为滨岸平原—三角洲前缘沉积;南部校育川—下河沿发育大量沙纹层理及复合层理,可见多期河道冲刷,为三角洲—潮坪—泻湖沉积;中部AC1井与苏峪口地区为扇三角洲与冲积扇沉积,总体为三角洲—滨浅海沉积环境。

羊虎沟组总的沉积背景为滨浅海—陆棚沉积,北部为三角洲—滨浅海沉积体系,从羊3到羊1段三角洲规模逐渐增大;南部为障壁型海岸相;盆地西缘东部羊虎沟组只有羊1段沉积,为滨浅海沉积体系,滩坝与沼泽较为发育。从羊3到羊1段水体规模逐渐增大,沉积规模也逐渐增大,砂体规模也相应增大,主要是构造作用所造成的。

**参考文献** 田景春. 西缘地区羊虎沟组沉积特征榆勘探潜力评价[R]. 西安: 中国石油长庆油田, 2019: 94-95 王子腾. 鄂尔多斯盆地西缘羊虎沟组物源分析与沉积特征研究[D]. 成都理工大学, 2020 司锦, 胡勇, 侯云东等. 鄂尔多斯盆地西缘北段乌达剖面石炭系羊虎沟组地球化学特征及其古环境意义[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(27): 11514-11526

**关键词** 鄂尔多斯盆地西缘; 石炭系; 羊虎沟组; 沉积相





摘要 ID:775

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 珠一坳陷古湖泊演化及优质烃源岩发育机制

谢世文\*、舒誉、王宇辰、吴宇翔、刘冬青  
中海石油(中国)有限公司深圳分公司

珠一坳陷富生烃凹陷的生烃潜力和油气富集程度高度差异, 其为构造背景、沉积充填、水体环境、生物类型、气候条件等多因素的耦合结果。前人对珠一坳陷凹(洼)陷结构和构造样式、层序与沉积充填和成油体系价有众多论述, 但针对盆地裂陷期古湖泊的环境、演化及一些关键地质事件对烃源岩的影响缺乏系统研究。本文从古湖泊演化的角度, 通过对珠一坳陷构造演化、层序构型、营养水系、特殊地质事件等研究, 建立古湖泊演化与烃源岩(空间展布、有机质类型、丰度、成熟度等)之间的关系, 并探讨优质烃源岩发育的机制。

珠一坳陷古湖泊是发育在加里东及印支、燕山褶皱带基底之上的新生代断陷湖盆, 裂陷期区域伸展背景之下的基底属性对湖盆空间展布和结构样式起到了重要的控制作用。前人研究认为珠一坳陷裂陷期构造演化可划分为3幕裂陷旋回, 包括早文昌期(1a幕)、晚文昌期(1b幕)和恩平期(II幕)。受控于区域伸展应力顺时针的转变, 各断陷阶段的控洼断裂活动强度和方向均发生变换, 沉降中心整体发生由南到北、由西向东的迁移并形成了珠一坳陷内部各凹陷独特的隆凹相间特征, 造就了古湖盆“两型五类”(持续拉张型和变换拉张型)的结构样式, 控制了烃源岩的分布。珠一坳陷古湖盆沉积充填过程中, 华南褶皱带区域物源的影响不断增强, 文昌期以隆凹相间背景下盆内低隆起近物源供给的阵发性水流沉积作用为主, 到恩平期逐渐向区域沉降背景下盆外长距离搬运河流沉积作用为主的方向转化。多幕裂陷旋回下的物源体系与富营养水系密切相关, 文昌期来自盆内中生代火成岩水系富含Fe、Mn、Zn等多种有利于藻类繁盛营养元素, 火山活动及局部海侵事件进一步深化湖盆营养物质, 这与快速裂陷的中深湖相配合, 有利于有机质的繁盛和保存, 以I-II型干酪根为主。恩平期华南粗碎屑及陆源高等植物供给丰富, 坳陷处于补偿状态, 有机质以II2-III型干酪根为主。因此, 珠一坳陷文昌期是各凹(洼)陷优质烃源岩发育的主要时期。另外, 古生物、主微量元素揭示文昌期温暖略干气候条件下, 湖盆水体介质主要为淡水-微咸水, 发育中-深湖相, 整体表现为开放-半封闭、还原-强还原的环境, 极利于有机质的保存和优质烃源岩的发育。研究表明, 烃源岩质量与咸度、水深、还原条件呈正相关, 共同影响了优质烃源岩的发育与保存。总之, 温暖略干气候下, 持续拉张型湖盆, 在盆内低隆起近物源供给的火成岩物源条件下, 微咸、深水及强还原、开放-半封闭环境共同控制珠一坳陷优质烃源岩。

**参考文献** [1] 朱伟林. 中国近海新生代含油气盆地古湖泊学与烃源条件[M]. 地质出版社, 2009. [2] 施和生. 论油气资源不均匀分布与分带差异富集——以珠江口盆地珠一坳陷为例[J]. 中国海上油气, 2013, 25(05): 1-8+25+93. [3] 徐长贵, 杜晓峰, 徐伟, 等. 沉积盆地“源-汇”系统研究新进展[J]. 石油与天然气地质, 2017, (01): 1-11. [4] 朱明, 张向涛, 黄玉平, 等. 珠江口盆地烃源岩特征及资源潜力[J]. 石油学报, 2019, 40(S1): 53-68. [5] 金强, 朱光有, 王娟. 咸化湖盆优质烃源岩的形成与分布[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2008(04): 19-23.

**关键词** 湖泊; 富烃凹陷; 烃源岩; 火山作用; 古环境; 珠一坳陷



摘要 ID:1321

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 海上稀井网条件下复合砂体构型解析方法

闫百泉<sup>1,2</sup>、孙雨<sup>2</sup>

1. 东北石油大学三亚海洋油气研究院
2. 东北石油大学

海上油气田因钻井环境限制,基本以平台多分支井型开发为主,主要包括大斜度井,水平井,仅有少数直井,因此区域内井网密度小井距大,精细储层认识资料支撑困难较大。油田开发初期都是针对垂向上大套的复合砂体水平井开发,目前海上油气田储层精细认识尤其是复合砂体及其构型的空间分布特征对制约着后续的挖潜。采用井点垂向定类型、地震属性平面趋势约束、反演及水平井资料平面定边界的技术手段,结合实际研究区资料,建立了三角洲前缘亚相复合砂体垂向三种构型模式,即分离模式、叠置模式及切叠模式;平面上表现为河道侧向切叠模式及河道砂坝侧向搭接模式。形成了一套井震结合海上稀井网多水平井条件下的三角洲前缘亚相复合砂体构型模式解析方法,分析了研究区重点层构型特征,为后续基于单砂体精准开发开发为奠定基础,提供了科学的地质导向。

### 参考文献

**关键词** 储层描述; 复合砂体; 构型; 地震属性; 地震反演;



摘要 ID:1440

最终交流类型: 展板

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 渤海海域湖相混积岩优质储层特征与成岩演化—以秦皇岛 29-A 构造沙一段为例

冯冲\*、王清斌、庞小军、潘文静、郭龙龙  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

渤海湾盆地秦皇岛 29-A 构造钻探的 QHD29-A-D 井累计发现油层厚度超过 200 米, 单层最厚超过 100 米, 混积岩段测试日产优质原油超千吨, 这种中深层中的“甜点”成为陆相混积岩研究的“教科书”, 其储层岩石类型和储层成岩作用复杂, 研究较为薄弱。本文通过对混积岩储层岩石学、全岩、元素地球化学、微区碳氧同位素、电子探针以及包裹体等的系统分析, 讨论研究区沙一段混积岩储层的岩石类型、储集空间、元素地球化学特征、成岩流体和储层白云石化成因, 并利用氧同位素外部温度计重建了混积岩储层成岩演化流体过程。研究揭示秦皇岛 29-A 构造沙一段混积岩以栉壳状白云石包裹陆源碎屑为特征的原地混合沉积为主; 粒间孔和铸模孔是混积岩储层的主要储集空间, 储层具有中孔低渗特征; 基于碳酸盐岩  $\delta^{13}\text{C} - \delta^{18}\text{O}$  成因图解和微区碳氧同位素资料研究揭示研究区沙一段成岩环境经历半咸水-淡水-混合水-咸水-半咸水-咸水阶段; 同沉积期暴露淋滤作用、浅埋藏期白云石作用、中埋藏期有机酸溶蚀作用以及晚期热液改造四种作用共同控制了混积岩储层的形成与演化。同沉积期暴露淋滤阶段, 渗流带大气淡水淋滤对高镁方解石和酸性火山岩岩屑等易溶组分的选择性溶蚀作用以及潜流带环陆源碎屑发育的栉壳状白云石环边为储集空间的形成和保存奠定基础; 多期白云岩化作用增强抗压实、抗压溶和渗流能力并对裂缝形成起到促进作用; 渐新统末期区域抬升和新构造运动所形成的微裂缝为有机酸和油气充注提供了优势通道; 深部热液对混积岩储层段内方解石胶结物起到溶蚀再分配作用。上述认识对渤海海域相似地区的混积岩储层研究及勘探具有重要参考价值。

**参考文献** &nbsp;  成晓喆, 李平平, 邹华耀, 等. 2013. 川东兴隆场地区长兴组白云岩地球化学特征及流体来源[J]. 地质学报 87(7): 1031-1040. 黄擎宇, 张哨楠, 叶宁, 等. 2014. 玉北地区下奥陶统白云岩岩石学、地球化学特征及成因[J]. 石油与天然气地质, 35(3): 391-400. 刘四兵, 黄思静, 沈忠民, 等. 2014. 砂岩中碳酸盐胶结物成岩流体演化和水岩作用模式——以川西孝泉-丰谷地区上三叠统须四段致密砂岩为例[J]. 中国科学: 地球科学, 44(7): 1403-1417 郑剑锋, 沈安江, 刘永福, 等. 2012. 多参数综合识别塔里木盆地地下古生界白云岩成因[J]. 石油学报, 33(Z2): 145-153. &nbsp;  **关键词** 储层特征; 成岩作用; 混积岩; 沙河街组; 秦南凹陷; 渤海海域



摘要 ID: 3263

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 渤海海域“组分混合”储层特征、非均质性及评价标准

叶茂松<sup>\*1</sup>、解习农<sup>2</sup>、杜学斌<sup>2</sup>、赵珂<sup>3</sup>

1. 海南省海洋与渔业科学院
2. 中国地质大学(武汉)海洋学院
3. 中国地质大学(武汉)资源学院

近年来渤海海域古近系发现典型的“组分混合”沉积并在其中获得了重大油气突破,成为渤海地区具有重要勘探潜力的中-深层油气储层类型。然而,当前渤海油田针对“组分混合”储层的勘探效果大相径庭(叶茂松, 2019; 杜晓峰等, 2020)。造成这一问题的根源在于:(1)储集控制因素尚不明晰;(2)储层存在显著的非均质性特点;(3)缺少相应的储层评价标准。利用渤海海域钻孔资料对特殊的“组分混合”储层系统开展岩心与薄片观察、岩石组构镜下定量统计及储层测试等工作,取得了如下认识:(1)渤海海域“组分混合”储层具有原生孔隙保存较好、增孔效应显著的特点。(2)陆源碎屑-生物碳酸盐颗粒组构及相应的优势岩性相是形成优质储层的基础,早期白云岩化与胶结作用对储层孔隙的保持具有重要作用,选择性溶蚀作用则是储层改造的关键因素。(3)“组分混合”储层包括原生生物混合滩和碎屑流混积滩两类储层,两者具有不同的沉积组构、岩性相类型及成岩作用特征,因而呈现复杂的储层物性与孔隙结构非均质性。(4)陆源碎屑组分供给、选择性溶蚀量、白云岩化、胶结物等沉积-成岩因素是造成孔隙空间非均质性的原因。由此,本文首次从环境要素、组分要素和成岩作用要素三个方面遴选出“组分混合”储层评价的六个因素:古地貌、层序位置、陆源碎屑组分、早白云岩化、选择性溶蚀量、方解石充填量,通过上述因素与孔隙结构的定性-定量关系,建立相应的储层评价标准。同时结合研究区和全球同类型储层的案例分析(Győri et al., 2020; Duarte et al., 2021; Du et al., 2022),探讨了评价体系的适应性。上述工作对渤海海域以及其他盆地进一步开展“组分混合”储层评价与分布预测工作将具有重要的启示意义。

**参考文献** 杜晓峰, 徐长贵, 朱红涛, 等. 2020. 陆相断陷盆地陆源碎屑与碳酸盐混合沉积研究进展[J]. 地球科学, 45(10): 3509-3526. 叶茂松, 2019. 环渤中坳陷古近系沙河街组一二段混积岩特征及优质储层形成机理[D]. 中国地质大学, 107-109. Du, X B., Ye, M S., Xie, X N., et al., 2022. Why is it easy to form high-quality reservoirs in a mixed siliciclastic-carbonate system? Evidence from diagenetic characteristics[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 212: 110339. Duarte, D., Milad, B., Elmore, R.D., et al., 2021. Diagenetic controls on reservoir quality of a mixed carbonate-siliciclastic system: Sycamore Formation, Sho-Vel-Tum Field, Oklahoma, USA[J]. Marine and Petroleum Geology, 134: 105375. Győri, O., Haas, J., Hips, K., et al., 2020. Dolomitization of shallow-water, mixed siliciclastic-carbonate sequences: The Lower Triassic ramp succession of the Transdanubian Range, Hungary[J]. Sedimentary Geology, 395: 105549.

**关键词** 组分混合; 非均质性; 储层评价; 沙河街组; 渤海海域



摘要 ID: 3273

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 琼东南水合物富集区源储特征与成藏模式

樊奇\*、朱振宇、李清平  
中海油研究总院有限责任公司

琼东南盆地是南海天然气水合物富集区和勘查开发先导试验区,但水合物成藏地质认识薄弱。选取LS目标区,利用第一手地球化学资料、三维地震资料、和自主保温保压船载岩心分析系统,细致开展了琼东南海域气烟囱型水合物的气源、储层的综合地质评价工作,重塑了水合物成藏地质过程。

累计47组气体地球化学样品揭示了研究区水合物的气源具有“热成因气为主、混合成因气为辅”的特征,推测热成因气对水合物成藏的贡献达70%。通过自主船载岩心分析系统,确认了水合物低温可燃的特性,揭示了研究区储层具有非成岩—弱成岩、富含粘土和细粒( $D_{50}=15.1\sim 34.1\mu\text{m}$ )、弱自持性、强非均质性特征,识别出富粉砂泥质储层和微裂缝型储层两种主要储层类型,建立了目标区“异地热成因气输导、本地微生物成因气聚集、气烟囱幕式动态成藏、源储主要控藏”的成藏地质过程,强调围绕“气源有效供给”和“第四纪规模砂体”的勘探思路。成果可为南海天然气水合物地质认识和试采工作提供重要参考。

### 参考文献

**关键词** 琼东南; 天然气水合物; 成藏; 气源; 储层



摘要 ID: 3357

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 渤海明化镇组上段厚层曲流河复合砂体构型解剖及剩余油预测

逢淑伊\*、任梦怡、王海峰、李竞、马良涛  
中海油研究总院有限责任公司

综合物源分析、古地貌重建、沉积旋回对比、岩相标志识别等,渤海海域C油田明化镇组上段7砂体是一套形成于近物源、缓地貌沉积背景下的曲流河沉积,处于上升半旋回早期,多期河流改道、相互切叠,砂体厚度较大、内部结构复杂,为一厚层、强水体、高孔渗、稠油油藏。该砂体采用注水开发方式,各采油井含水呈“凸”型快速上升、产量快速递减,存在单井累产低、井控程度低、动用储量低等问题。开展厚层曲流河砂体内部构型精细解剖、多因素开发效果综合评价,对于剩余油富集区预测、改善油田开发效果具有重要意义。

基于地震沉积学理论,以砂体顶、底面为界,制作多个等比例地层切片,通过精细的旋回对比,并结合地震切片反映的沉积认识、井上测井解释、地震剖面特征,将该单元纵向上分为早期砂质沉积、中期泥质沉积、晚期砂质沉积。两期砂体全区发育且多河道切叠特征显著,砂体在研究区中部垂向切叠、连通;泛滥平原成因的泥岩沉积集中发育在研究区东、西部,使得两期砂体在部分区域垂向连通性变差。为实现砂体内部连通性评价,提取局部结构熵作为构型界面敏感地震属性,筛选属性异常条带作为砂体内部的构型界面,利用自组织神经网络算法,将构型界面进一步划分为孤立型、接触型、切叠型三类,明确了多期砂体间的接触关系,实现了厚层曲流河砂体垂向分期、侧向分界的内部构型解剖。

以含水率、累产油量等生产指标为依据,将采油井按生产效果分为3类,梳理每口采油井钻遇砂体的地质特征,建立各地质因素与生产效果间的线性关系,依据相关性大小,明确影响采油井生产效果的关键地质因素为微构造、纯油区、内部构型,在各关键地质因素控制下预测3个剩余油潜力区,为后续油田开发调整、提高采收率提供了可靠的地质依据。

### 参考文献

**关键词** 厚层曲流河; 储层构型; 不连续界限; 剩余油预测



摘要 ID:2919

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## Provenance and evolution of East Asian large rivers recorded in the East and South China Seas

曹立成<sup>1\*</sup>、邵磊<sup>2</sup>、姜涛<sup>1</sup>、Douwe J. J. van Hinsbergen<sup>3</sup>、许迪<sup>1</sup>、崔宇驰<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)海洋学院, 武汉 430074

2. 同济大学海洋与地球科学学院, 上海 200092

3. 乌特勒支大学地球科学学院, 乌特勒支 3584CB

Large rivers are the arteries of continents. Those originating from the Tibetan Plateau and traversing East Asia have a relatively young history due to continuous Cenozoic perturbations. However, it has been a long journey to reconstruct their genesis and dynamic evolution, in which many puzzles and challenges remain (e.g., Clift et al., 2020; Zhao et al., 2021). The river history is documented by provenance information in the ultimate sediment sinks in the East and South China Seas, but a regional-scale correlation of provenance data is still developing (e.g., Shao et al., 2018; Gao et al., 2021; Zhang et al., 2022). Here, we explored the promise of this provenance perspective by reconstructing the evolution of three large rivers in China (the Yangtze, Pearl, and Red Rivers) by compiling and reevaluating a large volume of published provenance data (zircon U-Pb geochronology, K-feldspar Pb isotopes, and whole-rock Nd isotopes) from both Cenozoic strata and modern sediments from the East and South China Seas and the large river basins. Unlike traditional approaches that average provenance signatures, intersample variability was carefully evaluated. The general inheritance of zircon age spectral patterns and small fluctuations of Nd isotopes in the Neogene strata suggest provenance stabilization in the East and South China Seas and the establishment of near-modern drainage configurations. The paleodrainage basins before the Miocene are interpreted to have been smaller than their modern sizes, and drainage expansion likely occurred over the Oligocene. Our analysis suggests that the widely accepted models that link drainage between the ancient Yangtze and Red Rivers may be unlikely. The compiled provenance signatures and prior paleocurrent measurements (e.g., Wei et al., 2016) of Paleogene strata distributed in the southeastern Tibetan Plateau margin show sediment supplied from local terranes instead of through-flowing river systems.

**参考文献** Gao L, Jiang T, He J, 2021. Fingerprinting sand from Asian rivers to the deep central South China Sea since the Late Miocene [J]. *GSA Bulletin*, 133: 1964–1978. Clift P D, Carter A, Wysocka A, et al., 2020. A Late Eocene–Oligocene through-flowing river Between the upper Yangtze and South China Sea [J]. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 21: e2020GC009046. Shao L, Cui Y, Statterger K, et al., 2018. Drainage control of Eocene to Miocene sedimentary records in the southeastern margin of Eurasian Plate [J]. *GSA Bulletin*, 131: 461–478. Wei H H, Wang E, Wu G L, et al., 2016. No sedimentary records indicating southerly flow of the paleo-Upper Yangtze River from the First Bend in southeastern Tibet [J]. *Gondwana Research*, 32: 93–104. Zhang Z, Daly J S, Tian Y, et al., 2022. Sedimentary provenance perspectives on the evolution of the major rivers draining the eastern Tibetan Plateau [J]. *Earth-Science Reviews*, 232: 104151. Zhao X, Zhang H, Hetzel R, et al., 2021. Existence of a continental-scale river system in eastern Tibet during the late Cretaceous–early Palaeogene [J]. *Nature Communications*, 12: 7231.

**关键词** Source-to-sink; Large river; Drainage reconstruction; China Seas; Tibetan Plateau



摘要 ID:1062

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 潮汐作用在西湖凹陷平湖斜坡带的沉积响应研究

李帅\*

中海石油(中国)有限公司上海分公司

西湖凹陷平湖斜坡带是东海岩性油气藏勘探的主战场之一,平北区平湖组沉积受三角洲-潮坪的综合控制,潮汐改造背景下目标区砂体展布规律复杂,制约了岩性油气藏勘探开发进程。本次研究立足已钻井岩性旋回变化、岩心潮汐层理定量分析,综合古地貌、古水体、古气候演化特征,明确了平湖组周期性潮汐影响,纵向上划分8个潮汐周期,平面上依托已钻井砂体发育特征、地震相变化刻画了以平均高潮线、平均低潮线为分割的三个区带,总结了潮汐作用纵向上由弱-强-弱的整体特征,在此基础上梳理了三角洲-潮坪时空交替演化规律。潮汐周期性作用影响下,奠定了斜坡带水下分流河道、河口坝、潮汐砂坝、潮道、冲越扇等多类型砂体发育特征,地貌-潮汐耦合控制下厘定了平下段多类型砂体洼槽富集、平中段潮汐主控低带富砂、平上段三角洲砂体广富分布的砂体展布规律。为斜坡带岩性油气藏勘探奠定理论基础。

### 参考文献

**关键词** 平湖斜坡带; 潮汐; 沉积响应; 控砂模式





摘要 ID:1404

最终交流类型: 口头报告

主题分类: 能源与矿产沉积学=》中国海域沉积与储层

## 南黄海盆地北部拗陷北凹中新生界构造发育特征及其对沉积的控制作用

赵国祥\*、杨波、陈彰进、裴小刚、王富民  
中海石油(中国)有限公司天津分公司

南黄海盆地是受太平洋板块俯冲作用, 亚洲大陆东部边缘中生代发生弧后扩张, 所形成的一系列裂谷盆地之一, 为一个海相残留盆地和陆相断陷盆地构成的多旋回叠合盆地, 也是目前我国近海地区唯一尚未取得商业性油气发现的盆地。其北部拗陷北凹作为南黄海盆地中新生界裂谷盆地, 是盆地内最具有油气勘探潜力的远景目标之一。

受中国东部几大板块间相互影响, 北凹在中新生代经历了断拗-断陷-拗陷的构造演化, 依次经历了仪征运动、吴堡运动、真武运动、三垛运动等构造运动, 将研究区中新生界构造演化分为断拗期(白垩系泰州组-古新统阜宁组一、二段)、断陷期(古新统阜宁组三、四段-始新统三垛组)及拗陷期(新近系盐城组-第四系东台组)。其中晚白垩世泰州组-早古新统由于该时期伸展作用相对较弱, 尚不足以使得岩石圈发生新生破裂而产生新断层, 只是使岩石圈发生薄化作用, 导致早期(燕山期及更早)形成的逆冲断层上盘岩席回滑, 形成北侧沿早期千里岩断裂发生拗陷, 整体呈现为一个广盆的形态, 除千里岩断裂外凹陷内断裂基本不发育, 沉积特征以扇三角洲-辫状河三角洲-湖相体系为主, 在拗陷背景下形成独特的广湖沉积, 远离物源区的凹陷中心部位发育半深湖-深湖相泥岩。

晚古新统到始新统时期, 受不对称板块运动、西太平洋边缘的大洋板块俯冲等多因素导致中国东部包括南黄海盆地在内的一系列盆地在古近纪发生区域性裂陷作用。北凹伸展作用增强, 盆地开始进入陆内裂陷阶段, 凹陷具有了典型的箕状断陷特征, 盆地边界断裂千里岩断裂对地层控制作用显著增强。控凹断裂北1断裂也开始活动, 起到了分隔凹陷的作用。戴南组沉积末期(早始新世末期)由于真武运动凹陷内部断层和断块活动剧烈, 使构造不同部位遭受剥蚀。随后盆地整体拉张、沉降, 形成“两洼夹一隆”的结构。三垛组沉积末期(始新世末期), 由于太平洋板块俯冲方向突然转向, 导致南黄海盆地发生了以整体抬升和近东西向水平挤压为主的三垛运动。三垛运动主要表现为强烈的挤压反转, 以盆地整体抬升剥蚀为标志。北凹现今“两洼夹一隆”的复式半地堑结构就是在这一构造演化阶段才得以成型。由于断层活动性强导致断层根部堆积大量沉积物, 此时物源供给充足, 北凹开始以辫状河三角洲沉积占主导, 湖相面积逐渐缩小, 大范围分布的辫状河三角洲沉积, 主要分布在凸起缓坡区、断层转换带位置及剥蚀区断层下降盘, 深湖相不发育。

三垛运动在南黄海盆地一直持续了整个渐新世, 导致南黄海盆地缺失渐新世地层, 直到中新世后才再次接受沉积, 进入了整体拗陷阶段, 裂后拗陷阶段, 由于气候炎热水体逐渐减少, 沉积特征也由辫状河三角洲逐渐向辫状河转变, 在氧化环境下沉积物多为棕红色。河流沉积物受到地形的控制在较低洼的河流汇合处可能有季节性的浅湖存在。在盆地边缘洪水来临时往往有粗大的砾石与泥沙一起快速堆积下来形成冲积扇。

**参考文献** 郑求根, 蔡立国, 丁文龙, 等. 黄海海域盆地的形成与演化[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(5): 647-654. 李慧君, 张训华, 牛树银, 等. 黄海盆地地质构造特征及其形成机制[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2011, 31(5): 73-78. 万天丰, 郝天珢. 黄海新生代构造及油气勘探前景[J]. 现代地质, 2009, 23(3): 385-393. 赵淑娟, 李三忠, 索艳慧, 等. 黄海盆地构造特征及形成机制[J]. 地学前缘, 2017, 24(04): 239-248.

**关键词** 南黄海盆地; 北部拗陷; 中新生界; 构造特征; 沉积充填





刘士磊, 田德瑞, 等. 渤海海域新近纪湖盆萎缩期古水深恢复——以渤东低凸起南端为例[J]. 海洋地质前沿, 2019, 35(04):18-25. [9] Iryu Y, Takahashi Y, Fujita K, et al. Sealevel history recorded in the Pleistocene carbonate sequence in IODP Hole 310-M0005D, off Tahitiar[J]. 2010, 19(737):690-706. [10] B á ldi K. Paleoclimatology and climate of the Badenian (Middle Miocene, 16.4-13.0 Ma) in the Central Paratethys based on foraminifera and stable isotope ( $\delta^{18}O$  and  $\delta^{13}C$ ) evidence[J]. International Journal of Earth Sciences, 2006, 95(1):119-142. [11] Chappell J, Polach H. Post-glacial sea-level rise from a coral record at Huon Peninsula, Papua New Guinea[J]. Nature, 1991, 349(6305):147-149. [12] Edwards R L, Beck J W, Burr G S, et al. A Large Drop in Atmospheric  $^{14}C/^{12}C$  and Reduced Melting in the Younger Dryas, Documented with 230Th Ages of Corals[J]. Science, 1993, 260(5110):962-968. [13] Glørstad-Clark E, Birkeland P E, Nystuen P J. et al. Triassic platform-margin deltas in the western Barents Sea[J]. Marine and Petroleum Geology, 2011, 28(7):1294-1314. [14] 焦立波, 杨希冰, 邓勇, 等. 涠西南凹陷构造演化特征及潜山裂缝预测[J]. 长江大学学报(自科版), 2018, 15(07):9-13. [15] 赵军, 洪庆玉, 董伟良. 北部湾涠西南凹陷物源方向及古地理景观分析[J]. 石油勘探与开发, 2001(05):25-28. [16] 刘一鸣, 吴智平, 颜世永, 等. 中国近海裂陷盆地始新世构造变革的厘定及地质意义——以北部湾盆地涠西南凹陷为例[J]. 地球科学, 2020:1-19. [17] 黄家琳, 万丽芬, 张萍, 等. 涠洲油田涠三段沉积特征分析[J]. 海洋石油, 2019, 39(01):17-23. [18] 张洪洋. 涠洲 A 油田涠三段油层分布研究[D]. 中国地质大学(北京), 2018. [19] 秦春雨, 王华, 姜平, 等. 断陷盆地轴向沉积体系空间展布及演化特征——以北部湾盆地涠西南凹陷为例[J]. 中国矿业大学学报, 2020, 49(03):542-551. [20] 杨希冰, 赵彦璞, 陆江, 等. 北部湾盆地涠西南凹陷 C 洼湖底扇沉积特征及控制因素分析[J]. 地质科技情报, 2019, 38(01):18-28. [21] 张辉, 曾小明, 黄冬梅, 等. 北部湾盆地涠西南凹陷富砾型和富砂型湖底扇沉积特征差异分析[J]. 石油实验地质, 2017, 39(05):633-639. [22] 钟建华, 李勇, 邵珠福, 等. 东营凹陷古近纪沙三中后期超深水湖泊的研究[J]. 高校地质学报, 2015, 21(02):320-327. [23] 蒲仁海. 论地震地层的等时特征[J]. 地层学杂志, 1996(01):40-44. [24] 蒲仁海. 前积反射的地质解释[J]. 石油地球物理勘探, 1994(04):490-497. [25] 陈章明, 万龙贵. 古地层厚度计算方法的探讨[J]. 石油与天然气地质, 1984(01):47-54. [26] 钟建华, 倪良田, 邵珠福, 等. 辽西凹陷古近纪沙三中后期 1000m 极超深水的发现及其地质意义[J]. 地球科学与环境学报, 2018, 40(01):11-23. [27] 钟建华, 倪良田, 邵珠福, 等. 渤海湾盆地古近纪超深水与极超深水沉积及油气地质意义[J]. 高校地质学报, 2017, 23(03):521-532.

**关键词** 古水深变化, 强制水退, 渐新世早期, 涠西南凹陷西部



# 能源与矿产沉积学

## 大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用



摘要 ID:2154

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 口头报告

## 长庆气田氦气资源潜力和开发前景

王大海\*、李进步、于占海、张吉、刘莉莉、肖峰

中石油长庆油田勘探开发研究院

稀有气体氦气在工业和高科技领域应用广泛,是国家重要战略资源。目前,我国的氦气资源主要依赖进口。本文通过对已开发气井和集气站天然气组分测试、动态监测等资料分析,长庆气田氦气含量平均为0.028%。鄂尔多斯盆地西北部富氦及含氦,中东部贫氦,庆阳气田、黄龙气田、苏里格气田中区和西区的氦气含量已达到工业开发的标准。对比分析了天然气提氦工艺流程,认为低温深冷组合法较为可行。长庆气田氦气资源丰富,随着天然气提氦技术的进步,已进入发展的战略机遇期,具有光明的开发前景和良好经济效益。下一步将做好长庆气田氦气开发可行性评价和开发要素匹配,并选择典型地区进行示范开发与研究,制定切实可行的氦气开发方案和产业路线图。

**参考文献** [1] 张建强.组合发动机预冷器微小管道内低温工质流动传热机理研究[D].国防科技大学,2018. [2] 祁云,孙大明,苏峙岳,等.磁共振成像低温超导磁体冷却系统设计及数值分析[J].浙江大学学报(工学版),2019,53(05):152-158. [3] 符晓铭,王捷.高温气冷堆在我国的发展综述[J].现代电力,2006,23(005):70-75. [4] 张作义,原鲲.我国高温气冷堆技术及产业化发展[J].现代物理知识,2018,30(04):6-12. [5] 赵臻璐,王小群,杜善义.平流层飞艇囊体气密层材料及氦气透过聚合物研究现状[J].航空学报,2009,30(09):1761-1768. [6] 李少鹏,何昆,桑民敬,等.BEPC-II低温系统的氦气净化技术[J].低温工程,2007,2007(003):16-19. [7] 范咏志,王传新,易成,等.惰性气体对HFCVD沉积金刚石气相基团的影响[J].强激光与粒子束,2015,27(12). [8] 胡茂中,白国云.低充氦浓度氦质谱检漏技术应用研究[J].真空科学与技术学报,2011(02):208-211. [9] 石中瑗,陈宝松.300m氦氮氧饱和潜水科学实验研究[J].海洋技术,1987(03):1-9. [10] 何双,陈辉,蔡创,等.氦-氩混合保护气体对铝合金激光-MIG复合焊接特性的影响[J].中国激光,2018,45(12):91-96. [11] 张亮亮,孙庆国,刘岩云,等.氦气全球市场及我国氦气安全保障的建议[J].低温与特气,2014,32(003):1-5. [12] 李玉宏,卢进才,李金超,等.渭河盆地富氦天然气井分布特征与氦气成因[J].吉林大学学报(地球科学版),2011(S1):47-53. [13] 李玉宏,王行运,韩伟.渭河盆地氦气资源远景调查进展与成果[J].中国地质调查,2015,002(006):1-6. [14] 杨振宁,李永红,刘文进,等.柴达木盆地北缘全吉山地区氦气形成地质条件及资源远景分析[J].中国煤炭地质,2018,30(006):64-70. [15] 张雪,刘建朝,李荣西,等.中国富氦天然气资源研究现状与进展[J].地质通报,2018,37(Z1):476-486. [16] 赵荟鑫,张雁,李超良.全球氦气供应和价格体系分析[J].化学推进剂与高分子材料,2012(06):91-96. [17] 张明升,张金功,张建坤,等.氦气成藏研究进展[J].地下水,2014,000(003):189-191. [18] 陶小晚,李建忠,赵力彬,等.我国氦气资源现状及首个特大型富氦储量的发现——和田河气田:中国矿物岩石地球化学学会第17届学术年会,中国浙江杭州,2019[C]. [19] 张春灌,袁炳强,李玉宏,等.基于重磁资料的渭河盆地氦气资源分布规律[J].地球物理学进展,2017(01):344-349. [20] 邢国海.天然气提取氦气技术现状与发展[J].天然气工业,2008,28(008):114-116. [21] 彭桂林,龚智,章学华.氦气提纯技术发展现状与应用分析[J].低温与超导,2012(06):4-7. [22] 牛小飞,韩彦宁,万玉琴,等.ADS低温氦气回收纯化系统的设计与建设[J].低温与超导,2013,41(012):6-9.

**关键词** 氦气;长庆气田;资源潜力;开发前景



摘要 ID: 358

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 专题邀请报告

## 微生物作用对华南地区黔北中二叠统锰矿床的贡献

余文超<sup>1</sup>、Márta Polgári<sup>2</sup>、Krisztian Fintor<sup>3</sup>、Ildiko Gyollai<sup>4</sup>、Szabó Máté<sup>2</sup>、Felicitasz Velledits<sup>5</sup>、刘志臣<sup>6</sup>、杜远生<sup>1</sup>

1. 中国地质大学(武汉)
2. Hungarian Academy of Sciences
3. University of Szeged
4. Eütvös Loránd Research Network
5. University of Miskolc
6. 贵州省地矿局一〇二地质大队

华南地区黔北遵义中二叠统茅口组赋存有重要经济意义的锰矿床。中二叠世,与峨眉山大火成岩省初期相关的强烈差异沉降作用导致了碳酸盐岩台地和台间海槽的发育。锰矿床一般形成在碳酸盐台地和海槽的过渡区。过去的研究往往强调海槽盆地底部的热液作用控制锰矿床的形成。在本研究中,从该锰矿床中所获得的新沉积学、矿物学和稳定同位素证据表明微生物介导的成矿机制对中二叠统锰矿床的形成起到了重要作用。这次锰矿床的成矿作用很可能是热液和微生物作用的结合。遵义锰矿石为碳酸锰,一般呈块状和碎屑状结构,无宏观或微观层理,样品粒度较粗,部分矿石发生成岩重结晶作用,一般保存有丰富的矿化微生物和微化石生物特征。红外光谱、电子探针和拉曼光谱分析识别出了微米尺度的矿物组合旋回。本次研究的新发现有助于重建黔北地区中二叠世微生物成锰新模式。在裂陷盆地活动阶段,盆地里的热液活动向缺氧底部水体提供了溶解的二价锰离子。在同生阶段,微生物系统可细分为三类:(1)蓝细菌系统;(2)锰微生物系统;(3)铁微生物系统。蓝细菌活动导致方解石的沉淀,并可能受到锰交代作用的部分影响而转化为含锰方解石。锰氧化微生物导致了锰生物成因氧化物( $\delta$ -MnO<sub>2</sub>)在盆地氧化跃层附近的沉积。铁生物系统导致了铁氧化物(赤铁矿)和铁氢氧化物(褐铁矿和纤铁矿)的沉淀。埋藏后的早期成岩作用中,氧化锰通过微生物作用与沉积物中的有机质发生反应,可能的蓝细菌碳酸盐的锰交代作用也能对早期成岩阶段形成的碳酸锰矿石做出一定贡献。氧化、次氧化和缺氧环境之间的氧化还原波动导致了再氧化过程,并且使白铁矿循环生成。样品中观察到的锐钛矿旋回被解释为铁微生物系统的成岩产物。

### 参考文献

**关键词** 锰矿; 微生物成矿; 二叠纪; 贵州遵义



摘要 ID:360

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 展板

## 贵州晚二叠世铝土岩的物源变化与大陆风化

周锦涛<sup>1,2</sup>、余文超<sup>\*1,2</sup>、杜远生<sup>1,2</sup>、刘旭<sup>3</sup>、王宇航<sup>1,2</sup>、熊国林<sup>1,2</sup>、赵梓渊<sup>1,2</sup>、庞大卫<sup>1,2</sup>、沈大兴<sup>4</sup>、翁申富<sup>3</sup>、刘志臣<sup>5</sup>、陈登<sup>5</sup>

1. 中国地质大学(武汉)地球科学学院&生物地质和环境地质国家重点实验室

2. 自然资源部基岩区矿产资源勘查技术创新中心

3. 贵州省地质矿产勘查开发局106地质大队

4. 贵州省地质矿产勘查开发局103地质大队

5. 贵州省地质矿产勘查开发局102地质大队

Guadalupian-Lopingian 界线 (GLB) 是华南陆块广泛发育的中二叠世瓜德鲁普阶-晚二叠世乐平阶之间的不整合面。该界线是峨眉山大火成岩省 (ELIP) 活动、大面积海退和生物大灭绝的重要时期 (Sun et al., 2010; Bond et al., 2010a, 2010b; Bond et al., 2020; Shellnut et al., 2020)。贵州遵义、六盘水地区的中二叠统茅口组海相沉积被上二叠统龙潭组陆源沉积所覆盖。龙潭组底部铝质粘土岩的出现显示了中-晚二叠世过渡期的暴露事件。华南该套铝质粘土岩的物源十分复杂, 前人的研究认为 ELIP 的溢流玄武岩、海底火山岩和印支地块的风成凝灰岩是潜在的物源 (Zhong et al., 2013; 侯莹玲等, 2014; Yu et al., 2016; Yan et al., 2020)。本研究在黔西北地区获得了新的地质年代学和地球化学数据, 新数据表明遵义和六盘水铝质粘土岩的年龄分别为  $262.1 \pm 1.5$  Ma 和  $267.0 \pm 2.7$  Ma。结合微量元素地球化学分析, 遵义铝质粘土岩的物源主要来自 ELIP 的中酸性喷出岩, 而六盘水铝质粘土岩的物源则来自 ELIP 活动初期的海底火山活动。从 ELIP 中部区到外围区, 晚二叠世早期的沉积物的物源由 ELIP 火山岩向古特提斯岩浆弧转化。质量平衡计算和地球化学多元统计方法表明, 遵义铝质粘土岩在地表淋滤阶段经历了两次地下水位的变化, Fe203、P205、HREE 表现出相似的地球化学行为。HREE 被铁相矿物和磷酸盐矿物吸附, 导致了同步的迁移趋势。剖面上部的 LREE 富集可能是由于含铈矿物的存在。研究还发现, 古地理位置是影响华南铝土矿化的重要因素。不同的古地理位置决定了物源补给模式、物源岩性、暴露时间、淋滤程度等重要的铝土矿化因素。

**参考文献** 侯莹玲, 何斌, 钟玉婷. 桂西二叠系喀斯特型铝土矿成矿物质来源的新认识: 来自合山组碎屑岩地球化学证据[J]. 大地构造与成矿学, 2014, 38(01): 181-196. Bond DPG, Hilton J, Wignall PB, et al. The Middle Permian (Capitanian) mass extinction on land and in the oceans[J]. Earth-Science Reviews, 2010, 102(1-2): 100-116. Bond DPG, Wignall PB, Grasby SE. The Capitanian (Guadalupian, Middle Permian) mass extinction in NW Pangea (Borup Fiord, Arctic Canada): A global crisis driven by volcanism and anoxia[J]. GSA Bulletin, 2020, 132(5-6): 931-942. Bond DPG, Wignall PB, Wang W, et al. The mid-Capitanian (Middle Permian) mass extinction and carbon isotope record of South China[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2010, 292(1-2): 282-294. Shellnutt JG, Pham TT, Denyszyn SW, et al. Magmatic duration of the Emeishan large igneous province: Insight from northern Vietnam[J]. Geology, Published online February 6, 2020. Sun Y, Lai X, Wignall PB, et al. Dating the onset and nature of the Middle Permian Emeishan large igneous province eruptions in SW China using conodont biostratigraphy and its bearing on mantle plume uplift models[J]. Lithos, 2010, 119(1-2): 20-33. Yan H, Pi D, Jiang S, et al. New constraints on the onset age of the Emeishan LIP volcanism and implications for the Guadalupian mass extinction[J]. Lithos, 2020, 360-361: 105441. Yu W, Algeo TJ, Du Y, et al. Mixed volcanogenic-lithogenic sources for Permian bauxite deposits in southwestern Youjiang Basin, South China, and their metallogenic significance[J]. Sedimentary Geology, 2016, 341: 276-288. Zhong Y, He B, Xu Y. Mineralogy and geochemistry of claystones from the Guadalupian-Lopingian boundary at Penglaitan, South China: Insights into the pre-Lopingian geological events[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2013, 62: 438-462.



**关键词** 铝质粘土岩；峨眉山大火成岩省；陆表淋滤；物源





摘要 ID:1079

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 口头报告

## 南秦岭地区早寒武世沉积型钒矿矿物学研究

付雪瑞<sup>1</sup>、徐林刚<sup>\*1</sup>、丁建华<sup>2</sup>、叶会寿<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(北京)地球科学与资源学院, 北京 100083

2. 中国地质科学院矿产资源研究所, 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京 100037

中国沉积型钒矿主要分布在环扬子地台地区以及塔里木地台, 在中国成矿区带划分方案的基础上(徐志刚等, 2008), 本研究结合我国沉积型钒矿空间分布规律特点, 将中国沉积型钒矿划分为 3 个主要成矿带, 即: 塔里木地台北缘钒成矿带、扬子地台北缘钒成矿带、扬子地台东南缘钒成矿带(图 1)。

沉积型钒矿在中元古代以来的各个时期均有产出, 其中最主要的成矿时期为寒武纪。寒武纪钒矿在空间上分布最为广泛, 钒矿的空间分布严格受到下寒武统碳质页岩地层的控制, 矿体一般呈层状或板状, 产状与地层产状基本一致。

沉积型钒矿主要赋存于富有机质黑色页岩中, 普遍认为是有机质降解导致的缺氧还原环境中形成的(Arthur and Sageman et al., 1994)。在寒武纪早期, 中国各主要陆块之间受扩张洋盆的影响, 陆块边缘沉降加剧, 发育被动大陆边缘斜坡和陆缘裂陷盆地, 随着海侵作用加剧, 上升洋流进一步将海水中的磷、营养物质等连同含矿物质一同带到大陆边缘富集, 促进了大量生物的迅速增长(徐林刚, 2020; Xu and Mao et al., 2021)。显生宙之后地球的陆源风化作用显著加强, 虽然早寒武世大气和海洋中氧含量可能已经达到现代地球水平(Chen et al., 2015), 但局部海洋仍广泛存在滞留的缺氧盆地, 同时寒武纪生物大爆发, 藻类及菌类繁盛, 汇集在大陆边缘的海洋生物死亡降解大量消耗氧气, 形成了“缺氧楔”, 海水中溶解的大量 V<sup>5+</sup>在还原环境下开始转化为 V<sup>4+</sup>和 V<sup>3+</sup>并被粘土物质吸附沉淀, 在沉积-成岩的过程中进一步富集形成钒矿床。因此, 寒武纪沉积型钒矿的爆发式出现是丰富的物源供给、适宜的古海洋氧化还原结构和广泛的生物作用共同作用的结果。

中国沉积型钒矿的成矿时代虽不相同, 但在寒武纪集中发育, 钒矿分布严格受层位控制, 且含矿岩系多为碳-硅-泥质页岩, 因此特定时代的地层以及岩性组合特征是沉积型钒矿的有效找矿标志。钒矿形成于轻微缺氧到极端缺氧的沉积盆地中, 今后的找矿方向应多集中在沿大陆边缘或内陆海沉积的海侵地层层序中, 这种环境一般容易形成氧化还原梯度, 同时大陆边缘生物作用相对繁盛, 利于钒的富集沉淀。扬子地台周缘的边缘裂谷地带寒武系广泛发育, 滨浅海-深海的古地理环境下形成了厚度大连续性好的碳-硅-泥质页岩的岩石组合, 具备良好的沉积型钒矿找矿潜力。

**参考文献** 徐志刚, 陈毓川, 王登红, 等, 2008. 中国成矿区带划分方案[M]. 北京:地质出版社, 1-138. 徐林刚, 2020. 沉积型钒矿床的形成及其与古海洋环境的协同演化[J]. 矿床地质, 39(06): 959-973. Arthur M. A., and Sageman B. B., 1994. Marine black shales: Deposition mechanisms and environments of ancient deposits[J]. Annual Reviews of Earth and Planetary Sciences, 22: 499-551. Chen X, Fing H, Vance D, et al., 2015. Riset to modern levels of ocean oxygenation coincided with the Cambrian radiation of animals[J]. Nature Communications, 6:7142. Xu L G and Mao J W, 2021. Trace Element and C-S-Fe Geochemistry of Early Cambrian Black Shales and Associated Polymetallic Ni-Mo Sulfide and Vanadium Mineralization, South China: Implications for Paleooceanic Redox Variation[J]. Ore Geology Reviews, 135: 104210.

**关键词** 找矿方向; 沉积型钒矿; 早寒武世; 中国



摘要 ID:1237

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 展板

## 华北太古宙末期条带状铁建造形成环境分析—以鞍山大孤山为例

王长乐\*、佟小雪、彭自栋、董志国、张新、张连昌  
中国科学院地质与地球物理研究所

鞍山大孤山晚太古代条带状铁建造(BIF) (~2.53 Ga), 为华北众多 Algoma 型 BIF 的典型实例, 主要赋存于鞍山群变火山-沉积岩系中的上部。根据矿物组合和产出特征, 可将大孤山 BIF 划分为三种矿物相: 氧化物相、硅酸盐相和碳酸盐相, 其中硅酸盐相最为主要, 其次为氧化物相。根据 BIF 和围岩岩性、粒度及相关关系的变化判断, 大孤山 BIF 岩系为一次较为完整的海侵-海退序列。对于 BIF 各矿物相而言, 海侵过程中是由碳酸盐相向上过渡为硅酸盐相和氧化物相, 说明氧化物相对应于海侵的最高峰, 形成于沉积盆地的最远端, 而在近岸处则为碳酸盐相。大孤山 BIF 自沉积后经历了复杂的成岩-变质作用, 原生矿物可能主要为三价铁的氢氧化物和无定形的硅质。结合相关地球化学和同位素特征分析, 可认为 BIF 主要沉淀自缺氧富铁的海水, 铁的氧化沉淀与厌氧的光合铁细菌有关。

### 参考文献

**关键词** 形成环境; 条带状铁建造; 大孤山; 太古宙末期; 华北



摘要 ID: 3270

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 展板

## 湖南海坡锰矿地球化学特征及沉积环境分析

王超群<sup>1</sup>、李凤杰\*<sup>2</sup>

1. 成都理工大学地球科学学院
2. 成都理工大学沉积地质研究院

海坡锰矿是湘西南黔阳盆地典型的“大塘坡式”锰矿，但其沉积环境尚不明确。对研究区锰矿石及其围岩进行岩石学和地球化学分析认为：海坡锰矿常量元素 SiO<sub>2</sub>、TiO<sub>2</sub>、Na<sub>2</sub>O、K<sub>2</sub>O 与 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 具有较强的正相关性，CaO、MgO、MnO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 和 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 之间呈负相关关系，主量元素相关性特征与湖南照洞锰矿、湖北古城锰矿具有很好的相似性，指示相似的成矿环境；通过 Al/(Fe+Mn+Al) 比值、(Fe+Mn)/Ti 比值和 Fe/Ti 比值以及 Co/Zn-(Cu+Co+Ni) 图解、Fe-Mn-(Cu+Co+Ni)×10 三端元判别图解等一系列判别指标分析认为锰元素来源于海底热液系统；通过 V/(V+Ni)、V/Cr、Th/U 等氧化还原敏感元素对分析认为锰沉淀时水体处于贫氧—缺氧环境。

**参考文献** 陈多福, 陈先沛, 1992. 贵州省松桃热水沉积锰矿的地质地球化学特征[J]. 沉积学报, (04): 35-43. 杜秋定, 2009. 滇东南法郎组含锰地层沉积相及其锰矿成因研究[D]. 成都: 成都理工大学. 杜远生, 周琦, 余文超, 等, 2015. Rodinia 超大陆裂解、Sturtian 冰期事件和扬子地块东南缘大规模锰成矿作用[J]. 地质科技情报, 34(6): 1-7. 付勇, 徐志刚, 裴浩翔, 等, 2014. 中国锰矿成矿规律初探[J]. 地质学报, 88(12): 2192-2207. 高永宝, 滕家欣, 李文渊, 等, 2018. 新疆西昆仑奥尔托喀纳什锰矿地质、地球化学及成因[J]. 岩石学报, 34(8): 2341-2358. 郭宇, 李余生, 凌云, 等, 2018. 渝东南地区含锰岩系沉积地球化学特征及成因机制[J]. 地质学报, 92(11): 2331-2348. 何志威, 杨瑞东, 高军波, 等, 2014. 贵州松桃道坨锰矿含锰岩系地球化学特征和沉积环境分析[J]. 地质论评, 60(5): 1061-1075. 李凤杰, 雷玉龙, 龚光林, 等, 2019. 湘西南南华系大塘坡组锰矿地球化学特征与沉积环境分析: 以湖南靖州照洞锰矿床为例[J]. 地球科学, 44(10): 3484-3494. 刘健, 袁良军, 谢小峰, 等, 2020. 贵州铜仁松桃锰矿盘信幅 1:50000 矿产地质图数据库[J]. 中国地质, 47(S2): 173-201. 刘巽锋, 胡肇荣, 曾励训, 等, 1983. 贵州震旦纪锰矿沉积相特征及其成因探讨[J]. 沉积学报, 1(4): 106-118. 刘志臣, 王聪, 张远国, 等, 2015. 贵州遵义锰矿床地球化学特征及成因分析[J]. 矿物学报, 35(4): 481-488. 骆华宝, 2002. 我国优质锰矿的勘查方向[J]. 地质与勘探, 38(4): 8-11. 黎彤, 袁怀雨, 2011. 大洋岩石圈和大陆岩石圈的元素丰度[J]. 地球化学, 40(1): 1-5. 史富强, 朱祥坤, 闫斌, 等, 2016. 湖南湘潭锰矿的地球化学特征及成矿机制[J]. 岩石矿物学杂志, 35(03): 443-456. 杨胜堂, 褚喜准, 陈骁帅, 等, 2016. 黔东北大塘坡组菱锰矿床控矿因素研究[J]. 矿床地质, 35(05): 1062-1072. 杨绍祥, 劳可通, 2006. 湘西北锰矿床成矿模式研究——以湖南花垣民乐锰矿床为例[J]. 沉积与特提斯地质, (02): 72-80. 周琦, 1989. 松桃大塘坡菱锰矿床矿枕形成机理初探[J]. 贵州地质, 6(1): 1-7. 周琦, 杜远生, 袁良军, 等, 2018. 黔东及毗邻区南华纪“大塘坡式”锰矿研究历史、主要进展及展望[J]. 贵州地质, 35(4): 270-281. 朱祥坤, 彭乾云, 张仁彪, 等, 2013. 贵州省松桃县道坨超大型锰矿床地质地球化学特征[J]. 地质学报, 87(9): 1335-1348. Algeo T J, Maynard J B, 2004. Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems[J]. Chemical Geology, 206: 289-318. Bau M, Usui A, Pracejus B, Mita N, et al. 1998. Geochemistry of low-temperature water-rock interaction: Evidence from natural waters, andesite, and iron-oxyhydroxide precipitates at Nishiki-numa iron-spring, Hokkaido, Japan[J]. Chemical Geology, 151(1-4): 293-307. Biondi J C, Polgári M, Gyollai I, et al. 2020. Biogenesis of the Neoproterozoic kremydilite manganese ores from Urucum (Brazil) - A new manganese ore type[J]. Precambrian Research, 340: 105-624. Bostrom K, Peterson M N A, 1969. Origin of aluminum poor ferro-manganous sediments in areas of high heat flow on the East Pacific Rise[J]. Mar Geol, 7: 427-447. Marchig V, Gundlach H, MoLler P, et al. 1982. Some geochemical indicators for discrimination between diagenetic and hydrothermal



metalliferous sediments[J]. *Marine Geology*, 50 (3):241–256. Maynard J B, 2003. Manganiferous Sediments, Rocks, and Ores[J]. *Treatise on Geochemistry*, 7: 289–308.

**关键词** 菱锰矿; 地球化学特征; 沉积环境; 湖南



摘要 ID: 3437

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地陇东地区铝土岩储层发育特征与勘探潜力分析

张雷\*

长庆油田公司勘探开发研究院

基于鄂尔多斯盆地野外露头、岩心、录井、测井、试气、分析化验资料基础,结合上古生界本溪组、太原组煤下新型含铝岩系高产气藏发现与勘探突破,采用天然气成藏与铝土岩成矿一体化研究方法,重点讨论了铝土岩储层地质特征、主控因素。主要取得四个主要认识:①传统上认为含铝岩系是靖边奥陶系风化壳大气田良好的区域封盖层,随着勘探的深入,发现含铝岩系在一定条件下可成为优质储层,具备成藏条件,是一种新类型非常规天然气藏;②含铝岩系气藏,储集系统为裂缝-溶蚀孔隙类型;③含铝岩系的富集与湿热古气候、碳酸盐岩长期剥蚀面和岩溶古地貌有关,具点群式区域规模分布的特征,下部泄水通道和后期沉积环境对铝土岩成储有控制作用;④在上古生界煤下发育典型的泥质铝土岩(改造型铝土岩)、铝土岩、铝土质泥岩(高铝粘土)三段式含铝岩系组合,受构造运动的影响,经历了地层沉积、油气藏转化和气藏重新调整三个阶段,形成了特殊的岩性-构造型气藏。勘探启示:传统的区域封盖层可能在局部古地貌单元发育优质储层。我国北方华北板块发育稳定本溪组、太原组煤下含铝岩系,三层结构大范围分布,铝土岩气藏有望成为中国北方重要的天然气勘探新领域,具有广阔的勘探前景。

参考文献

关键词



摘要 ID:2366

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 展板

## 巴基斯坦莫克兰海域沉积物酸解烃与顶空气地球化学特征对油气及水合物资源的指示意义

姜玉涵\*、邓希光  
广州海洋地质调查局

莫克兰增生楔是阿拉伯板块低角度俯冲到欧亚板块之下形成的,其上沉积厚度可达7000m以上。增生楔上叠瓦状逆冲断层、泥底辟、泥火山、气烟囱等发育。莫克兰海域自新生代以来沉积了渐新统、中新统、上新统和第四系等地层,可能发育古-始新统、渐新统和下中新统烃源岩3套烃源岩、古-始新统碳酸盐岩和中-上新统河道砂岩2套储集层。

为分析莫克兰海域水合物及油气资源潜力,本研究结合相关地质资料,利用46个站位表、浅层沉积物样品进行顶空气组分、酸解烃组分、烃类甲烷碳同位素分析。

对样品各组分丰度进行相关性分析,结果显示乙烷-丙烷之间相关性良好,相关系数较高,而甲烷与其他组分之间相关系数很低,没有明显的相关性。由于相关接近1,往往反映了一致的成因关系,相关系数接近0则反映了不同的成因关系,因此判断研究区的甲烷可能存在其他的来源。

各站位酸解烃、顶空气含量均具有甲烷>乙烷>丙烷>丁烷>戊烷的特点,其中酸解烃甲烷含量异常高,平均值为1127.40 μL/kg,远高于一般油气区的平均含量,  $C_1/C_{1-5}$  平均为0.91,属于湿气。利用不同学者提出的  $C_1/(C_2+C_3)$  vs.  $\delta^{13}C_1$  图版,结果显示研究区沉积物中酸解烃主要为热解气。又利用组分丰度参数相关的图版判断出研究区沉积物中烃类主要来源于干酪根裂解,而非原油裂解,镜质体反射率在1.0%左右,反映了较低的成熟度。酸解烃的地球化学特征表明,研究区具有油气潜力,且深部含气流体具有有效的疏导通道。

在顶空气样品中,有四个样品具有极高的甲烷组分丰度,同时他们的其他组分丰度未见异常,属于干气,地球化学分析结果表明这些气体主要是生物成因气,这与在智利和美国等其他大陆边缘观测到的情况类似。同时,在莫克兰海域发现35个羽状流测站,气体渗漏现象是海底以下存在强烈的流体活动及水合物赋存的有利指示。

综上,研究区具有油气及水合物勘探潜力,那么是否能够实现海洋油气及水合物资源的开发关键在于能否发现有效的储集区。通过查阅前人研究资料发现邻近地区的陆上泥火山不断喷出烃类气体,泥火山对周围地层有明显的控制作用。且被动大陆边缘背景下泥底辟、泥火山对于油气及水合物成藏的控制作用前人已经开展了广泛的探讨,泥底辟、泥火山的识别也已经成为水合物勘探的有利指示标志。因此,在莫克兰海域,背斜翼周围“泥底辟”形成的封闭体系可能是油气及水合物的赋存的良好场所。

### 参考文献

**关键词** 天然气水合物;莫克兰海域;地球化学;表层沉积物



摘要 ID:2947

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 展板

## 新太古代富有机质条带状铁建造成因研究

彭自栋<sup>3,4</sup>、南景博<sup>1,2</sup>、张连昌<sup>3,4,5</sup>、王长乐<sup>3,4</sup>

1. 南方科技大学海洋科学与工程系, 深圳 518055
2. 北京高压科学研究中心, 北京 100094
3. 中国科学院矿产资源研究院重点实验室, 北京 100029
4. 中国科学院地球科学研究所, 北京 100029
5. 中国科学院大学, 北京 100049

### 1 研究现状

条带状铁建造 (Banded Iron Formation, BIF) 是一类形成于早期地球富铁海洋的层状、富铁富硅的化学沉积岩 (e. g., Bekker et al., 2014; 2017; Mänd et al., 2021)。目前研究普遍认为其沉积作用始于 Fe(II) 在浅海氧化生成三价铁氢氧化物, 虽然部分学者认为 Fe(II) 的光氧化作用可能对 BIF 的形成有一定贡献, 但多数学者倾向于接受微生物铁氧化 (包括微生物产氧铁氧化和微生物厌氧铁氧化) 可能是早期海洋中 Fe(II) 的主要氧化机制 (Cloud, 1973; Garrels et al., 1973; Konhauser et al., 2002; Kappler and Newman, 2004; Planavsky et al., 2009; Czaja et al., 2013)。综上, BIF 是记录早期地球光合作用微生物活动的绝佳载体, 而 Fe(II) 的氧化沉淀过程则可能伴随着大量微生物 (遗体) 的共沉淀作用 (e. g., Posh et al., 2010; Konhauser et al., 2011; Li et al., 2011)。

然而值得注意的是, 目前研究工作普遍揭示 BIF 具有极低的有机质 (organic matter 或 graphitic carbon) 含量, 其有机碳总量 (total organic carbon, TOC) 通常质量分数不超过 0.5% (e. g., Gole and Klein, 1981; Klein, 2005; Heimann et al., 2010; Tong et al., 2021)。这一现象可能指示早期沉淀的有机质在成岩阶段被微生物发酵和化能异养过程消耗

(Konhauser et al., 2005), 或者是于变质过程中通过非生物作用被分解 (Van Zuilen et al., 2002)。诚然, 早期成岩阶段有机质的氧化和 Fe(III) 还原的耦合过程不仅能够解释 BIF 低的 TOC 含量, 而且可为 BIF 中一些含 Fe(II) 矿物 (如磁铁矿、菱铁矿和铁蛇纹石等) 的生成 (Li et al., 2013; Konhauser et al., 2017)、富 Fe(II) 碳酸盐矿物负的  $\delta^{13}\text{C}$  值 (Heimann et al., 2010; Craddock and Dauphas, 2011) 以及磁铁矿和菱铁矿负的  $\delta^{56}\text{Fe}$  值的出现提供合理解释

(Johnson et al., 2008; Heimann et al., 2010)。作为备选解释, BIF 低的 TOC 含量也可能反映 Fe(III) 沉积过程中大量生物残留与其分离, 而少量被吸附的有机质则在成岩阶段被 Fe(III) 氧化的结果 (Thompson et al., 2019)。模拟实验和模型计算显示 (Thompson et al., 2019), 在太古代硅质饱和的海水中 (Jones et al., 2015), 浮游的光合微生物通常不会和 Fe(III) 一起共沉淀, 它们会继续悬浮于水体中从而与 Fe(III) 分离。随后, 这些过量的有机质可能会沉积在距离海岸更远的页岩中, 并且于页岩中可反应的 Fe(III) 矿物被消耗完之后成为产甲烷菌的养料。上述过程产生的甲烷会经由水体进入大气, 维持太古代晚期大气中较高的甲烷含量, 而少量与 Fe(III) 共沉淀的有机质则在成岩过程中通过微生物铁还原作用生成 BIF 中的含 Fe(II) 矿物 (Thompson et al., 2019)。

与上述观点不同, 部分学者认为 BIF 低的 TOC 含量指示其沉积过程缺乏微生物参与。鉴于黏土矿物对有机质具有保护作用可避免其于成岩阶段被氧化分解, Dodd et al. (2019) 系统对比了 3.7-1.8 Ga 期间的 BIF 和相关页岩样品中有机质与黏土矿物间的关系, 他们发现在页岩样品中 80-95% 的有机质都和层状硅酸盐矿物密切共生或者为后者所包裹, 而 BIF 中的层状硅酸盐矿物周围却缺乏有机质。基于上述差异, Dodd et al. (2019) 指出 BIF 低的 TOC 含量是其原始特征, 即 BIF 的沉淀可能与微生物活动并无明显关联。如上所述, 如果 BIF 原始沉积时的 TOC 含量是极低的 (Dodd et al., 2019), 那么其大量生成势必会导致古海洋生产力的进一步下降, 这是因为三价铁矿物在沉淀时会吸附水体中的营养元素 (如磷) 和其他微量营养元素 (如 Ni、Zn 和 Co 等; e. g., Bjerrum and Canfield, 2002; Scott et al., 2013), 鉴于缺少还原剂来还原 Fe(III),



上述被吸附的元素将会最终滞留于沉积物内，因此 BIF 的沉积对水体生产力可能具有负反馈作用。

## 2 研究对象及方法

为了研究 BIF 低的 TOC 含量是由于早期沉淀的有机质于成岩过程中完全消耗还是其固有特征，本次工作对产于我国冀东地区青龙河表壳岩系内的栅栏杖子 BIF 样品开展了系统的矿物、主量元素、有机碳含量和碳同位素分析，之所以选择该 BIF 是因为其不同沉积层位样品具有显著差异的铁和 TOC 含量。

## 3 初步认识

岩相学观察表明，虽然栅栏杖子 BIF 不同样品的全铁 (12.9~54.0%) 和 TOC (0.19~1.10%) 含量变化范围较大，但石墨颗粒在所有样品中普遍发育。激光拉曼分析显示，上述石墨颗粒的结晶温度约为 470°C，与前人研究获得的该地区太古代晚期区域变质最高温度基本一致，表明这些石墨颗粒并非来自后期污染，应该为原始沉积有机质的变质产物。此外，基于该地区 BIF 样品中的石墨颗粒通常与磷灰石共生以及全岩显著偏负的全岩有机碳同位素值 ( $\delta^{13}\text{C}_{\text{organic}}$  为 -23.8~-15.4‰)，我们认为样品中的石墨颗粒可能为早期沉积生物遗体的重结晶产物。进一步岩相学观察表明，石墨颗粒在 BIF 样品富铁和富硅条带中的分布是不均匀的，在富铁条带中大量的石墨颗粒通常与磁铁矿和碳酸岩矿物（如菱铁矿、铁白云石和方解石）共生或者被这些矿物所包裹，而这些碳酸岩矿物偏负的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{carb}}$  值 (-16.7~-6.3‰) 则指示它们可能生成于有机质部分还原 Fe(III) 的过程。不同于富铁条带，富硅条带中的石墨颗粒含量明显较低，这些石墨颗粒通常为石英或硅酸盐矿物所包裹，并未被 Fe(III) 所氧化，这可能也是该 BIF 样品整体 TOC 含量较高的原因之一。此外，上述富铁矿与石墨颗粒间的密切空间关系，以及全岩样品铁含量与 TOC 之间的正相关关系表明，有机质的吸附沉淀可能主要受控于三价铁氢氧化物。综上所述，我们认为 BIF 形成过程中的生物 Fe(II) 生物氧化作用会伴随着有机质的沉淀，这些有机质沉淀之后会于成岩阶段与 Fe(III) 反应生成 BIF 中的部分含 Fe(II) 矿物；与此同时，Fe(III) 的还原作用会促使其吸附的微生物营养元素释放，而有机质的分解也同样有利于营养元素的释放。虽然上述过程释放的营养元素，如 P 等会再次于水岩界面附近被新生成的三价铁氢氧化物吸附并于成岩阶段转化为自生的磷灰石矿物，但是有机质氧化和 Fe(III) 还原作用仍会促使部分营养元素再次循环、返回上覆水体，从而对早期海洋生产力发育起到正反馈作用。

**参考文献** 项目资助：青年科学基金项目-不同变质程度下条带状铁建造中元素的活动性研究：以清原绿岩带为例（编号：41902078）。[1] Dodd, M. S., Papineau, D., Pirajno, F., Wan, Y. S., and Karhu, J. A. (2019a) Minimal biomass deposition in banded iron formations inferred from organic matter and clay relationships. *Nature communications*, 10(1), 1-13. [2] Konhauser, K. O., Planavsky, N. J., Hardisty, D. S., Robbins, L. J., Warchola, T. J., Hugaard, R., Lalonde, S. V., Partin, C. A., Oonk, P. B. H., Tsikos, H., Lyons, T. W., Bekker, A., and Johnson, C. M. (2017) Iron formations: A global record of Neoproterozoic to Paleoproterozoic environmental history, *Earth-Science Reviews*, 172, 140-177. [3] Mänd, K., Robbins, L. J., Planavsky, N. J., Bekker, A., and Konhauser, K. O. (2021) Iron Formations as Palaeoenvironmental Archives. Cambridge University Press, pp, 1-22. [4] Thompson, K. J., Kenward, P. A., Bauer, K. W., Warchola, T., Gauger, T., Martinez, R., Simister, R. L., Michiels, C. C., Llíros, M., Reinhard, C. T., Kappler, A., Konhauser, K. O., and Crowe, A. S. (2019) Photoferrotrophy, deposition of banded iron formations, and methane production in Archean oceans. *Science advances*, 5, eaav2869.

**关键词**





摘要 ID: 3081

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 口头报告

## 冀东地区高于庄组沉积型锰矿的表生淋滤富集作用研究: 来自矿物学与地球化学的证据

许灵通<sup>1</sup>、余文超<sup>\*1</sup>、靳松<sup>2</sup>、郭华<sup>1</sup>、马鹏飞<sup>1</sup>、杜远生<sup>1</sup>、张才龙<sup>3</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. 河北省地质调查院

3. 河北省地质矿产勘查开发局地质勘查技术中心

原生沉积型锰矿和表生锰矿是中国重要的锰矿资源类型。然而国内关于表生锰矿的地球化学研究较少,原生沉积型锰矿和表生锰矿之间的联系也不明确。因此,通过对冀东迁西县秦家峪锰矿 ZK20-3 号钻孔中的原生含锰白云质砂岩和兴隆县龙门(LM)剖面的表生锰矿进行系统的岩相学、矿物学以及地球化学分析,有利于查明原生锰矿到表生锰矿的转变过程。矿物学分析表明,原生含锰白云质砂岩的主要矿物为石英和长石,次要矿物为白云母、白云石和菱锰矿,此外还含有少量的铁白云石和锰白云石。而龙门剖面中部的表生氧化锰矿石主要含有石英、软锰矿、隐钾锰矿、钡镁锰矿以及少量的白云石。含锰矿物相的可能转变次序为:锰白云石/菱锰矿→软锰矿(I)→钡镁锰矿→隐钾锰矿→软锰矿(II)。在表生氧化锰矿石中,Fe、Na、Si 随着 Mn 的富集而富集,Al、Ca、Mg、K 表现为亏损。原生锰矿和表生锰矿的总稀土元素含量( $\Sigma$ REY)分别为  $105.68 \times 10^{-6}$  -  $250.56 \times 10^{-6}$  和  $18.08 \times 10^{-6}$  -  $176.60 \times 10^{-6}$ 。原生锰矿具有相似的 LREE 轻微富集的特征,而较纯的氧化锰明显富集 HREE。此外,仅存于龙门剖面中部的氧化锰矿石具有正 Ce 异常,表明龙门剖面中部存在地球化学障;由于受地下水长期作用及下伏碳酸盐岩影响,形成了氧化还原前锋并导致沉积环境由酸性转变为弱碱性。

### 参考文献

**关键词** 表生锰矿; 地球化学; 高于庄组; 华北



摘要 ID:577

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 口头报告

## 扬子北缘城口地区埃迪卡拉系陡山沱组碳酸锰微生物岩沉积环境研究

张懿\*<sup>1</sup>、廖志伟<sup>1</sup>、旷红伟<sup>2</sup>、王东歌<sup>3</sup>

1. 重庆大学资源与安全学院煤矿灾害动力学与控制国家重点实验室
2. 中国地质科学院地质研究所
3. 重庆市地质矿产勘查开发局 205 地质队

扬子北缘城口地区发育大型沉积锰矿床, 目前探明和控制资源量约 6100 万吨, 其赋矿层位是埃迪卡拉系陡山沱组, 属于黑色页岩型沉积锰矿。鉴于城口陡山沱组菱锰矿沉积环境还存争议, 结合城口锰矿整装勘查成果, 通过野外剖面实测、钻井岩心编录及室内薄片观察等手段, 对城口锰矿开展了沉积学研究。研究表明, 城口锰矿是典型的微生物岩沉积, 菱锰矿以层状、透镜状产出, 发育叠层石、核形石、树形石以及凝块石等典型微生物岩或微生物岩结构。其中, 核形石菱锰矿直径 0.1~4.0 mm, 呈粘结生长特征, 核形石颗粒外形常呈不规则似球状, 其同心纹层不规则状或波状, 纹层局部发育瘤状结构。核形石常与直径 1.0~3.5 mm 鲕状菱锰矿共生或交互沉积。叠层石呈层状或柱状, 层状叠层石基本层为厚 0.2~2.0 mm 不等的明暗纹层, 常局部上拱呈波状。柱状叠层石单柱高度 0.5~1.5 cm 不等, 其柱体直径一般小于 1 cm, 由微上拱的明暗基本层组成, 整体为圆柱状, 柱状纵切面形态常呈鼻甲状或指状。叠层石基本层结构一般是具支撑结构的带状、核形石粘结组成的带状、纹层状以及放射纤维状物质组成的带状, 不同结构的基本层常交替发育。树形石高 80~750 μm, 具有向上生长的树枝状外形特征, 内部一般无结构, 内部常由于有机质含量不均匀造成明暗程度局部变化, 常组成具支撑结构的带状叠层石基本层。凝块石结构较为少见, 外形呈不规则团块状或网格状, 内部具丝状、树枝状等有机结构。研究区锰质微生物岩中还记录了凝块状、球粒状、丝状、管状、纤维状及放射状等典型微生物岩微结构, 虽然未见微生物化石, 这些微生物岩微结构被解释为 EPS 产物。关键钻孔岩心沉积记录了城口地区陡山沱组至少存在 3 次含锰岩系—含磷岩系沉积旋回, 揭示陡山沱组末期城口地区沉积水体逐渐变浅的特征。菱锰矿中发育各种微生物岩交互或旋回沉积, 见正粒序层理, 内部偶有记录代表水动力变强的内碎屑层。胶磷矿常发育于菱锰矿上部, 以强水动力内碎屑沉积为特征, 见交错层理。结合区域陡山沱组地层沉积特征, 认为陡山沱组碳酸锰沉积于碳酸盐岩缓坡环境, 微生物岩型菱锰矿主要发育于浅缓坡下部障积丘礁沉积环境。

参考文献 无

关键词 城口锰矿; 陡山沱组; 碳酸锰; 锰质微生物岩; 沉积环境



摘要 ID:2145

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 展板

## 华北陆块东南部铝土矿物源研究

孙凤余<sup>1</sup>、曹高社<sup>\*1,2</sup>

1. 河南理工大学资源环境学院

2. 中原经济区煤层(页岩)气河南省协同创新中心

华北陆块上石炭统本溪组发育巨厚铝土矿层,其物源是研究热点问题。本文以华北陆块东南部铝土矿为主要研究对象,通过河南洛阳、焦作、浍池和山东淄博、临沂等地区典型露头和岩心观察,运用X射线衍射分析、激光剥蚀电感耦合等离子体质谱(LA-ICP-MS) U-Pb 测年、碎屑锆石 Hf 同位素测定等测试手段,结合区域地质背景及地球化学来研究华北板块东南部铝土矿的物质来源。研究区铝土矿矿物成分主要由粘土矿物(以伊利石、高岭石为主)、硬水铝石、锐钛矿等多种矿物组成。研究区铝土矿的碎屑锆石,按照年龄可以分为:古生代锆石和前寒武纪锆石,其年龄峰值为~310Ma、~444Ma、~990Ma、~1830Ma 和~2510Ma。年龄~310Ma 岩浆锆石的  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  值以较高的负值指示其来源于华北板块北部的内蒙古隆起;年龄峰值~444Ma 和~990Ma 碎屑锆石主要来源于南部北秦岭造山带加里东期中一酸性花岗质侵入岩和被侵入的该区主要变质地层——宽坪群、二郎坪群和秦岭群;年龄~1830Ma 和年龄~2510Ma 的锆石由华北陆块基底提供。华北陆块东南部铝土矿物源研究为研究铝土矿成因、铝土矿成矿规律等提供依据。

### 参考文献

**关键词** 铝土矿,物源,碎屑锆石,本溪组,华北陆块



摘要 ID:3103

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 口头报告

最终交流类型: 展板

## 湘西南黔阳盆地“大塘坡式”锰矿成因分析: 以湖南靖州地区为例

王佳、李凤杰\*  
成都理工大学

锰矿作为一种的金属矿产, 应用于国民经济的多个领域。黔阳成锰盆地是我国重要的锰矿基地, 其锰矿床类型为赋存于南华系大塘坡组地层中的一套海相碳酸锰矿床, 资源储量大, 开采历史长, 但其成矿模式尚不清楚。本文以锰矿集中分布的湖南靖州地区为例, 在野外剖面实测、地球化学数据分析的基础上, 通过  $\text{Co}/\text{Zn}-(\text{Cu}+\text{CO}+\text{Ni})$  图解、 $\text{Fe}-\text{Mn}-(\text{Cu}+\text{CO}+\text{Ni}) \times 10$  三端元判别图解、 $100 \times (\text{Zr}+\text{Ce} + \text{Y}) - 15 \times (\text{Cu}+\text{Ni}) - (\text{Fe}+\text{Mn})/4$  三角图解以及  $\text{Al}/(\text{Fe}+\text{Mn}+\text{Al})$  比值、 $(\text{Fe}+\text{Mn})/\text{Ti}$  比值和  $\text{Fe}/\text{Ti}$  比值等一系列判别指标分析了锰矿中锰元素的来源。利用锰矿石的  $\text{V}/\text{Cr}$ 、 $\text{Th}/\text{U}$ 、 $\text{Ce}/\text{La}$  以及  $\text{Ce}$  标志分析了锰矿石沉积时的古环境。黔阳成锰盆地靖州地区锰矿石中锰元素主要来源于海底热液系统, 沉积时水体处于贫氧—缺氧环境, 前期形成的断裂带为锰元素的运移提供了通道。黔阳成锰盆地靖州地区锰矿石是冰期由地壳深部经众多断裂带上升到海盆中锰元素, 在间冰期与海水中的  $\text{CO}_3^{2-}$  相结合富集而成。

**参考文献** 曹默雷, 陈建平, 2021. 湘西北民乐锰矿成矿后变化分析[J]. 地质论评, 67(4): 992-1006. 陈多福, 陈先沛, 1992. 贵州省松桃热水沉积锰矿的地质地球化学特征[J]. 沉积学报, 10(4): 35-43. 程湘, 胡鹏, 张海坤, 等, 2021. 锰矿主要类型、分布特点及开发现状[J]. 中国地质, 48(1): 102-119. 丛源, 董庆吉, 肖克炎, 等, 2018. 中国锰矿资源特征及潜力预测[J]. 地学前缘, 25(3): 118-137. 董志国, 张连昌, 王长乐, 等, 2020. 沉积碳酸锰矿床研究进展及有待深入探讨的若干问题[J]. 矿床地质, 39(2): 237-255. 董志国, 张帮禄, 石方平, 等, 2021. 新疆西天山莫托萨拉热水沉积型铁锰矿床矿物学与地球化学特征[J]. 岩石学报, 37(4): 1099-1121. 杜秋定, 2009. 滇东南法郎组含锰地层沉积相及其锰矿成因研究[D]. 成都: 成都理工大学, 杜远生, 周琦, 余文超, 等, 2015. Rodinia 超大陆裂解、Sturtian 冰期事件和扬子地块东南缘大规模锰成矿作用[J]. 地质科技情报, 34(6): 1-7. 高永宝, 滕家欣, 李文渊, 等, 2018. 新疆西昆仑奥尔托喀纳什锰矿地质、地球化学及成因[J]. 岩石学报, 34(8): 2341-2358. 郭宇, 李余生, 凌云, 等, 2018. 渝东南地区含锰岩系沉积地球化学特征及成因机制[J]. 地质学报, 92(11): 2331-2348. 何志威, 杨瑞东, 高军波, 等, 2013. 贵州松桃西溪堡锰矿沉积地球化学特征[J]. 地球化学, 42(6): 576-588. 何志威, 杨瑞东, 高军波, 等, 2014. 贵州松桃道坨锰矿含锰岩系地球化学特征和沉积环境分析[J]. 地质论评, 60(5): 1061-1075. 李凤杰, 雷玉龙, 龚光林, 等, 2019. 湘西南南华系大塘坡组锰矿地球化学特征与沉积环境分析: 以湖南靖州照洞锰矿床为例[J]. 地球科学, 44(10): 3484-3494. 黎彤, 袁怀雨, 2011. 大洋岩石圈和大陆岩石圈的元素丰度[J]. 地球化学, 40(1): 1-5. 刘健, 袁良军, 谢小峰, 等, 2020. 贵州铜仁松桃锰矿盘信幅 1: 50000 矿产地质图数据库[J]. 中国地质, 47(S2): 173-201. 刘翼锋, 胡肇荣, 曾励训, 等, 1983. 贵州震旦纪锰矿沉积相特征及其成因探讨[J]. 沉积学报, 1(4): 106-118. 刘志臣, 王聪, 张远国, 等, 2015. 贵州遵义锰矿床地球化学特征及成因分析[J]. 矿物学报, 35(4): 481-488. 骆华宝, 2002. 我国优质锰矿的勘查方向[J]. 地质与勘探, 38(4): 8-11. 邱俊, 吕宪俊, 王桂芳, 2009. 中国锰矿资源的分布及矿物学特征[J]. 现代矿业, 25(9): 6-7. 史富强, 朱祥坤, 闫斌, 等, 2016. 湖南湘潭锰矿的地球化学特征及成矿机制[J]. 岩石矿物学杂志, 35(3): 443-456. 唐世瑜, 1990. 湖南花垣民乐震旦系锰矿床同位素地质研究[J]. 沉积学报, 8(4): 77-84. 夏文杰, 雷建喜, 1989. 贵州松桃地区早震旦世大塘坡期沉积环境及锰矿成因[J]. 成都地质学院学报, 16(1): 67-78. 谢建成, 杜建国, 许卫, 等, 2006. 安徽贵池地区含锰



岩系地质地球化学特征[J]. 地质论评, 52(3): 396-408. 徐林刚, &nbsp;2020. &nbsp;沉积型锰矿床的形成及其与古海洋环境的协同演化[J]. &nbsp;矿床地质, 39(6): &nbsp;959-973. 杨瑞东, 欧阳自远, 朱立军, 等, 2002. &nbsp;早震旦世大塘坡期锰矿成因新认识[J]. 矿物学报, 22(4): 329-334. 杨瑞东, 高军波, 程玛莉, 等, 2010. 贵州从江高增新元古代大塘坡组锰矿沉积地球化学特征[J]. 地质学报, 84(12): 1781-1790. 杨绍祥, 劳可通, 2006. 湘西北锰矿床成矿模式研究——以湖南花垣民乐锰矿床为例[J]. &nbsp;沉积与特提斯地质, 26(2): &nbsp;72-80. 阴江宁, 肖克炎, 2014. 中国锰矿资源潜力分析及成矿预测[J]. &nbsp;中国地质, &nbsp;41(5): &nbsp;1424-1437. 余文超, 杜远生, 周琦, 等, 2016. 黔东松桃南华系大塘坡组锰矿层物源: 来自 Sr 同位素的证据[J]. &nbsp;地球科学, 41(7): &nbsp;1110-1120. 余文超, 杜远生, 周琦, 等, 2020. 华南成冰纪“大塘坡式”锰矿沉积成矿作用与重大地质事件的耦合关系[J]. &nbsp;古地学报, 22(5): &nbsp;855-871. 张飞飞, 闫斌, 郭跃玲, 等, 2013. &nbsp;湖北古城锰矿的沉淀形式及其古环境意义[J]. &nbsp;地质学报, 87(2): &nbsp;245-258. 张予杰, &nbsp;安显银, &nbsp;刘石磊, &nbsp;等, 2020. 黔东北地区大塘坡组早期含锰沉积充填、岩相古地理与锰矿的关系[J]. &nbsp;中国地质, &nbsp;47(03): &nbsp;607-626. 赵东旭, 1990. 震旦纪大塘坡期锰矿的内碎屑结构和重力流沉积[J]. &nbsp;地质科学, (2): &nbsp;149-157. 赵亮亮, 刘阳, 马晓辉, 等, 2019. &nbsp;湘西地区黔阳次级成锰盆地锰矿地质特征及找矿潜力分析——以大岩坳向斜南东翼为例[J]. &nbsp;地质与勘探, 55(S1): &nbsp;266-275. 周琦, 1989. 松桃大塘坡菱锰矿床矿枕形成机理初探[J]. &nbsp;贵州地质, 6(1): &nbsp;1-7. 周琦, 杜远生, 王家生, 等, 2007. 黔东北地区南华系大塘坡组冷泉碳酸盐岩及其意义[J]. &nbsp;地球科学(中国地质大学学报), 32(3): &nbsp;339-346. 周琦, 杜远生, 袁良军, 等, 2017. 古天然气渗漏沉积型锰矿床找矿模型——以黔湘渝毗邻区南华纪“大塘坡式”锰矿为例[J]. &nbsp;地质学报, 91(10): &nbsp;2285-2298. 周琦, 杜远生, 袁良军, 等, 2018. 黔东及毗邻区南华纪“大塘坡式”锰矿研究历史、主要进展及展望[J]. &nbsp;贵州地质, 35(4): &nbsp;270-281. 朱祥坤, 彭乾云, 张仁彪, 等, 2013. 贵州省松桃县道坨超大型锰矿床地质地球化学特征[J]. 地质学报, 87(9): 1335-1348. Algeo T J, Maynard J B. 2004. Trace-element behavior and redox facies in core shales of Upper Pennsylvanian Kansas-type cyclothems[J]. Chemical Geology, 206: 289-318. Bau M, Usui A, Pracejus B, Mita N, et al., &nbsp;1998. Geochemistry of low-temperature water-rock interaction: Evidence from natural waters, andesite, and iron-oxyhydroxide precipitates at Nishiki-numa iron-spring, Hokkaido, Japan[J]. Chemical Geology, 151(1-4): 293-307. Biondi J C, Polgá ri M, Gyollai I, &nbsp;et al.. 2020. Biogenesis of the Neoproterozoic kremydilite manganese ores from Urucum (Brazil) - A new manganese ore type[J]. Precambrian Research, 340: 105-624. Bostrom K, Peterson M N A. 1969. Origin of aluminum poor ferro-manganous sediments in areas of high heat flow on the East Pacific Rise[J]. Mar Geol, 7: 427-447. Du Q D, Yi H S, Hui B, et al., &nbsp;2013. Recognition, genesis and evolution of manganese ore deposits in southeastern China[J]. Ore Geology Reviews, 55: 99-109. Zhang L, Sun Z L, Geng W, et al., &nbsp;2019. Advances in the microbial mineralization of seafloor hydrothermal systems[J]. China Geology, 2(2): 227-237. Marchig V, Gundlach H, MoLler P, et al., &nbsp;1982. Some geochemical indicators for discrimination between diagenetic and hydrothermal metalliferous sediments[J]. Marine Geology, 50(3): 241-256. Maynard J B. 2003. Manganiferous Sediments, Rocks, and Ores[J]. Treatise on Geochemistry, 7: 289-308. Piper D Z, Perkins R B. 2004. A modern vs. Permian black shale—the hydrography, primary productivity, and water-column chemistry of deposition[J]. Chemical Geology, 206(3): 177-197. Wignall P B, Twitchett R J. 1996. Oceanic anoxia and the End Permian mass extinction[J]. Science, 272(5265): 1155-1158. Yang R D, Ouyang Z Y, Zhu L J, et al., 2002. A new understanding of the genesis of the early Sinian Datangpo manganese deposit[J]. Acta &nbsp;Mineralogica &nbsp;Sinica, 22(4): 329-334.

**关键词** 沉积型锰矿; 成锰盆地; 菱锰矿; 成矿模式; 沉积环境



摘要 ID: 3432

主题分类: 能源与矿产沉积学=》大宗急缺矿产大规模沉积成矿作用

最终交流类型: 展板

## 世界主要沉积型锂矿的分布特征及控矿要素分析

王亚平<sup>1,2,3</sup>、苗卫良<sup>1,2</sup>、张西营<sup>1,2</sup>、李长忠<sup>1,2,3</sup>、李梦玲<sup>1,2,3</sup>、常文静<sup>1,2,3</sup>

1. 中国科学院青海盐湖研究所, 中国科学院盐湖资源综合高效利用重点实验室, 青海西宁 810008
2. 青海省盐湖地质与环境重点实验室, 青海西宁 810008
3. 中国科学院大学, 北京 100049

随着全球锂矿资源消耗量的增加, 锂资源需求量急剧上升, 世界各地掀起了锂矿找矿热潮。在自然界发现的锂矿床中, 卤水型、伟晶岩型和沉积型锂矿是三种最主要锂矿床类型, 其中伟晶岩型与盐湖卤水型锂矿是目前国内外获取锂产品的主要来源。世界上目前已探明的锂矿总资源量中沉积型锂矿占比达 8%, 主要分布在北美洲西部, 少数分布在南美洲和欧洲等地, 而我国的沉积型锂矿多数与铝土矿、煤矿相伴生, 特别是在我国西南地区发现的黏土型锂矿由于分布广、储量大、开采成本低等特征而受到广泛关注。本文通过对国内外沉积型锂矿分布特征、地质背景、物源属性、成因机制的综合分析, 总结出制约沉积型锂矿的主要控矿因素和成矿特征。综合国内外沉积型锂矿成矿特征发现, 锂元素主要来源于火山物质和下伏基底不纯的碳酸盐岩, 其富集成矿过程主要分为两类: ①在封闭湖相沉积盆地中, 火山物质经热液或卤水的淋滤, 通过交代作用形成锂的富集; ②不纯的碳酸盐岩的风化富集作用形成。因此, 在古构造运动活跃期、火山作用的分布区、蒸发程度强的封闭湖盆发育区以及我国华北陆块和扬子陆块周围地区可作为寻找沉积型锂矿的关键地区。

### 参考文献

**关键词** 沉积型锂矿; 分布特征; 物质来源; 成矿作用



# 能源与矿产沉积学

## 古老深层碳酸盐岩储层



摘要 ID:2111

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 四川盆地寒武系沧浪铺组沉积演化特征及储层发育主控因素

陈仕臻<sup>1,2,3</sup>、文华国<sup>1,2,3</sup>、张兵<sup>4</sup>、黄会璇<sup>1,2,3</sup>、马恺<sup>4</sup>、李亚丁<sup>5</sup>、和源<sup>5</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都 610059
2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学), 四川成都 610059
3. 中石油集团碳酸盐岩储层重点实验室成都理工大学分室, 四川成都 610059
4. 成都理工大学地球物理学院, 四川成都 610059
5. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院, 四川成都 610059

随着JT1井钻遇了沧浪铺组孔隙型气层, 获得高产工业气流, 使得该层系的勘探取得重大突破。但是, 由于寒武系沧浪铺组的构造条件复杂、前期地质基础研究尚不深入, 制约了该层位的进一步深入勘探和开发。借助最新的钻井资料和三维地震资料精细解释结果, 结合野外露头 and 区域地质资料分析, 对四川盆地寒武系沧浪铺组沉积演化特征和储层发育主控因素开展研究。结果表明: ①基于沧浪铺组岩性、沉积构造、古生物、测井相等沉积相标志, 认为盆地范围内沧浪铺组沉积相可划分为滨岸相、三角洲相、陆棚相。陆棚相以浅水陆棚相沉积为主, 并进一步将其划分为: 碳酸盐浅水陆棚、混积浅水陆棚、碎屑浅水陆棚相; ②沧浪铺组沉积受古隆起、古裂陷槽控制, 具有明显的沉积分异作用产生。沧一段沉积时期裂陷槽西部以滨岸—碎屑陆棚相沉积为主, 东部以碳酸盐浅水陆棚沉积为主。沧二段沉积时期裂陷槽逐步被充填, 其延伸范围进一步缩小, 盆地内大范围的碳酸盐浅水陆棚沉积和碎屑浅水陆棚沉积逐步向混积浅水陆棚沉积演化; ③碳酸盐浅水陆棚相中颗粒滩、云质陆棚相为相对有利微相, 颗粒滩主要发育在盆地中心靠近裂陷槽边缘的地方, 提出“古陆控源”、“局部凸起控滩”的古地貌控制沉积规律, 阐明了颗粒滩的区域分布特征及规律; ④沧浪铺组碳酸盐岩储层岩性以晶粒白云岩、颗粒白云岩为主。碎屑岩储层岩性主要为云质粉砂岩、粉砂岩。储集空间类型可见晶间孔、粒间孔、粒内孔等类型。井间裂缝发育差异大, 局部裂缝发育, 但充填严重。储层孔隙类型以孔隙型为主, 其物性主要受岩性控制; ⑤沧浪铺组有利储层主要发育在沧一的顶部, 储层横向连续性较差。提出“古构造控相”、“沉积相带控区(颗粒滩)”、“成岩演化控储(重结晶和埋藏溶蚀作用)”、“断裂与裂缝改善渗透性”的储层主控因素。

**参考文献** 王文之, 范毅, 赖强, 等. 四川盆地下寒武统沧浪铺组白云岩分布新认识及其油气地质意义[J]. 天然气勘探与开发, 2018, 41(1): 1-7. 乐宏, 赵路子, 杨雨, 等. 四川盆地寒武系沧浪铺组油气勘探重大发现及其启示[J]. 天然气工业, 2020, 40(11): 11-18. 李亚丁, 陈友莲, 严威, 代瑞雪, 郝诚, 和源. 四川盆地寒武系沧浪铺组沉积演化特征[J]. 天然气地球科学, 2021, 32(9): 1334-1346. 严威, 罗冰, 周刚, 陈友莲, 钟原, 李莜宇, 周红飞, 赵立可, 和源. 川中古隆起寒武系沧浪铺组下段天然气地质特征及勘探方向[J]. 石油勘探与开发, 2021, 48(02): 290-302. 严威, 钟原, 周刚, 陈友莲, 和源, 王文之, 李亚丁, 陈曦, 郝诚. 四川盆地下寒武统沧浪铺组岩相古地理特征及对储层发育的控制作用[J]. 天然气勘探与开发, 2020, 43(04): 22-32. 马石玉, 谢武仁, 杨威, 段书府, 汪泽成, 武赛军, 苏楠, 郝翠果, 王小丹. 四川盆地及其周缘下寒武统沧浪铺组下段岩相古地理特征[J]. 天然气地球科学, 2021, 32(9): 1324-1333. 彭军, 褚江天, 陈友莲, 等. 四川盆地高石梯—磨溪地区下寒武统沧浪铺组沉积特征[J]. 岩性油气藏, 2020, 32(4): 12-22. 冯增昭, 彭勇民, 金振奎, 等. 中国早寒武世岩相古地理[J]. 古地理学报, 2002, 4(1): 1-12. 宋金民, 刘树根, 赵异华, 等. 川中地区中下寒武统风暴岩特征及沉积地质意义[J]. 石油学报, 2016, 37(1): 30-42.

**关键词** 四川盆地; 沧浪铺组; 沉积演化; 储层特征; 主控因素





摘要 ID:245

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地二叠纪两类构造沉积分异与勘探新领域

彭金宁\*、李龙龙、杜崇娇、赵国伟、罗开平、陆永德、邓模

中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡, 214126

加里东及云南运动奠定了二叠系沉积基底, 在此基础上, 海侵作用沉积了一套以碳酸盐岩为主的二叠系地层。通过野外剖面观察、实测以及室内显微薄片观察等手段, 采用海相碳酸盐岩沉积相分析的方法对四川盆地二叠系各亚段沉积特征进行了分析, 结合单因素统计与分析, 编制(修编)各亚段岩相古地理图, 研究了川西地区二叠纪沉积分异及对源储控制作用。研究认为: 1) 四川盆地二叠纪经历了栖霞期-茅口早期缓坡型台地、茅口中晚期-龙潭(吴家坪)期-长兴期台-棚分异构造-沉积演化; 茅二a-茅口末沉积期, 四川盆地内斜坡逐渐变陡, 向东北方向水体变深, 茅二a初现“台-棚”分异雏形, 逐渐形成“台-棚”沉积分异模式; 吴家坪(龙潭)期, 西南高-东北低古地貌特征加剧导致海-陆分异, 西南部陆相、海陆过渡相, 东北部为陆棚-台盆; 至长兴-飞仙关期, 台盆分异强烈, 开江-梁平和城口-鄂西裂陷进一步发展, 德阳-武胜台洼形成。在此基础上, 形成了同沉积断层控制下台缘强分异与古隆起或微古地貌控制下台内弱分异两类构造-沉积模式。2) 强分异控制川西栖霞组台缘高能颗粒滩储层、川北茅二晚期-茅三段台缘型高能颗粒滩与高古地貌叠合岩溶储层的展布, 同时控制裂陷内茅口组孤峰段、吴家坪组和大隆组三套富有机质页岩发育; 弱分异控制广大台内栖霞-茅口组早期台内浅滩储层及广大台内栖霞一段、茅一段灰泥灰岩烃源岩的展布。3) 构造-沉积分异下形成了有效源、储匹配, 台缘强分异控制下的“棚生缘储”、“自生自储”与台内弱分异控制下的“下生上储”、“自生自储”源储组合模式。4) 四川盆地二叠纪两类构造沉积分异可以形成台缘强分异控制下的台缘礁滩常规、陆棚相页岩气非常规及若分异控制下的台内浅滩常规, 缓坡相灰泥灰岩非常规等四大勘探领域。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地; 构造沉积分异; 勘探新领域



摘要 ID:954

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 四川盆地西北部地区下二叠统栖霞组相控早期高频暴露岩溶特征及启示

李明隆\*、谭秀成  
西南石油大学

四川盆地西北部地区 7000m 以深的下二叠统栖霞组存在优质的孔洞型白云岩储层 (胡安平, 2018), 为深埋优质储层成因研究提供了材料。目前, 一些学者认为埋藏及热液溶蚀作用为储层贡献了最主要的储集空间 (杨雨然等, 2019); 也有观点认为栖霞组沉积末期存在不同程度暴露, 淡水岩溶作用是孔洞型储层形成的关键 (谭秀成等, 2018)。此次研究基于区内露头与钻井资料, 开展了岩石学、储层地质学及地球化学研究, 发现四川盆地下二叠统栖霞组发育泥晶灰岩-生屑泥晶灰岩-泥亮晶颗粒灰岩的向上变粗型和亮晶颗粒云岩-中晶云岩-细粉晶藻云岩的向上变细型两类向上变浅序列。两类序列的早期高频暴露岩溶具有如下特征: (1) 旋回顶部存在暴露不整合面, 并见下一旋回初始海泛沉积物充填于先期岩溶系统和向微地貌高地超覆现象; (2) 旋回上部的多孔基岩受优势岩溶通道切割形成近原地角砾化; (3) 部分旋回顶部发育斑块状岩溶系统, 其内为陆源黏土、粉屑和少量角砾充填; (4) 少数旋回内部发育岩溶洞穴角砾岩, 角砾间多为碳酸盐岩渗流粉砂充填; (5) 暴露面之下稳定碳、氧同位素存在一定负偏现象。进一步开展储层物性分析发现, 岩溶强度较强时, 优质储层主要发育于旋回的下部, 储集空间主要为基岩保留的粒间孔经过云化与扩溶而形成的小型孔洞; 岩溶强度较弱时, 优质储层主要发育于旋回的中上部, 储集空间为基岩保留的粒间孔经过云化与扩溶而形成的小型孔洞; 岩溶强度适中时, 优质储层主要发育于旋回的中部, 储集空间主要为洞穴垮塌角砾间的残余孔洞。这些叠合准同生期云化作用的白云岩为基岩的早期暴露岩溶作用形成的孔洞至今任然被保留下来, 并作为有效的储集空间。因此认为不同强度的早期高频暴露岩溶作用是栖霞组储集空间形成的主要动力。

**参考文献** 王海真, 池英柳, 赵宗举等. 四川盆地栖霞组岩溶储层及勘探选区[J]. 石油学报, 2013, 34 (5):833-842. 胡安平, 潘立银, 郝毅等. 四川盆地二叠系栖霞组、茅口组白云岩储层特征、成因和分布[J]. 海相油气地质, 2018, 23 (2), 39-52. 杨雨然, 张亚, 谢忱等. 川西北地区中二叠统栖霞组热液作用及其对储层的影响[J]. 岩性油气藏, 2019, 6(31):44-53. 谭秀成, 肖笛, 陈景山等. 早成岩期喀斯特化研究新进展及意义[J]. 古地理学报, 2015, 17 (4):441-456.

**关键词** 早期高频暴露岩溶; 深层—超深层; 孔洞成因; 四川盆地西北部; 下二叠统; 栖霞组



摘要 ID:1326

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 川北地区灯影组微生物碳酸盐岩孔隙特征及形成机理

韩作振\*、樊爱萍、韩超、蒋浩伟  
山东科技大学 地球科学与工程学院

四川盆地微生物碳酸盐岩油气勘探的突破表明其勘探潜力巨大,但目前关于微生物碳酸盐岩储层形成机理仍不完善。本文通过对川北地区灯影组微生物碳酸盐岩孔隙特征进行分析,结合室内微生物成矿实验模拟,对微生物碳酸盐岩孔隙形成机理进行研究。研究认为:灯影组微生物碳酸盐岩包括叠层石、凝块石、泡沫棉层石和核型石;微生物碳酸盐岩储集空间类型多样,可划分为微生物成因孔隙和非微生物成因孔隙。

微生物成因孔隙可分为微生物建造孔和微生物溶蚀孔,它们的形成与微生物种群建造、微生物EPS膜和微生物降解等因素相关。微生物建造孔可分为两类:一种形成于菌体本身的降解或者脱落,孔径大小均为微米级,与自然界中细菌的大小相当;另一种发育于微生物格架间。微生物溶蚀孔形成于细菌代谢产物和菌体本身降解产物对矿物的溶解作用。微生物成矿模拟实验也证实了微生物建造孔和微生物溶蚀孔的存在,芽孢杆菌DB1-9(硫酸盐还原菌)EPS组分分析证实其含有多种氨基酸,分子模拟显示氨基酸与方解石相互作用,使方解石晶体表面的钙离子被氨基酸吸附到外层,形成一种拖拽效应从而使钙离子游离到溶液中进而发成溶蚀,形成孔隙。

非微生物成因孔隙类型包括晶间孔、溶蚀孔(洞)及裂缝,主要与成岩作用相关。非微生物成因孔隙的形成既受控于微生物岩原生孔隙,也受控于成岩期流体的演化,其中大气淡水、有机酸和热液控制了溶蚀孔隙的形成。大气淡水造成的岩溶作用可分为三期,包括桐湾I幕、桐湾II幕造成的同生-准同生期岩溶以及桐湾运动III幕早成岩期岩溶,岩溶作用形成的溶蚀孔隙多顺层分布。有机酸作用形成的溶蚀孔隙分为晶间溶孔、晶内溶孔和微生物内孔隙,该区域盐水包裹体温度介于110-140℃之间,表明研究区灯影组在埋藏过程中发生过有机酸的充注。热液作用形成的溶蚀孔隙,常伴有硅化作用,有晕圈,多为同沉积期热液顺层充注的结果。

### 参考文献

**关键词** 灯影组, 微生物岩, 孔隙, 微生物矿化



摘要 ID:1564

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 多期构造与流体活动叠加效应对优质储层的控制作用 ——以四川盆地高石梯地区震旦系灯影组四段储层为例

宋荣彩<sup>1</sup>、刘文<sup>2</sup>、董树义\*<sup>1</sup>、伏美燕<sup>1</sup>、李豫源<sup>1</sup>、郭恒玮<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 中国科学院广州地球化学研究所

高石梯地区地处中国四川省资阳市安岳县境内,大地构造上位于四川盆地中部川中古隆起平缓构造区乐山-龙女寺古隆起东端(图1)。研究区经历了四川盆地的历次地质事件,沉积了震旦系-三叠统以碳酸盐岩为主的海相地层和上三叠统-侏罗系以砂泥岩为主的陆相地层(Liao et al., 1999)。四川盆地主要经历了晋宁-澄江期(前震旦纪)复杂基底的形成阶段、桐湾期(震旦纪-早寒武世)隆拗构造形成与裂陷填平补齐阶段、加里东期大面积隆升与剥蚀阶段、海西期持续隆升与剥蚀阶段(Hartnady, 1986; Tong, 1992; Piper, 2000; Wei et al., 2015)。四川盆地灯影组在历次构造运动作用下,多达十余次升降,经历2次大规模埋藏和2次大规模抬升,现今埋藏深度普遍超过5000m(图2)(杨家静, 2002; 施泽进等, 2013)。

四川盆地震旦系灯影组四段广泛发育微生物碳酸盐岩,且灯四微生物岩主要为藻叠层云岩、藻纹层云岩及藻凝块云岩。前人研究表明,四川盆地经历多期构造变革,灯四段先后受到了桐湾运动、加里东运动、印支运动等构造运动的影响,灯四段成岩晚期存在了多期流体的充注(刘树根, 2009; 梁家驹, 2014)。其中,发生于晚震旦世-早寒武世的桐湾运动对研究区灯四段影响最为重要,而对桐湾运动发生两幕还是三幕存在争议(Shan et al., 2014; 汪泽成等, 2014; 武赛军等, 2015, 2016; Hao et al., 2017)。由于区内构造运动的复杂性,表生岩溶作用及流体充填期次复杂,导致其对微生物岩储层影响因素复杂(Lastennet et al., 1997; Cantrell et al., 2004; C. Dubois et al., 2014; Caroline et al., 2015)。

本文利用岩心、薄片、地球化学分析等手段及资料,对四川盆地高石梯地区灯影组四段微生物岩多期流体活动与多期表生岩溶作用进行了研究。灯四微生物岩主要为藻叠层云岩、藻纹层云岩及藻凝块云岩。根据充填物赋存状态及充填顺序,结合阴极发光及流体包裹体均一温度等,发现研究区灯四段至少存在四期流体充填,表现为第一期沥青-第二期白云石-第三期石英-第四期沥青。同时,两幕桐湾运动产生的两个不整合面、两期淡水白云石的充填,深度剖面上主微量元素反映的两期风化壳和C、O同位素的两次负偏等,均表明研究区灯四段曾受两期表生岩溶作用的改造。第二期盐水流体活动伴随表生期溶蚀作用,利于灯四段优质储层的形成;而第三期酸性流体充注或热液充注伴随的埋藏溶蚀作用对优质储层形成以破坏为主。最后,发现主要受桐湾运动III幕影响的上部储层发育带储集性更好,这说明桐湾运动III幕对研究区灯四段影响更为重要。

通过相关分析测试及前人的研究本文主要得出以下结论:

- (1) 高石梯地区灯影组四段微生物岩主要为藻叠层云岩、藻纹层云岩及藻凝块云岩。各类微生物岩,在多期流体活动和多期表生期岩溶作用改造下,储层发育各种溶蚀孔隙。
- (2) 根据充填物赋存状态及充填顺序,结合阴极发光及流体包裹体均一温度等方法,研究区灯四段至少有四期流体充填,依次表现为第一期沥青-第二期白云石-第三期石英-第四期沥青,并建立了研究区灯四段成岩演化序列。
- (3) 两幕桐湾运动产生的两个不整合面、两期淡水白云石的充填,深度剖面上主微量元素反映的两期风化壳和C、O同位素的两次负偏,以及两期白云石胶结物中均捕获了近地表的单一液相包裹体,均表明研究区灯四段曾受到两期表生岩溶作用的改造。
- (4) 通过对四期流体活动的分析,发现第二期盐水流体活动伴随表生期溶蚀作用,利于灯四段溶蚀孔洞的出现,有利于优质储层的形成;而第三期酸性流体充注或热液充注伴随的埋藏溶蚀作用,虽对储层形成有所作用,但出现的大量硅质充填对储层产生了不可逆的破坏作用。最



后,结合研究区灯四段发育的上下两套优质储层发育带物性等分析,主要受桐湾运动 III 幕影响的上部储层发育带储集性更好,这暗示了桐湾运动 III 幕对研究区灯四段影响更为重要。

**参考文献** Liao W, He X Q, Luo Q H. 1999. The evolution sequence of Sichuan prototype basin and the development law of composite basin. *Natural Gas Exploration and Development*, (04):6-13. Hartnady C J H. 1986. Was North America (Laurentia) part of southwestern Gondwanaland during the late Proterozoic era. *S Afr J Earth Science*, 82: 251-254. Tong C G. 1992. Tectonic evolution and hydrocarbon accumulation in the Sichuan Basin. Beijing: Geological Publishing House. Piper J D A. 2000. The Neoproterozoic supercontinent: Rodinia or Palaeopangea. *Earth Planetary Science Letter*, 176: 131-146. Wei Guoqi, Yang Wei, Du Jinghu, et al., 2015. Geological characteristics of the simian-early Cambrian intracratonic rift, Sichuan Basin. *Natural Gas Industry*, 35(1): 24-35. 杨家静. 四川盆地乐山-龙女寺古隆起震旦系油气藏形成演化研究[D]. 西南石油学院, 2002. 施泽进, 王勇, 田亚铭, 王长城. 四川盆地东南部震旦系灯影组藻云岩胶结作用及其成岩流体分析[J]. *中国科学:地球科学*, 2013, 43(02):317-328. 刘树根, 马永生, 蔡勋育, 徐国盛, 王国芝, 雍自权, 孙玮, 袁海锋, 盘昌林. 四川盆地震旦系下古生界天然气成藏过程和特征[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2009, 36(04):345-354. 梁家驹. 四川盆地川中-川西南地区震旦系一下古生界油气成藏差异性研究[D]. 成都理工大学, 2014. Shan Xiuqin, Zhang Jing, Zhang Baomin, et al., 2017. Characteristics of dolomite karstic reservoir in the Sinian Dengying Formation, Sichuan Basin. *Petroleum Research*, 2:13-24. 汪泽成, 姜华, 王铜山, 鲁卫华, 谷志东, 徐安娜, 杨雨, 徐兆辉. 四川盆地桐湾期古地貌特征及成藏意义[J]. *石油勘探与开发*, 2014, 41(03):305-312. 武赛军, 魏国齐, 杨威, 谢武仁, 王磊, 曾富英. 四川盆地关键构造变革期不整合特征及其油气地质意义[J]. *科技导报*, 2015, 33(10):93-100. Hao Y, Yang X, Wang Y F, et al., 2017. Study on the surface karstification of Dengying Formation in Sichuan Basin. *Sedimentary Geology and Tethys Geology*, 37(01):48-54. Lastennet R, Mudry J. 1997. Role of karstification and rainfall in the behavior of a heterogeneous karst system. *Environmental Geology*, 32(2):114-123. Cantrell, D.L., Swart, P.K., Hagerty, R.M., 2004. Genesis and characterization of dolomite, Arab-D reservoir, Ghawar field, Saudi Arabia. *Geo Arabia*, 9:1-26. C. Dubois, Y. Quinif, J.-M. Baele, et al., 2014. The process of ghost-rock karstification and its role in the formation of cave systems. *Earth-Science Reviews*, 131. Caroline D, John D, Olivier K, et al., 2015. A new method to quantify carbonate rock weathering. *Mathematical Geosciences*, 47(8):889-935.

**关键词** 四川盆地; 高石梯地区灯四段; 微生物岩; 流体活动; 构造运动



摘要 ID:1646

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地南缘奥陶系浅钻中古岩溶洞穴的发现及其意义

金晓辉、张军涛、孙冬胜\*  
中国石化石油勘探开发研究院

鄂尔多斯盆地南缘奥陶系具有盆地内完全不同的沉积和岩溶环境,也具有与盆地内部完全不同的岩溶储层特征。在南缘设计的一口浅钻中揭示了碎屑岩充填岩溶洞穴的存在。浅钻钻遇本溪组和平凉组两套地层,本溪组岩性为铝土质泥岩,平凉组主要颗粒灰岩和藻灰岩,其中发育有多套泥岩层。利用矿物成分、主量元素、微量元素和稀土元素特征,对比分析了两套泥岩的来源、风化蚀变程度、氧化还原环境、气候和古构造环境,其中本溪组泥岩代表了更高的风化程度;平凉组内部泥岩要比本溪组泥岩具有更为还原;两套泥岩的沉积环境晚古生代海陆过渡的沉积环境,气候变化频繁,具有相似构造背景。平凉组内泥岩形成于地下较还原环境、湿润岩溶发育期、鄂南隆升阶段,成分为经历了风化蚀变的陆源碎屑,代表了前石炭纪岩溶期洞穴和暗河堆积。结合泥岩段上下裂缝普遍发育,说明鄂南地区曾经存在过岩溶裂缝-洞穴系统,虽然浅钻钻遇了代表了坍塌破坏的洞穴,但可以推测在合适的古地貌位置,鄂南地区可能存在残余的裂缝洞穴,是将来进行油气勘探值得期待的领域。

**参考文献** [1] Loucks R G . Paleocave Carbonate Reservoirs: Origins, Burial-Depth Modifications, Spatial Complexity, and Reservoir Implications[J]. Aapg Bulletin, 1999, 83:1795-1834. [2] 漆立新, 云露. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育特征与主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(01):1-12. Qi Lixin, Yun Lu. Development characteristics and main controlling factors of the Ordovician carbonate karst in Tahe oilfield [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(01):1-12. [3] 焦方正. 塔里木盆地顺北特深碳酸盐岩断溶体油气藏发现意义与前景[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(02):207-216. Jiao Fangzheng. Significance and prospect of ultra- deep carbonate fault- karst reservoirs in Shunbei area, Tarim Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(02):207-216. [4] 王雪莲, 王长陆, 陈振林, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系风化壳岩溶储层研究[J]. 特种油气藏, 2005(03):32-35+108. Wang Xuelian, Wang Changlu, Chen Zhenlin, et al. Study on Ordovician weathering crust karst reservoir in Ordos Basin (in Chinese) [J]. Special Oil and Gas Reservoirs, 2005, (03):32-35+108. [5] 何江, 方少仙, 侯方浩, 等. 鄂尔多斯盆地中部气田中奥陶统马家沟组岩溶型储层特征[J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(03):350-356.

**关键词** 地球化学 泥岩 洞穴 平凉组 本溪组 鄂尔多斯盆地南部



摘要 ID: 3224

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地川中古隆起北斜坡龙王庙组地震响应特征及储层分布预测

雷超、徐少华\*、罗开通、卢科良、徐艺豪  
重庆科技学院

北斜坡位于川中古隆起核部北边的构造低部位。因古地形河地势的差异,造成北斜坡龙王庙组的颗粒滩沉积厚度小,储层厚度薄,非均质性强,利用地震资料识别储层较为困难。本文利用正演模拟技术对龙王庙组储层波形进行分类分级,并采用波形聚类技术对储层平面分布进行预测。结果表明:(1)龙王庙组一段主要发育滩间海相灰色晶粒云岩和颗粒滩相深灰色碎屑云岩,且滩体厚度向北斜坡方向变厚,水平上呈连续分布。龙王庙组二段发育颗粒滩相的深灰色鲕粒云岩和碎屑云岩。滩体厚度沿北斜坡方向减小,水平方向上颗粒滩整体分布受限。(2)龙王庙组的地层厚度为 80 m,无储层时龙王庙组顶界面对应波峰  $1/8 \lambda$  的位置。当地层厚度达到 90 m 时,无储层时出现复波现象。当龙二段发育储层时,顶界面对应的波峰开始向下移动,且下移程度随着上储层厚度的增加而增大。当二段发育多套储层时,地震反应特征与累积等厚的单套储层一致。(3)基于波形聚类技术,对龙王庙组二段颗粒浅滩进行了分析。由北向南呈两条带状分布,北部的储层是油气勘探的有利区。根据层间波峰振幅属性和顶界面波谷振幅属性,从中优选出 4 个区块为储层特别发育的位置。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地,北斜坡地区,龙王庙组,地震正演模拟,波形聚类分析,储层预测



摘要 ID:2932

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 渤海中凹陷西南斜坡带下古生界碳酸盐岩潜山储层成因机制

罗健<sup>1,2</sup>、陈安清\*<sup>1,2</sup>、曹海洋<sup>1,2</sup>、苗如霖<sup>1</sup>、叶涛<sup>1,3</sup>、罗小平<sup>1</sup>、侯明才<sup>1</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室

2. 成都理工大学沉积地质研究院

3. 中海石油(中国)有限公司天津分公司渤海石油研究院

渤海湾盆地近海古生界碳酸盐岩基底潜山储层已被证实具有相当大的油气勘探潜力。但由于该地区下古生界埋藏较深,且经历了多期次构造运动和古岩溶作用叠加改造,导致对深层碳酸盐岩基底储层形成机理的认识尚不深入。在本研究中,基于渤海海域渤海中凹陷西南斜坡带的岩心、薄片和成像测井等资料,分析了碳酸盐岩储层中裂缝的产状及其充填物的性质,结合取芯段的碳、氧、锶同位素和主微量元素(包括稀土元素)数据分析了碳酸盐岩基质和充填物的成岩流体性质。

结果表明,研究区下古生界基岩潜山主要储集空间是裂缝以及岩溶作用下的沿裂缝扩溶形成的溶蚀缝;储层发育NW向、NNE向和NNW向三组裂缝,分别与印支期、燕山中期和燕山晚期有关;挤压构造应力作用下的NW向和NNE向裂缝是基底储层形成的主要原因。裂缝中方解石脉的地球化学分析表明,脉体的成岩流体均来自于大气淡水,但存在有两种不同类型的流体类型:早期充填的方解石脉体的地球化学特征与碳酸盐岩基质高度相似,认为流体性质是内源扩散流体(如降雨),因此脉体主要是围岩溶解再沉淀形成的,表现为干净的微-细晶方解石充填;后期充填脉体的地球化学特征具有陆源淡水的特征,认为流体性质是异源补给流体(如河水),是在裂谷盆地内的地垒地堑背景下,由燕山期的华北克拉通破坏造成的构造低点汇聚而成,表现为泥质含量较高的方解石充填。

随后,我们揭示了三组裂缝与两种裂缝相关岩溶流体之间的关系。结合构造背景,认为研究区先后经历了克拉通侵蚀不整合面、逆冲高地和裂谷地垒构造背景。因此,碳酸盐岩基底发育多期岩溶作用,包括克拉通侵蚀不整合环境下加里东期非裂缝相关岩溶作用(Karst I)、逆冲高原背景下印支期裂缝相关岩溶作用(Karst II)和伸展裂谷环境下燕山期裂缝相关岩溶作用(Karst III)(图1)。

在空间上,基岩潜山的不同部位也受不同期次的岩溶作用改造。受燕山晚期造山运动压应力局部构造抬升的影响,潜山高部位下古生界与上覆新生界不整合接触,中生界在该部位完全剥蚀,基岩潜山其他部位下古生界上覆中生界。未被中生代覆盖的潜山高位部分主要受印支期岩溶作用(Karst II)和燕山晚期岩溶作用(Karst III)的影响(图2);加里东期非裂缝相关岩溶作用(Karst I)由于抬升剥蚀作用而未得到保存。燕山晚期地表暴露较少,在中生代覆盖区下部保留了前两期岩溶(Karst I和Karst II)的记录,以及来自Karst III的顺层岩溶(图2)。因此,多期次的裂缝和岩溶作用耦合共同作用形成了研究区下古生界碳酸盐岩潜山优质储层。

**参考文献** Hao Y, Luo, M., Xu, Z., et al. 2014, Division of sedimentary basins and its tectonic evolution in North China from Neoproterozoic to Mesozoic. *Earth Sci.* (Wuhan, China). 39, 1230-1242. Hou, M., Cao, H., Li, H., et al. 2019, Characteristics and controlling factors of deep buried-hill reservoirs in the BZ19-6 structural belt, Bohai sea area. *Nat. Gas Ind.* (Chengdu, China). 6, 305-316. Hu, W.X., Chen, Q., Wang, X.L. et al. 2010, REE models for the discrimination of fluids in the formation and evolution of dolomite reservoirs. *Oil Gas Geol.* (Beijing, China). 31, 810-818. Lai, J., Wang, G., Wang, S., et al. 2018, A review on the applications of image logs in structural analysis and sedimentary characterization. *Mar. Pet. Geol.* 95, 139-166. Palmer, M.R., and Edmond, J.M., 1989, The strontium isotope budget of the modern ocean. *Earth Planet. Sci. Lett.* 92, 11-26. Veizer, J., & Hoefs, J., 1976. The nature of  $\delta^{18}O/\delta^{16}O$  and  $\delta^{13}C/\delta^{12}C$  secular trends in sedimentary carbonate rocks. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 40(11), 1387-1395. Xiong, Y., Tan, X., Zhong, S.,





et al. 2022. Dynamic paleokarst geochemistry within 130 Myr in the Middle Ordovician Shanganning carbonate platform, North China. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 591, 110879. Ye, T., Wei, A., Sun, Z., et al. 2019, The reservoir characteristics and their significance for deliverability in metamorphic granite buried hill: a case study from the JZS oil field in the Liaodong Bay Basin, NE China. *Arabian J. Geosci.*, 12, 1-9.

**关键词** 碳酸盐岩基岩储层; 潜山; 成岩流体; 岩溶作用; 渤海湾盆地



摘要 ID:3041

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地合川地区栖霞—茅口组下二叠统白云岩特征及成因

代坤<sup>\*1,2</sup>、郑剑锋<sup>2,3</sup>、尹志军<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(北京)
2. 中国石油杭州地质研究院
3. 中国石油集团碳酸盐岩储层重点实验室

近年四川盆地合川地区取得重大勘探突破(如合深2井、合深4井等),揭示下二叠统良好的勘探前景,然而区块内栖霞—茅口组存在白云岩成因争议较大和发育规律认识不清等问题,因此明确白云石化作用成因机制对该领域的进一步勘探突破具有重要作用。基于5口钻井岩芯观察描述和400余片薄片分析,优选岩石样品进行白云岩有序度、锶同位素、微量稀土元素、激光U-Pb定年、激光元素面扫成像等120余项次测试分析,取得以下三方面认识:①栖霞组、茅口组白云石具有均匀镶嵌状、均匀分散状、斑块状、星散状、缝洞中充填和基质孔中充填鞍状白云石6种产状,主要发育晶粒白云岩,其原岩具有颗粒结构,地球化学、年代学特征揭示栖霞组白云石化流体为海水,形成于准同时生期,茅口组白云石化流体为“多源”海水,形成于浅埋藏期;②建立准同生期和埋藏期两大时间域7类白云石化类型划分方案,并系统总结了岩石学和地球化学识别指标;③栖霞组白云岩为渗透回流成因,主要发育于高频旋回顶部的多孔颗粒滩相,茅口组白云岩主要发育于古地貌高部位,受四级(三级)层序控制,潜流带发育较大型岩溶缝洞系统,其充填物在浅埋藏期发生白云石化。研究认识对指导四川盆地合川地区优质白云岩储层预测具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地;合川地区;栖霞—茅口组;白云岩成因



摘要 ID: 3050

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地寒武纪碳酸盐岩台地转换及发育主控因素分析及对超深层白云岩储层分布的启示

张珂汇、由雪莲\*、吴亿芬、赵艺静、王佳  
中国地质大学(北京)海洋学院

寒武系是塔里木盆地当前油气储藏的重点开发研究层系,蕴含着丰富的油气资源,恢复寒武纪碳酸盐岩台地转换及发育主控因素对超深层白云岩储层分布有着重要启示。利用大量的钻井和露头剖面资料,重点针对塔西地区,恢复寒武纪4个时期碳酸盐岩台地微地貌特征,分别制作出三维立体模式图,结合沉积相带分布探究碳酸盐岩台地演变过程;将盆地充填与构造、古气候、海平面升降和海水氧化还原条件4个因素相结合,分析不同时期台地发育的主控因素,建立台地演化模式。寒武纪塔里木原型盆地特征及演化主要受控于Rodinia超大陆的裂解,其构造-沉积格局经历了由埃迪卡拉系的南北分异格局向寒武世的东西分异格局的演变。纽芬兰世的沉积格局主要受控于构造引起的古隆起发育和海平面升降引起的海水性质变化,由深水沉积向浅水沉积转变。到第二世发育广泛的碳酸盐岩台地,内部分异受控于“三隆两凹”古地理新格局,由于海平面降低开始发育礁滩相带和台地边缘。苗岭世在碳酸盐岩快速堆积、全球海平面逐渐趋于稳定和古气候由温暖潮湿转为炎热干燥的共同作用下,塔西部台地由局限台地环境演变为蒸发台地环境,巴楚的蒸发潟湖范围显著扩大。芙蓉世主要由于海平面升高导致盆地结束了蒸发潟湖沉积环境而再次发育局限台地环境。

### 参考文献

**关键词** 寒武系;塔里木盆地;碳酸盐岩;古地貌;地球化学



摘要 ID:74

主题分类：能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型：口头报告

## 川北地区茅口组晚期碳酸盐岩地层格架建立与沉积演化研究

姚倩颖\*

中国石油杭州地质研究院

中二叠统茅口组是四川盆地主力产层之一。近几年来，随着川北台缘带、九龙山“断溶体”气藏和涪陵白云岩储层的相继发现，川北地区茅口组展现出良好的含气性，成为目前勘探重点。前人对该地区茅口组沉积相特征、岩溶地貌、白云岩成因等地质问题做过大量研究，但仍存在认识不统一，归其根源主要是茅口组地层展布认识不清楚造成的。

此次研究基于一条野外剖面的实测数据、120口钻井的测井资料分析和九龙山三维地震剖面解释成果，重新建立了川北地区茅口组地层格架，恢复了茅口组晚期古地貌格局，明确了茅口组晚期沉积演化规律。

本研究主要取得以下3点认识：

①自然伽马能谱测井对茅口组顶部硅质沉积物和吴家坪组底部泥页岩的敏感度较高，前者表现出高U、低Th的特征，后者表现出低U、高Th的特征。利用自然伽马能谱测井建立了川北地区茅口组新的地层划分方案，揭示了茅口组LHST2段（二a亚段—茅三段）尖灭线并不在剑阁—仪陇—梁平—万县一带，而应向东大幅推移至开县附近。梁平和开县地区茅口组LHST2段地层缺失与火山活动有关。

②依据岩石学、地球化学和测井响应特征，均揭示茅口组晚期硅质沉积物为低能还原环境下的生物成因，白云岩则为高能浅水滩相沉积。无论连井剖面还是地震剖面都表现出茅口组白云岩和硅质沉积物为同期异相沉积。

③茅口组晚期四川盆地构造活动强烈，东吴运动和峨眉地裂运动造成盆地不断拉张，川北地区发生构造沉降。构造活动不仅控制了茅口组晚期地层向东减薄，还控制了茅口组晚期沉积相由碳酸盐岩均斜缓坡相逐渐变为远端变陡缓坡相，最终演化为弱镶边台地相的沉积演化过程。远端变陡缓坡相为白云岩和硅质沉积物的形成提供了必要的地质条件，弱镶边台地相控制了川北台缘带的形成。

本次研究不仅建立了茅口组新的地层格架，还明确了茅口组沉积演化规律，预测了茅口组下一步需要寻找的有利勘探区带，对茅口组未来油气勘探起到指导意义。

**参考文献**

**关键词** 川北地区；茅口组；地层格架；沉积演化



摘要 ID:215

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 古城地区奥陶系鹰山组储层成因判识及应用

王珊\*

中国石油勘探开发研究院

古城地区奥陶系鹰山组储层发育, 是塔里木盆地塔东探区重点勘探领域。前期重点针对串珠状强反射部署了一批井, 其中 GC6、GC8、GC9 井获工业气流, 展现了该区良好的勘探潜力, 之后为寻求规模, 按照云化滩思路钻探一批井, 但是勘探效果不佳。结合研究区已钻井分析和前期研究成果(张月巧等, 2007; 刘伟等, 2016; 刘卫红等, 2017; Cao et al., 2019; 沈安江等, 2020), 笔者认为规模优质储层是奥陶系获得更大突破的关键, 深入研究规模优质储层的特征、成因及分布对油气勘探具有重要意义。

本次研究在前人工作基础之上, 结合多口井岩心薄片观察、同位素、微量元素等地球化学分析, 对古城地区奥陶系鹰山组白云岩储层特征、成因以及优质储层分布进行了深入研究, 认为研究区主要发育孔隙型和裂缝-孔洞型 2 类白云岩储层。其中孔隙型储层受控于中高能滩和准同生溶蚀, 裂缝-孔洞型储层受控于晚期断裂改造。规模优质储层受云化滩和断裂改造双重控制, 二者叠合区为规模优质储层发育区。

**参考文献** (1) 张月巧, 贾进斗, 靳久强, 等, 2007. 塔东地区寒武-奥陶系沉积相与沉积演化模式[J]. 天然气地球科学, 18(2):229-234. (2) 刘伟, 沈安江, 柳广弟, 等, 2016. 塔里木盆地塔东地区下古生界碳酸盐岩储层特征与勘探领域[J]. 海相油气地质, 21(2): 1-12. (3) 刘卫红, 高先志, 叶信林, 等, 2017. 塔东地区下古生界天然气成藏主控因素及勘探领域[J]. 海相油气地质, 22(4):61-68. (4) Cao YH, Wang S, Zhang YJ, et al., 2019. Petroleum geological conditions and exploration potential of Lower Paleozoic carbonate rocks in Gucheng Area, Tarim Basin, China. Petroleum Exploration and Development, 46(6):1165-1181. (5) 沈安江, 张友, 冯子辉, 等, 2020. 塔东古城地区碳酸盐岩储层地质认识与勘探领域. 中国石油勘探, 25(3): 96-106.

**关键词** 塔里木盆地; 奥陶系鹰山组; 古城地区; 白云岩; 储层成因





摘要 ID:873

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 碳酸盐岩沉积储层研究进展与展望

沈安江<sup>1,2</sup>、胡安平<sup>1,2</sup>

1. 中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院
2. 中国石油集团碳酸盐岩储层重点实验室

本文综述了碳酸盐岩油气勘探面临的科学问题、地质认识进展和应用实效,展望了中国海相碳酸盐岩油气勘探前景。碳酸盐岩是非常重要的油气勘探领域,全球近50%的油气资源分布于碳酸盐岩中。我国碳酸盐岩资源量大,勘探程度低,勘探开发潜力大,但油气勘探面临三大科学问题。一是小克拉通台内碳酸盐岩储层评价和预测难,二是深层碳酸盐岩储层规模和分布认识难,三是碳酸盐岩内幕岩溶储层勘探潜力评价难。

针对上述科学问题开展攻关,取得三项地质认识进展。一是针对小克拉通台内碳酸盐岩储层规模和预测难题,建立了台内裂隙及与裂隙演化伴生的“两类台缘”和“双滩”沉积模式,揭示小克拉通台内同样发育规模优质储层和生储组合,推动勘探领域由台缘拓展至台内;二是针对深层-超深层碳酸盐岩储层成因复杂、规模不落实与预测难度大的问题,指出深层-超深层碳酸盐岩储层仍具相控性,继承性远大于改造性,早期白云石化对孔隙的保存大于建设作用,推动勘探领域由中浅层拓展至深层;三是针对碳酸盐岩内幕岩溶储层勘探潜力评价的难题,指出除潜山岩溶储层外,碳酸盐岩内幕还发育层间岩溶储层和断溶体储层,使勘探领域由潜山区拓展至内幕区。

上述地质认识进展取得三项应用实效。与台内裂隙演化伴生的“两类台缘”和“双滩”沉积模式的建立推动了川中古隆起灯影组和龙王庙组万亿方特大型气田的探明,支撑了蓬探1风险探井的突破,揭开了川中古隆起北斜坡灯影组万亿方特大型气田的勘探前景;二是深层-超深层碳酸盐岩储层相控性、规模性和可预测性地质认识使勘探领域由浅层拓展至深层,揭开了塔里木盆地阿满过渡带奥陶系深层10亿吨级大油田的勘探前景,推动了四川盆地深层多层系风险勘探突破;三是碳酸盐岩内幕岩溶储层新类型的发现,使勘探领域由潜山区拓展至内幕区(拓展勘探面积 $20 \times 10^4 \text{ km}^2$ ),推动了哈拉哈塘、顺北10亿吨级大油田的发现,对四川盆地茅口组及其它相似地质背景的岩溶储层勘探有重要的借鉴价值

中国前寒武纪、深层-超深层、碳酸盐岩-膏盐岩组合碳酸盐岩勘探领域广,近5年发现的碳酸盐岩油气储量主要分布于上述三大领域,勘探前景值得期待。如继蓬探1井风险勘探的突破,川中古隆起北斜坡灯影组展示了万亿方大气田的勘探前景,并对塔里木盆地南华-震旦系风险勘探具有重要的借鉴价值。又如继米探1井风险勘探的突破,鄂尔多斯盆地马家沟组中下组合展示了万亿方大气田的勘探前景,对塔里木盆地寒武系盐下的勘探具有重要的借鉴价值。

### 参考文献

**关键词** 台内裂隙; 沉积模式; 深层储层; 储层相控性; 碳酸盐岩内幕岩溶储层



摘要 ID:1220

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 超深层碳酸盐岩压溶作用的定量表征及其对储层物性的影响—以川东北地区飞仙关组为例

周玲、王广伟\*、田金强  
中国石油大学(华东)

压溶作用普遍存在于碳酸盐岩储层成岩演化的各个阶段(Flügel, 2010),是控制储层物性演化的关键因素之一(Ehrenberg, 2004)。缝合线作为压溶作用的典型产物,其类型、幅度、残余物厚度、发育密度、及分布特征对储层的物性演化研究具有重要意义(Paganoni et al., 2016; Morad et al., 2018)。本文通过岩芯观察、薄片分析,结合XRD、电子探针、元素(REE)与同位素( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ )地球化学分析、核磁共振、常规孔渗测试分析方法对川东北地区下三叠系飞仙关组的超深层碳酸盐岩地层不同岩性内部缝合线的形态特征、发育密度与分布进行了毫米级尺度的定量统计,分析了不同类型缝合线残余物的矿物组成与分布特征,建立了压溶作用强度的差异表征方法,探讨了压溶作用对孔隙度和渗透率的差异性影响。

在缝合线类型与分布特征的基础上建立了不同岩性的压溶作用强度的定量表征方法。研究表明,不同黏土矿物含量的岩石中发育缝合线类型有明显差异。黏土矿物含量高的岩石中主要发育幅度小、残余物厚度大的波状缝合线。黏土矿物含量低的岩石中主要发育大幅度、几乎无残余物的锯齿状、锯齿-波状缝合线、锯齿-箱状缝合线。缝合线内部残余物主要由黏土矿物、白云石、沥青和少量的黄铁矿组成,但不同岩性内部缝合线残余物的组分含量不同。针对岩石类型的不同,提出了两种压溶作用强度定量计算方法。对于黏土矿物含量低的颗粒灰岩,根据缝合线的最大幅度对压溶作用强度进行定量表征,缝合线幅度越大,压溶作用强度越强。对于黏土矿物含量高的泥晶灰岩、颗粒泥晶灰岩和泥晶颗粒灰岩,依据残余物与围岩黏土矿物丰度的关系及残余物厚度进而定量表征压溶作用的强度。计算结果表明,泥晶灰岩的压溶程强度显高于颗粒灰岩。泥晶灰岩内部平均地层压溶减薄厚度(110.15mm/m)明显比颗粒灰岩中平均地层压溶减薄厚度

(303.38mm/m)大。造成这两类岩石压溶强度差异的主要因素可能是由于岩石组分的差异与结构的非均质性。储层孔隙度与黏土矿物的含量呈显著的负相关关系,表明黏土矿物对压溶作用有显著的促进作用。

结果表明,压溶作用对储层的孔隙度起破坏作用,而对渗透率起改善作用。储层孔隙度与压溶作用的强度呈良好的负相关关系,且观察发现缝合线两侧胶结作用相对较强,有缝合线样品的孔隙度比无缝合线样品的偏小,指示压溶作用产生的胶结物导致临近储层(小于0.6m)孔隙度降低。然而,缝合线内部大量的孔隙、方解石胶结物以及集中分布的沥青表明缝合线可以作为流体运移的潜在优势通道,且渗透率结果表明,缝合线使储层的渗透率提高一个数量级(尤其对于低孔低渗的储层)。

**参考文献** [1]. Ehrenberg S N., 2004. Factors controlling porosity in Upper Carboniferous - Lower Permian carbonate strata of the Barents Sea [J]. AAPG Bulletin, 88 (12): 1653-1676. [2]. Flügel E., 2004. Microfacies of carbonate rocks [M]. Springer, Berlin Heidelberg, 1-976. [3]. Morad D, Nader F H, Morad S, et al., 2018. Impact of stylolitization on fluid flow and diagenesis in Foreland Basins: Evidence from an Upper Jurassic carbonate gas reservoir, Abu Dhabi, United Arab Emirates [J]. Journal of Sedimentary Research, 88 (12): 1345-1361. [4]. Paganoni M, Harthi A A, Morad D, et al., 2016. Impact of stylolitization on diagenesis of a Lower Cretaceous carbonate reservoir from a giant oilfield, Abu Dhabi, United Arab Emirates [J]. Sedimentary Geology, 335 (Apr. 15): 70-92.

**关键词** 碳酸盐岩地层; 缝合线; 压溶作用强度; 储层物性; 川东北地区





摘要 ID:1313

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地灯影组二段微生物丘滩结构与沉积模式

宋金民<sup>1</sup>、刘树根<sup>2</sup>、张水昌<sup>3</sup>、李智武<sup>1</sup>、柳少波<sup>3</sup>、马行陟<sup>3</sup>、金鑫<sup>1</sup>、任佳鑫<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 西华大学

3. 中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院

上震旦统灯影组是四川盆地古老深层天然气的重要产层。1964年发现了我国最古老的大型气田—威远气田, 探明地质储量  $400 \times 10^8 \text{m}^3$  (Wei et al., 2008); 1994年发现资阳含气区, 控制储量  $102 \times 10^8 \text{m}^3$  (孙玮等, 2017; 陈娅娜等, 2017)。2011年部署在高石梯—磨溪构造的高石1井在震旦系灯影组获气  $138.15 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$  (邹才能等, 2014); 2016年高石梯构造灯四段提交探明地质储量  $3697 \times 10^8 \text{m}^3$ , 目前灯影组的储量规模可达  $10000 \times 10^8 \text{m}^3$  (罗冰等, 2015; 赵路子等, 2020)。近期蓬探1井灯二段测试获天然气  $121.98 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ , 展示出灯二段具有较大勘探潜力。但目前对灯二段的微生物丘滩的结构、沉积模式和演化特征的研究尚显薄弱, 这制约着下一步的勘探开发进程。

通过无人机航拍、剖面实测和微观薄片分析, 对四川盆地灯二段微生物丘滩的结构和沉积模式进行研究。研究表明, 灯二段发育三种类型的微生物丘滩建造类型, 即克拉通内、克拉通边缘和斜坡型微生物丘滩建造; 微生物丘滩发育凝块组构、叠层组构、泡沫绵层组构、树枝状组构和包覆组构, 形成凝块石、纹层叠层石、泡沫绵层石、枝状石、核形石和葡萄石, 微生物丘滩体内划分出9种沉积微相类型, 完整的纵向相序结构为窗格孔粘结岩 (MF8)、纹层叠层粘结岩 (MF2) → 凝块粘结岩 (MF1) → 泡沫绵层粘结岩 (MF3) → 微生物格架岩 (MF4) → 凝块粘结岩 (MF1) → 核形石粘结岩 (MF6)、亮晶胶结核形石白云岩 (MF7)、集合颗粒岩 (MF5) → 葡萄花边状白云岩 (MF9)。台内微生物丘滩以宽缓的丘状建造为主, 呈现出下滩上丘的特征; 台缘带进一步分为外带和内带, 台缘外带微生物丘滩与台缘斜坡沉积共生, 成丘成隆, 呈现“下灰泥丘—上丘滩”结构, 向北东迁移, 表现为“大丘小滩成带”的特征。台缘内带微生物丘滩与丘后泻湖沉积共生, 宽平层状建造为主, 呈现“下席上丘”的结构, 向南西迁移, 表现出“大席小丘连片”的特征。斜坡型微生物丘滩呈现出薄层小丘的特征, 与滑塌沉积、浊积岩共生。台缘外带垂向叠置的微生物丘滩是最有利的储集相带, 台缘内带和台内则为平面连片的微生物坪和微生物丘滩为有利储集体。

**参考文献** Wei Guoqi, Chen Gengsheng, Du Shangming, et al. Petroleum systems of the oldest gas field in China: Neoproterozoic gas pools in the Weiyuan gas field, Sichuan Basin[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2008, 25, 371-386. 邹才能, 杜金虎, 徐春春, 等. 四川盆地震旦系—寒武系特大型气田形成分布、资源潜力及勘探发现[J]. *石油勘探与开发*, 2014, 41 (3): 278-293. 陈娅娜, 沈安江, 潘立银, 等. 微生物白云岩储集层特征、成因和分布—以四川盆地震旦系灯影组四段为例[J]. *石油勘探与开发*, 2017, 44 (5): 704-715. 罗冰, 杨跃明, 罗文军, 等. 川中古隆起灯影组储层发育控制因素及展布[J]. *石油学报*, 2015, 36 (4): 416-426. 赵路子, 汪泽成, 杨雨, 等. 四川盆地蓬探1井灯影组灯二段油气勘探重大发现及意义[J]. *中国石油勘探*, 2020, 25 (3): 1-12.

**关键词** 灯二段; 微生物丘滩; 微相相序; 台缘; 沉积模式; 四川盆地



摘要 ID: 3343

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 顺北超深走滑断控缝洞型油气藏成藏条件及勘探意义

李宗杰、曹自成、李海英、韩俊、黄诚、林波\*  
中国石油化工股份有限公司西北油田分公司

塔里木盆地深层-超深层油气资源丰富, 是未来勘探接替的重要方向。中国石化“深地一号工程”——顺北油气田的勘探开发, 揭示了超深层走滑断控缝洞型油气藏巨大的勘探潜力。超深断控缝洞型油气藏类型独特, 油气富集宏观上主要受断裂带控制, 平面上沿断裂带展布, 剖面上分布在断控缝洞型储集体内部, 具有埋藏深( $>7600\text{m}$ )、温度高( $>175^\circ\text{C}$ )、压力大( $>80\text{MPa}$ )的地质特点, 同时也面临断裂带内部储层非均质性强、储集体结构复杂等带来的规模储层预测难、油气富集规律不明等关键勘探难题。本文选取顺北中部北东向断裂体系的顺北4号、8号断裂带为研究对象, 通过开展针对中小尺度高陡走滑断裂带的地震资料处理-解释-预测一体化攻关与地震-地质-实验模拟联合研究, 取得了超深层碳酸盐岩断控油气藏地质认识与勘探技术系列突破: 一是实现了大沙漠区超深层高陡走滑断裂带内部结构精细描述, 揭示了走滑断裂带内部具有栅状储集体空间结构特征; 二是阐明了栅状储集体的成因机制与主控因素, 建立了“差异分段, 一体多栅”规模储集体发育模式, 指导了井型设计与井网构建; 三是形成了“三参数”空间精准定位技术, 实现了基于最大井控地质储量的最优井轨迹设计; 四是建立了顺北中部地区“多源供烃、断坡输导、多期充注、断栅控富”凝析气藏高产富集规律, 丰富了超深层海相油气成藏理论。成果应用指导了顺北4号与顺北8号断裂带勘探开发一体化井位部署, 相继打出了一批千吨高产井, 实现了超深层特殊复杂油气藏的“少井高产”, 快速建成百万吨产能新阵地, 对我国其他盆地的超深层油气藏勘探具有重要借鉴意义。

### 参考文献

**关键词** 顺北油气田; 超深层; 断控缝洞型油气藏; 栅状结构; 勘探意义



摘要 ID:202

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地持续深埋型碳酸盐岩储层成因机制与预测技术

曹颖辉<sup>1</sup>、王珊<sup>2</sup>、马德波<sup>2</sup>

1. 中石油研究院

2. 中国石油勘探开发研究院

近年来,在塔里木盆地深层碳酸盐岩地层中不断有大油气发现,如中石化的顺北、中石油的满深等。与早期发现的轮南、塔河油气田不同,这些新的发现均位于持续深埋区,未经历经过大的风化剥蚀。持续深埋碳酸盐岩储层的成因机制是什么,如何预测?对这一问题的回答不仅对塔里木盆地深层油气勘探意义重大,对其它盆地碳酸盐岩储层成因与预测也有重要的借鉴意义。

大量钻井揭示白云岩及灰岩中均有优质储层发现。其中白云岩储层主要有两种类型:一类主要分布于细-中晶云岩中,以晶间孔隙为主;另一类主要分布于粗晶云岩中,以裂缝-孔洞为主。灰岩储层主要分布于藻砂屑灰岩中,以粒内微孔隙为主。

通过大量岩心、薄片、测试分析,得出持续深埋型碳酸盐岩储层主要存在两种成储机制。一是颗粒灰岩经过早期白云石化作用和早表生岩溶作用使原生孔隙得以继承,同时增加了岩石的抗压实性,浅埋藏重结晶作用使孔隙重新分配,形成分布均匀的孔隙型储层;后期随着埋藏进一步加深,过渡白云石化作用使先存孔隙有所减少,但构造破裂作用沟通深部流体,使粗晶白云岩产生裂缝和局部溶蚀、充填,形成分布不均的裂缝-孔洞型储层。二是藻砂屑灰岩首先经过海底泥晶化作用和胶结作用,原生孔隙消失殆尽,后期随着埋藏加深,藻砂屑灰岩富含的有机质成熟,产生有机酸,藻砂屑颗粒被有机酸溶蚀形成微孔隙,胶结物不溶构成支撑骨架,后期构造破裂,沟通热液对微孔隙型储层进行进一步改造。

综上所述,持续深埋型碳酸盐岩储层具有很强的相控性和断控性。针对相控、断控储层的特点,我们探索形成一套4步法地震储层预测技术。即:第一步,古地貌和地震沉积学分析,预测宏观相带展布;第二步,模型正演和属性分析,刻画滩体分布;第三步,相控波阻抗反演,预测滩体内储层分布;第四步,构造导向滤波和结构张量分析,刻画断溶体。最后,断溶体与滩体储层叠合,预测连通性储层分布。

**参考文献** [1] 王珊,曹颖辉,杜德道等,塔里木盆地古城地区奥陶系鹰山组白云岩特征及孔隙成因.岩石学报[J].2020,36(11):3477-3492.[2] 尤华东,韩俊,胡文瑄等,超深层灰岩孔隙-微孔隙特征与成因-以塔里木盆地顺南7井和顺托1井一间房组灰岩为例.石油与天然气地质[J].2017,38(4):693-702.[3] 刘宝增、漆立新、李宗杰等,顺北地区超深层断溶体储层空间雕刻及量化描述技术.石油学报[J].2020,41(4):412-420.

**关键词** 持续深埋型 碳酸盐岩 储层成因 预测技术



摘要 ID:458

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组马四段丘滩沉积及其控储效应

吴东旭\*

中国石油杭州地质研究院

鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组是盆地重要的碳酸盐岩储层发育段,也是下古生界天然气勘探的主要层段,其中马四段是目前风险勘探的重点层位。但之前的研究普遍认为,马四段只在中央古隆起附近发育白云岩储层,在盆地中东部储层并不发育。本文基于岩心、薄片观察,结合地层对比、沉积结构描述等基础研究,并运用测井岩石结构组分解和井震结合古地貌恢复等手段,对鄂尔多斯盆地马家沟组马四段沉积期古地貌以及沉积特征和储层展布进行了详细分析。研究表明:①受控于沉积期隆坳相间的古地貌格局,马四段发育大量的台内丘滩微相,易于发生准同生溶蚀和白云石化作用,是储层发育的有利相带。②马四段储层以砂屑白云岩、藻砂屑白云岩、粉-细晶白云岩为主,储集空间主要为粒间孔、晶间孔、溶蚀孔等。储层的发育受控于三个因素,台内古隆起部位发育的丘滩体是物质基础,高频层序控制的准同生溶蚀作用是储层形成的主要因素,白云石化是储层后期保存的关键。③纵向上,储层主要分布于马四2亚段和马四1亚段;平面上,马四段储层主要分布于台内低凸起带和台缘带。马四期台内隆坳相间古地貌控制了丘滩相带和白云岩储层的展布,为鄂尔多斯盆地地下古生界天然气勘探提供了有力支撑,这一新认识也为碳酸盐岩台内沉积储层的研究和深层天然气的勘探提供了新思路。

### 参考文献

**关键词** 沉积微相; 储层; 古地貌; 颗粒滩; 准同生溶蚀



摘要 ID:1466

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 古城地区鹰山组三段白云岩储层成岩-孔隙演化研究

冯子辉<sup>\*1,2</sup>、邵红梅<sup>1,2</sup>、高波<sup>1,2</sup>、白雪晶<sup>1,2</sup>、洪淑新<sup>1,2</sup>

1. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

2. 碳酸盐岩储层重点实验室大庆油田研究分室

塔里木盆地古城地区奥陶系鹰山组鹰三段为古老海相碳酸盐岩沉积。通过岩心观察和岩石薄片观察,识别了粉晶、细晶、粗-中晶和粗晶白云岩4类白云岩;结合阴极发光、包裹体均一温度、盐度、元素地球化学分析及激光原位U-Pb定年技术,获得原岩与缝洞中方解石、白云石、硅质等充填物的岩石学、矿物学、元素地球化学及年代学信息,判断成储和成藏耦合时间和匹配关系,明确了充填孔洞方解石、白云石胶结物的成因对应关系。同生期云化作用时间及孔洞充填的第1期白云石胶结物年龄,均与奥陶系地层年龄相当,表明溶蚀孔洞及裂缝为大气水溶蚀形成;孔洞的充填是储集空间主要的演化过程,主要发生于加里东期,裂缝作为成岩介质的运移通道,先后经历了埋藏期云化作用、热液云化作用、方解石胶结充填作用;未被胶结物充填的残留孔洞、裂缝构成为主要储集空间。

### 参考文献

**关键词** 储层演化; 元素地球化学分析; 激光原位U-Pb定年; 奥陶系鹰三段; 古城地区



摘要 ID:2065

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 四川盆地北部下寒武统仙女洞组生物礁发育模式与成储意义

周力、唐浩\*、谭秀成、李明隆

西南石油大学

生物礁储层是四川盆地碳酸盐岩油气藏的重要储层类型。下寒武统仙女洞组生物礁广泛发育,但在盆地内部并未形成良好储层。本文以四川盆地北部仙女洞组生物礁为研究对象,通过宏微观特征精细描述、礁沉积环境恢复和发育过程重建,探讨了仙女洞组生物礁成储较差的原因。取得的主要认识有:(1)区内仙女洞组生物礁主要有古杯障积-粘结岩礁、附枝菌微生物岩礁、肾形菌微生物岩礁、葛万菌微生物岩礁和核形石微生物岩礁5类;(2)仙女洞组生物礁主要发育于滩后或滩间潟湖的安静水体之中;(3)微生物是仙女洞组生物礁格架的主要或重要建造者。其中,微生物在古杯障积-粘结岩礁中通过微生物席粘结古杯及其障积物形成礁格架,在其余几种礁中则是通过自身钙化生长形成礁格架;(4)古杯障积-粘结岩礁、附枝菌微生物岩礁和肾形菌微生物礁形成过程中始终伴随细粒沉积物对格架孔隙的充填。葛万菌微生物岩礁则是由于菌丝紧密生长而缺乏格架孔隙。核形石微生物礁中致密的核形石散布于细粒沉积物之中,未形成坚实的多孔格架。因此,仙女洞组生物礁普遍不发育早期孔隙,也就难以在中晚期成岩环境中被进一步优化改造,这是造成四川盆地仙女洞组生物礁难以规模成储的主要原因。

**参考文献** [1] 范嘉松. 古代生物礁研究中的若干问题, 兼论我国西南地区二叠系生物礁的类型[J]. 石油与天然气地质, 1988, 9(1):46-55. [2] 甘玉青, 肖传桃, 张斌. 国内外生物礁油气勘探现状与我国南海生物礁油气勘探前景[J]. 海相油气地质, 2009, 14(1):16-20. [3] 龚峻林, 李飞, 苏成鹏, 等. 细粒浊积岩特征, 分布及发育机制: 以川北唐家河剖面寒武系郭家坝组为例[J]. 古地理学报, 2018, 20(3):349-364. [4] 乐宏, 赵路子, 杨雨, 等. 四川盆地寒武系沧浪铺组油气勘探重大发现及其启示[J]. 天然气工业, 2020, 325(11):17-25. [5] 刘春燕, 林畅松, 吴茂炳, 等. 中国生物礁时空分布特征及其地质意义[J]. 世界地质, 2007, 26(1):44-51. [6] 罗冰, 杨跃明, 罗文军, 等. 川中古隆起灯影组储层发育控制因素及展布[J]. 石油学报, 2015, 36(4):416-426. [7] 马德芹, 田景春, 林小兵, 等. 四川盆地二叠系长兴组生物礁发育的差异性及控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(6):1176-1187. [8] 马立桥, 董庸, 屠小龙, 等. 中国南方海相油气勘探前景[J]. 石油学报, 2007, 28(3):1-7. [9] 马永生, 蔡勋育, 赵培荣, 等. 四川盆地大中型天然气田分布特征与勘探方向[J]. 石油学报, 2010, 31(3):347-354. [10] 沈骋, 谭秀成, 周博, 等. 川北旺苍唐家河剖面仙女洞组灰泥丘沉积特征及造丘环境分析[J]. 地质论评, 2016, 62(1):202-214. [11] 沈骋. 旺苍县鼓城乡唐家河剖面仙女洞组沉积环境精细研究[D]. 西南石油大学, 2015. [12] 谭秀成, 罗冰, 江兴福, 等. 四川盆地基底断裂对长兴组生物礁的控制作用研究[J]. 地质论评, 2012, 58(2):277-284. [13] 汪新伟, 沃玉进, 周雁, 等. 上扬子地区褶皱-冲断带的运动学特征[J]. 地学前缘, 2010, 5(3):200-212. [14] 魏显贵, 杜思清, 何政伟, 等. 米仓山地区构造演化[J]. 矿物岩石, 1997, 17(S1):110-116. [15] 杨慧宁, 毛颖颜, 潘兵, 等. 陕南寒武纪早期仙女洞组生物礁灰岩微相序列[J]. 微体古生物学报, 2016, 33(1):75-86. [16] 张俊明, 袁克兴. 湖北宜昌王家坪下寒武统天河板组古杯礁丘及其成岩作用[J]. 地质科学, 1994(3):236-245. [17] 曾楷, 李飞, 龚峻林, 等. 寒武系第二统仙女洞组混合沉积特征及古环境意义——以川北旺苍唐家河剖面为例[J]. 沉积学报, 2020, 38(1):166-181. [18] 赵文智, 沈安江, 周进高, 等. 礁滩储集层类型、特征、成因及勘探意义——以塔里木和四川盆地为例[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(3):257-267. [19] Canfield D E, Thamdrup B. Towards a consistent classification scheme for geochemical environments, or, why we wish the term 'suboxic' would go away. [J]. Geobiology, 2010, 7(4):385-392. [20] Hicks M, Rowland S M. Early Cambrian microbial reefs, archaeocyathan inter-reef communities, and associated facies of the Yangtze Platform[J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 2009, 281(1-2):137-153. [21] Kruse P D, Gandin A, Debrenne F, et al. Early Cambrian bioconstructions in the Zavkhan Basin of western Mongolia[J]. Geological Magazine, 1996, 133(4):429-444. [22] Pratt B R, Spincer B R, Wood R A, et al. Ecology and evolution of Cambrian reefs. 2001. [23] Riding R. Structure and composition of



organic reefs and carbonate mud mounds: concepts and categories[J]. *Earth Science Reviews*, 2002, 58(1-2):163-231. [24] Tang H, Kershaw S, Tan X G, et al. Sedimentology of reefal buildups of the Xiannüdong Formation (Cambrian Series 2), SW China[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2019, 8(2):170-180. [25] Yang X, Hao T, Wang X, et al. Dolomitization by Penesaline Sea Water in Early Cambrian Longwangmiao Formation, Central Sichuan Basin, China[J]. *Journal of Earth Science* 2017, 28(2):305-314. [26] Zhang M, Hong J, Choh S J, et al. Thrombolite reefs with archaeocyaths from the Xiannüdong Formation (Cambrian Series 2), Sichuan, China: implications for early Paleozoic bioconstruction[J]. *Geosciences Journal*, 2017, 21(5):1-12. [27] Zhang Y, Li Q, Li Y, et al. Cambrian to Lower Ordovician reefs on the Yangtze Platform, South China Block, and their controlling factors[J]. *Facies*, 2016, 62(3):1-17. [28] Zhuravlev A Y, Wood R. Lower Cambrian reefal cryptic communities[J]. *Palaeontology*, 1995, 38(2):444-467.

**关键词** 四川盆地; 下寒武统; 仙女洞组; 生物礁; 发育模式; 储层



摘要 ID: 3396

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 川东地区寒武系洗象池组白云岩地球化学特征及成因

张浩<sup>1</sup>、文华国<sup>1,2</sup>、张本健<sup>3</sup>、李璐萍<sup>1</sup>、梁金同<sup>\*1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院
2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)
3. 西南油气田公司勘探开发研究院

**摘要:** 四川盆地寒武系洗象池组发育大套厚层白云岩, 是四川盆地油气勘探重要的接替层系。本文以川东地区三汇剖面为例, 通过对白云岩样品开展岩石学、矿物学、和地球化学特征分析, 探讨了洗象池组白云岩的成因机制。研究表明: (1) 洗象池组白云岩主要为泥-粉晶白云岩(D1)、颗粒白云岩(D2)和粗粉-细晶白云岩(D3), 另有少量的鞍状白云石胶结物(D4); 所选白云岩样品  $Al/(Ca+Mg)$  摩尔比值小于 0.01, 说明白云岩受到陆源碎屑影响较小, 可以用来反映原始成岩流体的地球化学信息; (2) D1、D2 和 D3 样品的  $\delta^{18}O$  平均值介于 -9.47‰ 和 -8.97‰ 之间, 全部落在同期海水  $\delta^{18}O$  值范围内, 反映其形成可能与海源流体有关; 而 D4 白云岩的  $\delta^{18}O$  值较低, 平均值为 -11.08‰, 指示白云化流体可能为热液流体; (3) 所有样品经 PAAS 标准化后均具有 Ce 和 Eu 的负异常, 其中 D1、D2 和 D3 的异常值分布较为集中, 反映其白云化流体来源具有一致性, 可能均与海源流体有关; 而 D4 样品的 Ce 异常值相对较低, 且包裹体测温结果明显高于其余 3 类样品, 说明其形成可能与外源热液流体有关; (4) 通过白云岩氧同位素和包裹体温度值可以计算, D1 的白云化流体可能为大气淡水和海水的混合流体, D2 和 D3 的白云化流体以海源流体为主, D4 的形成主要受到热液流体的影响。综上分析, 认为川东地区中-上寒武统洗象池组白云岩成因复杂、白云化流体类型多样, 主要发生了近地表-浅埋藏淡水稀释白云石化及中-深埋藏地层卤水白云石化作用, 同时经历了后期热液流体的改造作用。

### 参考文献

**关键词** 川东地区; 寒武系; 洗象池组; 地球化学; 白云岩成因





摘要 ID:2197

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地西北部中泥盆统观雾山组超深层角砾白云岩流体示踪及储层成因机制

肖笛\*、谭秀成、李凌、唐浩、钟寿康  
西南石油大学

随着世界范围油气勘探的不断推进, 深层-超深层逐渐成为油气资源发展的重要新领域。过去传统理论认为, 随着埋深的不断增加, 孔隙会逐渐丧失。然而, 越来越多的深层-超深层规模碳酸盐岩油气藏的勘探发现揭示了即使在超深埋藏状态下, 孔隙型储层依然存在, 进而极大地引起了油气地质勘探家的兴趣, 成为当前勘探领域的一个热点。上世纪 80 年代以来, 人们普遍认为埋藏溶蚀作用是这类年代老、埋深大的储层形成的主要原因, 且针对埋藏溶蚀的流体来源与作用机理, 学者们通过模拟实验与实际研究实例开展了大量开拓性工作, 提出诸如 TSR 作用及其溶蚀、有机酸溶蚀、深部热液作用及其溶蚀等诸多观点。近期针对超深层储层的研究发现, 这些储层似乎普遍具有层控、相控的特征, 意味着这些储集体可能在沉积成岩早期已经形成, 后期埋藏溶蚀作用可能主要以孔隙的调整为主。由此可见, 深层-超深层碳酸盐岩经历了复杂的构造-沉积-成岩过程, 储层的形成保存过程与机制极其复杂, 长期以来争议不断。本文以四川盆地西北部中泥盆统观雾山组白云岩为例, 应用岩石学和地球化学相结合的手段, 开展了一个超深层碳酸盐岩储层改造的实例研究。结果表明, 基于钻井岩心和显微镜下的岩石学特征, 可识别出基质角砾云岩和角砾间白云石两大类, 且后者伴生闪锌矿、重晶石等矿物组合。进一步针对不同类型白云岩展开了碳氧同位素、微量稀土元素以及包裹体等的地球化学分析, 发现基质角砾云岩整体保留了同期海水的信息 (具  $\delta^{18}\text{O}$  相对正偏、低 Fe、Mn, 稀土配分曲线左倾且 Ce 负异常), 角砾边缘具有大气淡水改造的痕迹 (稀土配分曲线相对平坦且低 Y/Ho); 角砾间白云石成岩流体表现为深部热液作用特征 ( $\delta^{18}\text{O}$  相对负偏, 高 Fe、Mn, 稀土配分曲线呈中稀土富集), 且它们的流体包裹体均一温度远高于当时的正常埋藏地温。观雾山组角砾云岩储层形成于沉积成岩早期, 是近地表海源流体云化与大气淡水岩溶作用的结果, 而热液作用对储层具有明显的胶结充填破坏性影响, 因此勘探上应注重沉积成岩早期的有利储集区带, 避开构造热液活跃区。这是一个典型的早期沉积成岩成储、晚期热液破坏充填的超深层碳酸盐岩储层实例, 可望具有普适性意义, 可为深层-超深层勘探提供参考。

### 参考文献

**关键词** 超深层碳酸盐岩储层; 热液作用; 早成岩期岩溶; 观雾山组; 中泥盆统; 四川盆地西北部



摘要 ID:2469

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 碳酸盐岩底水气藏开发地质认识与有利区优选——以四川盆地高石梯灯二段气藏为例

刘耘\*、徐伟、刘曦翔、何溥为、邓惠、鲁杰  
西南油气田勘探开发研究院

四川盆地高石梯地区灯二段气藏成功钻探多口测试无阻流量超百万方气井,已于近期提交了探明地质储量,成为了四川盆地深层碳酸盐岩气藏的下一个重点开发领域。然而该区块灯二段气藏储层非均质性强、气井测试产量差异大、底水发育广泛,给灯二段气藏的稳态效益开发带来巨大的挑战。基于岩心薄片、压汞及储层物性等资料,本研究建立了该区块储层类型划分标准,将灯二段储层划分为孔隙型、孔洞型和裂缝-孔隙型三类储层。通过物性及测试产量对比认为优质储层类型为孔洞型和裂缝-孔隙型储层,在纵向上主要分布于灯二段顶界面之下40-160 m以内,优质储层的发育在一定程度上影响着产能分布。针对该类底水气藏有利开发区优选,利用井震结合手段对灯二段气柱高度分布特征进行精细刻画,结果表明在高石梯地区低缓背斜的构造背景下,气柱高度从构造高部位向构造边部逐渐减小,同时断裂平面刻画及裂缝发育预测结论表明断裂发育区裂缝分布密度更大。总结以上观点,综合优质储层厚度、气柱高度以及断裂分布等开发地质要素建立灯二段气藏开发有利区划分标准:优质储层厚度大于20 m、气柱高度大于100 m且远离断裂为一类有利区;优质储层厚度大于10 m、气柱高度大于50 m为二类有利区;优质储层厚度小于10 m、气柱高度小于50 m为三类有利区。研究成果明确了高石梯灯二段底水气藏的开发地质特征及有利区优选标准,为后续开发技术对策的制定和类似气藏的高效开发奠定坚实的基础。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地;高石梯;灯二段;开发地质;有利区优选



摘要 ID:3006

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木顺北地区走滑断裂油气藏内断裂活动差异及对油气成藏的启示: 以顺北4号断裂带为例

刘大卫\*、李映涛、王石

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

塔里木盆地顺托果勒底隆区的超深层走滑断裂油气藏(>7500m)是一类典型断控型油气藏,勘探实践证明其直立走滑断裂控制着“板状”油藏发育,这越加凸显断控成岩作用研究对该类油藏成储成藏的重要。其中,本研究选取的4号走滑断裂带具有区域延伸规模大、断裂构造样式丰富的特征,选取断裂带内北部走滑拉分段(X4、X5井)、南部走滑压隆段(X7、X2井)的代表钻井,通过对取芯井段断缝充填矿物(方解石为主)进行岩石学、稳定同位素(C-O)、方解石U-Pb定年以及包裹体显微温度学研究,厘定断裂内成岩序列、断输流体类型以及活成矿动年代,进而约束断裂区带活动差异和油气富集规律。研究发现:(1)北部的走滑断裂拉分段存在持续活动的特征,识别出加里东中期I幕、加里东中期III幕-晚加里东、早-中海西期以及中-新生代微断裂调节这4期断裂活动;南部走滑断裂压隆段构造活动则相对偏弱,仅识别出加里东III幕-晚加里东、中-新生代微断裂调节这2期断裂活动;(2)基于流体包裹体反应的烃类流体运移时期统计发现4号断裂北段及南段油气充注时期同样存在差异,除了在断裂带内部皆识别出加里东中期III幕的油气充注时期之外,在北段拉分段内进一步识别出早-中海西期、燕山晚期等多期烃类充注现象。综上,北部拉分段具有多期断裂活动和烃类充注特征,具备更优的断控油藏的勘探潜力。

### 参考文献

**关键词** 顺北地区;走滑断裂;断控成岩;U-Pb定年;烃类充注



摘要 ID:3029

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 川东南中二叠统茅口组白云岩特征与成因机理

韩月卿<sup>1</sup>、张军涛<sup>2</sup>、何治亮<sup>3</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院
2. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院
3. 中国石油化工股份有限公司

近期川东南多口钻井在中二叠统茅口组白云岩储层获得了油气突破,但其具有很强的非均质性,白云岩化机理不明确,难以预测优质白云岩储层的展布规律。本次研究基于区域地质背景和峨眉山大火成岩省热事件,通过岩石学和地球化学等综合分析,系统总结了不同类型白云岩的特征及成因机理。研究认为:川东南茅口组白云岩以细-中晶白云岩为主,泥-粉晶白云岩和白云石胶结物次之;綦江地区主要发育层状细-中晶白云岩,白云石呈自形-半自形晶,多具有雾心亮边结构和明显的颗粒幻影,阴极发光下晶体内部呈棕色-红色,由内向外过渡为暗红色,细-中晶白云石的  $\delta 180$  (V-PDB) 值、 $\delta 13C$  (V-PDB) 值、 $87Sr/86Sr$  值均表明白云岩化流体主要为海水,可能为浅埋藏期中等盐度回流渗透白云岩化作用生成,后期经历重结晶或海源流体的热调整改造;秦来地区主要发育斑块状泥-粉晶、细-中晶白云岩以及裂缝内充填的白云石胶结物,原始岩石较致密,晶粒结构不明显,白云石胶结物以具波状消光的鞍形白云石为主,阴极发光下可见多期环带状特征, $\delta 180$  (V-PDB) 值、 $\delta 13C$  (V-PDB) 值、 $87Sr/86Sr$  值表明泥-粉晶、细-中晶白云岩主要形成于浅埋藏期海水环境,后期经历了来自或穿碎屑岩层热流体的直接影响,在裂缝内沉淀白云石胶结物及方解石。总体而言,准同生期溶蚀作用、浅埋藏期白云岩化作用、热流体调整改造作用和岩溶作用是控制川东南地区茅口组储层的关键因素,其中浅埋藏期回流渗透白云岩化作用是该区白云岩的主要成因。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地; 中二叠统; 茅口组; 白云岩; 特征; 成因机理



摘要 ID: 248

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 富硅热液流体对碳酸盐岩的改造

尤东华<sup>1</sup>、韩俊<sup>2</sup>、王小林<sup>3</sup>、万野<sup>4</sup>

1. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所
2. 中国石油化工股份有限公司西北油田分公司勘探开发研究院
3. 南京大学地球科学与工程学院
4. 中国科学院深海科学与工程研究所

近年来,随着深层-超深层油气勘探的深入,钻井揭示了越来越多的硅化碳酸盐岩储层,显示富硅热液流体对碳酸盐岩的改造具有一定的普遍性。由于对富硅热液流体性质认识的不足以及复杂的碳酸盐岩成分-结构差异导致对“硅化作用”的认识偏差。基于 Quartz-H<sub>2</sub>O、Quartz-H<sub>2</sub>O-CO<sub>2</sub>体系不同温度、压力条件下的计算模拟,显示 200°C 条件下 SiO<sub>2</sub> (aq) 饱和条件下的富硅热液流体 pH 约为 3.5~5.5, SiO<sub>2</sub> (aq) 的赋存形式以单体硅酸 (H<sub>4</sub>SiO<sub>4</sub>) 为主,由此揭示在深层较高温度条件下富硅热液呈弱酸性-酸性特点。由于方解石与白云石的物理-化学性质差异,导致不同成分-结构差异的碳酸盐岩面对酸性-弱酸性富硅热液流体的改造表现为多种形式的硅化作用,如硅化碳酸盐岩储层(以微晶石英、粒状-柱状石英为主要表现形式)、滑石化与硅灰石化。不同表现形式取决于流体-岩石相互作用过程的两种化学过程:一、碳酸盐矿物溶解-石英沉淀同时发生;二、SiO<sub>2</sub> (aq) 与碳酸盐矿物发生交代反应。此外,岩石的渗透性、流体的 SiO<sub>2</sub> (aq) 饱和程度、温压体系与挥发份组分等参数共同影响了富硅热液流体对碳酸盐岩的改造。断裂体系、流体通量、体系的开放与封闭性等要素可能控制了硅化碳酸盐岩储层发育规模。

### 参考文献

**关键词** 硅化作用; 热液流体; 石英; 碳酸盐岩储层



摘要 ID:434

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 早成岩期岩溶特征及其对古老深层碳酸盐岩储层的成因启示 —— ——以川中磨溪 8 井区灯影组四段为例

赵东方\*、谭秀成  
西南石油大学

随着油气资源需求量的增长和勘探开发技术手段的进步, (超) 深层勘探已经成为油气勘探领域的重点。埃迪卡拉系灯影组作为我国主要深层油气储集层之一, 近年来取得重大发现。但由于灯影组埋深大, 且构造—成岩改造较为复杂, 使得其储层成因依然存在争议, 这直接制约了下一步勘探进程和优质储层的分布预测。

为进一步深化古老深层白云岩储层成因理论, 以川中磨溪 8 井区灯影组四段(简称灯四段)为例, 基于精细的宏微观观察和物性数据, 分析其岩溶特征和演化规律, 并探讨其与储层发育和保存的关系。结果表明, 灯四段储层类型为孔洞型储层, 主要的储集岩类型与微生物丘密切相关, 而岩溶作用具有组构选择性溶蚀、花斑状溶蚀和半离解带等典型早期溶蚀特征(图 1)。灯四段储层主要集中在向上变浅序列的中上部, 纵向上频繁叠置, 薄层多套, 具有韵律性分布的特征。上述特征表明, 灯四段优质储层的发育与相对海平面频繁升降驱动下的早成岩期岩溶作用密切相关。储层质量则与暴露时间和溶蚀强度有关, 适宜的暴露改造使得原生残余孔隙溶蚀扩大, 对储层起到重要的建设性作用; 而暴露时间过长或溶蚀强度过大, 则使得先期相对孤立的孔洞彼此连接, 大多垮塌或被充填破坏, 呈现整体角砾化的特征。因此, 灯四段有效储层整体表现为“小孔(洞)保存, 大孔(洞)充填”的特征, 并且随着岩溶的演化, 储集性能呈现先优化而后变差的规律。

### 参考文献

**关键词** 高频暴露; 溶蚀强度; 孔洞型储层; 微生物白云岩; 四川盆地



摘要 ID:686

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 超深层碳酸盐岩优质储层(集体)形成机制-来自沉积露头剖析的启示

陈强路\*、袁坤

中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

油气勘探实践表明在塔里木、四川等盆地埋深超过 6000 米仍发育岩溶洞穴型、断裂缝洞型和礁滩孔隙型等碳酸盐岩优质储层。超深层碳酸盐岩领域优质储集体的形成、保持(或保存)是研究的热点,限于资料条件也是研究的难点,本文基于利川腾龙洞和宣汉盘龙洞两个不同类型露头的研究,分析了岩溶洞穴、缝洞和礁滩孔隙型储层(储集体)的形成机制。

腾龙洞岩溶洞穴系统是指地质历史时期形成的和现今仍在发育之中旱洞和清江伏流地下河的总称,洞穴系统测量长度为 59.8km,居亚洲第二位。构造位置属于湘鄂西褶皱带中利川复向斜带的小青垭背斜东南翼。研究表明,地质构造控制着溶蚀作用发生部位和方向,岩层中沿背斜轴向发育的纵张裂隙(走向  $NE40^{\circ} \sim 50^{\circ}$  及  $NEE75^{\circ} \sim 85^{\circ}$ )决定着主洞的发育方向,横张裂隙(走向  $NW15^{\circ} \sim 25^{\circ}$ )决定着部分支洞的发育方向。岩层产状平缓,为在翼部形成水平方向洞穴创造了条件。间歇性构造抬升决定了岩溶作用的阶段性和洞穴发育的层楼结构。腾龙洞岩溶洞穴发育于嘉陵江组下段,为巨厚的单层为薄层、中厚层微晶灰岩夹白云质灰岩,洞穴形成过程中洞顶垮塌陷落,可能是形成宽敞大厅和洞中有山的原因。

盘龙洞生物礁、颗粒滩露头位于四川盆地东北边缘,属于米仓山-大巴山前缘地带,处于盘龙洞背斜的西南翼,发育长兴组台地边缘生物礁和飞仙关组台地边缘颗粒滩,礁灰岩和颗粒灰岩普遍发生了白云岩化。物性统计表明,最好储层主要发育在水动力强、并被水流反复冲刷、且易于暴露的沉积环境,暴露浅滩、潮道、障积岩及浅滩亚相是最好的储集层段,高能相带和成岩改造是优质储层形成的主要控制因素。

超深层勘探获得岩心等实物资料比较有限,一定程度上制约了深入开展的研究,而出露良好的露头不仅弥补了实物资料的不足,而且更加宏观、直观的展示了沉积体系的构成单元和构造运动对沉积体的改造。在重视利用地球物理和地球化学方法解决沉积、储层问题的同时,强调沉积露头的精细研究,是研究超深层领域复杂地质问题不可或缺的工作。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐岩储层; 岩溶洞缝; 台地边缘礁滩; 沉积露头



摘要 ID:866

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地寒武系张夏组构造-岩相古地理特征及勘探方向

李维岭\*

中国石油杭州地质研究院

近年来,鄂尔多斯盆地寒武系张夏组在陇17井、陇52井相继获得工业油流,展现了张夏组巨大的勘探潜力。然而,该层系构造-岩相古地理研究还处于起步阶段,尤其是滩体分布及裂隙槽刻画方面较为薄弱,不能满足当前油气勘探生产需求。本文基于11条野外剖面、10余口岩心资料、84口钻穿井资料和测井岩性解释资料,应用单井相分析、连井相分析、单因素分析-综合编图方法,划分出优势相或特征相作为平面上的控制点,结合构造古地理特征,编制了鄂尔多斯盆地张夏组构造-岩相古地理图。结果表明:1)张夏组发育古陆-台地-海槽的构造古地理格局,主体以浅水碳酸盐岩台地沉积为主,可划分出局限台地、开阔台地、台地边缘、斜坡-陆棚等沉积相及若干亚相和微相;2)古陆主要发育在盆地北部、中部、西南部及东部,向西、向南依次发育局限/开阔台地、台地边缘、斜坡-陆棚相,西缘、南缘以发育台地边缘相为特征,盆地中东部主要以局限台地相为特征;3)发育台缘鲕粒滩、台内鲕粒滩,平面上台缘鲕粒滩主要发育在盆地西缘、南缘台地边缘带上,台内鲕粒滩主要发育在镇原古陆东侧、乌审旗古陆东侧,滩体呈北东向展布,盆地南缘台缘鲕粒白云岩滩带,两个古陆东侧台内鲕粒白云岩滩带是最有利的储集相带,是未来张夏组最有利的油气勘探方向。

参考文献

关键词





摘要 ID:1437

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 缓流带古岩溶作用在塔河油田奥陶系的发现和应用

刘永立\*

中国石油化工股份有限公司西北油田分公司

塔河油田奥陶系中下统碳酸盐岩经历了加里东中期-海西期古岩溶作用, 发育典型的岩溶地貌和缝洞系统, 与现代岩溶区对比性强。从1997年塔河油田发现以来, 不少学者对奥陶系古岩溶投入了大量工作, 然而由于受勘探开发程度限制, 主要研究对象为奥陶系中下统顶面0-150m表层古风化壳内的渗流带和潜流带。随着塔河油田深层勘探程度不断深入, 发现了西部斜坡区存在以塔深3井为代表的不同于前期表层岩溶缝洞的内幕岩溶缝洞体。本文基于高精度三维地震资料解释成果和钻井资料, 借鉴现代岩溶水文学理论, 描述了内幕缝洞体的几何产状和展布范围, 对比了其表层缝洞体特征的差异性, 解析了其赋存条件和水文地质属性。从而, 指出了该套内幕缝洞体纵向发育于奥陶系中下统顶面以下200-400m范围内, 其不同于典型的表层岩溶带, 为潜流带之下的缓流带岩溶作用, 并提出了“北部面状输入, 中深承压溶蚀, 南部分级排泄”的“缓流带”古岩溶模式, 上奥陶统尖灭线附近水动力突变带集中发育。缓流带古岩溶作用, 及其伴生的内幕缝洞体的发现和应用, 为塔河油田奥陶系中深层亿吨级油藏勘探开发和可持续发展, 提供了基础理论支撑和技术保障, 进一步丰富了以塔河油田为代表的古岩溶理论。

**参考文献** [1] 刘存革, 徐明军, 云露, 等. 塔里木盆地阿克库勒凸起奥陶系海西晚期古岩溶特征[J]. 石油实验地质, 2015, 37 (3): 280-285. [2] 翟晓先. 塔里木盆地塔河特大型油气田勘探实践与认识[J]. 石油实验地质, 2011, 33 (4): 323-331. [3] 漆立新, 云露. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩岩溶发育特征与主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31 (1): 1-12. [4] 吕海涛, 张达景, 杨迎春. 塔河油田奥陶系油藏古岩溶表生作用期次划分[J]. 地质科技情报, 2009, 28 (6): 71-75. [5] 焦方正, 翟晓先. 海相碳酸盐岩非常规大油气田-塔河油田勘探研究与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2008: 140-152. [6] 张涛, 蔡希源. 塔河地区加里东中期古岩溶作用及分布模式[J]. 地质学报, 2007, 81 (8): 1125-1134. [7] 俞仁连. 塔里木盆地塔河油田加里东期古喀斯特特征及其意义[J]. 石油实验地质, 2005, 27 (5): 468-478.

**关键词** 内幕缝洞体; 缓流带; 古岩溶作用; 奥陶系; 塔河油田



摘要 ID:2006

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 中国西部古老海相沉积建造的典型结构样式及勘探指向

张成弓<sup>\*</sup>、陈安清<sup>1</sup>、侯林军<sup>1</sup>、戚明辉<sup>2</sup>、夏雨晴<sup>1</sup>

1. 成都理工大学

2. 四川省科源工程技术测试中心

中国西部大型盆地(鄂尔多斯、四川、塔里木)的古老海相地层受多期构造改造而变得复杂不一,造成难以准确识别和解析沉积建造并找准油气勘探目标。综合分析三大盆地的海相碳酸盐岩的沉积大地构造背景和充填序列,建立了典型沉积建造的地质结构模型。结果表明:三大盆地海相碳酸盐岩主要沉积于前中生代中国陆块群的构造离散阶段,准稳定的鄂尔多斯盆地在古老碳酸盐岩建造沉积之前几乎没有碎屑岩垫底,次稳定的四川盆地和活动的塔里木盆地都具有碎屑岩垫底,它们的沉积充填序列主要有“陆棚→缓坡→碳酸盐台地”、“潮坪→碳酸盐台地”、“碎屑滨岸→陆棚或潮坪→碳酸盐台地”3种类型,这些沉积充填序列的时空分布受三大盆地独特的复杂边缘的制约。三大盆地的基底及其周缘发育多期次裂谷是它们共有的非常重要的特色,基底和周缘发育古老的下伏裂谷是它们共有的特色,并形成了隐伏于盆地内部的牛头型建造。前印支期,都普遍发育若干不同规模的古隆起,围绕古隆起披覆沉积的似背斜建造是这些盆地又一显著特点。在构造相对稳定的间隙期,三大克拉通内部往往为广阔的浅水陆表海沉积,席状的台地潮坪白云岩建造是以往关注度最小的一类建造。上述古老克拉通盆地的牛头型建造、似背斜建造、席状白云岩建造埋藏深、隐伏性强,是重要的油气勘探指向。如何在被多旋回构造改造的叠合盆地中准确解析地层和岩相,并识别出这些建造的精细结构,是未来古老深层海相油气勘探极具挑战性和非常必要的研究方向。

**参考文献** 陈安清,杨帅,陈洪德,等,2017.陆表海台地沉积充填模式及内克拉通碳酸盐岩勘探新启示[J].岩石学报,33(4):1243-1256.陈洪德,钟怡江,许效松,等,2014.中国西部三大盆地海相碳酸盐岩台地边缘类型及特征[J].岩石学报,03:609-621.

**关键词** 鄂尔多斯盆地;碳酸盐岩;沉积建造;海相油气勘探



摘要 ID: 2054

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 川西南地区震旦系灯影组白云石胶结物形成机制——来自镁同位素的约束

陈家乐<sup>1,2</sup>、甯濛<sup>1,2</sup>、沈安江<sup>3</sup>、郎咸国<sup>1,2</sup>、梁峰<sup>3</sup>、钟怡江<sup>1,2</sup>、夏攀<sup>1,2</sup>、文华国\*<sup>1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

2. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川成都, 610059

3. 中国石油杭州地质研究院, 浙江杭州, 310023

新元古代海相白云石胶结物类型多样, 成因复杂, 能否作为古海水化学性质研究的有效载体尚存在争议。目前对四川盆地震旦系灯影组白云石胶结物成因的研究主要存在两种观点, 一是在海水中直接沉淀, 二是由早期不稳定碳酸盐矿物发生拟晶白云石化作用形成。通过对四川汉源—峨边先锋剖面震旦系灯影组二段藻白云岩的白云石胶结物进行研究, 将其分为纤维状、叶片状、粉-细晶和中-粗晶白云石胶结物四种, 其中纤维状白云石胶结物以泥晶白云石基质为基底向上或在裂缝、孔洞中由壁向内生长, 包括丛生状负延性、正延性和放射状正延性三种类型, 两种正延性胶结物因其光学特征、保存完好的化学带以及阴极发光带被认为是同沉积原生白云石沉淀的直接证据。为探索灯影组不同类型白云石胶结物的形成机制, 验证纤维状白云石胶结物是否为同沉积原生白云石沉淀, 本研究测定了泥晶白云石基质、纤维状白云石(丛生状负延性、正延性和放射状正延性白云石)、叶片状白云石、粉-细晶和中-粗晶白云石七种类型白云石的镁同位素组成( $\delta^{26}\text{Mg}$ ), 其 $\delta^{26}\text{Mg}$ 平均值分别为 $-1.98\% \pm 0.03\%$ 、 $-1.96\% \pm 0.03\%$ 、 $-1.94\% \pm 0.03\%$ 、 $-1.95\% \pm 0.04\%$ 、 $-1.95\% \pm 0.03\%$ 、 $-1.93\% \pm 0.05\%$ 和 $-1.77\% \pm 0.03\%$ 。泥晶白云石基质和丛生状负延性白云石胶结物的 $\delta^{26}\text{Mg}$ 值相似, 且变化不大, 推测两者形成时期相同, 由高镁方解石或文石前驱体通过拟晶白云石化作用形成; 丛生状和放射状正延性两类白云石 $\delta^{26}\text{Mg}$ 值存在一定差异, 最大差值在0.1%左右, 为震旦纪短时期存在“白云石海”的原生沉淀,  $\delta^{26}\text{Mg}$ 值的差异可能是由于结晶速率的变化导致Mg同位素分馏差异造成的, 利用DAR模型可以对其镁同位素组成进行模拟; 叶片状、粉-细晶和中-粗晶三类白云石 $\delta^{26}\text{Mg}$ 值变化较大, 且Fe、Mn、Sr含量相对其他几种胶结物较高, 说明其受埋藏阶段多期成岩流体影响。

### 参考文献

**关键词** 震旦系; 灯影组; 白云石胶结物; 镁同位素; “白云石海”



摘要 ID:3318

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 利用二维地震正演模拟约束川中古隆起北斜坡颗粒滩储层的地震响应及平面分布

罗开通<sup>1</sup>、徐少华\*<sup>1</sup>、梁峰<sup>2</sup>、王杰<sup>1</sup>、雷超<sup>1</sup>

1. 重庆科技学院

2. 中国石油西南油气田分公司川中北部采气管理处

川中古隆起北斜坡龙王庙组一段发育碳酸盐岩颗粒滩储层。受到地层厚度、储层非均质性及储层发育模式的影响,目前对于储层进行地震预测的难度较大。对此,本研究建立多组地震模型,利用地震正演模拟方法有效限定了储层的地震响应。研究表明:(1)龙王庙组不发育储层时,龙王庙组顶界面对应波峰振幅极值之上 $1/8 \lambda$ 处,底界面对应波谷振幅极值;(2)龙一段内部发育单套储层时,龙王庙组顶界波峰恒定不变,底界波谷上移、频率减小。另外,波谷上移与频率减小尺度与储层速度呈负相关,与储层厚度呈正相关;(3)龙一段内部发育多套储层时,龙王庙组顶、底界波形响应与具有相同累计厚度的单套储层一致。波谷变化特征与储层速度、厚度的对应关系不变;(4)龙一段和龙二段同时发育储层时,龙王庙组顶、底界波形随二者储层速度差异而发生规律性变化。若龙一段储层速度小于龙二段,则顶界波峰恒定,底界波谷上移、频率下降;相反,若龙二段储层速度小于龙一段,则底界波谷恒定,顶界波峰下移,频率增加。最终,利用波形聚类地震相分析方法将储层划分为三个等级,分别为优质、中等和差。其中,优质储层主要分布在研究区南部,是下一步油气勘探重点区域。

### 参考文献

**关键词** 川中古隆起北斜坡;龙王庙组一段;地震正演模拟;波形聚类



摘要 ID:2212

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 川中地区中三叠统雷口坡组三段源储特征及配置关系

阮蕴博<sup>1</sup>、霍飞<sup>1,2</sup>、罗涛<sup>1</sup>、文华国<sup>\*1,2</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)

中三叠统雷口坡组是四川盆地油气勘探的重要层位之一,其油气发现的关键在于找寻有效烃源岩以及弄清源储配置关系。早期研究普遍认为中三叠统雷口坡组的油气主要来源于下伏二叠系和上覆上三叠统须家河组,但近期研究发现,川中地区雷口坡组三段发育一套富有机质泥页岩,可能为雷口坡组又一潜在油气来源。然而该套烃源岩的岩相组合、生烃潜力以及与储层之间的配置关系尚不明确。通过观察大量岩心、薄片,结合物性、XRD、总有机碳、岩石热解和干酪根碳同位素等分析手段,系统研究了川中地区雷三段烃源岩特征、储层特征及其两者之间的配置关系,取得以下几点认识:(1)首次在川中地区雷三段发现一套烃源岩,以泥晶灰岩和泥页岩为主,其中泥页岩可进一步分为钙质页岩、混合页岩、黏土页岩三种页岩相。整体上,泥页岩有机碳含量为0.19%~4.01%,泥晶灰岩有机碳含量为0.07%~1.27%。纵向上泥页岩发育在雷三<sup>2</sup>亚段,有机碳含量平均为0.75%,为较好的烃源岩;岩石最大热解温度平均为492°C,表明有机质已过成熟;干酪根碳同位素主要分布在-27.0‰~-31.1‰,平均为-28.9‰,说明雷三<sup>2</sup>亚段烃源岩主要含I-II<sub>1</sub>型干酪根,局部含II<sub>2</sub>型干酪根。泥晶灰岩主要分布在雷三<sup>1</sup>和雷三<sup>3</sup>亚段,生烃潜力较差。(2)川中地区雷三段储层主要发育于雷三<sup>3</sup>亚段,岩性主要包括颗粒云岩和粉晶白云岩,储集空间以晶间(溶)孔和粒间溶孔为主。雷三<sup>3</sup>亚段储层平均孔隙度为4.05%,平均渗透率为1.1mD,总体上具有低孔中渗的特征。根据其物性特征,可将雷三<sup>3</sup>亚段储层分为孔隙型储层和孔隙-裂缝型储层两类。(3)总体上,川中地区雷三<sup>2</sup>亚段发育一套较好的烃源岩,而雷三<sup>3</sup>亚段具有一定的储集性能,且两者发育大量构造缝、溶蚀缝和压溶缝。其中裂缝和局部发育的断裂可作为良好的疏导体系,因此川中地区雷口坡组三段具有良好的源储配置关系。上述研究认识将对川中地区乃至四川盆地雷口坡组油气勘探新领域和新方向提供指导。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地;雷口坡组;烃源岩;储集层;源储配置



摘要 ID:372

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地柯坪地区上震旦统奇格布拉克组白云岩储层特征及成因

郑剑锋<sup>1</sup>、朱永进<sup>1</sup>、刘禹<sup>2</sup>、梁峰<sup>1</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院

2. 中国石油大学(北京)

塔里木盆地上震旦统奇格布拉克组是寒武系盐下超深层勘探的重要目的层之一,然而该层系储层的特征及成因不清,是制约勘探取得突破的重要因素之一。以盆地西北缘柯坪地区野外露头为研究对象,实测并精细描述了什艾日克、西沟和昆盖盖坦3条剖面,系统采集样品360件,开展了多手段储层表征及基于地球化学分析的储层成因研究。

奇格布拉克组厚130-170m,上下分别与寒武系玉尔吐斯组、震旦系苏盖特布拉克组呈平行不整合接触,主要发育叠层石、凝块石、泡沫绵层石三种微生物白云岩和鲕粒、粘结颗粒两种与微生物作用相关的颗粒白云岩,以及泥质白云岩、泥质粉砂岩等;整体分为4个段:奇1段-奇2段主要为潮坪沉积,发育泥云坪、叠层石丘、薄层滩,奇2段泥质含量明显较少;奇3段-奇4段主要发育潮下厚层状凝块石、泡沫绵层石丘(层);震旦纪末,受“柯坪运动”影响,奇4段形成10m左右的强风化壳岩溶作用带。

微生物格架溶孔、粒间/内容孔、溶蚀孔洞是奇格布拉克组白云岩的主要储集空间,在各段都有发育,其中顶部10-20m范围整体为风化壳岩溶缝洞系统。物性分析及CT表征揭示了储层整体为具有中高孔隙度、中低渗透率特征的孔隙-孔洞型储层,最高孔隙度达19.6%,平均孔隙度为3.6%,孔隙度>2.5%样品占比46.7%;泡沫绵层石白云岩、叠层石白云岩储层孔隙度最高,粘结颗粒白云岩储层次之,显然孔隙度与岩相具有明显的相关性;氩离子抛光-扫描电镜分析揭示了研究区微生物岩中普遍存在微孔隙(<10 μm),是构成优质储层的重要因素之一。

碳酸盐岩U-Pb年龄及碳氧锶同位素、微量稀土元素等地球化学特征综合指示奇格布拉克组白云石化作用发生在准同生-浅埋藏期,白云石化流体为海水。微生物白云岩和与之对应的不同产状碳酸盐胶结物的U-Pb同位素年龄揭示了储层孔隙主要为原生孔和准同生期大气水溶蚀孔;储层发育主要受沉积相、层序界面和早期白云石化作用控制:高能丘滩相的多孔沉积物是储层发育的物质基础,沉积微相控制储层非均质性;储层具有旋回性,受三级或四级层序界面控制的大气水溶蚀作用是关键;早期白云石化作用有利于先存孔隙的保存。

研究区奇格布拉克组白云岩储层平均厚度53.7m,平均储地比30.9%,主要分布于温宿低隆周缘的丘滩体中,具有一定的规模潜力。研究成果为塔里木盆地震旦系有利勘探区带评价及风险目标优选提供了依据。

### 参考文献

**关键词** 白云岩; 储层成因; 奇格布拉克组; 柯坪地区; 塔里木盆地



摘要 ID:475

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 四川盆地二叠系多类型气藏的构造 - 沉积控制

罗开平\*、李龙龙、张长江、陆永德、彭金宁

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

四川盆地二叠系气藏具有“含气层系多、气藏类型多、满盆含气”的特点,迄今为止,二叠系每个组(段)都已发现了工业油气,目前已发现构造裂缝型、岩溶缝洞型、礁滩型、热液白云岩型、火山岩型、泥灰岩型及页岩气等七种类型的气藏,二叠系气藏几乎遍布于四川盆地每个角落。基于晚古生代全球构造背景和上扬子地区构造环境、盆地原型及四川盆地二叠纪岩相古地理的分析,结合二叠系气藏特征和成藏条件认识,探讨了晚古生代构造-沉积分异对四川盆地二叠系多类型气藏的控制作用。结果表明,晚古生代上扬子地区伸展背景下构造差异隆升/沉降与古地貌隆/凹导致四川盆地中二叠世-晚二叠世经历台地/台凹-台地/裂陷槽(陆棚)沉积格局的演化,中二叠世台洼微相、斜坡亚相及晚二叠世潮坪-泻湖、陆棚-盆地等相区控制发育的多套、多类型烃源岩,与受滩、台地边缘控制及后期成岩作用改造形成的多套、多类型储层构成下生上储、旁生侧储、自生自储等多种源-储组合,构建了二叠系成藏的基本条件;多套、多类型储层是二叠系含气层系多、气藏类型多的根本原因。二叠系具备多领域、多类型、多层系综合、立体勘探的有利条件。

### 参考文献

**关键词** 源储组合;气藏类型;构造-沉积分异;二叠系;四川盆地



摘要 ID:772

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地阿瓦提周缘隆-坳格局新认识与规模源储分布

朱永进<sup>\*1,2</sup>、熊冉<sup>1</sup>、俞广<sup>1</sup>、郑剑锋<sup>1</sup>、乔占峰<sup>1</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院
2. 中国石油杭州地质研究院

环富烃古裂陷周缘的大型古隆起是油气成藏和油气勘探的黄金地带,也是开展小克拉通碳酸盐岩台地构造-岩相古地理重建的关键地质单元。基于温宿凸起初始形成于加里东晚期这一主流传统认识,塔里木盆地西北缘的柯坪-温宿地区寒武系盐下领域在以往并没有引起勘探家的注意,然而柯探1井(京能公司,2019)在吾松格尔组获得高产工业油气流,新近完钻井新苏参1井亦获得良好油气显示(待测试),充分展示了良好的风险勘探前景,厘清柯坪-温宿地区构造古地理背景及油气成藏条件成为亟待解决的关键地质问题。基于柯坪露头群沉积储层地质建模、碳同位素地层对比及岩石学等研究,提出塔里木盆地西北缘柯坪-温宿地区发育前寒武纪大型继承性古隆,其南侧紧邻阿瓦提-满加尔古裂陷,主要依据有①下寒武统由周缘地区向温宿地区超覆沉积;②玉尔吐斯组和肖尔布拉克组地层厚度以温宿地区最薄,向周围逐渐增厚及③奥依匹克等剖面下寒武统见陆源碎屑岩间接指示古隆起的发育。通过对古隆起的发育特征、形成演化分析,发现古隆起平面呈穹隆状,北东-南西走向,长114km,宽35km,核心区为震旦系潜山,西侧相对平缓、东侧坡度则相对较大。罗迪尼亚超大陆裂解与演化为温宿古隆的发育提供了区域地质背景,柯坪运动抬升剥蚀对其进一步调整改造,至早寒武世沉积期转为部分出露水面的沉积型古隆。温宿古隆的发现丰富了塔里木盆地早寒武世沉积起台内古隆分异认识,同时古隆起及斜坡区控制了有利储集相带和岩溶风化壳的分布位置、规模及品质。温宿古隆起自晚海西期之后一直处于古隆区,与油气主成藏期匹配良好,喜山期遭受调整改造,成为了寻找寒武系盐下原生油气藏和喜山期调整型气藏的有利场所,已成为塔里木盆地近期重要天然气战略接替勘探领域。

### 参考文献

**关键词** 继承性古隆起; 超覆沉积; 柯坪-温宿地区; 早寒武世; 塔里木盆地





摘要 ID:1068

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地灯影组微生物白云岩原生白云石成因分析

由雪莲\*

中国地质大学(北京)

对四川盆地灯影组优质微生物白云岩储层详细的岩石学研究,分为微生物白云岩、晶粒白云岩和颗粒白云岩三大类。在岩石学基础上,开展了碳、氧和微量稀土和激光共聚焦荧光扫描电镜的观察,将灯影组白云岩分为微生物白云岩、晶粒白云岩和颗粒白云岩三大类,揭示出古沉积环境为盐度较高且相对还原的环境,微生物白云岩沉积时微环境的平均温度为 28.7 °C,识别出纳米级别的原生白云石球粒,观察到纳米级生物膜状结构的 3D 空间展布,可能是在微生物介导成核的最初阶段。细胞体细胞壁和胞外聚合物(EPS)对灯影组原生白云石形成至关重要,不仅仅局限在晶体最初的成核阶段,可能在整个结晶过程都参与其中。白云石中的  $Mg^{2+}$  是被有机质表面结合的羧基络合,脱水  $[Mg(H_2O)_5(R-COO)]^+$ , 降低了沉淀所需要的能量。

**参考文献** 1. YOU XL\*, Sun S, et al. Microbially mediated dolomite in Cambrian stromatolites from the Tarim basin, northwest China: implications for the role of organic substrate on dolomite precipitation. *Terra nova*, 2013, 25(5): 387-395. 2. YOU XL\*, Sun S, Lin CS & Zhu JQ. Microbial dolomite in the sabkha environment of the middle Cambrian in the Tarim Basin, NW China, *Australian Journal of Earth Sciences*, 2018, 65(1):109-1203. YOU XL\*, Sun S, Zhu JQ. Significance of fossilized microbes from the Cambrian stromatolites in the Tarim Basin, Northwest China. *Science China: Earth Sciences*, 2014, 57(12): 2901 - 2913. 4. YOU XL\*, Wu SN, Xu F. The characteristics and main control factors of hydrocarbon accumulation of ultra-deep marine carbonates in the Tarim basin. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 2018, 13(1):135-144. 5. Xu, Fan; YOU XL\*; Li, Qing; Liu, Yi. Can Primary Ferrous Dolomite and Ankerite Be Precipitated? Its Implications for Formation of Submarine Methane-Derived Authigenic Carbonate (MDAC) Chimney. *Minerals* 2019, 9, 413-429.

**关键词** 微生物白云岩, 四川盆地, 灯影组



摘要 ID:1204

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 中国三大克拉通盆地深层规模白云岩储层发育主控因素——“优势微相+层序界面控制下的成岩作用+多因素保持作用”

张建勇<sup>1,2,3</sup>、姚根顺<sup>1</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院

2. 中国石油天然气集团公司碳酸盐岩储集层重点实验室

3. 中国石油四川盆地研究中心

克拉通盆地深层白云岩是中国陆上油气勘探的重要领域。通过统计分析四川、塔里木、鄂尔多斯三大克拉通盆地,明确深层规模白云岩储层主要类型为颗粒白云岩、微生物白云岩及结晶白云岩,孔隙类型以裂-缝孔洞型和裂缝-孔隙型为主,对三大盆地储层形成主控因素系统研究,取得三面认识。一是,对三大盆地震旦系、寒武系、奥陶系及二叠系白云岩不同组构原位碳-氧同位素分析、激光面扫原位元素分析、结晶白云岩原岩结构恢复、不同组构原位 U-Pb 定年等多种方法恢复孔隙形成过,明确储集空间主要形成于准同生期及表生期,而后随着埋深增加发生压实、胶结及充填等多种破坏性成岩作用,但准同生期白云石化作用、欠压实作用(异常高压)、原油充注可以减缓或阻止储集空间的减少,对先存孔隙起到“保持”作用,而热液作用及 TSR 作用导致储集空间进一步复杂化,但总体并无增孔作用;二是,通过宏观分析明确层序界面控制了储层纵向分布,Ⅰ级-Ⅱ级层序界面及断裂控制了表生岩溶作用,Ⅲ级-Ⅳ级-高频层序界面层控制了准同生期及早成岩期溶蚀作用,进而控制了不同级次储层旋回的纵向叠加;三是,沉积微相是控制储层形成的物质基础,岩溶作用带、沉积微相及同期断裂共同控制了规模储层横向分布,但不同台地类型及同一台地的不同相带储层分布的主导作用并不一致,例如四川盆地灯影组“台缘带”的规模储层主控因素为“丘滩岩溶作用主导、断裂作用为辅”,而“台内”则“断裂作用为主,丘滩岩溶作用为辅”。总之,通过本次系统恢复三大克拉通盆地主要深层白云岩层系储层形成演化过程,结合宏观分布规律解剖,明确了中国三大克拉通盆地深层规模白云岩储层发育主控因素为“优势微相+层序界面控制下的成岩作用+多因素保持作用”,指出未来深层碳酸盐岩勘探方向为“台缘礁(丘)滩白云岩相带+岩溶作用带+同期断裂发育带”及“台内(包括碳酸盐内缓坡)礁(丘)滩白云岩相带+同期断裂发育带+岩溶作用带”,其次为特定储层保持作用下的“高能灰岩颗粒滩带+岩溶作用带+断裂发育带”。

**参考文献** [1] Alla J R, Wiggims W & D. Dolomite reservoirs—geochemical techniques for evaluating origin and distribution [J]. AAPG Short Course Note Series, 1993, 36(1): 129. [2] Atwater G I, Miller E E. The effect of decrease in porosity with depth on future development of oil and gas reserves in south Louisiana [J]. AAPG Bulletin, 1965, 49(2): 334. [3] Choquette P W, Pray L C. Geologic nomenclature and classification of porosity in sedimentary carbonates [J]. AAPG Bulletin, 1970, 90 (1): 91- 114. [4] Ehrenberg S N, Eberli G P, Keramati M, et al. Porosity-permeability relationships in interlayered limestone dolomite reservoirs [J]. AAPG Bulletin, 2006, 90(1): 91-114. [5] Halley R & B, Schmoker J & W. High porosity Cenozoic carbonate rocks of South Florida: Progressive loss of porosity with depth [J]. AAPG Bulletin, 1983, 67(2): 191-200. [6] Hill C A. H<sub>2</sub>S-related porosity and sulfuric acid oil-field karst [C]. In: Budd D A, Saller H, Harris P M. & unconformities in carbonate strata - their recognition and the significance of associated porosity. Tulsa: AAPG Memoir, 61: 301-306. [7] Lucia F & J. Carbonate Reservoir Characterization: An integrated approach and Future Research Needs [M]. Berlin: Springer, 2007. [8] Schmoker J W. Empirical relation between carbonate porosity and thermal maturity: An approach to regional porosity prediction [J]. AAPG Bulletin, 1984, 68(11): 1697- 1730. [9] Schmoker & J W, Halley R B. Carbonate porosity versus



depth: a predictable relation&nbsp; for South Florida[J]. AAPG Bulletin, 1982,66 (12): 2561-2570. [10] Scholle P A. Chalk diagenesis and its relation to petroleum exploration: Oil from chalks, modern miracle [J]. AAPG Bulletin, 1977, 61( 7): 982- 1009. [11] Warren J. Dolomite: occurrence, evolution and economic association [J]. Earth Science Reviews, 2000, 65(1): 1-81. [12] 张博全, 关振良, 潘琳. 鄂尔多斯盆地碳酸盐岩的压实作用[J]. 地球科学: 中国地质大学学报, 1995, 20( 3): 299-305. [13] 赵文智, 汪泽成, 张水昌, 等. 中国叠合盆地深层海相油气成藏条件与富集区带[J]. 科学通报, 2007, 52(增刊): 9-17. [14] 马永生, 蔡勋育, 赵培荣, 等. 深层超深层碳酸盐岩优质储层发育机理和三元控储模式-以四川普光气田为例[J]. 地质学报, 2010, 84(8): 1087-1094. [15] 张建勇, 罗文军, 周进高, 等. 四川盆地安岳特大型气田下寒武统龙王庙组优质储层形成的主控因素[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(11): 2063-2074. [16] Hao Fang. On the Potentials and Mechanisms for Development of Deep to Ultra Deep High-Quality Carbonate Reservoirs[C]. Hangzhou: the 4th International Symposium on Carbonate Sedimentology and Hydrocarbon Reservoir Research, 2016. [17] Hsu K J, Siegenthaler C. Preliminary experiments on hydrodynamic movement induced by evaporation and their bearing on the dolomite problem[J]. Sedimentology, 1969, 12(1): 11-25. [18] Adams J F, Rhodes M L. Dolomitization by seepage refluxion[J]. AAPG Bulletin, 1960, 44(2): 1912-1920. [19] Weyl P K. Porosity through dolomitization: Conservation of mass requirements[J]. Journal of Sedimentary Petrology, 1960, 30(1): 85-90. [20] Sandberg P A. An oscillating trend in Phanerozoic non-skeletal carbonate mineralogy[J]. Nature, 1983, 30(5): 19-22. [21] James N P, Choquette P W. Limestones: The sea floor diagenetic environment[J]. Diagenesis: Geoscience Canada Serial, 1983, 10(2): 162-179. [22]&nbsp;张建勇, 周进高, 潘立银. 川东北孤立台地飞仙关组优质储层形成的主控因素——大气淡水淋滤及渗透回流白云石化[J]. 天然气地球科学, 2013, 24(1): 9-18 [23] 张建勇, 郭庆新, 寿建峰, 等. 新近纪海平面变化对白云石化的控制及对古老层系白云岩成因的启示[J]. 海相油气地质, 2013, 18(4): 46-52. [24] 赵文智, 沈安江, 胡安平, 等. 塔里木、四川和鄂尔多斯盆地海相碳酸盐岩规模储层发育地质背景初探[J]. 岩石学报, 2015, 31(11): 3495-3508.

**关键词** 克拉通盆地; 深层; 白云岩储层; 主控因素; 三大克拉通盆地



摘要 ID:1438

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 关于深层碳酸盐岩溶蚀型储层形成机理与模式的思考

胡文瑄\*

南京大学

随着油气勘探不断向深层-超深层推进,对于深层碳酸盐岩储层形成机理与模式的研究成为热点。传统观点认为,碳酸盐岩储层发育受原始沉积环境和后期成岩改造两个方面的控制,随着埋深的增加,大部分原始孔隙基本消失殆尽,很难形成优质储层。绝大部分深层碳酸盐岩储层(特别是一些优质储层)都与流体的溶蚀作用有关,可称之为溶蚀型储层。作者试就深层溶蚀型碳酸盐岩储层形成的相关问题作一讨论。

1、基本特征与存在问题:大量研究资料表明,我国主要海相碳酸盐岩盆地的深层-超深层储层主要储集空间为次生溶蚀孔隙,属于溶蚀型储层范畴。例如塔里木盆地奥陶系和寒武系储层,四川盆地寒武系及震旦系储层(部分二叠系和三叠系储层),乃至鄂尔多斯盆地的奥陶系储层等。除了塔里木奥陶系灰岩发育岩溶型储层外,大部分白云岩储层为孔洞-孔缝型,微孔和麻点状溶蚀孔隙。对于这些溶蚀孔隙形成机制的研究,主要存在两方面的争论:一是流体的来源问题(大气降水、地层水还是深部热流体?);二是主控因素与成因模式(相控还是断控?表生溶蚀还是埋藏溶蚀?)。这些问题制约着对溶蚀型储层形成机制的理解,影响了对储层发育规律的认识。

2、流体来源的判识:通过对塔里木盆地和四川盆地典型实例的研究总结,提出了稀土元素、卤族元素、C-Mg-Li 同位素等流体类型地球化学判识指标,有效揭示了不同地区和层位中不同的溶蚀流体来源和作用过程,其中大气降水的淋滤溶蚀作用最为重要。四川盆地大部分深部碳酸盐岩储层均具有表生大气降水淋滤的特征,部分层位和地区在埋藏后叠加热流体改造。在塔里木盆地,大气降水淋滤和深部热流体作用都很重要,后者在塔中地区尤为突出。

3、水-岩相互作用机理与条件:碳酸盐矿物的溶蚀严格遵循物理化学原理,特别是流体数量、酸性组分和压力的影响最为重要。(1)由于碳酸盐矿物的溶解度非常小,要形成具有储集意义的孔隙度,需要储层与几十倍至几百倍自身体积的流体与之发生相互作用。但是在深埋条件下难以提供如此多的流体,因此,真正在埋藏过程中形成的规模性储层比例较少;(2)碳酸盐矿物的溶蚀是在酸性介质中完成的,来源于烃源岩热演化的酸性流体,或深部来源的富含 CO<sub>2</sub> 酸性流体,是埋藏条件下溶蚀孔隙形成的主要流体类型;(3)压力升高能够显著增加 CO<sub>2</sub>/H<sub>2</sub>S-酸性流体溶解能力,对于深部溶蚀作用具有重要控制作用;(4)白云石与方解石溶蚀作用的差异性,也是控制储层发育的重要因素:最容易形成储层的岩相是含灰云岩和灰质云岩,其中的方解石溶蚀率先被溶蚀,白云石则保持岩石抗压骨架,从而形成良好储层。

4、主控因素与模式:(1)同生/准同生溶蚀-深部保存模式:同生/准生期局部暴露遭受大气降水淋滤,然后埋藏保存。这种储层受岩相古地理和白云岩岩相控制,前者制约同生/准生期淋滤溶蚀的分布范围,后者位深部保存提供较强的岩性强度;(2)抬升风化淋滤-再埋藏保存模式:较老的地层抬升后遭受淋滤溶蚀,然后再埋藏保存,主要受构造隆生作用、白云岩相和暴露时间制约。四川盆地震旦系储层即是如此,但埋藏后又遭受了热流体叠加改造;(3)断裂控制-热流体溶蚀模式:深部酸性热流体(源于烃源灶或深部富 CO<sub>2</sub> 流体)顺断裂上升,纵向上岩性的互层以及断裂活动的周期性导致流体-岩石作用系统的压力不断变化,溶蚀与沉淀作用交替发生,导致部分区段溶蚀,部分区段沉淀,形成纵向沿断裂构造上断续分布的局域性储层,典型实例是塔里木盆地的“断溶体”。

(参考文献略)

### 参考文献

**关键词** 深层碳酸盐岩; 溶蚀型储层; 流体来源; 水-岩相互作用; 模式



摘要 ID:1766

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 不同类型流体改造碳酸盐岩围岩的模拟实验研究

丁茜<sup>2</sup>、何治亮<sup>3</sup>、朱东亚<sup>1</sup>

1. 中石化石油勘探开发研究院, 102206, 北京
2. 中石化石油勘探开发研究院, 102206, 北京
3. 中国石化科技部, 北京, 100020

深层-超深层碳酸盐岩是目前油气勘探聚焦的重点领域, 其储层的形成和保持机制是制约深层储层预测的关键科学问题。为查明不同埋藏环境下碳酸盐岩储层溶蚀改造/沉淀致密化的流体环境, 定性定量厘清碳酸盐岩储层演化过程, 明确深层超深层地层流体-碳酸盐岩相互作用机制, 建立优质碳酸盐岩储层发育的模式, 研发了高温高压水岩实验系统, 分别针对烃源岩生烃伴生酸性流体、热液流体和大气降水流体, 开展了一系列模拟实验。

其中生烃模拟实验采用塔里木盆地奥陶系鹰山组灰岩和云南禄劝低成熟烃源岩为实验对象, 利用岩相学和地球化学相结合的分析手段, 查明中、深埋藏环境下生烃热演化过程中伴生的复杂酸性流体改造碳酸盐岩储层的过程及其控制因素, 实验表明: 中、深埋藏环境下烃源岩热演化过程中伴生的有机酸和 CO<sub>2</sub> 等酸性流体对碳酸盐岩储层产生明显溶蚀作用, 扩大原有储集空间并提高孔隙度, 并且随着埋藏深度增加, 溶蚀作用明显减弱。

断裂-热液模拟实验采用塔里木盆地一间房组灰岩柱塞样和含 CO<sub>2</sub> 盐水为实验对象, 模拟热液流体沿断裂自下而上运移的过程, 反应前后储集空间形貌变化表明沿裂缝扩容, 裂缝转折处溶蚀增强, 储集空间扩大, 物性得到改善, 实验数据表明: 热液流体沿断裂上行过程持续溶蚀改造碳酸盐岩围岩, 上行过程中溶蚀作用逐渐减弱, 其主要受控于岩石-流体接触面积及流体饱和度。提取 CT 数据, 定量分析了流体沿裂缝改造储层的效果, 明确流体沿优势通道流动, 裂缝表面积提升了 0.6%, 裂缝体积增加了 92.4%。

大气淡水模拟实验中, 采用一间房组灰岩的颗粒样品, 模拟表生-深埋环境下大气降水沿着断裂下行时与碳酸盐岩发生水岩反应的溶蚀/沉淀过程。模拟实验结果表明: 大气降水沿断裂下行过程中持续改造围岩, 流体溶蚀能力逐渐下降; 当模拟深度达到 1500m (对应 65°C, 15Mpa) 时, 溶解和沉淀几乎达到动态平衡。实验表明大气降水沿断裂下行的岩溶最深发育至 1500m, 再往深处产生方解石胶结充填。

综上, 通过不同类型的流体-岩石模拟实验, 明确了生烃裂解酸性流体、大气淡水、热液流体溶蚀改造碳酸盐岩围岩的差异性, 定性定量厘清了表生-深埋环境中碳酸盐岩储层演化的过程, 以期深层超深层碳酸盐岩储层勘探开发提供一定的理论依据。

**参考文献** 何治亮, 马永生, 朱东亚, 段太忠, 耿建华, 张军涛, 丁茜, 钱一雄, 沃玉进, 高志前. 深层-超深层碳酸盐岩储层理论技术进展与攻关方向[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(03): 533-546. 丁茜, 何治亮, 王静彬, 朱东亚. 生烃伴生酸性流体对碳酸盐岩储层改造效应的模拟实验[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(01): 223-234. 彭军, 王雪龙, 韩浩东, 等. 塔里木盆地寒武系碳酸盐岩溶蚀作用机理模拟实验[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(3): 415-425. 何治亮, 张军涛, 丁茜, 等. 深层-超深层优质碳酸盐岩储层形成控制因素[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(4): 633-644, 763. 杨云坤, 刘波, 秦善, 等. 基于模拟实验的原位观察对碳酸盐岩深部溶蚀的再认识[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2014, 50(2): 316-322. Pokrovsky O S, Golubev S V, Schott J, et al. Calcite, dolomite and magnesite dissolution kinetics in aqueous solutions at acid to circumneutral pH, 25 to 150°C and 1 to 55atm pCO<sub>2</sub>: New constraints on CO<sub>2</sub> sequestration in sedimentary basins[J]. Chemical Geology, 2009, 265(1-2): 20-32.

**关键词** 深层超深层; 流体岩石作用; 微米 CT; 溶蚀模式;



摘要 ID: 3302

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地塔中-巴楚地区下寒武统白云岩成因和热蚀变样式

李杰\*

中国地质大学(武汉)

中下寒武统白云岩层系是塔里木盆地海相油气的潜在接替领域。已发表的白云岩成因研究多重视白云化流体性质的分析,缺少对下寒武统大规模白云岩的分布预测(Jiang et al., 2021)。同时,热蚀变现象也广泛存在于下寒武统岩心中,其对岩石结构的改造规律及其储层改造效应还未见公开报道。

基于不同白云石组构和白云岩岩石结构的岩石学分类,对比全球寒武纪海水的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 演化曲线,本研究发现基质白云石的白云石化启动于早寒武世晚期,而非同生期。此外,团簇同位素数据计算的白云化流体 $\delta^{18}\text{O}$ 表明,白云化流体属于热对流系统中被加热的海水。然而,早期硬石膏胶结物的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 、 $\delta^{34}\text{S}$ 和REE配型表明,在中寒武世由于蒸发泻湖的成型,白云化流体水文样式从热对流转变为回流。本研究针对塔里木盆地中下寒武统白云岩提出了一种前期为热对流至后期转变为卤水渗透回流的“两段式”海水白云化模式。该模式不仅符合前人数值模拟结果(Al-Helal et al., 2012),与塔里木地台岩相古地理的演化背景也不谋而合。早期白云岩形成之后经历了显著的热蚀变。热蚀变的产物包括白云石晶体的粗化,具有高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值和正Eu异常的热液矿物,包括钾长石-白云石脉和石英胶结物。前者是致密的泥粉晶白云岩高温条件下重结晶的结果,后者是多孔白云岩中热流体-岩石相互作用的结果。根据热液矿物的垂向分布序列,分析了热流体上涌过程中流体性质的变化,总结了中下寒武统垂向上的热蚀变样式。在靠近辉绿岩侵入体的中下寒武统底部,断裂和角砾化是压力骤降、热流体爆沸的产物。钾长石-白云石脉、交代石英和石英胶结物是热流体中 $\text{CO}_2$ 分压快速变化的结果(Cooke and Simmons, 2000; Hedenquist, 2000)。在中下寒武统顶部,之前溶解的碳酸盐重新沉淀为沥青之后的白云石胶结物。以上研究成果能够有效解释塔里木盆地的中下寒武统大规模白云岩和不同白云岩岩石结构的精细空间分布,为塔里木盆地深层盐下白云岩储层勘探提供帮助。

**参考文献** Al-Helal, A.B., Whitaker, F.F., Xiao, Y.T., 2012, Reactive transport modeling of brine reflux: dolomitization, anhydrite precipitation, and porosity evolution: *Journal of Sedimentary Research*, v. 82(3), p. 196-215. Cooke, D.R. and Simmons, S.F., 2000, Chapter 6: Characteristics and Genesis of Epithermal Gold Deposits: *SEG Reviews*, v. 13, p. 221-244. Hedenquist, J.W., 2000, Chapter 7: Exploration for epithermal gold deposits: *SEG Reviews*, v. 13, p. 245-277. Jiang, W.M., Luo, Q.Q., Shi, K.B., et al., 2021, Origin of a microbial-dominated carbonate reservoir in the Lower Cambrian Xiaerbulake Formation, Bachu-Tazhong area, Tarim Basin, NW China: *Marine and Petroleum Geology*, v. 133, 105254.

**关键词** 白云岩化; 热对流; 热流体; 热蚀变; 钾长石脉



摘要 ID: 3336

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地奥陶系礁滩沉积特征及其控制因素

胡晨林\*

新疆大学

鄂尔多斯盆地在早古生代为华北地台的一部分, 奥陶纪以碳酸盐岩台地沉积为主。盆地区域从西南缘到东北缘依次以“L”形状发育深水盆地、斜坡、台缘、台内相带。尽管学者们对该区奥陶纪的碳酸盐岩沉积体系进行了详细的研究, 但是对礁滩微相的研究相对薄弱。碳酸盐岩礁滩沉积体往往是油气勘探的重要领域, 深入研究该区礁滩沉积特征及其控制因素对后续的油气勘探可提供参考。本研究以鄂尔多斯盆地奥陶系碳酸盐岩礁滩沉积体为研究对象, 通过野外露头考察、岩心观察, 以及室内薄片鉴定等手段, 对该区礁滩沉积特征及分布规律进行了总结。在此基础上, 结合构造和气候方面的资料以及通过磁化率各向异性恢复古风向的手段分析了控制因素。研究认为: (1) 该区存在珊瑚礁、层孔虫礁、海绵礁、微生物礁, 并且主要集中在上奥陶统地层中。后生动物礁(珊瑚礁、层孔虫礁、海绵礁)主要分布在台缘相带中, 并且在南缘的规模和数量都大于西缘, 微生物礁主要分布在开阔台地内部台坪环境中; (2) 颗粒滩在西南缘较为发育, 向东北方向过渡为细的团粒和灰泥; (3) “L”形古隆起控制了沉积格局, 决定了深水盆地、斜坡和台缘相带也呈现出了“L”形的带状展布特征。来自西部祁连海和南部秦岭海的营养物质聚集在了“L”形的台地边缘, 为后生动物礁的发育提供了物质基础; (4) “南南西”的盛行风向控制了礁滩的平面分布, 该风向与“L”形的古隆起地形耦合形成了台地的迎风体系(南缘)、侧风体系(西缘)、背风体系(东北部)。该风向一方面使得台地的西南缘水体循环程度加强, 氧分增加, 从而导致了西南缘礁滩的数量和规模大于东北部。研究成果为该套储层的下一步油气勘探提供了沉积学方面的参考依据。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 奥陶系; 生物礁; 颗粒滩; 高能相带



摘要 ID:2342

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地奥陶系“断溶体”裂缝发育特征、期次和控储作用以及对富满大油田的勘探启示

倪新锋\*、沈安江、乔占峰、韦东晓  
中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院

构造作用形成的裂缝对碳酸盐岩“断溶体”储层的形成及改造至关重要。通过大量的岩心、薄片、阴极发光、成像测井及测试分析等进行综合研究,认为塔里木盆地奥陶系主要发育有3类成岩缝、3期构造缝和溶蚀缝。3期构造缝对应3次构造旋回,分别为晚加里东-早海西期方解石及泥质充填的构造张裂(溶蚀)缝;晚海西期-印支期方解石充填的共轭剪切缝;燕山期至喜马拉雅期半充填或未充填的剪性网状微-小缝。构造裂缝的形成直接促进了岩溶作用的发生,溶蚀缝往往改造前期的构造缝,发生时间稍滞后,但属同期。各类裂缝的形成时间、规模、充填特征、成像测井特征及阴极发光性各异。构造缝、溶蚀缝控制了岩溶储层的发育和分布。裂缝自身溶蚀扩大或与溶蚀孔洞配置,构成各类缝洞型储层,成为油气储集的主要空间,是增加碳酸盐岩储层储渗性质的重要因素之一。成岩裂缝张开度较小,水体的沟通横向疏导作用有限,对加速岩溶作用的发生起一定作用,但贡献有限。该认识对富满十亿吨级大油田的勘探以及扩边具有较好的启示。

**参考文献** 鲁新便,胡文革,汪彦,李新华,李涛,吕艳萍,何新明,杨德彬.2015.塔河地区碳酸盐岩断溶体油藏特征与开发实践.石油与天然气地质,36(3):347-355 邓兴梁,乔占峰,王彭,常少英,何军,李维岭,赵龙飞,李昌.2018.埋藏期“断溶体”的储集特征、成因及发育规律—以塔中十号带奥陶系良里塔格组岩溶储层为例.海相油气地质,23(1):47-55 倪新锋,杨海军,沈安江,张丽娟,乔占峰,赵宽志,韩利军.2010.塔北地区奥陶系灰岩段裂缝特征及其对岩溶储层的控制.石油学报,31(6):933-940

**关键词** 断溶体储层;构造缝;溶蚀缝;成岩缝;期次;奥陶系;塔里木盆地





摘要 ID: 2574

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地寒武系顶部风化壳储层发育特征和成因

张艳\*<sup>1,2</sup>、李相博<sup>2</sup>、黄军平<sup>2</sup>、吕修祥<sup>1</sup>、郑泽宇<sup>1,2</sup>、董岐石<sup>1,2</sup>

1. 中国石油大学(北京)

2. 中国石油勘探开发研究院西北分院

寒武系顶部风化壳储层是鄂尔多斯盆地重要的油气勘探潜力层系。从岩心观察来看,可以看出鄂尔多斯盆地寒武系顶部风化壳储层储集空间整体以次生孔、洞、缝为主。可见大量宏观溶蚀孔洞、裂缝。从薄片观察来看,可以看出顶部风化壳储层岩性主要以粉晶云岩、细晶云岩、含灰云岩为主,储集空间类型可分为孔隙、溶洞、裂缝,其中的储集空间以次生溶孔为主,白云石化程度高,裂缝为次要的储集空间,虽然有一定的储集作用,但主要起渗流作用,而起主要储集作用的是孔隙和溶洞。基于钻井、岩心、镜下薄片鉴定,认为寒武系碳酸盐岩储集体的储集空间类型丰富,孔、洞、缝均发育,认为其属于优质储层。并且根据碳氧同位素、锶同位素和稀土元素测试分析,认为寒武系顶部风化壳储层主在准同生期和浅埋藏成岩阶段回流渗透白云岩化作用形成,储层在沉积时期整体处于开放的成岩环境,接受大气水淋滤作用改造。提出寒武系顶部风化壳储层准同生期和浅埋藏白云岩化是寒武系顶部风化壳储层形成的基础,大气降水下的溶蚀作用是储层形成的关键,并且认为该储层受控于古地貌和不整合面(怀远和加里东两期构造运动叠加形成)两方面因素,建立了寒武系顶部风化壳储层成因模式图,认为鄂尔多斯盆地寒武系顶部风化壳储层具有广阔的天然气勘探前景,应值得重视。

**参考文献** 刘显阳,魏柳斌,刘宝宪,等.鄂尔多斯盆地西南部寒武系风化壳天然气成藏特征[J].天然气工业,2021,41(04):13-21.张春林,姚泾利,李程善,等,2021.鄂尔多斯盆地深层寒武系碳酸盐岩储层特征与主控因素[J].石油与天然气地质,42(03):604-614.

**关键词** 鄂尔多斯盆地;寒武系;风化壳;储层特征;成因模式



摘要 ID:453

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 前寒武古老层系微生物生作用油气生储组合

朱东亚\*、刘全有、王静彬

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

全球油气勘探逐渐向前寒武古老层系拓展, 已在全球范围内发现多个前寒武油气系统(Craig et al. 2013)。元古界以来, 伴随生命演化过程, 微生物的形成演化不但为油气的形成贡献大量的原始有机质(Zhang et al. 2021), 而且还能形成多种形式的微生物碳酸盐岩储集体。微生物活动相关的成烃与成储作用受什么因素控制, 是否能构成前寒武层系中有效的生储组合等问题值得深入探索。

四川盆地及周缘地区的震旦系陡山沱组发育有优质的黑色页岩烃源岩, 上覆灯影组发育大量的微生物岩, 这套生储组合是开展微生物生储系统研究的典型的实例。中上扬子地区在陡山沱组沉积时期主要发育浅水台地碳酸盐岩、混积陆棚、斜坡和深水等多种类型的沉积。陡山沱组二段和四段广泛发育有斜坡和深水页岩, 主要在四川盆地东部和南部地区广泛分布。城口寨子岩、明月等剖面黑色页岩的 TOC 分别为 0.11~17.85%和 0.39~5.2%, 平均分别为 6.3%和 1.36%, 属于好至优质烃源岩。尽管此时后生动物已经开发繁育, 显微镜和扫描电镜下发现真核超微型光养型藻类、细菌类等微生物仍占据主导地位, 对黑色页岩烃源岩中原始有机质产率有着重要的贡献。微生物不仅为烃源岩形成提供原始有机质之外, 还可通过微生物的建造作用形成的各种各样的微生物岩, 如叠层石、凝块岩等(Riding, 2011)。灯影组二段微生物岩在四川盆地及周缘地区广泛分布, 富含原生孔隙和次生溶蚀孔隙而构成有效的油气储集层。叠层石和凝块岩孔隙度分别为 6.1%和 11.2%。扫描电镜下可见凝块岩中的白云石颗粒之间有大量的雪花状、长条状、哑铃状、球状的纳米-微米级结构, 表明是微生物活动的结果。前寒武时期海洋环境变化是控制微生物成烃或成储的关键因素, 深水还原滞留水体促使微生物烃源的发育和保存, 浅水氧化水体促使光合微生物的繁育和微生物碳酸盐岩储集体的形成。

灯影组二段微生物岩储集体直接覆盖在陡山沱组黑色页岩烃源岩之上, 构成了有效的微生物生储系统。微生物岩储层中天然气的  $\delta^{13}\text{C}_{\text{CH}_4}$  值为 -33.9‰~-32.0‰, 平均为 -33.1‰。陡山沱组页岩中干酪根碳同位素  $\delta^{13}\text{C}$  为 -31.1‰~-28.5‰。认为天然气有陡山沱组烃源岩贡献(Wei et al., 2015)。四川盆地内部绵阳-长宁裂陷槽两侧以及盆地东部和南部地区陡山沱组页岩烃源岩和灯影组二段微生物岩大量分布, 是微生物生储系统主要分布区域。

**参考文献** Craig J, Biffi U, Galimberti R E, et al., 2013. The palaeobiology and geochemistry of Precambrian hydrocarbon source rocks [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 40, 1-47. Riding R. 2011. Microbialites, stromatolites, and thrombolites [C].

In Encyclopedia of geobiology. Wei G Q, Xie Z Y, Song J R, et al., 2015. Features and origin of natural gas in the Sinian-Cambrian of central Sichuan paleo-uplift, Sichuan Basin, SW China [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 42(6), 768-777. Zhang S C, Su J, et al., 2021. Eukaryotic red and green algae populated the tropical ocean 1400 million years ago [J]. *Precambrian Research*, 357, 106166.

**关键词** 前寒武; 海水环境; 微生物; 烃源岩; 微生物岩



摘要 ID:615

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 合川地区二叠系茅口组白云岩储层主控因素及分布预测

朱茂\*

中国石油杭州地质研究院

四川盆地中部合川-潼南地区新钻井揭示在二叠系茅口组中部发育一套白云岩储层, 并获得高产。但是针对这套白云岩储层成因与分布存在较大争议。本次研究基于构造, 沉积背景分析, 通过地球物理、岩心、薄片、阴极发光、U-Pb 同位素定年和地球化学等分析测试, 进一步总结分析了合川潼南地区茅口组白云岩储层特征及优质储层主控因素, 预测有利储层分布。研究结果表明合川地区茅二段发育一套厚度约 5-15m, 横向分布相对稳定的白云岩储层。储层以晶粒白云岩和少量颗粒白云岩为主, 溶蚀孔洞、晶间溶孔(粒间/内容孔)、溶缝是主要储集空间。层间岩溶作用形成的潜流带大型缝洞系统控制这套白云岩储层发育, 主要发育于颗粒滩相中, 具备规模发育条件, 主要基于以下地质-地球化学特征: ①岩心描述揭示茅二段发生层间岩溶作用, 大气水溶蚀作用明显, 岩溶角砾化, 溶缝、溶洞被碳酸盐颗粒充填, 岩溶分带特征明显, 上部岩溶作用弱, 下部岩溶作用强, 白云石化只发生于缝洞充填物中; ②白云岩激光 U-Pb 同位素年龄  $250 \pm 20\text{Ma}$ , 锁定白云岩形成于浅埋藏期。另外阴极发光显褐红色, 低白云石有序度, 同期海水相当的碳氧, 锶同位素和稀土元素配分模式, 相对较高的 Ce 元素负异常等特征, 指示白云岩形成于早埋藏期, 白云石化流体为海水, 而非地层慢源热液; ③溶蚀模拟实验解释颗粒灰岩易溶, 茅二段岩溶缝洞系统主要发育于颗粒滩相中。井震标定及正演结果表明茅二段白云岩储层在地震上具有亮点反射特征, 预测的合川-潼南地区茅二段有利储层主要分布在沉积期的古地貌高地的围斜部位, 结果与这种成因模式符合。

**参考文献** 1. 周进高, 姚根顺, 杨光, et al. 四川盆地栖霞组—茅口组岩相古地理与天然气有利勘探区带. 天然气工业 2016;v. 36;No. 270(4): 15-22. 2. 张运波. 四川盆地中二叠统层序地层及沉积模式: 中国地质大学(北京), 2011. 3. 赵宗举, 周慧, 陈轩, et al. 四川盆地及邻区二叠纪层序岩相古地理及有利勘探区带. 石油学报 2012;33: 35-51. 4. 周进高, 姚根顺, 杨光, et al. 四川盆地栖霞组—茅口组岩相古地理与天然气有利勘探区带. 天然气工业 2016;36(4). 5. 魏国齐, 杨威, 万怡平, 金惠. 扬子地块西北缘二叠系-中三叠统层序地层与沉积相展布. 岩石学报 2011;27(3): 741-48. 6. 黎荣, 胡明毅, 杨威, 刘满仓. 四川盆地中二叠统沉积相模式及有利储集体分布. 石油与天然气地质 2019;40(02): 159-69. 7. 田景春, 林小兵, 张翔, et al. 四川盆地中二叠统栖霞组滩相白云岩多重成因机理及叠加效应. 岩石学报 2014;30(3): 679-86. 8. 曾德铭, 石新, 王兴志, 黄勇, 杨跃明. 川西北地区下二叠统栖霞组滩相储层特征及其分布. 天然气工业 2010;30(12): 25-28. 9. 魏国齐, 杨威, 朱永刚, et al. 川西地区中二叠统栖霞组沉积体系. 石油与天然气地质 2010;31(4): 442-48. 10. 杨光, 汪华, 沈浩, et al. 四川盆地中二叠统储层特征与勘探方向. 天然气工业 2015;35(7): 10-16.

**关键词** 四川盆地; 茅口组; 白云岩; 层间岩溶; 潜流带



摘要 ID:901

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 塔里木盆地碳酸盐岩中组合沉积储层再认识及勘探新方向

熊冉\*、贺训云

中国石油杭州地质研究院

碳酸盐岩中组合(下奥陶统鹰山组下段、蓬莱坝组、上寒武统下丘里塔格组)是塔里木盆地油气勘探的重要领域,但由于其地质条件复杂,近年来勘探一直未获实质性突破。2020年针对下奥陶统蓬莱坝组钻探的中蓬1及满蓬1相继失利,更加证实了碳酸盐岩中组合地层、沉积、储层等基础地质问题的复杂性。本文以塔里木盆地碳酸盐岩中组合为研究对象,基于近3000个岩屑样品开展高密度的薄片观测描述,岩性校正并有效提取岩石结构信息,结合孔渗、碳氧同位素等测试分析建立了21口重点探井单井铁柱子;在此基础上,开展古生物地层、碳同位素地层、岩石地层对比分析,重新建立了中组合等时地层格架;井震结合,利用覆盖塔中、塔北地区近10000km<sup>2</sup>的三维地震资料,开展地震相分析研究,重新编制了中组合沉积相图,落实了颗粒滩等有利相带的分布,并明确了规模有效储层的成因、主控因素及分布;最后结合油气成藏条件,指明了中组合下一步勘探的新方向。

研究取得了以下几个方面的新认识:

- 1、蓬莱坝组岩性复杂,主要以云灰互层为主,各次级构造单元岩石地层特征差异大,难以对比,可通过生物地层结合碳同位素地层开展盆地尺度地质年代对比,刻度各次级构造单元的等时典型柱子,进一步小尺度上以等时典型柱子为基准,各次级构造单元上通过岩石地层特征对比从而建立全盆地等时地层格架。总体上看,蓬莱坝组为一套发育于晚寒武世到早奥陶世的穿时地层。
- 2、塔北、塔中中组合广泛发育颗粒滩微相,垂向上多期叠置,滩地比最高可达87%;侧向上较连续分布,尤其是塔北南缘及塔中北斜坡地区,大面积连片发育;总体上看下丘里塔格组及蓬莱坝组较鹰山组下段更为发育。
- 3、储层主要发育在中细晶白云岩中;储集空间类型主要为溶蚀孔洞及晶间(溶)孔;部分储层为中高孔-中高(低)渗的孔洞-孔隙型储层;储层发育主要受控于高能相带、暴露溶蚀和早期白云石化作用;地震强反射(串珠+片状)不一定完全是溶蚀孔洞的响应,也可能是硅化层的响应,与走滑断裂相关的热液硅化往往对储层起到破坏作用。

塔北西部蓬莱坝组顶部存在颗粒滩+暴露溶蚀的地层上倾削截带,上覆鹰山组发育致密碳酸盐岩直接盖层+桑塔木厚层泥岩间接盖层,且临近走滑断裂发育区,油气可通过走滑断裂垂向疏导后进一步沿不整合面横向运移充注,整体上看油气成藏条件好,是塔里木盆地碳酸盐岩中组合下一步勘探的新方向。

**参考文献**

**关键词** 沉积储层;碳酸盐岩中组合;勘探新方向;塔里木盆地



摘要 ID:911

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 鄂尔多斯盆地马家沟组四段 构造—岩相古地理及其控储效应

周进高<sup>\*</sup>、于洲<sup>1</sup>、吴东旭<sup>1</sup>、丁振纯<sup>1</sup>、李维岭<sup>1</sup>

1. 杭州地质研究院

2. 中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院

储层是油气勘探开发研究的热点问题,前人研究大多集中于储层成岩作用及主控因素,而对岩相古地理的控储效应研究甚少。从岩相古地理和储层类型入手,应用岩相古地理编图新方法和储层测试新技术,结合新的钻井和地震资料,对奥陶系马家沟组四段构造—岩相古地理及其对储层发育的控制作用进行深入研究,取得的新认识推动了米探1井、靖探1井的勘探突破,为鄂尔多斯盆地马家沟组盐下勘探提供了新的方向和理论支撑。

马四岩相古地理特点:①具有“三隆一坳”的古地理格局,三隆为北部的伊盟古陆、西南部的中央古隆起和东部的吕梁低隆,一坳即东部坳陷,东部坳陷被榆林横山凸起分隔成桃利庙和米脂两个凹陷,上述古地理背景与海平面升降共同控制了有利储集相带的展布;②受中央古隆起和榆林横山凸起双重障壁作用的影响,马四表现为镶边碳酸盐岩台地沉积特征,沿中央古隆起和横山凸起发育高能相带,而凹陷演化成低能潟湖环境;③精细岩相古地理研究揭示,中央隆起带由多期颗粒滩和滩坪叠置的向上变浅序列组成,颗粒滩累计厚达300余米,榆林横山凸起由多个泥晶云岩+颗粒白云岩+微生物白云岩的沉积序列组成,颗粒滩单层变薄,累计厚30-80米,凹陷区则由低能的泥晶灰岩、斑状灰质云岩序列组成,有时在序列顶部出现薄层微生物席和膏盐。

岩相古地理控储效应。①研究揭示马四发育三种储层类型,即颗粒白云岩储层、微生物白云岩储层和斑状灰质云岩储层,颗粒滩和微生物白云岩储集性能较好,斑状云岩较差;②储层的发育和展布与岩相古地理密切相关,中央古隆起古地貌高、水动力强有利于颗粒滩的发育,进而控制了颗粒滩白云岩储层的分布,定探1井揭示颗粒滩储层累计厚度超过150米,榆林横山凸起古地貌次高,当海平面下降时,水体变浅,能量增加,有利于颗粒滩发育,当水体继续变浅则利于微生物丘的发育,形成丘滩复合型白云岩储层,累计厚15-40米;凹陷区整体能量低,缺乏颗粒滩沉积,生物扰动及差异白云石化作用一定程度改善储集性能,储层整体较薄,单层不到2米,累计厚度不到10米,但分布广。

依据岩相古地理与储层发育的耦合关系,预测马四段颗粒滩白云岩储层主要分布在中央古隆起,丘滩白云岩储层则沿榆林横山凸起带展布,而斑状白云岩储层分布于米脂凹陷。位于斑状白云岩储层区的米探1井已取得突破,与之相比,榆林横山凸起带储集条件更好,潜力更大,值得期待。

**参考文献** [1]周进高. 碳酸盐岩障壁台地与储层发育规律[M]. 石油工业出版社, 2015. [2] 杨华,包洪平. 鄂尔多斯盆地奥陶系中组合成藏特征及勘探启示[J]. 天然气工业, 2011, 31(12): 11-20.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 马家沟组; 岩相古地理; 储层分布; 勘探方向



摘要 ID:1225

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 四川盆地茅口组白云岩储层特征及成因机制

高兆龙\*

中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院

钻探证实,四川盆地茅口组发育白云岩孔隙型储层,储层厚度大、物性好、测试稳产。通过地层层序划分对比、沉积相综合研究、储层岩石学分析,明确了茅口组白云岩特征、分布及主控因素:白云岩储层主要为细晶云岩,他形-半自形,晶粒较均一,见残余颗粒幻影;储集空间主要为白云石晶间孔和晶间溶孔,储层孔隙度主要分布在2-4%,平均孔隙度3.1%,渗透率主要分布在0.01-0.1mD,平均渗透率0.13mD,孔渗正相关明显,为孔隙型储层特征;白云岩储层主要受高能滩相控制,台缘滩相储层,以残余颗粒云岩为主,原岩呈颗粒支撑,砂屑和生屑分选好,磨圆度高,具典型高能滩相特征;基于岩石薄片、阴极发光、碳氧同位素、包裹体等分析表明,茅口组白云岩主要受滩相控制,高能滩相背景下发育的砂屑灰岩受准同生期云化作用,形成晶间孔和晶间溶孔。

**参考文献** [1]杨跃明,杨雨,文龙,等.四川盆地中二叠统天然气勘探新进展与前景展望[J].天然气工业,2020,40(07):10-22.[2]杨雨,谢继容,赵路子,等.四川盆地茅口组滩相孔隙型白云岩储层天然气勘探的突破及启示——以川中北部地区JT1井天然气立体勘探为例[J].天然气工业,2021,41(02):1-9.[3]杨雨,文龙,谢继容,等.四川盆地海相碳酸盐岩天然气勘探进展与方向[J].中国石油勘探,2020,25(03):44-55.[4]张玺华,陈聪,张亚,等.川西北地区茅口组海槽相地质特征及其油气地质意义[J].天然气勘探与开发,2018,41(03):42-50.[5]胡朝伟,胡广,张玺华,等.川西北地区茅口组上部黑色岩系的层位、沉积环境及生烃潜力评价[J].石油实验地质,2020,42(02):202-214.[6]周进高,姚根顺,杨光,谷明峰,等.四川盆地栖霞组—茅口组岩相古地理与天然气有利勘探区带[J].天然气工业,2016,36(04):8-15.

**关键词** 四川盆地;茅口组;白云岩储层;主控因素



摘要 ID:1742

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 古老深层碳酸盐岩储层成因地质模式与精细建模技术

何治亮\*

中国石油化工股份有限公司

深层-超深层碳酸盐岩油气勘探面临着巨大的技术和商业风险。制约勘探成功的关键瓶颈之一是在深层-超深层环境中能否找到规模性优质储集体。国外传统研究认为,受成岩压实和胶结影响,随埋藏深度增加和年代变老,碳酸盐岩中的孔隙度逐渐降低(Ehrenberg et al. 2009; Schmoker and Hally 1982),深层-超深层很难再有有效储层存在。但我国近年来一些超深钻井揭示了深层-超深层中仍有多类型的优质储集体,如盐下的白云岩储集体、微生物岩储集体、断控储集体等;这些储集体共同的特点是埋藏深度大,普遍经历复杂的成岩改造过程。研究表明,原始沉积建造(高能相带礁滩体、微生物岩等)是规模性优质储集体发育的基础,后期多种类型成岩流体溶蚀改造作用(大气降水岩溶作用、热液溶蚀/白云岩化作用、成烃有机流体改造作用等)使储集体在深埋藏过程中进一步发育和保持,特殊构造条件下形成的断裂-流体耦合作用可以形成多种特殊类型的断控型储集体。碳酸盐岩储集体沉积与成岩过程研究为建立优质储集体地质模式奠定了基础,新型建模理念和方法的突破为优质储集体精细建模提供了强有力的手段。基于测井数据与地震物理模型联合驱动的叠前弹性参数反演可提高深层-超深层强非均质性储层的垂向分辨率,结合基于高温高压实验认识构建的岩石物理模型,可开展深层-超深层碳酸盐岩储层高精度刻画与流体检测。从数据驱动向过程驱动是深层储层地质建模发展的必然转变。通过将统计学建模与沉积过程建模进行融合,可有效提高深层碳酸盐岩储层模型的精度和准确度。沉积过程与成岩过程联合模拟技术、人工智能地质建模技术是古老深层碳酸盐岩储层未来攻关的重要方向。

### 参考文献

**关键词** 古老深层; 碳酸盐岩; 储层; 成因地质模式; 精细建模技术



摘要 ID: 3189

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 济阳拗陷车西地区成岩流体与下古生界碳酸盐岩储层形成关系研究

冯月琳<sup>1</sup>、王永诗<sup>2</sup>、孟涛<sup>1</sup>、刘鹏<sup>1</sup>、王彤达<sup>1</sup>

1. 胜利油田勘探开发研究院

2. 胜利石油管理局

不同类型的成岩流体控制了储层的改造及演化过程, 是有利储层发育的关键因素。下古生界内幕储层岩性以白云岩为主, 由于埋深大, 经历了多期构造作用多次流体叠加改造作用, 成岩流体与成储机制较为复杂。为了进一步明确不同成岩流体对内幕储层的控制作用, 综合运用岩心观察, 薄片鉴定、主微量元素测定, 包裹体测温、钻录井集测井资料对车西地区下古生界内幕储层成岩流体进行识别, 开展不同类型成岩流体与碳酸盐岩内幕储层改造作用研究。结果显示, 研究区下古生界内幕储层主要经历了五类成岩流体四个关键期改造作用, 分别为准同生期高镁粒间水和富硫酸盐水, 表生期大气淡水, 中-深埋藏期埋藏混合水及深埋藏期有机酸性流体。通过分析各关键期成岩流体对于储层改造的影响认为, 准同生期高镁粒间水提供了良好的云化水体环境, 形成白云岩含量较高的储层, 计算原始矿物云化过程中等摩尔质量转化认为, 云化作用可以增加至少 15% 的孔隙体积, 水体中残余镁离子在后期成岩作用中也可以不断次生加大为储层提供更多晶间孔和晶间缝。富硫酸盐水环境中石膏脱水作用对储层贡献作用有限, 去云化作用减少 19% 孔隙。根据溶蚀-沉淀平衡规律, 表生期大气淡水混入, 增加了准同生期白云石胶结物、方解石胶结物和石膏胶结物的溶蚀量, 顺沿大气淡水入渗方向, 垂向形成白云岩岩溶角砾带-溶蚀物沉淀胶结致密带-深部未受影响云化带, 各带在横向具有可对比性, 并且膏质含量较高的储层在表生期更易溶蚀成孔。中-深埋藏期为前两期残余流体与深埋流体、成岩转化流体等一系列外源流体与地层水的混合流体, 根据温度-压力对不同矿物溶蚀-沉淀规律影响认为该期混合流体对储层改造具有双重性, 一方面是白云岩重结晶, 白云石过度生长, 破坏早期残余孔隙, 另一方面温度压力增加碳酸钙在流体中溶解度, 在一定程度上形成溶蚀孔。深埋藏有机酸性流体顺沿残余溶孔、裂缝进行进一步扩溶, 方解石和白云石胶结物优先进行溶蚀, 在深部形成优质白云岩储集层。受沉积相、古地貌和构造运动控制, 研究区马家沟组储层岩性以膏质白云岩为主, 储集空间以膏质溶孔为主; 冶里亮甲山组受怀远运动影响, 储层常见溶蚀角砾白云岩, 溶孔中可见渗滤砂; 凤山组储层则以中-粗晶白云岩残余晶间孔晶间缝为主要储集空间, 新生代继承性活动断层对不同层位原始发育储层带进行了调整, 导致不同构造部位潜山内幕储层发育深度有差异。

**参考文献** [1]张春林, 姚泾利, 李程善, 等. 鄂尔多斯盆地深层寒武系碳酸盐岩储层特征与主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(3):11. [2]王永辉, 张友浩, 高先志, 等. 北部湾盆地涠西南凹陷碳酸盐岩潜山表生岩溶储层特征与演化模式[J]. 地球学报, 2022(005):043. [3]冯子辉, 邵红梅, 刘云苗, 等. 塔里木盆地古城地区奥陶系成岩流体与碳酸盐岩储层形成关系研究[J]. 中国石油勘探, 2022, 27(4):14.

**关键词** 成岩流体, 碳酸盐岩储层, 内幕储层, 下古生界, 车西地区





摘要 ID: 3311

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 川西南地区三叠系须家河组致密砂岩储层特征与成岩演化

杨治宇\*

长江大学

**摘要:** 中国西南部的四川盆地, 上三叠统须家河组发育一套典型的非常规致密砂岩储集层, 由砂岩和泥岩以“三明治式”叠置沉积的含煤地层, 厚度约 200~>4000 米, 自西向东呈贝壳状广覆分布, 致密气形成条件好, 可供勘探面积大、资源潜力大、前景广阔。近几年, 四川盆地须家河组在之前开发的基础上, 进行大规模的再开发, 其中, 深层碎屑岩是非常重要的天然气勘探领域, 而四川盆地西南部洪雅—环峡地区须家河组二段(须二段)深层致密砂岩气藏是目前气藏开发的热点之一, 具有较大的勘探开发潜力。通过在川西南部白马 6、大 14、平落 1 等钻井进行取芯采样, 对须家河组的岩样进行镜下薄片观察、阴极发光、扫描电镜、X 射线衍射、高压压汞、孔渗饱和度和测试等研究, 系统性的分析研究区须家河组的岩性与物性特征, 孔隙类型与孔喉结构, 储集空间类型, 成岩作用类型, 最后推断研究区的成岩演化。结果表明: 研究区三叠系须家河组致密砂岩以长石岩屑砂岩为主, 少量长石石英砂岩, 结构成熟度与成分成熟度差—中等; 孔隙度分布在 0.08%~9.64%之间, 平均孔隙度 3.26%, 渗透率平均值为  $0.397 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 整体上为一套低孔特低渗类型; 孔喉结构整体上表现为低孔、片状喉道、非均质较强的特征, 储层孔喉结构可分为四类, 其中 I 类与 II 类储层孔喉半径较大, 物性较好; 储集空间发育粒内溶孔、粒间溶孔和剩余原生粒间孔及微裂缝, 为典型的裂缝—孔隙型储层; 成岩作用类型主要有压实作用、胶结作用、溶蚀作用, 其中强烈的压实作用是导致研究区储层物性致密的最主要因素, 其次为绿泥石胶结作用, 而溶蚀作用是研究区储层增孔的主要因素。研究区砂岩的具体演化过程为压实作用→第一期裂缝→第一期伊利石胶结→第一期石英加大→第一期方解石胶结→第二期破裂作用→长石、岩屑溶解→第二期石英加大、硅质充填→绿泥石胶结或者伊利石胶结→第二期方解石胶结→溶解作用→第三期石英加大、硅质充填→第三期碳酸盐胶结→碳酸盐交代长石和石英→第三期构造破碎→晚期方解石或石英胶结成岩。成岩阶段主要为中成岩 B 期; 包裹体显示须二段有一期油充注, 二期油气充注, 总体为先致密后成藏。

**参考文献** [1] 许晗, 刘明浩, 张庄, 等. 四川盆地川西拗陷须家河组三段致密砂岩储层成岩作用及孔隙演化[J]. 天然气地球科学, 2022, 33(3): 344-357. [2] 苏亦晴, 杨威, 金惠, 等. 川西北地区三叠系须家河组深层储层特征及主控因素[J]. 岩性油气藏, 2022, 34(5): 86-99. [3] 谢丹, 杨映涛, 马森, 孙意博. 成都凹陷中侏罗统沙溪庙组储层特征与控制因素[J]. 宜宾学院学报, 2022, 22(06): 67-72. [4] 谢格云, 王占磊, 刘柏, 等. 川西南部沙溪庙组储集层成岩作用及其对储层的影响[J]. 四川地质学报, 2021, 41(04): 609-612. [5] 陈少云, 杨勇强, 邱隆伟, 等. 川中地区侏罗系沙溪庙组储层特征及控制因素[J]. 天然气地球科学, 2022, 33(10): 1597-1610. [6] 叶素娟, 杨映涛, 张玲. 四川盆地川西拗陷上三叠统须家河组三段和五段“甜点”储层特征及分布[J]. 石油与天然气地质, 2021, 42(04): 829-840+862. [7] 王小娟, 洪海涛, 吴长江, 等. 四川盆地川中地区侏罗系沙溪庙组致密砂岩储层特征及成因[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2022, 52(04): 1037-1051. [8] 詹国卫, 顾战宇, 庞河清, 蔡左花. 致密砂岩储层孔隙结构特征及其对开发的影响[J]. 西南石油大学学报(自然科学版), 2022, 44(03): 70-84. [9] 岳亮, 孟庆强, 刘自亮, 等. 致密砂岩储层物性及非均质性特征——以四川盆地中部广安地区上三叠统须家河组六段为例[J]. 石油与天然气地质, 2022, 43(03): 597-609.

**关键词** 川西南地区; 致密砂岩储层; 须家河组; 孔隙结构; 成岩演化;



摘要 ID: 2223

主题分类: 能源与矿产沉积学》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 川西北中三叠统雷口坡组成岩演化及储层成因

罗涛<sup>1</sup>、文华国\*<sup>1,3</sup>、霍飞<sup>1,2</sup>、徐文礼<sup>1,2</sup>、阮蕴博<sup>1</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川成都, 610059

3. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川成都, 610059

雷口坡组是四川盆地海相碳酸盐岩油气勘探的重点层位, 具有丰富的天然气资源。前人对雷口坡储层和微生物岩的研究主要在雷四段, 雷三段缺乏相关研究。中三叠世雷口坡期川西北地区属于扬子克拉通盆地的一部分, 进入三叠纪以后, 受康滇古陆和扬子古陆相继上隆的影响, 盆地基底不断抬升, 海退逐步加剧, 盐化程度进一步加深。川西北地区在雷口坡期间为浅海局限台地沉积环境, 沉积一套海相碳酸盐岩及蒸发岩, 其中白云岩主要有两种类型, 一种是保留原始结构的颗粒白云岩包括藻白云岩(藻砂屑、藻球粒、藻格架、藻纹层以及膏质藻白云岩等)、鲕粒白云岩以及内碎屑白云岩(砂屑、砾屑), 另一种为无原始结构或原始结构保存较差的海相白云岩(泥晶、粉-细晶白云岩)。藻白云岩扫描电镜下发现了胞外聚合物(EPS), 形成可能与蓝藻属微囊藻和 *Stanieria* 藻等微生物诱导矿化作用有关, 微囊藻菌落的形成是对环境不利条件的适应。研究区雷口坡组优质储层主要发育在雷四<sup>1</sup>和雷三<sup>3</sup>两个层位, 主要为低孔、低渗储层, 而储层发育的优势岩石类型为藻格架白云岩和砂屑白云岩, 储集空间为粒间溶孔、粒内容孔、生物格架孔隙、晶间溶孔和裂缝。成岩演化过程对储层有重要影响, 准同生期的白云石化作用改造了砂屑滩和藻屑滩储层的孔隙结构之后, 似球粒和砂屑等颗粒开始胶结马牙状白云石, 多呈单向环边围绕颗粒, 为第 I 期胶结, 阴极射线呈暗红色或红色。石膏开始从海水中析出结晶, 同生期部分石膏溶解形成粒间孔和粒内孔, 溶蚀作用进一步扩大了孔隙。被溶蚀的孔隙开始胶结第 II 期粉-细晶白云石, 阴极射线呈橘黄色, 均一温度为 90~110℃, 半充填; 第 III 期中-粗晶白云石、嵌晶白云石阴极发光下为红色或橘黄色均一温度为 110~130℃, 半充填-全充填孔隙; 第 IV 期方解石(均一温度: 100~125℃) 或石英, 阴极射线不发光, 对孔隙一般全充填。胶结作用对储层破坏较大, 但大部分孔隙未全充填, 且原始结构保存较好, 说明胶结是处于封闭环境下; 同时油气的早期充注, 形成了一个封闭系统, 也抑制了强烈的埋藏胶结作用。随着埋藏深度增加, 在埋藏期经历压实、压溶作用, 降低了孔隙度。在中-深埋藏期间, 构造作用引起的破裂作用, 形成的裂缝连通了孔隙, 进一步提升了储层物性。

**参考文献** 孙腾蛟. 四川盆地中三叠雷口坡组烃源岩特征及气源分析[D]. 成都理工大学, 2014.

Riding R, Virgone A. Hybrid Carbonates: in situ abiotic, microbial and skeletal co-precipitates[J]. *Earth-Science Reviews*, 2020, 208:103300. Role and lifestyle of calcified cyanobacteria (*Stanieria*) in Permian-Triassic boundary microbialites[J].

*Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2015:S0031018215006859. 王远翀, 刘波, 姜伟民, 等. 川西中三叠统雷口坡组四段微生物岩沉积-成岩演化及储层成因[J]. *山东科技大学学报(自然科学版)*, 2020, v. 39;No. 191(06):27-38. 陈昱林, 曾焱, 段永明, 等. 川西龙门山前雷口坡组四段白云岩储层孔隙结构特征及储层分类[J]. *石油实验地质*, 2018, 40(05):21-31.

Energy; Peking University Researchers Release New Data on Energy (Sedimentary and Diagenetic Features and Their Impacts on Microbial Carbonate Reservoirs in the Fourth Member of the Middle Triassic Leikoupo Formation, Western Sichuan Basin, China)[J]. *Energy Weekly News*, 2020: 赵彦彦, 李三忠, 李达, 郭玲莉, 戴黎明, 陶建丽. 碳酸盐(岩)的稀土元素特征及其古环境指示意义[J]. *大地构造与成矿学*, 2019, 43(01):141-167.

**关键词** 碳酸盐岩; 中三叠世; 微生物岩; 成岩演化; 储层



摘要 ID: 2453

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 热化学硫酸盐还原反应对碳酸盐岩储层的改造效应——以塔里木盆地塔中地区寒武系、奥陶系为例

贾连奇<sup>1</sup>、蔡春芳<sup>2</sup>、张金功<sup>1</sup>、刘丽静<sup>1</sup>、罗情勇<sup>3</sup>、李开开<sup>4</sup>

1. 西北大学

2. 中国科学院地质与地球物理研究所

3. 中国石油大学(北京)

4. 中国地质大学(北京)

深层(4000–6000m)、超深层(>6000m)碳酸盐岩储层已经成为中国重要的油气勘探目标,近年来已经在塔里木、四川、鄂尔多斯等盆地的碳酸盐岩取得巨大的突破。烃类与硫酸盐在高温条件下(一般认为>120°C)会发生热化学硫酸盐还原反应(TSR),生成硫化氢(与铁反应形成黄铁矿)、二氧化碳(沉淀方解石)等。海相碳酸盐岩层系中往往发育一定的膏岩层,深层、超深层的碳酸盐岩含油气层普遍发育TSR。然而,TSR对碳酸盐岩储层的改造效应仍然有很大的争议。本文综合使用岩石学、地球化学、流体包裹体方法试图解释争议、弥合分歧。通过分析塔中地区含硫矿物,地层水和流体包裹体中硫酸根浓度、 $\text{SO}_4^{2-}/\text{Cl}^-$ ,我们发现塔中地区不同层位、构造位置的TSR明显不同。在北斜坡奥陶系碳酸盐岩储层中,地层水中溶解的硫酸盐是TSR的主要反应物,而在东部潜山带上寒武统粗晶硬石膏是TSR的主要反应物。奥陶系上覆志留系碎屑岩中发现大量含黄铁矿、方解石的脉体,这些黄铁矿与奥陶系中裂缝充填的黄铁矿、硫磺及凝析气中伴生的硫化氢的硫同位素值相似,说明北斜坡奥陶系的TSR发生对硫化氢和二氧化碳部分开放的体系中。碳酸盐岩的溶蚀释放了无机成因的二氧化碳导致TSR方解石和天然气中的二氧化碳碳同位素值偏高。伴随着晚期气侵,TSR形成的气体增加了流体压力,导致部分裂缝开放,硫化氢、二氧化碳及溶蚀的碳酸盐溶质被搬运到上部地层。东部潜山带上寒武统的TSR发生在封闭体系中,这阻遏了硫化氢和二氧化碳的向外运输,使得黄铁矿和方解石沉淀在参与TSR的硬石膏周围,新矿物阻挡烃类与硫酸根的接触,使得TSR反应无法继续发生。与北斜坡奥陶系类似,塔里木盆地寒武统贫硫酸盐的白云岩储层可能是潜在的TSR改造的优质储层。TSR可能发生在多种的地质条件下,参与反应的反应物(硫酸盐、烃类)不同,体系开放与否,这些都会影响TSR改善还是破坏储层。

### 参考文献

**关键词** 热化学硫酸盐还原反应;超深层碳酸盐岩储层;流体包裹体;稳定同位素;塔里木盆地



摘要 ID:2937

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地雷口坡组岩相古地理特征及有利储集相带

徐康<sup>1</sup>、周小进<sup>1</sup>、胡宗全<sup>2</sup>、宫晗凝<sup>1</sup>

1. 中国石化勘探开发研究院无锡所

2. 中国石化石油勘探开发研究院

四川盆地雷口坡组近年来取得重大勘探突破。基于野外露头、录井、测井及地震资料,进行全盆地层序地层系统划分,明确沉积相类型,以三级层序体系域为编图单元,应用91口钻井岩相单因素统计结果,定量与定性相结合判识古地理类型,系统编制高精度全盆地雷口坡组岩相古地理图。依据编图成果提炼控制不同类型储层发育有利相带的展布规律。

研究表明:中三叠世四川盆地总体干旱炎热,盆地及周缘地区总体处于东挤西张的构造环境。四川盆地雷口坡组沉积时限约为12.2 Ma,四川盆地雷口坡组为典型的含膏碳酸盐岩层系,纵向上以多旋回的白云岩、膏岩夹灰岩频繁互层为主要岩性特征,地层可划分为4个段和9个亚段。地层残留分布总体呈现西厚东薄、向泸州-开江古隆起和盆地南北缘抬升削截的分布格局。旋回上可分为2个三级层序(雷一~雷二段为SQ1、雷三~雷四段为SQ2)。层序结构总体呈现快速海侵、缓慢下降的沉积特点。四川盆地雷口坡期主要沉积环境为半封闭陆表海的局限-蒸发台地。局限台地内发育潮间上带、潮间下带、局限泻湖及台内滩。蒸发台地内发育潮上带和蒸发泻湖。四川盆地雷口坡期属于克拉通内拗陷盆地发育晚期阶段,受控于东南方向的挤压作用,川东地区泸州-开江一带不断隆升,盆地沉积中心向川西迁移。泸州古隆起在SQ1及SQ2为水下古隆起,到SQ2高位体系域隆升出地表。古地理格局由SQ1的西高东低,演变为SQ2海侵体系域的东西高、中间低,最后在SQ2高位体系为西低东高;呈现了由东倾向西倾的“跷跷板”变化特征。雷口坡早、晚期沉积岩相以白云岩夹膏岩为主,中期以灰岩夹膏岩为主。

碳酸盐岩储层发育主要受沉积相及成岩作用的叠加控制。四川盆地雷口坡组发育潮坪相(藻)白云岩、滩相白云岩孔隙型和构造+不整合面岩溶改造型三类储层,基于本次岩相古地理研究与编图,这三类储层有利储集相带特征如下:川西广汉斜坡北部是雷四3发育藻云坪岩性圈闭有利目标区。川西梓潼凹陷西北部雷三2-3、泸州古隆起周缘雷一1是滩相白云岩储层发育的有利区。川东北雷顶不整合面之下是构造叠合不整合面岩溶储层发育的有利区。

**参考文献** 董兆雄, 邓明. 川西地区中三叠统雷口坡组岩相古地理[J]. 1994. 矿物岩石, 14(4): 46-63. 冯增昭. 1992. 单因素分析综合作图法—岩相古地理学方法论[J]. 沉积学报, 10(3): 72-76. 冯增昭, 鲍志东, 吴胜和等. 1997. 中国南方早中三叠世岩相古地理[J]. 地质科学, 32(2): 212-220. 黄东, 张健, 杨光等. 2011. 四川盆地中三叠统雷口坡组地层划分探讨[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版 33(3): 89-95. 黄涵宇, 何登发, 李英强等. 2019. 四川盆地东南部泸州古隆起的厘定及其成因机制[J]. 地学前缘, 26(1): 102-120. 吕玉珍, 倪超, 张建勇等. 2013. 四川盆地中三叠统雷口坡组有利沉积相带及岩相古地理特征[J]. 海相油气地质, 18(1): 26-32. 李凌, 谭秀成, 丁熊等. 2011. 四川盆地雷口坡组台内滩与台缘滩沉积特征差异及对储层的控制[J]. 石油学报, 32(1): 70-76. 林良彪, 陈洪德, 张长俊. 2007. 四川盆地西北部中三叠世雷口坡期岩相古地理[J]. 沉积与特提斯地质, 27(3): 51-58. 李凌, 谭秀成, 周素彦等. 2012. 四川盆地雷口坡组层序岩相古地理[J]. 西南石油大学学报: 自然科学版, 34(4): 13-22. 刘志丽, 童金南. 2001. 中国南方中三叠世地层及沉积古地理分异[J]. 沉积学报, 19(3): 327-332. 梁东星, 胡素云, 谷志东等. 2015. 四川盆地开江古隆起形成演化及其对天然气成藏的控制作用[J]. 天然气工业, 35(9): 35-41. 李书兵, 许国明, 宋晓波. 2016. 川西龙门山前构造带彭州雷口坡组大型气田的形成条件[J]. 中国石油勘探, 21(3): 74-82. 刘树根, 孙玮, 宋金民等. 2019. 四川盆地中三叠统雷口坡组天然气勘探的关键地质问题[J]. 天然气地球科学, 30(2): 151-167. 甯蒙, 刘殊, 龚文平. 2015. 川西拗陷三叠系雷口坡组顶部白云岩储层分布预测[J]. 中国石油勘探, 20(3): 30-37. 孙玮, 刘树根, 秦川等. 2009. 川中磨溪与龙女寺雷口坡组构造特征及油气成藏差异性[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 36(6): 654-661. [田景春, 陈洪德, 彭军等. 2000. 川滇黔桂地区下、中三叠统层序划分、对比及层序地层格架[J]. 沉积学报, 18(2): 198-204. 魏国齐, 杨威, 刘满仓等. 2019. 四川盆地大气田分布、主控因素与勘探方向[J]. 天然气工业, 39(6): 1-12.



汪华, 刘树根, 秦川等. 2009, 四川盆地中西部雷口坡组油气地质条件及勘探方向探讨[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 36 (6): 669-674. 谢刚平. 2015. 川西坳陷中三叠统雷口坡组四段气藏气源分析[J]. 石油实验地质, 37 (4): 418-429. 辛勇光, 周进高, 倪超等. 2013. 四川盆地中三叠世雷口坡期障壁型碳酸盐岩台地沉积特征及有利储集相带分布[J]. 海相油气地质, 18 (2): 1-7. 许国明, 宋晓波, 冯霞等. 2013. 川西地区中三叠统雷口坡组天然气勘探潜力[J]. 天然气工业, 33 (8): 8-14. 杨威, 魏国齐, 谢武仁等. 2020. 四川盆地绵竹—长宁克拉通内裂陷东侧震旦系灯影组四段台缘丘滩体成藏特征与勘探前景[J]. 石油勘探与开发, 47 (6): 1174-1184. 杨光, 石学文, 黄东等. 2013. 四川盆地龙岗气田雷四 3 亚段风化壳气藏特征及其主控因素[J]. 天然气工业, 34 (9): 17-24. 周进高, 辛勇光, 谷明峰等. 2010. 四川盆地中三叠统雷口坡组天然气勘探方向[J]. 天然气工业, 30 (12): 16-19. 朱萌, 王兴志, 张帆等. 2011. 四川盆地中坝气田雷口坡组储层成岩作用与孔隙演化[J]. 世界地质, 30 (2): 238-243. 邹才能, 徐春春, 汪泽成等. 2011. 四川盆地台缘带礁滩大气区地质特征与形成条件[J]. 石油勘探与开发, 38 (6): 641-651.

**关键词** 四川盆地; 雷口坡组; 岩相古地理; 有利储集相带



摘要 ID:2978

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## The Ultra-Deeply Buried Marine Carbonate Petroleum System—Middle Triassic Leikoupo Formation in the Western Sichuan Depression, Sichuan Basin, Southwest China

Tengjiao Suna,d,i, Xiaoping Luoa,i\*, Wentian Mib,f,i\*, Adam Woodsb, Domenico Chiarellac, Hairuo Qingd\*, Yongsheng Mae,i, Xueling Koue, Zhongmin Shena,i, Guosheng Xua,i, Haifeng Yuana,i, Jiaju Lianga,i, Fanghao Xua,d,i, Hao Wanga,d,i, Xiaoxing Gongg, Jian Luoa,c,i, Tingfu Jinh,i, Xiaowei Lva,i

a College of Energy Resource, Chengdu University of Technology, Chengdu, Sichuan, 610059, China;

b Department of Geological Sciences, California State University, Fullerton, Ca 92834-6850, USA;

c Clastic Sedimentology Investigation (CSI), Department of Earth Sciences, Royal Holloway University of London, Egham, Surrey, TW200EX, UK;

d Department of Geology, University of Regina, Regina, Saskatchewan, S4S0A2, Canada;

e China Exploration Company, SINOPEC, Sichuan 610041, China;

f School of Mines, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot, 010051, China;

g Geologic Exploration & Development Research Institute, Chuan Qing Drilling Co., Ltd., CNPC, Chengdu, 610051, China;

h Guizhou University of Engineering Science, Bijie, Guizhou, 551700, China;

i Institute of Sedimentary Geology & State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration, Chengdu, Sichuan, 610059, China.

\*Corresponding authors e-mail: lxpdcut@163.com; miwentian1982@163.com;

Hairuo.Qing@gmail.com

**Keywords:** Ultra-deeply buried, Middle Triassic Leikoupo Formation, Marine carbonate, Petroleum system, Western Sichuan depression

The Ultra-deeply buried (>5000 m) marine carbonate reservoirs have gradually become important exploration targets. This research focuses on providing an understanding of the basic elements of the ultra-deeply buried Middle Triassic Leikoupo marine carbonate petroleum system within the Western Sichuan Depression, China. Comprehensive analyses of organic geochemistry, natural gas, and C-H-He-Ne-Ar isotope compositions suggest that the reservoir is charged with compound gases from four source rock units including the Permian Longtan, Middle Triassic Leikoupo, Late Triassic Maantang and Xiaotangzi formations. Approximately a 50-m thick outcrop and 100-m length of drilling cores were examined in detail, and 108 samples were collected from six different exploration wells in order to conduct petrographic and petrophysical analyses. Thin-section and scanning electron microscope (SEM) observations, helium porosity and permeability measurements, mercury injection capillary pressure (MICP) analysis, and wire-line logging (5,500-6,900 m) indicate that the reservoir lithologies include argillaceous algal limestones, dolograins, crystalline dolostones, and microbially-derived stromatolitic and thrombolitic dolostones. Reservoir properties exhibit extreme heterogeneity due to different paleogeographic environmental controls and mutual interactions between



constructive (e.g., epigenetic paleo-karstification, burial dissolution, structural movement, pressure-solution and dolomitization) and destructive (e.g., physical/chemical compaction, cementation, infilling, recrystallization, and replacement) diagenetic processes. An unconformity-related epigenetic karstification zone was identified in the uppermost fourth member of the Leikoupo Formation, which has developed secondary solution-enhanced pores, vugs, and holes that resulted in higher porosity (1.8–14.2%) and permeability (0.2–7.7 mD). The homogeneity and tightness of the reservoir increases with depth below the unconformity, and it is characterized by primary intergranular and intracrystalline pores, solution pores, fractures, stylolites, and micropores with a lower helium porosity (0.6–4.1%) and permeability (0.003–125.2 mD). Regional seals consist of the Late Triassic Xujiahe Formation, comprised of ~300 m of mudstones that are overlain by ~5,000-m thick of Jurassic to Quaternary continental argillaceous overburden rocks. Effective traps are dominated by a combination of structural-stratigraphic types. Paleoreservoir crude oil cracking, wet-gases, and dry-gases from three successive hydrocarbon generation processes supplied the sufficient hydrocarbon resources. The homogenization temperatures of the hydrocarbon-associated aqueous fluid inclusions range from 98–130 °C and 130–171 °C, which suggests hydrocarbon charging occurred between 220–170 Ma and 130–90 Ma, respectively. One-dimensional basin evolution models combined with structural geologic and seismic profiles across wells PZ1–XQS1–CK1–XCS1–TS1 show that hydrocarbon migration and entrapment mainly occurred via the unconformity and interconnected fault-fracture networks with migration and charging driven by formation overpressure, abnormal fluid flow pressure, and buoyancy forces during the Indosinian and Yanshanian orogenies, with experiencing additional transformation occurring during the Himalayan orogeny. The predicted estimated reserves reached  $\sim 300 \times 10^9 \text{ m}^3$ .

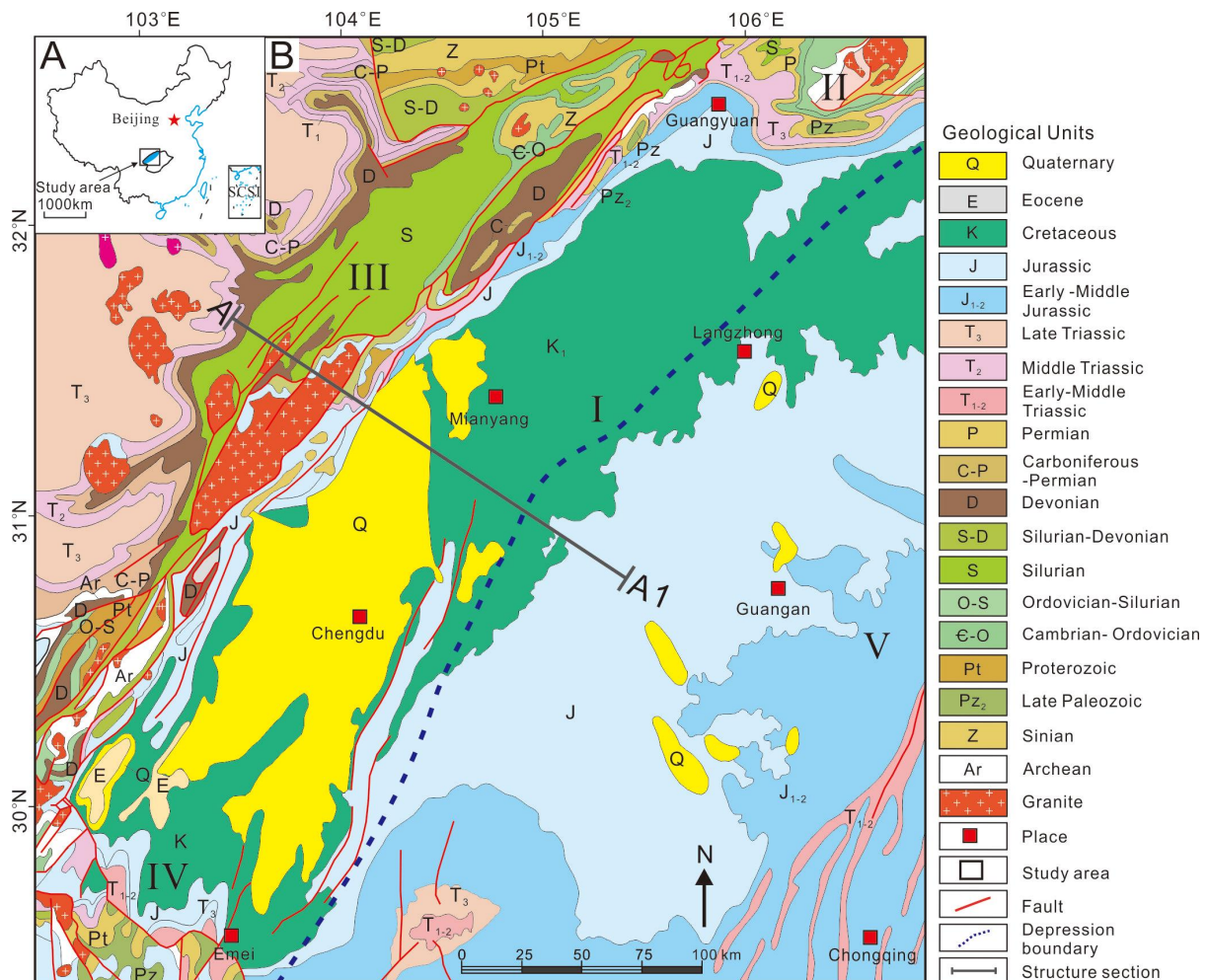


Fig. 1 (A) Location map of the study area (China base map, after China National Bureau of Surveying and Mapping Geographic information. Note: South China Sea Island (SCSI)); (B) Simplified geologic map of the western Sichuan depression, Southwest China (Cited from Sun et al., 2023).

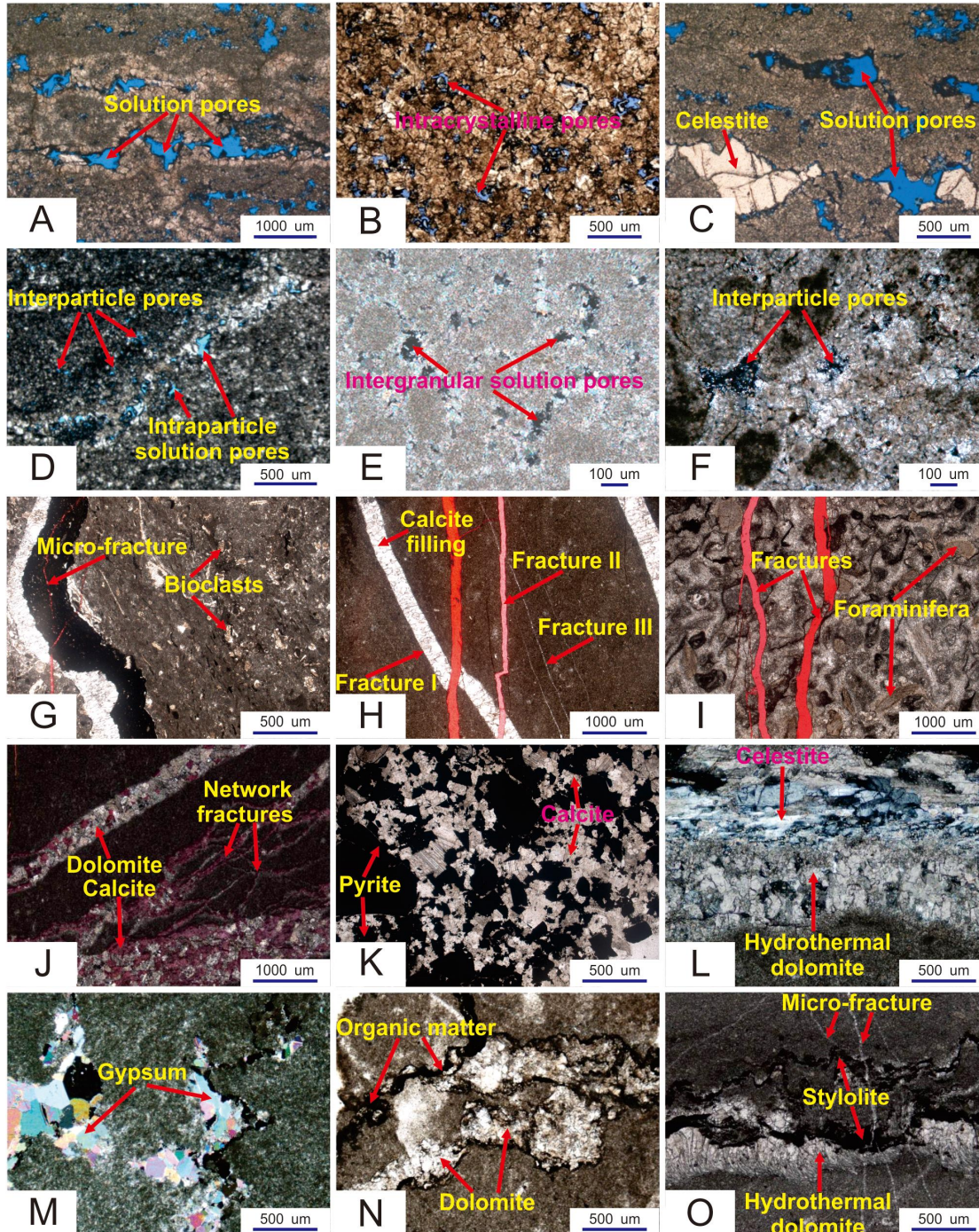


Fig. 2 Photomicrographs of representative thin sections from the Middle Triassic Leikoupo Formation (T2I), showing the typical characteristics of the reservoir lithology and reservoir space characteristics. (A) Thrombolite dolomite, solution pores are located between thrombolite frameworks, T2I4, well YS1, 6,216.22 m; (B) Dolomitized thrombolite with intracrystalline pores, T2I4, well YS1, 6,227.59 m; (C) Dolomitized stromatolite with solution pores partially filled with celestite, T2I4, well YS1, 6,224.72 m; (D) Intercrystalline dissolution pores, T2I4, well PZ1, 5,826.20 m; (E) Lamellar sandy





dolomite with intergranular dissolution pores, intracrystalline pores and micro-fractures, width ranges from 0.05 to 0.5 mm, T214, well PZ1, 5,827.28 m; (F) Finely crystalline sandy-bearing dolomite with dissolution pores ranging from 0.02 to 0.15 mm, T214, well XS1, 5,750.00 m; (G) Fine-grained argillaceous limestone with bioclasts, sand grains and granular; micro-cracks are unfilled, with a width ranging from 0.01 to 0.02 mm, T212, well CK1, 6,610.26 m; (H) Micritic limestone with two-stage fracturing: the first-stage fracture is filled with calcite and the width ranges from 0.1 to 0.25 mm; the second-stage fractures are unfilled, with local micro-cracks and main fractures connected to form an effective network system, well T212, CK1, 6,388.73 m; (I) Contains sand grains, foraminifera, and radiolarians, average grain size of 0.4 mm, with two unfilled fractures: the fractures on the left side of picture are divergent and divided by three micro-fractures, fracture width ranges from 0.01 to 0.20 mm; the fractures on the right side of picture are 0.45 mm wide, T212, well CK1, 6,608.38 m; (J) Paleo-karst, dolomite and microcrystalline gypsum, gypsum and calcite veins are associated with dedolomitization, T213, well CK1, 6,215.31 m; (K) Fine to coarsely crystalline ferruginous limestone, calcite crystals are euhedral or subhedral: the size ranges from 0.2 to 0.3 mm. Pyrites crystals are square or rectangular, maximum diameter is 1.5 mm, with an average size range between 0.3 to 0.6 mm, T212, well CK1, 6,383.88 m; (L) Celestite and dolomite veins, T211, well CK1, 6,897.00 m; (M) Microcrystalline dolomite containing coarsely crystalline gypsum, and stylolites with OM, T214, well CK1, 5,929.24 m; (N) Recrystallization along stylolites, T212, well CK1, 6,392.00 m; (O) Micritic limestone with stylolites and calcite veins, T213, well CK1, 6,224.84 m (Cited from Sun et al., 2023).

**Acknowledges:** This research work was jointly financially supported by grants from the Special Key Discipline-Geological Resources and Geological Engineering Scholarship (No. 11000-13Z00703) of Chengdu University of Technology, China, the open funding for the Provenance Analysis of the Paleogene Strata in Nima Basin, Tibet: Constraints on the tectonic uplift from the State Key Laboratory of Oil and Gas Reservoir Geology and Exploration (No. PLC20180504), and Oil and Gas Plays Accumulation and Enrichment Mechanisms in the Sichuan Basin Research Program. We sincerely express our gratitude to China Exploration Company, SINOPEC for providing access to data, sample collections and supporting laboratory facilities as well as for permission to publish this study. We also want to thank for various researchers from in the Sedimentary Laboratory in the Department of Geology of University of Regina, Saskatchewan Geology Survey, Saskatchewan Ministry of Energy and Resource, Canada for supplying literature and providing their constructive suggestions.

## References

- Akinlua, A., 2012. The role of analytical chemistry in Niger Delta petroleum exploration: a review. *Analytica Chimica Acta*, 730: 24–32.
- Bagrintseva, K. I., 2015. *Carbonate Reservoir Rocks* Wiley-Scrivener, Hoboken, New Jersey.
- Chen, S., C. J. L. Wilson, Z. L. Luo, and Q. D. Deng, 1994. The evolution of the Western Sichuan Foreland Basin, southwestern China. *Journal of Southeast Asian Earth Sciences*, 10(3/4): 159–168.
- Chen, Y., Y. Hu, Y. Wang, G. Liu, H. Zeng, J. Wang, M. Deng, C. Fang, C. Zhang, and H. Guan, 2013. The study of hydrocarbon potential of the Middle Triassic Leikoupo Formation in western Sichuan depression (R), Inner scientific report: 40–41.
- Chi, G. X., D. R. Xu, C. J. Xue, Z. H. Li, L. Patrick, T. Deng, Y. M. Wang, and H. Song, 2022. Hydrodynamic links between shallow and deep mineralization systems and implications for deep mineral exploration. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 96(1): 1–25.
- Feng, D., T. Zhu, and H. Li, 2013. Geological features and control factors of reservoir forming in Middle Triassic Leikoupo Formation in western Sichuan basin. *Journal of Xi'an*



Shiyou University (Natural Science Edition), 28(6): 1-7 (In Chinese with English abstract).

Hao, F., T. Guo, Y. Zhu, X. Cai, H. Zou, and P. Li, 2008. Evidence for multiple stages of oil cracking and thermochemical sulfate reduction in the Puguang gas field, Sichuan Basin, China. *AAPG Bulletin*, 92(5): 611-637.

Hao, F., 2022. Enrichment mechanism and prospects of deep oil and gas. *Acta Geologica Sinica*, 96(3): 742-756.

Hu, Z., S. Huang, Z. Li, H. Qing, M. Fan, and Y. Lan, 2012. Temperatures of dolomitizing fluids in the Feixianguan Formation from the Northeastern Sichuan Basin. *Science China Earth Sciences*, 55(10): 1627-1640.

Jiang, L., S. Y. Hu, W. Z. Zhao, Z. H. Xu, S. Y. Shi, Q. L. Fu, H. L. Zeng, W. Liu and A. Fall, 2018c. Diagenesis and its impact on a microbially derived carbonate reservoir from the Middle Triassic Leikoupo Formation, Sichuan Basin, China. *AAPG Bulletin*, 102: 2599-2628.

Jiang, L., Z. H. Xu, S. Y. Shi, and W. Liu, 2019. Multiphase dolomitization of a microbialite-dominated gas reservoir, the Middle Triassic Leikoupo Formation, Sichuan Basin, China. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 180: 820-834.

Katz, B. J. and F. Lin, 2014. Lacustrine basin unconventional resource plays: Key differences. *Marine and Petroleum Geology*: 255-265.

Katz, B. J. and M. A. Everett, 2016. An overview of pre-Devonian petroleum systems—Unique characteristics and elevated risks. *Marine and Petroleum Geology*, 73: 492-516.

Liu, S., J. Song, P. Luo, H. Qing, T. Lin, W. Sun, Z. Li, H. Wang, H. Peng, and Y. Yu, 2016. Characteristics of microbial carbonate reservoir and its hydrocarbon exploring outlook in the Sichuan Basin, China. *Journal of Chengdu University of Technology*, 43(2): 130-151 (in Chinese with English abstract).

Ma, Y., X. Guo, T. Guo, R. Huang, X. Cai, and G. Li, 2007. The Puguang gas field: New giant discovery in the mature Sichuan Basin, southwest China. *AAPG Bulletin*, 91(5): 627-643.

Ma, Y., Z. He, P. Zhao, H. Zhu, J. Han, D. You, and J. Zhang, 2019. A new progress in formation mechanism of deep and ultra-deep carbonate reservoir. *Acta Petrolei Sinica* (in Chinese with English abstract), 40(12): 1415-1425.

Sun, T., X. Luo, H. Qing, X. Kou, Z. Sheng, G. Xu, and Y. Zuo, 2020. Characteristics and Natural Gas Origin of Middle-Late Triassic Marine Source Rocks of the Western Sichuan Depression, SW China. *Acta Geologica Sinica*, 94(2): 376-398.

Sun, T., Luo, X., Mi, W., Woods, A., Chiarella, D., Qing, H., Ma, Y., Kou, X., Shen, Z., Xu, G., Yuan, H., Liang, J., Xu, F., Wang, H., Gong, X., Luo, J., Jin, T., Lv, X., 2023. Characterization of ultra-deeply buried middle Triassic Leikoupo marine carbonate petroleum (!) in the Western Sichuan depression, China, *Marine and Petroleum Geology*. <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106099>.

Tian, H., S. Tang, J. Zhang, Y. Xin, X. Wang, and W. Li, 2018. Characteristics and formation conditions of carbonate reservoir in Leikoupo Formation of western Sichuan Basin. *Nature Gas Geoscience*, 29(11): 1585-1594 (in Chinese with English abstract).

Wang, C., Z. Feng, H. Wu, P. Wang, F. Kong, Z. Feng, Y. Ren, G. Yang, X. Wang, Y. Huang, and S. Zhang, 2008. Preliminary Achievement of the Chinese Cretaceous Continental Scientific Drilling Project-SK-1. *Acta Geologica Sinica*, 82(1): 9-20 (in Chinese with English abstract).

Xu, G., X. Song, X. Feng, K. Long, Q. Wang, G. Shi, and L. Zhu, 2013. Gas potential of the Middle Triassic Leikoupo Formation in the western Sichuan basin. *Natural Gas Industry*, 33(8): 8-14 (in Chinese with English abstract).

Zeng, H., J. Wang, G. Zhang, and H. Guan, 2008. Hydrocarbon resource evaluation of upper combination marine in western Sichuan basin. *SINOPEC (R)*, 1-150.



Zhang, S., K. He, G. Hu, J. Mi, Q. Ma, K. Liu, and Y. Tang, 2018. Unique chemical and isotopic characteristics and origins of natural gases in the Paleozoic marine formations in the Sichuan Basin, SW China: Isotope fractionation of deep and high mature carbonate reservoir gases. *Marine and Petroleum Geology*, 89: 68 – 82.

Zhu, C. Q., N. S. Qiu, Q. Jiang, S. Hu, and S. Zhang, 2015. Thermal history reconstruction based on multiple paleo-thermal records of the Yazihé Area, Western Sichuan Depression, SW China. *Chinese Journal of Geophysics*, 58(6): 3660 – 3670 (in Chinese with English abstract).



摘要 ID:784

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 丘滩体结构类型及对规模有效储层的控制作用-以塔里木盆地古城—肖塘地区寒武系丘滩体为例

张友\*<sup>1</sup>、厉玉乐<sup>2</sup>、沈安江<sup>1</sup>、朱可丹<sup>1</sup>、张建勇<sup>1</sup>、王显东<sup>3</sup>、张君龙<sup>3</sup>、郑兴平<sup>1</sup>、朱茂<sup>1</sup>、邵冠铭<sup>1</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院

2. 中国石油大庆油田有限责任公司勘探事业部

3. 中国石油大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

相控型碳酸盐岩储层的规模及品质决定了台地—盆地过渡区的勘探潜力,其取决于台地边缘类型、礁滩体的规模。丘滩体结构类型及对规模有效储层的控制作用认识不清,严重制约了塔里木盆地东部(塔东)古城—肖塘地区寒武系碳酸盐岩的油气勘探。笔者以碳酸盐岩沉积学理论为基础,利用丰富的钻井系统取心、三维地震资料、薄片、地球化学等实验资料,详细探讨了塔东古城—肖塘台地—盆地过渡区早寒武世—中晚寒武世碳酸盐岩台地类型、演化过程及其对有利储集相带规模与分布规律的控制作用。研究表明:①塔里木盆地寒武系苗岭统—芙蓉统(中上寒武统)为镶边碳酸盐岩台地,台缘带发育4期规模较大的丘滩体。丘(礁)滩体结构样式主要受控于海平面上升速率与丘滩体生长速率的配比关系。苗岭统—芙蓉统镶边台缘发育加积型和前积型两种生长结构类型的丘滩体,其中苗岭统为镶边局限台地,发育加积型丘滩体(I、II期);芙蓉统为弱镶边局限台地,发育前积型丘滩体(III、IV期)。②镶边台缘丘滩体结构样式控制储层物性差异。加积型丘滩体受微生物丘控制,核部及丘坪滩储层孔隙更发育。前积型丘滩体上部受大气水岩溶改造强烈,顶部丘滩脊部储层孔隙更发育。丘滩体内部结构反演表明:加积型丘滩体包络面内部每一亚期丘滩体顶部的丘核及丘坪滩储层孔隙最好;不同亚期丘滩体之间发育低能的丘间隔层;前积型丘滩体储集性能以丘滩脊储层孔隙最好,前积滩体储层孔隙次之。③加积型丘滩体储盖组合配置条件更为有利,储层非均质性较强,制约了气藏有效动用。丘滩体整体含气,局部富集。储层孔喉结构表征揭示丘滩体基质孔隙—孔洞发育,具大孔大喉特征。丘滩体内幕储层非均质性强,孔洞结构类型存差异,其中丘核高孔低渗,连通性差,压裂改造有限,难以动用(出微量气或有气测显示);丘坪滩(丘滩脊)孔洞规模较丘核差,但孔隙结构较丘核储层孔喉分布更均质,连通性更好,动用率更高。因此,针对强非均质丘滩体岩溶型气藏的效益开发,笔者建议采用大斜度井/水平井提高丘坪滩(丘滩脊)的钻遇率。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地;古城—肖塘地区;苗岭统—芙蓉统;丘滩体结构类型;规模有效储层



摘要 ID:987

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 四川盆地威远-高石梯地区栖霞组台内薄层白云岩特征及分布规律

杨文杰<sup>1,2</sup>、谭秀成<sup>\*1,2</sup>、李明隆<sup>1,2</sup>、肖笛<sup>1,2</sup>、唐思哲<sup>1,2</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室·西南石油大学
2. 中石油集团碳酸盐岩储层重点实验室西南石油大学研究分室

本文基于四川盆地威远-高石梯地区取心资料和钻井老资料复查发现,区内薄层白云岩发育与岩溶系统密切相关,依据其产状可分为层状和斑状白云岩。两类白云岩均以细-中晶白云石为主,呈砂糖状,晶粒自形程度较高,残余生屑颗粒幻影明显。区内岩溶系统白云岩颜色较暗,与浅灰色灰岩围岩交织共生,围岩以生屑颗粒灰岩为主,颗粒间可见灰泥粘结结构,为栖霞组时期相对高能的台内丘滩复合体沉积。白云岩在纵向上主要发育于栖霞组上部 SQ2 和 SQ3 高位体系域的丘滩复合体中,白云岩单层厚度薄,一般在 2~5m,累计厚度约 6~15 m;在横向上,白云岩主要发育在微地貌高地,与栖霞组各层序时期台内丘滩复合体发育部位具有高度耦合性,呈不连续的带状分布特征。

地球化学结果显示:1) 灰岩碳同位素基本与下二叠统海水较为一致,氧同位素相对较负。云化斑块相对于围岩灰岩碳同位素略有增加,氧同位素相对于围岩灰岩明显正偏,因此认为白云岩化流体为高盐度流体;2) 阴极放光上,区内两类白云岩的发光性均不强,以暗红色为主,而孔洞充填的鞍形白云石发光性更强,属于不同其次的成岩流体所形成;3) 通过对白云石进行微区 LA-ICP-MS 分析,呈现出轻稀土亏损且重稀土富集的配分模式,为典型的海水配分模式,代表着白云岩成岩流体为海源流体。由此认为,栖霞组薄层白云岩形成机制主要为准同生期回流渗透白云石化作用,进一步通过地层分布规律反演的台内古地理隆凹格局与钻遇薄层白云岩井分布耦合关系发现,薄层白云岩往往分布于台内隆凹的相对坡折处,也从平面上佐证了其是由于微生物丘滩叠置迁移导致的局部受限和准同生期白云石化成因。研究结果证实了台内薄层白云岩具有环洼不连续带状规模性分布规律,对于拓展栖霞组台内白云岩勘探领域提供了重要支撑。

**参考文献** 芦飞凡,谭秀成,钟原,等,2020.四川盆地西北部二叠系栖霞组准同生期砂糖状白云岩特征及成因[J].石油勘探与开发,47(06):1134-1148.白晓亮,郝诚,和源,等,2020.四川盆地中二叠统栖霞组层序地层特征及沉积演化模式[J].东北石油大学学报,44(6):33-42.李明隆,谭秀成,苏成鹏,等,2020.四川盆地西北部中二叠统栖霞组砂糖状白云岩特征及成因机制--以广元上寺剖面为例[J].地质论评,66(3):591-610.胡安平,潘立银,郝毅,等,2018.四川盆地二叠系栖霞组、茅口组白云岩储层特征、成因和分布[J].海相油气地质,23(2):39-52.

**关键词** 薄层白云岩;成因模式;栖霞组;威远-高石梯地区;四川盆地



摘要 ID:1020

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 高-磨地区灯四段碳酸盐岩测井沉积微相识别方法及应用

陈宏逵<sup>1,2</sup>、朱筱敏<sup>1,2</sup>、王贵文<sup>1,2</sup>、冯庆付<sup>3</sup>

1. 中国石油大学(北京)油气资源与探测国家重点实验室, 北京, 102249
2. 中国石油大学(北京)地球科学学院, 北京, 102249
3. 中国石油勘探开发研究院, 北京, 100083

随着全球油气勘探进入快速发展阶段, 深层碳酸盐岩已成为我国陆上油气勘探发展的重要接替领域, 2011年以来, 在川中高-磨地区震旦系灯四段勘探取得突破, 展示了川中震旦系灯四段古老碳酸盐岩油气勘探的巨大潜力(谢增业等, 2013; 赵文智等, 2014)。川中高-磨地区灯四段微生物白云岩储层丘滩体的大面积发育为优质储层发育提供了良好的物质条件, 但由于受沉积相控制, 储层分布具有明显的非均质性, 对灯四段优质储层的预测较为困难, 因此, 沉积微相的精细刻画是有效预测灯影组优质储层“甜点区”的关键(罗冰等, 2015; 文龙等, 2017)。本文基于岩心、薄片等地质资料, 常规测井、成像测井等测井资料建立研究区岩性岩相和沉积微相的测井识别方法, 开展高-磨地区灯四段沉积相研究。通过岩心刻度测井的思想, 对川中高-磨地区灯四段成像测井资料进行标定与解释, 将研究区灯四段白云岩储层电成像测井相划分为4个大类(块状模式、斑状模式、线-网状模式、层状模式)和7个小类(亮色块状模式、暗色块状模式、不规则暗斑状模式、顺层暗斑状模式、单一线状模式、网状模式、层状模式); 总结归纳了研究区内灯四段岩石类型, 认为研究区灯四段发育白云岩、角砾岩和硅质岩三大类岩石, 其中白云岩又可分为微生物云岩、颗粒云岩、晶粒云岩三个亚类; 在十余种岩石微类中藻凝块云岩、藻叠层云岩、藻砂屑云岩是区内主要储集岩。在岩性分类基础上进行岩性岩相划分, 认为研究区灯四段岩性岩相可划分为块状硅质藻纹层云岩相、斑状藻凝块云岩相、蜂窝状藻砂屑云岩相、针孔状残余砂屑晶粒云岩相、线状泥粉晶云岩相及层状含泥晶云岩相六类; 在沉积微相划分基础上, 结合常规与成像测井, 形成沉积微相常规测井识别标准及成像测井识别图版, 进行了单井及连井沉积相分析, 最后运用“单因素分析多因素综合作图法”对岩相古地理进行了定量研究, 结果表明灯四下亚段沉积期, 高-磨地区台缘带发育丘滩相, 主要分布在高石梯地区, 磨溪地区主要以云质丘滩间沉积为主, 台地内部则以云坪相沉积为主; 灯四上亚段沉积期, 台缘带丘滩相范围进一步扩大, 在高石梯、磨溪两个区块连片分布, 台地内部在云坪相沉积基础上发育台内丘滩相沉积, 并且受丘滩体障壁作用而发育局限泻湖亚相。

**参考文献** 罗冰, 杨跃明, 罗文军, 等. 川中古隆起灯影组储层发育控制因素及展布[J]. 石油学报, 2015, 36(04): 416-426. 文龙, 王文之, 张健, 等. 川中高石梯-磨溪地区震旦系灯影组碳酸盐岩岩石类型及分布规律[J]. 岩石学报, 2017, 33(04): 1285-1294. 谢增业, 魏国齐, 李剑, 等. 中国海相碳酸盐岩大气田成藏特征与模式[J]. 石油学报, 2013, 34(S1): 29-40. 赵文智, 胡素云, 刘伟, 等. 再论中国陆上深层海相碳酸盐岩油气地质特征与勘探前景[J]. 天然气工业, 2014, 34(04): 1-9.

**关键词** 高-磨地区; 灯四段; 微生物白云岩; 成像测井相; 岩性岩相; 沉积微相



摘要 ID:1037

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 川中合川地区栖霞组白云岩储层特征及主控因素

宋叙\*、朱茂

中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院

川中地区中二叠统栖霞组是该地区重要的勘探层系,对栖霞组白云岩储层的发育规律及主控因素的分析一直是四川盆地古老碳酸盐岩储层研究的热点之一,且前人的研究结论也颇有争议。本次研究以合川地区栖霞组白云岩为研究对象,在剖面观测、岩心观察及钻井、测井资料研究的基础上,利用普通镜下薄片、铸体薄片、碳、氧、锶同位素等分析手段以探讨储层的发育特征和主控因素。结果表明,栖霞组广泛发育生屑、砂屑滩,而发生云化的滩体主要集中在栖霞二段。白云岩储层主要发育在中缓坡沉积背景下的滩相地层中,白云岩种类可分为晶粒白云岩、溶蚀斑状云岩及溶洞填充云岩。栖霞组储层普遍表现为低孔低渗特征,局部仍存在高孔层,高渗透率值往往与裂缝的发育有关,说明栖霞组储层为裂缝-孔隙型储层。地球化学分析结果显示,栖霞组同期灰岩的  $\delta^{13}\text{C}$  值为  $0\text{‰}\sim 6\text{‰}$ ,  $\delta^{18}\text{O}$  值为  $-8.5\text{‰}\sim -5\text{‰}$ , Sr 同位素值主体在  $0.7070\sim 0.7080$  之间。碳、氧、锶值基本都投在海水沉淀的碳酸盐岩碳、氧、锶同位素组成分布范围,表明区内栖霞组白云岩为海水成因。综合分析后认为,栖霞组白云岩储层的发育主要受到三个方面的影响:沉积相带、准同生岩溶作用及早期白云化作用。其中,栖霞组中晚期的生屑滩相沉积是形成白云岩储层的物质基础;准同生岩溶作用是储层发育的关键因素;早期白云石化是储层得以保存的必要条件。

参考文献

关键词 川中; 栖霞组; 白云岩; 主控因素



摘要 ID:714

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地奥陶系盐下白云岩储层成因及分布

于洲\*、周进高、吴兴宁、丁振纯、吴东旭、王少依、李维岭  
中国石油天然气股份有限公司杭州地质研究院

鄂尔多斯盆地奥陶系盐下白云岩是长庆油田天然气勘探的重点目标之一, 由于该区域白云岩储层经历了漫长且复杂多变的成岩过程, 对该层段白云岩储层成因和优质储层发育主控因素等认识存在较大分歧(杨华和包洪平, 2013; 于洲等, 2018; 左智峰等, 2019; 付斯一等, 2019), 制约下步勘探进程。为此, 本文通过岩石学特征、阴极发光、微区激光碳氧同位素和 U-Pb 定年等分析手段, 并综合构造古地理格局和高频层序旋回分析, 对奥陶系盐下白云岩储层发育特征及其分布规律进行了系统研究。结果表明: ①奥陶系盐下主要发育颗粒滩和微生物等两类白云岩储层, 其中颗粒滩白云岩储层岩性为砂屑白云岩、鲕粒白云岩和粉-细晶白云岩, 孔隙由溶蚀孔洞、粒间孔、晶间(溶)孔和裂缝组成, 平均孔隙度为 6.04%。微生物白云岩储层岩性为凝块石白云岩和叠层石云岩, 储集空间为溶蚀孔洞和微裂缝, 平均孔隙度为 3.89%; ②奥陶系盐下两类白云岩储层孔隙来源于对颗粒滩和微生物丘中粒间孔和格架孔等原生孔隙的继承, 并在后期成岩过程中主要经历了四期成岩矿物的改造: 第一期为纤状或犬牙状胶结物,  $\delta_{180}$  分布在 -6.95‰~-6.68‰ 之间, 形成时间是 440-467Ma; 第二期为硬石膏和石盐充填作用; 第三期充填物为晶粒白云石充填物, 形成时间为 354Ma,  $\delta_{180}$  分布在 -7.86‰~-7.48‰ 之间; 第四期充填物为晶粒方解石,  $\delta_{180}$  分布在 -11.43‰~-9.08‰ 之间, 形成时间是 319-292.7Ma; ③奥陶系盐下两类白云岩储层的发育主要受台内丘滩体、准同生溶蚀作用和膏盐岩充填作用控制。在准同生期, 隆起带高部位丘滩体白云岩储层易于暴露并发生大气淡水溶蚀作用, 储集层储集性能得到进一步改善; 而隆起带侧翼地势相对较低, 常位于膏盐泻湖下方, 浓缩卤水易于下渗至储层孔隙空间中并结晶成岩充填或半充填孔隙, 降低储集层的储集性能。结论认为: 位于盐岩边界线外侧的中央古隆起、横山隆起及乌审旗拗陷中的低凸起带地势相对较高, 台内丘滩体连片发育且沉积厚度相对较大, 在准同生期易于受海平面波动变化下的大气淡水溶蚀作用改造, 其内部赋存的孔隙不易被膏盐岩充填, 是盐下有利白云岩储集层的发育区。

**参考文献** [1] 杨华, 包洪平. 鄂尔多斯盆地奥陶系中组合成藏特征及勘探启示[J]. 天然气工业, 2011, 31(12): 11-20. [2] 于洲, 丁振纯, 王利花, 等. 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组膏盐下白云岩储集层形成的主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(6): 1213-1224. [3] 左智峰, 熊鹰, 何为, 等. 鄂尔多斯盆地中部马五段盐下储层成岩作用与孔隙演化[J]. 地质科技情报, 2019, 38(5): 155-164. [4] 付斯一, 张成弓, 陈洪德, 等. 鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组五段盐下白云岩储集层特征及其形成演化[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(6): 1-12.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 盐下; 白云岩储层; 丘滩体; 溶蚀作用; 充填作用





摘要 ID:751

主题分类: 能源与矿产沉积学=》 古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 四川盆地中部合川地区上二叠统长兴组储层沉积体系分析

谭万仓<sup>\*1,2</sup>、王显东<sup>1</sup>、田小彬<sup>1</sup>、赵亮<sup>1</sup>、韦裕琳<sup>1</sup>

1. 大庆油田有限责任公司勘探开发研究院

2. 东北石油大学地球科学学院

碳酸盐岩台地边缘是优质储层发育的有利相带,因其相带非常狭窄,开展已钻井沉积体系精细结构分析及储层性能研究是总结预测相带展布特征的关键。通过系统的新井和老井岩心观察、取样、室内测试分析,以及详细的连井地层对比、沉积体横向追踪与对比等方法,对四川盆地中部合川地区上二叠统长兴组台缘沉积体系进行了系统的沉积体系内部结构及储集岩性能分析。研究表明在长兴组沉积早期,合川地区为西高东低的碳酸盐岩缓坡型台地,水体能量较低,生物礁滩体不发育;长兴组沉积中晚期,在强烈拉张作用下,合川地区相带分异明显,出现了台内洼地,并沿台洼边缘发育生物礁滩沉积体系,其下部主要发育台缘生物礁,上部主要发育台缘浅滩,岩性以生物礁灰岩、砂屑灰岩为主,云化作用较弱。台缘生物礁由礁基(生屑滩)、礁核(粘结核)、礁盖(泥晶灰岩、生屑滩)构成,岩性主要为灰色含砾含生屑砂屑灰岩、灰色含生屑粘结核。台缘浅滩由四期生屑滩叠置发育,岩性主要为褐灰色含生屑砂屑灰岩、褐灰色泥晶灰岩。生物礁滩体的顶部岩溶作用明显,溶蚀孔洞主要发育在粘结核的中上部,而生屑滩发育针孔。长兴组生物礁滩体发育段全直径样品分析结果表明储层物性较好,孔隙度为4.4-12.2%,渗透率为0.026-12.75mD。而在台洼边缘往台洼一侧,则往往发育台缘斜坡-斜坡扇沉积体系,主要由斜坡、斜坡扇和滑塌体等3种成因相组合构成。岩性主要为粒屑灰岩、滑塌角砾岩和泥晶灰岩。在上述两种台缘沉积体系中,台缘生物礁滩沉积体系的储集性能总体上优于台缘斜坡-斜坡扇沉积体系。

**参考文献** 杜金虎,徐春春,汪泽成,等,2010.四川盆地二叠—三叠系礁滩天然气勘探[M].北京:石油工业出版社,20-85.冯冲,邹华耀,郭彤楼,等,2015.川东北地区二叠系—三叠系礁滩相储层发育机理[J].特种油气藏,22(6):1-4.冯增昭,1994.中国沉积学[M].北京:石油工业出版社,540-595.何治亮,金晓辉,沃玉进,等,2016.中国海相超深层碳酸盐岩油气成藏特点及勘探领域[J].中国石油勘探,21(1):3-14.罗平,张静,刘伟,等,2008.中国海相碳酸盐岩油气储层基本特征[J].地学前缘,15(1):36-50.王成善,李祥辉,陈洪德,等,1999.中国南方二叠纪海平面变化及升降事件[J].沉积学报,17(4):536-541.文龙,张奇,杨雨,等,2012.四川盆地长兴组—飞仙关组礁、滩分布的控制因素及有利勘探区带[J].地质勘探,32(1):39-44.邢凤存,陆永潮,郭彤楼,等,2017.碳酸盐岩台地边缘沉积结构差异及其油气勘探意义—以川东北早三叠世飞仙关期台地边缘带为例[J].岩石学报,33(4):1305-1316.严张磊,邢凤存,段金宝,等,2018.川东北地区长兴组台缘礁滩带沉积结构及储集层分布[J].新疆石油地质,39(3):311-317.周刚,郑荣才,陈浩如,等,2013.川东地区长兴组台地边缘生物礁类型及其演化特征[J].中国地质,40(4):1140-1149.周进高,斯春松,张建勇,等,2015.碳酸盐岩障壁台地与储层发育规律[M].北京:石油工业出版社,62-95.

**关键词** 沉积体系;长兴组;上二叠统;合川地区



摘要 ID:808

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 塔里木盆地奥陶系内幕白云岩储层特征及形成主控因素

贺训云<sup>\*1,2</sup>、沈安江<sup>1,2</sup>、熊冉<sup>1,2</sup>、黄理力<sup>1,2</sup>、张天付<sup>1,2</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院

2. 中国石油天然气集团公司碳酸盐岩储层重点实验室

塔里木盆地奥陶系蕴含丰富的油气资源,迄今,已在中-上奥陶统碳酸盐岩(灰岩)中发现上百亿吨油气,并已产出数十亿吨,其储层主要为岩溶型/礁滩型灰岩储层;下奥陶统(包括蓬莱坝组和鹰山组三、四段)(白云岩和灰岩)油气显示良好,并在少量井中取得工业气流,被认为是塔里木盆地深层油气勘探的重要接替层系。据其与上覆地层接触关系,下奥陶统白云岩可分为两种类型:潜山白云岩和内幕白云岩。潜山白云岩及其上覆地层晚期遭受抬升剥蚀,二者之间缺失地层较多,二者多呈角度不整合关系。潜山白云岩已被勘探证实可规模成储,且储集性能优良,如塔中1井、罗斯2井蓬莱坝组(谢会文等,2017)等。内幕白云岩与上覆地层多为连续沉积关系,或沉积间断时间较短,上覆地层没有遭受大规模抬升剥蚀,二者为整合或假整合关系。当前,已有少量钻井证实奥陶系内幕白云岩可发育储层,如轮深2井蓬莱坝组,但对其储层特征及形成主控因素的研究仍较薄弱,亟需开展深化研究。为进一步明确奥陶系内幕白云岩储层特征及其形成主控因素,进而明确其能否规模成储并预测其分布,在总结前人认识的基础上,通过典型露头、重点井岩心和薄片观察,结合系统的岩石学和地球化学分析,对奥陶系内幕白云岩储层特征及形成主控因素进行了较系统分析。结果表明,奥陶系内幕白云岩储层岩性主要为中-细晶白云岩,少量为粉晶白云岩和砂屑(鲕粒)白云岩,中-细晶白云岩和粉晶白云岩多残留颗粒结构或幻影,表明其原岩多为颗粒滩沉积;储集空间类型主要为溶蚀孔洞及晶间(溶)孔,其次为晶内(溶)孔、粒内溶孔和裂缝,且多未被充填;部分储层物性较好,按有关储层分类标准,主要为中高孔-中(低)渗的I、II类储层;白云岩主要形成于早成岩期,中晚成岩期叠加了埋藏云化;储层发育主要受控于高能相带、暴露溶蚀和白云石化作用。

**参考文献** 谢会文,能源,敬兵,等. 2017. 塔里木盆地寒武系-奥陶系白云岩潜山勘探新发现与勘探意义[J]. 中国石油勘探, 22(3):1-11.

**关键词** 内幕白云岩储层;储层特征;储层形成主控因素;奥陶系;塔里木盆地



摘要 ID:891

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 天井山古隆起雷三段规模微生物岩储层形成环境探讨

辛勇光<sup>\*1</sup>、张豪<sup>1</sup>、田瀚<sup>2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 中国石油勘探开发研究院

四川盆地西北部天井山古隆起区雷三段发育规模微生物岩储层, 但规模微生物岩储层形成环境不清楚。为此, 作者基于野外露头、钻井岩心和分析化验资料分析了天井山古隆起区微生物岩特征及其成因, 运用地质和地球物理方法开展了规模微生物岩发育的形成环境研究, 评价了古隆起对微生物岩储层规模形成的控制作用(图1)。研究成果表明: ①天井山古隆起雷三段微生物岩是最有利的储集岩, 根据岩性特征可以分为藻屑云岩和藻纹层云岩两种类型(图2); ②天井山古隆起靠近外海, 水浅、盐度高、阳光充足, 有利于蓝绿藻的发育, 形成了大量富含蓝绿藻的碳酸盐岩, 当海水变浅, 富含蓝绿藻的碳酸盐岩容易暴露并遭受准同生大气淡水溶蚀作用, 形成大量的藻黏结格架间溶孔、粒间和粒内溶孔、鸟眼孔和晶间溶孔(图2、3); ③天井山古隆起古地貌较高、水体较浅, 广泛发育藻屑滩和藻云坪相藻白云岩储层, 其中藻屑滩储层最发育(图4)。结论认为, 近外海的古隆起有利于微生物岩发育并能形成规模微生物岩, 海退期藻屑滩和藻云坪相藻白云岩容易遭受大气淡水溶蚀作用, 形成大量溶蚀孔隙, 形成规模微生物岩储层。天井山古隆起区雷三段微生物岩储层主体厚20~70 m, 面积约10 000 km<sup>2</sup>, 是四川盆地雷口坡组规模储层发育区。

**参考文献** 何登发, 伍顺利. 天井山古隆起的“前世今生”: 论古隆起的构造复原[J]. 地学前缘, 2019, 26(1): 86-101. 李国辉, 杨光, 李莉, 等. 四川盆地西北缘天井山古隆起的形成与演化[J]. 天然气勘探与开发, 2018, 41(4): 1-7. 姚根顺, 郝毅, 周进高, 等. 四川盆地震旦系灯影组储层储集空间的形成与演化[J]. 天然气工业, 2014, 34(3): 31-37. 彭瀚霖, 刘树根, 宋金民, 等. 川北米仓山地区灯影组微生物碳酸盐岩发育特征[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2014, 41(2): 181-191. 辛勇光, 周进高, 倪超, 等. 四川盆地中三叠世雷口坡期障壁型碳酸盐岩台地沉积特征[J]. 海相油气地质, 2013, 18(2): 1-7. 辛勇光, 郑兴平, 周进高, 等. 四川盆地中西部地区中三叠统雷口坡组雷三3段储层特征及其分布[J]. 天然气工业, 2013, 33(3): 1-5. 曾德铭, 王兴志, 石新, 等. 四川盆地西北部中三叠统雷口坡组滩体及储集性[J]. 沉积学报, 2010, 28(1): 42-48. 周进高, 辛勇光, 谷明峰, 等. 四川盆地中三叠统雷口坡组天然气勘探方向[J]. 天然气工业, 2010, 30(12): 16-19. 沈安江, 周进高, 辛勇光, 等. 四川盆地雷口坡组白云岩储层类型及成因[J]. 海相油气地质, 2008, 13(4): 19-28. 曾德铭, 王兴志, 张帆, 等. 四川盆地西北部中三叠统雷口坡组储层研究[J]. 古地理学报, 2007, 9(3): 253-266. 曾德铭, 王兴志, 张金友. 川西北雷口坡组白云岩的成岩作用与孔隙演化[J]. 西北大学学报(自然科学版), 2006, 36(增刊1): 18-21. 郭正吾. 四川盆地的形成与演化[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.

**关键词** 天井山古隆起; 雷三段; 规模微生物岩; 藻屑滩; 藻云坪



摘要 ID:1145

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 微生物岩中有机质矿化过程对储层形成的影响

庞谦、胡广\*、游杰、赵东方、胡朝伟  
西南石油大学地球科学与技术学院

微生物岩是一种重要的油气储层。同生-早成岩阶段, 微生物岩中有机质的矿化既可以产生酸性流体对碳酸盐颗粒进行溶解, 扩大后期成储流体的通道, 利于储层的发育; 但也可能导致孔隙水处在碱性环境下, 形成碳酸盐矿物胶结, 阻碍溶蚀流体对储层的改造。因此, 有机质矿化过程可能会对微生物岩储层的形成有重要影响, 但是目前关于地质历史时期微生物岩中有机质矿化过程及其对储层形成的影响还缺乏实例研究。

本次研究选择四川盆地灯影组四段和雷口坡组四段微生物岩为研究材料, 结合岩石学和原位微区元素分析(LA-ICP-MS), 对正常海水和局限海水条件下沉积的微生物岩有机质矿化过程及其对储层的影响作系统研究。岩石学分析显示, 微生物岩中溶蚀孔隙和富有机质的微生物组构具有良好的空间配置关系, 揭示了孔隙的发育可能与有机质矿化过程有关。对微生物岩的原位微区元素分析表明, 不同孔隙度的微生物岩在同生-早成岩阶段有机质矿化路径存在较大差异。孔隙发育较好的微生物岩样品(YaS-28和HJB-K16)有机质矿化处在有氧降解-硝酸盐还原阶段; 孔隙发育较差的样品(YS-12和XJZ-K6)有机质矿化经历了有氧降解和硝酸盐还原过程, 最终在Fe-Mn氧化物还原阶段停止; 而孔隙发育中等的样品(YaS-1和XJZ-K10)有机质矿化经历了有氧降解、硝酸盐还原过程、Fe-Mn氧化物还原过程和硫酸盐还原过程。

综上, 微生物岩中有机质同生-早成岩期矿化作用对后期岩溶作用及储集空间的形成有重要影响, 与具体的矿化路径密切相关。如果有机质矿化过程经历了Fe-Mn氧化物还原阶段并在该阶段停止矿化, 最终结果为在微生物岩中产生碳酸盐矿物沉淀, 这可能会阻碍后期岩溶流体的注入, 不利于储层储集空间的形成; 反之, 若有机质矿化没有进行到Fe-Mn氧化物还原阶段或进行到硫酸盐还原阶段, 则可在微生物岩中产生一定数量的溶蚀微孔隙, 这些微孔可以为后期岩溶改造提供岩溶流体通道和溶蚀薄弱节点, 利于溶蚀孔隙的形成, 对储层的发育有建设性作用。

### 参考文献

**关键词** 有机质矿化; 微生物岩储层; 雷四段; 灯四段; 四川盆地



摘要 ID:1277

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地早古生代两大古隆起构造演化特征及对沉积储层的控制

张春林<sup>1</sup>、刘新社<sup>2</sup>、邢凤存<sup>3</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 中国石油长庆油田公司
3. 成都理工大学沉积地质研究院

古隆起是沉积盆地内重要的构造单元,同时也是控制沉积储层与油气聚集的重要地质因素之一<sup>[1]</sup>。前人对鄂尔多斯盆地中央古隆起的形成机制、迁移及演化规律做过大量相关研究<sup>[2-6]</sup>,但还存在一定分歧。近年来,笔者通过对鄂尔多斯盆地寒武系构造沉积特征研究,提出了“五槽五隆(陆)两洼”的寒武纪隆洼相间沉积格局<sup>[7]</sup>,其中,庆阳古陆与乌审旗古陆对盆地主体的沉积储层起到显著的控制作用。

通过对庆阳古陆和乌审旗古陆形成演化过程对比研究,认为两个古隆起构造发育区具有此消彼长、南北差异明显的特点,经历了六个阶段的演化过程:①寒武纪时期,庆阳古陆相比乌审旗古陆明显范围小,且快速海侵淹没,而乌审旗古陆则逐渐被淹没,并造成南部古隆起区沉积厚度明显大于北部隆起区;②寒武纪沉积后到奥陶纪沉积前,受早加里东运动,地壳加速上升,海水全面退却,地层遭受明显的构造抬升剥蚀,南部剥蚀强于北侧,并形成地层相对高陡的剥蚀区,鄂尔多斯地区大部分缺失冶里组、亮甲山组,部分地区甚至缺失寒武系地层③早-中奥陶世,主要为冶里组之后北部地区出现快速差异沉降,呈现出庆阳古陆、乌审旗古陆转为水下古隆起,尤其是乌审旗古隆起将盆地中东部地区分割成两个凹陷,庆阳古隆起的影响范围相较于寒武纪时期明显扩大;④晚奥陶世-早石炭世,主要表现为加里东运动使古隆起遭受挤压隆起剥蚀,从而定下了中央古隆起的最终范围,致使构造东迁乃至反转现象,此阶段鄂尔多斯及其整个华北地区隆起,其主体部分至晚石炭世才接受海侵,结束了长达140Ma的抬升剥蚀,其间缺失了上奥陶统、志留系、泥盆系及下石炭统的沉积,造成了地层间的侵蚀不整合接触关系;⑤石炭纪-早二叠世,盆地南部的秦祁区再次拉开形成南秦岭裂谷带,并促使贺兰坳拉槽苏醒,由于中央古隆起的存在,盆地在东西方向上被分割为西部的裂陷盆地和东部的陆表海盆地,晚石炭世末至早二叠世,中央古隆起逐渐调整、消亡;⑥晚二叠世-至今,早期隆起区埋藏到地下,并逐渐形成向东掀斜的单斜地层结构。

寒武纪时期,两大古隆起呈现起伏不同的特点,庆阳古陆高陡、乌审旗古陆宽缓,庆阳古陆周缘主要发育滨岸沉积及台缘高能滩沉积,乌审旗古陆周缘发育滨岸沉积及低能潮坪沉积;庆阳古陆明显控制云化台缘高能鲕粒滩储层,乌审旗古陆约束潮坪云岩储层、表生岩溶储层普遍发育。

**参考文献** [1] 邓昆,张哨楠,周立发,等,2011.鄂尔多斯盆地古生代中央古隆起形成演化与油气勘探[J].大地构造与成矿学,35(2):190-197. [2] 陈安清,2010.鄂尔多斯地块早古生代盆地演化与物质聚集规律[D].成都理工大学. [3] 汤锡元,郭忠铭,陈荷立等,1992.陕甘宁盆地西缘逆冲推覆构造及油气勘探[M].西安:西北大学出版社. [4] 张成弓,2013.鄂尔多斯盆地早古生代中央古隆起形成演化与物质聚集分布规律[D].成都理工大学. [5] 张军,徐黎明,包国民,1994.陕甘宁盆地中央古隆起的形成及其与天然气的关系[J].天然气工业,14(增刊),19-23. [6] 张抗,1989.鄂尔多斯断块构造与资源[M].西安:陕西科学技术出版社. [7] 张春林,姚径利,李程善,等,2021.鄂尔多斯盆地深层寒武系碳酸盐岩储层特征与主控因素[J].石油与天然气地质,42(3):604-614.

**关键词** 鄂尔多斯盆地;早古生代;古隆起;沉积;储层



摘要 ID:1645

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 铁白云石的形成与硫化氢的消减-以鄂尔多斯盆地马家沟组为例

张军涛\*

中国石化石油勘探开发研究院

鄂尔多斯盆地奥陶系的马家沟组气藏中含有一定量的硫化氢,其形成于热硫酸盐还原反应,但相比其他盆地的海相气藏,其含硫量相对较低,且分布极不均一。本文通过调研对比发现,研究区内的硫化氢的消减与膏盐岩、温度、烃源岩和地层水分布,相关性不大。马五段地层中含有较高的铁,铁元素主要赋存在铁白云石、粉晶白云石、黄铁矿和菱铁矿之中。铁白云石,多为鞍状白云石,铁均匀分布于晶体之中,具有较负的氧同位素值和碳同位素值,说明其沉淀于较高温度的、含有机质、富铁的流体活动。而粉晶白云石充填物的铁仅分布于晶体边缘,氧同位素偏负,而碳同位素略微偏负,也说明其受到过后期含铁热流体的改造。而黄铁矿多与铁白云石共生,其硫同位素与硫化氢值以及海水的硫同位素值大致相近,说明其具有共同来源。而菱铁矿主要富集与风化壳,其形成与风化残积有关,其可能是马家沟组地层的主要铁源。演化过程大致为,在风化过程中,碳酸盐岩地层中铁不断残积富集,形成富铁层。进入埋藏期后,其中的铁不断析出,下渗,使得下伏地层水中富铁,当有烃类充注时,与地层水,石膏发生热硫酸盐还原反应,形成硫化氢,在继续运移过程中,硫化氢与富铁流体发生反应形成黄铁矿,和富铁白云石,并消减了气藏中硫化氢。

### 参考文献

**关键词** 黄铁矿; 铁白云石; 菱铁矿; 马家沟组; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID: 3295

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 口头报告

## 对塔里木盆地寒武系白云岩储层控制因素的研究

吴亿芬、由雪莲\*、王佳、张珂汇  
中国地质大学(北京)海洋学院

深层-超深层 (>6000m) 储层是近年来油气勘探领域的研究热点之一。塔里木盆地寒武系发育巨厚的白云岩, 具有演化历史长、经历多期构造运动改造、分布与形成条件复杂等特点。塔里木盆地寒武系白云岩类型主要为晶粒白云岩、颗粒白云岩两大类, 也发育藻纹层白云岩等微生物白云岩。此外, 寒武系还发育多个泥岩、蒸发岩层, 与白云岩形成多套储盖组合。对肖尔布拉克组盐下白云岩与吾松格尔组-阿瓦塔格组盐间白云岩进行了大量储层特征、成藏模式等方面的研究。根据大量钻井、露头剖面资料, 并结合碳氧同位素、锶同位素等数据分析结果, 从沉积期与成岩期两个阶段分别讨论影响寒武系白云岩储层性质的因素。综合分析表明: (1) 古气候和古海洋条件是储层形成的环境因素。周期性的海平面变化导致白云岩与泥岩、蒸发岩在垂向上交替分布; 干热古气候背景下的文石海沉积有利于白云岩的发育。(2) 成岩作用是储层储集物性好坏的基础。对于储层而言, 适度的白云岩化作用是关键因素, 多期溶蚀作用是有利因素。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地; 盐下白云岩; 肖尔布拉克组; 碳酸盐岩; 地球化学特征



摘要 ID:3331

主题分类: 能源与矿产沉积学=》古老深层碳酸盐岩储层

最终交流类型: 展板

## 微生物白云岩研究现状

马天一、由雪莲\*

中国地质大学(北京)海洋学院

微生物白云岩模式是近 20 年来提出的最具突破性的白云岩化模式,目前世界各地发现的可沉淀原生白云石的微生物代谢方式主要分为四类:异养硫酸盐还原类、好氧异氧类、产甲烷型和化能硫化物氧类。本文总结前人的研究重点介绍硫酸盐还原细菌促进白云岩的机理及铁元素可能的作用。硫酸盐还原细菌促进白云岩沉淀提出相对较早、研究最为细致,最早是 Vasconcelos 和 McKenzie 模拟潟湖缺氧还原环境,采用硫酸盐还原细菌在实验室条件下沉淀出白云岩而提出的机理。现代海洋环境中的蓝细菌、硫酸盐还原细菌等都对碳酸盐岩的沉淀起到一定的影响,但普遍认为细菌硫酸盐还原作用是钙化微生物群落中导致碳酸钙沉淀的主控因素之一,硫酸盐还原反应表达式概括为:  $\text{CH}_2\text{O} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{HS}^- + \text{H}_2\text{O}$ 。海水中存在大量碳酸盐沉淀抑制因素,使得碳酸盐在过饱和的情况下也难以产生沉淀,主要是因为  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  极易与  $\text{SO}_4^{2-}$  形成配偶键,而硫酸盐还原细菌通过还原反应消耗掉硫酸根离子,使海水中  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  浓度增加,同时形成的  $\text{HCO}_3^-$  提高溶液的碱性,影响饱和指数,直接沉淀出白云岩。在现代实验室中,硫酸盐还原细菌介导的原生白云石可以看作一种低有序度的含铁白云石,  $\text{Fe}^{2+}$  与  $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$  被微生物细胞表面或 EPS 上的官能团吸附并在上面异相成核,  $\text{Fe}^{2+}$  半径相对较小,在微生物代谢过程中代替  $\text{Mg}^{2+}$  是完全可以实现的。但该模式同样存在问题,如大量实验都是基于现代环境中硫酸盐还原细菌进行的,但地质历史时期的硫酸盐还原细菌与现代是否有较大的差别,是否影响了现代白云岩沉积等问题尚不清楚,需要进一步研究。

### 参考文献

**关键词** 硫酸盐还原细菌; 铁元素; 白云岩沉淀





# 能源与矿产沉积学

## 海外碳酸盐岩油气储层



摘要 ID:228

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 展板

## 南美 M 盆地碳酸盐岩沉积特征及主控因素

赵永斌\*

中国石油勘探开发研究院

秘鲁 M 盆地二叠系碳酸盐岩储层是 XX 区块的潜力勘探层系, 区块及周边多口探井具有商业发现及较好气测显示, 揭示出良好的勘探前景。通过对已钻井气测、试油等资料统计, 表明沉积相对有利储层的分布有重要的控制作用, 是本区油气成藏的关键因素之一(白国平等, 2010; 王青等, 2013; McClay, et al, 2018)。但由于碳酸盐岩沉积环境复杂, 勘探程度低, 以往研究缺乏对沉积相展布规律的认识, 储层分布规律不明确, 制约该层系的勘探 (Flügel, 2004; Pratsch, 1994)。

基于区域沉积环境及古地貌分析, 充分利用岩心、薄片、测井和地震等资料, 识别岩石类型、测井相及地震相的标志, 明确沉积类型及展布特征, 建立了本区碳酸盐岩的沉积模式, 揭示出沉积储层发育的主控因素。研究表明, 该组属于碳酸盐岩台地沉积, 可划分为 3 个亚相和 6 个微相。该组下段广泛发育开阔台地颗粒滩微相, 中段开阔台地滩间微相由西南部延伸至工区大范围, 上段由西南向东北依次发育开阔台地滩间-开阔台地颗粒滩-局限台地泻湖沉积, 上段顶部发育区域性风化壳。自下而上展示出退积-加积-进积的沉积序列。沉积演化过程与储层发育密切相关, 受控于古地貌和海平面升降的双重作用, 古地貌高低影响风化程度的不同, 控制了风化壳、砂屑白云岩、白云质灰岩储层的发育, 海平面周期性变化引起颗粒滩的迁移, 控制了颗粒灰岩储层的发育。

上述研究明确了 XX 区风化程度有限, 主要发育开阔台地颗粒滩微相, 颗粒灰岩为本区主要储层。该研究一定程度的反映出碳酸盐岩储层的潜力, 为进一步开展碳酸盐岩油气勘探具有指导意义。

**参考文献** 1. 白国平, 秦养珍. 2010, 南美洲含油气盆地和油气分布综述[J]. 现代地质, 24(6): 1102 - 1111. 2. 王青, 赵旭, 刘亚茜, 等. 2013, 秘鲁三个前陆盆地油气地质条件对比研究[J]. 现代地质, 27(6): 1414-1424. 3. McClay, Ken, Nicola Scarselli, et al. 2018, Structural styles of the Camisea fold-and-thrust belt, southeast Peru [J]. Petroleum basins and hydrocarbon potential of the Andes of Peru and Bolivia: AAPG Memoir 117, : 271-296. 4. Flügel E. 2004, Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application [M]. Germany: Springer, :7-52. 5. Pratsch J C. 1994, The location of major and gas fields: examples from the Andean foreland [J]. Journal of Petroleum Geology, 17(3): 327-338. &nbsp;

**关键词** 碳酸盐岩; 沉积特征; 主控因素; M 盆地; 秘鲁



摘要 ID:567

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 裂缝-孔隙型碳酸盐岩储层特征及分布规律研究-以滨里海盆地东缘 X 油田为例

张德民\*、张忠民、司朝年、李艳华、李茗  
中国石化石油勘探开发研究院

裂缝-孔隙型储层是碳酸盐岩储层中较为复杂的一种类型。为分析该类储层特征、主控因素和分布规律,本文以滨里海盆地东缘 X 油田中下石炭统 KT-II 为例,基于岩心、薄片、扫描电镜、FMI 测井、地震等资料,开展沉积微相、储集空间类型、物性、孔隙结构、裂缝类型及其主控因素和分布规律的研究工作。研究表明,研究区目的层为开阔台地亚相,包括高能滩、低能滩和滩间洼地微相。储集空间以组构选择性粒内孔、粒间孔、生物体腔孔为主,裂缝孔隙度低,储集性能差。孔渗变化范围大,整体为低-中孔,低-特低渗,其中高能滩微相物性较好,呈大孔粗吼特征,低能滩物性相对较差,为小孔细吼特征,滩间洼地储集性最差。裂缝倾角多样、尺度差异巨大,但以北西-南东、北东-南西向高角度-垂直构造缝为主,成因上,包括边界断层伴生裂缝和背斜构造相关裂缝两大类裂缝系统。储层发育分布受沉积相带和裂缝叠合控制。

**参考文献** [1]景紫岩,李国斌,张亚军,王荣华,谢天峰,崔键,刘文强,代寒松.滨里海盆地东缘盐构造及变形机制:物理模拟的启示[J].地质学报,2021,95(05):1459-1468. [2]梁爽,吴亚东,王燕琨,王震,盛善波.滨里海盆地东缘盐下油气成藏特征与主控因素[J].中国石油勘探,2020,25(04):125-132. [3]李伟强,穆龙新,赵伦,李建新,王淑琴,范子菲,邵大力,李长海,单发超,赵文琪,孙猛.滨里海盆地东缘石炭系碳酸盐岩储集层孔喉结构特征及对孔渗关系的影响[J].石油勘探与开发,2020,47(05):958-971. [4]李长海,赵伦,李建新,王淑琴,李伟强.滨里海盆地东缘构造缝形成期次及低角度构造缝成因[J].特种油气藏,2019,26(03):56-61. [5]伊硕,黄文辉,金振奎,高白水.滨里海盆地东缘石炭系 KT-II 层碳酸盐岩微相特征与沉积环境研究——以扎纳若尔地区为例[J].沉积学报,2017,35(01):139-150. [6]郭凯,程晓东,范乐元,严世帮,倪国辉,付海波.滨里海盆地东缘北特鲁瓦地区白云岩特征及其储层发育机制[J].沉积学报,2016,34(04):747-757.

**关键词** 裂缝-孔隙型储层; 孔隙结构; 裂缝类型; 主控因素; 滨里海盆地



摘要 ID: 2005

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 伊拉克白垩系巨厚碳酸盐岩储层中贼层的成因和识别

刘航宇、石开波、刘波\*  
北京大学

贼层是巨厚碳酸盐岩油藏中普遍存在的渗流单元, 易导致流体突进, 为注水提高采收率带来挑战。本文以伊拉克中部和南部两大(超)巨型油田白垩系三套碳酸盐岩储层为例, 通过岩心、测井和生产动态数据分析, 系统总结和讨论了巨厚碳酸盐岩储层中贼层的特征和成因, 以期为研究区和与之具相似背景的碳酸盐岩储层表征和油藏开发提供参考。研究表明, 贼层开发动态表现为较高的注水和产液速率, 根据其沉积环境划分为三类, 即生屑滩型贼层、潮汐通道型贼层和生物扰动型贼层。其中生屑滩型和潮汐通道型贼层与围岩相比, 孔隙度相似或更高, 但渗透率和孔喉半径明显高于围岩。生屑滩型贼层由发育粒间孔、粒间溶孔和溶蚀孔洞的砾屑灰岩和颗粒灰岩组成, 形成于晚期高位体系域、生屑滩复合体中最顶部单滩体的中上段, 呈片状连续分布。潮汐水道型贼层由含粒间孔和少量粒间溶孔的生屑颗粒灰岩组成, 呈条带状分布。生物扰动型贼层为发育强烈生物扰动的海底硬地段, 该类贼层中生物扰动潜穴和基质中的微相、孔隙类型和孔隙结构差异很大, 与围岩相比孔隙度低但渗透率高得多。形成贼层的关键是在贼层与围岩间形成较大的渗透率差异, 上述三种贼层的成因不仅受控于高能沉积相或代表高能水动力的沉积物充填潜穴, 从而形成具有良好连通性的原生孔隙系统, 还受控于早期的淡水溶蚀作用, 后者扩大了孔隙和孔喉尺寸, 进一步改善了孔隙连通性, 从而提高了孔隙度, 显著提高了渗透率。由于岩石骨架、孔隙结构和沉积序列的差异, 这三种贼层具有不同的测井响应特征, 总结出贼层常规测井综合识别模板, 可用于非取心井和其他发生相似背景油田的贼层识别。

**参考文献** Aqrawi A A M, Tehni G A, Sherwani G H, et al. Mid - Cretaceous Rudist - Bearing Carbonates of the Mishrif Formation: An Important Reservoir Sequence in the Mesopotamian Basin, Iraq. *Journal of Petroleum Geology*[J], 1998, 21(1), 57-82. Ehrenberg, S. N., A. A. M. Aqrawi, and P. H. Nadeau, 2008. An overview of reservoir quality in producing Cretaceous strata of the Middle East. *Petroleum Geoscience*[J], 2008, 14(4), 307-318. Eltom H A, Rankey E C, Hasiotis S T, et al. Effect of bioturbation on petrophysical properties: Insights from geostatistical and flow simulation modeling. *Marine and Petroleum Geology*[J], 2019, 104, 259-269. Li B, Najeh H, Lantz J, et al. Detecting thief zones in carbonate reservoirs by integrating borehole images with dynamic measurements[C]. Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers. 2008.

**关键词** 碳酸盐岩; 贼层; 潮汐水道; 测井识别; 生物扰动



摘要 ID: 3334

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 展板

## 基于沉积成岩综合相划分的生物碎屑灰岩渗透率预测方法

余义常<sup>1,2</sup>、郭睿<sup>2</sup>、李峰峰<sup>2</sup>、宋世琦<sup>1</sup>、王九州<sup>1</sup>

1. 中国石油国际勘探开发有限公司

2. 中国石油勘探开发研究院

近年来, 中国在中东地区油气业务快速发展, 已经建成中国在海外最重要的油气生产基地, 其主要是以白垩系 M 组为代表的生物碎屑灰岩油藏, 颗粒为各类生物死亡破碎之后的碎屑, 原始沉积组构保留较好, 是典型的孔隙型储层, 发育体腔孔、粒间孔、粒间溶孔、溶蚀孔洞、铸模孔、晶间孔等不同成因和尺度的孔隙, 微裂缝发育程度低; 孔喉半径分布区间为  $0.1\sim 100\ \mu\text{m}$ , 单峰型、双峰型和多峰型等多种孔喉体系共存, 但整体孔渗相关性较差, 同一孔隙度对应的渗透率分布频带较宽, 特别是 20%~25% 区间的孔隙度, 相近孔隙度岩心样品的渗透率相差可达 3 个数量级, 渗透率精细预测的难度很高, 转注水开发后, 受储层渗透率预测精度低的影响, 出现单井产能差异大及注入水突进等实际问题, 限制了油藏的高效开发。

为厘清中东 M 组生物碎屑灰岩储层渗透率主控因素和预测方法, 以伊拉克 X 油田 M 组为例, 综合利用测井、岩心、铸体薄片、扫描电镜、三维 CT、高压压汞及常规孔渗测试等资料, 开展储层储集空间类型、孔喉结构及渗透率特征分析, 明确沉积微相和成岩作用对储层渗透率的控制机理, 建立基于沉积成岩综合相划分的生物碎屑灰岩渗透率预测模型。

结果表明: 研究区生物碎屑灰岩相控特征显著, 成岩作用对储层改造具有继承性和发展性的双重特点, 储层渗透率特征依赖于原始沉积环境和差异成岩作用; 不同沉积微相之间存在成岩作用选择性, 高能沉积以非选择性溶蚀作用为主, 孔渗呈现同步提升的特征, 中能沉积以选择性溶蚀作用为主, 孔隙度增加幅度较大, 但渗透率幅度有限, 低能沉积以胶结压实作用为主, 孔渗进一步减小; 相同沉积微相在不同级次层序边界处存在成岩作用强度差异性, 层序边界暴露时间越长, 浅埋藏后暴露溶蚀作用越强, 渗透率越高。

研究区生物碎屑灰岩矿物成分相对简单的特征, 使用密度计算孔隙度精度很高, 渗透率预测上, 在 13 种沉积微相划分和成岩强度识别的基础上, 建立 20 种沉积成岩综合相类型和孔隙度—渗透率模型, 在全区沉积微相划分和分布研究完成的基础上, 形成测井—孔隙度—沉积成岩综合相判断—孔渗模型选择—渗透率预测的方法, 经对比基于岩石分类的渗透率计算结果和岩心渗透率实测数据, 该方法可进一步改善渗透率预测效果。生物碎屑灰岩储层在中东地区广泛发育, 以上研究对同类油藏的开发具有一定指导意义。

**参考文献** 操应长, 杜亮慧, 王艳忠, 等, 2015. 准噶尔盆地中部 I 区块三工河组储层沉积成岩综合相及其测井识别[J]. 天然气地球科学, 26(6): 1016-1027. 韩玉娇, 周灿灿, 范宜仁, 等, 2018. 基于孔径组分的核磁共振测井渗透率计算新方法: 以中东 A 油田生物碎屑灰岩储集层为例[J]. 石油勘探与开发, 45(1): 170-178. 金值民, 谭秀成, 郭睿, 等, 2018. 伊拉克哈法亚油田白垩系 Mishrif 组碳酸盐岩孔隙结构及控制因素[J]. 沉积学报, 36(5): 132-145. 刘晓蕾, 朱光亚, 熊海龙, 等, 2017. 中东碳酸盐岩油藏孔隙结构对驱油效果的影响[J]. 科学技术与工程, 17(1): 182-186. 吕苗苗, 宋本彪, 田昌炳, 等, 2021. 中东地区孔隙型碳酸盐岩储层渗透率主控因素分析[J]. 油气地质与采收率, 28(3): 70-76. 宁超众, 孙龙德, 胡素云, 等, 2021. 塔里木哈拉哈塘油田奥陶系缝洞型碳酸盐岩储层岩溶类型及特征[J]. 石油学报, 42(1): 15-32. 乔占峰, 孙圆辉, 曹鹏, 等, 2022. 巨厚灰岩油藏中隔夹层与高渗层成因与发育规律——以伊拉克 H 油田 Mishrif 组为例[J]. 海相油气地质, 27(1): 71-83. 王宜林, 宋新民, 王贵海, 等, 2020. 中东地区油气合作区快速规模上产关键技术与实践[J]. 石油学报, 41(12): 1633-1642. 余义常, 宋新民, 郭睿, 等, 2018. 碳酸盐岩差异成岩及储集层特征: 以伊拉克 HF 油田白垩系 Mishrif 组为例[J]. 古地学报, 20(6): 1053-1067. 余义常, 孙龙德, 宋新民, 等, 2018. 厚壳蛤滩沉积成岩特征及对储集层发育控制作用: 以伊拉克 H 油田白垩系 Mishrif 组为例[J]. 石油勘探与开发, 45(6): 1007-1019. MAHDI T A, AQRRAWI A A M. 2014. Sequence stratigraphic analysis of the mid-Cretaceous Mishrif Formation, southern Mesopotamian Basin, Iraq[J]. Journal of Petroleum Geology, 37(3): 287-312. ZHONG Y, TAN X, ZHAO L, et al., 2018. Identification of facies-controlled eogenetic karstification in the Upper Cretaceous of



the Halfaya oilfield and its impact on reservoir capacity[J]. Geological Journal, 54(1):1-16. &nbsp;

**关键词** 中东地区; 沉积微相; 沉积成岩综合相; 生物碎屑灰岩; 渗透率



摘要 ID: 2229

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 阿布扎比 B 油田侏罗系 Arab 组碳酸盐岩微相及储层发育特征

彭渝婷<sup>1</sup>、石开波<sup>1</sup>、宋本彪<sup>2</sup>、刘航宇<sup>1</sup>、刘波<sup>\*3</sup>

1. 北京大学地球与空间科学学院
2. 中国石油勘探开发研究院
3. 北京大学石油与天然气研究中心

侏罗系 Arab 组是中东地区重要的含油层系。基于三口取心井岩心、薄片及测井资料分析,对阿布扎比 B 油田主力产层 Arab C 段碳酸盐岩微相类型及微相组合、沉积特征开展研究,结合孔、渗及压汞数据,对不同微相类型开展储层评价。基于岩心及薄片资料的定量-半定量统计,Arab C 段共识别出十一种微相类型:泥晶灰岩(MFT1),含生屑泥晶灰岩(MFT2),膏质泥晶灰岩(MFT3),含硬石膏泥粒灰岩(MFT4),膏质颗粒灰岩(MFT5),腹足颗粒灰岩(MFT6),云质泥晶灰岩(MFT7),灰质泥粉晶白云岩(MFT8),膏质粉晶白云岩(MFT9),膏质细晶白云岩(MFT10),膏质残余颗粒细晶白云岩(MFT11)。微相类型及微相组合研究表明,Arab C 段为局限-蒸发背景下萨布哈-潮坪沉积,储层主要发育于潮间带,包括灰岩和白云岩两类储层。海侵及高位早期,沉积水体盐度趋于正常,以潮坪高能环境颗粒滩沉积的灰岩储层为主;高位域晚期,由于海水盐度增加,准同生期白云岩化作用发育,主要发育白云岩储层。不同微相孔、渗及压汞数据分析表明,微相类型控制储层品质,MFT4、MFT5、MFT6、MFT9、MFT10、MFT11 六种微相排驱压力低,孔喉半径大,孔隙连通性好,储层物性好,是优质储层发育的有利微相类型。MFT4、MFT5、MFT6 微相主要储集空间以粒间孔/溶孔、铸模孔及粒内容孔为主;MFT9、MFT10、MFT11 主要储集空间以晶间孔、经成岩改造后残余的粒间孔及粒内容孔为主。储层纵、横向对比发现,同井层间和同层井间的储层类型及储层品质差异大,非均质性强,储层横、纵向变化受沉积和成岩作用共同控制。海平面变化导致的原生沉积组构、准同生期溶蚀作用及早期白云岩化程度差异是导致储层纵、横向宏观非均质性的主要原因,原始高能滩相沉积颗粒灰岩往往发育较好的粒间孔隙,是优质储层发育的物质基础;高频海平面变化导致的准同生溶蚀作用是铸模孔及粒内容孔形成的关键;早期的白云岩化能够有效的改善原始的孔隙结构,增强孔隙之间连通性。石膏、硬石膏的转变及溶蚀-充填过程,导致储层非均质性进一步增强,在埋藏条件下,硬石膏往往沿着早期较大的孔隙充填。

**参考文献** [1] Sharifi-Yazdi M, &nbsp; Rahimpour-Bonab H, &nbsp; Nazemi M, et al. Diagenetic impacts on hydraulic flow unit properties: insight from the Jurassic carbonate Upper Arab Formation in the Persian Gulf[J]. Journal of Petroleum Exploration and Production Technology, 2020, 10(4):1783-1802. [2] Sharifi-Yazdi M, &nbsp; Rahimpour-Bonab H, &nbsp; Tavakoli V, et al. Linking diagenetic history to depositional attributes in a high-frequency sequence stratigraphic framework: A case from upper Jurassic Arab formation in the central Persian Gulf[J]. Journal of African Earth Sciences, 2019, 153(MAY):91-110. [3] Assadi A, &nbsp; Rahimpour-Bonab H, &nbsp; Kadkhodaie-Iikhchi R. Integrated Rock Typing of the Grainstone Facies in a Sequence Framework: a Case from the Jurassic Arab Formation in the Persian Gulf[J]. Acta Geologica Sinica(English Edition), 2018, 92(04):1432-1450. [4] Morad D, &nbsp; Nader F H, &nbsp; Gasparrini M, et al. Comparison of the diagenetic and reservoir quality evolution between the anticline crest and flank of an Upper Jurassic carbonate gas reservoir, Abu Dhabi, United Arab Emirates[J]. Sedimentary Geology, 2018, 367(MAY):96-113. [5] Marchionda E, &nbsp; Deschamps R, &nbsp; Cobianchi M, et al. Field-scale depositional evolution of the Upper Jurassic Arab Formation (onshore Abu Dhabi, UAE) [J]. Marine & Petroleum Geology, 2017:S0264817217303914. [6] Flügel, E. Microfacies of Carbonate Rocks || Microfacies Data: Matrix and Grains[J]. &nbsp; 2010, 10.1007/978-3-642-03796-2(Chapter 4):73-176.

**关键词** 侏罗系 Arab C; 碳酸盐岩微相; 沉积-成岩作用; 储层非均质性



摘要 ID:1235

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 基于岩石物理和地质成因全要素的碳酸盐岩静态岩石类型划分方法

邓西里\*、李佳鸿、宁超众、袁大伟、闫林、塔斯肯  
中国石油勘探开发研究院

传统的碳酸盐岩岩石类型划分主要包括岩性岩相划分、沉积相以及成岩相划分几个层次，相互之间往往只有地质成因联系而缺少定量关系。笔者在中东碳酸盐岩油藏地质表征和建模过程中，引入岩石物理相（PG）和地质成因相（GF）概念，并将二者进行耦合得到碳酸盐岩静态岩石类型（SRT）。其中，岩石物理相的划分基于常规岩心分析测试、特殊岩心分析以及测井解释结果，利用孔渗关系、吼道中值半径及压汞曲线形态确定岩石物理相类型；地质成岩相则是将控制碳酸盐岩储层质量最关键的原始沉积作用和后期成岩改造作用相结合，建立地质成因相。最终通过定量耦合得到既有地质成因意义又可进行定量化表征的静态岩石类型，将地质认识及风险定量化，弥补了国内学者重人为定性分析轻定量表征，而国外学者重数学手段表征但轻地质认识引导的短板。将该划分技术成功应用于阿联酋阿布扎比陆上多个油田的地质模型，大幅提高了该地区大型孔隙型碳酸盐岩油藏地质建模的精度，为后续油藏开发方案优化调整奠定了坚实的地质基础。

### 参考文献

**关键词** 中东；碳酸盐岩；静态岩石类型；岩石物理相；地质成因相





摘要 ID:1448

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 巴西盐下白垩系湖相微生物碳酸盐岩沉积演化与发育模式

张忠民\*、张德民、朱奕璇

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

近年来巴西桑托斯盆地盐下发现了 Lula、Libra、Jupiter 等数十个世界级大油田, 已发现 2P 可采储量 938 亿桶油当量, 是近 10 年发现超大油气田最多的盆地, 主要储层以白垩系盐下微生物碳酸盐岩为主, 已经成为地质学家关注与研究的热点之一。前人对下白垩统碳酸盐岩的沉积环境为湖相还是海相, 以及碳酸盐岩沉积演化、发育模式都有不同的认识。

本文通过碳氧同位素、古生物、微量元素等分析, 结合区域构造特征、古气候资料, 明确提出盆地侏罗世—早白垩世沉积环境由正常湖相沉积环境演变为盐湖沉积环境。明确了微生物岩成因, 水平面变化控制沉积物泥质含量的变化、盐度和离子饱和度等因素, 从而形成不同类型微生物岩。通过井震结合, 建立了湖相碳酸盐岩层系高频层序地层格架, 深入探讨了断裂、湖平面变化等对沉积相的控制作用, 提出拉张断裂、走滑断裂影响下的层序格架样式, 系统地建立了沉积发育模式。通过储层特征、古构造、古环境、成岩作用等系统研究, 阐明了微生物岩储渗空间形成机制和储层成因演化模式; 提出微生物礁滩体主控, 气候变化、湖平面变化影响微生物礁滩体的优势发育, 制约湖相碳酸盐岩优质储层的纵向分布, 三级层序特别是高位体系域是优质储层发育的有利层段。

### 参考文献

**关键词** 湖相微生物岩; 沉积环境与演化; 发育模式; 白垩系; 巴西盐下



摘要 ID:1674

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 专题邀请报告

## 伊拉克东北部白垩系构造-沉积分异作用及对储层发育的控制

张涛\*、张德民、彭兆蒙、吴世祥  
中石化石油勘探开发研究院

白垩系是伊拉克东北部地区的重要油气产层之一, 岩相分布和储层类型是控制油气富集高产的关键因素, 前人所提供沉积相分布在区域控制和沉积相模式方面多了大量研究和基础工作。本文利用大量新搜集的钻井资料, 通过岩相描述、控相因素、区域岩相古地理图件编制、储层成因研究等综合分析, 揭示了伊拉克东北部白垩系关键层系构造-沉积分异作用对沉积相和储层发育的影响。结果表明, 本区白垩纪处于新特提斯洋被动陆架边缘发育阶段到活动大陆边缘发育阶段的转变期, 盆地由晚白垩世以前的统一的陆架台地演变为被断裂分割的内陆架盆地。早白垩世 Qamchuqa 沉积期, 西部 Khleissia-Rutbah 隆起区向东依次分布局限台地相硬石膏、白云岩和灰岩沉积, 是主要储层发育区, 再向外为内陆棚相沉积和外陆棚相沉积, 以泥灰岩沉积为主。晚白垩世的 Kometan 和 Shiranish 沉积期, 蛇绿岩仰冲造成的重力负荷作用, 所形成的正断层将内陆架盆地分割为垒堑结构, 构造-沉积分异作用明显。在地垒区, 发育微晶灰岩、颗粒灰岩等; 在断陷内, 沉积物一般为含沥青白垩质灰岩或泥灰岩, 其中 Shiranish 沉积期比 Kometan 沉积期水体更深, 在外陆棚区发育白垩质灰岩, 微孔发育, 物性较好。本区白垩系发育两类储层: 孔隙型(台地相白云岩晶间溶孔、颗粒云岩粒间溶孔、细粒碳酸盐岩白垩微孔隙)和裂缝型。孔隙型储层主要受沉积相和表生溶蚀作用控制, 发育在颗粒滩相云岩及 Qamchuqa 顶部不整合面以下 50m 附近; 白垩微孔主要分布在 Shiranish 组的外陆棚沉积区。裂缝主要受岩性和构造带褶皱作用程度所控制, 较纯灰岩和白云岩在高陡褶皱带更发育, 泥灰岩地层中裂缝发育密度较低。

### 参考文献

**关键词** 构造-沉积分异; 沉积相; 碳酸盐岩储层; 白垩系; 伊拉克东北部



摘要 ID:2199

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 伊拉克哈法亚油田 Mishrif 组碳酸盐岩储层构型及其开发指导意义

乔占峰<sup>\*1,2</sup>、邵冠铭<sup>1,2</sup>、曹鹏<sup>1,2</sup>、张杰<sup>1,2</sup>、孙晓伟<sup>1,2</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院
2. 中国石油碳酸盐岩储层重点实验室

碳酸盐岩储层构型研究尚处起步阶段, 其对认识油藏结构, 改善开发效果具有重要指导意义。哈法亚油田位于伊拉克南部, 是中石油海外单体最大开发项目, 其中占油田储量 50%的、原认为是“块状”油藏的 Mishrif 组开发问题突出, 油藏结构表现出强烈的非均质性。通过对 7 口取芯井、300 余口井测井和三维地震资料的综合分析, 探讨了基于隔夹层、储层单元和高渗层的 Mishrif 组储层构型特征, 以期对认识油藏结构提供依据。

取得三方面的成果认识: 1、Mishrif 组发育深水沉积型和浅水沉积型 2 种隔层和成岩型夹层, 沉积型隔层主要发育于三级层序海侵体系域和高位域四级层序顶部, 对油藏构成较稳定的垂向分割, 成岩型夹层延伸达数公里, 可在储层单元内构成渗流屏障; 2、储层单元内部发育生屑滩、潮道、潮汐三角洲等三种构型, 垂向叠置和侧向延展方面差异明显, 生屑滩具向上变粗旋回特点, 平面成片状分布; 潮道为向上变细旋回, 平面成曲流河状发育; 潮汐三角洲具向上变粗再变细旋回特点, 平面呈扇形展布, 在空间上可叠置分布; 3、发育沉积型和成岩型 2 种成因高渗层, 沉积型以分选良好的滩相或潮道相颗粒灰岩为主, 相对泻湖相或滩翼相储层构成异常高渗带; 成岩型以经溶蚀改造的泻湖相储层为主, 前者发育受微相约束, 后者发育受层序界面控制。

受层序与沉积体系演化控制, 隔夹层、储层单元和高渗层在空间上形成了“阁楼式”的空间结构, 对开发指导意义主要以下三个方面: 1、受层序控制的隔夹层将原认为的“块状”油藏更新为“层状”油藏, 原采用的 1 套井网、笼统注水, 对应的应采用分层开发、分层注水, 以提升油藏动用程度; 2、储层单元内部构型的多样性, 使得油藏内部的连通关系异常复杂, 标准的“五点”和“九点”井网难以建立良好的注采关系, 应针对重点储层类型的沉积构型特征, 如潮道的线型发育特点, 进行不规则井网的建立, 以提高注采对应效果; 3、高渗层受微相和层序界面控制, 在建立注采关系时应尽可能考虑, 避免过早见水。以上成果认识促进了碳酸盐岩沉积构型研究的发展, 并对同类油藏开发效果提升具有重要指导意义。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐岩; 储层构型; Mishrif 组; 哈法亚油田



摘要 ID:1130

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 巴西盐下湖相微生物岩岩石学特征

杨柳\*、范国章、邵大力、王红平、左国平、王朝锋、张勇刚  
中国石油杭州地质研究院

巴西盐下早白垩世湖相微生物岩油田的巨大发现是众所周知的。除工业价值外,如此宏伟(面积12万 km<sup>2</sup>、厚度500m)的湖相微生物岩建造在显生宙十分罕见,学术价值突出。本文综合利用OBN地震、钻测井资料、岩矿鉴定、地化数据等解析了沉积学特征。结果表明:①从矿物成分来看,巴西盐下早白垩世湖相微生物岩主要是灰岩,异于与前述的元古代微生物白云岩;②就岩石结构而言,微生物颗粒主要有球粒和藻两种,前者是由中心向四周的放射状生长结构,后者是自下而上的扇状生长结构,填隙物除常见的碳酸盐岩灰泥外,还大量发育硅镁石,指示碱性咸水沉积环境,硅镁石在埋藏过程中极易改造,产生隐晶硅质、簇状石英、白云石、溶蚀孔等成岩产物;③在沉积构造角度,巴西盐下微生物岩分为原地生长和再沉积两大类,前者主要分布于靠近断裂的微地貌高,藻类原地快速生长,在地震上形成塔形弱反射,可称其为微生物塔,平面上呈点状,直径4km以内,即使在湖盆的不同位置微生物塔的厚度也是稳定在500m左右,可能代表了裂谷湖盆在拗陷期的沉降幅度,岩性以藻灰岩为主,平均孔隙度12%;后者主要分布于大型古地貌高上,原地生长的球粒和藻屑被波浪改造后再沉积,地震上表现为中低振幅平行反射,形成微生物滩,平面上呈面状,分布受隆起范围控制,不同构造厚度差异较大(0-500m),岩性以颗粒灰岩(颗粒为再沉积的球粒或藻屑),平均孔隙度14%。以上特征表明巴西盐下微生物岩是一种异于元古代微生物岩和海相碳酸盐岩的独特建造,值得进一步探索以丰富沉积学理论。

### 参考文献

**关键词** 桑托斯盆地, 盐下, 裂谷湖盆, 微生物岩



摘要 ID:3319

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 展板

## 巴西在桑托斯盆地 S 油田湖相碳酸盐储层特征及主控因素

刘桂珍\*

西安石油大学

桑托斯盆地来源于古冈瓦纳大陆裂解,为典型被动大陆边缘盆地,盆地形成演化经历了裂谷期、过渡期和后裂谷期。研究的目的层段为盐下白垩统湖相碳酸盐岩地层。沉积体系主要为生物丘、生物滩沉积。储层岩石类型以微生物灰岩、颗粒灰岩、介壳灰岩为主,岩心溶蚀孔洞较为发育,可见裂缝,物性好,孔隙度主要集中在 6-20%,渗透率主要以大于 100mD 为主。通过对研究区岩心、测录井、地震等资料的综合分析,认为碳酸盐岩储层发育的主控因素:(1)岩相是物质基础;岩相中叠层石、颗粒灰岩、介壳灰岩一般是高能相带沉积产物,具有岩性纯,泥质含量低,是岩溶储层发育的物质基础,更容易溶蚀,而球粒灰岩、层纹岩、粒泥灰岩、泥粒灰岩不容易发生溶蚀。(2)沉积相带控制储层发育的位置、岩性组合、厚度发育和非均质性,有利沉积相带为生物滩、生物丘沉积,厚储层发育且储层较均一,而滩间、丘间发育储层厚度薄,非均质性强。(3)高频旋回控制储层垂向上叠置样式和侧向上的迁移,在五级旋回级别的湖平面高频振荡下,水深变化频繁,控制了生物丘、滩的发育,垂向上叠置堆积和侧向上丘、滩频繁迁移和改造,平面上形成丘、滩复合沉积体。多套岩性组合组成的向上变浅的沉积旋回中,储层发育在不同级次旋回的顶部,且顶部储层具有厚度大、物性好特征。(4)岩溶古地貌控制岩溶储层分布,古地貌高点区岩溶发育,如台地上古高点区更有利于岩溶储层发育。(5)断裂控制储层渗透率性和渗透方向,决定了原岩的渗透性及渗透方向,也就控制了地表径流与地下水流的流动轨迹及方向,决定了岩溶型储集层沿断裂、裂缝发育带呈层状条带分布的特点。总之岩相、沉积相、沉积旋回、古地貌和断裂分布共同作用控制优质储层发育位置、厚度、岩性组合、垂向序列、平面展布及非均质性等特征。

### 参考文献

**关键词** 湖相碳酸盐岩 生物丘、生物滩 古地貌 高频旋回 断裂



摘要 ID: 3429

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 展板

## 基于扩展弹性阻抗反演的碳酸盐岩储层预测

张勇刚\*、范国章、王红平、王朝锋、杨柳、左国平、刘艳红  
中国石油杭州地质研究院, 浙江杭州 310023

某海上研究区受巨厚盐层覆盖和多期火成岩侵入影响, 盐下碳酸盐岩储层地震响应规律复杂, 常规 AVO 反演的岩石物理参数对岩性和流体指示不明显。扩展弹性波阻抗反演技术是弹性波阻抗反演的进一步推广, 能充分挖掘地质体的弹性信息和叠前道集振幅随偏移距变化的响应特征, 是对截距、梯度属性分析的深化应用, 包含更丰富的岩性和流体信息, 是一种有效的流体检测技术。本文在论述了扩展弹性波阻抗的概念以及反演方法原理的基础上, 给出了利用扩展弹性波阻抗反演进行岩性或流体检测的具体流程, 指出其关键是流体检测敏感参数对应的最优流体理论角度的求取, 计算生成了特定角度的扩展弹性波阻抗体和敏感岩石物理参数体。对研究区的扩展弹性波阻抗反演实用效果表明, 反演结果计算的敏感岩石物理参数曲线与点上盲井实测曲线吻合度高, 剖面上进行的储层预测与钻井吻合较好, 平面上的储层展布符合地质认识, 基于扩展弹性波阻抗反演的储层预测技术在该区具有可行性和有效性。

### 参考文献

**关键词** 碳酸盐岩; 扩展弹性波阻抗; 截距和梯度; 流体检测; 最优流体理论角度



摘要 ID:262

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 滨里海盆地东缘低角度缝发育规模及其控制机理: 以哈萨克斯坦北特鲁瓦油田为例

李长海<sup>1</sup>、赵伦<sup>2</sup>、刘波<sup>1</sup>、石开波\*<sup>1</sup>、李建新<sup>2</sup>

1. 北京大学

2. 中国石油勘探开发研究院

北特鲁瓦油田发育了大量低角度缝, 约为高角度缝数目的两倍, 但延伸长度一般较短, 对于该类裂缝的发育规模进行研究对于评定该类裂缝对于储层影响及后续油田注水开发方案编制具有重要意义。本文以滨里海盆地东缘的北特鲁瓦油田为例, 基于岩心和成像测井数据, 分析了研究区低角度缝的发育规模, 根据断裂力学理论揭示了低角度缝发育规模的控制机理, 并通过使用 Ansys 进行力学模拟实验验证了机理分析的准确性。研究表明, 研究区低角度缝最大长度约为 30m, 平均长度约为 9.8m。在相同应力条件下, 裂缝的发育规模与破裂点的数目有关, 裂缝破裂点越多, 单条裂缝发育的规模越小。该理论同样可以解释褶皱长轴裂缝少而长而褶皱短轴裂缝短而多的地质现象。本文对裂缝发育规模及其控制机理的研究, 对于明确储层裂缝发育特征及油田开发部署有重要意义。

**参考文献** Schultz R A, Soliva R, Fossen H, et al. Dependence of displacement - length scaling relations for fractures and deformation bands on the volumetric changes across them[J]. Journal of Structural Geology, 2008, 30(11):1405-1411. 范天佑. 断裂力学原理与应用[M]. 断裂力学原理与应用, 2006.

**关键词** 北特鲁瓦油田; 碳酸盐岩; 裂缝; 长度与开度; 控制机理



摘要 ID:537

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 展板

## 滨里海盆地东部 X 油田碳酸盐岩沉积微相研究

司朝年\*、张德民、李茗、虞云岩  
中石化石油勘探开发研究院

滨里海盆地东缘 X 油田在下石炭统沉积颗粒滩和生屑滩, 后期受乌拉尔山造山运动推覆作用, 形成两条逆断层夹持的长轴背斜构造圈闭。莫斯科阶中期, 海水倒灌盆地, 区域沉积大量的陆棚相的碎屑砂岩和泥岩, 形成良好的区域盖层。本文根据区域地质特征, 结合岩心分析、测井曲线对比和地震相研究, 建立相标志并编制沉积微图, 在有利相带部署滚动评价井一口, 喜获得 174 吨/天的高产。

参考文献

关键词





摘要 ID:1131

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 展板

## 伊拉克 AD 油田 M 组下段沉积-成岩特征及其对储层质量的影响

王欢\*

中国地质大学(北京)

上白垩统 M 组下段为伊拉克 AD 油田重要的碳酸盐岩储层, 为明确沉积-成岩作用及其对储层质量的影响, 基于岩心、薄片、阴极发光、扫描电镜、同位素及孔渗等数据, 对 AD 油田 M 组下段沉积-成岩特征及储层类型进行研究。采用微相分析法, 在 M 组下段识别出 12 种微相类型

(MF1~12), 划分出 7 种微相组合, 分别对应局限内缓坡、开阔内缓坡、内缓坡浅滩、近岸中缓坡、离岸中缓坡及外缓坡环境, 建立了绿藻生屑滩发育的低能缓坡沉积模式。M 组下段发育分米-厘米级斑块状胶结, 早期成岩阶段, 以组构选择性溶蚀、生物扰动及早期胶结作用为主, 混合水环境中的发生大量组构选择性溶蚀, 海生迹生物扰动的发育造成微环境氧化还原条件及酸碱性的差异, 形成生物扰动与局部胶结伴生的成岩特征; 中-晚成岩阶段, 以压实-压溶作用为主, 沿斑块状胶结周围分布的缝合线及压溶缝, 指示斑块状胶结形成时期早于压溶作用; 结合微相分析、斑块状胶结发育程度及储层物性特征, 将 M 组下段划分为 5 类储层及 2 类非储层, 其中储层由好到差分为: (i) 泥粒灰岩储层 (MF4, MF5)、(ii) 绿藻粒泥灰岩储层 (MF1, MF2.1)、

(iii) 泥粒-颗粒灰岩储层 (MF8)、(iv) 含多种生屑的粒泥灰岩储层 (MF3, 6、7)、(v) 粒泥-泥晶灰岩储层 (MF12), 非储层分为: (vi) 可作为区域盖层的颗粒灰岩 (MF9-11)、

(vii) 可作为局部夹层的胶结强度最强的粒泥灰岩 (MF2.2); 斑块状胶结主要发育在储层 (i) 和 (ii) 中, 斑块胶结与围岩之间渗透率相差 1~2 个数量级, 可形成不显著的双渗透率系统; 沉积作用控制了 AD 油田 M 组下段宏观米级储层分布, 成岩作用控制了分米-厘米级储层非均质性。通过对伊拉克 AD 油田沉积-成岩特征及储层性质的研究, 不仅可以指导油田下一步生产实际, 同时为伊拉克美索不达米亚盆地中部白垩纪碳酸盐岩储层的研究奠定了基础。

参考文献

关键词



摘要 ID:713

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 基于图论的滚动最大内切圆算法的碳酸盐岩潮汐水道地震地貌定量表征技术研究

王如意、杨向同\*、黄波、李会丽、丁江辉、曲世元  
中国石油集团工程技术研究院有限公司

本文首次提出基于图论的滚动最大内切圆算法,并将其应用于中东 A 油田 Mishrif 组 MB1 层潮汐水道地震地貌的定量化表征。本文将潮汐水道河道系统形态学表征问题转化为图论算法,将河道参数的定量化表征问题转化为滚动最大内切圆数学算法,通过建立河道参数几何学模型进行河道参数的自动化统计。基于图论的滚动最大内切圆算法是一种利用图论算法对几何图形中心线网络骨架分解成点和边进行图的构建,针对每条边利用滚动最大内切圆进行参数数据进行智能化统计计算的一种方法。统计参数包括河道长度、宽度、河道矢量距离、河道弯曲度、厚度、长宽比、宽厚比等。应用该算法进行研究区潮汐水道河道系统的定量化表征研究河道参数变化规律。潮汐水道系统内部可以识别出潮口潮汐水道,主干潮汐水道,分支潮汐水道,决口潮汐水道和三角洲潮汐水道 5 种潮汐水道成因单元类型。不同成因单元类型潮汐水道在长度、宽度、厚度和河道弯曲度等河道参数上具有明显的差异,其地质和地貌特征如下规律:潮口潮汐水道具有宽度大,弯曲度低的特征;主干潮汐水道长度较大、填充颗粒灰岩厚度大的特征;分支潮汐水道具有弯曲度相对较高的特征;决口潮汐水道和三角洲潮汐水道河道参数比较接近,其长度、宽度和厚度较小,河道弯曲度较低。作为一种智能化算法,基于图论的滚动最大内切圆算法比传统手工定量地震地貌分析方法在精度上更高,速度上更快。基于图论的滚动最大内切圆算法以像素点为基本计算单位,大大提高了河道参数统计的准确性,并借助计算机强大的计算能力,大大提高了统计效率。作为应用的扩展,该算法也可以应用于基于遥感数据的全球河流-三角洲河道系统定量地貌学研究。因此,基于图论的滚动最大内切圆算法在促进定量地貌技术的发展上具有重要意义。

**参考文献** Carbonneau, P., and H. Piégay. 2012. *Fluvial Remote Sensing for Science and Management*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons. Church, M. 2013. "Refocusing Geomorphology: Field Work in Four Acts." *Geomorphology*, 200: 184–192. Thorndycraft, V.R., G. Benito, and K.J. Gregory. 2008. "Fluvial Geomorphology: A Perspective on Current Status and Methods." *Geomorphology*, 98:2–12. Mackin, J. J., 1963, Rational and empirical methods of investigation in geology, in Albritton, C., ed., *The fabric of geology*: Stanford, California, Freeman and Co., p. 135–163. LeBlond, P. H., 1979, An explanation of the logarithmic spiral plan shape of headland-bay beaches: *Journal of Sedimentary Petrology*, v. 49, p. 1093–1100. Leopold, L. B., Wolman, M. G., and Miller, J. P., 1964, *Fluvial processes in geomorphology*: San Francisco, Freeman and Co., 522 p. Schumm, S. A., Mosley, M. P., and Weaver, W. E., 1987, *Experimental fluvial geomorphology*: New York, John Wiley and Sons, 413 p.

**关键词** 图论的滚动最大内切圆算法; 碳酸盐岩; 潮汐水道; 定量地震地貌学





Zhanfeng, GAO Jixian, et al. Characteristics and evaluation of carbonate reservoirs in restricted platform in the MB1-2 Sub-Member of Mishrif Formation, Halfaya Oilfield, Iraq [J]. Journal of Northeast Petroleum University, 2020, 44(05):35-45. [11] &nbsp;&nbsp;&nbsp;赵丽敏, 周文, 钟原, 等. 伊拉克H油田 Mishrif 组储集层含油性差异主控因素分析[J]. 石油勘探与开发, &nbsp;&nbsp;&nbsp;2019, 46(02):302-311. ZHAO Limin, ZHOU Wen, ZHONG Yuan, et al. Control factors of reservoir oil-bearing difference of Cretaceous Mishrif Formation in the H oilfield, Iraq[J]. Petroleum Exploration and Development, 2019, 46(02):302-311. [12] &nbsp;&nbsp;&nbsp;刘航宇, 田中元, 郭睿, 等. 碳酸盐岩不同孔隙类型储层特征及孔隙成因:以伊拉克西古尔纳油田中白垩统 Mishrif 组为例[J]. 地质科技情报, 2018, 37(06): 154-162. LIU Hangyu, TIAN Zhongyuan, GUO Rui, et al. Characteristics of Different Pore Type Carbonate Reservoirs and Pore Origins:A Case Study of Middle Cretaceous Mishrif Formation in West Qurna Oilfield, Iraq [J]. Geological Science and Technology Information, 2018, 37(06): 154-162. [13] &nbsp;&nbsp;&nbsp;刘航宇, 田中元, 郭睿, 等. 复杂碳酸盐岩储层岩石分类方法研究现状与展望[J]. 地球物理学进展, 2017, 32(05): 2057-2064. LIU Hangyu, TIAN Zhongyuan, GUO Rui, et al. Review and prospective of rock-typing for complex carbonate reservoirs [J]. Progress in Geophysics, 2017, 32(05): 2057-2064. [14] &nbsp;&nbsp;&nbsp;陈明江, 程亮, 陆涛, 等. Ahdeb 油田 Khasib 油藏孔隙结构及其对注水开发的影响[J]. 岩性油气藏, 2020, 32(03): 133-143. CHEN Mingjiang, CHENG Liang, LU Tao. Pore structure characterization and its impact on waterflooding development in Khasib reservoir in Ahdeb Oilfield, Iraq [J]. Lithologic Reservoirs, 2020, 32(03): 133-143. [15] &nbsp;&nbsp;&nbsp;陈培元, 王兴龙, 郭丽娜, 等. 复杂孔隙结构碳酸盐岩储层建模——以伊拉克米桑油田群 B 油田 M 组为例[J]. 科学技术与工程, 2019, 19(11): 81-89. CHEN Peiyuan, WANG Xinglong, GUO Lina. Complex Pore Structure Geological Modeling of Carbonate Reservoirs: A Case of M Formation of B Oilfield in Missan Oilfields, Iraq [J]. Science Technology and Engineering, 2019, 19(11): 81-89. [16] &nbsp;&nbsp;&nbsp;Zhuoying Fan, Jiagen Hou, Chengyan Lin, et al. A new workflow to improve the carbonate reservoir types discrimination combing the empirical model decomposition and energy entropy classification methods, 2018, 6(3):T555-T567. [17] &nbsp;&nbsp;&nbsp;毛先宇, 宋本彪, 韩如冰, 等. 伊拉克南部白垩系 Mishrif 组碳酸盐缓坡潮道沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(06):1233-1243. Mao Xianyu, Song Benbiao, Han Rubing, et al. Depositional characteristics of tidal channel facies in carbonate ramp of the Cretaceous Mishrif Formation in southern Iraq [J]. Oil & Gas Geology, 2020, 41(06):1233-1243. [18] &nbsp;&nbsp;&nbsp;王欢, 石开波, 赵丽敏, 等. 伊拉克 A 油田 Khasib 组碳酸盐岩微相及储层特征[J]. 海相油气地质, 2020, 25(04):351-362. WANG HuanSHI KaiboZHAO Limin, et al. Microfacies and reservoir characteristics of carbonate rocks of Khasib Formation in Iraq A Oilfield [J]. Marine Origin Petroleum Geology, 2020, 25(04):351-362. [19] &nbsp;&nbsp;&nbsp;李峰峰, 郭睿, 刘立峰, 等. 伊拉克 M 油田白垩系 Mishrif 组生物碎屑灰岩储集层非均质性成因[J]. 地球科学与环境学报, 2020, 42(03):297-312. LI Feng-feng, GUO Rui, LIU Li-feng, et al. Heterogeneity Genesis of Bioclastic Limestone Reservoirs of Cretaceous Mishrif Formation in M Oilfield, Iraq [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2020, 42(03):297-312. [20] &nbsp;&nbsp;&nbsp;李峰峰, 郭睿, 余义常, 等. 伊拉克 M 油田白垩系 Mishrif 组沉积特征及控储机理[J]. 沉积学报, 2020, 38(05):1076-1087. LI FengFengGUO RuiYU YiChang, et al. Sedimentary Characteristics and Control in Reservoirs in the Cretaceous Mishrif Formation, M Oilfield, Iraq [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2020, 38(05):1076-1087. [21] &nbsp;&nbsp;&nbsp;田泽普, 刘波, 高计县. 伊拉克鲁迈拉油田白垩系 Mishrif 组碳酸盐岩生物碎屑和成岩作用特点[J]. 地层学杂志, 2016, 40(01):41-50. TIAN Ze-pu, LIU Bo, GAO Jixian. Diagenesis of bioclastic carbonates of the cretaceous Mishrif formation in the Rumaila oil field, Iraq. [J]. Journal of Stratigraphy, 2016, 40(01):41-50. [22] &nbsp;&nbsp;&nbsp;杜洋, 李宜真, 陈秋实, 等. 伊朗西南部上白垩统 Sarvak 组成岩作用及有利储集层形成模式[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2016, 35(03):576-585. DU Yang, LI Yi-zhen, CHEN Qiu-shi, et al. Model for the Genesis of Favorable Reservoir and Diagenesis of the Upper Cretaceous Sarvak Formation in SW Iran[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2016, 35(03):576-585. [23] &nbsp;&nbsp;&nbsp;Hangyu Liu, Kaibo Shi, Bo Liu, et al. Characterization and identification of bioturbation-associated high permeability zones in carbonate reservoirs of Upper Cretaceous Khasib Formation, AD oilfield, central Mesopotamian Basin, Iraq. 2019, 110:747-



767. [24] &nbsp;&nbsp;&nbsp;沈瑛楚, 宋新民, 刘波, 等. 伊拉克 AD 油田上白垩统 Kh2 段生物扰动与储层非均质性 [J]. 天然气地球科学, 2019, 30(12): 1755-1770. Shen Ying-chu, Song Xin-min, Liu Bo, et al. Bioturbation and reservoir heterogeneity study of Upper Cretaceous Kh2 member, AD Oilfield, Iraq[J]. Natural Gas Geoscience, 2019, 30(12): 1755-1770. [25] &nbsp;&nbsp;&nbsp;金值民, 谭秀成, 唐浩, 等. 塔里木盆地西北部寒武系纽芬兰统玉尔吐斯组混积岩早成岩期岩溶特征及其地质意义[J]. 古地理学报, 2021, (01): 1-16. Jin Zhi-Min Tan Xiu-Cheng Tang Hao, et al. Eogenetic karst characteristics and its geological significance of mixed rocks in the Cambrian Terreneuvian Yuertus Formation in northwestern Tarim Basin. [J]. Journal of Palaeogeography, 2021, (01): 1-16. [26] &nbsp;&nbsp;&nbsp;谢康, 谭秀成, 冯敏, 等. 鄂尔多斯盆地苏里格气田东区奥陶系马家沟组早成岩期岩溶及其控储效应 [J]. 石油勘探与开发, 2020, 47(06): 1159-1173. XIE Kang, TAN Xiucheng, FENG Min, et al. Eogenetic karst and its control on reservoirs in the Ordovician Majiagou Formation, eastern Sulige gas field, Ordos Basin, NW China [J]. Petroleum Exploration and Development, 2020, 47(06): 1159-1173. [27] &nbsp;&nbsp;&nbsp;杨明磊, 诸丹诚, 李涛, 等. 川南地区中二叠统茅口组粗粒滩对早成岩期岩溶储层的控制[J]. 现代地质, 2020, 34(02): 356-369. YANG Minglei, ZHU Dancheng, LI Tao, et al. Control of Eogenetic Karst Reservoir by Shoals in Middle Permian Maokou Formation, Southern Sichuan Basin [J]. Geoscience, 2020, 34(02): 356-369. [28] &nbsp;&nbsp;&nbsp;龚晓星, 周新桂, 孙相灿, 等. 碳酸盐岩早成岩岩溶作用与油气储集层的形成. 中国矿业报. [29] &nbsp;&nbsp;&nbsp;陈源仁. 硬底环境的古生态特征. 矿物岩石, 1985, (03):141-151. [30] &nbsp;&nbsp;&nbsp;Nicolas Christ, Adrian Immenhauser, Rachel A. Wood, et al. Petrography and environmental controls on the formation of Phanerozoic marine carbonate hardgrounds. 2015, 151:176-226. [31] &nbsp;&nbsp;&nbsp;Kennedy, W. J., Garrison, R. E., 1975. Morphology and genesis of nodular chalks and hardgrounds in the Upper Cretaceous of southern England. Sedimentology 22, 311 - 386. [32] &nbsp;&nbsp;&nbsp;BROMLEYR., G. (1974) Trace fossils at omission surfaces. In: The Study of Trace-fossils (Ed. by R. W. Frey). Springer-Verlag, Berlin, in press. [33]&nbsp;&nbsp;&nbsp;贾振远, 马淑媛. 山东莱芜地区下古生界豹斑灰岩的成因及其意义[J]. 地质论评, 1984, 30 ( 3 ) : 224-228. Jia Zhenyuan, Ma Shuyuan. The origin and significance of lower Paleozoic Patchy limestone in Laiwu, Shandong Province [J]. Geological Review, 1984, 30(3) : 224-229. [34]&nbsp;&nbsp;&nbsp;周万蓬, 付明银, 等. 豹皮灰岩的研究现状及其意义[J]. 云南地质, 2018, 37(2): 132-137. ZHOU Wang-peng, FU Ming-yin, et al. The Study Situation and Significance of Leopard Limestone [J]. Yunnan Geology, 2018, 37(2): 132-137. [35]&nbsp;&nbsp;&nbsp;董小波, 牛永斌. 豫西北奥陶系马家沟组三段豹斑灰岩的生物潜穴成因及成岩演化[J], 2015, 29(4):833-843. Dong Xiaobo, Niu Yongbin. Biological burrow explanation of leopard limestone and its diagenetic evolution in the third member of Majiagou Formation in Ordovician, Northwest of Henan Province [J]. Geoscience , 2015, 29(4) :833-843. [36] &nbsp;&nbsp;&nbsp;翟淳. 论豹皮灰岩的形成 [J]. 北京地质学院学报, 1961( 13 ) : 90-112. Zhai Chun. The formation of leopard limestone [J]. Journal of Beijing Institute of Geology, 1961, 13: 90-112. [37] &nbsp;&nbsp;&nbsp;王尧, 潘正蕾. 华北地台中部曲阳奥陶系碳酸盐岩石学及沉积相特征[J]. 地质科学, 1980, 15( 3 ) : 218 - 230. [38] &nbsp;&nbsp;&nbsp;李定龙, 杨为民, 程学丰, 等. 试论皖北奥陶纪豹皮灰岩的古岩溶成因[J]. 地质论评, 1999, 45( 5 ) : 463-469. [39] &nbsp;&nbsp;&nbsp;郝毅, 林良彪, 周进高, 等. 川西北中二叠统栖霞组豹斑灰岩特征与成因[J]. 成都理工大学学报: 自然科学版, 2012, 39( 6 ) : 650 - 656. Hao Yi, Lin Liangbiao, Zhou Jingao, et al. Characteristics and genesis of leopard limestone in Middle Permian Qixia Formation, Northwest Sichuan, China [J] . Journal of Chengdu University of Technology ( Science & Technology Edition), 2012, 39( 6 ) : 651-656. [40] &nbsp;&nbsp;&nbsp;张玉宾. 对豹斑灰岩属于不完全白云石化成因的质疑[J]. 石油勘探与开发, 1995, 22( 4 ) : 45-48. Zhang Yubing. A comment on the genesis of porphyritic dolomite due to incomplete dolomitization [J]. Petroleum exploration and development, 1995, 22( 4 ) : 45-48. [41] &nbsp;&nbsp;&nbsp;陈云峰, 吴淦国, 王根厚. 北京周口店豹皮灰岩的变形特征[J]. 地质通报, 2007, 26( 6 ) : 769-775. CHEN Yun-feng, WU gan-guo, WANG Gen-hou. Deformation characteristics of leopard limestone in Zhoukoudian[J]. GEOLOGICAL BULLETIN OF CHINA Geological Bulletin of China, , 2007, 26( 6 ) : 769-775. [42] &nbsp;&nbsp;&nbsp;王军生. 吕梁山段中奥陶统上马家沟组豹皮灰岩成因探讨[J]. 山西地质科技, 1981( 1 ) : 36-42. [43] &nbsp;&nbsp;&nbsp;陈战杰, 张镔. 关于“豹皮灰岩”的成因[J]. 矿物岩石, 1991, 11( 2 ) : 41-





摘要 ID:632

主题分类: 能源与矿产沉积学=》海外碳酸盐岩油气储层

最终交流类型: 口头报告

## 巴西桑托斯盆地盐下湖相微生物礁成因及分布预测

朱奕璇\*、张忠民、张德民

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院

巴西桑托斯盆地深水盐下湖相微生物碳酸盐岩是全球油气勘探开发热点区(朱伟林等, 2017; 张宁宁等, 2018; 李鹭光等, 2020; 张忠民等, 2020), 已经发现可采储量约 157 亿吨(IHS, 2019)。巴西盐下勘探的一系列重大发现带动了微生物岩研究热潮, 成为地学界当前难点和热点之一。通过大量的文献调研, 微生物岩发育环境、成因及沉积模式等方面研究存在争议(Wright & Barnett, 2015; De Paula Faria et al., 2017; Lima & Ros, 2019)。

本文通过大量岩心、薄片、测井、地震以及分析化验等资料, 开展了桑托斯盆地盐下白垩统碳酸盐岩成因、沉积演化和发育模式研究。通过研究, 明确了盆地早白垩世为干旱蒸发和高盐碱的封闭盐湖沉积环境, 阐明了叠层石灰岩、球粒微生物岩、层纹岩三类微生物岩成因及沉积过程。提出了三种微生物礁沉积发育类型: 持续加积型、加积暴露型、淹没型, 建立了微生物礁沉积演化模式, 明确了微生物礁发育主控因素: 古水介质条件控制微生物礁生长发育, 古构造(断裂)和可容纳空间控制微生物礁类型和规模, 湖平面变化控制微生物礁发育的层位。通过古构造、古环境、古气候等分析, 重塑了微生物礁滩沉积演化过程, 预测了礁滩体分布。

### 参考文献

**关键词** 微生物礁; 沉积环境; 成因类型; 分布预测; 桑托斯盆地



# 能源与矿产沉积学

## 含煤沉积学与煤系矿产资源





摘要 ID:657

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地延安组煤微量、稀土元素地球化学特征及古环境意义

王洛静、吕大炜\*、张之辉  
山东科技大学

煤层是记录地质历史时期古环境和古气候信息的重要沉积载体,且煤中的微量元素对沉积环境变化具有较高的敏感度。本文运用 ICP-MS、XRF、油浸反射光显微镜以及扫描电子显微镜等技术手段对鄂尔多斯盆地东胜地区延安组不同层位的 62 个煤层样品中的主量元素、微量元素和稀土元素的地球化学特征进行研究,结合敏感元素的指示意义对延安组的沉积环境进行了探讨。研究表明:延安组煤中主量元素氧化物以  $\text{SiO}_2$  和  $\text{CaO}$  为主,与中国煤均值相比,  $\text{CaO}$  与  $\text{MgO}$  接近轻度富集;微量元素 Sr 和 Mo 表现为轻度富集,其中 Mo 的富集系数为 3.76;稀土元素含量整体较低,分布在  $0.27 \sim 16.8 \mu\text{g/g}$ ,平均  $3.19 \mu\text{g/g}$ ,低于中国煤均值,接近世界煤均值。稀土元素分布模式中所有稀土元素分布模式相似,表现为以 Eu 为分界的左高右低宽缓“V”形线,具有 LREE 相对富集、HREE 相对亏损的特征,且 Eu 处有明显负异常,反映了延安组煤中稀土元素与陆源碎屑岩具有相关性。Sr/Ba、U/Th、Ni/Co 和 Sr/Cu 等微量元素指标反映了鄂尔多斯延安组煤层的沉积环境为富氧-次富氧条件下的陆相咸水环境,且延安组的古气候并不稳定,而是具有向相对潮湿的气候转变的趋势。

### 参考文献

**关键词** 煤; 稀土元素; 地球化学; 沉积环境; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID:1089

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 专题邀请报告

## 碳中和地质技术前瞻

桑树勋\*

中国矿业大学低碳能源研究院

实现双碳目标是国家战略部署, 发展碳中和交叉学科和碳中和技术是国家重大科技需求。地球科学是碳中和交叉学科涉及的重要学科领域, 从温室效应、全球气候变化等生态环境演变过程, 到低碳(节能提效、工艺改造等)、零碳(新能源替代)、负碳(CCUS、生态碳汇等)等根本技术路径, 都与地球科学紧密相关。以实现碳达峰碳中和为目标, 以地球科学的理论、方法、手段为关键基础, 以减排增汇为核心工作内容, 发展和创新形成的技术科学、技术设计、技术工艺、技术材料装备及其工程应用能力等, 称之为碳中和地质技术。代表性的碳中和地质技术有: 1) CO<sub>2</sub>地质利用与地质封存技术, 是CCUS技术的关键环节, 决定着大规模CO<sub>2</sub>捕集的去处, 包括CO<sub>2</sub>驱油、CO<sub>2</sub>驱气、CO<sub>2</sub>咸水层封存等, 也是未来负排放技术BECCS、DACCS的重要组成部分; 2) 新能源材料用关键金属矿产高效勘查开发技术, 光伏、储能等新能源材料高度依赖等钴、锂、镍、铂等关键金属矿产, 这些矿产资源的供给能力是新能源大发展的重要物质基础; 3) 土地科学利用与生态碳汇增容技术, 包括土地管理与规划利用、生态保护与修复、森林湿地增汇、土壤固碳等, 是不可或缺的低碳和负碳技术; 4) 煤层甲烷(煤矿瓦斯)高效抽采与减排技术, 包括煤层气(煤系气)高效勘探开发、煤矿瓦斯全生产周期地面井下协同抽采、煤层甲烷(煤矿瓦斯)逸散泄漏地质阻隔与甲烷回收利用; 5) 洁净煤地质与煤炭精细勘查技术, 查明煤炭的低碳清洁高效利用资源特性 服务从燃料利用向原料利用转型; 6) CO<sub>2</sub>地质封存与深层地热能协同开发技术, 超临界CO<sub>2</sub>作为干热岩开发热介质, 提升干热岩开发效率, 实现CO<sub>2</sub>矿化封存; 7) 温室气体排放泄露的地质监测技术, 包括卫星遥感监测、航空遥感监测、地面监测、生态监测、土壤监测等。碳中和地质技术是紧迫的国家和市场需求, 大有可为也应大有作为。

**参考文献** 主要参考文献(略)

**关键词** 碳中和地质技术; 碳中和交叉学科; CCUS 生态碳汇; 甲烷减排



摘要 ID:1705

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 侏罗纪富惰质组煤的成因机制及其古气候意义

周家民、邵龙义\*、温和、党星宇、高祥宇

中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

侏罗纪的煤主要分布在我国北方地区, 以鄂尔多斯盆地的延安组、柴北缘盆地的大煤沟组 and 新疆诸盆地的西山窑组以及相当时代的煤为代表。本文统计了一千余个侏罗纪煤的惰质组含量, 其中西山窑组平均含量 33.7%, 延安组平均含量 46.1%, 大煤沟组平均含量 35%, 最高可达 95.6%, 且镜惰比大部分都小于 2, 属于富惰质组煤。由于惰质组的火焚成因逐渐被广泛接受, 它为我们提供了一个研究古野火、古环境的有效途径。野火事件受到大气氧含量、古气候、植物类型、沉积环境等因素的影响, 所以富惰质组煤的成因就要结合多因素综合考虑。前人研究表明, 中侏罗世古气候温暖湿润, CO<sub>2</sub> 浓度和温度高, 且大气氧含量高于 15%, 有发生野火事件的条件。通过对各研究区盆地主采煤层样品的惰质组反射率测量, 大部分都低于 2%, 由此计算的燃烧温度在 300°C 以下, 表明当时古野火主要以温度较低的地表火和地下火为主。各盆地的不同煤层惰质组含量也会出现较大的差异, 造成这样差异的原因还需要结合沉积环境和盆地类型进一步研究。

### 参考文献

**关键词** 侏罗纪, 富惰质组煤, 古野火, 古气候



摘要 ID:1791

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 基于峰值流量变异性的河流类型演化——以华北板块二叠纪为例

穆光远<sup>1</sup>、邵龙义\*<sup>1</sup>、李雅楠<sup>2</sup>、邵延文<sup>1</sup>、周家民<sup>1</sup>

1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

2. 辽宁工程技术大学矿业学院, 辽宁 阜新 123000

随着基于平面形态的传统相模式在河流体系研究中的局限性日益突出, 聚焦于年际峰值流量变异性的河流相模式成为理解河流类型划分及其控制机制的关键。华北板块二叠纪山西组—孙家沟组河流为海陆过渡相—陆相沉积背景, 出露良好的古河流露头剖面为研究提供了条件。本文基于沉积学、地层学和古水流数据, 对山西两个典型露头剖面河流的类型及其峰值流量变异性特征做了详细研究, 识别出了6种河流构型要素和3种河流类型, 并根据峰值流量变异性特征和古气候条件将该沉积序列从底到顶划分为4个沉积单元, 将沉积单元4进一步划分为2个次级沉积单元。沉积单元1和3中的河流以内部发育大型交错层理为主的亚临界流沙床底形为特征, 为常年存在的低峰值流量变异性河流。沉积单元2和4.1中河流主要为内部保留了大部分大型交错层理为主的亚临界流沙床底形, 同时发育少量的跨临界流和超临界流沙床底形。这些河流为常年或间歇性存在的中等峰值流量变异性河流。沉积单元4.2河流以内部普遍发育跨临界流和超临界流的沙床底形(主要为低角度交错层理、平行层理和逆行沙丘)和丰富的原位植物化石为特征, 这些河流为短暂存在的高峰值流量变异性河流。沉积单元1-3为湿润—半湿润气候, 沉积单元4为半干旱—干旱气候, 华北板块二叠纪河流类型由低流量变异性河流向高流量变异性河流的演化指示了湿润气候向干旱气候的转变, 这可能与二叠纪广泛的大火成岩省和全球碳循环有关。华北板块二叠纪基于峰值流量变异性的河流类型演化可以揭示出古气候对河流结构的控制机制, 为低古纬度地区受气候控制的河流体系转变提供了示例。

### 参考文献

**关键词** 峰值流量变异性, 河流类型, 古气候, 华北板块, 二叠系



摘要 ID: 324

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地东南部石炭系规模烃源岩的发现及天然气勘探潜力

龚德瑜<sup>1</sup>、王绪龙<sup>2</sup>、周川闯<sup>1</sup>、郑孟林<sup>2</sup>、蒋文龙<sup>2</sup>、吴卫安<sup>1</sup>

1. 中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院

2. 中国石油新疆油田分公司

准噶尔盆地是中国陆上四大含油气盆地之一,原油探明地质储量达30亿吨,并仍在以平均每年 $80 \times 10^6$  t左右的速度增加。相对原油而言,盆地的天然气勘探长期停滞不前,截止2018年,天然气探明地质储量仅有 $2092 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,探明率仅为9.0%。2006年于盆地东北部发现的克拉美丽气田探明天然气地质储量 $1033 \times 10^8$  m<sup>3</sup>,是盆地唯一一个探明储量超过 $300 \times 10^8$  m<sup>3</sup>的大气田。勘探实践证实石炭系是准噶尔盆地最重要的一套气源岩,在全盆地广泛发育。克拉美丽大气田的天然气即来自该套烃源岩。近期,位于盆地东南部阜康凹陷东斜坡的阜26井在石炭系火山岩中首次获得高产工业气流,最高日产气 $14.37 \times 10^4$  m<sup>3</sup>,经证实来自石炭系烃源岩。阜26井石炭系自生自储气藏的发现揭开了一个崭新的天然气勘探领域。

本次研究通过对该区36口井350个岩心和岩屑样品的地球化学分析并结合盆地模拟和生烃动力学模拟技术,证实了该区上石炭统巴塔玛依内山组发育一套煤系烃源岩,岩性主要为炭质泥岩和泥岩,含少量煤。炭质泥岩和煤氢指数平均182 mg/g,部分样品有机显微组分中壳质组和腐泥组含量之和达20%以上,有机质类型为II<sub>2</sub>-III型,以生气为主,兼具一定生油能力,总体属于中等—好的烃源岩。这类烃源岩Pr/Ph平均达4.14, C<sub>19</sub>/C<sub>21</sub>和C<sub>20</sub>/C<sub>21</sub>三环萜烷、C<sub>29</sub>Ts/C<sub>30</sub>重排藿烷以及C<sub>29</sub>规则甾烷相对含量高,伽马蜡烷指数低,说明其形成于淡水氧化沉积环境,以陆源高等植物输入为主。泥岩沉积水体盐度更大,水生生物输入更多,为还原—氧化的过渡环境。然而,泥岩有机质类型和丰度较炭质泥岩略差,以III型干酪根为主,这主要是低能海岸或海湾浅水区水体强烈的季节性变化所致。白垩纪末,该套烃源岩在凹陷区和斜坡区大面积成熟,现今已普遍进入高一过成熟阶段,而凸起区现今仍仅有部分进入主生油窗。火山活动对烃源岩的形成和演化具有明显促进作用。研究区石炭系烃源岩厚度>100 m的范围达3835.4 km<sup>2</sup>,在阜康凹陷东斜坡和吉木萨尔凹陷发育两个生气强度> $100 \times 10^8$ /km<sup>2</sup>的生气中心,整体具备形成大中型气田的资源潜力,有望成为继克拉美丽气田之后天然气勘探的重要接替领域。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地东南部; 石炭系; 煤系烃源岩; 火山作用; 天然气; 勘探潜力



摘要 ID:522

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 宾夕法尼亚冰室期火山活动、有机碳同位素组成( $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ )与大气 $\text{pCO}_2$ 和气候变化的联系

王野\*<sup>1</sup>、鲁静<sup>1</sup>、杨敏芳<sup>2</sup>、Jason Hilton<sup>3</sup>、邵龙义<sup>1</sup>

1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院

2. 中国石油勘探开发研究研究

3. 英国伯明翰大学地理、地球与环境科学学院

石炭纪和二叠纪(ca. 360–260 Ma)的晚古生代冰期(LPIA)是地球上唯一有记录的由冰室期到温室期的过渡时期,为气候-冰川-环境共同进化和未来气候变化提供了一个深时视角。在LPIA期间,冰期-间冰期旋回的变化与大气 $\text{pCO}_2$ 密切相关。本文研究了华北板块柳江煤田 Pennsylvanian 至 Cisuralian 早期的火山活动与冰期-间冰期气候旋回的关系。我们利用锆石 U-Pb 定年、Hg/TOC 比值和  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  等综合数据,恢复了火山强度的时间趋势,并将其与全球碳循环和大气  $\text{pCO}_2$  的波动联系起来。4 个沉凝灰岩锆石放射性年龄(322–301Ma)与生物地层的结合确立了目标地层高分辨率地层格架,Hg/TOC 比值记录了 4 个火山活动增强时期和 2 个减弱时期(早-中巴什基尔期和早-中莫斯科期)。4 个火山活动增强期与  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  的 4 次负偏移、前人恢复的高大气  $\text{pCO}_2$  和东澳大利亚间冰期一致,并与华北板块北缘和西北欧洲的火山活动相关联。2 个火山活动减弱时期与 2 个  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  高原、低大气  $\text{pCO}_2$  和东澳大利亚 C3 和 C4 冰期一致。Hg 的异常富集和同位素负偏移的共同出现指示它们共同的火山活动驱动机制(岩浆侵入富有机质岩石及伴生的火山喷发)。认为火山活动(排放  $\text{CO}_2$  等气体的温室效应)是晚石炭世冰期-间冰期气候变化和碳循环波动的主要驱动力。

### 参考文献

**关键词** 石炭系; 华北板块; 有机碳同位素组成; 古气候; 锆石定年



摘要 ID:1738

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 中国含煤岩系沉积学及古地理学研究进展

邵龙义<sup>\*1</sup>、徐小涛<sup>1</sup>、王帅<sup>1</sup>、王东东<sup>2</sup>、高迪<sup>3</sup>、王学天<sup>1</sup>、鲁静<sup>1</sup>

1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

2. 山东科技大学地球科学与工程学院, 山东青岛 266590

3. 河南理工大学资源与环境学院, 河南焦作 454003

随着含煤岩系沉积学从最初的旋回层理论到沉积模式,再到现阶段层序地层学理论的发展,中国学者已经在含煤岩系沉积学研究领域取得了显著的成果。从多堡岛成煤模式、潮坪聚煤模式、碳酸盐岩台地综合成煤模式等理论的建立,到幕式聚煤作用、海侵过程成煤、海侵事件成煤、海相层滞后阶段聚煤等基于层序地层学的成煤理论的提出,越来越多的学者亦对煤和含煤岩系沉积模式的形成进行了重新思考。层序地层格架下基于可容空间增加速率与泥炭堆积速率之间平衡关系的厚煤层聚集模式受到重视,层序地层学提供了等时性地层单元,用于中国六大聚煤区等时性层序地层格架下岩相古地理的重建,为预测各聚煤期聚煤中心及富煤带的分布起到指导性作用。随着层序地层学理论的深入研究,煤相及沉积有机相的发育特征、研究方法以及划分方案也取得了新的进展。近年来,煤系共伴生矿产已经成为当今煤地质学研究的热点问题之一,含煤盆地的煤层气、页岩气、天然气水合物、铀矿、三稀矿产、石墨等矿产资源具有重要的经济价值,部分共伴生矿产潜在的价值甚至超过煤炭本身。古地理作为研究煤系矿产资源的先决条件,与之联系密切,对这些矿产的研究和勘探提供极大的帮助。煤作为泥炭地的产物和重要的沉积载体,其中蕴藏着丰富的“深时”古气候信息。以米兰科维奇旋回作为地层时间的“度量”工具,可以通过分析煤中碳的聚集速率,进而分析泥炭地的碳聚集速率、净初级生产力以及大气CO<sub>2</sub>的变化趋势。随着对煤中惰质组成因的重新认识,蕴含在煤中的古野火信息越来越受到重视,基于煤中惰质组的含量对地质历史中古泥炭地野火事件以及大气氧含量的估算也成为古环境研究的新方向。中国聚煤模式及聚煤古地理今后的研究将进一步加强针对不同构造背景下含煤盆地的层序地层模式、各聚煤期的聚煤古地理及聚煤规律、有益煤系共伴生矿产的古地理重建、含煤岩系“深时”古气候信息以及大数据驱动下的含煤岩系古地理量化研究等方面的探索。

### 参考文献

**关键词** 含煤岩系; 聚煤古地理; 巨厚煤层; 煤相; “深时”古气候



摘要 ID:2230

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 岩相古地理分析中的优势相方法及若干新的研究方向

李增学\*  
山东科技大学

提出岩相古地理研究的优势相思路与方法, 优势相划分由等时性界面限定的沉积持续时间和沉积厚度这条主线串联起来。优势相分析具有定性与定量兼有的特征, 即以各种定性与定量的、反映某个时期或阶段沉积环境特点的关键因素或指标资料为基础, 由点到线、由线到面, 点、线、面结合, 由二维到三维空间, 确定该阶段或该时期占优势的主导沉积相或岩相。主导沉积相或岩相既要满足沉积持续时间的主导、又要满足沉积物质表现优势, 还需满足盆地或区块总体背景和环境格局上的合理性与综合性。指出优势因素(或称优势参数)是优势相确定的基础和前提。提出了“广义岩相古地理”和“狭义岩相古地理”2个概念, 在其研究内容、精度、理论深度、研究区域范围和应用等方面进行区别, 但不能由一两个指标就简单区分, 需要综合对比和分析才可以界定。论文还论述了岩相古地理研究出现的7个新方向, 这些新的研究方向可根据研究目的和解决的实际勘探目标, 进行广义和狭义岩相古地理分析。

参考文献

关键词





摘要 ID:2302

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 晚古生代冰室期低纬度古泥炭地净初级生产力及其对全球碳循环的响应

邵延文<sup>1</sup>、赵峰华\*<sup>1</sup>、穆光远<sup>1</sup>、田文广<sup>2</sup>、孙斌<sup>2</sup>、鲁静<sup>1</sup>

1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

2. 中国石油勘探开发研究院非常规研究所, 北京 100083

泥炭地作为重要的有机碳库, 在全球碳循环中扮演着重要的角色, 泥炭地生产力的高低会对全球碳循环及气候变化造成影响。煤层是古泥炭地经历地质演化后的主要产物, 记录着泥炭堆积时期的气候信号。鄂尔多斯盆地东北部的晚石炭世到早二叠世地层中保存有多层厚煤层, 这为我们提供了研究晚石炭世到早二叠世华北板块中的煤层的碳聚集速率、古泥炭地净初级生产力、冰室期气候特征的重要窗口。本文利用两个钻孔剖面的自然伽马(GR)测井数据, 对鄂尔多斯盆地东北部太原组和山西组进行频谱分析, 并识别出天文周期信号, 包括长偏心率, 短偏心率和斜率, 这些周期在早二叠世期间的预测值分别为 405kyr, ~125kyr 和~95kyr, ~41kyr 和~35.5kyr。府5井太原组记录了 405kyr (405kyr) 的长偏心率, 120kyr-116kyr (~125kyr) 和 97-93kyr (~95kyr) 的短偏心率, 41.3-40.5kyr (~41kyr) 的斜率周期, 统16井山西组记录了 405kyr (405kyr) 的长偏心率, 123.7kyr (~125kyr) 和 97.5kyr (~95kyr) 的短偏心率, 41.1kyr (~41kyr) 和 36.8kyr (~35.5kyr) 的斜率周期。演化能谱分析结果显示短偏心率和斜率的周期在煤层段的信号能量明显增强, 煤层沉积受到短偏心率和斜率的调节。选取短偏心率和斜率信号对含煤段进行高斯高通滤波, 得到山西组5#煤层和太原组8#煤层的沉积时限, 分别为 156kyr-164.4kyr 和 428.4kyr-448.2kyr。5#和8#煤层的厚度分别为 5m 和 11.5m, 结合碳含量和视密度参数, 计算得出5#煤层的碳聚集速率为 34.74-37.06 gC m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>, 8#煤层的碳聚集速率为 27.7-28.8 gC m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>。进一步根据煤化作用中的碳损失系数, 推算出5#和8#煤层代表的泥炭地中的碳聚集速率分别为 55.1-58.8 gC m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>和 41.3-43.0 gC m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>, 泥炭地净初级生产力分别为 66.2-123.5 gC m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>和 49.6-90.3 gC m<sup>-2</sup>a<sup>-1</sup>。将该阶段和晚二叠世、中侏罗世、早白垩世及全新世的泥炭地净初级生产力进行对比, 结果显示, 大气中二氧化碳的含量与泥炭地净初级生产力呈现正相关, 而氧气含量升高可能导致泥炭地的保存能力下降, 进而抑制了泥炭地生产力, 使得泥炭地的碳汇能力下降。另外太原组和山西组煤层沉积时间对应于早二叠世冰室期, 较低的温度也可能抑制了泥炭地的生产力。本文结果对研究古气候演变和碳循环的关系提供帮助, 并对预测现今气候变化, 评估“双碳”目标具有一定的借鉴意义。

### 参考文献

**关键词** 华北板块; 石炭-二叠系; 米兰科维奇旋回; 碳聚集速率; 泥炭地净初级生产力



摘要 ID:859

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 废弃封闭煤炭采空区煤层气地面高效开发的关键问题探讨

黄华州<sup>\*1,2,3</sup>、王波<sup>2,3</sup>、毕彩芹<sup>4</sup>、孙元涛<sup>2,3</sup>、李米<sup>2,3</sup>、常羨彤<sup>2,3</sup>

1. 江苏省煤基温室气体减排与资源化利用重点实验室, 中国矿业大学
2. 中国矿业大学煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 江苏徐州
3. 中国矿业大学资源与地球科学学院, 江苏徐州
4. 中国地质调查局油气资源调查中心, 北京

我国煤炭生产历史悠久, 拥有数量巨多的废弃煤炭采空区, 废弃煤炭采空区中残存的煤炭资源中赋存数量巨大的甲烷, 其能直接逸散或间接排放至大气中。研究煤炭采空区煤层气地面开发可有效减排甲烷, 国内采空区煤层气地面开发研究尚处于探索阶段。以实验模拟、公式推导、数值模拟、工程试验为手段等为手段, 以已建采空区煤层气地面井的鸡西矿区杏花矿为研究区, 阐明了封闭采空区煤层气储气空间的发育特征; 研究具有明确适用条件的封闭煤炭采空区开发单元煤层气资源量计算方法; 探索废弃封闭煤炭采空区煤层气地面负压高效抽采工艺, 分析了负压对煤层气流量的影响, 建立停抽、复抽的指示性气体及浓度指标, 为废弃封闭煤炭采空区煤层气地面高效开发与甲烷减排技术提供理论研究基础。研究有利于煤层气地面开发技术发展, 促进煤矿区甲烷减排、改善能源结构。封闭采空区煤层气储气空间覆岩裂隙在竖直剖面和水平剖面上分别呈“梯形”和“0”形圈的分布特征。采空区应力分布自煤柱区域到采空区中部依次可划分为应力集中区、充分卸压区和应力恢复区。储气空间的顶板高度可采用从硬岩岩性系数的角度推导出的公式估算, 底板深度和横向边界可分别采用统计公式和卸压角估算。从资源构成的角度, 探索了封闭采空区煤层气资源量的估算模型。封闭采空区煤层气井在每个抽采期均包含三个产气阶段, 分别为近井抽采阶段、抽采半径扩展阶段和甲烷浓度衰减阶段。地面大气压变化和抽采负压的大小是甲烷浓度出现周期性变化的根本原因。研究区封闭采空区煤层气井存在一个最佳抽采负压可以使产气流量达到峰值, 而在低于或高于该抽采负压时, 产气流量将下降。间歇式负压抽采工艺的停抽指标为甲烷浓度降至利用下限或者采出气体出现温度和CO浓度异常等自燃征兆; 复抽指标为甲烷浓度恢复稳定且明显高于停抽前浓度, 同时采出气体温度恢复正常。

### 参考文献

**关键词** 煤炭采空区; 煤层气; 抽采; 鸡西矿区; 资源量



摘要 ID:1521

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 扬子陆块西南缘晚二叠世宣威组煤系地层菱铁矿的形成和演化

汤海磊<sup>1</sup>、刘波<sup>\*2</sup>、谈树成<sup>1</sup>、石开波<sup>2</sup>、赵青<sup>2</sup>

1. 云南大学地球科学学院

2. 北京大学地球与空间科学学院

扬子陆块西缘滇东-黔西地区晚二叠世宣威组含煤层系中多发育菱铁矿层, 但对其成因、演化及地质意义研究较少。通过实测菱铁矿层野外露头剖面、镜下薄片鉴定和地球化学分析实验, 对宣威组含煤层系中菱铁矿的镜下微观特征、地球化学特征和沉积岩相进行了研究。结果表明, 研究区发育的菱铁矿按结构类型可分为四种: 球粒状菱铁矿、凝胶状菱铁矿、微粉晶菱铁矿以及在菱铁矿结核中发育的特殊球粒结构。在成岩作用阶段形成青灰色至深灰色、粒度均一的微晶细粒成岩菱铁矿, 多呈条带状、结核状、似层状和透镜状产出, 其主量元素中  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  等含量较高,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$  含量较低。后生成岩阶段形成的黄褐色粗晶菱铁矿, 常切穿层理在节理、裂缝、孔洞中沉淀, 在此阶段形成的菱铁矿中  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$  等含量较低,  $\text{Fe}_2\text{O}_3^{\text{T}}$  含量较高。综合沉积剖面和沉积相展布, 研究区晚二叠世宣威组含煤层系中的菱铁矿层形成于陆相向海相演化过程中, 纵向上, 从菱铁质砂岩沉积逐渐过渡为与泥质岩互层, 产出形态以条带状过渡为结核状, 沿节理、裂隙发育。厚度逐渐变薄, 与之伴生的煤层也逐渐较少。平面分布受峨眉山大火成岩省的影响, 内带作为菱铁矿沉积的物源补给, 中间带多为菱铁矿沉积区域, 而在外带基本不发育。尽管研究区含煤岩系中菱铁矿发育较多, 但是多种形态和成因的菱铁矿同时产出, 在科学评价和预测菱铁矿产资源量过程中, 应多考虑菱铁矿的沉积层位跟火山活动有何关系, 以及菱铁矿在含煤沉积地层中的分布及其在宣威群地层对比的应用。

### 参考文献

**关键词** 滇西-黔东; 宣威组; 含煤层系; 菱铁矿; 成因与演化



摘要 ID:2041

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 东北地区早白垩世煤中惰质组特征及古环境意义

王帅、邵龙义\*、周家民、李建安、李佳旭、朱明宇  
中国矿业大学(北京)

早白垩世是典型的全球古野火高发期,以东北地区早白垩世煤中惰质组为研究对象,恢复了早白垩世古野火特征和大气中的氧气含量。东北地区早白垩世煤多以变质程度较低的褐煤为主,显微组分以腐植组为主,其次为惰质组,Aptian和Albian煤中惰质组含量分别为22.6%和27.7%。基于野火燃烧温度与惰质组反射率之间的经验关系,恢复了Aptian和Albian古野火燃烧温度和古野火类型。东北地区Aptian煤中惰质组反射率在0.94%-2.00%之间,古野火燃烧温度在294.79-419.62°C之间,野火类型以地下火为主,部分为地表火;Albian煤中惰质组反射率在0.58%-1.24%之间,古野火燃烧温度在252.40-330.12°C之间,野火类型主要为地下火。基于大气中氧气含量和惰质组含量的关系模型,可推测出Aptian和Albian大气氧气含量分别为24.7%和25.3%。东北地区Aptian和Albian频繁发生的古野火进一步证明,当被子植物的演化和传播在全球广泛发生时,古野火在早白垩世生态系统演化中扮演着关键的角色。早白垩世古野火导致陆地营养物质随着降水的作用通过河流搬运到湖泊和海洋,或多或少有助于早白垩世缺氧事件的发生。

### 参考文献

**关键词** 东北地区;早白垩世;惰质组;古野火;被子植物



摘要 ID:2381

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 沁水盆地寺家庄地区煤储层含气性及产出控制

李猛\*<sup>1</sup>、张为<sup>2,3</sup>

1. 河南理工大学

2. 煤与煤层气共采国家重点实验室

3. 易安蓝焰煤与煤层气共采技术有限责任公司

沁水盆地作为我国勘探最早、开发潜力最大的煤层气田(秦勇, 2008; 孙粉锦等, 2014), 南部晋城地区寺河、成庄等井田取得了较好的抽采效果(郭盛强, 2013; 陈召英等, 2017), 而位于盆地东北部的煤层气抽采效果却不理想, 且这一区域的生成矿井多为高瓦斯突出型矿井, 一直以来矿井瓦斯严重制约着煤矿的安全高效发展(田庆玲, 2016; 徐占杰 2017; 杨昌永等, 2019)。鉴于此, 本次以沁水盆地东北部的寺家庄区块为例, 依据煤层气勘探和抽采井资料, 从地质构造、煤储层厚度、埋深、含气性、含气饱和度、储层压力、孔渗性、资源丰度、水文地质条件及煤层气井压裂排采工艺等方面, 研究了煤层气赋存地质特征, 并探讨了煤层气井产出规律及产能控制因素, 以期为区内后续煤层气开发和老井改造提供依据。

寺家庄地区位于沁水盆地东部边缘的中北部, 太行隆起之西翼, 其基本构造形态为向西倾斜的单斜构造, 断层较少, 褶曲发育, 北部陷落柱较多。主要含煤地层为石炭纪-二叠纪太原组和山西组, 共含煤 18 层, 其中太原组的 8#、9#和 15#煤层稳定发育, 为区内主开发煤层。研究表明: 1) 研究区煤储层含气性受构造影响较大, 在褶皱的轴部及旁侧构造挤压带, 多呈现出高含气量, 尤其是向斜轴部往往含气量较高。在陷落柱和水文地质条件叠加作用下, 15#煤层含气量整体较 8#、9#煤低, 且 8#、9#煤层含气饱和度也整体高于 15#煤层。2) 研究区内 8#、9#和 15#煤层含气性均表现出随煤层埋深增加而增大的趋势, 但随埋深增加, 构造应力和地温场的作用逐渐增强, 存在含气量随埋深变化的“临界深度”(大致为 700m 左右)(秦勇等, 2005)。煤层含气性也表现出随煤层厚度增加而增大的趋势, 煤层结构越简单, 煤层含气性越好。3) 研究区中部的 NNE-NE 向褶皱与 EW 向构造叠加地区, 因较大的构造曲率和相对松弛的区域地应力, 具备较好渗透率条件和含气性, 故成为煤层气高产区。4) 发育多煤层地区采用分压合采技术可以有效增加产气量, 多煤层可以提供煤层气井高产能的充足气源, 且多个层位的同时排水降压可使不同煤储层气体产出产生共振效应, 实现长期稳产, 含气性较好及游离气可能存在的区域可出现长期持续高产井。

**参考文献** 秦勇. 沁水盆地煤层气构造动力条件耦合控藏效应[J]. 地质学报, 2008, 82(10):1355-1362. 秦勇, 宋全友, 傅雪海. 煤层气与常规油气共采可行性探讨——深部煤储层平衡水条件下的吸附效应[J]. 天然气地球科学, 2005(04): 492-498. 孙粉锦, 王勃, 李梦溪, 等. 沁水盆地南部煤层气富集高产主控地质因素[J]. 石油学报, 2014, 35(06):1070-1079. 陈召英, 王保玉, 郝海金, 等. 寺河区块煤层气井排采特征及抽采效果分析[J]. 煤炭科学技术, 2017, 45(07): 100-105. 郭盛强. 成庄区块煤层气井产气特征及控制因素研究[J]. 煤炭科学技术, 2013, 41(12):100-104. 杨昌永, 郝春生, 田庆玲, 等. 沁水煤田东北部 15 号煤储层物性及特征研究[J]. 煤炭工程, 2019, 51(06): 11-17. 田庆玲. 阳泉区块寺家庄井田分压合层排采适应性探讨[J]. 山西焦煤科技, 2016, 40(1): 46-48. 徐占杰, 刘钦甫, 宋璞, 等. 寺家庄井田陷落柱对煤层气井产出水地球化学特征的影响[J]. 煤田地质与勘探, 2017, 45(02): 50-54.

**关键词** 煤储层; 含气性; 地质构造; 陷落柱; 水文地质条件; 产出控制; 寺家庄地区



摘要 ID: 2998

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地东部 8#煤煤岩相类型及地质意义

王怀厂\*、赵伟波、张 辉、史云鹤、荆雪媛  
中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院

鄂尔多斯盆东部地上石炭统本溪组 8<sup>#</sup>煤形成于滨海沼泽相环境, 通过对煤岩显微亚组分的鉴定, 依据凝胶化指数和植物结构保存指数煤相参数将鄂尔多斯盆地东部上石炭统本溪组 8<sup>#</sup>煤划分出了开阔水域沼泽、覆水森林沼泽和湿地森林沼泽 3 种煤岩相。统计结果显示 3 种微相中生油的煤岩有机显微组分、生烃潜力、孔隙发育及含气性均存在显著的差异。开阔水域沼泽煤岩相具有生油的有机显微组分含量高、生烃潜力大、宏孔发育和游离气含量高的特点。该认识对寻找鄂尔多斯盆地上石炭统本溪组 8<sup>#</sup>煤有利储层的煤岩相的发育区有着重要的指导意义。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 8#煤; 煤相参数; 煤岩相类型; 生烃潜力; 有利煤岩相



摘要 ID:750

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 峨眉山地区晚二叠世末期 C1 煤岩石学特征及其古环境意义

张春光、王峻\*、曾广平、郭木石、赵晴、郭慧敏  
成都理工大学沉积地质研究院

晚二叠世是主要的成煤时期之一,其沉积的煤层在中国西南地区广泛分布。煤中矿物质对于理解与煤形成有关的无机过程非常重要,而且因此提供了有关沉积条件和当地含煤层序地质历史的重要信息<sup>[1]</sup>,并对区域沉积和构造历史有一定的指示作用<sup>[4]</sup>。尤其是煤中矿物组合可用于指示泥炭堆积和煤形成的古环境。峨眉山地区位于康滇古陆东北缘,在晚二叠世晚期沉积了四套煤层,C1煤层是形成于晚二叠世最末期的一层煤。通过显微分析表明:镜质组是C1煤中最主要的显微成分,其次是壳质组和惰质组,煤中矿物主要有石英、铁叶绿泥石和黄铁矿。

康滇古陆晚二叠世早期溢流喷发的玄武岩作为泥炭地唯一的陆源物质<sup>[2]</sup>,决定了含煤建造的物质组成是玄武岩碎屑成分及其风化蚀变的产物,煤层中石英含量占有很高的比例,主要以颗粒形式存在,亦与铁叶绿泥石作为细胞充填物充填在细胞孔洞中,其存在模式可证明石英与铁叶绿泥石为玄武岩风化蚀变产物迁移富集形成的。扫描电镜下可见细胞充填的黄铁矿多与有机物密切相关,可能是在泥炭堆积期间或不久之后形成的,黄铁矿微晶被富铁镁的硅质物质所包裹,受煤有机质的影响,很难见到发育良好晶体形貌的黄铁矿微晶,硫源是成煤植物固有的,在大陆环境中沉积的煤炭存在大量的黄铁矿通常归因于热液活动<sup>[5]</sup>,因此C1煤中的黄铁矿可能是成煤植物与热液流体共同作用的结果。煤中 $\beta$ -鳞石英占矿物质的比例很小但仍是重要的矿物组成部分,其存在暗示着在泥炭地堆积过程中伴随有长英质火山活动。煤中火焚丝质体和碳颗粒的存在指示泥炭地堆积过程中发生了野火事件<sup>[3]</sup>,其触发因素可能是由于火山作用。

**参考文献** 1、Dai, S., Wang, X., Chen, W., Li, D., Chou, C.-L., Zhou, Y., Zhu, C., Li, H., Zhu, X., Xing, Y., Zhang, W., Zou, J., 2010. A high-pyrite semianthracite of Late Permian age in the Songzao Coalfield, southwestern China: Mineralogical and geochemical relations with underlying mafic tuffs. *International Journal of Coal Geology* 83, 430-445. 2、Dai, S., Li, T., Seredin, V.V., Ward, C.R., Hower, J.C., Zhou, Y., Zhang, M., Song, X., Song, W., 2014. Origin of minerals and elements in the Late Permian coals, tonsteins, and host rocks of the Xinde Mine, Xuanwei, eastern Yunnan, China. *International Journal of Coal Geology* 121, 53-78. 3、Shen, S.Z., Crowley, J.L., Wang, Y., Bowring, S.A., Erwin, D.H., Sadler, P.M., Cao, C.Q., Rothman, D.H., Henderson, C.M., Ramezani, J., Zhang, H., S.Z. & Shen, Y., Wang, X.D., Wang, W., Mu, L., Li, W.Z., Tang, Y.G., Liu, X.L., Liu, L.J., Zeng, Y., Jiang, Y.F., Jin, Y.G., 2011. Calibrating the end-Permian mass extinction. *Science* 334, 1367-1372. 4、Wang, X., Dai, S., Chou, C.-L., Zhang, M., Wang, J., Song, X., Wang, W., Jiang, Y., Zhou, Y., Ren, D., 2012. Mineralogy and geochemistry of Late Permian coals from the Taoshuping Mine, Yunnan Province, China: evidences for the sources of minerals. *International Journal of Coal Geology* 96-97, 49-59. 5、Zhuang, X., Querol, X., Alastuey, A., Plana, F., Moreno, N., Andrés, J.M., Wang, J., 2007. Mineralogy and geochemistry of the coals from the Chongqing and Southeast Hubei coal mining districts, South China. *International Journal of Coal Geology* 71, 263-275.

**关键词** 煤层; 岩石学组成; 野火; 火山活动



摘要 ID:1785

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 古野火事件对二叠纪—三叠纪之交陆地生态危机的驱动作用

华芳辉、邵龙义\*、张天畅

中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083

二叠纪-三叠纪之交的生物大灭绝(PTME)是显生宙以来最大的生物灭绝事件。尽管近年来海相生物灭绝的研究取得很大进展,但陆地生态危机的过程及原因仍旧存在争议。本文综合分析火山灰锆石 U-Pb 定年、碳同位素及孢粉学数据,重点研究泥岩中的惰质组含量及其所反映的古野火事件,讨论了古野火事件与陆地生态危机的联系。研究发现,在二叠纪-三叠纪过渡期间陆相地层  $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$  存在两阶段的负偏,并伴有同步的 Hg 浓度异常,惰质组峰值与 Hg/TOC 峰值相互对应,表明了 PTME 碳循环扰动期间频繁的野火和火山活动共存。与生物灭绝相关的火山活动可能会导致植物的死亡,并使它们变得更容易燃烧。此外,本研究通过惰质组反射率估算燃烧温度,并进一步依据燃烧温度确定古野火的类型。结果表明,燃烧温度较高的林冠火在二叠纪晚期的湿地中普遍存在,而在主要的灭绝阶段,由于植被稀疏,荒草丛生,燃烧温度较低的地表火占据主导。随后裸子植物侵入,较高燃烧温度的林冠火再次发生。包括浙江煤山剖面在内,来自华南的多个剖面的古野火证据表明,频繁的野火在海相生物灭绝主脉冲之前和之后很长一段时间都存在。晚二叠世末期,野火活动的增强破坏了湿地的稳定性,增加了生态压力,可能是造成陆地生态危机早于海洋灭绝的重要因素。最新的旋回地层学研究发现,陆地生态危机时间间隔远大于海洋灭绝的持续时间,大约为 1 个百万年。

### 参考文献

**关键词** 二叠纪—三叠纪之交; 陆地生态系统; 华南; 火山活动; 古野火





摘要 ID: 2540

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 展板

## 东南亚地区含油气盆地类型及其石油地质意义 ——以中苏门答腊盆地为例

周增园\*<sup>1,2</sup>、付晓伟<sup>1,2</sup>

1. 同济大学海洋与地球科学学院
2. 同济大学海洋地质国家重点实验室

东南亚地区油气资源丰富,可采油气储量占全球4.8%之多,油气资源表现出“气多油少”且分布极不均衡的特征,严重制约了该区油气勘探进程(朱伟林等,2012)。本文基于东南亚地区沉积盆地所处的板块构造位置,并结合不同区块盆地沉积层序、盆地构造演化历史共划分出5类主要的含油气盆地:弧后盆地、弧前盆地、前陆盆地、裂谷盆地和被动大陆边缘盆地。中苏门答腊盆地为全球经典的弧后盆地之一,也是东南亚地区迄今发现的最富石油的盆地(许凡等,2010;杨磊,2011)。始新世中期,盆地裂谷期发生差异性快速沉降,形成局限分布的半地堑、地堑,这些不连通的断陷内充填大量易生油的湖相烃源岩;中新世早期,拗陷期沉降速率较慢,但沉降范围较大,发育广泛分布的海侵三角洲相页岩;渐新世,随着断陷的东缘发生构造反转,盆地发育了大型背斜、断背斜、断块及基岩隆起等构造型圈闭。同时,受洋壳板块俯冲的影响,盆地内发生地壳拉张变薄和强烈的岩浆活动事件,造成盆地普遍具有较高的地温梯度,高热流值加速了烃源岩中的有机质热解成烃作用,有效提高了烃源岩生烃能力。中苏门答腊盆地有利的圈源时空配置关系是形成大油气田的关键要素之一。

**参考文献** 许凡,康永尚,李水静,等,2010.中苏门答腊盆地油气成藏分析与勘探潜力预测[J].特种油气藏,17(01):41-44.杨磊,2011.中苏门答腊盆地石油地质特征与油气勘探潜力[J].新疆石油地质,32(03):329-331.朱伟林,胡平,江文荣,等,2012.南亚-东南亚含油气盆地[M].北京:地质出版社,122-152.

**关键词** 东南亚地区;中苏门答腊盆地;弧后盆地;石油地质特征



摘要 ID:1656

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## Evidence for the repeated occurrence of wildfires in an upper Pliocene lignite deposit from Yunnan, SW China

刘帮军<sup>1</sup>、Rafael Spiekermann<sup>2</sup>、赵存良<sup>1</sup>、孙玉壮<sup>1</sup>、Wilhelm Püttmann<sup>3</sup>、André Jasper<sup>4</sup>、Dieter Uhl<sup>2</sup>

1. 河北工程大学地球科学与工程学院

2. 德国法兰克福森肯伯格自然博物馆

3. 德国法兰克福大学地球科学与地理学院

4. Programa de Pós-Graduação em Ambiente e Desenvolvimento, Universidade do Vale do Taquari - Univates

Charcoal remains collected from the late Pliocene Jinsuo lignite basin, Yunnan, China, have been studied to reveal changes of wildfire regime related to the palaeoenvironment, palaeoclimate and palaeobotany during the transition from a global coolhouse into a global icehouse climate which happened in the late Pliocene. Different types of wildfire occurred in the late Pliocene palaeomire with a predominance of low temperature surface fires and ground fires. The distribution of low temperature fires is indicated by the mean inertinite reflectance ( $R_o$ ) values, which mostly range from 1% to 2%. Considering the lithotype, high-temperature fires occurred more frequently in dark layers compared to pale layers and charcoal layers, as deduced from the high proportion of high  $R_o$  values (>3%) produced by crown fire or high temperature surface fire. Wildfire distributions in pale and dark layers were probably influenced by both plant community and depositional environment during their formation. Charcoal layers represent in-situ surface and ground fires, whereas pale and dark layers record both, in-situ and remote fire events in/around the basin. The pre-charring evidence observed associated with charcoal or pyrogenic inertinite shows that decayed wood materials from dead and abscised plant parts lying on the ground could be sources of fuels for the combustion, which preserved these pre-charring evidence in charcoals by ground or surface fires. Conifers, which are the main source of charcoal remains observed in this basin, play an important role in the fire system, and angiosperm charcoal also has been identified, suggesting a combined combustion of fuels for the spread of fires in the profile. Higher macro-charcoal and inertinite contents observed in the lower than the upper part of the profile is probably related to the decreased temperature and oxygen level during the climatic transition in the late Pliocene.

参考文献

关键词 上新世; 褐煤; 野火; 丝质体; 古温度



摘要 ID:1946

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地L区块石盒子组致密储层的物源差异及其储层成岩响应

刘芬\*

中海油研究总院

鄂尔多斯盆地上古生界致密砂岩气资源丰富, 勘探前景广阔。位于盆地东北缘的L区块石盒子组是重要的致密砂岩气产层, 石盒子组内储层质量差异较大, 给气藏的勘探开发带来严峻的挑战, 因此迫切需要明确储层质量的控制因素。

物源及沉积相分析是储层研究的重要基础, 以L区块石盒子组盒8、盒4段致密砂岩为研究对象, 利用碎屑组分、重矿物等分析方法, 确定了盒8、盒4段物源的母岩性质及源区构造属性, 对不同层位物源的变化进行了探讨。石盒子组盒8与盒4段物源均来自阴山古陆, 从重矿物分析可知盒4段沉积期研究区受东北兴蒙海槽影响的物源加强, 北东方向苏右旗-林西构造带的火山物质被带入研究区。

综合各类相标志得出, 盒8、盒4段在研究区内均发育三角洲平原-前缘沉积, 储层主要发育在河道主体和河道边部。储层质量直接受控于沉积和成岩作用, 致密储层主要发育于低能环境的河道边部细粒砂岩中, 埋藏过程中压实作用损孔量占初始孔隙度的50%以上, 碳酸盐胶结和硅质胶结进一步强化储层致密。相对高孔渗储层主要发育于高能环境的河道主体中粗粒砂岩中, 盒8段与盒4段储层形成机制有所不同。盒4段砂岩绿泥石环边胶结发育, 并且塑性组分含量低, 有助于抗压实, 因此保存了较多的原生孔形成高孔渗储层, 盒8段局部砂岩长石溶蚀作用发育, 次生溶孔形成了局部的高孔渗储层。

物源差异是造成盒8和盒4段储层特征差异的关键。盒4段物源中有来自盆地东北方向的火山物质, 在碎屑组分中常见凝灰质沉积物, 这些物质在成岩过程中析出钙镁离子形成颗粒的绿泥石包膜, 继而在盒4段砂岩中保存了较多的原生孔。盒8段物源中塑性岩屑含量较高, 成岩过程中经历压实变形与蚀变溶解再充填到孔隙空间中, 形成非均质性较强的致密储层, 仅局部发育以长石溶孔为主的高孔渗储层。

### 参考文献

**关键词** 成岩作用; 物源; 致密砂岩; 石盒子组; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID:1990

主题分类: 能源与矿产沉积学=》含煤沉积学与煤系矿产资源

最终交流类型: 口头报告

## 东濮凹陷上古生界煤系气砂岩储层特征比较研究

余继峰<sup>\*</sup>、魏书浩<sup>1</sup>、蒋飞虎<sup>2</sup>、王亚东<sup>1</sup>、胡晓珂<sup>1</sup>

1. 山东科技大学

2. 中国石化中原油田分公司石油勘探开发研究院

华北上古生界煤系分布广泛, 其中蕴藏的煤系气资源一直受到业界关注。鄂尔多斯盆地和渤海湾盆地中均在此层位发现了重要煤系致密气藏或显示。如鄂尔多斯盆地, 尤其是北部的苏里格探区以下石盒子组 8 段(盒 8 段)为其主力含气层段, 其次是山西组 1 段、2 段(山 1、山 2)(王峰等, 2009; 魏柳斌等, 2011; 李耀华等, 2017; 肖子亢等, 2017; 赵家锐等, 2020; 李剑等, 2021)。临清拗陷北部及济阳拗陷均在太原组砂岩获煤系气流, 临清拗陷东南部东濮凹陷以石千峰组、下石盒子组砂岩为重点储层发育层位, 黄骅拗陷大港探区则在乌马营潜山二叠系下石盒子组致密砂岩获得工业气流(王辉等, 2018), 由此可见, 上古生界具有很大的油气增储潜力。东濮凹陷二叠系砂岩储层岩性复杂, 其中石千峰组主要为岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩, 结构成熟度和成分成熟度较差; 石盒子组主要为岩屑石英砂岩和长石岩屑砂岩, 成分成熟度最好; 山西组、太原组主要为长石岩屑砂岩和岩屑砂岩, 成分成熟度相对最差。东濮凹陷储层物性极差, 为特低孔-超低渗储层, 孔隙度和渗透率相关性整体较差(王亚东等, 2021), 而大港探区上古生界二叠系储层的孔渗正相关性明显。总体来说, 成岩作用对储层改造程度较强, 储层孔隙结构复杂, 储层非均质性强。

东濮凹陷储层储集空间类型主要为残余原生孔隙、次生溶蚀孔以及粘土矿物晶间孔, 其次是微裂缝, 而大港探区上古生界储层基本不发育原生孔隙。东濮凹陷储层纵向分三个孔隙发育带。石千峰组以残余原生粒间孔隙为主, 其次为次生溶蚀孔; 下石盒子组以填隙物微孔隙和次生溶蚀孔为主; 太原组以微裂缝为主, 孔隙不发育。储层孔喉结构复杂, 分选较差, 具有较强非均质性。绿泥石膜及早期少量方解石胶结物抑制石英次生加大和增强储层抗压实能力, 有利于溶蚀作用发生, 对储层物性具有一定建设性作用。纵向上看, 石千峰组物性最好, 其次是下石盒子组。石千峰组在西斜坡和中央隆起带地区孔隙度最高, 以下砂组在兰聊地区和马厂地区孔隙度最高。在鄂尔多斯盆地储层物性整体上有北部好于南部的特点。成岩作用特征、自生矿物形成机制及包裹体测温结果显示, 东濮凹陷上古生界致密砂岩储层多处于中成岩阶段 A 期, 太原组下部处于中成岩 B 期。根据新近钻井庆古 3 井纵向上储层发育的特点和控制因素, 可将在石千峰组寻找有利沉积相带(分流河道微相)、下石盒子组寻找较强溶蚀相带、山西太原组寻找裂缝-溶蚀相带作为下一步勘探的重点目标。

**参考文献** [1] 李剑, 张春林, 姜福杰, 等, 鄂尔多斯盆地上石炭统本溪组致密气富集主控因素[J] 天然气工业, 2021, 41(04):30-40. [2] 李耀华, 宋岩, 姜振学, 等, 全球致密砂岩气盆地参数统计分析[J]. 天然气地球科学, &nbsp; 2017, 28(06):952-964. [3] 王辉, 马文华, 张凡磊, 等, 大港探区上古生界二叠系致密砂岩储层特征及成因[J]. 石油化工应用, 2018, 37(04):121-123. [4] 王亚东, 余继峰, 刘天娇, 等, 东濮凹陷上二叠统致密砂岩储层成岩相及孔隙演化[J]. 东北石油大学学报, 2021, 45(02):79-91. [5] 王峰, 田景春, 李凤杰, 等, 苏里格地区上古生界盒 8 储层成岩作用[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2009, 45(04):18-22. [6] 魏柳斌, 陈洪德, 朱平, 等, 鄂尔多斯盆地上古生界盒 8 段南北储层差异性对比[J]. 断块油气田, 2011, 18(03):285-288. [7] 肖子亢, 刘宝平, 高小平, 等, 鄂尔多斯盆地东南部上古生界致密砂岩储层特征及主控因素分析[J]. 科技通报, 2017, 33(08):48-56. [8] 赵家锐, 祝海华, 冯小哲, 鄂尔多斯盆地苏里格地区下石盒子组致密气储层孔隙结构分类及影响因素[J]. 地质论评&nbsp; , 2020, 66(S1):112-114.

**关键词** 上古生界; 煤系气; 储层; 致密砂岩



# 能源与矿产沉积学

火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成



摘要 ID:1608

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 火山-热液-微生物作用形成的微晶白云石-以三塘湖盆地二叠系 芦草沟组湖相细粒沉积岩为例

焦鑫\*、柳益群、李红、孟子圆、赵敏茹、杨奕曜  
大陆动力学国家重点实验室, 西北大学地质学系

白云石的成因已经困扰地质学家 200 余年。本研究提供一种形成于由火山、热液及微生物相互作用控制的地热环境中形成的原生白云石。该白云石广泛分布于三塘湖盆地中二叠统芦草沟组的湖相细粒沉积岩型烃源岩中。这套岩石组合形成于陆内裂谷环境并且含有大量的来自火山-热液作用的深源沉积物。白云岩呈纹层状与凝灰质页岩互层, 或被夹于凝灰质页岩中。它主要由有序度较低的它形至半自形微晶白云石构成, 并含有部分火山-热液矿物碎屑(主要为石英、碱性长石和方沸石)。这些沉积物彼此以不同的比例混合从而形成高密度的碎屑流(包括颗粒流至浊流)和含有少量悬浮沉积的化学沉淀, 从而形成三类受深源物质不同影响程度的白云岩。在白云石晶间孔和白云岩的层间常发现有藻席、微生物建造、丝状体及微壳等微生物证据。而白云岩的  $\delta^{13}\text{C}$  值介于 3.7~9.9 ‰, 平均 5.6 ‰, 也表明其形成受到了产甲烷菌的影响。而  $\delta^{18}\text{O}$  值介于 -1~-17.4 ‰, 平均 -7.5 ‰, 表明其同样收到了热液活动的影响。白云岩的锶同位素 ( $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  比值介于 0.704528~0.705372, 平均 0.705006) 和镁同位素 ( $\delta^{26}\text{Mg}$  介于 -0.89~-0.24 ‰, 平均 -0.55 ‰) 均表明其沉积流体来自幔源。在这一特殊的沉积环境中, 高温突破了温度动力学屏障, 持续的  $\text{Mg}^{2+}$  注入以及微生物催化作用共同创造出适宜白云石直接沉淀的环境。综上, 这类白云石被解释为原生热液白云石, 其形成受到了火山、热液和微生物作用的共同影响。本研究可能为同类裂谷湖盆中所发育的白云岩成因提供新的研究思路。

### 参考文献

**关键词** 白云石; 火山-热液-微生物活动; 烃源岩; 裂谷湖盆; 二叠系



摘要 ID:2084

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 火山-碱湖沉积中硼的富集机理—以玛湖凹陷风城组为例

郭佩、文华国\*、赵研  
成都理工大学

沉积岩中硼元素含量是重要的古盐度和古环境指标(杨锐, 1993)。关于元素硼在沉积水体中如何沉降、在沉积岩中如何迁移、富集, 研究较少。准噶尔盆地玛湖凹陷上古生界风城组沉积于火山-碱湖蒸发环境中, 发育厚层碱盐和优质烃源岩的同时, 还富集有世界罕见的硅硼钠石( $\text{NaBSi}_3\text{O}_6$ )。对硅硼钠石成因研究有助于了解沉积岩中硼元素来源、沉降-迁移及局部富集机理。

项目组系统对比了不同沉积环境中硅硼钠石的岩石学、矿物学和硼同位素特征。在沉积中心风城组中, 硅硼钠石局限于层状或结核状 Na-碳酸盐中, 并明显交代 Na-碳酸盐矿物(赵研等, 2020); 在斜坡区风城组中, 硅硼钠异常丰富, 主要发育于近水平裂缝或蒸发岩铸模孔中, 交代方解石或白云石, 偶见硅硼钠石赋存于层状水硅硼钠石( $\text{NaBSi}_2\text{O}_6 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )或在富有机质基质中; 在边缘区风城组中未发现硅硼钠石。硅硼钠石原生包裹体测温结果显示, 硅硼钠石主要在  $55^\circ\text{C} \sim 180^\circ\text{C}$  范围内结晶(赵研等, 2020), 以  $90^\circ\text{C} \sim 110^\circ\text{C}$  为主, 对应于地层生油窗深度。结合在现代和新近纪相似火山-碱湖沉积物中并未发现硅硼钠石的事实(Helvaci et al., 2012), 得出风城组硅硼钠石的形成受温度控制, 是晚期成岩作用的产物。

尽管硅硼钠石是晚期成岩产物, 但其硼并非来自于成岩晚期沿断裂运移的深部热液, 而是继承于流入原始湖泊的热液硼。岩石学证据表明, 风城组除部分硅硼钠石发育于水平裂缝中, 大部分硅硼钠石的分布与裂缝无关。且硅硼钠石主要分布于沉积中心和斜坡区的风城组中, 在盐度最低的边缘区沉积物中不发育, 说明元素硼与原始沉积环境相关。含硅硼钠石泥岩的硼同位素值( $-0.04\%$ 至 $+7.69\%$ )明显高于湖相泥岩的硼同位素值( $-14.2\%$ 至 $+2.79\%$ ), 并与同期火成岩的硼同位素值范围( $+2.37\% \sim +3.87\%$ )重叠, 表明其元素硼主要继承于流入原始湖泊的热液硼。通过对不同产状硅硼钠石交代产物分析, 发现硼元素在原始湖泊中的沉降主要受湖水 pH、盐度以及初始有机质生产力影响, 早期主要储存于水硅硼钠石、蒸发岩、富有机质层和凝灰岩层, 并在成岩过程中被逐渐释放于孔隙水中。随着有机质逐渐成熟, 成岩环境由原始碱性环境转变为弱酸性,  $\text{CO}_2$  作为矿化剂促进硅硼钠石的形成。

**参考文献** 杨锐. 微量元素硼的环境意义[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1993, 013(3):91-96. Helvaci, C., Ortí, F., García-veigas, J., et al., 2012. Neogene borate deposits: Mineralogy, petrology and sedimentology[G]. Int. Earth Sci. Colloquium Aegean Region 1-66. 赵研, 郭佩, 鲁子野, 等. 准噶尔盆地下二叠统风城组硅硼钠石发育特征及其富集成因探讨[J]. 沉积学报, 2020, 38(5): 966-979.

**关键词** 准噶尔盆地; 风城组; 硅硼钠石; 热液硼; 晚期成岩



摘要 ID:3156

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 展板

## 层状结晶壳钙华丘的地球化学特征及其地质意义——来自中国西藏索布查地区的一个案例

路志朋<sup>\*1,2</sup>、文华国<sup>1,2</sup>、罗连超<sup>1,2</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)

2. 成都理工大学沉积地质研究院

被广泛报道的结晶壳钙华丘的地球化学特征及其地质意义很少被关注。因此,我们对中国西藏索布查地区的一个主要由层状结晶壳组成的钙华丘进行了包括U-Th测年在内的一系列地球化学研究,以确定其地球化学特征和地质意义。研究发现,索布查钙华丘主要由粒状晶和扇状晶组成,C-O-Sr同位素的范围分别为3.4‰~4.9‰V-PDB, -26.7‰~-23.7‰V-PDB和0.712458~0.712951。稀土元素的PAAS归一化结果显示,索布查钙华丘表现出MREE相对于HREE和LREE的富集,HREE相对于LREE的富集以及Eu的正异常。索布查钙华丘的 $\delta^{13}\text{C}$ 特征和母源CO<sub>2</sub>的计算结果表明,索布查钙华丘属于热成因钙华(即内生钙华),其母源CO<sub>2</sub>主要来源于(上)地幔(即幔源CO<sub>2</sub>)或土壤成因的CO<sub>2</sub>和碳酸盐脱碳产生的CO<sub>2</sub>的混合。索布查钙华丘的<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr与索布查及其周边地区出露岩性的<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr存在较大差异,但与研究点的东北方向(超过20Km)出露的那底岗日火山岩的<sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr平均值类似。这表明那底岗日火山岩可能是索布查钙华丘重要的Sr来源,但还需进一步的研究。索布查钙华丘的LREE亏损主要是由深部水-岩作用过程中LREE和HREE的地球化学迁移性差异造成的,MREE相对于HREE的富集则主要是由储水层继承而来。索布查钙华丘Eu的正异常可能是由于储层温度过高和/或富Eu矿物/岩石(特别是斜长石)优先溶解造成的。索布查钙华丘的C同位素,Sr同位素和REE在垂直方向上没有变化或变化很小,这表明母源CO<sub>2</sub>和古流体成分的稳定。然而,索布查钙华丘的 $\delta^{18}\text{O}$ 在垂直方向上显著增加,这可能是与气候冷却、喷口自闭合或丘的垂直生长有关的沉积流体水温逐渐下降的结果。

参考文献

关键词 钙华丘; 结晶壳; C-O-Sr同位素; 稀土元素; 西藏





摘要 ID:1025

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 湖相低温热液活动特征及其地质意义

尤继元<sup>1,2</sup>、柳益群<sup>\*1</sup>、周鼎武<sup>1</sup>、杨奕曜<sup>1</sup>

1. 西北大学
2. 榆林学院

由于在地面沉积岩中保存完好的热液通道发现很少,因此地质历史上的低温热液活动(LTHA)研究相对较少。在这项研究中,我们介绍了我们在中国鄂尔多斯盆地三叠系延长组长7烃源岩中发现的热液通道的原始发现,并为解密由地质记录(即沉积物)保存的低温热液活动提供了最佳证据。这三个样品(1551.6、1551.6-2和1574.4)夹有泥岩和油页岩,表明深湖沉积环境。所有这三个样品主要由硬石膏,黄铁矿,白云石组成,并在这些结构的壁上形成矿物带,这表明硫酸盐占主导地位的阶段和碳酸盐-硫化物置换阶段。而且,它们的原位地球化学特征是高的Eu, U, Th, Sr, Mn和高的U/Th比,这是热液喷口的典型指标。另外,它们的S同位素含量在7.89%至10.88%之间,岩浆硫约占94.3%,表明这些热液通道有可能是岩浆触发的?以上所有这些证据表明,鄂尔多斯盆地的三叠系沉积物可能具有低温热液活动。与从古代低温热液活动到现代热液烟窗相比,我们应该指出,古代低温热液活动具有令人发人深省的意义,它可能是石油生产的机制,这是未来石油研究的可能指标。此外,作为主要岩石类型的白云岩很可能是原生白云岩的实例,为地质学界关于是否存在原生白云岩的争论提供了依据和进一步研究的样本。

**参考文献** [1]Tivey M K, Delaney J R. Growth of large sulfide structures on the Endeavour &nbsp;Segment &nbsp;of &nbsp;the &nbsp;Juan &nbsp;de &nbsp;Fuca &nbsp;Ridge. Earth Planet Sci Lett, 77: 303~317. (1986). Doi.org/10.1016/0012-821X(86)90142-1 [2]Lutz R A, Shank T M, Fornari D J, et al. Rapid growth at deep sea vents. Nature, 371: 663~664. (1994). Doi.org/10.1038/371663a0. [3]Haymon, R.M. & M. Kastner. Hot spring deposits on the East Pacific Rise at 21° N: Preliminary description of mineralogy and genesis, Earth Planet. Sci. Letter. 53, 363-381. (1981). Doi.org/10.1016/0012-821X(81)90041-8. [4]Rona P. A., Klinkhammer G., Nelsen T A, et al. Black smokers, massive sulphides and vent biota at the Mid-Atlantic Ridge, Nature, 321 &nbsp;(6065) : 33-37. (1986). Doi.org/10.1038/321033a0. [5]Herzig P. M., Becker K. P., Stoffers P., et al., Hydrothermals silica chimney fields in the Galapagos spreading center at 56° W, Earth planet. Sci. Letter, 89, 261-272. (1988). Doi.org/10.1016/0012-821X(88)90115-X. [6]Kelly D. S., Karson J. A., Blackman D. K. An off-axis hydrothermal vent field near the mid-atlantic Ridge at 30° N, Nature, 412 &nbsp;: 145-149. (2001). Doi: 10.1038/35084000 [7]Charlou, J. L., Donval, J. P. Fouquet. Geochemistry of high H<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> vent fluids issuing from ultramafic rocks at the Rainbow hydrothermal field (36° 14' N, MAR). Chemical Geology, 191 (4): 345-359. (2002). http://www.doc88.com/p-3985230490902.html. [8]Zhang, W. Z., Yang, H., Jie, L., & Yang, Y. Lake bottom hot water activity and its impact on the development of high-quality source rocks: A case study of Chang 7 source rocks in the Ordos Basin. Petroleum Exploration and Development, 37 (4), 424-428. (2010). Doi: 10.1016/S1876-3804(10)60043-2. [9]He C., Ji LM, et al. (2016). Characteristics of hydrothermal sedimentation process in the Yanchang Formation, south Ordos Basin, China: Evidence from element geochemistry. Sedimentary Geology, 345 (2016) 33-41. Doi.org/10.1016/j.sedgeo.2016.09.001. [10]You J. Y., Liu Y. Q., Zhou D. W., Zheng Q. H., Vasichenko K. & Chen Z. B. Activity of hydrothermal fluid at the bottom of a lake and its influence on the development of high-quality source rocks: Triassic Yanchang Formation, southern Ordos Basin, China. Australian Journal of Earth Sciences. &nbsp;67(1): 115-128. (2019). https://doi.org/10.1080/08120099.2019.1612783. [11]You J. Y., Liu Y. Q., Song S.



S., Zhou D. W., Yang Y. Y. In situ S isotope analysis and source tracing of pyrite from lacustrine&nbsp;hydrothermal sedimentary rocks: the Chang 7-3 sub-member, Triassic&nbsp;Yanchang Formation, Ordos Basin. Australian Journal of Earth Sciences. (2020a). <https://doi.org/10.1080/08120099.2021.1828165>. [12] You J. Y., Liu Y. Q., Zhou D. W., et al. Characteristics and controlling factors of LORS from the Chang 7-3 section of the Triassic Yanchang Formation in the Ordos Basin, Journal of Petroleum Science and Engineering. 197C, 108020. (2021). <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2020.108020>. [13] Liu, C., Zhao, H., Wang, F., & Chen, H. . Attributes of the Mesozoic structure on the west margin of the Ordos Basin. Acta Geologica Sinica, 79 (6), 738-746. (2005). Doi:10.3321/j.issn:0001-5717.2005.06.003. [14] You J. Y., Liu Y. Q., Li Y. X. et al.&nbsp;Discovery and significance of ancient cod fossils in hydrothermal fluid deposition areas: a case study of Chang 7-3 from the Triassic Yanchang Formation in the Ordos Basin, Historical Biology, (2020b). <https://doi.10.1080/08912963.2020.1769091>. [15] You&nbsp;J. Y., Liu&nbsp;Y. Q., Zhang&nbsp;X. L. et al. Establishment and significance of ancient lake ecosystems in the Mesozoic—Evidence from coprolite from the Chang 7 section of the Upper Triassic in the Ordos Basin, China. Historical Biology, (2020c). <https://doi.org/10.1080/08912963.2020.1840564>. [16] Qiu, X. W., Liu, C. Y., Mao, G. Z., Deng, Y., Wang, F. F., & Wang, J. Q. . Major, trace and platinum-group element geochemistry of the Upper Triassic nonmarine hot shales in the Ordos basin, Central China. Applied Geochemistry, 53, 42-52. (2015). Doi: 10.1016/j.apgeochem.2014.11.028. [17] Wang Q. C., Li W. H., Zhao H., Wang L., Qu H. J. Depositional feature of the Chang 1 of Yanchang Formation in Jingbian-Ansai Area, Ordos Basin, China. Journal of Northwest University (Natural Science Edition). 36(1):107-110. (2006). Doi:10.16152/j.cnki.xdxbzr.2006.01.026. [18] Bao Z. A., Yuan H. L., Zong C. L., et al. Simultaneous Determination of Trace Elements and Lead Isotopes in Fused Silicate Rock Powders Using a Boron Nitride Vessel and fsLA-(MC)-ICP-MS. J. Anal. At. Spectrom., 31, 1012-1022. (2016). Doi.org/10.1039/C5JA00410A. [19] Chen Q. H., Li W. H., Zhao H. G., Cui J. P. & Liang J. W. Sequence analysis of the Triassic Yanchang Formation in the area of Ansai. Journal of Northwest University (Natural Science Edition). 36(5):785-788. (2006). Doi:10.16152/j.cnki.xdxbzr.2006.05.024 [20] Ohmoto H. and Rye R. O. Isotopes of sulfur and carbon // Barnes H. L., Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. New York: John Wiley and Sons: 509-567. (1979). <https://biblio.co.uk/book/geochemistry-hydrothermal-ore-deposits-barnes-hl/d/1246863454> [21] Zhao, J., Liang, J. L., Li, J., Ni, S. J., & Xiang, Q. R. (2018). Genesis and&nbsp;metallogenic model of the Shuiyingdong gold deposit, Guizhou&nbsp;Province: Evidence from high-resolution multi element mapping&nbsp;and in situ sulfur isotopes of Au-carrying pyrites by NanoSIMS.&nbsp;Earth Science Frontiers, 25(1), 157-167. <https://doi.org/10.13745/j.esf.yx.2018.01.011> [22] Zheng, Y. F., & Chen, J. F. (2000). Stable isotope geochemistry (pp.193 - 247). Science Press. (in Chinese) [23] Li J. H., Niu X. L., Feng J. The Identification of the Fossil Black Smoker Chimney and Implication for Scientific Research. Advance in Earth Sciences, 19(1):18-26. (2004). <http://www.cqvip.com/read/read.aspx?id=9021222>. [24] White, D. E. Thermal waters of volcanic origin. Geological Society of America Bulletin, 68(12), 1637 - 1658. (1957). Doi: 10.1130/0016-7606(1957)68[1637:TWOVO]2.0.CO;2. [25] Bostrom K., Rydell H., Joensuu O. Langbank: An exhalative sedimentary deposit. Econ Geol, 74(5):1002-1011. (1979). Doi: org/10.2113/gsecongeo.74.5.1002.

**关键词** 形成机制; 结构构造特征; 低温热液活动; 地质意义; 三叠系; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID:1067

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 专题邀请报告

## 海底热液硫化物金属富集规律与机理: 以西北印度洋大禧热液区为例

韩喜球<sup>\*1,2</sup>、罗洪明<sup>1,2</sup>、王叶剑<sup>1,2</sup>、吴雪停<sup>1,2</sup>

1. 自然资源部海底科学重点实验室

2. 自然资源部第二海洋研究所

大洋中脊等海底扩张中心广泛发育有热液循环系统, 在海底热液排泄区可形成数米-数十米高的“黑烟囱”和多金属硫化物丘状体。据估计, 每个热液区蕴藏的多金属硫化物资源量可达数吨到上千万吨, 是具有潜在开发价值的重要金属矿产资源。本文通过构建全球已知热液区硫化物化学成分数据库, 利用多元统计分析不同构造环境硫化物中 Cu、Cd、Au、Fe、Ag、Co 等战略性金属的分布和富集特征, 探讨其主控因素。同时, 以自主发现的西北印度洋卡尔斯伯格脊大禧热液区为例, 利用蛟龙载人深潜器原位采集的硫化物烟囱体样品和热液流体样品, 通过矿物学和地球化学分析, 结合地球化学热力学模拟, 反演金属的迁移-沉淀条件, 揭示 Cu、Cd、Au、Fe、Ag、Co 等战略性金属的成因机制。

研究表明, 不同构造环境的硫化物矿床战略性金属含量差异较大, 洋中脊型富集 Cu+Fe+Co±Mo, 其中慢速扩张洋脊型最为富集 Cu+Fe+Co; 岛弧型普遍富集 Zn+Pb+Cd +Sb+Ag±Au 等战略性金属; 弧后扩张型最为富集 Zn+Cd+Ag+Au。成矿流体温度、成矿物质来源、酸碱度和氧化还原条件是战略性金属富集的三个主控因素, 其中流体温度主要受水深条件控制, 成矿物质来源主要受控于构造地质环境, 酸碱度和氧化还原性主要受控于围岩类型。大禧热液区的成矿流体从深部上升过程中在海底面以下发生了相分离作用, 并在喷发前与封存海水发生混合, 导致大量的 Cu 和 Au 在矿床内部发生了沉淀, 形成了富 Fe 型和富 Zn 型硫化物烟囱体, 其中富 Fe 型硫化物烟囱主要由磁黄铁矿组成, 含黄铜矿和闪锌矿, 以富集 Fe、Co 为特征, 并有轻微富集 Cu 和 Au 的趋势; 而富 Zn 型硫化物烟囱以闪锌矿、磁黄铁矿为主, 含少量方铅矿, 以显著富集 Zn、Sn、Ag、Cd 等金属为特征。通过与全球海底块状硫化物矿床的对比分析, 认为大禧热液区具有良好的资源前景。

**参考文献** Wang, Y., \*Han, X., Zhou, Y., et al., 2021. The Daxi Vent Field: An active mafic-hosted hydrothermal system at a non-transform offset on the slow-spreading Carlsberg Ridge, 6° 48' N. ORE GEOL REV 129, 103888. 罗洪明, \*韩喜球, 王叶剑, 等 2021. 全球现代海底块状硫化物战略性金属富集机理及资源前景初探. 地球科学, 1-18. 楼映中, 韩喜球, 贺治国, 等, 2020. 深海热液羽流动力学特性的数值模拟研究: 以卡尔斯伯格脊大禧热液区为例. 中国科学 (技术科学) 50, 194-208.

**关键词** 多金属硫化物 现代热液成矿作用 洋中脊 印度洋 金属富集机理



摘要 ID:3138

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 展板

## 火山喷发沉积旋回与储层研究

赵磊\*<sup>1</sup>、张孝卫<sup>1</sup>、梁星如<sup>1</sup>、张惠文<sup>2</sup>、孟奕杉<sup>2</sup>、李杰<sup>1</sup>、贾颖超<sup>1</sup>

1. 华北油田勘探开发研究院

2. 华北油田第四采油厂

近年来,文安斜坡北段发现了与火山活动相关的油气藏,弄清火山活动与储层发育的关系,有助于进一步优化油气勘探方向。本文在对区块内单井进行精细时深标定的基础上,综合运用岩心、钻井、测井以及油气显示资料,对文安斜坡火山活动于储层发育情况进行了研究。研究表明,文安斜坡在古近系时期发生多期火山活动,其中沙三段晚期的火山活动在文安斜坡普遍发育;沙二段时期,火山活动主要发育在文安斜坡的北部,具有期次多、岩层薄、范围小的特点,与火山岩相关的油气主要发育在该时期。通过开展时深标定,可确定主要火山喷发活动期次;同时,通过精细地层对比,在一个火山主要活动期次内,火山喷发间期进行碎屑岩沉积,岩屑剖面上呈现火山岩碎屑岩间互的现象,并以此将一个火山活动期次内细分为多个火山喷发沉积旋回。通过岩心观察,火山岩主要为深灰色和黑灰色的玄武岩,岩性表面可见0.5-2mm的气孔,油气充注其中后可形成火山岩油气藏。在火山喷发间歇期,来自研究区东部的碎屑岩沉积覆盖在早期火山岩之上,后期火山活动火山岩覆盖在碎屑岩之上,火山岩遮挡使砂岩形成上倾尖灭型储层,油气充注其中可形成岩性油气藏。

### 参考文献

**关键词** 火山岩; 喷发沉积旋回; 油气储层; 沙二段; 文安斜坡



摘要 ID:182

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 展板

## 利用 ACYCLE 时间序列分析解释灵山岛白垩世火山旋回活动规律

刘瑞杨\*

中国石油大学(华东)

灵山岛位于山东近海海域的千里岩隆起和胶南隆起之间,在白垩世有岩浆活动发生,岛上广泛分布有流纹岩、火山碎屑岩等不同岩性韵律产出。通过分析岛上火成岩地球化学特征可知火山活动有三期:第一期是以流纹岩为代表的酸性岩浆( $\text{SiO}_2 > 70\%$ )、第二期以安山岩为代表的中酸性岩浆活动( $\text{SiO}_2 = 59\% - 68\%$ )、第三期是以玄武质安山岩为代表的中性岩浆活动( $\text{SiO}_2 = 53\% - 58\%$ ),以流纹岩质熔岩为主。基于此开展火山旋回研究。

在灵山岛老虎嘴地区获得韵律明显的流纹质凝灰岩-砂泥岩互层石板进行分析。首先分岩性测量每层的厚度;其次结合物源供给不足的火山弧后盆地的沉积速率( $6.5 \text{ m/Ma}$ )、泥岩压实因子

(0.3)计算出岩板的砂泥岩时间跨度为2.24万年,完成数据的初步处理。结合数据的地质学意义提取砂泥岩时间数据运用Acycle软件完成插值、去趋势化、频谱分析、滤波的数据再次处理,其次利用在Acycle中的到的波形在Matlab中进行快速傅里叶变换(FFT)得到旋回的数量,根据旋回数量重置规模-时间数字化图。即每一个周期代表近地表的一个岩浆房,最后,将得到的旋回数据再次放入Acycle中进行滤波分析。结合上地壳岩浆房内熔体动态演化过程,模拟出灵山岛早白垩世火山活动旋回期次和火山口数量情况。

熔体含量的多少是岩浆是否活化的标志,熔体本身经历产生、活化、自身改变三阶段,最终使岩浆上涌至近地表岩浆房内短暂储存,在温压条件满足时进行间歇性喷发。熔体的活化机制有:热源周期性补充的热接触型、近固体岩浆通过气体渗透向上吸热在活化两种机制。明确熔体含量与流变锁定窗口(岩浆熔体含量:30wt%-50wt%,温度:750°C-800°C)的相对大小可以推知熔体是否活化。

本研究将天文旋回的软件(Acycle)和信号分析的软件(Matlab)结合使用,探究火山旋回的活动规律。地下岩浆房内熔体活化过程与地上岩性互层岩板结合分析探究中生代岩浆活动特点,为高分异岩浆岩形成过程、稀有金属成矿作用研究完成前期工作。

**参考文献** [1] 黄春菊. 旋回地层学和天文年代学及其在中生代的研究现状[J]. 地学前缘, 2014, 21(02): 48-66. [2] 吴怀春, 房强. 旋回地层学和天文时间带[J]. 地层学杂志, 2020, 44(03): 227-238. [3] 杨雨, 付文钊, 余继峰, 等. 胶莱盆地 K/Pg 界线下陆相红层的旋回地层学分析[J/OL]. 沉积学报: 1-15 [4] Mingsong Li, Linda Hinnov, Lee Kump. Acycle: Time-series analysis software for paleoclimate research and education[J]. Computers and Geosciences, 2019, 127. [5] Kari M. Cooper, Adam J. R. Kent. Rapid remobilization of magmatic crystals kept in cold storage[J]. Nature: International weekly journal of science, 2014, 506(7489).

**关键词** 时间序列分析; 火山旋回; 熔体演化; Acycle; 高分异岩浆动力学



摘要 ID:1140

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 基质石灰岩与白云岩中热液改造机制差异性-以川中地区中二叠统与上震旦统为例

谷一凡<sup>1,2,3</sup>、蒋裕强<sup>1,2,3</sup>、周亚东<sup>1,2,3</sup>、付永红<sup>1,2,3</sup>

1. 西南石油大学

2. 中国石油非常规重点实验室储层评价实验室

3. 天然气地质四川省重点实验室

作为碳酸盐岩储层的重要成储机制,热液改造是当今储层地质领域的关注热点。自上世纪80年代,北美西加盆地、密歇根盆地、中国四川盆地、塔里木盆地等诸多含油气叠合盆地的碳酸盐岩储层中陆续发现了热液改造的岩石学、地球化学证据。然而,绝大部分研究仅关注热液对基质灰岩的改造结果,提出了热液白云石化、溶蚀、重结晶和充填作用等具体改造方式。近年来,有学者意识到基质白云岩中同样存在类似于基质灰岩的证据体系,提出了溶蚀、重结晶、水力压裂等建设性改造方式。然而,在基质灰岩、基质白云岩中,热液改造形成了不同的岩石组构类型,具有不同的地球化学富集规律,发育不同的改造方式,有必要分析是哪些因素导致热液对不同基质岩的改造存在显著差异。四川盆地中部上震旦统基质白云岩、中二叠统基质石灰岩中存在丰富的热液流体活动,为分析相同地质背景下、不同围岩中热液流体成因、期次、改造方式及成储效应提供了绝佳研究对象。

通过岩心观察、薄片鉴定、阴极发光、流体包裹体、C、O、Sr 同位素以及 REE 元素分析,结合地球物理资料,探讨了基质灰岩与基质云岩中热液改造作用在岩石组构、地球化学特征、改造方式、作用序列等方面的差异性。研究认为:川中地区中二叠统基质灰岩中发育三类热液成因岩石组构,即细-中晶半自形白云石(RD2)、鞍状白云石(SD)和其他热液矿物(石英、萤石)。细-中晶半自形白云石(RD2)是低温成因白云石(RD1)重结晶的产物,导致 $\delta^{18}O$ 轻度亏损,Mn-Fe和 $87Sr/86Sr$ 显著富集, Eu 正异常,形成温度平均 $133^{\circ}C$ ,萤石、石英、鞍状白云石(SD)均是由热液直接结晶而成,平均温度呈逐渐降低趋势(分别为 $146^{\circ}C$ 、 $132^{\circ}C$ 、 $126^{\circ}C$ ),改造序列表现为热液溶蚀-石英-萤石充填-热液白云石化与重结晶、鞍状白云石充填。上震旦统基质云岩中形成同样三类热液成因岩石组构,细-中晶白云石(FD)是基质泥晶云岩发生热液重结晶的产物,导致 $\delta^{18}O$ 轻度亏损,Mn-Fe和 $87Sr/86Sr$ 显著富集, Eu 正异常,改造序列表现为鞍状白云石、石英充填-热液重结晶作用。兴凯、峨眉两期地裂运动形成的深大基底断裂及不同尺度小断裂共同构成上震旦统热液流体运移的输导体系,而中二叠统仅受第二期地裂活动影响,初步认为基质岩化学成分、热液温度是控制组构差异性及其改造序列差异的主要因素。

### 参考文献

**关键词** 热液改造; 深大断裂; 上震旦统; 中二叠统; 地球化学; 川中地区



摘要 ID:1711

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 四川盆地热液活动及对碳酸盐岩储集层的影响——以川东地区中二叠统茅口组为例

李红\*<sup>1</sup>、王良军<sup>2</sup>、柳益群<sup>1</sup>、曾韬<sup>2</sup>、周鼎武<sup>3</sup>、张冬冬<sup>1</sup>、杨康<sup>1</sup>、董杨刊<sup>1</sup>、彭毅峰<sup>1</sup>

1. 西北大学地质学系

2. 中国石化勘探分公司

3. 山东科技大学地球科学与工程学院

四川盆地中二叠统茅口组碳酸盐岩中存在丰富的热液流体活动,并且对围岩的储集性能有明显改造。野外剖面和岩心观察发现,茅口组热液活动约为两类,一类为硅质热液,另一类为碳酸盐型热液。两类热液活动交替进行,有时可以共存。硅质热液主要表现为薄层状硅质岩或硅质团块,在部分层段,硅质团块呈密集的“液滴状”垂直并切穿灰岩层面分布。镜下观察硅质岩和硅质团块多由微晶石英或玉髓组成,偶见零散分布的自形白云石晶体和硅化生物化石。碳酸盐型热液活动的层位常伴随着围岩不同程度的白云化作用以及交织状张裂缝的发育,典型热液矿物为粗晶方解石和白云石,充填或半充填在张性构造裂缝中或呈“雪片状”集合体分布在围岩中,偶见少量黄铁矿、闪锌矿等金属硫化物伴生。硅质岩的元素地球化学分析表明硅的来源具有多样性,是热液硅与壳源硅的混合。热液碳酸盐脉中黄铁矿、闪锌矿原位S同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 介于 $-3.91\%$ ~ $-6.87\%$ 之间,表明硫的来源可能受到了微生物和基性岩浆岩的双重影响。方解石脉和具鞍状双晶的白云石脉普遍具有CaO高于标准计量,相对富Sr、U,贫REE、Ti, Ce/Ce\*明显负异常、Eu/Eu\*主体正异常、Y正异常等特征,表明碳酸盐脉为热液活动的产物,流体来源也呈现出火山活动相关流体与富钙地下水混合的特点。两类热液活动对茅口组碳酸盐岩围岩都有一定的改造。薄层状硅质岩和“液滴状”硅质结核或硅质团块的首次出现往往标志着热液活动的开始,但是对围岩储集性能的影响有限。然而,在碳酸盐型热液活动层段,与基底断裂有关的、张性构造裂缝的发育不仅为热液流体提供了通道,还是烃类的有效运移通道和储集空间;热液流体还使灰岩围岩发生了白云化作用,部分层段形成晶间孔隙发育的细晶、中晶白云岩,有效地改善了围岩的储集性能。灰岩、白云岩的物性分析、高压压汞和核磁共振实验结果表明,构造裂缝+晶间孔隙型白云岩具有良好的储集和渗流能力,是研究区最具潜力的天然气储集层。

### 参考文献

**关键词** 四川盆地东部;茅口组;硅质热液;热液碳酸盐;白云岩储集层



摘要 ID:2976

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 南海北部潜山岩浆岩特征及构造背景

钟灵<sup>1</sup>、侯明才<sup>\*1,2</sup>、熊富浩<sup>2,3</sup>

1. 成都理工大学沉积地质研究院

2. 2. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室(成都理工大学)

3. 3. 成都理工大学地球科学学院

南海北部晚中生代的岩浆岩研究对于潜山勘探至关重要。然而,南海北部珠江口盆地的岩浆岩的成因和区域岩浆构造演化尚不明确。因此,本文对南海北部珠江口盆地晚中生代岩浆岩进行了岩石学、锆石U-Pb年代学、原位锆石Lu-Hf同位素和全岩主微量元素的相关地球化学研究。这些岩浆岩的锆石U-Pb年龄分别是:辉长岩(113 ± 1.3Ma)、花岗闪长岩(112.9 ± 0.5Ma)和花岗岩(133.5 ± 0.7Ma)。其中,辉长岩属于钾玄岩系列,Mg#(47.69-47.89)值较高,(La/Nb)<sub>PM</sub>(2.99-3.13)值较高,轻稀土和大离子亲石元素富集,重稀土亏损。辉长岩表现出具有类幔源同位素的特征,ε<sub>Hf</sub>(t)为-2.47 ~ +1.24,一阶段的模式年龄为中元古代。辉长岩的母源可能来自俯冲交代作用的岩石圈地幔经过部分熔融形成的,并经历了地壳混染。长英质岩浆岩(包括花岗闪长岩和花岗岩)都具有钙碱性系列特征,Mg#值低,轻稀土和大离子亲石元素富集,重稀土和高场强元素亏损。早白垩世花岗岩和花岗闪长岩的锆石ε<sub>Hf</sub>(t)值分别为-7.89 ~ -1.97和-2.04 ~ +2.57,Hf同位素的二阶段模式年龄分别为1175 ~ 1493 Ma和894 ~ 1149 Ma。长英质侵入岩形成于大陆弧环境具有典型的I型、弧型和壳型地球化学和同位素特征。综合前人资料,本文认为南海北部早白垩世与弧有关的辉长岩、I型长英质侵入岩与同时代华南内陆岩浆活动有密切的关系,暗示了早白垩世华南板块发生区域伸展作用,推测俯冲古太平洋板块可能发生板片撕裂及板片回滚作用。

**参考文献** Cui, Y., Shao, L., Li, Z. X., Zhu, W. L., Qiao, P. J., Zhang, X. T., 2021. A Mesozoic Andean-type active continental margin along coastal South China: New geological records from the basement of the northern South China Sea. *Gondwana Research*. 99, 36-52. Guo, F., Wu, Y., Zhang, B., Zhang, X., Zhao, L., Liao, J., 2021. Magmatic responses to Cretaceous subduction and tearing of the paleo-Pacific Plate in SE China: An overview. *Earth-Science Reviews*. 212, 103448. Jiang, H., Shao, S., Jiang, S. Y., Yang, S. Y., Zhao, K. D., 2022. Early Cretaceous oceanic island basalt-type magmatism in northern Guangdong: Implications for lithospheric thinning in the South China Block. *Journal of the Geological Society*. 179(5), 2021-146. Li, X. H., Li, Z. X., Li, W. X., Liu, Y., Yuan, C., Wei, G. J., Qi, C. S., 2007. U-Pb zircon, geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints on age and origin of Jurassic I- and A-type granites from central Guangdong, SE China: a major igneous event in response to foundering of a subducted flat-slab? *Lithos*. 96, 186-204. Li, Z. X., Li, X. H., Chung, S. L., Lo, C. H., Xu, X. S., Li, W. X., 2012. Magmatic switch-on and switch-off along the south China continental margin since the Permian: Transition from an Andean-type to a Western Pacific-type plate boundary, *Tectonophysics*. 532, 271-290. Shi, H. S., Xu, C. H., Zhou, Z. Y., Ma, C. Q., 2011. Zircon U-Pb dating on granitoids from the northern South China Sea and its geotectonic relevance: *Acta Geologica Sinica-English Edition*. 85, 1359-1372. Xu, C. H., Shi, H. S., Barnes, C. G., Zhou, Z. Y., 2016. Tracing a late Mesozoic magmatic arc along the Southeast Asian margin from the granitoids drilled from the northern South China Sea. *International Geology Review*. 58(1), 71-94. Xu, C. H., Zhang, L., Shi, H. S., Brix, M. R., Huhma, H., Chen, L. H., Zhang, M. Q., Zhou, Z. Y., 2017. Tracing an early Jurassic magmatic arc from South to East China Seas. *Tectonics*. 36(3), 466-492. Yan, Q. H., Wang, H., Wu, Y. M., Chi, G. X., 2021. Simultaneous development of arc-like and OIB-like mafic dikes in eastern Guangdong, SE China: implications for late Jurassic-early Cretaceous tectonic setting and deep geodynamic processes of South China.





Lithos 388, 106021. Zhou, X.M., Li, W.X., 2000. Origin of Late Mesozoic igneous rocks in southeastern China: implications for lithosphere subduction and underplating of mafic magmas. *Tectonophysics*. 326(3-4):269-287. Zhou, X.M., Sun, T., Shen, W.Z., Shu, L.S., Niu, Y.L., 2006. Petrogenesis of Mesozoic granitoids and volcanic rocks in South China: a response to tectonic evolution. *Episodes Journal of International Geoscience*. 29(1), 26-33.

**关键词** 南海北部; 晚中生代; 大陆边缘岩浆弧; 古太平洋板块; 板片回滚



摘要 ID:206

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 展板

## 湖相细粒沉积岩型烃源岩中的“斑状”方解石对水下喷发沉积作用和烃类早期形成的启示

焦鑫\*、柳益群、李红、孟子圆、赵敏茹、杨奕曜  
大陆动力学国家重点实验室, 西北大学地质学系

我国诸多含油气盆地的烃源岩均为一类组分复杂的湖相细粒沉积岩系。随着勘探开发技术进步以及非常规油气资源需求量的日益增加, 该岩系被作为致密油或页岩油勘探开发受到广泛关注。然而, 其极细的粒度增加了精细岩、矿学研究难度, 导致其强烈的非均质性特征难以得到理论基础认识, 使得在实际生产过程中难以保持稳产。新近研究发现, 该岩系中发育有丰富的火山-热液深源物质。它们与油气的生成和富集展现出了极强的耦合关系。因此, 选择以深源物质为研究对象, 探索其如何参与烃源岩形成, 并影响油气生成对于指导湖相烃源岩型致密油、页岩油的勘探开发具有探索性指导意义。本次在三塘湖盆地二叠系芦草沟组烃源岩中所发现的“斑状”方解石具有同沉积结构特征, 且自身富含大量有机包裹体并携带慢源流体信息, 对其开展精细的岩矿及地球化学研究可反映水下火山-热液沉积学特征和油气生成机理。

初步研究发现, 岩石样品以明显的类似火山岩的“斑状结构”为特征, 其“斑晶”均为方解石单晶或集合体, 而基质部分则由凝灰质泥岩构成。①单层约4 cm厚, 并呈突变式接触被夹于凝灰质泥岩中。方解石呈星散状杂乱分布于深灰色基质中, 仅在部分纹层中呈长轴平行于层理方向顺层分布, 无明显的堆积现象, 呈层内块状构造, 可能代表高密度碎屑流体的水下沉积。②基质部分主要由钠长石(65%)和石英(20%)组成, 不含方解石, 指示不同的物源。③方解石斑晶呈大小介于100~500 μm的自形棱角状, 且含大量裂纹。其整体边部平直, 少量具港湾状熔蚀边, 表明近距离搬运沉积特征。④基质中的矿物颗粒无定向杂乱分布, 仅在与方解石的接触边一侧的呈沿着方解石晶体呈整合接触分布的特征, 并未出现方解石切穿基质的现象, 表明方解石与基质的颗粒为同时期沉积产物。⑤基质中的长石介于3~10 μm, 呈板条状, 无磨圆, 展示出与凝灰质泥岩中类似的构造特征。⑥方解石晶体中的原生包裹体主要为有机包裹体和部分液相单相包裹体, 表明其热液沉淀成因, 且该流体富含烃类。⑦方解石晶体原位 $87\text{Sr}/86\text{Sr}$ 平均0.705138, 代表强烈的慢源流体来源信息。

综上所述, 该方解石极有可能是热液环境中结晶, 并由多期次火山-热液喷发/喷流活动携带出地表并与其它火山碎屑物质混合形成的碎屑流体沉积形成。其自身所携带的有机包裹体, 以及其所代表的深部物质直接参与烃源岩的沉积作用, 对该岩类中有机质的形成与富集可能均具有密切的促进作用。

### 参考文献

**关键词** 深源物质; 火山-热液活动; 烃源岩; 湖相细粒沉积岩; 芦草沟组



摘要 ID:806

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 滦平盆地白垩系细粒火山物质对页岩油气形成的影响

刘晓宁、姜在兴\*、袁晓冬、陈晨、王成  
中国地质大学(北京)

滦平1井压裂试产,成功在滦平盆地中生代早白垩世西瓜园组开采了工业性页岩油气,其含油气层段的湖相细粒岩广泛受到了火山作用的影响。为探究细粒火山物质对本地区页岩油气形成的影响及促进机制,以滦平盆地西瓜园组下段为研究层位,结合岩心、薄片、测井、X衍射和地化测试数据等资料,对含凝灰质细粒岩的沉积特征和有机质发育情况进行分析。西瓜园组下段地层发育受火山—湖泊作用控制,发育湖相泥页岩、受火山活动影响的含凝灰质细粒岩、和火山相的安山岩、火山碎屑岩等。结果显示,泥页岩的平均TOC含量为0.64%,平均 $S_1+S_2$ 含量为0.41mg/g;含凝灰质细粒岩的平均TOC含量为1.92%,平均 $S_1+S_2$ 含量为2.64mg/g。含凝灰质细粒岩层位有机质含量明显更富集。细粒火山物质为湖泊水体带来了大量的营养物质,促进微生物的繁育,为有机质的大量生成提供基础;细粒火山物质发育的层段中大量发育草莓状黄铁矿,同时Pr/Ph较小,V/(V+Ni)偏大也指示了火山喷发后强还原的水体环境,和火山细粒物质沉积下的快速埋藏都有利于有机质的保存;湖相碳酸盐岩发育,与富有机质纹层、凝灰质纹层交互,层间裂缝利于油气的运移,凝灰质层和白云质层提供储集空间。页岩油气具有源储一体的特点,细粒火山物质的存在从有机质的富集和成烃演化到油气的储集、保存条件都产生了积极的作用。

**参考文献** [1]柳蓉,张坤,刘招君,等.中国油页岩富集与地质事件研究[J].沉积学报,2021,39(01):10-28. [2]焦鑫,柳益群,杨晚,等.水下火山喷发沉积特征研究进展[J].地球科学进展,2017,32(09):926-936. [3]姜在兴,孔祥鑫,杨叶芄,等.陆相碳酸盐质细粒沉积岩及油气甜点多元成因[J].石油勘探与开发,2021,48(01):26-37. [4]袁晓冬,姜在兴,张元福,等.滦平盆地白垩系陆相页岩油储层特征[J].石油学报,2020,41(10):1197-1208. [5]张丽霞,柳益群,向辉,等.凝灰岩型含油层系特征与成因分析——以准噶尔盆地火烧山油田二叠系平地泉组为例[J].沉积学报,2018,36(04):768-776. [6]柳益群,周鼎武,焦鑫,等.深源物质参与湖相烃源岩生烃作用的初步研究——以准噶尔盆地吉木萨尔凹陷二叠系黑色岩系为例[J].古地学报,2019,21(06):983-998.

**关键词** 细粒火山物质;页岩油气;西瓜园组;滦平盆地



摘要 ID:1215

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 卡尔斯伯格脊天休区海底热液活动事件与成因研究

李谋<sup>1,3</sup>、韩喜球<sup>\*2,3,4,5</sup>、邱中炎<sup>2</sup>、范维佳<sup>2</sup>、王叶剑<sup>2,5</sup>、李洪林<sup>2</sup>

1. 浙江大学地球科学学院, 杭州 310027
2. 自然资源部海底科学重点实验室, 自然资源部第二海洋研究所, 杭州 310012
3. 浙江大学海洋学院, 舟山 316021
4. 上海交通大学海洋学院, 上海 200030
5. 成都理工大学沉积地质研究院, 成都 610059

岩浆作用和构造作用为海底热液活动提供了热源以及流体循环通道, 是控制海底热液活动的两个关键要素。对于岩浆控制的热液系统, 气候变化与热液活动之间存在密切关系, 冰期海平面降低引起上地幔减压熔融, 增强了热液系统的热供给, 造成洋中脊热液活动对气候变化的响应(Lund et al. 2016; Costa et al. 2017)。但气候变化对构造控制的热液系统的影响却知之甚少, 同样的机制是否适用, 且热液系统的构造活动是否与之存在联系亟待研究。

天休热液区(3.7° N/63.7° E)是西北印度洋卡尔斯伯格脊上发现的首个由拆离构造控制的超镁铁岩型热液系统(Han et al. 2015)。大洋49航次于该热液系统拆离断层上盘采集到一管沉积物岩心(49V-GC06, 长134cm, 热液区北东侧2.2km), 其记录了过去30 kyr多期热液活动及构造事件, 是研究气候变化-构造作用-热液活动耦合机制的理想对象。

本文采用X射线荧光光谱、等离子质谱、加速质谱及稳定同位素质谱等分析手段对岩心进行了沉积学、元素地球化学及年代学研究, 结果显示: (1) 49V-GC06岩心自底向顶按颜色及岩性分为13层, 沉积序列完整无倒转, 其主体为土黄-浅灰色钙质软泥, 夹两层红棕色含钙质粘土(24-28cm, 99-101cm)和五层深灰-灰绿色富基性-超基性岩屑含角砾砂层(4-6cm、91-94cm, 94-97cm, 101-109cm及125-132cm), 局部发育正粒序。其中, 红棕色含钙质粘土层含大量黄棕色-红棕色非晶质铁氢氧化物, 表明曾受热液羽状流颗粒物沉降影响; 含砾砂层主要成分为次棱角-棱角状玄武岩及蛇纹石化橄榄岩等岩屑, 是核杂岩区堆积裙堆积物失稳再沉积以及拆离断层活动引发基岩破碎快速堆积形成。(2) 浮游有孔虫AMS14C测年以及 $\delta^{18}O$ 地层揭示了该岩心底部年龄约为30kyr, 且厘清了热液羽状流沉积及拆离构造的活跃期的时间: 较强烈的热液羽状流沉积分别发生于10.3-12.7 kyr B. P. 及24-26 kyr B. P.; 强烈的拆离构造活动发生于24-28.5 kyr B. P., 该期内构造岩屑堆积总厚度19cm, 单层最大可达8cm。(3) 热液元素沉积通量计算(Lyle and Dymond 1976; Cave et al. 2002)表明, 早期的热液Fe、Cu沉积通量峰值分别为 $17.14\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{kyr}$ 及 $492.68 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{kyr}$ , 晚期热液Fe、Cu沉积通量峰值分别为 $31.2\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{kyr}$ 及 $2372.7 \mu\text{g}/\text{cm}^2 \cdot \text{kyr}$ 。

上述结果表明, 天休热液区经历了至少两期较强的热液活动, 以及至少一期剧烈的拆离构造事件, 其中24-28.5 kyr B. P. 期间热液活动伴随强烈的拆离构造活动, 而在热液活动更为强烈的10.3-12.7 kyr B. P. 期间未见显著拆离构造活动记录, 暗示两次热液活动可能存在不同诱发机制。综合前人对气候变化-热液活动耦合研究, 我们认为天休热液系统的早期活跃(24-28.5 kyr B. P.)可能是由于末次冰期海平面快速下降至冰盛期最低位, 洋中脊上覆水压减小导致地幔深部熔融作用增强, 并在熔体迁移至洋中脊脆韧转换带期间引发拆离断层活化, 产生大量张性裂隙并增强了天休热液系统流体通道, 致使天休热液系统的早期活跃。晚期(10.3-12.7 kyr B. P.)活跃可能是由于减压熔融形成的熔体进一步向上迁移, 导致增强的热供给延迟作用于热液系统(Lund and Asimow 2011; Lund et al. 2016; Middleton et al. 2016; Costa et al. 2017), 引发了更大规模且更剧烈的热液活动。但深部岩浆熔融供给减弱抑制了拆离断层进一步活跃, 因此晚期热液活跃期未伴随大规模构造活动。

参考文献 Cave R R , &nbsp;German C R , &nbsp;Thomson J , et al. Fluxes to sediments underlying the Rainbow hydrothermal plume at 36° 14' N on the Mid-Atlantic Ridge[J]. Geochimica Et Cosmochimica Acta, 2002, 66(11):1905-1923. Costa K M , &nbsp;Mcmanus J F ,



Middleton J L , et al. Hydrothermal deposition on the Juan de Fuca Ridge over multiple glacial - interglacial cycles[J]. Earth & Planetary Science Letters, 2017, 479:120-132. Han X, Wang Y, and Li X. 2015. First Ultramafic-Hosted Hydrothermal Sulfide Deposit Discovered on the Carlsberg Ridge, Northwest Indian Ocean[R]. The Third InterRidge Theoretical Institute, 2015. Lund D C , &nbsp;Asimow P D . Does sea level influence mid - ocean ridge magmatism on Milankovitch timescales?[J]. Geochemistry, Geophysics, Geosystems, 2011, 12(12). Lund D C , &nbsp;Asimow P D , &nbsp;Farley K A , et al. Enhanced East Pacific Rise hydrothermal activity during the last two glacial terminations[J]. Science, 2016, 351(6272):478-482. Lyle M W , &nbsp;Dymond J . Metal accumulation rates in the southeast Pacific — errors introduced from assumed bulk densities[J]. Earth & Planetary Science Letters, 1976, 30(2):164-168. Middleton J L , &nbsp;Langmuir C H , &nbsp;Mukhopadhyay S , et al. Hydrothermal iron flux variability following rapid sea level changes[J]. Geophysical Research Letters, 2016, 43(8):3848-3856.

**关键词** 卡尔斯伯格脊; 天休热液区; 热液活动; 构造活动; 热液沉积通量



摘要 ID: 3373

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 展板

## 源-热特征对珠江口盆地富烃凹陷形成的影响

马艳萍<sup>\*</sup>、刘力玮<sup>1</sup>、刘池洋<sup>2</sup>、陈建军<sup>1</sup>

1. 西安石油大学地球科学与工程学院

2. 西北大学地质学系

大油气田主要集中在为数不多的富烃凹陷, 而烃源岩发育的差异性很大程度上影响着油气的贫富程度。中国近海盆地大油气田, 主要分布在富烃凹陷, 如渤海盆地的渤中、辽中、黄河口凹陷, 东海盆地的西湖凹陷, 珠江口盆地的惠州、文昌凹陷, 北部湾盆地的涠西南凹陷等。油气资源的这种偏富性现象越来越受到地质工作者的关注(刘池洋等, 2006; 2013)。关于富烃凹陷形成的控制因素, 具有复杂的动力学环境和构造背景, 而火山作用是诸多因素之一。因此, 了解凹陷富烃的差异性产生的背景及控制因素, 对探讨富烃凹陷形成的控制因素及成因机制、预测潜在富烃凹陷方面具有更重要的意义。以往研究大多侧重于烃源岩的评价, 而对于优质烃源岩形成的动力学背景及条件探究相对较少。近来诸多研究关注火山活动对优质烃源岩发育的重要影响(金强等, 2003; 张文正等, 2009; 2010; 张功成, 2012; 邱欣卫等 2009; 杨华等, 2013; 高福红等, 2009; 周波等, 2003; 赵岩, 刘池阳, 2016)。火山活动向烃源岩散布大量火山碎屑, 同时输送大量气液物质和金属元素, 金属元素在有机质生烃过程中扮演催化剂的角色, 而高温火山物质对有机质的演化和转化意义重大。岩浆喷发后的火山灰沉积提供铁源, 铁是一个关键的限定微养分的初级生产力(Hamme等, 2010)。本研究以南海珠江口盆地始新世富烃凹陷为例, 探讨源-热特征对富烃凹陷的控制作用。首先通过对比珠江口盆地富烃凹陷和非富烃凹陷判识的各项地球化学指标、沉降速率、沉积环境, 确定了富烃凹陷形成的基本控制因素。结果显示, 珠江口盆地富烃凹陷主力烃源岩(文昌组)为中深湖相泥岩, 始新世主力烃源岩发育期, 富烃凹陷均具有较高的沉降速率(>250m/Ma)。富烃凹陷与非富烃凹陷地球化学指标对比显示, 富烃凹陷并非各项指标都最优, 表明控制凹陷富烃的因素还有其他。进一步通过地震、钻井、岩心资料观察显示, 珠江口盆地火山活动频繁, 具有多旋回变化, 从中生代中晚期到古近纪早期(神狐组、文昌组), 火山喷发规模大、样式多, 以酸性、中性、基性岩(或它们的混合)为主, 在主力烃源岩文昌组夹层中或之下均发现火山熔岩和火山碎屑岩, 且在32-56.5Ma火山活动最频繁, 该时期与主力烃源岩文昌组发育时期正好对应。对比发现, 在包括珠江口盆地在内的近海其他盆地中, 在古新世-始新世烃源岩发育层段, 均发现丰富的藻类物质, 类型有绿藻、百色藻、多种沟鞭藻, 且富藻层和富油源层分布有很好的对应关系, 指示火山活动促进了藻类的勃发(Erbacher等, 2001; Lein等, 1993), 提供了烃源岩的物质基础。同时, 对比珠江口盆地富烃凹陷和非富烃凹陷的 $R_o$ 值显示, 富烃凹陷中 $R_o$ 明显存在异常拐点, 表明火山活动提供的热对有机质的转化具有促进作用。火山活动不仅促进了生物的勃发, 为古生产力提供了物质基础, 而且热背景为有机质的转化提供了有利环境。该研究对富烃凹陷形成的控制因素可以提供基础地质信息, 对潜在富烃凹陷的分布预测具有指导意义。

**参考文献** 1. 刘池洋, 邱欣卫. 矿产资源生成分布的偏富集: 自然界的“二八法则”[J]. 地质学报, 2013, 87(增刊): 187-190. 2. 金强, 翟庆龙. 裂谷盆地的火山热液活动和油气生成[J]. 地质科学, 2003, 38(3): 342-349. 3. 张文正, 杨华, 彭平安等. 晚三叠世火山活动对鄂尔多斯盆地长7优质烃源岩发育的影响[J]. 地球化学, 2009, 38(6): 117-1204. 4. 张文正, 杨华, 解丽琴, 等. 湖底热水活动及其对优质烃源岩发育的影响: 以鄂尔多斯盆地长7烃源岩为例[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(4): 424-429. 5. 邱欣卫, 刘池洋, 李元昊, 等. 鄂尔多斯盆地延长组凝灰岩夹层展布特征及其地质意义[J]. 沉积学报, 2009, 27(5): 1138-1146. 6. 张功成. 源热共控论[J]. 石油学报, 2012, 33(5): 723-738. 7. 杨华, 邓秀芹. 构造事件对鄂尔多斯盆地延长组深水砂岩沉积的影响[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40(5): 513-5178. 8. 高福红, 高红梅, 赵磊. 火山喷发活动对烃源岩的影响: 以拉布达林盆地上库力组为例[J]. 岩石学报, 2009, 25(10): 2671-2678. 9. 周波, 金之钧, 王毅, 等. 塔里木盆地台盆区火山作用对有机质演化的影响[J]. 石油学报, 2007, 28(2): 17-20. 10. 赵岩, 刘池阳. 火山活动对烃源岩形成与演化的影响[J]. 地质科技情报, 2016, 35(6): 77-82. 11. Hamme R C, Webley P W,



Crawford W R, et al. Volcanic ash fuels anomalous plankton bloom in subarctic northeast Pacific[J]. Geophysical Research Letters, 2010, 37:1960412. &nbsp; Erbacher J, Hubber B T, Norris R D, et al. Increased thermohaline stratification as a possible cause for the ocean anoxicevent in the Cretaceous period[J]. Nature, 2001, 409:325-327. 13. &nbsp; Lein A Y, Gal'chenko V F, Pimenov N V, et al. Role of bacterial chemosynthesis and methanotrophy in ocean biogeochemistry[J]. Geochemistry Internatational, 1993, 30(9):87-104.

**关键词** 富烃凹陷, 火山活动, 主力烃源岩, 珠江口盆地



摘要 ID:2001

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 西藏羊八井地热井碳酸钙结垢特征及其成因机理研究

李亮<sup>1</sup>、文华国<sup>\*2,4</sup>、王迎春<sup>3,4</sup>、罗连超<sup>5</sup>

1. 成都理工大学地球科学学院, 四川成都, 610059

2. 成都理工大学沉积地质研究院, 四川成都, 610059

3. 成都理工大学能源学院, 四川成都, 610059

4. 成都理工大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川成都, 610059

5. Department of Earth Sciences, University of Florence, Firenze 50121, Italy

由于地热开采过程中流体理化性质的改变, 矿物沉淀及其伴随的管道结垢现象普遍存在于各大地热田中。作为常见的结垢物之一, 碳酸钙结垢通常具有高沉积速率的特征。快速的碳酸钙结垢甚至可使井筒在数日内封堵, 严重制约着地热资源的高效开发。因此, 确定这些碳酸钙结垢的形成机制已成为地热除垢的关键。作为典型的地热开发区, 西藏羊八井地热田地热水来源复杂、矿化度变异大、水温高、具有较强的结垢性, 形成了各类结垢物, 为我们的研究提供了典型的实例。鉴于此, 本研究针对羊八井南北区共4口地热井进行采样研究, 结合矿物学、同位素、水化学和PHREEQC模拟等方法来探究地热井中碳酸钙结垢物沉淀的趋势与机理, 为后续防垢与除垢工作奠定理论基础。研究结果显示: 1) 结垢物主要为瘤状与纹层状的碳酸钙垢, 主要为方解石, 含少量Fe-Mg氧化物和石盐。方解石以羽状晶和片状晶为主, 二者都是CO<sub>2</sub>在非平衡条件下快速脱气的结果, 但是后者可能反映薄水层或近水面的快速沉淀。2) 碳酸钙垢 $\delta^{13}\text{C}$ 为-6.83‰至-6.05‰,  $\delta^{18}\text{O}$ 为-34.32‰至-33.24‰。根据传统同位素温度计计算显示其形成水温为124℃, 与井筒近井口测温相一致(123-125℃),  $\delta^{13}\text{C}$ 相较于热成因钙华负偏明显, 可能是高占比的幔源CO<sub>2</sub>( $\delta^{13}\text{C} = -8\text{‰} \sim -5\text{‰}$ )和高沉积水温的共同结果。3) 流体 $\delta\text{D}$ 为-147.77‰至-152.02‰,  $\delta^{18}\text{O}$ 为-17.81‰至-18.99‰, 位于大气降水线附近, 并介于冰雪融水和岩浆水混合区域, 指示原始流体可能源于大气降水、冰雪融水和岩浆水混合。4) 水化学分析表明, 地热水矿化度高(平均值为1650 ppm), 水化学类型为Na-Cl型, 流体中方解石相对过饱和( $\text{SI}_{\text{方解石}} > 0$ ), 碳酸钙沉淀趋势明显。综上, 我们对结垢驱动参数进行了辨识并建立了地热井桶内结垢的水文地球化学模型, 模型显示地热结垢的形成主要受控于压力、二氧化碳分压, 但是模型得出的结垢速率高于实际情况, 其偏差可能是受动力学因素影响(如Mg<sup>2+</sup>的抑制作用、流体流动对管道表面的剪切应力等因素)。本论文研究成果对以羊八井为代表的喜马拉雅高温地热带地热开发过程除垢技术具有重要的理论指导和现实参考意义。

### 参考文献

**关键词** 地热结垢; 碳酸钙垢; 形态特征; 结垢机理; 羊八井





摘要 ID:2082

主题分类: 能源与矿产沉积学=》火山-热液深源物质沉积与能源矿产形成

最终交流类型: 口头报告

## 热液喷流沉积的特殊类型: 巨型钙质结核和凝灰质豆粒灰岩

樊婷婷\*

西安科技大学 地质与环境学院

水下热液喷流作用能为细粒沉积岩提供深源碎屑物质。近年来,在暗色泥岩中发现两类与热液喷流相关的特殊类型。一类是在鄂尔多斯盆地南缘铜川地区长7油页岩中发育形态多样的碳酸盐结核,直径通常为10~120 cm。以霸王庄椭圆形钙质结核为研究对象,从结核边缘带到核部进行对比分析,得出:结核矿物组成丰富,含有热液成因的立方体状黄铁矿、滑石和文石;结核中微裂缝内部常充填晶粒状自生高温石英;从结核边缘带到内、外环带及核部,主、微量元素含量差异较明显,表现出阶段性连续生长演化的特征;微量元素中Sr、Ba含量高而贫Co、Cu,  $U/Th > 1$ ,  $Co/Ni < 1$ ;总REE含量极低,配分曲线具有Ce负异常和明显Eu正异常;铈同位素平均值0.710532接近幔源铈同位素值,钕同位素平均值为0.511141,表现为富集地幔特征,氧同位素平均值为-14.647‰,呈现强烈负偏。此外结核中还发现在深湖热液环境中生存的鳕鱼的化石碎片和鱼粪化石。均说明钙质结核形成时受到深部来源热液流体影响。

第二类是在准噶尔盆地东部火烧山地区中二叠统平地泉组的暗色泥岩中发育4层含方沸石凝灰质豆粒灰岩。其豆粒矿物组成丰富,按特征分为三类,第一类豆粒具有核心和3~7层包壳,根据核心成分划分为6种,第1种豆粒核心含有特殊“环带结构”方沸石,其余5种核心含有近圆形—他形方沸石、黄铁矿、火山玻璃、方解石及凝灰质等。方沸石环带内部成分偏酸性,外部偏碱性,反应多期次且成分有差异的流体作用特征。与近圆形及他形方沸石成分对比,具有明显低镁、富铁、高铈的特点,分析认为“环带结构”方沸石应是湖底岩浆热液喷流作用形成,他形方沸石为“热水”与“正常湖水”混合后胶体沉淀形成。由此得出第一类豆粒是在核心(方沸石、方解石或火山玻璃等)形成后,由于湖底喷流作用发生导致水动能发生变化而形成明暗相间圈层。由于热液流体成分差异,导致豆粒圈层的矿物组成不同。第二类豆粒,具有单层薄包壳,核心由凝灰质、泥晶方解石和生物碎屑组成,其形成主要受到湖底火山喷发作用的影响。第三类豆粒由近等大的方解石圆球粒构成,形成主要与生物作用有关。综合分析认为含方沸石凝灰质豆粒灰岩形成于陆内裂谷背景下强还原的咸水湖泊沉积环境,且有碱性岩浆热液活动间歇性参与,并且很可能是湖底热液喷口附近的产物。

巨型钙质结核和凝灰质豆粒灰岩的发现进一步丰富了水下热液喷流作用的研究,为湖相富有机质细粒沉积岩的研究提供新的物源信息,并为深源物质与油气耦合关系研究提供思路。本研究由国家自然科学基金(41641018)资助。

### 参考文献

**关键词** 水下热液喷流作用;钙质结核;凝灰质豆粒灰岩;“环带结构”方沸石



# 能源与矿产沉积学

## 陆相湖盆沉积储层与油气勘探



摘要 ID: 2599

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 渤中凹陷深层孔店组砂砾岩成分对储层演化的控制作用

王清斌<sup>1\*</sup>、臧春艳<sup>2</sup>、郝轶伟<sup>1</sup>、崔普媛<sup>1</sup>、郭龙龙<sup>1</sup>

1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司

2. 海油发展工程技术分公司渤海实验中心

**摘要:** 渤中凹陷西南部深层多口井钻遇巨厚孔店组砂砾岩, 厚度可超过 500m。孔店组砂砾岩储层物性呈现较大的差异性, 好储层天然气产能可达  $30 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ , 差储层明显致密化, 压裂后油气当量产能不足  $10 \text{m}^3/\text{d}$ , 储层差异演化机制是制约勘探的核心问题。为了进一步落实储层差异演化机制, 本文开展了薄片, 扫描电镜, 压实与溶蚀模拟实验。研究表明, 储层差异演化与砾石成分构成及杂基含量有着密切关联, 渤中 19-6 构造区优质储层段主要以太古界花岗岩母岩为主, 中生界火山岩所占比例低于 3%, 杂基含量低于 10%, 并且主要以高岭石为主。储层溶蚀作用强, 大量钾长石压碎后再溶蚀, 压实成因的微裂缝发育, 极大改善了孔隙连通性。渤中 19-6 构造区相对差储层段杂基含量相对较高, 多数超过 15%, 储层溶蚀作用相对弱, 尤其是颗粒压实缝不发育, 导致孔隙连通性差。渤中 26-5 构造碳酸盐岩砾石超过 30%, 高含量的碳酸盐砾石成岩早期-晚期的大量水解形成了粒间早期致密胶结, 后期多期交代, 储层表现为低孔特低渗特点, 溶蚀作用弱, 裂缝也不发育。

为了进一步落实储层的成因差异, 本文开展了压实应力物理模拟实验, 矿物溶蚀实验, 在压实物理模拟实验中, 配比了与研究区成分相近的砂砾岩, 通过压实模拟, 在 3000 米以下, 砾石接触部位出现了大量裂缝, 与岩心薄片下观察到的裂缝发育特点相似, 证实压实背景下, 杂基含量较低的净砂砾岩可以生成大量压应力裂缝, 这一点也是砂砾岩上下单元物性差异的主要原因。通过岩石应力模拟实验证实长石矿物形成裂缝能力有很大区别, 钾长石相对于斜长石在压力背景下更容易形成晶内共轭微裂缝, 并在埋藏高温条件下溶蚀, 这一点与薄片观察到的现象一致, 钾长石先破碎后溶蚀提供了大量储集空间。两类长石深层裂缝形成及溶蚀特点差异主要是由于斜长石更容易黏土矿化, 黏土矿化后的斜长石裂缝形成能力下降; 另外, 斜长石的结晶特点让其更容易发生晶格的滑动产生书斜式变形, 这一点也降低了其裂缝形成能力。三个构造区的综合对比表明, 早期杂基及碳酸盐胶结物含量直接影响了砂砾岩颗粒的接触方式, 进而控制了压实应力裂缝的产生。不同的矿物在压实应力的影响下也存在较大差异, 钾长石在深埋条件下更容易压碎形成裂缝进而再溶蚀, 上述结论对砂砾岩优质储层发育具有关键控制作用。

### 参考文献

**关键词** 渤中凹陷 砂砾岩 压应力模拟, 裂缝 溶蚀 优质储层 控制作用



摘要 ID:456

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地玛湖凹陷上二叠统砂砾岩优质储层形成机理

马永平\*、王国栋、潘树新、黄林军、张寒、郭娟娟  
中国石油勘探开发研究院西北分院

准噶尔盆地玛湖凹陷二叠系上乌尔禾组为断~拗盆地转换背景下大型浅水扇三角洲砂砾岩沉积(唐勇等, 2018), 储层整体为结构成熟度及成分成熟度低、物性差。为厘清砂砾岩优质储层形成机理, 实现规模高效勘探, 基于构造、古地貌、岩心观察等宏观研究, 结合铸体薄片、岩石物性、矿物成分等微观分析, 认为上乌尔禾组砂砾岩优质储层主控因素包括3个方面:

### 1 构造演化控制沉积背景

上乌尔禾组沉积期, 在印支运动推覆挤压作用下西部隆起持续抬升、遭受剥蚀, 提供了充足、稳定的物源供给, 且该时期沉积面积近  $1 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 巨大的盆地可容纳空间是大面积砂砾岩沉积的有效场所。

### 2 古地貌控制砂体富集

上乌尔禾组沉积期为浅水环境, 整体呈西高东低的东南倾单斜格局, 在单斜背景下发育一系列隆凹相间的微古地貌, 形成“坡带富沟”特征, 斜坡区大规模发育的小型水下古沟槽是沉积物向凹陷推进的路径及砂体富集的主要地貌单元。

### 3 体系域控制储层质量

上乌尔禾组沉积早期 ( $P_3w_1$ ) 为低位体系域, 水体最浅, 沉积物在靠近凹陷中心的平台区卸载, 发育扇三角洲前缘亚相(图 1a)。该时期水动力强、物源供给充足, 沉积物以填平补齐方式快速堆积在低洼区, 形成纵向上多期旋回叠加、厚达数十米到上百米的砂砾岩复合体(图 1b), 该储层分选差、泥质含量高、物性差, 需在精细储层预测基础上, 发掘其探勘潜力。

上乌尔禾组沉积中期 ( $P_3w_2$ ) 为湖侵体系域, 随湖侵增大, 扇三角洲平原快速后退, 斜坡区广泛发育前缘亚相(图 1a)。该期砂砾岩储集体间发育一定厚度隔层, 有较明显的顶、底板条件, 表明在震荡性湖侵条件下前缘砂砾岩与滨浅湖泥岩交互沉积(图 1b), 该类储层发育面积广、物性较好, 是规模勘探的主要目标。

上乌尔禾组沉积晚期 ( $P_3w_3$ ) 为高位体系域, 沉积了一套全区稳定发育的厚层泥岩(图 1a)。钻井显示, 上乌尔禾组三段较少钻遇储层, 仅在地层尖灭带附近的古地貌高部位沟槽内沉积了一套厚度较薄的含砾砂岩, 厚度一般在 30m 以下, 沿古沟槽呈条带状展布, 侧翼向凸起部位减薄, 顶、底面受厚层泥岩包裹, 形成泥包砂型储层(图 1b)。该储层规模小、不连片, 属相对独立的小型岩性油气藏, 但其物性好、泥质含量低, 宜作为高效勘探目标。

**参考文献** 唐勇, 徐洋, 李亚哲, 等, 2018. 玛湖凹陷大型浅水退覆式扇三角洲沉积模式及勘探意义[J]. 新疆石油地质, 39(1):16-22.

**关键词** 砂砾岩; 优质储层; 成因机理; 玛湖凹陷



摘要 ID:801

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 渤海油田明化镇组典型低弯度窄条带砂体沉积模式新认识——以蓬莱油田群为例

林国松<sup>\*1</sup>、刘英宪<sup>2</sup>、徐中波<sup>2</sup>、于登飞<sup>2</sup>、王永慧<sup>2</sup>

1. 中国海洋石油国际有限公司

2. 中海石油(中国)有限公司天津分公司

渤海油田明化镇组沉积相以常规曲流河为主。除此之外,渤海油田明化镇组还发育着另外一种重要的储集砂体,即低弯度窄条带状砂体。其长宽比高,宽度仅约200-500m,在此之前被笼统称为“窄河道砂”。该类型砂体集中发育于明下段时期,且在渤海油田各含油气区几乎均有发育。随着开发的进行,不同窄条带砂体的生产状况、注采连通性表现出较大差异,因此有必要对其沉积模式再认识。蓬莱油田群明下段曲流河垂向演化序列完整,其中L32和L22小层为典型低弯度窄条带砂,剪表性较强,因此,选此二者作为目标开展研究。

为揭示其沉积模式,综合利用古生物、岩心、壁心、测井、地震等资料,恢复了蓬莱油田群明下段古地貌、古气候、层序格架、水体环境,认为:明下段时期,研究区古地貌相对平缓,降水充沛,湖盆面积大,基准面为中长期上升半旋回,短期波动。

L22小层位于中/长期上升半旋回的顶部,基准面高,泥岩颜色以弱还原色为主,夹杂薄层灰褐色等氧化色,指示了浅湖环境为主,短期波动为滨湖环境。岩心显示:砂体以块状构造为主,砂体底部没有明显冲刷面,顶部具有灰色、浅灰色泥质-粉砂岩沉积,指示了水下河道微相,沉积方式为垂向加积。地震属性显示砂体呈窄条带状展布,能量较强,测井曲线以箱型为主,表明储层均质性较强。实践表明,砂体内部具有较强的连通性。综合分析认为:由于基准面高,湖盆面积大,沉积区以浅湖环境为主,河流入湖后砂体垂向加积,无侧向摆动,为低弯度入湖曲流河模式。

L32小层时期,基准面短期波动下降,泥岩颜色以红褐色等氧化色为主,为滨湖亚相。岩心主要发育平行层理和楔状交错层理,具有点坝的层理特征。发育底冲刷面和滑塌形成的撕扯状泥砾,表明河流的下切能力强,对点坝具有较强的切割作用。地震属性显示该砂体为低弯度窄条带状,测井曲线以钟形为主。隔夹层发育,指示了点坝内部落淤层的残留。由于末期河道强下切作用,泥质充填后形成侧向渗流屏障,钻井证实:在窄条带内,不同的点坝砂分别具有不同的油水界面,点坝间连通性较差。综合分析认为:由于沉积基准面下降,河流下切能力增强,河流深下切形成稳定的低弯度窄条带状河床。在低弯度河床的限制下,内部发育的小型河流摆动、下切,形成彼此独立的点坝,为限制性曲流河模式。

由于古地质因素的耦合作用,控制形成了不同模式的低弯度窄条带砂,这些砂体形同神异,造成了开发特征的差异,在勘探、开发过程中,应予以充分考虑。

### 参考文献

**关键词** 低弯度入湖曲流河;限制性曲流河;低弯度窄条带砂;沉积模式



摘要 ID:916

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 专题邀请报告

## 陆相湖盆水下滑坡: 地震响应、滑坡湖啸及湖啸岩

潘树新\*、刘化清、王国栋、许多年、曲永强、刘彩燕、王彦君、齐雯、杨丽莎  
中国石油勘探开发研究院西北分院

近年来的研究表明, 陆相盆地和现代湖泊都发育大规模的水下滑坡体, 滑坡及其触发的湖啸可以形成严重的湖泊地质灾害, 同时在湖泊中形成了大量湖啸岩。湖底滑坡体尤其砂质滑坡体可以在湖盆中央形成大规模、稳定分布的储层, 目前已经成为深海油气勘探与开发的和油气储量增长的新亮点。

然而, 我国学者对湖盆(湖泊)滑坡、湖啸危害及湖啸岩的研究仍然极为薄弱。本报告以松辽盆地嫩江组为例, 介绍以下三个方面的最新研究成果:

- 1、湖盆水下滑坡的地震响应及沉积特征、发育期次、形成时间以及形成过程重建等;
- 2、湖啸的数值模拟及湖啸产生、传播特征;
- 3、湖啸岩的沉积特征、分布规律和鉴别标志

### 参考文献

**关键词** 滑坡体; 陆相盆地; 块体搬运体; 深层油气藏; 松辽盆地



摘要 ID:1475

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 莱州湾凹陷河控型浅水三角洲沉积特征及其油气成藏意义

赵野\*、杨海风、杜晓峰、石文龙、王航  
中海油(中国)有限公司天津分公司

莱州湾凹陷洼陷带内新近系明化镇组下段 IV-V 油组是浅层主力成藏层系,但其沉积特征、砂体成因及其对油气成藏的控制作用有待明确。笔者结合测井、岩心、地震反射特征对砂体特征、沉积成因及连通性展开分析。研究表明:1. 研究区东部湖盆长轴方向拗陷期具有继承性宽缓河谷背景,发育河控型浅水三角洲沉积体;2. 受微古地貌坡度及河流能量变化控制不同时期河道迁移、摆动能力存在差异,按照成因及空间叠置样式差异细分为孤立型、侧叠型、堆叠型3类;3. 洼陷内侧叠型砂体具有“广覆式”连片展布特征,自东向西带状排列的顺直河道逐渐席状连片化,该类砂体与洼陷北部活动大断裂配置,有利于油气沿砂体横向远距离运聚,最终形成浅层大型连片岩性油藏。洼陷带“广覆型”砂体沉积认识突破,有望推动洼陷带内浅层岩性勘探掀起新一轮热潮。

### 参考文献

**关键词** 关键词: 莱州湾凹陷 河控型浅水三角洲 砂体成因 砂体叠置样式 岩性油藏







13. [7] WANG Jiangong, ZHANG Daowei, YI Dinghong, et al. Depositional characteristics and facies model of lacustrine carbonate rock in the upper member of lower Ganchaigou Formation in western Qaidam Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2018, 30(4): 12-13. [8] 王建功, 张道伟, 袁剑英, 等. 英西湖相碳酸盐岩储层成因与含油性分析[J]. 中国矿业大学学报, 2020b, (1): 110-120. [9] WANG Jiangong, ZHANG Daowei, YUAN Jianying, et al. Characteristics of reservoir genesis and oil & gas accumulation in lacustrine carbonate in Yingxi area of Qaidam Basin[J]. Journal of China University of Mining and Technology, 2020b, (1): 110-120. [10] 王建功, 张道伟, 石亚军, 等. 柴达木盆地西部地区渐新世下干柴沟组上段盐湖沉积特征[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2020c, 50(2): 442-453. [11] WANG Jiangong, ZHANG Daowei, SHI Yajun, et al. Salt lake depositional characteristics of upper member of lower Ganchaigou formation, western Qaidam Basin[J]. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2020c, 50(2): 442-453.

**关键词** 湖相碳酸盐岩; 微生物碳酸盐岩; 凝块石; 叠层石; 沉积构造; 咸化湖泊; 柴达木盆地



摘要 ID:1806

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 细粒碎屑岩储层基本特征及控制因素分析—以柴西茫崖地区新生代为例

张世铭<sup>\*1,2</sup>、张小军<sup>1</sup>、张婷静<sup>1,2</sup>、朱军<sup>3</sup>、郑永仙<sup>3</sup>、苟迎春<sup>1,2</sup>、王朴<sup>1,2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院西北分院
2. 中国石油天然气集团公司油藏描述重点实验室
3. 中国石油青海油田分公司勘探开发研究院

采用岩心观察描述、样品薄片鉴定、激光共聚焦孔缝扫描、X衍射成分分析及扫描电镜观察等技术,对柴达木盆地新生代湖相细粒碎屑岩储层的沉积特征、储层基本特征、成岩作用及成岩阶段进行研究,通过研究明确了茫崖地区浅层和中深层两套细粒碎屑岩优质储层的成因及控制因素。储层主要以滨浅湖滩坝的细砂岩、粉砂岩及灰泥坪的泥质粉砂岩为主,浅层碎屑岩粒度以粉砂级为主,分选中等到较好,碎屑颗粒呈次棱角状,颗粒间以点接触为主,岩性主要为灰质岩屑长石粉砂岩。纵向整体为向上水体变浅,湖盆萎缩的沉积旋回, $N_2^2$ 时期湖盆规模最小,并出现盐湖沉积(易定红等,2020)。浅部( $N_2^1-N_2^2$ ,一般深度范围为1000~3000m),岩芯颜色以灰色、灰褐色为主,浅层以滨浅湖亚相为主,局部见半深湖亚相。中深层( $N_1-E_3$ ,一般深度范围为3500~5500m),岩性主要为泥质长石岩屑粉砂岩和泥质岩屑长石粉砂岩。以滨浅湖亚相为主,主要发育灰(泥)坪微相,局部见砂质滩坝微相(石亚军等,2011)。

发育孔隙主要以残余粒间孔、粒间溶孔、粒内容孔为主,微孔主要为黏土矿物晶间孔、云母解理缝。孔隙面孔率在3~15%之间,平均面孔率在5%。储层的孔隙发育情况及物性与沉积微相紧密相关,其中滨浅湖滩坝微相水动力相对较强,碎屑颗粒的分选性好,砂体的单层厚度也较大,相对其它层位碎屑颗粒中石英含量较高,以上因素为原生粒间孔发育的基础。早期的方解石胶结物对孔隙起到支撑作用,抑制了压实,保留了残余粒间孔和未完全充填粒间溶孔;在早成岩B期生排烃过程产生的有机酸通过溶蚀形成粒间溶孔,主要发生长石、不稳定矿物和早期方解石的溶蚀;该期溶蚀作用对孔隙度的贡献较大;浅层孔隙类型以残余粒间孔和粒间溶孔为主,中深层压实作用导致残余粒间孔的比例减少,孔隙以次生溶孔为主,溶孔在孔隙中的比例由浅层的30%左右,到中深层的75%。溶孔主要由有机酸的溶蚀作用形成,纵向上的次生孔隙发育带与高有机碳含量部位重合,溶蚀作用发育的层段有机碳含量一般在0.6~1.2%之间,最高可达1.9%。浅层1700~2500m相对优质的储层孔隙组合为残余粒间孔、早期长石及不稳定矿物溶蚀孔及方解石胶结后形成的溶孔,一般溶孔在残余粒间孔基础上溶蚀扩大。中深层方解石胶结致密,孔隙组合为次生溶孔和少量残余粒间孔,溶蚀作用主要为方解石的溶解或方解石未完全充填孔隙的溶蚀扩大,次生溶孔中见白云石充填。

**参考文献** 石亚军,曹正林,张小军,等,2011.大型高原内陆咸化湖盆油气特殊成藏条件分析及勘探意义—以柴达木盆地柴西地区为例[J].石油与天然气地质,32(4):577-583,592 易定红,王建功,王鹏,等,2020.柴西茫崖地区新近纪沉积演化与有利勘探区带[J].中国矿业大学学报,49(1):137-147.

**关键词** 柴达木盆地;茫崖地区;细粒碎屑岩储层;滨浅湖滩坝



摘要 ID:1852

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地上二叠统重新认识及其勘探意义

徐洋\*, 邹志文, 李娴静

中国石油勘探开发研究院杭州地质研究院

准噶尔盆地广泛分布上二叠统, 前人根据东、西部野外露头特征命名了上二叠统地层系统名称 (陈新等, 2002; 赖世新等, 1999), 盆地西部为上乌尔禾组 (P3w), 盆地东部为梧桐沟组 (P3wt), 而在盆地南缘自下而上依次为泉子街组 (P3q)、下仓房沟群 (P3ch) (可细分为梧桐沟组 (P3wt)、锅底坑组 (P3g)), 这几套地层在时代上是可对比的, 但并未在盆地大范围内进行过统层的研究工作。

### 一、盆地上二叠统重新认识

为了对全盆地上二叠统地层的油气勘探潜力进行评价, 首先针对准噶尔盆地东、西部及南缘的上二叠统地层的划分方案进行了研究, 认为盆地内西部上乌尔禾组与东部的泉子街组、梧桐沟组和南缘露头的泉子街组、梧桐沟组、锅底坑组是同一套可统一划分对比的, 统一命名为上乌尔禾组, 主要包括以下依据:

#### 1、东部野外露头上二叠统重新划分

针对盆地东部及南缘上二叠统5条野外露头剖面实测和采样分析, 认为泉子街组相当于井下上乌尔禾组一段地层, 中部梧桐沟组相当于井下上乌尔禾组二段, 古生物孢粉分析认为锅底坑组为二叠系至三叠系的连续沉积, 其下部相当于井下二叠系上乌尔禾组三段顶部, 上部相当于三叠系韭菜园子组。

#### 2、东、西部上二叠统具有相似地层结构

盆地重点探井和井震格架剖面对比表明, 东、西部上乌尔禾组沉积旋回特征相似, 可划分为一个长期上升半旋回或是三个中期上升半旋回, 整体上为湖侵沉积序列, 均具有下部乌一、二段向凸起及盆缘超覆, 乌三段削蚀的特征, 砂体结构为下部厚层砂, 中部互层砂, 上部大套泥的三层段湖侵砂退式特征, 具有统一的地层沉积结构的, 因此东、西部上乌尔禾是可统一对比的。

### 二、油气勘探意义

上乌尔禾组是在准噶尔盆地转化为拗陷盆地后二叠系最顶部一套地层 (陈建平等, 2002), 综合认为上乌尔禾组主要发育退积型扇 (辫状河) 三角洲-湖泊沉积体系 (张春生等, 2000; 吴胜和等, 1994; 唐勇等, 2014), 包括西部、北部、东部和南部四大物源, 平面上细分为沙湾、玛南、玛东、盆北、莫东、滴西、滴南、阜东、阜北、阜南十大沉积体系, 砂砾岩广覆式分布, 下部厚层砂砾岩与上部湖泛泥岩形成良好的储盖配置关系, 受北部隆升影响, 发育大型地层超覆带, 湖泛泥岩、扇间泥岩和扇三角洲平原亚相致密砂砾岩以及大型地层超覆尖灭带形成的上倾方向遮挡条件共同构成立体封堵, 形成盆地级大型岩性-地层圈闭群 (匡立春等, 2014), 是油气重要聚集场所。

**参考文献** 1. 陈新, 卢华复, 舒良树. 准噶尔盆地构造演化分析新进展[J]. 高校地质学报, 2002, 8 (3): 257-267. Chen Xin, Lu Huafu, Shu Liangshu, 2002. Study on Tectonic Evolution of Junggar Basin [J]. Geological Journal of China Universities, 8(3): 258-266. 2. 赖世新, 黄凯, 陈景亮, 等. 准噶尔晚石炭世—二叠纪前陆盆地演化与油气聚集[J]. 新疆石油地质, 1999, 20 (4): 293-297. Lai Shixin, Huang Kai, Chen Jingliang, et al., 1999. Evolution and oil gas accumulation of late Carboniferous and Permian foreland basin in Junggar basin [J]. Xinjiang petroleum Geology, 20 (4): 293-297. 3. 陈建平, 查明. 准噶尔盆地环玛湖凹陷二叠系不整合特征及其在油气运移中的意义. 石油勘探与开发, 2002, 4 (29): 29-31. Chen Jianping, Zha Ming, 2002. Permian unconformity and its effect on petroleum migration in the circum-Mahu depression of Junggar basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 4 (29): 29-31. 4. 张春生, 刘忠保, 施冬, 等. 扇三角洲形成过程及



演变规律. 沉积学报, 2000, 18 (4) : 521-526. Zhang Chunsheng, Liu Zhongbao, Shi Dong, et al., 2000. Formed Proceeding and Evolution Disciplinarian of Fan Delta[J]. Acta sedimentologica sinica, 18(4): 521-526. 5. 吴胜和, 熊琦华, 龚姚进, 等. 陡坡型和缓坡型扇三角洲及其油气储层意义[J]. 石油学报, 1994, 15 (增刊) : 52-58 Wu Shenghe, Xiong Qihua, Gong Yaojin, et al., 1994. Steep and gentle slope-pattern fan delta and their potential as hydrocarbon reservoir[J]. Acta petrolei sinica, 15: 52-586. 唐勇, 徐洋, 瞿建华, 等. 玛湖凹陷百口泉组扇三角洲群特征及分布. 新疆石油地质[J], 2014, 35 (6) : 628-635. Tang Yong, Xu Yang, Qu Jianhua, et al., 2014. Fan-Delta group characteristics and its distribution of the Triassic Baikouquan reservoirs in Mahu sag of Junggar basin[J]. XinJiang petroleum Geology, 35(6): 628-635. 匡立春, 唐勇, 雷德文, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷斜坡区三叠系百口泉组扇控大面积岩性油藏勘探实践[J]. 中国石油勘探, 2014, 19 (6) : 14-23. Kuang Lichun, Tang Yong, Lei Dewen, et al., 2014. Exploration of fan-controlled large-area lithologic oil reservoirs of Treassic Baikouquan formation in slope zone of Mahu depression in Junggar basin[J]. China petroleum Exploration, 19(6): 14-23

**关键词** 准噶尔盆地; 上二叠统; 勘探意义



摘要 ID:1972

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地莫西庄地区三工河组二段储层微观特征研究

高悦阳<sup>\*1</sup>、许涛<sup>2</sup>、李红<sup>1</sup>

1. 西北大学

2. 中国石油大学(北京)

莫西庄地区位于准噶尔盆地腹部,区内下侏罗统三工河组是一套辫状河-曲流河三角洲背景下形成的低渗透碎屑岩储集层,储量规模已达千万吨级(曹雪娇,2016),但储层物性差、非均质性强的特征突出。目的层平均孔隙度12.02%,平均渗透率23.31md,总体属于低孔低渗储层(刘传鹏,2013)。本次研究在岩心观察的基础上,从微观岩石学特征入手,发现成岩作用改造了储层孔隙结构,是影响储层物性的主要因素。研究表明压实相近的条件下塑性岩屑和杂基含量的增加会大幅减少面孔率,削减孔隙空间,限制了胶结作用和溶蚀作用的发育,使储层物性变差。普遍发育的碳酸盐矿物胶结进一步减少储层面孔率。后续长石、岩屑、方解石的溶蚀作用改善了储层物性,储层孔隙类型中次生溶蚀孔隙含量较高,体积占比接近总孔隙体积的40%。研究表明储层物性也受沉积微相控制,优质储层砂体多分布于辫状河三角洲前缘水下分流河道中、下部,此类砂体形成于强水动力环境,粒度较粗,分选好,砂岩内泥质杂基和塑性岩屑含量低,抗压实能力强,剩余较多粒间孔隙,为后续流体活动提供了空间。

**参考文献** [1]曹雪娇. 莫西庄地区三工河组二段油藏储层特征研究[D]. 河北地质大学,2016. [2]刘传鹏. 准噶尔盆地莫西庄地区三工河组二段储层微观特征及有效储层控制因素[J]. 中国地质,2013,40(05):1515-1522.

**关键词** 莫西庄地区; 低渗透储层; 成岩作用; 储层特征



摘要 ID:3182

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 川东侏罗系自流井组东岳庙段页岩沉积模式探讨及优质储层发育机理

舒逸\*、包汉勇、陈绵琨、彭伟

中国石油化工股份有限公司江汉油田分公司勘探开发研究院

四川盆地东部复兴地区涪页 10HF 井测试产量气 5.58 万方/天, 油 17.6 方/天, 实现了自流井组东岳庙段页岩油气勘探重大突破, 展现出该领域良好的勘探潜力。不同于其他陆相页岩发育的钙质或者砂质的夹层, 东岳庙段页岩发育特殊的介壳夹层, 为进一步明确页岩沉积环境、介壳夹层分布成因机制及其对有机质富集的影响机理, 本文综合区域地质资料, 岩心观察、薄片鉴定、主微量元素测试、氩离子抛光扫描电镜、QEMSCAN、纳米 CT 等多种技术手段, 深入剖析东岳庙段页岩介壳夹层沉积模式和储层发育特征, 研究认为: 东岳庙段沉积期为低-中等风化条件下的暖湿型气候条件, 复兴地区处于深水缺氧环境, 具备较高古生产力、古盐度较低, 受陆源影响较小; 结合区域地质背景及岩心沉积构造特征综合判断介壳分布受重力流事件的影响, 表现为富介壳型湖底扇沉积模式; 同时, 东岳庙段页岩发育“多孔共生-大孔大喉-孔缝一体”的储集空间发育特征, “沉积-成岩-构造作用”联合控制了页岩优质储层发育机理, 沉积环境变化控制了纵向上页岩垂向非均质性, 深水缺氧水体有利于优质岩相的发育; 有机质热解作用和粘土矿物转化作用共同控制了侏罗系页岩优质储层孔隙的发育; 稳定宽缓的构造环境为优质页岩储层提供了良好的保存条件。研究成果为复兴地区东岳庙段页岩油气选层、选区评价提供了理论依据和技术指导。

**参考文献** [1]&nbsp;黎茂稳, 金之钧, 董明哲, 等. 陆相页岩形成演化与页岩油富集机理研究进展[J]. 石油实验地质, 2020, 42 (4) : 489-505. [2]&nbsp;胡涛, 庞雄奇, 姜福杰, 等. 陆相断陷咸化湖盆有机质差异富集因素探讨——以东濮凹陷古近系沙三段泥页岩为例[J]. 沉积学报, 2021, 39 (1) : 140-152. [3]&nbsp;邹才能, 杨智, 崔景伟, 等. 页岩油形成机制、地质特征及发展对策[J]. 石油勘探与开发, 2013, 40 (1) : 14-26. [4]&nbsp;金之钧, 王冠平, 刘光祥, 等. 中国陆相页岩油研究进展与关键科学问题[J]. 石油学报, 2021, 42 (7) : 821-835. [5]&nbsp;郭旭升, 胡东风, 李宇平, 等. 海相和湖相页岩气富集机理分析与思考: 以四川盆地龙马溪组和自流井组大安寨段为例[J]. 石油勘探与开发, 2016, 23 (2) : 18-28. [6]&nbsp;赵文智, 胡素云, 侯连华, 等. 中国陆相页岩油类型、资源潜力及与致密油的边界[J]. 石油勘探与开发, 2020, 47 (1) : 1-10. [7]&nbsp;Hu T, Pang X Q, Jiang S, et al. Oil content evaluation of lacustrine organic-rich shale with strong heterogeneity: A case study of the Middle Permian Lucaogou Formation in Jimusaer Sag, Junggar Basin, NW China [J]. Fuel, 2018, 221: 196-205. [8]&nbsp;卢龙飞, 史基安, 蔡进功, 等. 鄂尔多斯盆地西峰油田三叠系延长组浊流沉积及成因模式[J]. 地球学报, 2006, 27 (4) : 303-309. [9]&nbsp;邱振, 邹才能. 非常规油气沉积学: 内涵与展望 [J]. 沉积学报, 2020, 38 (1) : 1-29. [10]&nbsp;鹿坤, 左银辉, 梅冰, 等. 东濮凹陷古沉积环境及其对有机质丰度的影响 [J]. 地质与勘探, 2013, 49 (3) : 589-594. [11]&nbsp;付小平和杨滔. 川东北地区下侏罗统自流井组陆相页岩储层孔隙结构特征 [J]. 石油实验地质, 2021, 43 (4) : 589-598. [12]&nbsp;Loucks R G, Ruppel S C. Mississippian Barnett Shale: Lithofacies and depositional setting of a deep-water shale-gas succession in the Fort Worth Basin, Texas [J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(4): 579-601. [13]&nbsp;Clarkson C R, Solano N, Bustin R M, et al. 2013. Pore structure characterization of North American shale gas reservoirs using USANS/SANS, gas adsorption, and mercury intrusion [J]. Fuel, 103(1): 606-616. [14]&nbsp;Chalmers G R, Bustin R M, Power I M. Characterization of Gas Shale Pore Systems by Porosimetry, Pycnometry, Surface Area, and Field Emission Scanning Electron Microscopy/Transmission Electron Microscopy Image Analyses: Examples from the Barnett, Woodford, Haynesville, Marcellus, and Doig Units [J]. AAPG Bulletin, 2012, 96(6): 1099-1119. [15]&nbsp;Ehrenberg, S.N., Walderhaug, O., Bjerlykke, K., 2012. Carbonate porosity creation by mesogenetic dissolution: reality or illusion? AAPG



Bull. 96, 217–225. [16] Labani, M.M., Rezaee, R., Saeedi, A., Hinai, A.A., 2013. Evaluation of pore size spectrum of gas shale reservoirs using low pressure nitrogen adsorption, gas expansion and mercury porosimetry: a case study from the Perth and Canning Basins, Western Australia. J. Pet. Sci. Eng. 112, 7–16. [17] Loucks, R.G., Reed, R.M., Ruppel, S.C., Hammes, U., 2012. Spectrum of pore types and networks in mudrocks and a descriptive classification for matrix-related mudrock pores. AAPG Bull. 96, 1071–1098.

**关键词** 陆相页岩；东岳庙段；沉积特征；重力流沉积；优质储层



摘要 ID:2970

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 川东北营山地区须二段致密储层非均质对气藏富集的影响

王有智\*

大庆油田勘探开发研究院

成都理工大学能源学院

进入 21 世纪, 中国已进入非常规油气储量持续增长的高峰期。致密砂岩储层成为未来油气勘探的重要替代领域。致密储层一般定义为孔隙度小于 10%、渗透率小于  $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$  的砂岩。致密油气储层的孔喉结构, 一方面控制着储层的孔隙度和渗透率, 另一方面影响着油气的开采难度, 是近年来学者研究的热点。

四川盆地须家河组须二段广泛发育致密气藏, 由于储层非均质性较强, 导致气水关系复杂, 开发效果较差。应用铸体薄片、氩离子抛光扫描电镜技术方法, 对营山地区须二段储层特征进行系统分析, 结合 X 射线衍射、稳定碳氧同位素和微量元素等测试资料, 分析了致密储层非均质性的形成机理, 论述了气藏富集与致密储层发育的匹配关系。研究结果表明营山地区须二段储层以长石石英砂岩、岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩为主。储集空间类型主要为粒间孔、粒内容孔, 平均孔隙度 9.47%、平均渗透率  $0.1410^{-3} \mu\text{m}^2$ , 属低孔低渗的孔隙型储层。研究区经历了较为强烈的机械压实作用, 严重破坏了储层的原生孔隙, 平均减幅 14.38%, 是导致须二段储层整体致密化的最主要原因。而须二段垂向上物性变化与方解石的交代和胶结作用关系密切。致密层通常出现在厚层砂体的中部, 厚度为 2~4m, 横向上具有一定的分布范围。方解石的胶结物和交代物主要形成中晚白垩纪, 此时的地层温度为  $120 \sim 140^\circ\text{C}$ , 烃源岩处于生烃高峰期。由于营山地区须一段烃源岩中含有较高的碳酸盐矿物组分, 其排出的富有机酸流体可携带较多的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$  离子进入富含长石等碱性矿物的砂岩中, 形成了有利于方解石胶结物和交代物沉淀的环境, 导致方解石沉淀形成致密隔层。中-晚白垩世油气大规模充注, 受致密层的封堵作用, 使得气藏在局部孔隙条件优越的储层形成有利甜点区。

**参考文献** [1]ZOU Gaineng, ZHU Rukai, LIU Keyu, et al. Tight gas sandstone reservoirs in China: characteristics and recognition criteria[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2012, 82/89: 82-91. [2]JIA Chengzao, ZHENG Min, ZHANG Yongfeng. Unconventional hydrocarbon resources in China and the prospect of exploration and development[J]. Petroleum Exploration and Development, 2012, 39(2):129-136. [3]LOUCKS R G, REED R M, RUPPEL S C, et al. Morphology, genesis, and distribution of nanometer-scale pores in siliceous mudstones of the Mississippian Barnett shale[J]. Journal of Sedimentary Research, 2009, 79(12): 848-861. [4]HIFFS K E, ZWINGMANN H, REYES A G, et al. Diagenesis porosity evolution, and petroleum emplacement in tight gas reservoirs, Taranaki Basin, New Zealand[J]. Journal of Sedimentary Research, 2007, 77(12): 1003-1025.

**关键词** 致密砂岩; 孔喉; 孔隙结构; 营山地区; 四川盆地





摘要 ID:2991

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 饶阳凹陷杨武寨构造带古近系深层沉积储层特征研究

王海燕、赵旭\*、张丽、周妍、刘辰、唐宏  
华北油田分公司

我国东部陆相含油气盆地中浅层已进入中高成熟阶段,中深层已成为油气“增储上产”的重要勘探领域。杨武寨构造带位于饶阳凹陷南部,历经30年的多轮次滚动开发后,中浅层储量占比76%,勘探程度整体较高。随着勘探理念的转变,勘探目标由中浅层逐渐向深层沙三中下转移。传统认为深层储层普遍致密,不易发育效益富集油藏,且深层存在沉积体系发育类型不确定、储层成岩机理及储集空间特征不明确等诸多难点,制约了深层勘探。本次通过岩心观察、薄片鉴定、测井分析、地震相特征识别、沉积模式演化等方法,开展沉积体系类型、成岩演化特征、储层发育机理等方面的研究,重新评价深层沉积储层,形成了“相带-成岩-早充注”三元控储机制,有效指导了深层效益勘探。

研究表明,杨武寨构造带沙三下段为富砂型湖底扇沉积,可细分为三角洲前缘远端带、深水重力流水道、远端朵叶等微相。其中深水重力流水道砂体发育较为纯净的碎屑流块状中-细砂岩,在岩心中见到多期块状砂岩,沉积砂体厚度较大,纵向叠置发育。砂岩中常见泥砾或泥岩撕裂屑,砂岩分选好、粒度粗,杂基含量少,抗压实能力强,具有典型的砂质碎屑流沉积特征。

深层储层成岩作用多样,储集空间类型以次生孔隙为主,发育部分混合孔隙和原生孔隙。沙三下段深湖相泥岩、油页岩、灰质页岩中有机质成熟,排烃产生的大量有机酸,就近造成长石、岩屑等矿物溶蚀,易形成次生孔隙发育带。深层油气主要有两期充注,早期油气充注的时间早于晚期碳酸盐胶结形成,油气充注占据孔隙空间,抑制晚期胶结作用形成,对已形成的储集空间形成良好保存。

有利的沉积条件是储层良好物性的发育基础,近源溶蚀作用强促使次生孔隙发育带形成,油气充注有利于储层物性保存,上述控制因素的耦合关系控制着有效储层的发育及储层储集空间类型、分布组合、演化特征。以上研究有效指导了勘探生产,杨武寨中央背斜带强104X井在沙三下亚段四千米井深获高产油流,证实了深层发育规模的有效储层,具有巨大的勘探潜力,预测4200m以深仍然存在次生高孔隙发育带,拓展了有效勘探深度。该成果获中国石油油气勘探重大发现二等奖。对于渤海湾盆地冀中富油凹陷古近系中深层碎屑岩储层油气勘探和增产上储都具有非常重要的理论和实际意义。

**参考文献** [1]宫秀梅,金之钧,曾溅辉,等.渤南洼陷深层油气成藏特征及主控因素[J].石油与天然气地质,2005,26(4):473-479.[2]董立全.川西南部地区须二气藏储层物性下限研究[D].成都理工大学,2005.[3]王艳忠,操应长.车镇凹陷古近系深层碎屑岩有效储层物性下限及控制因素[J].沉积学报,2010,28(4):752-761

**关键词** 湖底扇;沉积体系;储层发育机理;深层;饶阳凹陷



摘要 ID:1075

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 它源岩性油气藏勘探理论技术创新与准噶尔盆地腹部高效油气田发现

吴涛<sup>1</sup>、唐勇<sup>2</sup>、费李莹<sup>1</sup>、苏昶<sup>1</sup>、李啸<sup>1</sup>

1. 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院

2. 中国石油新疆油田公司

准噶尔盆地是最重要的含油气盆地之一,其中腹部地区埋藏浅、物性好,可当年探明、当年开发,是盆地寻找高效油气藏的主战场。按照“梁聚论”构造找油的勘探思路,发现了以陆梁油田为代表的高效油气藏群,建成了我国西部第一个千万吨大油田。然而,2000年之后,以构造油气藏为主的勘探方向亟需重大转移,它源岩性油气藏勘探领域成为重要的战略接替领域。然而,国内外岩性油气藏勘探主要集中在近源和源内,在凸起带翼部和凹陷内的勘探无先例可循,面临砂体成因类型不清、成藏控制因素不明、储层识别技术处于空白的三大难题。为此,新疆油田开展多学科、产学研联合攻关,创立了它源岩性油气藏勘探理论技术体系,腹部地区发现了多个高效岩性油气田,为实现准噶尔盆地增储上产奠定了坚实资源基础。

一、突破传统梁聚论找油思路,建立古地貌控砂控圈远源缓坡型成藏模式,指导发现石南高效油田。沉积物源、古地貌、基准面升降变化与沉积作用之间相互耦合,古凸起、古沟谷和古坡折带控制沉积体系与砂体分布。划分出分割水系型、沟谷引导型和阻流改道型砂体成因构成和叠置样式,形成三类典型岩性圈闭地质模式。根据晚白垩世之后存在南北向油气运移路径,建立了缓坡岩性成藏模式,指导发现了石南21井区、石南31井区高效油藏。二、突破凹陷区岩性油气藏勘探禁区,构建源上湖盆砂质碎屑流岩性气藏模式,指导发现前哨高效气田。盆1井西凹陷及周缘发育两期坡折、五大沟槽区,在第二期坡折之下首次发现砂质碎屑流砂体,建立凹陷区砂质碎屑流沉积模式与圈闭成因模式。受致密带组合遮挡、深浅断裂接力输导、跨层垂向运移、储盖相互配置等因素控制,油气在砂质碎屑流砂体内聚集并规模成藏。风险勘探、常规预探与老井复试相结合,在盆1井西凹陷东环带发现了前哨高效气田。三、攻克厚沙漠区地震采集处理技术瓶颈,形成缓坡薄砂体圈闭识别与预测技术系列,为高效勘探和效益建产提供技术支撑。研发高密度宽方位地震采集处理、层序地层格架约束的有效性圈闭识别、缓坡型薄砂层综合预测技术,预探井成功率达71%,储层预测符合率达91%。单井产量高、开发实验效果显著。

2003年以来,新增三级石油地质储量1.89亿吨,天然气地质储量266亿方。腹部地区是新疆油田两千万吨大油气田建设的重要石油基地,盆1井西凹陷成为盆地最现实的天然气增储建产领域。研究成果开辟了石油天然气地质学研究新领域,为资源潜力巨大的凹陷区勘探提供了理论指导与技术支撑。

**参考文献** 1.潘建国,谭开俊,杨志东,等.准噶尔盆地侏罗系岩性油气藏成藏条件及控制因素[J].石油地质与工程,2007,(1):1-4.2.曹剑,胡文瑄,姚素平,等.准噶尔盆地油气运移基本方式与机理探讨[J].地学前缘,2007,(4):143-150.3.陶国亮,胡文瑄,曹剑,等.准噶尔盆地腹部侏罗系原油勘探前景探讨[J].地质论评,2008,(4):477-484.4.麻伟娇,卫延召,李霞,等.准噶尔盆地腹部中浅层远源,次生油气藏成藏过程及主控因素[J].北京大学学报(自然科学版),2018,54(6):1195-1204.5.唐勇,孔玉华,盛建红,等.准噶尔盆地腹部缓坡型岩性地层油气藏成藏控制因素分析[J].沉积学报,2009,27(3):567-572.6.瞿建华,吴涛,费李莹,等.准噶尔盆地石南地区清水河组油气成藏条件[J].新疆石油地质,2017,38(6):658-664.7.况军,斯春松,唐勇,等.准噶尔盆地腹部侏罗系砂体成因类型与储集性能[J].新疆石油地质,2005,(2):145-147.8.厚刚福,瞿建华,朱峰,等.古地貌对沉积体系和沉积微相的控制作用分析[J].中国矿业大学学报,2018,47(5):1038-1045.9.厚刚福,曾德龙,牛志杰,等.准噶尔盆地砂质碎屑流砂体新发现及其油气勘探意义[J].天然气工业,2020,40(11):41-49.

**关键词** 它源;古地貌;油气藏;砂质碎屑流;准噶尔盆地



摘要 ID:1685

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 柴达木盆地阿尔金山前西段古近系沉积体系与勘探类型

孙秀建\*、王建功、郭佳佳  
中国石油勘探开发研究院西北分院

柴达木盆地阿尔金山前西段整体属于持续发育的盆缘古斜坡区, 由山前到盆内地形逐渐变陡, 形成陡坡型沉积体系, 连片发育规模扇三角洲-湖泊沉积; 前期研究中对该区沉积储层展布规律认识不足, 制约了勘探部署。近期通过井震一体开展古地貌恢复、沉积相与砂体展布研究, 在该区古近系  $E_3^2$  发现受同沉积断层控制形成断坡扇及扇三角洲前积体等岩性体, 与古近系  $E_3^2$  湖相优质源岩直接接触, 源储配置关系良好, 具备形成规模岩性油藏的勘探潜力。研究表明受物源和古地形控制, 阿尔金山前西段古近系  $E_3^2$  发育陡坡型沉积体系, 发育多类型扇体、相带变化快, 表现为碎屑岩与湖相碳酸盐岩混积特征, 具有以下几个特点: ①钻井揭示, 阿尔金山前西段古近系  $E_3^2$  地层自下而上发育三套沉积旋回(图 1-3),  $E_3^2$  沉积早期(低位域)、中期(水进域)差异沉降幅度大, 湖盆面积逐渐增大、水体变深, 陆源碎屑相带窄, 受同沉积断层和古地貌背景控制发育断坡扇、浊积扇等重力流沉积; 晚期(高位域)湖盆萎缩、水体变浅、物源供给充足, 大面积发育陆源碎屑前积体。②阿尔金山前西段古近系  $E_3^2$  自山前向盆内具有“三段式”沉积特征: 第一段位于山前古隆起区, 发育冲积扇-扇三角洲平原粗碎屑沉积, 储层岩性以含砾砂岩、含泥砂质砾岩为主, 分选差, 方解石胶结; 储集空间主要为微裂缝; 孔隙度 2.03-4.08%, 渗透率 0.04-0.69mD, 总体较为致密; 第二段位于盆缘古斜坡区, 发育扇三角洲前缘、断坡扇以及少量碳酸盐岩沉积, 表现为混积特征, 碎屑岩储层岩性以中、粗砂岩为主, 储集空间主要为粒间孔、溶蚀孔, 孔隙度 3-15%, 渗透率 0.5-50mD, 储层物性较好; 第三段位于盆内凹陷区, 滨浅湖-半深湖碳酸盐岩沉积, 储层岩性以湖相碳酸盐岩为主, 夹薄层中-细砂岩, 储集空间主要为构造缝、层理缝和微裂缝发育, 砂岩发育残余粒间孔, 碳酸盐岩晶间孔发育, 孔隙度 3-10.8%, 渗透率平均 0.44mD。受沉积相带控制, 阿尔金山前西段古近系  $E_3^2$  碎屑岩从山前至盆内表现为“差-好-差”的展布特征, 物性较好的扇三角洲前缘储层发育在干柴沟-咸水泉-红沟子地区, 分布面积 197km<sup>2</sup>。③阿尔金山前西段古近系  $E_3^2$  三套沉积旋回形成断坡扇和扇三角洲前缘两类岩性圈闭: 第一类为低位域/水进域断坡扇岩性体, 古近系  $E_3^2$  沉积早期受近东西向同断层活动影响, 山前带形成断裂破折带, 发育断坡扇(浊积扇)岩性体。第二类为高位域扇三角洲前缘, 该高位域沉积期扇三角洲以进积沉积为主, 大面积发育前缘相带前积体。综上所述, 分析认为阿尔金山前西段古近系具有形成规模岩性油藏的良好条件, 破折带控制下形成的断坡扇以及扇三角洲前缘前积体, 是重要的勘探新类型。

**参考文献** [1]王建功, 张道伟, 易定红, 等. 柴西地区下干柴沟组上段湖相碳酸盐岩沉积特征及相模式[J]. 岩性油气藏, 2018, 30(4):12-13. [2]宗贻平, 付锁堂, 张道伟, 等. 柴西南区岩性油藏勘探思路及方法[J]. 新疆石油地质, 2010, 31(5): 460-462. [3]付锁堂. 柴达木盆地西部油气成藏主控因素与有利勘探方向[J]. 沉积学报, 2010, 28(2):373-379. [4]胡德胜, 范彩伟, 朱红涛, 等. 涸西南凹陷流一段高位体系域湖底扇沉积特征及勘探意义[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(05): 23-31.

**关键词** 阿尔金山前西段; 古近系; 沉积旋回; 断坡扇; 前积体



摘要 ID:3113

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 低压气藏储层伤害研究及意义 -以鄂尔多斯盆地石千峰组千5段为例

康锐\*

长庆油田勘探开发研究院

世界上已发现油气田的压力系数多为 0.9~1.5, 为正常到超压状态, 异常低压或超低压气藏所占比例接近 15.7%, 中国大气田气藏总体上以常压气藏为主, 其储量占大气田总储量的 57.1%; 其次是低压气藏, 虽气田个数少, 但储量大, 占大气田总储量的 21%。鄂尔多斯盆地东部地区千5段气藏埋深为 1200—2000m, 气藏压力为 6—21MPa, 压力系数普遍低于 0.5, 根据压力系数标准划分为典型的超低压气藏。通过分析鄂尔多斯盆地东部地区千5段岩心资料、岩石薄片、铸体薄片、压汞资料、扫描电镜等储层基础资料, 并与该区主力产层盒8段、山2段对比显示千5段储层岩性复杂, 包含有岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩、长石砂岩等多种类型; 孔喉匹配相对较差, 压汞曲线表明排驱压力较低, 在天然气成藏的初期更易成藏, 在其他参数基本一致的情况下, 明显退汞效率较低; 其黏土矿物相对含量并不比其他层位低, 伊利石、伊蒙混层含量也较高, 含有容易发生储层敏感性的矿物。鄂尔多斯盆地以往的上古生界储层敏感性评价一直未考虑压力的影响因素, 而超低压气藏的储层存在敏感性隐患时, 不考虑压力的影响显然是不符合地层实际情况的, 笔者由此设计了相应的实验, 实验结果显示同一储层样品在低压状态下, 更易发生储层伤害。建议这类超低压储层, 在钻探和试气施工过程中, 更应加强气层保护, 减少气层污染, 有利于提高其单井产量。

**参考文献** 王飞雁, 魏新善, 王怀厂, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界压力分布特征及其压力降低原因分析[J]. 低渗透油气田, 2004, 15(4): 10-14. 闫小雄, 胡喜峰, 黄建松, 等. 鄂尔多斯盆地东部石千峰组浅层气藏成藏机理探讨[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(6): 736-740. 武文慧. 鄂尔多斯盆地上古生界储层砂岩特征及成岩作用研究[D]. 成都: 成都理工大学, 2010. [19]高辉, 王雅楠, 樊志强, 等. 鄂尔多斯盆地神木气田山2段砂岩成岩相定量划分及其特征差异[J]. 天然气地球科学 2015, 26(6): 1057-1067. 于忠平, 贾亚妮, 姬红, 等. 鄂尔多斯盆地东部上古生界碎屑岩储层特征[J]. 天然气工业, 2002, 22(6): 27-30. 杨光. 临兴区块石炭二叠纪煤系流体压力系统及其沉积层序控制[D]. 中国矿业大学, 2016. 杨华, 刘新社, 闫小雄. 鄂尔多斯盆地晚古生代以来构造-沉积演化与致密砂岩气成藏[J]. 地学前缘, 2015, v. 22; No. 113(03): 174-183. 冯乔, 耿安松, 徐小蓉, 等. 鄂尔多斯盆地上古生界低压气藏成因[J]. 石油学报, 2007, (01): 33-37. 杨华, 姬红, 李振宏, 等. 鄂尔多斯盆地东部上古生界石千峰组低压气藏特征[J]. 地球科学, 2004, (04): 413-419. 刘清华, 吴亚红, 赵仁保. 特低渗储层敏感性实验研究[J]. 大庆石油地质与开发, 2009, 28(4): 76-79. 段春节, 魏旭光, 李小冬, 等. 深层高压低渗透砂岩油藏储层敏感性研究[J]. 地质科技情报, 2013, 32(3): 94-99. 吴胜和, 熊琦华. 油气储层地质学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1998: 122-168. Jinghong Hu, Hong Liu, Dan Wu, et al. Acidizing flowback optimization for tight sandstone gas reservoir[J]. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2015, 24: 311-316. &nbsp;&nbsp;&nbsp;蒋官澄, 王乐, 张朔, 等. 低渗特低渗油藏钻井液储层保护技术[J]. 特种油气藏, 2014, 21(1): 113-117. 彭春耀, 樊洪海, 冯文强, 等. 抗高温强抑制性钻井液体系的研究与应用[J]. 钻井液与完井液, 2012, 29(6): 31-34. 鄢捷年, 彭春耀, 蒋官澄, 等. 油气层保护技术在塔里木大宛齐地区的应用[J]. 天然气工业, 2003, 23(2): 34-36.

**关键词** 鄂尔多斯盆地; 低压气藏; 石千峰组; 储层保护



摘要 ID: 3284

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 库车坳陷深层-超深层规模优质储层特征及控制因素

史超群\*、姜洪、蒋俊、杨果、张星、吕惠贤、周思宇

塔里木油田勘探开发研究院

塔里木盆地库车坳陷发育两套规模优质储层侏罗系阿合组和白垩系巴什基奇克组, 产区分布对于北部构造带和克拉苏构造带。二者石油地质条件相近, 储层特征差异甚大: 前者形成于辫状河、辫状河三角洲平原, 中粗粒, 淘洗不充分, 非均质性强、旋回性强, 储层致密, 微孔隙发育; 后者形成于辫状河三角洲前缘, 中细粒, 淘洗充分, 非均质性弱, 裂缝发育, 8000m 以深仍然发育规模优质储层。对比分析两套规模储层特征, 认为控制储层的主要因素有 3 点: ①构造作用及构造应力分布控制储层物质来源、成岩过程从而影响储层物性; ②沉积作用及沉积环境控制储层的物质组成, 并影响成岩环境; ③成岩改造过程受控于构造、沉积、围岩、温压等多因素。

**参考文献** [1]唐雁刚, 杨宪彰, 谢会文, 徐振平, 魏红兴, 谢亚妮. 塔里木盆地库车坳陷侏罗系阿合组致密气藏特征与勘探潜力[J]. 中国石油勘探, 2021, 26(04): 113-124. [2]伍劲, 刘占国, 朱超, 宫清顺, 夏志远, 宋光永, 王波. 库车坳陷依奇克里克地区中一下侏罗统深层砂岩储层特征及其物性主控因素[J]. 中国石油勘探, 2020, 25(06): 58-67. [3]史超群, 许安明, 魏红兴, 胡春雷, 张星, 张文, 莫涛, 张慧芳, 周露, 史玲玲, 朱文慧, 陈维力. 构造挤压对碎屑岩储层破坏程度的定量表征——以库车坳陷依奇克里克构造带侏罗系阿合组为例[J]. 石油学报, 2020, 41(02): 205-215. [4]史超群, 李勇, 袁文芳, 蒋俊, 谢亚妮, 张荣虎, 周思宇, 姜洪, 王佐涛, 张慧芳, 陈常超, 王振鸿. 致密砂岩储层构型特征及评价——以库车前陆盆地迪北地区侏罗系阿合组为例[J]. 中国矿业大学学报, 2021, 50(05): 877-892. DOI: 10.13247/j.cnki.jcmt.001273. [5]李国欣, 易士威, 林世国, 高阳, 李明鹏, 李德江, 王昌勇. 塔里木盆地库车坳陷东部地区下侏罗统储层特征及其主控因素[J]. 天然气地球科学, 2018, 29(10): 1506-1517. [6]张立强, 严一鸣, 罗晓容, 王振彪, 张海祖. 库车坳陷依奇克里克地区下侏罗统阿合组致密砂岩储层的成岩差异性特征研究[J]. 地学前缘, 2018, 25(02): 170-178. DOI: 10.13745/j.esf.yx.2017-6-1. [7]王华超, 韩登林, 欧阳传湘, 周嘉义, 王倩倩, 马力. 库车坳陷北部阿合组致密砂岩储层特征及主控因素[J]. 岩性油气藏, 2019, 31(02): 115-123. [8]张荣虎, 杨海军, 魏红兴, 余朝丰, 杨钊, 伍劲. 塔里木盆地库车坳陷北部构造带中东段中下侏罗统砂体特征及油气勘探意义[J]. 天然气地球科学, 2019, 30(09): 1243-1252. [9]王朋, 孙灵辉, 王核, 李自安. 库车坳陷下侏罗统阿合组致密砂岩储层孔隙微观结构特征及其对致密气富集的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(02): 295-304. [10]王清华, 张荣虎, 杨宪彰, 余朝丰, 徐振平, 周露, 王珂, 张亮. 库车坳陷东部迪北地区侏罗系阿合组致密砂岩气勘探重大突破及地质意义[J]. 石油学报, 2022, 43(08): 1049-1064. [11]王珂, 张荣虎, 唐永, 余朝丰, 杨钊, 唐雁刚, 周露. 库车坳陷北部构造带侏罗系阿合组构造成岩作用与储层预测[J]. 石油学报, 2022, 43(07): 925-940. [12]王珂, 张荣虎, 王俊鹏, 余朝丰, 杨钊, 唐雁刚. 塔里木盆地库车坳陷侏罗系阿合组与白垩系巴什基奇克组储层特征对比与勘探开发启示[J]. 天然气地球科学, 2022, 33(04): 556-571. [13]李明强, 张立强, 李政宏, 张亮, 毛礼鑫, 徐小童. 塔里木盆地地下侏罗统阿合组下砂砾岩段致密砂岩成岩相划分及测井识别——以库车坳陷依奇克里克地区为例[J]. 天然气地球科学, 2021, 32(10): 1559-1570. [14]冯佳睿, 高志勇, 张宇航, 李晓红, 周鹏, 尚江伟, 李晨晨. 库车坳陷大北克深井区白垩系储层含盐特征与分布规律[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2022, 52(01): 38-54. DOI: 10.13278/j.cnki.jjuese.20210002. [15]史超群, 王佐涛, 朱文慧, 蒋俊, 张慧芳, 周思宇, 姜洪, 左小军, 李刚, 王振鸿. 塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带大北地区超深储层裂缝特征及其对储层控制作用[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(12): 1687-1699. [16]史超群, 张慧芳, 周思宇, 王佐涛, 蒋俊, 章学岐, 左小军, 姜洪, 王振鸿, 陈常超. 塔里木盆地库车坳陷克拉苏构造带—秋里塔格构造带白垩系巴什基奇克组深层、高产储层特征及控制因素[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(08): 1126-1138. [17]施辉, 罗晓容, 王宗秀, 冯兴强, 吴林, 张浩. 库车坳陷克深地区超深层致密砂岩储层裂缝非均一性发育机理[J]. 地质论评, 2020, 66(S1): 109-111. DOI: 10.16509/j.georeview.2020.s1.042. [18]田军, 杨海军, 吴超, 莫涛, 朱文慧, 史玲玲. 博孜 9 井的发现与塔里木盆地超深层天然气勘探潜力[J]. 天然气工业, 2020, 40(01): 11-19. [19]魏国齐, 王俊鹏, 曾联波, 唐永亮, 王珂, 刘甜甜, 杨钰. 克拉苏构造带盐下超深层储层的构造改造作用与油气勘探新发现[J]. 天然气工业, 2020, 40(01): 20-30. [20]曾庆鲁, 莫涛, 赵继龙, 唐永亮, 张荣虎, 夏



九峰, 胡春雷, 史玲玲. 7000 m 以深优质砂岩储层的特征、成因机制及油气勘探意义——以库车坳陷下白垩统巴什基奇克组为例[J]. 天然气工业, 2020, 40(01): 38-47. [21] 曹茜, 樊太亮, 曹勇, 公言杰. 致密砂岩储集空间特征及其对含气性的影响——以塔里木盆地库车坳陷克深井区巴什基奇克组为例[J]. 东北石油大学学报, 2019, 43(02): 49-58+124+8. [22] 高志勇, 王晓琦, 李建明, 崔京钢, 金旭, 周川闽, 冯佳睿, 石雨昕. 库车坳陷克拉苏构造带白垩系储层孔喉组合类型定量表征与展布[J]. 石油学报, 2018, 39(06): 645-659. [23] 孙海涛, 钟大康, 李勇, 毛亚昆, 杨宪彰. 超深低孔特低渗砂岩储层的孔隙成因及控制因素——以库车坳陷克深地区巴什基奇克组为例[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2018, 48(03): 693-704. &nbsp;&nbsp;&nbsp;DOI: 10. 13278/j. cnki. jjuese. 20170176. [24] 潘荣, 朱筱敏, 谈明轩, 张剑锋, 李勇, 邸宏利. 库车坳陷克拉苏冲断带深部巴什基奇克组致密储层孔隙演化定量研究[J]. 地学前缘, 2018, 25(02): 159-169. DOI: 10. 13745/j. esf. yx. 2017-6-6. [25] 刘春, 张荣虎, 张惠良, 黄伟, 莫涛, 周露. 致密砂岩储层微孔隙成因类型及地质意义——以库车前陆冲断带超深层储层为例[J]. 石油学报, 2017, 38(02): 150-159. [26] 高志勇, 冯佳睿, 崔京钢, 王晓琦, 周川闽, 石雨昕. 深层储集层长石溶蚀增孔的物理模拟与定量计算[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(03): 359-369.

**关键词** 沉积环境; 储层特征; 裂缝-孔隙型; 致密储层; 储层控制因素; 库车坳陷



摘要 ID:2130

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地玛湖凹陷三叠系百口泉组砂砾岩“三因素”控储作用研究

郭华军\*

中石油杭州地质研究院

在储层基本特征及沉积相研究的基础上, 本次研究明确了前缘相带、宽缓平台和母岩成分是控制有效储层分布的三大关键因素。

### 1、扇三角洲前缘相带是优质储层发育的基础

沉积相类型及平面展布对百口泉组储层质量具有明显的控制作用。通过统计不同沉积微相砂体的孔-渗关系发现, 扇三角洲水下前缘相带物性明显好于水上平原相带, 其中水下近岸河道与河口坝物性最好, 其次为前缘平原过渡带的远岸河道, 而平原辫状河道和泥石流的物性最差。

实际上不同微相储层之间的差异性主要是由泥质含量高低造成的。根据泥质含量高低, 可以把储层划分为贫泥(泥质<5%)砂砾岩、含泥(泥质5~8%)砂砾岩和富泥(泥质>8%)砂砾岩。其中贫泥砂砾岩主要为牵引流成因, 含泥砂砾岩主要为受改造的重力流成因, 富泥的砂砾岩主要为重力流成因。从泥质与渗透率交会图, 可以看到贫泥砂砾岩渗透率比含泥砂砾岩高出了20倍, 储层物性最好, 富泥砂砾岩渗透率基本<0.8mD, 渗透性最差。

### 2、宽缓平台控制牵引流最有利储集砂体的发育

百口泉组沉积环境为扇三角洲, 扇三角洲具有沉积坡度较陡、沉积物快速堆积、重力流成因砂体大量发育等特点。根据地形坡度, 可以将研究区古地形划分为相对陡坡(>2°)和相对缓坡(<2°); 根据微古地貌特征, 又可以在陡坡、缓坡基础上进一步识别出坡折、沟槽、平台三种微古地貌单元。研究认为, 古地形坡度和微古地貌单元对优质储层的形成具有重要的控制作用, 相对陡坡地形条件下易形成重力流沉积砂体, 相对缓坡地形条件下的宽缓平台区易形成牵引流沉积砂体。牵引流成因砂体多见粒序层理、分选较好、泥质含量低。

### 3、母岩成分影响抗压实性能以及溶蚀孔隙发育程度

母岩成分中石英、花岗岩屑为较刚性成分, 其含量对储层的抗压实性能有重要影响。研究区不同物源区母岩成分不同, 其中玛西斜坡区、玛南斜坡区储层石英、花岗岩屑含量最高, 其抗压实性最好, 玛东次之, 而玛北凝灰岩岩屑含量最高, 储层抗压实性能相对较差。另一方面, 玛西斜坡区和玛南斜坡区由于易溶组分(长石及花岗岩岩屑)含量高, 溶蚀孔隙相对发育, 而玛北斜坡区长石和花岗岩岩屑含量较低, 溶蚀孔隙相对较少。

通过对研究区百口泉组砂砾岩控储作用研究, 明确了玛湖凹陷三叠系百口泉组下一步勘探方向, 也增强了深部砂砾岩油气勘探的信心。

### 参考文献

**关键词** 玛湖凹陷; 百口泉组; 砂砾岩; 控储作用



摘要 ID:2326

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地三叠系延长组下组合 高精度层序地层分析及石油勘探意义

王子野<sup>1</sup>、袁选俊<sup>\*1,2</sup>、邓秀芹<sup>3</sup>、毛治国<sup>1,2</sup>、崔景伟<sup>1,2</sup>、邵晓州<sup>3</sup>、刘广林<sup>3</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院

2. 中国石油天然气集团公司油气储层重点实验室

3. 中国石油长庆油田分公司

三叠系延长组是鄂尔多斯盆地主要含油层系(李德生, 2004; 胡文瑞等, 2010)。目前石油勘探主要集中在长8及以上的中上组合, 下组合长9-长10勘探程度低, 资源探明率低于10%。近年来, 下组合作为盆地石油勘探重要接替层系, 不断获得新发现。如姬塬地区长9已有工业油流井达百余口, 建成超百万吨产能; 陕北地区长101也发现高产油流, 展现出下组合较大勘探潜力。下组合为湖盆发育初始扩张阶段形成的一套河流-湖泊相碎屑岩沉积, 长9为盆地首次规模湖侵, 一定范围内发育深湖相泥页岩, 形成了延长组第一套生油岩系(喻建等, 2010; 邓秀芹等, 2011; 付金华等, 2012; 姚泾利等, 2018)。为明确下组合湖盆发育范围、烃源岩分布, 本文综合测井、录井、岩心、露头、地化等资料, 结合层序地层学和测井地质学, 识别不同级别层序界面测井响应; 同时应用INPEFA技术分析重点井, 以提高层序划分准确性和精度, 建立适用于延长组下组合的高精度层序地层划分方案(Djin et al., 2005; Hu et al., 2021)。延长组下组合识别出2个较大规模层序界面, 分别对应纸坊组与延长组分界面和长10与长9分界面, 长10对应延长组第一个三级层序, 包括3个四级层序, 长9对应第二个三级层序的下部, 即该长期旋回的上升半旋回。在此基础上对盆地近200口井进行精细地层对比, 发现长10主要为河流、三角洲沉积, 湖泊面积小且为滨浅湖, 分布在庆城-合水-富县-黄龙附近, 岩性粗以砂岩、泥质砂岩为主; 长9主要为三角洲、湖泊沉积, 湖泊面积明显扩大, 长9顶部暗色泥岩分布广泛, 在盆地东北米脂、西北盐池、西南平凉、东南合阳附近均有发育, 深湖-半深湖主要分布在吴起-志丹-富县-宜川一带。

针对鄂尔多斯盆地三叠系延长组下组合的高精度层序地层分析, 一方面建立了盆地延长组下组合等时的精细地层对比格架, 为下组合沉积体系研究、有利储集相带及勘探区带优选提供了基础; 另一方面, 对长9湖岸线位置、深湖区大小、泥页岩厚度及分布的新认识, 首次明确了下组合页岩油勘探的潜力, 开拓了盆地石油勘探的一个新领域。

**参考文献** 邓秀芹, 付金华, 姚泾利, 等. 鄂尔多斯盆地中及上三叠统延长组沉积相与油气勘探的突破[J]. 古地理学报, 2011, 13(4): 443-455. 付金华, 李士祥, 刘显阳, 等. 鄂尔多斯盆地上三叠统延长组长9油层组沉积相及其演化[J]. 古地理学报, 2012, 14(3): 269-284. 胡文瑞, 翟光明. 鄂尔多斯盆地油气勘探开发的实践与可持续发展[J]. 中国工程科学, 2010, 12(5): 64-72. 李德生. 重新认识鄂尔多斯盆地油气地质学[J]. 石油勘探与开发, 2004, 3(6): 1-7. 姚泾利, 赵彦德, 刘广林, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系长9段多源成藏模式[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(3): 373-384. 喻建, 杨亚娟, 杜金良. 鄂尔多斯盆地晚三叠世延长组湖侵期沉积特征[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(2): 181-187. Djin Nio, S, Brouwer J, Smith D, et al. Spectral trend attribute analysis: applications in the stratigraphic analysis of wireline logs[J]. First Break, 2005, 23(4): 71-75. Hu Y, Xiao J, He W, et al. Application of high frequency lake level change in the prediction of tight sandstone thin reservoir by sedimentary simulation[J]. Marine and Petroleum Geology, 2021, 128(4): 1-11.

**关键词** 高精度层序地层; 延长组; 石油勘探; 鄂尔多斯盆地





摘要 ID: 2468

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 超高密度流主控的湖相扇三角洲沉积: 以准噶尔盆地玛湖凹陷三叠系百口泉组夏子街扇为例

袁晓光<sup>1</sup>、李维锋<sup>\*2</sup>

1. 中国地质大学(北京)

2. 长江大学

近年来, 湖相或海相各类异重流沉积引起了国内外沉积学者的广泛关注, 但是针对发育在前陆盆地湖相扇三角洲中的砾质异重流还认识不足。

以准噶尔盆地玛湖凹陷三叠系百口泉组夏子街扇为例, 通过岩相及其岩相组合、岩相演化特征研究, 本文发现: 百口泉组夏子街扇内可识别出 3 类砾岩岩相、4 类含砾砂岩岩相、5 类砂岩岩相及 2 类粉砂岩-泥岩岩相类型, 其中砾岩可分为块状颗粒支撑砾岩 (Gcm)、正粒序颗粒支撑砾岩 (Gn) 及交错层理颗粒支撑砾岩 (Gt) 3 类, 含砾砂岩可分为块状含砾砂岩 (GSm)、正粒序含砾砂岩 (GSn) 以及交错层理含砾砂岩 (GSt)、平行层理含砾砂岩 (GSp) 4 类, 砂岩可分为块状砂岩 (Sm)、正粒序砂岩 (Sn) 以及交错层理砂岩 (St)、平行层理砂岩 (Sp) 以及小型爬升砂纹层理砂岩 (Sc) 5 类, 粉砂岩-泥岩可分为块状粉砂岩-泥岩 (Fm) 及水平层理粉砂岩-泥岩 (Fh) 2 类。

识别出 7 类岩相组合, 分别为 1、Gcm-Gcm 组合, 代表水上或水下超高密度流

(Hyperconcentrated flow) 成因的重力流水道沉积; 2、Gn-Gn 或 Gn-Sm 或 Gn-Sn 组合, 代表水下高密度流 (Concentrated flow) 或砾质与砂质高密度浊流 (Gravelly-sandy high-density turbidity flow) 成因的水下重力流水道沉积; 3、Gt-St 或 Gt-St-Sp 组合, 代表水下满载沉积物湍流 (Sediment-laden turbulent flow) 或水下砾质与砂质低密度浊流 (Gravelly-sandy low-density turbidity flow) 成因的水下牵引流水道沉积; 4、Sc-Fh 组合, 代表水下砂质低密度浊流 (sandy low-density turbidity flow, 类比鲍马序列的 Tc-Td 段) 成因的堤岸沉积; 5、Sp-Sc-Fh 组合, 代表水下低密度浊流 (low-density turbidity flow, 类比鲍马序列的 Tb-Td 段) 成因的水道前缘朵体; 6、Fm-Fh 代表水上越岸细粒沉积或水下支流间湾细粒沉积; 7、Fh 代表三角洲最前端的细粒悬浮沉降。

夏子街扇三角洲可分为 3 个亚相、9 个微相类型, 亚相类型包括扇三角洲平原亚相、扇三角洲前缘亚相和前扇三角洲亚相。其中, 扇三角洲平原包含水上超高密度流水道和越岸沉积 2 类微相; 扇三角洲前缘包含水下超高密度流水道、水下高密度浊流水道、水下低密度浊流水道、前缘朵体以及堤岸、支流间湾共计 6 类微相; 前扇三角洲亚相由前三角洲泥微相组成。

纵向上, 自底部百口泉组一段到顶部百口泉组三段, 该夏子街扇三角洲逐渐向物源方向退却, 平原面积逐渐缩小, 而前缘面积逐渐增大, 反映出潮湿气候条件下, 伴随湖平面上升的退积式扇三角洲的典型规律。

本研究丰富和发展了异重流沉积和扇三角洲沉积理论, 对于百口泉组的砾岩优质储层预测也具有重要的指导意义。

**参考文献** [1] 蒋庆平, 孔垂显, 李维锋, 等. 陆相湖盆大型扇三角洲沉积特征与演化规律——以准噶尔盆地玛湖凹陷西斜坡区三叠系百口泉组为例[J]. 沉积学报, 2020, 38(05): 923-932. [2] 雷德文, 阿布力米提, 唐勇, 等. 准噶尔盆地玛湖凹陷百口泉组油气高产区控制因素与分布预测[J]. 新疆石油地质, 2014, 035(005): 495-499. [3] 单祥, 邹志文, 孟祥超, 等. 准噶尔盆地环玛湖地区三叠系百口泉组物源分析[J]. 沉积学报, 2016, 34(05): 930-939. [4] Chen Y, Zhang J E, Xiao W, et al. Late Silurian to early Devonian development of the Chingiz accretion arc, West Junggar: insights into accretion arc evolution in the Central Asia Orogenic Belt[J]. International Geology Review, 2020: 1-21. [5] Jia H, Ji H, Li X, et al. A retreating fan-delta system in the Northwestern Junggar Basin, northwestern



China—Characteristics, evolution and controlling factors[J]. Journal of Asian Earth sciences, 2016, 123(jun. 1): 162–177. [6] &nbsp;Weng K, Dong Y, Xu X, et al. Geochemistry and geochronology of Carboniferous magmatic rocks in the Sawur Mountains, northern West Junggar, NW China: implications for accretionary orogeny[J]. International Journal of Earth Sciences, 2020, 109(2): 605–630. [7] &nbsp;Wu W, Li Q, Pei J, et al. Seismic sedimentology, facies analyses, and high-quality reservoir predictions in fan deltas: A case study of the Triassic Baikouquan Formation on the western slope of the Mahu Sag in China’s Junggar Basin[J]. Marine and Petroleum Geology, 2020, 120: 104546. [8] &nbsp;Zhang L, Li X, Wang G, et al. Direct evidence for the source of uranium in the Baiyanghe deposit from accessory mineral alteration in the Yangzhuang granite porphyry, Xinjiang Province, northwest China[J]. American Mineralogist, 2020, 105(10): 1556–1571.

**关键词** 物源; 扇三角洲; 西准噶尔; 玛湖凹陷



摘要 ID:100

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 断陷湖盆陡坡带砂砾岩油藏序列及勘探意义——以东营凹陷古近系为例

胡阳\*<sup>1</sup>、刘惠民<sup>2</sup>、张云银<sup>1</sup>、郝雪峰<sup>2</sup>

1. 胜利油田物探研究院
2. 中石化胜利油田分公司

砂砾岩是陡坡带发育的一套近物源、快速堆积的粗碎屑混杂堆积物,是东营凹陷主要的勘探对象(张善文等,2001)。目前砂砾岩勘探整体经历了浅层背斜油藏-中深层成岩圈闭岩性油藏的勘探过程(刘惠民等,2015;王永诗等,2016),大型古冲沟前方的扇体已基本探明。传统上认为古冲沟内砂砾岩横向连片,纵向上粗到顶,中浅层单斜扇体纵向上缺乏封堵条件,难以成藏。随着勘探程度的不断深入,近期在中浅层单斜砂砾岩扇体获得了高产工业油流,但以往的认识无法解释和指导陡坡带砂砾岩下步油气勘探,亟需重新认识砂砾岩构造、沉积地质模型,完善砂砾岩成藏序列,实现砂砾岩多类型圈闭的立体勘探。

东营凹陷陡坡带砂砾岩油藏类型多样,除了目前已发现的中深层岩性油藏和浅层构造油藏外,近期在中浅层发现了受泥岩隔层遮挡的岩性-构造油藏和上倾尖灭岩性油藏两种新的油藏类型。

实钻井证实,纵向上厚层砂砾岩扇体间发育泥岩隔层。从沉积充填的角度来看,当基准面升高, $A/S > 1$ ,可容空间显著增大,物源供给量相对减少,扇体退积明显,可形成一套稳定湖泛泥岩。由于在古冲沟侧翼,物源量供给相对较少,泥岩隔层受后期扇体侵蚀作用相对较弱,易于保存,泥岩隔层较为发育,砂砾岩扇体整体呈现横向连片、不连接,纵向叠置、不连通。水槽模拟实验也证实砂砾岩扇体期次间泥岩隔层可以发育,泥岩段向物源方向超覆于基岩断剥面之上,可作为下覆砂砾岩扇体的有效盖层。砂砾岩扇体纵向上受泥岩隔层遮挡,侧向上受太古界断剥面封堵,这为中浅层单斜砂砾岩扇体油气成藏提供了圈闭条件。

从构造活动的角度来看,沙四下至沙三下沉积时期,东营凹陷陡坡带边界断层陈南断层及胜北断层二级断层活动较弱,地层整体北高南低,边界断层下降盘发育了较厚砂砾岩扇体。沙三中沉积时期,边界断裂及二台阶断裂强烈活动,在边界断裂下降盘形成构造掀斜或滚动背斜。统计结果表明,当扇体沉积后,边界断裂活动强度是沉积期活动强度的1.5倍时,砂砾岩扇体翘倾尖灭,形成上倾尖灭岩性油藏。

完善了断陷湖盆陡坡带砂砾岩油藏分布序列,即从深层到浅层发育了扇根封堵岩性油藏、中浅层泥岩隔层遮挡的岩性-构造油藏和浅层背斜构造油藏。在新的油藏分布序列的指导下,拓展了陡坡带砂砾岩勘探空间,揭示了储量空白区的勘探潜力。针对天津-宁海中台阶等砂砾岩储量空白区,从泥岩隔层和构造翘倾等关键控藏要素入手,开展精细地质建模和重新评价,实现了砂砾岩油藏的整体含油连片。

**参考文献** 刘惠民,刘鑫金,贾光华. 2015. 东营凹陷北部陡坡带深层砂砾岩扇体成岩圈闭有效性评价[J]. 油气地质与采收率, 22(5):7~14. 王永诗,王勇,朱德顺. 2016. 东营凹陷北部陡坡带砂砾岩优质储层成因[J]. 中国石油勘探, 21(2):28~36. 张善文,隋凤贵,王永诗. 2001. 济阳拗陷下第三系陡岸沉积模式[J]. 沉积学报, 19(2):219~223.

**关键词** 砂砾岩;油藏序列;泥岩隔层;上倾尖灭;东营凹陷



摘要 ID:272

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 桑托斯盆地白垩纪“塔状”湖相碳酸盐岩建造之岩相古地理指示意义探讨

范国章<sup>1\*</sup>、史卜庆<sup>2</sup>、杨柳<sup>1</sup>、邵大力<sup>1</sup>、王红平<sup>1</sup>、王朝锋<sup>1</sup>、鲁银涛<sup>1</sup>、左国平<sup>1</sup>、马宏霞<sup>1</sup>、丁梁波<sup>1</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院
2. 中国石油国际勘探开发公司

桑托斯盆地主要勘探领域为盐下湖相碳酸盐岩。从钻井统计和地震数据综合分析认为,桑托斯盆地湖相碳酸盐岩沉积面积超过 20 万平方公里,厚度约 200-900 米,主要发育在早白垩世 Barra Velha 组和 Itapema 组,沉积持续时间大约 6Ma,沉积岩石类型有介壳灰岩、球粒灰岩和藻灰岩。湖相碳酸盐岩主要分布在盆地裂谷发育阶段形成的断隆、断块、断垒及火山岩隆起的古地貌高部位,在多种类型的低古地貌上常见“塔状”碳酸盐岩建造(简称“碳酸盐岩塔”)。目前钻井证实和地震识别的碳酸盐岩塔的分布有四个特点:一是分布在大规模断隆的下斜坡部位,与断隆上的碳酸盐岩丘滩体主体部位厚度相当但不相连,表现为孤立或双塔多塔同生的特点;二是分布在低幅度断垒上,沿断裂线状发育但厚层建造仅局部发育,表现为孤立或差异生长的特点;三是分布在火山岩低凸起上,表现为孤立不规则丘状建造的特点;四是碳酸盐岩塔底部呈圆形或椭圆形,向上变细,整体呈圆锥形或半椭球形,沉积厚度 300-600 米不等,大部分碳酸盐岩塔高 500 米左右,塔底面积几平方到几十平方公里不等,自下而上沉积介壳灰岩、球粒灰岩和藻灰岩段或以球粒灰岩和藻灰岩段为主,碳酸盐岩储层连续发育,孔隙度和渗透率均较好,且少见致密层。桑托斯盆地湖相碳酸盐岩塔沉积的类型与外形特征具有较强相似性,沉积建造的规模具有较强的可比性,沉积建造的速率具有较强的一致性,这些特征指示了沉积古地理背景具有较强的相似性,笔者认为其至少可以为岩相古地理研究提供四个方面的信息:一是碳酸盐岩塔沉积区的初始水深条件;二是碳酸盐岩塔发育区的初始古地貌条件;三是盆地不同构造区的沉降特征;四是相邻隆起区湖相碳酸盐岩沉积的岩相对比参考。另外,其对于盆地水体特征、碳酸盐岩沉积速率等方面也存在一定的指示作用。

综合沉积环境和沉积特征等因素的分析,笔者建立了微古地貌高、强水动力条件、稳定持续沉降等因素控制的湖相碳酸盐岩塔的沉积成因模式,其中微古地貌高是碳酸盐岩塔初始发育的决定因素,强水动力是碳酸盐岩塔快速建造的基本条件,稳定持续沉降是碳酸盐岩塔多期加积建造的重要因素,这些要素组合形成了碳酸盐岩塔的良好水体环境和生长空间,该模式已在桑托斯盆地湖相碳酸盐岩储层预测和勘探目标评价中获得成功应用,并对海相碳酸盐岩沉积研究具有一定的借鉴。

### 参考文献

**关键词** 桑托斯盆地;塔状;湖相碳酸盐岩;沉积特征;成因模式



摘要 ID:513

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地上二叠统-下三叠统退积型扇三角洲沉积模式建立及 油气勘探意义

单祥\*、邹志文、郭华军、徐洋、李亚哲  
中国石油杭州地质研究院

近年来, 准噶尔盆地西北缘玛湖凹陷下三叠统百口泉组与上二叠统上乌尔禾组获得重大油气发现, 百口泉组与上乌尔禾组均为扇三角洲沉积建造(唐勇等, 2018; 邹志文等, 2021), 进一步总结与深化扇三角洲沉积模式, 对于加快该类型砂砾岩储层的油气勘探具有重要意义。百口泉组与上乌尔禾组具有相似的砂体结构, 自下而上均划分为三个岩性段, 一段为厚层块状砂砾岩、二段为互层状砂砾岩夹泥岩、三段为厚层泥岩夹薄层砂砾岩, 岩相整体“下粗上细”, 反映湖侵退积、砂体向物源区超覆的沉积特征。百口泉组与上乌尔禾组沉积时构造演化均处于陆内拗陷阶段, 盆地稳定沉降, 沉积物容纳空间增长速率大于沉积物堆积速率造成退积作用发生。综合岩心、测录井、古地貌、古物源、古构造等研究, 建立了准噶尔盆地上二叠统-下三叠统退积型扇三角洲沉积模式, 揭示了坡折底部控砂、平原相致密砂砾岩和湖相泥岩控圈、前缘相贫泥砂砾岩控储的地质规律。其油气勘探意义表现为: ①该沉积模式揭示了多期坡折控制了多期砂砾岩体的卸载, 凹陷区沉积最早一期砂体, 解决下凹勘探凹陷区砂体分布问题; ②该沉积模式揭示了平原相致密砂砾岩提供底板和上侵方向封堵, 扇间泥岩提供侧向封堵, 湖侵泥岩提供区域性盖层, 为岩性圈闭形成提供了绝佳的条件, 解决了斜坡区构造平缓, 是否发育岩性圈闭的问题; ③该沉积模式揭示了湖平面上升过程中, 前缘相砂砾岩受潮浪淘洗, 形成贫泥砂砾岩优质储层, 解决了斜坡区地层埋深大, 是否发育规模有效储层的问题。退积型扇三角洲沉积模式建立可为进一步油气勘探提供地质依据, 为具有相似背景地区的油气勘探提供参考。

**参考文献** 唐勇, 徐洋, 李亚哲, 等, 2018, 玛湖凹陷大型浅水退覆式扇三角洲沉积模式及勘探意义[J]. 新疆石油地质, 39(1): 16-22. 邹志文, 郭华军, 牛志杰, 等, 2021, 河控型扇三角洲沉积特征及控制因素: 以准噶尔盆地玛湖凹陷上乌尔禾组为例[J]. 古地理学报, 23(4): 1-15.

**关键词** 退积型扇三角洲; 沉积模式; 百口泉组; 上乌尔禾组; 准噶尔盆地



摘要 ID: 659

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 大型坳陷湖盆前积斜坡发育特征及其地质意义 ——以鄂尔多斯盆地陇东地区延长组为例

惠潇<sup>1</sup>、侯云超<sup>\*1,2</sup>、龙盛芳<sup>1</sup>、郭懿莹<sup>1</sup>、刘鑫<sup>1</sup>、张杰<sup>1</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院

2. 长庆油田勘探开发研究院

鄂尔多斯盆地延长期发育一套河流、三角洲及湖泊相为主的碎屑岩沉积,湖盆经历了形成、扩张、萎缩到消亡的完整演化过程(付金华等,2005;邓秀芹等,2008),是研究大型坳陷湖盆充填演化过程的理想场所。近年来,随着油气勘探开发的需要,在陇东地区加快了三维地震的采集、处理工作,三维地震资料的应用为重新认识湖盆充填结构提供了有力支撑(付锁堂等,2020)。作者以层序地层学原理为指导,利用最新的勘探资料,将地震与钻井资料相结合,重点对陇东地区延长组中段的地质结构和充填特征进行了研究,取得了新的认识,同时分析了其对深湖区重力流砂体分布的控制作用。

延长组中段对应于长3至长7油层组,属于湖盆强烈坳陷之后的回返抬升和逐渐萎缩阶段(王峰等,2010)。地震资料显示,在顺物源方向,地震反射表现为一系列倾斜的前积特征,前积反射顶部发育顶超和削截,前积方向整体为北东或北东东向,与物源供给方向一致。前积斜坡高度一般为100~180m,其宽度为4~16 km,多数小于10 km。通过去压实校正,恢复得到的前积斜坡倾角一般介于0.6°~1.8°之间,少数可达2.3°。横向上,前积斜坡依次向湖盆中心方向推进,同时随着可容纳空间增加,前积地层厚度总体增大。退覆坡折快速推进的位置与前积地层厚度较大的区域存在较好的对应关系,说明沉积物供给方向和强弱对前积地层的生长过程起到重要控制作用。井-震结合分析表明,前积地层上部的顶积层厚度比较薄甚至局部不发育,该部位主要为三角洲平原沉积;顶积层与前积层上部过渡带为三角洲前缘沉积,主要发育水下分流河道、河口坝和远砂坝等砂体;前积段是浅湖至半深湖-深湖的过渡区,水深变化大,总体以泥质沉积为主,局部发育滑塌沉积以及碎屑流、浊流成因的细、粉砂岩;前积地层下段厚度相对较薄,斜坡坡脚位置砂地比往往在50%以上,平面上沿前积斜坡呈带状展布,主要为滑塌、碎屑流和浊流等重力流沉积砂体(付锁堂等,2010;付金华等,2013)。大规模前积斜坡的发现,表明盆地在长7最大湖泛之后表现为从盆地边缘向湖盆中心逐渐填平补齐的过程,每一期地层单元呈透镜状依次叠置前积,并非是传统认为的“千层饼”状逐层垂向加积式地层充填结构。此外,以往根据岩性地层划分对比,湖盆中部出现大面积发育的重力流砂体,即呈现出“满盆富砂”的现象,而实际上这些砂体应该是随着前积斜坡的不断推进,斜坡脚重力流砂体多期叠置连片的结果。

**参考文献** 付金华,郭正权,邓秀芹,2005.鄂尔多斯盆地西南地区上三叠统延长组沉积相及石油地质意义[J].古地学报,7(1):34-44.邓秀芹,蔺昉晓,刘显阳,等,2008.鄂尔多斯盆地三叠系延长组沉积演化及其与早印支运动关系的探讨[J].古地学报,10(2):159-166.付锁堂,王大兴,姚宗惠,2020.鄂尔多斯盆地黄土塬三维地震技术突破及勘探开发效果[J].中国石油勘探,25(1):67-77.王峰,田景春,范立勇,等,2010.鄂尔多斯盆地三叠系延长组沉积充填演化及其对印支构造运动的响应[J].天然气地球科学,21(6):882-889.付锁堂,邓秀芹,庞锦莲,2010.晚三叠世鄂尔多斯盆地湖盆沉积中心厚层砂体特征及形成机制分析[J].沉积学报,26(6):1081-1089.付金华,邓秀芹,张晓磊,等,2013.鄂尔多斯盆地三叠系延长组深水砂岩与致密油的关系[J].古地学报,15(5):624-634.

**关键词** 地震层序地层;地层结构;充填演化;前积斜坡;延长组



摘要 ID:1066

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 陆相盆地湖平面变化的高精度重建及其天文驱动力

王蒙<sup>1</sup>、李明松\*<sup>1</sup>、David B. Kemp<sup>4</sup>、Slah Boulila<sup>2,3</sup>、James G. Ogg<sup>5</sup>

1. 地球与空间科学学院, 北京大学, 北京 100871

2. Sorbonne Université, CNRS, Institut des Sciences de la Terre de Paris, IStEP, Paris F-75005, France

3. IMCCE, CNRS, Observatoire de Paris, PSL University, Sorbonne Université, Paris 75014, France

4. 生物地质与环境地质国家重点实验室, 中国地质大学(武汉), 武汉 430074

5. Department of Earth, Atmospheric and Planetary Sciences, Purdue University, West Lafayette, IN 47907-2051, USA

古湖平面的变化是了解过去湖相盆地演化的重要依据之一, 直接控制着湖相沉积的类型及分布, 与油气以及矿产资源的形成和分布密切相关。由于陆相地层沉积间断较多、沉积中心频繁迁移以及地层年代精度通常较低等因素, 十万年至百万年尺度的湖平面定量重建一直缺乏可靠的方法。近年提出的沉积噪音模型是基于旋回地层学研究的海平面重建的新方法。模型定量分析了气候替代指标中的信号与噪音情况, 显示沉积记录的信噪比与古海洋的相对水深有关。此次研究将这一古海平面重建的方法首先拓展到了古湖平面变化的研究中, 并用大量证据支持了沉积噪音模型用于湖平面重建的有效性。

美国纽瓦克盆地上三叠统沉积的巨厚湖相地层及其丰富的放射性同位素和古地磁年代地层研究基础为重建湖平面的变化以及验证沉积噪音模型在陆相地层中的适用性提供可靠的研究材料。研究通过多古气候替代指标计算出上三叠统地层的沉积速率, 结合前人的研究验证和建立了高精度的天文年代标尺。利用沉积噪音模型和主成分分析的方法将天文调谐后的数据建立高分辨率连续的湖平面变化曲线, 并且与前人的湖水深度分级序列和沉积速率的变化有着很好的对应关系, 说明该模型对陆相盆地古湖平面重建的研究具有很好的适用性。

东濮凹陷和潜江凹陷的古近系地层都是典型的陆相盐湖沉积, 湖平面的重建没有高精度的定量研究, 其变化的机制仍不清楚。通过沉积噪音模型来重建东濮凹陷和潜江凹陷古近系地层的湖平面变化与 COCO (相关系数) 结果显示沉积环境的变化与湖平面升降相对应, 即在湖平面降低时, 不稳定的沉积环境引起信噪比降低, COCO 出现低值, 反之亦然。研究发现重建的高分辨率湖平面变化曲线与百万年尺度(如 2.4 Myr 和 1.2 Myr) 天文驱动力有关。始新世时期, 湖平面变化曲线中具有显著的 1.2 百万年周期, 该周期与天文理论模型预测的 1.2 Myr 斜率调制周期呈反相位关系; 而在随后的渐新世时期, 湖平面记录与天文理论模型预测的 1.2 Myr 周期则是同相位变化, 这种相位转变很可能与南极冰盖在始新世—渐新世转折期的出现有关。

**参考文献**

**关键词** 旋回地层学; 噪音模型; 湖平面; 天文驱动力; 陆相地层



摘要 ID:1515

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 专题邀请报告

## 鄂尔多斯内陆拗陷湖盆沉积作用与非常规含油系统的形成

邓秀芹\*、楚美娟、庞锦莲、韩天佑

低渗透油气田勘探开发国家工程实验室/长庆油田分公司勘探开发研究院

鄂尔多斯盆地中晚三叠世发育内陆拗陷淡水湖盆, 主要有五大物源从周缘山系向盆地供屑, 盆内形成了分布稳定的延长组, 为一套厚度超过千米的碎屑岩地层。该套地层中低渗透、非常规资源丰富, 致密油、页岩油资源量占石油总资源量的 80%左右。沉积作用对延长组含油系统的形成起到重要的控制。

延长组沉积期, 盆地的演化具有快速沉降、缓慢充填、振荡发展、中心迁移的特征, 盆地充填具有“夹心千层饼”式沉积充填结构, 即无论纵向还是平面上, 盆地充填的中心位置都是以泥页岩为主的优质烃源岩发育区, 为大油田的形成提供了丰富的油源。由中心向外缘, 储层类型呈现规律性变化, 由深水形成的页岩系储层和重力流成因砂岩储层向三角洲前缘、三角洲平原、河流沉积成因的砂岩储层转变, 储层的粒度由粉砂岩、细砂岩, 逐渐变为细砂岩为主、中砂岩占有一定的比例的特征。

受沉积作用的影响, 由盆地充填中心向外缘储层物性不断变好, 由非常规储层向低渗透、中低渗透转变; 含油饱和度逐渐降低; 此外, 油藏类型由非常规的页岩油转变为致密油、低渗透岩性油藏, 再向边缘转为受构造影响的构造-岩性油藏; 含油规模呈现减小的趋势, 中心区发育大面积连片油藏, 外缘地区油藏规模小而分散。

### 参考文献

**关键词** 沉积充填结构; 低渗透岩性油藏; 非常规含油系统; 鄂尔多斯内陆拗陷盆地; 湖盆演化; 延长组





摘要 ID: 3409

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 深水重力流储层宏观非均质性及其主控因素——以合水 Z183 区块长 71 为例

郑若楠\*  
西安石油大学

储层宏观非均质性在油藏描述与储层评价中占据重要地位。深水重力流储层往往具有较强的宏观非均质性,极大地影响了致密油的开发。针对合水地区广泛发育的致密砂岩造成的储层宏观非均质性,以 Z183 区块长 71 储层为研究对象,基于薄片鉴定、气测数据、高压压汞、测井数据资料,建立研究区域砂体构型划分标准,从层内、层间、平面三个角度进行定性-半定量研究。结果表明:合水地区长 71 发育 3 类深水重力流沉积与 2 类隔夹层,隔夹层分布对层内非均质性控制强弱顺序依次是浊积岩、砂质碎屑流、浊流,泥质夹层在沉积物中出现频率较高;基于砂体叠置关系,将砂体构型分为连续叠加厚砂层型、间隔叠加厚砂—薄泥互层型、侧向尖灭厚砂—薄砂—泥互层型、薄砂—厚泥互层型 4 类,对层间非均质性控制由弱到强;按孔渗差异将砂体划分为 I、II、III 类流动单元,对平面非均质性的控制由强到弱。本研究对解决区内重力流致密油储层的小层突进、平面舌进等开发地质难题具有一定的参考意义。

**参考文献** [1]何拓平 et al. 深水重力流储层宏观非均质性控制因素——以华庆地区长 6<sub>3</sub> 为例[J]. 西北地质, 2020, 53 (01) :178-188. [2]张磊锋. 鄂尔多斯盆地延长组储层特征及宏观非均质性[J]. 石油天然气学报, 2008, 30 (05) :211-214. [3]吴志宇 et al. 安塞油田晚三叠世长 7 油层组沉积微相及储层非均质性研究[J]. 西安科技大学学报, 2012, 32 (04) :470-475+484. [4]时建超 et al. 陆相湖盆深水重力流沉积特征、砂体结构研究及油气勘探意义——以鄂尔多斯盆地上三叠统长 7 油层组为例[J]. 地质与勘探, 2018, 54 (01) :183-192. [5]崔景伟 et al. 致密砂岩层内非均质性及含油下限——以鄂尔多斯盆地三叠系延长组长 7 段为例[J]. 石油学报, 2013, 34 (05) :877-882.

**关键词** 合水、Z183 区块、长 7 储层、宏观非均质性、深水重力流、致密砂岩



摘要 ID:2387

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 中拐凸起东斜坡三叠系百口泉组扇三角洲沉积特征及地球物理响应

徐冠华<sup>1</sup>、陈世悦<sup>2</sup>

1. 中石化胜利油田勘探开发研究院准西室
2. 中国石油大学(华东)

扇三角洲是重要的油气勘探对象,在油气勘探早期,钻井少,利用三维资料准确识别不同相带地球物理响应,进而明确扇三角洲相带展布,对提高该区地质认识及明确有利勘探区带具有重要意义。前人对扇三角洲的发育背景、层序地层、沉积特征及其与油气关系开展了大量的探讨,但学者们的研究多依托钻井、露头、地震等资料,从地质的角度开展描述、探讨,但对不同相带的地球物理响应特征研究偏少。另外在实际油气勘探工作中,在钻井较少的勘探早期,寻找适合方法,准确刻画沉积相平面展布是一项关键工作。本文总结了一套方法,依靠具体钻井资料,确定“点”上沉积相类型,开展井、震资料结合研究,明确“线”上沉积规律,之后优选符合地质认识的地球物理属性,刻画“面”上沉积相展布。因此在沉积规律指导下,从“线、面”两个维度开展对扇三角洲不同相带的地球物理响应的表征研究,具有明显的理论及现实意义。中拐凸起位于准西北缘,其东斜坡向东延伸进入盆1井西凹陷内,早期在三叠系百口泉组发现厚层砂砾岩,由于储层物性差,埋深大(大于5km),并未给予较大关注。近期认为该物性差的砂砾岩为扇三角洲平原亚相,在盆1井西凹陷内仍然发育优质前缘亚相储层。本文综合利用岩心、分析化验数据、测井等资料,分析认为工区内百口泉组发育物源供给充分的扇三角洲沉积,岩石颜色既红色、也具有灰色、灰白色,明显表现出岸线附近沉积环境,发育粗粒沉积,粒度概率累积曲线具备明显重力流及牵引流特征,岩性、测井曲线形态及沉积构造均表现出不同扇三角洲微相沉积特征。之后本文从剖面、平面研究了不同相带地球物理响应特征。通过钻井资料建立沉积模型、开展正演验证及地震相分析,纠正了沉积模型,建立准确的沉积变化规律,证实了工区相类型从百一至百三段从扇三角洲相逐渐过渡到滨浅湖相。结合古地貌认识,优选了波形分析、波峰波谷数、有效带宽这三类属性反映相带分布。研究认为扇三角洲平原亚相剖面上以空白发射为主,剖面上,波形分析图上为绿色、蓝紫色;波谷数为1,有效带宽值多大于70。前缘亚相剖面上具有中高频、中振幅、弱连续反射特征,波形分析图以红褐色为主;波谷数基本为2,有效带宽值位于70至40之间。滨浅湖相剖面上以低频、中强振幅、强连续反射为主,波形分析图以红褐色为主;波谷数大于3,有效带宽值小于40。通过研究剖面上不同相带地球物理特征,进而落实了沉积相展布,明确有利勘探区带。

笔者认为,本次研究建立了一套适合勘探早期钻井较少情况下,准确刻画有利勘探区带的方法,即将地质与地球物理特征相结合,首先通过钻、录、测井资料,明确沉积认识,以此为指导,综合正演、古地貌、地震相建立符合实际情况的相带空间分布规律,再选择符合地质认识的属性,开展定量评价,这样才能准确刻画有利勘探区域。本次通过研究扇三角洲地球物理响应特征,进而能够明确有利勘探区带展布的办法,具有一定的普适性、推广性,其他低程度勘探区域可借鉴。

**参考文献** &nbsp;&nbsp;&nbsp;刘自亮,沈芳,朱筱敏等. 浅水三角洲研究进展与陆相湖盆实例分析[J]. 石油与天然气地质,2015,36(4):596-604. [Liu Ziliang, Shen Fang, Zhu Xiaomin et al. n Progress of shallow-water delta research and a case study of continental lake basin[J]. OIL&GAS GEOLOGY, 2015, 36(4):596-604.] 刘诗奇,朱筱敏,王瑞等. 陆相湖盆浅水三角洲沉积体系研究[J]. 山东科技大学学报自然科学版,2012,31(5):93-104. [Liu Shiqi, Zhu Xiaomin, Wang Rui et al. Study on Sedimentary of Shallow Delta in Continental Lake Basin[J]. Journal of Shandong University of



Science and Technology, 2012, 31(5):93 - 104. ]张昌民,尹太举,朱永进等. 浅水三角洲沉积模式[J]. 沉积学报, 2010, 28(5):933 - 944 [Zhang Changmin, Yin Taiju, Zhu Ru et al. Shallowwater Deltas and Models [J]. ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA, 2010, 28(5):933 - 944 ]张昌民,朱锐,尹太举等. 扇三角洲沉积学研究进展[J]. 新疆石油地质, 2015, 36(3):362 - 368 [Zhang Changmin, Zhu Rui, Yin Taiju et al. Advances in Fan Deltaic Sedimentology [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2015, 36(3):362-368] 纪友亮,李青山,王勇等. 高邮凹陷古近系戴南组扇三角洲沉积体系及其沉积相模式[J]. 地球科学与环境学报, 2012, 34(1):9 - 19. [Ji Youliang, Li Qingshan, Wang Yong et al. Fan delta sedimentary system and facies models of Dainan Formation of Paleogene in Gaoyou Sag [J]. Journal of Earth Sciences and Environment, 2012, 34(1):9 - 19] 于兴河,瞿建华,谭程鹏等. 玛湖凹陷百口泉组扇三角洲砾岩岩相及成因模式[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(6):619 - 627. [Yu Xinghe, Qu Jianhua, Tan Chengpeng et al. Conglomerate Lithofacies and Origin Models of Fan Deltas of Baikouquan Formation in Mahu [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2014, 35(6):619-627] 张顺存,邹妞妞,史基安等. 准噶尔盆地玛北地区三叠系百口泉组沉积模式[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(4):640 - 650. [Zhang Shuncun, Zou Niu Niu, Shi Ji An et al. Depositional model of the Triassic Baikouquan Formation in Mabei area of Junggar Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(4):640 - 650.] 邹妞妞,史基安,张大权等. 准噶尔盆地西北缘玛北地区百口泉组扇三角洲沉积模式[J]. 沉积学报, 2015, 33(6):607 - 615. [ZOU Niu Niu, SHI Ji An, ZHANG Da Quan et al. Fan Delta Depositional Model of Triassic Baikouquan Formation in Mabei Area, NW Junggar Basin [J]. ACTA Sedimentologica Sinica, 2015, 33(6):607 - 615.] 彭彪,金振奎,朱小二等. 扇三角洲沉积模式探讨:以准噶尔盆地玛北地区下三叠统百口泉组为例[J]. 古地理学报, 2017, 19(2):315 - 326. [Peng Biao, Jin Zhenkui, Zhu Xiaoe et al. Discussion about depositional models of fan delta: A case study from the Lower Triassic Baikouquan Formation in Mabei area, Junggar Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2017, 19(2):315 - 326.] 郭璇,潘建国,谭开俊等. 地震沉积学在准噶尔盆地玛湖西斜坡区三叠系百口泉组的应用[J]. 天然气地球科学, 2012, 23(2):359 - 364. [Guo Xuan, Pan Jianguo, Tan Kaijun et al. Application of seismic sedimentology in Triassic Baikouquan Formation of western Mahu of Junggar Basin [J]. Natural Gas Geology, 2012, 23(2):359 - 364.] 黄林军,唐勇,陈永波等. 准噶尔盆地玛湖凹陷斜坡区三叠系百口泉组地震层序格架控制下的扇三角洲亚相边界刻画[J]. 天然气地球科学, 2015, 26(1):25 - 32. [Huang Linjun, Tang Yong, Chen Yongjun, et al. The Subfacies Boundary description of fan delta under the control of sequence stratigraphy of Triassic Baikouquan Formation in the Mahu slope area, Junggar Basin [J]. Natural Gas Geology, 2015, 26(1):25 - 32] 单祥,邹志文,孟祥超等. 准噶尔盆地环玛湖地区三叠系百口泉组物源分析[J]. 沉积学报, 2016, 34(5):930 - 939. [Shan Xiang, Zou Zhiwen, Meng Mengchao et al. Provenance Analysis of Triassic Baikouquan Formation in the Area around Mahu Depression, Junggar Basin [J]. ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA, 2016, 34(5):930 - 939.] 瞿建华,郭文建,尤新才等. 玛湖凹陷夏子街斜坡折带发育特征及控砂作用[J]. 新疆石油地质, 2015, 36(2):127 - 133. [Qu Jianhua, Guo Wenjian, You Xincai et al. Characteristic of Xiazijie Slope Breaks in Mahu Sag and Control Effect on Sand Bodies [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2015, 36(2):127 - 133.] 何文军,郑孟林,费李莹等. 玛湖地区三叠系百口泉组沉积前古地貌恢复研究[J]. 地质评论, 2017, 63(增刊):127 - 133. [He Wenjun, Zheng Menglin, Fei Liying et al. Study on the Palaeogeomorphology Restoration of Triassic Baikouquan Formation of Mahu Area, Juugar Basin [J]. Geological Review, 2017, 63(增刊):127 - 133.] 王勇,钟建华等. 湖盆扇三角洲露头特征及与油气的关系[J]. 油气地质与采收率, 2010, 17(3):6 - 11. [Wang Yong, Zhong Jianhua et al. Lacustrine fan-delta survey characteristics and significance for petroleum geology [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2010, 17(3):6 - 11.] 唐勇,徐洋,瞿建华等. 玛湖凹陷百口泉组扇三角洲群特征及分布[J]. 新疆石油地质, 2014, 35(6):628 - 635. [Tang Yong, Xu Yang, Qu Jianhua et al. Fan-Delta Group Characteristics and Its Distribution of the Triassic Baikouquan Reservoirs in Mahu Sag of Junggar Basin [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2014, 35(6):628 - 635.] 唐勇,尹太举,覃建华等. 大型浅水扇三角洲发育的沉积物理模拟实验研究[J]. 新疆石油地质, 2017, 38(3):253-263 [Tang Yong, Yin Taiju, Tan Jianhua et al. Development of Large-Scale Shallow-Water Fan Delta: Sedimentary Laboratory Simulation [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2017, 38(3):253-





摘要 ID:178

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 柴达木盆地北缘腹部构造带深层天然气控藏机制分析

李红哲<sup>\*1</sup>、付蕾<sup>2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院西北分院
2. 中国石油勘探开发研究院

近年来,柴达木盆地煤型气勘探在阿尔金山前东段尖北、牛东、冷北等地区获得巨大突破,但上述突破均位于盆地古隆起或斜坡区,且埋藏深度均较浅。而针对柴达木盆地北缘腹部背斜构造带深层(E3-基岩,埋深大于4500m)的煤型气勘探发现整体较少,尚处于探索阶段。笔者从腹部深层生烃、构造、超压、成藏、物模等入手,经深入分析认为柴北缘腹部背斜构造带深层具有良好的油气成藏条件,是盆地下步煤型气勘探的有利接替区带(图1)。具体表现为以下几个方面:1、腹部构造带整体位于下侏罗统生烃凹陷之上,下侏罗统分布面积可达10000km<sup>2</sup>,有效源岩最大厚度800m,天然气资源量为1.1万亿方,源岩条件充足;2、腹部构造带深层勘探领域面积近3000km<sup>2</sup>,共发育鄂博梁11号、冷湖七号等7个大型构造圈闭,圈闭面积近800km<sup>2</sup>,且形态相对完整;3、构造带中浅层普遍发育由欠压实及超压传导等因素形成的异常高压层,中浅层异常高压的存在对深层油气藏形成了有效的封盖,减缓了深部油气向浅层运移;4、以鱼卡河物源为代表的古近系广泛发育辫状河-三角洲沉积体系,具有延伸远(85km),影响范围广(1800km<sup>2</sup>),厚层河道砂体发育的特征(单层厚度达35m),储集条件优越;5、通过锆石测年、磁组构、古水流综合分析结合构造物理模拟实验首次发现北缘E3时期(33Ma)构造活动证据,证实喜马拉雅早-中期断裂活动控制了早期构造圈闭的形成,与油气关键成藏期(喜马拉雅中-晚期)耦合,利于腹部构造早期圈闭规模成藏。北缘腹部背斜构造带勘探程度低,若深层勘探获得突破,将带动盆地腹部鄂博梁构造带深层天然气整体勘探进程,使之成为盆地下一个千亿方规模储量接替区,有力支撑青海油田千万吨高原油气田建设。

**参考文献** [1]袁剑英,陈启林,陈迎宾,等.柴达木盆地油气地质特征与有利勘探领域[J],天然气地球科学,2006,17(5):640-645.[2]占文锋,林亮,孙红波,孙军飞.柴北缘含煤区构造演化与构造控煤作用[J].中国煤炭地质,2008,20(10):25-33.[3]任战利,刘丽,崔军平.盆地构造热演化史在油气成藏期次研究中的应用[J].石油与天然地质,2008,29(4):502-506.[4]宋成鹏,张晓宝,汪立群,等.柴达木盆地北缘天然气成因类型及气源识别[J].石油与天然气地质,2009,30(1):90-96.[5]田光荣,阎存凤,妥进才,等.柴达木盆地柴北缘煤成气晚期成藏特征[J].天然气地球科学,2011,22(6):1028-1032.[6]李明义,岳湘安,江青春,吴珍珍,张春楠,魏学斌,邓生青.柴达木盆地北缘主要构造带构造演化与油气成藏关系[J].天然气地球科学,2012,23(3):461-468.[7]付锁堂,马达德,陈琰,等.柴达木盆地阿尔金山前东段天然气勘探[J],中国石油勘探,2015,20(6):1-13.[8]马新民,刘池洋,罗金海,等.基于地层形变的古构造应力场恢复及区域断裂封堵性评价方法[J].地球物理学进展,2015,30(2):524-530.[9]田光荣,李红哲,白亚东等.柴达木盆地侏罗系煤系烃源岩生烃潜力分类评价[J].煤田地质与勘探,2018,46(5):73-79.[10]王金铎,王大华,肖永军,张俊锋,柴先平,林武,陈云锋.柴北缘东段中-新生代构造演化及其对油气的控制作用.中国石油勘探,2019,24(3):351-360.

**关键词** 柴北缘;天然气;腹部构造带;深层



摘要 ID:273

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 岩相和成岩演化对储层质量的影响——以鄂尔多斯盆地长6致密砂岩为例

曹江骏、罗静兰\*、符勇  
西北大学地质学系

鄂尔多斯盆地东南部上三叠统延长组长6致密砂岩储层为一套大型湖相浅水三角洲前缘沉积体,其成岩演化史复杂。在岩心观察基础上,通过铸体薄片、扫描电镜、阴极发光、背散射成像、电子探针与荧光薄片镜下观察与定量统计,毛细管压力、孔隙度与渗透率、流体包裹体均一温度测定,结合碳酸盐胶结物微区原位碳、氧同位素分析成果,研究了岩相、成岩作用特征和分布及其对储层质量的影响。结果显示:

(1) 研究区长6浅水三角洲前缘发育分流河道、河口坝和天然堤3种控砂微相,并识别出了3种岩相类型。岩相I为灰白色细-中砂岩,发育平行层理;岩相II为灰色细砂岩,发育大量交错层理;岩相III为灰黑色泥质粉砂岩和粉砂岩,发育波状层理;

(2) 岩相I砂岩类型为长石砂岩,塑性颗粒含量少,粒度以细砂和中砂为主,胶结物含量较低,主要为浊沸石和绿泥石,储层经历了两期油气充注,充注强度较高;岩相II砂岩类型主要为长石砂岩和岩屑长石砂岩,塑性颗粒含量中等,粒度以细砂为主,胶结物含量较高,主要为浊沸石、碳酸盐和绿泥石,储层经历了两期油气充注,但油气充注强度较岩相I砂岩弱;岩相III砂岩类型主要为岩屑长石砂岩,塑性颗粒含量多,粒度以细砂和粉砂为主,胶结物含量较高,主要为伊利石、浊沸石、绿泥石和碳酸盐,储层只经历了早期油气充注;

(3) 机械压实是储层质量降低的最主要原因,碳酸盐和黏土矿物胶结使得储层质量进一步降低。浊沸石的形成与斜长石的转化密切相关,油气充注过程形成的酸性环境是浊沸石和长石溶解的关键因素。早成岩阶段微晶方解石的成因与浅埋环境下大气淡水相关,亮晶方解石I的形成与大气淡水与有机质热脱羧过程释放的含轻碳(HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>)混合流体有关。中成岩阶段亮晶方解石II和铁白云石的成因则与有机质热脱羧过程释放的含轻碳流体相关。当绿泥石胶结物含量小于4%时,可以有效保护原生粒间孔隙,片状和纤维状伊利石则会导致储层质量下降;

(4) 结合沉积相、岩相之间的关系以及不同成岩作用的分布,确定了湖泊浅水三角洲前缘沉积物储层质量的4种成岩演化模式。模式I对应岩相I砂岩,通常发育于分流河道厚层砂体或河口坝上部砂体中,具有较强压实、较强胶结、较弱溶蚀和缓慢致密的特征;模式II对应岩相II砂岩,多发育在分流河道薄层砂体或河口坝下部砂体中,具有较弱压实、弱胶结、强溶蚀和缓慢致密的特征;模式III对应岩相III砂岩,一般发育在天然堤微相中,具有早期快速压实致密、后期持续胶结和弱溶蚀的特征;模式IV普遍存在于泥岩-砂岩接触面附近的岩相I、岩相II和岩相III砂岩中,具有机械压实作用弱、碳酸盐胶结强、溶蚀有限的特点。优质储层主要发育在岩相I砂岩中部位置。

### 参考文献

**关键词** 岩相; 成岩演化; 储层质量; 浊沸石; 碳酸盐



摘要 ID:936

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 湖侵背景下沉积演化对油藏类型的控制分析

邹志文\*<sup>1</sup>、郭华军<sup>1</sup>、刘超威<sup>2</sup>、徐洋<sup>1</sup>、李亚哲<sup>1</sup>、陈希光<sup>1</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院
2. 新疆油田公司勘探开发研究院

准噶尔盆地二叠系芦草沟组是盆地东部重要的烃源岩层与致密油产层。吉木萨尔凹陷芦草沟组湖相滩坝的致密储层中已获得巨大储量, 近期在其相邻的阜康凹陷也首次获得重大油气发现, 但两凹陷展现出不同的沉积特征和油气分布规律。因此研究阜康凹陷沉积、油气藏类型及特征可为油气勘探提供依据。

通过分析阜康凹陷周缘芦草沟组地层厚度及古地貌, 认为凹陷北、东、南部边缘发育一条半环状古隆带, 该古隆带将阜康凹陷与东部吉木萨尔凹陷、北部五彩湾凹陷分隔, 形成大湖盆的一个半封闭形湖湾区。分析钻井岩心、录井、测井、地震等资料后认为: 1、阜康凹陷芦草沟组发育盆内、盆外物源, 盆内物源来自凹陷边缘古隆带, 盆外物源来自盆地南北的老山。2、芦草沟组发育扇三角洲-湖泊沉积, 纵向上呈现湖侵背景下的三类沉积环境及岩性组合。下部芦一段沉积时, 凹陷中西部为湖相环境, 东南、北部为近源沉积环境, 并发育两大扇三角洲沉积, 岩性组合主要为厚层状砂砾岩、砂岩夹少量泥岩; 中部芦二段沉积时, 湖盆水体逐渐上升并漫过部分古隆带, 盆内供源减少, 除在西泉古隆周缘仍发育少量扇三角洲沉积外, 大部分区域发育滨浅湖、滩坝及三角洲远砂坝沉积; 古隆带分隔使凹陷成为半封闭半咸化的湖泊环境, 岩性组合为厚层灰质泥岩、泥灰岩夹薄层状中细砂岩、粉细砂岩, 局部发现介壳灰岩和鲕状灰岩、砂屑灰岩。上部芦三段沉积时, 水体进一步上升, 凹陷与外界大联通, 形成了开阔性湖盆环境, 主要发育厚层状淡水泥岩沉积。3、古地貌及湖侵两大因素控制了阜康凹陷芦草沟组沉积格局及演化。古隆带发挥了两个作用, 一是形成半咸化环境, 有利芦草沟组形成良好的烃源岩; 二是早期为盆内供源, 晚期分隔水系减少盆外物源输入。湖侵背景使芦草沟组在凹陷斜坡下部形成砂体逐级超覆沉积, 中上部地层逐渐演化形成厚层泥岩夹薄层砂体的沉积组合。4、沉积演化控制了芦草沟组油气藏类型及分布。半封闭湖盆在湖侵背景下发育下储上盖、自生自储的良好储盖组合, 形成地层、岩性两类主要油气藏: 一是芦一段发育常规超覆地层油气藏, 该类油气藏以厚层砂砾岩、砂岩为储集层, 以地层超覆尖灭线, 顶部泥岩为封盖层形成了良好的大型地层油气藏。二是发育源储一体的致密岩性油气藏, 该类油气藏以半咸化环境形成的油页岩为烃源岩, 以湖相滩坝及三角洲远砂坝砂体为储集层, 在凹陷内形成了广泛岩性油气藏。因此阜康凹陷芦草沟组沉积背景既控制了沉积格局又是油气藏类型及分布的重要影响因素。

### 参考文献

**关键词** 芦草沟组; 油藏; 沉积演化



摘要 ID:1138

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 窄薄状滩坝砂体沉积构型精细解剖——以尼日尔地区 S 油田为例

尹力、尹艳树\*  
长江大学

滩坝砂体是滨海(湖)带发育的沉积体系中主要的砂体类型。对于滩坝系统的沉积机制和内部结构做进一步研究,形成针对窄薄砂体的构型解剖技术具有重要意义。基于取芯井观察、沉积韵律、砂体厚度和地震属性分析,A区块属于较为典型的三角洲-滩坝沉积体系,通过现代沉积、古代露头以及水槽实验建立湖相滩坝沉积模式:在该体系中,滩坝系统近端部分的大规模厚层坝砂,滩坝系统中部分布广泛的薄滩砂,以及位于滩坝系统远端的弧形或平行排列的脊状坝砂。建立滩坝沉积不同构型要素测井识别标志;井震结合确定构型边界;逐层次分级解剖构型要素,确定不同要素空间分布及叠置样式。结果表明,研究区主要以薄层长条形以及不规则形砂体分布为主,砂体长轴多平行于岸线分布。砂体平均长宽比为3.1。研究区滩坝发育两种叠置样式:垂向叠加式和侧向迁移式。在垂向叠加式中,坝砂叠置发育,中间可为泥岩分隔,或为滩砂连通;侧向迁移式为坝砂侧向连续发育,形成连片坝砂沉积。

**参考文献** 王腾飞,金振奎,Aliyeva Gunay,王金艺,黎瑞,袁坤.湖盆滩坝沉积研究进展[J].科技导报,2018,36(23):57-67. Thompson W O. Original structures of beaches, bars, and dunes[J]. Geological Society of America Bulletin, 1937, 48(6):723-752. Olson J S. Lake Michigan dune development. 3. Lake-level, beach, and dune oscillations[J]. The Journal of Geology, 1958, 66(5):473-483. Masselink C, Evans D, Hughes M G, et al. 2005. Suspended sediment transport in the swash zone of a dissipative beach. Marine Geology, 216(3):169-189. Th. E. Wong, Th. H. M. vanDoorn, B. M. Schroot. »Late Jurassic« petroleum geology of the Dutch Central North Sea Graben[J]. Geologische Rundschau, 2005, 78(1). Schwartz R K. 2012. Bedform, texture, and longshore bar development in response to combined storm wave and current dynamics in a near-shore helical flow system[J]. Journal of Coastal Research, 28(6):1512-1535. Muhammad Aleem Zahid, Dong Chunmei, Alexandra N. Golab, Chengyan Lin, Xianguo Zhang, Xinmin Ge, Wu Songtao, Muhammad Jawad Munawar, Cunfei Ma, Lydia Kneufing. Pore size distribution and reservoir characterization: evaluation for the Eocene beach-bar sequence, Dongying Depression, China[J]. Arabian Journal of Geosciences, 2019, 12(21). 商晓飞,侯加根,董越,李燕,唐力,邓孝亮,马克,程远忠.板桥凹陷同沉积断层主控的滩坝砂体沉积机制与分布样式[J].中国石油大学学报(自然科学版),2014,38(06):32-39. 夏晓敏,吴颜雄,张审琴,薛建勤,王岚,施奇,崔涵,赵权.湖相滩坝砂体构型及对致密油甜点开发的意义——以柴达木盆地扎哈泉地区扎2井区为例[J].天然气地球科学,2019,30(08):1158-1167. 商晓飞,段太忠,侯加根,李燕.湖泊滨岸砂坝沉积砂泥空间配置关系及其地质意义[J].石油勘探与开发,2019,46(05):902-915. 商晓飞,郭颖,侯加根,段太忠,赵磊.湖泊滨岸砂坝内部结构特征剖析及其地质意义——以峡山湖现代砂坝沉积为例[J].沉积学报,2018,36(05):877-889. 郭建洪.柴达木盆地扎哈泉扎7井区N<sub>1</sub>储层非均质性研究[D].西南石油大学,2016. Miall A D. Architectural-element analysis: A new method of facies analysis applied to fluvial deposits[J]. Earth Science Reviews, 1985, 22(4):261-308. Miall A D. Hierarchies of Architectural Units in Terrigenous Clastic Rocks, and Their Relationship to Sedimentation Rate[J]. Concepts in Sedimentology & Paleontology, 1992:6-12. Cari L. Johnson, Todd J. Greene, David A. Zinniker, J. Michael. Geochemical characteristics and correlation of oil and nonmarine source rocks from Mongolia[J]. AAPG Bulletin, 2003, 87(5):817-846. Joseph D. Dischinger, Shankar Mitra. Three-dimensional structural model of the Painter and East Painter reservoir structures, Wyoming fold and thrust belt[J]. AAPG Bulletin, 2006, 90(8):1171-1185. Abdul Hadi Abd. Rahman, David Menier, Md. Yazid Mansor. Sequence stratigraphic modelling and reservoir architecture of the shallow marine





successions of Baram field, West Baram Delta, offshore Sarawak, East Malaysia[J]. Marine and Petroleum Geology, 2014, 58.

**关键词** 滩坝; 窄薄状砂体; 沉积模式; 构型解剖; 尼日尔地区



摘要 ID:1422

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 北部湾盆地乌石凹陷乌石中区流一段中深层沉积储层特征及勘探意义

张建新\*、杨希冰、代龙、黄灿、游君君、何卫军  
中海石油(中国)有限公司海南分公司

北部湾凹陷乌石凹陷流二段薄层砂岩(单层厚度 2-7m)储层近年来是该区原油勘探的重点领域之一,但薄层砂岩储层的沉积规律及成储机制研究比较薄弱,严重制约了该区进一步的勘探和评价。在充分利用钻井、地震、测井等资料基础上,结合铸体薄片、常规物性、粘土 X 衍射等分析化验资料,对该区流二段薄层砂岩优质储层沉积-成储规律进行研究,并讨论了不同区带优质储层控制因素差异及分布规律。研究表明:1)流二段薄层砂岩沉积类型主要以三角洲前缘沉积为主,岩性以粉-细砂岩为主,砂体发育规模平面上主要受控于凹陷断裂活动性与物源距离,北部缓坡带三角洲规模普遍大于南部陡坡带。纵向上分布差异明显,存在明显的砂岩相对富集段(含砂率>40%),凹陷北部砂岩富集段主要发育流二段中层序下段(T84a-T85),地震相以中强振幅为主,有明显前积特征。凹陷西部砂岩富集段主要发育于流二段中层序上部(T84-T84a),地震相以弱连续丘状反射为主。凹陷南部缺少砂岩富集段,地震相以平行连续弱反射为主。2)流二段薄层砂岩储层物性存在两个相对高孔隙带,第一个高孔隙带埋深 1500-2300m,以中孔-中渗储层为主,孔隙以原生孔隙为主,主要集中在凹陷北部斜坡带发育。第二个相对高孔隙带 3300-4000m,储层以低孔-低渗为主,储层孔隙以次生孔隙为主,溶蚀孔发育主要集中在凹陷南部陡坡带。3)沉积体系砂岩粒级、地温梯度与埋藏深度是控制薄砂岩优质储层的关键因素。不同物源三角洲储层物性差异主要受控于地温梯度控制与砂岩粒级,相近埋深的沉积体内部主要以“微相控储”为主。凹陷南部储层主要以粉砂岩为主,埋藏较深(3500-4000m),优质储层较少发育。凹陷北部三角洲近物源、砂岩相对厚度大,埋藏深度普遍小于 2800m,粉-细砂岩均可作为有效储层,优质储层主要以三角洲水下分流河道为主。凹陷中西部埋藏相对较深,埋藏深度普遍位于 3000-3800m,处于中成岩 B 期,有效储层为细砂岩及以上砂岩,具有“先致密减孔一再溶蚀增孔”的特点,且普遍处于低地温梯度区,优质储层主要为砂岩富集段。

### 参考文献

**关键词** 北部湾盆地 乌石凹陷 沉积规律 优质储层



摘要 ID:1479

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 塔北新和地区舒善河-巴西盖组沉积特征及隐蔽圈闭发育条件

姚威\*

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

塔北库车斜坡带新和地区靠近库车生烃洼陷, 油气资源丰富, 但受控于北低南高的单斜背景下, 构造圈闭规模小, 难以展开。中石化前期针对隐蔽圈闭的 6 口探井相继失利, 一方面说明了隐蔽圈闭的勘探难度大, 另一方面也说明了目前对于沉积砂体的展布及隐蔽圈闭的发育条件和规律缺乏深入的认识。

本次研究以下白垩统舒善河组、巴西盖组为研究对象, 分析了塔北新和地区的沉积展布特征, 及可能的隐蔽圈闭发育模式。通过岩心、测井资料、地震资料的综合, 建立了该地区的层序地层格架, 将舒善河组分为 2 个三级层序 (SQ1-SQ2), 巴西盖作为一个三级层序 SQ3。其中 SQ1 发育时期, 湖盆范围较大, 工区以细粒的泥岩、粉砂为主, 缺乏物源供给。SQ2 沉积时期, 主要的物源来自西北部的西秋隆起, 在 XH4 井以北形成 3 期退积的辫状河三角洲砂体, 砂体在地震上退积特征明显。SQ3 沉积时期, 南部物源大规模进积, 形成了两个大型的三角洲朵体, 朵体前缘发育小型滩坝沉积, 与此同时, 北部物源也形成了小型的辫状河三角洲。SQ2 和 SQ3 的北部物源形成的辫状河三角洲配合北低南高的单斜背景, 具备发育砂体上倾尖灭的条件, 同时 SQ3 的孤立的滩坝砂体, 也有形成砂岩透镜体圈闭的可能性。

**参考文献** [1] 夏辉, 林畅松, 刘永福, 等. 辫状河三角洲与曲流河三角洲沉积特征分析——以塔北隆起西部卡普沙良群为例[J]. 东北石油大学学报, 2018, 42(03): 65-74. [2] 李建龙, 吴高奎, 林畅松, 等. 古隆起斜坡区不整合三角带对地层圈闭的控制——以塔北隆起西部白垩系为例[J]. 东北石油大学学报, 2019, 43(02): 68-78. [3] 陈戈, 赵继龙, 张荣虎. 库车前陆盆地白垩系构造演化与沉积响应[J]. 地质学报, 2013, 87(S1): 185. [4] 王家豪, 王华, 陈红汉, 严德天. 库车前陆盆地前渊带层序地层分析——以白垩系卡普沙良群为例[J]. 地质科技情报, 2005(01): 25-29. [5] 王家豪, 王华, 陈红汉, 等. 前陆盆地的构造演化及其沉积、地层响应——以库车坳陷下白垩统为例[J]. 地学前缘, 2007(04): 114-122. [6] 胡金祥, 单玄龙, 李宗杰, 等. 沙西凸起东北部斜坡带成藏条件与成藏模式[J]. 特种油气藏, 2008(03): 20-25. [7] 夏辉, 林畅松, 刘永福, 等. 塔北隆起西部卡普沙良群滩坝沉积特征[J]. 特种油气藏, 2018, 25(06): 1-5. [8] 刘永福, 赵建华, 范秋海, 等. 塔北隆起中部白垩系卡普沙良群层序地层格架及沉积体系研究[J]. 沉积学报, 2014, 32(06): 1113-1122. [9] 徐桂芬, 林畅松, 刘永福, 等. 塔北西部早白垩世卡普沙良群沉积期古隆起演化及其对沉积的控制作用[J]. 地球科学, 2016, 41(04): 619-632. [10] 贾进华. 塔里木盆地早白垩世沉积相特征与古地理[J]. 古地理学报, 2009, 11(02): 167-176.

**关键词** 巴西盖; 舒善河; 沉积特征; 隐蔽圈闭; 新和地区



摘要 ID:1856

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 前陆冲断带深层油气成藏控制因素及有利区预测——以准噶尔盆地南缘高泉构造带白垩系清水河组为例

刘刚\*

中国石油勘探开发研究院

冲断带深层是大油气田勘探的重要领域,但缘于构造复杂、控藏因素多,同样面临巨大挑战,揭示复杂冲断带深层油气富集规律与控制因素具有重要的科学及指导意义。以准噶尔盆地南缘高泉构造带深层白垩系清水河组为例,综合利用岩心观察、薄片鉴定、单井相分析、精细油藏解剖、地层水分析等技术手段,明确了高泉构造带清水河组油藏类型、砂体成因及关键控藏要素。综合分析认为:高探1井清水河组油藏为构造-岩性复合油藏。该区油气成藏受两大关键因素控制,一是优质储集层。高泉构造带清水河组底部砂体为冲积扇三角洲沉积,砂体储集性能横向变化快,非均质性强,是控制该区油气成藏最关键的因素。砂体物性受沉积期古地貌控制,沉积古地貌相对较高的水下低凸起,砂体中泥质含量低,分选好,储集层物性优;古地貌相对较低的水下古沟槽沉积区,冲积扇三角洲水下分流河道沉积的砂砾岩,分选磨圆差,泥质含量高,储集物性差。二是保存条件。高泉构造自燕山期以来为继承性构造,受多期构造运动影响,发育燕山期逆断裂与喜山期滑脱断层,在挤压变形强烈的构造翼部,两组断层纵向对接,造成油气沿翼部断裂调整散失,仅在构造高点富集成藏,未形成大规模油气聚集。围绕两大控藏要素,基于三维地震资料,开展古地貌恢复及敏感属性分析,预测高泉构造带清水河组优质储集层发育区,主要分布于三维工区西南部,呈北西-南东向条带状分布,有利面积约110km<sup>2</sup>,为该区油气勘探提供有效支撑和借鉴。

### 参考文献

**关键词** 油气成藏; 主控因素; 砂体结构; 保存条件; 有利区带; 清水河组; 准噶尔南缘



摘要 ID:3371

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 博孜-大北地区白垩系巴什基奇克组-巴西改组沉积相研究

朱文慧\*、莫涛、王媛、胡春雷、史玲玲  
塔里木油田勘探开发研究院

博孜-大北地区是塔里木盆地克拉苏构造带增储上产的重点区块,其目的层白垩系巴什基奇克组、巴西改组沉积相类型及展布目前尚缺乏系统研究。本文在原型盆地恢复的基础上,对物源、沉积相类型、沉积相展布特征及演化规律进行研究。结果表明:(1)根据重矿物、古水流及物源区构造背景分析,研究区物源主要为北部南天山,仅博孜12井区附近受南部温宿物源影响。(2)通过岩心、测井曲线和单井沉积序列综合分析等研究,对巴什基奇克组、巴西改组沉积相类型进行识别,主要发育冲积扇、扇三角洲、辫状河三角洲和湖泊四大沉积相类型,各个时期的沉积环境及砂体展布特征主要受构造活动、水体深度及物源供给的控制。(3)白垩系巴西改组第二段沉积时期区内北部靠近南天山物源区主要为扇三角洲平原沉积,向南逐渐演变为扇三角洲前缘沉积;第一段沉积时期为水进期,区内主要发育辫状河三角洲前缘远端和滨浅湖沉积。巴什基奇克组第三段沉积期该区构造活动强烈,基底沉降快,沉积区与物源区有较大高差,北部发育冲积扇,向南依次发育辫状河三角洲平原、前缘沉积;第二段沉积时期构造活动相对较弱,古地形较为平坦,靠近南天山发育辫状河三角洲平原,向南辫状河三角洲前缘沉积大面积发育。

### 参考文献

**关键词** 物源分析;沉积相展布;巴什基奇克组;巴西改组;博孜-大北地区



摘要 ID: 3056

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 柴达木盆地扎哈泉地区上干柴沟组优质滩坝储层主控因素及有效厚度预测

伍劲\*

中国石油杭州地质研究院

综合利用岩心观察、铸体薄片鉴定、岩石物性测试、压汞测试等分析方法,对柴达木盆地扎哈泉地区上干柴沟组不同微相滩坝储层进行了精细研究。研究表明,滩坝砂储层主要为低孔低渗储层,储集空间以原生孔为主,储集性能由好到差依次为坝中砂、坝缘砂和滩砂。扎哈泉地区斜坡区和凹陷区滩坝砂储层压实程度相当,胶结作用强度的差异是造成不同厚度滩坝砂储层物性差异和单一滩坝砂储层内部物性非均质性的主要原因。研究区优质储层主控因素主要有原始沉积水动力条件、油气充注与酸性溶蚀和有利的埋藏史。强水动力条件下发育的滩坝砂厚度大,粒度粗,分选好,泥质含量低,原生孔隙好,碳酸盐胶结作用仅发生在距砂泥接触面一定距离范围内的滩坝砂体顶部部位形成致密胶结壳,砂体中部胶结作用弱,物性好;弱水动力条件下发育的滩坝砂厚度小,粒度细,分选差,泥质含量高,原生孔隙差,砂体易被碳酸盐整体胶结而形成致密储层。油气充注对厚层滩坝砂体中部孔隙具有保护作用,酸性溶蚀可改善储层储集性能。扎哈泉地区切克里克凹陷埋深接近 5000m 的上干柴沟组地层早期埋藏浅且埋深缓慢晚期快速深埋的埋藏方式有利于原生孔隙的保存。在明确储层有效孔隙度下限为 5% 的基础上预测粉细砂岩滩坝储层有效厚度下限为 0.5m,预测中粗砂岩滩坝储层有效厚度下限为 0.2m。

**参考文献** [1]朱筱敏,信荃麟,张晋仁.断陷湖盆滩坝储集体沉积特征及沉积模式[J].沉积学报,1994(02):20-28. [2]张善文,曾溅辉,肖煥钦,邱楠生,姜振学.济阳拗陷岩性油气藏充满度大小及分布特征[J].地质论评,2004(04):365-369. [3]姜在兴,王俊辉,张元福.滩坝沉积研究进展综述[J].古地理学报,2015,17(04):427-440. [4]张荣虎,邹伟宏,陈戈,赵继龙,张惠良,伍劲,李娴静.塔里木盆地北部下白垩统大型湖相砂坝特征及油气勘探意义[J].石油学报,2018,39(08):845-857. [5]王永诗,刘惠民,高永进,田美荣,唐东.断陷湖盆滩坝砂体成因与成藏:以东营凹陷沙四上亚段为例[J].地学前缘,2012,19(01):100-107. [6]向奎,鲍志东,庄文山.准噶尔盆地滩坝砂石油地质特征及勘探意义——以排2井沙湾组为例[J].石油勘探与开发,2008(02):195-200. [7]谭丽娟,郭松.东营凹陷博兴油田沙四上亚段滩坝砂岩油气富集特征及成藏主控因素[J].中国石油大学学报(自然科学版),2011,35(02):25-31. [8]邓宏文,高晓鹏,赵宁,颜晖,邱永香,张培园.济阳拗陷北部断陷湖盆陆源碎屑滩坝成因类型、分布规律与成藏特征[J].古地理学报,2010,12(06):737-747. [9]伍劲,刘占国,朱超,宫清顺,宋光永,刘灿星.柴达木盆地西部下干柴沟组下段碎屑岩储层物性差异主控因素分析[J].油气地质与采收率,2021,28(04):46-54.

**关键词** 滩坝; 优质储层; 胶结作用; 有效厚度下限; 上干柴沟组; 柴达木盆地



摘要 ID:910

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 专题邀请报告

## 陆相盆地沉积层序充填演化新认识 ——来自鄂尔多斯盆地陕北露头剖面的启示

李相博\*、刘化清、黄军平、郝彬  
中国石油勘探开发研究院西北分院

鄂尔多斯盆地是我国陆上最主要的油气盆地之一，三叠系延长组是该盆地的主要含油层位。本文通过大量野外露头及钻井岩心观察与实测，结合室内鉴定分析，系统研究了延长组沉积时的古气候环境及沉积特征，取得了如下认识：①延长组沉积时期，气候具有三分性：早期为干旱环境；中期转变为温暖潮湿气候环境，生物繁盛，是烃源岩发育的最有利时期；晚期再次转变为半干旱-半湿润气候环境；②受干旱气候控制，延长组早期与晚期无大面积汇水区存在，洪水事件主导了盆地中心地区大规模砂体的形成与分布，尤其洪水的接力搬运与多次分选可能是造成延长组砂岩粒级普遍较细的主因；③延长组发育干旱与潮湿两种环境沉积模式，前者以低位域河流扇体系为特征，后者以湖侵期河流-三角洲-湖泊-重力流体系为特色；④干旱环境低位域河流扇砂体与潮湿环境水进域富含有机质泥岩相匹配，形成了延长组“满盆含砂、满凹含油”的特征。该研究完善了大型拗陷湖盆的沉积模式，对丰富陆相盆地沉积理论认识及指导油气勘探实践均有积极意义。

**参考文献** 1. Li Xiangbo, Liu Huaqing, Pan Shuxin, Chen Qilin, Wanyan Rong, Xu Wanglin, Wang Hongbo, Huang Junping, Wang Jing. 2018. Subaqueous sandy mass-transport deposits in lacustrine facies of the Upper Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin, Central China. *Marine & Petroleum Geology*, 97: 66-77. 2. Donselaar, M.E., Cuevas Gozalo, M.C., Moyano, S. 2013. Avulsion Processes at the Terminus of Low-Gradient Semi-Arid Fluvial Systems: Lessons from the Río Colorado, Altiplano Andorheic Basin, Bolivia. *Sedimentary Geol*, 283: 1-14. 3. 李相博, 刘化清, 邓秀芹等. 2020, 干旱环境河流扇概念与鄂尔多斯盆地延长组“满盆含砂”成因新解. *沉积学报*(网络首发).

**关键词** 河流扇; 干旱环境; 洪水事件; 接力搬运; 沉积模式; 延长组; 鄂尔多斯盆地



摘要 ID:1059

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 渤海古近系深部复杂储层储集空间精细表征及地质意义

郝鹏\*

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司中海油实验中心

储层储集空间指孔隙、喉道、裂缝的分布、大小、几何形态及连通关系,是流体在岩石中赋存与流动的场,准确全面地评价储层的孔喉系统是研究储层储集性能、渗流特征与油气聚集机理的基础。近年来,国内海上油气勘探进一步向深层扩展,重点探区深部古近系储层相对致密,微观孔隙结构更趋复杂,非均质性强,传统的以压汞分析技术结合铸体薄片、扫描电镜观察不能直观反映储集空间的形态、大小、分布与空间配置关系等,同时存在实验单一、获取的参数不全面等问题,制约了储层的深化认识。利用新兴的数字岩石技术(MAPS、QEMSCAN、多尺度CT等)对岩石样品大范围、高分辨率、直观地无损扫描成像,可以对孔喉大小、形态、连通性做出定性描述和定量评价,更加快速、直观地研究储层的储集空间分布特征,已在国内松辽盆地致密油、鄂尔多斯致密油、四川页岩储层等得到了应用,但系统应用于海上深部复杂油气储层,未见有系统报道。

### 一、攻关形成古近系复杂储层储集空间多尺度精细表征及评价技术体系

针对渤海古近系深部复杂储层(致密砂岩、砂砾岩、混积岩)特点,利用数字岩心技术的高分辨率、三维成像等优势,结合常规实验手段,对不同岩性储层进行二维、三维多尺度表征并建立储层分类评价标准,分别建立不同岩性的表征方法体系,为解决储层成储机理等问题提供定量化证据。

### 二、深层特低孔特低渗砂砾岩储层储集空间精细表征及渗流能力微观影响因素

靶区砂砾岩孔隙毫米-微米-纳米级多尺度连续分布,孔隙型储层渗透率与孔喉形态、喉道半径、配位数等参数密切相关。裂缝明显改善砂砾岩的物性,也为酸性流体对储层的溶蚀提供了有效通道,导致溶蚀孔隙相对发育。研究靶区微孔隙兼做储集空间与喉道,对大孔隙间的连通起关键作用。渤中凹陷深层砂砾岩储层的渗流能力受裂缝发育程度、孔喉连通性双重控制,储层中黏土矿物和碳酸盐矿物胶结对孔隙结构、储层渗流能力有重要影响。

### 三、致密湖相混积岩储层微观孔隙结构精细表征及分类评价

致密湖相混积岩储层储集空间精细表征和储层分类评价研究极少。靶区湖相混积岩储层岩石类型多样,孔喉结构复杂,各深度段主要岩石类型不同,主要孔喉类型存在不同。典型不同岩性储层平均孔隙半径、主要孔隙半径分布区间、平均孔喉比参数差异明显,云质砂岩和含云砂岩孔隙结构要优于(含)碳酸盐质砂岩,陆屑灰岩和钙质砂岩最差。依据多项评价参数,建立靶区致密混积岩储层分类评价标准,将储层由好到差依次分为I、II、III类。

**参考文献** [1] Nelson P H. Pore-throat sizes in sandstones, tight sandstones, and shales[J]. AAPG Bulletin, 2009, 93(3): 329-340. [2] 纪友亮. 油气储层地质学[M]. 北京:石油工业出版社, 2015: 15-22. [3] Sakdinawat A, Attwood D. Nanoscale X-ray imaging[J]. Nature Photonics, 2010, 4(12): 840-848. [4] 李易霖, 张云峰, 尹淑丽, 等. 致密砂岩储集空间多尺度表征——以松辽盆地齐家地区高台子油层为例[J]. 石油与天然气地质, 2016, 37(6): 915-922. [5] Dong H, Blunt M J. Pore-network extraction from micro-computerized-tomography images[J]. Physical Review E, 2009, 80(3): 036307. [6] Dong H. Micor-CT imaging and pore network extraction [D]. London: Imperial College, 2007. [7] 王清斌, 牛成民, 刘晓健, 等. 渤中凹陷深层砂砾岩气藏油气充注与储层致密化[J]. 天然气工业, 2019, 39(5): 25-33. [8] 霍沈君, 杨香华, 王清斌, 等. 黄河口凹陷H-1构造沙河街组混积岩储层控制因素[J]. 现代地质, 2015, 29(06): 1348-1359.

**关键词** 储集空间; 三维孔喉网络模型; 致密储层; 数字岩石技术; 渤海海域





摘要 ID:1284

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 致密储层微观孔喉连通性表征新技术

秦洋<sup>1\*</sup>、姚素平<sup>2</sup>、萧汉敏<sup>3</sup>

1. 中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院西北分院

2. 南京大学地球科学与工程学院

3. 中国石油天然气股份有限公司勘探开发研究院

致密储层微观孔喉连通性是储层评价中所需考虑的重要指标, 决定了油气在复杂微纳米喉道中的运移效率, 连通性的研究受到储层非均质性的影响, 难以实现准确定量。为进一步从宏观尺度至微观尺度、二维平面至三维空间对致密储层连通性进行全尺度的准确识别, 依据核磁共振冻融技术、场发射扫描电镜技术、高压伍德合金注入结合 FIB (Focused Ion Beam) 技术, 提出了适用于致密储层连通性的刻画流程, 以鄂尔多斯盆地上三叠统长 7 储层为例, 从定性到定量两个方面开展了岩心钻孔的孔隙结构与孔喉连通性表征分析。确定了不同含油性储层的孔喉连通性差异, 计算了不同岩性、不同空间、不同物相的连通熵值。具体实验流程包括利用伍德合金对岩心进行高压注入及切片, 将切片进行低温氩离子刻蚀用以扫描电镜观测, 将致密砂岩孔喉组合模式划分为连通性差、中、好三类; 应用已充注伍德合金的岩心切片进行 FIB 纳米切片三维重构, 结合球棍模型及 Matlab 孔隙团簇分离程序, 以揭示致密储层的高分辨率微区连通特征。研究表明, 球棍模型适用于致密储层孔喉网络连通性的表征, 不同含油性储层的连通性差异明显, 不同类型的孔缝组合模式是决定连通性优劣的关键因素, 宏孔对于连通性的贡献比例远高于微孔, 最后通过对岩心的纳米切片模型及孔喉数据的定量分析, 探索了致密储层微观网络内的孔喉组合模式, 精确量化了油浸与荧光砂岩的网络连通熵与连通稳定熵。此研究为致密储层连通性的刻画提供了一种新的思路, 同时也使非常规储层孔喉连通性的精确量化成为可能。

### 参考文献

**关键词** 致密储层; 核磁共振冻融; 伍德合金注入; 聚焦离子束切片



摘要 ID:1509

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 湖相泥页岩中胶磷矿结核的发育特征及成因机制研究 ——以东营凹陷沙四上亚段为例

马鹏杰<sup>\*1,2</sup>、董春梅<sup>1,2</sup>、林承焰<sup>1,2</sup>、李贵昂<sup>1</sup>、赵子茹<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东青岛, 266580

2. 山东省油藏地质重点实验室, 山东青岛, 266580

渤海湾盆地沙河街组湖相页岩中发育大量胶磷矿结核, 但其赋存样式、丰度、地球化学特征及环境指示意义等尚缺乏系统认知。本文以东营凹陷沙四上亚段湖相泥页岩为例, 综合阴极发光、显微傅里叶变换红外光谱、电子探针和 LA-ICP-MS 等分析测试手段, 对胶磷矿结核的矿物学特征以及主量、微量和稀土元素进行了详细表征。结果表明: 胶磷矿结核多呈黑色椭球状分布于泥页岩纹层中, 粒径尺寸主要介于 0.46 mm ~ 18.3 mm (平均约 2.3 mm)。结核内可见大量微米、纳米级磷灰石球粒, CaO (25.85~39.95 wt%)、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (17.19~29.35 wt%) 和 F (0.71~2.99wt%) 是其主要成分, 红外光谱显示了 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 的 1456 cm<sup>-1</sup> 和 1430 cm<sup>-1</sup> 谱峰, 表明胶磷矿结核为大量微米、纳米级碳氟磷灰石组成的集合体。与典型海相成因的胶磷矿结核相比, 其 Mn/Fe 比和 Y/Ho 比较低 (18.40~28.90), 呈明显的 Y 值负异常, 且 Sr (平均 14963.3ppm)、Ba (平均 1831.6ppm)、U (平均 314.2ppm)、Zr (平均 263.5ppm) 和 Th (平均 185.4ppm) 更为富集。依据其稀土元素 (REY) 配分模式, 可进一步分为三种类型: (1) A 型结核多分布于泥晶方解石纹层内, 具有  $\Sigma$  REY 高、REY “拱形” 分布样式、Ce 异常缺失、 $\Sigma$  REY 与 Ce/Ce\* ( $R_2=0.90$ ) 和 Ba ( $R_2=0.95$ ) 呈显著的线性相关关系等特征; (2) B 型结核多分布于富有机质和粘土纹层中, 具有重稀土元素 (HREE) 显著亏损、弱的 Ce 负异常、CaO 与 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 明显线性相关 ( $R_2=0.84$ ) 等特征; (3) C 型结核少见, 多发育于富有机质和粘土纹层中, 较 B 型结核呈现明显的 LREE 富集。湖盆水体中, Fe-(oxyhydr)oxides (铁的氧化物或氢氧化物) 以及沉积有机质吸附的磷和微量-稀土元素, 主导了早成岩期铁氧化物还原带中碳氟磷灰石的“溶解-捕获-再沉淀”过程。富粘土和有机质纹层沉积时期, 还原性强、相对较深的水体环境更易导致 HREE 在湖盆水体中的滞留, 使 B 型和 C 型结核呈明显的 HREE 亏损, 而沉积有机质的微生物降解过程中则更易导致孔隙水中 LREE 的富集, 促使 LREE 富集的 C 型结核的形成。不同沉积纹层中碳氟磷灰石 REY 分布样式的微弱差异, 可能与富碳酸盐、粘土或有机质纹层沉积期水体的氧化还原条件和成磷结核的物质供给密切相关, 这也为湖相泥页岩沉积环境的研究提供了直接的矿物学和地球化学依据。

**参考文献** [1] Ma P, Dong C, Lin C. Petrographic and geochemical characteristics of nodular carbonate-bearing fluorapatite in the lacustrine shale of the Shahejie Formation, Dongying Depression, Bohai Bay Basin[J]. *Sedimentary Geology*, 2022, 439: 106218. [2] Ma P, Lin C, Li G, et al. Lithofacies Characteristics and Sweet Spot Distribution of Lacustrine Shale Oil: A Case Study from the Dongying Depression, Bohai Bay Basin, China[J]. *Lithosphere*, 2022, S12: 3135681.

**关键词** 胶磷矿; 碳氟磷灰石; 稀土元素; 微量元素; 铁的氢氧化物; 有机质



摘要 ID:1642

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 陆相咸化湖盆碳酸盐岩多重介质储层孔喉发育特征及其对物性的影响

马克<sup>1</sup>、董虎\*<sup>1</sup>、吴国强<sup>1</sup>、李龙生<sup>1</sup>、伍坤宇<sup>2</sup>

1. 数岩科技股份有限公司

2. 中国石油青海油田分公司

为探究陆相咸化湖盆碳酸盐岩多重介质储层孔喉发育特征及其对储层物性的影响,进行柴达木盆地地下干柴沟组上段与吉木萨尔凹陷芦草沟组典型岩性样品对比研究,系统开展微纳米CT扫描、大面积扫描电镜图像拼接(MAPS)和矿物定量分析技术(QEMSCAN)等数字岩心综合实验,以及铸体薄片、X衍射、各类压汞等常规实验研究。结果表明:陆相咸化湖碳酸盐储层普遍发育不同尺度的多类型储集空间,包括毫米级的角砾间孔与未充填裂缝网络、毫米-微米级的溶蚀孔和纳米级白云石晶间孔。储集空间微纳米孔隙占主体,孔喉半径在数百微米至数十纳米的区间内连续分布,干柴沟组可分为裂缝孔隙型与基质孔隙型,芦草沟组主要为颗粒溶蚀型;微纳米孔喉系统控制了储层物性及含油性。粉砂质灰云岩是下干柴沟组上段与芦草沟组重要的优势岩性,峰值孔喉半径大、分布范围宽,最大孔喉半径、未充填喉道/裂缝体积、主流喉道半径对储层渗透率起最关键的控制作用。

**参考文献** 黄成刚,李智勇,倪祥龙,等. 2017. 柴达木盆地英西地区E23盐类矿物成因及油气地质意义[J]. 现代地质, 2017, 31(4): 779-790. 舒豫川,胡广,庞谦,等. 2021. 湖相烃源岩特征—以英西地区下干柴沟组上段为例[J]. 断块油气田, 28(2): 179-186. 臧士宾,郑永仙,崔俊,等. 2018. 砂砾岩储集层微观非均质性定量评价:以柴达木盆地昆北油田为例[J]. 岩性油气藏, 2018, 30(3): 35-42. 郑永仙,陈晓冬,王果,等. 2021. 柴达木盆地英西地区E32储层孔隙特征及宏观微观渗流特征[J]. 西安石油大学学报(自然科学版), 36(4): 75-82. J Li, H Jiang, C Wang, et al. 2021. Pore-scale investigation of microscopic remaining oil variation characteristics in water-wet sandstone using CT scanning[J]. JOURNAL OF NATURAL GAS SCIENCE AND ENGINEERING, 48: 36-45. Luo, XR, Wang, SZ, Wang, ZG, et al. 2015. Adsorption of methane, carbon dioxide and their binary mixtures on Jurassic shale from the Qaidam Basin in China[J]. INTERNATIONAL JOURNAL OF COAL GEOLOGY, 150: 210-223.

**关键词** 数字岩心; 孔隙结构; 储层特征; 碳酸盐岩储层; 柴达木盆地



摘要 ID:3150

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 典型被动裂谷盆地页岩油层沉积特征

陈瑞银<sup>\*1</sup>、温志新<sup>1</sup>、王兆明<sup>1</sup>、贺正军<sup>1</sup>、王林<sup>2</sup>、胡杰<sup>2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 中油国际乍得项目公司

随着我国页岩油作为常规石油接替领域国家战略的提出和保障能源供给安全海外勘探战略的推进, 对全球陆相页岩油层发育及富集机理开展研究的必要性不言而喻。国内页岩油勘探集中在裂谷、前陆、克拉通三种主要盆地类型, 尤以裂谷盆地资源潜力突出。但由于我国境内不发育典型的被动裂谷盆地, 因而对其关注不够。基于对中西非被动裂谷盆地群 Bongor 盆地页岩油前瞻性项目的研究, 发现相比主动裂谷盆地, 被动裂谷盆地具有更好的页岩油勘探潜质, 主要表现在以下几个方面。

(1) 更厚的沉积层和更好的砂泥层组合: 根据天文旋回与定年分析, Bongor 盆地北缓坡次洼区下白垩统的沉积速率是中国东部松辽主动裂谷盆地拗陷区的 2 倍, 同时期的沉积地层更厚。由于盆地以走滑剪切背景, 盆地宽度窄, 沉积物供给率更高, 受气候变化的影响更大, 因此河流-冲积扇与富有机质沉积互层更频繁, 大套泥页岩段内的粉砂质夹层更发育。(2) 更富有机质层的发育: 岩石学分析, 发现方沸石等热液活动的证据, 是淡水湖水体富营养物质的原因之一。而依据伽玛、磁化率、锆石定年进行的天文旋回分析结果,  $TOC > 6\%$  的极富有机质层的发育与 10 万年短偏心率周期有很好的对应关系, 预示着中西非裂谷盆地群在同时期也具有相似富有机质层发育的潜质。(3) 富有机质层高碳酸盐岩含量: 通过矿物组成和 TOC 的关系统计发现, Bongor 盆地 M-P 组 TOC 与碳酸盐岩含量呈正相关关系, 而黏土矿物越高有机质含量越低。因此生烃段也是脆性更高易于压裂施工的地层段, 生储一体提高了含油率。(4) 构造反转引起地层折返浅埋: 根据埋藏史恢复特别是剥蚀量数据, 可见早期沉积的 M-P 组在热成熟后经历了构造抬升, 目前盆地北部地区成熟度  $R_o$  在 0.7-1.1% 的层段, 埋深在 1200-2400m, 多数小于 2000m。显然大大降低了页岩油钻井成本。(5) 陆相地层相变快与断块的矛盾统一: 湖相地层沉积相变快是共识, 因此相较于美国二叠盆地横向连续的海相地层, 似乎是不利因素。但裂谷盆地断块发育, 在工程上也限制了单井控制面积。以断块为边界, 计算典型井 EUR 发现, 其单井控制储量与美国长水平井的 EUR 相近 (趋于 6 万吨), 纵向厚度大是 EUR 高的主要原因。

综上所述, 被动裂谷在各种陆相沉积盆地中, 页岩油赋存潜力更高。其综合沉积条件所指示的经济可采储量及工程难度不比其它类型盆地差。在中石油现有海外项目区块探索页岩油开发具有可行性。

### 参考文献

**关键词** 被动裂谷盆地 湖相 陆相 页岩油 天文旋回



摘要 ID: 3289

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 渤南洼陷沙三下-沙四上亚段含 H<sub>2</sub>S 油气藏成因机理研究

包长甲<sup>1</sup>、林承焰<sup>\*1,2</sup>、马鹏杰<sup>1,2</sup>、韩带<sup>1</sup>

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东青岛, 266580

2. 山东省油藏地质重点实验室, 山东青岛, 266580

渤南洼陷位于渤海湾盆地济阳拗陷沾化凹陷中部, 北依埕东凸起, 南连陈家庄凸起, 东临孤岛凸起和孤北洼陷, 西依义和庄凸起, 为一北陡南缓、东陡西缓的箕状断陷湖盆。洼陷内沙三下-沙四上亚段自下而上以“扇三角洲前缘与湖相浊积岩-膏泥岩-富有机质泥页岩”沉积为主, 并受沙三段沉积期埋南断层和孤西断层的剧烈活动, 形成了一系列北西向阶梯状断层, 明显控制了区内油气藏的运聚。试油试采结果显示, 洼陷内断阶带多井见 H<sub>2</sub>S (如义 182、义 187、义 184-斜 2、义页平 1 井等, 最高达 17000ppm), 并常伴随 CO<sub>2</sub> 的产出, 原油组分亦普遍含硫, 严重制约了沙四上亚段深层油气与沙三下亚段页岩油气开发。

本文结合研究区埋藏热演化史、构造演化史和试油试采资料, 以岩心观察和薄片鉴定为基础, 综合电子探针测试、XRF 元素测试、岩石碳硫组分分析、原位硫同位素测试等, 探讨了研究区沙三下-沙四上亚段含 H<sub>2</sub>S 油气藏的成因机理。研究表明: 沙三下-沙四上亚段岩石硫组分含量由膏泥岩向富有机质泥页岩逐渐减少, 且已探测含 H<sub>2</sub>S 油气藏主要分布于膏泥岩-富有机质泥页岩沉积界面。研究层系主体埋藏温度介于 120-180°C, 为硫酸盐热还原反应的有利“反应窗”, 导致了沙三下-沙四上亚段沉积界面大量 H<sub>2</sub>S 的富集。与此同时, 断阶带一系列阶梯状断层的活动, 促使了膏泥岩-富有机质泥页岩与碎屑岩储层的侧向接触, 石膏向硬石膏转化过程为砂岩储层提供了充足的富 SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>流体, 导致了砂岩储层开放的硫酸盐热还原反应体系 ( $\Delta \delta^{34}\text{S}_{\text{硬石膏-黄铁矿}}=14.2\text{‰}$ ) 和含硫原油的聚集, 形成了渤南洼陷沙三下-沙四上亚段“断阶带普遍含硫、沉积界面高硫”的富硫格局。

**参考文献** Cai. C., Li. H., Li. K., et al., 2022. Thermochemical sulfate reduction in sedimentary basins and beyond: A review. *Chem. Geol.* 607, 121018. Ma, P., Lin, C., Jahren, J., et al., 2021. Cyclic zoning in authigenic saddle dolomite-ankerite: indications of a complex interplay between fault-rupturing and diagenetic alteration. *Chem. Geol.* 559, 119831. Ma, P., Lin, C., Dong, G., et al., 2023. Effect of faulting on diagenetic processes in the silicate-sulfate-carbonate system: A case study from the Bonan Sag of Jiyang Depression, Bohai Bay Basin. *Mar. Petrol. Geol.* 147, 105985. Machel, H. G., 2001. Bacterial and thermochemical sulfate reduction in diagenetic settings—old and new insights. *Sediment. Geol.* 140, 143-175

**关键词** 渤南洼陷; 硫化氢; 成因机理



摘要 ID: 3372

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 平凉北地区长 8 低含油饱和度油藏特征及成藏期次研究

邵晓州\*、薛楠、侯云超、齐亚林  
长庆油田研究院

平凉北地区三叠系延长组长 8 油藏含油饱和度低, 烃类流体性质变化大, 油藏类型多, 局部发育低阻高粘油藏, 成藏规律认识不清。本文以“低含油饱和度”为切入点, 对该区油藏特征及成藏期次进行了研究, 结果表明: 平凉北地区长 8 油层含油饱和度为 12.1-39.4%, 平均为 20.1%。演武地区长 8 砂体储集条件较好, 局部断裂发育, 为岩性-构造油藏, 主要受储油层物性和构造幅度同时控制。孟坝地区单砂体厚度较薄易形成致密砂岩遮挡, 油藏规模相对较大, 以岩性-构造油藏为主。彭阳地区物性较好, 以构造油藏为主, 石油在构造高部位富集成藏, 发育构造油藏。长 8 砂岩储层中的流体包裹体均一温度主要存在 80~90°C 和 110~130°C 两个峰值区间, 分布范围广, 油气为连续充注。长 8 石油充注的主要时期为 110~135Ma, 分别为晚侏罗世的早期充注和早白垩世的大规模充注两个时期。

1 油藏流体特征  
平凉北地区延长组长 8 原油密度分布范围为 0.83~0.94g/cm<sup>3</sup>, 平均值为 0.86g/cm<sup>3</sup>, 按照原油密度划分属于轻-中-重质原油。原油粘度的变化范围较大, 分布范围为 7.01~24.9mPa·s, 其中 10~20mPa·s 之间的样品超过了 50%, 原油密度和粘度之间具有一定的正相关关系, 原油密度越大, 它的粘度就越大, 两者相关系数为 0.53。原油的凝固点为 20~27°C, 平均值为 22.3°C。原油物性呈现出中、高密度, 中粘度, 低凝固点的特点, 横向上变化较大。

长 8 油层的地层水为弱酸性 (PH 值为 5.5~7.0 之间), 地层水矿化度平均为 38.22g/L、氯根高 31098mg/l, 离子组成以 K<sup>++</sup>Na<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>和 Cl<sup>-</sup>为主, 水型为 CaCl<sub>2</sub> 型 (图 5), 反映了相对封闭地下流体环境, 油层保存条件较好。

2 含油性特征  
对储层含油性质的表征参数可以分为岩心物理和有机地球化学两类。含油饱和度 (S<sub>o</sub>) 是表征常规储层含油性的重要岩心物理参数, 是指含油地层有效孔隙中含油体积与岩石有效孔隙体积的百分比。由于含油饱和度忽略了不连通孔隙中的液态烃, 因此其对于含油丰度低的长 8 储层而言适用性不好, 并不能完全表征储层中液态烃的实际含量 (李廷微, 2018)。本次从储层、地球化学方面出发, 对含油饱和度和石油赋存特征, 选用残留烃 (S<sub>1</sub>)、裂解烃 (S<sub>2</sub>) 和录井热解 “Ps”、“Pg” 等参数对比分析, 来表征低含油饱和度储层的含油量。

2.1 含油饱和度特征  
平凉北地区含油饱和度为 12.1-39.4%, 平均为 20.1%, 该值是根据出筒岩心分析而得, 属于残余含油饱和度, 其值往往低于地下真实含油饱和度。为更真实反映地下岩心的含油性大小, 选取孟 122、武 17 等 4 口井在长 8 储层采集密闭取心, 对密封取心的样品进行物性分析, 结果表明平凉北地区长 8 储层地下岩心平均含油饱和度 19.67%, 含水饱和度 50.1%, 与岩心测得数据相差不大, 推测是现场密闭采样不当造成油气散失。

### (1) 残留烃和裂解烃含量 (S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>)

通过对平凉北地区 1160 块长 8 储层岩心录井热解分析, 结果表明, 研究区长 8 残留烃含量 (S<sub>1</sub>) 介于 2.08~6.18mg/g, 平均为 4.24mg/g, 峰值分布在 2~4mg/g 之间, 约占 37.84%; 裂解烃含量 (S<sub>2</sub>) 介于 0.87~2.13 mg/g, 平均为 1.77mg/g, 峰值分布在 0~2mg/g 之间, 约占 70.26%。

### (2) 原油轻重组分指数 (Ps) 和含油总量 (Pg)

一般来讲原油轻重组分指数 Ps>1.20mg/g, 含油总量 Pg>6.0mg/g, 物性中等-较好解释为油层、油水同层, 含油饱和度较高; 原油轻重组分指数 Ps 在 1.00-1.08mg/g 之间, 热解总值 Pg<6.0mg/g, 一般物性较好, 产水或少量油, 解释为含油水层或水层 (万安强, 2020)。

2.2 石油赋存特征  
根据平凉北地区长 8 油层勘探开发石油矿场实践, 结合核磁共振分析与录井、试油结论对比, 表明含油饱和度低不出油, 含油饱和度高也不一定出油, 原油在储集层中的赋存状态决定产油量多少。在含油饱和度高的储集层中, 可动油越多产油越多, 可动油越少产油越少, 甚至会出现含油饱和度高不出油的情况。在平凉北地区长 8 砂岩储层中, 各区域储层物性存在差异, 石油的分布



特征存在差异。在孟坝地区物性最差，束缚油孔喉半径较小，受毛细管束缚原油流动性较差，出现含油显示好而不出油的情况。在演武和彭阳地区，储层物性较好，石油聚集受构造高低影响，在构造高部位含油饱和度高，构造相对低部位，试油出现油水同出的情况。3 典型油藏特征和分布

根据油藏解剖分析，平凉北地区长 8 油藏主要发育岩性、岩性-构造圈闭 2 种油藏类型。平面上发育演武—草庙、平凉—小岷、孟坝—武沟 3 条主砂带，长 8 油藏主要分布在西部和西南走向的三角洲平原分流河道砂体上。纵向上由于储层非均质性强，东西构造变化大，含油性变化也较大，油水分离不明显，无明显油水界面。具体来看，北部演武地区、东部武沟—孟坝地区、南部彭阳地区油藏都有分布，特点也有所差异。与盆地内部大面积岩性油藏不同，靠近西缘冲断带，受构造、断裂和有利储集体等多因素控制，形成构造、岩性-构造油藏。4 成藏期次 4.1 流体包裹体特征长 8 储集层油气包裹体大致可分为早、晚两期，分别代表两次油气运移成藏事件。第一期包裹体主要分布在石英碎屑颗粒的石英次生加大边以及石英颗粒内部裂隙，偏光下为黑色和褐色，含固体沥青，无荧光或者很淡的黄色荧光，反映包裹体形成较早或者经历了氧化作用。第二期包裹体主要分布在切穿石英颗粒裂隙周缘，偏光下为无色或褐色，蓝光激发下显示黄绿色荧光或者亮黄色荧光，反映包裹体形成时间相对较晚。

早期包裹体其物理相态主要有气态烃+液态烃+少量盐水、气态烃+液态烃和纯液态烃 3 种。气液比较大，颜色为黑色或深褐色；气态烃呈灰色，居包裹体中央部位；液态烃为黄褐色，半透明；盐水无色透明，分布在包裹体边缘。这类包裹体形态为近圆形、椭圆状，部分为不规则状，常常见于溶蚀孔隙中，沿早期裂隙呈串珠状分布，形成于沉积埋藏之后。

晚期油气包裹体物理相态主要包括气态烃+液态烃+大量盐水及气态烃+大量盐水 2 种。所捕获的油气包裹体较大，包裹体中其形态主要为椭圆型和不规则状，多呈串珠状分布。油、气、水 3 种相态边界清晰可见。这类包裹体主要分布在晚成岩阶段的裂隙，同时在晚期硅质胶结物和亮晶方解石胶结物中也可见，荧光颜色较浅，反映出当有机质流体中烃类含量相对较低(时保宏等，2012)。

#### 4.2 包裹体均一温度

本次对包裹体温度的测试选择与油气包裹体伴生的同期盐水包裹体进行测量，共有 22 个包裹体薄片样品，测点数共计 520 个，测试获得均一温度。统计数据后发现，流体包裹体均一温度集中在 80~130℃ 区间内，虽然分布范围较宽，但都主要存在 60℃~90℃ 和 100℃~130℃ 两个峰值区间，分布连续，表明油气为连续充注，整个充注过程未发生大的构造事件，而出现两个峰值说明该区烃类充注是一个由强到弱，再由弱到强的连续充注过程，为两期成藏过程。

**参考文献** 李廷微. 2018. 沾化凹陷页岩储层孔隙结构特征及其对含油性的控制[D]: 中国石油大学(北京). 任战利, 张盛, 高胜利, 等. 2007. 鄂尔多斯盆地构造热演化史及其成藏成矿意义[J]. 中国科学(D辑:地球科学)(S1): 23-32. 时保宏, 张艳, 张雷, 等. 2012. 鄂尔多斯盆地延长组长 7 致密储层流体包裹体特征与成藏期次[J]. 石油实验地质, 34(06): 599-603. 万安强. 2020. 茂 509 外扩区块开发井录井解释评价技术的应用[J]. 西部探矿工程, 32(01): 49-52

**关键词** 平凉北地区; 长 8 油藏; 油藏特征; 成藏期次



摘要 ID:2317

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 鄂尔多斯盆地陇东太原组含铝岩系储层矿物学特征

解丽琴<sup>1,2</sup>、杨伟伟<sup>1,2</sup>、杨毅<sup>1,2</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院
2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室

近期在鄂尔多斯盆地陇东地区二叠系太原组含铝岩系天然气勘探中取得重大突破,改变了以往对含铝岩系不能形成有效储层的传统认识,矿物难以识别,急需通过系统分析测试明确微观储层矿物特征、类型及孔隙发育机理展开研究。

本文主要应用扫描电子显微镜-X射线能谱仪,结合岩石薄片鉴定、X射线衍射分析等手段,确定了陇东地区太原组含铝岩系储层矿物类型及微观特征。研究表明,含铝岩系储层的主要矿物成分包括水铝石、黏土矿物、锐钛矿、黄铁矿、菱铁矿等。水铝石以隐晶质一水硬铝石为主,呈团块状,部分水铝石呈针状或长柱状自形晶充填于孔隙之中。黏土矿物主要为高岭石、绿泥石及伊利石,自上而下,高岭石含量降低、伊利石含量增加、绿泥石含量变化不大,孔隙发育的铝土岩储层孔隙中黏土矿物晶体粗大、自形良好。锐钛矿普遍存在,晶体细小,常与泥质或水铝石混杂一起,晶形上难以识别;部分成条带状或脉状穿插于基质中,少量锐钛矿晶体粗大、自形较好,充填于孔隙中。黄铁矿形态多样,以草莓状、柱状、板状等分布,部分疑似古生物交代而成;菱铁矿含量较低,呈斑状分布,部分自形较好充填于溶蚀孔洞之中。

根据矿物类型、含量、产状等特征,可以将含铝岩系储层分为三段:上部为铝土质泥岩和碳质泥岩,中部为铝土岩,下部为铝土质泥岩。上部黏土矿物类型以高岭石为主,富Al、Si等元素;中部以水铝石为主,富Al,孔隙发育,自生矿物类型多、晶形好;下部黏土矿物类型以伊利石为主,富K。结果表明,中部铝土岩层为主要储集层,为下部含铝岩系天然气勘探开发有利目标评价奠定了重要基础。

**参考文献** [1] 高兰,王登红,熊晓云,等.中国铝土矿资源特征及潜力分析[J].中国地质,2015,42(4):853-863. [2] 王庆飞,邓军,刘学飞,等.铝土矿地质与成因研究进展[J].地质与勘探,2012,48(3):430-448. [3] 曹高社,杜新.华北陆块本溪组含铝岩系形成机理[M].科学出版社,2020. [4] 孟卫工,李晓光,吴炳伟,宫振超,董德胜,刘媛媛,戚秀明.鄂尔多斯盆地宁古3井太原组含铝岩系天然气成藏特征及地质意义[J].中国石油勘探,2021,134(3):79-87.

**关键词** 鄂尔多斯;太原组;铝土岩;天然气;矿物组成





摘要 ID:3101

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地前侏罗纪不同古地貌单元不整合结构测井识别标志及分布规律——以陇东地区为例

段祎乐\*、李元昊  
西安石油大学

不整合面是最为常见的地质现象之一,纵向上不整合可划分不整合之上岩石、风化粘土层和风化淋滤带典型的三层结构。三叠纪末的印支运动导致鄂尔多斯盆地抬升侵蚀,形成了前侏罗纪古地貌。由于不同地貌单元的侵蚀风化时间、侵蚀深度、后期充填等存在明显差异,导致河道、斜坡、高地不整合结构不同。以陇东地区不整合结构为例,发现不同位置不整合结构测井响应特征存在差异。

不整合之上岩石主要为河道充填砂岩,测井曲线表现为高电阻率、低自然伽马特征,主要发育在甘陕古河;风化粘土层是不整合结构中物性较差的层,主要为泥岩和砂质泥岩,测井曲线表现为高自然伽马,低密度特征,风化粘土层发育位置有所不同,河道处缺失,高地、斜坡均有发育;风化淋滤带具有多种的岩石类型,且储层连通性较好,测井曲线表现为井径曲线锯齿化明显,低电阻率特征,主要发育在古地貌的斜坡处。由此建立了陇东地区不整合结构的识别方法,其与油气成藏的关系可为该地区油气勘探提供地质依据。

### 参考文献

**关键词** 不整合面; 测井曲线; 陇东地区; 古地貌; 油气运移



摘要 ID:250

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 厄瓜多尔奥连特盆地北部晚白垩系 Basal Tena 组沉积储层特征

陈杰\*、陈果、唐建侯  
中国石油川庆钻探工程有限公司

厄瓜多尔奥连特盆地是南美地区最重要的含油气盆地之一, 油气资源丰富, 其主要含油气层系包括白垩系的 Hollin 组、Napo 组和 Basal Tena 组碎屑岩地层。奥连特盆地勘探开发主要围绕 Napo 组和 Hollin 组开展, 相关资料和研究成果也较多, 对 Basal Tena 组储层重视程度不够。奥连特盆地晚白垩 Basal Tena 组碎屑岩沉积时期是盆地从裂陷盆地向前陆盆地转换的过程, 是中生界海相沉积向新生界陆相沉积的转换过程, 沉积环境较为复杂。本文通过区域资料调研、野外露头考察、岩心观察和测井、地震等资料分析, 对厄瓜多尔奥连特盆地北部晚白垩 Basal Tena 组碎屑岩和储层发育特征、储层发育展布情况开展相关研究, 认为: Basal Tena 组岩性主要为石英砂岩, 发育双层泥质纹层、羽状交错层理、波状层理、压扁层理等, 有生物扰动遗迹发育, 同时发育钙质胶结的海绿石砂岩, 反映了潮汐作用的影响, 综合分析认为其沉积环境为受潮汐影响的滨海沉积, 包括: 临滨砂坪、潮道、潮汐砂坝、潮下泥坪和滨外泥岩等微相; 储层发育以粒间孔为主, 广泛发育有钙质胶结。

**参考文献** [1] 谢寅符, 季汉成, 苏永地, 等. Oriente-Maranon 盆地石油地质特征及勘探潜力[J]. 石油勘探与开发, 2010, 37(1): 51-56. Xie Yinfu<sup>1</sup>, Ji Hancheng<sup>2</sup>, Su Yong di, et al. Petroleum geology and exploration potential of Oriente-Maranon Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2010, 37(1): 51-56. [2] 马中振, 谢寅符, 陈和平, 等. 南美典型前陆盆地斜坡带油气成藏特征与勘探方向选择—以厄瓜多尔 Oriente 盆地 M 区块为例[J]. 天然气地球科学, 2014, 25(3): 379-386. Ma Zhong zhen, Xie Yinfu, Chen Heping, et al. Hydrocarbon Accumulation Feature and Exploration Direction Selection: Taking M Block of Oriente Basin, Ecuador as an Example [J]. Natural Gas Geoscience, 2002, 23(2): 89-91. [3] Mathal one J M P, Montoya M. Petroleum geology of the sub-Andean basins of Peru [A]. Tankard A, Surez Soruco R, Welsink H J. AAPG memoir 62: Petroleum basins of south America [C]. Tulsa: AAPG, 1995. 423-444. [4] Higley D.K. The Putumayo-Oriente-Maranon Province of Colombia, Ecuador, and Peru Mesozoic-Cenozoic and Paleozoic petroleum systems [R]. USA: US Geological Survey, 2001:1-31. [5] DASHWOOD, M. F. and ABBOTTS, I. L., 1990. Aspects of the Petroleum Geology of the Oriente Basin, Ecuador. In: TANKARD, A. J., SORUCO, S.R. and WELSINK, H.J. (Eds), Classic Petroleum Provinces. Geol. Soc. Lond., Spec. Publ., 50, 89-117. [6] HIGLEY, D.K., 2001. The Putumayo-Oriente-Marañón Province of Colombia, Ecuador and Peru-petroleum Systems. Denver: U.S. Geological Survey. [7] 刘亚雷, 刘玉娟, 张孝珍, 等. 奥连特盆地 T 区块 M1 油藏地质特征及勘探潜力分析[J]. 西安石油大学学报, 2020, 35(2): 35-41. Liu Yalei, LIU Yujuan, ZHANG Xiaozhen, et al. Analysis of Geological Features and Exploration Potential of M1 Reservoir in T Block of Oriente Basin [J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science Edition), 2020, 35(2): 35-41. [8] 何彬, 陈诗望, 郝斐, 等. 厄瓜多尔 Oriente 盆地油气地质条件及成藏模式[J]. 天然气技术与经济, 2014, 8(3): 6-10. He Bin, Chen Shiwang, Hao Fei, et al. Petroleum Geology and Reservoir-forming Modes in Oriente Basin, Ecuador [J]. Natural Gas Technology and Economy, 2014, 8(3): 6-10. [9] 何彬, 刘毅, 郝斐, 等. 奥连特盆地油气系统特征与勘探潜力[J]. 石油天然气学报, 2011, 33(4): 34-38. He Bin, Liu Yi, Hao Fei, et al. The Characteristics of Hydrocarbon System and Exploration Potential of Oriente Basin [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2011, 33(4): 34-38. [10] 刘畅, 张琴, 谢寅符, 等. 厄瓜多尔 Oriente 盆地东北部区块白垩系层序地层格架及发育模式[J]. 沉积学报, 2014, 32(06): 1123-1131. Liu Chang, Zhang Qin, Xie Yinfu, et al. Sequence stratigraphic framework and development model of the Cretaceous in Northeast Block, Oriente Basin, Ecuador [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014, 32(06): 1123-1131. [11] ESTUPIÑAN, J.,



MARFIL, R., SCHERER, M. and PERMANYER, A., 2010. Reservoir Sandstones of the Cretaceous Napo Formation U and T Members in the Oriente Basin, Ecuador: Links between Diagenesis and Sequence Stratigraphy. *Journal of Petroleum Geology*, 33, 221–245. [12] Wine G. Maranon basin technical report about the hydrocarbon potential of NE Peru, Huallaga, Santiago and Maranon basin study [R]. Lima: Parsep, 2002. 1–60 [13]. J. Gaibor, J.P.A. Hochuli, W. Winkler, et al. Hydrocarbon source potential of the Santiago Formation, Oriente Basin, SE of Ecuador [R]. *Journal of South American Earth Sciences*, 2008 (25):145–146. [14] Tankard A. Regional framework of basin evolution in South America: A methodology for hydrocarbon exploration and exploitation [Z]. Tulsa: AAPG, 1997. [15] HuYing, Yin Jiquan, Su Yongdi, et al. Geochemistry of Heavy Oil in the T Block, Oriente Basin and its Origin Mechanism [C]. *ACTA Geological Sinica (English Edition)*, 2010 84(2): 406~414. [16] Tankard A, Uliana M A, Welsink H J, et al. Structural and tectonic controls of basin evolution in southwestern Gondwana [A]. [17] Tankard A, Suarez S R, Welsink H J. AAPG Memoir 62: Petroleum basins of South America [C]. Tulsa: AAPG, 1995. 5–52. [18] BABY, P., RIVADENEIRA, M., BARRAGAN, R. and CHRISTOPHOUL, F., 2013. Thick-skinned Tectonics in the Oriente Foreland Basin of Ecuador. In: NEMCOK, M., MORA, A. and COSGROVE, J. W. (Eds), Thick-skinned Orogens: From Initial inversion to Full Accretion. *Geol. Soc. Lond. Spec. Publ.*, 377, 59–76. [19] BARRAGAN, R., BABY, P. and DUNCAN, R., 2005. Cretaceous Alkaline Intra-plate Magmatism in the Ecuadorian Oriente Basin: Geochemical, Geochronological and Tectonic Evidence. *Earth and Planetary Science Letters*, 236, 670–690. [20] BROOKFIELD M.E., HEMMINGS D.P. and VAN STRAATEN P., 2009. Paleoenvironments and Origin of the Sedimentary Phosphorites of the Napo Formation (Late Cretaceous, Oriente Basin, Ecuador). *Journal of South American Earth Sciences*, 28, 180–192. [21] CHRISTOPHOUL, F., BABY, P. and DAVILA, C., 2002. Stratigraphic Responses to a Major Tectonic Event in a Foreland Basin: the Ecuadorian Oriente Basin from Eocene to Oligocene Times. *Tectonophysics*, 345, 281–298. [22] ESTUPIÑAN, J., MARFIL, R., DELGADO, A. and PERMANYER, A., 2007. The Impact of Carbonate Cements on the Reservoir Quality in the Napo Fm Sandstones (Cretaceous Oriente Basin, Ecuador). *Geologica Acta*, 5, 89–107.

**关键词** 奥连特盆地; Basal Tena组; 潮汐影响; 沉积相; 储层特征



摘要 ID:275

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 渤中凹陷湖相烃源岩形成机理及发育特征

李越哲、殷杰、王振奇\*

长江大学

渤中凹陷是渤海海域最具前景的油气勘探区之一。为探究渤中凹陷古近系沙河街组三段、沙河街组一段和东营组三段三套优质湖相烃源岩的形成机理及发育特征,本次研究在烃源岩地球化学特征分析基础上,结合沉积相(微相)、岩石-古生物相、有机地化相研究成果,建立烃源岩评价标准,在层序地层格架内开展烃源岩评价,分析不同层序优质烃源岩发育特征;并利用总有机碳含量、有机碳稳定同位素、微量元素相对丰度等恢复古生产力演化趋势,定量计算出古生产力并分析其演化特征;结合烃源岩沉积环境、氧化还原条件和沉积速率,综合分析有机质保存条件及主控因素,最终在此基础上结合构造、沉积、古气候等多种因素,总结烃源岩发育模式。研究表明:渤中凹陷优质烃源岩有机质丰度下限为  $\text{TOC}=2.0\%$ ,  $\text{S1}+\text{S2}=10.0\text{mg/g}$ ;优质烃源岩以混合细粒岩为主,垂向上主要分布于沙三中及沙三下的最大湖泛面上下、沙一段、东三段上升半旋回;沙三段古生产力最高,其次为东三段,沙一段最低;气候、营养盐和沉积速率对生产力都具有控制作用,东三段、沙三段优质烃源岩以温暖湿润气候下的高营养盐输入及湖盆规模为主控因素,沙一段以低沉积速率形成的凝缩效应为主控因素;东三段与沙三段优质烃源岩以大水深下的温度分层为主要保存控制因素,沙一段优质烃源岩以高盐度下的盐度分层为主要保存控制因素;综上分析,沙三段为局限湖盆,高沉积速率,高生产力,水深大的优质烃源岩发育保存模式;沙一段为咸化湖盆,低沉积速率,低生产力,盐度大的优质烃源岩发育保存模式;东三段为开阔湖盆,高沉积速率,较高生产力,水深大的优质烃源岩发育保存模式。

### 参考文献

**关键词** 渤中凹陷;湖相烃源岩;优质烃源岩;古近系



摘要 ID:478

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 尼日尔 Termit 盆地晚白垩纪沉积体系组成和展布的新进展

袁圣强<sup>1</sup>、黄先雄<sup>2</sup>、毛凤军<sup>1</sup>、汪望泉<sup>2</sup>、袁选俊<sup>1</sup>、王海荣<sup>3</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083
2. 中国石油国际勘探开发有限公司, 北京 100034
3. 中国地质大学(北京), 北京, 100083

尼日尔 Termit 盆地位于中西非裂谷系, 面积 2.7 万平方公里, 具有“海陆”叠合沉积特征(薛良清等, 2014)。盆地 K1 时期裂开, 发育陆相湖盆, K2 时期遭受海侵, 广泛发育坳陷期泥岩, 为盆地烃源岩。盆地发育上下两套成藏组合, 主力成藏组合是古近系 Sokor 组, 累计探明地质储量 5 亿吨(袁圣强等, 2018)。晚白垩世是跨撒哈拉海道海侵活动的高峰, 南北两个方向的海侵是、如何、多大程度上影响了 Termit 盆地, 在多大程度上影响或控制了盆地的沉积格局, 是一个争议多年的难题, 导致出现了多种彼此矛盾的盆地沉积相认识, 进而影响了对上白垩统砂体类型和展布的分析, 极大制约了勘探开发。有鉴于此, 有必要通过新的研究思路, 集成各类型数据, 获得扎实的沉积相新认识, 解开种种困惑多年的难题。论文基于地震、岩心、测井和调研数据资料, 从原型盆地分析入手, 通过古地貌和物源体系的研究, 结合精细岩心相提供的古环境信息, 从更大的范围内, 对 Termit 盆地上白垩统沉积环境提出了新的认识。晚白垩世, Termit 盆地和尤利米丹盆地同为跨撒哈拉海道的中央部分, 具有统一、不对称的古地貌背景, 其中宽缓的西部斜坡构成了西部远源输送体系, 而相对较窄的东斜坡形成了东部近源输送体系。岩心相和岩电特征确定了强烈海洋沉积作用机制, 并受控于所处的“跨撒哈拉海道”的地貌, 使得潮汐效应得到了增强。不充分的陆源碎屑供应, 海道性的潮汐作用背景, 使得潮汐作用成为 Termit 原型盆地主导性的水动力。在坡折带主控地貌的作用下, 形成了内陆棚、外陆棚环境为主, 潮坪和半深海环境为辅的分层段差异发育的沉积面貌, 其中外陆棚细粒潮汐砂脊、内陆棚粗粒潮汐砂脊是主要砂体。沉积相的新进展更新了 Termit 盆地晚白垩世沉积体系, 推动了该地区烃源岩和储层的评价工作, 让我们对 Termit 盆地晚白垩世原型盆地、沉积主控因素和模式、油气潜力区块都有了新的认识, 坚定了我们对于 Termit 盆地东部 T 斜坡的勘探, 为一个新的亿吨级勘探发现奠定了基础。

**参考文献** 薛良清, 潘校华, 史卜庆. 海外油气勘探实践与典型案例[M]. 北京: 石油工业出版社, 2014: 53-67. 袁圣强, 毛凤军, 郑风云, 等. 尼日尔 Termit 盆地上白垩统成藏条件分析与勘探策略[J]. 地学前缘, 2018, 25(02): 42-50.

**关键词** 尼日尔; Termit 盆地; 沉积体系; 岩相古地理; 原型盆地



摘要 ID:1439

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 专题邀请报告

## 湖相碎屑岩储层中有机-无机相互作用类型、标志与成储效应

胡文璋\*

南京大学

我国陆相碎屑岩层系是重要的油气勘探领域,除了常规油气外,非常规油气也已成为重要的勘探对象。但是,碎屑岩储层非均质性很强,影响储层形成的因素比较多,其中,有机-无机相互作用对储层的形成和分布具有重要意义,并日益引起广泛重视。本文试图以沉积阶段微生物作用、成烃阶段热脱羧和成藏阶段热化学氧化作用的三个例子进行讨论。

**1、沉积阶段微生物作用:** 在一些特定条件下,湖相沉积在同生/准同生阶段就发生了有机-无机相互作用。最典型的实例是准噶尔盆地二叠系芦草沟组页岩油层系中的白云岩储层,其形成与微生物的介导作用有关。在湖泊软沉积物中,甲烷菌大量繁盛,配合一定的湖水盐度和Mg/Ca比值,在甲烷菌介导作用下,形成了多层微晶白云岩,以微纳米晶粒为主,有序度也比较低。由于此类白云岩的碳来源于甲烷菌活动过程形成的CO<sub>2</sub>,同位素偏重,因此所形成白云岩的碳同位素也明显比较重( $\delta^{13}C$ 为5~20‰),成为其典型标志。这些白云岩厚度不大,微孔发育,并与富有机质泥页岩互层,成为主要的页岩油储层。

**2、成烃阶段脱羧基作用:** 当烃源岩进入成烃作用阶段后,伴随着油气的生成和脱羧基作用,也生成了大量有机酸和CO<sub>2</sub>等,首先在烃源岩层系内部聚集,后来再通过运移进入储集层和圈闭。这些酸性组分与碱性矿物(碳酸盐矿物、长石和火山碎屑颗粒等)发生相互作用,造成碱性矿物溶蚀,形成次生孔隙和次生方解石。由于次生方解石中的碳主要来源于烃源岩的热演化产物,以较低的 $\delta^{13}C$ 为特征(-10~-20‰)。同时,在有机-无机作用过程中,高价锰容易被还原进入溶液,次生方解石往往含有较高的MnO(一般大于1%)。这一作用对页岩油储层极为重要,是形成次生溶蚀孔隙的主要方式。特别是对于烃源岩层系中的粉砂岩-细砂岩、碳酸盐岩等薄夹层,其溶蚀改造最为显著,在吉木萨尔凹陷芦草沟组页岩油层段和渤海湾盆地沙河街组页岩油层系中都很典型。此外,在油气的运移过程中,富含有机酸和CO<sub>2</sub>的含烃流体对储层的开拓推进也是非常重要的,很多储层中的不均一溶蚀作用大多与此有关,例如四川盆地的须家河组致密砂岩储层就受到了有机流体的显著改造。

**3、烃类热化学氧化作用:** 在一些含有氧化性岩层的湖相沉积层系中,当烃类有机流体进入后,在较高的温度条件下(一般>80°C),有机烃类可以被高价金属元素诱发热化学氧化作用(在某种程度上可以与碳酸盐岩油气系统中的硫酸盐还原作用TSR类比)。典型例子发现在准噶尔盆地玛湖凹陷,三叠系百口泉组的油气在含有红层的砂砾岩中成藏,红层中富含高价Mn-Fe等元素,与还原性的烃类相互作用,形成H<sub>2</sub>O和CO<sub>2</sub>,富CO<sub>2</sub>流体又作用于砂砾岩中的钾长石矿物,导致后者大量溶蚀,形成了大量溶蚀孔隙,大大改善了储层物性。由于CO<sub>2</sub>来源于烃类的氧化,因此次生方解石的其 $\delta^{13}C$ 非常低,一般为-30~-90‰。液态烃被氧化形成的次生方解石 $\delta^{13}C$ 为-30~-50‰,氧化气态烃被氧化形成的次生方解石 $\delta^{13}C$ 为-50~-90‰,各自具有不同的同位素特征。另外,这些次生方解石中也富含MnO。

由上可知,湖相碎屑岩层系中有机-无机相互作用对储层的形成具有重要作用。除了第一和第三种情况发生在比较特殊的条件下,第二种情况应该是普遍的,需要给予充分重视。还需注意的是,一般成岩作用过程中形成的方解石等碳酸盐矿物,其 $\delta^{13}C$ 为2‰~-8‰,微量元素以富Fe为特征。而与有机流体相关的次生方解石 $\delta^{13}C$ 通常比较负(<-10‰,与含烃流体作用有关),也有时表现为极负(<-30‰,与烃类热化学氧化作用有关),且常含较高的MnO(准同生期的微生物白云石可含较高的Fe)。这些有机-无机相互作用,都对储层的形成和改造具有重要意义,需要引起广泛关注。

(参考文献略)

参考文献



**关键词** 湖相碎屑岩； 有机-无机相互作用； 类型； 标志； 成储效应



摘要 ID:1712

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 渤中凹陷东北部东二下段三角洲源汇特征与沉积储层研究

王剑\*、郭刚、黄胜兵  
中海油研究总院

渤中凹陷东北部东二下段沉积了巨厚的大型前积反射三角洲, 勘探程度低, 潜力巨大, 一旦取得突破, 对扩展渤中凹陷勘探的新领域具有重要意义。从目前的勘探结果看, 其周缘已钻井失利的主要原因是储层条件不好, 表现为储层规模小、物性差, 寻找有利的储层的发育区是该区勘探研究的主要问题。针对以上问题, 本次研究采用从源到汇的研究思路, 从物源研究出发, 从三角洲结构特征、水系特征、母岩特征、物源通道, 不同三角洲特征对比、层序与沉积模式方面开展研究, 主要论证研究区三角洲储层发育的潜力。在此基础上开展勘探目标砂体分布规律研究, 在精细标定和地震相分析的基础上, 创新性的采用了层位体解释技术, 对研究区三角洲砂体分布进行了精细刻画。研究认为, 渤海湾盆地西北部发育多股大型水系水系, 且发育大规模太谷界花岗岩及花岗变质岩, 是盆地有利的物源区。大石河三角洲源自渤海湾盆地西北部有利物源区, 渤中凹陷东北部位于该三角洲的有利相带。大石河第IV期三角洲具备发育有利砂体的潜力, 是研究区东二下段有利的勘探层系。

**参考文献** 谢玉洪等. 渤海湾盆地渤中凹陷大气田形成条件与勘探方向[J]. 石油学报, 2018, 9 (11): 1199-1210. 朱伟林, 王国纯, 周毅. 渤海油气资源浅析[J]. 石油学报, 2000, 21 (3): 1-7. 侯贵廷, 钱祥麟, 宋新民. 渤海湾盆地形成机制研究[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 1998, 34 (4): 503-509. 蒲仁海. 前积反射的地质解释[J]. 石油地球物理勘探, 1994, 29 (4): 490-496.

**关键词** 渤中凹陷东北部; 三角洲; 源汇; 储层





摘要 ID:1769

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 长庆陇东气区古生界铝土岩天然气成藏地质特征与勘探潜力

曹茜\*、魏嘉怡、张雷、潘星、井向辉、张建伍、王红伟、刘宝宪  
中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院

位于鄂尔多斯盆地西南部的长庆陇东气区的陇47井, 在古生界太原组铝土岩试气获无阻流量 $67.38 \times 10^4 \text{m}^3/\text{d}$ , 实现了铝土岩新类型气藏勘探重大突破, 是全球铝土岩在油气勘探领域的飞跃。为进一步加快长庆陇东气区古生界铝土岩气藏勘探进程, 在系统研究储层、烃源岩及圈闭等成藏条件的基础上, 探讨了天然气成藏模式及其控制因素, 对盆地西南部古生界铝土岩气藏的勘探潜力做出了评价。研究表明: ①溶蚀孔为长庆陇东气区古生界铝土岩储层的主要储集空间类型; ②受沉积古环境和古地貌控制, 潟湖环境中沉积厚层的铝土岩成矿物质, 古地貌低部位, 有利于发育优质的铝土岩储层; ③物质丰富的上古生界煤系烃源岩为主要的生源岩, 它与古生界铝土岩储层直接或间接接触, 源储配置关系良好; ④气藏的主要圈闭类型为岩性圈闭, 在燕山期盆地东部构造抬升背景下, 铝土岩储层上倾方向存在岩性相变有效遮挡条件。结论认为: 长庆陇东气区古生界铝土岩储层沿环县—庆城—正宁一带连片分布、规模成藏, 在其东南部和东部是勘探的有利区带。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地 长庆陇东气区 古生界铝土岩 新类型气藏 成藏特征 古地貌 岩性圈闭



摘要 ID:2020

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 济阳拗陷下古生界潜山 不整合结构及控藏作用

刘瑞娟\*<sup>1,2</sup>、王国芝<sup>4</sup>、王永诗<sup>3</sup>、郝雪峰<sup>2</sup>、王勇<sup>2</sup>、秦峰<sup>2</sup>

1. 成都理工大学地球科学学院
2. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司勘探开发研究院
3. 中国石油化工股份有限公司胜利油田分公司
4. 成都理工大学沉积地质研究院

济阳拗陷潜山油藏在富台、乐安、高青、埕岛、义和庄、车镇等地区发育,是近年来胜利油田东部探区重要的增储方向之一。研究表明,济阳拗陷下古生界普遍存在的多套风化淋滤和岩溶作用下形成的不整合,是该层系油气成藏过程中最主要输导层,控制该层系内油气藏的形成及分布(李丕龙,2003;王永诗,2009;徐国盛,2002)。明确济阳拗陷下古生界地层内不整合的平面及纵向结构特征,判断不整合结构的输导能力对下古生界油气藏的勘探具有重要的实际意义。本次研究中:首先通过地震资料解释、钻井资料与岩心观察分析、镜下观察、同位素分析等手段,结合前人研究成果,明确济阳拗陷下古生界不整合的平面及剖面结构;其次,结合油源对比资料及同位素示踪分析,明确了下古生界不整合的输导能力;最后,确定济阳拗陷下古生界的成藏模式及控藏因素。

研究表明:济阳拗陷下古生界碳酸盐岩地层具有明显的“双层不整合”,为表层不整合和内幕不整合。其中表层不整合一般发育在潜山顶部的八陡组、马家沟组等组段,其主要为裂缝发育的灰岩地层。表层不整合纵向上结构以表层径流带、渗流带和潜流带为主,为以较大规模的溶蚀孔、洞、缝为主要储集空间的岩溶-缝洞型储层。内幕不整合主要发育在冶里-亮甲山组和凤山组的白云岩地层中。内幕不整合纵向结构主要以渗流带和潜流带发育为主,储层类型为以晶间孔、晶间溶孔及微裂缝为主要储集空间的裂缝-孔隙型储层。济阳拗陷下古生界潜山两层不整合具有不同的输导能力。其中表层不整合具有区域性连通的特点,多期流体活动特征显示该类不整合输导能力较强,油气沿该不整合横向运移、聚集成藏条件有利;内幕不整合为一套连续性好、宏观分布的储层,其在构造作用改造下易于形成横向较为连续的网状裂缝渗透层,加之潜水面的溶蚀及大气淡水的淋滤,更易形成横向连通的通道,具备油气长距离运聚的物质基础。基于下古生界“双层不整合”结构体结合断层、裂缝形成立体网状输导体系,提出下古生界潜山具有“双层油气聚集”的成藏模式。在表层不整合可以形成构造-岩性油藏、地层-岩性油藏,在内幕不整合可以形成构造-岩性油藏以及岩性体油藏。

本文为中国石油化工股份有限公司项目《济阳拗陷近源领域成藏体系评价及目标优选》(P22066)资助的成果。

**参考文献** 李丕龙,张善文,王永诗,等.多样性潜山成因、成藏与勘探[M].北京:石油工业出版社,2003:44-51.王永诗,桩西-埕岛地区下古生界潜山储集层特征及形成机制[J].岩性油气藏,2009,21(1):11-14.徐国盛,李国蓉,王志雄.济阳拗陷下古生界潜山储集体特征[J].石油与天然气地质,2002,23(3):248-251.

**关键词** 济阳拗陷;不整合结构;油气输导;控藏作用



摘要 ID:3047

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 海拉尔盆地东明凹陷南一段菱铁矿成因及其地质意义

谢明贤\*

中国石油勘探开发研究院西北分院

海拉尔盆地为中生代沉积盆地, 晚侏罗世-早白垩世期间岩浆活动发育。盆地中东明凹陷下白垩统南一段发育多层菱铁矿, 其形成环境、成因机制及与生烃关系研究薄弱。本文通过岩芯观察、薄片鉴定、主微量元素和碳氧同位素等分析测试, 结果表明, 研究区南一段菱铁矿多呈层状或块状产出, 具有密集微粉晶体、条带状、与石英和方解石共生三种微观形态。菱铁矿层主要以菱铁矿、粘土、石英、方解石和长石等矿物组成, 镜下可见炭屑、藻类化石、粒状黄铁矿晶体、脉状硅质条带等。主量元素主要为 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 其次为 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 等; 微量元素以高含 Mn 为典型特征, 同时具有较低的 Sr/Ba、Th/U 和 Al/Ti 比, 以及较高的 V/Cr 比, 指示弱还原、淡水沉积古环境。菱铁矿 δ<sup>13</sup>C<sub>v</sub>-PDB 值为 -0.20‰~1.11‰, 平均 0.62‰; δ<sup>18</sup>O<sub>v</sub>-PDB 值为 -18.22‰~-10.14‰, 平均 -14.23‰; 表明菱铁矿中碳主要来自于碳酸盐溶解, 源区含 Fe 岩石经过物理和化学风化作用迁移至湖盆中, 当 Fe<sup>2+</sup> 浓度达到饱和时与水体中的 CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> 结合, 形成自生菱铁矿。

**参考文献** [1] 谢宝增, 孙龙飞, 方浩, 等. 山西新太古界柏芝岩组条带状铁建造中的菱铁矿: 成因机制与古环境意义[J]. 古地理学报, 2021, 23(1): 175-190. [2] 沈玉林, 秦勇, 李壮福, 等. 黔西上二叠统龙潭组菱铁矿层的沉积成因及地质意义[J]. 地学前缘, 2017, 24(6): 152-161. [3] Vincent Milesi, Alain Prinzhofer, François Guyot. et al, 2016. Contribution of siderite-water interaction for the unconventional generation of hydrocarbon gases in the Solimoes basin, north-west Brazil[J]. Marine & Petroleum Geology, 71: 168-182. [4] 侯艳平, 任延广, 孙丽, 等. 海拉尔盆地东明凹陷明 D2 井白垩系沉积特征及沉积环境分析[J]. 世界地质, 2020, 39(2): 332-343.

**关键词** 东明凹陷; 南一段; 菱铁矿; 主微量元素; 碳氧同位素; 古环境; 成因机制



摘要 ID: 3070

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地库车山前带超深层碎屑岩储层原生粒间孔隙发育模式

王阿瑞\*<sup>1</sup>、王健<sup>2</sup>

1. 中国石化西北油田分公司勘探开发研究院
2. 中国石油大学(华东) 深层油气重点实验室

库车山前带位于塔里木盆地北部,受南天山多次抬升挤压,碎屑岩储层埋深大,非均质性强。本文以库车山前带白垩系超深层碎屑岩储层原生粒间孔隙为研究对象,综合利用岩心观察、铸体薄片分析、常规物性分析、粒度分析、图像分析等技术方法,明确了研究区储层原生粒间孔隙的分布特征:研究区储层储集空间类型多样,原生孔隙型储层埋深相对较大,普遍埋深大于7200 m,且主要发育于博孜地区。储层原生粒间孔隙分布具有多尺度非均质性,在构造带尺度,原生粒间孔隙具有“东西分段,南北分带”的分布特征,自北向南、自西向东原生粒间孔隙含量逐渐增大;在背斜尺度,原生粒间孔隙主要发育在背斜顶部张性段,压性段原生粒间孔隙含量相对较低;在相序尺度,对于粒度变化明显的正粒序,随粒度增大,原生粒间孔隙含量增高,对于块状砂岩,在相序中部原生粒间孔隙最为发育,相序顶底靠近泥岩层或泥砾层段,原生粒间孔隙含量相应较低;在裂缝-围岩尺度,裂缝对原生孔隙的保存影响较小,早期开启的裂缝多被后生成岩作用改造,原生孔隙基本不发育,晚期未充填裂缝周围原生孔隙含量相对较高。

通过孔隙度矢量反演,定量计算了原生孔隙埋藏阶段各时期垂向压实、侧向压实以及胶结减孔量,结果表明:刚性颗粒含量高、分选较好、杂基含量较少是储层原生孔隙形成的基础;侧向应力导致原生粒间孔隙出现“东西分段,南北分带”的分布特征,构造变形导致原生粒间孔隙出现“垂向分层”的分布特征;胶结作用控制原生粒间孔隙在相序及裂缝-围岩体系中的分布。

结合储层成岩演化及盆地演化特征发现:在成岩早期,靠近山前侧向压实强度明显大于远离山前地区;随着大气水淋滤以及高盐度泻湖水下渗,在相序顶底靠近泥砾层段及远离裂缝处流体运移速度减缓,易沉淀形成自生矿物破坏原生孔隙;后期由于喜山晚期强构造挤压,地层发生褶皱形成背斜,在背斜顶部由于张应力抵抗部分垂向载荷,原生孔隙得以保存,压性段储层受强挤压应力,原生孔隙进一步被破坏。总结出远离山前的背斜张性段相序中部靠近裂缝处的砂岩受到的侧向挤压较小,受到压实和胶结作用的强度弱,原生粒间孔隙得以有效保存的发育模式。

### 参考文献

**关键词** 库车坳陷;超深层;碎屑岩储层;原生粒间孔隙;控制因素



摘要 ID:184

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地西南部上古生界混源区成藏潜力分析

井向辉<sup>1</sup>、张雷<sup>1,2</sup>、黄军平<sup>3</sup>、黄雪萍<sup>4</sup>、张建伍<sup>1,2</sup>、刘宝宪<sup>1,2</sup>、王宏波<sup>3</sup>

1. 中国石油长庆油田分公司勘探开发研究院
2. 低渗透油气田勘探开发国家工程实验室
3. 中国石油勘探开发研究院西北分院
4. 中国石油长庆油田分公司第二采气厂

鄂尔多斯盆地上古生界是致密砂岩气的重要勘探开发层系,在盆地北部发现了苏里格大气田,南部发现了庆阳气田。前期研究认为盆地中部为湖盆汇水区,储集砂体不发育,勘探程度较低,长庆矿区内面积达6000km<sup>2</sup>。近年来,多口探井在前期认为的盒8汇水区钻遇含砾粗砂岩层。通过与西部、南部盒8露头对比发现砾石成分、大小、磨圆均相似,并且在纵向上沉积多期叠置的河道砂体,揭示盒8在全盆地可能无统一汇水湖盆,认为环县北是南北物源的混源区,勘探建立巨大。

根据区域地质背景,利用岩石学、沉积学、地球化学等分析方法对盒8沉积模式再认识,并结合地震资料的不断深化研究和不懈勘探实践,在盆地西部环县北混源区天然气勘探取得重要突破,取得了以下几点认识。①环县北混源区位于上古生界聚煤中心,烃源岩主要发育于山西组和太原组,分布范围广、煤层及暗色泥岩厚度大,烃源岩条件优越,生烃强度较大,气源供给充足,有利于天然气的生成。②鄂尔多斯盆地周边自北向南分布着长期隆起的古陆,是盆地上古生界沉积稳定的物源区,因此在靠近盆地西南部的多源、近源沉积区是混源的有利区。环县北于近源、多源汇集区,在环县北混源区地震剖面双向前积特征明显,进一步证实该区存在汇水混源特征;③建立了鄂尔多斯盆地盒8期“敞流型”盆地模式,高能洪泛河流、满盆富砂,环县混源区汇接受南北两个方向的砂体同时供给,砂体规模大。④环县北混源区目的层埋深大、压实作用强,但仍具有溶蚀孔隙发育的成岩条件。⑤混源区虽然整体处于构造底部,但海西期断层沟通上古生界煤系烃源岩,气源首先以纵向运移为主,因此靠近早期断层部位具有优先沟通气源的自封闭式成藏条件。综合分析认为,盆地西南部上古生界混源区具有规模成藏的勘探潜力,是上古致密砂岩气开辟新的千亿方储量接替区的潜力区带。

**参考文献** [1] 付金华,董国栋,周新平等.鄂尔多斯盆地油气地质研究进展与勘探技术[J] 中国石油勘探, 2021.03 [2] 崔改霞,卢帆雨,王松等.陇东地区盒8段致密砂岩储层分类评价[J] 石油地质与工程, 2021.03 [3] 宋昆鹏,罗静兰,刘新社等.鄂尔多斯盆地西南部上古生界致密砂岩中碳酸盐胶结物特征及成因[J] 天然气地球科学 2020.11

**关键词** 鄂尔多斯盆地;上古生界;混源区;敞流型



摘要 ID:264

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 库车南斜坡带中新生界隐蔽圈闭发育模式及勘探方向

齐育楷\*、林会喜、姚威、郭景祥、张坦  
中国石化石油勘探开发研究院

库车凹陷位于塔里木盆地北部, 中新生界以来发育了巨厚的湖相碎屑岩沉积, 油气资源丰富。目前已陆续发现了多个千亿方级的大气田, 主要集中在前陆盆地山前带的大型构造之中。但库车南部斜坡带主要表现为北低南高的单斜背景, 缺少大型构造圈闭的发育。因此, 寻找隐蔽圈闭是下一步油气勘探的关键。然而, 目前针对斜坡区隐蔽圈闭发育的模式和条件仍然缺少系统的梳理和认识, 制约了进一步的勘探部署。

本文通过对已发现典型隐蔽油气藏的细致解剖, 从层序-沉积-油气成藏的综合分析入手, 明确圈闭发育的顶、底、侧封条件, 厘定圈闭发育类型。进而结合沉积微相、物源、砂体成因、后期构造运动等对隐蔽圈闭发育的控制作用, 总结不同类型的隐蔽圈闭发育模式。通过解剖, 明确了库车南斜坡带主要发育4种类型的隐蔽圈闭: 砂岩透镜体岩性圈闭、砂岩上倾尖灭岩性圈闭、地层超覆圈闭以及断裂-岩性符合圈闭。

结合所建立的圈闭发育模式, 通过在全区开展相似条件的搜索, 初步明确了白垩系巴什基奇克组有发育隐蔽圈闭的可能。巴什基奇克组沉积时期, 库车坳陷整体为准平原地貌特征, 该组的沉积环境为氧化型宽浅湖盆, 发育南北双向供源的浅水三角洲-滩坝沉积体系。南北两大沉积体系在库车坳陷中心地带发生交汇, 其中北部浅水三角洲-滩坝沉积体系经后期构造掀斜改造, 能够形成向南倾斜的大中型隐蔽圈闭群, 是优先勘探目标。

参考文献

关键词



摘要 ID:664

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 饶阳凹陷蠡县斜坡岩性油藏控藏认识

秦梦华\*、高原、陈柯童、赵铁东、邵彦蕊、齐雪竹  
华北油田勘探开发研究院

蠡县斜坡位于渤海湾盆地冀中拗陷饶阳凹陷西部,是一个西抬东倾、北东走向的继承性发育的宽缓沉积斜坡,勘探面积约4000km<sup>2</sup>。历经40余年勘探,共发现了馆陶组(Ng)、东营组(Ed)、沙一上亚段(Es1上)、沙一下亚段(Es1下)、沙二段(Es2)、沙三段(Es3)、沙四段(Es4)、孔店组(Ek)、雾迷山组(Jxw)等9套含油层系,发育有Es1下、Es3两套主要生烃层系,油气资源丰富。岩性油藏和构造-岩性油藏是蠡县斜坡第三系主要的油藏类型,但存在有利储层分布不清、不同层系和区带控藏因素差异大等制约勘探的难点问题。为明确蠡县斜坡储层分布特征和成藏控制因素,利用大量基础地质资料以及生产动态资料进行井震结合、地层对比,重点开展了精细油藏解剖、相序沉积特征、走滑断层识别等方面研究,取得了以下几点认识:①湖岸线控制三角洲有利砂体分布。依据相序定律,重构蠡县缓坡带沙一段、沙二段沉积演化模式,发现同一沉积时期发育冲积扇、冲积平原、三角洲和湖相沉积,并受湖岸线迁移控制,多期三角洲前缘砂体交错叠置分布。湖盆扩张时,水体不断扩大,三角洲前缘砂体呈退积型沉积,受湖浪阻力影响,一般近平行于湖岸线分布,砂体厚度10-25m,多期砂体叠置连片。湖盆萎缩期,水体快速缩小,三角洲前缘砂体受河道控制,向湖内推进,呈进积型沉积,砂体厚度15-35m,剖面上呈叠瓦状分布、横向连片。因此,湖岸线随着湖盆演化迁移摆动,三角洲前缘砂体等有利储层随之迁移,叠置连片。②走滑构造控制构造脊发育。通过平面、剖面、空间、运动学等特征对断层进行识别,确定断层类型,分析断层控藏作用。构造脊是蠡县斜坡这类宽缓斜坡的常见构造样式,常常出现在低幅度构造背景下的构造等值线凸起的部位。综合早期、晚期的构造特征,认为蠡县斜坡南、中、北部分别发育平行构造脊、交汇型构造脊、斜向交叉构造脊,中南部晚期活动发育平行褶皱,北部持续活动发育同沉积褶皱,这样的构造背景有利于形成岩性油藏、构造-岩性油藏,是圈闭的有利发育区。③构造脊控制斜坡带油气富集。通过精细解剖西柳10油藏,开展油藏内部沙二上、沙二下两套油层构造、沉积、油源等成藏条件及油层、试油、试采情况对比,明确油藏主要受砂体分布控制,构造鞍部发现厚油层、高效益井位,油层互补共生、大面积成藏;精细解剖高9油藏,认为沙一下“尾砂岩”段岩性边界受湖岸线与三角洲砂体控制,油层主要发育在低幅度鼻状构造之上,多期砂体交错连片分布,构造脊控制油气富集,创新构建“岩性控藏、构造脊汇聚”油藏模式。以上研究有效指导了勘探生产,降低了钻探风险,近年来在蠡县斜坡寻找优质储层,优选出一批有利圈闭靶区,获得了高效的勘探成果。其中,在斜坡中南段运用“岩性控藏、构造脊汇聚”模式部署了一批井位。其中宁521X井于沙一下尾砂岩获得日产85.51方的高产油流,实现了蠡县斜坡自1965年勘探以来砂岩油藏最高产量,取得了退积型三角洲砂体大面积岩性油藏模式的重要突破,推动了顺物源低勘探程度区岩性油藏勘探新进展。该研究成果和勘探经验证实了“岩性控藏、构造脊汇聚”油藏模式的研究思路,为岩性油藏的勘探指明了方向,对于我国渤海湾盆地岩性油藏勘探具有重要借鉴意义。

### 参考文献

**关键词** 岩性油藏; 构造-岩性油藏; 构造脊汇聚



摘要 ID:941

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 深埋碎屑岩储层含油气流体-岩石相互作用与孔隙形成

黄林军\*、潘建国、潘树新、康逊  
中国石油勘探开发研究院西北分院

沉积盆地流体—岩石相互作用是影响孔隙形成与油气聚集的重要因素, 深层—超深层由于受强烈的压实作用和(或)胶结作用, 地质流体作用下的矿物溶蚀成为储层质量改善的关键。不同油气充注强度背景下理论而言会产生不同的响应和过程, 对储层评价预测至关重要。研究以准噶尔盆地沙湾凹陷上乌尔禾组砂砾岩储层为例, 在岩心描述的基础上, 系统地开展了岩矿鉴定、孔隙度、渗透率、次生矿物主量元素和方解石稳定碳、氧同位素测试分析。结果表明, 下乌尔禾组砂砾岩富凝灰岩和喷出岩岩屑, 颗粒间浊沸石胶结物普遍发育。强油气充注背景下(油气层)发育浊沸石和方解石胶结物, 二者以及部分岩屑、长石发生了溶蚀, 储层物性相对好。弱油气充注背景下(水层和干层)更广泛发育浊沸石和方解石胶结物, 但二者基本不溶蚀, 储层物性相对差。这种差异性溶蚀支持了酸性含油气流体对深埋碎屑岩储层的改造。矿物组合和油气充注史显示, 浊沸石和少量方解石沉淀于成岩作用早期, 前者由岩屑中火山物质蚀变而来。储层因压实作用不断致密, 在原生孔隙接近消失的中侏罗世发生了第一期油气充注; 油气充注抑制了浊沸石的沉淀并促进其溶解, 产生次生孔隙。早白垩世的第二期油气充注进一步引发更广泛的浊沸石、方解石溶解, 生成大量次生孔隙。伴生浊沸石溶蚀沉淀了次生石英、高岭石和晚期方解石。晚期方解石以富Mn (> 2.5%)、 $\delta^{13}\text{C}$  负偏 (-19.5‰ ~ -14.3‰VPDB) 为特点。整体而言, 油气在储层致密过程中成藏, 即边致密边成藏。该研究证实了含油气流体对储层的改造, 指示了在油气源充足的条件下, 含油气盆地深层—超深层碎屑岩储层质量可以被有效改善。

参考文献

关键词





摘要 ID:1061

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 致密混积岩储层微观孔隙结构精细表征及评价——以黄河口凹陷 BZ-A 构造沙河街组为例

郝鹏\*

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司

致密湖相混积岩储层储集空间精细表征和储层分类评价研究极少。以渤海海域黄河口凹陷北部陡坡带沙河街组致密混积岩储层为例,利用物性资料、铸体薄片、高压压汞、自动矿物成分定量识别系统(QEMSCAN)、多尺度微米 CT、二维大尺寸背散射图像拼接技术(MAPS)及等实验手段,对研究区沙河街组致密湖相混积岩微观孔隙结构进行多尺度定量表征,并选择合理评价参数对致密混积岩储层分类评价。研究表明,靶区湖相混积岩储层岩石类型多样,孔喉结构复杂,平均孔隙度、渗透率分别为 7.9%和  $0.261 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。储集空间以粒间溶孔、晶间溶孔、粒内容孔等次生孔隙为主,混积岩各深度段主要岩石类型不同,主要孔喉类型存在不同。储层孔隙半径分布范围为 0.2~300  $\mu\text{m}$ ,亚微米—微米级多尺度分布,喉道半径主要分布范围 0.5~12  $\mu\text{m}$ 。混积岩中典型不同岩性储层平均孔隙半径、主要孔隙半径分布区间、平均孔喉比参数差异明显,云质砂岩和含云砂岩孔隙结构要优于(含)碳酸盐质砂岩,陆屑灰岩和钙质砂岩最差。依据岩性、物性、铸体薄片面孔率、平均孔喉半径、储集空间类型作为评价参数,建立靶区致密混积岩储层分类评价标准,将储层由好到差依次分为 I、II、III 类。

**参考文献** [1] 吴松涛, 朱如凯, 崔景伟, 等. 非常规储层孔隙结构表征: 思路, 思考与展望[J]. 地质论评, 2020, 66(S1): 151-154. [2] 邹才能, 朱如凯, 吴松涛, 等. 常规与非常规油气聚集类型、特征、机理及展望——以中国致密油和致密气为例[J]. 石油学报, 2012, 33(2): 173-173. [3] Nelson P H. Pore-throat sizes in sandstones, tight sandstones, and shales[J]. Aapg Bulletin, 2009, 93(3): 329-340. [4] 冯进来, 胡凯, 曹剑, 等. 陆源碎屑与碳酸盐混积岩及其油气地质意义[J]. 高校地质学报, 2011, 17(002): 297-307. [5] 叶茂松, 解习农, 徐长贵, 等. 混积岩分类命名体系探讨及对混积岩储层评价的启示——以渤海海域混积岩研究为例[J]. 地质论评, 2018, 64(5): 1118-1131. [6] 付鑫, 杜晓峰, 官大勇, 等. 渤海海域沙河街组一二段扇三角洲混合沉积特征, 沉积模式及勘探意义[J]. 地球科学, 2020, 45(10): 202-216. [7] 张方, 高阳, 彭寿昌, 等. 湖相混积岩碳酸盐组分成岩作用及其孔隙结构特征——以新疆吉木萨尔凹陷二叠系芦草沟组为例. 断块油气田, 2020, 27(5): 567-572. [8] Zhang L, Lu S, Xiao D, et al. Pore structure characteristics of tight sandstones in the northern Songliao Basin, China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2017, 88: 170-180. [9] 周园园, 杨海风, 刘庆顺, 等. 黄河口凹陷 BZ27 构造沙河街组砂岩储层致密化与油气充注关系[J]. 地质科技情报, 2019, 038(001): 168-175. [10] Dong H. Micor-CT imaging and pore network extraction [D]. London: Imperial College, 2007.

**关键词** 混积岩; 致密储层; 数字岩石技术; 孔隙结构; 沙河街组; 渤海



摘要 ID:1226

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 湖侵背景下古地貌对优质储层形成及分布的控制作用-以四棵树 凹陷高泉地区清水河组为例

司学强<sup>\*1</sup>、彭博<sup>1</sup>、袁波<sup>2</sup>、郭华军<sup>1</sup>、庞志超<sup>2</sup>、王俊<sup>2</sup>、冀冬生<sup>2</sup>、王心强<sup>2</sup>

1. 中国石油杭州地质研究院

2. 中国石油新疆油田公司勘探开发研究院地球物理研究所

陆相湖盆中的储集层分布受沉积时期的古地貌形态、湖盆基准面等一系列因素所控制(赵俊兴等, 2001; 郭少斌等, 2006; 加东辉等, 2007)。2019年准噶尔盆地南缘四棵树凹陷的高探1井在白垩系清水河组底部的砂砾岩储集层获得了日产千方的高产油气流, 而临近的探井虽然钻遇相应层位的储集层, 但油气显示却与高探1井存在较大差异, 因此明确该套储集层的成因及分布特征成为准噶尔盆地南缘油气勘探亟需解决的问题。本文利用三维地震资料刻画了研究区的古地貌, 细化了各古地貌单元, 结合地质露头、岩心、连井剖面等资料对清水河组的沉积特征、沉积演化过程进行了解剖, 明确了目的层储集层的形成过程和分布特征, 为下一步勘探井位部署提供了依据。

前人研究表明准噶尔盆地南缘在侏罗纪末发生了较大规模的构造运动(杨迪生等, 2019; 朱明等, 2020), 高泉地区在侏罗纪末为一个凸起区, 缺失喀拉扎组地层, 而白垩系清水河组与侏罗系齐古组呈角度不整合接触。钻井和露头剖面显示, 四棵树凹陷在进入白垩纪后发育一个快速湖侵的过程, 高泉地区的砂砾岩储集层便是在此背景下形成的。古地貌分析可知, 高泉地区在清水河组沉积前发育两条坡折, 坡折均呈北西-南东向, 分别位于高探1井的东北和西北方向。两条坡折与侏罗系地层发育的两条北西-南东向的走滑断裂具有一致性, 推测走滑断裂的发育控制了两条坡折的形成。两条坡折把高泉地区分成了三个坡折带, 而高探1井位于中间的坡折带。在每个坡折带上又可以识别出古沟槽和古平台等古地貌单元, 这些古地貌单元均为侏罗系顶不整合界面上残留的古地貌单元。

分析认为清水河组初始沉积期湖盆水较浅, 高泉凸起位于水上, 此时期高泉地区的沉积为一个填平补齐的沉积过程。来自西南方向的砂砾岩首先充填于低部位坡折带的古沟槽内, 对古沟槽进行填平补齐; 充填于古沟槽内的砂砾岩分选较差, 泥质含量较高, 形成的砂砾岩原始粒间孔含量较低。古沟槽被充填后, 与古平台同时再接受砂砾岩的沉积, 而此时湖平面已经上升到该坡折带之上, 湖浪对此坡折带上的砂砾岩进行簸选淘洗, 使得古平台区和古沟槽区顶部的砂砾岩泥质含量大大降低, 为砂砾岩粒间孔的发育创造了有利条件。随着湖平面的再度上升, 此坡折带开始沉积滨浅湖的席状砂或者滩坝, 而更高部位的坡折带开始接受砂砾岩的沉积。受湖盆水体性质的影响, 席状砂或者滩坝砂岩钙质含量较高, 以致部分砂岩被方解石基底式胶结。

湖侵背景下, 发育古沟槽和古平台的坡折带逐级接受砂砾岩的填平补齐, 因此在凹陷内清水河组底部形成了广泛发育砂砾岩沉积。湖平面的快速上升又砂砾岩之上席状砂和滩坝的形成提供了有利条件。在古地貌和湖盆水体的共同控制下, 高泉地区形成了纵向上“下砾上砂”砂体结构。结合岩心样品分析, 古平台区砂砾岩的储层物性最好, 古沟槽区的砂砾岩泥质含量高, 物性较差。因此就有利储层分布而言, 各级坡折带上的古平台区是优质砂砾岩储集层发育的主要区带。

**参考文献** 赵俊兴, 陈洪德, 时志强. 古地貌恢复技术方法及其研究意义—以鄂尔多斯盆地侏罗纪沉积前古地貌研究为例[J]. 成都理工学院学报, 2001(03):43-49. 郭少斌, 孙绍寒. 周家湾地区前侏罗纪古地貌恢复及油气富集规律[J]. 地球科学:中国地质大学学报, 2006, 31(3):372-377. 加东辉, 徐长贵, 杨波, 等. 辽东湾辽东带中南部古近纪古地貌恢复和演化及其对沉积体系的控制[J]. 古地学报, 2007, 9(002):155-166. 杨迪生, 肖立新, 阎桂华, 等. 准噶尔盆地南缘四棵树凹陷构造特征与油气勘探[J]. 新疆石油地质, 2019, 40(02):16-22. 朱明, 汪新, 肖立新. 准噶尔盆地南缘构造特征与演化[J]. 新疆石油地质, 2020, 041(001):9-17.

**关键词** 古地貌; 坡折带; 砂砾岩; 高泉地区; 清水河组



摘要 ID:1335

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 逐级约束的薄砂体预测技术及应用 ——以准噶尔盆地玛湖凹陷 M18 井区为例

许多年\*、潘建国、尹路、曲永强、黄林军、王国栋  
中国石油勘探开发研究院西北分院

在中国陆相沉积盆地中,薄砂体普遍发育,薄砂体中赋存的油气占陆相地层探明储量的70%以上,油气资源非常丰富。随着油气勘探程度的提高,薄层岩性油气藏已成为中国近年来油气增储上产的重要领域。在中国东部盆地,通过近几年对薄砂体预测技术的攻关,先后发现了两个亿吨级规模储量油田。与东部盆地相比,西部盆地由于受地表条件及地层埋深的影响,地震资料品质较差,表现为主频低,频带窄,分辨率低的特征。因此,在西部盆地直接利用地震资料预测薄砂体多解性强,难度大。

本文以准噶尔盆地玛湖凹陷斜坡区 M18 井区为例,开展薄砂体预测技术。研究区三工河组油气藏埋藏浅,效益高,但是发现难度大,其中,薄砂体的准确预测是制约勘探最主要的因素之一。该区薄砂体属于辫状河三角洲水下分流河道砂体,砂体厚度 4-8 米,横向变化快,砂体分布不稳定,实际地震资料主频 35Hz,利用地震资料无法直接识别这类薄砂体,而且多解性强。为了解决这一难题,充分应用各种资料,地震与地质结合,提出了逐级约束的薄砂体预测技术。首先,井-震结合,在层序精细划分与对比的基础上,采用高分辨率地震层序解释技术进行全三维层序界面的自动解释;然后,在层序的约束下,采用基于沉积期古坡度校正的古地貌恢复新技术,并结合倾角测井资料,点-线-面分析,确定水下分流河道的展布范围;最后,在河道的约束下,采用相控分频反演技术,提高反演的纵向分辨率,预测河道内薄砂体的空间分布。

经勘探实践证实,这种逐级约束的薄砂体预测思路和技术在研究区取得了良好的应用效果,降低了薄砂体预测的多解性,值得在类似的地区推广应用。

**参考文献** [1]&nbsp;  刘光鼎,李幼铭,吴永刚.我国油储地球物理学的研究成果与展望[J].中国科学基金,1998,4:253-255. [2]&nbsp;  朱筱敏,董艳蕾,胡廷惠,等.精细层序地层格架与地震沉积学研究——以沁阳凹陷核桃园组为例[J].石油与天然气地质,2011,32(4):615-619. [3]&nbsp;  肖佃师,卢双舫,王海生,等.三角洲外前缘薄砂体地震综合预测方法[J].中国石油大学学报(自然科学版),2015,39(4):62-69. [4]丁梁波,邵大力,王海强,等.基于全局最优化的地震自动解释技术及其在缅甸若开海域深水勘探中的应用[J].地球物理学进展,2018,35(5):2102-2107. [5]庞军刚,杨友运,李文厚,等.陆相含油气盆地古地貌恢复研究进展[J].西安科技大学学报,2013,33(4):424-430. [6]关达,张卫华,管路平,等.相控储层预测技术及其在大牛地气田 D 井区的应用[J].石油物探,2006,45(3):230-234.

**关键词** 薄砂体; 逐级约束; 高分辨率层序地层; 古坡度校正; 相控分频反演



摘要 ID:1888

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 地震信息约束下二维图像重构三维地质模型的新方法

王立鑫、尹艳树\*、冯文杰、张维雪  
长江大学地球科学学院

近年来, 多点地质统计学逐渐成为地质、地球物理、油气藏储层等领域建模的关键技术(贾爱林, 2011; 胡勇等, 2014)。相较于传统的两点地质统计, 多点地质统计方法中包含了地质体的空间规模信息, 能够更好地再现地下三维储集层形态特征。但多点地质统计方法十分依赖训练图像, 尤其在三维地质建模中, 获取三维训练图像较难, 这一点严重制约了多点地质统计学的应用(尹艳树等, 2011; 张文彪等, 2015; Feng et al., 2019)。因此, 越来越多的学者将注意力集中在直接由二维图像重构三维模型的研究上。Comunian 等(2012)提出了 s2Dcd 方法, 针对不同方向的模式, 扫描对应方向的训练图像, 获取各自的模式概率密度函数, 采用概率融合方法将同向及正交方向的模式概率密度函数加权, 获得最终的融合概率密度函数, 实现对未知点的估值。Chen 等(2018)在 s2Dcd 的基础上提出了局部搜索策略的重构方法(3DRCS), 在扫描训练图像时, 将训练图像范围限定在模拟点临近的二维图像相交的子截面内, 该改进增加了沉积位置对沉积模式的约束, 能够满足模拟过程中局部平稳性要求, 但在应对复杂储集层建模时, 仍需要添加指示变化趋势作为辅助信息约束, 才能更好地反映复杂储集层非均质性特征。王立鑫等(2021)提出自适应空间抽样重构方法(ASR3DRCS), 其核心是将前序模拟结果中可信度较高区域的数据点采样出来, 并补充为下一次模拟的条件数据, 约束后序模拟, 但是该方法中的可信区域的选择主观性很强, 需要多次调整参数。

针对上述现有技术方法存在的问题, 考虑到地震信息是对地下储集层的客观反映, 且其结构特征是地下砂体叠置样式与分布规律的体现, 可以采用地震信息约束可信区域的选择, 指导条件数据点的重采样过程。基于此, 笔者提出了一种直接考虑地震记录约束的二维图像重构三维模型的方法(Se3DRCS): 基于地质综合分析获得二维连井剖面和沉积相平面, 采用池化方法, 将不同方向的二维多点概率融合获得三维多点概率密度函数, 利用蒙特卡洛抽样生成初始地质模型。在前序模型的基础上, 结合岩石物理属性分布, 通过直接采样获得弹性参数, 与提取的地震子波褶积生成合成地震记录; 将合成地震记录与实际地震记录比较, 采用自适应空间抽样方法保留可信的模拟数据点, 作为后续迭代模拟的条件数据, 更新初始地质模型; 通过多次迭代直到合成地震记录与实际地震记录误差小于给定阈值, 获得最终地质模型。将新方法在公开模型(三角洲储层分支河道)中进行测试, 新方法能很好地再现局部复杂非平稳地质特征, 检验井预测结果准确率达到 82.88%。

**参考文献** 胡勇, 于兴河, 李胜利, 等, 2014. 应用地震正反演技术提高地质建模精度[J]. 石油勘探与开发, 41(2): 190-197. 贾爱林, 2011. 中国储层地质模型 20 年[J]. 石油学报, 32(1): 181-188. 王立鑫, 尹艳树, 王晖, 等, 2021. 基于自适应空间抽样由二维剖面重构三维地质模型的方法——以加拿大某区块 McMurray 组储集层为例[J]. 石油勘探与开发, 48(2): 347-359. 尹艳树, 张昌民, 李玖勇, 等, 2011. 多点地质统计学研究进展与展望[J]. 古地理学报, 13(2): 245-252. 张文彪, 段太忠, 郑磊, 等, 2015. 基于浅层地震的三维训练图像获取及应用[J]. 石油与天然气地质, 36(6): 1030-1037. Chen Q, Mariethoz G, Liu G, et al., 2018. Locality-based 3-D multiple-point statistics reconstruction using 2-D geological cross-sections[J]. Hydrology and Earth System Sciences, 22(12): 6547-6566. Comunian A, Renard P, Straubhaar J, 2012. 3D multiple-point statistics simulation using 2D training images[J]. Computers & Geosciences, 40: 49-65. Feng W, Yin Y, Zhang C, et al., 2019. A training image optimal selecting method based on composite correlation coefficient ranking for multiple-point geostatistics[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 179: 292-311.

**关键词** 训练图像; 二维剖面; 地震约束; 概率融合; 多点地质统计



摘要 ID:3163

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 塔里木盆地西南缘英吉沙县库山河剖面石炭系罕铁热克组烃源岩 沉积环境及发育特征

王博宇、王振奇\*、殷杰  
长江大学

古生界烃源岩在塔里木盆地一直有举足轻重的作用, 而塔里木盆地西南缘古生界烃源岩勘探程度很低, 一定程度上也限制了塔西南地区的油气勘探进展。本次研究以塔里木盆地西南缘的阿克陶县巴仁乡罕铁热克村的库山河剖面为研究对象, 针对石炭系下统罕铁热克组(C1h), 在野外测量及描述的基础上, 结合所采样品的镜下特征、全岩X衍射、有机碳测定、岩石热解、干酪根镜检、镜质体反射率测定等实验分析, 对罕铁热克组烃源岩的沉积环境及发育特征进行分析。研究表明: 罕铁热克组厚度约为4170.7m, 分为四段, 主要以泥岩, 泥晶灰岩, 生屑灰岩为主, 夹少量砂岩和白云岩。第一套烃源岩分布在第一段的顶部, 第二套分布在第四段全段。第一套烃源岩以生屑泥晶灰岩、泥岩互层为主, 可见珊瑚、腕足类海相化石, 属于浅海陆棚沉积。该套烃源岩中的生屑泥晶灰岩具有较高的有机质丰度, 有机碳含量TOC大于1%, 镜下干酪根组分检测显示有机质类型为II1型, 热演化程度处于高成熟-过成熟阶段; 第二套烃源岩以深灰色泥岩、深灰色泥页岩、粉砂质泥岩为主, 夹泥质粉砂岩, 含有少量海相化石及菱铁矿结核, 属于浅海陆棚沉积。该套烃源岩中的深灰色-黑灰色泥页岩具有较高的有机质丰度, 有机碳含量TOC在0.5%-0.8%之间, 镜下干酪根组分检测显示有机质类型为II1、II2型, 热演化程度处于成熟-高成熟阶段。综合来看, C1h有两套潜在烃源岩, 碳酸盐岩烃源岩厚168.81米, 在距顶134.89米处具有良好的油气潜力, 泥质烃源岩厚432.21米, 在顶部具有较好的油气潜力, 该结果对后期塔西南油气勘探及石油地质条件分析提供依据。

### 参考文献

**关键词** 塔里木盆地; 库山河; 石炭系; 烃源岩; 沉积环境



摘要 ID: 3219

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 定边地区侏罗系延安组储层特征及综合评价

郭睿\*

陕西延长石油(集团)研究院

**摘要:** 定边地区位于鄂尔多斯盆地西北部, 侏罗系延安组是其主要勘探开发目的层系。在“古地貌“控油理论的指导下, 经过半个世纪的勘探开发, 定边地区延安组延10、延9和延8不断有新的发现。但其油藏规模小、成藏复杂、资源状况不明确, 现有的认识难以满足勘探工作的需要。为明确下步勘探方向, 亟需开展定边地区延安组储层系统评价工作。

储层是油田勘探开发中找寻油气富集的基础, 是影响油气分布的主控因素之一。本文在大量野外剖面、岩心、测井、测试分析等资料的基础上, 根据定边区域勘探开发现状及生产实际, 对其延安组储层特征进行了综合评价, 明确了定边地区延安组储层为细-粗中长石砂岩、岩屑长石砂岩、长石岩屑砂岩、岩屑砂岩, 以及石英砂岩等各类砂岩均可见, 这一结果可能受定边地区延安组沉积时期多物源的影响。储层粘土矿物及硅质胶结物含量较高, 分选中等-好, 磨圆次棱角-次圆状。主要成岩作用有压实、压溶作用、胶结作用、交代作用、溶蚀作用, 其中溶蚀作用较强烈, 对储层物性有一定的建设作用。孔隙类型以粒间孔为主, 发育少量长石溶孔、粒内孔及沸石溶孔, 以大孔隙—中喉道为主, 平均孔隙度为14.87%, 平均渗透率值为 $106.86 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。非均质性较强。储层综合评价表明, 定边地区延安组储层类型以I类和II类为主, 其次为III类储层。

### 参考文献

**关键词** 定边地区 延安组 储层特征 综合评价



摘要 ID: 3233

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 相近背景下长期沉积与短期沉积对比研究及对油气勘探的意义——以塔北西部白垩系巴西改组为例

石放\*、高登宽、刘柳、杨淑雯、易珍丽、李建浪、王铸坤  
中国石油塔里木油田公司

塔北西部白垩系巴西改组是塔里木盆地台盆区碎屑岩重要的勘探层系,发育底砂岩段和泥岩段薄砂层两套储层,底砂岩段厚约 25m,岩性较纯,以中细砂岩为主,东部隔夹层不发育,沉积时期较长;之上的泥岩段薄砂层厚约 2.5m,为一套短期沉积,两套砂体垂向上仅相距 3-4m,相隔时间较短。近年来底砂岩段和薄砂层相继发现多个油气藏,为重点勘探评价层系,对两套砂体均展开了大量研究。本文综合岩芯、岩性、粒度、物性、重矿物、测井、地震响应、沉积体系、砂体展布等微观、宏观特征及阶段认识成果多方面对两套砂体进行对比分析。两套砂体岩石组成、物性特征、沉积体系基本一致,说明两套砂体沉积背景相似,厚层砂体由多期薄层砂体沉积叠加而成,由于砂体间相互叠加切割内部结构难于区分,受分辨率影响地震响应上只有宏观特征,很难呈现地质体细节;薄砂层由于沉积时期短,平面分布基本保留沉积时情形,一定条件下地震上可呈现明显的地质体现象,为厚层砂体形成演化历程、内部结构研究提供了参考。二者是个体与整体的关系,短期沉积砂体可以看做个体,表现出个体特殊性特征,厚层砂体由多期砂体体现出整体共同性特征。区带勘探开发表明长期沉积白垩系巴西改组底砂岩段由于砂体厚度大、垂向多期次叠加切割,横向上大面积连续分布,物源方向为构造上倾方向,不易形成岩性圈闭;短期沉积泥岩段薄砂层砂体厚度薄、分布局限,局部砂体转向与构造形成夹角可形成岩性圈闭,为不利地质条件下岩性圈闭搜索与评价提供了思路。

### 参考文献

**关键词** 塔北西部;短期沉积;长期沉积;个体与总体;对比研究



摘要 ID: 3245

主题分类: 能源与矿产沉积学》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 酒泉盆地青西凹陷窟窿山构造带下沟组扇三角洲沉积特征及储层预测

张闻亭<sup>\*</sup>、龙礼文<sup>1</sup>、肖文华<sup>2</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院西北分院
2. 中国石油玉门油田分公司 勘探开发研究院

扇三角洲是冲积扇由邻近高地推进到湖、海等稳定水体中形成的沉积体,是重要的油气储集体类型之一。根据沉积物供给速率与可容纳空间增大速率的快慢可将扇三角洲划分为进积型、退积型和加积型。其中,退积型扇三角洲形成时,可容纳空间增长速率大于沉积物供给速率,反映了湖泊扩张、三角洲向湖盆边缘方向迁移的沉积过程。以往针对扇三角洲的研究主要集中于层序、沉积特征、分类等方面。对于扇三角洲,尤其是退积型扇三角洲的沉积期次、控制因素及优质储层刻画等方面的研究尚较薄弱。酒泉盆地窟窿山构造带白垩系为典型断陷型湖盆,断陷早期构造活动强烈,地形坡度较大,易于发育近物源快速堆积的扇三角洲沉积。下白垩统下沟组沟零段

( $K_1g$ )、沟一段( $K_1g_1$ )为该区主力产层,利用岩心、测井、地震及分析化验等资料,开展了高分辨率层序地层划分、物源分析、沉积微相展布研究,阐述了储层特征及主控因素,基于储层综合评价划分了储层类型,并运用深度学习非线性反演技术预测了有利储层分布。结果表明:(1)依据层序界面识别结果,窟窿山构造带下沟组( $K_1g$ )整体为1个长期基准面旋回(LSC2),内部发育1期最大湖泛面。 $K_1g-K_1g_1$ 可划分为4个中期基准面旋回(MSC1—MSC4)和8个短期基准面旋回(SSC1—SSC8)。由于白垩纪早期断陷活动强烈,湖平面快速上升, $K_1g$ 以基准面上升旋回为主, $K_1g_1$ 则发育完整基准面上升旋回和基准面下降旋回;(2)窟窿山构造带 $K_1g-K_1g_1$ 主要发育扇三角洲沉积,在持续湖侵背景下,扇三角洲不断向湖盆边缘退积。受物源供给影响,窟窿山构造带扇三角洲主要发育于中期基准面旋回MSC1和MSC3,自下而上面积逐渐减小,连片性变差;

(3)窟窿山构造带 $K_1g-K_1g_1$ 发育特低孔、特低渗储层,次生溶蚀孔和构造裂缝是改善储层物性的重要因素。扇三角洲前缘水下分流河道沉积塑性组含量较低,易于形成溶蚀孔隙及裂缝,物性好于扇三角洲平原分流河道沉积,是优质储层发育相带。利用深度学习非线性反演技术预测了研究区裂缝发育区,再结合有利相带展布特征,预测窟窿山构造带有利储层面积 $14.7\text{ km}^2$ 。酒泉盆地窟窿山带白垩系扇三角洲储层埋深大、非均质性强、地震资料品质较差,优质储层预测难度大。该研究成果可为窟窿山构造带下白垩统油气勘探提供借鉴。

**参考文献** [1] 文华国,郑荣才,叶泰然,等.酒西盆地青西凹陷下白垩统沉积特征与有利勘探区预测.沉积与特提斯地质,2005,25(4):71-77.[2] 高尚芳.酒泉盆地窟窿山泥砾岩储层特征及成因研究.资源与产业,2008,10(6):92-95.[3] 王崇孝,田多文,魏军,等.酒泉盆地窟窿山油藏裂缝分布特征.岩性油气藏,2008,20(4):20-25.[4] 周晓峰,于均民,杨双,等.青西油田下白垩统裂缝特征及其成因.新疆石油地质,2008,29(6):703-705.[5] 肖文华,由成才,谭修中,等.酒泉盆地窟窿山地区撕裂断层与油气成藏研究.新疆石油地质,2004,25(3):283-285.

**关键词** 扇三角洲;沉积相;储层预测;下沟组;窟窿山构造带





摘要 ID: 3402

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 克拉苏构造带南部白垩系巴什基奇克组 8000m 以深储层特征及成因机制

史玲玲\*

中石油塔里木油田分公司研究院

随着油气勘探的深入, 超深领域天然气的发现对增储上产至关重要, 库车坳陷克拉苏构造带南部储层埋深普遍大于 7500m, 不同单井储层测试产能差异较大, 新钻大北 4 井在 8000m 埋深条件下测试获高产, 因此, 储层层发育的主控因素不明确。本文主要依据岩心、铸体薄片、普通薄片、扫描电镜、物性、高压压汞等实验资料, 系统分析了克拉苏构造带南部 8000m 埋深 16 口单井资料, 对其储层的岩石学特征、物性特征、储集空间类型、孔喉结构特征及储层发育因素进行分析。结果表明: 白垩系巴什基奇克组砂岩岩石类型以长石岩屑砂岩、岩屑长石砂岩为主, 颗粒分选中等, 中、细粒为主, 点、线接触; 孔隙类型以残余粒间孔、粒间溶蚀扩大孔为主, 部分致密储层中微裂缝占有一定的比例, 储层孔隙结构参数变化较大, 排驱压力、中值压力较小, 最大孔喉半径、平均孔喉半径较大, 喉道连通程度好, 但非均质性较强。有效储层发育影响因素主要受沉积作用、成岩作用、构造作用及上覆盐层厚度、异常高压的影响。原始沉积环境为物性控制第一因素, 不同粒度物性差异明显, 同时不同沉积环境具有不同的胶结物类型和含量, 储层物性与胶结物含量相关性明显, 与泥质含量高低相关性差。随埋深增加, 压实作用影响, 6000 以下储层物性变差趋势明显, 6000m 以上变化趋势减慢, 溶蚀作用是改善超深层储层品质重要因素, 但强应力区导致颗粒接触致密, 凹凸接触, 储层微裂缝发育, 但由于基质残留原生孔隙不发育, 溶蚀作用受限, 易形成致密储层。同时白垩系巴什基奇克组上覆古近系膏盐岩为塑形地层, 在厚度较大地区, 巨厚膏盐岩封闭能力强, 盐下储层流体表现为异常高压特征, 进而延缓岩石的压实作用, 使孔隙得到较好的保存。多期构造运动虽然对储层造成一定的减孔, 但也导致区内断层和储层裂缝较发育, 为溶蚀流体提供通道, 改善超层储层的渗流系统。

参考文献

关键词



摘要 ID: 3422

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 柴西湖相碳酸盐岩地质特征及勘探潜力

吴颜雄<sup>1\*</sup>、龙国徽<sup>1</sup>、王波<sup>1</sup>、王艳清<sup>2</sup>、施奇<sup>1</sup>、王建功<sup>3</sup>、朱超<sup>2</sup>

1. 中国石油青海油田勘探开发研究院, 甘肃敦煌, 736202

2. 中国石油勘探开发研究院杭州地质研究院, 浙江杭州, 310023

3. 中国石油勘探开发研究院西北分院, 甘肃兰州, 730000

近年来,随着致密油、页岩油的快速发展,并在油气勘探和储量中取得了一系列的成效,国内勘探家对湖相碳酸盐岩的研究也越来越重视。湖相碳酸盐岩的地质特征与海相碳酸盐岩仍存在较大差异。海相碳酸盐岩较湖相碳酸盐岩质地更纯,多为化学和生物化学成因。不同于海相碳酸盐岩,湖相碳酸盐岩形成于内陆湖盆中,受多种沉积环境和古气候的控制,具有分布局限、厚度多变、单层厚度薄、沉积周期短、速率大、沉积旋回较发育的特点。因此,许多海相碳酸盐岩的沉积理论和模式不能完全照搬应用于湖相碳酸盐岩中,许多地方还需要不断完善和发展。柴达木盆地近年来在湖相碳酸盐岩勘探中屡获突破,在英西 E32 灰云岩中钻遇多口千吨井,2020 年在干柴沟地区柴 9 井再获突破,发现既有高产的构造油藏又发育大面积分布的页岩油;在柴西北新近系藻灰岩和灰云岩组合中,也落实了大面积不受构造控制的低饱和度油藏。因此,对湖相碳酸盐岩的沉积分布特征开展系统总结,为进一步继续寻找有利区带指明方向。

研究表明:柴西地区自古近纪以来整体呈西南高、东北低的古地貌格局,物源水系补给不足,气候干冷,在斜坡-凹陷区整体为咸化湖泊沉积。柴西碳酸盐岩岩性具体分为四类。①藻灰云岩:以微生物成因为主,与粒屑灰岩伴生,白云化普遍溶蚀作用较强,储层物性和孔隙结构最好,是良好的油气储层。②颗粒灰云岩:属于物理-化学复合成因,组份有内碎屑、藻屑、生屑和鲕粒,经常含陆屑,物性较藻灰岩差。③泥晶灰云岩:在盆地分布较广,属于细粒沉积物,以块状结构为主,主要发育白云石晶间孔,部分发育微缝、构造缝。④灰质页岩:盆地分布广泛,发育水平层理。系统取心揭示,即为有利的源岩也是良好的储层。受古构造的控制,发育三种岩相合类型。古隆区发育在跃进地区,以滨浅湖为主,水体和温度适宜,藻类发育,岩石类型为颗粒灰云岩和藻灰云岩,厚度较大,储层物性较好;斜坡区主要发育在红柳泉-尕斯、柴西北区,以浅湖沉积为主,岩性组合以灰云岩和薄层藻灰岩为主;凹陷区发育在红狮、茫崖、小梁山和扎哈泉四个次凹,以深湖-半深湖为主,以灰云岩、泥质灰云岩和页岩组合为主,是目前页岩油勘探的主要对象。

柴西湖相碳酸盐岩受后期构造作用的影响,成岩作用类型较多,最主要的控制作用有三种。一是白云石化作用:准同生交代成因,形成了大量收缩的晶间孔,直径在 100-1200 纳米,基质孔隙度在 6-8%,是碳酸盐岩普遍含油的基础。二是各种溶蚀作用:岩溶作用主要发育在古地貌的高部位,暴露后受大气淡水溶蚀,形成丰富的溶蚀孔洞,以跃西藻云岩为例。有机酸溶蚀主要发育在与源岩接触的碳酸盐岩中,干酪根生产有机酸沿着微裂缝对前期的孔缝进行微溶,进一步扩大储集空间类型,沟通连通性。热化学硫酸盐还原反应(TSR),在英中地区发现硫酸盐有溶蚀现象,同时黄铁矿富集,形成了另一种高效储层。在狮新 58 井天然气中含 1%的 H<sub>2</sub>S,证实了 TSR 的规模发育。三是构造挤压作用:埋藏期形成的高角度构造裂缝,几乎被硬石膏完全充填或少量硬石膏和方解石充填,晚期构造挤压力学环境下盐间地层发生层间滑脱变形,形成了大量的角砾化缝洞,有的后期被充填死,未被充填形成残余孔洞,成为高效储层,在英西发现的多口千吨井多属于此类情况。

碳酸盐岩储层在柴西地区古-新近系整个演化阶段和湖区均发育。古近系碳酸盐岩分布范围最广,主要分布在英雄岭地区和柴西南区,柴西北区在古近系晚期开始发育。新近系碳酸盐岩受湖盆的迁移影响,主要发育在柴西北区,碳酸盐岩叠合面积可达 8000km<sup>2</sup>。湖相碳酸盐岩发育区一般与优质烃源岩呈间互分布,具有源储共生、源储一体的特点,有利源储组合累计厚度大,分布在 300-800m,是盆地开展源内油气勘探的主要领域。目前已经落实英雄岭页岩油储量规模,下一步



将继续拓展英雄岭凹陷空白区，另外，小梁山凹陷、扎哈泉凹陷的碳酸盐岩也值得风险勘探，有望获得更大的突破。

#### 参考文献

**关键词** 咸化湖；碳酸盐岩；储层特征；勘探潜力；柴达木盆地



摘要 ID: 2506

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 渤海湾盆地石白坨凸起 Q 油田沙一二段混合沉积模式及对储集层特征影响

牛涛\*、胡光义

中海油研究总院有限责任公司

Q 油田沙一二段储层岩性复杂多样且横向变化快, 确定沉积模式, 厘清其成因至关重要。从岩石学特征入手, 结合古地貌及沉积动力学分析, 认为扇三角洲沉积过程中的物源供给间歇期, 扇三角洲的前缘亚相会被沿岸流或湖浪进一步改造, 形成滨岸滩相。同时, 扇三角洲的前缘亚相局部凸起区, 会形成小的碳酸盐台地, 发生碳酸盐岩沉积。Q 油田沙一二段主要发育扇三角洲沉积, 同时发育鲕粒滩、生屑滩、碎屑滩和混积滩。同时期存在多种沉积相类型是研究区混合沉积的主要原因。根据岩性组合特点及空间分布规律, 对研究区混合沉积类型细分为四类: 相突变混合沉积、相过渡带混合沉积、碎屑岩相混合沉积和碳酸盐相混合沉积四种类型, 其中碎屑岩相混合沉积和碳酸盐相混合沉积是研究区主要的混合沉积类型。为精细评价低渗储层, 降低油田开发风险, 针对油田范围内储层岩性复杂、低孔低渗等特点, 通过岩心、铸体薄片、阴极发光、扫描电镜以及 ECS 测井等资料对沙一二段储层的岩性、储集空间类型、储层物性及其主要控制因素进行了系统分析, 在此基础上对储层进行了评价。综合研究认为: (1) 储层发育火山角砾岩、凝灰质砂砾岩、砂砾岩、碳酸盐岩、混积岩、灰质砂岩等 6 个岩性段, 储集空间类型以次生孔隙为主, 孔隙度分布于 5.1%~34.6%, 渗透率分布于 0.15~340mD; (2) 沉积作用和成岩作用是控制研究区内储层物性主要因素; (3) 将低渗储层划分为 3 类, I 类储层主要为混积岩, 溶蚀孔最为发育, 孔隙度大于 15%, 渗透率大于 6.5mD, 是开发动用的“甜点”。以上成果认识对油田高效开发具有重要指导意义。

参考文献

关键词



摘要 ID:164

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 非洲 Muglad 盆地 KK 坳陷东部 DFS 沉积体系演化特征及成因

李娟\*、石兰亭

中国石油勘探开发研究院西北分院

非洲 Muglad 盆地 KK 坳陷油气勘探主力层位为白垩系 Bentiu 组砂岩, 因其厚度大、埋藏适中、储层物性好, 盆地内广泛分布, 在勘探实践中通常将落实构造圈闭作为重点研究内容, 而对该层的沉积体系研究程度不够, 且一般认为的辫状河沉积体系及模式不适应对该套广泛发育的砂岩进行解释。随着勘探程度提高, 在海外效益勘探形势下, 迫切需要开展系统的沉积学与储层研究, 为精细评价与寻找勘探新领域提供理论支持。结合钻井、地震资料与生产测试资料, 以地震沉积学理论与技术为依据, 在钻井对比、地震反射特征分析基础上, 对 KK 坳陷东部 Munga 地区 Bentiu 组地层应用多属性优选提取、等时地层切片、反演等方法刻画砂体展布, 分析沉积相与沉积体系演化, 结合古地貌、断裂体系等探讨物源、构造作用对沉积体系发育的控制。结果表明 KK 坳陷 Munga 地区 Bentiu 组沉积时期为区域坳陷期, 断裂活动减弱, 地势相对平坦, 物源来自东部斜坡区, 斜坡上早期构造拉张作用形成的断层转换带控制河流入口, 河流由东向西进入相对开阔平坦地区, 并从限制型向非限制型体系转化, 发育大型分支河流扇体系 (DFS)。DFS 特征为录井泥岩呈氧化色, GR 测井曲线为箱型、叠加钟型、钟型, 地震沉积学刻画砂体展布平面上可识别明显的分支点, 平面形态大致呈扇形分布, 扇体上可识别分支河道、废弃河道等沉积微相。分支河道与砂体走向受断层控制的微地貌影响, 可发育单个扇体或多级多个分支扇体。Munga 地区 DFS 体系在平面上整体发育南部、北部两套扇体。纵向自下而上的砂体分布结果反映了扇体从退积-进积-退积的演化过程, 早期南北两套扇体均发育, 晚期北部扇体逐渐退出, 南部扇体发育相对稳定。综上首次提出研究区 Bentiu 组大面积分布的砂岩是 DFS 体系演化结果, 而非传统认为的辫状河道摆动叠加形成, 该认识或将为 Muglad 盆地油气勘探开发有一定的启示意义

### 参考文献

**关键词** Muglad 盆地; DFS 体系; 沉积演化; 地震沉积学; 构造控沉积



摘要 ID:480

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 西非裂谷系 Termit 盆地古近系沉积体系及勘探突破

郑风云\*、李早红、姜虹  
中国石油勘探开发研究院

西非裂谷系 Termit 盆地是尼日尔主要的含油气盆地,主力成藏组合是古近系 Sokor 组,主要的油气发现都来自 Sokor1 组这个层系(薛良清等, 2014; 郑风云, 2018)。Termit 盆地在临近其凹陷的主要富油气区带都取得油气发现,但其东部远离凹陷的 T 斜坡该套成藏组合尚未突破,是否发育储盖组合尚不明确,该层系在东部斜坡埋藏浅(300m-1000m),盆地区域盖层 Sokor2 组遭受剥蚀。近期,针对盆地东斜坡进行已钻井测井盖层和储层评价、多种地球物理手段地震相、沉积相研究,并对 Termit 盆地 Sokor 组的沉积相进行了更新和细化,取得以下新认识:一是 Sokor1 组 E5-E4 砂组在东斜坡南部发育,为三角洲前缘前端的河口坝、席状砂为主,有少量水下分流河道,通过预测砂岩厚度图, E5 砂组较厚的地方超过 50m 以上, E4 比 E5 砂体偏薄,最高值 45m,普遍分布在 10-25m 区间;二是 Sokor2 组时期原型盆地比之前认识的要大,泥岩盖层延伸广,东斜坡从北往南厚度从 50m 增加到 300m,可有效封盖;三认为 sokor 组下部 Madma 厚层砂岩层具有较好的疏导作用,有利于油气从西部盆地凹陷区运移到东部斜坡区,具备成藏条件。这些新认识坚定了 Termit 盆地东斜坡搞勘探的信心,指导勘探方向从北往南转移,获得重大突破,发现了一个富油气区带,具备亿吨级储量规模。

**参考文献** 薛良清,潘校华,史卜庆. 海外油气勘探实践与典型案例[M]. 北京:石油工业出版社, 2014:53-67. 郑风云,史卜庆,李早红,等. 尼日尔 Termit 盆地古近系构造样式及其对油气聚集的控制作用[J]. 地学前缘, 2018, 25(02):72-82.

**关键词** 西非,裂谷, Termit 盆地,三角洲体系,沉积相



摘要 ID:665

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 准噶尔盆地南部白垩系清水河组岩性-地层油气成藏条件分析

陈桐\*<sup>1</sup>、卫延召<sup>1</sup>、李啸<sup>2</sup>、刘海磊<sup>2</sup>、曾德龙<sup>2</sup>、袁苗<sup>1</sup>

1. 中国石油勘探开发研究院
2. 中国石油新疆油田分公司

准噶尔盆地南部白垩系清水河组发育厚层规模砂体, 储层物性好, 油气显示丰富, 是新疆油田寻找近源高效油气藏的重要勘探领域。本文针对清水河组开展层序划分与对比、沉积体系、输导体系、生烃源灶等相关研究工作, 揭示清水河组有利4大有利规模成藏条件。研究表明: (1) 清水河组一段在早白垩世坳陷盆地发育背景下, 发育三期退覆式辫状河三角洲沉积体系, 砂体沿沉积古凸起侧翼超覆尖灭, 具有发育超覆背景下岩性圈闭群的地质背景; (2) 烃源岩分布及油源对比特征表明, 清水河组油气具有二叠系、侏罗系两套源岩供烃特征, 油气源充足; (3) 盆地南部整体发育多组东西向走滑断裂体系, 有效沟通源储, 油气垂向输导条件优越; (4) 油气包裹体及油气生排烃史分析表明, 油气存在晚白垩世、古近纪两期成藏, 早期沿古隆起高点汇聚形成古油藏, 后期向上倾斜坡岩性尖灭带运聚形成次生油气藏。

基于成藏条件及成藏过程的系统梳理分析, 建立了“湖泛泥岩顶部封盖、古凸坡折侧向遮挡”的油气富集模式, 评价认为阜康凹陷北斜坡是未来中浅层规模油气藏的有利勘探领域。

### 参考文献

**关键词** 准噶尔盆地; 清水河组; 岩性-地层油气藏; 成藏条件







摘要 ID: 3130

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 展板

## 武清背斜深层碎屑岩优质储层分析及形成机制研究

贾颖超\*、韩红涛、赵磊、胡美玲、张梦琳、王芳  
华北油田公司勘探开发研究院

武清凹陷位于渤海湾盆地冀中拗陷的北部，西邻廊固凹陷，南接霸县凹陷文安斜坡，东侧为大城凸起，北部为宝坻凸起，面积 2600km<sup>2</sup>。武清凹陷勘探始于 1955 年，受渐新世末-更新世快速深埋影响，新近系持续沉降，武清凹陷新近系发育厚度近 3000m 的“厚皮”沉积，导致古近系目的层埋藏深，大部分井未钻遇古近系沙三段、沙四段，以往认为古近系深部碎屑岩储层致密，制约了武清凹陷的进一步勘探发现。为进一步探索武清凹陷深层沙三段-沙四段含油气性，2021 年部署实施了风险探井 ST1 井，该井在沙三段、沙四段钻遇厚油层，展现出武清凹陷丰富的油气勘探前景。

本文旨在通过开展风险探井 ST1 单井分析，综合运用岩心观察、薄片分析、岩石物性测试等方法，对武清背斜深层碎屑岩储层性能进行分析，并对其形成机制进行了研究。研究表明，以高压保孔作用为主导，溶蚀增孔作用为辅助的综合控储机制，使武清背斜深部碎屑岩优质储层发育。ST1 井古近系深层碎屑岩储层分析显示，沙三-沙四段岩石类型为长石砂岩、岩屑长石砂岩及长石岩屑砂岩，长石含量 22%~34%，岩屑含量 15%~26%。碎屑岩填隙物含量平均在 8~14.8%，主要为方解石、泥质。方解石平均含量 7.5%~9.9%，泥质杂基评价含量 3.6%~6.7%，可见少量石英次生加大，以孔隙式胶结为主。ST1 井发育原生孔隙及次生孔隙两种孔隙类型，古近系 5320m 井段孔隙度 5.28%~30.07%，平均 15.57%；渗透率 2.01~271mD，平均 37.17mD，为中孔低渗储层；相同深度、相同层位条件下，相邻的霸县凹陷 XL1 井孔隙度为 5.8%，渗透率为 0.07mD；而武清凹陷的 ST1 井孔隙度为 17%，渗透率为 20%，表现出良好的储层物性。

为进一步研究深层碎屑岩优质储层形成机制，开展了武清凹陷构造沉积演化史分析研究。武清凹陷受早浅埋，中抬升，晚快深埋的沉积埋藏过程影响，早期发育大量原生孔隙，直到渐新世末-更新世时期背斜才快速沉降，储层深埋时间短，导致成岩作用滞后。与冀中拗陷其他凹陷对比发现，同样深度下，其相邻的廊固凹陷已进入中成岩 B 阶段，而武清凹陷 ST1 井岩矿资料表明，颗粒之间以点-线接触为主，石英加大作用较弱，次生孔隙发育；在 4600~5100m 段黏土矿物以伊蒙混层为主，间层比在 15%至 40%之间；Ro 在 0.62%~0.76%之间，深层碎屑岩储层仍处于中成岩阶段 A1 亚期的次生孔隙发育带，孔隙较为发育；晚期深埋使得沙四段处于高温（140~180℃）环境下，烃源岩大量生产有机酸排酸，致使 ST1 井储层中长石被大量溶蚀，促进粒间溶孔的发育；物性统计在 4600~5100m 纵向范围内次生孔隙带广泛发育，预测 5100m 以深仍发育有效储层。同时，受泥岩欠压实、蒙皂石脱水、有机质生烃等因素影响，流体未及时排出，致使凹陷发育三套异常高压层，压力系数在 1.5~1.8 之间。异常高压层与 ST1 井物性较好的深度井段对应关系良好，认为深层超压对压实起到抑制作用，利于原生粒间孔隙的保存，有效改善深层储层的储集性能。以此根据高压层分布预测优质储层发育范围，认为 4800~6000m 深部储层也具备较好物性。通过本次研究打破了该地区深层无优质储层的认识，实现了武清凹陷古近系勘探新突破，为下一步冀中拗陷深层-高压下碎屑岩勘探指明了方向。

### 参考文献

**关键词** 武清凹陷；深层碎屑岩；次生孔隙带；溶蚀；高压



ID: 1233

主题分类: 能源与矿产沉积学=》陆相湖盆沉积储层与油气勘探

最终交流类型: 口头报告

## 渤海海域沙一二段混积岩系优质储层类型划分和影响作用分析

卢欢<sup>1,2\*</sup>, 王清斌<sup>1</sup>, 牛成民<sup>1</sup>, 刘晓健<sup>1</sup>, 冯冲<sup>1</sup>

1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司

2. 中国地质大学(北京)

### 1、研究背景:

近年来,在渤海海域沙一二段湖相碳酸盐岩与碎屑岩的混合沉积发育区,发现了多个大中型混合沉积油气田,形成了储层厚度百余米、单层测试产能超千万方、总储量规模超亿方、后期酸化效果的巨厚优质储层,开拓了渤海勘探的新领域。沙一二段是渤海古近系深层低孔低渗背景下未来勘探的重要领域。然而,不同构造的混合岩发育程度不同,混合类型不同,岩石组成也不同,储层物性也不同。因此,厚层滩坝砂体预测难度大。那么,这些差异的原因是什么呢?针对这些问题,我们进行了系统的研究。

### 2、研究方法

前人的研究表明,渤海白云岩化作用、生屑含量和储层物性呈现明显的正相关。为进一步明确了渤海混合沉积优质储层成因机理,本次研究,采用激光微区碳氧同位素、阴极发光、电子探针、背散射、团簇同位素对白云岩化作用对储层的影响进行了精细分析;采用聚焦离子束、场发射扫描电镜、激光拉曼、Maps等先进实验技术手段,将泥晶套的微结构、形成阶段进行精细划分,研究了泥晶套的产生、保存对渤海混积岩储层的重要影响。

3、渤海沙一二段混合沉积储层分布规律总结为四类。I类储层:近岸陡坡带扇三角洲和滩坝混合沉积、火山岩基底隆起背景的生屑云岩、白云质砾岩储层,以Q构造(扇三角洲和滩坝混积)和为代表,储层规模大。II类储层:近岸缓坡带三角洲砂岩叠置、火山岩基底隆起背景背景的鲕粒云岩、白云质砾岩储层,以B36构造为代表,储层规模中等。III类储层:远岸火山岩基底隆起背景的生屑云岩储层,以B13构造、J9构造为代表,其储层规模差异性大。IV类储层:远岸海相碳酸盐岩基底隆起白云质砾岩、鲕粒云岩、灰质砾岩、粒屑云岩,以C2构造为代表,储层规模较小。

### 4、储层影响因素分析

影响因素1:沉积环境。发育在水下隆起滩坝、粒屑滩等高能沉积环境中的储层物性最好。沙二段间歇性供源以及湖平面呈间歇性上升是沙二段薄层细粒砂质滩坝优质储层发育的主控因素。渤海湾沙河街组一段沉积时期气候干热,蒸发量较高,这一条件也有利于生物繁盛。

影响因素2:基底岩性。火山岩中含有高含量的水解矿物,可为生物的繁盛,特别是藻类的繁盛提供充足的矿物养分。玄武岩基底是有利的岩性背景,通过促进藻类的繁盛来影响储层物性。在实验条件下,水解液的不同导致矿物的浓度差异较大。

影响因素3:泥晶套的保存。采用Maps-亚离子抛光聚焦离子束扫描电子显微镜对不同形成期次泥晶套进行了精细刻画。总结了4种类型和9种亚类型的微晶包壳,类型1:砾石颗粒包壳,类型2:生物碎屑包壳,类型3:泥晶化包壳,类型4:重结晶包壳。

影响因素4:白云岩化作用。研究表明回流渗透白云石化和浅埋藏白云石重结晶是生屑灰岩段碳酸盐岩储层形成的基础。

最终建立了优质储层发育模式:湖相混积岩同生期-浅埋期颗粒包壳微结构及保孔机制。由于沙一二段咸水-半咸水水体含有大量Ca<sup>2+</sup>为颗粒包壳形成提供丰富的物质基础,而火山物质中丰富的Mg<sup>2+</sup>促进了包壳白云石化,提高了抗压性。

### 参考文献:

[1]王清斌,牛成民,潘文静等,2020.渤海海域沙一段基底岩性条件对湖相混积岩储层的控制作用[J].地球科学,45(10):3556-3566.

[2]卢欢,王清斌,牛成民等,2020.湖相混积岩系同沉积淋滤作用识别标志与优质储层形成机理:以石白坨凸起陡坡带Q29和Q36构造沙一、二段为例[J].地球科学,45(10):3721-3730.



# 能源与矿产沉积学

碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应



摘要 ID:2346

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 察尔汗盐湖别勒滩矿区杂卤石溶采特征及开采展望

张建伟<sup>1,2,3,4</sup>、焦鹏程<sup>2</sup>、王石军<sup>3</sup>、张西营<sup>4</sup>、刘万平<sup>3</sup>、沈立建<sup>2</sup>、王友杰<sup>1</sup>、刘成林<sup>\*</sup>

1. 青岛大学

2. 中国地质科学院矿产资源研究所

3. 青海盐湖工业股份有限公司

4. 中国科学院青海盐湖研究所

在我国钾盐资源紧缺的形势下,储量丰富但难溶的杂卤石矿产资源,引起了广泛的高度重视。杂卤石矿在我国昆特依、察尔汗、大浪滩、罗布泊等盐湖沉积地层中有广泛分布(王弭力等,1982、1993、1997;刘成林等,2008、2018),在江汉盆地、四川盆地等也蕴藏有矿层厚、富集程度高的矿层(刘群等,1987;林耀庭等,2004),但杂卤石长期以来一直被视为难溶性“呆矿”(高文远等,2016)。许多学者曾开展杂卤石溶解实验,以寻求杂卤石的最佳溶解条件和良好溶剂(Sun S et al., 2019; Li R et al., 2020)。

察尔汗盐湖位于青海省柴达木盆地的中东部,海拔2677-2680m,是一个固、液相矿并存的大型钾盐矿床(吴必豪等,1986),有2.96亿t超大型规模的难开采低品位固体钾矿,杂卤石是主要的钾盐矿物之一(郝爱兵等,2003;焦鹏程等2020),尤其在最西侧的别勒滩区段,杂卤石矿物含量最高达90%、平均27.9%(牛雪等,2015)。

溶采技术在“原地”用“溶剂”对钾盐进行物理化学溶解,溶采出有益组分,把固相资源变为液相矿物(Huang Y et al., 2015; Hu K L et al., 2021),该工艺具有投资少、见效快、工艺简单、能耗低、污染小等优点(Fahs M et al., 2011; Sun et al., 2013)。在别勒滩溶采试验区,因地制宜采用涩聂湖水和老卤相混合,作为溶液,开展野外溶采试验,在试验区内根据地质钻孔,对比察尔汗盐湖别勒滩矿区杂卤石在低品位固体钾盐溶采前后物理化学特征变化,对指导杂卤石资源的开发具有重要意义。研究区杂卤石含量较高的层位不连续,矿层较薄,不能以固体矿物直接开采。样品XRD分析显示杂卤石含量多在10%以上。杂卤石溶采前,薄片鉴定结果看出,多呈放射状、毛毡状、纤维状,并有交代石盐、交代硬石膏、交代半水石膏等现象;扫描电镜鉴定出其晶型较完整、溶蚀现象较少。溶采后,3个试验孔钾资源含量均低于溶采前,薄片鉴定明显可见杂卤石被溶蚀,样品体重平均降低0.01g/cm<sup>3</sup>,孔隙度平均增加0.83%,给水度平均升高2.5%。

研究结果表明杂卤石在适宜的溶矿条件下是可以通过水溶法来开采的,适宜的溶矿条件可促进杂卤石的溶解。杂卤石可以作为我国重要的钾盐后备资源,对其高效开发利用,对缓解我国钾盐资源短缺和促进经济发展具有重要的现实意义。

**参考文献** 郝爱兵,李文鹏,2003. Pitzer理论在变温高浓卤水体系地球化学平衡研究中的应用[J]. 盐湖研究, 11(03): 24-30. 焦鹏程,刘成林. 青海别勒滩低品位固体钾矿液化开发技术[M]. 北京: 科学出版社, 2020, 1-183. 林耀庭,何金权,2004. 四川华蓥山浅层杂卤石钾矿地质特征及其成因意义[J]. 化工矿产地质, 26(03): 145-149. 刘成林,焦鹏程,孙小虹,等,2018. 罗布泊盐湖成钾规律研究与找矿进展[J]. 地质学报, 92(08): 1551-1570. 刘成林,王弭力,焦鹏程,等,2008. 罗布泊杂卤石沉积特征及成因机理探讨[J]. 矿床地质, 27(06): 50-58. 刘群,陈郁华,李银彩. 中国中、新生代陆源碎屑-化学岩型盐类沉积[M]. 北京: 北京科学技术出版社, 1987, 1-154. 牛雪,焦鹏程,曹养同,等,2015. 青海察尔汗盐湖别勒滩区段杂卤石成因及其成钾指示意义[J]. 地质学报, 89(11): 2087-2095. 王弭力,1982. Q凹陷杂卤石的地质意义[J]. 地质论评, 28(01): 28-37. 王弭力,刘成林,杨智琛,等,1997. 罗布泊罗北凹地特大型钾矿床特征及其成因初探[J]. 地质论评, 43(03): 249. 王弭力,王仪杰,刘成林,等,1993. 柴达木盆地大浪滩盐矿床基本特征及形成机理[J]. 中国地质科学院院报, (01): 97-114. 吴必豪,段振豪,关玉华,等,1986. 柴达木盆地察尔汗干盐湖钾镁盐的沉积[J]. 地质学报, 60(03): 286-296. Fahs M, Younes A, Ackerer P, 2011. An efficient implementation of the method of lines for multicomponent reactive transport equations[J]. Water Air and Soil



Pollution, 215(04): 273–283. Hu K, Sun S, Wang Y, et al., 2021. Preparation and application of Silica Quantum Dots using palygorskite as silicon source[J]. Applied Clay Science, 211: 106–132. Huang Y, Zhou Z, Li L, et al., 2015. Experimental investigation of solute transport in unsaturated fractured rock[J]. Environmental Earth Sciences, 73(12): 8379–8386. Li R Q, Liu C L, Jiao P C, 2020. The effect of solvent chemistry on potassium dissolution extraction from low-grade solid potash ore in Qarhan Salt Lake[J], China. Applied Geochemistry, 115: 1–11. Sun S, Gao Y, Zhang J, et al., 2019. Co-effects of epichlorohydrin-dimethylamine and polyferric on humic acid elimination and membrane resistance in hybrid process[J]. Journal of Cleaner Production, 235: 767–778. Sun X H, Hu M Y, Liu C L, et al., 2013. Composition determination of single fluid inclusions in salt minerals by Laser Ablation ICP-MS[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 41(02): 235–241.

**关键词** 杂卤石; 分布特征; 察尔汗盐湖; 别勒滩矿区; 溶采



摘要 ID: 2939

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 盐湖边缘相岩相组合特征及古水文指示意义——以库车坳陷库姆格列木群为例

苗如霖<sup>1</sup>、郭佩<sup>2</sup>、吴昌荣<sup>1</sup>、罗健<sup>1</sup>、张锡婷<sup>2</sup>、刘恣君<sup>1</sup>、邓宾\*<sup>1</sup>

1. 油气藏地质及开发工程国家重点实验室

2. 成都理工大学沉积地质研究院

相较于盐湖中心,盐湖边缘环境对物源供给强度和湖泊水位变化更为敏感,可以较好地记录湖泊古水文变化、恢复古气候或古海侵历史。然而目前针对盐湖边缘相沉积缺乏系统研究。本次研究以库车坳陷库车河剖面古近系库姆格列木群为例,通过剖面实测,岩石类型划分,岩相垂向叠置分析以及三级和四级层序识别,建立了库姆格列木群盐湖沉积模式,并恢复了湖平面波动历史。结果表明:库车河剖面库姆格列木群整体发育冲积扇、砂坪、干泥坪、膏泥坪、膏盐湖以及三角洲沉积相,纵向上发育三个三级层序(图1)。第一个三级层序发育一套湖侵背景下的退积序列,在剖面上可见大规模的冲积扇,下部发育冲积扇相粗粒碎屑岩,上部发育膏盐湖泥岩、膏岩;第二个三级层序内发育一套完整的湖侵-湖退的沉积体系,从下到上发育以砂岩-灰质泥岩-膏岩为代表湖进层序和以泥岩-砂岩为代表的湖退层序;第三个三级层序内,膏岩和泥岩互层,指示地平地势下小范围的湖水波动。总体上来说,库车河剖面在库姆格列木群沉积时期经历了2次大规模湖进事件,以及5次小规模湖进事件。库姆格列木群发育不同类型泥岩,代表不同沉积环境:在盐泥坪相发育泥岩与盐岩混合的组合模式,在干泥坪相湖侵时发育灰泥岩或含石膏团块泥岩组合模式,湖退时为砂质泥岩或含砂质泥岩(图2)。

**参考文献** 郭佩,李长志. 2022. 含油气盆地蒸发盐矿物成因类型及其地质意义[J]. 古地理学报, 24(02): 210-225. 刘成林,曹养同,杨海军,等. 2013. 库车前陆盆地古近纪—新近纪盐湖环境变迁及其成钾效应探讨[J]. 地球学报, 34(05): 547-558. 徐洋,曹养同,刘成林,等. 2018. 库车盆地始新世盐湖物源及蒸发浓缩程度研究[J]. 地质学报, 92(08): 1617-1629. Hovorka S D, Holt R M, Powers D W. 2007. Depth indicators in Permian Basin evaporites[J]. Geological Society, London, Special Publications, 285(1): 335-364.

**关键词** 塔里木盆地; 库车坳陷; 盐湖; 岩相组合



摘要 ID: 3049

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 震旦系烃源岩对塔里木盆地北部奥陶系古油气藏的贡献——来自 Re-OS 同位素定年和生物标志物的新证据

曾清秀、姜磊\*

中科院地质与地球物理研究所

奥陶系碳酸盐岩是塔里木盆地目前的主要油气勘探层。长期以来,学术界对其油源及其成藏期次的厘定存在诸多争议。基于油气和干酪根的生物标志物及碳、硫同位素证据显示油气主要来自下寒武统烃源岩,并可能有部分下奥陶统烃源岩的贡献。然而,上述地球化学参数易受成岩流体及不同油气源混合的影响,导致油源对比的可靠度降低。有研究认为塔里木盆地寒武系储层沥青来自震旦系烃源岩,但目前未见奥陶系是否存在震旦系油源贡献的报道。实际上盆地内普遍发育贯穿震旦系和上古生界地层的深大断裂,为震旦系油气充注于奥陶系储层提供了有利通道,亦可能是此前被忽略的、导致奥陶系油源复杂的重要因素之一。鉴于此,本研究对塔里木盆地北部早期岩溶发育地区的储层沥青及石油开展了分子地球化学和 Re-OS 同位素年代学对比研究,探究油气成藏及演化过程及是否存在早期震旦系油源成藏事件。结果显示其中一个 Re-OS 定年年龄 ( $304 \pm 20$  Ma) 与前人用原油 Re-OS 定年、方解石 U-Pb 定年及流体包裹体定年等方法限定的油气成藏年龄结果类似。这说明研究区在印支—海西运动时期广泛发生了一期油气成藏事件,且生物标志物特征支持油气主要来自于寒武系烃源岩。而另一个  $615 \pm 10$  Ma 的 Re-OS 年龄显著老于地层的沉积年龄,这显然不能代表油气充注年龄。综合震旦系烃源岩的地质、沉积年龄,以及储层沥青与震旦系烃源岩的生物标志物特征对比,研究提出该年龄值可能指示震旦系烃源岩的沉积年龄,以上解释亦得到国内外类似研究案例的支持。据此,本研究提出塔里木盆地奥陶系储层至少存在一期震旦系烃源岩的油气充注的贡献,但目前无法确定其贡献的程度及其对现今油气藏的影响。本研究成果可用于解释塔里木盆地奥陶系油气源的复杂性的成因,为深层-超深层油气系统的形成与演化提供关键科学数据并提升了勘探信心。

**参考文献** 蔡长娥, 邱楠生, 徐少华. Re-OS 同位素测年法在油气成藏年代学的研究进展[J]. 地球科学进展, 2014, 29(12): 1362-1371. 陈红汉, 吴悠, 丰勇, 等. 塔河油田奥陶系油气成藏期次及年代学[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(6): 806-819. 陈红汉. 油气成藏年代学研究进展[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 143-150. 陈玲, 马昌前, 凌文黎, 等. 中国南方存在印支期的油气藏——Re-OS 同位素体系的制约[J]. 地质科技情报, 2010, 29(2): 95-99. 陈玲, 张微, 余振兵. 油气成藏时间的确定方法[J]. 新疆石油地质, 2012, 33(5): 4. 翟晓先. 塔河大油田新领域的勘探实践[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 751-761. 谷茸, 云露, 朱秀香, 朱猛. 塔里木盆地顺北油田油气来源研究[J]. 石油实验地质, 2020, 42(02): 248-254+262. 何碧竹, 许志琴, 焦存礼, 等. 塔里木盆地构造不整合成因及对油气成藏的影响[J]. 岩石学报, 2011, 27(1): 253-265. 何登发, 李德生, 童晓光, 等. 多期叠加盆地古隆起控油规律[J]. 石油学报, 2008, 29(4): 475-488. 何登发, 周新源, 杨海军, 等. 塔里木盆地克拉通内古隆起的成因机制与构造类型[J]. 地学前缘, 2008, 15(2): 207-221. 李超, 屈文俊, 王登红, 等. Re-OS 同位素在沉积地层精确定年及古环境反演中的应用进展[J]. 地球学报, 2014, 35(4): 405-414. 李超, 屈文俊, 王登红, 等. 富有机质地质样品 Re-OS 同位素体系研究进展[J]. 岩石矿物学杂志, 2010, 29(4): 421-430. 李超, 屈文俊, 王登红, 等. 沥青样品铼-钷同位素分析溶解实验研究[J]. 岩矿测试, 2011, 30(6): 688-694. 李超, 屈文俊, 王登红, 等. 石灰岩铼-钷同位素分析方法研究及应用初探[J]. 岩矿测试, 2011, 30(3): 259-264. 李峰, 朱光有, 吕修祥, 张志遥, 吴郑辉, 薛楠, 贺涛, 汪瑞. 塔里木盆地古生界海相油气来源争议与寒武系主力烃源岩的确定[J]. 石油学报, 2021, 42(11): 1417-1436. 李杰, 张晶, 尹露. 地质样品的 Re-OS 同位素分析技术及存在的问题[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2018, 37(2): 242-249. 李明诚, 单秀琴, 马成华, 等. 油气成藏期探讨[J]. 新疆石油地质, 2005(05): 129-133. 李欣慰, 李超, 周利敏, 等. 贵州正安县奥陶系—志留系界线碳质泥岩 Re-OS 同位素精确厘定及其古环境反演[J]. 岩矿测试, 2020, 39(2): 251-261. 李真, 王选策, 刘可禹. 油气藏铼-钷同位素定年的进展与挑战[J]. 石油学报, 2017, 38(3): 297. 李中璇, 徐志明, 王招明, 陈云川, 肖



中尧. 哈拉哈塘凹陷原油地球化学特征及油源辨识[J]. 新疆石油地质, 2016, 37(06): 667-673. 刘佳庚, 李静, 苏玉亮, 等. 塔河油田奥陶系储层构造应力场研究[J]. 地质力学学报, 2020, 26(1): 48-54. 刘文汇, 王杰, 腾格尔, 等. 中国海相层系多元生烃及其示踪技术[J]. 石油学报, 2012, 33(A01): 115-125. 鲁新便, 杨敏, 汪彦, 等. 塔里木盆地北部“层控”与“断控”型油藏特征——以塔河油田奥陶系油藏为例[J]. 石油实验地质, 2018, 40(4): 461-469. 马安来, 金之钧, 王毅. 塔里木盆地台盆区海相油源对比存在的问题及进一步工作方向[J]. 石油与天然气地质, 2006(03): 356-362. 马安来, 李慧莉, 李杰豪, 高晓鹏, 王凡, 姚尧, 冯帆. 塔里木盆地柯坪露头剖面中上奥陶统烃源岩地球化学特征与海相油源对比[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(01): 47-60. 赛彦明, 田辉, 李杰, 等. 含油气系统 Re-0s 定年及 Re-0s 元素和同位素体系研究新进展[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(7): 939-951. 沈安江, 李杰, 龙晓平, 等. 四川盆地北缘侏罗系灯影组四段焦沥青 Re-0s 定年与烃源岩示踪[J]. 岩石学报, 2022(006): 038. 沈传波, 葛翔, 白秀娟. 四川盆地震旦-寒武系油气成藏的 Re-0s 年代学约束[J]. 地球科学, 2019, 44(3): 713-726. 沈传波, 刘泽阳, 肖凡, 等. 石油系统 Re-0s 同位素体系封闭性研究进展[J]. 地球科学进展, 2015, 30(2): 187-195. 沈传波, 梅廉夫, 阮小燕, 等. 油气成藏定年的 Re-0s 同位素方法应用研究[J]. 矿物岩石, 2011, 31(4): 87-93. 孙鹏程, 李超, 周利敏, 等. 云南金顶铅锌矿成矿时代厘定: 来自沥青 Re-0s 同位素证据[J]. 地球科学, 2021, 46(12): 4247-4259. 王斌, 杨毅, 曹自成, 等. 塔河油田中下奥陶统储层裂缝方解石脉 U-Pb 同位素年龄及油气地质意义[J]. 地球科学, 2021, 46(9): 3203-3216. 王富良, 付勇, 江冉, 等. Re-0s 同位素在晚新元古代至早寒武世测年及古环境演绎中的应用进展[J]. 岩矿测试, 2016, 35(5): 530-541. 王华建, 张水昌, 王晓梅. 如何实现油气成藏期的精确定年[J]. 天然气地球科学, 2013, 24(2): 210-217. 王剑, 付修根, 杜安道, 等. 羌塘盆地胜利河海相油页岩地球化学特征及 Re-0s 定年[J]. 海相油气地质, 2007, 12(3): 21-26. 王杰, 腾格尔, 刘文汇, 等. 川西矿山梁下寒武统沥青脉油气生成时间的厘定——来自于固体沥青 Re-0s 同位素等时线年龄的证据[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(7): 1290-1298. 吴家安, 董百会, 唐大卿, 刘永立, 等. 塔河地区断裂构造样式及其演化[J]. 复杂油气藏, 2022, 15(1): 1-7. 吴其林, 傅恒, 黄海平, 等. 塔里木盆地塔河地区下石炭统巴楚组沉积演化[J]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(3): 79-83. 武鲁亚, 金之钧, 储著银, 等. 富有机质样品 Re-0s 同位素定年实验方法[J]. 石油实验地质, 2021, 43(3): 513-523. 夏永涛, 刘永立, 刘存革, 等. 塔河油田西北部加里东中期古水系特征及其地质意义[J]. 中国岩溶, 2019, 38(3): 438-443. 肖娟娟, 季汉成, 贾海波, 等. 油气成藏时间研究方法综述[J]. 内蒙古石油化工, 2016(6): 134-139. 徐豪, 郭小文, 曹自成, 等. 运用方解石中流体包裹体最小均一温度确定塔河油田奥陶系油气成藏时间: 来自激光原位方解石 U-Pb 年龄的证据[J]. 地球科学, 2021, 46(10): 3535-3548. 薛楠, 朱光有, 吕修祥, 等. 油气成藏年代学研究进展[J]. 天然气地球科学, 2020, 31(12): 1733-1748. 杨福林, 云露, 王铁冠, 丁勇, 李美俊. 塔里木盆地寒武系源岩地球化学特征及与典型海相原油对比[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(05): 851-861. 杨竞红, 蒋少涌, 凌洪飞, 等. 黑色页岩与大洋缺氧事件的 Re-0s 同位素示踪与定年研究[J]. 地学前缘, 2005, 12(2): 143-150. 于宁, 彭伟, 陈友智, 等. 黔东南梵净山地区沥青 Re-0s 同位素年龄对油气成藏年代的约束[J]. 地质科技通报, 2021, 40(5): 64-70, 82. 张光亚, 赵文智, 王红军, 等. 塔里木盆地多旋回构造演化与复合含油气系统[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 653-663. 张三, 金强, 乔贞, 等. 塔河油田奥陶系构造差异演化及油气地质意义[J]. 中国矿业大学学报, 2020, 49(3): 576-586. 张三, 金强, 赵深圳, 等. 塔河油田海西运动早期奥陶系岩溶地貌[J]. 新疆石油地质, 2020, 41(5): 527. 张涛, 马行陟, 王伦, 等. Re-0s 同位素油气成藏定年研究进展[J]. 石油地质与工程, 2017, 31(4): 30-34. 张涛. 塔里木盆地阿克库勒凸起奥陶系岩溶型储层形成与保持研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2012. 张小兵, 吕海涛, 赵锡奎, 等. 塔河油田中下奥陶统顶面古构造演化及油气关系[J]. 石油实验地质, 2011, 33(3): 233-238. 张宗命, 贾承造. 塔里木克拉通盆地内古隆起及其找油气方向[J]. 西安石油学院学报, 1997, 12(3): 8-13. 赵鸿, 李超, 江小均, 等. 浙江长兴“金钉子”灰岩 Re-0s 富集机制研究[J]. 地质学报, 2015, 89(10): 1783-1791. 周肖贝, 李江海, 傅臣建, 等. 塔里木盆地北缘南华纪-寒武纪构造背景及构造-沉积事件探讨[J]. 中国地质, 2012, 39(4): 900-911. 朱心健, 陈践发, 伍建军, 王艺繁, 张宝收, 张科, 贺礼文. 塔里木盆地台盆区古生界原油碳同位素组成及油源探讨[J]. 石油勘探与开发, 2017, 44(06): 997-1004. 祝渭平, 姚清洲, 李闯, 陈永权, 张正红, 房启飞. 塔中低凸起奥陶系深层鹰山组三、四段碳酸盐岩油气成藏要素及有利区带[J]. 地球科学, 2023, 1-15. A X L, Xiu xiang Lü b c, &nbsp; D Y Z, et al. The geometry and origin of strike-slip faults cutting the Tazhong low rise mega anticline (central uplift, Tarim Basin, China) and their control on hydrocarbon distribution in carbonate reservoirs[J]. Journal of Natural Gas Science and Engineering, 2015, 22(3): 633-645. Alberdi M, Moldowan J M, Peters K E, et al.





Stereoselective biodegradation of tricyclic terpanes in heavy oils from the Bolivar Coastal Fields, Venezuela[J]. *Organic Geochemistry*, 2001, 32(1): 181-191. Cai C, Zhang C, Cai L, et al. Origins of Palaeozoic oils in the Tarim Basin: Evidence from sulfur isotopes and biomarkers[J]. *Chemical Geology*, 2009, 268(3-4): 197-210. Cai, Chunfang, et al. "Distinguishing Cambrian from Upper Ordovician source rocks: Evidence from sulfur isotopes and biomarkers in the Tarim Basin." *Organic Geochemistry* 40.7 (2009): 755-768. Cao Q, Liu Y Q. Application of fluid inclusion to study of petroleum migration in Santanghu Basin, China[J]. *Yanshi Xuebao*, 2007, 23: 2309-2314. Chandra K, Mishra C S, Samanta U, et al. Correlation of different maturity parameters in the Ahmedabad-Mehsana block of the Cambay basin[J]. *Organic Geochemistry*, 1994, 21(3-4): 313-321. Chen B, Suzuki K, Tian W, et al. Geochemistry and Os-Nd-Sr isotopes of the Gaositai Alaskan-type ultramafic complex from the northern North China craton: implications for mantle-crust interaction[J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 2009, 158(5): 683-702. Chen J, Zhang X, Chen Z, et al. Hydrocarbon expulsion evaluation based on pyrolysis Rock-Eval data: Implications for Ordovician carbonates exploration in the Tabei Uplift, Tarim[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2021, 196: 107614. Chen Z, Simoneit B R T, Wang T G, et al. Biomarker signatures of Sinian bitumens in the Moxi-Gaoshiti Bulge of Sichuan Basin, China: Geological significance for paleo-oil reservoirs[J]. *Precambrian Research*, 2017, 296: 1-19. Clauer N, Zwingmann H, Liewig N, et al. Comparative  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  and K-Ar dating of illite-type clay minerals: A tentative explanation for age identities and differences[J]. *Earth-Science Reviews*, 2012, 115(1-2): 76-96. Cohen A S. The rhenium-osmium isotope system: applications to geochronological and palaeoenvironmental problems[J]. *Journal of the geological Society*, 2004, 161(4): 729-734. Conliffe J, Blamey N F, Feely M, et al. Hydrocarbon migration in the Porcupine Basin, offshore Ireland: evidence from fluid inclusion studies[J]. *Petroleum Geoscience*, 2010, 16(1): 67-76. Creaser R A, Selby D. Re-Os elemental and isotopic systematics in petroleum: A potentially powerful tracer[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta Supplement*, 2006, 70(18): A116-A116. Desheng L, Digang L, Chengzao J, et al. Hydrocarbon accumulations in the Tarim basin, China[J]. *AAPG bulletin*, 1996, 80(10): 1587-1603. Ebukanson E J, Kinghorn R R F. Maturity of organic matter in the Jurassic of southern England and its relation to the burial history of the sediments[J]. *Journal of Petroleum Geology*, 1986, 9(3): 259-280. Finlay A J, Selby D, Osborne M J. Petroleum source rock identification of United Kingdom Atlantic margin oil fields and the western Canadian oil sands using platinum, palladium, osmium and rhenium: Implications for global petroleum systems[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2012, 313: 95-104. Ge X, Selby D, Liu J, et al. Genetic relationship between hydrocarbon system evolution and Carlin-type gold mineralization: Insights from Re-Os pyrobitumen and pyrite geochronology in the Nanpanjiang Basin, South China[J]. *Chemical Geology*, 2021, 559: 119953. Ge X, Shen C, Selby D, et al. Petroleum evolution within the Tarim Basin, northwestern China: Insights from organic geochemistry, fluid inclusions, and rhenium-osmium geochronology of the Halahatang oil field[J]. *AAPG Bulletin*, 2020, 104(2): 329-355. Georgiev S V, Stein H J, Hannah J L, et al. Re-Os dating of maltenes and asphaltenes within single samples of crude oil[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2016, 179: 53-75. Grantham P J, Wakefield L L. Variations in the sterane carbon number distributions of marine source rock derived crude oils through geological time[J]. *Organic geochemistry*, 1988, 12(1): 61-73. Huang H, Zhang S, Su J. Palaeozoic oil-source correlation in the Tarim Basin, NW China: A review[J]. *Organic Geochemistry*, 2016, 94: 32-46. Jaffe L A, Peucker-Ehrenbrink B, Petsch S T. Mobility of rhenium, platinum group elements and organic carbon during black shale weathering[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2002, 198(3-4): 339-353. Jia C, Wei G. Structural characteristics and petroliferous features of Tarim Basin[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(1): 1-11. Kunk M J, Brusewitz A M.  $^{39}\text{Ar}$  recoil in an I/S clay from the Ordovician "Big Bentonite Bed" at Kinnekulle, Sweden[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 1987, 19: 230. Li M, Wang



T G, Lillis P G, et al. The significance of 24-norcholestanes, triaromatic steroids and dinosteroids in oils and Cambrian-Ordovician source rocks from the cratonic region of the Tarim Basin, NW China[J]. *Applied Geochemistry*, 2012, 27(8): 1643-1654. Li S, Pang X, Zhang B, et al. Oil-source rock correlation and quantitative assessment of Ordovician mixed oils in the Tazhong Uplift, Tarim Basin[J]. *Petroleum Science*, 2010, 7(2): 179-191. Lillis P G, Selby D. Evaluation of the rhenium-osmium geochronometer in the Phosphoria petroleum system, Bighorn Basin of Wyoming and Montana, USA[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2013, 118: 312-330. Liu J, &nbsp; Li Z, &nbsp; Han Y, et al. Early diagenesis in high-frequency sequence framework of the Upper Ordovician carbonate platform in Tazhong, Tarim Basin and its influence on reservoir distribution[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2010, 26(12): 3629-3640. Liu J, Selby D, Obermajer M, et al. Rhenium-osmium geochronology and oil-source correlation of the Duvernay petroleum system, Western Canada sedimentary basin: Implications for the application of the rhenium-osmium geochronometer to petroleum systems[J]. *AAPG Bulletin*, 2018, 102(8): 1627-1657. Liu J, Selby D. A matrix-matched reference material for validating petroleum Re-Os measurements[J]. *Geostandards and Geoanalytical Research*, 2018, 42(1): 97-113. Liu K, Jiang M, Huang T, et al. A reassessment on the timing and potential drivers of the major seawater  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  drop in the Ordovician Period: New evidence from conodonts in China[J]. *Chemical Geology*, 2022: 120906. Liu Y, Dong S, Zhao C. Thermal evolution and the maturation of the deeply buried lower Paleozoic source rocks in the Tarim Basin, northwest China[J]. *Arabian Journal of Geosciences*, 2021, 14(13): 1-19. Lixin Q. Oil and gas breakthrough in ultra-deep Ordovician carbonate formations in Shuntuoguole uplift, Tarim Basin[J]. *China Petroleum Exploration*, 2016, 21(3): 38. Mackenzie A S, Beaumont C, McKenzie D P. Estimation of the kinetics of geochemical reactions with geophysical models of sedimentary basins and applications[J]. *Organic geochemistry*, 1984, 6: 875-884. Mackenzie A S, McKenzie D. Isomerization and aromatization of hydrocarbons in sedimentary basins formed by extension[J]. *Geological Magazine*, 1983, 120(5): 417-470. Pang X, Tian J, Pang H, et al. Main progress and problems in research on Ordovician hydrocarbon accumulation in the Tarim Basin[J]. *Petroleum Science*, 2010, 7(2): 147-163. Peters K E, Moldowan J M, Sundararaman P. Effects of hydrous pyrolysis on biomarker thermal maturity parameters: Monterey phosphatic and siliceous members[J]. *Organic Geochemistry*, 1990, 15(3): 249-265. Peters K E, Moldowan J M. The biomarker guide: interpreting molecular fossils in petroleum and ancient sediments[J]. 1993. Peters K E, Walters C G, Moldowan J M. The biomarker guide: Volume 2, Biomarkers and isotopes in petroleum systems and earth history[M]. Cambridge University Press, 2007. Peucker-Ehrenbrink B, Ravizza G. The marine osmium isotope record[J]. *Terra Nova*, 2000, 12(5): 205-219. Philp R P, Gilbert T D. Biomarker distributions in Australian oils predominantly derived from terrigenous source material[J]. *Organic Geochemistry*, 1986, 10(1-3): 73-84. Qiao G, Zhao Y, Sha X, et al. Oil and gas exploration domains on the southern slope of Central Tarim Uplift, Tarim Basin[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2019. Qiao Z F, Zhang S N, Shen A J, et al. Laser ablated U-Pb dating-based determination of burial dolomitization process: A case study of Lower Ordovician Penglaiba Formation of Yonganba Outcrop in Tarim Basin[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2020, 36(11): 3493-3509. Sai Y, Jin K, Luo M, et al. Recent progress on the research of Re-Os geochronology and Re-Os elemental and isotopic systematics in petroleum systems[J]. *Journal of Natural Gas Geoscience*, 2020, 5(6): 355-365. Schubert F, Diamond L W, Tóth T M. Fluid-inclusion evidence of petroleum migration through a buried metamorphic dome in the Pannonian Basin, Hungary[J]. *Chemical Geology*, 2007, 244(3-4): 357-381. Seifert W K, Moldowan J M. Applications of steranes, terpanes and monoaromatics to the maturation, migration and source of crude oils[J]. *Geochimica et cosmochimica acta*, 1978, 42(1): 77-95. Seifert W K, Moldowan J M. Use of biological markers in petroleum exploration[J]. *Methods in geochemistry and geophysics*, 1986, 24: 261-290. Selby D, Creaser R A, Dewing K, et al. Evaluation of bitumen as a  $^{187}\text{Re}$ - $^{187}\text{Os}$  geochronometer for hydrocarbon maturation and



migration: A test case from the Polaris MVT deposit, Canada[J]. *Earth & Planetary Science Letters*, 2005, 235(1-2):1-15. Selby D, Creaser R A, Fowler M G. Re-Os elemental and isotopic systematics in crude oils[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2007, 71(2): 378-386. Shanmugam G. Significance of coniferous rain forests and related organic matter in generating commercial quantities of oil, Gippsland Basin, Australia1[J]. *AAPG bulletin*, 1985, 69(8): 1241-1254. Shi K, Liu B, Jiang W, et al. Sedimentary and evolutionary characteristics of Sinian in the Tarim Basin[J]. *Petroleum Research*, 2017, 2(3): 264-280. Shuichang Z, Baomin Z, Benliang L, et al. History of hydrocarbon accumulations spanning important tectonic phases in marine sedimentary basins of China: Taking the Tarim Basin as an example[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2011, 38(1): 1-15. Smoliar M I, Walker R J, Morgan J W. Re-Os ages of group IIA, IIIA, IVA, and IVB iron meteorites[J]. *Science*, 1996, 271(5252): 1099-1102. Stein H J. Dating and Tracing the History of Ore Formation[J]. *Treatise on Geochemistry (Second Edition)*, 2014, 13:87-118. Wang Q, Hao F, Cao Z, et al. Geochemistry and origin of the ultra-deep Ordovician oils in the Shunbei field, Tarim Basin, China: Implications on alteration and mixing[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2021, 123: 104725. Wang T G, He F, Wang C, et al. Oil filling history of the Ordovician oil reservoir in the major part of the Tahe Oilfield, Tarim Basin, NW China[J]. *Organic Geochemistry*, 2008, 39(11): 1637-1646. Waseda A, Nishita H. Geochemical characteristics of terrigenous-and marine-sourced oils in Hokkaido, Japan[J]. *Organic Geochemistry*, 1998, 28(1-2): 27-41. Wu L, Jin Z, Liu K, et al. Evolution of a deeply-buried oil reservoir in the north Shuntuoguole Low Uplift, Tarim Basin, western China: Insights from molecular geochemistry and Re-Os geochronology[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2021, 134: 105365. Wu N, Wang J, Cai Z, et al. Discovery of Sinian source rocks in proterozoic in the Tarim Basin, NW China[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2020, 193: 107450. Xiangchun C, Wang T G, Qiming L, et al. Charging of Ordovician reservoirs in the Halahatang Depression (Tarim Basin, NW China) determined by oil geochemistry[J]. *Journal of Petroleum Geology*, 2013, 36(4): 383-398. Xiao Z, Li M, Huang S, et al. Source, oil charging history and filling pathways of the Ordovician carbonate reservoir in the Halahatang Oilfield, Tarim Basin, NW China[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2016, 73: 59-71. Xu B, Xiao S, Zou H, et al. SHRIMP zircon U-Pb age constraints on Neoproterozoic Quruqtagh diamictites in NW China[J]. *Precambrian Research*, 2009, 168(3-4): 247-258. Yamashita Y, Takahashi Y, Haba H, et al. Comparison of reductive accumulation of Re and Os in seawater - sediment systems[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2007, 71(14): 3458-3475. Yang P, Wu G, Nuriel P, et al. In situ LA-ICPMS U-Pb dating and geochemical characterization of fault-zone calcite in the central Tarim Basin, northwest China: Implications for fluid circulation and fault reactivation[J]. *Chemical Geology*, 2021, 568: 120125. Yang P, Wu G, Ren Z, et al. Tectono-thermal evolution of Cambrian-Ordovician source rocks and implications for hydrocarbon generation in the eastern Tarim Basin, NW China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2020, 194: 104267. Yi L, Liu Z, Chen Z, et al. Thermal maturity, source characteristics, and migration directions for the Ordovician oil in the Central Tabei Uplift, Tarim Basin: Insight from biomarker geochemistry[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2020, 189: 106975. Zhang S C, Hanson A D, Moldovan J M, et al. Paleozoic oil - source rock correlations in the Tarim basin, NW China[J]. *Organic geochemistry*, 2000, 31(4): 273-286. Zhang S, Huang H. Geochemistry of Palaeozoic marine petroleum from the Tarim Basin, NW China: Part 1. Oil family classification[J]. *Organic Geochemistry*, 2005, 36(8): 1204-1214. Zhang S, Liang D, Li M, et al. Molecular fossils and oil-source rock correlations in Tarim Basin, NW China[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(1): 20-27. Zhang S, Planavsky N J. Revisiting groundwater carbon fluxes to the ocean with implications for the carbon cycle[J]. *Geology*, 2020, 48(1): 67-71. Zhao B, Li R, Qin X, et al. Biomarkers and Re-Os geochronology of solid bitumen in the Beiba Dome, northern Sichuan Basin, China: Implications for solid bitumen origin and petroleum system evolution[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2021, 126: 104916. Zhu G, Chen F, Chen Z, et al.



Discovery and basic characteristics of high-quality source rocks found in the Yuertusi Formation of the Cambrian in Tarim Basin, China[J]. Journal of Natural Gas Geoscience, 2016, 1(1): 21-33. Zhu G, Chen W, Yan H, et al. Sinian tectonic evolution and distribution of source rocks in northwest Tarim Basin, China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2022, 144: 105826. Zhu G, Zhang S, Liu K, et al. A well-preserved 250 million-year-old oil accumulation in the Tarim Basin, western China: Implications for hydrocarbon exploration in old and deep basins[J]. Marine and Petroleum Geology, 2013, 43: 478-488. Zhu G, Zhang S, Su J, et al. Alteration and multi-stage accumulation of oil and gas in the Ordovician of the Tabei Uplift, Tarim Basin, NW China: Implications for genetic origin of the diverse hydrocarbons[J]. Marine and Petroleum Geology, 2013, 46: 234-250.

**关键词** 塔里木盆地; 奥陶系; 油源对比; 生物标志物; Re- Os 同位素定年



摘要 ID:156

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 中国始新世层状石盐沉积模式及其互层泥岩勘探潜力的启示

李长志\*  
成都理工大学

始新世时期, 中国中纬度干旱地区发育有很多盐湖。在这些盐湖湖盆中心, 石盐与泥岩呈互层状沉积, 导致长期以来学者们对它们的沉积水体环境有广泛的争议(顾家裕, 1986; 张永生等, 2003; 高红灿等, 2015)。笔者选择中国具有代表性的三个始新世盐湖, 进行石盐的矿物学和微量元素地球化学分析。研究发现, 石盐中微量元素的相对含量可以反映石盐中杂质的相对丰度(Eseme et al., 2002, 2006; Guo et al., 2019): 石英(Zr, Hf), 含钾硅酸盐矿物(Rb, Th, Cs, Pb, Zn), 粘土矿物(Co, Cr, V, Ni, Li), 碳酸盐矿物(Sc, Cu, Sr), 硫酸盐矿物(U, Ba), 以及有机质(Mo, Cu, V, Ni), 因此可以指示石盐的沉积水体环境。东濮凹陷沙河街组石盐主要由V字形晶体组成, 并且相对富集大部分的微量元素; 潜江凹陷潜江组石盐主要为镶嵌状紧密胶结的巨晶石盐, 除Cu、V、Ni元素外, 相对缺乏大部分的微量元素; 然而茫崖凹陷下干柴沟组石盐主要为同沉积重结晶或埋藏重结晶石盐, 含有相对中等含量的大部分微量元素, 并且尤为富集Sc、Cu、V元素。经对比分析认为, 这三种石盐分别对应三种石盐沉积模式: 东濮凹陷石盐为分层-浅水湖沉积模式, 潜江凹陷为分层-深水湖沉积模式, 而茫崖凹陷为混合-浅水湖沉积模式。与这三种模式石盐互层的泥岩具有不同的油气勘探潜力, 分层-深水湖沉积模式下的泥岩有机质丰度最高, 其次是分层-浅水湖沉积模式, 最后为混合-浅水湖沉积模式。

**参考文献** 顾家裕, 1986. 东濮凹陷盐岩形成环境[J]. 石油实验地质, 8: 22-28. 高红灿, 郑荣才, 肖应凯, 等, 2015. 渤海湾盆地东濮凹陷古近系沙河街组盐岩成因—来自沉积学和地球化学的证据[J]. 石油学报, 36(1): 19-31. 张永生, 杨玉卿, 漆智先, 等, 2003. 江汉盆地潜江凹陷古近系潜江组含盐岩系沉积特征与沉积环境[J]. 古地理学报, 5: 29-34. Eseme, E., Agyingi, C.M., Foba-Tendo, J., 2002. Geochemistry and genesis of brine emanations from Cretaceous strata of the Mamfe Basin, Cameroon[J]. J. African Earth Sci., 35: 467-476. Eseme, E., Abanda, P.A., Agyingi, C.M., Foba-Tendo, J., Hannigan, R.E., 2006. Composition and applied sedimentology of salt from brines of the Mamfe Basin, Cameroon[J]. J. Geochem. Explor., 91(1-3): 41-55. Guo, P., Liu, C., Wang, P., Wang, K., Yuan, H., Li, B., 2019. Geochemical behavior of rare elements in Paleogene saline lake sediments of the Qaidam Basin, NE Tibetan Plateau[J]. Carbonates and Evaporites, 34(2): 359-372.

**关键词** 盐湖; 层状石盐; 微量元素; 水体分层



摘要 ID:1730

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 展板

## 白垩纪海水 K 同位素组成——来自呵叻高原钾盐矿床证据

沈立建\*<sup>1</sup>、王立成<sup>2</sup>

1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037

2. 中国科学院青藏高原研究所, 北京, 100101

K 是地壳和海洋中一种主要的元素, 在自然界中存在三种同位素: 39K (93.258%)、40K (0.012%) 和 41K (6.730%), 其中 39K 和 41K 是稳定同位素, 40K 具有放射性 (半衰期 12.48 亿年) (Li et al., 2016)。由于 K 普遍存在的特性, 其广泛参与到物理、化学、地质和生物过程中。K 在海水中的居留时间为 11 个百万年, 而其平均混合年龄为 1000 年。因此, 可认为海水 K 同位素组成是均一的 (Wang et al., 2020)。而研究也表明, 以目前测量精度, 全球海水的 K 同位素组成是较为一致的, 总体为  $0.12 \pm 0.07\%$  (Wang et al., 2020)。可溶性钾盐重结晶实验表明, KCl 跟形成其卤水之间未发生 K 同位素分馏, 可以利用古代固体氯化钾的 K 同位素组成分析当时水体的 K 同位素组成 (Li et al., 2017)。呵叻高原钾盐矿床形成于白垩纪, 主要钾盐矿物为钾石盐和光卤石, 此外, 还蕴含大量的石盐 (Shen and Siritongkham, 2020)。本次研究对两个石盐样品、一个钾石盐和一个光卤石样品进行了 K 同位素分析 (实验方法参考 Li et al., 2020)。结果显示钾石盐和光卤石的  $\delta 41K$  值分别为  $0.14 \pm 0.04\%$  和  $0.05 \pm 0.05\%$ 。钾石盐  $\delta 41K$  值与现代海水相当, 光卤石与现代海水相比偏低, 但在误差范围内与海水相差不太大。一方面可能是由于当时水体和光卤石之间存在分馏; 另一方面可能是由实验误差造成。此次研究基本判断白垩纪海水 K 同位素组成跟现代海水相似。

存在问题:

### 1) 在蒸发浓缩过程中 K 同位素是否发生分馏

海水蒸发浓缩至最晚期才能形成钾镁盐矿物, 钾石盐的 K 同位素只能代表晚期浓缩卤水的 K 同位素组成, 而这种卤水跟最早期海水的 K 同位素是否一致, 即海水在蒸发浓缩过程中 K 同位素是否发生变化还需要进一步验证。本次研究还分析了富含原生石盐流体包裹体的石盐样品, 以期获得捕获在石盐阶段的卤水的 K 同位素组成, 进而验证石盐阶段卤水和钾石盐阶段 K 同位素组成是否一致。但由于样品 Na/K 比值太高, 实验未获得成功。在将来的研究中, 初步设想了两种解决方案: (1) 改进化学处理流程, 富集非钾盐阶段析出盐类矿物中的 K; (2) 设计蒸发实验, 以“将近论古”原理得出海水在蒸发浓缩过程中 K 同位素的变化特征。

### 2) 地质历史时期内海水 K 同位素的变化特征

德国 Stassfurt 钾盐矿床氯化钾  $\delta 41K$  值为  $0.227\%$ ; 美国 Carlsbad 钾盐矿床氯化钾  $\delta 41K$  值为  $0.031\%$  (Wang et al., 2016)。这两个钾盐矿床都形成于晚二叠世 (钱自强等, 1994), 如果各自氯化钾 K 同位素组成代表当时水体的 K 同位素组成, 则表明海水 K 同位素组成在地质历史时期是变化的。将来还需对不同时期钾盐矿床 K 同位素组成进行分析, 以期得到地质历史时期内海水的 K 同位素变化特征。

**参考文献** 钱自强, 曲懿华, 刘群. 1994. 钾盐矿床 [M]. 北京: 地质出版社. 1-273. Li, W., Beard, B.L. and Li, S., 2016. Precise measurement of stable potassium isotope ratios using a single focusing collision cell multi-collector ICP-MS [J]. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 31(4), 1023-1029. Li, W., Kwon, K.D., Li, S. and Beard, B.L., 2017. Potassium isotope fractionation between K-salts and saturated aqueous solutions at room temperature: Laboratory experiments and theoretical calculations [J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 214, 1-13. Li, X., Han, G., Zhang, Q. and Miao, Z., 2020. An optimal separation method for high-precision K isotope analysis by using MC-ICP-MS with a dummy bucket [J]. Journal of Analytical Atomic Spectrometry, 35(7), 1330-1339. Shen, L.J. and Siritongkham, N., 2020. The characteristics, formation and exploration progress of the potash deposits on the Khorat Plateau, Thailand and Laos, Southeast Asia [J]. China Geology, 3(1), 67-82. Wang, K.,



Close, H.G., Tuller-Ross, B. and Chen, H., 2020. Global average potassium isotope composition of modern seawater [J]. *ACS Earth and Space Chemistry*, 4(7), 1010–1017. Wang, K. and Jacobsen, S.B., 2016. An estimate of the Bulk Silicate Earth potassium isotopic composition based on MC-ICPMS measurements of basalts [J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 178, 223–232.

**关键词** 白垩纪; 呵叻高原; 钾盐矿床; K 同位素



摘要 ID: 3332

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 展板

## 天然气水合物成藏与分解过程及其气候响应——来自自生碳酸盐岩的启示

王子晨、姜磊\*

中国科学院地质与地球物理研究所

分析天然气水合物的气源和成藏分解过程是水合物勘探工作的基础,也是研究地质历史时期海洋碳循环及其气候、环境和生物协同演化的关键环节。然而,由于缺乏可靠的地质记录,天然气水合物的气源和水合物藏的动态演化过程仍缺乏有效的方法进行量化追踪。甲烷厌氧氧化反应(AOM)过程形成的自生碳酸盐岩(AC)记录了水合物分解形成的富甲烷流体的 $\delta^{13}\text{C}$ 和 $\delta^{18}\text{O}$ 信息,为揭示其气源和成岩流体性质提供了宝贵证据。本研究以AOM速率和甲烷 $\delta^{13}\text{C}$ 为变量,模拟了与AOM相关的自生碳酸盐岩沉淀过程,及其 $\delta^{13}\text{C}_{\text{AC}}$ 和 $\delta^{18}\text{O}_{\text{AC}}$ 值的变化特征。结果表明,全球水合物区自生碳酸盐的 $\delta^{13}\text{C}$ 差异主要受区域水合物藏生物气、热解气比例及其AOM速率的共同影响。模拟结果显示全球典型冷泉区热解成因甲烷的相对贡献约为5至80%(平均为30%, $n=6$ )。此外,通过系统分析南中国海地区自生碳酸盐岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值(平均 $\sim 5.8\%$ , VPDB),认为其成岩流体主要来自水合物分解相关流体,并计算出其平均比例可达46.1%。以上计算结果说明自生碳酸盐岩的低 $\delta^{13}\text{C}$ 值和高 $\delta^{18}\text{O}$ 值记录了水合物分解的流体信息,结合模拟计算可恢复气源的 $\delta^{13}\text{C}$ 值。进而通过汇总全球自生碳酸盐岩年龄数据,研究发现过去的350000年间天然气水合物分解事件与温暖气候具有较好的耦合性,说明大量水合物分解及甲烷释放与暖期气候具有正反馈关系,为正确理解地质历史时期气候变化和生物灭绝事件的成因提供了新证据。

### 参考文献

**关键词** 自生碳酸盐岩; 天然气水合物; 气源; 甲烷厌氧氧化反应; 气候变化





摘要 ID:2129

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 柴达木盆地控凹断裂构造特征及其控锂机理

蒋子文<sup>1</sup>、刘成林\*<sup>2</sup>、秦西伟<sup>1</sup>

1. 青海大学地质工程系/青藏高原北缘新生代资源环境重点实验室

2. 中国地质科学院矿产资源研究所/自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室

卤水锂矿在世界探明的锂矿总资源量中占比达 65%，而世界卤水锂矿主要产于现代盐湖（刘成林等，2021）。中国青藏高原发育大量盐湖，形成了世界三大盐湖卤水锂成矿区之一（刘成林等，2021）。青藏高原的形成与隆升起因于板块俯冲及陆陆碰撞（刘成林等，2021），常伴随发育大量断裂，控制着卤水锂富集。中国青藏高原的卤水锂资源主要分布于柴达木盆地中部的富锂区，主要由一里坪盐湖、西台吉乃尔湖、东台吉乃尔湖和察尔汗盐湖构成，它们的形成和演化受同一断裂带控制。研究表明，在多次走滑和挤压作用共同影响下，研究区演化受 NW 向碱北断裂和陵间—北 1—鄂博梁断裂控制，并受 NE 向具走滑性质的柴中断裂和格尔木—锡铁断裂活动影响。柴达木盆地中部控凹断裂对锂富集具有多方面的控制作用：断裂活动控制着富锂盐湖沉积、沉降中心的迁移，从而控制着锂富集区和盐湖的分布，形成 NW 向展布的富锂盐湖群，即一里坪、西台吉乃尔、东台吉乃尔和察尔汗盐湖。富锂区的锂主要来自南部昆仑山那棱格勒河补给，而该河流上游的红水河受到富锂温泉水补给（余俊清等，2018；李建森等，2019）。柴达木盆地中部的北西向断裂的断陷作用与红水河附近构造和第四纪火山活动的时间可能基本吻合（郑绵平等，2016），这种构造与火山活动的耦合是柴达木盆地中部富锂的根本机制。盆地不断沉降，使含锂湖水不断积累；通过蒸发浓缩作用，湖水锂富集成矿。研究该断裂带构造特征和控锂机理对研究该地区锂富集规律和锂资源勘探开发具有重要意义。

**参考文献** 李建森，凌智永，山发寿，等，2019. 东昆仑山南、北两侧富锂盐湖成因的氢、氧和锶同位素指示[J]. 湿地科学, 17(4): 391-398. 刘成林，余小灿，袁学银，等，2021. 世界盐湖卤水型锂矿特征、分布规律与矿动力模型[J]. 地质学报, 95(7): 2009-2029. 余俊清，洪荣昌，高春亮，等，2018. 柴达木盆地盐湖锂矿床成矿过程及分布规律[J]. 盐湖研究, 26(1): 7-14. 郑绵平，张永生，刘喜方，等，2016. 中国盐湖科学技术研究的若干进展与展望[J]. 地质学报, 90(9): 2123-2165.

**关键词** 盐湖；卤水锂矿；控凹断裂；控锂机理；柴达木盆地



摘要 ID:2335

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 老挝中北部盐泉水地球化学特征及成因研究

秦西伟<sup>1,2,3</sup>、马海州<sup>\*2,3</sup>、张西营<sup>2,3</sup>、刘成林<sup>1,4</sup>、程怀德<sup>2,3</sup>、蒋子文<sup>1</sup>、李永寿<sup>2,3</sup>、苗卫良<sup>2,3</sup>、韩文华<sup>2,3</sup>、胡夏嵩<sup>1</sup>

1. 青海大学地质工程系

2. 中国科学院青海盐湖研究所中国科学院盐湖资源综合高效利用重点实验室

3. 青海省盐湖地质与环境重点实验室

4. 中国地质大学(武汉)资源学院

老挝北部芒赛盆地、老挝中部万象盆地及甘蒙盆地是重要的含盐盆地,其中生代含盐地层同我国云南思茅盆地勐野井组相似(Wang et al., 2015; Wang et al., 2014),发育有晚白垩世陆相红层及含钾蒸发盐沉积(石膏、钾盐、溢晶石及菱镁矿)(Chen et al., 1995; Racey, 2009; Racey and Goodall, 2009)。盐泉水因其流动性及水岩作用,可作为含钾蒸发盐沉积良好的示踪剂。本研究系统探讨了老挝中北部广泛出露的盐泉水元素及同位素( $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ ,  $\delta^{11}B$ ,  $\delta^{37}Cl$ )地球化学特征,  $Na/Cl$ ,  $Ca/SO_4$ 比值 $\sim 1$ 及碳酸盐矿物饱和指数(SI)表明岩盐、硫酸盐和碳酸盐溶解是盐泉水主要的溶质来源。 $\delta D$ ,  $\delta^{18}O$ 值显示盐泉水补给源位于研究区周边山脉(普比亚山、普米扬山、普雷山、老比山)的雨水或冰雪融水,在重力驱使下经断裂运移至深部,伴有强烈的水岩作用及蒸发作用。 $\delta^{11}B-Cl/B$ 比值图显示,研究区盐泉水为陆相成因,B源于海相碳酸盐的溶滤,同我国昌都-兰坪-思茅含盐盆地盐泉水B源一致(Qin, 2019),间接指示其成盐物源为海水。对比分析研究区盐泉水特征系数及 $\delta^{37}Cl$ 值分布,发现研究区含盐地层自北向南浓缩蒸发程度增强,成钾潜力逐渐变优,间接指示了成盐物源海水自北向南(芒赛盆地 $\rightarrow$ 万象/甘蒙盆地 $\rightarrow$ 呵叻盆地)的迁移方向。

**参考文献** Chen, H., Dobson, J., Heller, F. and Hao, J. (1995) Paleomagnetic evidence for clockwise rotation of the Simao region since the Cretaceous: A consequence of India-Asia collision. *Earth & Planetary Science Letters* 134, 203-217. &nbsp;Qin, X. (2019) Geochemical Constraints on the Origin and Evolution of Spring Waters in the Changdu-Lanping-Simao Basin, Southwestern China. *Acta Geologica Sinica(English Edition)* 93(4), 1097-1112&nbsp;Racey, A. (2009) Mesozoic red bed sequences from SE Asia and the significance of the Khorat Group of NE Thailand. *Geological Society London Special Publications* 315, 41-67.&nbsp;Racey, A. and Goodall, J. (2009) Palynology and stratigraphy of the Mesozoic Khorat Group red bed sequences from Thailand. *Geological Society London Special Publications* 315, 69-83.&nbsp;Wang, L., Liu, C., Fei, M., Shen, L., Zhang, H. and Zhao, Y. (2015) First SHRIMP U-Pb zircon ages of the potash-bearing Mengyejing Formation, Simao Basin, southwestern Yunnan, China. *Cretaceous Research* 52, 238-250.&nbsp;Wang, L., Liu, C., Xiang, G. and Hua, Z. (2014) Provenance and paleogeography of the Late Cretaceous Mengyejing Formation, Simao Basin, southeastern Tibetan Plateau: Whole-rock geochemistry, U-Pb geochronology, and Hf isotopic constraints. *Sedimentary geology* 304, 44-58.

**关键词** 盐泉水 物源 含钾蒸发盐沉积 海水迁移



摘要 ID:1031

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 中西部叠合盆地寒武-奥陶系盐下油气动态成藏与突破方向

赵永强<sup>\*3</sup>、顾忆<sup>1</sup>、李双建<sup>2</sup>、张仲培<sup>2</sup>、黄继文<sup>1</sup>、王斌<sup>1</sup>、金晓辉<sup>2</sup>、周雨双<sup>1</sup>

1. 中国石化石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

2. 中国石化石油勘探开发研究院

3. 中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院无锡石油地质研究所

中国中西部叠合盆地寒武-奥陶系属于裂陷期后的拗陷沉积,发育膏盐-碳酸盐岩组合,生储盖配置有利,资源潜力巨大,但地层时代老、埋深大、改造强,勘探极具挑战性。近年来项目组围绕塔里木、四川和鄂尔多斯盆地盐下优质烃源岩发育模式、分布与资源潜力;盐下优质储层成因机制与分布预测以及油气动态成藏过程与模式、区带评价与突破目标优选等方向开展持续攻关,并取得了4项创新成果和认识。(1)建立了缓坡和潟湖相两类烃源岩发育模式,明确早寒武缓坡相烃源岩受“热液事件+上升洋流+周期性缺氧”控制,呈广覆式分布,潟湖相烃源岩中盐类物质的存在,加速了生烃演化,大大增加了排油效率。(2)揭示了与膏盐岩共伴生的白云岩储层形成与发育机理,提出“膏岩层段提供富 $Mg^{2+}$ 流体促进下伏碳酸盐岩地层云化而改善储集性能”的认识,为盐下低能缓坡相带储层形成与发育提供了实验证据。(3)建立了中西部叠合盆地寒武-奥陶系盐下“近源优储、岩性控藏;膏盐优保、晚期成藏”的油气动态成藏模式,完善了叠合盆地油气动态成藏评价技术系列。(4)构建了深层碳酸盐岩油气藏构造-储层-流体协同约束的成藏定年技术,改进选样措施和测试方法,大幅度提高U-Pb同位素测试精度,实现U含量 $>0.7\text{ppm}$ 方解石样品U-Pb定年;通过岩相学定性约束、U-Pb定年定量约束和流体包裹体技术相结合,有效排除叠合盆地成藏期判识的多解性。相关油田企业在该研究成果的指导下,加大寒武-奥陶系盐下风险勘探力度,积极探索多类型盐下目标,实现了从深水-台缘组合到浅水缓坡生储组合及潮坪-潟湖生储组合的转变,有力地推进了海相深层的油气资源发现,为中石化油气资源战略接替发挥了重要作用。

### 参考文献

**关键词** 突破方向; 动态成藏; 膏盐岩; 寒武-奥陶系; 中西部



摘要 ID:1672

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 展板

## 罗布泊盐湖钾盐矿物特征、时空分布及成因

张华<sup>1</sup>、刘成林<sup>\*1,2</sup>、焦鹏程<sup>1</sup>、颜辉<sup>3</sup>、张凡凯<sup>3</sup>、李文学<sup>3</sup>、于咏梅<sup>3</sup>、马宝成<sup>3</sup>

1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037

2. 中国地质大学(武汉), 武汉, 430074

3. 国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司, 哈密, 839000

新疆罗布泊钾盐生产基地, 在维持我国钾肥供给、保障国家粮食安全中具有重要作用。近年来随着该区钾盐资源大规模利用, 后备资源不足的问题日益凸显。进一步深入研究成钾规律, 指导发现新区域、新层位、新类型的钾盐资源, 是解决上述问题的重要途径。与卤水钾盐资源相比, 该区固体钾盐研究相对较少(王弭力等, 2001; 刘成林等, 2008)。但前期研究显示这些固体钾盐资源埋藏浅、易开采, 可作为后备资源, 在维持矿山可持续发展、巩固罗布泊钾盐基地地位等方面仍具有重要作用。本文对罗布泊盐湖区目前发现的固体钾盐资源的类型、分布进行梳理, 在此基础上对其成因进行初步探讨, 以期后续找钾工作提供借鉴。

罗布泊盐湖区发育的固体钾盐矿物主要分为硫酸盐型(杂卤石和钾盐镁矾)和氯化物型(光卤石和钾石盐)。光卤石/钾石盐沉积主要产于断陷带(近)地表, 常与粘土粉砂混合产出或者直接形成于罗布泊干盐湖沉积之上, 其明显不同于下伏浅部以钙芒硝岩为主体的硫酸盐型蒸发岩, 是深部富钾的氯化钙型卤水经断裂直接溢出地表产物; 部分光卤石见于深部碎屑岩中, 可能是碎屑浅滩周期性暴露, 强烈干旱的气候导致碎屑晶间卤水快速蒸发浓缩, 并随着毛细管蒸发作用的持续进行, 不断在近地表碎屑沉积物中形成(孙小虹等, 2016)。这种深部碎屑层中的“低品位、非常规”钾盐资源, 指示了盐湖发展过程中“非常规”成矿作用(刘成林等, 2018)。杂卤石主要产于罗北凹地内部, 分为交代和原生两种成因类型。前者是罗北凹地杂卤石产出的主要类型, 是罗布泊硫酸盐型盐湖自身蒸发析出产物, 在盐湖演化不同阶段交代钙芒硝或者石盐形成。后者为深部氯化钙型卤水脉冲性补给富钾镁盐湖, 直接从卤水析出形成纯的杂卤石层。钾盐镁矾主要产于南小团地区(罗中地区), 其形成可能与罗北凹地高浓度卤水因基底反转回灌, 与深部富钾流体混合经蒸发浓缩形成。罗布泊固体钾盐是构造-物源-气候三要素在特定时间窗下耦合的产物, 资源潜力巨大。深入理论研究、加强勘查和技术研发工作, 对指导我国其他盐湖及古代盐盆地钾盐找矿和勘查开发具有重要借鉴意义。

本文为国家自然科学基金(41972092, 40830420, 41702097)和国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司科技项目联合资助。

**参考文献** 刘成林, 王弭力, 焦鹏程, 等. 2008. 罗布泊杂卤石沉积特征及成因机理探讨[J]. 矿床地质. 27(6): 705-713. 刘成林, 焦鹏程, 孙小虹, 等. 2018. 罗布泊盐湖成钾规律研究与找矿进展[J]. 地质学报. 92(08): 1551-1570. 孙小虹, 刘成林, 焦鹏程, 等. 2016. 罗布泊盐湖富钾卤水成因再探讨—碎屑层卤水蒸发实验分析[J]. 矿床地质, 35(6): 1190-1204. 王弭力, 刘成林, 焦鹏程, 等. 2001. 罗布泊盐湖钾盐资源[M]. 北京: 地质出版社.

**关键词** 固体钾盐; 成钾作用; 深部补给; 罗布泊



摘要 ID:112

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 专题邀请报告

## 蒸发岩与碳酸盐岩体系的油气资源与古气候意义

姜磊<sup>1</sup>、丁熊<sup>\*1</sup>、杨曦冉<sup>1,2</sup>、王兴志<sup>1</sup>

1. 西南石油大学地球科学与技术学院

2. 中国石油西南油气田分公司勘探开发研究院

学者们对颗粒滩相白云岩的成因和特征进行了较多研究,提出了回流渗透、蒸发泵、构造热液、埋藏等成因模式,认识到颗粒滩相白云岩发育的孔隙可作为重要的储集空间。前人提出了多种白云岩化模式来解释白云岩的成因,往往只能解释一种成因类型的白云岩,缺乏对白云岩成因的系统认识。白云岩化作用对成储的影响也是学者们争论的焦点。鉴于此,以四川盆地碳酸盐岩颗粒滩相白云岩为例,根据测井、岩心配套分析化验等资料,以成岩阶段为主线,梳理不同成因类型颗粒滩相白云岩,系统建立颗粒滩相白云岩的成因模式,进一步探讨白云岩化作用对成储的影响。

根据各成岩演化阶段和岩石学特征,将四川盆地碳酸盐岩颗粒滩相白云岩分为同生白云岩(细分为蒸发白云岩和微生物白云岩)、埋藏白云岩(细分为残余颗粒白云岩和晶粒白云岩)、构造热液白云岩和复合白云岩。干旱蒸发气候有利于形成蒸发白云岩,蒸发白云岩储层发育晶间孔、粒间孔、粒内容孔和铸模孔。胞外聚合物导致微生物白云石在高盐度碱性环境中形成,微生物白云岩储层以发育藻格溶孔为主。颗粒灰岩在浅埋藏环境中通过富 $Mg^{2+}$ 地层水交代、重结晶形成残余颗粒白云岩,残余颗粒白云岩储层发育粒内容孔、铸模孔和晶间孔。晶粒白云岩由浅埋藏至深埋藏环境中白云岩的调整压实或埋藏压实作用形成,晶粒白云岩储层以发育晶间孔和晶间溶孔为主。在深埋环境中富 $Mg^{2+}$ 流体的交代作用和沉淀作用往往发生在断裂或不整合面上,形成构造—热液白云岩,构造—热液白云岩储层发育晶间孔、晶间溶孔和溶洞。通过上述两种及以上的成因机制可形成复合白云岩,例如,同生白云岩+埋藏白云岩、埋藏白云岩+构造热液白云岩等。

白云岩化作用对碳酸盐岩颗粒滩储层的形成同时具有建设性和破坏性影响。白云岩化作用对增加储层孔隙度是有限的,主要有利于保存原有孔隙和提高储层渗透率。与白云岩相关的碳酸盐岩颗粒滩储层孔隙主要源于对先期孔隙的继承,例如,在同生白云岩中可保存大量残余粒间孔、粒内容孔、铸模孔、藻格溶孔等。埋藏环境中流体或构造—热液溶蚀作用形成的非结构选择性溶蚀孔洞,是储集层孔隙的重要补充。此外,白云岩比石灰岩更容易形成裂缝,可提高储层的渗透能力。白云岩化过程中方解石被白云石交代后,富 $Mg^{2+}$ 流体可造成过度白云岩化和白云石胶结物,形成的白云石胶结物会胶结破坏原有孔隙,例如,同生白云岩胶结物可以填充原有的粒间孔隙,埋藏白云岩和构造热液白云岩可以填充原有孔隙、孔洞和裂缝。

**参考文献** [1]丁熊等. 川中—川南过渡带雷口坡组台内滩组合特征[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(04): 444-451. [2]胡安平. 碳酸盐岩-膏盐岩共生体系白云岩成因及储盖组合[J]. 石油勘探与开发, 2019, 46(05): 916-928. [3]赵文智等. 白云岩成因类型、识别特征及储集空间成因[J]. 石油勘探与开发, 2018, 45(06): 923-935. [4]Ding Xiong et al. Differences between the platform-margin shoal reservoirs and the platform-interior shoal reservoirs of the Middle Triassic Leikoupo Formation, Sichuan Basin, China[J]. Carbonates and Evaporites, 2014, 29(4). [5]Ding Xiong et al. Genetic types of carbonate shoal reservoirs in the Middle Triassic of the Sichuan Basin (SW China) [J]. Marine and Petroleum Geology, 2019, 99. [6]Jiang Lei et al. Multiphase dolomitization of a microbialite-dominated gas reservoir, the middle Triassic Leikoupo Formation, Sichuan Basin, China[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2019, 180.

**关键词** 白云岩化机理; 成储效应; 碳酸盐岩颗粒滩; 四川盆地



摘要 ID:397

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 展板

## 大柴旦盐湖成盐演化与特色柱硼镁石富集成矿规律研究

高春亮\*、闵秀云、成艾颖、余俊清、洪荣昌  
中国科学院青海盐湖研究所

大柴旦盐湖位于柴达木盆地北部的次级山间盆地中,湖区及其汇水盆地受西风带主控,尤其是沉积有全球少有分布的特色柱硼镁石矿床(高春亮等,2015)。本研究基于开采硼矿而揭露出来的8个湖底天然沉积剖面,报道了岩性地层学、沉积学、矿物学、地球化学以及AMS14C年代学等的代理记录研究结果。矿物学结果显示,胶结块状柱硼镁石的微层理结构反映了盐湖浅水沉积环境,水化学组成的季节性变化较大,有利于硼矿物直接从盐湖表层卤水中成核和析出(图1)。矿层中柱硼镁石矿物呈现完好自形晶体特征,未见任何次生作用痕迹,由此断定柱硼镁石是化学沉积作用形成的原生硼矿物(Yu et al., 2018)。研究发现区域气温升高促发盐湖区及其汇水流域水文气候条件的改变,决定了大柴旦盐湖蒸发盐类地层序列的形成。北部山地含硼热泉水输入盐湖中部水体无疑是形成湖底硼矿层的基本物质基础,而造成山区热泉水量大幅度增加并汇入盐湖蒸发成矿的动因同样是因山区降水量大幅增加以及下渗参与地下水热循的结果。

岩性地层学、沉积学和年代学研究结果显示,在湖底柱硼镁石矿层形成之前的较长时期内,大柴旦湖是以碎屑沉积为主的非盐湖相沉积环境;直到非盐湖相沉积的上部开始出现少量石膏,此后快速进入硫酸盐型盐湖阶段和湖底柱硼镁石矿层形成阶段(图2; Gao et al., 2019)。总之,大柴旦盐湖在冰后期向全新世过渡,气候总体变暖的背景下,由典型湖相沉积转变为盐湖相沉积,并最终在早全新世沉积形成包括柱硼镁石矿层在内的盐类矿床。根据捕获的沉积物和过去4000多年沉积物中未能检测到镁硼酸盐矿物这一事实(图3),结合湖底沉积剖面DCD03岩性特征和矿物组成及其变化特征,湖底原生柱硼镁石矿层形成时的水文气候条件、水体地球化学特征和古湖沉积环境与现今相比需构成以下条件:夏季蒸发作用较强、浅湖水环境、古湖水碱度较高

( $\text{pH}>9.3$ )、硼含量 $>600\text{ mg/L}$ 以及 $\text{Mg/Ca}$ 比值 $>39$ (Yu et al., 2018)。研究工作丰富了大柴旦盐湖硼酸盐矿床的成矿模式为高山-深盆-浅水成矿模式,以及早全新世温暖期有利于成盐成硼(Gao et al., 2020)。

该研究得到了国家自然科学基金项目(41501052, U1407206)、青海省自然科学基金项目(2017-ZJ-928Q)以及青海省“高端创新人才千人计划”项目(闵秀云)的共同资助。

**参考文献** 1、高春亮,余俊清,闵秀云,等,2015.柴达木盆地大柴旦硼矿床地质特征及成矿机理[J].地质学报,89(3):659-670.2、Gao C L, Yu J Q, Min X Y, et al, 2019. The sedimentary evolution of Da Qaidam Salt Lake in Qaidam Basin, northern Tibetan Plateau: implications for hydro-climate change and the formation of pinnoite deposit[J]. Environmental Earth Sciences, 78: 463.3、Gao C L, Yu J Q, Min X Y, et al, 2020. Lithostratigraphy, mineralogy and the boron-bearing brine evolution of DaQaidam Salt Lake in Qaidam Basin since Holocene period, northern Qinghai-Tibet Plateau[C]. E3S Web of Conferences, 198: 04038.4、Yu J Q, Hong R C, Gao C L, et al, 2018. Pinnoite deposit in DaQaidam Saline Lake, Qaidam Basin, China: hydroclimatic, sedimentologic, and geochemical constraints[J]. Minerals, 8: 258.

**关键词** 大柴旦盐湖;柱硼镁石矿床;成盐演化;富集成矿规律;柴达木盆地



摘要 ID:1114

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 专题邀请报告

## 现代盐湖钾盐矿床的“可再生成矿论”探讨 ——以察尔汗盐湖为例

刘成林<sup>\*1,2</sup>、沈立建<sup>1</sup>、姚佛军<sup>1</sup>、张建伟<sup>3</sup>、焦鹏程<sup>1</sup>、张华<sup>1</sup>、赵宪福<sup>1</sup>、赵艳军<sup>1</sup>

1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037
2. 中国地质大学(武汉), 武汉, 430074
3. 青岛大学, 青岛, 266071

矿产资源随开发而逐渐枯竭, 被认为是“不可再生的”资源。但现代盐湖是一个“活”的成矿系统, 其钾盐成矿由补给、蒸发、沉积三个基本地质-地理过程控制, 成矿作用一直在进行, 尽管缓慢。在一些“特殊”盐湖中, 出现钾盐“可再生”现象——经多年开采, 地层岩盐中钾离子含量似乎没有减少甚至增加, 或停采一段时间后, 钾盐又“生长”出来。这种现象在青海牛郎织女湖、马海湖和察尔汗盐湖北部已被观测到。盐湖“钾盐可再生”概念定义为: 在盐湖凹地或构造洼地内, 当开采一定量的钾盐矿后, 在较短时间后(数年)又生长出一定数量的钾盐(氯化钾)。

现代地表径流水体, 因矿化度和钾离子含量很低, 大量补给盐湖, 很难在短时期内聚集形成钾盐, 甚至淡化盐湖卤水, 因此不具备钾盐可再生的条件。相反, 调查发现柴达木盆地北缘-东北缘的大断裂带内, 发育很多盐泉(眼), 溢流出“高钾、高锶、高钙、低硫”的高盐度氯化物型深部卤水。近年采样分析显示, 牛郎织女湖冷泉卤水盐度 207~315 g/L, K<sup>+</sup>为 5.85~4.99 g/L, Mg<sup>2+</sup>为 28~29 g/L, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>为 1.06~1.12 g/L, Sr<sup>2+</sup>为 465~477 mg/L; 察尔汗北部断裂带冷泉卤水盐度 324~407 g/L, K<sup>+</sup>为 2.5~10.73 g/L。这些冷泉卤水, 部分在地表析出光卤石和水氯镁石等, 其他大部分可能渗入盐层或碎屑层, 形成富钾卤水。如马海凹陷西北部的牛郎织女干盐湖, 专家估计每年有一定的钾盐成矿量。察尔汗北部断裂带长约 24km, 宽几 km, 断裂带内深部卤水渗出范围很大。

为计算补给柴尔汗盐湖的断裂带深部卤水量, 笔者在该盐湖北部构造带内挖掘浅坑, 进行简易提水试验。利用所获参数计算得出, 在 1 km<sup>2</sup> 范围内断裂带深部卤水渗、涌量为 3870 m<sup>3</sup>/d。假设察尔汗构造带面积 25 km<sup>2</sup>, 估算每年深部卤水带来的新生 KCl 量=25×3870×365×(10/1000)

(KCl 按 10g/L)=35 万吨。尽管该数据还不够精确, 但断裂带每年输入察尔汗盐湖的钾盐量是客观存在的, 同时也补给相应的镁盐资源量。由上可见, 察尔汗北部构造带内深部卤水正源源不断地溢出, 在地表蒸发析盐析钾、渗入地层与晶间卤水混合或掺杂, 形成了现代盐湖钾盐的“再生成矿”作用。总之, 深部卤水所带来的氯化钾, 可在较短时间形成一定规模的钾盐矿。如果该认识正确, 察尔汗盐湖钾盐工业的可持续发展就得到了可持续补充的“外援”。

参考文献 无

关键词 可再生成矿论; 钾盐; 现代盐湖; 察尔汗



摘要 ID:1306

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 顺北地区一间房组超深层致密颗粒灰岩储层特征与成因分析

王平\*、王广伟  
中国石油大学(华东)

塔里木盆地奥陶系海相碳酸盐岩是我国重要的深层油气勘探层系。顺北地区中奥陶统一间房组发育典型的“断溶体”油藏,然而断溶体之间广泛分布的颗粒灰岩较致密,岩心实测氦气孔隙度一般小于3%,其能否成为有效的油气储集层仍存在争议。本文综合岩心、薄片、阴极发光、扫描电镜、微米CT和核磁共振等分析资料,对顺北地区一间房组颗粒灰岩的孔隙结构进行精细表征,并探讨孔隙的形成与保存机理。研究表明,顺北地区一间房组颗粒灰岩主要为开阔台地相沉积的砂屑灰岩、藻球粒灰岩和鲕粒灰岩,孔隙类型以微孔隙(孔隙直径 $<10\mu\text{m}$ )和粒内容孔(孔隙直径 $>10\mu\text{m}$ )为主,且表现出垂向上孔隙类型和丰度的差异。沉积旋回上部发育粒内容孔和微孔隙,向下粒内容孔减少、微孔隙占比增加,至旋回下部仅零星发育少量微孔隙。颗粒灰岩中粒内容孔和微孔隙的形成和分布受准同生期大气淡水成岩作用强度的控制。粒内容孔为准同生期大气淡水选择性溶蚀形成,沉积旋回顶部大气淡水溶蚀作用较强,可形成组构选择性的粒内容孔。微孔隙的形成则为大气淡水参与的文石矿物稳定化有关。因此,超深层致密颗粒灰岩储层中发育的微孔隙可以作为有效的油气储集空间。研究超深层致密灰岩储层孔径分布及成因对于有效储层储层的分布预测提供一定的理论基础。

### 参考文献

**关键词** 顺北地区; 微孔隙; 粒内容孔; 储层特征; 成因分析





摘要 ID: 3280

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 展板

## 吐哈盆地含铁锰碳酸盐矿物特征

张昊<sup>1</sup>、蔡春芳\*<sup>1</sup>、王道伟<sup>2</sup>

1. 中国科学院地质与地球物理研究所

2. 中国地质大学(北京)

吐哈盆地是我国北部地区含油气盆地之一, 面积约为  $5.35 \times 10^4 \text{ km}^2$ , 发育了下侏罗统八道湾组、三工河组, 中侏罗统西山窑组、三间房组和七克台组地层。吐哈盆地中下侏罗世发育辫状河三角洲和湖泊相贫硫酸盐淡水沉积, 广泛分布含铁锰碳酸盐矿物, 一般认为, 其形成于高价铁锰与油、气或大分子有机质之间的氧化-还原反应, 在现代和古代全球碳循环中扮演重要的作用 (Schrag et al., 2013)。然而, 这些金属元素的来源以及铁锰碳酸盐矿物中碳氧的来源、形成机理还不甚清楚, 亟需开展深入系统的研究。

台北凹陷中下侏罗统主要岩石类型有灰白色或灰黑色的泥质粉砂岩、细砂岩、中砂岩、粗砂岩与含砾粗砂岩, 普遍含大量的碳屑和泥砾等。观察台北凹陷中下侏罗统砂岩样品岩石薄片, 胶结类型较多, 成分成熟度与结构成熟度都很低, 分选中-好, 但颗粒磨圆度差, 主要为次棱角状。其中, 石英、长石和岩屑是水西沟群砂岩的主要碎屑组分, 主要物源母岩是火山碎屑岩和岩浆岩, 而以变质岩与少量沉积岩为次要母岩。

吐哈盆地石炭纪和二叠纪发生大规模的火山活动, 火山岩的分布广泛且以中基性火成岩为主。同时盆地中下侏罗世气候逐渐趋于温暖、潮湿, 化学风化作用逐渐增强, 特别是自显生宙以来, 植被降解过程产生的有机酸可以淋滤萃取金属铁锰, 释放的铁锰元素经地表径流或地下水系统而被带入湖泊。盆地基底火成岩以及石炭纪和二叠纪沉积岩中的凝灰质成分的风化作用增强, 含铁锰矿物被水解, 随后被氧化形成铁锰的高价化合物, 存在于赤铁矿、富铁绿泥石和富锰方解石中。在弱酸性流体中富铁锰离子的流体在进入储集层后与岩石发生反应, 使得形成的方解石胶结物中富铁锰。

统计发现世界各地含铁锰碳酸盐矿物  $\delta^{13}\text{C}$  介于  $-70$  —  $+23$  ‰, 这表明至少一些含铁锰碳酸盐矿物中的碳源自甲烷或有机质大分子。油气侵入能导致成岩环境变得更还原, 油气与铁锰氧化物、蒙脱石等矿物中的  $\text{Fe(III)}$ 、 $\text{Mn(IV)}$  之间发生氧化还原反应, 而产生含铁锰碳酸盐矿物。利用微区同位素测试技术, 吐哈盆地三间房组含铁锰碳酸盐矿物  $\delta^{13}\text{C}$  介于  $-19.02$  —  $-12.77$  ‰, 西山窑组  $\delta^{13}\text{C}$  介于  $-14.79$  —  $-0.23$  ‰, 表明其形成与有机质有关。

吐哈盆地三间房组含铁锰碳酸盐矿物  $\delta^{18}\text{O}$  介于  $-28.51$  —  $-19.22$  ‰, 西山窑组  $\delta^{18}\text{O}$  介于  $-26.54$  —  $-21.83$  ‰。前人对富  $^{18}\text{O}$  碳酸盐矿物的成因有多种解释 (Pirrie et al., 1994; Hu et al., 2018), 但是并不能与成岩环境相匹配, 也不能解释地质历史时期出现富  $^{18}\text{O}$  含铁锰碳酸盐矿物的原因。Cai et al. (2021) 在研究玛湖凹陷含锰方解石时发现, 含铁锰碳酸盐矿物氧同位素温度计失效, 不能利用碳酸盐矿物-水之间氧同位素分馏方程, 来计算含铁锰碳酸盐矿物的沉淀温度。于是, 吐哈盆地富  $^{18}\text{O}$  含铁锰碳酸盐矿物应该是有其他矿物氧的贡献。

**参考文献** Cai, C F, et al., 2021. Anaerobic oxidation of methane by Mn oxides in sulfate-poor environments. [J], *Geology* 49, 761–766. Hu, W X, et al., 2018. Thermochemical oxidation of methane induced by high-valence metal oxides in a sedimentary basin. [J], *Nature Communications* 9, 1–11. Pirrie, D, Ditchfield, P W, Marshall, J D, 1994. Burial diagenesis and pore-fluid evolution in a Mesozoic back-arc basin: The Marambio group, Vega island, Antarctica. [J], *Journal of Sedimentary Research Section A-Sedimentary Petrology and Processes* 64, 541–552. Schrag, D P, et al., 2013. Authigenic carbonate and the history of the global carbon cycle. [J], *Science* 339, 540–543.

**关键词** 含铁锰碳酸盐矿物; 微区碳氧同位素; 吐哈盆地



摘要 ID:1667

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 展板

## 罗布泊深部氯化物型卤水的发现及其成钾约束探讨

张华<sup>1</sup>、刘成林<sup>\*1,2</sup>、焦鹏程<sup>1</sup>、胡宇飞<sup>1</sup>

1. 中国地质科学院矿产资源研究所, 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室, 北京, 100037

2. 中国地质大学(武汉), 武汉, 430074

新疆罗布泊是世界上最大的干盐湖之一, 第四纪发育全球罕见的巨量钙芒硝沉积(刘成林等, 2007)。同时, 与传统盐湖钾盐成矿相比, 罗布泊盐湖演化至钙芒硝阶段, 就出现了钾元素富集并形成超大型钾盐矿, 显示出“超前富集”成矿作用(刘成林等, 2020)。长期以来, 罗布泊巨量钙芒硝沉积及其晶间富钾卤水的形成机理一直是地质学家关注的重点。前人基于大量地质调查、物探工程、室内蒸发实验以及热力学模拟等, 认为该区巨量钙芒硝的形成, 除周缘富“钾、硫酸根”的河流补给外, 还与深部富钙流体补给有关(伯英等, 2012; 刘成林等, 2003, 2006, 2009, 2010; Bo et al., 2012; Li et al., 2020; Liu et al., 2006, 2015; ), 但一直未找到直接证据。

作者团队近期实施了罗布泊盐湖区迄今为止最深的钾盐科学钻探工程(LDK02孔, 1200m), 揭示了罗布泊盐湖100m之下仍存在资源丰富、可采的卤水钾资源(焦鹏程等, 2018; 刘成林等, 2018), 同时发现深部存在氯化物型卤水(Zhang et al., 2021)。罗布泊盐湖深部氯化物型卤水赋存于500~1200m的碎屑岩储层中, 其中500~800m层段Ca<sup>2+</sup>和SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>平均含量分别为4.36g/L和3.00g/L, 800~1200m层段Ca<sup>2+</sup>和SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>平均含量分别为8.34g/L和1.95g/L。其在水化学类型上与罗布泊盐湖浅部卤水以及周缘补给河流等硫酸盐型水体明显不同(图1)。

罗布泊深部氯化物型卤水的发现为该区域巨量钙芒硝沉积及其晶间卤水钾盐超前富集提供了新的证据和视角: 罗布泊古湖水蒸发至石膏析出或接近石盐结晶时, 深部“富钙”卤水沿断裂等通道向上持续补给古湖, 致使盐湖卤水结晶路线发生变化, 沉积世界上罕见的巨量钙芒硝; 大量钙芒硝的析出抑制了盐湖析盐矿物向更高阶段转化, 在大量析出钠、钙、硫酸根的同时, 促进了卤水中钾元素的不断富集、超前成矿(刘成林等, 2003, Liu et al., 2006)。此外, 调查发现罗布泊东部的铁南断陷带干盐湖表层发育大面积光卤石沉积, 进一步指示了深部氯化物型卤水补给盐湖成钾, 且这种成矿作用现今可能仍在持续, 其钾盐资源亦可作为后备资源, 值得进一步关注。

本文为国家自然科学基金(41972092, 40830420, 41702097)和国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司科技项目联合资助。

**参考文献** 伯英, 刘成林, 焦鹏程, 等. 2012. 罗布泊地下卤水中幔源稀有气体及其意义[J]. 中国地质, 39(4): 978-984. 焦鹏程, 刘成林, 张华, 等. 2018. 罗布泊盐湖深部卤水钾盐找矿取得新进展[J]. 矿床地质, 37(1): 191-194. 刘成林, 焦鹏程, 王弹力, 等. 2003. 新疆罗布泊第四纪盐湖上升流体及其成钾意义[J]. 矿床地质, 22(4): 386-392. 刘成林, 陈永志, 焦鹏程, 等. 2006. 罗布泊盐湖钙芒硝结晶实验与化学反应探讨[J]. 矿床地质, 25(增): 223-236. 刘成林, 焦鹏程, 王弹力, 等. 2007. 罗布泊盐湖巨量钙芒硝沉积及其成钾效应分析[J]. 矿床地质, 26(3): 322-329. 刘成林, 王弹力, 焦鹏程, 等. 2009. 罗布泊盐湖钾盐矿床分布规律及控制因素分析[J]. 地球学报, 30(6): 796-802. 刘成林, 焦鹏程, 陈永志, 等. 2010. 罗布泊断陷带内形成富钾卤水机理研究. 矿床地质[J], 29(4): 602-608. 刘成林, 焦鹏程, 孙小虹, 等. 2018. 罗布泊盐湖成钾规律研究与找矿进展[J]. 地质学报, 92(08): 1551-1570. 刘成林, 焦鹏程, 王弹力, 等. 2020. 罗布泊盐湖钾盐矿床形成条件与规律[M]. 北京: 科学出版社. 孙小虹, 刘成林, 焦鹏程, 等. 2016. 罗布泊盐湖富钾卤水成因再探讨—碎屑层卤水蒸发实验分析[J]. 矿床地质, 35(6): 1190-1204. Bo Y, Liu C L, Jiao P C, et al. 2013. Hydrochemical characteristics and controlling factors for water's chemical composition in the Tarim Basin, Western China[J]. Chemie der Erde, 73:343-356. Berner E K, Berner R A. 1996. Global environment: water, air, and geochemical cycle[M]. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. Drever J I. 1988. The geochemistry of natural waters, 2nd



edn[M]. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. Li R Q, Liu C L, Xu H M, et al. 2020. Genesis of glauberite sedimentation in Lop Nur salt lake—constrains from thermodynamic simulation of the shallow groundwater in the Tarim River Basin, China. *Chemical Geology*[J]. 537, 119461. Liu C L, Wang M L, Jiao P C, et al. 2006. Features and formation mechanism of fault and potash-forming effect in the Lop Nur Salt Lake, Xinjiang, China[J]. *Acta Geologica Sinica*(English edition), 80 (6) : 936–943. Liu C L, Jiao P C, Lü F L, et al. 2015. The impact of the linked factors of provenance, tectonics and climate on potash formation: an example from the potash deposits of Lop Nur depression in Tarim Basin, Xinjiang, western China [J]. *Acta Geologica Sinica* (English edition), 89 (6) : 2030~2047. Zhang H, Jiao P C, Liu C L, et al. 2021. Discovery of the Ca-Cl type brine in deep aquifers and implications for the shallow giant glauberite deposits in the Lop Nur playa, Tarim Basin, NW China[J]. *China Geology* (English Edition), 2, 1–3.

**关键词** 氯化物型卤水；成钾作用；巨量钙芒硝；罗布泊



摘要 ID:439

主题分类: 能源与矿产沉积学=》碳酸盐岩-蒸发岩沉积体系与资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 柴达木盆地昆特依盐湖含杂卤石地层高分辨率矿物学研究

李俊、张西营\*

中国科学院青海盐湖研究所

柴达木盆地昆特依盐湖杂卤石资源丰富, 是开展现代内陆盐湖杂卤石成因机制研究的良好载体。精细刻画沉积特征对阐释沉积矿床成因具有重要作用。本研究以昆特依盐湖大盐滩矿区 ZK3608 钻孔岩芯 14.08-25.48 m 段碎屑-杂卤石沉积韵律为研究对象, 开展高分辨率矿物学研究, 结合石盐流体包裹体化学组成和石盐中微量元素分析, 尝试从高分辨率沉积学和矿物学的角度探讨杂卤石的成因。研究结果显示, 石盐层产出的杂卤石含量低但分布范围广, 为原生矿物; 碎屑层中的杂卤石主要为次生矿物。石盐层与碎屑层之间存在一个过渡层位, 该层位的杂卤石高度富集且矿物组成复杂, 推测是由于原生与准同生杂卤石短时间内先后形成导致的。结合石盐流体包裹体化学组成所代表的古卤水变化特征分析表明, Ca-Cl 型深部油田卤水的补给对研究区不同时期杂卤石的形成有重要影响。地球化学特征综合分析指示, 石盐层原生杂卤石由富钾镁的浓缩卤水与 Ca-Cl 型深部油田卤水混合直接生成; 而过渡层位的杂卤石受到气候变化与 Ca-Cl 型深部油田卤水补给的共同作用。

### 参考文献

**关键词** 昆特依盐湖; 杂卤石成因; 高分辨率矿物学; 赋存特征; 元素地球化学



能源与矿产沉积学  
盐湖与盐类沉积的环境资源效应



摘要 ID: 2447

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 专题邀请报告

## 青藏高原湖泊水质特征参数时空变化及对气候变化的响应研究

朱立平\*<sup>1,2,3</sup>、刘翀<sup>1,3</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所
2. 中国科学院青藏高原地球科学创新卓越中心
3. 中国科学院大学

湖泊是地表水的重要组成部分。湖泊透明度是湖泊水环境状况的综合反映,湖泊盐度是湖泊水体离子浓度的重要表现,因此湖泊透明度、盐度是湖泊水质的重要特征参数。青藏高原是我国湖泊分布最为集中的地区,对该地区湖泊透明度与盐度时空变化的系统研究,不仅有助于深入认识区域地表水体环境对气候变化的响应,也是理解湖泊生物资源和矿产资源形成过程和机制的基础资料。尽管许多机构陆陆续续地对青藏高原湖泊透明度与盐度开展了不同程度的实地调查,但目前基本没有系统的时空变化过程分析。由于湖泊透明度与盐度光学反射特征明显,随着遥感技术发展,在大量野外调查基础上,通过建立遥感光谱反演模型,成为大范围获取湖泊透明度与盐度时空变化的优势研究手段。本研究基于青藏高原 100 余个湖泊的实测湖面光谱、透明度、盐度、以及对应的水体吸光度等参数的测量,在验证卫星遥感数据在该地区适用精度前提下,建立该地区的透明度、盐度遥感反演模型,并利用实测数据对模型进行精度验证。在此基础上反演得到青藏高原 1986–2019 年湖泊透明度和 2000–2019 年盐度时空变化特征,同时结合水环境参数、气象参数等,分析透明度、盐度的影响因素及与气候变化之间的关系。结果表明:实测的湖泊水质参数反映出该地区湖泊盐度变幅大、透明度高、碱性强、营养化程度低、浮游植物和 fDOM 浓度小的基本特征。实测透明度数据表明, Lee (2015) 反演模型在该地区具有较高精度,反演结果表明, 1986–1999 期间, 152 个大于 50 km<sup>2</sup> 的湖泊年均透明度 SD 值平稳波动; 2000–2019 年以 0.033 m/年速率显著升高。湖泊盐度反演结果表明其具有明显的经向变化, 152 个大于 50 km<sup>2</sup> 的湖泊盐度年均值在 2000–2019 年期间呈显著下降趋势, 盐度变化显著的湖泊主要集中在高原中北部地区。湖泊透明度空间变化与湖泊面积呈显著正相关, 与水体主要光学组分 (悬浮物、fDOM、叶绿素 a) 之间关系微弱。湖泊盐度与湖泊面积存在显著关系, 受冰川分布状况有一定影响, 总体上会随着湖泊水量的增加而表现出下降态势。湖泊透明度年际变化受湖泊扩张的显著影响, 而与该地区温度、风速年际变化的关系并不明显。湖泊盐度年际变化与温度之间并未表现出显著相关性, 但受到湖泊水量平衡变化的控制。

### 参考文献

**关键词** 青藏高原; 湖泊透明度; 湖泊盐度; 时空变化; 气候变化



摘要 ID:1663

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 高盐度条件下的湖相矿物、稳定同位素及其古沉积环境——以柴达木盆地钻孔为例

李明慧<sup>1</sup>、方小敏<sup>1</sup>、李皎<sup>1,2</sup>、王春虹<sup>1</sup>、王慧玲<sup>1</sup>、倪艳华<sup>1</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所

2. 山西省师范大学

柴达木盆地湖泊沉积物积聚了大量盐类矿物, 这些盐类矿物既是重要的矿产资源, 也是研究湖泊演化的重要环境指标。蒸发作用下, 盐类矿物从水体中析出, 矿物种类及其稳定同位素记录了湖水演化过程中的气候环境信息。在环境变化的研究中, 盐类矿物常见的问题有: 1) 除了干旱, 盐类矿物还有哪些环境意义? 2) 盐类矿物大部分是易溶的, 沉积物中获取的盐类矿物是否是原生矿物? 是否经历过溶解再沉积? 提取的信息能否代表沉积时的古环境信息?

除了盐类矿物, 湖泊沉积物中还有大量碎屑来源的硅酸盐矿物, 如粘土矿物。粘土矿物也是湖泊沉积物的重要组成部分, 但是, 粘土矿物的环境应用, 一般使用其矿物种类、含量、结晶度等, 很少关注其层间水氢氧同位素。一般认为, 粘土矿物层间水与周围水体很容易发生氢氧同位素的交换, 层间水不具有古环境意义。但是, 高盐度环境下粘土矿物层间水具有完全不同于淡水环境下的性质。

本次汇报内容, 以柴达木盆地西部钻孔 SG-1 (长 938.5m, 古地磁年代为 2.8-0.1Ma) 为例, 综合前人及团队十几年的研究结果, 试图回答上述问题。

**参考文献** 1、Minghui Li\*, Xiaomin Fang, Albert Galy, Huiling Wang, Xiangsuo Song, Xiaoxiao Wang, Shurui Sun, Hydrated Sulfate Minerals (Bloedite and Polyhalite): Formation and implications for paleoenvironment. *Carbonates and Evaporites*, 2020, 35: 1262、Minghui Li\*, Shurui Sun, Xiaomin Fang, Chunhong Wang, Zhengrong Wang, Huiling Wang. Clay minerals and isotopes of Pleistocene lacustrine sediments from the western Qaidam Basin, NE Tibetan Plateau. *Applied Clay Science*, 2018, 162: 382-3903、Jiao Li, Minghui Li\*, Xiaomin Fang, Gengxin Zhang, Weilin Zhang, Xiaoming Liu. Isotopic composition of gypsum hydration water in deep Core SG-1, western Qaidam basin (NE Tibetan Plateau), implications for paleoclimatic evolution. *Global and Planetary Change*, 2017, 155: 70-774、Jiao Li\*, Minghui Li\*, Xiaomin Fang, Zhengrong Wang, Weilin Zhang, Yibo Yang. Variations and mechanisms of gypsum morphology along deep core SG-1, western Qaidam Basin (northeastern Tibetan Plateau). *Quaternary International*, 2017, 430: 71-81 (DOI 10.1016/j.quaint.2015.12.102)5、Xiaomin Fang, Minghui Li\*, Zhengrong Wang, Jiuyi Wang, Jiao Li, Xiaoming Liu, Jinbo Zan. Oscillation of mineral compositions in Core SG-1b, western Qaidam Basin, NE Tibetan Plateau. *Scientific Reports*, 2016, 6: 32848 doi:10.1038/srep328486、Minghui Li; Xiaomin Fang\*; Jiuyi Wang; Yougui Song; Yibo Yang; Weilin Zhang; Xiaoming Liu. Evaporite minerals of the lower 538.5 m sediments in a long core from the Western Qaidam Basin, Tibet *Quaternary International*, 2013, 298:123-1337、Minghui Li, Xiaomin Fang\*, Chaolu Yi, Shaopeng Gao, Weilin Zhan, Albert Galy. Evaporite minerals and geochemistry of the upper 400 m sediments in a core from the Western Qaidam Basin, Tibet. *Quaternary International*, 2010, 218(1-2): 176-1898、Minghui Li\*, Xiaomin Fang, Jiao Li, Maodu Yan, Shurui Sun, Liping Zhu. 2019 Isotopic application in high saline conditions. In *Isotope Applications in Earth Sciences*. Edited by Rehab Abdel Rahman. IntechOpen Press, London, UK, p39-629、倪艳华, 李明慧\*, 方小敏, 孟凡巍, 颜茂都, 刘迎新. 柴达木盆地西部中更新世气候转型期的古水温: 来自 SG-1 钻孔石盐流体包裹体的证据. *地学前缘*, 2021, 10.13745/j.esf.sf.2021.1.3910、王晓晓, 韩作振, 李明慧\*, 方小敏, 赵延洋. 柴达木盆地西部 SG-1 钻孔中白云石成因探讨. *高校地质学报*, 2020, 26 (5): 520-52911、王慧玲, 李明慧, 方小敏, 刘



迎新, 孙淑蕊, 靳启祯. 柴达木盆地白钠镁矾的矿物学和稳定同位素特征. *矿物岩石*, 2018, 38 (4) : 12-2012、王春虹, 李明慧, 方小敏, 刘迎新, 颜茂都. 柴达木盆地西部 SG-1 钻孔中伊蒙混层结构特征及环境意义. *第四纪研究*, 2016, 36 (4) : 917-92513、李明慧, 易朝路, 方小敏, 高少鹏, 张伟林. 柴达木盆地西部钻孔盐类矿物及环境意义初步研究. *沉积学报*, 2010, 28 (6) 06: 1213-1228

**关键词** 盐类矿物; 粘土矿物; 稳定同位素





摘要 ID:196

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 展板

## 柴西狮子沟深层富钾卤水地球化学特征及成因研究

王冀沼、樊毓\*

中国地质科学院矿产资源研究所

柴西狮子沟背斜构造深处赋存着极其丰富的卤水资源, K、B、Li 等紧缺资源储量巨大, 具有广阔的开发前景, 因此受到广泛关注。本文通过对狮子沟地区深层卤水进行常、微量化学成分及锶同位素的测试与分析, 然后对比前人研究结果综合分析得出, 狮子沟地区深层卤水主要为陆相沉积环境中的地下水溶滤新近系沉积地层中的盐岩物质而形成的盐岩溶滤卤水, 地层封闭性较差, 卤水经历了轻微变质。卤水与周围岩石经历了长时间的水—岩相互作用, 表现富钾, 富钙, 贫镁的特征。研究发现卤水中的钾与矿化度具有一定的正相关性, 结合铷元素含量说明狮子沟卤水中丰富法钾资源来源于蒸发盐岩中钾盐矿物的溶滤。并且通过统计对比数据推荐狮子沟南带区为优先开发区。

**参考文献** [1]崔晓寰, 杨云松, 李正. 世界钾盐资源分布及特点[J]. 科技创新导报, 2014, (01): 214. [2]熊增华, 王石军. 中国钾资源开发利用技术及产业发展综述[J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(6): 1-7. [3]李政. 四川盆地富钾卤水地球化学特征及成因探讨[D]. 四川: 成都理工大学, 2014. [4]张苏江, 崔立伟, 高鹏鑫等. 中国钾盐资源形势分析及管理对策建议[J]. 无机盐工业, 2015, 47(11): 1-6. [5]谭红兵, 曹成东, 李延伟等. 柴达木盆地西部古近系和新近系油田卤水资源水化学特征及化学演化[J]. 古地理学报, 2007, 9(3): 313-320. [6]毛建业, 汪青川, 王占巍等. 青海茫崖狮子沟地区深层卤水钾盐成矿远景区矿产资源调查[J]. 中国锰业, 2017, 35(5): 87-89, 93. [7]张涛, 宋春晖, 王亚东等. 柴达木盆地西部地区晚新生代构造变形及其意义[J]. 地学前缘, 2012, 19(5): 312-321. [8]李兆龙. 柴达木盆地狮子沟构造油气成藏条件与成藏模式研究[J]. 西部探矿工程, 2017, 10: 49-52. [9]刘溪溪, 岳鑫, 袁文虎等. 柴达木盆地西部狮子沟背斜构造区深部卤水水化学特征及演化分析[J]. 盐湖研究, 2019, 27(1): 73-80. [10]李元奎, 王铁虎. 柴达木盆地狮子沟地区中深层裂缝性油气藏[J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(6): 12-15. [11]隋立伟, 方世虎, 孙永河等. 柴达木盆地西部狮子沟—英东构造带构造演化及控藏特征[J]. 地学前缘, 2014, 21(1): 261-270. [12]张世铭, 张小军, 张婷静等. 柴西狮子沟地区古近系下干柴沟组混积岩储层特征及影响因素分析[J]. 现代地质, 2017, 31(5): 1059-1068, 1087. [13]林晓英, 曾溅辉, 杨海军等. 塔里木盆地哈德逊油田石炭地层水化学特征及成因[J]. 现代地质, 2012, 26(2): 377-383. [14]尹菲. 四川盆地南地区地下卤水水化学研究[D]. 北京: 中国地质大学, 2016. [15]李建森, 李延伟等. 柴达木盆地西部第三系油田水水文地球化学特征[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(1): 50-55. [16]韩佳君, 周训, 姜长龙等. 柴达木盆地西部地下卤水水化学特征及其起源演化[J]. 现代地质, 2013, 27(6): 1455-1464. [17]李雯霞, 张西营, 苗卫良等. 柴达木盆地北缘冷湖三号构造油田水水化学特征[J]. 盐湖研究, 2016, 24(2): 12-18. [18]石国成, 张西营, 李永寿等. 柴达木盆地北缘冷湖四号构造油田水水化学组成及其分布特征[J]. 2016, 24(2): 19-25. [19]林耀庭, 颜仰基. 四川盆地西部富钾卤水水文地球化学特征及其成因意义探讨[J]. 1996, 4(1): 1-12. [20]贾晓华, 陈朝佳, 张永松等. 浅谈四川宣达盆地富钾卤水的成因[J]. 盐科学与化工, 2019, 48(11): 11-13. [21]Butterfield D A, Nelson B K, Wheat C G, Mottl M J, Roe K K. Evidence for basaltic Sr in midocean ridge-flank hydrothermal systems and implications for the global oceanic Sr isotope balance[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2011, 65(22): 4141-4153. [22]Dessert C, Dupr B, Francois L M, Schott J, Gaillardet J, Chakrapani G, Bajpai S. Erosion of deccan traps determined by river geochemistry: impact on the global climate and the  $87\text{Sr}/86\text{Sr}$  ratio of seawater[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, 188(3): 459-474. [23]苗忠英, 郑绵平, 姜鹏程等. 云南思茅盆地钾盐矿床的深源浅储成因模式—来自于 Sr 同位素的证据. 中国地质. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20201207.1635.006.html>. [24]Lowenstein T K, Spencer R J, Zhang P. Origin of ancient potash evaporites: Clues from the modern nonmarine Qaidam Basin of western China. *Science*, 1989, 245: 1090-1092. [25]樊启顺, 马海州, 谭红



兵等. 柴达木盆地西部卤水特征及成因探讨[J]. 地球化学, 2007, 36(6): 633-637. [26] 李廷伟, 李建森, 马海州等. 柴达木盆地西部油田水卤水硼同位素地球化学研究[J]. 盐湖研究, 2013, 21(2): 1-9.

**关键词** 柴西狮子沟; 深层富钾卤水; 地球化学特征; 陆相沉积环境; 岩盐溶滤



摘要 ID:2121

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 专题邀请报告

## 川东北普光地区海相“新型杂卤石钾盐矿”的发现与成因探讨

张永生<sup>1,2</sup>、郑绵平\*<sup>1,2</sup>、邢恩袁<sup>1,2</sup>、桂宝玲<sup>1,2</sup>、彭渊<sup>1,2</sup>、仲佳爱<sup>1,2</sup>、牛新生<sup>1,2</sup>、苏奎<sup>1,2</sup>、左璠璠<sup>1,2</sup>、商雯君<sup>1,2</sup>、麻乾坤<sup>1,2</sup>、崔新宇<sup>1,2</sup>

1. 中国地质科学院矿产资源研究所 自然资源部成矿作用与资源评价重点实验室
2. 中国地质科学院矿产资源研究所 自然资源部盐湖资源与环境重点实验室

近年来,中国地质科学院矿产资源研究所郑绵平院士团队在四川盆地东北部达州宣汉普光地区下三叠统嘉陵江组四-五段(嘉四-五段)发现了一种与石盐共生的碎屑颗粒状杂卤石,将之命名为“新型杂卤石钾盐矿”(郑绵平等,2018)。该“新型杂卤石钾盐矿”具有分布面积大(600余km<sup>2</sup>)、厚度大(10余m-80余m)、品位高(K<sup>+</sup>含量1.6%-10.5%)的特点,且由于石盐极易溶于水,使得这类以石盐和碎屑状杂卤石为主要成分的“新型杂卤石钾盐矿”便于采用水溶法溶采,具有开采成本低、可规模化产业开发的显著优势,不同于以往发现的大规模与硬石膏、白云石共伴生的杂卤石(远景资源量(K<sub>2</sub>O)在百亿吨以上,但绝大部分埋深>1500m,无法采用水溶法溶采,实为难以利用的“呆矿”),“新型杂卤石钾盐矿”是一种全新的海相可溶性优质硫酸盐-氯化物复合型钾盐矿床类型,是可以利用的“活矿”。

该“新型杂卤石钾盐矿”赋存于埋深3000m左右的下、中三叠统嘉陵江组-雷口坡组海相碳酸盐岩-蒸发岩层系中,杂卤石碎屑呈星点状、不规则团块状或似条带状分布于石盐基质中,从细粒(<1mm)至巨砾(3~7cm)均可见到(图1)。在岩心手标本上,杂卤石呈灰白色或肉红色,发育暗色条纹,具贝壳状断口,粉晶-细晶结构;单偏光下,杂卤石晶体略显黄绿色,半自形-他形粒状、柱状结构,常见晶棱,突起较石盐高;正交光下,杂卤石晶体具二级蓝绿干涉色,二轴晶负光性,常见聚片双晶,基质石盐晶体呈全消光(图2);扫描电镜下可见杂卤石自形晶体呈三斜晶系,贝壳状断口,解理不明显,晶体互相叠置紧密生长,杂卤石与石盐边界清晰,未见交代、穿插现象,结构简单,形态单一,应为同期沉积的产物,为同生或原生杂卤石。

2020年8月,由本项目组设计部署的锂钾综合地质调查井——川宣地1井顺利完钻,对普光地区下三叠统嘉四-五段“穿靴戴帽”连续取心837m,发现了累计厚达62.81m的“新型杂卤石钾盐矿”工业矿层(张永生等,2021)(图3),揭示了“新型杂卤石钾盐矿”的垂向分布特征,也为该“新型杂卤石钾盐矿”的成因研究提供了新的思路和更为完整的直接证据。

达州宣汉普光地区位于川东高褶皱背斜带的北端,属上扬子准地台与秦岭地槽褶皱系之间的过渡带,处于一个多边界的构造交接部位,中生代、新生代以来经历了印支、燕山、喜山多期复杂的沉积期后盐构造塑性形变改造,“新型杂卤石钾盐矿”所在的下三叠统嘉陵江组嘉四-五段含钾蒸发盐系是区域上重要的滑脱层,在差异压实和多期次、多方位挤压构造运动作用下,嘉四-五段滑脱层发生塑性流动和形变,导致原始沉积的、与石盐互层的杂卤石薄层发生破碎,形成大小不一的碎屑杂卤石颗粒掺拌进塑性盐层中。总之,“新型杂卤石钾盐矿”的形成受控于较活动构造背景下上扬子准地台早三叠世古盐盆原生沉积和后期挤压构造活动改造2大关键要素。

**参考文献** 郑绵平,张永生,商雯君,等,2018.川东北普光地区发现新型杂卤石钾盐矿[J].中国地质,45(5):1074-1075.张永生,郑绵平,邢恩袁,等,2021.川宣地1井发现厚层海相可溶性“新型杂卤石钾盐”工业矿层[J].中国地质,48(1):343-344.

**关键词** 新型杂卤石钾盐矿;海相;可溶性;成因;滑脱层



摘要 ID:2330

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 专题邀请报告

## 上新世-第四纪全球变冷驱动的亚洲内陆干旱与成盐作用

方小敏<sup>\*1</sup>、安芷生<sup>2</sup>、替金波<sup>1</sup>、李明慧<sup>1</sup>、Erwin Appel<sup>3</sup>、石正国<sup>2</sup>、杨胜利<sup>4</sup>、韩文霞<sup>5</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所

2. 中国科学院地球环境研究所

3. Department of Geoscience, University of Tübingen, Tübingen, Germany

4. 兰州大学资源环境学院

5. 临沂大学资源环境学院

亚洲内陆主要受控于西风气候变化, 不仅沙漠、盐湖密布, 而且是全球粉尘的关键源区, 在地球气候系统和调控内陆干旱化和成盐作用上具有重要的意义。然而, 西风气候在亚洲内陆区到底如何调控干旱度、粉尘释放和成盐作用, 作用机制是什么, 至今仍不清楚。我们在塔里木盆地南缘西昆仑山前获得了一口 671 米连续黄土岩心, 不仅揭示这是世界上迄今最厚的黄土, 而且年代老至 3.6Ma。同时我们在柴达木盆地西部中央获得一口 980 米连续盐湖沉积岩心, 底部年代已达 2.8Ma。通过这两口岩心详细连续的多种气候和成盐代用指标分析, 发现与干旱度和西风气候密切相关的粉尘堆积揭示塔里木盆地干旱气候、沙漠和稳定的地面形成至少开始于 3.6Ma, 导致了那时黄土开始连续堆积。随后该区经历了大致 2.7, 1.1 和 0.5 Ma 的阶段性急剧干旱化, 同时干旱气候变化的周期也在 1.1-0.5Ma 之间, 从之前的 4.1 万年周期为主转变成此后的 10 万年周期为主同步。这些变化特征与全球冰量变化在时间和频率上(包括中更新世转型事件上)非常吻合, 指示全球变冷在这个时间尺度上驱动了干旱度和西风气候变化。进一步研究发现这些干旱化过程和事件同时调控了亚洲内陆的成盐过程。数值模拟表明全球变冷可以驱动亚洲内陆干旱化和西风强化, 两者共同促进了粉尘释放和传输。增强的粉尘又可以促进正反馈作用, 即导致大气 CO<sub>2</sub> 浓度下降和调控反照率, 导致全球进一步降温。

参考文献

关键词



摘要 ID:2537

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 口头报告

## Origin of Potassium formation in North Shannxi Depression, central-eastern Ordos, North China

赵海彤<sup>1,2</sup>、张永生<sup>\*2</sup>、邢恩袁<sup>2</sup>、栾进华<sup>1</sup>、张雄<sup>1</sup>

1. 重庆地质矿产研究院

2. 中国地质科学院矿产资源研究所

The sedimentary and sedimentary centers of North Shannxi Depression (NSD) have constantly been changing since the Middle Ordovician has undergone the crustal equilibrium caused by the Huaiyuan Epeirogeny and the passive continent to the active continent of Qinling. The ready-made potassium favorable area is located in the eastern part of the salt basin in NSD. The secondary depression forms an evaporating lake basin, and the difference in salt formation is different in different parts. The potassium in the east is shallower (higher temperature), and the deeper part of the western sub-basin (low temperature), there is always a drop in temperature. Well ZJ-1 with very low K<sup>+</sup> content, anhydrite crystals often grow on the periphery of the muddy mass, reflecting that the muddy material carries the desalinated water body when it enters. In terms of diagenetic type, cementation and recrystallization are widely developed in the east and west of the salt basin. Halite precipitates in the Dead Sea during winter but re-dissolves above the thermocline upon summer warming, “focusing” halite deposition below the thermocline. Halite focusing model may explain the diagenetic characteristics of NSD. The restriction of evaporites in the North Shannxi Depression to the center of the basin with recourse to later dissolution. However, the degree of recrystallization in the west is significantly higher than that in the east.

**参考文献** Sirota, I., Arnon, A., and Lensky, N.G., 2016, Seasonal variations of halite saturation in the Dead Sea: *Water Resources Research*, v. 52, p. 7151 - 7162, <https://doi.org/10.1002/2016WR018974>. Sirota, I., Enzel, Y., and Lensky, N.G., 2017, Temperature seasonality control on modern halite layers in the Dead Sea: In situ observations: *Geological Society of America Bulletin*, v. 129, p. 1181 - 1194, <https://doi.org/10.1130/B31661.1>.

**关键词** Halite focusing; evaporite; Darriwilian; Huaiyuan Epeirogeny; North Shannxi depression



摘要 ID:1804

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 展板

## 陕北盐盆奥陶系马家沟组五段岩相古地理特征

施立志\*、张永生、邢恩袁、汪彪、罗立艳  
中国地质科学院矿产资源研究所

陕北奥陶纪盐盆是我国目前发现的最大海相成盐盆地之一, 该盐盆马家沟组蕴藏有巨量石盐堆积, 其马五段成钾显示最好, 在该段先后发现了钾石盐、光卤石、钾铁盐等钾盐矿物和厚层钾石盐高矿化段。沉积岩相古地理是成钾的重要条件之一, 因此很有必要对陕北盐盆马五段开展岩相古地理研究。本文主要依据陕北盐盆地的镇钾1井等多口基干井, 通过岩心观察、测井解释、镜下薄片鉴定, 同时结合区域构造资料并参考前人研究成果, 对陕北盐盆奥陶系马家沟组五段岩相古地理环境进行了研究。结果表明: 马五期鄂尔多斯地区分为陆、云坪、盐湖、膏湖、开阔台地和浅滩6个古地理单元。陆(隆)为3陆2隆格局。阿拉善陆在本图中的出露范围相对于马一、马三段沉积期变化不大。伊盟陆主要分布在北部的包头、鄂尔多斯、杭锦旗一带。庆阳陆沿鄂托克前旗以南、环县、庆阳、水参1井向呈条带状分布。闻喜隆起与吕梁隆起仍然在水下, 但沉积厚度不超过60m; 云坪有3个云坪, 即环陆云坪、北部云坪与东部云坪。环陆云坪环绕庆阳陆分布, 北部云坪沿伊盟陆南缘分布, 东部云坪位于兴县—蒲县以东地区; 盐湖只有一个中部盐湖, 位于伊盟陆以南, 渭北陆以北的中间地带, 北到地鄂8井, 南到延安、延长一带, 东到兴县、柳林、石楼一带, 西到靖边、安塞一带。呈条带状南北向分布; 膏湖呈条带状环绕在中部盐湖的外缘; 开阔台地有两个, 即南部开阔台地和西部开阔台地, 为继承性开阔台地。南部开阔台地分布在陇县、宝鸡、祁山、西安一带。西部开阔台地沿乌海、吴忠、固原、平凉分布; 滩有2个滩, 即庆阳陆北部滩和西南部滩。北部滩沿磴口、鄂托克旗和布拉格苏木分布, 大体呈条带状, 与古陆的海岸形状相平行。西南部滩主要发育在陇县地区, 呈园状, 范围比较小。研究表明马五期为海退期, 也是重要的成岩期, 发育一个广阔的盐湖, 盐湖外围的边缘地带分布着范围较窄的膏湖。马五期陕北盐盆四周被伊盟陆、吕梁隆起、闻喜隆起、庆阳陆所包围, 围陷的陕北坳陷成盐古地理环境、海水主体成钾物质补给、达到钾石盐—光卤石沉积阶段的高溴氯系数、以及多口井的含钾显示, 所以可以这么说“海退成盐”。马家沟组五段沉积时期, 陕北盐盆地盐系地层厚度大150m, 是陕北盐盆最佳成钾盐凹, 也是优先进行钾盐探井部署的有利目标区。

**参考文献** &nbsp;&nbsp;&nbsp;冯增昭, 鲍志东, 张永生, 1998. 鄂尔多斯奥陶纪地层岩石岩相古地理[M]. .北京: 地质出版社, 8-55. 冯增昭, 鲍志东, 康祺发, 等, 1999. 鄂尔多斯奥陶纪古构造. 古地理学报, 1(3): 83-94. 谢锦龙, 吴兴宁, 孙六一, 等, 2013. 鄂尔多斯盆地奥陶系马家沟组五段岩相古地理及有利区带预测[J]. 相油气地质, 18(4): 23-32. 张永生, 邢恩袁, 郑绵平, 等, 2014. 陕北奥陶纪盐盆厚道钾石膏高矿化段的发现及其找钾启示. 地球学报, 35(6): 693-702. 郑绵平, 齐文, 张永生. 2006. 中国钾盐地质资源现状与找钾方向初步分析. 地质通报, 25(11): 1239-1246. &nbsp;&nbsp;&nbsp;**关键词** 陕北盐盆; 马家沟组; 岩相古地理



摘要 ID:2022

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 思茅和呵叻盆地钾盐矿研究新进展和新认识

颜茂都<sup>1\*</sup>、张大文<sup>2</sup>、李明慧<sup>1</sup>、方小敏<sup>1</sup>

1. 中国科学院青藏高原研究所

2. 枣庄学院旅游与资源环境学院

思茅盆地与呵叻盆地属于同一大地构造带。二者的含钾盐建造在区域分布、沉积特征、成盐层位、析盐矿物组合特征及物质来源等方面具有良好的可比性,是中国海相找钾实现突破的重要潜在区之一。尽管目前对两地钾盐矿的成矿认识取得了许多进展,但对于二者的关系和成矿模式及规律等还存在着较大争议。为了下一步更好地建立思茅盆地钾盐矿的成矿规律和实现深部找钾的突破,本文从构造背景、地层年代、古气候环境和物质来源等方面对最近一些重要进展和认识做了梳理,确定:(1)思茅陆块与印度支那陆块在中生代可能为统一的整体,思茅与呵叻盆地基本位于副热带高压带内,在晚三叠世、中-晚侏罗世和晚白垩世具有较好的成盐成钾构造和古气候条件;(2)思茅和呵叻盆地在含钾盐及其下伏地层沉积期间可能具有相似的潜在物源区,包括扬子、松潘-甘孜、可可西里、义敦、北羌塘和南羌塘陆块等;(3)思茅与呵叻盆地钾盐矿的成钾物质主要来自陆源水体,同时也有海水和深部热液补给;(4)思茅和呵叻盆地含钾盐地层的年代部分重叠,但不完全吻合,勐野井组地层要比农波组早 20Ma 开始沉积;(5)勐野井钾盐矿与呵叻钾盐矿可能系非同期矿床。综合构造和气候等证据,推测思茅盆地在中、晚侏罗世及约 85.0 Ma 两个时段可能具有重要的成钾潜力。

**参考文献** 颜茂都, 张大文, 李明慧. 思茅和呵叻盆地钾盐矿研究新进展和新认识. 地学前缘.

<https://doi.org/10.13745/j.esf.sf.2021.1.40> &nbsp; &nbsp;颜茂都, 张大文, 方小敏, 张伟林, 宋春晖, 刘成林, 咎金波, 申苗苗. 2021. 特提斯构造域东南端思茅盆地勐野井组地层年代学及其地质意义. 中国科学: 地球科学, 51, doi: 10.1360/N072020-0241

**关键词** 思茅盆地; 呵叻盆地; 钾盐矿; 地层年代; 构造-气候-物源



摘要 ID: 2059

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 口头报告

## 光卤石与卤水之间 Mg-K 同位素分馏系数的标定及其意义

夏芝广、李伟强\*

1. 南京大学地球科学与工程学院, 内生金属矿床成矿机制研究国家重点实验室, 南京 210046

Mg 和 K 分别是海水中丰度第二、四高的金属阳离子元素。海洋 Mg-K 元素循环受控于诸如大陆风化、洋壳热液蚀变、碳酸盐岩和黏土矿物等源汇过程, 而这些过程伴随了显著的 Mg-K 同位素分馏, 进而控制了海水中的 Mg-K 同位素组成。因此, 重建古海水 Mg-K 同位素组成有潜力定量揭示地质历史时期的 Mg-K 循环过程。

最近有研究指出, 蒸发岩有潜力重建古海水 Mg 同位素组成。而光卤石作为一种常见的 Mg-K 蒸发岩矿物, 有望同时为古海水 Mg-K 同位素组成提供制约。然而, 光卤石与溶液之间的 Mg-K 同位素分馏行为尚不清楚, 这阻碍了光卤石在重建古海水 Mg-K 同位素中的应用。本研究通过矿物合成实验, 室内卤水蒸发实验以及自然样品观测三种途径获得了光卤石与溶液之间一致的 Mg-K 同位素分馏系数。我们的结果显示光卤石从溶液析出过程会优先移除  $^{26}\text{Mg}$  和  $^{41}\text{K}$ 。

此外, 通过汇编文献中已发表的蒸发岩矿物与溶液之间的 Mg-K 同位素分馏系数, 并结合热力学计算, 我们还模拟了不同地质历史时期海水在蒸发过程中的 Mg-K 同位素演化路径。我们的研究详细探讨了蒸发岩的 Mg-K 同位素分馏行为, 为蒸发岩重建古海水 Mg-K 同位素研究奠定了理论基础。

参考文献

关键词





摘要 ID: 3431

主题分类: 能源与矿产沉积学=》盐湖与盐类沉积的环境资源效应

最终交流类型: 展板

## 新疆库米什盆地硝酸盐类矿床成矿离子迁移规律及成矿模型

李长忠<sup>\*1,2,3</sup>、程怀德<sup>1,2</sup>、宋建国<sup>1,2,3</sup>、马学海<sup>1,2,3</sup>、海擎宇<sup>1,2</sup>、蒋天明<sup>1,2,3</sup>

1. 中国科学院青海盐湖研究所, 中国科学院盐湖资源综合高效利用重点实验室, 青海西宁 810008
2. 青海省盐湖地质与环境重点实验室, 青海西宁 810008
3. 中国科学院大学, 北京 100049

为了深入认识库米什盆地硝酸盐矿床成矿离子的空间分布特征、表层沉积物中硝酸盐含量较高的原因, 本文以盆地硝酸盐矿床为研究对象, 开展研究区内各类补给水样和沉积物样可溶性盐类物质化学组成的定量分析研究, 结合野外地质踏勘工作, 探讨研究区硝酸盐矿床成矿离子的迁移规律, 初步建立盆地硝酸盐矿床沉积成矿作用模型。结果表明:  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $NO_3^-$ 等成矿离子自北西部和南东部双向朝盆地中部迁移富集。这些成矿离子的含量在盆地北东部冲洪积扇区沿着基岩区—扇根—扇中—扇缘的方向逐渐增高, 在扇缘的表层沉积物内含量较高。在垂向剖面上,  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $NO_3^-$ 等成矿离子主要富集于 0~60cm 的深度范围内, 受毛细作用的影响, 具有自深部向表层沉积物内迁移富集规律。

### 参考文献

**关键词** 库米什盆地; 硝酸盐矿床; 成矿离子; 沉积成矿作用模型; 毛细作用



# 能源与矿产沉积学 铀资源富集与成矿



摘要 ID: 2588

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 口头报告

## 滇西梁河盆地砂岩型铀矿成矿特征与成因研究

张成勇<sup>1</sup>、莫帮洪<sup>2</sup>、刘旭<sup>3</sup>

1. 东华理工大学

2. 核工业二八〇研究所, 四川广汉, 618300

3. 东华理工大学核资源与环境国家重点实验室, 江西南昌, 330013

砂岩型铀矿已成为世界和我国最主要的工业铀矿床类型。目前, 我国已经在北方大型盆地建立了稳定的铀资源勘查与生产基地(张金带等, 2016), 但对南方中小型盆地中砂岩型铀矿的找矿勘查一直没有取得突破。南方产铀盆地中的砂岩型铀矿具有赋矿地层时代新、成矿时间短、岩浆与地热活动频繁、矿石品位高等特点(蔡煜琦等, 2015; 张亮等, 2021)。滇西地块新生代盆地是我国西南地区重要的砂岩型铀成矿带, 腾冲-梁河盆地铀矿化信息丰富, 但受火山、地热流体作用影响, 该地区后生蚀变分带规律不明, 铀矿化成因类型与分布规律模糊, 制约下一步找矿工作的开展。

腾冲-梁河盆地是近年来滇西地区砂岩型铀矿勘查效果较好的盆地, 含矿目的层南林组整体以一套砾岩为主, 具有半干旱背景下冲积扇沉积的特征, 垂向上具有明显的多期扇中砾质河道叠加的特点, 砾石成分以花岗岩岩屑为主, 显示铀源非常丰富。南林组砂砾中表生氧化流体和深部流体活动的痕迹都很显著, 两种流体相互作用下, 蚀变类型多样且复杂, 现今深部热水及其逸散气体的持续改造。铀矿化带内普遍发育高岭石化、伊利石化等, 部分存在硅化, 水云母化、黄铁矿化、绿泥石化等。野外露头调查、随钻编录和微观分析显示, 腾冲-梁河地区蚀变类型及存在垂向上和侧向上蚀变分带现象。在近热海地区施工的钻孔中可见到明显的热液蚀变, 并形成了热液蚀变成因的铀矿物, 如沥青铀矿-立方体黄铁矿、沥青铀矿-毒砂共生等, 该类型铀矿石品位较高, 以热液蚀变为主, 叠加部分的地表氧化作用。而在远离热海的地区则主要以莓球状黄铁矿和有机质还原形成的沥青铀矿为主, 成矿以表生氧化流体垂向和部分侧向渗入作用为主。

盆地边缘的近源富铀岩体为铀成矿提供了充足的物源和铀源。火山和地热的持续活动, 加剧了铀的迁移活化速度, 地热释放出的酸性气体或热水, 在该地区大面积分布, 造成了岩石的普遍水解, 促进了含铀矿物中铀的析出释放, 为广泛存在的铀增高和异常提供基础。氧化带是铀富集成工业铀矿化的关键条件, 持续的氧化流体垂向和部分侧向渗入造成铀富集强度的增高。下一步, 建议加强垂向氧化带发育规律与控制因素的精细化研究, 勘查工程需向盆地中心探索。

**参考文献** 张金带. 我国砂岩型铀矿成矿理论的创新和发展[J]. 铀矿地质, 2016, 32(06): 321-332. 蔡煜琦, 张金带, 李子颖, 郭庆银, 宋继叶, 范洪海, 刘武生, 漆富成, 张明林. 中国铀矿资源特征及成矿规律概要[J]. 地质学报, 2015, 89(06): 1051-1069. 张亮, 孙泽轩, 莫帮洪, 张凯, 邓祖林. 滇西梁河盆地砂岩型铀矿化特征及控矿因素[J]. 世界核地质科学, 2021, 38(02): 207-217.

**关键词**



摘要 ID:1683

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 口头报告

## 砂岩型铀成矿过程中有机质对铀的圈闭作用——以双龙铀矿床为例

张帆\*、焦养泉、吴立群、荣辉  
中国地质大学(武汉)

随着砂岩型铀矿的勘探,发现砂岩型铀矿多与同盆共存的煤、石油、天然气等多种能源矿产相伴生(刘池阳等,2013),分析认为砂岩型铀矿的形成在不同程度上与油气、微生物和煤等有机质的地球化学行为有关(Min et al., 2001; 薛春纪等, 2010),逐渐引起国内外铀矿地质学家和地球化学家的高度重视(李子颖等, 2009; 刘汉彬等, 2012; Cumberland et al., 2018; )。在鄂尔多斯盆地南部双龙铀矿床,碳质碎屑广泛分布在砂岩中,与铀矿化体密切共生,为研究铀富集与有机质的关系提供了有利条件。通过碳质碎屑开展显微组分、工业分析、成熟度和铀矿物形态分析,研究结果表明,碳质碎屑显微组分主要由结构镜质体、均质镜质体、碎屑镜质体、半丝质体和碎屑惰质体构成,其中均质镜质体占主导(含量大于60%)。碳质碎屑处于中等煤化阶段,具有低水分、高灰分、高挥发分、中等固定碳、高硫等特征。铀以铀矿物(沥青铀矿和铀石)和无定形态的形式存在,铀矿物部分或完全取代显微组分。统计分析发现,多孔的惰质组和较高的有机质成熟度更有利于铀富集。而且,铀在显微组分中沿一定方向分布不均匀,这与显微组分的物理化学性质有关。多孔的惰质组可为含铀流体的运移提供通道,为铀的预富集提供空间。另外,铀(IV)的相对原子含量随着有机质成熟度的增加而增加,表明处于气煤阶段的碳质碎屑具有还原性,有利于铀矿物的形成。因此,含铀流体在一定的物理和化学条件下会渗透到显微组分中,并发生反应,即先吸附后还原。这有助于理解铀成矿机理,为找矿提供一定的科学指导。

**参考文献** Cumberland, S. A., Etschmann, B., Brugger, J., et al., 2018. Characterization of uranium redox state in organic-rich Eocene sediments. *Chemosphere*, 194: 602-613 (CrossRef). Min, M. Z., Luo, X. Z., Mao, S. L., et al., 2001. An excellent fossil wood cell texture with primary uranium minerals at a sandstone-hosted roll-type uranium deposit, NW China. *Ore Geology Reviews*, 17: 233-239. 李子颖, 方锡珩, 陈安平, 2009. 鄂尔多斯盆地东北部砂岩型铀矿叠合成矿模式. *铀矿地质*, 25(2): 65-70, 84. 刘池洋, 毛光周, 邱欣卫等, 2013. 有机-无机能源矿产相互作用及其共存成藏(矿). *自然杂志*, 35(1): 47-55. 刘汉彬, 李子颖, 秦明宽等, 2012. 鄂尔多斯盆地北部砂岩型铀矿地球化学研究进展. *地学前缘*, 19(3): 139-146. 薛春纪, 池国祥, 薛伟等, 2011. 鄂尔多斯盆地生烃过程与流体流动及铀矿化关系. *地学前缘(中国地质大学(北京); 北京大学)*, 18(5): 19-28.

**关键词** 有机质, 铀矿化, 双龙铀矿, 鄂尔多斯盆地



摘要 ID: 2052

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 口头报告

## 伊犁盆地南缘侏罗系沉积环境及沉积微相对铀成矿的控制作用

邱余波\*、李盛富  
核工业二一六大队

伊犁盆地自上世纪 90 年代开展砂岩型铀矿勘查以来, 相继发现了库捷尔太、蒙古古尔、洪海沟等大型、特大型铀矿床, 取得了巨大的找矿成果, 伊犁盆地已成为我国重要的可地浸砂岩型铀矿矿产基地(张占峰等, 2013; 邱余波等, 2015; 张虎军等, 2019)。沉积相研究是砂岩型铀矿十分重要的工作内容, 随着勘查工作的深入推进, 找矿工作越来越精细化, 沉积微相研究对找矿指导显得日益重要(焦养泉等, 2005; 聂逢君等, 2009)。

本文以不同勘查阶段所收集的钻孔资料为依据, 对伊犁盆地南缘不同含矿层位的沉积环境和沉积微相进行了全面的分析和研究。在此基础上, 根据研究区各含矿层位层间氧化带发育特征, 结合铀矿发育的其它成矿地质条件, 系统地研究和分析沉积环境和沉积微相与铀成矿的关系, 总结铀矿体发育的规律, 以期对伊犁盆地下一步铀矿地质勘查提供客观、合理的理论依据。

研究表明沉积相对砂岩型铀矿的控制作用主要表现为沉积相的类型决定铀成矿的潜力和规模。在伊犁盆地南缘扇三角洲沉积最有利于铀成矿的发育, 其次是河流相沉积, 冲积扇相的铀成矿潜力相对较差, 但是在局部地段仍有一定的成矿能力, 而湖泊相由于砂体发育差, 不具备形成层间氧化带的条件, 在研究区内几乎没有成矿潜力。

而沉积微相控制着铀矿体的形态和空间展布。沉积微相的突变部位通常是铀矿体发育的部位; 稳定的河道砂体中出现的泥质夹层以及稳定出现的泥质夹层在局部地段的缺失对铀成矿的影响均很大; 扇三角洲平原发育的铀矿体较扇三角洲前缘水下分流河道发育的铀矿体品位高, 规模大; 由沉积微相的变化所引起的砂体厚度、粒度的变化、以及砂体形态的变化, 是影响铀矿体形态和矿化品位的主要原因。

**参考文献** 张占峰, 刘俊平, 邱余波, 等, 2013. 伊犁盆地砂岩型铀矿勘查工作进展[J]. 地质论评, 2013, 59(z1): 841-842. 邱余波, 伊海生, 张占峰, 等, 2015. 伊犁盆地阔斯加尔地区西山窑组下段岩性岩相特征及与铀成矿的关系[J]. 沉积学报, 33(4): 687-696. 张虎军, 方敏, 邱余波, 等, 2019. 蒙古古尔铀矿床西山窑组下段岩性岩相特征[J]. 新疆地质, 37(01): 102-106. 焦养泉, 陈安平, 王敏芳, 等, 2005. 鄂尔多斯盆地东北部直罗组底部砂体成因分析——砂岩型铀矿床预测的空间定位基础[J]. 沉积学报, 23(3): 371-379. 聂逢君, 刘成东, 张守鹏, 等, 2009. 胜利油田东营凹陷流体—砂岩相互作用期次及其识别标记[J]. 沉积学报, 27(02): 191-201.

**关键词** 伊犁盆地; 砂岩型铀矿; 沉积环境; 沉积微相; 铀成矿



摘要 ID: 3277

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地西北缘砂岩型铀矿成矿地质条件及潜力研究

李昂\*

西安石油大学

鄂尔多斯盆地是我国大型煤炭、油气和铀矿多种能源矿产的产出盆地。鄂尔多斯盆地西北缘大致位于伊盟隆起, 该区西部与秦祁活动带相接, 北部与阴山活动带相邻, 在大地构造属性上处于中国东部稳定区与西部活动带之间的结合部位。21 世纪以来, 关于砂岩型铀矿的成矿理论研究和实地勘查取得了重大进展, 这对于推进鄂尔多斯盆地西北缘砂岩型铀矿找矿具有重要的现实意义。本文在调研大量国内外文献的基础上, 结合野外露头、岩心、测井、地震以及分析化验等资料, 重点研究鄂尔多斯盆地西北缘中生代沉积特征、中-新生代构造变形特征以及铀成矿地质特征, 进而厘定铀矿控制因素, 阐明铀成矿机理, 评价铀矿勘探潜力以及预测铀矿勘探有利区。本文认为油气逸散在铀沉淀富集过程中起到积极的促进作用, 轻烃和黄铁矿可以起到还原高价铀的作用, 稠油、沥青可以对铀矿物起到重要的吸附作用, 铀作为放射性元素是促使有机质向油气转化的动力之一, 油气与铀矿相互共生的关系, 为鄂尔多斯盆地西北缘“以铀找油”和“以油找铀”提供了线索; 在鄂尔多斯盆地的高头窑地区分布大片漂白砂岩, 砂岩漂白现象主要发育在延安组顶部, 其上覆地层多被剥蚀而裸露或仅有较薄的覆盖层, 总体特征是厚度不等, 自西向东厚度减薄, 漂白砂岩的形成主要是在鄂尔多斯盆地的后期改造过程中, 由于构造隆升使地层发生断裂从而使部分天然气逸散, 鄂尔多斯盆地西北缘气田中的上古生界天然气向北运移并逸散, 使红色砂岩在天然气的还原作用下将铁还原或以黄铁矿的形式沉淀, 从而形成了鄂尔多斯盆地西北缘的延安组砂岩漂白现象。

### 参考文献

**关键词** 鄂尔多斯盆地西北缘; 砂岩型铀矿; 沉积特征; 构造变形特征; 铀矿化特征



摘要 ID:2279

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地东北部神山沟露头直罗组下段铀储层砂岩中碳酸盐胶结物多样性研究

郑宇航\*、焦养泉、吴立群、荣辉、张帆  
中国地质大学(武汉)

鄂尔多斯盆地东北部神山沟露头直罗组砂岩中碳酸盐胶结物发育,以钙质结核或大块的钙质胶结砂岩形式产出,影响着砂岩的孔渗性,这也使得砂岩中丰富的后生蚀变现象得以保存,同时,胶结物在剖面上形成了弱渗透性的钙质阻挡层(焦养泉等,2012,2018)。由于形成环境的相似性,砂岩型铀矿床中发育的碳酸盐胶结物可以当作是成矿流体的示踪剂(Denny, A. C et al., 2017)。碳酸盐胶结物普遍存在多期次的特征(孙致学等,2010;姚泾利等,2011),通过研究碳酸盐胶结物的赋存状态及生成序列对将来铀矿开采具有指导意义。本文以鄂尔多斯盆地东北部神山沟地区直罗组下段钙质胶结砂岩为研究对象,结合野外露头、手标本、薄片观察、扫描电镜能谱分析、激光微区原位主微量分析等手段探讨了碳酸盐胶结物的形成发育特征。研究表明在铀成矿时期前后均有钙质胶结的生成,成矿前的灰色钙质结核零星分布于河道砂体之中;成矿期的钙质胶结砂岩大规模地发育于古层间氧化带前锋线外围的灰色砂岩一侧,且夹杂着大量的还原介质;成矿后期的红色钙质砂岩产出有限仅产于古层间氧化带内。通过薄片、EDS、LA-ICP-MS等手段分析表明,神山沟地区碳酸盐胶结物成分以方解石为主,且存在四种不同形态和组构的方解石。分别为两期栉壳状方解石、泥晶方解石和亮晶方解石。栉壳状方解石主要出现在成矿期之前的灰色钙质胶结砂岩之中;泥晶方解石和亮晶方解石在成矿前后均可见,但泥晶方解石含量普遍较少;其中,主微量元素信息表明,古层间氧化带附近的砂岩中的亮晶方解石与铀成矿关系密切。

**参考文献** 焦养泉,吴立群,荣辉,等,2012.铀储层结构与成矿流场研究:揭示东胜砂岩型铀矿床成矿机理的一把钥匙[J].地质科技情报,31(05):94-104.焦养泉,吴立群,荣辉,等,2018.铀储层地质建模:揭示成矿机理和应对“剩余铀”的地质基础[J].地球科学,43(10):3568-3583.孙致学,孙治雷,鲁洪江,等,2010.砂岩储集层中碳酸盐胶结物特征——以鄂尔多斯盆地中南部延长组为例.石油勘探与开发,37(5):543-551.姚泾利,王琪,张瑞,等,2011.鄂尔多斯盆地中部延长组砂岩中碳酸盐胶结物成因与分布规律研究[J].天然气地球科学,22(6):943-950. Denny, A. C., Kozdon, R., Kitajima, K., et al., 2017. Isotopically Zoned Carbonate Cements in Early Paleozoic Sandstones of the Illinois Basin:  $\delta^{18}O$  and  $\delta^{13}C$  Records of Burial and Fluid Flow. *Sedimentary Geology*, 361:93-110.

**关键词** 碳酸盐胶结作用;铀储层砂岩;直罗组;鄂尔多斯盆地



摘要 ID:1388

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 口头报告

## 汤原断陷砂岩型铀矿成矿条件分析及找矿方向探讨

冀华丽\*

核工业北京地质研究院

Beijing Research Institute of Uranium Geology, CNNC Key Laboratory of Uranium Resources Exploration and Evaluation Techniques

汤原断陷砂岩型铀矿成矿条件分析及找矿方向探讨

冀华丽<sup>1</sup>, 何中波<sup>1,2</sup>, 秦明宽<sup>1</sup>, 卫三元<sup>1</sup>, 林效宾<sup>1</sup>, 曹建辉<sup>1</sup>

1. 核工业北京地质研究院, 北京 100029

2. 东华理工大学 地球科学学院, 南昌 330013

关键词: 汤原断陷; 砂岩型铀矿; 找矿方向; 宝泉岭组

汤原断陷是我国东北部典型的陆相断陷盆地, 发育厚层中生代盖层。近年来, 随着北方盆地砂岩型铀矿找矿工作的不断深入, 在研究区古近系宝泉岭组 (E2-3b) 发现了较好的砂岩型铀矿找矿线索。但由于研究区断裂发育、砂岩型铀矿成矿环境研究程度低, 加上资料缺乏及勘探技术的限制, 导致研究区砂岩型铀矿找矿方向不明。本文以砂岩型铀矿成矿理论为指导, 从铀源、建造、构造、改造及铀偏高特征等方面入手, 对研究区成矿条件进行了综合研究, 并提出了该盆地砂岩型铀矿的主要找矿目标层位及找矿方向, 对研究区砂岩型铀矿找矿工作具有重要的指导意义。1. 区域地质背景

汤原断陷位于依-舒地堑最北端, 呈北东—南西向展布。西北紧邻小兴安岭东坡 (张广才岭), 东南为佳木斯隆起 (杨海波等, 2006; 吴河勇等, 2007; 张永丰, 2016)。盆地边界主要由北东向大体平行延伸的两条深大断裂控制, 面积约 3320km<sup>2</sup>, 是典型的由断裂控制的中新生代陆相断陷盆地, 具有东西分带、南北分块的盆地格架 (罗群等, 1999; 罗群, 2002; 马金龙等, 2006)。古近系是研究区油气资源勘探的主要层位, 沉积厚度达 3000m 以上, 自下而上依次可分为古近系古新统乌云组, 始新统新安村组、达连河组, 渐新统宝泉岭组, 新近系为中新统富锦组以及上新统道台桥组 (陈守田等, 2002; 何玉平等, 2006; 侯献华, 2008)。宝泉岭组作为本次研究主要目的层, 为一套陆相碎屑沉积, 分布广泛。2. 成矿地质条件

### 2.1 铀源条件

蚀源区是砂岩型铀矿成矿物质——铀元素的重要来源之一。蚀源区元古代混合花岗岩、古生界麻山群变质岩及酸性火山岩体, 部分岩体 U 含量可达  $61.7 \times 10^{-6}$ , 显示出较高的铀含量显示出蚀源区较好的铀源条件。

沉积建造原生铀元素也是砂岩型铀矿成矿的重要铀源之一。汤原断陷中宝泉岭组砂体中铀含量相对较低, 钍含量较高, 总体而言灰白色—浅黄色—灰绿色—深灰色依次增高, 泥岩中铀含量较高, 最高达  $32.9 \times 10^{-6}$ 。

### 2.2 构造条件

汤原断陷的西部发育有构造斜坡带, 该斜坡带上主要发育古近系宝泉岭组, 自西南向东北长约 130km, 基底埋深小于 1000 米宽度 (4~8) km, 具有良好的地下水补-径-排体系, 有利于宝泉岭组沉积后来自于蚀源区的含铀含氧水渗入地层成矿。

### 2.3 岩性-岩相条件

古近系宝泉岭组沉积时期, 研究区具有“窄相带、岩性多变”的沉积特征。沉降沉积中心集中在东部凹陷带, 主要物源区为东北部物源区、西部物源区和东部物源区。其中, 东北部物源区为盆地主要物源区, 物质供给充足, 主要发育粗粒厚层状的扇三角洲平原亚相分流河道微相; 西侧缓坡带物源来自小兴安岭—张广才岭山区, 发育斜向展布较广的扇三角洲沉积体系, 向盆内过渡为宽阔的滨浅湖体系; 东部物源来自佳木斯隆起, 此时控盆断裂控制能力虽有所降低, 但仍然活动, 受重力流影响较大, 发育湖底扇沉积体系。宝泉岭组有利的成矿砂体类型主要有两类: 扇三角





洲平原亚相中发育的分流河道砂体和扇三角洲前缘亚相中发育的水下分流河道砂体,具有良好的“泥—砂—泥”结构,砂体疏松,富含有机质及炭屑,是砂岩型铀矿有利的找矿目标层。

#### 2.4 古沉积环境

利用研究区泥岩的微量元素的地球化学特征数据,探讨了整个汤原断陷古近系宝泉岭组沉积时期的湖盆古气候、古盐度、氧化还原条件等沉积环境的特征。总体来说,汤原断陷古近系宝泉岭沉积时期沉积环境主要为偏干热气候的陆相淡水还原环境,有利于有机质的沉淀,为后期铀成矿提供了丰富的还原容量。

#### 2.5 氧化带发育特征

汤原断陷山前部位据钻孔揭露,在古近系宝泉岭组中发现了厚层氧化砂体,该氧化带自西北向东南延伸约5~6km,氧化带发育受“泥—砂—泥”地层结构控制;氧化带前锋线与盆缘大致平行,主要发育于扇三角洲平原亚相中,走向上已控制的长度约12km,目前钻孔还未揭露到氧化还原过渡带,未发现铀异常。

#### 2.6 铀偏高及物探异常

通过钻探工作,在汤原断陷西北缘发现了铀异常孔,该孔位于汤原断陷西部斜坡带,异常发育于古近系宝泉岭组底部黑色炭质泥岩中,整个异常段为灰色粗碎屑岩和泥岩互层,灰色粗碎屑岩层的岩性主要由灰色含砾砂岩和粗砂岩组成,胶结疏松,分选中等,以次棱角-次圆状居多,杂基支撑,胶结物为粉砂、细砂和粗砂级颗粒物,砂岩多长石岩屑砂岩和岩屑砂岩,其中长石粘土化强烈,反映有一定地表水的渗入。测井曲线呈高幅箱型,反映物源供给丰富,水流能量较强的结果,为扇三角洲前缘亚相水下分流河道微相。

3. 找矿方向探讨  
总体而言,汤原断陷具有较好的铀成矿条件,但重点工作地区为汤原断陷西北缘,主要有以下几点依据:

(1) 来自于小兴安岭富铀岩体的含铀含氧水为西北缘提供了丰富的铀源;

(2) 西北缘发育宽度(4~8) km,走向延伸100多km的构造斜坡带,具备良好的具有良好的地下水补-径-排体系,有利于地下水的渗入。

(3) 宝泉岭组在西北缘发育水上分流河道砂体和水下分流河道砂体,具有良好的“泥—砂—泥”结构,砂体疏松,富含有机质及炭屑。

(4) 西北缘的钻探工作中揭露到泥岩中的铀异常,显示研究区发生过铀富集,具有铀成矿作用的发生。

4. 结论  
1) 汤原断陷西北缘蚀源区主要为富铀花岗岩、酸性火山岩及变质岩,能够为盆地内铀矿化发育提供充足的铀源。

2) 汤原断陷西北缘发育构造斜坡带,具有良好的地下水补-径-排体系,有利于含铀含氧水的渗入。

3) 汤原断陷古近系宝泉岭沉积时期沉积环境主要为偏干热气候的陆相淡水还原环境,有利于有机质的沉淀,为后期铀成矿提供了丰富的还原容量。

4) 宝泉岭组发育扇三角洲平原亚相中发育的分流河道砂体和扇三角洲前缘亚相中发育的水下分流河道砂体,具有良好的“泥—砂—泥”结构,砂体疏松,富含有机质及炭屑,且在西北缘砂体中发现了具有一定规模的氧化砂体,是砂岩型铀矿有利的找矿目标层。

5) 汤原断陷西北缘构造斜坡带是研究区最有利的找矿地区,尤其是小兴安岭东坡山前部位为重点地段,主要的目标砂体类型为扇三角洲平原亚相中发育的分流河道砂体和扇三角洲前缘亚相中发育的水下分流河道砂体。

**参考文献** 杨海波,刘晋威.等.汤原断陷断裂构造特征及油气成藏特点.2006.世界地质,25(3).  
吴河勇,杨建国,王世辉,王洪伟,林东成,等.黑龙江东部汤原断陷古近系沉积相类型及其演化规律[J].地质通报,2007,26(5):537-545.  
张永丰.汤原断陷新生代构造演化与油气分布.大庆石油地质与开发,2016,35(6):21-26.  
罗群,白新华.汤原断陷断裂构造特征及其对油气成藏的控制作用[J].长春科技大学学报,1999,29(3):247-251.  
罗群.断裂控烃理论与油气勘探实践[J].地球科学—中国地质大学学报,2002,27(6):751-756.  
马金龙,张宝权,等.汤原断陷构造沉积特征与油气成藏分布规律[J].石油实验地质,2006,28(3):220-224.  
陈守田,张克民.等.依舒地塹下第三系层序地层分析.2002.石油与天然气地质,23(2):150-153.  
何玉平,刘招君,董清水.等.依舒地塹汤原断陷古近系湖底扇沉积与层序特征.2006,世界地质,1,(25):24-25.  
侯献华.黑龙江东部汤原断陷石油地质特征与远景分析.2008.中国地质科学院.



**关键词** 汤原断陷；砂岩型铀矿；找矿方向；宝泉岭组



摘要 ID:1190

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 口头报告

## 柴达木盆地中新世代砂岩型铀矿物源分析

邱隆伟\*、董道涛  
中国石油大学(华东)

加强砂岩型铀矿勘探开发的研究工作,对促进中国能源体系低碳化,及实现碳中和目标的意义十分重大。基于文献调研、区域地质调查、测井和地震数据,对柴达木盆地中生界砂岩型铀矿开展研究。认为:(1)岩石中铀变化系数( $\Delta U$ )随原始铀含量( $U_0$ )升高呈跃迁式降低至极小值。岩类是控制岩石 $U_0$ 的主因子,其次是形成时间和位置。(2)基于 $U_0$ ,结合 $\Delta U$ 和可迁出铀含量( $U_p$ )评价柴达木盆地物源区供铀能力:酸性岩浆岩和花岗片麻岩>片麻岩和中性岩浆岩>其它岩浆岩和变质岩。中阿尔金、南阿尔金和黑山>东昆仑东段、东昆仑西段、祁漫塔格、南昆仑、北阿尔金和南祁连>柴北缘、北祁连和中祁连。(3)已发现的铀汇中,尕斯库勒新近系-第四系铀汇/铀矿规模最大,其主铀源为中阿尔金和南阿尔金,副铀源为东昆仑西段和祁漫塔格。冷湖侏罗系和台吉乃尔第四系铀汇次之,冷湖铀源可能是祁连,东昆仑或中阿尔金,台吉乃尔铀源为东昆仑西段。大规模铀汇的形成和分布,必然存在时空上与之对应且供铀能力极强的铀源。铀源是形成铀汇的最重要的先决条件,其它地质要素控制铀汇的具体形成过程和时空展布。(4)推测在盆地内尕斯库勒湖以西以南,干森西北,盆地外的索尔库里盆地、车尔臣下游及其分支河流系统,是目前尚未发现铀矿,但成矿潜力最大的地区。研究工作提出“从铀源到铀汇”这一找矿新思路及解决方案,对推动铀矿勘探具有重要意义。

### 参考文献

**关键词** 砂岩型铀矿; 源汇系统; 柴达木盆地; 清洁能源





守涛, 等. 2012. 准噶尔盆地南缘中-新生界碎屑锆石的 U-Pb 年代学和沉积学记录及其反映的盆山构造演化[J]. 地质科学, 47(04): 1016-1040.

**关键词** 碎屑锆石 U-Pb 年代学; Hf 同位素; 初始铀源; 砂岩型铀矿; 准噶尔盆地



摘要 ID:1391

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 口头报告

## 准噶尔盆地北部杜热地区晚白垩世至新近纪古沉积环境演化

何中波\*

核工业北京地质研究院

准噶尔盆地乌伦古拗陷晚白垩世至新近纪古沉积环境演化

何中波 1, 2, 冀华丽 2, 胡宝群 1, 孙萧 3, 杨喆 2, 鲁克改 3

1. 东华理工大学 地球科学学院, 南昌 330013

2. 核工业北京地质研究院 中核集团铀资源勘查与评价技术重点实验室, 北京 100029

3. 核工业 216 大队, 新疆 乌鲁木齐 100083

关键词: 晚白垩世; 新近纪; 古沉积环境演化; 微量元素地球化学特征; 乌伦古拗陷

古沉积环境演化特征研究对砂岩型铀矿找矿目标层的确定、找矿方向的探讨具有重要的意义。乌伦古拗陷位于准噶尔盆地北部, 早在上世纪九十年代, 乌伦古拗陷西北端的顶山地区发现了砂岩型铀矿化, 长期以来目标层古沉积环境演化特征研究较为薄弱, 导致有利找矿目标层位归属及分布特征不明, 困扰着该地区砂岩型铀矿下一步找矿方向的确定。本文利用乌伦古拗陷多口钻井中的泥岩样品的微量元素数据, 选用对沉积介质环境反映比较敏感的 Li (锂)、Ga (镓)、锶

(Sr)、钡 (Ba)、铜 (Cu)、铀 (U)、钒 (V)、镍 (Ni) 等微量元素指标, 分析研究区上白垩统至新近系各层组微量元素含量及其比值与沉积介质环境之间的关系, 进而探讨乌伦古拗陷晚白垩世至新近纪各沉积时期的古沉积环境, 探讨古沉积环境演化特征, 对研究区砂岩型铀矿找矿方向的确定具有现实指导意义。1. 区域地质背景

乌伦古拗陷是准噶尔盆地北部大型的一级构造单元, 形态呈 NWW 向菱形展布, 北以吐孜托依拉断裂带为界, 南以三个泉凸起为界, 西与石英滩凸起相邻, 东抵克拉美丽山前一侧收缩变窄, 面积约 1.6×104km<sup>2</sup>, 占盆地面积的 13%。拗陷内发育厚层中新世代盖层, 其中白垩纪至今, 主要发育下白垩统吐鲁群、上白垩统红砾山组、古近系乌伦古河组、新近系索索泉组及第四系, 各系之间发育区域性不整合。2. 样品与测试

采集了研究区钻孔 ZKN3006 中 40 件样品, 重点选取了具有代表性的 21 件泥岩样品进行测试和分析, 岩性主要为泥岩, 自下而上分别属于上白垩统红砾山组 (8 件)、古近系乌伦古河组 (10 件) 及新近系索索泉组 (3 件), 覆盖了晚白垩世至新近纪该地区发育的所有盖层。所有样品的微量元素地球化学测试均在核工业北京地质研究院分析测试中心实验室用 NexION300Dd 等离子体质谱仪 (ICP-MS) 完成, 全岩分析采用 GB/T14506.30-2010 硅酸盐岩石化学分析方法测定主量元素和微量元素含量, 仪器精密度优于 5%, 具有较高的精确度。3. 古沉积环境演化 3.1 古盐度的演化 Li、Sr、Ni、Ga 等微量元素的含量对水体盐度的变化有很好的指示作用。研究表明: 咸水环境中, Li 元素含量大于 150 μg/g、Sr 元素含量为 (800~1000) μg/g、Ni 元素含量大于 40 μg/g、Ga 元素含量小于 8 μg/g; 淡水环境中, Li 元素含量小于 90 μg/g、Sr 元素含量为 (100~500) μg/g、Ni 元素含量为 (20~25) μg/g、Ga 元素含量大于 17 μg/g (田景春等, 2016)。据研究区三套地层 21 件样品分析结果显示: Li 元素含量平均值分别为 30 μg/g、31.3 μg/g、39 μg/g; Sr 元素含量平均值分别为 193.1 μg/g、216.2 μg/g、188.3 μg/g; Ni 元素含量平均值分别为 31.1 μg/g、39.5 μg/g、41.3 μg/g; Ga 元素含量平均值分别为 16.7 μg/g、17.7 μg/g、20.6 μg/g; 均显示为淡水-微咸水环境。

Sr/Ba 比值也常用来作为区分淡水和咸水沉积的标志 (李进龙等, 2003; 王鹏等, 2013)。一般认为, 淡水沉积物中 Sr/Ba 值小于 1 (1.0~0.6 为半咸水相, 小于 0.6 为微咸水相), 而盐湖 (海相) 沉积物中 Sr/Ba 值大于 1 (陶树等, 2009)。据研究区三套地层 21 件样品分析结果显示上白垩统红砾山组 Sr/Ba 平均值 0.56; 古近系乌伦古河组 Sr/Ba 平均值 0.68; 古近系乌伦古河组 Sr/Ba 平均值 0.49, 比值均小于 1, 显示自该地区自晚白垩世至新近纪均为淡水-微咸水沉积。综上所述, 该地区自晚白垩世至新近纪均为淡水-微咸水沉积, 古近纪的水体盐度高于晚白垩世及新近纪。3.2 古气候的演化



一般认为, 喜湿型元素主要有 Cr、Ni、Mn、Cu、Fe、Ba、Br、Co、Cs、Hf、Rb、Sc、Th 等, 而喜干型元素主要为 Sr、Pb、Au、As、Ca、Na、Ta、U、Zn、Mg、Mo、B 等。本文选取了喜干型元素 Sr 和喜湿型元素 Cu 的比值作为对古气候的变化研究的参数。通常 Sr/Cu 比值介于 1~5 之间指示温湿气候, 而大于 5 指示干热气候(陈会军, 2009)。据研究区三套地层 21 件样品分析结果显示上白垩统红砾山组 Sr/Cu 平均值 6.75; 古近系乌伦古河组 Sr/Cu 平均值 6.22; 新近系索泉组 Sr/Cu 平均值 3.98, 说明该地区自晚白垩世至新近纪以来古气候主要以干热为主, 新近系古气候环境有所改变。

### 3.3 古氧化-还原环境的演化

一般认为, V/(V+Ni) 比值可以用来反映沉积水体的氧化还原环境 (Jones B. et al, 1994; 王宝萍等, 2017; 芦云飞等, 2020)。研究区内 21 件样品的 V/(V+Ni) 比值在 0.66~0.85 之间起伏波动, 平均值分别为 0.78、0.75 及 0.76, 这说明研究区晚白垩世至新近纪以来沉积水体为中等的厌氧还原环境。

研究区 V / Cr 也可作为指示氧化还原环境的指标 (余平辉等, 2020), 研究区 V / Cr 普遍小于 2, 表明富氧环境。Cu/Zn 值在 0.34~0.69 之间, 大部分比值大于 0.50, 平均值分别为 0.44、0.57 及 0.51, 显示较强的氧化环境; U/Th 值介于 0.16~0.69, 比值普遍小于 0.75, 平均值分别为 0.40、0.31 及 0.42, 显示较强的氧化环境; &U 值介于 1.57~7.83, 比值大于 1, 平均值分别为 3.75、2.8 及 4.73, 显示较强的氧化环境。

### 4. 结论

研究区自晚白垩世至新近纪均为淡水-微咸水沉积, 古近纪的水体盐度高于晚白垩世及新近纪; 自晚白垩世至新近纪以来古气候主要以干热为主, 新近系古气候环境有所改变; 晚白垩世至新近纪表现为较强的氧化环境。

**参考文献** 参考文献田景春, 张翔. 2016. 沉积地球化学. 北京: 地质出版社: 63~64. 李进龙, 陈东敬. 2003. 古盐度定量研究方法综述. 油气地质与采收率, 10(5): 1~3. 王鹏, 严小龛, 谭开俊. 2013. 沉积地球化学在准东石炭系沉积环境分析中的应用. 延安大学学报(自然科学版), 32(2): 70-73. 陶树, 汤达祯, 周传祎. &nbsp;2009. 川东南—黔中及其周边地区下组合烃源岩元素地球化学特征及沉积环境意义. 中国地质, 36(2): 397-403. Jones B, Manning D A C. 1994. Comparison of geological indices used for the interpretation of palaeoredox conditions in ancient mudstones. *Chemical Geology*, 111: 111-129. 王宝萍, 李艳承, 董小刚. 2017. 鄂尔多斯盆地伊陕斜坡西部山西组古沉积环境及烃源岩评价. 非常规油气, 4(1): 14-22, 29. 芦云飞, 孟万斌, 冯明石, 张春光, 王峻, 王潇, 张叶. 2020. 峨眉山中三叠统绿豆岩特征及其沉积环境指示. 矿物岩石地球化学通报, 39(3): 626-636. 余平辉, 马锦龙, 廖建波, 李志勇, 邱俊. 柴达木盆地昆北地区路乐河组/下干柴沟组泥岩地层地球化学特征及古环境意义[J]. 干旱区地理, 2020, 43(03): 679-686. 陈会军, 刘招君, 柳蓉, 郭巍, 肖国平, 吴彦斌, 付占荣, 史冀忠, 胡晓峰, 孟庆涛. 银额盆地白垩统巴音戈壁组油页岩特征及古环境[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2009, 39(4): 669-675.

**关键词** 晚白垩世; 新近纪; 古沉积环境演化; 微量元素地球化学特征; 乌伦古坳陷



摘要 ID:1680

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 展板

## 鄂尔多斯盆地东胜铀矿田铁质矿物转化对矿床成因的指示

乐亮\*、焦养泉、吴立群、荣辉  
中国地质大学(武汉)资源学院

砂岩型铀矿床中铁质矿物组合及其分布模式直接反映了砂体的氧化还原环境(Reynolds and Goldhaber, 1978; Bonnetti et al., 2015; 荣辉等, 2016), 而氧化还原环境的变化对于铀的活化、迁移和富集规律起着决定性作用。赋存于鄂尔多斯盆地东北部中侏罗统直罗组下段河流及其三角洲砂体中的东胜铀矿田, 经历了多期次流体事件, 对氧化还原条件具有重要影响。本研究利用钻孔岩心与野外露头观察、全岩铀钍、环境敏感参数、光学显微镜、电子显微镜、能谱仪、电子探针和二次离子质谱仪等分析测试, 揭示了直罗组铀储层砂体中铁质矿物的转化规律, 并探讨矿床成因。结果表明, 主要铁质矿物包括黑云母、铁钛氧化物、黄铁矿、赤铁矿、褐铁矿(针铁矿)和绿泥石, 它们在不同的氧化还原环境形成或发生蚀变, 相对含量的差异导致砂体呈现截然不同的颜色。红色砂岩中赤铁矿含量最高,  $Fe^{3+}/Fe^{2+}>1$  且  $Stotal/S2$ -比值最大, 表明为强氧化环境。绿色砂岩富含绿泥石, 是由烃类流体对红色砂岩的叠加改造而成。灰色砂岩(含矿或不含矿)内主要赋存黄铁矿、铁钛氧化物和碳质碎屑, 均是还原环境的指示剂。黄色砂岩主要见于露头区, 以褐铁矿为主, 指示了弱氧化环境。灰色不含矿砂岩中与铁钛氧化物、粘土矿物和有机碳密切共生的丰富的预富集铀含量(平均值为 12.05ppm), 可能是成矿阶段铀的重要来源之一。成矿阶段黄铁矿的共生关系和硫同位素组成显示, 细菌硫酸盐还原反应促使莓状黄铁矿( $\delta^{34}S = -31.2 \sim -3.8\%$ )的形成, 硫主要来自于成矿前黄铁矿的氧化作用(Granger and Warren 1969; Hough et al., 2019)。包裹莓状体的自形和胶状黄铁矿的  $\delta^{34}S$  值分布于  $-56.9 \sim -34.3\%$  内, 均低于莓状黄铁矿的值, 解释为奥斯特瓦尔德熟化过程形成。综上, 东胜铀矿田的矿物学和地球化学特征研究表明铀成矿作用涉及生物和非生物氧化还原过程。

**参考文献** 荣辉, 焦养泉, 吴立群, 等. 2016. 松辽盆地南部钱家店铀矿床后生蚀变作用及其对铀成矿的约束[J]. 地球科学, 41(1):153-166. Bonnetti, C., Cuney, M., Michels, R., et al., 2015. The multiple roles of sulfate-reducing bacteria and Fe-Ti oxides in the genesis of the Bayinwula roll front-type uranium deposit, Erlian Basin, NE China[J]. Economic Geology, 110: 1059-1081. Granger, H.C., Warren, C.G., 1969. Unstable sulfur compounds and the origin of roll-type uranium deposits[J]. Economic Geology, 64: 160-171. Hough, G., Swapp, S., Frost, C., et al., 2019. Sulfur isotopes in biogenically and abiogenically derived uranium roll-front deposits[J]. Economic Geology, 114: 353-373. Reynolds, R.L., Goldhaber, M.B., 1978. Origin of a south Texas roll-type uranium deposit: I. Alteration of iron-titanium oxide minerals[J]. Economic Geology, 73: 1677-1689.

**关键词** 黄铁矿; 铁质矿物; 蚀变作用; 砂岩型铀矿





摘要 ID:1111

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 展板

## 松辽盆地东北缘上白垩统含铀地层对比及其深部找矿意义

邢作昌\*

核工业北京地质研究院

松辽盆地东北缘上白垩统的含铀地层对比工作研究较为薄弱。本研究利用最新的铀矿勘查钻孔资料, 通过野外岩心观察结合室内综合分析, 总结出五种地层划分标志层, 并在单井-连井分析工作的基础上, 建立了松辽盆地东北缘含铀地层对比新方案。新方案明确了区内的强超覆背景, 解释了嫩江组下部地层后生改造较弱的原因, 指出区内找矿方向应调整为“力争寻找强超覆层之下的古矿”; 认为青山口组、泉头组可作为找矿新层位加以探索; 发现泉头组在古隆起附近存在明显的后生氧化蚀变分带, 认为泉头组可作为深部勘探的首要目标层优先探索。这些深部找矿线索的发现为盆地北部的深部找矿工作注入了信心。

### 参考文献

**关键词** 地层对比; 泉头组; 深部找矿; 砂岩型铀矿; 松辽盆地东北缘



摘要 ID:1874

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 展板

## 松辽盆地西南部铀矿区岩石裂隙充填物特征及其与铀成矿的关系

封志兵<sup>\*1,2</sup>、聂逢君<sup>1</sup>、夏菲<sup>1</sup>、张亮亮<sup>3</sup>、宁君<sup>3</sup>

1. 东华理工大学核资源与环境国家重点实验室
2. 东华理工大学江西省放射性地质学大数据技术工程实验室
3. 核工业二四三大队

松辽盆地西南部砂岩型铀矿热流体作用已得到广泛关注。目前,学者多是针对铀矿区含矿目的层及邻近层蚀变矿物、基性岩等开展研究来讨论热流体与铀成矿之间的关系(徐喆等,2011;荣辉等,2016;聂逢君等,2017;颜新林,2018;李建国等,2020)。笔者开展钻孔岩心编录注意到基性岩、花岗岩乃至泥岩多见构造裂隙且充填白色物质。这些裂隙充填物来自深部地层,可为研究深源热流体性质提供有利契机。

本研究选取了含矿目的层及邻近层位有裂隙充填物的基性岩、泥岩和盆地内部隆起的花岗岩,利用光学显微镜、微区X射线荧光光谱仪以及电子探针等手段来揭示裂隙充填物的矿物学、地球化学特征,进而初步探讨铀矿区岩石裂隙充填物与铀成矿的关系。基性岩的铀含量小于 $7 \times 10^{-6}$  wt.%,且裂隙充填物的铀含量低于基性岩,可知深部地层可能难以为区内铀成矿提供数量可观的铀。岩石裂隙中曾存在2期形成碳酸盐矿物的碱性流体,二者都具有较高的Sc、P和S元素含量。经对比分析,早期碱性流体的Zr和Sr元素含量较高,而晚期碱性流体的Mn元素含量较高。花岗岩裂隙先后充填黄铁矿、石英、白云母和高Mn的碳酸盐矿物;基性岩裂隙充填黄铁矿、2期碳酸盐矿物和钾长石;泥岩裂隙充填钠长石和2期碳酸盐矿物。由此可知,盆地内部花岗岩隆起的基底断裂先后是还原流体、酸性流体和晚期少量碱性流体的运输通道,基性岩裂隙为含矿目的层带来还原介质和2期碳酸盐矿物。这与有学者指出的铀矿区曾先后经历酸、碱2类流体作用(荣辉等,2016;李建国等,2020)和深源还原剂至矿(罗毅等,2007)的成果相对应。另外,笔者曾研究发现区内铀矿物P元素的含量较高,初步判定可能与碱性流体具有较高的P元素含量有关。

**参考文献** 李建国,张博,金若时,等. 钱家店铀矿床表生含氧含铀流体与深层酸性含烃流体的耦合成矿作用—来自岩心蚀变矿物填图的证据[J],大地构造与成矿,2020,44(04):576-589. 罗毅,马汉峰,夏毓亮,等. 松辽盆地钱家店铀矿床成矿作用特征及成矿模式[J],铀矿地质,2007,23(04):193-200. 聂逢君,严兆彬,夏菲,等. 内蒙古开鲁盆地砂岩型铀矿热流体作用[J],地质通报,2017,36(10):1850-1866. 荣辉,焦养泉,吴立群,等. 松辽盆地南部钱家店铀矿床后生蚀变作用及其对铀成矿的约束[J],地球科学,2016,41(01):153-166. 徐喆,吴仁贵,余达淦,等. 松辽盆地砂岩型铀矿床的热液作用特征—以宝龙山地段砂岩铀矿为例[J],东华理工大学学报(自然科学版),2011,34(03):201-208. 颜新林. 松辽盆地钱家店地区上白垩统辉绿岩特征及铀成矿作用[J],东北石油大学学报,2018,42(01):40-48+123-124.

**关键词** 砂岩型铀矿;深部流体;碳酸盐矿物;石英;松辽盆地西南部



摘要 ID:1933

主题分类: 能源与矿产沉积学=》铀资源富集与成矿

最终交流类型: 展板

## 干旱古气候背景下铀储层砂体中碳质碎屑的基本特征——以鄂尔多斯盆地北部环河组砂岩型铀矿为例

钟伟辉<sup>\*</sup>、焦养泉<sup>1</sup>、吴立群<sup>1</sup>、荣辉<sup>1</sup>、张帆<sup>1</sup>、王龙辉<sup>2</sup>

1. 中国地质大学(武汉)

2. 核工业 208 大队

碳质碎屑向来被人们认为是砂岩型铀矿中重要的还原介质之一 (Abzalov and Paulson, 2013; Min, et al., 2001)。在鄂尔多斯盆地, 人们一直将直罗组碳质碎屑作为重要的研究方向 (罗晶晶, 2017; 张帆, 2018)。直罗组碳质碎屑形成于同沉积的潮湿-半干旱古气候背景, 具有在铀储层砂体中含量较高且与下伏煤层关系密切, 有机显微组分以镜质组为主以及成熟度低等特点 (焦养泉等, 2015, 2018)。随着铀矿勘查深入, 2019 年在鄂尔多斯盆地北部环河组发现了特拉敦包铀矿产地。在干旱的古气候背景下, 环河组的碳质碎屑与潮湿-半干旱背景有明显区别, 但人们对其知之甚少。为加强对环河组碳质碎屑的了解以揭示铀成矿机理, 从发育丰度、宏观形态、有机质成熟度、有机显微组分特征、无机矿物成分等方面对环河组碳质碎屑的基本特征进行了研究。在环河组野外露头中未见到碳质碎屑发育, 而在钻孔中, 环河组的碳质碎屑发育也十分有限。宏观形态上, 环河组碳质碎屑多以条带状赋存于砂岩中, 是搬运特征明显的牵引流滞留沉积物, 少数为团块状和分散状。部分环河组碳质碎屑样品的镜质体反射率为 0.415-0.540%, 与直罗组碳质碎屑相差不大, 但有半数环河组碳质碎屑样品的镜质体发射率为 0.686-1.256%, 另有一样品高达 2.112%, 远高于直罗组碳质碎屑, 结合鄂尔多斯盆地的埋藏热史推测它们可能来源于被侵蚀搬运的石炭-二叠系煤层或碳质碎屑。通过偏光显微镜以及配有能谱仪的扫描电子显微镜观察发现, 碳质碎屑中丝质体和结构镜质体含量高, 植物细胞腔结构十分常见, 部分碳质碎屑的情质组含量远高于直罗组碳质碎屑, 而干旱环境下的氧化作用是情质组形成的重要成因。同时, 在环河组碳质碎屑的植物细胞腔和裂缝中观察到铀石、黄铁矿、铜蓝、铝土矿、重晶石、方解石等众多无机矿物与其密切共生, 其中铀石和黄铁矿的大量赋存证实了环河组碳质碎屑为铀成矿提供了还原环境和富集空间, 众多的无机矿物的赋存也为其远源搬运成因提供了证据。

**参考文献** Abzalov MZ, Paulson O, 2013. Sandstone hosted uranium deposits of the Great Divide Basin, Wyoming, USA [J]. Applied Earth Science, 121: 76-83. Min M-Z, Luo X-Z, Mao S-L, et al., 2001. An excellent fossil wood cell texture with primary uranium minerals at a sandstone-hosted roll-type uranium deposit, NW China [J]. Ore Geology Reviews, 17:233-9. 焦养泉, 吴立群, 彭云彪, 等, 2015. 中国北方古亚洲构造域中沉积型铀矿形成发育的沉积-构造背景综合分析 [J]. 地学前缘, 22:189-205. 焦养泉, 吴立群, 荣辉, 2018. 砂岩型铀矿的双重还原介质模型及其联合控矿机理: 兼论大营和钱家店铀矿床 [J]. 地球科学, 43:459-474. 罗晶晶, 2017. 鄂尔多斯盆地北部大营砂岩型铀矿煤屑有机质特征及其成矿意义 [D]. 西安: 西北大学. 张帆, 2018. 鄂尔多斯盆地砂岩型铀矿衰变生热对炭质碎屑成熟度的催化影响 [D]. 武汉: 中国地质大学.

**关键词** 碳质碎屑; 古气候; 鄂尔多斯盆地; 环河组; 砂岩型铀矿