

中国材料大会 2025

暨新材料科研仪器与设备展

7月5-8日, 2025

福建 厦门

D29-多孔材料制备及应用

主办单位

中国材料研究学会

会议网址: <https://cmc2025.scimeeting.cn>



D29. 多孔材料及应用

分会主席：

吴引江（西北有色金属研究院）、丁轶（天津理工大学）、王红洁（西安交通大学）、仲兆祥（南京工业大学）、冯培忠（中国矿业大学）、王建（西北有色金属研究院）、阮莹（西北工业大学）

报告

D29-01

拟交流类型：邀请报告

高温气冷堆放射性粉尘特性及实验研究进展

谢锋*，聂瑞，王戎

清华大学核能与新能源技术研究院，先进核能技术协同创新中心，先进反应堆工程与安全教育部重点实验室，北京 100084

高温气冷堆具有优异的固有安全性、较高的堆芯氦气出口温度以及不需要场外应急等优点，是国际上广受关注的第四代先进核能系统之一。我国具有自主知识产权的全球首座球床模块式高温气冷堆核电站 HTR-PM 于 2023 年 12 月投入商运，是我国在先进核能技术领域取得的关键进展。^[1]然而，由于堆芯球形燃料元件的流动以及与堆内结构材料、管道等的摩擦磨损，产生了大量石墨粉尘。这些石墨粉尘与放射性核素相结合，形成放射性粉尘，成为球床式高温气冷堆一回路重要源项之一。^[2]尤其在失压事故下，一回路放射性粉尘再悬浮是重要的源项。我们基于 10MW 高温气冷实验堆（HTR-10），建造了一回路放射性取样测量实验回路，采用烧结粉末过滤元件及烧结纤维过滤元件，实现对氦气中放射性粉尘的多级过滤，测量确定了 HTR-10 一回路氦气中放射性粉尘浓度大约为 $5.57(17) \mu\text{g}/\text{m}^3$ STP 和 $1.97(8) \mu\text{g}/\text{m}^3$ STP，确定了其上裂变产物类型（包括 I-124、I-131、Cs-137、Ba-140、La-140、Eu-152 和 Hf-181 和活化产物类型（Cr-51、Mn-54、Fe-59、Co-57、Co-58、Co-60 和 Se-75）。^[3-5]目前，我们正在开展放射性粉尘基本特征参数的研究，包括粉尘的粒径分布、组分、比表面积等，同时采用第一性原理方法阐释不同化学形态放射性核素与粉尘颗粒的吸附行为。^[6]我们也将上述测量技术和方法应用于 HTR-PM 以及更大规模的 60 万千瓦高温气冷堆 HTR-PM600，将形成对放射性粉尘源项的持续深入研究，提升我国高温气冷堆辐射安全研究的水平。

D29-02

拟交流类型：邀请报告

多孔分子筛增强微型扬声器的定量模型

钱立华*，陈劲

华中科技大学，湖北省武汉市，430074

多孔材料孔道结构丰富，能与声波发生相互作用，通常是良好的消声材料。吸附扩散效应可增强多孔材料与低频声波作用，但多孔结构与声学性能关联仍不明确。本工作关注介观结构对宏观声学性能的关系，基于水热法及原位刻蚀，优化 ZSM-5 分子筛中的介观几何特征，缩短扩散路径，促进气体扩散能力，提升其声学性能。在微型扬声器填充体系力顺线性增强理论基础上，进一步给出衡量工作频段内有效吸附位点的本征参数 $\alpha_{\text{pore}}^{\text{ref}}$ 。经优化， $\alpha_{\text{pore}}^{\text{ref}}$ 从 $8.82 \text{ mH}\cdot\text{m}^{-2}$ 提升至 $35.79 \text{ mH}\cdot\text{m}^{-2}$ 。本研究定量地将多孔分子筛的精细介观结构与声学行为联系，为扬声器增强材料评估提供了实用指导，并通过微观扩散-吸附过程，为在百赫兹响应声学增强材料的设计奠定了基础。

D29-03

拟交流类型：邀请报告

单向导湿纺织多孔材料的研究进展

张阁 1，郭文龙 1，侯力强 1，陆瑶 1，陈文豆 1

(1 西安菲尔特金属过滤材料股份有限公司, 陕西 西安 710201)

本文对单向导湿纺织多孔材料的导湿机理进行分类, 即毛细效应、横截面润湿梯度效应、植物蒸腾效应; 整理出实现纺织多孔材料单向导湿的四种技术手段, 即结构设计法、化学整理法、等离子体处理和光催化法。总结了单向导湿在纺织多孔材料中的三种应用类型: 油水分离、雾/水收集和功能/智能纺织材料。结合单向导湿纺织多孔材料的最新进展, 提出该领域目前存在的问题与未来的发展方向, 最后对提高纺织多孔材料的环保性和单向导湿性能作出展望。

D29-04

拟交流类型: 邀请报告

A porous 3D Printed TiZrNb medium-entropy alloy prepared via hydrogen embrittlement-derived powders

Hui Wang^{1,*}, Donghui Yang², Zhaoping Lu¹

1 State Key Laboratory for Advanced Metals and Materials, University of Science and Technology Beijing, China

2 College of Materials Science and Engineering, Hohai University, China

Based on an equimolar TiZrNbTa refractory high-entropy alloy (RHEA), a Ti56Zr30Nb14 medium-entropy alloy also exhibits outstanding softening resistance at elevated temperatures as a result of its high phase stability and high melting point. Interestingly, the biocompatibility of this material is also comparable to that of pure Ti, and have great potential to be utilized as biomedical components [1,2]. Due to its high melting point and strong affinity with oxygen, the pulverization of such alloys remains difficult and uneconomical using conventional rotating electrode pulverization and melt atomization routes [3-5], which impedes the application of this material in powder metallurgy and additive manufacturing technologies.

It is well known that hydrogen atoms preferentially segregate to grain boundaries in alloys and subsequently react to form metal hydrides. This process leads to a phenomenon known as hydrogen embrittlement and the fracture of the material initiated from grain boundaries [6-8]. The small radius of the hydrogen atom also allows this process to occur in BCC HEAs as hydrogen atoms diffuse into the materials and occupy both tetrahedral vacancies in the BCC structure and defects [9, 10]. In this work, we found that hydrogen absorption can embrittle the Ti56Zr30Nb14 medium-entropy alloy and promote intragranular fracture due to segregation of hydrogen atoms at grain boundaries. Synergistic effects of the hydrogenation temperature and time on the pulverization behavior of the alloy were investigated, and the relation between grain sizes in the original ingots and particle sizes in the pulverized powders was explored. Then spherical powders in purpose to additive manufacturing can be obtained finally by further plasma spheroidization. The present findings not only provide a highly efficient approach to produce high-quality powders of alloys with high-melting points, but also shed light into understanding hydrogen embrittlement of RHEAs.

D29-05

拟交流类型: 邀请报告

泡沫铝多孔结构形成和性能调控的数字化预测

何思渊*, 赵炜, 陈文浩

(东南大学 机械工程学院, 南京 210000)

泡沫铝具有与人体松质骨类似的多孔结构, 其较随机的多孔结构存在大量力学薄弱结构, 在载荷下易产生塑形变形, 一方面造成了力学性质的随机性, 另一方面带来了优异的阻尼效果。借助数字图像处理方法, 研究获得了泡沫铝多孔结构的拓扑学和形态学参数。通过逐步线性回归方法探索了和弹性模量相关的孔结构参数, 并建立了孔结构和泡沫铝弹性模量之间的数学关系, 为泡沫铝材料性能精确调控奠定基础。为探索泡沫铝阻尼性质, 建立了泡沫铝孔结构模型, 并发现低载荷应力下孔结构的塑性变形是泡沫铝材料优异阻尼性质的来源。为预测多孔结构的形成机制, 研究采用二维相场模型, 模拟了熔体泡沫孔结构的演变, 揭示了可降低表面张力的溶质元素对熔体泡沫液膜演变的影响, 为建立熔体泡沫演变三维数学模型奠定基础。

拟交流类型：邀请报告

38

轻质多孔泡沫铝稳定成形与使役模拟

安钰坤*、李道原

山东理工大学

泡沫铝是一种多适宜性工程材料，在阻尼减震、冲击防护、电磁屏蔽等领域具有巨大的科研价值和广阔的应用前景，可为复杂工况服役的工程零部件提供有效解决方案。然而，低强、脆性的力学特性限制了其在各工业领域的应用。为此，项目团队提出无增粘发泡技术，舍弃增粘工序并避免增粘剂的添加，有效防止金属间化合物及搅拌带来熔体过度氧化引发的脆性失效问题，采用发泡混合体替代单一 TiH_2 发泡剂，实现泡沫铝材料在铝熔体无增粘状态下的发泡。研究表明：发泡混合体可实现细小 $\text{TiH}_2/\text{CaCO}_3$ 在铝颗粒表面的吸附、镶嵌，发泡混合体热分解呈现典型双峰形貌，添加 CaCO_3 后出现典型放热峰，改变发泡混合体内 $\text{TiH}_2/\text{CaCO}_3$ 的配比含量可实现峰值的调控。发泡混合体内 Al 颗粒的增加，可促进总体高度，减小无泡层厚度；微量 CaCO_3 的可促进孔泡稳定性，过量则会恶化发泡效果及孔隙结构。无增粘发泡过程中 Al 颗粒可作为短暂增粘剂提高液膜的稳定性，而微量 CaCO_3 可促使孔泡内氧化膜的自修复提高孔泡稳定性。力学性能测试表明无增粘泡沫铝呈现较为光滑的压缩应力-应变曲线，较传统增粘泡沫铝本项目制备的 AF-FM 和 AF-FM2C 可承受最大约 2 倍的弯曲挠度变形，且 AF-FM 弯曲吸能强于 AF-Ca 材料，微量的 CaCO_3 添加可提高材料的最大弯曲强度；无增粘泡沫铝断口多见较大尺寸韧窝，呈现典型的韧性断裂形貌，且孔泡薄膜区域可见明显颈缩变形痕迹。无增粘泡沫铝的发泡稳定机制揭示及其韧性失效模式有助于充分发挥泡沫铝的优良吸能特性，对推动其在各领域的工业化应用具有较为重要的研究意义。

拟交流类型：邀请报告

420

金属多孔吸液芯的设计及制备研究

李广忠*

西北有色金属研究院

热管作为一种高效的换热元件，具有高导热率、良好均温性及高可靠性的优点，已被广泛应用于智能设备、航空航天等领域。热管工作时，利用工质气化来吸收热量，然后在冷源处液化释放热量，同时通过多孔吸液芯提供的毛细力来驱动工质回流至热管的蒸发段，从而保证工质再次吸收热量而气化，实现循环散热。金属多孔吸液芯作为热管的重要组成部分，不仅为工质流动提供通道，还产生毛细力来驱动工质回流至蒸发段，因此金属多孔吸液芯的结构直接影响着热管的传热性能。

本文根据光、电元件热管理对金属多孔吸液芯的要求，利用仿生技术等对金属多孔吸液芯的设计研究。在金属多孔吸液芯设计研究的基础上，进行了金属泡沫、金属烧结多孔吸液芯，以及复合吸液芯的制备研究，并成功将数种金属多孔吸液芯应用到相关领域。

拟交流类型：口头报告

1131

粉末冶金 NbMoTaW 多孔难熔高熵合金的微观组织与力学性能

张宝光*、王建

西北有色金属研究院

本研究通过实验验证了采用粉末冶金法制备多孔 NbMoTaW 难熔高熵合金的可行性。在材料制备过程中，柯肯达尔效应引发的体积膨胀与原子扩散导致的体积收缩产生协同作用，使得该合金的孔隙率为 33.4%~51.5%，最大孔径为 6.4~8.2 μm 。值得注意的是，尽管在 2200 $^{\circ}\text{C}$ 的高温下进行烧结，由于迟滞扩散效应的影响，多孔 NbMoTaW 难熔高熵合金的平均晶粒尺寸仍能保持在 5.15 μm 。本研究制备的多孔 NbMoTaW 难熔高熵合金展现出优异的比抗压强度 ($60.7 \text{ MPa} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^3$)。深入分析表明，这种优异的力学性能主要源于固溶强化与细晶强化的协同作用。固溶强化通过溶质原子对基体晶格的畸变作用阻碍位错运动，而细晶强化则通过增加晶界数量有效抑制晶粒的滑移和变形，两者共同作用显著提升了合金的抗压强度。

拟交流类型：邀请报告

1354

金属有机框架基气体传感器

袁泓晔*

西安交通大学

金属-有机框架 (MOFs) 作为结构可编程的晶态多孔材料，凭借其高比表面积、可调孔径及拓扑特性，在气体传感领域展现出独特优势；而二维导电 MOF 通过金属节点与氧化还原活性配体的 d- π 轨道杂化赋予本征导电性，同时暴露出丰富的活性位点，进一步提升了传感性能潜力。然而，其载流子输运效率受限于金属-配体轨道重叠度不足、层间 π - π 堆垛无序及微结构缺陷等关键瓶颈，导致传感灵敏度与选择性难以突破。针对上述瓶颈，本研究创新性开发模板导向异质结工程策略，利用二维模板（如 MXene 等）调控 MOF 晶体取向生长，构建兼具高导电性、分级孔隙及优异溶液可加工性的 MOF 基异质结构。基于该体系的传感器实现了对 NH_3 、VOCs 等气体的超灵敏检测 (ppb 级别)，结合原位表征与理论计算系统揭示了“分子捕获-界面电荷转移-能带调制”协同传感机制，为高灵敏和高选择性传感系统的开发提供了新的研究范式。

拟交流类型：邀请报告

1370

SLM 制备多孔钛合金及其双贯穿结构仿生复合材料的动态力学行为

张法明*、熊义峰

东南大学

随着航空航天、汽车和医疗等高端制造领域对材料性能需求的不断提升，具备高强度、轻量化和多功能性的复合材料和多相材料逐渐成为研究的核心方向。其中，双贯穿结构材料因其在力学性能、耐腐蚀性及质量减轻方面的独特优势，展现出广阔的应用前景。双贯穿结构材料通过形成两种或多种材料连续交织的网络结构，在微观尺度上实现了不同材料特性的协同作用，从而在强度与延展性之间取得了高度优化的平衡。本报告综述了东南大学研究团队提出的一种以钛合金为多孔结构框架、铝合金基复合材料为填充材料的双贯穿结构设计。通过将钛合金基与铝合金基复合材料在三维空间内均匀贯穿，实现了在强度与韧性之间实现协同优化。通过显微结构表征，分析了钛合金与铝合金在界面处的成分扩散与微观结构演变；深入解析了材料在动态冲击复杂载荷条件下的失效行为及其控制机制，并对其潜在应用进行了分析。

拟交流类型：邀请报告

1376

PEM 电解水制氢用大尺寸多孔扩散层结构设计 with 关键制备技术研究

杨坤*、张宝光、徐晨阳

西北有色金属研究院

在能源危机和双碳战略的背景下，氢能以期独有的可靠、零碳排放、转化率高以及可以与其他各种能源耦合的特点，成为了目前全球所有碳中和路线的关键支柱。在众多电解水制氢技术中，PEM 电解水制氢由于可以与可再生的风能、太阳能等波动性能源完美衔接，使其成为了电解水制氢技术中最具发展潜力的技术方向。

多孔扩散层作为气液传输和电子传导的通道，是 PEM 电解水制氢装置的三大核心部件之一。与国外相比，国内多孔扩散层在孔结构方面仍然是沿用过滤与分离的传统结构，而国外已经针对 PEM 服役的工况进行梯度高活性位点结构的扩散层材料的研究。从尺寸方面来看，国内企业的成形尺寸与国外和行业发展的需求存在明显差距。因此，多孔钛扩散层的技术瓶颈已经成为制约 PEM 电解水制氢技术发展的短板。

本研究在双碳目标的牵引下，从微观尺度下多孔材料内部的传输规律出发，揭示气液传输过程，开发大尺寸、长寿命的高性能扩散层材料，为 PEM 行业的发展提供关键材料支撑。首先，基于随机算法构建了烧结多孔金属材料的微纳尺度传输模型，可通过调整输入材料参数实现对扩散层结构参数的精准控制。随后，采用格子玻尔兹曼方法解析了多孔传输层中的气液传输行为。在计算模拟结果的指引下，对粉末直接轧制技术制备大尺寸多孔传输层的整个过程进行了系统研究，通过多项关键技术攻关，实现了多种规格的高性能多孔钛板的小批量稳定试制，材料均匀性达到国外同类水平，实验室的服役性能评价超过了同类产品。

拟交流类型：邀请报告

1388

钛合金空心球的制备及其孔结构形成机制

樊永霞、王建忠*

西北有色金属研究院

钛合金空心球具有密度低、比强度高、比刚度高、耐蚀性好等特性，在航空、航天领域具有广泛的应用前景和重要价值。然而由于地面重力、对流和制备工艺的限制，目前制备的钛合金空心球的孔径和孔结构在很大范围内呈无序分布，限制了钛合金空心球的性能及其多孔材料的规模应用。微重力环境下，熔化金属在表面张力作用下会自动收缩成理想的球体，是制备钛合金空心球的理想场所。本文以 TiFe 二元共晶合金为研究对象，开展了 TiFe 合金在微重力环境下的熔化、凝固过程以及空心球的制备、形成机理研究。通过静电悬浮技术开展了 TiFe 合金的热物性参数测试、深过冷条件下凝固过程及微观组织演化研究，并揭示了晶体生长机理；开发了“粉末冶金/气悬浮”耦合制备技术，成功制备了孔隙率为 15%~35% 的 TiFe 空心球，并阐明了其孔隙形成机制。

拟交流类型：邀请报告

1484

金属多孔材料微观结构调控与孔尺度传输机理研究

徐晨阳、王建*、王建忠、杨坤、高文彬、王昊

西北有色金属研究院

氢能作为未来国家能源体系的重要组成部分，氢能产业亦成为战略性新兴产业和未来产业重点发展方向。质子交换膜水电解（PEMWE）制氢技术凭借其清洁、高效、动态响应快等优势，成为实现可持续能源发展的关键路径。PEMWE 的阳极通常采用多孔钛作为多孔传输层（PTL），能够有效排出气体的同时使液态水顺利到达催化层，还具有良好的电子电导率和抗腐蚀性。因此，通过实验或模拟手段确定适宜的 PTL 孔隙结构是提高 PEMWE 性能的重要策略。本项工作针对钛基 PTL 的真实微观形貌建立了具有不同孔隙结构参数的 PTL 数字模型。此外，建立了孔隙尺度三维多相流模型，系统分析了不同孔隙结构下 PTL 中氧气的入侵行为。最后，阐明了不同孔隙结构特征 PTL 的三维复杂多相流动行为。研究结果为 PTL 结构优化设计和高性能 PEMWE 的开发提供了理论依据，有助于可再生能源的发展和实现清洁能源的广泛应用。

拟交流类型：邀请报告

1577

SiC 纳米线气凝胶复合功能材料的设计与调控

彭康*、王红洁

西安交通大学

SiC 纳米线气凝胶由 SiC 纳米线三维网络结构构成，具有耐高温、高气孔率等优点，通过表面负载或孔间装载进行功能化设计，构筑复合功能材料，可有效拓展其应用领域。本研究在 SiC 纳米线表面负载催化材料，用于电催化析氢和光热催化二氧化碳还原，复合催化材料在电流密度 $10 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$ 时过电位可低至 81 mV，光热催化二氧化碳甲烷化产率可达 $3175 \text{ mmol} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ ，且具有良好的催化稳定性；通过混合氨基功能化修饰，用于二氧化碳捕集，吸附容量可达 4.71 mmol/g ，且具超快的吸附速率；通过孔间装载有机相变物质，用于太阳能储热，复合材料相变潜热为 $146.5 \text{ J} \cdot \text{g}^{-1}$ ，具有良好的太阳能光热转化和存储能力。这些优异的功能特性可归功于 SiC 物性和纳米线三维网络结构，通过气凝胶孔结构和界面结构调控可进一步优化材料性能。

拟交流类型：邀请报告

1656

粉末轧制多孔钛材制备技术研究

王建*、张宝光、徐晨阳、杨坤

西北有色金属研究院

质子交换膜电解水是目前国内外大力发展的绿色制氢技术之一，具有低流阻、高导电和耐腐蚀的多孔钛是质子交换膜电解水制氢装置阳极侧气体扩散层的优选材料。本文建立了不同多孔结构多孔钛的数字模型，模拟了不同孔结构对多孔钛水气传输特性的影响规律，研究了粉末特性、轧制工艺和烧结工艺对粉末轧制多孔钛孔结构、厚度和烧结缺陷的影响规律，开发出了制备超薄多孔钛材（幅宽 410mm，厚度 0.14-0.25mm）的粉末轧制和真空烧结工艺，并对制备多孔钛的渗透性能和电化学性能进行了表征。

Presenting Type: Poster

1671

Intercalated Conductive Metal-Organic Frameworks Constructed via Donor-Acceptor Interactions for Ultratrace Gas Sensing

Wanglin Zhang, Hongye Yuan*

Xi'an Jiaotong University

Two-dimensional conductive metal-organic frameworks (2D CMOFs) hold significant promise for gas sensing applications due to their tunable charge transport properties and porosity. However, their intrinsic anisotropic conductivity and limited accessible active sites hinder efficient three-dimensional charge transfer and selective analyte recognition. To address this challenge, this study introduces an advanced bottom-up strategy for fabricating intercalated conductive 2D CMOFs. These structures feature precisely assembled alternating π -donor/acceptor (π -D/A) stacks, achieved through supramolecular interactions between specific, complementary organic molecular building blocks. The resulting intercalated material, constructed by pre-assembling ordered D/A stacks followed by coordination of the donor ligands with square-planar transition metal ions, demonstrates high charge transport efficiency. This occurs both in-plane via delocalized π -orbital networks and out-of-plane through the formation of vertically aligned charge pathways enabled by strong D-A stacking interactions. Sensors based on this engineered material exhibited sensitive and selective detection of a specific target gas, achieving detection limits in the ppb range, facilitated by synergistic host-guest interactions. The established correlations among sensitive D-A electronic coupling, the interlayer architecture, and sensing performance provide new insights for designing multifunctional MOF-based sensors with enhanced sensitivity and selectivity.

拟交流类型: 邀请报告

2791

微纳尺度孔隙 Ni-Al 多孔材料的制备合成技术研究

王昊^{*1,2}、王建忠¹、冯培忠²、高文彬¹、徐晨阳¹

1. 西北有色金属研究院

2. 中国矿业大学

Ni-Al 多孔材料由于具备了独特的孔隙结构,赋予了传统 Ni-Al 化合物更多的功能特性,利用其孔隙特性以及轻量化的特点可用于高温氧化环境以及酸碱腐蚀条件下的过滤材料或催化剂材料。本文针对微纳尺度孔隙 Ni-Al 多孔材料的制备合成技术展开研究,通过粉末冶金结合去合金化共同合成出具有微纳跨尺度孔隙的 Ni-Al 多孔材料。研究中先通过粉末辅以烧结助剂,通过压制、烧结的方法得到原生的孔隙。随后在通过去合金化的选择性溶解去除部分 Al 元素,Al 脱除的过程中原位形成均匀的纳米孔隙,最终获得了具有双峰尺度孔隙的多孔 Ni-Al,其中微米孔隙尺度 1-100 μm 之间,而纳米孔隙小于 5.0nm,整体材料比表面积接近 50m²/g,整体保持较高孔隙率。通过本制备技术合成的 Ni-Al 多孔材料在保证高孔隙率的基础上具有较高的比表面积,有望在催化、精细化工、过滤等行业展开应用。

拟交流类型: 口头报告

3120

基于声-光-热研究泡沫铝/环氧树脂互穿相复合材料的压缩和弯曲性能

苏明明*

河北大学

将环氧树脂浸渗到开孔泡沫铝制备泡沫铝/环氧树脂互穿相复合材料（IPC）。采用数字图像相关技术和红外热成像系统表征压缩过程中 IPC 的主应变分布和温度分布，以验证变形模式。IPC 表面温度演变包含快速升温阶段、稳定温度阶段和轻微降温阶段，分别对应压缩应力-应变曲线中的线弹性变形阶段、应力平台阶段和致密化阶段。应用声发射系统实时跟踪 IPC 的三点弯曲变形，采用 k-means 聚类算法识别弯曲损伤模式。泡沫铝/环氧树脂界面脱粘、环氧树脂断裂失效和泡沫铝基体的塑性变形分别对应的频率为 60-120kHz、120-230kHz 和 230-250kHz。

拟交流类型：口头报告

3222

燃烧合成多孔 Ni-Mg 金属间化合物的结构及性能研究

谢超群、冯培忠*

中国矿业大学

摘要：利用热爆反应快速合成多孔 Ni-Mg 金属间化合物，系统研究了烧结温度对样品的微观结构、机械性能以及析氢性能的影响。结果表明，随着烧结温度的升高，样品孔隙率呈增加趋势，这是因为高温使反应更充分以及液相生成促进颗粒移动使得连通孔隙增多，骨架细化。由于 600° C/0.5h 和 700° C/0.5h 样品的孔隙率较低，骨架粗壮，因此应力可以在样品内部更均匀地分散，从而防止样品骨架快速破坏、坍塌，抗压强度高达 146.2 MPa。此外，700° C/0.5h 样品主要物相为 MgNi_2 和 Ni，且表现出相互连通且分布均匀的孔隙结构以及表面改性电子结构，这些特征使得在 10 mA cm^{-2} 电流密度下的过电位为 70 mV，显示出较高的催化活性。

拟交流类型：邀请报告

3413

轻质高强多孔 SiC 纳米线骨架的结构设计与制备

卢德*

西安交通大学

多孔陶瓷材料因其低的密度、优异的热稳定性及化学惰性等特点，在隔热保温、过滤等领域具有广泛的应用前景。然而，材料的强度往往随气孔率的增加而急剧下降，而陶瓷材料本身强结合键所引起的脆性问题更是让多孔陶瓷的可靠性大打折扣。本文提出以 SiC 纳米线气凝胶为基体，采用化学气相渗透法，在纳米线表面引入 SiC 涂层，同时在纳米线间形成 SiC 结点，实现了 SiC 纳米线网络低密度（0.36 g/cm³）和高强度（16 MPa）的结合。在此基础上，通过构建合适的梯度网络结构，进一步提高了 SiC 纳米线网络的承载效率，获得兼具高比强度和优异抗冲击能力的多孔 SiC（密度为 0.54 g/cm³，压缩强度 35MPa）。

拟交流类型：口头报告

3714

面向含油工况的新型烧结金属多孔材料疏油改性技术开发

杜毅帆*

西部宝德科技股份有限公司

面向含油工况的新型烧结金属多孔材料疏油改性技术开发

杜毅帆¹（1 西北有色金属研究院 西部宝德科技部分有限公司）

烧结金属多孔材料因其高机械强度、长使用寿命、良好的高温密封性等优势，在多个领域有着广泛的应用。然而，烧结金属多孔材料在含油工况中面临诸多挑战，如油污堵塞、表面浸润性调控难题、材料-基体结合力弱以及再生维护成本高等。针对这些问题，本文提出了一种创新的疏油改性技术路径，通过构建化学键合结构，实现烧结金属基体表面的粗糙结构过渡层与超疏油功能层的结合，有效提高了材料的疏油性能和抗堵塞能力。这种改性的烧结金属多孔材料在油田回注水处理、高温凝结水处理、地热尾水过滤、原油预处理和 MTO 急冷水处理等领域具有广阔的应用前景。该技术的开发有望推动烧结金属多孔材料在含油工况下的更广泛应用，为相关行业的技术升级提供支持，同时也为解决含油工况下的液固分离问题提供了一种有效的解决方案。

拟交流类型：邀请报告

3849

多孔钛表面微/纳多级孔结构的可控构筑及其功能化应用

高文彬*、徐晨阳、王昊、赵少阳、张晋涛、李亚宁

西北有色金属研究院

多孔钛因其独特的三维贯通孔结构、高比表面积、优异的导电性及良好的化学与机械稳定性，在能源催化、环境治理等领域展现出极其广阔的应用前景。本研究通过电沉积法在多孔钛基底表面可控构筑了二氧化钛纳米阵列，系统探究了多孔钛基底孔隙率、孔径分布等关键孔结构参数与其导电性、微观电场分布特性以及最终形成的二氧化钛纳米阵列生长过程的关联规律。通过调控多孔钛的孔结构特性，发现其孔结构显著影响材料整体导电性，而且在其表面孔洞边缘处存在明显的电场局部集中区域，这些区域容易形成高强度的“热点”场区，促进二氧化钛纳米阵列的定向生长，同时进一步揭示了这种独特复合结构所表现出的显著增强的光/电催化性能及催化活性。本研究阐明了多孔钛基底孔结构对功能纳米阵列生长及性能的调控机制，为设计和制备下一代高性能、结构化的复合催化材料提供了重要的理论基础和技术支撑，在光/电催化水分解、燃料电池等领域具有重要应用价值。

拟交流类型：邀请报告

3910

多孔玻璃的溶解制造策略及其功能性应用

刘俊升、马将*

深圳大学

多孔结构凭借其可调控的孔径分布、高比表面积等特性，在吸附分离、能源转换等领域展现了出色的应用潜力。然而，玻璃材料固有的高硬度与脆性特征对其微纳结构的高精度加工提出了严峻挑战。传统切削加工受玻璃材料断裂韧性低的影响，容易产生裂纹，破坏结构的完整性。激光加工虽可实现微米级孔道加工，但热影响区容易导致应力集中，且设备投入成本远高于传统加工技术。化学湿法刻蚀虽能通过选择性腐蚀制备多孔结构，但多孔形貌的可控性差，且工艺具有化学毒性、环境兼容性低。这些问题使得玻璃基多孔结构的可控制备成为工程领域的长期挑战，亟需开发兼具可控性、低成本及绿色化的加工策略。

本研究提出一种“溶解制造”的概念，即将可溶性模板与玻璃基体的热塑性变形行为耦合，在热压成型工艺中把可溶性模板嵌入玻璃材料中，继而通过相应溶剂溶解可溶性物质从而可控制备多孔结构的新策略。在此基础上，通过调控 NaCl 颗粒尺寸及粒径组合，在玻璃基体表面可控构筑不同形貌的多孔结构，实现疏水-亲油或亲水-亲油的功能特性。此外，实验结果表明，通过优化可溶性模板参数（粒径 $10 - 150 \mu\text{m}$ ），可实现对多孔玻璃表面润湿性的连续调控，水接触角（WCA）覆盖超亲水至超疏水区间，为油水分离与自清洁应用提供理想平台。该策略还适用于循环重复制备，即材料表面结构受到损坏时，将表面抛光处理后重新进行热塑成型即可制备出性能优异的多孔结构，即使经过 10 次循环制备，多孔玻璃表面的性能依然保持稳定。

基于上述制备策略，本研究进一步设计开发了高性能多孔玻璃蒸发器（Porous Glass Evaporator, PGE）。PGE 采用玻璃粉/NaCl 复合体系，通过热塑性成型与可溶性模板溶解工艺制备具有三维连通孔道的界面太阳能蒸发器。蒸发器的多孔表面通过多重光吸收与散射提升太阳光吸收率，赋予其卓越的光热性能，在一个太阳辐照（ $1 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ ）下，纯水蒸发速率达 $2.21 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ，光热转换效率高达 98%。在更复杂的介质中，如在海水和亚甲基蓝溶液等更复杂的介质中，PGE 也显示出卓越的蒸发能力，蒸发速率分别达到 $2.08 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 和 $2.47 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 。此外，蒸发器内部微米级互连孔道通过毛细效应实现快速水分输运，结合浓度梯度驱动的盐离子反向扩散机制，有效抑制高浓度盐溶液环境下孔道堵塞。以玻璃为基底材料，其化学稳定性使蒸发器在强酸、强碱等介质长时间浸泡处理后仍保持超 $2.0 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ 的稳定蒸发速率和结构稳定性，具有优异的极端环境适应性。

综上，本文开发了基于溶解制造策略的多孔结构热塑成型工艺，不仅为玻璃功能表面的可控制备开辟了新路径，更为太阳能驱动界面蒸发器的制备提供了兼具高效性和经济性的解决方案，扩展了多孔结构在润湿性调控、海水淡化、工业废水处理等领域的应用。

拟交流类型：口头报告

4252

金属纤维与高分子纤维滤袋的喷吹压力分布及除尘性能差异

侯力强*

西安菲尔特金属过滤材料股份有限公司

通过脉冲喷吹及除尘实验平台分别对金属纤维滤袋和针刺滤袋进行喷吹性能、除尘性能及运行效益的比较。分别对比了两种滤料在不同喷吹高度下侧壁压力峰值的大小和分布规律、不同过滤风速下的排放浓度及运行阻力、不同工况下的运行经济效益指标，结果表明：沿着滤袋长度方向，金属纤维滤袋的侧壁峰值压力峰值逐步减小，到达底部后再次增大，而针刺滤袋的侧壁压力峰值出现增大又减小的趋势。在较高的过滤风速下，金属纤维滤袋可保持稳定的过滤效率和较低的运行阻力，而针刺滤袋的难以适应较高的过滤风速。金属纤维滤袋在实际工况使用中可部分代替原有的针刺滤袋，在余热回收、高温除尘、高风速过滤工艺条件下取得良好的经济效益。

拟交流类型：邀请报告

4459

温和条件下共价有机框架制备及其催化加氢还原应用

李磊*

厦门大学

共价有机框架(COFs)材料具有多样的化学结构, 均一可调的孔道尺寸和高比表面积等特点, 被广泛应用在催化, 分离和检测等领域。现阶段绝大部分 COFs 材料制备过程普遍存在操作复杂, 反应时间长和溶剂回收困难等缺点, 其应用受到限制。为了解决上述问题, 我们开发了一种热促进均相漂浮浓缩 (THFC) 策略, 用于快速制备亚胺链接型 COFs (亚胺-COFs)。该策略利用氨基单体中三嗪基团或外加苯胺作为调节剂, 使氨基单体与醛基单体反应形成的低聚物在均三甲苯/二氧六环油相体系中形成均相溶液, 后将油相溶液转移至含有醋酸的水相表面, 在热量促进下油相中缩聚产生的水, 1,4-二氧六环和“慢化剂”苯胺被水相萃取, 加快了 COFs 在两相界面上析出, 由于在聚合过程中一步直接得到具有结晶结构的热力学控制产物。但该体系中反应需要两相界面, 反应需要外加热量 (50–60 °C) 驱动。为了解决此问题, 我们报道了一种新的溶剂/调节剂体系, 该体系在常温常压下能很好地用于大规模构建高结晶度的亚胺-COFs。只需分别溶解单体, 相互混合后在常温常压下静置反应 2 天, 成功制备了 12 种具有不同拓扑结构、孔径和官能团的高结晶度亚胺-COFs。并以 COF-TBDM 和 COF-TATA 为例, 实现了 5 克规模的批量制备, 其比表面积接近理论极限 (COF-TBDM: 2738 m²/g, COF-TATA: 1112 m²/g)。与传统 COFs 制备方法相比, 这种新策略避免了复杂的操作和较高能耗, 是一种能够大批量生产高质量亚胺-COFs 的可靠且经济的方法。最终, 将钯纳米粒子 (Pd NPs) 负载在 COF-TBDM 上, 所得材料在硝基加氢反应中表现出显著的催化活性 (3 分钟, 转化率 99%)。这种创新的制备策略为大规模合成亚胺-COFs 建立了新的研究范式, 并显著提高了将其投入使用的可能性。

拟交流类型: 邀请报告

4507

介孔单晶粉末合成与析氧反应催化性能研究

贾宝瑞*

北京科技大学

析氧反应 (OER) 是电解水制氢过程中的关键限速步骤, 直接决定了该技术的能效提升和规模化应用。目前, OER 面临的主要挑战包括商业贵金属催化剂成本高昂, 以及催化剂难以同时实现高活性与高稳定性等。因此, 设计并开发兼具高催化活性与稳定性的低成本 OER 催化剂, 已成为该领域亟待突破的难题。本工作以介孔单晶粉末为研究对象, 在催化剂设计、合成与性能调控方面开展了系统研究。提出了介孔单晶结构粉末用于 OER 电催化剂的新思路, 并发展出了胶束吸附耦合晶体螺旋生长制备介孔单晶的新方法。介孔单晶颗粒结构兼具高比表面积与完整晶体结构, 既能提升活性位点密度与质量传递效率, 又有助于加快电子转移并抑制活性金属浸出, 从而实现 OER 催化活性与稳定性的协同优化。

拟交流类型: 口头报告

4554

用于 pH 通用析氢反应的自支撑分级多孔金属玻璃的制备

赵星然*

深圳大学

开发高效的全 pH 通用电催化剂对于通过电化析氢反应 (HER) 实现大规模制氢至关重要。本研究采用一种简单且环境友好的溶解制造 (DM) 策略, 成功合成了自支撑分级多孔铂基金属玻璃 (HPMG) 催化剂。在全 pH 电解质体系中, 该 HPMG 催化剂展现出卓越的析氢性能。当电流密度为 10 mA cm^{-2} 时, 最优的 HPMG-4 催化剂在 1.0 M KOH 溶液中过电位低至 35 mV , 在 $0.5 \text{ M H}_2\text{SO}_4$ 中为 16 mV , 在 1.0 M PBS 中为 54 mV 。该催化剂同时具有较大的电化活性表面积和优异的稳定性。HPMG-4 的分级多孔结构赋予其亲水性和疏气性, 这是其优异 HER 活性的关键因素; 此外, 持续更新的活性位点也被认为有助于提升催化性能。计算分析表明, 非晶态结构降低了水吸附与解离的能垒, 其氢吸附 / 脱附自由能值接近零 (-0.067 eV)。综上, 本研究为开发在多种介质中均具有优异活性和稳定性的 HER 催化剂提供了普适性策略。

拟交流类型: 口头报告

4600

MXene 基气凝胶结构设计及多功能应用

顾浩东*

中国科学院上海硅酸盐研究所

极端环境下的电磁防护要求材料具有优异的隔热性能和机械性能, 能够承受剧烈的温度波动和复杂的外部应力。在保持这些特殊性能的同时实现强电磁波吸收 (EMA) 仍具挑战。本工作采用牺牲辅助双向冷冻铸造技术制备了具有平行叶脉结构的 MXene/CNTs/PI (MCP) 气凝胶。超轻的 MCP 气凝胶 ($16.9 \text{ mg} \cdot \text{cm}^{-3}$) 由于具有层状多拱结构和表面的平行叶脉, 其最小反射损耗值 (RLmin) 达 -75.8 dB , 最大有效吸收带宽 (EABmax) 达 7.14 GHz , 吸波剂含量仅为 $2.4 \text{ wt\%}$ 。MCP 在 -196 至 400°C 的宽温度范围内也表现出超弹性和结构稳定性。此外, 这种独特的结构促进了层内的快速散热, 同时显著阻碍了相邻层之间的传热, 实现了 $15.3 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 的超低导热系数。优异的电磁吸波性能、结构稳定性和超隔热性能的结合, 为航空航天领域极端条件下服役的气凝胶设计提供了一种潜在的方案。

拟交流类型: 口头报告

6111

高精度不锈钢纤维毡生产工艺研究

郭文龙*

西安菲尔特金属过滤材料股份有限公司

高精度不锈钢纤维毡作为一种高品质过滤材料, 其性能受到生产工艺的显著影响。本文主要探讨生产工艺参数对高精度不锈钢纤维毡力学、过滤性能以及表面形貌的影响。包括纤维毡坯预处理、覆网预处理、烧结工艺三个方向。有效解决现有高精度不锈钢纤维毡折波滤芯冒泡不均匀的问题, 提高了纤维毡的力学性能和透气性能, 同时解决了纤维毡鼓包发软等表面缺陷。

Presenting Type: Poster

6506

Synthesis of Hetero - sumanene - based Covalent Organic Frameworks and Their Applications in Energy Storage

Yuxiang Wang, Yongjian Yang, Yuanzhi Tan*

XMU university

Sumanene, a unique fragment of fullerene, shows potential in electron energy transfer. However, its applications are hindered by low electrical conductivity and the absence of ion channels. Introducing heteroatoms can enhance its conductivity, while constructing it into ordered porous materials can create ion channels. In this study, a wave-shaped covalent organic framework (COF) incorporating hetero-sumanene was synthesized for the first time, and its application in the energy field of lithium-ion batteries was investigated. The Se-Sum-COF achieved a charge specific capacity of 1000 mAh g⁻¹ with a capacity retention rate of 99% after 100 cycles at 0.1 A/g, and still exhibited a charge specific capacity of 500 mAh g⁻¹ after 1000 cycles at a current density of 10 A/g. Mechanistic studies show that selenium (Se) plays a key role in the lithium-ion redox process, significantly reducing the adsorption energy of lithium ions. This work reports the synthesis and application exploration of sumanene-related materials for the first time, validates the feasibility of their application in energy storage, and provides possibilities for the development of sumanene-based porous polymer applications.

拟交流类型: 邀请报告

6563

钛合金的液态热物理性质与空间成形研究

阮莹*, 肖瑞麟、李浩然、魏炳波

西北工业大学

空间环境的无容器、微重力和超高真空特征为材料研究提供了特色的研究条件, 该报告介绍了利用空间模拟技术在钛合金的液态热物理性质和空间成形制备这两方面取得的研究进展。一方面, 常规条件下, 接触坩埚产生的不利因素致使无法精确测定液态合金尤其是高温和超高温液态合金的密度、表面张力等重要的热物理参数, 我们利用无容器优势实验测定并结合深度学习精确获取了宽广温度范围内液态钛合金热物理性质及其变化规律。另一方面, 在钛合金空间成形制备过程中, 从无容器悬浮到微重力再到压铸成形状态的连续转变必然引起温度场、流场、运动场等多种物理场发生多种突变, 我们通过定量模拟结合实验测定揭示了全过程中多物理场的特殊变化特征。这两方面的研究结果为下一步开展钛合金组织及性能调控提供理论依据与数据支撑。

拟交流类型: 邀请报告

6932

多胞元混杂设计极小曲面结构的力学性能

宋卫东^{*1}、李润枝¹、冯根柱²、肖李军¹

1. 北京理工大学

2. 中国兵器工业试验测试研究所

混杂设计策略已被证明在提高传统支柱型晶格超材料的稳定性和能量吸收性能等方面非常有效。然而，之前的研究在能量吸收性能及其他相关方面的探讨上仍显不足。考虑到三周期极小曲面(TPMS)结构具有优异的力学性能，本文设计并通过熔融沉积建模(FDM)工艺制备了四种不同类型的混杂 TPMS 结构。通过准静态与动态实验，研究了结构在压缩条件下的力学响应和变形行为，重点分析了相对密度、加载方向和加载速度的影响。同时，为了揭示实验中无法直接观察到的介观信息，进行了相应的数值模拟。实验和数值模拟结果表明，混杂结构在不同加载方向下展现出不同的性能。随着相对密度的增加，混杂结构的平台应力显著提高，而变形模式变化不大。与横向压缩的样品相比，轴向加载下的混杂结构由于均匀的变形，表现出更高的平台应力。此外，混杂设计有效减缓了 TPMS 结构在屈服后响应中的应力软化现象。值得注意的是，混杂 TPMS 结构在比吸能(SEA)和能量吸收效率方面表现出优于均匀结构的性能，其中 SEA 相比均匀 Gyroid 结构提高了 15%到 59%；相比均匀 Diamond 结构提高了 5.6%到 72.4%。这些发现为抗冲击领域的应用提供了潜在前景。

拟交流类型：口头报告

7770

大尺寸超薄高孔隙率金属多孔材料制备及应用研究

刘高建^{1,2}、李荣²、曹卜元²、吴引江^{*2}、王红洁¹

1. 西安交通大学

2. 西部宝德科技股份有限公司

金属多孔材料是一类内部含有大量孔隙的金属材料，这些孔隙在材料内部相互连通或孤立分布，赋予了材料独特的物理、化学和力学性能。与传统致密金属材料相比，金属多孔材料具有低密度、高比表面积、良好的渗透性、吸声性、隔热性以及优异的能量吸收能力等特性，使其在众多领域展现出巨大的应用潜力。

超薄(0.1mm~0.5mm)高孔隙率(>50%)金属多孔材料以其独特的孔隙结构，在 PEM 电解水制氢金属扩散层、特种气源高效净化、高效热管理、特种催化等新兴领域有广泛的应用。传统的金属多孔材料制备方法诸如粉末冶金法、模板沉积法、化学刻蚀法等无法解决产品大尺寸高效制备难题。西部宝德科技股份有限公司依托金属多孔材料全国重点实验室和过滤与分离技术国家地方联合工程研究中心等创新平台，在 60 余年烧结金属多孔材料开发和生产经验的基础上，采用刮刀涂布成型技术和膜片约束烧结技术，有效解决了大尺寸($\geq 2000\text{cm}^2$)超薄(0.1mm~0.5mm)高孔隙率(>50%)金属多孔材料高效制备难题，实现不锈钢、镍、钛等材质大尺寸($\geq 2000\text{cm}^2$)超薄(0.1mm~0.5mm)高孔隙率(>50%)金属多孔材料批量化生产，产品成功应用于高温气体净化，PEMWE 气体扩散层、特种气源净化等领域，其他应用领域正在逐步拓展。

拟交流类型：口头报告

7930

介孔氮掺杂碳气凝胶增强氧还原反应电催化性能

王易杨、唐小迪、王朝阳*

中国工程物理研究院

氮掺杂碳气凝胶材料在燃料电池中作为氧还原反应(ORR)催化剂具有重要的应用潜力。然而，它们的制备工艺复杂，成本高，孔径小。本课题以间苯三酚、间苯二酚和甲醛为原料，掺入三聚氰胺，通过

一步炭化法制备了氮掺杂介孔碳气凝胶，提高了电催化氧还原性能。介孔氮掺杂碳气凝胶缺陷分布均匀可控（氮掺杂量为 1.93%），石墨化程度高（ID/IG=0.83），孔径结构大（10~20 nm），亲水性显著（SA=16°）。该设计为大规模生产介孔氮掺杂碳气凝胶提供了新策略，在催化剂方面具有很大的应用潜力。

拟交流类型：邀请报告

8686

多孔陶瓷晶须膜的构建及过滤行为

李延军*

西安建筑科技大学

陶瓷膜具有化学性质稳定、孔径可控且截留率稳定、耐高温、抗污染能力强、使用寿命长等有机膜和金属膜所不具备的优点。但一般非对称陶瓷过滤膜由于其颗粒堆积形成空隙，存在孔隙率低、过滤阻力大的缺点。由陶瓷晶须或纤维相互搭接形成的鸟巢结构的过滤膜层，可兼具高精度、低压阻的优点。通过在多孔陶瓷支撑体表面构建硼酸铝晶须、氮化硅晶须、氧化锌晶须以及在多孔陶瓷纤维支撑体表面构建高铝纤维过滤层，用于烟气中亚微米颗粒物的过滤，可以实现高精度、低过滤压降过滤。用于水包油乳液的过滤分离，可以实现高通量的过滤。尤其是具有光催化功能的海胆状氧化锌晶须构建的过滤膜层，进行油水分离，可实现光催化自清洁。

Presenting Type: Published only

9048

Corrosion Resistance Behavior and Performance Study of Metal Filter Tubes in High-Temperature Hydrogen Sulfide Environments

Qing Cao*

Antai Environmental Engineering Technology Co Ltd

Porous metal filter cores were fabricated via powder metallurgy using 310S (-60+100 mesh), Fe₃Al, 828, 904L, FeCrAl, 317, and 309 alloys. The corrosion behavior of these materials was evaluated in a high-temperature H₂S-containing environment (0.1% H₂S + 90% CO₂ + 9.9% Ar, flow rate: 100 mL/min, 400° C, 150 h). The mass change rate, pore characteristics, and mechanical properties of the filter cores were measured before and after corrosion testing. Scanning electron microscopy (SEM) was employed to analyze the microstructural evolution. The results demonstrate that the weight gain order of the tested materials was FeCrAl < Fe₃Al < 309 < 310S < 904L < 317 < 828. FeCrAl and Fe₃Al exhibited the best corrosion resistance, with the lowest mass change rates and minimal variations in average pore size. Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDS) confirmed that the corrosion products were primarily metal sulfides, leading to a general reduction in permeability. This study provides critical experimental insights for selecting metal filter materials in high-temperature sulfur-containing environments.

拟交流类型：口头报告

9471

低温反应粉末烧结多孔镁/锌合金的制备及其应用

杨东辉*、陈建清

河海大学

利用镁与锌可在较低温度（ $<400^{\circ}\text{C}$ ）下，在接触点处通过相互扩散形成冶金结合的特点，发展了一种以尿素颗粒为造孔剂，低温烧结粉末冶金制备具有通孔结构的多孔镁/锌合金。通过采用不同尺寸和形状的粉末颗粒构建具有组织/成分异构的基体，考察了烧结处理对多孔金属基体的显微组织、成分和硬度的影响以及对多孔镁/锌合金压缩特性的影响。采用一步水热法，在多孔金属表面形成疏水膜层，考察了其在人工模拟液中的降解行为。

拟交流类型：邀请报告

9683

高分子碳基多孔材料的设计制备及电化学性能研究

徐飞*

西北工业大学

针对高分子基碳多孔材料存在孔隙率不高/调控难、功能颗粒封装与负载难的问题，开展了基于共轭聚合物的高孔隙化设计与调控、超细功能颗粒的孔内封装与孔壁键合三个方面的研究。首先提出了胶束界面共聚合技术构筑孔隙高且可调的空心碳纳米球，避免了常规模板制备、表面修饰、模板去除等步骤繁琐及尺寸大等问题。在此基础上，进一步发展了胶束界面共聚合与颗粒空腔封装的新方法，如通过构建金属-胶束内微区疏水作用、共聚合诱导的多米诺骨牌反应驱动、螯合作用等，实现了空腔与壳层内金属纳米球、纳米颗粒与单原子的定向封装。在可控制备的基础上，开展了空心球材料在钠电池负极构筑方面的性能研究，揭示了壳层纳米（闭）孔与类石墨微晶在钠离子硬碳负极中的存储作用机制。通过调控亲钠单原子/纳米颗粒在壳层-空腔的定向分布，诱导金属钠沿设计位置与方向可控形核与生长，解决了高循环容量、高放电深度、长循环寿命难以同时实现的问题，为构建高性能钠金属电池提供了新的设计思路。

拟交流类型：口头报告

9952

316L 不锈钢纤维毡中超高密度位错与声子局域化

张国宇¹、郝昱州¹、郭亮¹、高志斌¹、赵真真²、梁庆²、宋可心²、苏磊³、Turab Lookman⁴、孙军³、丁向东³

1. 金属多孔材料全国重点实验室，材料科学与工程学院，西安交通大学
2. 材料科学与工程学院，吉林大学
3. 金属材料强度全国重点实验室，西安交通大学
4. AiMaterials Research LLC，美国新墨西哥州圣塔菲

摘要：多孔金属材料在极端高温和强辐射环境中具有作为先进隔热材料的广阔前景。本文提出了一种高孔隙率的 316L 不锈钢（316LSS）纤维毡，采用束拉伸与气流铺设工艺制备。该材料具有低密度、可调控孔隙率以及超细纤维结构，在室温下实现了 $0.0355 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 的超低热导率，性能可与领先的气凝胶相媲美，同时保持优异的力学强度与热稳定性。系统的高温热导率测试和 γ 射线辐照实验验证了其卓越的隔热性能、辐射耐受性以及结构完整性。显微结构分析表明，超高密度的位错网络与强烈的声子局域化效应有效抑制了热传导。这些结果表明，316LSS 纤维毡是一种极具潜力的下一代隔热材料，适用于核能系统及其他对轻质、耐久和高性能热绝缘要求极高的应用领域。

多孔金属材料因其在结构轻量化、热管理和辐射环境适应性等方面的独特优势，近年来受到广泛关注。在航空航天、核能、电子设备及热防护系统中，热绝缘材料需要具备低热导率、结构稳定性及长期服役能力。目前主流隔热材料如玻璃棉、岩棉等虽然成本低廉，但在高温和强辐射环境中易发生性能衰减，表现出热导率升高、脆化和结构失稳等问题。

金属材料，如不锈钢具备优异的高温 and 辐射稳定性，但其本体热导率较高，限制其在热绝缘领域的应用。为解决该问题，研究者提出通过结构设计（如细化纤维、提高孔隙率）来降低其有效热导率。316L 不锈钢因其良好的加工性、抗氧化性和辐射稳定性成为研究焦点之一。本文提出一种新型 316L 不锈钢纤维毡，通过束拉伸与气流铺设工艺制备，形成高孔隙率、柔性结构的金属纤维毡。该材料不仅实现了低至 $0.0355 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ 的热导率，还兼具高温稳定性和抗辐射性能，具有显著的应用前景。

所用 316L 不锈钢原料来自太原钢铁集团，化学成分为 Fe (62 - 69%)、Cr (16 - 18%)、Ni (10 - 14%)、Mo (2 - 3%) 及少量 C、Mn、Si 等元素。材料通过四步工艺制备：束材制备、纤维拉拔与剪切、松散处理、气流铺设叠层。所得纤维直径为 $6 - 22 \mu\text{m}$ ，孔隙率范围 91%~99%。

材料结构通过 SEM (Hitachi SU8100) 与 LSCM (Olympus OLS5100) 分析；位错结构通过 HRTEM (JEOL JEM-2100F) 观察；热稳定性由热重-差热分析仪 (SDT 650) 测试，升温速率 $10 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，最高温度 $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

室温热导率由 Xiatech TC3000E 测试，尺寸 $40 \times 40 \times 10 \text{ mm}$ ；高温测试 ($150 - 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$) 使用 Hot Disk TPS 2500 S 完成。隔热性能通过红外成像监测冷面温度，样品一侧加热至 $300 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

γ 射线辐照采用 SQ(H)-630 源，剂量为 1.2 kGy ，模拟核设施服役环境。辐照前后样品热导率及结构均进行对比分析。

结论与讨论

(1) 本文制备的 316L 不锈钢纤维毡材料在室温下展现出极低的热导率（最低为 $0.0355 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ ），其优异的热绝缘性能主要源于以下两个方面机制：

① 高孔隙率结构使空气成为主要热传导介质，显著削弱固相热导路径，降低了材料有效热导率；

② 单根纤维内部具有超高位错密度（约 10^{16} m^{-2} ），诱导声子局域化，极大抑制晶格热导率。同时，材料表面形成的氧化膜 (Cr_2O_3 、 Fe_2O_3 、 NiO) 具高电阻率 ($76.82 \Omega \cdot \text{cm}$)，有效屏蔽电子热导通道，抑制电子热导率。综合作用下进一步抑制固体传热 κ_{solid} 的贡献，从而抑制有效热导率。

(2) 该材料热导率低于绝大多数传统隔热材料，接近先进气凝胶，且兼具机械强度与柔性，适用于极端环境下的长期热防护应用。

(3) 材料在 $800 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 空气环境中热稳定性良好，无明显失重，热导率保持稳定，具备优良的高温服役能力。

(4) 在 γ 射线总剂量达 1.2 kGy 辐照条件下，材料未发生显著微观结构变化或热导性能劣化，展现出卓越的抗辐照性能。

墙报

D29-P01

拟交流类型：墙报

3702

COF/CB8/AuNPs 复合纳米片用于高性能电化学传感：同时检测 5-氟尿嘧啶和尿嘧啶刘佳^{1,2}、王之扬^{1,2,3}、吴晓伟^{1,2}、韦闪跃^{2,4}、谢奕明⁴、陈傲^{1,2}、卢灿忠*^{1,2,3}

1. 中国科学院福建物质结构研究所

2. 厦门稀土材料研究所

3. 中国科学院大学

4. 华侨大学

共价有机框架（COFs）因其高孔隙率、优异的化学稳定性和可设计结构，在能源存储、催化和气体分离等领域展现出广泛应用。然而，其导电性不足限制了其在电化学传感中的应用。本研究通过将葫芦[8]脲（CB8）组装到二维 COF 表面，并利用 CB8 的调控作用原位生长均匀分散的金纳米颗粒（AuNPs），构建了一种 COF/CB8/AuNPs 复合纳米片。该材料结合了 COF 的高负载活性位点和大比表面积、AuNPs 的优异导电性以及 CB8 的主客体结合能力，显著提升了传感性能。基于此复合材料修饰的玻碳电极（GCE）成功实现了结构相似物（抗肿瘤药物 5-氟尿嘧啶（5-FU）和 RNA 碱基尿嘧啶（U））的高灵敏度同步检测，检测限分别达 0.037 μM 和 0.074 μM ，线性范围覆盖亚微摩尔浓度。此外，该传感器在复杂生物流体（如未处理的合成尿液和胎牛血清）中表现出卓越的抗干扰能力，为药物诊断中的快速现场检测提供了新策略。本研究通过 COF 与超分子主客体系统的集成，为开发高性能电化学传感器开辟了新途径。