

中国材料大会 2024
暨第二届世界材料大会
CMC 2024 & WMC 2024

July 8-11, 2024
Guangzhou, China

C12-兵器材料科学与技术
C12-Ordnance Material Science and
Technology

Organized by

Chinese Materials Research Society

Website: <https://cmc2024.scimeeting.cn>

C12. 兵器材料科学与技术

分会主席：潘洪革、朱秀荣、魏化震、陈建

最终交流类型：主题报告

面向空天国防轻质高强金属基复合材料研究与应用

张荻¹，欧阳求保²，吕维洁³

上海交通大学

轻质高强金属基复合材料可满足结构轻量化和结构-功能一体化设计需求，是高科技领域不可替代的关键基础材料。针对复合设计与制备、界面及形变调控、复合构效关系的关键科学与技术难题，建立了多元复合体系热/动力学模型，通过调控合金成分和增强体表面性质改善和调控界面相容性。发现并揭示了增强体诱发动态再结晶的热变形机制，解决了复合制备与成形加工难题。通过微纳力学精准研究界面结合强度、宏观力学的拟实研究定量揭示了复合响应机制，并建立了复合设计、制备加工、理论拟实的理论研究平台，基础研究支撑应用研究，突破了若干“卡脖子”核心关键瓶颈，面向国家重大需求，创制出一系列高性能 Al、Ti 基复合材料，打破国际封锁，实现了在多种航天与武器装备型号上的应用突破，支撑了航天及武器装备的发展。

最终交流类型：邀请报告

高性能纤维及复合材料应用发展分析

魏化震

山东非金属材料研究所

- 一、高性能纤维及复合材料发展现状
- 二、高性能纤维及复合材料在能源领域的应用
- 三、高性能纤维及复合材料在交通领域的应用
- 四、高性能纤维及复合材料在体育休闲领域的应用
- 五、高性能纤维及复合材料在航空领域的应用
- 六、高性能纤维及复合材料在特种工业领域的应用
- 七、一些新兴的复合材料技术

最终交流类型：邀请报告

低成本装甲钛合金研究与应用现状

朱秀荣

中国兵器工业第五二研究所

报告回顾了装甲钛合金材料国内外研究历程，提出低成本化的主要技术途径和研究进展，总结出常用的材料体系和牌号，给出了典型材料的力学性能、焊接性能和抗弹性能研究结果。对国内外低成本装甲钛合金在装备中的应用情况和轻量化效果进行了全面梳理，指出实现大规模应用需要解决的主要问题。

最终交流类型：邀请报告

基于大科学装置的金属形变新机制与高性能设计

王沿东

北京科技大学

材料微观力学行为决定了宏观力学与服役性能，如强度、塑性和疲劳强度等。航空航天、兵器等重要领域的关键工程材料与部件在制备过程中呈现复杂的多相多尺度微结构和残余应力非均匀分布，在服役过程中多尺度微结构和应力随外加载荷在三维空间呈现复杂动态演化，同时可发生形变与相变的交互作用。“晶内微观应力梯度与相间应力/应变配分等关键微观力学响应的规律以及与相变交互作用机制”已成为揭示金属材料微结构-性能之间内禀关系的重要科学问题。然而，传统方法无法获取外载作用下材料内部应力梯度等关键微观力学响应和复杂晶体结构的瞬态演化，时

空分辨率成为微观力学研究的关键技术瓶颈。我们利用中子/同步辐射 X 射线大科学装置极高时空分辨率与深穿透的优势,提出并建立了集中子衍射与同步辐射微束/高能 X 射线衍射于一体的先进原位研究方法,精确示踪了微结构单元的晶体学取向与应力变化,揭示了包括疲劳在内复杂变形过程中多尺度应力场演化及损伤微观物理机制。报告将展示该方面研究的几个最新进展,重点阐明大科学装置在推动金属材料变形新机制发现、开拓微观力学研究新途径、开展基于形变相变微观力学设计高性能合金等研究方面的巨大作用。

最终交流类型:邀请报告

特种轻合金材料及应用

秦高梧¹, 赵志浩², 潘虎成³, 李荣广⁴

1. 东北大学
2. 辽宁材料实验室
3. 沈阳化工大学

本报告总结了我们在轻质高强铝合金和镁合金以及新型抗菌钛合金方面的工作,并探讨在军工领域的应用和潜在发展。重点介绍溶质可控偏聚缺陷诱导超细晶镁合金、低成本高性能铝合金棒线材成形技术、基于微区电势差抗菌的新型钛合金,期待更多的合作,一起推动国防建设工作。

最终交流类型:邀请报告

镍基高温合金的微观组织控制技术研究

刘永长

天津大学

提升发动机的推重比是实现高效飞行性能的关键。为了满足这一迫切需求,对发动机热端部件主体结构材料——镍基高温合金材料的深入研究显得尤为关键。本研究重点针对现有镍基高温合金工艺制备与后续处理过程中存在的典型问题,进行新型镍基高温合金的设计与组织优化,并开发出适用于该类合金的成熟成型工艺体系,使基于该类合金热端部件的服役温度及服役寿命大幅提升,从而实现从合金成分组织调控方向解决高温合金典型难题。

最终交流类型:邀请报告

高容量储氢材料的创制及改性

余学斌

复旦大学

氢能是未来重要的清洁能源,高效的储氢方式是实现氢能应用的关键。本报告将介绍课题组近些年在固态储氢方面的一些研究成果,主要聚焦于高氢含量的金属硼氢化物的创制及改性研究。此外,也会介绍储氢材料在锂离子电池方面的拓展应用。

最终交流类型:邀请报告

结构材料设计的热动力学思考

刘峰

西北工业大学

本工作面向国家重大需求,聚焦基础理论前沿,提出材料设计的热-动力学研究框架,集成热动力学相关性、广义稳定性、热-动力学配分理论。利用热动力学相关性规律描述过程,利用广义稳定性概念设计性能,利用热动力学配分参量解释机理。这些为定量描述成分工艺组织性能间理论关键奠定了坚实的基础。

最终交流类型:邀请报告

新型高熵合金研究进展

程兴旺¹, 马兆龙², 沈宗达³, 谷娣⁴, 郭世康⁵, 徐子祁⁶, 李海洋⁷

北京理工大学

高熵合金突破了传统合金的设计范式，具有广阔的成分、组织与性能设计空间，为探索新型高性能结构与功能材料提供了新途径。相关研究表明，高熵合金在低温强韧性、高温强度、耐腐蚀、生物相容性、热电、储氢、低膨胀等方面与传统合金相比具有显著优势，在航空航天、精密仪器、海洋工程、医学生物等领域具有较好应用前景。报告人课题组近五年围绕新型高熵合金的设计与强韧化难题开展了系列研究，利用高熵合金的化学复杂性，提出了新型包晶高熵合金和共析高熵合金，设计了纳米析出增强的多级异构高熵合金，研制了系列针对高温及超高温应用的高强韧、抗氧化难熔高熵合金。相关研究揭示了高熵合金的化学复杂性对于改变合金相转变路径、使合金形成特殊微观组织的本质影响机制；展现了合金的冲击释能、室温高塑、高温高强等优异性能，为武器战斗部、航空航天等极端环境应用提供了新型备选结构材料。

最终交流类型：邀请报告

“三化”融合下的坦克将何去何从？

张树勇

中国北方发动机研究所

坦克是机械化的产物，诞生于第一次世界大战，在第二次世界大战中发挥了及其重要的作用，被称为“陆战之王”。在机械化、信息化、智能化“三化”融合的大背景下，以无人机为代表的攻击武器，对坦克造成了致命的威胁，彻底改变了地面战争的作战样式，在未来的战场上，坦克将何去何从？

最终交流类型：邀请报告

HP 身管材料及工艺技术现状及需求

刘朋科

西北机电工程研究所

1、HP 发射过程身管受到高温、高压、高速极端载荷环境作用，是典型的力热化学耦合问题。高温火药气体、瞬态膛压冲击导致身管内膛微米级表层材料组织相变、烧蚀反应、开裂龟裂，材料强度、韧性等广义强度显著下降。在弹丸弹带高速摩擦力、气固两相流高速冲刷力等广义力作用下，每发射击都会造成微米级剥落，逐发累积导致 HP 弹道寿命终止。

2、基于炮弹药系统参数与广义强度、广义力相关性机理，抓住主要矛盾、确定重点方向。通过新型低爆温发射药、缓蚀剂及内弹道与装药结构优化降低身管温度、缓解侵蚀反应，新型更具高温强度基体材料和表面涂镀材料工艺抗冲刷、磨损，提高广义强度；通过身管、弹带结构优化，降低气固两相流、弹带对关键区域的冲刷、磨损力等综合措施是身管寿命提升的重点方向。

3、近年来，兵器 202 所牵头开展了中大口径 HP 身管寿命提升关键技术及应用研究，根据身管寿命机理，建立广义力、广义强度数理模型，研制了 HP 发射环境模拟试验装置，掌握了炮弹药系统参数影响身管寿命量化规律，具备结构、材料、工艺等寿命提升技术量化对比评估条件，对身管寿命提升关键技术指标完善、寿命计算评估具有重要意义。

最终交流类型：邀请报告

高性能氢化物基固态电解质的设计构筑

刘永锋

浙江大学

提升能量密度和功率密度是军用电源发展的关键，固态电池由于独特的安全性和高的能量密度，已经成为目前发展的热点和重点。然而，固态电解质与电极之间的接触不良、部分固态电解质对锂不稳定以及固态电解质的离子电导率等问题，严重阻碍了固态电池的实用化进程。金属氢化物固态电解质材料具有质地柔软、对锂稳定性高、离子电导率高等优势，应用发展前景广阔。我们通过构筑 LiBH_4 的氨硼烷加合物，调控了相结构和原子排布，大幅提升了金属硼氢化物的锂离子电导率。进一步，通过机械化学反应高价阳离子和 LiBH_4 ，原位构筑了三维网络包覆，在提升离子电导率的同时，大幅提高了临界电流密度。创建了 LiBH_4 和 LLZTO 的新型复合电解质体系，实现了 LLZTO

电解质直接压片条件下，室温离子电导率的突破，显示出良好的应用发展潜力。

最终交流类型：邀请报告

新型碳基电磁波吸收材料与器件

吴仁兵

复旦大学材料科学系

发展高性能电磁波吸收材料对于解决电磁污染、提高武器装备的隐身和生存能力意义重大。碳基材料由于密度低、成本低以及电磁参数易调谐等特点而受到研究者的关注。本报告将介绍通过构筑层次化碳结构和掺杂极性局域界面，借助外场电压调制等策略，实现碳基吸波材料的“薄”、“宽”、“轻”、“强”、“调”。在此基础上，通过设计电子输运和声子阻塞的局域结构，构筑了新型碳基电磁功能器件，实现了耗散空间电磁能到电能的有效转化。

最终交流类型：邀请报告

位错与晶界诱导双相钉扎晶粒生长多级相场模型

赵宇宏

北京科技大学/中北大学

针对材料中晶界、位错、析出相及晶粒尺寸之间的相互作用，建立了耦合不同晶粒取向相互作用的多晶多取向场相场模型。构造晶界析出驱动项，描述晶界析出过程中溶质原子优先聚集晶界并长成球状；引入位错本征应变，调控晶内位错作用下析出相形核及取向场作用；双插值函数实现晶内位错诱导和晶界双相析出，晶界（面缺陷）驱动大于位错（线缺陷）驱动而优先诱导析出。浓度场与取向场相互作用调控析出相钉扎晶粒生长，双相钉扎作用最大，晶内位错诱导析出相钉扎作用次之，晶界诱导析出相钉扎作用最小。本晶界晶内双相析出相场模型对研究位错诱导析出、晶界诱导析出、双相析出及析出相钉扎具有指导意义。

最终交流类型：邀请报告

基于 $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ 多策略调控镁基材料储氢性能及改性机理研究

朱云峰¹，高海光²，刘雅娜³，张纪光⁴，石睿⁵

1. 南京工业大学材料科学与工程学院
2. 江苏先进无机功能复合材料协同创新中心
3. 常州大学石油化工学院

高密度储能是现代兵器设备的一项重要需求。镁基储氢材料作为新一代的固态储氢材料，拥有比压缩气体更高的储能密度，有望用于现代兵器的储能系统中。然而镁基储氢材料的吸放氢动力学性能较差，吸放氢温度较高，因此亟需开发高活性、高稳定性的催化剂材料。新兴的二维层状 MXene 材料，由于其独特的层状结构以及丰富的元素组成，在调控镁基材料储氢性能方面，展现出了优异的催化活性。本团队针对二维 MXene 的特性，设计了一系列 MXene 基催化剂材料，显著提升了镁基储氢材料的吸放氢动力学性能。首先，对 MXene 进行了可控氧化，形成 $\text{TiO}_2/\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ 异质结构，借助异质结构中多价钛之间的转变以及界面处的电子转移，有效提升了 MgH_2 的脱氢动力学性能。其次，针对 MXene 二维层状结构中侧面与平面暴露的元素组成存在差异性，实现了不同侧面/平面暴露的二维 $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ 的可控制备。相比于 $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ 的平面， $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ 的侧面具有较低的功函数、较强的氢原子吸附力以及更多原位形成的金属 Ti ，因此展现出更高的催化活性。最后， MXene 特殊的表面结构决定了其可以作为自组装构建异质结构催化剂的优良基底材料，通过静电自组装还原实现 $\text{Ni}/\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ 异质结构催化剂的可控构建。这种原位生长的小尺寸且均匀分散的纳米 Ni 拥有更好的催化活性以及稳定性，可显著降低 MgH_2 的吸放氢反应温度。上述工作对深入理解 MXene 的构效关系及其在镁基储氢材料中的催化机制提供了新的视角，并为开发新型催化剂提供了思路。

最终交流类型：邀请报告

大功率柴油机典型失效故障分析与技术进步

李峥

山西柴油机工业有限责任公司

报告主要围绕三起大功率柴油机典型失效故障，通过深入分析了每个失效故障的机理，准确判断造成失效问题背后隐含的材料、性能及工艺控制存在的致命缺陷，为彻底消除看上去不起眼的小小的质量问题，我们从材料改进、工艺攻关及细节控制等环节采取的一系列措施。报告最后归纳总结了失效分析对于柴油机故障分析的重要性，特别是要吸取经验教训，举一反三，从研制过程就需要严格开展好相应的计算与分析、工艺过程通过工艺总方案及工艺规程的评审明确工艺流程管控要求，特别是特殊过程的识别与确认，是保证零部件性能一致性、可靠性的重要环节。

最终交流类型：邀请报告

超高频微弧氧化技术

董杰

上海交通大学

微弧氧化膜层中的孔洞和裂纹结构，严重制约了表面防护和改性的应用。如何减小缺陷尺寸进而提高膜层致密度，是目前微弧氧化技术研究的重点。本研究首先开发了基于绝缘栅双极晶体管（IGBT）的逆变超高频微弧氧化电源，能将脉冲电流的频率从 103Hz 提高到 104Hz 以上，然后针对镁、铝、钛、锆等阀金属，开发了超高频微弧氧化技术，该技术可以有效调控微弧氧化过程中的火花放电，实现弧光细小均匀，能有效减小膜层的孔洞尺寸和裂纹数量，膜层的最大孔洞面积从 65.8 μm^2 减小到 7.1 μm^2 ，降低近 1 个数量级，膜层致密度得到大幅提升，耐蚀性能提升 1 倍。超高频微弧氧化技术还可以增加膜层结合力，降低膜层粗糙度，提高成膜效率。超高频微弧氧化技术的主要原理是脉冲电流频率提高之后，单脉冲能量降低，放电次数增多。该技术在镁合金、铝合金、钛合金、锆合金上都得到了典型应用。

最终交流类型：邀请报告

精密铸造过程多相流建模与缺陷调控：从镍基高温合金到高铍铝

李军¹，李军义²，任能³，曾龙⁴，夏明许⁵，李建国⁶

1. 上海交通大学

2. 西北稀有金属材料研究院宁夏有限公司

镍基高温合金在 650~1000°C 范围内仍具有较高的强度和优异的抗氧化能力成为航发工作叶片、涡轮盘的首选材料；高铍铝（57-75wt% Be）比刚度是 Ti、Mg 等轻质材料的 3 倍以上，并具有优异的导热性等，是高精度快速动作系统的绝佳材料，二者均主要采用精密铸造成型。然而，两种材料在精密铸造过程中均面临铸造缺陷难题，如高温合金单晶叶片中的雀斑、杂晶缺陷，高铍铝的疏松、裂纹缺陷等。

针对高温合金单晶叶片铸造缺陷。研究团队建立了定向凝固过程的多相流凝固模型，成功预测了定向凝固过程中溶质富集流以及通道偏析的形成、发展和消亡的行为。进一步结合元胞自动机方法，探究了合金在通道偏析形成同时的树枝晶生长、重熔和断裂行为。揭示了高温合金定向凝固中通道偏析的产生、呈现出特殊分布规律的机理，以及雀斑链的产生、雀斑晶粒分布规律和尺寸特征的机理。为镍基单晶高温合金铸件中缺陷的控制和消除提供了重要的理论指导。并结合对雀斑等缺陷产生机制的认识，发展了基于稳恒凝固界面的自适应变拉速方法，获得了无雀斑、杂晶缺陷的单晶叶片。针对高铍铝合金缺陷，研究团队从熔体处理角度出发，探究了 Ag、Ge、Co 等元素对合金缺陷的作用规律，揭示了各元素对合金的强化机制，从而大幅降低了铸造缺陷并提升了材料的强度。

最终交流类型：邀请报告

原子层沉积：超高精度表面工程与纳米制造技术

冯昊

西安近代化学研究所

原子层沉积（Atomic layer deposition, 简称 ALD）是一种先进的薄膜沉积技术。借助该技术可对物质表面组成及结构进行原子层面的精确操纵，在材料表面引入特定的物理或化学性质，实现多种纳米材料的原子级精度可控合成。ALD 技术在薄膜三维均匀性、厚度控制精度等方面具有其它薄

膜沉积技术难以比拟的优势，多种无机及有机材料均可通过 ALD 方式合成。ALD 技术综合成本相对低廉，具备规模化实施可行性，因此在纳米制造与表面工程等领域拥有非常广阔的应用前景。

本报告将简要介绍 ALD 技术的基本原理、特点、要素、实现方法，自主可控 ALD 设备的研制与产业化实施进展，以及 ALD 技术在半球谐振陀螺表面金属化、燃料金属管路内壁钝化、微通道板功能层纳米制造、高能固体燃料粉末性能调控等具有不同尺度复杂表面的材料与器件表面纳米结构精确加工中的应用。

最终交流类型：邀请报告

特种电源：钒基低温钠电池

芮先宏

广东工业大学

高能量密度、高功率密度、高安全性、长寿命和宽服役温度二次电池是储能行业追求的共同目标。现今，兵器装备、太空探索、极地科考等领域的角逐日益激烈，为保障其能源的持续供应，发展环境适应性强、低温性能优异、成本低廉的储能电池尤为重要。钠电池因钠资源储量丰富，且钠离子斯托克斯半径小，离子电导率更高，是一种很有发展前景的新型低温电池体系。然而，在低温条件下实际运行时，钠电池常存在容量衰减严重、循环寿命短、充放电困难等问题，严重制约其应用。针对上述难题，利用钒基材料多价态和化学结构丰富可调的优势，通过电极材料结构设计，导电网络优化，界面层构筑、电解液结构调控等策略，实现了钒基低温钠电池快速稳定循环。本报告主要介绍近年来课题组在钒基低温钠电池方面的研究进展。

最终交流类型：邀请报告

光驱动可逆储氢研究

夏广林

复旦大学

缺乏安全高效的储氢技术是制约氢能大规模应用的瓶颈。具有高密度和高安全性的固态可逆储氢是理想的解决方案，但其吸/放氢工作温度高、速率缓慢，且存在热力学稳定性高的本征难题，需要外部输入大量热量引发吸/放氢反应。这不但降低了系统的氢存储密度和能量利用效率，而且导致高能耗和高成本，限制其大规模应用。为解决传统热驱动储氢能耗过高的难题，基于光热与催化效应的高效耦合，团队尝试使用太阳能这一初级能源来驱动高容量固态储氢材料的可逆吸/放氢反应。

最终交流类型：口头报告

高能硼烷离子化合物研究

郭艳辉

复旦大学

硼烷离子化合物是一类富含高热值氢硼元素潜在的高热值燃料。其核心的硼烷阴离子由氢与硼元素组成，具有独特的价键与构型。研究表明该类燃料点火燃烧特性与烃燃料、金属燃料等有明显的差异。本报告主要介绍硼烷离子化合物的组成、结构，基本性质，并结合其燃料应用介绍了几种典型材料的点火燃烧特点及快速测试方法。

最终交流类型：口头报告

铝基复合材料仿生结构设计及装甲防护应用

晁振龙¹，姜龙涛²，陈国钦³，庞宝君⁴，杜善琦⁵

哈尔滨工业大学

随着反装甲武器的发展，装备对装甲材料的防护性能提出了更高的要求。传统的陶瓷/金属或陶瓷/纤维复合材料装甲结构由于声阻抗失配和陶瓷本征脆性等原因，逐渐难以满足未来战场的发展需求。陶瓷增强铝基复合材料具有良好的比强度、比刚度和优异的可设计性，在装甲防护领域具有很好的发展前景。本文以 B4C/Al 复合材料为研究对象，重点介绍了功能梯度和仿生阵列两类仿生结

构的设计和制备方法,并介绍了两类典型结构在不同弹体侵彻下的性能表现,基于组织分析、数值模拟和应力波计算揭示了其防护机理。本文旨在为新一代装甲防护材料的设计和制备提供理论和技术参考。

最终交流类型:口头报告

轻质高熵合金

王明亮

大连理工大学

在国防工业领域,各国针对火箭、导弹、战机等制定了详细的减重计划,重点开发高性能轻质功能和结构材料,在能源交通领域,各国针对环境污染及能源利用率低等问题,大力研发低密度材料,减轻交通车辆的质量,尤其是,未来先进航空、航天、太空探索装备,如宇宙空间站、火星探测器、卫星、火箭、等更为极端的服役环境及技战术指标提升,对下一代轻量化合金材料提出了更为苛刻的要求,要求轻质合金材料在极端深空-270°C至高温 800°C以上宽温域范围内均能保持优异的强度和塑性。高熵合金的轻量化是目前轻质合金材料的一个新的发展方向,可以促进传统轻质合金体系的更新换代,具有潜在的工业应用价值和重要理论研究意义。基于经验参数法则、相图模拟及高分辨球差电镜、三维原子探针等先进实验方法,通过对轻质高熵合金成分-微观组织-制备工艺-力学性能关联关系的系统研究,开发出系列宽温域轻质高熵合金,相较于传统 Al 基、Mg 基、Ti 基合金,轻质高熵合金表现出良好的宽温域性能优势,为开发新型高性能轻质合金材料开辟了新思路。

最终交流类型:口头报告

块体难熔多主元合金静态燃烧动力学性能测试与评价

柯慧彬¹,李秀文²,刘和灵³,王奥乐⁴,薛云飞⁵

北京理工大学

难熔多主元合金由于其优异的力学性能和释能性能有望用于含能结构材料,在冲击目标后除了机械贯穿损伤外,通过燃烧反应释能能量对目标造成二次毁伤。然而,传统的冲击毁伤实验一方面实验成本较大,另一方面难以区分力学性能和燃烧释能对最终毁伤效果的影响,难以直接通过冲击毁伤实验对材料进行优化,因此,研究材料在静态下的燃烧动力学性能尤为必要。本工作建立了适用于测试和评价块体难熔多主元合金燃烧动力学性能的方法,可以测试难熔多主元合金的点火阈值和自持燃烧性能,能够在实验室环境对难熔多主元合金燃烧动力学性能的快速评价。基于该方法,分析了元素成分、析出相、样品尺寸、环境气氛等因素对难熔多主元合金点火阈值和自持燃烧性能的影响。该工作为面向含能结构材料应用的难熔多主元合金的设计提供了研究基础。

最终交流类型:口头报告

氧化锆塑性相变提高轻合金纳米复合涂层的韧性研究

钱伟峰¹,张震²,王爽³,郭紫薇⁴,陈永楠⁵,Md Ariful Islam⁶,赵秦阳⁷,李宏战⁸,刘洋⁹,占海飞¹⁰

1. 长安大学

2. 西北有色研究院

3. 浙江大学

陶瓷膜层的韧性对于轻合金在应对腐蚀和磨损的应用至关重要。本研究报告了通过等离子电解氧化(PEO)工艺在镁合金上制备了 ZrO₂/MgO 增韧膜层,并在膜层中实现了应力诱导马氏体从四方氧化锆(t-ZrO₂)转变为单斜氧化锆(m-ZrO₂)。结果表明,在增韧过程中,ZrO₂和MgO晶粒之间的界面对诱导相变至关重要。在t-ZrO₂和MgO之间发现了半共格界面,界面上部分不匹配的原子会导致局部晶格畸变。这些晶格畸变提供了适当的位错密度($2.2 \times 10^5/\text{m}^2$ - $4.1 \times 10^5/\text{m}^2$),不仅确保了界面的稳定性,还提供了应力传递通道,从而诱导ZrO₂发生马氏体转变。塑性相变伴随着ZrO₂晶粒的体积膨胀,因此会产生压应力场,从而产生压应力场来阻止裂纹扩展,同时增强复合陶瓷的塑性。结果表明,增强膜层的韧性是传统PEO膜层的约1.15倍。此研究为设计轻合

金增韧陶瓷膜层提供了另一种策略。

最终交流类型：口头报告

高熵合金相的高通量筛选和机器学习辅助设计研究

刘翠霞

西安工业大学

高熵合金作为一种特殊的合金材料，由于其相形成机制和核心效应而具有优异的综合性能，如高强度、高硬度、优异的耐磨性及良好的热稳定性等，在航空航天、医疗和新能源等领域受到广泛关注。但高熵合金巨大的元素组成空间和复杂晶体结构对其性能的影响成为当前研究难点。当前普遍采用试错法或者复杂的理论计算如密度泛函、计算相图等研究高熵合金与其性能的关系，实验条件要求苛刻，人工成本较高且材料费用昂贵，且无精确的计算理论。随着材料信息学的发展，数据驱动成为如今研究热点，可以提高模型准确率并得到预期生成相和所需性能。本项目从高熵合金相结构和力学性能出发，进行机器学习建模和 SISSO 分类和回归，将最优模型进行打包构建，获得高熵合金元素组成及热力学参数与微观相结构和力学性能之间关系的描述符，采用 SISSO 构建高熵合金相结构的预测模型，确定高熵合金元素组成及热力学参数与微观相结构的描述符，其可视化 2D 地图可以明确区分不同相。采用机器学习和 SISSO 探究元素含量对 AlCoCrFeNiCu 合金体系硬度和强度的影响。对于高熵合金元素组成及热力学参数与硬度的关系，采用支持向量回归进行建模预测，R2 和 MAE 分别达到 0.907 和 56.13，在辅助高熵合金设计和优化方面具有指导意义。

最终交流类型：口头报告

功能涂层在兵器领域中的应用

时卓

辽宁省轻工科学研究院有限公司

介绍了热防护涂料涂层，根据使用条件与应用位置的不同，提供多种型号的热防护涂料产品，适用于火焰直接接触部位、普通气动加热部位与高速气动加热部位等，针对高速装备对减重的设计要求，也提供轻质烧蚀涂料产品解决方案，在保证热防护性能的同时，相比传统热防护材料能够大幅度减少涂层重量，同时也介绍耐高温、防腐、隔热、阻尼和吸波等新型特种涂料的性能和应用案例，结合军用与民用特种涂料实际使用需求，研制开发了多种技术领先、性能先进的特种涂层产品，服务于兵器、航空、航天、船舶等军工单位，为多种不同型号的装备、部件的关键部位提供一流的表面防护。

最终交流类型：口头报告

低成本高强韧高耐磨钛基复合材料制备与应用技术研究

黄土星¹，杨忠²

西安工业大学

钛及钛合金具有密度低、比强度高、耐腐蚀性好等优点，是理想的轻质金属结构材料，被誉为“太空金属”、“海洋金属”和“全能金属”。但是，钛合金的硬度和弹性模量较低、耐磨性较差，在摩擦工况下服役寿命较短。针对上述问题，主要开展了高强韧高耐磨钛基复合材料研发设计、高质量钛基复合材料热加工成型技术、钛基复合材料表面改性加工技术、层状钛合金/钛基复合材料制备技术以及钛基复合材料应用技术等研究。开发的低成本高强韧高耐磨钛基复合材料，在兵器装备领域具有广泛应用前景。

最终交流类型：口头报告

镁基储氢材料表面抗钝化改性研究

石睿¹，朱云峰²，张纪光³，刘雅娜⁴，王军⁵

1. 南京工业大学材料科学与工程学院

2. 江苏先进无机功能复合材料协同创新中心

现代兵器对于储能密度有较高要求，尤其是无人机、导弹等兵器系统的动力源，需要轻量化和

高功率的能量来源。镁基储氢材料作为一种轻质、高容量固态储氢材料，很好地契合了现代兵器对高储能密度的需求。其中 Mg_2NiH_4 因其相对较低的吸放氢温度被认为是一种潜在的储氢介质，但严重的表面钝化阻碍了其实际应用。针对这一问题，本团队分别从材料的结构设计、成分设计以及表面处理三个角度，开展了一系列的抗钝化改性研究。首先，通过机械球磨的方式，成功在 Mg_2NiH_4 表面包覆一层超薄的石墨层，借助石墨层优异的透氢抗氧能力，大大缓解了 Mg_2NiH_4 的表面氧化现象，进而显著提升了其吸放氢动力学性能。其次，通过增加高电负性 Ni 元素的含量，一方面可以有效降低材料表面氧化层的形成能，提高材料的抗钝化能力，另一方面生成的 MgNi_2 可以作为氢扩散的快速通道，从而进一步提高材料的吸放氢动力学性能。最后，通过微水解表面改性，成功实现了在不损失储氢容量的前提下，简便快捷地提升了 Mg_2NiH_4 的抗钝化性能以及吸放氢动力学性能，并提出了“空位介导氢溢流”这一新的脱氢机制。上述研究不仅为开发低成本、高活性、抗钝化的金属氢化物提供了新的视角，而且对推动氢能技术的工业化应用具有重要意义。

最终交流类型：口头报告

SiC 颗粒/碳纤维协同强化铝基复合材料制备及力热性能研究

吕钊钊¹，贾宇博²，易华辉³，郭永春⁴，沙建军⁵，代吉祥⁶，林冠璋⁷

1. 西安工业大学
2. 大连理工大学

近些年来，多项增强体协同强化复合材料受到越来越多的学者的关注和研究，由于多项增强体协同强化作用能够弥补单一增强体的缺点和不足，往往使复合材料表现出更加优异的综合性能。为了制备具有高强度和低热膨胀系数的铝基复合材料，使其更好的应用到特种车辆大马力发动机活塞结构上。本研究提出了一种胶体分散及抽滤的制备方法，制备了 SiC 颗粒与碳纤维协同增强铝基复合材料 ($\text{SiC}_p\text{-C}_f/\text{Al}$ 复合材料)。对复合材料微观结构观察显示，碳纤维与 SiC 颗粒均匀分布在铝基体中，碳纤维沿不同方向排布，复合材料结构致密；对复合材料力学性能测试表明，当 SiC 颗粒体积分数为 5%，碳纤维体积分数为 7% 时， $\text{SiC}_p\text{-C}_f/\text{Al}$ 复合材料具有较高的抗拉强度和弹性模量(抗拉强度 207 MPa，弹性模量 92 GPa)，高于体积分数为 5% 的 SiC_p/Al 复合材料的抗拉强度和弹性模量(抗拉强度 112 MPa，弹性模量 80 GPa)， $\text{SiC}_p\text{-C}_f/\text{Al}$ 复合材料具有较高的抗拉强度和弹性模量的影响机制是由于碳纤维和 SiC 颗粒在铝基体中分布均匀，两者起到了协同强化的作用；对复合材料在 25°C-400°C 温度范围内的热膨胀系数测试显示，碳纤维的添加使 $\text{SiC}_p\text{-C}_f/\text{Al}$ 复合材料的热膨胀系数明显低于 SiC_p/Al 复合材料。

最终交流类型：口头报告

CeO₂ 空位效应协助 Ni 改善镁的储制氢性能

刘江川¹，任玉荣²，朱云峰³

1. 常州大学材料科学与工程学院
2. 南京工业大学材料科学与工程学院
3. 江苏先进无机功能复合材料协同创新中心

“双碳”背景明确了调整能源结构、发展低碳能源的必要性。氢能具有可循环、零排放、可储存、能源互联等特点，其高效制、储技术已受到广泛重视。镁具有高的储氢容量、便捷的水解制氢能力、丰富的资源和环境友好性，是一种有前途的固态储、制氢候选材料，在兵器装备中具有潜在的应用前景。然而，较高的储氢操作温度，缓慢的制、储氢动力学性能等问题，使得 Mg 在实际氢应用场景中仍存在诸多挑战。因此，设计一种高效催化剂同时提高镁的储制氢性能是十分必要。本工作以 Ni/CeO₂ 复合催化剂为研究对象，结合界面和缺陷工程阐明几乎无催化活性的 CeO₂ 与 Ni 产生超高效协同作用的关键因素。在 Mg 储氢中， $\text{MgH}_2\text{-Ni/CeO}_2$ 的起始脱氢温度仅为 165 °C，比 MgH_2 低 135 °C。Ni 与 CeO₂ 的耦合界面保留部分 Ni 单质状态，且诱导 CeO₂ 中产生更多的氧空位。DFT 计算结果显示，存在氧空位的 CeO₂ 能改变周围 Ni 的局部电子分布，通过优化 Ni 的键合和反键态提高 Ni 对氢的吸附和削弱 Mg-H 键强的能力。在 Mg 水解制氢中，仅需低添加量催化剂就能使得 Mg 在 1 分钟内达到饱和制氢量的 90% 以上，与未添加催化剂的 Mg 相比，其最大制氢速率提升了 8 倍。基于 Ni/CeO₂ 对镁储制氢性能的改善机制研究发现，复合物的协同作用与单相的性能无必然联系，

惰性催化成分可通过大幅度提升主要活性中心的催化关键特性，以产生优异的协同作用。

最终交流类型：口头报告

新型高效硼笼化合物固态电解质

金孟媛¹、郭艳辉²

复旦大学

电解质作为电化学储能器件中重要的组成之一，其性质对器件的性能有着重大的影响。使用固态电解质代替液态电解质，不仅可以解决传统液态电化学器件常见的安全隐患（易泄露、易燃烧和易爆炸等等），还可以有效提高器件的能量密度和功率密度。其中，金属硼氢化物，特别是闭式硼笼化合物和碳硼烷具有良好的化学/电化学稳定性，同时具有离子电导率高、柔韧性好、溶液加工性好、质轻和无毒等优点，在近来得到了快速的发展，具有很大的研究和应用前景。

本课题组研发的新型联式硼笼固态电解质与常规的硼氢化物固态电解质相比，电压窗口得到了很大的拓宽，最高电压窗口可以达到 6.9V，且电导率的量级可以达到 10^{-3} S/cm，电化学性能优异。此外，这一类硼笼固态电解质性能独特，具有密度低，毒性小，化学稳定性和热稳定性高等优点，能够符合现在对固态电解质的各种需求，综合性质非常优异，具有很大的应用潜力。

最终交流类型：口头报告

Synergistic “Anchor-Capture” Enabled by Amino and Carboxyl for Constructing Robust Interface of Zn Anode

Zhen Luo¹, Yinzhu Jiang²

Zhejiang University

While the rechargeable aqueous zinc-ion batteries (AZIBs) have been recognized as one of the most viable batteries for scale-up application, the instability on Zn anode-electrolyte interface bottleneck the further development dramatically. Herein, we utilize the amino acid glycine (Gly) as an electrolyte additive to stabilize the Zn anode-electrolyte interface. The unique interfacial chemistry is facilitated by the synergistic “anchor-capture” effect of polar groups in Gly molecule, manifested by simultaneously coupling the amino to anchor on the surface of Zn anode and the carboxyl to capture Zn^{2+} in the local region. As such, this robust anode-electrolyte interface inhibits the disordered migration of Zn^{2+} , and effectively suppresses both side reactions and dendrite growth. The reversibility of Zn anode achieves a significant improvement with an average Coulombic efficiency of 99.22% at 1 mA cm^{-2} and 0.5 mAh cm^{-2} over 500 cycles. Even at a high Zn utilization rate (depth of discharge, DOD_{Zn}) of 68%, a steady cycle life up to 200 h is obtained for ultrathin Zn foils (20 μm). The superior rate capability and long-term cycle stability of Zn-MnO₂ full cells further prove the effectiveness of Gly in stabilizing Zn anode. This work sheds light on additive designing from the specific roles of polar groups for AZIBs.

最终交流类型：口头报告

Nb 对 TiC/Ti-7.8Cr 复合材料组织和力学性能的影响

杨明年

西安工业大学

采用熔铸法制备高 TiC 含量钛基复合材料时，TiC 的形貌很难控制，TiC 倾向于长大成枝晶状，导致复合材料的力学性能严重降低，尤其是塑性。本研究通过向钛基复合材料中添加 Nb 元素，制备了不同 Nb 含量的原位 TiC 增强钛基复合材料，研究了 Nb 的加入量对复合材料组织和力学性能的影响。结果表明，随着 Nb 含量的增加，复合材料的晶粒尺寸由 276 μm 逐渐减小至 122.8 μm ，初生 TiC 含量减少，共晶 TiC 含量增加。另一方面，通过透射电镜高分辨图像研究了 TiC (111)// β -Ti (110) 与 TiC [101]// β -Ti [111]之间的取向关系。计算了 TiC (111)// β -Ti (110)之间的二维错配度仅为 9.06%，表明 TiC 可以作为 β -Ti 的异质形核核心。随着 Nb 含量从 0 wt.%增加到 1.5 wt.%，复合材料的洛氏硬度逐渐增加，最高可达 47.4 HRC。值得注意的是，当 Nb 加入量达到 1.0 wt.%时，复合材料的抗拉强度达到 1352.9 MPa，与不添加 Nb 元素的复合材料相比提高了 69%，这是由于复合材料中细晶强化、固溶强化和第二相强化的综合作用所致。

最终交流类型: 口头报告

Multiscale simulations of surface adsorption characteristics of amino acids on zinc metal anode

Yufan Xia¹, Yinzhu Jiang²
Zhejiang University

Aqueous zinc-ion batteries (ZIBs) are considered as promising power sources for grid storage, but they face several issues, including dendrite growth, corrosion, hydrogen evolution, etc., which are related to the Zn metal-electrolyte interface. To address these challenges, many researchers have focused on modifying the Zn anode with surface adsorption. However, the underlying mechanism between the Zn surface and adsorbed/protective molecules has not been thoroughly explored. In this study, we built a multiscale simulation platform that integrates state-of-art simulation methods to comprehensively investigate the adsorption process of amino acids on the Zn metal surface. Our major finding is that adsorption sites, adsorbate-surface angle and average distance are critical for constructing stable adsorption. Additionally, ab initio molecular dynamics reveal the kinetics of the surface adsorption and molecule reorientation processes. Based on multiscale simulations at every step, our work provides three additional descriptors for predicting adsorption behavior: identifying potential adsorption sites, evaluating the status of surface adsorption by angle and distance, and measuring raised vertical distance of surface atoms during dynamic adsorption. These findings pave the way for an in-depth understanding of the surface adsorption process, as well as providing concrete design principles for stable Zn metal anodes.

最终交流类型: 墙报

C12-P01

碳点/氧化铜的制备及其在 CMDB 推进剂中的应用研究

张震¹、赵凤起²、姜一帆³、张明⁴、曲文刚⁵
西安近代化学研究所

通过氧化刻蚀法和原位水热法制备了 CDs 及 CDs/Cu 纳米复合材料。采用 TEM/HRTEM、XRD、EDS 和 XPS 分析了 CDs 及 CDs/Cu 的组成、形貌和结构。基于现有研究,以 CDs 和 CDs/Cu 作为新型燃烧催化剂应用于改性双基推进剂(CMDB 推进剂)。通过燃速-靶线法对不同配方的燃速进行测试分析。结果表明,CDs 有效提高了推进剂在低压下的燃速,并出现平台燃烧,CDs/Cu 则进一步增加了其低压下的燃速,并出现麦撒效应,整体压力指数得到明显降低。通过单幅放大摄影法、燃烧波温度测试系统研究了不同配方下的火焰结构和燃烧波结构。结合燃速及压力指数等燃烧性能,阐述了 CDs 和 CDs/Cu 对 CMDB 推进剂的燃烧催化作用。

最终交流类型: 墙报

C12-P02

AlCoCrFeNi_{2.1} 在冲击载荷下的断裂行为

李天昕¹、卢一平²
1. 贵州大学
2. 大连理工大学

双相异质结构使共晶高熵合金(EHEAs)在准静态拉伸载荷下表现出优异的强度-塑性。然而,因为裂纹容易在相界面容易萌生,EHEAs 是否能够在冲击载荷下表现出同样好的力学性能目前尚不明确。本工作旨在研究 AlCoCrFeNi_{2.1} EHEA 的 Charpy 冲击韧性和断裂行为。结果表明,EHEA 在保持较高的抗拉强度和延展性的同时,冲击韧性达到 25.86 J/cm²,优于 TC4 钛合金和 DP 钢等大多数双相合金。断口形貌分析揭示了断口表面的特征区域,表明能量吸收机制主要通过韧性韧窝、平面解理面、次生裂纹和微孔洞进行,表明其为韧性-脆性混合断裂模式。通过 TEM 和 EBSD 对变形组织的详细观察表明,FCC(L12)和 BCC(B2)相沿相界同时发生撕裂,表明相界对裂纹的萌生和扩展有重要影响。FCC(L12)相通过位错滑移几乎承担了试样的所有塑性变形,而 BCC(B2)相则经历了快速剪切,但几乎没有位错滑移。冲击载荷下的裂纹萌生通常始于 FCC(L12)/BCC(B2)界面,然后通过 BCC(B2)相扩展,表明其快速剪切变形能力有限。此外,研究还进一步探讨了试样尺寸和缺口形状对 AlCoCrFeNi_{2.1} EHEA 冲击韧性的影响。对比了其在静载荷和冲击载荷下的力学行为,分析了应力分布和断口形貌的差异和联系。该研究揭示了 AlCoCrFeNi_{2.1} EHEA 在冲击载荷下的力学响应和

断裂行为，为其潜在的工业应用提供了重要信息。

最终交流类型：墙报

C12-P03

基于分子动力学模拟的 Ti-Zr-Nb-Ta-Hf 难熔高熵储氢合金熔化及快速凝固行为研究

程腾飞¹, 李海文², 何礼青³, 李晓⁴, 方王刚⁵, 任兴海⁶, 黄静

合肥通用机械研究院有限公司

高熵储氢合金由于其不同元素之间原子大小差异引起较大的晶格畸变，具有储氢容量高、吸/放氢条件温和、速度快等优势[1]，在固态储氢领域具备较好的应用前景，是新一代高容量储氢合金材料的研发热点。但是高熵合金中各组元的熔点、密度、原子半径、电负性、混合焓等差异较大，制备过程中易发生成分偏析[2]，从而导致其局部原子结构、相结构均匀性较差，成分组织的不均匀性不仅严重影响合金的储氢性能，而且显著降低其可靠性。因此本研究以 Ti-Zr-Nb-Ta-Hf 难熔高熵合金为例，基于大规模原子/原子并行计算模拟器 Large-scale Atomic/Molecular Massively Simulator (LAMMPS) 软件[3]，采用分子动力学方法，在三种不同冷速下模拟了原子尺度 Ti-Zr-Nb-Ta-Hf 高熵储氢合金的升温熔化和快速凝固过程，系统地观察了合金熔化及凝固过程中的元素分布、温度场变化、原子扩散及原子位移轨迹，深入分析 Ti-Zr-Nb-Ta-Hf 难熔高熵合金熔化及快速凝固过程中的结构演变及相转变机理。通过分子动力学方法模拟结果表明：升温熔化过程中，不同原子的温度传导存在差异，引起了合金各部位温度场分布的差异。高熔点元素扩散系数较小，易产生聚集现象，低熔点元素扩散系数较大，易产生元素烧损。快速凝固过程中，随着冷速的降低，各原子有更加充足的时间和能量进行运动，合金体系原子的总位移量急剧增加，温度分布更加均匀，各原子扩散系数增大。Ti-Zr-Nb-Ta-Hf 高熵合金在快速凝固过程中，合金体系的有序性很低，没有晶体结构的产生，均生成了大量非晶体结构和少量准晶体结构，通过控制合金熔体的冷却速度可以控制合金组织中非晶体、准晶体和晶体的含量组成，为难熔高熵储氢合金的均一化制备提供理论基础。

最终交流类型：墙报

C12-P04

Local electronic structure regulation enabling fluorophosphates cathode with improved redox potential and reversible capacity for sodium-ion batteries

Huiqin Huang¹, Yin Zhu Jiang²

Zhejiang University

Mn-based fluorophosphates attract much attention as cathodes for sodium-ion batteries owing to their high cost-effectiveness, considerable capacity, and stable framework. However, the fascinating Mn^{3+/2+} redox couple suffers from inadequate activation due to the Mn-O covalent character and poor electronic conductivity, impeding their further applications. Herein, a local electronic structure regulation strategy is proposed to improve the Mn^{3+/2+} redox potential and reversible capacity simultaneously, through introducing 3d elements with low-energy orbitals to expand the energy gap between eg orbitals and Fermi energy of Na. Moreover, the 3d element substitution serves to narrow the band gap toward the improved intrinsic electronic conductivity. In comparison with the pristine Na₂Fe_{0.45}Mn_{0.55}PO₄F, the as-prepared Na₂Fe_{0.45}Mn_{0.4}V_{0.1}PO₄F cathode achieves the increase from 3.5 to 3.6 V in the high-voltage plateau and the improved energy density from 330 to 361 Wh kg⁻¹. This work inspires new ideas in adjusting the redox potential of polyanionic cathodes through the deliberate regulation of local electronic structure.

最终交流类型：墙报

C12-P05

富缺陷诱导多电子氧化还原反应助力二硫化钒实现高比能镁锂杂化电池

张旭¹, 刘雅娜², 朱云峰³

1. 南京工业大学材料科学与工程学院

2. 江苏先进无机功能复合材料协同创新中心

兵器装备的大规模应用离不开先进的电池技术。镁锂杂化电池作为一种新型的储能系统，凭借其高安全性、快离子动力学及高理论容量等优点，在兵器装备领域展现出巨大的应用前景。然而，

传统的正极材料由于缓慢的扩散动力学及有限的氧化还原对，表现出较差的循环稳定性及较低的能量密度。因此，急需设计出先进的正极材料以满足兵器装备的能源需求。钒基材料具有丰富的价态及独特的晶体结构，被视为是一种极有前景的镁锂杂化电池正极材料之一。本工作设计了一种氧掺杂诱导的缺陷工程策略，构建了具有丰富硫空位的分级 VS_2 微花，并作为镁锂杂化电池高性能正极材料。其中，多价态钒触发的多电子氧化还原反应使 VS_2 微花具有增强的氧化还原电压，从而表现出优异的可逆比容量 (330.8 mAh g^{-1} at 50 mA g^{-1}) 及突出的能量密度 (366.2 Wh kg^{-1})。理论计算和实验结果表明，硫空位有利于降低迁移势垒，促进电荷的快速转移并释放循环过程中产生的内应力，从而实现反应动力学和结构稳定性的增强。因此， VS_2 微花具有超长的循环寿命，在 2 A g^{-1} 电流密度下循环 2000 圈后，容量保持率为 98.6%。该工作为设计开发具有高比能高安全性的兵器装备用电池提供了新的思路。

最终交流类型: 墙报

C12-P06

Boosting the Intercalation Reaction of FeOF-Based Cathode toward Highly Reversible Lithium Storage

Yechao Lin¹, Yinzhu Jiang²

School of Materials Science and Engineering, Zhejiang University

FeOF as an intercalation-conversion cathode features a high theoretical capacity toward high energy density lithium-ion batteries (LIBs). However, the inadequate intercalation process and poor reversibility of redox reaction deteriorate its practical capacity and cycling stability. Herein, a S-substitution strategy in FeOF (FeOF-S) is proposed to boost the intercalation reaction and enhance the reaction kinetics, achieving a record-high capacity of 668 mAh g^{-1} at 0.05 A g^{-1} and a long cycling stability up to 1500 cycles at 0.5 A g^{-1} . Under this strategy, the Li^+ intercalation energy of FeOF-S is remarkably reduced in thermodynamics, promoting the intercalation capacity to 230 mAh g^{-1} which is 50% higher than that of FeOF. Furthermore, a nearly zero band gap with superior electronic conduction is achieved in FeOF-S, leading to excellent rate capability with much enhanced pseudo-capacitance contribution. This work presents new insights into the regulation of thermodynamics and kinetics toward the boosted electrochemical performance of conversion-type electrodes for high energy density LIBs.

最终交流类型: 墙报

C12-P07

Ordered planar plating/stripping enables deep cycling zinc metal batteries

Shuang Chen¹, Yinzhu Jiang²

Zhejiang University

Metal anodes are emerging as culminating solutions for the development of energy-dense batteries in either aprotic, aqueous, or solid battery configurations. However, unlike traditional intercalation electrodes, the low utilization of "hostless" metal anodes due to the intrinsically disordered plating/stripping impedes their practical applications. Herein, we report ordered planar plating/stripping in a bulk zinc (Zn) anode to achieve an extremely high depth of discharge exceeding 90% with negligible thickness fluctuation and long-term stable cycling. The Zn can be plated/stripped with $(0002)_{\text{Zn}}$ preferential orientation throughout the consecutive charge/discharge process, assisted by a self-assembled supramolecular bilayer at the Zn anode-electrolyte interface. Through real-time tracking of the Zn atoms migration, we reveal that the ordered planar plating/stripping is driven by the construction of in-plane Zn—N bindings and the gradient energy landscape at the reaction fronts. The breakthrough results provide alternative insights into the ordered plating/stripping of metal anodes toward rechargeable energy-dense batteries.

最终交流类型: 墙报

C12-P08

高熵策略驱动转化型氟化物的高可逆锂贮存

申倩倩

浙江大学

高熵氧化物 (HEO) 因其多阳离子的熵稳定效应和晶格畸变产生的短程无序，极大的改善了材

料的循环稳定性和转化反应动力学, 被用作锂离子电池转化型负极材料。而关于高熵材料在锂离子电池正极的应用却鲜有报道。基于此, 本文提出了一种新型合成路线用于合成高熵氟化物 (HEFs) 材料, 并将其作为转化型正极。以 $(\text{CuCoNiMgZn})\text{O}$ 为前驱体, 通过液相法制备得到单相的 $(\text{CuCoNiMgZn})\text{F}$, 并且该材料在 50 mAh/g 的电流密度下, 可循环 100 圈以上。

最终交流类型: 墙报

C12-P09

LiBH₄ doping achieves ultra-high ionic conductivity and critical current density composite halide Li₂ZrCl₆ solid electrolyte

Lanxun Li
Zhejiang University

The halide solid electrolyte Li_2ZrCl_6 (LZC) is considered one of the candidate solid electrolyte materials for all solid state lithium-ion batteries due to its low preparation cost, good high-voltage positive electrode compatibility, and wide electrochemical window. However, the ion conductivity of Li_2ZrCl_6 is low and its stability to lithium metal is poor, which limits its application prospects. Herein, we prepared $\text{Li}_2\text{ZrCl}_{5.3}$ (BH₄)_{0.7} (0.7LBH-LZC) solid electrolyte reinforced with lithium borohydride. LiBH_4 was introduced during the synthesis process through simple mechanical ball milling, resulting in a high ion conductivity of 1.645×10^{-3} S/cm at 25 °C and a critical current density of 7.159 mA/cm². The ion migration number reached as high as 0.9999.

最终交流类型: 墙报

C12-P10

共掺杂激活稳定阴离子氧化还原以构建高容量高倍率性能钠离子电池

景羿翔¹、高明霞²、刘永锋³、潘洪革⁴、孙文平⁵
浙江大学材料科学与工程学院

作为钠离子电池正极材料之一, P2 型层状氧化物在深度脱钠状态下存在不稳定的 P2-O2 相变, 剧烈的体积变化严重影响其循环性能。本工作以 $\text{Na}_{0.75}\text{Ni}_{0.35}\text{Mn}_{0.65}\text{O}_2$ 为研究对象, 通过喷雾干燥技术实现均匀的锂镁共掺杂, 获得了在 1C 倍率下循环经 300 次循环后容量保持率为 69.7%。其中 Mg 掺杂可以起到支柱作用, 抑制高压下的结构相变, Li 掺杂激活了阴离子氧化还原, 活化容量到 150mAh/g。共掺杂有助于实现高的倍率性能。该研究工作对于锂镁共掺杂的协同效应提供了新的认识, 为发展高性能钠离子电池正极材料提供了新的途径。

最终交流类型: 墙报

C12-P11

无钴富锂锰氧化物正极材料表面多功能结构的构建及其协同改性研究

王帆¹, 胡轩滢², 周姿³, 高明霞⁴, 刘永锋⁵, 孙文平⁶, 张欣⁷, 潘洪革⁸
浙江大学材料科学与工程学院

无钴富锂锰基层状氧化物 (LRMLOs) 具有其成本低、能量密度高和环境友好等优点, 有望成为下一代锂离子电池正极材料。然而, 与常规富锂锰正极材料类似, 其在充放电过程中也存在首次库仑效率低、电压衰减快、倍率性能差等缺点, 阻碍了其实际应用。本研究采用 $\text{NH}_4\text{B}_5\text{O}_8$ 还原剂进行热处理, 在无钴 LRMLO 颗粒表面原位构筑了由 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7/\text{B}_2\text{O}_3$ 和富氧空位的尖晶石异质层组成的多层表面结构。该表面结构发挥出多功能协同改性作用, 不仅大大提高了正极材料的电子和离子电导率, 并有效地抑制了氧的释放, 延缓了层状结构向尖晶石结构的转变, 同时抑制活性物质与电解质界面的副反应, 减少了循环过程中过渡金属在电解质中的溶解, 从而显著提升正极的电化学性能。经优化添加 10 wt% $\text{NH}_4\text{B}_5\text{O}_8$ 的正极材料, 实现了在 0.1 C (1 C = 200 mA g⁻¹) 下首次放电容量达 275 mAh g⁻¹, 首次库仑效率高达 90.0%, 循环 100 次后容量保持率为 98.5%; 在 1 C 下循环 300 次后可保持 194 mAh g⁻¹ 的容量, 容量保持率为 92.8%; 在 20 C 的高倍率下可获得 117 mAh g⁻¹ 的容量, 并且大大抑制了循环过程中的电压衰减。本研究的改性方法简便、高效、经济, 为提高无钴 LRMLO 正极的整体电化学性能提供了一种新的表面结构设计策略和方法。