

中国科技大学报奖公示情况说明

项目名称：

限域离子输运强化机制及致密多孔电极跨尺度结构调控研究

提名者：

太原理工大学

公示内容：

提名意见：

限域离子输运强化机制及致密多孔电极跨尺度结构调控研究提交材料真实有效。该项目以限域离子输运强化机制及致密多孔电极跨尺度结构调控为核心，开展系统性研究。项目主要完成人从电极跨尺度结构设计与传质过程强化这一关键科学问题出发，系统开展了以下创新研究：揭示了电极在电化学循环中体相与界面的微纳结构演化规律及其与性能衰减的关联机制，建立了基于结构演化的电极衰退模型；阐明了功能化表界面通过化学修饰与物理限域协同调控离子吸附、脱溶剂化及迁移过程的动力学机制，提出了界面传质调控反应路径的新思想；发展了离子快速存储与界面转化协同增强的电极材料设计新策略。在此基础上，创新提出了致密多孔一体电极构筑新路线，形成了可控制备兼具高离子电导、高电子导电、高结构稳定性电极材料的自主技术体系。本项目 5 篇代表性论文(*Advanced Materials*, *ACS Energy Letters*, *Green Energy & Environment*, *Angewandte Chemie International Edition*, *Journal of Power Sources*)被他引 721 次。完成人均对本提名项目做出了实质性贡献。提名该项目为山西省自然科学奖一等奖。

项目简介：

项目聚焦于电池及电催化体系中关键电极材料与界面的理性设计与机制革新。主要研究内容围绕提升能量转换与存储器件中电荷传输、离子输运及反应动力学等核心科学问题，系统开展了三个方面的工作：一是建立了“多

维度限域空间”理论与实验模模型，旨在解决多孔电极中高活性物质载量与快速传质需求之间的固有矛盾；二是揭示了“功能化表界面”对物质传递与反应路径的调控机制，为设计高效催化剂和选择性分离膜提供了新原理；三是创新性设计了“无集流体一体化致密多孔电极”，实现了金属负极的高可逆沉积，突破了传统电极结构的限制。

客观评价：

本项目5篇代表性论文（*Advanced Materials*, *ACS Energy Letters*, *Advanced Materials*, *Angewandte Chemie International Edition*, *Journal of Power Sources*）累计被他引721次，并获得国内外权威学者的广泛正面评述。多位院士及领域专家在综述中重点引用并充分肯定了本工作的学术价值。例如，吴峰院士团队指出相关限域理论对电极设计具有指导作用；窦士学院士团队评价其工作优化了界面传质过程。武刚教授与邢巍研究员团队均强调了本工作在酸性析氧反应催化剂发展中的重要性；德国科学院院士Christoph Janiak教授团则赞誉其在离子分离领域实现了高选择性突破。针对一体化电极设计，中国科学技术大学焦淑红教授团队、新加坡科学院与工程院双院士楼雄文教授团队以及澳大利亚科学院院士乔世璋团队分别从离子沉积行为、界面浸润性与晶体取向调控等角度，证实了其在提升金属负极可逆性方面的关键作用。这些集中且积极的同行评价，有力印证了本研究在相关领域的原创性贡献与学术影响力。

代表性论文专著目录：

序号	论文（专著） 名称/刊名 /作者	期刊 年卷页码 （xx 年 xx 卷 xx 页）	发表时间 （年月 日）	通讯作者（含 共同）	第一作者 （含共 同）	所有作者	引用 次数	检索数 据库	论文署名 单位是否 包含国外 单位
1	Amorphous Metallic NiFeP: A Conductive Bulk Material Achieving High Activity for Oxygen Evolution Reaction in Both Alkaline and Acidic Media	Advanced Materials , 2017, 29, 32 , 1606570	2017.6.22	Fei Hu, Xiaowei Yang, Yujie Xiong	Fei Hu	Fei Hu, Shengli Zhu, Shuangming Chen, Yu Li, Lu Ma, Tianpin Wu, Yan Zhang, Chengming Wang, Congcong Liu, Xianjin Yang, Li Song, Xiaowei Yang, Yujie Xiong	537	Web of Scienc e	是
2	Micro-selection and Macro- orientation Strategy	ACS Energy Letters,202 4, 9, 3, 800	2024.2.4	Xiaomin Wang, Xiaowei Yang	Huanglin Dou, Wanyu Zhao	Huanglin Dou, Wanyu Zhao, Xiaoli Zhao, Xiaomin Wang, Xiaowei Yang	23	Web of Scienc e	否

	Enables High-Areal-Capacity Magnesium Metal Anode								
3	Wetting sub-nanochannels via ionic hydration effect for improving charging dynamics	Green Energy & Environment, 2024, 9, 3, 473	2024.3.11	Zhijun Zuo, Xiaowei Yang	Yayun Shi, Xiaoli Zhao	Yayun Shi, Xiaoli Zhao, Qihang Liu, Zhenghui Pan, Congcong Liu, Shanyi Zhu, Zhijun Zuo, Xiaowei Yang	17	Web of Science	否
4	Charging Metal-Organic Framework Membranes by Incorporating Crown Ethers to Capture Cations for Ion Sieving	Angewandte Chemie International Edition, 2023, 62, 40, e202309918	2023.8.15	Yuliang Li, Xiaowei Yang, Cheng Li	Jiang Li, Yayun Shi, Chenyang Qi	Jiang Li, Yayun Shi, Chenyang Qi, Bowen Zhang, Xiwen Xing, Yuliang Li, Tongdan Chen, Xingnuo Mao, Zhijun Zuo, Xiaoli Zhao, Zhenghui Pan, Libo Li, Xiaowei Yang, Cheng Li	84	Web of Science	否
5	A novel catalyst support for DMFC: Onion-like fullerenes	Journal of Power Sources, 2006, 162: 160–164.	2006.8.9	Bingshe Xu	Bingshe Xu	Xu Bingshe, Yang Xiaowei, Wang Xiaomin, Guo Junjie, Liu Xuguang	60	Web of Science	否

主要完成人情况：

序号	姓名	职称	项目完成单位	对成果创造性贡献
1	杨晓伟	教授	太原理工大学	作为整个研究团队的学术引导者，负责项目研究内容的整体设计、学术思想的提出和研究工作的学术指导。是发现点 1、2、3 主要学术思想的主要提出者，第 1、2、3、4、5 篇代表性论文的（共同）通讯作者。阐明了功能化界面调控离子传输动力学的机制，提出了界面传质调控反应路径机制；发展了离子存储与界面转化协同的材料设计策略，提出致密多孔一体电极构筑路线，形成了可控制备高导电、高稳定电极的自主技术体系。
2	胡飞	教授	同济大学	作为本项目的重要发现主要贡献者，是发现点 2 的主要完成人，是代表性论文 1 的第一和共同通讯作者，是代表作 3 的共同作者。构建了融合孔道物理约束与界面化学环境的多维限域传质理论模型，从机理上阐明了致密电极中离子迁移的强化规律。
3	赵婉玉	助理研究员	同济大学	作为本项目的重要发现主要贡献者，是发现点 3 的主要完成人，是代表性论文 2 的共同第一作者。建立了分子-晶体-块体三级限域协同机制，设计了无集流体一体化致电极，实现了高能量密度与高效离子输运的同步提升。

4	石雅雲	工程师	太原理工大学	负责项目部分研究内容的设计,是发现点1的主要完成人,是代表性论文3的第一作者以及代表性论文4的共同第一作者。构建多维度限域空间的理论及实验模型,揭示物理化学手段协同调控界面离子迁移的过程强化机制,阐明功能化表界面对物质传递的作用机制。
5	许并社	教授	太原理工大学	作为本项目的重要发现主要贡献者,是发现点3主要学术思想的主要提出者;是代表性论文5的第一与通讯作者。阐明离子在受限空间中的迁移强化机制;揭示表界面对物质传输路径与反应选择性的调控规律。
6	熊宇杰	教授	中国科学技术大学	负责项目部分研究内容的设计,是发现点2学术思想的主要提出者,是代表性论文1的共同通讯作者,提出通过交联作用设计具有高导电性和特定孔结构的水凝胶限域主体,发现水凝胶纳米“笼”限域可以提高多酸基纳米材料分散性和稳定性;建立了笼限域热解策略控制多酸衍生电化学纳米材料结构的方法,揭示了跨尺度结构金属基纳米材料电催化规律。

完成人合作关系说明:

本成果是由第一完成人杨晓伟与胡飞,赵婉玉,石雅雲,许并社、熊宇杰共同合作完成。其中胡飞的项目完成单位为同济大学,现工作单位为佛山大学,赵婉玉项目完成单位为同济大学,现工作单位为上海交通大学;石雅雲项目完成单位为太原理工大学,现工作单位为国家电网山西电科院,许并社项目完成单位为太原理工大学,现工作单位为太原理工大学,熊宇杰项目完成单位为中国科学技术大学,现工作单位为中国科学技术大学/安徽师范大学。

知情同意说明:

论文2的共同一作窦湟琳、论文3的共同一作赵晓莉、共同通讯作者左志军、论文4的共同一作李江、石雅雲、戚晨阳、共同通讯作者李宇亮、李成,以及上述文献中的其他共同作者均知情并同意杨晓伟(第一完成人)将

上述论文用于申报 2025 年山西省自然科学奖。

签名：

李成 张亮 石雅雯 窦淑琳 赵晓娜
戚晨阳 李红 左辉

项目负责人：

柏晓伟

2026 年 7 月 10 日