

2025 年度安徽省科学技术奖提名项目公示内容
(自然科学奖)

项目名称	膜电极反应器催化界面与多相传递协同调控机制
提名者	合肥工业大学
提名意见	我单位已对提名书进行了认真审阅，确认材料真实有效，相关栏目符合安徽省自然科学填写要求。 拟提名该项目为安徽省自然科学奖三等奖及以上等次。
项目简介	在国家“双碳”战略和能源结构转型背景下，膜电极电化学反应器作为氢能制备与利用、二氧化碳电转化技术的核心装备，在可再生能源消纳、绿氢制备、能源高效转换和碳资源循环利用等领域具有重要应用价值。现有研究和工程实践中，膜电极电化学反应器仍面临三方面瓶颈：一是电极/电解质界面反应过程复杂，催化活性位点及反应路径缺乏有效调控，难以兼顾反应活性与选择性；二是膜电极内部存在气液两相传递阻力和局部传质不均，膜内孔隙结构、润湿状态与气液分布之间的耦合关系尚不清晰；三是流道内流动、组分传输与局部反应相互影响，反应器内部性能分布不均，运行参数与结构优化缺乏系统理论依据，制约了电化学反应器的高效、稳定运行与规模化设计。 针对上述问题，项目以界面反应、膜内多相传递和流道输运过程为主线，构建“界面催化调控—膜内多相传递—流道输运优化”协同研究体系，形成面向膜电极电化学反应器设计与运行调控的理论和方法。三项核心创新如下： (1) 膜电极纳米团簇催化剂活性界面构筑与性能优化。项目构建了 NiCoZnP 纳米团簇锚定的层级氮掺杂碳纳米片阵列双功能电催化剂，揭示了 MOF 衍生限域条件下多金属磷化物的超细分散规律，阐明了碱性析氧过程中磷化物表面原位重构为 Co(NiZn)氧羟化物活性层的动态演化机制，实现了活性位充分暴露、电荷快速传导与超亲水气泡脱附的协同，为高性能电解水电极材料设计提供了新的理论依据和材料构筑策略。（代表性论文 1） (2) 多孔扩散层微结构与润湿性对气液传递及界面反应的调控机制。

	针对膜电极中气液两相相互阻塞、局部传质受限的问题，项目阐明了孔隙结构、表面润湿特性与气液分布的耦合关系，揭示了多孔层由被动支撑结构向反应界面主动调控单元转变的内在机制，有效提升了膜电极对气泡运输、电解液渗透和反应物供给的协调能力，为膜电极结构优化和多相传质强化提供理论依据。（代表性论文 4、5、6） （3） 流道构型与运行工况对局部气液传输与电化学性能的调控机制。 建立流道结构、运行参数与反应器内部流动、组分分布及局部性能之间的构效关系，阐明流道内流动与组分运输的演化规律，明确流道结构与多孔层界面对反应器内部反应均匀性的耦合作用，形成面向工程运行的反应器性能优化思路，为流道设计、运行参数匹配及反应器放大提供理论支撑。（代表性论文 2、3、4） 项目相关成果发表于 Chemical Engineering Journal、Energy Conversion and Management 等电化学能源领域 Top 学术刊物，深化了电化学反应器中“催化反应—能质传递—局部性能演化”多尺度耦合规律的认识，为高效、稳定电化学能源转化装备的研发提供了重要理论依据，相关成果被 Advanced Materials、ACS Nano、Science China Chemistry 等领域顶级期刊他引数百余次。							
代表性论文专著目录	序号	论文（专著）名称/刊名	年卷页码（××年××卷××页）	发表时间（年月日）	通讯作者（含共同）	第一作者（含共同）	他引总次数	检索数据库
	1	题名：MOF-derived NiCoZnP nanoclusters anchored on hierarchical N-doped carbon nanosheets array as bifunctional electrocatalysts for overall water splitting 刊名：Chemical Engineering Journal 作者：Bin Chen, Dokyoung Kim, Zhuo Zhang, Minseok Lee, Kijung Yong DOI：10.1016/j.cej.2021.130533	2021 年，第 422 卷，Article 130533	2021 年 5 月 27 日（在线发表）	Kijung Yong	Bin Chen	149	Science Direct

	2	题名: Sensitivity analysis of proton exchange membrane fuel cell performance to operating parameters and its applicability assessment under different conditions 刊名: Energy Conversion and Management 作者: Lei Jin, Xue-Jian Wang, Jian-Wei Zhu, Chen-Fang Wang, Tao-Tao Zhou, Xian-Wen Zhang DOI: 10.1016/j.enconman.2020.113727	2021 年, 第 228 卷, Article 113727	2020 年 12 月 15 日 (在线发表)	Tao-Tao Zhou; Xian-Wen Zhang	Lei Jin	44	Science Direct
	3	题名: Numerical analysis of global and local performance variations of proton exchange membrane fuel cell with different bend layouts and flow directions 刊名: Energy 作者: Xian-Wen Zhang, Xue-Jian Wang, Xiao-Zhang Cheng, Lei Jin, Jian-Wei Zhu, Tao-Tao Zhou DOI: 10.1016/j.energy.2020.118141	2020 年, 第 207 卷, Article 118141	2020 年 6 月 30 日 (在线发表; 卷期为 2020 年 9 月 15 日)	Tao-Tao Zhou	Xian-Wen Zhang	29	Science Direct
	4	题名: Two-phase flow characteristics on porous layer in PEM electrolyzer under different flow channel layouts 刊名: International Journal of Hydrogen Energy	2024 年, 第 80 卷, 249 - 260 页	2024 年 8 月 28 日 (卷期日期)	Yu Zhang; Xianwen Zhang	Taotao Zhou; Chen Wang (共同第一作者)	17	Science Direct

主要完成单位	合肥工业大学，中国科学院合肥物质科学研究院，安徽省特种设备检测院，国网安徽省电力有限公司				
论证专家信息	序号	专家姓名	工作单位	职称	专业领域
	1	王其东	合肥大学	教授	车辆工程
	2	张小龙	安徽农业大学	教授	车辆工程
	3	冯皖东	省机械联合会专家委员会	高工	机械汽车
	4	孙宝群	合肥工业大学	教授	车辆工程
	5	周福庚	江淮汽车	教授级高工	车辆工程
	6	张炳力	合肥工业大学	教授	车辆工程