

2026 年度湖北省自然科学奖提名公示信息

项目名称	面向航天与新能源的能源动力材料构筑及其机制研究
提名者/单位	咸宁市
提名意见 (不超过 600 字)	<p>该项目由湖北科技学院、武汉大学、武汉理工大学、大连理工大学合作完成，面向航天推进剂与储能两大需求，在能源动力材料构筑与机制研究方面取得原创性突破：</p> <p>一、首创含能催化剂“动态交互催化”新范式。突破静态局限，提出催化剂“结构自转换”新概念，发现 AP 分解诱导 Co-bipy 等催化剂原位转化为高活性纳米物种并“原位切割”AP 颗粒，揭示“互催化”本质，为高燃速可控固体推进剂提供理论指导。</p> <p>二、构建水系锌离子电池钒基正极材料“多尺度协同调控”理论。针对导电性差、结构易坍塌瓶颈，在原子尺度通过淬火实现 Al³⁺掺杂，将 Zn²⁺存储机制转变为“插层赝电容”；在电子结构层面建立氧 p 带中心 (ϵ_p) 调控新判据，为高性能层状电极材料设计提供普适性理论工具。</p> <p>三、发展多维纳米结构通用合成方法学。基于纳米柯肯达尔效应建立中空过渡金属氧化物普适合成方法，缓解体积膨胀；通过分子设计实现高离子交换容量阴离子交换膜力学性能与离子电导率平衡，为燃料电池提供关键材料支撑。</p> <p>5 篇代表性论文发表于 Adv. Sci.、ACS Nano、J. Energy Chem.等权威期刊，他引近 500 次，被国内外院士、知名学者多次正面引用。第一完成人入选斯坦福全球前 2%顶尖科学家及 Elsevier 高被引学者。提名材料真实有效，成果理论创新性强，达国内领先水平。同意提名湖北省自然科学奖二等奖。</p>
项目简介 (不超过 1000 字)	<p>本项目属于材料化学、航天与新能源技术的交叉学科前沿。围绕航天推进剂燃烧可控性差、储能器件性能不足等关键科学问题，以“功能导向、精准构筑、机制阐明”为主线，取得了以下原创性发现：</p> <p>1. 揭示含能催化剂“结构自转换”机制，建立“动态交互催化”新模型。针对固体推进剂催化剂作用机制难题，创新设计 Co-bipy 含能配位聚合物。研究发现，在高氯酸铵 (AP) 分解产生的强氧化氛围中，催化剂发生“结构自转换”，从微米棒原位演化为高分散 CoO 纳米颗粒，同时其分解冲击力如同“手术刀”对 AP 大颗粒进行原位切割与细化，暴露出更多活性位点。通过原位红外和 TG-IR 揭示催化剂与 AP“互催化”本质：AP 加速 Co-bipy 分解为活性物种，活性物种又加速 AP 限域催化分解。该发现颠覆了传统认知，为高能固体推进剂燃速调控开辟新途径。</p> <p>2. 创建钒基电极材料原子/电子结构精准调控方法，构建水系锌离子电池高性能正极体系。针对水系锌离子电池正极反应动力学缓慢、结构稳定性差的难题，发展多尺度精准调控策略。在原子尺度，首创“双离子顺序插层”淬火技术，将 Al³⁺掺杂入</p>

	<p>V₂O₅晶格，重构表面电子结构并引入氧空位，将 Zn²⁺存储机制从扩散控制的法拉第过程转变为快速“插层赝电容”，显著提升倍率性能。在电子结构层面，提出氧 p 带中心 (ε_p) 调控新判据，结合 DFT 理论计算揭示了预插层金属离子调节 ε_p 位置、优化 Zn²⁺吸附能与扩散速率的本质，为高性能层状材料设计提供普适性理论工具；在介观尺度，利用 PVA 构筑氢键网络，制备力学性能优异的三维自支撑膜电极，实现离子快速迁移和超长循环稳定。</p> <p>3. 发展基于“自模板合成”的通用方法学，攻克能源材料界面稳定性难题。</p> <p>针对能源材料电化学循环中体积膨胀的共性难题，基于纳米柯肯达尔效应，开发自模板合成中空 Co₃O₄纳米颗粒的新方法，并将其嵌入氮硫双掺杂还原氧化石墨烯骨架中。中空结构有效缓冲体积膨胀，掺杂碳骨架提供丰富活性位点和快速电子传输通道，实现了高比容量与优异循环稳定性的统一。此外，在分子水平设计原位交联反应，通过精确控制季铵化聚苯并咪唑的取代度，实现了高离子交换容量阴离子交换膜力学强度与离子电导率的最佳平衡，为碱性直接甲醇燃料电池的高效稳定运行提供了关键材料支撑。</p> <p>该系列成果在 <i>Adv. Sci.</i>、<i>ACS Nano</i>、<i>J. Energy Chem.</i>、<i>J. Mater. Sci. Technol.</i>、<i>Chem. Eng. J.</i>等国际权威期刊发表论文 300 余篇，总他引超 10000 次，10 篇入选 ESI 高被引论文，5 篇代表性论文他引近 500 次，被国内外院士、知名学者多次正面引用。第一完成人入选斯坦福全球前 2%顶尖科学家及 Elsevier 中国高被引学者榜单。</p>									
主要完成人（不超过 5 人）（完成单位）	<p>主要完成人：张依福，黄驰，张海宁，张方方，孟长功</p> <p>完成单位：湖北科技学院、武汉大学、武汉理工大学、大连理工大学</p>									
代表性论文（专著）目录（不超过 5 篇，其中国内科技期刊论文原则上不少于 1/3）										
序号	论文（专著）名称/刊名/作者	年卷页码	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	论文署名单位是否包含国外单位	是否国内期刊，如是请填写 CN 号
1	In Situ Cutting of Ammonium Perchlorate Particles by Co-Bipy “scalpel” for High Efficiency Thermal Decomposition/ <i>Advanced Science</i> / Peng Zhou, Siwei Zhang, Zhuoqun Ren, Xiaolin Tang, Kuan Zhang, Rui Zhou, Dan Wu, Jun Liao, Yifu Zhang, Chi Huang	2022, 9, 2204109.	2022-12-19	张依福、黄驰	周鹏	周鹏/ 张思巍 / 任卓群/ 唐晓林 / 张宽 / 周睿武丹 / 廖俊 / 张依福 / 黄驰		SCI	否	

2	Self-Templating Synthesis of Hollow Co ₃ O ₄ Nanoparticles Embedded in N,S-Dual-Doped Reduced Graphene Oxide for Lithium Ion Batteries/ <i>ACS Nano</i> / Junke Zhu, Wenmao Tu, Hongfei Pan, Heng Zhang, Bin Liu, Yapeng Cheng, Zhao Deng, and Haining Zhang	2020, 14, 5780–5787.	2020-4-30	涂文懋,* 邓兆,*张海宁	朱君可	朱君可/ 涂文懋/潘鸿飞/张恒/刘彬/程雅鹏/邓兆/张海宁		SCI	否	
3	Quench-tailored Al-doped V ₂ O ₅ nanomaterials for efficient aqueous zinc-ion batteries, / <i>Journal of Energy Chemistry</i> / Hanmei Jiang, Wenbin Gong, Yifu Zhang*, Xin Liu, Moaz Waqar, Jingjing Sun, Yanyan Liu, Xueying Dong, Changgong Meng, Zhenghui Pan, John Wang	2022, 70, 52-58.	2022-7	张依福、潘争辉、John Wang	江寒梅/龚文斌	江寒梅/龚文斌/张依福/刘新/孙晶晶/刘妍妍/董雪迎/孟长功/潘争辉		SCI	是	是, CN 号为 10-1287/O6
4	PVA-Assisted Hydrated Vanadium Pentoxide/Reduced Graphene Oxide Films for Excellent Li ⁺ and Zn ²⁺ Storage Properties/ <i>Journal of Materials Science Technology</i> / Tao Hu, Jingjing Sun, Yifu Zhang, Yanyan Liu, Hanmei Jiang, Xueying Dong, Jiqi Zheng, Changgong Meng, Chi Huang	2021, 83 , 7-17.	2021-8	张依福/黄驰	胡涛/孙晶晶	胡涛/孙晶晶/张依福/刘妍妍/江寒梅/董雪迎/郑吉祺/孟长功/黄驰		SCI	否	是, CN 号为 21-1315/TG
5	<i>In-situ</i> crosslinked, side chain polybenzimidazole-based anion exchange membranes for alkaline direct methanol fuel cells/ <i>Chemical Engineering Journal</i> / Guoliang Liu, Ailian Wang, Wenxi Ji, Fangfang Zhang, Jianing Wu, Taoyi Zhang, Haolin Tang, Haining Zhang	2023, 454, 140046	2022-10-29	张方方/唐浩林/张海宁	刘国良	刘国良/王嵩廉/计文希/张方方/吴佳宁/张韬毅/唐浩林/张海宁		SCI	否	