

能源催化转化全国重点实验室工作简报

< 2025 年 10 月 >

能源催化转化全国重点实验室编

2025 年 10 月 31 日

研究进展

我室提出高温电催化甲烷高效协同转化新途径.....	01
我室实现双原子催化位点的理性设计与高选择性电催化合成氨.....	02
我室提出“溶剂—添加剂级联调控”策略实现单一取向钙钛矿薄膜制备.....	03
我室发展冷冻 XPS 分析新方法揭示锂金属电池液固界面原生结构与演化.....	05
我室发现光子晶体可调控等离子体光催化反应机制.....	06

新闻动态

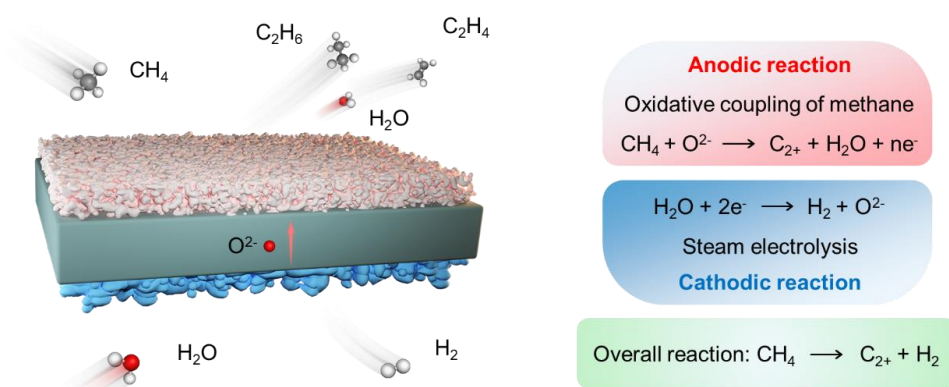
第十八届全国太阳能光化学与光催化学术会议在天津召开	
李灿院士受邀作大会特邀报告.....	08
我室包信和院士荣获“中国科学院优秀导师”称号.....	09
我室焦峰研究员获首届“何享健青年科学家”项目资助.....	10
2025 年《国家科学评论》化学与材料科学国际前沿论坛在大连举行.....	10
【科技日报】陈忠伟：给退役电池“第二次生命”.....	11

研究进展

我室提出高温电催化甲烷高效协同转化新途径

近日，我室纳米与界面催化研究中心碳基资源电催化转化研究组（523 组）宋月锋副研究员等联合复旦大学汪国雄教授团队，在基于固体氧化物电解池（SOEC）的高温电催化转化研究中取得新进展。合作团队在固体氧化物电解池中通过水蒸气-甲烷共电解，同步制备了 C_{2+} 产物与氢气，提高了原子经济性与系统稳定性；结合多种原位表征手段，系统揭示了阳极甲烷氧化偶联反应机理。

甲烷（ CH_4 ）作为页岩气主要成分，是一种来源丰富、成本低廉的原料气。将甲烷高效转化为具有高附加值的 C_{2+} 产物对能源利用与工业生产具有重要意义。然而，传统氧化偶联和无氧偶联过程分别面临过度氧化和积碳等问题，限制其进一步发展。因此，开发一种原子经济性高、稳定性好的甲烷转化模式具有重要的科学意义与应用价值。



在本工作中，研究团队基于固体氧化物电解池，将阳极甲烷偶联与阴极水蒸气电解耦合，提出一种 C_{2+} 和氢气同步高效生产的新系统。该系统在 127 mA cm^{-2} 的电流密度下，稳定运行超过 90 小时， C_{2+} 烃类选择性超过 75%，乙烯选择性约为 40%，且未观测到积碳。原位 Raman 光谱和近常压 XPS 结果表明，氧离子（ O^{2-} ）在电压驱动下从电解质传输到 Ag 表面生成活性电化学溢流氧物种（ESO），甲烷与 ESO 反应生成甲基自由基（ $\cdot CH_3$ ）。DFT 结果进一步表明，Ag 表面的 ESO 能促进甲烷吸附活化，降低甲烷 C-H 键断裂能垒。同步辐射光电离质谱（SR-PIMS）结果表明，电极表面甲基自由基迅速脱附到气相，发生气相偶联生成乙烷，乙烷脱氢最终生成乙烯。本工作为电化学甲烷偶联中气相甲基自由基的存在提供了直接实验证据。

本研究提出了基于 SOEC 的水蒸气-甲烷共电解制备 C_{2+} 产物与氢气的新反应模式，为甲烷高效转化提供了新思路。此外，本研究还详细阐述了阳极甲烷氧

化偶联的“表面活化-气相偶联”反应机制，为阳极甲烷转化催化剂设计与反应工程优化提供了依据。

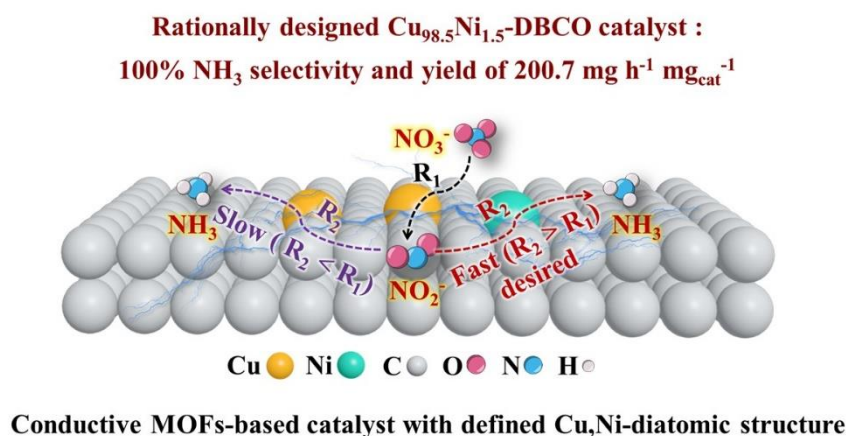
相关成果以“Electrochemical Conversion of Methane to C₂₊ Hydrocarbons and Hydrogen”为题，发表在《德国应用化学》(*Angewandte Chemie International Edition*)上。该工作的共同第一作者是我室 523 组博士研究生郭宜阁、刘天夫副研究员和合肥光源光电质谱研究中心许鸣皋工程师。上述工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金等项目的资助。（文/图 郭宜阁）

文章链接: <https://doi.org/10.1002/anie.202512935>

我室实现双原子催化位点的理性设计与高选择性电催化合成氨

近日，我室太阳能研究部太阳能制储氢材料与催化研究组（DNL1621 组）章福祥研究员团队联合计算和数据驱动催化研究组（511 组）肖建平研究员团队，在双原子电催化剂（DACs）的理性设计与构筑方面取得新进展。研究团队基于具有优异导电性和水稳定性的金属有机框架材料（conductive MOF, cMOF），通过对铜-镍（Cu-Ni）双原子活性中心的精准调控，实现了在工业级电流密度下接近 100% 选择性地高效合成氨，并揭示了硝酸根电还原合成氨过程中的协同“接力催化”机制。

双原子催化剂凭借双金属活性位点间的协同作用，可有效突破单原子催化剂（SACs）在多电子反应中的性能瓶颈。然而，DACs 在结构均一化、位点精确控制及电子结构调节方面仍存在挑战。针对这一难题，研究团队以结构明确、水稳定且导电性能优异的 MOF 为模型平台，提出并验证了在导电 MOF 中实现双原子位点精确构筑与调控的理性设计策略，为发展高效、可扩展的电催化体系提供了新思路。



在本工作中，研究团队合成了一系列 $\text{Cu}_x\text{Ni}_y\text{-DBCO}$ 导电 MOF，通过系统调节 Cu/Ni 比例，实现了对硝酸根电还原制氨(NO_3RR)活性和选择性的精准优化。研究发现， $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$ (R_1) 和 $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3$ (R_2) 两个关键反应步骤的相对速率决定了整体合成氨性能。其中，位点明确、结构均一的 $\text{Cu}_{98.5}\text{Ni}_{1.5}\text{-DBCO}$ 催化剂实现了 100%氨选择性、98.5%法拉第效率及 $200.7 \text{ mg h}^{-1} \text{ mg}_{\text{cat}}^{-1}$ 的高产氨速率。原位光谱表征与密度泛函理论 (DFT) 计算揭示，Cu 位点优先还原硝酸根生成亚硝酸根中间体 (NO_2^-)，而 Ni 位点可进一步高效将残余的 NO_2^- 转化为 NH_3 ，两者形成协同“接力催化”路径，实现高效且选择性突出的 $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NH}_3$ 转化过程。基于该高性能催化剂，研究团队进一步构筑了可充电 Zn- NO_3^- 电池，实现了 35.6 mW cm^{-2} 的领先功率密度与优异的同步产氨性能，展示了导电 MOF 在可再生能源转化与储能领域的应用潜力。

太阳能光催化技术是实现太阳能至化学能转化的重要方式之一，而助催化剂的开发是实现高效光化学转化的重要一环。近年来，DNL1621 组致力于设计合成具有单原子分散的电催化新材料，围绕水氧化 ([Adv. Mater.](#), 2024; [J. Am. Chem. Soc.](#), 2023; [J. Energy. Chem.](#), 2023)、水还原 ([Adv. Mater.](#), 2024)、氧还原 ([Nat. Commun.](#), 2023)、甲烷转化 ([J. Am. Chem. Soc.](#), 2025; [Angew. Chem. Int. Ed.](#), 2025)、合成氨 ([J. Am. Chem. Soc.](#), 2025) 和二氧化碳还原 ([Angew. Chem. Int. Ed.](#), 2023) 等典型反应开发了系列高性能新材料，其有望作为助催化剂构筑高效的太阳能光化学转化体系。

相关工作以“Rational Design of Conductive MOF-Based Diatomic Electrocatalysts for Selective Ammonia Synthesis”为题，于近日发表在《美国化学会志》(*Journal of the American Chemical Society*) 上。该工作共同第一作者为 DNL1621 组博士后李庆林、贾春梅及 511 组博士研究生王乾晓。相关研究得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、北京光源、我所创新基金等项目的支持。
(文/图 李庆林)

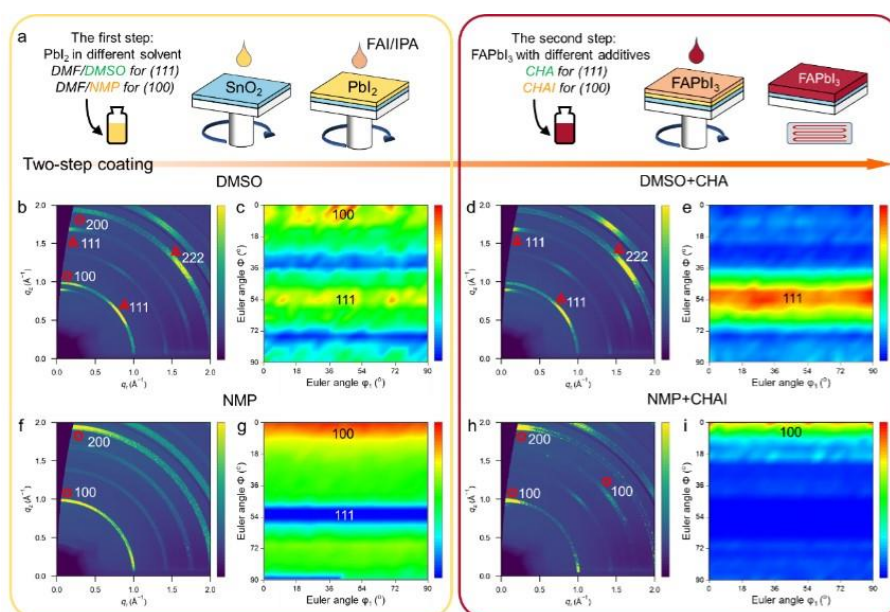
文章链接: <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.5c11655>

我室提出“溶剂-添加剂级联调控”策略实现单一取向钙钛矿薄膜制备

近日，我室太阳能研究部 (DNL16) 李灿院士、刘劼玮副研究员等，在钙钛矿太阳电池晶面调控研究中取得新进展。研究团队提出“溶剂-添加剂级联调控” (Solvent-Additive Cascade Regulation, SACR) 策略，通过协同调节溶剂诱导的

中间相形成与添加剂主导的晶面生长动力学，实现了钙钛矿薄膜的单一取向可控生长，并揭示了晶面取向对器件性能与稳定性的决定性作用。

钙钛矿太阳能电池因其高效率、低成本及工艺兼容性等优势，被认为是新一代光伏技术的重要候选材料。团队在前期研究中先后发展了在两步法中诱导高(111)取向钙钛矿薄膜的制备方法 ([Energy Environ. Sci.](#), 2024)，实现了高有序堆叠的(001)晶面钙钛矿薄膜 ([Adv. Funct. Mater.](#), 2025)，并揭示了晶面取向分布对器件性能的关键影响 ([ACS Appl. Mater. Interfaces](#), 2025)。在此基础上，本工作进一步提出了可在溶液结晶阶段实现取向调控的新策略，有效解决了随机晶面取向导致的载流子传输损失与性能不稳定问题。



研究表明，溶剂体系在结晶前期通过形成特定的中间相结构，为晶体生长提供了初始取向模板。其中，DMF/DMSO 体系倾向于生成与(111)晶面匹配的 $\text{PbI}_2 \cdot \text{DMSO}$ 络合物，而 DMF/NMP 体系则更易形成与(100)晶面对应的 $\text{PbI}_2 \cdot (\text{DMF/NMP})$ 复合相。在此基础上，团队引入环己胺 (CHA) 和环己胺碘化物 (CHAI) 等添加剂，通过其在晶面的选择性吸附或化学反应，进一步调控晶面生长速率，从而实现了晶面取向从混合到单一化的精准调控。

系统表征结果表明，该 SACR 策略下获得的(100)与(111)取向薄膜在载流子动力学、缺陷分布及界面能级等方面存在显著差异：(100)取向薄膜具有更高的光生载流子寿命和更优的电荷传输能力，对应器件的光电转换效率达到25.33%；而(111)取向薄膜因晶格致密、离子迁移受限，表现出更优的环境稳定性。该研究实现了对钙钛矿晶面取向的可控调节，并揭示了晶面取向与器件性能之间的内在耦合关系，为通过晶面工程制备高效与高稳定性兼顾的钙钛矿光伏器件提供了新思路。

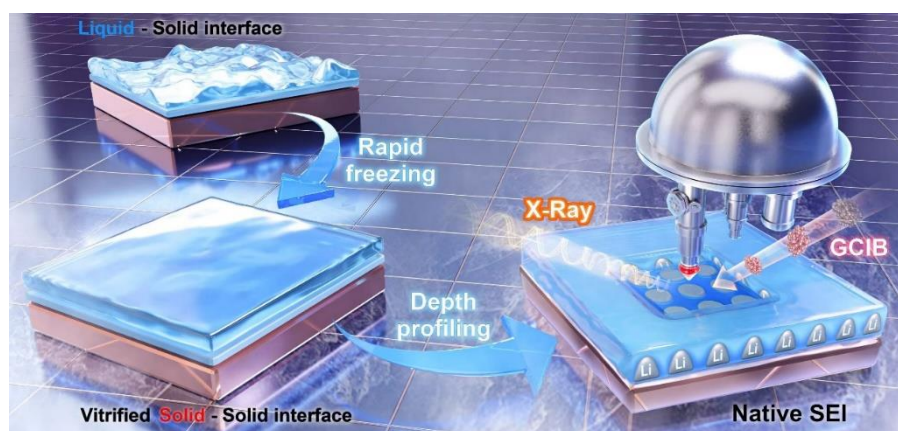
上述工作以“Solvent-Additive Cascade Engineering Enables Single-Oriented Perovskite Films with Facet-Driven Performance and Stability”为题，发表在《能源与环境科学》（*Energy & Environmental Science*）上。该工作的第一作者是我室DNL16博士研究生周薄。该工作得到中国科学院B类先导专项“高效低成本大面积钙钛矿光伏电池研究”、国家自然科学基金委“人工光合成”基础科学中心、我所创新基金等项目的支持。（文/图 刘劭玮、周薄）

文章链接：<https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2025/ee/d5ee04415d>

我室发展冷冻 XPS 分析新方法揭示锂金属电池液固界面 原生结构与演化

近日，我室纳米与界面催化研究中心表面科学与界面催化研究组（521 组）傅强研究员、张国辉副研究员等，发展了一种基于冷冻 X 射线光电谱（Cryo-XPS）耦合气体团簇离子束（GCIB）深度剖析的表界面分析新方法，揭示了锂金属电池中液-固界面处原生固体电解质中间相（SEI）的形成和动态演变机制。

以 XPS 为代表的表面分析技术依赖于超高真空（UHV）的分析环境，使得液体表面及液固界面的表征长期面临严峻挑战。傅强团队长期致力于将表界面分析技术应用于液-固功能界面的原位表征研究。前期，团队利用 XPS 等技术对离子液体-电极界面开展了原位/准原位表征，发现了电极结构中离子插层的表面效应和插层离子的弛豫效应（*J. Am. Chem. Soc.*, 2021; *Natl. Sci. Rev.*, 2021; *J. Energy Chem.*, 2022; *Nano Res.*, 2023）。然而，现有技术仍难以实现对水系或有机系电化学体系的电极表界面和电极-电解液界面进行精准表征。



在本工作中，团队基于“万物皆可冻”的思路，将工作状态下的液-固功能界面进行快速冷冻、低温转移、低温测量，利用真空表面分析技术对含水或有机液体

的功能表界面进行动态表征和精准测量；进一步结合离子束刻蚀的深度剖析（Depth Profiling Analysis），实现了对冷冻液层结构从表面到界面的逐层深度分析。基于此，团队提出了“冷冻表界面分析方法”（Cryogenic Surface & Interphase Analysis），有望突破真空表面分析技术难以表征液相表界面的难题。

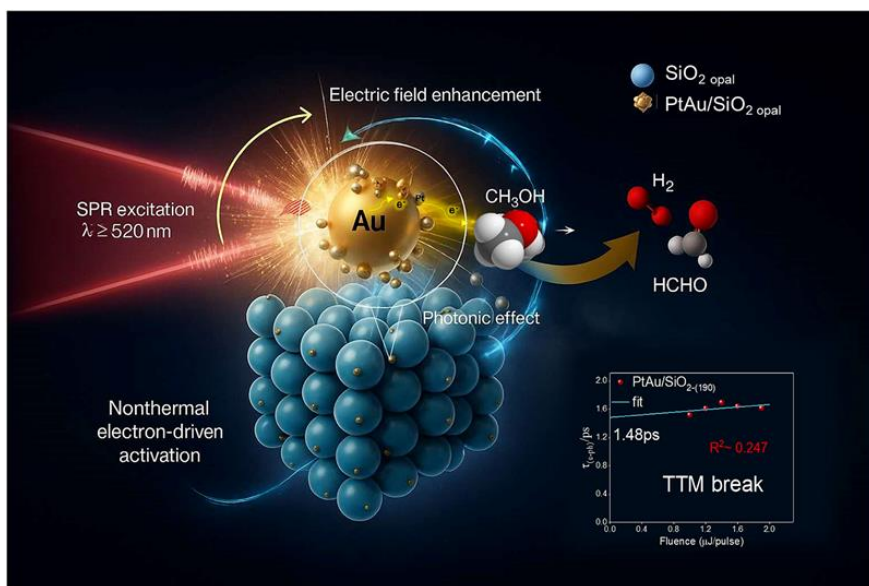
团队基于所发展的冷冻 XPS 耦合 GCIB 深度剖析的表征方法，实现了对锂金属电池（LMBs）中原生 SEI 的高保真、高灵敏表界面解析。团队通过低温快速冷冻处理，将液态电解质-SEI-电极界面从“液-固”状态转化为“固-固”状态，完整保留了 SEI 的原生化学状态和微观结构。GCIB 深度剖析技术则在避免化学损伤的同时，实现了对 SEI 化学结构的精准解析。通过二者的协同联用，团队可完整重构原生 SEI 层的组分空间分布，为液固界面研究提供了一种兼具深度分辨与精准化学分析能力的表界面研究新方法。

相关研究成果以“Depth-Resolved Probing of Native Solid Electrolyte Interphase Formation and Dynamics in Li Metal Batteries by Cryogenic X-Ray Photoelectron Spectroscopy”为题，于近日发表在《美国化学会志》（*Journal of the American Chemical Society*）上，并被选为[前封面文章](#)（Front Cover）。该工作的第一作者是 521 组博士后王胜红。上述工作得到中国科学院 B 类先导专项“能源电催化的动态解析与智能设计”、国家自然科学基金、我所创新基金等项目的支持。（文/图王胜红）

文章链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.5c09519>

我室发现光子晶体可调控等离子激元光催化反应机制

近日，我室太阳能研究部（DNL16）李灿院士团队在等离子激元耦合光子晶体光催化研究中取得新进展。团队通过将金（Au）等离子激元纳米颗粒组装在二氧化硅（SiO₂）光子晶体中，并辅之以铂（Pt）催化剂，构建了三维催化剂 PtAu/SiO₂，实现了光子和等离子激元量子效应的协同，进而以光催化甲醇脱氢为指标反应，揭示了其中非热载流子机制的主导作用，为高效太阳能光催化转化提供了新思路。



太阳能光催化中半导体基光催化剂存在光吸收范围有限、载流子复合快等瓶颈。等离激元纳米结构可以拓展光吸收范围，但其通过局域表面等离激元共振产生热载流子的超快弛豫导致能量以热形式耗散，限制了光催化效率。李灿团队早期研究发现，金-二氧化钛 (Au-TiO₂) 界面是水氧化反应活性位点 ([JACS](#), 2017)；随后又基于双金属合金化策略，设计了银-金 (Ag-Au) ([Nano Energy](#), 2021) 和金-铜 (Au-Cu) 粒子 ([Nano Energy](#), 2024) 等离基元，在光催化水氧化反应中取得系列进展。

在此基础上，本工作创新性地将光子晶体与等离激元结合，利用有限元模拟指导材料设计，构筑了 PtAu/SiO₂ 光子晶体催化剂。团队发现，在 SiO₂ 光子晶体中引入部分光子带隙，可基于慢光子效应调控光的传导；同时，Au 纳米颗粒使光子晶体形成缺陷，使光强在光子晶体中产生局部增强。该方法突破了常规等离激元受限于光激发产生热电子、热电子再传热给晶格的双温模型，实现了光子和等离激元量子效应耦合所引入的非热载流子路径主导反应过程。进一步，团队通过提升局域光生载流子浓度，实现了载流子从 Au 到 Pt 的有效注入，并在 Pt 催化剂上完成了高效催化反应，将甲醛产率提高了 45 倍，且选择性超过 99.8%。

相关研究成果以“Photonic-Plasmonic-Quantum Synergistic Effect on PtAu/SiO₂ Catalyst Performance”为题，发表在 *ACS Photonics* 上。该工作的第一作者为 DNL16 国际留学生 Rida Shahzadi Haider。以上工作得到国家自然科学基金委“人工光合成”基础科学中心项目、国家重点研发计划等项目的资助。(文/图 赵剑锋、Rida Shahzadi Haider)

文章链接: <https://doi.org/10.1021/acsp Photonics.5c02022>

新闻动态

第十八届全国太阳能光化学与光催化学术会议在天津召开 李灿院士受邀作大会特邀报告

9月23日至27日，第十八届全国太阳能光化学与光催化学术会议在天津社会山国际会议中心成功召开，本次会议由天津大学和中国可再生能源学会联合主办，天津大学化工学院和中国可再生能源学会光化学专业委员会承办，天津师范大学协办。来自国内外330余所高校、科研院所及企业的1400余名专家学者齐聚津门，共襄学术盛会。

首届全国太阳能光化学与光催化学术会议于1982年召开，至今已成功举办十七届。本届会议以“汲取双碳之能，赋稟新质之光”为主题，采取大会报告、邀请报告、口头报告、快闪报告、自由交流和墙报展示等方式进行交流。

我室李灿院士、香港中文大学（深圳）唐本忠院士、中国科学技术大学俞书宏院士、大阪大学 Hiromi Yamashita 教授、新加坡国立大学颜宁教授、香港理工大学王连洲教授、清华大学唐军旺教授、福州大学王心晨教授和中国科学院金属研究所刘岗研究员分别受邀作大会特邀报告。



本次共设置十一个分会，我室范峰滔研究员、王秀丽研究员受邀作主旨报告，李仁贵研究员、赵剑锋研究员受邀作邀请报告，我室博士研究生马会兰、梁东升、崔峻豪分别在青年论坛和墙报交流中分享最新研究成果。会议还特设三大特色论坛：光化学与光催化发展论坛、卓越期刊论坛及光化学与光催化女科学家论坛，分别聚焦突破领域瓶颈与应对时代挑战、推动高质量研究与卓越期刊发展以及关注女科学家的职业成长与事业家庭平衡等核心议题开展交流。



此次会议评还选出“2025 光化学与光催化青年科学家奖”，我室陈若天研究员获此殊荣，并在大会闭幕式上作大会报告。（文/图 马会兰、梁东升、崔峻豪、大会组委会）



我室包信和院士荣获“中国科学院优秀导师”称号

近日，中国科学院发布《关于公布 2025 年度中国科学院优秀导师名单的通知》{科发函字〔2025〕406 号}，我室包信和院士以及我所吴凯丰研究员、陈萍研究员荣获 2025 年度“中国科学院优秀导师”称号。

按照《中国科学院院长奖管理办法》和《中国科学院优秀博士学位论文评选办法》有关规定，经审核，共有 161 名导师获 2025 年度“中国科学院优秀导师”称号。（文/曹家铭）

我室焦峰研究员获首届“何享健青年科学家”项目资助

10月25日，“何享健青年科学家”首期项目揭晓仪式及学术研讨会在佛山顺德举办。20位深耕医学与生命科学、能源环境与气候变化领域的青年科学家获颁资助证书。我室焦峰研究员获“能源环境与气候变化”领域类项目资助。

“何享健青年科学家”项目的主要目标是发掘和支持处于职业生涯早期的杰出青年科研工作者，鼓励他们在医学与生命科学、能源环境与气候变化等领域进行原创性和突破性的研究。该项目每年遴选不超过20位青年科学家入选，每人获200万元科研资金支持，助力其开展具备原创性和突破性的基础、转化和应用研究。（文/图 常贺）



2025年《国家科学评论》化学与材料科学国际前沿论坛在大连举行

10月24-26日，2025年《国家科学评论》化学与材料科学国际前沿论坛在大连举行。此次论坛由《中国科学》杂志社主办、我所承办。《国家科学评论》（National Science Review, NSR）主编白春礼院士担任大会主席，副主编高松院士、赵东元院士担任执行主席，我室吴忠帅研究员担任秘书长。

在开幕式上，我所所长刘中民院士，北京大学教授、NSR化学科学评审组长席振峰院士，以及《中国科学》杂志社总经理王志欣先后致辞。随后NSR编辑部主任王贵林介绍了NSR期刊发展情况与最新进展。



本届论坛聚焦“AI 赋能‘双碳’的化学与能源前沿”主题，汇聚了来自化学与材料科学等领域的专家学者，旨在促进跨学科交流，系统梳理和探讨相关领域的发展现状与未来趋势，凝练亟需关注的核心科学问题，为实现“双碳”目标和学科融合发展提供新思路与有益建议。

包信和院士、成会明院士、刘中民院士、崔铁军院士分别作了精彩的大会报告，分享了最新科研成果与前沿观点。来自全国各地高校和研究所的 300 多位专家学者及研究生参加了本次论坛。（转载自《国家科学评论》公众号）

【科技日报】陈忠伟：给退役电池“第二次生命”



陈忠伟在锂电池回收装置前

在中国科学院大连化学物理研究所（以下简称“大连化物所”）能源催化转化全国重点实验室的实验区内，该所研究员陈忠伟正凝视着屏幕上跳动的曲线。“这是刚再生的三元正极材料电池的循环曲线。用这种材料做成的电池，在充放电1000次之后，电量仍能达到全新状态的92%。”他指着曲线，话语中藏不住兴奋。

近日，由陈忠伟团队完全自主研发的连续化回收中试装置，成功稳定运行并产出多批高品质再生正极材料。这一成果不仅验证了回收技术的先进性，更标志着再生材料从“可用”迈入了“更优”的全新阶段。

从南京工业大学的一名青涩学子，到国际能源领域的杰出科学家，陈忠伟的科研之路，始终践行着“全链条贯通”的创新理念。

提出闭环创新体系

在1992年高考时，陈忠伟选择了南京工业大学硅酸盐工程专业。“我当时就觉得，材料科学能通过设计物质的内在结构，从根本上解决能源和环境等领域面临的诸多关键挑战。”他回忆道。

“材料科学能从根本上解决能源和环境等领域的诸多关键挑战”这一理念，也成为他今后30余年科研航程的指向标。

在华东理工大学攻读化学工程硕士学位期间，陈忠伟首次接触到电化学。从此，他与电池结下不解之缘。时刻关注产业前沿的陈忠伟在攻读博士学位期间敏锐地意识到，随着新能源汽车和储能产业的迅猛发展，动力电池的回收与资源安全将成为制约行业发展的关键。

“电池是能源的血液，回收就是血液的循环。”提起自己的研究内容，他常这样比喻。2019年，他提出“从源头到回收端的闭环创新体系”，并前瞻性地布局人工智能在电池领域的应用研究，构建电池全链条的研究体系，覆盖电极设计、储能机理和绿色再生全过程。

2022年，陈忠伟加盟大连化物所，担任能源催化转化全国重点实验室主任。他在大连化物所组建了170余人的研发团队，形成涵盖材料、电池、系统的完整研究链条，同时布局人工智能，用AI赋能研究。

短短两年间，团队成果屡登国际顶级期刊，并服务于国家重点项目，为我国新能源技术的自主创新注入了强劲动力。

开发“一步法”电池回收工艺

如何实现电池价值最大化是陈忠伟一直在思考的问题。

“首先要考虑梯次利用，其次是材料再生。”陈忠伟说。为推动电池梯次利用，

他带领团队开发了基于人工智能的电池健康状态快速评估系统。“这套系统能够在短时间内完成电池容量、功率、内阻等关键参数的检测，准确判断电池的剩余价值，为不同状态的退役电池找到最适合的二次应用场景。”他介绍。

在推进电池梯次利用的同时，陈忠伟带领团队创新开发了“一步法”电池回收工艺。

过去，废旧锂离子电池回收通常依赖“溶解—萃取—除杂”三步法，流程复杂、能耗高、污染重。为突破瓶颈，陈忠伟团队提出“选择性浸出+共沉淀”策略，创新提出开发“一步法”电池回收工艺。这一工艺在一个连续反应体系中即可完成浸出、提取与前驱体再生。

对于当时的陈忠伟来说，这是一条从未有人尝试过的道路。

“必须推倒重来，走‘可持续浸出 + 一步再生’的路子。”经过深思熟虑，陈忠伟将团队分成材料、工艺和应用放大三组开展协同攻关。

攻关并非一帆风顺。起初，团队在电池正极材料再生技术方面取得实验室阶段突破，论文成果备受赞誉。然而，当他们满怀信心地将技术推向公斤级的放大验证时，失败骤然出现。反应规模急剧放大后，热量与物质传递不均，导致产品纯度剧烈波动，批次合格率一度低至惨淡的 20%。

面对困局，陈忠伟展现出其独特的“全链条”思维。他并未纠结于在原有技术路线上修修补补，而是果断带领团队“逆向溯源，重构工艺路径”。

“失败不是没有收获，而是排除了一条错路。”每当攻关遇到困难，他总是这样鼓励情绪低落的团队成员。

转机出现在 2024 年底。当时，团队发现，在无氧环境中，有机醋酸可在常温下快速溶解正极材料，同时精准提取镍、钴、锰，萃取率超过 99.8%，对铁、铜等杂质的去除率超过 97%。这种有机酸体系成本仅为传统方法的五分之一，且可循环使用 5 次以上，真正实现低成本、无污染的绿色再生。

陈忠伟立刻带领团队乘胜追击，自主设计出“连续流共沉淀反应器”，实现浸出液与沉淀剂的连续反应，让正极前驱体在反应塔内直接生成。这使得传统 125 小时的三步流程被压缩至 4 小时，效率提升数十倍。

更多的惊喜接踵而至。他们将三步法应用于钠电正极材料制备后，制作出的电池获得了更长的寿命与更高的稳定性。“按储能系统每月充放电 5 次计算，电池能用 20 年；用于电动车，则能用 12 年。”陈忠伟说“这意味着退役锂电正极不仅能再生，还能升级为下一代材料，真正实现‘变废为宝’。”

这项技术让废旧锂离子电池的回收效率超过 99%，成本降低近 40%，污染水平显著降低。而且再生材料性能与原生材料相当，有些指标甚至表现更优。

在这之后，陈忠伟又带领团队完成了从实验室样品到中试示范的跨越。他说：“科技创新只有嵌进产业链，才算真正落地。”如今，一步法技术已完成了预可研论证，为我国废旧电池的规模化、绿色化回收提供了可复制的路径。

实验室成果在生产线上“开花”

“没有‘桥梁’，实验研究和成果转化就像两座‘孤岛’。”在陈忠伟看来，电池回收不是单一技术问题，而是一项复杂的产业系统工程。他不仅深耕燃料电池、锂电池等下一代电化学能源体系的源头创新，更着力推动实验室成果走向产业化。

为了搭建前沿基础研究与重大工程应用的桥梁，他推动团队建立了涵盖退役电池拆解、正极回收、再生制备、性能验证到再利用的全链条技术体系，并引入生命周期评估与技术经济分析，确保电池回收利用的每一步工作都符合绿色低碳理念。

“论文里的曲线再漂亮，如果不能落地就是纸上谈兵。”陈忠伟常对学生说。因此，在技术的研发阶段，他就主动对接国内龙头新能源企业，“国家需要什么，我们就研究什么”。

在陈忠伟的不懈“浇灌”下，实验室中的“种子”逐渐在生产线上“开花结果”。大连化物所已建成吨级的再生正极材料中试线。“这条中试线运行半年来，已为多家电池企业提供再生材料，反馈都很好。”中试线负责人、大连化物所杨庭舟介绍，某储能企业使用陈忠伟团队研发的再生中镍三元材料后，电池成本降低了 32%，循环寿命提升了 20%。

陈忠伟并不满足。如今，他和团队正与企业共同规划千吨级示范线，推动形成“科研—示范—产业”联动机制，构建动力电池回收与再生利用平台。已建成的关键材料与技术中试基地、电芯与电池模组中试基地，为核心技术的工程化验证和成果转化提供了坚实支撑。未来，该体系还将扩展至磷酸铁锂、钠离子电池等多类型储能材料，助力我国占据全球循环经济领域的技术制高点。“我们希望让每一块退役电池都有‘第二次生命’。”陈忠伟笑着说。

媒体链接：<https://epaper.stdaily.com/statics/technology-site/index.html#/>