

能源催化转化全国重点实验室工作简报

< 2026 年 02 月 >

能源催化转化全国重点实验室编

2026 年 02 月 28 日

研究进展

我室解密高量子效率光催化完全分解水微观机制..... 01

新闻动态

我所与延长石油集团签署基于纳米限域催化理论的
煤经合成气清洁高效转化技术战略合作等多项协议..... 03

我室牵头承担的两项国家重大科研仪器研制项目召开专题会议..... 04

锂电池新突破!零下 34℃, 成功验证!..... 05

队伍建设

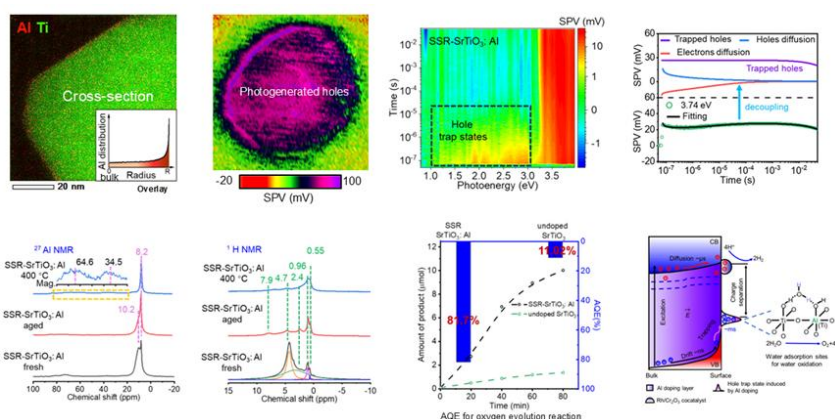
我室谢威立被聘为“优秀青年博士人才”..... 05

研究进展

我室解密高量子效率光催化完全分解水微观机制

近日，我室太阳能研究部（DNL16）李灿院士、范峰滔研究员等在光催化全分解水高量子效率体系的微观机制研究方面取得重要进展，发现光生电荷与催化反应中心之间的时空协同耦合是实现高量子效率的充分必要条件。

光催化全分解水制氢被认为是将太阳能直接转化为化学能的理想途径之一，但也是公认的光催化领域最为挑战的课题。尽管该领域研究已历数十年，其实际应用仍受限于体系较低的量子效率。大部分报道的光催化体系太阳能氢能转换效率低于 10%，这一效率瓶颈主要源于光催化全分解水反应涉及光生载流子在时间尺度上跨越十余个数量级、空间尺度上跨越微纳米尺度的复杂动力学过程。团队以表观量子效率（AQE）超过 90% 的掺铝钛酸锶（ $\text{SrTiO}_3:\text{Al}$ ）光催化剂为研究体系，结合时空分辨表面光电压技术与多种光谱表征手段，揭示了 Al 掺杂在促进光生空穴高效分离与寿命延长方面的决定性作用、并进一步明确其与表面水吸附及氧化反应中心直接相关。研究表明，光生电荷分离动力学与表面催化反应动力学之间的时空耦合是实现高效光催化全分解水反应的决定性因素。



在本工作中，研究人员首先利用时空分辨表面光电压技术系统研究了 Al 掺杂对 SrTiO_3 中光生电荷分离动力学的调控作用。结果表明，Al 在 SrTiO_3 中从表面至体相梯度分布，构筑了一个由体相指向表面的内建电场，可将光生空穴快速提取至表面由 Al 掺杂诱导形成的空穴捕获位点，使光生空穴寿命延续在纳米至毫秒时间尺度，其寿命与毫微秒级的水氧化反应过程高度协同。进一步结合固体核磁共振 (^{27}Al NMR 和 ^1H NMR) 及原位红外光谱表征，研究人员发现 $\text{SrTiO}_3:\text{Al}$ 中 Al 主要以两种配位形式存在：一是取代体相 Ti 位点形成的 AlO_6 八面体结构；二是取代表面 Ti 位点并与表面羟基配位形成的羟基化 AlO_6 八面体结构。其中，羟基化 Al 位点是与水氧化反应直接相关的水分子特定吸附位点。正是由于 $\text{SrTiO}_3:\text{Al}$ 中 Al 同时承担了“长寿命光生空穴态”和“水氧化反应活性位点”这两种

关键功能，实现了光生空穴与水氧化反应之间的时空协同耦合，从而解除了限制光催化全分解水反应高量子效率的瓶颈、破解了该体系接近 100%高量子效率的微观机制。该研究通过协同调控电荷分离动力学与表面催化反应动力学，发现光生电荷分离动力学与表面催化反应动力学之间的时空耦合是实现高效光催化全分解水反应的决定性因素，这为理性设计和合成高效光催化全解水催化剂提供了原理依据与全新的设计思路。

围绕光催化体系中光生电荷分离与转移动力学这一核心科学问题，李灿团队开展了长期而系统的研究，先后发现异相结光生电荷分离机制 (*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2008; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2012; *Acc. Chem. Res.*, 2025) 和晶面间光生电荷分离机制 (*Nat. Commun.*, 2013; *Energy Environ. Sci.*, 2016)；自主研发了可直接表征催化剂表面光生电荷分布的表面光电压成像技术，先后实现了对微米尺度不对称晶面 (*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2015)、相结 (*J. Phy. Chem. Lett.*, 2017)、扩散过程 (*Nat. Energy*, 2018)，以及纳米尺度缺陷分布 (*Nano Lett.*, 2018) 和单胞尺度退极化场 (*Adv. Mater.*, 2020; *Nat. Commun.*, 2025) 等多尺度不同电荷分离驱动力的可视化表征。此外，李灿团队进一步发展了时空分辨表面光电压技术，实现了光生电荷分离动力学在全时域范围内的追踪 (*Nature*, 2022; *Nat. Protoc.*, 2024)。近期，李灿团队通过解耦探针远程相互作用力中的静电力，进一步实现了固-液界面表面光生电荷的直接成像 (*J. Am. Chem. Soc.*, 2025)。上述系列研究工作在光催化及光电转化领域引起了广泛关注。

相关成果以“Spatiotemporal Alignment of Hole Transfer and Water Oxidation for Highly Efficient Photocatalytic Water Splitting”为题，于近日发表在《自然-通讯》 (*Nature Communications*) 上。该工作的第一作者是我室博士研究生罗雅玲 (已毕业)。该研究得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金委“人工光合成”基础科学中心、国家自然科学基金、中国科学院青年科学家基础研究项目、中央高校基本科研业务费专项基金、新基石科学基金会科学探索奖等项目的资助。(文/图 罗雅玲、崔峻豪)

文章链接: <https://doi.org/10.1038/s41467-026-69276-5>

新闻动态

我所与延长石油集团签署基于纳米限域催化理论的煤经合成气清洁 高效转化技术战略合作等多项协议

2月3日，我所副所长李先锋、我室包信和院士、潘秀莲研究员及职能部门相关人员赴陕西延长石油（集团）有限责任公司（以下简称“延长石油集团”）访问交流。延长石油集团党委书记、董事长张恺颢，党委副书记、总经理罗万明，党委委员、副总经理陈杭，党委委员张冰等出席活动。



张恺颢回顾了双方合作历程并详细介绍了延长石油集团科技创新、产业布局等工作，他表示，我所与延长石油集团的精诚合作有力推动了煤制乙醇、合成气直接制低碳烯烃等关键技术产业化，希望双方围绕“十五五”国家能源化工产业高质量发展需求，进一步创新合作模式，加快推动重大科技成果产业化，服务国家新型能源体系建设。李先锋详细介绍了我所科研进展、科技合作等情况，他表示，延长石油集团与我所共同打造的合作模式已成为科技成果转化的成功范例，希望双方进一步加快重大项目建设，服务国家能源安全、产业链供应链安全。与会人员还就产业发展、科技合作、人才培养、平台建设等进行了深入探讨与交流。



访问期间，双方共同签署基于纳米限域催化理论的煤经合成气清洁高效转化技术战略合作等多项协议，将发挥各自优势，通过产学研深度融合，加快推动煤炭清洁高效利用技术产业化。（文/孙亮、石璜 图/任柏林、孙亮）

我室牵头承担的两项国家重大科研仪器研制项目召开专题会议

2月3日，由我室傅强研究员牵头承担的国家自然科学基金重大科研仪器研制项目“微纳空间分辨催化表界面构建-表征-性能评价系统”项目启动会、刘伟研究员牵头承担的国家自然科学基金重大科研仪器研制项目“原子分辨成像与分子态探测电镜-红外光谱耦合表征系统”项目工作进展汇报会在我所星海园区举行。我所副所长王峰出席会议并致辞，所务委员、科技处处长肖宇主持会议。

王峰表示，面向世界科技前沿，高端科研仪器是承载并驱动科学发现的重要基石，我所长期重视高端科研仪器研制工作。本次会议是践行“以仪器研制创新驱动科学发展”的具体行动，我所连续两年牵头承担两项重大仪器研制项目得益于所级长期政策支持与领域专家的信任，诚挚邀请与会专家为项目实施建言献策，共同推动我所仪器研制工作。



会上，项目负责人傅强围绕项目总体目标、研究任务、实施计划、进度安排及项目测试方案等作了汇报；项目负责人刘伟汇报了项目阶段性进展、已取得的工作基础及下一步工作计划，并就项目研制思路、关键技术挑战与解决方案、仪器潜在应用场景等进行了细致阐述和展望。与会专家围绕汇报内容展开详细质询与热烈讨论，充分肯定了两个项目科学问题的重要性与仪器研制思路创新性，同时建议进一步凝练指标，优化关键技术与实施方案。项目组成员表示将全面吸纳建议，细化方案，稳步推进项目高质量实施。

本次会议为项目后续实施明确了重点方向和推进路径，为我室以及我所在提升高端科研仪器自主研制与系统集成能力方面奠定基础。复旦大学、华南理工大学、青岛科技大学、北京科技大学、上海科技大学、中国科学院物理研究所、中国科学院电工研究所、中国科学院沈阳自动化研究所、中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所、我所等高校及科研院所的相关仪器研制与表征领域专家及学者，以及项目团队成员等参加会议。（文/谢辰晨 图/夏一丁）

锂电池新突破！零下 34℃，成功验证！

来源：科技日报

科技日报记者张蕴，10 日从中国科学院大连化学物理研究所获悉，能源催化转化全国重点实验室陈忠伟院士团队在黑龙江漠河完成超低温锂电池实地测试，标志着我国自主研发的电池技术已能支撑各类设备在极端低温下实现“即插即用”，破解了极寒地区电池能源供给难题。

团队低温电池技术负责人张盟副研究员介绍，团队自主研发的超低温电池技术及配套人工智能电源管理系统通过创新性地设计耐低温电解液、开发准固态功能性隔膜，并融合先进的 AI 电池管理算法，解决了传统锂电池在低温下活性骤降、续航锐减甚至无法工作的行业痛点。

据悉，该成果在零下 34 摄氏度的极寒环境中，无需任何外部保温措施的锂电池，静置超过 8 小时后仍能保持超过 85% 的有效容量，并成功驱动工业级无人机完成长续航飞行与多项任务模拟。

据介绍，超低温电池技术与人工智能电源系统未来在广泛应用于 3C 电子产品的时候，也可保障物流无人机、巡查无人机、特种机器人等户外作业终端在寒冷季节与地区作业不再受限。

原文链接：<https://mp.weixin.qq.com/s/xtDHN9tCZcp1OqWoWLPyow>

队伍建设

我室谢威立被聘为“优秀青年博士人才”

根据《大连化物所优秀青年博士人才选拔实施办法》(化物所发〔2017〕135 号)，经所学术委员会考核评审，所务会议研究决定，聘任谢威立(504 组)为大连化物所“优秀青年博士人才”。
