

能源催化转化全国重点实验室工作简报

< 2025 年 8 月 >

能源催化转化全国重点实验室编

2025 年 9 月 1 日

研究进展

我室提出触发式界面反应策略实现金属-有机框架膜的快速定制.....01

我室提出硝酸盐电催化还原制氨反应的选择性描述符..... 02

我室开发新型深度学习框架应用于电池健康状态预测..... 03

新闻动态

氢锂双引擎延伸工业无人机航线..... 05

我室科研人员参加第十届亚太催化大会..... 07

《可再生甲醇评价技术要求》国家标准编制研讨会在我所召开.....08

“促进重大产业变革的催化科学”战略研讨会在我所召开.....10

厦门大学田中群院士来所作第 48 期张大煜讲座.....11

我室白冰博士学位论文获评“2025 年度中国科学院优秀博士学位论文”12

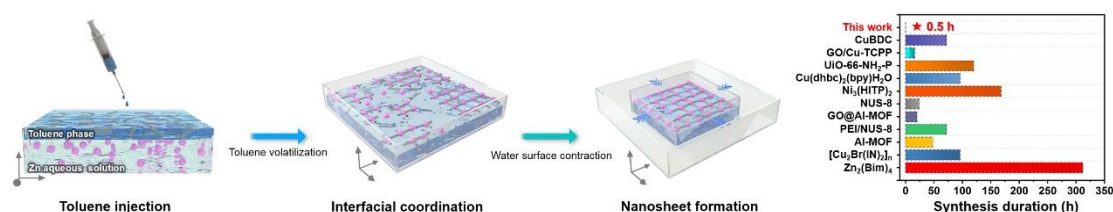
催化化学“十五五”发展战略研讨会在大连召开.....13

研究进展

我室提出触发式界面反应策略实现金属-有机框架膜的快速定制

我室无机膜与催化新材料研究组（504组）杨维慎研究员、彭媛研究员团队开发了一种便捷的触发式界面反应策略，实现了二维金属-有机框架膜（MOF膜）的快速制备及高效气体分离。

MOF膜因其高度可调的孔道结构、超高的孔隙密度、纳米级的厚度，成为实现兼具高选择性和高渗透性的理想材料，有望推动工业分离技术革新。然而，现有制备方法步骤繁琐，耗时长达数十小时甚至数天，制膜效率极低，限制了这类膜材料的进一步的发展。如何面向重大工业分离应用需求，快速构建具有高效分离性能的超薄MOF膜仍面临挑战。



在本工作中，研究团队在前期研究（*Science*, 2014; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2017; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2021; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2023; *Journal of Membrane Science*, 2023; *Adv. Funct. Mater.*, 2024）的基础上，开发了一种触发式空气-水界面配位组装方法。该方法仅使用微升量级有机配体投料量，在三十分钟内即可获得超薄、大面积连续、无缺陷的二维MOF纳米膜，提升了MOF膜制备的时效性和经济性，同时实现了氢气/二氧化碳（H₂/CO₂）的高选择性、高渗透率和稳定分离。

该方法具备高度可拓展性，团队通过不同金属离子与有机配体的灵活组合，构筑了十二种具有不同框架结构和孔道环境的MOF纳米片。这一结果为面向应用的MOF纳米片和超薄二维MOF膜的定制化制备提供了新思路，可满足不同应用场景下的高性能分离需求。

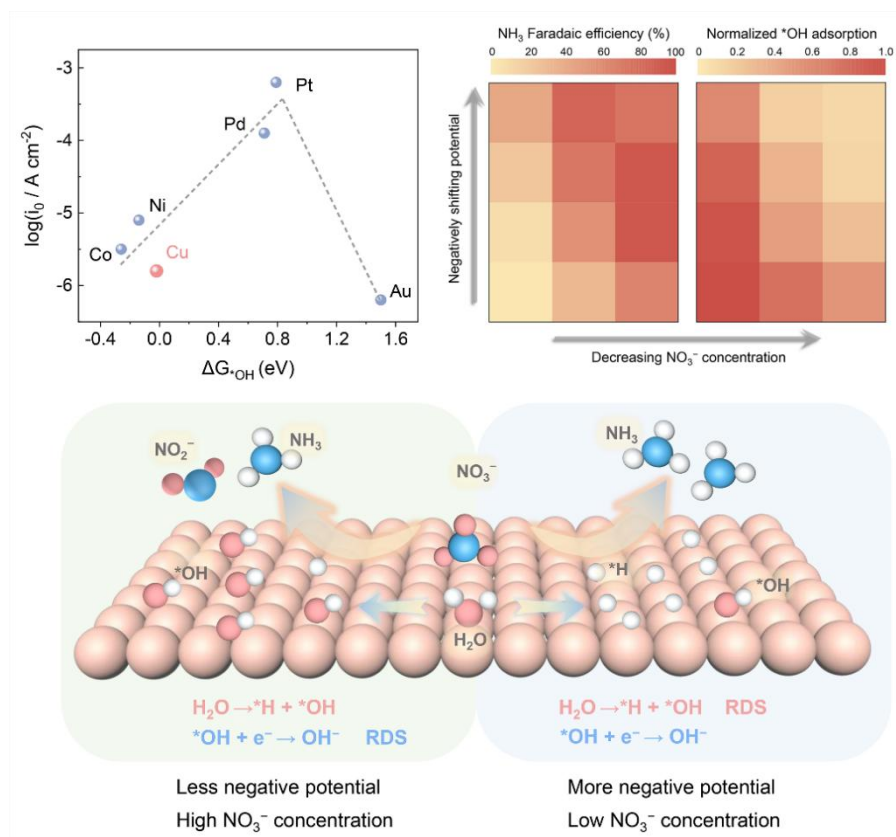
相关研究成果以“Rapid fabrication of ultrathin two-dimensional metal-organic framework membranes for accurate gas separation”为题，于近日发表在《国家科学评论》（*National Science Review*）上。该工作的第一作者是504组博士研究生朱宸宇。上述工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、中国科学院青促会、辽宁省自然科学基金等项目的支持。（文/图 彭媛、朱宸宇）

文章链接：<https://doi.org/10.1093/nsr/nwaf301>

我室提出硝酸盐电催化还原制氨反应的选择性描述符

我室碳基资源电催化转化研究组（523 组）包信和院士、高敦峰研究员团队与复旦大学汪国雄教授团队合作，在电化学合成氨研究方面取得新进展，提出了羟基吸附作为铜基催化剂上硝酸盐电催化还原制氨反应的选择性描述符，为高效催化剂和电解质的理性设计提供了新思路。

与能源密集型的哈伯-博施（Haber-Bosch）合成氨工艺相比，硝酸盐电催化还原反应（ $\text{NO}_3^- \text{RR}$ ）利用可再生电能，将废水中的 NO_3^- 污染物转化为氨，是温和条件下合成氨的重要途径。铜基催化剂虽然表现出较好的 $\text{NO}_3^- \text{RR}$ 性能，但仍存在反应过电位高、易产生亚硝酸盐副产物、能量效率较低等瓶颈问题。



在本工作中，团队采用铜纳米立方体作为模型催化剂，研究了 $\text{NO}_3^- \text{RR}$ 产物分布对电极电势和 NO_3^- 浓度的关系。研究发现，随着电极电势的负移和 NO_3^- 浓度的降低，氨的选择性显著提升。原位谱学表征和理论计算结果表明，这种依赖性源于催化剂表面羟基物种（ $^*\text{OH}$ ）的吸附状态变化。具体而言，负移电极电势和降低 NO_3^- 浓度均可削弱 $^*\text{OH}$ 吸附，进而促进水解离产生吸附氢物种（ $^*\text{H}$ ），从而有利于硝酸根及其含氮中间产物的加氢反应。基于对上述反应机理的认识，团队提出了羟基吸附可作为铜基催化剂上硝酸盐电催化还原制氨反应的选择性描述符，并将其应用于指导催化剂和电解质理性设计中，有效抑制了低过电位下亚硝酸盐副产物的生成。

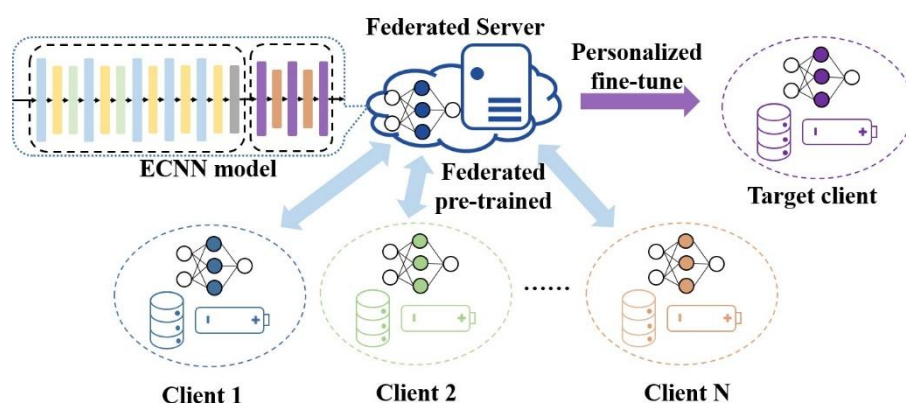
相关研究成果以“Hydroxyl Adsorption as a Selectivity Descriptor for Electrocatalytic Nitrate Reduction over Cu Catalysts”为题，于近日发表在《美国化学会-催化》（ACS Catalysis）上。该工作的第一作者是 523 组已毕业博士王毅。上述工作得到国家自然科学基金、中国科学院 B 类先导专项“能源电催化的动态解析与智能设计”、辽宁滨海实验室、辽宁省兴辽英才计划、大连市杰出青年科技人才支持计划、我所创新基金等项目支持。（文/图 高敦峰、王毅）

文章链接：<https://doi.org/10.1021/acscatal.5c03512>

我室开发新型深度学习框架应用于电池健康状态预测

我室动力电池与系统研究部（DNL29）陈忠伟院士、毛治宇副研究员团队，联合西安交通大学冯江涛教授，在电池健康管理领域取得新进展。合作团队开发了一种新型的两阶段联邦迁移学习框架，有效解决了快充电池健康状态（SOH）预测中的数据不足和个性化建模难题，为快充电池 SOH 预测提供了新思路。

健康状态的准确预测对于电动汽车电池管理至关重要。然而，在实际应用中，基于快充片段准确估计电池 SOH 面临两大挑战：一是由于隐私保护要求，单个电池的训练数据有限；二是不同电池的充放电行为不同，需要建立个性化的预测模型。



在本工作中，合作团队提出了一种两阶段联邦迁移学习框架。在第一阶段采用联邦迁移学习框架，使多个分布式电池通过共享模型参数，协作训练全局模型，既可以学习通用知识又保护了数据隐私；在第二阶段，利用目标电池的少量本地数据对该全局模型进行微调，建立捕获个体电池特征的个性化模型。联邦迁移学习框架构建在轻量级卷积神经网络上，并通过有效的通道注意机制提升了其性能。实验结果表明，该框架在公共快充电池数据集上的预测性能优于传统方法。

联邦迁移学习框架作为团队开发的第二代电池数字大脑 PBSRD Digit 核心模型，为电池智能化管理提供了有效解决方案。此外，团队还基于该框架为双登集团开发了储能领域垂直智能客服系统，助力储能行业的智能化发展。

近年来，陈忠伟团队致力于推动人工智能与能源电催化技术的融合，构建了人工智能与电化学相结合的研究体系。团队在“高性能材料筛选与设计”（Joule, 2021; Adv. Mater., 2022; Chem. Soc. Rev., 2020）、“高通量智能研发平台”和“智能系统集成管理”（IEEE Trans. Transp. Electrification, 2024; IEEE Trans. Transp. Electrification, 2024; Appl. Energy, 2024; Batteries, 2024; World Electr. Veh. J., 2022; J. Electrochem. Soc., 2019）等领域取得系列进展，展现了人工智能驱动电化学科学研究创新和人工智能推动新能源工程应用创新在实际应用中的潜力。

相关研究成果以“A federated transfer learning framework for lithium-ion battery state of health estimation based on fast-charging segments”为题，于近日发表在《电气电子工程师学会交通电气化学报》（IEEE Transactions on Transportation Electrification）上。该工作的第一作者是 DNL29 博士后刘云鹏，该工作得到国家自然科学基金、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”、中央高校基本科研业务费专项资金等项目的资助。（文/图 刘云鹏）

文章链接：<https://ieeexplore.ieee.org/document/11105532>

新闻动态

氢锂双引擎延伸工业无人机航线



应用了高比能氢-锂混合动力系统的工业无人机在黄山市黄山区完成了一系列多场景应用示范

近日，在安徽黄山脚下，薄雾萦绕的茶山间，一架工业无人机轻盈掠过层层叠叠的绿浪。它无须频繁折返充电，单次飞行即可完成整片茶园的病虫害监测与预警。驱动这架无人机的，是我室陈忠伟院士团队自主研发的高比能氢-锂混合动力系统。该系统基于团队的两项核心技术——高比能超低温电池技术与高比能氢-锂混动技术，成功破解了工业无人机“续航短、载重小”的行业难题。

两项技术的协同发展，为低空经济飞行器提供了适应极端环境、超长航时、高机动性的多元化、高性能能源解决方案，将有力推动我国低空产业的技术升级与应用拓展。

打破“续航天花板”

传统锂电池驱动的无人机普遍存在“续航天花板”，多数机型续航仅 30 分钟至 1 小时，且载重能力有限，在山地、高温、极寒等复杂环境下性能衰减显著。陈忠伟团队瞄准低空飞行器（无人机、eVTOL 等）对能源系统的需求，研发两项核心技术。

我室电源团队技术负责人张盟告诉科技日报记者，在漠河零下 36 摄氏度的极寒测试中，高比能超低温锂电池可驱动六旋翼无人机完成稳定飞行与物资运输任务。其能量密度达每千克 400 瓦时，工作温度区间为零下 40 摄氏度至 50 摄氏度。电池在零下 40 摄氏度的放电容量可保持 80% 以上，零下 20 摄氏度仍可充

电，功率输出稳定，已服务于极地科考。

张盟介绍，高比能氢-锂混合动力系统通过“氢燃料电池+锂电池”双能源耦合，可实现单次任务连续巡航2小时以上，较传统锂电池方案续航提升超100%。

“我们给无人机装上了‘双动力引擎’。”陈忠伟形象地比喻，锂电池如同“短跑健将”，负责起飞、爬升、急转等瞬时高功率需求；氢燃料电池则是“马拉松选手”，持续输出稳定电能满足长航时巡航。两者通过智能系统动态协同，既弥补了氢燃料动态响应慢的短板，又避免锂电池深度放电。

氢锂搭档实现高效运行

这套“双引擎”的核心，在于智能能量管理系统的精准调度。张盟解释：“就像汽车的混动模式，起飞时锂电池瞬间释放高功率（峰值可达20千瓦），氢燃料电池则在巡航阶段（功率约5千瓦）负责主力供电，同时为锂电池补电。”这种“削峰填谷”模式，使系统始终运行在高效区间，较单一能源方案能耗降低18%。

团队智能能量管理系统技术负责人吴私介绍，为突破传统氢燃料电池的“水土不服”难题，团队在材料与控制层面实现双重创新。

他们采用8微米超薄质子交换膜及自主开发的复合催化剂和亲水基团修饰技术，使膜电极具备自增湿功能，无需增加加湿系统，且抗反极能力提升至2000分钟；阴极扩散层设计为梯度孔径结构，优化气流分布，避免水淹或膜干；动态模型可预测和调节气流量，确保了无人机剧烈飞行时的稳定性；高比表面积散热翅片和传质强化技术提高了散热效率并优化反应效率，保证电池高效稳定运行。

此外，团队通过电解液“抗冻配方”与负极材料改性，还破解了锂电池的超低温性能衰减问题。团队锂电技术负责人陈建设说，在电解液中引入新型电解质添加剂，可将工作温度降至零下50摄氏度以下；负极采用纳米硅碳复合结构，通过多孔碳骨架缓冲硅颗粒膨胀，使电池在零下40摄氏度及100次循环后，容量保持率达92%。上述技术搭配自适应热管理系统，使得无人机在极寒地区作业时续航衰减控制在20%以内。

一系列技术进展，有效解决了低空飞行器电源系统续航短的问题，显著提升了无人机的载重能力和续航表现。

构建全链条生态

技术突破的最终价值，在于推动“创新链—产业链”深度融合。张盟介绍，通过多次试飞试验，他们建立了多场景、多环境、多动态载荷下电池数据库，为全天候、宽温域、跨地域飞行积累数据，提高了技术成熟度。目前，氢-锂混合动力技术已完成中试定型，进入商业化加速期。

搭载了高比能氢-锂混合动力系统的无人机可应用于农业、文旅、林业、渔业、应急等多个领域。在渔业方面，其可监测景区水质、藻类，巡视监察景区非法捕捞；在林业方面，可监测林场资源、巡检与预警林场火情；在农业方面，可监测与预警茶园病虫害以及茶叶生长状态；在寒环境应用方面，无人机可远程运送物资。

“我们正在构建‘材料—部件—系统—场景’的全链条生态。”陈忠伟介绍，上海洗霸科技股份有限公司已成立了专注于氢混动力电源及高比能锂电池生产的企业。其生产线正在加紧建设中，规划年产能 7500 套动力系统。展望未来，团队将力争在 2026 年实现批量生产线落地，完成物流、巡检场景、农业领域的商业化闭环，产品交付 1000 套以上；2028 年推出高原专用型、海洋型、高温型、低温型等细分型号，拓展至边境巡逻、海上风电巡检和极寒等应用场景；到 2030 年，团队将建立“氢—锂混合动力”行业标准，累计交付 10000 套以上。

陈忠伟表示，团队将持续深耕氢-锂耦合技术，让“中国动力”成为全球低空经济的绿色新标杆。

我室科研人员参加第十届亚太催化大会

8 月 4 日至 7 日，第十届亚太催化大会（The 10th Asia-Pacific Congress on Catalysis, APCAT-10）在新加坡举行。本届大会围绕清洁能源及燃料的催化转化、催化反应机理、单原子催化、催化材料、环境催化等催化科学热点及前沿研究领域展开深入交流，吸引了来自 28 个国家和地区的 1100 余名代表参会。

我室 20 余名科研人员和研究生参加了会议，李灿院士受邀作了题为“Liquid Sunshine and Beyond”大会特邀报告，傅强研究员、范峰滔研究员、邓德会研究员、王爱琴研究员、潘秀莲研究员、章福祥研究员等分别作了主题报告和邀请报告。

会议期间还举办了第四届国际单原子催化研讨会，张涛院士与新加坡国立大学颜宁教授、苏黎世联邦理工学院 Javier Pérez-Ramírez 教授共同担任大会主席。此外，范峰滔与南洋理工大学 Rong Xu 教授、新加坡可持续化学能源和环境研究所 Yan Liu 教授共同组织了人工光合成专题论坛。

8 月 6 日下午，亚太催化协会召开了理事会会议，经会议选举，浙江大学肖丰收教授当选亚太催化协会理事会主席，颜宁当选协会副主席，范峰滔当选协会秘书长。

在大会闭幕式上，作为亚太催化协会发起人和创立者之一，李灿回顾了亚太催化大会及亚太催化协会的发展历程。他指出，亚洲国家特别是中国催化研究水平的快速提升，与亚太催化协会的推动密不可分。

亚太催化大会源自于 20 世纪 80 年代，是在中日美三国催化会议基础上发展起来的地区性国际会议。我所曾于 2003 年 10 月在大连承办了第三届亚太催化大会（APCAT-3），并在会上倡议创立了亚太催化协会，以致力于促进亚太地区催化研究的交流、合作与发展。亚太催化大会（APCAT）是继欧洲催化大会（EUROPACAT）、北美催化大会（NAM）的第三个区域性催化大会。第十一届亚太催化大会将于 2027 年在韩国首尔举办。（文/方堃 图/APCAT-10 组委会）

《可再生甲醇评价技术要求》国家标准编制研讨会在我所召开

8 月 19 日，《可再生甲醇评价技术要求》国家标准编制研讨会在我所能源基础楼会议室召开。本次会议由我所主办、佛山绿色发展创新研究院协办。来自全国化学标准化技术委员会、中国石油和化学工业联合会、中国标准化研究院、中国技术经济学会、中国船级社、北京绿色交易所、国家能源集团、中远海运集团、国家管网集团、中煤集团、中国化学华陆公司、全球甲醇行业协会等机构和企业的五十余位专家及代表参加了会议。





我室李灿院士介绍了液态阳光甲醇（即可再生甲醇）产业的总体发展态势，明确了可再生甲醇的科学定义及内涵，分析了当前国内适宜推广的可再生甲醇技术路线，以及可再生甲醇与国家“双碳”目标的关系。他指出，中国作为液态阳光甲醇生产潜力最大的国家，应通过标准制定逐步实现与国际接轨，增强在国际相关领域的话语权。中国石油和化学工业联合会质量安全环保部副主任杨建海从国内标准归口管理的现状出发，指出该标准应在技术包容性与认证实施性之间取得平衡，力争建立适用广泛、认可度高的可再生甲醇国家标准。中石化（北京）化工研究院有限公司标准研究所所长杨化浩表示，可再生甲醇作为可持续液体燃料对我国能源安全具有重要意义，国家标准的建立有望促进可再生能源发展及行业深度脱碳。



我室王集杰研究员作为标准制定牵头单位的代表，从可再生甲醇的合成技术路径、国内外相关标准的对比、以及我国可再生甲醇标准建议等方面提出若干思考。

与会代表进行了深入研讨，一致认为应立足中国国情科学设定碳排放阈值，区分应用场景明确碳排放核算边界，并从战略方向、技术路线和认证机制等多方面提出建设性意见，为促进可再生甲醇产业高质量发展、提升国际竞争力提供标准支撑。液态阳光甲醇（可再生甲醇）作为实现“双碳”目标的重要路径之一，正日益受到业界重视，牵头制定该国家标准，反映了我室在可再生能源领域的贡献，也是我室响应国家“双碳”目标的具体实践。（文/周灿华、王集杰、王书琦 图/夏一丁、王欢）

“促进重大产业变革的催化科学”战略研讨会在我所召开

8月19日至20日，由国家自然科学基金委员会(以下简称“基金委”)资助，我所主办的“促进重大产业变革的催化科学”战略研讨会在长兴岛园区举行。张涛院士、包信和院士担任会议主席。



“促进重大产业变革的催化科学”调研咨询项目旨在支持基金委咨询委员会围绕国家自然科学基金发展战略、资助政策与管理、优先发展领域、关键科学问题等开展系统研究，并提出咨询意见与决策建议，为我国催化科学的未来发展提供科学支撑。

会上，项目负责人张涛介绍了“促进重大产业变革的催化科学”调研咨询项目的总体情况，并从战略意义、进展与基础、目标任务、任务布局等几方面详细汇报了我国催化科学领域的阶段性成果和未来发展规划。与会专家围绕“催化基础理论”“催化过程动态解析”“基于数据驱动的催化剂精准设计与制备”“可再生能源与化石资源的催化耦合利用”“资源多样化的催化循环利用新过程”“重要催化工业工艺流程再造”六大议题展开深入交流，探讨了催化科学领域关键科学问题，系统梳理催化科学的基础研究与技术创新现状，针对重大能源和流程工业面临的催化难题，提出以我国资源禀赋为依托的发展路线图和解决方案等。

催化科学是解决能源、资源和环境问题的关键科学基础。当前，全球能源低碳化和高质量发展的趋势对我国催化科学研究提出了更高要求和挑战。本次会议旨在服务国家“双碳”目标、能源转型和产业升级的战略需求，聚焦催化科学领域重大前沿问题和技术挑战，深入探讨催化化学领域的前沿与重大基础科学问题，为我国催化科学引领国际前沿、支撑产业绿色变革贡献智慧和力量。

会议最终将凝练形成高质量战略研究报告，力求在催化科学前沿和国民经济重大需求之间架起桥梁，为我国催化科学的发展提供决策依据。（文/邓德会、刘阔 图/夏一丁）



厦门大学田中群院士来所作第 48 期张大煜讲座

8 月 21 日，厦门大学田中群院士应邀在能源基础楼作了题为“能源电化学长盛不衰的科学本因和创新动力（The fundamental scientific reasons and innovation drivers underpinning the enduring prosperity of energy electrochemistry）”的第 48 期张大煜讲座。我室李灿院士、张涛院士、陈忠伟院士、科研及职能部门相关人员等 180 余人通过线下和线上方式参加了报告会，报告会由包信和院士主持。



报告中，田中群系统回顾了能源电化学 220 余年的发展历史和里程碑事件，深入剖析了能源电化学科学和技术长盛不衰的科学本因，总结了电化学能源器件特别是电化学储能器件的特征和发展瓶颈，探讨了人工智能和工况表征技术对推进电化学基础研究原创和电化学能源产业变革所带来的重大机遇，并鼓励青年科研工作者提升格局、拓展视野、形成创新性思维。

报告结束后，田中群与我所科研人员围绕催化基础理论、氢能发展策略、人工智能和工况表征技术等领域的相关问题进行了深入的讨论和交流。

访问期间，田中群还与纳米与界面催化研究中心、能源与环境小分子催化研究中心、太阳能研究部等的青年科研人员、研究生代表等进行了学术交流。（文/高敦峰 图/夏一丁）

我室白冰博士学位论文获评“2025 年度中国科学院 优秀博士学位论文”

近日，中国科学院发布了《中国科学院关于公布 2025 年度中国科学院优秀博士学位论文评审结果的通知》（科发函字〔2025〕340 号），我所 2 名毕业生博士学位论文获评“2025 年度中国科学院优秀博士学位论文”。其中，我室白冰博士论文题目为《合成气直接转化制低碳烯烃 OXZEO-TO 反应机理的研究》（导师：包信和院士、潘秀莲研究员）获评“2025 年度中国科学院优秀博士学位论文”。

中国科学院优秀博士学位论文由中国科学院设立，旨在加强高层次人才创造能力的培养，提高中国科学院博士生教育的质量，激励博士生开展原创性的研究工作。经专家评审，2025 年共有 100 篇博士学位论文被评为中国科学院优秀博士学位论文。（文/张文豪）

催化化学“十五五”发展战略研讨会在大连召开

8月26-28日，由国家自然科学基金委员会化学科学部主办，中国科学院大连化学物理研究所能源催化转化全国重点实验室承办的“催化化学‘十五五’发展战略研讨会”在大连举行。

此次会议根据基金委和化学科学部关于“十五五”发展战略规划的工作部署，由我室李灿院士担任催化化学战略规划组组长，组织国内催化领域专家分十一个专题分别进行了报告和深度研讨，来自国内高校、科研院所、我所科技处及部分科研人员 100 余人参加。会议由李灿主持，我所副所长王峰研究员致欢迎辞，基金委化学科学部二处处长高飞雪研究员介绍了战略规划的相关要求和具体部署。



基金委“十五五”发展规划总体任务和目标是要围绕“四个面向”，对标建设世界科技强国的总目标和国家科技发展规划的总体部署，坚持目标导向和自由探索，研讨未来 5-10 年催化化学的前沿领域和发展趋势，提出催化化学学科“十五五”发展战略规划及优先发展方向建议。

与会专家围绕化石资源、CO₂ 转化、氢能和可再生能源、生物质资源转化、废塑料和高分子降解、光催化、电催化、模型催化与表征、理论催化、催化剂精准制备、催化与生物交叉等十一个专题，共同探讨了当前我国在催化领域基础研究和应用基础研究的发展现状、存在的问题和关键挑战，结合国家战略需求，对“十五五”规划布局等提出建议。基于会议研讨秘书组将凝练形成催化化学学科

“十五五”发展战略规划及优先资助领域/方向的相关报告提交基金委，作为“十五五”战略规划参考依据。（文/方堃等 图/刘雪昌）

