

能源催化转化全国重点实验室工作简报

< 2026 年 04 月 >

能源催化转化全国重点实验室编

2026 年 04 月 30 日

研究进展

我室开发出适用于超低温的双电层电容器.....	01
我室提出直接乙烯电催化环氧化制环氧乙烷的新策略.....	02
我室提出仿生模板矿化新策略实现 MOF 膜跨尺度协同调控.....	03
我室利用多尺度整体式电极实现高电流密度下稳定制氢.....	04
我室首次观测到金属/载体界面的体相氧溢流.....	06
我室揭示水气氛中氧化钴纳米结构还原与氧化羟基化的动态机制.....	08
我室研发的“高效制氢加氢一体机”通过科技成果鉴定.....	09
我室制备出海绵状金属—有机框架复合膜用于氢气/轻烃分离.....	10

新闻动态

我室发布“电池数字大脑 PBSRD Digit 2.1——AI 智眸系统”.....	12
清明追思 缅怀先贤——我室组织清明扫墓活动.....	13
我室邓德会当选 2025 年度中国化学会会士.....	14
【科技日报】AI 智眸系统打造“电池数字大脑”.....	14
【瞭望】瞭望访谈 科学理性布局氢能产业——专访中国科学院院士李灿.....	17
第三十五届中国化学会年会圆满落幕 我室成功组织人工光合成分会.....	22

队伍建设

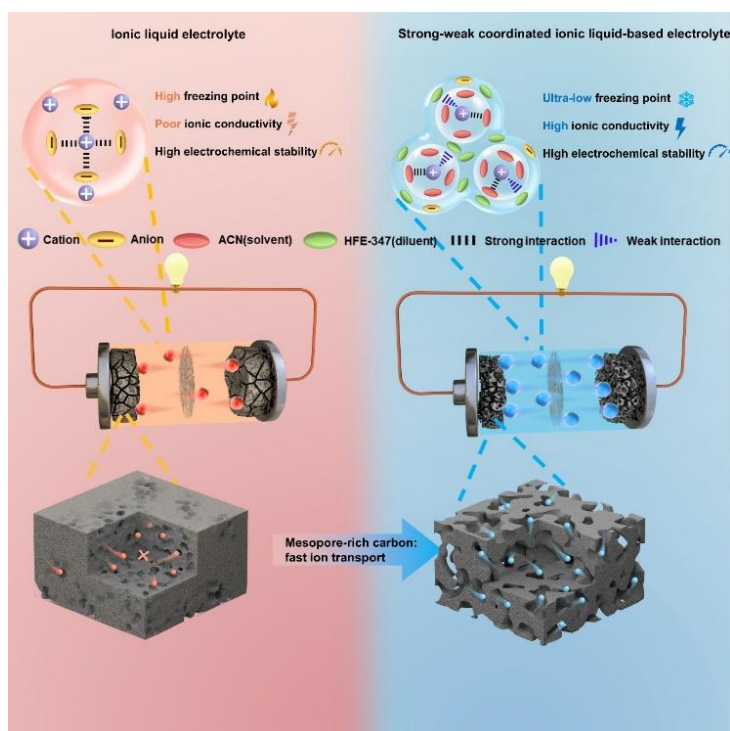
我室杨金斗被聘任为“张大煜青年学者”.....	23
-------------------------	----

研究进展

我室开发出适用于超低温的双电层电容器

近日，我室二维材料化学与能源应用研究组（508组）吴忠帅研究员、周锋副研究员团队与中国科学院深圳先进技术研究院成会明院士团队合作，在低温电化学储能研究方面取得新进展。团队提出了一种温度不敏感的“强—弱配位溶剂化”电解液设计策略，并将其与富介孔碳电极材料设计策略相结合，开发出了适用于超低温（ $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ ）的双电层电容器。

随着电化学储能设备的广泛应用，极端条件（例如极低温度）下的电化学性能衰退乃至失效等问题亟待解决。相较于锂离子电池在低温下面临的缓慢离子传输动力学及枝晶生长导致的寿命衰减等问题，双电层电容器（EDLCs）基于离子物理吸附/脱附的储能机理，有望克服电化学储能器件的低温应用瓶颈。然而，其性能受限于电解液凝固点高、离子电导率低、电化学稳定性差，以及电极材料内离子传输受限等挑战。



在本工作中，团队选用乙腈作为强配位溶剂，以削弱离子液体中阴阳离子间的相互作用，提高体系的离子电导率；同时，选用具有超低凝固点与高电化学稳定性的弱配位稀释剂——1,1,2,2-四氟乙基-2,2,2-三氟乙基醚作为“外部屏蔽层”，以降低体系凝固点，从而实现了电解液在耐高压、高离子电导率与超低凝固点方面的兼容。在电极材料方面，团队设计了富含介孔的活性炭，以促进离子在低温下快速传输，进而减轻因孔道传输受限所导致的电容损失。基于此，团队构建的双电层电容器在 $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ 与 4.5 V 电压下实现了 $104.5\text{ Wh}\cdot\text{kg}^{-1}$ 的能量密度， 10000

次循环后容量保持率为 89.5%；此外，300 F 软包双电层电容器在 25 °C 至 -80 °C 范围内可稳定运行，进一步验证了其实际应用潜力。该工作不仅验证了一种可行的电解液—电极协同设计策略，也为极端低温下电化学储能器件应用提供了参考。

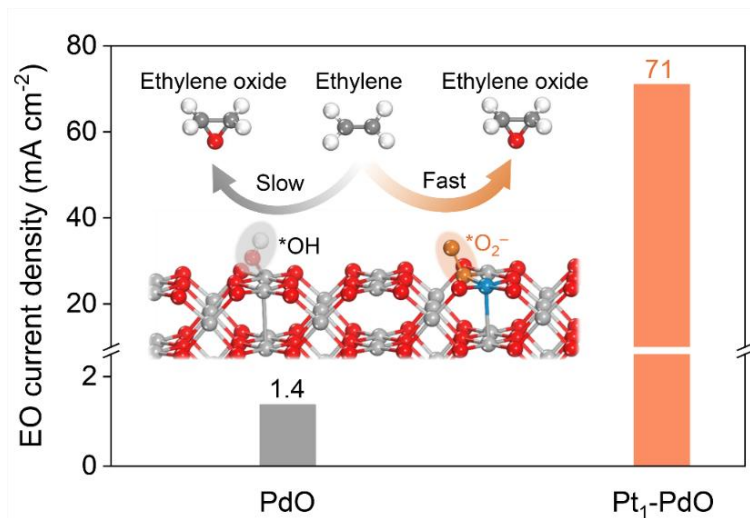
上述研究成果以“An Electric Double-layer Capacitor with High Performance at -80 °C”为题，于近日发表在《能源与环境科学》(*Energy & Environmental Science*) 上。该成果的第一作者是我室 508 组博士研究生刘浩锋。上述工作得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、国家自然科学基金区域创新发展联合基金等项目的资助。（文/图 刘浩锋、周锋）

文章链接：<https://doi.org/10.1039/D5EE06850A>

我室提出直接乙烯电催化环氧化制环氧乙烷的新策略

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）包信和院士、高敦峰研究员团队与复旦大学汪国雄教授合作，在乙烯电化学转化利用方面取得新进展，利用单原子铂稳定活性超氧物种，实现了高效的直接乙烯电催化环氧化制环氧乙烷。

环氧乙烷是一种重要的化工中间体，工业上主要通过较高温度（230 至 270 °C）和压力（1 至 3 MPa）下乙烯和氧气的反应来制备，该工艺存在转化率和选择性有限、能耗高、碳排放大等问题。直接电催化乙烯环氧化利用可再生电能驱动且以水作为唯一氧化剂，是一条绿色、低碳的环氧乙烷生产路线。但该过程面临着典型的活性—选择性跷跷板效应问题：活性物种的氧化能力过强会导致过度氧化生成二氧化碳，而氧化能力不足则难以高效活化和转化乙烯。



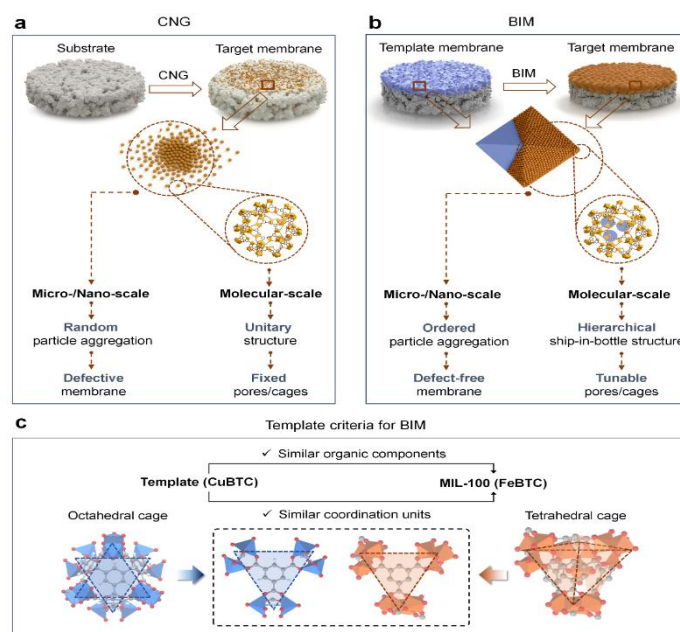
在本工作中，研究团队构建了氧化钯（PdO）负载的铂（Pt）单原子催化剂（Pt-PdO），以生成和稳定超氧物种（ $\cdot\text{O}_2^-$ ）作为活性氧物种。研究团队在基于阴离子交换膜的零间隙膜电极电解器中，实现了 74% 的环氧乙烷法拉第效率和 71 mA cm^{-2} 的环氧乙烷分电流密度。进一步，研究团队通过 100 cm^2 电解器的放大实验，在总电流为 15 A 时实现环氧乙烷生成速率为 6.4 g h^{-1} 。电化学原位谱学表征和理论计算表明，Pt 单原子与电解质中的高氯酸根阴离子协同促进了超氧物种生成，进而加速 PdO 载体上吸附乙烯的选择性氧化。

相关研究成果以“Single Atom Pt-Stabilized Superoxo Species for Direct Electrocatalytic Ethylene Epoxidation”为题，于近日发表在《美国化学会志》（*Journal of the American Chemical Society*）上。该工作的第一作者是我室 523 组博士研究生王含羽和刘天夫副研究员。上述工作得到国家重点研发计划、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”、辽宁省自然科学基金、辽宁滨海实验室、我所创新基金等项目支持。（文/图 王含羽、高敦峰）

文章链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.6c01386>

我室提出仿生模板矿化新策略实现 MOF 膜跨尺度协同调控

近日，我室无机膜与催化新材料研究组（504 组）杨维慎研究员、班宇杰研究员等提出仿生模板矿化新策略，在多种尺度下协同调控膜的微观结构，实现乙醇—水、乙腈—水等多种有机—水共沸物的分离。



共沸物分离是化工分离领域面临的重要挑战之一。渗透气化膜分离技术可突破气液平衡限制，并有望大幅降低分离能耗，但对膜的结构致密性和分子孔道精确筛分性质提出了更高要求。高价金属—有机框架（MOF）材料稳定性优异，是实现渗透气化膜分离的理想材料。然而，高价 MOF 材料因成核能垒高，导致载体界面处成核密度低、晶粒生长缓慢等问题，难以获得致密、连续的无缺陷膜层。

自然界中的生物通过特定的模板指导，可将固定形貌的粒子单元有序组装成多种形态的超级结构，实现特殊的生物功能。例如海星的听小骨、软体贝类动物的贝壳组织等。受这一现象启发，在本工作中，研究团队提出仿生模板矿化策略，以亚稳态、易于成膜的铜基 MOF 膜（CuBTC）为模板，在铁离子交换驱动下，原位转变为晶相稳定的 MIL-100（FeBTC）膜。研究发现，该过程中 CuBTC 模板表面的配体组分与结构单元为新晶粒（MIL-100）在模板表面的锚定成核创造了条件，并触发新晶粒沿模板表面进行印迹复制型生长，为晶粒有序聚集提供精确的空间指引，实现了微纳尺度下膜整体架构的精准构筑和调控。同时，模板转化过程中因“部分牺牲”效应，最终以金属—配体纳米团簇的形式原位封装于 MIL-100 笼中，形成“瓶中船”结构，有效窄化了笼径，实现了筛分窗口的分子水平调控。所构筑的 MIL-100 膜可对多种水相共沸物（例如乙醇—水、丙醇—水，丁醇—水、乙腈—水等）实现脱水精制。

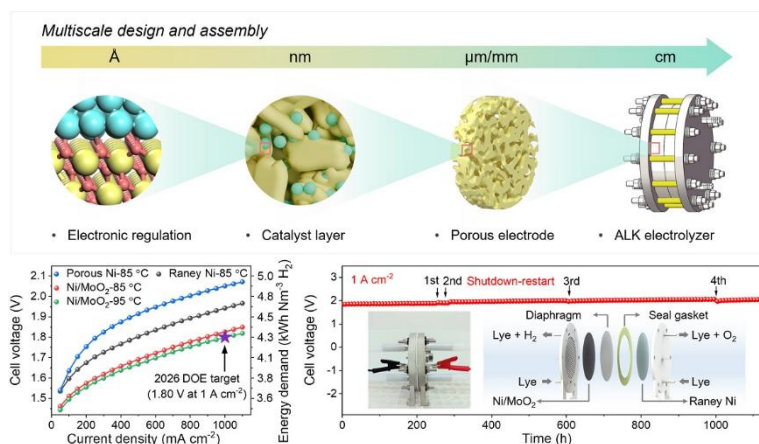
相关工作以“Synergistic Multiscale Design of Metal–Organic Framework Membrane via Biomineralization-Inspired Templating for High Efficiency Azeotrope Separation”为题，发表在《美国化学会志》(*Journal of the American Chemical Society*) 上。该工作的第一作者是我室 504 组王悦诚副研究员。以上工作得到了国家自然科学基金、我所创新基金等项目的支持。（文/图 班宇杰）

文章链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.5c21467>

我室利用多尺度整体式电极实现高电流密度下稳定制氢

近日，我室能源与环境小分子催化研究中心（509 组群）邓德会研究员、刘艳廷副研究员、于良研究员团队，在碱性水电解制氢领域取得新进展。团队提出了“原子到宏观”多尺度组装整体式催化电极设计新策略，构筑了具有多级孔结构的整体式电极，在安培级电流密度下实现高效、稳定产氢，为降低制氢成本提供了新方案。

基于可再生能源的电解水制氢是实现氢能经济的重要途径之一，碱性水电解是当前规模化制备绿氢的主要技术。实现安培级电流密度是碱性水电解工业制氢的核心目标，但传统电极在高电流密度下面临活性与稳定性难以兼顾的问题。传统镍泡沫/丝网电极虽稳定性较好，但比表面积低、催化活性位点少，难以在安培级电流密度下高效运行。在镍泡沫/丝网上包覆催化剂层可提升活性，但剧烈的气泡析出会阻塞活性位点、阻碍电解质传输，并导致催化层剥落，从而增加能耗并缩短寿命。构建兼顾催化活性、传质效率与结构稳定性的整体式电极，成为该领域的关键挑战。



邓德会团队长期从事能源与环境小分子的催化转化研究，前期在电解水制氢方面取得系列进展 ([Joule](#), 2025; [Adv. Funct. Mater.](#), 2025; [Angew. Chem. Int. Ed.](#), 2024; [Matter](#), 2023; [ACS Catal.](#), 2022; [Sci. Bull.](#), 2021; [Adv. Mater.](#), 2020; [Nano Energy](#), 2018; [Nat. Commun.](#), 2017; [Energy Environ. Sci.](#), 2016; [Angew. Chem. Int. Ed.](#), 2015; [Energy Environ. Sci.](#), 2015; [RSC Adv.](#), 2014; [Energy Environ. Sci.](#), 2014)。针对上述挑战，本工作提出了“原子到宏观”多尺度组装整体式催化电极设计新策略，通过模板辅助粉末冶金法制备了整体式多级孔镍 (Ni) 金属骨架，并在其表面引入二氧化钼 (MoO₂)，通过高温煅烧原位构筑了丰富的 Ni/MoO₂ 界面，最终形成了具有丰富原子级异质界面及“纳米—微米—亚毫米”三级孔结构的整体式电极 (Ni/MoO₂)。在电子结构层面，Ni 与 MoO₂ 界面处的电子转移适度弱化了氢中间体在 Ni 位点的吸附，从而促进了氢气的脱附，提升了本征活性；在传质层面，亲水性的 MoO₂ 与多级孔结构协同作用，加速了气泡脱附和电解液渗透，提高了高电流密度下的传质效率；在稳定性层面，Ni 与 MoO₂ 间的强相互作用及其与多孔 Ni 整体式骨架的牢固结合，增强了结构稳定性。

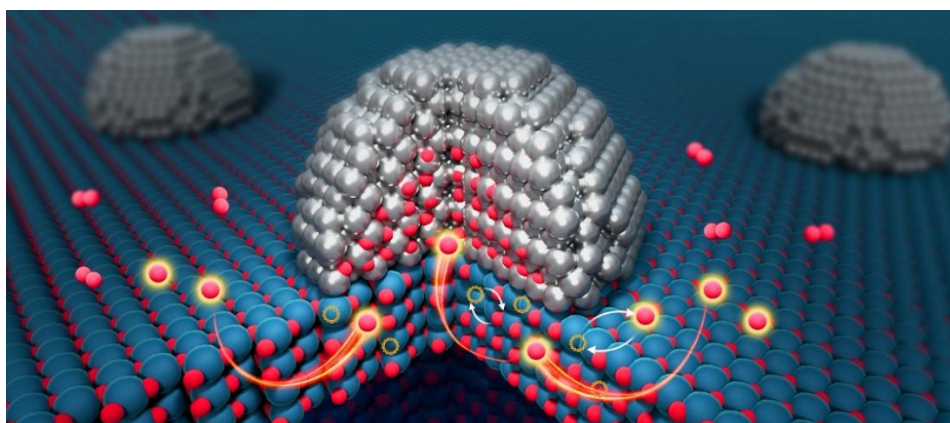
基于该策略制备的电极在 1 M KOH 电解液中，达到 1 A cm⁻² 电流密度仅需 145 mV 过电位，优于商用 Pt/C 催化剂 (300 mV)，并可稳定运行超过 3500 小时。在实际碱性水电解槽中，该电极在工业条件下 (30 wt% KOH, 大于等于 85 °C) 实现 1 A cm⁻² 电流密度仅需 1.80 V 槽电压，对应能耗为 4.3 kWh Nm⁻³ H₂，并展

现出超过 1000 小时的运行稳定性。该工作通过从原子到宏观尺度的跨尺度设计，构建了兼具界面电子调控与多尺度孔结构的整体式电极，突破了高电流密度下碱性水电解电极活性与稳定性难以兼顾的技术瓶颈，为开发高效、耐用的制氢电极提供了新思路。

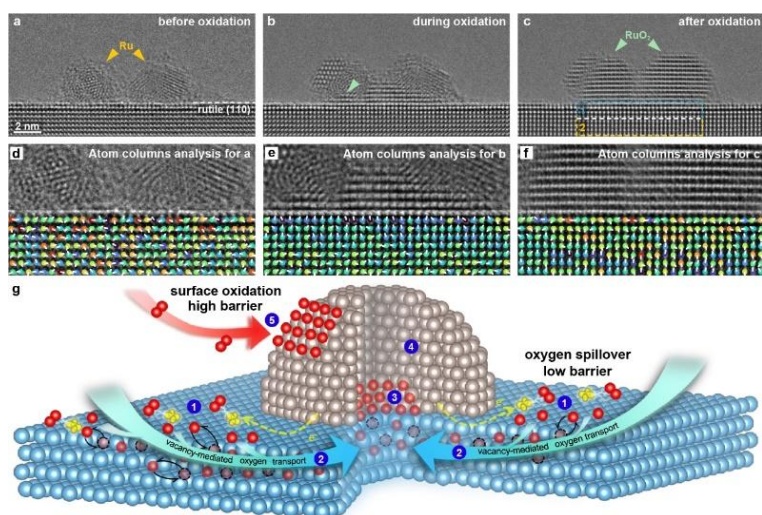
相关研究成果以“An Atomic-to-Macroscale Assembled Ni/MoO₂ Electrode for High-Efficiency and Long-Life Hydrogen Production”为题，发表在《美国化学会志》(*Journal of the American Chemical Society*) 上。该工作的共同第一作者是我室 509 组群博士研究生蒋赏和胡薇。上述工作得到了国家重点研发计划、中国科学院 B 类先导专项“能源电催化的动态解析与智能设计”、国家自然科学基金、辽宁滨海实验室、我所创新基金等项目的资助。(文/图 蒋赏)

文章链接: <https://doi.org/10.1021/jacs.5c21735>

我室首次观测到金属/载体界面的体相氧溢流



近日，催化与新材料研究中心(1500 组群)张涛院士、黄延强研究员团队，联合我室能源与环境小分子催化研究中心催化动态解析研究组(534 组)刘伟研究员、南方科技大学王阳刚副教授等在多相催化溢流效应研究中取得重要进展，首次在原子尺度上观察并证实了金属/载体界面控制的体相氧溢流现象，明确了该现象在多相催化反应中的重要作用，并据此提出了金属/载体的“表面—界面—体相”协同催化新机制。



溢流效应是多相催化反应的重要动态特征之一，涉及负载金属与载体之间的活性物种扩散行为。催化剂的表面溢流已被深入研究，然而关于负载型金属催化剂的体相，特别是金属/载体界面的可能溢流机制及其催化作用尚不明确。

在本研究中，研究团队聚焦高性能负载型钌（Ru）基催化剂的研发，利用原子分辨环境透射电镜，从原子尺度原位解析了负载于金红石型二氧化钛上 Ru 单颗粒（Ru/TiO₂）的氧化机制，并首次在该过程中观测到体相氧溢流，证实了载体中的晶格氧以空位介导的方式，通过金属/载体内部界面（interior interface）输运至金属颗粒。此外，团队还建立了皮米精度原子应变矢量分析方法，高分辨定量解析了氧溢流的行为，并追踪到界面持续氧输运所引发的载体局域晶格动态应变，进而揭示了金属/载体界面对体相氧溢流的调控作用，阐明了界面结构适配是体相氧溢流通道畅通的保障。该机制被证实广泛存在于氧化物相低晶格失配度的金属/载体界面催化剂体系，并在催化反应中发挥关键作用。

上述研究基于显微可视化证据，揭示了界面结构对反应活性物质迁移的关键影响，为多相催化界面结构设计及动态反应特征提供了新的理论认识。

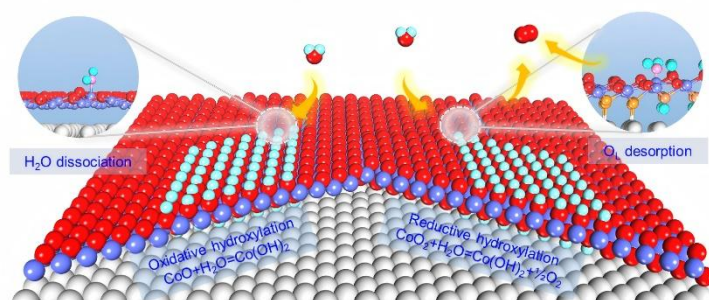
相关研究成果以“Imaging interface-controlled bulk oxygen spillover”为题，于近日发表在《自然》（*Nature*）上。该工作的共同第一作者是我所 1506 组博士研究生王玮珏和南方科技大学博士研究生许泓斌。上述工作得到国家自然科学基金委“单原子催化”基础科学中心、国家重大科研仪器研制、中国科学院 B 类先导专项“单原子催化甲醇多相羰基化”等项目的支持。（文/图 王玮珏）

文章链接：<https://www.nature.com/articles/s41586-026-10324-x>

我室揭示水气氛中氧化钴纳米结构还原与氧化羟基化的动态机制

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）傅强研究员和慕仁涛研究员团队在水诱导氧化物结构动态演变研究中取得新进展，在原子尺度上证实了水气氛中氧化钴（ CoO_x ）纳米结构可发生氧化羟基化和还原羟基化的双重动态过程。

水与氧化物表界面的相互作用是影响催化剂结构演化与反应性能的关键因素。该团队在前期研究中，通过氢溢流再生“镍—氧（Ni—O）路易斯酸碱对”活性中心实现了水的有效活化（*J. Phys. Chem. Lett.*, 2021）；揭示了表面羟基化对金属氧化物界面结构稳定性及表面反应性的调控机制（*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2024；*ACS Catal.*, 2024；*ACS Catal.*, 2025）；发现表面水层或羟基物种可介导表界面迁移与动态重构，促进金属物种在不同载体之间的溢流迁移（*Nat. Commun.*, 2024；*Nat. Commun.*, 2025）。



在本工作中，研究人员在 Pt(111)衬底表面构建了单层 CoO 和 CoO_{2-x} 纳米结构，并利用高压扫描隧道显微镜和理论计算对其在水气氛中的结构演变进行了原位成像和微观机制研究。研究发现，对于 CoO 结构，水分子可在表面发生解离吸附，诱导其逐步转化为 Co(OH)_2 ，同时伴随 Co 物种的进一步氧化。对于包含 CoO 和 CoO_2 畴区的 CoO_{2-x} 薄层结构，水分子首先与 CoO 畴区反应，将其转化为 Co(OH)_2 并形成 Co(OH)_2 - CoO_{2-x} 界面；随后，水的进一步参与促进了界面晶格氧的脱附，诱导 CoO_2 的还原及羟基化，最终转化为 Co(OH)_2 。该研究阐明了水分子在不同 CoO_x 结构上发挥氧化与还原双重作用的结构转变机制，对于理解氧化物催化中水的作用规律具有重要意义。

相关研究成果以“Dynamic Observation of Reductive and Oxidative Hydroxylation of CoO_x Nanostructures in Water Vapor”为题，发表在《国家科学评论》（*National Science Review*）上。该成果的共同第一作者是我室 521 组博士研究生孙晓缘、王东庆。该研究得到国家重点研发计划、国家自然科学基金、能源催化转化全国重点实验室开发课题等项目的资助。（文/图 孙晓缘）

文章链接：<https://doi.org/10.1093/nsr/nwag085>

我室研发的“高效制氢加氢一体机”通过科技成果鉴定

4月17日，我室能源与环境小分子催化研究中心（509组群）邓德会研究员、刘艳廷副研究员团队与国科绿氢（大连）科技有限公司合作研发的“高效制氢加氢一体机”技术，通过了中国石油和化学工业联合会组织的科技成果鉴定。鉴定会由中国石油和化学工业联合会科技与装备部副主任王秀江主持。鉴定委员会由9名专家组成，大连理工大学彭孝军院士担任主任，福州大学张久俊院士担任副主任，吉林大学林海波教授、厦门大学王野教授、中国科学院广州能源研究所孙永明研究员、中国科学技术大学吴长征教授、中石化（大连）石油化工研究院有限公司张英正高级工程师、大连理工大学刘进轩教授、北京化工大学赵宇飞教授担任委员。我所副所长李先锋、科研及职能部门相关人员出席会议。



鉴定会上，邓德会作了关于“高效制氢加氢一体机”技术的研究报告，详细介绍了项目的技术背景、技术路线、创新点、知识产权情况及装置现场运行结果等。鉴定委员会专家详细审查了相关鉴定材料，并与研发团队就科学技术问题及发展前景进行了深入交流与讨论。最终，鉴定委员会专家一致认为：该成果创新性强、技术指标先进、拥有自主知识产权，“高效制氢加氢一体机”达到国际领先水平；建议推动标准化体系建设，进一步拓展应用场景。

氢能作为国家未来产业，是新兴的经济增长点之一。当前我国氢能供应以集中式制氢、长距离储运为主，但这一模式在实际应用中面临诸多挑战，例如氢气储运成本较高、安全风险大、加注环节复杂，在满足灵活分散的用氢需求方面存在明显不足。相比之下，分布式供氢则展现出综合优势：就地制取、即产即用，免去了储运环节，响应速度快，能够更好地适应各类分散、多变的用氢场景，有效规避集中式供氢在储运和加注环节中的固有难点。然而，传统的分布式应用在关键技术和成本方面长期进展缓慢。

基于此，邓德会团队与国科绿氢（大连）科技有限公司合作，将电解水制氢、纯化、压缩、储存与加注五大功能集成于一体，开发出制氢加氢一体化技术，并

研制出基于非贵金属钼甲催化剂的 10 千瓦级“高效制氢加氢一体机”，形成了分布式氢能生产与应用的一体化解决方案。

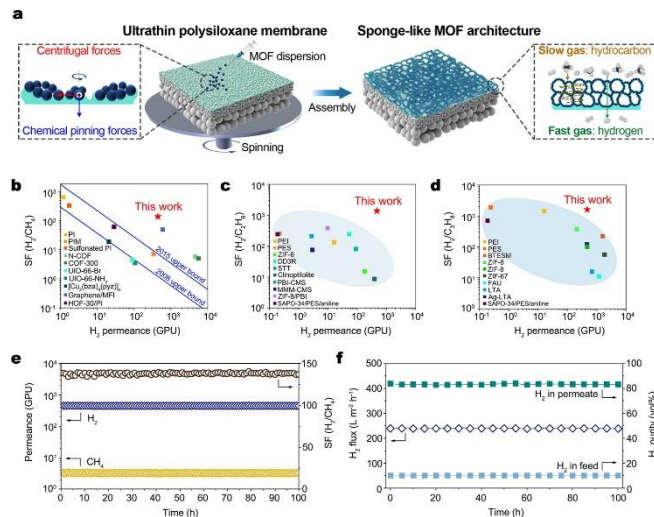
3 月 25 日至 28 日，中国石油和化学工业联合会组织专家组对该一体机进行了连续 72 小时运行考核。考核结果显示：设备核心电解槽的制氢直流能耗低于 4.1 千瓦时/标准立方米，系统制氢能力达 42 标准立方米/天，氢气纯度超过 99.9999%，输出压力达到 35 兆帕，且可在 30% 至 120% 的宽负荷范围内稳定运行。该一体机响应速度快、便于移动，能够灵活适配各类分散用氢场景，已应用于氢燃料无人机、氢燃料两轮车等场景，实现了产业化落地，有望为分布式制氢加氢在交通、低空经济、具身智能、精细化工等领域的规模化应用提供切实可行的新方案。

上述工作得到了国家重点研发计划、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、辽宁滨海实验室、我所创新基金等项目的资助。（文/朱培鑫、周士正 图/刘万生）

我室制备出海绵状金属—有机框架复合膜用于氢气/轻烃分离

近日，我室无机膜与催化新材料研究组（504 组）杨维慎研究员、班宇杰研究员等在超薄聚合物膜表面组装出海绵状金属—有机框架结构，实现了氢气(H_2)与多种轻烃的分离，为炼厂尾气中氢资源回收与轻烃减排提供了新策略。

石化工业排放气中常含有副产氢与多种轻烃 (C_1-C_4)，其高效分离兼具经济与环保双重意义。传统聚合物膜的渗透性与选择性之间存在制约关系。例如，交联型硅橡胶膜自由体积较大，气体渗透性较高，但对 H_2 /轻烃的分离选择性有限。



在本工作中，为实现膜分离性能的提升，研究人员首先通过配位化学作用在金属—有机框架 ZIF-8 纳米粒子表面枝接含硅氧烷的基团，使其具备与硅橡胶膜偶联的能力。随后，科研人员将纳米粒子旋涂于未完全固化的活性超薄聚硅氧烷膜（厚度约 10nm）表面，利用涂覆过程中的径向离心力与 ZIF-8—聚合物之间的法向化学钉扎力协同作用，在聚合物膜表面构筑出具有海绵网络结构的 ZIF-8 功能层（厚度约 125 nm）。该结构类似分子“迷宫”，轻烃在其中的反复吸—脱附过程延迟了跨膜传输，提升了 H₂/轻烃分离选择性。该膜具有良好的运行稳定性，在对模拟工业尾气的分离中，可将 10% 的氢气富集到 83%，同时将 C₁-C₄ 轻烃排放降低 78%。

相关成果以“Assembly of Sponge-like Metal-Organic Framework Architecture on an Ultrathin Polymer Membrane for Various H₂/Hydrocarbon Separations”为题，于近日发表在《先进功能材料》（*Advanced Functional Materials*）上。该工作的第一作者是我室 504 组博士研究生刘嘉懿。以上工作得到国家自然科学基金、能源催化转化全国重点实验室等项目的资助。（文/图 刘嘉懿、班宇杰）

新闻动态

我室发布“电池数字大脑 PBSRD Digit 2.1——AI 智眸系统”

在 3 月 31 日举行的第十四届储能国际峰会暨展览会上，我室陈忠伟院士团队与双登集团股份有限公司、中国广核新能源控股有限公司联合发布了“AI 智眸系统”，并展示了专为智算中心（AIDC）场景打造的智慧储能解决方案——PowerWarden 4.0 AI+ 8MWh 半固态储能系统。



“AI 智眸系统”主要面向智算中心的储能需求，围绕电池系统的安全高效运行，构建了一套覆盖制造、运行到运维全过程的管理体系。作为“AI 智眸智能体”的核心载体，该系统在制造环节为每个电芯建立专属健康档案，实现从“出生”到“退役”的全程追溯；在运行环节，系统可提前 24 小时以上预警电池故障，准确率超过 95%，同时通过智能均衡管理，将电池组的单体电压差异控制在 5 毫伏以内，有效提升储能系统的安全性和稳定性，并将整体使用寿命延长 15% 以上。此外，系统还配备了专属的“AI 运维专家”。运维人员只需通过自然语言对话，可在 10 秒内快速获得精确到单个电芯的故障诊断、原因分析和维修建议，将故障排查时间从原来的几小时级缩短至分钟级，运维效率提升近 80%，降低了人工成本和停机损失。目前，“AI 智眸系统”已在中国广核新能源控股有限公司湖北项目中实现产业化应用。

未来，研发团队将继续推进人工智能与储能技术的深度融合，将“AI 智眸系统”的核心算法进一步赋能天枢智衡电池管理系统（BMS），以更高阶的算力与算法推动储能管理的数字化和智能化发展。（文/图 毛治宇）

清明追思 缅怀先贤——我室组织清明扫墓活动

4月2日，清明节前夕，我室前往乔山墓园开展“清明追思 缅怀先贤”扫墓活动，深切缅怀我室奠基人、我国著名物理化学家、中国科学院院士郭燮贤先生，曾任我室学术委员会主任、名誉主任、我国著名物理化学家、中国科学院院士林励吾先生，我国著名的有机化学家、我所有机化学领域的奠基人郭和夫先生，以及曾任我室学术委员会副主任的催化科学家辛勤先生。我室党总支、研究生党支部、我室科研人员和研究生代表等近40人参加了活动。

在前往墓园途中，李灿院士回顾了老一辈科学家的科研历程以及他们为我国科技事业的发展作出的重大贡献，倡导大家面向国家战略需求，聚焦重大科学问题，传承老一辈科学家严谨求真的治学理念，引导青年科研人员树立问题意识，将科研精力投入到国家、社会、企业的真实需求中，以实际行动助力国家自强、民族自立。实验室党总支副书记邓德会研究员和大连理工大学王翔教授先后分享了感悟。抵达墓园后，李灿院士带领大家祭扫陵墓、敬献花篮，表达了对先生们的崇高敬意与无限追思。



先辈已逝，风范长存。实验室师生要铭记先辈们的卓越成就，传承和弘扬他们永攀高峰的科学精神，以先辈为榜样，激励年轻一代坚守报国初心、勇担时代使命，潜心科研、追求真理，为建设科技强国贡献更大力量。（文/方堃 图/胡林彦、毛佳、方堃）

我室邓德会当选 2025 年度中国化学会会士

近日，我室能源与环境小分子催化研究中心邓德会研究员当选 2025 年度中国化学会会士。邓德会聚焦能源与环境小分子催化转化方面的基础科学与工业应用研究，提出“铠甲催化”概念，开发出高活性、长寿命、低成本“铠甲催化剂”，研制出高性能电解水制氢制氧系统并实现产业应用。

中国化学会自 2019 年设立会士制度，旨在鼓励本会会员不断攀登科学技术高峰，促进我国化学事业发展。截至目前，中国化学会会士共有 346 位。根据《中国化学会会士条例》，中国化学会每年增选会士不超过 50 人。之前，我室李灿院士、包信和院士、潘秀莲研究员、傅强研究员等先后获此殊荣。（文/高鹤华）

原文链接：https://mp.weixin.qq.com/s/PVLk8qselxKoK_nIVYljOA

【科技日报】AI 智眸系统打造“电池数字大脑”

来源：科技日报

在前不久举行的第十四届储能国际峰会暨展览会上，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主任陈忠伟，与双登集团股份有限公司（以下简称“双登集团”）、中国广核新能源控股有限公司的代表共同发布 AI 智眸系统。该系统是覆盖电池制造、运行、运维全流程的储能智慧管理体系。

这套被业内称为“电池数字大脑”的系统，不仅实现了多项技术首创，更有望彻底破解长期困扰储能行业的安全预警难、运维效率低、全生命周期管理缺失等难题。



图为研究人员验证 AI 智眸系统效果

瞄准产业一线需求

随着人工智能产业的爆发式增长，智算中心作为数字经济的算力底座在全国加速建设。储能系统是保障智算设备 7×24 小时不间断运行的核心支撑，其安全可靠、运行效率及全生命周期管理能力，直接关系到整个算力系统的稳定。

陈忠伟向科技日报记者介绍，一旦储能系统出现故障导致断电，损失的不只是设备本身，更可能是数以亿计的算力订单和无法估量的数据价值。

长期以来，我国储能电池管理领域始终面临着难以解决的行业难题。传统电池管理系统（BMS）大多停留在监测和报警层面，只能在电池参数超过阈值时发出警报，无法提前预判潜在故障。这种被动处置模式，给储能系统的安全运行埋下了巨大隐患。更严峻的是，传统 BMS 无法实现对单个电芯的精细化管理。一个储能电池组通常由数千甚至上万个电芯串并联而成，只要其中一个电芯出现问题，就可能整个电池组失效，甚至引发火灾、爆炸等严重安全事故。

“我们团队长期深耕电池和储能研究，在和企业、项目方的交流中，越来越强烈地感受到行业的痛点。”陈忠伟说，“大家普遍反映，现在不缺好的电芯，也不缺好的储能柜，缺的是一套能够真正‘看透’电池健康状态、提前识别风险、主动优化运行的智能管理体系。”

正是来自产业一线的迫切需求，成为陈忠伟团队研发 AI 智眸系统的最初动力。他们意识到，要破解储能管理的痛点，不能再走传统 BMS 的老路，必须打破学科壁垒，将电池本征电化学机理与人工智能技术深度融合，打造一套全新的储能智慧管理体系。

实现“看得全、早、准”

“如果用通俗一点的话讲，AI 智眸系统就是储能系统的‘数字大脑’。”AI 智眸系统项目负责人、大连化物所副研究员毛治宇说，“它不是简单地监测几个电压、电流参数，出了问题再报警，而是贯通制造、运行、运维全流程，让系统能够持续感知、持续学习、持续判断，真正实现‘看得全、看得早、看得准’。”

在毛治宇看来，与传统储能管理系统相比，AI 智眸系统具备显著的数智化优势。

在制造环节，该系统可为每个电芯建立全生命周期健康档案。从电芯生产线上的每一道工序参数，到出厂前的各项性能测试，再到后期运行过程中的充放电数据、温度变化、健康状态，所有关键信息都被完整记录、分析和追踪。

“这就相当于给每个电芯都办了一张‘身份证’和一个‘病历本’。”毛治宇说，“这背后依托的是多源数据融合、健康状态评估和 AI 建模技术。它最大的价值，

是把安全管理关口前移，不是等问题出现再追查原因，而是在制造环节剔除不合格品，在运行早期发现潜在风险。”

在运行环节，该系统能实现提前 24 小时以上的故障预警，准确率超过 95%。这是 AI 智眸系统最核心的技术突破之一。很多电池故障在真正发生前，会表现出一些极其微弱的异常特征，这些特征往往隐藏在海量复杂的数据中，传统方法无法识别。“我们把电池失效机理、电化学规律与深度学习、大数据分析结合起来，不做‘黑箱判断’，而是做有机理支撑的智能预警。”陈忠伟说，“AI 算法能够从海量数据中提取出人类专家难以察觉的早期异常特征，从而实现了对故障的提前预判。”

在运维环节，该系统可实现精确到单个电芯的故障诊断和智能运维。系统率先配备了自然语言交互的“AI 运维专家”。运维人员只需通过语音或文字对话，就能在 10 秒内获得精确到单个电芯的故障诊断结果和有针对性的维修建议。

“这不是一个简单的聊天机器人。”毛治宇说，“其背后是实时运行数据、电池故障机理、历史案例库和运维知识库的综合集成。运维人员提一个问题，系统就能快速定位到模组甚至单体层级，准确分析故障原因，并给出可操作的维修方案。”

这一功能彻底改变了传统储能运维模式，过去排查一个故障往往需要几名工程师花费数小时甚至数天，现在只需几分钟即可完成。

形成产学研用闭环

与 AI 智眸系统同步发布的，还有专为智算中心场景量身打造的 Power Warden 4.0 AI+8MWh 半固态储能系统。双登集团储能产品线技术部经理樊苗认为，半固态电芯技术与 AI 智眸系统不是简单叠加，而是深度融合。“这种‘好电芯+好管理’的模式，为未来智算中心储能解决方案的产业化推广提供了很好的借鉴。”樊苗说。

据测算，AI 智眸系统可将储能系统的整体使用寿命延长 15%以上、运维效率提升近 80%。这些看似简单的数字，背后蕴含着巨大产业价值。

“寿命延长 15%，意味着全生命周期度电成本大幅降低；运维效率提升 80%，意味着大规模储能部署的管理成本变得可控。”陈忠伟说，“这直接关系到储能产业能否真正实现降本增效，能否转变为一个真正具有市场竞争力的产业。”

事实上，从项目启动之初，团队就没有将其当作一个单纯的实验室课题，而是始终坚持产学研用协同创新的理念，积极与产业界合作，推动技术的工程化转化和场景化应用。

此次与双登集团的合作，正是这一理念的实践。“我们的合作逻辑非常清晰。”陈忠伟介绍，“大连化物所团队主要负责核心算法、机理模型和技术路线的研发；双登集团发挥在电池制造方面的优势，负责工程化开发和产品实现，并共同开展场景验证。”

双方紧密配合，形成了“技术研发—工程转化—场景验证”的完整闭环。这种模式不仅加快了科研成果的转化速度，更确保了最终产品能够真正解决产业实际问题。

目前，AI 智眸系统已经与多家储能、汽车行业企业达成了合作意向，团队将继续推进人工智能与储能技术的深度融合。“我们希望把 AI 智眸系统从一个项目成果，逐步打造成为可复制、可推广的行业标准解决方案，让数智化技术更好地服务于储能产业升级。”陈忠伟表示。

原文链接：[科技日报](#)

【瞭望】瞭望访谈 | 科学理性布局氢能产业

——专访中国科学院院士 李灿

来源：《瞭望》

新闻周刊记者 扈永顺

将太阳能光解水、风能电解水等制取的“绿氢”，与从工业排放或空气中捕集的二氧化碳反应，合成甲醇。甲醇常温常压下是液体，储运安全方便，堪称“流动的氢能”，亦称液态太阳燃料或液态阳光，可安全替代化石能源，是一种能够实现长周期、大规模的储能、储氢技术。

我国能源结构是富煤、贫油、缺气，发展氢能产业对推动我国能源结构更加清洁高效和可持续发展具有重要战略意义，“十五五”规划纲要将氢能列为前瞻布局的未来产业之一。

中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员李灿带领团队长期开展太阳燃料合成研究，利用太阳能等可再生能源分解水（光解水、电解水）制氢。为解决氢不易存储运输难题，团队将氢与二氧化碳反应，合成清洁的液态阳光甲醇燃料，开拓储能新途径。此外，团队还为石化行业剧毒废气硫化氢的治理提供了全新路径，有助于减少硫化氢的排放并实现资源化利用。

“前瞻布局氢能产业，能够实现生态环境保护前提下社会的可持续、绿色发展，对实现‘双碳’目标至关重要。”李灿在接受《瞭望》新闻周刊记者专访时表示。

攻克光催化制氢技术难题

《瞭望》：太阳能光催化分解水制氢是世界性难题，你带领团队攻克了哪些技术难题？

李灿：水分子结构异常稳定，每摩尔水分子分解为氢气和氧气需要注入 237 千焦能量，是一个在自然界和常规条件下极难发生的反应。太阳能光催化分解水制氢难度极大，我们团队自 2001 年开始启动太阳能光催化研究，这条路已经走了 20 多年。

太阳能光催化分解水制氢核心难点在于如何高效利用太阳光能。太阳光就像一条由不同颜色光线组成的“能量带流”，其中紫外光仅占约 5%，而红、橙、黄、绿等可见光占近 50%，近红外光占约 43%。可见光和近红外光是太阳光中能量最丰富的部分。

分解水需要用到光催化材料，其作用类似于“能量捕手”，吸收太阳光中的能量，将水分解成氢气和氧气。目前大多数光催化材料主要对紫外光区敏感，对太阳光谱中占主导的可见光及近红外光吸收不足，制约太阳能转化效率。而且当光照射到催化材料上时，会产生光生载流子，需要其从催化材料内部跑到表面，才能参与分解水制氢，这一过程效率极低，成为限制光催化量子效率的关键瓶颈。

此外，催化过程中，特别是水氧化半反应是一个涉及多电子—质子耦合转移的复杂过程，包含氢—氧键断裂与氧—氧键形成。该过程通常具有较高的活化能垒与缓慢的反应速率，成为整个水分解反应速率的决定步骤，进一步制约了光催化体系的整体性能。

在攻克这些难题过程中，我们团队先后发现和提出了一系列原理和原创性策略。例如“双助催化剂”等策略，在催化剂表面像布置精密“工作站”一样，分别在产氢和产氧的位点精准组装不同的催化剂，既加速反应，又防止氢气和氧气倒流复合。基于新发现的系列原理，在光催化分解水的核心指标——量子效率上不断取得突破，实现多个光电催化分解水制氢体系中太阳能制氢效率全球最高纪录。

此外，研发了可实现规模化、高效、低成本的电催化剂，发展了每小时千方级以上的电解水制氢技术，广泛应用于大规模电解水制氢过程。

《瞭望》：将这些技术推向实际应用中克服了哪些挑战？

李灿：我们团队很早就开始探索太阳能光电催化分解水制氢规模化应用路径。传统的光催化分解水技术产业化面临许多挑战，例如氢气和氧气在光催化剂上同

时混合产生,存在严重逆反应,规模化应用中产物分离困难及存在爆炸安全隐患,等等。

我们团队提出了可实现规模化制氢的氢农场策略,开创了一条全新的太阳能制氢技术路线,为规模化应用消除了限制。该策略通过“解耦”的方式,将光催化水氧化(产氧/储能)与电化学质子还原(产氢)在时空上分离,实现分解水制氢,在原理上避免了氢气和氧气的逆反应,同时氢气集中分离收集规避了后续氢气和氧气分离难题,以及大面积密封体系的限制。

为了解决氢气的储存和运输瓶颈,进一步将目光投向了一个液态阳光甲醇方向,将太阳能光解水、风能电解水等制取的“绿氢”,与从工业排放或空气中捕集的二氧化碳反应,合成甲醇。甲醇常温常压下是液体,储运安全方便,堪称“流动的氢能”,亦称液态太阳燃料或液态阳光,可安全替代化石能源,是一种能够实现长周期、大规模的储能、储氢技术。

《瞭望》:目前液态阳光甲醇的产业化项目有哪些进展?

李灿:国际上,2013年冰岛CRI公司启动了国际上第一个地热—电解水制氢—二氧化碳加氢制甲醇百吨级工业示范。我们于2018年在兰州新区实施了全球首套千吨/年太阳燃料合成示范项目,直接利用太阳能规模化合成甲醇,并于2020年试车成功,从工业上实证了从可再生能源到绿色液态燃料的整个技术路径。此外,2023年智利HIF公司完成了风电—PEM电解水制氢—二氧化碳加氢制甲醇千吨级工业示范;2025年欧洲能源公司在丹麦建成基于风电制氢、生物质来源二氧化碳的4万吨/年二氧化碳加氢制甲醇工业示范。

2023年,中国中煤能源集团有限公司与中国科学院大连化学物理研究所合作,启动了国际上第一个10万吨/年液态阳光甲醇合成项目,配套400MW光伏和225MW风电,系统耦合了碱性电解水制氢技术及设备、二氧化碳加氢制甲醇成套技术、风光电—氢—甲醇智慧化管控技术。该项目预计今年9月试车运行,年直接消纳二氧化碳约14万吨,间接减排26万吨,直接与间接形成的碳减排能力为40万吨/年。若当前我国甲醇合成全部由二氧化碳加氢制甲醇替代,可实现约2500万吨/年氢能转化和存储,年减排二氧化碳3亿~4亿吨。



将剧毒气体变废为宝

《瞭望》：团队是如何将硫化氢变废为宝，产出氢气的？

李灿：在天然气、石油化工、煤化工等领域，会产生大量硫化氢，是一种剧毒气体。据中国硫酸工业协会等机构的不完全统计，我国每年处理的硫化氢量约80亿立方米，全球范围内年处理量超过700亿立方米，潜在待处理量超过4万亿立方米。

传统的克劳斯工业处理方式，采用氧化工艺消除硫化氢，不能达到完全消除。

我们团队自2003年起致力于探索利用光、电等非常规手段分解硫化氢。经过多年的研发和完善，发展了离场电催化技术。与传统电催化反应在电极表面进行不同，离场电催化技术利用电子介导对与硫化氢之间的化学势差，将原本发生在电极表面硫化氢氧化生成硫磺的氧化反应，以及氢质子还原生成氢气的还原反应过程，巧妙地转移到电解槽之外独立的反应器中分别进行。

这一设计避免了硫磺在电极表面沉淀及污染电池隔膜的难题，排除了催化剂表面气泡粘附对析氢反应的影响，发明了电催化制化学品的新反应模式。整个催

化过程条件温和，未来在煤化工、石油化工、油气开采等行业具有巨大的潜在应用前景。

《瞭望》：如何提高硫化氢制氢技术的经济性，实现更大规模的推广？

李灿：目前，离场电催化技术已申请 26 项专利，其中 12 项已获授权，具有完全自主知识产权。基于该技术，我们联合企业在河南新乡建成了国内外首套年处理 10 万立方米硫化氢的中试示范装置。该装置目前已连续稳定运行超过 1000 小时。

离场电催化技术包括氧化、电化学池、产氢三个串联单元，工业运行结果显示，电化学池单元生产高纯氢的能耗仅为 2.9 度电/标准立方米氢气，较传统碱性电解水 4.3~4.8 度电/标准立方米氢气的能耗，能效提升约 40%，具有明显的制氢成本优势，是一条低碳清洁氢的路线。

理论上硫化氢分解制氢的电耗有很大的下降空间，电催化硫化氢分解的理论能耗可以低于 0.4 度电/标准立方米氢气，是电解水理论电耗的 1/7 左右，目前实验室开发的最新研究体系，可以将硫化氢的分解能耗降为 0.7 度电/标准立方米氢气，已经降至电解水制氢理论能耗的 1/6，制氢成本的经济效益十分明显。

以下游应用场景拉动氢能产业发展

《瞭望》：前瞻布局氢能产业，你有哪些建议？

李灿：结合氢能产业的发展现状与未来趋势，建议大力发展非化石能源（风、光电等），推动绿氢发展，优化产业结构。目前国内氢能生产以灰氢为主，其通过化石燃料重整制得，生产过程大量排放二氧化碳和污染物。而利用可再生能源电解水制取绿氢，近乎零排放。建议大力发展绿氢，逐步减少灰氢。政府可在财政补贴、税收优惠、项目审批等方面支持绿氢产业，如设立专项基金补贴绿氢制取、设备研发，对使用绿氢替代灰氢的企业减免税收，或通过碳市场交易，推进氢能产业。

发挥绿氢在“双碳”战略中的作用。“双碳”战略下，冶金、石化、材料、交通等刚性排放二氧化碳的工业领域减排压力大。绿氢在这些行业碳中和进程中可发挥关键作用，例如冶金行业氢冶金技术替代焦炭还原工艺，可大幅减少碳排放；石化行业以绿氢为原料生产低碳烯烃、芳烃等基础化工产品，实现绿色转型；交通领域推广氢燃料电池汽车可替代化石燃料，减轻石油进口依赖度。应制定政策标准，引导鼓励这些行业采用绿氢技术，推动产业绿色低碳发展。

大力发展液态阳光甲醇，延伸产业链条。通过绿氢将二氧化碳转化为液态阳光甲醇，既提供清洁液体燃料，也生产重要绿色化工原料，并拓展氢能应用领域，

如合成乙烯、丙烯等基础原料，进而生产高分子材料，以及合成医药中间体、香料、染料等精细高端化学品；利用液态阳光甲醇路径可进一步合成可持续航空燃料（SAF），减少航空业碳排放，推动航空业绿色可持续发展，建议加大支持力度，组织科研力量攻关关键技术，建立生产示范基地，推动 SAF 在航空业广泛应用，同时加强国际合作交流，提升我国在全球航空业绿色发展中的话语权与影响力。

理性布局氢能产业，以应用促发展。防止部分地区“一窝蜂”上马制氢项目，缺乏科学评估与长远规划，易致产能过剩、资源浪费。氢能发展应先布局下游应用场景，明确其在工业、交通、储能等领域的规模化应用出口，形成需求拉动，针对性落地制氢项目。

原文链接：[瞭望访谈](#)

第三十五届中国化学会年会圆满落幕 我室成功组织人工光合成分会

4月11-14日，第三十五届中国化学会年会在重庆成功召开，本届年会以“赋能化学 新质未来”为主题，包括两位诺贝尔化学奖得主、百余位两院院士在内的1.6万余名化学科技工作者和学生参加年会并进行交流。本届年会首次设立了“光催化及人工光合成”主题分会，由我室李灿院士和西湖大学孙立成院士共同担任分会主席。

4月11日，我室范峰滔研究员主持了分会开幕式，孙立成院士与李灿院士先后致辞。分会邀请了中国科学院金属研究所刘岗研究员、大连理工大学侯军刚教授、山东大学黄柏标教授、华东理工大学杨化桂教授、福州大学徐艺军教授等作主旨报告，此外，还安排了18个邀请报告，23个口头报告，13个快闪报告以及43篇墙报展讲。



4月14日，分会落下帷幕。闭幕式由范峰滔研究员主持，李灿院士在讲话中充分肯定了会议报告的学术水平，并提出了本领域的三个关键变化：一是光催化与人工光合成领域从“量”到“质”的转型；二是从盲目尝试转向基于思想和认识

的“理性设计”；三是从讨论现象转向深入发展时空分辨技术的机理讨论。他着重强调，光分解水作为人工光合成的原初反应，具有“圣杯反应”般的关键与基石作用，在国家战略层面，在“双碳”目标中，光催化与人工光合成将承担核心任务，对该领域的青年学者是巨大的机遇与挑战。随后，范峰滔研究员表示，李灿院士全程参与会议，既是对分会的高度重视，也是对科研工作者优秀成果的充分肯定，更是以身作则、生动诠释了科学家精神，他呼吁广大青年学者，在深耕专业领域、钻研学术知识的同时，更要传承弘扬这种严谨治学、敬业笃行的优良学风与崇高的科学家精神。

在闭幕式最后，李灿院士为优秀墙报奖进行了颁奖。（文/图 503 组）



队伍建设

我室杨金斗被聘任为“张大煜青年学者”

根据《大连化物所“张大煜学者”计划管理办法》（化物所发〔2024〕99号），院有关人才项目入选者、我室杨金斗（DNL1621组）被聘任为“张大煜青年学者”，聘期五年。同时，经所学术委员会评审，所务会研究决定，聘用杨金斗为研究员（化物所发〔2026〕47号）。
