

能源催化转化全国重点实验室工作简报

< 2026 年 03 月 >

能源催化转化全国重点实验室编

2026 年 03 月 31 日

研究进展

我室实现常温常压下热催化合成氨.....	01
我室实现二维硫化钼限域 Co-Mo 位点高效催化 CO ₂ 加氢制甲酸盐.....	02
我室设计构筑平面钒酸铋光阳极用于太阳能制氢.....	04
我室实现氟化氧化铝表面强 Brønsted 酸位点结构的精准识别.....	05
我室开发可定制的石墨烯量子点膜实现高效气体分离.....	06

新闻动态

新型电池中试基地在大连揭牌.....	08
我室侯广进受聘为 <i>Journal of Magnetic Resonance Open</i> 期刊主编.....	08

队伍建设

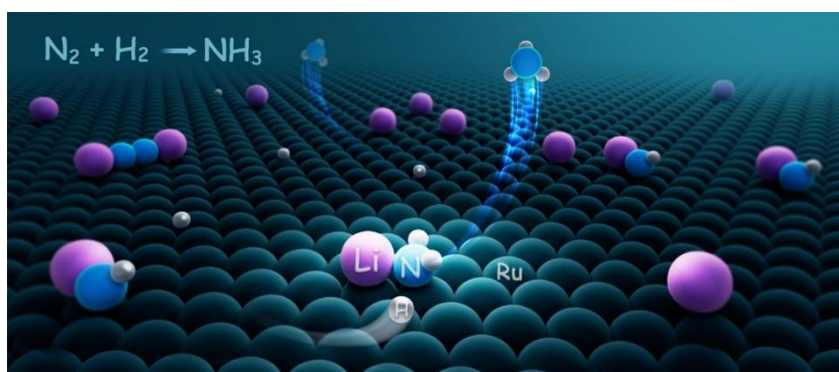
我室李荣坦被聘为“优秀青年博士人才”.....	09
-------------------------	----

平台建设

超精密加工与先进制造平台正式上线.....	10
-----------------------	----

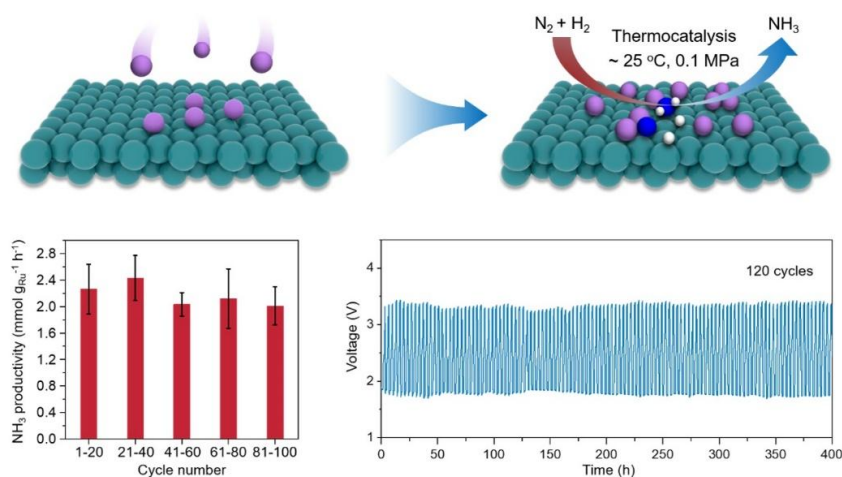
研究进展

我室实现常温常压下热催化合成氨



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、于良研究员团队与中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所崔义研究员合作，在环境条件下热催化合成氨领域取得新进展。团队将金属锂（Li）原子沉积在金属钌（Ru）表面，构建了具有高活性金属 Li/Ru 界面的新型催化剂，实现了在常温常压下热催化氮气（N₂）与氢气（H₂）高效合成氨。该成果为建立温和条件下低能耗合成氨技术提供了新思路。

氨是生产农业肥料和工业化学品的重要原料，合成氨反应被认为是人类历史上最重要的化学反应之一。由于 N₂ 分子的 N≡N 三键（键能=945 kJ mol⁻¹）非常稳定，工业合成氨主要采用哈伯-博世法在高温（350 °C 至 500 °C）、高压（10 至 30 MPa）条件下将 N₂ 和 H₂ 转化为氨，能耗高且碳排放量大。开发温和条件下的热催化 N₂ 和 H₂ 高效合成氨过程，对建立绿色合成氨技术具有重要意义，同时也极具挑战。其中，高效合成氨催化剂的开发是关键。然而，受 Sabatier 原理的限制，提高催化位点的活性虽有利于促进 N₂ 和 H₂ 在温和条件下的吸附、活化和解离，但同时也会导致含氮物种与位点结合过强，从而抑制加氢步骤和氨的脱附。如何克服这一制约关系，是突破温和条件下合成氨活性的关键。



邓德会团队长期致力于能源与环境小分子催化转化研究，前期在 N₂、NO 等小分子催化转化方面取得了系列进展(*Nat. Synth.*, 2024; *J. Am. Chem. Soc.*, 2025; *Nat. Commun.*, 2025; *Joule*, 2023; *Chem Catal*, 2022; *Natl. Sci. Rev.*, 2022; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2020; *J. Energy Chem.*, 2026)。针对上述挑战，在本工作中，团队首先利用模型催化体系将 Li 金属原子沉积在金属 Ru 表面，构建了高活性的金属 Li/Ru 界面，发现 Li 向吸附态 N₂ 反键轨道的电子填充促进了 N₂ 分子在 Li/Ru 界面处的活化和解离，同时 Li 与 NH_x 物种的键合作用减弱了 Ru-N 键，有利于 NH_x 物种的加氢和氨的脱附，从而实现了常温常压下的热催化 N₂ 与 H₂ 合成氨反应。在此基础上，团队进一步设计了以金属 Li 为阳极、碳纳米管负载 Ru 纳米颗粒为阴极的可充电锂电池体系，通过电池放电原位生成金属 Li/Ru 界面，并引入 N₂ 和 H₂ 混合气，在常温常压条件下的氨生成速率达 2.43 mmol g_{Ru}⁻¹ h⁻¹。通过电池充放电循环原位再生 Li/Ru 界面，该合成氨过程可稳定运行超过 400 小时。该研究为建立温和条件下的可持续合成氨过程提供了新途径。

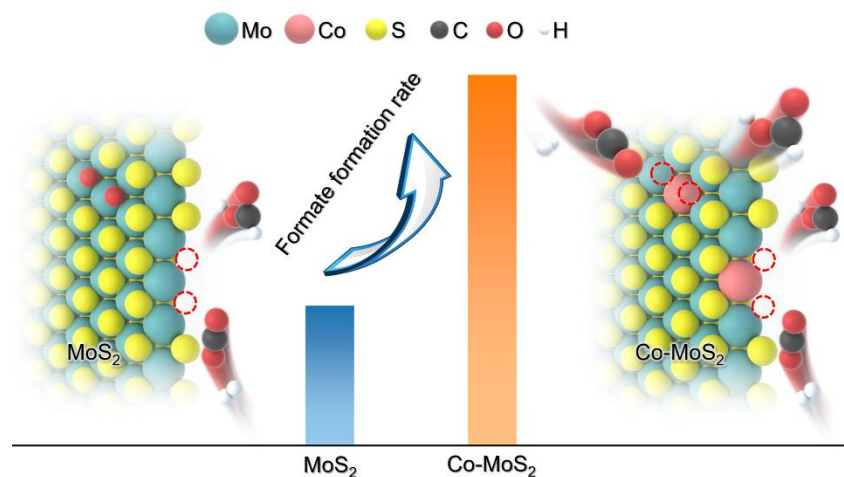
相关研究成果以“Ammonia Synthesis at Metallic Li/Ru Interfaces under Ambient Conditions”为题，发表在《化学》(*Chem*)上。上述工作得到国家自然科学基金、国家重点研发计划、我室、我所创新基金等项目资助。(文/图 侯莹)

文章链接: <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2025.102884>

我室实现二维硫化钼限域 Co-Mo 位点高效催化 CO₂ 加氢制甲酸盐

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、于良研究员和胡景庭副研究员团队在二氧化碳（CO₂）催化转化研究中取得新进展。团队将钴（Co）单原子限域在二维硫化钼晶格中构筑钴-钼（Co-Mo）活性位点，实现了高效催化 CO₂ 加氢制甲酸盐。

甲酸盐是重要的化工原料，广泛用于皮革、纺织和印染等行业。通过 CO₂ 加氢制甲酸盐是实现温室气体转化为高值化学品的一条有前景的途径。该反应传统上依赖钯（Pd）、金（Au）、铱（Ir）、钌（Ru）等贵金属催化剂，这类催化剂虽活性较高，但存在储量稀少、成本高昂的问题。相比之下，储量丰富的非贵金属基催化剂更具实际应用潜力，但目前已开发的非贵金属多相催化剂普遍存在反应活性不足和易被腐蚀的问题，亟需开发新型催化剂体系以实现高效 CO₂ 加氢制甲酸盐。



邓德会团队长期致力于能源与环境小分子的催化转化研究,近年来在二维硫化钼催化的惰性小分子转化方面取得了系列进展(*Nat. Catal.*, 2023; *Nat. Catal.*, 2021; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2023; *Angew. Chem. Int. Ed.*, 2020; *J. Am. Chem. Soc.*, 2025; *Nat. Commun.*, 2025; *Nat. Commun.*, 2023; *Nat. Commun.*, 2020; *Nat. Commun.*, 2017; *Energy Environ. Sci.*, 2015)。该团队此前研究发现,二维硫化钼硫空位限域 Mo 位点可在水相反应体系中实现催化 CO₂ 加氢制甲酸盐(*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2023)。然而,其实际应用受两大问题制约:一是难以通过脱除硫原子生成高活性的硫空位限域 Mo 位点,二是配位不饱和 Mo 位点在暴露于空气中时易被氧占据而失活,限制了可接触活性位点的数量,进而影响整体催化性能。

基于此,本工作中邓德会团队通过晶格限域杂原子实现了二维硫化钼硫空位限域金属中心活性的调控,发现将 Co 原子限域在二维硫化钼晶格中(Co-MoS₂),可促进限域 Co 位点处硫空位的形成,从而在 Co-MoS₂ 催化剂上实现高效 CO₂ 加氢制甲酸盐。该催化剂在 200 °C 下,甲酸盐生成速率达到 17.0 mmol g_{cat.}⁻¹ h⁻¹,选择性超过 99%,其反应速率为未修饰 MoS₂ 催化剂的三倍。结合多种实验表征和理论计算发现,Co 比 Mo 具有更低的配位数,这导致晶格限域 Co-Mo 位点与表面硫或氧之间的键合作用较弱,从而促进了氢气(H₂)驱动下的硫或氧物种的移除,生成硫空位。暴露出的硫空位限域 Co-Mo 位点,在边缘和面内都具有适中的 CO₂ 吸附能力,能够抑制 C-O 断裂并促进生成甲酸盐,从而使得 Co-MoS₂ 非贵金属催化剂在 CO₂ 加氢制甲酸盐反应中展现出优异的活性和选择性与良好的结构稳定性。

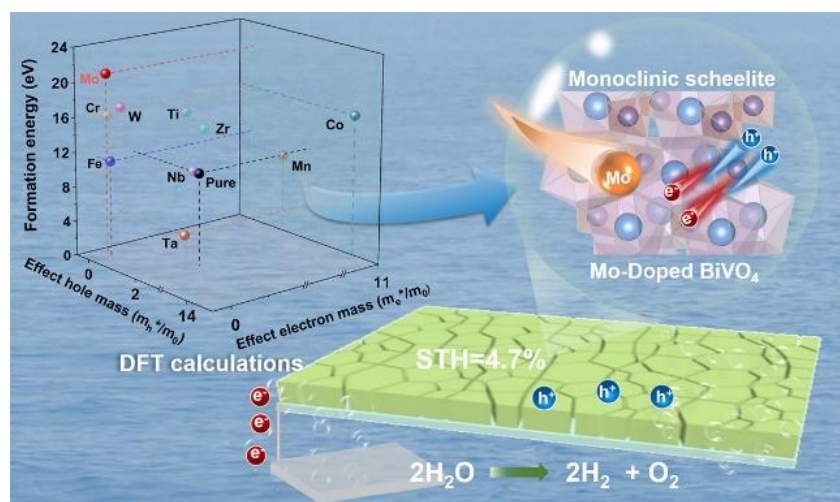
相关研究成果以“Sulfur vacancy-confined Co-Mo sites in MoS₂ for high-efficiency CO₂ hydrogenation to formate”为题,发表在《自然-通讯》(*Nature Communications*)上。上述工作得到了国家重点研发计划、国家自然科学基金、中央高校基本科研业务费专项资金、榆林中科洁净能源创新研究院能源革命科技

专项、我所创新基金等项目的资助。（文/图 王子逢、胡景庭）

文章链接: <https://www.nature.com/articles/s41467-026-69780-8>

我室设计构筑平面钼酸铋光阳极用于太阳能制氢

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)章福祥研究员团队在钼酸铋(BiVO_4)光阳极研究领域取得新进展。团队基于密度泛函理论(DFT)计算,理性设计合成了钼(Mo)掺杂的 BiVO_4 光阳极,解决了金属热解法(MOD)制备 BiVO_4 光阳极中存在相不纯、电荷复合严重等导致活性不高的问题,进而组装了太阳能至氢能(STH)转化效率达4.7%的光伏-光电(PV-PEC)耦合叠层器件。



单斜相 BiVO_4 具有可见光响应宽、稳定性好等优点,已成为“明星级”水氧化催化剂之一。章福祥团队前期发现,MOD法制备的 BiVO_4 光阳极中微量四方相杂质残存是限制其水氧化性能的根本结构因素(*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2023)。在此基础上,本工作中团队通过理论模拟筛选与实验相结合,优化出Mo离子掺杂的高性能光阳极,实现了四方相的抑制生成与高载流子迁移率的兼顾,提升了其光电催化性能,最终与光伏耦联,实现无偏压下光驱动的全分解水制氢,STH效率达到4.7%,为规模化应用奠定了材料与实验基础。

章福祥团队长期聚焦单斜相 BiVO_4 材料在光催化和光电催化分解水制氢中的应用基础研究。在发现 BiVO_4 的{010}和{110}晶面间存在光生电荷分离效应(*Nat. Commun.*, 2013)的基础上,团队发展了双助催化剂选择性沉积协同促进电荷分离和表面催化的新策略,进而构筑了系列以 BiVO_4 为放氧光催化剂的“Z”

机制全分解水制氢体系，不断提高了在 420 nm 可见光激发下的制氢表观量子效率，分别达到 6.8% (*Angew. Chem. Int. Ed.*, 2015)、10.3% (*Joule*, 2018)、12.3% (*Nat. Commun.*, 2022)、16.8% (*Joule*, 2024) 和 22.8% (*Nat. Commun.*, 2025)。

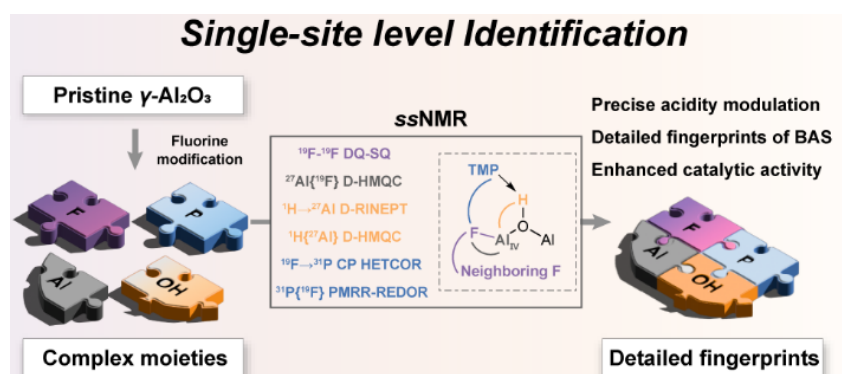
相关研究成果以“Addressing phase instability and charge recombination in pyrolysis-synthesized BiVO₄ via DFT-guided Mo doping for enhanced performance”为题，发表在《国家科学评论》(*National Science Review*) 上。该工作的共同第一作者是中国科学技术大学与我室联合培养博士研究生张赛楠与我室博士后李东辉。上述工作得到了国家自然科学基金、中国科学院 B 类先导专项“能源电催化的动态解析与智能设计”、大连市高层次人才创新支持计划等项目的资助。(文/图 张赛楠)

文章链接: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwag148>

我室实现氟化氧化铝表面强 Brønsted 酸位点结构的精准识别

近日，我室纳米与界面催化研究中心固体核磁共振及前沿应用研究组（524 组）侯广进研究员、纪毅副研究员团队在氟化氧化铝表面酸位点精准解析研究中取得新进展。团队利用高场、超快魔角旋转及多维多核固体核磁共振技术，在原子尺度上实现了对氟化氧化铝表面强 Brønsted 酸位点结构的精准识别，并揭示其形成机制与催化性能的直接关联。

作为催化剂及载体，氧化铝在石油化工等领域应用广泛，其表面酸性的精准调控对催化性能至关重要。卤素修饰，尤其是氟化和氯化，是调控氧化铝表面酸性的重要手段。然而，受限于氧化铝表面结构的复杂性及卤素修饰后表面重构与多种物种并存的特点，卤化氧化铝表面强酸位点的来源尚未明确。



在本工作中，研究团队利用高场（18.8 T）、超快魔角旋转（60 kHz）及多维固体核磁共振技术（例如 ¹H-²⁷Al、¹⁹F-²⁷Al、¹⁹F-³¹P），结合三甲基膦（TMP）

探针分子吸附,定量揭示了氟化和氯化氧化铝表面羟基物种的演化过程及其酸性变化。进一步,研究人员从原子尺度上解析了其酸性位点的结构,并定量提取了 F...P 空间的距离,从而精准阐明了氟化氧化铝表面独有的强 Brønsted 酸位点源于一种特定的单一位点结构,即 $F_1-Al_{IV}-\mu_2-OH$ 。该位点对空气和水分表现出优异的稳定性的稳定性,在 1-十八烯转化模型反应中展现出增强的裂解活性和芳构化能力。

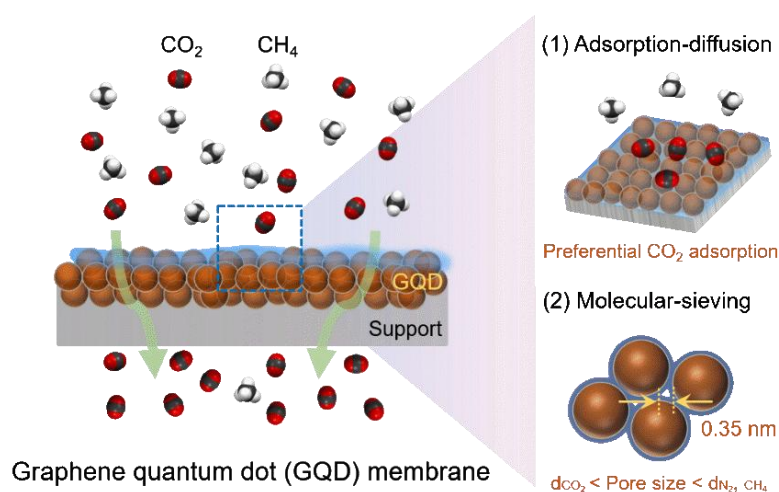
该工作揭示了氟化氧化铝强酸位点的结构来源,建立了从原子尺度结构到催化性能的关联,为氟化催化剂的精准设计提供了理论指导。

相关研究成果以“Unraveling the Single-Site Origin of Strong Brønsted Acidity in Fluorinated $\gamma-Al_2O_3$ ”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 524 组博士研究生张慧珍。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/图张慧珍、纪毅)

文章链接: <https://doi.org/10.1021/jacs.5c21403>

我室开发可定制的石墨烯量子点膜实现高效气体分离

近日,我室无机膜与催化新材料研究组(504组)杨维慎研究员、朱雪峰研究员团队提出一种后调控策略,制备出孔结构可调的石墨烯量子点(GQD)膜,实现了二氧化碳和氮气(CO_2/N_2),二氧化碳和甲烷(CO_2/CH_4),以及丙烯和丙烷(C_3H_6/C_3H_8)等体系的气体分离。



在分离膜材料中,具有规整孔道结构的微孔材料在分子筛分方面具有显著优势。但这些多孔材料所构筑的气体分离膜性能在很大程度上依赖于材料的本征孔

结构。面对不同的分离需求，往往需要从头优化材料合成及对应的膜制备方法，过程复杂且成本较高。

在本工作中，研究团队选择尺寸小于 10 nm 的石墨烯量子点作为构筑基元，通过热喷涂技术首先构建出一种连续且致密的基础膜；随后，利用聚乙烯亚胺热解产生的小分子胺对基础膜进行原位化学交联和热处理，精确调控膜的孔道结构。这种“先建后调”的策略简化了膜的制备流程，同时提升了膜的性能。团队通过改变热处理温度，可调控膜的孔径和表面化学性质，实现在较大范围内连续可调的 CO₂ 分离性能，从而满足不同场景的分离需求。该策略的通用性还体现在，适当提高交联温度以增大孔径时，该膜可应用于分离要求更高的 C₃H₆/C₃H₈ 体系。

该研究提出了一种标准化的基础膜与后调控相结合的新方法，可实现膜的定制化，为满足多样化的气体分离需求提供了一条普适且便捷的路径。

相关研究成果以“Graphene quantum dot membranes with tailorable pores for efficient gas separation”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 504 组博士研究生张新景。上述工作得到了国家自然科学基金、榆林中科洁净能源创新研究院等项目的资助。（文/图 张新景、朱雪峰）

文章链接：<https://doi.org/10.1038/s41467-026-69938-4>

新闻动态

新型电池中试基地在大连揭牌

来源：科技日报

科技日报记者张蕴，近日从能源催化转化全国重点实验室获悉，新型电池中试基地日前在辽宁大连揭牌。

该基地依托能源催化转化全国重点实验室筹建，聚焦固态电池、宽温域电池、高比能电池等前沿领域，构建“材料—电池—工艺—系统”全链条研发、验证与中试体系，打造从原始创新、技术培育、工程放大到产业孵化的全链条发展模式，对助力英歌石科学城市建设、完善大连市新能源产业生态、填补东北地区新能源检测与试验领域空白具有重要意义。

能源催化转化全国重点实验室主任陈忠伟向记者介绍，新型电池中试基地将聚焦锂/钠离子电池、固态电池等方向的中试验证与产业化评估，满足新能源汽车、储能、低空经济和航空航天等多样化场景需求，开展从实验室原始创新到工业化应用的全链条科研活动。

中国科学院大连化学物理研究所科技合作处处长张晨接受记者采访时介绍，新型电池中试基地力争将大连市打造成新能源产业的创新高地，“新型电池相关技术的小试开发早在两年前就已开展，随着新型电池中试基地的揭牌，未来两三年中国科学院大连化学物理研究所会根据行业变化和 demand 进一步为大连提供新的锂电池技术解决方案。”

我室侯广进受聘为 *Journal of Magnetic Resonance Open* 期刊主编

近日，Elsevier 旗下磁共振领域期刊 *Journal of Magnetic Resonance Open* 宣布，我室固体核磁共振及前沿应用研究组（524 组）侯广进研究员接任 Lucio Frydman 教授，担任期刊主编。

侯广进于 2007 年在中国科学院武汉物理数学研究所获得理学博士学位；2007 至 2011 年先后在德国马普高分子研究所 Spiess 教授研究组和美国特拉华大学 Polenova 教授研究组从事博士后研究工作；2011 年被特拉华大学聘为二级副研究员，2012 年晋升为磁共振谱学研究员。2017 年，侯广进加入我室，任固体核磁共振及前沿应用研究组组长。

侯广进长期从事固体核磁共振方法学发展及其在材料体系结构与动力学研究中的应用，聚焦核磁新技术开发及催化/能源化学研究，已在 *Science*、*Nature Catalysis*、*Chemical Reviews*、*Proc. Natl. Acad. Sci.*、*J. Am. Chem. Soc.*、*Angew. Chem. Int. Ed.*、*Nature Communications*、*Acc. Chem. Res.*、*Environ. Sci. Technol.* 等期刊发表论文 200 余篇。目前，侯广进担任国际磁共振协会 ISMAR 学术委员会委员，中国物理学会波谱专业委员会委员，以及 *Journal of Magnetic Resonance*、*Solid State Nuclear Magnetic Resonance*、*Magnetic Resonance Letters*、《波谱学杂志》《结构化学》等期刊编委。

Journal of Magnetic Resonance Open (JMRO) 是 *Journal of Magnetic Resonance* (JMR) 的姊妹刊，创刊于 2019 年，是一本经同行评审(peer-reviewed) 的金色开放获取期刊。JMRO 致力于发表磁共振波谱与成像领域的各类原创研究论文和综述，涵盖核磁共振(NMR)、电子自旋共振(EPR)、核四极矩共振(NQR)、磁共振磁测量及活体磁共振波谱与成像 (MRS、MRI) 等广泛主题。(文/单双)

期刊链接：<https://www.sciencedirect.com/journal/journal-of-magnetic-resonance-open>

队伍建设

我室李荣坦被聘为“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，聘任李荣坦(502 组群)为大连化物所“优秀青年博士人才”。

平台建设

超精密加工与先进制造平台正式上线

为服务能源领域创新研究，支撑高端装备与关键部件的精密制造，依托辽宁滨海实验室建设、由我室牵头组建与管理的**超精密加工与先进制造平台**已全面完成筹建工作，现正式面向所内外开放运行，试运行时间三个月（3月21日至6月20日）。请用户登录“能源催化转化全国重点实验室—公共服务—超精密加工与先进制造平台”查看相关功能，进行邮件或电话预约。

本平台致力于打造一个集超精密机加工与3D打印及微智造前沿工艺于一体的综合性制造与研发环境。平台配备了一系列高精度、多轴联动的加工与检测设备，能够满足从基础研究到复杂零部件研制的多样化需求：

多轴联动精密加工：拥有五轴联动加工中心及三轴联动加工中心，可实现复杂曲面的高动态、高精度加工，定位精度最高可达0.003mm。

高精度车削与磨削：配备车削中心与万能外圆磨床，支持细长轴、精密回转体零件的加工，重复定位精度可达0.002mm。

特种加工与微细制造：拥有电极雕刻加工中心、电火花线切割机，以及用于微米级结构制备的激光刻蚀系统。

微纳增材制造：集成光固化3D打印、气溶胶喷墨打印及电流体动力学喷墨打印系统，覆盖从宏观模型到高精度微细结构的打印需求。

功能薄膜制备：配备真空蒸发镀膜系统，可开展金属及有机物单层/多层薄膜的研究。

精密检测与表征：引入GloryTouch三坐标测量系统，测量精度达微米级，为加工质量提供可靠保障。

平台热忱欢迎各研究团队、专家学者及合作单位前来咨询、测试及开展联合研究。如需了解设备详情、技术参数或探讨加工方案，请访问实验室网站或联系平台管理办公室。

平台地址：辽宁省大连市旅顺口区龙王塘街道辽宁滨海实验室2号楼

联系电话：0411-39787109、0411-39787106

联系邮箱：machining_public@dicp.ac.cn

更多信息请登录：<https://sklc.dicp.ac.cn/ggfw/cjmjgyxjzzpt1.htm>
