

## (七) 代表性成果

## 中国科大在精准合成高分子单链选键化学和质谱测序方面取得进展

11月3日, 中国科学技术大学化学与材料科学学院、中科院软物质化学重点实验室刘世勇教授课题组在国际学术期刊《自然-化学》(Nature Chemistry)上发表了题为“Digital micelles of encoded polymeric amphiphiles for direct sequence reading and ex vivo label-free quantification”的研究论文。该工作报告了精准编码两亲性高分子的合成和在质谱测序、数码胶束构建以及复杂生物体系中无标记定量中的研究。

定量研究聚合物纳米粒子的生物分布对于评估纳米药物的诊疗效果及体内命运至关重要。常见的荧光和同位素标记技术主要依赖于化学修饰, 而化学修饰后可能改变聚合物纳米粒子的理化性质进而影响其生物分布。同时, 传统聚合物由于分子量的宽分布、链长不均一、序列不明确等固有特性导致无标记定量聚合物极具挑战性, 这些固有的局限性也直接影响聚合物纳米药物的临床转化。因此, 发展聚合物纳米粒子的精确量化策略对于进一步推动纳米医学的设计和转化具有重要意义。

经过充分的前期调研, 研究人员设想如果聚合物能满足以下要求, 则可用质谱实现聚合物的精准定量: 1) 聚合物结构精确, 具有适当的单一分子量, 以避免丰富生物大分子的干扰; 2) 易于识别, 可实现聚合物序列直读和无标记定量; 3) 可有效离子化, 在复杂的生物体系中具有高质谱检测灵敏度。

为了实现这一目标, 研究人员首先设计并以模块化合成策略创制了一系列由光敏感触发基元、N-芳基氨基甲酸酯重复单元和树枝状PEG (PEG dendron) 三部分组成的精准编码两亲性高分子。MALDI-TOF一级谱的单峰证明了该精准两亲性高分子具有单一分子量。进一步的串联质谱表明, PEG dendron与碱金属离子(如钠离子)的超分子识别和主链中苯氧键选择性断裂的协同作用实现了聚合物序列的直读(图1)。

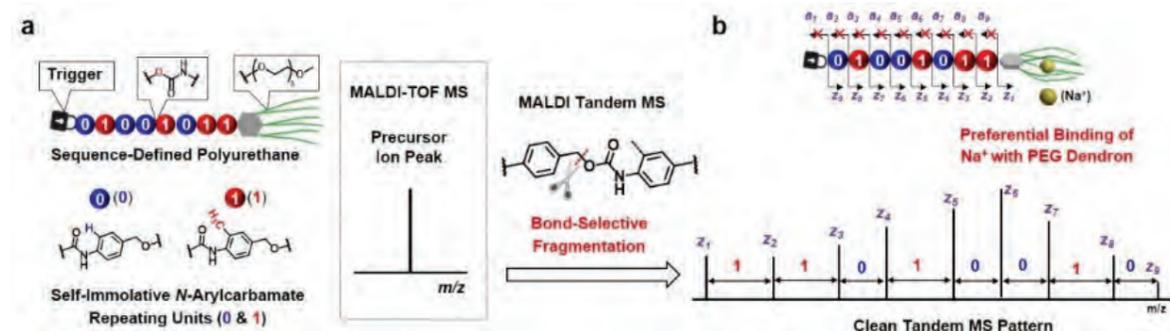


图1. 精准编码两亲性聚合物的序列直读

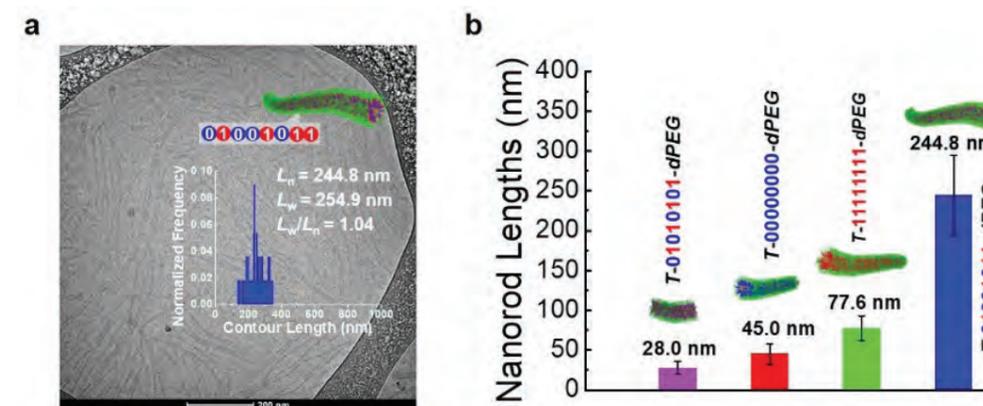


图2. 不同序列的精准编码两亲性聚合物自组装成长度可控的数码胶束

此外, 研究人员还发现这些新型精准编码两亲性聚合物可以自组装成不同形貌的数码胶束, 其组装形貌受到聚合物主链序列的严格控制, 这为探索纳米粒子在体内的命运提供了丰富的软物质纳米载体模型(图2)。

基于精准编码两亲性聚合物的合成、测序, 以及数码胶束的成功构建, 研究人员进一步探究了数码胶束在生物体系中精准定量的可能性。首先研究人员通过对照实验证明了聚合物合理的分子量设计可规避生物(大)分子对MALDI质谱测试的干扰。随后将四种典型的数码胶束(一种球状胶束和三个不同长度的棒状胶束)等量混合, 通过尾静脉注入大鼠体内, 在不同的时间点取出主要器官, 并对器官进行研

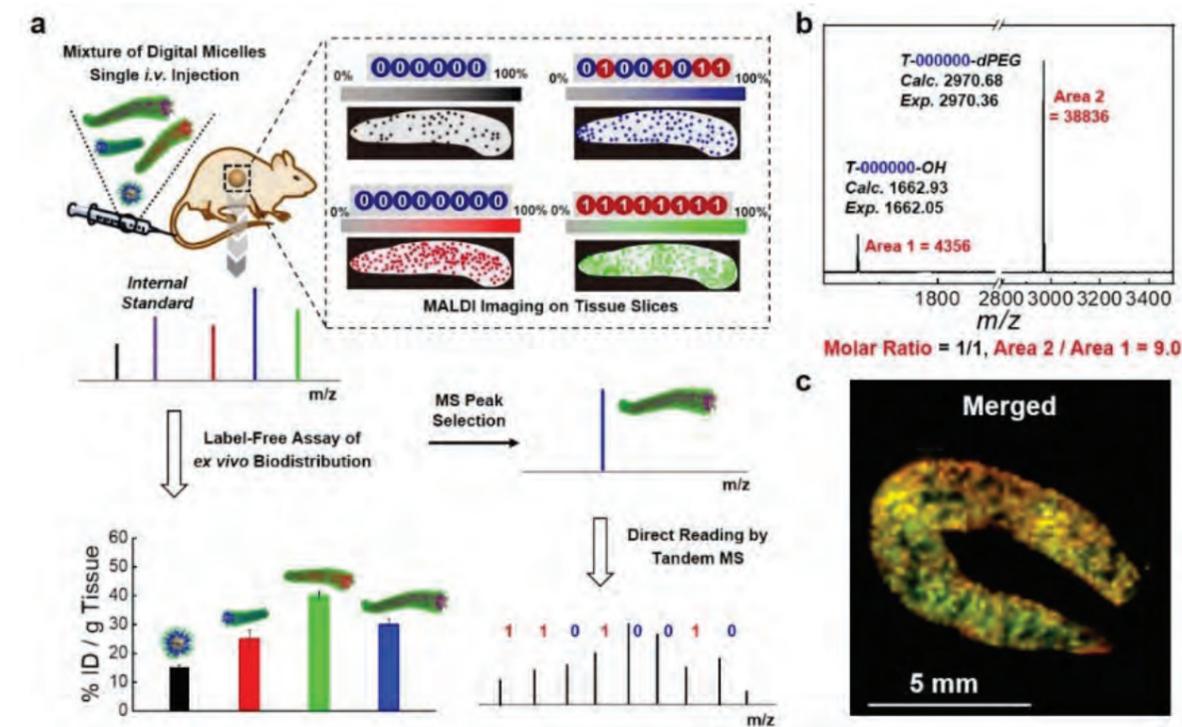


图3. 在器官和组织切片水平上对数码胶束进行识别和无标记定量

磨、冻干和萃取操作。基于此，研究人员以无标记定量的方式系统研究了不同数码胶束在大鼠器官中的生物分布。此外，由于PEG dendron对精准编码两亲性聚合物MALDI检测灵敏的增强作用，研究人员进一步对组织切片（如脾脏切片）进行MALDI成像，并揭示了数码胶束在器官中的空间分布（图3）。

本工作为解决聚合物纳米粒子的生物分布定量问题提供了全新思路，且PEG dendron增强的MALDI定量和解码策略可以进一步用于多肽/蛋白质/DNA和其他天然/合成分子的测序及定量研究。当前，该课题组正在基于这一进展开展三方面的深入研究：1）基于数码胶束无标记定量技术的蛋白质组学与蛋白冠主动精准调控；2）基于数码油墨的无法反向破解的加密打印和信息安全存储；3）基于该类单链选键化学和精准高分子材料化学创制单一组分极紫外光刻胶，这一设想已在中国科大微纳研究与制造中心的全力配合下获原理性验证。

中国科大化学与材料科学学院博士生石强强为该论文第一作者，刘世勇教授为该论文通讯作者。中国科大理化学实验中心质谱实验室为本工作的大分子质谱分析与质谱成像提供了全方位支持；冷冻电镜测试由西安交通大学张彦峰教授和童慧敏博士完成；上海同步辐射光源BL19U2生物小角散射站提供了测试机时，李娜研究员为SAXS数据采集和分析提供了专业指导；深圳大学李霄鹏教授和苏州大学张正彪教授在电喷雾质谱/大分子质谱分析、数据讨论和论文撰写方面提供了重要指导。本工作得到了国家自然科学基金重大项目、重点项目、创新研究群体项目、区域创新基金项目，以及科技部国家重点研发计划“变革性技术关键科学问题”重点专项项目支持。

原文连接：<https://www.nature.com/articles/s41557-022-01076-y>

## 中国科大研制出初步实现智能化学范式的机器化学家

在中国科学院“数据驱动的化学、材料和生物科学的机器科学家”青年团队计划和国家自然科学基金委项目（批准号：22025304，22033007）的资助下，中国科学技术大学化学与材料科学学院罗毅、江俊教授团队与自动化系尚伟伟等合作，通过开发和集成移动机器人、化学工作站、智能操作系统、科学数据库，研制出数据智能驱动的全流程机器化学家（图1，视频链接：<https://faculty.ustc.edu.cn/jiangjun1/en/zdylm/661330/list/index.htm>）。相关研究成果于2022年9月发表在《国家科学评论》（Natl. Sci. Rev.）上。文章链接：<https://academic.oup.com/nsr/advance-article/doi/10.1093/nsr/nwac190/6694008>。

化学研究的对象日益复杂化、高维化，传统的研究范式主要是依赖于“穷举”“试错”的手段。面对庞大的化学空间，配方和工艺的搜索常常止步于局部最优，无法进行全局探索。中科大机器化学家平台实现了大数据与智能模型双驱动下的化学合成-表征-测试全流程开发，在软硬件方面已全面超



图1. 全球首个数据智能驱动的全流程机器化学家

过欧美同类装置，作为唯一搭载了计算大脑、理论模型和开放式操作系统的智能平台，它具有更强的化学智能和广泛的化学品开发能力，目前已涵盖光催化与电催化材料、发光分子、光学薄膜材料等，且适用范围将随平台升级和拓展继续扩大。

该平台可采用机器智能去查找和阅读文献，从海量研究数据中汲取专家经验，在前人知识与数据的基础上提出科学假说并制定实验方案；调度2台移动机器人和15个自主开发的智能化学工作站，完成高通量合成、表征、测试的化学实验全流程（图2）；通过配套的后台操作系统，实现了数据的自动采集、处理、分析和可视化，并搭载了云端数据库，可实时调用和更新数据库信息；独有的计算大脑通过调用物理模型、理论计算、机器学习和贝叶斯优化，让智能模型融入底层的理论规律与复杂的化学

## 移动机器人和智能工作站自动执行全流程实验



图2. 移动机器人和智能工作站完成高通量合成、表征、测试的化学实验全流程

实验演化,使得机器科学家更加理解化学,更加擅长化学创造。

以潜力巨大的高熵化合物催化剂为例(图3),其多种元素的高度无序混合带来了高稳定性,也给人工试验找出最优配比带来了极大挑战。获得最优配方需要遍历测试极其庞大的化学配比组合,目前仅限于对最多3种金属组合进行优化。而机器化学家发挥其数据驱动和智能优化的优势,智能阅读16000篇论文并自主遴选出5种非贵金属元素,融合2万组理论计算数据和207组全流程机器实验数据,建立了理实交融的智能模型,指导贝叶斯优化程序从55万种可能的金属配比中找出最优的高熵催化剂,将传统“炒菜式”遍历搜索所需的1400年缩短为5周。



图3. 机器化学家平台实现高熵非贵金属析氧反应催化剂的高效创制

国际审稿人评价该成果的“机器人系统、工作站和智能化学大脑都是最先进的”“将对化学科学产生巨大影响”。该工作脱离了传统试错研究范式的限制,展现了“最强化学大脑”指导的智能新范式的巨大优势,引领化学研究朝着知识理解数字化、操作指令化、创制模板化的未来趋势前进,确立了我国在智能化学创新领域的全球领跑地位。

附: 相关文献参见

Qing Zhu, Fei Zhang, Yan Huang, Hengyu Xiao, LuYuan Zhao, XuChun Zhang, Tao Song, XinSheng Tang, Xiang Li, Guo He, BaoChen Chong, JunYi Zhou, YiHan Zhang, Baicheng Zhang, JiaQi Cao, Man Luo, Song Wang, GuiLin Ye, WanJun Zhang, Xin Chen, Shuang Cong, Donglai Zhou, Huirong Li, Jialei Li, Gang Zou, WeiWei Shang\*, Jun Jiang\*, Yi Luo\*, An all-round AI-Chemist with scientific mind. Natl. Sci. Rev. 2022, doi: 10.1093/nsr/nwac190.

## 中国科大在二维铁电Rashba半导体材料中取得新进展

中国科大杨金龙教授课题组胡伟团队在二维铁电Rashba材料领域取得进展,研究成果以题为“High-Throughput Inverse Design for 2D Ferroelectric Rashba Semiconductors”发表在 Journal of the American Chemical Society上。

自旋电子研究的一个重要领域是使用晶体管中的电子自旋来传输和处理信息。迄今为止,在自旋逻辑、磁控自旋电子学和半导体自旋电子学领域,已经做出了许多努力来操纵编码在自旋中的信息。在Datta和Das提出的自旋场效应晶体管的开创性想法30多年后,许多实际限制仍然阻碍了晶体管的实施。由于磁性半导体需要低温操作和外部磁场来控制自旋分布,希望找到非磁性半导体来操纵自旋电子器件中的自旋,而无需磁场和铁磁材料的帮助。在这种情况下,一类新型的铁电Rashba半导体值得进一步探索,因为可以通过非易失性电控制的铁电极化反转来逆转它们的自旋分布。

杨金龙教授课题组胡伟团队采用了逆向设计搜索了同时具有Rashba效应和铁电性的二维非磁性半导体。首先,课题组定义了Rashba效应、铁电性和共功能性的设计原则,并针对实际应用优化了设计

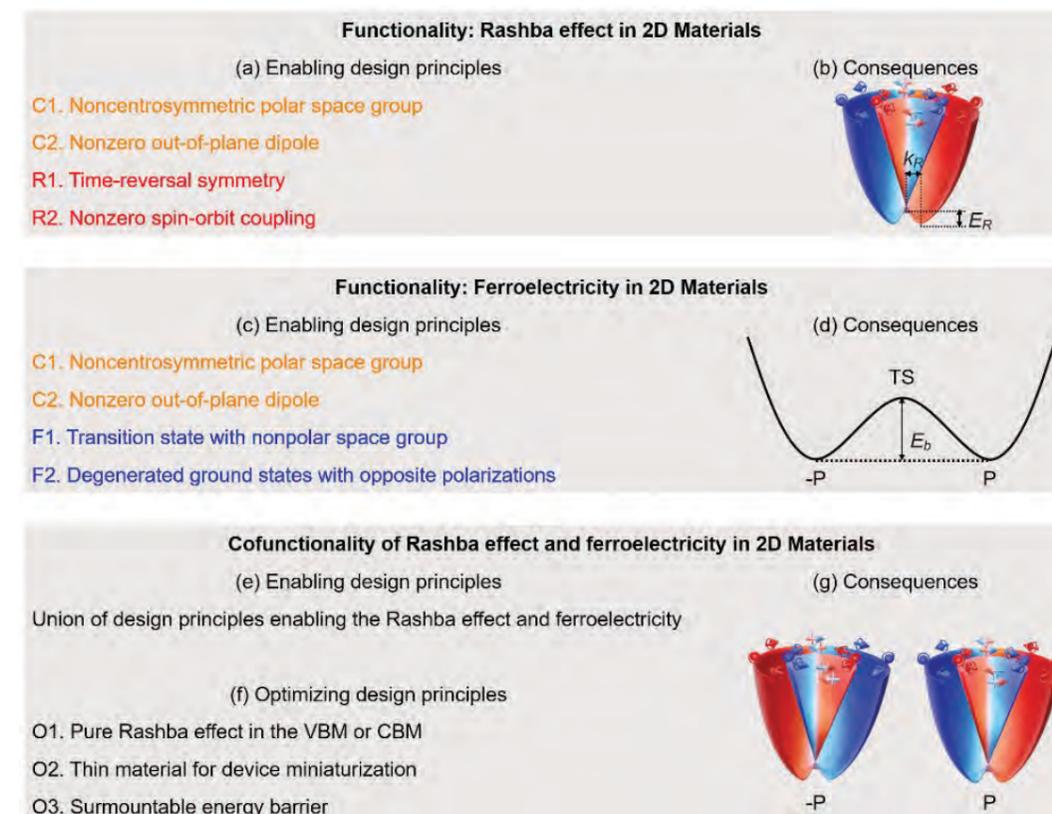


图1. Rashba效应和铁电性在二维材料中的设计原则

原则。导致Rashba效应和铁电性能够存在的必要共同设计原则包括非中心对称极性空间群和非零平面外偶极子。导致Rashba效应能够存在的独特必要设计原则是时间反演对称性和非零自旋轨道耦合效应，而铁电性的独特必要设计原则是两个具有相反铁电极化的简并基态和具有非极性空间群的非极性过渡态。此外，优化设计原则包括价带顶或导带底中的纯Rashba效应、用于器件小型化的薄材料、可克服的铁电能量势垒。根据必要设计原则在二维材料数据库中进行筛选后，课题组发现了30个铁电Rashba单层材料、两个纯铁电单层材料和97个纯Rashba单层材料。铁电Rashba半导体具有三种类型的结构，包括A<sub>2</sub>P<sub>2</sub>X<sub>6</sub>型（空间群P31m）、ABP<sub>2</sub>X<sub>6</sub>（空间群P3）和AB型（空间群P3m1）。

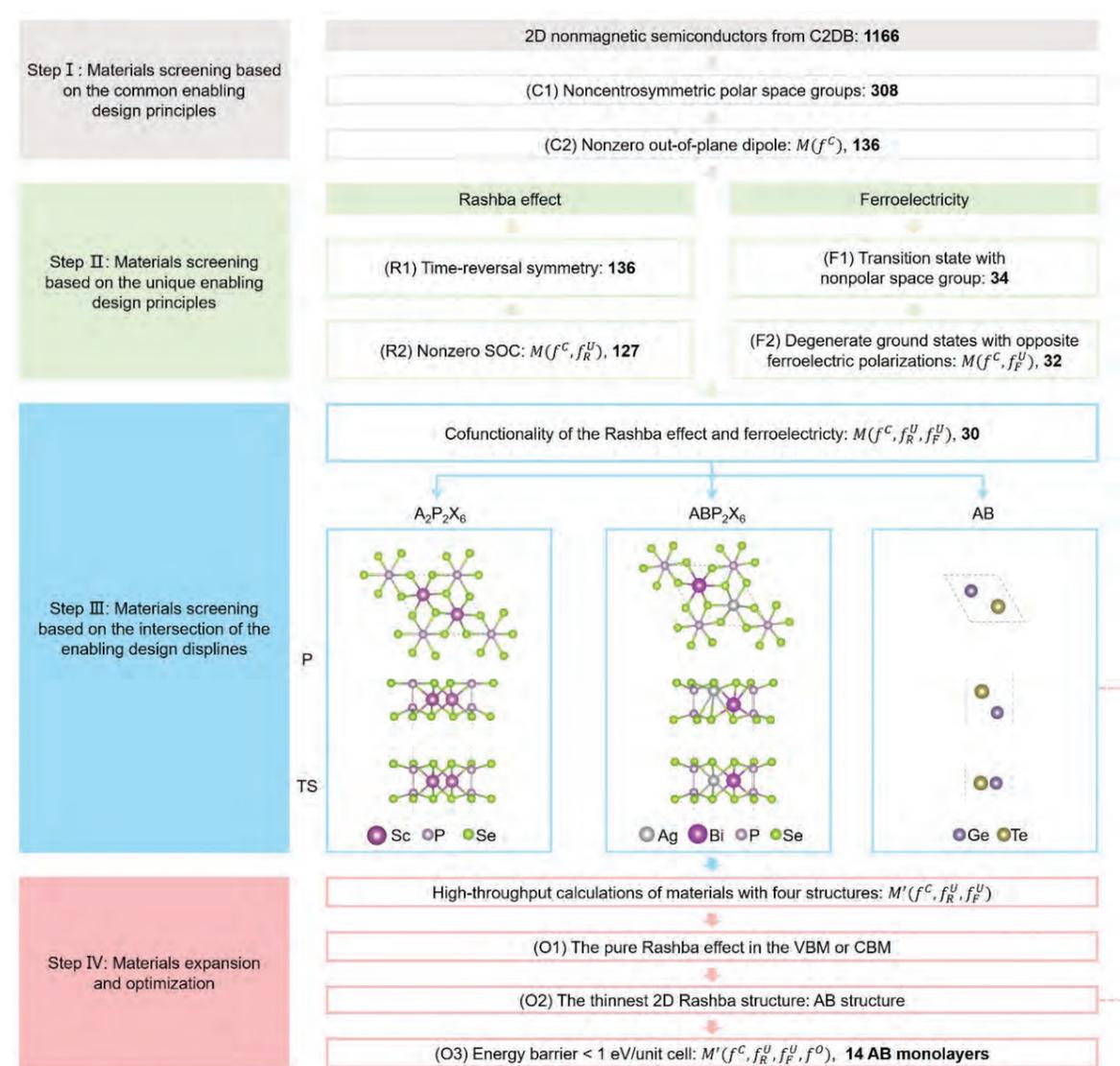


图2. 同时具有Rashba效应和铁电性的二维半导体材料的筛选流程

然后，课题组进行高通量密度泛函理论计算研究上述三种类型的结构。15个A<sub>2</sub>P<sub>2</sub>X<sub>6</sub>单层、11个ABP<sub>2</sub>X<sub>6</sub>单层和47个AB单层在价带顶或导带底中具有纯Rashba效应。由于AB型是2D最薄的Rashba结构，我们进一步研究AB单层，发现14个AB单层（AlBi、SiPb、TlP、GaSb、InSb、BBi、AlSb、GeSn、SiSn、GaAs、InAs、AlAs、InP和TlF）具有可克服的能量势垒，这是有前途的铁电Rashba半导体。特别是，二维AlBi单层具有最大的Rashba常数（2.738eVÅ）和相对较小的铁电势垒（0.233eV）。对于2D铁电Rashba半导体，可以通过非易失性电控制切换铁电极化来反转自旋分布。因此，这个逆向设计的成果可以运用到自旋电子和逻辑器件上，例如自旋场效应管和双极存储器件。

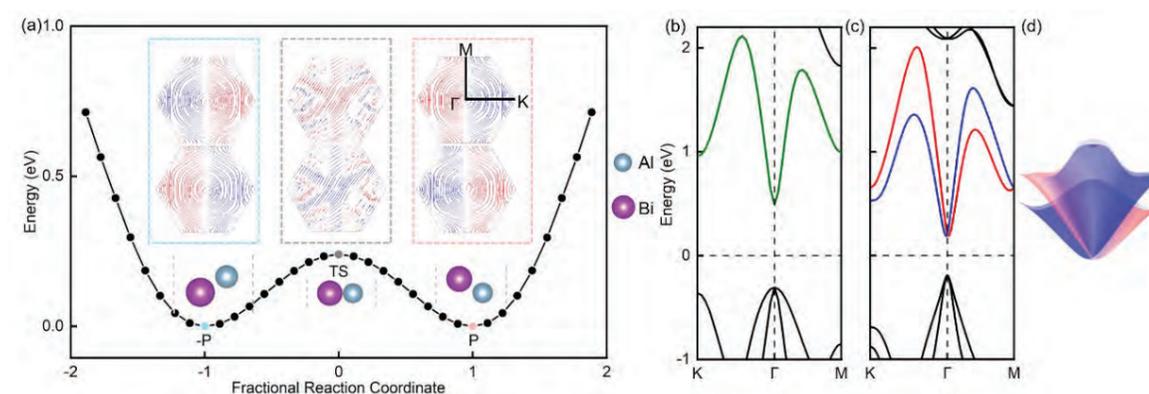


图3. AlBi单层材料的铁电双势阱和电子结构

Rashba常数计算和自旋分布可视化脚本已经集成到KSSOLV软件中（Comput. Phys. Commun.2022, 279, 108424）。杨金龙教授课题组关于Rashba效应的相关工作：Nano Lett.2020, 21, 740–746; J. Phys. Chem. Lett.2021, 12, 12256–12268; J. Phys. Chem. Lett.2021, 12, 1932–1939; RSC Adv.2020, 10, 6388–6394。

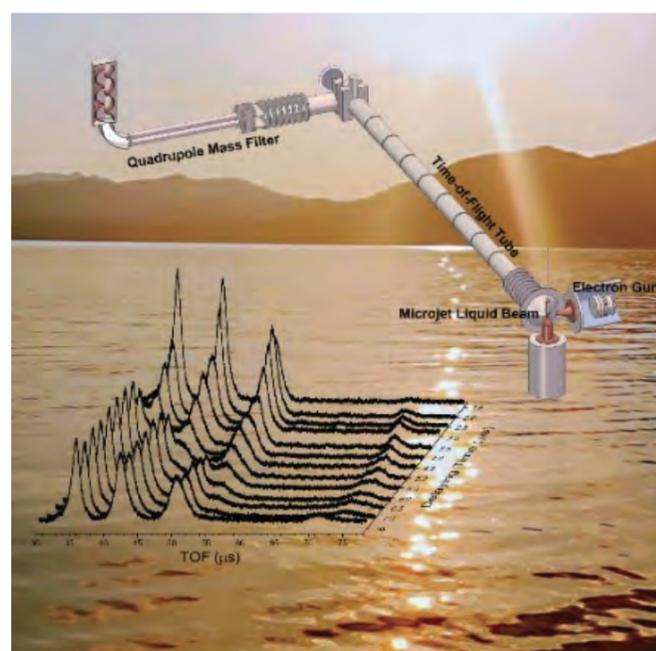
中国科学技术大学杨金龙教授和胡伟研究员为共同通讯作者，化学学院学生陈佳佳为第一作者。研究工作得到了基金委、科技部和中科院等项目的资助。

文章链接：<https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/jacs.2c08827>

## 中国科大建立“气液界面研究”的新实验方法

气液界面的微观结构及动力学是认识物质世界的重要内容，但一直是实验研究的难点。质谱是一种有效且被广泛使用的分析方法。在采用加热或激光、电子碰撞气化（脱附）取样以及电喷雾等技术的质谱中，往往破坏了气液界面处的样品分子及其团簇结构，无法实现原位物质及其分布的探测。如果将液体样品直接导入真空腔室中进行质谱检测，有望解决上述挑战。但是，检测中还存在一个不可避免的困难：如何在质谱上识别源于液体挥发气体、气液界面或液体内部的离子信号？

近期，我校田善喜教授应邀在《Accounts of Chemical Research》的“Electron Impact with the Liquid-Vapor Interface”论文（Acc. Chem. Res.2022, 10.1021/acs.accounts.2c00428；第一作者为博士生陈子伟）中报道了本研究组的初步研究进展。首先介绍了该研究组利用微喷射流（microjet）、脉冲电子碰撞电离、线型飞行时间质谱等技术建立的“时间延迟质谱”实验新方法（如图所示），成功甄别出气液界面物质产生的离子信号，首次利用质谱方法确定气液界面原位分子的空间取向特征（Rev. Sci. Instrum.2018, 89: 103102; Chin. J. Chem. Phys.2021, 34: 43–50）。线型飞行时间质谱与四极质谱技术相结合，建成了时间延迟串联质谱仪；利用此装置首次观测到了正丙醇气液界面处的原位二聚体和质子化团簇，及它们挥发过程的动力学差异（J. Phys. Chem. Lett.2020, 11: 7510–7516）。此外，较高能量电子碰撞可以使醇类气液界面发生酸化，实验发现了“高能电子辐照甲醇气液界面可自发合成二甲基



图：时间延迟串联质谱仪（上）和正丙醇液体的时间延迟质谱（下）

醚”，并结合理论计算揭示了其动力学机制，这是气液界面电子诱导化学反应的首个例子（J. Phys. Chem. Lett.2022, 13: 5220–5225）。相反，低能量的电子贴附解离可使液体表面发生碱化。通过控制入射电子的能量，可调节气液界面酸碱性，进而有望实现可控化学合成。

时间延迟质谱不仅是气液界面微观结构和化学反应动力学领域的一套全新实验方法，还将用于海洋气溶胶形成、生命物质和手性起源等重要科学问题的探索以及高能辐射损伤机制研究。后者对液体样品（特别是溶液中生物分子）的电镜、超快电子和X射线散射等具有重要参考价值。

特别感谢付岑峰副研究员、杨金龙

教授和罗毅教授的合作和指导。感谢合肥微尺度物质科学国家研究中心、科技部和国家自然科学基金委的资助。

论文链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/acs.accounts.2c00428>

## 老配方新效果，烯炔烯丙位酰胺化！

众所周知，烯炔是最丰富也最重要的化工原料之一。一个国家的化工实力常常就以烯炔的年产量来评估。烯炔中C=C的反应性及多种反应模式赋予了烯炔在有机合成领域作为多功能试剂的能力。事实上，基于碳碳双键反应性能的烯炔选择性功能化长期以来一直是合成化学的研究重点。这一方面研究的突破将会导致重大的合成范式的转变。往期的关于这一方面的大量研究已经对社会产生了深远的影响并构成了有机化学的支柱。基于双键的电子特性，使得烯丙位的C-H具有独特的性质，但是在有机合成领域，直接将该位点的C-H键进行活化具有相当的难度。在过去的几十年中，过渡金属催化的烯丙基C-H官能化取得了进展，但大多数方案是非立体选择性转化，因此对区域选择性和立体选择性的控制仍然是一个具有挑战性的问题。

中国科学技术大学龚流柱教授团队报告了一种钯催化的支链和对映选择性烯丙基C-H烷基化反应，它能够适应各种类型的 $\alpha$ -烯炔，并将这些烯炔方便的转变成手性 $\gamma, \delta$ -不饱和酰胺。该工作以题为“Palladium-catalysed branch- and enantioselective allylic C-H alkylation of  $\alpha$ -alkenes”发表在《Nature Synthesis》上。

【反应条件筛选】鉴于亲核试剂与 $\pi$ -烯丙基钯中间体的配位有助于分支选择性，作者首先评估各种含有路易斯碱性官能团的碳亲核试剂。使用 $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ 作为催化剂对1-辛烯进行不对称烯丙基C-H烷基化。使用手性亚磷酰胺L1作为配体，2,5-二甲基-对苯醌(2,5-DMBQ)作为氧化剂， $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 作为碱。尽管甘氨酸席夫碱2，2-酰基咪唑3和 $\alpha$ -噻啉基乙酰胺4不能进行所需的反应，但 $\alpha$ -苯并噻啉乙酰胺5的反应性足以参与并以78%的收率，24%的e.e.值，12:1的d.r.值和18:1的b/l值得到支链产物7。对手性配体的广泛评估表明，将咪唑部分和 $\text{H}^8$ -BINOL骨架结合到手性亚磷酰胺中会导致优异的对映诱导，尽管非对映选择性和区域选择性略有降低。微调 $\text{H}^8$ -BINOL骨架上的芳基，在3,3'-位置安装对-三氟甲基苯基取代基对控制立体选择性和区域选择性最有利。此外，以哌啉衍生的酰胺6为亲核试剂，NaOAc为碱，1,4-二恶烷为溶剂，在较高浓度、稍低温度和延长的时间可以使产率提高到96%，e.e.值提高到90%，d.r.值提高到大于20:1。

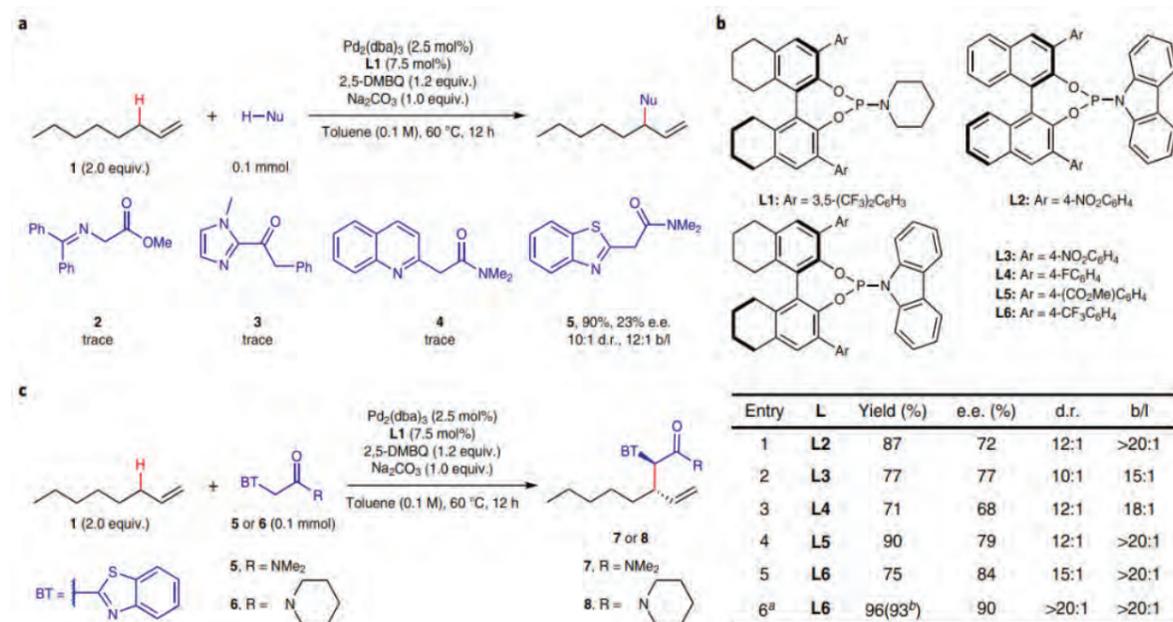


图1. 反应条件及配体筛选

【反应底物筛选】作者对这一反应进行了广泛的底物筛选，以观察该反应条件的适用性。针对1-丁烯，该反应可以以高水平的区域和立体选择性获得底物9。全球石油工业每年生产数百万吨的1-丁烯参与反应，该反应的高效说明了该方案在实际应用中的巨大潜力。此外，容易获得的1-己烯和烯丙基环己烷也都是合适的底物，可提供相应的产物10和11，具有优异的对映选择性和完美的支链选择性。其他带有 $\gamma$ -或 $\beta$ -芳基取代基或远离反应位点的C=C键的未活化 $\alpha$ -烯炔都可以很好地耐受，以提供令人满意的结果（12-14）。此外，具有附加官能团（如C-C三键、卤化物、羟基、醛、甲硅烷基醚、醚、酯、磺酰胺、酰胺和硝基）的范围广泛的未活化 $\alpha$ -烯炔都经历了反应以提供所需的产物15-27具有中等至极好的产率和高水平的区域和立体选择性。该反应也耐受高烯丙基醚、取代的苯酚衍生醚和杂芳基羧酸衍生酯等官能团，以中等至高产率和高水平的区域和立体选择性产生相应的产物28-34。1,4-二烯也可以优先生成C3支化产物35和36，然而，烷基取代的二烯的产率较低。烯丙基苯在标准条件下具有高反应性，可以以>20:1 d.r.的优异收率提供烷基化产物37，>20:1 b/l，但具有中等的对映选择性。此外，烯丙基酮、烯丙基酯和烯丙基醚都可以进行所需的反应，以提供具有中等收率的支化产物38-40。

该方案同样适用于具有复杂结构的底物中，例如，与香豆素、薄荷醇、手性连二醇、半乳糖、雌酮、胆固醇和液晶单体结合的 $\alpha$ -烯炔都是反应性组分，可以以中等收率提供所需的产物，并具有良好的区域选择性和立体选择性。

【合成应用】产物中末端C=C键和羰基官能团的存在使这种不对称的烯丙基C-H烷基化在合成上非常有用。在优化的反应条件下，1-辛烯1和 $\alpha$ -苯并噻唑乙酰胺6可以以克级量提供所需产物8。有趣的是，

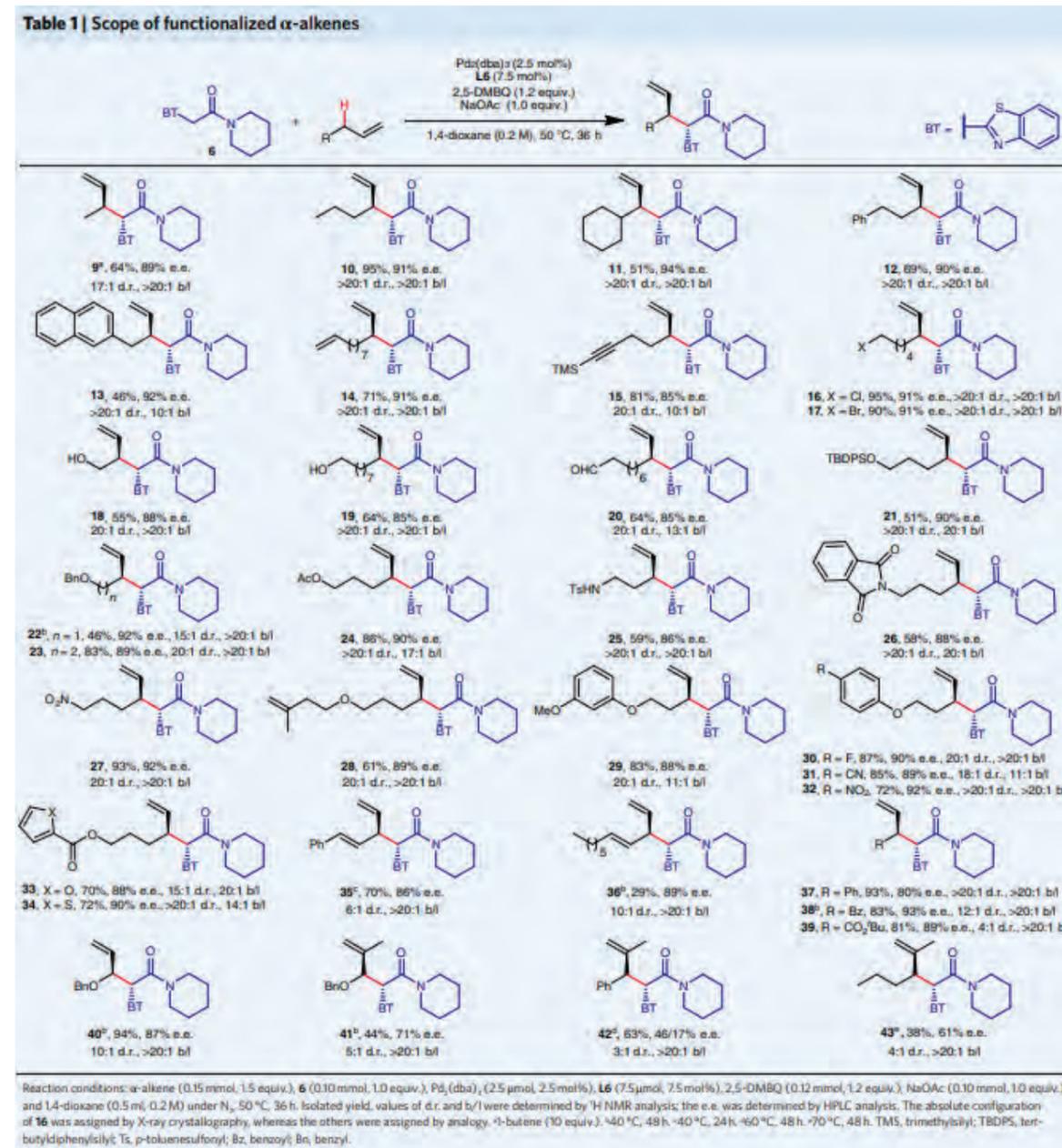


图2. 底物筛选

60在-78 °C下暴露于甲苯中的氢化二异丁基铝（DIBAL-H）生成了具有保持对映选择性的胺71，而在室温下用THF中的LiAlH<sub>4</sub>处理60得到了脱酰胺产物72。此外，该方法还可以用于简化一些天然产物的合成路线。例如，Taniguchi lactone是获得(+)-gelsefurandine和quinine的关键手性构件，可以通过简单的操作转化（包括脱酰胺、苯并噻唑转化为醛、醛氧化和脱苄基化-内酯化）从22制备。此外，源自简单的1-己烯的手性 $\gamma$ ,  $\delta$ -不饱和酰胺10可以转化为手性醛85，用于制造芹菜酮。

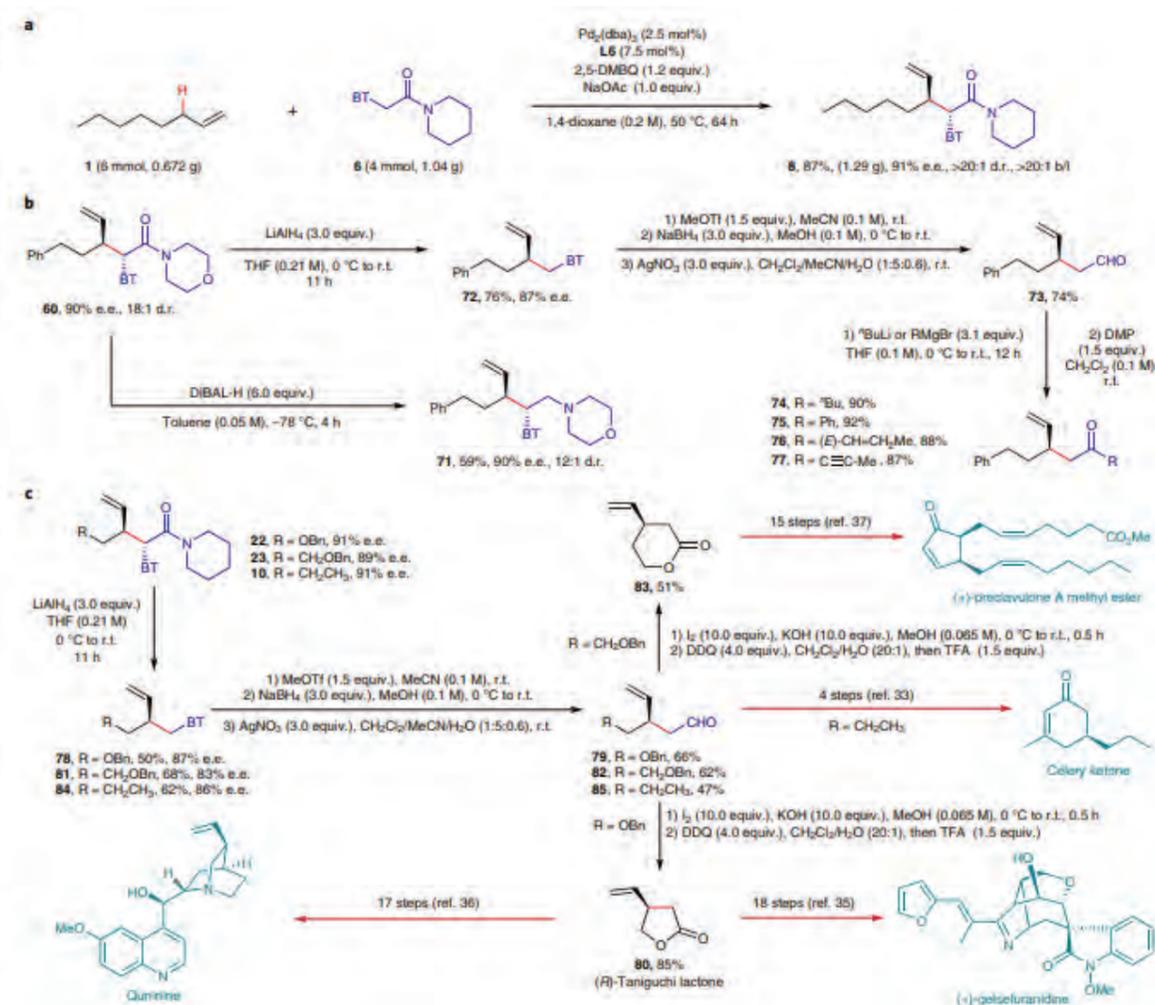


图3. 合成应用

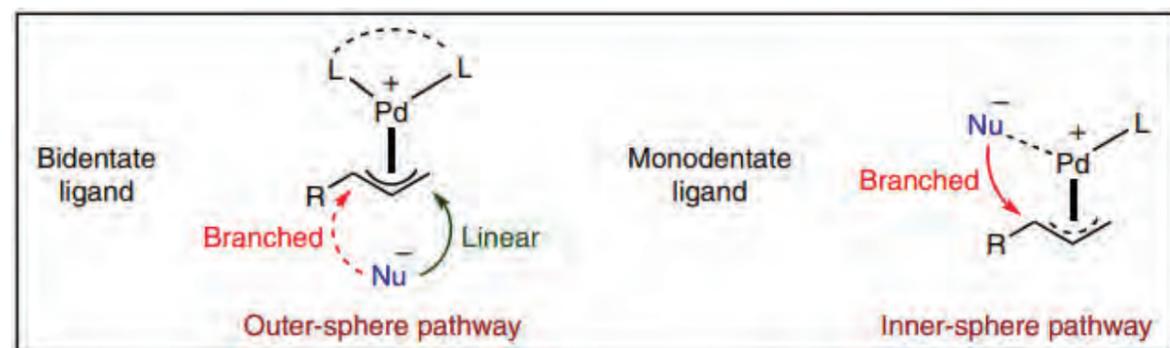


图4. 机理

【机理】通过动力学实验及理论计算模拟，作者研究了该过程进行的机理。其中对于金属催化的关键一步，实验和计算结果表明，烯丙基阳离子于金属Pd配位后，单齿配体，有利于促进亲核试剂选择性进攻烯炔的烯丙位，产生相应的高区域选择性及高立体选择性的产物。

总结，该工作使用手性氮磷配体与钯催化剂，实现了烯炔烯丙位的立体选择性及区域选择性活化酰胺化。该方法适用范围较广。由于烯炔是工业生产及有机合成中应用广泛的原料及官能团，因此该方法展示了巨大的应用潜力，将为相关产业提供有利的工具。

### 中国科大在矿物基结构材料的仿生矿化制备领域取得系列进展

矿物基结构材料 (Mineral-based bulk structural materials) 是一类用量极大、用途极广的材料，这些材料性能的提升无疑将显著推动工业制造业的发展。自然界中的生物经过长期进化，形成了各类性能优越的生物矿物材料 (图1)。这些生物矿物材料的优越性能依赖于其自分子尺度至宏观的多级次结构，例如珍珠母的片层状结构和石鳖牙齿中的柱状结构。探究源自生物矿物材料的结构设计原理无疑将为人工矿物基新材料的研发提供重要启发和依据，然而如何在人工材料中设计和制造这些复杂结构，一直是困扰科学界的难题。

长期以来，俞书宏院士团队一直围绕模拟生物矿化和仿生材料开展系统性研究，通过学习生物材料在生物体内的合成策略，提出了仿生结构材料制备的若干种原创性方法，解决了精细结构控制、界

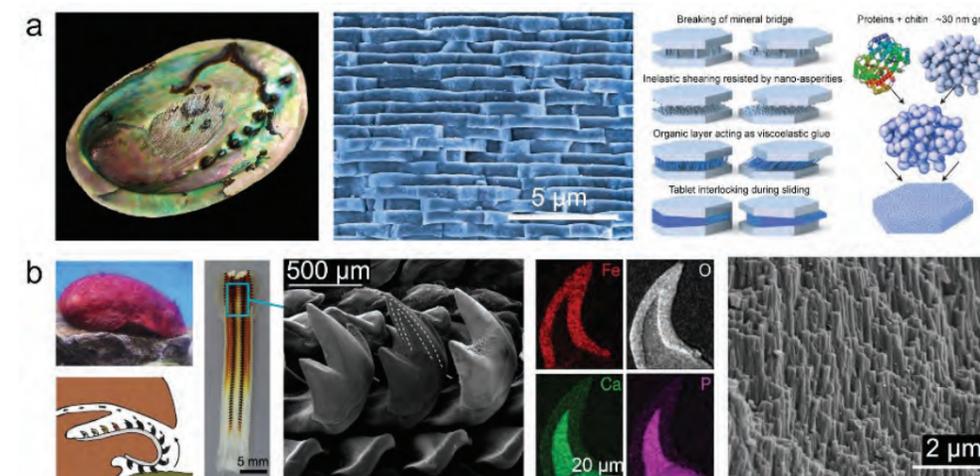


图1. 生物矿物结构材料的复杂多级次结构。

(a)珍珠母层状结构及增韧机理；(b)石鳖牙齿的分层结构及层内取向结构。

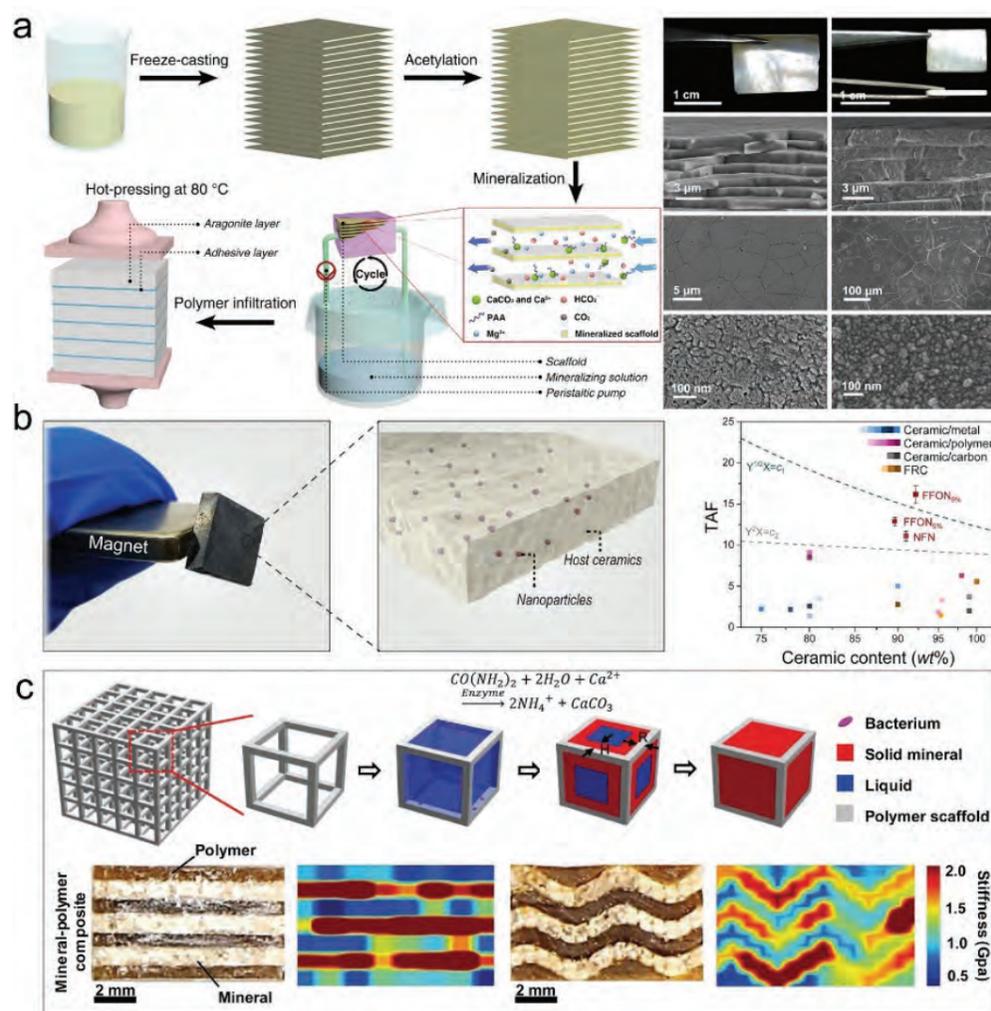


图2.基于框架诱导矿化策略构筑的复杂多级次结构人工矿物基结构材料。  
(a) “框架诱导矿化”法制备人工珍珠母；(b) 人工珍珠母的精微结构调控及性能。

面调控、构效关系等关键科学问题，创制了一系列高性能新型仿生结构材料，并为其规模化制备提供了理论基础和方法指导（*Science* 2016, 354, 107; *Nat. Nanotechnol.* 2017, 5, 434; *Nat. Commun.* 2017, 8, 287; *Sci. Adv.* 2018, 4, eaat7223; *Sci. Adv.* 2020, 6, aaz1114; *Adv. Mater.* 2021, 33, 2001086; *Adv. Mater.* 2022, 34, 2108267）。

近日，中国科学技术大学俞书宏院士团队应邀在美国化学会 *Journal of the American Chemical Society* 上发表了题为“Matrix-Directed Mineralization for Bulk Structural Materials”的Perspective综述论文，提出了一种受生物矿物体内生长过程启发的新制造策略，通过学习生物矿物在预结构化模板诱导下的受控生长，实现具有多级次结构的矿物基仿生新材料的可控制备。合肥微尺度物质科学国家研究中心茅璨波副研究员为该论文的第一作者。

该策略提出了一类生物矿物（例如珍珠母）的层状结构可通过层状模板诱导文石相碳酸钙沉积来

制造，这种“框架诱导矿化策略”以化学矿化与物理组装相结合的方式，为解决矿物基结构材料制备过程中结构精度与制备效率无法兼得这一问题提供了有效途径。作者首先回顾了人工矿物基结构材料的两类主要制备方法，即增材制造与外场诱导，其共同特点是微纳结构单元主要通过物理作用进行组装。作为对比，分析了生物矿物结构材料的生长过程，认为具有跨尺度复杂结构的生物矿物结构材料不仅利用了物理组装过程，同时还涉及化学生长过程的精准调控，并以珍珠母为例详细阐述了这种生物矿物材料的合成过程，回顾了与生物矿物结构材料制备及其性能密切相关的机制。通过对生物矿物结构材料生长合成过程和规律的总结，提出了框架诱导矿化策略，总结了该领域国际上已取得的最新进展，展示了这种新策略的可行性和优越性。

最后，作者展望了框架诱导矿化策略的未来发展方向，描绘了实现高效和精准制造高性能人工矿物基材料的路线图，即通过运用更多组装方式与生长方法的结合，拓展所生长的矿物种类并使之功能化，将有望制造具有应用导向型多级次结构设计及多功能耦合的仿生矿物基结构材料。

本工作受到国家重点研发计划项目和国家自然科学基金重点项目的资助。

论文链接：<https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jacs.2c07296>

## 中国科大在纯红光钙钛矿电致发光二极管取得新进展

中国科大姚宏斌教授课题组联合张群教授、林岳教授和张国桢副研究员研究团队提出金属卤化物钙钛矿亚稳相结晶策略，有效消除了混合卤素钙钛矿 $\text{CsPbI}_{3-x}\text{Br}_x$ 晶粒内部的面缺陷，从而制备了高效的纯红光钙钛矿发光二极管，其外量子效率达17.8%，亮度为 $9000\text{cdm}^{-2}$ ，研究成果以题为“Planar defect-free pure red perovskite light-emitting diodes via metastable phase crystallization”发表在国际期刊*Science Advances*上（*Sci. Adv.* 2022, 8, eabq2321）。

金属卤化物钙钛矿材料由于其高色纯度、宽色域、低成本以及可溶液加工等优势有望用于下一代发光二极管。然而钙钛矿材料由于其结晶过程的不可控，容易产生缺陷，这往往会限制钙钛矿发光二极管（PeLED）的效率以及稳定性。小分子钝化剂已成功用于调控单一卤素钙钛矿的成核、聚集以及组装过程，获得了高发光效率的微/纳米晶薄膜，进而使得绿光和近红外光PeLED的外量子效率超过20%。虽然小分子钝化剂也被尝试用于调控混合卤素钙钛矿的结晶，但目前混合卤素PeLED的效率以及稳定性依然很低，这其中的原因依然未知。

姚宏斌教授课题组基于前期钙钛矿结晶调控的相关研究基础（*J. Am. Chem. Soc.* 2022, 144, 8162-8170; *Adv. Optical Mater.* 2021, 9, 2001684），首先揭示了在混合卤素钙钛矿成核、团聚以及组装

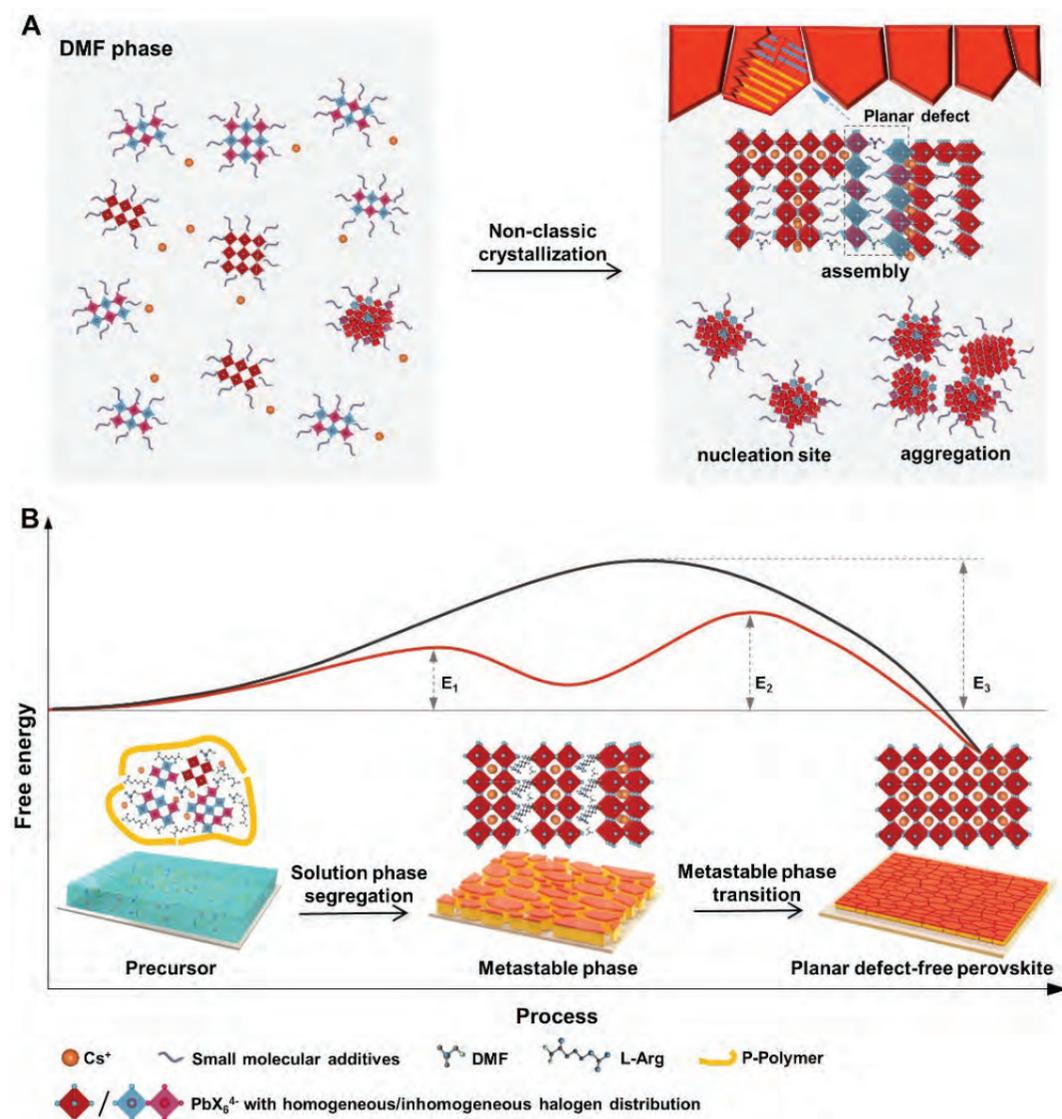


图1. 混合卤素钙钛矿小分子调控的非经典结晶过程以及亚稳相结晶策略

过程中, 不均匀的卤素离子分布会导致晶粒内部的面缺陷形成, 进而提出了亚稳相结晶 (MPC) 制备混合卤素钙钛矿薄膜的策略。该策略可以有效促进钙钛矿晶格内部的卤素均匀混合, 进而降低钙钛矿结晶过程中的晶格应力, 从而消除钙钛矿晶粒内部的面缺陷 (图1)。

基于球差电镜分析 (林岳教授合作), 该工作首次观察到未经过亚稳相结晶制备的 $\text{CsPbI}_{3-x}\text{Br}_x$ 薄膜晶粒内部存在着大量面缺陷, 并且是沿着 (100) 和 (010) 方向广泛存在于晶粒内部并形成迷宫状的限域纳米区域 (图2D)。进一步球差电镜分析表明在面缺陷边缘卤化铯层呈岩盐结构堆积, 从而形成Ruddlesden-Popper (RP) 型面缺陷 (图2G), 这是由于 $\text{CsPbI}_{3-x}\text{Br}_x$ 钙钛矿薄膜在结晶过程中卤素离子不均匀分布产生晶格应力从而导致的晶格错位搭接。同样地, 在没有精细调控结晶过程的一步法退

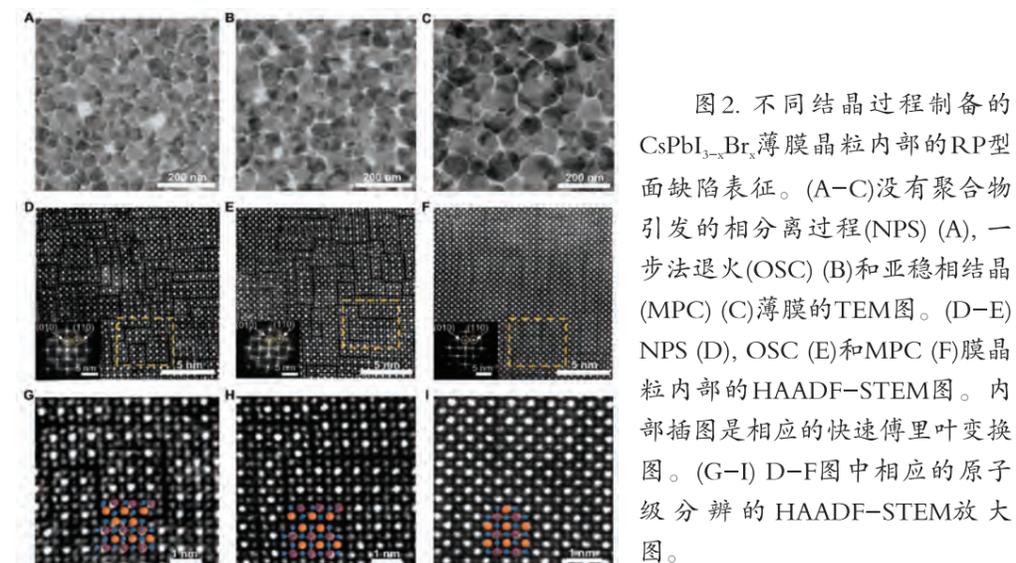
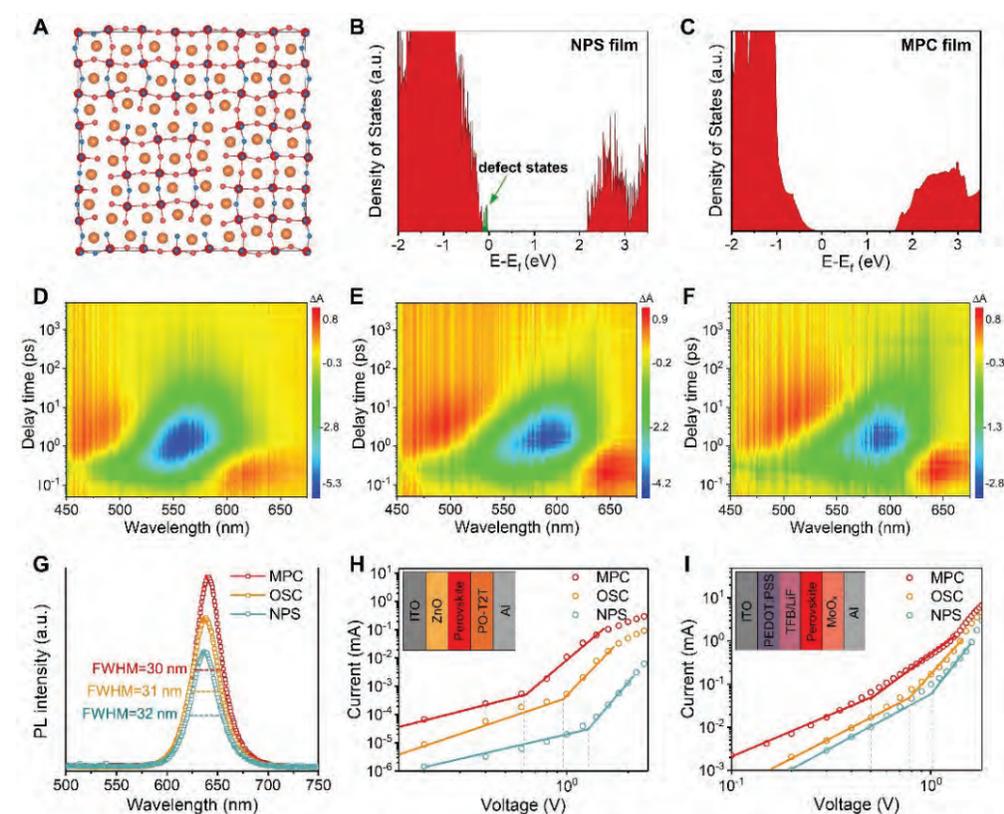
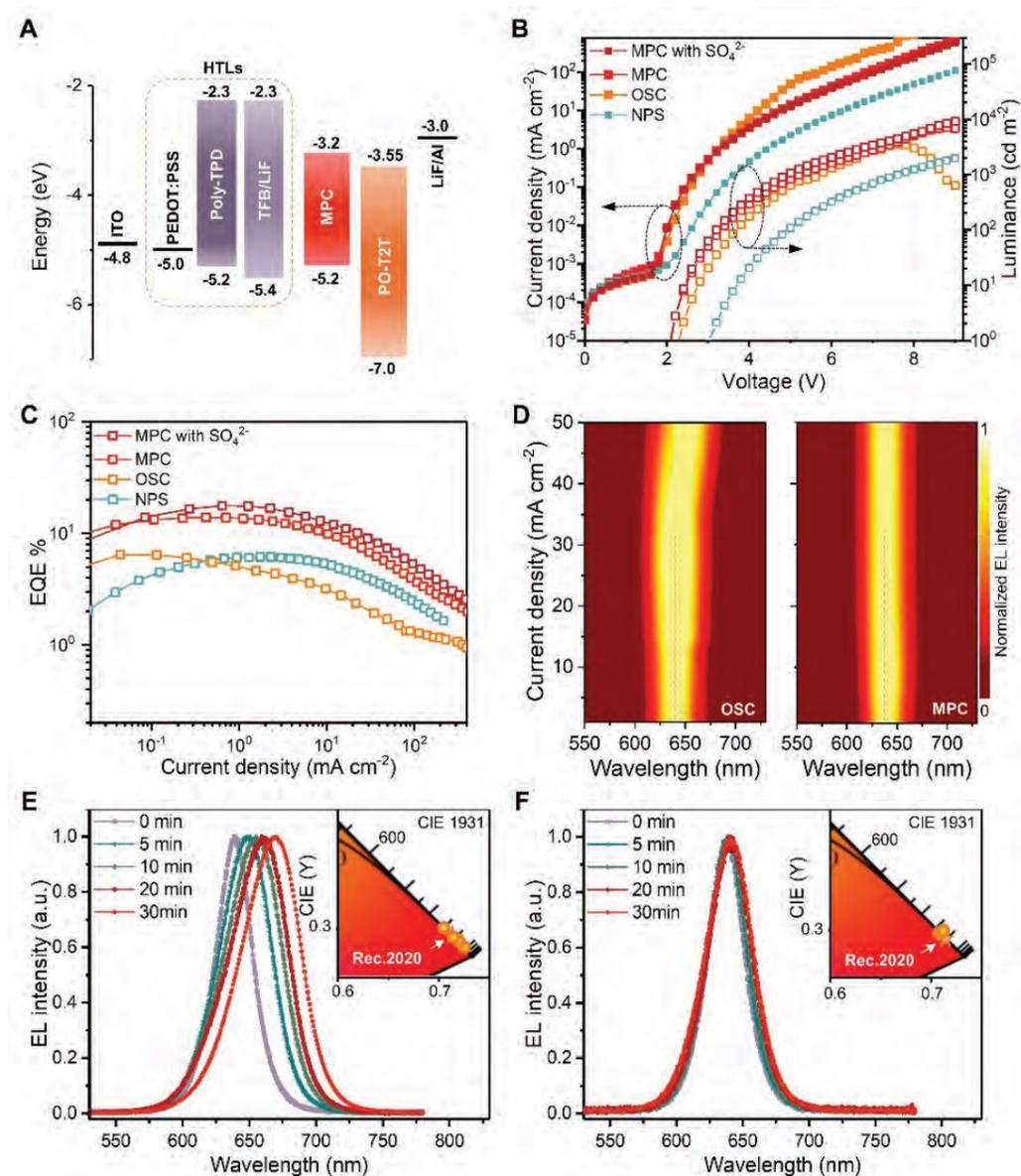
图2. 不同结晶过程制备的 $\text{CsPbI}_{3-x}\text{Br}_x$ 薄膜晶粒内部的RP型面缺陷表征。(A-C)没有聚合物引发的相分离过程(NPS) (A), 一步法退火(OSC) (B)和亚稳相结晶(MPC) (C)薄膜的TEM图。(D-E) NPS (D), OSC (E)和MPC (F)膜晶粒内部的HAADF-STEM图。内部插图是相应的快速傅里叶变换图。(G-I) D-F图中相应的原子级分辨的HAADF-STEM放大图。

图3. Ruddlesden-Popper (RP)型面缺陷对于钙钛矿带隙以及光电性质的影响。(A)具有二维RP缺陷限域的NPS膜的晶格模型。(B, C) NPS (B)以及MPC (C)膜的态密度计算。(D-F) NPS (D), OSC (E)和MPC (F)薄膜的瞬态吸收等高线图。(G) 稳态荧光光谱。(H, I) 单电子(H)和单空穴(I)的电流电压曲线。

图4. 基于CsPbI<sub>3-x</sub>Br<sub>x</sub>薄膜的电致发光器件性能评估

火 (OSC) 制备的钙钛矿膜内也存在RP型面缺陷 (图2E, H)。然而, 对于经过亚稳相结晶调控的CsPbI<sub>3-x</sub>Br<sub>x</sub>薄膜, 其内部不存在这种RP型面缺陷, 因此亚稳相结晶过程可以有效促进体系中卤素离子的均匀分布, 降低钙钛矿结晶过程中的晶格应力, 从而避免了CsPbI<sub>3-x</sub>Br<sub>x</sub>薄膜在结晶过程中产生RP型面缺陷 (图2F, I)。

第一性原理态密度分析 (张国桢副研究员合作) 表明相对于无RP型面缺陷的钙钛矿薄膜, 晶格内部的RP型面缺陷会在钙钛矿价带边形成独立的缺陷态 (图3A-C)。并且随着晶粒内部的一维RP缺陷

变成二维RP缺陷, 钙钛矿的带隙会增大超过0.3eV, 这是由于RP型缺陷限域的区域小于CsPbI<sub>3-x</sub>Br<sub>x</sub>激子波尔半径导致的。瞬态吸收光谱测试 (张群教授合作) 表明NPS膜的基态漂白峰相对于OSC和MPC膜表现出超过30nm的蓝移和大的拓宽, 这是由于在NPS和OSC膜内部存在着二维RP缺陷限域的复合带隙 (图3D, E)。作为对比, MPC膜表现出最窄的基态漂白峰, 这是由于其晶粒内无RP型缺陷限域的原因 (图3F)。由于在MPC膜内部无RP型面缺陷, 所以MPC膜表现出较高荧光量子产率、高发光色纯度以及低载流子缺陷态 (图3G-I)。

通过对比不同退火方式制备的CsPbI<sub>3-x</sub>Br<sub>x</sub>薄膜的PeLED器件性能, 该工作发现RP型面缺陷会制约器件的效率、亮度以及稳定性。在消除CsPbI<sub>3-x</sub>Br<sub>x</sub>膜内部的RP缺陷之后, 纯红光PeLED器件的最大外量子效率和亮度分别达到了17.8%和9000cdm<sup>-2</sup> (图4A-C)。同时RP型面缺陷的有效消除也提升了卤素离子迁移的能垒, 进而提升了器件的光谱稳定性 (图4D-E)。

我校化学与材料科学学院应用化学系博士生宋永慧与访问学者葛晶讲师为该论文的共同第一作者。该工作得到了国家自然科学基金、中国科学技术大学、合肥微尺度物质科学国家研究中心以及合肥同步辐射国家实验室的支持。

文章链接: <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.abq2321>

## 可降解/可循环热固、热塑以及弹性体类聚烯烃材料

目前市售的合成聚合物材料根据其所具备性能的差异, 可大致分为超硬热固性材料、高性能弹性体以及性能介于两者之间的热塑性材料。然而, 由于合成聚合物材料具备优异的力学性能及化学稳定性等特点, 导致其使用过后的报废处理成为一个亟待解决的世界性难题。因此, 开发可降解回收的聚合物材料用于解决这一难题是一具有巨大潜力的策略。近期, 中国科学技术大学陈昶乐教授课题组发展了一种环状-非环状单体复分解聚合策略 (CAMMP), 并探讨了其在聚合物材料合成中的应用, 制备了一系列可降解可回收可循环的热固、热塑以及弹性体类聚烯烃材料。

陈昶乐教授课题组在烯烃复分解这一研究领域的前期工作中, 成功的将助催化剂策略引入到烯烃复分解反应中 (Angew. Chem. Int. Ed. 2022, 61, e202203796.), 并对于将此策略应用于可降解回收类聚烯烃材料的高效制备进行了初步的探索。在前期研究基础之上, 进一步设计采用环状-非环状单体复分解聚合反应制备可降解的热固性、热塑性以及弹性体聚合物材料。并对于材料的性能进行了系统的研究, 包括: 材料的降解方式 (有机氟降解、碱降解以及酸降解) 以及降解后的回收利用; 材料降解前后的性能对比以及与商用聚合物材料的相关性能比较, 探究其商业应用前景。

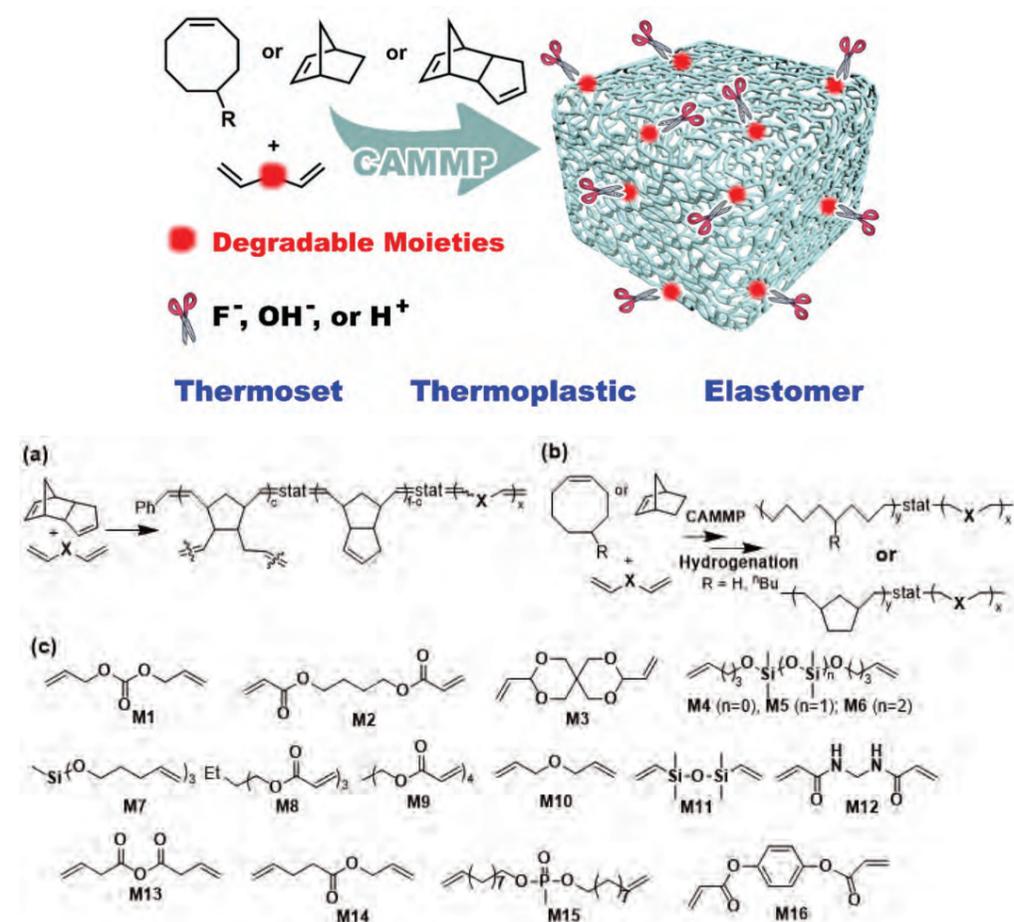


图1. 环状-非环状单体复分解聚合反应 (CAMMP)

首先, 使用二聚环戊二烯 (DCPD) 与一系列市售或易于合成的带有可降解单元的二 (三) 烯共聚单体的复分解共聚制备可降解聚二环戊二烯热固性材料 (pDCPD) (图1a)。当在热固材料中引入了0.5mol%–2mol%的可降解二烯单元, 相应的热固材料的力学性能并未有太多影响 (图2a–2c); 三烯单体的引入 (0.5mol%) 使得其力学性能相对二烯单体有一定的提升 (图2d–2f), 主要可能是因为三烯单体的掺入增加材料本身的交联密度; 同样, 通过对于引入可降解单元的pDCPD热固材料进行动态热机械分析 (DMA) 测试表明, 可降解单体的掺入对于pDCPD热固材料本身的性能并未有太大影响 (图2g–2i)。对于所制备的热固材料进行了降解回收性能的测试: 将共聚含有Si–O键的pDCPD热固材料浸泡在0.2M四丁基氟化铵 (TBAF) 四氢呋喃溶液中, 12小时后, 空白pDCPD样条质量保持恒定 (有溶胀的现象), 含有0.5mol%的基于Si–O的二烯单元可以使得pDCPD热固材料质量减少近40% (图3a); 正如所预料的, 更多的Si–O键导致了更有效的解构 (M6>M5>M4), 对于此三种共聚单体, 当其共聚掺入比达到2mol%时, 可以实现接近定量的解构 (图3b); 并且, 可以使用KOH/MeOH处理解构M1及M2单体共聚制备的pDCPD热固材料, 使用HCl处理解构M3单体共聚制备的

pDCPD热固材料 (图3c); 并对于降解所得的线性pDCPD聚合物进行了结构表征 (图3d); 由于降解所得的线性pDCPD聚合物含有大量未反应的环戊烯单元, 其可继续参与DCPD的复分解交联反应以合成新的pDCPD热固材料, 添加不同含量回收的线性pDCPD聚合物使得新制备的pDCPD热固材料的拉伸性能仍有很好的维持 (图3e); 同样, 在含有可降解单元的pDCPD热固材料中嵌入碳纤维所制备的复合材料, 通过降解可以定量回收嵌入的碳纤维材料 (图3f), 回收的碳纤维材料的拉曼光谱测试表明其材料表面并未因降解过程出现腐蚀损伤。

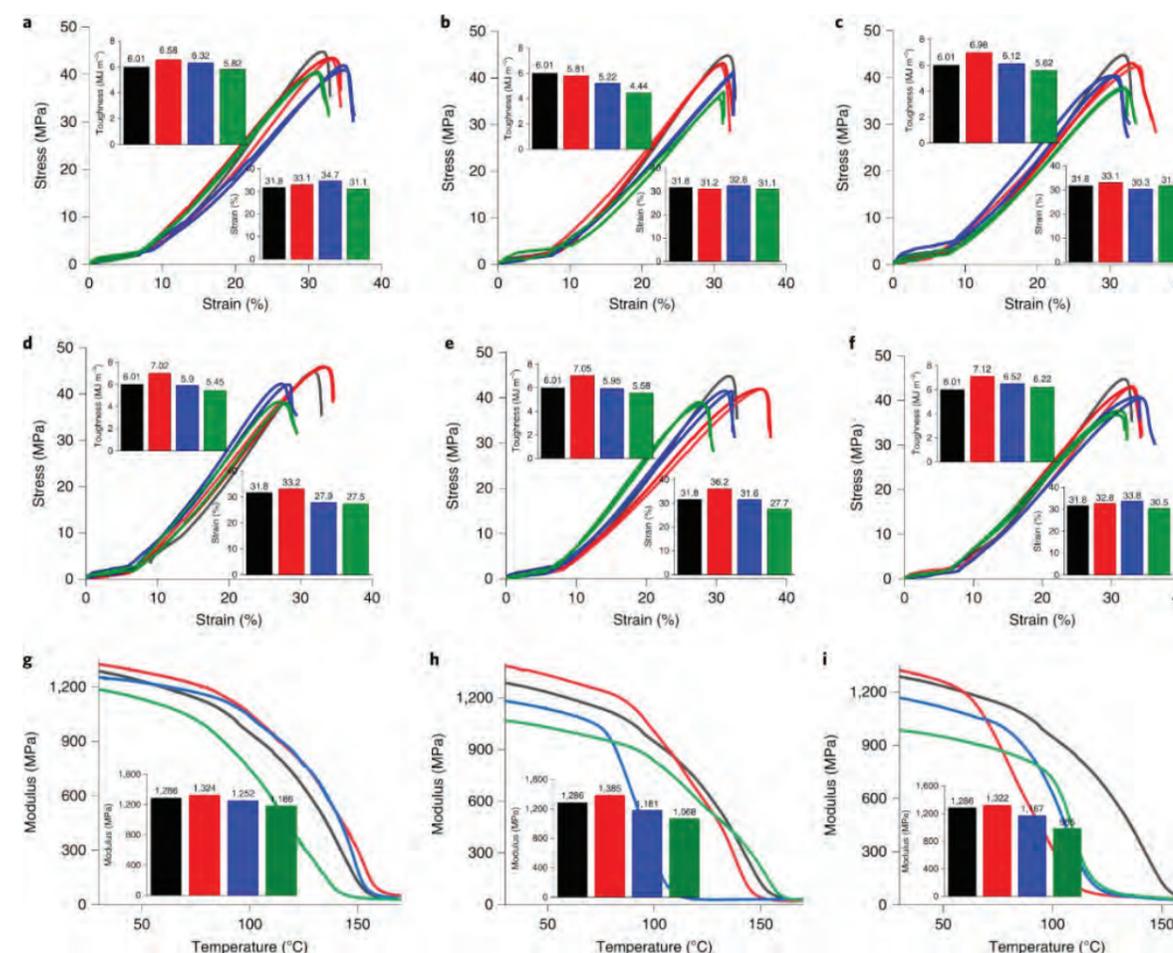


图2. 可降解热固材料的力学性能

(黑色: 无共聚单体掺入; 红色: 0.5 mol%共聚单体掺入; 蓝色: 1 mol%共聚单体掺入; 绿色: 2 mol%摩尔共聚单体掺入)

其次, 当使用环辛烯 (COE) 或降冰片烯 (NB) 环状单体与二烯可降解单体复分解共聚反应, 继而氢化即可制备可降解的线性热塑性聚合物材料 (图1b)。当二烯单元插入比约为0.5mol%时, 所制备共聚物的聚合物链结构中大致相当于每200个环状单元连接一个二烯单元, 聚合物分子量也可高达150kDa, 且分子量分布较窄。这些可降解热塑性材料也表现出良好的机械性能, 断裂应力范围为12.9–

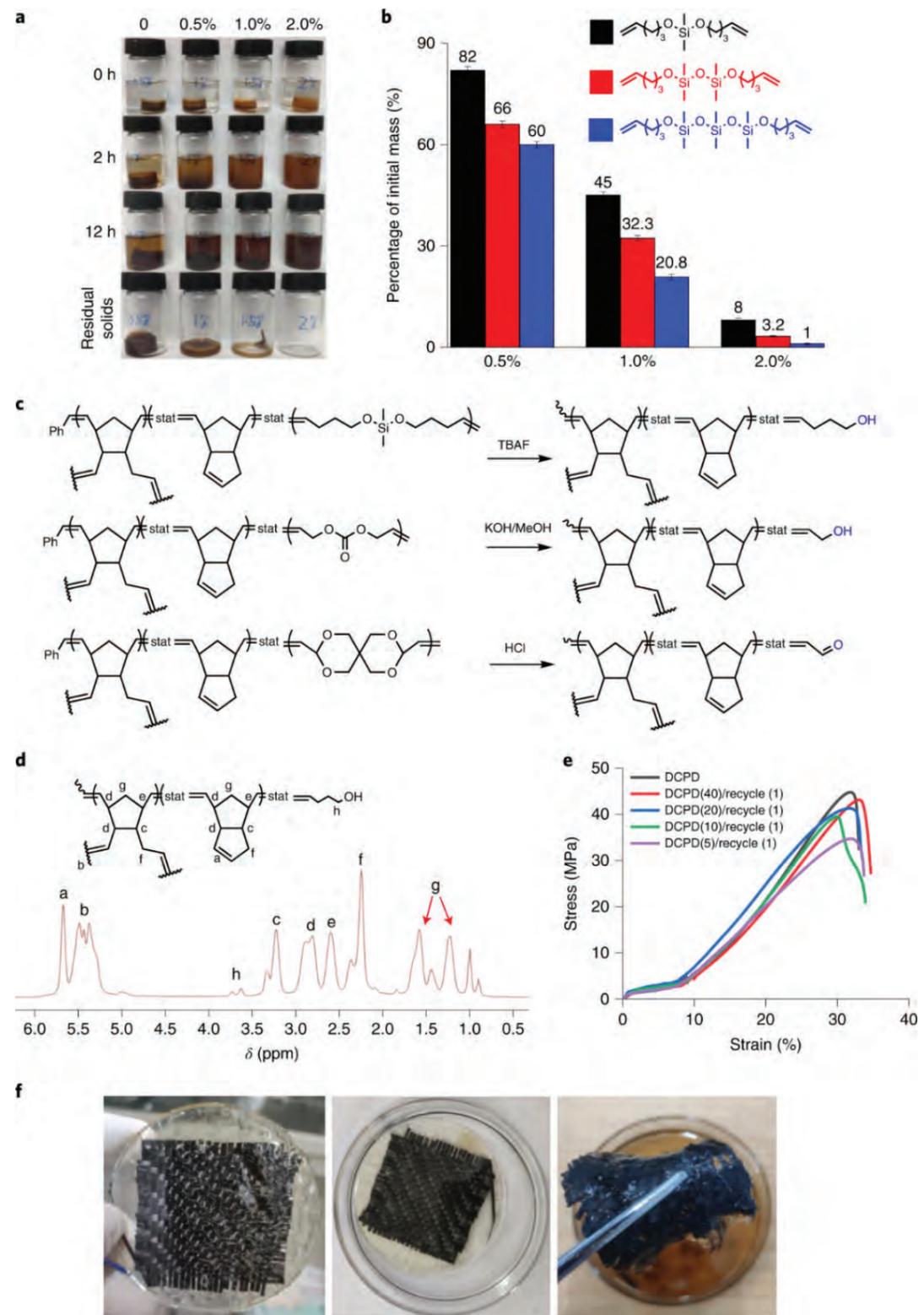


图3. 热固材料的降解回收利用

18.4MPa, 断裂应变范围为320–530% (图4a, 4b); 此外, 所制备的可降解热塑材料还表现出优异的氧气及水蒸气阻隔性能, 且均优于LDPE, 这也在包装工业中有一定的应用前景 (图4c, 4d); 同样, 此共聚反应可以在200g的规模下维持相似的聚合水平, 并且, 所制备的聚合物材料性能也有很好的维持; 使用环辛烯与二烯烃单体M1和M2共聚所制备的聚合物材料通过降解得到 $\alpha$ -和 $\omega$ -取代的封端聚乙烯的混合物, 这些降解产物继续通过相应的缩聚反应可转化回可降解聚合物 (图4g), 从而使得聚合物材料实现闭环回收。

最后, 基于环辛烯 (COE) 单体与二烯烃可降解单体复分解共聚反应, 引入第三共聚单体-己基取代的环辛烯 (COE-hex), 继而氢化即可制备可降解的弹性体材料 (图1b)。二烯烃单体M2与环辛烯共聚并氢化制备聚合物材料的拉伸应力-应变曲线中, 有一个明显的屈服点, 屈服强度为17.6MPa, 材料表现出典型的热塑性特点, 当掺入14.5mol%的第三共聚单体COE-hex时, 所得聚合物材料的屈服强度降低至4.0MPa, 随着加入的COE-hex单体升至27.8mol%时, 所制备的材料表现出弹性体特征 (图4e), 且此

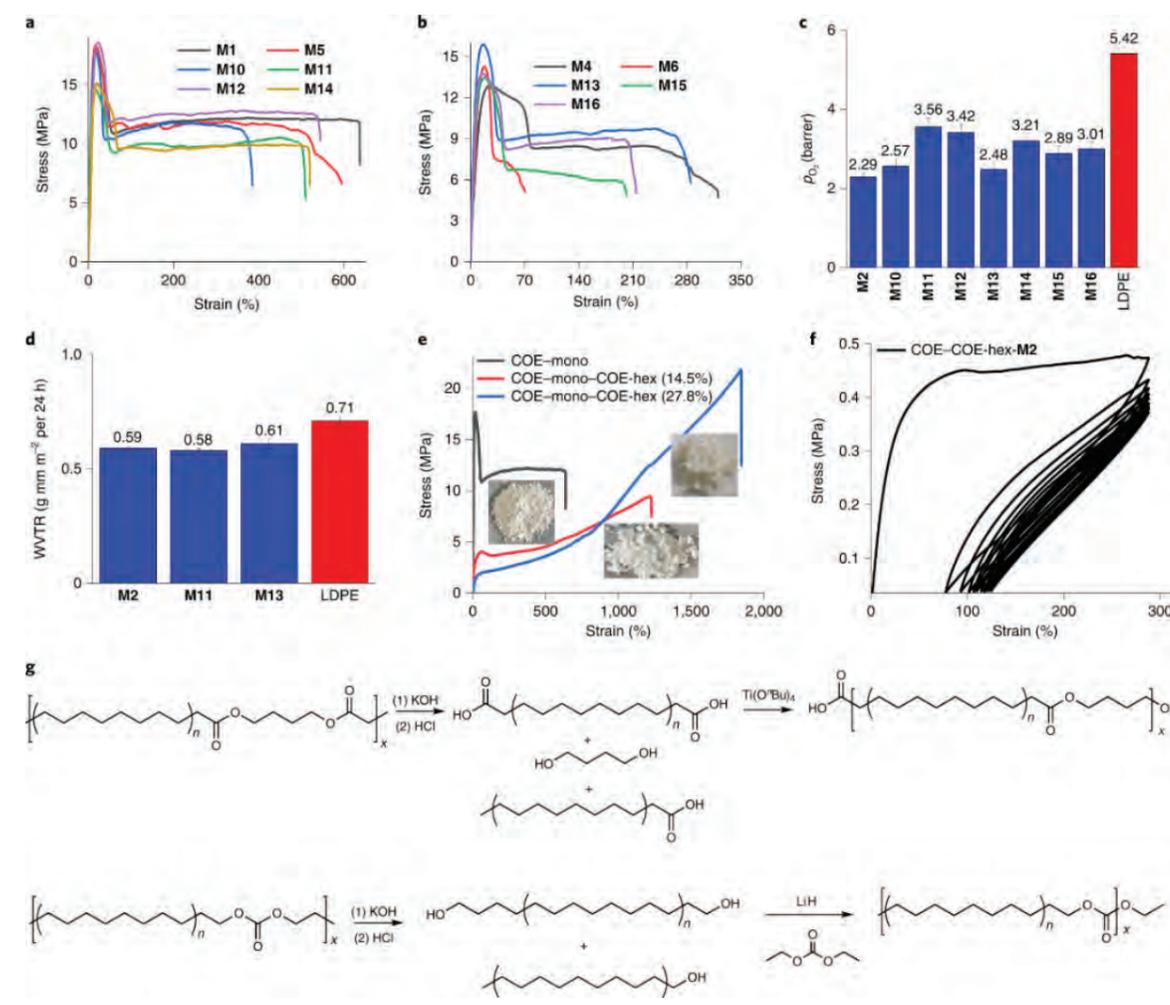


图4. 可降解热塑性材料以及弹性体材料的特性和回收利用

类三元共聚制备的弹性体材料的循环拉伸测试结果表明其拉伸回复率可接近约60% (图4f)。

总的来说,作者开发了一种简单且高度通用的策略,并制备了一系列可降解的热固性、热塑性和弹性聚合物材料。该策略的一个引人注目的特点是在已广泛应用的开环易位聚合反应 (ROMP) 条件下,使用市售或易于合成的具有不同官能团的二烯或三烯共聚单体与不同的环状单体发生聚合反应,即可制备材料性能以及降解方式多样的可降解回收聚合物材料。同时,需要非常低的共聚单体负载体量 (<2mol%) 才能在不牺牲材料性能的情况下实现良好的降解性。这种简单的聚合物合成策略以及所制备的可降解聚合物材料将引起进一步的科学研究和工业应用的关注。

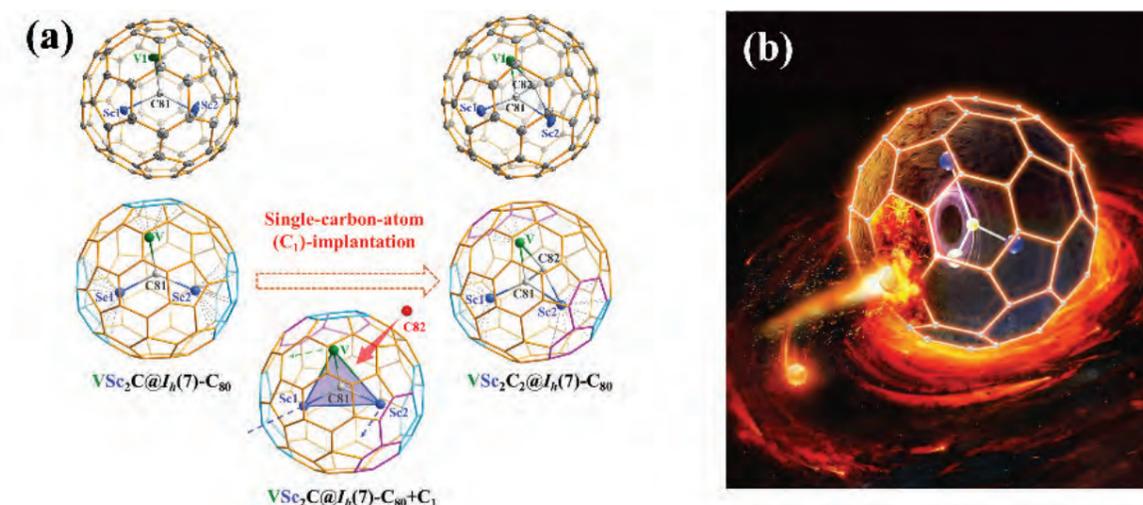
相关研究以“Cyclic-acyclic monomers metathesis polymerization for the synthesis of degradable thermosets, thermoplastics and elastomers”为题发表在Nature Synthesis杂志上,中国科学技术大学博士后司桂福为文章的第一作者,中国科学技术大学陈昶乐教授为文章的通讯作者。该工作得到了国家重点研发计划(2021YFA1501700),国家自然科学基金(No. 52025031, U19B6001, U1904212)和王宽诚教育基金的支持。

原文链接: <https://www.nature.com/articles/s44160-022-00163-9>

## 中国科大提出全新的内嵌金属富勒烯形成机制

中国科学技术大学杨上峰教授课题组合成了两种新型的基于过渡金属钒的内嵌金属富勒烯  $VSc_2C@C_{80}$  和  $VSc_2C_2@C_{80}$ , 结合这两种分子结构上的关联性, 提出了一种全新的内嵌金属富勒烯形成机制—自驱动单原子碳注入机制, 在内嵌金属富勒烯领域取得重要进展。研究成果以“Self-Driven Carbon Atom Implantation into Fullerene Embedding Metal-Carbon Cluster”为题发表在国际著名期刊 Proceedings of The National Academy of Sciences of the United States of America 上 (Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 2022, DOI: 10.1073/pnas.2202563119)。

内嵌金属富勒烯因其结构的多样性在近二十年间得到了飞速的发展, 迄今为止已经有超过五十种金属团簇被报道嵌入到富勒烯碳笼中, 然而它们的形成机理却是长期困扰科学家的一个难题。揭示内嵌金属富勒烯的形成机理不仅有助于深入理解金属富勒烯结构的稳定性, 还对于实现金属富勒烯材料的可控、高产率合成具有重要指导意义。目前报道的三种内嵌金属富勒烯形成机制(碳团簇插入、脱去机制, 以及Stone-Wales机制)都侧重于外部碳笼骨架的转变, 然而对于内嵌金属团簇之间的转变机制则从未被报道过。因此, 对内嵌金属富勒烯中内嵌金属团簇的形成机理的深入研究是富勒烯领域极其重要且富有挑战性的工作。



图注. (a)  $VSc_2C@I_h-C_{80}$  和  $VSc_2C_2@C_{80}$  的单晶结构图以及自驱动单原子碳注入机制示意图。(b) 单原子碳注入过程效果图, 形象地表示了在内嵌金属团簇形成的“黑洞”的吸引下, 外部单原子碳(黄色)穿透富勒烯碳笼的过程, 最终该单原子碳与碳笼内部的钒(白色)、铌(蓝色)及中心碳原子成键。

鉴于此, 杨上峰教授团队在前期工作的基础上 (J. Am. Chem. Soc. 2016, 138, 207; Angew. Chem. Int. Ed. 2018, 57, 10273), 合成并分离出两种新型的基于过渡金属钒的内嵌金属富勒烯  $VSc_2C@C_{80}$  和  $VSc_2C_2@C_{80}$ 。并和中国科学技术大学李群祥教授课题组、厦门大学谢素原院士团队合作, 利用单晶X射线衍射技术精确表征了它们的分子结构, 结合DFT理论计算对其电子结构进行了系统研究, 发现这两种内嵌金属富勒烯的分子结构和电子结构存在极大的相似性。在此基础上, 提出它们之间存在一种全新的内嵌金属富勒烯形成机制—自驱动单原子碳注入机制。该机制可以分为两个过程, 包括: (1) 独碳团簇金属富勒烯 ( $VSc_2C@C_{80}$ ) 对单原子碳的吸附; (2) 单原子碳注入到碳笼形成双碳团簇金属富勒烯  $VSc_2C_2@C_{80}$ 。所内嵌的过渡金属钒 (V) 上存在的单电子对于促进单原子碳吸附到碳笼上起着至关重要的作用。不同于之前通过高压法或离子注入法实现将非金属原子(如氮)嵌入到中性富勒烯碳笼的报道, 通过单原子碳注入机制可以实现将非金属原子原位嵌入到带负电的碳笼中, 而且由于内嵌钒原子的存在, 该过程可以认为是自驱动的, 相比于以往的合成方法大大降低了反应能耗。因此, 该结果对于深入理解内嵌金属富勒烯的形成机理以及合成新结构内嵌金属富勒烯具有重要意义。审稿人认为“这两种金属富勒烯的结构很新颖”(“These two metallofullerenes are new and their structures are amazing.”)

该论文的共同第一作者为中国科学技术大学博士毕业生官润南、厦门大学博士后陈佐长和安徽建筑大学黄静教授, 通讯作者为中国科学技术大学杨上峰教授和厦门大学张前炎副教授。该项研究得到了科技部、国家自然科学基金委、能源材料化学协同创新中心和量子信息与量子科技前沿协同创新中心的资助。

附文章链接: <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2202563119>

## 石墨烯制备取得新进展：微流反应2分钟实现石墨氧化

氧化石墨及其剥离产物氧化石墨烯，作为规模化制备石墨烯的关键前驱体，在许多领域扮演重要角色。目前在科学研究及工业制备中，主要以1958年提出的Hummers法为基础，利用强氧化剂在浓硫酸体系中对石墨进行化学氧化，进一步剥离得到氧化石墨烯。近些年研究人员针对Hummers法提出了许多改进措施，但由于氧化剂在石墨层间扩散缓慢和易爆中间产物 ( $Mn_2O_7$ ) 的产生与积累，导致反应耗时长、安全隐患大、品质管控难等问题；规模化生产场景下的大体积反应釜和低换热效率进一步加重了这些挑战。因此，亟待开发一种高效、安全且可规模化应用的氧化石墨烯制备技术。

近日，中国科学技术大学朱彦武教授团队，通过与中科院上海高等研究院、常州第六元素材料科技股份有限公司和上海交通大学进行合作研究，在国际期刊《Advanced Materials》上发表题为“Microfluidic Oxidation of Graphite in Two Minutes with Capability of Real-Time Monitoring”的文章。

文章提出，采用具有百微米尺寸和连续流动特征的微通道反应器，充分利用微通道内高效传质传

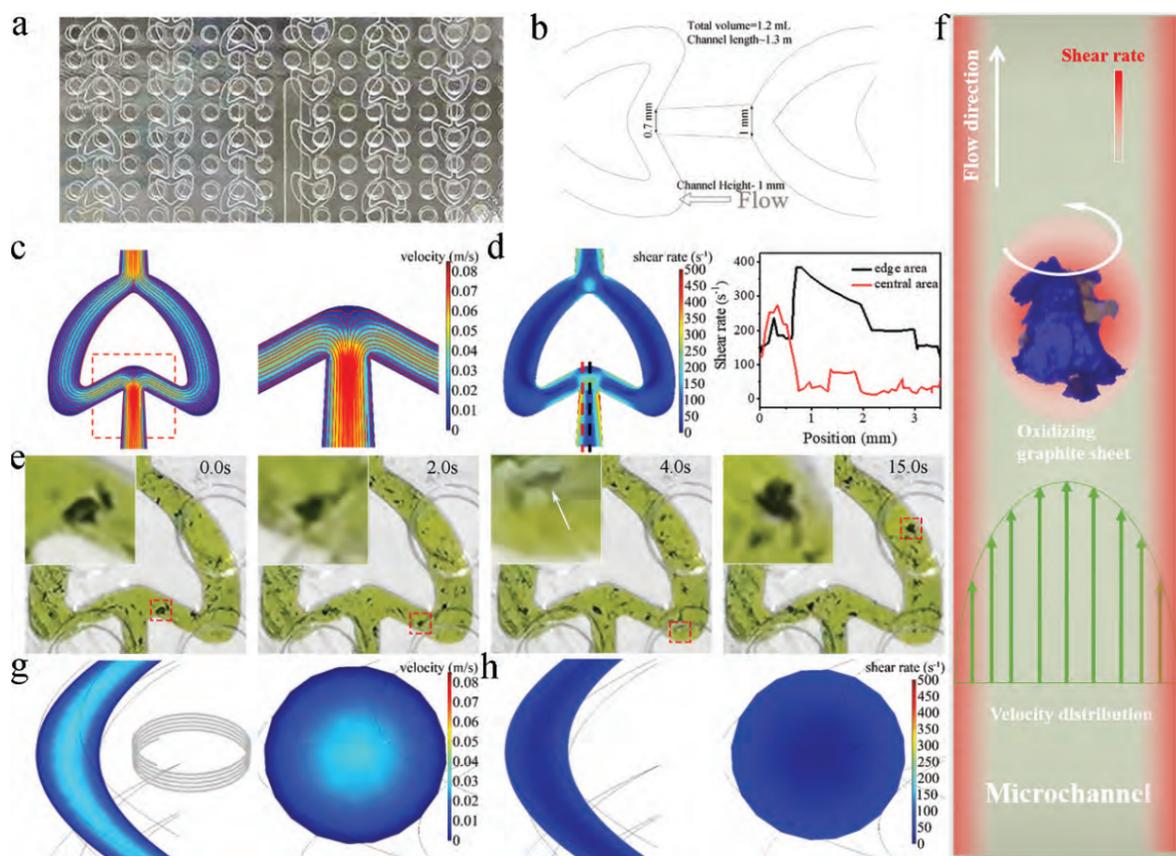


图1. 芯片微通道反应器中流体行为数值模拟和石墨微片显微观测

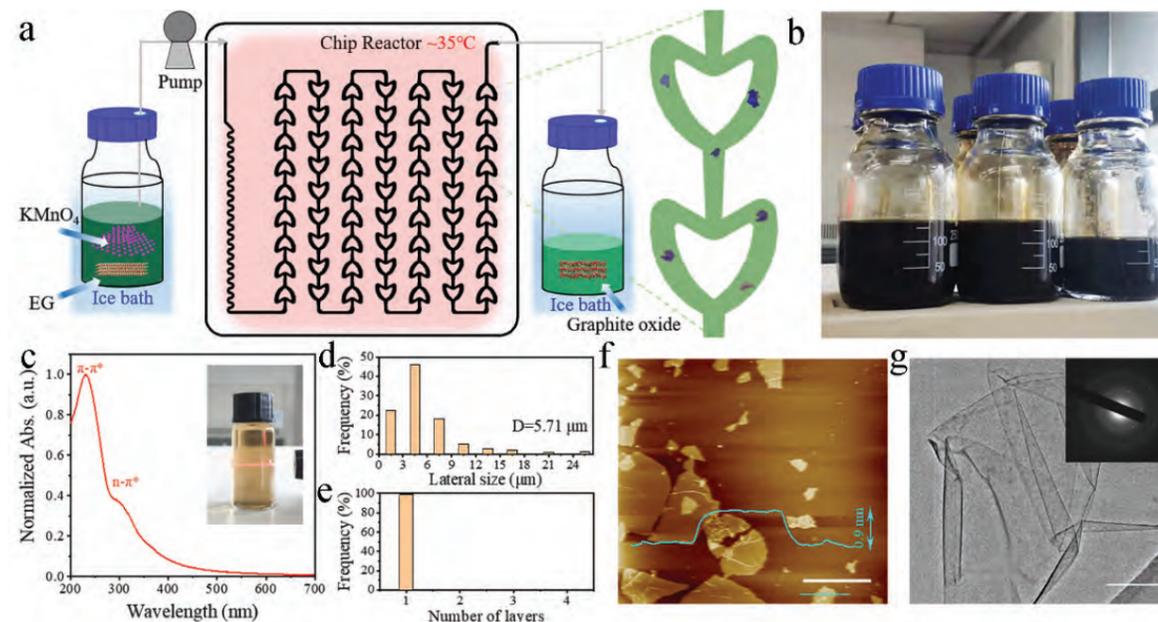


图2. 微通道制备得到的氧化石墨烯形貌表征

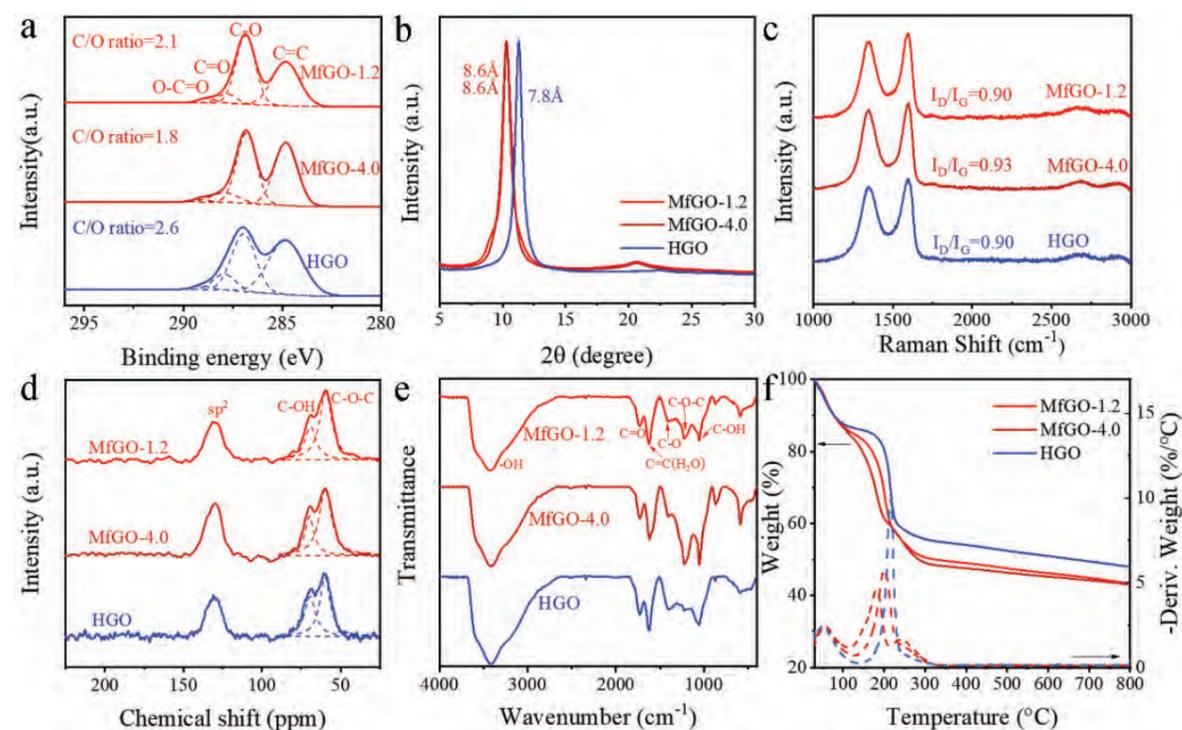


图3. 微通道制备 (MfGO-X, X为反应停留时间) 与传统方法 (HGO) 制备的氧化石墨烯的化学表征比较

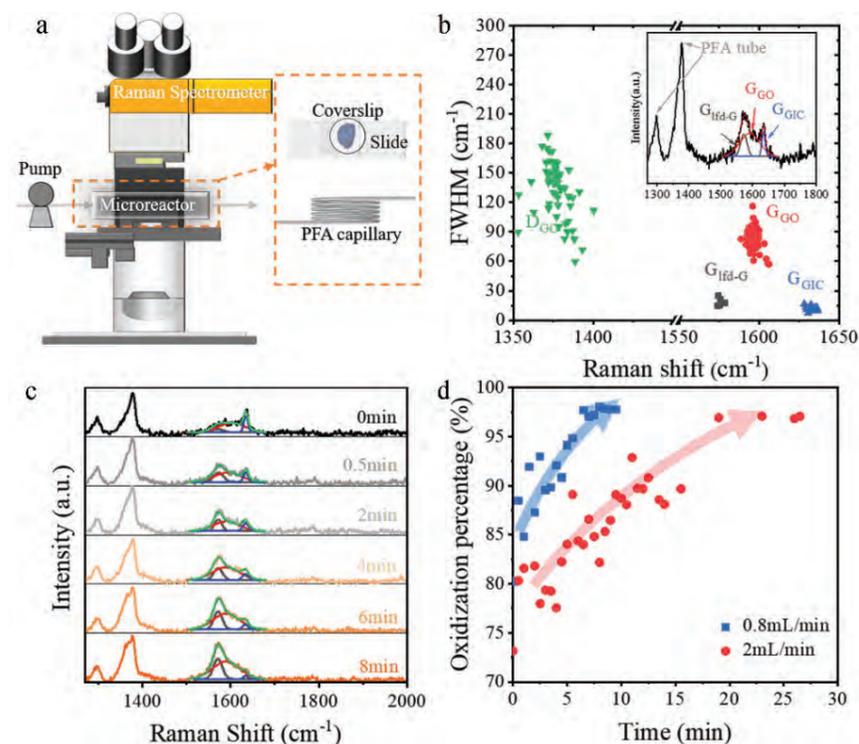


图4. 利用拉曼光谱实时检测氧化进程

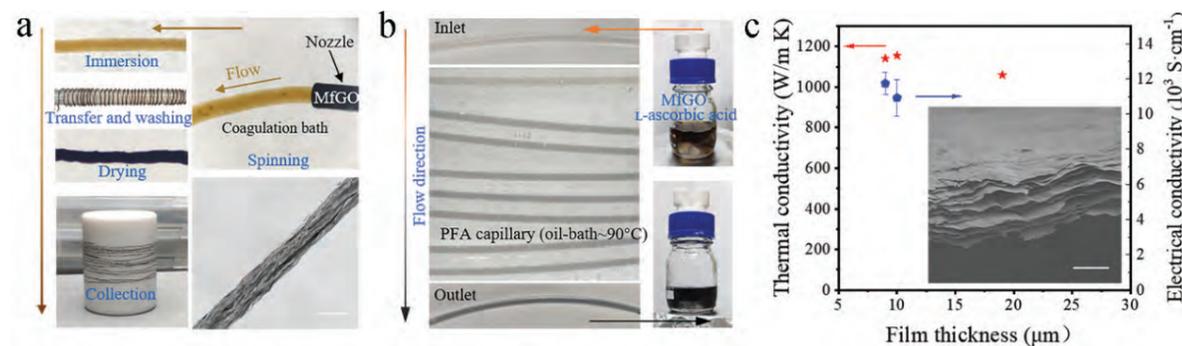


图5. 微流中展示组装、微流还原及得到的石墨烯薄膜导热导电性能

热等特点，实现高效且本质安全的石墨氧化过程。强化的微流反应使得石墨在2分钟之内即可达到传统反应釜中数小时才能实现的氧化程度；通过改变微反应器构型、反应流体参数等可在一定范围内精细调节氧化石墨烯的氧化程度和含氧官能团种类。据此结果进行并行放大，年产60吨的连续化制备产线仅需总共约6.5升的微反应器体积。

此外，小尺寸且透明的微反应器使得利用光谱实时检测氧化进程成为可能。作者通过原位表征石墨氧化中的拉曼G峰演变，分析了流速、原料石墨种类和片径等对氧化反应动力学的影响。在此基础上，还验证了在微通道中对氧化石墨烯进行还原、组装的能力，并展示了氧化石墨烯产物的导热导电性能，为利用微流体技术实现氧化石墨烯的制备与应用奠定基础。

该研究工作得到国家重点研发计划项目（2020YFA0711502）、国家自然科学基金项目（51772282, 51972299, 52003265）和江苏省重点研发计划（BE2021007-1）支持。

原文链接：<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/adma.202107083>

## 中国科大在钙钛矿光伏深能级缺陷研究中取得新进展

日前，中国科学技术大学徐集贤教授团队与武晓君教授团队、中科院苏州纳米所陈琪研究员、蒲洪振研究员团队合作，通过实验测试和理论计算的相互印证，揭示钙钛矿/高分子界面多种模式的相互作用，以及这些作用与深能级缺陷钝化的对应关系，为大幅提高器件效率以及进一步开发广谱类钝化策略提供重要参考。相关成果以“Correlating the perovskite/polymer multi-mode reactions with deep-level traps in perovskite solar cells”为题目于11月4日发表在学术期刊《Joule》上。

近年来，金属卤化物钙钛矿太阳能材料逐渐完善，很有希望成为下一代薄膜光伏技术。在钙钛矿前驱体溶液转变成多晶薄膜的快速过程中，很容易形成高缺陷浓度（ $\sim 10^{15}$ /立方厘米），这其中少数载流子的深能级缺陷会造成严重的界面复合损失。因此，深能级缺陷的精准钝化，是推进钙钛矿太阳能电池逼近Shockley-Queisser理论极限的中心研究问题之一。另外，针对钙钛矿组分多样以及缺陷类型多样的复杂情况，探索有较广适用性的钝化策略极具挑战。相对传统小分子钝化剂，高分子钝化一般更具热稳定性，而且在官能团以及分子构型上具有更高复杂性和设计自由，成为广谱类钝化的研究重点之一。这里面还存在诸多问题需要回答。例如，一种官能团与钙钛矿表面是否只有一种相互作用模式？而这些相互作用能否精准抑制少数载流子深能级缺陷而不是浅能级缺陷或者多子缺陷？

针对以上问题，研究团队以聚乙烯亚胺（PEI）聚合物及其衍生物作为模型研究对象，发现了高密度胺基集团与钙钛矿表面的多模式作用机制。通过高灵敏XPS、深度分辨XPS测试以及和频光谱技术等表面敏感表征测试，发现和确认了钙钛矿/PEI界面的原位胺基质子化反应（图A-D）。这种原位的表面化学反应，不同于传统认为的钙钛矿/PEI界面胺基物理吸附和金属螯合模式，扩展了认识，共同组成了单一官能团与钙钛矿复杂表面的多模式相互作用。进一步的，研究团队结合深能级缺陷瞬态谱技术（DLTS）和密度泛函理论技术（DFT）等方法细致研究这些作用模式与不同缺陷的对应关联（图E-H），考察其对缺陷类型、深度、浓度、捕获截面等性质的影响，发现原位质子化模式能够有效钝化钙钛矿少数载流子深能级缺陷，而离位质子化没有这种效应。同时，传统物理吸附模式、金属螯合模式的这种缺陷钝化效应较弱或者更倾向钝化多子缺陷。另外，研究团队比较了链状、支状、支状部分醇化等不同构型PEI的钝化效果和器件伏安特性，进一步指明了官能团与构型的协同效应（图I-J）。

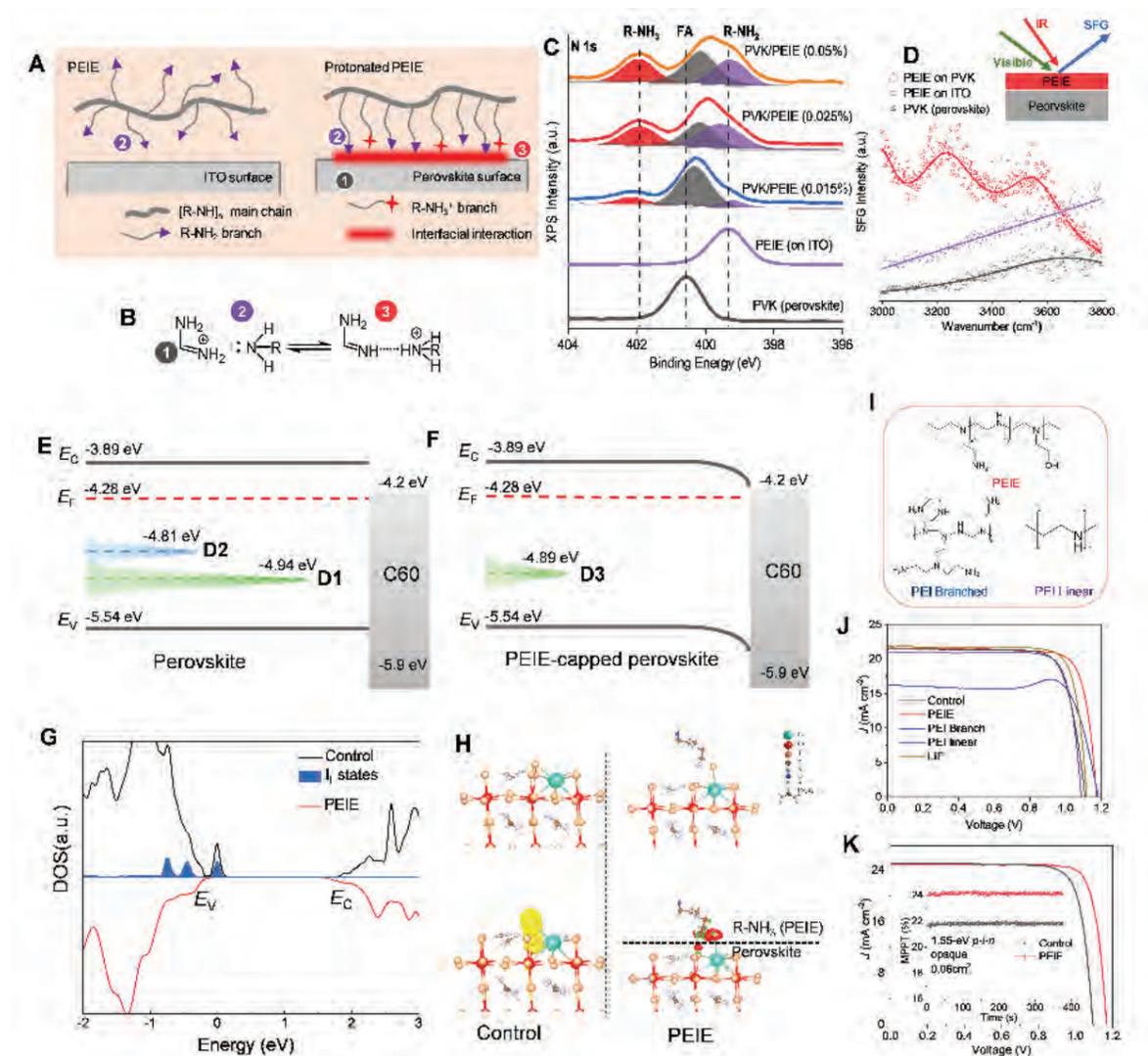


图. (A, B) 钙钛矿/PEI原位反应示意; (C) N原子的XPS信号; (D) 表面和频信号; (E, F) 深能级缺陷瞬态谱DLTS测试结果; (G, H) 密度泛函理论(DFT)计算的少数载流子缺陷钝化; (I, J) 不同构型PEI的器件效果; (K) 1.55eV反式p-i-n器件性能提高

以上结果说明为了提高钝化适用性,除了增加官能团种类的常规思路外,单官能团的多模式钝化效应也值得探索。

在反式钙钛矿器件结构(p-i-n结构)中,这种技术在1.65eV、1.55eV等不同带隙钙钛矿太阳能器件上均取得了显著的提升效果。这种适用性有利于其在晶硅/钙钛矿叠层、钙钛矿/钙钛矿叠层等多种叠层电池中的应用。器件可以在1000小时以上的最大功率点追踪和85度加热老化等加速寿命测试中没有表现出明显的衰退。其中,1.55eV太阳电池实现了24.3%的光电转换效率(图K),是反式钙钛矿器件已报告的最高效率之一。

中国科学技术大学化学与材料科学学院博士生朱正洁、毛凯天,以及微尺度物质科学国家研究中心博士后张凯为论文共同第一作者。中国科学技术大学徐集贤教授为通讯作者。此项工作得到国家自然科学基金、国家科技部、中国科学院、合肥综合性国家科学中心能源研究院、中国福建能源器件科学与技术创新实验室(21C-LAB)的基金支持。徐集贤教授致谢国家同步辐射实验室和腾讯基金会科学探索奖的支持。

文章链接: <https://authors.elsevier.com/a/1g1Nc925JEJyIj>

DOI: 10.1016/j.joule.2022.10.007

## 中国科大提出“离子精馏”新单元操作,实现高镁锂比盐湖卤水直接提锂

近日,中国科学技术大学徐铜文教授团队在高镁锂比盐湖卤水提锂领域取得重要进展。启发于传统的多级塔板精馏机制与层析色谱分离机制,针对化工特种分离领域复杂物料分离难题,团队原创性地提出一种“离子精馏”概念,并首次应用于高镁锂比盐湖提锂。离子精馏技术极大地提升了特种物料间的分离效率,由盐湖卤水一步制取超电池级纯度的锂产品,解决了高镁锂比盐湖卤水提锂的技术难题。同时,该技术对不同溶质体系的盐湖卤水也具有广泛适用性,并有望实现卤水、海水、矿物中有价物质,如钾、铷、铯、镁、硼等的精细化筛分,推动目标物料的高值化利用。该研究成果以Ion-“distillation” for isolating lithium from lake brine为题,以快讯(Letter)形式发表于《美国化学工程杂志》(AIChE Journal, 2022, e17710, DOI: 10.1002/aic.17710)期刊上,该栏目主要报道化工领域具有前瞻性以及有潜在重大影响的工作。

锂是化学储能锂电池的重要原料,锂电是解决传统能源危机,并推动解决“双碳”问题的重要手段。我国盐湖卤水具有高镁锂比的特点,而锂镁高效分离仍是高镁锂比盐湖提锂过程的突出问题,这也直接导致我国电池级的锂产品仍依赖进口,盐湖提锂逐渐成为保障我国锂资源安全的重要课题。

针对高镁锂比盐湖卤水锂镁分离问题,团队基于前期工作积累,聚焦化工特种分离应用前沿,另辟蹊径,启发于传统的塔板精馏与色谱分离技术,原创性的提出了“离子精馏”盐湖提锂技术。传统的电渗析系统采用阴/阳离子选择膜间隔排布,两种离子膜构成一个膜单元,离子筛分性能受限于单张离子选择膜。“离子精馏”打破传统电渗析单元内部的功能隔膜间隔排布方式,基于“同类同侧”原则,将多个同类型膜并列排布,并在电渗析单元内集成,设计理念如图1。利用特种离子在堆叠离子膜中的多级筛分机制及离子选择性的级数放大效应,实现锂离子由高镁锂比盐湖卤水的精准分离。每张离子膜在离子精馏腔室的功能可视为精馏塔中的塔板,锂镁离子在堆叠的离子选择膜间迁移,由于锂

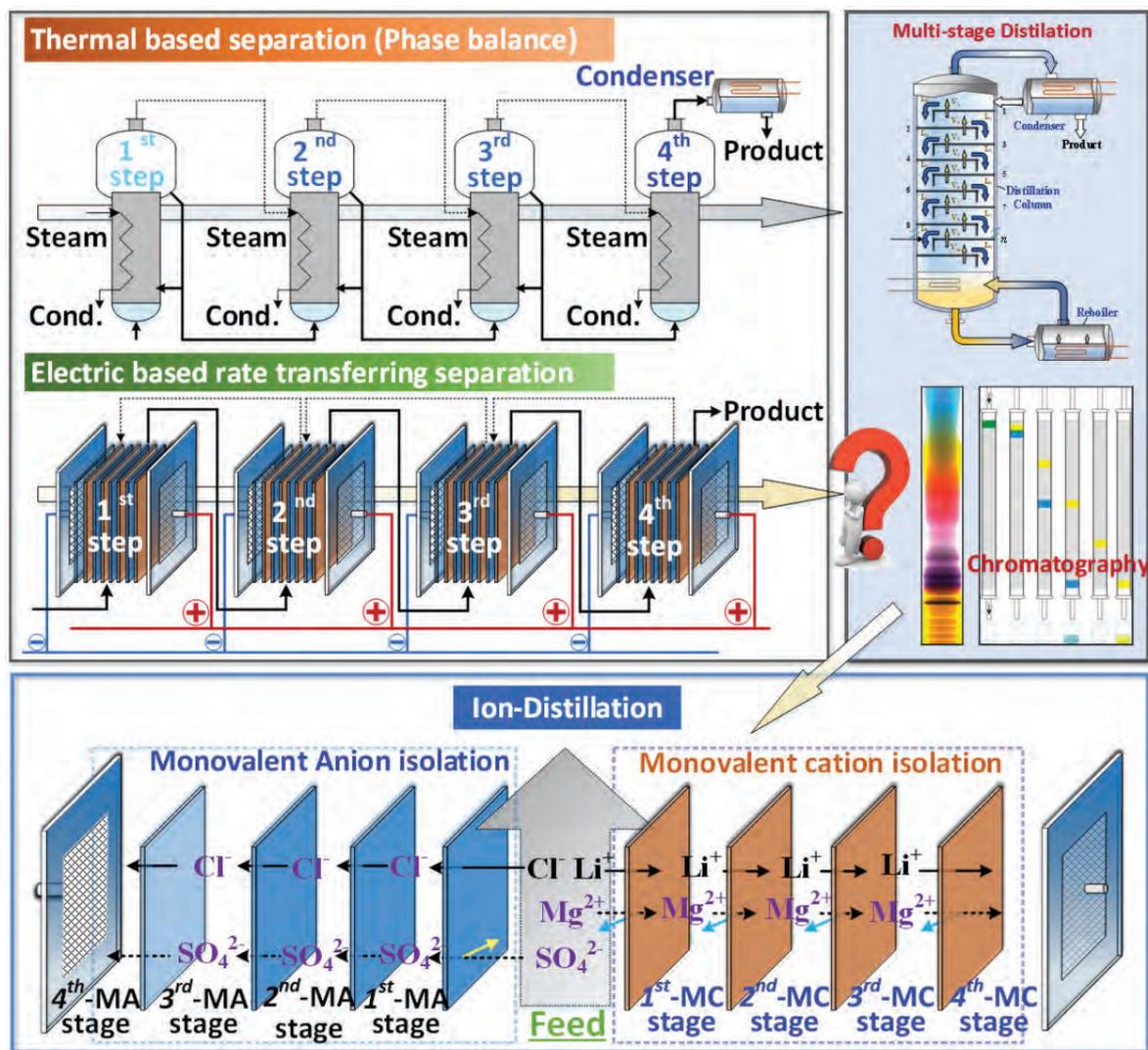


图1. 离子精馏技术设计理念

离子与镁离子在离子膜相存在迁移速率差异，基于色谱分离层析机制，在电场力驱动下实现锂镁离子的电吹脱分离。

实验构建一级至四级的离子精馏系统，并针对高镁锂的盐湖卤水（青海东台吉乃尔盐湖，镁锂比 > 35），开展了研究。结果表明对于一级至四级离子精馏过程，锂镁的选择性由30（一级）逐级提升至1104（二级）、3297（三级）与26177（四级），二级与四级离子精馏获得的锂产品纯度为99.69%与99.98%，分别超过了工业级与电池级标准。最终从青海东台吉乃尔盐湖卤水中得到的碳酸锂与磷酸锂产品如图2所示。作为一种新型化工单元操作，离子精馏的分离效果显著优于目前文献中所报道的各类先进功能膜材料以及膜分离过程（如图3所示）。

离子精馏技术有助于解决传统膜分离技术在盐湖提锂产业中存在的问题，保障我国锂资源安全。

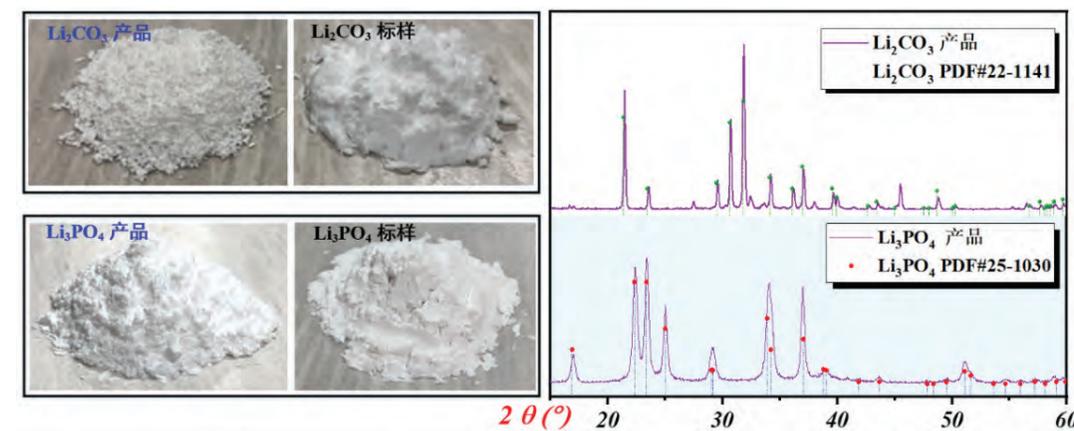


图2. 通过离子精馏处理后得到的碳酸锂与磷酸锂样品

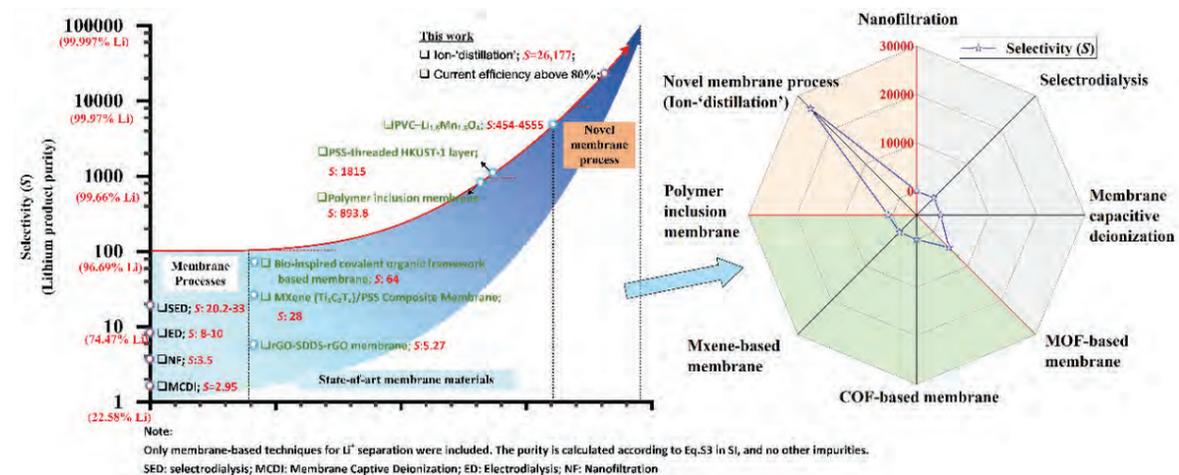


图3. 离子精馏技术与传统膜分离技术及先进功能膜材料的先进性对比

同时，离子精馏作为一个平台技术，集成了平衡分离（选择性高）与速率分离过程（运行成本低）的特色优势，将为锂同位素分离、稀土分离、海水精制、精细化学品分离、生物制药等特种分离场景提供有效解决方案，助力相关过程产业技术升级，特别是化工特种分离技术革新。相关技术已经申请了发明专利（CN202110868560.9；CN202110868710.6；CN202110868737.5；CN202111026979.6；CN202110980248.9；CN202110980229.6；）

中国科学技术大学蒋晨啸副研究员与陈秉伦博士后为该工作的共同第一作者，徐铜文教授为通讯作者。本工作得到了科技部国家重点研发计划“碱性离子交换膜制备技术及应用”项目，国家自然科学基金青年项目，以及安徽省科技重大专项项目支持。

全文链接：<https://aiche.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/aic.17710>



# 2022 Annual Report

化学与材料科学学院  
School of Chemistry and Materials Science

## 附录

### 附录1 2022年度学院在册教职工

#### 在职教工（在编）名单

##### 化学物理系：

陈东明 陈艳霞 陈 旻 耿 昱 侯中怀 胡水明 黄伟新 江 俊 蒋 彬 李 恒  
李全新 李群祥 李微雪 李星星 李震宇 廖结楼 刘安雯 刘光明 刘 红 刘进勋  
刘 璐 刘世林 路军岭 罗 毅 千 坤 邵 翔 田善喜 汪文栋 王兴安 徐瑞雪  
徐勇强 闫立峰 严 欢 杨金龙 叶晓东 张 群 张印俊 张 镇 周晓国

##### 应用化学系：

陈 维 邓 晋 傅 尧 高 超 葛君杰 葛 亮 洪 勋 黄 涛 季恒星 江 鸿  
刘 波 刘 东 石 景 汪耀明 王功名 吴 亮 吴宇恩 熊宇杰 徐铜文 杨正金  
姚宏斌 张晓东 张 颖 周 敏 朱永春

##### 材料科学与工程系：

曹瑞国 陈初升 陈春华 陈 涛 初宝进 丁锦文 杜平武 傅正平 高海英 郝绿原  
江国顺 焦淑红 陆亚林 马 骋 彭冉冉 任晓迪 王成威 武晓君 夏长荣 向 斌  
徐集贤 徐 军 徐 鑫 杨上峰 余 彦 占忠亮 张文华 章根强 朱彦武 朱长飞

##### 化学系：

崔 华 邓兆祥 傅得欣 葛 袁 龚流柱 谷永红 顾振华 郭宇桥 韩志勇 黄光明  
黄汉民 江海龙 焦 龙 康彦彪 雷 璇 李光水 李 涛 梁海伟 刘建伟 刘 卫  
刘扬中 罗时玮 马明明 孟 征 闵元增 邵利民 时 亮 宋乐新 宋钦华 唐凯斌  
田仕凯 田晓波 汪普生 汪义丰 汪志勇 王 川 王官武 王细胜 王中夏 吴长征  
肖 斌 谢 毅 徐小龙 徐允河 许 毓 杨 晴 雍国平 俞书宏 虞正亮 袁 月  
张凤莲 张清伟 郑小琦  
金 谷（9月退休） 尚 睿（12月离职）

##### 高分子科学与工程系：

陈昶乐 崔昆朋 崔林松 葛学武 何卫东 洪春雁 胡进明 李 闯 刘和文 刘华蓉  
刘世勇 汪 峰 汪谟贞 王龙海 王尚飞 王延梅 王志刚 吴 思 肖石燕 徐航勋  
阳丽华 杨海洋 尤业宇 张国颖 朱平平 邹 纲  
梁好均（2月逝世）

## 化学实验教学中心:

方思敏 冯红艳 高明丽 郭林华 胡万群 黄微 蒋俊 金邦坤 兰泉 李红春  
李娇 李玲玲 李婉 李维维 刘红瑜 邵伟 盛翔 孙晴 田红军 汪红蕾  
王晓葵 王钰熙 魏伟 吴红 吴强华 杨凯平 姚奇志 查正根 张万群 郑媛  
陈锴 (3月调离)

## 学院办公室:

陈育新 丁家富 顾若水 霍磊 李雪 刘贤玉 孙静 王晓红 杨鑫 周小东  
朱芸  
周婷 (12月调离)

## 聘期制科研人员 (特任研究员)

戴懿涛 胡祥龙 李储鑫 苏育德 张洁 张振 赵创奇 庄涛涛

## 聘期制科研人员 (特任副研究员)

白云星 程璐洁 代保湖 丁辉 付岑峰 高明亮 葛晓琳 龚天军 韩冬冬 侯之国  
宦道明 蒋晨啸 金洪昌 金松 李春阳 李科 李强强 李兴亚 林宁 刘超  
刘国强 刘航 刘琴 陆熹 马妮 倪堃 潘飞 舒江南 唐荣风 王恒伟  
王磊 王嵩 王学会 魏熹 吴兵兵 杨丽娇 姚东宝 姚阳榕 姚雨 于帮魁  
袁秉凯 张超 张红莉 张磊 张泽 赵浩雨 周煌 周杰

## 2022年期间离职人员:

陈木青 冯佳 付明臣 焦星辰 刘鸿飞 马涛 邵伟 王金龙 张立建 张雪倩  
张颖 朱卫多

## 聘期制科研人员 (博士后)

阿福 巴哈特 陈光 陈清 陈颀 陈志 程晗 段龙辉 樊健 弓弘  
古健 顾润 关桥桥 管新宇 郭明全 黄辰曦 黄晋 黄玉茜 蒋玉楠 靳宗梓  
卡西姆 柯大梅 雷占武 李成勛 李思成 廖睿 刘曼曼 刘孝龙 刘彦铎 刘洋  
马丽 孟玉峰 聂旋 彭康 沙布南 盛方猛 孙娜娜 孙贤顺 孙潇 谭佳佳  
汪东东 王报英 王会会 王加旺 王家志 王金柱 王坤 王彦 徐孙林 徐婷婷  
许光月 许哲远 叶淑芬 叶甜 殷逸臣 苑帅 张帆 张红 张良 张铭军  
张秋池 张扬 张镇 章富 赵强 左培培

## 2022年期间离职人员:

安明 巴舍尔 陈秉伦 陈庆霞 陈文韬 韩善磊 胡郅虬 季巍巍 李兴龙 牛闯  
马致远 潘瑶 齐美洲 宋永红 孙兆威 汪韬 王珏 吴家伟 夏磊 叶科  
张耀龙 周江骏 周翔

## 附录2 2022年度学院获奖教职工

## 单项奖获奖名单

姓名	奖项	颁发单位
俞书宏	中国科学院杰出科技成就奖	中国科学院
陈昶乐	中国科学院青年科学家奖	中国科学院
余彦	中国青年女科学家奖	中华全国妇女联合会 中国科学技术协会 中国联合国教科文组织全国委员会 欧莱雅(中国)有限公司
	安徽省三八红旗手	安徽省妇联
	美团青山科技奖	青山科技基金
千坤	安徽省最美辅导员	安徽省委教育工委
张晓东	中国化学会青年化学奖	中国化学会
	海外校友基金会“青年教师事业奖”	中国科学技术大学
蒋彬 刘世勇	中科院优秀研究生指导教师奖	中国科学院
谢毅	李佩奖教金	中国科学技术大学
武晓君	平凡基金教育奖	中国科学技术大学
朱彦武 方思敏	王宽诚育才奖	中国科学技术大学
顾若水	江淮蔚来爱岗敬业奖	中国科学技术大学
霍磊	杨亚基金-爱岗敬业奖	中国科学技术大学
张清伟	华为奖教金	中国科学技术大学
李雪 方思敏 高海英 汪谟贞 陈春华	院级优秀班主任	化学与材料科学学院
徐铜文 黄汉民 闵元增 肖石燕	张懋森基金—科研奖	化学与材料科学学院
李微雪 汪谟贞 高海英	张懋森基金—管理奖	化学与材料科学学院
吴强华 李维维 蒋俊 邵伟	学院发展基金—优秀实验支撑教师奖	化学与材料科学学院
刘贤玉 周婷 李光水 朱芸	学院发展基金—社会服务和管理奖	化学与材料科学学院
葛亮 吴亮 汪耀明 杨正金 邓晋 葛晓琳 李兴亚 张帆 彭康 徐婷婷	世华科技—科研奖	化学与材料科学学院
刘小荷	世华科技—管理服务奖	化学与材料科学学院

## 附录3 2022年度获重要奖项和院内奖项学生名单

## 本科生奖

## 郭沫若奖学金

李心语 张弛 孙晨熹 皮婧霖

## 本科生国家奖学金

冯锦蕾 彭子骏 邹嘉沛 杜莹 刘若津 邹骏希 赵泮林

## 上海有机化学研究所黄鸣龙奖学金

方苗焯 李荣耀 皮婧霖 张弛 鲁子坤 王建平 施响 胡喻栋 邹骏希 李俊霖

## 化学研究所英才奖学金

高嘉 李心语 曹晓雨 李翌冉 蒋越 彭子骏 李东骏 张君阳 黄俊铭 施响

## 长春应用化学研究所吴学周奖学金

岑泽炎 李存玉 彭立波 冯锦蕾 阮雨虹 刘若津 季洋 范宝强 柳毅杰 王潇宇

## 福建物质结构研究所卢嘉锡奖学金

周润辉 张皓宇 盛佳惠 闫慧坤 邹嘉沛 梁艺铭 李含章 杨凯文 张嘉俊 王潇宇

## 上海硅酸盐所大学生奖学金

孟昊哲 吴毅彬 郭一东 江君豪 胡硕漙

## 广州能源所大学生奖学金

贾子衿 禰科材 葛兴祥 吴宇森 刘樹誠 夏雨辰 柯文畅 喻研 礼辛航 伍春霆

## 0519奖学金

徐志鹏

## 研究生奖

## 中国科学院院长奖学金特别奖

张耀龙(导师:蒋彬) 石强强(导师:刘世勇)

## 中国科学院院长奖学金优秀奖

朱正新 凌丽丽 彭波 连伟涛 钱其柱 郑娇 殷逸臣 程健 李兆锐 郭旭

## 研究生国家奖学金

## ◇ 博士生奖

陈佳佳 崔清玥 柯景文 王灿沛 姚杰 邓臣强 刘培根 陈泽民 张新宇 李行成

刘欢欢 刘灿 郑恺 陈诚 宋天威 农忠胜 雷鹏程 程浩 彭丹 岑杰

## ◇ 硕士生奖

吴怡涵 孔艳 陶沿究 宋况惠 钟元 李瑞瑞 屠津伟 张晓瑜 苏明超 衡泽凤  
杨宇 甘李进 袁冰 杨涵 胡伟涛 赵双双 阮小云 汪全 钟华

## 安徽省普通高等院校品学兼优毕业生

朱子凡 朱浩杰 江浩松 车沂轩 吴越 王艳 简敏珍 张耀龙 许哲远 刘孟珂  
张晓燕 连伟涛 王飞鸿 崔国卿 吴骄阳 谢小雨 孙康 陈志 宋宇昊 程健

## 校优秀毕业生

朱子凡 孔孟锐喆 易俊希 张闰昊 张向东 卓升晖 肖泽涛 陈瑞天 侯昺焜 霍梦妮  
江浩松 石千琪 司俊涛 杨瀚文 朱浩杰 车沂轩 黄明 罗嘉华 赵东浩 赵逸凡  
朱江晨 吴越 韩泽豪 罗耀武 陶非凡 王艳 单宝坤 叶媛媛 张涵 简敏珍  
傅聪 郭旭 华天鹏 张耀龙 张良 何雨婷 张晓慧 滕嘉楠 贾挺挺 周洪志  
许哲远 刘孟珂 姜迪 蔡金言 夏彤 黄平森 王妍 向忆南 张晓燕 李杰  
连伟涛 彭波 钱其柱 王飞鸿 王蒙蒙 崔国卿 李瑶 吴骄阳 孙伟 焦文中  
霍子昱 谢小雨 聂楷 韦连伟 孙康 陈志 孙荣博 范涛 薛晓平 郑娇  
孟玉峰 金森 晁增印 宋宇昊 李梦勤 虞勇 印月如 桂明亮 程健 沈智强  
张蕴涵 韩逸飞

## 优秀共青团干部

朱栋铭 曹立栋 张鹏 王建平 黄平森 李伟 张笑阳 许哲远 洪亚健 杨清岚  
曹晓玲 张琦 杨润泽 张含之 杨安 李嘉荣 郑梦绮 王雅玲 宋宇昊 郭雪立  
何昕 李铖 纪大伟 蒋雪莲 李振东 谭子祥 厉宗伟 胡海旭 桑田 李鑫  
岳志航 张晓瑜 苏曲雁 顾月皓 李钰 孙传奎 张金娜 李慧 郑文豪 付尚万  
程澄 吴昊 侯彬彬 柯文畅 李尚 蒋路遥 田辉荣 王玉梦 孟令山 肖英杰  
张晓燕 侯幸好 曾柯心 章彬 韩旭 虞勇 黄哲尧 张红杰 许宏愿 张灏泽  
王倩楠 潘雨雪 桂仁杰 张琳琳 张浩 鄢洁 胡光耀 王纯 杨梦蝶 李孟珈  
朱勇坤 温馨 计锐 潘文浩 窦振安 王月 李可睿 李阳 王嘉睿 黄莹莹  
冯雪飞 姚尚辉 蒋孜源 黄紫荆 吕成亮 孙阿强 阮雨虹 李春晓 曾浩 郭泊含  
李文敏 单一凡 刘迪新 方鹏炜 娄丹凤 赵方慈 尚睿溥 赵振华 王洁 奚志伟  
高俊雪 彭文婷 贺孙洋 杨文惠 印月如 闵锐 张梦迪 王磊 张文译 孔孟锐喆  
宋泽晨曦

## 优秀共青团员

梁金华 潘雨雪 张晓燕 郭一帆 张磊 张宁 万梦奇 杨毅钢 郑天泽 葛兴祥  
李慧怡 刘蝶 王倩 洪亚健 章文丽 黄紫荆 黄渊 张梦迪 贺祥 高亮  
汪芬 陈莎娜 张灏泽 邱国泰 顾月皓 奚志伟 张锐 李汪洋 汪乐乐 叶心

沈淳悦 徐晓初 孟庆兵 李支影 孙传奎 李 伟 温 馨 杨清岚 张英男 高俊雪  
 李新科 倪婷婷 李可睿 徐 梦 刘 翔 李婕云 邓长博 李 尚 崔浩文 李 慧  
 王文鑫 潘 雯 张 鹏 聂 威 张文译 张琳琳 王依莎 许帮春 曾 浩 许钰滔  
 朱勇坤 潘 静 王玉梦 周诗羽 蒋雪莲 徐源谦 曹 南 李佳祺 张金娜 李 阳  
 张 荷 虞 勇 宋宇昊 徐雅菡 姜丹凤 杨梦蝶 江华亮 束 鑫 谢玉龙 苗旭丽  
 刘小军 郭兰宙 张 梦 胡 超 张乐乐 张莉萍 赵振华 刘平平 王倩楠 沈义鹏  
 蒋路遥 李俊明 张振国 王张铜 李 钰 肖英杰 张腾腾 姚尚辉 马东奇 李文豪  
 高 丽 郑文豪 朱栋铭 王鑫岳 宋 佳 张晓瑜 阮雨虹 高倩倩 计 锐 王新广  
 苏曲雁 张西元 王 倩 许 博 张 浩 何 昕 王哲昭 张 荣 程思洁 华浩文  
 纪大伟 张 琦 吴 昊 单一凡 侯彬彬 王赛强 张笑阳 侯幸好 汪聪聪 李 伟  
 屈 林 赵晨晨 王 磊 朱 昊 郭泊含 王秋萍 陈 琦 潘文浩 杨如玉 张 玉  
 李孟珈 闵 锐 程 澄 陆 骁 张含之 窦振安 黄哲尧 彭文婷 白 雪 许宏愿  
 张精精 王 洁 叶露娟 齐 志 张文静 王 姣 胡光耀 杨 安 吴文依 王 月  
 黄平森 罗延力 张红杰 陈 浩 陈兆屹 王小文 王嘉睿 尚睿溥 吕成亮 柯文畅  
 田义凡 杨 娟 严 文 桑 田 冯雪飞 杨文惠 禚科材 曹晓玲 王家坤 李文敏  
 朱余红 张金金 甘李进 胡振豪 代睿珂 李勃锐 朱雨禾 胡 吕 袁慧娴 李万发  
 程海螺 吴宇轩 薛为清 张 恬 郑 颖 梁 帆 田辉荣 曹蕴哲 章 彬 何 浏  
 孙阿强 印月如 吴燕珍 李 铖 王建平 王浩然 王 纯 赵佳奥 邵振潮 李 宁  
 熊乘风 张介元 杨润泽 苏啸天 马诗佳 陶宗智 滕晓骞 郑呈凤 王 聪 李雨欣  
 秦毕晟 郭雪立 周婷婷 赵李瑞玥

## 附录4 各年级班主任和学生名单

### 1、本科生各年级班主任和学生名单

#### 化学强基班

##### 20级强基班（22人） 班主任：黄 微

崔泽仁 狄清昊 洪骏扬 贾子衿 李文哲 林海饶 刘天骐 柳毅杰 路 堃 罗 滢  
 缪其跃 彭佳辉 任宇轩 王格非 魏舒扬 吴宇桁 杨凯文 杨 铮 杨智泽 应剑羽  
 周乐乐 周雨函

##### 21级强基班（33人） 班主任：张国庆

蔡中平 崔清扬 辜雪文 何炳轩 江晨鸣 孔凡凯 李俊霖 李锐昕 李茁澳 林新培  
 刘明昊 聂忆寒 童逸周 王念修 王诗贺 王雨飞 吴 波 吴祖鑫 席雪菲 熊 筱  
 徐锦天 徐炜铖 严嘉骏 杨承泽 杨惠宇 喻 研 张浩宇 张乐天 张 硕 张闻远  
 章海川 周靖翔 周振华

##### 22级强基班（48人） 班主任：崔林松

白 堉 常宸源 陈沛霖 陈熠林 仇伯川 董昊洋 董佳良 范睿朗 方正宇 顾金涛  
 韩翔宇 胡鑫灿 黄 斌 黄思远 黄奕淇 李思满 林文略 刘嘉和 骆昊东 骆晔塘  
 潞 洌 毛昱凯 母梓辰 农贵靖 庞嘉恒 彭枫霖 沈泽昊 石 焕 孙肇远 万宇涵  
 王子润 王梓杰 韦克焯 吴易翰 谢翔宇 谢运漪 杨建明 叶依铭 俞俊涛 张启睿  
 张青瑞 张晓雨 周圣博 周韦屹 周祉澎 朱 迪 朱逸航 资 翔

#### 化学物理系（3系）

##### PB19003（32人） 班主任：汪文栋

阿娅拉·沙吾地别克 安 依 柏恒辉 岑泽炎 柴景波 段云天 冯姝玥 高 嘉  
 贾尚博 金勤勇 李存玉 李炜林 李 响 刘 禹 刘志荣 刘子华 马瑞泽 彭立波  
 苏 琳 唐浩天 陶 洋 汪昕宇 王治棋 谢振宇 熊 羌 徐盛榕 阳 瑞 张 驰  
 张家华 郑纪鸣 周润辉 朱 同

##### PB20003（23人） 班主任：陈东明

归子康 贺奕达 蒋孜源 李桓宇 李金晓 孟昊哲 潘卫平 彭子骏 仇佳铭 王 浩  
 王建平 王晓楠 伍旭明 闫双鹏 闫正锟 杨星月 余 峰 张 磊 张云芄 张子奇  
 周 彦 周怡昊 邹嘉沛

## PB21003 (24人) 班主任: 江慧军

程才圣 丁笑阳 冯宇轩 顾天宁 郭博涵 韩傲春秋 胡喻栋 廖博文 林凯骏 刘牧  
吕 闻 麦尔胡兰·卡哈尔曼 彭文鑫 单禹喆 邵扬竣 孙宇帆 席彤菲 徐 洋  
杨竣尧 殷琦玮 曾籽建 张天乐 赵泮林

## PB22003 (33人) 班主任: 霍 磊

薄又硕 车亦扬 陈星墨 陈毅夫 贺 越 金 鑫 李博博 李凯涛 李欣智 刘昱杉  
马春萱 马鑫杰 权 浩 宋 艺 谭予潇 唐仁冬 王 创 王 杰 王明远 王 松  
王文霞 王子祎 辛怿晗 颜 钹 颜俊泽 余雨龙 袁熠涵 查鑫蒙 张墨雨 张巍迈  
张梓扬 周子媛 邹嘉璇

## 应用化学系 (12系)

## PB19012 (25人) 班主任: 洪 勋

陈啸恒 戴泽辉 范展鹏 方苗烨 冯锦蕾 黄 璜 姬 澈 匡小龙 李荣耀 李文杰  
李武泽 刘兮扬 罗 浩 穆特力甫·沙迪克江 皮婧霖 任 宁 孙晨熹 谭韦韩  
汪子筱 王子琪 韦粤徽 许学龄 张承诺 张 展 朱雨禾

## PB20012 (21人) 班主任: 陈 维

陈昌盛 陈 磊 单彤彤 方 浩 高锐颖 高翌飞 教萌轩 李东骏 李林相 梁艺铭  
刘 旋 马泽志 梅晓鹏 倪诗毅 王康成 王一卜 吴承旭 吴毅彬 肖 禧 杨春雨  
左承勋

## PB21012 (23人) 班主任: 杨正金

陈睿希 方 铄 谷文丰 何嘉桢 胡国梁 黄晓雪 李泽君 刘德民 马谦益 莫开令  
盛君豪 舒环宇 田 鑫 王孝孝 夏雨辰 肖嘉钰 薛博文 颜鑫灏 余海洋 岳佳顺  
查浩哲 张 旦 赵逸凡

## PB22012 (32人) 班主任: 刘孟珂

陈佳颖 陈嘉豪 邓元浩 豆祖琦 费子文 冯 健 高明辰 格列尼玛 郭辰煜 何宏涛  
李廷坤 刘乔仕麟 刘 瑞 梅振源 孟克巴音 彭 宇 邱雨铖 汪鑫宇 王泽宁 韦秋宇  
夏文杰 谢焯东 许婧怡 许业轩 杨昊睿 杨嘉辉 杨张弛 张锦晨 张艺乐 张意超  
周林潇 朱小可

## 材料科学与工程系 (14系)

## PB19014 (23人) 班主任: 高海英

陈嘉楷 陈锦祥 高 颖 桂 璠 黄 涛 霍星玮 贾 恺 李心语 孟云帆 彭顺然  
全修远 阮雨虹 王鸿军 吴昊天 吴简俣 杨锦辉 张 弛 张纪宏 张 晶 张年森  
周纯伊 朱徐昌 宗陈纳言

## PB20014 (16人) 班主任: 徐集贤

董蔚伟 杜 威 范家俊 郭一东 柯然·杜依赛克 李含章 聂昭朝 石 梁 宋绪哲  
王宇松 卫 翼 文昊宇 吴道康 禡科材 易治平 张君阳

## PB22014 (45人) 班主任: 李玲玲

蔡佳洁 陈煦垚 陈政安 程天浩 葛箫扬 胡华威 靳思源 李峰旭 李佳林 令远鹏  
刘 峰 刘铠瑜 刘然熙 陆嘉旻 罗奇彦 马伟楠 麦尔哈巴·阿布杜萨迪克 孟 博  
聂 峰 聂俊全 牛文豪 汤涪顺 唐彩妆 唐延宇 图尔洪·热依木 王震宇 王智岩  
吴伟灏 吴梓涵 徐晨曦 徐 婷 许彬和 杨 明 尹嘉恒 游承锡 袁自豪 占博洋  
张宸豪 张鹏杰 赵天任 郑 涵 仲彬杰 周 阳 周志豪 朱柯宇

## 化学系 (19系)

## PB19019 (41人) 班主任: 韩志勇

蔡渝海 曹晓雨 陈国婷 陈泉杰 代佳薰 杜 莹 杜章鑫 段国霖 房 毅 浮博洋  
耿 睿 韩瑞祥 何致远 胡明月 金心宇 金一鸣 李勃锐 李东升 李思琪 李斯彩  
李翌冉 廖光旭 刘若津 刘一博 刘一聪 陆以泓 马琦昱 马源捷 马昭辉 钱皓凡  
盛佳惠 税云峰 王中强 谢宇泉 徐志鹏 杨开瑞 尹思源 张皓宇 张 震 周鼎成  
朱 浪

## PB20019 (28人) 班主任: 闵元增

代睿珂 葛兴祥 龚晓儒 黄俊铭 黄 毅 黄志尧 江君豪 金 昱 刘天欣 孟 响  
莫延凯 谭鑫宇 万家乐 王 奥 王成宇 王希彤 王欣楠 夏启公 夏天谱 谢 哲  
杨毅钢 姚孟喆 张嘉俊 张 讯 张郅衍 赵佳奥 郑天泽 朱广元

## PB21019 (26人) 班主任: 张清伟

陈皓扬 陈佳欣 丁振豪 冯玮倬 符逸涵 黄 睿 黄祉霖 贾德庆 柯文畅 李 帅  
林瀚轩 刘依雨 刘长麟 刘子正 裴 钰 沈小钰 时蕴霖 唐 灏 唐家仲 田佐童  
王桐睿 吴易积 夏俊杰 张宇翔 邹骏希 邹天一

## PB22019 (31人) 班主任: 汪普生

陈 梁 程 冲 程一飞 程 宇 丁 竞 杜玥枫 胡轩晗 黄宇恒 金 典 黎晓晴  
李 晨 梁奇慷 刘小辉 罗昊坤 马 赫 马文杰 麦超华 麦迪乃姆·亚森 梅昊宁  
南 琦 施 懿 汤梓熙 汪鸿睿 王卓异 夏宇轩 杨昊臻 杨睿卿 叶季琳 张梦晗  
钟耀扬 周铭俊

## 高分子科学与工程系 (20系)

## PB19020 (33人) 班主任: 方思敏

李艾沙江热合木 陈 婧 陈天允 杜中天 范宝强 关嘉奇 国 森 郝 靖 郝一泽

何溢纬 季洋 贾宇强 蒋越 兰珂晴 兰天宇 李竞 李逸萱 鲁子坤 罗思远  
潘梓杭 宋嘉骏 孙浩 谭义 王晶亮 王乐度 吴知芝 解晨东 徐傲仑 闫慧坤  
张博禹 张辅皇 郑文沛 朱峥羽

#### PB20020 (19人) 班主任: 高明丽

曹辰飞 陈信韩 杜明哲 胡硕灏 林毅 刘亮 刘群福 马南禹 施响 孙逸豪  
王怀宇 王潇宇 王子骏 文康民 熊敬 许振浩 余行泰 张展鹏 赵嘉伟

#### PB21020 (27人) 班主任: 肖石燕

陈东旭 陈蓝苍鸿 陈逸凡 陈逸林 高思铭 寇书翰 礼辛航 李兴灿 刘思源 刘晓  
刘鑫 刘一涵 彭俊麟 秦学高 苏宝强 王家瑞 伍春霆 谢辰昊 闫晨曦 杨牧天  
姚彦珺 银嘉兴 张建宇 张文杰 张晓辉 周江熠 卓依儒

## 2、硕士生各年级班主任和学生名单

### 化学物理系 (3系)

#### SA20003 (38人) 班主任: 李星星

曹龙 李航 李欣霏 苏文康 万梦奇 王文鑫 吴怡涵 谢凯 余姗姗 袁德胜  
张露露 张梦凯 张琦杰 丁北凯 何珂裕 胡丽如 江山 蒋伟康 李凡 李嘉杰  
李汪洋 娄丹凤 卢顺 卢业群 任敏 谭小林 田炳初 汪昱 王珏 王文远  
王新广 王彦玮 肖鹏飞 肖依非 杨新浪 俞文昭 张锐 赵刚

#### SA21003 (77人) 班主任: 李星星

包睿成 陈真 陈子昂 冯超强 高子昂 韩宇睿 姜志凯 金梦达 金瑞 李硕  
李潇逸 李胤 梁东升 刘栋潇 刘天乐 刘文莉 毛婷婷 莫珊珊 蒲逸轩 石俊杰  
孙志杰 唐汉 王晶晶 王越 文茜 吴嘉昕 吴棚举 吴璇 于海丽 张世铮  
郑梦绮 朱文正 沈欣怡 毕桂月 蔡傲冉 曹芳会 曾琼 丁源 冯俊维 冯森  
付晓敏 谷文刚 何泽金 胡朝阳 赖俊涛 李进科 李晋 李亚静 吕苏翔 马嫚霞  
倪洁 聂勤学 牛聪聪 齐建宇 钱飞宇 邵宇 孙士哲 唐桦 汪乐乐 汪英杰  
王昊敏 王磊 王志文 吴燕珍 杨如玉 詹博翔 张代 张帆 张亚鹏 张玉  
张鋆焯 赵云帆 朱灿 朱锐 高俊 尹超 董志

#### SA22003 (84人) 班主任: 严欢

陈德家 邓宏健 丁佳妮 丰磊 付文喆 姜子凡 李子晨 孟凡秋 聂付静 祁浩洋  
乔钦禹 苏航 王泓月 吴汶津 肖子真 谢岱佑 张龙 张武岳 赵东辰 陈瑜  
范天乐 贺兴民 江玉 李沁龙 李雪莲 李长顺 刘嘉宁 刘悦 梅光涛 石方闻  
王大林 薛俊菊 于琪 张恩博 周泽宇 崔雪琪 董俊峰 李佳霖 刘烨 史佳龙  
孙梓翀 王吟荷 王子健 杨欣雨 袁治坚 张辰宇 张秋月 张奕羲 朱子凡 白鹏飞

蔡章 曾繁轩 慈梦怡 贺亚鹏 纪昕乔 贾欣湄 李浩文 李晓红 刘振东 刘祖寰  
陆陈鑫 陆鸿祥 罗嘉华 马云青 倪钰铭 聂函 阮传亮 水泉 宋逸凡 苏广宁  
汪文韬 王博 韦宏 吴宗旭 杨博理 杨峻毅 杨睿智 姚昊江 詹钰捷 张瀚之  
张龙 赵梦圆 宗涛琦 刘晓静

#### 延期学生 (8人)

赵翼飞 刘力铭 王琴 吴聪 陈晓栋 李洁 师鹤航 曹士彦

### 应用化学系 (12系)

#### SA20012 (26人) 班主任: 朱永春

曾翔 陈娜 樊哲琛 符蓉 胡根银 李玉洁 梁婉滢 刘明强 刘翔 吕宏伟  
孟亚寒 彭远桃 钱庆玲 王世琦 肖俊鑫 许玥 杨晓琪 张子锐 赵燕 高宇祥  
吕阳光 曲正宁 沈先河 夏滔 黄静 刘兆辉

#### SA21012 (51人) 班主任: 刘波

陈奥博 官曼琴 梁朋瑞 凌晨 罗锦达 钱程 石熠 王浩然 王翊雯 王子航  
严文 张宏伟 张石 张志文 程奥华 李震 束庆耀 万磊 杨杰 姚铖煜  
张皓程 李嘉威 梁荣 刘智豪 马振宇 彭洽 孙志欣 王依帆 谢泽辉 周雅  
陈霞 郭浩楠 何家川 刘宗明 王天任 窦越 虞浩磊 鲁智愚 李文敏 谭子祥  
曹光中 吴文依 罗芬 王月 吴双 吕云会 王深豫 张欣 侯博文 孙旭  
张娟

#### SA22012 (49人) 班主任: 周敏

程晓斌 符晶晶 高霞 葛俊康 李一民 李游 罗婧宸 潘江源 沈皖豫 谢雅萍  
徐峻驰 张作栋 赵舒言 周美昱 郭妍妍 刘凡华 申梦想 张泽宽 朱清玮 单民民  
丁续安 冯元成 黄芮 姜薇 刘虹序 刘雨淳 骆睿昊 潘雯 余家璇 韦天琛  
徐泽泰 朱文慧 郭晶晶 赵远 肖强 崔祥箏 段方麟 伏伟成 李小江 李怡凡  
刘潇 王颂晖 王子皿 吴明玥 夏远 朱沁珊 单伟祥 贺笃义 张俊杰

#### 延期学生 (1人)

许涛

#### 留学生 (3人)

##### 2020级

SUNHYEONG PARK GAMAL HUSSEIN ALI AL-SHAWESH

##### 2022级

SABA HAZOOR

## 材料科学与工程系(14系)

## SA20014(27人) 班主任:曹瑞国

曹虹云 陈 钊 程铭宇 衡泽凤 李婕云 屠津伟 万广林 徐嘉航 张怀坤 张晓瑜  
左晶晶 代军义 李阿龙 李冲冲 潘雨雪 石锦峰 宋 瑞 苏明超 王晓庆 奚志伟  
肖 鹏 杨 旭 赵 鑫 郑呈凤 孙阿强 付靳凌 杨荣琛

## SA21014(63人) 班主任:任晓迪

白瑞临 陈 放 陈正国 董熠哲 段乃元 方佳豪 冯星宇 傅庭鑫 高微微 高 爽  
高 岩 郭熊鑫 韩昕怡 韩 旭 何啸岳 何子旭 胡佳宏 黄海森 黄建华 黄香菱  
江毓尧 姜海涛 蒋金钰 孔祥坤 孔 欣 李 惠 李 玲 李瑞敏 刘怀冰 刘智林  
罗延力 罗亦方 潘千千 彭小琪 邱冰冰 阮弟根 桑 田 石海灯 陶宗智 滕晓骞  
王昌龙 王颢霖 王小文 王馨悦 王 义 吴金瀑 吴豫婷 席晓柯 夏保举 夏振宇  
徐梓建 杨佳和 杨俊杰 叶露娟 臧润宣 张 衡 张善涛 张 文 张文畅 钟庆澳  
周 伟 周星灿 朱逸然

## SA22014(68人) 班主任:焦淑红

蔡逢春 曾思涵 陈延旭 陈煜龙 邓 强 董怡青 冯平艺 郭荟田 何文涛 胡 悦  
黄晨宇 黄丽臻 黄思施 靳佳怡 李健宇 李 科 李欣珂 李毅凡 李宗哲 梁嘉诚  
刘雅婷 刘智欣 楼宇航 马 骏 潘 宁 亓亚刚 齐华东 司俊涛 孙俊鹏 王爱乐  
王 元 吴佳宝 吴俊杰 肖 洲 谢淑琦 徐奥琴 徐百川 徐一帆 张云龙 郑 凯  
周 颖 毕晨阳 陈思祥 戴鹏起 丁 怡 郭冠伟 韩 珂 胡吉祥 金 城 李 萃  
李新宇 刘坎硕 刘翔宇 马志豪 申世纪 孙睿辰 童 彪 王承岳 王 莉 吴 婷  
谢晶晶 许圣忠 杨 洋 易煜航 张 丽 赵文杰 朱少龙 邹昊彤

## SC22014代培硕士(126人) 班主任:张文华

肖沙沙 赵文域 刘 豪 王飞梅 李运福 张瀚萌 魏孟达 王艳婷 陈逸翀 李雨晴  
蒋 源 陈栩婷 曹怀元 纪为国 王正波 蔡紫燕 陈孝徽 陈星宇 程德旭 褚天飞  
杜博宇 高 强 高 旭 高雅琳 郝怡冉 何 俊 胡浩男 胡正东 黄国倡 黄 辉  
江 北 姜吕章 焦彦荣 李江涛 李林海 李名媛 李森旸 刘付晨 刘 俣 骆施睿  
吕 航 莫良羽 聂晓双 泮嘉玮 邱 鹏 任童威 沈 旭 孙天行 邰宇航 唐盈盈  
涂雪洋 汪 学 王海旭 王浩宇 王松松 王新雨 王逸超 王毅洋 王云飞 魏小洋  
吴 嵩 徐子硕 许家炜 杨世杰 杨文豪 叶奕昱 叶君豪 雍晨悦 张 帆 张宇豪  
周文昊 周子淳 朱行志 邴瑾泓 曹润源 陈奕涵 单 玮 董涵泳 高浩昊 郭远航  
李垂羽 卢海涛 卢玲燕 苗润杰 甯明亮 任博闻 孙守宇 王家成 王 蔓 魏子轩  
吴应辰 游梓畅 余期捷 张伟达 郑雯文 李诚逸 马雪茹 潘子豪 王之栩 王治华  
袁 旺 邹超臣 曹 佳 曹路涵 董孝容 杜含笑 段梦林 高 猛 顾浩东 胡 洋  
李 龙 凌紫琼 卢 伟 马国成 欧阳昊 邵凤红 余玉龙 陶星谕 田留嘉 王 博  
肖 维 肖雨昕 张逸青 赵伟玲 朱少奇 庄 雨

## 延期学生(3人)

许 方 董 浩 王 妍

## 化学系(19系)

## SA20019(80人) 班主任:邵 伟

班奇洋 鲍友美 陈 天 陈忠达 程日皓 楚保友 邓云顺 丁卫忠 丁志强 甘李进  
高 倩 古 建 顾伟志 郭 建 何 昕 胡伟涛 黄 磊 季宁宁 孔天赐 李 飞  
李 欢 李贾玉 李明远 李 宁 李认认 李沙莉 李友乐 李宇辰 廖家佳 刘 蝶  
刘南宁 刘楠楠 刘 鹏 刘 榕 刘 帅 刘 伟 刘小军 苗旭丽 潘正豪 綦鹏家  
钱开龙 沈淳悦 沈 月 宋 顺 唐 伟 田大雨 王 涵 王婧雪 王立敏 王 宁  
王 瑞 王思源 王哲昭 魏家晖 魏肖雄 吴 峰 吴 靚 吴科成 吴倩瑶 吴曙生  
徐佳豪 徐家志 杨 涵 杨 欢 杨倩倩 尹佳玲 袁 冰 张 铖 张 慧 张 梦  
张 瑞 张 恬 张 婷 张 毅 张志琳 赵丽娟 赵双双 钟宝健 周 兰 朱 玲

## SA21019(138人) 班主任:袁 月

薄明成 鲍玉婷 毕毓翔 蔡海英 曹学敏 陈 光 陈浩东 陈佳真 陈 洁 陈俊燊  
陈 龙 陈 婷 陈奕明 陈 震 程余婷 程雨露 迟 彭 丁光浩 董丹娜 杜成斌  
杜 牧 冯雪飞 高晋鹏 高思雨 高一雯 高 宇 葛 魏 郭 健 郭明秀 郭珍珍  
郭子玥 郝 格 洪亚健 黄明利 黄新龙 黄鑫民 黄于虎 纪明君 居 虎 康琪敏  
柯银库 孔繁文 雷周杭 李 金 李连月 李世轩 李文傲 李文峰 李新林 李永杰  
李玉秀 李园园 凌忍悉 零 晨 刘 畅 刘浩诚 刘洪池 刘 睿 刘文睿 刘 新  
刘振业 刘致远 陆 骁 罗家豪 马梦悦 马心怡 毛雨佳 倪 典 聂晶晶 秦自力  
瞿明荣 冉 祺 任金虎 阮燕儿 施宏章 石明浩 史志鹏 宋 丽 宋泽晨曦 苏才杰  
唐 磊 童 彤 万超凡 汪 琳 王博超 王龙宇 王 倩 王青越 王雅茹 王雅欣  
王 钊 魏立谱 文 豪 吴佳宁 吴茜茜 武 群 肖思远 肖振宇 谢 腾 谢玉龙  
邢 云 徐 聪 徐晓初 徐 笑 许婧雯 许 磊 薛锟泽 严家琪 杨 丹 杨丰翼  
杨 鹏 杨文惠 杨中原 叶 飞 叶世棋 叶 心 叶志峰 于佳骥 俞雯馨 宇文李焰  
詹舒明 张 虎 张明颖 张铭江 张为栋 张晓菁 张逸凡 赵文迪 甄莹莹 郑浩铖  
郑可颖 郑志敏 周文庆 周雅洁 周 宇 周 展 朱悦蝶 左雅雯

## SA22019(149人) 班主任:郑小琦

曹敦旭 柴柯宇 常瑞雪 陈 龙 陈诗源 陈文畅 陈潇萌 陈 哲 程焱良 党江川  
邓 榕 丁百川 丁冠杰 董佳婧 窦韦军 杜文潇 杜新悦 杜卓远 方华苏 方 雨  
费寒彻 高世昌 龚昀晗 郭傲雪 郭小钰 韩沛熹 何晨曦 何 莹 胡高仰 胡 潇  
胡懿晗 胡语涵 胡 媛 黄宁宁 江紫璇 蒋林宏 蒋源洁 金晨曦 金 奇 居子逸  
黎硕滨 李 驰 李丹阳 李光恩 李家兴 李 娜 李一飞 李雨寒 李远航 李远征  
李岳琳 李泽一 李子睿 林中源 林子涵 林子欣 刘锦鑫 刘 强 刘思洋 刘思颖  
刘 涛 刘 鑫 刘星雨 刘 燕 刘煜超 刘垣园 柳 楠 伦志友 罗 娟 吕秋雨

马杰轩 聂田梅 彭思捷 商冬丽 宋 茹 孙皓凯 孙开展 孙雨辰 汤羽婷 陶仁福  
陶 冶 田志傲 童 志 汪 莹 王秉基 王春鑫 王骏丰 王碌碌 王梦想 王 琦  
王玉玉 吴晨曦 吴丹星 吴 琼 吴润华 吴腾腾 夏旭领 仙智宇 相宇彤 向思佳  
肖 娴 谢 雯 徐凤其 徐国梁 徐 衡 许楠楠 杨 超 杨宏宇 杨淑妍 叶晨阳  
叶孙锋 殷 楠 殷诗怡 尹衣晨 尹义轩 尹轶凡 余 骏 袁泓睿 袁斯杰 张 驰  
张慧茹 张林川 张千文 张 强 张庆庆 张 姗 张仕季 张思雨 张婷婷 张 雯  
张雪斌 赵 凡 赵晓漫 赵 雪 赵雨龙 赵泽宇 郑琳泽 郑梦蕾 周文静 周永然  
朱嘉伟 朱启龙 朱王杰 朱长春 卓林锋 左毅然 曾 洪 曾令鸿 曾雨琪

**SC22019代培硕士 (22人) 班主任: 郑小琦**

曹雪岑 范子煊 李千惠 李瑞莉 李万麟 李英杰 刘近旭 慕 超 孙义军 唐洪亮  
田卓立 王方正 王晓博 魏云龙 吴林平 肖泽宇 许 臣 张潇昱 张 颖 张予诚  
郑 未 钟金铃

**延期学生 (8人)**

王程鋆 陈 一 曲士扬 张晓琪 张雪婷 王思达 夏思远 赵正华

**留学生 (5人)****2018级 (3人)**

AIGERIM OMIRZAK SAMI UR RAHMAN MUHAMMAD SOHAIL TAHIR

**2019级 (1人)**

RABIA MARYAM

**2022级 (1人)**

LI YAN FEI

**高分子材料与工程系 (20系)****SA20020 (31人) 班主任: 汪谟贞**

陈 旭 高倩倩 广龙雨 侯诗昌 胡子凡 黄 伟 蒋建春 孔 婕 李 搏 李佳诚  
李 越 刘宁宇 刘 峥 潘祖雄 尚劲秋 申永帅 沈汝安 汤 睿 王 锋 王 宁  
王悦淇 吴秉泽 鄢 洁 杨仁慈 袁楚亭 张敏豪 张 钊 郑升权 钟 华 朱欣怡  
庄梦迪

**SA21020 (53人) 班主任: 张国颖**

安芮芝 曹景宁 柴 爽 常 乐 陈 浩 陈佳慧 陈俊丞 程海螺 储昭淼 方元萌  
高洪杰 葛丽爽 郭凌霄 郭育辰 何海龙 侯明萱 侯 旭 黄 菊 李 宁 廖 聪  
刘鼎东 刘俊敏 刘永铮 卢宗斌 陆 毅 吕桐进 曲威丞 邵柏璇 宋奥博 王晨蕾  
王利利 王 哲 王子豪 王作为 文 莉 吴 锋 吴雨晨 谢宇涛 徐雅菡 杨 鹏  
余志凌 张宝莹 张弘仕 张红杰 张嘉林 张守群 张翼飞 赵友族 赵 煜 赵泽人  
周申蓉 周 扬 朱壮壮

**SA22020 (51人) 班主任: 陈殿峰**

毕正兴 陈洞侏 陈 柔 成 林 程佳敏 从 冉 丁浩川 高 晟 高来委 胡麒岚  
滑斯晴 黄 渝 贾晓宇 姜雯勇 金 宇 黎仪劭 李家磊 李润杰 刘星焱 刘玉琳  
刘载清 罗继瀚 麻剑飞 茅圣明 苗贵兰 桑言祥 尚九思 孙鹏飞 唐 帅 王 迪  
王国栋 王 耀 王一展 吴 江 邢维健 熊 菊 徐木欢 杨美青 杨雪晗 游良鹏  
余浩敏 余隆康 余 雁 臧 晶 张道威 张 瑾 张亚汝 赵新悦 赵泽晖 郑本炎  
郑晨暄

**延期学生 (5人)**

林振达 梅志凡 陈 旭 印月如 宋宇昊

**留学生 (7人)****2020级 (2人)**

MUHAMMAD SHAWAL HASSAN ASIMA BASHIR

**2021级 (3人)**

NASEER AHMAD MUBARAK ABOLORE AZEEZ MEHTAB NUSRULLAH

**2022级 (2人)**

JESUS SHAO ZHU AIMAN BIBI

**3、博士生各年级班主任和学生名单****化学物理系 (3系)****BA19003 (35人) 班主任: 刘世林**

徐名夏 余安妮 李 珍 赵云肖 刘英桓 王羲传 卫泽跃 邓林杰 王奥琦 蒋文超  
潘雪君 陈林杰 刘 磊 李星局 苏寻明 姚晗寓 陈 宁 郑 敏 刘馨雨 张杰夫  
李子渊 谭玉欣 何 静 陈佳佳 王晓宁 李 煌 陈仁立 李 慧 韩枫安 陈茹茹  
丁 峰 李 响 梁金强 王灿沛 匡 文

**BA20003 (54人) 班主任: 刘世林**

何明琦 李俊瑶 李 轩 倪 康 储汪友 李振振 杨园园 苏曲雁 曹致宇 徐浩琛  
方 霏 熊 伟 张云尚 温金录 仰青颖 陈佳琦 刘冰玉 谢景琛 柯景文 刘闪闪  
潘先成 党慧萍 王家珂 张可阜 陈子昊 朱磊磊 裴若琪 刘利杰 陈洲盛 何达威  
梁晓红 江 静 尉瑞芳 汤 乐 殷海滨 李 尚 王雷雷 周丹丹 李世豪 王雅玲  
舒 武 林启东 朱玲君 姜溟天 陈 静 荀珊珊 龚 建 刘玉庭 徐永锋 范雅梅  
张永欣 刘 媛 刘丽雪 马圣乾

## BA21003 (57人) 班主任: 刘进勋

程 静 雷 寒 于翠菊 刘安洪 周佳宁 葛启帅 顾洁琼 胡潇毅 陈 燕 李元铭  
江贤贇 罗月会 王浩成 刘乾昊 许玉蓉 崔浩文 张梦柯 范梦媛 支亚亚 圣 利  
王 蕾 叶春寅 邓永琦 滕畅畅 李 翔 操佳奇 王政亚 裴权炳 张文轩 爻祎阳  
蒋宇婷 潘家林 左丽君 黄 月 郭俊雪 郭思蓓 姜 爽 徐余幸 蔡立华 王 丹  
邢 月 陆志兵 柴旭婷 陈伽蓝 冯 丽 朱锦泽 李 晨 孟 刚 杨 涛 李明瑞  
崔开勋 李贵达 李先进 冯小辉 李顺顺 王世富 张赛楠

## BA22003 (51人) 班主任: 刘进勋

陶沿宪 孔 艳 王家毅 程 瑾 曾 琳 杜超群 彭翰韬 吴杭飞 袁振轩 甄二飞  
郭 强 薛为清 贾 超 徐子凡 吴庆龙 续艺璇 张尚中 戈立威 石文文 张 宁  
刘 艺 王有喜 贺煜程 杨帅康 宋延鹏 朱 诚 吴 疆 韩 楚 谢雨新 王 洋  
徐璐璐 徐文龙 王庆庆 徐广远 武福燕 王语涛 郑 杰 熊龙龙 张季超 张宏涛  
徐 鹏 张银潘 李瑞丽 赵 冰 谢慧智 刘韩冰 彭 涛 邢 飞 赵建雯 曲艳超  
墙子跃

## BC22003代培博士 (88人) 班主任: 孙 静 李 雪

刘晓旭 朱天翔 邵雨峰 俞丽娟 左乾胜 任泊垚 石龙润 刘 棋 王 恪 薛连基  
魏海洁 彭汝倩 陈熙泽 薛洁滢 陶志雄 冉思颖 薛 凯 肖永全 徐溯阳 李泽轩  
牛引红 刘慧辰 吴健涵 高 蕊 吴自超 伏浩晟 顾 皓 杨 睿 邹雨锟 董心睿  
许家祺 李昕哲 赵宏武 常轩玮 许 琳 程 熙 白书彬 李 斌 顾心睿 曹艺馨  
屈晓雷 刘昱俊 覃宇鹏 高 翔 崔善长 薛宇杰 齐 阳 王梓沫 赵松屹 杨宇鹏  
庄鉴行 万梦霖 孟繁想 余俊慧 田宇欢 吴文平 王宇晗 秦蓝蕊 姜育露 黄天浩  
李雪婷 戚 昕 路雯桐 封勇杰 孙艳欣 但宇坤 孙楷琳 杨又缘何 孙铭基 李霄风  
曹方泽 孙兆龙 王雅维 赵家泰 罗霄汉 侯雨薇 李昊翰 王 倩 李永好 朱展君  
张 珊 饶雪辉 安 桓 罗 玲 魏 琴 阿来·海拉希 王晓龙 张 芳

## 延期学生 (13人)

冯青青 储艳清 肖恒宇 池海波 冯澄澄 王佳宁 吴丽铃 崇媛媛 罗 畅 栾志文  
庄庆峰 崔清玥 丁 一

## 单证博士 (2人)

张向阳 李 晨

## 留学生 (2人)

## 2021级

Hunar Anwar Hama KHALID

## 2022级

MISHAAL IRFAN

## 应用化学系 (12系)

## BA19012 (7人) 班主任: 张晓东

王云杰 王薇薇 祝琳崧 邵 尉 尹天齐 牛诗尧 卢 磊

## BA20012 (38人) 班主任: 姚宏斌

蒋 松 李 阳 李 磊 史 天 唐新锋 张华清 董 煜 赵 璋 朱 晴 刘德光  
范文苑 刘千赫 段德隆 刘桥溪 张文卿 王 洁 姜 亮 张开宇 王秋萍 张浩然  
国文馨 韩 霄 刘培根 蒋涛立 郑新华 宋永慧 杨俊楠 王 玉 刘 波 魏 聪  
叶亚东 张 玮 陈 烁 朱 珠 周 洲 谢远森 程立明 张 奇

## BA21012 (44人) 班主任: 刘 波

李锡龙 金玥昂 潘 真 闫军营 朱嫣然 胡子瑛 张淑喆 王佳鑫 徐元泰 赵 锐  
盛天然 朱恩权 陈艺虹 刘晟坤 王新玉 王 琳 刘聪妍 宋晚杰 王毓莹 余维胜  
李德铭 宋 佳 谭 毅 颜牧雨 吴 蓓 余 格 冯力喆 张意达 何 昕 刘 双  
王明明 李 慧 唐琪根 樊赵地 翟兴吾 邓文杰 王锦熙 周 恩 朱佳雯 杨 瑾  
刘煦旸 赵叙言 吴叶超 张 凯

## BA22012 (46人) 班主任: 朱永春

沈冬阳 许智斌 李瑞瑞 杨 翠 郝红超 韩怡雯 邓臣强 徐文妍 李 嘉 杨 宇  
翟广耀 李喆岳 刘泽华 吴泽宏 钟 元 戚凯文 蔡国磊 崔松林 胡 卿 陈 乾  
陈泽民 许 彦 李俊敏 何大寅 林兴恩 胡浩辉 马宪辉 郝晶明 宋况惠 马昌淞  
殷宣伟 陈 港 刘光宇 王卫平 邹文浩 方骏凯 王 航 黄颖珊 王超楠 朱天元  
许天俊 郭学成 周邵云 刘志茹 李 鹏 马毅睿

## 延期学生 (2人)

陈春辉 崔定伟

## 留学生 (6人)

## 2020级

TOUQEER AHMAD MOHSIN ALI MUHAMMAD SAJID

## 2021级

SAIRA MAN ZAKARIA ISMAIL SHEHATA ELSHAFFEY

## 2022级

NAWAB ALI KHAN

## 材料科学与工程系(14系)

## BA19014(20人) 班主任:傅正平

黄浩 段万春 周宇 程浩 葛良兵 吴清梅 朱墨 陈星嘉 牛艺杰 潘誉  
谢畅 张慧超 陈顺强 李圣远 束娜 唐超 王智文 刘欢欢 齐春霞  
赛喜雅勒图

## BA20014(40人) 班主任:陈春华

班孝款 蔡惠玲 陈飞 陈亚威 董杰敏 高金祥 古震琦 何海燕 何鹏 黄慧娟  
黄俊 江小芬 柯年旺 雷雪颜 李行成 李铁强 李威威 李欣雨 梁文浩 刘洋  
罗霄 马明泽 孟红光 年庆舜 饶逸飞 沈青 谈时 王丰 王圣达 王涛涛  
王霞 王兆鹏 熊冰清 叶传仁 余来 詹海林 张璐 张少威 张洋洋 张颖

## BA21014(42人) 班主任:陈春华

程志宇 邓长博 方鹏炜 冯亚飞 郭名浩 黄聪聪 吉扬琪 靳怀敏 李科 李新鹏  
李怡璇 廖伟 刘奥星 刘丹 刘政 罗旋 毛凯天 秦明鑫 任乃青 单哲棧  
寿宏伟 谭淳天 汪小兰 王立锋 王鹏程 王莎莎 王雪 王中旭 夏玉玲 向文灏  
辛金鹏 张灏泽 张健 张丽洁 张新宇 赵雅文 赵泳涛 郑博 朱胤 朱余红  
朱正洁 祝康

## BA22014(35人) 班主任:王成威

蔡志远 曹阔 陈志豪 代明萱 代泽川 范佳佳 顾月皓 郭有章 韩海瑞 何晓江  
胡吕 黄安定 黄磊 蒋瞻昕 李宛峡 刘健晨 马若桐 马响 彭睿 彭伟  
任诗杰 汪扬凯 王云蕾 王梓鸿 韦康 向文艺 肖竞超 熊兵 杨吉文 杨文侃  
余祖希 远少杰 张荷 张延博 郑威

## BC22014代培博士(7人) 班主任:张文华

吴禄锟 郑博文 柳雷 李克鼎 吴茂玲 宋玉兰 王蕊

## 延期学生(4人)

邹维 李璟爽 李明洋 王飞

## 单证博士(1人)

张伟

## 留学生(11人)

## 2019级

MUHAMMAD HASNAIN AHMED OSAMA RABIE ELSHERBINY ELHARAIRY

## 2020级

NAFEES IQBAL ZOHAIIB UR REHMAN HAFIZ WAQAS ALI  
MUHAMMAD ASAD GOLNAZ HEIDARI

## 2021级

SHAHID KHAN NAZIR AHMAD

## 2022级

SADAM HUSSAIN GARBA SULEIMAN

## 化学系(19系)

## BA19019(36人) 班主任:刘建伟

陈诺 崔宪超 冯伟 郭明春 杭臣臣 郝玉浩 胡宏泽 华杨 黄瑞杰 焦启昶  
金若星 李琦 刘瑞瑞 刘文秀 吕爱华 马玉清 饶长青 尚丽梅 石琳 孙康  
田金豆 汪锐 王令骁 王娜娜 王珊珊 文韶萌 徐清浩 杨波 于江涛 张斌  
张龙 郑天骅 周方耀 周晓勇 周星宇 邹速臣

## BA20019(66人) 班主任:郭宇桥

阿不都拉江·那斯尔 毕秀芬 蔡守乐 陈永泽 崔晨 崔鹏程 崔然然 丁都  
付家乐 高宇诚 耿瑞隆 胡超 胡帅帅 黄一凡 蒋梦园 李奎亮 李巧莉 李瑞  
李渊博 林志洋 凌张弛 刘慧敏 刘曼曼 栾谋君 马魏魏 梅媛 潘雯 钱以森  
沈妮 盛思哲 苏越麒 田之锦 汪启伟 王大驰 王高崑 王赫 王迦卉 王杰  
王晶晶 王瑞 王伟韩 王娅 王扬 王依莎 王玉 王志婷 谢东 杨怀斌  
杨硕 叶美云 音正春 于俊玲 余建梁 禹航 曾维杰 詹文奇 张崇 张结萍  
张乐乐 张梦倩 张雪 张振邦 赵晨曦 郑恺 钟程安 卓凯锋

## BA21019(74人) 班主任:庄涛涛

安子龙 柏青 蔡艺萍 柴林香 常哲 陈诚 陈贵远 陈志远 段雨彤 高莉  
高远 桂仁杰 郭文静 韩文涛 韩子盟 何琰 何元毅 侯晓雅 呼朵朵 回立稳  
金铎 李彬 李力 李娜 刘程斌 刘胜杰 刘松林 刘田 刘炜琪 刘洋  
卢焕轩 潘虹 潘佐 彭涛 彭瑶 钱成刚 群森 邵刚 邵志昂 沈杨  
石磊 宋天威 宋照鑫 苏丹 孙翔 汤旺忠 王晨晨 王纯 王靖豪 王慢莉  
王燕 王依萍 王再伟 王长岭 韦宗楠 温育华 吴思思 夏彤 杨博 杨飞燕  
杨京京 杨昆鹏 叶益辰 张畅 张鹏 张思超 张文灿 张文骞 张雅倩 张焱  
张展豪 赵珊珊 周旻焜 左路杰

## BA22019(68人) 班主任:谷永红

陈莹 丁维伟 董海燕 方星月 冯鹤 冯赛 郭启 郭雪儒 胡佳平 华笑  
黄强 黄卓 江红霞 雷淑慧 雷小妹 李慧怡 李莉 李帅 李通 李祥霞  
刘灿 刘嵩 刘心 刘兆祥 罗均 马乐乐 聂威 农忠胜 庞俊 裘文杰

阮小云 邵振潮 盛梦婷 史青青 司文斌 孙文彬 孙鑫雨 田仁归 汪云 王恒  
王青雨 王生虎 王威峰 王新晨 王旭东 吴洋 谢友学 徐杰 徐智伟 许伍  
杨国庆 杨梦维 杨明宇 杨珊 杨艳云 杨泽群 余子安 岳帅 张东 张方松  
张浩 张乐 张宁 张媯嫻 赵维成 赵一鸣 赵玉祥 周喜

**BC22019代培博士(3人) 班主任: 郑小琦**

何蝶 刘宇博 依沙克江·赛麦提

**延期学生(9人)**

宋磊 苏兰鸿 宋晓君 郭明全 闫旭洋 徐文涛 柳仁 张庆 唐勇

**单证博士(4人)**

李琿 朱利华 曲波 胡其图

**留学生(26人)****2019级(6人)**

SULEMAN MUSTAFA KHAN JOHN KAMANDA MANSARAY  
KETEMA ALEMAYEHU ASSERESE TALIFHANI MUSHIANA  
TESFAYE TEBEKA SIMUR

**2020级(2人)**

ASMA AKHTAR HESHAM FAED ABDO GHALEB

**2021级(4人)**

NOREEN MAZHAR ABDUR RAHMAN  
PALMER SIVOKO IMBENZI HINA TABASSUM

**2022级(3人)**

SHUJAAT ALI SANIA ZAFAR IQBAL PHANG YEE LIN

**延期博士(11人)**

SYEDA AROOJ SAFI ULLAH FOZIA SULTANA MD ABDUR RAHIM  
PAYAM AHMADIAN KOUDEKAN MOSALLANEZHAD AMIRABBAS ARIF HUSSAIN  
SHEREENA SHAHID MOSTAFA SAYED AHMED ALI MERUYERT KASSYMOVA  
TEHMINA AKRAM

**高分子材料与工程系(20系)****BA19020(21人) 班主任: 刘华蓉**

陈建利 程浩 葛志青 古晗 何家庆 何康 黄云帅 李志刚 梁烁丰 刘涛  
路增奇 潘文浩 邵琪 宋成州 王翔楠 王雨松 许文 杨金晶 张蕴涵 赵立阳  
祝沁易

**BA20020(23人) 班主任: 汪谟贞**

岑杰 丁双双 高凡 高磊 黄伟强 黄永双 刘铨伟 彭丹 宋润迪 汪景行  
王聪 谢逸帆 薛云聪 颜硕 杨凯翔 于云鹏 张梦丹 周君湘 周强 周清浩  
周晓红 朱宁宁 朱仁嫻

**BA21020(27人) 班主任: 张国颖**

鲍义文 常梓轩 陈明龙 程俊 冯泽雨 干桂海 蒋思逊 廖道鸿 刘晓雨 孙欢娟  
孙瑶 汪婉钰 王博宇 王冬冬 王文兵 王雨晨 项灵芝 谢竹路 熊雨琪 徐梦贺  
许国庆 尤炜 袁晨瑞 张大川 张爽 张喻奔 邹潘港荆

**BA22020(38人) 班主任: 陈殿峰**

陈佳伟 杜孟奇 郭一帆 何恺凝 花超然 黄思齐 姜佳伟 李加焯 李焯瑾 马腾飞  
倪添雨 聂晨 乔磊 沈翔宇 台晓琳 谈正起 陶伟 汪全 王芳 王苗苗  
王奚 王瑜 韦琦 吴骄阳 尹德鹏 尹树杏 袁艏 臧烁烁 张楚天 张顽  
郑一帆 周洁 周钰 周跃辉 周子祺 朱良宇 曾薇 查昊

**延期学生(2人)**

陈同威 周超凡

**单证博士(2人)**

王启东 张平

**留学生(12人)****2020级(6人)**

TOKHIRJON JABBAROV WAQAS AHMAD MUHAMMAD ATIF  
WASIM SAJJAD TAHMINA ZIA ARSALAN RAZA

**2021级(2人)**

MUHAMMAD ASADULLAH KHAN ISHAQ LUGOLOOBI

**延期学生(4人)**

FATHELRAHMAN MOHAMMED SOLIMAN ADAM ABD AL-WALI MOHAMMED MOHAMMED JAPIR  
ANNUM AFZAL ALHADI IBRAHIM MOHAMMED ALTAYP

注: 以上学生名单截至2022-12-31