

# 中国科大发表MXene仿生限域组装综述论文

**本报讯** 近日，中国科大仿生界面材料科学国家重点实验室程群峰教授团队在《自然·材料评论》在线发表综述论文。文章将自然界中强韧一体化的鲍鱼壳珍珠层“砖-泥”结构借鉴到MXene纳米片的组装过程中，系统阐述了湿法组装过程中产生的纳米孔隙问题及其三维表征方法，提出了协同界面作用、纳米填充和限域组装三类仿生策略，介绍了热拉伸纺丝、卷对卷刮刀涂布等可量产工艺，并总结了相应材料在热管理、电磁屏蔽、骨再生、人工肌肉等应用方向的研究进展。

MXene自2011年被报道以来，单层纳米片同时具备金属级电导率、丰富的表面端基和较高的本征力学性能，已成为最受关注的二维纳米材料之一。然而，单层纳米片在组装成宏观薄膜或纤维时，其力学性能与本征值之间存在数量级的差距，根本原因在于纳米尺度的层间孔隙。

本综述将现有应对孔隙缺陷的工作归纳为三类策略：第一类是协同界面作用，在相邻MXene纳米片之间引入氢键、离子键、共价键等多种作用力，提升层间结合强度和应力传递效率；第二类是纳米填充策略，利用0D纳米颗粒、1D纳米线或2D纳米片直接填充层间孔隙，构建致密互锁结构。这两类策略均属于被动修复策略，侧重于在结构形成之后降低孔隙率以增强载荷传递。第三类限域组装策略与之不同，针对孔隙形成的根本原因，在湿法组装的早期通过外加应力或纳米限域水抑制毛细收缩，从源头减少孔隙的产生。三类策略协同应用，使仿生限域组装MXene纳米复合材料的力学性能和电磁屏蔽性能得到同步改善。

在规模化制备方面，本综述介绍了热拉伸

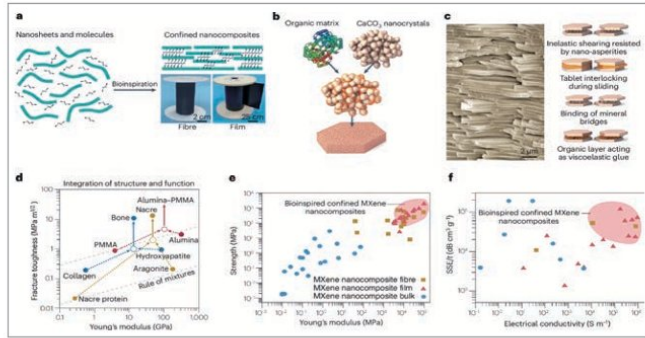


图. 仿生限域组装策略：珍珠层启发的“砖-泥”结构与MXene纳米复合材料的综合性能

纺丝与卷对卷刮刀涂布两类已实现连续制备的工艺路线，分别在常规设备上连续制备高取向的MXene复合纤维与大面积MXene复合薄膜，为后续工业化应用奠定基础。仿生限域组装MXene纳米复合材料在热管理、电磁屏蔽、骨再生与人工肌肉等方面均展现出明显优势。在热管理方面，高度取向的层状结构形成连续的声音传输通道，使薄膜具备优良的面向导热性能，可用于红外特征伪装、被动辐射调温 and 柔性鱼耳加热等场景。在电磁屏蔽方面，致密、高取向的层状结构与自由空间形成较高的阻抗失配，构成以反射为主、并伴随层间多重散射-吸收的屏蔽机制。在成骨再生方

面，MXene纳米片的光热转换、抗氧化与抗菌能力，结合丝胶类蛋白的生物相容性和Zn<sup>2+</sup>的成骨调控作用，可显著促进引导骨再生。在人工肌肉方面，MXene表面端基与纤维素纳米纤维之间的氢键网络在温度变化下发生可逆重组，其制备的人工肌肉纤维能量密度远超天然肌肉，展现出广阔应用前景。本综述最后展望了MXene的绿色规模化制备技术、孔隙的功能化设计与机器学习加速的多尺度模拟等研究方向。

李雨宸和彭欣瑞为本文共同第一作者，程群峰教授为通讯作者。  
(仿生界面材料科学国家重点实验室 苏州高等研究院 纳米科学技术学院 科研部)

# 中国科大实现液晶中涡旋线向拓扑孤子弦的动态可控制转化

**本报讯** 中国科大物理学院彭展晖教授、蒋景华研究员团队与香港科技大学张锐教授合作，在双向相液晶拓扑缺陷研究中取得关键进展，实现奇异的涡旋线向非奇异的拓扑孤子弦的可控制转化。相关成果以“Dynamic creation of topological solitons via nematic vortex lines”为题，5月19日在线发表在《美国国家科学院院刊》(PNAS)。

拓扑保护孤子结构具有独特的拓扑稳定性，成为高密度数据存储、自旋电子学下一代前沿技术的核心研究对象；涡旋线作为双向相液晶中广泛存在的拓扑缺陷，是探索拓扑规律的理想实验平台。但如何实现奇异的涡旋线与非奇异的孤子弦这两类本质不同拓扑实体的可控跃迁，长期以来是凝聚态物理领域亟待攻克

的核心挑战。

利用光控图案取向技术，研究团队设计在上表面为均匀取向，下表面为光控图案实验的液晶盒。在这一基础上，研究团队融合实验观测与朗道-德朗纳数值模拟，揭示了双向相液晶中拓扑缺陷转化的核心机制：涡旋线可通过与拓扑荷为±1/2的模涡旋、扭涡旋发生相互作用，精准转化为分数斯格明子弦，且孤子弦的拓扑结构可通过表面锚定图案实现实时调控。团队进一步利用光镊对涡旋线进行原位操控，成功实现孤子弦的动态创建与可逆湮灭，直接证实了涡旋线与孤子弦间的拓扑兼容性。

在此基础上，通过精密调控下表面的光控图案基底，团队完成多项原创性突破：借助具备类似比马诺斯拓扑的相邻涡旋环，制备出拓扑轮廓连续演化的斯格明子环；依托非平衡孤子

转化过程，构筑出“USTC”字母形等任意形状的涡旋线-孤子弦交织混合拓扑构型。实验与模拟结果一致表明，该拓扑转化过程可通过光控表面取向与光镊实现实时调控，所制备的各类拓扑结构均能稳定存在。

该成果在软物质材料体系中实现了奇异的拓扑缺陷与非奇异的孤子弦之间的动态可控制转化，突破了传统体系难以同时构筑、调控两类拓扑结构的技术瓶颈。双向相液晶盒可编程、低能耗、光易操控的特性，使其成为研发定制拓扑智能材料理想载体，为芯片器件设计、三维微纳纹理精准控制开辟了全新技术路径。

中国科大博士研究生郑新达、中国科大博士研究生张婧和香港科技大学博士研究生唐文滔为本文共同第一作者，彭展晖、蒋景华与张锐为文章的共同通讯作者。(物理学院 科研部)

# 《科学》：中国科大发现镍基高温超导的重要实验证据

**(上接1版)**  
电子-玻色子耦合的发现：在高温超导中，“电子配对”是形成超导的关键之一。理解电子如何配对也是形成高温超导机制的一个核心问题。理论认为，本应当相互排斥的两个电子可能以某种玻色子为媒介(胶水)，通过“电子-玻色子耦合”实现配对。研究团队通过对RuSmend-Popper双层镍氧化物(La<sub>1-x</sub>Pr<sub>x</sub>)<sub>2</sub>Ni<sub>2</sub>O<sub>7</sub>超导薄膜电子结构测量，在

费米能带中发现了费米能级以下~70meV处的能带折痕——这是电子-玻色子耦合的典型谱学特征。通过定量分析，研究团队确认了电子-玻色子耦合的存在。值得强调的是：类似的电子-玻色子耦合在铜基高温超导中也可能存在。因此，这一现象在镍基高温超导中的发现展现出重要的普适性，对理解高温超导电子配对机制提供了关键实验证据。  
中国科大为论文第一单位。在本项合作研

究中，何俊峰教授负责中国科大团队的研究工作，薛其坤院士和陈卓副教授负责南方科技大学团队的研究工作。中国科大博士研究生沈建昌、缪宇、赵志鹏，南方科技大学副教授周广迪、助理研究员李鹏为论文共同第一作者。何俊峰教授、薛其坤院士和陈卓副教授为论文共同通讯作者。  
(物理学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心 科研部)

# 加强基础研究 打牢科技强国建设根基

**(上接1版)**  
加强基础学科建设，以基础研究引领学科布局。学科体系是基础研究的先导。中国科大坚持“基础学科率先引领、新型工科跨越发展、生命医学融合发展”的思路，持续优化学科专业结构，数学、物理学、化学等11个学科入选国家“双一流”建设学科，基础学科在新一轮学科评估中全部表现优异。学校聚焦科技前沿和关键核心技术，加快新兴、急需、紧缺专业超前布局，持续推进学科交叉融合，新增量子信息科学、人工智能、机器人工程等13个新兴交叉专业和集成电路科学与工程、量子科学与技术、行星科学与探测技术等5个交叉学科博士学位授予点，系统重构基础学科生态。“十五五”时期，学校将围绕量子科学与工程、先进核能、人工智能、重点新材料、深空探测等八大主攻方向打造世界一流学科，为基础研究和原始创新赋能。

合肥先进光源、超级陶瓷装置、墨子巡天望远镜、空地一体量子精密测量实验设施等重大科技基础设施和人工智能研究院、大健康研究院等高能级平台建设。这些重大科技基础设施的布局和建设，将有力支撑我国基础研究“跟跑”“并跑”向“领跑”的跨越。

坚持人工智能驱动，引领基础研究范式变革。在新一轮科技革命中，人工智能正在深刻重塑基础研究格局，人工智能和数据驱动的科研范式变革将成为贯通教育、科技、人才发展的关键变量。中国科大在人工智能驱动的科学( AI for Science) 领域率先布局，研制出全球首个数据智能驱动的全流程机器化科学家，推动基础研究模式向“设计-合成-表征-分析”的全流程自动化闭环运行跃迁，致力于用AI攻克物质科学领域的基础科学问题，让基础研究步入工程化、平台化、开放共享的新阶段。同时，学校将人工智能驱动的科学研究的深度融合人才培养体系，在夯实数理基础、强化交叉融合的传统优势之上，全面提升学生的人工智能素养与跨学科创新能力。

**抢抓“第一资源”，夯实基础研究的“人才底座”**

中国科大以基础研究需求为牵引，一体推进教育科技人才发展，引育并举建设高层次人才队伍，不断夯实基础研究的“人才底座”。聚天下英才而用之，打造高层次人才“蓄水池”。作为国家战略科技力量的重要组成部分，高水平研究型大学是基础研究的国家队。中国科大瞄准国际科技前沿和国家重大需求，围绕重点学科领域，拓宽引才渠道和创新引才模式，加大力度精准引进国际顶尖人

才和优秀青年人才。近年来，学校加大各类人才计划对基础研究人才支持力度，构建了全链条的青年人才接续培养体系，以“创新基金”支持青年学生和教师开展“高风险、高回报”的探索，以“领军人才项目”为青年学者提供“十年磨一剑”的稳定支持；持续推进学校、学院和青年教师“三位一体”的青年人才培养工程，畅通青年人才发展通道，鼓励和支持青年人才挑大梁、当主角。

坚持“基础宽厚实、专业精新活”，培育基础研究的后备军。《教育强国建设规划纲要(2024-2035年)》明确将“人才自主培养质量全面提高，拔尖创新人才不断涌现”作为教育强国建设的重要阶段性目标。中国科大遵循人才成长规律，把拔尖创新人才自主培养放在更加突出的位置，坚持“基础宽厚实、专业精新活”的特色办学传统，聚焦国家急需领域，以“宽口径、厚基础”的通识教育夯实扎实的数理基础，通过本硕博一体化贯通设计保障长周期培养，培养拔尖创新人才。学校在中国科学院的大力支持下，积极探索“科教融合3.0”模式，努力打造教育科技人才一体发展示范区；深入实施“一特三区两工程”，在基础和前沿交叉学科、急需紧缺领域，实施本硕博贯通式培养；探索重大科技任务“订单式”人才培养模式，在科技攻关实施过程中遴选优秀青年科技人才，把丰富科研资源转化为强大育人合力。

**深化首創性差异化改革，释放基础研究的“制度动能”**

中国科大深刻把握基础研究周期长、不确定性大的特点，通过深化首創性差异化改革，破解基础研究研究和成果转化深层次体制机制障

**中国科大实现碳化硅氧一空位色心的高效制备与结构识别**  
**本报讯** 我校郭光灿院士团队在碳化硅色心的可控制备与微观结构识别方面取得重要突破。该团队李传锋、许金明研究员与匈牙利魏格纳物理研究所Adam Gali等人合作，发展了基于氧离子注入的高效制备方法，成功获得了4H-碳化硅中四氧空位色心，并通过同位素分辨的<sup>18</sup>O超精细相互作用测量，直接确认其为氧-空位色心。该成果5月16日在线发表在国际知名学术期刊《先进材料》上。

固态色心是发展量子精密测量和量子网络的重要物理平台，最常见的一类色心是金刚石中的氮-空位色心，与金刚石色心相比，碳化硅色心具有近红外光学跃迁优势，并可以利用成熟的碳化硅半导体工艺及晶圆级制备能力，因而被认为是实现可扩展固态量子器件的重要候选体系。李传锋、许金明研究员系统研究了4H-碳化硅中改性双空位色心的性质与应用，发现单个改性双空位色心(尤其是PL5和PL6)在室温下具有高光稳定性和高自旋读出对比度[ Nat.Sci.Rev.9(2022) ]；并发现PL6色心在低温共振激发下具有稳定的电荷态[ Nature Commun.15,10146 (2024) ]。展示了其在量子传感和自旋-光子接口中的潜力。然而，该类色心长期面临两大瓶颈：一是常规的离子注入法制备效率低，难以实现可控、规模化制备；二是缺乏微观结构直接证据，限制了对其物理性质和应用机理的深入理解。

为解决上述问题，研究团队采用氧离子注入方法，实现了氧相关改性双空位色心的高效制备。在低剂量氧离子注入样品中，团队识别出PL5、PL6、PL7'和PL8'四类自旋色心，并对其光学和自旋性质进行了系统表征。其中，PL7'与之前报道但未检测到零声子线的PL7色心在部分性质上相吻合，而PL8'则为新发现。统计结果显示，在随机选取的149个单发光中心中，约92%为上述氧相关改性双空位色心，显示出氧离子注入在制备该类色心方面的显著优势。通过系统优化注入剂量和退火温度，团队进一步实现了高浓度氧相关改性双空位色心体系的制备。样品在自旋条件下表现出强发光信号和可相干操控的自旋动力学特征，为发展实用化碳化硅量子器件奠定了坚实基础。

在此基础上，研究团队实现了氧相关改性双空位色心原子结构的直接识别。通过采用同位素富集的<sup>18</sup>O离子注入，并解析单色心中心<sup>18</sup>O核自旋的超精细耦合信号，团队确认氧原子直接参与了这些色心微观结构的形成。结合原理计算、量子网络安徽省重点实验室博士生胡启城、博士后周德阳为论文的共同第一作者。  
(量子网络安徽省重点实验室 物理学院 中国科学院量子信息与量子科技创新研究院 科研部)

该研究建立了4H-碳化硅中氧相关改性双空位色心的高效制备路线，并在实验上直接验证了其氧-空位缺陷结构。研究成果为碳化硅色心“经验发现”走向“可设计构筑”提供了重要支撑，也为发展可扩展固态量子芯片、片上量子器件和量子精密测量提供了极具前景的富集材料平台。

量子网络安徽省重点实验室博士生胡启城、博士后周德阳为论文的共同第一作者。  
(量子网络安徽省重点实验室 物理学院 中国科学院量子信息与量子科技创新研究院 科研部)

碍，为科研人员营造潜心探索的学术生态。

健全分类评价体系，激发基础研究人员创新潜力和活力。立足新发展阶段，高水平研究型大学必须发挥政策、政策的价值驱动和导向牵引作用，充分激发基础研究人员创新潜力和活力。中国科大坚持以科技创新质量、绩效、贡献为核心的评价导向，健全符合基础研究特点的分类评价体系，探索实施长周期跟踪考核机制。学校以“阶段考核”代替“年度考核”，以“同行交流”代替“述职考评”，对高层次人才通过学术交流等进行3年至5年的阶段性总结，重点关注代表性成果的创新点和意义；积极破除“帽子”异化使用等不合理安排，设立科技成果转化专业委员会，完成科技部“建立科技成果转化价值评价机制”专项试点任务；着力营造“育人”的创新环境，培育开放包容、宽容失败的学术生态，让科研人员心无旁骛地挑战前沿科学难题、冲击“0到1”的原始突破。

创新科技成果转化模式，支撑新质生产力发展。科技成果转化是实现从科学到应用的关键环节，也是将科学技术转化为现实生产力的重要途径。中国科大以国家赋予的改革试点为契机，创新性推出“赋权+转让+约定收益”的版权改革模式，将传统的“先转化、再奖励”模式，改革为科研团队凭借全部知识产权作价入股、学校通过转让协议享有知识产权未收益的新模式，大幅提高科技成果转化效率。这一创新模式，实现了“谁研发、谁受益”，形成了“基础突破催生技术成果、技术转化反哺基础研究”的良性循环，相关经验得到全国多地复制推广。为支持学校加强基础研究注入了源源不断的内生动力。未来，学校将进一步深化“企业出题、高校答题、市场阅卷”的机制，着力打通基础研究、应用开发、成果转化创新的链条，推动基础研究成果转化成为新质生产力。(原载于《安徽日报》2026年5月19日 作者为中国科学院量子信息与量子科技创新研究院 科研部)