



中国科大揭示淡水河蚌铰链中可变形硬组织 耐疲劳机理的研究取得突破性进展

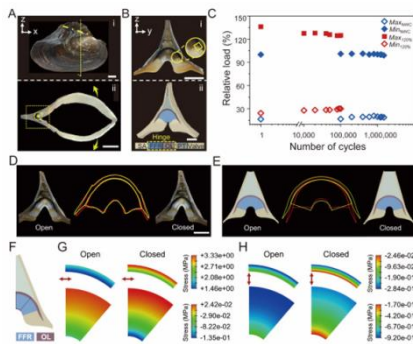


图1 (A) 褶皱冠蚌和截面照片；(B) 铰链切片照片和CT重构图；(C) 在正常开合和过载状态下的疲劳测试结果；(D) 开合前后铰链各区域形状变化及其轮廓图；(E) 有限元模型对应的开合前后的铰链各区域形状变化及其轮廓图；(F) 铰链有限元分析模型示意图；(G) 开合状态下铰链各区域周向应力分布；(H) 开合状态下铰链各区域径向应力分布。

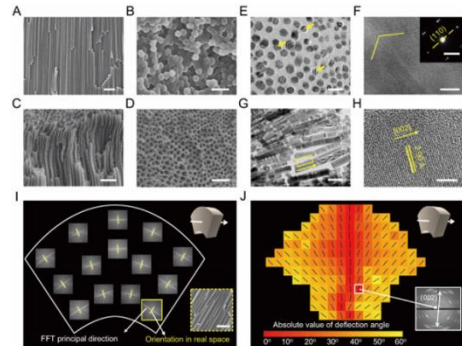


图2 (A) FFR在纵向上的自然断面扫描图；(B) FFR在横向上的自然断面扫描图；(C和D) FFR脱钙处理之后的扫描图；(E和F) 文石纳米线中的孪晶结构透射电子显微图片；(G和H) 文石纳米线沿长度方向上的晶体学特征；(I和J) 整个FFR中纳米线在形貌上和晶体学上的取向分析示意图。

中国科学技术大学俞书宏院士团队和吴恒安教授团队成功揭示了双壳纲褶皱冠蚌铰链内的可变形生物矿物硬组织的耐疲劳机制，提出了一种多尺度结构设计与成分固有特性相结合的耐疲劳设计新策略，为未来耐疲劳结构材料的合理创制发展提供了新的见解。研究成果以“Deformable hard tissue with high fatigue resistance in the hinge of bivalve *Cristaria plicata*”为题，于6月23日发表在国际顶尖学术期刊《Science》上。

双壳纲动物褶皱冠蚌(*Cristaria plicata*)又称鸡冠蚌，是一种常见的淡水蚌类。为了满足生存需求(滤食、运动等)，其外壳在一生中需要进行数十万次的开合运动，而连接两片外壳的铰链部位也会经历反复的受压和变形，表现出优异的耐疲劳性能。本工作中，研究人员揭示了铰链部位中的折扇形矿物硬组织所蕴含的跨尺度耐疲劳设计原理。从计算机断层扫描图(CT)和剖面光学照片可以看出，铰链可以分为两个不同的区域：外韧带(OL)和折扇形矿物硬组织(FFR)(图1, A和B)。研究人员对FFR在不同尺度上的观察发现，其具有跨尺度多级结构特征。在宏观尺度上，FFR的扇形外形能使其在OL和外壳之间实现有效的载荷传递。进一步的深入观察发现，FFR由弹性有机基质和嵌入其中的脆性文石纳米线组成。文石纳米线直径约为100-200纳米，线的长轴方向在形貌上和扇形的径向方向一致，在晶体学上纳米线沿002晶向取向(图2, A到H)。考虑到文石晶体在002晶向的压缩模量远大于其他晶向，这种微观形貌和晶体学取向上的一致性意味着FFR能有效地为OL的拉伸提供支撑(图2, I和J)。从FFR的横截面观察，文石纳米线呈近似六边形，研究人员通过高分辨透射电子显微镜也在纳米线中发现了纳米孪晶结构，考虑到文石纳米线沿002方向生长，这一结构可能与文石晶体P6₃mc空间群易形成(110)孪晶界密切相关。这种沿纳米线纵向方向的孪晶结构的存在，在纳米尺度上大大强化了纳米线抗弯曲断裂的能力(图2, E和F)。

这项研究揭示了含脆性基元的生物矿物材料在较大形变下的耐疲劳设计新机制，填补了国际上含脆性基元的仿生耐疲劳材料设计的空白，所提出的整合跨尺度结构特征与功能特性的设计策略，能够在不同尺度上充分发挥每种成分的固有特性，从而实现材料整体性能的优化。这种兼顾变形性和耐疲劳性的跨尺度设计原则有望为未来功能材料的仿生设计和创制提供崭新思路。

研究进展

中国科大开辟废弃聚乙烯塑料循环升级新路径

近日，中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心曾杰教授在塑料循环升级领域取得了突破性进展。研究人员提出了一种脱氢芳构和氢解串联的策略，在无须氢气和溶剂的情况下，将高密度聚乙烯塑料催化转化为高附加值的环状烃。相关研究成果以“Efficient solvent/hydrogen-free upcycling of high-density polyethylene into separable cyclic hydrocarbons”为题，于6月26日发表在国际知名学术期刊《自然·纳米技术》上。

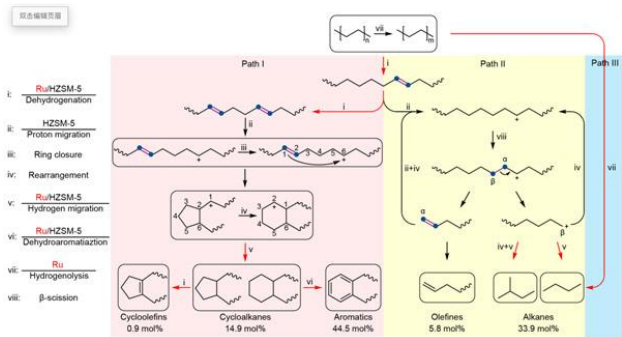
聚乙烯是五大通用塑料之一，化学结构稳定，难以自然降解。因此，发展废弃聚乙烯塑料循环升级技术，在减轻其对环境污染的同时，还能让其重新产生经济价值，对人类社会的可持续发展具有重要意义。聚乙烯和石油具有相似的化学结构与组成，那么能否利用绿色催化转化的方式，把废弃聚乙烯塑料当成一“固体石油”原料，来加工制备石油基下游化学产品呢？

石油工业中的两个过程引起了研究人员的注意。一个是短链的汽油馏分催化重整得到更高附加值的环状烃，这个过程会产生氢气；另一个是重质油加氢裂化制备短链烃，这个过程会消耗氢气。在这两个过程的启发下，研究人员设计出了一种“氢呼吸”策略用以降解高密度聚乙烯塑料。他们开发的分子筛负载金属钌催化剂（Ru/HZSM-5），可以一边让塑料成环脱氢变成环状烃，“呼”出氢气，一边又让塑料“吸”入其自身释放的氢气，并裂解变成短链烃。在无需额外添加氢气或溶剂的条件下，研究人员实现了高密度聚乙烯塑料到环状烃的循环升级。具体来讲，在Ru/HZSM-5催化剂的作用下，经280摄氏度24小时的催化反应，高密度聚乙烯塑料的转化率达到69.6 wt%。产物中链状烃主要分布在C1-C6，环状烃主要分布在C7-C16，且环状烃的选择性为60.3 mol%。

随后，研究人员探究了高密度聚乙烯塑料的循环升级反应路径。环状烃的生成过程为路径一。首先，高密度聚乙烯在钌或分子筛上发生脱氢形成相应的烯烃和二烯烃中间体。二烯烃中间体在分子筛的酸性位点作用下发生环化，形成相应的环烷烃产物。环烷烃进一步脱氢芳构，最终得到芳烃产物。链状烃的形成则与路径二和路径三有关。路径二中，脱氢形成的烯烃中间体在分子筛的酸性位点上发生质子化并形成碳正离子。碳正离子随后发生β断裂，得到更短链的烯烃和烷烃产物。路径三中，在金属钌的作用下，高密度聚乙烯直接利用体系中原位释放的氢，进行氢解断键得到短链烷烃。

研究人员用不同分子筛负载的金属钌进行了高密度聚乙烯塑料循环升级的催化实验，考察了分子筛孔道对反应的影响。结果表明，如果分子筛的孔道入口过窄（如SAPO-34），在孔道内生成的芳烃不能顺利脱附，进一步反应形成稠环，导致催化剂积碳失活。相反，如果孔道过大（如USY），对聚乙烯分子的吸附能力较弱，导致大量聚乙烯分子未被有效裁剪就脱附。对于HZSM-5分子筛来说，具有适中的孔道尺寸，既避免了稠环芳烃和积碳的生成，又使得生成的产物环状烃能顺利脱附，保障催化反应持续稳定进行。

经过三轮催化反应，Ru/HZSM-5催化剂的活性和选择性都没有发生明显变化，说明该催化剂具有很好的循环稳定性。同时，研究人员将原料从高密度聚乙烯塑料粉末更换为低密度聚乙烯保鲜膜，并进行了相同条件下的催化实验。结果表明，低密度聚乙烯保鲜膜也能被高效降解，且产物选择性跟高密度聚乙烯塑料几乎一致。这些结果表明，Ru/HZSM-5催化剂对不同类型的聚乙烯塑料具有一定的普适性。



图注：无溶剂/无氢条件下高密度聚乙烯塑料循环升级反应路径



研究进展

九章光量子计算原型机 求解图论问题

中国科学技术大学潘建伟、陆朝阳、刘乃乐等组成的研究团队基于“九章”光量子计算原型机完成了对“稠密子图”和“Max-Haf”两类图论问题的求解，通过实验和理论研究了“九章”处理这两类图论问题为搜索算法带来的加速，及该加速对于问题规模和实验噪声的依赖关系。该研究成果系首次在具有量子计算优越性的光量子计算原型机上开展的面向具有应用价值问题的实验研究。相关论文近日以“编辑推荐”的形式发表在国际知名学术期刊《物理评论快报》上，并被Physics网站专题报道。

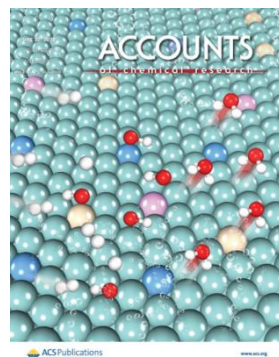
量子计算机的物理实现是当前科技前沿的重大挑战之一。国际学术界对量子计算的实验发展制定了三步走的路线图，其中第一步是实现“量子计算优越性”。

“量子计算优越性”是指，通过高精度地操纵近百个物理比特，高效求解超级计算机无法在合理时间内解决的特定的高复杂度数学问题。这一步的意义在于首次从实验上确凿地证明量子计算加速，并挑战“扩展的丘奇—图灵论题”。

目前，仅有谷歌、中国科大、以及加拿大Xanadu三个团队实现了“量子计算优越性”的目标。而只有在实现“量子计算优越性”的基础上，量子计算应用的实验研究才有望带来量子加速。因此，国际学术界下一阶段的一个重要科研目标是探索利用量子计算原型机演示具有实用价值的问题的求解。

近期，潘建伟团队在继续发展更高质量和更强拓展性的光量子计算原型机的同时，开展了将“九章”所执行的高斯玻色采样任务应用于图论问题的研究探索。图论起源于著名的“哥尼斯堡七桥问题”，被广泛用于描述事物之间的关系，例如社交网络、分子结构和计算机科学中的许多问题均可对应到图论问题。高斯玻色采样与图论问题具有紧密的数学联系，通过将高斯玻色采样设备的每个输出端口映射到图的顶点，将每个探测到的光子映射到子图的顶点，研究人员可以利用实验得到的样本加速搜索算法寻找具有更大密度或Hafnian的子图的过程，从而帮助这两类图论问题的求解。这两类图论问题在数据挖掘、生物信息、网络分析和某些化学模型研究等领域具有重要应用。该工作中，研究人员首次利用“九章”执行的高斯玻色采样来加速随机搜索算法和模拟退火算法对图论问题的求解。研究人员在实验中使用了超过20万个80光子符合计数样本，相比全球最快超级计算机使用当前最优经典算法精确模拟该实验的速率快约1.8亿倍。

中国科大应邀在《化学研究评述》 撰写碱性膜燃料电池评述论文



图注：该论文被选为《化学研究评述》封面

氢氧燃料电池由于比能量高、零碳排放等优势，在氢能转换领域具有重要意义。近年来，碱性膜燃料电池由于其相对温和的碱性工作环境，容许使用非铂族金属催化剂，被认为是一种经济高效的燃料电池技术。然而，在碱性环境中，电池阳极氢气氧化反应（HOR）动力学比在酸性中慢2-3个数量级。因此，研制高活性、高稳定性的碱性HOR催化剂对于氢燃料电池的发展至关重要。在自然界中，含有镍元素的氢化酶可以有效催化HOR过程。受此启发，基于镍元素设计高性能碱性HOR催化剂受到学术界的高度关注。

近日，中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心高敏锐教授研究组受《Accounts of Chemical Research》（化学研究评述）杂志主编Cynthia J. Burrows教授邀请，发表了题为“Nickel-Based Anode Catalysts for Efficient and Affordable Anion Exchange Membrane Fuel Cells”的评述论文。基于该小组前期的研究工作，研究人员评述了碱性膜燃料电池阳极镍基HOR催化剂的催化作用机制、改良策略和在实际燃料电池中的性能，同时也指出了该研究领域存在的挑战和未来的研究方向，相关成果被《化学研究评述》选为封面论文之一。

近年来，高敏锐研究组一直致力于碱性膜燃料电池技术的发展和應用研究，通过金属合金化、等离子体氮化和金属玻璃化等催化剂改性策略，在非贵金属驱动碱性膜燃料电池研究方面取得了系列的阶段性成果（Nat. Catal. 2022, 5, 993; Nat. Commun. 2021, 12, 2686; Angew. Chem., Int. Ed. 2022, 61, e202208040; Nano Lett. 2023, 23, 107）。《化学研究评述》是国际上最具权威性的三大化学化工综述性期刊之一，它具有鲜明的“自我综述”的特色，主要描述通讯作者团队自己的系统性研究工作，本次受邀在《化学研究评述》撰写综述论文，体现了我校科研团队在碱性膜燃料电池技术领域研究已形成系统性和国际影响力。



研究进展

中国科大在二维铁电物性研究领域取得系列进展

近日，中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心国际功能材料量子设计中心曾华凌教授课题组和物理学院朱文光教授课题组应邀在国际著名期刊《Advanced Functional Materials》发表了题为《Recent Advances in Layered Two-dimensional Ferroelectrics from Material to Device》的综述文章（Adv. Funct. Mater. 2023, 2304139），探讨了近年来二维层状材料中原子尺度铁电物性的探索、调控与应用，尤其是在二维原子级厚度极限下实现面外方向稳定室温铁电极化的策略和机制，并系统性地总结了相关二维铁电原型器件在非易失性存储、非线性神经元计算和光电子学中的应用。

固体中的铁性序是凝聚态物理研究长期以来一直关注的焦点，其中铁电性得益于其外场可控和非易失等特性，在现代光电子学中有广泛的应用。在早期的二维材料物性研究中，受限于结构稳定性的制约，二维铁电性-尤其是在技术应用上具有重要价值的面外方向铁电性-非常稀有，为该领域近年来的新兴研究方向。

曾华凌课题组和朱文光课题组近年来围绕层状材料中的二维铁电物性开展了理论结合实验的研究，取得了系列进展。朱文光课题组预言设计了首类以 $\alpha\text{-In}_2\text{Se}_3$ 为代表的具有面内与面外电极化相耦合的室温单层二维铁电材料（Nat. Commun. 8, 14956（2017），他引700余次），并在曾华凌课题组开展的后续实验中得到验证（Nanoscale 10, 14885（2018），他引100余次；Adv. Funct. Mater. 29, 1808606（2019），他引100余次）；此外，曾华凌课题组在少层二维半导体中发现了由层间滑移诱导的新型室温铁电性，揭示了滑移铁电体系的相变行为（Phys. Rev. Lett. 128, 067601（2022），2022年第6期封面文章），针对二维极限下外电场难以实现铁电极化均匀调控的难题，发展了二维铁电体系中挠曲调控电极化的普适方法（Nano Lett. 22, 3275（2022）），并首次在二维体系中观察到了铁电极化增强的体光伏效应，演示了有望突破传统光电转换效率的新型光电器件（Nat. Commun. 12, 5896（2021））。

该系列研究进展受到了国内外同行的广泛认可，为发展面向后摩尔时代的高密度信息存储器件提供了前期的先验基础。



国家研究中心简讯

◆合肥微尺度物质科学国家研究中心召开全体教职工大会

6月25日，合肥微尺度物质科学国家研究中心在理化大楼西三报告厅召开全体教职工大会。会议由合肥微尺度物质科学国家研究中心党委书记王兵主持。

会上，中心党委书记王兵作了题为“深入学习贯彻党的二十大精神——科教报国、追求卓越”的党课。报告总体介绍了二十大报告的篇章结构，着重讲述了新时代十年的伟大变革及其里程碑意义以及“两个确立”是党在新时代取得的重大政治成果，是推动党和国家事业取得历史性成就、发生历史性变革的决定性因素，并围绕着党的二十大报告第五部分，阐述了教育、科技、人才“三位一体”发展新要求。

中心党委纪检委员叶树集作了2023年度警示教育报告，还对《中国科学技术大学教职工师德师风失范行为处理办法（试行）》、《中国科学技术大学教职工校外兼职管理暂行办法》等学校相关规章制度进行了强调。

之后，王兵从典型实验室安全事故、法律责任和法规条例、基本概况及管理措施三个方面介绍了实验室安全工作。会上，与会人员集中学习了实验室安全教育视频，并向全体教职工发起安全倡议书，进一步强化安全意识，落实安全责任。会中开展了保密学习教育，集中观看了保密安全教育视频，进一步提高广大教职员工的保密安全意识，筑牢安全底线。

◆合肥微尺度物质科学国家研究中心举行2023届研究生毕业典礼

6月16日，中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心举行2023届毕业典礼。中心和未来技术学院领导罗毅、王兵、陈旻、孙梅，校学位委员会办公室副主任潘楠，导师代表陈腾云教授、高敏锐教授、谭世倬教授、王征飞教授、曾华凌教授出席毕业典礼，与毕业生们欢聚一堂，共叙师生情谊。党委副书记孙梅主持典礼。

在热烈的掌声中，中心主任罗毅发表讲话，表达了对2023届毕业生们的祝贺。潘楠代表学校，向顺利毕业的同学们表示热烈的祝贺！高敏锐作为导师代表发言，他向同学们分享了自己学习、工作和生活中的一些感悟。

随后，罗毅宣读2023届春季和夏季毕业生名单，2023年博士研究生牛壮壮和赵媛，分别代表毕业生进行发言。中心党委书记王兵带领毕业生庄严宣誓：“感恩父母养育，感谢导师教诲，不忘母校培养。我们坚守母校信念，热爱科学、崇尚真理；我们传承母校精神，科教报国、追求卓越。我们用激情和智慧建设祖国，用责任和行动回馈社会，用成就和硕果回报母校。”