



成果速览

扎根科研一线，勇担创新使命。近期，中国科大在多个前沿领域取得重要突破，展现出强劲的科研实力与创新活力。华国强教授团队在《科学》杂志发表一项神经科学领域的突破性研究成果，揭示了大脑高效传递信息的“微缩密码”，这是学校今年以第一署名单位在《科学》上发表的首篇成果，同时也是学校以第一署名及通讯单位发表的第十三篇CNS正刊论文。另外，在材料科学、量子计算、拓扑物理等领域，有研究团队利用激光辐照所激发的等离激元效应，实现了亚纳米级高熵合金的创制；提出并实验验证基于测量的量子计算的资源理论框架；发表综述文章展望“以数据驱动实现稳定催化剂设计飞跃”；以及成功实现高熵陶瓷微纳尺度三维打印，为多元陶瓷微纳器件的开发与应用开辟了新路径等。每一项突破的背后，是科大人无数日夜的攻坚克难。勇于创新、敢于超越、力争一流，科大人将始终以奋进之姿深耕科研领域，书写“强国建设、科大有我”的崭新篇章。

中国科大创制出超稳定的亚纳米级高熵合金

本报讯 中国科大熊宇杰教授团队近日利用激光辐照所激发的等离激元效应，实现了亚纳米级高熵合金的创制。该方法具有广泛的普适性，可制备含有多达十种金属元素的亚纳米级高熵合金。由金、铂、钨、铱和铑等五种金属元素组成的亚纳米级高熵合金，在质子交换膜电解槽中展现出卓越的电解水产氢稳定性。在2.12伏的电压下，该亚纳米级高熵合金以2安培/平方厘米的电流密度持续工作1200小时。相关研究成果于10月15日发表在《自然·材料》上。

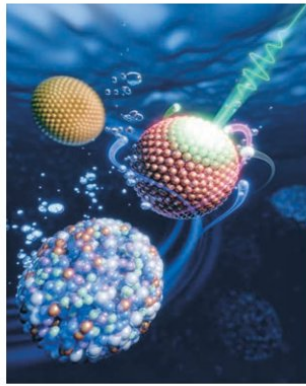
在该工作中，研究人员将金纳米颗粒分散在含有多种金属盐的溶液中，使用纳秒脉冲激光对其进行辐照，可批量获得亚纳米级的高熵合金纳米颗粒。该方法巧妙地利用了纳秒脉冲激光辐照所激发的金纳米颗粒等离激元效应，可将颗粒表面温度快速提升至2000摄氏度以上，并且以高于1010摄氏度/秒的速度进行冷却，突破了传统合成方法的瓶颈。该方法适用于各种亚纳米级高熵合金纳米颗粒的制备，可合成出

含有多达十种金属元素的亚纳米级高熵合金。高熵合金纳米颗粒的平均尺寸仅为1.8纳米，且各元素均匀分布。

该方法获得了由金、铂、钨、铱和铑等五种金属元素组成的亚纳米级高熵合金，可作为催化剂用于电解水。该催化剂表现出卓越的酸性电解水产氢和产氧活性，且具有超高的稳定性。在质子交换膜电解槽中，该亚纳米级高熵合金作为阴极和阳极的催化剂，具有明显优于商业铂碳催化剂和二氧化钨钨催化剂的活性及稳定性，在2安培/平方厘米的大电流密度下可稳定电解水超过1200小时。

中国科大将任副研究员张超、硕士研究生刘畅和淮北师范大学副教授王中江是本文共同第一作者，中国科大熊宇杰教授和天津工业大学刘敬祥教授（原中国科大任副研究员）为共同通讯作者。

（化学与材料科学学院 合肥微尺度物质科学国家研究中心 科研部）



中国科大提出并实验验证基于测量的量子计算的资源理论框架

本报讯 中国科大郭光灿院士团队李传锋、陈耕等人与复旦周游、意大利那不勒斯费德里克二世大学Alicia Hamma等人合作，在基于测量的量子计算的魔术资源理论研究中取得重要进展。团队首次提出了“注入魔术资源”（Invested Magic Resources）和“潜在魔术资源”（Potential Magic Resources）两个核心概念，如同为量子计算过程配备了精确的“标尺”和标准的“量杯”，揭示了量子计算优势的累积过程。该理论为理解和量化量子计算的计算能力提供了全新的视角，并为设计更高效的量子算法指明方向。相关研究成果10月16日发表在《物理评论快报》上。

量子计算超越经典计算的核心优势之一，在于利用被称为“魔术”资源的T态或门操作。然而，如何高效生成并利用这些资源以实现最大量子优势，是该领域的关键问题。基于测量的量子计算（MQC）作为一种重要范式，从本身不含“魔术”的纠缠态出发，借助“非泡利测量”执行计算，表明测量是注入“魔术”的关键。但测量如何逐步注入“魔术”，以及不同纠缠结构对“魔术”的承载能力，仍是尚未解决的重要问题。

针对这一挑战，研究团队创新性地建立了

一个全新的理论框架来解决这些问题。他们引入了一个生动的“倒水入杯”模型，将量子优势的累积过程形象化：非泡利测量是“水”，测量过程就像是向系统中“倒水”，代表了为实现某个量子算法所必须引入的“注入魔术资源”。而量子系统本身的纠缠结构，则像一个“杯子”，其容量决定了系统能够容纳和有效利用的“魔术”上限，这被称为“潜在魔术资源”。一个结构更优、维度更高的纠缠态，就像一个更大的杯子，拥有更大的“潜在魔术资源”。实际的量子优势，即“杯中水”；最终留在杯中的水，即“存留魔术资源”（Reserved Magic Resources），才是算法最终获得的、真正有效的量子优势。如果注入的“魔术”（水）超过了“杯子”的容量，多余的部分就会溢出，造成资源浪费。

这个框架清晰地表明，要获得强大的量子计算能力，高效的测量（源源不断的水）和优质的纠缠结构（足够大的杯子）缺一不可。研究团队还从理论上证明，高维度的纠缠态（更大的杯子）能够支持超线性的乃至指数级的量子优势，为设计更高效的量子算法指明方向。

为了验证这一理论，团队在一个高品质的四光子量子计算平台上进行了实验演示。实验

结果精确地展示了在生成关键量子态（如T态和量子傅里叶变换态）的过程中，“注入魔术”和“存留魔术”如何随着每一步测量而变化。实验清晰地观测到，当“注入魔术资源”总量超过由纠缠结构决定的“潜在魔术资源”上限时，“魔术”资源便会不可避免地浪费。这为“倒水入杯”模型提供了强有力的实验证据。同时实验还观察到，使用基于测量的量子计算，“魔术”资源的浪费非常小；证明了基于测量的量子计算是一个十分节约资源的量子计算平台。

这项工作不仅首次从理论和实验上清晰揭示了量子优势在计算过程中的动态累积机制，也为未来优化量子算法、减少资源浪费、推进容错量子计算的发展提供了关键的理论工具和实验指导。审稿人对该工作给予了高度评价，认为其“为连接基于测量的量子计算与资源理论作出了重大贡献”，并称誉该工作“挑战了量子计算领域的传统观念，同时提供了全新的视角”。

论文的第一作者为中国科大博士研究生李恭初。

（量子网络安徽省重点实验室 物理学院 苏州高等研究院 中国科学院量子信息和量子科技创新研究院 科研部）

中国科大发表『以数据驱动实现稳定催化剂设计飞跃』的综述文章

本报讯 10月24日，中国科大化学与材料科学学院、精准智能化学全国重点实验室的李微雪教授，受邀在Nature Catalysis的News & Views专栏上，发表题为“*A data-driven leap towards stable catalysts*”的文章，来自合肥微尺度物质科学国家研究中心的胡素磊教授为该文的第一作者。文章在对同期发表的一篇最新研究论文进行专题介绍的同时，对该领域未来的发展做出评述。

在从能源转化到环境治理的众多工业过程中，负载型金属纳米催化剂扮演着核心角色。然而，一个长期困扰工业界的“阿喀琉斯之踵”是催化剂在复杂化学反应、高温条件下的失活问题。这种失活通常源于纳米颗粒的“烧结”——即颗粒聚并长大，导致活性表面积急剧减少。因此，理性设计出具备优异抗烧结性能的催化剂，是催化科学与工程技术领域追求的重大目标。

解决该难题的关键之一，在于对金属纳米颗粒与氧化物载体之间相互作用（Metal-Support Interaction, MSI）的深刻理解和精准调控。李微雪团队前期的研究工作作为这一复杂问题的解决建立了一个普适的理论，即普适的MSI“火山型”关系原理。该原理揭示：MSI并非越强越好。只有当MSI强度处于“火山峰”的理想区间时，两种失活机制才能被同时抑制，从而实现催化剂的最佳热稳定性。对于高温反应，化学稳定性差、亚纳米甚至单原子催化剂等所面临的严峻挑战，研究团队进一步提出多功能载体设计原理，借此打破界面作用传统限制，超越催化材料耐受温度的限制。

在该理论指导下，来自美国密歇根大学的S.Lim教授与B. Goldsmith教授通过基于第一性原理神经网络的大规模分子动力学模拟，从理论层面完整验证了李微雪团队提出的稳定性“火山型”理论，并首次定量确认其最佳MSI准则：纳米颗粒与载体接触角为90°时，催化剂抗烧结性能最优。以此为核心判据，他们运用可解释机器学习模型，从表面能、表面键能等特征预测MSI强度，并对上万种氧化物表面进行高通量筛选，锁定出潜力候选材料。实验验证表明，最优载体系Pt/BaO催化剂的高温抗烧结性能优于传统载体。该工作将基础理论转化为工程预测工具，为催化新材料的发现提供了模拟驱动的高效方法。

展望未来，需实现对MSI更深入的物理调控并建立揭示其物理本质的解析模型。2024年，李微雪团队基于实验数据，融合符号回归的可解释机器学习（“白箱”模型）与神经网络势分子动力学模拟（“黑箱”模型），构建出描述MSI强度的普适解析物理方程。该结合“灰箱”模型兼具预测精度与机理明晰性，以简洁数学形式揭示相互作用规律，为第一性原理催化设计提供了深刻机理洞察。

理想的工业催化剂需兼具稳定性、高活性和高选择性，但三大性能相互制约，形成“多目标优化”难题。对此，李微雪提出，结合“白箱”模型的机理透明性与“黑箱”模型的强大预测能力，发展“灰箱”催化模型，并与高通量自动化实验协同实现，实现虚实融合。该研究范式有望在高维催化空间中导航，驾驭三者间复杂关系，从而在真实工业条件下实现高效稳定催化剂的理性设计。

（化学与材料科学学院 精准智能化学全国重点实验室 科研部）

中国科大利用拓扑单极子实现光驱动液晶斯格明子拓扑转换

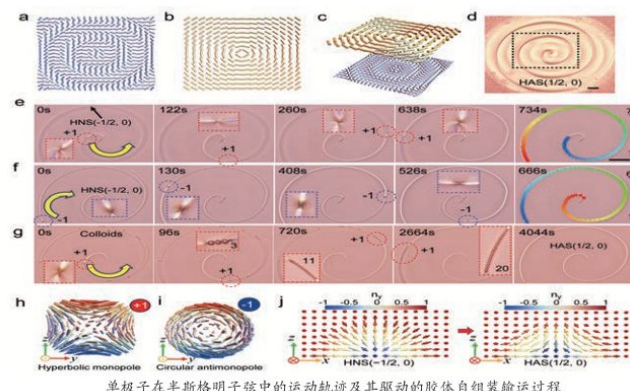
本报讯 中国科大物理学院彭晨晖教授、蒋景华研究员团队与香港科技大学张锐教授合作，在向列相液晶体系中实现了通过光控拓扑单极子介导的半斯格明子拓扑态转换，并成功将单极子作为载体实现了胶体颗粒的可控输运。这一成果为拓扑物态的非平衡调控和微纳尺度物质输运提供了全新途径。相关研究成果10月16日发表在《自然·通讯》上。

在本研究中，研究团队通过在向列相液晶盒中设计具有几何阻挫的界面图案，成功在单极子介导的半斯格明子弦中诱导产生了8种不同类型的单极子结构，包括双曲型、圆形及中间型的（反）刺猬构型。这些单极子作为拓扑物态的源与汇，成为连接不同半斯格明子构型的关键桥梁。通过线性偏振蓝光（波长455nm）驱动系统脱离平衡态，研究团队实现了单极子对之间从吸引到排斥的动态切换，进而诱导半斯格明子发生拓扑转变，如从半奈尔斯格明子（HNS, Nsk = -1/2）转变为半反斯格明子（HAS, Nsk = +1/2）。

尤为重要的是，研究团队进一步开发了拓扑单极子的微纳操控功能，将其作为微型“搬运工”。在螺旋形半斯格明子弦中，单极子可沿预设轨迹自主运动，并带动胶体颗粒从中心向边界（或反向）进行可控输运，运动速度在0.35~2.32 μm/s范围内可控，且几乎不受流体动力学干扰，展现出其在微米尺度货物运输中的巨大应用潜力。

以上结果首次系统揭示了单极子在半斯格明子拓扑转换中的核心作用，实现了光控下的动态编程调控，为拓扑物态的非平衡动力学研究提供了重要范例。审稿人认为，该研究“在无本征手性的向列相液晶中，实现了对三维斯格明子拓扑转变的重要控制，是一项显著的进展”。

中国科大物理学院博士研究生孔若热、阿斯丁、香港科技大学博士研究生唐文滔和中国科大博士研究生郑新达为文章的共同第一作者，彭晨晖教授、蒋景华研究员和张锐教授为文章的共同通讯作者。（物理学院 科研部）



单极子在半斯格明子弦中的运动轨迹及其驱动的胶体自组装输运过程

中国科大成功实现高熵陶瓷微纳尺度三维打印

本报讯 中国科大工程科学学院李家文教授课题组在高熵陶瓷微纳尺度三维打印领域取得重要进展，通过开发出一种通用且高效的多元陶瓷微纳尺度三维打印方法，成功实现了具有亚微米特征尺寸的多元陶瓷三维结构制造，并制备出超轻、超弹特性的高熵陶瓷纳米晶格三维超材料。该技术攻克了高熵陶瓷在微纳尺度三维成型方面的难题，为多元陶瓷微纳器件的开发与应用开辟了新路

径。相关研究成果10月17日发表在《科学·进展》上。

高熵陶瓷（HECs）通常是由四种及以上等摩尔或近等摩尔比的金属阳离子与非金属元素（如碳、氮、氧、硼）共同构成的高维多元陶瓷材料。目前对高熵陶瓷的研究多集中于粉末、块体及涂层等形态，如何实现具有复杂三维形貌，尤其是百纳米级特征尺寸的高精度陶瓷结构，仍是制约其在微纳光子器件、微机电

系统与高性能机械超材料等前沿领域应用的关键技术瓶颈。

李家文课题组首先开发了一种基于酸碱中和和反应的光刻胶合成策略，无需有机溶剂与交联剂，即可制备出超过15种完全透明的光敏金属丙酸酯，其陶瓷成分负载量高达70%，并具备优异的光学透明度。研究人员再通过飞秒激光光子聚合成形和烧结处理工艺，成功实现了全致密、高形状保真度和优异力学性能的高熵陶瓷微纳结构。利用该技术，课题组成功制备出特征尺寸低至150纳米的全致密高熵陶瓷纳米晶格，首次将高熵效应引入微纳三维结构

陶瓷，并通过诱导高密度位错显著增强了材料强度与韧性。

测试结果表明，该高熵陶瓷纳米晶格展现出超越1GPa/cm³的超高比强度、高达230J/m³的能量吸收能力以及卓越的断裂韧性。该研究为探索多组分结构陶瓷微纳器件的制造，尤其是高熵陶瓷在微纳机电系统与航空航天等领域的推广应用提供了全新解决方案。

中国科大工程科学学院博士研究生蒋蒋东、博士后李瑞和硕士研究生李滨洪为论文共同第一作者，李家文教授为通讯作者。

（工程科学学院 科研部）