

## 中国科大实现三级胺和阿片类药物的快速荧光检测

本报讯 中国科大张国庆教授团队报道了一种三级胺和阿片类药物的快速荧光变色传感方法。该工作相关研究成果于4月14日发表于《美国化学会志》。

研究团队提出了一种荧光变色方法，用于快速区分不同的有机胺。在光照条件下，三级胺分子和被光激活的蒽酮衍生物首先形成激基复合物(excimer)，并构象调整为稳定的光致电荷转移络合物(PCTC)。三级胺和蒽酮衍生物分子在光照下的独特结合方式为高度类似的三级胺分子取代基结构的区分提供了条件。

实验通过三种类型(含有甲基的、柔性链胺以及刚性胺，图1a-c)的三级胺分子和蒽酮衍生物进行光照实验，结果表明，光致荧光量子产率和发射波长受三级胺的取代基和分子柔韧性的显著影响；含有甲基的三级胺分子会快速呈现绿色，而含有甲基的柔性胺表现为显著的黄色(图1d-e)。

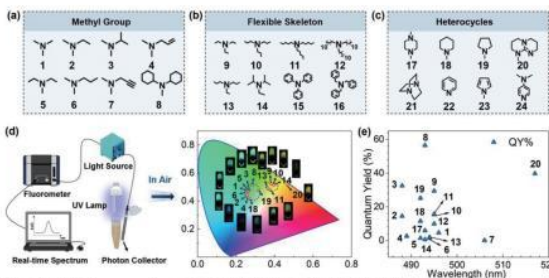


图1: 可区分20种结构相似的三级胺的便携式装置

实验通过进一步的光谱表征发现，在365nm紫外光激发下，含有甲基的三级胺在短时间内即可表现为绿色，而柔性胺需要经过黄色发光的过渡态之后逐渐变为绿色，并经过24种胺的光谱测试表明了该现象的普适性。这表明含有甲基的三级胺位阻较小，有利于和蒽酮衍生物分子进行相互作用和电子转移。这个解释得到了DFT计算以及瞬态荧光

光谱的佐证。

基于对三级胺的响应性，实验开发了一种用于视觉识别天然和合成阿片类药物(包括海洛因、芬太尼、甲基苯丙胺和托托尼)的定性方法，与Marquis试剂盒等现有方法相比，该方法更加简便快捷，并且可以促进现场测试、实时监控并简化实验室和现场环境中的工作流程。

这项工作是由课题组发现光照电荷转移络合物之后的又一重要突破，也是分子光谱致基态电荷转移络合物的重要支持证据。该工作为三级胺的痕量检测以及阿片类药物的快速识别提供了新思路。

合肥微尺度物质科学国家研究中心黄文环博士和张国庆教授为论文通讯作者，中国科大博士研究生程致远、本科生李雪文为论文共同第一作者。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心 合肥国家实验室 科研部)

## 中国科大揭示了里德堡原子多体系统中的电荷宇称对称性破缺现象

本报讯 中国科大郭光灿院士团队史保森、丁冬生课题组在冷里德堡原子气体中观测到多体相互作用诱导的奇点与迟滞现象，揭示了非厄米多体物理中的电荷宇称对称性破缺现象。相关成果近日发表在《自然·通讯》上。

电荷宇称对称性是粒子物理学中一种重要的离散对称性。当某些物理过程在电荷宇称变换下表现不对称时，即称为电荷宇称对称性破缺。比如：中性K介子(K<sup>0</sup>)衰变和B介子衰变等。研究电荷宇称对称性破缺有利于理解自然界中的物质-反物质不对称性机制，以及发现超越标准模型所预测电荷宇称破缺现象。里德堡原子凭借其巨大的电偶极矩和优异的量子相干特性，为模拟和研究电荷宇称破缺现象提供了理想的量子多体系统平台。值得注意的是，里德堡原子间的长程相互作用可以诱导额外的量子耗散通道，这使得在实验上构建可控的多体非厄米量子系统成为可能，为研究奇点及其相关非平衡动力学行为开辟了新途径。丁冬生等人在冷里德堡原子系统中利用多体相互作用构建了非厄米模型，发现了电荷宇称对称性破缺现象，观察到了非厄米性导致的迟滞现象。

研究人员通过实验测量不同探测光强度下的原子响应，成功观察到里德堡原子间多体相互作用诱导的二阶奇点，如图1所示。理论分析表明，系统的哈密顿量具有电荷宇称对称性，且该对称性在奇点处发生破缺。此外，理论分析揭示了系统中二阶奇点的存在，这些高

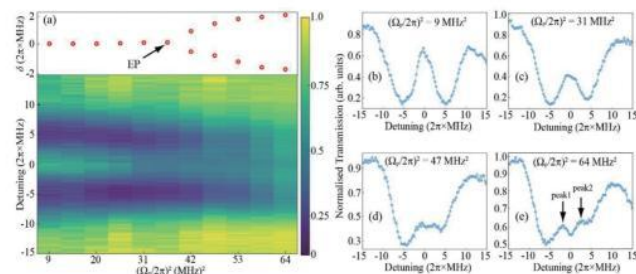


图2: 实验测量的相图。(a) 为原子响应随探测光强度的变化关系，透射峰的分裂表明系统经历了奇点；红色点表明透射峰的偏移。(b)-(e) 为不同探测光强度下测得的原子响应，展示了奇点附近的光谱特征。

阶奇点在精密测量领域展现出重要的应用前景。在这样的系统中，里德堡原子的状态不仅受到外部输入的影响，而且还受它们以前的状态所限制。因此，在激光功率不同的扫描方向上，系统的动力学演化完全不同，从而产生了迟滞现象。同时，该工作还研究了不同原子密度情况下扫描时间对迟滞效应的影响，揭示了不同时间尺度下的非厄米响应特性。

该工作架起了非厄米多体物理与粒子物理电荷宇称问题之间的桥梁，为理解宇称破缺起源、标准模型的局限性以及探索新物理提供了

新的思路。该工作得到审稿人的高度评价，“该稿件尤其清晰地展现了以下重要性：(i) 他们构建了一个高度可控的里德堡原子实验系统，并通过相互作用实现了奇点附近的调控；(ii) 该系统中高阶奇点的存在从理论上得到了证实”。

中国科大博士研究生张俊和王雅君，以及博士后李思泽为本文的共同第一作者，丁冬生教授为本文的独立通讯作者。

(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和量子科技创新研究院 科研部)

## 中国科大打破二氧化碳电解选择性和碳效率难以兼得桎梏

本报讯 中国科大高敏教授和谢斌课题组揭示了酸性CO<sub>2</sub>和Fe/ISPC的固有问题。同时，为了打破Fe和ISPC的固有问题，研究团队在SnO<sub>2</sub>上修饰聚酰胺，利用其丰富的胺基动态捕获质子，成功在pH=1.36、K<sup>+</sup>浓度低至0.1M的酸性体系中共时实现了95.7%的SPCE和96%的HCOOH FE。相关成果近日发表在《德国应用化学》上。研究人员通过电化学仿真模拟与实验研究，探索了不同浓度的H<sup>+</sup>和K<sup>+</sup>对电极表面微环境(pH、CO<sub>2</sub>浓度和酸碱盐比例)和CO<sub>2</sub>性能(PE、SPCE和稳定性)的影响，揭示了酸性CO<sub>2</sub>电解体系中Fe和ISPC的固有问题，即提升K<sup>+</sup>浓度虽可增强FE，却会以牺牲SPCE为代价。

为克服酸性CO<sub>2</sub>中的内在矛盾，研究人员在SnO<sub>2</sub>纳米颗粒上修饰聚酰胺(PI-

SnO<sub>2</sub>)，这种耐酸性胺基聚合物可通过其丰富的-NH-官能团捕获H<sup>+</sup>，从而减少电解液中自由H<sup>+</sup>浓度。他们通过HER极化曲线、原位拉曼及原位红外测试(右图)，证实了聚酰胺在酸性CO<sub>2</sub>电解条件下能有效抑制H<sup>+</sup>向电极表面扩散，从而提高电极表面局部pH，促进关键中间体\*OCHO的生成。在300 mA cm<sup>-2</sup>，PI-SnO<sub>2</sub>实现了96%的HCOOH FE，且在CO<sub>2</sub>流速为1 sccm下，PI-SnO<sub>2</sub>的SPCE高达96%，超越了此前报道的碱性、中性和酸性(高K<sup>+</sup>浓度)条件下的CO<sub>2</sub>电解性能。

论文的共同第一作者为中国科大博士研究生池雨萍、张玉才和牛壮壮。

(合肥微尺度物质科学国家研究中心 科研部)

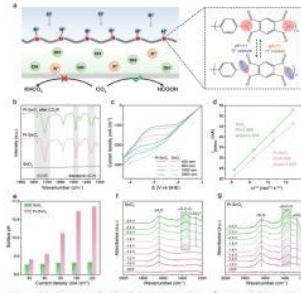


图3: 聚酰胺修饰策略调控电极表面微环境

## 中国科大在轻微电滥用下的钠离子电池安全特性研究中取得新进展

本报讯 近日，中国科大工程科学学院精密机械与精密仪器系先惠感知、数据融合及智能运维课题组王磊研究员团队在钠离子电池轻微电滥用下的安全特性研究中取得新进展，报道了单次轻微电滥用对钠离子电池容量、阻抗特性和热稳定性的影响，并揭示了长期电滥用循环下安全特性的退化规律。相关研究成果发表在《尖端科学》上。

研究团队采用先进的电化学测试和材料表征技术，研究了钠离子电池在单次轻微电滥用和长期轻微电滥用循环下安全特性的降解机制和途径。如图展示了本文采用的技术路线，发现单次轻微电滥用对电池容量的影响很小，但会显著改变活性电极材料的界面阻抗和性能。过充会使固体电解质界面阻抗增大，副反应加剧，而

过放则导致固体电解质界面溶解和活性物质损失。轻微过充还降低了热失控的触发温度，加速了被钠导致的升温速率，显著增加了热失控风险。相比之下，过放电对热失控行为的影响较小，可能还会略微延迟过充诱导热失控的发生。对于遭受长期轻微电滥用的钠离子电池则会表现出显著的电化学性能退化，且导致正极表面被钠积累，而被钠程度与过充次数呈正相关。该研究不仅阐明了轻微电滥用下钠离子电池安全特性的退化机理，也为钠离子电池的优化设计和安全性评估提供了理论支持。

中国科大工程科学学院博士研究生桂青华为论文的第一作者，王磊研究员为论文唯一通讯作者。

(工程科学学院 科研部)

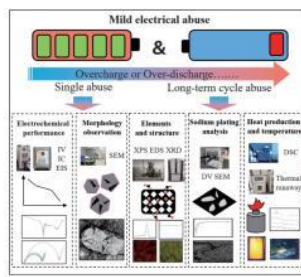


图4: 本研究采用的技术路线

## 空天飞行高温气动全国重点实验室召开发展研讨会

本报讯 4月14日，中国科学院力学研究所空天飞行高温气动全国重点实验室主任黄河激带领来自中国科大交流、双方就实验室高质量发展、深度融合工作进展进行深入研讨，探索教育、科技、人才三位一体发展下，以共同依托全国重点实验室为平台开展科教融汇的创新发展路径。中国科大党委书记舒歌群教授，科研部负责人、力学研究所职能部门代表，以及陆少云院士等全国重点实验室科研骨干代表50余人参加了会议。会议由中国科学院工程科学学院执行院长吴恒安教授主持。

舒歌群指出，力学研究所和中国科大近代力学系同根同源，都是在“两弹一星”研制的大背景下由钱学森先生一手缔造的，具有深厚的合作基础。党的十八大以来，在中国科学院科教融汇的方针政策指引下，双方在项目合作和人才交流方面已取得了显著成绩，希望双方进一步围绕全国重点实验室的平台基础，推动研究生培养，在关键任务攻关和重大科研平台建设方面不断取得新成效，为我国空天领域的人才培养作出应有贡献，为共同依托实验室的建设和运行作出表率。

黄河激表示，科学研究“极宏观、极微观、极复杂、极交叉”深入拓展和发力，是力学学科发展的新契机。希望双方继续加强优势互补与相互交织，发挥实验室工程科学思想引领作用，细化合作方向，推动深度融合，抢占科技竞争和未来发展制高点。

实验室副主任李飞鹰就空天飞行高温气动全国重点实验室的历史沿革、研究方向、软硬件平台、科研成果及未来规划等工作汇报。联合高级工程师、注册高级工程师和丁航教授分别作超超临界空间舱位姿态及主要挑战、超高速飞行气动物理研究中心介绍等方面的研究进展与报告。

吴恒安表示，学院主动对接国家战略需求，整合资源、突出特色，加强科教协同与创新，将中国科大的基础研究优势与国家实际需求紧密结合，攻克“卡脖子”技术难题，将制度优势转化为科技竞争优势。

研讨环节中，与会人员围绕学科方向优化、青年人才培养、有组织科研等议题展开了深入交流。

陆少云在会议总结时强调，双方因“两弹一星”使命结缘，拥有深厚的合作基础与体制优势，应聚焦近期与远期目标，依托平台支撑与有组织科研，加强基础科研与工程实践之间的交流融合，解决真问题，形成真成果，打造工程科学领域的创新高地。

此次研讨会的召开，标志着双方在科教融合、协同创新上迈出了新步伐。未来，双方将以全国重点实验室为载体，深化资源共享与机制创新，共同攻克空天飞行领域关键技术，为国家战略科技力量建设和学科发展做出更大贡献。

(空天飞行高温气动全国重点实验室 工程科学学院)

## 中国科大揭示轻质抗断裂点阵超材料的增韧机制

本报讯 中国科大倪勇教授、何晓辉教授研究团队与合作者揭示了杆件屈曲导致裂纹萌生的反常断裂增韧机制，提出了超轻质点阵超材料的相对密度-比断裂韧性之间的反常标度律，为设计轻质高强韧点阵超材料提供了全新思路。相关研究成果近日发表在《先进材料》上。

研究团队结合增材制造、数值模拟和理论分析，在考虑裂纹尖端受压杆件屈曲的情况下，系统研究了含裂纹点阵超材料的断裂起始行为。研究发现，当相对密度低于临界值时，点阵超材料的比断裂能(单位质量断裂能)随相对密度降低而显著提升，呈现超轻质超韧性。这是由于低相对密度下裂纹尖端附近的杆件发生屈曲失稳，形成非局部变形区，导致裂纹尖端钝化。这一现象揭示了相对密度对比断裂能的反常变化机制，区别于经典连续介质理论的预测。进一步分析表明该机制在Kagome、双对正方形、八角桁架等多种二维及三维点阵结构中表现出普适性。

研究团队基于杆件非线性屈曲调控能量耗散的增韧机制，系统建立了归一化韧性-相对密度预测模型，提出可通过杆件长径比、材料模量等参数优化屈曲响应。基于此原理设计的非均匀点阵超材料成功诱导杆件屈曲，使超轻质材料的断裂能得到大幅提升。进一步，团队的研究工作表明：通过多材料协同设计，软硬材料组合可调控拉伸/弯曲主导的断裂模式，在临界模量比下实现拉伸-弯曲协同增韧，得到断裂能优化峰值。这些发现证实，通过精准调控杆件的非线性行为及其能量耗散路径，可在超轻质点阵超材料中实现超韧增韧，为复杂结构点阵超材料的轻量化设计提供了新范式。

研究团队的工作系统揭示了裂纹点阵超材料中通过杆件屈曲调控裂纹尖端增韧的增韧机制，建立了结构参数与断裂性能的定量映射关系，为发展超轻质超材料提供了理论框架和设计方法。

中国科大工程科学学院王泽文博士为论文第一作者，倪勇教授、何晓辉教授和朱兆强教授为共同通讯作者。合作者包括中国科大何晓辉教授、中国船舶科学研究中心丁军研究员等。

(工程科学学院 科研部)