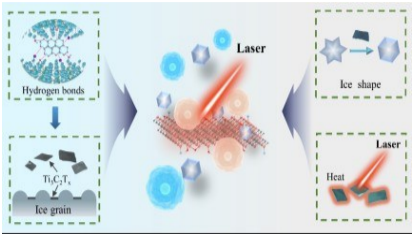


中国科大在基于协同抑冰的活细胞低温保存方向取得新进展

本报讯 中国科大信息科学技术学院赵刚教授与中国科大附属第一医院刘会兰主任合作，基于二维碳化钛 MXene 纳米片的协同抑冰效应，实现活细胞的高效深低温冷冻保存。研究成果发表于国际期刊《美国化学会·纳米》，有力拓展基于物理场抑冰的高效低温保存方法的应用。

冰晶的形成和生长及其造成的损伤，是活细胞、组织和器官等天然生命材料，以及活细胞构建物和培养物等生物复合材料的深低温冷冻保存所面临的主要挑战之一。深入了解冰晶形成的机理，开发高效的方法或技术，有效调控降温冷冻和复温融解过程冰晶的形成，具有重要的基础研究和实际应用价值。

功能性纳米材料是抑冰材料的研究热



二维碳化钛MXene纳米片的协同抑冰效应

点。但是现有研究大多仅关注纳米材料的分子抑冰效应，对其协同抑冰效应（如分子抑冰效应结合光热或磁热效应等）的研究尚不多见。

基于此，赵刚/刘会兰联合团队研究了二

维碳化钛 MXene 纳米片的协同抑冰效应，包括其对冰晶形态、冰晶生长和冰晶融化过程的调控作用。

结果表明该纳米片在降温冷冻过程，可钝化冰晶前缘、降低直接冰晶损伤；且其具有优异的光热效应，在升温融解过程中，可以有效提升复温速率，进而避免反玻璃化/再结晶损伤。综合利用二维碳化钛 MXene 纳米片的协同抑冰效应，该团队实现了间充质干细胞-水凝胶构建物的高效低温保存。

中国科大附属第一医院输血科曹媛博士和硕士生常铁(现为清华大学在读博士)为本文并列第一作者；附属第一医院输血科刘会兰主任和信息科学技术学院赵刚教授为文章的共同通讯作者。

(信息科学技术学院 附属第一医院)

(NAMD)”与“路径积分分子动力学(PIMD)”相结合,解决了这一难题。他们使用 NAMD 处理电子动力学部分,并用基于路径积分理论的 Ring-polymer 分子动力学(RPMD)方法处理核量子效应。

用这种方案，他们研究了甲醇/二氧化钛界面的空穴转移动力学过程，发现当吸附在二氧化钛表面的甲醇形成氢键网络，质子会在网络中频繁转移，这些质子的运动具有明显的量子化行为，而吸附的甲醇分子对激发态空穴的捕获能力由于质子的量子化运动而显著提升，从而提升光化学反应的效率。

这项成果一方面揭示了固体-分子界面超快电荷转移过程中氢键网络的形成与核量子效应的重要作用，另一方面也为利用第一性原理计算研究核量子动力学与电子动力学的耦合提供了新的工具。

(吴长锋)

中国科大揭示核量子效应在界面超快电荷转移中的重要作用

本报讯 我校物理学院赵瑾教授研究团队与北京大学李新征教授合作，发现固体-分子界面的超快电荷转移与质子的量子动力学有很强的耦合，揭示了电荷转移过程中核量子效应的重要作用。该研究成果日前发表在《科学进展》。

固体与分子界面是研究太阳能转化过程的最重要的原型体系之一，界面的光激发载流子动力学是决定太阳能转化效率的决定性因素之一。

在光催化、光伏等典型的太阳能转化过程中，光激发在半导体材料中产生电子空穴对，这些激发态载流子再通过固体-分子界面转移

到分子上。在许多的固体-分子界面，分子之间会形成复杂的氢键网络，质子常常会在这样的氢键网络中转移，因此，固体-分子界面的电荷转移常常与质子的运动耦合在一起，在这样的过程中，人们面对的是一个复杂的量子体系，不仅需要理解电子的动力学行为，还需要考虑其与质子的耦合，而在氢键网络中运动的质子，本身的核量子效应也不能忽略，这成为本领域内尚未解决的复杂问题。

科研人员将第一性原理计算领域内两种前沿的计算方法——“非绝热分子动力学

我校成功研发聚集可调双发射手性碳纳米环

本报讯 中国科大杜平武教授课题组与杨上峰教授课题组合作，合成了首个具有聚集可调双发射性质的手性双环分子。研究成果近日发表于《自然·通讯》。

“这种新型手性分子在聚集态和溶液态可以发射不同波长的荧光，通过控制聚集程度，调节两个发射峰的比例，获得多种颜色的荧光发射。”该校化学与材料科学学院材料科学与工程系博士生张新宇说，该分子可以应用在光传感器、3D 电影及视频、数据存储以及探针领域。

在传统系统中，聚集诱导猝灭发光体通常在溶液状态强烈发光，但在聚集时，荧光

会显著减弱甚至完全消失。另一种独特的发光体具有与之相反的光物理现象，其在溶液中几乎不发光，而在聚集时可以发射出强荧光，这种发光体被称为聚集诱导发光分子。这也意味着目前绝大多数的发光体具有单一的发射性质，只在溶液中发光，或只在聚集态发光。但同时具有聚集诱导发光和猝灭效应的双发射有机材料在文献中很少报道。

基于前期研究工作，合作团队通过将具有聚集诱导发射活性的 1,2,4,5-四苯基苯用对苯撑单元固定，成功合成了首个具有聚集可调双发射性质的手性有机双环分子 SCPP[8]。

此外，该团队在含有不同水体积的四氢

味喃和水混合物中研究了 SCPP[8] 的荧光现象，展现了出乎意料的多色荧光发射、单分子近白光发射，以及稳定的固有手性和增强的圆偏振发光性质，在聚集诱导发射传感器、白光发射器件和手性材料方面具有潜在应用。

审稿人认为，新型纳米环同时展现令人意外的光物理现象和出色的圆偏振发光性质。这是一个有趣且不寻常的发现，优异的光物理性质使其拥有技术应用的潜在价值。

我校博士生张新宇为第一作者。杜平武教授和杨上峰教授为共同通讯作者。

(王敏)

我校提出治疗类风湿关节炎新方法

子体设备，将冷空气等离子体引入活体大鼠的关节内。结果显示，经过治疗一周后，在大鼠的关节内没有观察到滑膜增生、炎症浸润和血管生成等症状。同时，团队开展体外实验，证实冷空气等离子体的作用下，成纤维滑膜样细胞作为类风湿关节炎的主导因子失去了抗凋亡、侵袭和迁移能力。

“体外和体内的研究结果均表明，将冷空气等离子体引入关节并作用于滑膜，是抑制类风湿关节炎发展的有效方法。”丁呈彪表示，此次研究结果也为冷空气等离子体治疗其它“类肿瘤”疾病提供新思路。

冷空气等离子体是在大气压条件下产生

的一类宏观温度接近于室温(30℃)的等离子体。丁呈彪说：“研究人员通过设备将冷空气等离子体精准地作用于发生病变的滑膜组织周围，紧接着，由冷空气等离子体产生的活性氧等粒子，促成组织和细胞发生多重生物学效应，从而有效杀灭成纤维滑膜样细胞。”

不同于传统等离子体消融术，冷空气等离子体技术避免了对患者正常组织的伤害，并且不涉及药物及放射性，作用时间可控，尽可能地降低了对健康组织的损伤。

团队针对此类疾病开发的相关技术与设备已申报多项专利，并获 2022 年度日内瓦国际发明博览会金奖。

(吴兰)

我校在相干测风激光雷达系统研制方面取得突破

本报讯 近日，窦贤康教授激光雷达团队在相干测风激光雷达方面实现重大突破，首次实现 3 米和 0.1 秒的全球最高时空分辨率的高速风场观测。该成果发表在国际知名光学期刊《光学快报》，获得国内外同行广泛关注，并在本刊周期内保持下载浏览量 Top1。

米级分辨率的大气风场探测在航空航天安全、高价值目标保障、数值天气预报等方面具有重大意义。实现“看的远、看的细，测的快、测的准”的风场观测是对测风激光雷达的重要挑战。为了获取 3 米和 0.1 秒时空分辨率的风场，需再提高现有激光雷达信号

检测灵敏度 2 个数量级以上。团队通过在激光光源、光学收发系统、高速数据采集电路和数据处理算法上对激光雷达进行全面优化，并在时频分析、脉冲编码基础上提出一种新的反演算法，大大提高了风场反演精度和稳健性，最终实现了一套全国产化的“产品级”测试样机。该雷达工作波长为 1550.1 纳米，具有人眼安全、设备轻便（整装设备 40 公斤）、工作稳定、环境适应性强等特点。

通过外场对比试验，该雷达样机风场观测结果与定标设备对比误差小于 0.5m/s。为进一步测试雷达观测性能和环境适应性，团

队利用该雷达在宿州市高铁站实地测量了高速列车尾流中的风场结构。雷达在无人值守下连续稳定工作超过 100 小时，获得了 3 米和 0.1 秒高时空分辨率下的 350km/h 的高铁尾流连续观测，并首次利用激光雷达捕捉到高铁尾流中到类似于卡门涡街的风场结构，与计算流体力学模拟结果高度一致。审稿人称赞“观测结果是引人注目和印象深刻的”“迄今为止首次实现连续观测的高分辨率结果”。

我校梁晨博士是论文第一作者，薛向辉教授和王冲副研究员为论文共同通讯作者。

(地球和空间科学学院)

中国科大取得新进展

在听力系统耳毛细胞静纤毛发育分子机制研究中

本报讯 我校生命科学与医学部王朝教授课题组与上海交通大学 Bio-X 研究院朱金伟教授课题组合作在《科学进展》发表论文，揭示特异定位于第一层静纤毛顶端的 Gpsm2-Gai 复合物定义最高层静纤毛特征的分子机制，为阐明静纤毛阶梯状排布的内在机理提供基础。

细胞骨架的动态组装在神经系统发育和信号转导中发挥关键作用。作为听觉神经系统重要的机械感受元件，静纤毛是耳毛细胞顶端特化的富含 F-actin 的毛状结构，在机械力电转导过程中发挥重要作用。成熟的静纤毛呈三层阶梯状排列，较低两层的静纤毛顶端具有机械力门控离子通道。声波使较低层的静纤毛向较高层位移，较低层顶端的离子通道打开，产生生物电信号，进一步通过神经纤维传递给中枢神经系统，从而产生听觉。因此，静纤毛的细胞骨架动态组装以及阶梯状排布发育过程是听觉产生的基础。

研究表明，静纤毛顶端的电子致密区(TCD)在静纤毛发育中发挥关键功能。TCD 富含大量蛋白质，这些蛋白形成相互作用网络，调控静纤毛的发育。编码这些蛋白的基因缺失会导致小鼠静纤毛顶端 TCD 的分布分散且不规则并伴随着 F-actinbundle 的减少，静纤毛形态异常，听力受损。

研究团队首先研究 Gpsm2-Gai 复合物介导的蛋白相互作用网络的分子机制，揭示了 Gpsm2-Whirlin 复合物的详细相互作用机理和三维结构基础。研究发现 Whirlin 通过一段保守的多肽序列 GBD (Gpsm2 binding domain) 结合 Gpsm2 的 TPR 结构域。

有趣的是，团队研究发现 Gpsm2 在细胞内及体外均能自发形成液-液相分离。发现，Gpsm2 的 TPR 结构域和 GoLoco 结构域之间的富含 Lys 残基的 loop 区域 (poly-Kloop) 对其相分离形成至关重要。鉴于团队前期的工作中发现 Whirlin-Eps8-Myo15 复合物也能够形成相分离介导的凝聚体，团队发现 Gpsm2 形成的凝聚体能够与 Whirlin-Eps8-Myo15 凝聚体融合。

Gpsm2 可以通过自身相分离进一步促进 Myo15a-Eps8-Whirlin-Gpsm2-Gai 五元 TCD 凝聚体的形成。

研究团队通过体外 F-actin 交联实验证实，五元 TCD 相较于三元 TCD (Whirlin-Eps8-Myo15) 具有更强的 F-actinbundling 活性，提示特异定位于第一层静纤毛顶端的 Gpsm2-Gai 可能通过进一步促进顶端致密区蛋白复合物的相分离来促进第一层顶端 TCD 凝聚体组装，从而富集更多的细胞骨架调节因子使第一层静纤毛的 F-actin 细胞骨架比最低层静纤毛发育得更高，最终定义第一层静纤毛为最高层静纤毛。

团队发现在 Chudley-McCullough 综合征患者中筛查到的疾病突变 Gpsm2_R318RfsX8 通过影响五元 TCD 的组装减弱其 F-actinbundling 的能力，导致患者耳毛细胞中静纤毛发育异常，从而为 Chudley-McCullough 综合征提供了可能的发病机制。研究综合利用分子生物学、生物化学、细胞生物学及结构生物学方法，阐释了 Gpsm2-Gai 定义最高层静纤毛特征的分子机制，为未来听力损失相关患者的诊疗提供潜在新思路。

我校博士研究生时英东与上海交通大学助理研究员林霖为共同第一作者，王朝教授与朱金伟教授为共同通讯作者。

(细胞动力学教育部重点实验室 微尺度国家研究中心 生命科学与医学部)