



## 中国科大在植物脱落酸运输机制研究中取得重要进展

中国科学技术大学孙林峰教授团队在《Nature Plants》杂志上发表了题为《Structural basis for abscisic acid efflux mediated by ABCG25 in Arabidopsis thaliana》的研究论文，报道了植物中首个脱落酸外排蛋白ABCG25单独的、与底物脱落酸结合的，以及与ATP结合的高分辨率结构，并结合生化功能实验阐释了ABCG25蛋白的工作机制，加深了我们对脱落酸运输和信号传导过程的理解。

ABCG25是第一个通过ABA敏感表型遗传筛选被鉴定出的ABA外排蛋白。它主要在维管组织中表达，也在胚乳中表达，与另一种ABA外排基因ABCG31一起，将ABA从胚乳输出到胚中，调节种子萌发等。团队首先建立了一套基于放射性同位素和昆虫Sf9细胞的ABA外排功能检测的生化体系，证明了ABCG25具有ABA外排活性。此外，团队还测定了ABCG25蛋白水解ATP的酶活，发现其本底酶活很高，并可以被底物ABA进一步促进。在功能分析的同时，团队利用冷冻电镜单颗粒重构技术，成功解析了ABCG25蛋白单独的（apo-form），与底物ABA结合，以及与ATP结合的三个高分辨率结构。通过结构分析，团队鉴定了参与ABA结合的关键氨基酸残基，并结合转运实验和酶活性检测，验证了这些氨基酸残基对于脱落酸结合和转运过程的影响，并提出了ABCG25介导脱落酸外排的机制模型。综上，该研究阐释了ABCG25识别、运输脱落酸的工作过程，为进一步理解植物脱落酸信号通路奠定了重要基础。

## 中国科大在网络游戏障碍领域取得新进展

近日，中国科大张效初团队在《General Psychiatry》杂志上发表了题为《Impulsivity-related right superior frontal gyrus as a biomarker of internet gaming disorder》的研究论文，探讨了静息态脑网络的节点枢纽性与网络游戏障碍易感性间的关系。研究主要发现，在静息状态下的脑功能网络中，与个体的决策冲动性有关的右侧眶内额上回的节点枢纽性可以作为网络游戏障碍的潜在生物标记物。

网络游戏障碍是一种对游戏失去控制，并且将游戏优先级提高于其他活动，无视出现负面后果仍继续或加剧游戏的行为模式。研究网络游戏障碍的生物标记物有助于理解其病理过程，帮助早期检测、诊断和治疗。借助功能磁共振成像（fMRI）等脑成像技术，可以在毫米级分辨率构建整个大脑的功能网络。然后，借助网络分析方法，可以可靠地量化大脑功能网络的连接模式。

该研究共招募了三组被试，分别是网络游戏障碍患者（IGD）、过度网络游戏使用者（EIU）、以及健康对照组HC）。研究采集了被试的静息态功能磁共振数据、过度网络游戏程度相关量表、以及被试在爱荷华赌博任务、延迟折扣任务中的决策行为数据。研究结果显示，与过度网络游戏使用组以及健康对照组相比，网络游戏障碍患者在右侧眶内额上回表现出更低的节点枢纽性。进一步的相关性分析发现，在过度网络游戏使用组中，右侧眶内额上回的枢纽性与过去一年中过度网络游戏程度峰值的量表评分（HEIGD）呈现出正相关关系。而在网络游戏障碍以及健康对照组中并未发现这种相关性。在过度网络游戏使用组中发现的这种独特的正相关现象可能是一种潜在的保护机制，这种保护机制揭示了为什么同样长期参与网络游戏，过度网络游戏使用组却比网络游戏障碍患者在右侧眶内额上回表现出更高的节点枢纽性。网络游戏障碍患者在决策过程当中表现出更高的决策冲动性，而且其决策冲动性与右侧眶内额上回的节点枢纽性表现出负相关关系，即更低的右侧眶内额上回的枢纽性伴随着更高的决策冲动性。



## 研究进展

### 中国科大实现远距离测量设备无关的自由空间-光纤混合量子密钥分发网络实验

近日，中国科学技术大学潘建伟及其同事彭承志、曹原等与清华大学王向斌，中科院上海微系统所尤立星等人合作，首次在国际上实现了远距离测量设备无关的自由空间-光纤混合量子密钥分发网络实验，并在此基础上完成了白天高背景噪声条件和卫星-地面多普勒频移补偿等验证。相关成果于2023年9月6日（北京时间）在线发表在国际学术期刊《物理评论快报》杂志上 [Phys. Rev. Lett. 131, 100802 (2023)]。这项成果全方位验证了星地间测量设备无关量子密钥分发（MDI-QKD）的可行性，向基于卫星的全球化、高安全性量子通信网络迈出了重要一步。

MDI-QKD协议利用双光子干涉技术消除了探测端的所有安全漏洞，无需对测量端的量子设备进行任何安全性假设，被认为是各种量子密钥分发协议中的最佳候选协议之一；而利用自由空间信道和卫星是目前实现全球化量子通信网络的最有效途径。2020年，实验团队通过对独立光源锁频、独立时钟同步、抗强湍流的自适应光学[Opt. Express 28, 36600 (2020); Opt. Express 30, 11684 (2022)]等技术的发展，在国际上首次将该协议拓展到自由空间信道 [Phys. Rev. Lett. 125, 260503 (2020)]。

在本工作中，实验团队进一步挖掘了MDI-QKD协议的潜能，并探索将其扩展到卫星平台的可行性。为了实现实用化的星地MDI-QKD网络，需要克服自由空间与光纤组网、白天高背景噪声以及多普勒频移等困难。首先，量子干涉测量可作为天然的星型网络节点，非常方便的连接自由空间和光纤信道。实验团队通过构建多个发射端和信道，配合自适应光学技术和单模光纤耦合，演示了自由空间-光纤接口以及星形网络拓扑结构。同时，实验团队首次揭示了基于双光子干涉的符合探测可以使MDI-QKD协议获得极大的容忍背景噪声的能力，实现了正午强烈日光背景下的MDI-QKD实验演示。更进一步，面向星地间存在高速相对运动的情形，实验团队模拟并补偿了卫星过境期间的多普勒频移，将全程的HOM干涉可见度提高到接近理论极限。通过这些实验研究，实验团队全方位验证了星地MDI-QKD的可行性，为未来天地一体、高安全性量子通信网络的构建奠定了坚实基础。

### 中国科大在可扩展多体纠缠态的制备和测控方面取得重要进展

中国科学技术大学潘建伟、苑震生等与清华大学马雄峰、复旦大学周游合作，使用光晶格中束缚的超冷原子，通过制备二维原子阵列、产生原子比特纠缠对、连接纠缠对的分步扩展方式制备了多原子纠缠态，并通过显微学技术调控和观测了其纠缠性质，向制备和测控大规模中性原子纠缠态迈出重要一步。这项研究成果近日发表在国际权威学术期刊《物理评论快报》上，美国物理学会“Physics”以《光晶格量子计算机的里程碑》（Milestone for Optical-Lattice Quantum Computer）为题作了报道。

量子纠缠是量子计算的核心资源，量子计算的能力将随纠缠比特数目的增长呈指数增长。因而，大规模纠缠态的制备、测量和相干操控是该研究领域的核心问题。在实现量子比特的众多物理体系中，光晶格中的超冷原子比特具备良好的相干性、可扩展性和高精度的量子操控性，成为实现量子信息处理的理想物理体系之一。自2010年开始，中国科大研究团队系统地研究了光晶格中原子的多体相变、原子相互作用、熵分布动力学等，并于2020年实现纠缠保真度为99.3%的1000多对原子纠缠态 [Nature Physics 12, 783(2016); Nature Physics 13, 1195(2017); Science, 369, 550(2020)]。这一系列研究工作推动了原子纠缠对保真度的提升和原子并行操控能力的增强，为连接扩展成更大的多原子纠缠态、进而开展量子计算研究打下基础。但是，在之前的工作中，由于技术上对单原子比特操控能力仍然不足、光晶格相位漂移较大、缺乏多原子纠缠判定的有效方法，进一步连接纠缠对和测控多原子纠缠态遇到了瓶颈问题。

为了解决上述问题，潘建伟、苑震生团队研发了一种新型的等臂交叉束干涉、自旋依赖超晶格系统，并集成了自主研发的单格点分辨、宽波段消色差的量子气体显微镜和多套用于光斑形状编辑的数字微镜，兼具多原子全局并行和局域单格点测控的能力，且实现了晶格相位长期稳定。在此基础上，该团队取得了填充率为99.2%的原子二维阵列的制备及原位观测，选择其中49对原子制备了纠缠贝尔态，平均保真度为95.6%，寿命为2.2秒；进一步，他们使用纠缠门将相邻纠缠对连接起来，制备了10原子一维纠缠链和8原子二维纠缠块，首次突破了光晶格中原子纠缠对连接和多原子纠缠判定的瓶颈，为开展更大规模的光晶格量子计算和模拟打下基础。