



我国科学家实现千公里无中继光纤量子密钥分发

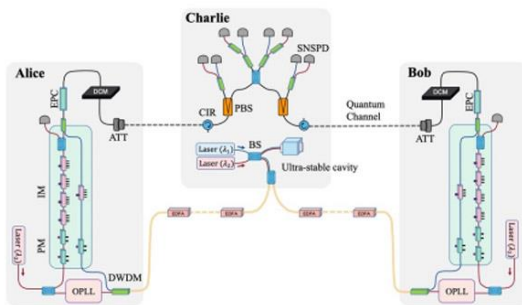


图1: 远距离量子密钥分发实验系统原理图

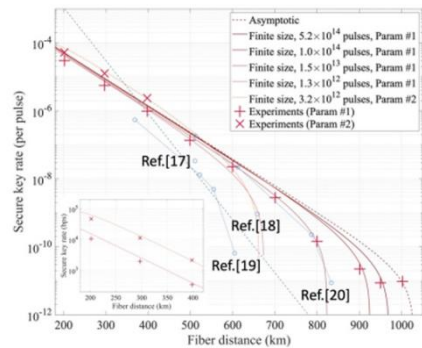


图2: 远距离量子密钥分发实验成码率结果图

中国科学技术大学潘建伟、张强等与清华大学王向斌、济南量子技术研究院刘洋、中国科学院上海微系统所尤立星、张伟君等合作，通过发展低串扰相位参考信号控制、极低噪声单光子探测器等技术，实现了光纤中1002公里点对点远距离量子密钥分发，不仅创下了光纤无中继量子密钥分发距离的世界纪录，也提供了城际量子通信高速率主干链路的方案。相关研究成果发表在国际学术期刊《物理评论快报》（Physical Review Letters）杂志。

量子密钥分发（QKD）基于量子力学基本原理，可以在用户间进行安全的密钥分发，结合“一次一密”的加密方式，进而可实现最高安全性的保密通信。然而，量子密钥分发的距离一直受到通信光纤的固有损耗和探测器噪声等因素的限制。双场量子密钥分发（TF-QKD）协议利用单光子干涉的特性，将成码率与距离的关系从一般量子密钥分发的线性关系提升至平方根的水平，因此可以获得远超过一般量子密钥分发方案的成码距离。

在这项工作中，研究团队采用了王向斌等提出的“发送-不发送”双场量子密钥分发协议，该协议在现实条件下可以有效地提升量子密钥分发系统工作距离。为了进行极远距离的量子密钥分发，研究团队与长飞光纤光缆股份有限公司合作，采用基于“纯二氧化硅纤芯”技术的超低损光纤，实现低于0.16 dB/km的量子信道光纤链路。中科院上海微系统所发展了极低噪声超导单光子探测器，通过在40 K和2.2K温区进行多级滤波抑制热辐射引起的暗计数，将单光子探测器的噪声降低至0.02 cps。研究团队还发展了时分复用的双波长相位估计方案，避免了同波长参考光二次瑞利散射、不同波长参考光自发拉曼散射等噪声影响，将链路噪声降低至0.01 Hz以下。

在上述技术发展的基础上，该工作实现了最远达1002 km的双场量子密钥分发，获得0.0034 bps成码率。对系统参数进行优化后，在202 km光纤距离下获得47.06 kbps成码率，并且在300km和400 km光纤距离下，获得的成码率相较原始“测量器件无关”量子密钥分发提高了6个数量级。该工作不仅验证了极远距离下双场量子密钥分发方案的可行性，也验证了在城际光纤距离下，采用该协议可以实现高成码率的量子密钥分发，适合城际量子通信主干链路使用。该工作得到了审稿人的高度评价，认为这项工作是“该领域极其重要的进展，量子密钥分发技术新的里程碑 (a significant advance for the field and a new landmark for QKD technology)”。



研究进展

中国科大在基因敲入供体的优化方面取得新进展

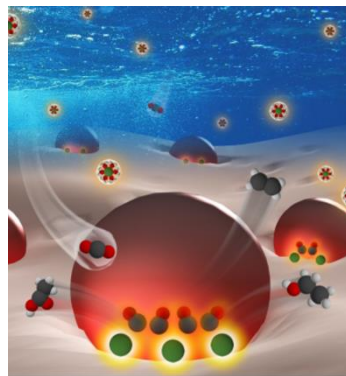
中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心、化学与材料科学学院梁好均教授与生命科学与医学部鲍坚强研究员合作，针对目前基因敲入供体的低效率、高成本等问题，优化并提出了一种新型的功能核酸供体，极大地提高了基因敲入的效率。研究成果发表在国际学术期刊美国科学院院刊《PNAS》上。

CRISPR技术改变了我们操纵基因组进行研究和基因治疗的能力，使用带有同源臂的外源供体作为模板依赖同源介导修复（HDR）途径来精确敲入基因。然而，对于基因大小的DNA供体模板，HDR途径十分低效。目前，可采用在ssDNA或dsDNA供体末端引入化学修饰以增强供体稳定性，供体共价连接到CRISPR系统上提高切割位点局部浓度等方法提高基因敲入效率。但是，这些方法具有操作困难，成本高等问题。所以，迫切需要进一步优化基因敲入的供体，以促进CRISPR/Cas9介导的基因大小的敲入在生命科学与临床治疗中的应用。

鉴于此，梁好均教授课题组深入调研ssDNA和dsDNA作为供体的敲入机理，结合课题组在核酸化学领域的经验，在单个供体中整合ssDNA和dsDNA的独特优势，设计并提出了一种具有3'悬突的dsDNA结构（odsDNA），并将其作为供体实现CRISPR/Cas9介导的大片段基因敲入（LOCK）。

本项工作是梁好均教授课题组继dsDNA供体5'末端化学修饰提高基因敲入效率（Nat. Chem. Biol., 2020, 16, 387–390）和RNA介导的CRISPR-dCas9转录调控系统（J. Am. Chem. Soc., 2022, 144, 12690–12697）之后，基因编辑方向又一重大突破。该研究提出了一种经济普适的方法来制备任意3'悬突长度的odsDNA供体，利用链中带有连续五个硫代磷酸酯（phosphorothioate）修饰的引物通过PCR扩增目的基因序列，再通过Lambda核酸外切酶消化处理，得到具有3'悬突的odsDNA。通过比较基因大小（1.1kb和2.5kb）的DNA供体的敲入效率，发现odsDNA显著提高了靶向精确敲入效率，与通用的dsDNA供体相比最高可提高4.3倍，同时也在许多哺乳动物细胞跨多个基因组位点中保持了较低的插入缺失率和脱靶事件。当利用3'单链悬臂与偶联技术结合时，使用odsDNA供体的敲入效率比dsDNA供体提高5.2倍。该LOCK策略在基因敲入中具有显著优势，在未来有望取代ssDNA或dsDNA供体，实现其他策略无法完成的大片段基因敲入。

中国科大研制新型双相铜结构促进C-C电化学偶联



图注：双相铜增强氯特异性吸附，促进C-C偶联示意图。

近日，中国科学技术大学高敏锐课题组研制了一种结晶/非晶的双相铜催化剂，在中性的氯化钾电解液中，该双相铜催化剂在界面处能显著增强对电解液中氯离子的吸附，从而诱导*CO中间体在催化表面的富集，降低C-C偶联反应的能垒，促进了CO₂向多碳产物高效转化。相关成果发表于《美国化学会志》上（J. Am. Chem. Soc., 2023, 145, 8714-8725.）。

研究人员利用扫描电镜和透射电镜对双相铜催化剂进行形貌和元素分析，发现双相铜由结晶的铜颗粒嵌入非晶铜氧化物衬底而组成。

研究人员进一步利用原位拉曼来对反应中间体*CO在催化剂表面的吸附行为进行探究。结果发现，双相铜与*CO中间体具有更强的相互作用，导致*CO在双相铜表面具有更高的覆盖度。另外，通过对不同电位下*CO相互作用的峰面积进行归一化处理，结果发现双相铜的峰面积始终高于结晶铜和非晶铜氧化物，证明双相铜上更利于C-C耦合反应的发生。

结合理论计算以及原位拉曼，研究人员提出双相铜的催化反应机理为：铜颗粒会向非晶氧化铜基底转移电子致使界面处形成Cu⁺；同时铜颗粒与非晶基底之间的晶格不匹配会导致铜颗粒在界面处受到压缩应力；而压缩应力在CO₂RR过程中能够抑制晶格氧的析出，从而阻止Cu⁺的还原；Cu⁺会与电解液中的Cl⁻结合，进而在界面处富集Cl⁻，增强*CO在Cu上的吸附并降低C-C耦合反应的能垒，从而促进C₂⁺产物的生成。