



中国科大构建国际首个基于纠缠的城域量子网络

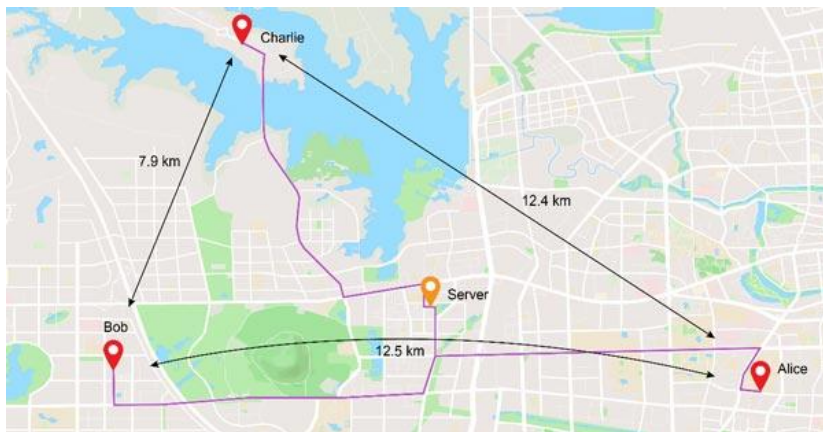
中国科大潘建伟、包小辉、张强等首次采用单光子干涉在独立存储节点间建立纠缠，并以此为基础构建了国际首个基于纠缠的城域三节点量子网络。该工作使得现实量子纠缠网络的距离由以往的几十米整整提升了三个数量级至几十公里，为后续开展盲量子计算、分布式量子计算、量子增强长基线干涉等量子网络应用奠定了科学与技术基础。相关研究成果发表于《自然》。

通过量子态的远程传输来构建量子网络是大尺度量子信息处理的基本要素。基于量子网络，可以实现广域量子密钥分发以及分布式量子计算和量子传感，构成未来“量子互联网”的技术基础。目前，基于单光子传输的量子密钥网络已发展成熟，而面向分布式量子计算、分布式量子传感等进一步量子网络应用，需要采用量子中继技术在远距离量子存储器间构建量子纠缠，在此基础上通过广域量子隐形传态将各个量子信息处理节点连接起来。

为在远距离分离的独立量子存储器间建立纠缠，主要挑战在于如何控制单光子相位。基于单光子干涉的纠缠方案在纠缠速率方面有重大优势，然而实验难度非常高。纠缠过程中量子存储的控制激光、频率转换泵浦激光、长光纤信道等带来的细微相位抖动都会导致最终生成纠缠的退相干。为解决这一难题，团队设计并发展了一套非常精巧的相位控制方案：首先通过超稳腔稳频来压制控制激光线宽，其次通过光锁相环来构建读写激光间的相位关联，最后通过远程分时相位比对来构建两节点间的相位关联。采用以上相位控制技术，并利用量子频率转换，团队成功实现了相距十几千米远的量子存储器之间的纠缠。以此为基础，研究团队构建了国际上首个城域三节点量子纠缠网络。该网络可以在任意两个量子存储器节点间建立纠缠。

该工作使得现实量子纠缠网络的距离由几十米提升至几十公里，为后续开展分布式量子计算、分布式量子传感等量子网络应用奠定基础。该工作是国际首个城域多节点量子网络实验。审稿人对该工作给予高度评价：“他们的成果开启了量子互联网研究的新篇章(their achievement starts a new stage of quantum internet research)”，“为未来大规模量子网络铺平了道路(paving the way for future large-scale quantum networks)”。

《自然》杂志也在同一期发表了美国哈佛大学Lukin团队的相关实验进展，该团队首次在SiV色心体系实现了双节点远距离纠缠。二者相比，中国科大成果在纠缠效率方面有明显优势，比哈佛大学的工作高两个数量级以上。



图注：实验节点布局示意图



研究进展

中国科大揭示镍-钨合金催化剂化学计量效应的起源

近日，中国科大高敏锐教授课题组报道在碱性氢气氧化反应中，镍-钨合金中的钨的比例可以精细调控镍的未配对电子，进而调节合金的零电荷电势和羟基吸附能力，打破电解液中钾离子溶剂鞘，释放自由水，提升氢键网络的连通性，从而带来催化性能的增益。相关成果以“Unraveling Stoichiometry Effect in Nickel-Tungsten Alloys for Efficient Hydrogen Oxidation Catalysis in Alkaline Electrolytes”为题发表于《德国应用化学》。

研究人员通过微波热策略制备了镍-钨氢氧化物前驱体，再经过退火即可制备镍-钨合金。不同化学计量比的镍-钨合金的HOR活性依次为 $\text{Ni}_{19}\text{W} < \text{Ni}_9\text{W} < \text{Ni}_3\text{W} < \text{Ni}_4\text{W} < \text{Ni}_{17}\text{W}_3$ ，其中 Ni_{17}W_3 的性能最佳，优于商业铂碳催化剂。

通过原位拉曼光谱对界面水结构的探究发现，与其他镍-钨合金相比， Ni_{17}W_3 的“gap- H_2O ”分子比例最高，表明其氢键网络的连通性最好。此外，系列电化学表征表明， Ni_{17}W_3 具有最强的羟基结合能和最小的表面功函数与零电荷电势(PZC)。较小的PZC有利于界面水结构的重组，而吸附的羟基则易于溶剂中钾离子配位，打破其溶剂鞘，释放自由水，有利于构建更联通的氢键网络结构。

为了进一步验证镍-钨比在电子结构调制方面的作用，研究人员通过电子顺磁共振、温度相关磁化率测量，确定 Ni_{17}W_3 的未配对Ni 3d电子平均数量为3.7，大于其他镍-钨合金。未配对电子增加改变了镍三维轨道电子构型，不但减小了表面功函、带来PZC的减小，并且导致d带中心的上移、提高了OH的吸附能。

因此，通过将镍与电负性小的钨合金化，微调镍的未配对电子，实现有利于羟基吸附的PZC和表面电子态。吸附的羟基可以与电解液中的钾离子配位，打破钾阳离子的溶剂鞘，增加自由水分子，构建连通性更好的氢键网络，从而有利于 H^+/OH^- 中间体通过Grotthuss机制传输，增加了催化性能。该工作揭示的新机制对于突破当前非贵金属碱性HOR催化剂的性能极限和创制新一代非铂催化剂具有重要的借鉴意义。

中国科大在热致延迟荧光的调控机制研究中取得进展

近日，中国科大周蒙教授课题组与首都师大付红兵教授团队合作，揭示了聚集效应对热致延迟荧光材料发光性质调控的机制。研究成果以“Aggregation Enhanced Thermally Activated Delayed Fluorescence through Spin-Orbit Coupling Regulation”为题发表于《德国应用化学》，并被选为热点文章。

研究发现，聚集不仅同时增强了即时荧光和延迟荧光，而且对分子激发态构象变化给予束缚作用。这种束缚不仅增强了自旋轨道耦合(SOC)，而且减小了单重态和三重态之间的能差(DE_{ST})。本工作揭示了聚集效应调控TADF的基本机制的理解，为高效光致发光材料的设计提供了指导。研究团队首先分析了目标材料 DCzBF_2 在 N_2 气氛和 O_2 气氛下聚集效应对TADF的调控。研究发现无论在 N_2 气氛还是在 O_2 气氛下， DCzBF_2 都表现出明显聚集增强发光的效应。同时，发现在 N_2 气氛中 DCzBF_2 的即时荧光和延迟荧光的相对比例随着聚集效应的增强始终保持不变。

利用超快光谱研究发现，聚集后分子的激发态构象变化过程被显著抑制。然而超快光谱在液相中未捕捉到TADF过程，但在膜相中却捕捉到相应的过程。量化计算揭示这是由于膜相中分子的构象转动被抑制，增强了发生系间窜越(ISC)过程的单重态与三重态之间的SOC，且减小了相应的 DE_{ST} ，从而产生较强的三重态信号。最后作者研究了不同聚集程度对激发态弛豫过程的影响，研究发现聚集效应增强会导致激发态弛豫过程变慢，并且在低聚集程度下还存在激发态构象变化过程，而高聚集程度下激发态构象变化完全抑制。

该研究展示了在TADF材料中整合AIE效应的可行性，并揭示了相应的工作机制。研究发现，随着聚集效应的增强，即时荧光和延迟荧光逐渐增强，但聚集效应不会改变单重态辐射速率和ISC速率之间的比值。此外，溶液和薄膜中超快光谱和理论计算研究进一步揭示增强SOC、减小 DE_{ST} 是聚集增强TADF的本质原因。



研究进展

中国科大发现有机分子间相互作用的新模式

近日，中国科大微尺度国家研究中心张国庆教授团队报道发现了有机分子之间相互作用的新模式：即芳香酰亚胺与脂肪胺之间能够形成稳定的光诱导电荷转移复合物，并通过稳态和时间分辨的发射光谱，吸收光谱，质谱，顺磁共振谱等手段系统性研究该复合物的性质及形成过程，并证明了该复合物可用于光诱导聚合，二氧化碳光还原，紫外储能等领域。该成果以“Trapping Highly Reactive Photo-Induced Charge-Transfer Complex Between Amine and Imide by Light”为题发表于《Chem》。

分子间的电荷转移是指电子从给体分子向受体分子的移动，是物质相互作用和化学反应中最重要的物理过程。在自然界中无处不在，在光合作用、呼吸作用等过程中扮演着不可或缺的角色；在有机合成、能量转化等领域中，电荷转移也有着广泛的应用。因此，解锁新的电荷转移机制对理解自然界中复杂的光化学光物理过程、开发高效的有机合成方法学和能量转化技术至关重要。

张国庆教授课题组首先选取了萘酰亚胺和三乙胺为模型化合物，通过测量萘酰亚胺和三乙胺混合体系光照前后的谱学性质确定了光诱导电荷转移复合物（PCTC）的存在，并通过高分辨质谱、时间分辨光谱，改变萘酰亚胺分子的取代基、更换电子给体等手段，研究了PCTC的形成机制，证明了其确实需要通过激发态的电荷转移和之后电子激发态的褪激发才能形成。

课题组将该体系成功应用于丙烯酸酯类单体的光诱导聚合，二氧化碳的光还原，以及光能存储及释放方面，通过在黑暗条件下将光照时储存的光能释放，使得原本需要光照才能进行的过程在黑暗条件下也能进行。根据作者推测，通过电子激发态形成溶液中稳定的基态复合物这种分子间相互作用模式不应该仅局限于酰亚胺和胺分子之间，很有可能是一种比较普遍但是未被关注的相互作用，有望于在更多的分子结构中被发现并且能够用于新的光化学反应。



国家研究中心简讯

◆拓扑量子输运国际研讨会成功举办

6月15日至18日，由中国科大合肥微尺度物质科学国家研究中心国际功能材料量子设计中心(ICQD)主办的“拓扑量子输运国际研讨会(International Workshop on Topological Quantum Transport (TQT))”，在安徽省黄山市成功举办。本次会议聚焦拓扑量子输运领域的最新发展，会议围绕拓扑量子输运主题，设置了22个邀请报告(Invited)，涵盖了量子反常霍尔效应、拓扑绝缘体与超导、非线性输运、手性声子学、拓扑自旋电子学和磁性研究等多个前沿热点专题。



◆合肥微尺度物质科学国家研究中心举行2024年研究生毕业典礼

6月18日上午，中国科学技术大学合肥微尺度物质科学国家研究中心2024年研究生毕业典礼在理化大楼西三报告厅举行。国家研究中心党委书记、副主任叶树集，副主任侯中怀，校学位委员会办公室副主任潘楠，导师代表，毕业生，毕业班班主任以及毕业生家长等共同出席毕业典礼。典礼由叶树集主持。

