

发展量子通信为何要上天？

◎ 实习记者 李诏宇

“夫事以密成，语以泄败。”从古代时候贤君名臣的权争往事，到近现代大国之间的纵横捭阖，在信息传递过程中，泄密一直是人们广泛关注的一个问题。

如果一种通信方式能够实现快速、稳定、无损耗，那么庞培不会败走法萨卢斯，马谡也不会失街亭，历史上无数由信息传递失误导致的事件都将得以避免。

古人不幸今人幸。可能成功解决问题的方法，既非鸿雁传书，也非鱼传尺素，而是一个看似神秘的概念——量子通信。

6月25日至27日，世界互联网大会数字文明尼山对话在山东举办。成果展上，于2022年发射升空的“济南一号”量子微纳卫星吸引了众多目光。随着量子通信在应用领域越走越远，我们不禁开始构想：量子通信将带领人类走向怎样的未来？量子卫星在其中扮演着怎样的角色？

量子通信窃听难

作为量子通信的基础概念之一，量子在近年来的各种科幻作品中出镜率很高，但想要精确地定义它并不容易。

中国科学院量子信息与量子科技创新研究院教授级高级工程师廖胜凯介绍，量子是现代物理的重要概念，即一个物理量如果存在最小的不可分割的基本单位，则这个物理量是量子化的，最小单位被称为量子。

“量子的概念由德国物理学家普朗克提出，最早被用于解释黑体辐射这种能量现象。”廖胜凯表示，“后续的实验表明，诸如角动量、电荷、能量等其他的物理量也具有不连续变化的量子化现象，超出牛顿经典力学理论框架的量子力学也就随之产生。”

廖胜凯介绍，相比于牛顿经典力学，量子力学具有如下特征：不确定性、测量坍缩性和不可克隆性。这三大特征也成了量子通信能够实现的理论基础。

量子通信的研究内容之一就是量子密钥分发。“基于计算复杂性的传统加密技术，在原理上存在着被破译的可能性，其破译的困难程度只取决于计算力的强大与否。随着数学和计算能力的不断提升，经典密码被破译的可能性与日俱增。”廖胜凯说，“而与经典通信不同，量子密钥分发的安全性基于物理学基本原理，与计算复杂度无关。通过量子态的传输，在遥远两地的用户共享安全的密钥，利用该密钥对信息进行一次一密的严格加密，这是目前人类唯一已知的不可窃听、不可破译的原理上无条件安全的通信方式。”

量子通信的另一重要内容是量子隐形传态。量子隐形传态利用量子纠缠，可以将粒子的未知量子态精确传送到遥远地点，而不用传送粒子本身。量子隐形传态是构建分布式量子信息处理网络和量子计算机的基本要素。

采用卫星传信息

“工欲善其事，必先利其器。”无线电通信等传统通信方式要求基站等有关设备的支持。量子通信作为一种先进的通信手段，自然也离不开诸多先进的设备。既然量子通信通常采用单光子作为信息传递的物理载体，人们不禁想到，直接连接一条光纤是否足以满足远距离量子通信的需要呢？

答案显然是否定的。损耗问题成了光纤法不可行的

可直接分辨单个氨基酸分子

小小纳米孔破解蛋白质测序难题

◎ 洪恒飞 周炜 本报记者 江耘

蛋白质是生命活动的主要承担者。测量组成蛋白质的氨基酸的排列顺序被称为蛋白质测序。由于缺乏普适、高效的测序技术，人类对蛋白质的了解还极其有限，生命世界的诸多奥秘仍待破解。

近日，浙江大学化学系冯建东团队提出了基于固体纳米孔的氨基酸识别方法。他们构建了直径为1纳米左右的人工纳米孔，可进行单个氨基酸分子的精准识别，分辨率达到0.94道尔顿。这显示出人工纳米孔应用于单分子蛋白质测序的可能性。相关研究论文发表于《自然·通讯》。

一项持续了60多年的挑战

1951年，英国科学家弗雷德里克·桑格完成了对胰岛素的测序工作，并因此获得诺贝尔化学奖。这是人类第一次测定蛋白质的氨基酸组成，从此人们认识到蛋白质具有特定的氨基酸序列。

但此后，桑格在蛋白质测序方面陷入了持续10年的瓶颈期。他转而尝试进行DNA测序和RNA测序，发明了后来被称为“桑格测序法”的双脱氧测序法。该方法被广泛应用于测定基因和基因组序列，这项发明改写了整个生命科学的研究进程和途径，引领了人类三大科学计划之一的基因组计划和基因组测序领域的飞速发展。

基因组测序方法发展迅猛，而与之相

较，蛋白质测序发展无疑是滞后的。“蛋白质测序”起跑“比基因测序早，但没有像基因测序技术那样被广泛应用。”浙江大学生命科学研究院研究员蒋超说，比起基因，人们对蛋白质的了解要少得多。基于此，一种普适高效的蛋白质测序手段的诞生有着重大意义。

相比于基因测序，蛋白质测序遇到的主要困境在于其结构复杂且构成的单元氨基酸具有更强的异质性，这意味着蛋白质测序手段所需的检测灵敏度要高得多。蛋白质也没有类似核酸扩增的技术，导致目前人们难以分析低丰度蛋白质，因此在单分子层面上对蛋白质进行测序的需求日益迫切。

蒋超介绍，目前测量蛋白质的氨基酸序列的主流方法是利用质谱仪，但此方法在检测速度、读取长度和灵敏度方面还存在很多不足之处，其效力远不及基因组学和转录组学。

“纳米孔主要可分为两大类，一类是生物纳米孔，一类是固体纳米孔，目前应用较多的生物纳米孔本身由肽链折叠而成，所以其灵敏度受限于纳米孔本身的尺寸。”冯建东认为，要解决蛋白质测序的研究需求，必须从根本上突破传统纳米孔灵敏度区域的长度限制。

纳米孔“盲盒”挑战测量极限

想搞懂纳米孔测序，不妨将其理解为一个拆盲盒的过程。假设盲盒里有一

项链，玩家仅知道这条项链由几颗珠子构成，不同颜色珠子的排列方式要靠猜测。

冯建东说，盲盒里如果是某个基因“项链”，对应基因有4种不同的碱基，猜的就是4种颜色珠子的排列顺序。而对于蛋白质“项链”来说，组成蛋白质的有20种天然氨基酸，其排列组合数量就将飙升到天文数字。

“结构决定分辨能力。如果我们把单个的孔做到足够小，只容许孔内有一个氨基酸分子，那么它的信息就有可能被精确识别。”冯建东介绍，团队尝试人工创造一个具有单个氨基酸敏感性区域，几乎是目前世界上最小的人工纳米孔，这样纳米孔测量的“盲盒”内就可以仅存1个氨基酸。

“类似于不同体型的人过一扇窄门，有的人可以顺利通过，有的人则会被挡在门外。”冯建东说，科研人员通过电压在一张三层原子厚度的二硫化钼上“戳”出一个洞，其实是让它丢掉一些原子，开出一扇仅容许一个氨基酸通过的“门”。这扇“门”的直径在亚纳米到1.6纳米之间。

“不同氨基酸的体积不同，且表面带有一定的电荷，当它们通过纳米孔时，通过纳米孔的离子电流会受到微小的扰动。当不同的氨基酸经过这扇‘门’时，受到的扰动程度就会不一样。”团队成员、浙江大学化学系博士生王睿实介绍，研究人员通过区分扰动程度来识别不同的氨基酸。

蛋白质单分子测序再进一步

研究人员通过对纳米孔的极限结构



视觉中国供图

症结所在。“量子具有不可克隆原理，因此单光子量子信息不能像经典通信那样被放大。一旦传输距离较远，损耗问题就会变得极其严重。”廖胜凯指出，“根据数据测算，通过1200公里的光纤，即使有每秒百亿发射率的单光子源和完美的探测器，也需要数百万年才能传输一个比特的密钥，这显然是完全不现实的。”

1200公里的光纤或许尚可制造，但每秒百亿发射率的单光子源以及完美的探测器都不是目前技术等现实条件所能企及的，更何况人们也不可能等待数百万年来传输信息。科学家们被迫寻找其他解决问题的方向。

既然地面走不通，上天就成了一个可能的选择。“利用外太空几乎真空、光信号损耗非常小的特点，通过卫星的辅助可以大大扩展量子通信的距离。”廖胜凯表示，“此外，由于卫星具有方便覆盖整个地球的独特优势，使用卫星进行量子通信是全球尺度上实现超远距离实用化量子通信最有希望的途径之一。”

廖胜凯介绍，按照轨道的高度划分，量子卫星可以分为低轨卫星（2000公里以下）、中轨卫星（2000—20000公里）和高轨卫星（20000公里以上）三种。“这些卫星上搭载了一些量子通信的器件，可以完成量子通信的某些任务，因此被称为量子卫星。”廖胜凯说。

量子卫星同样可以按照重量划分，分为小卫星（100—500kg）、微卫星（10—100kg）、纳卫星（1—10kg）、皮卫星（0.1—1kg）、飞卫星（10—100g）。“一般来说，卫星越小，发射成本越低，性价比也就越高。”廖胜凯说。

廖胜凯指出，量子卫星的一个重要作用是作为中继扩展量子通信的距离，从而实现远距离、高难度的通信。“用于量子通信的地面基站（即可信中继）一般需要数十公里就布设一个，成本高且维护不易。如果采用卫星传递信息，一切问题都将迎刃而解。”廖胜凯说。

美好未来可期待

尽管量子卫星功能十分强大，但要想真正起到对广域量子通信的支撑性作用，仅仅依靠一颗量子卫星显然是不够的。需要更多的量子卫星团结协作，形成卫星组网。

廖胜凯介绍，通常来说，实现卫星组网有两类解决方案。一类是依靠大量的低轨卫星构成实时覆盖的网络。铱星计划、星链计划等均属于此类。“低轨卫星经过地面站的通信时间往往仅有数分钟，因此需要数百乃至数万颗卫星。”廖胜凯说。

另一类则主要靠中高轨卫星，如相对地面静止的地球同步轨道卫星。“地球同步轨道大约为36000千米高，也就是目前广播电视卫星、常规通信卫星所处的轨道。”廖胜凯表示，“一般来说，三颗地球同步轨道卫星即可完成全球范围覆盖。”

廖胜凯介绍，通常来说，低轨卫星轨道低、信号强、传输速率高，但是过境时间短，传输的信息量少；高轨卫星轨道高、信号弱、传输速率低，但是传输时间长，几乎可以全天时工作，传输的信息量大；中轨道卫星则处在高轨卫星和低轨卫星之间，兼有两者的特点。

“具体采用哪种形式的卫星，应根据需要选择。在一个采用卫星建立的量子网络中，往往需要综合利用三种类型的卫星。”廖胜凯表示。在量子卫星的加持下，量子通信已经取得了极大的进步。但在廖胜凯看来，想要真正实现大规模的应用，需要在政策与技术两方面继续努力。

从技术上看，量子通信还应该朝着提高码率、提升距离、降低成本等方面发展。“目前量子通信的成熟产品成码率还较低，通常仅能达到数千比特每秒（kbps）的水平，需要和对称密码算法结合使用，实现大数据率加密保护；另一方面，成熟产品的成本较高，不利于大规模推广应用。”廖胜凯介绍。

从政策上看，作为密码技术中密钥分发或者密钥协商的一种方式，量子通信需要满足密码应用的合规性，形成行业标准，之后才能广泛应用推广。“虽然通过近十年的努力，国内外初步形成和发布了一些标准，但还需加大支持力度，形成完备的体系并完善测评认证能力，才能支持规模化应用。”廖胜凯说。

尽管面临一些挑战，但量子通信所能带来的未来无疑是极其令人向往的。“设想一下，在未来每个人的隐私都能得到有效保护，千万里无损传信也会易如反掌。”廖胜凯表示，“我始终相信，量子通信将带领人类走向一个更加美好的未来！”

新知

3种橡胶籽提取物

有利于改善禽肉品质

科技日报讯（记者马爱平）6月26日，记者从中国农业科学院饲料研究所获悉，该所杨培龙研究员团队首次发现3种橡胶籽重要提取物。团队通过动物试验研究发现，橡胶籽提取物功能成分能够减少肉脂型北京鸭腹部和皮下脂肪沉积，降低肉鸭血液甘油三酯和胆固醇水平，而且能保证肉鸭体重正常发育。

“90%以上的橡胶树分布在亚洲，广泛种植于东南亚及我国云南等地区，橡胶籽是天然橡胶种植业的副产物，橡胶籽含油量在40%—50%左右。橡胶籽油中不饱和脂肪酸含量达82.67%，α-亚麻酸含量高达20%，是豆油的3—4倍，并富含黄酮类与多酚类物质，是一种潜在的功能性食用油。”杨培龙告诉科技日报记者。

团队前期研究发现，在动物饲料中添加橡胶籽油可提高肉蛋奶中二十碳五烯酸和二十二碳六烯酸含量，可降低动物机体胆固醇水平。同时，橡胶籽油可以提高蛋鸡细胞清除活性氧的能力，有效缓解巨噬细胞脂多糖诱导的炎症与氧化应激反应，提高热应激肉鸡的生长性能与抗氧化能力。此外，与豆油和亚麻籽油相比，橡胶籽油能减少肉鸭腹部和皮下脂肪沉积，降低血液甘油三酯和胆固醇水平。

据团队成员、中国农业科学院饲料研究所副研究员闻治国介绍，历时7年，项目组通过橡胶籽功能成分质谱鉴定、网络药理学和化学检测等技术，筛选出10种关键代谢产物，构建高脂细胞实验模型，研究了10种橡胶籽提取物对高脂细胞模型脂质代谢的影响，发现了3种提取物能够降低细胞甘油三酯和胆固醇水平，并且缓解了细胞炎症反应。研发团队通过萃取方法，分离提纯了这3种橡胶籽提取物。

目前，研发团队正在推动该科技成果在改善禽肉品质上的生产应用，并已联合药物研究单位开展预防和治疗人类动脉粥样硬化的临床前研究。



图为带壳橡胶籽。受访者供图

地球早期蛇纹石化过程 为合成氨基酸提供原料

科技日报讯（记者宋迎迎 通讯员王敏）6月26日，科技日报记者从中国科学院海洋研究所获悉，该所深海中心孙卫东课题组在生命起源领域取得重要进展。团队利用高温高压实验证明了氮气可以快速参与蛇纹石化过程并生成大量氨气，结合团队前期研究，证明了在岩浆海后期，蛇纹石化导致地球大气构成由“二氧化碳+氮气”转变为“氨气+甲烷”，在闪电作用下可以合成大量氨基酸，在超临界水+二氧化碳层形成氨基酸浓汤，而这是生命起源的关键。相关研究论文发表在《科学通报》上。

生命起源问题是最重要的科学问题之一。1953年，著名的米勒—尤利实验证明甲烷、氨气、氢气和水蒸气在电火花作用下可以产生大量氨基酸，这一反应被认为是生命起源最重要的前置反应之一。然而，传统认为冥古代地球大气主要成分是二氧化碳和氮气，缺乏甲烷和氨气。相较于以甲烷和氨气为主的还原性大气，在中性大气中氨基酸合成效率将大大降低，米勒—尤利反应受到限制，氨基酸能否在原始大气中大量合成存在争议。

针对冥古代地表氨基酸合成缺乏关键原料——氨这一问题，孙卫东课题组进行了蛇纹石化合成氨的高温高压水热实验，研究“橄榄岩—水—氨气（—二氧化碳）”体系在冥古代地表温压条件下的反应。结果显示，在250—350℃和19—28兆帕条件下，橄榄岩与水之间发生蛇纹石化反应产生蛇纹石和氨气，每克橄榄岩对应的产氨量在30天内从0上升至100—200微摩尔。进一步地，氨气与蛇纹石化的产物之一氢气发生合成氨反应。氨的产量受到温压条件和二氧化碳加入与否的显著影响，在加入二氧化碳的实验中，氨的转化率显著提升。

该研究揭示了蛇纹石化合成氨过程可以在冥古代地表广泛发生并产生大量氨气和氨，从而为氨基酸的合成提供原料。

人类皮肤细胞 成功转化为胎盘细胞

新华社讯（记者王卓伦）记者6月25日获悉，以色列希伯来大学研究人员领导的团队成功将人类皮肤细胞转化为胎盘细胞，这一研究成果有助妊娠相关疾病的研究与诊治。

研究人员说，受技术和伦理限制，直接从人类胎盘中获取细胞并不容易。因此他们试图给细胞“重编程”，将皮肤细胞转化成胎盘细胞，并将其应用于胎盘功能、妊娠并发症等研究。相关论文已发表在《自然·通讯》杂志上。

滋养层干细胞是胎盘细胞的前体细胞。研究团队首先确定了一组控制滋养层干细胞身份的基因，并在皮肤细胞中诱导这些基因的表达，成功将皮肤细胞转化为功能稳定的滋养层干细胞。

研究人员介绍，这些诱导的滋养层干细胞与妊娠早期获取的细胞特性相似，且具有产生不同胎盘细胞亚型的能力。他们还用孕酮快速评估了这些“重编程”的细胞——因为这些细胞会产生人绒毛膜促性腺激素等多种妊娠激素。

该校发布的声明说，这项研究对理解妊娠进展、不孕症和妊娠相关疾病具有重要意义。