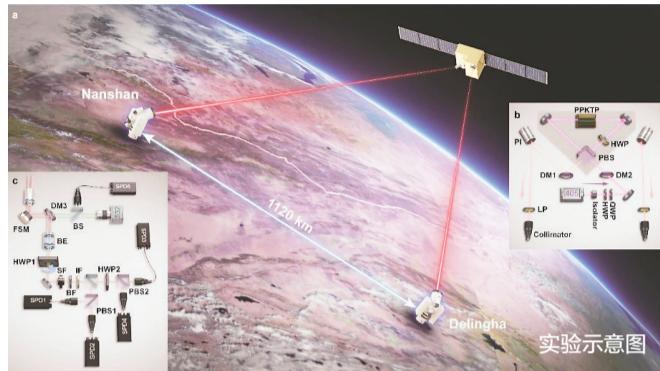


远距离安全量子通信再获突破 “墨子号”实现无中继千公里量子保密通信

本报讯 6月15日，中国科大潘建伟院士及其同事彭承志教授、印娟教授等组成的研究团队，联合牛津大学Artur Ekert、中科院上海技术物理研究所王建宇团队、微小卫星创新研究院、光电技术研究所等团队，利用“墨子号”量子科学实验卫星在国际上首次实现千公里级基于纠缠的量子密钥分发，相关研究论文在线发表于国际知名学术期刊《自然》。这一实验成果将无中继量子保密通信的空间距离提高了一个数量级，并通过物理原理确保，即使在卫星被他方控制的极端情况下依然能实现安全的量子保密通信，取得了量子保密通信现实应用的重要突破。

理论上，经过量子加密的通信无法被秘密窃听。这依赖于一种叫量子密钥分发的技术，也就是生成并安全共享用来加密和解密信息的密钥。但从实验室走向广泛应用，还需解决远距离传输



造成的损耗问题，以及现实条件下器件不完美的安全问题等。

通过增加中继节点可有效拓展量子保密通信的距离，但中继节点自身安全需得到人为保障。例如，之前的星地量子密钥分发过程中，“墨子号”参与了密钥生成，掌握密钥信息，如果卫星被他方控制，就存在信息泄露的风险。

此次，“墨子号”实现了将一对纠缠的光子发送至地面相距1120公里的新疆乌鲁木齐南山站和青海德令哈站。利用获得的量子纠缠态，两个站点可以直接产生密钥，不需要卫星的中转。“墨子号”本身不参与密钥生成，掌握密钥信息，如果卫星被他方控制，就存在信息泄露的风险。

《自然》杂志审稿人称赞

道，“这是朝向构建全球化量子密钥分发网络甚至量子互联网的重要一步。”“我的确认为不依赖可信中继的长距离纠缠量子密钥分发协议的实现是一个里程碑。”

潘建伟表示，基于该研究成果发展起来的高效率地链路收集技术，可以将量子卫星载荷重量由现有的几百公斤降低到几十公斤以下，同时将地面接收系统的重量由现有的10余吨大幅降低到100公斤左右，实现接收系统的小型化、可搬运，为将来卫星量子通信的规模化、商业化应用奠定了坚实的基础。

“墨子号”量子科学实验卫星是中科院空间科学战略性先导科技专项之一。迄今，“墨子号”研究团队已在《自然》和《科学》期刊发表了5篇研究论文，在量子保密通信技术发展和空间尺度量子物理基本问题检验等领域走在国际前沿。

(董瑞丰 徐海涛)

本报讯 6月10日，中国科大杜江峰院士领导的中科院微观磁共振重点实验室提出并实验实现了一种基于金刚石氮-空位(NV)色心量子传感器的高分辨顺磁共振探测方法，获得了千赫兹(kHz)谱线分辨率的单自旋顺磁共振谱。相关成果发表在著名学术期刊《科学·进展》上。

电子顺磁共振谱学技术是当代重要的物质科学研究手段，常用来获取分子的动力学、结构等信息。该技术一个主要的发展方向是从尽可能少的样品中获取尽可能精确的信息，这需要同时提升空间分辨率和谱线分辨率。近几十年来，得益于新的探测技术的出现，空间分辨率不断提升，甚至实现了纳米尺度下单个自旋的顺磁共振检测。然而受制于不可控的外界噪声的干扰，其谱线分辨率却停留在兆赫兹(MHz)量级，这阻碍了进一步在单分子层面解析结构、局部环境等信息。

要想突破当前的谱线分辨率限制，需寻求克服环境噪声的新方法。

杜江峰研究团队使用金刚石中NV色心量子传感器进行顺磁共振检测。之前的工作已经证明了，NV色心即使在零场下依然具有单自旋级别的检测灵敏度。

为了观测到谱线窄化，实现高分辨率谱学探测，还需要消除NV传感器自身带来的谱线展宽。在本工作中，杜江峰团队受到核磁共振中关联探测的启发，设计了一种适用于零场的顺磁共振关联序列，极大地压制了NV传感器的本征展宽。用此新方法，研究人员在实验中成功实现金刚石中单个氮原子电子自旋的窄化跃迁探测，相较传统方法谱线分辨率提升了27倍，达到8.6 kHz，这是目前基于金刚石量子传感器微观顺磁共振谱学的最高指标。

该实验结果证明了基于NV量子传感的顺磁共振技术可以兼顾空间和谱线分辨率，同时这种新型测量手段没有真空、低温等苛刻的环境条件限制，可在室温大气溶液等条件下工作，在生物应用方面具有独特的竞争优势，可以更加精细地分析单分子结构信息、动力学变化以及局部环境特征等。

中科院微观磁共振重点实验室博士后孔飞、博士生赵鹏举和余佩为共同第一作者，杜江峰院士和石发展特任教授为共同通讯作者。(陈婉婉)

五大连池尾山火山处于活跃状态

站，通过大地电磁成像，发现在火山锥下方约3~4公里以下，存在非常明显的低电阻率异常。根据低电阻率异常分布，他们进一步刻画了火山下方的岩浆囊空间分布，发现在上地壳和中地壳各存在一个岩浆囊，二者之间通过一些细的垂直通道相连接，即中地壳的岩浆囊通过这些通道给上地壳的岩浆囊输送岩浆。

同时，张海江研究组与中科院测量与地球物理研究所合作，结合噪声成像得到的速度模型和

大地电磁成像得到的电阻率模型，估算出中上地壳岩浆囊中的岩浆部分熔融程度至少为15%。尾山火山上一次喷发在约50万年前，如果没有岩浆补给，火山锥下方应该处于冷却状态，没有部分熔融状态的岩浆存在，电阻率会对应呈现出高电阻率异常。因此，他们推断尾山火山下方存在岩浆补给，即尾山火山正处在“充电”的活跃状态。通过分析尾山火山周围布设的临时和固定地震台站数据，他们发现在岩浆囊周

围存在地震和火山颤动信号，进一步证实尾山火山的活跃性。

长白山火山在2002~2005年，曾显示出明显活性。新的研究进一步揭示，五大连池尾山火山目前处于一定的活跃状态，表明东北地区火山可能处于某种程度的活跃期。虽然尾山火山岩浆囊的部分熔融程度尚未达到喷发所需要的临界值(约40%)，但有必要加强该地区的火山监测，以便更好地预测未来火山喷发的可能性。(杨凡 桂云安)

中国科大采用真空光镊实现单个微纳粒子质量和位置的高精度测量

纳颗粒，能最大程度隔绝环境噪声对测量过程的干扰，进一步提高测量稳定性和灵敏度，可以实现力、质量、加速度、扭矩及电场等物理量的高精度测量。

在真空光镊体系中，实验上通过对悬浮粒子位置和运动行为的高精度探测与分析来实现相关物理量的高灵敏检测。因此，悬浮粒子的运动行为操控以及将测量信号转换为实际位移的校准过程是其两项核心技术。

孙方稳小组近年来致力于真

空光镊体系打下了重要实验基础，为精密测量、微观尺度热力学以及光力相互作用等研究提供了重要实验平台。而微纳尺度下质量、力学及其相关物理量的高精度测量，将在重力仪、加速度计、陀螺仪等精密测量领域中发挥重要作用。

论文第一作者是中科院量子信息重点实验室郑瑜博士。

(中科院量子信息重点实验室 中科院量子信息与量子科技创新研究院 科研部)

量子态动态演化过程，并研究了量子态可分辨性在奇异点附近的动力学临界相变现象。该工作可以为PT对称及其他非厄米量子物理的研究提供有效的实验平台。

该成果得到了审稿人的高度评价：“作者的实现方法是独特的，特别是尚未报道有量子模拟器用于实现离散时间的宇称时间对称量子力学”；“我相信这篇论文会受到广泛关注，并为未来多项有趣的研究工作开辟道路”。

中科院量子信息重点实验室博士后王铁韬和博士研究生李志鹏为论文共同第一作者，李传锋教授、唐建顺教授为论文共同通讯作者。

(中科院量子信息重点实验室 中科院量子信息与量子科技创新研究院 科研部)

中国科大首次实现循环式宇称时间对称量子模拟器

顿量所控制的物理系统。与常见的厄米系统相比，一方面PT对称系统同样具有实数本征能谱，其中能够存在稳定的本征动力学模式；另一方面，PT对称系统中的本征动力学模式具有特殊的非正交性质，且系统能带在奇异点(exceptional point)附近具有独特的拓扑结构。因此PT对称系统具有多种新奇的非厄米物理特性，在国际上受到广泛的研究关注。目前PT对称动力学已在多种经典系统中被实现并展现出广泛的应用价值。而在量子领

域，受限于量子系统的操控难度，PT对称动力学的多种量子物理性质仍缺乏深入的实验研究和应用。

李传锋研究组基于自主设计的非厄米量子逻辑门及单光子循环演化结构，在线性光学系统中首次实现了循环式PT对称量子模拟器的构建。该量子模拟器可以有效模拟PT对称量子系统的动力学演化过程，并输出离散时间模式下的演化量子态。基于该量子模拟器，研究组实验观测了PT对称未破缺区和破缺区中的