

## 量子通信与量子网络领域重要突破 可扩展量子中继基本模块成功构建

近日，中国科大教授潘建伟及其同事在可扩展量子网络研究方面取得重大突破。他们分别与各相关机构的研究人员合作，在国际上首次构建出可扩展量子中继的基本模块，使得远距离量子网络成为现实可能；实现单原子节点间的远距离高保真纠缠，并在此基础上首次将器件无关量子密钥分发的传输距离突破百公里，极大推进了该技术的实用化进程。日前，两项成果分别发表于国际学术期刊《自然》和《科学》。

上述突破是我国在量子通信与量子网络领域继“墨子号”量子卫星之后取得的又一里程碑式成果，标志着基于量子纠缠的光纤量子网络正在从理论构想走向现实可能，进一步扩大了我国在该领域的国际领先地位。

量子信息科学的终极发展目标是构建高效、安全的量子网络。构建量子网络的基本要素是远距离确定性量子纠缠分发，基于量子纠缠，不仅

可以通过量子密钥分发实现经典信息的安全传输，还可通过量子隐形传态为量子计算机与用户之间量子信息的交互提供唯一有效途径。

量子中继方案是解决光纤传输损耗的有效方案。早在1998年，潘建伟及其同事就在国际上首次演示了量子纠缠的连接。此后，国内外研究团队取得了一系列重要进展。但是，近30年来科学家始终未能解决的一项重大技术难题是：纠缠的寿命远远短于产生纠缠所需的时间，以致在纠缠的存活时间内，与之相邻的纠缠难以确定性产生，因而无法实现纠缠的有效连接，严重制约了量子中继的扩展性。

针对这一核心难题，中国科大研究团队通过发展长寿命囚禁离子量子存储器、高效率离子-光子通信接口及高保真度单光子纠缠协议，在国际上首次实现长寿命量子纠缠，纠缠寿命（550毫秒）显著超过纠缠建立所需的时间（450毫秒），从而成功构建了可扩展量子中继的

基本模块，使得远距离量子网络成为现实可能。

远距离纠缠分发的一个直接应用，是实现现实条件下最高安全等级的量子保密通信。以往的量子保密通信方案需要对器件参数进行精确标定以保障现实安全性，这通常会在实际应用中带来不便。而基于纠缠的器件无关量子密钥分发方案则突破了这一限制。

然而，器件无关量子密钥分发的实验实现面临极为严苛的技术门槛。基于可扩展量子中继技术，中国科大研究团队进一步成功实现了两个原子间的远距离高保真纠缠；在最长达100公里的光纤链路上，原子节点间远程纠缠保真度仍保持在90%以上，显著优于此前国际同类实验结果。

在此基础上，研究团队首次在城域尺度光纤链路上实现了设备无关量子密钥分发；在11公里光纤链路中完成了基于有限数据量的安全性分析与严格证明，传输距离较以往最好结果提升约3000倍；在100公里光纤链路中演示了密钥生成的可行性，传输距离较国际此前最好实验水平提升两个数量级以上。

（原载于《光明日报》2026年2月9日 记者 丁一鸣 常河）

中国科大微电子学院研究团队提出了一种基于谷拓扑超构表面的体表传感器网络，首次将拓扑物理应用于生物医学领域。相关研究成果近日在线发表于《自然·电子学》。

该研究设计并制备了一种基于柔性导电纳米线的谷拓扑超构表面，将其集成于日常服装中，构建了可穿戴、可重构的体表传感器网络。该网络利用拓扑边界态实现高效、低损耗的无线信号传输，显著提升了穿戴式生物传感器在运动状态下的通信质量与生理信号监测能力。

研究团队通过设计具有不同拓扑相的二维模块，实现了多个独立无线通道的灵活配置。实验表明，该拓扑服装在人体表面可实现超过30分贝的信号传输增益，且在弯曲、拉伸及人体贴合等复杂条件下仍保持稳定性。与传统的辐射式通信网络相比，该系统在能量效率、抗干扰性和数据安全性方面均具有显著优势。

在生理监测实验中，研究团队将该拓扑服装与多个加速度计、蓝牙耳机集成，结合自适应滤波与人工智能算法，成功在运动状态下实现了对心率、呼吸率等关键生理参数的高精度监测。实验结果显示，该系统在运动状态下信噪比提升超过两个数量级，心率监测准确率提升约三倍。

“针对可穿戴设备在运动等复杂场景下监测精度不足的问题，我们创新性地提出谷拓扑物理柔性可穿戴纤维织物，它具有定向传输电磁信号的优点，通过它能够传统定制化网络变成模块化设计，该拓扑服装将体表的多个传感器组网，构建了多条专属信号高速公路，实现了超百倍传感信噪比提升，即使在剧烈运动中，心率等关键生命体征的监测准确率依然十分精准。”中国科大微电子学院特聘教授李忠鹏告诉记者，“该技术有望推动健康监护从单点感知迈向全身网络化智能感知，为运动健康、慢病管理等场景带来突破性解决方案。”

（原载于《光明日报》2026年1月24日 记者 丁一鸣 常河）

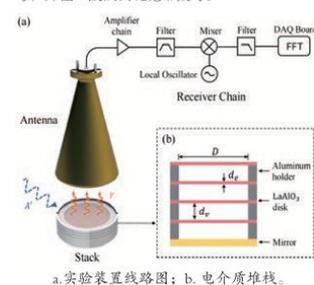
## 拓扑物理首次应用于生物医学领域

中国科大实现首个基于电介质堆栈探测器的毫米波段暗光子搜寻

中国科大自旋磁共振实验室姜星教授和浙江大学焦曼研究员合作，在超轻暗物质搜寻上取得重要进展。研究团队实现了首个工作在毫米波段的电介质堆栈探测器，并开展了对暗光子暗物质的宽频带探测实验，对暗光子动力学混合系数给出了新的约束。相关研究成果2月19日发表于《物理评论快报》。

暗物质是现代物理学最大的谜团之一。由于在传统粒子物理实验中，暗物质的等效模体（ $V\propto f^{-3}$ ）会随着频率升高而迅速减小，导致暗物质在腔内激发产生的信号功率迅速衰减，因此在毫米波段的暗物质搜寻实验面临巨大挑战。针对这一难题，研究团队设计并搭建了国际上首个工作在毫米波段的电介质堆栈探测器。该探测器由四层铝酸钡电介质片和一面镜子组成（如图所示），由于是开放腔设计，其等效模体比普通谐振腔大约两个数量级，且在未来可以通过增加电介质板数进一步提升。电介质片的厚度与间距经过精心设计，使得探测器能够利用干涉显著放大暗物质激发产生的微波信号，并在W波段实现宽频带搜寻。

探测器由四层铝酸钡电介质片和一面镜子组成（如图所示），由于是开放腔设计，其等效模体比普通谐振腔大约两个数量级，且在未来可以通过增加电介质板数进一步提升。电介质片的厚度与间距经过精心设计，使得探测器能够利用干涉显著放大暗物质激发产生的微波信号，并在W波段实现宽频带搜寻。



a. 实验装置线路图；b. 电介质堆栈。

基于这一探测器，团队在387.2–391.03 μV区间开展了为期8天的暗光子实验搜寻。数据分析结果未发现暗光子存在的证据，在相应区间对暗光子动力学混合系数给出了迄今最严格的约束，相较此前结果提升了约两个数量级。这项工作解决了高频电介质堆栈探测器标定的技术难题，打开了其在毫米波频段的应用窗口，为将来更高频的超轻暗物质搜寻奠定了基础。

中国科大自旋磁共振实验室博士生魏国庆为该论文第一作者，姜星教授和焦曼研究员为该论文共同通讯作者。（物理学院 研研部）

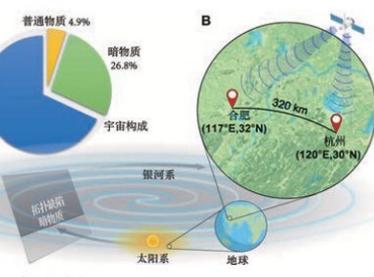
## 量子“捕手”为寻找宇宙“隐形邻居”提供新工具

1月29日，中国科大自旋磁共振实验室姜星教授和江敏教授团队在《自然》杂志发表最新研究成果。他们革新核自旋量子精密测量技术，成功搭建国际首个基于原子核自旋的量子传感网络，连接合肥与杭州，让暗物质探测灵敏度实现质的飞跃，为搜寻宇宙“隐形邻居”提供突破性工具。

在浩瀚宇宙中，我们肉眼可见的恒星、行星等普通物质，仅占宇宙总质量的4.9%。而占比高达26.8%的暗物质，就像一位“隐形邻居”——它不发光、不与普通物质发生电磁相互作用，却能通过引力影响星系运动，是宇宙构成的关键部分。

量子“捕手”作为暗物质的“热门”候选者，其形成的场可能存在“宇宙褶皱”般的拓扑缺陷，被科学家形象地称为“暗物质墙”。当地球穿越这堵“无形之墙”时，轴子可能与量子传感器中的原子核发生极微弱的相互作用，产生转瞬即逝的信号。要捕捉这个信号，难度堪比在人声喧哗的广场上，精准分辨出一片特定雪花落地的声音。

为攻克探测难题，研究团队给量子传感器装上两件“硬核装备”：一是将转瞬即逝的信



图A：宇宙构成成分图。

图B：基于城际量子传感网络的暗物质搜寻。拓扑缺陷轴子暗物质在宇宙中会形成能量高度集中的致密结构，犹如一堵“暗物质墙”。当地球在银河系中以约10<sup>6</sup>光速运动并穿越这类结构时，部署的城际量子传感器网络便能对其进行探测。

号“储存”在接近分钟级的核自旋相干态中，大幅延长了信号探测窗口；二是通过自研量子放大技术，将微弱信号增强100倍，让“蛛丝马迹”不再难寻。

更进一步，研究团队将五台超灵敏量子传感器分别部署在合肥与杭州，通过卫星时间精确同步，构成分布式探测网络。其核心逻辑

是“多地比对、协同验证”：真实的宇宙信号会在各站点留下时间关联痕迹，而局部干扰噪声则杂乱无章、无法同步。这种组网模式能极大地过滤误报，极大增强探测结果的可靠性。

经过两个月的持续观测，研究团队虽未捕捉到明确的“暗物质墙”穿越信号，却取得了关键进展：在广泛的质量范围内，给出了这一暗物质模型最严格的限制标准。其中部分质量区间的限制精度，比天文学家用超新星观测的结果高出40倍，首次实现实验室探测精度超越天文观测。

研究人员表示，这一突破意味着，人类搜寻暗物质的“工具箱”中，又新增了一款更精准的“量子神器”。本次研究不仅为暗物质探测开辟了新路，其网络与力、分布式探测思路，未来还可与引力波天文台协同，用于搜寻更多宇宙奥秘。

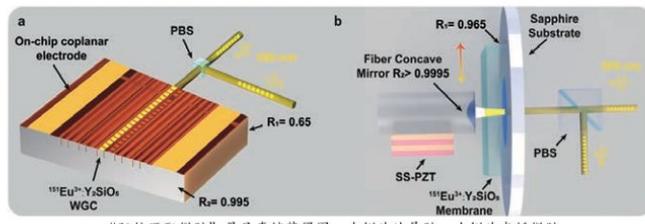
彭新华说，下一步他们将进一步扩大“量子探测网”的覆盖范围，通过全球组网、空间部署等方式，进一步提升暗物质探测灵敏度，继续向解开暗物质之谜发起冲击。（原载于新华社客户端 2026年1月29日 记者 戴威 何斌斌）

## 中国科大刷新固态量子存储效率纪录

本报讯 中国科大郭光灿院士团队在量子网络核心器件上取得重要突破。该团队李传锋、周宗权研究组基于创新的“阻抗匹配微腔”量子存储架构，研制出效率高达80.3%、体积仅4×10<sup>-11</sup>mm<sup>3</sup>的固态量子存储器，效率创世界纪录，且体积缩小到现有器件的约千分之一。该成果2月11日发表在《自然·光子学》上。

量子存储器是构建量子中继和量子互联网的核心器件，直接决定量子网络的规模与速率。其中，50%的存储效率被称为“非经典界限”，超过这一界限意味着可利用的光子多于丢失的光子，是器件迈向实际应用的关键阈值。在以往研究中，为了实现高存储效率，研究人员普遍依赖增大介质尺寸来增强光吸收能力，导致器件体积庞大（0.1mm<sup>2</sup>–10<sup>10</sup>mm<sup>2</sup>量级），制约了其规模化集成与应用。

面对这一挑战，中国科大团队独辟蹊径，构建了基于“阻抗匹配微腔”的全新量子存储架构。研究团队基于掺铈硅酸钡晶体设计了两种新型的微腔增强量子存储器：一种是利用激光在晶体内部雕刻光波导，镀膜形成波导腔；另一种则将晶体薄膜耦合开放式的纤芯微腔。该架构的创新之处在于摒弃了传统的“以



“阻抗匹配微腔”量子存储装置图，左侧为波导腔，右侧为光纤微腔

体积换性能”思路，而是通过微腔的光干涉效应实现对光子的完美吸收。当微腔透射率与稀土离子吸收率相等（即阻抗匹配）时，仅需200微米厚的晶体薄膜即可近乎完美地捕获单个光子。这一尺寸与头发丝的直径相当，整个存储装置的体积仅4×10<sup>-11</sup>mm<sup>3</sup>。该微型量子存储装置最终实现了80.3%的单光子存储效率，并且在突破50%效率阈值的条件下，实现了20个时间模式的并行存储。

该成果一举打破保持了16年的固态量子存储效率世界纪录（69%），并同步将器件体积

缩小上千倍，成功解决了长期以来“高效率”与“小体积”难以兼得的技术难题，这为实现高速量子中继、大容量可移动存储及规模化量子网络奠定了关键基础。

该成果由博士后靳明、博士生孟若然、刘肖副研究员完成光纤微腔存储实验，博士生刘沛希和朱天翔副研究员完成波导腔存储实验，博士后梁彭军生长高质量掺铈硅酸钡晶体，张超特聘教授制备非经典量子光源。

（量子网络安徽省重点实验室 物理学院 中国科学院量子信息和量子科技创新研究院 研研部）

## 中国科大第十三届党代会2025年年会暨第十一届教代会第二次会议闭幕

（上接1版）

舒歌群就2026年的学校事业发展提出三点希望：一是高举旗帜、把稳方向，始终沿着党中央指引的道路坚定前行。时刻牢记“科教报国、追求卓越”的初心使命，始终坚持党对学校事业发展的全面领导，牢牢把准社会主义办学方向，将党中央的决策部署转化为推动学校发展的务实行动；二是聚焦重点、担当实干，奋力推动教育科技人才一体化发展示范区建设迈出坚实步伐。充分发挥科大人“敢为人先、锐意进取”的奋斗品格，积极主动、齐心协力，做好示范区建设各项工作；三是筑牢防线、压

实责任，全力以赴维护校园安全稳定大局。各学院、各单位要切实承担安全稳定责任，各级领导干部要严格落实“一岗双责”，提升防范化解重大风险的能力。

舒歌群强调，从时代方位和学校发展阶段来看，中国科大正处在战略机遇叠加、发展动能集聚、风险挑战并存的紧要关头。站在“十五五”规划开篇布局新的历史起点上，我们使命光荣、责任重大。全体教职员工要以与时俱进的态度审视时代之变、教育之需，传承“红专并进、理实交融”精神血脉，勇于推进理念创新、机制创新、实践创新，着力破除制约高

质量发展的体制机制障碍，不断增强办学活力与核心竞争力。坚决贯彻落实“潜心立德树人，执着攻关创新”的根本任务，努力以中国特色、世界一流办学实绩，在强国复兴的历史画卷上，镌刻科大人的时代担当。

圆满完成各项议程和预定任务后，大会在《圆舞曲》中胜利闭幕。

会议期间，大会九个代表团就学校党政、纪委等工作报告，以及经济运行、示范区建设等学校具体情况进行了分组讨论，并向大会报告了讨论情况，在校校领导分别参加了各代表团的讨论。（党委宣传部）