中国科学报

CHINA SCIENCE DAILY

中国科学院主管　中国科学报社出版　国内统一连续出版物号 CN 11－0084　代号 1－82

扫二维码 看科学报　扫二维码 看科学网

主办：中国科学院　中国工程院　国家自然科学基金委员会　中国科学技术协会

总第 8824 期　2025 年 8 月 28 日　星期四　今日 4 版

新浪微博 http://weibo.com/kexuebao　　科学网 www.sciencenet.cn

生态环境部：“十五五”水生态环境目标设置将有调整

据新华社电 生态环境部水生态环境司司长蒋火华 8 月 26 日表示，“十五五”期间水生态环境目标设置将有所调整，增加 200 多个小微水体断面监测，还将加入水生态相关指标。

在生态环境部当天举行的新闻发布会上，蒋火华介绍，碧水保卫战取得较好的效果。今年上半年全国地表水水质Ⅰ至Ⅲ类断面比例达到 89%，大幅度优于“十四五”目标。全国地表水水质Ⅰ至Ⅲ类断面比例从 2015 年的 64.5% 提升到 2024 年的 90.4%，提高了 25.9 个百分点，“十三五”以来实现“九连升”，到今年年底有望“十连升”。

“水环境质量数据好了，并不意味着群众身边的水污染问题都得到了有效解决。”他说，“十五五”期间，国家监测网络布局上，要在继续关注大江大河的同时，更多向江河支流、小微水体拓展，优化增加 200 多个水质相对较差的河流二三级支流、小微水体断面，更好反映人民群众身边水体的状况。

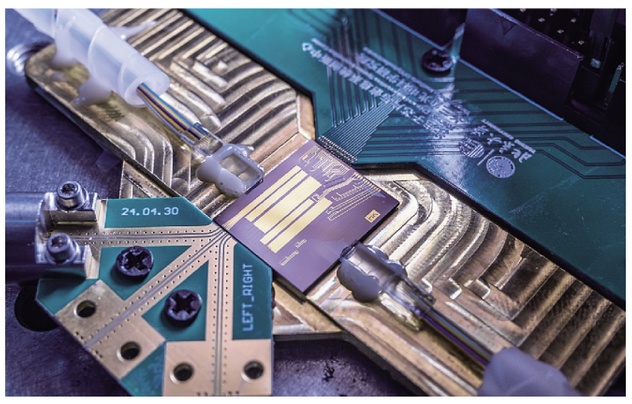
蒋火华表示，在水生态环境目标设置上，将从单纯的“好水”即Ⅰ至Ⅲ类水质比例向综合的“优良水体比例”转变，在关注水环境理化指标的同时，加入水生态相关指标，更加全面反映水生态环境状况。（高敬）

“全频兼容”的可重构超宽带芯片来了

■本报记者 崔雪芹

北京大学电子学院教授王兴军团队与香港城市大学教授王骋团队通过创新光电融合架构，成功实现芯片从“频段受限”到“全频兼容”的颠覆性突破，并在所有频段都实现了 50~100Gbps 的无线传输，比目前 5G 的传输速率高出 2~3 个数量级。这意味着，使用者无论在偏远的农村地区还是城市中心，都能够实现高速可靠、无时不在的通信连接。8 月 27 日，相关研究论文发表于《自然》。

“这款可重构、超宽带光电融合芯片，为实现全频段无线通信与动态频谱管理提供了核心解决方案，是 6G 时代硬件基座能力提升的重要里程碑，为后续技术研发与产业应用提供了全新解决方案。”论文通讯作者王兴军告诉《中国科学报》。



研究团队制备的超宽带光电融合芯片。　北京大学供图

应对 6G“万物互联”频率扩展挑战

在北京大学电子学院的实验室内，一块指甲盖大小的芯片正展现着 6G 全频段通信的关键突破——从支撑基础覆盖的微波低频段，到能实现零延迟体验的太赫兹高频段，通过调整外部控制信号，就能灵活处理跨越近 8 个倍频程的电磁信号。即便在 100 吉赫兹以上的高频区域，其信号噪声性能仍与传统低频段持平，彻底打破了传统硬件“频段固化”的技术局限。

王兴军表示，这一突破的背后，是 6G 通信发展面临的紧迫挑战。随着“万物互联”需求呈爆炸式增长，未来网络需要让不同频段各展所长——毫米波和太赫兹等高频率波段可提供极大带宽和超低延迟，适用于高速传输；微波等低频段则擅长广域覆盖和穿透，是基础网络的重要支撑。

“传统通信设备就像‘定制化工具’，每一个频段都要配套设计专用的元器件与系统。”王兴军解释道，“这种模式下，宽频谱覆盖的实现难度极大。”多系统独立运行不仅推高成本、增加复杂度，还无法实现频段间的动态调度和自适应重构，且不同网络节点间的设备差异性较大，严重制约 6G 低成本、全面部署。

更关键的是，传统倍频技术会“累积噪声”，高频段信号质量随频率升高而急剧下降，这让 6G 全频段扩展陷入“复杂度高、成本高、性能差”的困境，严重制约实际应用。同时，高密度的无线接入意味着无线电磁环境将越发复杂，进一步带来频谱管理难度加大、无线连接可靠性降低等现实难题。

“必须从硬件底层创新，打造能够覆盖从微波到太赫兹的全频段、可灵活重构的通用平台，这是实现 6G 泛在接入的核心。”王兴军强调。

以“光”为桥，打通频谱壁垒

团队的创新突破在于给芯片“装上光的翅膀”——以先进薄膜铌酸锂材料为平台，让电信号“变身”为光信号进行处理，借光子学的超大带宽特性突破频率限制。

“光的天然优势就是带宽大，能轻松覆盖从微波到太赫兹的广阔频谱。”论文共同通讯作者王骋介绍。研究团队在仅指甲盖大小的芯片上，集成了基带调制、载波生成、上下变频等无线收发系统的全部关键功能单元，一举实现超百吉赫兹、近 8 个倍频程的带宽处理能力，相当于用一套设备打通了所有频段的“任督二脉”。

芯片的核心架构是团队研发的“基于光学微环谐振器的集成光电振荡器”。这一架构能直接在任意目标频点生成高质量的电磁信号，即便在 100 吉赫兹以上的高频段，其噪声性能仍与传统低频段持平，从原理上彻底解决了传统倍频“噪声越积越多”的行业痛点，让全频段通信的“带宽、噪声、灵活性”三者不再相互制约。

实验数据印证了突破的价值。该系统可实现超 100Gbps 的超高速无线传输，完全满足 6G 峰值速率需求。更关键的是，通信链路在全覆盖频段内展示的性能高度一致，在高频段未出现任何性能衰减。

更灵活智能的无线网络

在未来高密度无线接入场景中，开放的无线电磁环境复杂度将显著提升。各类信号传输过程中极易相互干扰，导致传统无线传输通道发生“交通拥堵”。典型场景包括演唱会、体育赛事等万人聚集场合，此时大量无线设备同时接入相同频段，信号间的相互干扰会直接造成网络瘫痪，无法保障正常通信需求。

“我们研发的技术可依据实时环境状态，智能引导终端设备切换至不同频段开展通信——这相当于为无线传输构建了一条‘宽阔的高速公路’，通过多频段兼容，让每台设备都能高效找到‘专属车道’，并且可以智能切换到空闲车道，从根本上避免传输阻塞。”论文共同通讯作者、北京大学电子学院研究员舒浩文表示，“全频谱接入与动态频谱管理，是 6G 及未来无线通信领域的核心研究方向。我们的硬件系统从底层架构层面实现了这一关键机制，使无线资源分配更具智能化与高效性，即便在极端复杂的通信环境下，也能为用户提供流畅、稳定的高速低时延连接服务。”

当前，业界已形成共识，人工智能（AI）将成为 6G 网络不可或缺的核心组成部分。但无论 AI 算法具备何种先进性能，其决策的落地执行最终仍需依托可重构的硬件架构。

研究团队研发的光电融合芯片构成可重构的硬件，通过灵活调整内部光路配置，可以实时响应 AI 算法输出的智能决策。例如，当 AI 识别出部分频段存在干扰时，芯片能快速、无缝地切换至空闲频段，实现自动抗干扰与持续优化通信链路，始终维持稳定、可靠的高速低时延连接状态。

论文第一作者、北京大学电子学院博雅博士后陶子涵表示，“若无线网络中的每个节点均具备此类实时响应能力，整个网络的灵活性与智能化水平将大幅提升。再结合 AI 算法的全局优化能力，未来无线网络在灵活性与应用自由度方面的潜力将得到前所未有的释放。”

研究团队认为，这一技术特性正是 6G 时代“原生 AI”理念的核心体现——智能不仅存在于算法层面，更深度融入每一个硬件单元之中，形成算法与硬件协同联动的智能化体系。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-025-09451-8

科学家在百比特超导量子芯片上实现新型拓扑边缘态

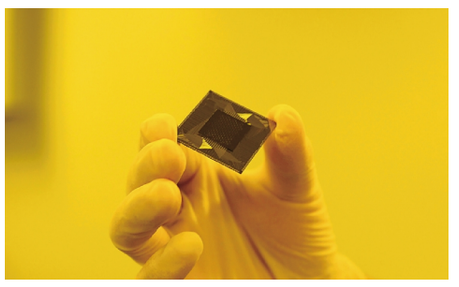
本报讯（记者崔雪芹 通讯员周炜）浙江大学物理学院王浩华、杭州国际科创中心郭秋江超导量子计算团队联合清华大学邓东灵团队，在百比特超导量子芯片上实现了一种新型的“热”拓扑边缘态：在非无序、存在热激发的有限温量子体系中，拓扑边缘态仍能展现出足够的稳定性。研究团队进一步利用该边缘态构建了两个逻辑量子比特，成功制备了逻辑贝尔态，并展示了其对热激发的鲁棒性。8 月 27 日，相关论文发表于《自然》。

凝聚态物理中有一种新奇物态——对称性保护的拓扑边缘态。它通常出现于系统的边界，受到特定对称性的保护，能够有效抵抗满足对称性的噪声，在量子信息领域有潜在的应用价值。然而，拓扑边缘态非常脆弱，通常仅存在于绝对零度的理想环境中。在真实的“热”环境中，要成为量子世界“皮实耐造”的成员，它们必须挺过“命运”的难关——热化。

作为热化的推手，热激发可被视为闯入量子系统的一个“热浪”。寻找能在“热浪”扰动下存活的量子物态，是科学界一直以来的梦想。近年来，陆续有研究团队发表理论方案与实验结果，主流思路是一种名为多体局域化的方法——在系统中引入无序来增加热激发移动的难度，试图“原地”束缚热激发，阻隔它与其他粒子的相互作用。然而，这一方法依赖于随机施加的势场，实验实现的成本比较高。此外，学术界对于多体局域化的稳定性也存在争议。

在该工作中，研究团队把关注点转移到热激发与边缘态的相互作用上。邓东灵等学者提出了利用预热化机制保护拓扑边缘态的路径，无需引入无序，而是依靠系统内部涌现的对称性为边缘态提供额外保护，这样就像为边缘态装上“防护罩”，抑制其与热激发之间的相互作用。

针对上述理论构想，研究团队开展了量子模拟实验。研究团队在百比特“天目 2 号”超导量子芯片上构造了一条具有 100 个粒子的长链，并对这些粒子之间的耦合强度进行了二聚化设计。在约 270 层量子线路演化过程中，研究团队观察到了不受热激发影响的拓扑边缘态，预热化机制生效了。实验显示，即使长链中存在大量的热激发，长链两端的拓扑边缘态仍然维持了和其在“零温”基态下相似的寿命。这种不需要无序的对热扰动的鲁棒性，意味着一种新的“热”拓扑边缘态诞生了。



“天目 2 号”超导量子芯片。　浙江大学供图

该研究建立了一种可行的数字量子模拟方法，为在有限温度下探索拓扑物质提供了新的实验手段。研究团队用预热化的拓扑边缘态进一步编码制备了逻辑贝尔态，为构建在有限温度下抗噪声的量子存储提供了新路径。

值得一提的是，“天目 2 号”超导量子芯片由浙江大学超导量子计算团队自主研制。该量子芯片可操控量子比特数目超过 100 个，同时支持高保真度的并行量子逻辑门操作，为科学家探索新的量子信息理论与技术、模拟新奇的量子物态提供了可靠平台。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41586-025-09476-z

新研究揭示珠三角黑碳减排成效

本报讯（记者朱汉斌）中国科学院广州地球化学研究所（以下简称广州地化所）研究员张干团队与国内外合作者利用双碳同位素技术，揭示了珠三角地区 2008 年至 2018 年间大气黑碳浓度和来源变化，量化了我国《大气污染防治行动计划》执行以来燃煤、石油燃烧、生物质燃烧等三大类主要排放源对区域大气黑碳减排的贡献，发现当前广泛使用的排放清单系统性地低估了生物质燃烧对黑碳的贡献。8 月 25 日，相关成果发表于美国《国家科学院院刊》。

黑碳是 PM2.5 污染的主要成分之一，也是一种强效的短寿命气候污染物，能吸收太阳辐射、加速全球变暖。黑碳主要来自化石燃料和生物质的不完全燃烧。为改善空气质量，我国自 2013 年起实施了《大气污染防治行动计划》，并取得了显著成效。其间，黑碳的减排效果如何？不同来源的贡献度是多少？这些是评估相关治理政策的黑碳减排效力的首要问题。已有研究主要依赖基于排放因子和源活动水平的排放清单进行，结果的准确性一直受到挑战。

研究团队对珠三角地区 2008 年至 2018 年连续 11 年间的大气颗粒物样品进行了系统的放射性碳同位素丰度和稳定碳同位素组成测量，揭示出大气黑碳的浓度和来源变化趋势。结果显示，珠三角地区大气黑碳浓度在此期间呈显著下降趋势，尤其是《大气污染防治行动计划》实施后，黑碳浓度大幅降低了 41%。

他们还对 2008 年至 2018 年间大气黑碳的来源进行了识别和量化。结果表明，燃煤、石油燃烧和生物质燃烧对黑碳的贡献范围分别为 31%~44%、28%~47%和 11%~40%。《大气污染防治行动计划》实施期间，不同来源的黑碳浓度贡献均出现显著下降，其中，燃煤和石油燃烧贡献的黑碳浓度均下降约 43%，生物质燃烧贡献的黑碳浓度下降了约 34%。

研究显示，同位素观测结果与黑碳排放清单数据存在显著差异。其中，现有排放清单中生物质燃烧对黑碳的贡献仅为 4%~9%，而双碳同位素源解析结果中生物质燃烧对黑碳的贡献则为 21%~32%。这意味着当前的排放清单可能在较大程度上低估了生物质燃烧对大气黑碳的贡献。

研究团队建议，政策制定者应及时确定和消除现有黑碳排放清单中可能存在的“盲区”，以对生物质燃烧导致的黑碳排放进行进一步精准管控。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1073/pnas.2500843122

8 月 26 日，我国自主设计研发的两艘亚洲最大挖泥船——“通浚”轮和“浚广”轮在江苏启东成功下水。

从概念设计到智能系统开发，从船舶设计到建造，这对“疏浚双胞胎”全链条实现“国轮国造”。198 米的船长、38.5 米的船宽，再加上 18 米的型深，让它们拥有了亚洲第一的 3.5 万立方米泥舱容量，最大挖深达到 120 米，相当于把耙头伸到 40 层楼高的海底“作业”。只需 90 分钟，它们就能把 3.5 万立方米的泥舱装满，装载效率稳居世界前列。

图片来源：视觉中国

美“星舰”实施第十次试飞

寰球眼

据新华社电 美国太空探索技术公司新一代重型运载火箭“星舰”8 月 26 日从美国得克萨斯州发射升空，实施第十次试飞。火箭第一级和第二级均在预定海域溅落。

太空探索技术公司直播画面显示，美国中部时间 26 日 18 时 30 分许（北京时间 27 日 7 时 30 分许），“星舰”从位于得克萨斯州南部的发射基地升空。两分多钟后，火箭第一级“超级重型”助推器和第二级飞船成功分离。助推器随后完成返航燃烧，并在预定海域实现受控溅落。

飞船则实现了预期的亚轨道飞行，并且部署了太空探索技术公司的 8 颗“星链”模拟卫星。这是“星舰”首次在太空完成卫星部署模拟演练，旨在验证飞船的部署机制和控制能力。

此后，飞船的一台“猛禽”发动机完成在轨再点火测试。发射 40 多分钟后，飞船开始受控再入地球大气层，随后完成着陆燃烧，并在印度洋预定区域溅落。

据太空探索技术公司介绍，此次任务重点目标包括“星舰”首次在太空进行卫星部署模拟演练、火箭助推器着陆燃烧试验、飞船再入阶段耐热性测试等，为实现“星舰”的回收复用积累关键数据。

“星舰”火箭总长约 120 米，直径约 9 米，由两部分组成，第一级是长约 70 米的“超级重型”助推器，第二级是“星舰”飞船，两级均可重复使用。该火箭的设计目标是将人和货物送至地球轨道、月球乃至火星。（谭晶晶）

长期暴露于热浪可能加速衰老

本报讯（记者冯丽妃）香港大学助理教授郭萃与合作者研究发现，多年反复暴露在热浪中可能加速衰老，尤其是体力劳动者、农村居民和空调配置不足人群。8 月 25 日，相关研究成果发表于《自然－气候变化》。

热浪频率因气候变化而不断增加，在公共卫生方面产生巨大影响。尽管此前研究已证明热浪对年龄相关疾病的负面影响，尤其是对老年人，但这些研究主要关注对持续热浪的短期暴露。关注多年持续暴露于高温的后果，有助于解释热浪对人类衰老的潜在长远影响。

研究人员分析了中国台湾地区 24922 名平均生物学年龄为 46.3 岁的成年人的数据，借此评估热浪会如何影响衰老。他们将年龄加速定义为生物学年龄与实际年龄的差异，并评估了其与热浪暴露的关联。通过分析 2008 至 2022 年的体检数据，研究人员发现，累计热浪暴露每增加一个四分位距，相应的年龄加速就会增加 0.023 至 0.031 年。

研究还显示，尽管受试者似乎在 15 年里逐渐适应了热浪环境，但热浪对健康的有害影响并未消失。体力劳动者、农村居民、空调配置不足群体更容易受到热浪的影响。

研究表明，有必要制定能减少环境不平等并提升热浪耐受力的政策，尤其对于弱势群体，从而引导有针对性的保护措施和高效的医疗资源分配。研究人员指出，仍需对更多样化的人群开展进一步分析，且该研究未包含户外停留时间、家庭环境、空调使用习惯这类潜在相关变量。

相关论文信息：

https://doi.org/10.1038/s41558-025-02407-w