

这条光子高速路不用“隔离带”

■本报见习记者 金梦婷

有些城市的交通目前面临一个难题，即绿化隔离带过宽导致车道变窄。传统拓扑光子波导的处境与之相似——为了确保光稳定传输，需要使用大面积绝缘材料作为防护，以至于挤占了真正传输光的通道的面积。

东南大学教授崔晓晗联合南京大学副教授张若洋、香港科技大学教授陈子亭等，研究提出并实验验证了一种“无绝缘体拓扑光子多通道高速公路”架构。近日，相关研究成果发表于《自然》。

“我们把传统拓扑波导中原本只负责隔离和保护、不能传输信号的‘隔离带’，升级成了新的导光通道。它在继续保护通道的同时，自身也能传输光。”崔晓晗告诉《中国科学报》。

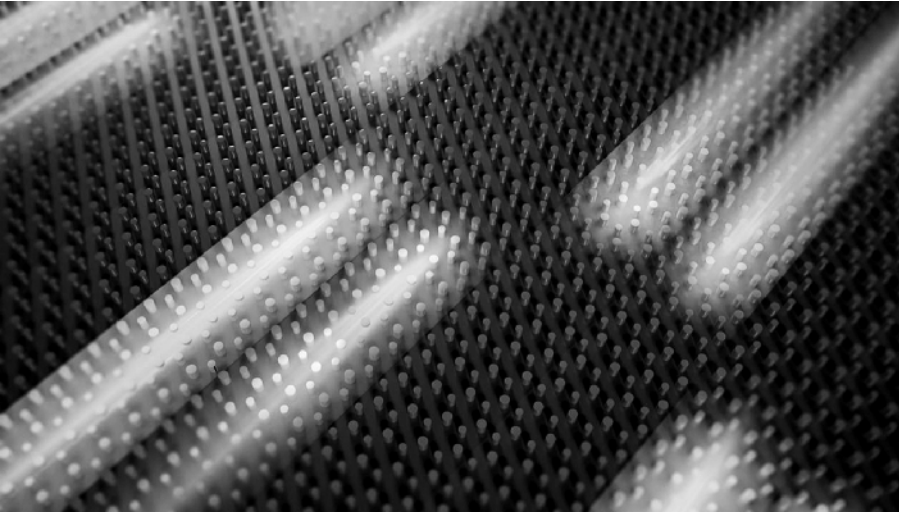
“无包层波导”的启示

传统拓扑光子波导利用两个拓扑性质不同的光子绝缘体，在二者的界面上形成受拓扑保护的传输通道。这类波导能够帮助电磁波绕过一定程度的缺陷和急弯，并抑制反向散射。

然而，这类波导的拓扑保护与空间利用率之间存在矛盾——真正传输信号的主要是界面附近的一个狭长区域，两侧较宽的光子绝缘体主要用于提供拓扑保护和模式约束，本身并不参与传输。

“过去大家更关注的是怎样把绝缘区的拓扑带隙打开，做宽，从而让拓扑态在更宽的工作频段内保持稳定。”崔晓晗说，“我们的‘反向思维’是，能不能利用带隙恰好闭合的拓扑临界点，让每个区域既能传输信号，又能作为相邻通道的防护栏。”

这一灵感来自南京大学教授赖耘关于“无包层波导”的一次分享。张若洋介绍，赖耘团队的研究突破了传统介质波导依靠额外包层约束光场和隔离通道的常见设计思路，实现了光在纯电介质系统中



无绝缘体拓扑光子多通道高速公路概念图。

受访者供图

的超紧凑传输。

为什么很多传统波导需要包层？张若洋告诉《中国科学报》：“光是波，如果缺少合适的约束，就可能从原有通道向周围扩散。很多传统波导会利用包层限制光场，就像道路绿化带分隔车辆，使其沿着既定方向流动。”

那么，无包层波导又是什么？张若洋解释：“无包层波导，即没有包层也能限制住光，使其沿一条窄窄的通道往前走。就像一条没有隔离带也没有防护栏的高速公路，车辆在其中也能沿路行驶，不会冲出道路。”

从“只隔不导”到“既导又隔”

受此启发，团队进一步思考：拓扑波导能否也摆脱专门设置的拓扑绝缘包层，同时保留拓扑保护？

团队最终找到的答案是，让同一个区

域兼具“导”和“隔”两种功能，而非简单地取消“隔离带”。“打个比方，传统拓扑波导中的‘隔离带’只负责保护通道，自身不能通车。现在，我们让它在继续保护邻近车道的时候，也成为一条可以通行的新车道。”张若洋说。

那么，拓扑系统如何才能甩掉厚重的“包层包袱”，实现无包层波导？

经过 3 年攻关，团队终于找到了破题之钥——4 种“身兼两职”的光子谷半准金属。这类新型材料的核心特性，正是来源于其内部不同能谷的迥异物理行为。

崔晓晗介绍，在光子谷半准金属中，对其中一个能谷而言，整片区域就像畅通无阻的高速公路，没有任何“路障”，物理学上叫“无带隙”，电磁波可以畅行无阻；对另一个能谷来说，同样的一片区域，却变成了一道密不透风的拓扑屏障，竖起了“高墙”，物理学上叫“有带隙”，专门给隔壁“站岗放哨”。

这意味着每一个区域既是自己的“传输通道”，又是“邻居”的“隔离墙”。“拓扑光子通路空间利用率由此第一次接近 100%，证明了拓扑保护和高空间利用率并非不可兼得。”张若洋表示。

拓朴光走出边界，但应用之路仍长

这一设计打破了传统拓扑波导必须依赖专门拓扑绝缘区域作为隔离层的设计范式，使原本彼此分离的“传输”与“隔离”功能被统一到同一个结构区域中。

测试结果显示，光信号连续拐 60 度、90 度、120 度的急弯，照样稳定通过、损耗很低，且不会串到隔壁“车道”。“更有意思的是，过去拓扑光总是固定在界面上，形状无法改变，现在波场可以随着通道的宽窄自由变化，宽的地方就摊开，窄的地方就收起，像橡皮泥一样可以被捏扁拉长。”崔晓晗说。这意味着未来的光波导不仅能精准传输，还能控制光的形状，同步实现传输和调控。

无绝缘体拓扑光子多通道高速公路的架构为很多领域提供了全新的设计思路。高密度芯片光路可以排得更密、传得更多；多通道光互连可以更紧凑，在狭小空间里实现复杂的光信号导航。该架构还为太赫兹频段的片上通信、多通道光场调控，乃至未来光子计算芯片中的多通道信息传输与处理提供了新的可能。

不过，目前的实验还在微波尺度，而真正有用的光芯片需要达到百纳米级。张若洋表示，希望后续研究不仅能解决“如何在更多通道中稳定传输”的问题，而且能进一步揭示这些通道如何被独立控制、如何与实际功能器件连接，以及如何在太赫兹和光学芯片平台上实现应用。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41586-026-10817-9>

厄尔尼诺快速发展 大概率成为历史最强事件

本报讯(记者高雅丽)8月18日，记者从中国气象局获悉，当前赤道中东太平洋海表温度持续升高，预计将于11至12月前后达到峰值，形成一次超强厄尔尼诺事件，大概率成为历史最强事件。今年夏季以来，我国气候特征反映了厄尔尼诺发展阶段的典型影响：东部呈南北两条多雨带，暴雨过程面广点强，落区重叠且致灾复合；台风活跃、强度强，风雨影响久。

赤道中东太平洋已于5月进入厄尔尼诺状态，近期海温持续快速上升。7月监测区海温指数已达2.09℃，比6月上升0.49℃；到8月上半月进一步攀升至2.64℃，增暖速度迅猛。

根据国家标准《厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法》，当赤道太平洋中东部海区的海温指数3个月滑动平均绝对值达到或超过0.5℃，且持续至少5个月时，即可判定为一次厄尔尼诺事件。其中，如果峰值强度≥2.5℃，则判定为超强事件。

需要说明的是，虽然8月上半月的海温指数已突破2.5℃，但按照国家标准计算，目前的滑动平均值尚未达到超强事件的门槛，即目前尚未正式形成超强厄尔尼诺事件。

鉴于当前增暖趋势明显，气象部门预计，3个月滑动平均的峰值大概率将超过2.5℃这一关口，形成一次超强厄尔尼诺事件，强度有望超过历史上3次超强事件，成为有观测记录以来最强的一次。

一张手腕片能揭示运动员真实年龄吗

■陈淳宇

近年来，关于运动员年龄的争议时有发生。从足球、篮球到其他实行严格年龄分组的竞技项目，以及俱乐部签约、加盟、转会等，年龄造假、年龄核验等话题屡屡引发关注。

真实年龄可能因证件造假、登记错误等原因而难以确认。当证件可能被修改时，人们自然会想到骨骼检测——证件可以改，骨头会不会“说实话”？

骨骼不是骨头的“出生证明”

临床上最常用的骨骼检测方法，是给左手及腕部拍摄X线片，观察指骨、掌骨、腕骨、桡尺骨生长板的发育和闭合程度。

儿童和青少年的骨头两端存在生长板，随着身体发育，生长板会逐渐变窄、成熟并最终闭合。医生观察这些变化，再与标准图谱进行比较，可以判断骨骼大致发育到了哪个阶段。

因此，骨骼代表的是“骨骼成熟度”，并不是身份证意义上的出生年龄。可以把它类比为身高：一个14岁的孩子可能长得像16岁，也可能看起来只有12岁，骨骼发育同样有快有慢。青春期的开始得早，性激素水平较高，骨骼可能提前；营养不良、患慢性疾病、甲状腺功能异常或生长激素异常，则可能使骨骼落后。遗传、性别、营养状况、运动负荷、激素水平、慢性疾病以及青春期的启动时间等多种因素，都可能影响骨骼成熟。这

意味着，即使两个孩子实际年龄相同，他们的骨骼也可能存在明显差异；反过来，骨骼相同的人，实际年龄也可能不同。

医院为什么还要检查

尽管骨骼不是骨头的“出生证明”，但在临床上骨骼检测仍具有重要价值。美国内分泌学会将左手腕骨骼片列为儿童生长评估的重要工具之一。

在医生已经知晓孩子出生日期的情况下，骨骼检查的目的并不是“猜年龄”，而是比较实际年龄和身体发育进度。骨骼可以帮助医生评估性早熟、青春发育延迟、生长激素缺乏、甲状腺功能异常等问题，还可以帮助判断剩余生长空间，并辅助估计成年身高。

骨骼能反推出真实年龄吗？答案是骨骼可以提供年龄范围的线索，但不能准确还原出生日期，更不能仅凭一张片子断言某人“就是16岁”或“必然超过18岁”。

骨骼可以提供的年龄范围有多大？挪威公共卫生研究机构研究发现，男孩手腕骨骼对实际年龄的95%预测区间宽度可达4.0至5.9年。这意味着，即使两个人的骨骼片看起来非常接近，他们的实际年龄也可能相差数年。

为什么会出现这样的误差？除了不同人的生物学发育速度本身就存在差异，以及遗传、性别、营养、运动、激素水平和疾

病等因素都可能影响骨骼发育外，传统骨骼图谱本身也存在参考人群和年代差异。例如，应用广泛的Greulich-Pyle图谱主要来自20世纪上半叶的美国儿童。将其直接用于不同国家、不同族群以及不同生活条件的人群，可能产生系统性偏差。

因此，骨骼检测较适合评价一个人的骨骼成熟程度，不应被理解为一台能够直接读取出生日期的“测龄仪”。

手腕之外还能看什么

如果出生证明、户籍记录、学籍资料、早期医疗记录和疫苗接种记录能够相互印证，它们通常比任何一项医学检查都更接近真实年龄。当这些资料缺失或者存在明显矛盾时，专业人员可以综合既往病史、生长记录、身高体重、第二性征、手腕骨骼成熟度以及牙齿发育情况等信息进行判断。

牙齿也是年龄评估的重要“尺子”。牙齿的矿化、牙根发育以及智齿等牙齿的发育程度，会随着年龄发生相对规律的变化，因此可以通过牙齿检查和牙科影像，对年龄进行推测。

对于手部骨骼已经完全成熟但仍需要进一步评估年龄界限的人，部分法医学规范还会参考锁骨内侧端的骨化程度。近年来，一些新的影像学技术让年龄评估有了更多“尺子”。例如，磁共振成像(MRI)可以观察锁骨内侧端骨骼的成熟和融合



8月19日07时35分，朱雀三号重复使用遥二运载火箭在东风商业航天创新试验区发射升空。运载火箭全程飞行正常，火箭一子级按预定程序成功软着陆于甘肃省民勤县着陆场坪，二子级将搭载的鸿鹄03星顺利送入预定轨道，飞行试验任务取得圆满成功。本次任务是我国首次实现运载火箭一子级着陆陆支腿方式回收，也是我国首次实现入轨级运载火箭一子级陆地回收。

图片来源：视觉中国

发现·进展

中国科学院理论物理研究所等

新型大模型压缩方法 实现 AI 高效“瘦身”

本报讯(见习记者赵婉婷)

中国科学院理论物理研究所研究员苏刚团队联合首都师范大学教授冉仕举课题组，将量子物理张量网络思想引入大模型压缩，提出Tensor Mixture (MixT)张量混合压缩框架，在精简参数的同时，同步削减算力、显存与能耗。研究论文近日在预印本平台arXiv公布，相关技术已获得国家发明专利。

近年来，人工智能大模型发展迅速，但动辄千亿级参数带来的高昂训练与部署成本，只有少数大型科技公司能够负担，普通科研机构、企业乃至个人开发者都面临着极高门槛。

剪枝、量化、低秩分解等主流大模型压缩方式通过降低权重精度、引入稀疏结构等降低资源开销，其效益取决于算法实现、计算内核和硬件支持。MixT则是将变换器模块中的标准稠密线性映射重构为可直接执行的张量算子混合体，而非仅仅将张量作为压缩参数的手段。“MixT全程保留张量运算架构，既能压缩参数量，又能同步削减计算开销与显存占

用。”苏刚说。

研究团队在LLaMA2-7B模型上测试了MixT的压缩能力。结果表明，在最佳压缩位置，MixT使得模型总参数减少47.5%、推理计算量降低37.1%、训练计算量降低52.1%、推理显存降低60.4%，同时在大规模多任务语言理解基准测试中综合能力几乎保持不变。“这意味着用同样的GPU，可以运行更大的模型；或者用更便宜的GPU，也能运行原本只有高端服务器才能运行的大模型。”苏刚说。

该研究还揭示出大模型具有“临界点”。研究人员逐步提高压缩程度时观察到一个有趣的现象：在压缩幅度到达阈值前，模型体量不断缩小，性能几乎不会衰减。然而，当压缩超过某一临界位置后，模型能力会骤然下降，如同物理中的“相变”。该现象揭示，大模型会在压缩“临界点”突然失去智能，说明大模型并非参数量越大性能越强，而是存在一个能够保持智能的最低结构复杂度。

相关论文信息：<https://doi.org/10.48550/arXiv.2605.25344>

香港中文大学等

揭示脂肪组织 如何“助推”甲状腺癌

本报讯(记者崔雪芹)

由香港中文大学、广州医科大学附属妇女儿童医疗中心、中山大学附属第一医院、暨南大学附属第一医院研究人员组成的联合团队，首次构建了人类甲状腺周围脂肪组织(PAT)的高分辨率单核转录组图谱，系统揭示了脂肪组织通过脂肪因子信号和免疫抑制驱动甲状腺肿瘤发生的分子机制，为甲状腺癌的辅助治疗提供了新靶点。近日，相关研究成果发表于《科学研究》(Research)。

甲状腺癌是内分泌系统最常见的恶性肿瘤之一，过去30年间发病率增长近3倍。PAT因其独特的解剖位置，长期以来被推测可能调节甲状腺肿瘤微环境。然而，PAT的细胞组成、功能异质性及其在甲状腺癌进展中的具体作用尚不清楚。

研究团队对来自甲状腺乳头状癌(PTC)患者和结节性甲状腺肿患者的PAT进行了单核RNA测序，获得53214个高质量细胞核，鉴定出10种主要细胞群。研究发现，PAT呈现免疫富集表型，免疫细胞比例显著高于传统

白色脂肪组织，表明PAT可能作为一个区域性免疫枢纽发挥作用。进一步的脂肪细胞亚群分析鉴定出5个功能各异的脂肪细胞亚群，挑战了PAT作为单纯白色脂肪的传统认识。

研究团队采用整合机器学习策略，锁定了3个直接作用于甲状腺癌细胞的脂肪因子：脂联素(ADIPOQ)在PTC中显著下调，内脂素(NAMPT)和胰岛素样生长因子1(IGF1)在PTC中上调。这一“致病性脂肪因子三联体”的发现，首次在因果层面建立了PAT与甲状腺癌进展的直接联系。体外实验证实，PTC来源的PAT条件培养基显著促进甲状腺癌细胞增殖。研究团队采用药理学手段靶向这3个脂肪因子信号轴，结果显示单一药物处理即可逆转促增殖效应，而三联药物组合效果最为显著。

该成果不仅深化了对甲状腺癌微环境的认识，也为开发靶向脂肪因子的新型辅助治疗策略提供了科学依据。

相关论文信息：<https://doi.org/10.34133/research.1360>

复旦大学等

发现未来城市 面临更多旱涝急转

本报讯(记者张双虎、江庆龄)

复旦大学研究员余兆武团队联合国内外多家科研机构研究人员，揭示在全球气候变暖背景下，干旱、洪涝和热浪等极端事件不仅更加频繁，而且在高温驱动下容易旱涝急转或叠加出现。该研究进一步识别出关键时间预警阈值，为人们从灾后应对转向提前预警和主动适应提供了科学依据。近日，相关研究成果发表于《环境影响评估》。

“和单纯干旱或洪涝灾害相比，高温驱动的旱涝急转会使尚未从前一阶段灾害中恢复的城市面临性质相反的冲击。”余兆武告诉《中国科学报》，两类应对目标的快速切换，使基础设施、应急物资和治理能力面临多重考验。

针对这一问题，研究团队提出“高温驱动的旱涝急转复合极端事件”概念，并分析了1980年至2023年中国334个城市的气象与社会经济数据。结果表明，过去40余年间，此类事件的发生频率和最大强度均呈显著上升趋势，同时具有明显的南北空

间差异：秦岭—淮河以南地区总体表现为“高频率、低强度”，以北地区则更多表现为“低频率、高强度”。

研究团队创新性提出“时间紧迫度”指标，用于衡量旱、涝两个极端快速转换时城市可用于响应和恢复的相对时间。研究发现，该指标在全国范围内呈持续下降趋势，说明留给城市进行水资源调度、基础设施修复、应急力量转换和跨部门协调的窗口正在不断压缩。余兆武表示，旱涝急转会通过多种途径阻碍城市经济增长，且这种影响并非简单的线性关系。当时间紧迫度降至0.33以下时，经济损失可能明显加剧，意味着城市的应对和恢复能力开始面临关键压力。

基于上述发现，研究团队提出“阈值预警—窗口行动”框架，将事件持续时间 and 时间紧迫度等经验阈值纳入城市风险识别与应急决策。该框架为提升城市复合气候风险治理能力和经济韧性提供了新的实践路径。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.ciar.2026.108660>