开启新发现大门，首次实验观测到临界拓扑物态

■本报记者 王敏

常压下水在0℃结冰，在100℃沸腾汽化。它所呈现出的液态、固态、气态，是物质的常见状态。而在量子世界里，物理学家发现了一种有趣的物态——“内部绝缘、表面导电”的拓扑物态。长期以来，物理学家普遍认为这种奇妙特性，只存在于“有能隙”的物质中。

然而，中国科学技术大学苏州高等研究院教授蒋建华团队联合香港大学、宁波东方理工大学、苏州大学等单位的研究人员，给出了不同的答案。他们利用声子晶体平台，在实验中第一次观测到了临界拓扑物态，证实了即便在没有能隙的相变临界点，物质依旧可以拥有明确的拓扑特性，由此改变了对拓扑物态的传统认知。相关研究成果近日发表于《自然》。

《自然》审稿人认为该工作通过“可靠而详实的实验和理论，证实了这一不同寻常的现象，在拓扑物理和临界相变之间搭起了一座桥梁”。

拓扑与临界点真的“水火不容”？

在传统教科书中，拓扑与临界点几乎是一对“宿敌”。

“拓扑描述的是量子物态整体形态的奇妙性质。”论文通讯作者蒋建华说，在几何中，最经典的例子是一只马克杯和一个甜甜圈在拓扑上是一样的，都只有一个洞；但甜甜圈和球不一样，因为球没有洞。

物理学家将这种想法用到物质状态中就有了“拓扑物态”。拓扑物态最著名的表现就是边缘态。例如拓扑绝缘体，它的内部是绝缘的，但边界却是导电的。

常压下水在0℃结冰，在100℃沸腾汽化，这是人们熟悉的相变。0℃、100℃即是相变临界点。

过去主流的观点认为，拓扑物态必须有一道“能隙”作为基础保障，就像堤坝拦住水流，才能维持拓扑物质“内部绝缘、边缘导电”的奇特物理性质。而到了相变临界点，能隙关闭，“堤坝”消失，拓扑物态失去了基本保障，便无法稳定存在。因此，物理学家通常认为临界相变和拓扑物态二者不可兼得，甚至是“水火不容”的。

“近几年，我与合作者一直在思考拓扑与临界点是否真的水火不容。有没有可能，拓扑以某种方式丰富了我们对相变与临界现象的认识。”论文共同通讯作者、宁波东方理工大学助理教授余雪佳表示。

一些理论物理学家提出了大胆的猜想：自然界或许存在一类特殊的“临界拓扑物态”，即便没有能隙，也可以拥有拓扑特性。“可以试着想象一下，堤坝被移平了，屏障不存在了，水四处流动。但奇怪的是，水库边缘的水依然按照统一节奏流动。”蒋建华说。

然而，上述猜想仅停留在了理论层面。因为没有能隙，常规的实验手段没法捕捉和表征这种特殊拓扑物态。

“就像堤坝消失，水到处流动，混合在一起，无法区分开，因此没有确定、严格的对拓扑物态的表征。”蒋建华说。

给“看不见”的临界拓扑物态“拍照”

想要给这些无法用常规方法表征、“看不见”的临界拓扑物态“拍照”，就需要全新的探测工具。

2024年，蒋建华团队自主发展了一套测量纠缠熵和纠缠谱的特殊实验方法来表征拓扑物态。“虽然这个方法当时被用于表征常规的有能隙的拓扑物态，好像有点大材小用，但它打破了僵局，开启了新发现的大门。”蒋建华说。

关于该实验方法，蒋建华打了个比方。“我们没法直接看清黑暗房间里物体的轮廓，但可以通过物体投下的影子反推它的模样。纠缠谱就相当于一套影子探测工具。它不受能隙约束，因而成为表征临界拓扑物态的关键工具。借助它，我们可以抓取相变临界点上的拓扑信号。”

基于这一方法，联合团队完成了对临界拓扑物态完整的实验表征，首次证实了临界拓扑物态的存在。通过巧妙设计，他们还把临界拓扑物态扩展到二维时间反演对称系统中，在实验上实现并完成了对二维临界拓扑物态的观测和表征。

实验中，团队通过“量子－经典对应关系”，把要研究的问题映射到一个经典声波系统中，并保持所要研究的关键物理量的一一对应关系。

他们首先将临界拓扑物态映射到承载声波传输的人工声子晶体系统中。基于树脂材料进行3D打印，得到肉眼可见的宏观经典模拟体系，用于模拟临界拓扑物态。然后，通过声场的泵浦探测手段，得到隐含声波本征性质的格林函数，进一步对格林函数作谱分解，最终得到纠缠谱信息。

“纠缠谱的特征蕴含了临界拓扑的特性，可以用来准确‘诊断’系统是否处于临界拓扑物态。”蒋建华说。

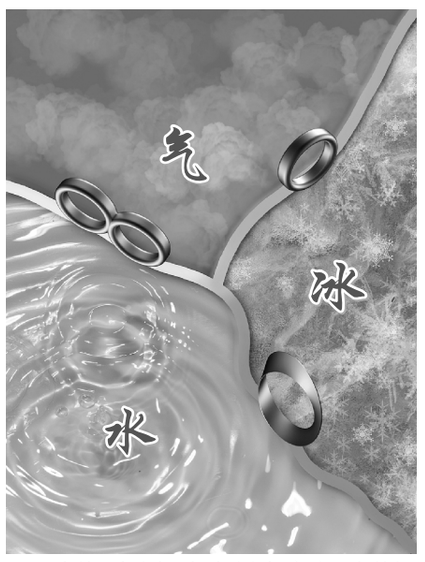
此次研究还发现，拓扑效应会引发多重临界现象，即当临界态的拓扑性质发生改变时，一定会有多重临界点出现。

“这与经典相变中多重临界点出现的规律完全不同。在经典情况下，例如水的三相点的出现是由吉布斯相律决定的。在存在临界拓扑物态的系统中，临界态拓扑性质变化便会导致多重临界点的出现。这表明拓扑是临界相变的一个不可忽视的特征指标，将加深人们对物质相变和临界现象的理解。”蒋建华说。

打开一扇新大门

同样是没有能隙，此次发现的临界拓扑物态与拓扑半金属有何不同？

蒋建华介绍，半金属的拓扑性质依旧需要依托有能隙的子空间才能成立，而此次发现的临界拓扑物态，证明拓扑物理完全可以诞生在真正无能隙的量子态空间之中。



水的三相（水、冰、气）和相变边界上的拓扑（用三种不同的圆环表示）。

中国科学技术大学供图

余雪佳说：“临界拓扑是临界现象和拓扑物理的一个美妙结合，为这两个重要的领域都打开了新的视野、带来了新的可能，重塑我们对相变与临界现象的认识。”

“临界拓扑物态将打开一扇新的大门，为拓扑物理、量子相变、统计物理等领域的研究提供新的系统和新的启发。例如，可以用拓扑指标对量子临界态进行分类，从而进一步深化对量子相变和临界现象的认识。另外，临界拓扑物态还会产生一类特殊的连续谱内的拓扑局域态，在声学和光学器件研发上具有重要的应用前景。”蒋建华说。

相关论文信息：
https://doi.org/10.1038/s41586-026-11099-x

发现·进展

中国科学院大连化学物理研究所

单原子催化研究有新进展

本报讯（记者孙丹宁）近日，中国科学院院士、中国科学院大连化学物理研究所研究员张涛团队应邀在《自然－纳米技术》发表单原子催化研究评述文章，系统阐述了单原子催化如何从纳米科学对金属尺寸极限的探索发展为多相催化研究的新范式。

张涛团队长期致力于负载型金属催化剂研究。2011年，团队与合作者率先制备出氧化铁负载的单原子催化剂，证实孤立金属原子能够作为多相催化活性位点，并利用先进表征技术和理论计算揭示了单原子与载体协同催化的新机制。在此基础上，团队提出了“单原子催化”新概念，推动了多相催化活性位点的认识从传统微纳米尺度向更加精准的原子尺度发展，开辟了新的研究领域。

评述文章指出，单原子催化源于对金属尺寸和金属利用效率的极致追求，但其深层意义远不止于此。当金属分散达到单原子极限，传统纳米催化中的一些概念，例如尺寸效应、形貌效应及金属－载体界面等，均达到物理边界或需要重新诠释。催化剂研究重点由金属颗粒的尺寸和形貌，转向单个金属原子的局域配位环境、电子结构及催化反应机制。这一转变不仅改变了催化剂的研究尺度，也重塑了科学问题的提出方式及活性位点的认识框架，推动多相催化从传统的表界面研究迈向以原子中心为核心的新范式。

文章进一步指出，这一新范式为均相与多相催化的融合、实验与理论计算的结合、人工智能辅助催化剂设计提供了新的机遇，有望推动催化研究从经验试错和事后解释走向理性设计与事先预测。同时，单原子催化已应用于乙炔氢氯化、氢甲酰化等工业过程，展现出从基础科学走向实际化学制造的应用潜力。

相关论文信息：https://doi.org/10.1038/s41565-026-02299-7

上海交通大学医学院附属瑞金医院

胰腺癌围术期治疗迎来突破

本报讯（记者江庆龄）近日，在2026年欧洲肿瘤内科学会年会上，上海交通大学医学院附属瑞金医院主任医师沈柏用团队以快速口头报告形式公布了一项Ⅱ期研究的初步结果。这是全球首个将“化疗＋靶向＋免疫”三联方案用于胰腺癌围术期治疗的临床探索。

胰腺癌被称为“癌中之王”，目前全球患者的5年生存率只有约10%。胰腺癌患者中只有约20%早期可切除，约60%局部进展期或临界可切除，需要先通过药物治疗让肿瘤缩小，才有机会手术。传统新辅助化疗的效果并不理想，肿瘤明显缩小的比例只有约30%，降期后最终能成功接受手术的患者也只有一半左右。

沈柏用团队提出一种新的治疗范式，即在免疫评估的指导下，实施化疗、靶向和免疫治疗的平衡治疗。研究入组60例可切除或临界可切除的KRAS G12D突变胰腺癌患者，分为两个队列，各30例，一队接受“靶向＋化疗”，另一队在此基础上联合免疫治疗。患者先完成4个周期的药物治疗，再接受手术，术后继续完成4个周期的药物治疗，系统治疗贯穿术前、术后全程。

“原来新辅助化疗的客观缓解率大约是30%，采用化疗、靶向和免疫三者联合的平衡治疗后，客观缓解率提高至87%，疾病控制率达到100%。进入手术阶段的患者，最终全部实现了肿瘤的根治性切除，切除率100%。”沈柏用说。

初步数据还显示，两组患者的肿瘤普遍出现不同程度的缩小，反映胰腺癌活动的肿瘤标志物CA19-9的水平在绝大多数患者中明显下降；约17%的患者病理标本中癌细胞已大幅减少，个别患者达到病理完全缓解。在安全性方面，约一半患者出现过比较明显的血液学副作用，但均处于可控范围，且未观察到致命事件，也没有患者因副作用而无法接受手术。

从机制上看，化疗联合靶向治疗可以显著抑制胰腺癌中一条关键的生长通路——KRAS-MAPK通路，并带来大量抗肿瘤免疫细胞的浸润。加入免疫治疗后，免疫细胞的功能状态得到进一步改善。“胰腺癌中KRAS突变比例高达80%~90%，其中约40%是G12D突变，这种治疗模式大约能够覆盖40%的胰腺癌患者。”沈柏用补充说。

2026中国自动化大会在北京举办

本报讯（记者沈春蕾）近日，2026中国自动化大会在北京举办。中国自动化学会（CAA）主办的本届大会以“承六十五载初心 传薪火驭智向新”为主题，与会国内外学界、产业界代表围绕学术前沿探索、产业赋能转型、交叉技术创新、青年人才成长等多个维度，共同探讨自动化与智能科技前沿方向。

大会开幕式上，中国自动化学会理事长、中国空间技术研究院研究员杨孟飞系统梳理了我国自动化学科发展历程以及学会自1961年成立以来的发展脉络、标志性成果，展望了学会后续重点工作与发展方向。

大会同期举行65场平行会议，议题涵盖具身智能、世界模型、大模型多智能体、感知决策控制、智能制造与高端装备、能源算电协同、AI赋能等前沿方向。

此外，大会还设置了综合展区，包括“自动化时光印记”展、学会会员互动体验区、青少年科创成果展、自动化人才供需对接展、前沿智能科技成果展、成果需求对接路演区六大主题展区，旨在搭建集成果推介、技术展示、专场招聘、青年互动、项目合作于一体的专业化协同平台。



机器人辅助毛发移植更精准

近日，中南大学湘雅三医院皮肤科毛发团队成功开展首例机器人辅助毛发移植手术。

机器人辅助毛发移植技术将智能辅助技术融入毛发移植与修复全过程，有助于提升手术操作的精准度与稳定性，优化毛囊提取、种植环节质量管控，降低人为操作偏差，为患者提供更安全、高效的治疗方案。

图为手术现场。

本报记者王昊昊 通讯员裴诗谣报道

中南大学湘雅三医院供图

AI数据平台OceanBase获颁世界互联网大会杰出贡献奖

■本报记者 赵广立

11月3日，在2026年世界互联网大会乌镇峰会开幕式上，由蚂蚁集团打造的自主数据平台OceanBase获颁“世界互联网大会杰出贡献奖”。它的获奖，大会颁奖词一语道出要义：“OceanBase打造人工智能（AI）数据基础设施，服务全球数字经济发展。”

当前AI落地要考虑的问题不再是模型够不够“聪明”，而是数据能不能被AI真正用好。当AI从生成内容走向执行任务，数据基础设施也从后台支撑走向产业竞争的关键环节。如何将分散的企业数据转化为AI可理解、可检索、可调用的数据资源，成为AI规模化应用必须跨越的一道门槛，也为新一代AI数据库打开了产业空间。

而这正是OceanBase正在践行的价值方向。正如OceanBase CEO杨冰所说，“AI要真正释放价值，必须建立在能够统一管理全量数据、实时支撑交易与分析的底座之上。数据库要从记录系统进化为智能数据底座，帮助企业把分散的数据转化为AI可调用、业务可使用的数据资产，释放AI时代的企业数据价值”。

AI落地卡在“数据多但用不好”

过去两年，AI迅速进入各行各业。但直到AI真正深入业务系统后，很多企业才发现数据不少，AI却未必用得上。

原因并不复杂。企业的数据往往分散在数据库、文档、图片、音视频等不同系统和格式里。结构化业务数据和非结构化知识“各管一摊”，彼此缺少关联。

“AI要回答一个业务问题，既要懂企业知识，又要会看实时数据，还要能安全调用，这背后需要大量数据整合和知识加工。”一位企业负责人说，大模型像一个知识面很广的新员工。公司的账本、档案、生产数据分散在不同柜子里，格式还不同，如果不先整理成它能查、能懂的资料，“新员工”再聪明也没法干活。

一言以蔽之，谁能让数据真正被AI用好，谁就掌握了AI落地的关键基础设施。

“数据库的角色也因此发生变化。”杨冰说，它不再只是记录业务交易的“账本”，而要进化为智能数据底座，把分散的数据转化为AI可调用、业务可使用的数据资产。

湖库一体让“数据合在一起用”

OceanBase给出的答案是“湖库一体”。

湖库一体，简单来说就是把“擅长快速记账、查账”的数据库和“擅长存放各种格式海量文件”的数据湖装进同一套系统。过去，企业业务往往需要多套系统分别支撑，数据在系统之间反复复制、同步和治理，链路长、成本高。湖库一体通过统一架构减少跨系统流转，推动数据从分散存储走向统一管理和协同使用。

2026年，OceanBase发布湖库一体AI数据库，将数据库与数据湖能力融入统一架构，支持结构化、半结构化和非结构化数据的统一管理。杨冰介绍说，通过湖库一体、多模态数据管理等技术创新，OceanBase旨在推动一个系统同时承载交易处理、实时分析与AI应用等功能。这意味着，数据库不再只是企业数据的存储和处理工具，还是连接业务系统与AI应用的统一数据底座。

“湖库一体不是把数据湖和数据库简单拼在一起。”杨冰解释说，OceanBase重在数据治理，让AI既能查“字面”，也能查“意思”，还能结合业务条件找答案。

具体而言，OceanBase通过多模态数据模型，将文本、图片、音频、视频等数据与业务数据关联组织，并把模型生成的摘要、标签和语义信息纳入数据库管理；同时结合关键词、语义与业务条件的混合搜索，帮助AI从分散数据中获取相关知识，再结合实时业务信息形成更完整的上下文。

当AI进一步走向自主执行任务，数据基础设施还要为智能体提供持续运行的数据支撑。杨冰介绍说，为此，OceanBase通过提供独立数据空间、数据分支和快速回滚等能力，支持智能体保存和调用上下文、隔离不同任务的数据，并在探索失败后恢复数据状态，相当于给AI智能体准备了一个可管理、可复用、可恢复的“工作台”。

目前，OceanBase已在蚂蚁阿福、蚂蚁灵光、理想汽车等数十个用户场景中开展实践应用。例如，蚂蚁阿福基于OceanBase统一管理文本、语音、健康记录及智能设备数据，支持长期记忆、历史对话检索与健康趋势分析；理想汽车则将研发文档、测试数据、会议纪要等组织为可复用的智能体记忆，支撑2500多个智能体协同办公。

这些实践表明，数据底座的价值正在从支撑业务运行，延伸到帮助AI理解业务、参与业务和创造业务价值。

在产业需求痛点上迭代和延伸

OceanBase此次获得“世界互联网大会杰出贡献奖”，背后有一条持续10余年的技术演进路线。

2010年OceanBase在蚂蚁集团起步，2014年开始支撑支付宝核心交易，2015年扛下“双11”全部交易流量，2017年替换掉蚂蚁核心系统中最后一个Oracle数据库，2019年“双11”处理峰值达每秒6100万次，还曾打破TPC-C等国际数据库基准测试世界纪录。

打赢互联网的“硬仗”后，它又进入要求更高的金融行业。目前已有近七成万亿级资产的银行客户用它承载核心系统，75%的头部保险机构、80%的头部券商也在用它。此外，OceanBase支撑的数字政府覆盖22个省份、20大类政务场景，更有1/3央企的核心系统、三大运营商近4000个核心节点运行其上。赛迪顾问、沙利文、IDC等多家机构报告显示，OceanBase位居中国分布式数据库市场第一，并连续3年位居金融行业分布式数据库本地部署市场第一。

从分布式数据库到湖库一体AI数据库，OceanBase面对的产业问题在变，但技术演进的逻辑始终一致：围绕企业不断增长的数据需求，持续突破数据处理、管理和使用的能力边界。杨冰告诉记者，从分布式数据库到一体化数据库，再到湖库一体AI数据库，OceanBase走的不是“追火逐热”路线，而是同一套底层能力在产业需求痛点上的迭代和延伸。

现在，OceanBase希望把在中国核心业务场景中锤炼出的数据库与AI数据底座能力带入全球市场。

杨冰介绍，以东南亚及“一带一路”共建国家为重点，OceanBase将持续深耕亚太市场。从中国核心业务场景的长期验证到亚太市场的持续拓展，中国数据库正在从技术应用走向全球数据基础设施建设的广阔舞台。在他看来，“世界互联网大会杰出贡献奖”既是一个认证，也是一个起点，希望这个统一、实时、多模态的数据底座能长期服务于全球数字经济。