2026 年 11 月 23 日 – 11 月 24 日 · 日报

室温量子计算原型机问世摆脱极低温依赖

40 篇 · 11 个来源 | PDF | 本期汇总免费阅读

本 期 目 录

今日三件事

硬件前沿

算法与软件

产业与生态

学术前沿

今日影响

编辑点评

收录报道	40
信息来源	11
阅读时长	约 20 分钟

当 前 S O T A

物理比特	1, 180
2Q 保真度	99. 99%
逻辑比特	**96 LQ**

01 亮点

今日三件事



1 **室温光量子原型机亮相** 罗托纽姆（Rotonium）公布包含4个有效量子比特（量子信息基本单元）的室温光量子计算原型机，从单光子源到探测器全链路无需低温制冷[38]——公司宣称实现全链路常温光量子计算，但距商用容错仍有巨大差距。

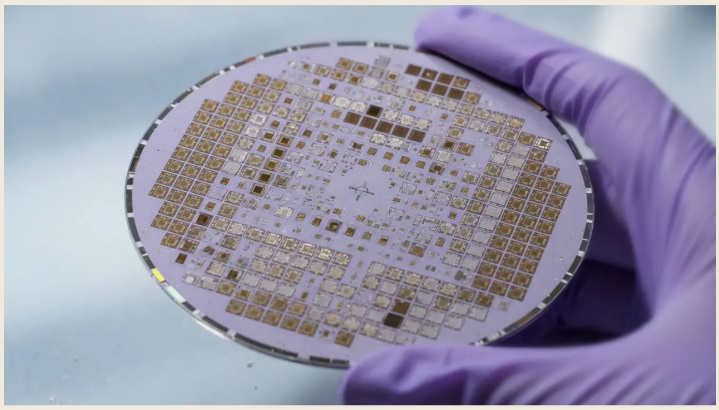
2 **后量子安全获千万美元注资** Q.security完成1150万美元种子轮融资，由城堡岛风投领投，纽约人寿与Coinbase参投[23]——传统金融与加密资产巨头联手加码企业级抗量子安全迁移。

3 **离子阱巨头跨界布局能源设施** IonQ参与3000万美元定向增发并获Ampera董事会提名权，绑定

9亿美元估值数据中心电源厂商[40]——量子计算巨头为未来集群扩展提前布局高密度电力系统。

02 硬件

硬件前沿



光量子

罗托纽姆（Rotonium）发布室温光量子计算机原型机，在数平方毫米芯片上集成包含4个有效量子比特的光量子处理器，从单光子源、调制芯片到单光子探测器实现全链路在室温环境下连续运行[38]。在技术指标上，该器件跨过了光量子计算依赖超导极低温探测器的物理门槛；但对照当前光量子SOTA基准（如PsiQuantum的Omega系统在300毫米晶圆上实现99.22%的双比特融合保真度，Xanadu的Aurora系统实现35芯片、12比特跨13公里光纤互连），罗托纽姆仅具备4个有效比特，未披露至关重要的端到端光损耗预算与条件保真度分布，距离容错量子计算（QEC，量子纠错）所需的纠错阈值存在多个数量级差距[38]。该成果为教学演示与低算力边缘验证提供了无需液氦制冷的紧凑硬件方案，但

短期内无法撼动低温固态与离子阱在高性能计算中心的主流地位，未来五年内难以进入实用密码破译或材料模拟领域[38]。

超导与微波腔

科研人员在《自然-量子信息》发表成果，实验证实利用拉比驱动（外场共振相干操控）重置技术，可实现对高品质因子微波腔（微波光子存储共振腔）的超快主动冷却[5]。高品质因子微波腔是玻色编码量子计算的核心载体，此前其狭窄的线宽导致被动热耗散重置需要数毫秒，拉比驱动将腔重置时间缩短至微秒量级，在不损伤腔体超高品质因子的前提下，使重置速度提升超过两个数量级[5]。该突破直接利好采用玻色编码或连续变量超导架构的硬件团队，显著压缩量子电路的时钟循环开销，加速容错玻色逻辑比特在未来两至三年的商业化落地[5]。

一项新型容错量子处理器架构设计将芯片的外部测控管线数量压缩至固定的常数条，打破了传统芯片测控线路数量随物理比特数线性增加的设计限制[9]。对照超导路线SOTA基准，IBM的120比特Nighthawk芯片搭载218根可调耦合器线路，谷歌Willow芯片在105比特阵列下亦面临极低温制冷机热负荷瓶颈；该方案通过片上复用将布线复杂度从随比特数线性扩展降至常数级别，清除了物理比特扩展至万比特级别的关键热载屏障[9]。这为超导、硅基自旋等依赖毫开尔文稀释制冷机的固态平台提供了可制造性标准，预计将在两到四年内被主要代工厂与全栈整机厂商吸纳进极低温控制芯片（Cryo-CMOS）工程规范中[9]。

纳米科学研究中心（CIC nanoGUNE）研究人员开发出基于氮化钛材料的新型超电感（高无耗阻抗元件），并在标准CMOS（互补金属氧化物半导体）制造工艺下完成了器件集成[27]。传统超导磁通量子比特（fluxonium）高度依赖微米级超导弱结合金阵列，制备重复性低且寄生电容大；该技术将氮化钛动力学电感器件导入标准CMOS产线，有望缩减量子电路尺寸，大幅改善超导比特的片上集成密度[27]。此进展降低了磁通量子比特的工业化量产门槛，推动全球超导硬件代工体系从单纯转门（transmon）向抗退相干性能更强的磁通路线转移，对传统电子束曝光工艺构成产业替代预期[27]。

中性原子与离子阱

德国中性原子量子计算公司planqc宣布注资数千万欧元拓展英国市场，在剑桥大学和赫尔曼·豪瑟（Hermann Hauser）的支持下建立第二研发中心，并落地全套中性原子硬件实验室[22]。中性原子路线当前公开最高纪录由QuEra保持（96个逻辑比特、448个物理比特，基于高码率纠错码），Atom Computing亦实现1180个物理比特阵列；planqc此番在剑桥复制完整的双区原子阱与连续装载光镊系统，旨在缩小与北美同行在千比特阵列及中路测量（运算中途量子态探测）上的技术差距[22]。该布局加剧了欧洲与北美在中性原子商业化赛道的军备竞赛，吸引剑桥光电子与原子物理人才聚集，推动欧洲中性原子产业形成慕尼黑-剑桥双核格局[22]。

科研人员在离子阱系统实验中首次观测到量子多重姆潘巴效应，证实微观量子态在能量传递弛豫过程中能够多次交叉并重合演化路径[18]。这一发现深入

揭示了离子阱在非平衡态统计物理中的微观能量耗散机制，为QCCD（量子电荷耦合器件）架构中离子输运加热的被动抑制与高效冷却循环提供了全新解析理论[18]。该物理规律为离子阱硬件团队优化基态冷却与逻辑门循环周期提供了底层依据，有望在未来两至三年转化为降低离子阱重复率开销的具体测控固件升级[18]。

半导体自旋

研究团队利用频率分辨退相干能谱技术测量砷化镓（GaAs）半导体量子比特，发现其能级弛豫率随跃迁频率呈现出三次方标度关系[14]。该实验精确标定了压电声子散射是砷化镓量子点在高频工作区的主要退相干通道；对照自旋量子点SOTA基准（SQC的原子级硅基施主比特与Diraq的300毫米纯化硅基晶圆，两比特门保真度F_2Q均达到99.99%且相干时间达数十微秒），砷化镓体系因固有核自旋场与压电声子耦合缺陷，相干性能落后硅基三个数量级以上[14]。该结果从物理机制层面进一步确认了砷化镓路线已退出通用量子硬件主跑道，全球半导体自旋资本与工艺资源正完全锁定在同位素纯化硅（^{28}Si）工艺上[14]。

算法与软件



QuEra宣布加入由哈佛大学牵头的ASQC（面向科学计算的纠错码协同设计）项目，该项目获得美国能源部第二阶段1200万美元资助，成为获选的12个项目之一[15]。该项目聚焦AI设计的量子纠错（AI-Designed QEC），将量子算法特定电路结构与纠错码进行协同设计，打破了此前纠错码设计与实际科学计算载荷相互脱节的开发瓶颈[15]。这进一步绑定了美国国家实验室与中性原子技术路线的深度合作，打破了传统超导与离子阱在政府前沿科研采购中的垄断格局[15]。

深度思维（Google DeepMind）旗下Gemini 4算法代理系统自主生成高紧凑量子电路，显著压缩了用于可控核聚变等离子体建模与高分子药物分子模拟的量子逻辑线路深度[16]。该算法跨过了传统贪心启发式编译工具无法全局搜索深层量子纠缠路径的门槛，开发出更高效的量子电路，有望使能复杂问题模拟[16]。该进展缩短了商业药企与聚变能源科研机构验证量子实用优势的时间表，预计将加速推动专用科学仿真软件向混合算力云端迁移[16]。

行业最新统计显示，加拿大仙乐都（Xanadu）旗下的PennyLane量子软件平台自2025年以来全球使用量增长36%，在量子软件开发工具包排行榜中稳居全球第二[11]。PennyLane以可微量子编程与跨平台硬件抽象为核心，该增长指标表明量子混合计算开发范式已从单一硬件底层汇编全面过渡到高层梯度驱动框架[11]。此趋势对单一巨头主导的开源生态形成有效制衡，推动跨平台中间表示标准的统一，加速独立软件开发商脱离特定硬件厂商绑定[11]。

量子控制硬件厂商Quantum Machines正式加入IBM Q网络，双方联合开发新型量子编译器，旨在将高阶量子编程语言直接编译为超导处理器的脉冲级底层指令[13]。该编译器打通了高级代码到皮秒级微波脉冲的直接映射通道，消除了跨层抽象带来的中间延迟，使量子门执行开销与噪声积累得到进一步控制[13]。这标志着头部芯片大厂开放其底层微波脉冲控制生态，使第三方精密测控厂商深度介入其云端硬件层，重构全栈量子软件链条的分工格局[13]。

科研人员针对巴西地理统计局发布的773个行政区覆盖数据进行51个量子比特的松弛编码（约束转无约束变量法），证实该51比特系统保留13个支撑图连通分支，且在经典计算机上完全可以通过分块张量方法实现精确仿真[10]。这一严谨评测打破了“50比特以上量子优化算法必然超越经典算力”的行业迷思，明确给出了地理覆盖类图优化问题在缺乏强纠缠互联时的经典仿真复杂度边界[10]。该结论对宣称在物流路径规划与地理信息系统中实现量子优越性的商业方案构成严格的技术挤兑，规范了金融与产业客户的概念验证尽调标准[10]。

理论物理学家在一项综合评估中指出，包括保真度量子核、投影量子核及量子极值学习在内的量子机器学习模型，随比特规模扩张均会遭遇指数级集中度崩塌（输出方差随维度呈指数衰减），从而丧失对输入特征的区分灵敏度[24]。该研究从数学上厘清了量子核方法面临的物理表达力瓶颈，证实未经严格频宽限制的高维希尔伯特空间映射必然陷入贫瘠高原（梯度消失区）[24]。这促使全球企业级量子算法团队在未来一到两年内叫停无归纳偏置的暴力映射架构，转向具有物理对称性保护的紧凑型算法[24]。

04 产业

产业与生态



企业级抗量子密码（PQC，防量子破译的经典算法）修复平台服务商Q.security宣布结束隐身状态正式亮相，并完成1150万美元种子轮融资，本轮由城堡岛风投领投，纽约人寿风投和Coinbase风投共同参投[23]。投资方囊括传统保险资管巨擘与头部加密资产交易所，验证了后量子密码从“单纯理论合规”向“企业核心数据资产实时防御”的商业逻辑

演进[23]。该动向推动网络安全领域涌现出专注于端到端自动化后量子加密替换的垂类独角兽，对传统静态密码库供应商构成转型重构压力[23]。

美国联邦采办规约理事会正按总统行政令起草强制性法规，要求所有受监管的联邦承包商在2030年12月31日之前必须全面符合美国国家标准与技术研究院（NIST）的后量子密码标准[4]。该规定为横跨国防、能源、通信等关键基础设施的数万家全球外包企业划定了为期四年的强制性IT基础设施改造时间表[4]。法规出台将撬动预计达数十亿美元的企业级软件密码升级预算，直接加速了全球跨国供应链对RSA和ECC传统公钥算法的退役进程[4]。

Berto收购公司同意以约9亿美元投前股权估值与模块化电源公司Ampera合并，离子阱厂商IonQ参与了3000万美元的定向增发，并通过附函锁定了Ampera董事会提名权[40]。量子计算整机厂商首次将战略资本大规模注水至数据中心电力底层硬件，提前锁定满足高密度算力与极低温控制所需的大功率模块化供电设施[40]。这标志着量子整机企业从单一的芯片原型机制造向超大规模算力集群工程化落地延伸，重构了量子企业的资产负债表与产业协同生态[40]。

法国光量子计算公司Quandela与中东麦克达姆控股集团（Mekdam Holding Group）及MEEZA数据中心签署合作协议，在卡塔尔多哈建立量子卓越中心，加速中东地区量子算力部署[19]。欧洲量子硬件创企依托主权财富资本与中东电信云设施，开辟跨洲际商业化部署新模式[19]。此举显示中东海湾国家正加速将量子计算纳入国家数字化转型战略，成为

继北美和西欧之后的第三大全球量子主权算力采购极[19]。

微软在以色列建立由因巴尔·巴迪安（Inbar Badian）领衔的专用技术团队，研发自动化扫描程序与软件代理，协助企业全面识别未来量子计算机可破译的陈旧加密体系并标记修复优先级[25]。微软将抗量子威胁探测能力内嵌进全球企业级网络安全体系，依托云原生优势降低企业密码合规的初始准入门槛[25]。科技巨头直接下场压缩了单纯从事“加密资产盘点”的初创安全公司的生存空间，逼迫第三方创企加速向自动化修复与固件嵌入演进[25]。

网络安全公司CyberRidge入选欧洲创新理事会（EIC）旗舰资助计划并获得联合资助，在全欧1211家申报企业中仅有71家入选[17]。该资助体现了欧洲对量子通信与硬件内生安全底层技术的扶持力度，增强欧洲在关键加密硬件供应链上的战略自主[17]。

继此前报道丹麦奥尔堡大学采购量子计算机后，该校最新公布该设备定于2027年交付安装，并明确其核心任务专门用于本硕工程人才的实际操作培养，不参与医药或高能物理竞争[26]。这标志着量子计算机采购市场首次出现明确的“工程教学级”独立细分赛道，拓宽了整机厂商的商业化客群[26]。

ExeQuantum与SLEEX签署谅解备忘录，将底层安全核心EQCore与算法引擎SleeXure结合，在澳大利亚与韩国针对边缘计算设备展开后量子密码联合客户试点[39]。该合作推动亚太区域国家在加速本土化密码合规时间表的同时，加速软硬件一体化后量子解决方案在物联网终端的渗透[39]。

新墨西哥大学量子新墨西哥研究所（QNM-I）举行首届量子产业日，汇聚桑迪亚与洛斯阿拉莫斯国家实验室、政界领导与产业投资人，集中展示新墨西哥州量子走廊的产学研协同能力[35]。同时，量子高精度授时创企Xairos任命阿尔曼·米纳西安（Armen Minasian）进入顾问委员会以推进其量子时间传递技术的商业化融资[36]；查塔努加量子协作组织（CQC）联合初创孵化器CO.LAB与新西兰前沿风投机构Outset签署三方合作备忘录，共同孵化跨国量子商业化项目[37]。

05 学术

学术前沿

理论研究者将二维环面码（拓扑量子纠错码）的稳定子生成元精确映射为一维伊辛自旋链模型，发现单点投影测量会诱导量子费舍尔信息（态灵敏度度量）标度行为发生剧烈相变，从随系统尺寸线性增长的广延态骤降为与尺寸无关的内含态[12]。该工作首次给出了拓扑量子纠错码在局域测量干扰下的多体相干态灵敏度塌缩边界，证明拓扑保护在面对局域连续测量时存在纠缠敏感性硬约束[12]。这一发现为容错拓扑量子存储器的校准与探测方案提供了严格的理论底线，直接影响表面码综合征测量电路的时钟频率与测量脉冲设计[12]。

科研人员在D-Wave量子退火处理器上通过测量自旋涨落数据成功重构出对偶曲率，并在包含176个以上自旋变量的复杂非凸优化问题上取得了求解精度的提升[21]。该研究首次将模拟量子退火的微观波

动统计量转化为经典对偶凸优化的有效曲率信息，使量子退火在跨越深势垒能级跃迁时获得了确定性的反馈导向能力[21]。这为量子退火与经典启发式优化算法的混合编排提供了新范式，延长了专用退火硬件在特定工业运筹优化场景中的技术生命周期[21]。

研究团队成功演示了一种仅依靠无源光纤网络与常规线性光学元件的三方量子秘密共享协议，实现了在无主动调制中继条件下的密钥分割与联合重构[28]。该实验跨过了传统多方量子密码必须依赖复杂非线性光学晶体与单光子探测同步网络的门槛，验证了在常规城域电信光纤骨干网中运行多方安全协议的可行性[28]。这一方案为多中心政企联合认证与跨机构金库密钥托管提供了低成本、可兼容现有光纤基础设施的物理安全底座[28]。

莱斯大学物理学家发现，对量子材料施加极高电场电压可诱导产生一种完全无需外加磁场驱动的全新霍尔效应[6]。该理论工作描述了一种被称为全非平衡响应的新变体，进一步拓展了对霍尔效应的理解，揭示了非平衡强电场对电子能带拓扑结构的重构机制[6]。这为开发零外磁场依赖的低功耗无耗散拓扑自旋电子器件及室温拓扑晶体管提供了全新物理路径[6]。

哈勒-维滕贝格大学与明斯特大学科研团队在《物理评论快报》发表论文，在交替磁体（零净磁矩自旋分裂体）中从理论上预测并构建了一种具备四叶草对称性的新型原子振动模式[7]。该理论阐明了交替磁体独特的晶格动量-自旋锁定机制对晶格振动的对称性调控，为太赫兹频段自旋波的高速操纵开辟了

微观自由度[7]。该成果为超快自旋逻辑门与抗磁场干扰的固态量子存储单元设计提供了新型材料物理支撑[7]。

06 影响

今日影响



1. **跨国金融与加密资产机构**：美国2030年强制合规红线已明确，顶级风投资本正加速押注企业级全生命周期PQC迁移平台，加密钱包巨头与人寿保险的参投标志着资产防御已进入预算采购阶段；下一步紧盯NIST标准正式法规文本落地节奏以及跨国银行核心系统的替换试点[4][23][25]。
2. **超导与固态量子硬件研发团队**：常数布线架构与CMOS超电感工艺的突破，直击制冷机内部数十万根线缆与元器件膨胀的物理死穴；下一步密切盯防主要半导体代工厂是否将氮化钛超电感工艺纳入公开PDK（工艺设计套件）库，以及片上布线复用对保真度的二次扰动[9][27]。
3. **早期容错算法与量子化学应用方**：美国能源部1200万美元注资ASQC项目，确立了特定应用与低开销纠错码协同设计的主流路线，纯理论纠错

研究正迅速向对接真实物理硬件的编译器演进；下一步观察哈佛与QuEra团队能否在科学哈密顿量模拟中展示超越经典超级计算机的逻辑纠错增益[15][16]。

4 **量子优化与机器学习商业探索者**：51比特地理数据可经典仿真与量子核模型指数级集中度崩塌的双重现实，为产业界非理性概念炒作划下严厉警戒线；企业技术选型团队下一步应收紧POC尽调标准，停止为缺乏强物理归纳偏置或仅靠增加比特数的虚假算力优势买单[10][24]。

07 编辑

编辑点评

量子计算产业正在经历一场从“物理比特数字崇拜”向“系统工程与物理真实性”的深刻范式转移。当室温光量子原型机这类引人注目的概念进入公众视野时，产业资本与学术同行展现出了前所未有的冷静——没有经受低温超导单光子探测器效率验证、缺乏严格损耗预算表与高保真逻辑门支撑的比特演示，已无法撼动工程化深水区的主流路线。相反，将外部控制管线压缩为常数的互连架构、标准硅基CMOS工艺集成的超电感，以及微波腔主动重置技术的实质性落地，才是真正为万比特容错整机铺平道路的硬核工程基石。

与此同时，算法与密码应用层呈现出明确的去伪存真态势。51比特地理图覆盖在经典计算机上的精准重构，以及量子核方法在数学上的指数级崩塌，正无情戳破单纯堆砌比特规模便能超越经典计算的伪

命题。而面对日益逼近的国家级后量子迁移强制令，顶级风险资本与产业巨头已不再为虚浮的远景买单，而是将真金白银坚决砸向自动化后量子修复平台、跨国供应链合规体系以及高密度数据中心电力等切实支撑未来十到十五年算力交接的基础设施上。

参考资料

[1] The Leading Source for Actionable Intelligence to the Quantum Computing Industry

[2] IonQ | PQC and QKD: What Mission Owners Need to Know About Quantum-Era Security

[3] IonQ | Holdover Explained: When GPS Stops Setting the Clock

[4] IonQ | The Post-Quantum Deadline for Federal Contractors Is Closer Than It Looks

[5] Experimental realization of rabi-driven reset for fast cooling of a high-Q cavity

[6] No magnets needed: Extreme voltage drives completely new kind of Hall effect

[7] Theoretical model describes a new type of atomic oscillation with cloverleaf symmetry in altermagnets

[8] Postdoctoral position in quantum information theory in Sweden

[9] A new quantum chip design cuts external control lines to a constant few

[10] A 51-qubit encoding of geographic data remains classically simulable

[11] Xanadu’s PennyLane platform quantum adoption rose 36% since 2025

[12] Toric code analysis reveals a shift in quantum Fisher information

[13] Quantum Machines joins IBM Q Network to build a new compiler

[14] GaAs qubit’s decay rate scales with frequency, study shows

[15] QuEra Joins $12 Million DOE Project on AI-Designed Quantum Error Correction

[16] Google DeepMind’s agents may shrink quantum circuits for fusion and drug design

[17] CyberRidge Selected for The Lucrative EIC Award For Innovation In Quantum Security

[18] Quantum systems can cross relaxation paths multiple times, experiment shows

[19] Quandela to Explore Quantum Impact at World Festival

[20] Quantum Space completes Spac deal with Inflection Point Acquisition Corp. VI

[21] Researchers measure spin fluctuations to improve quantum optimization on D-Wave

[22] Cambridge to become second planqc hub for quantum computing

[23] Q.security Launches With $11.5 Million From Castle Island Ventures, New York Life Ventures and Coinbase Ventures

[24] Quantum machine learning models may need bandwidth limits to avoid signal loss

[25] Microsoft Builds Israeli Team to Help Companies Prepare for Quantum Threats

[26] Aalborg University Buys Quantum Computer to Train Engineers

[27] nanoGUNE’s new superinductor could shrink quantum circuits with titanium nitride

[28] Three parties share a quantum secret using only light and fibre optics

[29] Thanksgiving holiday travel could be disrupted by floods, winds and rain

[30] What’s really driving the Ebola outbreak?

[31] Voyager 1, SpaceX Starship and BepiColombo mark major space milestones

[32] Researchers Just Sent an Unblockable Message Through a Solid Wall Using Gravity

[33] Scientists Shine New Light on One of the Greatest Mysteries in Modern Physics

[34] Moar Videos and Links

[35] UNM Hosts First Quantum Industry Day in New Mexico

[36] Xairos Appoints Armen Minasian to Board of Advisors

[37] CQC, CO.LAB and Outset Ventures Partner to Accelerate Quantum Commercialization

[38] Rotonium Unveils a Quantum Computer That Operates at Room Temperature

[39] ExeQuantum and SLEEX Sign MoU on AI-Driven PQC Migration

[40] IonQ Secures Board Rights in Ampera via Berto SPAC at $900 Million Equity Value

全部期数 · 周刊深度解析 · 每日快报　→ qbitbrief.com

FOR RESEARCH REFERENCE ONLY

配图源自所引论文与新闻稿；如引用不规范，请联系编辑部删除。