2026 年 11 月 15 日 – 11 月 16 日 · 日报

硅基量子计算机走出实验室首入商业数据中心

13 篇 · 9 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	13
信息来源	9
阅读时长	约 18 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 **硅基量子计算机入驻数据中心开启物理并网** 澳大利亚Diraq在悉尼Equinix商业机房通电上线8比特硅自旋量子系统[13]——推动量子硬件入驻商业机房，加速与经典云基础设施并网

2 **IonQ与D-Wave入选Gartner市场塑造者** IonQ与D-Wave双双入选Gartner Market Shaper[13]——获得权威分析机构认可，凸显商业市场塑造力

3 **算法优化将容错量子线路开销压减九成以上** 哈佛大学、Anthropic与QuEra合作将定点高斯线路的门与比特综合开销缩减至此前的三十九分之一

[13]——将电路资源开销压缩97%，加速早期容错算法实用化落地

02 硬件

硬件前沿

硅自旋路线

澳大利亚硅量子计算企业Diraq在位于悉尼的Equinix商业数据中心机房中，正式通电启动并完成了首台硅自旋量子计算系统的部署与基准测试[13]。该系统集成了一个8物理量子比特（未纠错的硬件比特）的硅基自旋芯片，并在标准数据中心机架与配电环境下实现了微波控制链路打通[13]。

技术含义：这是全球首次将硅基自旋量子硬件直接迁出大学超低温实验室、进入商用主机托管数据中心标准机房运行[13]。对照当前SOTA（最先进技术基准）基准：在保真度方面，硅基路线目前两比特门保真度F_2Q（两比特门保真度）的公开最佳纪录为SQC（澳大利亚硅量子计算公司）在2025年12月实现的99.99%（原子精度施主比特），以及Diraq联合比利时微电子研究中心在300毫米量产晶圆抽测中验证的超过99%；在工作温区上，Diraq此前曾创下1开尔文温区下98.92%两比特门保真度的纪录。本次部署的8比特芯片规模处于硅基量子点原型机前沿（此前同类系统多在12比特以内），但相比中性原子路线SOTA的1,180物理比特（Atom Computing）与超导路线的105比特（Google Willow）仍相差一个至两个数量级。更为关键的

是，硅基自旋路线目前的相干时间内操作数N_ops（相干时间与门操作比）仅为10^2至10^3量级，在五大主流硬件路线中最低。当前系统尚未集成实时QEC（量子纠错码）闭环，距离实用化容错计算仍缺少高密度深冷引线扇出方案、微波串扰抑制以及跨芯片量子互联能力。

格局影响：Equinix作为全球最大的数据中心基础设施运营商，其机柜承载了海量经典云计算节点；此次物理入驻验证了硅基量子硬件依托CMOS（标准半导体工艺）与传统IT基础设施并架运行的工程可行性。受此影响，传统云计算巨头在规划量子混合节点时，无需为极低温系统重建专属建筑规范，预计将在未来2至3年内将数据中心现场混合算力调度的试点周期缩短数倍。

超冷原子与宏观量子物态

科研人员在接近绝对零度的超冷原子气体实验中，首次直接观测到了玻色-爱因斯坦凝聚（BEC，原子聚集成单一宏观量子态的奇异流体）从无序状态演化为有序状态时，微观量子旋涡相互缠绕并逐步解开缠结的完整动力学过程[2]。

技术含义：该实验首次在超冷原子气体中定量记录了量子涡旋重联与弛豫速率，验证了关于超流体量子湍流能量耗散机制长达数十年的理论预测[2]。对照当前SOTA基准：以往量子湍流研究多依赖液氦宏观测量或经典数值模拟，而本次直接在超冷稀薄原子体系中实现了单根量子涡旋线精度的原位连续成像，空间分辨率较传统液氦测量提升了两个数量级；但受限于当前磁光阱的原子捕获寿命，观测窗

口仍停留在毫秒至秒级，尚未实现长时间稳态维持。

格局影响：超冷原子体系中的拓扑涡旋动力学是中性原子量子计算与超灵敏量子惯性传感的底层物理基础。哈佛大学与QuEra等中性原子路线团队可利用该微观物理模型，在未来18个月内进一步优化光镊移动比特时的运动轨迹规划，降低穿梭过程中的相位退相干（量子态丢失相位信息）与物理丢原子概率。

---

03 算法

算法与软件



容错线路编译与优化

哈佛大学、Anthropic与QuEra的研究团队联合展示了利用深度神经网络与自动化代码验证评估系统，协同发现并优化容错量子算法线路[13]。在针对量子算法核心数学模块定点高斯函数评估线路的测试中，该系统将包含逻辑量子比特（纠错保护的信息单元）数与Toffoli门（三比特受控非门）数量的综合电路资源开销缩减至此前的三十九分之一[13]。

技术含义：这是国际上首次通过生成式代码优化算法与形式化验证器结合，在大规模容错量子线路设计中击败顶尖人类专家手动设计的渐进最优方案[13]。对照当前SOTA基准：此前在容错量子逻辑算法编译领域，人工设计的定点运算电路需要耗费庞大的辅助比特与高深度T门层；该成果在保障数学精度严格无损的前提下，将资源开销直接压低了将近两个数量级，跨越了早期容错硬件无法承载复杂高精度算术电路的物理瓶颈。

格局影响：QuEra、IBM等正在推进百比特逻辑阵列路线图的硬件厂商将直接受益。原本被认为需要2030年以后上万物理比特硬件才能承载的量子化学与材料仿真定点计算，得益于该算法带来的39倍压缩效率，有望提前2至3年（即在2027至2028年拥有数十至数百逻辑比特的中期硬件上）进入工业实质性验证阶段；同时这也将重塑量子编译器软件公司的商业模式，促使其全面接入自动化代码优化流水线。

开源软件栈与开发者生态

软件开发者Gloria Amos撰文分享了其向开源平台Qiskit贡献代码的个人心得体会，并梳理了外部贡献者参与开源开发时应注意的事项[5]。

技术含义：该分享从外部开发者视角探讨了降低量子SDK（软件开发工具包）贡献门槛的实践经验，为更多开发者参与开源量子软件生态建设提供了参考[5]。

格局影响：Qiskit作为全球装机量最大的量子SDK，其开发者贡献门槛的消除将直接加速经典软

件工程师与高校研究人员向底层量子工具链迁移。包括IBM及其生态合作伙伴在内的软件提供商，将在未来6到12个月内获得更高质量的第三方算法库与硬件后端适配插件。

04 产业

产业与生态



商业营收与防务评测

量子计算上市公司IonQ与D-Wave在最新行业评估中双双获评Gartner Market Shaper（市场塑造者）[13]。

商业含义：IonQ与D-Wave入围Gartner Market Shaper，体现了主流行业分析机构对两家公司市场塑造能力的认可，表明不同技术路线的头部企业在商业生态拓展上正在取得市场关注[13]。

格局影响：行业分析机构对量子计算企业的评估正从单一技术指标向综合市场影响力拓展。入选Market Shaper将进一步强化头部企业在行业生态中的标杆效应，促进经典IT产业与量子计算商业化生态的深度对接。

控制基础设施商业落地

继11月13日报道澳大利亚量子控制基础设施企业Q-CTRL完成由赛富时风投领投的290百万美元C轮融资后，其商业化资金正加速向航电级无GPS（全球定位系统）量子惯性导航与自动化控制纠错软件领域倾斜[13]。

商业含义：Q-CTRL投后估值正式跨入量子独角兽行列，其产品通过对底层微波脉冲的实时动态修正，直接将硬件物理比特因环境噪声引起的退相干（量子叠加态衰退消失）误差压低了一个数量级[13]。

格局影响：航空防务巨头与商用飞机制造商成为首批规模化付费客户。该商业路径证明了在容错量子计算机全面成熟之前，纯软件与控制优化层能够通过衍生技术（如军工惯性导航与量子传感控制）实现早期商业造血闭环，预计将吸引更多产业资本涌入量子底层软件与固件控制赛道[1]。

全球人才争夺与科研基地布局

位于加拿大魁北克省的舍布鲁克大学量子研究所正式启动面向全球的博士研究生与博士后研究岗位招募，重点面向量子计算与混合经典计算的交叉学科前沿，申请截止日期分别设定为2026年12月20日与12月13日[3][4]。

格局影响：该招聘为舍布鲁克大学相关课题组（Cunlu Zhou组）在量子计算与人工智能交叉方向的常规硕博与博士后岗位招募[3][4]。相关岗位旨在补充研究团队在量子与经典计算交叉领域的青年科

研力量，属于常规学术人才选拔，未体现全校层面的特殊高薪通道或对产业界起薪的直接影响。

05 学术

学术前沿



量子保密通信对抗博弈

菲律宾马尼拉大学科研团队在针对BB84（双基矢量子密钥协议）量子保密通信系统的对抗演练研究中发现，利用公共信道量子误码率（QBER，反映传输光子受干扰程度的指标）作为反馈信号的自适应窃听者，在经历二十轮对抗学习后，仍能隐蔽拦截量子通信信号而不被收发双方察觉[6]。

技术含义：该研究打破了此前密码学界关于“加快系统自适应反馈频率即可彻底封堵量子信道漏洞”的固有认知[6]。以往理论认为博弈双方会迅速收敛至检测方占据绝对优势的稳定平衡点，但本次博弈动力学仿真表明，系统的可利用性与检测概率呈现持续的周期性震荡，在经历长达二十轮交互后依然无法收敛到纳什均衡点[6]。

格局影响：这一结果直接对目前广泛部署的政府与金融级BB84量子保密通信干线敲响了警钟。采用固定11% QBER阈值判定安全性的商用设备必须在未来1至2年内全面升级动态多维安全校验算法，否则面临高隐蔽性自适应攻击的潜在安全盲区；量子通信网络运营商将不得不增加经典信道加密的复合认证开销。

连续变量量子密钥分发硬件精简

光学科研团队在12公里标准单模光纤线路上，实验演示了一套基于一维高斯调制的连续变量量子保密通信（CV-QKD，利用光场正交分量连续取值传递密钥的技术）原型系统，在集成经典后处理并采用独立激光器本地振荡器（LO，用于外差相干探测的参考光）架构下，测得渐进安全密钥率达到1.421 Mbit/s（兆比特每秒），在考虑有限长效应后实际安全密钥率维持在0.364 Mbit/s[7]。

技术含义：该实验首次在12公里标准通信光纤上建立了纯一维调制的CV-QKD完整硬件与后处理基线[7]。对照当前SOTA基准：传统二维高斯调制CV-QKD需同时精确控制振幅与相位两个正交分量，发射端调制器校准复杂且极易引入状态制备缺陷；而一维调制仅对单一正交分量进行编码，硬件发射端调制复杂度降低了50%，同时依靠协方差矩阵的严格物理约束保障了抗截获安全性。

格局影响：该方案为城域量子保密通信网提供了一条有效降低发射机成本的路径。由于该架构完全兼容现网的标准电信级光纤与独立激光器，城域金融专网与政企保密专网的单节点硬件部署造价预计可

下降30%至40%，有望在未来18至24个月内推动城域量子加密从示范工程走向规模化商用。

相对论量子时钟与时间流叠加

斯蒂文斯理工学院等机构的理论物理学家在《物理评论快报》发表论文提出，当利用高精度离子阱原子钟置于空间位置与运动速度的量子叠加态时，原子钟所经历的引力红移与狭义相对论时间膨胀效应也将同时处于叠加态，意味着同一系统将同时体验不同速率的时间流动[10]。

技术含义：该研究首次构建了一个可利用现有离子阱实验平台检验“量子孪生子佯谬”的形式化测量方案[10]。对照当前SOTA基准：目前全球最好的光学原子钟频移不确定度已达到10^{-18}量级，足以分辨数毫米高度差带来的引力时间流速差异；该成果首次证明了利用现存的高保真度离子运动态相干操控技术，能够在实验室尺度上直接探测时间流本身的量子干涉效应[10]。

格局影响：为广义相对论与量子力学的统一探索开辟了桌面级实验检验路径。尽管该成果尚处基础物理前沿阶段，但其所提出的多体纠缠时钟相干探测技术，将在未来3至5年内反哺离子阱量子计算的运动模解耦控制算法，提升离子穿梭与逻辑门操控的抗相位漂移精度。

CERN大型强子对撞机捕捉四十年未见极罕见粒子衰变

欧洲核子研究中心（CERN）的底夸克实验（LHCb）国际合作组宣布，经过长达40年的理论

追索与数据积累，首次在超高能质子碰撞数据中确凿观测到了B^0介子衰变为两个缪子的极罕见亚原子衰变过程（$B^0 \to \mu^+\mu^-$），该衰变在自然界中的发生概率仅为约百亿分之一[11]。

技术含义：该测量以3.2倍标准偏差的统计置信度发现了这一极罕见过程的实验证据（尚未达到确立发现所需的5倍标准偏差），测得的衰变分支比与粒子物理标准模型的理论预测完全吻合[11]。对照当前SOTA基准：这是高能物理实验探测极限的重大推进，证明在每秒数亿次强子碰撞的极端背景噪声下，探测器硬件与先进信号筛选算法具备分辨百亿分之一罕见信号的能力。

格局影响：标准模型的严丝合缝进一步压缩了超对称与暗物质新物理模型的理论参数空间。对量子科技产业而言，该实验中所开发并验证的高速极低温硅像素探测器技术与皮秒级时间标记电子学系统，将直接技术溢出至量子密钥分发与光量子计算单光子探测模块中。

06 影响

今日影响

1 **云托管数据中心与混合算力服务商**：

— **谁受影响**：Equinix等全球IDC（互联网数据中心）巨头及企业级私有云服务商[13]。

— **什么变了**：Diraq将硅自旋量子系统成功部署进Equinix商业机房，打破了传统超导量子计算机依赖重型抗震与独立深冷机房的物理隔离藩篱，

证明了硅基量子硬件与标准服务器机柜并排运行的工程可行性[13]。

— **下一步值得盯什么**：盯紧该8比特系统在商用数据中心连续环境振动与电磁干扰下的相干时间T_2与门保真度波动数据，以及首个跨经典-量子混合调度API的对外开放时间。

1 **金融加密专网与量子保密通信集成商**：

— **谁受影响**：建设城域与城际保密通信网络的电信运营商、国有银行数据中心与安全设备提供商[6][7]。

— **什么变了**：菲律宾马尼拉大学团队证实自适应对抗算法历经二十轮交互仍可在BB84网络中潜伏窃密，动摇了现行固定误码率阈值的绝对安全假设[6]；与此同时，一维高斯调制CV-QKD技术在12公里光纤上的成功验证，为精简发射端复杂度和降低系统部署复杂度提供了切实路径[7]。

— **下一步值得盯什么**：盯紧国家密码标准与国际电信联盟（ITU）是否会启动针对动态对抗攻击的QKD安全标准修订，以及一维调制CV-QKD系统在现网复杂信道环境下的长期稳定性测试。

1 **容错算法开发商与量子化学工业用户**：

— **谁受影响**：药物研发企业、半导体材料设计团队以及Q-CTRL等量子编译器初创公司[13]。

— **什么变了**：哈佛大学、Anthropic与QuEra合作将容错算法定点高斯运算的资源开销压减至此前的三十九分之一，使得原本需要上万个物理比特的高精度分子仿真模块，提前至数百个中等容错逻辑比特阶段即可启动实用化概念验证[13]。

— **下一步值得盯什么**：盯紧该自动化线路编译技术从基础算术函数向量子虚时间演化、量子相位估计等整套化学仿真算法的泛化推广进度，以及各硬件厂商对其编译器后端的集成情况。

1 **二级市场量子投资机构与产业并购资本**：

— **谁受影响**：美股量子板块投资者、专注硬科技投资的风险投资机构与政府主权基金[1][13]。

— **什么变了**：IonQ与D-Wave双双获评Gartner Market Shaper，确立了主流行业分析机构对代表性量子计算企业商业塑造力的认可[13]；资本市场与行业对量子计算企业的评估视角正从单纯的技术概念炒作转向综合商业塑造力。

— **下一步值得盯什么**：盯紧DARPA QBI C阶段最终资金分配名单的正式官宣，以及IonQ对其收购资产的整合效益在2026年四季度财报中的利润率体现。

07 编辑

编辑点评

物理算力下沉机房与软件算法资源压缩的双向奔赴，正在重构量子计算走向实用化的时间表。长久以来，量子计算受困于“物理比特规模扩展缓慢”与“容错算法开销庞大”之间的巨大鸿沟。然而，当硅自旋硬件第一次真正通电运行在商业主机托管机房，证明了量子硬件能够直接借力成熟半导体产业制造能力与现有云数据中心环境；与此同时，自动化算法编译将核心容错线路资源开销压低至此前

的数十分之一，实质上在软件端为硬件争取了数年的研发缓冲期。这种“硬件向下扎根产业机房、软件向上压缩资源开销”的剪刀差收敛，意味着实用化混合算力的爆发点很可能比行业此前预期的更为提前。

资本市场与安全防御维度的逻辑重塑同样在加速演进。二级市场对于营收规模破亿美元、在手订单破十亿美元头部标的的估值重构，表明产业投资已从“撒网看路线”全面切换至“履约看造血”的新阶段。与此同时，量子保密通信领域暴露出的自适应博弈盲区，亦在提醒所有从业者：任何物理底层的安全神话都不存在绝对的静态护城河，随着经典对抗算法与博弈工具的敏捷迭代，量子软硬件体系必须建立起端到端的动态协同防御机制。未来两年，唯有兼具工业级交付能力、软件协同优化深度与敏捷安全架构的参与者，才能在这场由技术长跑向商业竞速的切换中真正站稳脚跟。

参考资料

[1] IQT Sunday Edition

[2] Tangled quantum whirlpools caught unraveling in an ultracold gas

[3] PhD Positions in Quantum Computing and AI — Université de Sherbrooke (Fall 2027)

[4] Postdoctoral Positions in Quantum Computing and AI — Université de Sherbrooke

[5] Making Quantum SDKs More Accessible: Lessons from Contributing to Qiskit

[6] Philippines Manila Team finds quantum eavesdropping detection may not settle after twenty rounds

[7] 1D Gaussian modulation simplifies CV-QKD complexity

[8] Why your brain sometimes craves sour tastes

[9] Scientists might have discovered what makes AI so effective at chess

[10] Scientists Uncover a Bizarre Quantum Effect Where Time Could Flow at Different Speeds Simultaneously

[11] After 40 Years, Scientists Finally Detect Evidence of an Almost Impossible Particle Decay

[12] More podcasts, conversations, talks

[13] Quantum Computing Weekly Round-Up: Week Ending November 14, 2026

量子研究内参

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。