

室温量子芯片提速十倍离装进随身设备更近

17 篇 · 7 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 17
信息来源 7
阅读时长 约 16 分钟

当前 S O T A

物理比特 1, 180

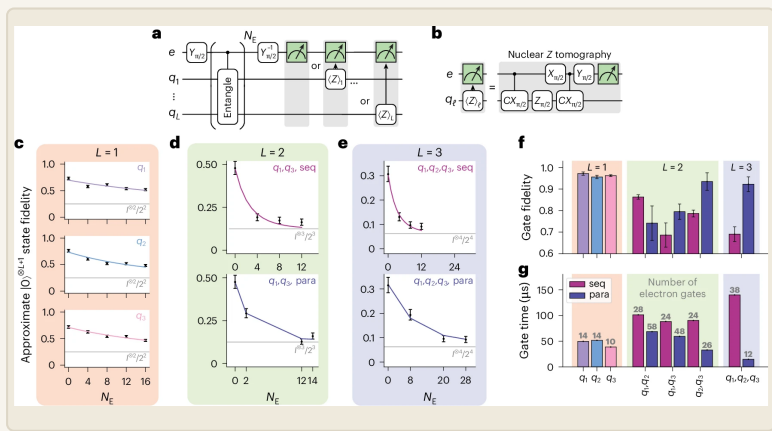
2Q 保真度 99. 99%

逻辑比特 96 LQ

[量子硬件 SOTA 对照表 →](#)

01 亮点

今日三件事



- 宾大实现室温金刚石并行纠缠提速十倍** 宾夕法尼亚大学在常温金刚石寄存器上利用单微波门操作于14.8微秒内生成四比特格林伯格-霍恩-塞林格态^[4]——突破常温多比特低速瓶颈，为便携量子硬件打下物理基础。
- 格芯敲定3.75亿美元芯片法案量子拨款** 格芯正式敲定美国芯片法案3.75亿美元资助，在其22纳米全耗尽绝缘体上硅工艺上扩建低温互补金属氧化物半导体产线^[6]——确立本土代工基础设施，解决多技术路线制造断链隐忧。
- 帕斯卡尔联手稀土巨头开发量子分离模型** 帕斯卡尔联合美国稀土公司与瑞文系统，运用中性原子算力优化关键稀土元素化学分离工艺^[8]——切入

战略关键矿产供应链，验证中性原子在重工业落地。

02 硬件

硬件前沿



| 金刚石NV色心（固态缺陷）

宾夕法尼亚大学研究团队在室温金刚石量子寄存器上，利用单微波门操作实现了并行化的多体量子纠缠，成功在14.8微秒内制备出四比特GHZ（多粒子最大纠缠态）^[4]。

在技术含义上，以往在固态NV色心（金刚石氮-空位缺陷）系统中生成多比特纠缠态，受限于电子自旋与周围核自旋的串行微波脉冲操作，生成四比特纠缠通常需要依次施加多道门脉冲，总耗时普遍超过150微秒；本次方案通过单门全局驱动实现并行纠缠，将态制备耗时由约150微秒压缩至14.8微秒，相当于将多体纠缠制备速度提升至原先的10倍，并明显抑制了操作过程中的退相干噪声积累^[4]。

对照SOTA（当前最佳性能）基准：

① 推进了多少：在无需任何极低温制冷的常温固态量子体系中，14.8微秒生成四比特GHZ态确立了室温芯片并行多比特操控的新标杆；但对照极低温超导路线SOTA基准，超导双比特门耗时通常在20至100纳秒区间（如谷歌Willow芯片），离子阱路线双比特门耗时在10至500微秒区间（如Quantinuum Helios的双比特保真度达99.921%），该室温金刚石门速度虽已跨入离子阱慢速门操作量级，但比超导门慢两到三个数量级；在体系规模上，4个物理比特与中性原子路线1180个物理比特（Atom Computing）或超导路线105个物理比特相比，仍处于极初期的实验室原型阶段。

② 还差什么：该路线距离容错实用化仍缺少关键拼图：室温下晶格声子散射导致自旋退相干剧烈，相干时间难以支持深度量子电路，目前尚未跑通表面码（二维拓扑量子纠错码）纠错循环；同时缺乏芯片间高保真光学互联的端到端损耗预算表，阻碍了从单点4比特向量子网络多节点阵列的工程化扩展。

在格局影响上，这项进展为摆脱液氦稀释制冷机依赖、研制轻量化车载或便携式量子计算与精密测量模块提供了物理层验证，为未来量子技术提供了可扩展模板^[4]。

超导与半导体制造接口

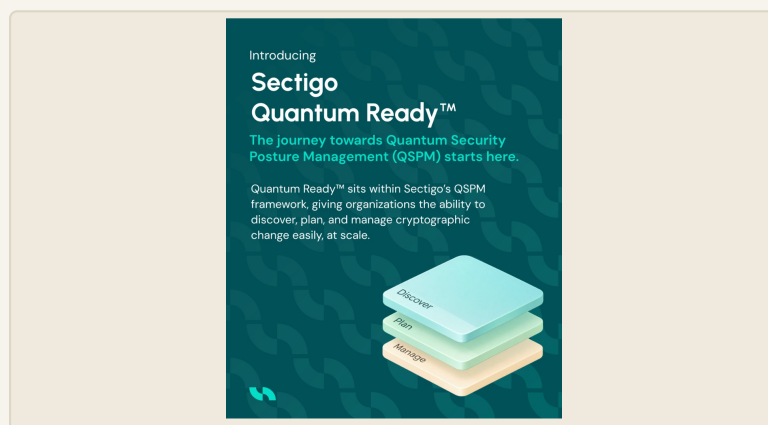
格芯（GlobalFoundries）正式敲定美国芯片法案（CHIPS Act）3.75亿美元资助协议，用于扩建其位于纽约州马耳他的量子技术解决方案制造单元，

依托其22FDX（全耗尽绝缘体上硅）工艺规模化制造低温CMOS（互补金属氧化物半导体）测控芯片及先进量子异构封装组件^[6]。

在技术含义上，超导与自旋量子芯片长期受制于“线缆瓶颈”——每一个毫开尔文温区的物理比特通常需要两根专用同轴线缆连接至室温机柜，系统比特数扩展至上千后低温绝热与空间体积难以为继；格芯通过在成熟22纳米工艺上优化低温器件晶体管行为，实现了可在4开尔文温区稳定工作的数字与射频测控集成电路，将原本数千根离散射频线缆汇聚为极少数串行数字总线^[6]。

对照SOTA基准：推进上，该制造线使超导和半导体自旋路线的片上测控与先进封装步入300毫米商用晶圆量产轨道，看齐英特尔及Diraq在量产晶圆上的集成制造标准；但仍欠缺低温环境下晶体管器件模型（PDK）在毫开尔文极低温区的高精度噪声参数库，且尚未完全解决超导芯片与硅基CMOS控制芯片倒装焊混合集成时的微波损耗问题。

在格局影响上，这笔资金锁定了美国本土首条专门服务量子硬件企业的商用晶圆代工产能，削弱了北美硬件初创团队对亚洲先进封装与代工链条的依赖，预计将在2027年起降低数十家超导与半导体自旋硬件企业的机柜集成成本^[6]。



误差处理与纠错编译

IBM研究院正式公布时空概率误差消除

(Spacetime PEC) 混合框架，将传统PEC（概率误差消除，一种通过加权采样统计抵消硬件噪声的误差缓解方法）与后选择ED（量子误差检测）结合，在测试电路中将采样开销相较标准PEC最高压缩至此前的六十三分之一（降低63倍）^[11]。

在技术含义上，传统概率误差消除技术的采样次数开销随量子电路层数与双比特门数量呈指数级膨胀，当电路深度超过数十层时，原本需要的采样次数动辄达数十亿次，在算力耗时和经济成本上不可接受；IBM团队通过引入空时纠错图谱与后选择检错机制，提前滤除大量确定性泡利错误传播路径，首次将多层电路的采样膨胀倍率实质性压低了近两个数量级^[11]。

对照SOTA基准：

① 推进了多少：在含噪中等规模量子计算的误差缓解领域，63倍的采样开销降幅创造了该类协议的新

纪录，将原本需要连续机房机时运行两个月的复杂分子基态仿真任务缩短至一天之内；

② 还差什么：该技术本质上依然属于误差缓解（Error Mitigation）范畴，而非具备完全容错能力的表面码量子纠错（QEC）；对照谷歌Willow芯片演示的表面码低于门限纠错（误差压制因子达到2.1），Spacetime PEC的采样开销依然随电路复杂度呈亚指数增长，无法真正替代物理逻辑比特门限之下的自发闭环纠错。

在格局影响上，这一算法升级已在IBM 27比特超导处理器上实验验证，使当前物理硬件在无需等待完整容错纠错成熟的前提下，即可提前开展近百层深度的工业化学模拟，直接对不具备同等纠错算法工具链的硬件竞争对手形成应用层壁垒^[11]。

分布式网络与共识协议

量子网络企业Quantum B正式获得欧洲专利局授予的EP 4462727号专利，保护其基于多方纠缠的QCKA（量子会议密钥协商，多节点安全共享统一密钥的协议）分布式共识架构^[7]。

该专利利用多体量子纠缠态的内生关联性直接在独立网络节点之间建立分布式共识，替代了经典区块链与网络集群中多次网络广播、计算竞争或多轮异步签名的传统共识机制，显著减少了多方协同中的通信开销^[7]。这一协议的知识产权确立，标志着量子网络技术正从点对点加密向多节点分布式系统的底层共识逻辑渗透，对跨国金融骨干网、能源电网调度及防篡改分布式账本的架构设计构成了5至8年尺度的中长期技术储备^[7]。

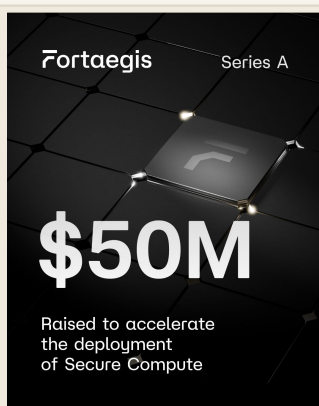
自动化加密资产管理

根证书授权机构Sectigo正式发布企业级软件平台Sectigo Quantum Ready™，用于构建企业QSPM（量子安全态势管理，自动发现与评估密码资产脆弱性的管理方案），系统能自动化扫描全网资产并生成动态CBOM（密码软件物料清单）^[9]。

该平台消除了以往企业依赖人工排查导致遗漏率高、耗时长达数月的缺陷，可实时识别网络协议、证书链与应用代码中采用易受量子破解的传统公钥加密算法（如RSA与椭圆曲线），并提供向后量子标准过渡的自动化敏捷替换路径^[9]。这加速了全球大型金融与电信机构在2026至2030年向抗量子标准迁移的部署周期，使缺乏自动化编排能力的传统网络安全服务商面临客户流失风险^[9]。

04 产业

产业与生态



战略融资与资本运作

后量子硬件安全企业Fortaegis Technologies宣布完成5000万美元A轮融资，由意外资本

(Serendipity Capital) 领投，多家战略产业资本跟投^[5]。

在商业模式与估值逻辑上，本轮融资印证了网络安全投资正在从上层纯软件后量子算法补丁，向底层“硬件信任根（结合物理芯片硬件微架构的防篡改安全单元）”快速演进；5000万美元的融资规模确立了抗量子硬件架构细分赛道的高估值标杆^[5]。所得资金将用于在数据中心核心计算芯片内部署抗量子安全微架构，抵御针对敏感数据的逆向解密威胁，公司计划扩展FPGA部署并针对AI数据中心、国防和电信开发定制ASIC^[5]。

跨界落地与工业合作

中性原子量子计算龙头帕斯卡尔（Pasqal）、美国稀土公司（USA Rare Earth）与自动化化学实验平台瑞文系统（Riven Systems）签署三方合作协议，联合研发用于关键稀土元素化学分离的QML（量子机器学习，利用量子处理器执行机器学习算法）模型^[8]。

该合作首次将中性原子量子处理器的拓扑图计算与模拟退火能力，注入到高壁垒的战略矿产精炼工业中；通过量子算法预测复杂的有机萃取剂与稀土离子络合反应动力学，配合瑞文系统的全自动湿法冶金反应流水线，跳过传统化学试剂合成中漫长的穷举试错阶段，旨在将新型分离萃取剂的筛选周期从以往数年压缩至数月以内^[8]。该进展有助于降低稀土提纯对传统重度化学试剂与高能耗分离塔的依赖，为帕斯卡尔开辟了高端制造领域的商业化标杆

案例，预计12至18个月内将输出实验室级验证配方
[8]。

高管换帅与人才战局

全球四家量子技术企业同日宣布关键核心管理层任命：英国硅基自旋企业Quantum Motion任命安娜·斯托克劳瑟博士（Dr. Anna Stockklauser）为首席产品官；澳大利亚硅量子计算公司（SQC）聘请约翰·霍利斯特（John Hollister）担任首席财务官；外延片晶圆制造商劳伦斯半导体（Lawrence Semiconductor）任命唐·加里森（Don Garrison）为总经理兼首席运营官；帕斯卡尔则新增罗伯托·毛罗（Roberto Mauro）为首席产品官、乔埃尔·伦布（Joëlle Lumb）为首席人力资源官
[10]。

多位具备半导体量产制造与上市公司财务运作背景的高管集中就位，反映出量子硬件行业正从“学术实验室阶段”加速跨入“工程量产交付与资本运作阶段”；SQC任命资深CFO显露出其筹备后续公开上市融资的明确动向，而Quantum Motion与劳伦斯半导体的人事布局则直接锚定硅基量子芯片的规模化晶圆代工与量产测试流程[10]。

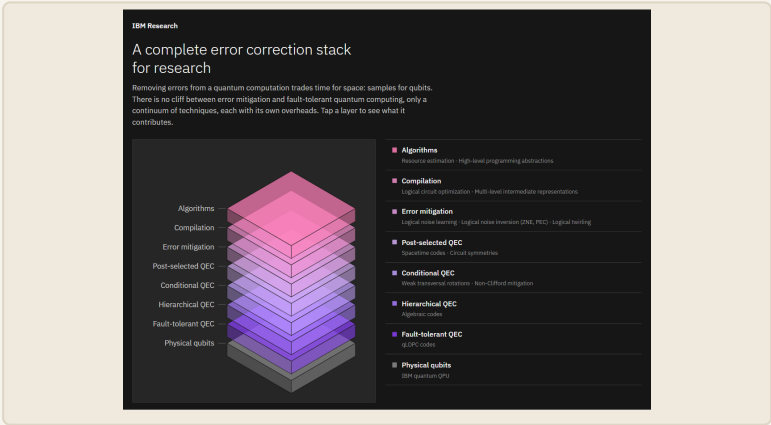
全球合规与概念出清

行业洞察显示，在迪拜GISEC大会与美国马里兰州量子安全峰会期间，全球各经济体在PQC（后量子密码）迁移上呈现路径分化：美国以国家标准与技术研究院（NIST）标准为硬性规范并设定清晰退役截止日期，欧洲更倾向混合加密主权合规，中东海

湾国家侧重整套国家级基础设施替换，亚洲各枢纽则在自研算法与国际标准间寻求平衡^[2]。与此同时，量子安全初创企业Post-Quantum对近期资本市场推销的“太空轨道量子数据中心”概念提出严格的物理与工程批驳，指出其面临宇宙高能粒子辐射退相干、微重力环境下深冷绝热散热极度困难以及高昂发射维护成本等难以逾越的障碍^[3]。这表明全球政企客户在落地迁移时面临复杂的跨地域合规适配，而资本市场对脱离物理现实的概念炒作正在快速出清^[2]^[3]。

05 学术

学术前沿



高能物理中的量子纠缠极限

欧洲核子研究中心（CERN）的大型强子对撞机（LHC）物理学家团队获得强有力证据，证实希格斯玻色子衰变过程中产生的重质量中性Z玻色子（弱相互作用中性粒子）之间存在量子纠缠现象^[13]。

在技术含义上，这是在极高能物理尺度（吉电子伏特量级）以及飞秒级瞬间衰变的重质量粒子系统中

探测到量子纠缠的强有力证据，证明微观物理体系在相对论极端能量与强弱相互作用恶劣环境下，其量子态依然保持关联不失真^[13]。

对照SOTA基准：以往贝尔不等式与量子纠缠验证普遍基于室温或低温环境下的近红外光子、离子阱或稀释制冷机中的冷原子，粒子能量处于微电子伏特到电子伏特级别；本次实验将量子纠缠验证的物理能量标度拔高了近十个数量级，在超高温极高密度的对撞碎片中证实了量子力学基本规律的绝对普适性^[13]。

在格局影响上，虽然这一成果短期内并不直接转化为商用量子计算比特，但其提供的高能强辐射环境纠缠测量方法，为设计抗辐射极端环境量子探测芯片与粒子探测器开辟了全新理论范式^[13]。

06 影响

今日影响



- 1 **超导与硅基芯片制造团队：**格芯敲定3.75亿美元芯片法案资助扩建纽约州马耳他基地，22FDX低温CMOS产线正式走向量产化阶段，改变了以往

全美量子芯片硬件初创团队分散、自制测控电路且缺乏商业代工封装的局面^[6]。下一步应密切关注格芯低温工艺设计套件（PDK）的公开发布时间，以及首批对接超导芯片的4开尔文片上微波测控器件流片良率^[6]。

- 1 **工业材料与药物分子模拟团队：**IBM发布时空概率误差消除（Spacetime PEC），将深层含噪电路的采样开销压缩63倍，使原本在超导芯片上动辄耗资数十万美元、耗时数月的复杂化学分子模拟任务，门槛大幅降低至单日可完成的常规计算量级^[11]。下一步应重点关注IBM是否会在其Qiskit运行时环境中将该算法集成进云端默认执行管线，以及科研机构在催化剂分子模拟中的实际验证对比^[11]。

- 1 **大型跨国金融机构与政企首席安全官：**Fortaegis完成5000万美元A轮融资推展硬件级抗量子芯片架构，配合Sectigo发布的自动化态势管理平台，促使抗量子安全防护从“单纯等待标准出台的被动防御”，转向“软件密码物料清单动态盘点与硬件信任根加固”的工程化落地^[5]^[9]。下一步应关注跨国合规分化背景下，各大型跨国银行在采购自动化加密资产管理工具时的实际招投标预算与实施进度^[2]^[9]。

- 1 **中性原子技术路线与战略矿产加工业：**帕斯卡尔联合美国稀土公司切入稀土化学分离流程，推翻了量子算力只能局限于金融投资组合优化等抽象数学题的狭隘定位，开辟了战略重工业供应链的实体落地场景^[8]。下一步应紧盯该合作在湿法冶金实验室产出的首批萃取剂分离效率报告，以及

中性原子阵列处理复杂分子动力学图结构时的实际能耗比^[8]。

07 编辑

编辑点评

当前量子信息技术正处于由“物理比特神话”向“硬核工程交付”剧烈转型的分水岭。过去行业关注焦点过度集中于实验室又刷新了多少个物理比特、稀释制冷机又堆叠了多少层管线，但在实际产业落地中，极低温环境的物理限制与采样噪声的指数膨胀，正成为阻碍商用变现的巨大沟壑。

宾夕法尼亚大学在室温金刚石系统上实现的单门多体纠缠提速，与格芯获得的3.75亿美元低温代工产线建设资金，恰好从“摆脱极低温”与“优化极低温集成”两个截然不同但互相补充的维度，展示了硬件物理工程化的真实解法；而IBM在算法层将采样开销压低63倍的成果，则证明了在真正容错纠错彻底成熟前的过渡期，纯粹的软件与纠错算法编排同样能够释放巨大的实用算力增量。资本市场对虚幻的太空数据中心概念的冷淡，以及对重工业稀土分离、硬件级抗量子芯片大额融资的青睐，清晰传递出一个信号：脱离现实工程约束的空中楼阁已被摒弃，能够解决真实供应链瓶颈与系统工程开销的务实标的，正在重构全球量子产业的估值体系。

- [1] IQT Sunday Edition
- [2] One Quantum Threat, Many Migrations: How and Why PQC Programmes Are Diverging Around the World
- [3] Data Centers in Space Don' t Work. Quantum AI Data Centers in Space Are an Absurdity.
- [4] University of Pennsylvania Demonstrates Single-Gate Parallel Entanglement on Room-Temperature Diamond Quantum Register
- [5] Fortaegis Technologies Raises \$50 Million Series A to Deploy Hardware-Rooted Quantum-Safe Secure Compute Architecture
- [6] GlobalFoundries Finalizes \$375 Million CHIPS Act Award for Onshore Quantum Semiconductor Fabrication
- [7] Diraq and Dell Technologies Partner to Integrate Silicon QPUs with High-Performance Classical Computing
- [8] Quantum B Secures European Patent for Quantum Conference Key Agreement Protocol
- [9] Pasqal and LG CNS Sign Three-Year MoU to Integrate Neutral-Atom QPUs into AI Data Center Infrastructure
- [10] USA Rare Earth, Pasqal, and Riven Systems Partner to Advance Quantum ML for Critical Mineral Processing
- [11] Sectigo Launches Quantum Ready™ Platform to Drive Enterprise Quantum Security Posture Management (QSPM)
- [12] Who' s News: Strategic Appointments at Quantum Motion, SQC, Lawrence Semiconductor, and Pasqal
- [13] IBM Research Demonstrates Hybrid Spacetime PEC to Reduce Error-Mitigation Sampling Overhead by 63×
- [14] Quantum Computers Need More than "Magic"
- [15] Einstein' s "spooky action" just survived one of physics' most extreme tests
- [16] Why human language may be intertwined with fire
- [17] Theory Beyond Theorems and Proofs: A Guest Post

量子研究内参

全部期数 · 周刊深度解析 · 每日快报 → qbitbrief.com

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。