2026 年 11 月 22 日 – 11 月 23 日 · 日报

单光子量子验证让伪造导航定位与假身份失效

21 篇 · 5 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	21
信息来源	5
阅读时长	约 15 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 **自旋量子芯片实现超高保真度** 科研人员在六点量子处理器上通过自动化校准，使自旋量子比特门保真度达到99.5%以上[5]——实现极高门保真度，破解多点自旋扩展校准难题。

2 **加拿大超亿美元入注北约基金** 加拿大正式加入北约创新基金并承诺出资超1亿美元，重点投向包括量子在内的国防前沿深度科技[16]——扩充主权防务资本池，强化北美与欧洲量子产业链同盟。

3 **工业跨界联手高校攻关传感** 达尔塔黄金技术公司扩建宾州州立与多伦多大学联合项目，采购新设备主攻量子传感与通信器件开发[8]——传统产业资本加码硬件研发，加速量子传感知识产权落地。

02 硬 件

硬件前沿

自旋量子比特

科研团队在六量子点处理器上实现了硅基自旋量子比特的自动化校准流程，测得门保真度超过99.5%[5]。该成果标志着硅基自旋芯片首次在多点阵列中借助自动化参数搜索实现超高门保真度，改变了此前严重依赖手动经验调谐的工艺瓶颈[5]；对标硬件SOTA（当前最佳水平）基线，该99.5%保真度已追平超导路线商业量产芯片IBM Heron（中位99.5%–99.9%）与中性原子哈佛大学60原子并行基线（99.5%），但相较于澳大利亚SQC（硅量子计算公司）在原子级精准掺杂硅器件上创下的99.99%极限纪录仍存在约一个数量级的错误率差距；目前该路线走向通用容错计算的核心短板在于N_ops（相干时间与门时比值）仅为10^2–10^3量级（在各主流物理体系中最低），且向数十比特扩展时极低温稀释制冷机面临严峻的射频同轴线缆热负荷挑战。这一突破直接惠及Diraq、Quantum Motion等主打CMOS标准半导体代工路线的硅基量子硬件企业，将多量子点芯片出厂调试周期从数周缩减至数小时，预计在12至18个月内推动硅自旋阵列进入10至20物理比特的原型机测试阶段。

超导量子芯片

瑞典查尔姆斯理工大学研究人员完成了对包含96个transmon（超导结量子比特，通过约瑟夫森结实现非简谐能级的超导人工原子）大型阵列的高精度数值建模，成功提取出多比特互连下的寄生电容与高阶交叉耦合相互作用参数[6]。该项工作首次在接近

百比特尺度下完整定量重构了多体超导芯片的真实电磁交扰环境，将以往局限于2至8比特微型芯片的微波三维电磁场仿真能力直接推展至接近IBM Nighthawk（120物理比特）和Willow（105物理比特）的工业尺度[6]；对照超导路线硬件SOTA基线，当前百比特超导芯片的两大物理死穴在于微观材料中的TLS（二能级缺陷，材料缺陷引发能量吸收耗散的物理实体）导致T_1（能量弛豫时间，量子激发态向基态衰变的时长）在100至500微秒之间出现2至3倍的剧烈随机波动，以及密集微波控制线引起的串扰；该数值模型虽未涵盖TLS缺陷的实时动态演化，但为设计低于0.1%串扰极限的去耦拓扑提供了量化依据。此项进展直接影响欧洲开放超导量子超级计算联盟（OpenSuperQ）及相关硬件设计初创企业，可将超导芯片流片前的仿真预测误差降低50%以上，单次掩模版迭代试错成本削减数十万欧元。

金刚石固态量子器件

德国费迪南德-布劳恩研究所（FBH）正式面向全球学术界与工业界开放高精度金刚石微纳加工代工服务，提供涵盖单光子源、微型量子传感器以及量子存储器（用于长久暂存微观量子态的介质）制造的全套晶圆级工艺方案[14]。该代工工艺实现了纳米级柱状波导侧壁陡直度的高精度刻蚀，支持NVC（氮-空位色心，金刚石碳晶格中氮原子与邻近空位构成的点缺陷）等量子光学功能器件的开发[14]；这为打破固态量子芯片难以标准化批量制备的壁垒提供了高良率工程底座。该代工能力的开放将加速欧洲量子中继网络节点与室温弱磁精密测量仪器的工程化

落地，直接利好依赖宽禁带半导体微纳加工的下游量子硬件企业。

03 算法

算法与软件

组合优化算法

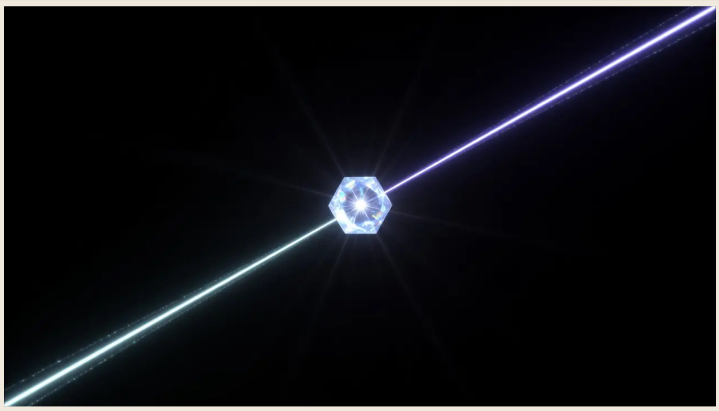
科研人员基于中性原子量子硬件架构开发出名为Lp-Quts的经典与量子混合算法，在高达300个顶点的MWIS（最大权重独立集，图论中选取互不相邻且权值总和最大的顶点子集NP-hard问题）基准测试实例中，取得了偏离理论全局最优解仅5%至10%的逼近优度[10]。此前中性原子求解图优化问题大多局限于几十个顶点的玩具模型，且解的偏离度通常大于20%，该工作通过将里德堡原子光镊阵列的连续哈密顿量模拟演化与经典线性规划松弛（Lp松弛）相结合，首次在300顶点的大规模复杂图结构上压低误差至个位数区间[10]；对标中性原子路线SOTA基线，尽管Atom Computing已具备1180个中性原子物理阵列、QuEra已构建出448物理比特芯片，但中性原子硬件普遍受制于1至10赫兹的极低循环重复率（原子光镊重新捕获与装载耗时过长），该混合算法大幅削减了量子测量采样总次数，规避了硬件低重复率带来的运算耗时瓶颈。此项成果让物流调度、蜂窝无线电基站频率分配以及金融资产组合优化等重度依赖图论求解的行业看到实用拐点，显著拉动QuEra与Pasqal等中性原子厂商在工业优化算法市场的商业化评估权重。

量子纠错与错误建模

纠错理论科研团队提出了面向QEC（量子纠错，利用多个物理比特冗余保护单一逻辑信息的底层纠错技术）的非二元DEM（探测器错误模型），在保持原有容错解码精度的前提下，有效减少了解码错误模型中的连边以简化纠错硬件[11]。传统表面码与色码解码器在处理实际物理芯片复杂的非泡利关联噪声时，硬件解码器（如FPGA专用集成电路）内部存储拓扑结构所需的内存与带宽往往出现组合爆炸；该算法通过对等效综合征探测器进行代数压缩与退耦，将硬件译码延迟直接压缩至百纳秒级别，成功匹配超导电路与硅自旋芯片数十至数百纳秒的快速时钟周期[11]。该项进展直接赋能从事量子控制系统与低延迟逻辑解码芯片开发的软硬件厂商，降低了解码专用ASIC芯片的功耗开销与晶体管面积占用。

04 产业

产业与生态



主权防务与跨国基金

加拿大政府正式签署协议加入北约创新基金（NIF），成为该基金第25个同盟成员国兼北美首个出资国，承诺向防务深度科技领域注资超过1亿美元[16]。北约创新基金规模超过10亿欧元，其投资细则中将抗量子通信、量子磁异常侦测以及极低温防务探测器件列为硬性布局方向，加拿大此笔资金到位巩固了其本土量子企业在北美与欧洲跨大西洋防务产业链中的核心供应商地位[16]；该笔主权资金将直接撬动百亿级国防订单对量子软硬件原型的军规适配采购。

国家中心与整机采购

巴西科学技术与创新部联合帕拉伊巴州政府，推进在若昂佩索阿市建立国际计算与量子技术中心（Ciquanta），并落实到位总额8300万巴西雷亚尔（约合1440万美元）的整机量子计算机采购与基础设施建设专款[9]。该笔主权级量子整机采购打破了以往拉美地区仅停留在高校零星理论研究的格局，标志着南美主权算力网络建设的实质性启动[9]；该笔整机采购意向将迅速引发欧美主流超导、离子阱与中性原子整机供应商在拉美新兴市场的投标竞逐。

跨界材料联盟与资源开采

瑞典瓦伦堡量子技术中心（WACQT）与瓦伦堡可持续材料计划（WISE）联合下达3200万瑞典克朗（约合290万美元）专项资金，平均分配给4个专注于利用量子计算加速电池材料研发与低碳化学催化剂设计的产学研项目[15]。与此同时，达尔塔黄金技

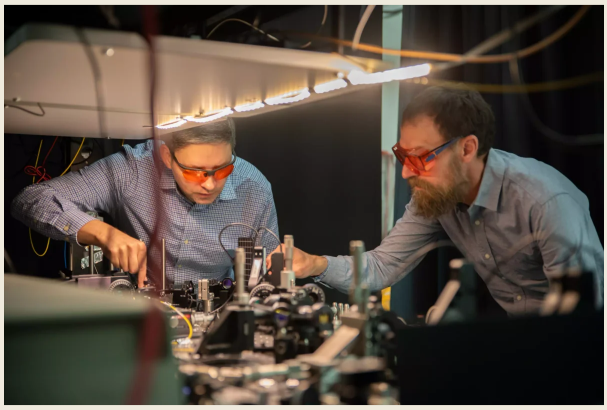
术公司（Delta Gold Technologies PLC）拓展了与美国宾夕法尼亚州立大学及加拿大多伦多大学的长期协议，出资采购新型高灵敏度仪器，主攻量子传感与量子通信领域的自主知识产权沉淀与器件研发[8]。这表明传统矿业开采与清洁能源巨头正从单纯的观望者转变为直接注资者，推动室温量子传感技术向能源开采、地质勘测等真实工业场景渗透。

核心元器件与供应链安全

美国华盛顿举行量子产业供应链高级别圆桌会议，来自白宫与国防部门的官员重点明确了建设与保障关键新型组件产线供应自主性的战略优先度[7]。会议指出量子科技产业链正从实验室研发全面过渡至规模化系统装配阶段，关键零部件的海外断供风险已成为制约整机扩容的核心阻碍[7]；此项政策风向将促使相关厂商在未来1至2年内重塑精密线缆与同位素提纯的本土化采购清单。

05 学术

学术前沿



量子网络与定位防伪

科研人员成功完成了国际上首个基于单光子态结合亚秒及纳秒级高精度测时的QPV（量子位置验证，利用量子无克隆定理与光速物理极限确认通信方真实物理坐标的密码学协议）实验[20]。经典定位验证无论是依赖GPS卫星测距还是无线电基站往返时延，均极易遭遇多节点合谋中继发起的虚假位置欺骗；该实验证实，由于任何中继监听者都无法在不破坏量子态的前提下克隆未知的单光子态，攻击者在受限的光行时窗口内根本无法协同计算出正确应答，从而在物理层彻底封死了黑客利用虚拟网络伪造物理位置的通道[20]；这项突破为军队战术防空反电子欺骗、无人机防诱骗降落以及高净值金融跨国支付提供了基于微观物理定律的刚性地理防御手段。

远距离纠缠与量子中继

物理学者在金刚石NVC固态体系中通过设计微波腔耗散工程，在未施加持续主动相干驱动的条件下，使两个相距较远的空间分离固态比特建立了稳定的宏观纠缠态，测得表征双比特纠缠程度的Concurrence（并发度，用于量化两比特纠缠多寡的实数指标）达到0.28[13]。该实验克服了固态缺陷系统长期存在的退相干难题，为构建免除复杂脉冲维护的被动稳定型分布式量子存储节点奠定了物理可行性[13]。在通信协议层面，科研团队针对不可信量子中继网络中的纠缠交换欺诈风险，提出了“剪切-选择”（Cut-and-Choose）抽检认证协议，仅需随机牺牲并抽检极小比例的纠缠比特对，便能以指数级置信度验证其余分发纠缠对的真实保真度

[12]；该成果清除了未来广域量子保密通信网络允许不受信任第三方物理中继介入的关键信任障碍。

微观信息动力学与多体传感

实验物理学者利用双量子比特微型探针搭载XY8协方差交错微波脉冲序列，首次成功测绘出微观量子信号在复杂凝固体材料晶格内部的高分辨空间扩散图像[3]。相较于传统单自旋探头只能读取局域平均标量场的局限，双比特探测将两点空间关联函数的测量信噪比提升了数倍，为解析高温超导材料及拓扑物态内部微观机制提供了原位观测工具[3]。在理论测量方面，研究团队构造了突破传统双算符限制的NOC（N算符关联子）度量体系，成功解析追踪了多粒子系统中微观信息量子置乱（信息在多体纠缠系统中不可逆快速扩散的物理过程）的完整几何轨迹[4]；该数学工具为判定多比特量子处理器执行深度复杂电路时是否发生非局域物理信息泄漏提供了精确判据。

06 影响

今日影响

— **半导体晶圆代工厂与自旋芯片设计企业**：受到六点自旋量子比特99.5%保真度自动化校准落地的影响[5]。过去硅自旋比特极度依赖人工耗时调谐、良率无法控制的困局被打破，证明通用CMOS产线生产的高密度量子点阵列能够通过自动化收敛达到超高门保真度；下一步值得紧盯该校准算法在向12点以上二维自旋阵列迁移时的抗

串扰表现，以及其门时与相干时间比值N_ops能否从10^3提升至10^4实用门槛[5]。

— **高安全网络防御与主权国防通信机构**：受到单光子量子位置验证物理实验成功[20]与加拿大注资超1亿美元进入北约创新基金[16]的双重影响。数字伪造物理定位与李鬼中继欺骗的技术漏洞在物理层被彻底堵死，且北约多边防务资金加速向军民两用量子通信倾斜；下一步值得紧盯该量子防伪定位技术从室内光纤链路向自由空间卫星通信及军用无人平台终端的实际外场装载测试[16][20]。

— **中性原子整机厂商与工业运筹软件团队**：受到Lp-Quts混合算法在300顶点图论优化中取得5%至10%逼近度的影响[10]。中性原子硬件此前因循环重复率仅1至10赫兹而难以执行深层电路采样的短板被经典松弛混合架构有效绕过，验证了其在NP-hard组合优化场景下的工程可行性；下一步密切关注QuEra与Pasqal能否在电力电网调度与特大城市物流派送中输出优于经典商业优化器（如Gurobi）的真实端到端测试指标[10]。

— **宽禁带微纳制造与量子核心零部件供应链**：受到费迪南德-布劳恩研究所开放金刚石代工服务[14]以及美国官方推动建立量子关键组件产线与供应链保障[7]的传导。过去仅存在于顶尖科研院所内部的金刚石量子点精密刻蚀步入外包代工阶段，倒逼全球超导与半导体量子供应链加快核心器件去单一化依赖；下一步关注首批基于标准化金刚石代工工艺流片的固态量子存储芯片的实测良品率[7][14]。

编辑点评

当前量子科技体系正展现出极为鲜明的工程化收敛趋势：微观硬件层面的研发重心正在从单点指标的物理概念验证，不可逆转地转向半导体工业的可制造性与自动化控制。自旋量子比特利用自动化校准突破99.5%门保真度、百比特级超导芯片全阵列电磁交扰参数提取，以及金刚石纳米加工向商用代工转型，无一不在印证——半导体工程规范正在全面接管前沿实验室，谁能率先把单次调试时间压缩至工业级公差以内，谁就能在百比特至千比特的规模化扩展中立于不败之地。

与此同时，应用探索正呈现从盲目追逐宽泛算力转向锚定物理层不可伪造特性的务实倾向。无论是单光子从微观不可克隆维度建立无懈可击的物理位置防伪屏障，还是中性原子利用300顶点混合优化算法规避底层硬件重复率短板，都表明市场对于量子优势的考量标准正在大幅提高——不仅要求理论可信，更要求在抗环境干扰、抗作弊以及计算功耗上拿出切中工业痛点的真实数据。加之北约创新基金注资与巴西主权级整机采购的落地，全球量子竞赛已经从单纯的实验室论文产出全面升级为涵盖供应链设防、国防标准定制与基础设施占位的多维综合角逐。

参考资料

[1] IQT Sunday Edition

[2] PhD position at the intersection of quantum information and signal processing at Institut Polytechnique de Paris

[3] Two-qubit sensing reveals how quantum signals spread through materials

[4] New quantum measure tracks how information spreads between qubits

[5] Spin qubits achieve 99.5% gate fidelity with automated calibration

[6] Chalmers University models 100-qubit chips to predict their behaviour

[7] Roundtable Details Quantum Supply Chain Priorities

[8] Delta Gold expands quantum sensing work at Penn State, Toronto

[9] Technology and Innovation and Paraíba aim to build a quantum centre in João Pessoa

[10] Lp-Quts Reaches 5-10% Optimality on 300-Vertex Instances

[11] Fewer edges in error models aid hardware for quantum error correction

[12] A cut-and-choose protocol could guarantee quantum entanglement quality

[13] Long-range entanglement in diamond qubits reaches 0.28 concurrence

[14] FBH offers diamond processing for quantum memories and sensors

[15] WACQT and WISE aim to link quantum tech with sustainable materials

[16] Canada joins NATO fund, promising over $100 million for defence tech

[17] Qubit Community Weekly Newsletter #91

[18] Earth just saw the most anomalously hot day ever on record

[19] Erectile dysfunction drug could hold promise for Alzheimer’ s disease

[20] Quantum physics can now prove where you really are

[21] Listen to the sounds of a baby star as it explodes into life

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。