

本期亮点

硬件前沿

算法与软件

产业与生态

学术前沿

本周影响

编辑点评

收录报道	34
信息来源	10
阅读时长	约 10 分钟

当前 SOTA

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 →](#)

IBM与芝加哥大学实现超越经典模拟的验证逻辑量子计算

34 篇 · 10 个来源 | [PDF](#) | 本期汇总免费阅读

01 亮点

本期亮点



IBM与芝加哥大学联合演示了超越经典模拟的验证逻辑量子计算，首次在超导量子处理器上实现逻辑量子比特的实时纠错并执行随机电路采样，结果无法被已知经典算法模拟^[31]。这一突破标志着超导路线首次跨越了“逻辑量子比特超越经典”的门槛，为容错量子计算奠定了关键里程碑^[31]。IonQ完成对SkyWater Technology的收购，成为垂直整合

的量子平台公司，将晶圆厂能力内化，或加速离子阱量子计算机的规模化生产^{[5][25]}。

02 硬件

硬件前沿



超导量子计算

IBM与芝加哥大学在超导量子处理器上演示了验证逻辑量子计算，实现了逻辑量子比特上的实时纠错和随机电路采样，其计算复杂度超越了已知经典模拟方法^[31]。这是超导路线首次在逻辑层面达到“量子霸权”级别的验证，相比Google 2024年的Willow表面码演示（物理比特层面超越经典，但逻辑比特未达此里程碑），本次在逻辑纠错保护下实现了超越经典，表明超导量子比特的纠错性能已能支撑计算优势。对照超导SOTA基线，该成果的误差压制因子 Λ 和逻辑比特数尚未公开，需关注后续数据是否达

到或超过Willow的 $\Lambda \approx 2.1$ 。距离实用化仍面临TLS波动、大规模扩展时串扰和制冷等挑战。

离子阱量子计算

IonQ完成对SkyWater Technology的收购，成为垂直整合的量子平台公司，拥有美国本土半导体晶圆厂 [5] [25]。这一举措意味着IonQ将离子阱量子处理器的设计、晶圆制造和封装内部化，有助于缩短研发周期、控制供应链，并可能加速其商业化进程。目前离子阱SOTA由Quantinuum保持（F₂Q 99.99%，98比特全连接），IonQ的F₂Q在收购前约99.9%级别，垂直整合能否缩小保真度差距有待观察。离子阱路线仍面临比特数扩展和离子输运开销等瓶颈。

光子量子计算

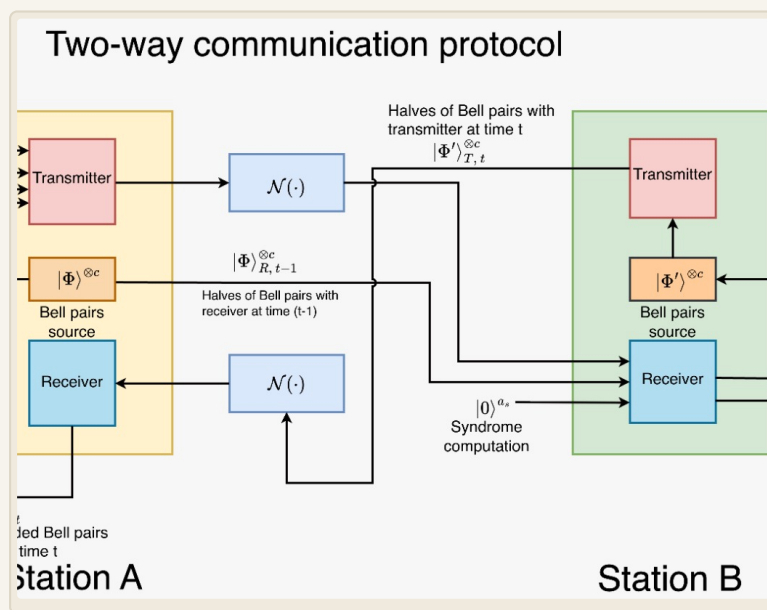
Pusan National University和UNIST的研究人员演示了两种不同量子光源（暖铯原子系综和半导体量子点）之间的直接双光子干涉，实现了未同步的独立光源间的量子互联 [34]。这是首次在如此异质的光源间实现高可见度干涉，为构建可扩展的混合光子量子网络提供了关键接口技术。对照光子硬件SOTA，PsiQuantum的独立源HOM不可分辨性已达99.50%，本演示的具体干涉可见度未披露，但异质集成本身就是重要进步，可拓宽量子光子学的材料平台。距离实用化仍需提升端到端损耗预算和整体保真度。

量子互联与测试

QTREX的专有量子互联平台在皮秒级精度表征中超越了合作伙伴设定的射频性能要求^[12]。低延迟、高精度的互联是模块化量子计算架构的关键，此进展可能为多量子处理器间的通信提供商用级解决方案，但具体性能指标（如保真度、损耗）未公开，需等待独立评估。

03 算法

算法与软件



量子纠错码

研究人员构建了几族基于准循环量子低密度奇偶校验码的纠缠辅助码（EA-QC-QLDPC），通过结构化排列矩阵平铺实现^[16]。纠缠辅助QLDPC码在相同物理比特数下可达到更高码率或更低错误阈值，该方法通过结构化设计简化了编码电路，可能降低实验实现的复杂度，对于实现低开销量子纠错有重要意义。

量子图像处理

一种基于超像素的QUBO框架将量子图像分割问题加速了33倍^[9]。该工作将图像预处理与量子优化结合，展示了量子算法在医学影像等实际应用中的加速潜力，但量子加速是在特定问题上对比经典算法，通用性仍有待验证。

量子神经网络

研究人员证明复杂Motzkin量子态（一维量子系统中的特殊纠缠态）可用神经网络精确表示^[6]。

Motzkin态具有体积律纠缠等复杂性质，神经网络表示为其在量子多体物理中的应用提供了新的数值工具，也有助于理解量子态的可表达性。

量子网络编码

一种新颖的无损源编码方案利用前缀-后缀地址空间实现了13节点量子网络上的完美保真度^[11]。该方案通过紧凑的层次化量子地址设计减少了通信开销，对于大规模量子网络的资源高效路由有参考价值。

产业与生态



收购与整合

SEAL SQ完成2亿美元量子基金的部署，收购Miraex SA并启动其量子光子学技术的商业部署^{[13] [24]}。Miraex专注于量子光子集成，此收购使SEAL SQ从半导体安全领域向量子通信和传感延伸，可能加速量子安全解决方案的落地。

行业预测

IBM CEO预计量子计算将在2020年代末开始产生收入，到2030年代末创造万亿美元价值^[29]。这一预测反映了业界对量子计算商业化路径的乐观预期，但需注意当前量子计算仍处于早期阶段，收入规模极小，万亿价值取决于广泛的应用突破和生态成熟。

国家战略

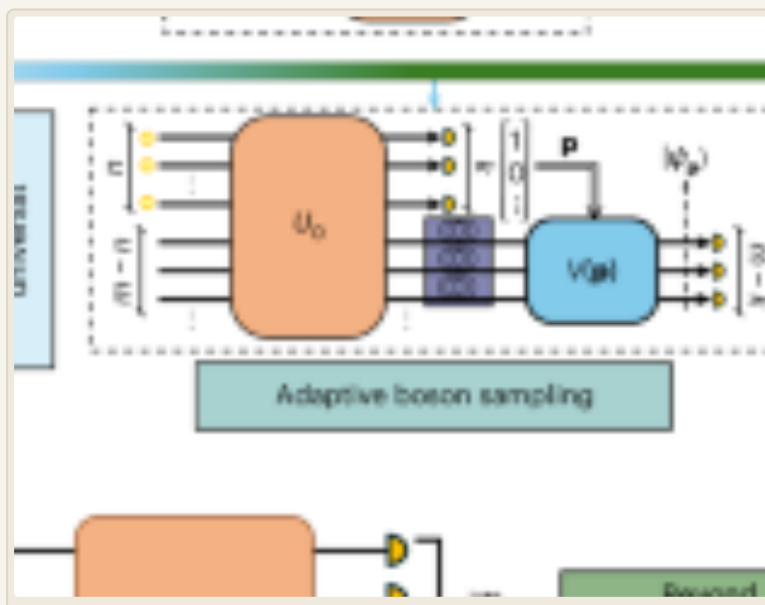
法国发布2026年7月国家量子更新报告，概述了其量子技术发展现状^[26]。法国是欧洲量子计算的重要力量，拥有Pasqal、Quandela等初创公司，该更新提供了政策动向和资金分配的参考。美国海军研究实验室（NRL）公布了其量子科学研究所的战略研究重点，聚焦于量子传感、通信和计算，以支持海军任务^[33]。这体现了国防部门对量子技术军事应用的持续投入，可能加速特定领域（如量子导航、安全通信）的实用化。

后量子密码

一篇评论文章强调了加密敏捷性对后量子密码迁移的重要性^[27]。随着NIST后量子密码标准的发布，企业需设计灵活的加密架构以应对未来的量子威胁，加密敏捷性成为关键实施原则。

05 学术

学术前沿



量子光学与基础物理

一篇理论论文提出了可扩展的通用光子量子计算架构，关键在于引入强非线性资源^[4]。该架构解决了光子量子计算中长期存在的集成非线性瓶颈，若实验实现，将显著提升光子量子计算机的可行性。

量子点链中观测到稳定的Majorana特征电流信号^[14]。该系统在三个量子点上模拟“穷人版Majorana”模式，并通过电流关联验证非局域性，为拓扑量子比特的构建提供了更易调控的平台。

McKinstrie和Kozlov提出了计算Wigner角的简化路径^[15]。Wigner角在相对论量子信息中描述洛伦兹变换下的量子态旋转，该方法简化了计算，有助于处理复杂变换下的纠缠行为。

量子信息理论

Swampland猜想与量子复杂度冻结相关联的研究表明，在极端黑洞极限下Krylov复杂度“冻结”，但Schwinger对产生会解除冻结^[8]。该工作将弦理论中的Swampland猜想与量子信息中的复杂度概念联系起来，为量子引力研究提供了新视角。

量子模拟

谐振晶格驱动在双阱势中产生受控的Bose-Einstein凝聚体粒子流^[10]。该研究展示了如何通过驱动不对称性调控量子输运，对量子模拟和原子光学器件有指导意义。

纽约大学阿布扎比分校的研究人员开发了一个统一平台，将纽结图构建与Chern-Simons不变量计算结

合，利用拓扑量子场论^[7]。该平台为拓扑量子计算中的任意子编织和拓扑不变量计算提供了自动化工具。

BlueQubit支持了Qedma、IBM和RIKEN的一项关于错误缓解量子模拟的研究^[30]。错误缓解是当前含噪量子处理器上实现有用计算的关键技术，该合作展示了跨平台的错误缓解方案，可能提升量子模拟的精度。

06 影响

本周影响



- **超导量子计算研究者：**IBM与芝加哥大学的逻辑量子计算演示可能改变超导路线的竞争格局，后续需关注其逻辑错误率、码距和可扩展性细节，这将是判断超导路线能否率先实现实用容错计算的关键^[31]。
- **离子阱量子计算企业：**IonQ收购SkyWater标志着离子阱路线向垂直整合迈进，可能引发其他离

子阱公司（如Quantinuum）考虑类似策略，以保障制造能力和供应链安全^{[5][25]}。

- **光子量子网络开发者**：异质量子光源间双光子干涉的成功为混合量子网络提供了新可能，下一步应关注该技术的可扩展性和在真实网络环境中的表现^[34]。
- **量子软件和算法工程师**：超像素QUBO框架的33倍加速展示了量子算法在图像处理中的潜力，但需在更大规模数据集和实际硬件上验证，相关领域可关注其与量子硬件的协同优化^[9]。
- **后量子密码迁移团队**：加密敏捷性的强调提醒企业，后量子密码迁移不仅是算法替换，更是架构设计，需尽早规划以应对标准落地后的快速部署需求^[27]。

07 编辑

编辑点评

本周量子计算领域最引人注目的是IBM与芝加哥大学在验证逻辑量子计算上的突破，这标志着超导量子比特在纠错保护下首次实现超越经典模拟的计算任务。这一进展将“逻辑量子比特”从纠错演示推向了计算优势验证，为容错量子计算机的发展注入了强心剂。然而，我们仍需冷静看待：逻辑量子比特的数量、错误率以及码距等关键指标尚未完全披露，且超导路线的大规模扩展仍面临制冷、串扰和材料缺陷等工程挑战。

产业方面，IonQ的垂直整合收购反映了量子计算公司对供应链控制权的重视，这可能是行业从研发走向制造的转折点。垂直整合有助于加速迭代，但也带来资本密集和灵活性降低的风险。此外，光子量子计算在异质集成上的进展以及QTREX的互联平台测试，显示了模块化和混合架构正在成为主流趋势。未来几周，应密切关注IBM逻辑量子计算演示的详细论文，以及IonQ整合SkyWater后的首批产品路线图更新。

参考资料

[1] 300,000 volts: US team puts world’s largest neutrino detector through extreme stress test

[2] First AI-driven telescope goes stargazing

[3] Snake oil for sale!

[4] Extensible universal photonic quantum computing with nonlinearity

[5] IonQ Completes Acquisition of SkyWater Technology, Establishing Vertically Integrated Quantum Platform

[6] Neural Networks Now Represent Complex Motzkin Quantum States Exactly

[7] Researchers Unlock Quantum Workflow for Knot Diagram to Invariant Data

[8] Swampland Conjecture Linked to Quantum Complexity Freezing

[9] Superpixels Cut Quantum Image Segmentation Problems 33× Faster

- [10] How Lattice Driving Shapes Quantum Particle Streams

- [11] Prefix-Suffix System Achieves Perfect Fidelity on 13-Node Quantum Network

- [12] Picosecond-Level Precision Validates QTREX Quantum Platform

- [13] SEALSQ Completes \$200M Fund Deployment with Miraex Quantum Buy

- [14] Quantum Dot Chains Display Stable Majorana Signatures in Current

- [15] McKinstrie & Kozlov Detail a Simpler Path to Wigner Angle Values

- [16] Entanglement-assisted Quasi-cyclic Quantum Low-density Parity-check Codes over Qubits

- [17] Postpartum psychosis is at the center of the Lindsay Clancy trial. What is it?

- [18] AI helped produce two proofs for the same cryptography problem

- [19] Eating less protein could help you live longer

- [20] How to surf on Saturn's moon Titan

- [21] Secret eruption offers tantalizing glimpse of underwater volcanoes

- [22] The untold science and drama of Lewis and Clark's expedition

- [23] Europe Approves Bionic Eye to Restore Vision Lost to Blindness

- [24] SEALSQ Begins Commercial Deployment of Miraex Quantum Photonics Technology

- [25] IonQ Completes Acquisition of SkyWater Technology

- [26] French National Quantum Update: July 2026
- [27] Why Crypto-Agility Matters for Post-Quantum Cryptography Migration
- [28] UC San Diego Advances Quantum Metamaterials for Ultrafast Optical Computing
- [29] IBM CEO Expects Quantum Computing to Drive Revenue by 2020s, Trillion-Dollar Value by End of 2030s
- [30] BlueQubit Supports Qedma, IBM and RIKEN Study on Error-Mitigated Quantum Simulation
- [31] IBM and University of Chicago Demonstrate Verified Logical Quantum Computation Beyond Classical Simulation
- [32] Simantic scales from Waterloo startup to global AI hardware innovator
- [33] U.S. Naval Research Laboratory Outlines Strategic Quantum Research Priorities
- [34] Pusan National University and UNIST Demonstrate Hybrid Quantum Interconnect Benchmark

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