

- 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 | 31     |
| 信息来源 | 8      |
| 阅读时长 | 约 8 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  |

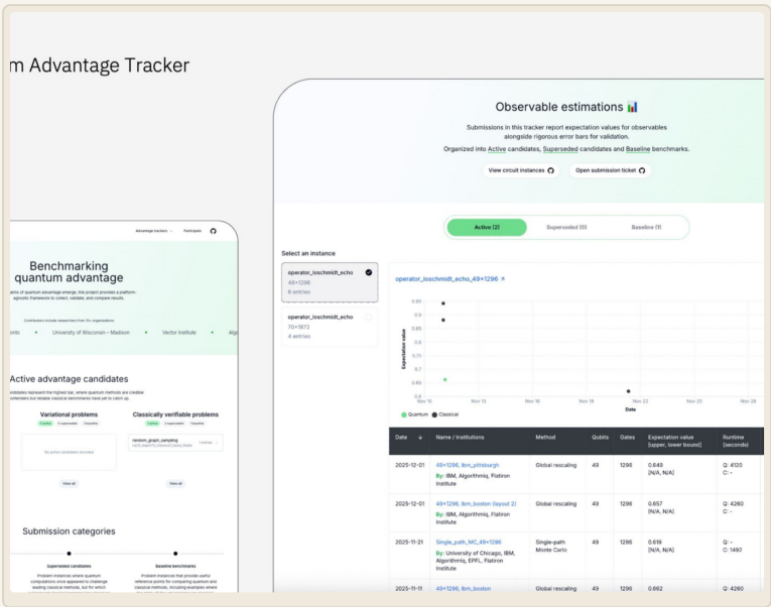
量子硬件 SOTA 对照表 →

# IBM 联合团队实现超越经典超算的量子优势验证

31 篇 · 8 个来源 | PDF | 本期汇总免费阅读

01 亮点

## 本期亮点

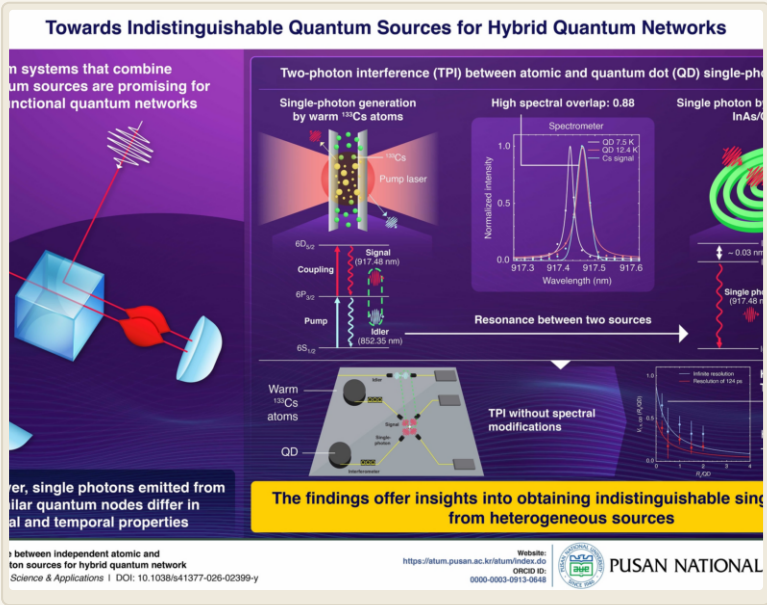


IBM 与芝加哥大学、Qedma 等合作者展示了三项量子优势演示，在云可访问的量子硬件上运行了超越经典超算的实用规模电路，并公开了电路库与验证框架 [4] [25] [27]。这是首次在商用量子云平台上系统性验证“可信量子优势”，或标志着量子计算从随机电路采样向实用化纠错模拟的转折 [4]。同时，HRL 实验室实现 18 量子比特处理器自主运行纠错，

通过定制控制芯片和超导带状线缆大幅压缩了控制电子学开销 [14]。

02 硬件

硬件前沿



超导量子比特

- IBM 与 Qedma 展示误差缓解的量子模拟超越经典基准：在 IBM 云量子系统上，使用误差缓解技术运行复杂量子模拟，结果超出经典超级计算机的可靠验证范围 [25]。这是首次在商用量子云平台结合误差缓解实现超越经典模拟，为近期量子设备提供了一条实用化路径，但误差缓解的标度性仍待验证 [25]。
- HRL 实验室实现自控制量子处理器：18 量子比特器件通过高密度超导带状线缆连接定制控制芯片，自主运行纠错 [14]。该方案将控制电子学从机架级缩小至芯片附近，大幅减少连线复杂度，

为扩展量子比特数提供了关键的工程路径，但比特保真度与相干时间尚未披露，距离容错要求仍有差距 [14]。

## 硅基自旋量子比特

- 加州大学在 Si/SiGe 量子点中实现 5 meV 谷劈裂：通过优化异质结设计（窄量子阱、Ge 尖峰、Ge 覆盖层），谷劈裂达到 5 meV，超过此前公开报道值 [31]。谷劈裂是 Si/SiGe 自旋量子比特初始化与读取一致性的关键瓶颈，5 meV 或已接近实用化要求，但该结果仅为单点器件，尚未在多比特阵列中验证均匀性 [31]。

## 混合量子互联

- 釜山国立大学与 UNIST 实现混合量子光源的双光子干涉：在未同步的铯原子系综与半导体量子点之间，首次实现直接双光子干涉，光子不可分辨性达到可实用水平 [6] [24]。该突破为构建异质量子网络提供了关键接口，但系统级互联保真度与扩展性仍有待验证 [6]。

## 算法与软件



- IBM 与 Algorithmiq 开发量子计算验证框架：在超越经典模拟的区间内，通过经典影子层析等技术验证量子计算结果 [27]。该框架解决了“量子优势”声称中无法直接验证的难题，为可信量子计算提供了工具，但计算开销与适用范围仍需扩大 [27]。
- 克利夫兰诊所与 IBM 构建量子机器学习框架预测新抗原免疫反应：利用量子核方法对高维生物数据进行分类，初步结果优于经典基线 [29]。若后续在真实临床数据上验证，可能加速癌症疫苗设计，但当前仍处于概念验证阶段 [29]。
- AI 学习构建药物分子量子电路：研究者用 AI 自动生成量子电路以模拟分子特性，设计时间缩短数个量级 [30]。这有望降低量子化学模拟的门槛，但生成的电路保真度与可扩展性尚未在真实硬件上评估 [30]。

## 产业与生态



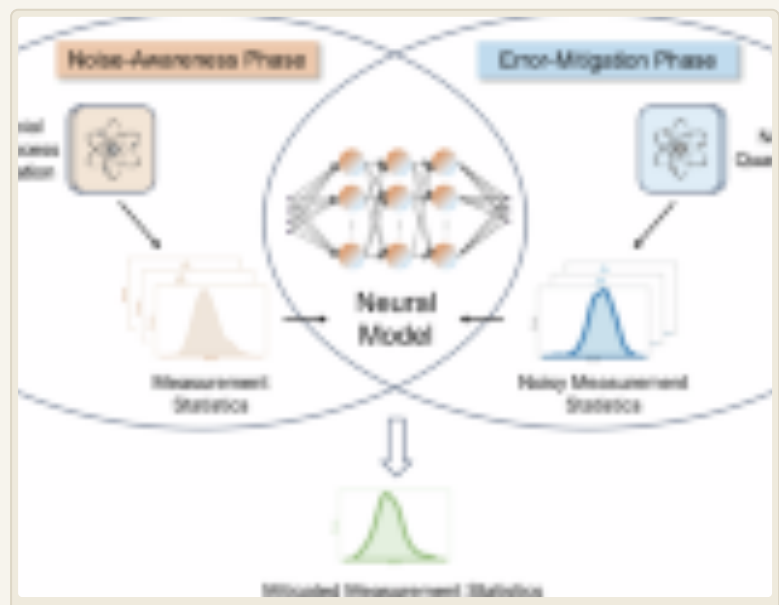
- Booz Allen 发起量子初创公司搜寻计划：在 Quantum Congress 上推出“量子下一个突破公司”竞赛，旨在发掘具有国防与商业潜力的量子技术 [21]。这反映了国防承包商对量子供应链的重视，可能加速相关初创的融资与验证机会 [21]。
- NIST 的 Andrew Regenscheid 阐述后量子密码迁移路线：强调联邦机构需在 2030 年前完成关键系统迁移，并指出混合证书与敏捷性是过渡期关键 [22]。该访谈为量子安全产业提供了明确的政策时间表，可能推动企业加速密码迁移计划 [22]。
- 美国海军研究实验室扩展量子研究：NRL 量子科学研究所围绕传感、计算与网络三大方向，响应行政令 14413 推进军事量子技术 [5] [23]。此举

表明量子技术正从实验室走向国防应用，可能带动水下导航、射频感知等方向的投入 [5]。

- Vexlum 在英国开设实验室：芬兰量子激光器公司任命 Stefan Truppe 负责英国运营，瞄准欧洲量子传感与计算市场 [26]。这显示量子使能技术供应链正在区域化，以满足本地化需求 [26]。
- SEALSQ 芯片获量子安全硬件认证推进：其安全元件正进行通用标准认证，旨在抵御量子攻击 [13]。随着后量子密码标准落地，硬件安全模块的认证将成为物联网与关键基础设施的刚性需求 [13]。

## 05 学术

### 学术前沿



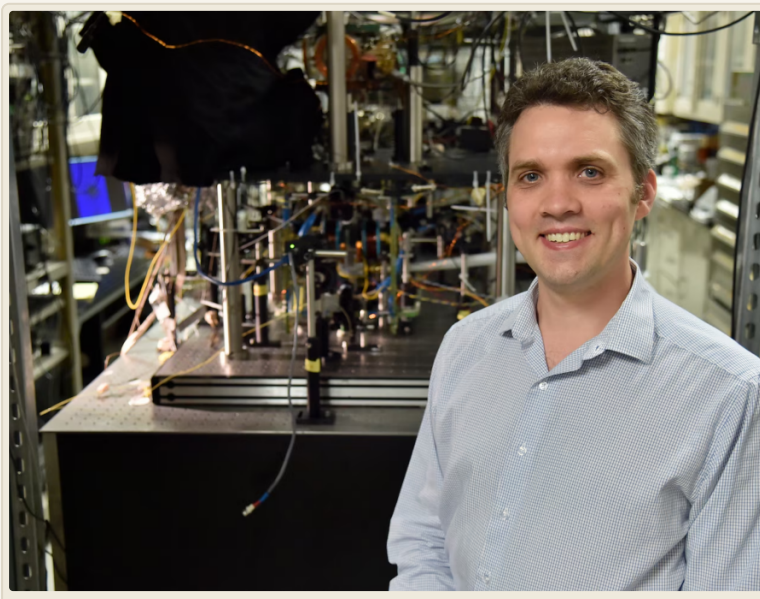
- 神经网络分类多体连续变量纠缠结构：通过数据增强训练神经网络，实现对多模连续变量系统纠缠结构的分类 [3]。该方法为大规模量子态验证

提供了新工具，但训练数据仍需来自传统数值模拟，泛化能力有待检验 [3]。

- 非相互作用量子系统的密度唯一性证明：利用势论证明了离散基态能量系统的 Hohenberg-Kohn 定理 [7]。这为密度泛函理论在量子信息中的应用提供了严格基础，但仅适用于非相互作用系统，向相互作用系统的推广仍是开放问题 [7]。
- Z 玻色子衰变展现退相干与纠缠增长：PITT PACC 分析揭示辐射衰变中量子行为的意外表现 [8]。该结果可能为高能物理中的量子信息方法提供新视角，但实验验证仍极困难 [8]。
- 中科院 PQFA 方法削减多模态模型参数 10 倍：并行量子特征增强将模型参数从 24.0K 降至 2.2K 而保持相当性能 [9]。若量子特征映射能泛化，可能大幅压缩经典 AI 模型，但当前仅在特定基准上验证 [9]。
- 量子测量与态的非经典性量词与见证：提出统一的非经典性框架，适用于任意量子过程 [15]。该理论工作为资源理论提供了更坚实的工具，可能影响量子计量与计算优势的界定 [15]。



## 本周影响



- 量子优势验证范式转变：IBM 的“可信量子优势”演示将优势验证从单一指标推向端到端流水线，超算中心与密码机构需重新评估量子风险时间线 [4] [25] [27]。
- 控制电子学微型化加速：HRL 的自控制处理器表明，量子比特的“外设瓶颈”有望通过 3D 集成缓解，这或迫使其他硬件路线跟进类似方案 [14]。
- 硅基自旋量子比特接近容错门槛：5 meV 谷劈裂若能在多比特阵列中复现，将扫除 Si/SiGe 路线的一大障碍，可能吸引更多代工厂投入量子点工艺 [31]。
- 国防量子应用提速：NRL 与 Booz Allen 的动作显示，美国军方正将量子技术从基础研究推向采办，这将影响量子初创公司的产品定义与合规要求 [5] [21]。



— 后量子密码迁移紧迫性升级：NIST 官员明确 2030 年期限，金融与关键基础设施行业需立即启动混合密码部署，否则面临合规风险 [22]。

## 07 编辑

### 编辑点评

本周最显著的趋势是“可信量子优势”从概念走向实际演示。IBM 联合团队不仅展示了超越经典模拟的结果，更配套了验证框架与公开电路库，这标志着量子计算正从“声称优势”进入“可审计优势”阶段。然而，误差缓解的标度性仍是软肋——当前演示依赖特定噪声模型，能否推广到更大系统仍存疑。硬件方面，控制电子学的微型化（HRL）和材料瓶颈的突破（Si/SiGe 谷劈裂）表明，工程化正在追赶物理指标，但多比特集成的均匀性仍是共同难题。产业端，国防与密码迁移的紧迫性正在重塑量子生态，初创公司需在技术突破与合规能力之间找到平衡。未来几周值得关注的是，IBM 的优势演示是否会引发其他超导团队的跟进或质疑，以及 NRL 的具体项目拨款是否落地。

### 参考资料

- [1] Biological Twins, Pothole-Filling Robots, and Animal Translators: CCC Visioning Improv at the CRA Summit

- [2] Key Organizations Developing Strategies in Quantum Finance, Risk Modeling, Portfolio Optimization, Cryptography, Q-Day

---

- [3] Classifying multipartite continuous-variable entanglement structures through data-augmented neural networks

---

- [4] IBM and Ecosystem Partners Demonstrate “Trusted Quantum Advantage” Beyond Classical Supercomputers

---

- [5] U.S. Naval Research Laboratory Outlines Strategic Quantum Research Priorities

---

- [6] Pusan National University and UNIST Demonstrate Hybrid Quantum Interconnect Benchmark

---

- [7] Density Uniqueness Proven for Non-Interacting Quantum Systems

---

- [8] Z Boson Decay Shows Both Decoherence and Entanglement Growth via PITT PACC

---

- [9] Chinese Academy of Sciences’ PQFA Cuts Multimodal Model Parameters by 10×

---

- [10] Quantum AI Automation Drives NetSfere’s Enterprise Control & Trust

---

- [11] AI Cuts Data Needed to Characterize Scalable Quantum Systems

---

- [12] S&P 500 Platform Validates NeuroThera’s Quantum Analytics

---

- [13] SEALSQ Chips Now Certified for Quantum-Safe Hardware Security

---

- [14] HRL Ribbon Cable Preserves Qubit States in Self-Controlling Processor

---

- [15]

Quantifiers and witnesses for the nonclassicality of measurements and of states

---

[16] How flowers shaped the world as we know it

---

[17] Chilean mummies reveal a lost lineage of smallpox

---

[18] Everyone alive may carry DNA from a 'ghost lineage' of human ancestors

---

[19] 3 charts show how extreme heat is costing us hours of lost sleep

---

[20] Spacecraft will swarm asteroid Apophis during fateful 2029 Earth flyby

---

[21] Booz Allen Backs the Search for Quantum's Next Breakout Company

---

[22] NIST's Andrew Regenscheid Explains the Transition to Post-Quantum Cryptography

---

[23] NRL Expands Quantum Research Efforts Across Sensing, Computing and Networking

---

[24] Pusan National University Researchers Have Developed a Hybrid Quantum Network with Indistinguishable Quantum Sources

---

[25] IBM and Qedma Demonstrate Error-Mitigated Quantum Simulation Beyond Classical Benchmarks

---

[26] Vexlum Opens UK Laboratory and Appoints Dr. Stefan Truppe to Lead Local Operations

---

[27] IBM and Algorithmiq Develop Framework for Verifying Quantum Computations Beyond Classical Simulation

---

[28] IEEE Study Demonstrates Full-Wave Simulation of Kerr Frequency Comb Generation

---

[29] Cleveland Clinic and IBM Researchers  
Create Quantum Machine Learning  
Framework to Predict Neoantigen Immune  
Response

[30] Researchers: AI Can Learn to Build  
Quantum Circuits For Drug Molecules,  
Cutting Design Time by Orders of Magnitude

[31] University of California Si/SiGe Qubits Hit 5  
meV Valley Splitting

---

## 量子研究内参

全部期数 · 周刊深度解析 · 每日快报 → [qbitbrief.com](https://qbitbrief.com)

FOR RESEARCH REFERENCE ONLY