

# IBM低温模块互连成功，2029年星脉量子计算机再近一步

57 篇 · 13 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 | 57      |
| 信息来源 | 13      |
| 阅读时长 | 约 13 分钟 |

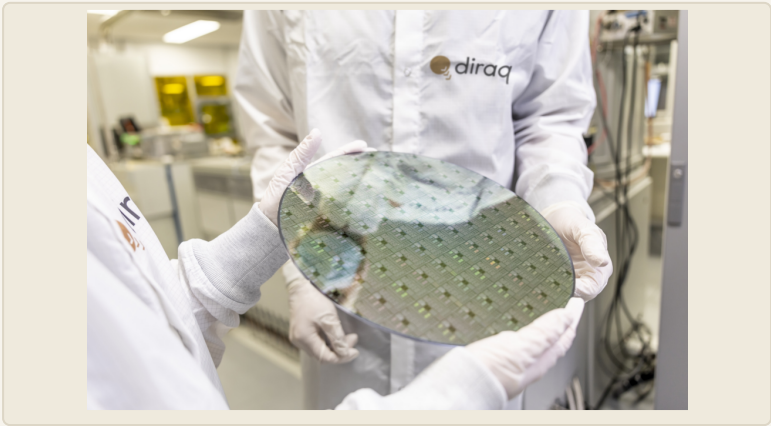
当前 S O T A

|        |        |
|--------|--------|
| 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



- IBM低温模块互连** IBM宣布首次完成模块化低温单元互连与协同冷却，为2029年星脉（Starling）容错量子计算机铺路<sup>[11]</sup>——标志超导路线向可扩展多芯片架构迈出关键一步。
- EigenQ 30亿美元SPAC合并** EigenQ与Silicon Valley Acquisition Corp.向SEC保密提交S-4注册声明草案，推进备考估值30亿美元的SPAC合并<sup>[9]</sup>——量子公司借壳上市潮持续，资本通道加速。
- Diraq在美国设立首个实验室** 硅自旋量子比特公司Diraq在芝加哥IQMP园区设立其在美国的首个

研发测量实验室<sup>[10]</sup>——澳大利亚量子初创向美国制造生态靠拢，加速工程化。

## 02 硬件

### 硬件前沿



#### 超导量子

IBM宣布首次将两个模块化低温单元互连并协同冷却，在纽约波基普西完成，目标2029年交付容错量子计算机星脉<sup>[11]</sup>。这是IBM首次展示多芯片低温互连的硬件可行性，此前单个稀释制冷机容纳比特数有限，模块化互连是扩展超导量子处理器的必经门槛；IBM选择多模块路线，旨在绕开单芯片良率与布线瓶颈。若2029年里程碑达成，IBM将按计划交付其容错量子计算机；但IBM尚未公布互连后的比特保真度与串扰数据，距离实用化仍有不小距离。

#### 超导材料与工艺

康奈尔大学Valla Fatemi团队将钽基超导量子比特的沉积温度降至200°C，在磁控溅射中以氩气替代标准氙气，成果发表于Nature Materials<sup>[8]</sup>。来源称该

低温工艺解决了超导量子处理单元（QPU）的一项主要制造瓶颈；这使钽基超导量子比特有机会用于更大规模的集成制造。若该工艺在代工厂验证，超导量子处理器的可制造性将显著提升，但钽基比特的TLS（两能级缺陷）波动仍是保真度上限。

## 光子学

集成光子回路实现可编程光谱滤波，波长抑制对比度最高达40dB<sup>[17]</sup>。这是前馈光子网格在片上实现高对比度滤波的进展，对光子量子计算中的模式清理与频率复用至关重要。PsiQuantum、Xanadu等光子路线公司可借此改进光子态制备纯度，但距离实用化还需端到端损耗预算与条件保真度的全链路验证。

## 拓扑与材料

韩国研究人员在拓扑绝缘体纳米线中识别出“拍”信号的来源<sup>[42]</sup>。该工作澄清了拓扑绝缘体纳米线输运测量中常见振荡信号的物理机制，为区分拓扑表面态与平庸体态提供了判据；这有助于拓扑量子比特的材料表征，但拓扑量子比特本身仍处于早期阶段，微软等公司的路线尚未展示可扩展的量子操作。

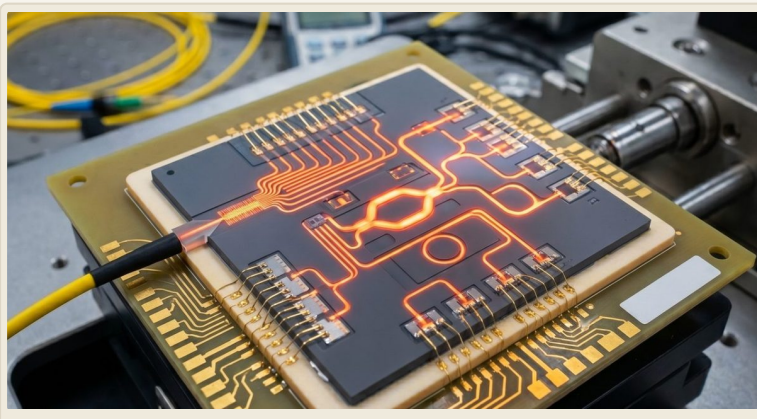
## 量子热管理

新研究展示量子晶体管可控制电路中的热流，比较了谐振子、transmon和Kerr环境<sup>[13]</sup>。这在量子电路层面比较了不同非线性环境对热流调控的影响，

为量子热管理器件设计提供了参考；短期影响限于学术圈，但长期可为量子处理器散热提供新思路。

### 03 算法

## 算法与软件



### 量子纠错与逻辑门

研究人员提出级联辛双码（concatenated symplectic double codes），实现简单逻辑量子计算<sup>[26]</sup>。该码族拥有丰富的逻辑门集合，其中大量逻辑门仅需物理单比特门与比特重标记即可实现，降低了容错逻辑操作的复杂度；相比表面码的横向门限制，辛双码为逻辑Clifford门提供更高效实现。若实验验证，可减少逻辑量子比特的物理开销，但当前该工作仍停留在编码构造与协议层面。

### 量子控制优化

PEPRino算法用于高保真多比特控制协议，在双比特系统中收敛速度超过Chopped Random Basis方法，且无需超参数<sup>[16]</sup>。该算法基于响应理论实现无超参数的量子控制优化，避免手动调参；对量子

门工程与脉冲设计有直接价值，可加速高保真门校准，但来源未披露其在真实硬件上的验证情况。

## 量子电路编译

研究人员利用大语言模型自动生成的编译器为复杂离子阱架构生成穿梭代码，穿梭时间步最多减少76%，完整编译器代码此前需数月人工设计、现在数天即可完成，密集连接架构中关键操作时间降低10倍<sup>[15]</sup>。这将生成式编程用于离子阱穿梭时序优化，缓解了多离子阱分段架构中人工设计不现实的瓶颈；IonQ、Quantinuum等QCCD架构公司可受益，降低编译器开发开销并提升电路执行效率。

## 量子模拟算法

新工作展示强酉设计可在对数深度内构造，仅使用原始系统比特<sup>[18]</sup>。此前实现强酉设计需要更高的电路复杂度或额外比特，对数深度是理论最优，为量子置乱、随机基准测试和算法设计提供了高效工具；该结果为理论突破，实验实现仍需高保真门支撑。

## 开放量子系统模拟

Wigner动力学的有限维约化方法实现精确量子动力学模拟，减少所需维度<sup>[25]</sup>。这为开放量子系统的数值模拟提供了可扩展途径，避免全密度矩阵的指数开销；对量子耗散、量子热力学等研究有直接帮助，但方法适用范围有待进一步界定。

## 量子相位估计

使用三个控制比特的量子相位估计达到最优置信区间<sup>[28]</sup>。该方案仅用三个控制比特，其最优置信区间由离散扁球序列给出，并给出了更高效的态制备方式，降低了对辅助比特的需求；对量子化学模拟中的基态能量估计有实际意义，可减少资源开销。

## 04 产业

### 产业与生态

The logo for EigenQ, featuring the word "EigenQ" in a blue serif font, followed by a blue greater-than sign ">".

## 上市与融资

EigenQ与Silicon Valley Acquisition Corp.向SEC保密提交S-4注册声明草案，推进备考估值30亿美元的SPAC合并<sup>[9]</sup>。该合并尚处监管申报阶段，若最终完成，EigenQ将成为继IonQ、Rigetti之后又一家通过SPAC登陆公开市场的量子计算公司，30亿美元备考估值在纯量子计算公司中处于高位；届时EigenQ将获得公开市场融资渠道，但需面对SPAC上市后普遍存在的股价波动与流动性风险。

## 政府投资

Innovate UK将投资最高1430万英镑用于量子传感与定位导航授时（PNT）项目，覆盖医疗、交通等领域<sup>[21]</sup>。这是英国国家量子战略的又一落地，重点扶持量子传感而非计算，反映量子技术实用化从计算扩展到传感；对英国量子初创公司是直接利好，但来源未披露具体的资金拨付时间表。

## 公司扩张

Diraq在芝加哥IQMP园区开设其在美国的首个研发测量实验室<sup>[10]</sup>。Diraq总部位于悉尼，专注硅自旋量子比特，此举使其更接近美国量子制造生态与潜在客户；芝加哥正成为美国中西部量子枢纽，Diraq加入有助于获取人才与代工资源，但硅自旋路线在比特数上仍落后于超导和离子阱。

## 量子传感应用

Ideon Technologies加入激光驱动 $\mu$ 子成像联盟<sup>[43]</sup>。 $\mu$ 子成像可用于地质勘探与基础设施检测，激光驱动 $\mu$ 子源是新兴技术，可降低对大型加速器的依赖；该联盟当前目标是尝试全球首个完全由激光驱动的高分辨率 $\mu$ 子成像实验，来源未给出商业化时间判断。

## 图像传感

Singular Photonics获得215万美元融资，开发基于SPAD的量子增强图像传感器<sup>[24]</sup>。SPAD（单光子雪崩二极管）阵列在弱光成像、激光雷达等领域有



广泛应用，量子增强可提升灵敏度与噪声性能；该融资规模较小，属早期技术验证阶段。

05 学术

学术前沿



量子纠缠度量

新工作提出利用部分转置与重排矩量化混合态纠缠[27]。该方法为多体混合系统中的纠缠度量提供了可实验测量的下界，避免全态层析；对量子多体物理和量子信息处理中的纠缠验证有实用价值，但实验实现需高效测量方案。

机械压缩

通过反馈控制实现机械压缩，发表于npj Quantum Information[7]。这是机械振子压缩态的反馈控制新方案；该工作为量子精密测量和量子换能器提供新工具，但压缩度与稳定性仍需提升。



## 分子量子态环路

双碱金属分子中优化态网络，识别出4个态的闭合环路，泄漏最小化<sup>[12]</sup>。这为分子量子比特的态制备与操作提供了更稳健的路径，减少退相干泄漏；分子量子计算仍处于早期，该工作的贡献集中在把态环路中的布居泄漏降到最低。

## 锆空穴自旋

利用锆中“轻空穴”的强自旋轨道相互作用提升自旋量子比特的电控能力<sup>[14]</sup>。这为锆基自旋量子比特提供了更快的电控门操作途径；但来源未给出与硅基自旋比特在相干时间等指标上的对比，实际收益仍需材料工程上的进一步验证。

## 非周期性热化

科罗拉多团队将非周期性与快速热化联系起来，提供有限时间尺度的可计算预测<sup>[20]</sup>。该理论框架超越了传统无限时间热化描述，对复杂量子系统的热化行为给出更强约束；对量子模拟器和量子多体物理研究有指导意义，但实验验证尚待进行。

## 毫电荷粒子探测

费米实验室、斯坦福大学和特拉华大学的研究表明，最古老的精密实验之一可用于搜索毫电荷粒子<sup>[1]</sup>。研究者表明这一经典精密测量装置也可用于搜寻毫电荷粒子，为暗物质候选粒子提供新探测途径；若实验灵敏度达到预期，可能对粒子物理标准模型之外的新物理给出约束。

## 量子相变机制

MIT物理学家发现同一量子材料中两种电子相通过不同机制出现，一种平滑演化，另一种以类似冰晶生长的扩展口袋形式出现<sup>[29]</sup>。这解释了超导与磁性等奇异性质如何共存，为量子材料设计提供新视角；该发现属基础研究，对量子器件材料选择有长期影响。

## 量子热机

巴塞尔大学研究者开发理论框架，使量子物理与热力学在微观“光引擎”中更好一致<sup>[30]</sup>。该工作澄清了量子尺度下废热中可用能量的定义，为量子热机效率优化提供理论基础；短期无直接应用，但为量子热力学实验设计提供指导。

## 光子时序

超导纳米线单光子探测器（SNSPD）实现皮秒级时间抖动<sup>[23]</sup>。这是SNSPD时序性能的最新进展，皮秒级抖动可提升量子信息处理中的光子符合测量精度；对光子量子计算和量子通信中的时间同步至关重要，但探测器阵列的均匀性与产率仍是瓶颈。

## 量子比特屏蔽

QTREX将3D打印绝缘部件转化为类石墨烯碳，用作杂散光子吸收器，提升量子比特寿命<sup>[19]</sup>。这是3D打印材料在量子器件屏蔽中的创新应用，可降低杂散光引起的退相干；该方法成本低、可定制，但屏蔽效果需在不同量子比特平台上验证。

## 今日影响



- 1 超导量子计算路线信心增强：**IBM低温模块互连成功<sup>[11]</sup>表明多芯片超导架构可行，投资者对IBM 2029年星脉计划的信心可能上升，但需关注后续保真度数据。
- 2 量子公司上市通道再开：**EigenQ SPAC合并推进<sup>[9]</sup>为其他量子初创提供上市模板，但30亿美元估值能否被二级市场接受存疑，未来6个月内SEC审核进展是关键。
- 3 硅自旋路线加速美国布局：**Diraq芝加哥实验室<sup>[10]</sup>将硅自旋量子比特带入美国中西部制造生态，可能吸引更多代工厂合作，但该路线比特数仍落后，需观察其后续的比特数扩展能力。
- 4 量子传感获得实质资金：**Innovate UK 1430万英镑投资<sup>[21]</sup>将直接推动英国量子PNT与医疗传感原型开发，相关初创公司未来一年内可能推出可测试产品。
- 5 量子算法工具链优化：**离子阱穿梭编译器的人工开发周期从数月降至数天、穿梭时间步最多减少

76% <sup>[15]</sup>，IonQ与Quantinuum用户可能在未来6个月内体验到电路执行效率提升。

---

## 07 编辑

### 编辑点评

今日新闻透露出量子计算产业的一个关键转折：竞争焦点正从单比特性能转向系统工程能力。IBM低温模块互连、Diraq美国实验室、以及离子阱编译器开发周期大幅缩短，都指向同一个事实——量子计算机正在从实验室装置变成需要制造、集成、软件优化的复杂系统。超导路线长期受制于单个稀释制冷机的容量上限，但IBM的模块化方案若成功，将重新定义“可扩展”的含义：不是在一个芯片上塞更多比特，而是让多个芯片像一个系统那样工作。

资本层面，EigenQ的SPAC合并提醒我们，量子公司上市窗口并未关闭，但市场对估值的审视会更加严格。30亿美元估值对应的是尚未盈利、技术路线尚未收敛的公司，这需要投资者具备超常的耐心。与此同时，政府资金继续流向量子传感而非量子计算，说明政策制定者更看重近期可落地的应用。这种“计算热、传感实”的格局可能会持续至少两年，直到某个量子计算公司展示出明确的容错优势。

---

### 参考资料

[1] Centuries-old physics test could help detect millicharged particles

[2] Data Center Dave McCormick - Perils Of Being Early

- [3] The World's Leading Quantum Chemistry Clusters & Quantum Life Science Clusters
- [4] Distributed Borg Drone Computing
- [5] IonQ | A Platform Solution to the Deep Trotter Dilemma: Improving Quantum Chemistry Simulations
- [6] Securing wireless communication in next-generation devices
- [7] Mechanical squeezing via feedback control
- [8] Cornell Researchers Lower Tantalum Qubit Deposition Temperature to 200°C Using Krypton Gas Sputtering
- [9] EigenQ and Silicon Valley Acquisition Corp. Advance \$3B SPAC Merger via Form S-4 Submission
- [10] Allot Leads Founding Industry and Academic Consortium to Launch Israeli Post-Quantum Communications Initiative
- [11] Diraq Establishes First US Quantum Laboratory at Chicago's IQMP On-Ramp Hub
- [12] IBM Links Modular Cryogenic Cells to Scale Multi-Chip Architectures for 2029 Starling Quantum Computer
- [13] Researchers limit leakage from molecule quantum state loops
- [14] Quantum transistors manage heat flow in circuits, study finds
- [15] Germanium's "light holes" boost spin qubit potential
- [16] Researchers Generate LLM-Compiled Shuttling Code for Complex Trapped-Ion Architectures
- [17] Researchers Propose PEPRino Algorithm for High-Fidelity Multi-Qubit Control Protocols
- [18] Photonic mesh rejects wavelengths with up to 40dB contrast
- [19] Researchers Build Strong Quantum Designs in Logarithmic Depth
- [20] QTREX turns 3D-printed parts into graphene for qubit shielding
- [21] Colorado Team Links Aperiodicity to Rapid Thermalization
- [22] Senators push bill QED-C says will shield power grid from quantum hacking
- [23] Innovate UK to invest up to £14.3M in quantum sensing & PNT projects
- [24] \$20M NSF grant funds AI-powered materials science at SUNY Poly
- [25] Better photon timing could speed up quantum information processing
- [26] Singular Photonics gains \$2.15M for quantum-enhanced image sensors
- [27] Exact quantum dynamics now possible with fewer dimensions
- [28] Simple logical quantum computation with concatenated symplectic double codes
- [29] Quantifying mixed-state entanglement via

partial transpose and  
realignment moments

- [30] Quantum phase estimation with optimal confidence interval using three control qubits
- [31] MIT physicists discover electrons rebuilding like ice inside a quantum material
- [32] Tiny quantum engines reveal useful energy hiding in “waste heat”
- [33] NASA calls off rescue mission for its falling Swift space telescope
- [34] Moderna and Merck announce ‘landmark’ trial showing mRNA therapy significantly cuts odds of recurrent skin cancer
- [35] Some microbes could survive on the moon—that’s a big problem for NASA
- [36] The Milky Way’s Fastest Star Could Expose Our Black Hole’s Spin
- [37] China successfully lands its Zhuque-3 rocket, rivaling Blue Origin and SpaceX
- [38] ‘Mini brains’ kept alive for years appear to age like real brains
- [39] Trump to nominate White House aide Heidi Overton to head FDA
- [40] How psilocybin alters consciousness to create a sense of ‘oneness’
- [41] Supercentenarians have a cellular superpower
- [42] NASA images reveal 60-foot-wide crater on moon left by SpaceX rocket

- [43] How generative AI is reshaping creativity, and what it means for artists
- [44] Diraq Opens First U.S. Quantum Laboratory in Chicago
- [45] Korean Researchers Identifies Cause of ‘Beat’ Signal in Topological Insulator Nanowires
- [46] EigenQ and Silicon Valley Acquisition Corp Submit Draft S-4 for Proposed Business Combination
- [47] IBM Connects Two Modular Cryogenic Systems for Quantum Computing
- [48] Ideon Technologies Joins Consortium for Laser-Driven Muon Imaging
- [49] Allot Leads New Consortium Focused on Post-Quantum Communications
- [50] New Tantalum Process Could Ease Manufacturing of Superconducting Quantum Chips
- [51] IonQ and CMC Microsystems Announce Collaboration to Expand Cloud Quantum Computing Access in Canada
- [52] The Conversation: The Global Race to Make a Practical Quantum Computer Just Took a Big Leap Forward
- [53] Infleqtion Plans 2027 Colorado Field Test of Quantum Gravity Gradiometry
- [54] Texas Quantum Partners and Samara Launch Occam Foundry in Austin



- [55] Eclipses Partners with Sterling to Deploy Payload-Level Post-Quantum Cryptography across Federal Systems
- [56] Inflection Opens Global Headquarters in Colorado and Announces 2027

Quantum Sensing Mineral Field Test

- [57] Quantinuum Secures \$1.5M in City and State LEDA Funding to Expand R&D Center in Albuquerque

---

## 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

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。