“九章四号”建立国际最强“量子计算优越性”

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/39730.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

“九章四号”建立国际最强“量子计算优越性”。中国科学技术大学（以下简称中国科大）教授潘建伟、陆朝阳、张强、刘乃乐等，联合济南量子技术研究院、山西大学、清华大学、上海人工智能实验室、崂山实验室、国家并行计算机工程技术研究中心等单位，成功研制出1024个量子压缩态输入8176模式的可编程量子计算原型机九章四号，首次操纵和探测高达3050个光子的量子态。九章四号被应用于高效求解高斯玻色采样任务，其计算速度相比当前全球最快的超级计算机El Capitan快1054倍（即量子优势比为1054），成功建立了国际上最强的量子计算优越性。论文于北京时间5月13日发表于国际权威学术期刊《自然》。



九章四号量子计算原型机 摄影：胡毅洋

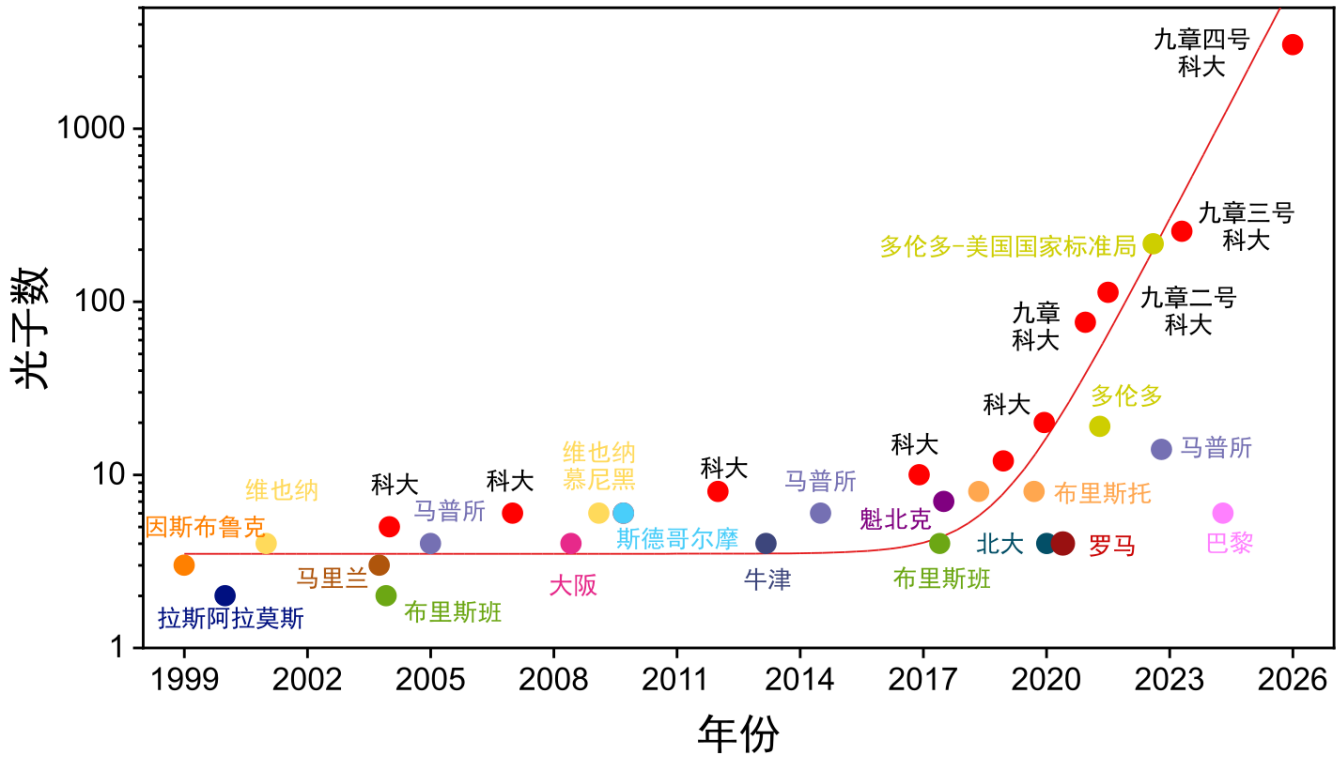
量子计算利用量子叠加与纠缠特性，在特定问题上实现远超经典计算机的处理能力。量子计算优越性指的是量子计算机在某个明确定义的数学问题上超越现有最强超级计算机。它不仅验证了量

子力学的计算潜能，也为检验扩展的丘奇—图灵论题提供了实验平台，更为后续容错量子计算机的研制积累必要的可扩展调控技术。量子计算优越性是量子计算具备应用价值的前提条件，也是当前一个国家量子计算研究实力的直接体现。

在这一全球竞争中，2019年，谷歌联合加州大学推出53比特超导处理器悬铃木，率先宣称实现优越性。然而，中国科大和上海人工智能实验室的科学家联合团队随后通过创新经典算法，将同一任务在超算上的求解时间从一万年压缩至数十秒，同时在能耗上少15倍，全面打破了谷歌2019年的量子霸权宣称，重新定义了量子计算优越性的边界。

2020年，中国科大团队成功研制76光子的九章光量子计算原型机，在国际上首次在光学体系中实现量子计算优越性，量子优势比为105，同时克服了谷歌方案中依赖样本数量的漏洞。次年，中国科大团队将光子数提升至113，推出可相位编程的九章二号，量子优势比达到1010；同时，中国科大团队56比特超导原型机祖冲之二号也宣告成功，使得中国成为全球唯一在两条技术路线上均达到量子计算优越性的国家。2023年，九章三号再将光子数刷新至255，量子优势比进一步提升到1016，持续保持领先。

国际方面，加拿大Xanadu公司联合美国国家标准与技术研究院，采用与九章相同的高斯玻色采样技术，于2022年发布了216光子的北极光处理器，成为国际上第二个实现光学体系量子计算优越性的团队。

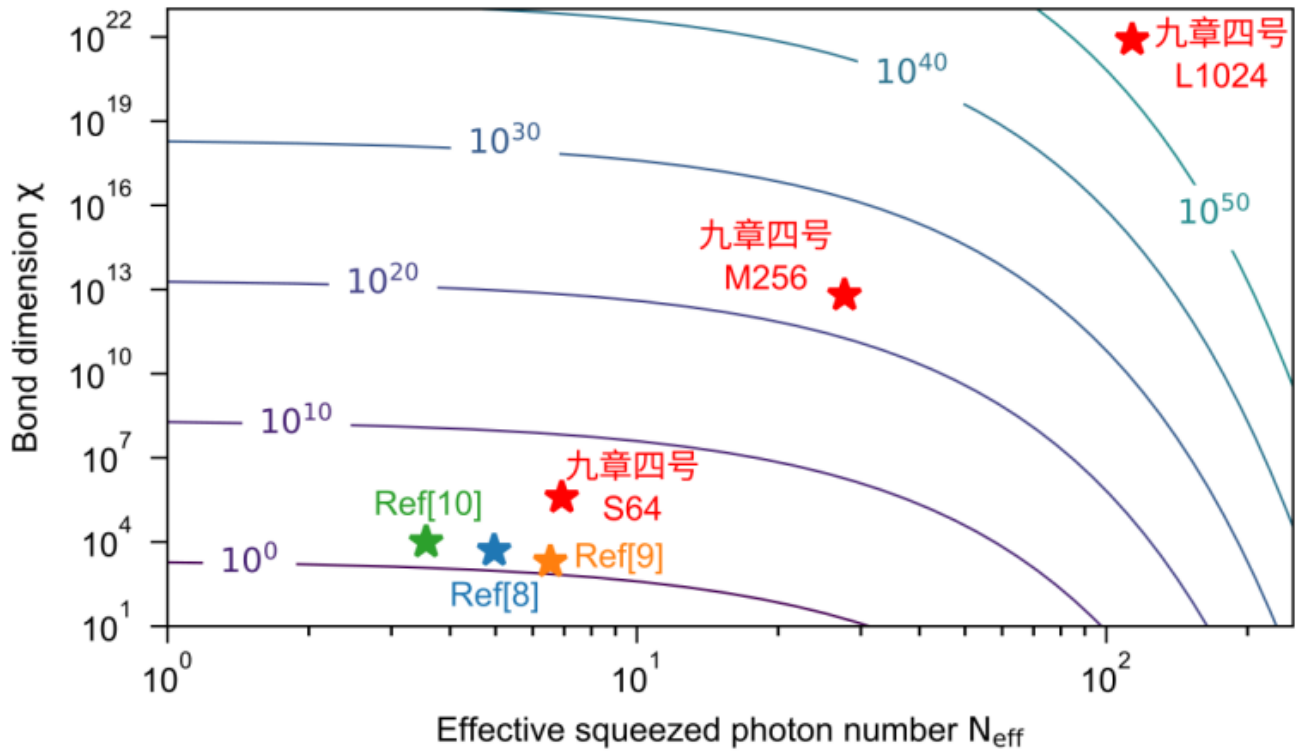


光量子计算的国际竞争态势 中国科大供图

九章系列专用量子计算原型机所执行的高斯玻色采样任务，不仅是展示量子计算优越性的重要模型，还可用于生成容错量子计算所需的玻色纠错码及大规模量子纠缠簇态。然而，在开发大规模量子处理器的过程中，由于编码线路日益庞大复杂，不可避免的光子损耗一直严重制约着系统的可扩展性。

针对这一问题，研究团队研发了高效率的光参量振荡器光源和时空混合编码干涉仪，将1024个高效率压缩态光场集成到一个时空混合编码的8176模式线路中，实现了92%的光源效率和51%的系统总效率。该时空混合编码架构实现了连接度的立方级扩展，使得系统能够在102461维的巨大希尔伯特空间中进行采样。这一系列创新使研究团队获得了对高达3050个光子的操纵和探测能力，比之前最好结果提升超过10倍。

团队将实验结果与当前所有最先进的经典模拟方法进行了对比基准测试，特别是针对利用光子损耗而设计的矩阵乘积态算法。结果表明，九章四号生成一个样本仅需25微秒，而使用目前世界上最强大的超级计算机El Capitan和目前最好的经典算法，需要超过1042年的时间，量子优势比达到1054量级。九章四号成果代表了低损耗光量子处理器在规模和复杂度上的重大飞跃，进一步巩固了我国在光量子计算领域的世界领先地位。



九章四号相对目前最快超级计算机的加速比 中国科大供图

论文共同第一作者为刘华亮、粟昊、邓宇皓、龚思秋，研究工作得到国家重大科技专项、国家自然科学基金委、科技部、中国科学院、安徽省、上海市、山西省和新基石基金会等的支持。（来源：中国科学报 陈欢欢）

相关论文信息：https://www.nature.com/articles/s41586-026-10523-6

作者：潘建伟等 来源：《自然》

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发