

中国科学家实现“量子计算优越性”里程碑

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/11966.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！

[video:20201204我国科学家实现“量子计算优越性”：拥有并行计算能力计算速度指数级增加]

中国科学技术大学潘建伟、陆朝阳等组成的研究团队与中国科学院上海微系统与信息技术研究所、国家并行计算机工程技术研究中心合作，构建了76个光子的量子计算原型机“九章”，实现了具有实用前景的“高斯玻色取样”任务的快速求解。根据现有理论，该量子计算系统处理高斯玻色取样的速度比目前最快的超级计算机快一百万亿倍（“九章”一分钟完成的任务，超级计算机需要一亿年）。等效地，其速度比去年谷歌发布的53个超导比特量子计算原型机“悬铃木”快一百亿倍。这一成果使得我国成功达到了量子计算研究的第一个里程碑：量子计算优越性（国外也称之为“量子霸权”）。相关论文于12月4日在线发表在《科学》上。

量子计算机在原理上具有超快的并行计算能力，可望通过特定算法在一些具有重大社会和经济价值的问题方面（如密码破译、大数据优化、材料设计、药物分析等）相比经典计算机实现指数级别的加速。当前，研制量子计算机已成为世界科技前沿的最大挑战之一，成为欧美各发达国家角逐的焦点。对于量子计算机的研究，本领域的国际同行公认有三个指标性的发展阶段：一，发展具备50-100个量子比特的高精度专用量子计算机，对于一些超级计算机无法解决的高复杂度特定问题实现高效求解，实现计算科学中“量子计算优越性”的里程碑。二，通过对规模化多体量子体系的精确制备、操控与探测，研制可相干操纵数百个量子比特的量子模拟机，用于解决若干超级计算机无法胜任的具有重大实用价值的问题（如量子化学、新材料设计、优化算法等）。三，通过积累在专用量子计算与模拟机的研制过程中发展起来的各种技术，提高量子比特的操纵精度使之达到能超越量子计算苛刻的容错阈值（>99.9%），大幅度提高可集成的量子比特数目（百万量级），实现容错量子逻辑门，研制可编程的通用量子计算原型机。

潘建伟团队一直在光量子信息处理方面处于国际领先水平。2017年，该团队构建了世界首台超越早期经典计算机（ENIAC）的光量子计算原型机。2019年，团队进一步研制了确定性偏振、高纯度、高全同性和高效率的国际最高性能单光子源，实现了20光子输入60模式干涉线路的玻色取样，输出复杂度相当于48个量子比特的希尔伯特态空间，逼近了“量子计算优越性”。

近期，该团队通过自主研发同时具备高效率、高全同性、极高亮度和大规模扩展能力的量子光源，同时满足相位稳定、全连通随机矩阵、波包重合度优于99.5%、通过率优于98%的100模式干涉线路，相对光程 10^{-9}

以内的锁相精度，高效率100通道超导纳米线单光子探测器，成功构建了76个光子100个模式的高斯玻色取样量子计算原型机“九章”（命名为“九章”是为了纪念中国古代最早的数学专著《九章算术》）。

根据目前最优的经典算法，“九章”对于处理高斯玻色取样的速度比目前世界排名第一的超级计算机“富岳”快一百万亿倍，等效地比谷歌去年发布的53比特量子计算原型机“悬铃木”快一亿倍。同时，通过高斯玻色取样证明的量子计算优越性不依赖于样本数量，克服了谷歌53比特随

机
线路

取样实验

中量子优越性依赖

于样本数量的漏洞。“九章”输出量

子态空间规模达到了 10^{30}

（“悬铃木”输出量子态空间规模是 10^{16}

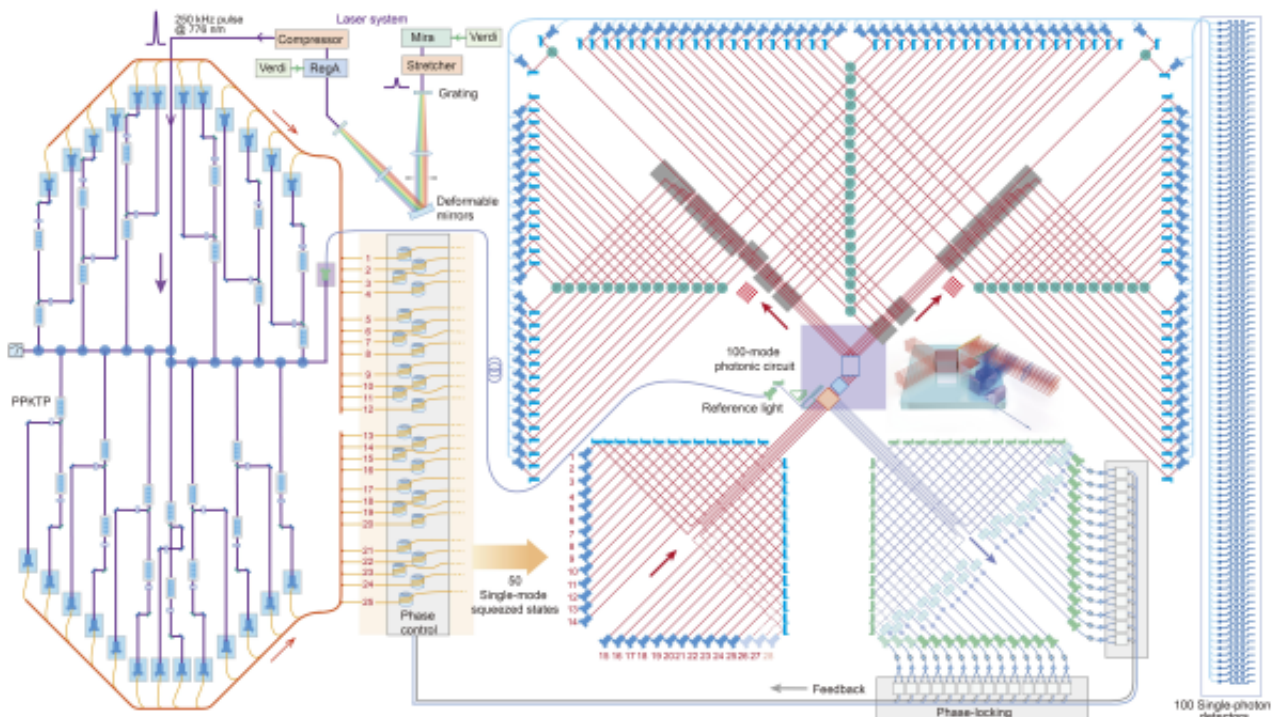
，目前全世界的存储容量是 10^{22}

）。该成果牢固确立了我国在国际量子计算研究中的第一方阵地位，为未来实现可解决具有重大实用价值问题的规模化量子模拟机奠定了技术基础。此外，基于“九章号”量子计算原型机的高斯玻色取样算法在图论、机器学习、量子化学等领域具有潜在应用，将是后续发展的重要方向。

《科学》杂志审稿人评价该工作是“一个最先进的实验”（a state-of-the-art experiment），“一个重大成就”（a major achievement）。研究人员希望该工作能够激发更多的经典算法模拟方面的工作，也预计将来会有提升的空间。量子优越性实验并不是一个一蹴而就的工作，而是更快的经典算法和不断提升的量子计算硬件之间的竞争，但最终量子并行性会产生经典计算机无法企及的算力。

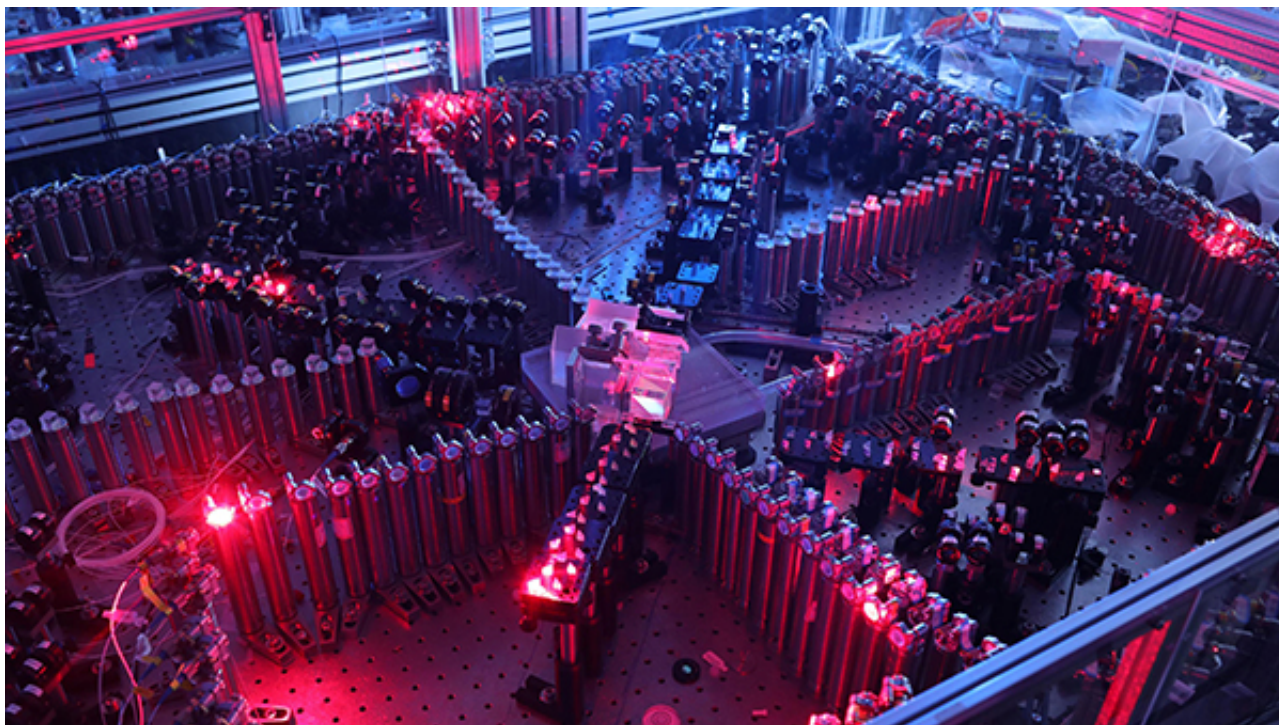
上述项目得到中科院、安徽省、科技部、上海市和国家自然科学基金委的支持。

[论文链接](#)

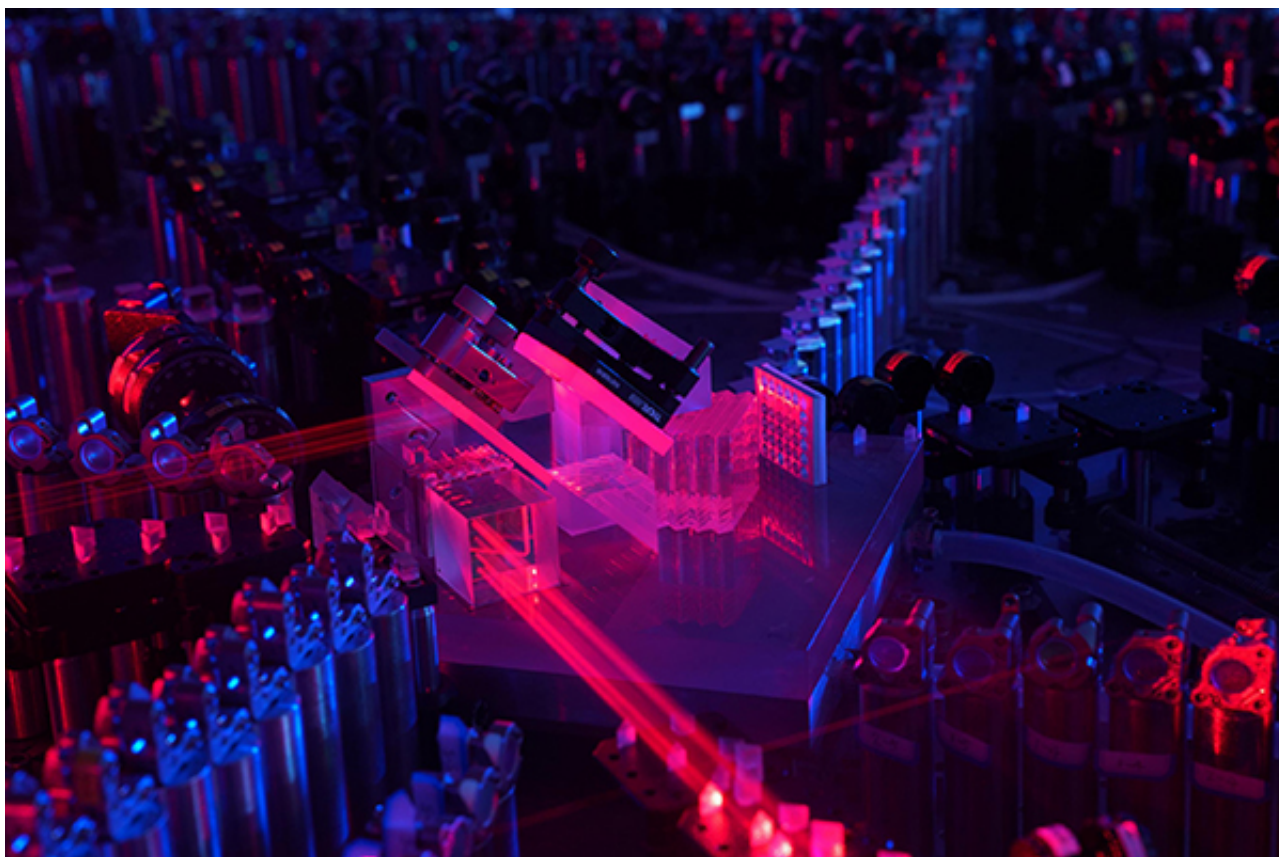


“九章”量子计算原型机光路系统原理图：左上方激光系统产生高峰值功率飞秒脉冲；左方25个光源通过参量下转换过程产生50路单模压缩态输入到右方100模式光量子干涉网络；最后利用100

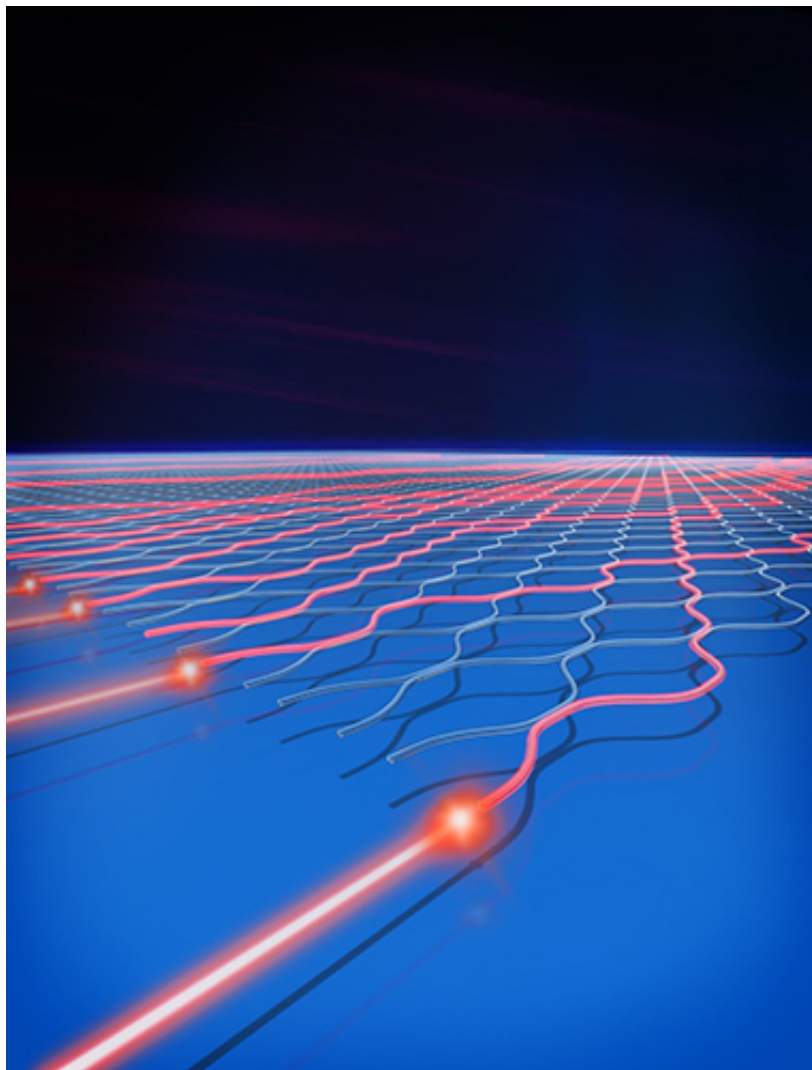
个高效率超导单光子探测器对干涉仪输出光量子态进行探测。



光量子干涉实物图：左下方为输入光学部分，右下方为锁相光路，上方共输出100个光学模式，分别通过低损耗单模光纤与100超导单光子探测器连接。



100模式相位稳定干涉仪：光量子干涉装置集成在20 cm*20 cm的超低膨胀稳定衬底玻璃上，用于实现50路单模压缩态间的两两干涉，并高精度地锁定任意两路光束间的相位。



光量子干涉示意图

研究团队单位：中国科学技术大学 上海微系统与信息技术研究所

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](https://www.iikx.com)转发