

# 中国造的这台光量子计算机，到底厉害在什么地方？

2017-05-03 新智元 1510评

潘建伟说，这是历史上第一台超越早期经典计算机的基于单光子的量子模拟机，为最终实现超越经典计算能力的量子计算奠定了基础。

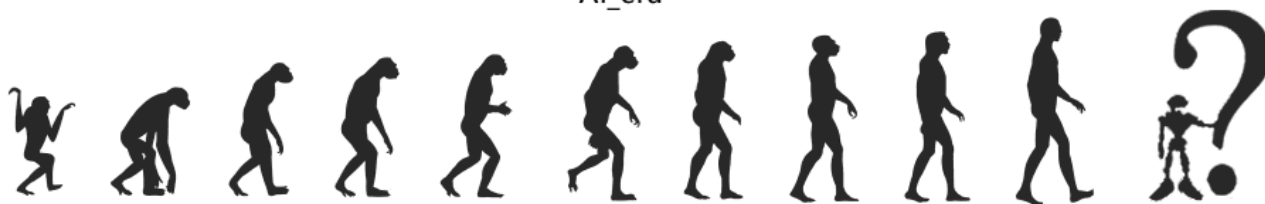
## 新智元报道

作者：弗格森 文强

**【新智元导读】**5月3日，科技界迎来了一则重磅消息：世界上第一台超越早期经典计算机的光量子计算机诞生。这个“世界首台”是货真价实的“中国造”，属中国科学技术大学潘建伟教授及其同事陆朝阳、朱晓波等，联合浙江大学王浩华教授研究组攻关突破的成果，在基于光子和超导体系的量子计算机研究方面取得了两项重大突破性进展。相关成果发表在《自然光子学》（Nature Photonics）上。新智元第一时间查阅了论文并带来详细介绍。



点击右上角  
分享文章到朋友圈  
欢迎关注公众号  
AI\_era



5月3日，科技界迎来了一则重磅消息：世界上第一台超越早期经典计算机的光量子计算机诞生。中国科学院5月3日在上海举行新闻发布会，对外发布了这一消息，这个“世界首台”是货真价实的“中国造”，属中国科学技术大学潘建伟教授及其同事陆朝阳、朱晓波等，联合浙江大学王浩华教授研究组攻关突破的成果。

量子计算机是指利用量子相干叠加原理，理论上具有超快的并行计算和模拟能力的计算机。曾有人打过一个比方：如果现在传统计算机的速度是自行车，量子计算机的速度就好比飞机。例如，一台操纵50个微观粒子的量子计算机，对特定问题的处理能力可超过目前最快的“神威·太湖之光”超级计算机。

多粒子纠缠的操纵作为量子计算的技术制高点，一直是国际角逐的焦点。在光子体系，潘建伟团队在国际上率先实现了五光子、六光子、八光子和十光子纠缠，一直保持着国际领先水平。

在超导体系，2015年，谷歌、美国航天航空局和加州大学圣芭芭拉分校宣布实现了9个超导量子比特的高精度操纵。这个记录在2017年被中国科学家团队打破。

此前，潘建伟、朱晓波、王浩华等自主研发了10比特超导量子线路样品，通过发展全局纠缠操作，成功实现了目前世界上最大数目的超导量子比特的纠缠和完整的测量。进一步，研究团队利用超导量子线路演示了求解线性方程组的量子算法，证明了通过量子计算的并行性加速求解线性方程组的可行性。相关成果即将发表于国际权威期刊《物理评论快报》。

在光量子计算方面，潘建伟、陆朝阳等利用自主发展的综合性能国际最优的量子点单光子源，并通过电控可编程的光量子线路，构建了针对多光子“玻色取样”任务的光量子计算原型机。

实验测试表明，该原型机的取样速度不仅比国际同行类似的实验加快至少24000倍，同时，通过和经典算法比较，也比人类历史上第一台电子管计算机(ENIAC)和第一台晶体管计算机(TRANIAC)运行速度快10-100倍。

潘建伟说，这是历史上第一台超越早期经典计算机的基于单光子的量子模拟机，为最终实现超越经典计算能力的量子计算奠定了基础。

5月1日，该研究成果以长文的形式在线发表于《自然光子学》。

论文：高效多光子玻色取样

nature  
photonics

ARTICLES

PUBLISHED ONLINE: 1 MAY 2017 | DOI: 10.1038/NPHOTON.2017.63

## High-efficiency multiphoton boson sampling

Hui Wang<sup>1,2†</sup>, Yu He<sup>1,2†</sup>, Yu-Huai Li<sup>1,2†</sup>, Zu-En Su<sup>1,2</sup>, Bo Li<sup>1,2</sup>, He-Liang Huang<sup>1,2</sup>, Xing Ding<sup>1,2</sup>, Ming-Cheng Chen<sup>1,2</sup>, Chang Liu<sup>1,2</sup>, Jian Qin<sup>1,2</sup>, Jin-Peng Li<sup>1,2</sup>, Yu-Ming He<sup>1,2,3</sup>, Christian Schneider<sup>3</sup>, Martin Kamp<sup>3</sup>, Cheng-Zhi Peng<sup>1,2</sup>, Sven Höfling<sup>1,3,4</sup>, Chao-Yang Lu<sup>1,2\*</sup> and Jian-Wei Pan<sup>1,2\*</sup>

论文摘要：

在传统的计算机上实现“量子计算霸权”（Quantum computational supremacy）时，玻色取样这一方法通常会得到非常高度的推荐。

然而，由于单光子源和多端口光学干涉仪效率不高，以前的原理验证实验受到小光子数和低采样率的影响。

在这里，我们开发了两个用于高性能玻色取样的核心组件：具有99%传输速率的强大多光子干涉仪，以及基于量子点 - 微柱并且同时具有高效率的，纯粹的和不可区分性的主动解复用单光子源。

我们部署和验证了三光子，四光子和五光子玻色子采样，并分别实现了4.96 kHz，151 Hz和4 Hz的采样率，比以前的实验快了24,000倍。我们的架构可以扩大到更多数量的光子，并具有较高的采样率，能够与传统的计算机竞争，并可能为扩展的Church-Turing论文提供实验证据。

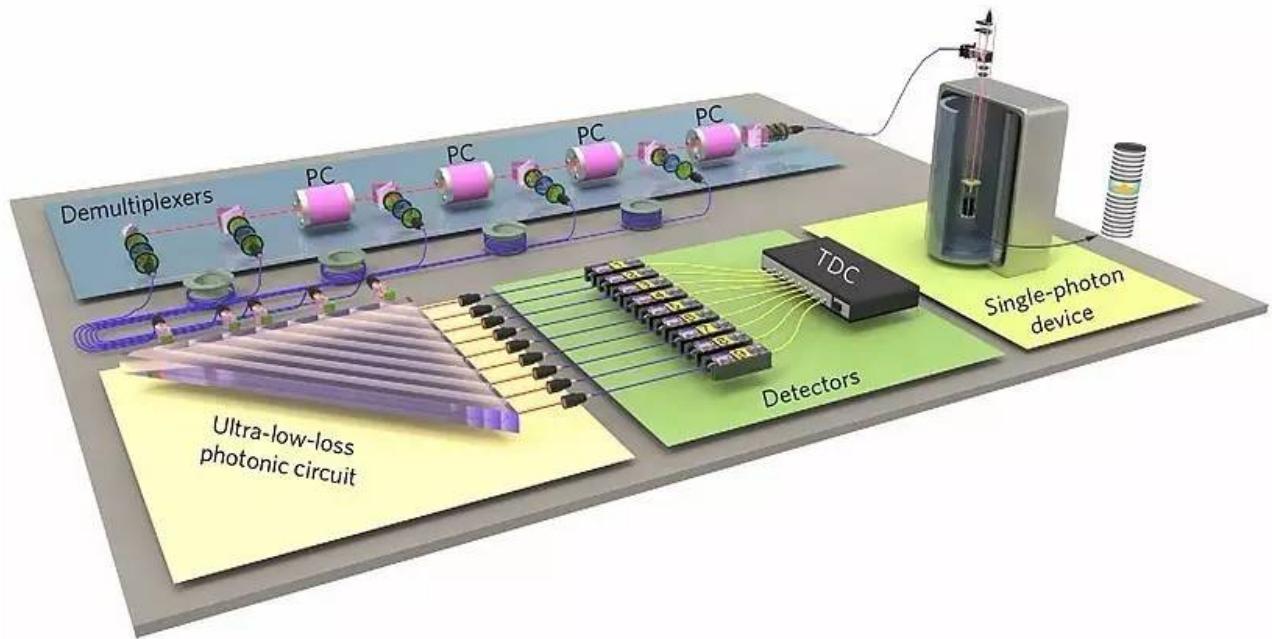


图1：多光子玻色子采样的实验装置示意图。该设置包括4大关键部分：单光子源、多路复解析器（demultiplexer）、超低损耗光子测量阵列和光子探测器。脉冲皮秒激光泵浦InAs/GaAs量子点，产生单光子源和一个直径 $2\mu\text{m}$ 的微柱腔进行耦合，共振时产生7.63(23)的Purcell因子。一个共焦显微镜以交叉极化配置（cross polarization configuration）工作，消除激光背景。单模光纤用来收集共振荧光单光子，然后导入多路复解析器，后者由Pockel盒和偏振分束器组成，四组这样的模块将光子分为5个空间模式，经过特定的光纤延时后，光子被注入到低损耗测量阵列进行波色采样实验，光子检测阵列由五个输入九个输出端口组成，中间是由36个分束器和反射镜组成。9个单光子检测器会测量干涉仪的输出，时间-数字转换器（TDC）用来分析多光子的符合。

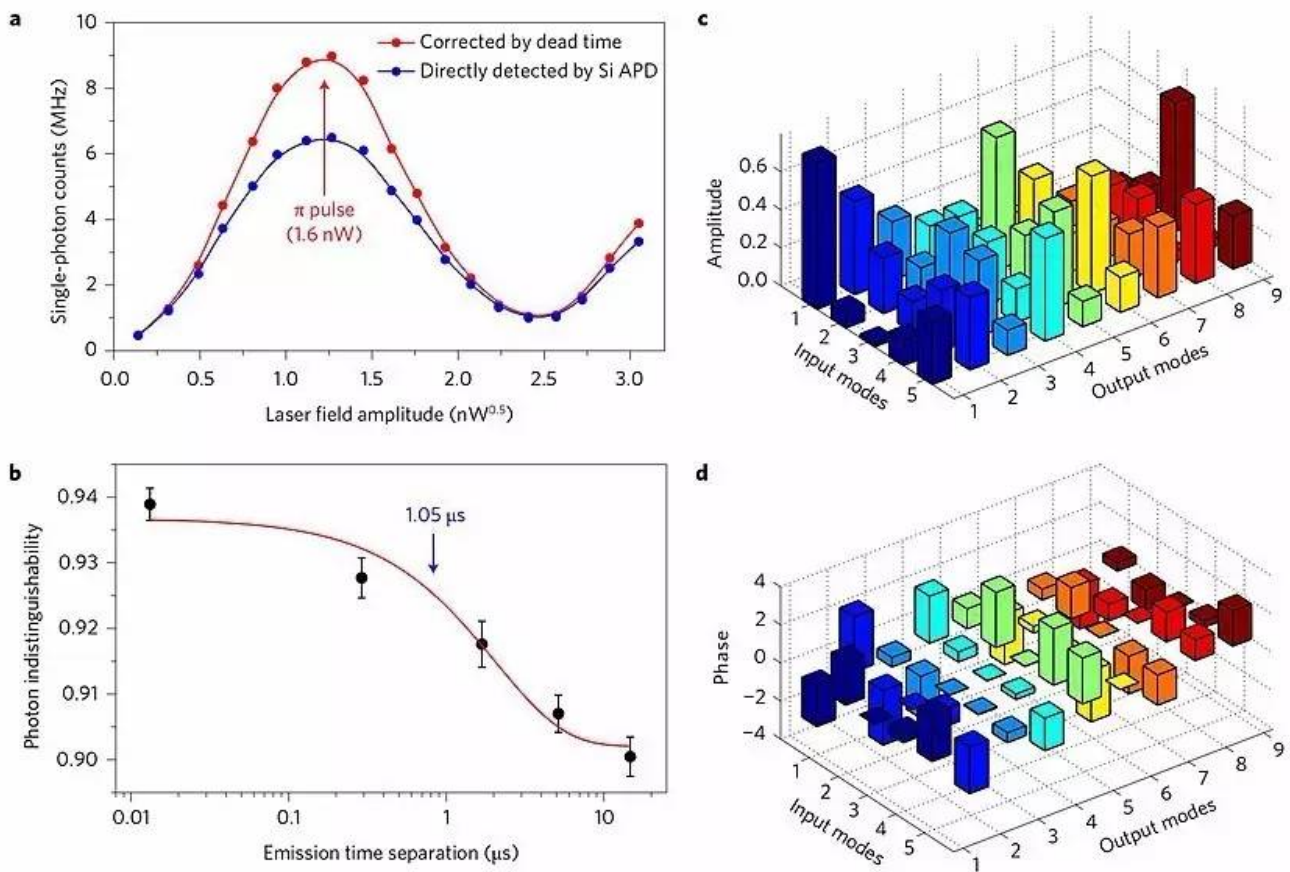


图2：用于玻色子采样的单光子源和干涉仪示意图。a，通过量子点的脉冲共振激发观察到的 Rabi 振荡。蓝色点表示由硅探测器直接测量到的单光子数，红色点表示通过检测 dead time 校正后的计数。单光子计数在  $\pi$  脉冲功率下达到最大值 1.6 nW。b，在非马尔科夫噪声模型的前提下，测量的光子不可区分性（indistinguishability）在 13ns 处略有下降，在  $>10\mu\text{s}$  分离的情况下从 0.939(3) 下降为 0.900(3)，此后一直保持平稳，衰减时间常数是 2.1 $\mu\text{s}$ 。蓝色箭头表示我们当前工作中的状态，其中两个光子由于解复用而被最大程度地分离了 1.05 $\mu\text{s}$  的时间。误差条（error bar）表示一个标准差，这个标准差是从原始光子检测事件的传播泊松计数统计（propagated Poissonian counting statistics）得出的。c, d，表示测量到的光网络酉变换（unitary transformation）数值（c 是幅度，d 是相位）。



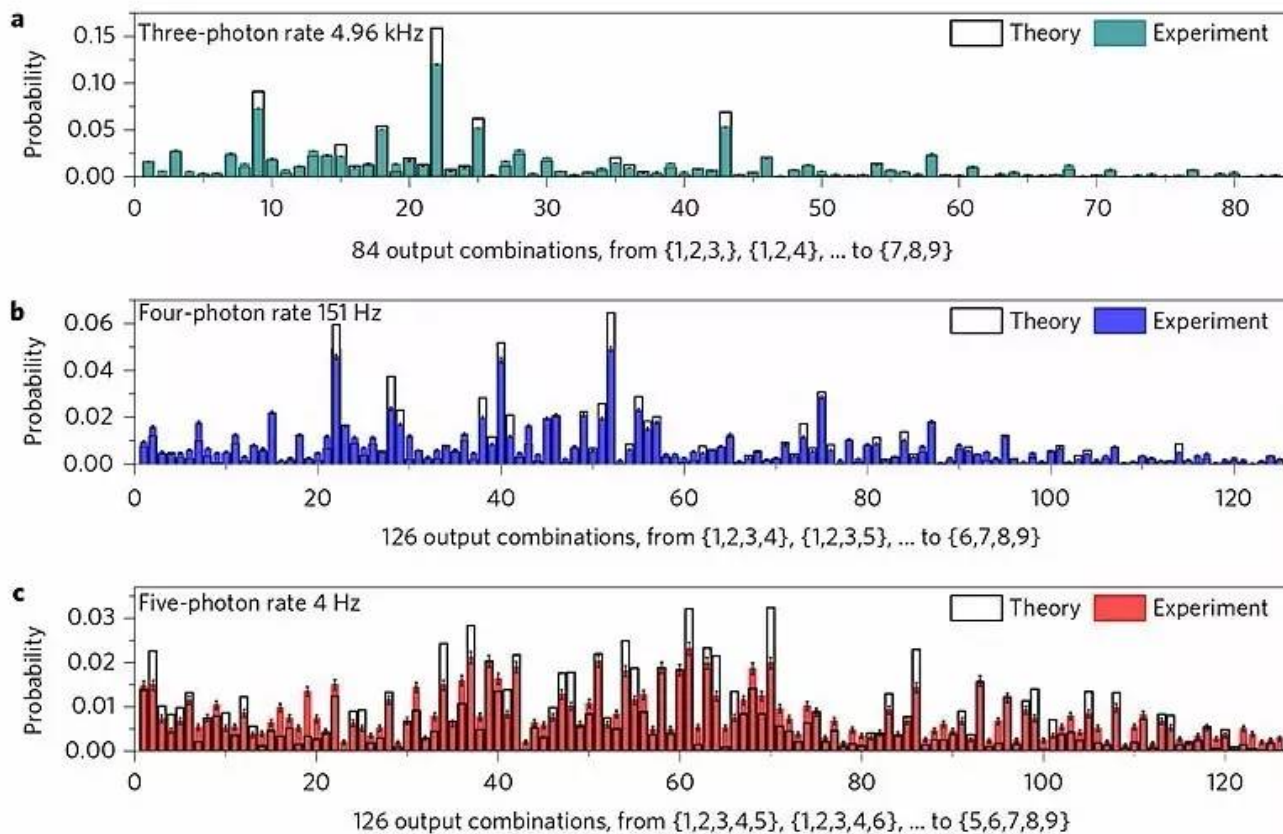


图3：三、四和五玻色子采样的实验结果。实验的纵坐标是九个通道输出的归一化了后的计数率（概率），横坐标是光子的输出模型组合。Abc分别是输入为三光子、四光子、五光子的输入情况，对应84,126,126种输入组合。图中的蓝色实心条是测量的实验结果，空条则是根据量子波色采样理论计算的理论结果。误差条的表针偏差采样从泊松统计（Poissonian counting statistics）模型进行计算得到的。

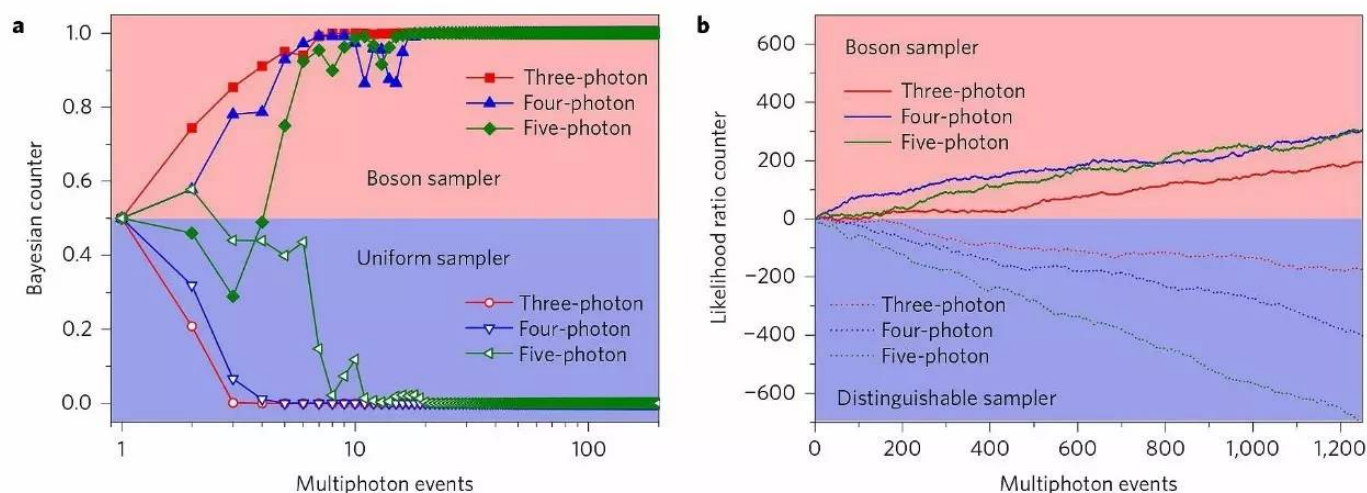
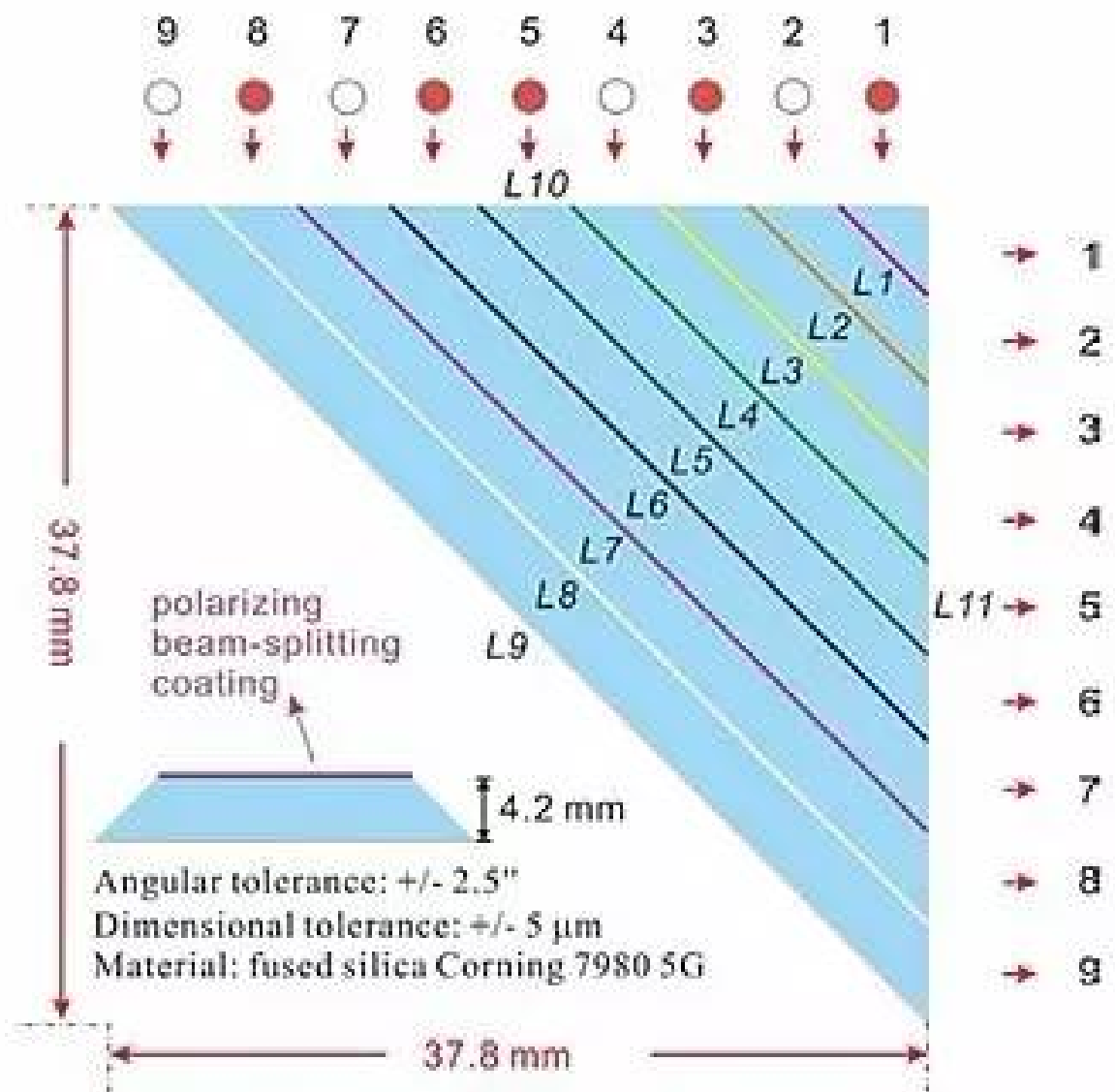
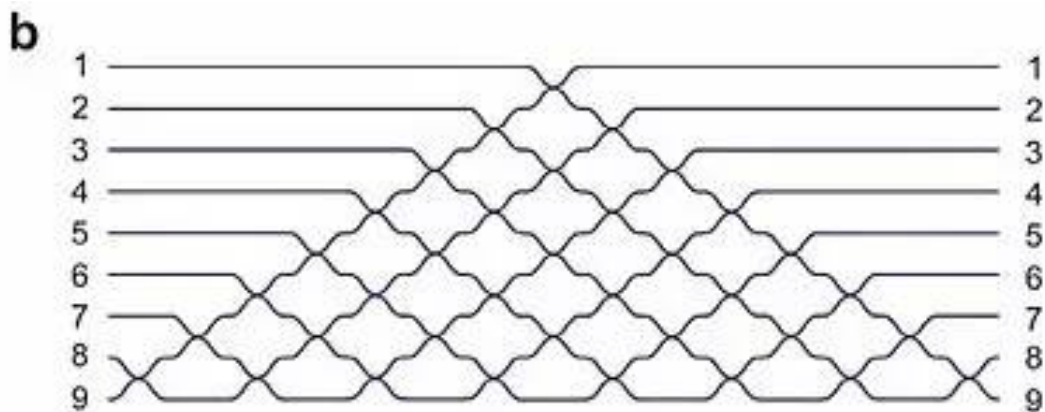


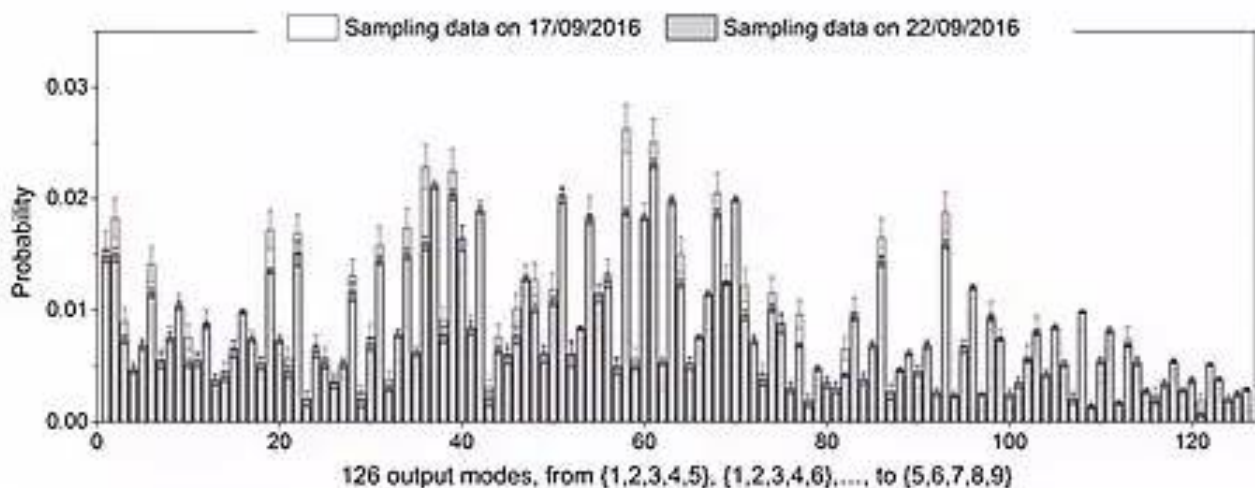
图4：验证玻色子采样结果。

**a**





Supplementary Fig. 6



Supplementary Fig. 7

波色采样的核心

## 2017 转折之年：量子计算机将从实验室走进现实

2017年1月，《Nature》曾发表文章，称2017年是量子计算的转折之年，更多技术将从实验室走向现实。

《Nature》的文章盘点了量子计算上的进展：谷歌在2014年开始研究基于超导超导的量子计算机，他们希望在今年，或者稍晚一些的时候，能够超越最强大的“传统”计算机所能做到的计算能力，这一里程碑式的成就被命名为量子霸业。谷歌的竞争对手——微软，把赌注压在了一个非常吸引人但是还未经验证的概念——拓扑量子计算上，并希望成为首个展示这一技术的公司。

中国科学家们日前发表的这一研究，在基于光子和超导体系的量子计算机研究方面取得了两项重大突破性进展，为在传统计算机上实现“量子计算霸权”奠定了坚实的基础，也为2017年这一转折之年描下了浓墨重彩的一笔。

潘建伟：波色取样，50个光子纠缠能让模拟机计算能力超越“天河二号”

2015中国计算机大会上，中科院院士、中科大常务副校长潘建伟发表报告《量子计算与量子模拟》。潘建伟长期从事量子光学等方面的研究工作，是中国空间量子科学实验卫星计划的首席科学家，其研究成果同伦琴发现X射线、爱因斯坦建立相对论等一起选为“百年物理学21篇经典论文”。

潘建伟介绍，由于高精度量子操控技术的极端复杂性，目前量子计算研究仍处在早期发展阶段，像经典计算机那样具有通用功能的量子计算机最终能否成功，对整个科学界还是个未知数。

但理论研究表明，与通用量子计算机相比较，量子模拟机这样一类针对解决一些重大问题的专用量子计算机，在量子比特数目等方面的技术要求并没有那么高。例如，对“波色取样”这样的问题，一旦达到50个左右光子的纠缠，量子模拟机的计算能力就能超过目前最快的“天河二号”超级计算机。潘建伟说，量子模拟具有重大实用价值，可为人类开发新材料和新能源提供重要指导，孕育和推动物质科学领域新一代技术革命和产业变革，有望在10至15年内取得重大突破。