

在竞争激烈的量子科技前沿,中国科学家又树立起了一座举世瞩目的里程碑。

12月4日,中国科学技术大学宣布,该校潘建伟、陆朝阳等组成的研究团队与中科院上海微系统所、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”,求解数学算法“高斯玻色取样”,处理5000万个样本只需200秒,而目前世界最快的超级计算机要用6亿年。相关论文于12月4日在线发表在国际学术期刊《科学》。《科学》杂志审稿人评价,这是“一个最先进的实验”,“一个重大成就”。

潘建伟表示,这一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。基于“九章”的“高斯玻色取样”算法,未来将在图论、机器学习、量子化学等领域具有重要的潜在应用价值。

## 在一分钟时间里完成了经典超级计算机一亿年才能完成的任务

据潘建伟团队介绍,之所以将这台量子计算机命名为“九章”,是为了纪念中国古代数学专著《九章算术》。

《九章算术》是中国古代张苍、耿寿昌所撰写的一部数学专著,它的出现标志中国古代数学形成了完整的体系,是一部具有里程碑意义的历史著作。而这台名为“九章”的新机器,同样具有里程碑意义。

量子计算机具有超快并行计算能力,它通过特定算法在一些重大问题方面实现指数级别的加速。“九章”解决的“高斯玻色取样”问题就是一种。

“高斯玻色取样”是一个计算概率分布的算法,可用于编码和求解多种问题。其计算难度呈指数增长,很容易超出目前超级计算机的计算能力,适合量子计算机来探索解决。

在本研究中,潘建伟团队构建的76个光子的量子计算原型机“九章”,实现了“高斯玻色取样”任务的快速求解。

“九章”的算力究竟有多强?在室温条件下运行(除光子探测部分需4K低温),计算“高斯玻色取样”问题,“九章”处理5000万个样本只需200秒,超级计算机则需要6亿年;处理100亿个样本,“九章”只需10小时,超级计算机则需要1200亿年——而宇宙诞生至今不过约137亿年。

“‘九章’在一分钟时间里完成了经典超级计算机一亿年才能完成的任务。”该研究的通讯作者之一、中国科学技术大学教授陆朝阳说。

为了核验“九章”算得“准不准”,潘建伟团队用超算同步验证。“10个、20个光子的时候,结果都能对得上,到40个光子的时候超算就比较吃力了,而‘九章’一直算到了76个光子。”陆朝阳告诉记者。

美国麻省理工学院副教授,青年科学家总统奖、斯隆奖得主德克·英格伦评价说,潘建伟团队的研究“是一个划时代的成果”,是“开发中型量子计算机的里程碑”。维也纳大学教授、美国物理学会会员菲利普·沃尔泽也认为:“他们在实验中拿到了目前最强经典计算机万亿年才能给出的计算结果,为量子计算机的超强能力给出了强有力的证明。”

## 处理“高斯玻色取样”的速度,等效比“悬铃木”快100亿倍

眼下,研制量子计算机作为世界科技前沿,成为欧美发达国家角逐的焦点。

2019年10月,美国物理学家约翰·马丁尼斯带领的谷歌团队宣布研制出53个量子比特的计算机“悬铃木”(sycamore)。“悬铃木”完成100万次随机线路取样任务只需200秒,而当时世界最快的超级计算机“顶峰”需要2天。美国科学家得以在全球首次实现了“量子计算优越性”。

所谓的“量子计算优越性”,又称“量子霸权”,这一科学术语是指:作为新生事物的量子计算机,一旦在某个问题上的计算能力超过了最强的传统计算机,就证明了量子计算机的优越性,使其跨过了未来在多方面超越传统计算机的门槛。

事实上,就在谷歌宣布“悬铃木”的同期,潘建伟团队已经实现了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,该团队通过在量子光源、量子干涉、单光子探测器等领域的自主创新,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”。“九章”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

我国科学家构建了76个光子的量子计算原型机“九章”,求解数学算法“高斯玻色取样”,处理5000万个样本只需200秒,而目前世界最快的超级计算机要用6亿年

# 算力最快 九章问鼎



12月4日,中国科学技术大学宣布该校潘建伟等人成功构建76个光子的量子计算原型机“九章”,求解数学算法“高斯玻色取样”只需200秒。这一突破使我国成为全球第二个实现“量子优越性”的国家。 ■新华社发

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的负9次方以内的锁相精度,高效率100通道超导纳米线单光子探测器。

实验显示,“九章”对经典数学算法“高斯玻色取样”的计算速度,比目前世界最快的超算“富岳”快一百万亿倍,从而在全球第二个实现了“量子计算优越性”。

陆朝阳介绍称,相比“悬铃木”,“九章”有三大优势:一是速度更快。虽然算的不是同一个数学问题,但与

最快的超算等效比较,“九章”比“悬铃木”快100亿倍。二是环境适应性。由于采用超导体系,“悬铃木”必须全程在零下273.12摄氏度(30mK)的超低温环境下运行,而“九章”除了探测部分需要零下269.12摄氏度的环境外,其他部分可以在室温下运行。三是弥补了技术漏洞。“悬铃木”只有在小样本的情况下快于超算,“九章”在小样本和大样本上均快于超算。“打个比方,就是谷歌的机器短跑可以跑赢超算,长跑跑不赢;我们的机器短跑和长跑都能跑赢。”

“这项工作确实非常重要。”奥地利科学院院长、沃尔夫奖得主、美国科学院院士安东·塞林格说:“全世界正在研发量子计算,致力于展示超越常规计算机的能力。潘建伟和他的同事证明,基于光子(光的粒子)的量子计算机也可能实现‘量子计算优越性’。”英国剑桥大学教授、英国物理学会托马斯·杨奖章获得者米特·阿塔图尔指出:“对于量子计算这个蓬勃发展的领域来说,这确实是一个惊艳时刻。陆教授和潘教授的这一成就将光子和基于光子的量子技术置于世界舞台中央。”

## 未来的竞争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

“九章”量子计算原型机的诞生,是否意味着我国在“量子争霸”上已经取得胜利?人类是否马上就要进入量子计算的时代?我们可以用它来做什么?

对于量子计算机的研究,该领域的国际同行公认有三个指标性的发展阶段:第一阶段是发展具备50至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;第二阶段是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;第三阶段是大幅度提高可集成的量子比特数目至百万量级,实现容错量子逻辑门,研制可

编程的通用量子计算原型机。

潘建伟团队透露,尽管“九章”的算力快得惊人,但它只是在量子计算第一阶段树起了一座里程碑,未来的路还很长。

在人们对算力需求指数级增长的时代,量子计算机已然成为世界前沿的兵家必争之地。最近美国公布了量子计算领域的最新计划,英国、欧盟、日本等国家也早有相应规划。我国“九章”的研制成功,不仅取得了“量子计算优越性”的里程碑式进展,也为第二步——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提供了潜在的前景。

眼下,无论是谷歌的“悬铃木”处理“随机线路取样”,还是“九章”求解“高斯玻色取样”,都只能用来解决某

一个特定问题。潘建伟解释,这是因为目前可用来搭建量子计算机的材料有限,只能“就食材做菜”,未来量子计算机的突破,更有可能依赖于新材料在量子计算硬件上的创新。“这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。”潘建伟说。

潘建伟透露,在“九章”量子计算原型机的基础上,他们将通过提高量子比特的操纵精度等一系列技术攻关,力争尽早研制出可编程的通用量子计算原型机。“希望能够通过15年到20年的努力,研制出通用的量子计算机,用以解决一些应用非常广泛的问题,比如密码分析、气象预报、药物设计等等,同时也可以用于进一步探索物理学化学生物学领域的一些复杂问题。”

## “我们现在证明了,中国人在国内也可以做好‘科学’”

安徽合肥,中国科学院量子信息与量子科技创新研究院,最新研制成功的量子计算原型机“九章”几乎占据了半个实验室,包含上千个部件。这是潘建伟团队经过20多年研究攻关研制而成。

时间拨转到20多年前,量子力学的诞生地奥地利,潘建伟在因斯布鲁克大学初见他的导师塞林格。塞林格教授坐在一把椅子上,背后是一座诺贝尔奖获得者使用过的挂钟和奥地利物理学家玻尔兹曼用过的一块黑板。塞林格问潘建伟:“你未来的计划是什么?”潘建伟回答:“将来在中国建一个和这里一样好的实验室。”

2001年,潘建伟作为中科院引进国外杰出人才,同时获得中科院基础局和人教局支持,回国在中国科学技术大学组建了量子物理与量子信息实验室。实验室以一批年轻教师和学生为班底,虽然是从零开始,但组建之初就得到有关科技主管部门和中国科学技术大学的大力支持。

中国科学技术大学的量子物理与量子信息实验室常常灯火通明,潘建伟和他的伙伴们每天工作15个小时以上,通宵工作是家常便饭。一项项科研成果不断涌现:2012年,首次实现了百公里级的双向量子纠缠分发和量子隐形传态;2016年8月,牵

头研制并成功发射国际上首颗量子科学实验卫星“墨子号”;2017年5月,建成世界首台超越早期经典计算机的光量子计算机……

回顾这些年来逐梦量子世界的点点滴滴,潘建伟感慨,从回国筹建实验室时的400万元启动经费,到近年来全国几十个科研单位支撑建设的量子卫星“墨子号”,到全长2000多公里的量子通信“京沪干线”工程,再到研制量子计算原型机“九章”,都离不开国家的强力支持。

“如果说当年杨振宁和李政道先生证明,中国人在国外可以做好‘科学’。那么我们现在证明了,中国人在国内也可以做好‘科学’。”潘建伟说。 据新华社网