

里程碑式突破！

——潘建伟团队解说“九章”量子计算机

新华社记者 徐海涛 董瑞丰 周杨

在一个特定赛道上,200秒的“量子算力”,相当于目前“最强超算”6亿年的计算能力!12月4日,《科学》杂志公布了中国“九章”的重大突破。

这台由中国科学技术大学潘建伟、陆朝阳等学者研制的76个光子的量子计算原型机,推动全球量子计算的前沿研究达到一个新高度。尽管距离实际应用仍有漫漫长途,但成功实现了“量子计算优越性”的里程碑式突破。

“九章”优胜在何处?里程碑式跨越如何实现?“算力革命”走向何方?记者就这些问题采访了潘建伟团队。

算力新高度 技术三优势

“量子优越性”——横亘在量子计算研究之路上的第一道难关。

这是一个科学术语: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,跨过了未来多方面超越传统计算机的门槛。

多年来,国际学界一直高度关注、期待这个里程碑式转折点到来。

去年9月,美国谷歌公司宣布研制出53个量子比特的计算机“悬铃木”,对一个数学问题的计算只需200秒,而当时世界最快的超级计算机“顶峰”需要2天,因此他们在全球首次实现了“量子优越性”。

近期,中科大潘建伟团队与中科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,成功构建76个光子的量子计算原型机“九章”。

“取名‘九章’,是为了纪念中国古代著名数学专著《九章算术》。”潘建伟说。

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“量子优越性”。

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。当求解5000万个样本的高斯玻色取样问题时,“九章”需200秒,而目前世界上最快的超级计算机“富岳”需6亿年;当求解100亿个样本时,“九章”需10小时,“富岳”需1200亿年。

潘建伟团队表示,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。“悬铃木”需要零下273.12摄氏度的运行环境,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。”他们说。

20年努力攻克三大技术难关

对于“九章”的突破,《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”。

多位国际知名专家也给予高度评价。“这是量子领域的重大突破,朝着研制比传统计算机更有优势的量子设备迈出一大步!我相信成果背后付出了巨大的努力。”德



▲这是光子干涉实物图: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。
新华社发

国马克斯·普朗克研究所所长伊格纳西奥·西拉克说。

美国麻省理工学院教授德克·英格兰伦认为,这是一项了不起的成就“一个划时代的成果”。

加拿大卡尔加里大学量子研究所所长巴里·桑德斯说,毫无疑问,这个实验结果远远超出了传统机器的模拟能力。

据了解,潘建伟团队这次突破历经了20年努力,从2001年开始组建实验室,他们曾多次刷新量子纠缠数量的世界纪录。“九章”的突破,主要攻克了三大技术难关:高品质量子光源、高精度锁相技术、规模化干涉技术。

其中的高品质量子光源,是目前国际上唯一同时具备高效率、高全同性、高亮度和大规模扩展能力的量子光源。“比如说,我们每次喝下一口水很容易,但要每次喝下一个水分子非常困难。”中科大教授陆朝阳说,高品质光源要保证每次只“放出”1个光子,且每个光子要一模一样,这是巨大挑战。同时,锁相精度要控制在10的负9次方以内,相当于传输一百公里距离,偏差不能超过一根头发丝的直径。

此外,为了核验“九章”算得“准不准”,他们用超算同步验证。“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。”陆朝阳说,另一方面,超算的耗电量太大,计算40个光子时需要电费200万元,41个光子需要400万元,42个光子需要800万元,推算下去将是天文数字。

“算力革命”跃马人类未来

当前,量子计算已成为全球各国竞相角逐的焦点。

比如近期,欧盟宣布拟投资80亿欧元,研究量子计算等新一代算力技术。

“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密码破译、大数据优化、天气预报、材料设计、药物分析等领域,提供比传统计算机更强的算力支持。”潘建伟说。

据了解,国际主流观点认为,量子计算机的发展将有三个阶段:

第一阶段,研制50个到100个量子比特的专用量子计算机,实现“量子优越性”里程碑式突破。

第二阶段,研制可操纵数百个量子比特的量子模拟机,解决一些超级计算机无法胜任、具有重大实用价值的问题,比如量子化学、新材料设计、优化算法等。

第三阶段,大幅提高量子比特的操纵精度、集成数量和容错能力,研制可编程的通用量子计算原型机。

目前,“九章”还处在第一阶段,但在图论、机器学习、量子化学等领域具有潜在应用价值。

潘建伟团队表示,“量子优越性”实验并非一蹴而就的工作,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,但最终量子计算机会产生传统计算机无法企及的算力。下一步,他们将在光子、超导、冷原子等多条技术线路上推进研究。

“我对量子计算的前景非常乐观,世界上有很多聪明人在做这件事,包括我的中国同事们。”奥地利科学院院长、美国科学院院士安东·塞林格预测,很有可能有一日量子计算机会被广泛推广,“每个人都可以使用”。