

里程碑式突破

——潘建伟团队解说“九章”量子计算机

□ 徐海涛 董瑞丰 周 畅

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路,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? 近日,潘建伟团队就这些问题进行了解答。

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100 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100 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”还处于第一阶段,但在图论、机器学习、量子化学等领域具有潜在应用价值。

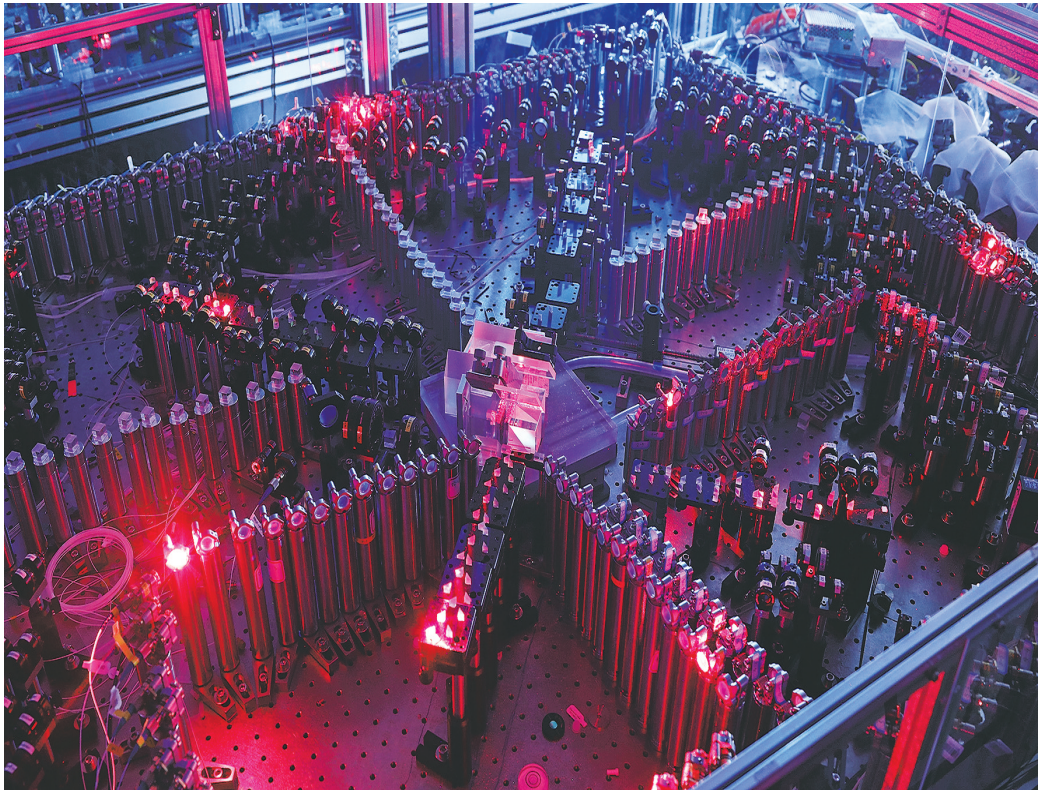
潘建伟团队表示,“量子优越性”实验并非一蹴而就的工作,而是更快的经典算法和不断提升的量子计算硬件之间的竞争,但最终量子计算机会产生传统计算机无法企及的算力。下一步,他们将在光子、超导、冷原子等多条技术线路上推进研究。

“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,很有可能有朝一日量子计算机会被广泛推广,“每个人都可以使用”。

我国量子计算机实现算力全球领先

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。图为光子干涉实物图: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



□ 胡 喆

12 月 6 日凌晨,嫦娥五号上升器成功与轨道器返回器组合体交会对接,并将月球样品容器安全转移至返回器中。这是我国航天器首次实现月球轨道交会对接。其中,通过远程导引和近程自主控制,轨道器返回器组合体逐步靠近上升器,以抱爪的方式捕获上升器,完成交会对接。那么,什么是“抱爪方式”? 此次交会对接又有哪些看点?

设计理念世界首创

“抱爪机构具有重量轻、捕获可靠、结构简单、对接精度高等优点。因此,我们在嫦娥五号上采用了抱爪式对接机构,通过增加连杆棘爪式转移机构,实现了对接与自动转移功能的一体化,这些设计理念都是世界首创。”中国航天科技集团八院嫦娥五号探测器副总指挥张玉花说。

“所谓的抱爪,形象地说,就像我们手握棍子的动作,两个方向一用力,就可以把棍子牢牢地握在手中。”中国航天科技集团八院嫦娥五

号轨道器技术副总负责人胡震宇介绍,探测器采用的对接机构就是由3 套K 形抱爪构成的,当上升器靠近时,只要对准连接面上的3 根连杆,将抱爪收紧,就可以实现两器的紧密连接。

捕获、收拢、转移,看似简单的过程,但在38 万公里之外高速运行的飞行器上实现却没有那么简单。

“月球轨道相对于地球轨道有时延,时间走廊较小,这就对时效性要求非常高,必须一气呵成完成对接与转移任务。”中国航天科技集团八院对接机构与样品转移分系统技术负责人刘仲解释:“对接全步骤要在21 秒内完成,1 秒捕获、10 秒校正、10 秒锁紧。为此,我们做了35 项故障预案,从启动开始到交会对接,全部采用自动控制。”

“对助手”可靠给力

此次,由中国航天科工集团二

院25 所研制的嫦娥五号交会对接微波雷达,作为中远距离测量的“助手”,成功引导完成了嫦娥五号的交会对接任务。

微波雷达是一组成对产品,由雷达主机和应答机组成,分别安装在嫦娥五号的轨道器和上升器上。当轨道器、上升器相距约100 公里时,微波雷达开始工作,不断为导航控制分系统提供两航天器之间的相对运动参数,并进行双向通信,两航天器根据雷达信号调整飞行姿态,直至轨道器上的对接机构捕获、锁定上升器。随后,上升器中的月壤样品转移至返回器中。

交会对接微波雷达总工程师孙武介绍,此前的任务中,我国航天器在近地轨道进行过多次交会对接,都应用了该微波雷达,优异的表现证明,我国已经成功掌握交会对接技术。但不同的是,这次交会对接是在38 万公里之外的月球轨道,难度更大。

“与近地轨道相比,月球轨道环境更复杂,要克服月球引力影响,所以自动交会对接对微波雷达提出的要求极为苛刻。为此,研制团队攻克了一系列关键技术。”孙武说。

嫦娥五号的轨道器和上升器交会对接,是体量相差巨大的“大追小”复杂受力过程,需要微波雷达的测角精度更高。微波雷达项目主任设计师贺中琴介绍,微波雷达主要作用在100 公里到20 米的中远程范围,精度的提高大幅提升了精准对接的胜算。

此外,装有对接用应答机的上升器在落月时难免形成扬尘,这些肉眼不可见的干扰将会严重影响测角精度。

为确保安全度过月球之旅,设计师们在应答机上安装了特殊材料制成的防尘罩,“就像戴上了护目镜,嫦娥的‘千里眼’就不会变成近视眼。”25 所设计师纪博说。

——揭秘嫦娥五号交会对接背后的故事

减轻每一克重量都意义重大

事实上,25 所研制团队为这次交会对接打造的微波雷达,不仅是“千里眼”,更是“顺风耳”,升级后的它更小巧、更强大、更可靠。

微波雷达在保证交会对接测量“本职工作”的同时,还开发了航天器之间双向空空通信的“第二职业”,从雷达与应答机之间“一问一答”的传输方式,升级至轨道器与上升器之间的“沟通对话”,实现了遥控指令和遥测参数的双向传输。

“以前就像老师上课点名,雷达发消息,应答机答到。现在,它们还要负责上升器和轨道器之间的信息传递。”贺中琴说。

同时,在此前交会对接微波雷达已经实现减重一半的基础上,这次又进一步开展了轻量化改进。“每一克重量的减轻,对嫦娥五号任务的意义都是重大的。”孙武说。

重点推荐

引导更多青少年投身志愿服务

12 月 5 日是第35 个“国际志愿者日”。《慈善蓝皮书:中国慈善发展报告(2020)》显示,我国实名注册志愿者总数达到1.69 亿人。相关人士指出,青少年是志愿者队伍的重要组成部分。然而,从育人角度出发,如何进一步调动青少年参与志愿服务的积极性? 我们的制度和机制仍存在一些需要完善的地方。

6 版

科技动态

助力“老树发新枝”

福建三明中关村科技园开园

本报讯 福建省三明市与中关村发展集团合作共建的三明中关村科技园 12 月 6 日正式开园,共44 家企业在现场签约入园,总投资58.23 亿元,将重点发展智能互联、生命健康、新材料等产业。

作为福建省老工业基地,三明市近年来力求实现“老树发新枝”,迫切需要补齐科技和人才方面短板。作为我国最早的高新技术产业开发区之一,北京中关村将把科技、创新、创业、孵化、项目运作、科技投融资等方面的经验和模式导入三明。

“三明中关村科技园既是京闽科技合作的标志性项目,也是三明高位嫁接中关村高端科技资源的有效载体,对三明全方位推动高质量发展具有重要意义。”三明市市长余红胜说。

据了解,北京市科学技术委员会针对三明市企业和技术需求,从中国科学院、中国农业科学院、北京石墨烯研究院等单位选派了20 名科技专家,作为京闽科技合作的首批科技特派员到三明开展科技产业服务。

今年8 月,三明市政府与中关村发展集团签订战略合作协议,力争三明中关村科技园5 年内引进各类优质企业500 家,重点建设“创新中心+产业基地”。其中创新中心大力发展电子商务、智能互联、生命健康等三大产业,产业基地突出打造新材料产业基地和生物医药产业基地。(林 超)

探索行业未来发展趋势

2020(第二届)智能视听大会举行

本报讯 以“新场景、新产业、新经济”为主题的2020(第二届)智能视听大会日前在山东青岛举行。此次大会通过举办主题论坛、考察采风、超级发布会、5G 科技体验展等精彩纷呈的活动,探索行业未来发展趋势,促进全球智能视听行业协同创新。

“通过智能化、数字化的改造,传统的视听产业插上腾飞的翅膀,获得更加广阔的空间。智能互联触发产业深层的裂变:以创新融合发展为导向,以技术突破为保障、以万物互联激发出的无限可能,不断推动我国双循环驱动、高质量发展。智能互联激活全域的未来潜能:以需求为牵引,在实践载体、制度保障、环境营造上下功夫,在创新主体、创新基础、创新资源、创新环境等方面持续发力,智能互联领域创新发展的潜能,必将得到充分释放。”中国互联网发展基金会理事长马利致辞时表示,智能互联推动新旧动能转换。

国家广播电视总局网络视听节目管理司副司长谭丽琳认为,置身5G 时代,网络视听行业既充满机遇又充满挑战。为此要加强阵地建设,着力营造清朗的网络空间;坚持内容为王,着力满足人民群众美好视听生活新期待;强化科技创新,着力培育新的经济增长点。

人民网党委书记、董事长、总裁叶蓁蓁表示,智能视听正在成为未来城市的基础设施,智慧城市必不可少的应用场景,时尚城市绚丽多彩的全新舞台。智能视听不仅是媒体业务,还将融合各行各业;视听内容不仅是资讯娱乐,延伸价值还在于全量数据;视听设备不仅是电视或手机,还可能是一切设备与AI 的“耳朵眼睛”。

(孙 俨 赵 宗)

科教观察编辑部

主任:王 志

执行主编:明 慧

新闻热线:(010)56805252

监督电话:(010)56805167

电邮:whzk619@163.com