



视觉中国供图

超导量子计算作为一种固态量子计算方案具有可扩展性好、量子比特相干时间长、操作速度快、保真度高、加工工艺成熟等优点；而光学体系具有光子易于操纵、退相干很小、室温下运行以及可用于长距离通信等优点，因此它们都是量子信息领域备受关注的物理实现平台。

“九章”“祖冲之”双升级 量子计算的未来来了吗

◎ 本报记者 吴长征

近日，中国科学技术大学(以下简称中科大)潘建伟团队研制出66比特的可编程超导量子计算原型机“祖冲之2.0”，在随机线路采样任务上实现了量子计算优越性，所完成任务的难度比2019年谷歌“悬铃木”高2—3个数量级。

与此同时，潘建伟团队升级版“九章2.0”极

大地提高了量子优势：对于高斯玻色采样问题，1年前的“九章”一分钟可以完成的任务，世界上最强大的超级计算机需要花费亿年时间；而“九章2.0”一分钟完成的任务，超级计算机花费的时间要再增加百倍。并且“九章2.0”还具有了部分可编程的能力。

“九章2.0”和“祖冲之2.0”的出现，使我国成为唯一在两个物理体系中实现量子计算优越性的国家。

实现量子计算优越性的主赛道

量子计算强大的计算能力将给人类社会带来颠覆性的改变。然而，量子态脆弱而敏感，极易受到周围环境噪声的影响，在实际的物理体系中建造一台量子比特数足够多、操控保真度足够高的量子计算机要面临极大挑战。

2012年，加州理工学院教授、物理学家约翰·普雷斯基(John Preskill)提出，在达成通用量子计算这一长远目标之前，应该再设立两个阶段性的里程碑，其中第一个就是量子计算优越性。

最初科学家们用来展示量子计算优越性的特定任务，一定是精心设计、非常适合量子计算设备发挥其计算潜力的任务。这个任务不一定有实际价值，而主要用来证实量子计算的巨大潜力，同时在技术和理论上，能够为之后的发展铺设道路。

科学家们正基于多种物理体系和途径，利用

不同体系的特性和优势来开展量子计算研究。其中，超导量子计算作为一种固态量子计算方案具有可扩展性好、量子比特相干时间长、操作速度快、保真度高、加工工艺成熟等众多优点；而光学体系具有光子易于操纵、退相干很小、室温下运行以及可用于长距离通信等优点，因此它们都是量子信息领域备受关注的物理实现平台。

目前阶段，最可能用以演示量子计算优越性的问题包括随机量子线路采样、玻色采样、IQP线路等。其中，随机线路采样任务非常适合在二维结构的超导量子计算芯片上完成。

玻色采样及其“变体”高斯玻色采样任务，特别适合于光学体系。事实上，玻色采样实验是一项极具挑战性的任务，对光源、光学干涉仪、单光子探测器都提出了苛刻的要求。

几大突破让量子计算更快更强

“九章2.0”在计算规模和复杂度上都较“九章”有了显著提升，极大地提高了之前的量子优势。”中科大朝阳教授说，与“九章”相比，“九章2.0”重点实现了三大突破。

首先，“九章”的总系统效率偏低，约为30%，其中一个主要损耗来自光源。受到激光原理的启发，研究人员开发了受激压缩光源，可得到同时满足高压压缩、高纯度和高收集效率的压缩光源。

其次，高斯玻色采样在许多领域有着潜在的

实际应用价值，可运用于量子化学、机器学习、图优化、制备量子纠错码等领域。但在当前的技术条件下，制备可编程、低损耗、足够大规模的光学干涉仪，还存在巨大的挑战。在高斯玻色采样问题上，执行运算的变换矩阵不仅与干涉仪有关，还与压缩光的压缩参数、相位有关。通过控制光源相位，“九章2.0”具备了部分可编程能力。相位可调的高斯玻色采样已经具备了一定的潜在应用能力，如果以后能再实现干涉仪可调，那么将在很多实际领域有用武之地。另外，“九章2.0”的干涉仪

这个道理古人早就明白了，而且把它运用到一项我们熟悉的工艺中：造纸。拿到稻草、芦苇秆、木屑这些原料后，一般都要用化学方法去除其中的木质素，得到以纤维素为主的纸浆，再进行后续加工。这种脱木质素过程是改造木材的一种常用方法。

木头加工成纸张后，形状可以轻易改变，却也失去了机械强度，无法承受大重量的冲压、拉扯。能不能找到一种方法，在不损失机械强度的前提下，让木头可以像纸一样折叠？

想让木头变柔软，第一步便是去除木质素。

近日发表于《科学》杂志的一项研究中，来自美国马里兰州的研究人员把造纸的第一步用到了天然木材的处理上。

但与造纸不同，首先木材并没有被打成木浆，研究人员处理的是一块约3毫米厚的薄木板；其次脱木质素过程仅去除了大约55%的木质素和67%的半纤维素。经过脱木质素过程和烘干处理后，研究人员得到了一块压缩木头。由于失去木质素的支持作用，木头中的维管和纤维结构坍塌挤压在一起，木头变得致密，依然僵硬、无法弯折。

接下来研究人员将压缩木头浸入水中约3分钟。经历这一过程后，压缩木头中的纤维结构依然是坍塌的，但维管结构重新打开，让木头在微观上有了空隙，增加了形变空间，研究人员得到了可以塑形的木头。这种木头可以多次对折而



视觉中国供图

规模也从之前的100模式提升到了144模式。

最终，“九章2.0”实现了113光子、144模式的部分可编程高斯玻色采样，将在高斯玻色采样问题上的量子优越性，从经典超算“太湖之光”的10¹⁰倍大幅提高到10¹⁴倍。同时，“九章2.0”输出状态空间的维数达到了10¹⁴量级，这使问题的复杂度大大提升，更加难以被新的经典算法模拟。

在超导量子体系中，构建大规模的量子比特阵列，并实现对每一个量子比特极高精度的相干操纵极其困难。

“祖冲之2.0”通过对其上56个量子比特进行精细调控，在随机线路采样任务上实现了量子计算优越性。这是目前公开发表的最大量子比特数

五个候选方案正在竞争

围绕量子计算的一大热点问题，是哪一种技术路径将最终赢得比赛。目前，主要有五个经过充分论证的候选方案正在竞争：超导、离子阱、光量子、半导体量子点和冷原子。所有这些方案都是在20世纪90年代开创性的物理实验和实现中开发提出的。

超导量子计算机方案是目前国际上进展最快的方案，拥有最多的技术追随者，IBM和谷歌凭借其深厚的技术积累和雄厚的资金实力在该领域发展迅猛。与国外相比，中国在量子计算各路线的进展中，超导量子计算的实验虽然起步较晚，但表现强势。长远来看，该技术路线在未来较易实现规模化。

离子阱技术路线的优势在于相干性好，可纠缠量子比特数多，逻辑门保真度高。离子阱系统是美国政府资助最多的两个量子计算研究方向之一，另一个是超导系统。除量子计算机以外，还还被广泛应用于量子化学、相对论量子力学、量子热力学等领域的量子模拟研究。离子阱量子计算至今已发展20余年，与超导量子计算的发展旗鼓相当。国际上，霍尼韦尔、IonQ和AQT在离子阱量子计算机的商业化方面进展较快。但国内对于离子阱量子计算机的实验研究只有不到十年的时间。

我国在光量子计算的研究中处于国际领先水平。光量子是除超导量子计算机之外研究进

展较快的技术路线，国际上，Xanadu和PsiQuantum是两家发展较好的光量子计算机研制厂商。

由于半导体量子点计算机结合了当前的半导体工业技术，未来可以快速实现产业化，同时由于半导体量子比特体积小，较超导技术路线和光量子技术路线而言更容易实现芯片化。但当前半导体量子比特的数量较少，且相干性较弱。国际上，美国英特尔、荷兰代尔夫特理工大学和QuTech、澳大利亚SQC公司、日本理化学研究所(RIKEN)从事硅自旋量子比特方面的研发。

值得欣喜的是，中科大郭光灿院士团队在硅基半导体纳米线量子芯片研究中取得了重要进展。由该团队郭国平教授领衔的本源量子公司已推出第二代硅基自旋二比特量子芯片——玄微XWS2-200。

冷原子技术路线在进行量子模拟方面具有明显优势。国际上，法国的PASQA研究团队在2011年就开始建造由中性原子阵列制成的可编程量子模拟器。虽然我国在这一方面有所布局，但整体上参与的单位较少，研究时间也较短。

理论研究表明，针对一些任务，量子计算能比经典算法更快、更有效地完成任务。目前物理学界普遍的共识是，量子计算机不可能完全取代经典计算机，但在某些有特定难度的问题上将会取代经典计算机。

不断裂，这意味着它可以像纸一样折叠成复杂的形状。而折叠成想要的形状后，只要在室温下晾干，可塑木头的形状就固定下来了。

晾干后的木头比天然木头拥有更高的机械强度。据研究人员测量，这种可塑木头沿木纤维方向的抗拉强度约为300兆帕，抗压强度约为60兆帕，分别是天然木材的6倍和2倍。而且由于密度较低，在机械强度相同的情况下，用可塑木头做的结构要比铝合金做的轻得多。

解决木头塑性问题的同时，研究人员也很好奇，最终成型的木材可以拥有多么高的硬度？在稍早一些发表在《物质》杂志的一项研究中，来自相同科研单位的研究人员探索了木头的硬度极限。

研究人员依然先对天然木材进行脱木质素处理，得到以纤维素为主的样品。之后用热压机在室温和20兆帕的压力下压缩样品，再加热到105℃烘干。最后将样品浸入食品级油中48小时，使木材表面获得防水性。经过这种处理后，研究人员得到了硬化木头的样品。

研究人员用硬化木头样品做了两把木刀，一把木纤维走向与刀刃平行，另一把木纤维走向与刀刃垂直。扫描电子显微镜成像显示，两种木刀都比普通钢制餐刀锋利得多。经研究人员演示，这种硬化木刀可以轻易切开半熟的牛排。

研究人员还用硬化木头制作了木钉。经抛光处理的硬化木钉可以将三块木板钉在一起，锋利程度可与商用钢钉匹敌且不易生锈。

(据《环球科学》)

新知

腾格里沙漠 每40万年出现一段干旱时期

新华社讯(记者张文静 王铭禹)由兰州大学牵头、中国科学院新疆生态与地理研究所参与的科研团队近日发布的最新研究成果，揭示了西北地区沙漠的干旱周期及机制。专家表示，这有助于研判未来干旱环境的演化。

相关地质资料表明，干旱环境不是一直处于干旱状态，而在周期性的干湿变化。干旱环境如沙漠的干湿变化还能反映季风降水强弱周期的变化，因此理解干旱环境的干湿变化规律和机制对理解未来干旱环境的演化至关重要。

兰州大学地质科学与矿产资源学院青年教师刘成英告诉记者，近年来，团队成员陆续在腾格里沙漠、巴丹吉林沙漠、库布其沙漠、古尔班通古特沙漠、塔克拉玛干沙漠、毛乌素沙地进行了自主岩心钻探，获取了第一手地质资料。

在对腾格里沙漠的钻孔岩心分析基础上，团队成员恢复了腾格里沙漠300万年来的环境干湿变化记录，并发现该地区干湿变化存在显著的40万年周期，即每40万年出现一段干旱时期。

“学界已知，地球运行轨道的扁圆程度存在周期为40万年的变化。地球运行轨道的几何变化，影响着太阳辐射能量在地球表面的纬度与季节分布，进而影响地球的气候变化。研究显示，腾格里沙漠干湿变化存在的40万年周期与地球运行轨道的扁圆程度变化周期一致，表明腾格里沙漠的干湿变化由地球运行轨道的扁圆程度引起。”刘成英说。

据介绍，该研究成果近日发表在《美国科学院院报》上。



视觉中国供图

多能干细胞稳态调控机制 有助解决基因组变异难题

科技日报讯(记者赵汉斌)多能干细胞是个体发育的基础，也是再生医学的重要种子细胞之一。记者10月27日从中国科学院昆明动物研究所获悉，该所的一项最新研究揭示了多能干细胞维持基因组稳态调控新机制。著名国际期刊《自然·通讯》发表了这一成果。

由于发育地位特殊，多能干细胞基因组具高度稳态。尽管多能干细胞较分化细胞具更强的基因组稳态维持能力，大量扩增培养、持续的DNA复制及特殊的细胞周期往往导致基因组变异，破坏其分化潜能，并产生致癌风险，成为多能干细胞走向临床应用的首要障碍。研究多能干细胞维持基因组稳态的特殊机制，有助于解决应用中大量扩增培养产生的基因组变异难题，并能为体内胚胎发育失败或缺陷研究提供新思路。

昆明动物研究所郝萍课题组长期研究多能干细胞基因组稳态特征和独特调控机制。在前期工作中，鉴定了多能干细胞基因组两个稳态特异关键调控蛋白因子，并阐述了其作用机制及重要生理功能。

因长链非编码核糖核酸能通过相变，有效增强蛋白因子浓度，从而显著提高工作效率。研究人员推测，多能干细胞很可能存在一些特异表达的长链非编码核糖核酸，在其高效调控基因组稳态中起重要作用。为此，研究人员对小鼠胚胎干细胞进行不同种类的DNA损伤处理，结合转录组测序技术分析，筛选10多个体内胚胎发育失败或缺陷研究提供新思路。

昆明动物研究所郝萍课题组长期研究多能干细胞基因组稳态特征和独特调控机制。在前期工作中，鉴定了多能干细胞基因组两个稳态特异关键调控蛋白因子，并阐述了其作用机制及重要生理功能。

研究人员还构建了基因敲除小鼠，发现具有物种保守性的长链非编码核糖核酸基因敲除可导致新生致死及神经发育异常，这些表型主要是由体内DNA损伤产生的严重炎症反应引起。研究揭示了DNA代谢的一个关键调节因子，并为了了解癌症治疗中的化学耐药性提供了新的线索。

马耳他大学 研制出可降解的骨骼支架

新华社讯(记者陈文仙)马耳他大学日前发表声明说，该大学和马耳他国立圣母医院的团队联合研制出可降解、可定制的金属骨骼支架。

声明说，研究人员利用医学成像、3D打印和合金技术，成功研制出金属骨骼支架。这种支架植入患者体内后，随着时间推移会逐渐被吸收和降解，最终可以让天然骨组织在支架的位置上再生。

治疗骨折、骨肿瘤等骨骼系统疾病的传统方法，一是骨移植，但需要从患者身体的其他部位截取骨组织，这对患者很痛苦；二是使用永久性金属植入物，但每次手术都会导致骨量减少。

马耳他研究人员首先对患者的骨骼和将要放置骨骼支架的区域进行CT扫描。数据输入计算机程序后，研究人员设计支架，再用聚合物材料3D打印出支架的模板。然后将特定配比的铁、锰和银等金属粉末，通过烧结工艺覆盖在模板上，最终加工成可植入患者体内的骨骼支架。

声明称，研究人员已在猪骨上实验成功，正继续进行毒性和微生物测试，同时也在改进金属粉末配方，下一步将寻求开展临床试验。