2024年12月20日 星期五
编辑/翟玉梅 投稿邮箱：xzqy@kepu.gov.cn
科普时报

编者按 近期，关于谷歌研发的量子芯片Willow的计算能力，引发全网讨论，甚至有网友说“遇事不决，量子力学”。看似调侃的背后，实际是公众看到了量子计算的巨大潜力。量子计算为何如此神通广大？它距离实际应用还有多远……围绕这些话题，本报邀请权威专家解读，推出系列文章，以飨读者。

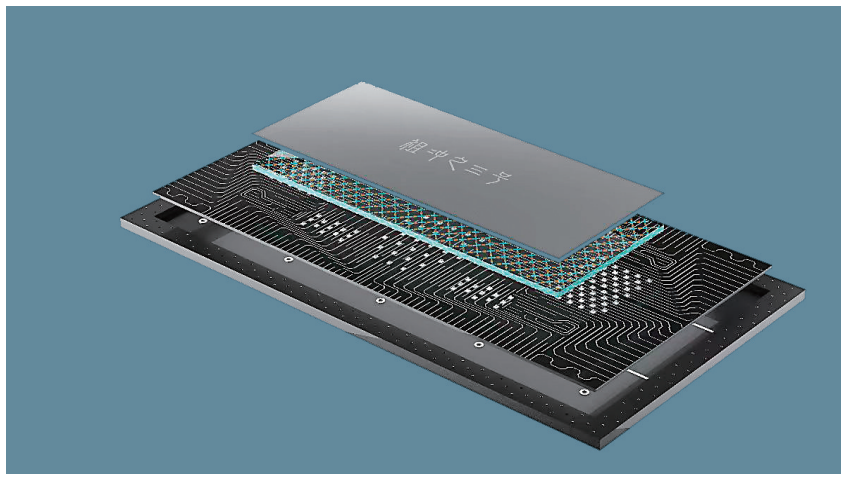
让“计算”不走寻常路

□ 刘延嘉

走近量子计算①

最近，量子计算领域可谓喜事连连。上周谷歌刚宣称量子芯片Willow首次实现“低于阈（yù）值”的量子纠错，本周由中国科学家研制的105个量子比特的“祖冲之三号”超导量子计算机在arXiv线上发表了，从实验数据来看，Willow性能应与“祖冲之三号”内置处理器相当。

目前，最为我们熟悉的还是经典计算机。然而，经典计算机的发展正接近物理极限，我们亟须一种全新的计算范式来突破“摩尔定律”限制。作为一项前沿技术，量子计算正引领着这场革命性的探索。



“祖冲之三号”超导量子计算芯片示意图（图片来源央视新闻客户端）

什么是量子计算

量子计算是一种基于量子力学原理的新型计算模式，基本原理是利用量子信息单元（即量子比特）的量子叠加和量子纠缠等量子力学现象进行计算，为传统计算方式带来了变革。

与传统的经典计算机相比，量子计算机在理论模型上是用量子力学规律来重新诠释的通用计算机。虽然量子计算机只能解决经典计算机所能解决的问题，但由于量子力学叠加性的存在，它在处理某些问题时速度要远快于经典计算机。比如在量子搜索算法中，量子比特可以同时搜索数据库中的多个条目，大大加速了搜索过程。

量子计算的应用领域广泛，包括人工智能、生物医学、金融等多个领域。在生物医学领域，量子计算可用于基因测序和蛋白质结构预测等，为药物设计和疾病治疗提供更为精准的信息。在金融领域，量子计算能够快速处理大量的交易数据，提高交易效率，常用于风险评估和资产管理等。

与经典计算有何不同

从信息存储角度看，经典计算基于经典物理学，信息以二进制的比特存储，每个比特就像一个普通的开关，非“0”即“1”。而量子计算中的量子比特处于叠加态，两个量子比特可同时代表4种状态，更像是一个神奇的开关，随着量子比特数量增多，它表示的状态数量呈指数级增长，为处理海量信息提供了可能。

更形象地说，传统开关控制的灯要么开要么关，而量子比特所控制的灯既能开关，还可实现不同“亮度”或“强度”的调整，这种同时处理多维信息的神奇能力，极大地提升了计算速度。

量子纠缠也是量子计算中的关键现象。处于纠缠态的多个量子比特，其状态变化会瞬间影响到其他纠缠量子比特的状态。这种特性为量子计算实现高效的信息传递和协同计算提供了有力支撑，使得量子计算能够突破传统计算的限制，完成一些在经典计算框架下几乎无法完成的任务。

经典计算没有叠加和纠缠特性，量子计算则不同，在同一时刻可处理多种信息。比如，你想要在一个大迷宫中找到出口，如果借助经典计算机，它会逐个尝试不同的路径，直到找到出口。而量子计算机可同时走遍迷宫的所有路径，更快速找到出口，这种能力全面碾压经典计算机。

此外，从计算方式来讲，经典计算基于确定性逻辑运算，在相同初始条件下结果可预测。量子计算则具有概率性，结果需通过测量获取。量子计算利用干涉效应，增强正确答案出现的概率，经多次测量统计，分析得出较准确结果。在处理大规模复杂数据集和任务时，量子计算的适应性和高效性更强。

总之，量子计算与经典计算在信息存储、计算能力、纠缠特性及计算方式上差异显著，这些差异不仅展现了两种计算模式的本质区别，更凸显了量子计算在未来科技领域的巨大潜力。量子计算将开创全新的计算时代。

（作者系中国科学院计算技术研究所工程师）

“意念控制”具象化 脑机接口带来更佳治疗方案

□ 王明宇

王医生带你探索大脑的奥秘
动脑经

近期，上海复旦大学附属华山医院（以下简称“华山医院”）成功完成了全国第三例、上海首例脑机接口临床试验植入手术，标志着我国在脑机接口领域取得了又一重要突破。瘫痪4年的患者小董，在术后仅两周便能通过脑控抓取矿泉水瓶实现自主喝水，这一突破性进展让“意念控制”具象化。

科技与人体的深度融合

脑机接口技术，就是通过采集、分析大脑产生的神经信号，并将其转化为可被外部设备识别的指令，或者将外部信息反馈给大脑，实现人与机器之间的直接交互。这一技术不仅能够帮助残障人士恢复功能，还有望在神经科学、医疗健康、人机交互等多个领域引发变革。

脑机接口技术按植入条件可分为非侵入式、半侵入式和侵入式三种。非侵入式技术主要通过头皮上的电极采集脑电信号，虽然操作简便、风险较低，但信号质量易受干扰；侵入式技术则需要将电极直接植入大脑内部，虽然信号质量高，但有一定的手术风险、恢复周期较长；而半侵入式技术则介于两者之间，既保证了较高的信号质量，又降低了手术风险，成为当前研究的热点。

从梦想走进现实

瘫痪4年的小董，接受的是上海首例半侵入式脑机接口产品NEO的植入手术。手术由华山医院神经外科团队主刀，得到了华山医院伦理委员会的批准，并按照国家的《医疗器械临床试验质量管理规范》和《科技伦理审查办法（试行）》的各项要求开展。

手术过程精细而复杂。医生先将患者的颅骨磨薄，嵌入硬币大小的脑机接口NEO；然后开骨窗，将两片电极置入硬脑膜外，再将骨窗封闭。手术用时仅1小时40分钟，大幅减少同类手术的时间并降低风险。该系统采用无线微创设计，不损伤脑细胞。

这款脑机接口产品NEO由博睿康医疗科技（上海）有限公司与清华大学生物医学工程学院洪波教授团队合作开发，采用了“里应外合”的设计思路，将电极植入大脑中央沟两端的运动区和感觉区，通过体外机对信号进行供电和解码，分析患者脑电信号意图，从而帮助患者恢复运动功能。

手术后仅一周，小董便顺利出院，开始进行康复训练。主刀医生、复旦大学附属华山医院院长毛颖教授表示：“可以用震撼两个字来形容，患者恢复过程非常顺利，改善十分明显！”

精准定位与高效康复

此次手术的成功，离不开“躯体感觉诱发电位+在线高频信号分析”这一双模精准功能定位技术的运用。该技术可在不唤醒患者的情况下，通过神经电生理“金标准”和高频脑电信号实时分析，优化电极位置，确保电极覆盖区域为患者手部激活的最佳区域。整个定位过程仅用3.3分钟就找到了最佳反馈区，误差不超过1毫米，展现了脑机接口技术在精准医疗方面的独特优势。

术后，患者还需借助气动手套等设备进行康复训练。这些设备能够根据患者的脑电信号意图，提供精准的辅助力量，帮助患者逐步恢复肌肉力量和运动协调性。可以预见的是，未来还将有更多高效、个性化的康复方案问世，为患者带来更好的治疗效果。

上海首例脑机接口临床试验植入手术的成功，不仅是对我国脑机接口技术的一次有力验证，更是对未来医疗发展的一次深刻启示。

随着人工智能技术更加成熟且应用场景不断拓展，特别是在神经疾病治疗方面，脑机接口有望为帕金森病、阿尔茨海默病等患者提供新的治疗途径。

（作者系山西医科大学第一医院神经外科主治医师、中国医师协会健康传播工作委员会委员）