

中国自主研发超导量子计算机上线

9月12日，本源量子公司上线了量子计算云平台，这是中国首个接入实体量子计算机的量子计算云平台。本源量子自主研发的量子计算机名为“悟源”，其核心硬件是6-Qubit 夸父芯片。

“除了机箱，也就是制冷机，其它的我们都是能够自主可控研发，或者来找国内的厂商来制造的。”本源量子计算公司副总裁张辉说。

相比于 IBM 目前在云平台上提供的高达 50 个量子比特的系统，6 个量子比特只是其在 2017 年的最初水平。郭光灿院士在发布会上表示：从更高的角度看，6 个量子比特太少了……但我们更看重的是，我们将来有可能往前做的、实用的这条路，并走出第一步。

开启中国量子计算机应用

此次推出的 6 比特量子计算机“悟源”，其中的夸父芯片由 6 个基于约瑟夫森结的超导量子比特构成。“悟源”对标的是 IBM 于 2017 年在云端发布 5 比特量子计算机。发布会公布的关键参数，即量子逻辑门保真度、量子比特读取的保真度上，均超出了 IBM 在 2017 年的指标。

目前，悟源绝大多数部件都实现了自主研发，唯一的例外是外层制冷机，源于进口技术，这是由于量子芯片需要在接近零度的低温环境下工作，要求很高。

目前，国外只有极少数几家公司垄断了相关的技术。不过，本源量子轮值董事长、量子测控总监孔伟成表示，合作单位正在努力，最早在明年能见到国产制冷机系统。与云平台一起发布的，还有第二代量子测控一体机，以及三个基于量子算法的应用软件。

量子芯片的测控技术 是芯片发挥作用的关键

提供量子芯片运行所需的关键信号，同时负责对量子芯片传回信息的处理，并执行对量子计算机程序的编译。实现这些功能的专用系统就是量子测控一体机。

今年发布了第二代量子测控一体机，从 2018 年的支持 8 比特的量子芯片运行，提升为支持 32 位。支持 216 通道，并具备 200ps 同步稳定性。

孔伟成介绍，量子测控一体机的升级，使团队能够在更大规模的量子计算机的研发当中保持效率。在量子计算的应用上，本源量子此次开发了三款应用软件。分别是复杂网络的排序应用、手写数字识别、用户偏好的行为预测。

复杂网络排序应用可以对复杂网络节点进行重要性综合评价，探究网络影响力最大化问题；手写数字识别利用量子算法和经典算法混合实现；用户偏好行为预测通过实现量子关联规则挖掘算法，加速挖掘分析复杂关联数据之间的内在联系。

本源量子表示，2021 年底将上线搭载 60 位量子比特的第二代超导量子计算机“物源”。而在另一技术路上，将发布基于半导体量子芯片的量子计算机。

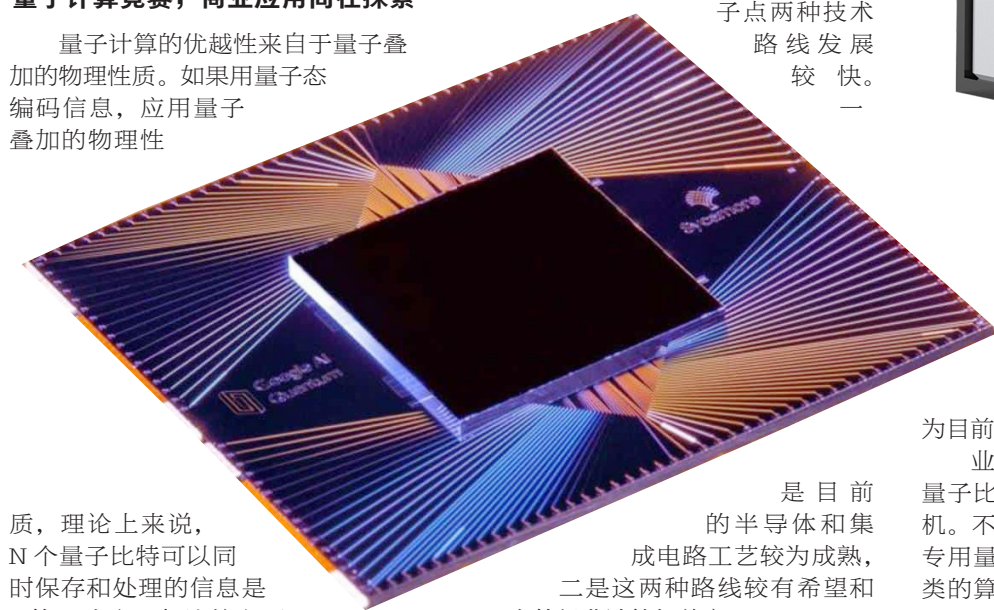
张辉介绍，目前在产业上，本源量子主要的合作方向是军工、金融、生物医药、人工智能。在他看来，这也是未来量子计算最有可能先实现应用优势的领域。就时间发展而言，在近五年内，国际领先的量子计算水平很可能在具体应用实例上展现出优越性。

2017 年起，摩根大通和巴克莱开始使用 IBM 的量子云计算功能，运用特定算法加速优化其投资组合。今年，本源量子寻找到第一个金融领域的合作伙伴。中国建设银行旗下金融科技子公司建信金融科技与本源量子合作，设立了量子金融实验室。本源量子 2018 年就建立了产业联盟，金融作为比较重点的部署，直到今年才真正找到了真心想做这方面硬科技的一个伙伴。

张辉说，“中国其实很缺做这种原创性的科技，从实验室到最终变成产品的中间这过程。相信也会有越来越多的伙伴能意识到这个问题。”

量子计算竞赛，商业应用尚在探索

量子计算的优越性来自于量子叠加的物理性质。如果用量子态编码信息，应用量子叠加的物理性质



目前，量子芯片的优越性已经得到部分证明。而量子算法需要和不同领域继续碰撞，才能够找到落地应用的具体场景和关键点。

目前，量子计算的优越性已经得到部分证明。而量子算法需要和不同领域继续碰撞，才能够找到落地应用的具体场景和关键点。

在 2019 年，亚马逊、微软先后上线了量子计算云平台 Braket 与 Azure Quantum。两者都通过其云平台，向用户同时提供来自不同初创公司的量子计算服务。

其中，亚马逊是唯一公开收费标准的量子计算云平台。其云平台除了支持量子算法，还支持量子与经典系统结合使用的混合算法，目前最高能够提供 35 量子比特的系统。除了量子算法，客户还可以使用 Braket 来设计运行混合算法。

为亚马逊云平台提供量子计算设

备的三家公司分别为 IonQ、Rigetti 和 D-waves。后两家公司也分别开放了独立的云平台。这三台设备分别对应量子计算的三种实现方法：IonQ 基于离子阱技术的量子计算机；Rigetti 基于超导技术的量子计算机；D-Waves 基于超导的退火量子计算机。

其中，D-waves 的退火量子计算机是一种专用量子计算机，通过对热力学中退火过程的模拟，运行特定的算法。这一专用量子计算机的优势是能够快速求解组合优化问题，在机器学习与深度学习等领域具有优势。

从物理器件层面来看，退火量子计算机属于超导技术路线。而在目前，用何种物理体系最终实现量子计算，学界及产业界尚未有一致的意见，因此不同的路线都有人在进行尝试。

总体而言，常见的技术路线有五种：超导电路、半导体量子点、离子阱、光学、拓扑。而在工程制造层面，超导电路和半导体量子点两种技术路线发展较快。

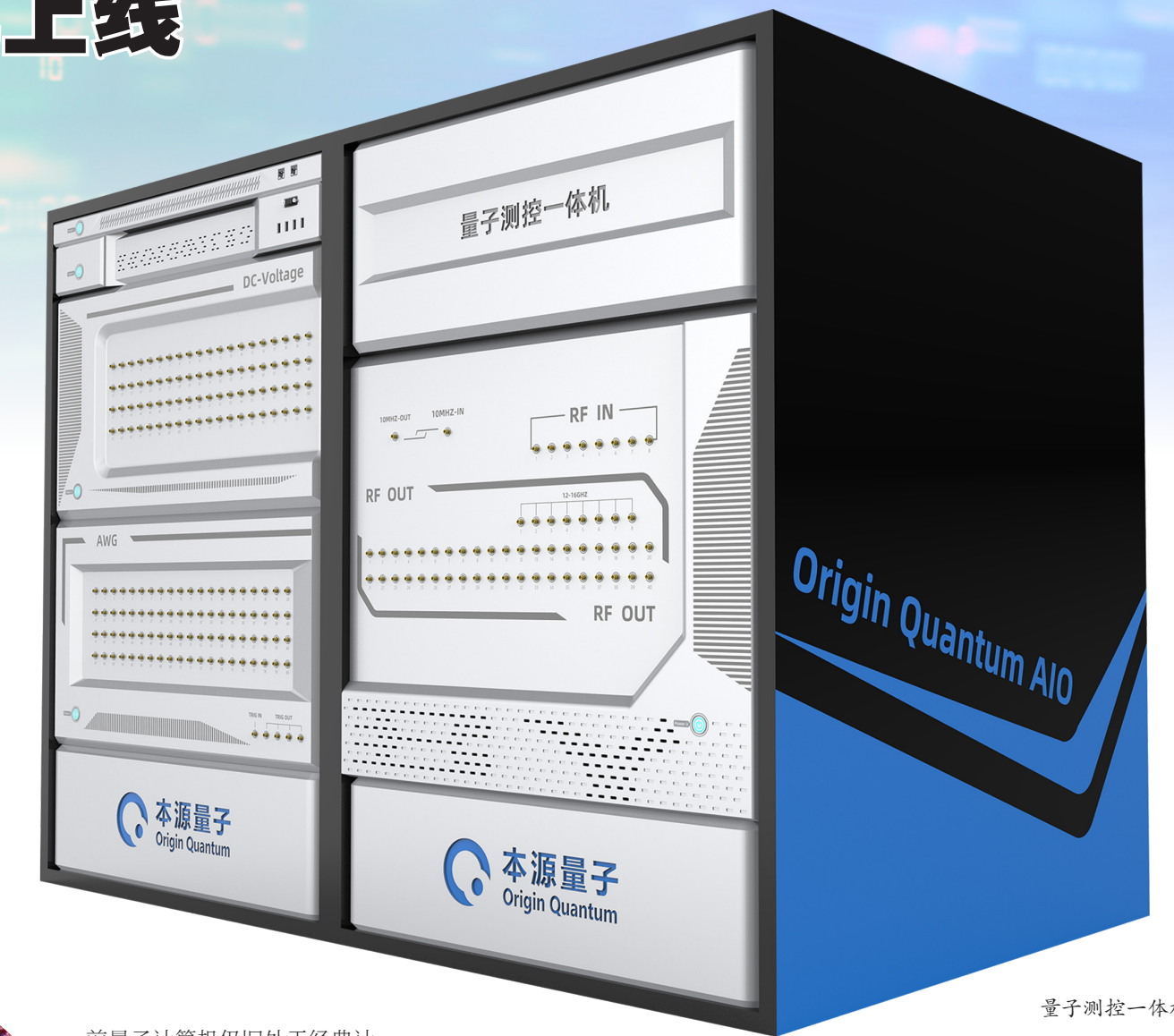
目前，量子芯片的优越性已经得到部分证明。而量子算法需要和不同领域继续碰撞，才能够找到落地应用的具体场景和关键点。

目前，量子计算的优越性已经得到部分证明。而量子算法需要和不同领域继续碰撞，才能够找到落地应用的具体场景和关键点。

目前，量子计算的优越性已经得到部分证明。而量子算法需要和不同领域继续碰撞，才能够找到落地应用的具体场景和关键点。

在 2019 年底，谷歌宣布在其 Sycamore 的芯片上，能够花几分钟的时间执行一项计算，而同样的任务在最强大的经典计算机上实现则需要一万年。Sycamore 芯片一共有 140 个量子比特，用于完成计算任务的比特数为 53。虽然遭到了 IBM 的质疑，依旧可以认为在一个数学问题上，谷歌验证了量子算法优越性。但是这与实际应用尚有一段距离。

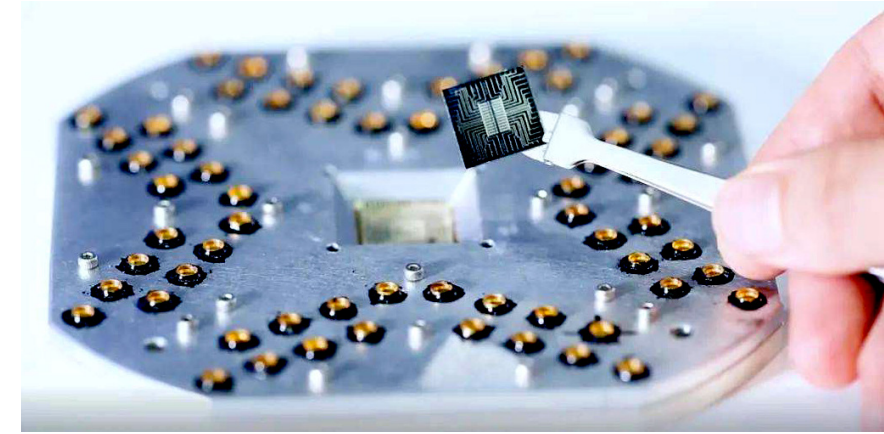
目前在研究层面，虽然已经设计出多种说明“量子优越性”的算法，实际上并没有在现实中的成熟应用。目



量子测控一体机

前量子计算机仍处于经典计算机的“晶体管时代”，尚未实现首个普适性行业应用案例。近日，IBM 又研制出了 65 位的量子计算机，成为目前最强的计算机。

业界普遍认为，要实现 100 万个量子比特，才能够实现通用量子计算机。不过短期技术目标是中等规模的专用量子芯片。已有研究表明，有一类算法可以允许噪声存在，也就是量子操作过程中可以有一定的偏差。利用噪声的均匀分布，或是寻找优化解使得计算依旧可以进行。基于这类技术可以实现含噪声中型量子 (NISQ) 计算机。



6-Qubit 夸父芯片

中国的量子计算还有很长的路

本源量子成立于 2017 年，依托于中科院量子信息重点实验室，团队的核心成员即是实验室的博士生团队。创始人是实验室副主任郭国平教授，实验室主任郭光灿院士任科学顾问。

早在 2013 年的时候，郭光灿、郭国平两位创始人就有了办企业的想法。

这是由于他们意识到，量子计算机是一个工程化的问题，停留在高校的学术研究层面，是无法造出量子计算机的。而由于当时国内没有做量子计算的企业，实验室的博士毕业没有相关领域的职位，只有转行。这导致量子计算领域的人才一直在流失。而国外的产业化已起步，工艺上的积累一旦开始，国内外的差距必然逐年加大。

2017 年，是全球量子计算技术走出实验室的关键一年。谷歌和微软聘用了量子计算的顶尖人才，开始向这一领域加大投入，同时美国高校里的

主要的差距在工程化方面，在超导方向上有四五年的差距，而半导体方向上，由于实验室原来已经进行了 15 年研究，有一两年的差距。“这个差距只会大，不会小。”张辉强调，这个结果，是本源内部最强的数据和公开数据进行比较得出的，而国外实验室内部完全可能正在迭代。“我们要做的是尽可能不要被他们再拉大差距，或者说，我们要死死地咬住他们。”

成立刚刚满三年，本源量子在今年售出了第一台量子计算原型机。量子计算的人才更多地聚集过来，政策和外部环境也开始重视量子计算，这让团队更有信心。

目前中国量子计算领域的人才非常缺乏，这一领域处于量子力学和计算机学科的交叉地带。张辉形容，“现在只能招到二分之一的人才”，或者物理学背景好，能够做基础的原创新性工作；要么是计算机背景，招进来后学习量子计算、线性代数、逻辑编程等方面的原理，进行软件编程的工作。这一块，未来本源量子会专门成立量子教育的子公司。

目前本源量子已经获得了 400 项专利，2019 年底，在全球量子计算发明专利排行榜上跻身 12 位。作为一个三年的初创公司，这一点让本源对自己的技术感到骄傲。

量子计算的成熟技术，一定是人类集体智慧的产物。本源量子想做的就是，抢占到未来量子计算的核心专利，未来有和国际竞争的硬实力。这样，“在整个人类的量子计算上，我们是有中国人的这一笔的。”（麻省）

教授也开始进行产业化尝试。郭光灿和郭国平以教授身份开始创业，最初也有一个单纯的想法，就是通过一个平台，把量子计算领域的人才留住，聚集起来才可以一起做事情。

目前本源在进行中的，有超导和半导体量子点两条技术路线。据张辉介绍，在软件方面与国外差距不大，

创新技术引领，聚焦国际前沿 打造空管航电技术创新引擎

毛继志 梁的达

随着航空运输业的迅猛发展，空中交通管理范式面临着一系列变革，空管技术与航空电子技术的协同发展已成为未来空中交通管理发展的重要方向。在此背景下，航空工业上电所敏锐把握技术发展趋势，聚焦空管航电技术方向，通过建设民航空管航空电子技术重点实验室，以国际化视野构建空管航电技术生态圈，全力推进空管航电技术的深入研究和创新发展，打造空管航电技术创新引擎。

推动空管与航电的高效协同 是下一代空中交通管理体系发展的必然趋势

未来空中交通运行体系中，航路运行密度及飞机运行精度不断提高，驱使管制模式将部分安全间隔保持功

能授权给飞机，飞机由被控制对象转变为空中交通管理重要参与节点，以实现飞行全过程的协同。面向协同的数字化技术推动了航电系统通信、导航、监视、人机交互等核心能力的发展，使航电系统具备在空地协同环境下深度参与空管运行的能力，促进了空管技术与航空电子技术的融合。当前全球已从空管体系架构、运行规则、民机航电架构、人工智能、航空器运行支持等角度开展空管航空电子技术的研究。空管航电技术已成为推动未来空中交通运行体系发展的必由之路。

创新技术引领 敏锐把握技术发展趋势和需求

空管航电技术发展的需求背景，为上电所巩固民机航电业务、推进空管产业发展提供了绝佳机会。近年来，上电所始终坚持技术创新超越发展理

念，立足机载航电技术，积极搭建空管技术与航空电子技术的桥梁。

围绕空管航电技术主题，上电所持续跟踪空管与航空电子技术最新发展趋势，开展解决民航安全与发展的基础和关键技术研究。先后建立了空管航电综合实验室、大型民机航电综合实验室、通用飞机航电综合实验室，在航空电子系统设计、综合、仿真技术、机载多平台多传感器数据融合技术、飞行管理技术、测试与验证技术等方面取得了一批技术与科研成果，形成了航电综合相关技术的领先优势。同时，率先对空管航电系统架构、空管航电仿真验证技术、空管航电应用技术等技术发展方向进行攻关布局，为空管航电技术发展奠定基础。

2019 年，上电所敏锐把握空管航电技术发展趋势，抓住民航重点实验室认定契机，积极筹划，扎实准备，

顺利通过了民航局认定，获批为民航空管航空电子技术重点实验室。实验室以技术为依托，以创新为引领，以成果为导向，从航电系统适应未来空管技术发展视角，采用正向设计、基于模型的系统工程 (MBSE) 方法，开展空管航电相关基础技术、共性技术与尖端前沿技术研究，为上电所民机航电业务、民航空管业务的快速发展提供创新驱动，为空管技术与航空电子技术的融合架设桥梁。

聚焦国际前沿 构建空管航电技术生态圈

不拒众流，方为江海。上电所以面向国际前沿的技术创新为内在驱动，以国际化视野统筹行业资源，创新管理机制，凝聚尖端人才，积极建设空管航电技术生态圈，努力实现由“跟跑者”向“并行者”、“领跑者”转变。

在创新主体上，建立以上电所为主体，技术需求为导向，“政产学研用”深度融合的协同创新生态圈，联合研究机构、高校、政府、企业和用户形成空管航电技术中坚力量，组织国内外顶尖科研力量共同开展项目研究，快速迭代整合行业优势资源；在创新方式上，以正向设计方法为指导，采用 MBSE 方法和工具开展技术研究，推进以模型和数据混合驱动的实验室建设。同时，引入敏捷创新的管理理念，大力应用敏捷管理工具协同工作，采用 SCRUM 冲刺、看板等工程实践开展敏捷开发，对成果进行持续迭代式管理，贯穿技术开发全过程；在人才培养上，大力引进空管航电领域的优秀人才，依托国际项目合作和学术交流，巩固与培养科研人才的国际视野与全球意识，打造一支走在空管航电技术国际前沿的科研团队。创新引领，

多措并举，上电所以建设空管航电技术创新生态圈为抓手，为打造空管航电技术创新引擎按下了“加速键”。

随着空管航电技术需求的不断明确，上电所将始终坚持“创新驱动”发展原则，发挥科技创新的支撑引领作用，统筹创新资源，完善创新机制，逐步建立面向国际前沿、面向战略、面向应用，系统有序的科技创新体系，通过建设空管航电技术创新生态圈，搭建空管技术和航电技术融合桥梁，不断提升上电所在空管航电领域的领先创新力，打造引领空管航电技术发展的行业创新引擎，为推动空管航电技术发展提供创新动力，为助力我国大飞机战略和民航强国战略的有效实施而不懈努力。