

量子计算亟须建立六大自主能力

▶ 本报记者 李洋

IBM的156量子比特Heron芯片成为当下超导量子技术标杆产品,Google的Willow芯片领跑量子纠错赛道,全球量子计算已迈入算力比拼与生态竞争合作的“深水区”。

作为新一轮科技革命的核心引擎,量子计算正从实验室成果加速迈向规模化产业化应用。中国如何冲破核心技术封锁、构建自主产业生态,成为实现科技自立自强的必答题。对此,业界共识清晰明确:唯有构建以“量子芯片、量子测控系统、环境支撑系统”三大硬件为基础,“量子计算机操作系统、量子云服务、量子应用软件”三大软件为支撑的完整技术体系,才能在全球竞争中赢得主动。

“三硬”筑基 自主可控决定算力“天花板”

量子芯片、量子测控系统、环境支撑系统,这“三硬”是量子计算机的核心物理载体,其技术成熟度与自主化水平,直接决定了量子计算的算力上限与运行稳定性,是产业发展不可或

缺的硬件“基石”。

其中,量子芯片作为量子计算机的“大脑”,其比特数量、相干时间、门操作保真度等关键指标,直接划定了量子算力的边界与应用落地的潜力。

当前,全球量子计算领域呈现超导、光量子、离子阱等多种技术路线并行竞争格局,但因其性能评价标准、测试方法尚未统一,导致不同路线间难以形成公平可比的性能基准,成为产业协同发展的最大障碍。“超导量子芯片需要在相干性与可扩展性之间找到最佳平衡,而全流程标准化是实现工程化量产的前提。”清华大学教授刘玉玺表示,必须建立覆盖从芯片设计、制造、封装到测试的全链条标准体系,才能破解技术协同难题。

如果说量子芯片是“大脑”,量子测控系统就是连接软硬件的“中枢神经”,直接决定量子算力输出的可靠性与稳定性。“没有高精度的测控技术,再先进的量子芯片也只能是无法发挥作用的‘空壳’;没有统一的测控标准,不同企业、不同技术

路线的产品就难以互联互通。”浙江大学物理系教授尹艺指出,标准缺失导致企业间协同创新成本激增,系统兼容难度加大,严重制约了产业生态的构建效率,已成为阻碍产业规模化发展的核心“瓶颈”。

量子比特的稳定运行,还离不开极端苛刻的环境支撑系统。尤其是超导量子路线所需的接近绝对零度(-273.15摄氏度)的极低温环境,曾长期依赖进口稀释制冷机,成为制约我国量子计算规模化发展的“卡脖子”环节。2023年,本源量子推出SL400稀释制冷机,成功打破国外技术垄断;2024年,升级后的SL1000型号稀释制冷机进一步提升了制冷效率与稳定性。与此同时,国际巨头也在加紧布局规模化低温基础设施,PsiQuantum等公司正推进百万量子比特级容错计算所需的大规模低温工厂建设。尽管技术持续进步,但低温系统的复杂运维、成本控制等问题,仍是影响量子系统可及性与可靠性的突出挑战,成为全球行业共同面对的技术难题。

“三软”赋能 标准引领激活应用潜力

如果说“三硬”决定了量子计算的算力“天花板”,那么以量子计算机操作系统为核心的“三软”——操作系统、应用软件、云平台则定义了算力转化为产业价值的应用下限。其中,操作系统的标准化是构建开放生态、降低应用开发门槛的关键所在。

“当前全球活跃的量子算法开发者已突破12万人,较2020年增长近8倍,但软硬件适配难、开发效率低的痛点突出,根源就在于缺乏统一的技术标准。”中国海洋大学信息科学与工程学院教授顾永建表示。荷兰、奥地利等国科研机构联合研发的QNodeOS操作系统通过硬件抽象化技术降低开发门槛;国内“本源司南”已升级为量超智融合操作系统,实现了量子处理器(QPU)与中央处理器(CPU)、图形处理器(GPU)的无缝集成,让企业无需巨额投入即可获取高效的异构计算资源。

应用软件是量子算力产业落地的“最后一公里”,其成熟度直接决定量子计算的产业价值转化效率。调研显示,超九成行业受访者将问题识别与量子算法设计列为应用落地的首要障碍。“统一的操作系统接口标准,能让开发者从繁琐的硬件适配工作中解放出来,集中精力攻克行业实际问题。”合肥综合性国家科学中心人工智能研究院研究员陈昭均指出,实践已证明量子计算在金融风控、药物研发、材料设计等多个领域的应用潜力,而应用软件的规模化发展,根本上依赖于操作系统的标准化水平,只有建立统一标准,才能推动应用生态的快速迭代。

量子云平台是量子计算算

业化落地的“试金石”,更是生态资源聚合的核心载体。“云服务不仅大幅度降低了用户使用量子计算的门槛和成本,更能快速积累多元应用场景,反哺技术优化。”中国科学院上海微系统与信息技术研究所研究员林志荣介绍说,IBM量子云平台注册用户已超60万,国内“本源悟空”云服务覆盖全球3800万人次,这些实践不仅验证了量子计算的实用价值,更为算力付费、订阅制等商业化模式积累了宝贵经验。

“量子计算的核心特征是软硬件深度耦合,外购芯片或操作系统无法实现最优协同,既难以形成核心技术壁垒,更无法参与国际标准制定,最终将丧失产业话语权。”中山大学计算机学院教授、量子计算与软件研究所所长李绿周直言,部分初创企业曾试图通过外购核心部件快速入场,却因缺乏标准化适配能力陷入发展困境,这一教训充分印证了自主可控的重要性。

当前,我国量子计算产业仍面临多重挑战:技术层面,芯片大规模集成、量子纠错等关键“瓶颈”尚未完全突破;生态层面,应用软件场景覆盖有限,用户使用习惯仍需培养;人才层面,专业人才储备仅千人规模,岗位缺口达数万量级,使之成为制约产业发展的突出短板。对此,中国科学技术大学教授、安徽省量子计算工程研究中心主任郭国平建议,要坚持自主研发与标准引领双轮驱动,采取渐进式标准化策略,先建立统一的术语定义、性能指标等基础标准,为不同技术路线保留充足的创新空间,再逐步完善全产业链标准体系。“量子计算产业的核心竞争力,从来都不是单一技术的单点突破,而是‘三硬三软’六大能力的协同发展与深度融合。”郭国平表示,我国要实现量子计算领域科技自立自强,必须全面构建并持续强化这六大自主能力,打造自主可控、安全可靠的完整技术体系与产业生态。

2026年1月1日,我国首套真空式自动系泊系统在山东港口青岛港全自动化集装箱码头正式投用。该系统创新构建了“远程集控+移动终端+本地单机”三级智能管控模式,通过部署在泊位上的13套系泊单元,可自动完成对200米以上大型集装箱船舶的精准吸附与固定。

图为2026年1月1日,在山东港口青岛港,“地中海沙特阿拉伯”轮通过真空式自动系泊系统停靠码头(无人机照片)。

新华社发(张进刚/摄)



本报讯(记者李争粉)2025年12月30日,记者从自然资源部举行的2025年12月例行新闻发布会上获悉,“十四五”期间,我国地理信息公共服务不断丰富,地理信息产业与新业态融合不断加深,地理信息产业总产值预计超过9000亿元,较“十三五”期间增长超30%。

自然资源部地理信息管理司司长陈平表示,地理信息是国家战略性信息资源,既事关国家主权安全,又支撑经济社会高质量发展。

“十四五”期间,自然资源部充分汇聚地理信息数据资源,丰富公共服务内容和形式,为构建数字中国提供地理信息支撑。

“十四五”地理信息产业总产值将超9000亿元

天地图完成全新改版,实现一张地理底图上汇聚发布规划、地调、林草、海洋和测绘地理信息等24个自然资源专题信息,全方位展现自然资源风貌和生态文明建设成果,实现了天地图从传统基础地理信息服务平台向自然资源综合服务平台的转变。截至2025年12月25日,天地图在线注册开发用户148.29万个,累计授权应用112.93万个,日均地图服务接口访问量10亿次,支撑40多个行业或部门、7000多个政府用户、约3.3万家企业和社

会各界的应用。

标准地图方面,形成了国家、省(自治区、直辖市)、市三级服务架构,全国发布总量1.3万幅,供给不断丰富。

应急测绘方面,自然资源部按照国家应急体系总体要求,进一步健全应急测绘保障体制机制,形成了部、省、市、县四级贯通与协调联动的应急测绘保障组织体系,具备了突发事件6小时内获取现场高分辨率遥感影像、12小时内提供首批应急测绘成果的能力,为西藏定日地

震、京津冀暴雨洪涝、甘肃榆中山洪等提供及时高效的应急测绘保障。

与此同时,按照国务院部署,北京、上海、重庆、杭州、广州、深圳等6个城市,率先开展“在确保安全的前提下试行高精度地图面向智能网联汽车使用”创新试点工作,初步贯通地图数据快速融合更新新路径,逐步构建自动驾驶地图标准体系。覆盖全国大中城市普通道路L3级以下自动驾驶地图产品得到广泛应用,个别试点城市出现了支撑

L3级以上自动驾驶的地图产品,地图赋能自动驾驶的应用场景持续深化。

据介绍,面向“十五五”,自然资源部将在筑牢地理信息安全底线、提高安全韧性的基础上,深化测绘地理信息资源建设,激发地理信息数据要素潜能,推动地理信息数据从资源向资产转化,提升地理信息公共产品供给能力和水平,更好地支撑数字经济发展和数字生态文明建设,为完善全球数据治理体系提供“中国方案”。