

实用有待突破 前景不可限量

——解读量子计算新进展

热点透视

量子有多火？去年底，谷歌发布量子芯片“威洛”(Willow)后，谷歌母公司Alphabet一夜之间市值大增1120亿美元。不只谷歌，整个量子板块集体暴涨，充分显示资本市场对量子商业前景的看好。在我国，科大双创软件股份有限公司、科大国盾量子技术股份有限公司等几大企业在谷歌发布会后，开盘涨幅均超过6%。

那么，量子计算距离商业化还有多远？

日前，赛迪顾问股份有限公司发布的报告显示，2024年，量子计算领域突破性产品层出不穷，量子优势频现，量子算力等新概念逐渐为业界所熟知，量子计算的商业化路径及其大规模应用前景日渐清晰。2025年，我国量子计算产业规模将持续迅速上升，预计保持30%以上的增长率，市场规模将达到115.6亿元。从长期来看，随着超导量子、光量子技术的不断突破和量子原型机走出实验室面向应用，我国量子计算产业规模占比还将持续呈现增长态势。

实现量子优越性

量子计算的基本计算单元为量子比特，它与经典计算机中的比特具有相同功能，即存储与处理数据。

“量子比特遵循量子力学原理。不同于经典比特只能处于0或1的状态，量子比特可以同时处于0和1的叠加态。此外，量子比特还具有相干性和纠缠性。”科大国盾量子技术股份有限公司量子计算云平台负责人储文皓对笔者说，这些特性使量子计算从原理上不同于经典计算系统，在处理特定问题时，计算速度可实现指数级提升。

整体来看，量子计算的核心优势在于并行处理能力。传统计算机在处理复杂问题时，往往需要耗费大量的时间和资源，而量子计算机能够通过量子叠加和纠缠的特性，在同一时间内进行大量计算。这使得量子计算在解决某些特定类型的问题时，具有显著速度优势。

据介绍，目前量子计算比较主流的技术路线包括超导、光量子、离子阱、中性原子和硅半导体等。2019年美国推出的超导量子计算原型机“悬铃木”，2020年中国推出的光量子计算原型机“九章”实现了量子优越性。2021年，66比特可编程超导量子计算原型机“祖冲之二号”研制成

功，使我国率先成为在超导量子计算和光量子计算两条技术路线上实现量子优越性的国家。

中国信息通信研究院发布的《量子计算发展态势研究报告(2024年)》显示，全球量子计算论文发表量在约10年时间里增长了4倍，其中美国和中国占据前两位。在专利申请方面，中国占比最高，为39%，美国以28%位居其后。

尤其值得一提的是，我国在量子通信网络建设、运行维护服务以及网络应用开发等方面取得显著进展。

展现巨大应用潜力

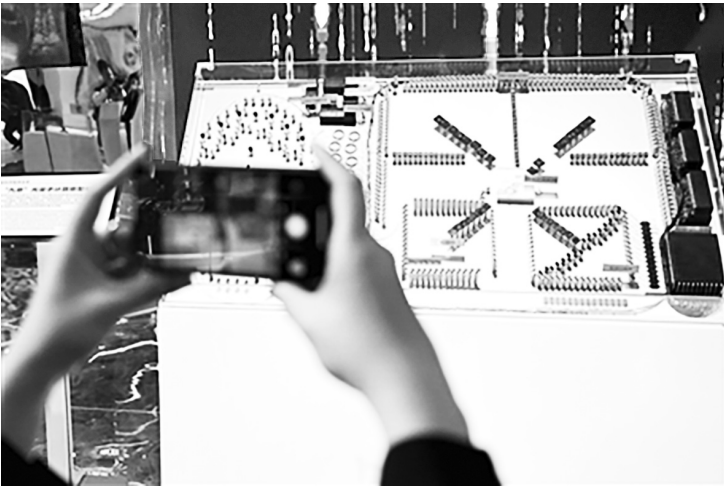
作为一项颠覆性技术，量子计算在金融、材料科学、人工智能等领域也展现出巨大潜力。

赛迪顾问股份有限公司数字转型研究中心副总经理于凯迪介绍，量子计算的典型应用领域包括金融、化工、制药等，尤其“量子+金融业”经济价值释放时间早，潜在价值大。中国人民银行等七部门联合印发的《推动数字金融高质量发展行动方案》明确提出，探索运用边缘计算和量子技术突破现有算力瓶颈，为金融数字化转型提供精准高效的算力支持。

量子技术正在向金融的各个领域延伸。比如，传统技术在处理大型数据集和复杂条件时面临挑战，量子算法可以通过同时探索多种场景，有效处理这种复杂性。高盛公司试验使用量子计算加快计算风险调整后的收益，从而优化大型投资组合，并探索使用量子计算提高预测模型的精准度，进而增强风险管理能力。摩根大通公司与美国国际商用机器公司(IBM)合作探索量子计算在更准确计算风险价值方面的潜力。此外，金融行业越来越容易受到网络威胁。量子机器学习可以比传统方法更准确地识别交易数据的模式和异常，从而增强欺诈检测能力。

于凯迪预测，2025年，金融机构和科技公司将合力探索“量子计算+金融”的应用创新。

2025年，量子计算和人工智能(AI)两项颠覆性技术有望迎来深度交汇。二者的结合将突破计算与智能的简单叠加，量子计算将在实际特定任务中为AI带来能力增强。AI大模型参数数量庞大，寻找最优参数是一个高维优化问题。传统方法在面对大规模参数空间时，容易陷入局部最优解，难以找到全局最优解。同时，在模型构建过程中，不同的网络结构对AI性能有重大影响，需寻找更适合特定数据和任务的模型结构以提升模型泛化能力。量子计算为解决这些难题提供了新方案，可以支持“求解组合优化+高维



观众在第二届中国(安徽)科技创新成果转化交易会上拍摄“九章”光量子计算原型机模型

搜索”，提升模型泛化能力和决策准确性。

储文皓认为，量子计算在药物发现等领域的应用前景广阔。他说，从靶点发现、化合物筛选、临床试验到最终上市，每个阶段都面临巨大挑战。传统的药物研发方法往往依靠实验室实验和计算模拟，但这些方法在处理复杂生物系统时，常常效率低下且成本高昂。量子计算能够对分子系统进行高精度模拟。通过量子计算，研究人员可以更准确预测分子之间的相互作用，从而优化药物分子的结构。量子计算还可以用于虚拟筛选，通过量子算法对化合物库进行分析，识别出与靶点蛋白质具有良好结合能力的化合物，这对药物研发意义重大。

有望改变游戏规则

谈到量子计算如何走向更广阔的市场空间时，储文皓分析，量子计算技术尚未达到广泛应用的成熟水平。量子计算机的稳定性、可扩展性和纠错能力等方面仍需进一步提升。此外，量子算法的开发和优化也需要更多探索。

尽管充满挑战，业界对量子计算发展的前景仍然充满信心。

谷歌量子人工智能团队创始人兼负责人哈特穆特·内文曾称，在收集经典机器无法获取的训练数据、训练和优化某些学习架构等方面，量子计算都是不可或缺的。量子计算能帮助人们发现新药物、为电动汽车设计更高效的电池，以及加速核聚变和新能源替代方案的进展。许多改变未来游戏规则的应用，在经典计算机上是不可行的，有待于用量子计算来解锁。

“2025年，量子计算将步入研发和应用双向驱动窗口期。”于凯迪在分析量子计算的发展趋势时说，第一，量子算力将与经典计算资源(通算、超算、智算)走向深度融合，形成量通融合、量超融合、量智融合的“异构融合”体系。2025年，量子产业有望突破硬件稳定性、算法优化及兼容性等挑战，初步构建起多层次、适应性增强的异构算力生态系统。第二，企业、高校院所仍是量子计算领域主要力量。但量子计算领域的参与主体也将更加多元，除了当前活跃的大型科技企业和初创公司，更多类型的主体将涌入这一前沿科技领域。第三，量子计算云平台将进一步提升量子计算机硬件与经典云计算软件、通信设备及IT基础设施的接入能力。

随着量子技术的发展，量子领域也逐渐有了更多标准。2024年3月，我国发布首批量子测量领域国家标准。由全国量子计算与测量标准化技术委员会归口管理、中国计量科学研究院和中国科学技术大学牵头制定的6项国家标准通过国家标准化管理委员会批准正式发布，并于当年10月1日开始实施。这6项国家标准提供了量子测量领域的基本术语和定义，规范了光学频率梳、光钟、单光子源、原子重力仪等核心产品性能测试方法，以及量子精密测量等领域里德堡原子制备方法，为我国量子测量领域科技、产业、标准化协同发展奠定了坚实基础。储文皓介绍，目前量子领域标准制定工作正在随着技术的演进稳步推进。

崔爽

科技向善引领创新方向

■ 孟猛猛 雷家骥

创新杂谈

所谓科技向善，是指通过科技活动及其成果应用，做对提升人民福祉、社会进步有益的事情，不做有害的事情。企业是市场竞争的主体，也是重要的科技创新主体。现阶段，一些企业的科技人员科技伦理意识淡薄，尚未意识到恪守科技伦理是企业科技人员的必备素养，没有意识到所开发的某些产品已触及科技伦理底线，甚至出现严重违法科技伦理的行为。2024年10月披露的“智能驾驶非法测绘”事件，就显示出一些企业的科技伦理意识淡薄，相关规则体系也不完善。

面对这些问题，应以科技向善为导向，压实企业的科技伦理规制主体责任，引导科学研究、技术创新朝着有益可持续发展的方向发展。

弘扬科技向善理念，开展科技伦理知识教育。加强对企业科技人员的科技伦理教育，培养科技人员对恪守科技伦理的敏感性和责任感，将“科技向善”理念植入科研人员意识，促使科技人员在科学研究、技术开发等活动中恪守科技伦理规范，特别是科技伦理底线。利用违反科技伦理规范的典型案例，做好警示教育，确保科技人员保持警觉，防范不经意间作出违反科技伦理的行为。

有效塑造科技向善的企业创新文化，健全科技伦理规制制度。企业应建立常态化科技伦理规制机制，把科技向善的创新文化融入科技创新管理全过程。研制新产品时应特别关注老年人、残疾人、低收入人群等社会脆弱群体和特殊人群的需求，诸如推动科技产品适老化，帮助老年人更好地融入数字社会。企业应主动识别并提前应对特定技术可能引发的社会风险，确保新技术应用不会损害某些消费者群体的利益。做好对科技创新活动的动态跟踪和科技伦理风险评估，以期应急处突发的伦理事件，确保企业新产品研制始终聚焦于增进人民福祉和推动社会进步。

积极引导企业全方位科技向善，完善企业科技伦理审查监管制度。企业面对人工智能和生物基因等新兴技术带来的复杂科技伦理问题时，应在有效完善科技伦理审查与监督机制的基础上，及时开展科技伦理风险评估及研判。建立完善、规范的审查程序和方法，对伦理审查工作人员开展业务能力提升培训，提升科技伦理审查质量和效率。通过科技伦理审查和监管，激励企业关注产品创新的普惠性，引导企业科技人员应用新兴技术来解决社会难点问题。

热网有“智慧” 温暖更贴心

1月24日上午，正在进行巡检的合肥热电集团有限公司(以下简称“合肥热电”)智能供热平台值班人员发现，位于安徽省合肥市瑶海区紫荆花园的站房出现压力1级报警，结合历史数据曲线图，确认报警原因为循环泵停运故障。合肥热电立即派维修人员到达现场，不到15分钟，该站房便恢复了正常供暖。

短时间内解决故障，离不开智能热网的帮助。它是一种将先进信息技术、自动化控制技术与传统供热网络相结合的新型供热系统，可以极大提升供热效率、优化能源利用并改善用户体验。

“这张‘网’可以让供热管理从被动变主动，满足不同用户的供暖需求。”合肥热电设计研究院院长汪育超对笔者说。如今，这样的“网”已在全国多个城市铺开，为千家万户送去更贴心的温暖。

实时感知保障供暖安全

合肥热电在合肥市铺设了长度为620多公里的地下蒸汽管网，管道大部分被埋在地下，这给运营管理带来了很大困难。

过去，技术人员开展运维工作主要依赖个人经验，或在问题出现后再解决。如今，智慧热网的智能感知技术彻底改变了这一局面。

该技术利用温度传感器、压力传感器、震动传感器等感知设备，可以实时监测蒸汽管道的流量、温度、压力、震动等数据，并将这些运行参数清晰呈现，使运维人员一目了然。

智能热网还具备实时监测与智能分析功能，可以及时判断参数是否异常、设备运行是否平稳，一旦发现问题，可以迅速进行针对性调整，极大提升了供热安全性。

从被动响应到主动服务

“过去很长一段时间，居民供暖系统一旦出现故障，用户只能拨打公司热线反馈。随后，我们安排技术人员前往排查，维修工作基本依赖检修人员的经验。这样耗时不说，可能还解决了问题，用户体验很不好。自从引入智慧热网，情况完全不一样了。现在，我们能提前发现并解决故障隐患，真正做到让用户无后顾之忧。这张‘网’每分钟都能够采集到成千上万个实时数据，用户端的运行情况一目了然。”合肥热电总调度室主任李磊介绍。

一旦蒸汽压力出现些许异常，智能热网都会立即自动报警。基于此，工作人员就能在问题发生前采取有效措施进行干预，实现从被动响应到主动服务的转变。

这不仅极大地提升了供热服务的及时性和可靠性，也显著提高了用户的满意度。

精打细算高效利用能源

当寒潮即将到来，智慧热网的多源数据采集技术，会从气象部门获取历史气象数据和实时气象预报数据，涵盖气温、湿度、风速、降水等多个气象要素。同时，它能够通过分布在供热区域的物联网设备，采集室外温度变化、热网运行实时数据，并从用户端收集用户用热习惯数据等。

之后，智慧热网会利用数据融合技术，将来自不同数据源、不同格式、不同时间尺度的数据进行清洗、转换和集成，形成统一的数据集，以便后续分析处理，消除数据中的噪声和不一致性，为深度分析提供高质量的基础数据。智慧热网还会利用大数据分析技术，对海量的供热相关数据进行存储、管理和分析，例如分析不同气象条件下热负荷的变化规律，以及用户用热习惯与室外温度的相关性等。

最后，智慧热网的智能算法优化技术会利用遗传算法、粒子群算法等智能优化算法，根据预测的热负荷需求和实际供热能力，对蒸汽供应量、压力值等供热参数进行优化计算，制定出最优的供热调度方案，确保在满足用户用热需求的同时，实现能源的高效利用和成本控制。

调度员会依据上述供热调度方案调整蒸汽供应量和压力值等，确保在极端寒冷的天气下，用户家中也能温暖如春。 洪敬谱

低空经济时代 无人机飞手如何“高飞”

2024年，低空经济首次被写入国务院政府工作报告。2024年10月，在国务院新闻办公室发布会上，国家发展和改革委员会副主任李春临表示，低空经济的蓬勃发展催生了无人驾驶航空器操控员的新岗位。据有关部门测算，我国该岗位的就业人才缺口高达100万人。

无人机飞手的成长与发展路径备受关注。近日，笔者采访了多位业内人士，深入探寻飞手应如何“高飞”。

复合型飞手是主要发展方向

具备快速学习与迁移能力以适应行业变化，是职业飞手的必备素质。工业和信息化部赛迪研究院产业政策所(先进制造业中心)所长王昊告诉笔者，随着无人机技术的进步和应用场景的专业化，对飞手的能力要求也向技能化、专业化方向发展。他认为，无人机应用场景日新月异，与其适配的飞行器也各不相同，这意味着飞手要想保持竞争力，必须跟踪技术进步，不断学习掌握先进操控技术和专业领域的知识，以安全、高效地应对不同环境情况下的飞行任务。

国网宁夏电力无人机实训基地相关负责人杨炯对此深有感触。他告诉笔者，2023年之前，无人机的培训以取证为目的，之后逐渐转变为以应用为主。2024年开始，培训更是进入“执照+综合应用”的阶段。以大疆为代表的摇杆操作类无人机，广泛应用于航拍、测绘等领域，飞手需

熟练掌握飞行操控技能，熟悉法规，并取得CAAC证书或行业合格证。而操作低空飞行器类无人机，飞手则要熟练运用操作系统进行航线勘测与规划，并具备民航和空管知识。

在杨炯看来，复合型飞手是当下无人机飞手的主要发展方向。他说：“行业知识储备丰富的飞手更具竞争力。以电力巡检为例，飞手不仅要熟练操控无人机，还要能准确识别设备缺陷隐患，对巡检数据进行整合分析，具备处理复杂场景的多种能力。”

王家志是山东德农航空技术有限公司的无人机教员和解决方案工程师，拥有7年植保无人机飞龄。他感慨，以前飞行技术熟练就能出类拔萃，现在不仅要操控娴熟，还得懂理论、会维修，掌握行业知识，对行业应用能力有了更高要求。

多条腿走路优化培养模式

王昊告诉笔者，当前飞手培训主要由专业培训机构、高校与职业院校、企业三股力量进行。

以国网宁夏电力无人机实训基地为代表的实训基地，其飞手培训教员主要来源于退役飞行员、相关专业领域技术专家以及高校无人机专业毕业生。根据培训时长，课程分为基础理论、实操训练、案例研讨与应急分析、协同作业与数据处理等环节，并与大疆等无人机公司建立合作。

而王家志所在的大疆山东代理商，则

突出企业垂直培养，学习的无人机类型更加集中。其教员从大疆内部培训选拔而来，学员主要来自周边农资店，随到随学。培训课程涵盖理论知识、模拟器训练、实操练习，同时还包括行业知识、安全常识以及法律法规等内容。每期培训时长为3天，对照考核表，理论和实操成绩均达到80分以上为通过。

王昊认为，近年来，我国对无人机飞手的需求量持续增长，因此人才培养需要多条腿走路，以满足未来行业需求。他认为，校企联合培养飞手是一种能够紧跟市场变化的有效模式，有利于实现资源共享与优势互补。例如，通过校企双聘行业专家，能够共同制定科学合理的培养方案，联合开展项目研究。

亿航智能副总裁贺天星有同样的想法。他说，企业在自主培养专业人才的同时应加强与高校、科研院所的产学研深度融合，这样能够充分发挥企业在实践中的技术优势，完善低空经济领域专业人才的培养体系，整合各方优质资源，充分发挥各自优势，为行业源源不断地输送高素质专业人才。

突破难点助力“高飞”

无人机飞手的培育还面临诸多问题。

王昊介绍，当前无人机飞手群体中，很大一部分是“临时工”。他们往往根据工作临时需求接受相关专业技能培训并从事相关工作，由于经验匮乏，事故发生率

文化推向更广阔的舞台。同时，运城市还加强对非遗传承人的培养和扶持力度，为他们提供更多的展示机会和发展空间。

运城市文旅局相关负责人表示，非遗文化是中华民族宝贵财富，也是推动地方经济社会发展的重要资源。未来，运城

市将继续加大对非遗文化的保护和传承力度，通过举办更多的非遗活动和展览、加强与非遗传承人的合作与交流等方式，进一步推动非遗文化的传承与发展。同时，运城市还将积极探索非遗文化与旅游产业的融合发展之路，为当地经济的繁荣发展注入新的活力。

荆晓青

(上接A1版)运城市的非遗项目不仅激发了本地市民的参与热情，也吸引了众多外地游客慕名而来。他们纷纷表示，通过参与这些非遗文化活动，不仅增长了见识、拓宽了视野，也对运城的传统文化有了更深入的了解和认识。同时，运城市的非遗项目也极大地推动了

当地旅游产业的蓬勃发展，春节期间，运城市各大景区的游客接待量较往年显著增长。

为了进一步提升非遗文化的知名度和影响力，运城市文旅局积极与各大媒体和社交平台合作，通过新闻报道、专题采访、短视频推广等方式，将运城的非遗