

全球量子科技发展态势及主要国家布局

胡晓女^{1,2}, 陈 茜³, 张飞昊⁴

(1. 澳门科技大学可持续发展研究所, 澳门 999078; 2. 中国通信学会, 北京 100022;
3. 中国科协创新战略研究院, 北京 100038; 4. 北京量子信息科学研究院, 北京 100193)

量子科技主要包含量子材料和量子信息技术两个主要领域。其中, 量子信息技术主要包括量子计算、量子通信和量子精密测量等技术方向^[1], 可以在提升信息处理速度、信息安全、测量精度和灵敏度等方面突破经典技术的瓶颈, 构成了对传统信息技术体系的系统性颠覆^[2]。当前全球量子产业发展进入加速期, 量子科技有望引领新一轮科技革命和产业变革, 驱动新质生产力向更高维度演进。

1 全球量子科技发展态势

量子计算目前主要处于实验室研究阶段, 但在专用量子计算机等方面已有应用探索。量子计算机制备主流技术路径包括超导、离子阱、光量子、半导体量子点、中性原子等。IBM 推出 1121 量子比特的 Condor 处理器, 谷歌展示 70 量子比特的 Sycamore 实现纠错优势; 光量子计算通过“九章”系列实现了量子优越性; 离子阱和中性原子路线也取得显著进展, 如 Quantinuum 的离子阱系统和 Pasqal 的 1000 原子装载技术。算法层面, 较早提出的 Shor、Grover 等量子算法已得到

验证, 但可以被应用于当前中等规模含噪量子计算机的实用化算法仍在探索中。当前, 主要挑战包括量子比特数量的扩展、纠错技术的完善、相干时间的延长以及算法与硬件的适配。产业应用处于萌芽阶段, IBM、Google 等已提供云量子计算服务。

量子通信已进入实用化验证和初步商用阶段。量子密钥分发 (QKD) 技术最为成熟, 光纤传输距离突破 1000 公里, 自由空间传输通过“墨子号”卫星实现星地链路。城际量子通信网络 (如京沪干线) 和量子互联网原型 (欧盟 QIA) 正在建设中。当前量子通信应用面临的技术瓶颈包括传输损耗、成码率、与现有通信设施的兼容性等。量子直接通信、量子隐形传态等前沿方向仍处于实验室研究阶段。中国已经突破 100 公里量子直接通信, 开始将量子直接通信逐步应用于金融、5G 保密专网等领域。产业应用主要集中在政务、金融等高安全需求领域, 但规模化商用仍需解决成本和标准化问题。

量子精密测量正处于从实验室突破向工程化应用转化的阶段。光学原子钟精度已达 10^{-18} 量级,

作者简介: 胡晓女, 澳门科技大学可持续发展研究所在读博士, 中国通信学会业务主管, 研究方向为城市与区域经济可持续发展、人工智能、算力网络、数字经济、工业互联网等。

陈 茜, 中国科协创新战略研究院, 副研究员, 研究方向为科技创新战略与政策、科技评估。

张飞昊, 北京量子信息科学研究院, 助理研究员, 研究方向为量子通信网络、量子直接通信和基于金刚石氮空位色心系统的量子信息处理。

正在推动“秒”的重新定义；基于冷原子干涉仪实现了 ng 级重力测量和 700ppm 稳定性的陀螺仪；NV 色心磁力计灵敏度进入 fT 级。当前，主要技术挑战包括设备小型化、环境噪声抑制、长时间稳定性等。应用方面，原子钟已用于卫星导航系统，量子重力仪在资源勘探中测试，生物磁测量探索应用于医学领域。

2 主要国家和经济体政策布局

为抢占量子发展先机，各主要国家及经济体纷纷启动了大型量子科技发展战略规划，从国家战略层面推进量子科技体系化发展^[2]。

美国通过制定大量的政策和设立高额资助项目，构建了紧密的量子产业生态，推动高校、科研机构与企业协同创新。国内外智库普遍将《国家量子倡议法案》视为美国最重量级的战略规划，该法案使得美国公共财政对量子基础研究的投入在短短 3 年时间内增加了一倍^[3]。当前，美国正在致力于通过《国家量子倡议重新授权法案》，该法案将《国家量子倡议法案》中的财政拨款由 13 亿提高至 27 亿美元，并将法案期限延长至 2034 年^[4]，投入上更加注重技术应用与转化，通过设立新研究中心、纳入更多联邦机构及激励公私合作来构建更强大的量子创新生态系统。同时，法案特别强调供应链安全和国际协作，旨在系统性地巩固美国在量子领域的全球竞争力。

欧盟发布并实施多份战略规划，旨在通过凝聚共识构建各成员国共同参与建设的量子技术和产业体系。其核心战略框架为“量子旗舰计划”，“量子旗舰计划”工作组于 2024 年 2 月发布《至 2030 年战略研究与产业议程》，整合欧盟量子领域所有研发、产业化、基础设施相关项目和议程，形成统一的指导性投资战略，推动欧盟成为全球量子创新领先地区^[5]。2024 年，欧盟委员会启动地平线计划，支持欧洲在人工智能、量子技术等领域的研究与创新。2025 年 7 月，欧盟发布“量子欧洲”战略，战略继续聚焦研发创新、基础设施建设和产业转化，同时启动多项人才培养、劳

动力队伍建设项目。在“欧洲量子通信基础设施”建设中，欧盟委员会广泛协调 27 个成员国及其研究机构与欧洲空间局（ESA）共同设计和开发^[6]。

加拿大于 2023 年发布《国家量子战略》^[7]，旨在通过系统的政策布局巩固其在量子领域的地位。该战略聚焦量子计算与软件、量子通信、量子传感三大关键任务领域，并以研究、人才与商业化为核心支柱支撑本国的量子优势。与其他国家一致，加拿大以公共投资为引导，协同高校、研究机构与私营企业共同推进。2025 年启动的“加拿大量子冠军计划”投入 9200 万加元支持 Xanadu 等四家本土企业容错量子计算机等工业级应用开发^[8]。

德国 2025 年通过的《高技术议程》^[9]在量子计算、量子传感器和量子通信领域设定了可量化的目标，并以终端用户使用和实际价值创造为最终评判标准。德国量子战略目标与措施体系展现出目标导向、全栈协同与生态转化的核心特点，战略深度融合德国工业优势，以应用需求驱动技术转化。无论是推动量子计算在优势产业的场景验证，还是为量子传感器开辟医疗等新应用领域，均强调通过测试中心、示范项目等方式，加速技术向产业渗透。

我国高度重视量子科技的创新发展，2020 年 10 月习近平总书记在中央政治局第二十四次集体学习时强调深刻认识推进量子科技发展重大意义，加强量子科技发展战略谋划和系统布局。2024 年两会上把开辟量子技术新赛道写入政府工作报告。2025 年政府工作报告提出“因地制宜发展新质生产力”，培育量子科技等未来产业。在科研力量布局上，国家成立了量子信息科学国家实验室，以及北京量子信息科学研究院、粤港澳大湾区量子科学中心等区域性高水平研发机构，为产业发展提供了创新源头。

3 启示

量子科技已成为重塑未来国际竞争格局的战略制高点，其发展凸显系统性长期投入与顶层设

计的关键作用。美国、欧盟等主要经济体均通过国家级战略规划、持续巨额资金投入与跨部门协同, 构建从基础研究到产业转化的全链条创新生态。同时, 技术路线的多元并行表明, 在颠覆性技术创新初期应保持开放探索。超导、离子阱、光量子等路径各具优势, 尚未形成单一垄断格局。因此, 在战略布局中需鼓励多元技术路线竞争, 并在自身有积累的领域实现重点突破。此外, 量子科技的实用化转型依赖于深度的产学研协同。从实验室原型到商业应用, 需要建立有效的机制, 推动高校、科研机构与产业界在人才、数据、平台及标准上的紧密合作, 加速技术成熟与场景落地, 最终将科学优势转化为产业与新质生产力发展的真正动能。

责任编辑: 李琦 校对: 梁思琪 武琪

参考文献

[1] 李硕, 李欣欣, 张雪松, 等. 量子信息科技与产业发展态势及未来展望[J]. 中国工程科学, 2025, 27(1): 122-132.

[2] 金学慧, 西桂权, 付宏, 等. 全球量子科技竞争的智库分析框架、主要观点及启示[J]. 智库理论与实践, 2025, 10(1): 149-162.

[3] The subcommittee on quantum information science, committee on science of the National Science & Technology Council. National quantum

initiative supplement to the president's FY 2023 budget[EB/OL]. <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2023/01/NQI-Annual-Report-FY2023.pdf>.

[4] 27亿美元! 美国多位参议院议员共同提出《国家量子倡议重新授权法案》[EB/OL]. (2024-12-03). <https://quantumcas.ac.cn/2024/1210/c24874a664602/page.htm>.

[5] 王晓菲, 张丽娟. 欧盟量子旗舰计划发布至2030年新议程明确量子技术十大跨领域共性问题研究与产业化方向[J]. 科技中国, 2025(1): 97-102.

[6] European quantum communication infrastructure (EuroQCI)[EB/OL]. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-quantum-communication-infrastructure-euroqci>.

[7] Canada's National Quantum Strategy[EB/OL]. <https://ised-isde.canada.ca/site/national-quantum-strategy/en/canadas-national-quantum-strategy>.

[8] Minister Solomon announces major new quantum initiative[EB/OL]. <https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2025/12/minister-solomon-announces-major-new-quantum-initiative.html>.

[9] Hightech Agenda Deutschland[EB/OL]. https://www.bmfr.bund.de/SharedDocs/Publikationen/DE/L/1105496_Hightech_Agenda_Deutschland.pdf?__blob=publicationFile&v=10.