

国外量子科技发展政策研究^{*}

林 浩, 姜 伟, 王 普, 翟 优

(中国网络空间研究院, 北京 100048)

摘 要: 作为全球瞩目的新兴战略技术, 量子科技成为引领科技革命和产业变革的热门研究方向之一。以推动我国量子科技发展为目的, 总结量子计算、量子通信、量子测量和后量子密码等量子科技主要领域技术研究现状, 梳理和分析国外量子科技政策发展情况。该研究有助于了解当前国外量子科技发展脉络, 为政策制定提供借鉴和参考。

关键词: 量子科技; 新兴战略技术; 发展动态

中图分类号: G321; TP309.1; TP309.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.19358/j.issn.2097-1788.2025.01.001

引用格式: 林浩, 姜伟, 王普, 等. 国外量子科技发展政策研究 [J]. 网络安全与数据治理, 2025, 44(1): 1-8, 36.

Policy research on the development of quantum science and technology in foreign countries

Lin Hao, Jiang Wei, Wang Pu, Zhai You

(Chinese Academy of Cyberspace Studies, Beijing 100048, China)

Abstract: As an emerging strategic technology, quantum science and technology has attracted worldwide attention. It has become one of the hot research directions leading the technological revolution and industrial transformation. The purpose of this article is to promote the development of quantum science and technology in China. Based on main fields: quantum computing, quantum communication, quantum measurement, and post-quantum cryptography, this article summarized the current research status of quantum science and technology. Moreover, this article reviewed and analyzed the policy development of quantum science and technology in foreign countries. The content of this article will contribute to understand the development of quantum science and technology around the world. It can also provide reference for policymakers.

Key words: quantum science and technology; emerging strategic technologies; development dynamics

0 引言

发展新质生产力成为 2023 年中央经济工作会议和《2024 年国务院政府工作报告》中的重要内容。作为具有高科技、高效能、高质量特征的颠覆性技术, 量子技术成为新质生产力中未来产业的重要组成部分。2020 年 10 月, 中共中央政治局就量子科技研究和应用前景举行第二十四次集体学习, 提出要充分认识推动量子科技发展的重要性和紧迫性, 加强量子科技发展战略谋划和系统布局。加快发展量子科技, 对促进高质量发展、保障国

家安全具有非常重要的作用。我国从战略规划上对量子科技进行布局^[1-2], 早在 2021 年 3 月, 《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》就提出强化量子信息研究; 党的二十大报告将量子信息等取得重大成果作为进入创新型国家行列的标志^[3]。

作为量子力学和信息科学融合交叉的前沿学科, 量子科技开辟了信息技术发展新方向, 有望在高性能计算、数据安全和传输等方面突破传统技术极限, 其广泛应用将推动人类社会迈进新阶段^[4]。量子科技已成为全球科技大国新一轮科技革命和产业变革前沿阵地^[5]。2024 年 1 月, 世界经济论坛发布第一份关于如何以量子科技为中心进行发展的文件——《量子经济蓝图》指出, 全球多

^{*} 基金项目: 国家重点研发计划 (2021YFB3101300, 2021YFB3101302, 2021YFB3101305); 国家社科基金项目 (23VRC094); 国家社科基金重大项目 (22&ZD147)

国已投入大量资金支持量子科技研发(如图1所示)。当前量子科技仍处于科学研究的早期阶段,各国纷纷出台政策文件自上而下布局推动量子科技发展。整体来看,全球量子科技研究已经取得很多突破性进展,正逐步从科学理论走向实际应用。本文将梳理量子科技研究现状,分析量子科技发展态势,对推动我国量子科技的创新发展具有借鉴意义。

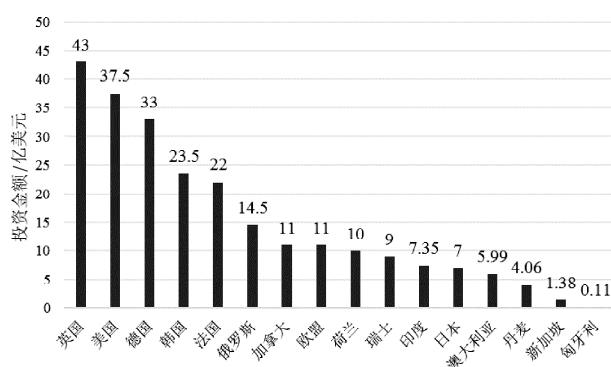


图1 国外政府部门量子科技研发投资情况

1 量子科技研究现状

量子科技主要分为量子计算、量子通信、量子测量和后量子密码等研究领域^[6],主要研究情况如下。

1.1 量子计算

成熟的量子计算机使得破解大部分基于数学难题的公钥密码体制成为可能,将颠覆传统加密设备或系统的安全性,严重威胁通信安全和数据安全乃至国家安全。量子计算目前处于基础攻关和实验阶段:一是在技术路线方面,IBM发布1121量子比特的超导量子计算处理器Condor和133量子比特可扩展芯片Heron;Quantinuum的H-Series离子阱量子计算机创下量子体积新纪录;Atom Computing在中性原子量子计算平台中创建了1225个站点的原子阵列,填充了1180个量子比特;英特尔构建具有12个量子比特的半导体量子计算芯片Tunnel Falls。二是在技术融合方面,美国、德国、法国、西班牙、芬兰、巴西、日本、澳大利亚和印度等正在推进超算中心与量子计算机应用;英伟达的DGX Quantum系统为生成式人工智能模型提供量子计算与经典计算混合加速平台;IonQ计划2024年实现量子机器学习的量子优势。三是在软硬件研究方面,谷歌、IBM、微软和亚马逊等正在打造量子计算软件开源平台;美国和德国在量子计算芯片制造方面具有较高的技术水平和市场份额。

1.2 量子通信

量子通信是以在信道中传输量子比特或利用纠缠态

为信道传输量子信息作为通信方式,与传统密码的原理不同,量子通信的安全性是以物理原理作为保证,理论上可以达到信息论安全^[6]。作为抵抗量子计算机的有效手段,量子通信正从实验室走向市场。一是在技术研究方面,欧洲电信标准化协会、国际标准化组织、国际电信联盟电信标准化局等发布多份量子通信标准文件;基于光纤传输的量子密钥分发(Quantum Key Distribution, QKD)已实现1002公里通信,基于光频梳技术的QKD可实现615公里通信;离散型量子随机数发生器(Quantum Random Number Generator, QRNG)在常温常压下以100 Mb/s的速度生成随机序列,基于真空的QRNG产生速度每秒达到100 Gbit,英国和新加坡企业已推出适用于卫星通信的QRNG。二是在技术应用方面,全球通信运营商积极开展量子通信商业化,包括开发基于量子通信技术的加密通话产品、集成QRNG到云服务等。

1.3 量子测量

量子测量应用场景丰富且产业化前景明确,涉及的研究方向和领域较多,不同方向的研究成熟度存在差异^[7],小型化是量子测量技术应用的一个重要方向^[8]。光学原子钟技术逐渐走向实际应用,已拓展到铁路移动通信、数据中心、国防和科学测量等行业;超导量子干涉磁力仪、光泵磁力仪、原子磁力计、金刚石氮空位色心磁力计等在医疗领域发挥重要作用;基于冷原子干涉技术的量子重力仪在精密测量领域优势显现,并开始向小型化和可移动化方向发展;量子重力梯度仪的研发存在技术难题;量子加速度计和量子陀螺仪现阶段主要处于样机研发阶段,核磁共振陀螺仪研发速度较快;量子增强雷达已在军事和环保等领域展开应用;量子电场测量技术已显示出优越性,在电场测量的精度方面仍需提高。

1.4 后量子密码

后量子密码技术能够抵抗量子计算机威胁,有效防止加密数据被破解。美国将后量子密码看作应对量子计算机威胁的有效技术手段,在国家标准与技术研究院(National Institute of Standards and Technology, NIST)牵头下持续推进后量子密码算法标准化工作,各政府机构持续发布相关文件加快信息技术向后量子密码过渡(如图2所示)。美国后量子密码标准化进程全球领先,NIST自2016年开始在全球范围内征集后量子密码标准化算法。2024年8月,NIST发布全球首批三个后量子密码标准化算法。2023年12月,韩国发布首轮后量子密码国家标准的竞赛结果,共有八个候选算法进入下轮。当前后量子密码产品仍处于初期发展和探索阶段,多为企业研发与测试。



图2 美近年来推进后量子密码迁移时间线

2 国外量子科技发展现状

为取得量子科技竞赛优势，各国和地区纷纷出台量子战略和规划等政策文件（如表1所示），促进技术产业发展，特别是美国、欧盟等在决策、执行、研发和产业等方面已形成自上而下的组织运行机制。量子产业成为各国技术角逐的重要战场，全球私营企业研发活跃，其中孵化自高校的初创企业成为推动技术发展的重要力量。顶尖高校强化量子研发中心建设，重视培养人才技能。政府、科研机构、企业、产业联盟和高校间合作频繁，广泛开展多领域高水平国际合作。

表1 国外量子科技政策汇总

国家	发布时间	文件名
欧盟	2018.10	《欧洲量子技术旗舰计划》
	2019.06	《欧洲量子通信基础设施宣言》
	2020.05	《战略研究议程》
	2022.11	《战略研究和产业议程》
	2023.12	《欧盟量子技术宣言》
德国	2018.09	《量子技术——从基础到市场》
	2021.03	《量子系统议程2030》
	2022.06	《量子系统研究计划》
	2023.04	《量子技术行动计划》
法国	2020.01	《量子：法国不会错过的技术转变》
	2021.01	《量子技术国家战略》
	2021.09	《量子优先研究与设备计划》
英国	2015.03	《量子技术国家战略》
	2015.09	《英国量子技术路线图》
	2016.12	《量子技术：时代机会》
	2020.07	《量子信息处理技术布局2020：英国防务与安全前景》
	2023.03	《国家量子战略》
美国	2018.12	《国家量子计划法案》
	2018.09	《量子信息科学国家战略概述》
	2021.10	《后量子密码过渡路线图》
	2022.02	《量子信息科学和技术劳动力发展国家战略计划》
	2022.03	《量子测量技术应用战略计划》
	2022.03	《将量子测量付诸实践》
	2022.05	《关于加强国家量子计划咨询委员会的行政命令》
	2022.05	《关于促进美国在量子计算领域的领导地位，同时降低易受攻击的密码系统风险的国家安全备忘录》
	2022.11	《向后量子迁移备忘录》
	2022.12	《量子计算网络安全防范法案》
加拿大	2023.01	《国家量子战略》
	2023.03	《量子科学和技术战略实施计划——量子2030》
	2019.09	《国家量子技术议程》
	2023.11	《量子2030》
	2018.02	《国家量子技术计划》
俄罗斯	2019.11	《量子技术发展路线图》
	2023.01	《国家量子战略》

续表

国家	发布时间	文件名
日本	2020. 01	《量子技术创新战略》
	2022. 04	《量子未来社会愿景》
韩国	2019. 02	《量子计算技术五年发展计划》
	2023. 06	《国家量子科技战略》
	2023. 10	《量子科技和量子产业振兴法》
澳大利亚	2020. 05	《发展澳大利亚量子技术产业》
	2023. 05	《国家量子战略》
印度	2020. 02	《国家量子技术与应用任务》
	2023. 01	《国家量子任务》
新加坡	2019. 10	《新加坡量子技术：为未来做好准备》
	2024. 05	《国家量子战略》

2.1 美国

美国最早将量子科技以法案形式将其提升到国家战略层面^[9]，通过持续颁布国家层面战略政策文件和设置专门机构体系化布局量子科技研究发展（如表 2 所示）。同时，美国成立了包括国家量子协调办公室、量子信息科学小组委员会、国家量子倡议咨询委员会在内的多个联邦量子科技协调/咨询机构，国家科学基金会（National Science Foundation, NSF）、NIST 等联邦机构致力于投资量子科技研究。2017 财年前，美国政府每年为量子科技的研发投入大约为 2 亿美元^[10]，《国家量子倡议法案》实施后，量子研发预算投入涨幅逐年加大。《2022 年芯片和科学法案》为量子科技研发授权约 7.7 亿美元支出，包含量子网络基础设施计划、量子用户科技扩展计划、量子网络通信研究与标准化、下一代量子领袖试点计划等。量子科技私营企业受到的资助力度较大，在技术研发中扮演主要作用。谷歌、霍尼韦尔、IBM、思科、亚马逊、英特尔、微软等私营企业正在建造量子计算机和相关组件并取得多项突破成果。2017 年，IBM 成立由世界 500 强企业、学术机构、初创公司和国家研究实验室等组成的量子计算产业联盟，成员总数超过 210 个，主要关注量子计算研发、商业开发和教育科普等领域。机构、企业和高校间合作密切，强化量子科技人才培养。

近年来，美国对量子科技出口管制政策持续加码，分别于 2021 年 11 月、2024 年 5 月和 2024 年 9 月颁布出口管制实体清单和规章，并表示还将继续制定出口管制政策。与量子通信相比，美国更为注重量子计算、量子测量和后量子密码研究，并广泛开展与盟国和合作伙伴之间的研发合作，已经与日本、韩国、英国、澳大利亚、芬兰、瑞典、丹麦、瑞士和法国等签署量子科技研发双

边合作协议。同时，美国致力于开展后量子密码迁移工作，在全球积极推广其后量子密码标准化算法。

表 2 近年来美国量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2018. 09	发布美首个量子科技科学战略计划，就量子科技的六个优先事项为政府、私营企业和学术界提供技术指导
2018. 12	颁布《国家量子倡议法案》，授权联邦机构建立财团和研究中心支持量子科技研发，协调政府、行业和学术界开展量子科技研发项目
2022. 05	签署《国家安全备忘录》，旨在提升美国在量子科技方面的领导地位
2023. 01	启动量子计算研究方法测试项目
2023. 08	发布行政命令，将限制包括量子计算在内的敏感技术领域对中国投资
2023. 10	宣布设立 31 个区域科技中心，其中包括两个量子科技中心
2023. 12	成立关键和新兴技术办公室，以支持和加速量子计算、人工智能等关键领域的研究进展
2024. 01	发布《量子技术战略》摘要，希望通过加强合作推动量子科技发展
2024. 02	DoE 投资 4 500 万美元资助量子计算研发
2024. 02	发布关键技术和新兴技术（Critical and Emerging Technologies, CETs）清单，其中包含量子信息和使能技术
2024. 03	成立量子领导力委员会，该委员会将于年内编写量子科技发展报告，为政府提供对策建议

2.2 欧盟

欧洲是量子理论的主要发源地，较早意识到该技术蕴含的潜力（如表 3 所示），欧盟已发布多份政策文件为技术研究和产业发展明确方向，并得到以德国和法国为主的各成员国积极响应。欧盟还设置专业组织机构统筹量子布局，促进成员国之间、成员国和欧盟委员会之间开展深度战略合作，以打造世界量子中心。2018 年 10 月，欧盟启动为期 10 年、投入约 10 亿欧元的量子旗舰计划，将建立由 5 000 名量子研究人员组成的团队，同时成立战略咨询委员会为该计划提供战略决策。欧盟委员会基于该计划设置工作组、量子社区网络、欧洲量子产业联盟三个主体，协作推动欧洲量子创新生态系统建设^[11]。

《量子技术旗舰计划战略研究议程》为量子旗舰计划制定详细的发展路线^[12]。欧盟在技术研究和产业规模等方面处于世界领先水平，并不断提升其自身技术研发能力和设备生产水平，通过利用欧洲在量子科技的整体优势探索工业应用。与美国不同，欧盟在量子通信方面同样进行重点布局，着手打造横跨整个欧盟的量子安全通信基础设施。欧盟在 NIST 后量子密码标准化算法研究方面作出重要贡献，未来后量子密码应用将重点考虑 NIST 后量子密码标准化算法。

表 3 近年来欧盟量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2021. 10	欧盟委员会宣布将建造量子计算原型机
2021. 08	签订《欧洲量子通信基础设施计划》，承诺共同建设覆盖整个欧盟的量子通信基础设施
2023. 01	欧洲航天局与卫星公司 Thales Alenia Space 合作 TeQuantS 项目，开发量子科技应用
2023. 12	签署《欧盟量子技术宣言》（以下简称《宣言》），协调欧洲国家、地区间的量子研发计划和基础设施建设。截至 2024 年 3 月 21 日，已有 21 个成员国签署《宣言》
2024. 01	欧盟启动 Nostradamus 项目，建设欧盟量子通信测试基础设施
2024. 02	欧洲量子旗舰计划宣布新路线图，将欧洲塑造为全球首个量子技术硅谷
2024. 03	欧洲核子研究中心在日内瓦成立开放量子研究所

2.2.1 德国

德国政府多年来对量子科技发展进行系统谋划，提出基于未来应用场景进行针对性技术研发，已为量子科技制定专项发展计划（如表 4 所示）。德国政府部门通过推动量子计算、量子通信、量子测量和后量子密码等技术的实际应用，开展技术理论、硬件和标准化研究，成立科学联盟和专家委员会、提高商业化进程、促进研发交流合作、加大投资、扩大人才等构建量子生态系统等三方面制定相关政策。德国国内量子研究机构和企业科研能力较强，特别是在量子物理的基础研究方面。量子产业主要由大企业主导，初创企业占比较小，学术界、工业界和研究机构结合紧密，技术转化较为高效。德国企业规模与资金来源缺乏多样性，较为缺乏国际投资。

表 4 近年来德国量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2018. 09	提出《量子技术——从基础到市场》计划，促进量子技术发展与应用
2021. 03	德国和英国签署加强量子研发合作新协议
2021. 05	宣布为量子科技发展投资 20 亿欧元，将在 2025 年前投入 11 亿欧元建设量子计算机，7.4 亿欧元建设量子云计算服务等
2021. 06	头部企业联合成立量子技术与应用联盟，推动量子科技的工业应用
2023. 04	发布《量子技术行动计划》，推动技术开发和应用

2.2.2 法国

法国近年来对量子科技的科研和产业两方面支持力度加大，通过政府部门和私营部门投资促进研发，并借助欧盟力量发展量子技术，将量子科技人才培养视为工作重点（如表 5 所示）。2021 年 1 月启动的《量子技术国家战略》，计划在 2021 年至 2025 年期间投资 18.15 亿欧元发展量子科技，并将跻身国际量子科技第一梯队作为目标。法国量子科技发展主要聚焦于掌握量子科技各研究领域关键技术、研发量子计算机、构建覆盖所有关键量子技术的完整产业链三方面，其中将量子计算机研发视为量子科技战略核心，占政府投入的一半以上，期望将这一技术应用在军事领域和构建完整的技术产业链，已培养一批如 Pasqal 和 Quandela 等实力雄厚的量子企业，力争在量子计算机研发方面取得突破。

表 5 近年来法国量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2022. 01	宣布推出“国家量子计算平台”，初始投资 7 000万欧元，总目标 1.7 亿欧元
2024. 01	法国、德国、荷兰和瑞典联合发布关于 QKD 的立场文件，指出 QKD 技术目前不够成熟，当前应迁移到后量子密码或采用对称密码
2024. 02	法国量子计算企业 PASQAL 宣布与卡尔加里大学及其 Quantum City 中心建立合作伙伴关系，合作开展量子科技教育、研讨会和培训课程，促进法国与魁北克省和阿尔伯塔省之间的双边交流
2024. 02	通过关于向第三国出口量子计算机及相关技术设备的法令，自 2024 年 3 月 1 日起从向非欧盟国家出口上述设备需要获得法国政府部门许可
2024. 03	启动 PROQCIMA 计划，目标到 2032 年研发出两台通用量子计算原型机

2.3 英国

英国高度重视量子科技研究,以成为量子技术领先国家为目标。近年来已发布两份国家层面量子战略,通过政府部门大力投资持续推进技术研究,以促进经济社会发展和维护国家安全(如表6所示)。英国政府资金投入以及科研成果数量居全球前列,初创企业获得的投资来源较广泛,整体生态与美国最为相似。英国2014年国家量子科技计划项目拨款10亿英镑推动政府、工业界和学术界在量子项目开展合作。2023年3月发布的《国家量子战略》承诺在未来10年内投资25亿英镑发展量子科技,在全国建设多个量子研究中心。英国致力于量子科技基础研究和技术应用并重,扶持企业开展技术研发,推动机构合作,实现技术研究到应用和产业的转化,支持量子产业发展成为全球量子科技供应链中重要一环。在推动技术产业发展的同时注重人才培养、国际合作以及技术标准和监管框架制定。

表6 近年来英国量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2015.03	发布《量子技术国家战略》,使英国实现技术领先,占领未来产业市场
2023.11	国家量子计算中心与IBM达成协议,英国研究人员可以云访问IBM量子计算机和系统
2024.02	政府宣布为量子科技发展投入4500万英镑
2024.03	宣布对65个博士培训中心投资超10亿英镑,支持开展量子技术、半导体等关键技术研究
2024.03	对《2008年出口管制令》和《2009年5月5日理事会第428/2009号条例》进行修订,自2024年4月1日起对量子技术、先进材料等新兴技术实施新管制措施

2.4 俄罗斯

俄罗斯致力于打造量子科技创新生态系统,加强从量子科技基础研究到应用和产业发展。俄罗斯《国家量子技术发展路线图》为量子科技研发计划总预算为511亿卢布,并成立国家量子实验室。2019年,俄政府与多家国有企业签署研发协议,俄罗斯铁路公司、天然气工业银行、储蓄银行从事量子通信研发,国家原子能公司研究量子计算和相关材料科学,国家技术集团主要研发量子测量。2024年2月,成功开发20量子比特的量子计算机。此外俄罗斯已成功开发出国内城市之间的量子保密通信干线。相较于美国和欧盟,俄罗斯整体部署量子科技时间较晚,近两年受俄乌冲突影响,俄罗斯工业和

经济受到双重打击,加之美欧对俄罗斯供应链断供,延缓了研发速度。尽管如此,俄罗斯掌握量子科技研发所需重要供应材料,量子计算机所需的氦主要由俄供应,对俄制裁同样为全球供应链带来动荡。

2.5 加拿大

保持量子计算技术的全球领先地位、成为量子测量领域领先国家为加政府重要工作任务(如表7所示)。部署后量子密码和研究量子通信技术成为加拿大在量子计算时代加强网络安全和数据安全采取的重要技术手段。加拿大《国家量子战略》提出巩固量子科技研究,推进商业化应用。政府部门在支持基础研究和应用研究、培养量子科技人才以及促进量子科技成果向产品和服务转化等方面持续投资,不断巩固和加强研发优势。早在2011年加拿大就研发出商用量子计算机,其量子科技产业较为成熟,拥有D-Wave、Xanadu等全球量子科技头部企业和全球性量子产业联盟。

表7 近年来加拿大量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2020.10	组建量子工业联盟,截至2024年3月拥有从初创企业到大型全球公司的40多家成员单位
2023.03	发布《量子科学和技术战略实施计划——量子2030》,为4项量子技术指明未来7年的行动方向,重点部署技术研发、试验和人才培养等
2024.01	宣布投资4000万加元支持基于光子的量子计算机的研发与商业化
2024.02	国家研究委员会宣布通过工业研究援助计划和科技创新合作计划为11家加拿大企业与英国的量子合作项目提供咨询服务和510万美元
2024.03	宣布资助英属哥伦比亚大学研究量子材料

2.6 日本

日本视量子技术为保障国家安全、促进经济发展、提高社会福祉的重要技术,明确未来在医疗、材料、能源、交通等领域的具体应用场景,将量子科技战略与人工智能战略和生物技术战略融合推进(如表8所示)。日本《量子技术创新战略》在技术研发、国际合作、产业发展、知识产权管理与国际标准制定、人才培养等方面重点布局,相关技术研究发展迅速,特别注重推动光子技术研发。日本量子技术研发时间较早,政府、产业界和学术界重视强化量子技术创新,推动量子科技应用发展以及与经典计算机、半导体等传统技术融合应用,促进相关企业发展。2021年2月,日本在全国建立8个量子科技创新基地,2022年5月已扩充到10所研究机构

及大学。日本将国际研发合作视为重要战略，其产业联盟与世界主要量子科技产业联盟合作密切。量子科技产业主要依赖日本政府和国内大型企业，初创企业融资规模均较少，且国际融资少，量子生态较为依赖内部资金和政策支持。

表 8 近年来日本量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2018. 03	发布量子飞跃旗舰计划，资助光量子研究
2021. 09	丰田、日立和东芝等 24 家企业组成量子战略产业革命联盟
2022. 04	公布《量子未来社会愿景》，与《量子技术创新战略》并行推进
2023. 02	日本量子战略产业革命联盟与美国量子经济发展联盟、欧洲量子产业联盟、加拿大量子工业联盟成立国际量子产业协会理事会，在量子技术的国际规则制定和知识产权管理方面开展深度合作
2023. 03	理化学研究所首台国产量子计算机投入使用，预计到 2025 年推出 100 量子比特的量子计算机，2026 年推出 1 000 量子比特的量子计算机
2023. 06	公布《防卫技术指南 2023》，研究量子计算、测量、通信等技术
2023. 07	产业技术综合研究所成立量子与人工智能融合技术业务发展全球研究中心，支持日本产业
2023. 11	日本和韩国宣布在量子计算方面开展合作

2.7 韩国

韩国《量子科技战略》指出到 2035 年投资至少 3 万亿韩元推动量子科技的研究和应用，将全球量子科技市场份额提升至 10%。韩国是少数为量子科技发展制定配套法案的国家之一。2023 年 10 月，《量子科技和量子产业振兴法》在韩国国会通过，为韩国培育量子技术和发展量子产业提供了全面设计。韩国实施任务指向型研发，正在积极推动技术应用，促进产业化发展，将人才培养作为优先任务，以研发量子计算机、建设量子网络强国、抢占市场为发展重点，推进量子科技在国防领域应用（如表 9 所示）。韩国量子生态系统较为完善，政府部门支持产业生态发展，企业间国内和国外投资合作频繁，韩国科技部门已与 IBM、IonQ 等科技巨头和量子计算企业开展合作，科研机构同步融入研发布局。韩国已在后量子密码领域开展国家标准研制。

表 9 近年来韩国量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2023. 11	宣布韩国首个符合国家量子密码通信技术安全要求的量子密钥管理设备已通过安全验证
2023. 11	与英国签署协议，扩大双方在量子计算和人工智能等领域的合作
2024. 01	成立专门的量子计算和测量技术研究所，培养专业人才，并与 NIST 就量子计算开展合作
2024. 01	韩国量子计算公司 Korea Quantum Computing 宣布和 IBM 开展合作
2024. 02	公布《新增长 4.0》战略重大项目实施计划，包括 2024 年下半年向私营部门开放国产 20 量子比特量子云计算云服务
2024. 03	韩国运营商 SK Telecom、量子通信解决方案公司 IDQ Korea、诺基亚 Korea 等签署建立“量子联盟”备忘录

2.8 澳大利亚

澳大利亚注重推动量子科技成果转化和商业化进程，通过投资技术研究促进产业发展，进而带动社会经济发展并促进就业（如表 10 所示）。《数字经济战略》将量子计算列为关键新兴技术，预计到 2040 年量子科技产业可以为澳大利亚经济增加 40 亿美元并带来 1.6 万个新就业岗位。澳大利亚注重与盟友开展研发合作，同时是欧洲最主要的合作伙伴。澳产业规模较小，且主要由初创企业组成，初创企业整体资金较为充足。澳大利亚联邦银行、澳洲电信 Telstra 等本土企业已开始探索量子计算机相关应用。微软、PsiQuantum、Rigetti Computing 等国际企业在澳大利亚量子科技发展中发挥重要作用。

表 10 近年来澳大利亚量子科技发展重要事件

时间	相关事件
2020. 05	联邦科学与工业研究组织发布《发展澳大利亚量子技术产业》
2021. 11	宣布投入 7 000 万美元建设新的量子商业化中心
2021. 11	与美国签署量子科技研发合作协议
2023. 04	宣布实施“下一代量子毕业生计划”，拨款 360 万美元资助 16 个博士奖学金，并推动 11 所澳大利亚大学的 4 个量子项目研究

2.9 印度

印度致力于成为全球量子技术研发和应用领先国家

之一,政府部门投入资金建设大批相关机构和企业,2023年1月,印度联邦内阁批准印度《国家量子任务》,八年内预算为6 003.65亿卢比。在增强技术研发和产业发展方面,印度在量子计算领域重点研究量子算法,提升硬件国产化能力,确保不依赖进口,打造独立的量子计算生态系统。在量子通信领域致力于研发光纤量子通信和基于卫星的量子通信,目前已实现200公里光纤量子通信。印度注重探索量子科技在军事领域的应用。为发展本国人才数量,制定专门的技能培训计划。印度德里理工学院启动第四批量子计算和机器学习课程,旨在提升并培养学员在量子计算和机器学习领域的专业技能。

上述国家和地区在量子科技领域发布的战略文件摘要汇总如表11所示。

表11 国外量子科技政策导向

国家	政策布局摘要
美国	维护国家安全并促进经济增长,制定科学有效的量子科技研究计划,培养量子科技专业人才,深化产业发展,提供技术研发所需的关键设备,推进国际合作
欧盟	使欧洲成为全球量子科技领先地区,支持企业发展,推动科研成果向商业应用转化,资助量子基础科学研究以及教育和国际合作,鼓励成员国之间开展研发合作
德国	成为量子技术领先国家,促使量子技术服务于经济社会和政府机构,基于未来应用场景进行针对性技术研发,打造覆盖技术、产业和人才的量子生态系统
法国	成为量子技术领先国家,掌握量子计算、量子通信、量子测量、后量子密码等量子关键技术,构建覆盖所有关键量子技术的完整产业链,其中量子计算机研发为政策核心
英国	成为量子技术领先国家,加强技术研发和监管、机构合作、行业应用、人才培养和国际合作,成为全球量子科技供应链中重要一环
俄罗斯	打造创新生态系统,整合相关项目,全面支持突破性技术研发,促进部门和行业间合作,加强从基础研究到应用和产业发展,发展新型教育
加拿大	保持量子计算领先地位,成为量子测量领先国家,研发量子通信和部署后量子密码保障国家安全,支持基础和应用研究,重视人才培养,加强科研成果向产品和服务转化
日本	通过量子技术保障国家安全、实现社会稳定、促进经济发展,将量子科技战略与人工智能战略和生物技术战略融合推进,重点在技术研发、国际合作、产业发展、知识产权管理与国际标准制定、人才培养等方面进行布局

续表

国家	政策布局摘要
韩国	成为全球量子经济核心国家,加强人才培养,实施任务指向型研发,促进产业化发展,强化技术在国防和军事领域应用,开展国际合作,制定配套法案和计划等措施
澳大利亚	成为量子产业领先国家,支持技术研发、成果转化和基础设施发展,壮大人才队伍,制定量子监管框架,与盟友开展研发合作,打造促进技术发展的国内生态系统
印度	成为技术研发和应用领先国家,扶持和扩大技术研发与应用,培育国内量子生态系统,在量子计算机制造、量子通信网络建设和量子测量设备研发等方面取得成果

3 结论

当前我国在《“十三五”国家科技创新规划》《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》《“十四五”规划和2035年远景目标纲要》《“十四五”数字经济发展规划》《关于推动未来产业创新发展的实施意见》《关于创新信息通信行业管理优化营商环境的意见》《关于推动新型信息基础设施协调发展有关事项的通知》等多份文件提及发展量子科技,在超导和光量子量子计算、量子卫星、量子保密通信干线、高精度原子钟、原子重力仪等领域取得显著成果。然而,当前量子技术尚未完全成熟,国内面临产业化和商业化程度偏低,科研成果和应用转化衔接力度不强,科研人才短缺,培养机制不健全,人才梯队不平衡,交叉学科融合度较低等问题;国际层面面临技术打压、供应链断供等阻碍因素。在早期的研发阶段,宜抓住机遇,从战略政策、基础研究、产业发展、国际合作和人才培养等多个维度实施相关举措:出台战略政策,从国家层面扩大支持力度;加强技术协同创新,突破关键技术和标准;深化产学研合作,保障供应链自主安全;自主培养和海外引进并举,强化人才技能;打造国际合作平台,争取话语权,全面推动我国量子科技快速发展。

参考文献

- [1] 滕学强,周钰哲,彭璐.量子信息产业发展新动向及趋势研判[J].新经济导刊,2023(3):61-67.
- [2] 席景科,叶世旺.我国量子信息科学发展的现状、问题与创新模式[J].教育观察,2023,12(22):6-9,13.
- [3] 彭云峰.量子信息技术应用及产业发展研究综述[J].信息系统工程,2023(2):135-136.

(下转第36页)

- [3] 毕世鸿, 林友洪, 耿鑫. 印太框架下日印数字合作的进程、逻辑及挑战 [J]. 印度洋经济体研究, 2023 (6): 81-98.
- [4] 张舒君. 印度网络安全治理视域下的美印网络安全竞争 [J]. 信息安全与通信保密, 2019 (8): 63-74.
- [5] 王业超, 宋德星. 美印网络安全合作: 外在转变、内生动力及矛盾增生 [J]. 南亚研究, 2023 (1): 70-96.
- [6] 张兆祺. 印度网络空间能力建设情况综述 [J]. 中国信息安全, 2022 (9): 79-83.
- [7] 荣国郡. 印度参与网络空间国际治理的进程分析 [D]. 北京: 外交学院, 2020.
- [8] 戴永红, 陈思齐. 印度数据本地化: 网络利益边疆的碰撞与机遇 [J]. 南亚研究季刊, 2022 (2): 93-112.
- [9] 华佳凡. 印度网络安全体系建设 [J]. 信息安全与通信保密, 2022 (6): 21-31.
- [10] 李莉. 从不结盟到“多向结盟”——印度对外战略的对冲性研究 [J]. 世界经济与政治, 2020 (12): 21.
- [11] DAS C P. Make in India-an analysis of IT sector [J]. Splint International Journal of Professionals, 2017: 69.
- [12] KAPUR DEVESH. The causes and consequences of India's IT boom [J]. India Review 2002, 1 (2): 91-110.
- [13] [印] 尼赫鲁. 人类的历史 [M]. 高原, 译. 北京: 北京大学出版社, 2016.
- [14] 毛维准, 刘一荣. 数据民族主义: 驱动逻辑与政策影响 [J]. 国际展望, 2020, 12 (3): 20-42.
- [15] SAMUEL C. Prospects for India-US cyber security cooperation [J]. Strategic Analysis, 2011, 35 (5): 770-780.
- (收稿日期: 2024-11-21)

作者简介:

张舒君 (1988-), 女, 博士, 讲师, 研究员, 主要研究方向: 美国对外关系、网络安全、冷战史。

(上接第8页)

- [4] 郭光灿. 量子信息技术研究现状与未来 [J]. 中国科学: 信息科学, 2020, 50 (9): 1395-1406.
- [5] 慕慧娟, 丁明磊, 顾成建. 我国量子信息科技创新发展面临的挑战及建议——基于中美对比视角的分析 [J]. 科技管理研究, 2024, 44 (3): 11-19.
- [6] 李静, 高飞, 秦素娟, 等. 量子网络系统研究进展与关键技术分析 [J]. 中国工程科学, 2023, 25 (6): 80-95.
- [7] 王敬. 量子信息技术产业发展概况及建议 [J]. 通信世界, 2024 (6): 28-31.
- [8] 王琦, 李蒙, 沈兴中, 等. 量子测量技术内涵与发展 [J]. 中国测试, 2024, 50 (2): 1-6.
- [9] 宋姗姗, 钟永恒, 刘佳, 等. 量子信息领域的国家战略布局与研发态势分析 [J]. 世界科技研究与发展, 2024, 46 (1): 21-35.
- [10] 周君璧, 董瑜. 美国量子研发布局对我国的启示 [J]. 世界科技研究与发展, 2023, 45 (6): 661-669.
- [11] 秦庆, 汤书昆. 国外典型量子产学研联盟案例研究及对中国的启示 [J]. 世界科技研究与发展, 2023, 45 (2): 243-253.
- [12] 邹丽雪, 刘艳丽. 欧盟量子技术战略研究及启示 [J]. 世界科技研究与发展, 2022, 44 (1): 25-34.
- (收稿日期: 2024-09-05)

作者简介:

林浩 (1990-), 男, 博士, 工程师, 主要研究方向: 量子信息、密码学、网络空间安全。

姜伟 (1979-), 通信作者, 男, 博士, 研究员, 主要研究方向: 网络空间安全、数据安全、网络综合治理。E-mail: jw@bjut.edu.cn.

王普 (1992-), 男, 博士, 助理研究员, 主要研究方向: 网络安全、数据安全、个人信息保护、大型平台数字治理。

(上接第14页)

- [13] 郭晓亚. 基于联邦学习的加密流量分类研究 [D]. 西安: 西安电子科技大学, 2022.

(收稿日期: 2024-07-05)

作者简介:

崔又文 (2003-), 男, 本科, 主要研究方向: 密码学、联邦学习。

冯千烨 (2003-), 女, 本科, 主要研究方向: 网络入侵检测、联邦学习。

何云华 (1987-), 男, 博士, 教授, 主要研究方向: 网络空间安全、区块链。

版权声明

凡《网络安全与数据治理》录用的文章，如作者没有关于汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权等版权的特殊声明，即视作该文章署名作者同意将该文章的汇编权、翻译权、印刷权及电子版的复制权、信息网络传播权与发行权授予本刊，本刊有权授权本刊合作数据库、合作媒体等合作伙伴使用。同时，本刊支付的稿酬已包含上述使用的费用，特此声明。

《网络安全与数据治理》编辑部

www.pcachina.com