

英国量子技术计划第二阶段发展动向

王 静

(中国科学技术部, 北京 100862)

摘 要: 量子技术是新一轮科技革命和产业变革的必争领域之一。英国高度重视量子技术发展, 2014年开始实施国家量子技术计划, 目前正在制定未来五年的支持方案。本文介绍了英国量子计划实施情况, 分析了下一步发展动向, 提出了我国量子技术发展需加大产业培育力度、加强人才培养与引进等建议。

关键词: 英国; 量子技术; 科技计划

中图分类号: F410 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2019.04.006

英国 2013 年秋季宣布实施国家量子技术计划, 第一阶段实施周期为 2014—2019 年, 目前正在筹划第二阶段计划, 计划 2019 年底开始实施。

1 英国量子计划简介

英国量子技术计划的定位是“支持将英国世界领先的量子研究转化为应用和新兴产业”^[1], 由量子技术战略咨询委员会监督实施。该委员会由学术界、工业界、政府部门和 4 个量子技术中心代表组成, 于 2015 年制定了《国家量子技术战略》和《量子技术发展路线图》, 提出了英国量子技术发展的愿景、目标和 20 年发展战略。

英国量子计划分为 4 大领域^[2]。(1) 量子传感和计量: 量子系统对外部环境极端敏感, 因此可精确感知与测量电场、磁场和重力场、气压或特定化学物质的存在, 可应用于建筑、医疗、勘探、环境监测和地震预测、导航和安全防御等领域。(2) 量子增强成像: 增加对量子效应的控制, 为改进传统成像系统的能力和分辨率提供了机会, 可广泛应用于军用或民用高灵敏度相机、摄像机、气体传感器、医疗影像系统等。(3) 量子通信: 量子技术理论上可以提供对于任何当前或未来的拦截技术完全安全的通信系统, 原型量子通信系统已经用于实际应

用。当前研发目标为: 降低量子通信所需器件的成本、尺寸和功耗, 将量子通信技术与现有电信设备集成, 开发量子通信系统网络以及开发可以通过开放空间而不是通过光纤进行通信的系统。(4) 量子计算: 量子比特一次处于多个状态的能力意味着量子计算机可以同时尝试解决大量问题, 从而大大减少了某些类型计算的计算时间。预期的应用包括: 模拟化学行为以发现新药或新材料; 复杂任务的优化安排, 如医疗系统的任务分配或供应链管理; 提高数据分析的速度和能力, 促进人工智能的实现等。

2 英国量子计划第一阶段执行情况

量子计划第一阶段(2014—2019 年) 5 年共投入 2.7 亿英镑, 由英国工程和物理科学研究理事会(EPSRC)、英国创新署、国防部、国家物理实验室等多个部门和机构联合支持。2016 年英国政府科学办公室发布的《量子时代: 技术机会》报告^[3]认为英国投资总额位居世界第 4, 仅次于美国、中国和德国。

主要支持内容如下。

(1) 由英国工程和物理科学研究理事会投资 1.2 亿英镑支持 4 个量子技术中心网络。4 个中心通过竞争性同行评议遴选产生, 每个中心均由多所

作者简介: 王静(1977—), 女, 理学硕士, 主要研究方向为科技创新政策和科技管理。

收稿日期: 2019-03-02

大学联合建立。①传感和计量中心，由伯明翰大学牵头，南安普敦大学、诺丁汉大学、斯特拉思克莱德大学、格拉斯哥大学、苏赛克斯大学参加。②量子增强成像中心，由格拉斯哥大学牵头，牛津大学、爱丁堡大学、华威大学、布里斯托大学、赫瑞瓦特大学参加。③网络化量子信息技术中心，由牛津大学牵头，剑桥大学、爱丁堡大学、华威大学、南安普敦大学、斯特拉思克莱德大学、苏赛克斯大学、巴斯大学、利兹大学参加。④量子通信中心，由约克大学牵头，剑桥大学、布里斯托大学、赫瑞瓦特大学、利兹大学、皇家哈洛威学院、谢菲尔德大学、斯特拉斯克莱德大学参加。

(2) 由英国创新署投资 5 000 万英镑支持创新。以支持企业以及企业和高校合作为主，包括行业领导的可行性研究、合作研究和开发项目、建立跨部门的量子技术特别兴趣小组，旨在探索市场机遇并建立英国供应链。

(3) 由英国工程和物理科学研究理事会投资 4 900 万英镑支持培训和技能。英国工程和物理科学研究理事会在全国建立了 3 个量子技术博士培训中心和 3 个量子系统工程培训和技能中心。①博士培训中心分别是：量子工程博士培训中心（布里斯托大学）、受控量子动力学博士培训中心（帝国理工学院）、量子技术提供博士培训中心（伦敦大学学院）。②系统工程培训中心侧重技能培训，分别是：量子工程与科学（帝国理工学院）、量子商业创新（伦敦大学学院）、量子企业（布里斯托大学）。

(4) 由国防部与国防科学技术实验室投资 3 000 万英镑支持量子技术演示项目。主要是重力成像和量子导航领域的演示。

(5) 由国家物理实验室出资 2 900 万英镑建设量子计量研究所。国家物理实验室是隶属英国商业、能源和产业战略部的国家实验室，量子计量研究所为英国提供开发量子技术所需的测量专业知识和设施。

(6) 由英国工程和物理科学研究理事会出资 1 650 万英镑支持量子技术人才计划。共支持 14 个专家团队，其中 6 项支持知名教授，8 项支持首次独立建立实验室的青年学者。

(7) 吸引企业参与投资。据统计，量子计划第一阶段有英国电信、东芝、Teledyne e2v 等 225 家

公司参与，吸引了大约 1.3 亿英镑的外部资金，其中超过 3 600 万英镑来自私营部门。

英国量子计划第一阶段总体实施情况良好，英国有关部门和专家认为“富有成效、超出预期”“加速了 4 大重点技术领域的发展”“目前在量子传感和计量、量子增强成像 2 个领域处于世界领先地位，在基于金刚石晶体的量子计算领域也具有独特的研究优势”^[4]。

3 英国量子技术战略咨询委员会提出的第二阶段计划

2018 年 6 月，英国量子技术战略咨询委员会提出了第二阶段工作计划，强调要以行业为主导，加快量子技术的商业化。

其主要任务包括：(1) 重点是新建若干由行业驱动、定位于支持转化的“创新中心”，提供产业所需的制造、测试和验证设备等共享设施，汇聚研究人员、创新人员、企业、熟练劳动力，成为协作与供应链整合的中心。创新中心将以竞争性遴选方式产生，不会以现有 4 个技术中心为基础，地点可能在格拉斯哥、布里斯托或伦敦等地。(2) 继续支持现有 4 个量子技术中心网络等技术基础研究。(3) 继续支持人才培训和技能发展等。

4 英国议会对量子计划第二阶段提出的建议

2018 年英国下议院科学技术委员会将量子技术作为审查重点之一，组织了多次听证会，充分听取各方意见，于 12 月发布了《量子技术》报告^[4]。该报告分析了量子技术给英国带来经济增长和社会效益的机会与潜在风险，提出下一步发展的政策建议。

4.1 加强管理

(1) 加强资助机构间的统筹协调。英国量子计划第一阶段由英国工程和物理科学研究理事会、英国创新署等不同资助机构的不同项目计划支持，各计划的支持方式与资助期限各不相同；第二阶段仍将继续这一模式，并增加产业战略挑战基金等新的资助渠道。因此建议加强资助机构间的统筹协调。

(2) 建议成立一个新的执行理事会，充分代表参与决策的各方。量子计划第二阶段将更明确地强调商业化，因此要强化产业界对决策的影响，并

相应增加产业界的投资；量子技术具有军民两用特点，因此应加强关于国家安全与国防知识的指导；此外，产业界、学术界与标准组织等监管机构的合作对于引领国际标准非常重要。因此建议成立一个新的执行理事会，由来自学术界、中小型企业、大型企业、标准组织、监管机构、国家安全和国防机构、政府的代表组成。理事会对第二阶段计划的实施予以监督，其职能包括对计划的产出和资金分配进行决策。

(3) 执行理事会应为英国量子技术的未来潜在市场制定详细的路线图。路线图应评估每个潜在市场的可能规模和时间范围，以及预计利用每个市场机会所需的技术发展、基础设施、劳动力、供应链和监管措施。路线图应涵盖未来 20 年，并每年更新。

(4) 执行理事会应制定量子技术市场发展策略。应利用未来量子技术市场的路线图，找出英国量子技术发展和商业化的潜在障碍，并确定克服这些障碍的战略。战略应与路线图一起公布和更新，并明确可衡量的里程碑，每年进行审查。

4.2 建立量子技术创新中心

(1) 建立创新中心是量子计划第二阶段的优先事项。创新中心要专注于商业产品的开发，应针对特定的市场领域而不是反映不同类型的量子技术。

(2) 充分借鉴弹射中心 (Catapult) 建设的经验与教训。拟议的创新中心与已经存在的弹射中心相似，创新中心应该有明确的定位、可衡量的目标并定期接受考核。

4.3 加强对国家量子计划的支持

(1) 支持政府投资 3 500 万英镑建设国家量子计算中心。该中心应专注于量子计算机的软件和硬件开发。

(2) 关于吸引企业投资。随着量子技术越来越接近商业化，产业界应增加对技术开发的投资；但对企业承担资金的比例要求应有一定的灵活性，以免损害英国量子技术的发展。例如英国创新署要求“企业承担项目 70% 成本”，这一规定应有一定的灵活性。英国研究与创新总署应对该规定的影响

进行监测，确保英国量子技术计划与其他国家相比，仍然具有竞争力。

(3) 政府应确保基础研究资金。虽然量子技术计划的目标是应用和产业化，但政府要保障基础研究经费保持同步。英国研究与创新总署还应确保各种规模和持续时间的项目、各种规模的机构都有机会得到支持。

(4) 加强量子技术的转化示范。要积极寻求新的企业和行业机构运用量子技术，提高产业界对量子技术的认识，并将其纳入产业发展路线图和战略。要研究量子技术近期的转化能力，以及具体需要哪些产品和技术来推动各领域的发展。

(5) 加强政府采购量子技术。国防部对量子技术的示范项目已有支持。下一阶段量子计划应与英国首席科学顾问网络^①合作，确定政府部门支持量子技术示范的机会，对量子技术产业化产生积极影响。

(6) 建议小企业研究计划 (SBRI) 对量子技术予以支持。小企业研究计划是英国以政府采购方式支持中小企业的一个计划，由公共部门提出技术和产品需求，英国创新署资助企业提出创新解决方案。2018 年 6 月英国在小企业研究计划里专门设立了“政府技术催化” (GovTech Catalyst) 挑战赛，支持数字技术在公共部门的应用。议会建议采取同样方式，设立“量子技术催化” (QuantumTech Catalyst) 挑战赛，支持量子技术的政府采购。

4.4 人才培养

(1) 量子计划第二阶段应将人才培养和培训列为优先事项。英国认为，缺乏技术人才是英国乃至全世界量子技术发展的瓶颈问题，同时英国欠缺兼具技术能力与商业转化能力的人才。

(2) 量子计划应促进产业界参与博士培养，从而培养符合行业需求的人才。应加强与从事量子技术或密切相关领域的企业合作，量身定制博士培训计划，可采取企业提议或赞助博士项目、博士培训中心的第一个由企业主导等方式进行。

(3) 必须确保在本科、技术人员和学徒级别提供适当的培训。例如提供持续的专业发展模块或简短的大学课程，应方便企业获得，对员工进行培

^① 该网络由政府首席科学顾问领导，由政府各部门的首席科学顾问组成，为涉及科技的跨领域政策提供建议。

训。还应该为量子技术的最终用户提供定期的、针对具体行业的研讨会，从而在已经应用量子技术的行业建立量子“拥护者”网络。

(4) 培养职业技术人才。应促进和协调量子技术企业（包括大企业和中小企业）参与学徒学院（教育部下属的非政府部门公共机构）正在开展的学徒标准制定和“健康与科学”“工程与制造”职业技术教育。包括：为学生提供量子技术行业的机会，涵盖使用量子和相关技术企业所需的基本技能；并为从事量子行业的企业提供学徒或工作实习机会。鼓励和支持量子科技企业提供学徒工作实习岗位。

4.5 量子计划的社会影响

(1) 关于量子计算机破坏传统数字安全方法的能力。量子计算机的发展可能破坏目前用于保持敏感数字信息安全的方法，如果现行通过因特网和其他系统通信的加密方法变得脆弱，将产生重大的经济和社会影响。政府应对其潜在解决方案予以监测，包括达成新的安全标准协议。它必须确保相关组织和企业了解问题及其解决方案，并确保及时实施。政府应继续鼓励和参与国际对话，以解决这些问题。

(2) 对量子技术在国家安全领域与经济领域的应用应予以同等重视。量子技术可用于通信、传感和感知等军事用途，量子技术的军用和民用应有良好的协调。

(3) 量子技术应加强“负责任的研究与创新”工作。“负责任的研究与创新”指横跨研究和创新生命周期的多个参与者的多层次、不同范围的活动，包括解决关键问题的工作组；技术和风险评估；公众参与；与产业界、社会组织和社区的接触等。量子技术计划尚未发现任何必须解决的潜在不利社会影响，下一阶段必须加强“负责任的研究与创新”工作，每年进行总结，从而最大限度地发挥潜在的积极影响，并减轻任何负面影响。

5 英国政府对量子计划第二阶段的支持情况

英国商业、能源和产业战略部和数字、文化、媒体和体育部正在组织专家对量子计划第一阶段进行审查，计划于2019年夏季宣布第二阶段总体方案。

英国政府2018年秋季预算宣布对量子计划第二阶段的投资计划为3.15亿英镑，与量子计划战略咨询委员会提出的第二阶段总预算3.38亿英镑大致相当。除原有的英国工程和物理科学研究理事会、英国创新署、国防部、国家物理实验室等资助渠道外，新增了产业战略挑战基金，该基金将安排7000万英镑支持量子技术。

量子计划第二阶段的重点是量子技术的商业化，加强学术界与产业界在量子技术设计、制造和使用方面的合作。目前已经明确的首批资金支持情况为：①由英国工程和物理科学研究理事会投资8000万英镑，继续支持4个量子技术中心网络。②投资3500万英镑新建一个国家量子计算中心。③产业战略挑战基金出资2000万英镑，举办量子挑战赛，支持4家公司开发4个原型量子器件，分别是：RSK集团的地下测量量子传感器、Teledyne e2V公司的微型原子钟、东芝欧洲研究院的安全加密芯片、ArQit公司的量子密钥接收器等。第二阶段其余资金尚未明确分配方案。

6 思考与建议

(1) 英国科技计划的组织与实施方法值得借鉴。英国科技计划组织具有以下特点：一是坚持“一张蓝图画到底”，按照既定的长期战略规划分阶段实施，久久为功；二是重视阶段性的总结和审查，及时对部署进行微调和改进；三是从基础研究、产业转化、人才培养、组织管理等多方面统筹谋划任务部署，多部门分工合作，协力推进。

(2) 加大我国对量子技术相关产业的培育发展。量子技术不是一个单独的行业，而是支撑多个行业的基础技术。我国2006年已设立“量子调控”重大科学研究计划，可谓抢抓了量子技术发展的机遇；科技创新2030重大项目还设立了“量子通信与量子计算机”项目。目前我国量子研究取得了一批国际领先的研究成果，具备一定国际影响，但仍存在队伍小、部分领域实力较弱、与产业界基本没有联系等问题。下一阶段在继续加强基础研究的同时，要挖掘量子技术的潜在应用，引导企业投资和应用，才有可能支撑新兴产业。英国量子技术计划中，以政府采购方式引导企业与研究机构合作开展量子技术应用研究、加大产业界在专项计划管理决

策中的话语权等做法可以借鉴。

(3) 加大量子技术人才引进和培养力度。缺乏高水平人才是量子技术发展的瓶颈问题。要针对我国较薄弱的量子计算等领域,有针对性地加大领军人才和青年人才引进力度。同时可借鉴英国高校与产业界联合培养博士生,对本科和在职人员、行业用户进行量子技术培训等方法,加强量子技术整体人才储备。

参考文献:

[1] The Quantum Technologies Strategic Advisory Board. National strategy for quantum technologies: a new era for the UK[EB/OL]. [2019-01-10]. <https://epsrc.ukri.org/>

[newsevents/pubs/quantumtechstrategy/](https://epsrc.ukri.org/newsevents/pubs/quantumtechstrategy/).

[2] EPSRC. UK national quantum technologies programme [EB/OL]. [2019-01-10]. <http://uknqt.epsrc.ac.uk/>.

[3] Government Office for Science. The quantum age: technological opportunities[EB/OL]. [2019-01-10]. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/564946/gs-16-18-quantum-technologies-report.pdf.

[4] House of commons science and technology committee. Quantum technologies[EB/OL]. [2019-01-10]. <https://publications.parliament.uk/pa/cm201719/cmselect/cmsctech/820/82002.htm>.

The Development Trend of the Second Phase of UK Quantum Technology

WANG Jing

(Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China, Beijing 100862)

Abstract: Quantum technology is one of the most important areas of the new round S&T revolution and industrial transformation. The UK highly valued the development of quantum technology. In 2014, it began to implement the National Quantum Technology Programme, and is currently developing the plan for the next five years. This paper introduces the UK Quantum Programme and analyzes the next development trend. What's more, the relevant suggestions for the development of quantum technology in China, such as accelerating industry cultivation and promoting talents cultivation and introduction, are also proposed.

Key words: UK; quantum technology; R&D programme