

日本量子技术科技战略研究

邹丽雪^{1,2}, 刘艳丽^{1,2}

(1. 中国科学院文献情报中心, 北京 100190;
2. 中国科学院大学经济与管理学院, 北京 100190)

摘 要: 量子技术已成为极其重要的基础技术之一, 近年来受到各国的广泛关注。日本在量子基础理论和技术方面开展了大量研究, 并将量子技术提升至战略地位。本文对日本量子技术的科技战略部署、组织管理和发展举措进行了梳理。首先, 本文讨论了近年来日本制定的量子技术相关的研发计划和创新战略; 其次, 分析了日本量子技术科技战略的组织管理和推进模式; 随后梳理了目前日本发展量子技术的主要举措, 包括建设量子技术创新基地、开展融合创新研究、拓展国际合作和实施人才战略。在此基础上, 本文建议中国应加快光量子技术研发, 建设量子创新中心体系, 深化量子技术国际合作, 加强量子技术人才培养。

关键词: 日本; 量子技术; 科技计划; 科技战略; 发展举措

中图分类号: G321 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2022.05.002

近年来量子技术受到广泛关注, 全球竞争日益激烈。日本在量子技术领域资助了大量基础研究项目, 并将量子技术提升至战略高度。2009 年, 日本内阁在“最尖端研发支援计划”(FIRST)中资助了量子信息处理项目^[1], 2014 年通过“革新性研究开发推进计划”(ImPACT)资助量子人工脑项目^[2], 2016 年在《第五期科学技术基本计划(2016—2020)》中将光量子技术定位为未来共性基础技术^[3]。随后, 日本内阁在每年的《综合创新战略》中强调发展量子技术, 2018 年提出采用战略性创新推进计划稳步推进光量子技术的发展^[4], 2019 年提出加强量子技术重要领域的研发支持和基地建设^[5], 2020 年和 2021 年进一步强调将量子技术作为战略性基础技术, 推进基地建设和人才培养^[6, 7]。

本文对日本量子技术科技战略的部署、组织管

理和发展举措进行梳理, 并分析其发展特点与举措, 为中国量子技术发展提出启示与建议。

1 日本量子技术的科技战略部署

近年来, 日本内阁、文部科学省、经济产业省和总务省制定了一系列研发计划和战略(见表 1), 通过国家直接控制的项目促进广泛基础研究, 推动日本量子技术研发。

日本内阁推进量子技术长期创新发展。2019 年 3 月, 日本内阁在战略性创新推进计划第二期中制定了“利用光量子的社会 5.0 实现技术”研发任务^[8], 资助期限为 5 年, 重点研发激光加工、光量子通信和光电信息处理、空间光控技术等, 以实现智能制造, 开发量子安全云技术, 安全分发、存储和利用高度机密信息, 提高医疗和制造生产力。2019 年

第一作者简介: 邹丽雪(1986—), 女, 博士, 助理研究员, 主要研究方向为情报学。

项目来源: 国家科技图书文献中心国家重大科技战略问题情报研究之“科技安全国际战略与政策情报研究”的子课题“信息科技领域(数字科技)监测与专题情报服务”(E11Z0413)。

收稿日期: 2022-03-05

12月，内阁启动“登月型”研发体系，促进具有挑战性的研发活动的发展，将实现容错通用量子计算机^[9]作为七个长期研发目标之一。到2030年，研制出具有一定规模的嘈杂中型量子计算机，展示有效的量子纠错；到2040年，开发通过量子通信网络连接的安全分布式嘈杂中型量子计算机，实现量子纠错计算机；到2050年显著发展经济和工业。2020年1月，内阁制定《量子技术创新战略》，提出将量子技术与现有传统技术融为一体，综合推进量子技术创新，发展量子人工智能技术、量子生物技术、量子安全技术三大量子融合创新技术，并制定五项战略，包括技术开发战略、国际战略、产业与创新战略、知识产权与国际标准化战略、人才战略，同时将量子计算与模拟、量子测量与传感、量子通信与密码以及量子材料列为主要技术领域。

文部科学省重点资助光量子技术的发展。2017年文部科学省发布《量子科学技术（光量子技术）新推广办法》^[10]，将量子信息处理、量子测量与传感、下一代激光器作为优先领域。2018年，

文部科学省开始密集支持量子技术，启动了“光量子跃迁旗舰计划”（Quantum Leap Flagship Program, Q-LEAP）^[11]，资助时间为2018年至2027年，分别启动三个领域基础研究项目，包括量子信息处理（6项）、量子测量与传感（7项）、下一代激光器（4项），同时为三个领域各启动一项旗舰项目。2020年，该计划新增量子人工智能和量子生命两个旗舰项目。文部科学省在2019年光量子科技经费预算^[12]中为光量子跃迁旗舰计划资助22亿日元，2021年增加至35亿日元。

经济产业省和总务省设立研发项目支持量子技术研发。经济产业省设立了人工智能芯片与下一代计算技术开发项目（2016年至2027年），研究量子退火机，投入94.2亿日元，由新能源产业技术综合开发机构执行；总务省设立了构建全球量子密码通信网络的研究和开发项目（2020年至2024年），投入14.4亿日元，目标是建立地面和卫星系统结合的远距离量子密码通信网络，开发卫星通信中的量子密码技术。

表1 日本量子技术的科技战略

科技战略	时间	制定机构	简要内容
人工智能芯片 / 下一代计算技术开发	2016年3月	经济产业省	研究量子退火机
量子科学技术（光量子技术）新推广办法	2017年8月	文部科学省	将量子信息处理、量子测量与传感、下一代激光器作为优先领域
光量子跃迁旗舰计划	2018年6月	文部科学省	为优先领域启动旗舰项目和基础研究项目
利用光量子的社会 5.0 实现技术	2019年3月	内阁	利用光量子技术的优势实现智能制造，构建安全云网络系统
“登月型”研发体系	2019年12月	内阁	实现容错通用量子计算机，到2050年显著发展经济、工业和安全
量子技术创新战略	2020年1月	内阁	制定技术开发、国际、产业与创新、知识产权与国际标准化、人才五大战略
构建全球量子密码通信网络的研究和开发	2020年6月	总务省	构建远距离量子密码通信网络，开发量子密码技术

2 组织管理

日本在组织管理各量子技术科技战略时，分别设立相应的推进委员会、理事会、顾问委员会进行管理和协调。这些组织管理机构的成员由政府、大学、研究机构和企业专家共同组成，为推进科技战略的实施提供广泛的建议与支持。

日本内阁设立综合创新战略推进委员会负责制定综合创新战略和量子技术创新战略。依据量子技术创新战略，日本将针对每个特定技术领域，设立由大学、研究机构和企业专家组成的量子技术创新委员会，例如量子计算机软件委员会、量子传感器利用委员会、量子材料利用委员会、量

子信息通信技术委员会。委员会负责审视和讨论特定领域的技术现状、研发方向以及在产业和社会中的应用。

日本内阁设立推进委员会推动“利用光量子的社会 5.0 实现技术”研发计划，指定量子科学技术研究开发机构（National Institutes for Quantum and Radiological Science and Technology, QST）负责管理。推进委员会负责审议研发内容、目标、机制和商业应用战略，管理研发进度和成果。推进委员会由东芝公司的专家担任主席，负责研发计划的制定和推进。成员由政府、研究机构和企业专家组成，包括三菱电机集团、国家信息通信技术研究所、内务和通讯部国际战略局、教育部科学技术政策局量子研究推进室、经济产业省的产业技术环境局、商务和信息政策局的专家^[13]。同时，推进委员会在内阁办公室设立秘书处，在推进委员会协调不成功时，由委员会主席与秘书处协商做出最终决定。该研发计划由量子科学技术研究开发机构的运营费用补助^[14]，并由量子科学技术研究开发机构负责推进该课题并管理研发进度^[15]。量子科学技术研究开发机构下设知识产权委员会，用于促进产业化。

科学技术振兴机构挑战研究开发计划部负责管理“登月型”研发体系的“实现容错通用量子计算机”任务。该机构设立了研发计划总监和顾问委员会，推动量子计算机硬件、软件和网络研发。研发计划总监由大阪大学教授担任，11 位来自大学、研究机构和企业专家组成顾问委员会。这些专家来自东京大学、立命馆大学、大阪大学、中部大学、国家先进工业科学技术研究院、东京工业大学、理化学研究所、东丽株式会社、东京理科大学^[16]。该研发计划目前支持 7 项量子计算机研发项目，其中 5 个项目由大学承担，包括东京大学、横滨国立大学、冲绳理工大学和大阪大学；2 个项目由企业承担，日立株式会社承担“大型集成硅量子计算机研发”项目，日本电气株式会社负责“超导量子电路集成技术的发展”项目^[17]。

文部科学省设立量子科学技术委员会，负责量子科技（光量子技术）新推广办法的管理。委员会成员由大阪府立大学、东北大学、东京大学、电子通信大学、庆应义塾大学、自然科学研究机构、量子科学技术研究开发机构、日立集团、国立情报

学研究所、东芝公司的研究员、教授和技术顾问组成^[18]。该委员会负责申请预算，对项目进行终期评估，评估技术现状和未来的发展可能性，例如光量子融合研发项目终期评估内容是关于光子晶体的现状和未来的发展可能性等^[19]。量子科学技术委员会下设量子束利用推进分会^[20]，促进先进量子束技术的成熟和应用。

文部科学省成立了由外部专家组成的理事会和顾问委员会，推进光量子跃迁旗舰计划。理事会专家来自丰田技术研究中心、富士通公司、一桥大学和量子科学技术研究开发机构。项目主任负责指定技术领域的全面管理，庆应义塾大学科学技术学部教授负责量子模拟器、量子计算机，东京大学纳米量子信息电子研究所教授负责量子计量与传感，早稻田大学理工学部教授负责下一代激光。每个技术领域设立 10 名左右外部专家组成的顾问委员会，为项目主任提供建议和支持。

3 发展举措

3.1 建设量子技术创新基地

日本实施量子技术创新战略，成立 8 个量子技术创新中心，建立大学、研究机构与产业的合作关系。由于研究人员分散在大学、研究所和企业中，缺乏一流的研究基地，日本根据技术特点，从基础研究出发，以大学和研究机构为中心，以日本理化学研究所为核心组织，汇集人才、技术等，成立了 8 个量子技术创新中心^[21]，分别是日本理化学研究所的量子计算机开发中心、国家先进工业科学技术研究所的量子器件开发基地、东京大学与企业联盟成立的量子计算机利用中心、大阪大学的量子软件研究中心、国立信息通信技术研究所的量子安全中心、量子科学技术研究开发机构的量子生命中心、国立材料科学研究所的量子材料中心、东京工业大学的量子传感器中心。依托这些中心，政府、大学、研究机构和企业建立合作体系，在基础研究、技术示范和人力资源开发方面进行合作。政府在财政、税收和制度方面提供中长期支持，并邀请国内外企业适当投资。一些中心已与企业建立了合作关系，东京工业大学与三菱重工业株式会社、日本航空电子工业株式会在导航技术研发方面建立合作，大阪大学与丰田通商株式会社、QunaSys 株式会社、亚马

逊云科技公司等在量子计算机用例、机器学习应用研究、云环境、硬件软件连接等方面进行联合研究。

日本成立量子科学技术研究开发机构, 支持量子生命与医学特色研究, 促进人员交流, 支持产业发展。2016年4月, 日本通过重组国立放射线医学综合研究所与日本原子能研究开发机构量子束部和聚变部, 成立了量子科学技术研究开发机构。量子科学技术研究开发机构下设量子生命与医学研究部、量子束科学部和聚变能源部。量子生命与医学研究部下设量子生命科学研究部、量子医学科学研究所、国立放射科学研究所和量子科学技术研究开发机构医院。量子束科学部下设高崎量子应用研究所、关西光学科学研究所以及下一代同步辐射设施维护开发中心。量子科学技术研究开发机构正在建设量子生命科学研究中心^[22], 作为8个量子技术创新中心之一, 量子生命科学研究中心主要致力于推动研究量子测量技术及其在生命科学和医学中的应用、生命中量子效应的测量、阐明生物功能的量子理论机制、生物分子的超精密分析等。该中心将于2022年建成, 为大学、外部研究机构和企业提供先进的研发设备和交流场所。量子科学技术研究开发机构还设立未来实验室^[23], 支持量子科学技术研究开发机构内部跨机构研究以及与产业合作研究, 目前已形成4个研究基地, 包括空间量子环境研发基地、脑疾病量子生物标志物药物发现基地、离子阱量子位基地、下一代同步辐射研究基地, 在未来将开展大规模项目研究, 形成政府、大学、研究机构与产业合作的创新基地。量子科学技术研究开发机构设立创新项目“量子手术刀研究项目”^[24], 研发使用量子束进行肿瘤切除手术的量子手术刀, 以实现癌症零死亡目标。在对外交流合作方面, 量子科学技术研究开发机构建立研究人员接收制度^[25], 例如访问研究员、合作研究员、实习生、合作研究生、特邀研究员和交叉预约制度等, 促进人员交流, 推进高效研发。为促进产学合作, 量子科学技术研究开发机构设立了特别审查和研究费用税收抵免制度^[26], 在公司与量子科学技术研究开发机构进行联合研究或以合同方式进行研究时, 可以抵免相应税收。此外, 量子科学技术研究开发机构认证了4家风险投资公司, 用于支持创业公司的建立, 以最大限度地应用量子科学技术研究开发机

构研究成果^[27]。为了解决企业的技术问题, 量子科学技术研究开发机构成立了3个联盟, 分别是先进高分子功能材料联盟、量子成像药物发现联盟、超高纯锂资源回收联盟。参与公司可以从量子科学技术研究开发机构获取技术最新动态, 促进高效开展技术研发, 由此降低新进入者、最终产品和技术投资风险。2021年日本共有14家民营企业参与。

3.2 开展融合创新研究

日本通过开展量子技术和人工智能、生物、安全技术的融合创新, 构建融合技术体系, 以尽快实现高精度的商业应用。量子计算机对于特定问题的计算性能有望远超经典计算机, 特别是与机器学习、聚类等人工智能技术结合, 有望成为重要应用之一。日本在量子软件开发方面具有优势, 因此日本将量子人工智能技术作为融合创新领域, 研究有监督或无监督学习等量子经典混合计算、算法和系统架构开发。其次, 将量子技术与生命和医疗相结合是日本的特色研究之一, 以解决人口老龄化和延长健康寿命等问题。因此, 日本将量子生物技术作为融合创新领域, 研发生物纳米量子传感器、量子纠缠光学成像、超极化核磁共振技术。此外, 从安全角度出发, 日本将量子安全技术也作为融合创新领域, 重点研究量子安全云、光量子网络加密, 从而增强网络安全。同时日本制定融合路线图, 通过国家直接控制的大型项目, 积极吸引企业投资, 为每个量子融合创新领域提供优先研发支持。

3.3 拓展国际合作

日本积极拓展与欧美的合作, 建立多层次合作关系, 支持研究机构之间的合作, 促进人员交流。2019年12月, 日本与美国、欧盟召开了量子技术国际研讨会^[28]。三方达成合作共识, 讨论了未来研究合作主题, 通过研究机构合作、研讨会、讲习班、多边或双边会议建立多层次关系, 支持人员交流, 探索联合研究机会, 形成持续合作, 推动“第二次量子革命”。欧盟与日本将在光阱、量子计算机平台、量子中继器技术和固态量子传感等领域开展合作。随后, 美国驻东京大使馆代理副馆长与日本科技与创新政策总干事签署了《量子合作东京声明》^[29], 双方以共同价值观为基础开展合作, 例如调查自由、择优竞争、公开透明、互惠互利、安全包容、研究严谨性和完整性、研究安全性和减少行

政负担。该声明提出日本和美国将通过讲习班、研讨会等形式讨论量子技术研究进展,探索合作的机会和双方利益,促进多学科研究,适当共享研究方法、基础设施和数据,支持人员交流,培养下一代量子科学家和工程师。2021年,日本文部科学省和美国能源部签署量子信息科学项目安排^[30],加强研究机构之间的合作和伙伴关系,促进量子通信、计算、仿真、设备、传感器、材料等研究合作。合作内容包括人员交流、实验设备和材料的提供与交换、设备转让、技术信息交流等。

3.4 实施人才战略

日本通过三项措施实施人才战略,加强量子技术人才建设。与其他国家相比,日本从事量子技术的研究人员相对不多,为了大幅度提高量子技术领域的人才数量,日本在量子技术创新战略中专门提出人才战略。目前,日本实施了三项措施加强日本量子人才培养。一是开发并实施系统化、通用化的教育计划,由光量子跃迁旗舰计划提供资助,培养优秀青年研究员和工程师,为量子技术的研发提供支持和保障。二是设立了高校科技创新创业奖学金项目,改善博士生待遇,保障就业。三是培养量子原生人才,日本政府与大学、研究机构、企业等合作,激发研究人员对量子技术的兴趣。国立信息通信技术研究所有设立了人力资源开发计划,培养量子信息通信技术原生人才。

4 启示与建议

(1) 加快光量子技术的研发。

日本已将量子技术提升至战略地位,制定多个光量子技术研发计划,通过“登月型”研发体系推进容错通用量子计算机的研发。中国在光量子领域已取得了较多突破:中国科学技术大学与中国科学院上海微系统所、国家并行计算机工程技术研究中心合作,2020年成功构建76个光子的量子计算原型机;2021年,国防科技大学计算机学院联合军事科学院、中山大学研制出可编程光量子计算芯片。中国应把握优势领域,在国家层面进一步加强光量子技术的战略部署,制定研发计划,加快光量子技术的研发。

(2) 建设量子创新中心体系。

日本以大学和研究机构为中心,从量子基础研

究领域出发,成立多个具体领域的量子技术创新中心,促进大学、研究机构和企业建立合作关系,形成创新体系。同时,日本成立了专门的量子科学技术研究开发机构,聚焦于量子生命与医学研究,建立研究人员接收制度和税收减免制度,促进人员交流,支持产业发展。此外,日本开展量子技术和人工智能、生物、安全技术的融合创新,加速商业化应用。中国也成立了多个量子创新研究单元,成立了中国科学院量子信息与量子科技创新研究院,按照国家实验室的体制机制和运行模式进行建设。中国科学院与阿里巴巴联合建立量子计算机实验室,促进与企业合作。借鉴日本的做法,中国可进一步建立和优化创新中心体系,以大学和研究机构为组织中心,加强其与企业之间的合作,从技术领域出发建立量子技术具体领域的创新中心,辅以人员交流制度、与企业合作制度或奖励机制,增强融合创新,促进量子技术的早期应用。

(3) 深化量子技术的国际合作。

日本与欧美国家通过国际研讨会、联合声明和项目合作等形式达成合作共识,建立多层次合作关系,支持机构合作和人员交流。国际交流合作有利于推动基础科学的发展,同时有助于提升在国际上的影响力和话语权。中国可进一步深化在量子技术领域的国际合作,建立共同价值观,通过组织研讨会、项目合作等形式共同推动量子基础科学的发展,实现双赢。

(4) 加强量子技术人才培养。

为加强量子技术人才建设,日本开发并实施教育计划,培养优秀青年研究员和工程师,与大学、研究机构、企业等合作培养原生人才。中国可参考这些做法,设置系统化、通用化的教育计划,培养青年人才,通过设置创业奖学金项目等方式,促进青年人才创业。此外,加强大学、研究机构与企业的合作,为从事量子技术的人员提供更多的学术交流与研讨的机会,激发研究兴趣,加强培养技术人员和工程师等原生型人才,增强人才储备,为量子技术的研发提供支持。■

参考文献:

- [1] 日本學術振興会. 最先端研究開発支援プログラム採択課題紹介 [EB/OL]. (2015-12-09) [2022-02-16].

- <https://www.jsps.go.jp/j-first/sentaku.html>.
- [2] 日本内閣府. 革新的研究開発推進プログラム (ImPACT). [EB/OL]. (2021-06-07) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/sentan/about-kakushin.html>.
- [3] 日本文部科学省. 第5期科学技術基本計画の始動に向けた3つの政策分野 [EB/OL]. [2022-02-16]. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/015-7/shiryo/attach/1370626.htm.
- [4] 日本内閣府. 統合イノベーション戦略 (概要) [EB/OL]. (2018-06-15) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihui039/siryo1-3.pdf>.
- [5] 日本内閣府. 統合イノベーション戦略2019 (概要) [EB/OL]. (2019-06-21) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/togo2019gaiyo.pdf>.
- [6] 日本内閣府. 統合イノベーション戦略2020 [EB/OL]. (2020-07-17) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/2020.html>.
- [7] 日本内閣府. 統合イノベーション戦略2021 [EB/OL]. (2021-06-18) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/2021.html>.
- [8] 日本内閣府. 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP: エスアイピー) [EB/OL]. (2019-02-27) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>.
- [9] 日本内閣府. ムーンショット目標6 2050年までに、経済産業安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピュータを実現 [EB/OL]. (2019-12-18) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/sub6.html>.
- [10] 日本文部科学省. 量子科学技術 (光量子技術) の新たな推進方策 報告書 [EB/OL]. (2017-08-16) [2022-02-16]. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/089/houkoku/1394886.htm.
- [11] Japan Science and Technology Agency. MEXT - Quantum Leap Flagship Program (MEXT Q-LEAP) [EB/OL]. (2018-06-30) [2022-02-16]. <https://www.jst.go.jp/stpp/q-leap/en/index.html>.
- [12] 日本文部科学省. 平成31年度光量子科学技術関係予算について [EB/OL]. (2019-02-01) [2022-02-16]. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/089/shiryo/_icsFiles/afieldfile/2019/02/08/1413454_001.pdf.
- [13] 日本内閣府. 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 「光量子を活用した Society5.0 実現化技術」推進委員会 構成員名簿 (14名) [EB/OL]. (2018-07-11) [2022-02-16]. https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai2/hikari_1/siryo1-1-1.pdf.
- [14] 日本内閣府. 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 光量子を活用した Society 5.0 実現化技術研究開発計画 [EB/OL]. (2021-06-30) [2022-02-16]. https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/keikaku2/6_hikari.pdf.
- [15] 日本内閣府. 光量子を活用した Society5.0 実現化技術推進委員会 (第1回) 議事次第 [EB/OL]. (2018-07-11) [2022-02-16]. https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/iinkai2/hikari_1/hikari1.html.
- [16] 日本科学技術振興機構. ムーンショット目標6 [EB/OL]. (2020-04-23) [2022-02-16]. <https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal6/index.html>.
- [17] 日本科学技術振興機構. ムーンショット型研究開発事業 ムーンショット目標1236プロジェクトマネージャー (PM) 採択者一覧 [EB/OL]. (2020-09-18) [2022-02-16]. <https://www.jst.go.jp/moonshot/news/20200918.html>.
- [18] 日本文部科学省. 量子科学技術委員会 委員名簿. [EB/OL]. (2016-05-10) [2022-02-16]. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu17/010/meibo/1358847.htm.
- [19] 日本文部科学省. 量子科学技術委員会 (第9期). [EB/OL]. (2019-02-01) [2022-02-16]. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/089/index.htm.
- [20] 日本文部科学省. 科学技術 学術審議会研究計画 評価分科会量子科学技術に置く小委員会について [EB/OL]. (2017-04-10) [2022-02-16]. https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/089/houkoku/1385555.htm.
- [21] 日本理化学研究所. 量子技術イノベーション拠点 [EB/OL]. (2021-02-26) [2022-02-16]. <https://rqc.riken.jp/>.
- [22] 日本量子科学技術研究開発機構. 量子生命科学研究拠点センターについて [EB/OL]. (2021-02-01) [2022-02-16]. <https://www.qst.go.jp/site/qlsrh/48420.html>.
- [23] 日本量子科学技術研究開発機構. QST 未来ラボ [EB/OL]. (2020-10-01) [2022-02-16]. <https://www.qst.go.jp/soshiki/14/1114.html>.
- [24] 日本量子科学技術研究開発機構. QST 革新プロジェクト

- クト [EB/OL]. (2021-07-06) [2022-02-16]. <https://www.qst.go.jp/site/qst-kakushin/>.
- [25] 日本量子科学技術研究開発機構. 外部連携 [EB/OL]. (2017-04-01) [2022-02-16]. <https://www.qst.go.jp/site/collaboration/>.
- [26] 日本量子科学技術研究開発機構. 産学連携と研究成果の実用化促進 [EB/OL]. (2021-03-31) [2022-02-16]. <https://www.qst.go.jp/site/collaboration/1099.html>.
- [27] 日本量子科学技術研究開発機構. QST ベンチャー支援制度 [EB/OL]. (2020-11-05) [2022-02-16]. <https://www.qst.go.jp/site/collaboration/1093.html>.
- [28] 日本内閣府. 日米欧量子科学技術国際シンポジウム EU-USA-Japan International Symposium on Quantum Technology における討議結果について [EB/OL]. (2019-12-17) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20191217ryoushi.html>.
- [29] 日本内閣府. 量子協力に関する東京声明について [EB/OL]. (2019-12-19) [2022-02-16]. <https://www8.cao.go.jp/cstp/stmain/20191219ryoushiseimei.html>.
- [30] 日本文部科学省. 文部科学省 / 米エネルギー省 (DOE) 間の量子情報科学に係る Project Arrangement の署名について [EB/OL]. (2021-06-17) [2022-02-16]. https://www.mext.go.jp/a_menu/shinkou/ryoushi/mext_01548.html.

Research on Science and Technology Plans and Strategies of Japanese Quantum Technologies

ZOU Li-xue^{1,2}, LIU Yan-li^{1,2}

(1. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190;

2. School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190)

Abstract: Quantum technology has become one of the most important basic technologies and has received extensive attention from various countries in recent years. Japan has carried out a lot of research on the basic theories and technologies of quantum, and promoted it to a strategic position. This paper studies the science and technology plans and strategic deployment, organization management, and development measures of Japanese quantum technology. First, this paper sorts out the quantum technology-related R&D plans and strategies formulated by Japan in recent years. Second, this paper analyzes the management and promotion model of quantum technology R&D in Japan. Third, this paper analyzes the main measures taken by Japan to develop quantum technology, including building quantum technology innovation bases, conducting integrated innovation research, expanding international cooperation, and implementing talent strategies. On this basis, this paper recommends that China should speed up the research and development of optical quantum technology, construct a quantum innovation system, deepen international cooperation in quantum technology, and strengthen the cultivation of talents for quantum technology.

Keywords: Japan; quantum technology; science and technology plan; science and technology strategy; development measures