

# 全球量子人才政策研究

张翼燕

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

**摘要:** 本文对美国等主要国家的量子人才政策进行了研究, 发现这些国家的量子人才存在较大缺口。这些国家从增加基数和提高能力两方面入手, 提出了人才可持续发展的主要措施, 包括: 早期教育和科普唤醒全社会的量子意识, 良好量子教育生态打造人才蓄水池, 研发基地或研发中心实现公私合作人才培养, 人才引进与人才国际化推动思想流动。我国作为全球量子研究的重要力量需要在早期教育、科普、教产融合等方面加强政策指导。

**关键词:** 量子科技; 科技人才; 教育生态; 公私合作模式

**中图分类号:** G323/327 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3772/j.issn.1009-8623.2022.09.001

新一轮“量子革命”即将到来, 并极有可能诞生颠覆性的新技术, 对社会和经济产生重大影响。为此, 多国政府和产业界投入大量资金, 支持量子技术研发, 力图开创一个量子新时代。

以美国为代表的多个国家相继制定了国家量子技术倡议或战略, 如美国《国家量子倡议法案》<sup>[1]</sup>、法国《国家量子技术战略》<sup>[2]</sup>、德国《量子系统议程 2030》<sup>[3]</sup>、日本《量子技术创新战略》<sup>[4]</sup>、韩国《量子技术研发投资战略》<sup>[5]</sup>、澳大利亚《量子技术产业发展》<sup>[6]</sup> 等。

各国纷纷布局抢占制高点的做法, 使得全球对量子技术领域的人才竞争日益激烈。各国在国家量子技术战略中高度重视人才工作。美国和日本更是在 2022 年 2 月推出了专门的量子人才规划——美国白宫科技政策办公室 (OSTP) 《量子信息科学与技术劳动力发展国家战略计划》<sup>[7]</sup>、日本文部科学省下属量子科学技术委员会《量子人才培养与保障的推进政策》<sup>[8]</sup>, 规划中都提出了培养、吸引和留住人才的政策措施。

## 1 全球量子人才需求分析

量子领域的学术门槛高, 相关产业尚未形成, 各国的人才培养体系并不健全。与此同时, 各国对量子技术的投资快速增长, 相关人才需求激增。

### 1.1 理想的量子人才结构呈金字塔型

实现量子革命, 需要围绕量子领域的创新链、产业链进行人才布局, 本文的量子人才指的是从研究、开发到使用的全链条人才。即: 具备深厚的量子技术专长的人才, 他们将推进基础研究; 具备广泛的量子工程技能的人才, 他们将开发基础技术和支持技术; 具有一定量子意识的人才, 他们将强化量子技术应用。

量子人才应是多学科背景的多样化人才。从学科交叉来看, 从事基础研究和应用研究的量子人才, 最相关的学科为物理学、计算机和信息科学以及电气工程等。应用型量子人才的相关学科范围更广, 包括金融、能源、医疗、交通等多个领域。

从学历背景来看, 对量子人才的需求不仅限于博士, 随着基础研究逐渐转化为基于技术的应用研

作者简介: 张翼燕 (1975—), 女, 博士, 研究员, 主要研究方向为科技政策与管理、科技外交、科技人才。

收稿日期: 2022-07-18

究，拥有学士或硕士学位的人可能会发挥越来越重要的作用。

综合以上分析，理想的量子人才金字塔如图 1 所示。

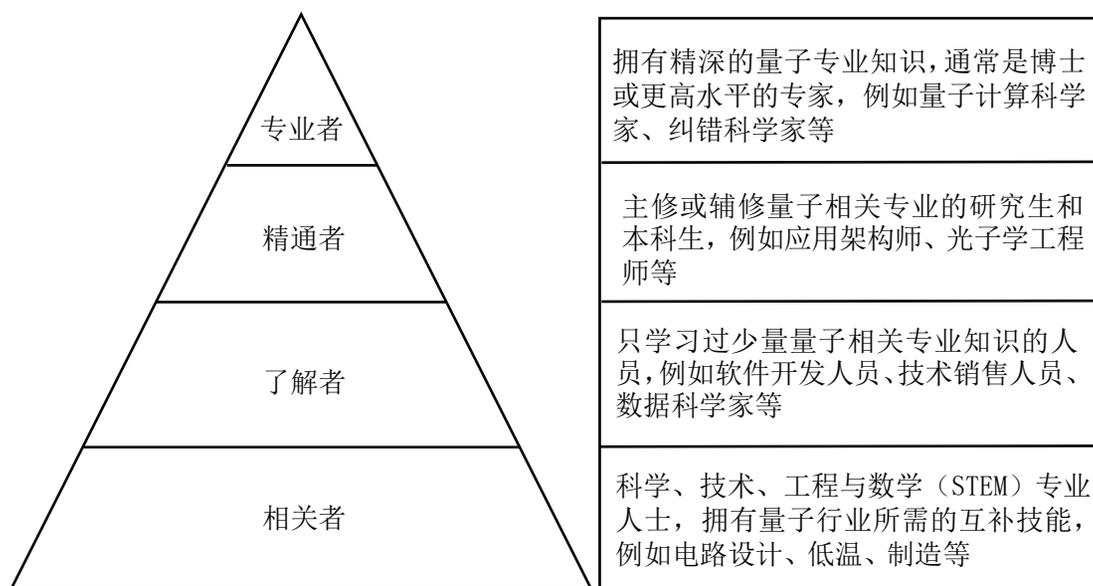


图 1 量子人才金字塔示意图

## 1.2 各国各级量子人才缺口较大

在人才供给不足和需求巨大的双重压力下，各国均面临着较严峻的量子人才短缺问题。各国政府发布的政策文件或机构、智库等发布的研究报告，对量子人才缺口进行了研究与预测。主要的方法和内容包括：

一是情势分析法，以定性方法对量子人才的短缺进行说明。以美国为例，《国家量子倡议法案》支持建立多个研究中心和研究所，这些机构需要大量的研究员、教师、研究生和本科生以及相应的技术支持人才。虽然目前没有权威的数据来源能够预测未来量子领域的人才需求，但是通过调研各界代表（来自美国量子经济发展联盟、产业界、学术界、国家实验室和联邦政府）可以发现，各级人才都存在缺口<sup>[9]</sup>。

二是数据引用法，通过估算现有人才数量，发现与未来需求之间的差距。如韩国估算量子技术核心科研人员仅有 150 名左右。日本估算从事量子技术的大学教授等一线研究人员在百人左右，而未来十年内需要达到千人才能与其他国家竞争<sup>[10]</sup>。

三是数据预测法。为了满足量子科技生态系统未来发展的需求，各国对未来量子产业的新增岗

位数量和相关人才需求等进行了预估，提出了计划培养人才的数量。如法国提出到 2030 年量子领域产业链应创造 1.6 万个直接就业岗位，并计划培养 5 000 名量子技术领域的新型人才，包括研究人员、技术人员和工程人员，其中通过科研实践培养的青年研究人员将达到 1 700 人；澳大利亚指出到 2040 年要创造 1.6 万个就业岗位；韩国计划到 2030 年培养出 1 000 名量子专业人才；日本提出到 2030 年量子技术使用人数超过 1 000 万<sup>[11]</sup>。

## 2 各国培养与吸纳量子人才的政策与举措

要在量子技术领域拥有长期竞争优势，人才生态建设至关重要。主要国家通过学历教育、继续教育和引进国际人才的方式，增加量子人才的基数（如表 1 所示），通过产学研合作、机构-项目-人才一体化模式等，提升人才的素质和能力，最终实现量子人才可持续发展。

### 2.1 加强早期教育和科普，唤醒全社会的量子意识

早期教育的目标是提高学生对量子技术的认识，唤起他们对量子领域的梦想与憧憬。德国和美国、日本均将早期教育的时间前延到小学，如美国设立了“Q-12 教育合作伙伴计划”，面向 K-12 学

表 1 量子人才建设渠道及优劣势分析

渠道	优势	劣势
学历教育：培养国家新一代量子人才	从体系化、长期性、可持续发展的角度建设量子人才生态	需要一定时间：在量子科技相关领域，完成博士学位的平均时间约为 6 年，硕士学位为 2 至 3 年，学士学位为 4 到 5 年
继续教育：通过再培训促进人才横向流动	在较短的时间内增加人才数量	会导致其他关键领域的人才流失
引进国际人才：吸引全球创新主体	引进的顶尖学生和研究人员或多或少地经历过专业所需的教育和培训，留住他们将为补充人才提供更快的渠道	量子科技对经济和国家安全性的重要性日益增加，外籍人才的流动可能产生潜在风险

生传播多样化的量子教育；德国提出，小学和中学要开发合适的学习材料和学习课程；日本要构建从幼年时期就广泛接触量子技术的环境；韩国提出从初中开始就要进行量子技术相关基础教育；澳大利亚提出在高中物理学科中要进一步增设有量子物理和现代量子技术的课程等。

科普的目标是吸引更广泛的人群加强对量子的理解。主要做法包括：加强与公众的对话，在科技馆等现实场所提供体验等。在 65 个国家量子科学家的倡议下，自 2021 年起每年的 4 月 14 日被定为“世界量子日”，旨在让公众参与到对量子技术的讨论中，让公众理解量子信息科技的核心原理，突出其对社会的积极影响。2022 年，有 40 多个国家庆祝了“世界量子日”，举办了百余场活动。美国在“世界量子日”的活动中，通过“Q-12 教育合作伙伴计划”，在全美各地的学校提供学习机会；日本提出科普要注重知识的准确性和易懂性、形式的活泼性、活动的连续性，如在博物馆、科技馆等场所举办宣传活动，通过量子技术的实物与模型的展览，利用

动画等形式，增加更广泛人群的兴趣。

日本国立信息通信技术研究所（NICT）发起的量子营（NICT Quantum Camp, NQC）人才培养项目<sup>[12]</sup>中，根据国民对量子技术的理解与关注程度，实施了公开讲座项目、体验型人才培养项目、探索型与导向型人才培养项目。其中，公开讲座项目主要针对初学者详细阐述量子领域的相关知识。2021 年共实施了 3 次网上公开讲座（见表 2），共有 281 人参加。参加人员以二十多岁的大学生为主，同时也有四五十岁的企业人士参加，甚至还有高中生的身影。

## 2.2 构建良好的量子教育生态，打造人才蓄水池

从长远来看，构建良好的量子教育生态，实现教育界与产业界相互融通，是各国从根本上实现量子人才可持续发展的重中之重。

主要国家为适应量子技术研发和产业化的需求，积极开发多层次的高等教育产品，设置专业教育和培训课程，为量子人才金字塔中不同层次的人才类别提供基础储备。以澳大利亚的大学为例，第一层是研究生专业，如昆士兰大学的量子技术硕士、

表 2 2021 年日本国立信息通信技术研究所量子营公开讲座项目列表

日期	题目	演讲人
2021 年 6 月 27 日	量子通信与量子密码概述	佐佐木 雅英 日本国立信息通信技术研究所 量子信息通信技术协创中心主任 研究员
2021 年 6 月 27 日	量子计算机	小野寺 民也 IBM 日本总部技术总监 东京研究实验室副总监
2021 年 7 月 4 日	量子信息通信技术基础知识	井元 信之 东京大学特聘教授 大阪大学量子信息与量子生命研究中心特聘教授

澳大利亚国立大学的量子技术科学硕士；第二层是本科专业，悉尼科技大学允许计算机科学专业的本科生攻读量子信息科学专业；第三层是短期课程，墨尔本大学设立了量子信息处理课程，允许学生做短期选修。韩国面向国内硕士、博士后科研人员，提供国内外优秀大学、企业、研究机构的研究课题和专业培训课程；面向博士开设集理论学习、实习、项目研究等于一体的专业课程；向发达国家派遣青年研究人员（硕士、博士、博士后），使其参与海外研发项目等。

各国政府高度重视高等教育的实践导向，在高等教育阶段强调与产业界的合作，从产业前沿的战略高度明确培养方向、所需技能和课程设置。德国对高校和企业同时提出要求，高校应增设量子工程学教职，与企业合作，更好地开展培训，同时产业界主体应就自身需求与高校充分交换意见。日本提出，提供多层次教育，满足民间企业需求，如在企业中增加研究室数量，与学术界联合培养博士人才。

一些国家成立了新的量子教育机构或教育机构联合体。这些机构和联合体通常由政府主导，大学或研究机构为主体，产业界在出资、培养人才和接收人才的全链条环节高度参与。以悉尼量子学院（SQA）为例，其在新南威尔士州政府的支持下，由悉尼大学、悉尼科技大学、麦考瑞大学和新南威尔士大学联合成立。其中，州政府拨款1 540万澳元，再加上四所大学既有资金以及来自民间的资助，总投资将达到3 500万澳元。悉尼量子学院的重要目标之一是支持量子技术企业发展，向产业界输送人才。如新南威尔士大学成立了硅量子计算公司，悉尼大学成立了微软量子实验室，这些企业和实验室需要在量子科学领域有着极强专业技能的物理学家和训练有素的工程师，悉尼量子学院则担负着培养和向企业输送这些人才的重任。

国际上如IBM、谷歌等企业以多种方式参与量子人才培养。主要包括：推出在线量子教育课程，参与高等教育课程设置，为学生提供实习机会，加强与学生的交流，实现学生职业路径的多元化等。如摩根大通推出暑期量子计算助理计划<sup>[13]</sup>，根据2022年计划的通知，其目标是为公司寻找能够将科学研究转化为商业价值的创新性人才。要求申请者是数学、科学、工程、计算机科学或相关领域的

硕士或博士在读生；拥有一年以上量子计算算法和应用经验，拥有出色的Python编程技能，出色的分析能力、问题解决能力、研究展示能力等。

### 2.3 建设研发基地或研发中心，加强公私合作人才培养

一些国家构建产学研一体化的研发机制，通过“基地/中心-项目-人才”一体化模式，推进量子技术从基础研究到技术实证，实现对量子技术研究与人才培养的体系化支持。基地或中心通常聚焦量子技术的某个核心领域，汇聚了多领域的研究人员、工程师、企业家，甚至包括终端用户。

韩国以具有专业人才和设施的政府拨款研究机构为对象，设立量子计算、量子通信和量子传感三大领域的量子中心，并让大学和产业界作为合作机构参与进来，共同构建量子技术研究与教育培训的有机支持体系。

日本建立了8个量子核心研发基地<sup>[14]</sup>，包括：超导量子计算机、量子元件、量子材料、量子安全、量子生命、量子计算机利用技术、量子软件、量子惯性传感器与光晶格钟等。基地将充分利用交叉任职制度，从大学、研究机构和企业集聚人才，同时还担负着吸引海外人才、培养青年人才的任务。冲绳科技研究院大学的“国际教育研究基地”，将汇聚国内外优秀量子研究人员，推进尖端国际研究，并开展量子技术相关国际化教育，建成世界领先的国际化量子研发与教育基地。

### 2.4 加强人才引进与人才国际化，推动思想和知识自由流动

在量子技术的各个子领域，没有哪个国家处于绝对的领导地位。思想和人才的自由流动有利于全球量子科研生态建设，国际合作是各国量子战略的支柱之一。但同时，由于量子技术的敏感性，国际人才可能会对国家安全造成伤害。为此，各国根据国家的战略需要和技术能力，确定了不同的开放政策。比较有代表性的是澳大利亚的保守型政策、日法等国的开放型政策、美国的平衡型政策。

在构建开放创新的科研生态和维护国家安全之间实现平衡，是美国国际人才政策的重点。美国作为全球科技人才的首选目的地，在量子领域也拥有绝对的人才虹吸能力。《量子信息科学和技术劳动力发展国家战略计划》虽然强调了国内人才的绝

对重要性，但同时也指出，美国必须充分认识到国际人才在量子科技生态系统中的地位与作用。2021年10月美国国家科学技术委员会下属量子科学经济与安全影响小组发布报告《国际人才在量子信息科学中的作用》，指出美国应继续制定和推行人才政策，欢迎来自世界各地的优秀人才，同时实施与之相平衡的保护措施，缓解潜在的安全问题。当前，美国已经与日本等多个国家和地区开展了量子合作，如2022年4月，美国先后与芬兰、瑞典两个国家签署了量子合作联合声明，开展技术、应用和人才方面的合作。

澳大利亚对在量子技术领域与国外开展合作的管控相对严格，提出要在可信赖的伙伴间开展，优先考虑与五眼联盟国家、北约成员国等进行合作。措施包括：优化签证和移民政策，吸引并留住量子物理、计算机科学和工程领域的全球顶尖人才。

日本提出，通过国家间的合作框架及国际研讨会等形式，促进人才的国际交流，特别提出要利用青年骨干人才建立国际网络，积极促进青年研究人员的交流。此外，日本还将在人才培养以及设备共同使用方面制定灵活的预算机制，保障人才的短期实习与研修。

法德等欧盟成员国则注重借助欧盟力量。法国的量子技术发展战略与欧盟相关战略高度配合，即把推动法国成为欧洲重要的量子技术中心作为发

展目标。例如，法国计划与欧洲主要国家共建布吕耶尔-勒-沙岱勒市的混合计算机，正在与德国、意大利、西班牙、爱尔兰、奥地利等国家展开协商。

### 3 启示与思考

(1) 我国量子人才数量占优，但顶尖人才少于美国。

根据兰德公司《中美量子技术产业评估》<sup>[15]</sup>报告，从2011—2020年的论文数量（见表3）和高被引论文数量（见表4）来看，中国是量子人才大国，与美国形成竞争态势，但顶尖人才少于美国，特别是量子计算和量子传感领域的人才，与美国相比有一定差距。

建议我国加强量子人才梯队建设，储备青年人才，培养顶尖人才。建设高水平的研究平台和良好的研究环境，减少顶尖人才的流失，同时吸引国际人才。

(2) 我国量子教育生态快速发展，但产业牵引严重不足。

早在20世纪90年代，中国科学技术大学就相继面向研究生和本科生开设了量子相关选修课程。近年来，我国的量子教育生态进一步向好发展。如在2021年，中国科学技术大学和清华大学获批新增量子信息科学本科专业，中国科学技术大学获批国内首个量子科学与技术博士专业授权点。

表3 2011—2020年主要国家量子技术领域论文数量（单位：篇）

国家	量子计算	量子通信	量子传感	合计
美国	7 319	2 524	1 240	11 083
中国	7 050	6 440	1 539	15 029
德国	2 749	1 258	648	4 655
日本	2 275	936	334	3 545
英国	2 203	1 395	545	4 143
加拿大	1 584	983	224	2 791
意大利	1 115	678	371	2 164
法国	1 347	554	328	2 229
印度	1 419	655	90	2 164
俄罗斯	1 030	556	236	1 822

表4 2011—2020年中美量子技术领域高被引论文数量（单位：篇）

国家	量子计算	量子通信	量子传感	合计
美国	1 381	433	235	2 049
中国	630	577	148	1 355

2022年，清华量子软件研究中心成立。通过教育专业引领，我国将能够最大程度地培养并补充各层次人才<sup>[16]</sup>。

但是，与国外相比，我国教育生态最大的问题是产业融入不够。虽然本源量子、量旋科技等企业推出了在线教育平台、专业教材、学习机等教育资源，但对标IBM、谷歌等企业，对教育的牵引明显不足。

建议我国加强教产融合政策的顶层设计，引导和支持企业融入教育生态，特别注重发挥技术龙头企业的作用。

（3）中美互为论文合作第一大伙伴，但未来可能受限。

中美在量子技术竞赛中处于领先地位。如表5所示，从论文合作的角度来看，中国的国际合作率低于美国，但中美互为合作最大伙伴国。美国虽然视中国为量子信息领域的战略性竞争对手，但由于这些技术仍处于研究初期，所以仍然和中国保持合作。同时，美国也提出要制定、协调全面的技术保护计划，在“志同道合”的国家间推进开放透明的研发理念。随着技术的进一步成熟，中美以及中国与其他西方国家的合作可能受到较大掣肘。

表5 2011—2020年中美与其他国家量子技术领域合著出版物的百分比（单位：%）

国家	量子计算	量子通讯	量子传感
美国	48.3	51.9	45.6
中国	29.3	18.7	22.5

建议我国以量子技术基础研究合作为重点，以民间合作为抓手，坚持推进开放与合作。

（4）我国量子启蒙和科普工作需要尽快启动。

我国部分地区已开展了量子启蒙和科普的探索性工作。例如，2020年12月，江苏省锡山高级中学“量子计算理论与实验”开课，标志着量子计

算开始进入中小学课堂。安徽省依托在量子领域的研究优势、产业优势和人才优势，开展了一些量子科普活动。又如2021年12月，安徽省科协举办了“量子科技”专题活动，吸引了众多市民积极参与。在2022年6月的科技活动周上，科协举办了“聚焦前沿量子科技·提升全民科学素养”专题活动，近百名师生“零距离”感受量子科技的魅力。中国科学技术大学的潘建伟和陆朝阳教授是“世界量子日”倡议的发起人。

但是，对比美、日、德等国家的做法，我国在量子领域的全社会科普教育以及早期教育仍缺乏政策指引，活动零散不成体系。

建议有关部门在《中国STEM教育2029创新行动计划》的基础上，开展量子领域早期教育的顶层设计，明确教育内容和教育目标，同时出台相关政策，鼓励科学家积极投身科普事业。■

#### 参考文献：

- [1] The Congress of the United States. National Quantum Initiative Act[R/OL]. [2022-04-15]. <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/6227>.
- [2] Ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Stratégie nationale sur les technologies quantiques: faire de la France un acteur majeur de ces technologies au niveau européen et international[EB/OL]. [2022-04-13]. <https://www.enseignementsup-recherche.gouv.fr/fr/strategie-nationale-sur-les-technologies-quantiques-faire-de-la-france-un-acteur-majeur-de-ces-49233>.
- [3] VDI. Agenda Quantensysteme 2030[R]. Düsseldorf: VDI Technologiezentrum GmbH, 2021.
- [4] 統合イノベーション戦略推進会議. 量子技術イノベーション戦略（最終報告）[R/OL]. [2020-01-21]. [www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/ryoushisenryaku2020.pdf](http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tougou-innovation/pdf/ryoushisenryaku2020.pdf).

- [5] 과학기술정보통신부 . 양자 기술 연구개발 투자전략 [R/OL]. [2022-04-18]. <https://www.msit.go.kr/bbs/view.do?sCode=user&mId=113&mPid=112&bbsSeqNo=94&nttSeqNo=3180196>.
- [6] CSIRO Futures. Growing Australia's Quantum Technology Industry: Positioning Australia for a four billion-dollar opportunity[R]. Canberra: Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, 2020.
- [7] Subcommittee on Quantum Information Science. Quantum Information Science and Technology Workforce Development National Strategic Plan[R]. Washington DC: The Office of Science and Technology Policy, 2022.
- [8] 量子科学技術委員会 . 量子人材育成・確保の推進方策について [R/OL]. [2022-04-18]. [https://www.mext.go.jp/content/20220128-mxt\\_kiso-000020510\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20220128-mxt_kiso-000020510_1.pdf).
- [9] Subcommittee on Economic and Security Implications of Quantum Science. The Role of International Talent in Quantum Information Science[R]. Washington DC: The Office of Science and Technology Policy, 2021.
- [10] 参考消息 . 日本将大力培养“量子人才” [EB/OL]. [2022-04-19]. [http://www.cankaoxiaoxi.com/science/20201006/2422186\\_3.shtml](http://www.cankaoxiaoxi.com/science/20201006/2422186_3.shtml).
- [11] 統合イノベーション戦略推進会議 . 量子未来社会ビジョン～量子技術により目指すべき未来社会ビジョンとその実現に向けた戦略～ [EB/OL]. [2022-04-22]. [https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai\\_220422.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai_220422.pdf).
- [12] 国立研究開発法人情報通信研究機構 . 2021年度量子ネイティブ人材育成プログラム「NICT Quantum Camp」プログラム実施に向けた参加者募集のお知らせ [EB/OL]. [2022-04-18]. <https://www.nict.go.jp/info/topics/2021/06/18-3.html>.
- [13] Jpmorgan Chase & CO. 2022 Quantum Computing Summer Associate Program[R/OL]. (2021-12-06)[2022-04-19]. [https://jpmc.fa.oraclecloud.com/hcmUI/CandidateExperience/en/sites/CX\\_1001/job/210156175](https://jpmc.fa.oraclecloud.com/hcmUI/CandidateExperience/en/sites/CX_1001/job/210156175).
- [14] 中华人民共和国科技部 . 日本将在 8 个领域建立量子研发基地 [EB/OL]. [2022-04-19]. [http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/202008/t20200803\\_158067.html](http://www.most.gov.cn/gnwkjdt/202008/t20200803_158067.html).
- [15] Parker E, Gonzales D, Kochhar A K, et al. An Assessment of the U.S. and Chinese Industrial Bases in Quantum Technology[R]. Calif: RAND Corporation, 2022.
- [16] 科技日报 . 本科设“量子信息科学”专业：国之所需，少年所行 [EB/OL]. [2022-04-19]. [http://digitalpaper.stdaily.com/http\\_www.kjrb.com/kjrb/html/2021-07/05/content\\_471106.htm?div=-1](http://digitalpaper.stdaily.com/http_www.kjrb.com/kjrb/html/2021-07/05/content_471106.htm?div=-1).

## Research on Global Quantum S&T Talent Policies

ZHANG Yi-yan

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

**Abstract:** This paper conducted the research on the quantum talent policies of major countries such as the United States. The findings showed these countries were all facing a shortage of talent, so they put forward some major measures for the sustainable development of talent, from the aspects of the quantity and the abilities, including: Early education and public science outreach awake the “quantum awareness” of the society; A good quantum education ecology created a talent pool; R&D bases or R&D centers realized public-private cooperation for talent cultivation; International talent and talent internationalization promoted the flow of ideas. As an important force in global quantum research, China should strengthen policy guidance on early education, public science outreach and the integration of education and industry.

**Keywords:** quantum science and technology; scientific and technical talent; education ecology; public-private partnership