

技术情报视域下北京量子产业创新发展建议

胥彦玲, 刘 静

(北京市科学技术研究院科技情报研究所, 北京 100036)

摘要: 北京量子领域发展基础较好,开展技术情报视域下北京量子产业发展的机遇与挑战分析,并提出相应的对策建议,对北京加快量子产业发展具有重要参考价值。通过对全球专利数据库 incoPat 中的专利信息进行定量分析,识别量子前沿技术发展态势,结合北京量子领域发展基础和 2021 年以来美对华科技限制的影响,分析北京量子产业发展的优势和挑战。提出北京量子产业发展的对策建议,以期为北京加快量子产业高质量发展提供参考。

关键词: 技术情报; 量子产业; 发展建议; 北京

中图分类号: G353 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)03-0125-08

量子科技作为最具潜力的颠覆性技术领域,已成为新一轮科技革命与产业变革的国际前沿焦点,也是大国博弈的必争高地。当前量子科技在全球范围内仍处于早期发展阶段,但主要科技大国早已开始布局争夺这一领域发展的主导权。中国自 21 世纪初开始发展量子信息科技,多项科技创新重大成果不断涌现,已取得重要的进展与成就,成为全球量子科技的重要参与者和领导者之一^[1]。但以美国为代表的西方国家相继制定了国家量子技术战略,正在试图构建以西方国家为主的国际量子联盟,企图遏制中国量子科技发展。自 2021 年美对华开始实施量子信息技术的“实体清单”以来,管控单位已从 2021 年的 3 家扩大到 22 家,几乎囊括了国内所有一线量子科研机构,限制范围不断扩大,限制程度持续升级,限制手段不断多样化,对中国量子技术和产业的发展产生了一定的影响。

技术情报是指在竞争环境条件下,能给企业或组织的竞争地位带来重大影响的外部科学或技术威胁、机会或发展的信息以及这些信息的获取、监控、分析、跟踪和预警的过程^[2-3]。随着大国科技竞争的日益激烈,技术情报已成为国家间、企业间抢占技术发展先机的重要手段。量子信息技术目前正处于从科学研究向产品应用转变的关键阶段^[4-5],全球量子技术竞赛已开启,抢占量子技术先机已成为大国关注的焦点。为此,学界已开展部分量子技术情报研究工作。李小丽和李坤^[6]从地理、组织和

技术 3 个维度深入分析了量子信息领域的竞争态势,并识别出美国、中国、日本、加拿大和英国为该领域的主要竞争国家。储节旺等^[7]基于对颠覆性技术的演化和未来趋势的预测,认为量子通信网络和量子加密算法将是量子信息领域未来的重要发展方向。刘盼盼和王丽^[8]将多源数据关联的前沿技术多维评价指标应用于量子计算领域的技术评估。申小曼和刘雪立^[9]运用文献计量学方法识别出量子通信领域的前沿热点。专利作为反映科技发展动态的重要文献,李英和刘建明^[10]从专利的申请年度、地域、专利权人、典型机构以及高被引专利等多个维度分析全球量子信息技术发展现状。郝世博和陈雨涵^[11]通过专利技术挖掘发现,量子密钥管理、量子机器学习算法、量子成像等领域是当前量子信息技术布局的热点。冯云等^[12]对浙江省量子信息技术领域的发明专利进行了分析,并提出了相应的建议。陈柏兴等^[13]通过对全国量子信息技术专利的分析,为广东省量子产业的发展提出了建议。已有研究多立足运用技术情报方法研究量子技术发展态势,为推动量子技术创新发展做出了一定贡献,但很少有人基于大国技术竞争的视角开展量子技术情报研究。本文立足大国竞争视角,综合运用基于专利数据的定量分析、国际竞争形势研判等技术竞争情报研究方法,结合北京量子产业发展基础的剖析,分析北京量子产业发展面临的机遇与挑战,并提出相应的对策建议,以期对北京前瞻布

收稿日期: 2024-09-01

基金项目: 北京市科学技术研究院创新培育课题(24CB005-26)

作者简介: 胥彦玲(1977—),女,陕西汉中,人,博士,副研究员,研究方向为产业技术情报;刘静(1982—),女,河北石家庄人,博士,高级工程师,研究方向为科学计量学与科技评价。

局量子领域战略方向和制定应对措施提供参考。

1 研究思路

量子计算、量子通信和量子测量构成了量子产业的 3 个主要研究方向。作为将量子力学原理与新一代信息技术相结合的前沿产业,量子产业正在引领一场科技革命^[14]。采用 incoPat 内置算法能够较好地识别该领域所属技术类别,筛选被引证次数较高的专利并对专利信息进行聚类,能够在一定程度上反映该领域的前沿技术热点,其中专利申请时间越晚代表这项专利技术的前沿程度越高^[15]。基于全球专利数据库 incoPat 中的专利信息,分别围绕量子计算、量子通信和量子测量 3 个子领域,将近几年被引证次数前 10 000 篇的专利定义为该领域基础研究的前沿技术,从专利角度识别分析量子领域前沿技术的国际研发态势,结合近年来美对华量子领域科技限制措施对北京的影响分析,深入剖析大国竞争视域下北京量子领域发展面临的机遇与挑战。最后,以国际竞争背景下应对挑战为目的,提出北京量子领域发展的对策建议。具体研究的技术路线如图 1 所示。

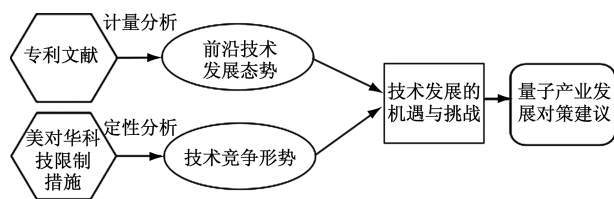


图 1 技术路线

2 基于专利分析的量子前沿技术发展态势

2.1 数据来源

基于全球专利数据库 incoPat,将检索时间均限定为 2020—2024 年 6 月,围绕量子计算、量子通信和量子测量 3 个子领域分别进行专利检索获取相关数据信息。以“量子计算”相关“量子计算处理器”“量子软件与算法”“量子模拟”的国际专利分类号为检索词,共检索到“量子计算”领域相关专利 4 615 388 件。以“量子通信”相关“量子密钥分发(QKD)”“量子隐形传态(QT)”“抗量子计算破解加密(PQC)算法”“量子随机数发生器(QRNG)”“量子态检测”的国际专利分类号为检索词,时间限定为 2020—2024 年 6 月,共检索到“量子通信”相关专利 755 038 件,申请号合并后剩余 606 397 件专利。以“量子测量”相关“重力、旋转和加速度测量”“时频基准”“磁场测量”“化学检测”“目标识别”的国际专利分类号为检索词,时间限定为 2020—2024 年 6 月,共检索到“量子测量”相关专利 2 289 109 件。

2.2 前沿技术专利分析

2.2.1 专利申请态势及分布

图 2 为 2020—2024 年 6 月量子领域相关专利申请和公开趋势。可以看出,2020 年量子技术领域申请量超过 214 万件,标志着该领域技术探索与创新实践的显著加速;同年,公开专利的数量却远远滞后于申请总量,这反映了量子技术领域众多创新成果仍处于审查阶段,未能及时面向公众披露。2021—2023 年,专利申请数量经历了显著的年度递减,这可能归因于技术创新周期的波动、研发资源的重新配置或是市场需求的微妙变化。与此同时,公开专利数量却呈现出稳步上升的趋势,尤其是在 2022 年,首次实现了公开数量对申请数量的反超,预示着量子领域技术成熟度的提升和创新成果的加速转化。2024 年数据截止到 6 月份,根据过去几年专利申请数量趋势判断,2024 年专利申请数量可能进一步下降。整体来看,量子技术领域发展快速,技术逐渐趋于成熟度,市场潜力巨大。

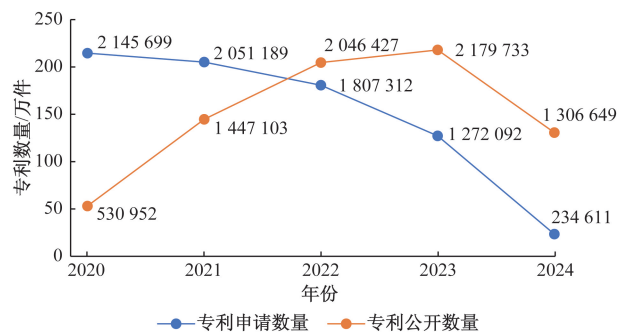


图 2 2020—2024 年 6 月量子技术领域专利申请-公开趋势

图 3 展示了近年来专利公开前 10 的主要国家专利申请数量。可以看出,中国在量子计算、量子通信和量子测量领域专利申请数量均居领先地位,其次为美国和世界知识产权组织,日本和韩国次子。反映了中美两国在量子领域具有先发优势,日本和韩国也具有一定的竞争实力。

2.2.2 专利技术热点分析

图 4 为专利申请技术类别情况,可以看出量子领域技术类别相对稳定。量子计算领域主要以“G06F(电数字数据处理)”“G06Q(适用于行政、商业、金融、管理或监督目的的信息和通信技术)”“H04L(数字信息的传输)”“G06N(基于特定计算模型的计算机系统)”“H01L(半导体器件)”“G06T(一般的图像数据处理或产生)”“G06K(数据读取)”“G02B(光学元件、系统或仪器)”“G06V(图像或视频识别或理解)”“H04W(无线通信网络)”为主,但



图 3 量子技术领域国家/区域专利申请趋势

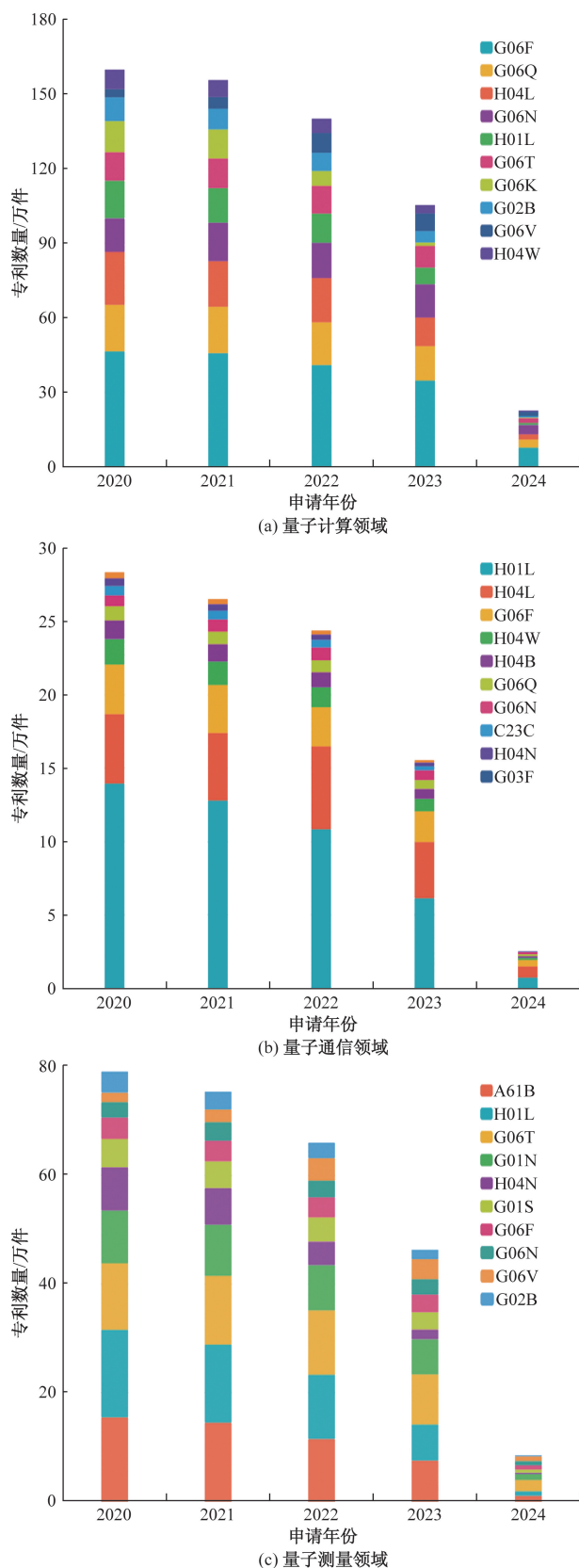


图4 量子技术领域专利技术类别分布情况

技术类别的占比有所变化;量子计算领域专利技术申请类别以“G06F”为主,近年来专利申请均大于30万件,说明量子计算领域技术主要应用于数字数

据处理。量子通信领域以“H01L(半导体器件)”“H04L(数字信息的传输)”“G06F(电数字数据处理)”“H04W(无线网络)”“H04B(传输)”“G06Q(专门适用于行政、商业、金融、管理或监督目的的信息和通信技术)”“G06N(基于特定计算模型的计算机系统)”“C23C(对金属材料的镀覆)”“H04N(图像通信)”“G03F(图纹面的照相制版工艺)”为主,但技术类别的占比有所变化;量子通信领域专利技术申请类别以“H01L”为主,近年来专利申请均大于5万件,说明量子通信领域技术主要应用于半导体器件。量子测量领域以“A61B(诊断、外科、鉴定)”“H01L(半导体器件)”“G06T(一般的图像数据处理或产生)”“G01N(借助于测定材料的化学或物理性质来测试或分析材料)”“H04N(图像通信)”“G01S(无线电定向)”“G06F(电数字数据处理)”“G06N(基于特定计算模型的计算机系统)”“G06V(图像或视频识别或理解)”“G02B(光学元件、系统或仪器)”为主,但技术类别的占比有所变化;量子测量领域专利技术申请类别以“A61B”为主,近年来专利申请均大于4万件,说明量子测量领域技术主要应用于诊断、外科、鉴定。

以上分析表明,目前量子领域专利前沿技术涉及以下方向。

(1)量子计算领域。主要研究热点涉及量子算法设计、量子硬件、量子纠错与容错技术、量子软件与编程框架。

(2)量子通信领域。主要研究热点包括量子密钥分发(QKD)、量子隐形传态(QT)与量子态传输技术、量子网络协议与架构、量子安全协议与量子密码分析。

(3)量子测量领域。主要研究热点包括高精度量子传感技术、量子纠缠与多体系统测量、量子非破坏性测量(QNDM)、量子计时与频率标准、量子测量与量子计算、量子通信融合等。

2.3 量子前沿技术发展态势

基于上述专利分析结果,可以发现量子前沿技术发展具有如下发展态势。

(1)国内外机构在量子技术领域的专利布局已呈现出蓬勃发展态势,但总体来看量子技术仍处于初级发展阶段,随着其技术成熟度的不断提升和创新成果的加速转化,其市场潜力巨大,竞争日益激烈。

(2)中国在量子计算、量子通信和量子测量领域均处于领先地位,在未来全球量子领域竞争中将扮演重要的角色。美国、日本、韩国也将是量子领

域的全球主要竞争者。

(3)在基础理论层面,量子纠缠、量子叠加态等核心概念的深化理解,为量子计算、量子通信及量子测量等技术的创新提供了坚实的理论基础。在技术应用层面,量子计算将在大规模优化、分子模拟等方面展现出巨大的应用前景;量子通信技术将在金融、国防等敏感领域展现出独特优势;量子测量中精度与效率的提升对于量子态的精确操控与量子信息的有效读取至关重要。

(4)加强硬件自研,提高量子科技产业所需的关键材料、零部件、器材设备的生产能力,减少对战略竞争对手的依赖,保护重要核心产业链安全完整,是解决根本问题的关键。加强量子软件的开发创新、提升EDA软件开发者的量子力学知识储备、加大政策性引导与资金投入力度,是未来量子技术领先发展的保障。

3 北京量子技术发展机遇与挑战

3.1 北京量子产业发展优势

基于北京量子产业发展基础,结合量子前沿技术发展态势可以发现,北京在量子领域从基础研究、器件研发到产业布局均具备良好的基础和优势。

3.1.1 量子产业生态环境较好

北京市“十四五”规划就已对包括量子信息在内的未来产业进行了详细布局,之后制定出台了《关于加快培育壮大新业态新模式促进北京经济高质量发展的若干意见》《北京市促进未来产业创新发展实施方案》等一系列重要改革举措,在人才引进、培养、评价、激励等方面形成政策“组合拳”,支持量子技术和产业的发展。北京还积极构建良好的产业生态和培育用户群体,为量子科技的迅猛发展创造有利条件。

3.1.2 基础研究全国领先

北京在量子基础研究领域研究力量雄厚,研究成果丰富。近年来,北京面向量子领域世界前沿,形成了一批以北京大学、清华大学、北京理工大学、北京师范大学、北京航空航天大学、北京量子院等高校院所为代表的量子领域相关研究专家和创新团队,科研成果不断涌现。北京大学研究团队实现了超大规模集成的图论“光量子计算芯片”,北京理工大学团队实现了高效量子态拓扑调控等研究成果。北京量子院联合中国科学院物理研究所、清华大学发布“大规模量子云算力集群”,可用物理比特数达到590个以上,平均两比特门保真度达到97%以上,其中保真度最高的芯片达到了99%,综合指标进入国际前列。

3.1.3 产业发展基础不断夯实

北京已成为量子技术研发与应用创新高地,量子产业化创新主体在量子领域的发明专利申请量位居全国首位。北京已有28家量子领域企业/单位,是全国最多的量子企业或总部集中地,科技巨头百度和京东在量子计算领域进行了布局,已拥有神州国信、启科量子和中创为量子等一批量子通信领域头部企业。百度和北京量子信息科学研究院牵头发起成立的国内首个“量子计算产业知识产权联盟”,首批成员单位共计8家,覆盖了从量子硬件,包括超导、离子阱、光量子,到量子软件、量子应用等量子计算全产业链。

3.2 中美技术竞争背景下北京量子产业发展面临的挑战

3.2.1 美对华量子技术限制的影响

尽管中国的专利申请量和公开量高于美国并据全球首位,但中国在量子领域的研究起步较晚,中美在量子领域旗鼓相当,双方竞争日益激烈。为限制中国量子技术的发展,自2021年以来,美对华开始实施量子领域的“实体管控”,管控单位已从2021年的3家扩大到现在的22家,几乎囊括了国内所有一线量子科研机构,限制范围不断扩大,限制程度持续升级,对中国量子技术和产业的发展产生了一定的影响。

(1)实体清单的管控将妨碍中国量子机构采购必需的设备、元器件以及相关软件,影响技术研发进程。美国在基础科学领域积累深厚,很多关键技术领域处于国际领先,而量子等高科技产业发展,通常具备全球供应链特征。目前中国包括单光子探测器件、频率转换器件和量子随机器件等量子相关核心元器件,信号处理芯片、光学芯片和量子光源等相关芯片,以及相关软件高度依赖进口,实体清单的管控,剥夺了量子相关机构在美国的贸易机会,妨碍中国量子机构采购必需的设备、元器件以及相关软件,或延长到货时间,从而影响技术研发进程,甚至可能导致整个研究方向的进度滞后。据公开资料统计,量子产业链中上游供应链主要有欧美厂商把持。截至2023年6月,全球共有130家量子计算上游企业,其中北美和欧洲共占据100家;全球共有158家量子计算中游整机公司,北美和欧洲共占65.4%。

(2)实体清单对中国投资的限制,可能导致中国在量子科技领域的发展受阻而错失领先机会。中国在量子通信、量子计算等方面的研究和应用虽

已取得重要进展,但量子科技仍处于起步阶段,需要进一步研发和投资。美国是中国的重要投资方,投资限制使中国企业可能面临资金短缺,对其科技创新和发展带来不利影响。据全球前沿科技咨询公司 ICV 在 2024 年发布分析报告称,自 2020 年之后中国量子领域创投融资总额与美国差额逐年增大,中国企业投资者所属类别相对比较局限,鲜有外国投资者参与;而美国企业的投资者来源有足够的多样性,投资者不仅有 Honeywell(霍尼韦尔)、JP Morgan Chase(摩根大通)等美国本土私人投资机构和 DOE、National Science Foundation(美国国家科学基金会)等美国政府部门,还有韩国、中国和英国等外国机构。

(3) 实体清单对学术交流活动 and 人才流动的限制,影响了国际交流合作。实体清单包含国科大、中科大等中国多所量子高等学府和科技企业,实体清单的实施,意味着这些高校研究机构在与美国的科研合作、学术交流以及技术引进等方面可能受到限制,这无疑会削弱它们在国际学术界的影响力和吸引力,进而可能导致部分中国学生重新评估赴美留学的价值和风险。据“高校驿站”信息,实体清单将会限制高校国际间的正常学术交流,影响师生的学术研究和职业发展。量子技术属于前沿科技,长时间都处在基础研究阶段,随着产业规模的扩大,前沿技术创新和人才短缺成为产业发展的重大挑战。实体清单对技术和人才流动的限制,对中国量子技术领域的国际学术交流带来更多障碍。

3.2.2 中美技术竞争背景下北京量子产业发展面临的挑战

北京在量子领域具有较好的发展基础,但面对美对华量子技术实体管控的影响,要占据全球量子领域制高点,仍面临诸多挑战和不足。

(1) 具有技术创新引领能力的科技领军企业不足,产业化发展任重道远。量子产品研发和技术创新属于高技术 and 人才壁垒行业,限制了企业的进入。目前北京量子技术研发仍以科研院所和大学为主,技术成果转化机制不成熟、速度较慢,企业前期研发参与程度较低,具有技术创新引领能力的科技领军企业不足。据兰德公司《对美国和中国量子技术产业基础的评估》报告数据,美国目前至少有 182 家企业开展技术研究和应用,谷歌、IBM、英特尔等科技企业已成为量子计算领域业界标杆, IonQ、Quantinuum、PsiQ、AOSense 等初创企业创新驱动力突出,在美国量子信息专利申请主体排

名前 5 的依次为英特尔、IBM、D-wave 公司美国分部、微软、东芝公司美国分部。而北京专利主体主要为科研院所和大学,数字巨头企业的表现相对较弱。尽管北京地区已拥有中创为量子、启科量子、弧光量子、玻色量子、华翊量子等多家创新型企业,但这些企业相较于上海、合肥等地龙头企业,在研发实力和企业规模上仍有一定差距。百度科技巨头也曾积极投入研制量子计算机“乾始”,但年初策略调整,停止了直接研发,并将实验室及设备捐赠给北京量子院,支持其进行研究。启科量子和华翊量子虽在离子阱量子计算机方面取得了显著成果,但与 IBM、谷歌等全球领先技术相比,在技术成熟度上还存在一定的差距。

(2) 政府资金投入带动社会资本投资效应不足,企业融资问题突出。国家公共研究资金、大型科技企业投资和社会资本投融资是支持和推动量子信息技术研究和应用发展的三大支柱。美国政府是开放式量子信息科学研究的主要资助者,量子信息科学研究支出每年以大约 20% 的速度快速增长,大部分用于支持企业研发。IBM、谷歌、Intel 和微软等科技巨头在量子计算领域的持续投资布局,已成为推动样机研发和应用探索的重要力量。而据光子盒不完全统计,中国企业融资额远落后于美国,仅为美国的 1/10;美国量子领域中的国外资金占比为 33%,而中国量子领域的国外占比只有 18%。就北京而言,北京政府经费主要投向大学和科研院所的基础设施建设和人才建设,而在带动社会资本投资效应方面仍显不足,特别是在美对华量子技术投资限制背景下,使得量子初创企业融资压力较大。据美国量子计算初创公司 IonQ 公布的 2021 年财报数据, IonQ 公司 2021 年获得 6 亿美元的现金总收益,其中包括 3.5 亿美元的私募投资。而今年融资最多的北京华翊量子仅获得 1.00 亿元。科技企业融资压力较大。

(3) 人才培养体系建设处于起步阶段,专业技能型人才不能满足未来需求。中国量子人才培养体系建设处于刚刚起步阶段,高素质人才培养不足。目前国内开设量子信息科学专业的高校 13 所,而北京仅有北京理工大学 1 所,而且具备量子科学技术专业知识和技能教师相对较少,加之量子领域属于高技术、人才壁垒行业,要求具备博士及以上学历高端人才,故而人才储备严重不足。随着量子产业规模的扩大,人才短缺成为产业发展的重大挑战。据麦肯锡研究,每 3 个量子职位空缺只有一

个合格的量子人才候选人,这种情况预计将继续恶化,到2025年,甚至只有不到50%的量子计算工作可以填补,全行业人才抢夺战即将爆发。据世界经济论坛(WEF)警告,未来20年将需要大量量子人才,人才短缺已经影响到了科技行业。实体清单对技术和人才流动的限制,将进一步加剧量子领域人才的缺口。

4 北京加快量子产业发展的建议

4.1 培育壮大科技领军企业,引领量子产业高质量发展

放眼国际,量子计算的研发已步入由龙头企业主导,研发和应用“双向驱动”的格局,新产品、新突破持续迭代。而北京目前研发和应用之间“断层”仍然较为明显,迫切需要发挥科技型企业引领作用,加大自主知识产权软硬件推广应用。建议加快对量子产业链整体评估和布局,围绕产业链薄弱环节强化科技领军企业的培育和引进,并针对重点企业实施“一企一策”,壮大科技型企业集群。同时,建立以科技领军企业为核心的创新联合体,完善相应机制,促使各方深度参与全链条创新活动,加快技术突破和新场景应用。充分调动市场积极性,对从事相关领域的企业给予更多政策支持,重视知识产权保护,推动并鼓励量子企业参与国际标准制定与国际专利申请。

4.2 优化财政科技投入结构,推动量子基础研究与产业化并举

量子领域发展尚处于初级阶段,加大科技投入、加快量子基础研究突破已成为各国推动量子技术和产业化发展的重要战略路径。北京应充分发挥财政资金引导力度,不断优化财政科技投入结构,推动以需求牵引、应用导向的量子基础研究和软硬件研究。一是放宽企业申请经费限制,支持企业参与基础研究。建议借鉴发达国家管理经验,开放企业申请科研基金的限制,以更加贴近实际研发需求的目的做基础科学研究。二是健全稳定支持和竞争性支持相协调的投入机制。加大北京市自然科学基金、重点研发计划等重大科技项目的资金投放力度,健全稳定支持和竞争性支持相协调的投入机制,引导量子科研单位开展以需求牵引、应用导向的量子基础研究。三是建议设立专门的量子创新投资基金,通过政府引导、专业科研人员论证、社会资本参与,快速推动对具有产业化前景的量子科技前沿成果及时投资和孵化。充分利用科创板、北交所等融资平台对量子科技企业予以倾斜支持,

加快量子软硬件研发。引导和带动金融资本、民间投资和地方政府共同参与量子信息成果转化,强化信贷、保险、担保和融资租赁等对量子信息技术的支持。

4.3 完善量子学科人才培育体系,加快高素质科技人才队伍建设

一是完善人才引进机制建设。面向全球发布人才需求,建立全球量子信息顶尖人才库,积极引进高端专业人才,尤其是加强与华裔量子科学家的互动交流,柔性引进。完善科研人员绩效考核评价机制,从注重学术论文数量向注重研发成果的转化引导。二是加强量子信息学科建设和科普。建议借鉴国外先进经验,在义务教育阶段,加强量子信息相关课程教学,在校内可建设科普墙/区域,在校外可带领学生参观量子科教基地,培养青少年对前沿技术的基本认知。三是培养大量具备量子科学素养和适当技能的人才。针对职业教育,探索校企联合培养机制,培养生产制造环节所需技术工人;针对本硕博教育,建议北京理工大学等高等院校开设与量子信息各应用行业的交叉课程或选修课,培养量子专业研发人才和推动量子产业发展的经营管理或金融人才。四是在重大专项中设立专门的量子投资和量子创业人才培养计划,培养一批既懂量子科技又懂金融投资的复合型人才。

参考文献

- [1] 慕慧娟,丁明磊,顾建成.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.
- [2] 彭靖里,李建平.技术竞争情报研究与应用的起源、演化及其差距[J].图书情报工作,2009,53(4):75-78.
- [3] 陈思,赵宇翔,朱庆华.基于技术链的产业技术竞争情报服务模式探析[J].情报理论与实践,2020,43(5):31-37.
- [4] 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.
- [5] 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.
- [6] 李小丽,李坤.全球量子信息技术竞争态势分析[J].图书情报导刊,2022,7(9):42-51.
- [7] 储节旺,李佳轩,安怡然.基于专利分析的颠覆性技术演化与预测研究:以量子信息技术为例[J].科技进步与对策,2023,40(22):130-140.
- [8] 刘盼盼,王丽.战略性新兴产业前沿技术探测研究:以量子计算领域为例[J].中国科技论坛,2024(6):46-57.
- [9] 申小曼,刘雪立.量子通信研究热点及演进趋势[J].科

- 学观察, 2022, 17(4): 13-28.
- [10] 李英, 刘建明. 基于专利计量的量子信息技术发展现状[J]. 科技管理研究, 2022, 42(18): 29-35.
- [11] 郝世博, 陈雨涵. 基于专利计量的全球量子信息技术发展态势分析[J]. 中国发明与专利, 2024, 21(3): 29-37.
- [12] 冯云, 杨瑾, 李廷. 基于专利计量的浙江省量子信息技术分析[J]. 科技通报, 2024, 40(7): 114-120.
- [13] 陈柏兴, 张夏雨, 许华锋, 等. 基于专利地图的广东省量子信息技术发展分析及建议[J]. 科技创新发展战略研究, 2021, 5(6): 52-57.
- [14] 赛迪研究院. 量子产业发展白皮书(2024年)[J/OL]. (2024-06-24) [2024-07-25]. <http://www.ccidthink-tank.com/info/1155/39961.htm>.
- [15] 胥彦玲, 刘鲁静. 智能制造中工业物联网前沿技术的布局特征分析[J]. 科技管理研究, 2024, 44(13): 161-168.

Recommendations for the Development of Beijing's Quantum Industry from Technical Information Perspective

XU Yanling, LIU Jing

(Institute of Science and Technology Information, Beijing Academy of Science and Technology, Beijing 100036, China)

Abstract: Beijing has a good foundation for the development of quantum field. Analyzing the opportunities and challenges of the development of Beijing's quantum industry from the perspective of technical information, and putting forward corresponding countermeasures and suggestions, has important reference value for accelerating the development of Beijing's quantum industry. Based on the quantitative analysis of the patent information in the global patent database incoPat, the development trend of quantum frontier technology was identified. Combined with the development basis of Beijing's quantum field and the impact of the United States on China's scientific and technological restrictions since 2021, the advantages and challenges of Beijing's quantum industry development were analyzed. At last, the countermeasures and suggestions for the development of Beijing's quantum industry are put forward in order to provide reference for Beijing to accelerate the high-quality development of the quantum industry.

Keywords: technical information; quantum industry; development proposals; Beijing