

# 美国量子科技社会化协同传播的经验及启示

秦庆<sup>1,2</sup>, 汤书昆<sup>1,2\*</sup>, 范琼<sup>1</sup>, 王娟<sup>1</sup>, 张啸宇<sup>2</sup>

1. 中国科学院科学传播研究中心, 合肥 230026

2. 中国科学技术大学科技传播系, 合肥 230026

**摘要** 随着第二次量子革命的到来, 量子科技正对科学认知和技术应用产生颠覆式冲击。美国在量子科技领域处于世界前列, 一方面得益于其强大的科技基础和经济实力, 另一方面与其高水平的科学传播能力、高公民科学素养密不可分。通过研究美国量子科技的社会化协同传播策略, 解析了其政策设计初衷及演化路径、科研与教育系统的联动促进方式、产业与市场机构的高效孵化及推广模式、公私社会组织和科学传播个体的嵌入行为, 提炼了美国量子科技业态社会化传播设计与执行的经验。提出了美国量子科技社会化协同传播对中国的3点启示, 即依托建制优势加快构建科学传播和科学教育双轨驱动的量子科技社会化协同传播体系、建立基础教育—高等教育—职业教育层层进阶的量子科技教育内容供给体系、培育量子科技领域多层次的高水平科技中介组织。

**关键词** 量子科技; 社会化协同; 传播策略

量子科技属于重大战略性前沿创新领域, 事关全球科技革命和产业变革的关键走向, 是国际科技战略竞争的焦点。与欧美国家相比, 中国在量子科技方面虽起步较晚, 但过去20年间, 中国量子科技创新事业取得了历史性成就, 重大创新成果竞相涌现, 尤其是量子通信与量子计算领域, 诞生了诸如世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”、世界第1条

长距离通信线路“京沪量子保密通信干线”以及量子计算原型机“九章”“祖冲之”等国际领先成果。

科技创新和科学普及是国家科学事业的两大核心驱动要素, 一流的科技创新能力离不开公民科学素养提升和科学文化环境塑造的支撑。纵观美国、欧盟、日本等当前阶段的先进国家/地区, 一方面聚焦量子科技前沿领域, 不断强化科技创新引领

收稿日期: 2022-08-04; 修回日期: 2023-01-30

基金项目: 中国科协创新战略研究院全国招标项目(2021-HJS-019); 中国科学院办公厅全国招标项目(ZYS-2021-01)

作者简介: 秦庆, 博士研究生, 研究方向为科技政策、科学传播, 电子信箱: qinqing@mail.ustc.edu.cn; 汤书昆(通信作者), 教授, 研究方向为创

新生态、科学传播, 电子信箱: sktang@ustc.edu.cn

引用格式: 秦庆, 汤书昆, 范琼, 等. 美国量子科技社会化协同传播的经验及启示[J]. 科技导报, 2023, 41(9): 17-26; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.09.002

能力,另一方面则同时加大各类资源投入量子科技的科学传播。其中,美国的社会化协同传播策略及支持机制很具启发价值。

## 1 量子科技社会化协同传播的依据和意义

### 1.1 科学传播社会化协同原理

科学传播是相关主体推动科学知识、方法、思想的传播流动和交互反馈的进程,目的是将科学知识和文化观念融入更广阔的社会共同体,包含科学教育与科学普及2个主要概念。当代科学传播具有协同性、持续性和开放性特征,而非单一的线性行为,是在传播生态这一更多元开放的空间里促进公众理解科学的新形态。

开放传播生态的基础理论主要来源于协同论。该理论于1970年代由德国斯图加特大学理论物理学家赫尔曼·哈肯(Hermann Haken)创立,主要观点为:协同效应是系统有序结构形成的内驱力;子系统的相干性和互相作用,会产生系统整体功能大于要素功能的简单的数字之和<sup>[1]</sup>。

在科学传播过程中,不同的主体、渠道会产生大量的信息碎片,导致科学传播信息系统结构极易复杂化而难以清楚辨识;加之量子科技知识学习门槛较高,在目前社会人群认知水平和传播过程中,容易产生大量的谣言及流言,这就需要各类社会主体在传播生态良性运维上的全面协同运作。公共机构、教育与研究机构、市场机构等组织,基于优势信息以集束方式将具备科学性的同类信息或相近信息散播到具体场景,并吸引相似的信息进一步集结,朝着同一方向推进,形成一个新的有序结构<sup>[2]</sup>,从而产生单一科学传播主体或多元科学传播主体直接叠加无法达成的社会影响和效率,这就是科学传播社会化协同进程。

### 1.2 量子科技社会化协同传播的多元主体构成

美国的量子科技领域已经形成的协同传播主体有以下5类。

1) 政府机构:提供公益性服务,是区域范围内科技创新和科学传播工作的主要组织者、协调者,

也是对其他主体具有监督作用的主体。例如美国白宫国家量子协调办公室(National Quantum Coordination Office, NQCO)、美国国家科学基金会(National Science Foundation, NSF)、美国国家科学技术委员会(National Science and Technology Council, NSTC)等。

2) 研究与教育机构:承担量子科技资源生产与供给、量子科技人才培养及量子科技应用与示范等功能的相关主体,例如阿贡国家实验室、耶鲁大学等。

3) 企业、中介商业化服务单元等市场机构:以量子科技产业化、提供经营性科技服务为主责的相关主体,例如谷歌公司(Google)、《科学美国人》等。

4) 社会组织:主要提供量子科技的相关知识、讲座、培训等,一般提供非盈利性服务,是补充公益性科学传播服务的重要力量,例如美国物理学会(American Physical Society, APS)、波士顿科学博物馆等。

5) 科学传播个体:主要依托各类互联网内容分发平台展开科学传播工作,形式往往是个人,是为社会共同体提供量子科技知识的重要力量。包括科研工作者、职业科普工作者、科普爱好者等,相比于其他主体,可以对社会上的科学传播问题进行快速反应。例如:《宇宙密码——作为自然界语言的量子物理》的作者海因茨·R. 帕格尔斯(Heinz R. Pagels)、《编程宇宙:量子计算机科学家解读宇宙》的作者赛斯·劳埃德(Seth Lloyd)等。

## 2 美国量子科技社会化传播的协同结构

### 2.1 政府机构从制度和立法层面保障科学传播有效推进

1999年,NSF开始探索量子领域的科学教育与传播工作,针对从事“冷门科学”、难以从传统机制渠道申请到研究经费的团队进行支持;在年轻人毕业后,继续提供资助机会来维持其在量子科技领域的职业生涯。

国家量子倡议法案(National Quantum Initia-

tive Act, NQI Act)于2018年12月由特朗普总统签署,从顶层设计上对国家量子科技发展做出整体规划。关键行动包括:建立NQCO、国家量子计划咨询委员会(National Quantum initiative Advisory Committee, NQIAC)、量子科学的经济和安全影响小组委员会(Subcommittee on Economic and Security Implications of Quantum Science, ESIX)、量子信息科学小组委员会(Subcommittee on Quantum Information Science, SCQIS)。NQI Act提出实施10年的国家量子倡议(National Quantum Initiative, NQI),要求各联邦机构、企业、教育与研究机构等多元主体开展传播量子科技的人才培养与科学传播活动,并规定NQCO作为协调中枢进行多方联络与公众宣传。

在量子科学教育领域,2020年,NSF和白宫科

学技术政策办公室(Office of Science and Technology Policy, OSTP)牵头启动“国家Q-12教育伙伴关系”项目,联合政府、工业界、专业协会、教育界的多方资源,针对K-12人群(基础教育阶段的青少年),提供可以满足师生课堂实践需求的教学工具、开发量子科技教育材料、提供通往量子职业的途径,从而营造一个多层次、高水平的量子科技教育环境。截至2022年6月3日,美国国家Q-12教育合作伙伴包括顶尖科技公司、科学专业协会、高校学者、知名量子科普组织等。

从2018年NQI发布以来,美国公共机构在量子科技领域的科学教育与传播文件多以科技报告、战略文件的形式,由OSTP、NQCO、NSTC等主体发布,关键政策演进如表1所示。

表1 美国公共机构在量子科技领域的科技传播关键政策及内容

发布时间	文件名称	发布主体	在科学传播和科学教育领域的重要措施
2022年5月	《关于加强国家量子倡议咨询委员会的行政命令》	美国白宫 (WHO)	设立国家量子倡议咨询委员会,向总统、国家科学技术委员会、普通公众传播量子科技领域的前沿知识,指导政策制定,提供量子科技相关的成果转化、商业应用、国家安全、经济问题等建议 <sup>[3]</sup>
2022年2月	《QIST劳动力发展国家战略计划》	NSTC	量子信息科学与技术(QIST)的劳动力发展是美国国家量子计划的一部分,强调加强各级STEM教育;协调学术机构、专业协会、非营利组织、行业和国际组织等合作伙伴,扩大人才库;通过公共宣传和材料将QIST介绍更广泛的受众;解决QIST在专业教育和培训机会方面的具体问题;提高QIST职业的可进入性和公平性 <sup>[4]</sup>
2021年10月	《国际人才在量子信息科学中的作用》	NSTC	QIST所需的人才目前在国内和国际上都供不应求,美国应继续制定和坚持量子科技人才教育政策;政府机构在量子科技教育上应与盟友和合作伙伴密切合作;SCQIS应制定一个为期5年的QIST劳动力发展战略计划,以评估不断变化的劳动力需求,制定吸引和留住全球顶尖QIST人才的方法 <sup>[5]</sup>
2020年12月	《全国Q-12教育合作启动活动总结》	OSTP	国家Q-12教育合作伙伴关系是联邦政府、行业、专业协会和教育界之间的合作伙伴关系,旨在扩大对K-12量子学习工具、课程的开发,提高学生的职业认知,培养下一代量子科技领域工作者;对于QIS的公众传播,其中心是链接多个相关社群,包括普通公众、决策者和学生团体 <sup>[6]</sup>
2018年12月	《国家量子倡议法案》	美国国会 (USC)	国家量子倡议方案设置了一个总体框架,加强和协调美国各部门和机构、私营部门和学术界的量子科技研发活动。提倡建立量子研究和教育中心,推动产业界、大学和联邦实验室建设和扩大量子科技领域的科学教育,开展公众宣传,包括传播政策类和研究类的结果 <sup>[7]</sup>
2018年9月	《量子信息科学国家战略概述》	NSTC	国家应支持跨部门和跨学科的研究方法,允许学生获得美国产业界、国家实验室、学术界的跨界资源,提供学术领域的特殊研究领域项目、政府机构颁发的早期职业奖等。充分利用相关机构和产业投资,通过艺术、媒体、文化机构等新颖或非传统方法,向更广泛的受众介绍量子信息科学 <sup>[8]</sup>

表1 美国公共机构在量子科技领域的科技传播关键政策及内容(续)

发布时间	文件名称	发布主体	在科学传播和科学教育领域的重要措施
2016年7月	《推进量子信息科学:国家挑战与机遇》	NSTC	量子信息科学面临资金支持的连续性不足、跨学科教育不足、教育和劳动力培训不足的挑战,联邦政府将努力推动学术界、企业投入其中,解决目前的障碍 <sup>[9]</sup>
1999年10月	《量子信息科学-科学与工程跨学科研究和教育的新兴领域研讨会》	NSF	量子信息科学吸引了最优秀的学生,但这些学生在研究生毕业后很难继续发展自己的职业生涯。NSF可以通过提供资助机会来帮助建立和维持年轻人的职业生涯,这些年轻人是国家的重要资源 <sup>[10]</sup>

## 2.2 研究与教育机构建立梯次化的科学教育体系

在美国政府设定的总体框架下,研究与教育机构开发了系列量子科技相关的课程内容、科普资源、网络开放平台,开放资源可以覆盖到基础教育、高等教育、职业教育的人群,通过“非正式教育+正式教育”打造出体系化的教育进阶通路,面向国家重大战略需求和社会实际需求培养量子科技人才。

在基础教育领域,Q2Work计划由NSF资助,伊利诺伊大学厄巴纳-香槟分校、芝加哥大学、匹兹堡大学提供教育资源支撑。Q2Work计划下开展的“QuanTime”活动,是一个旨在响应K-12领域青少年需求的系列化非正式量子教育活动,活动的核心特色是定制化与趣味性。在教师的指导下,由学生完成游戏或实践,完成时间一般在45~60 min,通过实践加强学生对量子概念的认知。

在高等教育领域,NSF建立了量子飞跃挑战研究所(Quantum Leap Challenge Institutes, QLCI),第1轮资助了5个项目,均为高校主导:由科罗拉多大学博尔德分校领导的量子系统通路纠缠科学与工程研究所(Quantum Systems through Entangled Science and Engineering, Q-SEnSE);由伊利诺伊大学格兰杰工程学院领导的混合量子架构和网络研究所(Hybrid Quantum Architectures and Networks, HQAN);由加州大学伯克利分校领导的量子计算挑战研究所(Challenge Institute for Quantum Computing, CIQC);由芝加哥大学领导的生物物理学和生物工程的量子传感研究所(Quantum sensing for Biophysics and Bioengineering, QuBBE);由马里兰州大学领导的鲁棒量子模拟研究所(Robust Quantum

Simulation, RQS)。这些项目重点在加强跨学科的研究活动,针对特定技术目标打造一支教育、培训和研究队伍,重点培养一批研究生、博士后开展社区科普活动,促进下一代人群对量子科学的理解。

美国的研究机构也参与基础教育、高等教育及职业教育阶段的量子人才培养,例如美国能源部(United States Department of Energy, DOE)支持5个国家实验室领导了5个量子科技项目:由阿贡国家实验室领导的下一代量子科学与工程项目(Next Generation Quantum Science and Engineering, Q-NEXT);由布鲁克海文国家实验室领导的量子优势协同设计中心(Co-design Center for Quantum Advantage, C2QA);由费米国家加速器实验室领导的超导量子材料与系统中心(The Superconducting Quantum Materials and Systems Center, SQMS Center);由劳伦斯伯克利国家实验室领导的量子系统加速器项目(Quantum Systems Accelerator, QSA);由橡树岭国家实验室领导的量子科学中心(Quantum Science Center, QSC)。这些项目在量子教育领域依托国家实验室的科学装置,汇聚美国国家实验室和高校的人才,发挥美国科技公司的活力,通过量子暑期学校、学位项目、行业合作培训项目、继续教育项目来培养高中生、大学生、从业者,培养下一代量子科学家和高水平从业人员。

也有部分研究与教育机构更多处于自身发展需求而开展量子科学教育,例如哈佛大学于2022年秋季起开设量子科学与工程专业,招收相关博士研究生;麻省理工学院创建量子工程中心(Center for Quantum Engineering, CQE),作为学校在量子信

息科技领域的突破性研究和教育平台;斯坦福大学启动 Q-FARM (Quantum Fundamentals, ARchitectures and Machines Initiative)项目,设置课程、奖学金、访问学者、工作岗位来集中资源和人力加速量子信息科学的发展。值得一提的是,斯坦福大学的学生成立了量子计算协会,这是一个研究生和本科生组织,通过量子计算黑客马拉松、闪电谈话(快速了解人们在量子计算方面的研究)、聆听量子计算领域先驱者的演讲、实地考察相关量子企业来传播量子计算相关知识。该协会还通过参加休闲社交活动来结识对量子计算感兴趣的人,便于更广泛地进行量子科学传播。

### 2.3 市场机构以资本驱动加速知识扩散与公众理解

美国的市场机构在量子信息科学技术和应用领域主要在量子计算、量子测量和量子通信方面,风险投资则主要集中在量子计算领域<sup>[1]</sup>。正是由于资本市场的活动,美国有若干科技巨头深度布局量子科技,在宣传其量子技术产品和前沿成果的同时,有计划地进行着量子科学的公众传播。

Google建立了量子科学传播资源库,包括教材与实践类课程、量子互动游戏、量子计算的基础知识类及前沿知识类视频、量子教育短期工作坊等;科普实践上,Google量子技术团队在参与世界量子日的活动中设计出The Qubit Game游戏,吸引人们进入游戏,体验量子计算的乐趣;科学教育上,在Youtube平台上开设“Google Quantum AI”账号,发布专家讲座、编程量子计算机的操作视频、量子科技课程,传播其团队的量子科技研究成果及魅力。

国际商业机器公司(International Business Machines Corporation, IBM)通过开设量子教育课程、组织量子挑战赛、出版量子科技相关专业书籍、开展月度量子网络座谈会和年度的量子研讨峰会来进行科学传播;科普实践上,将本公司与埃克森美孚(美国领先的非政府石油天然气生产商)、三菱化学(日本领先的化学公司)等主体的量子技术应用案例做成宣传视频,科普量子技术切实的产业应用。IBM正在构建开源的量子计算平台,支持任何背景的人士对量子计算机进行编程,这一项目极大地促进公众对量子计算的理解,目前IBM已经与德

国弗劳恩霍夫协会(Fraunhofer-Gesellschaft)与日本东京大学建立战略合作伙伴关系,致力于构建世界范围内的量子技术开放型生态社区。

### 2.4 社会组织以社群机制开展协同式科学传播

社会组织这一主体在美国的量子科学传播体系中发挥了受众面广泛覆盖的延伸作用。这类组织的理念是让未来的量子科技参与者能够呈现出多样化、包容性的特点;通过多样化的科学传播内容和多元渠道设置,吸引更广泛的人群了解量子科技。如非营利组织“编程学院”(The Coding School)发起了面向全球学生的Qubit by Qubit项目,从2020年开始针对K-12人群展开量子教育,开设了中学营(6~8年级)、高中营(9~13年级)两类量子科普教育夏令营<sup>[12]</sup>;开展社会开放度高的网络量子计算研讨会,专为寻求加入量子计算社区的学生和早期职业人士设计,将学生、教育工作者、技术领导者、政策制定者和量子研究人员等相关人员聚集在一起,讨论如何建构具有包容性和公平性的未来量子科技前景。

美国著名的电气与电子工程师协会(The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)也建立了量子社区“IEEE Quantum”,覆盖了来自工业界、学术界、政府人员、科学家、工程师、建筑师等人群,通过量子教育线上讲座、线下量子周和量子相关峰会、专题科普文章、开放获取的量子教材、视频资源库(包括量子科普视频、TEDx会谈、工业创新专家演讲、大学讲座等)、参与制定量子相关标准等方式,促进跨学科交流与可持续合作。

### 2.5 科学传播个体提供丰富且独具表达特色的科普内容

美国量子科技领域的科学传播个体进行科学传播的表现样式和内容广泛且有吸引力,常规的如科普图书、网络文章等,其创新的传播形式也不断涌现,诸如产出了量子音乐。

麻省理工学院量子计算科学家Seth Lloyd在2006年出版了经典的科普著作《编程宇宙:量子计算机科学家解读宇宙》(《Programming the Universe: A quantum computer scientist takes on the cosmos》),深入浅出地科普了量子物理学。经典著

作《量子计算与量子信息》的作者 Michael Nielsen 通过在个人网页发布了量子入门级的科普视频,开发名为《Quantum computing for the very curious》的网页版科普图文,加入互动问答环节,通过创新媒介表达让受众更容易理解量子计算的基础要义。

艺术家也参与到量子科技的科学传播过程中,例如耶鲁大学的量子研究所驻校艺术家 Spencer Topel 基于量子计算机原型,根据量子信号制作了一首音乐“量子声音:超导器件的现场表演”,起到了别具一格的科学传播效果。

整体上,美国在量子领域的科学传播已经形成社会化协同生态,政府机构确立顶层框架,跨界协调多方主体有效运作,并保障合法化和制度化;研究与教育机构支撑政府建立起梯次化的量子科学教育体系,面向国家重大战略需求和社会需求培养人才;市场机构在资本驱动下快速推动量子科技的社会化传播及公众理解,通过主体间竞合不断提高传播水平和效率;社会组织运用社群机制联动多方主体建立起伙伴关系,形成正式或非正式的量子知识社群,对量子科技知识内容需求提供精确化补充和交流平台;科学传播个体实现量子科技知识内容的多样化供给和多元化表达,并针对社会需求进行快速反馈。

### 3 美国量子科技社会化协同传播的突出表征

#### 3.1 政府主导形成量子科技社会化协同传播机制

政府机构一直在量子科学社会化协同传播中承担主导作用。美国政府通过政策和倡议,广泛联动各类社会力量,构建了系统关联度高的量子科学传播架构,在实现量子科学教育的公共开放性和搭建公众获取量子科技资源的科普平台方面发挥了关键作用,重点在立法和管理机制2个维度构建量子科技社会化协同传播机制。

立法层次上,2018年通过的 NQI Act 授权 NIST、NSF、DOE 等联邦机构加强量子科技领域的研究中心和产学研联盟建设,开展多层次的量子科学教育项目和多维度的量子科学传播;2019年的

国防授权法案(National Defense Authorization Act, NDAA)提出要增强美国量子信息科技研究和开发的技术成熟度,支持量子信息科技人才队伍建设,提升公众的量子信息科技意识。

在管理机制上,NQI Act 设置了系列行政和协调机构:在 NSTC 下设立 SCQIS 和 ESIX,分别负责美国在量子科技领域的研究与开发(国际上通常采用 R&D 活动的规模和强度指标反映一国的科技实力和核心竞争力)和评估量子科技对国家经济和安全的影响;NQIAC 作为独立第三方对 NQI 计划进行评估,并将结果向总统、国会、NSTC 汇报审查结果及修订建议;NQCO 是直接隶属美国白宫 OSTP 的机构,核心任务是为 SCQIS、ESIX、NQIAC 提供行政支持,作为联络中枢协调沟通 NQI 计划的相关机构并进行公众科普。

NQCO 通过其象征标志(图1)传递了其行政使命和 NQI Act 的关键驱动因素,核心象征是美国政府通过行使行政权,动用资源与技术支持,使政府成为国家量子科技生态系统的中心联络点,协调、引领政府部门、市场机构、学术机构与社会组织的量子科技研究和传播力量,对合适的技术和政策内容进行宣传。



图1 国家量子协调办公室象征标志及图释

#### 3.2 强化多元主体在科学教育和科学普及双重路径上的协作能力

量子科技整体层面上的科学传播首先是科学教育<sup>[3]</sup>。通过“大科学”体系(以国家实验室群为标志)和“小科学”体系(以 NSF 资助系统为标志),以项目资助、联合共建研究主体等形式,协调统一研

究与教育机构、市场机构、社会组织等多元主体的优势资源,形成权责明确、优势互补的量子科学教育协同化发展机制。如在NQI计划下,DOE通过其下属的国家实验室建立起5个国家量子信息科学研究中心(National QIS Research Centers, NQISRC),每个中心都包含一组跨多个科学和工程学科及多个机构的协作研究团队,核心功能是围绕美国量子战略需求建设基础设施,整合量子科技创新链,培育高水平、有战略价值的量子人才。

NSF启动了QLCI计划,这个大型跨学科研究项目主要由高等教育机构和非营利、非学术组织(美国开展教育或研究活动的独立博物馆、研究实验室、专业协会等组织)构成。QLCI计划具体包括2个类型的资助形式:创意奖,为期1年,旨在支持跨学科的研究团队的早期孵化;挑战研究所奖,为期5年,是一项NSF与申报机构之间的合作项目,基于量子科技目标社区规划、技术方案和人才培养展开评估。目前,QLCI计划已经建立了5个研究所,这些研究所汇集了众多跨学科人才以解决美国量子科技领域最紧迫、最核心的问题,核心目标是在教育领域培养高水平的量子科技人才。

美国量子科学传播第2个重要抓手是科学普及,政府在量子科技公众宣传上的重点是聚焦于技术科普与政策宣传,更多的科学普及工作上由各类相关主体承担。如著名的量子科普Qubit by Qubit项目,是一个在线学习量子技术的平台,Google、IBM、EeroQ这三家公司提供教学技术资源支持,课程由麻省理工学院和牛津大学的量子研究人员讲授,2020—2021年的课程覆盖了来自125个国家和地区的7500多名学生。波士顿科学博物馆在NSF和哈佛大学支持下,连续在2018年、2019年发布“Quantum Matters™”全国量子科学传播竞赛,参赛者通过竞赛向观众介绍量子科学的奥秘以及它将如何影响未来的社会,演讲视频通过线下、电视、互联网进行科普,2018年的竞赛视频获得了泰利奖(The Telly Award),被誉为美国电视界“奥斯卡”。

### 3.3 聚焦基础教育人群开展层次多元、职业导向的科学传播

众多主体在进行量子科学传播的过程中,呈现

出一个共性特征,即重点面向K-12群体。将量子科技的准入门槛降低,向K-12群体最大化传播量子科技的技术原理、社会和经济等潜在价值,核心目的是激发中小学生对量子科技的初始兴趣,鼓励学生从事量子科技相关研究并进入行业,从而形成全民化氛围下的美国量子科技人才储备趋势。

例如,美国光学学会(The Optical Society of America, OSA)开发了“Optics for Kids”系列活动,其中针对5岁及以上儿童通过动画视频的形式开展量子光学科普;APS开发了PhysicsQuest套件,套件配套有教师手册、学生手册、漫画、游戏卡等内容,主要面向6~9年级的学生进行量子科普,套件主要提供给学校物理科学课程、科学俱乐部等。2021年,APS举办了Quantum Crossing线上活动,为6~12年级的初中生和高中生提供了解量子信息科学与技术相关职业的机会。OSTP在2021年的量子产业与社会峰会上特别强调早期量子科技教育的重大战略意义,美国的量子科技事业需要尽早吸引青少年学生并尽一切可能扩大未来的量子从业者。

### 3.4 多主体聚焦科学可视化与趣味游戏提升传播效果

量子科学传播社会化协同体系存在一个突出表征,即多数传播主体都特别注重采用多样化、创意性的视觉传达作品来传递量子科技理念与动态。国家量子协调办公室在2022年世界量子日期间,从资助项目中采集了200多幅量子图像,构建了量子图像库(图2),每张图片在鼠标点击后都会显示出标题及主体标注,主要展示的是量子科学相关实

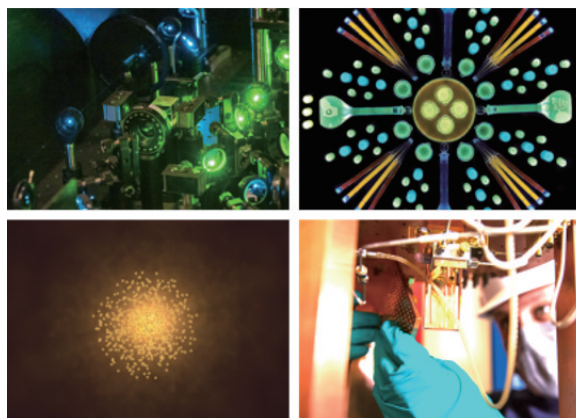


图2 美国“量子图像库”若干图片示例

物设备、动画原理、科学家形象等内容。

这些量子科学图片着眼于对量子科技形象的深层发掘,通过艺术渲染和视觉加工,凝练出鲜明、突出、具有高度概括性的画面。视觉传播形式给人以美感、真实及强烈的冲击力,利用社会已经全面进入“读图”时代的学习偏好,促进人们对量子科技的兴趣性关注与直观理解。

在NSF的支持下,美国芝加哥大学、加利福尼亚大学圣塔芭芭拉分校设计了“Queue Bits”量子游戏,加州理工学院、Google量子人工智能实验室、Quantum Realm Games公司、西伊利诺伊大学设计了“Quantum Chess Puzzles”“0&1”两款量子游戏,面向9~12年级青少年,通过情节设计、线索引导和反馈机制,在潜移默化之间培养受众对量子物理学原理的直觉和好感。

### 3.5 挖掘并发挥量子科技国际协同的作用和价值

协同论提出自组织原理阐释复杂系统的建构及演化:系统依靠与外界环境进行物质、能量和信息的交流而存在,如果交流停止其本身就会处于封闭状态,封闭状态下的系统无论初始状态如何,最终其内部有序结构都将被破坏,呈现“死寂”景象。对于美国量子科技的社会化协同传播系统而言,包括内部协同与外部协同,内部协同是国内多元主体间的非线性关联与整合,外部协同是与全球各个国家之间的协同。在外部协同上,2019年12月,美国与日本签署了《东京量子合作声明》;2021年11月,美国与英国签署了《促进量子信息科学和技术合作的联合声明》,同月又与澳大利亚签署了《美国和澳大利亚关于量子科学和技术合作的联合声明》。之后美国陆续与芬兰、瑞典、丹麦、法国也签订了类似的联合声明,地域涉及亚洲、欧洲、大洋洲。这些声明均强调双方的共同价值观及经济、战略合作关系,本质上是美国在降低量子研究的重复率和浪费率,实现量子科技发展的内外畅通循环,加强其量子科技资源全球范围内的布局,强化大尺度跨文化的科学传播能力,构建一个以美国为主导、科技创新和科学传播属性深度融合的量子科技创新生态系统。

## 4 对中国量子科技社会化协同传播机制构建的启示

中国凭借“集中力量办大事”的体制优势,在量子科技领域不断产出国际领先的成果:在量子通信领域发射世界首颗量子科学实验卫星“墨子号”,在量子计算领域完成了光量子、超导、离子阱等重要量子计算体系的研究布局,成为包括欧盟、美国在内的3个具有完整布局的国家(地区)之一。在雄厚的科研资源优势基础上,中国正在逐步形成科学传播与科学教育双轨驱动的量子科技创新生态系统,涌现出一批优质量子科普工作者、科普内容、K12领域的量子教育课程和实验室。但从量子科技社会化协同传播机制构建的角度来看,中国仍需汲取美国的一些经验。

第一,中国需加快构建科学传播和科学教育双轨驱动的量子科技社会化协同传播体系。当前中国正在通过科技部、中国科学院、国家自然科学基金委员会等体系建立起量子研究、传播与教育单元,但中国量子科技的科学传播体系架构尚未健全,传播主体面临资源分散、各自为战、合作松散的局面。当前亟需政府主导建立更具效率、更有持续性的量子科学传播协同模式,跨界协调市场系统、研究与教育系统、各类社群系统等主体形成开放协同、优势互补的量子科技资源集群,建设成量子科技领域有国际协同魅力的科学传播力量体系。

第二,中国应加快建立起基础教育—高等教育—职业教育层层进阶的量子科技教育资源供给体系。当前虽然出现了如南方科技大学和深圳中学联合共建的“薛其坤院士量子创新实验室”(2022年组建)、天津英华实验学校量子科技创新实验室(2022年组建)类型的面向基础教育阶段的量子科技教育资源,但中国的量子科学传播内容绝大部分集中在理工科大学生以上的知识群体,面向K-12群体的传播内容非常稀缺与有限,内容供给上呈现力不从心的状态。

中国的各类量子科学传播主体应当在明确各自职能定位基础上实现资源优势互补,通过组建实

质性产学研联盟、利益联结机制等形式,在量子科普教育资源供给端构造出一条基础教育—高等教育—职业教育层层衔接的资源通路,在资源打造上注重虚拟现实、增强现实等多模态沉浸式内容设计,传播上注重科学与艺术交融的美感表达,交互上侧重游戏化、激励式的科普多媒体作品创作,在多个层次的科学教育环节形成可持续发展的量子科普供给机制和创新性的供给资源,为培养下一代量子科学家与从业者奠定基础。

第三,中国需培育量子科技领域多层次的高水平科技中介组织。中国的高校、企业和科研院所等主要量子科技研发主体之间,由于缺乏与量子科技服务相适配的高水平科技中介机构,无法快速有效集聚成果、人才、信息、资金等要素,限制了创新扩散的能力,不能有效满足技术市场的创新性发展。中国的量子科技领先企业,例如国盾量子、本源量子、国仪量子、问天量子等,多为成长型企业,虽在技术上实现了若干局部性领先,但是产业整体规模很有限,实际能量还处在发育前期。以体量最大的国内上市公司国盾量子为例,其《2021年度报告》显示全年营收1.79亿,前5大客户集中在信息技术与电子技术领域,且2家公司与国盾量子存在关联关系;前5大供应商3家位于安徽,其中包括中国科学技术大学,其成果产出与技术合作路径依赖十分明显。中国的量子科技企业在多主体交流、产业链协同、跨界合作过程中,其信任关系和合作工具需有跨越式完善,这种匮乏导致科学传播协同效率低下,更需要与量子科技产业链相适配的中介协调组织。

在当前的社会化协同传播生态构建时,中国需要构建国家层次、行业层次以及私人层次的量子科技、量子信息的中介协调组织,以促进更有效的创新扩散、成果转化和科学传播,为高校、企业和科研院所之间的量子合作提供可靠有效的技术互助、信息沟通和资源对接。同时,也特别需要广泛链接外部资源,推动创新成果交流、展示、交易,提供科技成果孵化与投融资服务,在多资源要素聚集和多主体协作下实现高频、高效、高质的科学知识扩散。

整体来看,中国迫切需要依托建制优势加快构

建量子科技的科学传播社会化体系,以社会协同的力量打造量子科技创新生态系统;加速建立起基础教育—高等教育—职业教育层层进阶的量子科技教育内容供给体系,培养下一代量子科学家与从业者;培育量子科技领域多层次的高水平科技中介组织,导通“科研—产业”的学术衍生路径,通过市场机制实现量子科技的知识创新扩散。

### 参考文献(References)

- [1] 赫尔曼·哈肯. 协同学——大自然构成的奥秘[M]. 凌复华, 译. 上海: 上海译文出版社, 2005.
- [2] 鲍勇剑. 协同论:合作的科学——协同论创始人哈肯教授访谈录[J]. 清华管理评论, 2019(11): 6-19.
- [3] The White House. Executive order on enhancing the National Quantum Initiative Advisory Committee[EB/OL]. (2022-05-04)[2022-08-12]. <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/presidential-actions/2022/05/04/executive-order-on-enhancing-the-national-quantum-initiative-advisory-committee>.
- [4] National Science & Technology Council. Quantum information science and technology workforce development national strategic plan[EB/OL]. (2022-02-01)[2022-08-15]. <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2022/02/QIS-T-Natl-Workforce-Plan.pdf>.
- [5] National Science & Technology Council. The role of international talent in quantum information science[EB/OL]. (2021-10-05)[2022-08-17]. [https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2021/10/2021\\_NSTC\\_Esix\\_INTL\\_Talent\\_QIS.pdf](https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2021/10/2021_NSTC_Esix_INTL_Talent_QIS.pdf).
- [6] The National Quantum Coordination Office. Summary of the national q-12 education partnership kick-off event[EB/OL]. (2020-12-07)[2022-08-18]. <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/12/SummaryQ12KickOffEvent.pdf>.
- [7] United States Congress. National Quantum Initiative Act[EB/OL]. (2018-12-21)[2022-08-18]. <https://www.congress.gov/bill/115th-congress/house-bill/6227/text>.
- [8] National Science & Technology Council. National strategic overview for quantum information science[EB/OL]. (2018-09-24)[2022-08-19]. [https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018\\_NSTC\\_National\\_Strategic\\_Overview\\_QIS.pdf](https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018_NSTC_National_Strategic_Overview_QIS.pdf).
- [9] National Science and Technology Council. Advancing

quantum information science: National challenges and opportunities[EB/OL]. (2016-07-22) [2022-08-19]. [https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/quantum\\_info\\_sci\\_report\\_2016\\_07\\_22\\_final.pdf](https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/quantum_info_sci_report_2016_07_22_final.pdf).

- [10] NSF Workshop. Quantum information science: An emerging field of interdisciplinary research and education in science and engineering[EB/OL]. (1999-10-28) [2022-08-15]. <https://www.nsf.gov/pubs/2000/nsf00101/nsf001-01.htm>.
- [11] Rand Corporation. An assessment of the U.S. and Chinese industrial bases in quantum technology[EB/OL]. (2022-02-02) [2022-08-21]. [https://www.rand.org/pubs/research\\_reports/RRA869-1.html](https://www.rand.org/pubs/research_reports/RRA869-1.html).
- [12] Qubit by Qubit programs[EB/OL]. (2022-06-01) [2022-08-24]. <https://www.qubitbyqubit.org/programs>.
- [13] 宋娴. 美国科学传播体系构建: 科学教育和公众传播的双重路径[J]. 外国中小学教育, 2016(11): 25-31.

## The experience and enlightenment of the socialization and collaborative communication of quantum science and technology in America

QIN Qing<sup>1,2</sup>, TANG Shukun<sup>1,2\*</sup>, FAN Qiong<sup>1</sup>, WANG Juan<sup>1</sup>, ZHANG Xiaoyu<sup>2</sup>

1. Department of Communication of Science and Technology, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China
2. Research Center of Science Communication, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230026, China

**Abstract** With the arrival of the second quantum revolution, quantum technology is having a disruptive impact on scientific cognition and technological application. Why is the United States always in the forefront of quantum technology in the world? On the one hand, it benefits from its strong scientific and technological foundation and economic strength, on the other hand, it is due to its high-level scientific dissemination ability and high scientific literacy of citizens. This paper tries to analyze the original intention and evolution path of the US government's policy design, the linkage promotion mode of scientific research and education system, the efficient incubation and promotion mode of industry and market institutions, the embedding behavior of public and private social organizations and science dissemination individuals, and to refine the typical experience of the design and implementation of the socialized dissemination of quantum technology by studying the socialized collaborative dissemination strategy of American quantum technology. On this basis, this paper believes that the socialized collaborative dissemination of quantum technology in the US has three main implications for China at present: Relying on the institutional advantages, we should accelerate the construction of scientific dissemination and socialization system of quantum science and technology, establish a quantum science and technology education content supply system of basic education-higher education-vocational education, and cultivate multi-level high-level science and technology agents in the field of quantum science and technology.

**Keywords** quantum technology; socialized collaboration; communication strategy ●



(责任编辑 王丽娜)