

中国科学技术协会主管
中国科协创新战略研究院、中国老科学技术工作者协会主办
2023年1月号·第85期

ISSN 1671-4342
CN 11-4764/N

今日科技苑

M O D E R N S C I E N C E

第十届中国科技政策论坛

加快实现高水平科技自立自强的思考
提升国家创新体系整体效能：概念、逻辑与趋向
增强企业创新能力 加快现代化体系建设

科技创新体系

我国科普评估的基础理论和发展方向

人才资源与发展

杰出科学家个体科研生涯成果分析
——以2022年诺贝尔生理学或医学奖获得者Svante Pääbo为例

构建多元化科技生态圈 赋能经济社会发展

□ 中国科协创新战略研究院 李琦 梁思琪

2023年1月,《科学》(*Science*)期刊政策论坛(Policy Forum)栏目聚焦土壤生物多样性、“叙事倾听”框架、中国科学院重塑和动物福利等议题,进行了深入探讨。

一是土壤生物多样性的保护亟须建立无国界的政策体系。食物获取、人类健康、生物多样性以及气候控制均与土壤息息相关,而土壤生物性对土壤保护至关重要。土地利用集约化、气候变化、环境污染和采矿活动等因素导致土壤生物多样性损失。目前,大多数现行及预期的土壤保护政策尚未在综合考虑生物、物理、化学组分因素的基础上,进行土壤保护;且缺乏对“不同地域的土壤是如何通过人类活动而产生联系”的考量。如何基于现有土壤生物多样性分布和功能作用方面的研究成果制定恢复和保护跨界土壤健康的政策成为挑战;政策不仅应关注一个国家或国家联盟内的土壤,还应关注防止彼此土壤上的负面足迹^[1]。

二是“叙事倾听”框架有助于补充和加强科学证据。从气候危机到新冠大流行,实践者和科学家围绕如何提升科学建议的质量和有效性提出了许多问题,这些问题的解决需要超出对既有“科学”概念的常规认知。有观点认为,失败源于现有的学习未能覆盖所有的研究和知识领域。然而,许多科学家意识到,将可信度扩展到新的证据形式可能导致公共推理后真相本身的损失。这种担忧必须与“无法容纳其他形式的严谨知识系统”所导致的科学影响力下降的风险相平衡。“叙事倾听”的框架将通过叙事证据补充和加强科学证据^[2]。

三是集中精力管理大型研究基础设施有助于

中国科学院发展。中国科学院长期致力于通过产出原创性成果而不断重塑自身,同时也证明其作为研究机构的权威性。中国科学院为中国国家建设所作的贡献是不可复制的,也反映了其自身的发展。面对科技体制改革,将资源集中在管理大规模研究基础设施的大型科学中心,可强化中国科学院的战略重要性并有效支持其后续发展^[3]。

四是以动物为中心可改善农场福利。全球范围内,每年需饲养780多亿只陆地动物供人类食用,且这一数字仍在增长。同时,公众对这些动物福利尤其是集约化养殖系统中的禽畜的关注也与日俱增。为此,农场保证计划及相关法规中回应了改善动物福利的要求。此背景下,更多的动物福利已经成为食品生产公司的重要ESG目标(环境,社会和治理)目标。然而,动物锻炼“自然行为”的能力往往成为优先考虑,而非从动物视角出发去改善它们的福利^[4]。

参考文献

- [1] Wim H. Van Der Putten, Richard D. Bardgett, Monica Farfan, et al. Soil biodiversity needs policy without borders[J]. *Science*, 2023, 379: 32–34.
- [2] Claire Craig, Sarah Dillon. "Storylistening" in the science policy ecosystem[J]. *Science*, 2023, 379: 134–136.
- [3] Xixi Yang, Xiaoyu Zhou, Cong Cao. Remaking the Chinese Academy of Sciences[J]. *Science*, 2023, 379: 240–243.
- [4] Marian Stamp Dawkins. Farm animal welfare: Beyond "natural" behavior[J]. *Science*, 2023, 379: 326–328.

版权声明

- 1、除非本刊特别声明，本刊发表的所有文章均不代表本刊编辑部观点，作者文图责任自负，如有侵犯他人版权或者其他权利的行为，本刊概不负连带责任。稿件一经采用，如无特殊说明，一律视为作者同意授权本刊出版及网络合作媒体进行电子版信息传播。版权所有，未经许可，不得翻译、转载本刊所有文章。
- 2、来稿请确保不涉及保密、署名争议等，若出现法律纠纷，作者自负文责。来稿一律不退还，请作者自留底稿。根据《著作权法》，本刊可以对文稿进行修改、删减等，如不同意改动，请在来稿中注明。来稿决定刊用后，本刊有权以光盘、网络期刊等其他方式出版刊用的文稿，如不同意，请在来稿中注明。
- 3、稿件凡经本刊使用，即视为作者同意授权本刊其作品包括但不限于电子版信息网络传播权等。
- 4、稿件凡经本刊使用，即视作者已郑重声明所刊论文为原创作品，且同意授权本刊代理其作品电子版信息有线和无线互联网络传播权，并且本刊有权授权第三方如中国知网等进行电子版信息有线和无线互联网络传播。
- 5、凡向本书刊投稿者，如无特殊声明，稿件一经采用，一律视为本刊拥有稿件的图书版、电子版和网络版的使用权。
- 6、本刊已被中国知网全文收录。稿件采用后，作者如不同意将文章在知网刊发，请在来稿时声明，本刊将适当处理。
- 7、本刊刊发的稿件，视为作者同意本刊对该文稿、图片拥有在网络、光盘等数字传媒上进行传播宣传的使用权。如有异议，请在来稿时声明。

主管单位 中国科学技术协会
主办单位 中国科协创新战略研究院
中国老科学技术工作者协会
出版发行 《今日科苑》编辑部

顾问 陈至立
社长 / 主编 申金升
副主编 吴善超 张 黎

编辑部主任 张 丽
常务副主任 董 阳
副主任 李 琦 刘 艳
责任编辑 陈 峰 王 萌
宋子阳 张 旻
马 骁 刘香钰
李 晗

文字编辑 梁思琪
英文编辑 刘 峰
美术编辑 潘 芬
编务 高 宇
封面图片 潘晶宇

全国各地邮局均可订阅

邮发代号 18-267 国内发行
定价 20元
发行负责人 钟红静

地址 北京市海淀区复兴路3号
邮编 100038
电话 010-68570860
电子邮箱 jrkybjb@cnaiss.org.cn
投稿网址 modsci.cnaiss.org.cn

目 录

智库观点

第十届中国科技政策论坛在北京成功举办·····	1
完善科技创新体系 建设世界科技强国 ——第十届中国科技政策论坛会议综述·····李 琦 等	2
加快实现高水平科技自立自强的思考·····许 惊	4
提升国家创新体系整体效能：概念、逻辑与趋向·····李正风	5
增强企业创新能力 加快现代化体系建设·····吕 薇	6
完善科技创新体系的理论思考·····李 哲	7
新时期科技财税金融政策走向的思考·····薛 薇	8
新型举国体制下的政府与市场关系·····封凯栋	9
科技自立自强背景下的区域创新体系构建与能力评价·····刘 杨	10
教育、科技、人才协同发力，支撑中国式现代化行稳致远·····吴善超	11
完善促进科技人才成长成才的政策体系·····陈宝明	12
加快建立以创新价值、能力、贡献为导向的人才评价体系·····李建忠	13
搭建起科技人才评价的理论与方法体系·····李晓轩	14

科技创新体系

我国科普评估的基础理论和发展方向·····邵华胜 等	15
科技馆深度学习体验设计研究——“卓越展览奖”获奖项目评析·····莫小丹 等	23
清江流域生态环境存在的问题及措施建议·····袁玉顶	32

人才资源与发展

杰出科学家个体科研生涯成果分析 ——以2022年诺贝尔生理学或医学奖获得者Svante Pääbo为例 ·····李 杰 等	42
从关键指标数据看我国新时代人才强国建设·····宋子阳 等	59
建设老年科技大学提升老年人科学素质的思考·····马 骁 等	74
郑哲敏院士家国情怀探源·····王彩萍	84

第十届中国科技政策论坛在北京成功举办

12月23日，第十届中国科技政策论坛在北京举行。本次论坛以“完善科技创新体系 建设世界科技强国”为主题，旨在深入学习贯彻党的二十大精神，聚焦国家科技创新体系建设的关键问题开展深入研讨，为完善科技创新体系、建设世界科技强国建言献策。中国科协十届副主席、第十届常委会决策咨询专门委员会联席主任，中国工程院院士，中国工程院副院长邓秀新致辞。中国科协十届常委，第十届常委会决策咨询专门委员会副主任，探月与航天工程中心首次火星探测任务总设计师张荣桥，中国科协十届常委、党组成员、书记处书记，第十届常委会决策咨询专门委员会副主任王进展出席论坛。

邓秀新在致辞中指出，科技战略咨询工作已经纳入到国家创新体系的整体布局中，进一步凸显了科技战略咨询对推进高水平科技自立自强和创新驱动发展的重要意义。为团结动员广大科技工作者做好科技战略咨询工作，要坚持人民至上的立场和问题导向的视角，保持“求真”品格；要坚持自信自立的精神和胸怀天下的情怀，坚守“向善”原则；要坚持守正创新的理念和系统观念的方法，实现“臻美”境界。

主旨报告环节中，国家科技图书文献中心主任、国家科技部战略规划司原司长许惊，清华大学社会学系教授、博士生导师、中科院学部—清华大学科学与社会协同发展研究中心主任李正风，国务院发展研究中心创新发展研究部原部长、研究员吕薇分别就“加快实现高水平科技自立自强的思考”“提升国家创新体系整体效能：概念、逻辑与趋向”“增强企业创新能力，加快现代产业体系建设”作大会报告。

专题报告环节共有8位专家作专题报告，分享研究发现和思考建议。其中，中国科学技术发展战略研究院科技创新理论研究所所长兼智库办主任、研究员李哲，中国科学院科技战略咨询研究



“中国科技政策论坛”创立于2012年，是由中国科协正式发起，面向决策者和社会公众搭建的开放性高端学术交流平台，旨在坚持问题导向，围绕科技界重点热点议题开展深度研讨，集思汇智，服务党和政府科学决策。

本次论坛由中国科协第十届常务委员会决策咨询专门委员会主办，中国科协战略发展部支持，中国科协创新战略研究院承办。论坛以线上形式举办，通过央视网同步直播，吸引来自高校、科研院所、智库机构和企业的研究人员参与及关注，网络观看人数11.6万人。央视网、人民网、中国日报、中国青年报等40余家媒体进行报道。

图文来源：中国科协创新战略研究院

完善科技创新体系 建设世界科技强国

——第十届中国科技政策论坛会议综述

2022年12月23日,第十届中国科技政策论坛在北京举行。本次论坛以“完善科技创新体系 建设世界科技强国”为主题,旨在深入学习贯彻党的二十大精神,聚焦国家科技创新体系建设的关键问题开展深入研讨,为完善科技创新体系、建设世界科技强国建言献策。根据与会专家学者的报告,本文从坚定创新自信紧抓创新机遇,加快实现高水平科技自立自强;完善科技创新体系,提升国家创新体系整体效能;深入实施人才强国战略,加快建设世界重要人才中心和创新高地三方面对专家报告内容进行综述。

1. 坚定创新自信紧抓创新机遇,加快实现高水平科技自立自强

党的二十大报告提出“加快实施创新驱动发展战略。坚持面向世界科技前沿、面向经济主战场、面向国家重大需求、面向人民生命健康,加快实现高水平科技自立自强”。与会专家围绕“坚定创新自信紧抓创新机遇,加快实现高水平科技自立自强”展开讨论。

国家科技图书文献中心主任、国家科技部战略规划司原司长许倬指出构建使命驱动的国家战略科技力量体系,坚决打赢核心技术攻坚战,强化原创导向的基础研究,全面提升企业的科技创新能力,全面激发人才创新活力,全面支撑现代化强国建设,完善科技创新体制机制,开放合作、积极融入全球创新网络是加快实现高水平科技自立自强的战略重点。

首都科技发展战略研究院研究总监、京津冀国家技术创新中心创新管理研究所副所长刘杨认为实现科技自立自强需要分析科技创新的内在逻辑和发展趋势。现阶段,科技创新发展的趋势呈现出科学技术一体化、学科交叉融合高速化、高技术产业集群化、发展速度指数化四方面特征。因此,完善创新体系成为实现科技自立自强的关

键举措,可以从破除创新资源鸿沟、完善科技服务、协同发展等方面发力,充分释放区域要素活力,提升区域创新水平,构建区域创新共同体。

2. 完善科技创新体系,提升国家创新体系整体效能

自2016年习近平总书记发表《为建设世界科技强国而奋斗》以来,围绕“如何强化国家战略科技力量”“如何进一步推进科技体制的改革”,国家部署了一系列新举措,与会专家围绕“完善科技创新体系,提升国家创新整体效能”展开讨论。

清华大学社会学系教授、科学技术与社会研究中心主任李正风认为提升国家创新体系整体效能,不仅要从系统论的角度强化“系统能力”,而且要适应知识社会的演进,实现创新体系的“代际转换”,形成适应知识、技术成为重要创新资源的新型国家创新网络。要从国家竞争、全球竞争的视野出发解决新知识、新技术的“生产”与“供给”问题,要充分认识到知识的扩散与知识的创造“同样重要”。未来国家创新体系将向“国家创新生态体系”演化,数字化转型将对国家创新体系产生深刻影响,在不断完善促进新知识生产、传播和应用紧密互动的基本制度外,需结合新科技领域的特点、要求,探索并形成多样化的互动模式。

国务院发展研究中心创新发展研究部原部长、研究员吕薇指出,目前,企业创新已进入新阶段,呈现五个新特征:企业创新主体地位更加强化;企业创新意识和能力提高;企业创新投入增加;产学研之间合作创新增加;企业创新还处于二元结构。要从5个方面入手,提升企业创新能力。即聚焦实体经济,优化环境,以创新驱动现代化产业体系建设;多措并举吸引和激励科技人才向企业积聚;鼓励和支持重点领域的供应链

创新联盟；培育企业战略科技力量，分层次优化整合各类产业创新中心；实现产业基础高级化，保障供应链安全自主可控。

中国科学技术发展战略研究院科技创新理论研究所所长兼智库办主任李哲认为，把握教育、科技、人才对全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑作用，完善科技创新体系，要深入理解好进入创新型国家前列与建成科技强国、现代化经济体系与国家创新体系、国家创新体系与科技创新体系这三组概念及其背后的逻辑。完善科技创新体系，具有鲜明的阶段性特征，要围绕中国式现代化这一中心任务，把握科技创新体系的变与不变，统筹发展与安全，与时俱进，协同推动政策理念、政策理论、政策工具的发展。

中国科学院科技战略咨询研究院研究员薛薇认为空前密集活跃的全球科技创新活动为我国科技创新既带来挑战，又提供了机遇。新形势下科技政策需积极回应与调整，当前科技政策视角下我国财政科技支出总体效益不高、科技与金融结合不充分，新时期相关政策和企业技术创新都需要注重提质增效，促进我国科技创新能力进一步提升。科技税收政策需要处理好基本税制与税收优惠制度、创新主体与创新行为等不同税收优惠着力点、普惠与特惠税收优惠功能、税收优惠力度与效果等方面的关系。

北京大学政府管理学院长聘副教授、博士生导师封凯栋围绕“新型举国体制下的政府与市场关系”进行专题报告。他认为建设新型举国体制需要形成支持全面创新的基础制度、政府能够充分撬动市场研发力量，并且从核心技术突破发展到全面创新，为前沿创新竞争塑造新型的“政府-市场”关系。在市场经济制度下，新型举国体制中政策的首要任务是转变政策思路，尽量避免封闭式联盟以及政府替代市场的行为，从支持指定企业、指定技术方案转向支持创制市场创新链。

3. 深入实施人才强国战略，加快建设世界重要人才中心和创新高地

中国科协创新战略研究院党委书记、研究员吴善超围绕教育科技人才协同发力进行专题报告。他认为要在新的动荡变革期，把握科技创新

现状与问题，理解党的二十大关于教育、科技、人才的新论断、新框架。近十年科技创新取得鲜明成就，中国科技创新排名不断提升，但也存在原始创新能力还不强、创新体系整体效能还不高等八大短板。因此，要在党中央统一领导下健全科技创新体制，全面塑造创新体系化能力，协同制度创新要与科技创新，同步促进治理现代化要与生产力现代化，统筹激活人才第一资源，积极开放创新生态，培育创新文化，以提升国家创新体系整体效能。

国家科技部科技人才交流开发服务中心副主任、研究员陈宝明围绕当前科技人才政策体系的形势与需求，科技人才的国际争夺和人才内源培养重要性提升，完善促进科技人员成长成才的政策体系建设等问题进行报告，并指出目前仍存在人才培养能力不足等问题。他提出，科技人才政策体系的建设重点包括在培养政策上构建自主培养体系，促进科技人才转型升级与能力提升；在供给政策上加强队伍建设统筹部署；在激发活力政策上完善激励与评价政策；在引进政策上注重引才与引智并重。

中国人事科学研究院副院长、研究员李建忠提出，市场条件下的人才评价体系可从宏观角度分为市场评价体系、行政评价体系与社会公益评价体系，而目前我国人才评价体系存在市场评价机制发育不充分、民间志愿评价机制基础薄弱、政府职能转变不到位、行政评价的垄断地位等问题，对此提出若干关于健全人才评价体系的思考，包括尊重市场人才评价、鼓励社会公益评价、深化行政评价体系改革等观点。

中国科学院科技咨询战略研究院研究员李晓轩认为目前科技人才评价的表层政策已有积极导向，但仍存在中层及深层问题。因此关于科技人才评价改革试点方法体系，一方面要借鉴国际通用基本的评价事项，另一方面也要探索中国特色的人才政策。介绍了以先行先试的“角马理论”、定量与定性相结合的“BRIDGE理论”，并分享了指导中科院“破四唯”人才评价体系建设中的“中科院模式”。

李琦、王萌、梁思琪整理。

责任编辑：李琦 校对：李琦 梁思琪

注：2~14页文章内容均根据专家论坛报告整理而成。

加快实现高水平科技自立自强的思考

许 惊

(国家科技图书文献中心, 北京 100038)

2022年7月, 习近平总书记强调: “当前, 世界百年未有之大变局加速演进, 世界之变、时代之变、历史之变的特征更加明显。我国发展面临新的战略机遇、新的战略任务、新的战略阶段、新的战略要求、新的战略环境, 需要应对的风险和挑战、需要解决的矛盾和问题比以往更加错综复杂”。本文就如何看待新时期我国科技创新面临的战略机遇和风险挑战、加快实现高水平科技自立自强的战略重点两个问题展开讨论。

1. 我国科技创新面临的战略机遇和风险挑战

我国科技创新的战略机遇主要包括两个方面。一是我国科技实力的增强为科技创新奠定了较好发展基础。根据世界知识产权组织《全球创新指数》, 我国的创新综合能力排名持续上升, 已经位居世界第11位; 二是新科技革命和产业变革带来新发展机遇。科学革命蓄势待发, 学科交叉、应用实践驱动成为基础研究的新路径。数字化、智能化成为引领变革的主导力量, 颠覆性技术持续涌现, 场景驱动、数据驱动、跨领域跨学科交叉融合成为新的研发范式。

我国科技创新面临的风险挑战主要包括四个方面。一是我国发展外部环境发生变化, 科技领域脱钩风险凸显; 二是部分领域关键核心技术缺失, 产业链安全面临严峻挑战; 三是新技术应用引发的治理问题, 对国家安全、就业和社会伦理等带来重大影响; 四是引领科技创新方向和产业应用的能力不足, 把握新一轮科技革命和未来发展主动权面临重大挑战。

2. 加快实现高水平科技自立自强的战略重点

加快实现高水平科技自立自强可从以下几个方面着手。一是构建使命驱动的国家战略科技力量体系, 在重大创新领域, 具有基础性、战略性、发挥攻坚作用的科技创新“国家队”; 二是坚决打赢核心技术攻坚战, 加快构建市场经济条件下关键核心技术攻关的新型举国体制; 三是强化原创导向的基础研究, 多渠道加大基础研究投入、推进学科交叉融合、加强基础研究青年人才培养、超前布局国家重大基础设施、构建国家科研论文和科技信息高端平台; 四是全面提升企业的科技创新能力, 发挥企业家在技术创新中的重要作用、促进各类创新要素向企业集聚、支持企业牵头组建创新联合体承担国家重大科技项目、鼓励企业加大研发投入、加强中小科技型企业孵化平台建设; 五是全面激发人才创新活力, 可重点关注系统改革、评价机制、激励机制以及聚才机制的改革完善; 六是全面支撑现代化强国建设, 筑牢数字化、智能化技术基础、引领战略性新兴产业和未来产业发展; 推动制造业高端化、智能化、绿色化发展; 构建支撑绿色低碳发展的技术体系; 促进现代服务业发展; 七是完善科技创新体制机制, 完善中国特色科技创新组织管理体系、完善国家科技资源配置结构和方式、完善科技项目管理方式和相关制度、完善支撑科技创新的基础性制度; 八是开放合作、积极融入全球创新网络, 构建高水平科技开放新格局。

责任编辑: 李琦 校对: 王萌 梁思琪

作者简介: 许 惊, 国家科技图书文献中心主任、国家科技部战略规划司原司长。

提升国家创新体系整体效能：概念、逻辑与趋向

李正风

（清华大学，北京 100084）

自2016年习近平总书记发表《为建设世界科技强国而奋斗》以来，围绕“如何强化国家战略科技力量”“如何进一步推进科技体制的改革”，国家部署了一系列新举措，其中，很重要的一个方面就是“如何提高国家创新体系的整体效能”。本文就此从重新审视“国家创新体系（NIS）的概念、深刻认识提高国家创新体系“整体效能”的内在逻辑、准确把握国家创新体系未来的趋势和方向三个方面展开分析。

1. 重新审视“国家创新体系”的概念

“国家创新体系”的概念建立在创新体系概念基础上，于20世纪80年代后期提出。Freeman、Lundall、Edquist及OECD“国家创新体系研究项目”等从不同角度阐释了国家创新体系的概念。国家创新体系的概念，一是强调知识、技术成为越来越重要的创新资源，关注新知识、技术的生产、传播和应用；二是关注产学研-学术界-政府之间的交互作用；三是关注国家创新体系中行动者网络的状态。因此，不同于一般意义上的“创新体系”，

“国家创新体系”的特殊之处在于立足国家战略，强调面向知识社会实现“创新体系”的整体变革与代际转换，塑造有方向、有特色、高效能的国家创新体系。有方向意味着必须适应知识社会、知识经济和全球化的新格局，有特色意味着不存在最佳的国家创新体系模板，各国可以在利用和变革国家专有因素的探索中，形成各有特色的国家创新体系；国家创新体系是否实现了高效能，具有不确定性和风险，需要把握提高创新效能的内在逻辑。

2. 深刻认识提升国家创新体系整体效能的内在逻辑

提升国家创新体系整体效能，不仅要求从系统

论的角度强化“系统能力”，而且要适应知识社会的演进，实现创新体系的“代际转换”，形成适应知识、技术成为重要创新资源的新型国家创新网络。要提升国家创新体系的整体效能，一是要从国家竞争、全球竞争的视野出发解决新知识、新技术的“生产”与“供给”问题，对此需要具备源泉意识、自主精神、开放态度和战略导向。二是要充分认识到知识的扩散与知识的创造“同样重要”，提高国家创新体系中的知识（信息）配置力，注重新知识、新技术的生产与传播、扩散和应用的紧密结合和密切互动，形成确保创新者及时获得相关知识、技术的国家体系；为此需要构建“大科普”观念并拓展“大科普”的多重功能。三是要促进国家创新体系中不同行动者之间的相互协同，共同提高国家创新体系的“整体效能”，特别是要重新理解国家创新体系中政府角色的转变。

3. 准确把握国家创新体系未来的趋势和方向

国家创新体系未来的趋势，一是向“国家创新生态体系”演化，即从市场经济体制的传统形态向市场经济体制转型形态过渡，最终达成新型市场经济体制的高级形态；这种高级形态既体现了知识、技术成为越来越重要的创新资源的发展方向，也反映了市场经济体制的内在特征和本质要求；二是数字化转型将产生深刻影响，数字化转型向数字社会的转变是继知识社会之后的又一次深刻变革，基于数字技术和网络技术的新技术基础设施和平台会成为影响整体效能基础性的因素；三是体现新科技领域的新特点、新要求。完善国家创新体系促进新知识生产、传播和应用紧密互动的基本制度外，需结合新科技领域的特点、要求，形成多样化的互动模式。

责任编辑：李琦 校对：王萌 梁思琪

作者简介：李正风，清华大学社会科学学院原副院长，社会学系教授，清华大学科学技术与社会研究中心主任。

增强企业创新能力 加快现代化体系建设

吕 薇

(国务院发展研究中心, 北京 100010)

党的二十大报告提出,要强化企业科技创新主体地位,发挥科技骨干企业引领、支撑作用,营造有利于科技型中小企业成长的良好环境,推动创新链、产业链、资金链、人才链深度融合。科技部和财政部2022年又发布了《企业技术创新能力提升行动方案(2022—2023)》,提出了十项重要举措。

1. 企业创新进入新阶段

根据世界知识产权组织《全球创新指数》,我国的创新综合能力排名持续上升,创新指数已经位居世界第11位。我国企业创新进入新阶段,主要呈现以下五个特征。一是企业创新主体地位更加强化,创新要素向企业积聚;二是企业创新意识增强、创新能力提高;三是企业创新投入增加,技术来源多样化,以内部研发为主;四是产学研之间合作创新增加,在具有重大价值的创新中供应链上下游企业合作发挥重要作用;五是企业创新还处于二元结构,我国创新能力从跟踪为主转向三跑并存阶段,大部分跟随企业与少数创新型企业并存,产生了一批创新型企业。

2. 企业创新的决定因素与问题

根据2014年—2021年全国创新调查的结果分析,决定企业创新的主要因素包括:一是高素质人才、具有创新精神的企业家;二是员工对企业的认同、内部激励机制和有效的战略和计划;三是畅通信息渠道,获取市场和技术信息;四是充足的研发经费和优惠政策;五是拥有可信任的合作伙伴。而影响企业创新的主要问题是人才短缺、创新成本较高。其余是缺乏技术供给、市场需求不确定,缺少银行贷款和风险投资,以及知识产权侵权等问题。

3. 提高企业创新能力,建设现代产业体系

一是坚持以创新驱动现代化体系建设。聚焦实体经济,优化创新环境,提高企业创业能力,加快建设现代产业体系。二是培育企业战略科技力量,在关键领域实现科技自立自强。发挥领军企业战略科技力量作用。支持领军企业参与应用导向的国家科技计划,牵头产业化项目;吸收企业参与国家基础研究计划项目指南编制。三是分层次优化整合各类产业创新中心,构建产学研用密切合作的行业共性技术平台。建立与功能定位配套的体制机制,政府和企业共同组建战略产业研发基金,支持重点共性技术和卡脖子技术攻关。四是实现产业基础高级化,发展专精特新企业,保障供应链安全自主可控。以“五基”为主要抓手,补强产业链供应链弱项和短板;坚持应用牵引、整机带动,强化共性技术供给。五是从引进和激励人才方面入手,多措并举解决企业创新人才短缺问题,吸引科技人才向企业积聚。建立面向企业需求的产教融合人才培养体系,将企业人才引进纳入国家人才计划,加强职工在职培训。六是鼓励和支持重点领域的供应链创新联盟。有效发挥供应链头部企业的作用,促进供应链上下游企业、大中小企业合作创新。七是加强鼓励创新的需求侧政策,充分发挥我国大规模市场的优势,降低企业创新的市场风险。八是加强鼓励企业创新的政策落实力度,激励企业创新。九是营造公平竞争、法制规范的市场环境,建立稳定可预期的政策体系和营商环境。十是建立鼓励创新、包容审慎的市场监管体系,切实落实“两个毫不动摇”,从制度和法律上落实平等对待国企和民企的要求。

责任编辑:李琦 校对:王萌 梁思琪

作者简介:吕 薇,国务院发展研究中心创新发展研究部原部长,研究员。

完善科技创新体系的理论思考

李 哲

(中国科学技术发展战略研究院, 北京 100038)

1. 政治理论：科技创新体系现阶段的功能定位

党的二十大报告对过去五年的工作和新时代十年的伟大变革进行了深刻总结,也为未来发展指明了方向、目标和任务。报告指出,今后我们的中心任务是以中国式现代化推进中华民族伟大复兴,其中高质量发展是首要任务。发挥科技创新体系对推进中国式现代化的支撑引领作用,需要深入理解进入创新型国家前列与建成科技强国、现代化经济体系与国家创新体系、国家创新体系与科技创新体系这三对概念及其背后的逻辑。

科技创新体系支撑引领中国式现代化,具体表现为两个内在统一的逻辑链条。第一个逻辑链条更突出连续性,体现了一以贯之,即“科技创新体系—国家创新体系—现代化经济体系—支撑高质量发展—中国式现代化”。第二个逻辑链条更突出阶段性,体现了与时俱进,即“科技创新体系—国家创新体系—高水平科技自立自强—中国式现代化”。两个逻辑链条共同体现了科技创新领域统筹发展与安全的辩证统一。

2. 学术理论：完善科技创新体系的路径选择

创新体系是一个经济学概念,不仅与科研体系相关,还涉及教育、产业、金融等体系,既要遵循社会主义市场经济条件下的市场规律,还要遵循科学规律、技术规律和创新规律。相对于国家创新体系而言,科技创新体系的概念在范围上并没有发生本质的变化,而是更加强调科学技术要素的重要性。科学技术知识生产与知识配置具有内在联系,完善科技创新体系,不能脱离知识配置谈知识生产,也不能脱离知识生产谈知识配置。理想状态

下,知识生产和知识配置同步增长,在资源有限、阶段特定的情况下,知识生产和知识配置存在一定的反比例关系。面向进入创新型国家前列和科技强国的目标,我们需要在基础研究、技术突破、人才队伍等方面加强高质量的科学技术知识生产,并通过深化科技体制改革、培育创新文化、加强国际化科研环境建设等方面的措施提高知识配置效率,从整体上提升国家创新体系效能。

3. 政策理论：完善科技创新体系的政策方向

完善科技创新体系,面临中国式现代化等任务提出的外在政策需求,也面临着科技自身发展、科技体制改革等任务提出的内在政策需求。从外在政策需求看,中国式现代化表现出的人口规模巨大、全体人民共同富裕、物质文明和精神文明相协调、人与自然和谐共生、走和平发展道路等特征,都需要对应的科技创新政策设计。比如,人口规模巨大的现代化需要全面、系统、多样的高质量科技供给;全体人民共同富裕的现代化需要完善创新资源配置机制,等等。从内在政策需求看,自20世纪80年代科技体制改革至今,大多数科技创新政策都围绕着科技与经济紧密结合这条主线,与此同时,统筹发展和安全的科技创新政策也愈加突出和重要。围绕新目标,我们要立足科技创新领域生动的中国实践,系统总结国家创新体系发展历程中的经验,深入反思面临的问题和挑战,与时俱进推动政策理念、政策理论、政策工具的发展,不断推进科技创新治理体系和治理能力的现代化。

责任编辑:王萌 校对:李琦 梁思琪

作者简介:李 哲,中国科学技术发展战略研究院科技创新理论研究所所长兼智库建设与科研管理办公室主任、研究员。

新时期科技财税金融政策走向的思考

薛 薇

(中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100190)

我国经济社会发展主要矛盾之一是经济高质量发展需要与科技创新能力支撑不足之间的矛盾,同时全球科技创新进入空前密集活跃时期为我国科技创新带来了机遇与挑战。面对新形势,科技政策也需要积极回应与调整。在政策目标上,我国科技财税金融政策亟须由被动适应科技创新到主动引领高质量科技创新转变;在政策功能上,明确财政支出政策、税收优惠政策、金融政策的功能定位,发挥相互协同、功能互补的整体效能;在政策设计上,遵守国际反补贴规则和竞争中立原则,提升政策精准性与有效性。在政策评估上,建立第三方评估机制,评估结果与政策完善挂钩。

1. 对科技财政政策走向的思考

目前,我国财政科技支出的总体效益不高。新时期,我国财政科技支出政策应更加注重提质增效,促进我国科技创新能力进一步提升。一是发挥财政支出结构调整的优势,促进研发投入结构优化。建立财政科技支出五年中期规划和研发预算制度,注重加强中央财政对优化地方财政科技投入结构的引导带动作用。二是加强政府与社会合作(PPP),构建重大科技项目多元化投入格局。以激励相容为基本原则,在协同创新、成果共享等方面做好机制与配套政策设计。三是加强政府采购工具的运用,为新技术与新产品应用创造市场。面对当前国内外新形势,我国应尽快重启政府采购支持企业技术创新的探索,遵守并充

分利用政府采购国际规则。

2. 对科技金融政策走向的思考

新时期,我国企业技术创新必须提质增效,金融资本无论在总量还是结构上都必须与之匹配。一是规范政府投资基金,形成政府创投与市场创投的协同作用体系。限制政府投资基金的直投比例,更多发挥政府投资基金作为母基金的引导作用,建立阶梯式的创业投资税收优惠机制。二是继续推进资本市场改革,提高创新创业企业股权融资比重。在资本市场继续推行注册制和退市制的改革,并且要严格坚持股市各板块的功能定位。三是在新三板推动终身保荐人制度,充分发挥新三板为高科技企业融资的作用,让资金流动起来。

3. 对科技税收政策走向的思考

要处理好基本税制与税收优惠、税收优惠力度与效果间的关系,明晰税收优惠着力点是创新主体还是创新行为、税收优惠功能是普惠还是特惠。一是大幅度“减税”不可持续,税式支出面临提质增效。企业所得税的优惠方向未来必须调整,不仅要符合国际税收规则,也要为我国科技创新的需求服务。二是应继续完善我国研发费用加计扣除政策。创新优惠方式,对于科技型中小企业当年不足抵扣部分允许一定比例的税收返回,进一步完善管理与评估制度,提高企业享受优惠的确定性与准确性,同时加强纳税指导与服务。

责任编辑:王萌 校对:李琦 梁思琪

作者简介:薛 薇,中国科学院科技战略咨询研究院研究员。

新型举国体制下的政府与市场关系

封凯栋

(北京大学政府管理学院, 北京 100871)

健全新型举国体制已经成为当前社会阶段的共识, 但是如何建设新型举国体制、如何处理政府与市场之间的关系, 依然存在争论, 因此有必要针对新型举国体制中政府与市场之间的关系展开进一步讨论。

1. 如何建设新型举国体制

一是健全社会主义市场经济条件下的新型举国体制。新时期中国打赢关键核心技术攻坚战, 需要形成支持全面创新的基础制度。二是新型举国体制不是计划经济, 不是政府、国有企业控制经济, 其成功的关键在于政府能够充分撬动市场研发力量。三是新时期举国体制的任务是从核心技术突破到全面创新, 要为前沿创新竞争塑造新型“政府-市场”关系。一方面从技术上解决关键技术堵点, 为企业进入、形成市场竞争打开道路; 另一方面, 在组织上通过配置资源, 助推本土在相应领域内创新链产业链的形成。

2. 新型举国体制下的政府与市场关系

新型举国体制下, 政府创制市场并推动市场发展。在产业和市场孕育期, 政府创造引导市场; 在产业创新生态成熟期, 政府让位于市场。在成熟的创新生态中, 政府在基础型研究、共性技术研究等活动中投入较多, 而商业概念、产品优化、大规模产业等内容形成及完善则通过市场机制完成。

现阶段对新型举国体制的需求, 是因为关键技术存在堵点。在后发环境中, 关键技术堵点导致有效市场薄弱甚至不存在, 一些关键技术的缺

失使对应环节及相关环节没有企业能够进入, 无法构建起相应市场。而且堵点的存在说明国内相关领域缺乏有效的产业链创新链合作。因此, 如何使新型举国体制发挥创造引导市场的作用, 包括两方面要点, 一是通过新型举国体制来解决关键技术堵点, 从而降低市场进入门槛, 让本土创新链运转起来。二是通过政府配置资源, 帮助产业解决集体行动困境, 让企业、科研机构、投资机构通过新型举国体制来塑造创新协作关系, 形成并发展创新链。

为了建设新型举国体制下政府与市场关系, 相关政策应当遵循以下原则: 一是其直接切入点应当以攻克创新链堵点的“有用技术”为目标, 介入的核心目标是要让自主可控的创新链能够运转起来, 因此它面向的必然是产业实践中的重大问题, 而非局限于前沿科研成就; 二是中期目标应当要将攻关机制演化和拓展成为常态化的官产学研协作机制, 促进和培育创新链, 通过在政策窗口期支撑创新链, 使得市场的投资主体能够逐渐形成对市场投资行为的合理预期, 从而能够驱动不同的市场参与者结成有效的创新链, 通过磨合和实践积累形成能力, 为政府积极政策的退出提供条件。

综上, 市场经济制度下, 新型举国体制下政策的首要任务在于转变政策思路, 应当从传统的扶持指定企业、指定技术方案, 转向创制市场创新链, 同时尽量避免指定示范企业或者成员形成的封闭式联盟以及政府替代市场的行为。

责任编辑: 王萌 校对: 李琦 梁思琪

作者简介: 封凯栋, 北京大学政府管理学院, 长聘副教授, 研究员。

科技自立自强背景下的 区域创新体系构建与能力评价

刘 杨

(京津冀国家技术创新中心, 北京 100194)

从本质上来讲, 科技创新并非科学、技术、产业的简单相加或接力, 而是“科学驱动”与“需求牵引”不断迭代的复杂过程。现阶段, 科技创新发展的趋势呈现出科学技术一体化、学科交叉融合加速、高技术产业集群化、发展速度指数化等四方面特征。科技创新活动不断突破地域、组织、学科、技术、产业的边界, 从本质上看, 创新竞争已全面演化为创新体系的竞争。

1. 区域创新体系与能力评价

区域创新是各类创新主体在特定的支撑条件下, 运用创新资源, 开展创新活动, 形成创新成果, 并作用于经济社会发展的复杂过程。政府和市场共同为科技创新活动提供环境和服务的支撑, 企业、高校、科研院所等创新主体通过人力投入、资本投入、经费投入等开展知识创新、技术创新、模式创新和体制机制创新等, 最终形成知识产出、技术产出, 推动产业结构升级、经济发展以及社会民生改善。

2. 长三角地区及粤港澳大湾区的区域创新案例分析

根据《中国城市科技创新发展报告2021》的研究结论, 我国“头部城市”创新排名整体稳定, 省会与副省级以上城市科技创新和产出能力较强, 东南强、西北弱的区域创新格局明显。在城市科技创新总指数排名前50名的城市中, 长三角城市群中占据17席, 占比34%, 形成了以上海、南京、杭州、合肥等四个城市为核心, 以及

多个周边城市联动发展的一体化创新格局, 并以G60科创走廊推动区域协同创新发展。长三角城市群在打造世界级的先进制造业产业集群方面走在前列, 江浙皖沪三省一市基于制造业结构的差异性和互补性, 形成了高端装备制造、汽车制造、医药制造等多个优势产业集群。粤港澳大湾区呈现出三大极点城市支撑发展的整体发展格局。具体而言, 一是以广州、佛山为中心建设国家中心城市、综合性门户城市、综合交通枢纽城市; 二是以珠海、澳门为中心建设世界旅游休闲中心、商贸合作服务平台; 三是以深圳、香港为中心的都市圈, 其中香港建设为国际金融、航运、贸易中心, 深圳则定位为具有世界影响力的创新创业之都。同时, 粤港澳大湾区以前海、横琴、南沙为抓手, 成为改革开放最前沿阵地, 建设了广深科创走廊, 并形成了三个产业集群。

3. 提升区域创新水平的思考与建议

一是破除创新资源鸿沟, 充分释放区域要素活力。提升区域创新的整体实力, 需要在资源配置、要素流动、项目布局等多个方面提高统筹的协调力度。加强多方面合作, 减少以及避免“重竞争轻合作”的现象。二是完善科技服务是提升区域创新水平的核心要素。以创新主体的需求为导向, 提升优质的专业服务和增值服务, 构建有助于创新发展的良好平台和内外环境。三是以协同发展思路构建区域创新共同体。通过体制机制的创新来构建目标统一、利益捆绑、高效协作、协同创新共同体, 进而推动整个区域创新体系建设。

责任编辑: 王萌 校对: 李琦 梁思琪

作者简介: 刘 杨, 京津冀国家技术创新中心创新管理研究所副所长, 首都科技发展战略研究院院长助理、研究总监。

教育、科技、人才协同发力， 支撑中国式现代化行稳致远

吴善超

(中国科协创新战略研究院, 北京 100038)

党的二十大锚定教育、科技、人才作为中国式现代化基础性、战略性支撑的新方位，擘画了新时代教育强国、科技强国、人才强国的新图景，为我们自信自强、守正创新，办好人民满意教育、完善科技创新体系、加快实施创新驱动发展战略、深入实施人才强国战略提供了根本遵循。

1. 深刻理解教育、科技、人才新方位

百年变局下，世界进入以文明重塑、发展转型、治理体系调整、科技产业变革为特征的新的动荡变革期。教育、科技、人才同为塑造人类文明新形态的先锋力量，有着天然、内在和本质的逻辑联系。应着眼三者协同支撑中国式现代化的新方位，优化顶层设计，统筹制度安排，塑造国家教育、科技、人才整体竞争能力，为中国式现代化提供演进新动能、培育发展新优势。

2. 准确把握科技创新的现状与问题

近十年来，我国科技创新进展与成果捷报频传，从战略布局、经费投入、人才队伍、研究产出及全球创新指标排名等方面都可见一斑。但同时也存在原创能力不强、创新体系整体效能不高、创新资源整合不够、科技力量布局不尽合理、投入产出效益较低、人才队伍结构有待优化、评价体系不适应科技自立自强要求、企业创新主体地位不突出、科技生态需要完善等短板，主动应变、极限抗压、风险对冲、“卡脖子”反制等能力均需提升。推进以质取胜的改革，构建有序运转、顺畅协调、精益高效的制度体系和具有全球竞争力的开放创新生态，成为因时应势的战略选择。

3. 全面塑造科技创新体系化能力

全面塑造国家教育、科技、人才综合实力、一体化战略能力和国际竞争力，应突出人才为本，完善制度体系，全面增强国家科技创新的体系化协同力。

一是统筹激活人才第一资源、推进创新第一动力，正确认识和把握好教育公平与教育质量、科技创新与制度创新、科技发展与科技治理、科技创新与科学普及、人才集聚与自主培养同等重要的辩证关系。二是营造“四个尊重”的创新氛围，在基础制度方面完善以人才为本，支持全面创新的基础制度；在微观环境方面保障科技工作者的科研时间。在党中央统一领导下健全科技创新体制，构建开放创新生态，培育创新文化，弘扬科学精神、科学家精神，弘扬工匠精神、企业家精神。三是全方位增强国家科技创新的体系化协同力，以高效协同提升国家创新体系的整体效能。加强战略协同，强化党中央统一领导，打出支撑中国式现代化的战略组合拳；加强政策协同，加强科技创新政策与经济、产业政策的统筹衔接、配套；加强体系协同，使科学研究、技术攻关、战略力量、成果转化、开放治理体系相互支撑联动；加强央地协同，调动地方积极性，优化科技战略力量空间布局；加强部际协同，重构国家部际协作机制；深化开放协同，与国家创新系统之外诸要素、国际科技体系加强有效协同。

着眼教育、科技、人才“三位一体”的新方位、新框架，科协组织有效发挥不可替代的桥梁纽带作用，以全谱系、全周期、全方位服务科技人才成长和发挥作用为着力点，必将全面增强教育、科技、人才体系的灵巧性、互动性、协同性，涵养激活创新生态，有力推进中国式现代化行稳致远。

责任编辑：梁思琪 校对：王萌 李琦

作者简介：吴善超，中国科协创新战略研究院党委书记、研究员。

完善促进科技人才成长成才的政策体系

陈宝明

(科学技术部科技人才交流开发服务中心, 北京 100045)

党的二十大报告为如何完善促进科技人才成长成才的政策体系提供了基本遵循,党和国家高度重视科技人才政策体系建设,当前覆盖科技人才成长成才各个环节、链条的政策体系已基本形成,对于促进科技人才成长成才发挥着重要的推动作用。

1. 科技人才政策体系建设进展

通过对党的十八大以来我国科技人才政策制定和出台情况的系统梳理,发现其呈现出3个主要特点:一是文件数量多,2013年以来,党中央、国务院,以及各个部门出台的与人才有关的政策文件达到近300个。二是供给强度不断提升。与“十二五”相比,“十三五”时期出台的政策文件大幅度提升,特别是2020年和2021年,年均出台政策文件达到50多个。三是涉及面广,人才政策涉及经济社会发展各个方面,并成为推动科技、经济、财税、金融、人事管理等改革的重要内容。

政策文件出台数量的变化,充分反映出我国对科技人才发展的高度重视,同时也说明,过去10年是我国科技人才政策体系的加速形成期。科技人才从经济社会发展中的单一要素,到渗透和影响到经济社会发展各个方面,作为第一资源的影响力在显著提升。

对于我国科技人才政策体系,可以按照目标、供给、实践与保障等四个类别来进行概括,分别解决“为什么”“人从哪里来”“人才发挥什么作用”和“需要什么条件”的问题。

2. 科技人才政策体系的形势与需求

当前,科技人才发展面临着紧迫的需求。一是科技人才发展的外部环境发生复杂深刻的变化,科

技人才的发展路径和策略需要进行较大的调整。

二是新一轮科技革命和产业变革加速推进,科技人才队伍结构、素质能力等都需要进行较大的提升。新一轮科技革命和产业变革对科研组织方式变化提出新需求,要求探索科技前沿“无人区”的研发组织方式,突显人在科研活动组织中的核心地位。科技人才的结构、领域分布以及素质提升都面临新需求。

三是国际科技竞争与人才竞争相互交织,对科技人才的国际争夺和人才内源培养的重要性同步提升。科技竞争延伸到围绕人才的立体化防控体系,国际人才竞争更加激烈。国际人才竞争由下游争夺人才向上游培养转变,发现和开发本国人才资源更加重要。我国科技人才发展还面临着人才队伍结构不能完全支撑科技强国建设、人才培养发展模式有待进一步革新、科技人才创新活力不足等问题,面向未来,科技人才能力不足将成为最大的挑战。

3. 科技人才政策体系建设重点

在培养政策上要着力构建自主培养体系,促进科技人才转型升级与能力提升,更加重视在实践中培养人才;在供给政策上要加强队伍建设统筹部署,促进科技人才供给与需求的衔接,促进科技人才与项目、基地的一体化;在激发活力政策上要进一步完善科技人才激励与评价政策,在尊重科研规律和科技人才成长规律基础上进行激励;在引进政策上要注重引才向引智转变,制定更加有针对性的开放引才政策;在基础性政策上要着力构建科技人才信息平台,进一步完善科技人才发现机制,建立和完善科技人才报告保护等制度。

责任编辑:梁思琪 校对:王萌 李琦

作者简介:陈宝明,科学技术部科技人才交流开发服务中心副主任、研究员。

加快建立以创新价值、能力、贡献为导向的人才评价体系

李建忠

（中国人事科学研究院，北京 100027）

实施人才强国战略主要包括两大任务，加强人才队伍建设以及要深化人才发展体制机制改革。后者又包括三个子任务，一是向用人主体授权，二是为人才松绑，三是完善人才评价体系，本文主要围绕人才评价体系有关问题展开讨论。

1. 人才评价体系及其构成

我国人才发展体制机制改革的一个突出问题就是人才评价体系不合理，“四唯”现象仍然严重，因此要加快建立以创新价值、能力、贡献为导向的人才评价体系，基础前沿研究突出原创导向，社会公益性研究突出需求导向，应用技术开发和成果转化评价突出市场导向，形成并实施有利于科技人才潜心研究和创新的评价体系。人才评价体系是具有一定的结构和功能的动态系统，而人才评价机制是体系运行的状态和行为过程。人才评价体系决定了人才评价机制的基本特征和状态，改善机制可以完善人才评价体系的结构和功能。人才评价体系的逻辑过程包括评什么、谁来评、怎么评、结果怎么用，具体而言，其要素包含了评价的标准、主体、对象、方法、方式与过程。

2. 市场条件下的人才评价体系

我国市场条件下的人才评价体系可从宏观角度分为市场评价体系、行政评价体系与社会公益评价体系三大类别。市场评价体系是市场主体与

科技人才在平等自愿的基础上实现由用人主体来对人才进行评价的方式。行政评价体系是指以政府或其他公共机构所主导的人才评价系统，意味着官方认可和授权，具有正式性、规范性、权威性、高附加值、高影响力等特点，但也存在固有的缺陷，如责任主体不明、评价信息易于失真、纠错成本高、平衡照顾多、权力干预多、寻租行为难以抑制等。社会公益评价体系指民间公益组织通过获得捐献或捐助对科技人才进行评价的社会体系，具有志愿性、公益性、荣誉性等特点。

3. 我国人才评价体系存在的问题与思考

我国科技人才评价存在的问题，在现象层次方面，包括人才评价的行政化、评价理论和方法不完善、评价标准不科学、评价机构和人员专业性不够等；而根本层面，则包括市场评价机制发育不充分、民间志愿评价机制基础薄弱、政府职能转变不到位、行政评价的垄断地位等问题。

以上述问题为基础，可在尊重市场人才评价、鼓励社会公益评价、深化行政评价体系改革三个方面展开思考。具体而言，应逐步按照党中央要求，健全以市场评价为主导的人才评价体系，改变行政主导评价、指导评价、替代市场评价的状态，向用人主体、市场主体授权。尊重市场人才评价、鼓励社会公益评价、深化行政评价体系改革将成为未来方向。

责任编辑：梁思琪 校对：王萌 李琦

作者简介：李建忠，中国人事科学研究院副院长，《中国人事科学》总编辑，研究员。

搭建起科技人才评价的理论与方法体系

李晓轩

(中国科学院科技战略咨询研究院, 北京 100045)

1. 科技人才评价制度状况与“三角模型”

目前科技人才评价制度改革呈现“表层强、中层半、底层弱”的现象,表层政策已有积极导向,但中层及深层问题仍存在,深层价值观的评价导向依然没有改变。因此科技人才评价改革试点,其方法体系在借鉴国际通用基本的评价事项的同时,也要探索中国特色的人才政策。因此,建立了包含政府、技术、科学界的“三角模型”,其中政府的任务是改进管理,加强“放管服”;技术的角色是创新评价方法;科学界的责任是发挥科学共同体担当。

2. “角马理论”与“BRIDGE理论”

由于国内科技人才评价制度不可能同时发生转变,据此提出“角马理论”,认为一部分科研机构应勇于先行先试,深化科技领域“放管服”改革,要给予领头角马自主权,让其轻装上阵。而科技人才评价的改革,终究要形成理论方法的创新以指导实践层面操作的变革,据此提出了“BRIDGE理论”又称“彩虹桥”理论。这一理论的提出来源于评估实践中遇到的评审专家间学科差异大时如何保证评审结果严谨公正的问题,通过在自评等各方评价基础上增加编码规则,是能够将不同学科领域的专家的评审意见有机统一的评价方法。

BRIDGE理论的核心是将采集到的数据、证

据、信息等材料按一定规则转化为可比较、可使用的量化数据表单,在此基础上开展同行评议,能够充分地将定量评价与定性评价相结合。BRIDGE理论的“六步法”包括:保持绩效评价体系的平衡性→按照编码体系得到量化结果→对高阶成果进行同行评议→设立申诉和异议处理机制→发挥成果榜样作用→各司其职形成优秀人员名单。

3. “中科院模式”的启示与思考

运用“角马理论”“BRIDGE理论”分析指导中科院“破四唯”人才评价体系(即“中科院模式”),结果发现其评价过程呈现定量评价逐渐减少、定性评价不断增加的趋势,并得出“中科院模式”的相关结论与启示。第一,在中国“四唯”是可以破的,“中科院模式”就是中科院走出的“破四唯”道路。第二,破“四唯”不能齐步走,中科院和具备条件的“双一流”高校、国家自然科学基金等重要项目、国家科技三大奖、重要人才计划等,应该率先担起破“四唯”的责任。第三,不能为破而破,在条件尚不具备的情况下,不能简单地以定性评价替代定量评价。

责任编辑:梁思琪 校对:王萌 李琦

我国科普评估的基础理论和发展方向

邵华胜, 郑 念*

(中国科普研究所, 北京 100081)

摘 要: 科普评估是推动科普事业发展的重要手段。21世纪初, 以教育、科技领域建立完善的评估制度和《科普法》的颁布为契机, 我国开始逐步建立和完善科普评估制度, 重点开展了科普能力和科普效果方面的评估。面对新时代科普高质量发展的要求, 科普评估的发展方向也要随之转变, 一是要加强科普政策评估, 及时掌握政策的执行情况、效率和效能; 二是扩大科普能力评估, 充分考虑当前科普的新特点, 将信息化、科技资源科普化、国际交流与合作等纳入科普能力评估范畴; 三是强化科普效果评估, 在科学知识普及效果的基础上, 增加科学精神和科学家精神弘扬效果的评估; 四是完善科普项目评估, 明确科普项目在经济社会发展中的定位, 在评估过程中加入反映促进经济发展状况的指标。

关键词: 科普评估, 高质量科普, 科普评估转型

科普评估通常是指对科普目标及其他特定因素进行分析、度量、评价、判断的过程, 通过了解科普活动或评估要素的状态和存在的问题, 以改善科普活动现状, 引领科普工作规范、健康、可持续发展^[1]。实践表明, 评估对合理配置科普资源、促进科普系统的自我调节和良性循环、提升科普管理水平、推动科普理论发展等具有重要意义。

当前, 我国科普事业正进入高质量发展新阶段, 科普的目标、内涵、外延等均发生重大转变, 科普评估的重点和方向理应随之变化。然而, 科学、系统、全面的科普评估体系尚未建立, 难以发挥其引领和推动科普事业转型升级的功能。2022年9月, 中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》(以下简称《新时代科普工作的

意见》), 明确提出加强科普规范化建设, 完善科普工作标准和评估体系, 适时开展科普督促检查工作。为此, 本文将重点梳理我国科普评估相关的基础理论、方法和类型, 归纳科普事业发展的新要求, 探讨科普评估新的发展方向, 以期为构建体系化的科普评估制度提供参考。

1. 科普评估的缘起

通常认为, 科普评估源自于科技评估和教育评估^[2]。一方面, 当科普作为科技发展的基础时, 科普评估源于科技实践需要, 即对科技发展的历史、现状和未来开展的评估, 可将其看作科普评估的雏形。另一方面, 当科普作为科技教育的活动时, 科普评估就被囊括在教育评估之中。此外, 由于科普被认为是通过广播、电视、网络等传播媒介向公众开展社会教育的传播活动, 基于

作者简介: 邵华胜, 中国科普研究所博士(后), 研究方向为科普评估。

郑 念, 中国科普研究所研究员, 研究方向为科普理论、科普评估、科学文化。* 通讯作者。

项目来源: 国家社科基金重大项目“新时代科学精神与工匠精神融合及实践创新研究”(项目编号: 21ZDA019)。

传播学视角, 对传播效果的疑问也加速了科普评估的产生。

科技评估是指按照一定的原则和标准, 依照规范的程序和方法, 对科技活动及其有关行为和要素开展的专业化评价与咨询活动^[3]。改革开放后, 我国在科技领域发展迅速, 政府和产业界对科研活动的资助大幅增加, 对科技活动的组织管理方式有了较大转变, 国家对科技全面发展提出了更高要求。为了满足发展需要, 同时为政府彰显绩效、发现和解决问题提供支撑, 科技部于1997年正式成立了“国家科技评估中心”, 又于2000年至2003年间先后颁布了《科技评估、科技项目招标投标工作资格认定暂行办法》《科技评估管理暂行办法》《科技评估规范》等, 初步构建了我国的科技评价体系。

教育评估通常是根据一定的目的和标准, 采用科学的态度和方法, 对教育工作中的活动、人员、管理和条件的状态与绩效, 进行质和量的价值判断^[4]。1984年, 我国加入“国际教育成就评价协会”, 开始有组织地开展现代教育评估活动。国家教委于1987年颁布《关于正式开展高等教育评估试点工作的几点意见》, 1990年发布《普通高等学校教育评估暂行规定》, 1991年发布《普通中小学校督导评估工作指导纲要》和《普及义务教育评估验收暂行办法》。财政部也于2003年对具有代表性、影响力较大且可比性较强的教育项目进行绩效评价试点, 并于2005年颁布了《中央级教科文部门项目绩效考评管理办法》。至此, 我国在教育领域的评估制度也基本成形。

在传播学领域, 传播效果一直是最受关注的课题。实用主义统领下的经验学派做了大量评估研究, 发展出强大效果论(魔弹论)、有限效果论、温和效果论(使用与满足理论)、适度强大效果论等多种理论模型, 为评估科普活动的传播效果提供了依据和借鉴^[5]。

21世纪初, 我国颁布了《中华人民共和国科学技术普及法》(以下简称《科普法》), 科普的地位明显上升, 大量科普活动、展览等落地实

施, 科普效果成为管理和研究人员关注的焦点, 建立科普评估制度、保障科普事业健康发展迅速成为业内共识^[6-7]。得益于我国科技和教育领域评估制度的逐步建立和完善, 我国科普评估的理论与实践研究也同期全面展开。

2. 科普评估的基础理论

2.1 理论依据和基本方法

2.1.1 理论依据 开展科普评估的理论基础多源自科技和教育等领域, 以评估教育效果的泰勒模式、评估科技研发经费使用效率的“投入—产出”模型、评估公共政策绩效的“4E”模型为代表。

泰勒模式以目标为中心, 又称行为目标模型, 是“教育评估之父”泰勒等人于20世纪30年代提出的, 其基本原理是通过考查学生行为化的成就衡量教育目标的实现程度。该模式规定的主要评估步骤包括: 根据需要确定目标、拆解目标、对每个目标加以定义、确定每个目标的达成条件、确定科学可操作的评定方法、搜集资料与行为目标相比较、得出判断并运用评判结果^[8]。实践中, 泰勒模式多被用于评估科普活动的效果。

“投入—产出”模型本是综合分析经济活动中投入与产出之间数量依存关系的数学模型, 基本特征主要表现在三个方面: 以生产为中心、模型的结构性和方法的系统性。在科普评估领域, 通常以科普人员、科普场馆和科普经费作为科普投入的要素, 以科普传媒、科普活动作为科普产出的要素, 评估一个国家或地区的科普能力^[9]。

“4E”模型由福林(Flynn)等人于1997年提出, “4E”指的是经济性(Economy)、效率性(Efficiency)、效果性(Effectiveness)和公平性(Equity)4个维度, 多被用于公共服务相关的绩效评估。在科普评估领域, 经济性主要体现在科普人员、场地、经费等投入方面, 效率性主要体现在科普场地的年接待人次、科普活动的单次参加人次、科普图书期刊的单品种发行数量等方

面,效果性主要体现在科普场地的数量、科普活动的举办次数、科普读物的发行量、科普活动参加人次等,公平性主要体现在每万人拥有科普人员数、科普志愿者数、人均科普经费等方面^[10]。这一模型的引入为评估科普工作整体成效提供了思路。

2.1.2 基本方法 与其他领域评估活动类似,我国科普评估主要遵循目的性、科学性、可操作性及可比性原则^[11-12],采用定性和定量结合的方法。

定性方法包括德尔菲法、层次分析法等。德尔菲法(Delphi)也称专家调查法,是以专家作为索取信息的对象,依靠专家的知识和经验,由专家通过调查研究对问题做出判断、评估和预测的一种方法。在科普评估过程中,该方法多被运用于评估指标的建立和相应权重的赋值^[13-14]。层次分析法(Antalytical Hierarchy Procers,简称“AHP”)是对人们主观判断进行客观描述的方法,其基本原理是对复杂的问题进行分解,通过分析、比较、量化、排序等过程,形成多层次的分解结构模型。这种方法能把决策过程中定性与定量因素有机结合在一起,用一种统一的方式将思维过程量化,从而解决多目标、多层次和多准则的问题^[13,15]。

定量方法包括主成分分析法、数据包络分析法、灰色关联分析法等,多用于科普能力的评估研究。主成分分析法(Principal Component Analysis,简称“PCA”)的基本思路是通过构造原变量的适当线性组合,以产生一系列互不相关的新变量,从中选出少数几个新变量并使其含有尽可能多的原变量带有的信息,使得用这几个新变量代替原变量分析问题和解决问题成为可能^[13,16]。数据包络分析法(Data Envelopment Analysis,简称“DEA”)是在相对效率的基础上提出的一种线性规划方法,用于评价同类组织工作效率的相对有效性。它把单输入、单输出的工程效率概念推广到多输入、多输出的同类决策单元(DMUs)的相对效率评价中,在避免主观因素、简化算法、减少误差等方面具有优越性^[13,17]。

灰色关联分析法(Grey Relation Analysis, GRA)是一种多因素统计分析方法,以各因素的样本数据为依据,用灰色关联度来描述因素间关系的强弱、大小和次序,主要是分析各个组成因素与整体的关联大小,其操作对象是各因素的时间序列。而对于多指标综合评估对象,可以把比较序列看成由被评事物的各项指标值构成的序列。参考序列是一个理想的比较标准,受到距离评估方法的启示,选最优指标数据和最劣指标作为参考数列,通过比较各个评估方案与最优和最劣方案的关联程度,来评估各个方案之间的优劣^[13,18]。

2.2 科普评估类型

鉴于科普目的、要素的复杂多样,科普评估按照不同的评估维度形成了多种类型,从评估对象角度看,可分为科普政策、科普项目、科普场地、科普能力评估等;从评估主体角度看,可分为自评估、第三方评估等;从时间顺序角度看,可分为事前评估、事中评估和事后评估^[19]。具体实践中的科普评估类型以科普政策、科普项目、科普能力、科普效果、科普场地评估等为主。

科普政策属公共政策范畴,开展科普政策评估遵循公共政策评估的理论和方法。通常,公共政策评估包括事前评估和事后评估,事前评估用以确定实施方案,事后评估对实践后的政策进行评估。事后评估又包含效能评估、效率评估和执行情况评估三种类型。效能评估主要是通过通过对预期政策目标与实际政策效果的差距性分析,确定政策的实现程度;效率评估主要通过通过对政策投入与政策效力或政策投入与政策产出的比例关系,确定政策的合理化程度;执行情况评估是要分析政策执行过程中的执行行为和执行措施是否按照设计的要求进行^[20]。目前,我国的科普政策评估多属于事后评估,即对科普相关法规政策贯彻执行情况及效果的评估,如对《全民科学素质行动计划纲要(2006—2020年)》和《科普法》实施效果的

评估, 以服务构建和改进科普工作顶层设计。

科普项目是指在一定时间和一定预算内, 为达到一定目的而组织实施的科普活动或任务, 依据传播途径和形式的不同, 可分为展览项目、媒体项目和城乡社区及青少年科普活动。科普项目评估是指对科普项目的必要性、可行性、组织实施过程、影响和效果等进行判断及评价, 以提升项目的管理效率。科普项目评估通常分为项目实施前的预评估、实施过程中的形成性评估和完成后的总结性评估, 根据项目评估者的来源, 也可将项目评估分为自我评估、第三方评估和参与式评估^[8,11]。

科普能力是一个国家或地区向公众提供科普产品和服务的综合实力, 主要包括科普创作、科技传播渠道、科学教育体系、科普工作社会组织网络、科普人才队伍以及政府科普工作宏观管理等方面^[21]。因此, 开展科普能力评估是为了反映一个国家或地区开展科普工作的基础, 把握科普工作总体状况。自2017年, 中国科普研究所每年组织出版《国家科普能力发展报告》蓝皮书, 从科普人员、科普设施、科普投入、科普传媒、科普活动等维度对我国的科普能力进行总体评估, 分析各要素对科普能力的影响, 从而引导科普能力发展。

科普政策评估是为了评判政策的宏观效果, 与之不同的科普效果评估主要是评判具体活动的效果, 属于事后评估。狭义的科普效果评估专指评估科普活动对受众产生了怎样的影响, 广义的科普效果评估还包括评估科普活动对科普工作人员产生的影响, 具体体现在科普活动对受众在知识、情感、态度、行为层面产生的影响, 以及科普活动对组织者和服者产生的影响^[12]。全国科普日期间, 主办单位一般会从组织动员、参与人员数量等方面评估活动效果。

科普场地包括科普场馆、基地等, 是开展科普活动的主阵地。开展科普场地评估的主要目的是提升科普场地的服务水平, 主要内容涉及科普设施、组织管理、人才队伍、科普活动、科普效

果、宣传报道等^[22-23]。目前, 我国颁布的《科学技术馆建设标准》为评估科技馆建设项目设计方案提供了依据, 制定的《全国科普教育基地认定办法》为科普场地的认定评估提供了基本遵循。此外, 为了提高场馆活力, 提升服务水平, 助力“双减”落地实施, 浙江等省开展了科技馆免费开放评估。

3. 科普评估的发展方向

科普评估的目的是促进科普事业的持续健康良性发展。因此, 科普评估要围绕科普工作的重点展开。以习近平总书记提出的“科技创新、科学普及是实现创新发展的两翼, 要把科学普及放在与科技创新同等重要的位置”的创造性论断为标志, 我国科普事业进入高质量发展新阶段, 一系列政策措施出台落地。如2021年6月, 国务院印发了《全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)》(以下简称《科学素质纲要(2021—2035年)》); 2022年8月, 中宣部、科技部、中国科协联合印发《“十四五”国家科学技术普及发展规划》(以下简称《“十四五”科普规划》); 2022年9月, 中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发《新时代科普工作的意见》。这些政策文件明确了科普事业发展的新要求, 集中反映了接下来一个时期内科普工作的重点, 也体现了科普评估的发展方向。

3.1 科普事业发展的新要求

一是落实科学普及与科技创新同等重要的理念。面对我国科普工作中存在的对科普工作重要性认识不到位、落实科学普及与科技创新同等重要的制度安排尚不完善的问题, 《科学素质纲要(2021—2035年)》《“十四五”科普规划》和《新时代科普工作的意见》从多个角度给出了落实科学普及与科技创新等重要理念的方法, 主要包括: 完善科学普及与科技创新同等重要的制度安排, 各级党委和政府要把科普工作纳入国民经济和社会发展规划、列入重要议事日程, 与科

技创新协同部署推进;构建科学普及与科技创新协同发展机制,形成科学普及与科技创新之间良性互促的发展格局;强化科技创新主体科普责任意识,企业和科技工作者进一步增强科普责任,成为展现科学普及与科技创新同等重要的缩影。

二是构建全社会共同参与的大科普格局。按照统筹协同的理念,《科学素质纲要(2021—2035年)》《“十四五”科普规划》和《新时代科普工作的意见》中均将构建全社会共同参与的大科普格局作为科普事业发展的基本原则和目标,要求强化社会各界的科普责任,增强科普服务意识。《新时代科普工作的意见》特别提出各级科学技术协会要履行全民科学素质行动牵头职责,强化科普工作职能,加强国际科技人文交流,提供科普决策咨询服务;各类新兴媒体要加强对科普作品等传播内容的科学性审核;将公民列为科普主体,提出公民要积极参与科普活动,主动学习、掌握、运用科技知识,自觉抵制伪科学、反科学等不良现象。

三是加强科普能力建设。科普能力是体现科普发展水平的重要指标,《科学素质纲要(2021—2035年)》《“十四五”科普规划》和《新时代科普工作的意见》都对加强科普能力建设提出了新要求,主要包括:增强基层科普能力,提升科普服务的广度、深度和精准度;以公众需求为导向加强科普作品创作;充分利用信息技术,提升科普信息化程度;加强科普设施建设,筑牢科普服务阵地;加强科普交流合作,积极拓展科技人文交流渠道。

四是突出科普价值引领作用。《科学素质纲要(2021—2035年)》《“十四五”科普规划》和《新时代科普工作的意见》均将科普的价值引领作用作为科普工作开展的基本原则,要求科普工作必须坚持党的领导,服务国家发展大局,践行社会主义核心价值观,弘扬科学精神和科学家精神,传递科学的思想观念和行

信,形成崇尚创新的社会氛围。

五是科普融入经济发展大局。《科学素质纲要(2021—2035年)》《“十四五”科普规划》和《新时代科普工作的意见》均提出推进科普与科技、文化、旅游、体育等产业融合发展,培育专业化、市场化科普机构;引导各类科普机构开展科普展览、影视、书刊等开发、应用与推广,服务新时代公众日益增长的科普需求;鼓励举办科普产品博览会、交易会,搭建科普产品和服务交易平台等。

3.2 科普评估现状和发展方向

为了解我国科普评估的现状,本研究以“科普+评估”“科普+评价”为关键词,通过知网、万方、维普文献数据库,共搜集了2003年至2021年间相关期刊论文、学位论文和会议论文和书籍共148篇(本),选取其中的144篇(本)(附件1)进行相关分析。

从时间角度看,中国科普研究所和中国科学技术信息研究所是最早开展科普评估研究的单位。2003年,中国科普研究所科普效果研究课题组编著了《科普效果评估理论与方法》,中国科学技术信息研究所的研究人员发表了《建立科普评估制度,促进我国科普事业的健康发展》和《科普项目评估:理论模式、指标框架及相关问题研究》,拉开了我国科普评估规范化研究的序幕。此后,我国科普评估研究进入缓慢发展阶段。2015年后,科普评估研究才开始受到社会各界的进一步重视,当年共有12篇(本)文献发表,2021年相关文献突破20篇(本)(图1)。

从评估的内容看,科普能力和科普效果是科普评估的重点,144篇(本)文献中分别占有50篇(本)和42篇(本)(图2)。其他评估内容主要集中在科普绩效、科普传媒、科普产业、科普场地,有关科普政策评估的公开研究很少。当前科普能力评估并未涉及科普信息化、国际合作等方面的要素,科普效果评估也并未涉及科学精神传播效果的评估。显然,现有的科普评估

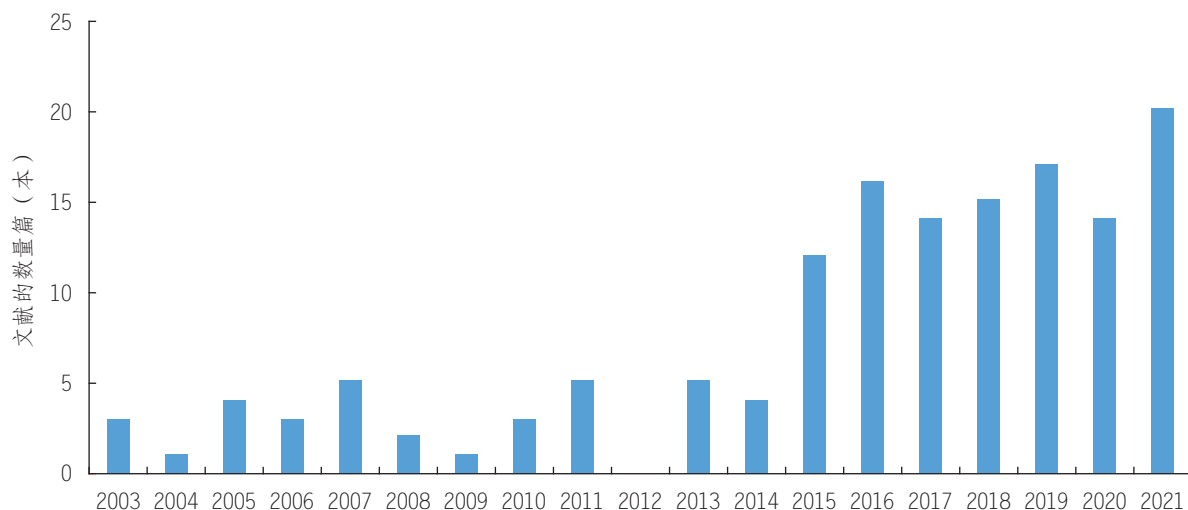


图1 历年科普评估研究文献发表数量

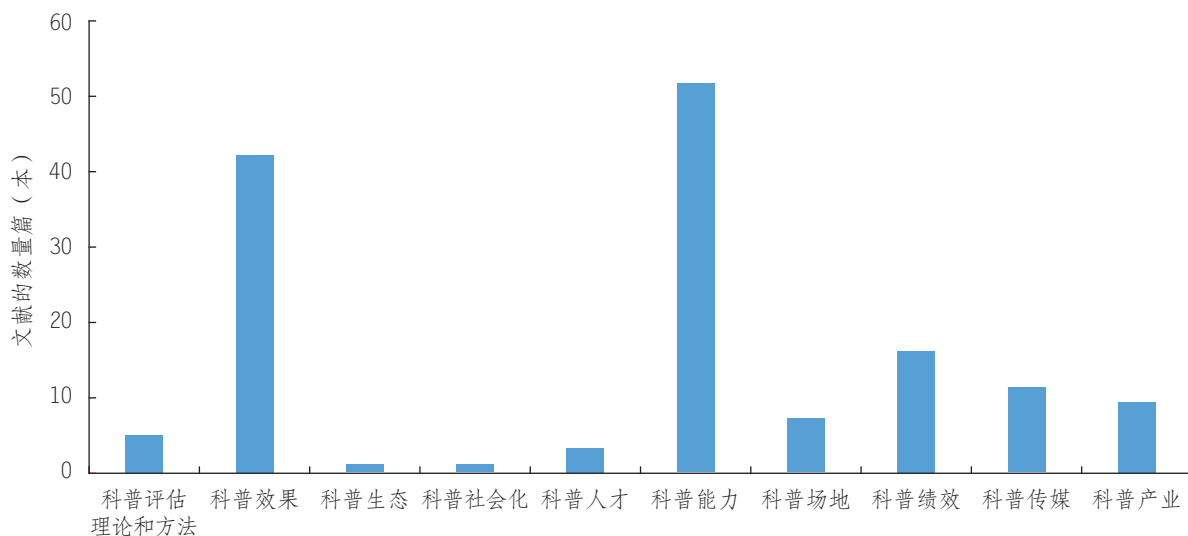


图2 科普评估研究内容分布情况

体系无法满足科普事业发展的新要求，亟需转型升级。

一是加强科普政策评估。针对落实科学普及与科技创新同等重要和构建社会化大科普格局的新要求，国家和相关部门出台了一系列政策加以引导和落实。鉴于目前科普政策评估不足，为检验掌握政策的执行情况、效率和效能等，加强科普政策评估是新时代科普评估的首要任务。一方面要注重政策评估的规范化和制度化建设，加强科普政策评估的理论研究，重视事前政策评估环节，建立定期评估机制；另一方面要注重政策评估反馈的时效性和地域性，厘清政策在不同时期

和地区的效用，因时而异、因地制宜地及时调整政策。

二是扩大科普能力评估。面对加强科普能力建设的新要求，反映科普能力的要素越来越多元化，尤其在全媒体时代，依托网络开展科普正成为必备的新兴能力。因此，在科普能力评估中，要重新审定反映科普能力的评估要素，在投入和产出相关指标的基础上，充分考虑当前科普的新特点，将信息化、科技资源科普化、国际交流与合作等纳入科普能力评估范畴。

三是强化科普效果评估。面对突出科普价值引领作用的新要求，科普承担着服务人的全面发

展、服务创新发展、服务国家治理体系和治理能力现代化的新使命。在以往强调科学知识普及效果的基础上,科普效果评估要拓展科学精神和科学家精神弘扬效果的评估,助力营造科学理性的社会氛围;着重加强科学精神和科学家精神弘扬效果评估的理论研究,寻求抽象精神具象化进而量化的途径。

四是完善科普项目评估。面对科普工作融入经济社会发展全局的新要求,科普项目作为推进科普工作的重要抓手,在重视绩效管理的基础上,应全面审视其在经济社会发展中的作用,从而合理科学地释放科普的经济潜力。在项目评估过程中,一方面要注重评估科普项目在经济社会发展中的总体定位,理顺科普项目在经济发展中的作用;另一方面要严格遵循预评估、形成性评估和总结性评估的制度流程,注重在评估过程中加入反映促进经济发展状况的指标,推动科普项目融入经济发展大局。

4. 结论

我国的科普评估始于21世纪初,这一时期我国科技、教育领域的评估制度逐步建立和完善,科普作为大众化的科技教育,建立相应的评估制度符合发展趋势。另外,以2002年《科普法》的颁布为标志,我国科普的地位和重要性有了显著提高,大量的科普项目开始实施,也要求建立相应的评估制度提高其管理和运营效率。目前,我国科普评估的重点在科普能力和科普效果方面,近年来出现了科普生态、科普人才等方面的评估。

新时代背景下,《科学素质纲要(2021—2035年)》《“十四五”科普规划》和《新时代科普工作的意见》等要求我国科普工作围绕落实科学普及与科技创新同等重要的理念、构建全社会共同参与的大科普格局、加强科普能力建设、突出价值引领作用、科普融入经济发展大局等展开。科普评估研究的方向要随之转变,一是要加强科普政策评估,及时掌握政策的执行情况、效

率和效能;二是扩大科普能力评估,充分考虑当前科普的新特点,将信息化、科技资源科普化、国际交流与合作等纳入科普能力评估范畴;三是强化科普效果评估,在以往强调科学知识普及效果的基础上,增加科学精神和科学家精神弘扬效果的评估;四是完善科普项目评估,明确科普项目在经济社会发展中的定位,在评估过程中加入反映促进经济发展状况的指标。

责任编辑:梁思琪 校对:梁思琪 李晗

参考文献

- [1] 杨文志,吴国彬. 现代科普教程[M].北京:科学普及出版社,2004: 280-281.
- [2] 周孟璞,松鹰. 科普学[M].成都:四川科学技术出版社,2008: 250.
- [3] 国家科技评估中心,中国科技评估与成果管理研究会. 科技评估方法与实务[M].北京:北京理工大学出版社,2019: 1.
- [4] 刘淑兰. 教育评估和督导[M].上海:华东师范大学出版社,2000: 5.
- [5] 苏克军. 传播学概论[M]. 长春:吉林大学出版社,2017:271-281.
- [6] 张义芳,武夷山,张晶. 建立科普评估制度,促进我国科普事业的健康发展[J].科技管理,2003,24(6):7-9.
- [7] 郑念. 科普效果评估研究案例[M].北京:中国科学技术出版社,2005.
- [8] 史路平,安文. 科普项目评估制度化探析[J]. 科普研究,2010,5(24):48-52.
- [9] 李卉,熊春林,尹慧慧. 基于规模与效率的地区科普能力评价研究[J].科技与经济,2019,32(3):11-15.
- [10] 汪新华. 我国科普工作成效评价及影响因素研究[D].北京:中国科学技术信息研究所,2020.
- [11] 张晶. 科普项目评估:理论模式、指标框架及相关问题研究[D].北京:中国科学技术信息研究所,2003.
- [12] 黄小勇. 大型科普活动评估方法研究[D].

哈尔滨:哈尔滨工业大学,2006.

[13] 殷立欣,潘薇,赵佳琪,刘东建,沈拓. 项目评估理论与应用实践[M]. 北京:中国质量标准出版传媒有限公司,2020.

[14] 张凤帆,李东松. 科普评估体系探析[J]. 科协论坛,2005,10:12-17.

[15] 王娜,钟永德,黎森. 基于AHP的森林公园科普旅游资源评价体系构建[J]. 中南林业科技大学学报,2015,35(9):139-143.

[16] 杜彤. 湖北省科普工作实施效果评价研究[D]. 武汉:华中师范大学,2017.

[17] 杨传喜,侯晨阳. 科普资源配置效率评价与分析[J]. 科普研究,2016,1:41-48.

[18] 苏森森,林可,陈莎莎. 基于熵权灰色关联度的西藏科普资源统计评价研究[J]. 西藏科

技,2021,6:10-14,18.

[19] 张义芳. 科普评估理论初探与案例指南[M]. 北京:科学技术文献出版社,2004:9.

[20] 姚存卓. 借鉴公共政策评估理论探索城市规划实效评估的方法——以上海市控制性详细规划编制单元为例[D]. 上海:同济大学,2005.

[21] 王刚,郑念. 科普能力评价的现状和思考[J]. 科普研究,2017,1:27-33.

[22] 王利,李娜,赵梓辰. 天津市科普基地绩效评估体系——评估标准与指标体系设计[J]. 中国科技信息,2016,7:90-91.

[23] 陈珂珂,任福君,李朝晖. 中国科普基础设施发展评估体系的比较[J]. 科技导报,2014,32(11):77-83.

The basic theory and development direction of assessment for science popularization in China

Shao Huasheng, Zheng Nian*

(China Research Institute for Science Popularization, Beijing 100081, China)

Abstract: Assessment is an important method to promote the development of science popularization. At the beginning of this century, with the building evaluation system in education and science fields and the promulgating the Law on Popularization of Science and Technology, our country gradually started to establish and improve the evaluation system for science popularization focusing on the ability and effect. In the new era, facing with the requirements of high-quality science popularization, the development direction of assessment should be converted accordingly. First, the assessment of policy should be strengthened. The implementation, efficiency and efficacy of policy should be mastered in time. Second, the assessment of ability should be upgraded. Given the current of science popularization, the informatization degree, utilization of scientific resources, international communication and cooperation should be added into the scope of the assessment. Third, the assessment of effect should be expanded. On the basis of assessing knowledge popular effect, the effect of promoting scientific spirit and scientist spirit should be added. Fourth, the assessment indicators of projects should be improved. The position of popular science projects in economic and social development should be clarified, and indicators reflecting the status of promoting economic development should be joined.

Key words: assessment for science popularization; high-quality science popularization; transformation of assessment for science popularization

科技馆深度学习体验设计研究

——“卓越展览奖”获奖项目评析

莫小丹, 谌璐琳, 马宇罡*

(中国科学技术馆, 北京 100101)

摘要: 互动展览是科技馆发挥科学教育功能最重要的形式之一。为充分设计开发展览的科学教育价值、激发观众深度学习体验, 本文运用建构主义及情境学习理论分析科技馆环境中的深度学习体验, 梳理美国博物馆联盟卓越展览奖科技馆获奖作品的特点和成功做法, 探索基于问题情境、任务驱动的互动展览设计, 提出有效促进观众动手、动脑以获得深度学习体验, 培养观众在真实情境中迁移应用、解决真实问题的能力的实施策略, 以期提升科技馆互动展览科学教育价值提供借鉴与参考。

关键词: 科技馆, 互动展览, 问题情境, 任务驱动, 深度学习

1. 引言

作为开展科学普及的重要科普基础设施, 科技馆通过科学教育和科学传播发挥社会功能, 其主要目标在于帮助、服务公众激发科学兴趣、提高科学素质、增强创新创造能力、增进对科学职业的理解和支持。以“参与、体验、互动”为理念的展览为公众的科技馆体验带来趣味性和交互性, 被视为科技馆科学教育的核心支撑之一^[1]。如何提升互动展览的吸引力, 满足不同群体观众的多重体验需求, 从而引发自我驱动的学习, 是一个有待讨论的问题。问题的关键是如何运用教育学、传播学的理论和方法指导展览设计实践。

我国科技馆互动展览在发挥科普功能、服务社会公众方面的作用和效果有目共睹, 但展览在提升观众学习体验、强化学习效果方面也存在一

些困境。比如, 展品设计环节对“探究”存在一定误区, 认为只要让观众亲自动手就是探究, 仅为动手而动手^[2]。再如, 如何避免将展览简化为科技成果的展台, 或因设计过于庞杂繁复致使观众失去兴趣, 无法引发深层次思考等问题。基于上述问题, 本文以美国博物馆联盟“展览卓越奖”获奖作品为例, 通过分析观众参观科技馆的学习需求、学习过程、学习状态与效果, 探讨增强互动展览教育功能的相关实践, 尝试回答科技馆展览应如何以问题情境与任务驱动设计鼓励观众与展品互动活动, 开展自主探究, 获得深度学习体验, 从而充分释放互动展品教育潜能, 以期为我国科技馆互动展览设计策略提供借鉴参考。

2. 科技馆观众深度学习的理论基础

作者简介: 莫小丹, 中国科学技术馆科研管理部助理研究员, 研究方向为国外科技馆理论与实践。

谌璐琳, 中国科学技术馆科研管理部助理研究员, 研究方向为科技馆理论与实践。

马宇罡, 中国科学技术馆科研管理部副主任、副研究员, 研究方向为科普理论与实践研究, 国外科技馆研究。* 通讯作者。

项目来源: 中国科技馆2021年度科研项目“国外知名科技馆行业声誉形成路径研究”项目(项目编号: KYXM-B-2021-03)。

马顿和萨尔约通过实验发现, 学生具有根据不同学习要求采取不同的获取和处理信息方式的能力, 由此提出深度学习的概念。相对于进行机械记忆、肤浅理解的浅层学习, 深度学习强调学习者通过处理大量信息, 解决实际问题, 发展高阶思维, 将已有的知识迁移到新的情境中解决问题^[3]。在数学、物理、化学、生物等学科探究实验教学实践中发现, 由于具有知识、操作与思维三者合一的特点, 探究实验教学能有效促进学生的深度学习和核心素养的提升^[4-5]。基于此, 可将科技馆环境下的深度学习定义为: 在参观展览过程中, 观众围绕具有挑战性的主题任务, 全身心地、积极主动地进行探究式学习、理解展览内容的核心, 培养、训练高阶思维, 通过反思获得有意义的学习过程, 并能将学到的知识和技能迁移、应用^[6]。建构主义学习理论、情境学习理论为科技馆深度学习体验的发生提供了理论基础。以建构主义理论为依托的任务驱动教学法, 充分发挥了学习者的主观能动性, 使学习者在解决问题的过程中自主完成知识建构。

2.1 建构主义学习理论与深度学习

蒂姆·考尔顿^[7]、埃娃·戴维松^[8]、王恒^[9]等对互动展览的学习进行了专门性研究, 指出应努力让观众接触实物实像, 从而促进观众对所学知识的有意义的建构。科技馆具有丰富的展览资源, 与学校教育和家庭教育不同, 在科技馆轻松愉快、自主的学习环境中, 观众可以选择自己感兴趣的展品, 灵活选择学习时间和方式。科技馆学习有助于个体发挥自主选择性, 观众不再是消极的信息接收者, 而成为受内在需求和兴趣驱动的、具有主体能动性的个体意义构建者。互动展览创设的“情境”, 引发观众与展品之间、场馆工作人员(科技辅导员)与观众之间、观众与观众之间“交流”与“协作”, 帮助观众与已有的知识积极建立联系, 对原有经验的改造和重组, 对新信息的主动选择和加工, 不断建构新的认知^[10], 这种领悟、

体验与创造帮助观众循序渐进地完成深度学习, 将观众自身的知识掌握程度从低水平引导到较高的水平, 这也成为公众参观科技馆数量居高不下的重要原因之一^[11-12]。

2.2 情境学习理论与深度学习

情境学习理论倡导“在哪里用, 就在哪里学”^[13], 给予学生运用知识和技能的真实情境, 学生“做中学”, 学生在真实或模拟真实的情境中学习, 从而构建认知^[14]。在情境学习理论的指导下, 科技馆作为有意识的、为公众终身学习这一教育目的而创设的物理空间^[15], 为观众提供积极参与具体情境中的实践来促进知识向真实生活情境迁移。观众通过身体的感觉、触摸、操作等不断地与展品进行互动, 在实践、探究、理解中潜移默化地习得大量知识, 同时观众也获得了科学探究的观察技能和实验技能, 运用类比法、等效法、转换法、控制变量法等丰富的科学方法, 在现实环境中自然地运用这些知识和技能。更重要的是, 科技馆通过模拟再现科技实践, 还原最初科学家们以科研为目的的科学探究实践过程, 观众主动参与到与科学家相似的思维活动中, 让观众经历分析、综合、比较、分类、抽象、概括、推理、类比等高阶思维过程, 帮助观众将浅层经验转化为深层理解, 进而实现思维能力的提升, 这是发展知识迁移能力的关键^[16]。

2.3 任务驱动主动学习与深度学习

科技馆学习的关键在于发挥观众的学习积极性, 鼓励观众主动参与^[17]。观众易于被展览新奇的现象和操作过程吸引, 而难于进入深度观察和思考。因此, 让观众掌握学习主动权的同时, 需要进行有针对性的指导, 通过设计来源于真实世界、带有挑战性、游戏化的学习任务, 在强烈的问题动机驱动下, 引导观众为解决问题主动地猜想、反思、改进, 能有效激发观众创造性思维^[18]。对观众而言, 明确的任务类似催化剂, 能够激发学习兴趣和求知

欲望，帮助观众将自己的探究想法转化为具体的探究行为。好的展品往往包含多层次信息：最底层的是具体的知识原理，其上科学发现的过程、方法和思想，再上一层是蕴含的科学精神。只有观众通过主动思考，主动捕捉展品信息，形成深入理解^[19]，并在认知层面逐渐递进，才能促进深度学习的进一步发生。

3. 基于深度学习体验的互动展览设计有效策略

3.1 典型案例

美国博物馆联盟在《卓越与平等：博物馆的教育和公众维度》指南中指出：博物馆有责任为人们带来更多的学习机会，给观众提供沉浸式的、有趣的学习体验。美国博物馆联盟通过设立“展览卓越奖”，提出卓越特性评选，旨在为展览设计提供依据，树立典范^[20]。根据《博物馆展览标准及卓越展览的标志》（2012年）对展览提出目的明确、形式内容相统一、与观众有效互动、设计合理的要求，并设定了具体标志，表明达到卓越水准的展览在内容、吸取观众意见、设计、创新等方面表现优异，堪为典范（见表1）。

本文选取2015—2020年美国博物馆联盟“卓越展览奖”科技类博物馆获奖作品作为典型案例，从支持观众展开深度学习的视角，对获奖展览设计策略进行剖析，包括设计营造有利于观众

进入学习状态的问题情境及任务，帮助观众自主学习、探究，通过深入思考和理解展品的相关信息，并将所学知识与实际情况结合起来，增强学习体验，在参观过程中实现深度学习，从而提炼出展览设计促进观众深度学习体验的策略。

富兰克林研究院科学博物馆常设展览《你的大脑》（Your Brain）（以下简称“大脑展”）获2016年度“展览卓越奖”，展览面积800平方米，展品70件，在全球巡展。该展览融合机电、多媒体、虚拟现实等展示技术，呈现展览主题最核心和最重要的信息；通过展品与环境设计来还原再现科学探索的过程与情境，使深层次的科学内涵得以具像化、形象化；注重观众的参与性和体验性，使观众融入展览之中，以动静结合的沉浸氛围促进观众多感官沉浸式体验^[21]。

波士顿科学博物馆短期展览《皮克斯动画背后的科学》（The Science Behind PIXAR）（以下简称“皮克斯展”）获2017年度“展览卓越奖”，展览面积2000平方米，展品50件，在全球巡展。该展览将计算机科学、数学和工程领域的内容融入互动展品，展示动画设计需要注意的问题，有效帮助观众锻炼计算思维能力。同时，该展览大受欢迎也得益于观众研究、快速原型制作等便于设计人员及时修正的方法^[22]。

威奇托市探索之地科技馆常设展览《设计·制造·飞行》（Design Build Fly）（以下简称

表1 《博物馆展览标准及卓越展览的标志》

维度	具体标志
内容设计	（1）展览设计的某一方面具有创新性
	（2）展览以新的或创造性的方式吸取观众的建议并体现在展览的设计或内容中
	（3）展览创造性地使用传播媒介、物品和其它展览元素
观众体验	（4）展览以激发兴趣(或争议)的方式综合表现已有的知识和藏品
	（5）展览特别的美具有激发个人的、情感的、反应的非凡能力并(或者)以建设性方式给观众留下深刻印象
	（6）展览激发观众的反应，这是具有转变体验的迹象
观众认知	（7）展览对特定主题提出了新视角和新认识
	（8）展览提供了新信息

“飞行展”)获2019年度“展览卓越奖”,展览面积500平方米,展品38件。该馆以藏品资源为依托,挖掘本地特色,既能够吸引外来游客通过参观展览,更好地了解地方特色,又有助于本地观众加深对家乡的认知。

旧金山探索馆短期展览《身份认同:我与我们》(Self, Made: Exploring You in a World of We)(以下简称“身份认同展”)获2020年度“展览卓越奖”。该展览带入个人独特的情感体验和想象,帮助观众从社会文化心理角度思考个人意义建构,引导观众反思身份冲突、种族、性别、特权等问题,并由此引起共鸣^[23]。

3.2 获奖展览促进深度学习体验的策略

3.2.1 创设情境、问题导入有利于激发观众进入学习状态

感官体验是深度学习体验的基础,是引发其他体验的第一步。科技馆的展览、展品、环境布设从本质上来说都是由观众的体验需求决定的^[7]。例如大脑展为了唤起观众的认知欲望,避免“走马观花”式的体验,展览通过调动观众的触觉、视觉、听觉、嗅觉、心理等感官,建立观众与展品的联系。比如利用攀爬网模拟神经通路,为观众营造在大脑中穿行的奇异体验,激发观众了解脑部结构的好奇心和探究欲望。另外,采用可视化的方式展示大脑活动模式,如红外线感应,观众通过动作引发展厅内灯光、声音、展示内容等的变化,以艺术化的表现形式成功吸引观众的注意力,鼓励观众结合主题进行仔细观察和思考,有效加深观众对主题的理解,提升观众的兴趣度。

通过创设情境,以问题导入的方式,有助于维持观众兴趣、提高观众参与度。如展览引导观众像脑科学研究人员一样思考,提出问题:什么是大脑?它有什么作用?它是如何工作的?观众使用核磁共振成像观看大脑的特征,还可以通过交互屏幕观察神经系统如何运转。观众往往非常专注,用已知的知识来尝试解答问题,开始思考“为什么”而不是“是什么”,进行更深入、积

极的探究,展品为观众提供了验证方案或想法的机会。有时观众遭遇挫败,甚至感到沮丧,经历一连串失败后最终获得成功的过程能唤起观众的成就感,进而重新审视展品所传递的信息,也让观众对自己的思维过程进行反思,最终综合情感体验、成就体验,观众在愉悦中,实现了科学认知和知识建构^[24]。参观结束后,观众也会倾向于带着兴趣和思考在现实世界中进一步探究,这对培养观众自主学习能力、发展终身学习具有重要意义。

3.2.2 设置真实情境下任务促进观众意义建构 互动展览要充分实现科学教育功能,必然要借助与展览配合的教育活动,基于展品的教育活动就是对展品进行“二次开发”^[25],这是进一步挖掘展览教育价值的重要环节。

为更好地实现深度学习,展览配套的教育活动往往需要精心创设一个或多个情境任务,巧妙地将情境和任务结合,学习内容将实际应用于某种情境中,由此,学习情境为知识建构提供了背景和条件。如皮克斯展配合开展的教育活动设计观众体验皮克斯动画故事脚本、人设、建模制作等不同环节,假定观众是一位动画设计人员,鼓励观众体验动画制作流程中的不同岗位工作,学习皮克斯动画制作开发的建模、骨骼、动画、模拟、渲染等技术;了解计算机动画制作步骤,学习皮克斯自主研发的计算机核心制图技术的主要概念、核心知识内容,观众创建自己设计的虚拟3D模型、布置场景、利用灯光掌握画面色彩明暗、动画人物情绪表达,模拟程序员实现动画设计效果追踪、建模渲染等。观众实现了“做中学”——制作所需要的基本技能;在“学中思”——思考究竟皮克斯员工如何以创造力与想象力,结合艺术和电脑科技来建立说故事的新形式?电影是如何巧妙地融合科学、技术、工程、美术和数学概念,创制出银幕上的生动角色和逼真场面?皮克斯展设计出趣味性、探究性强的教育活动,将观众置身于富有意义的情境任务中,观众利用展品体验了作为动画制作开发人员从事

设计工作获得发现和认知的过程，激发观众探究学习的热情，在思考解决问题的过程中深度参与，增强学习的主动性。

对设置的“问题”进行证据搜集、方案假设、环节推敲、实验验证、科学定论、交流经验，是建立在观众深度学习基础上的。如果没有探究、分析、思考等深层次的认知活动，科技馆的科学教育就会停留在浅层、机械记忆和碎片化学习阶段。换言之，为了支持观众的深度学习，以引导观众动手、动脑的设计，将浅层经验转化为深层理解，这一过程培养了观众独立探索、自主学习、解决问题的能力^[10]。

3.2.3 进阶式任务设计引导观众主动思考、理解加深 科技馆互动展览需要考虑不同年龄、不同背景观众群体的特点和需求，将内容和信息、媒体和技术整合到一个互动系统中，采用任务驱动法策略，为观众提供不同的任务，发挥观众自主选择探究的主体作用^[26]。科技馆自主学习的环境有利于设计不同难度、环环相扣的进阶性任务，观众在逐步解决任务的过程中，体验完成任务的满足感、发现新问题的好奇心，在深度参与的过程中实现了思维进阶。例如皮克斯展将展览内容划分为初级、中级、高级不同层级信息。首先，通过影片、图片等初级信息，增加观众对皮克斯动画背后的数字和影片制作技术的认识，了解展览的核心思想。其次，中级信息服务于有兴趣进一

步了解的观众，例如游戏化、任务式、项目式的互动展品，观众与展品互动的增加，需要理解解决问题的策略以应对复杂的、创造性的计算机编程挑战，如定格动画展品是一项需要协作完成、高度互动的动觉体验活动。统计显示8~17岁青少年体验该展品的时间最长，在该群体的参观过程中，对话交流、分享观点、多人集体论证、互相解释、说明观察现象等交流方式能加深个体对展品的理解，同时满足个人社交需求。认知挑战和团队协作有助于保持观众注意力，同时提高团体学习效果。最后，高级信息则面向对展览内容产生极大兴趣的观众，是为了满足他们更深层次的探究与思考的高度交互行为，如观众控制机械滑块，通过改变计算机程序规则，快速简单地更改当前动画中鱼群的行为。拥有相关知识背景的“专家型”观众往往花很长时间研究，借助计算机工具，用数学来构建解释数字模拟的鱼群行为，建立数学思维与现实世界的联系，将“变量”“参数”“循环”等数学概念应用到科学与工程实践当中。此外，该展览的总结性评估结果表明，观众对计算机程序员如何解决问题有更深入的了解，并对使用动画、计算机编程和数学持更积极的态度^[26]。总体来看，在科技馆展览中应用任务驱动设计，对激发观众深度学习的热情有很大的积极影响（见图1）。

3.2.4 与真实社会情境互动，提升观众知识迁移

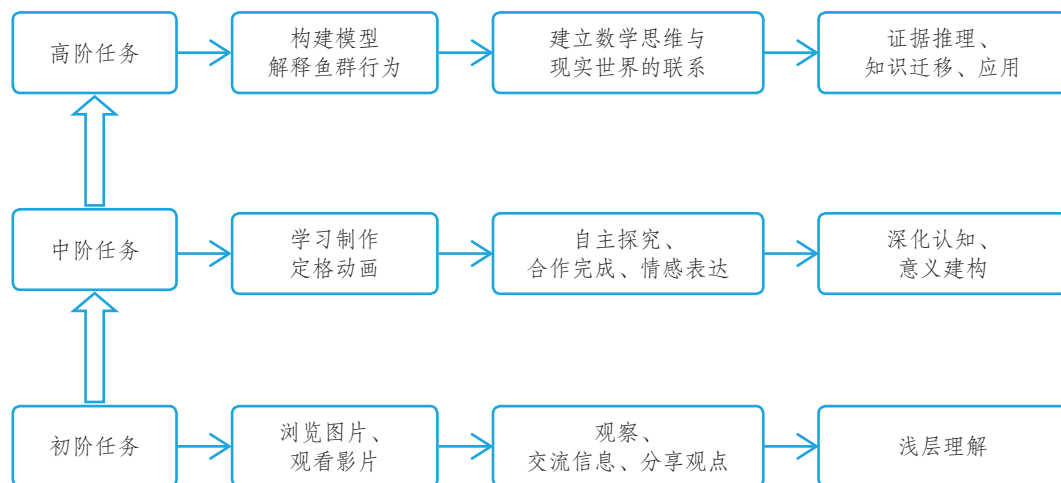


图1 进阶式任务设计引导观众获得多层次、深度学习体验模式

和应用 教育学家斯图亚特·科尔哈根认为, “真正基于动手的学习不只是参与, 而是提高深度理解、批判性思维和解决问题的能力”^[27]。展览利用社会生活情境, 体现社会、经济、文化、科技、生活之间的关联, 将认知融于生活。选择蕴含丰富思维价值的展品, 对其内涵进行深度开发, 引发认知冲突, 增强观众的思维参与度。如前文所述的身份认同展结合了生物学、心理学、历史、种族、性别、女权主义以及流行文化研究映射当下的社会问题, 通过探讨与基因、形象、身份、种族相关的社会问题, 将科技与人文结合, 鼓励观众摆脱心理和文化包袱, 勇敢尝试新的角色, 对医学研究、日常生活、社会文化心理进行更深入的思考, 以获得解决现实问题的能力, 达到学以致用用的效果。

通过营造有故事、有情感、有回味的情境, 从观众的个人经验出发设计展品, 有利于观众理解其内涵。如美国堪萨斯州威奇托市是美国主要的飞机制造中枢和文化中心, 拥有先进航空材料研究、开发和生产中心, 飞机部件设计和生产公司密集。飞行展以展品、藏品资源为依托, 挖掘本地特色, 设计了测试起落架、驾驶无人机、制定飞行计划、设计飞机座椅等等互动展品, 还包括一个由波音737机身改造的特效影院。无论是外地游客, 还是本地居民, 发现展览内容与他们的

生活、世界、文化相关时, 都会对该地区的飞机制造企业产生兴趣; 同时, 由于结合地域特色, 营造了亲临威奇托才能感受到的独特体验, 也成为游客的吸引点。另一方面, 也有助于激发当地居民对本地产业的认同感和自豪感, 在创设出情感共鸣的情境中, 让观众全身心体验, 产生更深刻的学习理解。

综合上述几点, 基于建构主义学习理论和情境学习理论, 为观众创设具有挑战性、一定思维难度的任务, 创设情境、问题导入, 可以更强烈地激发观众的好奇心与求知欲, 使其注意力、兴趣度提高, 更有利于观众进入学习状态。通过精心设计进阶性任务, 由浅入深、由表及里、由现象到本质、由低级向高级循序渐进的过程, 引发观众的深入思考, 进而解决现实问题。观众将知识迁移并应用于其他相关的情境中, 学以致用, 不同任务激发不同层级的思维, 层层深入, 促进设计能力、创新能力等高阶思维获得发展(见图2)。

4. 启示

在科技馆的展览设计实践中, 强调“以观众为中心”“以教育为中心”的原则, 旨在提升观众参观时的参与感和满足感, 在观众充分了解展品蕴含的科学知识以及科学原理、科学精神等深层信息的前提下, 实现科技馆科学教育效果的最

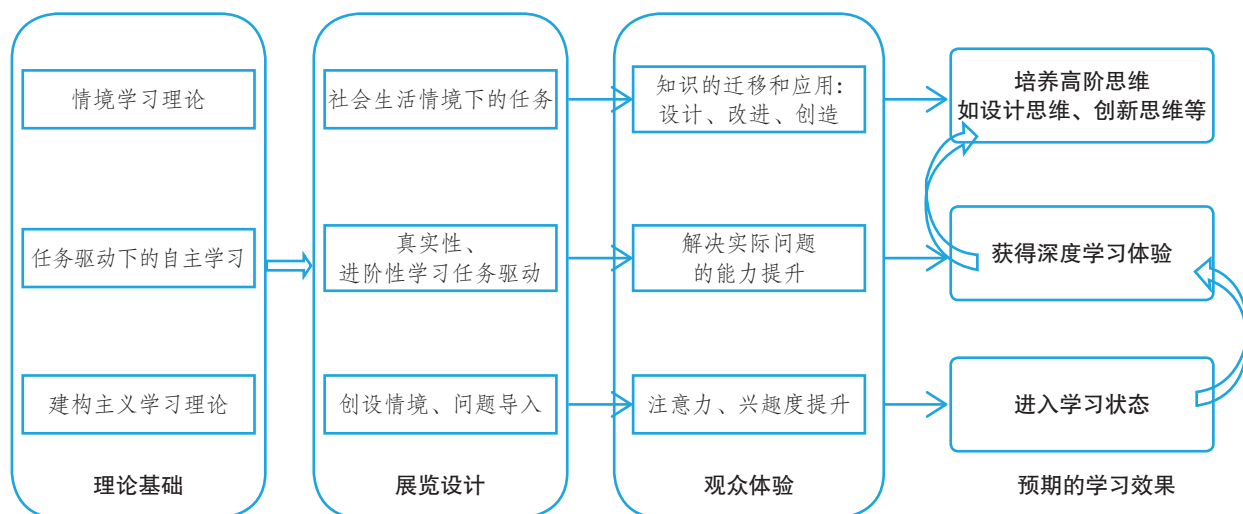


图2 科技馆互动展览激发观众深度学习体验的设计策略

大化。获奖作品从观众行为、认知中探索规律，以创设情境、问题导入，引导观众动手实践、与展品发生互动联系；以任务真实化、进阶化，引导观众在动手中获得多层次、深度学习体验，实现知识迁移和应用。以上思路可为国内展览设计团队在学习目标设计、学习活动组织、学习方法选择策略、学习效果拓展策略进行多样化的尝试提供参考。

4.1 学习目标：强调问题解决能力的习得

公众面临的是一个科学与技术日新月异的世界，公众藉由科技馆参观体验，需要学习如何运用概念去解决问题、做出决策、进行创新，并运用科学知识去解决真实世界中的问题。基于特定主题的真实问题导入是启发深度学习的关键环节，它会逐步引导观众由最初的兴奋状态进入专注的学习状态。问题的设计需要突出科学探究的学科本质，突出科学教育与科学探究（过程、方法、能力）、科学知识与技能、科学态度、情感与价值观念多维目标功能，体现科技馆展览科学教育价值所在。因此，选择合适的问题是设计的第一步，这些问题应该与主题所包含的内容和目标群体的学习能力相匹配，通过设计回顾性、引导性、延伸性、总结性等一系列问题，发挥问题引领观众自主探究的价值，拓展和延伸观众自由思考的空间，提高观众在思考问题、解决问题上专注度，鼓励观众沉浸式思考。通过发现问题、分析问题、解决问题、反思解决方案，增强观众面对未知问题时的思考和解决能力。此外，由于不同群体的差异，在展品讲解及配套的教育活动中，需要及时给予观众个性化的指导，也是实现帮助观众将浅层经验转化为深层理解的不可忽视的环节。

4.2 学习方法：创设真实情境

实验演示、角色扮演、游戏参与等方式，是观众进行科学探索，从动手到动脑的实践过程，为观众创建强大的深度学习环境提供了有力支

持，结合现实生活、真实情境设计任务，驱动观众自主探究，从而将所学知识与实际情况结合起来，从而更好地理解和应用。展览设计通过再现科学家和工程师的工作情境和真实科研任务，用操作、实验、收集、处理信息等过程来调动观众的兴趣。如中国科技馆展出的“Hz行动——无线电主题打卡闯关特展”中，观众能以科学家、守护者、工程师的身份加入情境，搭建极简电磁实验室，借助“奥斯特实验”“法拉第实验”“赫兹实验”展示电与磁的关系和电磁波的发现，让观众了解无线电的用途及工作原理。“做中学”和“在哪里用，就在哪里学”的设计主旨是让观众不仅仅停留在肤浅的行为体验上，而是引导观众像科学家一样工作，为塑造观众的思维意识、思维能力、思维习惯提供更多契机，同时加深观众对科学职业的理解。要尽可能创造真实的情境，为展品寻找相应的发生情境，以统领展览主题，通过把同一情境的各个知识点归纳、串起来，能为观众提供符合其认知特点的展览信息，帮助其循序渐进、深入学习。这样观众可以通过观察、动手、思考，增强自己的观察能力和思考能力。

4.3 学习过程：注重个性化、自主学习

设置任务是实现观众深度学习的加速器。设置进阶性任务，让观众在类似闯关的体验中探索展品的相关细节，这也意味着观众通常会对某一展览、某一展品进行反复的参观学习，从中理解更多的信息和知识，从而增强自身的思维能力和判断能力，同时提高自己的创造能力。在设计实践中，应按照观众不同阶段的体验，为观众提供丰富的信息、相关的背景知识，设计具有不同等级挑战难度的任务。一是任务要有一定的层次性，让观众从不同层次、不同深度与展品的现象互动，产生心流体验，以提升观众的学习主动性和认知灵活性提升，启迪观众的科学思维。二是几个小任务之间要有联系、有逻辑，更易于观众专注于参与到解决问题的过程，让观众在解决

问题的过程逐步实现深度构建, 主动进行后续深入学习。三是提供个性化的学习方案, 使每位观众的学习过程和需求都不同。根据观众的能力设计不同难度的任务, 由简单到复杂, 循序渐进, 据此去修改和完善设计, 进而设计出一些足够复杂且有趣的展品。通过任务的难度梯次, 帮助观众逐步提升自我效能感, 从而增强观众持续学习的意愿。

4.4 学习结果: 运用为本, 实现深度迁移

科技馆的展览通过故事性的设计方式, 将本地区的历史、文化等巧妙地融入其中, 与观众建立更深的情感联系。基于故事情境的叙事性展示设计唤起或活化观众既有的知识记忆与经验, 营造良好的体验。通过解决真实情境下的问题, 观众不断尝试运用所学知识和技能来解决问题, 为日后解决类似问题打下基础。通过设计拓展环节, 包括多个类似的场景以及创新性的场景, 引导观众将所学知识和技能进一步迁移于自然世界、社会生活中的新问题的实践解决之中, 让观众的知识与技能在多重情境中得以实现建构性积累, 可以帮助观众更好地理解 and 判断事物, 更好地适应世界的变化。

5. 结语

科技馆环境下的深度学习具有广阔的发展前景。科技馆作为一种科学教育的重要形式, 可以为观众提供丰富的科学知识和文化资源, 提高观众的科学素养和文化素养。随着关注观众学习效果和教育模式的变化, 科技馆的展览和教育活动也在不断发展和创新, 为观众提供更加丰富、便捷和实用的学习机会; 并通过各种前沿技术实现个性化学习和体验式学习, 为观众提供更加深入、有效的学习体验, 从而提升科技馆作为终身学习场所的教育价值。

责任编辑: 梁思琪 校对: 梁思琪 李晗

参考文献

- [1] 殷皓, 马宇罡. 关于青少年科学教育路径的思考——中国科技馆的实践与展望[J]. 中国校外教育, 2022(02):5-12.
- [2] 徐学福. 美国《国家科学教育标准》中的探究[J]. 外国教育研究, 2003(03):50-55.
- [3] 何玲, 黎加厚. 促进学生深度学习[J]. 现代教育, 2005, 5:29-30.
- [4] 刘万海, 靳荫雷. 近十年国内教育领域深度学习研究综述——基于CNKI的文献计量可视化分析[J]. 教育理论与实践, 2020, 40(16):54-59.
- [5] 张浩, 吴秀娟. 深度学习的内涵及认知理论基础探析[J]. 中国电化教育, 2012(10):7-11+21.
- [6] 徐钦. 深度学习理念下的信息技术教学策略探究[J]. 中国现代教育装备, 2022(10):42-44.
- [7] 蒂姆·考尔顿. 动手型展览——管理互动博物馆与科学中心[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2019:31-51.
- [8] 埃娃·戴维松. 解读科学中心与博物馆中的互动: 走向社会文化视角[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2019:4-5.
- [9] 王恒. 科学中心的展示设计[M]. 北京: 科学普及出版社, 2018:33, 42.
- [10] 鲍贤清. 非正式环境中科学学习的生态学视角与学习框架——《非正式环境中的科学学习: 人、场所与活动》导读[J]. 自然科学博物馆研究, 2017, 2(01):84-89.
- [11] Stocklmayer, S. M., Rennie L. J. The attributes of informal science education: A science communication perspective[J]. Preparing Informal Science Educators, 2017: 527-544.
- [12] 任福君, 高洁, 许哲平, 等. 公众的科普偏好及影响因素——基于免费开放科技馆的多源数据统计分析[J]. 科技导报, 2021, 39(22):111-119.
- [13] 朱幼文. 教育学、传播学视角下的展览研究与设计——兼论科技博物馆展览设计创新的方向与思路[J]. 博物院, 2017(06):70-80.
- [14] 崔允灞, 王中男. 学习如何发生: 情境学习理论的诠释[J]. 教育科学研究, 2012(07):28-32.
- [15] 鲍贤清. 博物馆场景中的学习设计研究[D].

上海:华东师范大学,2013.

[16] 雷有光,史大胜,陈雅川,等.探究、整合、迁移:基于深度学习的幼儿STEM教育活动构建研究[J].中国电化教育,2021(03):117-124.

[17] 约翰·福克,林恩·迪尔金.博物馆体验再探讨[M].马宇罡,戴天心,王茜等译.北京:社会科学文献出版社,2021:1-13.

[18] 刘建强.任务驱动:科学探究教学的重要策略[J].教育研究与实验,2015(01):81-85.

[19] Barriault C., Pearson D. Assessing Exhibits for Learning in Science Centers: A Practical Tool[J]. Visitor Studies, 2010(1):90-106.

[20] 宋向光.博物馆展览标准及卓越展览的标志[J].自然科学博物馆研究,2017,2(03):73-77.

[21] Winners of the 27th Annual Excellence in Exhibition Competition[EB/OL].(2015-04-27)[2022-12-7]. https://static1.squarespace.com/static/58fa260a725e25c4f30020f3/t/594c589986e6c0ae31e681da/1498175661979/6.+EXH+Fall+2015_27thComp.pdf.

[22] Winners of the 28th Annual Excellence

in Exhibition Competition [EB/OL].(2016-05-27)[2022-12-7]. https://static1.squarespace.com/static/58fa260a725e25c4f30020f3/t/59483c53b8a79be0d8a6cf3c/1497906277714/19_SpecialReport_2016WinnersExcellenceInExhibition.pdf.

[23] excellence in exhibition awards [EB/OL].(2020-06-03)[2022-12-7]. <https://www.name-aam.org/award2020>.

[24] An Interview with Eric Klopfer [EB/OL]. (2018-07-20)[2022-12-7]. <https://www.informalscience.org/biography/eric-klopfer>.

[25] 刘哲,蔡一超.基于情境学习理论的科技博物馆教育活动策划设计——以“创客营”活动为例[J].自然科学博物馆研究,2021,6(04):28-33+88.

[26] The Science behind Pixar Summative Evaluation Report[EB/OL].(2018-01-10)[2022-12-7].<https://resources.informalscience.org/sites/default/files/2018-02%20SBP%20Summative%20Eval%20Report-%20Final.pdf>.

[27] 王晓宇.如何策划展览和设计展品?[J].自然科学博物馆研究,2016,1(02):78-82.

Research on the design strategy of deep learning experience in the science and technology museums: based on the analysis of the Winners of "Excellence in Exhibition"

Mo Xiaodan, Shen Lulin, Ma Yugang*

(China Science and Technology Museum, Beijing 100101, China)

Abstract: Interactive exhibition is the most important carrier for science and technology museums to fulfill the function of science education. In order to fully develop the science educational value of exhibition and inspire the audience deep learning experience, based on constructivist learning theory and situated learning theory from the perspective of deep learning, the article attempts to make a detailed analysis on the exhibition characteristics and successful practices of the works from the Alliance of American Museum "Excellence in Exhibition" winners, and explores the interactive exhibition design based on problem context and task-driven, and puts forward the implementation strategy to improve audience deep learning experience through effectively inspiring their hand-on and brain-on, as well as cultivating audience's ability to use knowledge in real situation and solve real problems. It is expected to provide reference for improving science education value of the interactive exhibitions in the science and technology museums.

Key words: science and technology museum; interactive exhibition; problem situation; task-driven; deep learning

清江流域生态环境存在的问题及措施建议

袁玉顶

(长阳土家族自治县环境监测站, 湖北 宜昌 443500)

摘要: 清江是长江在湖北省境内仅次于汉江的第二大支流, 干流全长423千米, 流域面积约1.7万平方千米, 流域内水量充沛, 沿岸生态优良, 保护好清江流域生态环境对长江大保护具有重要意义。但随着清江深度开发和沿岸经济社会快速发展, 加上清江流域保护联动协调机制尚未真正建立, 正面临发展与生态环境保护冲突加剧、面源污染防治短板突出、水资源过度开发、水环境风险隐患依旧存在等挑战。文章通过清江干流“十三五”以来10个水质监测断面水环境质量现状, 深入分析清江保护现阶段面临的突出问题, 探索提出相关治理建议。对当前及今后保护清江, 统筹清江流域“水资源、水生态、水环境”协同共治有一定的现实意义。

关键词: 清江, 水资源, 水生态, 水环境, 污染防治, 长江大保护

良好生态环境是实现中华民族永续发展的内在要求, 是增进民生福祉的优先领域, 是建设美丽中国的重要基础^[1]。推动长江经济带发展是国家一项重大区域发展战略^[2], 加强长江生态环境保护, 事关长江流域社会经济发展大局^[3]。习近平总书记强调, 要把修复长江生态环境摆在压倒性位置^[4], 要在坚持生态环境保护的重要前提下, 推动长江经济带科学、有序、高质量发展^[5]。清江作为长江在湖北省境内仅次于汉江的第二大支流和全国最美家乡河, 流域生态环境质量好坏对流域经济社会高质量发展及长江大保护具有重要意义。2022年6月, 在湖北省第十二次党代会上将清江划为全省3个一级流域之一^[6], 要求要扎实推进以流域综合治理为基础的四化同步发展, 水安全、水环境安全、生态安全等基础要更加稳固, 确定流域综合治理的“底图单元”, 守住水安全底线。加强长江、清江等流域的上下游统筹、左右岸协同、干支流互动, 共抓长江大保护, 确保一江清水东流, 守住水环境安全和流域安全底线。

1. 清江概况

清江全长423千米, 发源于湖北省恩施土家族苗族自治州利川市齐岳山, 流经恩施土家族苗族自治州的利川市、恩施市、咸丰县、宣恩县、建始县、巴东县、鹤峰县和宜昌市的五峰土家族自治县、长阳土家族自治县、宜都市等10个县(市)^[7], 在宜都陆城汇入长江; 流域面积约1.7万平方千米^[8]。其中源头至恩施为上游, 全长约153千米, 多高山峡谷, 地势崎岖, 水流湍急, 落差大, 富水力资源, 沿程多伏流、溶洞; 恩施至长阳资丘为中游, 长约160千米; 长阳资丘至入长江口为下游, 长约110千米, 中下游为低山与丘陵, 河谷渐宽, 为半山溪性河型。受清江梯级开发及流域内生活污染、水产养殖污染、农业面源污染等影响, 清江流域污染防治面临较大压力。根据各年度中国生态环境状况公报^[9]结果显示, 清江干流水环境质量曾在2018和2019两个年度明显下滑。

作者简介: 袁玉顶, 助理工程师, 研究方向为水资源与水环境科学。

2. 清江干流水质监测断面设置情况

清江干流自源头而下依次设有利川西门、利川七要口、雪照河、恩施大沙坝、长沙河、景阳河、桅杆坪、隔河岩坝上、朱津滩、宜都清江桥等10个水环境质量监测断面（详见表1），其中

雪照河为利川市与恩施市跨界断面、长沙河为恩施市与建始县跨界断面、景阳河为建始县与巴东县跨界断面、桅杆坪为恩施州与宜昌市跨界断面、朱津滩为长阳土家族自治县与宜都市跨界断面^[10-11]。

表1 清江干流断面设置情况一览表

序号	断面名称	被考核县（市）	断面属性	规划水质目标
1	利川西门	恩施利川	国控，背景断面	Ⅲ/Ⅱ
2	利川七要口	恩施利川	州控	Ⅲ
3	雪照河	恩施利川	国控，利川市—恩施市界	Ⅱ
4	恩施大沙坝	恩施市	国控	Ⅲ
5	长沙河	恩施市	恩施市—建始县界	Ⅱ
6	景阳河	恩施建始	建始县—巴东县界	Ⅱ
7	桅杆坪	恩施巴东	国控，恩施州—宜昌市界	Ⅱ
8	隔河岩坝上	宜昌长阳	国控	Ⅱ
9	朱津滩	宜昌长阳	长阳县—宜都市界	Ⅱ
10	宜都清江桥	宜昌宜都	国控	Ⅱ

注：本文水质类别均参考GB3838-2002地表水环境质量标准^[12]；利川西门断面2021年以前规划水质类别为达到Ⅲ类及以上，2021年调整为达到Ⅱ类及以上。

3. 清江干流水环境质量现状

由表2可知，2016—2021年清江干流水质一直稳定达到Ⅲ类及以上水质标准，各断面水质分别达到规划水质类别，下游水环境质量要优于中上游。

经查阅各断面水环境质量月报^[10-11]，2016—2021年清江上游利川西门、利川七要口、雪照河、恩施大沙坝4个断面综合达标率91.16%，4个断面累计超标25次，主要超标因子为氨氮、化学

表2 2016—2021年清江干流各水质监测断面水质情况一览表

年份	利川西门	利川七要口	雪照河	恩施大沙坝	长沙河	景阳河	桅杆坪	隔河岩坝上	朱津滩	宜都清江桥
2016	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
2017	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
2018	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ
2019	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅱ
2020	Ⅱ	Ⅱ	—	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ
2021	Ⅱ	Ⅲ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅱ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅰ

说明：雪照河断面2020年受疫情影响上半年未开展监测，年度水环境质量未评价。

需氧量和总磷。特别是利川七要口断面先后超标15次，平均达标率仅为78.79%，是10个监测断面中平均达标率最低的断面。

中游长沙河、景阳河、桅杆坪3个断面综合达标率93.52%，3个断面累计超标13次，主要超标因子为氨氮和总磷。其中长沙河断面超标10次，且均出现在2019年下半年以后，平均达标率为85.28%，在10个监测断面中平均达标率中排名倒数第二。

下游隔河岩坝上、朱津滩、宜都清江桥3个断面综合达标率99.07%，3个断面累计超标2次，超

标因子为总磷和化学需氧量。

根据图1~图3可知，清江干流上游断面水环境质量在2019年普遍下降，后又回到正常水平并改善；清江干流中游水质出现较大波动；下游水质基本保持稳定。由图4可初步判断清江流域污染主要来源于面源污染。

4. 清江流域生态环境保护已开展的工作

生态环境保护督察推动生态环境保护问题整改。自2016年开始，中央生态环境保护督察推动解决了一大批环境问题，如全面清理取缔清

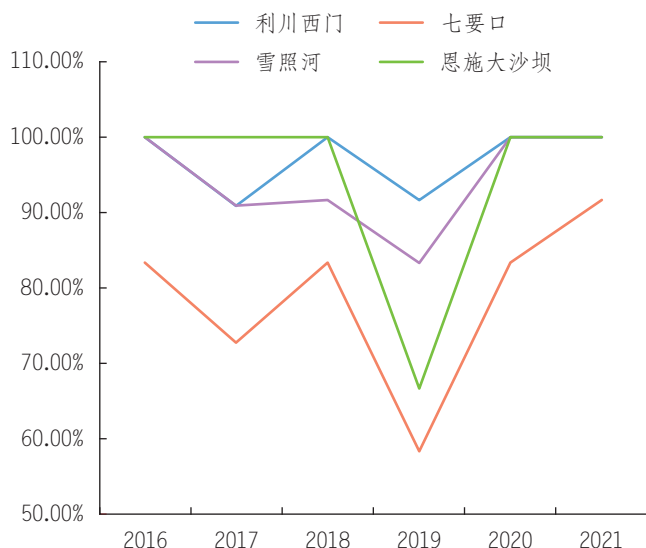


图1 清江上游断面各年度达标率

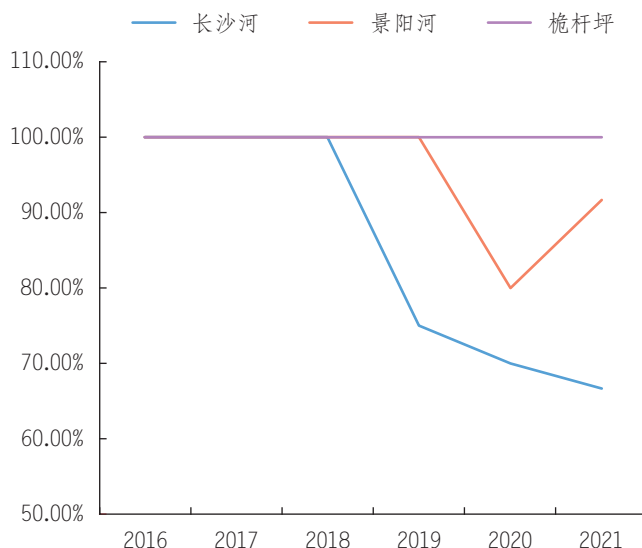


图2 清江中游断面各年度达标率

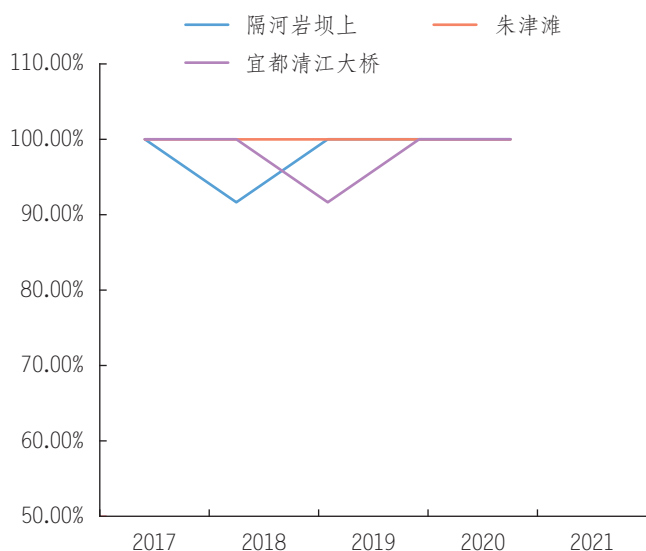


图3 清江下游断面各年度达标率

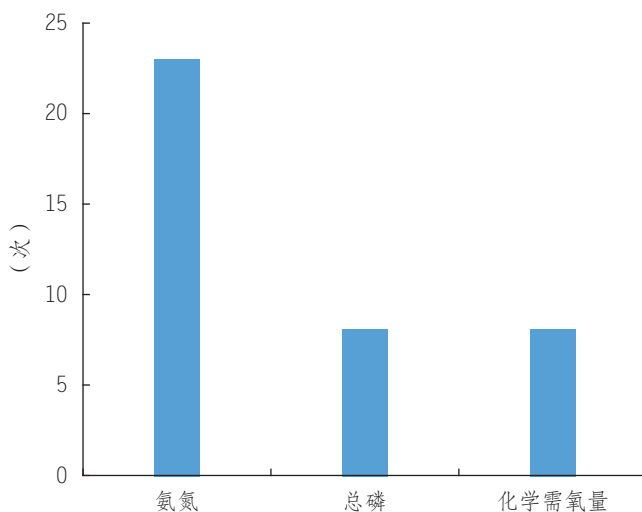


图4 清江水环境超标因子及超标次数

(注：利川七要口断面2018年7月超标因子未公示)。

江流域网箱、围网养殖，清江库区退渔禁捕，沿江化工企业“关改搬转”，岸线修复等等。

“十三五”期间，中央、省、市、县累计投入29亿元，用于清江流域污染防治和修复；流域内所有污染企业“关改搬转”，重点企业实行总量与浓度双控；大力实施河流缓冲带建设，清江流域逐渐恢复土著生物^[13]。

三年污染防治攻坚战推动生态环境治理。2018年，中共中央、国务院印发《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》，污染防治攻坚战三年行动促成生态环境质量总体改善，主要污染物排放总量大幅减少，环境风险得到有效管控，生态环境保护水平显著提升^[14]。2021年11月，中共中央、国务院再次印发《关于深入打好污染防治攻坚战的意见》，以更高标准打好蓝天、碧水、净土保卫战，以高水平保护推动高质量发展、创造高品质生活，努力建设人与自然和谐共生的美丽中国^[1]。

实施“四个三重大生态工程”^[15-18]。湖北省自2018年起实施并超额完成“厕所革命”、精准灭荒、乡镇生活污水处理厂全覆盖、城乡垃圾无害化处理全达标“四个三重大生态工程”（四大工程，三年攻坚）建设任务。有效改善了清江两岸环境，更好地满足了人民群众对美好生活的需要。

开展打好长江大保护十大标志性战役。湖北自2018年开展并圆满完成了长江大保护十大标志性战役，对长江及其重要支流开展沿江化工企业关改搬转、城市黑臭水体整治、农业面源污染整治等十五个专项战役。在此基础上湖北现已升级启动长江高水平保护，并公布《湖北长江高水平保护十大攻坚提升行动方案》，持续改善长江及其重要支流生态环境和水域生态功能^[19]。目前，清江隔河岩库区船舶污染物回收转运码头（设施）工程建成投入运行，清江中华倒刺鲃、白甲鱼两个国家级水产种质资源保护区全面禁捕。

实施疫后重振补短板强功能生态环境补短板工程三年行动^[20]。2020年9月，刚刚从疫情中脱

困的湖北正式印发实施《湖北省疫后重振补短板强功能生态环境补短板工程三年行动实施方案（2020—2022年）》，重点围绕医疗废物和危险废物收集处理、沿江化工企业“关改搬转”、农村人居环境整治、长江经济带生态环境突出问题整改、重点流域水环境基础设施建设等重点领域，谋划实施生态环境补短板工程重大项目，促进生态环境质量持续改善。特别是以点带面推进全省农村人居环境整治改善提升，加快补齐农村人居环境短板，从生态系统的整体性和流域性着眼，加强生态环境突出问题整改，推进重点流域水环境基础设施建设。

通过立法保护清江。2020年1月《湖北省清江流域水生态环境保护条例》^[21]（以下简称《条例》）正式施行。《条例》首次制定清江流域发展负面清单，包括岸线、河段、区域和产业等方面的禁止性规定，例如禁止在清江干流和支流1公里范围内新建化工园和化工项目，禁止新建、扩建法律法规和相关政策明令禁止的落后产能项目等具体规定。此外，《条例》还明确禁止在清江流域内销售和使用剧毒、高毒、高残留农药及其混剂；禁止生产、销售和使用含磷洗涤用品；规范有序治理塑料污染，规范塑料废弃物的回收利用，推广可循环、易回收、可降解替代产品；加强畜禽养殖污染防治；加强清江岸线和水电站、拦水坝的规范管理等。2021年3月1日，我国第一部流域法律《中华人民共和国长江保护法》^[22]（以下简称《长江保护法》）也正式开始施行，再一次为清江流域高质量发展划定了规矩。长阳土家族自治县也在2015年通过立法将每年9月12日定为清江保护日，并连续7年举行相关活动共护“母亲河”^[23]。

5. 清江流域存在的主要生态环境问题

5.1 流域保护联动协调机制尚未真正建立

清江流域管理体制运行不畅，针对清江保护工作省级统筹还不明显、市州协同不够、在沿线

各县(市)在流域水生态环境保护与修复和监管的具体工作中协调不足,存在上下游、左右岸多头执法监管、九龙治水的现象,虽然有《中华人民共和国长江保护法》《湖北省清江流域水生态环境保护条例》等具体法律法规,但还未真正建立上下游统一联动机制,缺乏统一的规划、标准和监管措施,保护合力不足。

5.2 清江流域发展与生态环境保护冲突加剧

流域水质规划和考核不同步。根据《全国重要江河湖泊水功能区划(2011—2030年)》,清江恩施市大沙坝(连珠塔)至宜都陆城街办247公里属国控一级水功能区划,名称为清江恩施~宜都保留区,规划水质目标为Ⅲ类,但在具体考核中均是按照Ⅱ类在管控^[10-11]。

流域正面临保护与发展的双重压力^[24]。清江流域各县(市)除宜都市外,其余均是原“国贫县”,经济基础落后,现如今正是乡村振兴和脱贫攻坚成果有效衔接的重要时期,各县(市)均在抢抓机遇大抓发展、抓大发展,发展意愿强烈。而根据湖北省政府批复的《湖北省“荆楚安澜”现代水网》^[25],规划从清江隔河岩水库引水至江汉平原,连接宜荆都市圈、武汉都市圈重要纽带,为湖北构建新发展格局,推动区域协调发展提供重要水资源保障,受水区涉及宜昌、荆州、荆门、孝感、武汉、天门、潜江、仙桃等8个地市。且流域内除恩施市、宜都市外,长阳、五峰是国家水土保持生态功能区,其他县(市)为国家生物多样性维护生态功能区,对生态环境保护要求极高。

5.3 清江流域面源污染防治短板突出

畜禽养殖污染问题突出。清江流域产业以种植养殖为主,工业化程度相对滞后。流域内的恩施市、利川市、宣恩县、咸丰县、建始县、巴东县、长阳土家族自治县和宜都市均为国家生猪调出大县^[26]。现如今,规模化养殖场配套粪污处理设施相对完善,但半数以上出栏生猪来自规模以

下畜禽养殖户(即“散养户”)。很多散养户选址不合理,污染物直接或间接被冲刷进入地表水环境现象较为普遍,畜禽养殖粪污综合利用有待继续推进。

农业面源污染防治成效不显著。清江流域是典型的农业地区,农业生产过程中农药、化肥使用量过大且利用率不高,农业生产中带来的农作物秸秆等农业生产废弃物点多、面广、分散,受地形地势影响,存在收集难、运输难、处理难等问题,各地虽加大各方投入,但面对农村面源分散化的管理对象及薄弱的农村环境管理力量,农业面源污染治理程度较低,防治成效不显著。而且随着工业和城镇点源污染问题逐渐得到有效控制,面源污染逐渐从次要矛盾上升为主要矛盾,成为长江流域水生态环境保护工作的突出难点^[27]。

水污染防治体系不系统。清江流域山大人稀,部分区域污水处理设施建设不配套,污水收集管网建设和雨污分流改造进度迟缓,集中式污水收集处理能力不足。以恩施州城为例,根据相关报道推算,2021年以前每年至少有2800万吨生活污水未经处理或未经完全处理排入外环境^[28-29];现有污水处理设施进水浓度偏低,处理效率不高^[30]等问题普遍存在;已建成投运的乡镇污水处理厂运行成本较高,地方财政压力较大;适合地形复杂的清江流域的水污染防治体系还要进一步探讨和优化。

农村生活垃圾集中收集处理不够。流域各地虽加大了垃圾收集转运投入,但“村收集、镇转运、县处理”的垃圾处理模式在清江流域运行成本太高,地方财力无法承担。农村垃圾分类收集制度尚未建立,垃圾收集不彻底,堆积停留时间长,容易造成二次污染;收集转运不及时,被冲刷进入河道,很容易污染水体环境。

流域岸线资源利用亟待提高。流域岸线资源利用与开发存在乱占滥用、占而不用、多占少用、粗放利用等问题,岸线利用公共属性不强,导致自然岸线生态服务功能下降,岸线资源利用

率不高，影响流域水生态环境。

5.4 水资源过度开发

水资源开发利用率趋于饱和。清江流域开发始于20世纪80年代，按照湖北省委、省政府“首战隔河岩，再战高坝洲，决战水布垭”的安排部署，清江流域开发历时20多年，隔河岩、高坝洲、水布垭三大水电工程相继建设完工，清江干流上游还有龙潭坪水电站，加上流域内300多座小水电，给清江流域沿线各县（市）带来了千载难逢的历史机遇，但由于历史原因，开发过程中造成的环境问题和生态破坏并没有得到及时处理。而且从河流变为水库后，部分水域具有河流特征，大部分水域具有湖泊特征，主要环境问题不在于有机污染物，而是营养盐引起的水体富营养化问题^[31]。

生态系统碎片化严重。清江流域水电开发利用整体规划不协调、不完善导致水电工程开发与利用不合理，致使生境破碎化问题突出，造成生态环境系统性、完整性遭到破坏，部分水电站梯级开发下泄生态流量不足，导致河水流速放缓、自净能力减弱、流域生态系统结构和功能退化，部分河段减脱水问题突出，影响了河流的正常生态功能。例如受2022年极端高温干旱，流域降水严重不足的影响，宜都清江桥国控断面因为水量过小导致长江水倒灌，溶解氧连续3个月超标^[11]。

生物多样性资源衰减。受水电梯级开发、无专用鱼类洄游通道、水生生态系统碎片化等因素的叠加影响，清江流域水生态系统退化，生物多样性衰减，水生生态系统面临严峻挑战。电站蓄水后，清江流域部分河段清江小口白甲鱼、清江泉鱼（多鳞铲颌鱼）、清江洋鱼（东方中华裂腹鱼）、清江鲴鱼（长吻鲴）等水生生物生长栖息地被人为割裂，栖息地适宜性指数低，质量较差，且生态多样性受到破坏，影响水生生态系统的生态过程和鱼类生物多样性。

5.5 水环境风险隐患依旧存在

流域生态环境安全底线还不够牢固。清江流域曾是湖北省石漠化和水土流失最严重的地区，特别是部分区域山高坡陡，地势崎岖，是武陵山地向长江中下游平原的生态过渡带，生态环境比较脆弱。随着部分区域经济社会发展和各类资源无序开发，森林生态系统遭受到人为干扰，土地资源空间结构不合理、利用率低、利用方式粗放等问题，导致区域水土流失、石漠化问题突出、地质灾害增多、野生动植物栖息地破坏等。河道乱采滥挖、乱丢乱弃、乱堆乱建等“三乱”现象偶有发生，给河道防洪安全、供水安全、航运安全和水生态安全带来较大影响。

船舶污染防治压力较大。清江流域航行船舶众多，现仅清江库区长阳辖区内就有各类船舶3414艘（其中旅游船17艘，普通客船11艘，客渡船189艘，公务船6艘，高速船16艘，汽渡船4艘，货船20艘，趸船14艘，清漂船2艘，油船1艘，溢油（污油）回收船1艘，链斗式挖泥船1艘，农用船舶3132艘）。以上船舶虽无危化品等高危运输船，但航行船舶生活污水及油污有效治理仍有待进一步加强。

6. 清江流域污染防治措施讨论及建议

虽然清江干流水体环境质量持续保持优良，但在部分断面和区域仍然存在超标风险，尤其是利川七要口、恩施大沙坝、长沙河和景阳河4个断面。利川七要口和恩施大沙坝是清江干流目前仅有的两个规划为Ⅲ类水质标准的断面，且处于上游，河道水量小，又流经利川市和恩施州两座人口密集城市，污染防治压力较大；长沙河断面改善效果不明显，且自2019年开始有恶化趋势；景阳河断面自2020年水环境质量开始出现波动。为此，需要全流域积极行动，采取有力措施共同推进清江保护工作，共同缔造清江流域治理的典范，为全国流域治理探索可复制的新模式。

6.1 强化系统思维，构建流域综合治理新格局

实施流域分区综合治理。根据清江流域片区

的“底图单元”，在识别流域水资源禀赋、水生态环境功能定位、环境承载能力等环境特征基础上，充分考虑环境保护要求，产业基础和长远发展需求等因素，科学识别并设置流域分区水环境安全底线。要在湖北省级统筹下打破九龙治水各自为政的局面，促成上下游、左右岸协调一致，共同推进清江保护。

优化水生态环境保护空间布局。从生态系统整体性和流域系统性出发，坚持生态优先、绿色发展，更加注重水资源、水生态、水环境的“三水”统筹发展与生态环境保护^[26]。坚持以水定绿、以水定产、以水定人、以水定城，优化沿江企业布局，进一步推进“三线一单”生态环境分区管控落地应用见效。自觉落实《长江保护法》明确的“四个禁止”^[22]（禁止在长江流域重点生态功能区布局对生态系统有严重影响的产业；禁止重污染企业和项目向长江中上游转移；禁止在长江干支流岸线一公里范围内新建、扩建化工园区和化工项目；禁止在长江干流岸线三公里范围内和重要支流岸线一公里范围内新建、改建、扩建尾矿库）。同时加快实施工业技改，推进减污降碳协同增效。

深化流域管理和要素系统治理。健全流域空间管控体系，加强省市县统筹，打通水里和岸上的污染源管理体系。强化省级统筹，落实省政府联席会议制度^[21]，加快建立保护联合协同机制；加快建立流域补偿机制，强化信息共享，联动应急处置。推进山水林田湖草等系统生态修复，以清江岸线增彩为抓手，全流域开展补植复绿。加快绿色矿山创建，推进露天矿山修复；巩固养殖网箱清理取缔成果，水产养殖全面转型上岸。践行降碳减污扩绿增长。

6.2 为人民群众提供良好水生态产品

强化饮用水水质安全保障。持续推进饮用水水源地排查整治，现阶段尤其是要加快完成乡镇级集中式饮用水水源保护区划定和勘界立标，实施从水源地到水龙头的全过程控制，保

障水质绝对安全。加快实施清江水系连通及生态修复工程^[32]，该工程自清江隔河岩水库引水至宜昌市点军区，再从长江底引入宜昌江北中心城区，在提升宜昌城市供水品质的同时实现中心城区可切换双水源运行模式；还将通过预留分水管线，完成宜都市应急备用水源布局；通过桥边河连通工程实现桥边河与清江的水系连通，在为宜昌点军区提供优质供水水源的同时，促进宜昌江南城区生态环境的修复，筑牢长江生态屏障。届时，清江将作为宜昌、宜都、长阳等城区近500万人的饮用水水源地。

持续加大清江保护宣传力度。充分用好世界水日、世界地球日、世界环境日、“9·12清江保护日”等时间节点，通过开展宣教活动、现身说法、开放环保设施等形式加大清江流域生态环境保护工作的宣传力度，增强覆盖面，充分用好“河湖长”日常巡河等有利时机，特别是加大沿岸居民的普法力度，让广大群众明白保护清江就是保护长江，就是保护我们自己，形成人人知法、守法、护法的良性互动。

6.3 巩固深化水污染治理成果

加快清江干支流排污口系统溯源整治。研究部署全流域排污口全覆盖排查，促进规范管理。大力提升城镇污染防治水平，城市建成区生活污水直排口、收集处理设施空白区污水尽快实现全收集、全处理、全达标。高标准规划新扩建城区污水管网等城市治污基础设施，既还“旧账”，也不欠“新债”。

推动流域内工业企业稳定达标排放，工业废水实行前端预处理。国家级和省级工业园区要在实现污水管网质量和污水收集处理效能明显提升方面作表率，污水应收尽收，应治尽治，稳定达标。

持续推进农业农村污染防治。要深化基础研究，破解其污染形成机制；强化生态系统服务功能，促进全过程防控；加强技术的物化研究，推动技术应用^[33]。加快实施行政村环境整治、农村

生活污水治理等工程，减少污水直排；开展测土施肥、农药化肥减量，城乡生活垃圾无害化处理，有效推进面源污染水岸协同治理。

深化黑臭水体整治。要尽快完成流域县级城市建成区内黑臭水体排查并制定整治方案，有计划地消除县级城市黑臭水体和较大面积农村黑臭水体。疏堵结合推进畜禽养殖废弃物规范化、资源化处置，大力推广“猪—沼—果、猪—沼—稻、林下养鸡、发酵床养猪及池塘循环流水养鱼”等模式^[34]，依法打击违法乱排、偷排等违法犯罪行为。要杜绝旱季“藏污纳垢”，汛期“零存整取”现象^[30]。

加强船舶港口污染防治。清江干流航行船舶以旅游、客运和农用为主，污染源主要为船舶生活污水、废油、垃圾等。要尽快完成航行船舶生活污水设施改造，推动“电化清江”新能源船舶推广试点示范工作。规范化建设（改造）库区港口船舶污染物接收处置及转运码头（设施），集中收、储、处，实行联单制转运监管，全流程跟踪处置，确保污水、废油不入江。

6.4 推动水生态保护修复

提升水源涵养能力。严格重要水源涵养区用途管制，强化重要水源涵养区保护修复。特别是长阳、五峰作为国家水土保持生态功能区，要大力推行节水灌溉和雨水集蓄利用，发展旱作节水农业；开展国土整治、退耕还林和植树造林，减少水土流失；加强小流域综合治理，实行封山禁牧，恢复退化植被。加强对能源和矿产资源开发及建设项目的监管，加大矿山环境整治修复力度，最大限度地减少人为因素造成新的水土流失。

保护水生生物多样性。贯彻落实禁捕制度，推进生物多样性观测体系建设，强化就地保护和迁地保护，科学实施水生生物洄游通道和重要栖息地恢复工程。实施生态缓冲带保护和建设，推进生态缓冲带划定工作，强化河流生态缓冲带监管，争取生态缓冲带修复与建设试点。强化沿岸滩涂湿地生态保护治理，强化自然湿地修复和恢

复。持续开展增殖放流，加强水生生物多样性跟踪评价。

6.5 积极防范水环境风险

保障河流生态用水。提高水资源利用效率，强化用水总量约束，对标创建国家节水型城市，降低城镇供水管网漏损率。推进区域水资源循环利用，推动污水资源化利用，合理规划布局再生水输配设施，尽快实行中水回用，污水处理厂排水回用等。保障河流生态流量（水位）。目前针对清江的水系连通工程，主要是从清江调水外出，生态用水压力进一步加大，要更加科学合理加强江河、库水量配置与调度管理，确保流域小水电足额泄放生态流量。可按逐月频率法，即丰水期频率取90%、平水期取70%、枯水期取50%作为一般年份清江水库的生态调度基准；如遇偏丰年份，可按各月频率均取50%进行水库生态调度；如遇偏枯年份，可按照RVA测定的最小生态流量进行生态调度^[35]。

加强环境风险预防设施建设。落实沿江工业企业环境风险防范主体责任，特别加强工业园区环境风险防范。提升环境风险预警和应急处置能力建设。加强环境风险调查评估，强化监督监管预警体系建设，加强重点时段、重点水域水华防控。加强流域特征污染物微水站和智能监控平台建设。强化环境风险应急协调联动机制建设，上下游、左右岸协同，全面提升环境风险应急处置能力。大力推进“河湖长制”，用好河长日常巡查管护，及时发现问题，处理问题。属地切实履行责任及时清理河道漂浮物，系统梳理分析污水、垃圾“跑、遗、漏”“源、流、汇”等过程关键环节，积极构建“互联网+天地一体”的监管体系^[36]。

6.6 加强监管能力建设

加大清江流域生态环境尤其是涉水违法犯罪行为打击力度。既紧盯水体的直观变化，也关注岸上的各类污染源和生态环境破坏行为。加大部门联合执法监管力度，开展跨行政区域环境执

法,用好“河长+检察长”“环保+公安”等创新举措,依法打击一批、规范一批、整改一批环境违法行为,形成违法必究,执法必严的震慑。

大力提升水生态环境监督管理水平。完善流域水生态环境保护协作机制,加强流域水生态环境保护相关法规标准建设,深入贯彻落实《中华人民共和国水污染防治法》《中华人民共和国长江保护法》《湖北省水污染防治条例》《湖北省清江流域水生态环境保护条例》等,进一步强化信息化管理能力。在施行好当前法律和单行条例的基础上,恩施州、长阳和五峰继续发挥民族自治的立法优势,有针对性地进一步加大清江保护立法工作,进一步织密法治网络,如长阳针对畜禽养殖污染等生态环境问题正在制定的《长阳土家族自治县畜禽养殖污染防治条例》。

积极构建水环境生态监测网络。完善流域地表水监测网络,深化地表水环境质量监测,拓展流域水生态监测,开展入河排污口和面源监测,推进水质预测预警业务化应用。探索流域特征污染物快析、快检、快处方法。加强移动监测,加强现场检测能力建设和环境监测技术人员技能培训,培养多面手,确保测得快、测得准。

责任编辑:李琦 校对:李琦 宋子阳

参考文献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府.中共中央,国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见.(2021-11-07)[2023-01-18].http://www.gov.cn/zhengce/2021-11/07/content_5649656.htm.
- [2] 吴传清.长江经济带产业蓝皮书:长江经济带产业发展报告[M].北京:社会科学文献出版社,2019:481.
- [3] 李海生,杨鹤平,赵艳民,等.聚焦水生态环境突出问题,持续推进长江生态保护修复[J].环境工程技术学报,2022,12(2):336-347.
- [4] 每日一习话:要把修复长江生态环境摆在压倒性位置[EB/OL].(2021-01-06)[2023-01-18].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1742897289095247625&for=pc>.
- [5] "习总书记考察长江"漫评①:共抓长江大保护事项高质量发展[EB/OL].(2018-0-26)[2023-01-18].<https://opinion.people.com.cn/n1/2018/0426/c1003-29952990.html>.
- [6] 荆楚旗帜网.立足新发展阶段 贯彻新发展理念 努力建设全国构建新发展格局先行区 奋进全面建设社会主义现代化新征程——在中国共产党湖北省第十二次代表大会上的报告.(2022-06-24)[2023-01-18].http://www.jcqzw.com/ssyw/202206/t20220624_1145458.shtml.
- [7] 尤能华,李娟娟,石应,等.清江流域近年水环境质量的变化规律及原因分析[J].宁夏农林科技,2011,52(8):48-49.
- [8] 陈桂亚,郭海晋.清江流域水文特性概述[J].长江职工大学学报,2001,18(1):29-31.
- [9] 中华人民共和国生态环境部.环境质量.生态环境状况公报.中国生态环境状况公报[EB/OL]. [2023-01-18].<https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/zghjzkgb/>.
- [10] 恩施土家族苗族自治州生态环境局.政务公开.法定主动公开内容.公益事业建设.环境质量[EB/OL]. [2023-01-18].<http://hbj.enshi.gov.cn/xxgk/zdgk/shgysy/hjzl/>.
- [11] 宜昌市生态环境局.政务公开.法定主动公开内容.公益事业建设.生态环境.空气、水和土壤环境质量[EB/OL]. [2023-01-18].<http://www.yichang.gov.cn/zfxxgk/list.html?depid=873>.
- [12] GB3838-2002,地表水环境质量标准[S].北京:生态环境部,生态环境标准,2002.
- [13] 央广网.湖北频道.湖北宜昌清江获评全国美丽河湖.(2021-09-02)[2023-01-18].http://www.cnr.cn/hubei/gstjhubei/20210902/t20210902_525587119.shtml.
- [14] 中华人民共和国中央人民政府.中共中央,国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见.(2018-06-24)[2023-01-18].http://www.gov.cn/zhengce/2018-06/24/content_5300953.htm.
- [15] 湖北省人民政府.省人民政府关于印发湖

北省"厕所革命"三年攻坚行动计划(2018-2020年)的通知.(2017-12-31)[2023-01-18].http://www.hubei.gov.cn/zfwj/ezf/201801/t20180119_1712072.shtml.

[16] 湖北省人民政府.省人民政府关于印发湖北省精准灭荒工程三年行动方案(2018-2020年)的通知.(2018-01-16)[2023-01-18].http://www.hubei.gov.cn/zfwj/ezf/201801/t20180129_1712074.shtml.

[17] 湖北省住房和城乡建设厅.城乡生活污水处理行动方案出台,2020年城市污水处理率达95%.(2018-07-02)[2023-01-18].http://zjt.hubei.gov.cn/bmdt/ztzl/wszl/gzdt/201910/t20191028_79009.shtml.

[18] 湖北省人民政府.省人民政府办公厅关于印发湖北省城乡生活垃圾无害化处理全达标三年行动实施方案的通知.(2017-12-30)[2023-01-18].http://www.hubei.gov.cn/zfwj/ezbf/201801/t20180119_1713502.shtml.

[19] 湖北省人民政府.湖北启动长江保护十大战役"升级版".(2022-3-11)[2023-01-18].http://www.hubei.gov.cn/zfwj/ezbf/202010/t20201014_2954501.shtml.

[20] 湖北省人民政府.省人民政府办公厅关于印发湖北省疫后重振补短板强功能生态环境补短板工程三年行动实施方案(2020-2022年)的通知.(2020-9-11)[2023-01-18].http://www.hubei.gov.cn/zfwj/ezbf/202010/t20201014_2954501.shtml.

[21] 湖北省人民代表大会常务委员会.湖北法规库.湖北省清江流域水生态环境保护条例.(2019-9-26)[2023-01-18].http://119.36.213.154:8088/fgk/index_xq.jsp?Rileid=617.

[22] 中国人大网.中华人民共和国长江保护法.(2020-12-26)[2023-01-18].<http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202012/1626d0bc5284485588222995e712c434.shtml>.

[23] 长江云.湖北首设"清江保护日".(2015-09-14)[2023-01-18].<http://news.hbtv.com.cn/p/88257.html>.

[24] 郭丹,蒋进元,李莹杰,等.嘉陵江流域主要生态环境问题识别及建议[J].环境保护,2022,50(732):33-36.

[25] 宜昌市水利湖泊局.清江引水工程前期工作

推进会在武汉召开.(2022-10-31)[2023-01-18].<http://shj.yichang.gov.cn/content-53126-960815-1.html>.

[26] 中华人民共和国财政部.财政部关于下达2022年生猪(牛羊)调出大县奖励资金预算的通知.(2022-04-29)[2023-01-18].http://jjs.mof.gov.cn/ybxyzf/szzj/202205/t20220512_3809794.htm.

[27] 刘录三,黄国鲜,王璠,等.长江流域水生态环境安全主要问题、形式与对策[J].环境科学研究,2020,33(5):1081-1090.

[28] 湖北日报.荆楚网.恩施州投入近15亿元护清江,新建57座乡镇污水处理厂.(2017-11-23)[2023-01-18].<http://news.cnhubei.com/xw/hb/es/201711/t4031595.shtml>.

[29] 恩施土家族苗族自治州人民政府.恩施市大沙坝污水处理厂成功通水.(2020-09-09)[2023-01-18].http://www.enshi.gov.cn/xw/xsdt/202009/t20200909_641394.shtml.

[30] 朱延忠,周娟,赵艳民,等.长江流域生态环境保护的成效与建议[J].环境保护,2022,50(732):24-26.

[31] 秦延文,赵艳民,马迎群,等.三峡水库氮磷污染防治政策建议:生态补偿·污染控制·质量考核[J].环境科学研究,2018,31(1):1-8.

[32] 三峡日报.宜昌市清江水系连通及生态修复工程二期可研报告通过专家评审穿江工程将实现"引清入宜"梦想.(2022-01-11)[2023-01-18].<http://epaper.cn3x.com.cn/sxrb/content/202201/11/c210371.html>.

[33] 杨林章,吴永红.农业面源污染防控与水环境保护[J].中国科学院院刊,2018,33(2):168-176.

[34] 殷培红,耿润哲,王萌,等.长江经济带农业面源污染治理中的关键问题及建议[J].环境与可持续发展,2019,44(2):22-25.

[35] 李千珣,郭生练,邓乐乐,等.清江最小和适宜生态流量的计算与评价[J].水文,2021,41(2):14-19.

[36] 李海生,朱广庆,杨鹤平,等.长江保护修复联合研究实践与展望[J].环境保护,2022,50(732):15-18.

(下转第94页)

杰出科学家个体科研生涯成果分析

——以2022年诺贝尔生理学或医学奖获得者Svante Pääbo为例

李 杰¹, 时慧敏^{1,2}, 游晟奕^{1,2}, 谢 靖¹, 赵 艳³

(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信息资源管理系, 北京 100190; 3. 中国科学院自然科学史研究所, 北京 100010)

摘 要: 分析杰出科学家个体的科研生涯, 对全面认识杰出科学家个体的研究特征以及未来杰出人才的培养有重要价值。本文以2022年诺贝尔生理学或医学奖获得者Pääbo S为例, 使用Web of Science数据库采集了336篇Pääbo S所发表的学术论文。对论文从产出、合作、研究主题等方面进行了分析。结果表明: Pääbo S不仅是一位高产学者, 而且他的论文也具有很高的质量。他是一位杰出的科研合作者, 合作伙伴遍及全球各地。其中, 国家层面上, 与美国、英国、俄罗斯以及中国合作密切; 机构层面上, 与俄罗斯科学院、中国科学院、加州伯克利分校以及英国牛津大学合作密切。在1613位合作者中, 与Kelso Janet, Meyer Matthias, Khaitovich Philipp, Krause Johannes以及Pruefer Kay合作密切。Pääbo S论文主要聚焦在利用DNA的解析技术, 对古生物进行测序与分析, 涉及的高频关键词包含古代DNA、尼安德特人、线粒体DNA以及人类进化等。最后, 对Pääbo S论文的引证频次分布和代表作进行分析, 发现了其高影响力成果分布特征。Pääbo S的科研生涯已经发表的论文成果展现出了他作为一名杰出科学家的个人特征, 这些特征对未来青年创新人才的培养具有重要的价值。

关键词: Pääbo S, 杰出科学家, 诺贝尔奖, 科研生涯, 科学计量

1. 引言

1.1 杰出科学家研究概述

杰出科学家是在某一领域作出重要发现或具有重要贡献的科学家, 是领域内的开拓者、奠基人、推动者和革新者。近年来, 对杰出科学家的研究与分析, 越来越受到科技政策研究者的关注。围绕杰出科学家的特征或成长规律^[1-2]、杰

出科学家的支持政策^[3]、杰出科学家的科研合作特征^[4]、杰出科学家的科研产出规律^[5]、杰出科学家的师承关系^[6]、杰出科学家管理、国家认可机制以及行政任职等^[7-9]问题展开研究和讨论, 对认识杰出科学家特征和未来杰出人才培养有重要价值。在具体的研究中, 可以从个体与群体两个维度来对杰出科学家进行挖掘与分析。个体维度的分析更加强调对杰出科学家个人学术生涯的

作者简介: 李 杰, 中国科学院文献情报中心, 副研究员, 研究方向为科学计量学, 学术传承学术创新效应以及安全科学。

时慧敏, 中国科学院文献情报中心, 硕士研究生, 研究方向为大数据分析与人评价。

游晟奕, 中国科学院文献情报中心, 硕士研究生, 研究方向为科技文献挖掘与知识可视化。

谢 靖, 中国科学院文献情报中心, 研究馆员, 研究方向为知识服务与智能应用。

赵 艳, 中国科学院自然科学史研究所, 研究馆员, 研究方向为数据管理和组织, 开放获取与开放科学。

挖掘,通过分析学术成果以探索其科研生涯的产出、合作以及主题特征等^[10-12]。群体特征则强调的是对某一类或者杰出科学家整体的分析,其结果往往是统计学维度的共性特征或者平均指标^[1, 13]。两种分析维度各有利弊,群体的分析容易得到广泛的适用性结果,而个体分析侧重对研究方向和个人研究特质的挖掘。因此,无论是从个体维度还是群体维度分析杰出科学家都具有一定的研究价值。

杰出科学家个体的科研生涯,记录着其科学研究的历程,并在一定程度上回答了其成功的因素。对杰出科学家个体的挖掘,不仅能认识一个领域的研究演化特征,而且有助于学习他们在研究过程中所展现出的特质,这对于青年人才的培养具有重要意义。众所周知,诺贝尔奖是目前全球科学研究的最高荣誉,获得这一奖项的科学家通常都是在他们所在的领域内取得了卓越的成就。选择诺贝尔奖获得者作为杰出科学家进行分析是可行的。因此,本研究中,拟以2022年诺贝尔生理学或医学奖获得者Svante Pääbo(斯文特·帕玻,下

文统一使用帕玻)为例来进行分析。

1.2 帕玻个人情况简述

帕玻1955年出生于瑞典斯德哥尔摩,其父亲Sune Bergström(1916.1.10—2004.8.1)是1982年诺贝尔生理学或医学奖的获得者。1975—1976年,帕玻就读于瑞典国防口译学校,1975—1981年在乌普萨拉大学人文学院学习,学习内容包含了科学史、埃及学以及俄语等。1977—1980年就读于瑞典乌普萨拉大学进行医学研究,1979—1980年在乌普萨拉细胞生物学系和美国新泽西州努特利罗氏分子生物学研究所兼职研究和教学工作。1990年,35岁的帕玻获得了慕尼黑大学的教授职位。1997年至今,帕玻一直担任德国马普学会莱比锡进化人类学研究所所长。在帕玻的学术生涯中,获得了来自德国、瑞典、俄罗斯等国家或地区的多项科学研究荣誉,并担任了多所研究机构或大学的客座教授或研究员¹。通过统计其主页信息,截至2023年1月,帕玻共获得了来自十余个国家或地区的院/会士称号,如表1。由于

表1 帕玻所获得的院士/会士称号

编号	时间	院士/会士称号	生理年龄
1	1998 年	欧洲科学院院士	43
2	1999年	EMBO院士	44
3	2000 年	瑞典斯德哥尔摩皇家科学院院士	45
4	2002 年	德国科学院院士、芬兰科学院外籍院士	47
5	2003 年	萨克逊科学院院士	48
6	2004 年	美国国家科学院外籍院士	49
7	2007 年	比利时科学院名誉院士	52
8	2011年	美国艺术与科学学院外籍院士	56
9	2012年	克罗地亚科学与艺术学院通讯院士	57
10	2013年	瑞典斯德哥尔摩皇家工程院外籍院士	58
11	2016年	法国科学院外籍院士、英国伦敦皇家学会外籍会士	61

¹ Pääbo S简历主页: <https://www.eva.mpg.de/genetics/staff/paabo/>.

其在古人类演化学上的研究贡献, 北京时间2022年10月3日, 诺贝尔奖委员会授予帕玻(67岁)2022年诺贝尔生理学或医学奖, 以表彰他“在已灭绝古人类基因组和人类进化方面的发现(for his discoveries concerning the genomes of extinct hominins and human evolution)”^[14]。

2. 样本数据与分析方法

2.1 数据的基础统计

2022年10月3日, 在Web of Science (WoS) 核心合集中, 以Paabo Svante (作者) 为检索条件, 共获取了帕玻所发表的336篇学术论文, 总被引达到了57010次, 篇均被引169.67次, H指数为124。

其中, WoS中收录的1983–2022年所发表论文的时序产出如图1。帕玻论文产出整体上呈现了显著的波动性, 并先后出现了三个显著的峰值, 分别为1996年(41岁, 发文15篇), 2005–2006年(50岁~51岁, 分别发文17篇和18篇)和2014年(59岁, 发文20篇)。样本数据显示, 1983年帕玻28岁首次在Cell上发表了第一篇被WoS收录的论文“Association Between Transplantation Antigens and A Viral Membrane-Protein Synthesized from A Mammalian Expression Vector”^[15]。结合其职业生涯中工作单位的变动来看, 科学生涯初期帕玻频繁地在瑞士、美国、德国以及瑞典等重要机构从事科研工作或学习。过去三年(2020–2022年), 帕玻的研究产出量呈现了急剧的下降趋势。

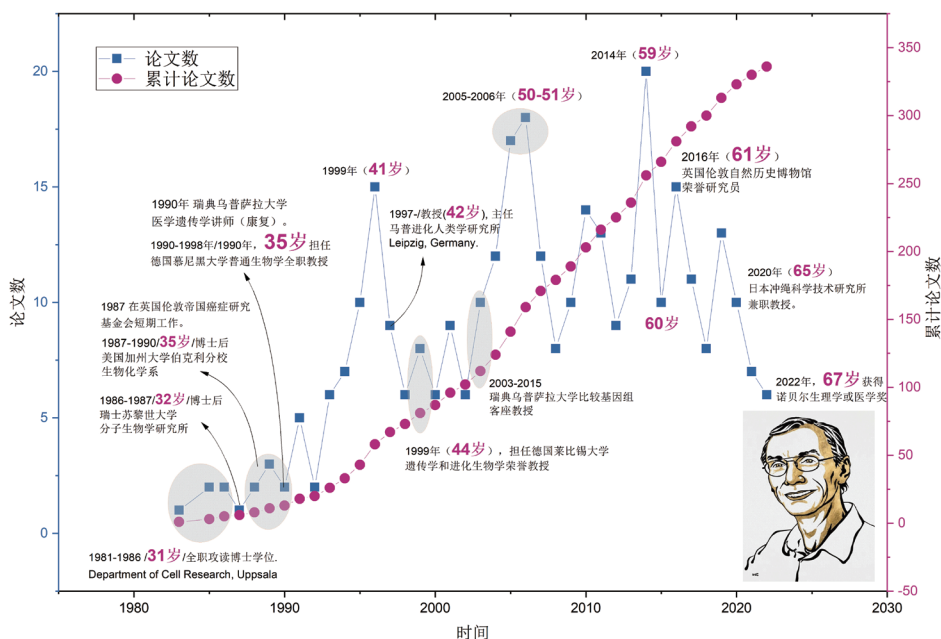


图1 1983—2022年帕玻论文产出与主要学术生涯

对帕玻所发表论文的出版物分布的分析结果显示, 其论文发表在77个不同的出版物中, 其中发文量不小于5篇的期刊共有16个, 如图2。从发表的期刊来看, 帕玻所发表的刊源具有较高的学术影响力。其中, 在Nature期刊上总发文达到了46篇, 占到了所有论文的13.69%。随后依次是PNAS和Science, 在Cell上发文也达到了9篇。

2.2 数据分析方法

本研究采用科学计量学与知识可视化的分析方法与技术, 通过VOS viewer^[16]和SCIImago Graphica^[17]科学知识图谱工具, 从帕玻所发表的论文中提取知识单元, 构建帕玻的学术合作关系网络以及研究主题网络。具体分析过程为: ①从WoS采集帕玻的学术论文数据, 并将采集的数据保存为纯文本格式。②将所下载的数据导入到自主开发的Bibliographic Analysis Tool中进行数据的

期刊名称	论文数	累计论文	占比	累计	首发时间	生理年龄
<i>Nature</i>	46	46	13.69%	13.69%	1985	30
<i>PNAS</i>	43	89	12.80%	26.49%	1986	31
<i>Science</i>	29	118	8.63%	35.12%	1994	39
<i>Current Biology</i>	16	134	4.76%	39.88%	2003	48
<i>Molecular Biology and Evolution</i>	15	149	4.46%	44.35%	1995	40
<i>American Journal of Human Genetics</i>	14	163	4.17%	48.51%	1991	36
<i>Plos One</i>	11	174	3.27%	51.79%	2007	52
<i>American Journal of Physical Anthropology</i>	11	185	3.27%	55.06%	1990	35
<i>Nucleic Acids Research</i>	11	196	3.27%	58.33%	1988	33
<i>Plos Biology</i>	10	206	2.98%	61.31%	2004	49
<i>Nature Genetics</i>	10	216	2.98%	64.29%	1995	40
<i>Cell</i>	9	225	2.68%	66.96%	1983	28
<i>Genetics</i>	8	233	2.38%	69.35%	1994	39
<i>Genome Research</i>	6	239	1.79%	71.13%	1995	40
<i>Science Advances</i>	5	244	1.49%	72.62%	2016	61
<i>Nature Communications</i>	5	249	1.49%	74.11%	2014	59

图2 帕玻所发表论文主要刊源

预处理。处理后，将数据导入到VOSviewer进行数据的分析，并得到初步的分析结果；按照初步的分析结果，进一步进行数据清洗。③将清洗后的数据导入到VOSviewer和SCImago Graphica中进行数据的分析和可视化，得到帕玻的合作、研究主题等分析结果。

3. 帕玻的全球科研合作

3.1 帕玻论文的地区合作分析

在国家或地区合作层面上，帕玻的论文涵盖了68个不同的国家和地区，如图3。帕玻广泛的国际合作与其研究的学科特征密不可分，这是因

为以古生物DNA为研究对象，广泛的样本和证据是保证其研究结果具有科学性的重要保障。帕玻建立了期刊的古生物DNA研究范式，并在全球范围应用和推广，使得人类对古生物的演化认识更加全面，这也是帕玻取得重大学术成就的重要原因。在所有合作的国家或地区中，德国以290篇排名第一。其余与他主要合作的国家为美国（122篇）、英国（58篇）、俄罗斯（53篇）以及中国（46篇）。这些国家或地区与帕玻建立的合作关系，对所在区域的古生物演化研究具有重要意义。

为了深入了解其与我国的合作情况，从论文数据集中提取出包含我国作者的论文，进一步的

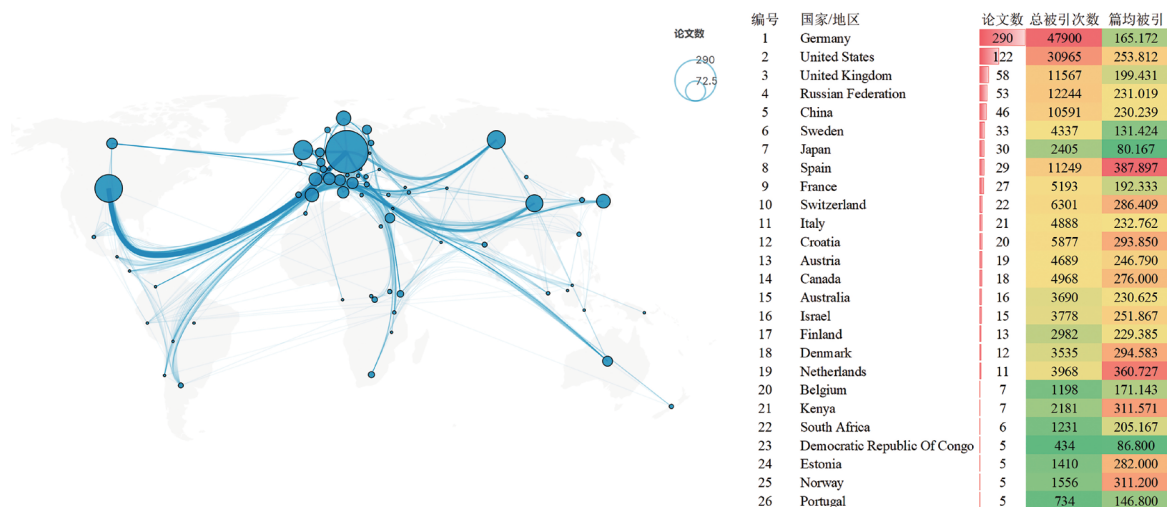


图3 帕玻所发表论文来源地

分析。我国学者与帕玻合作发表了46篇论文，时间跨度为2003—2021年，论文类型包含了44篇研究论文、1篇信件和1篇会议论文。除了我国和德国学者外，论文作者还包括全球52个不同国家或地区，如图4。主要的合作对象为美国（27篇）、俄罗斯（20篇）、西班牙（10篇）、日本（9篇）以及英国（9篇）。这些论文主要发表在*Nature*（14篇）、*PNAS*（5篇）、*Science*（3篇）、*Plos Biology*（3篇）以及*Plos Genetics*（3篇）上。从作者视角来看，与我国学者合作密切的国外学者包括Khaitovich Philipp（26篇）、Kelso Janet（19

篇）、Meyer Matthias（16篇）、Reich David（11篇）以及Somel Mehmet（10篇）。我国学者中，与帕玻合作最为密切的学者为Fu Qiaomei（18篇）。此外，帕玻与我国学者或华人学者Yan Zheng（9篇）、Guo Song（7篇）、Li Heng（6篇）以及Liu Xiling（6篇）等也建立论文合著关系。在机构层面上，主要与我国的中国科学院（39篇）^[18]、中国科学院大学（3篇）、国家人类基因组中心·上海（2篇）以及广州医科大学（1篇）等机构进行了合作。

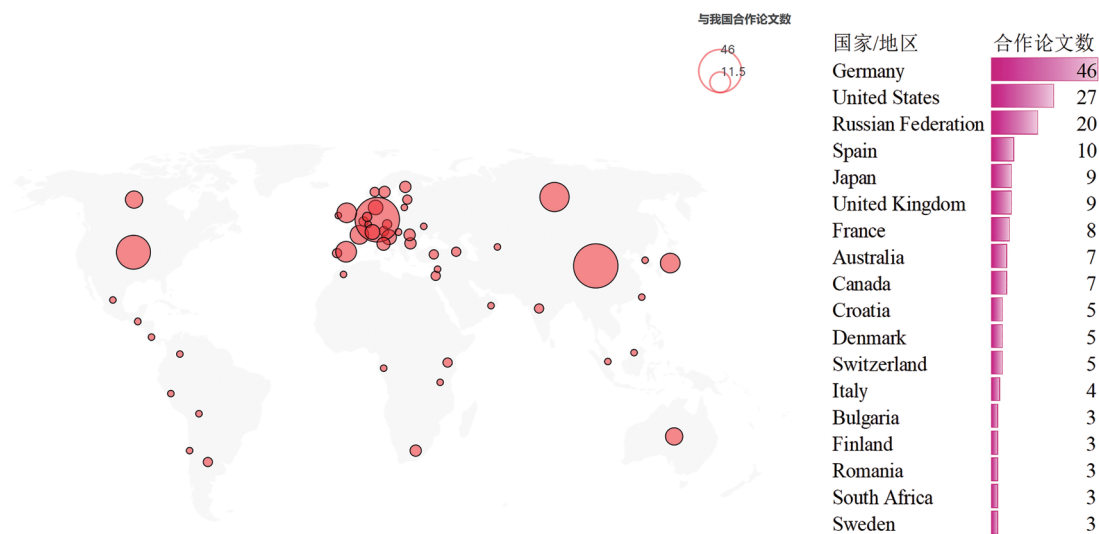


图4 帕玻与我国学者合作论文中作者参与的国家或地区分布

3.2 帕玻论文的机构合作分析

帕玻的论文中共出现了579个单位，合作论文不小于5篇的机构合作网络，如图5。在所有的机构中，其工作时间最长的马普学会进化人类学研究所（Max Planck Inst Evolutionary Anthropol）以发文246篇位居第一，排名第二的是德国慕尼黑大学（Univ Munich），发文46篇。这两所机构都是帕玻在不同时期工作的单位。此外，帕玻与俄罗斯科学院（Russian Acad Sci，43篇）、中国科学院（Chinese Acad Sci，39篇）、美国加州伯克利分校（Univ Calif Berkeley，30篇）、英国牛津大学

（Univ Oxford，25篇）、美国哈佛大学（Harvard Univ，23篇）以及图宾根大学（Univ Tübingen，22篇）建立了密切的合作关系。合作网络中还展示了帕玻在整个时间区间上合作的时间趋势。结果显示，早期帕玻在慕尼黑大学期间与苏黎世大学（Univ Zurich）、巴塞罗那大学（Univ Barcelona）以及宾夕法尼亚州大学（Penn State Univ）等大学合作密切。在近期的合作中，帕玻与冲绳科学技术研究所（Okinawa Inst Sci & Technol）¹、弗兰西斯·克里克研究所（Francis Crick Inst）以及卡罗林斯卡学院（Karolinska Inst）合作密切。

¹ 在帕玻2022年获得诺奖时，德国马普学会莱比锡进化人类学研究所和冲绳科学技术研究所作为工作单位被列在其个人的介绍中。

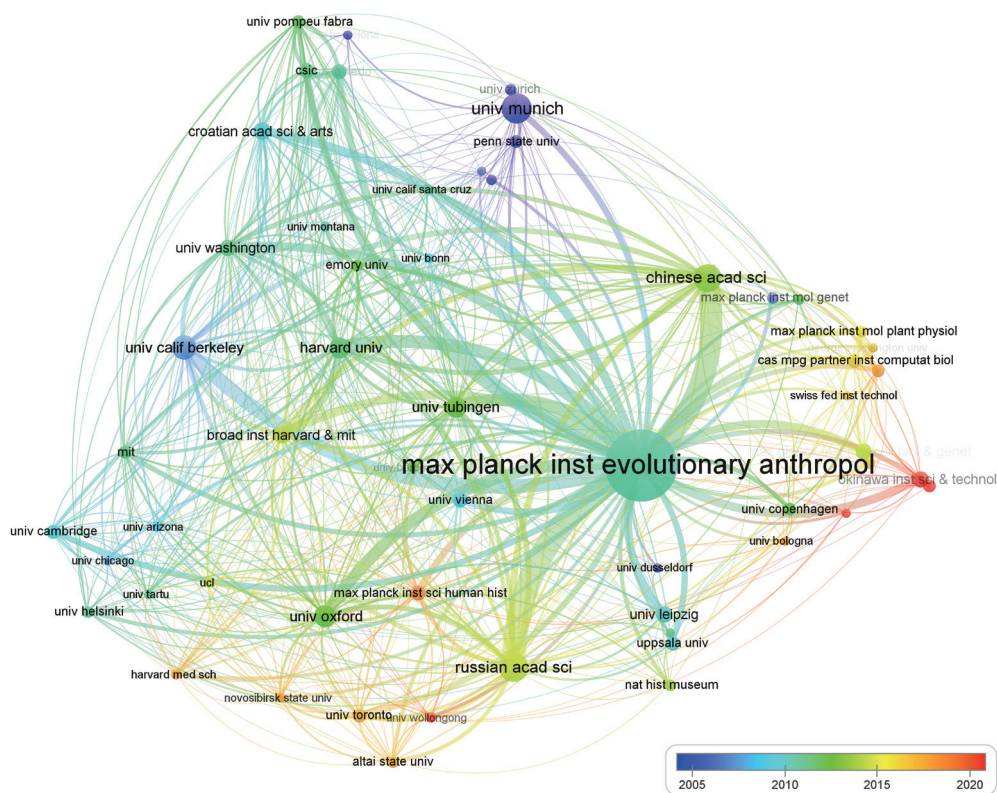


图5 帕玻论文机构的合作网络

3.3 帕玻论文的作者合作分析

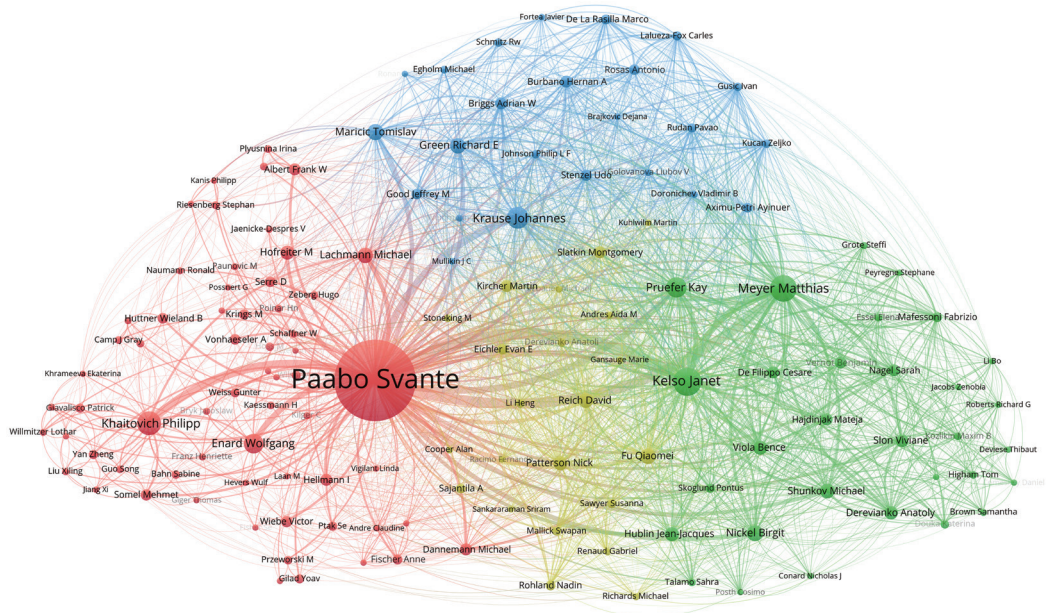
在作者层面上，帕玻共有1613位合作者，反映了帕玻超强的合作能力。在其所有发表的336篇论文中，只有17篇论文为帕玻独著，其余的319篇均为合著论文，整体论文的合著率达到了94.9%。在合著论文中，以4位和5位作者组成的论文数最多，分别为39篇和33篇。在所有论文中，单篇论文作者数量超过50位的有7篇论文（其中，5篇来自Nature，1篇来自Science，1篇来自Cell）。单篇作者数量超过100位的有2篇论文，都发表于Nature期刊^[19-20]。

在作者合作整体统计分析的基础上，提取了与帕玻合作论文数不小于5篇的作者，共有139位，形成的合作网络如图6。图6（a）学者合作网络形成了四个不同的合作群落。在合作网络中，相比不同群落中的学者，同一群落中的学者合作关系要更加密切。在合作网络中，帕玻主要的合作者见表2，与其合作最为密切的前5位学者的合作发文超过了30篇，这些学者依次为Kelso Janet

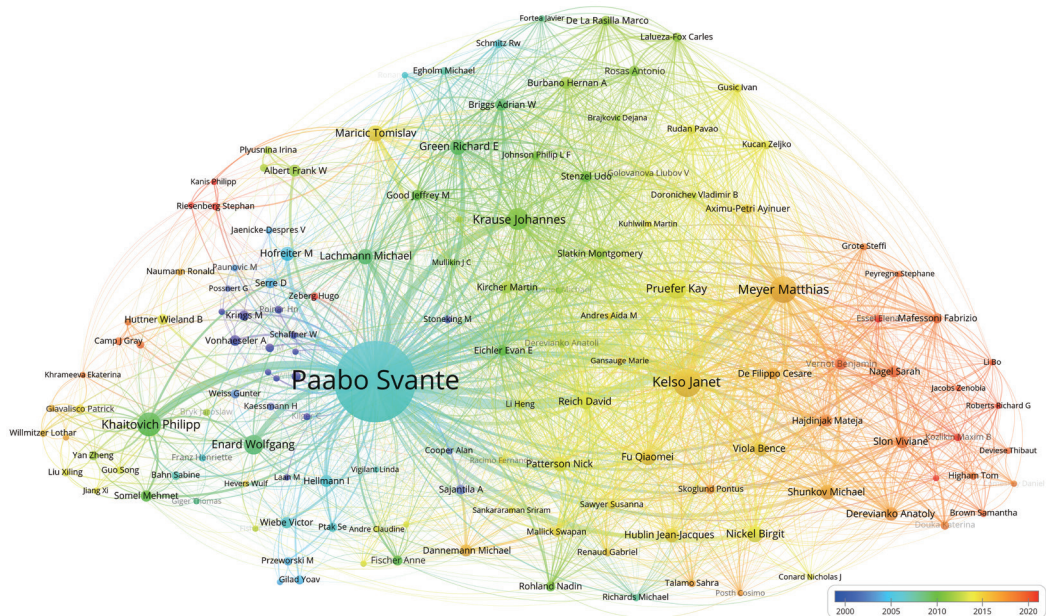
（56篇）、Meyer Matthias（51篇）、Khaitovich Philipp（42篇）、Krause Johannes（36篇）以及Pruefer Kay（32篇）。在来自我国的合作者中，中国科学院古脊椎动物与古人类研究所付巧妹作为帕玻的博士研究生，与帕玻累计合作发文达到了20篇。在时间维度上，图6（b）中右侧的作者群是帕玻近期的主要合作对象，发文的平均年份集中在2017年以后。其中近期合作最为活跃的学者是来自以色列特拉维夫大学的Slon Viviane和来自俄罗斯科学院的Derevianko Anatoly。

4. 帕玻论文的研究主题

帕玻论文中关键词形成的共现网络，如图7。节点的大小与关键词的词频呈正比，词频等于出现了该关键词的论文数，高频关键词列表见表3。分析结果显示，帕玻在其论文中使用热点关键词为古代DNA（17次）、尼安德特人（14次）、线粒体DNA（11次）、演化（10次）以及人类演化（10次）等，这些高频关键词表征了帕



(a) 帕玻合著网络的聚类



(b) 帕玻合著网络的时间趋势

图6 帕玻论文的合著网络

玻在其科研生涯中主要关注的研究话题。从帕玻的整个学术生涯来看, 其研究的核心就是围绕着从古生物中提取DNA展开的。古DNA研究是以分子生物学技术为基础发展起来的一个跨学科领域, 通过结合考古学、历史学、语言学和古生物学等知识来分析古生物的谱系和人类起源等。研究古人类DNA可以帮助我们厘清人群之间的亲缘

关系以及具体基因的演化过程。1985年, 还是博士生的帕玻在*Nature*上发表了一篇用分子克隆法研究埃及木乃伊DNA的文章, 在这项研究中, 帕玻成功将DNA技术完整地应用到古DNA上, 成为将DNA技术应用于考古人类学的先行者^[21]。这篇文章的最后, 帕玻还提出古DNA研究可以帮助人们回答人群或个体亲缘关系这一远见。帕玻对于古

表2 帕玻的主要合作者

编号	作者	论文数	总被引	平均时间	篇均被引
0	Paabo Svante	336	57010	2006.92	169.67
1	Kelso Janet	56	14570	2015.11	260.18
2	Meyer Matthias	51	13451	2015.92	263.75
3	Khaitovich Philipp	42	5285	2009.57	125.83
4	Krause Johannes	36	11282	2010.78	313.39
5	Pruefer Kay	32	10377	2013.34	324.28
6	Enard Wolfgang	30	5914	2008.93	197.13
7	Nickel Birgit	23	3932	2013.65	170.96
8	Maricic Tomislav	22	5429	2014.41	246.77
9	Green Richard E	21	8522	2009.29	405.81
10	Lachmann Michael	21	6921	2008.95	329.57
11	Fu Qiaomei (付巧妹)	20	8237	2014.80	411.85
12	Reich David	19	11583	2013.21	609.63
13	Shunkov Michael	19	5052	2016.42	265.89
14	Hofreiter M	18	3674	2004.94	204.11
15	Viola Bence	18	5180	2014.94	287.78
16	Hublin Jean-Jacques	17	2943	2014.35	173.12
17	Patterson Nick	17	11020	2013.35	648.24
18	Derevianko Anatoly	16	1470	2017.19	91.88
19	Slon Viviane	15	1294	2018.33	86.27

注：帕玻编号为0。

人类的研究则是选择了最接近现代人的灭绝旁系亲戚——尼安德特人进行分析的。随着古DNA研究技术的不断成熟，越来越多研究者开始利用古人类和现代人类的DNA来研究人类起源和扩散问题，对这些前沿问题的关注促使帕玻将注意力放到尼安德特人身上。在分析中，线粒体DNA是其主要的分析对象，通过对线粒体DNA的提取以及与现代人的比较来分析人类的遗传关系和演化过程。帕玻和他的团队在对比了现代人类和尼安德特人的线粒体DNA序列后，发现尼安德特人与现代人类的遗传距离较远。后来，一节来自西伯利

亚阿尔泰山丹尼索瓦洞穴的指骨为帕玻提供了认识尼安德特人以外古人类的契机。2010年帕玻的团队从这节指骨上用DNA捕获技术提取到完整的线粒体DNA序列，并发现这些线粒体DNA序列不属于已知的任何古人类^[21]。进化、人类进化等词语虽然是含义相对宽泛的关键词，但其直接表征了帕玻的研究目的——探索人类进化，他对古人类研究的专注与奉献为我们打开了一扇了解人类进化历程的窗户。

从关键词出现的平均时间来看，帕玻有关转运RNA、线粒体DNA、遗传多样性研究的论文

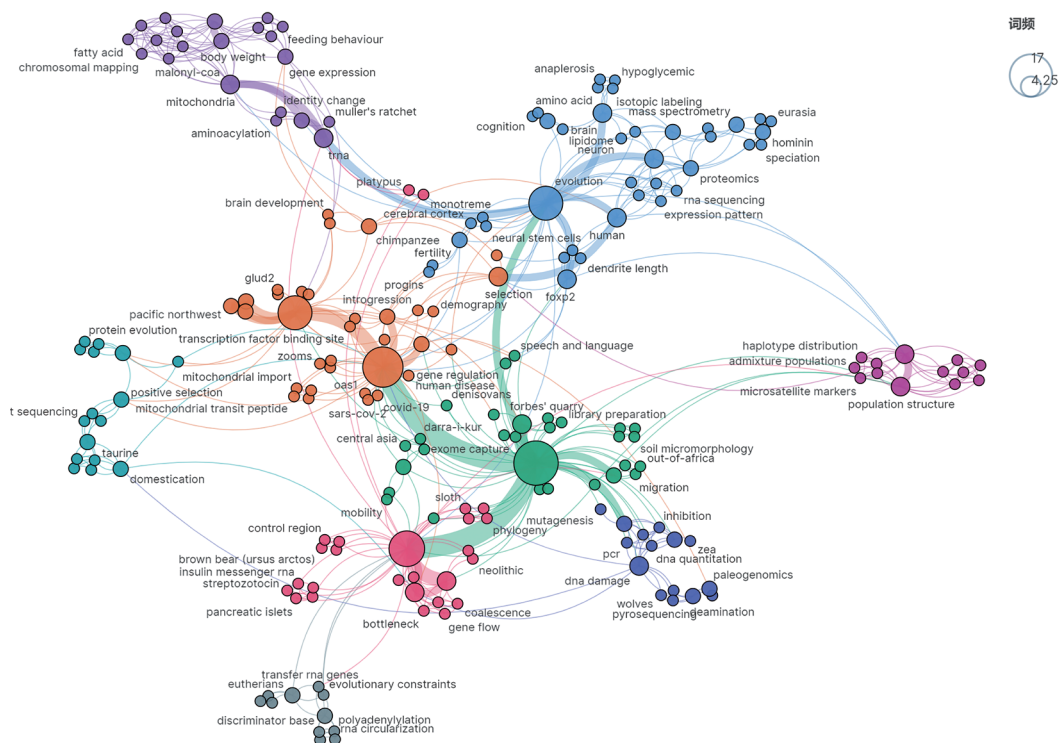


图7 帕玻论文的研究主题分布

平均出现时间较早。在后期的研究中, 帕玻的研究注意力主要集中在古遗传学框架下的尼安德特人、脑、FOXP2基因以及灵长类等相关主题中。在高频研究主题中, 涉及DNA损伤、人口史、古遗传学、人类进化以及尼安德特人的关键词具有较高的平均被引频次。为了进一步了解近期帕玻的研究关注点, 对提取的所有关键词按照平均出现时间进行排序。结果发现, 平均出现时间在2020—2022年的关键词有Denisova Cave (丹尼索瓦洞穴)、Sediment Curation (沉积物硫化)、Sediment DNA (沉积物DNA)、Soil Micromorphology (土壤微形态)、Covid-19 (新冠)、OAS1基因、Sars-Cov-2 (新冠)、Progesterone Receptor (孕酮受体) 以及孕激素受体基因PROGINS。从近期的关键词来看, 帕玻对新冠也有一定的关注和研究^[20-23]。并在研究中认为: “感染严重急性呼吸系统综合症冠状病毒2型(SARS-CoV-2)后患新型冠状病毒肺炎(COVID-19)重病的主要遗传风险因素是从尼安德特人遗传而来的(原文: The major genetic

risk factor associated with becoming severely ill with COVID-19 when infected by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) is inherited from Neandertals)^[22]”。

5. 帕玻论文引证与代表作分析

帕玻发表的336篇论文的被引频次分布, 如图8。所发表论文按照WoS总被引频次排名前30的论文, 如表4。在图8中同时展示了两种被引频次的分布, 分别为GCS全局被引次数和LCS本地被引次数。全局被引次数是指帕玻的论文在WoS全库中的被引次数, 本地被引次数是指帕玻论文的自引情况。如图8(a)所示, 无论是GCS还是LCS, 被引频次特别高的论文相对都比较少。按照GCS分析发现, 帕玻的零被引论文为27篇, 占比8%。按照LCS分析的结果显示, 其零被引论文达到了152篇, 占比达到了45.2%。这反映了在整体科学研究的视角下, 其研究成果得到了广泛的引用和关注。然而, 在其发表的336篇论文中, 高达45.2%的论文未得到自己的引用。如果从科学家个体研

表3 帕玻论文中的高频关键词（词频不小于3次）

编号	关键词	中文	词频	平均时间	篇均被引
1	Ancient DNA	古代DNA	17	2007.88	103.18
2	Neandertal	尼安德特人	14	2014.93	111.36
3	Mitochondrial DNA	线粒体DNA	11	1997.64	83.18
4	Evolution	演化	10	2008.70	47.60
5	Human Evolution	人类演化	10	2009.70	142.10
6	Brain	大脑	3	2014.67	17.67
7	DNA Damage	DNA损伤	3	2001.33	396.00
8	FOXP2	FOXP2基因 ¹	3	2011.00	81.33
9	Genetic Diversity	遗传多样性	3	2000.33	44.67
10	Human	人类	3	2008.67	23.33
11	Linkage Disequilibrium	连锁不平衡	3	2004.00	58.00
12	Mitochondria	线粒体	3	2002.00	36.00
13	Paleogenetics	古遗传学	3	2015.33	161.67
14	Population History	人口史	3	2001.67	306.67
15	Population Structure	人口结构	3	2002.33	96.33
16	Primate	灵长类	3	2012.00	107.00
17	Selection	选择	3	2010.33	44.67
18	TRNA	转运RNA	3	1995.67	34.67

究的传承性上来看，在引文视角上可以认为帕玻接近一半的研究成果在自己后续的研究中没有延续。此外，如表4所示，本地零被引论文中，共有2篇被引排名位列前30，且排名位于前50%。

图8（b）呈现了两种被引频次的相关图，从两个维度呈现了高被引论文的分布。分析结果显示，帕玻被引频次最高的论文达到了4077次，但自引频次仅仅为8次。虽然该篇论文具有最高的全局被引频次，然而并未被选为诺贝尔奖主页的Key Publication。进一步将诺贝尔奖主页中推荐的6篇Key Publication标记在该图上，结果显示6篇论文都在Top 30的论文中，并不是严格地按照LCS或

GCS的大小来进行选择。但从图示上来看，相较于其他论文，这一组论文的LCS和GSC都比较高。从选择论文主题的角度来看，尼安德特人的研究是帕玻的重点，也是他在学术生涯中的得意之作。帕玻的团队在2010年成功测序出尼安德特人的全基因组，论文A draft sequence of the Neandertal genome^[24]发表在Science上，该文章是帕玻最重要的学术成果之一。2014年，帕玻还专门出版了学术著作Neanderthal man: In search of lost genomes《尼安德特人：寻找丢失的基因》^[25]，可见该方面的研究在其学术生涯中的重要性。

在全局分析的基础上，进一步对诺贝尔奖

¹ FOXP2是对人类语言具有重要作用的基因，通过比较分析现代人和尼安德特人的FOXP2基因表达蛋白，对于认识人类语言能力演化有重要意义。

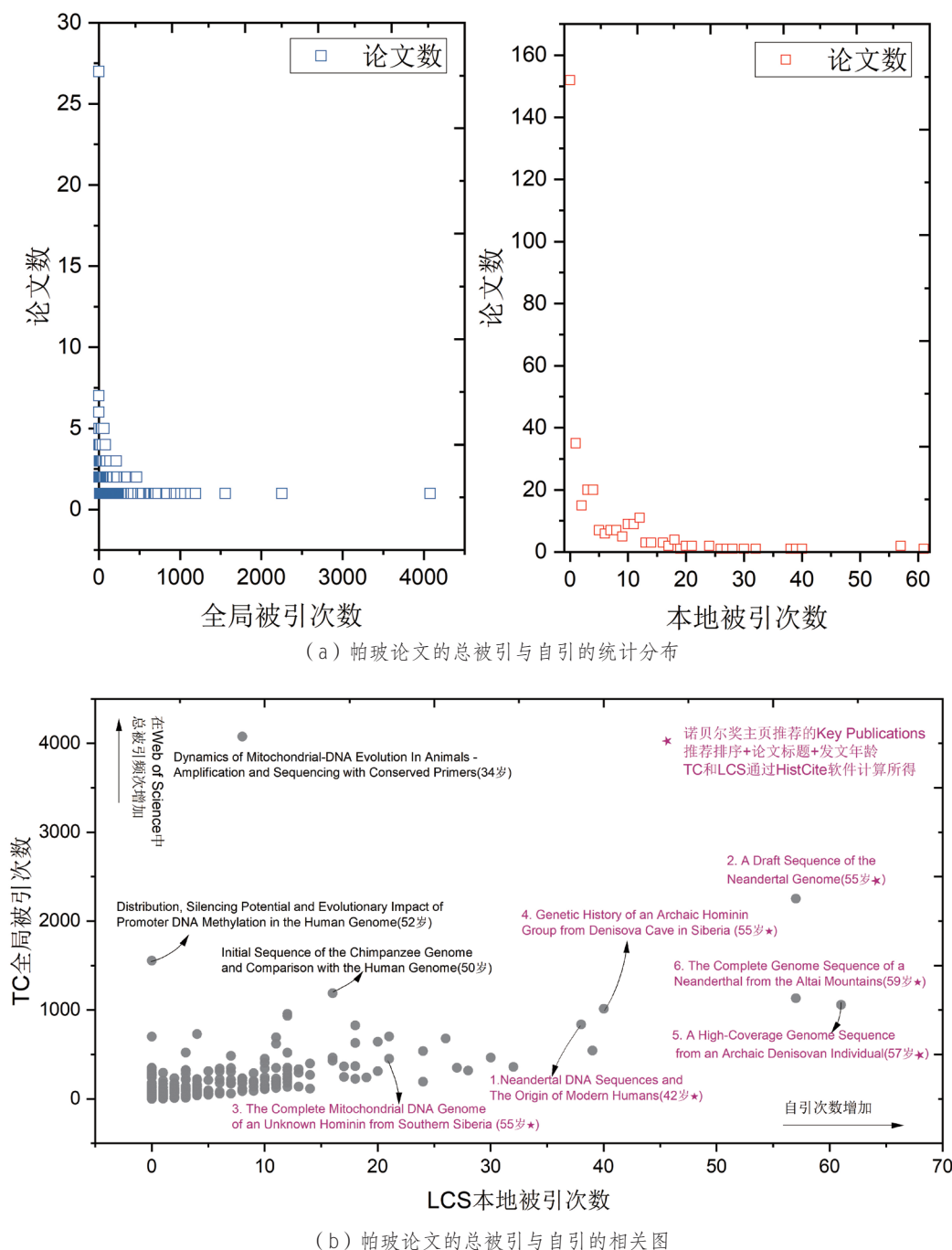


图8 帕玻论文的被引分布

主页Key Publications参与成员进行分析, 结果显示: 这6篇代表作共有来自12个国家或地区36个机构的100名作者参加。其中, 主要的参与国家或地区为德国(6篇)、美国(6篇)、俄罗斯(5篇)以及中国(3篇), 主要参与的机构为哈

佛大学(4篇)、加州伯克利(4篇)、华盛顿大学(4篇)以及俄罗斯科学院(4篇)。代表作中100位作者的合作网络, 如图9。在代表作中, 共有16位作者参与了4篇论文的合作。来自我国中国科学院的付巧妹¹和来自Broad Institute of MIT

¹ 4篇论文中, 有1篇论文是其在攻读博士期间与帕玻合作, 因而署名的单位为德国马普学会。该论文发表于2010年, 标题为The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia。

表4 帕玻论文中总被引频次排名前30的论文列表

No.	TI	PY	LCS	TC	ALCS	ATC	学术年龄	生理年龄
1	Dynamics of mitochondrial-DNA evolution in Animals – Amplification and sequencing with conserved primers	1989	8	4077	0.24	119.91	6.00	34.00
2	A Draft Sequence of the Neandertal Genome ★	2010	57	2252	4.38	173.23	27.00	55.00
3	Distribution, silencing potential and evolutionary impact of promoter DNA methylation in the human genome	2007	0	1555	0.00	97.19	24.00	52.00
4	Initial sequence of the chimpanzee genome and comparison with the human genome	2005	16	1189	0.89	66.06	22.00	50.00
5	The complete genome sequence of a Neanderthal from the Altai Mountains ★	2014	57	1132	6.33	125.78	31.00	59.00
6	A High-Coverage Genome Sequence from an Archaic Denisovan Individual ★	2012	61	1058	5.55	96.18	29.00	57.00
7	Genetic history of an archaic hominin group from Denisova Cave in Siberia ★	2010	40	1013	3.08	77.92	27.00	55.00
8	Mitochondrial genome variation and the origin of modern humans	2000	12	956	0.52	41.57	17.00	45.00
9	Molecular evolution of FOXP2, a gene involved in speech and language	2002	12	934	0.57	44.48	19.00	47.00
10	Neandertal DNA sequences and the origin of modern humans ★	1997	38	837	1.46	32.19	14.00	42.00
11	Genetic analyses from ancient DNA	2004	18	826	0.95	43.47	21.00	49.00
12	The evolution of gene expression levels in mammalian organs	2011	4	729	0.33	60.75	28.00	56.00
13	Complete mitochondrial genome sequence of a Middle Pleistocene cave bear reconstructed from ultrashort DNA fragments	2013	21	702	2.10	70.20	30.00	58.00
14	Deep proteome and transcriptome mapping of a human cancer cell line	2011	0	700	0.00	58.33	28.00	56.00
15	Ancient human genomes suggest three ancestral populations for present-day Europeans	2014	11	691	1.22	76.78	31.00	59.00
16	Ancient DNA – Extraction, Characterization, Molecular-Cloning, And Enzymatic Amplification	1989	26	679	0.76	19.97	6.00	34.00
17	Intra- and interspecific variation in primate gene expression patterns	2002	20	642	0.95	30.57	19.00	47.00
18	Ancient DNA	2001	18	628	0.82	28.55	18.00	46.00
19	The Simons Genome Diversity Project: 300 genomes from 142 diverse populations	2016	11	619	1.57	88.43	33.00	61.00

表4 帕玻论文中总被引频次排名前30的论文列表

(续表)

No.	TI	PY	LCS	TC	ALCS	ATC	学术年龄	生理年龄
20	Patterns of damage in genomic DNA sequences from a Neandertal	2007	39	543	2.44	33.94	24.00	52.00
21	Genome sequence of a 45,000-year-old modern human from western Siberia	2014	24	538	2.67	59.78	31.00	59.00
22	Human cerebral organoids recapitulate gene expression programs of fetal neocortex development	2015	3	521	0.38	65.13	32.00	60.00
23	The genomic landscape of Neanderthal ancestry in present-day humans	2014	12	519	1.33	57.67	31.00	59.00
24	Global patterns of linkage disequilibrium at the CD4 locus and modern human origins	1996	7	483	0.26	17.89	13.00	41.00
25	DNA sequences from multiple amplifications reveal artifacts induced by cytosine deamination in ancient DNA	2001	30	464	1.36	21.09	18.00	46.00
26	Analysis of one million base pairs of Neanderthal DNA	2006	16	464	0.94	27.29	23.00	51.00
27	The complete mitochondrial DNA genome of an unknown hominin from southern Siberia★	2010	21	451	1.62	34.69	27.00	55.00
28	The genetic history of Ice Age Europe	2016	10	451	1.43	64.43	33.00	61.00
29	Parallel patterns of evolution in the genomes and transcriptomes of humans and chimpanzees	2005	16	429	0.89	23.83	22.00	50.00
30	Extensive mitochondrial diversity within a single Amerindian Tribe	1991	10	404	0.31	12.63	8.00	36.00

注释：30篇论文的累计被引频次为26486次，总占比46.5%。TI论文标题；PY发文时间；LCS本地被引次数；TC全局被引次数；ALCS本地年均被引次数；AGCS全局年均被引次数；★诺贝尔奖主页推荐的Key Publications¹，并标注除了核心词。 本研究中，定义的学术年龄为样本数据中，作者发文时间与首次发文的时间1983年之差；作者的生理年龄为作者的发文时间与出生时间1955年之差。

and Harvard的华人学者Li Heng参与了4篇代表作的研究工作。

6. 总结与启示

6.1 研究总结

为了探索杰出科学家个体科研生涯的研究特征，本文以2022年诺贝尔生理学或医学奖帕玻教授在WoS收录的论文为例，对1983—2022年其职业生涯中所发表的论文进行了分析。现对分析结

果总结与讨论如下：

一是帕玻作为全球知名的进化遗传学奠基者以及古基因组学学科的开创者，较早地将DNA测序技术应用到了古生物DNA中，为人类认识古生物的进化，特别是古人类的进化提供了科学证据，回答了困扰人类已久的问题“人类从哪里来？”。从帕玻的个人履历来看，跨学科的学习经历和活跃学术交流为其从事跨学科研究提供了可能性。“创新源自学科的交叉处”，帕玻的交叉科学研究以及长期的问题聚焦使其在进化遗传

¹ 诺贝尔奖主页推荐的Key Publications <https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2022/press-release/>.

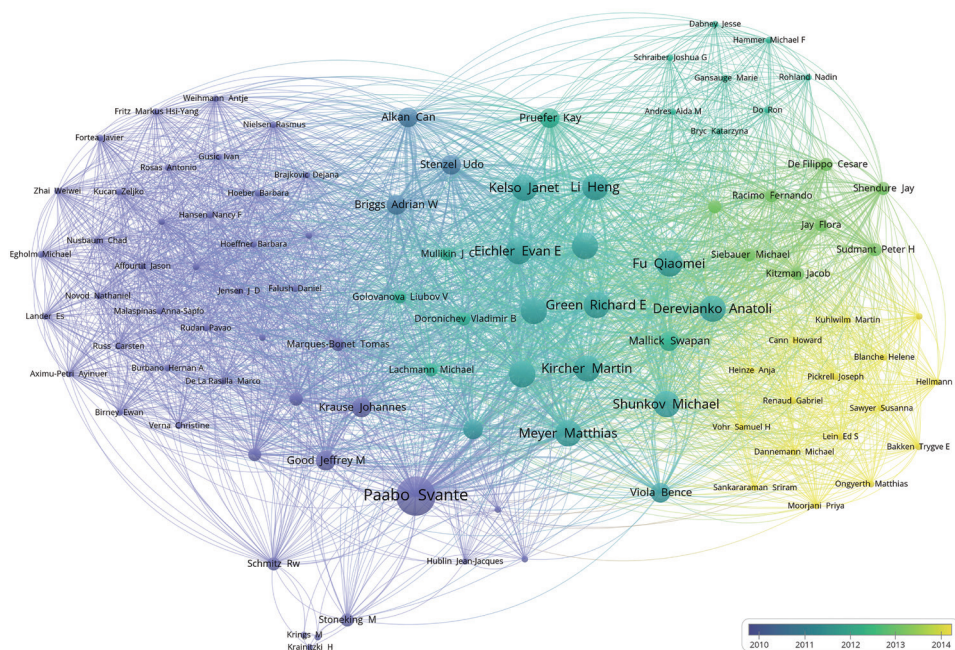


图9 帕玻6篇诺奖代表作的学者合著网络

学上取得了突破性的创新。这种发生在杰出科学家个体身上的特征，对我们青年学者而言是具有启发意义和学习意义的。

二是帕玻在学术研究中，不仅高产，且成果几乎都发表在*Nature*、*Science*、*PNAS*等全球顶级期刊上，并具有较高的引文影响力。在其发表的学术成果中，来自CNS的论文总量达到了84篇，占总论文的比例为25%。其研究获得了高的引文影响力，所有论文总被引达到了57010次，篇均被引169.67次，H指数为124。单篇论文最高被引频次达到了4077次，被引超过1000次的论文达到了7篇。此外，帕玻是一位超级合作者。从国家/地区、机构和作者三个维度分析了帕玻的合作特征，结果呈现了他广泛的科研合作特征。目前，帕玻已经与来自全球67个不同的国家和地区、578个机构以及1613名学者建立了合作关系。在国家或地区层面上，帕玻与美国、英国、俄罗斯、中国以及瑞典合作密切。在机构层面上，与德国慕尼黑大学、俄罗斯科学院、中国科学院、加州伯克利分校以及牛津大学等工作过的单位联系密切。在学者层面上，帕玻与Kelso Janet, Meyer Matthias, Khaitovich Philipp, Krause Johannes以及

Pruefer Kay合作密切。在我国的学者中，他与其博士生中国科学院古脊椎动物与古人类研究所付巧妹合作密切。

三是帕玻论文主题呈现了其关注的热点主题为古代DNA、尼安德特人、线粒体DNA以及人的演化，反映了帕玻以尼安德特人为研究对象，以古代DNA、线粒体DNA为研究方法所从事人类演化的研究。帕玻巧妙地将DNA解析技术与进化遗传学的科学问题相结合，在古生物、古人类的DNA研究中取得了举世瞩目的成绩。1997年以后，帕玻将大多数的注意力集中到了尼安德特人的研究中，分析了尼安德特人线粒体的DNA，并与现存人类的DNA进行了比对。在最近的研究中，帕玻团队也发表了多篇关于新冠的研究，并且指出了：“感染严重急性呼吸系统综合征冠状病毒2型（SARS-CoV-2）后患新型冠状病毒肺炎（COVID-19）重病的主要遗传风险因素是从尼安德特人遗传而来的”。

四是两种引证计数维度呈现了帕玻论文的引证特征。一方面，帕玻在全局引文维度具有较高的学术影响，且具有很低比例的零被引论文。在本地引文中，帕玻的零被引论文比例很高，达到

了45.2%。这反映出他自己建立的知识系统内部或缺乏对他已有成果的传承。其在诺奖主页提供的6篇代表作是其研究古人类演化的典型成果。与此同时, 代表作中合作国家/区域、机构以及作者的广泛性进一步反映了帕玻取得科学成就时团队的重要作用。

6.2 研究启示

通过以上对帕玻科研生涯的分析, 可以得出对青年人才培养一些启示:

一是鼓励跨学科学习与跨机构合作。正是因为帕玻在瑞典乌普萨拉大学人文学院的求学(学习内容包括科学史、埃及古物学以及俄语), 为后来跨学科的研究与跨国合作奠定了基础。如果对埃及没有深入的认识, 就不会突发奇想对木乃伊的DNA进行分析。没有俄语的基础, 就没有后来与俄罗斯科学院深入密切的合作。

二是对新技术、新方法或新工具解决学科问题要有敏感性。人类进化的历史是新技术、新方法以及新工具不断涌现的历史。敏锐地捕捉其在当前学科中的应用价值, 并解决长期未受关注和难以解决的问题, 是科学创新的重要途径。正如帕玻自己所说: “I started realizing that we had all these technologies to clone DNA, but no one seemed to have applied it to archaeological remains, in particular Egyptian mummies”^[26]。

三是锲而不舍的坚持。帕玻虽然已经发表了300余篇论文, 其论文的研究主题是聚焦的, 始终是围绕古代DNA的测序展开, 并在此基础上有的放矢的与周边知识进行关联。例如: 新冠期间, 结合对尼安德特人的研究发现, 严重感染新冠肺炎相关的主要遗传风险是来自尼安德特人的。坚持守正与创新, 使得帕玻最终取得了一次又一次学术上的成功。

最后, 本文以帕玻为例对杰出科学家个体的科研生涯进行了系统的分析, 但仍存在若干不足之处。首先, 作为科学计量学领域的研究人

员, 对进化遗传学以及古DNA的专业知识的认识是存在专业壁垒的, 因此在解读上更多的是对分析结果的描述性分析。从领域专业的角度解读, 请参考文献《古基因组学与人类起源演化的研究进展》^[19]; 其次, 帕玻在科研领域的表现是丰富多样的, 有多项国际性的获奖、国际性的荣誉称号, 由于缺乏对帕玻的直接访问和调研, 因此在该方面的分析还不够深入。

责任编辑: 李琦 校对: 李琦 刘香钰

参考文献

- [1] 穆荣平, 廖原, 池康伟. 杰出科学家成长规律研究——以诺贝尔科学奖得主和中国科学院院士为例[J]. 科研管理, 2022, 43(10): 160-71.
- [2] 刘俊婉, 黄晨晨, 郭晓菲, 等. 科学精英的特征: 生物医学领域杰出科学家的发表和引用模式[J]. 评价与管理, 2022, 20(02): 118.
- [3] 穆荣平, 廖原, 池康伟. 杰出科学家支持政策比较研究——以科学家工作室和基础科学中心项目为例[J]. 中国软科学, 2022(11): 83-91.
- [4] 高志, 陈敏娟, 王妍林. 杰出科学家的科研合作特征研究[J]. 情报杂志, 2022, 41(07): 176-80+37.
- [5] 任晓亚, 张志强, 陈云伟. 杰出科学家的科研产出规律——以拉斯克医学研究奖得主为例[J]. 情报学报, 2019, 38(09): 894-906.
- [6] 冯靖雯, 赵勇. 学术谱系视角下杰出科学家的师承关系特征研究——以诺贝尔化学奖得主 Lipscomb 为例[J]. 情报工程, 2020, 6(06): 22-32.
- [7] 陈仕伟. 杰出科学家管理的理论与实践[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2014.
- [8] 汪士. 杰出科学家行政任职研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2012.
- [9] 赵明. 杰出科学家的国家认可机制研究[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2012.
- [10] 李杰. 普赖斯奖获得者卢多·瓦特曼的学术画像[J]. 科学观察, 2022, 17(05): 45-58.
- [11] LI J, Goerlandt F, Reniers G. Trevor Kletz's

scholarly legacy:A co-citation analysis[J].J Loss Prev Process Ind, 2020, 66: 104166.

[12] LI J, Goerlandt F, Reniers G, et al. Sam Mannan and his scientific publications:A life in process safety research[J].J Loss Prev Process Ind, 2020, 66: 104140.

[13] Sinatra R, Wang D, Deville P, et al. Quantifying the evolution of individual scientific impact [J]. Science, 2016, 354(6312): aaf5239.

[14] The Nobel Prize in Physiology or Medicine 2022[EB/OL].(2022-10-3)[2023-1-14].<https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2022/summary/>.

[15] Paabo S, Weber F, Kampe O, et al. Association between transplantation antigens and a viral membrane-protein synthesized from a mammalian expression vector [J]. Cell, 1983, 33(2): 445-53.

[16] 李杰. 科学知识图谱原理及应用:VOSviewer和CitNetExplorer初学者指南[M].北京: 高等教育出版社, 2018.

[17] Hassan-Montero Y, DE-Moya-anegon f, Guerrero-Bote V P. SCImago Graphica: a new too for exploring and visually communicating data[J].Prof Inf, 2022, 31(5).

[18] 2009年5月22日,中国科学院与德国马普学会人类演化和科技考古联合实验室在北京正式挂牌,为后续双方的人才培养和科研合作奠定了基础[EB/OL].(2009-05-22)[2023-01-13].https://www.cas.cn/xw/zyxw/yw/200905/t20090526_2313735.shtml.

[19] Williams A L, Jacobs S B R, Moreno-Macias H, et al. Sequence variants in SLC16A11 are a common risk factor for type 2 diabetes in Mexico[J]. Nature, 2014, 506(7486): 97-+.

[20] Lazaridis I, Patterson N, Mittnik A, et al. Ancient human genomes suggest three ancestral populations for present-day Europeans[J].Nature, 2014, 513(7518): 409-+.

[21] 吉植, 王传超. 古基因组学与人类起源演化

的研究进展——2022年诺贝尔生理学或医学奖解读[J].自然杂志, 2022, 44(06): 443-54.

[22] Zeberg H, Paabo S. A genomic region associated with protection against severe COVID-19 is inherited from Neandertals[J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2021, 118(9): 5.

[23] Bokelmann L, Nickel O, Maricic T, et al. Point-of-care bulk testing for SARS-CoV-2 by combining hybridization capture with improved colorimetric LAMP[J].Nature Communications, 2021, 12(1): 8.

[24] Zeberg H, Paabo S. The major genetic risk factor for severe COVID-19 is inherited from Neanderthals[J]. Nature, 2020, 587(7835): 610-+.

[25] Maricic T, Nickel O, Aximu-Petri A, et al. A direct RT-qPCR approach to test large numbers of individuals for SARS-CoV-2[J].PLoS One, 2020, 15(12): 10.

[26] Green R E, Krause J, Briggs A W, et al. A Draft Sequence of the Neandertal Genome[J].Science, 2010, 328(5979): 710-22.

[27] PääBO S. Neanderthal man: In search of lost genomes[M].New York: Basic Books, 2014.

[28] Zagorski N. Profile of Svante Paabo[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2006, 103(37): 13575-7.

Analysis of the scientific career outputs of an individual outstanding scientist: Take Svante Pääbo as an example, the winner of the Nobel Prize in Physiology or Medicine in 2022

Li Jie¹, Shi Huimin^{1,2}, You Shengyi^{1,2}, Xie Jing¹, Zhao Yan³

(1. National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 2. Department of Information Resources Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China; 3. Institute for the History of Natural Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100010, China)

Abstract: The analysis of the research career of an individual outstanding scientist is valuable for a comprehensive understanding of the research characteristics of individual outstanding scientists and the cultivation of outstanding talents in the future. In this paper, 336 academic papers published by Pääbo were collected using the Web of Science database, taking Pääbo, the 2022 Nobel Prize winner in physiology, as an example. The paper analyzed in terms of output, collaboration, and research topics, etc. The results show that Pääbo is not only a highly productive scholar, but also has published several high-quality papers. He is an outstanding scientific collaborator with partners all over the world. At the national level, he has close cooperation with the USA, UK, Russia and China; at the institutional level, he cooperates closely with the Russian Academy of Sciences, the Chinese Academy of Sciences, the University of California at Berkeley and the University of Oxford. Of the 1613 collaborators, Kelso Janet, Meyer Matthias, Khaitovich Philipp, Krause Johannes, and Pruefer Kay are worked closely together. Pääbo's papers focus on the sequencing and analysis of ancient DNA using DNA analysis techniques, involving high-frequency keywords such as ancient DNA, Neanderthals, mitochondrial DNA, and human evolution. Finally, the citation frequency distribution and representative works of Pääbo's papers are analyzed, presenting the distribution characteristics of his highly influential results. The published results of Pääbo's scientific career show his personal characteristics as an outstanding scientist, which are of great value to the cultivation of young innovative talents in the future.

Key words: Pääbo S; outstanding scientists; Nobel Prize; scientific careers; scientometrics

从关键指标数据看我国新时代人才强国建设

宋子阳，张 静，邓大胜

（中国科协创新战略研究院，北京 100038）

摘 要：党的二十大明确提出深入实施人才强国战略，开启了我国建设新时代人才强国的新征程。本文在梳理新时代人才强国建设战略目标的基础上，围绕人才队伍素质、人才发展环境和人才产出与影响力三个方面，分析我国人才强国建设关键指标的历史变化趋势，并与世界主要发达国家进行比较后，总结我国当前的成就和短板，最后从加强人才自主培养能力、加大对海外人才的吸引力度、扩大和优化研发经费支出、优化人才发展事业平台和制度环境四方面对更好实施新时代人才强国战略提出针对性建议。

关键词：人才强国，人才，指标研究，比较研究

1. 引言

《国民经济和社会发展的第十四个五年规划和2035年远景目标规划纲要》提出我国到2035年建成人才强国的远景目标。2021年9月，习近平总书记在中央人才工作会议提出，深入实施新时代人才强国战略，明确了人才引领发展的战略地位，为实现第二个百年奋斗目标提供了关键路径指引。党的二十大进一步明确了人才作为全面建设社会主义现代化国家的基础性、战略性支撑地位，提出深入实施人才强国战略，建设规模宏大、结构合理、素质优良的人才队伍，着力形成人才国际竞争的比较优势。

2002年印发的《2002—2005年全国人才队伍建设规划纲要》中首次明确提出实施人才强国战略，聚焦于党政干部、企业经营管理人才、专业技术人才三支队伍的建设；2010年颁布的《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》中

确立了人才强国战略作为我国经济社会发展基本战略之一的重要地位，提出了突出培养造就创新型科技人才、开发重点领域急需紧缺专门人才，并增加了高技能人才、农村实用人才、社会工作人才三支专门队伍（形成六支队伍）的建设任务。从两部规划来看，经济社会发展阶段的不同和国内外形势的变化推动人才强国内涵的不断演变，使得人才强国建设的阶段性目标和聚焦点不断变化。

进入新发展阶段，我国各方面实力显著增强，在转向高质量发展的同时仍然面临多方面发展不平衡、创新创业活力不足等一系列问题，同时中美关系紧张、新冠疫情肆虐等问题引起了逆全球化浪潮。国内外形势的深刻变化为2035目标的实现带来了全新挑战。人才作为第一资源，支撑着我国经济社会高质量发展。因此在新形势下实施人才强国战略，有必要首

作者简介：宋子阳，中国科协创新战略研究院博士后，研究方向为科技人才政策，科技工作者状况调查。

张 静，中国科协创新战略研究院副研究员，研究方向为科技人才政策、科技工作者状况调查。

邓大胜，中国科协创新战略研究院研究员，研究方向为科技工作调查、人才战略与政策。

先明确新时代人才强国建设重点,客观认识我国人才强国建设现状,明确与当前世界人才强国的差距,找准关键着力点。本文在梳理人才强国建设战略目标的基础上,分析了我国人才强国建设关键指标的历史变化趋势,并与世界主要发达国家进行比较,最后对更好实施新时代人才强国战略提出相关建议。

2. 新时代人才强国建设目标及重点

郭庆松等人指出,人才强国可以从“人才的强国”和“通过人才来强国”两个层面理解,前一个层面反映人才强国建设的聚焦点,后一个层面反映通过充分发挥人才作为第一资源的效能来提升国家的综合竞争力^[1]。薄贵利和郝琳提出新时代人才强国建设的“三个一流”战略目标,即拥有大批世界一流人才,具备培养世界一流人才的能力以及引聚世界一流人才的能力,聚焦于顶尖人才队伍和人才发展环境两个方面^[2]。作为我国人才重要组成群体的科技人力资源总量于2020年底超过1.1亿人,规模居世界首位^[3],下一步应注重包括大师、战略科学家、一流科技领军人才和创新团队、青年科技人才、卓越工程师、大国工匠、高技能人才在内的整个人才队伍素质的提升。党的二十大报告和中央人才工作会议都明确要进一步深化人才发展体制机制改革,反映了国家聚焦于人才发展的制度建设、硬件条件的工作重点,因此新时代人才强国建设目标也包括人才发展环境的建设。

人才强国建设的根本目的是通过发挥人才效能提升国力,即人才强国第二个层面的内涵。所以在拥有强大人才队伍和良好的人才发展环境的基础上,预期人才的产出效能水平也会较高。因此,建设目标还应包括人才产出和影响力,这不仅反映国家综合竞争力水平,也间接反映人才队伍水平。

总体来说,人才强国建设重点包括人才队伍素质建设、人才发展环境建设以及人才产出与影响力,拥有世界一流的高素质人才、具备良好的人才发展环境、实现人才在全球范围内的高产出和高影响力是人才强国的三个标志,三方面相互关联和支撑(图1)。

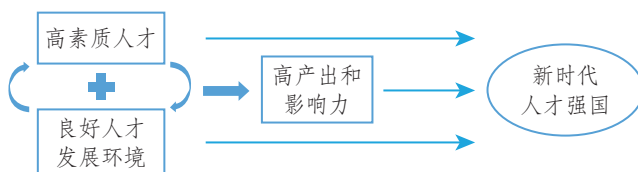


图1 新时代人才强国建设重点

3. 人才队伍素质

人才队伍素质评价一国人才发展状况,要从人才整体规模、质量和结构等方面综合考虑。本文选取了反映人口整体素质的人口平均受教育年限,反映人才规模质量的每百万常住人口R&D人员全时当量,反映人才结构,特别是顶尖人才情况的卓越工程师数量占比、国际科技大奖获奖者人数占比、高被引科学家数量及占比,以及反映人才国际化水平的高等教育国际学生数及占比。

3.1 人口平均受教育年限

人口平均受教育年限是指某组人口人均接受学历教育(包括成人学历教育,不包括各种非学历培训)的年数^[4],联合国教科文组织(UNESCO)定义为25岁及以上年龄组人口完成教育的平均年限¹。该指标是人口整体受教育水平的代表性指标,反映一个国家的人口素质,是体现人才整体质量的基础性指标。如从上述提取出的具有有效序列的作者集中,本研究以观测时间段的角度对科研人员流动序列进行流动模式分类。这一流动模式分类方法有别于传统面向国家和地区的宏观流入和流出数据展开

¹ 联合国教科文组织统计研究所.<http://data.uis.unesco.org/>.

的分析, 可为探查科研人员流动特征提供更微观、更深入的视角。通过对全历史周期内科技人员流动序列的初步观察和研究, 根据研究目的, 研究将科研人员的流动模式划分为如表1所示的静止型、移民型、回流型、弱流动型四大类。所示, 根据我国第七次人口普查数据, 2020年我国人口平均受教育年限为9.91年。需要说明的是我国人口普查统计的人口平均受教育年限年龄组为15岁及以上, 在年龄组将15~24岁的人口纳入其中。按我国实际情况粗略估

算, 15岁大致为完成九年义务教育的年龄, 24岁通常已完成大学本科教育, 因此我国15~24岁年龄组人口实际上拉高了UNESCO定义的人口平均受教育年限, 我国25岁及以上年龄组人口完成教育的平均年限应该低于9.91年。因此, 与德国、美国、英国、日本和法国相比, 我国人口平均受教育年限仍有较大差距, 人才队伍素质需进一步提高。

3.2 每百万常住人口R&D人员全时当量

表1 2020年各国人口平均受教育年限

指标	德国	美国	英国	日本	法国	中国
人口平均受教育年限(年)	14.26	13.68	13.41	12.80 ^a	11.61 ^b	9.91

资料来源: 联合国教科文组织统计研究所数据库 (<http://data.uis.unesco.org/>)、我国第七次人口普查数据。a 联合国教科文组织统计研究所数据库无日本数据, 该数据为维特根斯坦人口与全球人力资本中心的数据 (<http://www.oew.ac.at/vid/dataexplorer>) 公布的2018年数据。b 最新数据为2019年数据。

R&D人员属于人才中直接从事科技创新活动的群体, 每百万常住人口R&D人员全时当量反映一个国家科技创新人才的密度。UNESCO的数据显示, 我国的这一指标从2015年的1150.8人年稳步增长至2020年的1548.9人年, 但是与主要发达

国家相比仍有较大差距, 英、法、德、日四国六年间的每百万常住人口R&D人员全时当量稳定在4000人年以上, 日本2020年达5454.7人年, 是中国的3.5倍(见图2)。

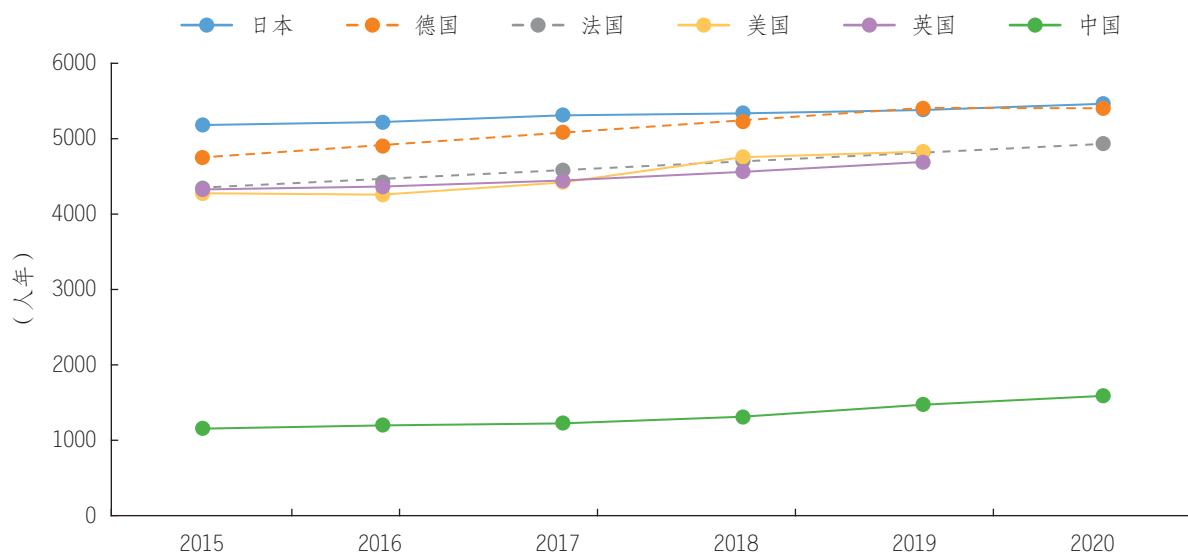


图2 我国各年每百万常住人口R&D人员全时当量

资料来源: 联合国教科文组织统计研究所数据库。

3.3 卓越工程师数量占比

依据国际标准职业分类（ISCO-08），将卓越工程师定义为各国从事科学与工程工作的专业人员和辅助专业人员的总和。一国的卓越工程师占全体从业人员的比例同样是反映人才整体素质的重要指标。对应国际标准职业分类，采用中国职业标准分类中的科学研究人员、工程技术人

员、农业技术人员和飞机船舶技术人员占全部从业人员中的比重反映中国的情况。根据第七次人口普查长表数据计算可得，中国的卓越工程师占比为2.5%，而国际劳工组织（ILOSTAT）的数据显示，这一占比远低于法国（9.4%）、德国（7.9%）、英国（5.9%）、美国（5.2%）（见图3）。

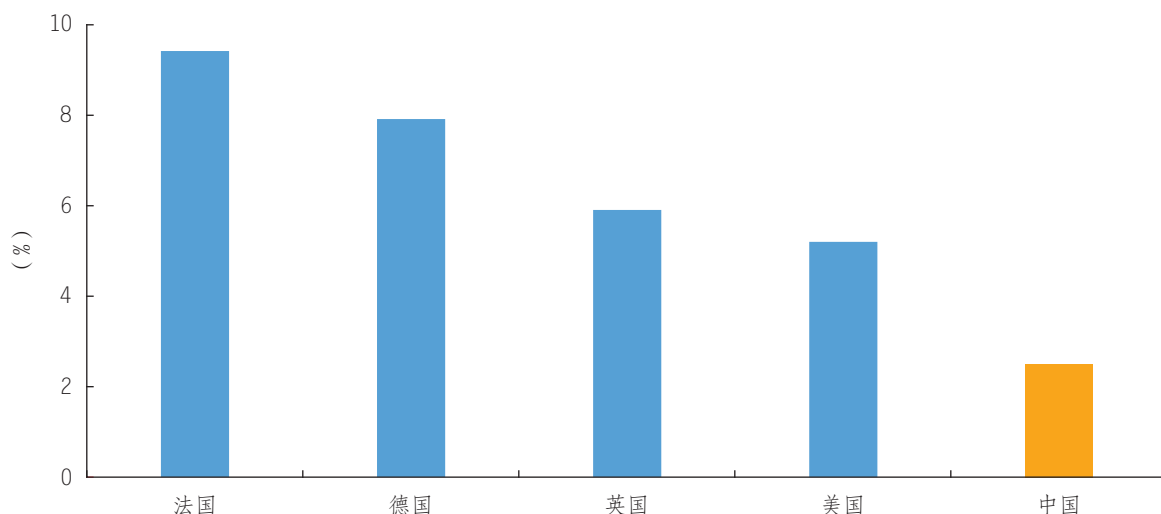


图3 各国科学与工程专业人才培养占比

资料来源：中国数据来源于《中国人口普查年鉴2020》，外国数据来源于国际劳工组织数据库（ILOSTAT）（<http://ilostat.ilo.org>）。

3.4 高等教育国际学生数及占比

高等教育国际学生数及占比能够反映一个国家人才储备的国际化水平。这一比例越高，在人才发展环境较好的情况下，完成学业的国际学生留在或再回到留学国工作的人数会相对较高，间接表明一个国家整体人才队伍的国际化水平越高。按照《国际教育标准分类（ISCED 2011）》第5~8级高等教育招收国际学生的比例，各年的《中国教育统计年鉴》中的数据，自2012年至2020年，包括各类本专科和研究生招生人数中留学生招生数从94692人稳步增长至172571人，2020年有所回落至89758人（见图4），高等教育国际学生招生数的占比从0.83%波动增加至1.08%，2020年受疫情影响降至0.52%。与OECD数据库中主要发达国家2019年的数据相比可以发现，我国的这一指标远低于英国、德国、法国、日本、美

国等主要发达国家（见图5）。但应认识到，我国本国大学生和研究生基数庞大，国际学生数量占比难以达到发达国家的水平。

从2019年我国高等教育国际学生招生的具体情况可以看出，60%是非学历教育的培训（In-service Training）的招生，博士研究生（5899人）和硕士研究生（18390人）仅占14%；近59%的国际学生来自亚洲，来自欧洲和北美洲的约占近24%，说明目前我国对高等教育留学生的吸引力仍主要集中在亚洲邻近国家，对大部分发达国家留学生的吸引力仍有不足。

3.5 国际科技大奖获奖者人数占比

国际科技大奖获奖人数是反映一个国家世界一流顶尖人才队伍质量的重要指标。《中国科学技术与工程指标2020》^[5]遴选了数学、物理、化

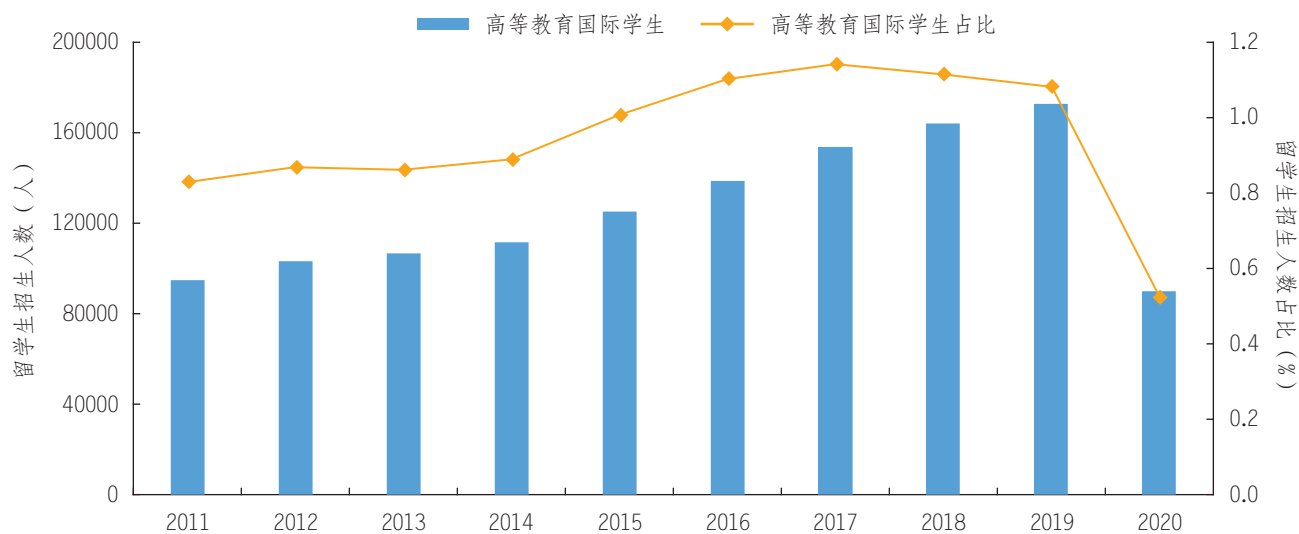


图4 我国历年高等教育国际学生数及占比

资料来源：历年《中国教育统计年鉴》。

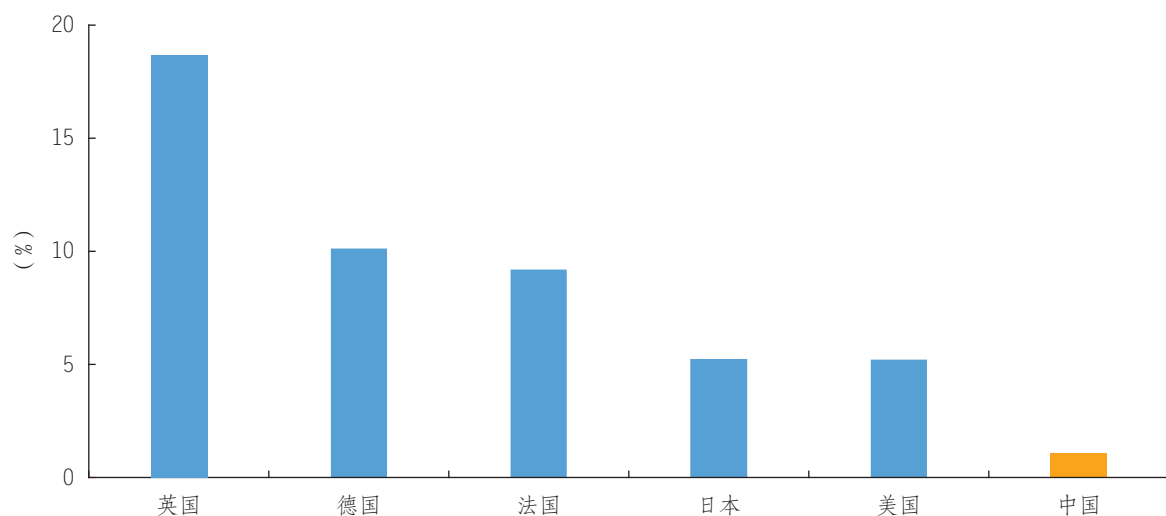


图5 2019年各国高等教育国际学生占比

资料来源：外国数据来源于OECD数据库和联合国教科文组织统计研究所数据库；中国数据来源于《中国教育统计年鉴2019》。

学、生物学、医学和地球科学6大领域33个世界著名科技奖项，并对2008—2018年各国获奖人次进行了统计。该指标数据表明，中国仅为13人次，占全球总数520人次的2.5%；美国共222人次，占全球总数42.7%，其次是英国的65人次，占全球总数12.5%，反映出我国当前与世界典型科技强国的显著差距（见图6）。

3.6 高被引科学家数量及占比

高被引科学家数量占比也是反映一个国

家顶尖人才队伍素质的重要指标。科睿唯安（Clarivate Web of Science）发布的年度《高被引科学家研究报告》中，将“Incites数据库中各领域论文引文数排名前1%的科学家”定义为高被引科学家^[6]。根据各年度报告，近年来中国高被引科学家数量全球排名和占比逐年攀升。2018年中国（大陆地区）拥有高被引科学家482人次，位居全球第三；2019年增加为636人次，占全球总数的10.2%，跃居全球第二；至2022年，数量增加至1169人次，稳居全球第二，占全球总

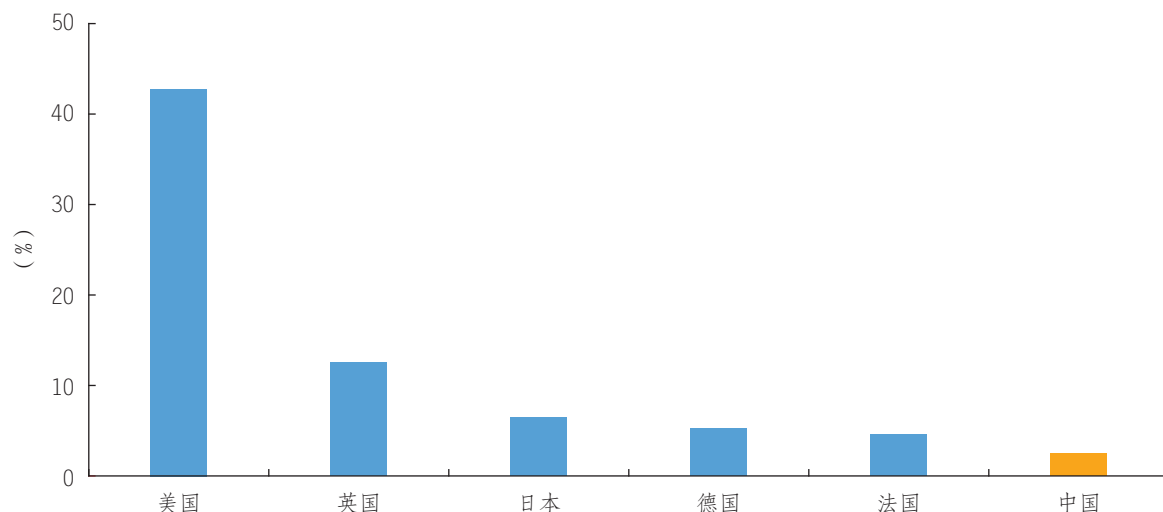


图6 各国国际科技大奖获奖者人次占比

资料来源：中国科协创新战略研究院《中国科学技术与工程指标（2020）》。

数的16.2%，而美国的高被引科学家总数为2622人，占全球总数38.3%，是中国的2.36倍，但这一比例与2018年的43.3%相比，明显下降（见图7、图8）。

4. 人才发展环境

人才发展环境反映一国培养和吸引世界一流人才的能力，包括世界一流高校、科技领军企业等硬环境和涉及营创制度和氛围的软环境。硬环境方面，本文选取QS世界大学数量及得分、全

球R&D投入2500强企业数及排名两个指标反映高校、企业两大创新平台的质量；软环境方面，分析营商便利度指数和知识产权保护指数的得分及排名。

4.1 QS世界大学数量及得分

QS世界大学排名是评估全球大学表现的最权威排名榜单之一，自2004年发布，目前已更新至2023年。QS世界大学排名基于八个指标，通过加权计算的指数得到，分别为：全球调查的学术

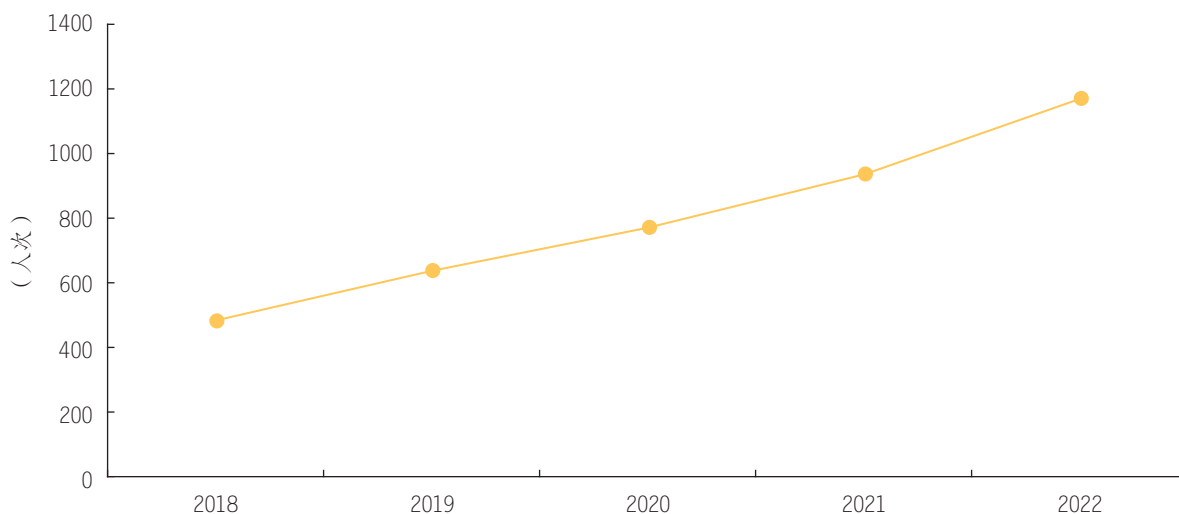


图7 2018—2022年我国高被引科学家数量

数据来源：Clarivate历年《高被引科学家研究报告》。

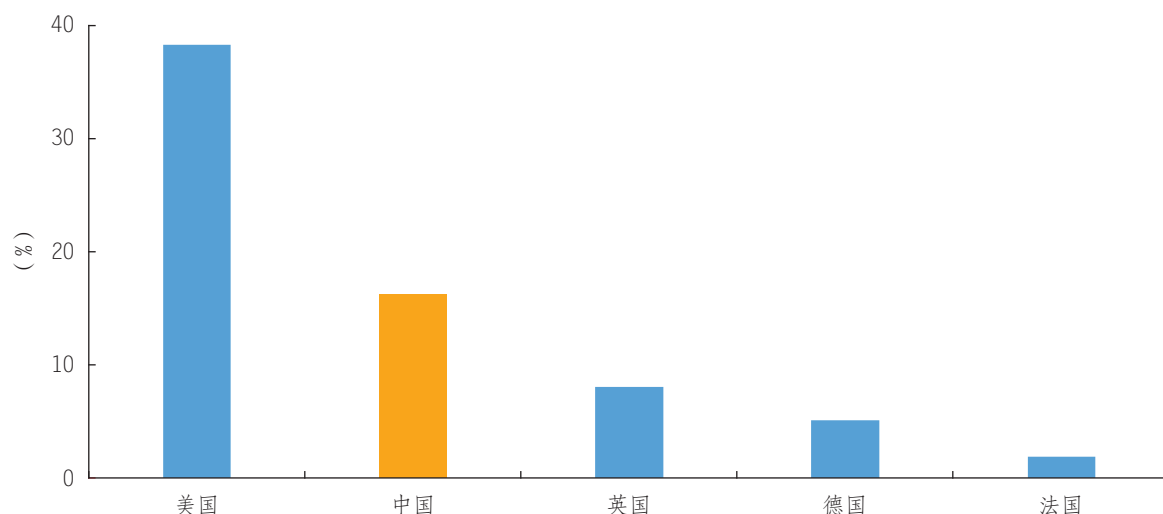


图8 2022年主要国家高被引科学家国际占比

数据来源：Clarivate《2022年度高被引科学家研究报告》。

声誉、全球调查的雇主声誉、师生比率、教员论文平均引用量、国际教员比率、国际学生比率、国际研究网络和就业情况^[7]。

最新2023年QS世界百强大学排行榜中（见图9），美国有27所高校上榜，前50中共有17所，且在排行榜前10中占据5席（麻省理工学院排名第1、斯坦福大学排名第3、哈佛大学排名第5、加州理工学院排名第6、芝加哥大学排名第10）；英国17所，前50中也有7所；中国大陆6所（北京大学排名第12，清华大学排名第14，复旦大学排名第

34，浙江大学排名第42，上海交通大学排名第46，中国科学技术大学排名第94），加上港澳台地区（香港5所，台湾1所）共12所。INSEAD每年发布的《全球人才竞争力指数》（The Global Talent Competitiveness Index）中通过计算各国排名前三高校QS大学得分的均值来衡量各国高等教育的领先水平^[8]，通过计算可知，2023年度排行榜中，中国大陆得分为87.6，位列全球第三，但与前两名的美国（得分98.7）和英国（得分98.1）相比仍有显著的差距，但是与日本、德国、法国相比

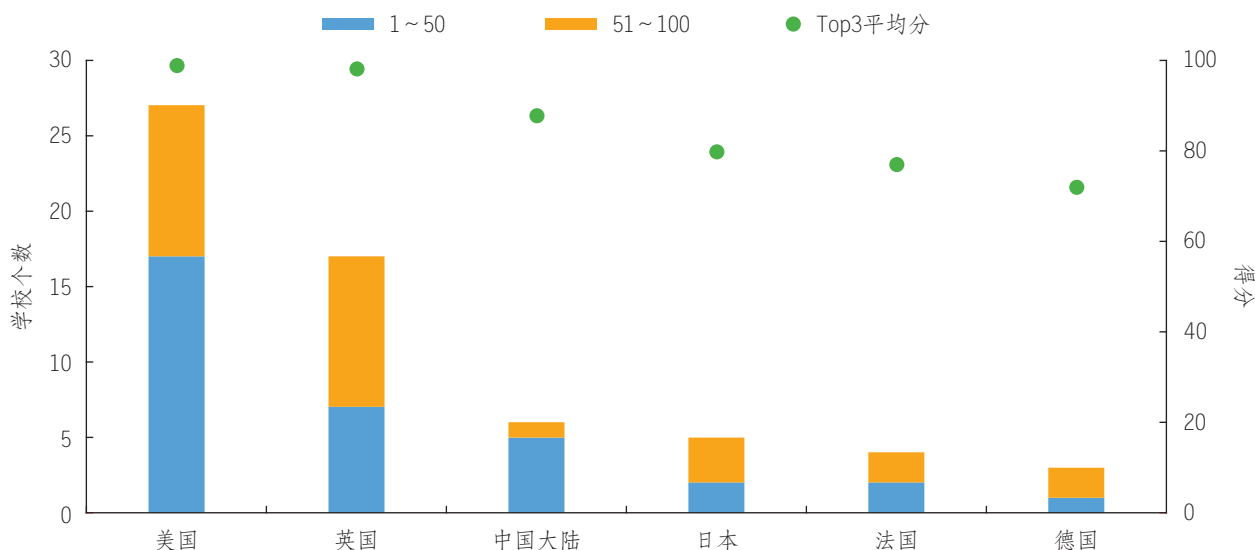


图9 2023年QS世界百强大学情况分布

资料来源：2023年QS世界百强大学排行榜（<https://www.topuniversities.com/university-rankings/world-university-rankings/2023>）。

已展现出显著优势。

2015年国家推进“双一流”大学建设,提出“到2020年若干所大学进入世界一流行列,到2030年更多大学进入世界一流行列,若干所大学进入世界一流大学前列”的目标,2022年2月公布的第二轮建设名单共包含147所高校。对比2023年的QS大学排名情况,北京大学和清华大学已经展现出世界一流大学前列的实力,两个学校的排名分别从2018年的38名和25名上升至2023年的12名和14名。但是从百强大学数量来说,与英美相比仍然有显著差距,前50中仅有5所,第51~100名中仅有1所,第101~200名中也仅有南京大学和武汉大学2所,排名分别为133和194,世界一流大学的后备大学数量仍然较少。

4.2 全球R&D投入2500强企业数及排名

全球R&D投入2500强企业数来自欧盟的《欧洲产业研发投入计分牌》(Industrial Research and Development Scoreboard)报告。全球R&D投入2500强企业是世界一流创新人才发展的重要平台,并且很大程度上能够反映一国科技领军企业的实力。2016—2021年,我国

企业上榜数从356家稳步增加至597家,2017年开始超过日本;美国R&D投入2500强企业数量稳居世界第一,呈现下降趋势,2021年相比2016年减少96家,日本、德国、法国均有不同程度的减少。从企业上榜数来看,我国虽然与美国还有差距,但相比其他发达国家已呈现出一定的比较优势(见图10)。

从2021年各国R&D投入2500强企业排名分布情况来看,相比美国,我国排名前10、前50和前100的企业数量还有明显差距(见表2);我国排名前100的企业除华为(2)、阿里(17)、腾讯(33)、百度(64)、上汽(83)、中兴(84)来自新兴产业以外,其他企业如中国建筑(46)、中国交通建筑(63)、中国铁路建筑(66)、中国电建(82)、国铁集团(59)、中石油(80)均属于传统企业,美国排名前10上榜企业包括谷歌母公司Alphabet(1)、微软(3)、苹果(5)、Facebook(6)、英特尔(9)、强生(10)均来自软件计算机服务、技术硬件设备、医药生物等新兴产业。这说明,我国新兴产业领域企业研发实力还有提升空间,作为人才发展平台的科技型企业培育还需进一步加强。

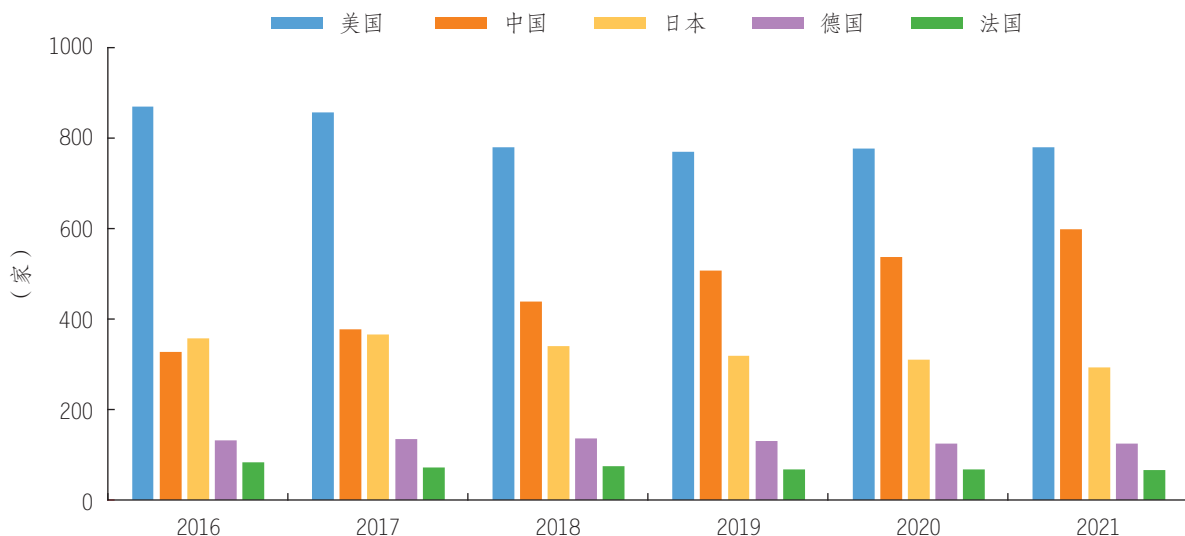


图10 2016—2021各国R&D投入2500强企业数量对比

资料来源:欧盟历年《欧洲产业研发投入计分牌》。

表2 2021年各国R&D投入2500强企业排名分布情况

国别	排名1~10	排名11~50	排名51~100	排名101~1000	排名1001~2500	总计
美国	6	13	18	284	458	779
中国	1	3	9	181	403	597
日本	0	8	5	122	158	293
德国	1	8	3	50	62	124
法国	0	2	1	32	31	66

资料来源：欧盟《2021欧洲产业研发投入计分牌》。

4.3 营商便利度指数及排名

营商便利度指数来自于世界银行年度《营商环境报告》（Doing Business），是评价国家和地区10个领域商业法规的综合指数，具体包括开办企业、办理施工许可证、获得电力、登记固定资产、获得信贷、保护少数投资者、纳税、跨境贸易、执行合同以及办理破产，能够反映人才的创业及经营环境。指数得分越高，表明监管环境越有利于开展业务。2015—2018年，中国营商便利度指数基本稳定在65分，2019年显著提高至73.6分，2020年进一步提高至77.9，排名从2018年的78跃升至2020年的31位（见图11）。根据2020年度《营商环境报告》中的统计，我国在2018—

2019年针对除登记固定资产和获得信贷以外的其他8个领域均进行了改革，显著改善了营商环境，因而在2020年度成为全球改善最显著的10个经济体之一。我国当前的营商便利度指数已超过法国，与日本、德国基本持平，但仍与美国（84，排名第6）和英国（83.5，排名第8）存在明显差距（见图12）。

4.4 知识产权保护指数及排名

知识产权保护是鼓励创新、促进知识在经济社会发展中充分发挥作用的重要保障。美国商会全球知识产权中心发布的《国际知识产权指数》（International Intellectual Property Index）从专利、版权、商标、工业设计及其相关权利和限制、商

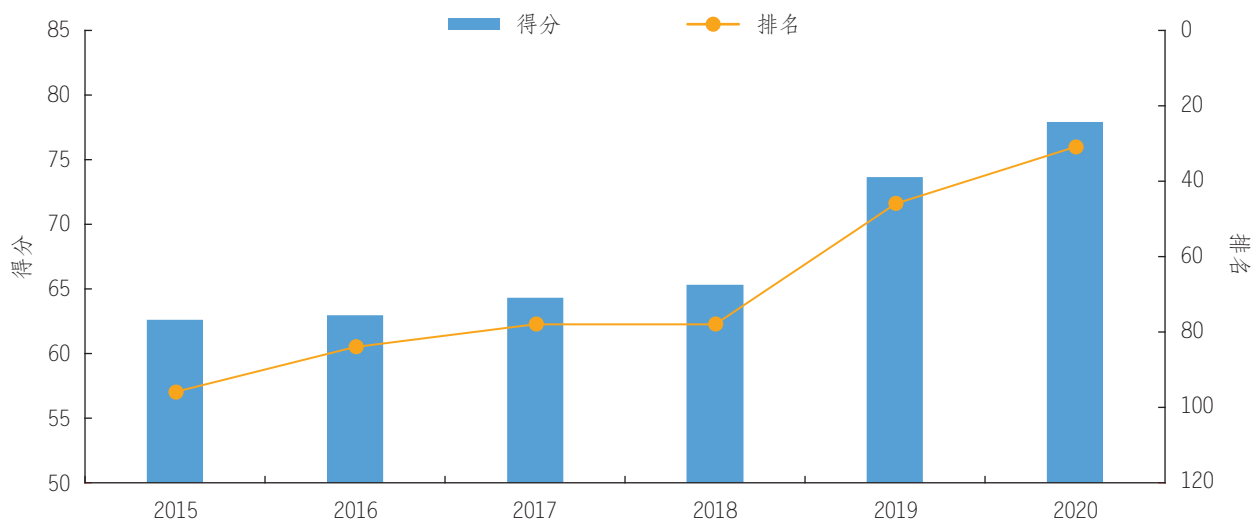


图11 我国2015—2020营商便利度指数及排名情况

资料来源：世界银行历年《营商环境报告》。

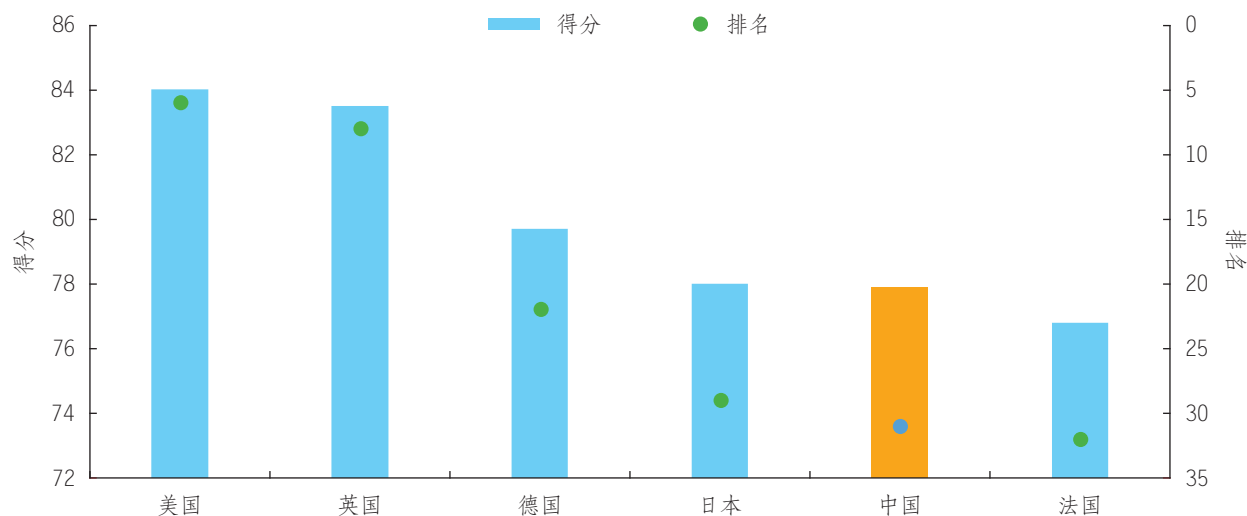


图12 2020年各国营商便利度指数及排名对比

资料来源：世界银行历年《营商环境报告》。

商业秘密和涉密信息保护、知识产权商业化、执行、系统效率、加入和批准的国际条约九个维度评价全球主要经济体的知识产权环境。中国的得分从2013年第一期的36.52增加至2022年的55.86，有明显提升（见图13）；但最新指数结果显示，美国（95.48）、英国（94.14）、德国（92.46）、法国（92.10）、日本（91.26）得分均超过90，在55个被评价经济体中位列前6，我国仅排名24位，得分差距显著（见图14）。

5. 人才产出与影响力

人才产出与影响力主要从人才效能发挥的角度分析一国依靠人才创造科技成果、提升国际影响力的能力，因此次选取高被引科技论文数量及占比、PCT专利申请数量、国际标准化组织任职状况三个指标。

5.1 高被引科技论文数量及占比

一国高被引科技论文数量及占比是反映国家

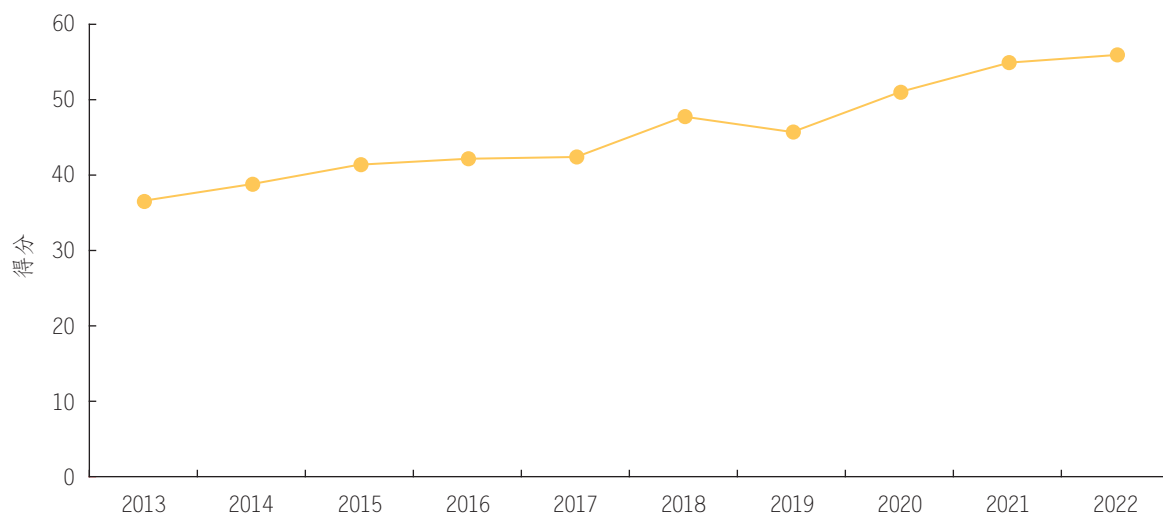


图13 中国历年国际知识产权指数得分

资料来源：美国商会全球知识产权中心历年《国际知识产权指数》。

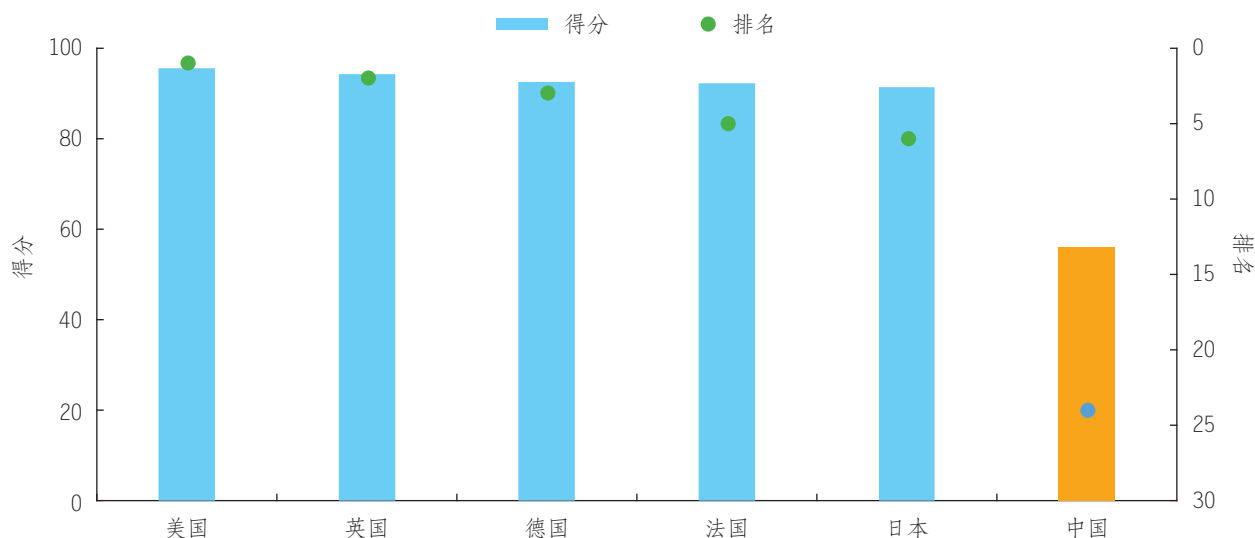


图14 2022年各国国际知识产权指数得分及排名

资料来源：美国商会全球知识产权中心《国际知识产权指数（第十版）》（2022）。

顶尖科技人才产出质量和全球影响力的重要指标，本文考察Incites数据库科学技术与工程领域引文数排名前1%的论文数量及其占各国SCI论文总量的比例^[9]。根据《中国科学技术与工程指标（2020）》^[5]对Incites数据库中高被引科技论文数量及全球占比的统计可知（见图15），2009—2018年我国高被引科技论文数量为26206篇，总量位居全球第二，比英国多近5000篇，远超德国、法国、日本，但与美国的63539篇相比仍有显著差

距，不足后者的一半。2009—2018年，我国科学技术与工程学科SCI论文总量为230.2万篇，高被引论文占比为1.14%，明显低于英国（2.23%）、美国（1.87%）、德国（1.77%）、法国（1.68%），仅略高于日本（0.88%）。

5.2 国际标准化组织任职状况

国际标准化组织（International Organization for Standardization，简称ISO）是在世界范围内

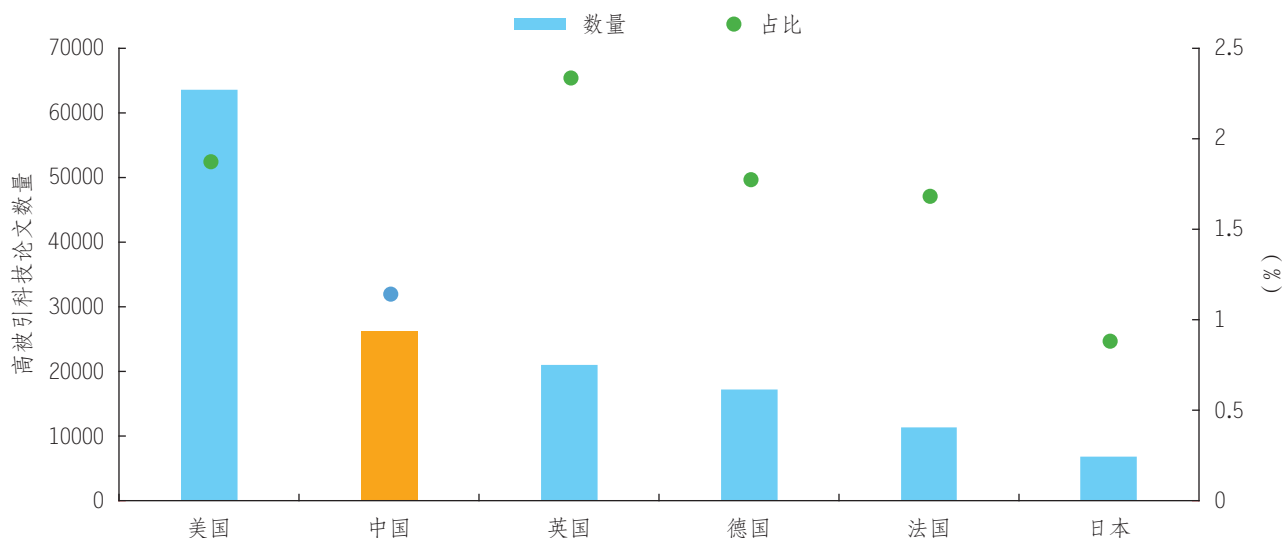


图15 各国2009—2018年高被引科技论文数量及全球占比

资料来源：中国科协创新战略研究院《中国科学技术与工程指标（2020）》。

促进标准化,以便于国际商品和服务交流,推动和扩大知识、科学、技术、经济领域全球合作的非政府性专门机构^[5]。在ISO的技术委员会任职能够充分发挥岗位优势,将本国的产业技术和专利技术融入国际技术标准,掌握技术领域的话语权,在全球范围内产生影响力。本文关注ISO技术委员会成员国任职数量这一指标,数量越多表明在越多的技术领域国际标准制定中拥有投票权和影响力。根据《中国科学技术与工程指标(2020)》^[5]的统计,截至2019年5月,在248个技术委员会中共有5684个国家成员,中国是233个技术委员会成员国,位列世界第一,反映出我国在国际标准制定中的重要影响力;紧随其后的是德国和英国,分别为230和229个技术委员会成员国,法国(210个)、日本(203个)、美国

(183个)也位居前列。

5.3 PCT专利申请数量

PCT专利是通过《专利合作条约(Patent Cooperation Treaty)》渠道向多个国家同时递交保护申请的发明。由于仅提交一项国际专利申请就能同时在多个国家同时为一项发明寻求专利保护,PCT专利数量间接反映一国通过专利开拓国际市场的实力^[10],是反映人才创新产出质量的关键指标。根据WIPO的数据,近年来我国PCT专利申请量快速增长,从2015年的29839件增长至2021年的69540件,年均增长率达15.14%;世界主要发达国家这一指标则基本保持稳定。我国PCT专利申请数量已于2019年首次超过美国(57499件),跃居世界第一(59193件)(见图16)。PCT专利申请量的变化趋势反映出我国专

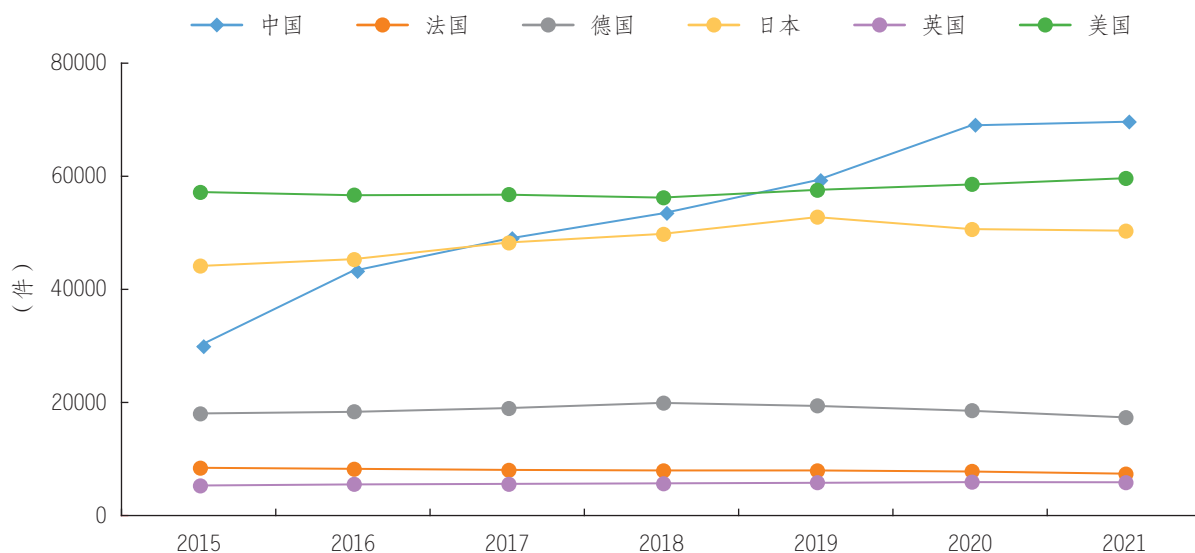


图16 各国2015—2021年PCT专利申请量

资料来源:世界知识产权组织《PCT Yearly Review》。

利在国际市场的实力已逐渐显现出一定优势,人才高质量的创新产出逐渐增加,但是考虑到我国人口基数较大,以人均PCT专利数量来看,我国与英、美、日、法、德等国还存在明显差距。

6. 结论与建议

基于对新时代人才强国建设关键指标的分析可知,近年来我国人才队伍的整体素质不断提升,人才发展环境有所改善,人才产出和影响力也有显著提升并已呈现出世界领先趋势,但是目前顶尖人才仍然缺乏,人才国际化水平不高,人才发展的各类环境还不够理想,人才产出和影响

力与发达国家相比仍有显著差距（见表3 新时代人才强国建设关键指标及评价）。结合当前状况，对面向新时代人才强国战略的落实提出以下几点建议。

6.1 加强人才自主培养能力

一是以“双一流”高校引领高等教育系统培养满足“四个面向”的创新型人才。高校在培养体系设计方面要注重理论教育与科学实践相结合，及时将各领域前沿科学问题和进展融入教学课程。二是进一步推动职业教育实现产教融合，贯通卓越工程师培养发展路径。紧扣产业发展需要，完善健全职业教育专业动态调整机制，与企业合作强化高技能人才“订单式”培养，同时注重中等和高等职业学校学生思想品德教育。推进职业教育和普通教育融通，打通职业技能评价与专业技术职称评审的界限。优化高校工程硕博培养机制，加强校企合作，强化专业理论、行业

知识、实践创新能力、综合素质的全面培养。三是探索建立拔尖人才的早期发现与培养机制。可借鉴有“中国青年诺贝尔奖”之称的丘成桐中学科学奖，设立基础学科、“关键核心技术”相关应用学科的科学奖项，吸引组织全国优秀中学生同台竞赛，遴选优秀人才；“双一流”高校也可借鉴清华大学“丘成桐数学科学领军人才培养计划”，探索突破高考限制选拔，培养基础学科顶尖人才。

6.2 加大对海外人才的吸引力度

一是完善并继续实施海外高层次人才引进计划。一方面继续强化对优秀留学归国人才的挖掘和吸引，另一方面积极借鉴加拿大、澳大利亚、韩国等发达国家的成功经验创新对外籍顶尖人才的引进模式，引聚国际一流人才。二是进一步优化对留学生归国工作创业的服务保障。鼓励政府和企业采取多种形式向留学生发

表3 新时代人才强国建设关键指标及评价

建设目标	关键指标	基本评价
人才队伍 素质	人口平均受教育年限	与主要发达国家差距显著
	每百万常住人口R&D人员全时当量	与主要发达国家差距显著
	卓越工程师数量占比	与主要发达国家差距显著
	高等教育国际学生数及占比	与主要发达国家差距显著
	国际科技大奖获奖者人数占比	数量极少，与英美差距显著
	高被引科学家数量及占比	世界第二，但与美国差距显著
人才发展 环境	QS世界大学数量及得分	最顶尖大学显示出比较优势，但百强大学数量少
	全球R&D投入2500强企业数及排名	具备一定比较优势，但新兴产业领域仍有较大提升空间
	营商便利度指数及排名	与主要发达国家差距显著
	知识产权保护指数及排名	与主要发达国家存在差距
人才产出 和影响力	高被引科技论文数量及占比	总量世界第二，但与美国差距显著；占比情况显著低于主要发达国家
	国际标准化组织任职状况	世界领先水平
	PCT专利申请数量	世界第一

布招聘信息、宣传优惠政策;同时,进一步加大对留学人员归国创业的融资、税收优惠等多种形式的支持。三是加大对国际研究生奖学金和海外青年学者的基金资助力度。加大对国际研究生奖学金的资助力度,特别是博士研究生,提高奖学金额度、增加名额的同时提高申请人要求,保证资助更多优秀的外籍博士生。国家自然科学基金委自2021年起将外国青年学者研究基金拓展为外国学者研究基金项目,以资助外籍优秀科研人员来华开展研究,而博士后基金还没有面向外籍博士的专门资助项目,未来应加快设立面向全球各类青年学者的基金资助项目,吸引优秀国际人才来华开展研究。

6.3 加大R&D经费投入,优化支出结构,提升投入产出效率

2020年,我国R&D支出占GDP的比例为2.4%,仍相对低于日本(3.26%)、德国(3.14%)和美国(3.45%)¹。我国在2015—2020年间基础研究经费占比从5.05%增加至6.01%,与法国(2019年占比22.67%)、英国(2019年占比15.07%)、美国(2020年占比15.07%)、日本(2020年占比12.29%)等还有明显差距。R&D经费投入规模是培养研究型和创新型人才、保证其高水平产出的基本前提之一,因此未来应进一步加大投入,特别是针对基础研究领域的投入,保证经费精准匹配前沿科技领域和“卡脖子”领域支持重点攻关的同时,培养造就一批顶尖人才,进一步提升我国人才的产出水平和影响力。

6.4 不断优化人才发展环境

一是着力搭建世界一流的人才发展平台。加快推进“双一流”高校建设,提升创新型人才培养能力;聚焦科技前沿领域着力打造世界一流的各类创新基地,为积极参与国际大型科学

活动,发挥人才的国际影响力提供硬件保障。二是推进和落实人才分类评价,治理人才“帽子”乱象。合理确立各类人才评价标准并积极落实,让各类人才能够立足专长、踏实服务经济社会发展和自我提升,不为评价“指挥棒”所累;厘清各类人才“帽子”的性质和设置目的,改善人才“帽子”与资源分配和考核评价挂钩的不良倾向。三是营造良好创新创业环境。加强知识产权保护制度和环境建设,进一步完善和落实知识产权收益相关政策,提升知识产权服务能力水平,同时要营造重视知识产权保护的社会氛围,提高创新人才的知识产权保护意识。进一步深化“放管服”改革,致力于吸引全球创业人才,优化营商环境,提供便利服务。

责任编辑:李琦 校对:李琦 梁思琪

参考文献

- [1] 郭庆松,柳恒超,杨国庆.实施人才强国战略:国内外研究述评及研究趋势展望.上海行政学院学报, 2011,12(03):80-89.
- [2] 薄贵利,郝琳.论加快建设世界一流人才强国[J].中国行政管理, 2020(12):90-96.
- [3] 中国科协调研宣传部,中国科协创新战略研究院.中国科技人力资源发展研究报告(2020)[M].北京:清华大学出版社,2022.
- [4] 教育部关于印发《中国教育监测与评价统计指标体系(2020年版)》的通知(教发〔2020〕6号)[EB/OL].(2020-12-30) [2022-11-20]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A03/s182/202101/t20210113_509619.html.
- [5] 中国科协创新战略研究院.中国科学技术与工程指标(2020)[M].北京:清华大学出版社,2020.
- [6] Clarivate Web of Science (2021). Highly Cited

¹ 国际数据来自联合国教科文组织统计研究所数据库。

Researchers 2020[EB/OL]. (2021-01-20)[2022-11-20]. https://clarivate.com/webofsciencegroup/wp-content/uploads/sites/2/dlm_uploads/2020/11/WS559074072-Highly-Cited-Researchers-2020-Executive-summary_Report_v4-PH.pdf.

[7] QS Top Universities. QS World University Rankings 2023 Result Tables (Excel)[EB/OL].(2022-06-08)[2022-11-20].<https://www.qs.com/portfolio-items/qs-world-university-rankings-2023-result-tables-excel/>

[8] INSEAD, "The Global Talent Competitiveness

Index 2020: Global Talent in the Age of Artificial Intelligence"[EB/OL].(2020-01-22)[2022-11-20].
<https://www.insead.edu/sites/default/files/assets/dept/globalindices/docs/GTCI-2020-report.pdf>.

[9] Clarivate(2020). Essential Science Indicators[EB/OL].(2021-01-20)[2022-11-20].
<http://incites.help.clarivate.com/Content/Indicators-Handbook/ih-esi-indicators.htm>.

[10] 刘辉锋.从PCT申请和三方专利指标评价中国海外专利申请实力. 科技和产业, 2017,17(7), 146-149.

Analysis on the key indicators in the construction of China's Talent Power in the new era

Song Ziyang, Zhang Jing, Deng Dasheng

(National Academy of Innovation Strategy, CAST, Beijing 100038, China)

Abstract: The 20th National Congress of the Party clearly put forward that the Strategy of Strengthening China through Talent Development should be thoroughly implemented. This ushered in the new journey of implementing the strategy of Strengthening China through Talent Development in the New Era. Based on the strategic target of building China into a country of talented people, this study analyzes the historical change trend of the key indicators of China concerning the three aspects, including talent quality, talent development environment and the output and influence of the talent. The comparison of the indicators is made between China and the world's major developed countries. Suggestions are put forward to better implement the Strategy of Strengthening China through Talent Development in the New Era from the following aspects, i.e., strengthening the ability of nurturing talents independently, stepping up efforts to introduce overseas talents, expanding and optimizing the R&D expenditure, and optimizing the platform and institutional environment of talent development.

Key words: Strengthening China through Talent Development; talent; indicators research; comparative study

建设老年科技大学提升老年人科学素质的思考

马 骁¹, 任福君^{1,2}

(1. 中国科协创新战略研究院, 北京 100038; 2. 北京科技大学, 北京 100083)

摘 要: 2021年, 国务院颁布《全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)》, 提出依托老年科技大学等机构提升老年人信息素养和健康素养, 提升老年人科学素质。文章结合问卷调查数据, 对老年科技大学的目标定位、组织方式、师资队伍、办学地点等特征进行了讨论, 对新疆和重庆两地的办学模式进行案例研究, 并从筹建能力、教学方式、运营管理三个方面分析了老年科技大学建设存在的问题, 提出争取多部门支持、用好现代信息技术手段、强化经验分享等对策建议。

关键词: 老年科技大学, 人口老龄化, 全民科学素质, 老科技工作者

1. 引言

我国人口老龄化形势严峻, 2020年第七次全国人口普查数据显示, 60岁及以上人口数量已达2.64亿, 占总人口的比例达到18.7%^[1], 正在迈入中度老龄化社会。同时我国老年人科学素质总体偏低, 据第十一次中国公民科学素质抽样调查结果, 2020年我国60至69岁老人具备科学素质的比例仅为3.52%, 远低于10.56%的全国公民平均水平, 是全民科学素质提升的薄弱环节^[2-3]。科学素质低导致老年人适应信息化社会的能力不足, 对迷信、伪科学等虚假信息的分辨能力差, 并且容易在出行、就医、消费等日常生活中遭遇“数字鸿沟”。2021年6月, 国务院颁布《全民科学素质行动规划纲要(2021—2035年)》^[4], 将老年人列入全民科学素质提升的重点人群, 并提出依托老年科技大学等机构提升老年人信息素养和健康素养、提升老年人科学素质。

发展老年教育是促进老年人社会参与的重要途径之一, 是新时代老龄工作的重要任务。目前

我国基本形成了以老年大学教育为主阵地, 远程老年教育、基层社区老年教育、老年人自主教育、社会老年教育等多元模式共同发展的老年教育格局。截至2020年底全国各级各类老年大学(学校、学习点)共8万多所(个), 注册学员数量达到1400多万人; 在216个市(地), 689个县(市、区), 4856个乡镇(街道), 26698个村(社区)设立了老年教育学习点^[5]。尽管我国老年教育事业总体发展态势良好, 但发展不平衡、供给不充分的问题仍然突出, 现有教育资源的数量、质量和结构不能完全满足庞大的老年学习需求。例如, 以老年大学为主阵地的学校老年教育可及性差, 存在人满为患、“一座难求”的现象, 据上文数据估算, 2020年全国老年大学的注册学员数量仅占60岁及以上人口数量的5.3%; 另外, 老年教育授课内容多以书法、绘画、音乐、健康养生和生活技能为主^[6-8], 课程广度和深度不够, 特别是对信息时代帮助老年人跨越“数字鸿沟”、维护老年人合法权益等问题的关注不足。

中国老科学技术工作者协会(以下简称中国

作者简介: 马 骁, 中国科协创新战略研究院博士后, 研究方向为社会保障、老年教育。

任福君, 中国科协创新战略研究院原院长、北京科技大学兼职教授, 研究方向为科学普及、科技政策、科学文化和创新文化。

老科协)自2019年起研究并推动创建老年科技大学,开展以提升老年人科学素质为主体,提升信息素养和数字技能、科学健康素养为两翼的科技特色老年教育。2021年4月,中国老科协联合中国科协科普部印发《关于创建老年科技大学的指导意见》,鼓励和引导有条件的各地老科协建设老年科技大学^[9]。在中国老科协的倡导下,各地老科协积极行动,目前老年科技大学已在陕西、新疆、黑龙江、北京、重庆等十余个省市落地建设,并出现了一些具有地方特色的办学模式。例如,新疆采用省地县一体化办学模式,在地州市设立分校、在区县市建立教学点,利用互联网设备开展线上同步教学;北京、重庆采用联合科技馆办学模式,充分利用科技馆的展教资源,服务老年人科技学习需求;广西壮族自治区浦北县采用县级主导办学模式,开设天空课堂、田间课堂,深入农村开展教学,助力农民科学素质提升等。老年科技大学与国内现有老年教育模式形成错位发展,是对构建终身学习体系、建设学习型社会的有益完善和重要补充。

2. 老年科技大学的目标定位和办学特点

目前,国内的老年大学约有70%以上由政府主办^[10],通常有固定办学场所和专职教学人员,大多以财政拨款作为运营基础,向学员收取一定的学费,主要开设文艺养生保健类课程,服务老年人的文化养老需求^[11]。而老年科技大学相较老年大学在目标定位、组织方式、师资队伍、办学地点等方面均存在不同之处,尤其是在办学中充分发挥老科协的组织优势、老科技工作者的智力优势和科技馆的资源优势。2021年9月,本课题依托中国老科协分布在全国的15家调查站点,面向老科技工作者群体开展了关于老年科技大学建设需求情况的问卷调查,调查内容主要包括对老年科技大学的作用、课程、教师、教学方式、办学地点等方面的态度和看法,以及参加老年科技大学的学习交流、教学或其他志愿服务活动的意愿与动机等,共回收有效问卷3797份。下文将结合

此次问卷调查结果对老年科技大学的办学特征进行讨论。

2.1 目标定位

老年科技大学作为非学历、公益性的科技特色老年教育平台,以满足老年人多层次、多样化的科技文化学习需求为办学目标,面向广大老年人零门槛、免费授课,重点设置时事政策、前沿科技、数字技能、科学健康和实用技艺等科技相关课程,既有贴近生活、实用性强、通俗易懂的科技惠老课程,又开设针对老科技工作者群体的前沿科技知识研讨班,增强各类老年人对科技进步的获得感、幸福感、安全感。

第一,开展科学普及,服务老年人科学素质提升。2016年习近平总书记在“科技三会”上指出,“没有全民科学素质普遍提高,就难以建立起宏大的高素质创新大军,难以实现科技成果快速转化。”目前我国老年公民科学素质水平较低,是全民科学素质提升的薄弱环节。但目前针对老年群体的科普基础设施和资源有限且数字化程度低,老年科普产品和教育课程供给数量不足、针对性和衔接性差^[12],与老年人提高信息素养和健康素养、融入智慧社会的需求存在差距。因此,老年科技大学将聚焦老年人日常生活涉及的出行、就医、消费、文娱、办事等高频事项和服务场景,开设科学健康知识和智能技术培训课堂、实施智慧助老行动,从而帮助老年人提升信息获取、识别和使用能力,增强预防和应对网络谣言、电信诈骗的能力,服务老年人更加从容地走进数字时代、融入智慧社会,更好共享科技文明成果。

第二,打造前沿课堂,服务老科技工作者知识交流与分享。我国老科技工作者队伍庞大,截至2019年底总量达1900多万人^[13],他们长期奋斗在教育、科研、文化、卫生和工农业生产等各个领域,具有较高知识技术水平和创新创造活力,其科技学习需求具有高层次、专业化、前沿性的特征。但目前国内的老年科技教育内容普遍以基

础的智能设备应用和健康保健知识为主,覆盖的知识广度、深度和高度与老科技工作者群体跟踪科技界时事政策和前沿动态的兴趣不相适应。在问卷调查中,有81.40%的老科技工作者认为有必要成立老年科技大学(见图1),且有70.32%的老科技工作者愿意参加老年科技大学组织的学习活动(见图2);如果选择参与老年科技大学的学习交流活动,有67.53%将获取新的科学知识作为主要参与目的(见图3);有84.38%的老科技工作者认为老年科技大学应该开设科学健康类课程,64.05%认为应开设智能设备操作课程,50.28%认

为应开设前沿科技知识类课程(见图4)。可见老科技工作者群体对老年科技大学的接受度较高且具有强烈的科技学习意愿,老年科技大学将搭建一个老科技工作者同辈群体间的知识、技能、经验分享和交流平台,服务老有所乐、老有所学、老有所为。

2.2 办学特点

第一,发挥老科协的组织优势。老年科技大学由老科协组织创建,中国老科协总体谋划、确定办学方向和思路、培训师资队伍,各地老科协

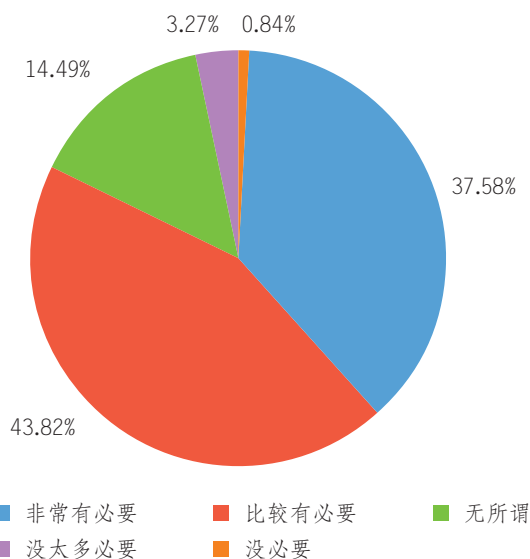


图1 是否认为有必要成立老年科技大学（单选）

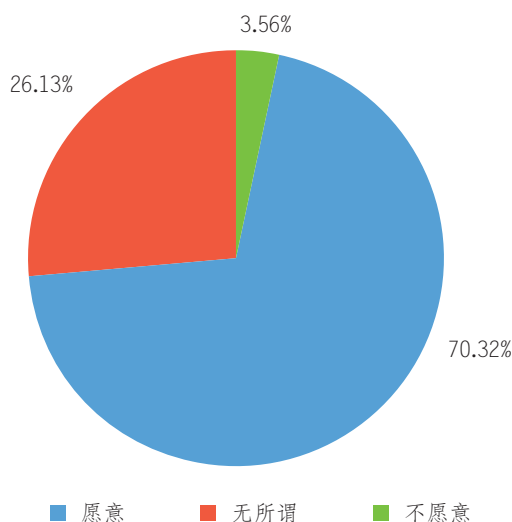


图2 是否愿意作为学员到老年科技大学参加学习交流活动（单选）

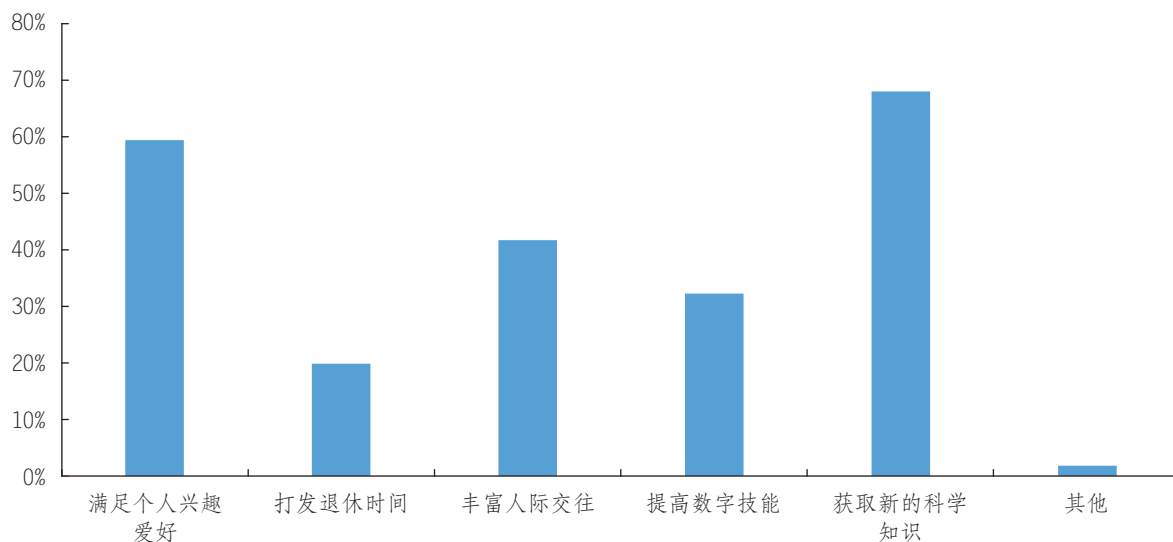


图3 选择参与老年科技大学学习交流活动的主要目的（多选）

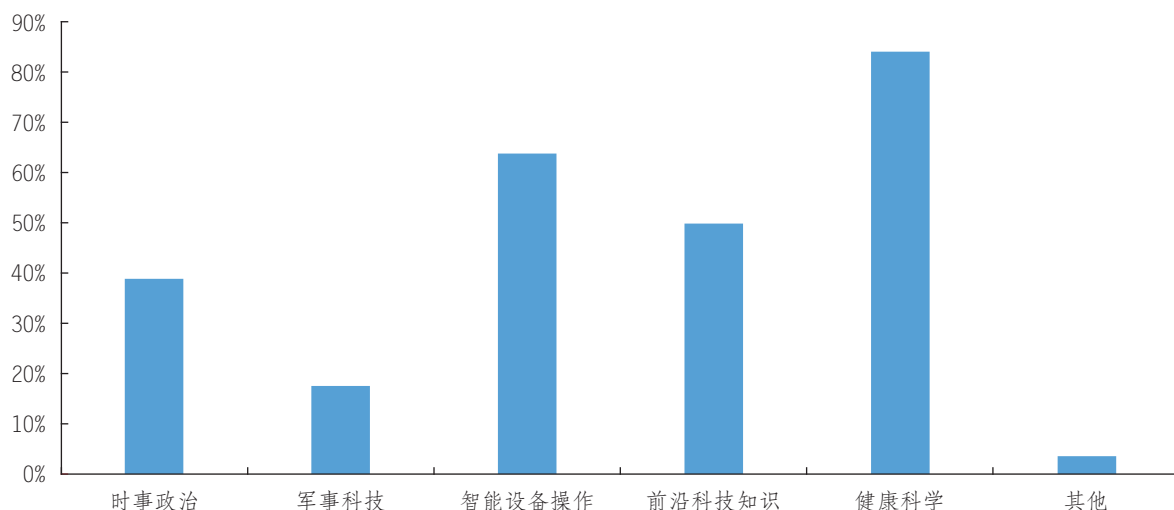


图4 对老年科技大学应开设哪些课程的看法（多选）

因地制宜开展具体的办学实践。老科协是党领导下的老科技工作者群众组织，具有智力资源集中、组织网络健全的明显优势，形成了包括省、市、县和企事业基层老科协的多层次、广覆盖的组织体系，搭建起上下联动的交流平台，广泛团结联系全国近2000万老科技工作者，为老年科技大学的创建提供了良好的组织保障。2019年，习近平总书记对老科协工作给予肯定，“中国老科学技术工作者协会成立30年来，团结广大老科技工作者老有所为、积极作为，为促进我国科技创新、推动经济社会发展作出了积极贡献”^[14]。作为党和政府联系老科技工作者的桥梁和纽带，

老科协在老科技工作者群体中的可信赖度较高，问卷调查显示，75.72%的被访老科技工作者希望由老科协组织及通知老年科技大学相关办学信息（见图5）。此外，截至2021年底，中国老科协依托团体会员建设成15家老科技工作者调查站点^[15]，为开展调查研究提供支撑，能够迅速、及时收集老科技工作者等老年人群对老年科技大学的需求和建议。老年科技大学还将与社区老科协的建设融合发展，有助于塑造辐射基层、便于参与、方便管理的教学网络，提高老年科技教育资源的可及性。

第二，发挥老科技工作者的智力优势。老年

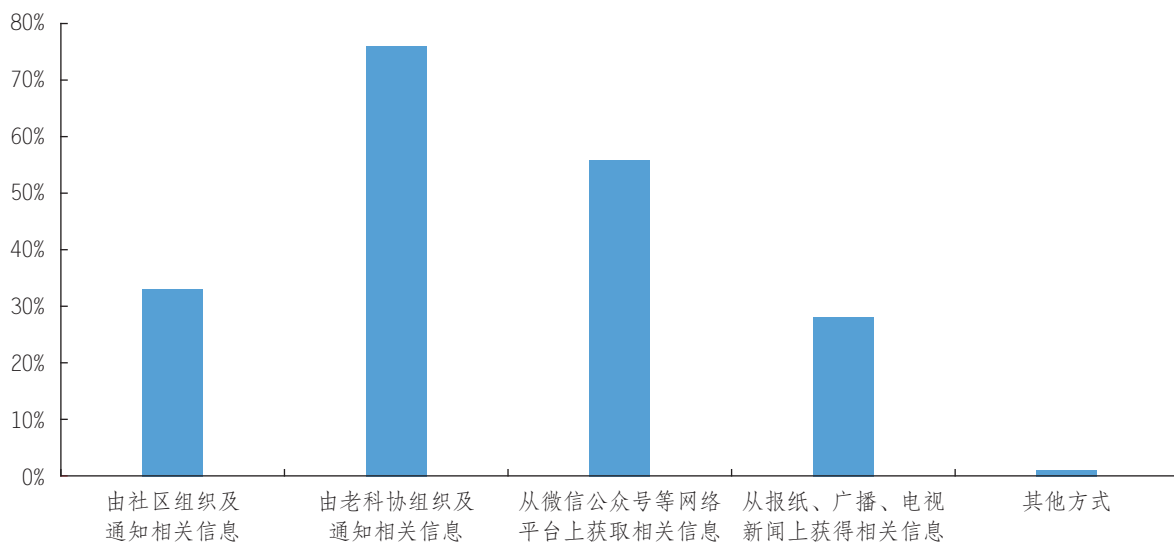


图5 希望通过哪些方式或渠道获得老年科技大学的信息（多选）

科技大学以老科技工作者志愿者师资为主,打造专职与兼职师资相结合的师资队伍。老科技工作者群体涉及的专业领域广泛,拥有较强的理论功底、科研能力、操作技艺和实践经验,在决策咨询、科技创新、科学普及等方面具有优势特长,并且大多怀有继续为科技发展和经济建设贡献力量的强烈愿望。问卷调查显示,绝大多数(95.05%)的被访老科技工作者愿意以志愿者的身份参与老年科技大学的教学或其他服务活动(见图6)。老科技工作者在老科协的组织和带领下,深入基层开展科普活动的经验丰富,例如中国老科协打造的“老科协报告团”工作品牌,涵盖中国老科协总团、地方省分团、地市支团和县报告团等各级老科协报告团5000多个、老专家5万余人,汇集各个学科领域的院士、专家、学者,深入乡村、社区、高校、企事业单位等为公众传播科普知识^[16]。因此,在老年科技大学的建设中,老科协组织除了将老科技工作者群体视为受益者,还将其视为倡导者和共建者,鼓励他们志愿参与老年科技大学的办学和教学活动,打造“银龄互助”型教学相长模式,从而发挥老科技

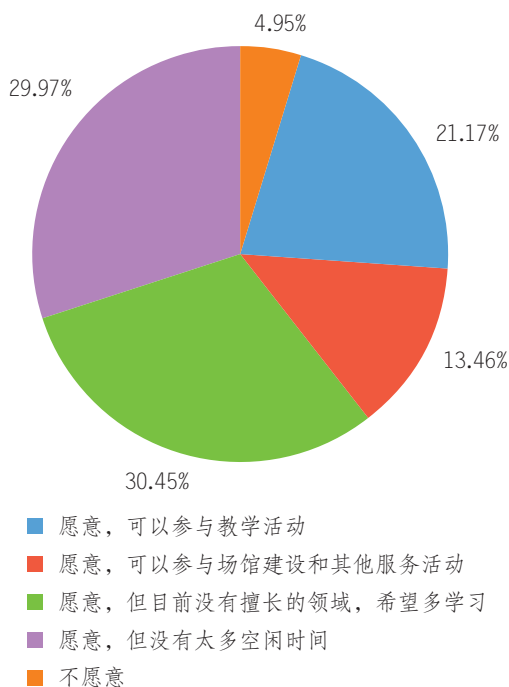


图6 是否愿意以志愿者的身份参与老年科技大学的教学或其他服务活动（单选）

工作者的积极作用,带动广大老年人的科学素质提升。

第三,发挥科技馆的场地和展教资源优势。老年科技大学重点依托有条件的科技馆等公益场所作为办学地点,灵活采用常设课堂与移动课堂相结合、线上与线下教学相结合、教学授课与研讨交流相结合的教学方式。科技馆作为公众终身学习主阵地,承担着服务公众科学文化素质提升的功能,有义务面向老年人开展科学普及活动。在问卷调查中,有45.51%的被访老科技工作者希望老年科技大学在科技馆办学;有73.14%的老科技工作者认为科技馆能够定期开展相关科普活动,引导老年人了解新事物、体验新科技,64.71%认为科技馆能够为老年人提供助学、互学的科技交流平台和资源,从而助力老年科技大学落实“智慧助老”行动(见图7)。但是目前国内大多数科技馆的展览方案和教育活动都以服务学龄儿童、普通公众以及专业群体为主,对老年人群的关注不足^[17]。据《中国科协2021年度事业发展统计公报》,截至2021年底,各级科协拥有所有权或使用权的科技馆1004个,已实行免费开放科技馆937个^[18],老年科技大学将探索利用各地科技馆和科学中心周一全国统一的闭馆日、周二到周五的相对空闲时间开展教学活动,有助于发挥科技馆的场馆设施资源、教育教学资源和展教队伍资源优势。

3. 老年科技大学案例分析

本文选取新疆、重庆两地的老年科技大学作为典型案例,结合黑龙江老科协课题组的实地调研数据以及两地相关新闻报道和政策文件,分析其办学机制和模式,总结可复制推广的有益经验,为其他地区建设老年科技大学提供参考。

3.1 新疆老科协老年科技大学

新疆老科协借助新疆维吾尔自治区科协资源平台,在全国较早建立起新疆老科协老年科技大学(以下简称新疆老科大)。

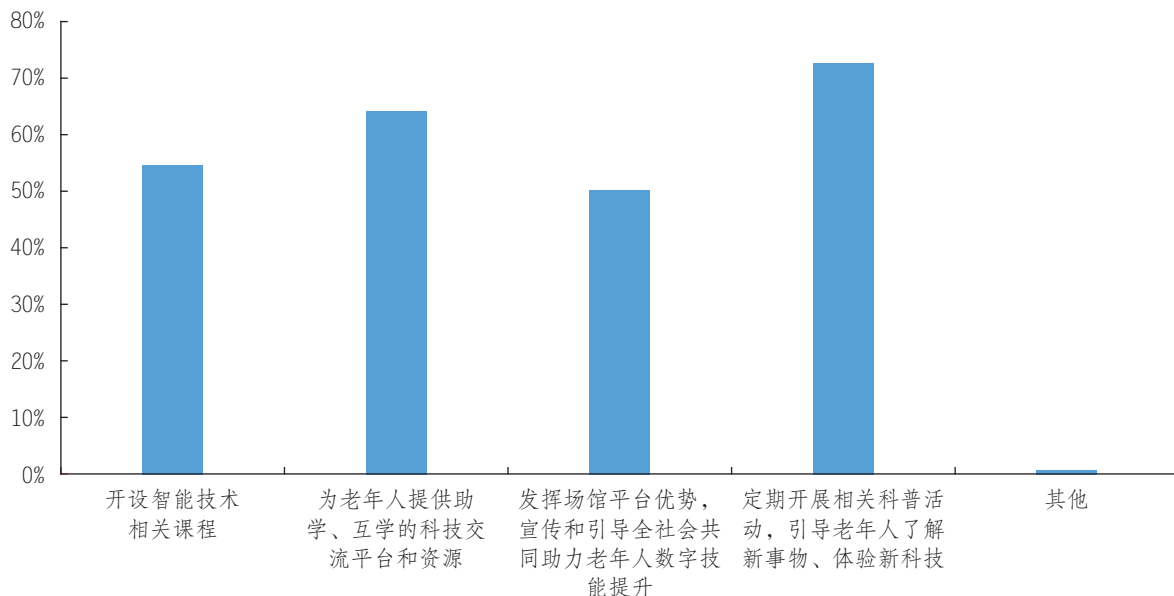


图7 您认为科技馆如何能够发挥自身优势，助力老年科技大学落实“智慧助老”行动(多选)

新疆老科大采用省地县一体化办学模式。依托自治区科协和老科协成立主校区，由新疆老科协负责具体的办学和管理工作，自治区科协为其提供资金、场地和技术人员等资源支持；在全疆14个地州市设立分校，新疆老科大对各分校给予教学、教材支持与业务指导；在有条件的分会、老干部活动中心（老年大学）、部分社区会场设立若干个相对固定的教学点。新疆老科大和各分校设校长、副校长、教务长等管理人员，由新疆老协和各地州市老科协的主要领导和专家担任，办公人员由老科协工作人员兼任，并从学员中产生班长。

新疆老科大采用“主校+分校+教学点”的“线上线下”同步教学方式。线下主课堂设在自治区科协会堂，各分校的教学地点设在当地科协的视频会议室或老干部活动中心，各教学点的教学场所一般设在当地老干部活动中心。新疆老科大配置了完备的教学和视频传输设备，在主课堂现场授课的同时，通过覆盖全疆的科协视频系统同步进行直播，各分校和教学点组织学员线上同步观看视频课。新疆老科大开课期间，还组织学员到自治区科技馆进行参观和体验式学习，实现教学点授课、网络授课和基层现场授课相结合。

新疆老科大主要开设科学技术、思想政治、健康保健三大类课程。科学技术类包括人工智能、5G技术、生物技术等前沿科技、智能技术应用、防震减灾、生命起源、公共安全、环境保护等课程；思想政治类包括习近平新时代中国特色社会主义思想、党史学习教育、国际国内形势、法律等课程；健康保健类包括慢病防治、传染病防治、养生保健、防疫防控、健康科学、心理学等课程。2021年共授课38场，全学年共有10657人次参加听讲^[19]；2022年教学覆盖范围进一步拓展，共授课33场，受众达60415人次^[20]。

新疆老科大师资队伍以兼职为主，主要包括来自中国老科协科学报告团、自治区科普讲师团和自治区科研院所、高校、医疗系统的专家学者，2021年共有21位教师参加授课，2022年共有25位教师参加授课。

3.2 重庆老年科技大学

2021年12月10日，重庆市科学技术协会、中共重庆市委宣传部、重庆市教育委员会、重庆市民政局、重庆市文化和旅游发展委员会、重庆市卫生健康委员会六部门联合出台《关于创建老年科技大学实施智慧助老行动的意见》^[21]，提出重庆市老科协将联合科技馆共同创建老年科技大

学,构建“市级主导、区县主体、网点主抓”的工作体系。2022年6月,重庆老年科技大学(以下简称重庆老科大)正式揭牌成立。

重庆老年科技大学(以下简称重庆老科大)实行市、区县分级办学模式。重庆老科大由市老科协牵头负责,联合重庆市科技馆共同建设和管理,在科技馆加挂“重庆老年科技大学”牌子,科技馆提供相应的办公和教学场地。市老科协发起成立民办非企组织“重庆市兴渝老年科技大学促进中心”,由市老协和科技馆共同组建秘书处,作为重庆老科大的日常管理机构,并通过政府购买服务的方式聘用工作人员。各区县老科大由区县科协会同相关部门创建,可在区县科技馆加挂老年科技大学牌子,也可在新时代文明实践中心、公共文化服务中心等其他具备办学条件的场所加挂老年科技大学牌子,由区县老协和挂靠单位共同负责日常办学事务。

重庆老科大采用线上线下相结合的教学模式。线下教学通过体验学习、尝试应用、经验交流、互助帮扶等方式开展;线上教学通过建设重庆老年科技大学在线学习平台实现,并利用网站、微信等信息化渠道向老年人提供导学服务,探索“互联网+”数字化培训模式。

重庆老科大重点设置数字技能、预防电信诈骗、健康常识类课程。数字技能类包括网上政务、手机银行、预约挂号、网上购物、生活缴费、交通出行等智能手机应用相关课程,以及人工智能、智能汽车、智能家居等相关课程;预防电信诈骗课程包括帮助老年人提高网络安全防护意识和能力等内容;健康常识类包括膳食营养、科学急救、食品安全、药品安全、心理健康等相关课程。

重庆老科大师资队伍以志愿者教师为主体、聘请专业教师为补充。重庆市科协牵头组建以市老科协为理事长单位,通信、金融、卫生健康等市级相关科技社团为理事单位的重庆老年科技大学学会联盟,从中遴选专业师资骨干;吸纳相关市级部门、企事业单位等热心公益事业的专业人

士参与志愿教学服务。重庆老科大将举办骨干教师培训班,每年面向区县举办4期,培训500名以上骨干教师。

3.3 两地可推广、可复制的办学经验

新疆老科大在省地县三级一体谋划、系统推进,形成了上下联动、广泛覆盖的办学网络。在办学过程中,新疆老科协主动作为,一是积极争取自治区科协的资源支持,灵活解决教学场地、技术和经费问题。二是将老年科技大学的建设工作与自治区科普工作有机结合,充分发挥科协系统组织和人才优势,调动“中国老科协科学报告团”“新疆老科协科学报告团”的优质科普师资参与教学,打造以老科技工作者为主的高水平师资队伍。三是现代信息技术与教学工作深度融合,借用科协系统现有网络平台实现线上线下同步教学,扩大受众范围。

重庆老科大则采用政策先行、多部门共建的办学路径。一是重庆市科协高度重视,联合中共重庆市委宣传部以及四个政府部门联合出台政策文件,积极融入卫健委“智慧助老”工作,促成部门间的横向联动,有助于形成资源合力,加大办学工作的推进力度。二是以科协的名义出台政策,有力调动了科技馆参与共建和管理,为重庆老科大提供了办公和教学场地等资源保障。三是规范运营管理,专门成立民非组织、聘用专职队伍负责重庆老科大的日常管理,有助于保证办学的正规化和教学工作的有序进行。四是重视师资队伍建设,吸纳各行业领域的科技社团组建学会联盟,从中遴选骨干教师并开展培训,实现高端科技师资人才资源的整合。

4. 老年科技大学建设面临的问题

自中国老科协、中国科协科普部的指导意见出台以来,虽然各地老科协积极落实意见要求,但已建成并开班授课的老年科技大学尚未实现省级全覆盖,并且除了新疆老科大达到了省地县一体化办学,现有的老年科技大学多数只在省级或

市、县级层面设立总教学点，没有形成辐射基层和区域联动的效果。目前，老年科技大学的建设存在以下几点问题：

4.1 各地筹建能力存在差距

老科协组织作为离退休老科技工作者自愿结成的非营利性社会组织，受到区域发展程度和地方科协等相关部门支持力度的影响，人员配置、经费实力和办公条件各不相同，有些基层老科协的办公环境和设施设备比较简陋，依靠自身办学的实力较弱。此外，现有政策对老年科技大学的办学目标和创建模式提出了具体要求，但政策效力范围有限，对地方科协、科技馆等主体的约束力不足，加上各地对建设老年科技大学的重视程度不一、科技馆的条件参差不齐，老科协能够从中获得的办学资金、场地、设备和人员支持各异，筹建老年科技大学的能力存在较大差距。

4.2 教学资源共建共享还不够

一方面缺少对规范化、高质量教材的合作开发和精品课程资源的汇聚共享，从已开办的老年科技大学教学情况来看，开设的课程以专题讲座为主，课程内容设计不成体系，研讨交流、经验分享、现场观摩、操作实验等类型的互动式教学活动较少，学员课堂参与的活力不够。另一方面前一阶段受国内疫情影响，线下开班授课的计划难以实现，科技馆等公共场所的开放时间具有不确定性，并且经常对现场参与讲座课堂的老人有就座间隔要求，科技馆的展馆和课程优势难以充分发挥，为老年科技大学教学形式的拓展与丰富带来了挑战，老年科技大学也无法真正成为老年人交流科技知识、分享个人阅历、展现老科技工作者风貌的平台与港湾。

4.3 运营管理经验不足

老年科技大学发展时间短、实践案例少，运营管理基础较为薄弱。目前除了重庆市老科协成立专门的民非组织并聘用专职工作人员开展重庆

老科大的日常管理工作，各地老年科技大学的管理和教务工作人员多数由老科协或科技馆等机构的工作人员兼任，他们能够投入的时间和精力有限，开展专门、持续性老年教育的经验不足，可能导致老年科技大学开课时间和学员组织的临时性和不确定性、教学管理松散、课程内容设计不成体系、教学方法缺少灵活性、整合社会优质资源能力差等问题。

5. 进一步推动老年科技大学建设的对策建议

结合新疆和重庆两地的办学经验，老科协组织可从以下三个方面采取措施推进老年科技大学建设，形成资源整合、辐射基层和区域联动的效果，更好服务老年人科学素质提升。

5.1 争取多部门支持

各地老科协在建设老年科技大学的过程中，应积极争取地方科协的资源支持，推动以科协的名义出台政策文件，将建设老年科技大学纳入各地科协落实《全民科学素质行动规划纲要（2021—2035年）》的重要工作任务，并对各地科技馆参与办学提出明确要求。同时，争取老龄、教育等有关政府部门的支持，将老年科技大学的建设融入老龄事业发展大局，与智慧助老行动、地方老年教育和养老服务事业融合发展，广泛动员学校、医院、银行中的公益力量参与共建，促进各类老年科技教育资源优势互补，形成多元参与、广泛覆盖的工作体系。

5.2 用好现代信息技术手段

各地老年科技大学应充分利用现代信息技术手段授课，除了用好线上会议、网课直播平台，还要积极开发场景设计多变、老年人可跟学跟做的短视频、微课程等网络课程。可由中国老科协牵头创建优质网络课程资源库，聘用专业团队负责网课设计、制作和发布，分类别、分层次设置课程内容，增强课程的趣味性和对各类老人的适切性。中国老科协自2021年起探索与B站合作提

供面向青少年群体的科普知识视频,获得了广泛的关注和喜爱,可将此类合作向老年科技教育延伸,与知名视频平台合作开设老年科技大学版块,由各地老年科技大学开展导学服务,提高老年科技大学的知名度和精品课程的覆盖面。

5.3 强化经验分享与交流

由中国科协或中国老科协组织专家团队,邀请老年教育领域专家加入,对各地老年科技大学的建设情况进行调查研究,选取成功的办学案例,分析老科协、老科技工作者、科技馆等主体在其中发挥的作用,总结各地在运营管理中可复制推广的经验做法。由中国老协协定期组织开展经验交流活动,邀请全国老科协老年科技大学相关从业人员交流建设经验、研讨未来发展,总结推广特色办学模式,指导各地老科协适时调整办学方式和管理方法,促进老年科技大学的可持续性发展。继续举办“老科大学堂”教师培训班^[22],加强老年科技大学教师人才队伍建设,推动教师人才互相学习、深入研讨、共同提高。

责任编辑:李琦 校对:王萌 梁思琪

参考文献

- [1] 国家统计局,国务院第七次全国人口普查领导小组办公室.第七次全国人口普查公报[EB/OL].(2021-05-11)[2022-12-30].http://www.gov.cn/guoqing/2021-05/13/content_5606149.htm.
- [2] 中国科协.第十一次中国公民科学素质抽样调查结果发布[EB/OL].(2021-01-27)[2022-02-20].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1690012679165345126&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 新华网.我国多措并举提升老年人科学素质[EB/OL].(2021-06-25)[2022-06-25].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1703534571789541424&wfr=spider&for=pc>.
- [4] 国务院.全民科学素质行动规划纲要(2021-2035年)[EB/OL].(2021-06-03)[2022-12-30].http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-06/25/content_5620813.htm?ivk_sa=1024105d.
- [5] 国家卫生健康委员会.2020年度国家老龄事业发展公报[EB/OL].(2021-10-15)[2022-06-25].<http://www.nhc.gov.cn/ljks/pqt/202110/c794a6b1a2084964a7ef45f69bef5423.shtml>.
- [6] 杨亚玉,欧阳忠明.老年大学教育供给与老年人学习需求匹配的案例分析[J].职教论坛,2018(08):93-100.
- [7] 郑新,韩伟,于维洋.精神文化养老服务产业:老年教育供给困境及对策研究[J].河北经贸大学学报,2018,39(04):95-99.
- [8] 李学书.发达城市老年大学课程适切性研究[J].职教论坛,2016(33):45-50.
- [9] 中国老科协,中国科协科普部.关于创建老年科技大学的指导意见[EB/OL].(2021-04-21)[2022-06-30].<http://www.casst.org.cn/cms/contentmanager.do?method=view&pageid=view&id=cms07eb6073c8203>.
- [10] 中国网.《中国老年教育发展报告(2019-2020)》发布全方位展现中国老年教育发展全貌[EB/OL].(2021-10-19)[2022-03-26].http://photo.china.com.cn/2021-10/19/content_77819748.htm.
- [11] 叶忠海主编.中国当代老年教育发展研究[M].上海:华东师范大学出版社,2019:123-132.
- [12] 王丽慧.老年人科学素质提升行动的思考[J].科普研究,2021,16(04):69-73+86+110.
- [13] 山东省老科学技术工作者协会,山东财经大学,中国科协创新战略研究院著.全国老科技工作者作用发挥现状与人才资源开发研究[M].北京:科学出版社,2021:1-24.
- [14] 中国老科学技术工作者协会网站.习近平总书记重要指示[EB/OL].(2022-06-30).<http://www.casst.org.cn/cms/contentmanager.do?method=view&pageid=view&id=cms06bbff7c48136>.
- [15] 中国老科学技术工作者协会.中国老科协2021年工作总结和2022年工作安排[EB/OL].(2021-12-29)[2022-04-22].<http://www.casst.org.cn/cms/contentmanager.do?method=view&pageid=view&id=c>

ms071b2ade48fde.

[16] 陈至立.在纪念中国老科学技术工作者协会成立30周年座谈会上的讲话[EB/OL].(2019-11-19)[2022-06-30].<http://www.casst.org.cn/cms/contentmanager.do?id=cms0204c37848fc7&method=view&pageid=view>.

[17] 李今.面向老年人的科学学习[C]//科技馆科学教育活动设计——第十一届馆校结合科学教育论坛论文集.,2019:387-392.

[18] 中国科学技术协会.中国科协2021年度事业发展统计公报[EB/OL].(2022-08-22)[2023-01-06].https://www.cast.org.cn/art/2022/8/22/art_79_195569.html.

[19] 中国老科学技术工作者协会网站.新疆老科协老年科技大学第一学年圆满结业[EB/OL].(2021-11-29)[2023-01-04].<http://www.casst.org.cn/>

<cms/contentmanager.do?method=view&id=cms03ab1ae848fde>.

[20] 中国老科协.覆盖范围有拓展,学员人数创新高——新疆老科大第二学年第二学期圆满结业![EB/OL].(2023-01-03)[2023-01-04].https://mp.weixin.qq.com/s/7kJrY-K_DZ5TgsrcNERlmw.

[21] 重庆市科学技术协会,中共重庆市委宣传部,重庆市教育委员会,重庆市民政局,重庆市文化和旅游发展委员会,重庆市卫生健康委员会.关于创建老年科技大学实施智慧助老行动的意见[EB/OL].(2021-12-10)[2022-06-30].http://www.cqast.cn/hm/2021-12/16/content_51824655.htm.

[22] 中国老科协.2022年老科大学堂首期班成功开讲[EB/OL].(2022-12-09)[2023-01-05].<https://mp.weixin.qq.com/s/3lgNTFormuRskuk5TxUJew>.

Reflections on the construction of University of Science and Technology for The Aged and enhancing the scientific quality of the elderly

Ma Xiao¹, Ren Fujun^{1,2}

(1. National Academy of Innovation Strategy, CAST, Beijing 100038, China;

2. University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: The State Council issued the *Outline of Action Plan for The Scientific Literacy of the Whole Nation (2021-2035)* in 2021, proposing to improve the information and health literacy of the elderly through institutions such as the university of science and technology for the aged, and to improve their scientific literacy. Combined with questionnaire survey data, this paper discusses the characteristics of the university of science and technology for the aged, such as its goal orientation, organizational mode, teaching staff and school-running location, and analyzes the school-running mode in Xinjiang and Chongqing. This paper also analyzes the problems in the construction of the university of science and technology for the aged from the aspects of construction ability, teaching methods and operation management, and puts forward some suggestions such as getting support from multiple departments, making full use of modern information technology and strengthening experience sharing.

Key words: University of Science and Technology for The Aged; population aging; civil scientific quality; senior scientists and technicians

郑哲敏院士家国情怀探源

王彩萍

(浙江万里学院文传学院、宁波市院士文化研究中心, 浙江 宁波 315100)

摘要: 家国情怀是郑哲敏院士的鲜明精神特质, 贯穿其一生。文章不仅阐述了郑哲敏院士家国情怀的具体体现, 并且探源其深厚基础, 挖掘其影响与启示。研究认为中国文化的浸润、危亡时代的奋发、科学家师友的激励是形成郑哲敏院士家国情怀的动力源泉, 巨大的科学成就与家国情怀的传承是郑哲敏留下的丰厚精神遗产。这些对如何弘扬科学家精神提供了有益的启示。

关键词: 郑哲敏院士, 家国情怀, 动力源泉

科学家群体是现代社会诞生的新的精英群体, 他们不仅用科技改变了世界, 而且往往表现出令人高山仰止的人格风范。弘扬科学家精神是时代主旋律, 我国目前空前重视这方面工作。大众传媒的广泛报道, 科学家口述史料、传记的倾力挖掘都显示了实绩。但是我们在“讲故事”同时还需要有学理性探究, 既研究科学家群体, 彰显科学的伟力与科学家精神的博大丰厚, 也聚焦科学家个体, 在历史的细节中展现科学家的生命质感。

郑哲敏院士是我国著名力学大师, 中国两院院士、美国工程院外籍院士, 2012年度国家最高科学技术奖获得者。他是一位杰出的科学家, 又是“一位富有远见卓识的科技队伍的组织者和领路人”^[1], 还是一位令人尊敬的长者。在郑哲敏一生中, 家国情怀始终是其鲜明的精神特质。家国情怀与爱国情怀、爱国主义等内涵相近, 但具有更深邃的中国历史文化内涵和更深沉更浑厚的精神感召力量, 在郑哲敏院士身上表现为对国家、

民族强烈的责任感以及在责任感驱动下对国家、民族的无私奉献精神。展现郑哲敏院士家国情怀的具体体现, 探索其家国情怀的动力源泉, 既是我们对郑哲敏院士的深切缅怀, 也是弘扬科学家精神的生动案例。

1. 贯穿一生的家国情怀

家国情怀像一条红线贯穿郑哲敏一生, 青年时期他学成归国心无旁骛, 回国后始终以国家需要为自己的科研方向, 领导、推动我国力学学科发展, 晚年依然精勤不倦, 展现了一位令人尊敬的爱国奉献的力学大师形象。

1.1 青年时期矢志学成归国

郑哲敏天资聪颖, 年轻时即禀赋优秀。1947年, 美国扶轮社在中国提供一个资助中国学生赴美留学的名额。刚刚大学毕业留校清华的郑哲敏过关斩将, 在全国层层选拔中获得了这唯一名额。1948年郑哲敏到美国留学后, 1949年获得硕

作者简介: 王彩萍, 浙江万里学院教授, 宁波市院士文化研究中心主任, 研究方向为中国现当代文学、院士文化。

项目来源: 宁波市科协2022年度科学文化与科学家精神研究基地资助项目“郑哲敏院士科学家精神研究”(项目编号: Z2022-1), 浙江省社科规划项目“浙江现代科学家群落现象研究”(项目编号: 22NDYD035YB)。

士学位, 1949—1951年师从已经誉满全球的钱学森先生攻读博士学位。按照客观情势, 郑哲敏可以有两条道路选择。一条是留在美国, 获得更好的科研、生活条件。一条是回到祖国, 为刚刚经历战争创伤、一穷二白的祖国奉献自己。但对于郑哲敏来说, 这不是一道多选题, 而是一道目标明确的单选题, 从懂事起就逐步建立起的科学救国、科学报国的信念使他心无旁骛, 矢志学成回到祖国。

郑哲敏的回国之路并非一帆风顺, 经历了重重阻碍, 这与当时美国社会情势有很大关系。郑哲敏留学时期, 正是美国麦卡锡主义盛行的年代, 出于对共产主义的仇视与恐惧, 美国政府对与共产党相关的一切有过激的警惕, 对是否准许中国留学生归国的态度也几经反复。郑哲敏受到影响, 一开始美国移民局不为他续签护照, 有一次甚至被移民局扣押到他的导师钱学森被拘禁的地方, 交了一定保释金才被释放。郑哲敏要求自动离境, 美国移民局同意离境, 但是四天后又通知他“考虑到你回中国不符合美国利益, 我们虽然同意了你可以自动离境, 但不允许你离境, 也不允许你有任何离境企图。”郑哲敏被没收了护照, 成了没有身份的人。后来还是通过中美两国日内瓦外交谈判, 郑哲敏等留学人员才得以回到祖国。归国的路充满阻隔, 但这只是外在环境给他平添的外在烦扰, 在郑哲敏的内心, 学成归国的想法从没改变。一方面, 他参加了当时动员联络留学生归国的留美科协的活动, 另一方面, 在他的家书中可以清晰地看到他的心迹。

在家书中, 郑哲敏多次和父亲家人讨论自己如何回国服务的问题。1949年底的家书中, 郑哲敏写道: “我觉得现在所学的东西都太理论, 回国教书适合, 入工厂则感实际经验缺乏。另一方面我觉得国内现在急需的是实作的工程师, 就这方面讲, 我的训练很不够, 这是我很觉得不满的。教书的人国内固然也需要, 然而究不如工程师的需要大……”, 1951年郑哲敏的家书更明确

表示了归国的计划: “学业结束后, 我计划到东部一行, 然后返国, 在现在国内各方面需要人的时候, 早些回国参加建设工作是我的责任。固然在国外可学的东西尚多, 尤其在实际的经验上尚待充实的地方, 在我个人方面说, 还多得很。不过, 我认为回国工作也正是学习的机会, 在同样的时间里, 在国内所得到的, 我深信, 会比在这里能得到的多。^[2]”

归国以后, 郑哲敏在“回国留学生工作分配登记表”上写道: “回国本是一贯的主张。我们之所以获得教育, 直接或间接的是由于全国人民的劳动, 因此回国服务是不可推卸的责任。同时, 一个人如果不是在为群众的利益工作, 那么生活便失去了意义。^[1]”

1.2 壮岁踔厉奋发、践行报国之“力”

郑哲敏1955年归国后便将自己的命运与国家命运紧密相连, 始终以国家的需要为自己的科研方向, 逐渐从一个优秀科学家成长为一位战略科学家, 以一位力学大师的拔山举鼎、排山倒海之力致力于国防与民用工程的力学研究与应用, 践行了一位爱国科学家的报国之志。

郑哲敏一生最重要的科学成就在爆炸力学领域, 是中国爆炸力学的创始人之一。他之所以进入爆炸领域完全源于国家需要。因为新中国成立后我国缺少研制“两弹一星”零部件的万吨水压机, 才另辟蹊径探索采用爆炸成形原理。进入爆炸力学研究时, 郑哲敏甚至连炸药和雷管都没有见过。尤其令人钦敬的是, 郑哲敏的一些研究成果是在动乱年代, 个人蒙受不白之冤, 身心承受重压之下坚持完成的。1966年动乱开始时, 郑哲敏正承担地下核爆的计算方案研究课题, 他被当作“资产阶级反动学术权威”受到批判, 甚至一度被戴上“特嫌”的帽子遭受隔离审查。在此情形下, 郑哲敏依然保持了一个科学家的爱国本色, 觉得承担地下核爆研究是国家对他的信任和委托, 必须坚持下去, 在重重压力下完成了课

题研究。1972年起郑哲敏重新受到信任,虽然没有正式平反,但他不计个人荣辱,义无反顾地投入国家急需的穿破甲机理研究,为提高我国国防水平做出重要贡献。正如他的学生和同事所言:

“先生虽然个人曾遭受冤屈,但看到中国共产党领导中国人民真的站起来并逐渐富强,就不计个人荣辱,继续为人民的富足和国家的强盛竭尽全力工作。这种家国情怀是支撑他在任何逆境下不懈地科学报国的精神支柱”^[3]。

作为力学大师,郑哲敏不仅关注国防,而且也关注有关民生的重大力学问题。20世纪80年代,郑哲敏得知我国能源短缺,煤炭是当时重要能源物资,但是瓦斯爆炸又是危及煤炭生产的一个重大问题。煤矿一旦发生瓦斯爆炸,井下工人常常无一生还,酿成人间惨剧。面对这一事关国计民生的重大问题,郑哲敏以一个科学家的大爱情怀,致力研究瓦斯突出机理以推进瓦斯突出预报工作。我国海岸河口多淤积,建造港口时常遇到“水下软基”问题。常规处理方案费工费时,还常常发生滑移、垮塌事故,1984年连云港派人到力学所访问咨询是否能够用爆炸方法处理软基问题,郑哲敏又带领人员攻坚克难,用爆炸力学理论改变了传统海洋软基处理方法,既节约施工时间和费用,又提高了工程质量,再次显示出科技排山倒海的力量。

对科学的热爱,对事业的执着,使郑哲敏逐渐成长为一个战略科学家,为力学学科发展做出重大贡献。郑哲敏1978年担任中国科学院力学研究所的副所长,1984年担任所长,始终将力学研究所工作与国计民生、国家战略结合起来,他总是提醒同事们“在科学院搞科研,不能仅仅注意学术上的进展,而要更多地关注国家的经济发展”“科学院是科学技术的国家队,一定要在反映国计民生的‘国家行为’中体现出科学院的作用和力量”^[4]。郑哲敏为爆炸力学学科的创建和发展做出了创造性贡献,带领、组织、推动了材料力学性能、非线性力学、海洋工程力学等研究。

作为力学界的领军人物之一,他还组织制定力学学科发展规划,显示了战略科学家的担当。1956年我国制定第一个十二年科学技术发展远景规划,32岁的郑哲敏以助手身份参与钱学森主持的第一次全国力学规划的制定。1978年,郑哲敏第一次以主持人之一的身份主持全国力学学科发展规划。直到80多岁,他多次以领导者主持者身份参加全国的力学学科规划工作。

1.3 晚年精勤不倦、永葆爱国初心

人的生命有自然的节奏和年轮。对一般人来说,六十岁就可以从工作岗位退下来安享晚年。而对郑哲敏来说,他在八九十岁的高龄还精勤不倦,保持着工作的节奏,工作强度常常令年轻人也自叹弗如。2006年,郑哲敏82岁,航天科技集团碰到一个难以突破的技术瓶颈,他带领大家迎难而上,攻坚克难,很快解决了这一难题。最后项目负责人向郑哲敏行了一个标准的敬礼,说不如此不足以体现自己对一个科学家的敬意。2012年郑哲敏88岁,获得当年的国家最高科学技术奖。2013年1月17日,颁奖的前一天,他还是像往常一样,按时到力学所上班。他的学生兼同事洪友士跟他说,因为明天有会,不能去参加先生明天的颁奖典礼了,郑哲敏说:“这有什么?不就是颁奖嘛”^[5]。对待工作,他精勤不倦,对待荣誉,他淡泊自处。

在晚年,作为一个杰出科学家,尤其是在获得2012年度国家最高科学技术奖之后的一段时间,郑哲敏自然处在新闻媒体的聚光灯下,他的爱国初心得到进一步彰显,每次接受新闻媒体访谈,他的回答都是对一个科学家爱国主义精神的极好诠释。晚年他几次被人问到,当初为什么回国,他平和地回答:“没有想过不回来。这是长在骨子里的东西。虽然美国物质生活很好,但感觉像浮萍,没有根的感觉”^[6]。他总结自己一生说:“我从旧时代走过来,富国强民是梦想,总想为国家做点实实在在的事,这是很简单的想

法。我是个普通的科研人员，这个奖颁给我，感谢，也惶恐，因为有荣誉就有很大的责任，我觉得像欠了什么，完不成的感觉”^[7]。

2021年8月25日，郑哲敏走完了自己辉煌的一生，享年97岁。当天的中国科学院官方微博发出了令人潸然泪下的讣告“郑哲敏先生‘外出’了”，并附上了一张过去网友拍摄的他办公室显示“外出”字样的照片。看过有关郑哲敏事迹报道的读者大概还记得，在力学研究所，郑哲敏只要没有外出，他的办公室大门永远是敞开的，如果有人有问题想讨论想请教，都可以随时搬一把椅子进入他的办公室，久而久之，他的办公室就留下了各式各样的椅子，成为一道特殊的风景。郑哲敏永远地“外出”了，但是他留下的是一个中国科学家一生为国的伟岸身影。

2. 郑哲敏家国情怀的深厚动力源泉

郑哲敏的家国情怀有着深厚的动力源泉。探赜索隐、追根溯源，文化传统、时代、环境三方面因素构成其内在基础与动力。

2.1 中国文化传统的建基之功

郑哲敏出生于1924年，时值五四新文化运动之后。五四新文化运动是一个鲜明的界标，标示了中国从传统向现代的转型。五四新文化运动通过引进、吸收西学资源，荡涤了中国传统文化中不适合现代社会的因素，中国传统文化的精华得以进入中国现代社会。这种文化变革，在以传承文化创造文化为己任的中国现代知识分子身上得到鲜明体现。他们以中国文化传统建立了自己的生命根基，同时又吸收了西学。在西学中既吸收了西方科学，又吸收了西方人文主义传统。这使得他们显示了良好的人格修养，具有强烈的社会责任感和历史使命感，同时又具有现代知识分子的现代素质。可以说，他们是继承了中国传统士阶层修身传统的现代知识分子，显示了中国文化进入现代之后的良好开局。身处这样的历史转型

期与文化变革期，郑哲敏的家国情怀既来自传统文化的熏陶，也有现代知识分子的新的特点。

中国传统文化天然蕴蓄着家国情怀的因素，我们从中国传统文化的修身传统与社会组织结构形态等方面都可以看出这一特点。儒家经典《大学》提出“正心、诚意、格物、致知、修身、齐家、治国、平天下”“八条目”，这“八条目”是对个体立身处世的基本规划。在这一规划中，修身是基础，旨归在于治国平天下，这意味着个体的人格修养一方面是为了自我完善，但更重要的是以此为基础承担社会责任与历史使命。中国传统社会的社会组织结构是家国同构、家国一体，国家模拟家庭的组织结构形式，因此封建社会的官员被称为“父母官”，普通百姓被称为“子民”。这种家国同构、家国一体，培养了个体对家国的责任感，形成中国人尤其是精英阶层的家国情怀。

郑哲敏受到中国传统文化的熏陶，这其中，他特意提到父亲和《曾国藩家书》对他的影响。郑哲敏的父亲郑章斐出生于宁波鄞县（今宁波市鄞州区），是一个成功的宁波帮商人。在子女教育上，郑章斐“全力支持和鼓励子女用功读书，教育子女勤勉好学，修身养性。家庭的影响给郑哲敏先生在青少年时期勤奋好学、正直做人品格的形成带来深刻的影响”^[1]。父亲为他指明了读书成才，做有用的人的人生道路，注重对他个人品格的培养与砥砺，很小的时候就有意培养他独立生活的能力，每天清晨起床后让他负责打扫房间，并教会了他缝补衣物的技巧。从小事做起，身体力行，父亲的做法体现了中国传统文化对个体人格养成的最初教育。郑哲敏幼年时几次生病休学，父亲没有怪罪，而是用心安排他的学习与生活，带他游历，恢复身体，增长见闻，效仿了中国传统文化读万卷书行万里路的做法。

除了父亲的言传身教，“曾国藩家训”对他也产生影响。曾国藩是中国近代史上具有重要影响的人物，被目为中国传统文化精华哺育下建立

了“三不朽”事业的中国古代最后一位完人。《曾文正公家书》和《曾文正公家训》是其流传最广的两部书，这两部书比较完整地显示了中国士阶层的人生修养内涵，士阶层修齐治平的人生目标深印其中。曾国藩临终遗训“慎独”、“主敬”、“求仁”、“习劳”思想都包含在他的这些书信中，至今仍具有启示意义。

郑哲敏后来总结道：“这些习惯的形成，一方面是父亲的言传身教，另一方面得益于阅读父亲给我买的“曾国藩家训”。大概也是这些原因，小时候老师所教的《大学》《论语》中的一些思想和成语，如‘己所不欲，勿施于人’‘慎独’‘十目所视，十手所指’‘非礼勿视，非礼勿听，非礼勿言，非礼勿动’以及不在背后议论人等，在我思想上深深地扎下了根，影响我一生的行动”^[8]。

中国传统文化精华建立了郑哲敏的生命根基，作为现代知识分子的理性思索更坚定了郑哲敏的家国情怀。郑哲敏在青年时代曾有两次对人生意义的严肃思考。一次是1947—1948年，大学四年级和当助教的时候，他带着青年人特有的真诚与困惑思考“人生的目标究竟是什么？人生的价值又在哪里？”苦苦思索之后，他的答案是“如果人生有什么意义的话，其价值只能在于当他在世的时候能为社会做点贡献，留下一点有益的、正面的东西”^[8]。第二次是在美国留学时候，他读了很多杂书，进一步确立“人为什么活着”的问题，“生前为人民多做些好事”的信念进一步加强。这种思索是郑哲敏从个体出发对自我社会责任的理性确认，突显了个人主体性和人格独立性，中国传统士阶层群体本位的社会责任感与历史使命感在郑哲敏这里得到了现代的转化，他的家国情怀由此更为牢固扎实。

2.2 危亡时代的催发之力

不同时代有不同的时代境遇，赋予人们不同的时代使命。中国近现代史是一段惨痛历史，外

族入侵、山河破碎，国家陷入危亡之中。对于一个绵延数千年而不倒的民族，深重的时代苦难传导至每一位国民身上都有切肤之痛，激发了她的优秀儿女不甘外侮、矢志救国的抱负。因此凡是经历过近现代危亡时代的科学家都表现出明显的时代特征，这种特征主要表现在两方面，一是对国家危亡的切肤之痛，二是发愤图强，科学救国科学报国。翻阅诸多经历近现代史的科学家传记，可以看到他们人生成长奋斗的起点无一不是救亡图存，科学救国、科学报国。

郑哲敏在战乱中度过自己的青少年时期。1937年7月初，卢沟桥事变发生的前几天，13岁的郑哲敏跟随父亲从济南赶回家乡宁波看望病重的祖父，从此宁波、成都、昆明、北京……战乱中的郑哲敏辗转各地、颠沛流离，完成了青少年时期的学业，有一些事情成为一生抹不掉的记忆。1928年济南“五三惨案”，日军将中国政府在济南所设的山东交涉署职员全部杀害，在济南城内肆意烧杀抢掠，并进攻北伐军驻地，一万七千多名中国民众被焚杀，两千多人受伤。父亲率领全家逃难的情景令他记忆深刻，更有一件事使他永生难忘，“有一天我来到街上，落在地上的许多子弹壳引起了我的兴趣，于是我弯腰准备去捡它们。可是有个持枪并上了刺刀的日本兵就站在我旁边，他突然举起枪向我冲来”^[8]，一个惊骇中猛跑，一个凶神恶煞般狂追，这时的郑哲敏还不到四岁，此后好多年里，这一情景还经常闯入梦中困扰着他。在成都读中学时，最令郑哲敏难忘的是侵华日军一次对成都市商业和居民区的狂轰滥炸，街区被炸毁，烧焦的人体散发着难闻的气味，被击落的日机残骸印着“三井”“三菱”字样，晚年郑哲敏说：“至今每看到‘三菱’这样的字眼，心中总有一种特殊的感受”^[8]。

深刻的情感记忆，使郑哲敏晚年接受访谈几次谈到“我们小时候是唱着：‘打倒列强！打倒列强！除军阀！除军阀！国民革命成功！国民革命成功！国民革命成功！齐欢唱！齐欢唱！’的

歌曲长大的”，他还说我们听了“我的家在东北松花江上”是会流眼泪的”^[9]。

正是弱国子民的屈辱，使郑哲敏在青少年时代就种下了保家卫国，为社会为国家献身的理想。高中时代学校做了一次问卷调查，郑哲敏写下了一个少年最初的志向，一是飞行员，二是工程师。做飞行员的志向源于抗战时期那些作战勇敢，战功赫赫，为国捐躯的战斗机飞行员的精神感召，工程师则反映了郑哲敏比较实际的科学救国的思想。郑哲敏的大学时代是在西南联大度过的，最初的专业选择，郑哲敏跟随先一年进校的哥哥的选择，报考了电机系。一年之后，兄弟俩商量，不能两个人学习同一个专业，要各自进入不同的专业才能为国家做出更大的贡献，郑哲敏于是转到机械工程系，改学机械工程。中国近现代史的屈辱，使富国强民的梦想在郑哲敏心中深深地扎下根，成为他一生不竭的动力。

2.3 科学家师友的激励之效

新中国的科学家群体是一个爱国、奉献的科学家群体。在新中国科技发展史上，正是有这样一个科学家群体，我国才在基础薄弱、百废待兴的情况下实现了科技进步，并在重点领域跻身于世界先进行列，被称为“共和国丰碑”的“两弹一星”研制就是一个典型的例子。“两弹一星”的研制是系统工程，动员了新中国成千上万的科学家、科技工作者，被授予“两弹一星”功勋的科学家有23位。“两弹一星”科学家群体具象地表现了爱国、奉献的新中国科学家精神。他们中的大部分人都有海外留学经历，新中国成立后，他们放弃国外优越的科研条件，义无反顾地回到祖国，参加新中国建设。对每一位杰出科学家来说，发现新规律，阐明新理论，开拓新领域，站立在世界科学顶峰是毕生的梦想与荣耀，但是为了“两弹一星”事业，他们中的很多人放弃了自己的科学研究事业，承担起科学组织与管理工

作。他们甘愿从人群中消失，几十年隐姓埋名，承受与世隔绝的心理痛苦。他们在极端艰苦的条件下工作，戈壁滩的荒凉、苦战攻关的日日夜夜，一切都视如平常。

“两弹一星”元勋钱三强在接受记者采访的时候，借用了马克思的一句话与青年人共勉，“如果我们选择了最能为人类福利而劳动的职业，我们就不会为他的重负所压倒，因为这是为全人类所做的牺牲；那时我们感到的不是一点点自私而可怜的欢乐，我们的幸福将属于千万人，我们的事业并不是显赫一时，但将永远存在，而面对我们的骨灰，高尚的人将洒下热泪”^[10]，彰显了中国科学家可敬的人格风范。

郑哲敏就置身于这样的科学家行列，是其中的一员。郑哲敏回国后先被分配到中国科学院数学研究所力学实验室，旋即加入到新组建的中国科学院力学研究所，在钱学森、郭永怀等直接领导下开展工作，他一生的主要科学成就爆炸力学也是在钱学森、郭永怀的直接指导与嘱托下开展，研究爆炸力学的初衷即是服务于“两弹一星”研制。在这样的科学家行列里，家国情怀相互激发、传递，成为浩荡的生命激流，我们在郑哲敏后来写作的关于钱学森、郭永怀、周培源等纪念文章中可以清晰地看到其踪迹。

在科学家群体中，作为老师的钱学森对郑哲敏有更直接的精神影响。钱学森是国内外享有崇高声望的科学家，对我国国防工业做出巨大贡献。1954年郑哲敏回国时，还处在被监视状态的钱学森临别钱行，钱学森的交代是：“国家需要你干什么，你就干什么。不一定是尖端的，哪怕是测量管道水的流动也可以做”^[5]。这样的嘱托，今天的我们几乎难以置信。一位是世界知名科学家，一位是学有所成的青年学人，为了自己的祖国，他们甘愿从头做起，牺牲自己。这是怎样深刻的家国情怀！并且钱学森为他树立了永远做领先的科研的目标，郑哲敏这样回忆钱学森：“钱先生对自己的学生要求很高，他跟我说，做一件事情前，必须想想别人是否也在做；

如果别人做,就必须比别人做得更好,要超过别人。”“他说,无论做什么都要一定对国家建设有贡献,用他的话说就是‘不能做不出汗的事情’”^[11]。郑哲敏以此树立了自己的学术原则,并将其传承至他的学生与后来者。

3. 郑哲敏家国情怀的影响与启示

深厚的家国情怀不仅推动郑哲敏在科学研究、学科建设等方面取得巨大成就,而且对他的学生及后来者产生强大的精神感召力量,对如何弘扬科学家精神也提供了诸多启示。

3.1 家国情怀驱动下的科学成就

“爱国情怀是科学研究的重要动机”^[12],爱国报国的志向使郑哲敏紧跟国家需求与战略,攻克一项项科技难关,取得了丰硕的科研成果。2004年10月2日,是郑哲敏院士的八十华诞。同年9月29日,中国科学院力学研究所隆重举行“祝贺郑哲敏先生八十华诞应用力学学术报告会”,同时,科学出版社出版了《郑哲敏文集》和《应用力学进展》两本著作,这两本书较集中展示了郑哲敏一生重要科学成就以及当时在他影响或关注下的相关领域的新进展。

在《郑哲敏文集》中按照时间顺序,收入了他有代表性的文章68篇。收录的论文涉及的领域众多,展示了郑哲敏在应用力学领域的多方面成就与开拓,“研究论文所涉及的方面有:振动与地震工程、爆炸成形、爆炸复合、地下核爆力学效应、破甲过程与机理、爆炸处理水下软基、射流侵彻、瓦斯突出、饱和沙土力学行为、热塑剪切带、疲劳短裂纹、金属压痕力学分析、混沌时间序列分析,等等”^[13]。另外值得一提的是其中还收入了8篇内部科技报告,其中7篇完成于20世纪60年代,一篇完成于20世纪80年代,它们都具有不同等级的密级,90年代以后才逐步解密,是郑哲敏以国家需要为自己科研方向的又一例证。

因为丰硕成果,郑哲敏“获得国家‘新产

品、新技术、新材料、新工艺’一等奖一项(1964),国家自然科学二等奖两项(1982、1993),国家科技进步二等奖一项(1990),全国科学大会奖四项(1978),中科院自然科学一等奖两项(1989、1992),中科院科技进步一等奖一项(1988)等;他还获得陈嘉庚技术科学奖(1993)、何梁何利科学与技术进步奖(1996)等”^[13],2012年更获得国家最高科学技术奖,显示了他在科技领域的卓越贡献。

《应用力学进展》一书收入了12篇邀请报告和58篇定向征稿论文,除了少数几篇对郑哲敏学术成果综述以及对郑哲敏学术思想的学习体会文章外,其他文章的内容“覆盖了应用力学的多个领域,包括:爆炸力学、岩土力学、冲击动力学、材料力学性能、生物力学、物理力学、海洋工程力学、环境流体力学、计算力学、微尺度力学、非线性流体动力学等。”涉及范围之广,令非专业人士有叹为观止之感,而“所涉及的这些领域,都是郑哲敏先生亲身从事过或非常关注的。这些学术论文的内容体现了应用力学相关领域的新进展”^[14]。

作为一个战略科学家,郑哲敏对我国力学发展规划的投入以及他引领应用力学领域方面的新开拓,前面已有述及,在此不再赘述。此外,他还开展广泛的国际学术交流,为我国力学研究融入国际力学研究学术舞台发挥了重要作用。他是国际理论与应用力学联合会(IUTAM)理事,担任两届国际理论与应用力学联合会的大会委员会委员,2004年当选IUTAM八位执委之一,“体现了中国力学界在国际力学最高组织中的重要地位”^[1]。2008年84岁的郑哲敏参加在澳大利亚举办的第22届世界力学家大会(ICTAM),在他的主持下,从1988年开始申办,经过20年不懈努力,中国力学学会终于申报成功被誉为“国际力学界的奥林匹克大会”的ICTAM2012年在北京召开,“成为中国力学全面走向世界的新里程碑,翻开了中国力学发展的新篇章”^[12]。

3.2 家国情怀的接力传承

科学家师友的激励是郑哲敏家国情怀建立的一个重要原因,作为一种浩荡的精神力量,郑哲敏又将家国情怀传承至他的学生和后来者。作为我国力学界的领军人物之一,郑哲敏桃李满天下,培养了众多人才。1960年中国科技大学力学系开设工程爆破专业(后改名为爆炸力学专业),郑哲敏负责为这个专业设计教学计划,聘请专业课教师,安排毕业论文工作等,为国家培养了一批批从事爆炸力学工作的人才。力学研究所材料力学性能研究室成立后,为了加强学术训练,郑哲敏安排了每周一次的学术研讨会,每次安排2~3人进行学术汇报,加速了科研团队实力的提升与人才的成长。郑哲敏从60年代起开始招收研究生,先后指导硕博研究生近50人,多数已经成为所在单位的学术、技术骨干,承担着科研、教学、管理等岗位的重要职责。

身处异域就奔赴祖国为国奉献,回到祖国就应国家所需,真正出力流汗,做领先的科研。导师钱学森这样做,郑哲敏这样做,郑哲敏的学生同样受到这种精神的传承。郑哲敏的学生、中科院院士白以龙这样讲导师对他的影响:“你要干出汗的活,不要想不出汗就出活,那种活是没意义的”,“你要干,就得比别人干得更好,你要是觉得干不了比别人好,你就别干”^[15]。白以龙认为这两句话让他受用终身。这两句话与钱学森对郑哲敏的要求何其一致,是中国几代科学家之间的精神传承。“说到郑哲敏做学问,所有了解他的人的回答都是:严!他的博士生很少能按期毕业,有的甚至需要七八年”^[16]。对心猿意马、没有认真做科研的学生郑哲敏会给以严厉的批评:“你不好好干你的工作,瞎折腾什么”^[15]。这批评也促使学生静下心来做研究,一步步从助理研究员到副研究员,再到研究员、博士生导师,严格要求体现的是对学生真正的爱护。力学研究所非线性连续介质力学开放实验室(LNM)

是在郑哲敏领导下建立起来的国家重点实验室,当实验室接受国家评估并获得“优秀”等级后,郑哲敏告诫大家:“前面的路途任重道远,我们仍然要力戒浮躁,不断爬坡”^[15]。

郑哲敏关心爱护年轻的科技工作者。他多次呼吁为年轻的科技工作者减压,把他们从喧嚣浮躁的包围圈中解放出来,静下心来,做出有分量的、能够占据国际学术前沿的成果,他担忧“现在,一些人急于求成,沉不下心来坐冷板凳,这样做出的也最多是中等成果,很难有出色的,有重大影响的成果。有的人急于要实效,不重视基础理论研究,最终会极大地制约整体科技的发展”^[16]。2013年,他在人民大会堂为6000多名研究生做报告,他勉励青年学子“现在国家需要第一流的创新人才,第一流的科技成果和第一流的科学技术研究的队伍和机构。所以说,除了你们自己的梦,你们还肩负着一个更大的梦,一份几代中国科学家为之努力而尚待完成的任务,这是你们身上不可推卸的责任。国家还需要一批胸怀宽广、有战略眼光、有领导能力的领军人物,这些人也会在你们中间产生。因此我真诚希望你们在研究生期间,要努力学知识,练本领,做诚实人,这是一个科技工作者的‘基本功’”^[17],显示出家国情怀的传承。

3.3 对弘扬科学家精神的启示

对郑哲敏院士相关文献资料的梳理,让我们对如何更好弘扬科学家精神产生一些思考。在查阅资料过程中,除中国知网(CNKI)外,我们还查阅了中国国家图书馆和浙江省文献信息资源共建共享网,进行了一些必要的筛选,得到与郑哲敏院士相关数据,其中有郑哲敏传记《拔山举鼎 虚怀若谷——爆炸力学家郑哲敏的家国情怀》以及包含其小传的图书共32部,期刊文章152篇,报纸文章551篇(见表1、表2)。期刊和报纸文章发表情况如下图:

这两张简表显示了关于郑哲敏院士的宣传、

表1 期刊文章发表年份和篇数

年份	1983—1999	2003—2012	2013	2014—2020	2021	2022
篇数	4	13	84	29	13	9

表2 报纸文章发表年份和篇数

年份	1985	2003—2012	2013	2014—2020	2021	2022
篇数	1	4	508	7	26	5

报道、研究的基本情况。首先，对郑哲敏院士的宣传、报道、研究基本从新世纪开始。在期刊文章中，最早对郑哲敏的宣传介绍是1983年张秀琴《中国力学学会副理事长郑哲敏简介》（《力学与实践》1983年第6期），到2009年共有4篇文章。在报纸文章中，1985年出现第一篇报道《郑哲敏参观故里》（《宁波日报》1985.10.18（01）），间隔多年才出现第二篇报道，2003年《郑哲敏：直道而行》（《科学时报》2003.10.31）。其次，关于郑哲敏院士的新闻、报道、研究主要集中在两个年份，2013年和2021年。2013年的宣传报道最多，当年郑哲敏获颁2012年度国家最高科学技术奖，2013年1月18日颁奖，1月19日许多报纸进行了报道，其中不乏内容相同或雷同的报道。当年期刊有84篇文章，报纸有508篇文章。第二高峰是2021年，2021年8月25日郑哲敏院士去世。期刊文章有13篇，报纸文章有26篇。根据宣传报道研究情况，我们可以得到如下启示。

其一，科学家的学生和同事是其科学家精神的最基础、关键的阐释者。科学家的工作专业性强，只有熟悉科学家本人、同一专业领域的人才能做出最准确翔实的阐释。郑哲敏院士的生平事迹、科学成就、治学方法等，最初、最好的阐释者是他的学生和同事。1995年他的同事谈庆明写

作的《运用力学理论解决工程实际的典范——力学家、爆炸力学专家郑哲敏》（《学会》1995年第2期）是最早的研究文章，2004年郑哲敏院士80华诞时收录于《力学研究进展》一书中的他的学生、同事对其科研成就的综述与阐释，¹2022年郑哲敏去世一周年学生与同事在《力学与实践》2022年第4期发表的悼念研究文章，²学生与同事所做的“郑哲敏老科学家采集工程”文献等，是普通大众了解郑哲敏院士的生平事迹、学术成就、人格风范等的基础性文献。

其二，弘扬科学家精神需要多领域人士参与。学生和同事乃至同专业领域的学者可以较好阐释科学家的科学成就、治学方法等；新闻媒体记者善于结合社会热点、时间节点讲故事，可以迅速报道科学家事迹，向社会公众普及宣传；社会人文学科领域的研究者可以将科学家精神研究从历史、文化等方面向纵深拓展。

其三，只有占有翔实的文献资料和深入采访科学家本人，才能对其科学家精神做出更好的阐释。目前看到的关于郑哲敏院士的一些文章内容雷同，常有似曾相识之感。而杨延霞的《力学家郑哲敏的归国之路》文献资料直接取自郑哲敏“老科学家采集工程”，材料新颖，给人以耳目一新的感觉。《科学时报》记者陈磊为了做好报道，五度采访郑哲敏院士，并跟随郑哲敏院士

¹ 如洪友士《郑哲敏先生的主要经历与成就——祝贺郑哲敏先生八十华诞》、谈庆明《郑哲敏先生为推动我国力学和技术科学发展所作的贡献》，吴应湘《面向国家需求，开拓海洋工程科学技术研究领域——郑哲敏院士为我国海洋工程研究所做的贡献》、李和娣《高瞻远瞩 心系科技发展——郑哲敏先生在国家科技规划和力学学科发展方面的贡献》等文章。

² 如丁雁生、金和、李和娣、洪友士《郑哲敏先生学术成长之路初探》、石光潜、金和《怀念我们的好理事长——郑哲敏先生》等文章。

日常工作,深入观察,采写的文章“被他所在单位认为是写得最真实最贴近郑老的一篇人物通讯”^[18]。

其四,科学家去世以后也应该继续有纪念、研究文章。科学家们对国家做出了巨大贡献,但是很多科学家去世以后,经过最初的新闻报道与学生同事缅怀,往往就销声匿迹,不再出现纪念文章。今年8月是郑哲敏院士去世一周年,他的学生与同事又发表了一组对他的缅怀纪念文章。这是我们应该汲取的,对已经去世的科学家在其诞辰或去世的时间节点,也应该有一些纪念、研究文章发表。

综上,我们追踪了郑哲敏院士一生的家国情怀,探讨了他的家国情怀的深厚动力基础,论述了家国情怀对其自身乃至后来者的深刻影响,并阐述了我们从中获得的启示与思考。家国情怀是中国传统文化的重要内涵,是凝聚和支撑中华民族前进发展的强大精神动力,也是郑哲敏院士和诸多出类拔萃的中国科学家鲜明的精神特质。今天我们弘扬科学家精神,正应高扬科学家的家国情怀,坚守精神追求,赓续精神血脉,以凝聚起科技创新的磅礴力量。

责任编辑:梁思琪 校对:梁思琪 李琦

参考文献

[1] 洪友士.郑哲敏先生的主要经历与成就——祝贺郑哲敏先生八十华诞[A].应用力学进展[C].北京:科学出版社,2004.

[2] 杨延霞.力学家郑哲敏的归国之路[J].今日科苑,2019(09):61-69.

[3] 丁雁生,金和,李和娣,等.郑哲敏先生学术成长之路初探[J].力学与实践,2022(04):978-985.

[4] 吴应湘.面向国家需求,开拓海洋工程科学技术研究领域——郑哲敏院士为我国海洋工程研究所做的贡献[A].《应用力学进展论文集》[C].2004:500-505.

[5] 陈竹.郑哲敏:一定要干“出汗”的活儿[N].中国青年报,2013-1-19(03).

[6] 陈磊.郑哲敏:解开爆炸的力学密码[N].科技日报,2013-1-19(006).

[7] 詹媛.国家最高科技奖获得者郑哲敏:拓荒爆炸力学[N].光明日报,2013-1-19(006).

[8] 谈庆明,郁百杨.拔山举鼎 虚怀若谷——爆炸力学家郑哲敏的家国情怀[M].北京:中国科学技术大学出版社,2021.

[9] 郑哲敏.荣耀时刻,中央电视台《大家》栏目,2013-1-20.

[10] 解放军总装备部政治部编.两弹一星——共和国丰碑[M].北京:九州出版社,2001:475.

[11] 张巧玲.钱先生过世代表一个时代的结束[N].中国科学报,2009-11-4(A03).

[12] 刘桂菊,任庆帅,张慧杰.两院院士郑哲敏:爱国情怀是科学研究的重要动机[J].科学新闻,2022(05):42-45.

[13] 洪友士.《郑哲敏文集.前言》[A].郑哲敏文集[M].北京:科学出版社,2004.

[14] 洪友士.《应用力学进展.序》[A].应用力学进展[C].北京:科学出版社,2004.

[15] 倪思洁.干“出汗”的活 做“不折腾”的人——追忆两院院士郑哲敏[N].中国科学报,2021-9-3(001).

[16] 国家科学技术奖励工作办公室编著.信念创新 奉献——国家最高科学技术奖获奖者风采[M].北京:科学技术文献出版社,2015.

[17] 郑哲敏.学知识 练本领 做诚实人——科技工作者的“底色”[N].光明日报,2013-11-11(13).

[18] 陈磊.把科技新闻做得有深度有温度有态度[J].青年记者,2016(08上):28-30.

Exploring the driving force of Academician Zheng Zhemín's patriotic feelings

Wang Caiping

(Zhejiang Wanli University, Ningbo Academician Cultural Research Centre, Ningbo, Zhejiang 315100, China)

Abstract: Patriotic feelings are one of the distinctive spiritual characteristics of Academician Zheng Zhemín, which runs throughout his life. This article not only elaborates on the embodiment of Academician Zheng Zhemín's patriotic feelings but also explores its profound basis, and excavates its influence and enlightenment. It is concluded that the infiltration of Chinese culture, the endeavor in times of crisis, and the encouragement from fellow scientists are the driving force for the formation of Academician Zheng Zhemín's patriotic feelings. The significant scientific achievements and the inheritance of patriotic feelings are the rich spiritual heritage left by Academician Zheng Zhemín. These provide enlightenment for carrying forward the spirit of scientists.

Key words: Academician Zheng Zhemín; patriotic feelings; power

(上接第41页)

Problems and measures existing in the ecological environment of the Qingjiang River Basin

Yuan Yuding

(The Environmental Monitoring Station of Changyang Tujia Autonomous County, Yichang, Hubei 443500, China)

Abstract: As the second largest tributary of the Yangtze River in Hubei Province after the Han River, the Qingjiang River is 423 kilometers in length with a basin area of about 17,000 square kilometers. Because of its boasting abundant water and good ecology, protecting the ecological environment of the Qingjiang River basin is of great significance to protect the Yangtze River. However, due to excessive exploration and development, the rapid socio-economic development along the coast, and the incomplete coordination mechanism for the protection of the Qingjiang River basin, it's impacted by such issues as intensified conflicts between development and environmental protection, shortcomings of non-point source pollution prevention, overexploitation water resources, and potential risks of water quality. Based on the current situation of the water quality of 10 water quality monitoring sections of the Qingjiang River since the 13th Five-year Plan, this paper analyses the tricky problems in the Qingjiang River protection, and gives some relevant governance suggestions. It will exert positive effects on current and future protection of the Qingjiang River, and coordinated governance of "water resources, water ecology and water quality" in the Qingjiang River basin.

Key words: Qingjiang River; water resources; water ecology; water quality; pollution prevention and control; great protection of the Yangtze River

MAIN CONTENTS

Think Tank Views

Improving the system of scientific and technological innovation and building the world science and technology power: Summary of the 10th China Science and Technology Policy Forum	Li Qi et al	2
Thinking on accelerating the realization of high-level scientific and technological self-reliance and self-improvement	Xu Jing	4
Improving the overall effectiveness of national innovation system: concept, logic and trend	Li Zhengfeng	5
Strengthening the innovation capacity of enterprises and accelerating the construction of the modernization system	Lyu Wei	6
Theoretical thinking on improving the system of scientific and technological innovation.....	Li Zhe	7
Thinking on the trend of science and technology finance, taxation and finance policy in the new era	Xue Wei	8
The relationship between government and market under the new nationwide system	Feng Kaidong	9
The system construction and capability evaluation of regional innovation under the background of scientific and technological self-reliance and self-improvement	Liu Yang	10
The coordinated development of education, science and technology, and talents could support the steady and long-lasting development of Chinese modernization.....	Wu Shanchao	11
Improving the policy system for promoting the growth of scientific and technological talents ...	Chen Baoming	12
Speeding up the establishment of a talent evaluation system based on innovation value, capability and contribution	Li Jianzhong	13
Building up the theory and method system of scientific and technological talent evaluation ...	Li Xiaoxuan	14

Sci-Tech Innovation System

The basic theory and development direction of assessment for science popularization in China	Shao Huasheng et al	15
Research on the design strategy of deep learning experience in science and technology museums: based on the analysis of the Winners of "Excellence in Exhibition".....	Mo Xiaodan et al	23
Problems and measures existing in the ecological environment of the Qingjiang River Basin ...	Yuan Yuding	32

Talent Resource and Development

Analysis of the scientific career outputs of an individual outstanding scientist: Take Svante Pääbo as an example, the winner of the Nobel Prize in Physiology or Medicine in 2022	Li Jie et al	42
Analysis on the key indicators in the construction of China's Talent Power in the new era ...	Song Ziyang et al	59
Reflections on the construction of University of Science and Technology for The Aged and enhancing the scientific quality of the elderly	Ma Xiao et al	74
Exploring the driving force of Academician Zheng Zhemín's patriotic feelings	Wang Caiping	84

NAIS

中国科协创新战略研究院
National Academy of Innovation Strategy



ISSN 1671-4342

