

今日科苑

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

奋进新征程 建功新时代

科技工作者新期待新希望 科协组织新使命新作为
推动高水平科技创新智库建设，强化国家科技战略咨询

科技创新体系

科技创新体系视角下国家战略科技力量协同发展模式研究
从“三个第一”中探寻创新体系整体效能提升的路径

人才资源与发展

全球科技创新人才分布格局与我国人才现状分析
全球科研人员流动整体格局及中国流动特征研究

强化科技伦理治理，践行以人民为中心的发展思想

□ 中国科协创新战略研究院 董阳 梁思琪

科技伦理是开展科学研究、技术开发等科技活动需要遵循的价值理念和行为规范，是促进科技事业健康发展的重要保障。科技伦理治理业已成为全球范围内广泛关注的共识性议题。2022年11月，《科学》（Science）期刊政策论坛（Policy Forum）栏目聚焦信息安全、技术风险、气候危机和生态价值等科技活动所可能触发的伦理问题，进行了深入探讨。

关注个人信息安全，着重聚焦《中华人民共和国个人信息保护法》在个人信息保护和健康医疗大数据研究之间，国家生物安全保护和跨国科学研究合作之间所存在的两组“不平衡”现象，剥离出该法律对于使用健康医疗数据进行研究（尤其是大数据、跨境研究）的独特规定，结合大数据研究时代个人信息处理知情同意要求的特点，在公认的数据伦理准则指导下对该法律对我国大数据研究可能产生的影响进行了分析，进而立足“统筹发展与安全”的视角提出建议，致力于推动我国生物医学大数据领域健康可持续发展^[1]。

研判前沿技术风险，当前，以“人体强化”（Human Enhancement）技术为代表的前沿技术正在为人类提供超出正常水平的身体素质和认知水平，同时，其也正在引发全社会日益严重的伦理关切，然而目前尚无系统的方法来实施针对“人体强化”研发活动的伦理监督。随着欧盟委员会批准“人体强化”相关道德准则并将其纳入其地平线欧洲资助计划的道德审查指南，将有望为国际范围提供一种“人体强化”研发活动的伦理共识^[2]。

针对气候变化危机，英国积极实施“净零”排放的产业政策，将碳捕集与封存（CCS）和燃料“脱碳加氢”转型作为实现“净零”目标的潜在技术选项，部署技术研发项目，并以此为基础构建工业脱碳场景；同时，基于成本—收益的考量，尝试打造深度脱碳产业集群，系统推动化工、钢铁、水泥和铝业等能源密集型产业协同转

型，建设集中运营、集群共享的CCS基础设施，并加速能源低碳转型（如采用天然气制成的“蓝氢”），从而实现了“净零”目标导向的集群规划、政策实施和技术开发协同演化^[3]。

面向生态系统价值，重点关注占全球海洋面积10%的南大洋（Southern Ocean），特别是其对地球系统稳定所发挥的作用以及海洋生物多样性特征。但是，商业捕捞等人工活动在仅仅满足少数既得利益者需求的同时，却损害了南大洋生态系统为世界提供更大价值的潜力，在一定程度上破坏了公平的原则。以南极海洋生物资源保护委员会（CCAMLR）为代表的机构致力于改进管理方式，以解决气候变化背景下渔业开发与南大洋生态系统全球贡献之间的权衡所产生的环境外部效应^[4]。

科技伦理治理，应着力客观评估和审慎对待科技活动的不确定性和生态社会风险，最大限度避免对人的生命安全、身体健康、精神和心理健康造成伤害或潜在威胁，致力于促进经济发展、社会进步、民生改善和生态环境保护，从而真正践行以人民为中心的发展思想。

参考文献

[1] Xiaojie Li, Yali Cong, Ruishuang Liu. Research under China's personal information law[J]. *Science*, 2022, 378:713–715.

[2] Yasemin J. Erden, Philip A. E. Brey. Ethics guidelines for human enhancement R&D[J]. *Science*, 2022, 378:835–838.

[3] Benjamin K. Sovacool, Frank W. Geels, Marfuga Iskandarova. Industrial clusters for deep decarbonization[J]. *Science*, 2022, 378:601–604.

[4] Cassandra M. Brooks, David G. Ainley, Jennifer Jacquet, et al. Protect global values of the Southern Ocean ecosystem[J]. *Science*, 2022, 378:477–479.

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 (Chen Zhili)
社长 / 主编 申金升 (Shen Jinsheng)
副主编 吴善超 (Wu Shanchao)
张 黎 (Zhang Li)

编辑部主任 张 丽 (Zhang Li)
常务副主任 董 阳 (Dong Yang)
副主任 李 琦 (Li Qi) 刘 艳 (Liu Yan)
责任编辑 刘雅琦 (Liu Yaqi) 徐 丹 (Xu Dan)
王 萌 (Wang Meng) 宋子阳 (Song Ziyang)
张 旸 (Zhang Yang) 马 骁 (Ma Xiao)
刘香钰 (Liu Xiangyu)

文字编辑 梁思琪 (Liang Siqi)
英文编辑 刘 峰 (Liu Feng)
美术编辑 潘 芬 (Pan Fen)
编 务 高 宇 (Gao Yu)
封面图片 潘晶宇 (Pan Jingyu)

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 (Zhong Hongjing)

地址 北京市海淀区复兴路3号
邮编 100038
电话 010-68570860
电子邮箱 jrkyjb@cnais.org.cn
投稿网址 <http://modsci.cnais.org.cn>

目 录

奋进新征程 建功新时代

科技工作者新期待新希望 科协组织新使命新作为·····李 慷	1
推动高水平科技创新智库建设, 强化国家科技战略咨询·····董 阳	3
在服务基层科技人才中谋新求变·····黄 辰	5
完善科协全面战略合作机制的思考·····段志伟	7
立足科协联系服务人才优势 立志成为人才研究生力军·····宋子阳	8
以“六个必须坚持”指导智库体系建设·····慎倩倩	10
自信自强、守正创新 形成具有全球竞争力的开放创新生态·····马健铨	11

科技创新体系

科技创新体系视角下国家战略科技力量协同发展模式研究·····申金升 等	13
十八大以来我国科技创新发展的成就、不足与对策措施·····白宇轩 等	20
从“三个第一”中探寻创新体系整体效能提升的路径·····金 锋	28

人才资源与发展

全球科技创新人才分布格局与我国人才现状分析·····陈 玲 等	35
人才脱实向虚现象及其对全要素生产率的影响研究·····潘雄锋 等	45
基于结构方程模型的人工智能高层次人才流动对科研绩效的影响研究···裴瑞敏 等	55
国家高新区科技创新人才吸引力研究 ——以湖南省典型国家高新区为例·····杨留花 等	68
全球科研人员流动整体格局及中国流动特征研究·····温 馨 等	79



“奋进新征程 建功新时代”专栏按语

11月18日，为深入学习贯彻党的二十大精神，加强青年理论学习与研究交流，中国科协战略发展部与创新战略研究院联合主办“勇担新使命、奋进新征程”青年主题党日活动，战略发展部和创新战略研究院的8位青年代表围绕学习贯彻党的二十大精神的心得体会进行了交流发言，就推进科协事业发展再上新台阶提出了意见建议。大家表示，身处伟大时代，矢志科协事业，要从党的二十大报告中学出朝气锐气，学出责任担当，汲取奋进力量，要坚定信仰、信念、信心，强化使命感召，弘扬科学家精神，干出实绩实效，干出精彩纷呈，让青春在岗位建功中绽异彩、吐芳华。本期“奋进新征程 建功新时代”专栏特刊发7位青年代表的发言。

科技工作者新期待新希望 科协组织新使命新作为

李 慷

（中国科协创新战略研究院，北京 100038）

党的二十大报告指出，要深化群团组织改革和建设，有效发挥桥梁纽带作用。科协组织要担负起团结凝聚广大科技工作者在新征程上团结奋斗、创新建功的光荣使命，就要不断提高对科技工作者所思所想所盼及时感知把握能力，找准科协组织的时代方位和改革建设方向。按照科协工作部署，创新院组织开展了第五次全国科技工作者状况调查。“大调查+大调研”是本次调查的突出特点，组建了11个专项调研组，累计开展调研活动近百场；在线调查样本近十万份，是第四次调查的2倍；联动8个省区市、3个地级市同步开展了区域调查。根据初步汇总分析，围绕党的二十大精神学习体会，立足群团，以“坚持为科技工作者服务”为主线，在人才支持、人才使用、人才评价、人才激励几个方面报告主要发现。

1. 科技工作者坚定创新自信，笃行开创未来

一是科技工作者为新时代十年所取得的历史性成就而自豪。八成科技工作者表示近年来我国科技整体能力的持续提升得益于我国新型举国体制。广大科技工作者对党领导下取得的科技创新成就感到自豪，对科技体制改革成效感到满意，对实施“三大战略”的信心更加坚定。

二是科技工作者决心奋力推进高水平科技自立自强。六成科技工作者表示我国科技工作者的科研能力不输世界各个科技强国科学家。广大科技工作者积极投身创新驱动发展战略、人才强国战略、科教兴国战略的行动实践，在新征程上砥砺创新创造，践行报国之志，为加快实现高水平科技自立自强贡献磅礴力量。

作者简介：李 慷，女，博士，副研究员，中国科协创新战略研究院调查统计中心，研究方向为科技工作者状况调查、科技人才研究。

2. 科技工作者的新期待新希望

一是期待“用得起”高质量学术资源。有科技工作者反馈“免费的文献数量少、质量差，高质量的平台实在买不起，攀上‘巨人的肩膀’太难了。”超五成科技工作者表示在获取使用中文、外文科技文献资料（包括电子期刊）方面存在困难，该比例与十年前差异不大。互联网免费文献和单位购买的文献数据库是其获取学术资源的最主要渠道。而对于非公企业科技工作者而言，获取学术资源的“成本”更高，通过公司渠道获取学术资源的不足三成，更多的是跑公共图书馆或自己付费购买，七成非公企业科技工作者表示在获取中文、外文文献资料上存在困难。

二是期待“找到组织、找到家”。科技工作者了解科协组织的比例与十年前相比并无变化，且工程技术人员、卫生技术人员、科学研究人员、大学教师中了解科协组织的比例更低。但了解科协组织的科技工作者对科协的评价呈现指数上升，2013年仅两成认可科协组织的影响力，2022年这一比例提高至近半数，其中青年、非公企业科技工作者群体中“了解都说好”的现象最为明显。

三是科技工作者期待保障科研时间。科技创新的中坚力量总调侃“时间都去哪了”“天天加班，却没有时间做实验、写论文”。科技工作者中的研发人员每周工作超出法定劳动时间比例达24.5%，其中科研时间占其工作时间的六成，近半数研发人员明确表示科研时间不够用。行政事务繁忙、考核过于频繁是占据科技工作者时间的主要因素。

四是高校科技工作者期待成果创造价值。科研院所、大型企业、中小企业科技工作者主持或参与过产学研项目的比例较十年前均有大幅提高，而高校科技工作者主持或参与产学研项目的比例却呈下降趋势。高校科技工作者成果转化率较低，虽然三成高校科技工作者表示其科研成果具备转化可能性，比例高于其他群体，但实现了成果转化的仅一成，比例低于其他群体。

五是科技工作者期待摆脱成长发展“格式化”。逾半数科技工作者对十年来职称制度改革

成效表示充分认可，也充分认可党的二十大报告中提出的“深化人才发展体制机制改革”。三成科技工作者表示单位人才评价仍然是论文、学历、资历比业绩和贡献重要、单位缺乏对不同岗位分类评价、职称评价标准与岗位职责要求脱节，“所谓‘破四唯’就是把对国外期刊论文要求改成了对国内期刊的要求，流于形式”。新征程上，科技工作者期待加快完善以创新价值、能力、贡献为导向的人才评价体系，实施更加积极、更加开放、更加有效的人才政策，近半数认为激发科技工作者科研热情和创新活力的当务之急是加快改革职称评价制度。

六是青年科技工作者期待当主角。当代青年科技工作者富有想象力和创造力，思想解放、开拓进取，但崭露头角机会少，团队成果中的署名顺序很难充分反映他们的创新能力和实际贡献，“焐热板凳的不仅仅是实力，还有年龄”。近三年有机会主持或参与科研项目的青年科技工作者不足半数，较其他年龄段低10~15个百分点，且以参与为主。超半数青年科技工作者认为自己参与的项目数量比较合适，而主持的项目较少，三成认为青年科技人员成长受限问题较为突出，比例高于其他年龄段科技工作者。虽然青年科技工作者对学习交流、进修培训的意愿较为强烈，但过去一年参加过学术会议、参与过业务培训的比例均不足四成，均低于其他年龄段科技工作者。

3. 勇担新使命，展现科协组织新作为

一是以小切口撬动人才评价体系改革。持续支持临床成果案例库建设，探索案例成果应用模式，推动树立临床医生评价新标；支持学会探索符合行业特色需求和社会认可的第三方人才评价体系，开展行业工程师能力水平评价工作；注重个人评价与团队评价相结合，合理评价参与者实际贡献，倡导团队奖励与个人奖励兼顾；推动试点改革，改变片面将论文、批示第一执笔人、项目主持人等与科技人才评价直接挂钩的做法；坚持“谁用谁评、以用定评、评用相适、科学使用”。

(下转第6页)



推动高水平科技创新智库建设， 强化国家科技战略咨询

董 阳

(中国科协创新战略研究院, 北京 100038)

党的二十大报告对科技创新和人才发展提出的新定位、新判断，在党的历次全国代表大会报告中，首次把教育、科技、人才贯通论述、系统部署，体现了党对创新发展规律、科技管理规律和人才成长规律认识和把握达到了新的高度。报告中明确提出，要“强化科技战略咨询”，从而将科技战略咨询工作纳入到国家创新体系的整体布局中。这一部署旨在破解创新发展改革的治理难题，应对全球科技态势的复杂变化，提升不确定性条件下的决策科学化水平，从而进一步凸显科技战略咨询在高水平科技自立自强和创新驱动发展中的重要意义，令科技战略咨询战线的全体研究人员都备受鼓舞，深感振奋。

这也让我不禁回想起2013年习近平总书记在视察中国科学院时，曾对我们现场学生代表所给予的殷殷嘱托“生逢其时，当为之奋斗”。今天，作为一名青年研究人员而言，面对科技战略咨询工作迎来的新阶段新征程，我更是再一次深感“生逢其时”。中国科协积极发挥桥梁纽带作用，依托自身的组织优势和人才优势，经历了几代人的接续奋斗，系统推动科技战略咨询体系逐步完善、机制日益优化、研究愈加深入、成果不断涌现，形成以问题凝练、平台建构、任务承接、协商参与等为主要形式的科技战略咨询工作

模式。

自去年底开始，我全程参与了国家整体科技能力评估，在为期近半年的项目周期内，我和评估组各位领导、专家和同事一起深入研读并综合分析了27份国内外典型科技创新评估报告和分析指数，立足现有评估理论、方法和结论的基础上，系统构建了涵盖6大维度、66个量化指标的国家整体科技能力评价指标体系，通过指标综合测算、专题“画像”分析以及国别和历史数据比较，全面立体评估了我国在全球科技竞争中的相对位势、比较优势、短板劣势。同时，着力构建国家整体科技能力评估的理论和方法体系，及时跟进、充分吸纳并系统整合现有权威科技评估报告的结论和观点，为破解当前科技创新评估的分散化问题提供了思路。研究成果报送国务院相关领导同志并获得肯定性批示，为国家科技战略决策贡献了一份力量。

但是，正如玉卓书记在听取汇报时所指出，国家整体科技能力评估既是一段时期需要完成的任务，也是一项长期的研究探索，评估工作要经得起推敲，功夫要下在研究上，要有所创新，提升影响力。对标这一要求，我们深感自身还有很大提升空间：对国家科技能力理论的建构不足，对科技创新生态系统的认知不足，对前沿科技发

作者简介：董 阳，男，博士，中国科协创新战略研究院创新评估研究所副所长，研究方向为监管绩效评估、区域创新治理、资源环境政策。

展态势的跟进不足, 对样本案例数据资源的储备不足。

对标新时代新要求, 特别是党的二十大报告中所强调的“继续推进实践基础上的理论创新, 首先要把握好新时代中国特色社会主义思想的世界观和方法论, 坚持好、运用好贯穿其中的立场观点方法”, 并从必须坚持人民至上、坚持自信自立、坚持守正创新、坚持问题导向、坚持系统观念、坚持胸怀天下六个方面进行了深刻阐释。

“六个坚持”的重要论述, 对我们开展高水平科技战略咨询工作具有重要的方法论意义。

一是坚持人民至上。我们将不断“站稳人民立场、把握人民愿望、尊重人民创造、集中人民智慧”, 始终牢记群团属性这一厚重底色, 充分依托科技工作者这一坚实基座, 实时感知民情民意, 把个体智慧上升为有组织的集体智慧, 将事业发展和人才成长有机融合。

二是坚持自信自立。我们将牢记“中国的问题必须从中国基本国情出发, 由中国人自己来解答”, 立足中国的道路、制度、理论、文化背景, 阐释并解决中国问题, 总结凝练“中国式创新实践”的规律与特征, 以理论自信支撑高水平科技自立自强。

三是坚持守正创新。我们将“紧跟时代步伐, 顺应实践发展”, 以新时代新问题为导向, 聚焦新领域、新赛道、新动能、新优势的主题, 推动理论逻辑线、方法工具箱、样本数据源、案例素材库、策略优选集的系统性创新。

四是坚持问题导向。我们将不断“增强问题意识”, 重点选取科技创新和经济社会发展中党

中央关注、人民群众关切的“关键小事”, 开展务实、灵活、下沉的调研, 小切口、多角度、大景深、长周期地解析问题, 加速推动工作产出向学术成果沉淀, 向智库产品转化。

五是坚持系统观念。我们将“用普遍联系的、全面系统的、发展变化的观点观察事物”, 深入透视现象背后的背景、动机和作用机制, 并全面研判问题可能形成的后果及影响, 加强统筹布局、综合施策, 避免孤立、碎片化地看待问题, 避免就事论事地应对问题。

六是坚持胸怀天下。我们应当强化开放融合的理念, 聚焦全人类面临的共同问题, “以海纳百川的宽阔胸襟借鉴吸收人类一切优秀文明成果”, 借力世界青年科学家峰会等开放合作平台, 发出科协智库的青年声音, 以科技创新提供系统性解决方案。

国家科技战略咨询的蓝图正在绘就, 中国科协的智库体系建设也迎来新的历史阶段, 作为科协组织的青年智库研究人员, 我们不再是跑龙套、敲边鼓、拉大幕的角色, 而将逐步走上前台唱主角。正如京剧界的一句行话“戏捧角, 角捧戏”, 我们要时刻准备着, 将个人的成长全面融入到在科技战略咨询事业的大局中, 深度嵌入到科协智库工作的格局中, 定位好自己的角色, 完成好自己的使命, 在大我中成就小我, 在忘我中超越自我, 推动科技战略咨询事业“名角辈出、好戏连台”。

责任编辑: 李琦 校对: 李琦 梁思琪



在服务基层科技人才中谋新求变

黄 辰

(中国科协创新战略研究院, 北京 100038)

党中央高度重视强化中国式现代化的人才支撑,也更加重视基层人才。党的二十大报告共提到“基层”一词25次,在很多领域都强调夯实基层基础,强调坚持大抓基层的鲜明导向,强调关心关爱基层干部特别是条件艰苦地区干部。科技人才是第一资源,而基层科技人才是第一资源的基础和底座,关系到人才引领发展、创新驱动发展的成效,在实际工作中却处于容易被人遗忘的角落。

通过学习二十大精神,如何接长手臂,不断拓展扎根基层的深度广度,带领基层科技人才走好群众路线,把人才势能转化为联系、服务、巩固基层的发展动能,将是新时代科协组织与时俱进的科学命题,也是科协组织推进创新驱动发展战略、乡村振兴战略、科教兴国战略的重要使命。

当前,我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。群团组织与群众最靠近、联系最紧密、接触最广泛,是满足人民物质文化生活更高要求的工作“基站”。党的二十大报告强调,要巩固拓展脱贫攻坚成果。在八年脱贫攻坚征途中,基层科技人才发挥了不可磨灭的作用。通过

大力发展科技助农促农,帮助脱贫人口参与现代化生产经营,重点帮扶农业产业补上技术、设施、营销短板,促进农业产业提档升级,时刻为农产寻找经济增长点¹。党的二十大报告提出,要推进城乡精神文明建设融合发展,尤其提到在全社会弘扬“创造精神”。基层科技人才以全领域行动、全地域覆盖,全媒体传播、全民众参与的科普工作,在基层推进科教融汇,稳步提升了基层公民科学素养。党的二十大报告指出,要发展壮大医疗卫生队伍,把工作重点放在农村和社区。基层科技人才在近几年落实防控责任、投身防控战“疫”、普及防控知识和开展捐助复产等方面打头阵、当先锋,充分展现了基层人才的家国情怀和责任担当²。

但由于基层“四缺”问题依然长期存在,造成基层组织松散、工作滞后,因此进一步提升并发挥基层科技人才效能的任务道阻且长。

一是筑牢平台基础,拓展人才新空间。科协是科技人才施展本领的平台空间,人才库是科协最大的服务资源。科协人才库建设应当是包容的、多元的和以业务为导向。建议将基层科技人才统筹纳入科协人才库建设,构建科协“顶天立

作者简介:黄 辰,男,硕士,助理研究员,中国科协创新战略研究院创新人才研究所,研究方向为国家科技创新人才发展战略。

¹ 广西壮族自治区南宁市马山县周鹿镇和乔利乡基层人才队伍,主动搭建农产资源交互平台,为现代农企、农合社、家庭农场、种养殖户等新型农商主体提供有效服务。其中,周鹿镇7个贫困村产业覆盖率达到100%,全镇共获得村集体经济收益378.5万元,19个村(社区)的村集体经济收入均已达5万元以上,有6个村达到10万元以上。乔利乡全乡11个村(社区)村集体经济年创收超100万元;完成3个扶贫产业示范园建设,扶持贫困户发展特色种养,基本实现对有种养项目贫困户全覆盖,实现全乡贫困人群1318户5676人全部脱贫摘帽。

² 调研发现,西部地区基层人才对基层人才工作感兴趣程度整体较高,关于“您对您在科协专兼挂职工作很感兴趣?”这一问题,回答积极的占88.1%。西南地区数据显示,受访基层人才在自身兴趣、相关部门协调与配合、有助于同行或专业认可、有助于得到社会认可四个方面平均分为3.19、3.18、3.11和3.14分,成为基层人才参与科协基层人才工作的重要驱动力。

地”人才服务体系。

二是强化资源赋能，激发人才新活力。基层科技人才工作要始终与科协整体事业发展和各级学会工作一道，同频共振。应加强科创中国、智汇中国、人才中国给基层人才的再赋能¹。通过各级学会、学会联合体、团体会员、产学研联盟，广泛争取地方党委政府和业务部门支持。

三是明确激励导向，召唤人才新使命。不断探寻对基层人才表彰奖励宣传的新思路新方法，始终坚定创新来自基层理念，进一步拓宽基层人才参政议政渠道，鼓励基层人才依托“调查站

点”“科界”等平台积极反映呼声建议，建立不同层级科协定期通报工作信息的双向反馈渠道。

党的二十大科学地擘画了中国未来发展蓝图，为国家现代化建设奠定了基础。作为一名普通研究人员，要始终坚持为党为国家为人民做学问的理想信念，既要冷静思考，也要满腔热忱。以解决问题为导向，将探寻事物本质贯穿日常工作始终。用研究支撑好科协事业发展，汇聚成果服务好党和政府科学决策，坚定不移地把论文写在祖国的大地上！

责任编辑：李琦 校对：李琦 梁思琪

(上接第2页)

二是积极推动建设公益性学术资源服务机制。建设以学术期刊为重点、以开放获取为主导、容忍付费使用并向全世界开放的国家级、公益性学术资源服务平台，降低科学研究获取资源成本；做大做强科学数据银行，以成立开放科学联合体为契机，推动我国科学数据库进入国际知名期刊或国际学术共同体认可的科学数据库名录，强化对全球科学数据的汇聚利用能力。

三是为青年科技工作者发展提供“关键期支持”。完善优秀青年科技工作者全链条培养体系，进一步增加青年人才托举工程资助数量；鼓励各级学会主动吸纳青年会员，支持优秀青年科技工作者在学会任职，鼓励学会设立青年科技人才奖项，促进青年才俊奔涌而出；支持更多青年科技工作者积极加入国际科技组织并发挥作用；强化青年杰出工程师国情研修班、世界青年科学家峰会等青年学术交流品牌，切实提高青年科技人才在各类学术交流中的参会比例和发言名额。

四是擦亮“科协”IP，声量和质量齐发。探索“基层组织+柔性站点”为主的组织体系，因地制宜依托学校、卫生院、农技站、银行、供销

社等建立实体型或功能型科协组织，培育学习社、志愿服务队、议事会、兴趣组等形态的柔性站点。利用“科普中国”等品牌产品、现代科技馆等优势场域“反哺”“科协”这个大IP，增加“露脸”机会、提升认知度、提高科技工作者自我身份认同，让“科协”和更多“科技工作者”相互认识，打造团结引领、联系服务又“亲”又“紧”的根基。

调查工作让我有机会接触更多的科技工作者，了解他们科技报国的初心、攻坚克难的努力、潜心科研的坚持，我感受到科技工作者的荣光和傲气；让我有机会为支撑党和政府决策提供“第一手数据”，为搭建桥梁纽带沟通所思所想所盼，我体会到科协组织的使命和担当。党的二十大报告中强调，“空谈误国、实干兴邦，坚定信心、同心同德，埋头苦干、奋勇前进”，字字千钧，包含了总书记对我们每一个人的殷殷期许。立足本职，我们要踏踏实实把调查站点体系做大做强、把调查数据用好用活、把联系服务渠道抓紧抓牢，为科协组织支撑中国式现代化“添砖加瓦”。

责任编辑：李琦 校对：李琦 梁思琪

³ 近期国家乡村振兴局和中国科协联合印发了《组建产业顾问组支持脱贫县产业发展专项工作方案》，动员引导广大科技工作者组成产业顾问组，为国家乡村振兴重点帮扶县之外的脱贫县提供科技服务，在这里可以重点考虑和选择农技站长和农业企业家等人群作为顾问对象。



完善科协全面战略合作机制的思考

段志伟

(中国科协创新战略研究院, 北京 100038)

党的二十大报告强调,要深化群团组织改革与建设,有效发挥桥梁纽带作用。中国科协作为党领导下的人民团体,桥梁纽带是职责使命,开放型、枢纽型、平台型是组织特点,跨界协同是组织优势,新征程上,深化全面战略合作,对科协事业发展再上新台阶十分重要。

结合“聚焦靶心、争创一流、赋能基层、开放协同”的科协工作思路,科协战略合作既是发挥桥梁纽带作用的重要渠道,也是开放协同的重要举措。我们自身的职责使命赋予了我们连结科技界、产业界、广大科技工作者的天然优势,推动科技创新、团结广大科技工作者坚定“科技为民”价值追求是科协服务“国之大者”应有之义。这也促使我们要善于借力,通过广泛的战略合作,放大党的群众组织力、凝聚力,更好实现广泛团结引领科技工作者的目的。

目前,科协全面开展战略合作已取得一定成效,已经有很多成功案例,如中国科协与中石化的战略合作,在共同服务乡村振兴、“双碳”和“新能源”领域研究及科普等领域的合作中发挥了实质性作用,而我在具体工作中也深有体会。在之前参与的关于包括氢能产业、能源及“双碳”相关研究课题中,学习到了很多国企、央企同志的工作思路和方法,能够真的把研究做到产业层面,对之后的决策咨询报

告撰写、辅助政策文本的制定都起到了极大的帮助作用。

中国科协创新战略研究院本着服务党组、书记处科学决策的精神,也开展了关于完善科协全面战略合作机制的内部研究课题,研究从理论上广泛分析了国内外相关部门战略合作的经验做法,梳理了现阶段科协各项战略合作实践,在研究中我也产生了一些新的思考,觉得未来以战略合作促进科协发展的潜能还有进一步激发的空间。

一是在合作领域上,截至2020年8月,中国科协已经签署并正在实施的全面战略合作协议共计32份¹,在2021年后还有另有待签协议26份。党的二十大报告中提出我们要加快建设(制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、农业强国、贸易强国、教育强国、科技强国、人才强国、社会主义文化强国、体育强国、数字中国、平安中国、健康中国、法治中国、美丽中国等)17个领域,目前中国科协在已经签署的战略合作协议中还并没有全面覆盖,未来可进一步拓展;基本上从现有的文本合作来看,大致是从智库研究、学术交流、科学普及、组织建设、人才培养等五个方面来设计和制定合作,未来可以

(下转第9页)

作者简介:段志伟,男,博士,中国科协创新战略研究院博士后,研究方向为创新环境、双碳经济与创新发展。

¹ 以内网官方战略合作协议备案为准。

立足科协联系服务人才优势 立志成为人才研究生力军

宋子阳

(中国科协创新战略研究院, 北京 100038)

1. 党的二十大报告关于科技、人才的重要论述 振奋人心

中国科协是以科技工作者为联系服务对象的群团组织, 中国科协的一切工作都服务人才的工作。党的二十大报告第一次把教育、科技和人才作为单独篇章并摆在突出位置, 使我读了以后倍感振奋, 深感未来科协事业的空间将更加广阔。作为一名聚焦人才研究的科协人, 我更加真切地感受到个人事业与国家发展大计同频共振的机遇之宝贵, 体会到自身工作价值和使命之重大。

2. 党的二十大报告关于新时代人才强国战略部署廓清了我们工作的思路

党的二十大报告强调, 深入实施人才强国战略, 完善人才战略布局, 加快建设世界重要人才中心和创新高地, 促进人才区域合理布局 and 协调发展, 着力形成人才国际竞争的比较优势。去年中央人才工作会议以后, 按照中国科协关于落实会议精神的任务分工, 中国科协创新战略研究院启动了“3+N”人才高地系列研究, 我也有幸全程参与。党的二十大关于新时代人才强国战略的全面部署, 让我们更加笃定了人才研究的方向, 也让我更加有信心、有热情在自己的工作岗位和专业领域贡献更多力量。

3. 聚焦重点, 把党的二十大目标任务转化为 战略研究课题

党的二十大对深入实施人才强国战略的详细部署也为我们接下来的工作进一步明确了研究聚焦点。

“加快建设世界重要人才中心和创新高地, 着力形成人才国际竞争的比较优势”, 体现了党和国家坚持聚天下英才而用之的战略思想。近年来, 我国科技创新实力显著提升, 但人才国际竞争比较优势还未形成, 人才国际化水平明显不足。我们必须在建立既有中国特色又有国际竞争比较优势的人才发展体制机制方面贡献研究智慧。

“完善人才战略布局, 促进人才区域合理布局 and 协调发展”, 再次强调了打造人才雁阵格局的重要性的必要性。但是我们必须认识到, 当前雁阵格局统筹谋划还未完成, 不同能级城市人才梯度差过大, 一流创新平台载体在城市间分布不均, 城市同质化竞争问题突出。我们亟需快步伐针对“3+N”人才高地的战略布局和建设标准开展研究。

4. 夯实基础, 提升服务中央决策和地方发展的 能力

一是总结本土成功经验。中国特色社会主义

作者简介: 宋子阳, 女, 博士, 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。



制度在全世界独一无二，因此在建设人才强国、打造世界重要人才中心和创新高地时，必须充分发挥这一制度的优越性，探索适合中国国情的人才集聚模式，不能生搬硬套。从事研究工作时，我们应更加积极地关注地方推进人才高地建设的有效政策措施和体制机制改革创新性举措，及时梳理形成中国本土成功经验。

二是梳理国外典型案例。肯定“中国特色”的独特性和优势，并不意味着要“闭门造车”。16世纪以来出现的几个“世界性意义”的人才中心和创新高地均在海外，当前对这些中心和高地的形成规律、持续吸引集聚世界一流人才的做法等研究还远远不足。因此，我们要运用国际视野，加强对国外案例的梳理总结，取其精华，为我所用。

三是加强数据积累应用。在开展研究工作时，我们深刻认识到数据在科学研究中的基础性

作用，也意识到当前人才研究数据积累不足、利用不充分的问题。目前正在开展城市人才发展评价研究，对城市人才发展宏观指标数据的收集刚刚起步，对目前已有数据的分析还有待深入。同时，我们也缺乏获取和使用微观人才数据的渠道，期待未来能够利用科协建设的国家级科技人才库数据开展人才区域布局特征、人才流动规律等方面的研究。

党的二十大为我们的研究事业指明了方向，也对我本人的研究工作提出了新的更高要求。我将不忘初心、牢记使命，努力成为人才研究生力军，为建设人才强国贡献智慧力量，为全面建设社会主义现代化国家、全面推进中华民族伟大复兴而奋斗！

责任编辑：李琦 校对：李琦 梁思琪

(上接第7页)

尝试针对合作机构或者单位性质，有选择地在某一方面加深合作设计，根据不同单位侧重某一方面，加强合作深度。

二是未来在落实的整体设计上，应深入贯彻党的二十大精神，聚焦国家战略需求，制定支撑中国式现代化的战略合作框架，不断拓展战略合作的深度、广度、精度；在具体举措上，可建立系统性的合作流程，加入如动议前调

研、协议后监督、结束后评估等环节，形成有效的反馈机制。也恳切希望能在双方战略合作落实中，让我们青年同志更多深入参与，了解相关部委、企业战略与实务，我们一定会不怕困难、不怕辛苦，把研究做实，为创新院、为科协争光，贡献智慧！

责任编辑：李琦 校对：李琦 梁思琪

以“六个必须坚持”指导智库体系建设

慎情情

(中国科协战略发展部, 北京 100038)

1. 深刻认识智库体系服务中国式现代化的战略价值

一百多年前, 先辈们高举“科学”和“民主”大旗, 开启了马克思主义中国化进程。一百多年后, 我们迈上全面建设社会主义现代化国家新征程。二十大报告提出“强化科技战略咨询”, 并在全过程人民民主部分强调深化群团组织改革和建设, 这也从科学与民主两个方面彰显了智库体系的重要性。

一方面, 完善智库体系是服务国家科技战略咨询的必然要求。科技革命和产业变革的系统性与科学决策的复杂性决定了科技战略咨询需要跨界协同, 而科协组织优势也决定了科协智库恰恰能匹配这种需求, 组织开展跨界研究。另一方面, 完善智库体系是服务全过程人民民主的重要途径。二十大报告强调群团是加强人民当家作主的制度保障, 又强调人民团体协商是协商民主体系的重要组成部分, 智库是服务党和政府科学民主决策的重要支撑。可见, 科协智库在国家智库体系中具有不可或缺、不可替代的重要作用。

2. 运用“六个必须坚持”指导智库实践

回望科协智库发展, 我深感一代代科协人为之付出的辛勤努力。其中有我亲身经历的, 比如战略发展部的成立, 对外战略合作的全面铺开, 新部门业务综合的定位进一步明确, 智库体系建

设的有序推进。有幸参与到智库发展进程, 我深感觉党的二十大强调“六个必须坚持”的强烈针对性、指导性。

一是必须坚持人民至上。我感到咨政为民是智库的价值立场和态度, 集思汇智的方式体现了尊重人民创造、集中人民智慧。科协的智库研究是围绕科技工作者而展开, 所有的机制是围绕激发和汇聚科技工作者的智慧来设计。

二是必须坚持自信自立。唯有自信才能把握机遇, 发挥优势。智库彰显自信, 既要广泛借鉴, 更要有独特的视角、独到的见解, 而不是人云亦云、照抄照搬、食洋不化。出思想、出对策、反映科情民意, 科协报送的内刊中不乏真知灼见。

三是必须坚持守正创新。团结科技工作者以科学的态度对待科学, 以真理的精神追求真理。智库建设的守正, 是桥梁纽带和政治引领, 创新是集思汇智机制之新, 优化从信息采集到评价激励的全程管理, 拓展智库话语权和影响力; 是集思汇智方式之新, 建设“智汇中国”平台, 在数字时代实现数字化汇智。

四是必须坚持问题导向。通过比较研究, 找出短板、明确重点。比如对照国家高端智库标准, 对比国内外知名智库, 明确引进领军人才、建强人才队伍的具体举措, 通过建机制、建队伍、搭平台, 将对学会专家的弱联系变成强联

(下转第12页)

作者简介: 慎情情, 女, 硕士, 中国科协战略发展部战略咨询处一级主任科员, 研究方向为科技法。

自信自强、守正创新 形成具有全球竞争力的开放创新生态

马健铨

(中国科协创新战略研究院, 北京 100038)

党的二十大报告中提出：“培育创新文化，营造创新氛围，形成具有全球竞争力的开放创新生态。”在2021年的科协“十大”上，习近平总书记就已经提出构建开放创新生态的要求。将创新生态首次写入党代会报告，说明开放创新生态被置于战略高度，对以此为着力点完善科技创新体系指明了新的方向。过去，我所研究的领域因为相对偏软，一直在重要文件中很少提及，这是我第一次在这样重要的文件中看到自己研究的内容，让我切身感受到自己所做的工作有了更加重要的意义。

为了更好领悟党的二十大精神，我也试图结合自己之前的研究对具有全球影响力的开放创新生态进行思考。具有全球影响力的开放创新生态不仅要在国内，还要在国际范围内形成创新主体多元活跃、创新资源流动顺畅、创新系统协同共生、创新活力充分激发的状态。这就要求在精神层面具备以科学精神为引领的价值观共识，在行为层面具备普遍认同、共同遵循的行为规范，在规则层面具备创新友好、包容互惠的制度规则。在这方面，结合之前我参与欧盟地平线项目、支撑科技部参与欧盟国际科技创新合作原则等相关工作，我有几点个人感受：

一是国际合作有着从“硬”向“软”的发展趋势，越来越重视价值观、理念共识、文化等相关内容。如何在科学价值观和国际创新合作原则

共识的基础上，在国际科技治理中提出中国原则，成为迫在眉睫的重要问题。这对于在中华文化底色中塑造与负责任大国形象相匹配的中国特色的科学文化、创新文化提出了挑战。

二是构建开放创新生态对政策制定者、研究人员提出了更高要求，需要提前储备相应的人才和相应的能力。以我们支持科技部参与欧盟国际科技创新合作原则多边谈判的工作为例，当场就要对对方提出的对我不利的方面有理有据地一一驳斥，需要很快的反应能力、丰富的资料积累、良好的英语表达等一系列能力，而现在具备这些能力的专业人才并不多。我们的外交团队能够快速应对，但是对于科学价值观的内涵难以全面把握，只能原则性发声，一些知名专家因难以准确使用英语表达不能直接出席谈判。

中国科协在文化引领和氛围营造方面有着得天独厚的优势。中国科协长期开展科学文化、创新文化研究，有着坚实的研究基础。作为《关于进一步弘扬科学家精神加强作风和学风建设的意见》的主责单位，中国科协近年来高度重视弘扬科学家精神，涵养优良学风的相关工作。科技界作风学风监测显示，目前作风学风状况整体向好，未来发展信心十足。在促进国际交流合作方面，依托科技社团开展民间科技交流，依托科学家在国际科技治理中发声，对于增进国际科技同行间的心灵相通、情感相融，可以发挥更深厚更

作者简介：马健铨，女，博士，副研究员，中国科协创新战略研究院创新环境研究所，研究方向为科学文化与创新文化、科研作风学风建设、创新环境与创新生态。

持久的促进作用。近年来，中国科协大力推动中国科学家到国际科技组织任职，打造国际高端科技交流平台，取得了显著效果，在当前国际科技交流受阻的形势下开拓了国际交流新空间。

由此，我对未来的工作方向有了一些初步的思考：

一是深入开展具有中国特色的科学文化、创新文化等理论与实证研究。重点关注学术自由、伦理诚信、包容性和性别平等、卓越研究、开放科学、知识产权和个人数据保护、价值创造和经济社会影响、社会和环境责任与团结、风险管理和安全等国际合作中备受关注的热点问题、共性问题，为高水平科技自立自强提供文化滋养，为参与国际科技治理提供价值引领和研究支撑。

二是拓展面向国际的创新生态研究。我们之前对于创新生态的关注主要聚焦于国内，关注一国范围内创新生态的优化和效能提升，党的二十大提出的“具有全球影响力的开放创新生态”表明，我们之前的研究视角较窄，没有适应以全球

视野布局科技创新的发展要求，需要在现有研究的基础上，进一步思考“具有全球影响力的开放创新生态”的内涵、结构和影响要素，构建具有全球影响力的开放创新生态指数，开展系统性、持续性的定期评估，为“形成具有全球影响力的开放创新生态”提供实证依据。

三是强化国际传播能力和相关专业素养储备。随着我国在国际科技治理中的地位不断提高，承担的国际责任和义务日益重要，我们有越来越多的机会参与到国际组织任职、参与国际议程设置和高级别对话等相关工作中。这就要求我们在深入开展专业和理论研究的同时，还要持续跟踪主要国际组织、典型国家的最新理念和动态，进行前瞻性研判。同时要提升跨语言、跨文化交流技能，构建国际化知识体系、提升全球交往技能、塑造共同价值理念，提升兼具家国情怀和国际视野的全球胜任力。

责任编辑：李琦 校对：李琦 梁思琪

(上接第10页)

系，通过制度安排打造吸引智库人才的高地。

五是必须坚持系统观念。通过组织治理机制来整合科协系统资源，是智库建设需要突破的难点。在组织形式上，调动“一体两翼”积极性，构建协同高效、资源共享的智库体系；在工作机制上，尊重科技工作者的主体地位，有效地把科技工作者的个体智慧凝聚上升为有组织的集体智慧。

六是必须坚持胸怀天下。以全球视野推动智库体系建设，体现民间科技交流主渠道作用，支持科技工作者参与全球科技治理，提升参与国际标准、规则制定能力，为解决人类面临的共同问题提供中国方案，助力建设具有全球竞争力的开放创新生态。

3. 在智库体系建设实践中矢志奋斗

通过智库工作，我体会到了岗位的使命、工作的价值。特别是结合自己的法学专业，我感受到了科协智库为推进科技立法、全面依法治国所做的贡献。比如科协关于科技进步法的很多建议被采纳，对科普法修订发挥了独特作用等。新征程上，科协智库一定能为党和政府科学民主决策、助力法治国家、法治政府、法治社会一体建设作出新贡献。作为科协一分子，我也会尽自己微薄之力，这样就能更真切地在推进中国式现代化的历史大势中感受到个体的小确幸。

责任编辑：李琦 校对：李琦 梁思琪

科技创新体系视角下国家战略科技力量 协同发展模式研究

申金升, 梁 帅, 张 丽, 董 阳

(中国科协创新战略研究院, 北京 100038)

摘要: 我国实现高水平科技自立自强, 战略科技力量是核心力量, 新型举国体制是手段路径, 关键核心技术是攻关目标, 高效创新体系是环境需求。战略科技力量作为创新体系中一类特殊性质的创新主体, 其协同发展的能力和效率, 是提高国家创新整体效能的关键。本文基于战略科技力量的使命任务和科技创新体系内涵, 从“技术—产业—区域—国家”等4个创新体系维度分析战略科技力量协同发展中的问题、角色功能和模式路径, 构建了任务导向的雁阵协同、系统导向的链式协同、功能导向的集群协同、使命驱动的开放协同共4类协同类型, 并据此提出对策建议。

关键词: 战略科技力量, 协同发展, 创新体系, 新型举国体制

1. 引言

“世界科技强国竞争, 比拼的是国家战略科技力量。”2021年5月, 习近平总书记在两院院士大会和中国科协第十次全国代表大会的重要讲话中指出, 国家实验室、国家科研机构、高水平研究型大学、科技领军企业是国家战略科技力量的重要组成部分。2022年10月, 党的二十大报告中再次强调健全新型举国体制, 强化国家战略科技力量, 提升国家创新体系整体效能。当前, 新一轮科技革命和产业变革深入发展, 以人工智能、量子信息、合成生物学等

为代表的新兴技术领域已经成为战略科技力量的重要战场。同时, 科学研究、技术创新和产业融合的融合程度进一步提升, 对于国家重点产业一体化部署和发展的能力提出更高要求。在日趋复杂的国际博弈环境下, 如何提升战略科技力量的协同创新效率, 探索若干重点领域或技术的高效协同模式, 是我国新发展阶段塑造发展新动能新优势, 赢得创新发展主动权的关键棋。

2. 战略科技力量协同发展的内涵

作者简介: 申金升, 男, 博士, 教授, 中国科协创新战略研究院院长, 研究方向为管理系统工程。

梁 帅, 男, 博士, 副研究员, 中国科协创新战略研究院, 研究方向为科技人才流动、人才政策。

张 丽, 女, 博士, 副研究员, 中国科协创新战略研究院创新评估研究所副所长, 研究方向为创新管理、科技评估、区域发展。

董 阳, 男, 博士, 副研究员, 中国科协创新战略研究院创新评估研究所副所长, 研究方向为监管绩效评估、区域创新治理、资源环境政策。

¹ 根据对国家重点实验室的新建、撤销和合并等统计, 该数据共包括学科国家重点实验室有253家, 企业国家重点实验室174个, 省部共建国家重点实验室57家, 港澳地区国家重点实验室20家。

战略科技力量是指支撑国家战略科技目标, 掌握战略科技资源, 承担战略科技任务的创新主体。目前, 在4类战略科技力量中, 暂时没有进一步明确标准。其中, 国家实验室体系中已经有若干家国家实验室和504家¹国家重点实验室(正在优化重组); 在高水平研究型大学中, 根据第二轮“双一流”建设高校及建设学科名单, 在高校中共部署了理、工、农、医等紧密支撑科技领域的一流学科建设点387个; 在国家级科研机构中, 中科院、国家工程研究中心、国家重大基础设施等国家级创新基地或平台有600余家; 在科技领军企业中, 目前没有明确标准, 如果以《2021欧盟产业研发投入记分牌》榜单作为参考, 我国大陆地区共有约584家企业具有较高的研发投入强度和科技竞争实力。本文将以上名单作为战略科技力量群体的初步分析研究对象。

当前, 国家战略科技力量一般建有国家级基础设施或创新平台、承担国家重大任务、链接国外开放资源等创新资源, 是国家科技创新体系中的核心力量。战略科技力量作为科技创新的国家队, 具有国家属性而非部门属性、体系性(集成和一体化布局)、战略性(集成最优秀的创新资源和要素)、高端性、开放与动态性等特点^[1], 且类型多样并与一般的创新主体存在差异。但是在阐释战略科技力量系协同方面, 特别是促进大学、研究机构、企业等创新主体之间的协同和合作, 国家创新体系依旧是理解战略科技力量协同的重要理论基础^[2], 其中微观层面又包括产业创新体系、区域创新体系、企业技术创新体系等形式。

如何界定战略科技力量协同发展的内涵? 协同发展是将协同的思想纳入战略科技力量的研发创新、技术攻关的各阶段活动中。结合战略科技力量的重要使命, 战略科技力量协同是通过使命愿景、制度设计、任务安排和运行组织, 发挥战略科技力量的引领和支点作用, 促进战略科技力量不同主体、单元在充分发挥自身能力的基础上, 形成位势结构差序化(主次之分)、能力水

平错位化(强弱之分)、资源分布梯度化(优劣之分)的协同创新格局, 实现彼此之间的有序高效沟通、协调、合作, 通过打造目标契合、结构耦合、功能融合、资源整合、行动联合、效能综合的协同创新综合体, 形成系统正反馈效应, 推动整体效能大于单一主体功能之和。

3. 战略科技力量协同发展的研究框架

3.1 战略科技力量协同发展研究述评

目前学界部分学者对战略科技力量的内涵定义、基本特征、国内外发展经验和关键问题等方面开展了部分研究。从世界各国的实践经验看, 国家实验室、国家科研机构等在第二次世界大战期间、冷战时期、经济竞争时期、全球化时代等阶段发挥了不同功能^[3]。李正风从国家、战略和科技力量等关键词的概念出发, 认为对战略科技力量的内涵、特征和形成规律的系统性研究不足, 在认识上尚存在分歧, 难以形成战略合力^[4]。刘庆龄等认为国家战略科技力量具有政策导向、多层结构、公共属性、包容开放等多样化特征^[5]。万劲波等认为战略科技力量是承担“有组织的基础研究”任务的核心力量, 需要按照机构特点分类推进, 例如国家实验室和国家科研机构应开展战略导向、体系化“有组织的基础研究”^[6]。

关于如何通过战略科技力量协同发展发挥最大作用, 白光祖等指出服务构建新发展格局, 战略科技力量要强化建制化、体系化支撑保障, 增强原创引领带动作用^[7]。徐示波等提出了矩阵耦合的国家战略科技力量协同网络模型, 包括单一战略科技力量平台的内部协同模式、战略科技核心平台之间的互相协同耦合模式、战略科技核心平台和一般创新体之间的协同耦合模式^[8]。另外, 还有学者对英国、美国等发达国家的战略科技力量进行案例研究, 以及对国家实验室、高水平研究型大学、科技领军企业等单一战略科技力量开展研究。

总体来看, 战略科技力量协同发展的相关研

究还需要加强，结合新阶段新发展需求以及国际科技博弈态势，基于协同目标的战略科技力量布局优化，以及完善多类型、跨部门、跨学科战略科技力量组织动员机制、协同攻关模式等，都是发挥战略科技力量作用的重要保障。战略科技力量的协同发展和攻关能力作为政策领域关注的热点议题，是学界亟待深入研究的重要理论问题，更是创新实践中需要探索的重要组织方式，亟需多种理论视角下探索完善。

3.2 战略科技力量协同发展的模型框架

在协同创新模式中，产学研协同创新、大学—产业—政府的“三螺旋”、整合企业内外部资源的开放式创新等都是创新主体协同的重要理论，也是理解国家实验室等不同类型的战略科技力量协同攻关的重要范式。

如何深入理解战略科技力量之间协同发展的主要维度？结合科技创新体系的各个维度，本文从国家对战略科技力量的定位及其开展关键核心技术攻关的角度来阐释，主要有“技术—产业—

区域—国家”共4个方面：一是突破关键核心技术，“把关键核心技术命脉牢牢掌握在自己手中”，需要战略科技力量在新型举国体制联合攻坚中发挥引领或主导的作用。二是提高产业竞争能力，在产业链条、供应链条的高附加值关键节点和环节，优化布局一批战略科技力量以相互配合，提升产业链韧性和谈判能力，防止“卡脖子”现象。三是提升区域集群发展水平，以区域创新中心为空间载体，推动相关领域战略科技力量的规模化、特色化，以战略科技力量为主体，联合其他创新主体，助力区域产业集群化、高质量发展。四是开展国际科技竞争，战略科技力量是国家科技创新领域的重要生产力，是代表国家参与国际科技合作、竞争和博弈的关键创新主体，是赢得国际科技话语权的关键力量。

4. 战略科技力量协同发展的主要模式

4.1 技术创新体系：任务导向的雁阵协同

关键核心技术短板主要在于我国基础研究薄

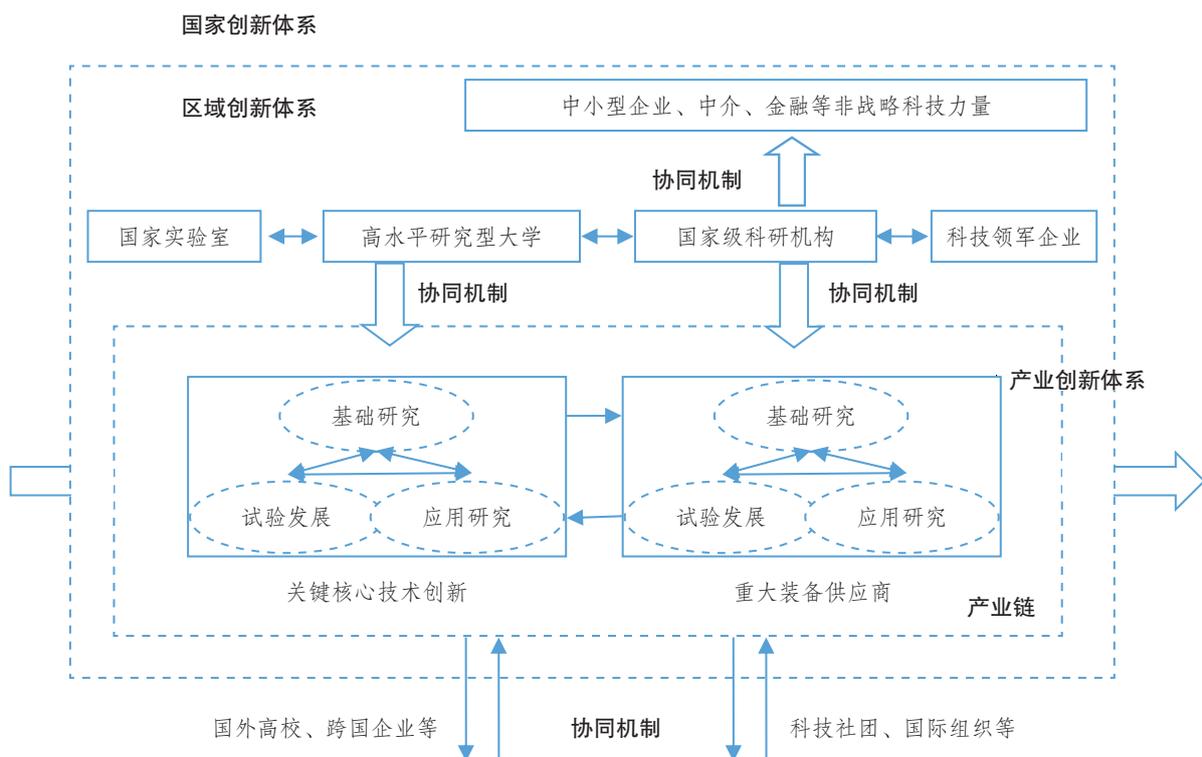


图1 科技创新视域下战略科技力量的协同发展

弱, 而战略科技力量是解决产业共性技术供给不足^[9]、“卡脖子”技术攻关的关键力量。关键核心技术有多种类型并且与基础研究关系密切, 包括基于科学的前沿引领型技术, 产业共性技术或竞争前技术, 高集成性、复杂性技术等, 这些关键核心技术的攻关任务已超出单一创新主体的能力, 从而需要多元化战略科技力量协同攻关。目前, 我国基础研究能力不足是协同发展的重要短板。根据2022年软科世界一流学科(世界排名Top10)数据分析, 我国学科实力不均衡现象突出。中美两国相比, 美国在理学、工学、生命科学、医学学科中, 分别有41、73、19、31个世界一流学科学科点; 而我国则分别有3、101、8、0个一流学科学科点^[10], 凸显出我国“重工程”的学科“橄榄型”结构特点, 学科结构不合理、不均衡是影响我国基础研究支撑关键核心技术协同攻关的重要因素。

任务导向的雁阵协同是发挥国家实验室等战略科技力量的头雁功能, 特别是在关键核心技术攻关中的基础研究组织、科学问题凝练和技术研发的作用。对于前瞻探索型技术, 跨学科、融通型、长期性、依托基础设施等的知识生产需要开展有目的、有组织的基础研究^[11], 这需要在国家实验室布局、学科设立、科研院所优化等方面及时根据科技前沿和国家战略需求做出调整。对于共性或竞争前技术, 以科技领军企业、创新联合体或产业创新联盟为头雁, 围绕技术涉及的科学理论等基础性科学问题, 以及产学研和市场中的关键难题, 促进企业、高校院所等形成产业发展的最大共识。

4.2 产业创新体系: 系统导向的链式协同

从产业创新体系角度看, 链式协同涉及基础研究、应用研究、试验发展的创新链条, 也涉及关键技术产品或装备的研发设计、生产制造等供应链条。链式协同是指在创新链、供应链的高附加值环节, 我国实现战略科技力量的布局完整性和针对性覆盖, 以提升链条应对不

确定情况的韧性。根据对我国高新技术产业17个子行业的测算, 我国高技术产业创新系统的协同度整体偏低, 根源在于技术研发、技术吸收两个子系统有序度偏低从而影响了产业协同^[12]。对标《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》中的科技前沿领域, 根据对人工智能等8个重要产业链条中战略科技力量规模统计, 量子信息、农作物种子领域的创新链下游的力量较弱, 链式结构失衡, 链条中的规模力量不均衡导致链式协同效果难以有效发挥, 影响协同效果。例如, 在农作物育种领域中, 基础研究领域约有15家国家学科重点实验室, 应用研究领域有11家国家企业或省部共建实验室、约26家中国科学院和中国农业科学院的研究所及国家工程研究中心, 但是科技领军企业的数量较少。从农作物育种领域的链式协同看, 创新链上游的战略科技力量规模较大, 但是下游的规模较小, 上下游规模的失衡影响系统性的链式协同的效果。

提升链式协同能力, 一是在创新链协同中, 协同体现要聚焦创新链不同阶段的战略科技力量主体之间的协同, 基于国家战略目标, 科学发现、技术创新和工程创造等链条中不同类型主体根据自身的功能定位和优势特长, 依托产业链核心枢纽平台, 进行“串行式分工”并开展“接续式攻关”, 实现“0-1-10-∞”的创新效益, 形成多主体、跨领域、全链条一体化的协同创新格局。二是供应链协同中, 当前中美贸易摩擦、新冠肺炎疫情以及俄乌冲突凸显了供应链的脆弱, 产业发展中涉及的核心技术、产品设计、重大产品生产或装备需要战略科技力量的全覆盖, 利用超大规模市场优势, 引领牵引大量的中小型生产者、供应商等形成具有高度自适应、自调节的产业创新生态体系, 以在国际科技竞争中, 特别是某项某类企业受到扼制时, 其余各类战略科技力量能够提供及时响应支持, 提高产业链供应链的韧性。

4.3 区域创新体系：功能导向的集群协同

有条件的地方建设综合性国家科学中心或区域科技创新中心，是提升战略科技力量在区域中布局、发展和攻关的重要基础和保障。从区域创新体系角度看，创新主体空间上的邻近性有助于隐性知识的有效产生、传播和共享，这是战略科技力量发挥主导、引领和积聚作用的重要基础。另外，各区域资源禀赋、研究基础、发展目标等存在差异，其打造全球科技创新要素汇聚地的模式、区域布局结构和创新网络模式等也就存在差异。据测算，京津冀地区呈现出资源极化的布局特点，京津冀区域内国家科研机构共计344个，其中分布在北京、天津与河北的比重分别74.4%、13.4%和12.2%。区域资源分布极化现象将会造成生产要素成本升高、基础设施拥挤、产业创新溢出效应不明显、产业集群规模效益递减等问题。相比之下，长三角协同呈现出网络化特点，上海、江苏、浙江的战略科技力量分布结构相对均衡。

区域内的战略科技力量基于功能的集群协同包含三个维度：一是要以特色为目标、错位发展的区域协同新局面。例如，结合成渝区域新能源汽车和智能汽车发展需求，提升先进制造相关学科点、国家科技机构或创新平台建设，提高战略性资源的支撑能力。兰州-西宁经济带在生态安全目标下要根据当地研究基础和特色，针对性引进、培育战略科技力量，支持区域内特色产业企业的发展。二是战略科技力量规模与区域经济发展、科技创新资源需求相一致。根据统计，长三角拥有全国约1/3的一流学科建设点，京津冀拥有40%的国家科研机构；粤港澳地区拥有全国约15%的科技型企业，但是一流学科点、国家科研机构却不到全国5%，与粤港澳地区的GDP、人口规模等发展不相匹配。三是打造特色化的区域战略科技力量集群化发展模式。发挥战略科技力量的引领协调作用，围绕珠三角、成渝、长江中游等城市群的发展目标，以核心技术研发、中试、推广

等广泛需求，构建资源整合与利益共享机制，吸纳凝聚一批非战略科技力量为重要基础，形成具有特色的产业集群，打造具有产业特色的区域科技创新中心。例如，推动京津冀的布局从极化结构向“梯度化”发展，形成资源布局合理有序、创新力量相互支撑的局面，推动“城市群”向“区域集群”演变。

4.4 国家创新体系：使命驱动的开放协同

国家战略科技力量是代表国家参与国际竞争的主力军。当前市场经济条件下，战略科技力量进行关键核心技术攻关或者新型举国体制的实施面临开放的全球环境，重大技术、产品或装备的研发、生产和推广处于高度开放的国际体系中，要从全球视角去审视产品性能竞争、创新资源配置、产业政策体系，开展全球合作和竞争^[13]。随着我国科技领军企业研发投入逐渐增强，开放式创新、国际化等能够促进获取战略性、互补型资源，从而提升创新绩效^[14-15]。同时，科研范式变化、开放科学发展等不仅需要各类战略科技力量高效协同，也需要中介组织、科技金融等创新要素的支撑，更离不开国际科技组织、科技社团等非战略科技力量的“粘合剂”作用，需要推动构建相应的网络生态系统。

在开放的全球化背景下，战略科技力量协同发展要从多维度考虑。一是要加强与其他国家重要创新主体的深度合作。例如支持国有企业、跨国企业、科技型民营企业等联合具有国际竞争力的创新主体“走出去”，深度嵌入国际产业链供应链条中，促进形成“人中有我”的深度合作局面。二是加大战略科技力量的开放式创新广度深度，引导各类创新主体根据数字化影响创新的路径、开放科学影响产业发展的差异^[16]等新问题，推动建立相应的协同发展模式，提高开放合作的效率。同时，以开放科学和开源技术为路径，强化科技与政策、产业、金融、教育、社会等维度之间的深度融合、交互支撑，推动构建有利于科技发展的良性生态。三是推动构建适应战略科技

力量的创新网络生态。重点聚焦创新网络中各类创新主体的互补性组织遴选机制、价值共创机制, 以及竞争者、市场、中介组织、科技金融、国际科技组织、科技社团等创新要素协同机制, 推动建立相关组织和机制的协同和自组织演化, 打造开放型、国际化、动态化的创新生态网络, 有效支撑战略科技力量的作用发挥。

5. 结论与建议

战略科技力量作为国家核心创新力量, 也是创新体系的关键要素, 为提升战略科技力量的协同效能, 需要从制度设计、机制创新和环境建设等多方面发力。

一是加强战略科技力量协同的制度设计。组建高层次的组织或协调部门, 提高对各部门各领域战略科技力量的协调动员能力。针对部门之间、央地之间、战略科技力量之间协同, 以及政府、市场、社会之间的协同, 出台针对性的意见。聚焦重大攻关目标, 破除战略科技力量归口部门、战略科技任务牵头部门与战略科技资源管理部门之间的协作壁垒, 提高政策供给普适性和精准性。

二是加强战略科技力量的协同机制建设。建立产业创新协同创新机制, 提升产业需求、科学问题和技术难题的转化, 提高攻关效率。加强科技领军企业主导协同机制建设, 强化企业在重大技术需求、合作单位选择、子项目成果验收和经费分配等方面的决定权。探索新时代“国家征召制度”, 为更多机构和人才从“被动参加”到“主动请缨”提供条件。

三是提升战略科技力量布局的针对性。围绕科技创新的“四个面向”, 结合新型科技发展趋势、交叉学科发展和国际科技竞争博弈态势, 结合我国区域发展目标 and 资源禀赋, 及时加强已有机构优化重组和新型研究机构建设, 提高战略科技力量布局的精准性、针对性和全面性, 形成体系化、层次化布局。围绕人工智能、新能源汽车电池等具有先发优势领域和引领发展领域的产业

链条, 加强关键节点评估, 强化战略科技力量的支撑能力。

四是完善适用于战略科技力量的创新体系建设。围绕脑科学、人工智能等前沿领域的协同攻关, 加强科技、经济、产业、金融政策的协调配套, 提升战略科技力量与其他类型创新要素的协同效率。创新科技人才培养模式, 特别是加强数学、医学等基础性和交叉学科的人才培养, 夯实人才基础。聚焦新兴领域推动大科学计划与大科学工程、国家科技组织、科技社团等建设, 建立跨界多元的交流机制。

责任编辑: 刘香钰 校对: 王萌 李琦

参考文献

- [1] 张义芳. 战略科技力量的内涵、特征及对我国的意义[J]. 全球科技经济瞭望. 2021, 36(12): 1-5.
- [2] 刘庆龄, 王一伊, 曾立. 如何推进国家战略科技力量建设?——基于历史经验积累和现状实证分析的研究[J]. 科学管理研究. 2022, 40(03): 12-21.
- [3] 樊春良. 国家战略科技力量的演进: 世界与中国[J]. 中国科学院院刊. 2021, 36(05): 533-543.
- [4] 李正风. 如何准确理解国家战略科技力量[J]. 中国科技论坛. 2022(04): 1-8.
- [5] 刘庆龄, 曾立. 国家战略科技力量主体构成及其功能形态研究[J]. 中国科技论坛. 2022(05): 1-10.
- [6] 万劲波, 张凤, 潘教峰. 开展“有组织的基础研究”: 任务布局与战略科技力量[J]. 中国科学院院刊. 2021, 36(12): 1404-1412.
- [7] 白光祖, 万劲波, 彭现科, 等. 强化国家战略科技力量支撑, 服务构建新发展格局[J]. 科技导报. 2022, 40(11): 6-14.
- [8] 徐示波, 贾敬敦, 仲伟俊. 国家战略科技力量体系化研究[J]. 中国科技论坛. 2022(03): 1-8.
- [9] 吴金希, 闫亭豫. 发展国家战略科技力量要高度重视产业共性技术研究院建设[J]. 科技导报. 2021, 39(04): 31-35.

- [10] 上海软科教育信息咨询有限公司. 世界一流学科排名[EB/OL].[2022-11-20].<https://www.shanghairanking.cn/rankings/gras/2022>[Z].
- [11] 潘教峰, 鲁晓, 王光辉. 科学研究模式变迁: 有组织的基础研究[J]. 中国科学院院刊. 2021, 36(12): 1395-1403.
- [12] 汪良兵, 洪进, 赵定涛, 等. 中国高技术产业创新系统协同度[J]. 系统工程. 2014, 32(03): 1-7.
- [13] 王曙光, 王丹莉. 科技进步的举国体制及其转型: 新中国工业史的启示[J]. 经济研究参考. 2018(26): 3-13.
- [14] 吴航, 陈劲. 探索性与利用性国际化的创新效应: 基于权变理论的匹配检验[J]. 科研管理. 2019, 40(11): 102-110.
- [15] Filippetti A, Frenz M, Ietto-Gillies G. The impact of internationalization on innovation at countries' level. The role of absorptive capacity[J]. *Cambridge Journal of Economics*. 2017, 41(2):413-439.
- [16] 张学文, 陈劲. 开放科学对产业创新的影响——基于美国制造业的实证研究[J]. 科学学研究. 2013, 31(03): 368-376.

Research on the coordinated development model of national strategic S&T strength from the perspective of S&T innovation system

Shen Jinsheng, Liang Shuai, Zhang Li, Dong Yang

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

Abstract: To achieve self-reliance and self-improvement in science and technology, strategic S&T strength is the core force, new type of national system is the path, making key technological breakthroughs is the goal, and efficient and innovative system is the environmental requirement. As a special type of innovative subjects in innovation system, the capability and efficiency of the coordinated development of strategic S&T strength is the key to improve the overall efficiency of national innovation. Based on the mission and task of the strategic S&T strength and the connotation of S&T innovation system, this paper analyzes the problems, role functions and mode paths of the strategic S&T strength from the four dimensions of "technology-industry-region-country", then proposes four collaboration types: task-oriented flying geese coordination, system-oriented chain coordination, function-oriented cluster coordination, and mission-driven open coordination. The countermeasures and suggestions are put forward accordingly.

Key words: strategic S&T strength; coordinated development; innovation system; new type of national system

十八大以来我国科技创新发展的成就、不足与对策措施

白宇轩¹, 马 茹², 董宝奇³

(1. 中国社会科学院大学商学院, 北京 102488; 2. 中国社会科学院中国社会科学评价研究院, 北京 100732;
3. 中国社会科学院世界经济与政治研究所, 北京 100732)

摘 要: 本文以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导, 以习近平总书记关于科技创新重要论述精神为根本遵循, 通过对关键代表性指标开展横向国别比较和纵向历史分析, 对党的十八大以来中国科技创新发展的成就和不足进行分析。结果表明: 我国科技创新实力的综合优势突出, 科技创新综合效益提高, 科技治理能力增强, 创新要素不断夯实。但与世界科技强国相比, 还存在一些亟待解决的问题, 如基础研究较为薄弱; 原始创新成果匮乏; 重点产业关键核心技术优势缺乏; 国际影响力有待提高等。最后根据与世界主要科技强国之间的差距, 为未来提高国家整体科技实力、加快实现高水平科技自立自强提出对策措施。

关键词: 科技创新, 成就, 不足, 对策措施

1. 引言

党的十八大以来, 中国将科技创新作为引领发展的第一动力, 把创新放在极为重要的核心位置。如今, 党的二十大将“实现高水平科技自立自强, 进入创新型国家前列”纳入2035年我国发展总体目标。当今, 世界正处于重大变革之际, 创新环境和条件出现重大变化, 虽然总体来看, 我国已进入创新型国家行列, 但仍面临“卡脖子”关键技术受制于人等问题, 因此, 对我国科技创新发展成就、不足等进行系统性评估分析, 为未来发展找准着力点极为重要。

科技创新实力是指创新主体在创新过程中表现出来的总体力量。它包含了科技创新能力以及

使科技创新能力得以发挥的各种外在条件。本文研究的效率是指技术效率, 即在给定各种投入要素的条件下实现最大产出, 或者给定产出水平下投入最小化的能力^[1]。目前, 关于我国整体科技创新实力的系统性研究较少, 现有文献大多从不同创新主体, 如企业^[2]和高校^[3]的角度, 或对我国不同区域的科技创新实力进行研究^[4-5]。仅有的较为完整的关于我国科技实力的研究多数只使用主要科技总量指标(如国际科技刊物论文数、居民发明专利申请量、个人电脑用户数、互联网用户数、研究与试验发展经费支出等战略性科技资源总量占世界总量的比重)对我国科技实力的历史发展和国际位置进行分析比较^[6-7]。据此, 本文尝试基于

作者简介: 白宇轩, 女, 硕士, 中国社会科学院数量经济与技术经济系博士研究生, 研究方向为产业创新、经济增长、技术创新。

马 茹, 女, 博士, 副研究员, 中国社会科学院中国社会科学评价研究院, 研究方向为科技人才、科技政策评价、技术创新与经济增长。

董宝奇, 男, 硕士, 助理研究员, 中国社会科学院世界经济与政治研究所, 研究方向为粮食安全与世界经济。

更为全面的科技创新维度，厘清我国科技创新实力的现况，研判分析我国科技创新发展成就以及与世界科技强国间的差距，助力我国找准提升科技创新实力的发力点。

2. 我国科技创新发展成就

2.1 综合优势突出，进入创新型国家行列

一是创新投入持续增加，要素支撑成效显著。首先，资金投入是科技创新的重要支撑，国家统计局数据显示，2012—2021年，中国全社会研发经费投入占GDP比重实现了稳步提升，从2012年的1.9%上升到了2021年的2.4%。2021年我国研发经费投入总量为2.8万亿元，比上年增长14.6%，增速比上年加快4.4个百分点，已连续6年保持两位数增长。其中，基础研究是科技创新的主要来源，纵观科技创新的发展过程，每一次的重大技术革命都以基础研究的革命性突破为起点^[8]。2012—2021年，中国在基础研究方面的投入呈稳步上升趋势，基础研究经费占全社会R&D经费比重从2012年的4.8%提升到2021年的6.1%，达到1696亿元^[9]；基础研究人员全时当量翻倍，由2012年的21.22万人年提升至2020年的42.68万人年。同时，企业作为我国科技创新的主力军，研发投入稳步增长，2012—2020年，中国企业研发经费内部支出稳步增长，从2012年的7842.2亿元提高至2020年的18673.8亿元^[10]。

二是科技创新成果不断涌现，支撑产业能力明显提升。“十三五”期间，我国坚持面向世界科技前沿，在量子计算机、类脑芯片、集成电路、第四代核电等一系列基础研究、前沿科技和战略高技术等领域均取得了重大突破，中国整体科技实力正在由点的突破向系统能力提升迈进。技术成果方面，世界知识产权组织（World Intellectual Property Organization, WIPO）发布的数据显示，中国PCT专利申请量以69540件排名全球第一^[11]。同时，创新成果支撑产业发展的能力也

不断增强，例如超高承压能力系统集成设计、常压换刀、伸缩摆动式主驱动等多项关键技术的突破，支撑我国盾构机技术打破欧美垄断。

三是国际影响力持续增强，国际合作不断深化。随着在5G、量子通信等前沿技术领域不断取得新的突破，我国在科技创新领域的国际地位不断攀升，在国际规则、标准制定等方面的话语权不断提升，由我国牵头制定的国际标准数量不断增加。数据显示，中国国内的国际科技组织数已由2012年的243个增至2020年的近300个^[12]。同时，随着我国在移动通讯、第三代半导体、新型显示等电子信息领域取得重大进展，我国在部分核心和前沿领域已成为或即将成为引领者，越来越多的国家在这些领域上表现出与中国强烈的合作意愿，合著论文的数量也不断增加，数据显示，中国的SE论文合著数量迅速增长，2012—2020年间增长了两倍之多^[13]，且近几年依然提速增长，中国的“朋友圈”也逐渐由欧美等发达国家扩大到“一带一路”沿线各国，全球合作版图不断扩大。

2.2 综合效益日益凸显，民生福祉有所增进

一是网络安全工作初现成效。随着数字化、网络化的普及，加强网络安全治理已成为维护国家安全和提升国家竞争力的战略需要。近年来，我国对网络安全领域的技术研发强度持续增强，网络安全“防火墙”、动态行为分析等一批前沿技术取得创新突破。同时，网络安全的治理成效得到显著提升，黑客攻击、信息泄露、网络勒索和系统性安全等问题得到一定程度的解决。

二是绿色发展水平显著提高。一直以来，我国都高度重视绿色创新，“双碳”目标的提出使绿色创新的意识再次强化。近年来，我国在清洁能源、节能环保、清洁生产等绿色发展领域均取得一定成绩，我国单位能源消耗经济产出为6.8元/千克石油当量，相较于2012年，增加了25%^[14]，充分发挥了科技创新对绿色发展的支撑作用。

三是人民健康得到持续改善。“要把保障人民健康放在优先发展的战略位置”是《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》重点强调的准则。近年来,我国在药品、医疗器械、医用设备、疫苗等领域实现一系列创新突破,健康领域科技创新实力不断增强,人民预期寿命稳步增长。数据显示,我国居民2021年人均预期寿命达78.2岁,比2015年提高约2岁,并于2020年首次超过美国,2021年继续领先^[15],真正做到了“坚持面向人民生命健康”的科技发展要求。

2.3 创新保障举措不断完善,科技治理能力明显提高

一是多层布局,科学决策和制度建设能力明显提升。政府科技管理部门“抓战略、抓规划、抓政策、抓服务”,全面深化科技体制改革,持续建立健全国家科技治理体系。首先,确立了建成科技强国的“三步走”战略,为我国提高整体科技实力提供了强有力的战略引导。其次,采用“中长期规划”对事关战略全局的“大事”进行系统性前瞻布局,明晰路线图和时间表。再次,精准施策、精细落实,针对关键核心技术受制于人、科技评价及激励不合理、科研管理“行政化”、学术生态浮躁浮夸等突出问题,密集出台相关政策,并重点强调政策落实落地。最后,转变政府职能,持续深化“放管服”改革,不断增强政府在基础设施建设、公共产品及公共服务等方面的供给职能。

二是多点发力,创新创业面临的营商环境明显优化。将打造良好营商环境作为为创新创业创造赋能的重要力量,近年来,我国持续深化“放管服”改革,在营商环境方面实施了一系列的举措,激发市场主体活力。数据显示,中国营商环境全球排名于2020跃升至31名,较2018年提高了47名^[16],在开办企业、获得电力、登记财产、保护中小投资者、执行合同等

方面均有明显改善。报告显示,现阶段中国成立新企业的容易度评分已经高于美国、日本、德国、英国、法国等世界主要科技强国以及瑞典、芬兰等关键创新小国^[17]。

三是多元投入,强化科技金融保障。一方面,近十年间,中国全社会研发经费投入增速位居全球首位,规模仅次于美国居全球第二,成为世界研发投入增长最大贡献者,国内各类企业、政府属研究机构、高等院校等不同创新活动主体科研经费支出也出现不同幅度提升。另一方面,全国各类创业风险投资机构数量及管理资本总额、创业风险投资累计投资数目及金额也呈现明显增长态势,近五年上述指标增幅均超过50%。从全球范围来看,目前中国风险投资总额已超过美国、日本、德国、法国等世界主要科技强国。由此,全社会各类创新活动主体研发投入的持续增长,不断夯实我国科技发展的资金保障。

2.4 环境要素支撑能力增强,创新生态显著优化

一是宏观经济保持稳定增长。近十年间,中国经济年均增速远超同一时期世界其他经济体,在世界经济复苏动力不足的大背景下呈现出持续稳定增长态势。特别是新冠疫情肆虐的2020年,世界经济萎缩,而中国却成为全球主要经济体中唯一正增长的国家,发挥了全球经济“稳定器”的重要作用,也为我国科技发展提供了稳定的宏观经济大环境。

二是人力资本等社会支撑条件不断夯实。数据显示,近十年间,中国居民平均受教育年限总体增幅达到11%以上,年均增速超过美国、日本、德国、法国等全球主要科技强国^[18]。近年来,我国公民具备科学素养的比例持续快速增长,公民科学素质水平跨入创新型国家行列。居民综合素质及科学素养的大幅提升,为我国增强整体科技实力提供了坚实的人才基础支撑。

3. 我国科技创新的短板与不足

3.1 原始创新能力依然偏弱，基础研究支撑体系亟需完善

我国对基础研究与预先研究领域的投入与积累较少，原始创新能力较弱，对未来的把握基本是外延式或跟踪模仿式，对于未来20~40年的前瞻性、开拓性、对世界科技发展具有引领性的创新规划不足，引领作用不明显。

一是基础研究投入总量仍显不足，来源结构亟待优化。科学研究水平方面的主要短板在于资金人才等要素支撑不足，从而无法形成较强的原创能力，特别是在基础研究经费投入方面短板明显^[19]，2021年我国基础研究经费占总研发经费的比重为6%左右，与其他国家15%~20%的占比相比，存在较大差距^[20]，既与我国科技经济发展水平不相适应，也会增加我国与发达国家差距进一步拉大的风险。从纵向历史发展的角度看，科技创新特别是基础研究效果显现依赖于长期投入和持续累积，我国由于历史原因，科技创新基础较为薄弱，因此累计基础研究经费投入还远低于美日等全球主要科技强国。另一方面，科技强国的基础研究经费来源构成较为多元，除政府部门外，企业、高校、非盈利机构等在配置基础研究资源、促进原创科学方面发挥了重要作用，相较之下，我国基础研究经费来源较为失衡，主要依靠政府特别是中央政府投入，尚未建立多元化的基础研究投入机制以充分激发社会投资活力。

二是一流大学建设不足，高校支撑能力仍需加强。自2015年8月国务院印发《统筹推进世界一流大学和一流学科建设总体方案》以来，我国世界一流大学的设立取得了突出的成效，不论是世界一流大学、世界著名大学还是世界知名大学的数量不断提升，整体层次有所攀升。但与世界一流大学相比，我国高校在人才培养、学科建设、国际影响力等方面仍然存在较大差距，也依然面临国家快速发展和国际激烈竞争两方面带来的严峻挑战。人才培养方面，我国在以奖项衡

量的高端人才和以规模衡量的硕博学生群体两方面的劣势均反映出我国人才培养情况不容乐观。学科建设方面，STEM（Science，Technology，Engineering，Mathematics，STEM）教育已成为世界各国提升到国家战略高度的人才培养重要途径，因此主要创新强国对STEM教育格外重视，美国联邦政府更是将STEM教育纳入整体教育改革战略，持续投资STEM教育。而在我国，虽然在部分地区颁布了有关STEM教育的文件及开展若干试点，但尚未形成国家层面的政策规划，缺乏整体考虑与长远布局。

三是创新基础平台亟需搭建，科技资源有待统筹。我国国家实验室总体布局、管理模式方面与创新强国存在一定差距。总体布局方面，美国是跨学科、多领域、大协作的大科学装置体系；而我国大科学装置学科领域分布较为集中。管理模式方面，为抢占强国博弈制高点，各国积极规划建设支撑特色产业发展的重大设施，并持续鼓励开放共享，助力战略性新兴产业发展；而我国大科学装置建设起步较晚，大科学装置集群之间高效协同机制尚未完全形成，辐射效应没有充分发挥。

3.2 科技创新人才结构不够完善，社会支撑力度有待加强

一是引领科技发展方向的顶尖人才较为缺乏。党的二十大报告明确指出，我国要“全面提高人才自主培养质量，着力造就拔尖创新人才，加快建设国家战略人才力量，努力培养造就更多大师、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”，但就现状而言，我国顶尖人才尚未能有效支撑科技强国建设。一方面，我国重点学科师资队伍高学历、高级职称人员数量不足，缺乏带领团队“攻尖”的学术带头人，根据2022年全球前2%顶尖科学家榜单显示，前200名科学家中，中国科学家仅为5名，而美国科学家137名，

没有中国科学家跻身前100名, 但美国在前100名中有69人, 可见美国处于绝对领先地位。另一方面, 留学海外的中国顶尖人才大多数仍滞留海外, 尤其是在关系国家未来经济社会发展、引领未来科技革命和产业变革的学科中, 顶尖人才更是少之又少, 美国保尔森基金会2019年统计, 中国AI博士生在美国读完研究生仅有10%回国, 88%留在美国进入谷歌、微软、斯坦福、MIT等名企名校。

二是支撑科技创新的社会条件较为薄弱。一方面, 我国信息基础设施和通用技术 (Information and Communications Technology, ICT) 信息基础设施和通用技术作用尚未充分发挥, 在促进工业信息化、产业结构升级和提升国家创新实力等方面的潜力有待进一步释放。另一方面, 高等教育发展和科技人才培养成效显著, 但与创新强国相比仍然有一定差距。此外, 我国尚未形成尊崇创新、鼓励探索、宽容失败、多元包容的良好学术舆论, 支持创新的学术氛围还不够浓厚, 仍然存在学术活动受外部干预过多、学术评价体系和导向机制不完善等问题, 营造自由宽松的学术环境任重道远。

三是促进知识产权保护的创新环境仍不成熟。我国尚未形成包容、平衡、充满活力和前瞻性的知识产权生态系统。法律层面, 当前国内对知识产权保护力度不够, 例如, 我国知识产权密集型产业的认定仅针对专利, 尚未覆盖商标和版权, 更不论外观设计和地理标志等。知识产权保护体系的法律空白点, 使得部分创新型企业遭致巨额损失并影响了其研发积极性。社会层面, 我国国民的知识产权意识比较淡薄, 企业通过知识产权参与竞争和维权的意识尚在提升, 甚至仍有不少企业无法有效保护自己的知识产权。技术层面, 互联网的快速发展深刻改变了人们的交流方式、生活方式, 与此同时新的商业形态、商业模式、商业方法应运而生, 也为知识产权保护带来了空前的挑战。

3.3 科技制高点占有能力不具优势, 关键核心技术受制于人

一是关键核心技术基础有待提高。核心技术往往都具有较高的突破难度, 其创新与发展需要一定的基础, 而我国的核心技术基础较为薄弱。一方面, 从研发产出看, 中国的三方专利数量相较美国、欧洲存在数量级差距, 且相对于13亿人口大国和世界第二大经济体, 中国人均拥有的三方专利数更是差距显著。另一方面, 由技术基础支撑的产业基础不牢固, 部分重点领域技术进步水平与主要发达国家的差距依然明显, 创新链、产业链、生态链依然没有形成整体突破。

二是关键核心技术受制于人。国内在重点领域卡脖子核心技术供给不足, 核心技术、关键技术对外依存度居高不下, 部分高端制造业基础工艺比较落后, 市场竞争力还不够强。关键核心技术受制于人的局面仍未从根本上得到扭转, 航空发动机、高端数控机床等战略高技术领域核心技术和装备严重依赖进口, 高端芯片、基础软件等国产化比例很低, 为国家信息和经济安全带来严重隐患。知识产权使用费收入和支出一直处于高额逆差状态, 而美国、英国、德国、法国、日本五国则一直处于贸易顺差状态。

三是科技成果转化应用不足。我国大量科技成果沉淀在科研院所, 对国民经济社会发展的辐射作用尚未充分发挥, “科技经济两张皮”现象比较普遍, 尚未形成清晰的以科技创新打通从科技强到产业强、经济强、国家强的通道, 科技创新对国民经济的牵引带动作用有待加强。究其原因, 主要包括两个方面, 一是科技成果转化能力较弱。缺乏市场化、专业化、社会化的技术转移创新服务体系, 科技成果转化成功率总体偏低。二是技术研发聚焦产业发展瓶颈和需求不够, 低水平创新、研用脱节现象普遍存在, 产学研用协同创新局面没有真正形成。

3.4 国际科技软实力相对薄弱，争夺国际话语权的布局较为滞后

一是国际话语权不足。一方面，中国对世界科学理论和原创技术从0到1的突破的贡献严重不足，主导或参与制定的国际标准数量明显不够，与中国的世界大国地位极不相称。另一方面，由我国科学家牵头发起的、面向全球和区域科技挑战的重大国际科学计划严重缺乏，我国科技人员到国际科技组织任职的人数还不多，主导国际科技合作的能力还比较弱。数据显示，2019年中国国内的国际科技组织数量仅有296个，仅为美国的3%，英国和法国的7%，德国的12%，差距较为明显。一些创新小国的情况也远好于中国，比如2019年中国国内的国际科技组织数量仅为瑞士的16%，该年瑞典的水平也约为中国的两倍^[21]。

二是国际引领能力有待提高。首先，我国科技创新体系开放度不够，一方面科技体系开放水平落后于经济体系开放水平。另一方面，我国科技创新的资金和人才等方面的共享开放水平与科技强国间存在差距。例如，我国科技计划资金仅限于境内使用。其次，我国在国际科技合作中的位势有待提高。长期以来，我国主要采取“模仿、引进和消化吸收”的追赶路径，还未适应向“走出去”的引领型创新方式的转变。第三，我国主导建立或参与的国际组织较少，虽然近几年中国对于国际组织的参与正从扮演一般性角色向拥有重要发言权转化，但国际引领能力仍有待提高。

4. 我国科技创新发展对策措施

基于前文对我国科技创新发展成就与不足的系统性分析研究，结合全球新一轮科技革命与产业变革的大环境，我国应多方布局，加快建设世界创新高地，提高我国科技创新实力。

4.1 加强基础研究投入，促进原始创新性成果涌现

基础研究是科技创新的主要来源，我国应继续保持现有进步趋势，持续加强基础研究方面的资金和人才投入，激励企业、高校和科研院所参与基础研究活动的积极性。由于基础研究活动中不可避免的高密度试错，对其经费的投入保障有着重要支撑意义，因此要加强各科创主体吸收社会资金的平台建设，同时保证经费使用的合理性和高效性。针对不同类型基础研究组建与之匹配的研发管理团队，优化组织和激励制度。另外，基础研究活动应坚持目标导向，针对关键核心“卡脖子”领域技术进行着重突破。

4.2 优化人才激励体系，增强高素质创新人才储备

人力资本能够通过提高自主创新能力和加快前沿技术追赶速度产生积极作用^[22]，因此要不断强化人才科技战略。首先，加快创新人才激励政策的落实，调动高技术创新人才的科研积极性，优化考核制度，为科研人员“解绑减负”，将科创人才的精力投放到紧迫的关键技术攻关活动中。同时，加强对青年人才的培养和吸引，实施科教兴国战略，要做到产教融合、科教融合，高校等科研院所加强基础学科、新兴学科、交叉学科建设，增强我国国际人才吸引能力，完善人才“引育用留”全链条机制。

4.3 完善协同创新体系，锻造创新发展链条

在充分发挥财政政策和货币政策工具优点的基础上，进一步推进创新政策与产业政策创新相结合的政策体系，创新政策体系主要包括：任务导向型创新政策、发明导向型创新政策和系统导向型创新政策；而产业政策主要针对的是产业化阶段，旨在解决技术在生产制造阶段面临的问题，助力科技成果产业化，刺激市场需求启动等^[23]。除了完善政策体系，各部门间政策的配合落实是政策体系运行有效的保证，考虑到技术创新相关政策的制定部门多、参与实施主体广，建立部门间协调联动机制十分必要。

4.4 强化科技园区建设, 提升创新资源集中度

科技园区被认为是区域发展的重要引擎, 承载技术、人才、资金等众多创新要素, 具有创新成果转化和促进区域经济发展的双重作用^[24]。科技园区的创新优势较多, 产业相对聚集, 且享有国家的相关优惠扶持政策, 利于产学研在园区内有机结合。科技园区一端是提供科技成果的高校和科研院所, 另一端是将科技成果市场化的科技企业, 可以高效整合社会科技创新资源, 从而提高创新效率。

4.5 坚持企业市场主体地位, 鼓励创新创业

首先, 加强针对科技创新企业的减税力度, 降低企业的创新运行负担, 许多初创型中小企业抵御风险的能力较差, 但创新活力和动力较强, 需要相应的优惠税收政策进行鼓励和保护; 其次, 拓宽创新企业融资渠道, 加强金融赋能科创企业, 大型金融国企央企应起到带头作用, 促进金融产品和服务与科创企业的良性互动和密切合作; 再次, 深入推进营商环境改革, 调动创新创业积极性, 简化创业市场的进入流程, 优化线上创业办理程序, 完善科技成果转化生态, 健全监管制度, 营造健康、公平的营商环境。

责任编辑: 李琦 校对: 李琦 梁思琪

参考文献

[1] Lovell C A K. Production frontier and productive efficiency?[C]Fried H O, Lovell C A K, Schmidt S S. The Measurement of Productive Efficiency. New York: Oxford University Press,1993.

[2] 何平. 国家创新驱动发展战略下提升实体企业研发实力的路径选择[J]. 价格理论与实践,2021(04):12-15.

[3] 蔡劲松. 抓住关键环节 提升高校科技创新实力[J]. 中国高等教育,2009(07):39-40.

[4] 叶堂林,毛若冲. 如何提升首都科技创新实力

[J]. 前线,2020(01):69-72.

[5] 张巍, 高汝熹. 区域科技创新实力指标体系研究[J]. 现代管理科学,2012(05):62-64.

[6] 胡鞍钢, 熊义志. 对中国科技实力的定量评估(1980-2004)[J]. 清华大学学报(哲学社会科学版),2008(02):104-119+160.

[7] 胡鞍钢. 中国科技实力跨越式发展与展望(2000-2035年)[J]. 北京工业大学学报(社会科学版),2022,22(04):1-15.

[8] 李菊英. 创新型国家建设视角下强化基础研究路径探析[J]. 知识经济,2018(21):16-17.

[9] 国家统计局.[DB].[https://data.stats.gov.cn/search.htm?s=基础研究\(2022\)](https://data.stats.gov.cn/search.htm?s=基础研究(2022)).

[10] 《中国科技统计年鉴》[DB].[2022-11-20].
[https://data-cnki-net-s.vpn.ucass.edu.cn/yearbook/Single/N2022010277\(2022\)](https://data-cnki-net-s.vpn.ucass.edu.cn/yearbook/Single/N2022010277(2022)).

[11] 《知识产权事实与数据2021》[OL]. [2022-11-20].
[https://www.wipo.int/pressroom/zh/articles/2022/article_0002.html\(2022\)](https://www.wipo.int/pressroom/zh/articles/2022/article_0002.html(2022)).

[12] 《国际组织年鉴》[OL].[2022-11-20].
[https://uia.org\(2022\)](https://uia.org(2022)).

[13] 《美国科学与工程指标》[OL].[2022-11-20].
[https://nces.nsf.gov/indicators/states/indicators\(2022\)](https://nces.nsf.gov/indicators/states/indicators(2022)).

[14] 世界银行[DB].[https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.GD.PP.KD\(2022\)](https://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.GD.PP.KD(2022)).

[15] 《2021年我国卫生健康事业发展统计公报》[OL].
[http://www.gov.cn/xinwen/2022-07/12/content_5700670.htm\(2022\)](http://www.gov.cn/xinwen/2022-07/12/content_5700670.htm(2022)).

[16] 《全球营商环境报告》[OL].[2022-11-20].
[https://archive.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020\(2022\)](https://archive.doingbusiness.org/en/reports/global-reports/doing-business-2020(2022)).

[17] 《全球创新指数报告》[OL].[2022-11-20].
[https://www.globalinnovationindex.org/Home\(2022\)](https://www.globalinnovationindex.org/Home(2022)).

[18] 《人类发展指数报告》[OL].[2022-11-20].
<https://hdr.undp.org/data-center/country-insights/#/>

ranks(2022).

[19] 陈峰.我国基础研究经费投入规模与执行结构的量化分析研究[J].今日科苑,2022(04):31-40.

[20] OECD[DB].[2022-11-20].<https://stats.oecd.org>(2022).

[21] 《国际组织年鉴》[DB].[2022-11-20].
<https://uia.org> (2022).

[22] 马茹, 张静, 王宏伟.科技人才促进中国

经济高质量发展了吗?——基于科技人才对全要素生产率增长效应的实证检验[J].经济与管理研究,2019,40(05):3-12.

[23] 渠慎宁.未来产业发展的支持性政策及其取向选择[J].改革,2022(03):77-86.

[24] 李国强,胡文安,孙遇春.科技园区"使能型"创新生态系统构建的案例研究[J].科研管理,2022,43(07):53-60.

Achievements, shortcomings and countermeasures of China's science and technology innovation development since the 18th National Congress

Bai Yuxuan¹, Ma Ru², Dong Baoqi³

(1. University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488, China; 2. Chinese Academy of Social Science Evaluation Studies, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China; 3. Institute of World Economics and Politics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China)

Abstract: Guided by Xi Jinping's thought of socialism with Chinese characteristics for a new era and taking the spirit of General Secretary Xi Jinping's important discourse on science and technology innovation as the fundamental guideline, this paper analyzes the achievements and shortcomings of China's science and technology innovation development since the 18th National Congress by conducting horizontal country comparison and vertical historical analysis of key representative indicators, and the results show that: the comprehensive advantage of China's science and technology innovation strength is outstanding; the comprehensive efficiency of science and technology innovation is improved; the capacity of science and technology governance is enhanced; the innovation factors are continuously consolidated. However, compared with the world's science and technology powers, there are still some outstanding problems that need to be solved, such as the weakness of basic research; the lack of original innovation achievements; the lack of key core technology advantages in key industries; and the need to improve international influence. Finally, according to the gap between the world's major science and technology powers, we put forward the countermeasures of the future national overall science and technology strength and accelerate the realization of high-level science and technology self-sufficiency and self-improvement.

Key words: science and technology innovation; achievements; shortcomings; countermeasures

从“三个第一”中探寻创新体系整体效能提升的路径

金 锋

(广东带路城市发展规划研究院, 广州 510075)

摘 要:提升国家创新体系整体效能,离不开教育、科技和人才“三位一体”的统筹安排。党的二十大创造性地提出科技、人才、创新“三个第一”,为我国发展提供新动能,创造新优势,为推动经济社会高质量发展指明方向。本文从夯实国家创新体系整体效能提升的着力点出发,针对“三个第一”现如今面临的主要问题,从增强“第一生产力”、培养“第一资源”、推动“第一动力”三个层面提出以“三个第一”提升创新体系整体效能的有效路径。

关键词:三个第一,创新体系整体效能,人才,科技

党的二十大报告指出,“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力,深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略”,强调要“提升国家创新体系整体效能”^[1]。提升国家创新体系整体效能,就是要面向世界科技的前沿、面向经济的主战场、面向国家的重大需求、面向人民的生命健康,不断地创造出基础性和应用基础性研究的原创性成果,持续地突破核心技术瓶颈,体现出必要的响应能力和供给质量。党中央从突出创新的核心地位出发,首次把教育、科技、人才进行“三位一体”统筹安排、一体部署,提出科技、人才、创新“三个第一”重要论述^[2],其为提升国家创新体系整体效能指明了前进的方向^[3]。国家创新体系整体效能的提升需要人才、科技和创新三个子系统发挥关键性的作用:科技作为“第一生产力”能够保证有效供给,不断地提供高质量的科研成果;教育通过培育大量的人才来充实“第一资源”,为创新体系整体效能的提升提供智力支撑,推动

“第一生产力”和“第一动力”的相互转换;创新作为核心动力深刻地与“第一资源”相嵌入,从而迸发出更多的“第一动力”夯实国家创新体系整体效能。“三个第一”不断融合发展,催生更多新技术新产业,开辟发展新领域新赛道,不断塑造发展新动能新优势,推动形成高质量发展新格局^[4]。

1. 提升国家创新体系整体效能的三个着力点

我国国家创新体系是以政府为主导、以市场作为配置资源的基础性力量、各类科技创新主体紧密联系和有效互动的社会系统^[5]。2022年9月,世界知识产权组织(WIPO)发布2022年全球创新指数(GII),我国国家创新能力综合排名上升至世界第11位^[6]。我国已初步形成了各类科技创新主体紧密联系、有效互动、充满活力的国家创新体系,进入创新型国家行列^[7]。党的二十大报告提出到2035年,实现高水平科技自立自强,进入创新型国家前列的发展目标。我国以创新驱动引领高

作者简介:金 锋,男,广东带路城市发展规划研究院院长,粤港澳大湾区协同创新研究基地理事长,研究方向为城市学、决策学和社会学。

质量发展，亟待夯实国家创新体系整体效能提升的三个着力点。

一是促进创新资源整合与流动，提升资源配置效率。市场竞争同质化带来创新要素被简单重复使用、相对创新要素紧缺和要素低效配置等问题极大影响了创新要素配置效率。创新能力薄弱导致无法在技术、产品或市场等层面实现创新，创新要素流通阻塞导致其难以流向生产率较高的企业、行业或市场。我国亟待加强科技创新的统筹协调，在已有创新体系基础上，整合优化科技资源、人才资源，提高创新链条的整体效率^[8]。

二是以国家战略需求为导向，集聚力量进行原创性、引领性的技术突破，打赢核心技术的攻坚战^[9]。科技创新成为国际战略博弈的主要战场，围绕科技制高点的竞争空前激烈^[10]。我国基础研究投入不足、结构不合理，面临着核心技术“卡脖子”的难题^[11]。我国亟待提升原始创新能力，优化科技创新力量布局，提升国家战略科技力量。

三是提高科技创新转化率，提升创新体系的经济社会绩效。搞好创新就是搞好发展，谋划创新就是谋划未来。面向市场的科技成果转化机制，是使得经济社会高质量发展的主要抓手。坚持以谋创新来谋发展，着眼于高新技术的成果转换，培育新动能，发展新优势^[11]。

2. “三个第一”面临的主要问题

2.1 “第一生产力”面临的主要问题

一是国家的战略科技协同能力不强。国家创新体系只有在参与科研创新的各个主体、环节等方面打通渠道、形成合力，整体效能才会提升。国家各个主体的科研机构是国家的战略科技力量，其在现实生活中的能力发挥往往因为协同机制尚未健全而受到阻碍。现如今国家实验室、高水平研究型大学、国家科研机构等国家战略科技力量构成主体间缺乏紧密、灵活的链接，创新主体的功能定位存在交叉重复等问题^[12]；科学研究

机构和大学之间的合作和交流不足，导致重复研究的出现，且由于资源不能共享，研究力量无法有效集成，造成较为严重的资源浪费。

二是原始创新能力不强，原创性、引领性科技攻关乏力。提高国家创新体系整体效能首先要进行创新观念的革新，树立起以知识创新和技术创新为基础的创新观，增强原始创新能力。虽然目前我国专利申请量和授权量均为世界第一^[13]，但在专利内部结构层面，实用新型与外观设计占专利申请和专利授权的大部分，对基础的原始创新有重要作用的发明专利占比却较低^[14]。

三是科技投入不足。科技作为提升国家创新体系整体效能的“第一生产力”，需要有足够的经费投入。但我国目前社会研发经费投入与英美发达国家仍有较大差距，企业研发经费投入有待提高，R&D经费投入结构亟待调整，研发支出内部结构存在轻基础研究、原始创新，重应用研究的问题^[15]。

2.2 “第一资源”面临的主要问题

一是人才队伍结构有待优化。知识创新体系是国家创新体系的重要组成部分，如果人才队伍结构没有跟上，国家创新体系整体效能的提升就缺乏智力支持。未来十五年，以中等教育为主的人力资本结构难以改变，创新人力资本投入层次较低，无法满足多样化创新的需求；科技人才的结构性矛盾较为突出，高级别创新型人力资本的储备规模较小，战略科学家人数不足，青年人才培养机制不健全。

二是人才培育体系难以满足提高创新体系整体效能的需求。教育模式尚未向创新型国家转型，创新教育在人才培养的各个阶段和环节都长期存在一些缺失，高等教育生均投入和基础研究投入相对薄弱；企业人才培育能力匮乏，多数企业均存在人才紧缺的困难，企业创新发展后劲不足。

三是引才聚才不足。只有各个地区、各个主体的引才、聚才机制足够成熟，作为“第一生产

力”和“第一动力”的重要转换器的“第一资源”人才才能提升国家创新体系整体效能。针对稀缺性人才资源，地区间竞争加剧；人才引进短期化，一些民营企业偏向于短期性的引才，或者项目引才，因而往往限于对某个产品研发或科技项目攻关^[16]；人才引进评审难，经常面临“委托他人评价时缺少渠道和主体”“人才工作部门不会评或者评不准”的难题；社会和市场的力量参与不够，引进人才的可持续性不足^[17]。

2.3 “第一动力”面临的主要问题

一是区域科技创新能力不均衡，存在区域间创新要素不流通、创新资源倒流的现象。科技创新能力的不均衡会影响创新体系整体效能的有效发挥。区域科技创新的不均衡会导致房价上升、大城市交通拥堵以及人才不均衡等负面外溢效应，进一步拉大了科技创新密集区和偏远地区的贫富差距^[18]；超特大城市创新资源的集聚，也加剧了企业用人成本高涨与员工薪酬缺乏竞争力之间的矛盾^[19]，甚至导致科技投资的外流，削弱国家整体科技创新和竞争能力；在创新资源流向上，创新能力指数低的区域存在“高端资源流出、低端资源流入”的现象，在区域创新产出水平、科技进步贡献率等方面形成巨大差距；国家“十四五”科技创新规划提出“支持有条件的地方建设区域科技创新中心”后^[20]，出现了区域科技创新重复布局，不同城市群创新政策平均化、产业创新同质化等恶性竞争现象。

二是创新链、产业链整体布局存在源头创新能力不强、技术供需不匹配、缺乏资金保障机制、创新资源流通不畅四个关键堵点。国家创新体系整体效能的提升需要瞄准科技前沿领域，突破关键核心技术，这就需要极强的源头创新能力。不重视产业关键共性技术研发，难以把握新兴产业的技术突破机会，产业发展常常陷于同质性的恶性竞争，难以形成高水平的产业集群和创新集群；部分企业创新意识不强，在成果转化过程中会偏向于购买国外先进技术；代加工企

业仍然较多，自主创新能力偏弱，企业发展后劲不足，科技助推企业发展支撑作用有待提升；企业与高校院所科技合作领域不广、深度不够，缺乏畅通稳定的信息渠道，技术供需双方难以及时对接；部分高校或科研院所的研发成果成熟度不高，市场风险大，企业不愿或不敢进行科技成果转化；科技成果转移转化需要大量资金作保障，而科技型企业面临研发时间长、分配制度不完善、融资困难等问题，部分企业为了规避破产风险，不愿投入资金进行科技成果转化；有些地方政府存在创新补贴政策落实不到位、地方保护等行为；创新主体之间缺乏有效合作，部分高校或科研院所的创新资源使用效率低下，甚至出现资源闲置和浪费等现象，或者企业因缺乏试验基地、仪器设备等资源而难以顺利推进科技成果转化^[21]。

3. 以“三个第一”提升创新体系整体效能的有效路径

3.1 增强“第一生产力”的有效供给

科技是第一生产力。提升国家创新体系整体效能，以科技创新驱动高质量发展^[22]，要在带动产业行业发展上下功夫，要在提升企业竞争力上下功夫，要在促进区域创新发展上下功夫，必须加快强化基础研究、应用开发和技术创新一体化布局，必须进一步强化企业创新主体地位，不断提升“第一生产力”的有效供给。

一是加强自主创新能力。面对提升国家战略科技力量的需求，需要提升“第一生产力”的有效供给，提高科技原始创新能力，优化科技创新资源布局。在具有基础性和先发性优势的领域，应努力提高掌握创新链和产业链关键环节的能力，发挥国家自然科学基金在支持原始创新方面的重要作用，更加关注基础学科和前沿探索，并增加对支持人才和团队建设的投资。强化国家重大科技项目与其他重大国家项目之间的联系，促进基础研究成果的共享，并在基础研究中发挥基

石作用。优化学科布局和研发布局，促进跨学科整合，完善共性基础技术的供应体系^[23]。政策引导科研单位、高等院校、企业等重视知识资本投资，平衡创新要素投入和创新能力，创造高附加值的创新链体系。

二是建立健全高等院校、科研机构和社会其他力量协同创新投入机制^[24]。围绕国家战略需求和重大挑战，发挥政府引导和市场机制作用，加强技术需求与供给政策联动机制，加强关键核心技术攻关的全流程资金统筹，形成财政科技资金与社会资本梯次接续的良好局面。面向主导产业和未来产业的关键核心技术领域，以重大科技专项、大科学设施、产业化项目为抓手，强化协同机制建设。支持科研机构与高等院校、骨干企业合作，通过新建、共建和科研机构内建或整体转型等方式建立新型研发机构^[25]。

3.2 培养人才第一资源，提升创新体系活力

人才是第一资源，是国家创新体系中最活跃的要素^[26]，是创新体系整体效能提升的决定性力量。培养造就大批德才兼备的高素质人才，必须加强对科技进步、教育发展及人才成长的趋势研判、规律认识和需求把握，理清“引才、育才、用才、聚才”各环节的关系，切实做好新时代人才工作的宏观谋划和顶层设计，不断提升“第一资源”的保障能力。

一是建立以创新为导向的人才培育体系，扩大人才总量，提高人才质量。加快建设高质量教育体系，统筹基本公共教育和创新型人才培养目标，深入开展青少年科技创新大赛，动员和组织教育工作者、科技专家和科普志愿者广泛开展各类青少年科普活动，建立科普场馆和学校课程衔接的有效机制^[27]，全面提升基础教育阶段的科技教育水平。强化科技和产业系统的带教力量，产学研一体培育第一资源，鼓励企业提高人才经费

投入，引导企业引进培育包括应用型技能人才、工程技术人才、管理型人才和服务型人才在内的多种类人才，鼓励企业构建自己的研发机构和研发团队，提升企业人才培养能力。建立人才画像数据库，通过全周期、宽口径、多维度的数据收集和分析，逐步形成对战略科学家、领军人才、基础研究人才、高技能人才等各类人才成长过程的规律性认识。

二是构建多层次多渠道宽领域引才引智体系，推进人才队伍高端化、前沿化。加强以人为本的人才服务保障。建立高水平的人才服务体系，促进市场化人才服务机构的发展，为人才招聘提供服务支持，优化“政策北斗¹”等政策服务，推动人才服务“一码集成”^[28]。强化效益意识和柔性引才理念，围绕创新链布局人才链，推动人才与产业发展深度融合，做到靶向引才、精准育才。对战略科技人才进行提前布局和长周期培育，在关键核心领域提前揽才，通过长期投入和长线支持进行人才梯队建设，不断提高人才自主培养质量。

三是完善资源配置、收入分配等激励和竞争机制，激发人才创新活力。建立健全体现技术和知识的创新要素价值的收益分配机制，完善以增加知识价值为导向的分配机制，优化科研事业单位科研人员绩效工资增长机制。分类建立定量评价与定性评价相统一、科研产出与价值化程度相结合的多元化评价体系和激励机制，促进基础研究代表作评价机制，充分发挥科研单位在专业职称评审中的领导作用，充分调动技能人才、科学家、创新型企业家等各类人才创新积极性^[29]。拓宽项目经费使用“包干制”范围，营造需求导向、不受资历等条件限制的良好社会氛围。

3.3 以资源融合、全链条发展为抓手推动“第一动力”焕发生机

¹ “政策北斗”服务平台是上海市科委通过应用大数据、文本挖掘、新媒体等创新工具，利用政策文本数据化等手段，将科创政策系统化集成的科创政策智能化服务平台。登陆“上海科技”网站或关注微信公众号即可使用。

创新是第一动力。国家创新体系作为复杂的生态系统,推动创新各主体、各环节、各方面相互支撑、高效互动形成合力,提升国家创新体系整体效能,必须聚焦打造区域科技创新“新生态”,提升区域创新体系黏性;必须聚焦推动资金链、创新链、产业链、人才链深度融合,提高创新体系弹性;必须加快构建功能齐全、层次丰富的创新服务体系,不断提升“第一动力”的转化效率。

一是打破区域内创新要素流动的限制,建立体系化的区域创新合作网络。加强航空、高铁等体系化交通基础设施的建设。建立区域创新中心建设的供需对接机制,打破创新要素行政区划限制,强化区域科技创新要素联动,形成不同区域科技、产业、金融良性互动、有机融合格局^[30]。

二是加强企业创新主体地位,深入实施科技型企业梯次培育机制。实施科技型企业梯次培育机制,建立完善高新技术企业培育后备库和高新技术企业数据库,探索实施高新技术企业分类认定和扶持制度,着力提升高新技术企业的数量和质量^[31]。选择一批发展潜力大、成长性好、创新能力强的科技型中小企业,采取一企一策的方式进行重点扶持,重点培育一批规模以上高新技术企业。

三是完善科技成果产业化平台,加强技术与市场的动态链接,整合科技创新资源。支持企业联合高校、科研院所等共同组建需求对接、优势互补、利益共享的创新联合体,承担重大科技项目,为园区主导产业集聚发展打好基础。以国家级高新技术开发区、归国留学人员创业园等科技成果产业化平台为基础,以培育形成特色产业集群为目标,构建以创业苗圃、孵化器等创业服务平台为主线的科技成果孵化转化基地,推动创新链对接产业链。

四是建立多元化投入机制,重点解决资金保障问题。引导企业、高等院校、科研院所加大对产学研结合的技术创新投入,推动企业技术开发经费滚动发展。加强政策引导和调控,建立有利

于科研成果风险转化的评估体系,增加中小微科创企业在其生命周期各环节的融资机会。建立健全创新链—产业链贯通过程中的利益分配机制,进一步建立保护知识产权、规范合作的法规政策体系,消除合作障碍,建立规范的科技成果价格评估体系,保证各方的合理利益^[32]。

五是搭建科技资源共享平台,重点解决科技创新资源“孤岛”问题。努力孵化一批专业化科技资源共享的服务机构,打造信息支撑、合作良好、服务专业的科技资源共享平台,提升科技资源共享服务水平。努力搭建信息渠道畅通、交易活动有序以及服务功能齐全的技术交易平台,加大对各类科技中介机构的扶持力度,并规范技术交易市场,营造良好的科技成果产业化的生态。

责任编辑:李琦 校对:李琦 梁思琪

参考文献

- [1] 习近平:加快建设科技强国 实现高水平科技自立自强[EB/OL].(2022-04-30)[2022-11-28].<https://www.12371.cn/2022/04/30/ARTI1651303352795765.shtml>.
- [2] 张维真,路向军.坚持党的全面领导加快建设科技强国[J].求知,2021,(2): 39-41.
- [3] 赵婀娜.高校科研要瞄准国家需求[N].中华工商时报,2022-08-09(0003).
- [4] 习近平在清华大学考察时强调,坚持中国特色世界一流大学建设目标方向,为服务国家富强民族复兴人民幸福贡献力量[EB/OL].(2021-04-19)[2022-11-28].http://www.cssn.cn/index/index_focus/202104/t20210420_5327554.
- [5] 中华人民共和国中央人民政府官网.国务院关于印发实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020年)》若干配套政策的通知[EB/OL].(2006-02-07)[2002-02-26].http://www.gov.cn/zwgk/2006-02/26/content_211553.htm.
- [6] 新华社.《2022年全球创新指数报告》:中国排名连续十年稳步提升.[EB/OL].(2022-09-29)

[2022-09-30].<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1745358204172439756&wfr=spider&for=pc>.

[7] 贾晓峰, 高芳, 胡志民. 国家创新体系建设的结构、功能、生态视角分析[J]. 科技管理研究, 2021, 第41卷(22):1-6.

[8] 刘垠. 瞄准改革痛点再突破 提升创新体系效能[N]. 科技日报, 2022-04-08(05).

[9] 李敬德, 王相弟. 向着世界科技强国目标迈进——学习习近平新时代科技创新思想[J]. 中国科技产业, 2022, (9):14-18.

[10] 杨林静. 沃勒斯坦的现代世界体系理论研究[D]. 吉林大学, 2021.

[11] 李国玉, 曹忠义. 深化科技创新体制机制改革向高新技术成果产业化要发展[N]. 哈尔滨日报, 2022-04-07(01).

[12] 伍爱群. 加快科技创新人才体系建设[N]. 联合时报, 2022-08-16(02).

[13] 全球第一! 2021年, 中国"有效专利数量达到360万件", 超过美国[EB/OL]. (2022-11-22)[2022-11-28]. <https://view.inews.qq.com/a/20221122A041MZ00>.

[14] 张鹏, 袁富华. 新时代中国国家创新体系建设: 从工业化创新体系到城市化创新体系[J]. 经济学家, 2020, (10):96-106.

[15] 安紫薇. 区域专利产出的影响因素分析——以天津为例[D]. 天津: 河北工业大学, 2009.

[16] 甄明霞. 上海供给侧结构性改革结构调整研究[J]. 科学发展, 2017, (2):5-13.

[17] 李紫薇. "冷" 观人才计划[J]. 中国科技奖励, 2013, (9):35-37.

[18] 胡定坤. 建设创新生长中心 弥合地区科技差异[N]. 科技日报, 2019-12-18(002).

[19] 初玉, 毕迅雷. 合理布局打造区域科技创新中心[N]. 学习时报, 2021-07-28(A6).

[20] 靳军宝. 中国高层次科技人才迁移流动特征及其网络结构研究[D]. 北京: 中国科学院大学, 2021.

[21] 申红艳, 张士运. 打造四大科创平台, 助力科技成果转化[N]. 科技日报, 2021-08-23(008).

[22] 刘宏. 如何完善科技创新体制机制[J]. 施工企业管理, 2021, (9): 30-31.

[23] 杨倬镔. 高等教育空间集聚对区域创新能力的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古财经大学, 2022.

[24] 河南省人民政府关于创新机制全方位加大科技创新投入的若干意见[EB/OL]. (2014-08-05)[2022-11-28]. <http://baike.baidu.com/view/15643908.html>.

[25] 贾永飞, 尹翀. 加大基础研究投入给科技创新注入"强心剂"[N]. 科技日报, 2021-01-08(005).

[26] 孙艳京, 杨培岭, 蒋秀根. 专业大类招生环境下工科类本科创新人才培养的探索与实践[J]. 高等农业教育, 2008, (008):40-42.

[27] 冯海波, 粤科普. 我省"十三五"将加强科普与创新文化建设[N]. 广东科技报, 2017-05-05(008).

[28] 王雪莹, 石谦. 打造全球科技创新人才"理想之城"[J]. 中国科技人才, 2022, (1):15-23.

[29] 刘垠. 瞄准改革痛点再突破 提升创新体系效能[N]. 科技日报, 2022-04-08(005).

[30] 王光辉. 强化"四个聚焦", 提升区域创新体系整体效能[N]. 科技日报, 2022-06-23(008).

[31] 任振鹤. 政府工作报告——2021年1月25日在甘肃省第十三届人民代表大会第四次会议上[J]. 发展, 2021, (2):12-25.

[32] 李文华, 刘洪, 戚志林. 地方高校产学研合作的地方特色略论[J]. 重庆科技学院学报(社会科学版), 2011, (10):153-155.

Explore the path to improve the overall efficiency of the innovation system from the "Three Firsts"

Jin Feng

(B&R Institute for Urban Development Planning, Guangdong, Guangzhou 510075, China)

Abstract: Improving the overall effectiveness of the national innovation system is inseparable from the "trinity" of education, science and technology and talent. The 20th National Congress of the Communist Party of China creatively put forward the "three firsts" of science and technology, talent and innovation, which provided new driving forces and new advantages for China's development, and pointed out the direction for economic and social development. Starting from the focus of strengthening the overall efficiency of the national innovation system, addressing to the current major problems of "Three Firsts", this paper proposes an effective path to enhance the overall efficiency of the innovation system from three aspects: enhancing the "first production power", cultivating the "first resource", and promoting the "first power".

Key words: the "Three Firsts"; overall efficiency of the innovation system; talent; science and technology

全球科技创新人才分布格局与我国人才现状分析

陈 玲，汪佳慧，李 瑶

(清华大学产业发展与环境治理研究中心，北京 100084)

摘 要：科技人力资源是构建科技创新竞争力的关键要素，建设国际科技创新中心，需要建立全方位的人才储备。本文以《国际科技创新中心指数2021》中人才指标为数据支撑，通过国际比较，揭示全球人才资源的分布格局与流动趋势，对国内科创人才发展现状进行评价。中国在扩大人才规模、提升人才素质方面取得了成绩，但仍存在人才密度偏低、高端人才匮乏、国际人才吸引力不足等缺陷。文章从抓住人才回流环流契机，促进产才融合互动，创造良好创新生态等方面提出相关建议，以增强科技创新人才储备，在新一轮科技革命中形成竞争力。

关键词：科技人力资源，国际科技创新中心，人才指标

1. 引言

科技创新能力是国家力量的核心支撑，而科技人力资源是构建科技创新竞争力的关键要素。2021年9月中央人才工作会议上，习近平总书记指出，“综合国力竞争说到底就是人才竞争”。党的二十大上，习近平总书记再次强调，“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略”，并明确提出我国要“加快建设世界重要人才中心和创新高地，促进人才区域合理布局 and 协调发展，着力形成人才国际竞争的比较优势”，凸显了我国对人才工作给予的高度重视，为新时期科技人才建设提供了方向指导和根本遵循。

我国《中华人民共和国国民经济和社会发展规划第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出，“支持北京、上海、粤港澳大湾区形成国际科技创新中心”。国际科技创新中心是创新资源、科技创新活动的集聚中心，支撑国际科技创新中心发展的创新要素包括人才、资本、基础设施、专利技术等，其中人才是科技创新活动的主体和根基，是地区科技创新水平的决定性因素^[1]。就国际科技创新中心的属性而言，作为科学研究活动纵深发展和地理扩散形成的科学研究中心^[2]，科学研究人才的聚集有利于本地知识库的形成^[3]，为开展本地学习提供便利^[4]，减少学习和创新成本，引发技术变革，激发创新^[5]，创新人才的集聚，构成了科技创新

作者简介：陈 玲，女，博士，副教授，清华大学公共管理学院，清华大学产业发展与环境治理研究中心主任，研究方向为产业政策、科技创新政策。

汪佳慧，女，硕士，清华大学公共管理学院研究助理，研究方向为产业政策。

李 瑶，女，清华大学公共管理学院硕士生，研究方向为科技与产业创新。

项目来源：北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会科技专项工作任务“国际科技创新中心指数2021研究”（项目编号：Z211100000421003）。

的知识基础；作为创新活动和创新经济蓬勃发展后形成的全球创新高地，技术研发人才是企业科技创新的主体，直接决定了企业最初技术路径的选择^[6]，人力资本的优化将使由人力资本主导的技术结构不断升级，尖端技术将取代原始技术，达到技术创新的目的^[7]，形成行业竞争优势；作为创新要素共同形成的创新生态系统^[8]，人才要素贯穿于创新活动，直接参与创新过程的各个环节^[9]，内嵌于企业、科研院所、中介机构等创新主体要素中以形成相互渗透的网络，科创人才配置与效益决定着创新生态系统的整体效能^[10]。

为了利用我国的人力资本和人才资源优势，加强我国国际科技创新中心建设，本文对我国城市科技创新人才分布现状进行研究，对标“形成人才国际竞争的比较优势”这一建设要求，根据国际可比数据，对活跃科研人员总量、顶尖科学家数量、专业人才流动数量和平均人力资本水平等方面进行评估，揭示世界人才资源的分布格局

与流动趋势。对比全球主要科技创新中心城市的科技创新人才储备，研判我国科技人才建设中出现的问题，并从促进产才融合互动、集聚高端人才等方面提出相关建议。

2. 研究方法与数据来源

根据《国际科技创新中心指数2021》，将全球领先的50个国际科创中心城市（都市圈）作为研究对象，并选取与人才相关的6项指标，考察不同区域科技创新人才发展水平现状。

都市圈是指人口密集的城市核心区域和人口较少的外围地区所组成的区域，区域内联系密切、共同参与劳动分工；都市圈通常由多个行政区划单位组成，如市、镇、郊区、县、地区等。评估对象的遴选基于同类报告对比，通过核心指标的均衡排名与分类逐层排名进行两轮筛选。50个城市（都市圈）覆盖了225个主要行政区划城市，共涉及5大洲22个国家，其中包含16个北美城市（都市圈），9个欧洲城市（都市圈），23个亚

表1 人才指标定义与数据来源

指标名称	指标定义	数据来源
活跃科研人员数量	被评估城市2016年至2020年期间有出版物或论文发表的科研人员数量。如某科研人员在统计期间有多次发表，只计1人	Digital Science – Dimensions
高被引科学家比例	2015年至2019年期间被评估城市所拥有的高被引科学家人数占活跃科研人员数量的比例。高被引科学家是指在五年中至少在相应领域发表一篇被引用次数在前1%的论文的研究人员。如某科学家在五年中多次成为高被引科学家，只计1人	Digital Science – Dimensions
顶级科技奖项获奖人数	顶级科技奖项分别是诺贝尔奖（不包括诺贝尔文学奖、和平奖）、菲尔茨奖、图灵奖，三大奖按照获奖者当前（工作/居住）所在城市统计	诺贝尔奖、菲尔茨奖、图灵奖官网
专业人才流入数量	领英大数据洞察数据库2020年7月~2021年7月被评估城市人才流入总数	领英大数据洞察数据库 LinkedIn Talent Insights
国际留学生比例	依据Times全球高校榜单，评估城市排名最靠前的3所学校的国际学生比例均值	2021年度泰晤士高等教育世界大学排名
居民平均受教育年限	2019年被评估城市25岁以上人口在学校接受教育的平均年数	联合国开发计划署 地方人类发展指数

洲城市（都市圈），1个南美洲城市（都市圈）和1个大洋洲城市（都市圈）。6项指标的定义和数据来源如表1所示。

3. 国际主要科技创新中心人才资源的比较分析

3.1 欧美活跃科研人员密度高，亚洲城市（都市圈）科研人员数量高速增长

在科研人才的集聚方面，亚洲城市规模优势明显，而欧美城市则是研究人员传统集聚地，呈高密度分布。北京、东京、粤港澳大湾区、上海、首尔、南京的2016—2020年活跃科研人员数量均超过20万人，排在第一的北京活跃科研人员数量近67万人，约是纽约人数的2倍，波士顿的3倍（见图1）。但从科研人员分布密度来看，欧美发达国家城市（都市圈）表现更优，每百万人活跃科研人员数量在10000人以上的城市中，欧美城市（都市圈）占据2/3，波士顿高达40741人/百万人。同一时期，国内城市的数据为北京30601

人/百万人，南京21732人/百万人，上海11177人/百万人。我国科创城市仍处于人才数量增长的量变阶段，需进一步提高科研人才密度助力实现集聚效应。

以中国为代表的亚洲新兴国家正在持续吸纳人才资源，科研人员数量增长速度高于发达经济体。从2016—2020年活跃科研人员年均增长率来看，50个城市（都市圈）里年均增速高于10%的均为亚洲城市（都市圈），以粤港澳大湾区（16.09%）为首的9个中国评估城市的平均年均增长率高达13.48%。美国和欧洲评估城市（都市圈）的平均年均增长率分别为4.47%和3.52%（见图2）。与欧美城市相比，亚洲城市的科研人员数量初始水平较低，增长空间较大。

3.2 顶级科技人才集聚分化明显，美国城市（都市圈）高端人才储备具有绝对优势

高层次人才聚集产生的知识溢出和创新效应，是科技创新策源力爆发的主要支撑，对世

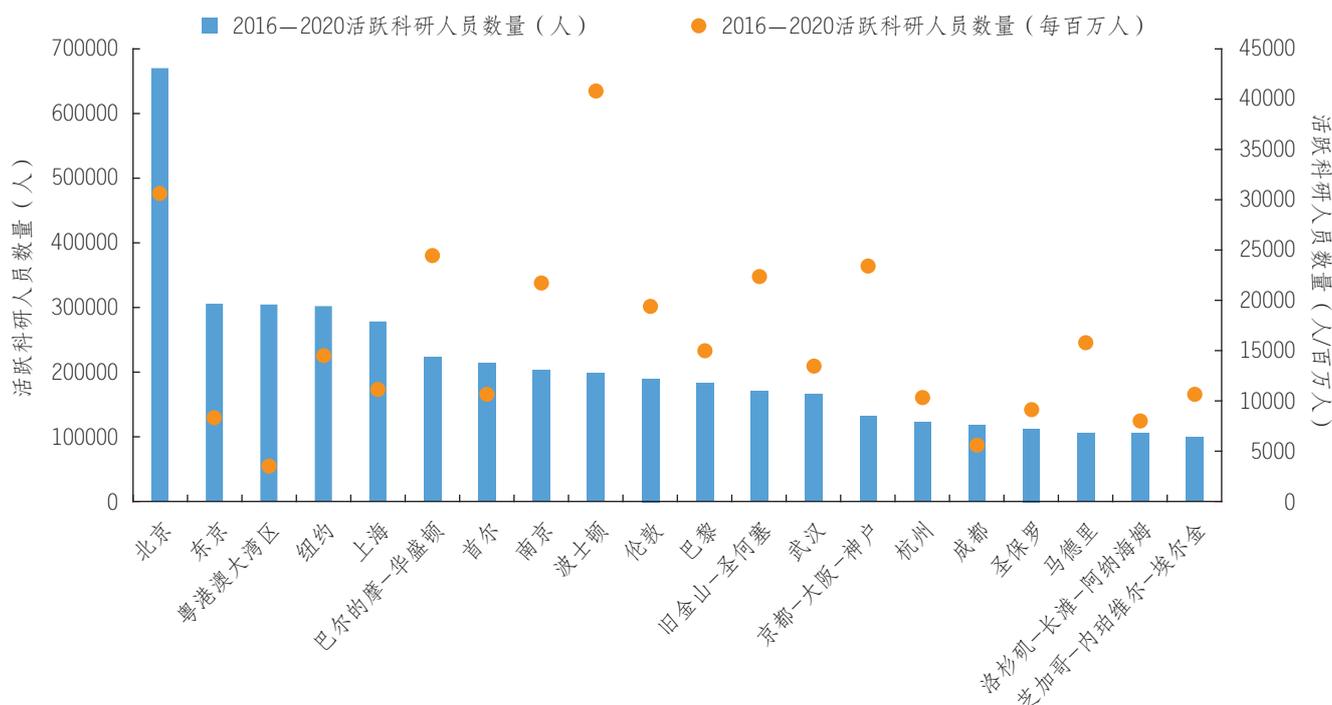


图1 2016至2020年期间国际科技创新中心城市（都市圈）活跃科研人员数量前20及对应城市（都市圈）每百万人活跃科研人员数量

数据来源：Digital Science-Dimensions。

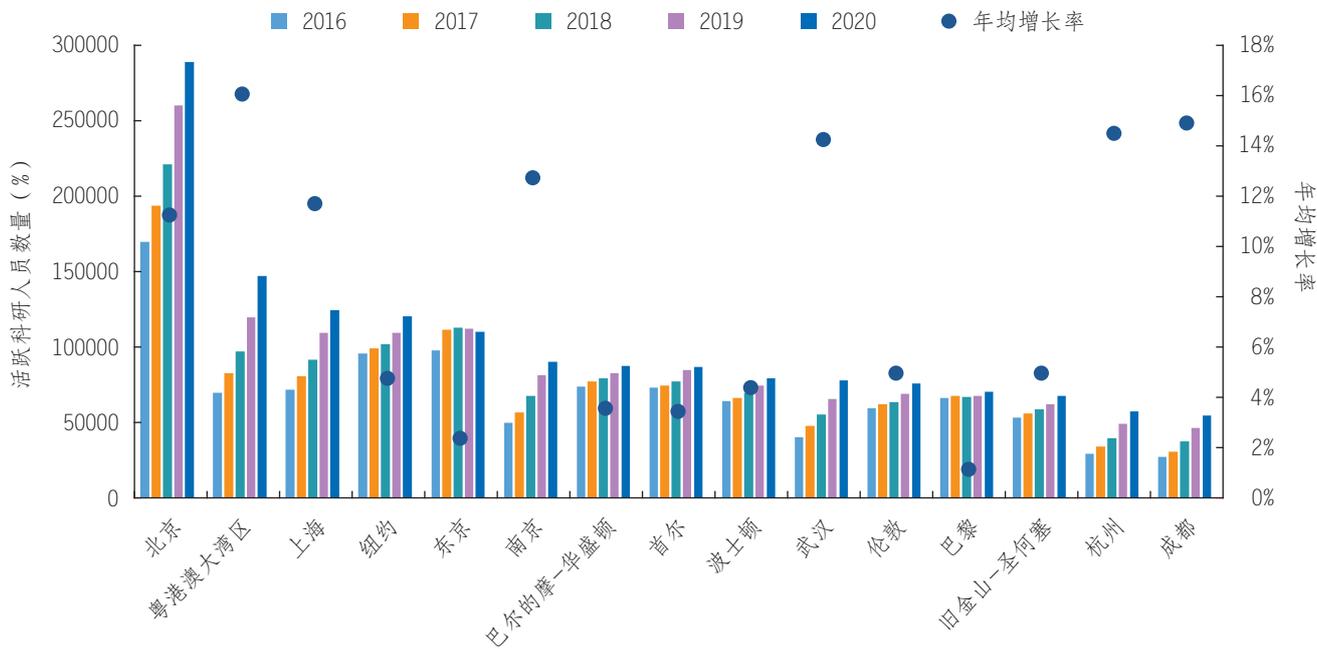


图2 2016—2020逐年国际科创中心代表城市（都市圈）活跃科研人员数量与年均增长率

数据来源: Digital Science-Dimensions.

界科技革命与产业转型升级具有决定性影响^[11]。50个国际科创中心具有较大的人才结构差异,美国城市(都市圈)以其优越的科技基础和经济条件,在高端人才储备占据绝对优势地位。在高被引科学家比例方面,美国城市(都市圈)平均值高达4.61%,远高于50个城市(都市圈)的平均水平(3.14%),而亚洲城市(都市圈)中,仅新加坡的表现高于平均水平,中国城市(都市圈)的平均值仅为2.23%(见图3)。从诺贝尔奖(不包括诺贝尔文学奖、和平奖)、图灵奖和菲尔茨奖得主在评估城市的分布来看,获奖者主要集中在美国的“超级明星”城市(都市圈),包括旧金山-圣何塞、纽约和波士顿。50个评估城市(都市圈)共集聚了247位获奖者,其中,美国参与评估的15个城市(都市圈)集聚了198位获奖者,而中国的9个评估城市(都市圈)仅有15位获奖者。美国高端人才的集中得益于其人才引进政策,世界银行在《向往富裕生活:全球移民与劳动力市场》报告中指出,在2000—2016年间,美国有60%的诺贝尔奖获得者(不包括诺贝尔文学奖、和平奖)具有移民身份^[12]。

3.3 欧美人才吸引优势显著,亚洲城市(都市圈)留学生比例偏低

随着经济全球化进程的推进、信息技术和航空等基础设施的高速发展,人才更倾向于超越地区边界去寻求更多职业发展机会。科技人才的合理流动将使科技人才聚集并产生知识溢出,从而影响创新发展,推动区域高质量发展^[13-14]。领英大数据洞察数据库的数据显示,以纽约、伦敦为代表的欧美国际大都市具有更强的人才吸引力,美国城市(都市圈)在前十强中占据7席。而中国城市(都市圈)排名几乎触底(见图4)。

留学已成为跨国人才流动的首要途径与有效手段,国际留学生人数体现了一个城市社会文化的包容度和对外开放的程度^[15],展示出国际科创中心城市汲取全球人才资源的潜能。本研究根据Times全球高校榜单,以每个城市(都市圈)排名最靠前的3所学校的国际学生比例均值来评估国际科创中心的留学生比例。数据显示,伦敦(59%)和悉尼(42%)的国际学生比例最高,亚洲城市(都市圈)国际学生比例普遍偏低(均值为9%),仅粤港澳大湾区和新加

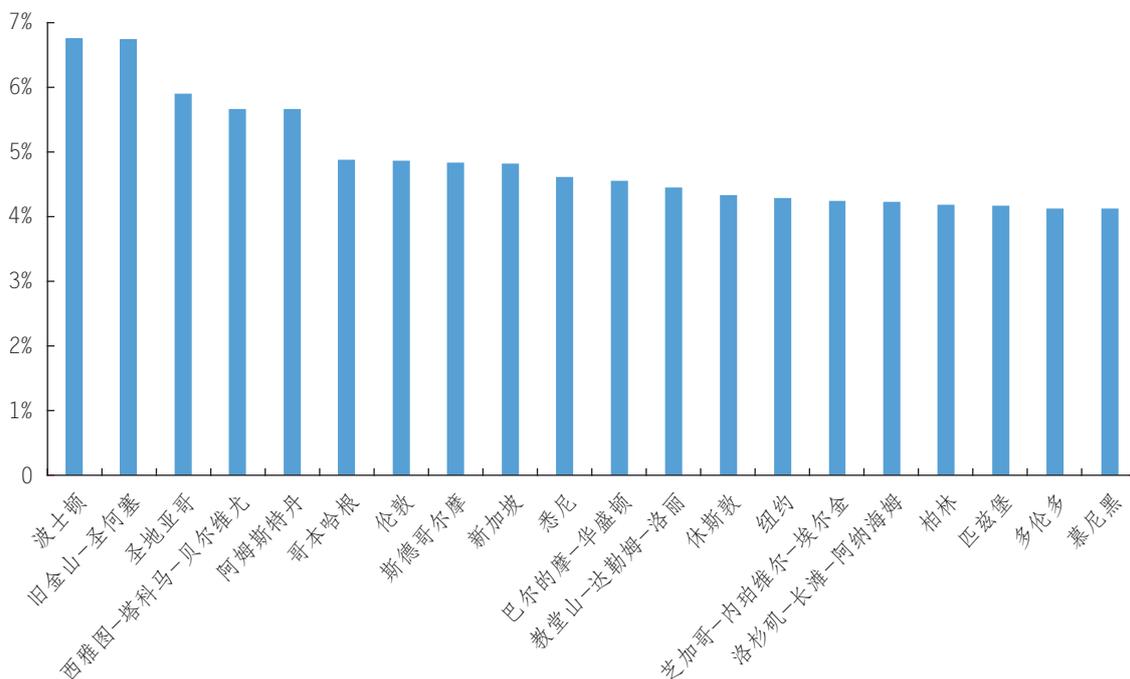


图3 2015—2019年国际科创中心城市（都市圈）高被引科学家比例前20

数据来源：Digital Science-Dimensions。

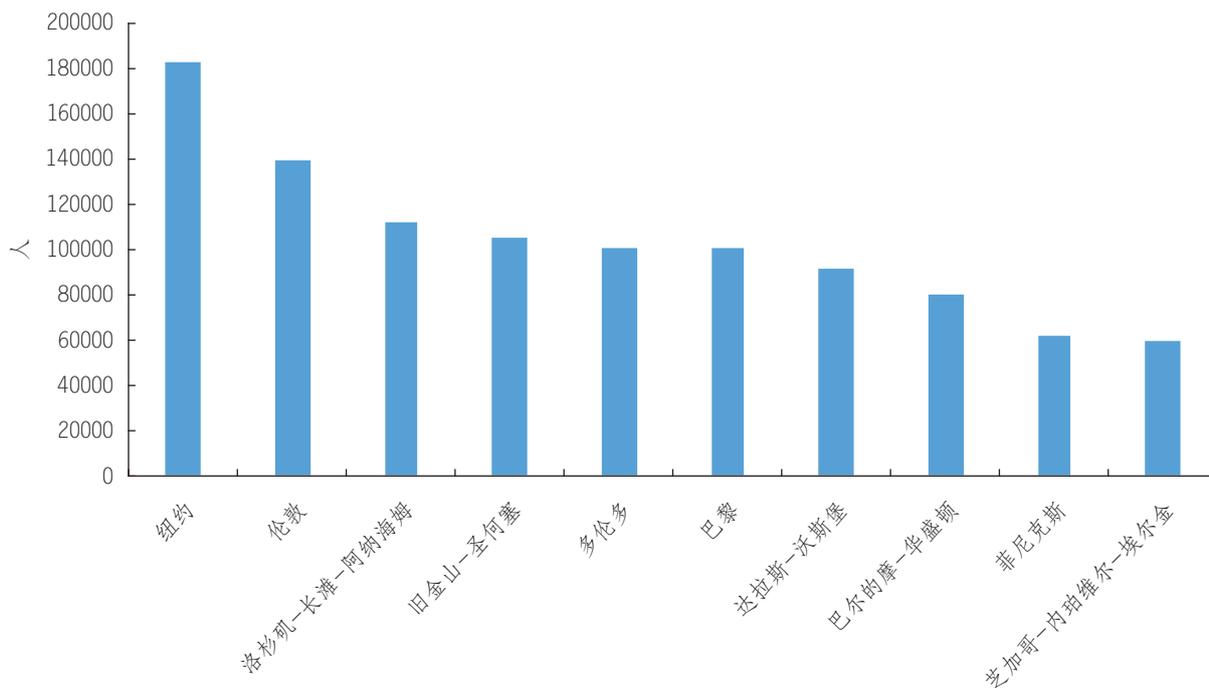


图4 领英人才流入数量前10（都市圈）

数据来源：领英大数据洞察数据库。

坡进入前20强。中国城市（都市圈）除了粤港澳大湾区国际学生比例高达36%，其余城市均低于15%（见图5）。

3.4 发达国家城市（都市圈）人力资本水平更高，我国教育普及水平不断提升

平均受教育年限反映了科创中心城市的平均

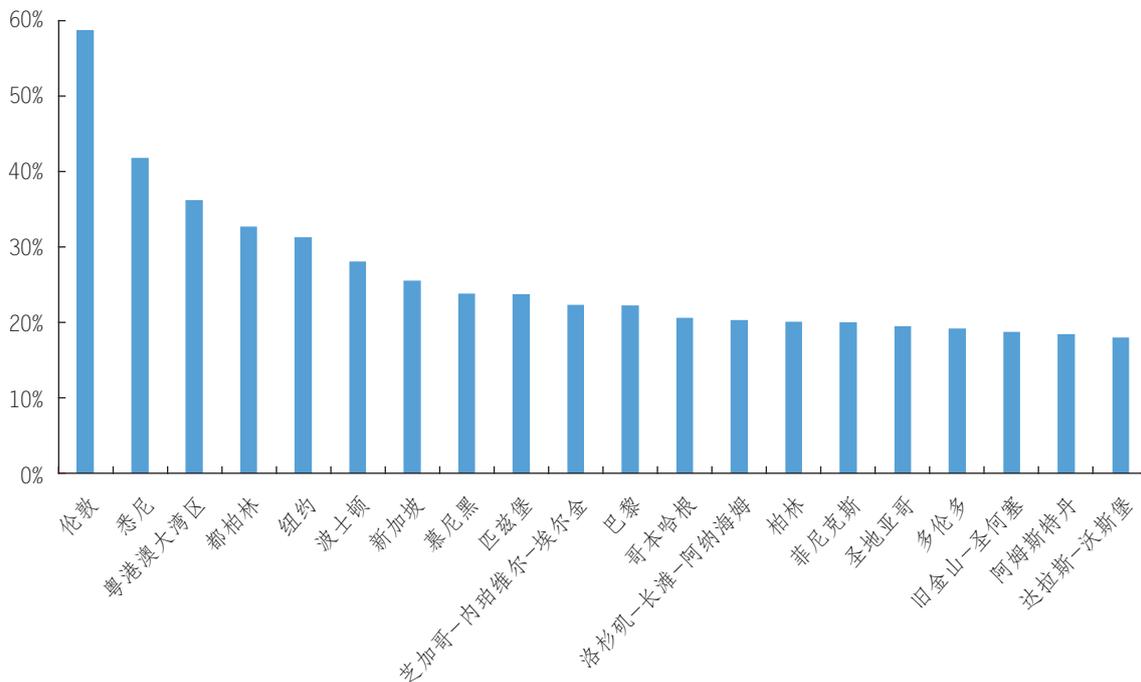


图5 Times国际学生比例前20城市（都市圈）

数据来源：2021年度泰晤士高等教育世界大学排名。

人力资本水平。高层次的人力资本结构通过与技术革新结合，改善创新环境，并通过需求结构升级来促进科技创新绩效的提升^[7]。根据联合国开发计划署的人类发展报告（HDR）办公室定义的25岁及以上人口的教育年限数据统计，发达国家的科创中心城市（都市圈）平均受教育年限普遍较高。柏林和慕尼黑位列前两名，美国城市（都市圈）在前20中占据12席，其平均受教育年限均在13年以上；中国、印度尼西亚、泰国、土耳其、印度等亚洲国家的城市（都市圈）排名集中在35名以后，平均受教育年限约为8.66年（见图6）。

尽管与国际领先水平仍有差距，近年来我国教育普及水平在不断提高。第七次全国人口普查数据显示，与2010年第六次全国人口普查相比，全国人口中，15岁及以上人口的平均受教育年限由9.08年提高到9.91年，平均受教育年限在10年以上的省份由3个增长到13个^[6]。基础教育的普及与平均人力资本水平的提高有助于国家的技术进步与扩散，可为高质量发展注入动力。提高平均受教育年限为科创中心城市进一步的知识、技术创

新扩散奠定基础。

4. 我国科技创新人才资源现状分析

整体来看，随着科技全球化及新兴经济体的兴起，我国科创城市在扩大人才规模、提升人才素质方面都有所建树，但与传统科技发达国家相比，我国科创中心城市在人才密度、人才质量、人才吸引方面仍有较大差距，具体分析如下：

4.1 科技人才规模素质大幅提高但密度相对偏低，企业人才承载贡献度不高

“十三五”以来，我国人才结构持续优化，科研人员规模处于世界领先水平，科技人才的学历层次持续提升^[17]。与2009年相比，2020年我国研发人员的硕博学历占比均有显著提升，R&D人员博士学历占比从10.96%升至20.14%，硕士学历占比从24.92%升至37.86%^[18-19]。但由于活跃科研人员密度较低，集聚优势效应尚未完全展现。

科研人才大多数从事科学研究或者技术开发等工作，企业的研究与开发投入是保障其良好的科研环境和试验平台的基础。结合《2020欧盟产

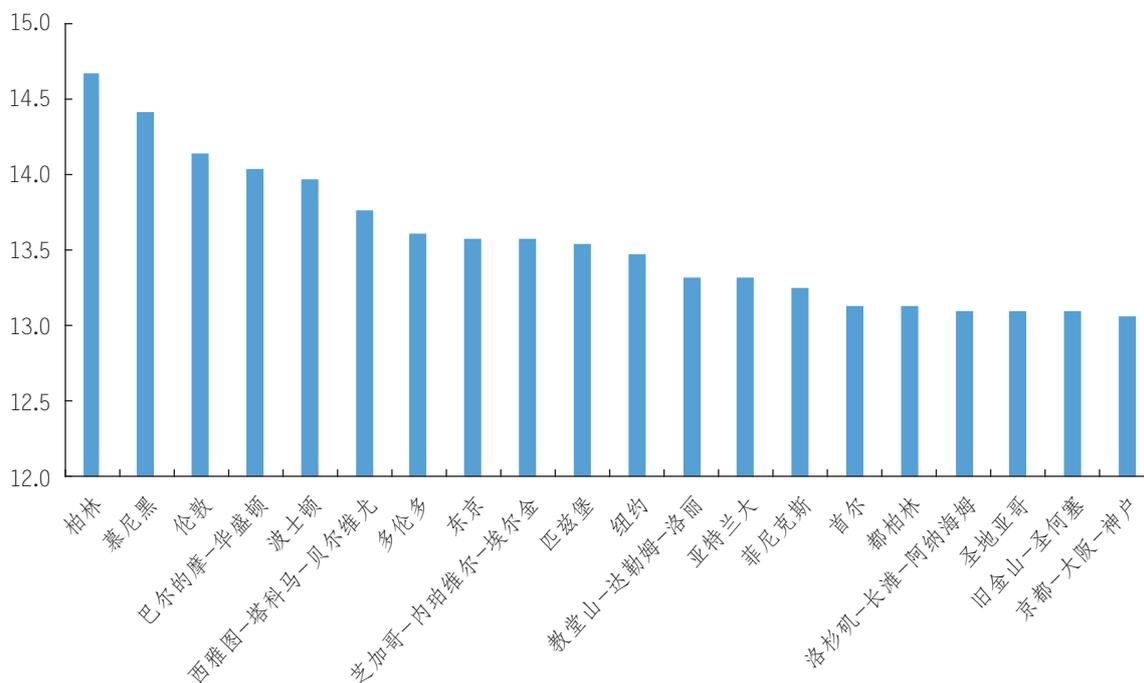


图6 2019年平均受教育年限前20城市（都市圈）

数据来源：联合国开发计划署地方人类发展指数。

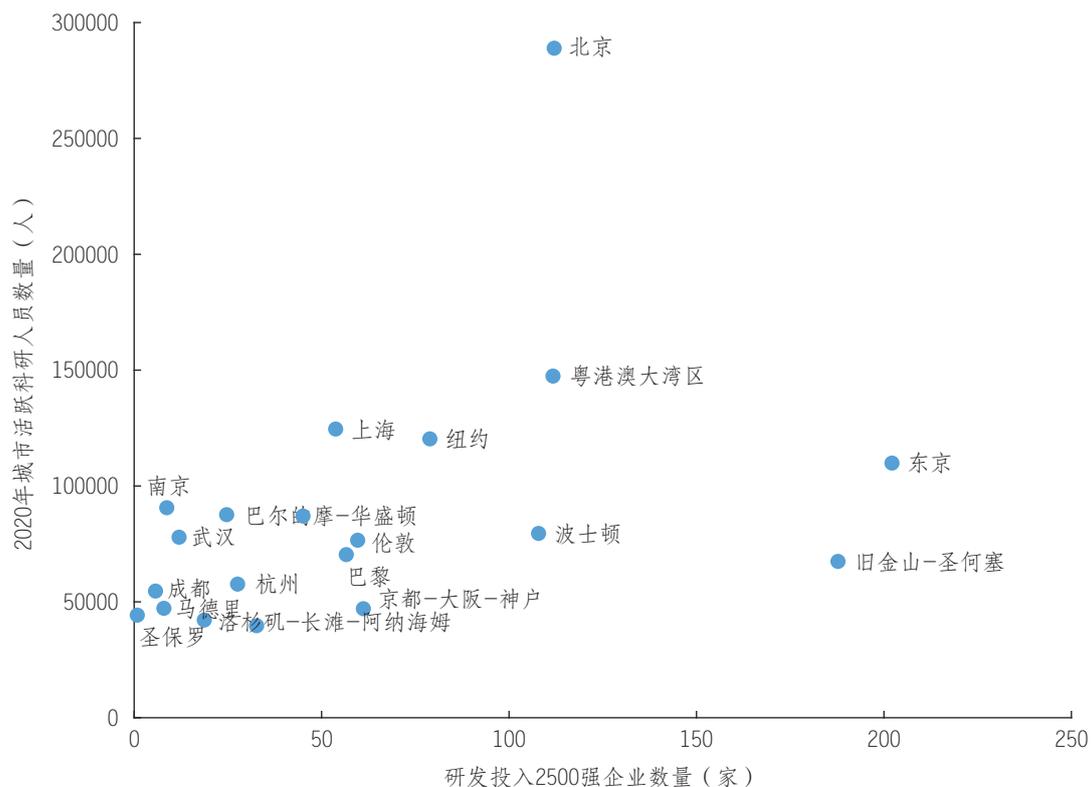


图7 主要科创中心城市2019年研发投入2500强企业数量与2020年活跃科研人员数量

数据来源：2020欧盟产业研发投入记分牌；Digital Science-Dimensions。

业研发投入记分牌》^[20]所公布的2019年全球研发投入2500强的企业名单与2020年活跃科研人员数

量发现，我国高研发投入企业的数量水平滞后于科研人才的培养，未能承担好科研人员承载主体

的作用。如图7所示,尽管我国活跃科研人员数量具有优势,但活跃科研人员数量与高研发投入企业的比值要显著高于东京、波士顿等城市,高研发投入企业的数量不足导致科研工作岗位缺乏,将加大科研人员的流失风险。

4.2 顶级人才数量匮乏,人才发展环境亟待改善

我国科创中心的高精尖人才数量相对于人才体量而言严重不足,很难有效地支持高水平科技自立自强。从全球人才流动与集聚的动因来看,人力资本增值的机遇很重要。高端科技人才趋向于向科技水平更高的方向流动,开放的科研机制、宽松的科研环境、充足的科研经费、稳定的社会环境、具有潜力的职业上升空间和国际合作机会,都是选择跨国流动时的主要考虑因素^[21]。

4.3 国际化人才吸引力不高,人才流失严重

发达国家凭借良好的经济发展水平,在国际人才竞争中处于优势地位^[22],美国的经验表明,来自世界范围的科技人才,成为其科技创新的重要力量。例如,占美国人口14%的科技移民所取得的创新专利占美国创新专利总数的1/3,移民在美国建立了四分之一高科技公司^[23]。我国对于国际人才和留学生均存在吸引不足的问题。据统计,发达国家国际人才占常住人口比例约为10%,而中国仅为0.06%^[24]。国际留学生在我国高等院校中所占比重远低于发达国家,且生源主要来自亚非国家,留学生数量、质量及生源结构都需要进一步改善^[25]。

国内科创中心尚未建立有效的人才留驻工作激励机制及研究创造环境,本土人才流失严重。以AI人才为例,在过去10年里,美国人工智能相关机构聘用了全球60%的顶尖研究人员,其中2/3的人员在其他国家获得本科学位。排在第二名的中国聘用的顶尖研究人员仅占10.6%;中国培养了全球1/3的AI顶尖人才,是顶级AI人才的最大来源国,但其中仅有34%在国内就职,而56%去了美国;在美国完成AI领域研究生学业的中国学

生中,仅10%的人回到了中国,88%选择留在美国^[26]。值得注意的是,中国科研人员出现了明显的回流倾向,更多的具有高水平技术的中国科研人员正逐步向中国转移^[27-28]。随着后新冠疫情时代国际格局的变化,加之政策环境、健康因素和经济负担等考虑,国际学生与专业人才的国际流动趋势将进一步发生转变。

5. 政策建议

5.1 加快推进产才融合互动,明确企业关键角色

一方面,应将人才引进、培养和使用与创新发展紧密结合,实现产业链、创新链和人才链的深层次融合与良性互动。努力打造以龙头企业为核心的大规模高技术优势产业集群,通过创造就业岗位加速高素质人才聚合。

另一方面,进一步明确企业在科技创新中的关键地位。建立以企业为主体的科技研发体系,鼓励支持企业增加科技研发投入,开展基础研究,发挥科创企业与高端研发平台的人才集聚作用。

5.2 营造良好发展平台环境,集聚高端人才

技术进步加大了各国对顶尖人才的需求,而疫情常态化背景下,单边主义的国际人才政策显露,高端人才市场竞争日趋激烈。与此同时,随着交通运输的便利和传统经济体以外地区经济水平的提高,技术人才流动不再局限于单向、长时间的驻留。在此背景下,应将吸引高端人才永久居留与打造动态集聚的城市“人才俱乐部”相结合。

科研基础设施建设硬条件与开放包容的社会文化氛围软环境相结合是吸引高端人才长期驻留的关键因素。首先,应提升国内高校等研究机构的教育水平和研究能力,重视对科研机构基础设施、设备器材等方面的投入;加快完善科学评价体系,建立良好科研学术环境。其次,强化国际学术网络联系有助于提高城市人才流动活力。国内科创中心城市可尝试依托国家实验室等为代表的大科学装置以及大科学计划研究项目,加强同国外顶尖

大学、专业机构的交流合作；并以全球赛事、学术研讨会、高端论坛等交流活动，推动更多定期或不定期的动态人才集聚。最后，应积极塑造多元包容的社会文化氛围，吸引人才留驻。

5.3 把握人才回流环流机遇，吸引全球人才

国际形势复杂多变，人才引聚面临着新的机遇挑战。新冠肺炎疫情加剧了欧美国家移民政策的收紧，同时疫情期间中国的典范应对与国际援助提供有效提高了国际形象地位。国内科创中心城市应把握机遇，加速推进海外优秀人才回流并大力吸引全球人才。

首先，应健全人才服务体系，一方面积极推进吸引海外科技创新人才回国战略，坚持需求导向、引育并重；另一方面，优化国际人才引进机制与来华工作许可制度。此外，在提供经济与职业发展便利的基础上，优化人才生活保障，从住房、医疗及教育等方面解决其后顾之忧。同时，注重科技创新人才聚集的郊区、高新技术园等区域的生活需求配套设施建设，提高生活便捷度。

再者，应加快我国高等教育内涵式发展，加快世界一流学科建设，打造“国际留学中心”。在课程、学生管理和校园文化环境等方面提高国际化水平；可设置实施留学生支持计划，适当降低费用，提高入学要求，提升留学生整体质量，优化层次结构，增加海外人才储备。

责任编辑：李琦 校对：李琦 梁思琪

感谢北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会、北京科技创新研究中心、自然科研（Nature Research），领英公司等机构提供的意见建议和数据支持，感谢余纯如、仇杨伊格、陆楚逸、葛震等课题组成员对人才指标数据工作的支持。

参考文献

- [1] 赵全军."为人才而竞争":理解地方政府行为的一个新视角[J].中国行政管理,2021(04):40-45.
- [2] 清华大学产业发展与环境治理研究中心,自然科研.国际科技创新中心指数2021. [EB/OL].

(2021-09-25)[2022-11-05].<https://media.nature.com/original/magazine-assets/d42473-021-00579-5/d42473-021-00579-5.pdf>.

[3] Marshall A. The Principles of Economics[J]. Political Science Quarterly, 2004, 77(2):519-524.

[4] Howells J. Tacit knowledge, innovation and technology transfer[J]. Technology Analysis & Strategic Management, 1996, 8(2):91-106.

[5] Cohen W M, Levinthal D A. Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation[J]. Administrative science quarterly, 1990: 128-152.

[6] 蔡晓月.人力资本结构与经济增长关系研究综述[J].经济学动态,2004(06):89-91.

[7] 李健,屠启宇.全球创新网络视角下的国际城市创新竞争力地理格局[J].社会科学,2016(09):25-38.

[8] 柳卸林,丁雪辰,高雨辰.从创新生态系统看中国如何建成世界科技强国[J].科学学与科学技术管理,2018,39(03):3-15.

[9] 杜德斌,何舜辉.全球科技创新中心的内涵、功能与组织结构[J].中国科技论坛,2016(02):10-15.

[10] 石长慧,樊立宏,何光喜.中国科技创新人才生态系统的演化、问题与对策[J].科技导报,2019,37(10):66-73.

[11] 陈劲,杨硕,吴善超.科技创新人才能力的动态演变及国际比较研究[J/OL].科学学研究:1-18[2022-11-23].

[12] World Bank. Moving for Prosperity: Global Migration and Labor Markets. [R]. Washington, DC: World Bank, 2018.

[13] 李果,白云朴,陈琴琴.科技人才流动与区域经济发展的互动效应[J].科技创新发展战略研究,2022,6(01):70-75.

[14] 徐茜.开放式创新下科技人才流动的知识与社会路径[J].科学学研究,2020,38(08):1397-1407.

[15] 吕洪燕,于翠华,孙喜峰,郭亮.人力资本结构高级化对科技创新绩效的影响[J].科技进步与对

策,2020,37(03):133-141.

[16] 国家统计局.第七次全国人口普查公报(第六号)[EB/OL].(2021-05-11)[2022-11-05].http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rkpcgb/qgrkpcgb/202106/t20210628_1818825.html.

[17] 李燕萍,刘金璐.改革开放以来我国科技人才队伍建设的实践与展望[J].中国人力资源开发,2018,35(11):30-43.

[18] 国家统计局,科学技术部.中国科技统计年鉴2010[M].北京:中国统计出版社,2010.

[19] 国家统计局社会科技和文化产业统计司,科学技术部战略规划司.中国科技统计年鉴2021[M].北京:中国统计出版社,2021.

[20] European Commission, Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs. European innovation scoreboard 2020. [R]. Luxembourg: Publications Office, 2020.

[21] 何丽君.中国建设世界重要人才中心和创新高地的路径选择[J].上海交通大学学报(哲学社会科学版),2022,30(04):33-42.

[22] 苗绿,陈肖肖.全球人才竞争与中国国际人才政策创新[J].中国科技人才,2021(03):45-52.

[23] 苗绿,王辉耀,郑金连.科技人才政策助推世界科技强国建设——以国际科技人才引进政策突破为例[J].中国科学院院刊,2017,32(05):521-529.

[24] 康蕾,刘毅.粤港澳大湾区优化发展的关键要素特征及其功能升级[J].地理研究,2020,39(09):2015-2028.

[25] 刘理晖,胡晓.全球人才流动特点和自由贸易港(区)的人才政策[J].重庆理工大学学报(社会科学),2019,33(12):1-11.

[26] Banerjee I, Sheehan M. America's Got AI Talent: U.S.' Big Lead in AI Research is Built on Importing Researchers. [EB/OL].(2020-06-09)[2022-11-05].<https://macropolo.org/americas-got-ai-talent-us-big-lead-in-ai-research-is-built-on-importing-researchers/?rp=m>.

[27] 侯纯光,杜德斌,刘承良,等.全球留学生留学网络时空演化及其影响因素[J].地理学报,2020,75(04):681-694.

[28] Dassin J, Marsh R, Mawer M. Global migration of talent: drain, gain, and transnational impacts[M].Berkeley: International scholarships in higher education, 2018: 209-234.

Analysis on the distribution pattern of global scientific and technological innovation talents and the current situation of talents in China

Chen Ling, Wang Jiahui, Li Yao

(Center for Industrial Development and Environmental Governance, Tsinghua University, CIDEG, Beijing 100084, China)

Abstract: Science and technology human resources are the key to build competitiveness in scientific and technological innovation. To build a global innovation hub, it is necessary to establish an all-around talent reserve. This article uses the talent indicators from the report of Global Innovation Hubs Index 2021 as the data support, and through international comparisons, reveals the distribution pattern and flow trend of global talents, and evaluates the development status of Chinese science and innovation talents. China has made achievements in expanding the scale of talents and improving the quality of talents, but there are still defects such as low talent density, lack of high-end talents, and insufficient attraction of international talents. The article puts forward relevant suggestions from the aspects of seizing the opportunity of talent return and circulation, promoting the integration and interaction between industries and talents, and creating a good innovation ecology, so as to enhance the reserve of scientific and technological innovation talents and form competitiveness in the new round of scientific and technological revolution.

Key words: science and technology human resources; global innovation hubs; talent indicators

人才脱实向虚现象及其对全要素生产率的影响研究

潘雄锋，褚君会，冯圣涵

(大连理工大学 经济管理学院, 辽宁 大连 116024)

摘要：创新驱动、人才驱动是中国经济高质量发展的关键推动力，党的二十大报告中也强调人才是第一资源、创新是第一动力，由此可见人才在行业间的有效配置对生产效率提升和经济水平提高十分重要。在虚拟经济迅速发展的背景下，人才配置愈发呈现脱实向虚的倾向，这种现象的加剧会阻碍中国经济高质量发展，为此本文选取19个行业2009—2020年数据，试图分析当前行业的人才错配程度，并进一步探究人才脱实向虚对行业全要素生产率的影响。研究发现：样本所选行业均存在人才错配情况，虚拟经济行业中的金融业人才配置呈现过剩状态，而以制造业为代表的实体经济行业人才存在严重短缺，表明中国存在着人才脱实向虚现象，且人才脱实向虚对以制造业为代表的实体经济的全要素生产率存在显著的负向影响。

关键词：脱实向虚，全要素生产率，实体经济行业，虚拟经济行业

1. 引言

新时代以来，中国社会主要矛盾发生转变，经济发展阶段也相应发生了变化，即由高速增长期转向高质量发展期。党的十九大报告指出，中国经济高质量发展是能够很好满足人民日益增长的美好生活需要的发展，是体现新发展理念的发展，是创新成为第一动力、协调成为内生特点，绿色成为普遍形态、开放成为必由之路、共享成为根本目的的发展。而生产要素投入少、资源配置效率高、资源环境成本低、经济社会效益好是经济高质量发展的基本特征。传统的要素驱动、投资驱动的发展模式逐渐不适合现阶段的高质量发展，高质量发展必须转向创新驱动、人才驱

动。创新是经济增长的源泉与动力，创新驱动成为推动经济生产生活的重要因素，而创新驱动的实质则是人才驱动，因此人才驱动亦是经济生产生活的关键要素，人才在各行业间的有效配置是生产效率提升和经济水平提高的重要推动力。党的二十大报告指出，建设现代化产业体系，坚持把发展经济的着力点放在实体经济上，推进新型工业化，加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。由此可见实体经济仍是推动我国高质量发展的重要力量。此外报告中也强调，必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展

作者简介：潘雄锋，男，教授，大连理工大学，研究方向为产业经济与技术经济分析。

褚君会，女，大连理工大学硕士研究生，研究方向为产业经济分析。

冯圣涵，女，大连理工大学硕士研究生，研究方向为产业经济分析。

项目来源：中国科协创新战略研究院科研项目“人才脱实向虚现象及其对中国经济高质量发展的影响研究”（项目编号：2021-rs-014）。

战略, 开辟发展新领域新赛道, 不断塑造发展新动能新优势。人才是驱动发展的核心要素, 人才合理配置也是实体经济高质量发展的重要前提。然而在当前实体经济“冷”而虚拟经济“热”的大背景下, 人才错配现象较为明显, 主要表现为人才配置脱实向虚, 这种人才错配势必会成为经济高质量发展过程中的短板因素, 故实体经济和虚拟经济合理的人才配置是经济高质量发展的重要保障。优化实体经济和虚拟经济行业间的人才配置格局, 在经济发展中显得尤为重要。

鉴于人才配置在经济发展中越来越重要, 诸多学者对人才配置进行了深入研究, 但现有文献在研究人才配置对经济高质量发展影响方面大多聚焦于国家和省份层面的人才错配问题, 对行业层面的人才脱实向虚现象的研究较少。由于不同行业的人才配置情况存在差异, 以行业层面为分析维度, 能够更好地分析不同行业的人才配置情况, 找寻不同行业人才脱实向虚的共同点与差异点, 政府可以为不同行业制定相应的政策。此外, 由于行业之间劳动生产率存在差异, 人才流动会导致技术引进与人才的不匹配, 因此人才脱实向虚主要是通过影响劳动生产率和技术效率进而影响中国经济高质量发展。故本文从人才脱实向虚的影响路径出发, 着重探究人才脱实向虚对全要素生产率的影响, 为推动中国经济高质量发展提供政策建议。

2. 文献综述

在以完全竞争市场结构为基本前提的古典经济学理论中, 要素资源能够在不同行业之间自由流动, 要素资源配置实现了帕累托最优; 然而, 完全竞争市场结构需要比较苛刻的假设条件, 现实经济系统难以满足, 要素资源配置失当成为经济系统运行的“常态”, 进而可能引致要素市场扭曲, 影响经济增长。人才资源作为要素资源的特殊范畴, 其在实体经济行业与虚拟经济行业之间实现最有效率的配置尤为重要, 而目前中国人才呈现脱实向虚的趋势, 人力资本的不合理配置

会阻碍中国经济的高质量发展。目前, 学术界围绕“人才配置”已有大量讨论并且形成了丰富的理论体系, 但鲜有学者聚焦人才脱实向虚开展研究。

从人才配置测算方法来看, 虽然目前使用的研究方法不同, 但在“受教育程度”仍旧是重要因素。李世刚和尹恒利用2005年全国1%人口抽样调查数据中政府与企业雇员的平均受教育年限之比, 度量一个地区的人才配置状况^[1]。王启超等也运用该方法对我国各地级市的金融业—制造业人才配置进行度量^[2]。马颖等在研究行业间人力资本配置, 构建人力资本变量时也选取了受教育年限^[3]。Strenze则选取了多种人才配置测算方法, 如教育的货币回报率、在复杂职业中获得的奖励等, 以此研究人才配置对经济增长的影响^[4]。Jess Benhabib从能力、经验、学校教育等多角度对人才在工人和管理层之间的配置进行了测算^[5]。

全要素增长率的提高是经济增长的重要因素^[6], 而部门资源错配会对全要素增长率产生影响。Aoki学者基于多部门均衡模型构建了分析框架用以衡量资源错配对全要素生产率的影响^[7]。随后卓玛草在Aoki生产函数核算框架的基础上构建劳动力质量指数, 测算中国19个细分行业的人力资本存量, 探究人力资本错配对全要素生产率的影响^[8]。

在围绕人力资本错配对全要素生产率的影响开展实证研究的基础上, 学者也逐渐将全要素生产率引入人才配置的研究范围中, 国外学者关于人才配置对全要素生产率的影响主要有两种观点: 一是以Romer为代表, 其认为人力资本存量会影响经济增长, 当生产性创新活动的人力资本数量增多时, 全要素生产率升高。而人力资本总量给定时, 如果人才配置过度偏向金融业, 那么制造业实际拥有的人力资本存量低于其最优配置, 全要素生产率降低。二是以Murphy、Baumol等为代表, 其认为高人力资本偏向非生产性垄断部门是为了寻租获利, 当优质人力资本呈现较强的寻租倾向时, 正常的市场秩序会被扰乱, 进而全要

素生产率降低。国内也有学者对人才错配和全要素生产率进行研究,陆江源等认为,人力资本进入金融业或者制造业都可能提高全要素生产率;并且人才转移到金融业一定程度上,有益于其创新,满足经济增长的资本需求,从而促进全要素生产率提升^[9];也有学者经实证发现人力资本向制造业积累可以直接提高生产性部门的研发创新能力,进而提高全要素生产率^[10]。因此,人力资本在实体经济行业和虚拟经济行业的配置,会影响各行业的全要素生产率,进一步影响经济发展。

通过上述文献梳理,国内外现有研究为本项研究提供了重要的理论基础和经验借鉴。但仍面临一些问题亟待深入研究,主要体现于以下两点:第一,现有文献的研究常常默认我国人才配置存在脱实向虚现象,鲜有学者系统规范地验证和探讨我国人才脱实向虚是否真正存在,以及人才错配的程度是多少;第二,现有文献的研究内容聚焦于国家层面、省级层面或者单个行业的劳动要素资源配置效率与全要素生产率的关系,缺乏不同行业的人才脱实向虚对全要素生产效率的影响的研究。

基于上述分析,借鉴以往的相关理论成果,本研究首先探求我国人才脱实向虚是否存在,进而探究人才脱实向虚对行业全要素生产率的影响,以期提升人才行业配置效率,为优化人才配置结构和中国经济高质量发展提供有效建议。

3. 研究设计

3.1 行业划分

本文将各行业分为实体经济行业和虚拟经济行业。根据现有文献,从中国经济行业划分的角度出发,将金融业和房地产业划分为虚拟经济行业,其他行业为实体经济行业^[11-12]。本文参照刘晓欣和田恒的研究,进一步将实体经济行业划分为实体经济I和实体经济II^[13]。实体经济I是以产业资本循环为主的经济活动;实体经济II则是以服务业为主,间接参与资本循环的经济活动。其中,

实体经济I主要包括以下9个行业:农、林、牧、渔业;采矿业;制造业;电力、热力、燃气及水生产和供应业;建筑业;批发和零售业;交通运输、仓储和邮政业;水利、环境和公共设施管理业;居民服务、修理和其他服务业中的部分细分行业。

3.2 模型构建

《国家中长期人才发展规划纲要(2010—2020年)》中提到,人才指人力资源中拥有良好素质,能够进行创造性活动,推动经济发展的劳动者,其是中国经济社会发展的第一资源。本文进一步界定人才脱实向虚为人才大量流入金融业和房地产业,而较少进入制造业等实体经济行业,导致虚拟经济行业人才配置过剩而实体经济行业人才配置不足的现象,这是人才配置问题。本文参照Aoki分析框架,基于马颖^[3]、易明和吴婷^[14]以及卓玛草^[8]等学者的研究,构建人才脱实向虚测算模型。

3.2.1 基本假设 当市场处于完全竞争的结构时,作为生产要素的资本和人才可以在企业间自由流动,因此资本和人才的边际成本等于边际产出,即同质的资本和人才才能获得相同的利息和工资。但在实际经济发展中,由于政策、环境等因素的影响,资本和人才往往无法达到最优配置。在劳动上,则反映出劳动力的价格偏离其最优状态,人才在各行业之间流动以追求其最大化收益,这将造成行业人才过剩和行业人才短缺同时存在。为简化分析,本研究提出如下假设:

(1) 要素市场:假设市场中只存在资本,人才和非人才劳动力三种要素。且资本和非人才劳动力市场是完全竞争的,人才市场是不完全竞争的,在人才市场中,均衡时人才报酬为 ω ,资本的边际报酬为 r ,非人才劳动力的报酬为 ω' 。由于劳动力市场是不完全竞争的,存在一个人才价格扭曲 τ_i ,人才在市场中的实际价格为 $(1+\tau_i)\omega$ 。

(2) 最终产品市场:假设最终产品市场是完全竞争的,市场中存在 n 个行业,每个行业中的

企业拥有相同的生产函数, 行业间产品存在差异性。因此该问题可以转化为代表性企业的生产问题。假设行业的代表性企业的Cobb-Douglas生产函数为:

$$Y_i = A_i H_i^{\alpha_i} K_i^{\beta_i} L_i^{\gamma_i} \quad i=1,2,\dots,n \quad \text{式(1)}$$

其中 Y_i 为行业产量, $Y = \sum P_i Y_i$, P_i 为行业的产品价格, A_i 为该行业的全要素生产率, K_i , L_i 和 H_i 分别代表分行业的资本, 非人才劳动力和人才的投入量, α_i , β_i 和 γ_i 则分别为其产出弹性。

行业中代表性企业的目标是利润最大化:

$$\max_{H_i} \pi_i = P_i Y_i - r K_i - \omega L_i - (1 + \tau_i) \omega H_i \quad \text{式(2)}$$

假设人才劳动力总量是给定的, 且短时间内无法跨行业流动, 人才劳动要素面临如下资源约束条件: $\sum H_i = H$, 通过拉格朗日乘数法解得存在人才价格扭曲的竞争均衡解:

$$H_i = \frac{\frac{\alpha_i P_i Y_i}{(1 + \tau_i) \omega}}{\sum \frac{\alpha_i P_i Y_i}{(1 + \tau_i) \omega}} H \quad \text{式(3)}$$

3.2.2 人才错配测算 对人才错配进行测算, 也便于后续构建存在资本空间错配的生产函数时, 将相应系数带入函数中进行计算。参考卓玛草^[8]的研究和王卫和綦良群^[5]对行业错配的测算, 用人才相对扭曲系数来衡量人才错配程度。

行业 i 人才要素的相对扭曲系数为:

$$\tilde{\lambda}_i = \frac{\lambda_i}{\sum \frac{\sigma_i \alpha_i \lambda_j}{\alpha}} \quad \text{式(4)}$$

其中, $\alpha = \sum \sigma_i \alpha_i$ 为行业 i 的人才产出弹性的加权和; $\lambda_i = 1/(1 + \tau_i)$ 为绝对扭曲系数。

结合式(3)、式(4)通过整理相对扭曲系数得到式(5), 就此本文得到了人才相对扭曲系数:

$$\tilde{\lambda}_i = \frac{\left(\frac{H_i}{H}\right)}{\left(\frac{\sigma_i \alpha_i}{\alpha}\right)} \quad \text{式(5)}$$

其中, $H = \sum H_i$ 为人才资源约束条件; $\sigma_i = P_i Y_i / Y$ 表示行业产值占总产值的比重。人才的相对扭曲系数为 i 行业人才占有所有行业人才的比重(H_i/H)与有效配置时人才在行业 i 中所占的比重($\sigma_i \alpha_i / \alpha$)的比值, 即人才相对扭曲系数反映了实际人才量与

有效配置时, 行业人才量的偏离程度或者错配程度。当 $\tilde{\lambda}_i > 1$ 时, 表示该行业的人才配置过剩, 当 $\tilde{\lambda}_i < 1$ 时, 表示该行业人才配置不足, 当 $\tilde{\lambda}_i = 1$ 时, 表示行业人才有效配置。

3.2.3 人才错配对全要素生产率的损失 将公式(5)的人才相对扭曲系数表达式代入C-D函数, 参考王卫和綦良群的研究构建存在人才错配的生产函数:

$$Y_i = A_i K_i^{\beta_i} L_i^{\gamma_i} \left(\frac{\sigma_i \alpha_i}{\alpha} \tilde{\lambda}_i H_i\right)^{\alpha_i} \quad \text{式(6)}$$

构建不存在人才错配的生产函数:

$$Y_i = A_i K_i^{\beta_i} L_i^{\gamma_i} \left(\frac{\sigma_i \alpha_i}{\alpha} H_i\right)^{\alpha_i} \quad \text{式(7)}$$

借鉴2011年袁志刚和解栋栋^[16], 2018年王卫和綦良群^[15]的做法, 以托恩奎斯指数衡量两个产量的差异。并将式(3)、式(6)、式(7)代入计算ATFP。则人才错配对全要素生产率(TFP)的损失ATFP为:

$$ATFP_{Hi} = \bar{\sigma}_i \alpha_i \ln \tilde{\lambda}_i \quad \text{式(8)}$$

其中, $\bar{\sigma}_i = \frac{\sigma_i + \sigma_i^e}{2}$, σ_i^e 为无人才错配时的份额。

3.3 变量处理

3.3.1 产出变量 现有文献多认为以行业增加值测量产出将更好地反映实际经济成果^[16-17], 故本文以行业增加值测度产出。由于《中国统计年鉴2010—2019》只能得到八大行业的行业增加值, 因此根据八大行业和19个行业的关系, 按照当年分行业实际GDP对其进行折算, 并使用GDP平减指数对进行平减。

3.3.2 分行业物质资本存量 本文选取永续盘存法(PIM)对各行业的物质资本存量进行测算。考虑到行业异质性, 测量中, 根据永续盘存法进行测算,

$$K_{it} = (1 + \delta_i) * K_{i,t-1} + I_{it} \quad \text{式(9)}$$

I_{it} 为当年份行业的投资, 使用全社会固定资产投资额来表示。 δ_i 为行业 i 的折旧率, 采用田友春测算的分行业折旧率^[18]。

在测算中以2008年为基期, 基期的物质资本存量

$$K_0 = I_0 / (g + \delta) \quad \text{式(10)}$$

I_0 为资本投资量、 g 为投资增长率、 δ 是资本折旧率。在稳定的经济增长环境下，资本产出比处于一定的固定范围，式中投资增长率 g 选取了2009—2020年全国固定资本形成总额的增长值几何均值替代增长率法中的 g ， δ 则选取2009—2020年各行业折旧率的平均值。由此可计算各行业2009—2020年的物质资本存量。

3.3.3分行业人才数和非人才数 基于本文3.2对人才脱实向虚的定义，对各行业人才数进行定义。参考既有文献，本文将大专及以上学历的劳动力作为人才数，其余劳动力作为非人才数。参考姚毓春^[19]、卓玛草^[8]的思路，从《中国劳动统计年鉴2021》中得到城镇单位就业人员年末人数，为保证劳动力数量计算的准确性，本文统计了分产业城镇单位就业人数和分产业就业人数。将农、林、牧、渔行业的劳动力数量统计为第一产业就业人数，其他行业的劳动力数量则根据其所属三次产业和相应产业城镇就业人数占总就业人数的比重进行折算，并取与前一年的平均作为当年劳动力数量。由此最终得到19个行业的劳动力数量。根据各行业大专以上学历人才所占比例，得到各

行业人才数和非人才数。

3.3.4产出弹性测算 对于分行业人才产出测算，使用最小二乘法测算，公式为：

$$\ln(Y_{it}) = \ln A_i + \alpha_i \ln(T_{it}) + \beta_i \ln(K_{it}) + \gamma_i \ln(L_{it}) + \mu_i f_i + \varepsilon_{it} \quad \text{式(11)}$$

3.4 数据来源

本文选取中国19个行业2009—2020年的相关数据，数据源于《中国固定资产投资年鉴》《中国投入产出表》《中国劳动统计年鉴（2010—2021）》《中国统计年鉴（2010—2021）》。

4. 实证分析

4.1 人才错配程度测算

根据公式（5）计算人才相对扭曲系数，人才相对扭曲系数与1偏离程度越大，则行业的人才错配程度越大。人才相对扭曲系数为1时，表示行业的人才配置合理，不存在人才错配问题。基于以上分析和公式（5）的实证计算，具体结果如表1所示。

从表1中看到，我国各行业均存在人才错配

表1 分行业人才错配程度

行业	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
农、林、牧、渔业	0.098	0.130	0.112	0.123	0.126	0.141	0.107	0.100	0.093	0.102	0.109	0.100	0.112
采矿业	0.185	0.352	0.386	0.360	0.428	0.323	0.373	0.530	0.536	0.453	0.537	0.493	0.413
制造业	0.254	0.256	0.313	0.335	0.333	0.330	0.321	0.363	0.335	0.321	0.316	0.317	0.316
电力、热力、燃气及水生产和供应业	0.926	1.016	1.150	1.106	0.925	0.834	0.819	0.884	0.855	0.802	0.863	0.938	0.926
建筑业	0.265	0.282	0.347	0.411	0.464	0.496	0.443	0.424	0.446	0.488	0.527	0.485	0.423
批发和零售业	0.278	0.338	0.446	0.520	0.605	0.686	0.703	0.665	0.638	0.603	0.588	0.540	0.551
交通运输、仓储和邮政业	0.690	0.592	1.125	1.050	0.615	0.690	0.506	0.595	0.601	0.578	0.528	0.511	0.673
住宿和餐饮业	0.033	0.036	0.053	0.053	0.056	0.060	0.047	0.041	0.041	0.041	0.043	0.040	0.045
信息传输、软件和信息技术服务业	0.966	1.148	0.460	0.660	0.873	1.071	1.845	1.699	1.750	1.712	1.545	1.558	1.274

表1 分行业人才错配程度

(续表)

行业	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
金融业	1.416	1.434	1.029	1.029	1.030	0.996	1.098	1.007	1.070	1.116	1.167	1.278	1.139
房地产业	0.332	0.338	0.367	0.367	0.463	0.519	0.563	0.458	0.469	0.492	0.523	0.512	0.450
租赁和商务服务业	1.680	1.839	1.597	1.204	1.533	1.621	1.563	1.359	1.392	1.387	1.371	1.433	1.498
科学研究和技术服务业	3.058	3.699	3.221	2.833	3.070	3.141	2.917	2.629	2.569	2.410	2.198	2.165	2.826
水利、环境和公共设施管理业	3.384	3.126	3.429	3.788	3.091	3.118	2.615	2.141	2.116	2.128	1.751	1.447	2.678
居民服务、修理和其他服务业	0.070	0.061	0.084	0.071	0.092	0.114	0.107	0.098	0.106	0.103	0.101	0.091	0.092
教育	11.020	10.069	8.341	8.223	8.304	7.734	7.717	6.279	6.184	5.972	5.715	5.679	7.603
卫生和社会工作	5.836	6.353	6.294	5.955	5.702	5.468	5.087	4.375	4.358	4.377	4.553	4.613	5.248
文化、体育和娱乐业	2.104	2.090	2.571	2.059	2.002	2.074	1.862	1.588	1.549	1.434	1.346	1.213	1.824
公共管理、社会保障和社会组织	5.284	5.152	5.533	5.617	5.646	5.659	5.563	4.516	4.322	4.230	4.088	3.933	4.962

情况, 总体来说人才短缺与人才过剩共存, 人才短缺行业多于人才过剩行业。从2009—2020年的数值来看, 各行业的相对人才扭曲系数在0~12之间。从表1中可以看出, 农、林、牧、渔业; 采矿业; 制造业; 建筑业; 批发和零售业; 交通运输、仓储和邮政业; 住宿和餐饮业; 房地产业; 居民服务、修理和其他服务业行业的人才相对短缺。2014年的金融业人才相对扭曲系数0.996, 存在轻微的人才短缺。而电力、热力、燃气及水生产和供应业; 交通运输、仓储和邮政业; 信息传输、软件和信息技术服务业; 金融业; 租赁和商务服务业; 科学研究和技术服务业; 水利、环境和公共设施管理业; 教育; 卫生和社会工作; 文化、体育和娱乐业; 公共管理、社会保障和社会组织的人才过剩, 其中教育行业的人才配置过剩情况最为严重。中国经济增长前沿课题组对劳动力质量的研究中也指出农林牧渔业、批发零售业、制造业以及住宿餐饮业等生产

性行业的人力资本配置不足, 而与之相较, 公共管理、社会保障和社会组织等中国事业性单位的人力资本强度较高^[20]。有学者指出文化观念是导致这种人才错配现象产生的原因之一, 金融业、信息业等行业逐渐成为高等人才的首要选择, 鲜有高等人才自愿进入采矿业、农林牧渔业等传统生产性行业^[21]。

从表1中, 也可以看出, 虚拟经济行业中的金融业人才配置过剩, 实体经济行业中的第一二产业人才短缺严重, 即人才从实体经济的一些行业流向虚拟经济行业, 中国的人才配置整体存在人才脱实向虚现象。在虚拟经济行业中, 金融业人才相对饱和, 而房地产行业未来对人才仍有较大需求。金融业2010年人才配置过剩情况最为严重, 随着国家对实体经济行业发展的重视, 金融业人才配置过剩情况有所缓解, 其人才相对扭曲系数基本维持在1左右, 人才基本饱和。而同为虚拟经济行业的房地产在2010年人才相对扭曲系数

为0.338,与金融业相比,房地产行业人才配置不足,该行业人才缺失较为严重。长远来看,房地产人才需求仍较大,这与国家发展水平提升、二胎政策等息息相关^[22]。从表中可以看到实体经济I人才短缺严重,而实体经济II呈现人才配置过剩,即实体经济I和实体经济II之间存在人才配置不均衡的状况。

4.2 人才脱实向虚对全要素生产率的影响分析

本文将虚拟经济行业定义为金融业和房地产业,当金融业、房地产业或两个行业存在人才过剩配置的现象时,即表明我国存在人才脱实向虚

现象。通过表1的数据结果可以得出,我国确实存在人才脱实向虚现象。本文进一步细化到各行业,探究人才脱实向虚是否对各行业的全要素生产率存在影响以及人才行业间错配引起的全要素生产率损失。本文根据3.2.3小节中公式(8)进行实证分析,得到中国2009—2020年的19个行业由人才错配引起的行业全要素生产率损失结果。表2中数值为负数表示存在行业全要素生产率损失,数值为0或正数表示不存在行业全要素生产率损失。

从表2可以看出,人才错配对各行业全要素生产率的影响存在显著的行业差异性。具体来

表2 人才行业间错配引起的各行业全要素生产率损失的趋势

行业	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
农、林、牧、渔业	-14.042	-10.929	-13.767	-12.492	-11.892	-10.642	-12.404	-13.707	-14.040	-12.781	-11.953	-12.788	-12.620
采矿业	-5.788	-2.591	-2.429	-2.978	-1.995	-2.734	-1.887	-0.781	-0.697	-0.945	-0.687	-0.796	-2.026
制造业	-22.618	-24.088	-19.458	-17.945	-18.249	-18.665	-18.859	-14.156	-15.455	-16.127	-16.402	-16.299	-18.193
电力、热力、燃气及水生产和供应业	-0.076	0.016	0.129	0.091	-0.087	-0.208	-0.203	-0.115	-0.149	-0.217	-0.148	-0.063	-0.086
建筑业	-4.190	-4.121	-3.475	-2.885	-2.450	-2.268	-2.627	-2.817	-2.533	-2.169	-1.907	-2.217	-2.805
批发和零售业	-3.144	-2.559	-1.720	-1.334	-0.977	-0.716	-0.632	-0.766	-0.870	-1.007	-1.078	-1.248	-1.338
交通运输、仓储和邮政业	-0.365	-0.657	0.101	0.040	-0.817	-0.607	-1.498	-0.938	-0.901	-1.009	-1.328	-1.376	-0.780
住宿和餐饮业	-29.300	-29.586	-23.197	-24.303	-24.126	-23.861	-26.999	-30.749	-31.065	-30.917	-30.334	-30.643	-27.923
信息传输、软件和信息技术服务业	-0.033	0.115	-0.798	-0.375	-0.120	0.06	0.503	0.497	0.538	0.559	0.507	0.520	0.164
金融业	0.653	0.671	0.070	0.070	0.075	-0.011	0.256	0.022	0.206	0.325	0.432	0.659	0.286
房地产业	-2.434	-2.346	-2.711	-2.646	-1.898	-1.511	-1.226	-2.263	-2.171	-1.954	-1.677	-1.702	-2.045
租赁和商务服务业	0.317	0.357	0.333	0.144	0.324	0.387	0.360	0.307	0.352	0.373	0.385	0.439	0.340

表2 人才行业间错配引起的各行业全要素生产率损失的趋势

(续表)

行业	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	均值
科学研究和技术服务业	0.453	0.539	0.548	0.527	0.575	0.611	0.636	0.676	0.658	0.639	0.612	0.607	0.590
水利、环境和公共设施管理业	0.155	0.150	0.178	0.191	0.177	0.191	0.164	0.163	0.152	0.147	0.114	0.078	0.155
居民服务、修理和其他服务业	-2.796	-3.160	-2.832	-3.329	-2.658	-2.152	-2.189	-2.617	-2.527	-2.665	-2.696	-2.908	-2.711
教育	1.950	1.945	1.941	1.987	1.900	1.885	1.900	2.053	2.025	2.032	2.045	2.060	1.977
卫生和社会工作	0.780	0.781	0.855	0.898	0.896	0.964	0.944	1.034	1.052	1.063	1.105	1.124	0.958
文化、体育和娱乐业	0.151	0.153	0.201	0.165	0.159	0.164	0.137	0.127	0.119	0.107	0.090	0.060	0.136
公共管理、社会保障和社会组织	2.210	2.102	2.181	2.098	1.997	1.934	1.824	2.029	2.113	2.182	2.207	2.177	2.088

说, 人才脱实向虚对实体经济I的全要素生产率存在最显著的负向影响, 即存在严重的全要素生产率损失。以制造业、住宿和餐饮业为例, 各行业全要素生产率损失的均值分别达到了-18.193%和-27.923%。2014年金融业的人才相对扭曲系数小于1, 即人才在该行业的配置不足, 该行业人才稍有缺失, 导致金融业存在全要素生产率的损失。除了2014年的金融行业外, 金融业和实体经济II的行业的人才供给足够, 并未对其行业的全要素生产率造成损失。

以2020年为例, 分析人才脱实向虚对全要素生产率产生的影响, 可以看出行业人才要素投入不足, 导致了人才错配对全要素生产率的负贡献, 即农、林、牧、渔业; 采矿业; 制造业; 电力、热力、燃气及水生产和供应业; 建筑业; 批发和零售业; 交通运输、仓储和邮政业; 住宿和餐饮业; 房地产业; 居民服务、修理和其他服务业人才要素投入不足, 导致了人才错配对全要素生产率的负贡献。行业人才的过度配置, 并未引

起TFP的降低。总体而言, 人才脱实向虚的趋势导致了大部分实体经济行业由于人才要素不足而造成行业全要素生产率损失, 其余受影响较小的实体经济行业和虚拟经济行业由于人才要素充足, 并没有造成行业全要素生产率损失, 但人才要素的过分聚集使得人才没有得到充分利用, 造成了一定程度的人力资本浪费。

5. 研究结论与政策启示

中国经济步入新时代后, 推动经济高质量发展成为主要任务, 而推动经济高质量发展的任务之一就是优化人才配置。在虚拟经济急速发展的大背景下, 人才脱实向虚的现象越来越显著, 而以人才脱实向虚为表现形式的人才错配问题阻碍了经济的发展。本文利用中国19个行业的数据, 从行业层面研究人才脱实向虚对全要素生产率的影响。实证研究发现, 中国的19个行业中广泛存在着人才脱实向虚现象, 虚拟经济行业中金融业的人才配置呈现过剩状态, 而以制造业为代表的

实体经济行业的人才存在严重短缺。进一步实证研究发现人才错配对于中国19个行业的全要素生产率的影响存在显著差异性,具体而言人才脱实向虚导致实体经济I的人才配置不足,对相应行业全要素生产率存在显著的负向影响,而金融行业和实体经济II的人才充足,其行业全要素生产率未受到损失。研究表明人才的脱实向虚会导致大部分实体经济行业的人才流失,进而引致其全要素生产率损失,而金融行业等虚拟经济行业的人才过剩,虽然不会导致行业的全要素生产率损失,但在一定程度上造成了人力资源的浪费。因此需要调整人才配置,确保每个行业的人才不会出现严重缺失,提高其全要素生产率。

一方面,人才从实体经济行业流向虚拟经济行业,会阻碍实体经济行业的发展;另一方面,虽然虚拟经济行业过剩的人才不会阻碍其发展,但仍会造成人力资本资源浪费。因此应从各个方面优化人才配置结构,缓解实体经济行业的人才流失现象,推进实体经济的高质量发展。

本文从实体经济行业与政府政策两方面为优化各行业人才配置提供建议:就实体经济行业自身而言,企业应加快新技术与实体经济的融合发展,抓住后疫情时期数字经济与实体经济融合发展的重大机遇,促进新一代信息技术与实体行业融合发展,吸引人才流入。就政策方面而言,政府在优化企业自身发展环境的同时鼓励这些行业的人才流入。具体而言,一方面政府应进一步对实体行业企业实施结构性减税,并且推进水、电、天然气等价格改革,降低企业成本,增强实体行业企业的竞争力。另一方面政府需要提升实体行业人才就业环境和薪资待遇,鼓励人才向实体行业转移,降低人才脱实向虚程度。主要包括指导各类实体行业企业深化工资分配制度改革,建立技术技能水平与薪酬挂钩的工资分配机制,强化工资收入分配中的技术技能价值激励导向,吸引高层次人才;各地通过提供人才公寓和发放房租补贴等方式,解决引进实体行业人才的住房问题;提高实体行业人才的个税起征点,或个税

减免政策,以提高实体行业对人才的吸纳能力。同时政府还应向社会面呈现目前各行业的人才需求量和供给量变化趋势,让提供劳动力者意识到金融业、租赁和商务服务业、科学研究和技术服务业等行业人才配置过剩,这些行业的人才竞争更为激烈,让人才自愿转移至人力资本较为缺乏的其他实体行业中。

责任编辑:李琦 校对:李琦 梁思琪

参考文献

- [1] 李世刚,尹恒.政府—企业间人才配置与经济增长—基于中国地级市数据的经验研究[J].经济研究,2017,52(04):78-91.
- [2] 王启超,王兵,彭睿.人才配置与全要素生产率——兼论中国实体经济高质量增长[J].财经研究,2020,46(01):64-78.
- [3] 马颖,何清,李静.行业间人力资本错配及其对产出的影响[J].中国工业经济,2018(11):5-23.
- [4] STRENZE T. Allocation of talent in society and its effect on economic development. *Intelligence* (Norwood), 2013, 41(3):193-202.
- [5] BENHABIB J, HAGER M. Revenue diversion, the allocation of talent, and income distribution. *Mathematical Social Sciences*, 2021, 112:138-144.
- [6] 吴国培,王伟斌.我国全要素生产率对经济增长贡献的分析研究[J].统计研究,2014,31(12):103-104.
- [7] AOKI S. A simple accounting framework for the effect of resource misallocation on aggregate productivity[J]. *Journal of Japanese and International Economies*, 2012, 26(4):473-494.
- [8] 卓玛草.中国要素配置与人力资本错配效应的分行业测算分析[J].北京理工大学学报(社会科学版),2021,23(04):113-123.
- [9] 陆江源,张平,袁富华,傅春杨.结构演进、诱致失灵与效率补偿[J].经济研究,2018,53(09):4-19.
- [10] 纪雯雯,赖德胜.人力资本配置与中国创新

绩效[J]. 经济学动态, 2018(11):19-31.

[11] 窦炜. "结构性"去杠杆与企业资产配置: "脱实向虚"还是"脱虚向实"[J]. 当代财经, 2021(11):125-137.

[12] 王勇, 芦雪瑶. 资本市场开放与企业"脱实向虚"——基于双重治理机制的视角[J]. 当代财经, 2021(09):66-77.

[13] 刘晓欣, 田恒. 虚拟经济与实体经济的相关性——主要资本主义国家比较研究[J]. 中国社会科学, 2021(10):61-82+205.

[14] 易明, 吴婷. R&D资源配置扭曲、TFP与人力资本的纠偏作用[J]. 科学学研究, 2021, 39(01):42-52.

[15] 王卫, 綦良群. 空间视角下资本错配的异质性与效率损失——基于中国装备制造业细分行业的数据分析[J]. 现代经济探讨, 2018(11):69-78.

[16] 袁志刚, 解栋栋. 统筹城乡发展: 人力资本与土地资本的协调再配置(英文)[J]. 中国特色社会主义研究, 2011, 2(S2):31-42.

[17] 陈永伟, 胡伟民. 价格扭曲、要素错配和效率损失: 理论和应用[J]. 经济学(季刊), 2011, 10(04):1401-1422.

[18] 田友春. 中国分行业资本存量估算: 1990-2014年[J]. 数量经济技术经济研究, 2016, 33(06):3-21+76.

[19] 姚毓春, 袁礼, 董直庆. 劳动力与资本错配效应: 来自十九个行业的经验证据 [J]. 经济学动态, 2014(6):69-77.

[20] 中国经济增长前沿课题组, 张平, 刘霞辉, 袁富华, 王宏森, 陆明涛, 张磊. 中国经济增长的低效率冲击与减速治理[J]. 经济研究, 2014, 49(12):4-17+32.

[21] 邱伟. 中国人力资本错配对全要素生产率的影响[D]. 厦门大学, 2018.

[22] 蔡智英. 新经济形势下房地产从业人员劳动力市场情况 [J]. 今日财富(中国知权), 2021(03):210-211.

Research on the phenomenon of talent transforming from reality to virtuality and its influence on total factor productivity

Pan Xiongfeng, Chu Junhui, Feng Shenghan

(School of Economics and Management, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: Innovation-driven and talent-driven are the key driving forces for China's high-quality development of China's economy, and the report of the 20th National Congress also emphasizes that talent is the first resource and innovation is the first driving force. It can be seen that the effective allocation of talents among industries is very important to improve production efficiency and economic level. In the context of the rapid development of the virtual economy, the allocation of talents is increasingly showing a tendency to transfer from real economy to virtual economy. The intensification of this phenomenon will hinder the high-quality development of China's economy. Therefore, this paper selects the data of 19 industries from 2009 to 2020 to try to explore the degree of talent mismatch in the current industry, and further explores the impact of talent transfer from real economy to virtual economy on the total factor productivity of the industry. The results find that: There is a talent mismatch in all industries in China, and the allocation of talents in the financial industry in the virtual economy industry is in a state of excess, while there is a serious shortage of talent in the real economy industry represented by the manufacturing industry, indicating that there is a phenomenon of talents transfer from real economy to virtual economy in China, and that the talents transfer from real economy to virtual economy has a significant negative impact on the total factor productivity of the real economy represented by the manufacturing industry.

Key words: transforming from reality to virtuality; total factor productivity; real economy industry; virtual economy industry

基于结构方程模型的人工智能高层次人才流动对科研绩效的影响研究

裴瑞敏¹，程 豪^{2,*}

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院，北京100190；2. 中国科协创新战略研究院，北京 100038)

摘 要：人工智能高层次人才是国家重要的科技战略资源和支撑产业发展的重要力量。本文从全球人工智能领域高层次人才流动的角度，构建人才流动对科研绩效影响机制的概念模型，并运用结构方程模型和偏最小二乘法估计模型参数。研究发现：①流动贯穿科研人员职业生涯全生命周期，可以从积累人力资本和社会资本两个维度对个体科研绩效产生影响，但在不同阶段，流动所积累的资本类型有所不同。在教育阶段，流动更多地以不断提升人力资本为主，在工作阶段，流动除了寻求自身人力资本提升外，更重要的是构建科研合作网络，通过增进社会资本提升科研的产出和影响力。②产学研跨界流动使得科技人力资源在不同部门之间优化配置，对科研人员的科研产出和科研影响力具有促进作用，产学研跨界流动虽然能提升人力资本、构建合作网络，但由于不同部门的价值体系不同，进入新环境的适应成本更高，因此对绩效的影响比非跨界流动略低。本研究结论对于合理促进新兴领域科研人员良性有序流动，在产学研融合的背景下完善科研评价机制，以及注重新兴领域人才产学研协同培养具有一定启示。

关键词：高层次人才，人才流动，科研绩效，人工智能

1. 引言

党的二十大报告指出，“必须坚持科技是第一生产力、人才是第一资源、创新是第一动力，深入实施科教兴国战略、人才强国战略、创新驱动发展战略，开辟发展新领域新赛道，不断塑造发展新动能新优势。”高层次人才是国家重要的科技战略资源和支撑产业发展的重要力量，是实现科技自立自强和高质量发展的重要保障，尤

其在人工智能（Artificial Intelligent, AI）等关系国家创新发展、具有重要社会影响的新兴科技领域，高层次人才的集聚和培养至关重要。各国非常重视人工智能发展，自2013年开始，人工智能发展上升至国家战略，其中人工智能人才，尤其是高层次人才引进和培养是重要的政策支柱^[1]。自党的十八大以来，我国高度重视人工智能发展，人工智能被列为“十四五”期间的重要发展

作者简介：裴瑞敏，女，博士，研究员，中国科学院科技战略咨询研究院，研究方向为科技战略与科技政策、创新管理。

程 豪，男，博士，副研究员，中国科协创新战略研究院，研究方向为科技数据分析与统计建模。

* 通讯作者。

项目来源：国家自然科学基金资助项目（项目编号：71904185，72001197）；中国科学院科技战略咨询研究院前沿探索计划项目（项目编号：E2X1261Z01）；国家统计局全国统计科学研究优选项目（项目编号：2021LY052）；2022年度科技智库青年人才计划（项目编号：20220615ZZ07110343）。

领域。但我国人工智能人才供给尚不能满足人工智能产业的发展需求,尤其是高层次人才供给不足,成为制约我国人工智能长期、可持续发展的因素。

有研究发现,人工智能高层次人才具有较强的集聚性和流动性,流动促进人力资本的集聚和跃升,带来知识的交互和融合^[2],对科学家的科研绩效、职业发展以及组织或国家的科技实力和创新能力产生重要影响^[3]。然而,目前关于科研流动的研究多关注跨境流动对科研绩效的影响^[4-7],对不同阶段流动对个体科研绩效的影响机制以及跨部门流动的关注较少,仅有少部分研究从技术转化视角研究了人才从学术界流动到产业界的知识溢出效应,但缺乏关于产学跨界流动对科研绩效影响的研究^[8],而不同阶段流动和跨界流动对科研绩效的影响对于人才培养和流动政策的制定具有重要意义^[9-10]。

本研究以人工智能领域的高层次人才为研究对象,分析科研人员教育阶段流动和工作阶段流动对科研绩效的影响机制,并重点分析产学跨界流动对个体科研绩效的影响及其机制,为我国制定人工智能领域高层次人才培养提供借鉴。

2. 文献综述与研究假设

2.1 教育阶段流动对工作阶段流动影响的研究假设

对科研人员来说,流动是一种“改变”,按照不同的划分标准,可将科研流动分为不同类型,例如跨国流动和境内流动、交换(exchange)与移民(migration)、学科之间流动与跨部门(intersector)流动等^[4];按照科研人员的职业生涯阶段划分,可将科研流动分为两个比较明显的阶段:教育阶段流动和工作阶段流动^[8],因为教育阶段和工作阶段性质不同,其流动属性、流动动因、流动部门以及流动效应都存在较大差异,因此,本研究将分别考虑教育阶段流动和工作阶段流动对科研绩效的影响。此外,有学者提出流动可能具有路径依赖性^[8]。因此,本研究认为,科研

流动在一个人的职业生涯中可能具有一致性。

基于此,提出假设1:教育阶段流动对工作阶段流动具有正向影响。

2.2 教育阶段流动对科研绩效影响的研究假设

科研人员流动影响科研绩效主要是通过人力资本和社会资本的积累,传统人力资本理论认为科研人员流动是人力资本和知识配置的一种机制,内嵌于个体的知识将随个体的移动而移动^[11],从而会对流入方的科研绩效产生积极影响。Bozeman等人提出科学与技术人力资本(Scientific and Technical Human Capital, STHC)概念,认为STHC包括无连接和连接两个维度,包括“认知技能和技术知识等”,基于情景和社会网络的关系(relational)和权变(contingent)情景^[12],即流动会增值人力资本和社会资本,解释了高技术移民所带来的知识和技能的流动和创新^[13-14]以及科研流动带来的连接效应^[15-17]。Cañibano^[18]在前人的基础上提出了一种人力资本的替代演化理论,认为人力资本概念是一种补充性网络和一个自我发现的过程,即认为人力资本具有关系性(relational)和程序性(processual)^[19],是一个复杂动态网络系统中的一部分^[16]。当科学家发生流动时,他们将转变他们的网络,从而具有获取新知识的机会,他们置身于一个新的环境中,扩展了他们之前熟悉的环境^[20],这些都有利于个体的想象力、创造力的发展和新发现的产生^[21],科研流动对科研人员个体和科研网络系统而言,是一种潜在的转型,这种理论对于科研人员流动与绩效之间的关系做了更充分的解释。

在教育阶段,除短暂的交换或联合培养外,科研流动的一种重要表现方式是本、硕、博在不同机构中,这种求学的不同阶段与机构建立的联系常被称为“学缘关系”^[22-24],学缘关系往往与科研人员的后期研究绩效有关系。一是从构建社会资本来看,复杂的学缘关系能为学者搭建双边的网络关系,有利于个体社会资本的建设,从而

对于学者后期发展具有积极的影响，例如扩展学者的科研合作网络，从而提高科研产出和科研影响力；二是从人力资本积累来看，复杂的学缘关系对于个体成长和发展具有复杂的影响，教育阶段变换机构、面临新的知识环境，使得学者在求学的不同阶段接触到多样的知识、方法和工具，产生多源灵感，从而提高学者的创造力和创新能力，但在一个领域知识积累不够深厚的情况下，也可能会因为转换方向而导致科研效率低下，不利于在一个领域“深耕细作”，从而对科研产生不利影响，但从长期看，这种负面效应会逐渐减弱。因为人工智能领域具有学科交叉的特征，知识迭代更新快，需要多领域知识的融合，人工智能领域学者知识的多样性会对科研绩效产生正向影响。

基于此，提出假设2：教育阶段流动对科研产出具有正向影响，对科研影响力有正向影响，且科研合作网络和知识多样性在其中起到中介作用。

2.3 工作阶段流动对科研绩效影响的研究假设

在工作阶段，一方面，科研流动能扩展科研人员的科研网络^[25]，有利于科研人员进入跨国或跨机构的杰出人才科研网络中^[26]，积累个体的社会资本，而社会资本对于合作、信任具有重要的影响，从而影响个体科研绩效^[23, 27-28]，Wang等^[29]、Bernard等^[30]的研究都说明了流动对科研人员合作网络多样性的促进作用，从而促进知识交流和转化。另一方面，科研流动关系着知识流动、知识传播和知识扩散，是获得科研资源、默知识、“know-how”和“know-who”的一种重要机制^[31]，科研流动能提高个体科学家获得新资源和新知识的机会并丰富相应途径^[26]，通过塑造个体的空间维度^[32]形成科研人员个体身份^[21]和知识生产模式，从而大大提升个人的科研绩效。此外，流动频繁的科学家更可能转换自己的研究方向，而研究主题转换丰富了科学家的知识结构，在整个职业生命周期上表现为研究的多样

化（diversity），一定程度上有利于个体创造力和科研绩效的提升。因此，本研究认为在工作阶段，科研流动能通过构建社会资本，积累和丰富知识，从而提升科研产出和科研影响力。

基于此，提出假设3：工作阶段流动对科研产出和科研影响力具有正向影响，科研合作网络和知识多样性在其中起到中介作用。

2.4 产学跨界流动对科研绩效影响的研究假设

产学跨界流动（intersectoral mobility）是指高校中的人在企业中获得一个工作岗位，或从产业界流动到学术界^[8]，是工作阶段的一种特殊的流动形式。基于科学和产业是两个独立系统的基本假设，不同部门会有不同的评价标准和奖励体系，研究人员在不同部门之间流动可能会对其职业生涯产生不同的影响^[8]。但科学发展日益复杂且渗入到经济社会方方面面，科学的发展已不再是线性模式，目前推动科学发展的源动力更多地来自产业界和社会需求，尤其是信息技术领域，很多前沿问题产生于企业，产业界成为了除科研机构 and 大学外的又一重要的研究场所。“大科学”的出现要求政府、大学、产业界之间通力合作才能解决现在面临的重大挑战，产学研合作成为推动科学发展的重要模式，因为很多知识具有内嵌性和缄默性，科研人员是知识生产和传播的重要载体，科研人员的跨界流动是知识在不同部门之间流动的重要机制，并能产生知识溢出效应^[27]。根据工作阶段科研人员流动前后所处机构的属性，可以将科研人员流动分为非跨界流动（高校到高校，企业到企业）和跨界流动（高校到企业，企业到高校），本研究认为这四种流动对科研人员个体科研绩效产生不同的影响，其中非跨界流动与以往研究文献中的基本假设一致，对于跨界流动，尽管不同部门的评价和奖励体系不同，可能会对科研人员发表论文有一定的影响，但正如之前所述，知识的交叉融合、产学研的协同发展等越来越将知识的生产和传播从学术界到产业界的单向转变成多主体网状结构，科研人员不再仅与

学术界的人员合作, 也与企业界的研究人员合作; 人工智能产业的高层次人才不断地将产业前沿问题和知识带到学术界, 在人员维度实现了学术界和产业界的深度交互, 更有可能实现创新链和产业链的深入融合。

基于此, 提出假设4: 产学跨界流动对科研产出和科研影响力具有正向影响, 科研合作网络和

知识多样性在其中起到中介作用。

2.5 科研流动对科研绩效的影响机制概念模型

基于上述分析, 总结提炼出概念框架模型如图1所示, 其中工作阶段流动除了总流动次数外, 还包括非跨界流动和产学跨界流动两种基本类型。

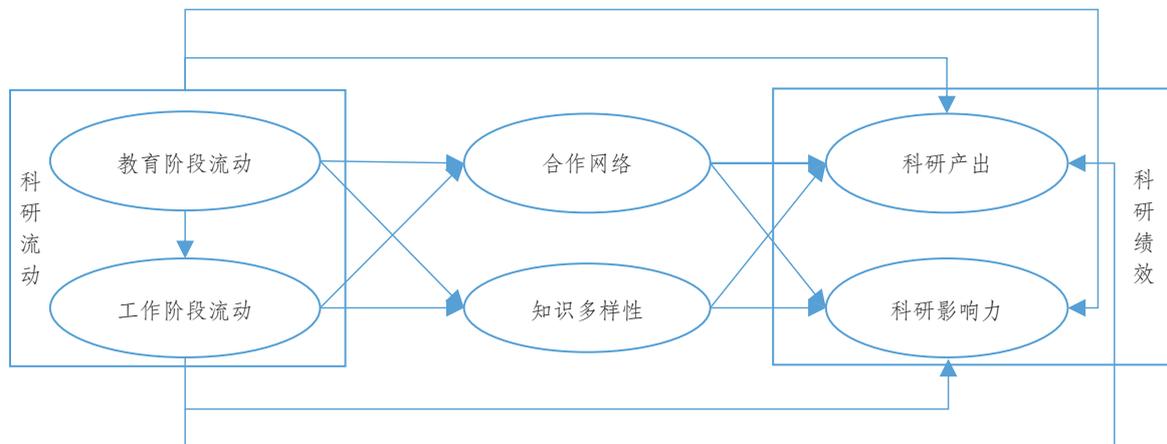


图1 科研流动对科研绩效影响机制的概念模型

3. 测量指标与研究方法

3.1 测量指标的选择

本研究将科研流动对科研绩效影响机制概念模型中, 用于反映科研产出、科研影响力、合作网络、知识多样性、教育阶段流动和工作阶段流动的指标具体设计为如表1所示。

3.1.1 反映科研绩效的测量指标 科研绩效主要包括科研产出和科研影响力。科研产出用发文数量和能动性来衡量, 能动性是用作者发文时间作为权重而合成的发文数量指标, 即对作者最近发表的论文给予更高的权重而形成的指标, 最终根据二阶因子分析将发文数量和能动性合成为科研产出进入模型。科研影响力是指研究者科研活动所产生的影响, 一般用论文的总被引频次作为代理指标, 也有构造h指数和g指数等方式综合考虑作者的科研影响力, 本研究选择被引频次、h指数和g指数合成的综合指标作为科研影响力的测度。

3.1.2 反映科研流动的测量指标 科研流动主要

分为教育阶段流动和工作阶段流动。教育阶段流动是指本硕博求学期间的流动情况, 本研究将教育阶段流动处理为分类变量进入模型, 即本硕博同校的赋值为1, 本硕同校、硕博异校, 或本硕异校、硕博同校的赋值为2, 本博同校、硕不同校的赋值为3, 本硕博异校赋值为4。

工作阶段流动主要是指科研人员工作阶段的流动情况, 具体表现为总流动次数, 以及产学跨界流动和非跨界流动。产学跨界流动是指科研人员在高校与企业之间的流动情况, 非跨界流动是指科研人员在高校之间或者企业之间的流动情况, 凡出现高校到企业流动的, 即视为产学跨界流动。

3.1.3 反映中介作用的测量指标 本研究的中介变量有两个, 分别是合作网络和知识多样性, 合作网络用作者的合作者数量来表征合作网络规模, 认为科研流动能扩展科研人员的合作网络规模。知识多样性则用作者研究领域的多样性, 即跨领域的数量来表征。

表1 科研流动对科研绩效影响的指标体系

变量类型	一级指标	符号	二级指标	符号	含义
因变量	科研产出	Y1	发文数量	IY11	作者发表论文的数量
			能动性	IY12	对作者最近发表的论文给与更高的权重而形成的指标
			被引频次	IY21	指作者发表论文的被引用次数
	科研影响力	Y2	h指数	IY22	如果一个人发表的所有学术论文中有N篇论文分别被引用了至少N次, 则他的h指数就是N
			g指数	IY23	将论文按照被引次数降序排序, 被引次数按序号叠加, 当累计被引次数等于序号的平方时, 该序号值被记为g指数
中介变量	合作网络	M1	合作网络规模	IM11	作者的合作者数量
	知识多样性	M2	跨领域数	IM21	作者跨领域的程度
自变量	教育阶段流动	X1	本硕博流动情况	IX11	本硕博同校的赋值为1, 本硕同校、硕博异校, 或本硕异校、硕博同校的赋值为2, 本博同校、硕不同校的赋值为3, 本硕博异校赋值为4
			总流动数	IX21	工作阶段机构变动的次数
	工作阶段流动	X2	跨界流动	IX22	高校与企业之间的流动
			非跨界流动	IX23	高校到高校、企业到企业的流动

3.2 研究方法

在科研流动对科研绩效影响机制的概念模型指标体系中, 科研产出、科研影响力、合作网络、知识多样性、教育阶段流动及工作阶段流动都是“潜变量”, 即不可被直接观测, 需要通过“可测指标”来度量。通过研究假设与概念模型可知, 不同潜变量之间存在具有方向性的结构关系, 而这些潜变量与一个或多个可测变量之间又有直接的对应关系。本质上, 这两种关系共同构成结构方程模型。结构方程模型中的结构模型用于表述不同潜变量之间的结构关系, 而测量模型用于表述不同潜变量与其相应可测变量之间的对应关系。

结构方程模型中需要估计的未知量包括表达潜变量间结构关系的路径系数、表达潜变量与可测变量间的载荷系数以及潜变量的得分。目前, 结构方程模型中常用的参数估计方法包括极大似

然估计、偏最小二乘估计和贝叶斯估计。与简单相加法、层次分析法、综合指数法等主观赋权法相比, 这三种参数估计方法均属于客观赋权范畴, 避免由于人为主观因素造成估计结果的差异。极大似然估计需要数据服从正态分布假设, 其基本原理是基于协方差矩阵更新计算, 无法得到潜变量得分。贝叶斯估计需要根据已知的先验分布信息来推断未知参数, 而有时先验信息的获取极具挑战。相比之下, 偏最小二乘估计不要求数据分布, 在完成未知参数估计的同时, 也能获得潜变量得分, 因此在很多领域得到广泛应用。作为一种常见的非参数检验方法, Bootstrap方法生成多组偏最小二乘估计结果, 计算均值、标准差、置信上限和置信下限, 构造90%置信区间, 验证估计结果的显著性。

本文采用偏最小二乘估计的结构方程模型来验证概念模型及估计系统, 并用Bootstrap检验模型的有效性, 为避免由于Bootstrap方法次数(即生成

结果的数量)导致估计效果不佳,本研究分别设置300次、500次和1000次Bootstrap,以验证偏小二乘估计结果的稳健性和可行性。

4. 应用分析

4.1 数据来源与统计描述

本研究所用数据主要来自Aminer平台上AI 2000¹学者的数据,其中因变量科研绩效用的是Aminer平台上学者的发文数量、按时间加权的发文数量、被引频次、学者的h指数和g指数,中介变量使用的是Aminer平台上给出的作者合作者的数量和作者跨领域的数量,自变量科研流动则是从Linkedin、ResearchGate、学校官网、作者个人

网站等多源搜集研究人员的个人简历,对其中教育阶段和工作阶段所在机构进行编码,其中对同一时间段内出现多个机构的学者,以持续最长的机构作为该学者的隶属机构,学者机构发生变化记为一次流动。

经数据清理和初步整理,形成样本量为550的人工智能领域高影响力学者的学术影响力数据集。由表1可知,反映科研产出、科研影响力、合作网络、知识多样性的可测变量属于连续型变量(共7个),反映教育阶段流动和工作阶段流动的可测变量属于离散型变量(共4个)。首先对7个连续型可测变量的最值、均值、中位数和标准差,以及4个离散型可测变量的频数进行统计描述,具体如表2和表3所示。

表2 连续指标统计描述结果

指标	最小值	均值	中位数	标准差	最大值
IY11	0	182.03	124	189.97	1162
IY12	0	56.67	25	90.38	1077.61
IY21	0	14689	8186	20809.68	209501
IY22	0	39.56	35	27.9	165
IY23	0	86.33	79	65.22	456
IM11	0	4.91	5.21	1.84	8.99
IM21	0	2.07	2.43	1.26	4.34

表3 离散指标统计描述结果

	1	2	3	4	5	6	7次及以上
IX11	1	2	3	4	5	6	7次及以上
频数	95	340	7	108	-	-	-
IX21	0	1	2	3	4	5	6
频数	172	87	59	68	49	36	24
IX22	0	1	2	3	4	5次及以上	-
频数	315	110	64	25	21	15	-
IX23	0	1	2	3	4	5	6次及以上
频数	218	100	68	65	45	29	25

¹ <https://www.aminer.cn/ranks/home>.

不难发现, 7个连续型可测变量在除最小值以外的其他统计特征中均表现出数量级相差较大的特点。比如, 被引频次 (IY21) 的均值最大, 取值为14689, 合作网络规模 (IM11) 和知识多样性 (IM21) 的均值最小, 取为4.91和2.07。为避免模型参数估计受到数据量级差异所带来的影响, 本文对数据进行标准化处理。此外, 本硕博流动情况 (IX11) 的频数统计结果表明, 本硕博同校 (取值为1) 有95例, 本硕同校、硕博异校, 或本硕异校、硕博同校 (赋值为2) 有340例, 本博同校、硕不同校 (赋值为3) 仅7例, 本硕博异校 (赋值为4) 有108例。与预期相符, 绝大多数学者在教育阶段存在流动情况, 其中本硕博阶段均存在流动的案例占比近20%, 本硕博阶段中有两个阶段连续在同一所学校求学的占比68%。工作流动的总流动数 (IX21) 的频数统计结果显示, 绝大部分学者在不同类型工作单位流动的次数不超过6次, 占总数的90%, 少数学者发生较为频繁的不同类型工作单位流动现象 (占比10%)。关于工作阶段流动方面, 本文从跨界流动 (IX22) 和非跨界流动 (IX23) 两个角度进行分析, 即某位学者从高校进入企业工作或者从企业进入高校工作, 在跨界流动方面计1次。同样地, 某位学者从高校到高校的流动以及从企业到企业的流动, 在非跨界流动方面计1次。绝大多数学者在跨界流动次数方面不超过4次, 占比超过97%, 在非跨界流动次数方面不超过5次, 占比超过95%。

为进一步分析属于同一潜变量下的可测变量的相关性, 本文计算了科研产出 (Y1)、科研影响力 (Y2)、工作阶段流动 (X2) 共3个潜变量内部各自包含的可测变量间的相关系数。其余3个潜变量因仅包括1个可测变量, 因此不涉及同一潜变量下的可测变量间相关系数的计算。可以发现, 同一潜变量下的可测变量存在不同程度的相关性。发文数量 (IY11) 和能动性 (IY12) 之间的相关系数为0.36, 被引频次 (IY21) 和h指数 (IY22)、被引频次 (IY21) 和g指数

(IY23)、h指数 (IY22) 和g指数 (IY23) 之间的相关系数分别为0.74、0.81和0.95。被引频次、h指数和g指数之间的相关系数相对较大, 均大于0.70。尤其是h指数和g指数之间的相关系数, 达到0.95。综合考虑, 本文将h指数和g指数同时保留在指标体系中, 为后续模型参数估计和检验提供基础。总流动数 (IX21) 和跨界流动 (IX22)、总流动数 (IX21) 和非跨界流动 (IX23)、跨界流动 (IX22) 和非跨界流动 (IX23) 之间的相关系数分别为0.78、0.89和0.41。与预期相符, 总流动次数与跨界流动、非跨界流动具有相对较高的相关程度, 相关系数取值均大于0.7。作为反映工作阶段流动的可测指标, 一方面需要总体流动次数来反映工作阶段的整体流动情况, 另一方面需要从不同工作流动类型, 进一步细分为跨界与非跨界, 以便在追溯科研产出和科研影响力时, 区分跨界流动和非跨界流动的不同程度的重要性。

4.2 模型参数估计与检验

4.2.1 路径系数与载荷系数估计结果分析

本文采用偏最小二乘算法对结构模型中潜变量间关系的路径系数, 以及测量模型中潜变量与可测变量间关系的载荷系数进行估计, 结果如表4的“R.E.”一列所示。

由模型参数估计结果可知, 教育阶段流动 (X1) 对工作阶段流动 (X2) 路径系数非常小, 且为负值 (-0.03), 这说明教育阶段流动并不能对工作阶段流动产生正向影响, 有可能是无关或者是负向影响, 在此样本中, 假设1没有得到验证。

教育阶段流动 (X1) 对科研产出 (Y1) 和科研影响力 (Y2) 的路径系数分别为0.01和0.05, 可以认为教育阶段流动对科研产出影响微乎其微, 但有助于提升科研影响力; 教育阶段流动 (X1) 到合作网络 (M1) 和知识多样性 (M2) 的路径系数分别为0.03和0.08, 合作网络 (M1) 到科研产出 (Y1) 和科研影响力 (Y2) 的路径

系数分别为0.59和0.67, 知识多样性 (M2) 对科研产出 (Y1) 和影响力 (Y2) 的作用甚微 (0.01) 或为负 (-0.02), 可以认为教育阶段流动对科研产出和科研影响力的正向效应主要通过科研合作网络的扩展; 同时教育阶段流动会增进科研人员的知识多样性, 但涉及过多领域可能会对科研影响力产生不利的影响, 因此, 假设2得到部分支持。

工作阶段流动 (X2) 对科研产出 (Y1)、科研影响力 (Y2) 的路径系数分别为0.16和0.14, 说明人才流动 (尤其是工作阶段流动) 对科研成果的发表和引用起到相对较大的正向促进作用, 工作阶段流动 (X2) 到合作网络 (M1) 和知识多样性 (M2) 的路径系数分别为0.10和0.06, 且正如上文所述, 合作网络对科研绩效的影响更为显

著, 说明工作阶段流动主要通过促进学术合作实现了对科研产出和科研影响力的正向促进作用, 假设3得到部分支持。

4.2.2 基于不同次数的Bootstrap非参数检验结果 偏最小二乘估计算法不要求数据服从正态分布, 对估计参数的检验不能采用通常的统计检验方法。本文分别通过300次、500次和1000次Bootstrap抽样技术, 进行参数估计检验, 计算结果如表4所示。表4给出了参数估计结果 (raw estimates, R.E.) 及基于不同次数Bootstrap的偏差 (Bias)、标准误差 (SE) 和90%置信区间的上限 (CI0.1) 与下限 (CI0.9), 可以看出, 无论选择哪种Bootstrap方案, 所有路径系数均位于90%置信区间的上限 (CI0.1) 和下限 (CI0.9) 之间, 在一定程度上表明估计结果的稳定性。

表4 参数估计结果 (raw estimates, R.E.) 及基于不同次数Bootstrap的估计偏差 (Bias)、标准误差 (SE) 和置信区间 (CI) 上下限

路径	R.E.	300				500				1000			
		Bias	SE	CI0.1	CI0.9	Bias	SE	CI0.1	CI0.9	Bias	SE	CI0.1	CI0.9
X1->IX11	1.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—
X2->IX21	1.00	0.00	0.01	0.98	1.00	0.00	0.01	0.98	1.00	0.00	0.01	0.98	1.00
X2->IX22	0.83	-0.02	0.05	0.69	0.87	-0.02	0.06	0.70	0.88	-0.02	0.06	0.71	0.89
X2->IX23	0.85	0.01	0.04	0.80	0.92	0.01	0.04	0.80	0.92	0.01	0.04	0.79	0.92
M1->IM11	1.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—
M2->IM21	1.00	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—	0.00	0.00	—	—
Y1->IY11	0.84	0.00	0.02	0.80	0.88	0.00	0.02	0.81	0.88	0.00	0.02	0.81	0.88
Y1->IY12	0.80	0.00	0.02	0.77	0.84	0.00	0.02	0.77	0.84	0.00	0.02	0.76	0.84
Y2->IY21	0.87	0.00	0.02	0.83	0.90	0.00	0.02	0.83	0.90	0.00	0.02	0.83	0.90
Y2->IY22	0.97	0.00	0.00	0.96	0.97	0.00	0.00	0.96	0.97	0.00	0.00	0.96	0.97
Y2->IY23	0.98	0.00	0.00	0.98	0.99	0.00	0.00	0.98	0.99	0.00	0.00	0.98	0.99
X1->X2	-0.03	0.01	0.04	-0.09	0.04	0.00	0.04	-0.09	0.04	0.00	0.04	-0.09	0.04
X1->M1	0.03	0.00	0.04	-0.03	0.10	0.00	0.04	-0.03	0.10	0.00	0.04	-0.04	0.10
X2->M1	0.10	0.00	0.04	0.02	0.16	0.00	0.04	0.02	0.16	0.00	0.04	0.03	0.16
X1->M2	0.08	0.00	0.04	0.02	0.14	0.00	0.04	0.02	0.14	0.00	0.04	0.01	0.14
X2->M2	0.06	0.00	0.04	-0.02	0.12	0.00	0.05	-0.03	0.13	0.00	0.05	-0.02	0.13

表4 参数估计结果 (raw estimates, R.E.) 及基于不同次数Bootstrap的估计偏差 (Bias)、标准误差 (SE) 和置信区间 (CI) 上下限

(续表)

路径	R.E.	300				500				1000			
		Bias	SE	CI0.1	CI0.9	Bias	SE	CI0.1	CI0.9	Bias	SE	CI0.1	CI0.9
X1->Y1	0.01	0.00	0.04	-0.06	0.08	0.00	0.04	-0.05	0.07	0.00	0.04	-0.05	0.07
X2->Y1	0.16	0.00	0.04	0.10	0.23	0.00	0.04	0.09	0.23	0.00	0.04	0.10	0.23
M1->Y1	0.59	0.00	0.03	0.55	0.64	0.00	0.03	0.55	0.64	0.00	0.03	0.55	0.64
M2->Y1	0.01	0.00	0.04	-0.06	0.09	0.00	0.04	-0.05	0.08	0.00	0.04	-0.05	0.08
X1->Y2	0.05	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.03	0.00	0.11	0.00	0.03	0.00	0.11
X2->Y2	0.14	0.00	0.03	0.09	0.19	0.00	0.03	0.09	0.19	0.00	0.03	0.09	0.19
M1->Y2	0.67	0.00	0.03	0.62	0.72	0.00	0.03	0.62	0.72	0.00	0.03	0.62	0.72
M2->Y2	-0.02	0.00	0.04	-0.08	0.05	0.00	0.04	-0.08	0.05	0.00	0.04	-0.08	0.05

由表4可知,从300次Bootstrap估计到1000次Bootstrap估计,参数估计结果的估计值(Esti.)、估计偏差(Bias)、标准误差(SE)和90%置信区间的上限(CI0.1)与下限(CI0.9)均非常接近。而且,估计偏差均接近于0,而在标准误差和置信区间方面也具有相对较好的表现。因此在无偏性(估计偏差)和有效性(标准误差)方面说明参数估计量优良的统计性质,同时完成对模型中参数估计结果显著性(置信区间)的验证。

4.3 人才流动对科研绩效的效应测算与发现

4.3.1 工作阶段跨界流动对科研绩效的效应测算与发现 为验证工作阶段产学跨界流动和非跨界流动对科研绩效的影响,本研究测算了产学跨界流动(IX22)和非跨界流动(IX23)对合作网络(M1)、知识多样性(M2)、科研产出(Y1)和科研影响力(Y2)之间的交叉效应,如表5所示。可以看出,产学跨界流动和非跨界流动对科研产出和科研影响力都有正向影响,从影响机制来看,产学跨界流动对合作网络和知识多样性具有较为明显的正向影响,这说明产学跨界流动对科研绩效的影响是通过合作网络和知识多样性两条路径,而非跨界流动(IX23)与知识多样性

(M2)的交叉效应为0,说明非跨界流动主要通过拓展科研合作网络提升科研绩效,假设4得到部分支持。

4.3.2 人才流动对科研绩效的效应测算与发现 基于表4所示的不同潜变量间路径系数的估计结果,可进一步测算出总体意义上人才流动对科研绩效的总体效应。

具体来说,人才流动通过合作网络、知识多样性对科研绩效的效应总计为0.16。其中,科研流动通过合作网络对科研绩效的效应为0.16,科研流动通过知识多样性对科研绩效的效应总计为0.00(-0.0014)。另一方面,科研流动对科研绩效的直接效应为0.36。通过对上述两类效应相加,科研流动对科研绩效的综合效应测算为0.52。

由此发现,科研流动对科研绩效的直接效应大于通过合作网络、知识多样性的间接效应,而以所有路径系数估计结果大小为参照,科研流动对科研绩效表现出相对较大的正向综合效应,说明总体上人才流动对科研绩效产生的影响不容忽视,尤其针对人工智能领域高层次人才群体,一定程度上,人才流动对推动科研产出、提升科研影响力形成较大的作用。

表5 可测变量和潜变量间的交叉效应

指标	X1	X2	M1	M2	Y1	Y2
IX11	1.00	-0.03	0.03	0.07	0.03	0.07
IX21	-0.03	1.00	0.10	0.05	0.22	0.20
IX22	-0.06	0.83	0.08	0.10	0.16	0.14
IX23	0.00	0.85	0.08	0.00	0.20	0.19
IM11	0.03	0.10	1.00	0.53	0.61	0.67
IM21	0.07	0.06	0.53	1.00	0.34	0.35
IY11	0.00	0.16	0.65	0.21	0.84	0.76
IY12	0.04	0.20	0.34	0.35	0.80	0.43
IY21	0.05	0.15	0.42	0.19	0.53	0.87
IY22	0.07	0.20	0.72	0.38	0.77	0.97
IY23	0.06	0.20	0.69	0.37	0.71	0.98

5. 结论与讨论

5.1 研究结论

本研究通过对人工智能领域高层次人才科研流动和科研绩效的分析,发现高流动性对高层次人才成长和科研绩效具有促进作用^[33],合作网络的形成和知识领域的拓展在其中起到重要的作用。

第一,教育阶段流动和工作阶段流动对科研产出和科研影响力均有促进作用^[8],但不同阶段的流动对科研绩效的影响效应大小不同。工作阶段流动对科研产出和科研影响力的影响效应要显著高于教育阶段流动(学缘关系)的效应,可见,虽然接受教育期间的行为可能对人才成长具有一定的影响,但后期的工作经验才是高层次人才成长的关键,有研究测算人工智能高层次人才每变动一次机构,其发文量平均增加2.55次^[33]。本研究再次证明了流动对科研产出和科研影响力有重要影响,对于人工智能人才成长具有重要作用。

第二,教育阶段流动对知识多样性的影响要大于工作阶段流动的影响,工作阶段流动对合作网络的影响要大于教育阶段流动的影响。这说明,虽然流动可以从积累人力资本和社会资本两

个维度对个体科研绩效产生影响,但在不同阶段,流动所积累的资本类型有所不同。在教育阶段,流动更多地是为了接触新知识、学习新技能,为自身能力的提升奠定基础,流动选择策略应以增长自身知识优势、弥补自身知识缺陷为主以期不断提升人力资本,而构建合作网络仅是此阶段流动的“副产品”;而在工作阶段,流动除了寻求自身人力资本提升外,更重要的是构建科研合作网络,通过增进社会资本提升科研的产出和影响力。

第三,产学跨界流动是人工智能领域高层次人才流动的重要特征之一,但非跨界流动比跨界流动产生的效应略大。一方面,不同部门的评价体系和奖励体系不同,根据人力资本替代演化理论,当个体置身于一个新的环境中时,需要一个适应过程^[18],从而带来“适应成本”,在短期内造成绩效下降;并且,因为产业界和学术界两个系统的评价和奖励体系差异较大^[2],产业界的研究更注重面向技术开发,而学术界的研究更注重面向科学前沿,这种差异可能导致流动到产业界的科研人员在发文方面的知识积累不够而影响其科研绩效。另一方面,学者在产业界的经验也可能使得科研人员对科学问题有更深入的了解,从而

对科研绩效产生积极的影响^[2]，在人工智能等科技与产业深入融合的新兴领域，很多前沿问题来自于企业，尤其是大型企业中有大量的研发人员，这些人员在基础研究方面作出了突出的贡献，基础研究本身已经出现了跨界融合，因此，科研人员产学研跨界流动对科研产出有促进作用。此外，因为来自产业界的研究问题更加面向需求，需要融合跨领域的知识来解决，产学研跨界流动增强科研人员知识的多样性，一定程度上能提升科研人员的绩效，但因为没有在一个领域开展深耕研究，在中短期内对科研成果的影响力有一定负面影响。

5.2 政策启示

第一，构建良性科研流动生态和机制，有利于科研绩效提升和科研人才成长。高层次人才作为一种重要的战略科技资源，有效流动能促进整个科研系统的健康运转，提升科研产出效率。在我国的一些人才流动研究中，发现人才流动对科研绩效呈现短期内增量、长期减量效应^[9-10]，看似流动对科研绩效具有不利影响，与全球人工智能领域高层次人才流动与绩效的研究结果相悖，这主要是因为我国的人才流动并非遵循市场规律，出现了无序流动和争夺人才的情况，人才与环境之间的适配性差，从而导致人力资源配置不当、人力资本总价值和效用降低的现象^[9]。因此，应营造良好的科研生态，引导高层次人才良性、有序流动，充分发挥高层次人才对科技经济的贡献。

第二，完善评价和考核体系，在新兴领域探索建立科学界和产业界互动的评价和晋升机制。在人工智能等新兴领域，产业需求常带动科技前沿，创新体系的发展已从产学研协同逐渐向产学研融合的方向发展，从而更好地实现创新链和产业链融合。作为重要的科技资源，科技人才要素频繁流动逐渐模糊了产业界和学术界两个系统的边界，从而提升创新体系的整体效能。然而，如果两个系统不能在价值体系上形成较为一致的认识，很难实现真正的融合。因此，应完善现有的

科研绩效评价和考核体系，建立面向产业链和创新链融合发展的价值体系，降低科研人员的流动成本；同时，也应注重人工智能人才培养的产学研协同机制^[34]。

5.3 不足与展望

本研究从人工智能领域高层次人才自身求学和工作流动情况作为衡量人才流动的指标，而未考虑人工智能高层次人才的跨国流动情况，以及其对科研绩效的影响。根据现有研究基础发现，本文所涉及的人工智能高层次人才更多聚集在美国，且从跨国流动来看，美国是最大的吸引国，中国、印度、韩国等国家是人工智能人才的输出国。未来研究可基于现有研究，注入经济、社会、环境等多个因素，构建内涵更丰富的复杂统计模型。其中，本研究更加关注人工智能高层次人才跨国流动行为对科研绩效的影响。此外，从社会网络视角分析人工智能高层次人才跨国流动行为对科研绩效的网络化结构关系，并在研究过程中对复杂数据可能存在的不同程度的数据缺失进行适当的统计处理，均是下一步值得深入探讨的研究问题。

责任编辑：李琦 校对：李琦 王萌

参考文献

- [1] 施云燕, 裴瑞敏, 陈光, 等. 国外人工智能人才培养政策及对我国的启示——以美国、英国、加拿大、日本为例 [J]. 今日科苑, 2021, (05): 22-8.
- [2] Fern á Ndez-Zubieta A, Geuna A, Lawson C. Mobility and productivity of research scientists [M]. Global mobility of research scientists. Elsevier. 2015: 105-31.
- [3] Kato M, Ando A. National ties of international scientific collaboration and researcher mobility found in Nature and Science [J]. *Scientometrics*, 2016, 110(2): 673-94.
- [4] Gureyev V N, Mazov N A, Kosyakov D V, et al. Review and analysis of publications on scientific

mobility: assessment of influence, motivation, and trends [J]. *Scientometrics*, 2020, 124: 1599-630.

[5] Conger D. Foreign-born peers and academic performance [J]. *Demography*, 2015, 52(2): 569-92.

[6] Payumo J G, Lan G, Arasu P. Researcher mobility at a US research-intensive university: Implications for research and internationalization strategies [J]. *Research Evaluation*, 2018, 27(1): 28-35.

[7] Jonkers K, Cruz-Castro L. Research upon return: The effect of international mobility on scientific ties, production and impact [J]. *Research Policy*, 2013, 42(8): 1366-77.

[8] Fernandez-Zubieta A, Geuna A, Lawson C. What do we know of the mobility of research scientists and impact on scientific production [M]. *Global mobility of research scientists*. Elsevier. 2015: 1-33.

[9] 乔锦忠, 陈秀凤. 高层次学术人才流动是否影响学术生产?——以生命科学领域为例[J]. *大学与学科*, 2021, 2(03): 91-107.

[10] 黄海刚, 曲越, 白华. 中国高端人才的地理流动、空间布局与组织集聚[J]. *科学学研究*, 2018, 36(12): 2191-204.

[11] Canibano C, Otamendi J, Andujar I. Measuring and assessing researcher mobility from CV analysis: the case of the Ramon y Cajal programme in Spain [J]. *Research Evaluation*, 2008, 17(1): 17-31.

[12] Bozeman B, Dietz J S, Gaughan M. Scientific and technical human capital: an alternative model for research evaluation [J]. *International Journal of Technology Management*, 2001, 22(7-8): 716-40.

[13] Hsu J-Y, Saxenian A. The limits of guanxi capitalism: transnational collaboration between Taiwan and the USA [J]. *Environment and Planning A*, 2000, 32(11): 1991-2005.

[14] Saxenian A. International Mobility of Engineers and the Rise of Entrepreneurship in the Periphery [M]. *WIDER Research Paper*, 2006.

[15] Woolley R, TURPIN T, MARCEAU J, et

al. Mobility matters: Research training and network building in science [J]. *Comparative Technology Transfer and Society*, 2008, 6(3): 159-84.

[16] Fontes M, Videira P, Calapez T. The impact of long-term scientific mobility on the creation of persistent knowledge networks [J]. *Mobilities*, 2013, 8(3): 440-65.

[17] Andújar I, Cañibano C, Fernandez-Zubieta A. International stays abroad, collaborations and the return of Spanish researchers [J]. *Science, technology and society*, 2015, 20(3): 322-48.

[18] Cañibano C, Potts J. Toward an evolutionary theory of human capital [J]. *Journal of Evolutionary Economics*, 2019, 29(3): 1017-35.

[19] Lawson T. Economics: some considerations for going forward[J]. *Economics, the Situation is Serious*, ISRF Bulletin, Issue, 2015, 8: 22-32.

[20] Bauder H. The international mobility of academics: A labour market perspective [J]. *International Migration*, 2015, 53(1): 83-96.

[21] Lam A. Boundary-crossing careers and the 'third space of hybridity': Career actors as knowledge brokers between creative arts and academia[J]. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 2018, 50(8): 1716-41.

[22] 侯剑华, 耿冰冰, 张洋. 中国高校科技人才学缘结构和流动网络研究[J]. *农业图书情报学报*, 2021, 33(6): 66-80.

[23] Alipova O, Lovakov A. Academic inbreeding and publication activities of Russian faculty [J]. *Tertiary Education and Management*, 2018, 24(1): 66-82.

[24] Yudkevich M, Altbach P G, Rumbley L E. Academic inbreeding and mobility in higher education: Global perspectives [M]. Springer, 2015.

[25] Collins H M. The TEA set: Tacit knowledge and scientific networks [J]. *Science studies*, 1974, 4(2): 165-85.

- [26] Laudel G. Migration currents among the scientific elite [J]. *Minerva*, 2005, 43(4): 377–95.
- [27] Azoulay P, Zivin J S G, Sampat B N. The Diffusion of Scientific Knowledge across Time and Space [M]. *University of Chicago Press*, 2012.
- [28] Autant-Bernard C, Mairesse J, Massard N. Spatial knowledge diffusion through collaborative networks [Z]. *Wiley Online Library*. 2007: 341–50
- [29] Wang J, Hooi R, Li A X, et al. Collaboration patterns of mobile academics: The impact of international mobility [J]. *Science and Public Policy*, 2019, 46(3): 450–62.
- [30] Bernard M, Bernela B, Ferru M. Does the geographical mobility of scientists shape their collaboration network? A panel approach of chemists' careers [J]. *Papers in Regional Science*, 2020, 100(1): 79–99.
- [31] Mahroum S. Brain gain, brain drain: an international overview; proceedings of the Austrian Ministry for Transport, Innovation and Technology Seminar, Alpbach, Austria, F, 2003 [C].
- [32] Holden K. Lamenting the golden age: Love, labour and loss in the collective memory of scientists [J]. *Science as Culture*, 2015, 24(1): 24–45.
- [33] Yuan S, Shao Z, Wei X, et al. Science behind AI: The evolution of trend, mobility, and collaboration [J]. *Scientometrics*, 2020, 124(2): 993–1013.
- [34] 王路津, 裴瑞敏. 产学研协同的人工智能人才培养模式研究[J]. *中国科技人才*, 2021, (04): 42–53.

Research on high-level talent mobility's impact on scientific research performance in the global artificial intelligence field using structural equation model

Pei Ruimin¹, Cheng Hao^{2,*}

(1. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. National Academy of Innovation Strategy, China Association for Science and Technology, Beijing 100038, China)

Abstract: High-level talents in the artificial intelligence (AI) field are an essential scientific and technological strategic resource and a vital force supporting industrial development. From the perspective of high-level flow in the global artificial intelligence field, the paper constructs a conceptual model of the impact mechanism of mobility on scientific research performance. It uses the structural equation model and the partial least square algorithm to estimate model parameters. The study shows that: ① Mobility runs through the entire life cycle of a scientific researcher's career and can affect individual scientific research performance from the two dimensions: human capital and social capital. Still, the types of capital accumulated by mobility are different at different stages. In the education stage, mobility mainly improves the continuous human capital. In contrast, in the work stage, mobility seeks to improve its human capital and build a scientific research collaboration network to enhance the output and scientific influence by enhancing social capital. ② The industry-academia intersectoral mobility optimizes the allocation of scientific and technological human resources among the different sectors, promoting the scientific research output and research influence of scientific researchers. Although industry-academia intersectoral mobility can improve human capital and build a collaboration network, due to the different value systems of different sectors, the adaptation costs of entering a new environment are higher, so the impact on performance is slightly lower than that of non-intersectoral mobility. The conclusions of this study have specific implications for rationally promoting the conscience flow of researchers in emerging fields, improving the scientific research evaluation mechanism in the context of industry-academia integration, and focusing on industry-academia collaborative training of talents in emerging fields.

Key words: high-level talents; talent mobility; scientific research performance; artificial intelligence



国家高新区科技创新人才吸引力研究

——以湖南省典型国家高新区为例

杨留花, 石磊

(中国科协创新战略研究院创新人才研究所, 北京 100038)

摘要: 国家高新区是带动地区高质量发展的“排头兵”, 科技创新人才是推动高新区转型升级的关键核心资源。本文以湖南省典型国家高新区为例, 从个体感知视角, 基于调查问卷数据, 采用二元逻辑回归方法, 对高新区科技创新人才吸引力展开了研究。研究发现, 人才政策、个人发展, “乡土情结”以及在高新区工作年数等个体特征是吸引创新人才的关键变量, 创新环境和社会环境的影响未得到统计支持。针对高新区科技创新人才的关键吸引力, 本文从实施差异化人才政策、重视人才高层次需求、建设高层次创新人才社区、制定本土人才培养和回流计划等方面, 提出了针对性对策建议。

关键词: 国家高新区, 科技创新人才吸引, 人才政策, 个人发展

1. 研究背景

科技创新人才(以下简称“创新人才”)是战略性稀缺资源, 不仅是国家高新区实现创新驱动发展的核心力量, 也是国家高新区形成国际竞争力的关键力量。近年来, 人才争夺愈发激烈, 国家高新区为赢得人才竞争优势, 纷纷出台多元、多样的人才引进政策提升对人才的吸引力。围绕“安居”和“乐业”, 通过完善长期安居环境^[1]、重视人才引育一体化^[2]、建设“人才特区”^[3]等方面措施, 竭力为人才的生活工作提供双重保障。然而, 各国高新区如何基于自身特色, 并兼顾人才发展需求, 形成独特的创新人才吸引力, 避免同质化竞争, 成为当下国家高新区关注的重点问题。

高新区科技创新人才吸引是创新人才受多种因素影响, 从不同地区向高新区流动, 并发挥其

集聚效应的过程^[4]。创新人才集聚不仅有助于人才实现自身价值, 还能提升高新区科技创新效能, 促进区域经济社会高质量发展。因此, 深入剖析影响国家高新区创新人才吸引的关键因素, 有利于进一步明确国家高新区创新人才政策的着力点, 合理优化资源配置。

2. 文献回顾与研究假设

2.1 科技创新人才的概念

对于科技创新人才, 学术界尚未形成统一的界定。孙殿超认为创新是科技人才的内核, 科技创新人才不仅强调其创新的主要追求, 而且要关注其所处行业领域的卓越领先地位^[5]。王广民等在实证研究中发现, 创新意识和能力、敏锐的观察力、深厚的专业积累与稳定的研究方向、严谨的

作者简介: 杨留花, 女, 博士, 助理研究员, 中国科协创新战略研究院创新人才研究所, 研究方向为科技人才。

石磊, 女, 博士, 副研究员, 中国科协创新战略研究院创新人才研究所, 研究方向为科技人才、科技外交。

方法和系统思维能力是创新型科技人才具备的典型特质^[6]。国外学者Gallardo-Gallardo、Cadorin等人将科学园区创新人才特征概括为科技专长、商业经验、创造力与认知力、领导力、沟通与合作技能、动力和动机等方面^[7-8]。从我国各地高新区人才引进政策来看,不同政策文件中,科技创新人才的表述也存在差异性,且具有丰富的内涵。如苏州高新区《关于加快集聚高端和急需人才的若干意见》将创新创业人才划分为顶尖人才、领军人才、高层次人才和紧缺人才;长沙市《高层次人才分类认定目录》设置了国际顶尖人才、国家级领军人才、省市级领军人才、高级人才4个层次人才分类,各类人才认定标准均需符合从事科技工作且具备创新、卓越的特征等要求。

本文参考陈云等的做法^[9],结合学者观点和各地引才政策文本内容,认为科技创新人才是具有一定的专业知识或专门技能,服务于科技创新价值链各个环节,主要从事科学研究、工程设计与技术开发、科技服务、科技管理、科技普及、科技成果转化、科研支撑等工作的人才。实证研究中,从学历资格角度,将大专及以上学历视为创新人才。

2.2 高新区创新人才吸引力研究

以往研究认为科技人才的流动和集聚是制度环境^[10]、经济环境^[11]、社会环境^[12]、文化环境^[13]、科技环境^[14]、组织环境^[15]、市场环境^[16]等因素综合作用的结果。高新区以高新技术产业为主导,根据马歇尔的产业区理论,大量专业人才会因为产业集聚而集聚,而产业又会因为人才集聚的形成而更好的集聚,彼此相互作用、相互依赖、相互发展,具有“共生效应”。高新区在创新人才吸引方面,遵循科技人才集聚的共性规律,但同时也因其特殊而需要进一步研究,已经得到了学者的关注。张樨樨等在研究高新技术产业人才集聚中的发展环境问题时,认为教育环境、科研环境、高新技术产业环境、经济环境和生活环境构成关键要素,并基于这五个维度构建了发展环境

综合评价指标体系,采用定量方法对我国各地区人才集聚的发展环境进行了比较分析^[17]。高技术企业是高新区吸引人才的重要主体,孔军等以中关村科技园区的企业为研究对象,分别从企业发展的外部环境、企业自身组织因素以及个人主客观因素分析了高技术企业人才流失的影响因素,并提出应建立人才流失的控制机制帮助高新技术企业留住人才^[18]。除了宏观、中观层面,部分学者从人才政策角度展开了研究。如张同全等通过对山东科技园区的研究发现,被调查者对人才引进、激励政策的满意度较高,对人才流动和人才培养政策的满意度较低。同时发现人才政策多集中在引进、激励、创业等方面,而人才后续的培养发展与流动缺乏有效的政策导向^[19]。李燕萍等采用内容分析法对中关村和东湖高新区的人才政策进行了定量比较分析,指出高新区人才政策要保持引领性,要融入当地经济社会发展政策,并根据不同的人才群体需求进行专门化、差异化、精细化设计,以在更大范围内吸引高端人才^[20]。童蕊等则是基于舒适物理论,提出高新区应从基础设施舒适物、文化舒适物、社会舒适物、制度舒适物等四个方面完善人才政策框架^[21]。

高新区人才吸引力受经济、社会、科技、产业、企业、政策等多因素影响,各学者基于定性分析方法或多指标评价方法,从产业、企业、政策等视角开展了研究,但仍存在一定不足。一是大多学者基本上将人才作为整体考虑,缺乏对人才的细分研究,已有学者指出,不同类型、不同层次人才需求存在差异性,人才吸引力各有侧重,需要因地制宜^[20]。二是相关定量研究方法主要是基于城市、环境、经济等各个方面的客观指标展开的,对国家高新区引才特色关注不足,且从微观层面出发的研究较少,人才集聚最终是主观选择的结果,人才感知到城市、产业、政策的吸引力,才会主动流入。因此,个体的主观感知差异是开展相关研究的重要视角。鉴于此,本研究从个体视角,以湖南省国家高新区创新人才为研究对象,基于调查问卷数据,就国家高新区创

新人才吸引力展开实证研究, 以期对相关政策的制定提供有益启示。

2.3 研究假设

在借鉴现有学者对高新区人才吸引影响因素研究基础上, 从个体视角对政策、经济、社会、文化、组织等各个因素进行了总结归纳, 将其整合为人才政策、创新环境、社会环境、个人发展四个维度, 同时, 结合人才的个体特征, 提出如下五个假设。

首先, 人才政策对高新区创新人才有显著吸引力(H1)。人才政策是政府为了实现区域内人才集聚和提升区域创新能力的有力工具之一^[22]。从信号理论来看, 人才政策通过政府背书, 为资源要素尤其是人力资源要素的集聚和虹吸效应奠定了基础^[22]。人才引进政策体系可以分为保障性和激励性两类型^[23]。保障性政策, 旨在满足创新人才生活需求、家庭稳定, 具体包括购房补贴、租房优惠/补贴、人才公寓/安置房等人才住房政策, 子女入学便利、社保医保优惠、引进落户等人才服务政策。激励性政策, 旨在促进创新人才充分发挥创新潜力, 具体包括创业启动资金、研发经费补助等创业扶持政策, 薪酬补贴、学历补贴等人才补贴政策。对个体而言, 人才引进力度越大、激励手段越丰富、保障措施越完善, 越能吸引创新人才。

其次, 创新环境对高新区创新人才有显著吸引力(H2)。美国新经济地理学派克鲁格曼认为, 为降低生产及运输成品投入而聚集在一起协同生产的企业会产生大量用工需求, 企业为员工提供较高的待遇和发展机会则会吸引大量具有专业知识、技能的人才, 与物质资本一样, 人力资本也因此形成空间上的聚集^[24-25]。创新人才服务于科技创新价值链各个环节, 具有稀缺性、专业性、增殖性等特点^[26]。国家高新区具备高新技术和产业优势, 为科技创新人才提供了高水平的事业平台和发展机会, 同时人才间的交互交流也会产生新的思想, 为创新人才更高层次的发展需要

提供了有利条件。此外, 相关研究表明, 对于高层次人才而言, 优越的创新创业环境是其事业发展的重要保障^[22]。因此, 高新区创新环境越好, 越能对创新人才产生吸引力。

然后, 社会环境对高新区创新人才有显著吸引力(H3)。社会环境既是创新人才赖以生活和发展的必备条件, 也是满足创新人才高品质生活需求的重要载体。城市吸引人才的重要理论舒适物理论认为, 除了经济条件外, 生活机会逐渐成为吸引人才的重要因素, 特别是对于那些敢于创新、富有创造力的创造阶层和高知阶层, 城市的人文环境和氛围尤其重要^[27]。已有研究表明, 高素质人才比一般人才更重视生活水平, 很多接受过高等教育的人才为追求更高品质的城市舒适物宁可忍受高昂的房租^[28]。高新区所在城市的房价、交通、医疗卫生条件、休闲娱乐、政府服务等社会环境和社会条件越好, 城市越宜居, 对创新人才的吸引力也越强。

再次, 个人发展对高新区创新人才有显著吸引力(H4)。根据马斯洛的需求层次理论, 需求是由低级向高级需求发展的, 人们满足了低级需求时才有高级需求。已有研究表明, 个人自身职业发展、薪酬水平、管理者对人才的重视程度、人际交往、个人工作感知压力、工作成就感等因素都会影响人才吸引^[29-30]。创新人才的个人发展情况与其所在的组织有直接联系。组织所提供的工作氛围和工作发展机会越好, 越能满足创新个体人际交往、尊重、自我实现等需求, 各类创新人才的获得感、成就感和归属感越强, 创新人才的粘性便越强。

最后, 一些个体特征对高新区人才吸引有显著影响(H5)。本研究假设, 已在高新区工作年数、早期本地的生活学习经历等个体特征, 是吸引和留住创新人才的重要因素。已有研究表明, 年龄会通过心理成本影响人口迁移, 即人们会因不愿意离开自己熟悉的环境, 离开家人、亲朋好友和已经建立的社会网络而产生心理障碍, 年龄越大, 心理成本越高, 从而阻碍迁移^[31]。本研究

假设心理成本同样会通过年龄影响高新区创新人才的离职意愿。另一方面，乡土情结包含不轻易离开家乡和虽然离开故乡，但只将异乡视为“寓所”，仍对故乡有深厚的情感认同之意^[32]，且具有乡土情结越高的人希望通过多种方式回馈故乡的意愿越强^[33]。类似地，本研究采用十八岁以前主要居住地表征乡土情结，并假设高新区对具备这种情感认同的创新人才更具吸引力。

综上所述，高新区创新人才集聚与人才政策、创新环境、城市社会环境、个人发展机会以及个体特征紧密相关。进一步地，本文将依托调查问卷数据，就上述假设展开实证研究。

3. 数据来源与研究方法

3.1 省份选取及基本情况

2020年9月，习近平总书记在湖南考察时提出了“三高四新”发展战略，即要“着力打造国家重要先进制造业、具有核心竞争力的科技创新、内陆地区改革开放高地，在推动高质量发展上闯出新路子，在构建新发展格局中展现新作为，在推动中部地区崛起和长江经济带发展中彰显新担当，奋力谱写新时代坚持和发展中国特色社会主义的湖南新篇章”。国家高新区是带动地区发展提质增效的“排头兵”。当前湖南省共有八个国家高新区，其中长沙高新区于1991年通过审批，是我国首批27个国家级高新区之一，随后株洲高新区、湘潭高新区、益阳高新区等七个高新区先后获批，最终形成现有的发展格局。依托工程机械、电子信息、装备制造、新材料等高新技术产业，湖南省国家高新区成为湖南经济创新发展的重要支撑和增长极。高新技术产业的高质量发展离不开大量高素质人才的支撑。近年来，湖南各市、各国家高新区出台了长沙高新区“555人才计划”、《长沙市争创国家吸引集聚人才平台若干政策（试行）》、《益阳市人才行动计划》、“中国动力谷人才计划”等一系列人才政策和

具体举措，持续加大对创新人才的吸引力度。据《中国火炬统计年鉴》统计，2020年湖南省国家高新区末企业从业人员规模达77.8万人，大专以上学历占比55.9%；企业从事科技活动人员总量为14.2万人，R&D人员占比69.7%。以长沙高新区为例，2021年，长沙高新区人才总量突破20万，高层次人才数量居全省园区首位，人才净流入量居全国高新区前十，在人才资源支持下，长沙高新区综合实力持续提升^[34]。

综上，本文以湖南省国家典型高新区为例。开展研究。吸引和留住国家高新区创新人才，发挥科技人才的集聚效应，不仅对湖南省高新区高质量发展具有重大现实意义，且为其他省份高质量发展提供了一定的借鉴意义。

3.2 数据来源

研究主要基于个体主观感知，因此采用调查问卷方式获取数据。调查问卷共包含两部分：第一部分对人才政策概念进行介绍，并了解受访对象对湖南省高新区人才政策的了解及实际享受情况；第二部分是相关变量的测量项。问卷正式发放前，先对当地部分国家高新区创新人才进行预调研，并对量表中的问题进行了调整，以确保测量项内容被准确理解。正式问卷于2021年8月27日至9月8日之间发放。由于被调查对象为湖南省典型国家高新区创新人才，为更好地获得目标群体，通过线上问卷开展了此次调查。调查过程中实际共发放和收回问卷381份，基于目标群体、答题时长、问题的逻辑性等要求，剔除无效问卷143份，最终获得有效问卷238份，有效率为62.5%。样本主要覆盖湖南省长沙高新区和益阳高新区。有效样本量符合开展统计分析要求^[35]。样本的统计特征见表1。

3.3 变量测量及模型选择

本研究采用Likert五级量表形式对人才政策、创新环境、社会环境、个人发展这四个创新人才吸引力因素展开测量，1、2、3、4、5分别代表

表1 样本的统计特征 (N=238)

属性	说明	频数	比例 (%)
性别	男性	84	35.3
	女性	154	64.7
年龄	18~25岁	204	8.4
	26~30岁	61	25.6
	31~40岁	127	53.4
	41~50岁	26	10.9
	51岁及以上	4	1.7
婚姻状况	已婚	176	73.9
	未婚	58	24.4
	其他	4	1.7
受教育程度	大专	55	23.1
	本科	145	60.9
	硕士及以上	38	16.0
已在高新区工作年数	不足1年(包含)	24	10.1
	1~3年(包含)	70	29.4
	3~5年(包含)	62	26.1
	5~10年(包含)	50	21.0
	10年以上	32	13.4
18岁以前的主要居住地	本地	82	34.5
	外地	156	65.5

注：根据调查问卷数据整理。

“很不满意” “不满意” “一般” “满意” “很满意”，实证研究过程中，将“很不满意”和“不满意”赋值为1，“一般”赋值为2，“满意”和“很满意”赋值为3。控制变量主要选取了性别、年龄、受教育程度、已在高新区工作年数、18岁以前主要居住地来反映个体的社会人口特征。其中，性别 (gender) 变量，男性赋值为0，女性赋值为1；年龄 (age) 变量，18~25岁赋值为1，26~30岁赋值为2，31~40岁赋值为3，41~50岁赋值为4，51岁以上赋值为5；受教育程度 (edu) 变量，大专赋值为1，本科赋值为2，硕士

及以上赋值为3；已在高新区工作年数 (wyears) 变量，不足1年赋值为1，1~3年赋值为2，3~5年赋值为3，5~10年赋值为4，10年以上赋值为5；18岁以前主要居住地 (home) 变量，本地赋值为1，外地赋值为0。

因变量为创新人才吸引力 (Y)，本研究借鉴人力资源研究中成熟的辞职意向量表测量方法^[36]，询问受访对象“您十分认真地考虑离开高新区工作的频率”，测量题项设置从“从无”到“极为频繁”，频率逐步增强，以此确定高新区对创新人才的吸引程度。实证研究过程中，进一步将其转化为二分变量，对选择“从无”选项的受访者赋值为1，体现高新区对创新人才的吸引力，而将选择其他选项的受访者赋值为0，0和1的频率分布分别为74.4%和25.6%。

考虑到研究问题及变量属性，本研究采用二元逻辑回归方法，分析自变量和因变量之间的相互关系。研究所用的模型如下：

$$\text{logit} (Y_i=1) = \alpha + \beta_{1i} \cdot X_{1i} + \dots + \beta_{4i} \cdot X_{4i} + \theta_i \cdot \text{indi} + \mu$$

其中，下标*i*表示第*i*个调查对象， α 是常数项， β_{ni} ($n=1, 2, 3, 4$) 和 θ_i 分别是各解释变量的系数， u 是随机误差项。被解释变量 Y_i 表示高新区对创新人才的吸引力， X_1-X_4 是解释变量，分别代表人才政策、创新环境、社会环境和个人发展因素。 indi 是控制变量，分别为性别 (gender)、年龄 (age)、受教育程度 (edu)、已在高新区工作年数 (wyears) 和18岁以前主要居住地 (home)。

4. 基于回归方程模型的实证研究

4.1 信度和效度分析

基于上文提出的吸引创新人才的四个维度，本文相应形成了人才政策、创新环境、社会环境和个人发展四个因子，并采用验证性因子分析方法展开分析。删除不合理测量项后，最终保留了22个题项。各因子测量变量的信度和效度检验结

果见表2。Cronbach's α 值是用来判定测量指标之间内在一致性的常用指标,人才政策、创新环境、社会环境和个人发展的Cronbach's α 值分别为0.941、0.957、0.886和0.955,均大于0.8,表明量表信度良好。收敛效度各项指标,因子载荷均大于0.6,平均萃取变异值AVE均大于0.5,组成信度CR均大于0.7,表明各变量具有良好的收敛效度。

4.2 假设检验

表3显示了二元逻辑回归分析的结果。模型1为基准模型,解释变量仅包含人才政策、创新环境、社会环境和个人发展四个因素。模型2在模型1的基础上增加了已在高新区工作年限和18岁以前主要居住地这两个变量,模型3在模型2的基础上继续增加了年龄和受教育程度这两个控制变量。根据三个模型的H-L test值可知,每个模型的H-L test值均大于显著性水平,表明模型拟合度较好。

表2 观测变量信度和效度检验结果

变量	测量题项	因子载荷	Cronbach's α	AVE	CR
人才政策	创业扶持	0.867	0.941	0.850	0.958
	住房保障	0.943			
	人才补贴	0.933			
	人才服务	0.942			
创新环境	高新技术研发实力	0.936	0.957	0.888	0.970
	高新技术产业化水平	0.961			
	产业集聚水平	0.942			
	创新创业氛围	0.931			
社会环境	房价水平	0.729	0.886	0.606	0.915
	空气质量	0.780			
	交通便利	0.680			
	医疗卫生	0.842			
	基础教育	0.856			
	休闲娱乐	0.796			
	政府办事效率	0.751			
个人发展	培训机会	0.911	0.955	0.791	0.964
	实践机会	0.945			
	专家指导	0.914			
	职级晋升	0.890			
	薪酬待遇提高	0.850			
	工作成就感	0.891			
	人际关系	0.820			

注:根据SPSS软件分析结果整理。

根据上述三个模型的回归结果, 人才政策和个人发展因素均通过了显著性检验, 表明这两个变量在吸引创新人才方面有显著的促进作用, 表明假设H1、H4得到验证; 而创新环境和社会环境并没有得到统计支持, 假设H2、H3未得到验证。模型2和模型3表明, 性别、已在高新区工作年数和18岁以前主要居住地这三个变量对吸引创新人才有显著的正向影响, 而年龄和受教育程度, 均在统计上不显著, 假设H5得到验证。

4.3 实证结果分析

基于湖南省典型国家高新区的实证研究结果表明, 个人发展和人才政策是吸引创新人才的关键要素。个人发展意味着尊重人才、关爱人才, 为人才提供良好的成长环境和发展平台, 尽可能满足人才高层次的发展需求, 以增强创新人才成就感和获得感, 这种以个人发展为导向, 驱动个体内生动力的方式, 对创新人才最有吸引力。因此, 从组织层面来看, 聚焦个人发展是吸引创新

表3 二元逻辑回归结果

变量	模型1	模型2	模型3
人才政策	0.803* (0.417)	0.924** (0.431)	0.803* (0.428)
创新环境	-0.471 (0.503)	-0.613 (0.521)	-0.853 (0.533)
社会环境	0.783 (0.625)	0.468 (0.636)	0.514 (0.656)
个人发展	0.963* (0.556)	1.069* (0.567)	1.204** (0.580)
性别			0.686* (0.392)
年龄			-0.059 (0.222)
受教育程度			0.194 (0.257)
已在高新区工作年数		0.343** (0.146)	0.369** (0.164)
18岁以前主要居住地		0.688** (0.333)	0.645* (0.337)
常数项	-6.468*** (1.405)	-7.157*** (1.458)	-7.429*** (1.561)
H-L test	4.655 (p=0.702)	10.429 (p=0.236)	11.831 (p=0.159)
-2 Log likelihood	239.868	230.309	226.639
Nagelkerke R ²	0.180	0.231	0.250

注: 根据SPSS软件分析结果整理。***表示 $p < 0.01$; **表示 $p < 0.05$; *表示 $p < 0.10$ 。括号中的数值为标准误差。

人才的重要思路。同样，人才政策也是吸引创新人才的关键要素。近年来，随着全国人才竞争进入白热化阶段，长沙高新区和益阳高新区结合自身定位和产业发展，不断升级引才政策，差异化引才策略，进一步突出引才政策精准性，以尽可能满足各类人才的保障和激励需求，对吸引和留住创新人才起到了积极作用。因此，因地制宜提高精准性是发挥人才政策引才作用的关键。

表3可知，创新环境和社会环境对创新人才的吸引力并未得到统计支持。由于本研究基于受教育程度将大专及以上学历人才界定为创新人才，且样本以大专和本科为主，对于这类人才，可能更关注政府层面提供的政策性支持以及组织层面提供的工作机会，而不是像高层次人才那样注重创新创业环境^[22]和生活品质。

此外，从个体特征来看，值得注意的是，已在高新区工作年数越长、18岁以前主要居住地为本地的创新人才，离开高新区的可能性越小。在高新区工作的时间越长，离开高新区要面临更高的心理成本，因而越倾向于留在高新区。18岁以前主要居住地为本地这一变量，表明创新人才早期在本地的生活和学习经历所形成的乡土情结使其更愿意到本地高新区工作。这就意味着高新区在吸引本土创新人才上更具优势。

5. 政策建议和不足

本文从个体微观层面出发，研究湖南省典型国家高新区人才政策、创新环境、社会环境、个人发展以及个体特征因素如何吸引创新人才。基于调查问卷数据和二元逻辑回归模型结果，研究发现，人才政策、个人发展，以及已在高新区工作年数、18岁以前主要居住地等变量对湖南省典型国家高新区创新人才集聚具有重要积极作用。

本文的研究结论对湖南省典型国家高新区以及全国其他国家高新区具有一定的启示。

(1) 要充分发挥引才政策的积极作用，因城施策，错位发展，提升人才政策的精准性。一是

聚焦高新区自身发展定位和实际需求，制定差异化、多元化的人才政策，对产业急需紧缺人才，依托重点企业引才并给予配套支持；对引才资源有限的高新区，要以搭建更有利于人才发展的事业平台的激励方式吸引集聚创新人才，通过“留住一个人才，带活一个产业，用活一群人”的体系化设计，盘活存量人才资源，形成人才乘数效应。二是要进一步强化高新区政府职能，积极落实人才保障和激励政策，有效提升人才工作和人才服务效率和满意度，提高政府在创新人才吸引中的威信和亲和力。

(2) 高度重视人才高层次需求，为人才提供良好的成长环境和发展机会，激发人才内生动力，确保人才留得住。要重点聚焦个人发展，切实解决人才最关心的薪酬、职级职称、个人能力、人际关系等方面问题，提升高新区创新人才的获得感和成就感。近年来，长沙高新区围绕推进企业创新积分制试点、创新人才培养模式、创新人才分类评价改革、扩大民营企业职称评选比例、探索“柔性用才”“项目赛马”等制度、鼓励企业高层次人才工资分配制度等方面积极探索和实践，不断完善创新人才培育和使用机制，相关经验可以为其他国家高新区吸引创新人才提供有益借鉴。

(3) 持续优化创新环境和社会环境，为高层次创新人才提供优越的工作和生活条件，提升国家高新区对高层次人才的吸引力。一是强化国家高新区科技引领，赋能产业高端化发展，加快提升高新区各类创新载体对高层次创新人才的吸纳能力。二是建设国家高新区高层次创新人才社区，打造宜居宜业、产创融合、服务聚合的人才发展生态，满足高层次创新人才对高品质生活的要求。

(4) 不断优化人才发展环境，深入挖掘本土创新人才和高新区存量人才资源，精准引才引智。一是唯才是举，给予本土人才、存量人才和引进人才同等尊重和待遇，为各类人才创造公正

平等的制度环境,营造竞争择优的用才环境。二是制定切实可行的本土人才培养和回流计划,依托本地高校,围绕高新区产业发展重点领域有针对性地培养创新人才,依托高新区重点企业、重点项目,搭建引才引智平台,瞄准本籍在外的优秀人才开展引才引智工作。

受样本量限制,研究未能进一步揭示高层次创新人才,特别是硕士及以上学历群体,其主观感知与其流动意愿的关系,以及不同层次创新人才流动意愿关键影响因素的差异。未来,可进一步扩大调查面,就上述问题展开分类比较研究。

责任编辑:李琦 校对:李琦 宋子阳

参考文献

[1] 关于进一步推进实施苏州工业园区“金鸡湖人才计划”的意见[EB/OL].(2021-11-29)[2022-9-22].<http://www.sipac.gov.cn/szgyqytyq/rczc/202111/95ce50eccd944f8fb9cab7240718e534.shtml>.

[2] 聚焦高质量发展“人才争夺战”迎三大变革[EB/OL].(2018-05-16)[2022-09-22].<https://www.sc.gov.cn/10462/10464/11716/11718/2018/5/16/10451050.shtml>.

[3] 青岛高新技术产业开发区管理委员会关于印发《青岛高新区关于振兴实体经济进一步推动“人才特区”建设的若干政策》的通知[EB/OL].(2022-07-19)[2022-09-22].http://gxq.qingdao.gov.cn/xxgk_113/zwxz_113/tzgg_113/202207/t20220719_6274188.shtml.

[4] 霍丽霞,王阳,魏巍.中国科技人才集聚研究[J].首都经济贸易大学学报,2019,21(05):13-21.

[5] 孙殿超,刘毅,王春明.粤港澳大湾区科技创新人才政策演化特征及关系网络分析[J].世界科技研究与发展,2022,44(02):199-209.

[6] 王广民,林泽炎.创新型科技人才的典型特质及培育政策建议——基于84名创新型科技人才的实证分析[J].科技进步与对策,2008(07):186-

189.

[7] Gallardo-Gallardo E, Dries N, Gonzalez-Cruz T F. What is the meaning of 'talent' in the world of work?[J].Human resource management review, 2013,23-(4):290-300.

[8] Cadarin E, Klofsten M, Lfsten H. Science Parks and talent attraction—an international study[C]. Paper for the 36th IASP World Conference (International Association of Science Parks and Areas of Innovation), 2019.

[9] 陈云,黄意夏,郭嘉宁.我国区域科技创新人才政策比较分析[J].武汉理工大学学报(社会科学版),2022(05):88-95.

[10] 牛冲槐,江海洋,王聪.科技型人才聚集环境及聚集效应分析(一)——制度环境对科技型人才聚集效应的影响分析[J].太原理工大学学报(社会科学版),2007(03):16-20.

[11] 牛冲槐,唐朝永,芮雪琴.科技型人才聚集环境及聚集效应分析(二)——经济环境对科技型人才聚集效应的影响分析[J].太原理工大学学报(社会科学版),2007(04):1-5.

[12] 牛冲槐,曹阳,郭丽芳.科技型人才聚集环境及聚集效应分析(三)——社会环境对科技型人才聚集效应的影响分析[J].太原理工大学学报(社会科学版),2008(01):22-26.

[13] 牛冲槐,王燕妮,杨春艳.科技型人才聚集环境及聚集效应分析(四)——文化环境对科技型人才聚集效应的影响分析[J].太原理工大学学报(社会科学版),2008(02):1-4.

[14] 牛冲槐,赵彩艳,樊艳萍.科技型人才聚集环境及聚集效应分析(五)——科技环境对科技型人才聚集效应的影响分析[J].太原理工大学学报(社会科学版),2008(03):5-9.

[15] 牛冲槐,李乾坤,张永红.科技型人才聚集环境及聚集效应分析(六)——组织环境对科技型人才聚集效应的影响分析[J].太原理工大学学报(社会

科学版),2008,26(04):1-5.

[16] 牛冲槐, 张永胜.科技型人才聚集环境及聚集效应分析(七)——市场环境对科技型人才招聘效应的影响分析[J].太原理工大学学报(社会科学版),2009,27(01):10-12.

[17] 张樨樨, 韩秀元.高新技术产业人才集聚发展环境综合评价研究[J].山东大学学报(哲学社会科学版),2013(05):94-105.

[18] 孔军, 边婷婷.北京中关村科技园高技术人才流失影响因素的研究[J].北京联合大学学报,2014,28(01):60-63+69.

[19] 张同全, 石环环.科技园区创新人才开发政策实施效果评价——基于山东省8个科技园区的比较研究[J].中国行政管理, 2017(06):85-89.

[20] 李燕萍, 郑安琪, 沈晨, 等.国家自主创新示范区人才政策评价——以中关村与东湖高新区为例(2009-2013)[J].武汉大学学报(哲学社会科学版),2016,69(02):85-89.

[21] 童蕊, 李新亮.基于舒适物理论的高新技术开发区人才政策体系分析[J].江汉大学学报(社会科学版),2015,32(04):23-28+123.

[22] 乐菡, 黄明, 李元旭.地区“人才新政”能否提升创新绩效?——基于出台新政城市的准自然实验[J].经济管理, 2021, 43(12): 132-149.

[23] 孙锐, 孙雨洁.青年科技人才引进政策评价体系构建及政策内容评估[J].中国科技论坛, 2020(11): 120-128+146.

[24] Krugman P R. Increasing Returns and Economic Geography[J].Journal of Political Economic History,1991,58(3):659-683.

[25] Krugman P. History and Industry Location: The Case of the Manufacturing Belt[J]. American Economic Review,1991,81(2):80-83.

[26] 牛冲槐, 杨彦超, 杨玲.中西方科技环境对科技型人才招聘效应的影响比较分析[J].中国科技论坛,2010(03):106-111.

[27] 理查德·佛罗里达.创意阶层的崛起[M].北京:中信出版社,2010.

[28] Glaeser E L, Kolko J, Saiz A.Consumer city[J].Journal of Economic Geography,2001(1):27-50.

[29] 朱云, 俞明传.人才流动影响因素研究——一项来自长三角城市的实证[J].上海商业, 2019(02): 4-11.

[30] 李浙芳.城市青年人才吸引力评价指标体系的构建与测度研究[D].浙江大学, 2022.

[31] 康传坤.人口老龄化会阻碍城市化进程吗?——基于中国省级面板数据的实证研究[J].世界经济文汇, 2012(01): 91-105.

[32] 罗晓翔.乡土情结与都市依恋:论晚明以降的中国城乡观[J].江海学刊, 2020(04):195-204+255.

[33] 姜法芹.幸福经济学视角下的乡土情结[J].农业经济, 2017(02): 91-93.

[34] 10亿补贴!长沙高新区发出“千博万硕”“招才帖”![EB/OL].(2021-12-22)[2022-11-17].
<http://kjcy.cshtz.cn/bstPortalWeb/ArticlesInfo?ID=1480456363929759744>.

[35] 王孟成.潜变量建模与Mplus应用,基础篇[M].重庆:重庆大学出版社,2014.

[36] Spector P E, Dwyer D J, Jex S M. Relation of job stressors to affective, health, and performance outcomes: a comparison of multiple data sources[J]. Journal of Applied Psychology,1988,73(1):11-19.

Analysis of the attraction of innovative talents in national high-tech zones: A case study of Hunan Province

Yang Liuhua, Shi Lei

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

Abstract: The national high-tech zone is the pioneer of high-quality development in the region, while the science and technology innovative talents are the key core resources to promote the transformation and upgrading of the high-tech zone. Taking typical Hunan national high-tech zone as an example, based on questionnaire data, this paper adopts the binary logistic regression method to study the attraction of science and technology innovative talents in the high-tech zone from the perspective of individual perception. The study found that talent policy, personal development, as well as local plot, years working in the high-tech zone were the major variables affecting the accumulation of innovative talents, while the impact of innovation environment and social environment was not statistically supported. In view of the key attraction of innovative talents in high-tech zone, this paper puts forward some suggestions, such as implementing the differentiated talents policy, attaching importance to the high-level needs of talents, building a high-level innovative talent community, and making plan of local talents training and returning.

Key words: national high-tech zone; science and technology innovative talents attraction; talent policy; personal development

全球科研人员流动整体格局及 中国流动特征研究

温馨¹，康海霞²

(1. 中国科学院科技战略咨询研究院，北京 100190；2. 中国科学学与科技政策研究会，北京 100080)

摘要：在当今全球科技竞争的态势下，科研人员作为一国科技发展的源动力，是国家占据科技产业制高点的关键。然而，少有研究从历史周期角度，以量化的方式对全球科研人员流动格局演变进行研究。本文利用1920—2020年Scopus数据库收录的所有期刊文献数据构建作者发文地址序列，借助这一序列量化探究全球百年间科研人员流动格局，并进一步从流动类型、流动科研人员所属学科分布等角度针对中国科研人员流动特征展开分析。研究发现，①参与流动的学科分布愈发多元化，参与全球科研人员流动的国家和人才规模越来越大，科技全球化的趋势在百年尺度下非常明显；②美国、英国、德国等科技发达的欧美国家始终是过去一百年间科研人员主要流动国，以日本、韩国为代表的东亚国家直至上世纪八十年代才进入主要科技流动国家序列，但美国始终是二战以来全球科技流动的中心；③中国科研人员流动自改革开放以来规模增速极快，并在21世纪以来成为全球科研人员流动的主要参与国之一。文章对全球科研人员整体流动格局的刻画也从侧面揭示了科技人才流动与国家科技实力和开放程度之间的强关联性，能更好帮助理解科研人员跨国流动规律，助力人才强国战略实施。

关键词：人才流动，科研人员，跨国流动，文献计量

1. 引言

国际科研人员流动是世界范围内知识流动的关键驱动力，科研人员也是一国科技发展的关键^[1]。在当前科技竞争关乎全球各国竞争格局的背景下，各国政府及国际组织开始关注科研人员的流动情况，大力培养及引进科研人员。我国实施创新驱动发展战略的实质也在于人才驱动^[2]。习近平同志指出：“人才是实现民族振兴、赢得国际竞争主动的战略资源”^[3]。因此，明晰世界范围内科研人员流动格局，探究中国科研人员流动情况特征将有助于更好理解科研人员流动规律，对制定有效的科技人才政策进而建设创新型国家、实现中华民族伟大复兴有

重要现实意义。

国内外众多学者针对国际科技人才流动展开多角度研究。部分学者从国家或城市层面对科研人员流动状况进行分析，如高懿^[4]对国际和中国科研人员流动现状进行分析，认为随着我国全球化程度的加深以及人才治理体系和创新环境的提升，我国与国际科研人员交流愈发增多；田瑞强等^[5]通过对海外华人高层次科研人员履历数据进行分析，发现海外华人高层次科研人员主要集中在美国、英国、中国、新加坡和瑞士，这一部分人多处于职业发展上升期，科研产出水平出色且流动性极强；Verginer和Riccaboni^[6]从城市层面对全球科研人员流动网络进行测度，发现全球性城市

作者简介：温馨，女，中国科学院科技战略咨询研究院研究生，研究方向为科技创新政策。

康海霞，女，中国科学学与科技政策研究会科研助理，研究方向为管理科学与工程。

能吸引更多科研人员,从而保持在科技竞争中的优势。部分研究聚焦于科研人员政策上,杜红亮和赵志耘^[7]系统分析了中国海外高层次科研人员政策执行效果情况,从政策本身、政策制度和实施的主体等方面探讨政策制定实施所存在的问题及产生的原因。此外,有研究聚焦在探索科技人员流动的影响因素上,发现地区宏观经济、文化教育和科技创新环境、宜居环境等因素会影响科研人员流动,尤其是文化教育和科技创新环境好的地区对科研人员更具吸引力^[8-9]。Vaccario等^[10]则在个人微观层面对影响科研人员流动的因素进行探究,发现地理距离和年龄是影响科研人员流动意愿的主要因素,地理距离越远,科研人员年龄越大,则越不倾向于流动。然而,现有研究尚未从国家视角出发研究长历史周期下全球科研人员流动的格局,并特别针对中国情况进行探究。

科研人员流动形式在不断演变后变得愈发复杂。科研人员流动在中世纪的欧洲大学里开始出现^[11],那时流动形式较为单一,流动规模也较小。直到二十世纪英语在全世界通行且互联网出现使得国际间交流成本大大降低后,这一现象才变得普遍且形式丰富起来^[12]。科研人员在国际的流动不是单向的,而是有多种模式,包括从发展中国家流向发达国家的^[13]、有从发达国家流向发展中国家的以及人才环流的模式^[14-15]。对于科研人员流动现象的解读和分析在考虑到不同国家之间科技、经济、文化、政治等宏观因素影响,以及科技人员所属学科特性及不同时期和不同职业生涯阶段等微观因素的影响后更是繁杂。

鉴于此,本文提出了一种新的基于时间段的科研人员流动分类方式,利用作者发表文献所属的地址信息来确定科研人员流动情况,并依据流动情况将科研人员流动模式分成“静止型”“移民型”“回流型”和“弱流动型”四类,以便更好区分四种科研人员流动类型下的流动情况差异。并进一步地依据这一方法对过去百年全球科研人员流动情况进行刻画,构建全球科研人员主要流动网络来探究各国及各时间段科研人员流动

格局和流动类型的变化。在此基础上,针对中国科研人员流动情况进行单独分析,分时间段、分学科探索中国科研人员流动与全球科研人员流动的相同点和特殊之处,以期识别国际科研人员百年流动格局,为相关政策制定提供参考。

2. 数据和测度方法

2.1 测度数据

由于缺失对科研人员流动现象进行直接刻画的数据^[12],因此对科研人员国际流动进行刻画多用大规模访谈调查数据^[16-17]或是文献中的作者信息数据^[18-20]来代替。

基于同样的原因,本研究采用Scopus数据库中1920年至2020年论文包含的作者信息对全球科研人员流动情况进行分析。研究数据涉及科技文献条目数量81861971篇,来自全球46697份期刊,涵盖28个学科大类,涉及作者36737059位,涉及研究机构4140886个。这些作者实体与机构实体已由Scopus匹配算法进行了规范控制与歧义消除。Scopus通过为每位作者分配单独的标识符ID来区分相同姓名的作者,并将同一作者发表的文献组合在一起。这个复杂算法根据与作者相关的各种数据元素来识别作者,包括隶属关系、出版历史、主题领域和合作作者。作者概述(author profiling)函数背后的算法匹配作者姓氏的交替拼写和变体、国际名称变体、有或没有缩写和中间名的作者姓名,以及所有可能的名字和姓氏组合。

Scopus作者ID算法为在较长的历史时期中追踪科研人员职业地理流动提供了可能。目前已有大量文献验证了Scopus作者ID刻画科研人员流动的科学性和可靠性。Kawashima和Tomizawa^[21]评估了Scopus author ID的准确性,认为虽然Scopus开发的作者ID在个人识别方面并不完全准确,但足够可靠,可以用作文献计量学的新工具。Aman^[22]以193名Leibniz获奖人为研究对象对比了Scopus author ID、WoS对应的个人简历,发现在CV缺失的情况下,Scopus author ID对于科研文献作者的识别优于

Researcher ID和ORCID。可见,基于Scopus author ID数据对科研人员流动进行研究的结果可靠性有一定保证。

2.2 测度方法

在本研究中,科研人员国际流动由同一作者发表论文所属国家的变化来确定。研究时间段(1920—2020年)内的每一篇文献的作者ID及其对应的单个或多个所属单位ID将被抽取出来,同时将所属单位信息以发文时间为序存储到作者实体的数据结构中,形成科研人员流动序列。这些科研人员的流动序列在一定程度上表征了他们的机构变动轨迹,通过对序列特征的多维度挖掘与分析,可展现出不同历史时期、不同区域科研人员流动的共性与特性。

我们假设科研文献是科研人员的主要产出,且能够及时地反映科研人员本人的真实流动。这

些假设可能造成一定误差,但在基于大规模数据的研究中,这些误差对结论的干扰是有限的。此外,由于无法判定仅发表一篇论文或没有任何地址归属信息的作者的变动轨迹,故本文仅保留了发文在2次以上且具有有效地址归属信息序列的15806044名作者作为分析对象。

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。

科研人员流动模式的划分依据于科研人员流动序列的特征,其形式化定义如下所示:

表1 科技人员流动类型划分

类型	特征描述	符号表示
静止型	在所观察时间段内,某作者所署国家均为单国且未出现变化	$\{[A], [A], [A], [A]\}$
移民型	在所观察时间段内,作者由初始国流出,未回到初始国	$\{[A], [A, B], [B]\}$ $\{[A], [B]\}$ $\{[A, B], [C, D]\}$
回流型	在所观察时间段内,作者由初始国流出,最终又回流至初始国	$\{[A], [A, B], [A]\}$ $\{[A], [B], [A]\}$
弱流动型	在所观察时间段内,作者在序列头尾携带了至少一个同样的国家署名,流动强度较弱	$\{[A, B], [A, B, C]\}$ $\{[A], [A, B]\}$

记作者*i*为 $i=(a_{i1}, \dots, a_{ij})$,其中 a_{ij} 为的第*j*个发文年份;记作者*i*在发文年份的地址为 $d_{ij}=(d_{aij1}, \dots, d_{aijn})$, d_{aijn} 为署名地址;记作者*i*在观测时间段内的流动历程为 $D_i=(d_{ai1}, \dots, d_{aij})$ 。

① 静止型:

若对于作者*i*在任意一个发文年的地址

$\forall d_{aij}=(d_{aij1}, \dots, d_{aijn}), d_{aij}=A$, 即

$$D_i = \left(\frac{d_{ai1}, \dots, d_{aik-1}, d_{aik}, d_{aik+1}, \dots, d_{aij}}{A} \right)$$

则认为 D_i 为静止型。

② 移民型:

若在 D_i 中, $d_{ai1} \neq d_{aij} \wedge d_{ai1} \cap d_{aij} = \phi$, 即

$$D_i = \left(\frac{d_{ai1}, \dots, d_{aik-1}, d_{aik}, d_{aik+1}, \dots, d_{aij}}{A \quad B} \right)$$

或

$$D_i = \left(\frac{d_{ai1}, \dots, d_{aik-1}, d_{aik}, d_{aik+1}, \dots, d_{aij}}{A \quad A, B \quad B} \right)$$

即作者*i*在经过第*k*个发文年后, D_i 内的头尾所署地址集发生了变化,则认为 D_i 为移民型。

③ 回流型:

若在 D_i 中, $d_{ai1} = d_{aij}$, 且 $|d_{ai1}| = |d_{aij}| = 1$, 即

$$D_i = \left(\frac{d_{ai1}, \dots, d_{aik-1}}{A}, \frac{d_{aik}, d_{aik+1}, \dots, d_{aij}}{B, A} \right)$$

或

$$D_i = \left(\frac{d_{ai1}, \dots, d_{aik-1}}{A}, \frac{d_{aik}, d_{aik+1}, \dots, d_{aij}}{A, B, A} \right)$$

即作者*i*在经过在第*k*个发文年所署地址集的变动后,又回到了初始状态,则认为*D_i*为回流型。

④ 弱流动型:

若在*D_i*中, $d_{ai1} \cap d_{aij} \neq \phi \wedge |d_{ai1} \cup d_{aij}| \geq 2$, 即

$$D_i = \left(\frac{d_{ai1}, \dots, d_{aik-1}}{A, B}, \frac{d_{aik}, d_{aik+1}, \dots, d_{aij}}{A, C} \right)$$

即作者在*D_i*头尾携带了至少一个同样的署名地址,则认为*i*属于弱流动型。

3. 全球科研人员流动格局

在1920—2020年这一百年中,全球各国科研人员参与流动的数量均不断增加,参与国家数量也在不断增加。科研人员流动也愈发呈现多元化的趋势,重点国家之外的其他国家在全球总流动中的占比逐渐上升。重点国家的科研人员流动占总流动人数的比重也随时代发展、各国科技实力排名的更替而改变。

为对1920—2020年进行时间段划分,以分析不同历史时期内全球科技人员流动情况,我们通过Scopus数据库中1920—2020年内发表论文的作者信息计算出全球所有科技人员数量和全球流动型科技人员数量,并由此计算全球流动型科

技人员数量占有所有科技人员数量的比值(定义为全球科技人员流动强度)。研究发现,科技人员流动强度呈现周期性变化,1945年、1976年和1998年是这一百年周期性变化的三个拐点(如图1)。这一科研人员流动强度的周期性变化规律反映出不同时期内科研人员整体流动倾向的不同,由此以1945年、1976年和1998年为节点划分出四个时间阶段,分别对这四个时间阶段进行分析。

3.1 全球科研人员流动宏观趋势

1920—2020年,全球参与科研人员流动的国家和地区由1920—1945年的154个上升至1999—2020年的233个,包含了全世界所有国家和地区。同时,参与全球科研人员流动的人才规模持续上升,一国科研人员流动规模由1920—1945年的数以百计上升至目前的百万级规模(如图2)。可见,科研人员流动活动高度全球化,科技交流合作成为当今世界的主流。

全球科研人员流动人次排名前十的国家是全球科研人员流动的主要参与国,其科研人员流动人次总和占到全球科研人员流动总数的一半以上。因此,这一百年内全球科研人员流动人次排名前十的国家变化情况可以基本代表过去一百年内全球科研人员流动整体格局。

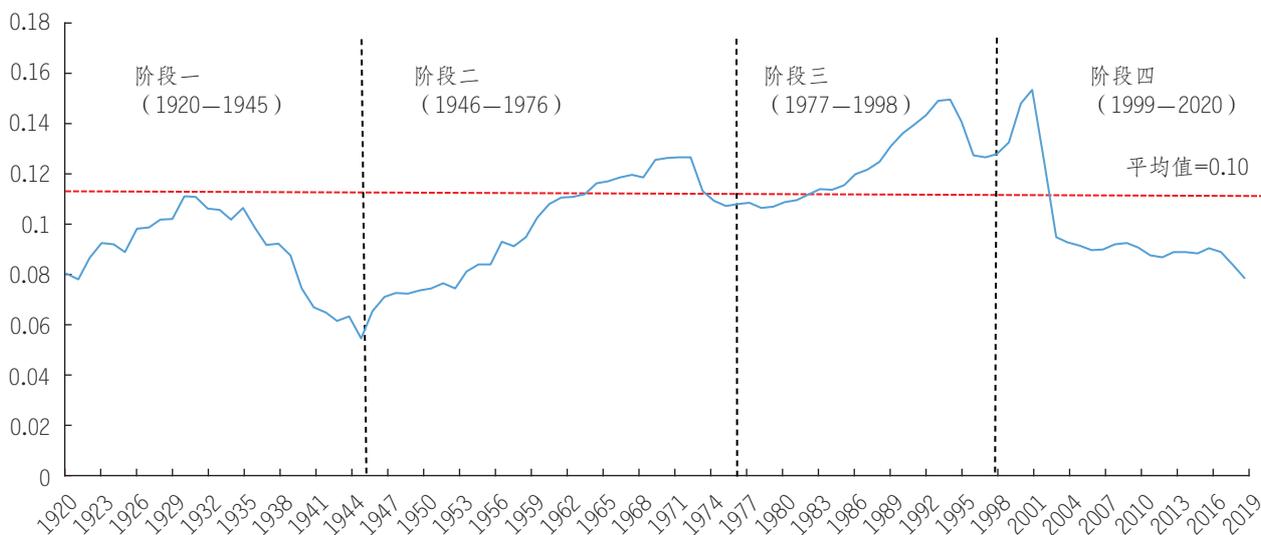


图1 全球科技人员流动强度趋势

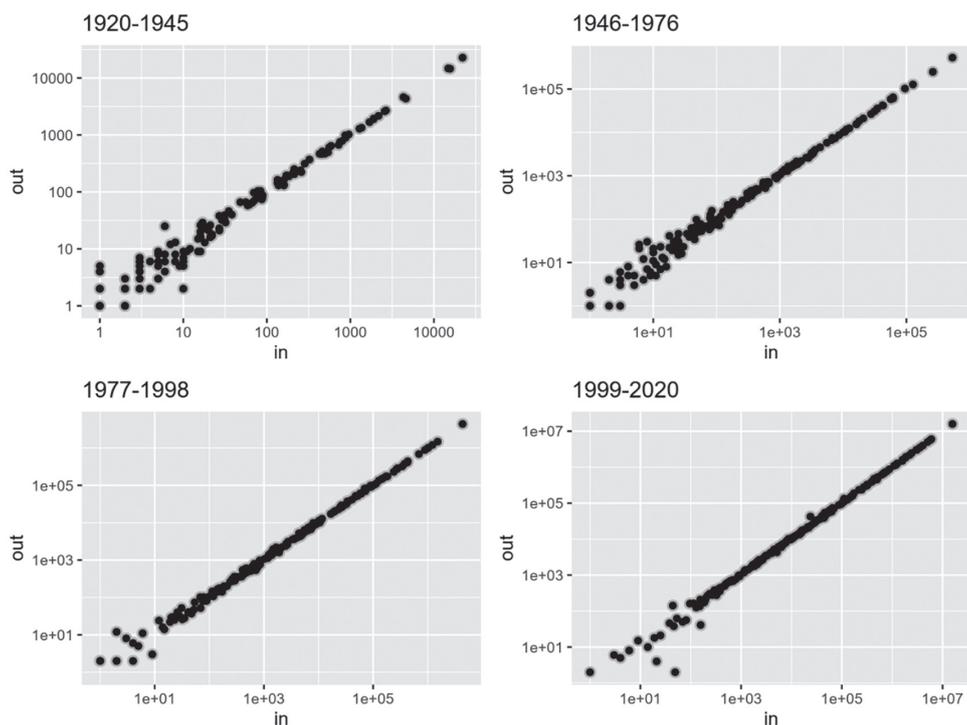
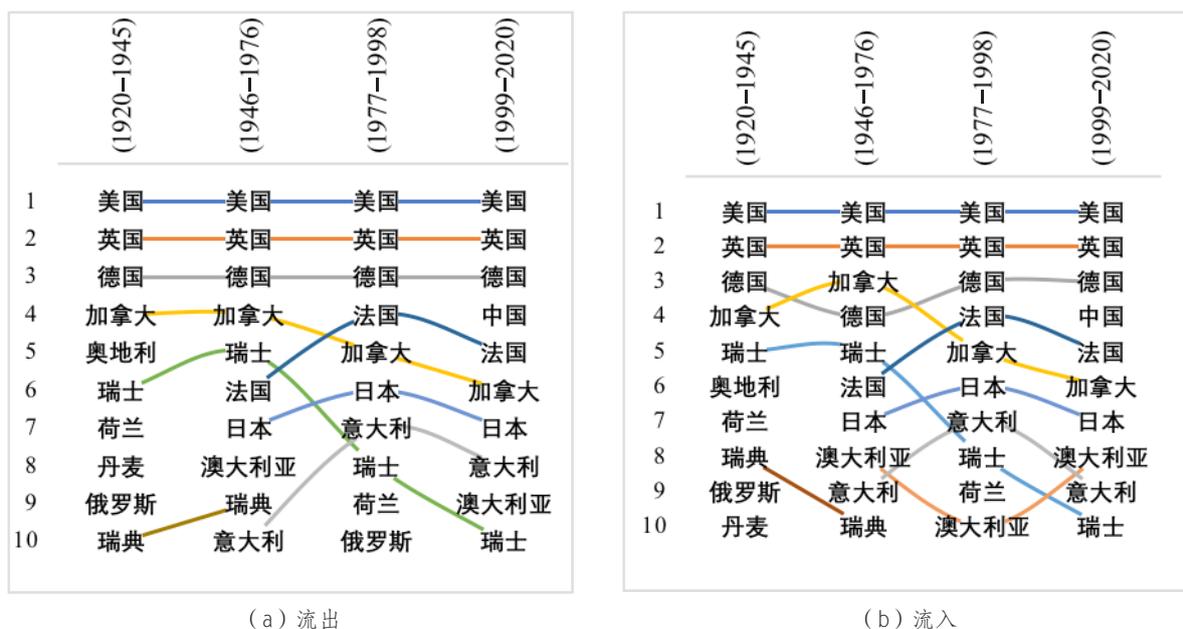


图2 全球参与科研人员流动的国家流动情况

来源：作者绘制。

从流出角度看，一百年中，美国、英国和德国始终保持在全球科研人员流出次序的前三名，而之后七名的国家名单则在不断变化（如图3a）。二战之前，世界科研人员流出国主要

集中在欧洲和美国，但在二战后全球科研人员主要流出国不再集中在欧美，日本、澳大利亚等国逐渐进入科研人员流出前十的国家序列中。值得注意的是，1999年以后中国一跃成为



(a) 流出

(b) 流入

图3 全球科研人员流动前十国家变化

来源：作者绘制。

全球科研人员流出国第四位,反映出我国科研人员逐渐融入国际科技活动中,与全球科技同行间的交流逐渐增多。

从流入角度看,一百年中,美国、英国和德国始终保持在全球科研人员流入次序的前两名,德国在二战后的前二十年间虽短暂变为第四名,但随后回到第三名的位置并保持(如图3b)。全球科研人员流入后七名的国家名单同流出国家名单相同,在不断变化。二战之前,世界科研人员流入国主要集中在欧洲、美国和加拿大,但在二战后全球科研人员主要流入国不再集中在欧美,随着二战后日本的崛起和改革开放以来中国科技活动与国际联系不断加强,科研人员流入人次前十的国家序列中出现了欧美国家之外的身影。尤其是中国在1999年以后成为全球科研人员流入国第四位,反映出我国对科研人员的吸引力逐渐增大,科技水平及科研环境具有全球竞争力。

科研人员流出情况反映出一国的科技合作开放水平,科研人员流入情况反映一国科技吸引力。从上述对科研人员流出和流入国别次序的分析可以看出,一国科研人员流出和流入情况相当。这说明科技合作开放水平与科技吸引力相辅相成。美国、英国和德国在过去一百年中始终保持较高水平的科技合作开放水平,且自身的科技吸引力也较高。美国、英国两国在这一百年间长期保持在世界前两位,而德国除在二战结束后前二十年内科研人员流入排名下降至第四名外,其余时间保持在第三名。可见,美、英、德三国在一百年间始终是国际科研人员流动的中心,也是世界科技发展的中心。

总的来说,全球前十大国家科研人员流动次序变化反映出一国科技人员流动水平与一国的科技实力、科技开放程度密切相关。尽管全球科研人员流动前十国家的次序在一百年内多有变化,但不变的是欧美国家始终是国际科研人员流动的主要参与国。尤其是美国和英国,作为传统科技强国,其科技人员流动水平常年位居世界前列。

3.2 全球科研人员主要流动网络

全球前五十大流动线涵盖了全球近70%的全球科研人员流动情况。因此,全球前五十大流动线做出的网络图可一定程度代表全球科研人员流动格局。本文对分析的四个时间段分别挑出科研人员流动人次最多的十大流动方向,并利用这些数据绘制出全球科研人员主要流动网络(如图4)。图中颜色越深的线代表这一流动方向上的流动人次越多。

1920—1945年间,全球科研人员流动主要集中在美国、英国、德国、加拿大之间,且以美国为中心;奥地利、瑞士与德国形成次级流动网络,这一次级网络以德国为中心。以美国为中心的人才流动网络中,美国和英国之间的科研人员流动最为频繁。1920—1945年英国流向美国的科研人员共计844人次,美国流向英国的科研人员共计776人次。二者间的科研人员流动在次数上相差不大,但细究流动类型则有较大差异。英国流向美国的科研人员中有48%属于迁徙型,即留在美国,而美国流向英国的科研人员中仅37%属于迁徙型。这说明在战争环境下,全球科研人员倾向于前往没有战事的美国继续科技工作。

1946—1976年间,全球科研人员流动网络中美国的中心度增强,科研人员流动集中在美国、英国、德国、加拿大和日本之间。这个以美国为中心的人才流动网络中,仍是以美国和英国之间的科研人员流动最为频繁。此外,相较1920—1945年,二战结束后全球科研人员流动更为频繁,流动人次显著增多。

1977—1998年间,全球科研人员流动网络中美国的中心度愈发增强,科研人员流动集中在美国、英国、日本、加拿大、法国和德国之间。这个以美国为中心的人才流动网络中,仍以美国和英国之间的科研人员流动最为频繁。

1999—2020年间,全球科研人员流动网络仍以美国为中心,科研人员流动集中在美国、中国、英国、德国、日本、加拿大、德国之间。这

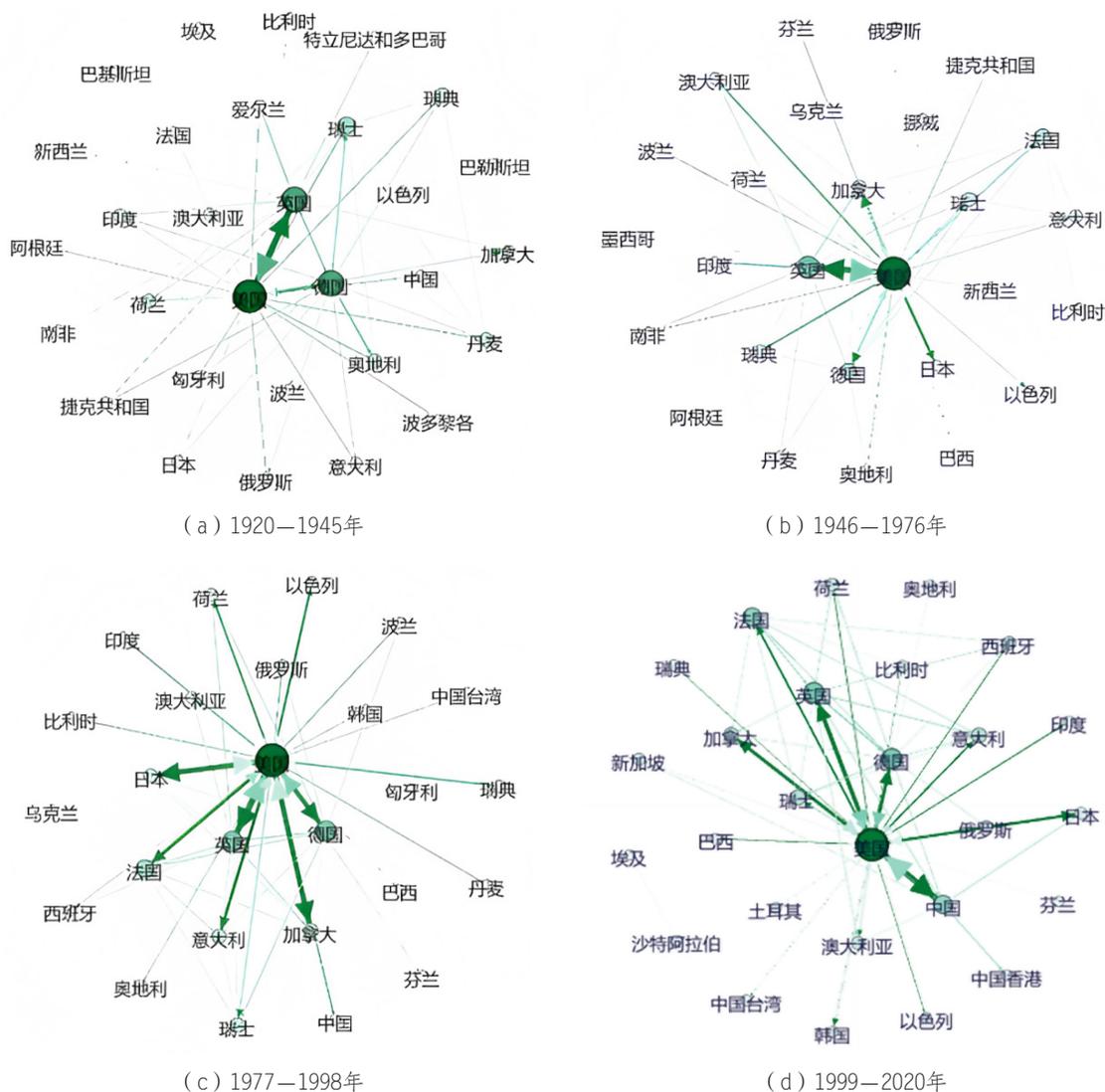


图4 百年全球科研人员前五大流动线网络图变化

来源：作者绘制。

个以美国为中心的人才流动网络中，以美国和中国之间的科研人员流动最为频繁。其中，中国流向美国的科研人员中有73%为弱流动类型，这一比例远高于其他流动线情况。这说明大部分中国流向美国的科研人员都没有留在美国，而是在经过一段时间的学术交流后回到中国，促进中国的科技发展。

通过对这一百年全球科研人员流动网络进行分析可以发现，第一，一国科研人员流动情况与一国科技实力紧密相关，全球科研人员流动较为频繁的国家均是科技实力较强的国家。美国作为世界科技强国，其一国科研人员流动占比就达到

全球的五分之一，且在一百年中作为全球科研人员流动网络中的中心节点，可见科技实力与科研人员流动关系密切。第二，科研人员流动日益频繁。1920—1945年战争期间，全球流动最多的流动线流动人次仅为844人次；战争结束1945—1976年，这一数据达到20189人次；1977—1998年为77527人次；1999—2020年为200560人次。可见科研人员流动数以数倍于自身的增长速度快速上升。第三，科研人员流动国家日益多元化。参与到国际科研人员流动的主要国家来源日益多样，不再局限于欧美国家。从另一个角度来说，科技活动的参与者来源日益多元化，科技活动日益全

球化。第四，科研人员流动国家情况存在去中心化的趋势。重点国家之外的其他国家科技人员流动数占总流动数的比重从1920—1945年的41%左右逐步上升至1999—2020年的55%，可见世界更多国家的科研人员参与到全球科技合作网络中，科研人员流动逐渐去中心化。

4. 中国流动特点分析

中国科研人员流动尽管起步较晚，但改革开放后发展迅速，整体规模不断增大，对国际人才吸引力持续提升。这既体现在对全球整体人才的支持与吸引力度提升，也表现在对本国外出交流人才的回流吸引不断加强。

4.1 中国科研人员流动概述

1920—2020年间，尽管与发达国家相比中国科研人员流动起步较晚，但中国科研人员流动数量和科研人员交流国家数量整体呈现高速增长态势，并经历了萌芽期（1920—1945年）、停滞期（1946—1976年）、加速期（1977—1998年）和爆发期（1999—2020年）四个阶段（如图5 1920—2020年中国大陆科研人员流动数量和交流国

家数量）。1920—1976年五十多年间，受战争、政治等多方面因素影响，中国的国际科技交流较少，这既体现在交流人才规模上，也体现在交流国家数量上。这一时期科研人员交流规模始终维持在100人次水平左右，且交流国家和地区数量也保持在20个以内，增长趋于停滞，远低于同期欧美科研人员交流情况。1977—1998年，受到中国国际政治环境改善及改革开放等因素影响，加之国际旅行逐渐变得便利，中国科研人员交流规模开始出现高速增长，科技交流国家数量开始增多。这一时期，科研人员交流规模呈现指数级快速增长，从1977年不足1000人的年交流规模增长至1998年近30000人的规模，增长近30倍；交流国家数量也从20个以内增长到约80个，这一增速显著高于同时期其他国家。1999—2020年，中国科技交流呈现爆发态势，科研人员交流规模仍呈现指数级增长，且2020年中国科研人员单向流动规模接近80万人次。与此同时，中国科研人员与世界的联系愈发紧密，中国在2020年已经与世界233个国家和地区之中的154个国家和地区建立了科研人员交流联系。

从流动类型来看，弱流动型流动逐渐成为我

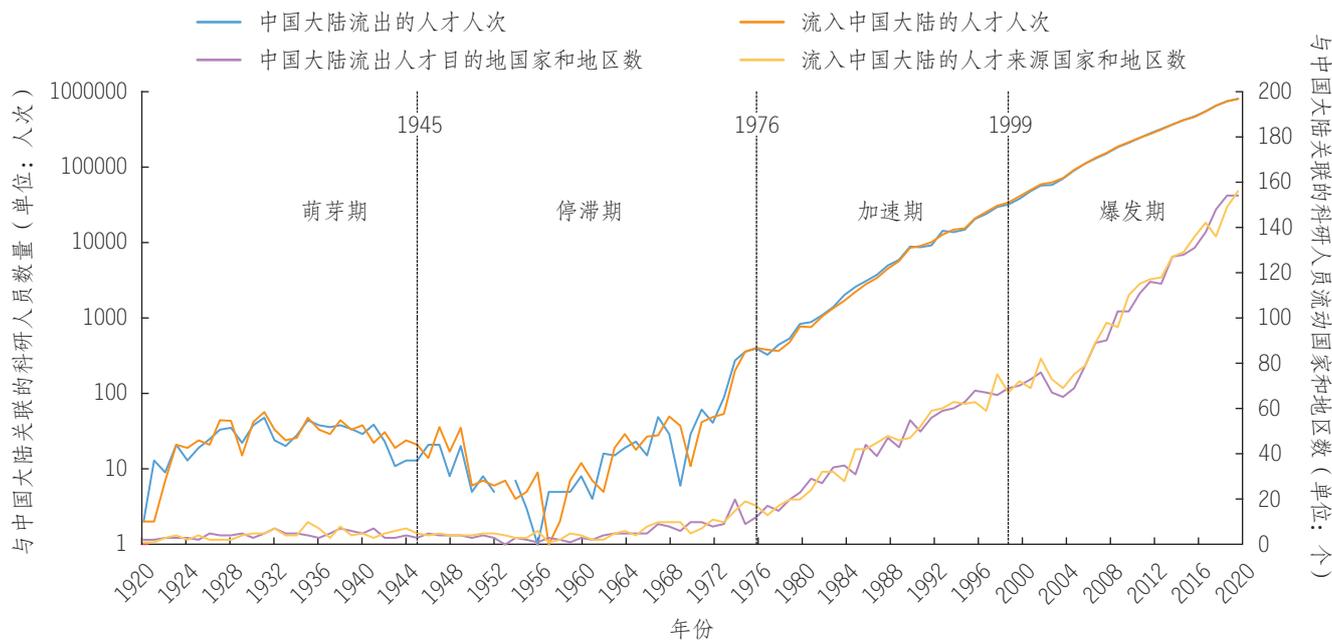


图5 1920—2020年中国大陆科研人员流动数量和交流国家和地区数量

来源：作者绘制。

国科研人员流动主流。1999—2020年，弱流动类型科研人员流动人次占到总流动人次的60%以上，成为我国科研人员流动的主流类型。同一时期，流入中国的回流型科研人员占总流入科研人员的比例也不断增加。这表明中国科技活动深深融入全球科技体系之中，与世界其他国家短期的科研人员交流频繁，同时自身科研实力不断提升，科研环境不断改善使得中国对海外深造人才再吸引能力显著提升。

从科技交流国家国别角度来看，中国在这一百年中交流最为密切的国家当属美国。具体而言，1920—1945年，中国科研人员与美国、德国、英国、日本、奥地利来往密切，其中科研人员与美国交流最为密切，流入和流出美国的科研人员占到同时段总人数的66%以上。1946—1976年，中国科研人员与俄罗斯的交流最为密切，这一时段我国63.42%的科技人员流入来自俄罗斯，51.96%的科研人员流出到俄罗斯，除俄罗斯外，美国、乌克兰、英国与中国科研人员的交流也较多。1977—1998年，美国、日本、德国和英国与中国科研人员交流密切，四国与中国的科研人员交流占到总数的70%以上。1999—2000年，美国、日本和英国仍是与中国科研人员交流最为密切的三个国家，其中中国与美国的科研人员交流仍是最为密切的，占比达到40%以上。

不同于美国、英国等西方发达国家，中国科研人员流动聚集性强，与周边国家联系更紧密，且主要交流国家在一百年中变化较大。首先，与中国进行国际科研人员交流的国家流动国别分布更加集中。在一百年中，与中国科技人员第一流入来源国和第一流出目的地国间的科研人员流动人次占到总流动人次的比例始终超过40%，远高于美国、英国、德国、俄罗斯。其次，近距离流动较多。相比日本，中国与周边国家和地区的科研人员交流更为密切。1999—2020年，中国大陆与中国台湾、中国内地与中国香港、中国与新加坡的科研人员交流人次占到总人次的15%，且这一趋势愈发明显。此外，中国国际科研人员交流格局变动频繁。不同于美国、英国、日

本、德国在1945年二战后与外国科研人员交流的格局较为稳定，中国科研人员在1946—1976年阶段、1977—1998年阶段以及1999—2020年阶段主要交流的国家仍有较大变化。例如，1946—1976年中国与俄罗斯科研人员交流最多，但1977年以后与中国科研人员交流最多的国家变成了美国；1977—1998年中国与德国科研人员交流人次占到总人次的比例达到10%以上，且德国为中国当时科研人员交流第三密切的国家，但1999—2020年这一比例降至5%左右，同时德国与中国科研人员交流的密切程度降至流入第六和流出第七位。这说明中国科技发展仍非常具有活力，与他国的科技交流格局尚未定型。

4.2 学科流动特征

参与国际流动的科研人员具有明显的学科聚集特性，但不同时期参与国际流动科研人员学科分布并不稳定（如图6）。从中国长历史周期下科技流动人才学科分布来看，1920—1976年科技流动人才所属学科分布尚不稳定。这大部分是由于中国当时的国际科技交流较少，各学科流动分布占比受到个例的影响较大而产生的。改革开放后，各学科分布占比逐渐平稳。具体而言，20世纪20~50年代医药学与生物学是学科交流的主流，其中也包括免疫学、工程学等学科的零星发展。二战结束后，为适应工业化与现代化的需要，化学、工程学、生物学、医药学、免疫学等学科成为学科发展的主力。改革开放后，中国学科发展逐渐呈现出平稳发展的态势，其中主要以物理、医药、化学、生物为主，在第二时间段经历萌芽期的交叉学科此时也占据相当比例，并在随后的阶段中基本保持稳定。整体流入与流出角度状况基本相同。

进一步分析，在一百年中，各学科与中国交流最密切的国家是美国。尽管1946—1976年间，在特殊历史背景下中国与俄罗斯的学科间科研人员流动最为密切，但1977年之后，与我国绝大部分学科的科研人员流动排名第一的国家重新变为美国。具体来看，1920—1945年，我国科研人员

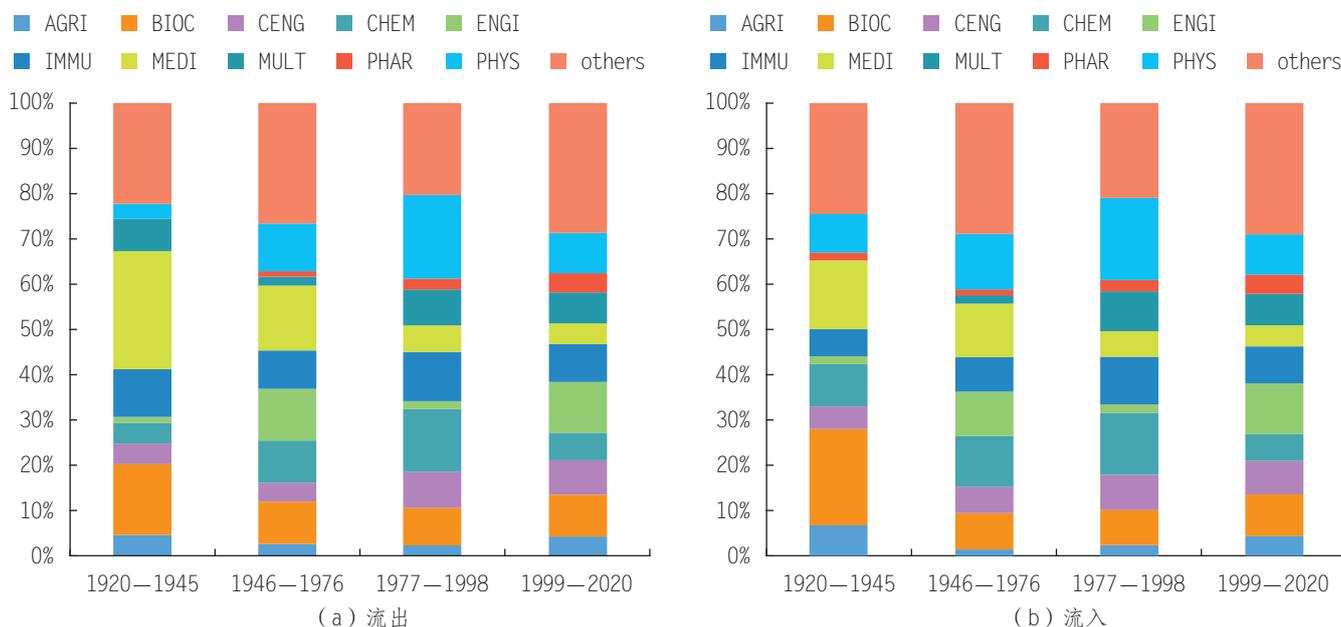


图6 中国长历史周期的不同类型流动科技人员学科分布

来源：作者绘制。

流动主要集中在生物学、医药学，且与美国联系最为紧密。1946—1976年，我国与俄罗斯在医药学和生物学上联系紧密，与乌克兰在数学等学科上交流较多。1977—1998年，除生物学和医药学外，在物理、工程等领域我国与美国科研人员的交流也显著增多。这一时期与其他时间段流动特点不同的是物理成为我国与美国科研人员流动最为密切的学科，物理领域我国与美国间流入和流出的科研人员次数占到我国同一时期科研人员总流入和流出比重的14.98%和13.58%。1999—2020年，在各学科领域中我国与美国的科研人员流动比与其他任何国家科研人员流动都要密切，同时从人次数量上来看，相比上一时期同学科科研人员流动均大幅增长。

4.3 1999至2020年流动情况细化分析

进入新世纪，中国经济、科技水平和全球化程度大幅提升，科研人员国际流动情况变化较快。为进一步明晰最近二十年科研人员流动具体情况，本文将1999年至2020年科研人员流动数据逐年打开，分析中国科研人员1999年以来每年的流动情况（见附录表）。

从整体来看，1999年以来，中国各流动类型

科研人员的流动人次均持续增长。1999年，中国科研人员全年流动大体在4000人次左右，而2020年，中国科研人员全年流动达到52000人次以上，是1999年这一数据的13倍。可见，近二十年我国科技人员与国际同行交流愈发增多。

具体对流动类型进行分析，弱流动类型的科研人员流动始终为我国科研人员流动的主体，占到我国科研人员流动整体的60%以上。流入中国的回流型科研人员人次与流出中国的回流型科研人员人次在1999年相差不大。但到2020年，流入的回流型科研人员人次是流出的三倍左右。可见，近些年我国科研环境不断改善，吸引本国科研人员回国工作。流出中国的迁徙型科研人员人次自1999年以来一直多于流入中国的迁徙型科研人员人次，但二者均在中国科研人员流动整体中占据约18%的较小份额，且这一比例呈现逐年递减的态势。可见，迁徙型流动类型不是我国科研人员流动的主流选择。

5. 结论和展望

本文提出了一种新的对科研人员流动进行分类的方法对科研人员流动强度进行分析。考虑到当今科研人员是各国科技及社会经济发展的宝

贵财富,这一对科研人员流动类型的分类方法能在表征科技人才流动格局时提供更多流动信息来帮助刻画流动特征。

本文利用大量文献数据量化表现1920—2020年科研人员在国际不同国家间的流动情况,同时对中国科研人员流动特征进行了探究。研究发现,一百年中全球科研人员流动始终集中在美国、英国、德国。尤其是美国,自1945年以来,美国作为全球科研人员流动中心的地位愈发增强,全球其他国家科研人员在进行流动时都将美国作为主要流动对象国之一。中国除了在1946—1976年与俄罗斯科研人员交流密切外,其余时间段均与美国科研人员交流最为频繁。特别是从1999年以来,中国一跃成为美国第一大科研人员流入国和流出国,这也从侧面反映出中美两国在科技领域的合作之多。

通过文献数据对科研人员流动格局进行分析进一步发现,一国科研人员流入和流出的人次数在一定时间段内不会有显著差异,二者水平相当。其次,全球科技活动的全球化程度在百年间逐渐提高。这反映在参与到国际科技流动的人才人次数不断增加,且参与到国际科技流动的国家数量也不断增加上。第三,全球科研人员流动较为频繁的国家均是科技实力较强的国家,可见一国科技实力将对这一国家在全球科技流动格局中的地位造成影响。

本文对于全球科研人员流动格局的刻画还有许多可延展之处。例如,对于全球科研人员流动格局的刻画没有进一步细分科技人员特征,观察不同学术水平的科研人员在科技流动时的选择差异。又比如,可对研究课题进一步拓展,探究流动对科研人员职业发展的影响。是否存在对科研人员职业发展有益的普遍流动模式?是否存在明显利于科研人员发展的流入国家?这些问题仍有待于未来研究解答,并将为理解国际科技人才流动提供更多参考。

责任编辑:李琦 校对:梁思琪 刘香钰

参考文献

- [1] Oecd. Oecd Science, Technology and Industry Scoreboard 2017[M]. 2017.
- [2] 苏榕,刘佐菁,苏帆. 十九大以来国内科技人才政策新态势分析及其对广东的启示[J]. 科技管理研究, 2019, 39(20): 129-34.
- [3] 习近平. 深入实施新时代人才强国战略, 加快建设世界重要人才中心和创新高地[J]. 求是, 2021, (24): 001.
- [4] 高懿. 中国科技人才国际流动现状、问题及启示 [J]. 科技中国, 2020, (12): 1-6.
- [5] 田瑞强,姚长青,潘云涛,等. 基于履历数据的海外华人高层次科技人才流动研究: 社会网络分析视角[J]. 图书情报工作, 2014, 58(19): 92-9.
- [6] Verginer L, Riccaboni M. Talent Goes to Global Cities: The World Network of Scientists' Mobility[J]. Res Policy, 2021, 50(1): 104127.
- [7] 杜红亮,赵志耘. 中国海外高层次科技人才政策研究 [M]. 1 ed.: 中国人民大学出版社, 2015.
- [8] 徐倪妮,郭俊华. 科技人才流动的宏观影响因素研究[J]. 科学学研究, 2019, 37(03): 414-21+61.
- [9] 李作学,张蒙. 什么样的宏观生态环境影响科技人才集聚——基于中国内地31个省份的模糊集定性比较分析[J]. 科技进步与对策: 1-9.
- [10] Vaccario G, Verginer L, Schweitzer F. Reproducing Scientists' Mobility: A Data-Driven Model[J]. Sci Rep, 2021, 11(1): 10733.
- [11] De Ridder-Symoens H. A History of the University in Europe[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- [12] Geuna A. Global Mobility of Research Scientists: The Economics of Who Goes Where and Why[M]. Academic Press, 2015.
- [13] Bénassy J-P, Brezis E S. Brain Drain and Development Traps[J]. Journal of Development Economics, 2013, 102: 15-22.
- [14] Saxenian A. From Brain Drain to Brain Circulation: Transnational Communities and Regional Upgrading in India and China[J]. Studies in Comparative

International Development, 2005, 40(2): 35-61.

[15] Verginer L, Riccaboni M. Cities and Countries in the Global Scientist Mobility Network[J]. Applied Network Science, 2020, 5(1): 38.

[16] Franzoni C, Scellato G, Stephan P. Context Factors and the Performance of Mobile Individuals in Research Teams[J]. Journal of Management Studies, 2018, 55(1): 27-59.

[17] Franzoni C, Scellato G, Stephan P. The Mover's Advantage: The Superior Performance of Migrant Scientists [J]. Economics Letters, 2014, 122(1): 89-93.

[18] Bohannon J, Doran K. Introducing Orcid[J]. Science, 2017, 356(6339): 691-2.

[19] Graf H, Kalthaus M. International Research

Networks: Determinants of Country Embeddedness[J]. Research Policy, 2018, 47(7): 1198-214.

[20] Czaika M, Orazbayev S. The Globalisation of Scientific Mobility, 1970-2014[J]. Applied Geography, 2018, 96: 1-10.

[21] Kawashima H, Tomizawa H. Accuracy Evaluation of Scopus Author Id Based on the Largest Funding Database in Japan[J]. Scientometrics, 2015, 103(3): 1061-71.

[22] Aman V. Does the Scopus Author Id Suffice to Track Scientific International Mobility? A Case Study Based on Leibniz Laureates[J]. Scientometrics, 2018, 117(2): 705-20.

Research on the overall pattern of global scientific research personnel mobility and the characteristics of China's mobility

Wen Xin¹, Kang Haixia²

(1. Institutes of Science and Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190, China;

2. Chinese Association for Science of Science and Science & Technology Policy, Beijing 10080, China)

Abstract: As the driving force of a country's scientific and technological development, scientific researchers are the key to the country occupying the commanding heights of the science and technology industry in today's global competition. However, few studies have quantitatively studied the evolution of global research personnel mobility from the perspective of long-span historical periods. This paper uses all the journal literature data collected in the Scopus database from 1920 to 2020 to construct a sequence of authors' published addresses, and uses this sequence to quantitatively explore the global pattern of scientific research personnel mobility over the past century. Furthermore, analysis of the flow characteristics of scientific Chinese researchers. are analyzed from the perspectives of flow type and discipline distribution of researchers mobility. The study found that: ① the distribution of disciplines participating in mobility is becoming more and more diverse, the scale of countries and talents participating in the mobility of global researchers is getting larger and larger, and the trend of scientific and technological globalization is very obvious in the century; ② the United States, the United Kingdom, Germany and other European and American countries with advanced technology have always been the main countries for the flow of scientific researchers in the past 100 years. East Asian countries represented by Japan and South Korea did not enter the sequence of major technology flow countries until the 1980s, but the United States has always been the global leader since World War II. The center of scientific and technological flow since World War II; ③ China's scientific research personnel flow has grown rapidly since the reform and opening up, and has become one of the major participating countries in the global scientific research personnel flow since the 21st century. The article's characterization of the overall flow pattern of global scientific researchers also reveals the strong correlation between the flow of scientific and technological talents and the national scientific and technological strength and degree of openness, which can better help understand the law of cross-border flow of scientific researchers and help the implementation of the strategy of strengthening the country with talents.

Key words: Ttalent Mmobility; Sscientific Rresearch Ppersonnel; Ttransnational Mmobility; Bbibliometrics



附录

表1 长历史周期的各学科流入排名第一的国家和地区数据

次序	阶段一（1920—1945）				阶段二（1946—1976）				阶段三（1977—1998）				阶段四（1999—2020）			
	学科	国家	人次	占比（%）	学科	国家	人次	占比（%）	学科	国家	人次	占比（%）	学科	国家	人次	占比（%）
1	BIOC	美国	52	24.64	MEDI	俄罗斯	321	44.65	PHYS	美国	4646	14.98	BIOC	美国	39760	8.15
2	MEDI	美国	43	20.38	IMMU	俄罗斯	50	6.95	MEDI	美国	1803	5.81	MEDI	美国	31009	6.35
3	PHYS	美国	9	4.27	BIOC	俄罗斯	42	5.84	ENGI	美国	1719	5.54	ENGI	美国	20037	4.11
4	CHEM	美国	7	3.32	MATH	乌克兰	15	2.09	BIOC	美国	1097	3.54	MATE	美国	18104	3.71
5	AGRI	美国	5	2.37	MATE	乌克兰	12	1.67	CHEM	美国	706	2.28	PHYS	美国	17005	3.48
6	PSYC	美国	4	1.90	PHYS	美国	11	1.53	MATE	美国	693	2.23	COMP	美国	15986	3.28
7	SOCI	美国	3	1.42	CHEM	中国 台湾	9	1.25	EART	美国	434	1.40	CHEM	美国	9551	1.96
8	EART	美国	3	1.42	SOCI	美国	8	1.11	COMP	美国	403	1.30	EART	美国	8819	1.81
9	MATH	英国	2	0.95	PHAR	俄罗斯	7	0.97	MATH	美国	388	1.25	ENVI	美国	7513	1.54
10	MULT	英国	2	0.95	PSYC	美国	7	0.97	PHAR	日本	236	0.76	AGRI	美国	6697	1.37
11	NEUR	美国	2	0.95	ENER	俄罗斯	6	0.83	AGRI	美国	217	0.70	MATH	美国	3594	0.74
12	NEUR	荷兰	2	0.95	CENG	美国	6	0.83	NEUR	美国	141	0.45	NEUR	美国	2813	0.58
13	PHAR	德国	2	0.95	ENGI	美国	4	0.56	ENVI	美国	138	0.44	IMMU	美国	2785	0.57
14	CENG	美国	2	0.95	ENGI	中国 台湾	4	0.56	IMMU	美国	110	0.35	ENER	美国	2728	0.56
15	CENG	中国 台湾	2	0.95	EART	英国	4	0.56	CENG	美国	102	0.33	PHAR	美国	2133	0.44

表2 长历史周期的各学科流出排名第一的国家和地区数据

次序	阶段一 (1920—1945)				阶段二 (1946—1976)				阶段三 (1977—1998)				阶段四 (1999—2020)			
	学科	国家	人次	占比 (%)	学科	国家	人次	占比 (%)	学科	国家	人次	占比 (%)	学科	国家	人次	占比 (%)
1	BIOC	美国	66	25.98	MEDI	俄罗斯	247	37.31	PHYS	美国	4376	13.58	BIOC	美国	40658	8.32
2	MEDI	美国	63	24.80	BIOC	俄罗斯	35	5.29	MEDI	美国	1760	5.46	MEDI	美国	32109	6.57
3	SOCI	美国	10	3.94	IMMU	俄罗斯	29	4.38	ENGI	美国	1710	5.31	ENGI	美国	21399	4.38
4	CHEM	美国	8	3.15	MATE	乌克兰	19	2.87	BIOC	美国	1243	3.86	MATE	美国	20039	4.10
5	AGRI	美国	5	1.97	MATH	乌克兰	16	2.42	MATE	美国	825	2.56	PHYS	美国	18000	3.68
6	ARTS	英国	4	1.57	CHEM	美国	14	2.11	CHEM	美国	757	2.35	COMP	美国	17985	3.68
7	CENG	中国 台湾	3	1.18	PHYS	美国	9	1.36	EART	美国	501	1.55	CHEM	美国	10335	2.12
8	EART	中国 台湾	3	1.18	SOCI	美国	8	1.21	MATH	美国	413	1.28	EART	美国	9044	1.85
9	IMMU	美国	3	1.18	PSYC	美国	7	1.06	COMP	美国	390	1.21	ENVI	美国	8027	1.64
10	PHYS	美国	3	1.18	ENGI	乌克兰	6	0.91	IMMU	俄罗斯	222	0.69	AGRI	美国	6840	1.40
11	PSYC	美国	3	1.18	CENG	美国	5	0.76	AGRI	美国	214	0.66	MATH	美国	3545	0.73
12	DENT	美国	1	0.39	NEUR	中国 台湾	4	0.60	PHAR	日本	207	0.64	ENER	美国	3082	0.63
13	ENGI	美国	1	0.39	ENER	俄罗斯	4	0.60	NEUR	美国	176	0.55	NEUR	美国	2952	0.60
14	NEUR	荷兰	1	0.39	PHAR	俄罗斯	4	0.60	ENVI	美国	127	0.39	IMMU	美国	2896	0.59
15	BUSI	澳大利 亚	1	0.39	EART	美国	3	0.45	CENG	美国	96	0.30	PHAR	美国	2278	0.47

MAIN CONTENTS

Embarking on a New Journey and Making Great Achievements in the New Era

New expectations and new hopes of scientific and technological workers, and new mission and new actions of science and technology organizations	Li Kang	1
Promoting the establishment of high-level think tanks for science and technology innovation, and strengthening consultation on national science and technology strategies	Dong Yang	3
Seeking innovation and change in serving grassroots scientific and technological talents	Huang Chen	5
Thinking on perfecting the comprehensive strategic cooperation mechanism of China Association for Science and Technology	Duan Zhiwei	7
Based on the advantage of contacting and serving talents of CAST, and aspiring to become a new force for talent research	Song Ziyang	8
Guiding the construction of think tank system with "Six must adhere to"	Shen Qianqian	10
Self-confidence, self-improvement, adhering to the object law and innovation, and fostering an open and innovative ecosystem with global competitiveness	Ma Jianquan	11

Sci-Tech Innovation System

Research on the coordinated development model of national strategic S&T strength from the perspective of S&T innovation system.....	Shen Jinsheng et al	13
Achievements, shortcomings and countermeasures of China's science and technology innovation development since the 18th National Congress	Bai Yuxuan et al	20
Explore the path to improve the overall efficiency of the innovation system from the "Three Firsts"	Jin Feng	28

S&T Talents and Education

Analysis of the distribution pattern of global scientific and technological innovation talents and the current situation of talents in China	Chen Ling et al	35
Research on the phenomenon of talent transforming from reality to virtuality and its influence on total factor productivity	Pan Xiongfeng et al	45
Research on high-level talent mobility's impact on scientific research performance in the global artificial intelligence field using structural equation model	Pei Ruimin et al	55
Analysis of the attraction of innovative talents in national high-tech zones: A case study of Hunan Province	Yang Liuhua et al	68
Research on the overall pattern of global scientific research personnel mobility and the characteristics of China's mobility	Wen Xin et al	78

征稿启事

《今日科苑》是中国科协主管，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，面向国内外公开发行的科技期刊。期刊主要反映国内外科技界发展动态，塑造科技界鲜明社会形象，传播先进的科学文化，促进科技人才与创新政策领域研究成果的推广应用，为经济、科技与社会研究领域的专家学者、高校师生、公务人员、企业家和管理人员等各界人士提供交流平台，现面向社会尤其是相关领域研究者广泛征集稿件。

本刊栏目设置包括科技创新与评估、科技人才与调查、科学文化与科学家精神、科技社团与科协发展等。稿件遴选坚持实事求是、理论与实际相结合的严谨学风，力求选题新颖、观点明确、内容充实、论证严密、方法科学、语言精练、数据可靠，能代表相应研究领域的最新成果。本刊尤为欢迎有新观点、新方法、新视角的稿件。

本刊实行无纸化办公，唯一指定官方投稿方式为网站投稿：modsci.cnais.org.cn，稿件严禁抄袭，文责自负，学术论文字数需控制在8000~15000字范围内，文章标题黑体二号，正文宋体小四号，文中一级标题黑体四号，二级标题黑体小四号，行间距29磅。文章需英文题目、摘要、关键词，参考文献著录格式参照（GB/T 7714-2005）。稿件一经发表后赠当期刊物若干。来稿不退，三个月内未见用稿通知作者可自行处理。

本刊长期征稿，敬请海内外专家赐稿支持！

近日发现有不法分子冒充《今日科苑》网站进行收稿、骗取费用。在此，我刊郑重声明，《今日科苑》正规且唯一的投稿渠道是modsci.cnais.org.cn。请各投稿人及有关人员相互转告，注意辨识网页、投稿渠道真伪，避免上当造成经济损失或耽误您的工作、学习。

《今日科苑》编辑部联系方式：

联系人：李老师

电话：010-68570860

投稿网址：modsci.cnais.org.cn

地址：北京市海淀区复兴路3号中国科协创新战略研究院《今日科苑》编辑部

邮编：100038

来稿要求

1. 论文来稿要求论点明确、数据可靠、逻辑严密、文字精练，每篇论文必须包括题目、作者姓名、作者单位、单位所在地及邮政编码、中英文摘要及关键词、正文、参考文献和第一作者及通讯作者简介（包括姓名、性别、职称、出生年月、所获学位、目前主要从事的工作和研究方向），在文稿的首页地脚处注明论文属何项目、何基金（编号）资助，没有的不注明。

2. 论文摘要包括目的、方法、结果、结论等方面内容（100~200字），应具有独立性与自含性，关键词选择贴近文义的规范性单词或组合词（3~5个）。

3. 参考文献请按文中出现的先后顺序编号。所引文献必须是作者直接阅读参考过的、最主要的、公开出版文献。未公开发表的且很有必要引用的，请采用脚注方式标明，参考文献不少于3条。

4. 来稿勿一稿多投。如投稿三个月后未收到反馈，作者可自行处理稿件。

5. 来稿文责自负。所有作者应对稿件内容和署名无异议，稿件内容不得抄袭或重复发表。编辑部对来稿有权做技术性和文字性修改，所作重大修改会与作者协商。

6. 请作者自留底稿，本刊不退稿。

7. 请在文稿后面注明稿件联系人的姓名、电子邮箱、工作单位、详细联系地址、电话（包括手机）、邮编等信息，以便联系有关事宜。

8. 来稿排版格式要求

文章标题：一般不超过20个汉字，必要时可加副标题，并译成英文。

作者姓名、工作单位：题目下面

均应写作者姓名，姓名下面写单位名称（一、二级单位）、所在城市（不是省会的城市前必须加省名）、邮编，不同单位的多位作者应以序号分别列出上述信息。

正文节标题：内容应简洁、明了，层次不宜过多，层次序号为1、1.1，层次少时可依次选序号。

正文文字：一般不超过1万字，正文用小4号宋体，通栏排版。

数字用法：执行GB/T15835—1995《出版物上数字用法的规定》，凡公元纪年、年代、年、月、日、时刻、各种记数与计量等均采用阿拉伯数字；旧历、清代及其以前纪年、星期几、数字作为语素构成的定型词、词组、惯用语、缩略语、临近两数字并列连用的概略语等用汉字数字。

图表：图表应简洁、明了，分别用阿拉伯数字顺序编号，应有简明表题（表上）、图题（图下），表中数据应在表后以表注形式注明资料来源。

注释：注释主要包括释义性注释和引文注释，以脚注形式出现，每页分别编号，其序号为①②③……释义性注释是对论著正文中某一特定内容的进一步解释或补充说明；引文注释包括档案、访谈等各种不宜列入文后参考文献的引文出处。

参考文献：参考文献是作者撰写论著时所引用的已公开发表的文献书目，是对引文作者、作品、出处、版本等情况的说明，文中用序号标出，详细引文情况按顺序排列文尾。以单字母方式标识以下各种参考文献类型：普通图书[M]，论文集[C]，报纸文章[N]，期

刊文章[J]，学位论文[D]，报告[R]，标准[S]，专利[P]，汇编[G]，古籍[O]，参考工具[K]，其他未说明文献[Z]。格式如下：

（1）图书类格式：[序号]主要责任者.文献题名:其他题名信息（任选）[文献类型标识].其他责任者（任选）.出版地:出版者,出版年.起止页码。

（2）期刊文章格式：[序号]主要责任者.文献题名[J].刊名（建议外文刊名后加ISSN号）,年,卷（期）:起止页码。

（3）报纸文章格式：[序号]主要责任者.文献题名[N].报纸名,出版日期（版次）。

（4）古籍格式：[序号]（朝代）主要责任者.文献题名[O].其他责任者（包括校、勘、注、批等）.刊行年代（古历纪年）及刊物机构（版本）.收藏机构。

（5）析出文献格式：[序号]析出文献主要责任者.析出文献题名[文献类型标识]//原文献主要责任者（任选）.原文献题名.出版地:出版者,出版年:析出文献起止页码。

（6）电子文献格式：主要责任者.文献题名[文献类型标识/载体类型标识].出处或可获得地址,发表或更新日期/引用日期（任选）。

（7）文献重复引用标记：同一作者的同一文被多次引用时，在文后参考文献中只出现一次，其中不注页码；而在正文中标注首次引用的文献序号，并在序号的角标外著录引文页码。

● 科律·技韵

一剪梅·2022年11月全球科技界大事回顾

□ 中国科协创新战略研究院 董阳

古禽遗踪绍箕裘¹。
熔羽出岫²，耀变喷流³。
维管迁徙寒旱近⁴，
蝠飞马跃⁵，神清步迢⁶。

电光相干竞自由⁷。
晶界弛豫⁸，钙矿析求⁹。
太空会师¹⁰漾天舟¹¹，
循水测究¹²，瘤谱诊讫¹³。

注释：

¹ 绍箕裘，意指承袭先辈事业。11月30日，发表于《自然》的成果显示，科学家利用微型计算机断层扫描技术对一只生活在6700万年前的史前有齿鸟化石进行分析，发现与其现代近亲（如鸡和鸭）有共同的关键特征，有望颠覆鸟类进化树。

² 11月3日，发表于《科学》的成果显示，科学家利用卫星捕获的图像证实，今年1月爆发的汤加火山产生了有史以来最高的熔岩羽流，这也是第一次看到火山喷发的羽流穿过较低的大气层延伸到了中间层。

³ 11月24日，发表于《自然》的成果显示，科学家根据对耀变体马卡良501（Mrk501）在2022年3月初和3月底两次观测的结果，给出了推测：超大质量黑洞喷射的超快粒子流产生的辐射表明，这些粒子是被喷流向外传播的激波加速的。

⁴ 11月10日，发表于《科学》的成果显示，科学家使用显微镜和解剖分析来观察植物标本的内部结构，发现了植物维管系统的进化机制，解释了古代植物如何从水岸边生长到干旱陆地。

⁵ 11月16日，发表于《自然》的成果显示，科学家分析了土地使用变化、蝙蝠行为、亨德拉病毒从蝙蝠溢出到马的历时数据，解释了生境丧失、气候变化和溢出风险之间的关联。

⁶ 11月9日，发表于《自然》的成果显示，发现促进瘫痪恢复的神经元，增进了人们对瘫痪后如何恢复移动能力的认识。

⁷ 11月3日，发表于《自然》的成果显示，中国科学家在小型化自由电子相干光源研究领域取得了新成果，探索飞秒激光驱动超短电子脉冲泵浦表面等离激元（SPP）的动力学过程，通过对自由电子脉冲泵浦SPP相干放大的动态过程观测，阐述了自由电子与SPP作用过程中的受激放大机理。

⁸ 11月11日，发表于《科学》的成果显示，中国科学家利用自主研发的特种塑性变形技术，通过结构弛豫，晶界可以大幅提升高温合金的抗蠕变性能，为高性能高温合金的可持续发展开辟了一条新路。

⁹ 11月10日，发表于《自然》上的成果显示，中国科学家通过离子液体醋酸甲胺(MAAC)创造性地制备出长期稳定的钙钛矿印刷油墨，创新性地提出了一种丝网印刷钙钛矿薄膜与器件的解决方案，有助于破解钙钛矿光伏产业化难题。

¹⁰ 11月30日，神舟十五号载人飞船与空间站组合体完成自主快速交会对接，3名航天员顺利进驻中国空间站，两个航天员乘组首次实现“太空会师”。

¹¹ 11月12日，长征七号遥六运载火箭在中国文昌航天发射场托举天舟五号货运飞船点火升空。随后，飞船与火箭分离，顺利进入预定轨道，发射任务取得圆满成功。

¹² 11月25日，发表于《科学》的成果显示，中国科学家推导出全球首个用于预测人体每天需水量的公式，首次揭示了人类全生命周期的需水量规律。

¹³ 11月10日，发表于《自然》的成果显示，中国科学家绘制肝癌免疫微环境异质性图谱，首次以单细胞精度系统揭示肝癌的免疫微环境分型，并深入解析肿瘤相关中性粒细胞异质性及其促肿瘤机制，为肝癌乃至实体瘤的基础研究和临床诊疗提供了关键信息。

NAIS

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



ISSN 1671-4342



9 771671 434227

1.1 >