

科技人才集聚对区域创新能力的影响研究

——兼论资金支持的调节效应

王福世,陈 劲

(清华大学 经济管理学院;技术创新研究中心,北京 100084)

摘要:基于2009—2022年中国省际面板数据,分析中国省际科技人才集聚对区域创新能力的影响及空间溢出效应,依据创新过程的生产函数,同时将政府资金、风险资金和企业资金三个调节变量一同纳入理论框架进行检验。结果发现:科技人才集聚能够显著促进区域研发创新和科技成果转化;政府资金和企业资金支持存在显著的正向调节效应;邻接矩阵和地理距离矩阵两种权重下,科技人才集聚的区域内溢出效应和关联区域间的空间溢出效应均显著且为正值。据此,提出以需求为导向,凝练地区研发创新和科技成果转化关键问题,实现精准引才等相关建议。

关键词:科技人才集聚;区域创新能力;资金支持

DOI:10.13956/j.ss.1001-8409.2025.09.04

中图分类号:F124.3;C964.2

文献标识码:A

文章编号:1001-8409(2025)09-0022-09

Impact of Scientific and Technological Talent Agglomeration on Regional Innovation Capability with the Moderating Effect of Financial Support

WANG Fu-shi, CHEN Jin

(School of Economics and Management; Research Center for Technological Innovation, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract: This study aims to analyze the impact of inter-provincial scientific and technological talent concentration on regional innovation capacity and the spatial spillover effect in China, based on the production function of the innovation process, and incorporating the three moderating variables of governmental funds, risk funds and enterprise funds into the theoretical framework. The inter-provincial panel data of China from 2009 to 2022 are selected for testing. The results show that the agglomeration of scientific and technological talents can significantly promote regional R&D innovation and the transformation of scientific and technological achievements. There is a significant positive adjustment effect of government fund and enterprise fund support. Under the two weights of adjacency matrix and geographical distance matrix, the intra-regional spillover effect and the spatial spillover effect between related regions are both significant and positive. According to the research theory and conclusion, the paper puts forward relevant suggestions such as demand-oriented, condense the key issues of regional R&D innovation and scientific and technological achievements transformation, and achieve accurate talent introduction.

Key words: scientific and technological talent gathering; regional innovation capacity; financial support

引言

区域创新能力是引领高质量发展的重要抓手^[1]。党的十八大以来,以习近平同志为核心的党中央高度重视科技创新工作,把促进科技成果转化摆在十分重要的位置进行谋划部署。习近平总书记强调,要及时将科技创新成果应用到具体产业和产业链上,改造提升传统产业,培育壮大新兴产业,超前布局建设未来产业,加快构建以先进制造业为支撑的现代化产业体系。区域创新能力是一个地区将知识转化为新产品、新工艺和新服务的能力^[2]。所以,区域创新能力既反映了研发创新的实质性成果,同时又彰显了科技成果的转化能力。科技人才是区域创新能力的支撑,也是增强国家竞争力的核心要素,科技人才集聚对区域创新能力的影响一直是学术

界关注的话题。

科技人才集聚相关的文献研究目前大致可以从三个方面归纳总结:首先是科技人才集聚的影响效应研究,科技人才集聚对制造业企业创新和产业集聚均有显著影响^[3,4],同时科技人才集聚也可以产生技术创新的区域空间溢出效应^[5],优化科技人才空间分布可以提升后发国家整体创新产出^[6]。其次是影响科技人才集聚的因素研究,营商环境、区域治理要素、数字基础设施、高科技集群对科技人才集聚均有不同程度的影响^[7-10]。最后是科技人才集聚作为机制的研究,科技人才集聚在城市基础设施与创新、创新型城市试点政策与城市创新、国家知识产权试点政策与城市创新合作,对外开放制度创新与企业创新,以及新质生产力视角下的人才引

收稿日期:2024-11-28

基金项目:国家社会科学基金项目(23ZDA062)

作者简介:王福世(1995—),男,山东聊城人,博士后,研究方向为科技人才与创新管理;陈 劲(1968—),男,浙江余姚人,博士、教授、博士生导师,研究方向为科技政策与创新管理。

进与城市全要素生产率间均存在机制作用^[11~15]。

党的二十届三中全会《中共中央关于进一步全面深化改革 推进中国式现代化的决定》提到,完善人才有序流动机制,促进人才区域合理布局,深化东中西部人才协作。科技人才集聚的相关研究已经相当丰富,区域创新能力包含区域研发创新和科技成果转化,现有研究更多探讨了科技人才集聚对区域研发创新的影响,而对区域科技成果转化的研究不够,科技人才集聚对区域创新能力的影响研究有待深入。人力资本对创新的影响已经被广泛证实^[16],创新过程的生产函数可以表示为: $I =$

$f(L, M, A)$, 其中, I 表示区域创新能力, L 表示人力资本投入, M 表示资金投入, A 表示影响区域创新能力的其他因素,说明区域创新在需要一定比例科技人才的同时,也需要匹配相当比例的资金。创新的资金多来源于政府资金、风险资金和企业资金^[17]。由此,本文尝试将政府、风险和企业资金纳入科技人才集聚对区域创新能力影响的分析框架,检验不同资金支持在科技人才集聚与区域创新能力间是否会产生调节效应,相关研究尚未给予回应。综上分析,建构本文研究的理论框架,如图1。

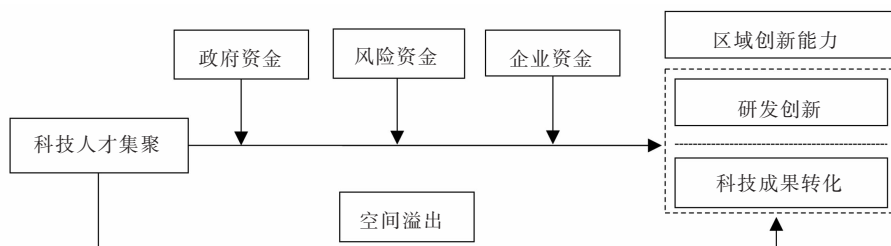


图1 研究模型

1 研究假设

地区人力资本水平是影响新知識成果产出的重要因素,同时对科技成果转化起到支撑作用^[18]。从科技人才集聚对研发创新的影响来看,科技人才集聚的流动过程往往伴随着知识和技能的转移^[4],在增加当地人力资本存量的同时,也使得新旧本地知识实现重组产生知识外溢。科技人才集聚的过程中将携带的隐性知识与知识接受者的显性知识碰撞与融合,形成新的知识体系,产生新的知识成果,促进新知识、新思想的形成与传播^[5]。从科技人才集聚对科技成果转化的影响来看,科技成果转化需要集聚一批高水平、复合型的科技人才,通过打通科技体系和产业体系间的人才交流通道,为科技成果转化提供强有力的人才保障^[19]。科技人才的受教育年限和多样性对知识创造能力有积极影响,这种知识创造能力会影响后续新产品和服务的速度^[16]。研发创新阶段,科技人才集聚产生的规模效应、知识溢出效应能够促进本地区知识产出,科技成果转化阶段,科技人才集聚引发的知识产出成果,与科技成果商业化链接,将科技成果应用于生产领域,转化为现实生产力获取经济收益。综上,提出以下研究假设:

H1a:科技人才集聚可以影响区域研发创新。

H1b:科技人才集聚可以影响区域科技成果转化。

对于研发创新和科技成果转化而言,人力资本和资金的投入均是核心的资源要素。资料来源具有多样性^[17]。首先,政府资金的调节效应分析,政府资金在区域创新中主要发挥“杠杆效应”撬动风险资本,为创新主体赋能^[20]。政府资金可以通过投融资、税收优惠等资金支持的方式为科技人才集聚提供先决条件,进而影响区域研发创新和科技成果转化。所以,政府资金可以通过推动科技人才资本的积累促进区域创新,为科技人才集聚对区域创新能力的影响提供引导支持。其次,风险资金的调节效应分析,风险投资既可以通过激发地区企业

家创新精神,带动高科技人才集聚,激励更多科技人才从事研发创新活动,又有利于形成资金供给渠道的规模效应,为科技人才创新创业提供所需的资金支持,带动区域产品创新,促进科技成果转化^[17]。所以,风险资金支持会促进科技人才集聚对区域研发创新和科技成果转化的积极影响。最后,企业资金的调节效应分析,企业是区域创新的主体,政府资金的前期引导和风险资金的支持归根到底是要实现企业自身研发资金投入的增加,企业增加自有研发资金一定程度上可以直接满足科技人才对资金的需求,从而激发科技人才创新活力,对区域创新均具有显著正向影响^[17]。企业资金支持对科技人才产出研发创新成果,促进科技成果转化具有积极作用。综上,提出以下研究假设:

H2a:政府资金在科技人才集聚与区域研发创新、科技成果转化间具有调节效应。

H2b:风险资金在科技人才集聚与区域研发创新、科技成果转化间具有调节效应。

H2c:企业资金在科技人才集聚与区域研发创新、科技成果转化间具有调节效应。

科技人才集聚不仅会直接影响到本地的创新能力,同时也会影响关联区域的创新能力^[5]。从科技人才集聚对研发创新的空间溢出影响来看,一方面,科技人才在本地集聚会形成丰富的新知识和技术体系,通过空间溢出效应在相邻地区得到学习应用,对邻近地区的创新活动产生辐射作用;另一方面,科技人才集聚的过程伴随着流动,有助于加快知识的传播,产生溢出效应,实现知识迁移,从而有助于提高邻近地区的研发创新水平^[22]。从科技人才集聚对科技成果转化的空间溢出影响来看,区域创新的知识产出和成果转化不是互相割裂的两个阶段,而是前后向关联的动态联动过程。科技成果转化依赖于知识和信息在高校、企业、政府等各行为主体间的流动,地理的邻近可以降低跨区域交流合作成

本^[23]。正是由于空间效应的存在,科技人才集聚创建的新知识和技术体系会加速周围地区科技成果转化进程,同时科技人才集聚产生的研发创新成果也会在邻近地区实现转移转化。综上,提出以下研究假设:

H3a:科技人才集聚可以通过空间溢出效应影响邻近区域研发创新。

H3b:科技人才集聚可以通过空间溢出效应影响邻近区域科技成果转化。

2 研究模型

2.1 基准回归模型

构建科技人才集聚对区域创新能力(研发创新和科技成果转化)影响的基准回归模型为:

$$\ln Pat_{it} = \alpha Tag_{it} + \gamma X_{it} + \rho + \varepsilon \quad (1)$$

$$\ln Crf_{it} = \alpha Tag_{it} + \gamma X_{it} + \rho + \varepsilon \quad (2)$$

式(1)中, $\ln Pat_{it}$ 表示区域创新能力中的研发创新, $\ln Crf_{it}$ 表示区域创新能力中的科技成果转化, α 代表不同阶段科技人才集聚的回归系数, γ 代表不同阶段控制变量的回归系数, ρ 表示常数项, ε 表示误差项。

2.2 变量衡量与数据来源

(1)因变量。区域创新能力分别为研发创新(Pat)和科技成果转化(Crf)。参考孙红军等研究^[5],研发创新以区域发明专利申请授权数表示,参考邓向荣等的研究方法^[24],企业新产品销售收入一定程度上能够反映企业研发创新成果的商业化程度。因此,科技成果转化用区域内规上工业企业新产品销售收入表示。

(2)自变量。科技人才集聚(Tag)。参考张所地等研究^[11],用每万人地区就业人口中的科技人才数量表示科技人才集聚程度,其计算公式为:

$$Tag_{it} = T_{it}/L_{it} \quad (3)$$

表1 变量具体含义、公式及描述性统计

变量	基本含义及公式	单位	平均值	标准差	中位数	最小值	最大值
$\ln Pat$	区域发明专利申请授权数	个	8.13	1.54	8.20	3.58	11.65
$\ln Crf$	区域内规上工业企业新产品销售收入	元	26.11	1.59	26.37	20.57	29.26
Tag	区域每万人就业人口中的科技人才数量	人	78.94	72.94	51.52	10.85	482.95
$\ln C1$	研究与试验发展(R&D)经费内部支出中的政府资金	元	22.37	1.24	22.40	19.19	25.58
$\ln C2$	区域风险投资金额	元	22.55	1.99	22.63	0.00	26.97
$\ln C3$	研究与试验发展(R&D)经费内部支出中的企业资金	元	23.61	1.44	23.73	19.21	26.68
$\ln Pgdp$	以2009年为基期,实际GDP/地区人口	比值	10.28	0.45	10.15	9.31	11.33
Str	第三产业增加值占第二产业增加值比重	比值	1.21	0.70	1.05	0.50	5.30
Opn	各省份进出口总额/同期地区GDP	比值	0.27	0.30	0.14	0.01	1.55
Hum	各省高等教育在校学生数占省级总人口比重	比值	0.02	0.01	0.02	0.01	0.04
Infra	地区邮政和电信业务总量/同期地区GDP	比值	0.11	0.12	0.07	0.02	1.02
Urban	城镇人口占地区总人口比重	比值	0.59	0.13	0.57	0.30	0.90

变量的相关性检验见表2,研发创新、科技成果转化、科技人才集聚等变量间存在一定的相关性。

3 实证检验

3.1 直接效应检验

3.1.1 基准回归结果

运用回归方程分析科技人才集聚对研发创新和科技成果转化的影响,结果显示如表3。科技人才集聚的系数均显著为正,科技人才集聚对研发创新的影响系数为0.005,对科技成果转化的影响系数为0.004,表明本

式(3)中, Tag_{it} 表示i省t时期科技人才集聚程度, T_{it} 表示i省t时期的科技人才数量, L_{it} 表示i省t时期的总就业人口,科技人才数量用《中国科技统计年鉴》中的R&D人员数表示。同时,为了考察科技人才集聚与地区创新能力之间的关系是否因科技人才类型产生差异,检验基础研究、应用研究和试验开发不同研发类型的科技人才集聚对区域创新能力的异质性影响,分别以基础研究、应用研究或试验开发研究R&D人员全时当量占该地区就业人口的比重衡量。

(3)调节变量。政府资金和企业资金分别以各省份按资金来源分研究与试验发展(R&D)经费内部支出衡量,参考陈鑫等、刘建华研究^[25,26],以区域风险投资金额表示风险投资。

(4)控制变量。参考孙红军等、刘建华的研究^[5,26],将地区人均GDP(Pgdp)、产业结构(Ins)、地区市场开放程度(Opn)、人力资本(Hum)、基础设施完善程度(Infra)、城镇化水平(Urban)作为控制变量。

鉴于2009年和2008年《中国科技年鉴》中关于科技人才的统计口径不一致,考虑数据可获得性,所以基期设定为2009年。限于数据的可得性,本文仅选用2009—2022年中国的部分省际面板数据进行空间计量分析,数据主要来源于《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》、Wind数据库及各省统计年鉴。为保证后续数据的准确性,对区域发明专利申请授权数、区域内规上工业企业新产品销售收入、政府资金、风险资金和企业资金支持变量取对数,由于风险资金的最小值为0,数据分析过程对其加1后再取对数,控制变量皆为比值不再对其取对数,本文的所有变量解释见表1。

省的科技人才集聚程度越高,本省研发创新和科技成果转化水平越高,H1a和H1b成立。对比发现,科技人才集聚对研发创新的影响程度要稍高于其对科技成果转化的影响,说明科技人才集聚对研发创新再到成果转化的影响有逐渐降低的趋势,也反映出研发创新阶段与科技人才更为紧密。控制变量中,地区人均GDP、城镇化水平对研发创新和科技成果转化的影响均显著为正,地区市场开放程度、人力资本、基础设施完善程度、产业结构也会在不同程度上影响地区的研发创新和科技成果转化。

表 2 变量的相关性检验

变量	lnPat	lnCrf	Tag	lnC1	lnC2	lnC3	lnPgdp	Str	Opn	Hum	Infra	Urban
lnPat	1											
lnCrf	0.895 ***	1										
Tag	0.667 ***	0.527 ***	1									
lnC1	0.915 ***	0.776 ***	0.694 ***	1								
lnC2	0.737 ***	0.630 ***	0.546 ***	0.684 ***	1							
lnC3	0.932 ***	0.957 ***	0.590 ***	0.837 ***	0.685 ***	1						
lnPgdp	0.556 ***	0.530 ***	0.766 ***	0.558 ***	0.480 ***	0.575 ***	1					
Str	0.343 ***	0.0630	0.670 ***	0.433 ***	0.345 ***	0.133	0.397 ***	1				
Opn	0.528 ***	0.464 ***	0.739 ***	0.544 ***	0.488 ***	0.479 ***	0.712 ***	0.477 ***	1			
Hum	0.491 ***	0.408 ***	0.545 ***	0.549 ***	0.302 ***	0.417 ***	0.485 ***	0.355 ***	0.234 ***	1		
Infra	0.025	-0.0440	-0.0290	0.0310	0.0400	-0.0150	-0.172 **	0.188 ***	-0.115	0.0270	1	
Urban	0.610 ***	0.495 ***	0.834 ***	0.609 ***	0.524 ***	0.545 ***	0.891 ***	0.567 ***	0.732 ***	0.625 ***	0.0240	1

注:***表示 $p < 0.01$, **表示 $p < 0.05$, *表示 $p < 0.1$ 。下表同

表 3 科技人才集聚对研发创新和科技成果转化的影响回归结果

变量	lnPat	lnCrf
	0.005 ***	0.004 ***
Tag	(0.001)	(0.001)
	2.137 ***	0.707 *
lnPgdp	(0.301)	(0.423)
	-0.019	-0.256 ***
Str	(0.061)	(0.086)
	-0.642 ***	-0.380
Opn	(0.166)	(0.234)
	-35.209 ***	-12.540
Hum	(7.341)	(10.299)
	-0.892 ***	-0.244
Infra	(0.110)	(0.154)
	11.286 ***	8.480 ***
Urban	(0.494)	(0.694)
Constant	-19.879 ***	14.282 ***
	(2.914)	(4.088)
Observations	420	420
R-squared	0.927	0.732
Number of id	30	30
yearfix	YES	YES
idfix	YES	YES

3.1.2 异质性检验

(1) 不同类型科技人才集聚对研发创新和科技成果转化的影响异质性检验。表 4 中地区基础研究型、应用研究型 and 试验开发型的科技人才集聚对研发创新和科技成果转化均有正向影响。一方面,比较不同类型科技人才集聚对研发创新的影响发现,基础研究型、应用研究型 and 试验开发型科技人才集聚对研发创新的影响程度依次降低,影响系数分别为 0.024、0.018 和 0.009,反映不同类型的科技人才集聚对地区研发创新的影响存在差异性。再者比较不同类型科技人才集聚对科技成果转化的影响发现,基础研究型、应用研究型和试验开发型科技人才集聚对科技成果转化的影响程度仍然呈现顺序降低的特征,系数分别为 0.016、0.013 和 0.006。另一方面,比较不同类型科技人才集聚对区域创新能力不同阶段的影响发现,基础研究型、应用研究型和试验开发型科技人才集聚对研发创新阶段的影响要大于对

科技成果转化阶段的影响,同样反映出科技人才集聚对创新过程的影响程度是减弱的。

(2) 不同地区科技人才集聚对研发创新和科技成果转化的影响异质性检验。结果如表 5 所示,东部、中部和西部地区的科技人才集聚对研发创新具有显著正向影响,东部和中部地区的科技人才集聚对科技成果转化具有显著正向影响。从不同地区科技人才集聚对研发创新的影响比较来看,科技人才集聚对中部地区研发创新的影响最显著,系数为 0.010,其次是西部地区,系数为 0.007,最后是东部地区,为 0.004;从不同地区科技人才集聚对科技成果转化的影响来看,科技人才集聚对中部地区科技成果转化的影响要大于东部地区,前者系数为 0.007,后者为 0.003。分地区科技人才集聚对研发创新的影响程度均大于对科技成果转化的影响,说明完善人才有序流动机制,促进人才区域合理布局,深化东中西部人才协作具有必要性与紧迫性。

3.2 资金支持的调节效应检验

构建不同类型资金支持对科技人才集聚与区域创新能力(研发创新和科技成果转化)影响的调节效应回归模型,具体为:

$$\ln Pat_{it} = \alpha Tag_{it} + \beta Tag_{it} \times \ln C_{\tau} + \gamma X_{it} + \rho + \varepsilon \quad (4)$$

$$\ln Crf_{it} = \alpha Tag_{it} + \beta Tag_{it} \times \ln C_{\tau} + \gamma X_{it} + \rho + \varepsilon \quad (5)$$

式(4)和式(5)中, $\ln C_{\tau}$ 表示不同主体的资金支持。其中, $\tau=1$ 时,表示政府资金支持, $\tau=2$ 时,表示风险资金支持, $\tau=3$ 时,表示企业资金支持, β 代表不同资金支持与科技人才集聚交互项的系数,其他变量和参数解释同式(1)和式(2)。

不同主体资金支持对地区研发创新和科技成果转化的影响(见表 6)来看,首先,政府资金支持在科技人才集聚与地区研发创新、科技成果转化间具有正向调节影响,H2a 成立。其次,风险资金支持在科技人才集聚与地区研发创新间的调节影响效应不显著,以及风险资金支持在科技人才集聚与地区科技成果转化间的调节影响效应也不显著,H2b 不成立。最后,企业资金在科技人才集聚与区域研发创新、科技成果转化之间的支持的正向调节影响效应均显著,H2c 成立。研究结果表明,政府资金支持、企业资金支持可以增强科技人才集

聚对区域创新能力的提升作用。进一步比较发现,政府资金和企业资金支持对科技成果转化的调节效应要大于其对于研发创新的调节影响效应,说明政府和企业资金支持更有利于促进企业科技成果的转化。

表4 不同类型科技人才集聚对研发创新和科技成果转化的影响回归结果

变量	lnPat	lnPat	lnPat	lnCrif	lnCrif	lnCrif
Tag1	0.024 *** (0.005)			0.016 ** (0.007)		
Tag2		0.018 *** (0.004)			0.013 ** (0.006)	
Tag3			0.009 *** (0.001)			0.006 *** (0.001)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	-16.388 *** (3.144)	-18.328 *** (3.141)	-21.078 *** (2.985)	16.578 *** (4.175)	15.281 *** (4.147)	13.220 *** (4.101)
Observations	420	420	420	420	420	420
R-squared	0.916	0.915	0.924	0.723	0.723	0.733
Number of id	30	30	30	30	30	30
yearfix	YES	YES	YES	YES	YES	YES
idfix	YES	YES	YES	YES	YES	YES

表5 不同地区科技人才集聚对研发创新和科技成果转化的影响回归结果

变量	东 lnPat	中 lnPat	西 lnPat	东 lnCrif	中 lnCrif	西 lnCrif
Tag	0.004 *** (0.001)	0.010 *** (0.002)	0.007 *** (0.002)	0.003 *** (0.001)	0.007 *** (0.003)	0.000 (0.004)
控制变量	YES	YES	YES	YES	YES	YES
Constant	-18.732 *** (6.275)	-18.359 *** (5.102)	-17.664 *** (5.611)	24.018 *** (6.795)	22.300 *** (5.800)	1.629 (9.681)
Observations	154	112	154	154	112	154
R-squared	0.930	0.941	0.927	0.795	0.867	0.651
Number of id	11	8	11	11	8	11
yearfix	YES	YES	YES	YES	YES	YES
idfix	YES	YES	YES	YES	YES	YES

表6 不同资金的调节效应回归结果

变量	lnPat	lnPat	lnPat	lnCrif	lnCrif	lnCrif
Tag	0.002 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)	0.002 *** (0.001)	-0.000 (0.001)	0.003 *** (0.001)	-0.000 (0.001)
lnC1	0.293 *** (0.062)			0.032 (0.091)		
Tag × lnC1	0.352 *** (0.110)			0.624 *** (0.161)		
lnC2		0.016 (0.014)			-0.068 *** (0.019)	
Tag × lnC2		0.025 (0.058)			0.079 (0.080)	
lnC3			0.326 *** (0.072)			0.334 *** (0.104)
Tag × lnC3			0.247 ** (0.122)			0.334 * (0.175)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Constant	-28.469 *** (2.971)	-19.264 *** (2.912)	-27.579 *** (2.941)	9.489 ** (4.359)	12.574 *** (4.009)	5.879 (4.234)
Observations	420	420	420	420	420	420
R-squared	0.936	0.928	0.936	0.745	0.746	0.753
Number of id	30	30	30	30	30	30
yearfix	YES	YES	YES	YES	YES	YES
idfix	YES	YES	YES	YES	YES	YES

3.3 空间溢出效应检验

3.3.1 空间计量模型构建

考虑空间因素的影响,构建科技人才集聚对区域创新能力的空间溢出效应模型:

$$Y_i = \alpha WY_i + \beta X + \gamma WX + \rho + \varepsilon \quad (6)$$

$$\varepsilon = \pi W\varepsilon + \eta, \eta \sim N[0, \sigma^2 I] \quad (7)$$

式(1)中, $i=1$ 和 $i=2$ 。 Y_1 表示区域创新能力第一阶段的研发创新, Y_2 表示区域创新能力第二阶段的科技成果转化, W 代表 $n \times n$ 维的空间权重矩阵, β 代表 X 的相关系数; α 和 γ 代表空间相关系数; ρ 表示常数项, ε 和 η 表示误差项。对于式(6)而言,当 $\alpha \neq 0, \gamma \neq 0$ 且 $\pi \neq 0$ 时,为空间自回归模型(SAR); $\alpha \neq 0, \gamma = 0$ 且 $\pi \neq 0$ 时,为空间误差模型(SEM); $\alpha \neq 0, \gamma \neq 0$ 且 $\pi = 0$ 时,为空间杜宾模型(SDM)。本文将根据后续的检验及显著性结果来判断选择的模型形式。

3.3.2 空间相关性检验

本文分别构造邻接矩阵和地理距离的两种空间权重矩阵,采用莫兰指数 I (Moran'I) 对样本省份的科技人才集聚与区域创新能力进行空间自相关性检验。计算过程如式(8)和式(9)所示:

$$\text{Moran}'I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (8)$$

$$S^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2, \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (9)$$

式(8)和式(9)中, n 为总的地区数, x_i 和 x_j 分别为地区 i 和地区 j 的观测值, $\bar{x}$ 为各地区观测值均值, w_{ij} 为

空间权重矩阵。Moran'I 指数的取值范围为 $[-1, 1]$,当 Moran'I 指数的取值大于 0 时,空间呈正相关,小于 0 表示空间负相关,等于 0 则表示空间不相关。由于经济距离矩阵没有通过空间相关性检验,因此本文不再构建经济距离的空间权重矩阵。

(1)全局莫兰指数。本文运用全局莫兰指数分别对样本省份的科技人才集聚、研发创新和科技成果转化进行空间自相关性检验,结果如表 7。全局莫兰指数取值范围为 $[-1, 1]$,正值表示存在正向空间相关性,负值则表明存在负向空间相关性。2009—2022 年,科技人才集聚、研发创新和科技成果转化的 Morans'I 指数虽有波动,但均为正值,且均通过显著性检验,表明科技人才集聚、研发创新及科技成果转化间均具有显著的空间正相关特征。因此,空间相关作用显著,进一步选择空间计量模型研究空间溢出效应合适。

(2)局部莫兰指数。为考察某一特定区域的空间相关程度,本文绘制科技人才集聚、研发创新和科技成果转化的局部莫兰图(囿于篇幅,此处仅汇报 2022 年情况)。图 2 显示,中国各省的科技人才集聚、研发创新和科技成果转化的莫兰指数所对应的点大多数分布在第一、第三象限,即表示各省在局部空间上具有较强的正向促进作用,与全局莫兰指数的检验结果相同。

3.3.3 空间计量模型回归

首先,进行 LM 检验。LM-Lag 和稳健的 LM-Lag 检验以及 LM-Error 和稳健的 LM-Error 检验,来判断选择模型形式。表 8 结果显示,检验结果显著,本文所选取的样本具有空间滞后和空间误差自相关双重效应,选择 SDM 模型可以同时检验两种效应。

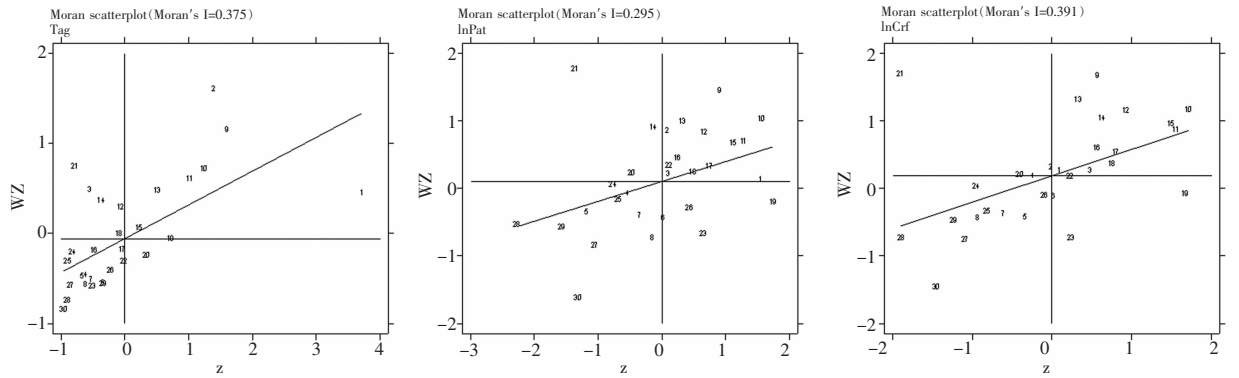
表 7 科技人才集聚、研发创新和科技成果转化的全局莫兰指数

年份	Tag				lnPat				lnCrf			
	邻接矩阵		地理距离矩阵		邻接矩阵		地理距离矩阵		邻接矩阵		地理距离矩阵	
	I	P 值	I	P 值	I	P 值	I	P 值	I	P 值	I	P 值
2009	0.244	0.006	0.066	0.001	0.174	0.090	0.089	0.001	0.215	0.042	0.093	0.000
2010	0.295	0.002	0.086	0.000	0.182	0.077	0.084	0.001	0.277	0.010	0.111	0.000
2011	0.353	0.000	0.112	0.000	0.189	0.069	0.084	0.001	0.301	0.005	0.109	0.000
2012	0.366	0.000	0.116	0.000	0.204	0.052	0.090	0.001	0.316	0.003	0.114	0.000
2013	0.395	0.000	0.128	0.000	0.220	0.038	0.092	0.000	0.335	0.002	0.117	0.000
2014	0.422	0.000	0.137	0.000	0.216	0.041	0.088	0.001	0.301	0.005	0.112	0.000
2015	0.446	0.000	0.143	0.000	0.215	0.043	0.089	0.001	0.316	0.004	0.116	0.000
2016	0.446	0.000	0.140	0.000	0.230	0.032	0.089	0.001	0.369	0.001	0.136	0.000
2017	0.415	0.000	0.126	0.000	0.212	0.045	0.086	0.001	0.361	0.001	0.130	0.000
2018	0.410	0.000	0.113	0.000	0.247	0.023	0.092	0.000	0.368	0.001	0.136	0.000
2019	0.367	0.000	0.093	0.000	0.242	0.026	0.093	0.000	0.305	0.006	0.124	0.000
2020	0.365	0.000	0.096	0.000	0.274	0.013	0.101	0.000	0.339	0.002	0.127	0.000
2021	0.415	0.000	0.112	0.000	0.258	0.018	0.096	0.000	0.382	0.001	0.134	0.000
2022	0.375	0.000	0.098	0.000	0.295	0.008	0.107	0.000	0.391	0.001	0.137	0.000

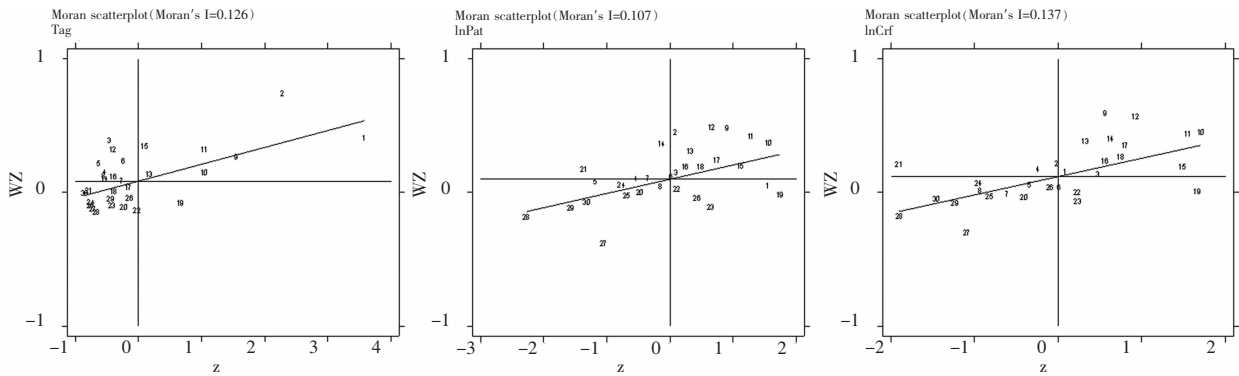
其次,作模型对比和 LR 检验。根据豪斯曼检验结果,SDM 模型豪斯曼指标在 1% 显著性水平上通过检验,选择固定效应,进一步检验得出应该使用双向固定效应模型。LR 检验均在 1% 的显著性水平上拒绝原假设,说明空间杜宾模型不可以简化为空间自回归和空间误差模型。

再次,对模型作回归结果。SDM 的固定效应模型结果(见表 9)显示,两种空间权重下,科技人才集聚对本省

研发创新的影响在 1% 的显著性水平下均通过假设检验,系数为正值,表明本省的科技人才集聚对研发创新具有显著正向影响。科技人才集聚的空间滞后项系数也在 1% 的显著性水平下通过假设检验,表明科技人才集聚具有显著的空间效应,即本省的科技人才集聚对其他省份的研发创新具有显著的促进作用。两种空间权重下,科技人才集聚对本省科技成果转化的影响和空间溢出效应不明显。



(1)2022 年邻接矩阵构建的科技人才集聚、研发创新和科技成果转化局部莫兰图



(2)2022 年地理距离矩阵构建的科技人才集聚、研发创新和科技成果转化局部莫兰图

图 2 2022 年基于不同矩阵的局部莫兰图

表 8 LM 检验

检验类型	lnPat				lnCrf			
	邻接矩阵		地理距离矩阵		邻接矩阵		地理距离矩阵	
	LM 值	P 值	LM 值	P 值	LM 值	P 值	LM 值	P 值
LM - Lag 检验	121.995	0.000	241.204	0.000	101.237	0.000	149.479	0.000
稳健的 LM - Lag 检验	87.670	0.000	80.028	0.000	86.981	0.000	50.961	0.000
LM - Error 检验	67.256	0.000	161.402	0.000	90.352	0.000	101.440	0.000
稳健的 LM - Error 检验	32.931	0.000	0.226	0.634	76.096	0.000	2.922	0.087

表 9 不同权重矩阵下的模型回归结果

变量名称	lnPat		lnCrf		变量名称	lnPat		lnCrf	
	邻接矩阵	地理距离矩阵	邻接矩阵	地理距离矩阵		邻接矩阵	地理距离矩阵	邻接矩阵	地理距离矩阵
Tag	0.004 *** (0.001)	0.005 *** (0.001)	0.000 (0.001)	0.001 (0.001)	W × Tag	0.007 *** (0.001)	0.024 *** (0.003)	-0.004 ** (0.002)	-0.005 (0.006)
lnPgdp	0.632 * (0.347)	0.377 (0.313)	0.317 (0.586)	0.299 (0.530)	控制变量	空间滞后	空间滞后	空间滞后	空间滞后
Str	-0.118 ** (0.055)	-0.156 *** (0.055)	-0.352 *** (0.092)	-0.293 *** (0.094)	rho	-0.267 *** (0.075)	-1.291 *** (0.213)	-0.289 *** (0.076)	-1.292 *** (0.208)
Opn	-0.012 (0.142)	0.043 (0.141)	0.018 (0.240)	-0.164 (0.241)	sigma2_e	0.023 *** (0.002)	0.021 *** (0.001)	0.067 *** (0.005)	0.061 *** (0.004)
Hum	-23.865 *** (7.080)	-14.669 ** (6.901)	-47.926 *** (11.926)	-58.461 *** (11.762)	Observations	420	420	420	420
Infra	-0.127 (0.186)	-0.224 (0.177)	0.228 (0.314)	0.414 (0.300)	R - squared	0.345	0.427	0.023	0.166
Urban	6.207 *** (0.782)	5.346 *** (0.745)	4.597 *** (1.301)	6.378 *** (1.273)	Number of id	30	30	30	30
					yearfix	YES	YES	YES	YES
					idfix	YES	YES	YES	YES

最后,空间溢出效应。空间杜宾模型其参数不能直接反映直接作用和空间溢出效果,因此,将科技人才集聚的影响效应分解。表 10 显示,地理距离权重下,科技人才集聚的区域内溢出效应最大,邻近矩阵下,科技人才集聚的区域内溢出效应最小。这说明科技人才集聚对区域研发创新具有显著的推动作用,这种促进作用在考虑地理矩阵后,对地区产生的影响最大。其次,两种空间权重下,科技人才集聚对关联地区研发创新的区域间溢出效应为正值,且都通过了 1% 的显著性水平检验,

说明科技人才集聚对关联地区的研发创新具有显著的推动作用,这种促进作用在考虑地理距离矩阵后,对其他地区产生的影响最大,H3a 成立。最后,分析科技人才集聚对研发创新的总效应,两种权重下,科技人才集聚的总溢出效应为正,且均通过 1% 的显著性水平检验。总体来说,科技人才集聚不论是对本地区还是对关联地区的研发创新均会产生显著的正向促进作用。两种空间权重下,科技人才集聚对科技成果转化的直接和空间溢出效应不够明显,H3b 不成立。

表 10 两种空间权重下的空间溢出效应

类别	变量名称	lnPat		lnCrf	
		邻接矩阵	地理距离矩阵	邻接矩阵	地理距离矩阵
直接效应	Tag	0.003 ***	0.005 ***	0.000	0.001
	lnPgdp	0.469	-0.186	0.665	0.464
	Str	-0.096	-0.106 *	-0.354 ***	-0.252 **
	Opn	0.020	0.102	-0.007	-0.052
	Hum	-24.970 ***	-13.316	-50.791 ***	-53.783 ***
	Infra	-0.085	-0.151	0.274	0.565 *
	Urban	6.003 ***	4.390 ***	4.623 ***	5.430 ***
间接效应	Tag	0.005 ***	0.008 ***	-0.004 ***	-0.003
	lnPgdp	1.846 ***	5.602 ***	-5.269 ***	-2.243
	Str	-0.236 ***	-0.471 ***	0.135	-0.340
	Opn	-0.233	-0.470	0.674	-0.937
	Hum	-3.446	-27.432	8.170	-71.425 *
	Infra	-0.443 *	-0.665 *	-0.353	-1.385 **
	Urban	3.554 ***	10.511 ***	0.535	10.645 **
总效应	Tag	0.009 ***	0.012 ***	-0.003 **	-0.002
	lnPgdp	2.316 ***	5.416 ***	-4.604 ***	-1.779
	Str	-0.333 ***	-0.577 ***	-0.219	-0.592 **
	Opn	-0.212	-0.368	0.667	-0.988
	Hum	-28.416 **	-40.748 **	-42.621 **	-125.208 ***
	Infra	-0.528 ***	-0.816 ***	-0.079	-0.820 *
	Urban	9.557 ***	14.900 ***	5.158 **	16.075 ***

4 研究结论与政策建议

4.1 研究结论

第一,科技人才集聚能够显著促进区域研发创新和科技成果转化。具体来看,科技人才集聚对研发创新再到成果转化的影响程度逐渐降低。异质性检验发现,基础研究型、应用研究型和试验开发型科技人才集聚对研发创新和科技成果转化均存在显著促进作用,且影响效应逐渐降低。科技人才集聚对中西部地区研发创新和成果转化的影响程度要优于东部地区。

第二,政府资金和企业资金支持在科技人才集聚与地区研发创新、科技成果转化间具有正向调节影响。政府资金和企业资金支持对科技成果转化的调节效应要大于对研发创新的正向调节影响效应,说明当前政府和企业资金支持更有利于企业科技成果的转化,资金支持对研发创新的影响效应还有待提高。由于风险投资机构的持股比例偏大会造成控股股东潜在利益损失等多重原因,本文发现风险资金在科技人才集聚与科技成果转化间具有负向调节影响。

第三,邻接矩阵和地理距离矩阵两种权重下,科技人才集聚的区域内溢出效应和关联区域间的空间溢出效应均显著且为正值。科技人才集聚对关联地区的研发创新具有显著的推动作用,这种促进作用在考虑地理距离矩阵

后,对其他地区产生的影响最大。两种空间权重下,科技人才集聚对科技成果转化的空间溢出效应不显著。

4.2 政策建议

第一,以需求为导向,凝练地区研发创新和科技成果转化关键问题,精准引进科技人才。政府有关部门牵头总结地区产业发展中存在的研发创新和科技成果转化需求问题,加强对科学问题的凝练,以研究问题和任务为导向,开展精准引才。注重为高层次科技人才提供“一站式”服务,超前精准锁定地方优秀高校毕业生,对目标人才实行协议工资制,落实住房、户口、配偶随迁、子女教育、医疗保障等待遇。打通区域间科技人才评价互认机制。

第二,发挥地方国家实验室、高校、新型研发机构等国家战略科技力量对基础研究型人才的集聚作用。相比应用型和试验开发型的科技人才,基础研究型科技人才对研发创新和科技成果转化的促进效用更大。地方国家实验室、高校、新型研发机构等是基础研究人才培养的重大平台,进一步强化相关平台对基础研究人才的引进和培养作用。

第三,构建政府资金引导、企业资金主导研发创新和科技成果转化的支撑体系。政府资金和企业资金可正向调节科技人才集聚与研发创新、成果转化间的积极关系。明确资金使用定位,政府资金发挥引导作用,企

业资金发挥主导作用,汇聚创新链、产业链、人才链、资金链、政策链的“五链”合力攻关。优化资金支持方向,政府资金和企业资金的投入需要向研发创新领域侧重。

参考文献:

- [1] 王今,李均艳,武建龙.大数据综合试验区对区域科技创新能力的影响——基于多期 DID 的政策效应评估[J/OL]. 科学学研究,1-21[2025-05-08].
- [2] 徐梦周,杨大鹏,朱永竹.工业互联网生态对区域创新能力的影响研究[J]. 科研管理,2024,45(11):37-46.
- [3] 孙文浩.地方人才政策、人才数量结构优化与制造业企业创新[J/OL]. 数量经济技术经济研究,1-19[2025-01-13].
- [4] 凌英凯,王君慧,古恒宇,等.产业随人才走:异质性人才集聚影响区域产业格局的微观机制[J]. 中国人口·资源与环境,2024,34(7):158-169.
- [5] 孙红军,张路娜,王胜光.科技人才集聚、空间溢出与区域技术创新——基于空间杜宾模型的偏微分方法[J]. 科学学与科学技术管理,2019,40(12):58-69.
- [6] 余振,李锦坡,蒋盛君.高端人才空间集聚与后发国家创新发展——来自中国个体专利数据的证据[J]. 经济研究,2024,59(8):151-168.
- [7] 孙柏鹏,贾建锋.营商环境驱动企业科技创新人才集聚路径研究[J/OL]. 科研管理,1-19[2025-01-14].
- [8] 王世权,王向淑.科技人才集聚的区域治理归因——基于多时段 QCA 的组态分析[J]. 科学学研究,2024,42(3):492-502+540.
- [9] 焦豪,崔瑜,张亚敏.数字基础设施建设与城市高技能创业人才吸引[J]. 经济研究,2023,58(12):150-166.
- [10] Moretti E. The Effect of High-Tech Clusters on the Productivity of Top Inventors[J]. American Economic Review, 2021, 111(10):3328-3375.
- [11] 张所地,闫昱洁,李斌.城市基础设施、人才集聚与创新[J]. 软科学,2021,35(2):7-13.
- [12] 白俊红,张艺璇,卞元超.创新驱动政策是否提升城市创业活跃度——来自国家创新型城市试点政策的经验证据[J]. 中国工业经济,2022(6):61-78.
- [13] 张峻,刘小勇,王昕芊.国家知识产权试点政策是否促进了城市创新合作[J]. 经济学动态,2023,(5):72-91.
- [14] 成程,王一出,田轩,等.对外开放制度创新、全球创新网络嵌入与中国科技国际影响力[J]. 管理世界,2024,40(10):16-43.
- [15] 陈曦,吴英巨,朱建华.新质生产力视角下地方人才引进与全要素生产率[J/OL]. 经济管理,1-17[2025-01-13].
- [16] Smith K G, Collins C J, Clark K D. Existing Knowledge, Knowledge Creation Capability, and the Rate of New Product Introduction in High-Tech Firms[J]. Academy of Management Journal, 2005,48(2):346-357.
- [17] 张艳辉,李宗伟,陈林.研发资金投入对企业技术创新绩效的影响研究[J]. 中央财经大学学报,2012(11):63-67.
- [18] 余泳泽,刘大勇.我国区域创新效率的空间外溢效应与价值链外溢效应——创新价值链视角下的多维空间面板模型研究[J]. 管理世界,2013(7):6-20+70+187.
- [19] 洪群联.推动科技与经济深度融合的改革路径[J]. 人民论坛,2024(10):24-27.
- [20] 时省,魏新茹,侯伯军.政府引导基金对促进科技成果转化的作用研究[J/OL]. 科学学研究,1-22[2025-05-09].
- [21] Yang S, Ma S, Lu J. Can Government Venture Capital Guidance Funds Promote Urban Innovation? Evidence from China[J]. Growth And Change, 2022,53(2):753-770.
- [22] 张莉娜,倪志良.科技人才集聚与区域创新效率——基于空间溢出与门槛效应的实证检验[J]. 软科学,2022,36(9):45-50.
- [23] 梁爽.地理邻近对高校科技成果转化效率的影响研究[J]. 科研管理,2024,45(3):122-132.
- [24] 邓向荣,羊柳青,冯学良.企业国际合作研发能否促进科技成果转化——从知识创新到产品创新[J]. 中国科技论坛,2022,(8):107-118.
- [25] 陈鑫,陈德棉,叶江峰.风险投资、空间溢出与异质创新[J]. 管理评论,2021,33(4):102-112.
- [26] 刘建华.空间溢出视角下风险投资对区域技术创新的影响研究[J]. 当代经济科学,2024,46(2):104-119.

(责任编辑:李 镜)