

刘晔, 徐植钫, 马海涛. 中国城市人力资本水平与人口集聚对创新产出的影响 [J]. 地理科学, 2021, 41(6): 923-932. [Liu Ye, Xu Xuanfang, Ma Haitao. Impact of human capital stock and population concentration on innovative output in China. Scientia Geographica Sinica, 2021, 41(6): 923-932.] doi: 10.13249/j.cnki.sgs.2021.06.001

中国城市人力资本水平与人口集聚 对创新产出的影响

刘晔^{1,2}, 徐植钫^{3,4}, 马海涛^{3,4}

(1. 中山大学地理科学与规划学院, 广东 广州 510275; 2. 广东省城市化与地理环境空间模拟重点实验室, 广东 广州 510275; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 4. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049)

摘要: 基于中国 2007—2012 年 287 个地级及以上城市的创新投入要素和专利申请量的面板数据(不含港澳台地区数据), 采用面板固定效应模型和面板分位数回归模型, 揭示人力资本水平提升对区域创新产出的影响机制及其区域异质性, 以及人口空间集聚对人才创新驱动作用的调节机制。结果表明: ① 平均而言, 人力资本水平越高的城市, 创新产出水平越高, 但人口集聚程度与创新产出水平并不存在显著的关联; ② 人力资本水平提升对创新的驱动作用存在区域差异, 在创新等级越低的城市中其作用效果越强; ③ 人口空间集聚强化了人力资本水平对创新的驱动作用, 城市规模扩大促进了知识的溢出; ④ 人口空间集聚调节作用的显现需要达到一定的创新基础门槛, 城市创新等级越高, 调节作用越强。因此, 各地方政府应当结合当地发展的实际情况, 制定适宜的人才培育和人才引进策略, 合理引导人才流动。

关键词: 区域创新产出; 人力资本水平; 人口空间集聚; 调节效应; 区域异质性

中图分类号: K902 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2021)06-0923-10

区域的社会经济能否持续稳定地发展, 取决于本地是否具有良好的创新环境^[1]。创新驱动已经成为保障国民经济在“新常态”下良好运行的核心战略支撑^[2]。《十三五国家科技人才发展规划》提出: 在创新型国家转型期间, 应当准确把握国际科技创新发展的新动态, 贯彻落实创新驱动发展战略, 提高中国科技创新能力, 并深入实施人才优先发展战略。人才作为专业化知识与技术的载体, 在区域创新和区域发展中扮演着愈发重要的角色^[3]。如何合理引导人才流动, 借助集聚效应提高区域创新效率, 进而促进区域经济的高质量发展, 成为区域发展与区域规划研究的热点。

过去 30 a, 西方国家兴起了对人力资本和知识创新之间关联的研究, 尤其关注人力资本水平提升对知识溢出的推动作用^[3,4-6]。由于隐性知识

(Tacit knowledge) 只有通过面对面(F2F)交流才能有效传播, 溢出效应的空间外部性随地理距离的增加而衰减^[7]。因此, 在城市密度较高的地区, 面对面交流更为便利, 知识传播和信息扩散更为快捷, 创新主体之间的正式联系或非正式联系更为紧密, 更利于创新活动的开展^[7,8-10]。既有研究表明, 人力资本水平提升对区域创新有巨大的推动作用, 一个地区的人力资本水平越高, 其知识的转移、扩散和溢出越容易^[11-13]。作为知识的关键载体, 高素质人才相互间的互动有助于知识的传播与整合^[3,11]。高密度状态下的城市具备复杂多元的社会关系网络, 而这种复杂多元的社会关系网络有利于隐性知识的传播^[7,11]。在人口更为密集的城市, 知识流、信息流和技术流的流通转换速率更高, 知识溢出效应更强, 人才集聚带来的创新

收稿日期: 2020-04-28; **修订日期:** 2020-12-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(41501151, 41971209)资助。[Foundation: National Natural Science Foundation of China (41501151, 41971209).]

作者简介: 刘晔(1986-), 男, 广东广州人, 教授, 博导, 主要从事人口地理、城市地理和健康地理研究。E-mail: liuye25@mail.sysu.edu.cn

通讯作者: 马海涛。E-mail: maht@igsnrr.ac.cn

效应也更强。尽管人口集聚未必能够直接提升地区的创新水平,但由人口集聚带来的高素质劳动力和高端人才在区域内流动促进了技术扩散传播,从而有效带动整个区域创新水平的提高。高密度为面对面交流提供了有利条件,对知识溢出起到了支撑作用,从而强化了人力资本提升对创新的驱动作用。

近年来,创新地理学成为经济地理学界的 research 热点,学者们对西方创新地理学的产生逻辑和发展脉络^[14-17]、创新地理学基本理论问题^[15]、中国特殊语境下的理论创新及范式重构^[14]等领域开展了一系列的研究。在此基础上,部分学者开始关注人力资本水平提升、人口集聚和区域创新之间的联系,并取得了一些研究成果。相关研究主题主要集中在以下几个方面:① 刻画人才的空间分布格局与集聚模式,并揭示其空间分布的影响因素^[18-21];② 综合评价中国区域创新能力的空间差异,并识别创新能力的主要影响因素^[22-27];③ 基于知识生产函数的分析框架,运用面板数据回归和空间面板数据回归的方法,估计人口密度或劳动力密度对区域创新产出的影响^[28,29]。然而,既有研究依然存在以下几点不足:首先,尽管有研究表明,企业集聚和城市规模扩大有利于面对面的交流和创新活动的开展^[30-33],但至今尚没有学者在全国范围内量化分析人力资本水平提升和人口空间集聚对区域创新的共同驱动作用;其次,既有研究往往忽视了人力资本水平提升对创新产出影响的空间异质性,尤其是不同创新等级城市人力资本水平提升对创新产出影响的差异。

为弥补上述的研究不足,本文基于中国 2007—2012 年地级及以上城市专利申请量和相关创新投入要素的面板数据,运用面板固定效应模型和面板分位数回归模型,揭示人力资本水平提升对区域创新产出的影响机制及其区域异质性,以及人口空间集聚对人才驱动创新过程的调节机制,以期对人力资本水平提升和人口集聚驱动创新的相关理论进行验证。

1 研究数据与方法

1.1 研究数据

本研究的基本分析单元为中国 287 个地级及以上城市(未包括香港、澳门和台湾地区),时间为 2007—2012 年。参照前人的研究,本研究使用专

利申请量测度区域的创新产出水平^[20]。研究所使用的专利量数据来自于国家知识产权局网站(<http://www.cnipa.gov.cn/>),通过爬虫技术获取,并汇总到地级行政单元。参照前人做法^[3,4,34],本研究通过 2 个指标测度城市的人力资本水平:① 大学本科及以上人口占总劳动力人口的比例;② 常住人口的平均受教育年数。研究基于 2005 年全国 1% 人口抽样调查(1% 抽样调查)和 2010 年第六次全国人口普查(六普)两期数据,结合线性平滑插值法,估计所有城市各年份的人力资本水平。本研究使用人口密度(单位土地面积上的常住人口数量)指标,检验人口空间集聚能否促进知识溢出。具体而言,在模型中加入人力资本水平与人口密度的交互项,估计人口空间集聚程度对人力资本提升对创新驱动作用的调节作用。

本研究还控制了以下变量:企业 R&D 投入、政府 R&D 投入、外商投资、产业专业化程度和产业多样化程度。企业作为研发活动的主体,其研发活动强度基本代表了整个社会的创新能力^[35]。政府拨款是中国高校和科研院所经费的主要来源,地方政府在中国创新资源配置中仍然发挥着较大的作用。由于外商投资可能会带来技术扩散并提高创新产出,因此本研究把外商投资纳入到模型中。既有研究表明,地方产业专业化和多样化有利于知识溢出和经济增长(即 MAR 外部性和 Jacobs 外部性)^[36],本研究进一步控制地方产业专业化和产业多样化 2 个变量。前者由某城市区位熵最高行业的劳动力就业密度所测度,后者由该城市其余所有行业的劳动力就业密度所测度。本研究的企业 R&D 投入数据来源于中国工业企业数据库(<https://www.lib.pku.edu.cn/portal/cn/news/0000001637>),常住人口数量、政府 R&D 投入、外商投资和各行业就业人口数据来源于《中国城市统计年鉴》^[37]。模型所包含的变量如表 1 所示。

基于上述变量构建回归模型,模型设定如下:

$$\ln PAT_{it+2} = \alpha + \beta_1 H_{it} + \beta_2 \ln ERD_{it} + \beta_3 \ln GRD_{it} + \beta_4 \ln FDI_{it} + \beta_5 \ln PAD_{it} + \beta_6 \ln DAD_{it} + \beta_7 \ln CPD_{it} + \beta_8 HUMD_{it} \times \ln CPD_{it} + \mu_i + e_{it} \quad (1)$$

式中, i 为选取的 287 个地级城市中的城市 i , t 代表年份, α 为常数项, β 为解释变量的估计系数, μ_i 为个体效应, e_{it} 为扰动项。需要注意的是,由于创新产出相对于创新投入而言有一定的滞后性,我

表 1 各变量统计信息汇总(样本量: 1 722 个)

Table 1 Statistics of the variables

类别	变量名称	单位	变量标签	均值	标准差
被解释变量	专利申请量	个	<i>PAT</i>	2 228.51	8 192.76
关键变量	高学历人才占比	%	<i>H1</i>	2.53	2.38
	平均受教育年限	a	<i>H2</i>	8.42	0.92
	统计人口密度	人/km ²	<i>CPD</i>	834.04	320.10
控制变量	企业R&D投入	万元	<i>ERD</i>	838 969.50	3 215 711.00
	政府R&D投入	万元	<i>GRD</i>	23 780.29	113 021.90
	外商投资	万美元	<i>FDI</i>	46 805.48	112 176.90
	产业专业化程度	人/km ²	<i>PAD</i>	9.40	21.02
	产业多样化程度	人/km ²	<i>DAD</i>	33.99	75.37

们对被解释变量做了滞后 2 a 处理。除了人力资本水平, 其余变量均取自然对数。

1.2 研究方法

1.2.1 面板固定效应模型

本研究首先运用面板固定效应模型估计人力资本水平、人口空间集聚和区域创新产出之间的关联。如果人力资本水平、人口空间集聚和创新产出存在显著的关联, 本研究将进一步采用面板分位数回归模型开展分析。Hausman 检验结果表明, 固定效应模型相比于随机效应模型更适用于本研究。面板固定效应模型的模型设定如下:

$$Y_{it} = \beta X_{it} + \mu_i + e_{it} \quad (2)$$

式中, Y_{it} 为被解释变量, X_{it} 为解释变量。

1.2.2 面板分位数回归模型

运用面板分位数回归模型, 分析对于不同创新等级的城市而言, 人力资本水平提升和人口集聚对区域创新的驱动作用是否有所不同。传统的固定效应模型仅考察解释变量(如人力资本水平)对被解释变量(即创新产出)条件期望的影响, 实际上是均值回归, 分析结果容易受到极端值的影响^[37]。相对而言, 分位数回归模型不仅能够提供人力资本水平提升对创新驱动作用条件分布的全面信息, 其所生成的回归系数估计量不易受极端值的影响, 回归结果较为稳健^[38]。面板分位数回归的模型设定如下:

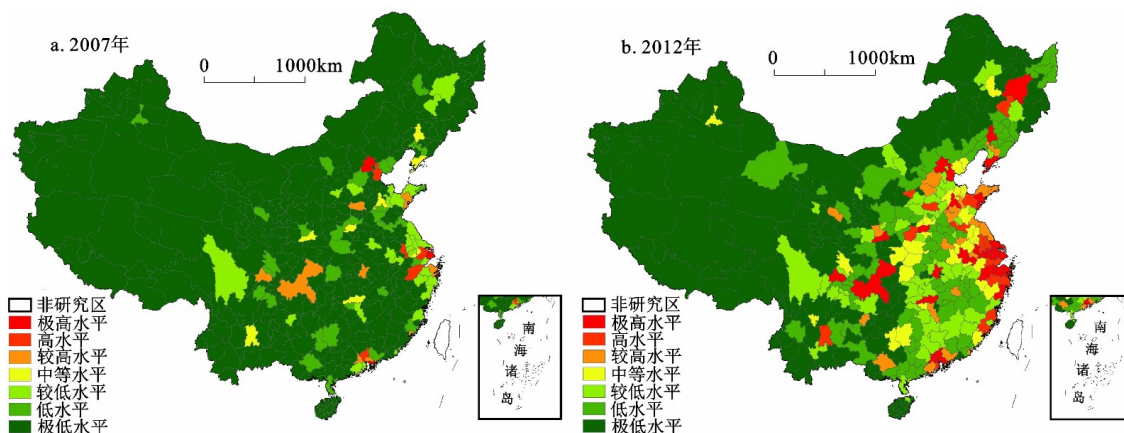
$$Quant_{\tau}(Y_{it}|X_{it}) = \beta(\tau)X_{it} + \mu_i(\tau) + e_{it} \quad (3)$$

式中, τ 为分位点, $Quant_{\tau}(Y_{it}|X_{it})$ 为被解释变量的 τ 条件分位数结果, $\beta(\tau)$ 为解释变量在 τ 分位数处的回归系数, $\mu_i(\tau)$ 为 τ 分位数处的个体效应。

2 区域创新产出的时空特征

以专利申请量作为主要指标, 运用分级统计图法绘制了 2007 年和 2012 年中国创新产出水平的空间格局(图 1)。根据创新产出水平(用专利申请量表征), 把全国所有的地级行政单元划分为 7 类: 极高水平($\geq 10\,000$ 项)、高水平(5 000~10 000 项)、较高水平(2 500~5 000 项)、中等水平(1 500~2 500 项)、较低水平(600~1 500 项)、低水平(200~600 项)和极低水平(≤ 200 项)。总体上看, 中国的创新产出水平一直存在东南高, 西北低的空间分布特征。在 2007 年, 京津地区、长三角地区和珠三角地区为全国的三大创新极核, 囊括了全国所有的创新高水平城市(上海、深圳、北京、天津、苏州、杭州、广州和南京)。创新水平较高或中等的城市大多为各个省份的省会城市和计划单列市, 如成都、武汉、青岛、厦门、沈阳和大连等。除上述地区以外, 广大的区域属于创新水平较低的地区。尤其是胡焕庸线的西北半壁, 没有一个地级行政单元的创新水平在中等或以上。由此可见, 2007 年中国的创新极核对周边地区的辐射带动作用较弱。

2012 年, 区域创新产出水平在整体上有了很大的提升。胡焕庸线东南半壁和西北半壁创新水平的差距依然明显, 且有进一步拉大的趋势。京津地区、长三角地区和珠三角地区在创新水平上依然保持着领先的地位, 其专利申请量分别占了全国总量的 11.54%、41.74% 和 11.61%。三大创新极核对外围地区的辐射带动作用有所增强, 表现为周边城市的创新水平大幅提升。山东半岛、辽中南地区、哈长地区和海峡西岸地区也形成了明显的



未含港澳台数据; 审图号: GS(2020)4630

图 1 2007 年和 2012 年创新产出水平的空间格局

Fig.1 The spatial distribution of innovation output in China in 2007 and 2012

创新连绵带。创新产出水平排名前十的城市依次是: 苏州、北京、上海、深圳、无锡、杭州、宁波、天津、成都和南京。其中, 苏州、无锡和宁波的创新水平迅速提升, 成都、重庆和西安作为内陆典型城市首次进入创新层级的顶端。中国的创新活动逐渐演化为局部极化和整体网络化的空间格局。

3 人力资本水平与人口空间集聚对区域创新产出的影响

表 2 展示了面板固定效应模型的回归结果。方差膨胀因子(VIF)检验结果表明, 所有变量的 VIF 值均小于 10, 说明模型的解释变量不存在严重的多重共线性问题。模型 1 和模型 3 为基准模型, 包括了人力资本水平、人口密度和所有的控制变量。其中, 模型 1 用高学历人才占比测度人力资本水平, 模型 3 用平均受教育年限测度人力资本水平。模型 2 和模型 4 在基准模型的基础上, 增加了人力资本水平和人口密度的交互项, 旨在考察人口集聚是否调节人力资本水平提升对创新产出的驱动作用。

模型 1 和 3 结果表明, 人力资本水平与专利申请量存在显著的正相关关系, 表明了人力资本对区域创新的驱动作用。具体而言, 大学本科及以上学历人才占总劳动人口的比例每提高 1%, 则创新产出增长 1.273%; 常住人口的平均受教育年限每增加 1 a, 创新产出增长 1.493%。企业 R&D 投入与专利申请量存在显著的正相关关系, 说明企业研发投入规模的扩大有助于创新产出的增加。政府 R&D 投入与专利申请量存在显著的正相关

表 2 人力资本水平和人口密度影响效果的面板固定效应模型估计结果(样本量: 1722 个)

Table 2 The panel fixed effect estimation of the effect of human capital accumulation and population density

解释变量	高学历人才占比		平均受教育年限	
	模型1	模型2	模型3	模型4
H	1.273*** (19.29)	1.300*** (19.71)	1.493*** (28.18)	1.477*** (27.82)
$\ln ERD$	0.078*** (4.33)	0.072*** (4.03)	0.053*** (3.25)	0.050*** (3.07)
$\ln GRD$	0.269*** (15.90)	0.269*** (16.00)	0.120*** (6.99)	0.128*** (7.38)
$\ln FDI$	0.051*** (3.77)	0.053*** (3.93)	0.046*** (3.79)	0.045*** (3.72)
$\ln PAD$	-0.007 (-0.18)	-0.013 (-0.34)	-0.038 (-1.09)	-0.039 (-1.11)
$\ln DAD$	0.051 (0.48)	0.031 (0.30)	-0.073 (-0.76)	-0.083 (-0.86)
$\ln CPD$	0.080 (0.55)	-0.016 (-0.11)	0.055 (0.42)	0.210 (1.49)
$H \times \ln CPD$		0.281*** (4.11)		0.151*** (3.05)
城市固定效应	是	是	是	是
Adjust R^2	0.655	0.659	0.720	0.722

注: 括号内为 t 统计量, *** $P < 0.001$; 未含港澳台数据。

关系, 表明政府在区域创新活动中扮演着重要的角色。外商直接投资额与专利申请量存在正相关关系, 表明外资企业的技术扩散能够带动地方的

创新活动。然而,没有证据表明,产业专业化程度和产业多样化程度与创新产出存在显著的关联,表明产业专业化和产业多样化对知识溢出和区域创新的驱动作用较弱。模型 1 和 3 的结果表明,人口密度与区域创新产出不存在显著的关联。模型 2 和 4 的结果表明,人口密度与人力资本水平的交互项与区域创新产出存在显著的正相关关系。人口密度平均每增加 1%,大学本科及以上学历人才占比对创新产出的贡献率提高 0.281%,常住人口平均受教育年限对创新产出的贡献率提高 0.151%。这说明了人口集聚本身并不能直接导致区域创新水平的提高,但人口集聚所创造的高密度环境为知识溢出创造了有利条件,从而提高了人力资本水平对区域创新的驱动作用。

本研究进一步开展稳健性检验。首先,鉴于统计年鉴的常住人口数据不太准确,本研究基于 2005 年 1% 抽样调查和 2010 年第六次人口普查两套数据,结合线性平滑插值法,估计所有城市各个年份的人口密度,以取代《中国城市统计年鉴》所获取的常住人口数据。其次,中国的创新活动强度的空间异质性较强,大量的专利申请发生在少量城市,导致专利申请数据存在异常值。因此,在全样本模型的基础上,剔除了基年专利申请量最低及最高的 10% 的城市样本,再次开展回归分析(表 3)。模型 5~10 的结果表明,人力资本水平与创新产出仍然存在显著的正相关关系,人口密度

仍然强化了人力资本水平与创新产出之间的正相关关系。由此可知,表 2 模型的结果是稳健的。

4 人力资本水平和人口集聚对区域创新驱动作用的区域异质性分析

本研究进一步运用面板分位数回归模型,探究人力资本水平和人口集聚对区域创新的驱动作用在不同创新等级城市的差异。参照 Koenker 的经典做法^[38],将城市创新产出水平以 q25、q50、q75 这 3 个分位数点划分等级。25% 分位数模型、50% 分位数模型和 75% 分位数模型分别估计了低创新等级、中创新等级和高创新等级城市的创新投入要素和创新产出之间的联系(表 4)。

人力资本水平在不同创新等级的城市中均对创新产出具有显著的促进作用,且系数随着分位数的上升而递减,表明人力资本水平在较低创新等级的城市中对创新活动的促进作用更强(图 2)。具体而言,常住人口平均受教育年限每提高 1 a,在 25%、50% 和 75% 分位点的城市的创新产出水平分别提高 0.210%、0.157%、0.129%。由此可见,人力资本水平提升是创新水平落后地区得以弥补差距,实现“弯道超车”的关键。人口密度在全样本回归中并未表现出对创新活动的显著影响。但是在划分样本城市创新等级的前提下,人口集聚在 3 个分位点处均一定程度上促进了区域创新产出水平的提高,其回归系数和显著性水平

表 3 人力资本水平和人口密度影响效果的稳健性面板固定效应模型分析

Table 3 The robust panel fixed effect estimation of the effect of human capital accumulation and population density

	人口密度(lnCPD)2005年1%抽样调查 和2010年六普数据计算而得		剔除基年专利数 最低的10%样本		剔除基年专利数 最高的10%样本	
	高学历人才占比	平均受教育年限	高学历人才占比	平均受教育年限	高学历人才占比	平均受教育年限
	模型5	模型6	模型7	模型8	模型9	模型10
<i>H</i>	1.295 ^{***} (19.50)	1.490 ^{***} (28.20)	1.272 ^{***} (18.92)	1.415 ^{***} (27.18)	1.306 ^{***} (18.38)	1.553 ^{***} (27.09)
<i>lnCPD</i>	-0.077 (-0.46)	-0.147 (-0.99)	0.007 (0.05)	0.040 (0.28)	-0.130 (-0.78)	-0.038 (-0.20)
<i>H×lnCPD</i>	0.263 ^{**} (3.29)	1.661 ^{***} (3.53)	0.134 [*] (1.95)	0.831 [*] (1.79)	0.327 ^{***} (4.46)	2.103 ^{***} (4.22)
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
样本量	1 722	1 722	1 554	1 548	1 548	1 548
Adjust <i>R</i> ²	0.657	0.723	0.686	0.746	0.654	0.722

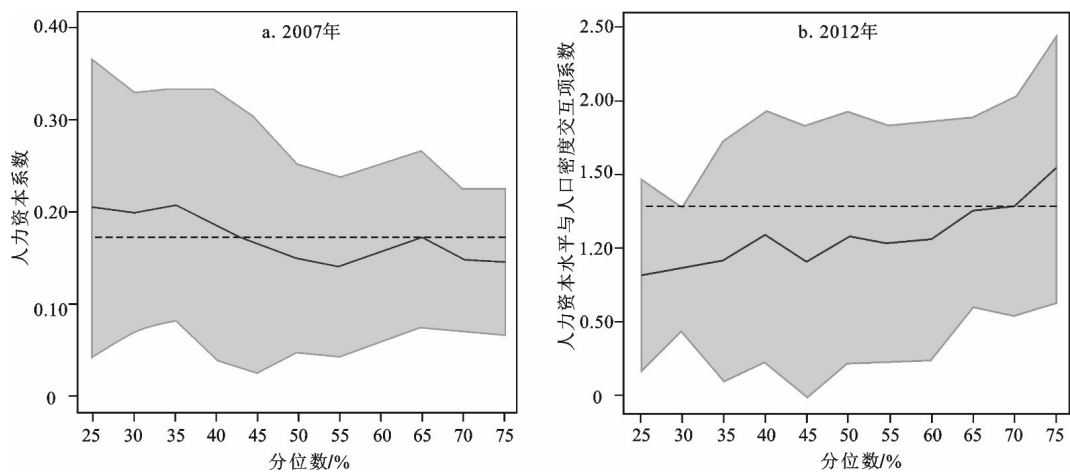
注:模型已控制表1所包含的所有变量;括号内为*t*统计量;* $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$;未含港澳台数据。

表 4 人力资本水平提升和人口集聚的作用在不同创新等级城市的差异(样本量:1722 个)

Table 4 The heterogeneity effect of human capital accumulation and population concentration on regional innovation

	模型11			模型12		
	q25	q50	q75	q25	q50	q75
<i>H</i>	0.210*** (0.06)	0.157*** (0.03)	0.129*** (0.04)	0.204*** (0.05)	0.150*** (0.05)	0.146*** (0.03)
<i>lnERD</i>	0.250*** (0.01)	0.278*** (0.01)	0.302*** (0.02)	0.242*** (0.02)	0.285*** (0.02)	0.320*** (0.01)
<i>lnGRD</i>	0.517*** (0.02)	0.508*** (0.02)	0.468*** (0.03)	0.508*** (0.03)	0.500*** (0.03)	0.431*** (0.02)
<i>lnFDI</i>	0.108*** (0.03)	0.075*** (0.02)	0.025 (0.03)	0.116*** (0.02)	0.070*** (0.02)	0.031** (0.02)
<i>lnPAD</i>	-0.037 (0.04)	-0.011 (0.03)	0.041 (0.03)	-0.034 (0.04)	-0.172 (0.03)	0.054* (0.03)
<i>lnDAD</i>	0.015 (0.15)	0.179*** (0.06)	0.163*** (0.08)	0.029 (0.08)	0.137* (0.08)	0.143** (0.06)
<i>lnCPD</i>	0.219*** (0.34)	0.227** (0.09)	0.197* (0.10)	0.440*** (0.08)	0.240** (0.11)	0.150* (0.08)
<i>H×lnCPD</i>				0.807 (0.53)	1.072** (0.46)	1.532*** (0.42)
城市固定效应	是	是	是	是	是	是
Pseudo R^2	0.821	0.811	0.830	0.821	0.811	0.830

注: 括号内为标准误; 空白为无此项; * $P < 0.1$, ** $P < 0.05$, *** $P < 0.01$; 人力资本水平由常住人口平均受教育年限所测度; 未含港澳台数据。



曲线代表分位数回归系数; 虚线表示均值回归模型中各系数的估计值; 阴影区域代表各回归系数的 95% 置信区间范围; 未含港澳台数据

图 2 2007 年和 2012 年人力资本及人口集聚对人才驱动创新的调节作用在不同分位数模型中的差异

Fig.2 The differential regulatory effects in different quantile models in 2007 and 2012

随着分位点的增大逐渐减小。这表明随着城市创新等级的提升, 人口集聚对创新产出水平的影响逐渐减弱。人力资本水平与人口密度交互项的回

归系数在 25% 分位点处不显著, 而在 50% 和 75% 分位点处显著为正, 且系数随着分位数的上升而增加(图 2)。具体而言, 人口密度每提高 1%,

在 50% 和 75% 分位点的城市, 人力资本水平与创新产出水平之间的关联分别提高 1.072% 和 1.532%。这说明人口集聚对人才驱动创新的调节作用需要达到一定的创新基础门槛才能显现, 且城市的创新等级越高, 该调节作用越强。

由表 4 可见, 企业研发投入的系数在各个分位数点均显著为正, 且系数随着分位数的上升而变大, 说明企业研发投入在创新能力越强的城市中对创新产出的驱动作用越大。政府研发投入的系数在各个分位数点均显著为正, 且系数随着分位数的上升而减小, 说明政府研发投入在创新等级相对较低的城市中对创新产出的驱动作用更大。这可能是因为在创新基础相对薄弱的区域, 当地企业的创新能力有限, 创新活动往往需要政府的战略性引导和资金扶持, 而在创新等级相对较高的地区, 当地企业已经有足够强的自主创新能力, 因此企业研发投入的重要性相对提高, 政府研发投入的重要性相对降低。外商直接投资的系数和显著性水平随分位数的上升而减小, 表明外商投资在创新能力越低的城市中越能有效地提升地区创新产出水平, 由于本土创新能力欠缺, 创新等级较低的城市更需要外来投资带来的技术转移与扩散。产业专业化程度在各创新等级的城市中均未表现出显著影响, 产业多样化程度在 50% 和 75% 分位点的城市中显著促进创新产出水平的提高。

5 结论与讨论

5.1 主要结论

本文基于中国 2007—2012 年地级及以上城市专利申请量的面板数据, 运用面板固定效应模型和面板分位数回归模型, 揭示人力资本水平提升对区域创新产出的影响机制及其区域异质性, 以及人口空间集聚对人才驱动创新过程的调节机制。主要结论如下:

1) 中国区域创新产出水平的空间格局为东南高, 西北低, 且东南地区和西北地区的创新产出水平的差距有进一步拉大的趋势。2007 年, 中国的创新极位于东部沿海地区, 尤其是京津冀、长三角和珠三角三大城市群。2012 年, 三大城市群在创新产出上的优势进一步加强, 其创新极核对外周边地区的溢出效应也逐步增强。各省省会城市大多上升为区域性的创新极, 带动所在城市群地区创新水平的整体上升, 中国的创新活动逐渐演化为

局部极化和整体网络化的空间格局。

2) 人力资本水平显著提升了区域的创新能力。平均而言, 1 个城市的大学本科及以上学历人才占总劳动人口的比例每提高 1%, 其创新产出增长 1.273%; 1 个城市的常住人口平均受教育年限每提高 1 a, 其创新产出增长 1.493%。人力资本作为科技创新的主体和源泉, 在区域创新中扮演着至关重要的角色。人力资本水平在较低创新等级的城市中对创新活动的促进作用更强。具体而言, 平均受教育年限每提高 1 a, 在 25%、50% 和 75% 分位点城市的创新产出分别增加 0.210%、0.157% 和 0.129%。

3) 人口集聚本身并不能直接导致区域创新水平的提高, 但人口集聚为面对面交流和知识溢出创造了有利条件, 从而提高了人力资本水平对创新的驱动作用。人口密度水平每增加 1%, 大学本科及以上学历人才占比对创新产出的贡献率提高 0.281%, 平均受教育年限对创新产出的贡献率提高 0.151%。人口集聚对人才驱动创新的强化作用需要达到一定的城市创新基础门槛才能显现, 且随着城市的创新等级越高, 人口集聚对人才驱动创新的强化作用越强。

5.2 讨论

本研究证实了人力资本水平提升和人口集聚对区域创新的共同推进作用, 并发现了在人口集聚程度不同的城市, 人才对创新的驱动作用强度有所不同。传统区域创新理论认为, 知识溢出是不受干扰的自发过程, 假定创新要素的投入必定会促进创新产出的增加, 却忽视了投入与产出之间关键的转换环节, 即知识吸收能力的高低决定了投入-产出的转换效率与转换程度。人力资本作为知识吸收能力的重要载体, 在很大程度上决定了区域吸收与转化新知识能力的高低, 人力资本水平的提高又离不开人口集聚所创造的高密度环境。因此, 未来的区域创新研究有必要将人力资本水平和人口空间集聚纳入到统一的研究框架中。本文探究人口集聚对人才集聚推动创新的调节机制, 在一定程度上丰富了中国区域创新研究的体系。本文进一步揭示了人力资本水平提升和人口集聚对创新产出影响的空间异质性, 揭示了人力资本、人口集聚与创新产出在城市层面的互动机制。

随着中国进入经济转型的关键时期, 各大城

市的人才争夺战愈演愈烈。各地方政府应当结合当地发展的实际情况,制定适宜的人才培育和人才引进政策,从而推动人才队伍的壮大和创新能力的提升。对于创新产出水平高且人口密度大的城市(如北上广深),地方政府应当认识到人力资本外部性会随着城市规模的增大而加强,也即人才在高密度城市的集聚将能促进整个城市生产率的提高。因此,地方政府应该把人才服务工作的重心放在宜居宜业环境的营造上,通过多中心的城市空间布局,以及交通基础设施、人才公寓、教育医疗条件和环境治理的大力投入,降低城市规模扩大所带来的拥挤效应,而不是盲目地限制大城市的人口规模,以及单纯采用财政补贴的方式吸引人才。对于创新产出水平中等但人口密度较低的城市(如乌鲁木齐),地方政府应当认识到人才集聚和人口集聚对创新的共同推动作用,有意识地打造 1~2 个新城和产业园区,通过财政补贴的手段引导创新企业和创新人才在此集中落户,从而构筑具有区域竞争力的创新高地。对于区域创新产出水平较低的城市,地方政府应当遵循市场规律,制定积极的人才培育和引进政策,如大力提升本地高校的人才培养能力,依托重大产业项目吸引创新企业落户,扶持一批具有创新能力的企业,从而逐步提高当地的人力资本水平。

本研究存在以下几点不足:首先,本研究仅使用专利申请量测度区域的创新产出水平,而专利申请量与专利授权量会有一定的偏差;其次,尽管本研究将研究尺度缩小至地级城市,但城市区域内部依然存在较大的差异,未来可在更精细的空间单元或者企业层面开展研究;第三,本研究尚未充分揭示人力资本水平提升和人口密度增加驱动区域创新产出提升的内在机制,未来的研究可结合管理学和社会学的理论,深入挖掘区域创新产出提升的内在机制;此外,后续研究应当关注区域间的创新要素流动和创新合作联系,深入探讨区域创新过程中各主体空间交互作用的路径与机制,开展区域创新的多时域和多尺度分析。

参考文献(References):

- [1] 王缉慈. 知识创新和区域创新环境[J]. 经济地理, 1999, 19(1): 11-15. [Wang Jici. Knowledge innovation and the regional innovation environment. *Economic Geography*, 1999, 19(1): 11-15.]
- [2] 吕拉昌, 孙飞翔, 黄茹. 基于创新的城市化——中国270个地级及以上城市数据的实证分析[J]. 地理学报, 2018, 73(10): 1910-1922. [Lyu Lachan, Sun Feixiang, Huang Ru. Innovation-based urbanization: Evidence from 270 cities at the prefecture level or above in China. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(10): 1910-1922.]
- [3] Lucas R. On the mechanics of economic development[J]. *Journal of Monetary Economics*, 1988, 22(1): 3-42.
- [4] Romer P M. Endogenous technological change[J]. *Journal of Political Economy*, 1990, 98(5): 71-102.
- [5] Feldman M P, Florida R. The geographic sources of innovation: Technological infrastructure and product innovation in the United States[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 1994, 84: 210-219.
- [6] Feldman M P. Location and innovation: The new economic geography of innovation, spillovers, and agglomeration[M]. Oxford: Oxford University Press, 2000.
- [7] Audretsch D B, Feldman M P. R&D spillovers and the geography of innovation and production[J]. *The American Economic Review*, 1996, 86(3): 630-640.
- [8] Jaffe A B, Trajtenberg M, Henderson R. Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations[J]. *The Quarterly Journal of Economics*, 1993, 108(3): 577-598.
- [9] Boschma R. Proximity and innovation: A critical assessment[J]. *Regional Studies*, 2005, 39(1): 61-74.
- [10] Bathelt H, Malmberg A, Maskell P. Clusters and knowledge: Local buzz, global pipelines and the process of knowledge creation[J]. *Progress in Human Geography*, 2004, 28(1): 31-56.
- [11] Storper M, Venables A J. Buzz: Face-to-face contact and the economy[J]. *Journal of Economic Geography*, 2004, 4(4): 351-370.
- [12] Knudsen B, Florida R, Kevin Stolarick. Density and creativity in U.S. regions[J]. *Annals of the Association of American Geographers*, 2008, 98(2): 461-478.
- [13] Glaeser E L, Resseger M G. The complementarity between cities and skills[J]. *Journal of Regional Science*, 2010, 50(1): 221-244.
- [14] 符文颖, 杨家蕊. 创新地理学的批判性思考——基于中国情境的理论创新[J]. 地理研究, 2020, 39(5): 1018-1027. [Fu Wenying, Yang Jiarui. Critical reflections on the geography of innovation: A prospect of theoretical progress from Chinese scenarios. *Geographical Research*, 2020, 39(5): 1018-1027.]
- [15] 吕拉昌, 黄茹, 廖倩. 创新地理学研究的几个理论问题[J]. 地理科学, 2016, 36(5): 653-661. [Lyu Lachang, Huang Ru, Liao Qian. Several theoretical issues on innovation geography. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(5): 653-661.]
- [16] 颜子明, 杜德斌, 刘承良, 等. 西方创新地理研究的知识图谱可视化分析[J]. 地理学报, 2018, 73(2): 362-379. [Yan Ziming, Du Debin, Liu Chengliang et al. Visualization analysis of mapping knowledge domain on western geography of innovation. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(2): 362-379.]
- [17] 曾刚, 王秋玉, 曹贤忠. 创新经济地理研究述评与展望[J]. 经

- 济地理, 2018, 38(4): 19-25. [Zeng Gang, Wang Qiuyu, Cao Xi-anzhong. Review on innovation economic geography. *Economic Geography*, 2018, 38(4): 19-25.]
- [18] 侯纯光, 杜德斌, 段德忠, 等. “一带一路”沿线国家或地区人才流动网络结构演化[J]. *地理科学*, 2019, 39(11): 1711-1718. [Hou Chunguang, Du Debin, Duan Dezhong et al. The evolution of the network structure of talent mobility in countries or regions along the “Belt and Road”. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(11): 1711-1718.]
- [19] 刘晔, 王若宇, 薛德升, 等. 中国高技能劳动力与一般劳动力的空间分布格局及其影响因素[J]. *地理研究*, 2019, 38(8): 1949-1964. [Liu Ye, Wang Ruoyu, Xue Desheng et al. The spatial pattern and determinants of skilled laborers and less skilled laborers in China: Evidence from 2000 and 2010 census. *Geographical Research*, 2019, 38(8): 1949-1964.]
- [20] 王若宇, 黄旭, 薛德升, 等. 2005~2015年中国高校科研人才的时空变化及影响因素分析[J]. *地理科学*, 2019, 39(8): 1199-1207. [Wang Ruoyu, Huang Xu, Xue Desheng et al. Spatio-temporal change of faculty members of higher education institute and its influential factors in China in 2005-2015. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(8): 1199-1207.]
- [21] 聂晶鑫, 刘合林. 中国人才流动的地域模式及空间分布格局研究[J]. *地理科学*, 2018, 38(12): 1979-1987. [Nie Jingxin, Liu Helin. Spatial pattern and the resulting characteristics of talent flows in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2018, 38(12): 1979-1987.]
- [22] 吕拉昌, 李勇. 基于城市创新职能的中国创新城市空间体系[J]. *地理学报*, 2010, 65(2): 177-190. [Lyu Lachang, Li Yong. A research on Chinese renovation urban system based on urban renovation function. *Acta Geographica Sinica*, 2010, 65(2): 177-190.]
- [23] 李国平, 王春杨. 我国省域创新产出的空间特征和时空演化——基于探索性空间数据分析的实证[J]. *地理研究*, 2012, 31(1): 95-106. [Li Guoping, Wang Chunyang. Spatial characteristics and dynamic changes of provincial innovation output in China: An investigation using the ESDA. *Geographical Research*, 2012, 31(1): 95-106.]
- [24] 程叶青, 王哲野, 马靖. 中国区域创新的时空动态分析[J]. *地理学报*, 2014, 69(12): 1779-1789. [Cheng Yeqing, Wang Zheyue, Ma Jing. Analyzing the space-time dynamics of innovation in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(12): 1779-1789.]
- [25] 方创琳, 马海涛, 王振波, 等. 中国创新型城市建设的综合评估与空间格局分异[J]. *地理学报*, 2014, 69(4): 459-473. [Fang Chuanglin, Ma Haitao, Wang Zhenbo et al. Comprehensive assessment and spatial heterogeneity of the construction of innovative cities in China. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(4): 459-473.]
- [26] 谭俊涛, 张平宇, 李静. 中国区域创新绩效时空演变特征及其影响因素研究[J]. *地理科学*, 2016, 36(1): 39-46. [Tan Juntao, Zhang Pingyu, Li Jing. Spatio-temporal characteristics of regional innovation performance and its influencing factors in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(1): 39-46.]
- [27] 王俊松, 颜燕, 胡曙虹. 中国城市技术创新能力的空间特征及影响因素——基于空间面板数据模型的研究[J]. *地理科学*, 2017, 37(1): 11-18. [Wang Junsong, Yan Yan, Hu Shuhong. Spatial pattern and determinants of Chinese urban innovative capabilities base on spatial panel data model. *Scientia Geographica Sinica*, 2017, 37(1): 11-18.]
- [28] 刘晔, 曾经元, 王若宇, 等. 科研人才集聚对中国区域创新产出的影响[J]. *经济地理*, 2019, 39(6): 139-147. [Liu Ye, Zeng Jingyuan, Wang Ruoyu et al. The relationship between geographical concentration of researchers and regional innovation in China. *Economic Geography*, 2019, 39(6): 139-147.]
- [29] 马海涛, 黄晓东, 李迎成. 粤港澳大湾区城市群知识多中心的演化过程与机理[J]. *地理学报*, 2018, 73(12): 2297-2314. [Ma Haitao, Huang Xiaodong, Li Yingcheng. The evolution and mechanisms of megalopolitan knowledge polycentricity of Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area. *Acta Geographica Sinica*, 2018, 73(12): 2297-2314.]
- [30] 郭洁, 黄宁, 沈体雁. 就业密度和创新——基于中国地级市的空间计量研究[J]. *经济与管理研究*, 2015, 36(11): 40-46. [Guo Jie, Huang Ning, Shen Tiyan. Employment density and innovation——Spatial econometric analysis of Chinese prefecture-level cities. *Research on Economics and Management*, 2015, 36(11): 40-46.]
- [31] 刘炜, 李郇, 欧俏珊. 产业集群的非正式联系及其对技术创新的影响——以顺德家电产业集群为例[J]. *地理研究*, 2013, 32(3): 518-530. [Liu Wei, Li Xun, Ou Qiaoshan. Informal ties in industrial cluster and its impact on technological innovation: A case study of household appliance cluster in Shunde. *Geographical Research*, 2013, 32(3): 518-530.]
- [32] 王承云, 秦健, 杨随. 京津沪渝创新型城区研发产业集群研究[J]. *地理学报*, 2013, 68(8): 1097-1109. [Wang Chengyun, Qin Jian, Yang Sui. Analysis of the cluster mode of R&D industry in the innovative city districts: Taking Beijing, Tianjin, Shanghai and Chongqing as examples. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(8): 1097-1109.]
- [33] 邓智团. 创新街区研究: 概念内涵、内生动力与建设路径[J]. *城市发展研究*, 2017, 24(8): 42-48. [Deng Zhituan. On innovation square: Concept, motive force and development path. *Urban Development Studies*, 2017, 24(8): 42-48.]
- [34] Yang C H, Lin H L. Openness, absorptive capacity, and regional innovation in China[J]. *Environment and Planning A*, 2012, 44(2): 333-355.
- [35] 范斐, 杜德斌, 李恒, 等. 中国地级以上城市科技资源配置效率的时空格局[J]. *地理学报*, 2013, 68(10): 1331-1343. [Fan Fei, Du Debin, Li Heng et al. Spatial-temporal characteristics of scientific and technological resources allocation efficiency in prefecture-level cities of China. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(10): 1331-1343.]
- [36] Glaeser E L, Kallal H D, Scheinkman J A A. Growth in

- cities[J]. *Journal of Political Economy*, 1992, 100(6): 1126-1153.
- [37] 国家统计局. 中国城市统计年鉴[M]. 北京: 中国统计出版社, 2006-2011. [Department of Urban Social and Economic Survey, National Bureau of Statistics. China urban statistical yearbook. Beijing: China Statistics Press, 2006-2011.]
- [38] Koenker R. Quantile regression for longitudinal data[J]. *Journal of Multivariate Analysis*, 2004, 91(1): 74-89.

Impact of Human Capital Stock and Population Concentration on Innovative Output in China

Liu Ye^{1,2}, Xu Xuanfang^{3,4}, Ma Haitao^{3,4}

(1. School of Geography and Planning, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, Guangdong, China; 2. Guangdong Key Laboratory for Urbanization and Geo-simulation, Guangzhou 510275, Guangdong, China; 3. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 4. College of Resources and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: This article aims to investigate the impact of human capital stock on innovation output in China, particularly focusing on its regional heterogeneity, using the panel data of patent application and innovation input among 287 prefecture-level cities from 2007 to 2012 (excluding the data of Hong Kong, Macau and Taiwan). In particular, we use two indicators, the percentage of highly educated talents and the average year of schooling, to capture the level of human capital accumulation. We use the number of patent applications as a proxy for innovation output and population density as a proxy for the level of population concentration. We use fixed-effect models to estimate the linkage between human capital stock and innovation output at the prefecture level and panel quantile regressions to capture the regional heterogeneity. Finding from regressions show that, on average, increased stock of human capital is associated with more innovation outputs, and population concentration is not significantly directly linked to innovation output. The effect of human capital accumulation on innovation output varies from one city to another, and this effect is stronger in cities that situate in the lower rung of innovation hierarchy. The concentration of population is found to strengthen the positive impact of human capital accumulation on innovation, and the increase in urban size is found to promote knowledge spillovers. The moderating effect of population concentration on the relationship between human capital stock and innovation output occurs when the innovation capacity of a city reaches a certain threshold. This moderating effect becomes stronger with an increase in a city's innovation capacity. Therefore, policymakers are advised to formulate and implement appropriate policies to attract and cultivate talents and to encourage movement of talents, considering the innovation capacity and urban size.

Key words: regional innovation output; human capital stock; concentration of population; moderating effect; regional heterogeneity