

人力资本、政府科技投入与区域创新

李宪印¹, 王凤芹², 杨博旭^{3,4}, 张 瑶⁵

- (1. 曲阜师范大学教育学院, 山东 曲阜 273165; 2. 北京工商大学商学院, 北京 100048;
3. 中国社会科学院数量经济与技术经济研究所, 北京 100732;
4. 中国经济社会发展与智能治理实验室, 北京 100732; 5. 泰国格乐大学国际学院, 泰国 曼谷 10220)

摘 要:人力资本和政府科技投入是提升区域创新的关键要素。基于内生经济增长理论, 构建了包含最终生产、中间生产、技术研究、基础技术研究及政府五个部门的经济模型, 在满足各部门利益最大化假设下, 依据平衡增长路径求解发现, 人力资本和政府科技投入是区域创新的核心驱动因素。利用中国 2008—2020 年的省级面板数据, 建立多元回归和空间杜宾模型, 对理论模型进行实证研究, 结果表明: (1) 人力资本和政府科技投入对区域创新具有显著的正向作用, 且人力资本与政府科技投入存在竞争性; (2) 区域创新存在高度的空间相关性, 一个区域的创新发展可以带动相邻区域创新发展; (3) 人力资本存在空间溢出效应, 地区区域创新也受到周边地区人力资本水平的影响, 而政府科技投入空间效应不显著; (4) 人力资本与政府科技投入对区域创新发展存在地区异质性。

关键词:人力资本; 政府科技投入; 区域创新

中图分类号:F061.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-0566(2022)11-0181-12

Human capital, government investment in science and technology and regional innovation

LI Xianyin¹, WANG Fengqin², YANG Boxu^{3,4}, ZHANG Yao⁵

- (1. School of Education, Qufu Normal University, Qufu 273165, China;
2. Business School, Beijing Technology and Business University, Beijing 100048, China;
3. Institute of Quantitative and Technical Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100732, China;
4. Laboratory of China's Economic and Social Development & Smart Governance, Beijing 100732, China;
5. International College, Thailand Krirk University, Bangkok, 10220, Thailand)

Abstract: Human capital and government investment in science and technology are the key elements to enhance regional innovation. Based on endogenous economic growth theory, this paper constructs an economic model including final production, intermediate production, technology research, basic technology research and government. Under the assumption of maximizing the interests of various departments, according to the solution of balanced growth path, it is found that human capital and government science and technology investment are the core driving factors of regional innovation. Using the provincial panel data of China from 2008 to 2020, this paper establishes multiple regression and

收稿日期: 2022-07-28 修回日期: 2022-10-07

基金项目: 国家社会科学基金 2021 年度教育学一般课题“职业教育混合所有制办学模式研究”(BJA210105)。

作者简介: 李宪印(1969—), 男, 山东鄄城人, 曲阜师范大学教育学院教授、博士生导师, 博士, 研究方向为教育经济与管理。通信作者: 杨博旭。

spatial Durbin model, and makes an empirical study on the theoretical model. The results show that: (1) Human capital and government science and technology investment have a significant positive effect on regional innovation, and human capital and government science and technology investment are competitive; (2) Regional innovation has a high spatial correlation. The innovation and development of a region can drive the innovation and development of adjacent regions; (3) Human capital has spatial spillover effect, regional innovation is also affected by the level of human capital in surrounding areas, while the spatial effect of government science and technology investment is not significant; (4) Human capital and government investment in science and technology have regional heterogeneity on regional innovation and development.

Key words: human capital; government investment in science and technology; regional innovation

世界正经历百年未有之大变局,新一轮科技革命和产业变革交织演进,2019 年以来持续发展的新冠疫情加剧了全球科技竞争,世界发展面临更加错综复杂的挑战。作为国家创新能力的重要基础,区域创新引起世界主要国家政府和地区组织的高度重视,各个国家相继出台了关于科技创新的战略部署,其中包括 2020 年 5 月日本发布的《科学技术创新综合战略 2020》、2021 年 3 月欧盟发布的《“地平线欧洲”2021—2024 年战略计划》和 2022 年 2 月英国发布的《英国创新战略:创造未来以引领未来》。我国坚持创新驱动发展,全面塑造发展新优势,加速推进中国走向创新型国家前列。各个国家和地区的实践均表明,区域创新是创新型国家建设的重要支撑,高质量的人力资本积累水平是区域创新持续推进的关键要素。

有学者开始关注人力资本对区域创新的影响^[1],石大千等^[2]从高校扩招的角度分析了人力资本对区域创新的影响,结果表明,教育数量和质量提升是人力资本促进区域创新能力的主要途径。由于区域之间的关联性和溢出效应,一个地区的人力资本不仅可以促进本地的创新能力,同时也对周边地区创新能力产生影响^[3]。刘晔等^[4]基于中国地级城市数据的研究表明,人力资本水平在提升区域创新产出中具有重要作用,人口空间集聚对上述关系具有调节作用。

由于技术创新的正外部性,企业无法完全享有技术创新带来的效益,从而降低人力资本和资金等方面的投入激励,进而导致研发的市场失灵^[5]。具有创新偏好的政府通常会通过财政政策与科技投入来缓解市场失灵,提升区域创新能力^[6]。此外,政府科技投入的信号效应^[7],也在很

大程度上引导企业的创新投入,进而提升区域创新能力。Boing 等^[8]基于中国 2000—2010 年省级数据的研究结果表明,政府公共研发补贴的一个标准差增加,会带来大中型企业 2.6% 的研发人员的增长。政府科技投入直接或间接的参与到创新活动中,增加地区创新投入和产出,减低企业研发成本。

然而,现有关于人力资本、政府科技投入对区域创新的研究并不充分。一是现有研究主要是在理论推理的基础上开展实证分析,而对理论背后的数理模型构建和作用机制的研究并不充分。数理建模搭建起理论分析与实证分析的桥梁,基于内生经济增长理论建立理论模型,探讨创新发展在平衡增长中是否受到政府科技投入和人力资本的影响,在验证理论推理的同时为实证分析奠定基础。二是现有研究分别研究了人力资本和政府科技投入对区域创新的影响,而没有将人力资本和政府科技投入纳入统一框架。人力资本是区域创新的关键要素,而政府科技投入在弥补市场失灵方面具有重要作用,构建包含人力资本和政府科技投入完整的理论和实证模型,有助于拓展区域创新的研究内容。三是人力资本和政府科技投入的空间效应有待于进一步分析。区域创新不仅受到当地人力资本和政府科技投入的影响,周边区域的相关因素及其自身的知识积累也会对区域创新产生影响,利用空间效应分析,有助于深入剖析人力资本和政府科技投入对区域创新的作用机制。

一、文献综述

(一)人力资本与区域创新

人力资本所承载的知识和技能是实现创新发

展的重要驱动要素,人才流动意味着先进的知识和技能流动,带来知识储备和创新活力^[9],促进技术知识传播^[10]。高人力资本水平既可以提高创新效率^[11],也可以实现技术模仿效应的增强^[12-13]。具体而言,人力资本通过存量积累、集聚效应和异质性结构对区域创新产生影响。

首先,人力资本水平是人力资本在一段时间内存量累计综合,对区域创新具有积极促进作用^[14]。一方面,人力资本水平转化为科技成果影响区域创新^[15]。人力资本水平越高,科技成果转化越快^[16]。另一方面,拥有高人力资本存量才会拥有提高机会认知和发现的可能性^[17],人力资本水平程度低,无法达到促进自主创新的程度,资本存量需要积累到一定程度才可以极大地促进我国的创新能力^[18]。

其次,人力资本积累会形成集聚效应,集聚而产生的正外部性有助于提升区域创新能力。从短期看,人力资本的流动性造成了人力资本集聚现象,人力资本水平集聚,有利于技术的研发^[19],进而带动区域创新发展。从长期来看,高级人力资本跨省流动抑制本区域高级人力资本对于中国城市的技术创新效应^[20]。分区域来看,人力资本集聚在不同区域之间产生不同的影响作用。陈淑云等^[21]提出人才集聚在中部和西部地区的技术创新作用要大于东部地区。

最后,人力资本结构对于技术创新发展有显著影响,异质性人力资本结构在一定程度上影响区域创新的形成^[22]。由于我国区域之间创新水平存在较大差异,区域人力资本分布不均匀,某些地区存在高水平人力资本短缺的问题^[23],导致区域创新水平无法适应经济和社会发展的需要。人力资本结构也存在区域差异性,比如吕洪燕等^[24]指出,人力资本结构高级化在东中部地区促进科技创新绩效提升,而在东北地区呈抑制作用。

(二)政府科技投入与区域创新

学界关于政府科技投入与区域创新之间关系的研究主要表现在微观和宏观两个视角。

企业构成了国民经济的微观基础,政府科技投入通过支持企业研发来提升区域创新能力。财

政科技投入是驱动企业技术创新活动和提升企业创新水平的重要因素^[25]。财政科技补贴可以鼓励中小型企业提升创新能力^[26],可以解决企业研发的外部性问题进而推动区域创新发展^[27]。同时,也有研究提出了不同的观点,如政府科技投入对企业研发具有挤出效应^[28],抑制了企业创新发展的活力。

在宏观层面,政府科技投入作为调节经济运行和创新的重要工具,直接对区域创新产生影响。已有研究通过建立 GMM、VAR 等经济模型,分析了政府科技投入对区域创新的显著带动作用^[29]。政府科技投入在一定程度上能降低研发风险,提升其技术研发热情^[30],推动科技创新动力。胡在铭^[31]基于河南地区的研究表明,政府科技投入对区域创新具有显著正向影响,且这种正向影响具有时滞性。也有研究指出政府科技投入会抑制区域创新发展效率^[32]。政府科技投入对技术创新的影响效果存在区域异性,不同区域的禀赋差异使西部地区的财政科技投入只能转化为低端创新产出^[33],无法紧跟国家创新发展速度。

二、理论模型

(一)模型构建

基于内生经济增长理论和新经济增长理论,本文构建了含有最终生产、中间生产、技术研究、基础技术研究及政府 5 个部门的封闭经济体系,该体系只包含一种最终产品,其产量用 Y 表示,由最终生产部门生产。人力资本有 3 种用途,一是投入到最终生产部门,记为 H_Y ;二是投入到技术研究部门,记为 H_T ;三是投入到基础技术研究部门,记为 H_a 。在市场均衡的限制条件下,最终产品的价格设为 1,中间产品的价格、技术专利价格和基础技术使用价格分别记为 p_{x_i} 、 p_{A_T} 、 p_{A_a} ,最终产品部门、技术研究部门、基础技术研究部门的人力资本报酬率分别记为 S_{H_Y} 、 S_{H_T} 、 S_{H_a} 。根据新经济增长理论可知,人力资本具有流动性,并且可以各个部门之间自由转移,最终人员数量和薪酬会实现市场均衡。在此条件下,最终产品部门、技术研究部门、基础技术研究部门的人力资本报酬率最终也达到均衡,即

人力资本报酬率相等,记为 $S_{H_y} = S_{H_r} = S_{H_a}$ 。

在市场均衡条件下,最终生产部门可以实现人力资本数量、基础技术数量与使用中间产品数量三者的最优均衡,实现自身利益最大化;中间生产部门选择生产中间产品最佳的数量来实现自身利润最大化;技术研究部门为了实现自身利益最大化,最终实现投入人力资本数量与基础技术数量的最优值;基础技术研究部门则通过实现人力资本的最优数量,来实现自身利润最大化;政府预算方程每期最终会实现均衡。

各部门寻求自身利益最大化的过程如下:在基础技术研究部门,研究人员从事基础技术研究,并取得成果;在技术研究部门,研究人员从事应用技术的开发,取得中间生产部门所需要的技术,并将该技术注册为永久性专利;中间产品部门运用从技术研究部门购买的技术生产出中间产品,售卖给最终生产部门;最终生产部门采用基础技术、人力资本以及购买的中间产品进行最终产品的研发;政府负责协调市场资源,并对基础技术研究部门进行研发支持。

基于以上分析,对最终生产、中间生产、技术研究、基础技术研究及政府 5 个部门分别进行建模。

1. 最终生产部门

假定最终生产部门处于完全竞争市场中,生产过程中,需要投入人力资本 H_y 、基础技术 A_a 以及由上游中间生产商所生产的中间产品,只生产一种产品,其产量为 Y 。根据柯布—道格拉斯生产函数,最终产品生产部门的生产函数为:

$$Y = H_y^\alpha A_a^\theta \int_0^A x_i^\beta d_i \quad (1)$$

式(1)中, $\int_0^A x_i^\beta d_i$ 表示所使用的中间产品的数量, A 表示中间产品的种类。

最终生产部门需要购买基础技术进行最终产品的生产,其购买价格为 p_{A_a} , $p_{A_a} A_a$ 为购买基础技术所投入的成本,需要支付给工人工资为 $S_{H_y} H_y$ 。最终生产部门需要从上游生产商购买中间产品完全用于制作最终产品,生产过程无损耗。第 i 种中

间产品的价格由提供该中间产品的垄断厂商决定,设为 p_{x_i} , 则 $\int_0^A p_{x_i} x_i d_i$ 为购买中间产品投入成本。那么,最终产品部门的最大化利润为:

$$\max \pi_1 = H_y^\alpha A_a^\theta \int_0^A x_i^\beta d_i - S_{H_y} H_y - \int_0^A p_{x_i} x_i d_i - p_{A_a} A_a \quad (2)$$

对式(2)求一阶导可得:

最终产品部门人力资本报酬率为:

$$S_{H_y} = \frac{\alpha Y}{H_y} \quad (3)$$

$$\text{基础技术使用价格为: } p_{A_a} = \frac{\theta Y}{A_a} \quad (4)$$

$$\text{中间产品价格为: } p_{x_i} = \beta H_y^\alpha A_a^\theta x_i^{\beta-1} \quad (5)$$

得到市场均衡条件下中间产品使用的平均数量:

$$x_i = \bar{x} = \left(\frac{p_{x_i}}{\beta H_y^\alpha A_a^\theta} \right)^{\frac{1}{\beta-1}} \quad (6)$$

2. 中间生产部门

假定中间生产部门存在很多个厂商,但每一厂商只能生产一种产品,且具有垄断性。中间产品生产部门的生产函数为:

$$K = \int_0^A x_i d_i \quad (7)$$

假设中间产品生产部门生产 x_i 单位的产品生产成本为 $1 \times x_i$, 则该部门的最大化利润为:

$$\max \pi_2 = (p_{x_i} - 1)x_i \quad (8)$$

由垄断厂商制定的价格可通过对式(8)求导并联立式(5)可知:

$$p_{x_i} = \frac{1}{\beta} \quad (9)$$

联立式(1)、式(6)、式(9)可知均衡状态下最终产品部门的产出为:

$$Y = A \beta^{\frac{\alpha}{1-\beta}} H_y^{\frac{\alpha}{1-\beta}} A_a^{\frac{\theta}{1-\beta}} \quad (10)$$

3. 技术研究部门

技术研究部门在研发时不仅要投入基础研究部门所生产的基础技术,且需投入本部门所产生的已有技术。技术研究部门的生产函数为:

$$\dot{A}_T = \delta H_T A_T A_a \quad (11)$$

假定中间产品的创新专利数量为 N_T , 技术研

究部门的人工成本为 $W_C = p_{A_T} A_T + p_{A_a} A_a$, 该部门的收入为:

$$W_T = p_{A_T} \delta H_T A_T A_a \quad (12)$$

式(12)两边同时除以人力资本得到该部门的人力资本报酬率:

$$\frac{W_T}{H_T} = S_{H_T} = p_{A_T} \delta A_T A_a \quad (13)$$

在专利设计市场是存在竞争的, 所以其专利价格会一直被抬高, 直到它等于垄断者所能获得净收益的现值, 实现市场均衡, 即非套利条件为 $p_{A_T} = \int_t^\infty e^{-\int_t^s r(s) ds} \pi_{(t)} d_l$ 。此时, p_T 为常数, 对式(13)时间求导可得均衡条件为, $\pi_{(t)} - r_{(t)} \int_t^\infty e^{-\int_t^s r(s) ds} \pi_{(t)} d_l = 0$ 。

在市场均衡前提下, 设 r 为市场利率, 技术研究部门的创新专利价格为:

$$p_{A_T} = \frac{1}{r} \pi_2 = \frac{1}{r} \left(\frac{1}{\beta} - 1 \right) x_i \quad (14)$$

式(14)表示收益大于边际成本的瞬时盈余必须刚好足以支付设计初始投资的利息成本。

把式(14)代入式(13)可得, 技术研究部门人力资本报酬率为:

$$S_{H_T} = \frac{1}{r} \left(\frac{1}{\beta} - 1 \right) x \delta A_T A_a \quad (15)$$

4. 基础技术研究部门

基础技术研究部门的生产函数为:

$$\dot{A}_a = \theta H_a A_a \quad (16)$$

基础技术研究部门的研究经费主要来自于售卖给技术研究部门的基础技术专利, 以及来自于政府部门提供的经费补贴, 为 $\lambda p_{A_a} \dot{A}_a$, 因此基础研究部门的利润最大化函数为:

$$\max \pi_3 = (1 + \lambda) p_{A_a} \theta H_a A_a - S_{H_a} H_a \quad (17)$$

对式(17)求一阶导, 可以得到基础技术研究部门人力资本报酬率为:

$$S_{H_a} = (1 + \lambda) p_{A_a} \theta A_a \quad (18)$$

5. 政府

政府的作用是调节市场资源, 避免市场混乱。假设政府财政收入来源于对最终产品的征税的税收, 财政支出主要为财政科技投入即对于基础

研究的补贴 $\lambda p_{A_a} \dot{A}_a$ 和消费性公共支出 G 。

$$\tau Y = \lambda p_{A_a} \dot{A}_a + G \quad (19)$$

式(19)中, τ 表示税率。

(二) 模型求解

将边际效率弹性记为 σ , 时间偏好系数记为 ρ , 假定市场有固定的消费者偏好, 在无限时间内的效用函数为: $U_{(c)} = \int_0^\infty \frac{c^{1-\sigma} - 1}{1-\sigma} e^{-\rho t} dt$ 。内生经济增长框架下, 消费者的预算约束方程为:

$$\dot{a} = ra + w - c \quad (20)$$

式(20)中, w 为工资水平, a 为个人拥有的净资产, r 为实际利率。则在均衡条件下, 消费增长率为:

$$g_c = \frac{(r - \rho)}{\sigma} \quad (21)$$

在新经济增长理论框架下, 人力资本在各部门间可以实现自由流动, 最终实现人员数量及工资薪酬在部门间的均衡。在此条件下, 考虑套利行为, 最终产品、技术研究、基础技术研究3个部门之间人力资本报酬率最终达到相等, 即

$$S_{H_Y} = S_{H_T} = S_{H_a} \quad (22)$$

由式(3)、式(7)、式(18)、式(22)可知:

$$H_a = \frac{(1 + \lambda) \theta}{\alpha} H_Y \quad (23)$$

联立式(3)、式(10)、式(15)、式(23)可得:

$$\frac{\alpha \beta^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} H_Y^{\frac{\sigma}{1-\sigma}} A_a^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}}{H_Y} = \frac{1}{r} \left(\frac{1}{\beta} - 1 \right) x \delta A_T A_a \quad (24)$$

根据平衡增长路径可知, 各部门之间增长率相同, 如下所示:

$$g^* = g_c = g_Y = g_T = g_a = \frac{A(1 + \lambda) \rho \theta^2}{\beta(1 - \beta) \delta A_T A_a - N(1 + \lambda) \sigma \theta^2} \quad (25)$$

三、研究设计

(一) 基本模型设定

模型构建过程和求解结果分析表明, 人力资本存量越高, 研究人员的创新效率越高。因此, 地区技术创新高度依赖于地区人力资本水平, 一个地区的人力资本总量越大, 将对地区新技术的生产速度具有更强的驱动作用, 地区技术创新发

展的速度就越快。同时,政府科技投入也可以为地区技术创新提供物质保障,有效推动技术创新发展。

文对构建人力资本、政府科技投入与区域创新关系的回归模型进行实证分析,对理论模型的结论进行验证,基本模型设定为:

$$\ln inn_{it} = \theta + \alpha hum_{it} + \beta lngov_{it} + \gamma x_{it} + \varepsilon_{it} \quad (26)$$

式(26)中 $\ln inn_{it}$ 为被解释变量即区域创新, hum_{it} 为解释变量即人力资本, $lngov_{it}$ 为解释变量即政府科技投入, x_{it} 表示一组控制变量,下标 i, t 表示省份和时间, ε_{it} 表示随机扰动项, α, β, γ 表示各变量的参数估计值。

研究显示,区域创新存在空间相关性,也就是说某一区域的创新活动会对其他区域产生影响和辐射。空间杜宾模型不仅能体现出本区域的影响力,也会显示对于相邻区域的依赖情况。因此,为了直观地探讨政府科技投入、人力资本与区域创新的空间效应,在基本模型的基础上,构建空间杜宾模型:

$$\begin{aligned} \ln inn_{it} = & \theta + \rho \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln inn_{jt} + \alpha hum_{it} + \\ & \beta lngov_{it} + \gamma x_{it} + \alpha_1 \delta \sum_{j=1}^n w_{ij} hum_{jt} + \beta_1 \delta \sum_{j=1}^n w_{ij} lngov_{jt} + \\ & \gamma_1 \delta \sum_{j=1}^n w_{ij} x_{jt} + u_i + \lambda_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (27)$$

式(27)中 w_{ij} 表示空间距离矩阵, δ 表示空间滞后系数, u_i, λ_i 表示 SDM 的时间与空间效应, ε_{it} 表示随机扰动项, α, β, γ 表示各变量的参数估计值。

区域创新与区域距离有关,距离越近影响力越强,因此,本文选用空间距离权重矩阵考察区域距离对于区域创新的影响。

(二) 变量选取与数据收集

1. 数据收集

在中国情境下,区域政策一般以省为单位制定并实施,本文以省级行政区域为研究对象,由于西藏自治区的统计数据存在大量缺失值,港澳台地区在统计口径方面与大陆存在差异,本文最终

收集并整理了 2008—2020 年全国 30 个省级行政区域平衡面板数据,原始数据均来自于《中国统计年鉴》《中国劳动统计年鉴》、Wind 数据库,根据各省名称和年份对数据进行匹配。

2. 变量说明

(1) 区域创新(inn)。专利属于法律授权,评审的标准完全基于技术发明的新颖性,因而专利数据具有高度可比性。因此,专利数量作为创新产出的衡量受到诸多学者的青睐^[34]。相较于专利申请授权量来说,专利申请量不仅更直观和全面反映一个地区的创新水平^[35],而且具有更好的时效性,因此本研究以专利申请量作为衡量区域创新的指标。为了减弱模型变量间的多重共线性、异方差性,取对数进行平滑处理。

(2) 人力资本(hum)。教育是人力资本形成和发展的最主要途径,通过教育可以赋予劳动力一定的技能和能力。因此,本研究借鉴已有研究的做法^[36-37],采用平均受教育年限作为衡量人力资本水平的指标,小学、初中、高中、大专及以上教育的年限分别按 6、9、12、16 年计算,公式为:

$$hum = \frac{pri \times 6 + jun \times 9 + sen \times 12 + col \times 16}{T} \quad (28)$$

式(28)中, pri, jun, sen, col 分别表示小学、初中、高中、大专及以上教育的年限的人口数, T 表示总人口数。

(3) 政府科技投入(gov)。政府在社会科技发展的过程中起到协调与引导的作用,政府科技投入在改善市场失灵、引导企业创新投入中发挥巨大作用,并成为区域创新的重要资金来源^[38]。政府科技投入在很大程度上受到政府财政预算的影响,本研究用地方政府科技投入占地方一般财政预算的比例来衡量政府科技投入。

(4) 控制变量。本研究采用研发强度、进出口额度、信息基础设施、市场交易活跃度和产业结构升级作为控制变量。研发强度(int)体现研发投入规模,本研究用研发投入支出占 GDP 的比重来衡量。进出口额度($trade$),出口额度可以反映各地区与外界的交流程度,促进知识的交流和技术传播,本研究用出口额占 GDP 的比重衡量。信息基

基础设施(*post*),网络的完善情况、通讯设施配套等基础设施建设是实现知识和信息快速传播的一大物质基础,本研究用邮电业务总量占 GDP 比重。市场交易活跃度(*tech*),技术交易活跃,有利于技术要素的流通,增强我国科技创新活力,本研究用技术市场交易额占 GDP 比重。产业结构升级(*upgrade*)是产业从低级向高级转化的过程,是技术进步的重要体现,本研究用 $cy = \sum_{i=1}^3 y_i \times i = y_1 \times 1 + y_2 \times 2 + y_3 \times 3$ 表示产业结构升级,其中 $y_i = \frac{Y_i}{Y}$ 表示一、二、三产业产值占 GDP 的比重; i 为产业

结构层次系数权重,第一产业为 1,第二产业为 2,第三产业为 3。

四、实证分析

(一)描述性统计和相关性分析

变量的描述性分析和相关性分析结果如表 1 所示。自变量人力资本与政府科技投入与区域创新之间有显著的正相关性。控制变量研发强度、进出口额、技术市场活跃度和产业结构升级与区域创新具有显著正相关性,信息基础设施与区域创新相关性不显著。各变量的 VIF 值均小于 10, VIF 的平均值小于 5,变量之间不存在严重的共线性。

表 1 变量描述性和相关性分析

变量	均值	标准差	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>inn</i>	10.40	1.53	—							
<i>hum</i>	9.05	0.98	0.48 ***	3.01						
<i>gov</i>	2.04	1.45	0.64 ***	0.62 ***	4.97					
<i>int</i>	5.36	4.34	0.74 ***	0.27 ***	0.63 ***	2.25				
<i>trade</i>	26.88	31.18	0.45 ***	0.58 ***	0.81 ***	0.52 ***	3.19			
<i>post</i>	6.670	5.08	0.01	0.01	-0.01	-0.16 **	-0.11 **	1.21		
<i>tech</i>	1.35	2.63	0.29 ***	0.67 ***	0.53 ***	0.02	0.49 ***	0.05	2.82	
<i>upgrade</i>	2.36	0.13	0.53 ***	0.79 ***	0.74 ***	0.34 ***	0.67 ***	0.17 ***	0.72 ***	4.82

注:***、** 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 时有统计学意义;对角线为变量 VIF 值。

(二)多元回归分析

基于前文构建的计量模型,运用回归模型来探讨人力资本、政府科技投入对于区域创新的影响(见表 2)。其中模型 1 是只将控制变量放入回归模型中,模型 2 是在模型 1 的基础上将人力资本放入回归模型,模型 3 是在模型 1 的基础上将政府科技投入放入回归模型中,模型 4 是在模型 1 的基础上将人力资本、政府科技投入及其交互项放入回归模型中。

模型 1 中,研发强度、技术市场活跃度、产业结构对于区域创新具有显著正向影响,进出口额和信息基础设施对于区域创新具有显著负向影响。模型 2 中,人力资本对区域创新影响在 $p < 0.01$ 水平上显著为正,说明人力资本水平提高会促进区域创新水平发展。模型 3 中,政府科技投入对于区域创新影响在 $p < 0.05$ 水平上显著为正,说明政府科技投入对于区域创新具有显著的促进作用。在模型 4 中,人力资本与政府科技投入对于区域创新均具有显著正向影响,两者交互项在 $p < 0.01$ 水平上显著为负,说明人力资本与政府科技投入具有竞争性。

表 2 多元回归分析

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
<i>hum</i>	—	0.851 ***	—	1.152 ***
<i>gov</i>	—	—	0.016 **	1.771 ***
<i>hum × gov</i>	—	—	—	-0.170 ***
<i>int</i>	0.114 ***	0.032	0.086 ***	-0.002
<i>trade</i>	-0.003 ***	0.001	-0.002	-0.005 **
<i>post</i>	-0.011 **	-0.010 **	-0.012 **	-0.013 ***
<i>tech</i>	0.106 ***	-0.007	0.095 ***	0.024
<i>upgrade</i>	8.297 ***	5.010 ***	8.161 ***	4.206 ***
<i>Con.</i>	-9.770 ***	-9.238 ***	-9.543 ***	-10.067 ***
<i>N</i>	390	390	390	390
<i>R</i> ²	0.695	0.808	0.701	0.835

注:***、** 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 时有统计学意义。

(三)空间计量分析

1. 空间相关性分析

使用空间计量经济模型进行分析,首先需要检验区域创新是否存在空间相关性。采用莫兰指数 I (Moran's I)对样本数据进行了全局自相关检验(见表 3)。

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{S^2 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (29)$$

式(29)中 $S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}$ 为样本方差, n 为空间上区域总个数, x_i 和 x_j 分别表示第 i 个区域和第 j 个区域的属性值, $\bar{x}$ 为所有区域空间属性值的均值, w_{ij} 为空间权重矩阵(用来度量 i 区域与区域 j 之间的距离), 而 $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$ 为所有权重之和。

表 3 区域创新全局莫兰指数 I

年份	区域创新	年份	区域创新
2008	0.261 ***	2015	0.252 ***
2009	0.270 ***	2016	0.258 ***
2010	0.289 ***	2017	0.244 ***
2011	0.275 ***	2018	0.269 ***
2012	0.259 ***	2019	0.278 ***
2013	0.253 ***	2020	0.293 ***
2014	0.249 ***	—	—

注: *** 表示在 $p < 0.01$ 时有统计意义。

莫兰指数 I 的取值一般在 $(-1, 1)$ 之间, 大于 0 表示正相关, 小于 0 表示负相关, 等于 0 表示不存在空间相关性, 观测值呈随机分布。根据表 3 可知, 2008—2020 年区域创新的全局莫兰指数均在 $p < 0.01$ 水平下显著, 说明区域创新会受到与其相近地理位置的创新活动影响, 存在空间相关性。

莫兰指数 I 揭示区域创新的全局相关性, 而局

部莫兰指数 I_i 可以揭示区域创新的局部相关性。局部莫兰指数计算公式为:

$$I_i = \frac{Z_i}{S^2} \sum_{j \neq i}^n w_{ij} Z_j = \frac{(x_i - \bar{x})}{S^2} \sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_j - \bar{x}) \quad (30)$$

式(30)中, $S^2 = \frac{\sum (x_j - \bar{x})^2}{n}$, I_i 表示第 i 个区域的局部莫兰指数, 在该公式中决定莫兰指数正负的主要由 $(x_i - \bar{x})$ 和 $\sum_{j \neq i}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})$ 两大部分组成。图 1 展示了 2008 年和 2020 年区域创新 Moran 散点图。

根据图 1 可知, 我国各省份的区域创新存在显著的空间相关性。图 1(左)显示, 2008 年区域创新散点图处在第一和第三象限的省份大约占到总数的 $2/3$, 说明各省区在区域创新高(低)的区域在空间上容易形成集聚效应, 且区域创新的空间差异性较小。图 1(右)是关于 2020 年区域创新的莫兰指数散点图显示出, 第一象限省份基本没有变化, 但是第三象限减少, 这说明我国各省区的区域创新在这 13 年期间取得了一定程度的进步, 但是第三象限省区仍然多为位于西部地区, 这也体现了西部地区区域创新的发展水平依旧落后于东部地区。

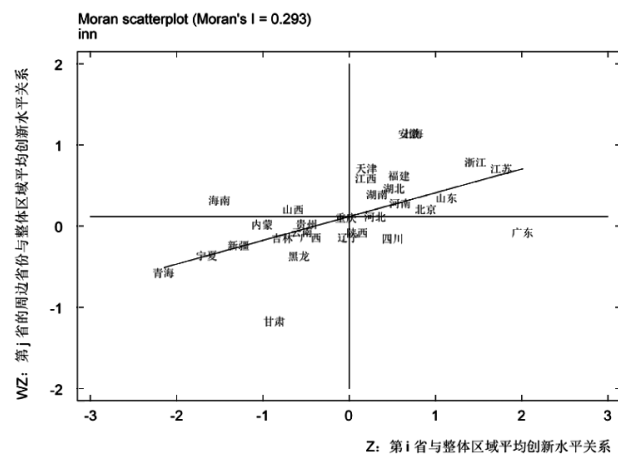
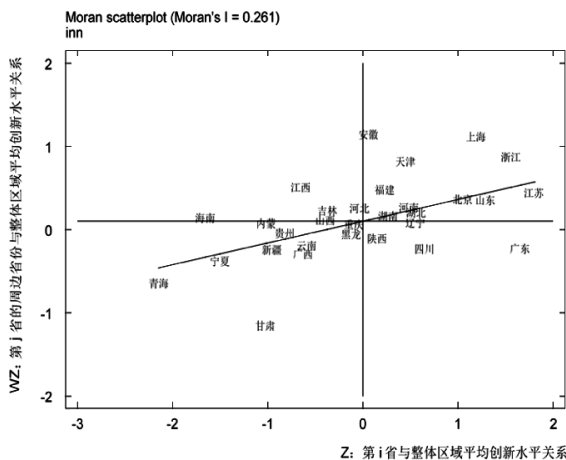


图 1 2008 年、2020 年区域创新 Moran 散点图

2. 空间杜宾模型分析

通过对全局莫兰指数和局部莫兰指数检验可知, 区域创新存在显著的正向空间相关性。基于空间距离权重矩阵进行空间杜宾模型回归分析,

得到空间模型分析结果(见表 4)。其中模型 1 是考虑人力资本空间效应, 模型 2 是考虑政府科技投入空间效应, 模型 3 是考虑人力资本、政府科技投入及其交互项的空间效应。

表4 空间杜宾模型分析

变量	模型1	模型2	模型3
<i>hum</i>	0.190 **	—	0.406 ***
<i>gov</i>	—	0.137 ***	1.078 ***
<i>hum</i> × <i>gov</i>	—	—	-0.098 ***
<i>W</i> × <i>hum</i>	0.163 *	—	0.123
<i>W</i> × <i>gov</i>	—	-0.071	-0.043
<i>W</i> × (<i>hum</i> × <i>gov</i>)	—	—	0.001
<i>int</i>	0.014	0.009	-0.010
<i>trade</i>	0.002 *	0.002	-0.001
<i>post</i>	0.001	0.002	-0.002
<i>tech</i>	-0.026	-0.011	-0.013
<i>upgrade</i>	1.285 ***	1.458 ***	0.999 ***
<i>N</i>	390	390	390
<i>rho</i>	0.683 ***	0.836 ***	0.660 ***
<i>R</i> ²	0.847	0.774	0.876

注:***、**、*分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义。

根据 R^2 和Sigma2值可知,在空间距离权重矩阵下,各模型拟合程度良好。空间相关系数都显著为正,说明区域创新存在空间上的溢出效应,即本区域创新受到周围地区的区域创新影响。在模型1中,人力资本对区域创新在 $p < 0.01$ 的显著水平上显著为正,说明人力资本水平对区域创新具有正向促进作用,空间效应在 $p < 0.01$ 水平上显著为正,说明周边地区人力资本提升会正向影响本地区区域创新,可能的原因是区域间人力资本的流动性,人力资本的流动造成了区域间知识、信息和技术的传播,影响相邻区域创新能力。模型2中,政府科技投入对于区域创新的影响在 $p < 0.01$ 水平上显著为正,说明政府科技投入可以显著地正向带动区域创新,但是其空间效应并不显著。可能的原因是:一方面,在于政府科技投入形成的创新研究成果具有时间性,短期内对相邻区域无法造成影响;另一方面,在于政府科技投入主要是针对本区域的创新研究开发,对于相邻区域的影响过小,在模型中体现不出来。模型3中,人力资本与政府科技投入的交互项显著为负,但空间效应不显著,这与政府科技投入空间效应不显著有关。

3. 东、中、西部三大区域差异性分析

东部地区较中西部地区而言,人均GDP高,城

乡收入差距小,基础设施更加完善,教育等资源更加丰富。东、中、西部基础性条件存在明显性差异,因此,为了进一步探究人力资本、政府科技投入与区域创新之间的关系,本文对东、中、西地区进行异质性分析。

表5 三大地区差异性分析^①

地区	东部地区	中部地区	西部地区
<i>hum</i>	0.668 ***	0.696 ***	0.327 **
<i>gov</i>	1.083 ***	4.591 ***	0.130
<i>hum</i> × <i>gov</i>	-0.098 ***	-0.497 ***	0.029
<i>int</i>	0.049 **	-0.002	-0.249 ***
<i>trade</i>	-0.003	0.006	0.002
<i>post</i>	-0.002	-0.022 **	0.001
<i>tech</i>	0.018	0.142 **	-0.048 *
<i>upgrade</i>	2.684 ***	1.721	0.546
<i>N</i>	130	104	143
<i>rho</i>	0.329 ***	0.252 ***	0.740 ***
<i>R</i> ²	0.878	0.899	0.843

注:***、**、*分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义。

根据表5可知,东部地区,人力资本与政府科技投入均对区域创新具有促进作用,人力资本与政府科技投入交互项显著为负;中部地区,人力资本与政府科技投入均对区域创新具有显著正向影响,人力资本与政府科技投入交互项显著为负;西部地区,人力资本对区域创新具有促进作用,而政府科技投入对区域创新没有显著影响。进一步,系数显著性检验结果显示,人力资本对区域创新的影响方面,中东西部存在显著影响,影响大小顺序依次为中部>东部>西部。在政府投入对区域创新的影响方面,西部不存在显著影响。

(四) 内生性检验和稳健性检验

1. 内生性检验

地区人力资本水平的提升,可以有效激发创新活力,提高技术创新效率;政府则通过科技投入来缓解市场失灵,成为技术创新的重要资金来源,从而成为区域创新发展的另一重要驱动因素。另一方面,区域创新水平的提高可以反过来吸引高水平人力资本的加入,形成高人力资本集聚现象,提升区域人力资本水平;区域创新可以推动区域经济发展,经济发展可以对政府科技投入形成有

^① 东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南;中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南;西部地区包括内蒙古、广西、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏和新疆。

效支撑。因此,本文回归模型中变量间可能互为因果关系,存在内生性,导致模型的估计结果有偏。本文参照柳卸林等^[35]的做法,将人力资本和政府科技投入分别作为因变量,以研发强度、进出口额度、信息基础设施、市场交易活跃度、产业结构升级等变量作为自变量进行回归,控制相关变量的干扰,提取模型残差,用残差代替人力资本和政府科技投入重复分析。如表6所示,结果与上文假设检验结果一致,说明内生性可控,人力资本和政府科技投入对区域创新影响的结果是可信的。

表 6 残差回归分析

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
<i>hum</i>	—	0.907 ***	—	0.059 ***
<i>gov</i>	—	—	0.993 ***	0.950 ***
<i>int</i>	0.133 ***	0.084 ***	0.110 ***	0.107 ***
<i>trade</i>	-0.002	-0.002 *	-0.001 *	-0.001 *
<i>post</i>	-0.002	-0.012 ***	-0.011 ***	-0.012 ***
<i>tech</i>	0.108 ***	0.093 ***	0.112 ***	0.112 ***
<i>upgrade</i>	7.921 ***	8.404 ***	8.366 ***	8.383 ***
<i>Con.</i>	-9.198 ***	-9.842 ***	-9.944 ***	-9.970 ***
<i>N</i>	360	360	360	360
<i>R</i> ²	0.695	0.885	0.995	0.995

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义。

2. 稳健性检验

为了保证实证结果的稳健性,本文进行了三种稳健性检验。一是考虑到资源投入与产出之间存在的滞后性,本研究的被解释变量使用地区专利申请滞后一年的数据,结果见表7。二是自九年义务教育实施以来,我国教育水平得到了明显提升,《2020 年全国教育事业发展统计公报》显示,我国九年义务教育巩固率 95.2%,高中毛入学率达到 91.2%,高等教育在地区人力资本中的作用进一步凸显,为此,本研究使用地区高学历占比作为人力资本的衡量^②;政府科技投入采用财政科技资金投入,利用上述替换变量的回归结果见表8。三是将空间距离矩阵替换为空间邻接权重矩阵,结果见表9。稳健性结果与上述模型基本一致,模型具有稳定性。

② 由于 2020 年数据缺失,本组分析使用 2008—2019 年数据。

表 7 多元回归分析

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
<i>hum</i>	—	0.676 ***	—	0.975 ***
<i>gov</i>	—	—	0.162 ***	1.759 ***
<i>hum × gov</i>	—	—	—	-0.166 ***
<i>int</i>	0.133 ***	0.070 ***	0.097 ***	0.031
<i>trade</i>	-0.002	0.001	-0.002	-0.005 **
<i>post</i>	-0.002	-0.003	-0.003	-0.007 ***
<i>tech</i>	0.108 ***	0.018	0.092 ***	0.047
<i>upgrade</i>	7.921 ***	5.631 ***	7.733 ***	4.775 ***
<i>Con.</i>	-9.198 ***	-9.546 ***	-8.870 ***	-10.263 ***
<i>N</i>	360	360	360	360
<i>R</i> ²	0.695	0.787	0.721	0.818

注:***、** 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 时有统计学意义。

表 8 多元回归分析

变量	模型 1	模型 2	模型 3	模型 4
<i>hum</i>	—	10.077 ***	—	19.505 ***
<i>gov</i>	—	—	0.939 ***	1.096 ***
<i>hum × gov</i>	—	—	—	-0.3416 ***
<i>int</i>	0.109 ***	0.104 ***	-0.050 **	-0.008
<i>trade</i>	-0.002	0.007 ***	-0.003	-0.006 ***
<i>post</i>	-0.035 ***	-0.017 ***	-0.012 ***	-0.005
<i>tech</i>	0.142 ***	0.036	-0.011	0.068 ***
<i>upgrade</i>	8.415 ***	5.5211 ***	3.208 ***	1.737 ***
<i>Con.</i>	-9.962 ***	-4.621 ***	-0.713 ***	1.412 *
<i>N</i>	360	360	360	360
<i>R</i> ²	0.698	0.758	0.861	0.900

注:***、**、* 在分别表示 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义。

表 9 空间杜宾模型分析

变量	模型 1	模型 2	模型 3
<i>hum</i>	0.535 **	—	0.787 ***
<i>gov</i>	—	0.120 ***	1.350 ***
<i>hum × gov</i>	—	—	-0.128 ***
$W \times hum$	-0.121	—	-0.203 *
$W \times gov$	—	-0.117 *	-0.455
$W \times (hum \times gov)$	—	—	0.043
<i>int</i>	0.015	0.032	-0.004
<i>trade</i>	0.002	0.001	-0.002
<i>post</i>	-0.001	-0.001	-0.004
<i>tech</i>	-0.043 **	-0.019	-0.020
<i>upgrade</i>	2.277 ***	3.088 ***	1.924 ***
<i>N</i>	390	390	390
<i>rho</i>	0.563 ***	0.685 ***	0.544 ***
<i>R</i> ²	0.837	0.764	0.859

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 、 $p < 0.1$ 时有统计学意义。

五、研究结论与政策建议

(一) 研究结论

(1) 通过回归分析可知,人力资本、政府科技投入的产出系数为正,对区域创新具有显著的正

向推动作用。人力资本与政府科技投入交互项显著为负,人力资本与政府科技投入之间存在竞争关系。(2)全局莫兰指数分析发现,空间相关系数显著为正,说明区域创新存在明显的空间相关性,一个地区可以带动或者抑制其他地区的创新发展。局部莫兰指数分析发现,周边地区创新发展处于优势的情况下,本区域的创新发展也会受到促进,反之亦然。(3)空间模型分析发现,人力资本正向推动区域创新,周围地区人力资本水平正向影响本区域创新发展;政府科技投入正向推动到区域创新,周围地区政府科技投入对本区域发展影响不显著。(4)划分东、中、西部三大地区比较分析可知,东中部地区人力资本与政府科技投入均正向推动区域创新,且人力资本与政府科技投入之间存在竞争性,西部地区人力资本正向推动区域创新,政府科技投入不显著。

(二)政策建议

第一,重视人力资本对区域创新的促进作用,多渠道提升区域人力资本水平。地方政府应建立人力资本投资长效机制,立足本地加大人力资本投资力度。后疫情时代,应安全高效地发展基础教育、职业教育、普通高等教育和各种技术技能培训计划,筑牢创新性人才培养的基础;考虑人力资本的流动性,从就业、薪酬和生活等方面制定政策措施,落实科学技术人员管理制度,持续完善创新生态环境,形成人力资源向本区域流动向心力,拓展区域人力资本的来源渠道。另外,也要积极拓展各种形式的创新研究合作方式,鼓励区域外创新人才参与本区域的研究和开发项目。

第二,重视财政资金对区域创新的支持作用,多元化推进财政科技投入。创新的不确定性和高风险性,会导致市场失灵,公共资金成为区域创新的重要来源。政府需要重视财政资金对区域创新的支持作用,多元化推进财政科技投入。落实科研经费管理政策,提升科技经费使用效率,使有限的资金投入发挥最大化的作用;积极创新落实《科学技术进步法》,促进不同资金投入渠道的融合,提高基础研究领域的市场竞争力和研究活力。

第三,充分发挥区域创新的溢出效应,加快人才、知识、技术在区域之间的流动,辐射并带动相

邻地区的发展。考虑疫情影响,充分发挥网络结构,构建各区域之间创新资源的线上交流平台,实现知识、技术、人才等资源在区域之间的共享,避免技术研发重复,减少创新资源浪费;建立区域联合研究基地,推进新型研究开发机构等新型创新主体的发展,定期进行人员线上或线下交流,实现知识、技术在区域之间的流动。

第四,针对区域创新发展的地区差异性,实行差异化的科技政策,对于东部地区,持续发挥其基础设施完善、教育和人才要素丰富等优势条件,在进一步推动本区域创新水平的同时,发挥区域创新的溢出效应,实现对于邻近地区创新的辐射带动作用。对于中西部地区,要充分认识到本区域在创新方面的不足,积极推动与创新水平较高区域的合作交流,采取各类优惠政策,吸引创新人力资本的持续流入。需要全方位提高研发强度和技术市场交易规模,加强信息基础设施建设,促进产业结构升级,为实现区域创新发展提供良好的基础环境。

参考文献:

- [1]王春杨,兰宗敏,张超,等. 高铁建设、人力资本迁移与区域创新[J]. 中国工业经济, 2020(12): 102-120.
- [2]石大千,张琴,刘建江. 高校扩招对区域创新能力的影响:机制与实证[J]. 科研管理, 2020, 41(3): 83-90.
- [3]SANSO-NAVARRO M, VERA-CABELLO M, XIMÉNEZ-DE-EMBÚN D P. Human capital spillovers and regional development [J]. Journal of applied econometrics, 2017, 32(4): 923-930.
- [4]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.
- [5]CHOI J, LEE J. Repairing the R&D market failure: public R&D subsidy and the composition of private R&D [J]. Research policy, 2017, 46(8): 1465-1478.
- [6]李政,杨思莹. 财政分权、政府创新偏好与区域创新效率[J]. 管理世界, 2018, 34(12): 29-42.
- [7]WU A. The signal effect of government R&D subsidies in China: does ownership matter? [J]. Technological forecasting and social change, 2017(117): 339-345.
- [8]BOEING P, EBERLE J, HOWELL A. The impact of China's R&D subsidies on R&D investment, technological upgrading and economic growth [J]. Technological forecasting and social change, 2022, 174: 121-212.
- [9]周丽群,连慧君,袁然. 国际劳动力流入对美国创新影

- 响的实证分析——兼论对中国吸引国际人才的启示[J]. 中国软科学, 2021(6): 53-63.
- [10] BAHAR D, CHOUDHURY P, RAPOPORT H. Migrant inventors and the technological advantage of nations [J]. Research policy, 2020, 49(9): 103947.
- [11] 蔡文伯, 赵志强. 研究生扩招对区域创新效率的影响研究[J]. 黑龙江高教研究, 2022, 40(4): 113-119.
- [12] 阳立高, 贺正楚, 柒江艺, 等. 发展中国家知识产权保护、人力资本与经济增长[J]. 中国软科学, 2013(11): 123-138.
- [13] 李宪印, 张宝芳, 姜丽萍. 大学生创新行为的构成因素及其实证研究[J]. 教育研究, 2019, 40(4): 91-100.
- [14] BANERJEE R, ROY S S. Human capital, technological progress and trade: what explains India's long run growth? [J]. Journal of Asian economics, 2014(30): 15-31.
- [15] WU N, LIU Z K. Higher education development, technological innovation and industrial structure upgrade [J]. Technological forecasting & social change, 2021(162): 120400.
- [16] 阳立高, 龚世豪, 王铂, 等. 人力资本、技术进步与制造业升级[J]. 中国软科学, 2018(1): 138-148.
- [17] MARVEL M R, LUMPKIN G T. Technology entrepreneurs' human capital and its effects on innovation radicalness [J]. Entrepreneurship theory and practice, 2007, 31(6): 807-828.
- [18] 李平, 崔喜君, 刘建. 中国自主创新中研发资本投入产出绩效分析——兼论人力资本和知识产权保护的影响[J]. 中国社会科学, 2007(2): 32-42.
- [19] ACEMOGLU D. Patterns of skill premia [J]. The review of economic studies, 2003, 70(2): 199-230.
- [20] 陈俊杰, 钟昌标. 高级人力资本跨省流动、要素多样化集聚与城市技术创新[J]. 江西社会科学, 2020, 40(11): 70-79.
- [21] 陈淑云, 杨建坤. 人口集聚能促进区域技术创新吗——对 2005—2014 年省级面板数据的实证研究[J]. 科技进步与对策, 2017, 34(5): 45-51.
- [22] 周均旭, 刘子俊. 创新价值链视角下人力资本结构高级化对科技创新的影响——兼论研发投入的门槛效应[J]. 科技管理研究, 2022, 42(10): 115-122.
- [23] 袁富华, 张平, 陆明涛. 长期经济增长过程中的人力资本结构——兼论中国人力资本梯度升级问题[J]. 经济学动态, 2015(5): 11-21.
- [24] 吕洪燕, 于翠华, 孙喜峰, 等. 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(3): 133-141.
- [25] 吴伟伟, 张天一. 非研发补贴与研发补贴对新创企业创新产出的非对称影响研究[J]. 管理世界, 2021, 37(3): 137-160.
- [26] 余菲菲, 钱超. 政府科技补助对企业创新投入的门槛效应——基于科技型中小企业的经验研究[J]. 科研管理, 2017, 38(10): 40-47.
- [27] 马文聪, 李小转, 廖建聪, 等. 不同政府科技资助方式对企业研发投入的影响[J]. 科学学研究, 2017, 35(5): 689-699.
- [28] ACEMOGLU D, AKCIGIT U, ALP H, et al. Innovation, reallocation, and growth [J]. American economic review, 2018, 108(11): 3450-3491.
- [29] 陈银娥, 李鑫, 李汶. 中国省域科技创新效率的影响因素及时空异质性分析[J]. 中国软科学, 2021(4): 137-149.
- [30] HOWELL S T. Financing innovation: evidence from R&D grants [J]. American economic review, 2017, 107(4): 1136-1164.
- [31] 胡在铭. 财政投入与区域创新的时滞现象研究——基于时间序列的 VAR 模型分析[J]. 经济经纬, 2017, 34(3): 141-146.
- [32] 杨柏, 陈银忠, 李爱国, 等. 政府科技投入、区域内产学研协同与创新效率[J]. 科学学研究, 2021, 39(7): 1335-1344.
- [33] 吴非, 杜金岷, 李华民. 财政科技投入、地方政府行为与区域创新异质性[J]. 财政研究, 2017(11): 60-74.
- [34] DANG J, MOTOHASHI K. Patent statistics: a good indicator for innovation in China? patent subsidy program impacts on patent quality [J]. China economic review, 2015(35): 137-155.
- [35] 柳卸林, 杨博旭. 多元化还是专业化? 产业集聚对区域创新绩效的影响机制研究[J]. 中国软科学, 2020(9): 146-147, 153.
- [36] 李健, 卫平, 付军明. 中国地区工业生产率增长差异及收敛性研究——基于三投入 DEA 实证分析[J]. 产业经济研究, 2015(5): 21-30.
- [37] 李婧, 何宜丽. 基于空间相关视角的知识溢出对区域创新绩效的影响研究——以省际数据为样本[J]. 研究与发展管理, 2017, 29(1): 42-54.
- [38] DINGES M, BERGER M, FRIETSCH R, et al. Monitoring sector specialization of public and private funded business research and development [J]. Science and public policy, 2007, 34(6): 431-443.

(本文责编: 辛 城)