

高新技术产业集聚对我国绿色创新效率的影响研究

王洪庆, 郝雯雯

(河南财经政法大学国际经济与贸易学院, 河南 郑州 450046)

摘要:为了探索高新技术产业集群及集群模式对绿色创新效率的影响, 基于 2008—2018 年我国省际面板数据, 运用 GML 指数测算包含非期望产出的绿色创新效率, 通过构建高新技术产业集聚与绿色创新效率间的面板回归及门槛计量模型, 考察高新技术产业不同集聚模式对绿色创新效率的影响。结果表明: 高新技术产业集聚与绿色创新效率间存在倒“U”型关系, 专业化集聚与绿色创新效率间存在非线性关系, 多样化集聚与绿色创新效率之间存在正向线性关系, 意味着科学的高新技术产业集聚模式和适当的集聚程度能有效提高绿色创新效率。

关键词:高新技术产业集聚; GML 指数; 绿色创新效率

中图分类号: F403.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-0566(2022)08-0172-12

Impact of high-tech industrial agglomeration on the efficiency of green innovation in China

WANG Hongqing, HAO Wenwen

(School of International Economics and Trade, Henan University of Economics and Law, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: In order to explore the impact of high-tech industrial clusters and cluster models on green innovation efficiency, this paper based on China's provincial panel data from 2008 to 2018, using GML index to measure the green innovation efficiency including unexpected output. Constructing panel regression and threshold econometric models between high-tech industry agglomeration and green innovation efficiency to investigate the impact of different agglomeration high-tech industry on green innovation efficiency. The results show that: there is an inverted U-shaped relationship between high-tech industrial agglomeration and green innovation efficiency. There is a nonlinear relationship between specialized agglomeration and green innovation efficiency. There is a positive linear relationship between diversified agglomeration and green innovation efficiency. The above three results mean that scientific high-tech industrial agglomeration mode and appropriate agglomeration degree can effectively improve green innovation efficiency.

Key words: high-tech industrial agglomeration; GML index; green innovation efficiency

收稿日期: 2021-10-15 修回日期: 2022-06-24

基金项目: 河南省软科学研究计划项目“河南省制造业高质量发展评价及提升路径研究”(212400410069); 河南省哲学社会科学规划项目“科技创新人才促进河南省制造业技术创新的影响因素及对策研究”(2021BJJ012); 河南财经政法大学华贸金融研究院 2021 年度项目“数字经济促进制造业要素配置效率提升的机制、路径及政策建议研究”; 河南省高校哲学社会科学基础研究重大项目“全球价值链下制造业技术进步偏向的碳减排效应研究”(2022-JCZD-03)。

作者简介: 王洪庆(1974—), 男, 河南武陟人, 河南财经政法大学国际经济与贸易学院教授, 博士生导师, 管理学博士, 研究方向为国际经济与产业经济。

经过 40 多年的快速发展,中国经济发展水平在取得举世瞩目奇迹的同时也带来了一系列环境污染问题。《全球能源和二氧化碳现状报告》显示中国近 3 年温室气体排放量持续上升,依然是世界上最大的温室气体排放国。随着中国发展进入新常态,生态效益成为衡量发展质量的重要因素,如何协调经济发展、社会发展与生态环境的关系,在国际舞台上拥有更强的环境领导力,对实现可持续经济高质量发展有重要意义。“十四五”规划强调深入可持续发展战略,促进经济社会发展全面绿色转型。

新一轮科技革命引发了数字经济、人工智能、机器学习等一系列电子和信息产业迅速崛起。先进科学技术与产业深度交叉融合、首批智慧城市的试点能够加速传统制造业向高级化、现代化的转型升级,促进以高技术产业为代表的先进制造业快速发展,引领中国经济发展方式由“高投入、高排放、高污染”的要素驱动转变为创新驱动,提高高技术产业绿色技术创新能力,改变高污染、高排放的传统发展模式,推动高技术产业向低碳、循环、绿色化融合发展。相关研究表明产业集群式发展是影响绿色创新绩效的重要因素,在全新的绿色发展要求下,为提高高新技术产业的绿色创新效率,本文将从产业集群的视角探讨不同集聚模式对绿色创新效率的影响,从而为产业集群实现绿色发展提供理论依据和实践借鉴。

一、文献综述

(一)产业集群与绿色创新

有关产业集群对绿色创新影响的研究成果主要分为 3 类:一是产业集群对绿色创新效率有显著的促进作用。邵帅等^[1]认为集聚水平的提高有利于绿色技术溢出等正外部性的产生;王惠等^[2]将能源消耗和污染物排放纳入工业企业创新效率的测度框架,利用考虑非期望产出的 Super SBM 模型度量绿色创新效率,研究发现产业集群对绿色创新效率的提升具有显著贡献;李福柱等^[3]通过将知识密集服务业集聚、高新技术制造业集聚及二者协同集聚对绿色创新的影响对比,得出高新技术制造业集聚能够驱动经济发展与绿色发展。二

是产业集群对绿色创新效率的促进作用不明显。龚新蜀等^[4]通过构建集聚经济与工业绿色创新效率的联立方程得出集聚技术反馈效应的正向作用并没有明显发挥;程中华等^[5]基于空间计量模型实证研究表明制造业集聚抑制了城市绿色全要素生产率增长。三是产业集群与绿色创新绩效之间存在非线性关系。徐建中等^[6]基于区域制造业集聚的时空异质性分析发现,制造业集聚与绿色创新绩效间呈现倒 U 型关系;张治栋等^[7]以长江经济带 108 个城市为研究对象,发现制造业集聚与城市绿色效率之间呈 U 型关系;刘耀彬等^[8]运用系统广义矩(SGMM)方法检验出文化产业集聚与绿色经济效率之间呈现“U”型关系;吴传清等^[9]、刘亮等^[10]均构建门槛面板模型,证明装备制造业集聚、产业集聚与绿色创新效率间有显著的 N 型和 U 型双门槛效应;Wang 等^[11]以我国地级市为样本,得出产业集群与环境效率之间呈现“U”型关系。

(二)产业集群模式与绿色创新

不同的产业集群模式对绿色创新影响的研究成果主要分为两类:一是专业化集群有利于绿色创新。范建勇等^[12]对县级层面产业聚集主要形式进行考察,得出专业化经济对绿色全要素生产率的提升具有显著促进作用,多样化经济不具这一功效;胡安军等^[13]认为高新技术产业专业化集聚对绿色经济效率的提升有抑制作用,多样化集聚对绿色经济效率的提升有显著促进作用;方敏等^[14]考察了长江经济带产业集聚对创新的影响路径,发现多样化集聚与专业化集聚经济效益此消彼长,大城市能从多样化集聚中获得经济效应,中小城市能从专业化集聚获得经济效应。二是专业化集聚抑制创新。陈劲等^[15]以高新技术产业为研究对象,认为低集聚水平下多样化集聚抑制创新,高集聚水平下专业化集聚抑制创新。

综上所述,尽管很多学者从产业集群角度出发,研究了其对绿色创新或绿色创新效率的影响,但多数集中于产业集群产生的经济现象对绿色创新效率的影响,较少学者从集聚模式及集聚强度视角考察产业集群与绿色创新效率提升之间的关

系。此外,现有文献尚未考察产业集聚及集聚模式、集聚强度对绿色创新效率的提升是否存在区域异质性特征,即产业集聚和不同集聚模式对绿色创新效率的复杂异质性的影响仍有待深入研究。鉴于此,本文选择将高新技术产业集聚、专业化集聚和多样化集聚与绿色创新效率放在同一框架下并建立门槛模型,详细考察产业集聚及不同集聚模式对绿色创新效率的影响,对不同条件省区绿色创新效率的提升和不同集聚模式及强度的战略选择具有重要的参考意义。

二、理论分析及研究假设

(一)高新技术产业集聚对绿色创新效率的影响

王燕等^[16]和杨浩昌等^[17]认为产业集聚是企业因生产要素、交易成本和区位优势等因素而选择集群发展的经济现象,高技术产业集聚将绿色创新资源聚集在同一区域能够加快绿色创新研发知识的传播速度,降低企业对绿色创新知识和信息的搜索成本,企业间的绿色创新技术溢出和规模经济效应能够降低企业绿色技术创新活动中的非期望产出,提升绿色创新技术水平;王婷等^[18]研究表明随着产业集聚的发展会产生规模经济效应,集聚规模的扩张将吸引更多绿色创新技术水平先进的企业 and 专业性人才进入集群,提高集群内绿色创新研发资源的共享性,强化企业对绿色创新的研发动力,进而对绿色创新效率产生积极影响。但随着产业集聚程度的增加,拥挤效应逐渐显现,李琳等^[19]和林伯强等^[20]研究表明在产业集聚的高级阶段,随着集聚规模的扩大,市场容量及环境资源的不足容易致使集群内企业间对绿色创新要素市场产生激烈的争夺,使产业集聚的不良竞争效应和拥挤效应超过其知识溢出效应和规模范围效应,阻碍企业绿色技术创新能力的提升。为此,提出假设 H1:高新技术产业集聚与绿色创新效率之间存在倒“U”型关系。

(二)高新技术产业专业化集聚对绿色创新效率的影响

专业化集聚能够借助同一行业内部企业技术相似程度较高,企业与研发人员匹配效率较易改善的优势,形成要素共享市场,有利于产生知识溢

出效应,降低企业对绿色技术创新知识的学习和交流成本,推动绿色技术创新^[21-22]。吕承超等^[23]研究认为集群内企业能够通过专业化分工合作形成完善的产业链,为集群内企业提供丰富的绿色创新资源,优化企业绿色创新资源配置结构,降低企业绿色创新的研发成本和交易成本,增加规模效益,提高绿色创新效率,但随着高技术产业专业化集聚程度的增加,专业化集聚对企业绿色创新效率的促进作用逐渐弱化,过度的专业化集聚甚至抑制企业绿色创新效率的提升。胡安军等^[13]认为随着专业化集聚程度的提高,企业竞争加剧,集群内企业易形成单一结构的“知识蓄水池”和“劳动力蓄水池”,致使企业对绿色创新技术路径形成依赖和锁定。谢臻等^[24]研究认为专业化集聚程度过高易出现交通堵塞、资源短缺及生产成本上升等问题反而可能抑制企业绿色创新效率的提升。即不同程度的专业化集聚对企业绿色创新效率提升的影响不同。为此,提出假设 H2:专业化集聚与绿色创新效率之间存在着非线性关系。

(三)高新技术产业多样化集聚对绿色创新效率的影响

钟顺昌等^[25]认为多样化集聚是一种基于不同产品导向的企业在空间上集聚的组织模式,与专业化集聚不同,跨行业的高新技术企业集聚能够使劳动力市场外部性更显著,不同类型技术性人才聚集不仅有利于劳动者规避失业风险,增强劳动力的蓄水池效应,也有利于不同行业领域间的知识溢出,促进不同行业间企业进行绿色创新研发知识的互补和交换,集群内绿色创新资源的有效利用与合理配置,进而提高集聚内高技术企业间的协作能力,促进高新技术企业绿色技术创新与生产增长。胡安军等^[13]研究表明不同类型的企业集聚同一区域,不仅能够避免产业内企业绿色创新技术和管理制度的单一性,提高企业间绿色产品的差异性和创新性,而且多样化集聚结构的形成能够加剧集群内企业间的竞争力度,激发企业的绿色技术创新,进而提高绿色创新效率。为此,提出假设 H3:高新技术产业多样化集聚与绿色创新效率之间存在正向的线性关系。

三、产业集聚及不同集聚模式对绿色创新效率的实证分析

(一) 变量选取与处理

1. 被解释变量

被解释变量为绿色技术创新效率(*GML*)极其分解项绿色创新技术效率(*GEC*)和绿色创新技术进步(*GPC*)。对于绿色技术创新效率的测算,不同学者测算方法不同,Xu等^[26]采用 Super-SBM 模型测算了长江三角洲地区的绿色技术创新效率,本文借鉴田红彬等^[27]采用的 Global Malmquist-Luenberger 指数分析方法进行测算及其分解研究,把每个省份视作一个决策单元(DMU)以构造生产前沿,构造 t 时期单个 DMU 的生产可行性集:

$$P^t(x^t) = \{(y^t, b^t)\} \quad (1)$$

设全局生产可能性集为:

$$P^G = P^1 \cup P^2 \cup \dots \cup P^T \quad (2)$$

式中, x^t 、 y^t 和 b^t 分别为 t 时期的投入、期望产出和非期望产出。参考 Oh^[28]的研究, *GML* 指数可以定义为:

$$\begin{aligned} GML^{t,t+1}(x^t, y^t, x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) \\ = \frac{1 + D^G(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \end{aligned} \quad (3)$$

$$D^G(x, y, b) = \max\{\beta \mid (y + \beta y, b - \beta b) \in P^G(x)\} \quad (4)$$

$D_i^t(x^t, y^t, b^t)$ 为全局方向距离函数,定义在全局生产可能性集 P^G 上, *GML* 指数可以进一步分解为绿色创新技术效率(*GEC*)和绿色创新技术进步(*GPC*)的乘积:

$$\begin{aligned} GML^{t,t+1}(x^t, y^t, b^t, x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}) \\ = \frac{1 + D^G(x^t, y^t, b^t)}{1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \\ = \frac{1 + D^t(x^t, y^t, b^t)}{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})} \times \\ \left\{ \frac{[1 + D^G(x^t, y^t, b^t)]/[1 + D^t(x^t, y^t, b^t)]}{[1 + D^G(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})]/[1 + D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1})]} \right\} \\ = GEC^{t,t+1} \times GPC^{t,t+1} \end{aligned} \quad (5)$$

$GML^{t,t+1}$ 的值大于(或小于)1,说明与 t 时期相比, $t+1$ 时期的绿色创新效率提高,即增加(或减少)期望产出或者减少(或增加)非期望产出; *GEC* 是不同时期绿色创新技术效率, *GEC* 的值大于(或

小于1),说明与 t 时期相比,第 $t+1$ 时期的绿色创新技术效率提升(或降低)。同理, *GPC* 指数大于1(或小于1),表示绿色创新技术进步提高(或倒退)。

2. 解释变量

(1) 产业集聚。衡量产业集聚有很多方法,相比较而言,区位熵能消除区域间规模差异,计算公式为:

$$INC = (d_{ir} / \sum_i d_{ir}) / (\sum_i d_{ir} / \sum_i \sum_r d_{ir}) \quad (6)$$

式中, d_{ir} 表示 i 地区 r 产业的就业人数。

(2) 专业化集聚和多样化集聚。参考 Duranton 等^[29]的方法度量高新技术产业专业化集聚程度(*SPA*)和多样化集聚程度(*DIA*),计算公式分别为:

$$SPA = 1 / \max_j (C_{ij,t} / C_{i,t}) \quad (7)$$

$$DIA = 1 / \sum_j |C_{ij,t} - C_{j,t}| \quad (8)$$

式中, $C_{ij,t}$ 为第 t 期第 i 个省高新技术产业中行业 j 的从业人数与高新技术产业从业人数之比, $C_{i,t}$ 为 t 时期第 i 个省高新技术产业从业人数与全国高新技术产业从业人数之比, $C_{j,t}$ 为第 t 时期高新技术产业中行业 j 的从业人数与高新技术产业从业人数之比。

3. 控制变量

(1) 对外贸易(*tra*)。对外贸易是对外开放的重要载体,不仅为经济高质量发展做出重要贡献,也是促进中国工业企业绿色发展的重要推动力,这里采取进出口总额与当期 GDP 比值来衡量。

(2) 环境规制(*er*)。环境规制工具是政府引导企业绿色技术创新的有效手段,这里采取各地区环境治理投资额与当期 GDP 比值来衡量。

(3) 政府资助(*gov*)。政府资助能直接为企业绿色技术研发提供资金支持,降低企业绿色创新活动成本,这里采取科技经费筹集额中政府资金占比衡量。

(4) 外商直接投资(*fdi*)。外商直接投资是获取技术外溢、实现技术创新的重要渠道,但低质量外商直接投资的引进较易发生污染转移,产生污染避难所效应,因此外商直接投资对绿色创新效

率的影响需进一步研究,这里采取实际利用外资额与同期 GDP 比值衡量。此外高技术产业集聚、专业化集聚及多样化集聚测算数据由于 2017 年数据暂未公布,采取平均值将其补充。

(二)数据来源与测算结果分析

1. 被解释变量数据来源及处理

本文选取 2008—2018 年省级面板数据为研究对象。研发经费和人力资本是企业进行绿色技术创新活动不可或缺的影响因素^[30],本文借鉴许慧等^[31]模型方法,选取技术改造经费、R&D 经费内部支出和 R&D 人员全时当量作为投入指标。选取新产品销售收入、工业增加值和绿色专利授权量作为期望产出,衡量企业的产品创新和绿色工艺水平的提升。绿色专利根据世界知识产权组织 WIPO 公布的 IPC 绿色清单,选取“可替代能源,交通运输,节能减排,废物处理、农林业,行政监管与设计,核能发电”等 7 个绿色技术领域,在智慧芽专利搜索平台,根据 IPC 分类号及绿色专利申请所在地进行搜索与统计以衡量“绿色创新”。对于非期望产出,本文借鉴任耀等^[32]对绿色创新效率的测算,选取工业三废的排放量作为非期望产出,并采用熵值法将工业废水、工业废气排放量和工业固体产生量比例折算合成综合指数衡量。原始数据来自《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国环境年

鉴》《中国工业统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》和《中国科技统计年鉴》及各省市统计年鉴。

在实际估计时,需要对 GML 指数进行相应变换,设 2008 年为基期,则 2009 年实际 GML 指数等于 2008 年测得的 GML 指数乘以 2009 年的测得的 GML 指数,以此类推。GEC 和 GPC 计算方法同 GML。

2. 绿色创新效率测算分析

以 2008 年为基期,计算 2009—2018 年绿色创新效率如表 1 所示。总体上看,在研究期内,全国高技术产业的绿色创新效率呈现平稳递增趋势,各地区绿色创新效率均值与全国均值增长趋势大致相同。从不同区域来看,东部具有经济、人才、地理区位等先发优势,绿色创新效率均值高于中、西部。近年来,中、高端制造业陆续向中部转移^[33],人力资源逐渐丰富,加上承东启西的先天区位优势及绿色创新知识溢出与技术扩散效应,中部地区绿色创新效率也呈缓慢上升趋势。西部地区幅员辽阔,矿产资源丰富,在“西部大开发”战略下其绿色创新效率也在提升,但与东、中部还有一定的差距。付桐等^[34]研究发现西部地区具有易受影响特质,更容易吸收绿色创新溢出,也更容易转化成为其优势,未来需加快完善有利于西部地区绿色发展的人文环境和基础设施,积极引进人才、资金和科技,为做好承接东中部绿色创新溢出做准备。

表 1 2008—2018 年绿色创新效率区域均值

年份	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
东部	1	0.858 3	0.911 4	0.915 0	0.918 9	0.955 7	0.955 4	0.963 9	1.061 9	1.075 3	1.083 8
中部	1	0.858 2	0.882 7	0.912 3	0.914 9	0.949 4	0.937 3	0.955 8	1.041 2	1.067 6	1.076 9
西部	1	0.804 8	0.882 8	0.910 2	0.913 1	0.919 6	0.927 2	0.951 9	0.993 6	1.004 3	1.019 7
全国	1	0.840 4	0.892 3	0.912 5	0.915 6	0.941 5	0.940 0	0.957 2	1.032 3	1.049 1	1.060 1

3. 产业集聚测算结果分析

2018 年高技术产业集聚水平测算结果见表 2。从整体集聚水平来看,东部产业集聚水平较高,从东部到中、西部呈递减的梯度分布,这可能是因为东部省市拥有独特的区位和经济政策优势,有利于高新技术产业的快速发展,其中广东省、江苏省、浙江省、重庆市和江西省等高新技术产业集聚水平较高,广东省集聚水平达到了 2.550 5。从多样化集聚来看,集聚水平区域分布也呈现从东部到中、西部的阶梯递减趋势,其中天津市、重庆市、江苏省、安徽省和江西省等高新技术产业多样化

集聚水平较高。从专业化水平集聚来看,西部最高,其次是东部和中部,这可能是因为我国西部多数省市高新技术产业整体发展水平不高,高新技术细分行业差异化发展较强。封伟毅等^[35]研究表明,云南省各个高新技术产业均有涉猎,但主要集中于医药制造业,是我国医药制造业的主要集聚地之一,充分发挥了其天然中医药原材料禀赋的优势;甘肃、青海、宁夏、新疆、内蒙古等地区多数从事医药制造、医疗设备和信息化学品制造行业,产业结构相对较为单一,因此专业化集聚水平相对较高。

表 2 2018 年高新技术产业集聚、专业化及多样化集聚测算结果

区域	省份	产业集聚	专业化集聚	多样化集聚		省份	产业集聚	专业化集聚	多样化集聚
东部	北京	0.416 7	17.235 6	1.480 9	中部	江西	1.369 4	17.786 7	6.603 6
	天津	0.939 8	39.235 1	6.242 7		湖南	0.888 5	24.157 3	5.167 2
	河北	0.468 3	26.592 5	1.402 2		河南	0.842 6	13.237 1	5.904 6
	辽宁	0.409 6	28.533 0	1.406 0		湖北	0.716 5	17.665 7	2.433 0
	上海	0.994 3	14.793 7	4.087 4		内蒙古	0.175 7	134.285 0	0.957 2
	江苏	1.970 1	4.506 9	5.471 6	西部	广西	0.428 9	62.079 4	5.633 9
	浙江	0.998 4	10.138 5	4.034 6		重庆	1.059 0	16.410 1	1.674 9
	福建	0.799 4	22.390 0	3.899 1		四川	0.864 5	11.940 3	2.566 2
	山东	0.711 5	19.619 0	1.949 2		贵州	0.538 6	43.891 0	1.406 1
	广东	2.550 5	2.741 7	2.613 1		云南	0.186 4	84.181 8	1.253 9
中部	海南	0.258 3	55.024 4	0.642 5		陕西	0.682 4	20.768 8	1.204 7
	山西	0.470 8	61.692 0	3.323 7		甘肃	0.152 2	186.656 0	1.290 4
	吉林	0.358 4	41.360 5	0.741 5		青海	0.247 2	638.294 0	1.394 6
	黑龙江	0.179 4	36.362 5	0.815 2		宁夏	0.315 4	383.854 0	0.967 2
	安徽	0.718 2	24.387 0	7.464 7		新疆	0.071 4	298.409 0	0.603 8

(三) 计量模型

静态面板估计方法能够直接解决常见的解释变量内生性问题,为探索产业集聚和不同集聚模式对绿色创新效率的影响,构建如下计量模型:

$$\ln GML_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln INC_{it} + \alpha_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$\ln GML_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln SPA_{it} + \alpha_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

$$\ln GML_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 \ln DIA_{it} + \alpha_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

式中, i 和 t 分别表示省份和年份,被解释变量为绿色创新效率(GML),核心解释变量为产业集聚(INC)、专业化集聚(SPA)、多样化集聚(DIA), X_{it} 为控制变量,包含外商直接投资(fdi)、环境规制(er)、政府资助(gov)和对外贸易(tra), ε_{it} 为白噪声扰动项。

(四) 实证结果及分析

1. 高新技术产业集聚及不同集聚模式对绿色创新效率影响的回归分析

本文为短面板数据,在研究产业集聚和不同集聚模式对绿色创新效率、绿色创新技术效率以及绿色创新技术进步影响时采用静态平衡面板逐步回归法,通过 Hausman 检验,选取具体效应模型。表 3 为产业集聚和不同的集聚模式对绿色创新效率(GML)的回归结果。

由表 3 可知,产业集聚对绿色创新效率的回归系数显著为正,即产业集聚对企业绿色技术能力提升有显著的促进作用,因为一定程度的产业集聚能降低集群内企业的运输和学习成本,提高集群内公共资源利用率,加快绿色创新知识与技术

的传播与交流,产生知识和技术溢出效应。不同的产业集聚模式对绿色创新效率的影响存在异质性,专业化集聚变量的回归系数为负,但没通过 10% 的显著性水平检验,说明专业化集聚对绿色创新效率有不明显的抑制作用,原因可能是专业化集聚在行业内通过专业化分工和知识溢出对绿色创新效率产生促进作用的同时,也较易形成单一结构的知识和技术型人才蓄水池,不利于信息

表 3 产业集聚、多样化集聚和专业化集聚对绿色创新效率影响的回归结果

变量	模型(9) <i>GML</i>	模型(10) <i>GML</i>	模型(11) <i>GML</i>
$\ln INC$	0.039 2 * (1.83)		
$\ln SPA$		-0.003 6 (-0.28)	
$\ln DIA$			0.045 0 *** (3.17)
$\ln tra$	0.036 0 * (1.66)	0.046 2 ** (2.12)	0.039 3 * (1.90)
$\ln er$	-0.044 4 ** (-2.17)	-0.046 5 ** (-2.23)	-0.043 6 ** (-2.15)
$\ln fdi$	-0.019 6 * (-1.66)	-0.018 2 (-1.53)	-0.018 7 (-1.60)
$\ln gov$	-0.008 9 (-0.76)	-0.012 7 (-1.09)	-0.007 2 (-0.63)
常数项	-0.057 3 (-0.84)	-0.059 2 (-0.75)	-0.100 1 (-1.47)
R^2	0.044 8	0.039 4	0.064 3
个体固定效应检验	随机	随机	随机
Hausman 检验	5.16	8.72	5.67
P 值	$P=0.397 2$	$P=0.120 8$	$P=0.339 9$

注:***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义,括号内为 t 值。

和技术的交流和扩散,弱化企业绿色创新动力,抑制企业绿色创新效率的提升。多样化集聚对绿色创新效率的回归系数显著为正,多样化集聚能够促进不同行业专业型人才在绿色创新方面的知识交流和互补,为提高企业绿色创新水平创造条件。

从控制变量来看,对外贸易对绿色创新效率的影响在 3 个模型中都显著为正,随着经济发展理念的转变,国外绿色产品的高需求和市场竞争倒逼出口企业加大对绿色产品和绿色技术的研发投入力度,提升绿色产品的竞争力。环境规制对绿色技术创新的影响在 3 个模型中显著为负,即环境规制对企业绿色创新效率的提升有明显的抑制作用。王莉静等^[36]研究表明高新技术产业多数为投资成本较高的行业,在创新过程中,技术获取、转化更多的依赖于 R&D 人员和经费投入,环境规制将增加企业对环境资源的利用成本,冲击企业利润,挤占企业绿色技术创新研发资金,产生“遵循成本”效应,阻碍企业开展绿色技术创新。外商直接投资也不利于绿色创新效率的提升,我国长期依托成本优势吸引的 FDI 尚处于产业的中低端^[37],带来过度消耗资源、污染转移、核心绿色技术受制于人等弊端^[38],使以技术为关键的高端制造业难以获取先进的绿色技术,影响企业绿色创新效率的提升。政府资助对企业绿色创新效率的提升有不明显的抑制作用,可能是因为高技术产业投资成本高、研发周期长,政府科研经费资助短期内难以促进高技术企业绿色技术进步,同时如果对科技资金有效监管不足将会影响企业绿色技术的研发进度,阻碍绿色创新效率的提升。

2. 高新技术产业集聚及不同集聚模式对绿色创新效率分解项的影响回归分析

刘章生等^[39]研究表明绿色创新效率的变化主要归功于绿色创新技术进步和绿色创新技术效率,下面分别构建模型进行实证研究。

$$\ln GPC_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln INC_{it} + \varphi_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

$$\ln GPC_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln SPA_{it} + \varphi_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

$$\ln GPC_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \ln DIA_{it} + \varphi_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (14)$$

$$\ln GEC_{it} = \vartheta_0 + \vartheta_1 \ln INC_{it} + \vartheta_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (15)$$

$$\ln GEC_{it} = \vartheta_0 + \vartheta_1 \ln SPA_{it} + \vartheta_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (16)$$

$$\ln GEC_{it} = \vartheta_0 + \vartheta_1 \ln DIA_{it} + \vartheta_2 \ln X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (17)$$

模型中 GPC 和 GEC 分别为绿色创新技术进步和绿色创新技术效率,回归结果见表 4。由模型(12)和模型(15)可知,产业集聚对绿色创新技术进步影响系数则为负,但未通过显著性检验,对绿色创新技术效率具有显著的促进作用。由模型(13)、模型(14)和模型(16)、模型(17)可知,不同集聚模式对绿色创新技术进步和绿色创新技术效率的影响不同,专业化集聚对绿色创新技术进步有显著的促进作用,对绿色创新技术效率则有不明显的抑制作用;多样化集聚对绿色创新技术效率具有显著的促进作用,而对绿色创新技术进步的促进作用不明显。

对外贸易对绿色创新技术进步和绿色创新技术效率的影响系数为正,但均未通过显著性检验;环境规制和外商直接投资对绿色创新技术进步有显著的抑制作用,对绿色创新技术效率回归系数为正,但没通过至少 $p < 0.10$ 的显著性检验;政府资助对绿色创新技术进步存在明显的抑制作用,对绿色创新技术效率有显著的促进作用, fdi 对绿色创新技术进步有显著的抑制作用,对绿色创新技术效率的促进作用则没有通过显著性检验。

(五) 稳健性检验

为验证结果的稳健性,本文通过替换核心解释变量高新技术产业集聚、专业化集聚和多样化集聚来检验模型的稳健性。其中高新技术产业集聚本文借鉴范剑勇等^[12]的方法,采用高新技术产业就业密度,即高新技术产业就业人数与地区面积的比值来衡量高新技术产业集聚水平,借鉴胡成丽等^[40]对专业化与多样化集聚程度的测算方法来衡量专业化与多样化集聚水平。结果显示,仅有高新技术产业集聚与多样化集聚对绿色创新技术进步(GPC)的影响系数发生了改变,但并未通过显著性检验,其他模型高新技术产业集聚、专业化集聚与多样化集聚的影响系数符号均未发生改变,总体与前文回归结果基本一致,可以认为估计结果是稳健的。

表4 产业集聚、多样化集聚和专业化集聚对 GPC、GEC 影响的回归结果

变量	模型(12) GPC	模型(13) GPC	模型(14) GPC	模型(15) GEC	模型(16) GEC	模型(17) GEC
lnINC	-0.014 7 (0.57)			0.043 5 *** (2.76)		
lnSPA		0.026 9 * (1.73)			-0.014 7 (-1.54)	
lnDIA			0.013 2 (0.96)			0.030 8 *** (3.02)
lntra	0.024 6 (0.94)	0.027 3 (1.05)	0.021 1 (0.81)	0.013 6 (0.85)	0.018 7 (1.16)	0.019 6 (1.28)
lner	-0.064 0 *** (-3.22)	-0.063 3 *** (-3.22)	-0.064 8 *** (-3.29)	0.017 2 (1.20)	0.017 5 (1.20)	0.017 8 (1.24)
lnfdi	-0.033 9 *** (-2.90)	-0.035 1 *** (-3.01)	-0.033 1 *** (-2.84)	0.008 4 (1.00)	0.008 9 (1.06)	0.009 2 (1.11)
lngov	-0.023 8 ** (-2.11)	-0.026 4 ** (-2.36)	-0.020 5 * (-1.85)	0.016 1 ** (1.96)	0.013 6 * (1.65)	0.015 3 * (1.88)
常数项	-0.242 8 *** (-3.22)	-0.341 4 *** (-3.54)	-0.233 2 *** (3.29)	0.159 6 *** (3.11)	0.187 3 *** (3.13)	0.120 5 ** (2.38)
R ²	0.081 8	0.090 0	0.083 7	0.030 1	0.028 2	0.047 9
个体固定效应检验	固定	固定	固定	随机	随机	随机
Hausman 检验	18.81	20.97	14.29	1.90	2.58	3.83
P 值	P=0.002 9	P=0.000 8	P=0.013 9	P=0.862 7	P=0.763 8	P=0.573 8

注：***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义，括号内为 t 值。

表5 高技术产业集聚、专业化集聚和多样化集聚对绿色创新效率

变量	GML	GML	GML	GPC	GPC	GPC	GEC	GEC	GEC
lnINC	0.088 5 *** (3.74)			0.021 9 (1.00)			0.066 7 *** (4.04)		
lnSPA		-0.011 2 (-0.97)			0.006 0 (0.53)			-0.016 8 ** (-2.05)	
lnDIA			0.013 7 (0.92)			-0.025 0 (-1.51)			0.027 8 ** (2.56)
lntra	0.048 4 * (1.73)	0.045 0 ** (2.38)	0.047 8 ** (2.29)	0.021 4 (0.82)	0.023 3 (0.89)	0.023 4 (0.90)	0.027 0 (1.38)	0.027 5 * (1.77)	0.024 7 (1.59)
lnfdi	-0.017 7 (-1.39)	-0.019 5 (-1.63)	-0.019 3 (-1.63)	-0.031 1 *** (-2.61)	-0.032 3 *** (-2.73)	-0.031 6 *** (-2.71)	0.013 4 (1.50)	0.007 4 (0.88)	0.007 3 (0.87)
lner	-0.055 1 ** (-2.58)	-0.046 6 ** (-2.27)	-0.047 0 ** (-2.29)	-0.067 9 *** (-3.41)	-0.065 8 *** (-3.33)	-0.064 3 *** (-3.27)	0.012 8 (0.86)	0.016 5 (1.15)	0.015 5 (1.08)
lngov	0.001 1 (0.09)	-0.012 5 (-1.08)	-0.013 6 (-1.18)	-0.019 5 * (-1.73)	-0.022 4 ** (-2.04)	-0.020 4 * (-1.86)	0.020 6 ** (2.44)	0.012 2 (1.50)	0.010 1 (1.25)
常数项	-0.034 5 (-0.45)	-0.064 5 (-0.93)	-0.030 7 (-0.38)	-0.214 2 *** (-1.73)	-0.226 6 (-3.20)	-0.299 7 *** (-3.52)	0.179 8 *** (3.34)	0.146 3 *** (2.86)	0.220 1 *** (3.66)
R ²	0.085 7	0.043 9	0.041 4	0.083 9	0.081 7	0.087 8	0.077 2	0.0402	0.048 3
个体固定效应检验	固定	随机	随机	固定	固定	固定	固定	随机	随机
Hausman 检验	15.04	5.72	5.22	15.23	14.86	18.45	14.43	3.91	3.82
P 值	0.010 2	0.334 2	0.389 7	0.009 4	0.011 0	0.002 4	0.013 1	0.562 1	0.576 2

注：***、**、* 分别表示在 $p < 0.01$ 、 $p < 0.05$ 与 $p < 0.1$ 时有统计学意义，括号内为 t 值。

四、产业集聚及不同集聚模式对绿色创新效率的门槛特征

(一) 门槛模型构建

为进一步研究产业集聚和不同的集聚模式对绿色创新效率(GML)影响的复杂异质性机理,以产业集聚、专业化集聚和多样化集聚为门槛变量建立单一面板门槛模型。

$$GML_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 FDI_{it} + \varphi_2 ER_{it} + \varphi_3 GOV_{it} + \varphi_4 TRA_{it} + \varphi_5 INC \times I(INC < \gamma) + \varphi_6 INC \times I(INC > \gamma) + e_{it} \quad (18)$$

$$GML_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 FDI_{it} + \varphi_2 ER_{it} + \varphi_3 GOV_{it} + \varphi_4 TRA_{it} + \varphi_5 SPA \times I(SPA < \gamma) + \varphi_6 SPA \times I(SPA > \gamma) + e_{it} \quad (19)$$

$$GML_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 FDI_{it} + \varphi_2 ER_{it} + \varphi_3 GOV_{it} + \varphi_4 TRA_{it} + \varphi_5 DIA \times I(DIA < \gamma) + \varphi_6 DIA \times I(DIA > \gamma) + e_{it} \quad (20)$$

其中, i 和 t 分别代表省份和年份, $I(\cdot)$ 为指示函数, γ 为门槛估计值, e_{it} 为扰动项。

(二) 模型估计

首先对门槛变量进行检验,确定门槛变量的

存在性,利用 Hansen 门槛面板估计方法,得出门槛值。结果表明,产业集聚和专业化集聚对绿色创新效率的影响存在门槛效应(见表 6)。

表 6 门槛变量的显著性检验

	绿色创新效率(GML)				
	门槛	F 值	临界值		
			1%	5%	10%
INC	0.769 3	15.03 *	15.537 7	18.783 0	14.920 8
SPA	36.767	19.60 *	38.068 6	23.575 0	18.992 7

根据门槛值将 2008 年与 2018 年时的 30 个省份按照不同集聚程度进行分类,分类结果见表 7。

表 7 产业集聚强度门槛值省区划分

门槛类型	时间	第一门限区间	第二门限区间
产业集聚为门槛	2008 年	重庆、云南、新疆、天津、四川、陕西、山西、安徽、青海、宁夏、内蒙古、辽宁、江西、吉林、湖南、湖北、黑龙江、河南、河北、海南、贵州、广西、甘肃、福建、北京	浙江、上海、山东、江苏、广东
	2018 年	贵州、云南、新疆、陕西、甘肃、山西、青海、重庆、海南、广西、宁夏、内蒙古、辽宁、黑龙江、吉林、安徽、北京、福建、江西、天津、河北、湖北、湖南	浙江、四川、上海、江苏、河南、广东、山东
专业化集聚为门槛	2008 年	北京、天津、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、四川、陕西	河北、山西、内蒙古、吉林、黑龙江、安徽、广西、海南、重庆、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆
	2018 年	北京、河北、辽宁、上海、黑龙江、江苏、安徽、福建、江西、山东、河南、湖北、湖南、广东、重庆、四川、陕西、浙江	山西、内蒙古、吉林、广西、海南、贵州、云南、甘肃、青海、宁夏、新疆、天津

(三) 门槛回归结果分析

表 8 显示了门槛变量分别为产业集聚和专业化集聚的估计结果。结果显示,不同强度的产业集聚和专业化集聚对绿色创新效率的影响存在异质性。对于产业集聚门槛,当高技术产业集聚强度小于门槛值时,其回归系数显著为正,即产业集聚对绿色创新效率具有明显的促进作用。如陕西、山西、青海、吉林等多个中西部地区始终处于第一门限,其人才发展优势相对较低,高新技术产业集聚为企业带来的绿色创新研发知识和技术溢出效应能有效降低信息和技术的搜索成本和交易成本,提高企业绿色创新效率。当高技术产业集聚达到一定阈值时,其回归系数显著为负,产业集

聚对绿色创新效率具有明显的抑制作用,具体表现为 2018 年在我国多个东部地区处于第二门限的基础上,中西部地区的部分省市也由第一门限跨入第二门限。过高的高技术产业集聚会使拥挤效应开始显现,集聚规模不断扩张将超过有限环境资源和空间的承载力,导致集群内绿色技术学习成本迅速上升,产生不良竞争效应和技术锁定效应,使高技术产业集聚的负外部性大于正外部性,阻碍企业绿色技术创新能力的提升,验证了假说 H₁ 中高技术产业集聚与绿色创新效率之间存在倒“U”型关系。

当以专业化集聚强度为门槛时,不同专业化集聚强度对绿色创新效率的影响存在异质性。当专业化集聚强度小于门槛值时,专业化集聚强度对绿色创新效率的回归系数显著为正值,即当专业化集聚强度小于门槛值时,其对绿色创新效率的提升具有明显的促进作用。从地区分布来看,东部和中部大部分地区均始终处于第一门限,特别是京津冀、长江三角洲及东部沿海部分高新技术产业发展水平较高,监管制度较为成熟的地区,一定程度上的专业化集聚能够为同类高新技术企业提供较好的资源环境,有助于发挥知识溢出效应,推动专业型人才与绿色创新技术的扩散与流动,集群内企业也能通过专业化分工协作和绿色创新技术的溢出效应提高其绿色创新效率。而对于西部如甘肃、宁夏、青海、内蒙古等省份大多数高新技术产业发展水平相对不高,制度环境不够完善的省区,当专业化集聚强度持续增加时,由于环境资源缺乏,有效监督力度不足,集群内企业集聚更易趋向于形成单一结构知识和劳动力要素集聚区,企业对绿色创新技术形成过度的依赖和锁定,出现专业化集聚同质化现象及企业过多模仿绿色技术创新行为的产生,弱化企业自身的绿色创新动力,影响专业化集聚知识溢出效应和竞争效应的显现,降低专业化集聚对企业绿色创新效率提升的促进作用。总的来说,专业化集聚的发展阶段对不同地区绿色创新效率的影响不同,也验证了假说 H₂ 中高新技术专业化集聚与绿色创新效率之间存在非线性相关关系。

多样化集聚与绿色创新效率间不存在门槛效应,验证了假说 H₃中多样化集聚与绿色创新效率间存在正向的线性关系。产业集聚与专业化集聚门槛下的对外贸易对绿色创新效率的回归系数为正,均通过显著性检验,即对外贸易规模的扩大对绿色创新效率的提升具有显著的促进作用;政府资金资助对绿色创新效率的回归系数均为负,但都未通过显著性检验,即短期内政府资金资助对高技术企业绿色创新效率的提升有不明显的抑制作用;在产业集聚门槛下,外商直接投资和环境规制对绿色创新效率的回归系数均为负,但都未通过显著性检验;在专业化集聚门槛下,外商直接投资和环境规制对绿色创新效率的回归系数均为负,且通过了显著性检验,即二者对企业绿色创新效率的提升有明显的抑制作用。

表 8 门槛回归结果

被解释变量	GML			
	产业集聚		专业化集聚	
门槛变量	估计值	95% 置信区间	估计值	95% 置信区间
<i>fdi</i>	-0.016 19	(-0.041 1, 0.008 7)	-0.026 2 **	(-0.051 1, -0.001 3)
<i>er</i>	-0.033 8	(-0.075 8, 0.008 2)	-0.039 8 *	(-0.081 8, 0.002 3)
<i>gov</i>	-0.009 6	(-0.033 3, 0.014 1)	-0.003 8	(-0.028 3, 0.020 7)
<i>tra</i>	0.066 8 **	(0.011 3, 0.122 4)	0.051 3 *	(-0.004 6, 0.107 3)
<i>I < γ</i>	0.052 0 *	(-0.002 6, 0.106 6)	0.054 0 **	(0.012 8, 0.095 3)
<i>I > γ</i>	-0.275 9 ***	(-0.428 0, -0.123 8)	0.014 9	(-0.018 23, 0.048 1)
常数项	0.038 6	(-0.125 5, 0.202 7)	-0.197 0 *	(-0.404 5, 0.010 6)
<i>F</i> 值	19.60 *		15.03 *	
<i>N</i>	330		330	

五、结论及政策建议

(一) 主要结论

1. 高新技术产业不同的集聚方式对绿色创新效率存在异质性影响。其中产业集聚与绿色创新效率间存在倒“U”型相关关系,专业集聚与绿色创新效率间存在非线性相关关系,多样化集聚与绿色创新效率间存在正向的线性关系。高新技术产业集聚和专业化集聚与绿色创新效率间存在单一门槛效应,多样化集聚与绿色创新效率间不存在门槛效应。

2. 对外贸易促进企业绿色创新效率的提升,主要影响途径为市场竞争效应;高技术产业为高成本、高风险产业,高强度的环境规制容易产生遵循成本效应,阻碍企业绿色创新研发进度,抑制企业绿色创新效率的提升;而低质量的外商直接投资引进易造成污染转移,产生污染避难所效应,且不利于减少绿色创新技术壁垒,影响高技术企业

绿色创新效率的提升;政府资助对企业绿色创新效率提升也表现出抑制作用。

(二) 政策建议

1. 要紧抓数字经济范式变革机遇,推进高新技术产业数字化、智能化和绿色化。高新技术产业集群内部集聚大量的科技要素和创新资源,通过构建多元化应用场景,推动绿色创新知识和技术在集群内企业与非集群内企业间转移和生产,积极发展新技术、新产品和新业态,加快新产品的更新换代速度,不断创造新需求,突破市场容量限制,弱化产业集聚的拥挤效应。推进数字经济、人工智能和高技术产业实体经济深度融合,加强精细化生产、智能化管理,构建从生产、加工到消费过程的绿色供应链管理体系,重点培育战略性新兴产业绿色产业集群,推进落后产能的升级改造,促进产业向高端化、绿色化融合发展。

2. 要全面构建数字网络体系,推动高新技术产业区域协同发展。运用数字化、网络化、智能化手段建设创新型的多样化集群发展布局,打造高新技术产业多层次、网络化的集聚发展模式,建立网络协调机制,打破高新技术企业绿色创新技术信息在行业、地区和部门等多维度边界的传递障碍,推进绿色创新知识和技术在跨区域、跨领域和跨主体的空间扩散和溢出,提高创新要素跨区域配置效率,增强高新技术企业区域联动与发展协同性。

3. 要深化创新驱动,构建双循环导向的绿色技术创新体系。以绿色发展理念为核心,坚持生产清洁、能源低碳原则,围绕生态保护、绿色治理等开展废水零排放科技创新活动,加强产业链上下游绿色技术创新各环节的衔接,加强绿色技术研发攻关,促进高技术产业绿色技术升级改造。同时针对国家高新区实施绿色制造试点示范,建立绿色技术创新发展标准体系与服务体系,为产业绿色发展提供绿色改造咨询、绿色技术审核,引导高技术产业全面绿色转型升级,优化产业结构。

4. 要营造高质量经济发展环境,推动高技术产业绿色发展。设立高技术产业绿色发展基金,鼓励绿色债券、绿色金融产品的发行与创新,解决高技术产业环境质量融资问题,支持高技术企业

绿色技术重点研发项目,加大绿色研发资金投入与绿色技术供给。积极开展产业绿色技术创新大赛,组建高技术产业绿色技术创新联盟,营造绿色创新环境,提高企业绿色生产及绿色创新成果效率。此外,优化贸易出口结构,推动出口贸易产品由低技术向高技术的转变,弱化出口贸易利润“低端化”效应,提高外商直接投资的引进门槛,加强对引进外资质量考察和环境约束,淘汰低技术、高污染的 FDI,推动高技术产业绿色发展。

5. 要加强高技术产业创新发展组织领导,充分发挥企业家精神,激活市场创新活力。各级政府应深化供给侧改革,强调公平竞争政策的重要性,塑造公平、包容、开放的营商环境,不干预企业生产经营,激发企业创新潜力,鼓励各类企业家抢抓历史新机遇,把握创新方向,整合社会不同类型企业的创新资源和科技力量,突破自主创新关键技术,推动高技术产业群的形成。此外还应将绿色发展纳入企业社会责任体系,为绿色发展提供市场导向,激发企业家绿色创新积极性和绿色创新动力,推进节能环保、清洁生产等技术供给和商业模式创新。

参考文献:

- [1] 邵帅,张可,豆建民. 经济集聚的节能减排效应:理论与中国经验[J]. 管理世界, 2019, 35 (1): 36-60, 226.
- [2] 王惠,王树乔,苗壮,等. 研发投入对绿色创新效率的异质门槛效应——基于中国高技术产业的经验研究[J]. 科研管理, 2016, 37(2): 63-71.
- [3] 李福柱,李倩. 知识密集型服务业集聚、高技术制造业集聚及二者协同集聚的创新驱动效应[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(17): 57-65.
- [4] 龚新蜀,李梦洁,张洪振. OFDI 是否提升了中国的工业绿色创新效率——基于集聚经济效应的实证研究[J]. 国际贸易问题, 2017(11): 127-137.
- [5] 程中华,于斌斌. 产业集聚与技术进步——基于中国城市数据的空间计量分析[J]. 山西财经大学学报, 2014, 36(10): 58-66.
- [6] 徐建中,王曼曼. 制造业集聚、技术进步与绿色创新绩效——对我国省际面板数据的实证分析[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(12): 54-61.
- [7] 张治栋,秦淑悦. 产业集聚对城市绿色效率的影响——以长江经济带 108 个城市为例[J]. 城市问题, 2018(7): 48-54.
- [8] 刘耀彬,袁华锡,王喆. 文化产业集聚对绿色经济效率的影响——基于动态面板模型的实证分析[J]. 资源科学, 2017, 39(4): 747-755.
- [9] 吴传清,申雨琦. 中国装备制造业集聚对绿色创新效率的影响效应研究[J]. 科技进步与对策, 2019, 36(5): 54-63.
- [10] 刘亮,蒋伏心,王钺. 产业集聚对绿色创新的影响——抑制还是激励? [J]. 科技管理研究, 2017, 37(6): 235-242.
- [11] WANG Yousen, WANG Jian. Does industrial agglomeration facilitate environmental performance: new evidence from urban China? [J]. Journal of environmental management, 2019(248): 109-244.
- [12] 范剑勇,冯猛,李方文. 产业集聚与企业全要素生产率[J]. 世界经济, 2014, 37(5): 51-73.
- [13] 胡安军,郭爱君,钟方雷,等. 高新技术产业集聚能够提高地区绿色经济效率吗? [J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(9): 93-101.
- [14] 方敏,杨胜刚,周建军,等. 高质量发展背景下长江经济带产业集聚创新发展路径研究[J]. 中国软科学, 2019(5): 137-150.
- [15] 陈劲,梁靓,吴航. 开放式创新背景下产业集聚与创新绩效关系研究——以中国高技术产业为例[J]. 科学学研究, 2013, 31(4): 623-629, 577.
- [16] 王燕,孙超. 产业协同集聚对绿色全要素生产率的影响研究——基于高新技术产业与生产性服务业协同的视角[J]. 经济纵横, 2020(3): 67-77.
- [17] 杨浩昌,李廉水,张发明. 高技术产业集聚与绿色技术创新绩效[J]. 科研管理, 2020, 41(9): 99-112.
- [18] 王婷,王海天. 高技术产业集聚度与生态环境耦合关系演化研究[J]. 科技进步与对策, 2020, 37(15): 44-53.
- [19] 李琳,曾伟平. 高新技术产业集聚提升中国绿色创新效率了吗? [J]. 当代经济管理, 2021(2): 1-11.
- [20] 林伯强,谭睿鹏. 中国经济集聚与绿色经济效率[J]. 经济研究, 2019, 54(2): 119-132.
- [21] 黄小勇,龙小宁. 在集聚中走向创新——专利生产中的集聚经济效应研究[J]. 产业经济研究, 2020(1): 84-98.
- [22] 任阳军,汪传旭,张素庸,等. 高技术产业集聚、空间溢出与绿色经济效率——基于中国省域数据的动态空间杜宾模型[J]. 系统工程, 2019, 37(1): 24-34.
- [23] 吕承超,商圆月. 高技术产业集聚模式与创新产出的时空效应研究[J]. 管理科学, 2017, 30(2): 64-79.

- [24] 谢臻,卜伟. 如何优化高技术产业专业化集聚对创新效率的作用效果?——基于工资激励效应的分析[J]. 产业经济研究, 2020(3): 72-84.
- [25] 钟顺昌,任媛. 产业专业化、多样化与城市化发展——基于空间计量的实证研究[J]. 山西财经大学学报, 2017, 39(3): 58-73.
- [26] XU Shouran, WU Tian, ZHANG Yao. The spatial-temporal variation and convergence of green innovation efficiency in the Yangtze River Economic Belt in China [J]. Environmental science and pollution research, 2020, 27(21): 26868-26881.
- [27] 田红彬,郝雯雯. FDI、环境规制与绿色创新效率[J]. 中国软科学, 2020(8): 174-183.
- [28] Oh D H. A global Malmquist-Luenberger productivity index [J]. Journal of productivity analysis, 2010, 34(3): 1803-197.
- [29] DURANTON, GILLES, PUGA, et al. Nurser cities: urban diversity, process innovation, and the life cycle of products [J]. American economics reviews, 2001, 91(5): 1454-1477.
- [30] 俞立平,万晓云,钟昌标,等. 技术市场厚度、市场流畅度与高技术产业创新[J]. 中国软科学, 2021(1): 21-31.
- [31] 许慧,李国英. 环境规制对绿色创新效率的影响研究[J]. 财经问题研究, 2018(9): 52-58.
- [32] 任耀,牛冲槐,牛彤,等. 绿色创新效率的理论模型与实证研究[J]. 管理世界, 2014(7): 176-177.
- [33] 孔令池. 中国制造业布局特征及空间重塑[J]. 经济学家, 2019(4): 41-48.
- [34] 付帼,卢小丽,武春友. 中国省域绿色创新空间格局演化研究[J]. 中国软科学, 2016(7): 89-99.
- [35] 封伟毅,杨硕. 高技术产业集聚度测度与比较研究——基于中国 2007—2017 年数据的实证分析[J]. 工业技术经济, 2020, 39(6): 154-160.
- [36] 王莉静,王庆玲. 高技术产业技术引进消化吸收再创新分阶段投入与产出关系研究——基于分行业数据的实证研究[J]. 中国软科学, 2019(1): 184-192.
- [37] 罗良文,赵凡. 高技术产业集聚能够提高地区产业竞争力吗? [J]. 财经问题研究, 2021(1): 43-52.
- [38] 傅元海,林剑威. FDI 和 OFDI 的互动机制与经济增长质量提升——基于狭义技术进步效应和资源配置效应的分析[J]. 中国软科学, 2021(2): 133-150.
- [39] 刘章生,宋德勇,弓媛媛. 中国绿色创新能力的时空分异与收敛性研究[J]. 管理学报, 2017, 14(10): 1475-1483.
- [40] 胡成丽,赵玉林. 高技术产业不同集聚模式对创新效率的影响[J]. 财会月刊, 2019(2): 150-156.

(本文责编:辛 城)