

创新要素集聚赋能制造业高质量发展的影响机制

刘芳彤¹, 刘 华²

(1. 广东财经大学信息学院, 广州 510320; 2. 广东财经大学经济学院, 广州 510320)

摘要: 基于2012—2022年中国省级面板数据,采用双向固定效应模型、空间杜宾模型、调节效应模型,实证检验创新要素集聚对制造业高质量发展的影响。研究表明:创新要素集聚能够促进制造业高质量发展,且在促进本地制造业高质量发展的同时,阻碍临近地区制造业高质量发展;数字化转型正向调节创新要素集聚对制造业高质量发展的促进作用,这种调节作用在东部地区显著,而在中西部地区不显著;数字化转型正向调节本地区内创新要素集聚与制造业高质量发展的关系,对地理位置临近的地区调节作用弱,而对经济位置临近的地区调节作用强;高市场化地区的创新要素集聚较之低市场化地区,能够更显著地促进制造业高质量发展。最后提出政策建议,包括推动区域创新合作、加强数字基础设施建设、促进要素适当集聚。

关键词: 创新要素集聚; 制造业高质量发展; 双向固定效应模型; 空间杜宾模型

中图分类号: F424; F49; F124.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-1807(2025)11-0132-11

制造业是国家发展的基石和强国的重要支撑。当前,中国制造业正面临数字化转型的浪潮。通过引入物联网、大数据和人工智能等技术,制造业实现了生产过程的自动化和智能化,生产效率和产品质量得到显著提高,提升了制造业竞争力。技术、资本、人才和信息等创新要素的集聚也是提升区域创新能力与经济竞争力的关键。国务院《关于构建更加完善的要素市场化配置体制机制的意见》提出,推动各类要素协同向先进生产力集聚;逐步提高要素质量,因地制宜稳步推进要素市场化配置改革;提出土地、劳动力、资本、技术、数据5大生产要素领域市场化配置改革的方向,明确了完善要素市场化配置的具体举措。

从现有的研究文献看,关于对创新要素集聚与制造业高质量发展的研究近年来逐渐增加,目前在实证研究与影响机制探究方面存在较大探索空间。本文基于2012—2022年中国省级面板数据,研究创新要素集聚对中国制造业高质量发展的影响及其影响机制,以期在数字化转型背景下中国制造业如何高质量发展提供一定经验证据。

1 相关研究文献评述

1.1 创新要素集聚与制造业高质量发展

既有文献对创新要素集聚与制造业高质量发

展的研究尚在起步阶段,在影响机制与实证研究方面均存在较大探索空间。首先,部分文献初步探究了创新要素对制造业发展的影响。李胜会和陈金秀^[1]探究产业集聚对制造业绿色高质量发展的影响,发现劳动力集聚抑制了本地及邻地制造业绿色高质量发展,且在东、中部地区具有抑制作用,在西部地区具有促进作用。杨燕红和谈东华^[2]认为创新要素集聚从本质上可以归结为创新资金和创新人才的集聚,呈现为政府相关部门、创新需求中心、创新资本中心、知识中心和科技服务中心相结合的结构,各种创新要素的构成质量和协调性决定区域创新能力。黄娅娜和邓洲^[3]发现近10年生产要素表现为劳动力成本上升、投资增速较低、土地供应收缩、能源压力大、数据要素应用较少等,制约制造业转型升级。其次,不同学者从多个角度对创新要素集聚与制造业高质量发展进行影响机制研究。张青等^[4]从财税激励角度进行实证检验,发现财税政策能够促进创新要素集聚对制造业高质量发展的影响,且财政补贴和税收优惠两类工具的激励效应具有异质性。李黎等^[5]从二元创新角度进行实证检验,发现数据要素嵌入能够有效赋能制造业转型升级,且二元创新在数据要素嵌入赋能制造业转型升

收稿日期: 2024-12-09

基金项目: 广东省哲学社会科学规划“建设粤港澳大湾区”和“支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区”专项(GD20SQ15); 广东省教育厅科研项目(2020ZDZX1012)

作者简介: 刘芳彤(2001—),女,广东广州人,硕士研究生,研究方向为绿色制造;通信作者刘华(1970—),男,内蒙古和林格尔人,博士,教授,硕士研究生导师,研究方向为绿色制造与数字经济。

级中发挥着中介作用。宋晓玲和李金叶^[6]从政府创新偏好角度进行实证检验,发现政府创新偏好在创新资本流动与制造业高级化、合理化以及创新人员流动与制造业高级化之间有显著正向调节作用,但对创新人员流动与制造业合理化的调节作用不显著。Liu和He^[7]从新质生产力角度进行了实证检验,发现协同集聚显著促进了制造业的高质量发展,其中新质生产力发挥中介作用,而创新生态系统对二者的关系具有直接和间接的调节作用。Yin和Su^[8]发现城市创新能力在产业协同集聚影响先进制造业发展的直接和间接路径中起中介作用,制造业智能化和国际产能合作均表现出正向调节效应。

1.2 创新要素集聚与数字化转型

关于创新要素集聚与数字化转型的理论研究和实证分析的文献仍较少^[9],因此选取相近文献进行评述。首先,数字化转型能够通过改变信息流动方式与资源配置机制,促进了创新要素的集聚。Li等^[10]发现数字人才流动通过提升数字技术创新水平、促进数字知识外溢和流动、增加城市数字经济企业创业活跃度、提升产业结构,从而带动数字经济产业和制造业共同集聚。此外,数字经济政策在这一过程中发挥着调节作用。丁煜^[11]探究数字经济对创新要素配置的作用机制,提出数字经济能够从提升研发投入水平、增强研发产出质量以及改善研发效率这3条路径优化创新要素配置。数字经济发展显著提升制造业企业研发投入水平,其中数据要素与人力创新要素的匹配能够显著增强制造业企业研发产出质量,而未匹配时影响不显著。涂磊和王建新^[12]研究发现数字化转型有助于促进创新要素集聚,进而提升制造业生产率,而其中创新人才集聚对制造业生产率提升的作用更加突出。其次,创新要素集聚可以推动数字化转型的发展。Choi和Park^[13]突出了区域集聚的重要作用,发现数字技术的普及并不是一个孤立的过程,还受到区域集聚的显著影响。最后,创新要素集聚和数字化转型能够进行双向互动,产生整体效应。Liu等^[14]发现数字经济发展对绿色创新效率有明显的正向影响。多元化集聚持续推动绿色创新效率水平,而与数字经济的交叉效应将深化多元化集聚的正面影响。郜攀峰^[15]实证检验创新要素集聚对经济高质量发展的影响效应、传导机制与区域异质性,发现数字化转型在创新要素集聚与经济高质量发展间发挥重要中介效应,认为创新要素集聚能够使要素向落后

区域转移,为该区域带来新知识、新产业、新模式,推动传统企业实现数字化转型。

本文创造性地将创新要素集聚、数字化转型与制造业高质量发展三者置于统一框架进行检验,从数字化转型视角研究创新要素集聚对制造业高质量发展的影响,并进行区域异质性研究,以拓展创新要素集聚、制造业高质量发展的研究边界。以期能够为政策制定提供科学依据,助力国家和地区制定符合实际的数字化战略,促进制造业向高质量、高效率、强创新、可持续方向转型,进而推动制造业高质量发展。

2 理论分析和研究假设

2.1 创新要素集聚与制造业高质量发展

创新要素集聚主要通过知识溢出效应、协同创新效应、产业结构升级效应、经济协调发展效应影响创新要素集聚,推动制造业高质量发展。创新要素集聚过程中,通过不同企业间的合作与竞争,实现知识和技术的传播与共享,显著提升了区域内的创新效率,促进技术研发和产业升级^[16]。多个企业或机构在共享资源、互补技术的合作中,共同推进技术创新,能够更好地应对复杂的技术难题,提高创新的成功率和效率^[17]。集聚推动了制造业产业结构的调整和升级,使其向高附加值、高技术含量的方向发展。这一过程能够提升制造业的整体竞争力和经济效益^[18]。合理分配创新要素资源,可以促进区域间创新能力和经济发展水平的均衡,提高整个经济体的创新效率和生产率,推动制造业实现技术创新、产业升级和绿色发展,迈向高质量发展之路^[19]。此外,集聚所产生的空间溢出效应亦不可忽视。赵冰莹^[20]发现高技术产业集聚能促进区域创新能力的提高,在东部、中部、西部、东北地区均显著。汪彬等^[21]发现创新要素集聚与绿色经济效率之间存在着倒“U”型曲线关系,同时创新要素集聚也具有显著的正向空间溢出效应;相对于中西部地区,东部地区的创新要素集聚对绿色经济效率的作用强度更为显著,且具有更强的正向空间溢出效应。因此提出如下假设。

H1:创新要素集聚能促进制造业高质量发展,且具有正向空间效应。

2.2 数字化转型的调节作用

数字化转型主要通过要素协同效应和知识溢出效应影响创新要素集聚,从而提高创新效率,推动制造业高质量发展。创新要素集聚与数字化转型之间的相互作用主要体现在知识溢出、资源共享

和网络外部性等机制上。创新要素集聚通过集中人才、技术、资本等资源,促进了信息和知识的快速流动和创新活动的加速,而数字化转型则利用先进的数字技术提升企业的运营效率 and 创新能力。在集聚区域内,企业和机构通过更紧密的合作与互动,共享数据和技术,从而推动数字化技术的应用和普及。此外,创新要素集聚提供的良好基础设施和人才环境,为数字化转型提供了坚实支撑,形成了互为促进的良性循环。数字技术、数字交易和数字设施等数字化工具的出现,提高了创新要素的利用效率^[22-23],增强协同程度,打破信息孤岛。人工智能和大数据分析助力企业发现新机会,拓展创新边界,加速了技术改造和产品革新^[24]。创新主体能够跨越时空限制,实现技术、信息、资源等要素的优势互补,能够提升本地的创新能力和制造业质量,还能通过知识溢出和技术创新的扩散效应,对周边地区产生正面影响,提高区域创新效率^[25],推动区域制造业升级^[26],促进了制造业整体高质量发展^[27]。程欣炜等^[28]基于省级面板数据进行实证检验,发现产业数字化提高了区域制造业高质量发展水平,且在经济效益和绿色发展方面存在地区异质性;产业数字化对邻近区域制造业高质量发展具有空间虹吸效应。因此提出如下假设。

H2:数字化转型能够正向调节创新要素集聚对制造业高质量发展的影响,且存在正向空间效应。

3 研究设计

3.1 样本选取和数据来源

以2012—2022年中国30个省份(因数据缺失,未包含西藏地区和港澳台地区)为研究对象,收集面板数据进行实证研究,整理后共获得330个年度样本。数据来源于国家统计局官方网站、各省市统计年鉴《中国科技统计年鉴》《中国人口与就业统计年鉴》《中国高技术产业统计年鉴》《中国城市统计年鉴》《中国工业统计年鉴》《中国环境统计年鉴》等。部分缺失数据采用线性插值法补充。

3.2 模型设定及变量定义

3.2.1 基准模型

为系统探究创新要素集聚对制造业高质量发展的影响效应,构建如下时间和地区双向固定效应模型:

$$\text{man}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{inn}_{it} + \beta_2 X_{it} + \mu_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

式中: man_{it} 为制造业高质量发展,反映*i*地区在*t*时期的制造业高质量发展水平; inn_{it} 为创新要素集聚,

反映*i*地区在*t*时期的创新要素集聚水平; X_{it} 为一系列控制变量; β_0 为常数项; β_1 、 β_2 为估计系数; μ_i 和 ω_t 分别为地区固定效应和时间固定效应; ε_{it} 为随机误差项。

3.2.2 调节效应模型

为进一步探究创新要素集聚对制造业高质量发展的影响机制,检验数字化转型在其中发挥的调节效应,在基准模型式(1)的基础上进一步引入创新要素集聚与数字化转型的交互项变量,建立如下模型:

$$\text{man}_{it} = \varphi_0 + \varphi_1 \text{inn}_{it} + \varphi_2 \text{dig}_{it} + \varphi_3 \text{inn}_{it} \times \text{dig}_{it} + \varphi_4 X_{it} + \mu_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

式中: dig_{it} 为数字化转型,反映*i*地区在*t*时期的制造业高质量发展水平; $\text{inn}_{it} \times \text{dig}_{it}$ 为创新要素集聚与数字化转型的交互项变量; φ_0 为常数项; $\varphi_1 \sim \varphi_4$ 为所对应变量的估计系数。

3.2.3 空间计量模型

考虑到不同地区经济发展水平存在较大差异性,且创新要素集聚离不开各地区联动发展,若选取一般面板数据进行回归分析,则可能影响结果的准确性,因此有必要考虑其空间因素。在模型(1)的基础上加入空间因素,进一步分析创新要素集聚对经济高质量发展的影响机制。空间面板模型具体包括空间滞后模型(SAR)、空间误差模型(SEM)和空间杜宾模型(SDM)。通过拉格朗日乘子(LM)检验、似然比(LR)检验,最终选取空间杜宾模型:

$$\text{man}_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 W \text{man}_{it} + \alpha_2 \text{inn}_{it} + \alpha_3 W \text{inn}_{it} + \alpha_4 X_{it} + \alpha_5 W X_{it} + \mu_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中: W 为空间权重,包括地理权重 W_1 和经济地理嵌套权重 W_2 (用于稳健性检验), W_1 采用省会城市间距离的倒数衡量, W_2 采用样本年份内人均实际GDP均值之差的倒数绝对值与地理距离的加和进行衡量,权重系数赋值为0.5; α_0 为常数项; α_1 为 man_{it} 的空间自回归系数; $\alpha_2 \sim \alpha_5$ 为所对应变量的估计系数。

为进一步研究数字化转型在创新要素集聚对制造业高质量发展中的空间调节作用,在式(3)中加入调节变量 dig_{it} 后,得到模型:

$$\text{man}_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 W \text{man}_{it} + \gamma_2 \text{inn}_{it} + \gamma_3 W \text{inn}_{it} + \gamma_4 \text{dig}_{it} + \gamma_5 W \text{dig}_{it} + \gamma_6 \text{inn}_{it} \times \text{dig}_{it} + \gamma_7 W \text{inn}_{it} \times \text{dig}_{it} + \gamma_8 X_{it} + \gamma_9 W X_{it} + \mu_i + \omega_t + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

式中: γ_0 为常数项; γ_1 为 man_{it} 的空间自回归系数; $\gamma_2 \sim \gamma_9$ 为所对应变量的估计系数。

3.3 变量说明

3.3.1 被解释变量:制造业企业高质量发展(man)

《中国制造 2025》提到制造业发展包含 4 个维度:质量效益、创新驱动、两化融合以及绿色发展。强调资源配置效率的综合性指标,可以更好地引导企业在技术创新、流程优化、供应链管理等方面进行系统性改进。再考虑到“两化融合”指标所需数据无法获取^[29],因此,参考部分学者的方法^[30-32],从质量效益、创新能力、资源配置效率、绿色发展 4 个方面选取 10 个指标建立制造业发展综合评价指标体系,具体见表 1。为消除指标间量纲差异,进行标准化处理后再使用熵值法计算每个指标的权重。

3.3.2 解释变量:创新要素集聚(inn)

当前研究关于创新要素集聚的衡量方法主要包括从单个创新要素入手,或者构建指标体系,即需要从资金、人才、技术等多方面综合衡量。参考张青等^[4]的方法,选取包括创新知识、科技金融、中高端劳动力 3 个指标对创新要素集聚进行衡量,具体见表 2。为消除指标间量纲差异,进行标准化处理后再使用熵值法计算每个指标的权重。

3.3.3 调节变量:数字化水平(dig)

参考部分学者的研究方法^[33-35],选取 30 个省份的移动电话普及率、互联网宽带接入端口、软件业务收入、互联网域名数、移动电话交换机容量、光缆

线路长度、快递量共 7 个指标,使用熵值法计算得到各省数字化转型综合发展指数。

3.3.4 虚拟变量:市场化程度(mkt)

采用《中国分省份市场化指数报告》中所披露的市场化指数进行衡量。由于《报告》自 2020 年后不再公布,因此通过计算 1997—2019 年原始数据的年度平均增长率,推算得到 2020 年、2021 年、2022 年、2023 年的市场化总指数和各分项指数^[36]。将市场化程度高于平均值的地区视为高市场化地区并赋值为 1,将其他地区视为低市场化程度地区并赋值为 0。

3.3.5 控制变量

为减小因遗漏变量而造成的估计偏差问题,通过分析影响制造业高质量发展的因素,设置以下控制变量:技术交易活跃度(tec)、对外开放度(open)、产业结构(ind)、金融发展水平(fin)、地区教育水平(edu)、经济发展水平(eco)。其中,技术交易活跃度 tec 用技术交易成交额与地区 GDP 之比衡量;对外开放度 open 用各地区实际利用外商投资额与地区 GDP 之比衡量;产业结构 ind 用第二产业增加值与地区 GDP 之比衡量;金融发展水平 fin 用金融机构存贷款余额与地区 GDP 之比衡量;地区教育水平 edu 用各地区平均受教育年限衡量;经济发展水平 eco 用地区 GDP 增长率衡量。主要变量及其描述性统计结果见表 3。

表 1 制造业高质量发展评价体系及指标权重

一级指标	二级指标	权重	三级指标	权重	单位	指标属性
制造业企业高质量发展	质量效益	0.374	工业发展水平:工业增加值/地区生产总值	0.057	%	正向
			高端产业比重:高技术产业营业收入/规上工业企业营业收入	0.116	%	正向
			盈利能力:规上工业企业营业收入	0.201	亿元	正向
	创新能力	0.402	发明专利情况:规上工业企业有效发明专利授权量/工业增加值	0.225	件/亿元	正向
			创新项目情况:规上工业企业新产品项目数/工业增加值	0.177	件/亿元	正向
	资源配置效率	0.103	劳动生产率:工业企业营业收入/平均用工人数	0.074	亿元/万人	正向
			资产负债率:规上制造业工业企业负债合计/资产合计	0.030	%	逆向
			固体废物情况:一般工业固体废物综合利用量/产生量	0.083	%	正向
			大气污染情况:工业二氧化硫排放量/工业增加值	0.015	t/亿元	逆向
	绿色发展	0.121	水污染情况:化学需氧量/工业增加值	0.023	t/亿元	逆向

表 2 创新要素集聚评价体系

一级指标	二级指标	权重	三级指标	权重	单位
创新要素集聚	创新知识	0.342	高等学校研发课题数	0.069	项
			高技术产业新产品开发项目数	0.193	项
			规上工业企业办研发机构数/规上工业企业总数	0.080	%
	科技金融	0.222	地方科技支出占一般公共预算支出的比重	0.080	%
			金融机构各项贷款余额/R&D 经费内部支出	0.088	%
			规上工业企业 R&D 经费内部支出/规模以上工业企业营业收入	0.054	%
	中高端劳动力	0.436	高等院校研发人员全职当量	0.072	人年
			高技术产业研发人员全职当量	0.208	人年
			规上工业企业 R&D 人员全职当量	0.156	人年

表3 变量描述性统计

变量	样本数	平均值	标准差	中位数
man	330	0.254	0.119	0.225
inn	330	0.155	0.125	0.109
dig	330	0.132	0.123	0.090
mkt	330	8.250	1.915	8.337
tec	330	0.020	0.034	0.009
open	330	0.020	0.020	0.017
ind	330	0.417	0.084	0.432
fin	330	3.471	1.088	3.239
edu	330	9.184	1.000	9.154
eco	330	0.085	0.043	0.089

4 实证结果及分析

4.1 基准回归结果

逐步加入控制变量的基准回归结果见表4。在未加入控制变量时,inn系数在1%水平上显著为正,逐步加入控制变量后inn系数的显著性和符号均未发生改变,说明创新要素集聚对制造业高质量发展具有显著的促进效应,初步证实假设H1。科研机构、企业和高端人才的集聚形成了创新网络,促进技术研发和知识共享。此外,集聚效应增强了产业链的协同作用,提高了资源配置效率,降低了生产成本。

控制变量层面:ind系数显著为正,制造业在经济中所占比率高,有助于吸引更多的创新要素,如研发资金和高技能人才,促进技术转移和知识积

累;tec系数显著为正,通过技术交易,企业能够快速获取先进技术和知识,促进研发投入和技术转化,提高产品附加值。活跃的技术交易市场能够吸引更多的研发机构和高端人才聚集;eco系数为负,经济发展水平差异可能导致区域创新资源配置不均,从而不利于整体制造业高质量发展,企业若已有成熟技术和市场,会容易忽视研发和创新的投入;edu系数为正,受教育水平的提高意味着高素质人才的增加,从而有利于制造业企业增强创新能力,推动技术研发和应用,受教育程度高的地区更容易形成知识共享和合作创新的环境,从而促进制造业整体竞争力提升;open系数为负,过度开放可能导致本土企业对外部资源的过度依赖,可能会降低本土企业的创新能力,从而影响产品的技术含量和市场竞争能力,不利于制造业高质量发展;fin系数为负,地区金融发展水平过高可能导致资源过度集中于低风险、短期回报的行业,对创新型制造业的融资支持不足,导致创新要素难以有效集聚,进而制约制造业的高质量发展。

4.2 稳健性检验

4.2.1 内生性检验

系统高斯混合模型(Gaussian mixture model, GMM)引入被解释变量一阶滞后项作为解释变量,可以有效克服模型的部分内生性问题。系统GMM

表4 基准回归结果

变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
inn	0.494*** (0.039)	0.515*** (0.038)	0.485*** (0.038)	0.482*** (0.038)	0.482*** (0.038)	0.514*** (0.043)	0.526*** (0.045)
ind		0.190*** (0.044)	0.226*** (0.044)	0.239*** (0.047)	0.239*** (0.047)	0.253*** (0.048)	0.217*** (0.058)
tec			0.591*** (0.146)	0.588*** (0.146)	0.594*** (0.147)	0.554** (0.149)	0.585*** (0.152)
eco				-0.048 (0.055)	-0.047 (0.055)	-0.052 (0.055)	-0.048 (0.055)
edu					0.006 (0.009)	0.006 (0.009)	0.006 (0.009)
open						-0.191 (0.126)	-0.187 (0.126)
fin							-0.009 (0.008)
常数项	0.178*** (0.006)	0.095*** (0.020)	0.073*** (0.020)	0.072** (0.020)	0.018 (0.082)	0.006 (0.082)	0.057 (0.094)
年份固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
样本数	330	330	330	330	330	330	330
R ²	0.952	0.955	0.957	0.957	0.957	0.957	0.957

注:***、**分别表示在1%、5%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

模型估计结果见表 5。系统 GMM 扰动项自相关检验显示 AR(1)为显著,AR(2)为不显著,Hansen 检验的 P 值在 0.1 以上,说明系统 GMM 估计结果有效。解释变量和滞后一期被解释变量系数分别为 0.235 和 0.765,通过至少 10%水平上的显著性检验,说明创新要素集聚对制造业高质量发展具有显著的促进效应。检验结果表明,前文估计结果具有稳健性。

4.2.2 工具变量法

创新要素集聚与制造业高质量发展水平之间可能存在内生性与遗漏变量的问题,这将导致研究结果的一致性受到严重影响。选取创新要素集聚的滞后 1 阶(L. inn)作为工具变量,利用两阶段最小二乘法进行内生性检验。第 2 阶段回归结果见表 5,Kleibergen-Paap rk LM 统计量为 237.142,在 1%水平上显著,Kleibergen-Paap rk Wald F 统计量为 1 658.542,大于 10%临界值 16.38,说明工具变量合理。考虑滞后 1 期工具变量后 inn 系数为 0.538,在 1%水平上显著,说明创新要素集聚对制造业高质量发展具有显著的促进效应,与前文估计结果一致。

4.2.3 替换解释变量

要素集聚的本质是要素在特定空间范围内的优化配置,区位熵指数是指某一要素地区与全国的比值,能够更好地反映要素的空间集聚度而不受区域经济规模的影响。通过区位熵测度各省份资本要素集聚和人才要素集聚的程度,即资本要素集聚程度=(地区 R&D 资金/地区总人口数)/(全国 R&D 资金/全国总人口数),人才要素集聚程度=(地区 R&D 人员/地区总人口数)/(全国 R&D 人员/全国总人口数),然后采用熵值法测算。估计结果见表 5,inn 系数为 0.059,在 1%水平上显著为正,与基准回归结果一致,说明前文估计结果具有稳健性。

4.2.4 缩尾处理

为避免数据异常对估计结论造成偏误,对样本数据实施上下 1%的缩尾处理。估计结果见表 5,inn 系数为 0.514,在 1%水平上显著为正,与基准回归结果一致,说明前文估计结果具有稳健性。

4.3 调节机制检验

全国与分地区调节机制检验结果见表 6。inn 系数在除列(4)以外的其他列均显著为正,说明创新要素集聚能够显著促进制造业高质量发展,再次部分证实假设 H1。创新要素的集聚在全国层面都

表 5 稳健性检验结果

变量	系统 GMM	工具变量法	替换解释变量	缩尾处理
L1. man	0.765*** (0.121)			
inn	0.235** (0.084)	0.538*** (0.052)	0.059*** (0.015)	0.514*** (0.049)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定	Yes	Yes	Yes	Yes
地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes
AR(1)	0.016			
AR(2)	0.543			
Hansen 检验	0.194			
Kleibergen-Paap rk LM 统计量		237.142***		
Kleibergen-Paap rk Wald F 统计量		1 658.542 (16.38)		
样本数	300	300	330	330
R^2		0.778	0.939	0.955

注:***、**分别表示在 1%、5%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

能够有效提升制造业的整体竞争力,推动技术进步和产业转型。通过集中人才、资金、技术和信息等资源,制造业企业能够加速研发和产品创新,提升生产效率。

在全国层面,列(1)中的 dig 系数显著为正,说明数字化转型直接显著促进创新要素集聚对制造业高质量发展的影响。列(2)中的 dig 与 inn 和 dig 交乘项系数显著为正,说明数字化转型本身在显著促进制造业高质量发展的同时,能够与创新要素集聚相结合,产生协同效应,共同显著促进制造业高质量发展。数字化基础设施建设和技术推广为制造业的数字化转型提供软硬件和设施条件,可以优化制造业资源配置,提高研发创新能力,进而实现更高的资源要素投入产出比^[37]。创新要素集聚本身已对制造业高质量发展有促进作用,而数字化转型进一步增强了创新要素集聚的效果,使创新能力更加显著,从而更大程度促进制造业高质量发展^[38],假设 H2 部分成立。

在区域层面,dig 与 inn 和 dig 交乘项系数在列(4)中显著为正,而在列(6)中不显著,说明创新要素集聚与数字化转型交互作用所产生的积极影响局限于东部地区,而在中西部地区不明显。可能是东部地区拥有雄厚的经济基础、完善的数字基础设施,以及丰富的人才资源和强大的政策支持,形成了高度集聚的创新生态系统。这些优势使得数字化转型得以迅速推进,进一步增强了企业的创新

表6 调节机制检验结果

变量	全国		东部地区 ^①		中西部地区	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
inn	0.317*** (0.064)	0.248*** (0.070)	0.394** (0.131)	0.151 (0.163)	0.592*** (0.070)	0.669*** (0.082)
dig	0.229*** (0.052)	0.156*** (0.060)	0.105 (0.111)	0.082 (0.109)	-0.085 (0.084)	-0.018 (0.092)
inn×dig		0.214* (0.087)		0.379* (0.157)		-1.133 (0.649)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	0.073 (0.091)	0.097 (0.091)	-0.240 (0.195)	-0.171 (0.192)	0.136 (0.087)	0.140 (0.086)
样本数	330	330	132	132	198	198
R ²	0.960	0.960	0.943	0.946	0.953	0.953

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著;括号内为稳健标准误;因数据缺失,未包含西藏地区和港澳台地区。

能力,推动技术升级。而西部地区由于经济基础相对薄弱,数字基础设施不完善,政策支持力度不足,导致数字化转型进展较慢。其次,中西部地区本身创新要素集聚水平即较低^[39],与数字化转型难以形成有效的交互^[40]。此外,东部地区的市场化程度较高,企业更具备资源整合与技术应用的能力,这进一步放大了数字化转型带来的经济效益和技术创新溢出效应^[41]。

4.4 异质性分析

将各省市场化程度 mkt 设置为虚拟变量后进行回归分析,结果见表 7。列(1)中 inn 系数显著为正,说明在引入虚拟变量市场化程度后,创新要素集聚能够显著促进制造业高质量发展。列(2)中 inn 与 mkt 交乘项系数显著为正,方向与 inn 方向相同,说明当虚拟变量取值为 1,即高市场化地区的创新要素集聚较之低市场化地区,能够更显著地促进制造业高质量发展。

高市场化地区能够更好地激发市场活力,优化资源配置,从而推动制造业的质量、效率和动力变革。高市场化区域内,资本、劳动力等关键资源流动自由且丰富,形成了完善的要素市场,使企业能够高效匹配所需资源,有利于技术创新^[42]。高市场化地区也拥有更积极的财税制度与创新激励政策支持,不仅降低了企业的创新成本,还为企业提供了更多的资源和平台^[43]。高市场化地区企业间的竞争和合作机制更为健全。竞争激烈的环境迫使企业不断进行创新,以保持竞争力。

^①东部地区包括北京、福建、广东、广西、海南、河北、江苏、辽宁、山东、上海、天津、浙江共 12 个省市;中西部地区包括安徽、甘肃、贵州、河南、黑龙江、湖北、湖南、吉林、江西、内蒙古、宁夏、青海、山西、陕西、四川、新疆、云南、重庆共 18 个省市。

表7 市场化异质性分析结果

变量	(1)	(2)
inn	0.524*** (0.045)	0.181 (0.107)
mkt	-0.002 (0.006)	0.035** (0.012)
inn × mkt		0.634*** (0.179)
控制变量	Yes	Yes
地区固定	Yes	Yes
时间固定	Yes	Yes
常数项	0.057 (0.094)	0.034 (0.093)
样本数	330	330
R ²	0.957	0.959

注:***、** 分别表示在 1%、5% 的水平上显著;括号内为稳健标准误。

4.5 空间效应

4.5.1 莫兰指数检验

空间计量模型需要考察被解释变量的空间自相关性以评价模型选取的合理性,一个常见的做法便是计算全局莫兰指数(Moran's *I*)。本文根据地理距离权重计算得到全局莫兰指数,见表 8。从表 8 可知,2012—2022 年创新要素集聚的全局莫兰指数至少在 10% 水平上显著为正,而制造业高质量发展的全局莫兰指数至少在 5% 水平上显著为正,说明创新要素集聚、制造业高质量发展均在大多数年份存在明显的空间自相关性,各省市的创新要素集聚,制造业高质量发展呈现正向集聚的状态,即各省

表 8 全局莫兰指数

创新要素集聚			制造业高质量发展		
年份	Moran's I	P	年份	Moran's I	P
2012	0.044	0.019	2012	0.118	0.000
2013	0.046	0.017	2013	0.118	0.000
2014	0.052	0.011	2014	0.119	0.000
2015	0.051	0.012	2015	0.121	0.000
2016	0.050	0.011	2016	0.114	0.000
2017	0.041	0.020	2017	0.102	0.000
2018	0.034	0.028	2018	0.094	0.000
2019	0.047	0.010	2019	0.086	0.001
2020	0.050	0.008	2020	0.090	0.000
2021	0.061	0.004	2021	0.078	0.001
2022	0.060	0.004	2022	0.076	0.002

份高值与高值相邻,低值与低值相邻。检验结果支持采用空间计量模型研究创新要素集聚对制造业高质量发展的影响。

4.5.2 模型形式考察

空间面板模型设定性检验结果见表 9。空间计量模型形式应根据模型设定和具体检验情况而定,一般而言,可以通过 LM 检验及稳健 LM 检验进行判断。此外,由于 SAR 模型未考虑误差项的空间依赖性,SEM 模型则忽略了因变量的空间溢出效应,而 SDM 模型将因变量和自变量的空间滞后项同时纳入,因此对所研究问题更具有普遍性^[44-45]。无交互项时,稳健的 LM(SEM)检验未通过显著性水平,而稳健的 LM(SAR)在 1%水平上支持使用空间误差模型的假设。即使真实数据产生过程为 SAR 模型

表 9 模型形式检验结果

模型检验	无交互项		有数字化转型交互项	
	统计值	P	统计值	P
Moran's I(SEM)	4.319	0.000	3.240	0.001
LM(SEM)	12.643	0.000	6.354	0.012
Robust_LM(SEM)	1.515	0.218	0.628	0.428
LM(SAR)	38.883	0.000	27.753	0.000
Robust_LM(SAR)	27.755	0.000	18.027	0.000

表 10 创新要素集聚空间效应分解结果

变量	W ₁			W ₂		
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
inn	0.538*** (0.048)	-0.248 (0.128)	-0.290* (0.113)	0.543*** (0.046)	-0.400** (0.145)	0.143 (0.133)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
rho	-0.988*** (0.258)	-0.988*** (0.258)	-0.988*** (0.258)	-0.770** (0.224)	-0.770** (0.224)	-0.770** (0.224)
样本数	330	330	330	330	330	330
R ²	0.542	0.542	0.542	0.632	0.632	0.632

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著;括号内为稳健标准误。

或者 SEM 模型,SDM 模型仍是获取无偏估计的重要形式^[46]。有交互项时,各项检验的显著性未发生改变。综上,最终使用双向固定效应 SDM 模型。

4.5.3 空间溢出效应分析

将空间效应划分为直接效应和间接效应和总效应。基于地理距离权重(W₁)和嵌套权重(W₂)的估计结果见表 10。在 W₁和 W₂中,inn 直接效应系数均在 1%水平上显著为正,表明创新要素集聚能够显著促进本地制造业高质量发展。在 W₂中,inn 间接效应系数在 1%水平上显著为负,表明创新要素集聚对邻近地区制造业高质量发展具有显著的负面溢出效应,部分证实了假说 H1。然而在 W₁中,这种效应并不显著,说明地理距离上的空间虹吸效应不显著,而经济地理距离上的负面溢出效应更明显。

基础设施的改善、区域均衡发展政策的实施和当今经济活动的网络性使得创新要素能够在更广泛的区域内流动并均衡分布,减弱了传统地理距离的影响。与此同时,地区之间的经济活动联系更加紧密,经济地理距离上的互动更加频繁,产业间竞争也更加激烈。经济发达地区如果广泛实施了诸如税收优惠、产业补贴等政策措施,也可能对经济发展水平较低的地区产生挤出效应,从而不利于经济发展水平较低地区的制造业高质量发展。

4.5.4 空间调节效应分析

调节变量数字化转型的空间调节效应检验结果见表 11。在 W₁与 W₂权重中,inn 和 dig 的直接效应和间接效应系数均显著为正,说明创新要素集聚与数字化转型都能单独促进本地区制造业高质量发展。交乘项的直接效应系数在 W₁权重显著为正,而在 W₂权重未得到验证,加之在 W₂权重中,交乘项的间接效应系数和总效应系数均显著为正,说明创新要素集聚与数字化转型的相互作用在经济发

表 11 数字化转型的空间调节效应分解结果

变量	W ₁			W ₂		
	直接效应	间接效应	总效应	直接效应	间接效应	总效应
inn	0.279** (0.089)	-0.080* (0.298)	0.198 (0.246)	0.341*** (0.080)	-0.807* (0.243)	-0.229 (0.192)
dig	0.139* (0.057)	-0.226 (0.182)	-0.087 (0.175)	0.172** (0.057)	0.003 (0.174)	0.031 (0.164)
inn×dig	0.219* (0.091)	0.479 (0.479)	0.698 (0.449)	0.107 (0.090)	0.827** (0.370)	1.179** (0.351)
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
年份固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
地区固定	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
rho	-1.035*** (0.262)	-1.035*** (0.262)	-1.035*** (0.262)	-1.034*** (0.228)	-1.034*** (0.228)	-1.034*** (0.228)
样本数	330	330	330	330	330	330
R ²	0.481	0.481	0.481	0.414	0.414	0.414

注:***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 的水平上显著;括号内为稳健标准误。

达地区影响更大。综上,数字化转型正向调节本地区内创新要素集聚与制造业高质量发展的关系,对地理位置临近的地区调节作用弱,而对经济位置临近的地区调节作用强。这也与前述数字化转型调节作用的区域异质性结果部分呼应,证实了假设 H2。

数字化转型能够正向调节经济位置临近地区创新要素集聚与制造业高质量发展的关系。因为经济发达地区的数字基础设施相对完善,具备较高的互联网普及率、大数据中心和高效的通信网络,这些基础设施为创新要素集聚和数字化转型打下了坚实的基础。创新人才的集聚也使得更先进的数字技术得以被开发,推动企业的创新能力。再者,经济发达地区的市场化程度高,市场竞争激烈,企业为了保持竞争优势,更加积极地进行数字化转型和创新实用,也进一步推动了创新要素集聚^[47],有利于高质量发展。

数字化转型正向调节本地创新要素集聚与制造业高质量发展的关系,而对地理位置临近地区调节作用弱,这表明创新要素集聚与数字化转型的相互作用已经可以促进本地区制造业高质量发展,但尚未能对临近地区产生影响。这可能是由于临近的欠发达地区数字基础设施不足,数字化水平较低,加之诸如人才、资金和技术等创新要素主要流入发达地区,形成资源虹吸效应,致使临近地区不仅无法在同等程度上享受数字化转型的红利,也无法形成创新要素与数字化转型协同效应的积极作用。

5 结论和建议

5.1 研究结论

(1)创新要素集聚能够促进制造业高质量发

展,且在促进本地制造业高质量发展的同时,阻碍临近地区制造业高质量发展。

(2)数字化转型正向调节创新要素集聚对制造业高质量发展的促进作用,这种调节作用在东部地区显著,而在中西部地区不显著。

(3)数字化转型正向调节本地区内创新要素集聚与制造业高质量发展的关系,对地理位置临近的地区调节作用弱,而对经济位置临近的地区调节作用强。

(4)高市场化地区的创新要素集聚较之低市场化地区,能够更显著地促进制造业高质量发展。

5.2 相关建议

(1)推动区域创新合作。建立跨省市的创新合作机制,如区域创新联盟或联合研发中心,集中共享技术资源和创新经验。这些合作平台能够打破地域壁垒,汇聚各地的技术力量、人才资源和科研成果,尤其是要加强中西部地区与东部发达地区的协同创新。设立专门的跨区域创新合作基金,为不同地区之间的合作项目提供资金支持,尤其是在中西部和东部之间,鼓励科技创新的辐射和扩散。

(2)加强数字基础设施建设。加大对中西部地区 5G 网络、数据中心等数字基础设施的建设投入,确保这些地区的数字基础设施能够满足现代化产业的需求,助力当地企业实现数字化升级。特别是中西部地区,受制于基础设施薄弱,必须加大投入,缩小与东部地区的数字差距。建立公共数字服务平台,为企业提供数字化转型所需的技术支持、咨询服务等,并提供在线培训、技术咨询、数字工具和解决方案等服务,帮助企业降低数字化转型的成本

和风险。与此同时,合理利用数字服务平台以提高市场化程度,促进创新成果的共享。

(3)促进要素适当集聚。在中西部和市场化程度较弱的地区,由于创新资源相对匮乏,实施创新要素倾斜政策至关重要。政府可以通过税收优惠、财政补贴、产业引导基金等政策工具,鼓励创新企业落户,吸引科技人才和资金流入。政府应推动企业与高校、科研院所之间的合作,形成产学研用的良性循环,并通过数字化转型,促进创新成果最终落地,实现制造业高质量发展。

参考文献

- [1] 李胜会,陈金秀. 产业集聚对制造业绿色高质量发展的影响研究:基于省域数据的空间计量分析[J]. 科技和产业, 2024, 24(10): 9-19.
- [2] 杨燕红,谈东华. “双碳”背景下创新要素集聚与经济高质量发展:基于典型科创带对比视角[J]. 科技和产业, 2023, 23(5): 68-73.
- [3] 黄娅娜,邓洲. 生产要素对制造业的影响分析及政策建议[J]. 中国井冈山干部学院学报, 2022, 15(1): 112-122.
- [4] 张青,李溪,周振. 创新要素集聚、财税激励与制造业高质量发展[J]. 西安交通大学学报(社会科学版), 2024, 44(5): 105-117.
- [5] 李黎,雍会,王磊,等. 数据要素嵌入、二元创新与制造业转型升级[J]. 统计与信息论坛, 2024, 39(4): 31-45.
- [6] 宋晓玲,李金叶. 政府创新偏好、创新要素流动与制造业升级[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(19): 39-48.
- [7] LIU Y, HE Z C. Synergistic industrial agglomeration, new quality productive forces and high-quality development of the manufacturing industry[J]. International Review of Economics & Finance, 2024, 94: 103373.
- [8] YIN H, SU W. Industrial synergy agglomeration, urban innovation capacity, and advanced manufacturing development[J]. Economies, 2024, 12(5): 12050117.
- [9] 林健达. 制造企业数字化转型:文献回顾与研究展望[J]. 科技和产业, 2024, 24(16): 50-57.
- [10] LI X, CHEN Z, CHEN Y. The impact of digital talent inflow on the co-agglomeration of the digital economy industry and manufacturing [J]. Systems, 2024, 12(8): 12080317.
- [11] 丁煜. 数字经济对创新要素配置的作用机制研究[D]. 南昌:江西财经大学, 2022.
- [12] 涂磊,王建新. 数字化转型、创新要素集聚与制造业生产率[J]. 工程管理科技前沿, 2024, 43(5): 76-82.
- [13] CHOI T, PARK J I. The role of agglomeration in digitalisation and productivity: an empirical examination of manufacturing SMEs in South Korea [J/OL]. Asian Journal of Technology Innovation, 1-17 [2024-12-07]. <https://doi.org/10.1080/19761597.2024.2355223>.
- [14] LIU J, FANG Y, MA Y, et al. Digital economy, industrial agglomeration, and green innovation efficiency: empirical analysis based on Chinese data[J]. Journal of Applied Economics, 2024, 27(1): 2289723.
- [15] 邵攀峰. 创新要素集聚、数字化转型与经济高质量发展[J]. 统计与决策, 2024, 40(15): 98-103.
- [16] 于潇华. 创新要素集聚对高技术产业发展的影响机制研究[D]. 青岛:青岛科技大学, 2022.
- [17] 徐冬梅,伍琦,陶长琪. 数字技术如何影响制造业高质量发展[J]. 江西师范大学学报(自然科学版), 2022, 46(6): 585-593.
- [18] 袁琦璟. 创新要素配置质量对制造业软价值的作用机制研究[D]. 南昌:江西财经大学, 2022.
- [19] 王正,郭珩. “双碳”目标下创新要素配置优化与制造业高质量发展[J]. 技术经济与管理研究, 2023(1): 103-107.
- [20] 赵冰莹. 中国高技术产业集聚对区域创新能力的影响研究[D]. 长春:吉林大学, 2022.
- [21] 汪彬,刘晓阳,古晨光,等. 创新要素对绿色经济的影响及空间效应研究[J]. 华东经济管理, 2022, 36(8): 1-12.
- [22] 陈燕平,吴集林,余涛. 佛山三龙湾创新要素集聚与企业科技创新关系研究[J]. 科技和产业, 2022, 22(7): 315-320.
- [23] 徐斌,吕波. 工业智能化对企业产能利用率的影响研究:基于制造业上市公司的经验证据[J]. 技术经济, 2024, 43(9): 126-140.
- [24] 丁世豪,李平. 数字化转型如何促进制造业创新[J]. 技术经济, 2024, 43(8): 1-11.
- [25] 张慧,易金彪,徐建新. 数字经济对区域创新效率的空间溢出效应研究:基于要素市场化配置视角[J]. 证券市场导报, 2022(7): 13-22.
- [26] 吴继英,李琪. 数字化转型驱动制造业与服务业融合的空间效应[J]. 统计学报, 2022, 3(3): 42-56.
- [27] 冯明. 创新要素集聚、城市创新能力与经济高质量发展[J]. 技术经济与管理研究, 2023(2): 43-49.
- [28] 程欣炜,陈曦,黄宝凤. 产业数字化对区域制造业高质量发展的影响机制研究:基于有限创新要素视角[J]. 南京邮电大学学报(社会科学版), 2024, 26(1): 64-77.
- [29] 赵卿,曾海舰. 产业政策推动制造业高质量发展了吗?[J]. 经济体制改革, 2020(4): 180-186.
- [30] 颜平,周闻宇,王瑞荣,等. 长三角城市群数字经济与制造业高质量发展耦合协调时空演化及影响因素[J]. 经济地理, 2024, 44(7): 87-95.
- [31] 王娟,张翔,覃雨宜. 双向 FDI 协同与制造业高质量发展:基于中国省级面板数据的实证分析[J]. 资源开发与市场, 2024, 40(12): 1828-1837.
- [32] 才国伟,童瑞. 基于比较优势的产业集聚与制造业高质量发展[J]. 中山大学学报(社会科学版), 2024, 64(4): 196-206.
- [33] 陈维爽,贾军. 区域数字化水平对科技金融生态系统共生关系的影响研究[J]. 创新科技, 2022, 22(12):

- 46-58.
- [34] 李丹丹, 杨柳. 政策执行效果审计对制造业高质量发展的影响研究: 基于数字化水平调节效应的分析[J]. 南京审计大学学报, 2023, 20(4): 22-31.
- [35] 吉林, 王莉. 数字经济、产业结构升级与城镇居民消费升级: 基于省级面板数据的检验[J]. 商业经济研究, 2024(16): 57-60.
- [36] 马连福, 王丽丽, 张琦. 混合所有制的优序选择: 市场的逻辑[J]. 中国工业经济, 2015(7): 5-20.
- [37] 史言信, 熊天任. 数字化、制度环境与制造业高质量发展[J]. 当代财经, 2022(11): 113-124.
- [38] 李史恒, 屈小娥. 数字经济赋能制造业高质量发展: 理论机制与实证检验[J]. 经济问题探索, 2022(10): 105-117.
- [39] 段钰, 程跃. 创新资源集聚对区域创新绩效影响研究: 基于省级面板数据的实证分析[J]. 科技创业月刊, 2022, 35(9): 8-15.
- [40] 刘深. 数字技术对我国工业绿色转型的赋能效应及其地区异质性分析[J]. 桂海论丛, 2022, 38(2): 64-71.
- [41] 郝汉舟, 徐新创, 左珂怡, 等. 创新要素集聚与产业升级: 中介效应和调节效应研究[J]. 长江流域资源与环境, 2022, 31(11): 2357-2368.
- [42] 成鑫钰. 制造业集聚对企业创新绩效的影响研究[D]. 南京: 南京财经大学, 2021.
- [43] 申慧聪. 创新生态系统视角下区域创新能力组态路径研究[D]. 镇江: 江苏科技大学, 2023.
- [44] 毛笛, 宣勇. 高校学术资本转化与区域创业: 基于空间杜宾模型的实证研究[J]. 教育发展研究, 2021, 41(11): 23-31.
- [45] 雷燕燕. 中国旅游业碳排放效率时空演化与影响因素研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2021.
- [46] ELHORST J P. Applied spatial econometrics: raising the bar[J]. Spatial Economic Analysis, 2010, 5(1): 9-28.
- [47] 庄旭东, 王仁曾. 市场化进程、数字化转型与区域创新能力: 理论分析与经验证据[J]. 科技进步与对策, 2022, 39(7): 44-52.

Impact Mechanism of Innovation Factor Agglomeration Empowering High Quality Development of Manufacturing Industry

LIU Fangtong¹, LIU Hua²

(1. School of Information, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou 510320, China;

2. School of Economics, Guangdong University of Finance and Economics, Guangzhou 510320, China)

Abstract: Based on China's provincial panel data from 2012 to 2022, a two-way fixed effects model, spatial Durbin model, and moderation effect model were used to empirically test the impact of innovation factor agglomeration on the high-quality development of the manufacturing industry. The results show that the agglomeration of innovation factors can promote the high-quality development of manufacturing industry, and at the same time, hinder the high-quality development of manufacturing industry in neighboring areas while promoting the high-quality development of local manufacturing industry. The positive regulatory effect of digital transformation on the agglomeration of innovative factors and the promotion of high-quality development in the manufacturing industry was significant in the eastern region, but not significant in the central and western regions. The digital transformation positively regulated the relationship between the agglomeration of innovation factors and the high-quality development of manufacturing industry in the local area, with weak regulatory effects on geographically adjacent regions and strong regulatory effects on economically adjacent regions. The agglomeration of innovative factors in high marketization areas can promote the high-quality development of the manufacturing industry more significantly, compared to low marketization areas. Finally, policy suggestions are put forward, including promoting regional innovation cooperation, strengthen the construction of digital infrastructure, and facilitate the appropriate aggregation of innovation factors.

Keywords: agglomeration of innovative elements; high quality development of manufacturing industry; bidirectional fixed effects model; spatial Durbin model