

DOI: 10.13718/j.cnki.xdzk.2025.09.014

黄林秀, 郝坚. 产业协同集聚影响制造业企业绿色转型的动力机制——基于成本视角的研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2025, 47(9): 144-162.

产业协同集聚影响制造业企业 绿色转型的动力机制 ——基于成本视角的研究

黄林秀, 郝坚

西南大学 经济与管理学院, 重庆 400715

摘要: 生产性服务业与制造业的协同集聚不仅是制造业企业绿色转型升级的关键驱动, 也是实现经济高质量发展的必然逻辑。基于异质性企业生产模型的理论分析, 揭示了产业协同集聚影响制造业企业绿色转型的内在机理及规律。利用 2012—2021 年中国制造业上市公司数据进行实证检验, 结果表明: 首先, 产业协同集聚显著促进了制造业企业的绿色转型升级, 尤其是对绿色化水平较低的企业、重污染企业和民营企业, 产业协同集聚对其绿色转型影响更大; 其次, 产业协同集聚通过环保成本分摊效应, 降低了制造业企业的生产成本, 推动其绿色化转型; 最后, 产业协同集聚对制造业企业绿色转型的作用具有异质性特征, 在环境规制强度较高的地区, 产业协同集聚对绿色转型的促进作用更强。

关键词: 产业协同集聚; 生产成本; 环境规制; 制造业企业绿色转型

中图分类号: F275.3

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



文章编号: 1673-9868(2025)09-0144-19

The Dynamic Mechanism of Industrial Synergy and Agglomeration Affecting the Green Transformation of Manufacturing Enterprises ——A Study Based on the Cost Perspective

HUANG Linxiu, HAO Jian

School of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China

收稿日期: 2024-07-09

基金项目: 国家社会科学基金项目(BGA240086)。

作者简介: 黄林秀, 教授, 博士研究生导师, 主要从事发展经济学、产业经济学研究。

Abstract: The collaborative agglomeration of producer services and manufacturing is not only a key driver for the green transformation and upgrading of the manufacturing industry, but also an inevitable logic for achieving high-quality economic development. Based on the theoretical analysis of heterogeneous enterprise production models, this paper reveals the internal mechanism and law of industrial collaborative agglomeration affecting the green transformation of manufacturing enterprises. In terms of empirical evidence, the empirical test is conducted using the data of listed companies in China's manufacturing industry from 2012 to 2021. The results show that: firstly, industrial collaborative agglomeration significantly promoted the green transformation and upgrading of manufacturing enterprises, especially for enterprises with low green level, heavy polluting enterprises and private enterprises, the industrial collaborative agglomeration had a greater impact on their green transformation. Secondly, industrial synergy and agglomeration reduced the production cost of manufacturing enterprises and promoted their green transformation through the environmental protection cost sharing effect. Finally, the role of industrial collaborative agglomeration on the green transformation of manufacturing enterprises was heterogeneous, and the role of industrial collaborative agglomeration in promoting green transformation was stronger in areas with high intensity of environmental regulation. The findings of this paper expand the research system on the green impact effect of industrial synergy and agglomeration in the new era, and provide an important reference for stimulating the endogenous power of green transformation in the manufacturing industry, promoting comprehensive green transformation and upgrading, and promoting high-quality and sustainable economic development.

Key words: industrial collaborative agglomeration; production costs; environmental regulations; green transformation of manufacturing enterprises

在全球经济发展和环境保护的双重挑战下,加快经济社会发展全面绿色转型已成为实现高质量发展的必然要求。《中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》提出:“协同推进降碳、减污、扩绿、增长”“形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式、生活方式”。在此背景下,绿色发展已成为企业实现可持续发展、塑造战略优势和回应利益相关方诉求的重要途径^[1]。然而,中国作为发展中国家,碳密集型行业在国民经济中占据重要地位,众多重污染企业依赖于高排放、高污染的粗放型生产模式。在生产惯性和有限资源的约束下,高污染企业如何成功实现绿色转型是值得关注且具有挑战性的问题。从实践层面来看,在绿色生产高投入^[2]和环境政策高强度的双重压力下,企业对绿色转型表现出一种被动接受的态度^[3],甚至出现“漂绿”行为^[4]。因此,探索和揭示微观企业行为的决策过程,对于激发企业进行绿色生产的内生动力以及我国制造业整体的全面绿色转型升级具有重要的现实意义。

近年来,推动制造业与生产性服务业协同发展与深度融合已成为实现制造业高质量发展的关键战略。在“双轮驱动”战略引导下,制造业逐步从单一产业集聚演化为与生产性服务业的协同集聚^[5],产业协同集聚通过专业分工和利益分配的网络关系,使异质性产业在空间上集中,成为优化产业布局、助推制造业高质量发展的重要手段。研究表明,协同集聚的知识溢出效应^[6-7]有助于实现创新资源共享和技术优势互补,具有循环累积的区位效应、产业转移的拥挤效应和资源优化配置的空间效应^[8],可以影响企业的决策行为。那么,产业协同集聚是否能够改变企业的决策过程,进而影响制造业企业绿色转型?其影响的微观机制是什么?回答这些问题将有助于拓展和丰富绿色发展理论体系,激发企业绿色转型的内生动力,为推进可持续、高质量的绿色经济发展提供有益的政策建议。

与本研究密切相关的文献主要分为两类:一类是关于产业协同集聚的绿色效应研究;另一类是关于企业绿色转型的影响因素研究。产业协同集聚不同于单一产业集聚,其介于多产业和单一产业经济

结构之间^[9]。

第一类文献在理论研究层面表明:产业协同集聚能够增强产业关联,促进知识和技术的空间流动^[10],降低交易成本^[11],优化资源配置^[8],有助于产生规模效应,具有正的空间外部性^[12-13]。在实证分析层面:多数学者关注产业协同集聚对宏观区域绿色发展的影响,认为协同集聚有助于推动绿色经济发展^[5, 14-15];也有学者指出,协同集聚与绿色经济效率之间可能存在非线性关系^[16-17],在某些情况下甚至可能抑制绿色经济效率^[18]。第一类文献从理论和实证角度研究了产业协同集聚对经济绿色发展的影响,但大多集中于宏观经济和产业层次,结论不一,且缺乏对微观主体制造业企业行为的关注。这与现实形成割裂。企业是实现绿色转型目标的关键主体和最终环节,厘清产业协同集聚对企业绿色化决策的影响机制,将有助于制定科学、全面的绿色发展政策,以及高效、切实可行的绿色转型引导机制。

第二类文献探讨了企业绿色转型的影响因素。在理论视角方面,现有文献从政策支持^[19]、市场需求^[20]和环境规制^[21]等视角,研究了企业被动适应外部环境约束的绿色化行为,但这些理论视角缺乏对企业组织能动性的关注。在影响机制方面,许多研究聚焦于成本约束^[22-23]。企业绿色转型通常需要大量前期投入^[2],造成财务压力,然而,转型后可通过节省环保处罚费来缓解这一压力。产业协同集聚通过分工合作^[24-25]、知识溢出^[6-7]和规模经济^[26]等效应降低制造业企业的环保成本,形成环保成本分摊效应,从而影响企业的绿色决策,但现有文献对此关注不足。此外,现有研究指出产业协同集聚对绿色经济效率的影响受到城市规模^[27]、城市化水平^[28]等因素的制约,但对环境规制的调节效应关注较少。

基于此,本研究整合现有文献,提出了一个新的分析框架,同时考虑企业绿色转型的成本因素和环境规制因素,旨在探讨产业协同集聚对制造业企业绿色转型的影响及其机制。首先,基于异质性企业生产理论,构建数理模型,阐明产业协同集聚通过成本渠道影响制造业企业绿色转型的逻辑链条;然后利用2012—2021年3090家中国制造业上市公司的数据进行实证检验,以验证理论假设。与现有文献相比,本研究的边际贡献主要体现在3个方面:首先,将研究对象从区域层面转移到微观制造业企业层面,结合上市公司数据和行业统计,深入探讨了产业协同集聚对制造业企业绿色转型升级的影响及其机制,为相关研究提供了有益的补充;其次,在理论研究方面,将产业协同集聚引入异质性企业生产模型,从理论上论证了“产业协同集聚—环保成本分摊效应—生产成本—制造业企业绿色转型”的逻辑链条,为企业主动实现绿色转型提供新的视角;最后,在基准分析的基础上,将产业协同集聚、环境规制和制造业企业绿色转型纳入同一框架,考察了在不同环境规制强度地区,产业协同集聚对制造业企业绿色转型的差异化影响。综上所述,本研究从内部(成本因素)和外部(环境规制)两个维度,探讨了产业协同集聚对制造业企业绿色转型的动力机制。研究结果不仅为理解企业绿色转型的内在逻辑提供了新视角,还为促进制造业企业主动进行绿色转型提供了可行性建议,并为政府制定有效的绿色政策以推动制造业实现可持续和高质量发展提供了重要参考。

1 理论模型

基于文献[29]的建模方法,构建异质性企业绿色生产决策模型。首先,将原始模型中的中间投入要素替换为环保要素,以聚焦企业绿色转型;其次,将产业协同集聚引入成本函数,揭示协同集聚的环保成本分摊效应如何降低制造业企业的生产成本,进而促进其绿色转型;最后,将地区环境规制强度纳入数理模型,推导出环境规制强度在产业协同集聚与企业绿色转型关系中的调节作用。

1.1 消费者需求

参考文献[29]对典型消费者行为的描述,将消费者效用函数定义为以下形式的常替代弹性(CES)函数:

$$C = \left(\int_1^j c(i)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} di \right)^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (1)$$

式中: C 表示消费者的总消费量; j 表示所有消费产品的种类数; $c(i)$ 表示消费者对第 i 种产品的消费量; σ 表示不同产品之间的常替代弹性。

通过求解预算约束下的效用最大化问题, 可以得到每种产品的最优消费量 $c(i) = C \left(\frac{p(i)}{P} \right)^{-\sigma}$ 和最优消费支出 $e(i) = I \left(\frac{p(i)}{P} \right)^{1-\sigma}$ 。式中: $p(i)$ 表示产品 i 的价格; $P = \left(\int_1^j p(i)^{1-\sigma} di \right)^{\frac{1}{1-\sigma}}$ 表示总价格指数; $I = CP$ 表示社会总收入; 是消费者的预算约束。

1.2 生产者行为

1.2.1 生产模型

制造业企业生产产品会造成环境负担。关于污染排放与企业产出的关系, 已有文献主要采取两种方法进行研究: 一是将污染排放作为一种环境要素纳入企业生产函数中; 二是将污染排放作为企业生产的一种副产品。这两种方法是等价的, 但第一种方法更简洁^[30]。因此, 本研究采用第一种方法, 构建包含环保要素的异质性企业生产模型。企业的生产函数 Y 采用柯布—道格拉斯生产函数形式, 该函数具有规模报酬不变的特性, 具体形式如下:

$$Y(\omega) = \omega l^{\alpha_l} h^{\alpha_h} \quad (2)$$

式中: l 代表劳动要素投入, h 代表环保要素投入, 其投入比例分别为 α_l 和 α_h ; ω 表示企业的生产率。

依据成本最小化理论, 可以得出企业的边际成本 mc 为:

$$mc(\omega) = \frac{1}{\omega} \left(\frac{p_l}{\alpha_l} \right)^{\alpha_l} \left(\frac{p_h}{\alpha_h} \right)^{\alpha_h} \quad (3)$$

式中: α_l 和 α_h 均为正值, 且两者之和为 1; p_l 表示劳动力的工资, p_h 表示单位环保成本。

依据利润最大化理论——边际成本等于边际收入, 得到产品价格 $p(\omega)$ 为:

$$p(\omega) = \frac{mc(\omega)}{\rho} \quad (4)$$

式中: $\rho = \frac{\sigma - 1}{\sigma}$ 。

企业的总成本函数 $TC(\omega)$ 等于固定成本与边际成本之和, 即:

$$TC(\omega) = mc(\omega) + \left(\frac{p_l}{\alpha_l} \right)^{\alpha_l} \left(\frac{p_h}{\alpha_h} \right)^{\alpha_h} F \quad (5)$$

企业的收入 I 和利润 R 可以表示为:

$$I(\omega) = D \left(\frac{p(\omega)}{P} \right)^{1-\sigma} = DP^{\sigma-1} \left[\frac{1}{\omega \rho} \left(\frac{p_l}{\alpha_l} \right)^{\alpha_l} \left(\frac{p_h}{\alpha_h} \right)^{\alpha_h} \right]^{1-\sigma} \quad (6)$$

$$R(\omega) = \frac{I(\omega)}{\sigma} - \left(\frac{p_l}{\alpha_l} \right)^{\alpha_l} \left(\frac{p_h}{\alpha_h} \right)^{\alpha_h} F \quad (7)$$

式中: D 代表整体消费需求的价值; F 表示生产中的固定投入要素。

1.2.2 环保成本

将生产性服务业与制造业协同集聚因素纳入异质性企业生产模型, 并进一步定义了制造业企业的单位环保成本 p_h 函数如下:

$$p_h = \left[\int_0^1 p_h(k)^{\frac{\tau}{\tau-1}} dk \right]^{\frac{\tau-1}{\tau}} \quad (8)$$

$$p_h(k) = \theta v p_l \quad (9)$$

式中: 环保要素种类 k 在区间 $[0, 1]$ 内连续取值; τ 表示环保要素的替代弹性 ($0 < \tau < 1$); $p_h(k)$ 表示第 k 类环保要素成本; θ 为环保成本分摊系数; v 为地区环境规制强度; p_l 表示 1 单位劳动力的工资。 θ 越大,

环保要素成本 $p_h(k)$ 就越高,相应的单位环保成本 p_h 也就越大。环境规制强度 v 越大,表示对该地区污染企业的处罚越严厉,单位环保成本 p_h 随之增加。

产业协同集聚能够通过分工合作、知识溢出和规模经济降低制造业企业的单位环保成本,即环保成本分摊效应。首先,产业协同集聚反映了异质性关联产业间专业化分工的广度与深度^[24-25],集聚程度的提高可以促进治污减排的专业化分工,根据分工理论,平均成本与边际成本均随专业化分工水平的提高而递减;其次,生产性服务业和制造业之间形成的上下游产业关联,以及多样化产业间互动融合产生的 Jacobs 外部性,促进了企业减排技术的溢出和渗透,有利于提升制造业企业的整体环保能力^[31];再者,多样性经济活动的空间集中有助于产生规模经济效应,从而降低单位产出的能源消费,提高能源利用效率^[32]。综上所述,在模型中,产业协同集聚的环保成本分摊效应用环保成本分摊系数 θ 来表示, θ 的取值区间为 $[0, 1]$ 。

在完全非协同集聚的环境中,制造业企业独自承担全部环保成本 $p_h(k) = vp_l$,不存在环保成本分摊效应($\theta = 1$)。借鉴文献[33]的处理方法,假设在所有环保要素种类中,有一部分环保要素 $k \in (0, \epsilon)$ 处于产业协同集聚的环境中时,制造业企业环保成本被摊薄($0 < \theta < 1$),环保成本为 $p(k) = \theta vp_l$ 。对于没有处于协同集聚环境中的环保要素 $k \in (\epsilon, 1)$,制造业企业的环保成本仍为 $p_h(k) = vp_l$ 。因此,均衡状态下制造业企业的单位环保成本 p_h 表示为:

$$p_h = vp_l [\epsilon \theta^{\frac{\tau}{\tau-1}} + (1 - \epsilon)]^{\frac{\tau-1}{\tau}} = vp_l G(\epsilon) \quad (10)$$

$$G'(\epsilon) = \frac{\tau-1}{\tau} [\epsilon \theta^{\frac{\tau}{\tau-1}} + (1 - \epsilon)]^{\frac{-1}{\tau}} (\theta^{\frac{\tau}{\tau-1}} - 1) < 0 \quad (11)$$

式中: ϵ 表示生产性服务业与制造业协同集聚程度。由于 $G'(\epsilon) < 0$,当 ϵ 增加时, $G(\epsilon)$ 减小,从而降低制造业企业的单位环保成本 p_h 。当 $\epsilon = 1$ 时, $p_h = \theta vp_l$,意味着所有环保要素都处于产业协同集聚的环境中,环保成本分摊效应得到充分发挥;当 $\epsilon = 0$ 时, $p_h = vp_l$,表示环保要素完全处于非协同集聚环境中,环保成本需要由制造业企业独自承担。产业协同集聚的环保成本分摊效应能够降低制造业企业的单位环保成本 p_h ,而环保成本是企业生产成本的重要组成部分。基于此,提出如下假设:

假设 1: 生产性服务业与制造业协同集聚产生的环保成本分摊效应能够降低制造业企业生产成本。

1.2.3 不同集聚状况下的异质性企业绿色生产决策行为

将制造业企业分为两类:上标为 O 的为一般企业,这类企业不考虑环境因素,随意排放污染物,是现实中污染企业的情况;上标为 G 的为绿色企业,这类企业会考虑环保因素,对环境友好。这两类企业的收入函数分别表示为:

$$I(\omega)^O = D \left(\frac{p(\omega)^O}{P} \right)^{1-\sigma} \quad (12)$$

$$I(\omega)^G = D \left(\frac{p(\omega)^G}{P} \right)^{1-\sigma} \quad (13)$$

根据式(3)可得,两类企业的边际成本分别为:

$$mc(\omega)^O = \frac{1}{\omega} \left(\frac{p_l}{\alpha_l} \right)^{a_l} \left(\frac{p_h^O}{\alpha_h} \right)^{a_h} \quad (14)$$

$$mc(\omega)^G = \frac{1}{\omega} \left(\frac{p_l}{\alpha_l} \right)^{a_l} \left(\frac{p_h^G}{\alpha_h} \right)^{a_h} \quad (15)$$

根据上述分析,产业协同集聚通过分工合作、知识溢出和规模经济降低制造业企业的环保成本,形成环保成本分摊效应。然而,对于完全忽视环境因素的高污染企业,这一效应可能失效。首先,在社会对环境保护的高度重视和压力下,与污染企业合作可能导致负面公众舆论,并面临违约和环保处罚等风险^[34],因此,产业协同集聚的分工合作机制在高污染制造业企业中难以充分发挥;其次,从知识溢出角

度看,绿色企业通常采用先进的环保技术和管理模式,能够与生产性服务业有效合作进行技术创新和知识共享,然而,高污染企业技术水平相对落后,先进的减排技术可能对其产生挤出效应^[35];最后,高污染企业往往追求短期经济利益,更倾向于直接扩大生产投入,而非加大污染治理投入以承担社会责任^[36]。由于缺乏对环境保护的投资,这类企业将面临更严格的环境处罚,从而抵消在产业协同集聚中可能享受到的环保成本分摊红利。

基于此,本研究合理假设一般企业 O 的环保成本由制造业企业独自承担,而绿色企业 G 的环保成本会得到分摊,分摊程度取决于地区生产性服务业与制造业的协同集聚程度 ϵ 。由此,可以得到两类企业的单位环保成本分别为:

$$p_h^O = vp_l \quad (16)$$

$$p_h^G = vp_l [\epsilon \theta^{\frac{\tau}{\tau-1}} + (1-\epsilon)]^{\frac{\tau-1}{\tau}} = vp_l G(\epsilon) \quad (17)$$

进一步,由于绿色化环保生产模式普遍需要较大的前期固定投入,假设一般企业的固定成本为 F ,绿色企业的固定成本为 $(1+\lambda)F$,其中 $0 < \lambda < 1$ 。 λF 为一般企业向绿色企业转型的转换成本。于是根据(7)式,一般企业和绿色企业的利润函数可分别表示为:

$$R(\omega)^O = \frac{I(\omega)^O}{\sigma} - \left(\frac{p_l}{\alpha_l}\right)^{\alpha_l} \left(\frac{p_h^O}{\alpha_h}\right)^{\alpha_h} F \quad (18)$$

$$R(\omega)^G = \frac{I(\omega)^G}{\sigma} - \left(\frac{p_l}{\alpha_l}\right)^{\alpha_l} \left(\frac{p_h^G}{\alpha_h}\right)^{\alpha_h} (1+\lambda)F \quad (19)$$

1.3 产业协同集聚与企业绿色转型

将一般企业定义为 $OH=0$,而选择进行绿色转型的企业定义为 $OH=1$ 。企业选择绿色转型的概率表示为:

$$P(OH=1) = P(a \leq R(\omega)^G - R(\omega)^O) = F(R(\omega)^G - R(\omega)^O) \quad (20)$$

式中: a 是服从正态分布的随机变量,且最小值为 $0^{[37]}$ 。与一般企业相比,绿色企业的利润越高(即 a 越大),企业选择进行绿色转型的概率也越大,可表示为 $F(R(\omega)^G - R(\omega)^O)$ 对 a 求导, $F'(R(\omega)^G - R(\omega)^O) > 0$ 。因此,生产性服务业与制造业的协同集聚与制造业企业绿色化转型的关系可以表示为:

$$\frac{\partial F(R(\omega)^G - R(\omega)^O)}{\partial \epsilon} = F'(R(\omega)^G - R(\omega)^O) \frac{\partial (R(\omega)^G - R(\omega)^O)}{\partial \epsilon} \quad (21)$$

通过公式(6)、(18)和(19)可以得到 $\frac{\partial (R(\omega)^G - R(\omega)^O)}{\partial \epsilon} > 0$ 。由此可见,生产性服务业与制造业的协同集聚程度 ϵ 的提高,将推动制造业企业向绿色生产方式转型。

基于上述分析,提出如下假设:

假设 2: 生产性服务业与制造业协同集聚的环保成本分摊效应会降低制造业企业生产成本,进而有助于一般制造业企业向绿色企业转型。

1.4 产业协同集聚、环境规制与企业绿色转型

根据上述推导,地区环境规制强度可由参数 v 表示。将 v 引入产业协同集聚与企业绿色转型之间的关系式,并对 v 求导,可得:

$$\frac{\partial^2 F(R(\omega)^G - R(\omega)^O)}{\partial \epsilon \partial v} = F'(R(\omega)^G - R(\omega)^O) \frac{\partial^2 (R(\omega)^G - R(\omega)^O)}{\partial \epsilon \partial v} > 0 \quad (22)$$

(22)式意味着,随着地区环境规制强度的提高,产业协同集聚对企业绿色转型的正向推动作用会增强,从而进一步促进一般企业向绿色企业转型。基于此,提出如下假设:

假设 3: 在环境规制更为严格的地区,生产性服务业与制造业的协同集聚对制造业企业绿色转型的正向推动作用将更为明显。

2 计量模型和数据说明

2.1 变量测度与数据说明

本研究汇集了 2012—2021 年 3 090 家中国制造业上市公司的面板数据。主要数据来源包括上市公司年报、社会责任报告和官方网站公开信息,以及《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》、中国科学院网站 SRTM 数据、国家知识产权局和 WIPO 绿色专利清单等。缺失数据采用线性插值法填补。在回归分析中,剔除了股票交易状态为 ST、*ST、PT 及退市调整的公司,因为这些公司通常面临财务困境和流动性不足问题,可能导致数据异常,剔除这些公司有助于提高模型的稳健性,使结果更具代表性和可靠性。接下来,将详细阐述各变量的测量方法。

2.1.1 被解释变量—绿色转型程度(*GII*)

借鉴文献[38]的方法,通过分析上市公司年报中相关词汇的使用频率来衡量企业的绿色转型程度。选择年报作为研究对象,主要基于两方面考虑:一是年报通常会披露企业的重大战略举措,绿色转型作为当前的发展趋势在年报中有所体现;二是上市公司年报属于强制信息披露,具有统一的编制规范,有利于提高关键词匹配的准确性。本研究还参考了文献[39]的研究成果,从宣传教育、战略定位、技术创新、污染治理和监测管理 5 个维度,筛选出 113 个与企业绿色转型相关的关键词,然后统计这些关键词在上市公司年报中出现的频次,并取自然对数值作为企业绿色转型程度的衡量指标。数据来源于上市公司年报、社会责任报告和官方网站公开信息。

2.1.2 核心解释变量—生产性服务业和制造业协同集聚度(*ccag*)

参考文献[40]的方法,测度生产性服务业与制造业的协同集聚度(产业协同集聚度)。该方法源于区位熵理论,通过计算两个行业的区位熵值,得出其协同集聚指数。具体而言,生产性服务业的区位熵值(*LQ_S*)和制造业的区位熵值(*LQ_I*)分别定义如下:

$$LQ_S = \frac{\text{生产性服务业就业人数} / \text{年末单位从业人数}}{\text{全国生产性服务业就业人数} / \text{全国就业人数}} \quad (23)$$

$$LQ_I = \frac{\text{制造业就业人数} / \text{年末单位从业人数}}{\text{全国制造业就业人数} / \text{全国就业人数}} \quad (24)$$

生产性服务业包括交通仓储邮电业、租赁和商业服务业、批发零售贸易业、金融业、信息传输计算机服务和软件业、科研技术服务和地质勘查业、水利环境和公共设施管理业。根据生产性服务业的区位熵值和制造业的区位熵值可计算出生产性服务业和制造业协同集聚度(*ccag*)为:

$$ccag = 1 - \frac{|LQ_S - LQ_I|}{(LQ_S + LQ_I)} + (LQ_S + LQ_I) \quad (25)$$

生产性服务业和制造业协同集聚度越大,表示产业协同集聚程度越高;反之,则表示产业协同集聚程度越低。数据来源于《中国城市统计年鉴》。

2.1.3 中介变量—生产性成本

将生产成本(*Pc*)划分为固定生产成本(*ln Fcp*)和变动生产成本(*Vcp*)。参考文献[41]的计算方法,采用中国工业企业数据库中的财务费用、管理费用及销售费用之和的对数作为企业的固定生产成本;同时,使用主营业务成本与主营业务收入的比值来衡量企业的变动生产成本。数据来源于上市公司年报。

2.1.4 调节变量—环境规制程度(*Enr*)

地区环境规制程度变量通过计算上市公司所在地当年废气废水治理投入占工业产值的比例来衡量。此指标具体反映了环境规制的强度。缺失值采用线性插值法填补。数据来源于上市公司年报和《中国环境统计年鉴》。

2.1.5 控制变量

为确保回归结果的稳健性,引入了多个企业经营状况层面的控制变量。包括:① 企业规模($\ln Size$),用企业年底资产总额的对数表示;② 财务杠杆(Lev),用企业年底总负债与总资产的比值表示;③ 盈利能力(Roa),用企业年末净利润与总资产的比值衡量;④ 股权集中率(Ec),以第一大股东持股数量占总股数的比例表示;⑤ 上市年限($\ln Age$),为企业上市年数的对数。通过控制这些变量,旨在消除可能的遗漏变量偏误,从而获得更加可靠的估计结果。数据来源于上市公司年报。

2.1.6 工具变量

选取城市平均高程(ele)和地面平均坡度(gra)作为生产性服务业集聚的原始工具变量^[42],两变量均满足工具变量应具备的相关性和独立性要求。将原始工具变量 ele 和 gra 与滞后一期的生产性服务业和制造业协同集聚度($L-ccag$)相乘,分别得到工具变量 $IV1$ 和 $IV2$,以便将截面数据转换为面板数据,从而与主回归中的其他变量相匹配。数据来源于中国科学院网站 SRTM 数据。

2.1.7 稳健性检验替代变量

为确保研究结果的稳健性,在实证分析中采用了替代性指标。具体而言,用绿色专利总授权数($GIau$)替换主回归中的被解释变量。绿色专利总授权数包括绿色发明专利授权数($GIau_i$)和绿色实用新型专利授权数($GIau_u$),分别作为被解释变量进行稳健性检验。通过替代性指标的使用,可以更全面地反映绿色技术创新的实际情况,确保研究结论的可靠性和有效性。数据来源于国家知识产权局和 WIPO 绿色专利清单。

2.2 计量模型设定

2.2.1 基本模型

本文主要研究的问题是生产性服务业和制造业协同集聚对制造业企业绿色转型升级的影响。以企业绿色转型程度作为被解释变量,生产性服务业和制造业协同集聚度为核心解释变量,在加入控制变量及固定效应的基础上进行实证回归分析。计量模型设定如下:

$$GII_{icht} = \alpha_1 + \alpha_2 ccag_{ct} + \alpha_3 C'_{icht} + \gamma_i + \lambda_t + \delta_c + \vartheta_{ht} + \epsilon_{icht} \quad (26)$$

式中: GII_{icht} 表示制造业企业绿色转型程度,下标 i 、 c 、 h 、 t 分别表示企业、城市、行业 and 年份; $ccag_{ct}$ 是核心解释变量,是由生产性服务业区位熵值和制造业区位熵值计算得到的生产性服务业和制造业协同集聚度,该指数表示 t 年 c 城市的产业协同集聚度; C'_{icht} 表示企业层面的控制变量,包括企业规模、财务杠杆、盈利能力、股权集中率和上市年限; γ_i 、 λ_t 、 δ_c 、 ϑ_{ht} 分别表示企业、年份、城市和行业一年份固定效应, ϵ_{icht} 为随机扰动项。

2.2.2 中介机制检验

为了进一步验证产业协同集聚通过改变企业生产成本,进而影响制造业企业绿色转型的行为,将生产成本(Pc)划分为固定生产成本($\ln Fcp$)和变动生产成本(Vcp),分别进行逐步回归以检验中介机制。估计模型如下:

$$Pc_{icht} = \beta_1 + \beta_2 ccag_{ct} + \beta_3 C'_{icht} + \gamma_i + \lambda_t + \delta_c + \vartheta_{ht} + \epsilon_{icht} \quad (27)$$

$$GII_{icht} = \gamma_1 + \gamma_2 Pc_{icht} + \gamma_3 ccag_{ct} + \gamma_4 C'_{icht} + \gamma_i + \lambda_t + \delta_c + \vartheta_{ht} + \epsilon_{icht} \quad (28)$$

式中: β_1 、 $\dots$ 、 β_3 、 γ_1 、 $\dots$ 、 γ_4 代表常数和回归系数。

2.2.3 调节效应检验

为验证环境规制程度(Enr)是否能够衡量产业协同集聚对制造业企业绿色转型的影响,引入环境规制程度和产业协同集聚度的交互项进行回归分析。具体的估计模型如下所示:

$$Pc_{icht} = \xi_1 + \xi_2 ccag_{ct} + \xi_3 Enr_{ct} * ccag_{ct} + \xi_4 Enr_{ct} + \xi_5 C'_{icht} + \gamma_i + \lambda_t + \delta_c + \vartheta_{ht} + \epsilon_{icht} \quad (29)$$

式中: ξ_1 、 $\dots$ 、 ξ_5 代表常数和回归系数; $Enr_{ct} * ccag_{ct}$ 为环境规制程度和产业协同集聚度的交互项。

2.3 描述性统计

通过描述性分析深入理解研究样本,并在表 1 中呈现了各关键变量的描述性统计结果。分析覆盖了 3 090 家中国制造业上市公司,揭示了城市的产业协同集聚度、环境规制程度、上市公司的绿色转型程度、生产成本以及企业经营状况等统计特征。根据描述性统计结果,产业协同集聚度指数的均值为 2.967 5,标准差为 0.644 4,最大值和最小值分别为 6.094 9 和 0.805 9,说明不同城市间的产业协同集聚度存在显著差异。部分城市的产业集聚效应非常明显,如成都、温州和深圳;而另一些城市的产业协同集聚度则较为分散,如雅安、泸州和陇南。

绿色转型程度指数用来衡量制造业上市公司的绿色化水平,均值为 3.408 1,标准差为 0.761 4,最大值和最小值分别为 5.250 0 和 1.200 0,说明我国制造业绿色转型在时间演化与空间分布上存在明显的非均衡性。衡量企业绿色发展的指标还有绿色专利总授权数,包括绿色发明专利授权数和绿色实用新型专利授权数。从统计结果可以看出,绿色专利总授权数的均值为 0.354 0,标准差为 0.466 2,最大值和最小值分别为 2.980 9 和 0.000 0。其中,绿色发明专利授权数和绿色实用新型专利授权数的均值分别为 0.143 9 和 0.292 2,反映了绿色专利中实用新型专利占的比例更大,这说明企业在绿色技术创新方面更倾向于实用新型专利,这可能是因为实用新型专利相对于发明专利,其申请和授权过程的审核周期更短,申请的综合难度更小^[43]。

表 1 还描述了上市公司企业层面的关键变量。在样本企业中,固定生产成本和变动生产成本的均值分别为 8.436 5 和 0.948 1,标准差分别为 0.554 5 和 0.198 5,这表明在企业生产成本中,固定生产成本占据了绝大部分,但变动生产成本在公司间的差异更为显著。这与我国制造业企业的实际情况相符,尤其是在不同地区和行业间,企业的生产效率和资源利用率存在明显差异。例如,沿海地区企业由于技术水平更高、供应链管理更完善,通常能实现较低的变动生产成本;而内陆地区企业则可能面临更高的资源和物流成本。这表明企业生产成本受所在环境特征的影响,为研究地区产业协同集聚对企业绿色转型的影响提供了重要的背景信息。另外,描述性统计分析结果还反映了上市公司生产经营状况的指标,包括企业规模、财务杠杆、盈利能力、股权集中率和上市年限。这些数据的分析为深入研究产业协同集聚对企业绿色转型的影响提供了重要的数据基础。

表 1 变量的描述性统计分析

变量名	变量描述	样本量	均值	标准差	最小值	最大值
<i>ccag</i>	产业协同集聚度	19 578	2.967 5	0.644 4	0.805 9	6.094 9
<i>GII</i>	绿色转型程度	19 578	3.408 1	0.761 4	1.200 0	5.250 0
<i>GIau</i>	绿色专利总授权数	19 578	0.354 0	0.466 2	0.000 0	2.980 9
<i>Glaui</i>	绿色发明专利授权数	19 578	0.143 9	0.310 5	0.000 0	2.698 1
<i>Glaua</i>	绿色实用新型专利授权数	19 578	0.292 2	0.422 4	0.000 0	2.755 9
<i>Enr</i>	环境规制程度	19 578	0.001 7	0.001 8	0.000 0	0.028 4
<i>ln Fcp</i>	固定生产成本	19 578	8.436 5	0.554 5	5.724 5	10.966 5
<i>Vcp</i>	变动生产成本	19 578	0.948 1	0.198 5	0.124 2	3.970 8
<i>ln Size</i>	企业规模	19 578	9.545 6	0.518 0	7.020 0	11.960 0
<i>Lev</i>	财务杠杆	19 578	0.389 4	0.218 4	0.000 0	8.260 0
<i>Roa</i>	盈利能力	19 578	0.040 1	0.109 6	−3.990 0	4.840 0
<i>Ec</i>	股权集中率	19 578	0.335 6	0.142 7	0.024 3	0.900 0
<i>ln Age</i>	上市年限	19 578	0.922 6	0.334 0	0.300 0	1.520 0

3 结果与分析

3.1 基本回归结果

基本回归检验结果如表 2 所示,可以看出,产业协同集聚度对制造业企业绿色转型程度的正向影响有统计学意义。最初在没有控制其他变量时由模型(1)的回归结果显示,产业协同集聚度对制造业企业绿色转型程度的影响系数为 0.172,在 $p=0.01$ 水平有统计学意义。这初步验证了产业协同集聚促进绿色转型的观点。随后,当逐步加入企业经营状况层面的控制变量(如企业规模、财务杠杆、盈利能力等)以及企业、年份、城市和行业一年份固定效应后,模型(4)的回归结果显示,产业协同集聚度对制造业企业绿色转型程度的影响系数逐渐降低至 0.030,且在 $p=0.05$ 水平有统计学意义。这说明即使控制了其他可能的影响因素,产业协同集聚度对制造业企业绿色转型程度的正向作用依然存在,且具有统计学意义。上述发现不仅支持了理论模型中的观点,与现有文献研究结果在总体方向上也是一致的^[14-15]。

表 2 基本回归检验结果

变量名	<i>GII</i> (1)	<i>GII</i> (2)	<i>GII</i> (3)	<i>GII</i> (4)
<i>ccag</i>	0.172*** (5.690)	0.103*** (8.030)	0.039** (1.980)	0.030** (2.020)
<i>ln Size</i>		0.472*** (23.110)	0.025 (0.990)	0.016 (0.600)
<i>Lev</i>		-0.496*** (-13.600)	-0.017 (-0.490)	-0.019 (-0.540)
<i>Roa</i>		-0.193*** (-3.900)	0.000 (0.010)	-0.004 (-0.090)
<i>Ec</i>		-1.044*** (-16.890)	-0.163** (-2.280)	-0.127* (-1.740)
<i>ln Age</i>		1.073*** (37.070)	-0.355*** (-6.950)	-0.351*** (-6.630)
常数项	3.227*** (82.470)	1.677*** (9.090)	3.492*** (14.750)	3.564*** (14.510)
企业固定效应	不控制	不控制	控制	控制
年份固定效应	不控制	不控制	控制	控制
城市固定效应	不控制	不控制	控制	控制
行业一年份固定效应	不控制	不控制	不控制	控制
总观测值	19 578	19 578	19 165	19 161
R^2			0.587	0.586

注:模型为主回归结果;*、**、***分别代表在 $p=0.1$ 、 0.05 、 0.01 水平有统计学意义,括号内为对应的 t 值。下同。

3.2 异质性检验

为了更准确地验证理论假设,将样本企业根据绿色转型程度变量的中位数分为两组:若企业绿色转型程度平均数小于中位数,则为一般企业;若大于或等于中位数,则为绿色企业。

一般企业与绿色企业异质性检验结果如表 3 所示, 结果显示, 产业协同集聚对制造业企业绿色转型的影响存在异质性。模型(1)显示, 对于绿色化水平较低的一般企业组, 产业协同集聚度对制造业企业绿色转型程度的影响系数为正, 且在 $p=0.05$ 水平有统计学意义。然而, 模型(2)显示, 对于已经达到较高绿色化水平的绿色企业组, 产业协同集聚度对制造业企业绿色转型程度的推动作用有限, 尽管影响系数为正, 但无统计学意义。对比表明, 产业协同集聚确实有助于一般企业向绿色企业转型, 但对于已是绿色企业的制造业企业而言, 其对绿色化程度的进一步推动作用不明显。这可能是因为, 一般企业在绿色转型初期能够有效利用产业协同集聚带来的外部资源, 而对于已处于高绿色化水平的绿色企业而言, 进一步提升需要更多内生创新能力和技术突破, 因此外部集聚效应的边际贡献逐渐减小。

表 3 一般企业与绿色企业异质性检验结果

变量名	<i>GII</i>	<i>GII</i>
	(1)	(2)
	一般企业	绿色企业
<i>cca</i> <i>g</i>	0.047**	0.019
	(2.030)	(0.940)
控制变量	控制	控制
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
行业—年份固定效应	控制	控制
总观测值	12 362	6 742
R^2	0.587	0.584

为探讨产业协同集聚对不同污染程度的制造业企业绿色转型的异质性影响, 参考文献[44]的方法, 将样本企业分为非重污染企业组和重污染企业组。重污染行业的界定主要依据中国证监会 2012 年修订的《上市公司行业分类指引》、环境保护部 2008 年印发的《上市公司环保核查行业分类管理名录》及 2010 年印发的《上市公司环境信息披露指南》, 这些行业包括煤炭、采矿、纺织、制革、造纸、石化、制药、化工、冶金、火电等 16 个重污染行业。

不同污染程度企业异质性检验结果如表 4 所示, 结果显示, 产业协同集聚度对重污染企业绿色转型程度的影响系数为 0.053, 在 $p=0.05$ 水平有统计学意义, 表明产业协同集聚显著促进了这类企业的绿色转型。而在非重污染企业组中, 影响系数仅为 0.018, 且无统计学意义, 反映出这类企业的绿色转型对产业协同集聚的依赖程度较低。这种差异可能源于以下原因: 重污染企业面临更高的环境成本和政策压力, 更依赖外部资源整合与协作来降低环保成本并实现绿色转型; 而非重污染企业的绿色转型可能更多依赖内部创新和管理优化。近年来, 政府对重污染行业实施了更严格的环保政策, 如绿色信贷政策, 促使这些企业加快绿色转型, 因此, 产业协同集聚在这类企业中发挥了更大作用, 通过资源共享和技术合作产生环保成本分摊效应, 提高企业竞争力。异质性回归结果不仅验证了理论模型中关于产业协同集聚促进制造业企业绿色转型的观点, 也为政策制定提供了重要参考, 建议根据企业类型制定差异化支持政策, 以有效推动制造业企业全面绿色转型。

为深入探究产业协同集聚对不同所有制企业绿色转型的影响差异, 将制造业样本企业按所有制类型分为国有企业、民营企业、外资企业和混合所有制企业 4 组。这种分类方法基于中国特色现代企业制度背景, 不同所有制企业在市场竞争机制、资源获取能力和环境治理动力等方面存在显著差异, 因此其对产业协同集聚的响应程度可能不同。

表 4 不同污染程度企业异质性检验结果

变量名	<i>GII</i>	<i>GII</i>
	(1)	(2)
	非重污染企业	重污染企业
<i>ccag</i>	0.018 (0.980)	0.053** (2.010)
控制变量	控制	控制
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
行业—年份固定效应	控制	控制
总观测值	12 362	6 742
R^2	0.587	0.584

不同所有制类型企业异质性检验结果如表 5 所示，结果显示，产业协同集聚度对各类所有制企业绿色转型程度的影响系数均为正，但影响程度和显著性存在明显差异。具体而言，产业协同集聚度对民营企业绿色转型的影响程度最为显著，系数为 0.039，在 $p=0.05$ 水平有统计学意义；对混合所有制企业的影响次之，系数为 0.054，无统计学意义；对国有企业绿色转型的影响最小，系数仅为 0.006，且无统计学意义。

这种异质性结果可能源于以下几个方面因素：民营企业面临更为严峻的市场竞争压力和融资约束，更需要通过产业协同集聚来降低环保成本、提升竞争力，具有更灵活的经营机制和决策效率，能够更快速地响应产业协同集聚带来的机遇，实现绿色转型；相比之下，国有企业由于具有天然的政策和资源优势，其决策机制相对僵化，对外部环境变化的适应能力较弱。不同所有制企业的异质性检验结果不仅丰富了产业协同集聚影响制造业企业绿色转型的理论研究，也为制定差异化的产业政策提供了重要启示。政策制定者应充分考虑不同所有制企业的特点，在推动产业协同集聚发展的基础上，重点关注和支持民营企业的绿色转型，同时加快国有企业的体制机制改革，提升其对外部利好环境的响应能力。

表 5 不同所有制类型企业异质性检验结果

变量名	<i>GII</i>	<i>GII</i>	<i>GII</i>	<i>GII</i>
	(1)	(2)	(3)	(4)
	国有企业	民营企业	外资企业	混合所有制企业
<i>ccag</i>	0.006 (0.180)	0.039** (2.100)	0.013 (0.120)	0.054 (0.510)
控制变量	控制	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制	控制
行业—年份固定效应	控制	控制	控制	控制
总观测值	5 150	12 556	747	456
R^2	0.589	0.581	0.590	0.559

3.3 内生性检验

从弱工具变量的角度来看，K-Paap rk Wald F 统计值为 31.100 0，超过了 Stock-Yogo 设定的 19.930 0

临界值,通过了弱工具变量检验,且在 $p=0.1$ 水平有统计学意义。同时,在可识别性检验中,K-Paap rk LM 统计量达到 40.580 0,在 $p=0.01$ 水平有统计学意义,拒绝了不可识别性的假设,证实了工具变量满足可识别性条件。工具变量估计结果如表 6 所示,综合考虑表 6 中的第二阶段回归结果,工具变量替代后的产业协同集聚度对制造业企业绿色转型程度的影响系数为正,并在 $p=0.1$ 水平有统计学意义。工具变量估计结果进一步验证了基本回归模型,即产业协同集聚对制造业企业绿色转型存在正向影响。

表 6 工具变量估计结果

变量名	第一阶段	第二阶段
	<i>ccag</i>	<i>GII</i>
	(1)	(2)
<i>IV1</i>	0.027 4*** (3.620 0)	
<i>IV2</i>	0.980 1*** (2.680 0)	
<i>ccag</i>		0.041 4* (1.930 0)
控制变量	控制	控制
企业固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
城市固定效应	控制	控制
行业一年份固定效应	控制	控制
第一阶段 <i>F</i> 统计量	31.100 0	
弱工具变量检验		31.100 0* [19.930 0]
可识别性检验		40.580 0***
〈 <i>p</i> 值〉		〈0.000 0〉
总观测值	19 161	19 161

3.4 中介机制检验

为进一步检验产业协同集聚对制造业企业绿色转型的影响机制,将生产成本区分为固定生产成本($\ln Fcp$)和变动生产成本(Vcp),并以中国工业企业数据库中的财务费用、管理费用及销售费用之和的对数作为固定生产成本的代理变量,以主营业务成本与主营业务收入的比值作为衡量企业变动生产成本的代理变量。

产业协同集聚影响制造业企业绿色转型的中介机制检验结果如表 7 所示,模型(2)、(4)分别展示了处于不同协同集聚环境中的制造业企业生产成本的变化。模型(2)显示,产业协同集聚能够降低制造业企业固定生产成本,但其影响系数无统计学意义,表明其影响有限。模型(4)显示,产业协同集聚对制造业企业变动生产成本的影响系数为-0.002,并在 $p=0.1$ 水平有统计学意义,表明产业协同集聚的环保成本分摊效应确实能够降低制造业企业的生产成本,尤其是边际生产成本。该实证结果支持了假设 1。

表 7 还展示了通过逐步回归法进行中介效应检验的结果。模型(1)的主回归结果表明,产业协同集聚能够促进制造业企业绿色转型。模型(3)将产业协同集聚度和固定生产成本作为变量进行回归分析,结果显示固定生产成本与绿色转型程度呈反比例关系,但其影响系数无统计学意义。模型(5)则将产业协同集聚度和变动生产成本作为变量进行回归分析,结果显示变动生产成本与绿色转型程度呈反比例关系,其影响

系数在 $p=0.05$ 水平有统计学意义。对比模型(1)和模型(5)，加入变动生产成本后，产业协同集聚度对绿色转型程度的促进作用有所减弱，数值从 0.030 降至 0.029，在 $p=0.05$ 水平有统计学意义。实证结果说明当模型纳入生产成本变量后，产业协同集聚度对制造业企业绿色转型程度的正向影响有所下降。综合分析表明，生产性服务业与制造业的协同集聚降低了制造业企业的生产成本，从而促进一般制造业企业向绿色企业转型。这验证了假设 2。

表 7 产业协同集聚影响制造业企业绿色转型的中介机制检验结果

变量名	<i>GII</i> (1)	$\ln Fcp$ (2)	<i>GII</i> (3)	<i>Vcp</i> (4)	<i>GII</i> (5)
<i>ccag</i>	0.030** (2.020)	-0.003 (-0.840)	0.030** (2.010)	-0.002* (-1.750)	0.029** (2.030)
$\ln Fcp$			-0.042 (-1.390)		
<i>Vcp</i>					-0.060** (-2.250)
企业固定效应	不控制	不控制	控制	不控制	控制
年份固定效应	不控制	不控制	控制	不控制	控制
城市固定效应	不控制	不控制	控制	不控制	控制
行业一年份固定效应	不控制	不控制	不控制	不控制	控制
总观测值	19 578	19 578	19 165	19 578	19 161
R^2	0.946	0.482	0.951	0.946	0.502

根据样本企业绿色转型程度变量的中位数将样本分为一般企业组和绿色企业组。表 8 展示了中介机制分组检验结果。模型(1)和模型(2)显示，在绿色化程度较低的一般企业组，产业协同集聚有助于降低企业绿色转型的生产成本，特别是显著降低变动生产成本。模型(3)和模型(4)显示，在绿色化程度较高的绿色企业组，产业协同集聚对企业绿色转型的生产成本影响不大，这可能是因为这些企业已经在绿色生产方面达到了较高水平，进一步降低成本的难度较大。综合来看，表 8 的结果佐证了理论模型推导，即产业协同集聚能够降低企业绿色生产的生产成本，有助于推动一般企业向绿色企业转型，再次验证了产业协同集聚在推动企业绿色转型中的重要作用。

表 8 中介机制分组检验结果

变量名	$\ln Fcp$ (1)	<i>Vcp</i> (2)	$\ln Fcp$ (3)	<i>Vcp</i> (4)
	一般企业	一般企业	绿色企业	绿色企业
<i>ccag</i>	-0.005 (-0.830)	-0.014* (-1.870)	0.002 (0.710)	0.007 (1.400)
企业固定效应	不控制	不控制	控制	控制
年份固定效应	不控制	不控制	控制	控制
城市固定效应	不控制	不控制	控制	控制
行业一年份固定效应	不控制	不控制	不控制	控制
总观测值	19 578	19 578	19 165	19 161
R^2	0.946	0.482	0.951	0.502

3.5 调节效应检验

在不同环境规制程度下,产业协同集聚对制造业企业绿色转型的影响不同。本研究的理论逻辑认为,产业协同集聚的环保成本分摊效应能够降低绿色企业的生产成本,从而促进一般企业的绿色转型。在环境规制程度较高的地区,企业面临更严厉的排污处罚,单位环保成本相对较高,因此一般企业更有动力进行绿色转型;相反,在环境规制程度较低的地区,处罚力度较小,单位环保成本较低,企业转型的意愿不强。将环境规制程度、产业协同集聚度及其交互项($Enr * ccag$)同时纳入回归模型,调节效应回归结果如表 9 所示。模型(1)的回归结果显示,环境规制程度与产业协同集聚度交互项的系数为 9.617,并在 $p=0.1$ 水平有统计学意义,这表明,在环境规制程度较高的地区,产业协同集聚对制造业企业绿色转型的激励作用较强,从而支持了假设 3。

模型(2)和(3)分别展示了一般企业组和绿色企业组的调节效应检验结果。结果显示,环境规制程度与产业协同集聚度交互项在两个样本组中的回归系数均为正,但一般企业组的系数值有统计学意义。这说明在环境规制程度较高的地区,产业协同集聚对制造业企业绿色转型的促进作用更为明显,尤其是对于绿色化水平较低的一般企业而言,进一步验证了假设 3,即生产性服务业与制造业的协同集聚有助于推动一般制造业企业向绿色企业转型,而在环境规制严格的地区,这种促进作用更加明显。

表 9 调节效应回归结果

变量名	<i>GII</i>	<i>GII</i>	<i>GII</i>
	(1)	(2)	(3)
		一般企业	绿色企业
<i>ccag</i>	0.021 (1.300)	0.029 (1.160)	0.021 (0.970)
<i>Enr * ccag</i>	9.617* (1.730)	17.899** (2.450)	1.455 (0.170)
<i>Enr</i>	-24.975* (-1.680)	-45.213** (-2.290)	0.674 (0.030)
控制变量	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制
行业—年份固定效应	控制	控制	控制
总观测值	19 161	9 433	9 708
R^2	0.586	0.543	0.538

3.6 稳健性检验

本研究的解释变量为城市层面的面板数据,被解释变量为企业层面的面板数据。这可能导致同一城市内不同企业特征之间,以及同一行业内不同企业特征之间的相关性。组内相关性会造成标准误的偏差,从而影响回归结果的准确性。为增强回归结果的一致性和可靠性,进行了聚类分析,以避免行业内或同一城市内观测值可能存在的相关性。表 10 列出了不进行聚类分析(模型(1))、对城市进行聚类分析(模型(2))、对行业进行聚类分析(模型(3)),以及同时对城市和行业进行聚类分析(模型(4))的回归结果。结果显示,无论是针对同一城市、同一行业,还是对其同时进行聚类分析,产业协同集聚度对企业绿色转型程度的回归系数均为正,且均在 $p=0.05$ 水平有统计学意义。这证明了主回归结果的稳健性。

表 10 稳健性检验回归结果(一)

变量名	<i>GII</i> (1)	<i>GII</i> (2)	<i>GII</i> (3)	<i>GII</i> (4)
<i>ccag</i>	0.030** (2.300)	0.030** (2.020)	0.030** (2.200)	0.030** (2.000)
企业固定效应	不控制	不控制	控制	控制
年份固定效应	不控制	不控制	控制	控制
城市固定效应	不控制	不控制	控制	控制
行业一年份固定效应	不控制	不控制	不控制	控制
总观测值	19 161	19 161	19 161	19 161
<i>R</i> ²	0.586	0.579	0.546	0.568

为进一步确认基本回归结果的可靠性，将被解释变量替换为绿色专利总授权数进行主回归分析，回归结果如表 11 所示。模型(1)显示，产业协同集聚度对制造业企业绿色专利总授权数存在正向影响，并在 $p=0.1$ 水平有统计学意义。由于绿色专利总授权数包括绿色发明专利授权数(*GI_{au}i*)和绿色实用新型专利授权数(*GI_{au}a*)，因此分别将两者作为被解释变量进行回归分析，模型(2)和(3)显示回归结果。从结果中可以看出，虽然产业协同集聚度对绿色发明专利授权数和绿色实用新型专利授权数的影响均为正，但对绿色实用新型专利授权数的影响系数值更高，且有统计学意义，表明产业协同集聚更有助于制造业企业通过绿色实用新型创新来实现绿色转型。这也侧面反映了我国绿色专利中实用新型专利所占比例较大，与 2.3 节的描述性统计分析结果一致。此外，产业协同集聚的环保成本分摊效应使得一般制造业企业向绿色企业转型时，更倾向于实用新型绿色创新，而非发明型绿色创新，这可能是因为实用新型专利的申请和授权过程相对简单，成本较低，更符合一般企业的创新能力和资源条件。稳健性检验的结果进一步验证了假设 2，即产业协同集聚有助于推动制造业企业绿色转型。

表 11 稳健性检验回归结果(二)

变量名	<i>GI_{au}</i> (1)	<i>GI_{au}i</i> (2)	<i>GI_{au}a</i> (3)
<i>ccag</i>	0.579* (1.820)	0.240 (1.210)	0.819*** (3.490)
控制变量	控制	控制	控制
企业固定效应	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制
城市固定效应	控制	控制	控制
行业一年份固定效应	控制	控制	控制
总观测值	19 161	19 161	19 161
<i>R</i> ²	0.762	0.594	0.758

4 政策启示及建议

产业协同集聚的影响效应正受到学术界和政府部门的广泛关注。本研究将产业协同集聚引入异质性企业生产模型，理论推导出产业协同集聚对制造业企业绿色转型的影响效应和机制。此外，利用 2012—2021 年中国制造业上市公司数据，验证了产业协同集聚与企业绿色转型的内在逻辑关系。实证结果表

明:产业协同集聚显著推动了制造业企业的绿色转型升级,尤其是对于绿色化水平较低的企业、重污染企业和民营企业,产业协同集聚对其绿色转型影响更大;产业协同集聚通过环保成本分摊效应,降低了制造业企业的生产成本,促进其绿色转型;环境规制程度在产业协同集聚与企业绿色转型关系中起到了调节作用。本研究的结论为新时代激发中国制造业企业绿色转型内生动力、推动全面绿色转型升级、实现经济可持续和高质量发展提供了有力的理论和实证依据,具有重要的政策启示。

1) 产业协同集聚显著推动制造业企业的绿色转型升级,尤其对绿色化水平较低的企业、高污染企业和民营企业效果更为显著。为此,地方政府在招商引资时需注重产业链的稳定性和整体竞争力,提供上下游配套服务,优化营商环境,以促进生产性服务业融入地方制造业集群。首先,针对高污染企业,政府应制定专项政策,引导其参与产业协同集聚,通过共享资源与技术降低环保成本;同时,可以设立专项资金或税收优惠政策,以支持这些企业的技术改造和绿色创新;其次,鉴于民营企业在绿色转型中的重要作用,政府应建立绿色金融机制,鼓励其参与环保项目和技术研发,并加强环保意识培训;此外,加强专利开发和研发投入,实施技术补链战略,以提升产业链核心环节的科技含量,增加制造业价值链的附加值,依托国内经济大循环,强化国内产业链,近年来,国外高端生产性服务业需求逐渐转向国内,这为其转型升级提供了机会,有助于增强其在制造业中的嵌入能力;最后,应扩大产业协同集聚的空间范围,促进城市群内的空间互动,以发挥最大协同效应,各城市应加强合作,调整产业政策,鼓励“两业”在政策利好与市场机制的引导下打破空间壁垒,加速生产要素和产业在更大范围内的流动。

2) 产业协同集聚通过环保成本分摊效应,降低了制造业企业的生产成本,为其绿色转型注入动力。政府应发挥引导作用,助力这一效应充分发挥。首先,搭建信息共享平台,促进绿色技术创新协同,推广先进环保工艺和管理模式,加速绿色创新成果转化;其次,消除区域壁垒和市场分割,打通产业链、供应链和空间链的瓶颈,推动产业间专业化分工,充分释放环保成本分摊效应;再者,鼓励企业充分利用集聚环境,把握绿色转型契机,企业应组建专业环保团队,主动实施环境战略,建立绿色供应链和产学研合作机制,深挖绿色潜力,降低转型成本;此外,企业应将数字化技术如工业机器人、3D 打印等融入生产服务全流程,推动数字化赋能绿色转型^[45-46]。

3) 环境规制有助于加强产业协同集聚对制造业企业绿色转型的推动作用。政府应因地制宜,灵活调整环境规制力度,根据企业所在地的产业集聚情况,制定适应性的环境政策,避免过度强化绿色生产,将控制型环境规制方式向市场激励型环境规制方式转变,鼓励企业采用市场化手段进行绿色转型,充分利用环保政策的激励作用,推动企业自主创新和绿色发展。

本研究的结论为产业协同集聚有助于推动制造业企业绿色转型。未来研究应关注以下方面:一是拓展研究视角,除生产端外,还需关注产品端绿色转型路径,提升结论普适性;二是扩大研究对象范围,除制造业外,还需探讨协同集聚对服务业等其他行业企业绿色转型的影响。通过上述努力,可以更全面地揭示产业协同集聚对企业绿色转型的作用机理,为相关政策的制定提供更为坚实的理论支撑。

参考文献:

[1] HUANG J W, LI Y H. Green Innovation and Performance: The View of Organizational Capability and Social Reciprocity [J]. Journal of Business Ethics, 2017, 145(2): 309-324.

[2] 解学梅,韩宇航.本土制造业企业如何在绿色创新中实现“华丽转型”?——基于注意力基础观的多案例研究 [J]. 管理世界, 2022, 38(3): 76-106.

[3] LI X Y, ZHOU Y M. Offshoring Pollution While Offshoring Production? [J]. Strategic Management Journal, 2017, 38(11): 2310-2329.

[4] FLAMMER C. Corporate Green Bonds [J]. Journal of Financial Economics, 2021, 142(2): 499-516.

- [5] 纪祥裕, 顾乃华. 生产性服务业与制造业协同集聚具有创新驱动效应吗 [J]. 山西财经大学学报, 2020, 42(7): 57-70.
- [6] LI J F, XU H C, LIU W W, et al. Influence of Collaborative Agglomeration Between Logistics Industry and Manufacturing on Green Total Factor Productivity Based on Panel Data of China's 284 Cities [J]. IEEE Access, 2021(9): 109196-109213.
- [7] JACOBS J. The Economy of Cities [M]. New-York: Vintage, 1970.
- [8] 张虎, 韩爱华, 杨青龙. 中国制造业与生产性服务业协同集聚的空间效应分析 [J]. 数量经济技术经济研究, 2017, 34(2): 3-20.
- [9] HELSLEY R W, STRANGE W C. Coagglomeration, Clusters, and the Scale and Composition of Cities [J]. Journal of Political Economy, 2014, 122(5): 1064-1093.
- [10] JACOBS W, KOSTER H R A, VAN OORT F. Co-Agglomeration of Knowledge-Intensive Business Services and Multi-national Enterprises [J]. Journal of Economic Geography, 2014, 14(2): 443-475.
- [11] 郭然, 原毅军. 互联网发展对产业协同集聚的影响及其机制研究 [J]. 统计研究, 2022, 39(6): 52-67.
- [12] CICCONE A, HALL R. Productivity and the Density of Economic Activity [J]. March, 1996, 86(1): 54-70.
- [13] CICCONE A. Agglomeration Effects in Europe [J]. European Economic Review, 2002, 46(2): 213-227.
- [14] 董婉怡, 张宗斌, 刘冬冬. 双向 FDI 协同与区域技术创新抑制环境污染的效应 [J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(12): 71-82.
- [15] 张军涛, 朱悦, 游斌. 产业协同集聚对城市经济绿色发展的影响 [J]. 城市问题, 2021(2): 66-74, 94.
- [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] 陆凤芝, 杨浩昌. 产业协同集聚与环境污染治理: 助力还是阻力 [J]. 广东财经大学学报, 2020, 35(1): 16-29.
- [18] ZENG W P, LI L, HUANG Y. Industrial Collaborative Agglomeration, Marketization, and Green Innovation: Evidence from China's Provincial Panel Data [J]. Journal of Cleaner Production, 2021, 279: 123598.
- [19] 王馨, 王营. 绿色信贷政策增进绿色创新研究 [J]. 管理世界, 2021, 37(6): 173-188, 11.
- [20] 徐嘉祺, 余升翔, 刘雯. “双碳目标”引领生产生活方式绿色转型研究 [J]. 理论探讨, 2021(6): 132-137.
- [21] 张梓榆, 陈辰, 易红, 等. 环境规制视角下绿色金融发展对碳排放的影响研究 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2023, 45(8): 1-11.
- [22] 陈国进, 丁赛杰, 赵向琴, 等. 中国绿色金融政策、融资成本与企业绿色转型——基于央行担保品政策视角 [J]. 金融研究, 2021(12): 75-95.
- [23] 于连超, 张卫国, 毕茜. 环境税对企业绿色转型的倒逼效应研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(7): 112-120.
- [24] 程大中. 中国生产性服务业的水平、结构及影响——基于投入—产出法的国际比较研究 [J]. 经济研究, 2008, 43(1): 76-88.
- [25] ELLISON G, GLAESER E L. Geographic Concentration in U. S. Manufacturing Industries: A Dartboard Approach [J]. Journal of Political Economy, 1997, 105(5): 889-927.
- [26] LEE B S, JANG S, HONG S H. Marshall's Scale Economies and Jacobs' Externality in Korea: The Role of Age, Size and the Legal Form of Organisation of Establishments [J]. Urban Studies, 2010, 47(14): 3131-3156.
- [27] 陆凤芝, 王群勇. 产业协同集聚如何影响绿色经济效率? ——来自中国城市的经验证据 [J]. 经济体制改革, 2022(6): 174-182.
- [28] BRÜLHART M, SBERGAMI F. Agglomeration and Growth: Cross-Country Evidence [J]. Journal of Urban Economics, 2009, 65(1): 48-63.
- [29] MELITZ M J. The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity [J]. Econometrica, 2003, 71(6): 1695-1725.
- [30] TOMBE T, WINTER J. Environmental Policy and Misallocation: The Productivity Effect of Intensity Standards [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2015, 72: 137-163.

[31] 文丰安. 生产性服务业集聚、空间溢出与质量型经济增长——基于中国 285 个城市的实证研究 [J]. 产业经济研究, 2018(6): 36-49.

[32] 纪玉俊,王芳. 产业集聚、空间溢出与城市能源效率 [J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2021, 23(6): 13-26.

[33] BARONE G, CINGANO F. Service Regulation and Growth: Evidence from OECD Countries [J]. The Economic Journal, 2011, 121(555): 931-957.

[34] PETERSON S R, PORTNEY P, STAVINS R. Environmental Regulation and the Competitiveness of U. S. Manufacturing: What Does the Evidence Tell Us? [J]. Journal of Economic Literature, 1995, 33(1): 132-163.

[35] POPP D, NEWELL R. Where Does Energy R&D Come From? Examining Crowding out From Energy R&D [J]. Energy Economics, 2012, 34(4): 980-991.

[36] 刘德海,赵悦,张旭. 考虑信息搜索的环境污染群体性事件最优决策模型 [J]. 中国管理科学, 2022, 30(8): 1-11.

[37] 孙浦阳,侯欣裕,盛斌. 服务业开放、管理效率与企业出口 [J]. 经济研究, 2018, 53(7): 136-151.

[38] LOUGHRAN T, MCDONALD B. When Is a Liability Not a Liability? Textual Analysis, Dictionaries, and 10-Ks [J]. The Journal of Finance, 2011, 66(1): 35-65.

[39] 万攀兵,杨冕,陈林. 环境技术标准何以影响中国制造业绿色转型——基于技术改造的视角 [J]. 中国工业经济, 2021(9): 118-136.

[40] 崔书会,李光勤,豆建民. 产业协同集聚的资源错配效应研究 [J]. 统计研究, 2019, 36(2): 76-87.

[41] 刘斌,王乃嘉. 制造业投入服务化与企业出口的二元边际——基于中国微观企业数据的经验研究 [J]. 中国工业经济, 2016(9): 59-74.

[42] 韩峰,严伟涛,王业强. 生产性服务业集聚与城市环境质量升级——基于土地市场调节效应的研究 [J]. 统计研究, 2021, 38(5): 42-54.

[43] 陆瑶,崔雨薇. 国企混改引进技术战略投资者的成效评估: 基于企业创新的视角 [J/OL]. 南开管理评论, 2024-04-17: 1-32[2024-06-12]. <https://link.cnki.net/urlid/12.1288.F.20240416.1040.002>.

[44] 倪娟,孔令文. 环境信息披露、银行信贷决策与债务融资成本——来自我国沪深两市 A 股重污染行业上市公司的经验证据 [J]. 经济评论, 2016(1): 147-156, 160.

[45] 赵萱,魏晓博. 数字经济赋能区域绿色发展的效应与机制研究——基于技术创新和产业升级的中介效应 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2023, 45(8): 21-30.

[46] 肖静华,吴小龙,谢康,等. 信息技术驱动中国制造转型升级——美的智能制造跨越式战略变革纵向案例研究 [J]. 管理世界, 2021, 37(3): 161-179, 225, 11.

责任编辑 廖坤
崔玉洁