

环境规制影响碳排放效率的外部性及异质性

——基于生产性服务业集聚协同的分析

江三良 鹿才保¹

（安徽大学 经济学院，安徽 合肥 230601）

【摘要】：文章基于中国式环境治理特色和“双碳”目标，运用 2011—2019 年中国城市层面数据，探究环境治理全过程视角下环境规制对碳排放效率的影响。构建动态空间杜宾模型的实证研究发现：环境规制与碳排放效率呈现“U”型关系和负向溢出影响，且具有工具选择、地区差异以及资源禀赋异质特征；环境规制和生产性服务业专业化集聚协同有利于深化产业内部分工，促进区域碳排放效率提升；环境规制阻碍了生产性服务业多样化集聚对区域碳排放效率的提升作用；细分行业下，高端生产性服务行业专业化集聚更有利于环境规制协同效应发挥。合理执行环境规制，有利于解决区域碳排放效率差异较大、资源型城市“资源诅咒”现象严重以及经济欠发达地区“绿色悖论”效应等问题。

【关键词】：环境规制 碳排放效率 生产性服务业集聚 专业化 多样化

【中图分类号】：X322；F719 **【文献标识码】：**A **【文章编号】：**1007-5097（2022）10-0056-14

一、引言

中国通过环境规制治理碳排放的手段正日趋成熟，环境政策制定已不再聚焦于污染排放的事后管控，生态经济并重发展的环境绩效评价标准和治理手段正逐步形成。但经济结构转型和效率提高并不能一蹴而就，实现“双碳”目标的紧迫性，仍需要不断坚持和创新环境规制，以纠正市场失灵。

2020 年国家统计局公布的数据显示，2019 年，中国服务业产值占比为 53.9%，相对于欧盟 2006 年实现碳达峰时服务业产值占比 63.7%，中国仍处于产业结构性转型的关键时期。其中，生产性服务业占比仅为 39.49%，高端生产性服务业发展严重滞后，制约了制造业转型升级和区域碳排放效率提升。环境规制通过技术创新激励可以促进城市群产业结构升级^[1]，但环境规制的产业结构升级效应是否一定能提升区域碳排放效率？部分学者认为，“重生产，轻服务”思想下形成的围绕第二产业集聚大规模工业制造服务业是阻碍第三产业低碳效应发挥的重要因素^[2]。如何发挥环境规制与生产性服务业集聚的协同作用以提升区域碳排放效率，是本文研究的核心问题，亦是产业结构转型下，对区域服务业不断集聚及其效应的现实思考。

合理设计环境规制程序对于解释区域经济发展和生态效率至关重要。现有文献对于环境规制的衡量并未统一，主要分为四种：一是以定性分析为基础的调查分析^[3]；二是使用定量指标分析，围绕工业部门污染物排放相关指标进行替代^[4]；三是就某一政策作为准自然实验进行分析^[5,6]；四是综合指标分析，通过建立和修订多维指标评价，较好地克服了多维性和可比性问题^[7]。就

¹**作者简介：**江三良（1969—），女，安徽歙县人，教授，博士生导师，博士，研究方向：产业经济学；鹿才保（1998—），男，安徽合肥人，硕士研究生，研究方向：产业经济学。

基金项目：国家社会科学基金项目“‘双循环’新格局下制造业高质量发展的驱动机制、效果测度及提升策略研究”（21CJY050）

综合指标构建逻辑而言，共有三种构建思路：一是从污染物排放角度构建不同污染物排放综合指标^[8]；二是从环境治理投入产出角度评价区域环境规制效率^[9]；三是从环境治理的全过程，包括政策制定、环境管理、环境改善以及环境绩效四个方面构建综合指标^[10]。

环境规制与碳排放两者之间的关系一直是学界关注和讨论的重点。由于环境规制衡量指标差异以及研究视角、范围、时间的不同，对于环境规制能否降低区域碳排放的讨论也是众说纷纭，主要包括以“绿色悖论”为理论基础的“抑制论”^[11]、以“波特假说”为前提的“促进论”^[12]以及基于中国实践的环境规制对碳排放的不确定性研究^[13, 14, 15]。部分学者从工业产业集聚出发，提出环境规制可能会诱发“污染避难所效应”或“污染光环”等空间溢出效果^[16]。学界对生产性服务业集聚的研究相对较少。

产业结构差异是导致产业集聚模式异质性的的重要原因。Marshall 认为，同一产业内部产业间的纵向专业化集聚，有利于产业集聚规模效应和范围经济发挥^[17]。Jacobs 则提倡同一区域内上下游关联产业的横向集聚，有助于突破式技术创新、降低市场不确定性风险和交易费用^[18]。部分文献关注到生产性服务业集聚模式差异对碳排放的影响。一些学者从细化产业内部分工、扩大产业规模、促进企业隐性知识传播等角度分析，认为生产性服务业专业化集聚有利于降低相关联制造业排污减排成本^[19]；也有学者认为，这会造成区域产业结构的单一，产生“拥挤效应”^[20]。除此之外，地方市场分割和保护主义也容易造成生产性服务业与关联制造业脱节，抑制专业化集聚规模效应发挥^[21]。相对而言，部分学者支持生产性服务业的多样化集聚，并从产业结构转型^[22]、突破式绿色技术创新形成^[23]、促进制造业内部结构转型^[24]等角度进行实证分析。当然，也有学者认为，由于技术创新风险较高和市场的 uncertainty，多样化集聚不利于绿色技术创新形成^[25]。还有学者指出，产业集聚模式选择受制于城市规模，小规模城市应专注特色产业专业化集聚，大规模城市更应促进生产性服务业多样化集聚，以满足制造转型对服务业的多样化需求^[26]。还有学者认为，资本技术密集型行业专业化集聚更能促进制造业转型升级，而劳动密集型行业多样化集聚更能发挥产业结构效应^[27]。

综上所述，现有文献关于环境规制、生产性服务业集聚对降低碳排放的作用做了较为丰富的研究，但仍然存在一定的不足：一是在环境规制指标刻画上，多数文献通过某类污染性排放指标表示地区环境规制强度或探究某一政策的政策评估以及因果关系检验，这在一定程度上可以反映地区某一方面的环境治理力度，却难以衡量城市多方面的环境治理过程；二是环境规制与碳排放关系的理论研究日臻丰富，但就深入中国实践层面而言，基于研究对象和视角不同，所形成的观点并未统一，仍有待进一步论证和完善；三是从产业集聚的研究视角来看，鲜有文献探讨环境规制和生产性服务业集聚对碳排放效率的影响，忽视了环境规制与生产性服务业集聚的协同作用。

鉴于上述分析，本文的边际贡献在于：一是研究方法上，从环境治理全过程角度出发，构建较为全面的环境规制综合指标体系，刻画城市层面环境规制强度与碳排放效率的关系；二是研究视角上，将环境规制、生产性服务业集聚模式和碳排放效率纳入统一分析框架，探究环境规制和生产性服务业集聚对区域碳排放的协同机制，并延展至动态空间层面，拓展了该领域的研究成果；三是研究重点上，不拘泥于环境规制、生产性服务业集聚影响碳排放的整体研究，充分考虑由于地理位置、资源禀赋和环境规制工具类型不同而产生的异质性影响，同时，基于生产性服务业细分行业的差别，探究了环境规与不同行业集聚对碳排放产生的协同作用，更加符合经济发展和现实需求。

二、理论机制及假设提出

区域经济要素不断向城市集聚，因此，从城市层面出发，能进一步明晰多元化环境规制手段、生产性服务业集聚与区域碳排放效率的关系。本文结合经济集聚理论、外部性效应以及环境规制、生产性服务业集聚模式对碳排放影响的相关研究成果，刻画三者之间的具体影响机制，整体逻辑框架如图 1 所示。

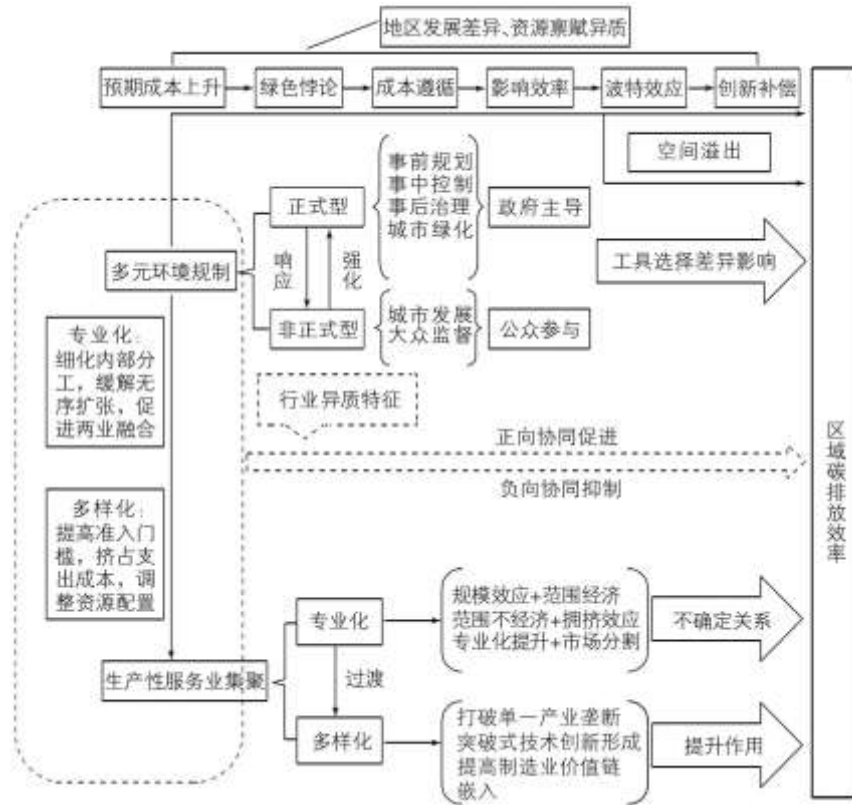


图1 环境规制、生产性服务业集聚与碳排放效率关系

（一）环境规制与碳排放

环境规制干预了企业生产经营中有关成本—收益的决策，并因此产生的差异化响应影响了区域碳排放效率。“绿色悖论”认为可预期的环境规制成本加重了企业生产成本和竞争压力，在预期成本逐渐增加的条件下，企业可能会加速当期能源消费使用。为维护市场规模和产业转型平衡，在外部成本较低且资源禀赋较高地区，更易加速当期资源过度消耗，恶化地区“资源诅咒”影响^[28]。随着环境治理成本不断提高，企业可能会因成本压力降低产能和能源消耗，这在降低区域碳排放水平的同时也会带来经济效率损失。当环境规制提升到一定强度，环境污染治理成本超过企业绿色技术创新成本，外部成本压力迫使企业通过成本内部化方式进行技术创新或新能源使用，最终提升区域碳排放效率。但这并不意味环境规制作用是无限制的。“弱波特效应”要求环境规制可以有效激励企业绿色技术创新投入，受制于环境规制工具选择、区域经济发展程度以及资源禀赋差异，这种倒逼激励作用可能存在异质性影响^[29]。从企业空间行为来看，为消化外部成本压力，企业也会自动寻找环境规制强度较低地区，造成“污染避难所”效应。与此同时，地区间的经济发展差异导致的区域间经济和生态目标并不一致，也为企业寻找“污染天堂”提供了寻租机会。基于此，本文提出假设1a和假设1b。

H1a：环境规制与碳排放效率之间存在“U”型不确定关系，并存在负向溢出影响；

H1b：基于地区经济发展、资源禀赋差异和工具选择不同，环境规制与区域碳排放效率具有异质性。

（二）环境规制和生产性服务业集聚对碳排放效率的协同影响

1. 环境规制、生产性服务业专业化集聚与碳排放

制造业服务化、绿色化是中国经济可持续发展的重要一环，有效实施环境规制可以促进生产性服务业的大量集聚，进而促进区域产业转型升级和制造业高质量发展。环境规制和生产性服务业专业化集聚对区域碳排放效率的协同影响，主要体现在三个方面：一是环境规制“波特效应”促使生产性服务业内部分工不断细化和工艺流程创新改进，进而提升产业专业化水平和产品技术复杂度，有助于发挥专业化集聚所带来的规模效应对区域碳排放效率的提升作用^[30]。二是生产性服务业专业化集聚的无序扩张会带来产业规模“拥挤效应”，引发规模不经济效应、产业内部结构“臃肿”^[20]，加重地区污染。环境规制通过外部成本约束有助于缓解生产性服务业无序扩张，提升区域碳排放效率。三是对于制造业产业转型升级具有“要素替代”效应，环境规制有利于制造业与生产性服务业专业化集聚融合^[27]。考虑环境规制成本，制造企业倾向于将高耗能产品投入交付给专业化较高的高端生产性服务产业^[22]，有助于提升传统制造业在创新价值链中的嵌入地位，促进制造业产业链和价值链高度化攀升，最终有助于提升区域碳排放效率。基于上述分析，本文提出假设 2a 和假设 2b。

H2a：环境规制和生产性服务业专业化集聚对区域碳排放效率提升具有不确定性；

H2b：从行业异质性出发，环境规制更倾向于高端生产性服务业专业化集聚协同促进。

2. 环境规制、生产性服务业多样化集聚与碳排放

生产性服务业多样化集聚有助于制造业转型并促进产业结构“软化”，使生产性服务业更有针对性地嵌入制造业价值链升级的不同阶段，以此提高产业附加值水平^[24]。环境规制与生产性服务业多样化集聚协同作用体现在三个方面：一是环境规制带来产业准入门槛效应，低端生产性服务业或劳动密集型服务业的大量集聚也会造成碳排放居高不下^[31]。环境规制提高了生产性服务业的准入门槛，降低低端生产性服务业集聚水平的同时，不利于制造业转型升级对生产性服务业的多样化需求^[32]，可能造成转型之路阻塞。二是环境规制对地方政府产业扶持的成本挤占。当地方政府财政压力较大，实施严格的环境规制不仅会挤占支出成本，同时也会削弱对外商直接投资的吸引，导致产业规模下降^[33]。出于成本和效益的考虑，地方政府会更倾向于为清洁化、绿色化的生产性服务行业引入投资，容易忽视本地制造业转型对于生产性服务业集聚的实际需求。三是环境规制的资源配置功能。在资本和技术密集型产业集聚较高的地区，环境规制会调整区域资源配置，诱使技术资源优先涌向清洁型企业。金融机构也会优先满足绿色企业的融资需求、降低融资约束和信用资质审核标准^[34]，阻碍地区生产性服务业多样化集聚水平提升，不利于提高区域碳排放效率。基于此，本文提出假设 3a 和假设 3b。

H3a：环境规制和生产性服务业多样化集聚不利于区域碳排放效率提升；

H3b：高低端生产性服务行业差异影响环境规制与生产性服务业协同集聚作用发挥。

三、变量测度与模型设置

（一）变量测度与数据来源

1. 城市二氧化碳排放效率

对于地区二氧化碳排放效率的测度，本文利用 Matlab2021a 专业版软件，选择数据包络分析法中包含非期望产出的 Super-SBM 超效率模型进行测度，具体模型设置见公式（1）。

$$\begin{aligned} \min \rho &= \frac{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \bar{x}}{\frac{1}{r_1 + r_2} \left(\sum_{i=1}^{r_1} \frac{\bar{y}^d}{\bar{y}_{ik}^d} + \sum_{q=1}^{r_2} \frac{\bar{y}^b}{\bar{y}_{qk}^b} \right)} \quad (1) \\ \text{s.t.} &\begin{cases} \bar{X} \geq \sum_{j=1, \neq k}^n x_{ij} \gamma_j, i=1, \dots, m; \\ \bar{y}^d \leq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{ij}^d \gamma_j, i=1, \dots, r_1; \\ \bar{y}^b \geq \sum_{j=1, \neq k}^n y_{ij}^b \gamma_j, i=1, \dots, r_2; \\ \gamma_j \geq 0, j=1, \dots, n, j \neq 0; \bar{x} > x_k, k=1, \dots, m; \\ \bar{y}^d \leq y_k^d, d=1, \dots, r_1, j \neq 0; \bar{y}^b \geq y_k^b, b=1, \dots, r_2 \end{cases} \end{aligned}$$

其中：ρ 为城市二氧化碳排放效率；S 为要素投入，包括以地区人均资本作为指标的资本投入、以地区能源消耗为指标的能源投入和以年末城镇就业人口数为指标的劳动力投入；S^d 为期望产出不足的松弛变量，以地区生产总值作为衡量；S^b 为非期望产出过剩的松弛变量，以地区二氧化碳排放量作为衡量。

2. 环境规制强度

(1) 设计依据。

设计合理有效的环境规制指标评价区域环境治理程度是学界和政府关注的重要问题，背后逻辑离不开更深层的政策特点探讨及其演变规律。不同于西方国家采用环境税或财政补贴等纯粹的市场化方式，中国环境规制具有明显的行政命令管控与政府绩效相挂钩的治理特色。目前，学界对中国环境问题探究主要围绕排污权交易制度、碳排放权交易试点政策等展开。试点政策实施反映出区域环境治理成效，但作为综合性环境规制评价指标，以某一试点政策作为研究不能全面反映城市环境治理全貌，也不便于区域间环境规制强度比较。为克服这类问题，陈诗一和陈登科结合中国环境治理事前规划特点，选择政府工作报告相关词频作为衡量，填补了环境规制衡量中缺乏政府为第一负责人开展事前规划的治理空白^[35]。党的十八大以来，生态文明建设上升到前所未有的高度，社会大众对于环境问题的响应和参与热情日益成为环境治理过程中不可或缺的微观力量。2018 年，生态环境部印发《环境影响评价公众参与办法》，中国公众参与环境治理规范化、法制化得到加强。各级政府网络信息平台、环境信访体系、投诉电话、媒体披露以及大众舆论成为公众参与环境治理的主要渠道。近年来，国内学者也注意到公众参与类非正式环境规制的生态效益影响，但迫于数据可得性问题，多借鉴国外学者研究，从区域经济发展水平进行间接衡量，缺乏社会公众直接参与的考虑。

相对以往文献以工业“三废”排放强度等末端治理视角衡量区域环境规制水平，本文基于中国环境治理的政策特点和演变规律，从政府环境治理全过程和公众参与为补充的角度出发，同时考虑城市层面数据一般性，尝试构建相对合理、科学和全面的环境规制综合指标评价体系，一定程度上可以反映区域环境治理强度。

(2) 指标测度。

结合中国环境治理事前规划、事中控制、事后管理特点^[36]，本文选取政府年度工作报告中环境相关词频 1 代表政府环境治理事前规划手段^[37]。相较于环境治理投资额、研发收入、排污费收入等年末统计指标，年度经济发展不会反向影响年初政府工作报告，从而可以降低指标选择的内生性问题。对于广泛应用的减排绩效类综合污染指标，本文进一步划分为工业污染排放事中控制和区域污染排放事后治理。以工业“三废”和 PM2.5 排放强度刻画政府环境治理事中控制，以一般工业废弃物综合利用率、污水处理厂集中处理率以及生化垃圾无害化处理率表征政府环境管控事后治理。与此同时，以地区绿化基础设施建设综合指标反映

城市环境治理中生态环境宜居理念，利用熵值法，综合上述指标表示城市正式型环境规制强度。

非正式型环境规制相关研究及测量方法并不多见，部分学者参考 Wheeler 和 Pargal 的做法^[38]，采用熵权法综合地区经济发展水平、受教育程度和人口密集度作为间接衡量，但缺乏对大众参与的直接表示。本文参考张三峰和卜茂亮的研究^[39]，结合百度指数数据平台²，利用 Python 爬取关键词“环境污染”，获得大众对环境问题的讨论力度。由于地区间经济结构不同，本文以地区工业占比作为调节系数平衡。

3. 调节变量

结合席敏强等（2015）的研究^[26]，选择交通运输、仓储和邮政业等六个行业作为生产性服务业进行研究。其中，生产性服务业专业化集聚参考 Ezcurra 等的做法^[40]，用公式（2）计算。

$$SP_i = \sum_s \left| \frac{E_{is}}{E_i} - \frac{E'_s}{E'} \right| \quad (2)$$

其中： E_{is} 代表 i 城市生产性服务行业就业人数； E_i 为城市 i 总就业人数； E'_s 和 E' 分别表示除城市外生产性服务行业 s 就业人数和总就业人数。

参考韩峰等（2014）的方法^[41]，用公式（3）计算生产性服务业多样化集聚。其中， E 和 E_s 分别代表全国总就业人数和生产性服务业 s 的就业人数。

$$DV_i = \sum_s \frac{E_{is}}{E_i} \left\{ \frac{1}{E_{i' = 1, i', s}^n} \left(\frac{E'_{is}}{E_i - E_{is}} \right)^2 \right\} \quad (3)$$

4. 控制变量

城市碳排放效率提升离不开能源消费结构升级转型，本文以区域电力能耗占地区能源消耗总量作为能源消费结构转型的重要指标，以第三产业与第二产业之比作为产业结构升级衡量指标，控制产业结构升级对碳排放效率的影响。同时，地区经济增长也是影响区域碳排放效率的重要原因之一，可能存在环境库伦涅茨“倒 U”型曲线^[42]，因此，本文分别加入地区生产总值及其二次项，探讨经济增长与碳排放效率之间关系，以人均资本存量和人口密集度水平来控制来自城市资本积累和区域人口规模扩张对碳排放效率的影响。

2011 年，国家发改委印发《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》，标志着我国开始利用市场机制通过碳排放交易治理区域碳排放。基于此，本文以全国除港澳台及西藏地区、剔除行政区域调整后共计 279 个地级市行政单位为研究对象。所选取的 2011—2019 年数据来源于《中国城市统计年鉴》《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国环境年鉴》《中国城建统计年鉴》《中国区域经济统计年鉴》、百度指数数据平台和各城市政府年度工作报告文本。

（二）模型设置

碳排放具有明显的空间关联效应，会由于自然环境和空气流动产生区域扩散，也会随着交通、通信等基础设施跨区联动和经济活动造成空间传播。此外，由于技术创新存在时滞，碳排放效率提升可能具有“滚雪球”效应。基于此，本文构建模型（1）、（2），分别在未考虑和考虑碳排放效率的技术积累两种状态下，检验环境规制对碳排放效率的直接影响。

模型（1）：

$$\begin{aligned}\ln CEE_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt} + \beta_2 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt}^2 + \\ & \beta_3 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln CEE_{jt} + \beta_4 \sum_{j=1}^n w_{ij} M_{jt} + \\ & \beta_5 \ln ER_{it} + \beta_6 \ln ER_{it}^2 + \beta_7 M_{it} + \\ & \delta \sum X_{it} + \varphi \sum_{j=1}^n w_{ij} X_{jt} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it}\end{aligned}$$

模型（2）：

$$\begin{aligned}\ln CEE_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 \ln CEE_{it-1} + \beta_2 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt} + \\ & \beta_3 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt}^2 + \beta_4 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt} + \\ & \beta_5 \sum_{j=1}^n w_{ij} M_{jt} + \beta_6 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln CEE_{jt-1} + \\ & \beta_7 \ln ER_{it} + \beta_8 \ln ER_{it}^2 + \beta_9 M_{it} + \delta \sum w_{ij} + \\ & \varphi \sum_{j=1}^n w_{ij} X_{jt} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it}\end{aligned}$$

为进一步验证环境规制、生产性服务业集聚以及碳排放效率的协同关系，构建模型（3）：

$$\begin{aligned}\ln CEE_{it} = & \alpha_0 + \beta_1 \ln CEE_{it} + \beta_2 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt} + \\ & \beta_3 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt} + M_{jt} + \beta_4 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt} + \\ & \beta_5 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt}^2 + \beta_6 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln CEE_{jt} + \\ & \beta_7 \sum_{j=1}^n w_{ij} M_{jt} + \beta_8 \sum_{j=1}^n w_{ij} \ln ER_{jt-1} + \beta_9 \ln ER_{jt} + \\ & \beta_{10} \ln ER_{jt} + \beta_{11} \ln ER_{it}^2 + \beta_{12} M_{jt} + \beta_{13} \ln ER_{it} \times \\ & M_{it} + \delta \sum X_{it} + \varphi \sum_{j=1}^n w_{ij} X_{jt} + \mu_i + \theta_t + \varepsilon_{it}\end{aligned}$$

其中： $\ln CEE_{it}$ 、 $\ln ER_{it}$ 、 $\ln ER_{it}^2$ 依次代表城市*i*在时期*t*内碳排放效率水平和环境规制强度及其平方项； M_{it} 表示调节变量包括生产性服务业专业化集聚（ $\ln SP_{it}$ ）以及生产性服务业多样化集聚（ $\ln DV_{it}$ ）； X_{it} 表示一系列的控制变量； μ_i 和 θ_t 表示控制城市和时间影响； ε_{it} 为空间误差项； α_0 为常数项； w_{ij} 为地理距离空间权重矩阵； d_{ij} 表示两区域*i*和*j*的直线距离； $\ln ER_{jt} \times M_{jt}$ 为

环境规制与调节变量的交互项；系数 β_2 是本文主要关注的对象，反映两者之间对碳排放效率的协同力度； $\ln CEE_{it-1}$ 为城市 i 在 $t-1$ 时期的碳排放效率，用以表征碳排放效率提升存在的技术积累效应。

四、实证分析

（一）描述性分析

本文拟合散点图和回归曲线显示，我国大部分地区碳排放效率均低于 0.5 水平，40 个城市碳排放效率水平突破 1，达到碳排放超效率状态，如图 2 所示。区域间的碳排放差异明显，两极分化严重，中低效碳排放仍是制约我国实现“双碳”目标的主要阻力。从回归曲线看，环境规制与城市碳排放效率呈现先降后升的“U”型关系。环境规制实施初级阶段，由于外部成本增加可能会引起区域碳排放短暂的“倒退效应”，但随着实施力度加大，环境规制正向激励作用逐渐显现。跨越某一拐点后，环境规制的技术创新补偿将会弥补成本增加带来的经济效率损失。

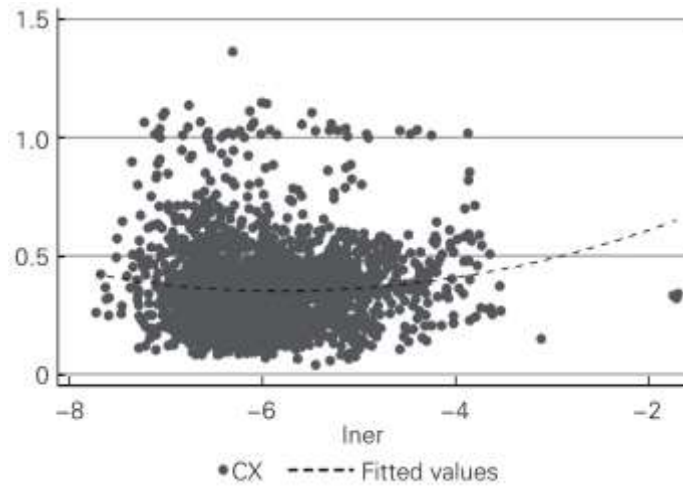


图 2 环境规制与城市碳排放效率散点

（二）空间自相关检验

构建空间计量模型进一步探究两者的因果关系，本文利用全局莫兰指数对碳排放效率进行空间相关性检验，以解决空间自相关模型适配问题。

$$I = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4)$$

其中： S^2 为样本方差； x_i 代表城市 i 碳排放效率； w_{ij} 为空间权重矩阵，本文选取空间地理位置矩阵进行分析。Moran' sI 在 1% 的显著性水平上为正，且 Z 值大小逐年变大，表明区域碳排放效率之间存在明显的空间正相关性，采用空间模型进行分析是适宜的。

（三）基准回归

在模型选择上,本文通过 LR 检验、Wald 检验显示 SDM 模型均不能退化为 SAR 模型和 SEM 模型,且在 1%水平上通过 LR 检验和 Wald 检验,适宜采用 SDM 模型进行回归估计。

列(1)和列(3)未加入环境规制平方项,结果表明二者之间存在着显著抑制影响。列(2)和列(4)为加入平方项后的回归结果,环境规制每提升 1 个百分点,就会降低本地碳排放效率 0.037 个百分点。当环境规制跨越某一拐点后,每提升 1 个百分点,就会提升碳排放效率 0.018 个百分点。两者之间存在着“绿色悖论”向“技术创新”转变的“U”型关系,并且在 1%显著水平上通过检验。单纯依靠平方项进行非线性关系讨论可能并不严谨,本文参考 Lind 和 Mehlum 的程序设计^[43],对“U”型关系参数估计进行 Utest 检验,其 H0 原假设不存在“U”型关系或为“倒 U”型关系。结果表明,环境规制与碳排放效率之间的拐点值为 1.059,强度区间为 $[-1.721, 4.291]$,并且通过 1%水平的显著检验,拒绝原假设 H0。slope 形状显示,从低到高,呈现出由负转正趋势,即当环境规制强度位于区间 $[-1.721, 1.059]$,会诱发“绿色悖论效应”,跨越拐点值 1.059 后,环境规制“波特效应”将发挥主导作用。从碳排放效率一阶滞后项来看,存在明显“滚雪球”效应。环境规制的一次空间滞后项显著为负,表明环境规制空间负向溢出效应明显, H1a 得到验证。区域间发展水平不同使得地区环境规制制定和执行强度存在明显差异,地方政府为了兼顾环境绩效考核和经济发展指标落实,可能存在着区域间政策模仿和竞争,这为污染性产业转移提供了寻租空间,最终不利于提升周边区域碳排放效率。

从控制变量结果来看,地区资本积累不利于区域碳排放效率提升,说明我国区域资本绿色利用效率仍然较低。能源效率提升和新能源利用两方面尚未能兼顾,清洁化的能源消费模式并未有效提升碳排放效率,相反,还会带来经济效率严重损失。经济发展有效地提升了地区碳排放效率,并未呈现环境库伦涅茨曲线关系。究其原因,一方面可能在于我国经济发展跨越了“U”型拐点;另一方面可能是由于样本年份局限所致。人口密集程度提升虽然抑制了碳排放效率,但并不显著。产业结构高度化并未显著提升区域碳排放效率水平,说明第三产业结构内部不合理分布也可能不利于碳排放效率提升。

不同类型环境规制也会造成实证结果的异质性。从回归结果来看, H1b 成立。正式型环境规制与区域碳排放效率之间呈现“U”型关系,但是非正式型环境规制却显著抑制了区域碳排放效率水平。这是否意味着公众参与型环境规制无效?有学者认为,作为政府主导型环境规制的补充,以软性约束为特征的非正式型环境规制可能难以形成对企业“节能减排”技术的倒逼约束。但是,出于政府形象和信誉维护,大众对于环境问题的讨论更多地会强化政府对正式型环境规制的执行力度,从而间接促进区域碳排放效率水平提升^[44]。从组合项系数来看,建立多元化环境治理体系,的确有利于提升碳排放效率。以有为政府为主导、公众积极参与为补充的主体结构治理是实现“双碳”目标的有效路径。

列(8)、列(9)回归结果显示,生产性服务业专业化集聚不利于降低区域碳排放效率,表明我国现阶段生产性服务业集聚存在着“拥挤效应”,无序扩张和不合理分布加剧了区域碳排放。相对而言,生产性服务业多样化集聚打破了行业间技术壁垒和信息门槛,促使技术知识跨行业交流,有利于降低市场不确定性风险和交易费用,最终有助于提升区域碳排放效率。环境规制是否可以与生产性服务业产生协同效应?从协同效果来看,环境规制实施的确可以缓解生产性服务业专业化集聚产生的负向影响,有助于生产性服务业专业化分工,更利于提高制造业转型中间环节产品绿色化水平,实现价值链向高端化攀升,满足 H2a。但是,生产性服务业多样化集聚却显著降低了区域碳排放效率水平,交互项系数均通过 1%显著性检验,符合 H3a 预期。信号传递理论认为,环境规制作为政府环境治理和经济发展的权衡信号,其强度增加提升了产业准入行业门槛,不利于生产性服务业多样化集聚,而当生态环境纳入经济发展考核要求框架中,政府可能更倾向于资本密集型和技术密集型生产性服务行业集聚,以促使制造业转型升级,但也容易造成“千城一面”现象。从生产性服务业集聚和环境规制的耦合程度来看,打破“一刀切”的环境规制手段,根据本地经济发展水平、资源状况、产业基础质量以及资源禀赋差异因地制宜、因情施策,是发挥环境规制正向协同激励的应有之义。

为进一步揭示环境规制对碳排放效率的外部影响,对空间滞后项进行分解。相较于长期效应,环境规制对于地区碳排放效率整体影响更偏重于短期效应,其短期直接效应值在区间 $[-0.0384, 0.0193]$ 呈现“U”型关系,并且通过 1%水平显著性检验。相对于直接效应,环境规制对于“邻地”的间接溢出效应更为明显,为-0.552,再次证明本地环境规制实施可能会诱发“污染避难所

效应”。从总反馈效应来看，环境规制总效应为-0.590，表明就全国层面而言，环境规制提升1个百分点就会抑制“邻地”碳排放效率0.59个百分点。长期来看，环境规制与碳排放效率之间虽然呈现“U”型关系，但并不显著说明区域间环境治理未能形成长期有效的激励机制。

（四）稳健性检验

为确保模型设计和研究结论稳健可靠，本文开展了一系列稳健性检验。列（1）、列（2）依次显示的是更换计量模型后的稳健性回归结果，依次采用了空间自回归模型和空间误差模型；列（3）至列（5）依次显示的是替换空间权重矩阵后的稳健性结果，构造0-1邻接矩阵、人均生产总值为衡量的经济距离矩阵以及两者间的经济地理距离嵌套矩阵，检验在不同矩阵维度下，环境规制对碳排放效率的影响；列（6）则是采用替换被解释变量的方法进行检验，即以地区单位GDP碳排放指标替代碳排放效率显示核心解释变量显著性和方向与理论预期保持一致。列（6）表明，相对于效率层面提升碳排放效率，我国环境规制更多地是从总量上控制碳排放水平。

（五）内生性检验

为缓解内生性问题，本文进一步进行IV_2SLS和系统GMM检验，以静态双固定效应模型作为对比。静态层面环境规制与碳排放效率呈“U”型关系，但较动态空间层面结果来看，会高估两者效应值。列（2）至列（4）为IV_2SLS估计，本文依次采用环境规制一阶滞后项和城市空气流通系数3、年均气温以及年均降水量4构成工具变量进行检验分析。LM检验均通过1%显著性检验，表明不存在不可识别问题；weak检验中，CDF统计值大于5%临界值，KP统计值大于全部临界值，因而，不存在弱工具变量；Sargan检验显示P值不显著，说明工具变量均有效。从回归结果来看，与前文保持一致。列（3）为动态系统GMM估计，其结果依旧稳健。可见，通过一系列稳健检验和处理后模型设计存在的内生性问题得以缓释，其结论是稳健可靠的。

五、异质性分析

（一）基于行业异质性分析

由于行业异质性，环境规制和生产性服务业集聚对于碳排放效率的影响可能会因细分行业的不同产生差异。

交通运输、仓储和邮政业及批发零售业，无论是专业化集聚还是多样化集聚均未产生明显的协同集聚效应。这进一步表明处于价值链底端的低端生产性服务业，由于技术含量和创新活力较低，使得环境规制难以发挥“技术创新补偿”的诱导机制^[32]。从溢出效应来看，环境规制与交通运输、仓储和邮政业专业化集聚协同更容易诱使“邻地”碳排放水平提升。结构单一、高耗能的低端交通运输方式和公路建设可能也会造成区域污染源扩散，而多样化交通运输行业集聚不仅可以打破高耗能的单一结构，实现交通运输方式多元化融合，还能进一步提升环境规制对“邻地”碳排放效率的促进作用。

高端生产性服务业5专业化集聚与环境规制协同可以提升“本地”碳排放效率。环境规制正向协同机制发挥有赖于行业所处价值链嵌入位置和技术资本密集程度，对于高技术和资本密集型产业，环境规制更易通过“技术倒逼”和成本压力促使产业内部分工和技术知识溢出，从而提升产业技术效率水平，实现环境规制“弱波特效应”。但是，多样化集聚反而会削弱环境规制对碳排放效率的直接促进作用，其原因可能在于我国产业信息化、数字金融化、新型工业化与制造业的融合程度依然偏低。对信息化、数字化程度较高地区放松环境规制管制，更能发挥金融、信息和技术产业多样化集聚与传统制造业的融合作用，提升区域碳排放效率水平。基于上述分析，满足H3b预期。从“邻地”溢出效果来看，环境规制与技术密集型生产性服务业6专业化集聚协同抑制了“邻地”碳排放效率提升，但可以诱使技术密集型生产性服务业跨产业知识共享与交流，形成产业互补优势，推动区域间学习模仿，促进技术要素跨区域流动，加深技术密集型产业对“邻地”的“涓滴效应”，从而对“邻地”碳排放效率提升带来正向协同影响。

（二）基于地区异质性分析

不同区域间产业基础和发展模式差异都会影响城市经济增长与环境目标执行的耦合程度，体现在不同城市环境政策的执行力度不同。本文按地理位置从右到左划分东、中、西部地区 and 从上到下划分南北地区，进行分样本讨论。

经济较发达的东部和南部地区环境规制未对碳排放效率产生显著影响，说明对于经济发达地区而言，由于产业结构高度化和绿色技术创新程度较高，单纯依靠环境规制难以促使技术创新潜能进一步释放，可能存在政策激励上限。中部地区环境规制抑制了地区碳排放效率提升，存在显著负向溢出影响，反映出我国中部地区仍然存在着较为严重的经济转型和生态环境压力，并伴随严重的“绿色悖论”现象。西部地区和北部地区呈现出先降后升的“U”型关系。西部地区不仅承接中东部产业转型带来产能过剩压力，还肩负着沿海地区经济发达所需的能源资源供给任务，环境规制“预期成本”增加短期内会刺激污染性企业加快能源消耗以满足生产需求和缓解成本压力，但随着环境规制“技术倒逼补偿”效应逐渐显现，碳排放效率会随着环境规制执行力度提升实现质效提升。而北部地区作为传统重工业集聚中心，资源驱动带来的经济粗放式发展红利优势逐渐减弱，经济增长受到制约。同时，以煤电为基础的集中供暖又加剧了区域高碳排放矛盾，导致北部地区碳排放效率持续下降，亟须进一步增强环境规制对碳排放效率的促进作用。

（三）基于资源禀赋异质性分析

经济发展模式的资源依赖性差异也会导致环境规制与碳排放效率的异质影响。根据国务院印发的《全国资源型城市可持续发展规划（2013—2020 年）》，本文将城市样本划分为非资源型城市和资源型城市，依据资源生命周期进一步分为资源成长型、成熟型、衰退型和再生型城市。地理位置相近的区域也可能存在较大资源差异，因此，空间模型并不适用。基于此，本文采用双固定效应模型进行检验。

从回归结果来看，非资源型城市环境规制与碳排放效率存在“U”型特征，但是对于资源型城市而言，环境规制表现为抑制效果，表明环境规制可能会激化资源型城市潜在的“资源诅咒”矛盾。随着资源开采，环境规制二次项由负变正，但并不显著，表明环境规制的“倒逼机制”开始发挥作用，但并不明显。随着资源逐渐衰退枯竭，环境规制强度提升迫使衰退型城市加快产业转型，促使经济发展向“集约化”模式迈进，从而减轻“资源诅咒”带来的高碳排放压力，区域碳排放效率的正向激励也开始显现，总体呈现“U”型关系。当城市经济发展摆脱对本地资源依赖时，环境规制对区域碳排放效率则呈现正向激励作用，但效果并不显著，其原因在于产业发展更多依赖于资本和技术创新驱动，能源消耗和经济发展也趋于清洁化。此时，环境规制虽然表现出正向激励作用，但激励作用和政策效果可能较为有限。综合异质性回归结果，验证了 H1a 的合理性。

六、结论与建议

本文以 2011—2019 年中国 279 个城市作为样本，采用动态空间杜宾模型考察多元环境规制强度对区域碳排放效率的影响，分析生产性服务业大规模集聚与环境规制对区域碳排放效率的协同关系，审视基于行业、地区、资源禀赋以及工具类型异质性的下，环境规制对碳排放效率的差异化影响，形成如下结论：①区域综合型环境规制、政府主导的正式型环境规制与碳排放效率之间存在明显的“U”型关系，并具有显著负向空间溢出。而非正式型环境规制不利于区域碳排放效率提升，需要更多地通过强化政府环境治理手段促进“本地—邻地”碳排放效率水平。②我国区域碳排放效率水平较低，区域差异较大。经济欠发达地区环境规制体现出“倒退机制”向“倒逼机制”过渡，经济发达地区环境规制的作用有限，中部地区“绿色悖论”现象较为严重。③非资源型城市环境规制与碳排放效率“U”型关系明显。环境规制“绿色悖论效应”会诱使资源型城市“资源诅咒”现象出现，但随着区域资源禀赋“成长—成熟—衰退—再生”，环境规制表现出“抑制—U”型动态变化。④环境规制和生产性服务业专业化集聚可以促进区域碳排放效率提升，但并不利于生产性服务业多样化集聚对区域碳排放效率促进作用的发挥。从生产性服务业细分行业协同来看，低端生产性服务业集聚与环境规制的协同作用并不明显，高端生产性服务业专业化集聚协同可以促进区域碳排放效率提升，但会降低多样化集聚协同减排作用。

根据研究结论,本文提出如下政策建议:①完善政府主导环境规制治理体系,适当提升环境规制执行力度,加快区域碳排放效率阈值到来,实现区域碳排放效率增质升级;发挥非正式型环境规制对于正式型环境规制的补充引导作用,激活双重环境规制对区域碳排放治理的政策活力;依据地区经济发展水平、资源禀赋依赖程度,因地制宜,因时施策,保持环境规制政策灵活性和有效性。②调整区域环境规制形式和强度,破除经济发展与资源禀赋的“资源诅咒”难题;鼓励资源型城市提升资源利用效率,适当降低环境规制执行强度,以免形成“绿色悖论”现象。③合理引导生产性服务业集聚,实现环境规制和生产型服务业集聚对碳排放效率提升以及产业转型发展的协同促进作用。对于生产性服务业专业化集聚程度较高地区,提升环境规制执行力度,促进产业内部分工细化和多样化程度提升;对于生产性服务业多样化集聚程度较高地区,适度降低环境规制执行力度,积极促进跨学科、跨行业、跨产业知识交流平台建设,强化上下游产业的产业链韧度和强度,“软化”产业结构,促进产业集聚向产业集群过渡,促进突破式技术创新,增强对周边碳排放效率的辐射带动作用。④建立区域环境治理问题联防联控治理体系,加速构建一套完整、长效、有序的跨区域污染减排联动机制,削弱区域“污染避难所效应”;构建统一的环境信息检测平台和区域污染排放补偿措施,促进环境信息平台建设,实现区域碳排放效率增质提效。

参考文献:

- [1]郑晓舟,郭晗,卢山冰.环境规制协同、技术创新与城市群产业结构升级——基于中国十大城市群的实证分析[J].广东财经大学学报,2021,36(3):46-60.
- [2]李健,周慧.中国碳排放强度与产业结构的关联分析[J].中国人口·资源与环境,2012,22(1):7-14.
- [3]WALTER I,UGELOW J L.Environmental Policies in Developing Countries[J].AMBIO,1979,8(2/3):102-109.
- [4]闫文娟,郭树龙.中国环境规制如何影响了就业——基于中介效应模型的实证研究[J].财经论丛,2016(10):105-112.
- [5]史丹,李少林.排污权交易制度与能源利用效率——对地级及以上城市的测度与实证[J].中国工业经济,2020(9):5-23.
- [6]刘春艳,赵军.碳排放权交易是否提高了中国对 FDI 的吸引力? [J].现代经济探讨,2022(3):26-35.
- [7]王勇,李建民.环境规制强度衡量的主要方法、潜在问题及其修正[J].财经论丛,2015(5):98-106.
- [8]查建平.环境规制与工业经济增长模式——基于经济增长分解视角的实证研究[J].产业经济研究,2015(3):92-101.
- [9]董会忠,韩沅刚.长江经济带城市群环境规制效率时空演变及影响因素[J].长江流域资源与环境,2021,30(9):2049-2060.
- [10]DAML,SCHOLTENS B.The Curse of the Haven:The Impact of Multinational Enterprise on Environmental Regulation[J].Ecological Economics,2012,78(4):148-156.
- [11]VAN DER PLOEG F,WITHAGEN C.Is There Really a Green Paradox?[J].Journal of Environmental Economics and Management,2012,64(6):342-363.
- [12]PORTER M E,VAN DER LINDE C.Toward a New Conception of the Environment-competitiveness Relationship[J].Journal of Economic Perspectives,1995,9(4):97-118.
- [13]张华,魏晓平.绿色悖论抑或倒逼减排——环境规制对碳排放影响的双重效应[J].中国人口·资源与环境,

2014, 24(9):21-29.

[14]董直庆,王辉.市场型环境规制政策有效性检验——来自碳排放权交易政策视角的经验证据[J].统计研究,2021,38(10):48-61.

[15]张华,冯烽.非正式环境规制能否降低碳排放?——来自环境信息公开的准自然实验[J].经济与管理研究,2020,41(8):62-80.

[16]张彩云,苏丹妮.环境规制、要素禀赋与企业选址——兼论“污染避难所效应”和“要素禀赋假说”[J].产业经济研究,2020(3):43-56.

[17]MARSHALL A.Principles of Economics[M].London:Macmillan and Co.Ltd,1920:110-150.

[18]JACOBS J.The Economy of Cities[M].New York:Vintage Books USA,1969:235-472.

[19]余奕杉,卫平,高兴民.生产性服务业集聚对城市绿色全要素生产率的影响——以中国283个城市为例[J].当代经济管理,2021,43(4):54-65.

[20]何文举,张华峰,陈雄超,等.中国省域人口密度、产业集聚与碳排放的实证研究——基于集聚经济、拥挤效应及空间效应的视角[J].南开经济研究,2019(2):207-225.

[21]李珊珊,马艳芹.生产性服务业集聚对绿色全要素生产率的影响——基于不同集聚视角下面板门槛模型的实证分析[J].商业研究,2020(4):40-48.

[22]郭然,原毅军.生产性服务业集聚能够提高制造业发展质量吗?——兼论环境规制的调节效应[J].当代经济科学,2020,42(2):120-132.

[23]曲延芬,于楚琪.产业集聚多样化、专业化与企业绿色技术创新效率[J].生态经济,2021,37(2):61-67.

[24]詹浩勇,冯金丽,袁中华.我国城市生产性服务业集聚模式选择——基于制造业内部结构分类的研究[J].宏观经济研究,2017(10):92-107.

[25]李勇辉,沈波澜,胡舜,等.生产性服务业集聚空间效应与城市技术创新——基于长江经济带108个城市面板数据的实证分析[J].经济地理,2021,41(11):65-76.

[26]席强敏,陈曦,李国平.中国城市生产性服务业模式选择研究——以工业效率提升为导向[J].中国工业经济,2015(2):18-30.

[27]韩峰,阳立高.生产性服务业集聚如何影响制造业结构升级?——一个集聚经济与熊彼特内生增长理论的综合框架[J].管理世界,2020,36(2):72-94,219.

[28]任海军,姚银环.资源依赖视角下环境规制对生态效率的影响分析——基于SBM超效率模型[J].软科学,2016,30(6):35-38.

-
- [29] JAFFE AB, PALMER KL. Environmental Regulation and Innovation: A Panel Data Study[J]. The Review of Economic and Statistics, 1997, 9(4): 610-619.
- [30] 韩峰, 谢锐. 生产性服务业集聚降低碳排放了吗? ——对我国地级及以上城市面板数据的空间计量分析[J]. 数量经济技术经济研究, 2017, 34(3): 40-58.
- [31] 陆凤芝, 王群勇. 相向而行还是背道而驰: 生产性服务业集聚与污染减排[J]. 华中科技大学学报(社会科学版), 2021, 35(2): 41-53.
- [32] 许钊, 高煜, 霍治方. 区域经济一体化、生产性服务业集聚与制造业转型升级[J]. 中国科技论坛, 2022(1): 122-130.
- [33] 吕雁琴, 潘云峰. 财政压力、环境规制与外商直接投资[J]. 生态经济, 2021, 37(12): 170-177.
- [34] 罗知, 齐博成. 环境规制的产业转移升级效应与银行协同发展效应——来自长江流域水污染治理的证据[J]. 经济研究, 2021, 56(2): 174-189.
- [35] 陈诗一, 陈登科. 雾霾污染、政府治理与经济高质量发展[J]. 经济研究, 2018, 53(2): 20-34.
- [36] 余泳泽, 尹立平. 中国式环境规制政策演进及其经济效应: 综述与展望[J]. 改革, 2022(3): 114-130.
- [37] 张建鹏, 陈诗一. 金融发展、环境规制与经济绿色转型[J]. 财经研究, 2021, 47(11): 78-93.
- [38] WHEELER D, PARGAL S. Informal Regulation of Industrial Pollution in Developing Countries: Evidence from Indonesia[J]. Social Science Electronic Publishing, 1996, 106(6): 1314-1327.
- [39] 张三峰, 卜茂亮. 嵌入全球价值链、非正式环境规制与中国企业 ISO14001 认证——基于 2004—2011 年省际面板数据的经验研究[J]. 财贸研究, 2015, 26(2): 70-78.
- [40] EZCURRA R, PASCUAL P, RAPUN M. Regional Specialization in the European Union[J]. Regional Studies, 2006, 40(6): 601-616.
- [41] 韩峰, 洪联英, 文映. 生产性服务业集聚推进城市化了吗? [J]. 数量经济技术经济研究, 2014, 31(12): 3-21.
- [42] GROSSMAN G M, KRUEGER A B. Environmental Impacts of the North American Free Trade Agreement[R]. NBER, 1991: 1-57.
- [43] LIND J T, MEHLUM H. With or without U? The Appropriate Test for a U-shaped Relationship[J]. Oxford Bulletin of Economics and Statistics, 2010, 72(1): 109-118.
- [44] 曹海林, 赖慧苏. 公众环境参与: 类型、研究议题及展望[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(7): 116-126.

注释:

1 从环境保护目标、对象和措施 3 个层面构建 27 个环境关键词词汇集。基于词汇集关键词，利用 R 语言文本分析各地级市年度政府工作报告统计得出。

2 百度指数数据平台以百度海量网民行为数据为基础，可用于反映行为关键词网络曝光度和大众媒体讨论热度。

3 以欧洲中期天气预报中心 ERA 数据库公布的地区边界层高度乘以 10 米高度平均风速得到空气流通系数。一方面，地区空气固体颗粒物含量较高代表地区环境污染越严重，环境规制实施力度相对较弱，满足相关性条件；另一方面，空气流通系数受到观测点海拔和气候条件的自然影响，因此，满足外生性条件。

4 一般而言，地区气温和降水量主要受其所处经纬度区域、海陆差异、地势走向以及大气洋流等自然因素影响。碳排放效率提升可以降低区域碳排放水平，有利于缓解城市热岛效应，但对区域气候影响存在长期积累过程，短时期内难以造成城市气温的巨大变化，基本满足外生假设。与此同时，环境规制实施可以有效改善地区空气污染，缓解城市热岛效应，满足相关性的假设条件。

5 金融业、科学研究和技术服务业以及信息传输、软件和信息技术服务业。

6 科学研究和技术服务业以及信息传输、软件和信息技术服务业。