

异质性环境规制对城市环境污染的影响

——基于静态和动态空间杜宾模型的研究

孙慧 扎恩哈尔·杜曼¹

（新疆大学 a. 新疆创新管理研究中心；

b. 经济与管理学院，新疆 乌鲁木齐 830046）

【摘要】：文章采用 2011—2018 年中国 285 个地级及以上城市的面板数据，运用静态和动态空间杜宾模型分别探讨正式环境规制和非正式环境规制对环境污染的影响，并进一步考察了绿色技术创新在两者间的中介作用，结果表明：异质性环境规制能有效缓解环境污染，其中正式环境规制的作用更显著；异质性环境规制对环境污染的缓解作用具有较强的空间溢出效应，不仅能缓解本地的环境污染，还能降低邻近城市的环境污染水平；异质性环境规制缓解环境污染的长期效应显著优于短期效应；绿色技术创新在正式环境规制对环境污染作用中存在部分中介效应，对非正式环境规制的中介效应不显著。

【关键词】：正式环境规制 环境污染 绿色技术创新

【中图分类号】：F205；F290 **【文献标识码】：**A **【文章编号】：**1007-5097（2021）07-0075-08

一、引言

改革开放以来，中国经济实现了持续的高速增长，经济发展取得巨大成功。然而，过度依赖资源、环境和要素投入的粗放式经济发展模式也带来了严重的环境污染问题。为应对日益严峻的环境污染问题，中国政府采取了相应的措施，相继发布了一系列的环境保护政策和法律法规，加强了环境治理力度，取得很大成效，但治理效果仍与预期存在一定差距，同时由于地区经济水平、资源禀赋等方面的差异而存在的环境污染空间集聚现象进一步加大了政府的环境污染治理难度^[1]。尤其是当下我国提出力争于 2030 年之前实现二氧化碳排放达峰，努力争取 2060 年之前实现碳中和的目标，如何有效协调好经济发展与环境污染间的矛盾，实现绿色发展和高质量发展，显得尤为重要。

目前，环境规制作为解决环境污染问题的主要工具和有力手段，得到了广泛的研究和应用，以政府主导的正式环境规制作为主要的环境规制工具发挥了重要作用，在治理环境污染方面取得了一定的效果。同时，随着信息化时代下媒体行业的快速发展和公众对于环境污染问题的关注持续上升，以公众和媒体参与环境治理的非正式环境规制成为传统的以政府为主导的正式环境规制的有效补充。

¹**作者简介：**孙慧（1963-），女，江苏泗阳人，二级教授，博士生导师，博士，研究方向：资源配置，可持续发展；

扎恩哈尔·杜曼（1994-），男（哈萨克族），新疆托里人，硕士研究生，研究方向：绿色低碳经济。

基金项目：国家自然科学基金项目“新疆资源型产业污染集聚、损益偏离与包容性绿色增长”（71963030）；新疆维吾尔自治区自然科学基金项目“碳排放约束下新疆工业经济绩效及低碳转型路径研究”（2017D01C071）；新疆维吾尔自治区研究生科研创新项目“雾霾污染、公众关注与绿色包容性增长研究”（XJ2020G003）

基于此,本文选取 2011—2018 年中国 285 个地级及以上城市的面板数据,运用空间计量方法探讨正式环境规制和非正式环境规制对环境污染的影响,再将绿色技术创新纳入研究框架中,考察绿色技术创新在异质性环境规制与环境污染之间是否发挥中介效应,为缓解环境污染问题和绿色发展提供政策建议。同已有研究相比,本文的主要贡献和可能的创新之处有以下几个方面:(1)从异质性环境规制的研究视角出发,分别采用政府报告中环境相关的词频和百度指数搜索中环境污染相关的词频作为正式环境规制和非正式环境规制的测算指标,有效避免了变量间可能存在的内生性问题;(2)基于动态空间计量方法衡量了异质性环境规制对环境污染的长短期影响,弥补静态空间计量方法的不足;(3)将数据下沉到地级市层面,从城市层面研究了异质性环境规制对环境污染的影响。

二、文献综述与研究假设

(一) 环境规制与环境污染的关系研究

环境规制作为缓解环境污染的有效手段和有力武器得到了广泛的研究和应用,但由于研究对象、研究样本、指标选取和研究视角等的不同,环境规制与环境污染之间呈现复杂的关系,学者们对于两者之间的关系尚未形成统一的认识。部分学者从“波特假说”出发,认为较强的环境规制能够促进企业进行技术创新,在提高企业市场竞争力的同时减少了对环境的破坏,从而实现环境保护与经济增长的双赢局面 (Porter, 1995)^[2]。邓玉萍、许和连 (2016) 的研究表明,较高的环境压力和治污成本倒逼内资企业的研发活动和技术升级,刺激内资企业进行环保技术创新,能够减少环境污染^[3]。惠炜、赵国庆 (2017) 的研究进一步证实了环境规制强度与污染强度之间存在显著的负向关系^[4]。同时,有些学者也对环境规制是否能够有效减少环境污染提出质疑。) 提出“绿色悖论”理论,认为在一些情形下严厉的环境规制并不一定如设想中的能减少污染物排放^[5],反而会增加企业的经营成本,不利于环境质量的提高^[6]。另一部分学者认为可能由于环境规制强度差异^[7]及可能存在的门槛效应 (张华、魏晓平, 2014)^[8],两者之间的关系具有不确定性。

目前学界就环境规制对环境污染的影响未达成一致认识的主要原因是:较高的环境规制强度虽然有利于降低企业的污染排放,但同时也会增加企业负担,从而不利于环境质量的提高。环保立法的不断完善和执法力度的持续增强必将使得企业的排污成本日益增加,迫使企业通过增加技术创新投入,采取更加绿色环保的生产方式。面对较强的环境规制压力,短期内企业无法调整其生产方式,但长期来看,技术创新所带来的生产效率的提升和污染排放的减少所带来的正效应将远远大于企业可能面临的成本上升所带来的负效应。因此本文认为,较强的环境规制将有效缓解环境污染,且随着公众环保意识的逐渐增强,非正式环境规制的作用也不容忽视。尤其是近几年,环保立法的完善和媒体行业的快速发展,使得民间环保力量得到了进一步释放,民间环保主义者以及其他社会公众等利益相关者为主体的非正式型环境规制,在地区环境质量的改善中发挥着越来越重要的作用 (游达明、张杨, 2018)^[9]。因此,在考虑污染治理时,不能只考虑以政府为主导的正式环境规制,还应当考虑以公众、媒体、环保组织为主要力量的非正式环境规制在缓解环境污染方面的贡献 (苏昕、周升师, 2019)^[10]。

基于上述文献,本文从正式和非正式两种环境规制出发,认为异质性环境规制能够有效缓解环境污染问题,且由地方政府主导的正式环境规制相较于民众和媒体参与的非正式环境规制可能更直接地实现这一目的,据此提出假设 1、假设 2。

H1: 异质性环境规制将有效缓解环境污染问题;

H2: 正式环境规制缓解环境污染的作用较非正式环境规制更显著。

(二) 绿色技术创新的中介效应分析

在研究环境规制与环境污染问题时,多数文献都考虑了技术创新在其中所起的重要作用,但学术界就此并未形成统一的结论。本文分别梳理了环境规制与技术创新、技术创新与环境污染相关的文献,结果如下:

首先，对于环境规制对技术创新的影响，学者们主要持三种观点：第一种观点从“波特假说”出发，认为较强的环境规制能够促进技术创新；第二种观点从企业成本角度出发，认为环境规制会使得企业治理成本增加，反而抑制企业创新活动（Johnstone, 2011; Kneller and Manderson, 2011）^[11-12]；第三种观点认为两者之间的关系存在不确定性，认为环境规制对技术创新的作用存在门槛效应（沈能、刘凤朝，2012；臧传琴、张菡，2015）^[13-14]。

其次，考虑技术创新对环境污染的影响，大多数研究都认为技术创新能够通过“创新补偿”效应显著改善环境污染问题。但也有部分学者对技术创新能否改善环境污染持保留态度，认为技术进步并不一定带来企业污染治理能力的提升，可能仅仅提高了企业的生产效率，并不会带来环境污染的改善（宋马林、王舒鸿，2013）^[15]。

基于相关文献可知，企业为了应对日益严苛的环保措施，在面对高额的污染排放费用与改进生产技术之间的博弈时，企业必将从自身利益出发，进行绿色技术创新，从而谋求更加节能环保的生产方式，在提高企业自身市场竞争力的同时，有效缓解环境污染问题，提高环境质量。基于此，本文提出假设 3、假设 4。

H3：异质性环境规制能够通过绿色技术创新有效缓解环境污染问题；

H4：相较非正式环境规制，正式环境规制通过绿色技术创新缓解环境污染的中介效应更为显著。

三、计量模型、变量测度与数据说明

（一）计量模型设定

本文的机理分析显示，环境污染的空间效应是普遍存在的，因此在研究环境污染问题时若忽略空间因素将会造成模型偏差，从而影响结果的准确性，故本文构建如下空间计量模型：

$$\begin{aligned} \ln p_{it} &= \theta_0 + \rho \sum_{j \neq i}^N \omega_{ij} \ln p_{jt} + X_{it} \beta + \sum_{j \neq i}^N \omega_{ij} X_{jt} \theta + \\ &\quad \mu_i + v_t + \varepsilon_{it}, \\ \varepsilon_{it} &= \psi \sum_{j \neq i}^N \omega_{ij} \varepsilon_{jt} + \mu_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

其中： ε_{it} 表示残差； μ_i 、 v_t 分别表示地区和时间效应； ρ 和 ψ 分别为空间自回归和空间自相关系数； ω_{it} 表示空间权重； p_{it} 表示环境污染用； X 表示各自变量和中介变量。在实际计量检验中，当 $\rho \neq 0$ 、 $\theta = 0$ 、 $\psi = 0$ ，则式（1）为空间自回归（滞后）模型（SAR）；当 $\rho = 0$ 、 $\theta = 0$ 、 $\psi \neq 0$ ，则式（1）为空间误差模型（SEM）；当 $\rho \neq 0$ 、 $\theta \neq 0$ 、 $\psi = 0$ ，则式（1）为空间杜宾模型（SDM）。

（二）数据来源与变量测度

考虑数据的可获得性与连续性，最终选择中国 285 个地级及以上城市作为研究样本，所用数据主要来自 2012—2019 年《中国城市统计年鉴》《中国环境统计年鉴》、各省（自治区、直辖市）地方政府官网（政府工作报告）以及百度指数官网等。

（1）被解释变量：环境污染（ p ）。目前，学者们普遍采用工业废水排放量、工业二氧化硫排放量和工业固体废物排放量衡量一个地区的环境污染状况，但由于地级市层面的固体废物排放量数据缺失，因此选择各地市的工业废水排放量、工业二氧化硫排放量和工业烟（粉）尘排放量，借鉴李玲、陶峰（2012）^[16]的研究，使用熵权法得到各地市的环境污染指标。

(2) 解释变量。从政府和民众视角出发构建城市层面的异质性环境规制指标，具体分为正式环境规制和非正式环境规制，详细测度方法如下：

正式环境规制（fer）。此前文献中环境规制的代理变量与环境污染之间存在较大的内生性，因此本文借鉴陈诗一、陈登科（2018）^[17]的研究。首先手工收集 2011—2018 年 31 个省份的政府工作报告，再对政府工作报告文本进行分词处理，统计与环境相关的词汇出现的频次，并计算其占政府报告全文词频总数的比例。其次，基于《中国城市统计年鉴》中地级以上城市的规模以上工业企业数构建地级市规模以上工业企业占比数据，然后再将其与政府工作报告中与环境污染相关词汇出现频数的比重交乘，最终得到各城市正式环境规制指标，其数值大小反映了各地级市政府对环境污染问题的重视程度，数值越大，正式环境规制强度越大。

非正式环境规制（ier）。本文借鉴徐圆（2014）^[18]的研究，在百度指数中搜索关键词“环境污染”，手工搜集得到各地市 2011—2018 年的百度搜索指数，并选取年均值作为各地级市的非正式环境规制的代理变量。其数值大小反映了民众对环境污染问题的关注程度，数值越大，非正式环境规制强度也越大。

(3) 中介变量：绿色技术创新（tec）。目前，学者们一般使用专利申请量、研发经费占 GDP 比例等衡量技术创新水平，但本文考虑以往使用的发明专利申请量不能很好地衡量环境规制对技术创新的影响，因此借鉴叶琴、曾刚等（2018）^[19]的研究，使用节能减排专利申请量作为各地市绿色技术创新的代理变量。其中，节能减排专利来自上海知识产权（专利）公共服务平台检索系统。

(4) 其他控制变量的选择。考虑经济发展水平、对外开放程度、城市产业结构等也会影响一个城市的环境污染水平，因此选择如下控制变量：人均 GDP（pgdp），用各地市的人均国内生产总值表示；外商直接投资（fdi），用各地市当年实际利用外资表示；人口密度（pop），用各地市市辖区每平方米所含的人数表示；产业结构（is），用各地市第二产业占总产值的比重表示；自然条件（rain），用各地市年均降雨量表示；交通情况（road），用各地市市辖区人均道路面积表示。在实证分析中考虑数据的平稳性，分别对上述数据进行取对数处理。

（四）空间计量检验及结果分析

（一）环境污染的空间相关性分析与空间权重矩阵设定

本文选择全局莫兰（Moran. I）指数作为衡量中国地级市层面环境污染的全局空间自相关分析的指标，计算公式为：

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

其中：S2 为样本整体方差； w_{ij} 为空间邻接权重矩阵，本文在获取各地级市经度和纬度数据后使用 Queen 方式在 Stata15 软

件中创建空间权重矩阵，当 i 城市与 j 城市之间有相邻的边界记为 1，没有则记为 0； $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij}$ 表示空间权重之和。

$$w_{ij} = \begin{cases} 1, & i \text{城市与} j \text{城市之间有相邻的边界;} \\ 0, & i \text{城市与} j \text{城市之间无相邻的边界} \end{cases} \quad (3)$$

汇报了 2011—2018 年中国地级市的环境污染全局 Moran. I 指数, 从中可以看出, 2011—2018 年环境污染的全局莫兰指数都在 1% 的水平下存在着空间正相关性, 说明中国地级市层面的环境污染存在空间集聚现象, 因此在考虑异质性环境规制工具对环境污染的影响时, 空间因素是不可忽视的重要因素, 选用空间计量模型考察两者间的影响机理更加稳妥。

(三) 空间计量检验与静态空间面板估计结果分析

本文参考 Elhorst(2015)^[20] 的检验思路, 分四个步骤对空间计量模型进行检验。首先, LM 检验结果表明 SEM 模型、SAR 模型均适用 (LM-lag 检验、R-LM-lag 检验、LM-err 检验、R-LM-err 检验均通过 1% 的显著性水平检验); 其次, LR 检验显著地拒绝了原假设, 说明 SDM 模型不会简化为 SEM 模型或 SAR 模型; 再次, Hausman 检验结果支持固定效应; 最后, 联合显著性检验拒绝了原假设, 说明选用时间和个体双重固定的 SDM 模型较为合适。报告了静态空间面板计量估计结果。出于回归结果稳健性的考虑, 同时列出双重固定效应 OLS 模型、SAR 模型、SEM 模型和 SDM 模型的估计结果。为考察异质性环境规制对环境污染的空间溢出效应, 列出了基于偏微分方法下双重固定效应 SDM 模型的直接效应、间接效应和总效应的分解结果。

由静态面板回归估计结果可知, 各模型中变量回归系数符号和数值大小基本一致, 说明结果较为稳健, 可信度较高, 其中双重固定效应空间杜宾模型的可决系数 (R-squared) 最大为 0.613, 说明本文的模型选择较为合理。实证分析结果表明, 异质性环境规制强度提升能够有效缓解城市的环境污染问题, 且正式环境规制的作用更为显著, H1 和 H2 得到验证。具体分析如下:

(1) 环境污染 (ρ)。SDM 模型中的系数 ρ 在 1% 水平下显著为负, 意味着相邻城市之间环境污染呈现出“以邻为睦”的特征, 即本地的环境污染对邻近城市的环境污染具有负向的空间溢出效应, 本地环境污染的加剧有利于改善邻近城市的环境质量。从集聚经济学视角分析, 在同一区域内的城市一般具有不同的城市规模, 往往存在一个或几个规模较大的中心城市, 更大的城市规模意味着更多的人口和更大的市场, 从而带来更多的生活和生产消费, 形成环境污染在空间上的集聚, 造成某个地区中心城市的环境污染加剧, 但其周围城市的环境污染反而相对得到缓解。

(2) 正式环境规制对环境污染的作用。各模型中正式环境规制 ($\ln fer$) 的系数均显著为负, 说明正式环境规制强度的提升能够有效缓解城市的环境污染, 改善环境质量。例如较高的环境税迫使高污染排放企业投入更多的费用用于改善生产工艺, 减少污染排放, 甚至有些企业选择调整其战略, 割舍其环境污染较大的生产部门, 进而满足污染排放要求。

进一步考察正式环境规制对相邻城市环境污染水平的影响。 $W \times \ln fer$ 的系数为 -0.435, 在 1% 水平下显著, 表明一个城市正式环境规制水平的提升会显著降低邻近城市的环境污染水平, 即正式环境规制改善环境污染的作用具有很强的空间溢出特征。究其原因, 一方面, 相邻城市大多处于同一省级单位的管辖, 在政策制定、实施等方面具有趋同性, 面对严峻的环境保护压力, 邻近城市间可能会采取更加相近的环境保护政策, 导致其正式环境规制水平的趋同; 与此同时, 由于知识溢出效应的存在, 绿色环保的生产技术得以在邻近城市间快速流动, 使得邻近城市搭上环境质量改善的“便车”。另一方面, 相邻城市间存在的相互学习行为是这种空间溢出效应的另一个主要原因。由于环境保护绩效被纳入地方政府官员政绩考核体系, 地方官员出于晋升激励将提高所在城市的正式环境规制水平, 而邻近城市的“竞争者”不得不采取相同的环境治理策略, 以避免在晋升中处于劣势地位, 这使得一个城市正式环境规制水平的提升间接带动了邻近城市正式环境规制水平的增强, 在降低本城市环境污染水平的同时, 改善了邻近城市的环境质量。间接效应分解结果验证了这种猜想, 即一个城市的正式环境规制强度的提升会同向增强邻近城市的正式环境规制水平, 进而缓解邻近城市的环境污染。

(3) 非正式环境规制对环境污染的影响。各模型中非正式环境规制 ($\ln ier$) 的系数同样显著为负, 说明城市居民环保意识的增强有助于降低城市环境污染。不同于正式环境规制的作用机理, 非正式环境规制更多是通过网络媒体的报道、曝光和民众对环境问题的持续关注, 提高地方政府环境保护执法力度和效率, 间接参与环境治理过程, 从而改善环境质量。

$W \times \ln ier$ 的系数为 -0.294, 在 1% 水平下显著, 说明非正式环境规制同样具有较强的空间溢出效应。一方面, 随着网络和新

媒体行业的快速发展，信息流通速度加快、获取成本降低，使得城市居民能够更多地参与环境治理问题；同时，网络化时代打破了各个城市地理上分割的局面，邻近城市若发生较为重大的环保舆论，则其周围的城市也会通过自身排查，加大环境污染执法力度，以规避陷入舆论负面报道的局面，从而“各扫门前雪”式的环境治理模式在网络媒体快速发展的今天成为过去式。另一方面，随着经济发展水平的提升，无论是大城市还是小城市，城市居民对良好生活环境的诉求日益强烈，而邻近城市在经济发展水平、产业结构和资源禀赋方面可能较为相近，导致相邻城市间的非正式环境规制水平相互影响，间接降低邻近城市的环境污染水平。间接效应分解表明，一个城市非正式环境规制水平的提升可以同方向影响邻近城市的非正式环境规制水平，从而间接缓解邻近城市的环境污染问题，验证了上文的分析。

(4) 控制变量的影响。控制变量的影响有以下方面：(1) 人均 GDP 的直接效应系数不显著，但其间接效应和总效应系数为负且在 1% 水平下显著，说明经济发展水平的提高并不会带来环境污染的加剧，相反经济水平的提高反而可以降低环境污染；(2) 外商直接投资的系数显著为负，说明其并不会加剧环境污染，相反能够有效缓解当地及邻近城市的环境污染；(3) 人口密度的回归系数均为正，且均通过 1% 显著性水平检验，说明人口密度增大会显著加剧城市环境污染水平，因此在加快城镇化速度的同时合理控制人口密度，有助于缓解环境污染；(4) 第二产业占比的系数均显著为正，说明第二产业占比的提高会加剧环境污染，城市产业结构转型升级有助于构建更加绿色、宜居的城市环境；(5) 降雨量的系数显著为负，可能是降雨能够降解空气中的部分污染物气溶胶颗粒，从而减少城市环境污染；(6) 人均城市道路面积的直接效应系数显著为负，说明本地交通状况的改善有利于城市环境质量的提升。

(四) 动态空间计量估计和结果分析

环境政策工具作用的发挥往往需要一定的时间，异质性环境规制工具缓解环境污染的效果可能随时间发生变化，为考察异质性环境规制对环境污染的长短期效应，弥补静态空间计量方法的不足，同时出于对前文回归结果的稳健性检验，本文采用 QML 方法进行参数估计 (Lee and Yu, 2015)^[21]，以分析各变量在长期和短期是如何影响各城市的环境污染水平的。

由估计结果可知，各变量的系数符号、显著性水平与静态面板回归估计结果相近，说明结果较为稳健。正式环境规制的短期总效应系数和长期效应系数分别为 -0.236、-0.472，均在 5% 的水平下显著，表明无论是短期效应还是长期效应，正式环境规制强度的提升均有利于降低城市环境污染水平，提升环境质量，而且长期效应明显优于短期效应。可能的原因是：一方面，短期内企业很难调整其生产工艺以适应更加严格的环境规制，但长期来看，企业拥有足够的时间来调整生产工艺，减少污染排放，或者企业改变策略，投资更加清洁的环境友好型产业，甚至直接退出高污染排放生产领域，从而提高城市环境质量；另一方面，随着时间的推移，正式环境规制对环境污染的影响存在循环累积效应，即正式环境规制对环境污染的治理效果并不是一蹴而就的，更多的是每一期效果的循环累积，从而使得其长期效应明显优于短期效应。非正式环境规制的短期总效应系数和长期总效应系数分别为 -0.240、-0.483，均通过 5% 的显著性水平检验，表明非正式环境规制的长短期效应均能降低城市环境污染水平，其中长期效应同样优于短期效应。

进一步分析异质性环境规制的直接效应和间接效应，可以发现，正式环境规制的直接效应更加显著，而非正式环境规制的间接效应则较为显著。同时，不同于前文静态面板估计结果，动态空间面板估计中正式环境规制和非正式环境规制间系数差异有所减少，基本保持在同一个水平，说明非正式环境规制作为正式环境规制工具的有效补充，在治理环境污染中发挥了十分重要的作用，应当引起足够的重视。

由于动态空间面板估计结果中控制变量的系数与静态面板估计结果相近，大部分控制变量的长期效应明显优于短期效应，在此不再赘述。

(五) 绿色技术创新的中介效应检验及结果分析

进一步分析异质性环境规制对环境污染的作用机理,本文借鉴温忠麟等(2004)^[22]的中介效应检验方法,采用依次检验回归系数法来检验绿色技术创新在异质性环境规制与环境污染之间是否起到中介作用及其作用大小。利用分步检验的思路,在式(1)的基础上,首先考察未考虑中介变量的情况下异质性环境规制对环境污染的影响,用模型 M1 表示;其次,考察异质性环境规制对绿色技术创新的影响,用模型 M2 表示;最后,综合考察异质性环境规制、绿色技术创新和环境污染的关系,用模型 M3 表示。所有回归均采用时间和地区双重固定的 SDM 模型,同时控制其余控制变量。

可得,模型 M1 中,正式环境规制(lnfer)的系数为-0.404,在 1%的水平下显著,表明正式环境规制强度的提升有助于降低环境污染水平;模型 M2 中,正式环境规制(lnfer)的系数为 0.540,在 1%的水平下显著,说明正式环境规制对绿色技术创新水平的提升具有正向促进作用;进一步地,模型 M3 中正式环境规制(lnfer)、绿色技术创新(lntec)的系数均显著为负,表明绿色技术创新在正式环境规制与环境污染之间发挥了部分中介作用。非正式环境规制(lnier)的系数在模型 M1 和 M3 中均显著为负,即非正式环境规制同样能够实现缓解环境污染的效果,但在模型 M2 中,非正式环境规制(lnier)的系数未通过显著性检验,需进行 Sobel 检验,本文选用 Bootstrap 法进行 Sobel 检验,检测区间不包含零且通过显著性检验,表明中介效应同样成立。

经中介效应检验,H3、H4 均得到了验证。对于正式环境规制,绿色技术创新的中介效应的解释力度约为 0.284,解释力度较强;对于非正式环境规制而言,绿色技术创新的中介效应虽然也成立,但解释力度较小,仅为 0.049,非正式环境规制对环境污染的影响可能更多的是通过其他途径得以实现,例如通过舆论给予地方政府更多的环境保护压力,从而提升环保执法力度,提高环境保护政策的实施效率,间接地降低城市的环境污染水平。

五、结论与启示

本文以中国 2011—2018 年 285 个地级及以上城市面板数据为样本,采用静态和动态空间计量方法探讨了异质性环境规制对环境污染的影响,并进一步考察绿色技术创新在两者间是否发挥中介作用及作用程度的问题,主要研究结果如下:

(1) 正式环境规制、非正式环境均能有效缓解城市的环境污染问题,且以政府主导的正式环境规制的作用更强;同时,两者不仅能减少本地的环境污染,还能降低邻近城市的环境污染水平,即异质性环境规制对环境污染的改善作用存在比较明显的空间溢出效应。

(2) 动态空间计量分析表明,正式环境规制和非正式环境规制在短期和长期均能有效缓解环境污染问题,而且两者的长期效应均优于短期效应。

(3) 绿色技术创新在异质性环境规制降低城市环境污染的过程中发挥了部分中介效应,其中对于正式环境规制,绿色技术创新的中介效应更明显,表明正式环境规制能够通过促进进行绿色技术创新,提高节能减排能力,从而缓解环境污染;对非正式环境规制而言,绿色技术创新的中介效应解释力度较小,说明非正式环境规制更多地可能通过舆论报道和环保举报等方式给地方政府施加环境保护压力,提高地方政府环境执法效率,加大执法力度,间接地实现缓解环境污染的效果。

本文的结论具有明显的政策启示。首先,在制定环境法规和排放标准时应当考虑环境污染的空间自相关问题和“以邻为睦”现象,实行环境污染治理联防联控策略,充分发挥异质性环境规制工具的空间溢出作用,避免陷入“单打独斗”的散兵治理模式;其次,适当提高环境规制的强度,有助于降低城市的环境污染;再次,采取多元化的环境治理策略,在重视以政府为主导的正式环境规制的同时,积极发挥以民众为主体的非正式环境规制工具在治理环境污染中不可忽视的作用,完善环保举报和信访制度,鼓励民众参与环境污染问题的治理;最后,由于异质性环境规制的长期效应显著优于短期效应,因此在环境污染治理政策的制定和执行上应当确保一定的延续性,坚定不移地落实环境保护政策,以保证环境规制工具能够充分发挥其作用。

参考文献:

- [1]刘满凤, 谢晗进. 中国省域经济集聚性与污染集聚性趋同研究[J]. 经济地理, 2014, 34(4):25-32.
- [2]PORTER M E, CLAAS V D L. Toward a New Conception of the Environment-competitiveness Relationship[J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4):97-118.
- [3]邓玉萍, 许和连. 外商直接投资、集聚外部性与环境污染[J]. 统计研究, 2016, 33(9):47-54.
- [4]惠伟, 赵国庆. 环境规制与污染避难所效应——基于中国省际数据的面板门槛回归分析[J]. 经济理论与经济管理, 2017(2):23-33.
- [5]SINN H. Public Policies Against Global Warming:A Supply Side Approach[J]. International Tax and Public Finance, 2008, 15(4):360-394.
- [6]LI H, ZHANG J X, WANG C, et al. An Evaluation of the Impact of Environmental Regulation on the Efficiency of Technology Innovation Using the Combined DEA Model:A Case Study of Xi' an, China[J]. Sustainable Cities and Society, 2018, 42:355-369.
- [7]包群, 邵敏, 杨大利. 环境管制抑制了污染排放吗?[J]. 经济研究, 2013, 48(12):42-54.
- [8]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.
- [9]游达明, 张杨, 袁宝龙. 官员晋升锦标赛体制下环境规制、央地分权对环境污染的影响研究[J]. 中南大学学报(社会科学版), 2018, 24(3):66-77.
- [10]苏昕, 周升师. 双重环境规制、政府补助对企业创新产出的影响及调节[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(3):31-39.
- [11]KEMP R, PONTOGLIO S. The Innovation Effects of Environmental Policy Instruments[J]. Ecological Economics, 2011, 72:28-36.
- [12]KNELLER R, MANDERSON E. Environmental Regulations and Innovation Activity in UK Manufacturing Industries[J]. Resource & Energy Economics, 2012, 34(2):211-235.
- [13]沈能, 刘凤朝. 高强度的环境规制真能促进技术创新吗?——基于“波特假说”的再检验[J]. 中国软科学, 2012(4):49-59.
- [14]臧传琴, 张菡. 环境规制技术创新效应的空间差异——基于 2000—2013 年中国面板数据的实证分析[J]. 宏观经济研究, 2015(11):72-83, 141.
- [15]宋马林, 王舒鸿. 环境规制、技术进步与经济增长[J]. 经济研究, 2013, 48(3):122-134.

-
- [16] 李玲, 陶锋. 中国制造业最优环境规制强度的选择——基于绿色全要素生产率的视角[J]. 中国工业经济, 2012(5): 70-82.
- [17] 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.
- [18] 徐圆. 源于社会压力的非正式性环境规制是否约束了中国的工业污染?[J]. 财贸研究, 2014, 25(2): 7-15.
- [19] 叶琴, 曾刚, 戴劲勃, 等. 不同环境规制工具对中国节能减排技术创新的影响——基于 285 个地级市面板数据[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(2): 115-122.
- [20] VEGA S H, ELHORST J P. The S1x Model[J]. Journal of Regional Science, 2015, 55(3): 339-363.
- [21] LEE L H, YU J H. QML Estimation of Spatial Dynamic Panel Data Models with Time Varying Spatial Weights Matrices[J]. Spatial Economic Analysis, 2011(1): 31-74.
- [22] 温忠麟, 张雷, 侯杰泰, 等. 中介效应检验程序及其应用[J]. 心理学报, 2004(5): 614-620.