

雾霾治理、地方竞争与工业绿色转型

邓慧慧, 杨露鑫

[摘要] 经济发展与环境保护的权衡一直是摆在地方政府面前的一个重要而困难的问题,工业发展对环境的影响已为人所熟知,但是环境治理对工业发展的效果受到的关注相对不足。本文基于 2006—2016 年 30 个省份 $PM_{2.5}$ 浓度数据,采用工具变量法回归(IV-2SLS)和广义空间三阶段回归(GS3SLS)模型,对雾霾治理与工业发展之间的因果关系进行了识别。研究发现:①雾霾治理能够显著推动当地工业绿色转型,在考虑了一系列稳健性检验后结论仍然成立;②机制评估发现,工业产业结构改善和生产效率提升是雾霾治理推动工业绿色转型的重要途径;③引入地方政府行为和污染空间溢出效应后发现,地区间的模仿竞争总体上会严重削弱雾霾治理激励工业绿色转型的效果,且地方政府在执行雾霾治理政策时呈现出东部地区“模仿抑制”、中西部地区“模仿无效”的异质性策略互动特征;④进一步对各地雾霾治理边际成本的分析发现,地方政府的雾霾治理政策存在资源错配,这种错配抑制了雾霾治理对工业绿色转型发展的正向效应;除此之外,市场分割所导致的资源错配也是影响雾霾治理正向效应发挥的重要原因;而政府科学合理的政绩考核有助于强化雾霾治理的正向效果,但需要更加重视创新性指标,激励地方政府依靠科技创新来治理环境的积极性,推动工业绿色转型和经济高质量发展。

[关键词] 雾霾治理; 工业绿色转型; 地方竞争; 广义空间三阶段回归; 市场分割
[中图分类号]F424 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1006-480X(2019)10-0118-19

一、问题提出

改革开放 40 年来,中国经济在高速发展的同时,也付出了严重的环境代价,以大气污染为代表的环境问题已经严重影响经济社会的可持续发展和人民的美好生活。党的十九大报告第一次把绿色发展作为五大发展理念之一提升到国家发展战略的高度,环境因素在新的意义上被结合进经济发展进程中,脱离经济发展抓环境保护是“缘木求鱼”,离开环境保护搞经济发展是“竭泽而渔”。常保绿水青山,需要科学的经济发展方式,也需要合理的环境治理方式,让环境治理发挥绿色发展的导向作用,有效引导产业转型升级,走绿色发展之路。工业发展加剧大气污染的证据是明确的,但反过来对环境治理能否及如何促进工业绿色转型未有清晰的理论解释和规范的实证检验,难以为双赢发展路径提供有针对性的决策依据。基于此背景,本文在既有研究基础上做如下拓展:①识别雾

[收稿日期] 2019-05-06

[作者简介] 邓慧慧,对外经济贸易大学国家对外开放研究院、国际经济研究院副研究员,博士生导师,经济学博士;杨露鑫,对外经济贸易大学国际经济研究院博士研究生。通讯作者:邓慧慧,电子邮箱:denghuihui@126.com。作者感谢南京审计大学戴翔教授提供的数据支持和对外经济贸易大学刘灿雷博士的有益建议,感谢匿名评审专家和编辑部的宝贵意见,当然文责自负。

霾治理对工业绿色转型的影响;②讨论雾霾治理对工业绿色转型的作用机理;③考察地方政府行为的空间异质性和调节效应;④探索雾霾协同治理和工业绿色转型的路径。

关于雾霾治理的相关研究起步较晚(基本上在2013年以后)但备受关注,既有文献多以环境规制为视角切入,可以分为两大类:一类文献集中于考察影响雾霾污染的因素(Greenstone and Hanna, 2014; 马丽梅和张晓, 2014; 魏巍贤和马喜立, 2015; 陈诗一和陈登科, 2016; Hanlon, 2016; 邵帅等, 2016; 邵帅等, 2019), 研究发现第二产业畸高的产业结构、以煤为主的能源结构、人口的快速集聚及公路交通运输强度大等是导致中国雾霾污染频发的主要原因。随着政策分析工具的发展, 另一类文献则重点研究环境治理政策对产出的影响, 且更偏重于考察环境政策对企业的影响。例如, Jefferson et al. (2013)、Hering and Poncet (2014)、韩超和桑瑞聪 (2018)、盛丹和张国峰 (2019) 分别研究了“两控区”政策(SO_2 和酸雨控制政策)对产业效率、出口贸易以及对企业生产效率的影响。也有学者重点关注环境规制对GDP、人均GDP等经济增长变量的影响, 分析表明适当的环境规制将提高绿色全要素生产率(张成等, 2011; 沈能, 2012; 沈坤荣等, 2017), 从而促进经济高质量发展(史贝贝等, 2017; 陈诗一和陈登科, 2018; 宋弘等, 2019)。但也有研究发现环境规制对经济的正面效果不能得到验证, 原因可能是由于地方政府的环境治理政策往往在“源头控制”与“末端治理”之间摇摆不定, 比如石庆玲等 (2016) 发现“两会”期间的雾霾治理力度非常大, 不论企业是否环保达标, 一律实行错峰停产, 从而营造出暂时的“政治性蓝天”, 过后又会出现报复性雾霾, 难以有效发挥减霾的正效应。

已有文献提供了丰富和深刻洞见, 但总的来说, 现有文献还未触及以下问题: 雾霾治理能否促进工业绿色转型? 什么样的雾霾治理政策能够促进工业绿色转型? 如何更好发挥雾霾治理对工业绿色转型的效应? 开展相关量化评估存在两个难点: 一是对于工业绿色转型的有效度量; 二是对于因果效应的合理识别。本文的边际贡献主要体现在以下三个方面: ①识别了雾霾治理对工业绿色转型的倒逼效应, 并且进一步从“源头控制”和“末端治理”两个层面评估了作用机制, 为深刻认识和平衡雾霾治理与工业绿色转型进程提供了新的经验证据; ②将环境规制对雾霾污染的治理效果从其多维目标中剥离出来, 采用基于工具变量的两阶段最小二乘法回归(2SLS)和广义空间三阶段回归(GS3SLS)模型, 既缓解了反向因果的内生性问题, 也同时考虑了环境规制的手段和效果, 深化了对环境规制问题的研究; ③首次将雾霾治理、地方政府行为模式和工业绿色转型三者联系起来, 从雾霾治理策略性互动和区域市场分割两个视角全面考察了地方政府竞争行为的影响。本文还特别关注了政绩考核指标体系的变化, 并讨论了这种变化对雾霾治理推动工业绿色转型效果及路径的影响, 为政府部门通过合理设定政绩考核指标来推动环境治理, 建立有利于工业绿色转型和经济高质量发展的科学的激励机制提供了明确的基础依据。

本文余下结构安排如下: 第二部分通过一个简单的理论模型阐述雾霾治理的结构效应和技术效应, 提出待检验的假说; 第三部分介绍实证模型、数据及识别策略; 第四部分是实证分析、稳健性检验和拓展性分析; 第五部分是引入地方政府竞争行为的进一步讨论; 最后是结论及政策启示。

二、理论分析与假说

1. 雾霾治理对工业绿色转型的影响

本文借鉴 Copeland and Taylor (1994), 构建一个两部门的生产模型, 将环境治理纳入生产函数, 推演得出以结构优化(工业产业结构改善)和技术创新(生产效率提升)为基本路径的分析框架, 并结合地方政府行为引出雾霾治理影响工业绿色转型的研究假设^①。

^① 理论模型部分的详细推导过程请参见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejjournal.org>)附件。

假设一个国家有 A、B 两个生产部门, 分别生产产品 a 和 b , 其中, a 为非清洁产品, 在其生产过程中将排放 e 单位的污染物, b 为清洁产品。将 b 产品的价格定为 1, a 产品的价格为 p 。在两种产品的生产过程中均投入资本(K)和劳动力(L)两种要素。则产品 a 、 b 的 C-D 生产函数为:

$$F_a(K_a, L_a) = K_a^\alpha L_a^\beta, \text{ s.t. } \alpha + \beta = 1 \quad (1)$$

$$F_b(K_b, L_b) = K_b^\gamma L_b^\delta, \text{ s.t. } \gamma + \delta = 1 \quad (2)$$

在没有进行任何雾霾治理时, 污染物的排放与产品 a 的产量是固定比例的, 要减少污染物排放需要将一固定比例(θ)的另一要素投入引入到方程(1)中, 构成产品 a 的联立生产函数方程如下:

$$a(K_a, L_a) = F((1-\theta)K_a, (1-\theta)L_a) = (1-\theta)K_a^\alpha L_a^\beta \quad (3)$$

$$e = \varphi(\theta) K_a^\alpha L_a^\beta \quad (4)$$

其中, $\varphi(\theta)$ 为雾霾治理效果, 随着治理强度 θ 的增强, 污染物排放量 e 逐渐减少, 为方便起见, 令 $\varphi(\theta) = (1-\theta)^{1/\sigma}$, $\sigma \in (0, 1)$ 。根据实现产品 b 成本的最小化条件, 通过构建拉格朗日方程得到产品 b 的总成本函数为:

$$c^b(r, w) = \left(\frac{\gamma w}{\delta} - w\right) \left(\frac{\delta r}{\gamma w}\right)^\gamma F_b(K_b, L_b), \gamma + \delta = 1 \quad (5)$$

其中, r 、 w 分别为资本和劳动力的要素价格。因此, 生产产品 b 的边际成本为:

$$mc^b(r, w) = \frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma} r^\gamma w^\delta \quad (6)$$

同理, 在没有进行雾霾治理的情况下, 生产产品 a 的边际成本为:

$$mc^{Fa}(r, w) = \frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha} r^\alpha w^\beta \quad (7)$$

假设政府对每单位污染排放物征收 τ 单位的排污费, 通过构建拉格朗日方程得到的一阶条件, 可以计算得到 A 部门单位产出的污染物排放为:

$$\lambda = \frac{e}{a} = \frac{\sigma p}{\tau} \quad (8)$$

A、B 两部门的利润函数分别为:

$$\pi^a = pa - rK_a - wL_a - \tau e \quad (9)$$

$$\pi^b = b - rK_b - wL_b \quad (10)$$

将排污费与产品定价相联系, 并将方程(3)、(8)代入方程(9)可得:

$$\pi^a = p(1-\sigma)(1-\theta)F_a(K_a, L_a) - rK_a - wL_a \quad (11)$$

令 $p^{Fa} = p(1-\sigma)(1-\theta)$, 在完全竞争市场上, 企业利润最大化的条件为边际成本等于产品价格, 即 $mc^{Fa}(r, w) = p^{Fa}$ 、 $mc^b(r, w) = 1$ 。将企业利润最大化条件代入方程(6)、(7), 解得要素价格分别为:

$$r = \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{\gamma-1}{\alpha-\gamma}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}} (p^{Fa})^{\frac{1-\gamma}{\alpha-\gamma}} \quad (12)$$

$$w = \left(\frac{\beta^{-\beta}}{\alpha^\alpha}\right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-\alpha}} \left(\frac{\delta^{-\delta}}{\gamma^\gamma}\right)^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha}} (p^{Fa})^{\frac{\gamma}{\gamma-\alpha}} \quad (13)$$

根据 Shepherd 引理, 由 A、B 两部门单位产出对资本劳动力两种要素的需求, 得到这个国家两种要素总的禀赋为:

$$\bar{K}=K_a F_a+K_b F_b \quad (14)$$

$$\bar{L}=L_a F_a+L_b F_b \quad (15)$$

将方程(1)、(2)、(12)、(13)代入方程(14)、(15)可得 A、B 两部门的均衡产出为:

$$a(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L}) = \frac{\alpha \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-\alpha}} \left(\frac{\delta}{\gamma} \right)^{\frac{-\alpha}{\gamma-\alpha}} (p^{F_a})^{\frac{\gamma}{\gamma-\alpha}} \bar{L} - (1-\alpha) \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{\frac{\gamma-1}{\alpha-\gamma}} \left(\frac{\delta}{\gamma} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}} (p^{F_a})^{\frac{1-\gamma}{\alpha-\gamma}} \bar{K}}{\alpha-\gamma} \quad (16)$$

$$b(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L}) = \frac{(1-\gamma) \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{\frac{\gamma-1}{\alpha-\gamma}} \left(\frac{\delta}{\gamma} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}} (p^{F_a})^{\frac{1-\gamma}{\alpha-\gamma}} \bar{K} - \gamma \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-\alpha}} \left(\frac{\delta}{\gamma} \right)^{\frac{-\alpha}{\gamma-\alpha}} (p^{F_a})^{\frac{\gamma}{\gamma-\alpha}} \bar{L}}{p(1-\sigma)(\alpha-\gamma)} \quad (17)$$

令 $S = \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{\frac{-\gamma}{\gamma-\alpha}} \left(\frac{\delta}{\gamma} \right)^{\frac{-\alpha}{\gamma-\alpha}}$ 、 $Q = \left(\frac{\beta}{\alpha} \right)^{\frac{\gamma-1}{\alpha-\gamma}} \left(\frac{\delta}{\gamma} \right)^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}}$, 将方程(16)、(17)分别对排污费 τ 求导来观察雾霾治理对两种产品均衡产出的影响:

$$\frac{\partial a(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial \tau} = \frac{\partial a(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial p^{F_a}} \frac{\partial p^{F_a}}{\partial \tau} = \frac{(1-\gamma)^2 Q (p^{F_a})^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}} \bar{K} + \gamma^2 S (p^{F_a})^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha}} \bar{L}}{p(1-\sigma)(\alpha-\gamma)^2} \frac{\partial p^{F_a}}{\partial \tau} < 0 \quad (18)$$

$$\frac{\partial b(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial \tau} = \frac{\partial b(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial p^{F_a}} \frac{\partial p^{F_a}}{\partial \tau} = -\frac{\alpha \gamma S (p^{F_a})^{\frac{\alpha}{\gamma-\alpha}} \bar{L} + (1-\alpha)(1-\gamma) Q (p^{F_a})^{\frac{1-\alpha}{\alpha-\gamma}} \bar{K}}{(r-\alpha)^2} \frac{\partial p^{F_a}}{\partial \tau} > 0 \quad (19)$$

由于 $\alpha, \beta, \gamma, \delta, \sigma, \theta \in (0, 1)$ 、 $p^{F_a} = (p - \tau e)(1 - \theta)$, 因此, 当雾霾治理强度较高时, 即 τ 越大时, 非清洁产品 a 的产量会减少, 反之, 清洁产品 b 的产量会上升, 即工业产业结构不断改善, 这是符合经验事实的, 由于雾霾污染与各地区工业产业结构高度相关, 非清洁产业比重较高所导致的污染排放增多是雾霾产生的重要原因之一(陈诗一和陈登科, 2016)。依据“遵循成本说”, 雾霾治理强度增加会压缩该类产业的利润空间、增强工业产业结构“绿色化”的内在激励, 从而引导工业产业结构升级。生产效率的指标测度公式为:

$$TE = \frac{\sum w_i y_i}{\sum u_r x_r} \quad (20)$$

其中, y_i, x_r 分别为第 i 种产出与第 r 种投入, w_i, u_r 分别为产出与投入相应的权重, 分子部分的总产出为 a, b 两种产品产量之和, 记为 $Y(p, \tau, \bar{K}, \bar{L})$, 分母部分的总投入包括资本($\bar{K}$)和劳动力($\bar{L}$), 则方程(20)可以改写为:

$$TE = \frac{Y(p, \tau, \bar{K}, \bar{L})}{u_1 \bar{K} + u_2 \bar{L}} = \frac{a(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L}) + b(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L})}{u_1 \bar{K} + u_2 \bar{L}} \quad (21)$$

其中, $\frac{\partial a(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial \tau} < 0$, $\frac{\partial b(p^{F_a}, \bar{K}, \bar{L})}{\partial \tau} > 0$ 。可知, 雾霾治理主要表现出“结构”和“技术”两种效应, 其中, 技术水平提升一方面表现为生产效率提升带来的单位能耗下产出的增加, 这也表明污染排放的相对减少; 另一方面环保技术水平的提升表现为能源使用效率和可持续发展能力的提高。工业产业结构的优化则表现为工业的环境影响降低和污染排放减少, 而工业绿色转型的核心内涵包括环境影响降低、资源利用率、污染排放减少、可持续发展等指标的改善。基于此, 本文提出:

假说 1:雾霾治理有助推动当地工业绿色转型进程。

假说 2:雾霾治理主要通过改善工业产业结构和提高生产效率等途径助力工业绿色转型。

2. 地方竞争对雾霾治理效果的影响

雾霾之于工业社会,正如水患之于农业社会,都是一种根本性、全局性的问题,需要的是整体性治理。但在财政分权和政绩考核体制的双重作用下,地方政府的环境治理政策往往具有相互竞争的策略性特征。有研究发现地方政府的环境规制行为呈现“逐底竞赛”的特征(李永友和沈坤荣,2008;李胜兰等,2014;张华,2016);也有观点认为地方政府为了吸引偏好优质环境的流动性要素,事实上具有改善环境的激励,也更可能形成环境规制的“竞争向上”(张征宇和朱平芳,2010);金刚和沈坤荣(2018)识别了地方政府环境规制执行互动的异质性对城市生产率增长的差异性影响,发现“竞争向上”或“逐底竞赛”的特征同时存在,并会对资源配置效率产生不同影响。

传统比较优势理论认为,区域一体化能够促使每个地区按照自身的比较优势进行专业化分工,从而推动资源在区域内的优化配置。但由于地方官员“晋升锦标赛”(周黎安,2004; Bai et al., 2008)、提高区域分工地位等动因,可能使该地区的环保问题被忽略。同时,为了争夺资源完成晋升指标,致使“以邻为壑”的地区性市场分割长期存在(陆铭等,2006;付强和乔岳,2011)。具体到雾霾治理上,则表现出地方政府在制定治理政策时的策略互动以及为争夺资源而采取“以邻为壑”的地方保护行为,助长雾霾治理“非完全执行”行为(李胜兰等,2014;张华,2016;邵帅等,2016;金刚和沈坤荣,2018),而地方市场分割的存在进一步通过挤占环保投入、弱化环保标准限制雾霾治理效应的发挥。此外,在地方市场分割的保护下,市场机制在一定程度上失灵,落后产能得以维持,地区间也难以发挥比较优势和协同作用,由此导致的资源错配和扭曲会加剧当地的雾霾污染(宋马林和金培振,2016;韩超等,2017),资源配置效率的低下也进一步成为当地实现工业绿色转型发展的桎梏。

既有研究指出传统粗放的经济增长方式是导致环境污染的根源,以经济增长为政绩考核“指挥棒”的背景下,地方政府往往注重短期经济增长、忽视大气污染治理,从而放松治理强度,且容易强化“逐底竞争”的负面影响(黄寿峰,2017)。2014年,国务院办公厅印发《大气污染防治行动计划实施情况考核办法》,标志着中国最严格大气环境管理责任与考核制度正式确立。在考核指标设置上,考核办法首次提出空气质量改善目标完成情况考核指标,并在终期考核上实施质量改善绩效“一票否决”制度,表明了国家在治理和改善环境的决心和努力。这有助于缓解雾霾污染溢出所引发的“搭便车”现象,还可能促进地方政府间形成环境治理的“竞争向上”博弈。基于此,本文提出:

假说 3:地方政府竞争会抑制雾霾治理助推工业绿色转型的效果,起到负向调节作用。

假说 4:地方市场分割会抑制雾霾治理助推工业绿色转型的效果,起到负向调节作用。

假说 5:环境绩效考核会强化雾霾治理助推工业绿色转型的效果,起到正向调节作用。

本文的逻辑框架如图 1 所示。

三、计量模型及变量说明

1. 识别策略

本文借鉴陈诗一和陈登科(2018)、王勇等(2019)的方法,构建一个基于工具变量的最小二乘回归模型(IV-2SLS)以缓解反向因果的内生性问题,在一阶段工具变量回归中将环境规制对雾霾污染的治理效果从其多维目标中剥离出来,在二阶段工具变量回归中将第一阶段回归得到的环境治理效果作为核心解释变量,分析其对工业绿色转型的影响。具体模型如下:

$$PM_{it} = \alpha + \beta FREQ_{it} + \theta \sum X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (22)$$

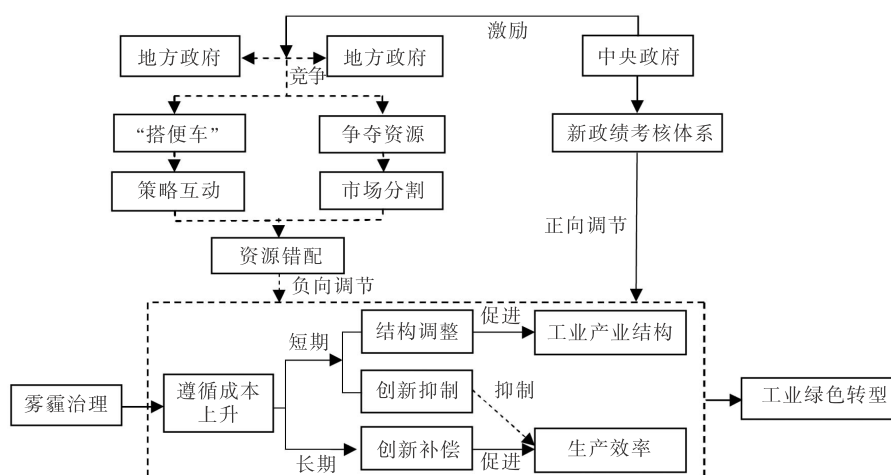


图 1 雾霾治理影响工业绿色转型的分析框架

$$UPGRADE_{it} = \alpha + \omega PM_{it} + \theta \sum X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (23)$$

其中, PM_{it} 为 i 地区 t 时期的雾霾污染情况; $FREQU_{it}$ 、 $UPGRADE_{it}$ 分别衡量该地区当期环境治理政策和工业绿色转型发展程度。 X_{it} 代表一系列地区特征且可能对当地工业绿色转型产生影响的控制变量, 主要包括物流发展水平 ($LOGIS$)、电信发展水平 ($COMMU$)、地区研发水平 (RD)、对外开放度 (FDI)、政府支出水平 (GOV) 和产业结构 (AIS)。 ε_{it} 为随机扰动项。

2. 变量说明

(1) 工业绿色转型 ($UPGRADE_{it}$)。如何精准衡量工业绿色转型是本文分析的起点。现有文献多数采用数据包络分析法 (DEA) 构建绿色全要素生产率来衡量工业绿色转型的发展程度, 但是, 按照工业绿色转型发展的内涵, 工业绿色转型不仅要体现生产效率提升, 还应体现环境影响降低、资源利用率、污染排放减少、可持续发展等指标的改善 (中国社会科学院工业经济研究所课题组, 2011)。因此, 为了全面把握绿色转型的内涵, 本文以工业和信息化部 2016 年发布的《工业绿色发展规划 (2016—2020)》中关于“十三五”时期工业绿色发展主要指标为依据, 构建包括能源资源集约利用、污染程度减少、产业结构升级、生产率提升、可持续发展五个维度的指标体系, 基于熵值法综合评价工业绿色转型的发展质量^①。

根据上述计算方法, 本文对中国 30 个内陆省份 (除西藏) 2006—2016 年的工业绿色转型指标进行测算, 并按照各省份 2006—2016 年工业绿色转型指标的年度均值由低到高进行了排名^②。总体来看, 经济越发达的地区工业绿色转型的得分越高。同时, 本文也将该排名与各省份 $PM_{2.5}$ 浓度和六大高耗能行业占比情况的排名做了对比, 从中发现, 经济发达地区的高耗能行业占比较低, 但污染较为严重, 说明该地区的雾霾污染极有可能来自周边省份的空间溢出。而工业绿色转型评价较低的地区多为西部省份, 这些地区高耗能行业占比较高, 但雾霾污染浓度较低, 原因可能是由于工业在总产值中的比重较小, 值得注意的是, 尽管这些地区现阶段雾霾污染程度较低, 但由于资金、劳动力等要素资源的缺乏以及较低的技术水平导致该地区的工业绿色转型进程较为缓慢, 因此增加了未

① 工业绿色转型指标体系及熵值法的具体计算步骤请参见《中国工业经济》网站 (<http://www.ciejjournal.org>) 附件。

② 排序的结果请参见《中国工业经济》网站 (<http://www.ciejjournal.org>) 附件。

来雾霾污染的风险。

(2)环境治理($FREQU_{it}$)。在现有文献中关于环境治理的衡量没有统一标准,使用最多的指标主要有三类:①以单位产出污染排放量衡量(沈能,2012;赵霄伟,2014);②按照行政管制、监管、经济规制等不同规制类型构建环境规制的指标体系(彭星和李斌,2016);③用单位产出污染运行费用、投资费用衡量(董敏杰等,2011;余东华和孙婷,2017)。考虑到本文的研究主题,上述环境规制指标跟工业绿色转型发展相关性较强,存在明显的内生性问题;另外,由于环境治理有行政命令、经济约束等多种形式,上述三类指标可能难以体现全面的政府治理政策。因此,本文借鉴 Chen et al.(2016)、陈诗一和陈登科(2018)的方法,采用地方政府工作报告中与“环保”一词相关词汇出现的词频占报告全文字数的比重作为环境治理的代理变量^①,一方面能够反映政府进行环境治理的力度,另一方面也能缓解内生性问题,因为地方政府工作报告一般发生在年初,而经济活动则贯穿于一年的始终(陈诗一和陈登科,2018)。本文绘制了与“环保”相关词汇出现频率比重的核密度图,可以发现词频比重逐年增加,说明地方政府对治理雾霾等污染的政策决心和关注度在不断增强。

(3)雾霾污染(PM_{it})。区别于大多数文献中使用“工业三废”等指标衡量雾霾污染,本文采用细颗粒物 $PM_{2.5}$ 的浓度作为衡量雾霾污染的重要指标,以更准确、更客观地衡量一个地区的环境状况,尤其是大气环境污染情形。本文根据哥伦比亚大学国际地球科学信息网络中心(CIESIN)所属的社会经济数据和应用中心(SEDAC)发布的 2006—2016 年分年度世界 $PM_{2.5}$ 密度图,在 ArcGIS 中按照中国地图进行掩膜处理,计算出中国省级 $PM_{2.5}$ 浓度的年度均值数据。本文在使用的过程中将原始数据进行取对数处理。

(4)控制变量。物流发展水平($LOGIS$)用人均货物周转量表示;电信发展水平($COMMU$)用长途光缆里程取对数表示;地区研发水平(RD)用单位研发投入技术市场成交额表示;对外开放度(FDI)用实际利用外资总额占地区 GDP 比重表示;政府支出水平(GOV)用政府一般公共预算支出占地区 GDP 比重表示;产业结构(AIS)用工业增加值占地区 GDP 比重表示。

本文以 2006—2016 年 30 个省份的面板数据为研究对象(由于西藏数据缺失严重,故将其从样本中剔除),除 $PM_{2.5}$ 以外的相关数据均来自历年《中国统计年鉴》《中国环境统计年鉴》《中国劳动力统计年鉴》《中国科技统计年鉴》以及各省份统计年鉴和中国宏观统计数据库^②。

四、实证结果及分析

1. 基准回归结果

本文采用固定效应模型估计雾霾治理对工业绿色转型发展的影响。表 1 中模型(1)、(2)汇报了基准回归结果。其中,环境治理($FREQU_{it}$)和雾霾污染(PM_{it})的估计系数均显著为负,说明从总体上看雾霾治理能够显著促进当地的工业绿色转型,这一结果验证了假说 1。本文借鉴 Chen et al.(2016)、陈诗一和陈登科(2018)的方法,选择了外生性较强的环境治理指标($FREQU_{it}$)作为工具变量将环境治理、雾霾污染和工业绿色转型放在 2SLS 框架下进行检验后发现,Anderson-Rubin Wald 检验的卡方值为 15.24 且在 1%的水平下显著,Cragg-Donald Wald F 统计量为 16.38,说明内生变量与工具变量之间高度相关,不存在弱工具变量。进一步地,本文将环境治理($FREQU_{it}$)和雾霾污染

① 本文使用的与环境相关词汇具体包括:环境保护、环保、污染、能耗、减排、排污、生态、绿色、低碳、空气、化学需氧量、二氧化硫、二氧化碳、 PM_{10} 以及 $PM_{2.5}$ 等。

② 变量的描述性统计请参见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

(PM_{it})放在同一模型中(即将工具变量作为控制变量加入模型)进行 OLS 回归,根据表 1 中模型(3)的结果,发现环境治理指标($FREQU_{it}$)的系数不再显著,说明基准模型中雾霾治理的传导途径不存在反向因果关系。

表 1 基准回归结果

变量	(1)		(2)		(3)
	$UPGRADE$	$PM_{2.5}$	$UPGRADE$	$PM_{2.5}$	$PM_{2.5}-UPGRADE$
$PM_{2.5}$	-0.0207** (-2.26)		-0.0072** (-2.23)		-0.0026*** (-4.88)
$FREQU$		-16.4216** (-2.20)		-25.6176*** (-3.10)	0.1179 (1.47)
控制变量	是	是	是	是	是
时间固定效应	否	否	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是	是
N	330	330	330	330	330
R ²	0.562	0.970	0.916	0.977	0.934

注:*, **, *** 分别表示双尾检验中 10%、5%、1%的水平下显著,括号内为 t 统计量。限于篇幅,仅汇报关键变量的估计结果。以下各表同。

由于样本个体差异较大,在识别过程中很可能遗漏与解释变量相关的变量造成参数估计的不一致。本文将现有样本分别按照工业绿色转型和环境治理指标排序,从中发现,部分地区对环境治理的重视程度较低但工业绿色转型程度较高(例如上海和吉林),还有部分地区对环境治理的重视程度较高但工业绿色转型程度较低(例如山西、青海、江西、内蒙古、河北和贵州),即雾霾治理并不总是正向推动绿色转型。不过,在部分样本存在雾霾治理—工业绿色转型负向相关的情况下,针对整体样本的基准回归仍然发现,雾霾治理—工业绿色转型是正向相关,换句话说,如果排除样本选择偏误造成的遗漏变量问题,那么雾霾治理对工业绿色转型的正向推动作用会更强。说明这种潜在内生性问题会导致低估雾霾治理对工业绿色转型的促进作用,即基准回归中的估计结果是真实政策效应的一个下界,从而保证了基准结果的可信性^①。

2. 其他稳健性检验

本文采取多种方式对基准回归结果进行稳健性检验:①本文以 2011 年国家发展和改革委员会印发的《关于开展碳排放权交易试点工作的通知》作为外生政策冲击,先采用倾向得分匹配方法(PSM)对样本进行临近匹配,再用匹配后的样本进行双重差分(DID)估计以降低估计偏误^②。根据 PSM-DID 的回归结果可以发现,碳排放权交易试点政策确实能够降低试点省份的 $PM_{2.5}$ 浓度,并且这项雾霾治理政策也能够促进当地工业绿色转型。此外,根据碳排放权交易试点政策的反事实结果,发现无论将该政策提前 1 年还是 2 年,该政策与雾霾污染以及当地的工业绿色转型均不相关,说明基准回归结果可靠。②变化固定效应。本文在表 1 中模型(2)基础上分别控制时间趋势(t)以及时间趋势的平方项(t^2),发现两阶段回归模型结果中核心解释变量的系数仍显著为负,说明基准回归结果不受时间趋势的影响,结果依然稳健(如表 2 中模型(1)、(2)所示)。③剔除直辖市的影响。由于四个直辖市受中央政府直接管辖,行政地位特殊,为了排除行政因素对基准回归结果的干扰,本文将北京、上海、天津、重庆等四个直辖市从全样本中剔除后再回归,结果见表 2 中模型(3),发现基准回归

① 感谢匿名评审专家的宝贵建议。

② PSM-DID 的回归结果请参见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

结果依然稳健。④排除异常值的影响。为排除某一省份的特征值异常而导致的基准回归结果偏误,本文将全样本中每次剔除一个省份,重复表 1 中模型(2)的回归(共计 30 次),发现每次回归后的两阶段核心解释变量的估计系数均在表 1 中模型(2)估计系数的置信区间内(见图 2),说明基准回归结果不受异常值的影响,基准回归结果依然稳健。⑤本文通过构建 2SLS 模型、尽可能多地增加控制变量、根据在固定地区和时间效应的基础上估计出的残差值,再分别计算雾霾污染指标(PM_{it})、环境治理指标($FREQU_{it}$)与残差(e)的协方差为 0.000033 和 $-7.6e-16$,非常接近于 0,证明模型因遗漏变量产生的结果偏误被极大降低。

表 2 稳健性检验						
变量	(1)		(2)		(3)	
	UPGRADE	$PM_{2.5}$	UPGRADE	$PM_{2.5}$	UPGRADE	$PM_{2.5}$
$PM_{2.5}$	-0.0072** (-2.23)		-0.0072** (-2.23)		-0.0072* (-1.84)	
$FREQU$		-25.6176*** (-3.10)		-25.6176*** (-3.10)		-22.6027** (-2.55)
t	0.0002*** (3.36)	-0.0112*** (-2.71)	0.0008** (2.10)	0.0753*** (2.69)		
t^2			-0.0001 (-1.42)	-0.0072*** (-3.04)		
时间固定效应	是	是	是	是	是	是
省份固定效应	是	是	是	是	是	是
N	330	330	330	330	286	286
R ²	0.916	0.977	0.916	0.977	0.886	0.975

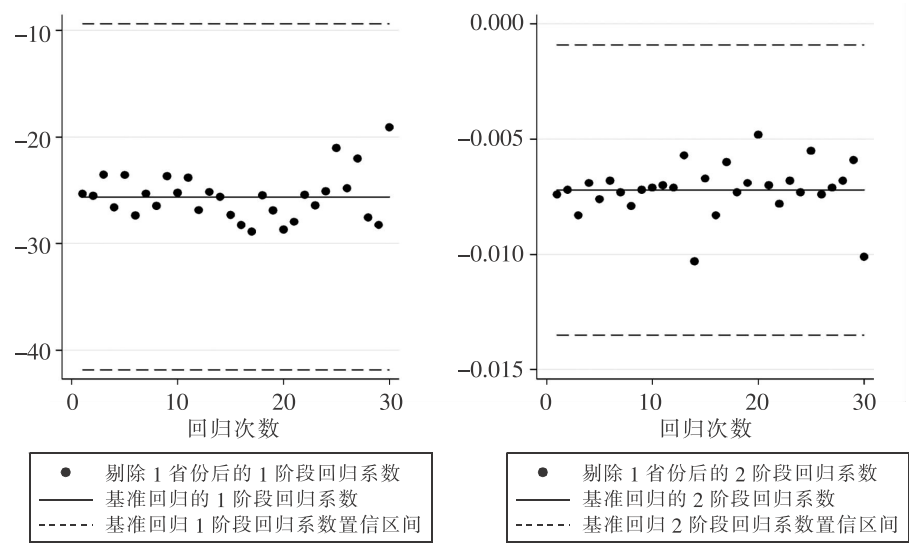


图 2 省份逐个剔除后的估计系数散点

3. 地区特征的门槛效应检验

基准回归的结果初步证实了雾霾治理能够有效推动当地的工业绿色转型,但中国不同地区间差异很大,不同地区特征下雾霾治理的影响是否存在较大差异?本文采用门槛回归模型,自动识别并确定门槛值,从而将样本按照不同地区特征划分成不同的组别,进一步对雾霾治理与工业绿色转型的关系进行异质性分析。这里分别以控制变量作为门槛变量,构建一阶段回归的单一门槛模型如下:

$$PM_{it} = \alpha + \beta_1 FREQU_{it} \times I(X \leq \gamma) + \beta_2 FREQU_{it} \times I(X > \gamma) + \theta \sum X_{it}^j + \varepsilon_{it} \quad (24)$$

其中, X 为门限变量, 包括基准模型中的控制变量; γ 为门限值, 当 $X \leq \gamma$ 时, 示性函数 $I(X \leq \gamma)$ 为 1, 否则为 0, 同理当 $X > \gamma$ 时, $I(X > \gamma)$ 为 1, 否则为 0。其余变量的解释均与基准模型相同, 并将方程(24)与方程(23)构成新的 2SLS 模型。表 3 汇报了两阶段的回归结果。

如表 3 所示, $FREQU_0$ 和 $FREQU_1$ 分别代表了第一阶段回归中, 相应控制变量小于等于门限值和大于门限值的两阶段回归, 这里将第一阶段雾霾污染(PM_{it})的预测值代入方程(23)进行第二阶段回归。从估计系数上看, 在物流、电信、研发、对外开放、政府支出水平较高以及工业增加值比重较低的地区, 雾霾治理对工业绿色转型升级的影响更为显著。根据计算, 发达地区雾霾治理的边际效应分别为 0.3076、0.3360、0.3024、0.1701、0.2667 和 0.3436($\omega \times \beta_1$ 或 $\omega \times \beta_2$), 雾霾治理强度的增加从某种程度上助力了经济发达地区在工业绿色转型上“超越”不发达地区。

表 3 地区特征的门限效应检验

第二阶段回归						
UPGRADE	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
$PM_{2.5}$	-0.0138*** (-5.40)	-0.0101*** (-3.35)	-0.0091*** (-3.79)	-0.0106*** (-4.70)	-0.0131*** (-4.96)	-0.0132*** (-4.64)
第一阶段回归						
$PM_{2.5}$	LOGIS	COMMU	RD	FDI	GOV	AIS
$FREQU_0$	-5.9259 (-0.67)	-13.6701* (-1.74)	-9.1274 (-1.06)	15.7521 (1.34)	0.3870 (0.03)	-26.0287*** (-3.07)
$FREQU_1$	-22.2911*** (-2.78)	-33.2717*** (-3.11)	-33.2341*** (-4.04)	-16.0436** (-2.07)	-20.3591*** (-2.63)	-7.6377 (-0.93)
γ	0.7547	10.5984	0.0137	0.1001	0.1567	0.3916
大于 γ 比重(%)	52.12	13.94	39.09	87.27	73.64	36.67

4. 机制检验

本文借鉴毛其淋(2019)的方法, 构建如下方程组与方程(22)构成新的三阶段最小二乘(3SLS)模型, 来验证雾霾治理的“结构效应”和“技术效应”:

$$M_{it} = \alpha + \omega PM_{2.5it} + \theta \sum X_{it}^j + \varepsilon_{it} \quad (25)$$

$$UPGRADE_{it} = \alpha + \rho M_{it} + \theta \sum X_{it}^j + \varepsilon_{it} \quad (26)$$

其中, M_{it} 分别代表工业产业结构(HP_INDUS_{it})和生产效率($CRSTE_{it}$)两个中介指标。工业产业结构(HP_INDUS_{it})用六大高耗能产业占工业增加值的比重表示; 生产效率($CRSTE_{it}$)以工业增加值为期望产出, 资本存量和就业人数为主要投入, 采用数据包络分析法(DEA)估计得出^①; 其余变量的解释均与基准 2SLS 模型相同, 相关数据均来自中国宏观经济数据库和中国能源数据库。表 4 汇报了检验结果。

如表 4 中模型(1)所示, 环境治理($FREQU_{it}$)、工业产业结构(HP_INDUS_{it})的估计系数均显著为负, 雾霾污染(PM_{it})的估计系数显著为正, 说明雾霾治理能够显著降低高耗能产业比重, 并推动了当地的工业绿色转型升级, 即显著发挥了雾霾治理的“结构”效应。如表 4 中模型(2)所示, 环境治理($FREQU_{it}$)和雾霾污染(PM_{it})的估计系数均显著为负, 技术进步($CRSTE_{it}$)的估计系数显著为正, 说明雾霾治理能够显著提升生产效率进而促进当地的工业绿色转型, 即显著发挥了雾霾治理的“技术”效应。这一结果验证了假说 2。

① 资本存量借鉴张军等(2004)的永续盘存法进行估算, 其中资本折旧为 9.6%。

表 4 机制检验结果

变量	(1)			(2)		
	UPGRADE	HP_INDUS	PM _{2.5}	UPGRADE	CRSTE	PM _{2.5}
HP_INDUS	-0.0374*** (-3.91)					
CRSTE				0.0393** (2.30)		
PM _{2.5}		0.5555** (1.99)			-0.5279* (-1.66)	
FREQU			-16.4216** (-2.20)			-16.4216** (-2.20)
N	330	330	330	330	330	330
R ²	0.854	0.810	0.970	0.577	0.807	0.971

五、地方竞争下的雾霾治理与工业绿色转型

本文围绕环境治理对工业绿色转型的绩效这个重要主题展开,从上文的分析中可以看到一条大致清晰的演化路径,即雾霾治理能够发挥结构改善和技术提升效应推动工业绿色转型。但另一方面,政府作为“有形之手”在这个过程中仍然发挥着巨大影响力。宋马林和金培振(2016)、张华(2016)、金刚和沈坤荣(2018)等研究都证实,财政分权引致地方政府竞争,刺激地区间环境规制的策略互动行为,而以市场分割为具体表现的地方政府竞争会限制要素的自由流动,加剧资源配置扭曲。从这些方面看,中国雾霾治理—工业绿色转型的平衡进程其实交织着深度且持续的政府干预,但在本质上均遵循了一个共同的逻辑基础:地方政府竞争所衍生出的环境治理策略互动和市场分割妨碍了产品和要素的自由流动,引致资源配置效率扭曲,制约工业绿色转型进程。本部分聚焦于地方政府竞争层面,力图揭示中国独特的政府行为模式对雾霾治理推动工业绿色转型效果的影响。

1. 雾霾治理的策略互动及资源错配

由于雾霾污染的负外部性和环境治理的正向溢出效应,地方政府进行雾霾治理的效果不仅取决于当地的环境治理政策,也会受到相邻地区环境治理政策的影响。考虑到工业绿色转型、雾霾污染之间存在空间上的相互影响,构建如下空间面板联立模型:

$$UPGRADE_{it} = \tau' \sum w_{ij} UPGRADE_{jt} + \delta' \sum w_{ij} PM_{it} + \theta \sum X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (27)$$

$$PM_{it} = \delta' \sum w_{ij} PM_{it} + \tau' \sum w_{ij} UPGRADE_{jt} + \tau UPGRADE_{it} + \beta FREQU_{it} + \theta \sum X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (28)$$

其中, w_{ij} 为空间权重矩阵,本文采用反距离权重矩阵来考察各变量的空间关联,空间权重矩阵 $w_{ij}=1/d_{ij}$, d_{ij} 为地区间的欧式距离,即地区间距离越大,相应的空间权重就越小。其余变量的解释均与基准2SLS模型相同。由于空间联立方程存在的“联立内生性”和“空间相关性”会影响估计结果的一致性,因此,本文借鉴Kelejian and Prucha(2004)提出的广义空间三阶段最小二乘法(GS3SLS),通过构建空间面板权重矩阵,对本文的面板数据进行估计。具体步骤为:第一步,考虑“联立内生性”问题,首先将所有解释变量及其空间滞后项作为工具变量,通过2SLS得到一致的估计系数,由于未考虑扰动项的空间自相关,估计结果并非是最有效率的,因此,计算得到残差 $\hat{u}$,并进行第二步估计;第二步,利用GMM方法,对上一步所得残差 $\hat{u}$ 进行空间自回归估计得到空间自回归系数 $\hat{\rho}$,并利用 $\hat{\rho}$ 对方程进行“空间Cochrane-Orcutt变换”,以消除扰动项的空间自相关,即将回归方程两边同时乘以 $(I-\hat{\rho}M)$,其中, I 为单位阵, M 为扰动项的空间权重矩阵;第三步,将经过“空间Cochrane-Orcutt变换”的方程重新进行2SLS估计,由此得到一致的、有效的估计系数。

在对空间面板联立模型进行 GS3SLS 估计之前, 本文使用同样在异方差情况下有效的 GS2SLS 方法对政府的环境治理政策($FREQU_{it}$)进行空间自回归估计, 并得到其空间自回归估计量 $\hat{v}$ 。若 $\hat{v} > 0$ 且显著, 表明政府采取与邻近省份相互模仿的雾霾治理政策, 若 $\hat{v} < 0$ 且显著, 则表明政府采取差异化的雾霾治理政策, 若 $\hat{v}$ 不显著, 表明政府采取独立的雾霾治理政策。这三种策略互动形式与空间联立方程的估计结果构成九种行为组合, 分别为模仿(差异/独立)促进、模仿(差异/独立)抑制、模仿(差异/独立)无效。根据 GS3SLS 估计结果所示, 东、中、西三个地区从总体上看均采取相互模仿的雾霾治理政策, 但相互模仿的策略互动对不同地区工业绿色转型的影响却不尽相同^①。就东部地区而言, 环境治理($FREQU_{it}$)的估计系数显著为正, 且雾霾污染(PM_{it})的估计系数显著为负, 说明相互模仿的策略互动抑制了当地的工业绿色转型, 而中、西部地区的雾霾治理行为则呈现“模仿无效”的特征, 即地方政府在雾霾治理上存在“逐底竞争”。

从上文的结果可以发现, 地区间雾霾治理政策的模仿竞争严重削弱了雾霾治理激励工业绿色转型的效果, 同时也反映出地区政府在制定雾霾治理政策时可能存在不合理之处。因此, 本文基于雾霾污染的边际治理成本, 进一步验证当地雾霾治理政策是否合理。雾霾污染的边际治理成本通常用其对偶价格来表示, 本文借鉴 Färe et al.(2005)、陈诗一和武英涛(2018)的方法, 采用参数化方法来估计雾霾污染的对偶价格。具体做法是, 选择超越对数产出方向性距离函数, 以工业增加值为期望产出(y)、以 $PM_{2.5}$ 为非期望产出(b)、以劳动力和资本存量为主要投入(x)。其中, 超越对数产出方向性距离函数设定如下:

$$\ln \vec{D}(x^i, y^i, b^i, g) = \alpha_0 + \sum_{n=1}^2 \alpha_n \ln x_n^i + \beta_1 \ln y^i + \delta_1 \ln b^i + \frac{1}{2} \sum_{n=1}^2 \sum_{n'=1}^2 \alpha_{nn'} (\ln x_n^i) (\ln x_{n'}^i) + \frac{1}{2} \beta_2 \ln^2 y^i + \frac{1}{2} \delta_2 \ln^2 b^i + \sum_{n=1}^2 \mu_n \ln x_n^i \ln y^i + \sum_{n=1}^2 \tau_n \ln x_n^i \ln b^i + \gamma \ln y^i \ln b^i \quad (29)$$

其中, i 为第 i 个省份; n 为第 n 种投入; g 为投入与产出的方向向量。则 $PM_{2.5}$ 相对于期望产出的对偶价格为:

$$p_b^i = p_y^i \times \frac{\partial \ln \vec{D}(x^i, y^i, b^i, g) / \partial \ln b^i}{\partial \ln \vec{D}(x^i, y^i, b^i, g) / \partial \ln y^i} \times \frac{y^i}{b^i} \quad (30)$$

通过上述计算, 本文发现地方政府的雾霾治理政策在一定程度上存在资源错配^②。将工业污染治理投资额占工业增加值的比重作为环境治理的代理变量重复上述检验过程, 可以发现, 除广西外上述结论被验证是稳健的, 也就是说, 上述省份的雾霾治理政策存在不合理, 这种不合理是由地区间的雾霾治理政策竞争产生的资源错配所导致。因此, 从全国层面看, 雾霾治理政策竞争会对雾霾治理效应的发挥起到负向调节作用, 而这一调节作用存在显著的地区异质性。这一结果验证了假说 3。不同地区经济发展水平、污染程度和边际治理成本存在较大差异, 雾霾治理对工业绿色转型的影响也显著不同, 一定程度上影响参与协同治理雾霾的意愿及治理深度, 因此要建立具有针对性的利益补偿机制, 激发地方政府协同治理雾霾的内生动力。

2. 市场分割及资源错配

根据前文的发现, 大部分省份所实施的雾霾治理政策与其雾霾污染强度以及治理成本不相匹配。对于地方政府而言, 基于“政治锦标赛”的激励以及政府的“短视”, 地方政府在经济资源争夺和

① GS3SLS 估计结果请参见《中国工业经济》网站 (<http://www.ciejjournal.org>) 附件。

② $PM_{2.5}$ 年度均值浓度、环境治理、 $PM_{2.5}$ 的对偶价的空间分布和资源错配情况请参见《中国工业经济》网站 (<http://www.ciejjournal.org>) 附件。

制定环境政策的过程中存在“以邻为壑”的竞争行为(金刚和沈坤荣,2018),竞争博弈的均衡结果会导致地方市场分割,这种市场分割行为对雾霾治理影响工业绿色转型起到怎样的调节作用?本文将地方市场分割指标与环境治理的交互项引入模型(22)来加以检验,构建具体模型如下:

$$PM_{it} = \alpha + \beta FREQU_{it} + \mu FREQU_{it} \times SEG_{it} + \eta SEG_{it} + \theta \sum X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (31)$$

其中, SEG 衡量地区的市场分割程度。具体方法沿用陆铭等(2006)的相对价格法,分别用居民消费价格指数、固定资产投资价格指数、职工平均实际工资指数构建商品、资本、劳动力市场的三维市场分割指数,即包括商品市场分割(seg_com_{it})、资本市场分割(seg_cap_{it})和劳动力市场分割(seg_emp_{it}),同时,采用上文的熵值法按权重进行加总,再得到一个相对全面的整体市场分割指数(seg_{it})^①。将这四个模型分别与模型(23)构成新的 2SLS 模型。其余变量的解释均与基准 2SLS 模型相同。

根据引入市场分割后的回归结果所示,整体市场分割(seg_{it})、商品市场分割(seg_com_{it})、劳动力市场分割(seg_emp_{it})与环境治理($FREQU_{it}$)交互项的估计系数均在 1%的水平下显著为正,且环境治理($FREQU_{it}$)和雾霾污染(PM_{it})的估计系数也均在 1%的显著性水平下显著为负,说明整体市场分割、商品市场分割和劳动力市场分割对雾霾治理的效果产生负向调节作用^②。根据计算,整体市场分割、商品市场分割和劳动力市场分割的负向调节作用的临界值分别为 0.0982、0.0005 和 0.0052,当整体市场分割、商品市场分割和劳动力市场分割分别小于这一临界值时,市场分割的负向调节作用将小于雾霾治理的正效应,即雾霾治理在一定的市场分割程度下依然有效。而当整体市场分割、商品市场分割和劳动力市场分割分别大于这一临界值时,雾霾治理政策将难以弥补市场分割的负向调节作用。根据计算,分别约有 97.88%、93.03%和 91.82%的观测值处于整体市场分割、商品市场分割和劳动力市场分割小于其临界值的阶段,即对于大多数省份而言,雾霾治理能够发挥对当地工业绿色转型的正向效应。此外,资本市场分割(seg_cap_{it})的负向调节作用不显著,这可能是因为资本在省份间的流动形式更多样,更能够突破市场分割的约束实现较为自由的流动(韩超等,2017)。

市场分割限制了要素在地区间的自由流动,加剧了资源错配,导致资源配置效率低下,而资源配置效率是体现工业绿色转型的重要指标之一,因此,市场分割可能会通过资源错配抑制当地的工业绿色转型发展。为了验证假说 4,本文借鉴李磊等(2018)的方法,将资源错配、市场分割、环境治理三者的交互项引入模型(22),并与模型(23)构成新的 2SLS 模型对上述作用机制进行检验,具体模型构建如下:

$$PM_{it} = \alpha + \beta FREQU_{it} + \mu FREQU_{it} \times MIS_{it} \times seg_{it} + \eta seg_{it} + \eta' MIS_{it} + \theta \sum X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (32)$$

其中, MIS_{it} 分别为资本错配指数(TK_{it})和劳动力错配指数(TL_{it}),其余变量的解释均与基准模型相同。若三项交互的估计系数显著为正,说明市场分割确实通过产生资源错配而抑制工业绿色转型^③。表 5 汇报了具体回归结果。

如表中模型(1)所示,资本错配(TK_{it})、整体市场分割(seg_{it})、环境治理($FREQU_{it}$)三者的交互项系数不显著,资本市场的资源错配没有对工业绿色转型的影响起到调节作用,这也与上文得出的资

① 商品市场分割指数选用食品、烟酒、家用设备、医疗保健、交通通信、娱乐教育文化、衣着和居住 8 类商品的物价指数进行估算;资本市场分割指数选用建筑安装、设备工程和其他资本品 3 类资本品的物价指数进行估算;劳动力市场分割指数选用国有企业、集体企业和其他企业 3 类劳动力物价指数进行估算。

② 引入市场分割后的回归结果请参见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejjournal.org>)附件。

③ 资源错配指数的计算请参见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejjournal.org>)附件。

表 5 市场分割的作用机制

变量	(1)		(2)	
	UPGRADE	PM _{2.5}	UPGRADE	PM _{2.5}
PM _{2.5}	-0.0113** (-2.37)		-0.0219** (-2.48)	
FREQU		-27.6112*** (-3.55)		-17.7931** (-2.47)
FREQU×TK×seg		308.6871 (1.10)		
FREQU×TL×seg				261.0549* (1.85)
seg		-0.5693* (-1.89)		-0.5856*** (-2.91)
TK		0.0115 (0.24)		
TL				0.0360 (1.22)
N	330	330	330	330
R ²	0.832	0.970	0.516	0.970

本市场分割(seg_cap_{it})的负向调节作用不显著的结论相一致。如表 5 中模型(2)所示,劳动力错配(TL_{it})、整体市场分割(seg_{it})、环境治理($FREQU_{it}$)三者的交互项系数均显著为正,同时,环境治理($FREQU_{it}$)和雾霾污染(PM_{it})的系数均显著为负,说明市场分割通过引起劳动力市场错配抑制了当地的工业绿色转型,这一结果验证了假说 4。

进一步地,本文采用分位数回归(Quantile Regression, QR),按照 10 分位对全样本同时进行多个分位数回归,从而分析不同雾霾治理强度下,整体市场分割对雾霾治理效果的调节作用。表 6 汇报了一阶段的分位数回归结果,并将雾霾污染(PM_{it})的预测值代入方程(23)得到第二阶段的估计结果(限于篇幅,仅报告关键变量的估计系数)。根据表 6 回归结果,只有环境治理($FREQU_{it}$)强度落在 3/10、6/10 分位之间,雾霾治理才能够正向作用于工业绿色转型。其中,当环境治理强度位于 4/10、6/10 分位之间时,随着环境治理强度的增加,其治理效果不断降低,同时市场分割的负向调节作用也在不断降低;当环境治理强度位于 3/10 分位时,雾霾治理效果将不受市场分割的负向调节作用影响。但需要指出的是并非不受市场分割影响时,雾霾治理效果才是最优的。为了便于观察,这里将雾霾治理强度位于 3/10、4/10、5/10、6/10 分位时的四种情况下,雾霾治理对工业绿色转型影响的边际效应放在同一张图中观察发现(如图 3 所示):总体上,过高的环境治理强度,反而不利于工业绿色转型,当市场分割指数小于 0.0201,且环境治理强度位于 4/10 分位时($0.0022 < FREQU_{it} < 0.0024$),雾霾治理对工业绿色转型的作用效果最好。在此基础上,继续推进市场一体化进程,能够进一步增强雾霾治理对工业绿色转型的推动作用,这从区域整合视角验证了胡志高等(2019)建立区域大气污染联合治理框架的必要性。

3. 政绩考核的影响及优化路径

经济发展与环境保护的权衡一直是摆在地方政府面前的一个重要而困难的问题。前文发现,无论是环境治理政策的策略互动还是市场分割的地方政府行为,都削弱了雾霾治理推动工业绿色转型的正面效果。政绩考核是政府行为的“指挥棒”,也是导致中国地方政府展开竞争的最重要原因之一(许敬轩等,2019)。党的十八大以来,中国地方政府政绩考核发生深刻变化,围绕贯彻落实新发展

表 6		分位数回归结果			
第二阶段回归					
PM_{25}	-0.0021*** (-2.92)				
第一阶段回归					
$FREQU(Q10)$	-38.6711 (-0.49)	$FREQU(Q40)$	-156.3161*** (-2.83)	$FREQU(Q70)$	-66.9031 (-1.47)
$FREQU \times seg(Q10)$	1933.764 (1.26)	$FREQU \times seg(Q40)$	3312.657** (2.26)	$FREQU \times seg(Q70)$	2625.731* (1.94)
$FREQU(Q20)$	-56.8895 (-0.99)	$FREQU(Q50)$	-103.1605* (-1.71)	$FREQU(Q80)$	-77.8283 (-1.61)
$FREQU \times seg(Q20)$	941.6756 (0.62)	$FREQU \times seg(Q50)$	3130.994** (2.11)	$FREQU \times seg(Q80)$	3140.224** (2.18)
$FREQU(Q30)$	-89.5718* (-1.72)	$FREQU(Q60)$	-77.8750* (-1.67)	$FREQU(Q90)$	-79.7122 (-1.32)
$FREQU \times seg(Q30)$	2089.779 (1.44)	$FREQU \times seg(Q60)$	2997.778** (2.20)	$FREQU \times seg(Q90)$	2205.051 (1.22)

理念、推动高质量发展、打好三大攻坚战等一系列重大部署，考核内容从注重实绩的 GDP 导向逐步向有质量、有效益、可持续的发展方向演变，以解决绩效考核制度带来的激励扭曲问题。党的十八届三中全会《关于全面深化改革若干重大问题的决定》中明确指出：“完善发展成果考核评价体系，纠正单纯以经济增长速度评定政绩的偏向，加大资源消耗、环境损害、生态效益等指标的权重”。中共中央组织部印发的《关于改进地方党政领导班子和领导干部政绩考核工作的通知》和新修订的《党政领导干部选拔任用工作条例》中把生态文明建设加入了具体的考核指标，《生态文明建设目标评价考核办法》《环境保护法修订案》《大气污染防治行动计划》(又称“大气十条”) 的出台均体现出中央政府对环境治理的重视。因此，本部分将政绩考核指标与环境治理的交互项引入模型(22)以检验政绩考核体系的影响，具体模型如下：

$$PM_{it} = \alpha + \beta FREQU_{it} + \mu' FREQU_{it} \times ZJKK_{it} + \eta' ZJKK_{it} + \theta \sum X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (33)$$

其中， $ZJKK_{it}$ 为政绩考核指标。本文借鉴张彩云等(2018)的思路，将经济增长率、SO₂ 排放增长率、PM_{2.5} 排放增长率以及煤炭消费量增长率纳入指标体系，采用熵值法构建一个包含经济绩效和环境绩效的综合政绩考核指标，相关数据均来自中国环境数据库和中国能源数据库。将这四个模型分别与模型(23)构成新的 2SLS 模型进行估计，其余变量的解释均与基准 2SLS 模型相同^①。根据引入政绩考核指标后的回归结果，可以发现政绩考核指标与环境治理的交互项系数与雾霾污染的系数均显著为负，表明合理的政绩考核指标能够强化雾霾治理对工业绿色转型的正向作用，体现了中央政府建立科学的激励机制的重要性。

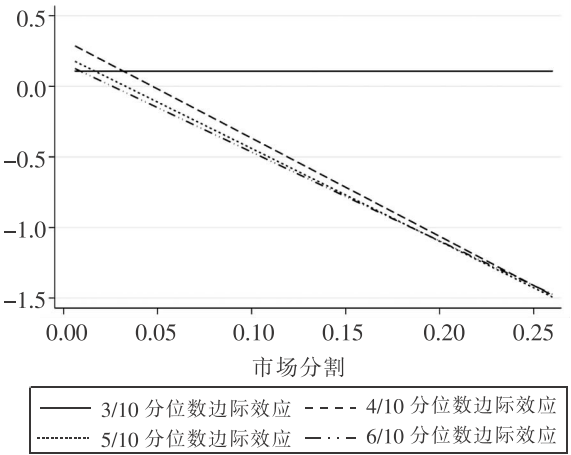


图 3 分位数边际效应

① 引入政绩考核指标后的回归结果请参见《中国工业经济》网站(<http://www.ciejournal.org>)附件。

接下来进一步分析政绩考核体系对影响工业绿色转型的雾霾治理路径的调节作用。如表 7 中模型(1)所示,政绩考核体系能够显著强化工业产业结构(HP_INDUS_{it})对工业绿色转型的促进作用,验证了假说 5,但并没有显著影响生产效率($CRSTE_{it}$)的调节作用,而表 4 机制检验的结果说明生产效率提升是当地工业绿色转型的核心动力,因而这个结果具有重要的政策含义。高投入、高排放、低效益的粗放型增长方式之所以长期难以改变,与“唯 GDP 论英雄”的政绩考核不无关系,中国的政绩考核指标越来越重视环境质量,但创新驱动是典型的“慢工出细活”,就干部任期制而言,往往是“前任栽树后任乘凉”,迫于经济增长的压力和地方官员特有的政治生命周期,地方政府仍可能通过见效更快地增加污染治理投资而不是通过科技创新路径完成环境绩效指标,那么尽管短期内雾霾污染相对减少了,却并不能显著推动工业绿色转型进程。因此,政绩考核指标要更加强调科技贡献率、专利拥有量、高新产业增幅等科技创新性指标,激励地方政府依靠科技创新推动环境治理的积极性,这样才有利于工业绿色转型和经济的高质量发展。

表 7 政绩考核体系的影响机制

变量	(1)			(2)		
	UPGRADE	HP_INDUS	PM _{2.5}	UPGRADE	CRSTE	PM _{2.5}
HP_INDUS	-0.0483*** (-2.96)					
CRSTE				0.0223*** (3.71)		
PM _{2.5}		0.3387** (1.99)			-0.6499*** (-2.87)	
FREQU			-16.3393** (-2.14)			-17.2693** (-2.23)
FREQU×ZJKK			-96.5369* (-1.89)			-73.0315 (-1.10)
ZJKK			0.2213 (1.48)			0.2360 (1.21)
N	330	330	330	330	330	330
R ²	0.807	0.912	0.971	0.845	0.789	0.971

六、结论及政策启示

本文基于 2006—2016 年 30 个省份 PM_{2.5} 浓度数据,构建基于工具变量的 2SLS 和 GS3SLS 模型,识别了雾霾治理对工业绿色转型的影响及机制,并以地方政府竞争为切入视角,探寻了双赢目标下雾霾治理推动工业绿色转型的路径。研究发现:①雾霾治理能够显著推动当地工业绿色转型,其中工业产业结构改善和生产效率提升是雾霾治理推动工业绿色转型的重要途径;②地方政府之间雾霾治理政策的模仿竞争,严重削弱了雾霾治理激励工业绿色转型的效果;③地方市场分割所导致的资源错配也是影响雾霾治理正效应发挥的重要原因,目前大部分省份市场分割的负向调节作用均小于雾霾治理的正效应,但若整体市场分割、商品市场分割和劳动力市场分割分别大于其临界值时,雾霾治理将会抑制工业绿色转型;④政绩考核体系能够显著强化工业产业结构对工业绿色转型的促进作用,但并没有显著影响生产效率的作用,而生产效率提升是工业绿色转型的核心动力。上述结论具有重要的政策含义:

(1)雾霾治理政策应重点激励和引导企业进行“源头控制”,如何更好发挥工业产业结构和生产效率两个途径的促进作用对工业绿色转型尤为重要。技术创新是突破雾霾污染对工业绿色转型约

束的关键,要加大对研发资金的投入力度以缓解“遵循成本”提升导致的创新抑制,特别是政策要向研发实力较强的大企业倾斜,从而发挥大企业的创新“领头羊”作用,激发形成自主创新和工业绿色转型的内在动力。另一方面,工业结构升级是工业绿色转型核心内涵,应依靠重点技术改造和清洁能源使用着重推动高污染企业的转型,利用先进技术引导市场主体对各生产要素的优化配置,从而有力地推动工业绿色转型升级。

(2)进一步推进区域市场一体化进程,减少市场分割所导致的资源错配对工业绿色转型进程的阻碍。大气污染具有较强的空间传输性和负外部性,需要跨区域的“联防联控”共同承担雾霾治理责任以推动经济和环境的协调发展,这点已达成共识。本文分析发现,不同地区经济发展水平、污染程度和边际治理成本存在较大差异,雾霾治理对工业绿色转型的影响也有区别,一定程度上影响各地区参与协同治理雾霾的意愿及治理深度,因此要建立具有针对性的利益补偿机制,激发地方政府协同治理雾霾的内生动力。各地为实现局部短期利益最大而实行的市场分割策略并不利于全局大气污染治理和工业绿色转型,要更好发挥雾霾治理对工业绿色转型的正向影响,还必须打破地方市场分割,消除地方保护主义和“搭便车”动机,优化资源配置,为推动工业绿色转型提供有效的长效机制保障。

(3)政绩考核要更加强调创新性指标,以高质量发展为导向建立“自上而下”和“自下而上”相结合的政绩考核体系,激励地方政府依靠科技创新推动环境治理和工业绿色转型。现在很多地方政府都推行环保考核“一票否决”,但“一票否决”并不是目的,其根本意义在于加速产业结构、能源结构调整和技术创新,助力工业绿色转型和经济高质量发展。在不断健全的“自上而下”政绩考核体系下,对地方政府的环境绩效考核应加入更多创新性指标,激励地方政府依靠科技创新推动雾霾治理和工业转型的积极性、自觉性和创造性;在“自上而下”的政绩考核之外引入“自下而上”的考核,利用现代移动互联技术,引入跨部门和跨地区的环境治理竞争机制;同时应将考核过程和结果对外公开,接受公众的监督,让公众评价成为雾霾治理过程中的重要环节,从而彻底改变地方政府以牺牲环境换取 GDP 的态度,使其注重当前和长远、发展和基础,显绩和潜绩统一,这将有助于从根本上解决经济发展与环境保护之间的矛盾。不管是大气污染防治还是工业绿色转型,都将是一个长期的过程,久久为功,善谋善为,善做善成。

〔参考文献〕

- [1]陈诗一,陈登科. 能源结构、雾霾治理与可持续增长[J]. 环境经济研究, 2016,(1):59-75.
- [2]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,(2):20-34.
- [3]陈诗一,武英涛. 环保税制改革与雾霾协同治理——基于治理边际成本的视角[J]. 学术月刊, 2018,(10):39-57.
- [4]董敏杰,梁泳梅,李钢. 环境规制对中国出口竞争力的影响——基于投入产出表的分析[J]. 中国工业经济, 2011,(3):57-67.
- [5]付强,乔岳. 政府竞争如何促进了中国经济快速增长:市场分割与经济增长关系再探讨[J]. 世界经济, 2011,(7):43-63.
- [6]韩超,张伟广,冯展斌. 环境规制如何“去”资源错配——基于中国首次约束性污染控制的分析[J]. 中国工业经济, 2017,(4):115-134.
- [7]韩超,桑瑞聪. 环境规制约束下的企业产品转换与产品质量提升[J]. 中国工业经济, 2018,(2):43-62.
- [8]胡志高,李光勤,曹建华. 环境规制视角下的区域大气污染联合治理——分区方案设计、协同状态评价及影响因素分析[J]. 中国工业经济, 2019,(5):24-42.
- [9]黄寿峰. 财政分权对中国雾霾影响的研究[J]. 世界经济, 2017,(2):127-152.
- [10]金刚,沈坤荣. 以邻为壑还是以邻为伴?——环境规制执行互动与城市生产率增长[J]. 管理世界, 2018,(12):

43-55.

- [11]李磊,蒋殿春,王小洁. 外资进入、性别就业差距与企业退出[J]. 世界经济, 2018,(12):121-143.
- [12]李胜兰,初善冰,申晨. 地方政府竞争、环境规制与区域生态效率[J]. 世界经济, 2014,(4):88-110.
- [13]李永友,沈坤荣. 我国污染控制政策的减排效果——基于省际工业污染数据的实证分析[J]. 管理世界, 2008,(7):7-17.
- [14]陆铭,陈钊,陈敏,桂琦寒. 中国地方保护主义和市场分割的地区差异[M]. 北京:人民出版社, 2006.
- [15]马丽梅,张晓. 中国雾霾污染的空间效应及经济、能源结构影响[J]. 中国工业经济, 2014,(4):19-31.
- [16]毛其淋. 人力资本推动中国加工贸易升级了吗[J]. 经济研究, 2019,(1):52-67.
- [17]彭星,李斌. 不同类型环境规制下中国工业绿色转型问题研究[J]. 财经研究, 2016,(7):134-144.
- [18]邵帅,李欣,曹建华. 中国的城市化推进与雾霾治理[J]. 经济研究, 2019,(2):148-165.
- [19]邵帅,李欣,曹建华,杨莉莉. 中国雾霾污染治理的经济政策选择——基于空间溢出效应的视角[J]. 经济研究, 2016,(9):73-88.
- [20]沈能. 环境效率、行业异质性与最优规制强度——中国工业行业面板数据的非线性检验[J]. 中国工业经济, 2012,(3):56-68.
- [21]沈坤荣,金刚,方娴. 环境规制引起了污染就近转移吗[J]. 经济研究, 2017,(5):44-59.
- [22]盛丹,张国峰. 两控区环境管制与企业全要素生产率增长[J]. 管理世界, 2019,(2):24-42.
- [23]史贝贝,冯晨,张妍,杨菲. 环境规制红利的边际递增效应[J]. 中国工业经济, 2017,(12):40-58.
- [24]石庆玲,郭峰,陈诗一. 雾霾治理中的“政治性蓝天”——来自中国地方“两会”的证据[J]. 中国工业经济, 2016,(5):40-56.
- [25]宋弘,孙雅洁,陈登科. 政府空气污染治理效应评估——来自中国“低碳城市”建设的经验研究[J]. 管理世界, 2019,(6):95-108.
- [26]宋马林,金培振. 地方保护、资源错配与环境福利绩效[J]. 经济研究, 2016,(12):47-61.
- [27]王勇,李雅楠,俞海. 环境规制影响加总生产率的机制和效应分析[J]. 世界经济, 2019,(2):97-121.
- [28]魏晓贤,马喜立. 能源结构调整与雾霾治理的最优政策选择[J]. 中国人口·资源与环境, 2015,(7):6-14.
- [29]许敬轩,王小龙,何振. 中国式政府竞争与地方税收征管[J]. 经济研究, 2019,(4):33-48.
- [30]余东华,孙婷. 环境规制、技能溢价与制造业国际竞争力[J]. 中国工业经济, 2017,(5):35-53.
- [31]张彩云,苏丹妮,卢玲,王勇. 政绩考核与环境治理——基于地方政府间策略互动的视角[J]. 财经研究, 2018,(5):4-22.
- [32]张成,陆皓,郭路,于同申. 环境规制强度和生产技术进步[J]. 经济研究, 2011,(2):113-124.
- [33]张华. 地区间环境规制的策略互动研究——对环境规制非完全执行普遍性的解释[J]. 中国工业经济, 2016,(7):74-90.
- [34]张军,吴桂英,张吉鹏. 中国省际物质资本存量估算:1952—2000[J]. 经济研究, 2004,(10):35-44.
- [35]张敬宇,朱平芳. 地方环境支出的实证研究[J]. 经济研究, 2010,(5):82-94.
- [36]赵霄伟. 地方政府间环境规制竞争策略及其地区增长效应——来自地级市以上城市面板的经验数据[J]. 财贸经济, 2014,(10):105-113.
- [37]中国社会科学院工业经济研究所课题组. 中国工业绿色转型研究[J]. 中国工业经济, 2011,(4):5-14.
- [38]周黎安. 晋升博弈中政府官员的激励与合作——兼论我国地方保护主义和重复建设问题长期存在的原因[J]. 经济研究, 2004,(6):33-40.
- [39] Bai, C., Z. Tao, and Y. S. Tong. Bureaucratic Integration and Regional Specialization in China [J]. China Economic Review, 2008,19(2):308-319.
- [40] Chen, Z., M. E. Kahn, Y. Liu, and Z. Wang. The Consequences of Spatially Differentiated Water Pollution Regulation in China[R]. NBER Working Paper, 2016.
- [41] Copeland, B. R., and M. S. Taylor. North-South Trade and the Environment[J]. Quarterly Journal of Economics, 1994,109(3):755-787.

- [42]Färe R., S. Grosskopf, D. W. Noh, and W. Weber. Characteristics of a Polluting Technology: Theory and Practice[J]. Journal of Econometrics, 2005,126(2):469–492.
- [43]Greenstone, M., and R. Hanna. Environmental Regulations, Air and Water Pollution, and Infant Mortality in India[J]. American Economic Review, 2014,(104):3038–3072.
- [44]Hanlon, W. Coal Smoke and the Costs of the Industrial Revolution[R]. NBER Working Paper, 2016.
- [45]Hering L., and S. Poncet. Environmental Policy and Exports: Evidence from Chinese Cities [J]. Journal of Environmental Economics & Management, 2014,68(2):296–318.
- [46]Jefferson G., S. Tanaka., and W. Yin. Environmental Regulation and Industrial Performance: Evidence from Unexpected Externalities in China[R]. SSRN Working Papers, 2013.
- [47]Kelejian H. H., and I. R. Prucha. Estimation of Simultaneous Systems of Spatially Interrelated Cross Sectional Equations[J]. Journal of Econometrics, 2004,118(1):27–50.

Haze Governance, Local Competition and Industrial Green Transformation

DENG Hui-hui^{1,2}, YANG Lu-xin²

(1. The Academy of China Open Economy Studies UIBE, Beijing 100029, China;

2. Institute of International Economy UIBE, Beijing 100029, China)

Abstract: The trade-off between economic development and environmental protection has always been an important and difficult issue for local governments. The impact of industrial development on the environment is well known, but environmental governance has received relatively little attention to the effects of industrial development. This paper evaluates the effect of haze governance on industrial green transformation using instrumental variable method (IV-2SLS) and generalized spatial three-stage least squares (GS3SLS) based on the PM2.5 concentration data of 30 provinces from 2006 to 2016. We found that: ①Haze governance can significantly promote the industrial green transformation, and the conclusion is still robust after a series of tests. ②Further mechanism evaluation found that, industrial structure improvement and production efficiency improvement are important mechanisms for haze governance to promote industrial green transformation. ③After introducing local government behavior and pollution space spillover effects, we found that imitation competition between regions will seriously weaken the effect of haze governance on industrial green transformation on the whole. In addition, when local governments formulate haze governance policies, they show the characteristics of “imitation suppression” in the east and “imitation ineffective” in the Midwest. ④Further analysis of haze governance’s marginal cost shows that there is a resource misallocation in the local government’s haze management policy, which inhibits the positive effect of haze governance on industrial green transformation. In addition, the resource misallocation caused by market segmentation is also an important mechanism that affects the positive effects of haze governance. The scientific and reasonable performance appraisal of the central government can help to strengthen the positive effect of haze governance, but more attention should be paid to innovative indicators to encourage governments to rely on scientific and technological innovation to govern the environment and promote green industrial transformation and high-quality economic development.

Key Words: haze governance; industrial green transformation; local government competition; GS3SLS; market segmentation

JEL Classification: O18 Q56 Q58

[责任编辑:崔志新]