

能源要素市场扭曲影响雾霾污染的实证分析

艾洪山；管梦梦

(湖南大学经济与贸易学院，湖南省长沙市，410079)

摘要：本文利用 2003-2016 年中国 285 个地级市的面板数据，探究了能源要素市场扭曲对雾霾污染的影响。首先利用超越对数生产函数测算出各个城市的能源要素价格扭曲程度，然后利用面板固定效应模型，定量分析能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响。研究结果表明：(1) 能源要素价格扭曲对雾霾污染具有显著正向影响；(2) 经济发展水平、能源效率则降低了雾霾污染，外商直接投资加重了雾霾污染，但城市公共交通对雾霾污染的作用效果不够明显；(3) 进一步分析发现，西部地区能源要素价格扭曲对雾霾污染的正向影响大于中、东部地区，说明能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响存在着区域差异。本文的政策启示是：要不断推动我国能源要素市场化改革进程，深入优化能源消费结构，同时还要为企业创造良好的竞争环境，鼓励企业自主创新。

关键词：能源；价格扭曲；雾霾污染

中国分类号：F426

文献标识码：A

1 引言

近年来，中国空气污染形势十分严峻，以 PM_{2.5} 为特征的区域性大气污染日趋严重，雾霾天气频繁出现(Wang and Fang, 2016; Zhang et al., 2017)。据美国耶鲁大学发布的《2018 年环境绩效指数报告》显示，在 180 个国家和地区的环境绩效指数 (EPI) 排名中，中国的空气质量指标排在倒数第四名。不断恶化的大气环境，不仅给居民的身体健康造成了严重威胁，还制约了中国经济的可持续发展。工业污染排放是造成中国大气污染的主要原因之一，而在工业生产过程中，能源要素是重要的投入要素，是中国经济增长的主要动力源。中国作为世界上最大的发展中国家，从 2011 年起就成为世界第一大能源消费国，据《2018 年国民经济和社会发展统计公报》显示，2018 年，中国能源消费总量高达 46.4 亿吨标准煤，其中，化石能源消费占比 85.7%。中国能源消耗总量大，消费结构单一，加之中国丰煤少油的资源禀赋，使得在能源消费中煤炭消费占据主导地位，许多学者研究发现煤炭燃烧是中国雾霾污染的主要来源(郝新东, 2013)。因此，大量不可再生能源的消耗给中国的大气污染造成巨大压力，不利于可持续发展战略的实施。更为严重的是，由于政府对能源要素市场的管制和干预，使得能源市场产生了扭曲(冷艳丽, 2016)。当能源要素的价格被人为压低时，企业在生产的过程中则会过度的使用低价的煤炭、石油等传统能源要素，来获得利润，忽略了环境成本。能源要素市场的扭曲，导致企业过度使用低价能源要素，不仅造成了能源要素的浪费，还增加了污染物的排放，进而加剧了环境污染。因此，探究能源要素价格扭曲对中国雾霾污染的影响，具有重要的现实意义。

目前学术界关于要素市场扭曲对其他因素的影响进行了一系列丰富的研究，主要集中于要素市场扭曲对收入差距、产业结构、经济效率、技术进步、企业出口等方面的影响。而随着中国环境污染水平的不断加剧，国内外学者也愈发关注要素市场扭曲与环境污染之间的影响机理，但大多是从资本要素扭曲和劳动要素扭曲的角度进行探究，关于能源要素价格扭曲对环境污染影响的研究却较为匮乏。此外，由于数据的缺乏，现有的研究多是利用中国省级层面的数据进行探究，缺乏一定的微观性。

针对以上不足，本文从以下三个方面进行改进：(1) 从经济增长背后存在的特殊现象，

能源要素价格扭曲的角度出发,探索能源要素价格扭曲与雾霾污染之间的关系,从而拓展了环境污染研究视角和文献,为进一步深化要素市场改革和治理环境提供理论依据。(2)对能源要素价格扭曲测算时,在讨论比较各种形式的生产函数后,选用了引入技术进步的超越对数生产函数模型进行测算,与其他形式的生产函数相比,易于计算且可根据实际情况进行调整。(3)其它有关要素价格扭曲或环境污染的研究,均是利用省级层面的数据进行分析,本文则采用中国 285 个地级市的最新数据进行研究,大大提高了实证结果的可靠性和科学性。

本文剩余的章节结构安排如下:第二部分是文献综述;第三部分是模型设定和数据说明;第四部分是实证分析与内生性讨论;第五部分是稳健性检验;第六部分是机制分析;最后一部分是结论。

2 文献综述

近年来,国内外学者多是从宏观经济和微观经济两个层面深入探究要素市场扭曲对其他因素的影响。宏观经济层面:主要从要素市场扭曲对技术进步、产业结构以及收入差距的影响进行研究。一些学者通过研究发现要素市场扭曲会抑制技术进步,例如学者 Dai and Liu (2016)建立了要素市场扭曲对创新效率影响的理论模型,发现要素市场扭曲对创新效率有显著的抑制作用,且该抑制作用存在边际效应递减规律。白雪洁 (2017)研究发现中国工业要素价格扭曲为负向扭曲,且会通过直接、间接途径导致工业技术进步成为资本偏向型,不利于产业结构升级和居民收入分配。由于要素市场存在分割阻碍了要素的自由流动,导致各地区要素资源无法均匀分配,进而加剧了地区经济发展的不平衡,造成居民收入水平差距逐渐扩大。一些学者通过实证研究支持了以上结论, Beladi H. (2016)考察了在二元经济发展中,资本要素市场扭曲对收入分配和社会福利的短期及长期影响,研究发现资本市场扭曲的存在会通过影响企业动态从而导致员工收入不平等。微观经济层面:学者们主要是从要素扭曲影响企业出口、抑制企业研发投入这两个方面进行研究。张杰 (2011)等的研究发现要素市场扭曲会激励中国本土企业和外资企业的出口动机,但本土企业的激励效应要明显大于外资企业。一些学者认为要素扭曲会抑制企业的研发投入,王江波 (2019)则基于企业出口额不断增加而研发投入却乏力的这一现象探究要素市场扭曲产生的影响,发现由于出口企业过度依赖于廉价的生产要素,而要素市场扭曲使得企业能以较低的成本获得生产要素,从而抑制了出口企业研发投入的动机。

目前仅有少量文献探索了要素市场扭曲对环境污染的影响,黄昱然 (2018)等利用双边随机前沿模型测算了产业结构升级和要素市场扭曲两者相互作用对环境污染的影响,发现要素市场扭曲削弱了产业结构升级降低污染的作用,加剧了环境污染。此外,张亚斌 (2016)考虑了要素扭曲的空间溢出效应,证实了要素扭曲存在跨区域的扩散效应,这种效应的存在恶化了城市的空气质量。冷艳丽 (2016)则利用省级层面的数据考察了能源价格扭曲对雾霾污染的影响,研究发现能源价格扭曲显著地提高了雾霾污染水平,且存在明显的区域差异。目前有关要素市场扭曲和环境污染的研究,一致认为要素市场扭曲加剧了环境污染。另外一些学者对要素价格扭曲与环境污染之间的影响机理进行了详细分析,刘胜 (2015)在研究制造业出口技术复杂度对地区环境污染影响的基础上,探讨了要素市场扭曲的干扰效应,发现要素市场扭曲主要通过阻碍了地区产业结构的转型升级以及企业的技术进步,对环境产生不利影响。阚大学 (2016)等在此基础上进一步探索并归纳了要素市场扭曲对环境污染的影响机理,认为其主要通过抑制技术进步、促进出口、阻碍产业结构升级、抑制能源效率提升及加剧腐败这几种途径加剧了环境污染。徐盈之 (2019)基于我国省级面板数据,利用 C-D 生产函数测算劳动要素市场和资本要素市场扭曲,进一步探索了要素市场扭曲对雾霾污染的影响效应及其作用路径,发现要素市场扭曲加剧了雾霾污染,并支持了上述要素市场扭曲对环境污染的影响途径。

基于上述研究文献,可以发现学者们从不同层面对要素市场扭曲进行了探究,并较好地梳理了要素市场扭曲对环境污染的影响机理,证实了要素市场扭曲加剧了环境污染,但鲜有文献考虑能源要素市场扭曲对环境污染的影响。此外,现有的文献多是利用生产函数法对省级层面的数据进行测算。基于以上背景,本文试图基于中国 2003-2016 年 285 个地级市的面板数据,从能源要素价格扭曲的视角出发,探究能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响,为进一步推进生态文明建设,形成生态文明制度体系提供一定的贡献。

3 模型设定与数据说明

(一) 模型构建

为了检验能源要素扭曲与雾霾污染之间的关系,本文构建如下计量模型:

$$\ln pm2.5_{it} = \beta_0 + \beta_1 diste_{it} + \lambda X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中 i 表示城市, t 表示年份, $PM2.5$ 代表雾霾污染水平,是用某一区域 $PM2.5$ 浓度的均值来衡量, $diste_{it}$ 表示能源要素价格扭曲程度, X_{it} 是控制变量集, ε_{it} 是随机误差项。

(二) 变量选取与数据说明

基于研究目标的经济性质和数据的可得性,本文以中国大陆 285 个地级市(不包括西藏、港澳台地区)为研究对象,以 2003-2016 年为样本期间进行分析。主要被解释变量为雾霾污染水平,解释变量为能源要素价格扭曲,其他控制变量有经济发展水平、外商直接投资、能源效率、绿化覆盖率、城市公共交通、人口密度。在实际操作中,对雾霾污染水平、经济发展水平、外商直接投资、城市公共交通、人口密度变量取对数。

1. 被解释变量

雾霾污染水平: 本文用 $PM2.5$ 浓度来衡量。中国国家环境保护部自 2012 年基于新的《环境空气质量标准》才公布了部分城市的 $PM2.5$ 浓度值。鉴于中国官方统计数据的不完整,本文借鉴国际上广泛使用的达尔豪斯大学测算的中国 340 个城市的年均 $PM2.5$ 浓度值进行分析。由于该数据集 $PM2.5$ 原始格式为栅格数据,本文利用 ArcGis9.3 对其进行了相应处理,最终得到 2003-2016 年中国城市层面(不包含西藏、港澳台地区)的 $PM2.5$ 浓度值的年平均均值。

2. 解释变量

能源要素价格扭曲 ($diste$): 用能源要素的边际产出(应得报酬)和实际价格(实际报酬)两者之间的偏离程度来表示,本文采用超越对数生产函数法进行测算。由前文的文献综述发现,要素市场扭曲会导致资源错配,抑制了企业技术进步,形成粗放式的增长方式,加剧了地区环境污染,因此预期系数符号为正。数据来源于《中国能源统计年鉴》。

3. 控制变量

①**经济发展水平 ($pgdp$):** 用人均 GDP 来衡量地区的经济发展水平,以地区生产总值与年末常住人口之比表示,并使用消费者价格指数进行平减,调整为以 2003 年为基期。通常情况下,经济发展水平越高,消耗的资源就越多,污染排放物也越多,从而恶化了环境问题;但也有学者认为经济发展水平高的地区对环境的关注度也越高,政府也有充足的资本来加大环境治理投入,因此无法确定系数符号。数据来源于《中国城市统计年鉴》。

②**外商直接投资 (fdi):** 采用地区当年实际使用外资金额来衡量,并用当年人民币对美元的官方平均汇率转化为人民币。目前学者关于外商直接投资对环境影响的研究没有统一的结论,认为其主要通过规模、结构和技术效应来影响环境,因此无法确定系数符号。数据来源于《中国城市统计年鉴》。

③**能源效率 (er):** 用 GDP 与地区能源消费总量之比来衡量。能源效率的提升可以调整

地区的能源消费结构,降低污染物的排放,从而改善空气质量。预期系数符号为负。数据来源于《中国能源统计年鉴》。

④绿化覆盖率 (gr):用建成区的绿化覆盖率来表示。地区绿化率提高会吸收空气中的污染物,改善空气质量,缓解环境污染,预期系数符号为负。数据来源于《中国城市统计年鉴》。

⑤城市公共交通 (bus):用每万人拥有的公共汽车数来衡量。公共交通工具可以替代私人机动车辆,缓解交通拥堵,有效提高交通效率,从而降低大气污染物的排放,预期系数符号为负。数据来源于《中国城市统计年鉴》。

⑥人口密度 (pd):用地区年末人口数与土地面积之比表示。一个地区人口数的增加会加大对资源的需求,提高能源的消耗,从而排放更多的污染物;此外,人口密度较高的地区拥有更多的劳动力与资本,可能带来经济的快速增长,因此预期系数符号不确定。数据来源于《中国城市统计年鉴》。

综上,本文选取的变量指标可以总结如表1所示:

表1 变量说明

变量名称	符号	衡量方法	来源
雾霾污染水平	PM2.5	PM2.5 均值 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	达尔豪斯大学
能源价格扭曲	diste	能源边际产出/能源价格-1	《中国能源统计年鉴》
经济发展水平	pgdp	人均 GDP (元)	《中国城市统计年鉴》
外商直接投资	fdi	实际使用外资金额 (万元)	《中国城市统计年鉴》
能源效率	er	地区 GDP 占能源消费总量之比 (万元/万吨)	《中国能源统计年鉴》
绿化覆盖率	gr	建成区的绿化覆盖率	《中国城市统计年鉴》
城市公共交通	bus	每万人拥有的公共汽车数 (辆)	《中国城市统计年鉴》
人口密度	pd	地区年末人口数与土地面积之比 (人/平方公里)	《中国城市统计年鉴》

注:价值型变量均为2003年不变价测算。

(三) 能源要素价格扭曲的测度

目前,学术界关于要素价格扭曲的测度方法主要有生产函数法、影子价格法、随机前沿分析法、要素市场化指数等。生产函数法是最早出现的测量要素价格扭曲的方法,主要分为柯布道格拉斯生产函数(C-D生产函数)和超越对数生产函数,其能直观地反映要素的实际价格与边际产出的偏离程度,并且数据比较容易获取,在计算过程中可以根据实际情况设定最合适的生产函数,因此是学术界最常用的测度要素价格扭曲的方式。由于C-D生产函数前提假定较为严格,且无法考虑技术进步对劳动生产率的影响,因此本文采用超越对数生产函数来测度中国的能源要素的价格扭曲。

测算的基本思想是:根据生产函数估算出各市能源要素的边际产出,即能源要素的应得报酬,然后用应得报酬与其实际报酬(能源价格)的比值与1之间的距离,来衡量各地区的能源要素价格扭曲程度(diste)。diste的值越大,表示扭曲程度越高。本文参考Yang Mian (2018)的模型设定,假设在生产过程中只使用资本(K)、劳动(L)和能源(E)三种要素,则超越对数生产函数的具体形式可设定如下:

$$\ln Y = \beta_0 + \sum_i \beta_i \ln X_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_{ij} \ln X_i \ln X_j + \beta_t t + \frac{1}{2} \beta_u t^2 + u + \varepsilon \quad (2)$$

($i, j = K, L, E$)

其中Y是各市的工业总产出, X_i 是第i种要素投入,时间趋势项t反映技术进步, ε_{it} 是随机误差项。

通过对 (2) 式回归, 可得 β 系数, 从而能源要素的边际产出可以表示为:

$$MRP_{E,t} = (\beta_e + \beta_{ee} \ln E_t + \beta_{ke} \ln K_t + \beta_{le} \ln L_t) \cdot \frac{Y_t}{E_t} \quad (3)$$

根据上述分析, 在进一步获得能源价格 p 后, 能源要素价格扭曲 (diste) 为:

$$diste_t = \left| \frac{MRP_t}{p_t} - 1 \right| \quad (4)$$

(1) 产出 (Y): 本文采取工业总产值作为产出的代理变量, 并以 2003 年为基期, 使用各地区当年工业品出厂价格指数进行平减, 数据来源于《中国城市统计年鉴》。

(2) 资本投入 (K): 用资本存量表示, 本文以 2003 年为基期, 利用永续盘存法估算了各个城市 2003-2016 年的资本存量, 估算公式为: $K_t = K_{t-1}(1 - \delta_t) + I_t$ 。其中 K_t 表示第 t 期的资本存量, 本文借鉴陈诗一 (2011) 的做法, 采用全部工业口径的固定资产净值作为基期的资本存量, 具体计算为将 2003 年工业企业数据库的企业固定资产净值合并到城市层面, 并用固定资产投资价格指数进行平减, 即得出基期的资本存量; K_{t-1} 表示第 $t-1$ 期的资本存量; δ_t 表示资本折旧率, 统一取值为 10.96% (单豪杰, 2008); I_t 为第 t 期的投资, 取值为当期的工业固定资产投资额, 由于无法直接获得城市层面的工业固定资产投资额数据, 本文利用城市层面全社会固定资产投资占省份全社会固定资产投资的比重, 乘以省份工业固定资产投资额, 估算出城市层面的工业固定资产投资额, 并用固定资产形成价格指数调整为以 2003 年为基期的不变价。

其中固定资产净值来源于工业企业数据库, 城市层面的全社会固定资产投资来源于《中国区域经济统计年鉴》, 省份层面的全社会固定资产投资来源于《中国统计年鉴》, 省份层面的工业固定资产投资来源于《中国固定资产投资统计年鉴》中采矿业, 制造业, 电力、热力、燃气及水生产和供应业对应数据的加总, 固定资产形成价格指数来源于《中国统计年鉴》。

(3) 劳动投入 (L): 用工业从业人员数表示, 数据来源于《中国城市统计年鉴》中采矿业, 制造业, 电力、热力、燃气及水生产和供应业从业人员数的加总。

(4) 能源投入 (E): 用各市最终能源消费总量来衡量, 同样由于无法直接获得城市层面的能源消费数据, 本文利用省份的能源消费数据匹配到城市层面, 并通过各种能源折算标准煤系数, 折算成标准煤来统计, 单位为万吨标准煤, 数据来源于《中国能源统计年鉴》。

(5) 能源价格 (P): 能源价格的测度较为复杂, 本文借鉴 Yang Mian (2018) 的测算方法。首先, 根据各省份 1995 年 11 种能源的终端消耗量及其对应价格, 计算出 1995 年能源投入的总成本, 以及将 11 种能源终端消耗量根据对应的能源折标准煤系数转化为标准煤消耗量, 并按省份加总; 然后, 根据各省份 1995 年能源总成本及其累计标准煤消耗量, 估算出实际能源价格; 最后, 依据历年的燃料动力购进价格指数, 估算出各省份历年的实际能源价格, 并以 2003 年为基期进行调整。

其中, 各省份每种能源消耗量、能源折标准煤系数来源于《中国能源统计年鉴》, 1995 年的能源价格数据来源于《1995 年第三次全国工业普查资料汇编》, 燃料动力购进价格指数来源于《中国物价年鉴》。

(四) 变量的描述性统计分析

表 2 为变量的描述性统计结果, 可以直观的看到每个变量均有变动, 且变动范围符合现实情况, 不存在极端异常值, 表明中国不同区域的雾霾污染水平、能源要素价格扭曲分布均呈现出较大的区域不均衡或年份不均衡性。

表 2 变量的描述性统计

变量名称	表示符号	观测值	均值	标准差	最小值	最大值
雾霾污染水平	lnpm2.5	3990	3.484	0.503	1.508	4.509
能源价格扭曲	diste	3990	0.886	0.104	0.051	1
经济发展水平	lnpgdp	3990	9.420	0.638	7.545	12.074
外商直接投资	lnfdi	3990	11.392	2.002	2.807	16.835
能源效率	er	3990	3.159	2.185	0.0003	32.06
绿化覆盖率	gr	3990	36.1062	8.692263	0.83	70.3
城市公共交通	lnbus	3990	1.715	0.752726	0	5.418
人口密度	lnpd	3990	5.717	0.911	1.548	7.887

4 实证结果分析与内生性讨论

(一) 估计结果

根据 Hausman 检验结果, 本文采用面板固定效应对模型 (1) 进行逐步回归分析, 以下为全样本面板数据的分析结果:

表 3 全样本模型回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
diste	0.284*** (0.035)	0.290*** (0.035)	0.288*** (0.036)	0.220*** (0.046)	0.217*** (0.046)	0.216*** (0.046)	0.216*** (0.046)
lnpgdp		0.005 (0.009)	-0.019* (0.011)	-0.014 (0.011)	-0.022* (0.011)	-0.021* (0.012)	-0.021* (0.012)
lnfdi			0.012*** (0.003)	0.012*** (0.003)	0.011*** (0.003)	0.011*** (0.003)	0.011*** (0.003)
er				-0.005** (0.002)	-0.006*** (0.002)	-0.005*** (0.002)	-0.005*** (0.002)
gr					0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)	0.001*** (0.000)
lnbus						-0.003 (0.006)	-0.003 (0.006)
lnpd							0.001 (0.018)
常数项	3.232*** (0.031)	3.177*** (0.101)	3.285*** (0.104)	3.311*** (0.105)	3.365*** (0.106)	3.357*** (0.108)	3.350*** (0.140)
R ²	0.018	0.019	0.023	0.025	0.027	0.027	0.027

注: *, **, ***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著, 括号内的数值为各系数的标准差。

表 3 是全国样本的回归结果, 结果显示, 能源要素价格扭曲 (diste) 对雾霾污染 (PM2.5) 有正向影响, 且在 1% 的水平上显著, 表明能源要素价格扭曲加重了雾霾污染, 结论与预期相符, 与冷艳丽 (2016) 等人的研究结果一致。究其原因, 我国能源要素的应得报酬 (边际产出) 相对于能源要素实际所得报酬 (能源价格) 偏低, 表明企业的技术水平较低, 能源利用效率低下, 且能源要素价格扭曲在一定程度上造成了能源消费和供给结构的不合理, 导致资源配置的无效率。一方面, 由于企业的生产设备陈旧、生产技术瓶颈等因素, 使得能源要素在生产使用的过程中利用不充分, 即能源利用效率较低, 从而排放了较多的空气污染物。

此外由于我国丰煤少油的资源禀赋,在能源消费结构中煤炭消费占据主要地位,且许多学者研究证实煤炭燃烧是中国大气污染的主要驱动力(郝新东,2013)。因此,企业因技术水平较低导致能源燃烧不充分,对雾霾污染产生不利影响。另一方面,由于部分企业获取能源要素的成本相对偏高,导致生产成本过高,没有多余的资金投入到技术研发中,阻碍了企业的技术升级。能源要素价格的扭曲在一定程度上助长了高耗能、高污染、低效率企业的发展,对高耗能产业结构形成锁定效应,进一步阻碍了产业结构升级,进而加重了我国大气污染水平。

其他控制变量方面,经济发展水平在10%的水平上显著为负,表明对雾霾污染有负向影响,可能是由于随着我国经济的高速发展,国民生活质量水平大幅提高,人们在追求美好的物质生活的同时,也十分注重环境保护意识的培养。同时相关部门也拥有较强的经济实力来投入到环境治理工作中,这样一来雾霾污染问题也会相对得到改善。对于雾霾污染来说,外商直接投资对其估计系数在1%水平下显著为正,这可能是由于外资的引入,在投资建厂的过程中不可避免地增加了自然资源的消费,在一定程度上加剧了环境污染。能源效率的回归结果显著为负,也就是说对雾霾污染具有负向影响,说明在同等规模的生产条件下,更高的能源效率,往往使用更少的能源,这使得污染物质的产生和排放也会相对减少,从而缓解了雾霾污染。城市公共交通数不显著,可能是由于一方面城市公共交通汽车数量的增加,尾气的排放量变高,进一步恶化了环境;另一方面,城市公共交通的改善会减少私家车的使用,私家车尾气排放量的下降,使得空气污染相对得到了缓解。(2)-(7)列是逐步加入控制变量的估计结果,可以发现能源要素价格扭曲对雾霾污染估计系数的大小、符号和显著性水平没有发生很大的变化,说明能源要素价格扭曲对雾霾污染具有正向影响的结论是稳健的。

(二) 内生性讨论

模型的估计过程可能存在着潜在的内生性问题,导致估计结果产生偏差,从而影响结果的稳健性。为了规避内生性问题可能引致的估计偏误,在本部分,我们将深入讨论能源要素价格扭曲对PM2.5浓度影响的内生性,并利用二阶段最小二乘估计方法(2SLS),以离受威胁地的最短距离(jl)和能源要素价格扭曲的滞后一期(L.diste)为工具变量,对模型进行重新估计,回归结果如表4所示。

表4 工具变量的回归结果

	工具变量—jl		工具变量—L.diste	
	一阶段	二阶段	一阶段	二阶段
diste		1.569*** (0.240)		0.608*** (9.41)
L. diste			1.065*** (0.025)	
jl	0.019*** (0.001)			
控制变量	Yes	Yes	Yes	Yes
常数项	1.031*** (0.031)	0.936** (0.422)	-0.053* (0.032)	0.939*** (7.76)
R ²	0.156	0.101	0.831	0.565
弱工具变量检验	251.833		1760.3	

注: *、**、***分别代表在10%、5%、1%的水平上显著,括号内的数值为各系数的标准差。

1.以离受威胁地的最短距离为工具变量的2SLS估计

计划经济时期,为促进我国经济发展,需要优先发展支柱型的重工业体系。在优先发展

重工业的战略实施过程中,影响最为长远的是“三线建设”计划^①,其形成的重工业布局,对我国的经济发展影响至今。出于国防的目的,“三线建设”时期,我国的重工业被逐渐迁移到内地,形成了三线地区重工业比较发达的布局。由于重工业是属于资本密集型产业,且能耗强度高,然而当时我国要素资源禀赋特征是劳动力充足,而资本较为稀缺,与重工业的发展模式不匹配,因此为推动重工业优先发展的战略,政府不得不对能源要素市场进行干预,从而导致了能源要素价格扭曲。由此可知,重工业布局与能源要素价格扭曲具有高度相关性,且重工业布局与产出水平、绿化覆盖率、公共交通汽车数等其他变量无关,即满足不与其他扰动项相关的严格外生基本假设,可以作为能源要素价格扭曲的工具变量。因此,参考陈斌开(2013)选择“离受威胁地最短距离”作为的重工业布局的代理变量。

我们在表4中的第1和2列给出了以离受威胁地的最短距离为工具变量的2SLS第一阶段和第二阶段回归结果。首先,最小特征值统计量为251.833大于10,表明该工具变量通过了弱工具变量检验,为合格的工具变量。其次,第二阶段的分析结果还表明,在1%的显著水平上,能源要素价格扭曲提高了雾霾污染水平,具有正向影响,且估计系数高于基准模型,表明模型的内生性问题得到控制,系数的方向与基准模型的回归结果一致,表明本文的结果是稳健的。

2.以散煤消费滞后一期为工具变量的2SLS估计

一个地区的能源要素价格扭曲取决于当期政府的管制和干预,在这里我们假设地区政府对能源市场的管制在短期内(1年)是不变的,由此造成的能源要素价格扭曲也趋于稳定,即在类似的政府管制下,一个地区的两期能源要素价格扭曲(当期和滞后一期)存在高度的相关性,该变量满足与内生变量能源要素价格扭曲高度相关的基本假设;关于其外生性特征,一般意义上来说,滞后一期的能源要素价格扭曲与当期的产出水平、外商直接投资等变量不相关,即满足不与其他扰动项相关的严格外生基本假设,同时,滞后一期的能源要素价格扭曲不直接影响当期的PM2.5浓度,从而可以被作为合格的工具变量。

我们在表4中的第3和4列给出了以能源要素价格扭曲滞后一期为工具变量的2SLS第一阶段和第二阶段回归结果。首先,最小特征值统计量为1760.3大于10,说明该工具变量通过了弱工具变量检验,为合格的工具变量。其次,第二阶段的回归结果表明,在1%的显著性水平上,能源要素价格扭曲对雾霾产生的影响是显著的,且估计系数高于基准模型,表明模型的内生性问题得到控制,系数的方向和数值大小与基准模型的回归结果一致。

综合看来,本部分我们以能源要素价格扭曲的滞后一期和离受威胁地的最短距离作为工具变量,采用2SLS估计方法,讨论了基准模型存在的内生性问题,两种工具变量的估计结果均呈现较稳健且一致的结论,从而验证了我们估计结果准确性。

5 稳健性检验

为了进一步验证以上结论的可靠性,本文进行以下稳健性检验,进一步验证能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响。

(一)分地区回归

鉴于中国幅员辽阔,各个城市的经济发展水平、自然资源禀赋及地理位置条件等都存在较大差异,为了控制中国不同地区之间因经济发展水平等条件的差异而导致对研究结果产生不利影响,本文对样本进行地域划分,来进一步考察能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响。将中国285个地级市分为东、中、西三个地区,各地区的回归结果如表5所示。从地区分布来看,三大地区能源要素价格扭曲对雾霾污染均有正向影响,表明能源要素价格扭曲加剧了三大地区的环境污染,且回归系数大小和方向与基准模型基本一致,表明结果是稳健的。从

^① 三线建设范围:一般是指由沿海、边疆地区向内地收缩划分的三道防线。

回归系数的大小来看,西部地区的能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响要大于中、东部地区,表明能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响存在显著的区域差异。可能原因是:相比较于其他地区,东部地区的政策环境较为宽松,且东部地区的要素市场化程度要比中、西部地区高。此外,东部地区经济发展水平较高,相比较于其他地区,东部地区具有先进的技术优势和机器设备,单位能源要素投入,东部地区的产出更高,能源利用效率较高,因此东部地区能源要素扭曲对雾霾污染的影响要小于中、西部地区。其余各控制变量回归系数的方向、大小和显著性水平与基准模型结果基本一致,此处不再详述。

表 5 分地区样本回归结果

	东	中	西
diste	0.204*** (0.050)	0.235* (0.128)	0.846*** (0.172)
lnpgdp	0.030* (0.017)	-0.054** (0.024)	-0.015 (0.024)
lnfdi	0.003 (0.005)	0.032*** (0.005)	-0.002 (0.005)
er	-0.006 (0.004)	-0.009 (0.006)	-0.012* (0.007)
gr	0.002*** (0.001)	0.002*** (0.001)	-0.0003 (0.001)
lnbus	0.012 (0.010)	-0.017 (0.012)	-0.003 (0.011)
lnpd	-0.005 (0.009)	0.002 (0.034)	0.214** (0.099)
常数项	3.089*** (0.163)	3.526*** (0.284)	1.436*** (0.512)
R ²	0.06	0.051	0.058

注: *、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著,括号内的数值为各系数的标准差。

东部地区:北京、天津、河北、辽宁、江苏、上海、浙江、山东、广东、福建、海南;

中部地区:吉林、黑龙江、山西、安徽、江西、河南、湖北、湖南;

西部地区:内蒙古、广西、重庆、四川、陕西、甘肃、青海、宁夏、新疆、贵州、云南;

(二) 系统 GMM 回归

由于静态面板模型无法考虑变量的内生性问题,导致估计结果产生偏误,为了在一定程度上增加模型估计结果的准确性和解释能力,本文在基准模型(1)中引入 PM2.5 的滞后项作为自变量,选用动态面板数据系统广义矩估计(GMM)法对模型进行估计。系统 GMM 估计方法融合了差分 GMM 和水平 GMM 估计方法的特征,既能有效避免差分 GMM 估计中可能带来的工具变量过度识别问题,也能在工具变量与扰动项不相关的基础上实现比水平 GMM 更有效率的估计,因此本文采用系统 GMM 估计方法进行估计,来检验基准模型结论的稳健性。

表 6 系统 GMM 回归结果

	(1)	(2)	(3)
L.ln _{pm}	0.637*** (0.015)	0.628*** (0.015)	0.538*** (0.001)
L2.ln _{pm}	0.243*** (0.013)	0.266*** (0.013)	0.331*** (0.001)

diste	0.080*** (0.024)	0.132*** (0.023)	0.031*** (0.004)
lnpgdp		-0.070*** (0.011)	-0.028*** (0.001)
lnfdi		0.022*** (0.003)	0.007*** (0.0003)
er			-0.011*** (0.0002)
gr			-0.001*** (0.00004)
lnbus			-0.005*** (0.0005)
lnpd			0.060*** (0.001)
常数项	0.355*** (0.057)	0.669*** (0.098)	0.364*** (0.011)
AR(1)	0	0	0
AR(2)	0.448	0.319	0
Hansen	0	0.557	0.748

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著，括号内的数值为各系数的标准差。

对比基准模型的回归结果可以看出，能源要素价格扭曲对雾霾污染具有正向显著的影响，验证了能源要素价格扭曲在一定程度上加重了中国的环境污染。同时，可以发现 PM2.5 滞后后期系数显著为正，表明环境污染存在动态持续变化的特征。此外，其他各变量回归系数的显著性水平、符号和大小基本未发生变化，验证了本文的结果是稳健的。

（三）被解释变量为 SO2

由于空气污染物的种类多种多样，本文不可能穷尽而是选取了 PM2.5 作为雾霾污染的代表进行重点分析，为了验证基准模型结果的稳健性，本文还采用了二氧化硫（SO2）的排放量作为被解释变量重新进行估计。由表 7 可以看出，估计结果的显著性水平、大小与基准模型相比未发生较大改变，再次验证了本文结论的稳健性。

表 7 被解释变量为 SO2 回归结果

	(1)	(2)	(3)	(4)
diste	1.717*** (0.155)	1.787*** (0.161)	0.545*** (0.204)	0.544*** (0.204)
lnpgdp		0.122** (0.048)	0.181*** (0.050)	0.174*** (0.052)
lnfdi		-0.0275** (0.012)	-0.0223* (0.012)	-0.0224* (0.012)
er			-0.0907*** (0.009)	-0.0914*** (0.009)
gr			0.00357** (0.002)	0.00346** (0.002)
lnbus				0.00884 (0.026)
lnpd				0.0408

				(0.079)
常数项	8.987***	8.088***	8.736***	8.558***
	(0.138)	(0.461)	(0.465)	(0.621)
R ²	0.033	0.035	0.061	0.061

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著，括号内的数值为各系数的标准差。

6 能源要素价格扭曲影响雾霾污染的机制分析

(一) 中介变量与中介效应

从上文的实证结果，我们可以得知能源要素价格扭曲对雾霾污染具有显著的正向影响，即能源要素价格扭曲加重了雾霾污染。参考阚大学 (2016) 等人的文章，并结合前文的理论分析，我们推测能源要素价格扭曲可能通过以下两种途径影响雾霾污染。

考虑到在我国能源市场中，存在一定程度的扭曲现象，即能源要素的边际产出相对于能源价格偏低，在一定程度上造成了能源消费和供给结构的不合理，导致资源配置的无效率。一方面，由于企业的生产设备陈旧、生产技术瓶颈等因素，使得能源要素在生产使用的过程中利用不充分，即能源利用效率较低，从而排放了较多的空气污染物。另一方面，由于部分企业获取能源要素的成本相对偏高，导致生产成本过高，没有多余的资金投入到技术研发中，阻碍了企业的技术升级。技术升级的持续滞后，使得企业不能通过技术手段达到更高的能源利用率，导致单位产出能源要素消耗过高，污染排放居高不下，从而造成当地环境的恶化。针对以上分析本文提出如下假设：

假设一：能源要素价格扭曲会通过抑制技术进步对雾霾污染产生影响

能源要素价格扭曲，造成能源要素使用浪费和配置的不合理，阻碍了要素向高效率、低污染的企业流动，在一定程度上助长了高耗能、高污染、低效率企业的发展，抑制了产业结构的转型和技术水平的升级，对粗放型的增长模式形成锁定效应，从而导致环境的恶化。针对以上分析本文提出如下假设：

假设二：能源要素价格扭曲会通过抑制产业结构转型对雾霾污染产生影响

由上文可知，能源要素价格扭曲对雾霾污染产生显著正向的影响，为了验证能源要素价格扭曲变化是否通过技术进步或产业结构两种途径对雾霾污染产生影响，我们运用中介效应检验方法来验证。中介变量代表一种内部机制，通过这种机制自变量对因变量产生影响。在考察能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响时，如果能源要素价格扭曲通过影响变量 M （技术进步或产业结构）来影响雾霾污染，则称变量 M 为中介变量。如果控制住变量 M ，能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响不再显著，则表示变量 M 充当了“完全中介”；如果控制住变量 M 后，能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响仍然显著，则变量 M 充当了“部分中介”。由于中介效应的检验方法较多，且在检验效力和统计检验错误率上各有优劣，本文参考温忠麟 (2005) 提出的中介效应检验流程对各中介变量进行检验（参见图 1），该检验流程使得中介效应检验犯第一类错误和第二类错误的概率都比较低。因此，本文依据该流程依次对技术进步和产业结构的中介效应进行检验。

$$\text{其中 Sobel 检验需要计算统计量 } Z = \frac{\hat{\alpha}_1 \hat{\gamma}_2}{\sqrt{\hat{\alpha}_1^2 s_{\gamma}^2 + \hat{\gamma}_2^2 s_{\alpha}^2}}, \text{ (其中 } \hat{\alpha}_1、\hat{\gamma}_2 \text{ 分别为系数 } \alpha_1、\gamma_2 \text{ 的拟合值, } s_{\alpha_1}、s_{\gamma_2} \text{ 分别为 } \hat{\alpha}_1、\hat{\gamma}_2 \text{ 的标准误)}$$

γ_2 的拟合值, $s_{\alpha_1}、s_{\gamma_2}$ 分别为 $\hat{\alpha}_1、\hat{\gamma}_2$ 的标准误), 由于 Sobel 检验统计量不是标准正态分布, 其显著性水平 5% 对应的临界值为 0.97 (而不是通常的 1.96)。将计算的统计量 Z 值与临界值进行比较, 如果 Z 值的绝对值大于临界值, 则表示中介效应显著; 如果小于临界值, 则

中介效应不显著。具体而言，分别用以下三个方程表示变量之间的关系：

$$\ln pm2.5_{it} = \beta_0 + \beta_1 diste_{it} + \lambda X_{it} + \sigma_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

$$M_{it} = \alpha_0 + \alpha_1 diste_{it} + \sigma_i + \omega_{it} \quad (6)$$

$$\ln pm2.5_{it} = \gamma_0 + \gamma_1 diste_{it} + \gamma_2 M_{it} + \lambda X_{it} + \sigma_i + \nu_{it} \quad (7)$$

其中 M 表示中介变量技术进步 (cii) 或产业结构 (str)。α₁*γ₂ 表示中介效应，β₁ 表示总效应，且 β₁ = α₁*γ₂ + γ₁。

技术进步 (cii)：本文使用《中国城市和产业创造力报告 2017》计算的城市创新指数来衡量技术进步，与简单使用专利数量代表技术进步的普遍做法不同，该指数考虑了不同年龄专利的价值差异，衡量更为合理准确。根据前文分析，能源要素价格扭曲阻碍了企业技术升级，因此预期能源要素价格扭曲对技术进步的估计系数为负。而技术进步提高了生产效率，减少了对能源要素的消耗，预期对雾霾污染的估计系数符号为负。

产业结构 (str)：本文采取六大高耗能产业^②总产值与工业总产值之比作为产业结构的代理变量。根据前文分析，能源要素价格扭曲阻碍了产业结构向技术密集型产业的转型升级，对粗放型的增长模式形成锁定效应，因此预计能源要素价格扭曲对产业结构的估计系数为正。我国工业部门中，化学制造业、石油加工业、电力供应业等都属于高耗能行业，企业生产主要依赖煤炭、石油等资源，其排放的污染物是产生雾霾污染的主要原因，因此预期产业结构对雾霾污染的估计系数符号为正。数据来源于工业企业数据库，囿于数据的可得性，数据只到 2013 年，但并不妨碍机制检验的进行。

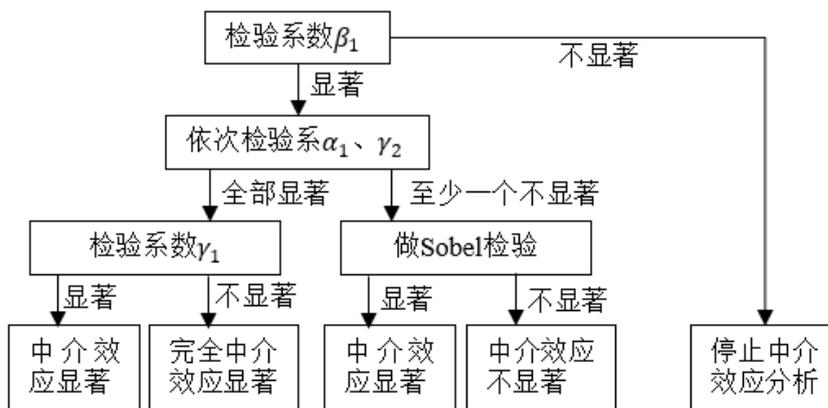


图 1 中介效应检验流程图

(二) 结果分析

1. 以技术进步为中介变量的结果分析

表 8 技术进步的中介效应检验结果

	雾霾污染	城市创新指数	雾霾污染
diste	0.216*** (0.046)	-4.542*** (0.151)	0.215*** (0.046)
Incii			-0.004

^② 六大高耗能产业：化学原料及化学制品制造业、非金属矿物制品业、黑色金属冶炼及压延加工业、有色金属冶炼及压延加工业、石油加工炼焦及核燃料加工业、电力热力的生产和供应业。

			(0.004)
常数项	3.350***	-1.611***	3.325***
	(0.140)	(0.082)	(0.143)
控制变量	Yes	No	Yes
R ²	0.027	0.196	0.027
中介效应		0.018	
效应比例	中介效应/总效应=8.41%		

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著，括号内的数值为各系数的标准差。

表 8 是技术进步的中介效应检验结果，结果显示能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响在 1%的水平上显著为正，表示能源要素价格扭曲加重了雾霾污染，与前文的结论一致。此外，能源要素价格扭曲对技术进步的影响显著为负，表示能源要素价格扭曲阻碍了企业技术进步，符合预期。同时，技术进步也会对雾霾污染产生影响，但是不显著，根据中介效应检验流程可知需要进行 Sobel 检验，计算统计量 Z 值，计算可得 Z=0.99 大于临界值，表示中介效应显著。从中介变量的作用来看，技术进步的中介效应显著，且控制住技术进步变量之后，能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响仍然显著，表示技术进步为部分中介，中介效应为 0.018，在总效应中所占比例为 8.41%，说明能源要素价格扭曲会通过阻碍技术进步来间接影响雾霾污染，该途径对雾霾污染产生的影响占总效应的 8.41%，验证了假设一。

2. 以产业结构为中介变量的结果分析

表 9 产业结构的中介效应检验结果

	雾霾污染	产业结构	雾霾污染
diste	0.262***	0.130**	0.260***
	(0.078)	(0.057)	(0.077)
cy			0.037
			(0.031)
常数项	2.847***	0.222***	2.819***
	(0.142)	(0.051)	(0.145)
控制变量	Yes	No	Yes
R ²	0.018	0.003	0.018
中介效应		0.005	
效应比例	中介效应/总效应=1.91%		

注：*、**、***分别代表在 10%、5%、1%的水平上显著，括号内的数值为各系数的标准差。

表 9 是产业结构的中介效应检验结果，结果显示能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响在 1%的水平上显著为正，说明能源要素价格扭曲加重了雾霾污染，与前文的结论一致。此外，能源要素价格扭曲对产业结构的影响显著为正，表示能源要素价格扭曲阻碍了产业结构向技术密集型产业的转型升级，与预期相符。产业结构对雾霾污染的影响不显著，根据中介效应检验流程可知需要进行 Sobel 检验，计算统计量 Z 值，计算可得 Z=1.06 大于临界值，表示中介效应显著。从中介变量的作用来看，产业结构的中介效应显著，且控制住产业结构变量之后，能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响仍然显著，表示产业结构为部分中介，中介效应为 0.005，在总效应中所占比例为 1.91%，说明能源要素价格扭曲会通过阻碍产业结构升级来间接影响雾霾污染，该途径对雾霾污染产生的影响占总效应的 1.91%，验证了假设二。

7 结论

本文利用 2003-2016 年中国 285 个地级市的面板数据，从能源要素的角度，探究了能源

要素价格扭曲对雾霾污染的影响。主要得到以下结论:(1)我国能源要素市场确实存在扭曲,通过实证分析发现,能源要素价格扭曲对雾霾污染具有显著正向影响,主要通过阻碍企业技术创新和产业结构升级,加剧了雾霾污染;(2)经济发展水平、能源效率则降低了雾霾污染,外商直接投资加重了雾霾污染,但城市公共交通对雾霾污染的作用效果不够明显(3)三大地区能源要素价格扭曲加剧了雾霾污染,但西部地区能源价格扭曲对雾霾污染的正向影响大于中、东部地区,说明能源价格扭曲对雾霾污染的影响存在着区域差异。

基于上述结论,并结合中国能源消费特点以及实际国情,对如何降低能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响,提出以下几点建议:

第一,加大力度促进能源要素市场化进程,从而在资源配置的过程中,市场能够发挥更大作用。另外,由于要素市场扭曲主要是由政府的管制、干预引起的。因此,要逐渐放开市场准入条件,实现由政府主导型向市场主导型经济发展方式的转变,打破特许经营权和垄断,减少政府干预和管制,增强市场的竞争性。减少能源要素流动障碍,使得能源要素能够实现跨部门、跨区域自由流动,降低能源要素价格扭曲。

第二,不断调整能源的消费结构,提供多样化的能源要素资源。由于我国煤炭资源较为丰富,造成在能源消费中形成以煤炭消费为主的消费方式,能源消费结构比较单一,加之煤炭煤品差、煤炭消费点多面广、难以监管等原因,对环境造成巨大压力。在短期,应该降低煤炭的消费量,加大对工业行业中高耗能部门的监管;长期则要不断提高能源的使用效率,降低能源损失。此外,还要积极地寻找替代能源,比如要大力推进风能、太阳能、潮汐能等清洁型新能源的使用。

第三,建立地区合作机制。由于能源要素价格扭曲对雾霾污染的影响存在着显著的区域差异,东、中、西地区在推进能源要素市场的市场化进程时,要充分结合地区特点,合理布局。此外,政府在完善能源要素市场跨区域合作机制时,要打破地方垄断现象,考虑本地区和相邻地区的实际情况,积极促进地区的交流合作,协同发展,而不是根据行政区域划分边界形成市场分割。

第四,推动企业技术创新,提高能源利用效率。不仅要政策层面为创新驱动提供支持,还需要从制度层面发挥激励。政府要借鉴成功经验,出台优惠政策,引进优质资金和先进技术,通过内引外联的方式,为企业营造更好的创新环境和市场氛围,支持并鼓励企业利用绿色环保技术实现经济效益与生态效益的双赢局面。

参考文献

- [1] Beladi H, Chao C C, Ee M S. Capital Market Distortion, Firm Dynamics and Wage Inequality[J]. RIEI Working Papers, 2016.
- [2] Kuizao D, Youjin L, Economics S O. Factor Market Distortion and Innovation Efficiency: Empirical Evidence of China's High-tech Industries[J]. Economic Research Journal, 2016:72-86.
- [3] Wang, Z.B., Fang, C.I., 2016. Spatial-temporal characteristics and determinants of PM2.5 in the Bohai Rim Urban Agglomeration. Chemosphere 148, 148-162.
- [4] Yang Mian, Y.F., Sun, Chuanwang 2018. Factor market distortion correction, resource reallocation and potential productivity gains: An empirical study on China's heavy industry sector. Energy Economics 69, 270-279.
- [5] Zhang, Z., Wang, W., Cheng, M., Liu, S., Xu, J., He, Y., Meng, F., 2017. The contribution of residential coal combustion to PM 2.5 pollution over China's Beijing-Tianjin-Hebei region in winter. Atmospheric Environment 159, 147-161.
- [6] 白雪洁,李爽.要素价格扭曲、技术创新模式与中国工业技术进步偏向——基于中介效应模型的分析[J].当代经济科学, 2017, 39(06):30-42.

- [7] 陈诗一. 中国工业分行业统计数据估算:1980-2008[J]. 经济学(季刊),2011(3):6-47.
- [8] 单豪杰. 中国资本存量 K 的再估算:1952-2006 年[J].数量经济技术经济研究, 2008(10):17-31.
- [9] 郝新东, 刘菲.我国 PM2.5 污染与煤炭消费关系的面板数据分析[J].生产力研究, 2013(2): 118-119.
- [10] 黄昱然, 卢志强, 李志斌. 产业结构升级、要素市场扭曲与环境污染——基于 2003-2015 年 283 个地级市面板数据的分析[J]. 商业研究, 2018(7):119-124.
- [11] 阚大学, 吕连菊. 要素市场扭曲加剧了环境污染吗——基于省级工业行业空间动态面板数据的分析[J]. 财贸经济, 2016(5):146-159.
- [12] 冷艳丽,杜思正.能源价格扭曲与雾霾污染——中国的经验证据[J]. 产业经济研究,2016(1):71-79.
- [13] 刘胜.要素市场扭曲、出口技术复杂度与地区环境污染——基于中国省际面板数据的实证研究[J].经济问题探索, 2015(09):28-35.
- [14]王江波,谭周令.要素市场扭曲与出口企业的研发行为分析[J]. 对外经济贸易大学学报: 国际商务版, 2019(4):1-14.
- [15] 温忠麟,侯杰泰,张雷.调节效应与中介效应的比较和应用[J].心理学报, 2005(2).614-620.
- [16] 徐盈之, 蔡海亚, 严春蕾. 要素市场扭曲与我国雾霾污染防治[J].中国地质大学学报(社会科学版), 2019, 19(01):27-38.
- [17] 张杰,周晓艳,郑文平等.要素市场扭曲是否激发了中国企业出口[J].世界经济, 2011(08):136-162.
- [18] 张亚斌,李英杰,金培振. 要素市场扭曲影响中国城市环境质量的区域效应研究[J].财经论丛,2016(7):3-10.

Theoretical and empirical analysis of energy factor price distortion affecting haze pollution

Ai Hongshan, Guan Mengmeng

(Economy & Trade School, Hunan University, Changsha, 410079)

Abstract: Based on panel data of 285 prefecture-level cities in China from 2003 to 2016, this thesis explores the impact of energy factor market distortion on haze pollution. First, the trans-log production function is used to measure the degree of energy factor distortion in each city; and then, the influence of energy factor price distortion on haze pollution is quantitatively analyzed by using the panel-fixed effect model. The study found that: (1) Energy factor price distortion has a significant positive impact on haze pollution. (2) The level of economic development and energy efficiency are significantly negatively correlated with haze pollution, foreign direct investment has increased haze pollution. However, the impact of urban public transportation on haze pollution is not obvious enough. (3) According to the regional regression, and the influence in the western region is higher than that in the central and eastern regions, indicating that there are regional heterogeneity in the impact of energy factor price distortion on haze pollution.

Key words: energy; price distortion; haze pollution