

doi:10.3969/j.issn.1672-626x.2020.02.006

能源错配与雾霾污染

——来自中国的经验证据

常建新, 李 幸, 陈艺璇

(陕西科技大学 经济与管理学院, 西安 710021)

摘 要: 以中国 30 个省级行政区域 2000—2017 年的面板数据为研究对象, 通过测度价格扭曲和要素错配的方法实证测度了 30 个省级行政区域的能源错配程度并构建了面板计量模型, 从全国和地区层面实证检验了能源错配与雾霾污染之间的关系。研究发现: 30 个省级行政区域均存在不同程度的能源错配情况, 并且表现出了明显的地区差异, 其中, 中部省份的能源错配程度最高, 西部省份次之, 东部省份的能源错配程度普遍小于中西部省份; 无论从全国层面还是地区层面, 能源错配对雾霾污染均有显著的正向影响, 但影响程度存在着一定的地区差异, 其中, 中部地区能源错配对雾霾污染的正向影响最大, 东部地区次之, 而西部地区的影响相对较弱。

关键词: 能源错配; 雾霾污染; 面板计量模型

中图分类号: F205 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-626X (2020) 02-0053-11

一、引言

改革开放以来, 中国经济快速增长的同时也面临着严峻的环境问题。尤其是近年来, 一些城市的雾霾天数逐年增加, 空气质量不断恶化, 对人民群众生产生活造成较大影响, 严重危害了居民的身体健康, 雾霾治理已成为许多城市首要的环境治理工作。雾霾是对大气中各种悬浮颗粒物含量超标的笼统表述, 其主要成分为 SO_2 、 NO_x 及可吸入颗粒物, 前两项为气态污染物, 而可吸入颗粒物 (尤其是 $\text{PM}_{2.5}$, 即空气动力学当量直径 ≤ 2.5 微米的颗粒物) 被认为是雾霾天气频发的罪魁祸首。《2018 中国生态环境状况公报》显示, 2018 年全国 338 个地级及以上城市中, 空气质量达标 (即年均 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度 $\leq 35\mu\text{g}/\text{m}^3$) 的城市仅有 121 座, 占全部城市数的 35.8%, 虽然这一比重较 2017 年上升了 6.5 个百分点, 但空气质量未达标的城市仍然占到了全部城市数的 64.2%, 雾霾污染问题依然严峻。

“资源错配”是相对于资源的“有效配置”而言的, “有效配置”是指资源可以自由流动、实现帕累托最优、能够使社会总产出最大化的最优配置状态, 而“资源错配”是对这个最优配置状态的偏离^[1]。受市场分割、政府管制、垄断势力等诸多因素制约, 中国的主要生产要素资源均存在着不同程度的错配,

收稿日期: 2019-12-18

基金项目: 陕西省科技厅软科学研究计划项目 (2018KRM059); 陕西省教育厅专项科研计划项目 (17JK0075); 陕西科技大学博士科研启动基金项目 (126021524)

作者简介: 常建新 (1987-), 男, 山西怀仁人, 陕西科技大学经济与管理学院讲师, 经济学博士, 研究方向为环境经济学。

市场优化资源配置的功能并不能有效地发挥出来。特别在维持经济高速增长和社会稳定两大发展目标的驱使下,中国的电力、天然气等能源价格仍处于政府的管制之中^[2],无法充分反映其稀缺程度与市场供求规律,导致了能源在地区间的错配。能源既是满足居民消费需求的终端产品和生活要素,更是满足国民经济各行业发展不可或缺的中间投入品和生产要素^[3]。当前,中国正处于工业化与城市化加速发展时期,对能源的刚性需求不断增加。据《世界能源统计年鉴(2019)》的统计显示,2018年中国的能源消费总量达46.4亿吨标准煤,同比增长3.3%,增速创5年来新高,且中国的能源消费增量占据了全球能源消费增量的1/3。与此同时,过量能源消耗所排放的SO₂、NO_x及PM2.5等大气污染物,不仅给居民健康造成严重威胁,也给中国经济的绿色可持续增长带来巨大压力。因此,要实现中国经济的绿色可持续增长,必须在满足生态环境要求的同时,提高能源配置的有效性。能源错配会加剧雾霾污染吗?研究这一问题对处于转型升级关键阶段的中国经济具有重要的现实意义。

二、文献回顾与机理分析

(一) 文献回顾

能源作为生产过程中的一种重要投入要素,是经济与社会发展的重要物质基础,是经济增长的“动力源”,是一个国家的经济命脉,同时,能源的消费和使用也是导致大气环境污染的主要原因^[4],因此,能源问题与大气环境污染的关系一直是学术界关注的重点。现有文献从能源消费与大气环境污染^[5~7]、能源强度与大气环境污染^[8~9]、能源效率与大气环境污染^[10~12]、能源税与大气环境污染^[13]等视角对能源问题与大气环境污染的关系进行了深入研究。近年来,由于雾霾污染问题日益严重,也有部分文献研究了能源问题与雾霾污染的关系。马丽梅和张晓(2014)运用空间计量模型探讨了中国31个省份本地与异地之间雾霾污染的交互影响问题以及经济变动、能源结构影响因素,研究发现,从长期看改变能源消费结构以及优化产业结构是治理雾霾的关键;而从短期看,减少劣质煤的使用是治理雾霾较为有效的途径^[14]。魏巍贤和马喜立(2015)通过建立动态可计算一般均衡模型,对中国能源结构调整、技术进步(能效提高与清洁技术进步)与雾霾治理的政策组合进行了模拟研究,结果表明,推进能源结构调整与技术进步才是治理雾霾的根本手段^[15]。冷艳丽和杜思正(2016)基于2001—2010年中国省际面板数据,考察了能源价格扭曲对雾霾污染的影响,研究结果表明,能源价格扭曲对雾霾污染具有显著的正向影响^[16]。马丽梅等(2016)通过构建空间杜宾模型对能源结构、交通模式与雾霾污染的关系进行了实证分析,结果显示,从短期看,缓解交通拥堵、减少劣质能源的使用是较为有效的减霾途径,制定符合城市发展的中长期布局规划至关重要;而从长期看,发展清洁能源相关技术则更具战略意义^[17]。唐登莉等(2017)基于2004—2013年中国30个省份的空间面板数据,结合静态和动态空间面板数据模型实证分析能源消费对雾霾污染的影响,研究发现,静态和动态空间面板数据模型均显示能源消费对雾霾污染具有显著的正向影响^[18]。

自从Restuccia和Rogerson(2008)^[19]以及Hsieh和Klenow(2009)^[20]分别从宏观和微观的视角提出资源错配测度的理论框架后,学术界已经注意到中国市场化进程中的资源错配现象。一方面,现有文献从产业、区域和所有制等方面考察了中国资源错配的现状^[21~24]。另一方面,现有文献从产业结构、政府干预、行政垄断、地方保护主义、产业集聚、交通基础设施和企业行为等视角探讨了中国资源错配的形成原因^[25~29]。虽然现有资源错配的文献已经取得了丰富的研究成果,但在研究错配的对象上基本聚焦于资本、劳动力和土地,很少有文献关注能源错配。王芃和武英涛(2014)研究发现,对能源市场扭曲纠正后可实现能源产业TFP增长43.51%,其中纠正企业间能源要素市场扭曲对其增长贡献最大^[30]。

孙传旺和林伯强(2014)研究表明, 能源要素市场的扭曲会导致能源要素向高耗能行业流动, 而约束性的能源强度目标与能源价格市场化改革能够改善能源要素配置效率^[31]。张江洋和袁晓玲(2015)研究指出, 通过降低能源扭曲能显著提高 TFP, 而降低能源扭曲的有效途径是提高企业能源利用效率、增加出口、扩大规模、深化所有制改革并严格执行环境规制制度^[32]。陈诗一和陈登科(2017)的研究表明, 近年来能源扭曲逐渐超越资本扭曲成为中国资源配置扭曲的首要贡献者, 亟需关注^[33]。Yang 等(2018)研究发现, 如果能源市场扭曲能够修正, 中国工业部门的能源投入能够减少 10.57%^[34]。

(二) 机理分析

中国的市场化程度经过多年的经济改革已经明显提高, 但导致资源错配的体制机制仍然存在^{[22][35]}。作为仍然处于转型时期的发展中大国, 中央和地方政府对经济的干预程度依然较多, 尤其是财政分权后地方政府掌握了生产要素的定价权, 为了当地 GDP 的发展和政绩的提高, 地方政府对关键要素市场进行控制, 一定程度上扭曲了市场均衡状态下资源的最优配置水平^[36]。尤其是能源作为重要的生产要素, 其能否实现帕累托最优、达到社会总产出最大化的最优配置状态一定程度上决定了中国能否实现经济的绿色可持续增长。能源错配对雾霾污染的影响机制可能有: (1) 能源的国有性质表明, 地方政府具有能源的初始配置权, 即能源不是按照市场规律优先分配给生产效率高的企业, 而是分配给有政治联系的企业, 较低的能源使用成本使得这些低生产效率的企业仅仅通过增加能源投入便可以获得可观的利润, 导致能源消耗过多, 而能源消耗的增加势必会加大环境压力, 进而可能引致雾霾污染。(2) 能源错配导致大量能源流向能源密集型、高能耗、高污染、重化工和低水平加工业, 阻碍了能源供给与消费结构的升级转型。同时, 能源错配抑制了能源效率的提升^[37], 降低了能源开采和生产企业的积极性, 使得能源产出单一、品质不高、利用效率低下, 从而增加污染排放, 导致雾霾天气频发。

综上所述, 现有文献很少探讨要素配置与雾霾污染的关系, 对能源错配的研究也相对较少, 而探讨能源错配对雾霾污染的影响更尚未涉及。本文的贡献主要在于: 第一, 参考陈永伟和胡伟民(2011)^[38]的研究, 提出能源错配的测度方法, 并对 30 个省份 2000—2017 年的能源错配程度进行度量; 第二, 以 30 个省份 2000—2017 年的面板数据为研究对象, 通过构建面板计量模型, 从全国层面和地区层面实证检验了能源错配对雾霾污染的影响程度, 并有针对性地提出了政策建议。

三、研究方法 with 数据来源

(一) 能源错配测度方法介绍

参考陈永伟和胡伟民(2011)^[38]以及 Chu 等(2019)^[39]的研究, 本文通过测度价格扭曲和要素错配的方法来对中国 30 个省份 2000—2017 年的能源错配程度进行度量^①。测度方法表示如下:

$$\gamma_{Eit} = \frac{1}{1 + \tau_{Eit}} \quad (i = 1, 2, \dots, 30; t = 2000, 2001, \dots, 2017) \quad (1)$$

其中, τ_{Eit} 表示 i 省份 t 时期能源错配程度的能源错配指数; γ_{Ei} 为 i 省份 t 时期能源价格的绝对扭曲系数, 是指能源不存在扭曲时的加成状况, 体现了能源使用成本的绝对值信息。但是, 由于缺少能源实际使用价格这一项重要信息, 无法对其进行实际测算, 因此本文采用能源价格的相对扭曲系数对其进行代替:

$$\hat{\gamma}_{Eit} = \left(\frac{E_{it}}{E_t} \right) / \left(\frac{s_{it} \beta_{Ei}}{\beta_{Et}} \right) \quad (2)$$

其中, $\hat{\gamma}_{Eit}$ 为 i 省份 t 时期能源价格的相对扭曲系数; 分子 E_{it}/E_t 为 i 省份 t 时期的能耗在经济体总

能耗中所占的实际比例；分母 $s_{it} = Y_{it}/Y_t$ 为 i 省份 t 时期的产出在经济体总产出中所占的份额， β_{Ei} 为 i 省份的能源产出弹性， $\beta_{Ei} = \sum_i^N s_{it}\beta_{Ei}$ 为 t 时期所有省份总能耗对于总产出的加权贡献值，因此，分母 $s_{it}\beta_{Ei}/\beta_{Ei}$ 度量了能源处于有效配置时， i 省份 t 时期应该消耗的能源在经济体总能耗中所占的理论比例。如果 $\hat{\gamma}_{Eit} = 1$ 即 $\tau_{Eit} = 0$ ，说明 i 省份 t 时期的能源使用成本等于经济体的平均水平，实际配置的能源等于有效配置时的理论水平；如果 $\hat{\gamma}_{Eit} > 1$ 即 $\tau_{Eit} < 0$ ，说明相对于经济体而言， i 省份 t 时期的能源使用成本较低，导致该省份实际配置的能源高于有效配置时的理论水平，能源配置过度；反之如果 $\hat{\gamma}_{Eit} < 1$ 即 $\tau_{Eit} > 0$ ，则说明相对于经济体而言， i 省份 t 时期的能源使用成本较高，导致该省份实际配置的能源低于有效配置时的理论水平，能源配置不足。

由（1）式和（2）式可知，若要得到 i 省份 t 时期的能源错配指数 τ_{Eit} ，必须要估计出 i 省份的能源产出弹性 β_{Ei} 。现有研究普遍采用规模报酬不变的 C-D 生产函数或超越对数生产函数来估计要素的产出弹性。前者假设要素的替代弹性为 1，估计形式简单；后者则更具有包容性，但由于待估计的参数数量较多，往往具有过度的共线性^[40]，如果再加上能源要素，这一缺陷将变得更加明显。因此，本文采用了最基本的规模报酬不变 C-D 生产函数，并将能源要素纳入其中，具体形式如下：

$$Y_{it} = AK_{it}^{\beta_{Ki}}L_{it}^{\beta_{Li}}E_{it}^{\beta_{Ei}} \tag{3}$$

其中， Y_{it} 、 K_{it} 、 L_{it} 和 E_{it} 分别表示 i 省份 t 时期的产出、资本投入、劳动力投入和能源投入； β_{Ki} 、 β_{Li} 和 β_{Ei} 分别表示 i 省份的资本、劳动力和能源产出弹性。参考蒲志仲等（2015）^[41]的研究，令 $\beta_{Ki} + \beta_{Li} + \beta_{Ei} = 1$ ，对（3）式两边同时除以 L_{it} 并同时取对数，并在等式右边加入个体效应 μ_i 、时间效应 λ_t 和随机干扰项 ε_{it} ，经过整理便可以得到 i 省份能源产出弹性 β_{Ei} 的回归模型如下：

$$\ln(Y_{it}/L_{it}) = \ln A + \beta_{Ki} \ln(K_{it}/L_{it}) + \beta_{Ei} \ln(E_{it}/L_{it}) + \mu_i + \lambda_t + \varepsilon_{it} \tag{4}$$

本文利用 30 个省份 2000—2017 年的面板数据对（4）式进行回归，估计各省份的 β_{Ei} 。由于存在经济发展和生产技术水平等差异，各省份的 β_{Ei} 可能不同，参考白俊红等（2017）^[42]的研究，本文采用最小二乘虚拟变量（LSDV）模型对（4）式进行回归，LSDV 模型通过在（4）式中引入个体虚拟变量以及其与可变系数解释变量的交互项来进行估计，从而不同省份可以得到不同的 β_{Ei} 。在估计出 β_{Ei} 后，将其带入（1）式和（2）式，经过计算整理，便可以得到各省份各时期的 τ_{Eit} 。估计 β_{Ei} 及计算 τ_{Eit} 所涉及变量名称、符号及定义如表 1 所示。表 1 中所有变量涉及的数据来源于 2001—2018 年的《中国统计年鉴》《中国人口和就业统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》。

表 1 估计能源产出弹性 β_{Ei} 及计算能源错配指数 τ_{Eit} 所涉及变量名称、符号及定义

变量名称	变量符号	变量定义
产出	Y	选取 2000—2017 年各省份的 GDP 作为产出变量，并以 2000 年为基期，根据 GDP 平减指数将各省份剩余年份的 GDP 平减为以 2000 年为不变价的实际 GDP
资本投入	K	采用永续盘存法计算的 2000—2017 年各省份固定资本存量来表示资本投入量，计算公式为： $K_{it} = I_{it}/P_{it} + (1-\delta)K_{it-1}$ ，其中， K_{it} 、 I_{it} 和 P_{it} 分别表示 i 省份 t 时期的固定资本存量、名义固定资本形成总额和固定资产投资价格指数， δ 表示折旧率，折旧率 δ 以及各省份基期固定资本存量 K_{i2000} 的确定参考张军等（2004） ^[43] 的研究
劳动力投入	L	选取 2000—2017 年各省份年末实际就业人数表示劳动力投入量
能源投入	E	选取 2000—2017 年各省份煤炭、焦炭、石油、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油、天然气和液化石油气 10 种能源的消耗量并根据《中国能源统计年鉴》中各种能源对应的折标准煤系数将 10 种能源折算并加总成各省份的总能源投入量

(二) 面板计量模型构建

为进一步考察能源错配对雾霾污染的影响, 本文构建如下面板计量模型:

$$HAZE_{it} = \beta_0 + \beta_1 |\tau_{Eit}| + \beta_2 PGDP_{it} + \beta_3 Ind_{it} + \beta_4 Coal_{it} + \beta_5 Vehicle_{it} + \beta_6 House_{it} + \beta_7 Urban_{it} + \beta_8 Open_{it} + \beta_9 R \& D_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

其中, i 和 t 分别表示省份和时期; μ_i 为省份个体效应; ε_{it} 为服从独立同分布的随机扰动项, 满足 $\varepsilon_{it} \sim iid(0, \sigma^2)$ 。上述面板计量模型所涉及变量的性质、名称、符号及定义如表 2 所示。表 2 中被解释变量雾霾污染的 PM2.5 浓度原始数据来源于美国大气成分分析组 (Atmospheric Composition Analysis Group), 该原始数据为栅格数据, 精度为 0.01°0.01°; 本文采用 ArcGIS 软件解析出每个省份的 PM2.5 浓度数据, 并基于对人口密度的考虑进一步测算出 30 个省份 2000—2017 年的 PM2.5 年均人口加权浓度 (单位: $\mu\text{g}/\text{m}^3$) 数据。该数据与生态环境部发布的《关于实施环境空气质量标准的通知》对中国雾霾污染基本形势的判断大体一致, 具有较高的可信度。控制变量的选取本文参考了现有文献中影响雾霾污染程度的代表性变量。表 2 中其余所有变量所涉及的数据来源于 2001—2018 年的《中国统计年鉴》《中国科技统计年鉴》和《中国能源统计年鉴》。

表 2 面板计量模型涉及变量的性质、名称、符号及定义

变量性质	变量名称	变量符号	变量定义
被解释变量	雾霾污染	HAZE	各省份的 PM2.5 年均人口加权浓度
核心解释变量	能源错配指数	$ \tau_E $	各省份能源错配指数, 由于存在能源配置不足 $\tau_E > 0$ 和能源配置过度 $\tau_E < 0$ 两种情况, 为使回归方向一致, 本文参考季书涵等 (2016) ^[44] 的做法对 τ_E 值做取绝对值处理, 绝对值越大, 表示能源错配情况越严重
控制变量	经济发展水平	PGDP	各省份人均 GDP 取对数
	工业结构水平	Ind	各省份第二产业产值占 GDP 的比重
	能源消费结构	Coal	各省份煤炭消耗量占总能源消耗量的比重
	机动车保有量	Vehicle	各省份机动车保有量取对数
	房屋施工面积	House	各省份房地产企业房屋施工面积取对数
	城市化水平	Urban	各省份城市人口占总人口的比重
	对外开放水平	Open	各省份进出口贸易总额占 GDP 的比重
	科技发展水平	R&D	各省份 R&D 投入占 GDP 的比重

四、实证结果与分析

(一) 能源错配程度测算结果分析

利用 Stata 软件以 30 个省份 2000—2017 年的面板数据为研究对象, 对 (4) 式设定的 LSDV 模型进行回归, 估计出各省份的能源产出弹性 β_{Et} , 然后将其带入 (1) 式和 (2) 式, 通过计算整理便可以得到各省份各时期的能源错配指数 (见表 3)^②。

如表 3 所示, 2000—2017 年各省份的能源市场均存在不同程度的错配情况, 并且地区间的差异明显。比较而言, 经济较发达的东部地区省份能源错配指数的绝对值普遍小于中西部地区省份, 说明东部地区

表3 2000—2017年各省份能源错配指数（部分年份）

地区	省份	2001	2003	2005	2007	2009	2011	2013	2015	2017	年均值
东部地区	北京	0.751	1.061	1.364	1.529	1.499	1.932	1.616	1.527	1.701	1.442
	天津	0.286	0.460	0.682	0.830	1.064	1.006	0.965	1.095	1.269	0.851
	河北	0.036	-0.472	-0.506	-0.506	-0.522	-0.526	-0.489	-0.463	-0.457	-0.434
	辽宁	-0.460	-0.412	-0.376	-0.333	-0.293	-0.256	-0.270	-0.289	-0.355	-0.338
	上海	0.628	0.727	0.999	1.347	1.335	1.385	0.906	0.993	0.996	1.035
	江苏	0.735	0.748	0.568	0.587	0.668	0.577	0.583	0.591	0.534	0.621
	浙江	0.639	0.607	0.590	0.541	0.532	0.557	0.485	0.505	0.562	0.558
	福建	0.452	0.293	0.204	0.200	0.097	0.062	0.055	0.003	0.139	0.167
	山东	-0.023	-0.067	-0.229	-0.256	-0.253	-0.234	-0.212	-0.286	-0.355	-0.213
	广东	1.244	1.341	1.505	1.548	1.450	1.454	1.245	1.216	1.128	1.348
海南	-0.084	-0.347	0.038	-0.522	-0.525	-0.540	-0.528	-0.599	-0.568	-0.408	
中部地区	山西	0.785	0.798	0.764	0.757	0.741	0.728	0.712	0.727	0.711	0.747
	吉林	0.300	0.289	0.277	0.151	0.131	0.142	0.054	0.019	0.057	0.158
	黑龙江	0.210	0.333	0.442	0.491	0.502	0.586	0.597	0.544	0.564	0.474
	安徽	0.435	0.425	0.321	0.325	0.391	0.337	0.364	0.367	0.339	0.367
	江西	0.338	0.340	0.335	0.336	0.297	0.325	0.356	0.366	0.358	0.339
	河南	0.257	0.196	0.347	0.365	0.345	0.333	0.255	0.233	0.183	0.279
	湖北	0.199	0.190	0.265	0.224	0.312	0.288	0.413	0.450	0.532	0.319
	湖南	0.425	0.390	0.118	0.122	0.226	0.280	0.378	0.396	0.421	0.306
西部地区	内蒙古	-0.630	-0.659	-0.661	-0.676	-0.691	-0.713	-0.681	-0.678	-0.686	-0.675
	广西	-0.270	-0.292	-0.348	-0.355	-0.357	-0.466	-0.487	-0.469	-0.497	-0.393
	重庆	0.334	0.596	0.566	0.378	0.425	0.480	0.801	0.804	0.929	0.590
	四川	0.494	0.287	0.483	0.375	0.313	0.539	0.478	0.473	0.568	0.446
	贵州	-0.475	-0.542	-0.516	-0.485	-0.494	-0.437	-0.425	-0.372	-0.395	-0.460
	云南	-0.194	-0.363	-0.439	-0.439	-0.452	-0.398	-0.356	-0.241	-0.197	-0.342
	陕西	-0.373	-0.408	-0.436	-0.489	-0.498	-0.511	-0.539	-0.531	-0.520	-0.478
	甘肃	-0.659	-0.654	-0.630	-0.637	-0.616	-0.634	-0.631	-0.610	-0.587	-0.629
	青海	-0.467	-0.470	-0.417	-0.524	-0.534	-0.542	-0.599	-0.544	-0.615	-0.523
	宁夏	-0.883	-0.901	-0.882	-0.888	-0.895	-0.917	-0.917	-0.918	-0.915	-0.902
新疆	-0.770	-0.757	-0.760	-0.774	-0.809	-0.828	-0.857	-0.868	-0.876	-0.811	

省份的能源错配水平普遍较低。此外，东部地区大多数省份的能源错配指数均大于零，表明这些省份实际配置的能源低于有效配置时的理论水平，能源配置不足。其原因可能是：（1）东部地区由于经济发展水平较高，对能源的需求量较大，能源配置低于与其经济发展程度相匹配的最优配置水平；（2）为了摒弃高能耗、高排放、高污染的“三高”增长模式，东部地区通过提高能源价格或提高资源税等方式，

抑制企业能源投入, 导致能源配置不足; (3) 东部地区经济增长方式已逐步由粗放型向集约型转变, 节能减排环保生产技术的应用以及产业转型升级都导致了能源需求量的下降。中部地区省份的能源错配指数绝对值普遍高于东西部地区省份, 且几乎所有省份能源错配指数为正值。其原因可能是一系列促进区域发展的政策如“中部崛起”战略, 在经济加速发展阶段, 中部省份的能源需求量增长迅速, 导致能源配置不足。经济发展相对落后的西部地区, 几乎所有省份的能源错配指数都小于零, 表明这些省份实际配置的能源高于有效配置时的理论水平, 能源配置过度。其原因可能是为了平衡地区发展, 缩小地区经济差距, 国家通过实施“西部大开发”等战略给予西部地区重点支持, 但是由于生产技术水平低、企业产出附加值低, 投入生产要素不能充分贡献当地经济, 导致能源配置高于当前产出水平下的最优配置。

(二) 面板计量模型回归结果分析

利用 Stata 软件以 30 个省份 2000—2017 年的面板数据为研究对象, 对 (5) 式设定的面板计量模型进行回归, 此外, 鉴于本文研究期限为 18 年, 具有一定的时间跨度, 且 30 个省份的雾霾污染程度存在显著差异, 因此截面异方差问题不容忽视。为此, 本文采用固定效应面板回归方法对 (5) 式设定的面板计量模型分别从全样本层面和分地区层面进行估计, 结果见表 4 和表 5。

1. 全样本回归结果分析

表 4 给出了 30 个省份全样本的回归结果。由表 4 可知, 核心解释变量能源错配指数绝对值 ($|\tau_E|$) 的回归系数在 1% 的显著性水平为正, 表明能源错配 ($|\tau_E|$) 对雾霾污染 (HAZE) 产生了显著的正向促进作用。其原因可能是中国各省份的能源市场普遍存在不同程度的错配情况, 使得能源价格低于其边际产出水平, 导致能源供给和消费结构不合理, 能源利用效率低下, 尤其是煤炭、石油等传统能源甚至劣质资源被过度消费, 而风能、水能、太阳能等清洁型新能源发展较为滞后, 从而加剧了雾霾污染的程度。因此, 降低雾霾污染的一条有效途径是将能源错配水平限制在合理范围内, 提高能源配置效率。此外, 模型 (1) ~ (9) 是逐步加入其他控制变量的回归结果, 结果显示能源错配指数绝对值 ($|\tau_E|$) 回归系数的大小、符号和显著性水平均没有发生大变化, 说明能源错配对雾霾污染的正向影响是稳健的。

控制变量方面, 经济发展水平 (PGDP) 的回归系数在 1% 的显著性水平为负, 其原因可能是人们对生活质量和环境质量的要求随着经济发展水平的提高而相应地提高; 同时, 政府也有充足的资金加大对雾霾污染的治理力度, 从而在一定程度上改善大气环境状况。能源消费结构 (Coal) 的回归系数在 1% 的显著性水平为正, 与其他能源相比, 煤炭的消耗对大气环境的污染最为严重, 其在使用过程中会产生大量的 CO_2 和烟粉尘, 从而会加剧雾霾污染的程度。工业结构水平 (Ind) 的回归系数均在 1% 的显著性水平为正, 其原因可能是第二产业的发展严重依赖化石能源, 且中国长期以来实行的“重重工业、轻服务业”发展战略使得产业结构存在诸多不合理之处, 尤其是工业比重过高, 经济增长方式粗放, 生产过程中排放出的污染物会加剧雾霾污染的程度。机动车保有量 (Vehicle) 的回归系数在 1% 的显著性水平为正, 说明机动车尾气排放是中国城市雾霾天气频生的一个重要原因。房屋施工面积 (House) 的回归系数在 1% 的显著性水平为正, 说明房屋建筑工地的扬尘会增加大气中的颗粒物含量, 导致雾霾天气的形成。城市化水平 (Urban) 的回归系数在 1% 的显著性水平为正, 说明中国的雾霾污染与城市化进程密切相关, 城市化水平越高, 人口密度越大, 大气环境压力相对也较大。对外开放水平 (Open) 的回归系数在 10% 的显著性水平为正, 根据国家统计局统计数据显示, 中国绝对多数省份均呈现出口额大于进口额的特征, 而中国的大多数出口产品中尤以能源消耗型的初级制造品占比较高, 这些产品在国内生产, 消耗国内资源, 排放的大气污染物会加剧国内的雾霾污染。最后, 科技发展水平 (R&D) 的回归系数为负但并不显著, 说明随着 R&D 投入的增加, 直接用于治理雾霾污染的技术研发支出也随之增加, 可以降低雾霾污染程度, 然而这一减霾效应在 30 个省份全样本的回归结果中尚不明显。

表4 全样本回归结果

解释变量	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
$ \tau_E $	0.293***	0.231***	0.308***	0.348***	0.358***	0.383***	0.454***	0.408***	0.352***
PGDP		-0.094***	-0.083***	-0.158***	-0.115***	-0.090*	-0.222***	-0.249***	-0.405***
Ind			0.960***	0.604***	0.673***	0.525*	0.354*	0.319*	0.565***
Coal				0.706***	0.641***	0.556***	0.572***	0.652***	0.889***
Vehicle					0.030	0.073*	0.105**	0.098**	0.189***
House						0.138***	0.144***	0.129***	0.135***
Urban							0.627**	0.818**	1.905***
Open								0.113*	0.101*
R&D									-2.578
Constant	3.389*** (87.642)	2.511*** (9.190)	2.128*** (7.350)	1.163*** (3.266)	1.437*** (3.282)	1.209*** (2.756)	0.372 (0.638)	0.258 (0.438)	0.807 (1.434)
R-squared	0.527	0.512	0.642	0.617	0.619	0.538	0.546	0.519	0.458
Adj. R-squared	0.509	0.507	0.592	0.611	0.611	0.529	0.534	0.506	0.446
F-statistic	24.039***	17.507***	16.448***	17.836***	14.505***	14.277***	12.994***	11.623***	20.540***
Observations	540	540	540	540	540	540	540	540	540

注：括号内的数值为t统计量；***、**和*分别表示在1%、5%和10%的显著性水平统计显著。表5同

2. 分地区回归结果分析

由于各省份的经济发展水平与地理位置存在差异，为了考察能源错配对雾霾污染的影响，本文进一步分地区进行估计和检验，各地区的回归结果如表5所示。由表5可知，不同地区能源错配对雾霾污染的影响既存在较大的共性特征，也存在一定的地区差异。从共性方面来看，所有地区核心解释变量能源错配指数绝对值（ $|\tau_E|$ ）的回归系数在不同的显著性水平均显著为正，说明能源错配程度的加重都在一定程度上加剧了地区的雾霾污染程度，这与全国层面的估计结果在方向上具有一致性，再次验证了能源错配对雾霾污染的正向影响是稳健的。从区域差异方面来看，能源错配对各地区雾霾污染的影响程度不尽相同，中部地区能源错配对雾霾污染的正向影响相对较大，东部地区次之，相比之下，西部地区能源错配指数绝对值（ $|\tau_E|$ ）的回归系数最小，显著性也最弱。这一结果也呼应了表3呈现出来的结果，即中部地区省份的能源错配程度普遍大于东西部地区省份，重工业也更为集中，能源消耗量大，环境压力也相对较大，更容易出现雾霾天气。

控制变量方面，分地区的回归结果中各控制变量回归系数的符号和显著性水平与全样本的回归结果基本一致，值得注意的是经济发展水平（PGDP）、对外开放水平（Open）和科技发展水平（R&D）的回归系数在东部地区的回归结果中更为显著，这一结果表明，继续缩小地区间的经济发展差距，提升出口产品的科技含量，加大R&D投入力度能够显著减轻雾霾污染，改善大气环境质量。此外，东部地区的回归结果中，机动车保有量（Vehicle）、房屋施工面积（House）和城市化水平（Urban）的回归系数

在大小和显著性水平方面均超过了中西部, 而根据国家统计局统计数据显示, 东部省份的这三项指标均普遍大于中西部省份, 这一结果说明, 机动车尾气排放、房屋建筑工地扬尘以及城市人口密度增加仍然是雾霾污染加剧的主要原因。

表 5 分地区回归结果

解释变量	东部地区		中部地区		西部地区	
	$ \tau_E $	0.269*** (3.412)	0.440*** (4.602)	1.109*** (7.954)	0.853*** (6.011)	0.264** (2.479)
PGDP		-0.450*** (-4.590)		-0.231* (-1.874)		-0.146* (-1.815)
Ind		1.146*** (2.945)		1.810*** (3.426)		1.496*** (4.597)
Coal		1.318*** (5.669)		2.878*** (10.443)		0.607*** (2.933)
Vehicle		0.479*** (10.069)		0.217*** (3.659)		0.064* (1.716)
House		0.171*** (3.812)		0.095* (1.753)		0.035* (1.702)
Urban		5.024*** (10.590)		1.107*** (3.332)		0.716** (2.318)
Open		0.231** (2.541)		0.612 (1.141)		0.307 (0.791)
R&D		-2.878* (1.742)		-2.734 (1.610)		-1.038 (1.489)
Constant	3.423*** (53.366)	1.257 (1.345)	3.665*** (41.725)	1.837** (2.159)	2.836*** (34.250)	0.874 (1.425)
R-squared	0.556	0.687	0.526	0.823	0.544	0.617
Adj. R-squared	0.551	0.672	0.503	0.811	0.540	0.599
F-statistic	11.645***	45.747***	16.743***	68.569***	63.273***	33.713***
Observations	198	198	144	144	198	198

五、结论与政策建议

本文以中国 30 个省级行政区域 2000—2017 年的面板数据为基础, 通过测度价格扭曲和要素错配的方法实证测度各省份的能源错配指数, 构建面板计量模型, 从全国层面和地区层面对能源错配对雾霾污染的影响进行了实证研究。主要结论如下: (1) 30 个省份的能源市场均存在不同程度的错配情况, 并且地区间的差异明显。东部地区各省份能源错配指数的绝对值普遍小于中西部地区, 且东部地区大多数省份的能源错配指数都大于零; 中部地区各省份的能源错配指数绝对值普遍高于东部和西部地区, 且所有省份都出现了正的能源错配; 西部地区几乎所有省份的能源错配指数都小于零。其原因可能是, 首先, 东部地区的市场化水平相对较高, 使得能源错配程度较低; 其次, 中部地区目前正处于经济快速发展时期, 能源需求量大, 能源利用效率低, 造成了该地区能源错配的程度较高; 最后, 生产技术水平低, 国家各项优惠政策对西部地区的大力支持可能导致能源的投入产出效率低下, 使得目前西部地区能源配置

相对过剩。(2)无论从全国层面还是地区层面,能源错配对雾霾污染均有显著的正向影响,但影响程度存在着一定的地区差异。中部地区能源错配对雾霾污染的正向影响最大,东部地区次之,西部地区的影响相对较弱。此外,经济发展水平的提高能够显著改善大气环境状况,而第二产业产值在GDP中的占比越高、能源消耗中煤炭消耗量所占的比重越大、机动车保有量越多、房屋施工面积越多、城市化水平越高以及对外开放水平越高都会越发显著加剧雾霾污染的程度。

针对上述研究结论的政策建议是:(1)应加快煤炭、石油、天然气等能源要素价格的市场化机制改革,减少不适当的政府监管和干预,使能源要素的产品价格真正反映市场的供求关系和稀缺性,充分发挥市场机制在能源配置中的决定性作用。政府部门应发挥好协调和监督作用,消除省际间的行政壁垒,根据价格信号使生产要素在省际间合理流动,减少能源错配。(2)在能源的跨区域配给上要更多地依赖市场机制,而不是过多地进行行政干预,同时也要注意发展经济和治理环境污染过程中的区域差异,完善区域合作治理雾霾污染的机制,形成各区域联防联控的格局。(3)通过多部门合作、多行业协同、多手段相互配合等手段加大对雾霾污染的治理力度,同时也要正确处理好经济社会发展和环境保护的关系,既要考虑经济和社会发展的需要,也要顾及环境和资源的承载能力,以实现经济、社会和环境的协调发展。

注释:

- ① 鉴于西藏的相关数据缺失严重,因此本文的研究对象为中国4个直辖市、4个自治区及22个省份共30个省级行政区。另外,本文按照惯例将30个省级行政区划分为东部、中部和西部三大地区,其中,东部地区包括北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东和海南;中部地区包括山西、吉林、黑龙江、安徽、江西、河南、湖北和湖南;西部地区包括内蒙古、重庆、四川、贵州、云南、陕西、甘肃、广西、青海、宁夏和新疆。为了便于统计下文将30个省级行政区统称为省份。
- ② 由于篇幅限制,本文不列出回归LSDV模型估计求得的各省份能源产出弹性 β_{Ei} 的具体值,如需要可向作者索取。

参考文献:

- [1] 陈永伟.资源错配:问题、成因和对策[D].北京:北京大学,2013.
- [2] 刘殿国,肖辉旭.泛珠三角区域能源效率影响因素的实证研究——基于社会嵌入性视角和多层统计模型的分析[J].软科学,2017,(4):80-84.
- [3] 余康.市场化改革、技术进步与地区能源效率——基于1997-2014年中国30个省份的面板数据模型分析[J].宏观经济研究,2017,(11):79-93.
- [4] 沈能.能源投入、污染排放与我国能源经济效率的区域空间分布研究[J].财贸经济,2010,(1):107-113.
- [5] 张文静.大气污染与能源消费、经济增长的关系研究[J].中国人口资源与环境,2016,(S2):57-60.
- [6] 李世奇,朱平芳.产业结构调整与能源消费变动对大气污染的影响——基于上海投入产出表的实证分析[J].上海经济研究,2017,(6):82-89.
- [7] 陈菡,於世为.中国生活能源消费的典型污染物排放及驱动因素研究[J].中国人口资源与环境,2017,(12):40-51.
- [8] 李力,洪雪飞.能源碳排放与环境污染空间效应研究——基于能源强度与技术进步视角的空间杜宾计量模型[J].工业技术经济,2017,(9):65-72.
- [9] 赵立祥,赵蓉.经济增长、能源强度与大气污染的关系研究[J].软科学,2019,(6):60-78.
- [10] 杜雯翠.工业化视角下的能源效率、技术进步与空气质量——来自工业国与准工业国的比较[J].软科学,2013,(12):109-113.
- [11] 杨恺钧,刘健露,毛博伟.大气污染下中国工业全要素能源效率研究[J].软科学,2018,(6):49-52.
- [12] 杨仲山,魏晓雪.“一带一路”重点地区全要素能源效率——测算、分解及影响因素分析[J].中国环境科学,2018,(11):4384-4392.
- [13] 王德发.能源税征收的劳动替代效应实证研究——基于上海市2002年大气污染的CGE模型的试算[J].财经研究,

- 2006, (2): 98-105.
- [14] 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.
- [15] 魏巍贤, 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.
- [16] 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.
- [17] 马丽梅, 刘生龙, 张晓.能源结构、交通模式与雾霾污染——基于空间计量模型的研究[J]. 财贸经济, 2016, (1): 147-160.
- [18] 唐登莉, 李力, 洪雪飞.能源消费对中国雾霾污染的空间溢出效应——基于静态与动态空间面板数据模型的实证研究[J].系统工程理论与实践, 2017, (7): 1697-1708.
- [19] Diego Restuccia, Richard Rogerson. Policy Distortions and Aggregate Productivity with Heterogeneous Plants[J]. Review of Economic Dynamics, 2008,(11): 707-720.
- [20] Hsieh Chang-Tai, Peter Klenow. Misallocation and Manufacturing TFP in China and India[J]. Quarterly Journal of Economics, 2009, (4): 1403-1448.
- [21] 曹玉书, 楼东玮. 资源错配、结构变迁与中国经济转型[J].中国工业经济, 2012, (10): 5-18.
- [22] Loren Brandt, Tervor Tombeb, Zhu Xiaodong. Factor Market Distortions across Time, Space and Sectors in China[J]. Review of Economic Dynamics, 2013,(16): 39-58.
- [23] 张钟文.资源错配对全要素生产率的影响——基于总产出的核算框架[J].统计研究, 2015, (12): 22-29.
- [24] 周新苗, 钱欢欢.资源错配与效率损失: 基于制造业行业层面的研究[J].中国软科学, 2017, (1): 183-192.
- [25] 韩剑, 郑秋玲.政府干预如何导致地区资源错配——基于行业内和行业间错配的分解[J].中国工业经济, 2014, (11): 69-81.
- [26] 靳来群, 林金忠, 丁诗诗.行政垄断对所有制差异所致资源错配的影响[J].中国工业经济, 2015, (4): 31-43.
- [27] 季书涵, 朱英明, 张鑫.产业集聚对资源错配的改善效果研究[J].中国工业经济, 2016, (6): 73-90.
- [28] 周海波, 胡汉辉, 谢呈阳, 戴萌.地区资源错配与交通基础设施:来自中国的经验证据[J].产业经济研究, 2017, (1): 100-113.
- [29] 余壮雄, 米银霞.地区产业转型中的企业行为与资源错配[J].中国工业经济, 2018, (6): 98-116.
- [30] 王芃, 武英涛.能源产业市场扭曲与全要素生产率[J].经济研究, 2014, (6): 142-155.
- [31] 孙传旺, 林伯强.中国工业能源要素配置效率与节能潜力研究[J].数量经济技术经济研究, 2014, (5): 86-99.
- [32] 张江洋, 袁晓玲.能源扭曲对全要素生产率的影响及对策研究[J].经济问题探索, 2015, (11): 63-71.
- [33] 陈诗一, 陈登科.中国资源配置效率动态演化——纳入能源要素的新视角[J].中国社会科学, 2017, (4): 67-83.
- [34] Yang Mian, Yang Fuxia, Sun Cuanwang. Factor Market Dstortion Correction, Resource Reallocation and Potential Productivity Gains: An Empirical Study on China's Heavy Industry Sector[J]. Energy Economics, 2018,(69): 270-279.
- [35] 白俊红, 刘宇英.对外直接投资能否改善中国的资源错配[J].中国工业经济, 2018, (1): 60-78.
- [36] 雷达, 张胜满.超越要素价格扭曲的新“外向型”发展战略——基于二元边际分析与产品内分工双重视角的实证研究[J].经济理论与经济管理, 2015, (7): 24-35.
- [37] 林伯强, 杜克锐.要素市场扭曲对能源效率的影响[J].经济研究, 2013, (9): 125-136.
- [38] 陈永伟, 胡伟民.价格扭曲、要素错配和效率损失: 理论和应用[J].经济学(季刊), 2011, (4): 1404-1422.
- [39] Chu Xiaoxiao, Geng Hong, Guo Wen. How Does Energy Misallocation Affect Carbon Emission Efficiency in China? An Empirical Study Based on the Spatial Econometric Model[J]. Sustainability, 2019, 11(2115): 1-16.
- [40] 戴魁早.要素市场扭曲如何影响出口技术复杂度?——中国高技术产业的经验证据[J].经济学(季刊), 2019, (1): 337-366.
- [41] 蒲志仲, 刘新卫, 毛程丝.能源对中国工业化时期经济增长的贡献分析[J].数量经济技术经济研究, 2015, (10): 3-19.
- [42] 白俊红, 王钺, 蒋伏心, 李婧.研发要素流动、空间知识溢出与经济增长[J].经济研究, 2017, (7): 109-123.
- [43] 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.
- [44] 季书涵, 朱英明, 张鑫.产业集聚对资源错配的改善效果研究[J].中国工业经济, 2016, (6): 73-90.

(责任编辑: 彭晶晶)