

雾霾约束下的长江经济带 能源效率的空间差异研究

张星灿 曹俊文¹

(江西财经大学 统计学院, 南昌 330013)

【摘要】: 运用非径向、非角度的 SBM 模型, 将雾霾因素作为非期望产出纳入能源效率中, 对长江经济带地区 11 省 2006—2015 年能源效率水平进行测度, 并运用离差分解模型对省际之间的差异性进行分析。研究表明: 在考虑雾霾因素后长江经济带地区的能源效率水平均有所下降; 长江经济带能源效率水平总体差异是由上、中、下游地区内部带来的, 而上游地区内部差异是影响长江经济带总体差异的主要来源, 地区内的发展水平差距大制约了长江经济带绿色可持续发展。因此在雾霾硬约束下协调三大地区内部省际间经济、环境以及能源消费之间的关系是实现区域协调、健康发展的关键。

【关键词】: 能源效率 SBM 模型 地区差异 离差分解

长江经济带定位成国家经济的支撑带, 在经济社会迅速发展的同时, 也带来了诸如环境污染、生态恶化等一系列问题。2014 年《国务院关于依托黄金水道推动长江经济带发展的指导意见》中明确指出加强流域环境综合治理, 扭转区域性雾霾恶化态势。雾霾的主要成分为二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等, 2016 年长江经济带排放全国 34% 的二氧化硫, 32% 的氮氧化物, 28% 的烟尘。从主观上说, 人类活动造成的污染物排放的增加、能源转化率低以及自然资源消耗过多是造成雾霾天气的主要原因; 从地理分布来看, 不同地区的污染物来源又有一定的区别。

1 文献回顾

近年来关于能源效率差异性的研究逐渐增多。在空间尺度上能源效率问题主要分为三种。第一种是针对单个省域内, 如: 王景波 (2016) 对山东省 17 地市能源效率在时间和空间维度进行分析, 发现受 2008 经济压力下行的影响其能源效率也会随之改变, 地市间能源效率差异较大且相关性较低^[1]; 关伟、许淑婷 (2014) 对辽宁省 14 个地级市的能源效率的空间差异进行分析, 发现能源效率自东向西呈倒“V”型的趋势, 自北向南呈“V”型的趋势^[2]。第二种是针对跨省域间, 如: 郑畅 (2008) 研究长江经济带七省二市能源效率的差异性, 通过将 SFA 与 DEA 方法的互补结合, 得出的评价结果会更有说服力^[3]; 然而上述模型都是基于径向和角度, 当存在投入产出非零松弛时就会使效率测算时出现偏差, 因此国内学者基本上都采用 Tone (2003) 提出的非期望产出下的非径向非角度 SBM 模型^[4], 国内学者刘勇和李志祥 (2010) 通过对效率评价度量的 6 种 DEA 模型与 SBM 模型对比, 发现只有 SBM 模型的效率差异识别能力较强^[5]; 冯博和王雪青 (2015) 运用 SBM 模型和差异系数对京津冀地区能源效率的内部差异进行分析, 得出各城市能源效率具有上升的趋势^[6]; 吴传清和董旭 (2015) 运用变异系数对环境约束下的长江经济带空间差异性进行衡量, 发现省内差异比上中下游间的差异要大^[7]。第三种是全国性的研究, 如: 孙敬水, 汪德兴 (2011) 运用泰尔指数法对中国地区能源效率差异进行分析, 发现地区间的差异在逐渐扩大而地区内部的差异则在逐渐缩小^[8]; 冯博、王雪青 (2014) 在考虑碳排放约束下的运用 SBM 模型对中

¹基金项目: 国家社会科学基金项目——“我国 30 省区市碳足迹及省区间碳转移核算研究” (项目编号: 13BTJ024; 项目负责人: 曹俊文) 成果之一。

作者简介: 张星灿, 江西财经大学统计学院硕士研究生, 研究方向: 资源环境统计分析; 曹俊文, 经济学博士, 江西财经大学统计学院教授、博士生导师, 研究方向: 资源环境统计分析。

国 30 个省份建筑业能源效率省间差异进行分析,发现东中西部呈递减趋势^[9]。

回顾文献发现,已有研究考虑雾霾对能源效率的空间差异影响的研究较少,且上述能源效率的空间差异分析方法,如:变异系数法、泰尔指数法、差异系数法等不能很好的分析能源效率水平空间差异的地区构成。长江经济带 11 省贯穿东西,其所处发展阶段与能源效率也存在一定差异。基于此,把雾霾纳入能源效率框架中,采用非径向非角度 SBM 模型测算长江经济带能源效率,并运用离差指标来测度长江经济带能源效率水平空间差异。从而为缩小长江经济带能源效率差异与实现国家经济支撑带的协调可持续发展提供科学的决策依据^[10,11]。

2 研究方法

2.1 SBM 模型

采用 Tone (2003)提出的非期望产出 SBM 模型分析长江经济带 11 省的能源效率。构造模型如下:

设某系统有 s 个决策单元,每单元有三种投入产出指标: n 投入指标, s_1 期望产出指标, s_2 中非期望产出指标。对于有 n 种投入和 s 种产出的生产,得到生产可能集合:

$$P = \{(x, y) \mid x \geq X\lambda, y \leq Y\lambda, \lambda \geq 0\} \quad (1)$$

使用 SBM 模型对具有 n 种投入和 s 种产出的 DMU (x_0, y_0) 的效率进行衡量,则式(1)描述的是 SBM 模型的基本形式:

$$\begin{aligned} \rho^* = \min & \frac{1 - \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n s_k^- / x_{k0}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} s_r^g / y_{r0}^g + \sum_{n=1}^{s_2} s_n^b / y_{n0}^b \right)} \quad (2) \\ \text{st. } x_0 &= X\lambda + s^-, y_0 = Y\lambda - s^+, y_0^b = Y^b\lambda + s^b, \\ \lambda &\geq 0, s^- \geq 0, s^+ \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

ρ^* 表示 DMU (x_0, y_0) 的效率值, s_k^- 表示第 k 种投入的冗余, s_r^g 表示第 r 种期望产出的不足, λ 是调整矩阵, $X\lambda$ 表示前沿上的投入量, $Y\lambda$ 则表示前沿上的产出量, s^- 为松弛投入向量, s^+ 为期望产出松弛向量, s^b 表示非期望产出的松弛变量。SBM 模型的方程形式可以看出, SBM 效率值 ρ^* 满足 $0 \leq \rho^* < 1$ 时表明决策单元无效率,需进一步改进; $\rho^* = 1$, 也即 DMU (x_0, y_0) 处在效率前沿上,不存在投入的过度使用和产出的不足。

2.2 离差分解模型

为具体分析长江上、中、下游三大地区内部差异以及地区间差异对长江经济带整个地区的影响,将总离差平方和分解为三个地区内离差平方和与地区间离差平方和,即:

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (E_{ij} - E_c)^2 = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (E_{ij} - E_{ic})^2 + \sum_{i=1}^m n_i (E_{ic} - E_c)^2 \quad (4)$$

其中 E_{ij} 为 i 地区 j 省(市)的能源效率水平; m 为地区个数, n_i 为地区 i 包括的省的个数; E_c 为长江经济带能源效率的均值; E_{ic}

为地区能源效率均值。可知 $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (E_{ij} - E_c)^2$ 为长江经济带省际间离差平方和, $\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^{n_i} (E_{ij} - E_{ic})^2$ 为地区内省际间离差平方和, $\sum_{i=1}^m n_i (E_{ic} - E_c)^2$ 为地区间离差平方和。

利用离差分解模型测算长江经济带上、中、下游三大地区内部及地区之间差异对长江经济带能源效率总体差异的贡献份额。

2.3 指标选取

长江经济带 11 省, 分别为上游地区的云南、贵州、四川、重庆; 中游地区的湖北、湖南、江西; 下游地区的安徽、江苏、浙江和上海, 采用 2006—2015 面板数据为研究样本。将全社会固定资产投资总额、用电量、劳动力作为投入指标, 期望产出为生产总值, 在不考虑雾霾效应时的非期望产出为二氧化碳, 考虑雾霾效应时非期望产出为污染物综合指标。相关说明如下:

投入指标: 各省全社会固定资产投资总额(亿元)作为资本投入的指标, 全省用电量(亿千瓦时)作为能源投入指标(李博和张文忠, 2016), 各省历年从业人员数(万人)的年初与年末的平均值作为劳动投入指标。

期望产出指标: 各省 GDP(亿元)作为期望产出指标, 基期为 1978 年。

非期望产出指标: 在不考虑雾霾因素时将 CO_2 作为唯一的非期望产出。由于二氧化碳的排放量数据无法直接获得, 本文采用各省能源消费总量(万吨标准煤)与标准煤的碳排放系数进行换算; 考虑雾霾效应时, 可吸入颗粒物、二氧化硫、氮氧化物是雾霾的主要组成部分, 但我国对氮氧化物排放量尚未统计, 所以将可吸入颗粒物、二氧化硫作为雾霾的主要污染指标, 另可吸入颗粒物中 $PM_{2.5}$ 数据是近几年各省才进行监测, 出于数据的可获得性本文未进行区分, 并以可吸入颗粒物作为指标, 最后考虑到 DMU 决策单元只有 11 个, 因此投入指标不应设置较多, 所以在考虑雾霾效应的能源效率水平时, 将二氧化碳、可吸入颗粒物、二氧化硫三种污染物进行归一化剔除单位的影响, 取其平均值作为污染物综合指标。

以上数据来源《中国统计年鉴》(2007—2016), 各省统计年鉴(2007—2016)以及各省环境状况公报等。指标中全社会固定资产投资总额以及 GDP 为剔除价格的影响, 根据各省平减指数统一进行平减, 基期均为 1978 年。

3 实证分析

3.1 长江经济带能源效率测度分析

为测度雾霾确实对能源效率有影响, 将不考虑雾霾效应与考虑雾霾效应进行测算并作比较。

在不考虑雾霾因素对长江经济带能源效率影响时,选取全社会固定资产投资总额、劳动力和用电量作为投入指标,GDP 为期望产出指标,二氧化碳排放量作为唯一的非期望产出指标,利用 MAX-DEA5.2,非径向非角度的 SBM 模型对长江经济带 11 省 2006—2015 年的能源效率进行测算。

在不考虑雾霾因素时,长江经济带 2006—2015 年能源效率具有以下特点:(1)贵州、重庆、湖北、湖南和上海这 5 省处在效率前沿上,投入产出都处在最优水平。(2)未处于效率前沿上的省份中,四川和江苏处于上升趋势;而江西和安徽有下降的趋势,(3)各省中能源效率水平未达到前沿面的具有较大的提升空间,如云南、江西和浙江都具有较大的节能潜力。

在考虑雾霾因素时,非期望产出指标的综合污染物除了二氧化碳以外还有可吸入颗粒物和二氧化硫。

可知:(1)考虑雾霾因素时,长江经济带地区能源效率处于效率前沿上的省份有湖北和上海,与之前不考虑雾霾效应时减少了三个省份。(2)未处于效率前沿上的除了云南和江西外的其他省份大多是先上升后下降的趋势且能源效率均值处在[0.5, 0.9]之间。(3)相比较,考虑雾霾因素后,长江经济带 11 省的能源效率均有所下降。可知雾霾效应对长江经济带地区能源效率的影响较大。因此在近年来雾霾污染日益严重的情况下,测算能源效率时不能只考虑 GDP 期望产出指标,为实现经济与社会可持续发展需考虑雾霾效应的影响。

注意到云南省在考虑雾霾因素后 2006—2010 年能源效率水平反差较大,因此将投入产出结果两种情况进行对比分析,因为 2006—2010 年的投入产出结果基本类似所以仅以 2006 年反差最大的一年进行分析。

可知,考虑雾霾因素时,在投入方面出现了冗余情况的是全社会固定资产投资总额以及从业人数,而产出不足的是综合污染指标,说明在投入一定的情况下把雾霾因素纳入模型中时其污染指标良好,其原因为云南在 2011 年以前的环境空气质量一直在全国排名中处于前几名,污染与其他省份相比较轻。所以把雾霾效应加入到非期望产出的 SBM 模型中测算云南省时,非期望产出松

弛变量 s_n^b 为 0.49, 非期望产出 y_{n0}^b 为 0.55, 占比约为 89%, 造成了 $\sum_{n=1}^{s_2} s_n^b / y_{n0}^b$ 较大, s_n^b 为正说明了云南省的雾霾污染情况比较

乐观,其污染排放还存在一定的上升空间;期望产出不足部分 $\sum_{r=1}^{s_1} s_r^g / y_{r0}^g$ 为 0, 因此造成分母较大,而其他省份非期望产出松弛变量占非期望产出的比例较小,且非期望产出松弛变量为负即雾霾污染较重,因此与其他省份相比云南省的能源效率较低。

3.2 总体差异测度及其地区分解

3.2.1 长江经济带能源效率水平空间差异测度

为找出单个省与长江经济带整个地区平均水平的差异性,在总离差的基础之上用标准差和平均差来测度能源效率水平空间差异。在考虑雾霾效应时测算长江经济带 2006—2015 年整个地区及上、中、下游能源效率水平的基础之上,计算整个地区省际间能源效率水平标准差和平均差以及各地区与整个地区的离差。

可知,自 2006 年以来长江经济带能源效率水平呈下降趋势,标准差与平均差也显示出长江经济带能源效率水平差异呈减小趋势。就长江上、中、下游来看,中游地区的能源效率最高均值为 0.764,从趋势来看,上游地区呈先上升后下降的趋势,中游地区呈先下降后上升的趋势,下游地区一直呈下降趋势。与全区平均水平相比,上游地区大部分年份都低于全区平均水平,中游地区有 50%高于全区平均水平,而下游地区几乎与全区平均水平持平。这与实际情况以及国内学者(吴传清和董旭,2015)的研究是相符的。

3.2.2 长江经济带能源效率水平差异的地区分解

为具体分析长江经济带上、中、下游三大地区内部差异以及地区间差异对整个长江经济带的影响,将总体离差平方和分解为三个地区内离差平方和与地区间离差平方和,并测算出其对长江经济带能源效率总体差异的贡献份额。

可知:长江经济带能源效率水平总体差异是由上、中、下游地区内带来的,地区内贡献份额最大,2013 年之前基本维持在 93% 以上。上游地区内部差异是影响长江经济带总体差异的主要来源,自 2006 年以来上游地区内部差异在逐渐减少但仍然维持在 43.1%,下游地区起初贡献份额较小,但于 2011 年开始超过中游地区的贡献份额。就地区间贡献份额而言,其对长江经济带总体差异影响较小,2013 年之前地区间贡献份额都处于 10% 以下。

4 结论

本文运用非径向、非角度 SBM 模型,在考虑雾霾与剔除雾霾因素两种情况下,对 2006—2015 年长江经济带 11 个省的能源效率进行测算,并运用离差平方和分解模型分析三大地区的能源效率水平空间差异,得出结论如下:

把雾霾因素纳入模型中,并将结果与不考虑雾霾效应时进行对比。发现在不考虑雾霾因素时,有 5 省份处在效率前沿上;考虑雾霾因素时处于效率前沿上的省份只有 2 个,并且考虑雾霾效应后的各省能源效率水平均有所下降,因此不能只考虑 GDP 期望产出指标,为实现经济与社会可持续发展,在测度能源效率时需考虑雾霾效应的影响。

2006 年以来长江经济带能源效率总体呈下降趋势,对总体的差异贡献份额地区内明显大于地区间,总体水平差异是由上、中、下游地区内部差异带来的,其中上游地区内部差异是影响长江经济带总体差异的主要来源,中游地区内部差异在逐渐减少且能源效率最高均值为 0.764,其原因可能为长江中游城市群近几年大力推行绿色、高效等新型发展模式转型对其能源效率水平提高具有一定的效果。

地区内的发展水平差距大制约了长江经济带绿色可持续发展,因此在能源管理时要考虑到长江经济带上中下游区域能源消费特点,区域协调、健康的发展,才是长江经济带未来发展的关键。

参考文献:

[1]王景波. 基于非期望产出 SBM 模型的全要素能源效率测算[J]. 统计与决策, 2016(17):120-123.

[2]关伟, 许淑婷. 辽宁省能源效率与产业结构的空间特征及耦合关系[J]. 地理学报, 2014(4):90-100.

[3]郑畅. 长江流域七省二市能源效率比较研究[J]. 统计与决策, 2008(24):81-83.

[4]TONE K. Dealing with Undesirable Output in DEA : A slacksbased Measure (SBM) Approach [R]. GRIPS Research Report Series' I-2003-2005.

[5]刘勇, 李志祥. 环境效率评价方法的比较研究[J]. 数学的实践与认识, 2010, 40(1):84-92.

[6]冯博, 王雪青. 考虑雾霾效应的京津冀地区能源效率实证研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(10):1-7.

[7]吴传清, 董旭. 环境约束下长江经济带全要素能源效率的时空分异研究——基于超效率 DEA 模型和 ML 指数法[J]. 长江流

域资源与环境, 2015, 24(10):1646-1653.

[8]孙敬水, 汪德兴. 中国地区能源效率差异及其影响因素分析[J]. 技术经济与管理研究, 2011(12):79-83.

[9]冯博, 王雪青, 刘炳胜. 考虑碳排放的中国建筑业能源效率省际差异分析[J]. 资源科学, 2014:160-170.

[10]曹俊文. 中国能源消费水平空间差异及成因研究[J]. 统计研究, 2012, 29(10):59-63.

[11]李博, 张文忠. 考虑环境约束的中国资源型城市全要素能源效率及其差异研究[J]. 自然资源学报, 2016, 31(3):377-389.