

基于共同前沿框架下我国各省份大气环境污染效率研究

王丹丹

(安徽理工大学 经济管理学院,安徽 淮南 232001)

摘要:如何治理雾霾,已经成为一个世界性的话题。无论是较早步入工业化进程的英国、美国和日本这样的发达国家,亦或是像墨西哥、伊朗、蒙古等发展中国家,都曾经或正在面临严重的空气污染问题。我国同样面临着随着工业化与城镇化的不断推进,复合型的大气污染问题日益严重。研究了我国30个省份在2006年到2013年的面板数据,得出我国整体大气环境污染效率为0.623,整体处于较低的水平,且有很大的提升空间,地区差异显著。

关键词:共同前沿;大气环境污染效率;地区差异

中图分类号:F205 **文献标识码:**A **文章编号:**1008-5092(2017)01-0046-06

目前,我国多地频现的严重雾霾问题,PM_{2.5}数值突破警戒线,空气污染加剧,引发社会舆论的广泛关注,如何重现蓝天白云成为人民最关心的问题。随着各界期盼的《大气污染防治行动计划》颁布,标志着我国正式拉开了大气污染防治的序幕,这也将成为我国有史以来最为严格的大气治理行动计划。

一、相关理论

1. 大气污染环境效率

所谓的大气污染就是因为人类的活动或自然过程所引起的某些物质进入大气,达到足够的浓度并对人体和环境造成一定的影响。李静等利用DEA模型处理非期望产出来测算各省区环境效率^[1];金玲等运用DEA方法,从大气环境污染的角度对各省经济发展效率情况进行分析,并从横向和纵向两个方面研究中国经济发展和大气污染物排放的效率关系^[2];袁东等利用聚类分析大气环境质量评价^[3];王晓鹏等利用聚类分析的多元统计方法对大气环境质量进行分析^[4]。本文选用生产过程中投入的资源(如:资本、劳动、能源)和大气污染物(各省份SO₂排放、烟尘尘排放量和CO₂排放量)为投入指标,各地区的生产总值(GDP)为产出指标,也就是投入资源和环境成本

所带来的经济价值。本文的创新之处是在共同前沿框架下,利用聚类分析方法分析大气环境污染效率^[5-8]。

2. 共同前沿

共同前沿理论打破了传统的技术同质性假定,注重挖掘决策单元生产技术的异质性特征,从而为准确查找决策单元效率缺失的潜在深层次原因提供了可能性^[9-11]。设 $x_i = (x_1, x_2, \dots, x_n) \in R_+^N$ 产出向量 $y_i = (y_1, y_2, \dots, y_N) \in R_+^N$,根据一定标准,将所有生产单元划分为 g 个群组($g = 1, 2, \dots, G$),第 g 个群组中生产单元投入产出的技术集合为 T^g ,则群组技术集为:

$$T^g = \{(x, y) : x \text{ 能生产出 } y\}$$

此时生产可能集可以定义为:

$$P^g(x) = \{y : (x, y) \in T^g\}$$

$P^g(x)$ 的上界即为“群组前沿”。群组前沿上的决策单元代表了该群组内最优的生产技术,是该群组内的最佳投入产出点。基于群组前沿的距离函数可表示为:

$$D^g(x, y) = \sup \{\lambda > 0 : (x/\lambda, y) \in P^g(x)\}$$

根据Farrell^[12],距离函数的值可以通过决策单元的实际生产投入与前沿投入水平的标示,因此可以用其来衡量决策单元的技术效率(Technical Efficiency, TE)。则决策单元的群组技术效率为:

$$0 \leq [D^g(x, y)]^{-1} = TE^g(x, y) \leq 1$$

设 T^m 为包含 g 个组群子生产技术集合的并集,即:

$$T^m = \{T^1 \cup T^2 \cup \dots \cup T^g\}$$

此时的生产可能集即可以表示为:

$$P^m(x) = \{y: (x, y) \in T^m\}$$

$P^g(x)$ 的上界就是“共同前沿 (Meta-frontier)”。共同前沿上的决策单元是所有组群的最佳投入产出点,代表的是所有组群内最优的生产技术。显然,共同前沿是组群前沿的包络曲线。基于共同前沿的距离函数可表示为:

$$D^m(x, y) = \sup\{\lambda > 0: (x/\lambda, y) \in P^m(x)\}$$

如前所述, $D^m(x, y)$ 测算的是各决策单元实际投入与共同前沿投入的比值,因此决策单元的共同前沿技术效率即为:

$$0 \leq [D^m(x, y)]^{-1} = TE^m(x, y) \leq 1$$

并且,群组前沿的包络曲线就是共同前沿,因此在群组前沿与共同前沿下,生产单元的技术效率有如下关系:

$$D^m(x, y) \geq D^g(x, y) \Rightarrow TE^m(x, y) \leq TE^g(x, y)$$

我们可以利用“共同技术率 (Meta-technology Ratio, MTR)”来衡量不同群组之间的技术差距,也称之为“技术缺口比 y (TGR)”,其数值上等于共同前沿效率与群组前沿效率之比。TGR 越低,表明该决策单元所在群组的技术水平就越低,反之亦然。TGR 可以表示为:

$$0 \leq TGR(x, y) = \frac{D^g(x, y)}{D^m(x, y)} = \frac{TE^m(x, y)}{TE^g(x, y)} \leq 1$$

二、指标说明

1. 投入指标

参考现有的文献,孟祥兰等在评价我国各省份能源利用的效率时同样采用资本、劳动和能源的使用为投入要素。本文同样将资本、劳动和能源为投入要素:(1)资本投入,本文根据众多文献所采用一贯的永续盘存法,以2006年为不变价格估算出到2013年的资本投入量。(2)劳动投入,考虑到劳动种类、劳动时间、劳动质量以及劳动报酬等因素都会对劳动投入指标产生影响,因此本文直接选用各省份的“年末从业人数”为劳动投入指标的代理变量。(3)能源投入,将各省份的煤炭、石油、天然气和水电一次性能源消费加总,换算为万吨标准煤。很多研究能源效率的文献中,并没有考虑到环境压力指标,汪克亮在研究长

江经济带环境效率时将环境压力代表性指标纳入 DEA 分析框架之中。(4)SO₂ 排放量和烟粉尘排放量,现在备受关注的雾霾现象就是由 SO₂、氮氧化物以可吸入颗粒物形成,考虑到数据的可得性,本文选用 SO₂ 排放量和烟粉尘排放量为投入指标;(5)CO₂ 排放量,正是由于人类活动(如化石燃料)的影响导致近年来二氧化碳含量猛增,全球气候变暖的影响不容忽视。但各省市的二氧化碳排放量无法直接获得,所以必须进行测算,本文根据张华在研究能源的“波特假说”效应时测算排放量所采用的方法。采用 IPCC 公布的参考方法,测算出因化石能源燃烧和水泥生产活动排放的 CO₂,具体方法如下:

化石能源燃烧导致的 CO₂ 排放量:

$$EC = \sum_{i=1}^7 EC_i = \sum_{i=1}^7 E_i \times CF_i \times CC_i \times COF_i \times \frac{44}{12} = \sum_{i=1}^7 \frac{44}{12} \alpha_i E_i$$

其中, EC 代表着各种能源消费所导致 CO₂ 排放量的总量; i 代表着能源消费的总类(煤炭、焦炭、煤油、汽油、柴油、燃料油和天然气); E_i 是第 i 种能源消费量; CF_i 是发热值; CC_i 是碳含量; COF_i 是氧化因子; $\alpha_i = CF_i \times CC_i \times COF_i$ 表示第 i 种能源碳排放系数(参照 IPCC《国家温室气体排放清单指南》):煤炭 0.7599、焦炭 0.8550、煤油 0.5714、汽油 0.5538、柴油 0.5921、燃料油 0.6815 和天然气 0.4483),单位是吨碳/吨标准煤。

水泥生产活动排放的 CO₂ 计算公式:

$$CC = Q \times \beta$$

其中, CC 表示水泥生产过程中 CO₂ 排放量; Q 表示水泥生产总量; β 为水泥生产的 CO₂ 排放系数,本文取值为 0.527。

各地区的 CO₂ 排放总量为: $CO_2 = EC + CC$

2. 产出指标

各地区的生产总值 (GDP),反映各地区投入资本、劳动、能源以及环境代价所带来的经济价值。为保持统计口径的一致性,以2006年的不变价格调整各省份的 GDP。上述各变量数据来自2007—2014年《中国统计年鉴》、《中国环境统计年鉴》、《中国能源统计年鉴》以及各省份统计年鉴并经过整理得到。

3. 样本的选择与说明

本文的研究对象是我国的30个省份,将这些省份划分为三大地区(东部地区:北京、天津、河北、辽宁、上海、江苏、浙江、福建、山东、广东与海

南;中部地区:山西、黑龙江、吉林、安徽、江西、河南、湖北与湖南;西部地区:内蒙古、广西、四川、重庆、贵州、云南、陕西、甘肃、青海、宁夏与新疆), 样本投入产出变量的描述性统计如表 1 所示。

表 1 样本投入产出变量的描述性统计(2006-2013)

Table 1 Sample Input and Output Variables Are Descriptive Statistics (2006-2013)

变量	单位	均值	标准差	最大值	最小值
能源	万吨标煤	12445.75	7885.33	38899.25	920.45
劳动	万人	2504.26	1659.45	6580.4	270.9
资本	亿元	31550.39	24054.79	132476.71	2430.83
SO ₂	万吨	75.64	43.95	196.2	2.17
烟粉尘	万吨	47.95	10233.4	170.4	1.47
CO ₂	万吨	35264.92	24608.55	114340	2096.11
省份 GDP	亿元	12086.57	10233.4	53680.28	648.5

三、实证分析

本文采用共同前沿框架,运用 DEAP 软件对我国 30 个省份的大气环境效率进行分析,具体结果如表 2 所示。

1. 共同前沿框架下我国大气环境污染效率测度

表 2 共同前沿下我国 30 个省份的大气环境污染效率分析

Table 2 Common Frontier Under the Framework of China's 30 Provinces of Atmospheric Pollution of the Environment Efficiency Analysis Results; 2006 - 2013

	MAEP				GAPE			
	最大值	最小值	平均值	标准差	最大值	最小值	平均值	标准差
北京	1.000	0.701	0.847	0.104	1.000	0.701	0.847	0.104
天津	0.898	0.741	0.823	0.050	0.898	0.741	0.823	0.050
河北	0.571	0.457	0.550	0.038	0.571	0.457	0.550	0.038
辽宁	0.682	0.601	0.659	0.026	0.682	0.601	0.659	0.026
上海	1.000	0.881	0.943	0.036	1.000	0.881	0.943	0.036
江苏	0.836	0.733	0.774	0.032	0.836	0.733	0.774	0.032
浙江	0.803	0.677	0.733	0.044	0.803	0.677	0.733	0.044
福建	0.764	0.690	0.714	0.024	0.764	0.690	0.714	0.024
山东	0.714	0.677	0.697	0.016	0.714	0.677	0.697	0.016
广东	1.000	1.000	1.000	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000
海南	0.630	0.545	0.601	0.031	0.630	0.545	0.601	0.031
东部	0.809	0.700	0.758	0.036	0.809	0.700	0.758	0.036
山西	0.563	0.519	0.537	0.015	0.824	0.698	0.761	0.045
黑龙江	0.694	0.646	0.673	0.016	1.000	0.996	0.999	0.002
吉林	0.608	0.541	0.575	0.026	1.000	0.840	0.895	0.054
安徽	0.623	0.592	0.613	0.012	1.000	0.942	0.977	0.024
江西	0.715	0.674	0.692	0.016	1.000	0.989	0.998	0.004
河南	0.599	0.520	0.557	0.030	0.963	0.842	0.902	0.053
湖北	0.767	0.551	0.595	0.071	1.000	0.936	0.990	0.023
湖南	0.628	0.564	0.576	0.021	1.000	0.963	0.987	0.014
中部	0.650	0.576	0.602	0.026	0.973	0.901	0.939	0.027
内蒙古	0.670	0.563	0.626	0.040	1.000	0.994	0.999	0.002
广西	0.597	0.540	0.572	0.025	1.000	0.900	0.963	0.043
四川	0.657	0.497	0.581	0.059	1.000	0.999	1.000	0.000
重庆	0.878	0.472	0.689	0.176	1.000	0.805	0.890	0.085
贵州	0.402	0.367	0.386	0.011	0.709	0.584	0.646	0.050

云 南	0.461	0.419	0.435	0.013	0.763	0.704	0.744	0.021
陕 西	0.569	0.505	0.528	0.023	1.000	0.868	0.909	0.047
甘 肃	0.511	0.432	0.461	0.031	0.827	0.756	0.804	0.021
青 海	0.414	0.360	0.398	0.019	0.746	0.630	0.692	0.040
宁 夏	0.375	0.350	0.363	0.007	0.594	0.561	0.578	0.010
新 疆	0.508	0.476	0.496	0.012	0.864	0.804	0.839	0.021
西 部	0.549	0.453	0.503	0.038	0.864	0.782	0.824	0.031
全 国	0.671	0.576	0.623	0.034	0.873	0.784	0.830	0.032

(1)分析结果显示,我国各省份之间的大气环境效率存在显著的差异。在 2006 年到 2013 年中,有 2 个省份(上海、广东)的大气环境污染效率达到 0.9 以上,是最接近生产前沿面的,是其他省份学习的榜样。但在大气环境污染效率方面,各省份表现出来的结果也是良莠不齐,有明显的优势,经济的发展程度也处于领先位置,这就意味着在追求经济高速发展的同时所花的环境代价是最少的。

(2)我国大气环境效率整体处于较低的水平,只有 0.671 左右,这就意味着在保持投入和产出不变的情况下,还能在原有基础上减少 30% 以上的大气污染排放。“拖后腿”现象在我国大气环境效率中表现得很明显,每年有将近一半省份的大气环境效率低于均值。

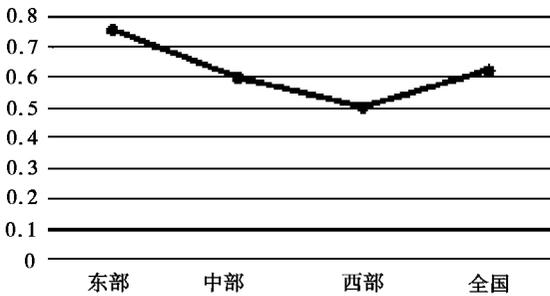


图 1 三大区域的大气环境污染效率

Fig.1 Three Regions and the Atmospheric Pollution of the Environment Efficiency

(3)根据之前将 30 个省份划分为三大地区,东部地区的大气环境污染效率为 0.758,明显的高于中部(0.602)和西部(0.503),这也得益于东部地区得天独厚的地理位置以及经济条件等因素;较为落后的中部地区处于东部和西部的中间,还有 39.8% 的提升空间,这也就意味着在透出不变的情况下,环境污染还能降低 39.8%,需要学习东部地区的先进技术来降低环境污染提高环境污染效率;西部地区地理位置较为偏僻,经济发展水平较东部地区有很大的差距,但不能一味的以

牺牲环境为代价追求经济的发展;整体而言,全国的大气环境污染效率为 0.623,有很大的提升空间,在关注中西部地区发展的同时要注重发展的质量,走可持续发展道路,实现经济的又好又快发展。

2. 三大区域大气环境污染技术差距

从表 1 中可知,在共同前沿和群组前沿下的大气环境污染效率是不一样的,这是因为各区域和全国的技术差异导致的,本文通过共同技术率来分析三大区域间的技术异质性和技术差距。

从图 2 中很明显的就看到东部地区共同技术率一直遥遥领先,在研究的期间内均为 1.000,这也起着带头、领军的作用,是中西部地区发展追求的目标。在研究的 8 年期间,中部地区的共同技术率处于一个很不稳定的状态,坚持走可持续发展道路与知识、技术、管理和对外政策是密不可分的,而技术就担负着保障的作用。因此不能忽视技术对经济健康发展的重要性。相对于东部和中部地区而言,西部处于较低的水平。但从总体分析,西部地区的共同技术率处于上升的状态,这与政府的西部大开发政策是密不可分的,对技术投入的重视的同时不能忽略对环境污染的控制。在研究期间内,三大区域共同技术率均值东部 1.000、中部 0.641 和西部 0.610,中西部和东部相比有较大的差距,但也意味着有很大的提升空间。各地区必须重视大气环境污染的现状,要因地制宜的解决各地区面临的问题,要以东部地区为目标,缩小区域之间的大气环境技术差距,早日实现经济的可持续发展。

3. 聚类分析

聚类分析将同一类事物具有高度共质性,在本文中的体现就是高大气环境质量。在本文中所研究的大气环境效率是基于共同前沿框架下的,在研究聚类分析时同样采用在共同前沿下的 30 个省份的大气环境效率均值进行聚类分析。运用 SPSS 软件得到最后分类结果,如表 3 所示。

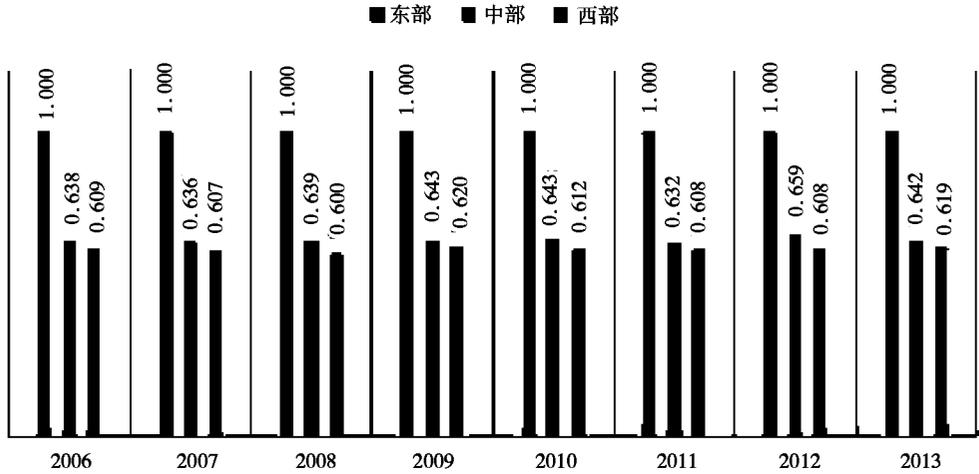


图 2 三大区域间的技术异质性和技术差距

Fig. 2 Three Common Trend of Changes in the Rate of Technology (2006-2013)

表 3 30 个省份的大气环境效率聚类分析结果

Table 3 30 Area Atmospheric Environment System Clustering Results in the Efficiency is Divided into Four Categories

类别	省份	省份个数
第 I 类	上海, 广东	2
第 II 类	北京, 天津, 辽宁, 江苏, 浙江, 福建, 山东, 黑龙江, 江西, 重庆	10
第 III 类	河北, 海南, 山西, 吉林, 安徽, 河南, 湖北, 湖南, 内蒙古, 广西, 四川, 陕西, 新疆	13
第 IV 类	贵州, 云南, 甘肃, 青海, 宁夏	5

上海与广东属于第 I 类地区,这两个省份大气环境污染效率最高,这就意味着牺牲环境所带来的经济产出就达到最大值。II 类地区包括北京、天津、辽宁等 10 个省份。该类地区省份较为接近生产前沿面,在已有环境污染不变的情况下,对地区 GDP 增长还是有一定的改善空间。第 III 类地区由河北、海南、山西、吉林等 13 个省份组成,这些省份的大气环境效率接近或低于全国平均水平,大范围雾霾天气的发生也多是出现在这些省份,经济增长与大气环境保护是极为不协调的。在今后相当长时期内,这些省份都是我国节能减排政策关注的重点地区,也是大气污染防治的主要区域;贵州、云南、甘肃、青海与宁夏 5 省份属于第 IV 类地区,这是我国大气环境污染效率最低的地区,这些省份是完全不顾大气环境,一味追求经济发展,对这些地区要给予政策上的扶持和帮助,提供技术支持。

四、建议

从本文的结论中提出建议:(1)走可持续发

展道路是我国的必由之路,只有节能、提高能源效率、发展可再生能源等举措真正的落实,大气环境质量才能得到提高,生态环境得到进一步的改善,经济才是高质量的发展。(2)区域间的大气环境效率差异性明显,应该注意工业的合理布局,调整能源结构、改革生产工艺、利用净化装置、加强监督管理、制定地方性的措施等方法来改善区域间的差距。(3)构建完善的排污权交易市场,完善法律法规体系,构建完善的污染去除的激励机制。东部地区应更加注重提高对大气污染的控制和管理,中西部地区应继续加大对环境污染处理的技术投入,以东部地区为目标,缩小区域间的大气环境效率,坚决贯彻实施“中部崛起”和“西部大开发”等战略,政府要给予中西部地区更多的优惠政策,加大对中西部地区的技术扶持力度,给予更好的发展环境。要以中国整体发展为发展,提高整体的经济发展质量,保证生态环境的改善、人与自然和谐相处,社会的和谐发展^[11-12]。

参考文献:

- [1] 李静,程丹润. 基于 DEA-SBM 模型的中国地区环境效率研究[J]. 合肥工业大学学报(自然科学版),2009,32(8):1208-1211.
- [2] 金玲,杨金田. 基于 DEA 方法的中国大气环境效率评价研究[J]. 环境与可持续发展,2014,39(2):19-23.
- [3] 袁东,付大友,袁基刚,等. 聚类分析法在大气环境质量评价中的应用[J]. 四川理工学院学报(自然科学版),2004,17(3):169-175.
- [4] 王晓鹏,曹广超. 基于多元统计的大气环境质量评价模型与应用[J]. 环境工程,2007,25(6):81-85.
- [5] 杨青山,张郁,李雅军,等. 基于 DEA 的东北地区城市群环境效率评价[J]. 经济地理,2012,32(9):51-55,60.
- [6] 王奇,李明全. 基于 DEA 方法的我国大气污染治理效率评价[J]. 中国环境科学,2012,32(5):942-946.
- [7] 李正锋,逯宇铎,于娇,等. 基于共同前沿方法的中国区域创新效率及差异研究[J]. 工业技术经济,2015(5):12-19.
- [8] 王俊能,许振成,胡习邦,等. 基于 DEA 理论的中国区域环境效率分析[J]. 中国环境科学,2010,30(4):565-570.
- [9] 高宇宏. 浅谈城市大气环境中污染物的科学防治与治理[J]. 城市地理,2014(24):210-214.
- [10] 曾贤刚. 中国区域环境效率及其影响因素[J]. 经济理论与经济管理,2011(10):103-110.
- [11] 曾理. 在 DEA 方法辅助下的大气污染治理效率思路分析[J]. 科技创新导报,2013(35):124-125.
- [12] 庞少飞. 城市大气环境中污染物的来源及治理对策[J]. 湖北科技学院学报,2015,35(11):188-190.

Based on Common Frontier Provinces in China within the Framework of the Atmospheric Pollution of the Environment Efficiency Research

WANG Dandan

(College of Economic and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui 232001, China)

Abstract: Facing how to governance haze, has become a worldwide topic. Whether in early into the process of industrialization in the history of Britain, the United States and Japan have developed countries, or the like Mexico, Iran, Mongolia and other developing countries, have been or are facing serious problem of air pollution. Our country also faces with the advancement of industrialization and urbanization, complex problem of air pollution is becoming more and more serious. This paper studies China's 30 provinces panel data from 2006 to 2013, it is concluded that the overall efficiency of atmospheric environmental pollution in China is 0.623, the overall low level, and there is a lot of room to improve, significant regional differences.

Keywords: common frontier; atmospheric pollution of the environment efficiency; regional differences

(责任编辑:沈建新)