

# 京津冀与长三角城市群大气污染治理评价研究 ——基于 PSR 评价体系

熊 苡, 刘 扬

(中国石油大学(北京)工商管理学院, 北京 102249)

**摘要:**京津冀和长三角是中国城市最密集、经济最发达的区域,近几年来大气环境污染严重阻碍了两大城市群经济的持续健康发展。该文运用大气环境治理绩效评价指标体系(PSR 评价体系)对两大城市群大气污染治理绩效进行主成分分析。针对响应指标部分,添加了风电新增装机容量(R3)和光伏新增装机容量(R4)两个分项指标,改进后的指标更能反映现阶段清洁能源的广泛使用成为两大城市群在治理大气污染方面的有效手段。该文旨在通过对两城市群评价结果的比较,为治理大气污染提供政策参考。

**关键词:**京津冀;长三角;城市群;大气污染治理;PSR 评价体系

**中图分类号:**X511 **文献标识码:**A **文章编号:**1671-2404(2018)88-0013-06

自 2013 年 9 月 10 日国务院发布《大气污染防治行动计划通知》以来,全国各省市积极开展大气污染治理。2014 年京津冀协同发展战略被提出后,同年 7 月发布了《京津冀及周边地区重点行业大气污染限期治理方案》,8 月北京与天津、河北分别签署《关于进一步加强环境保护合作的协议》和《加强生态环境建设合作框架协议》。2014 年 1 月,长三角区域也召开了大气污染防治协作第一次工作会议,将大气污染治理提上了区域协作日程。2017 年,中国圆满实现“大气十条”目标,大气污染依然严重,全国 338 个地级及以上城市中空气质量达标的仅占 29%。<sup>[1]</sup>2018 年 2 月,环保部召开全国环境保护工作会议,全面启动打赢蓝天保卫战作战计划,将京津冀与长三角两大城市群作为未来三年蓝天保卫战的重点区域。

城市群作为大气污染防治的新单元,有利于信息共享、责任共担、联防联控,开展多角度协同协作。京津冀和长三角两大城市群近几年在大气污染治理上已颇见成效,但仍未完全发挥城市群应具备的协作优势。<sup>[2][3]</sup>为此,本文运用 PSR 评价体系对两大城市群大气污染治理进行建模分析,通过量化各地区治理水平,找准城市群治理痛点,为构建更为高效的大气污染治理协作体制机制提出相应建议。

## 1 基于 PSR 评价体系的污染治理绩效实证分析

### 1.1 构建 PSR 评价体系

压力-状态-响应模型(PSR 模型)<sup>[4]</sup>是指人类经济社会活动对环境所形成的负面影响(P)、环境质量状况及改善程度(S)和人类为避免环境质量下降而做出的治理回应(R)三者之间相互作用的机理。本文中各指标具体描述如下:P 代表主要污染物排放量,这类指标反映了资源利用效率,具体用单位 GDP 所产生的二氧化硫(P1)、氮氧化物(P2)、烟(粉)尘(P3)以及工业废气排放量(P4)来表示,指标值越低,资源利用效率越高,对环境造成的压力越小;S 代表大气环境质量状况,具体用较上一年空气中二氧化硫浓度减少量(S1)、二氧化氮浓度减少量(S2)、可吸入颗粒物(PM10)浓度减少量(S3)和空气质量达到二级以上天数增加数(S4)来表示,指标值越高,环境质量越好;R 代表大气污染治理投入,这类指标反映了各区域对大气环境治理的重视程度,具体用燃气和集中供热投资(R1)、工业废气治理投资(R2)、风电新增装机容量(R3)、光伏新增装机容量(R4)来表示,指标值越高,对大气环境治理越重视,治理成效也应较好。综合上述各类指标,本文的大气污染治理评价体系如表 1 所示:

收稿日期:2018-09-10

作者简介:熊苡,副教授,主要从事产业经济与区域发展方面的研究;刘扬,硕士研究生,主要从事能源金融、产业经济学等方面的研究。E-mail:yixiong006@sina.com

表 1 大气污染治理评价体系指标

指标编号	指标内容	计量单位	指标性质
P1	单位 GDP 的二氧化硫排放量	吨/亿元	逆向指标,越低越好
P2	单位 GDP 的氮氧化物排放量	吨/亿元	反向指标,越低越好
P3	单位 GDP 的烟(粉)尘排放总量	吨/亿元	反向指标,越低越好
P4	单位 GDP 的工业废气排放量	亿立方米/亿元	反向指标,越低越好
S1	单位空间可吸入颗粒物(PM10)比上年减少	微克/立方米	正向指标,越高越好
S2	较上一年二氧化硫浓度减少	微克/立方米	正向指标,越高越好
S3	较上一年二氧化氮浓度减少	微克/立方米	正向指标,越高越好
S4	较上一年空气质量达到二级以上天数增加数	天	正向指标,越高越好
R1	空气污染治理投资——燃气投资和集中供热投资总额	万元	正向指标,越高越好
R2	工业废气治理投资	亿元	正向指标,越高越好
R3	风电新增装机容量	万千瓦时	正向指标,越高越好
R4	光伏新增装机容量	万千瓦时	正向指标,越高越好

## 1.2 实证分析过程

本文基于上述评价体系,运用主成分分析法对京津冀和长三角区域七个省市 2011 年-2016 年的大气污染治理情况进行比较分析。数据来源为《中国环境统计年鉴(2012-2017)》《北京市统计年鉴(2012-2017)》《天津市统计年鉴(2012-2017)》《河北省统计年鉴(2012-2017)》《上海市统计年鉴(2012-2017)》《江苏省统计年鉴(2012-2017)》《浙江省统计年鉴(2012-2017)》《安徽省统计年鉴(2012-2017)》、国家能源局发布的《光伏发电统计信息》和《风电并网运行情况》,及中国可再生能源协会风能专业委员会发布的《中国风电装机容量统计》。

### 1.2.1 对数据进行标准化处理

包括逆向指标正向化以及各指标的标准化处理。处理后分别用  $ZP_i (i=1,2,3,4)$ ,  $ZS_j (j=1,2,3,4)$ ,  $ZR_k (k=1,2,3,4)$  表示。

### 1.2.2 主成分分析法适用度统计检验

利用 SPSS19.0 软件首先进行 KMO 检验与 Bartlett's 球形度检验,得到表 2 中的结果:KMO 值达到 0.706,并且 Bartlett's 球形度检验的近似卡方值为 476.169,可信度水平为 0.000,数据通过检验,适合作主成分分析。

表 2 KMO 和 Bartlett 的检验

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量		0.706
Bartlett 的球形度检验	近似卡方	476.169
	df	66
	Sig.	0.000

### 1.2.3 确定主成分和得分系数矩阵

如表 3 所示,前三个主成分累计方差贡献已达 76.289%。如表 4 所示,四个压力指标(包括单位 GDP 所产生的二氧化硫、氮氧化物、烟(粉)尘以及工业废气排放量)与主成分 Z1 相关性最强,四个状态改善指标(包括空气中二氧化硫浓度、二氧化氮浓度、可吸入颗粒物(PM10)浓度和空气质量达到及好于二级的天数)与主成分 Z2 相关性最强,四个响应指标(包括燃气和集中供热投资、工业废气治理投资、风电新增装机容量、光伏新增装机容量)与主成分 Z3 相关性最强,即三个主成分可以很好的反映十二个分项指标。根据它们各自包含的分项指标的综合意义,可将三个主成分定义为压力主成分、状态改善主成分、响应主成分。

根据表 4,得到三个主成分 Z1、Z2、Z3 和综合指数 Z 的表达式:

压力主成分  $Z1 = 0.265(ZP1) + 0.280(ZP2) + 0.250(ZP3) + 0.258(ZP4) - 0.006(ZS1) - 0.010(ZS2) - 0.015(ZS3) - 0.006(ZS4) + 0.138(ZR1) + 0.021(ZR2) + 0.012(ZR3) + 0.037(ZR4)$ , 用来表示各地区大气污染排放量对环境造成的压力;

状态改善主成分  $Z2 = -0.005(ZP1) + 0.006(ZP2) + 0.011(ZP3) - 0.013(ZP4) + 0.272(ZS1) + 0.254(ZS2) + 0.284(ZS3) + 0.259(ZS4) - 0.057(ZR1) - 0.044(ZR2) + 0.042(ZR3) + 0.055(ZR4)$ , 用来表示环境质量变化;

响应主成分  $Z3 = 0.088(ZP1) + 0.095(ZP2) - 0.012(ZP3) + 0.027(ZP4) + 0.018(ZS1) - 0.068(ZS2) - 0.015(ZS3) + 0.028(ZS4) + 0.359(ZR1) +$

0.289(ZR2)+0.413(ZR3)+0.380(ZR4),用来表示各地为治理大气污染的行动状况;  
最后用三个主成分构建综合指标,以方差贡献

率为权重  $Z = 34.971\%Z1 + 27.577\%Z2 + 13.741\%Z3$ ,用来表示各地大气污染治理情况的综合得分。

表3 解释的总方差

成份	初始特征值			提取平方和载入			旋转平方和载入		
	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %	合计	方差的 %	累积 %
ZP1	4.197	34.971	34.971	4.197	34.971	34.971	3.748	31.232	31.232
ZP2	3.309	27.577	62.548	3.309	27.577	62.548	3.390	28.252	59.484
ZP3	1.649	13.741	76.289	1.649	13.741	76.289	2.017	16.805	76.289
ZP4	1.215	10.122	86.411						
ZS1	0.537	4.473	90.884						
ZS2	0.360	2.997	93.881						
ZS3	0.302	2.517	96.398						
ZS4	0.206	1.718	98.116						
ZR1	0.091	0.762	98.878						
ZR2	0.070	0.580	99.459						
ZR3	0.045	0.375	99.833						
ZR4	0.020	0.167	100.000						

提取方法:主成分分析。

表4 主成分与得分系数表

成分	旋转后的因子载荷矩阵			成分得分系数矩阵		
	Z1	Z2	Z3	Z1	Z2	Z3
ZP1	0.841	-0.205	0.303	0.265	-0.005	0.088
ZP2	0.9	-0.183	0.323	0.28	0.006	0.095
ZP3	0.927	-0.263	0.143	0.25	-0.011	-0.012
ZP4	0.895	-0.255	0.208	0.258	-0.013	0.027
ZS1	0.3	0.871	0.006	-0.006	0.272	0.018
ZS2	0.393	0.774	-0.125	-0.01	0.254	-0.068
ZS3	0.331	0.899	-0.051	-0.015	0.284	-0.015
ZS4	0.271	0.835	0.022	-0.006	0.259	0.028
ZR1	-0.105	-0.119	0.637	0.138	-0.057	0.359
ZR2	-0.414	-0.008	0.455	0.021	-0.044	0.289
ZR3	-0.525	0.331	0.633	0.012	0.042	0.413
ZR4	-0.364	0.335	0.598	0.037	0.055	0.38

提取方法:主成分。

a. 已提取了3个成分。

旋转法:具有 Kaiser 标准化的正交旋转法。

### 1.3 实证结果

根据各指标得分情况对各地的治理情况进行排序,并对治理难度打分,结果如表5所示。各项指数得分越高则排名越靠前,意味着综合治理水平越高,环境压力越小,环境质量越好,环境治理行动越积极。从表中可以看到有些省份相应指数高,但状况

改善指数不尽人意,说明该地区治理难度较大,本文通过治理难度指标来刻画这一地区特征,治理难度得分=指数 Z3 排名—指数 Z2 排名/指数 Z3 排名,得分越高,表明表示大量的治理投入对大气环境状况改善收效甚微,治理难度较大。

表 5 各省份各指数 6 年平均值排序与治理难度得分

地区	2011-2016 平均值排序 (高→低) 名次								治理难度得分
	综合指数 Z 得分	排序	压力指数 Z1 得分	排序	状态改善指数 Z2 得分	排序	响应指数 Z3 得分	排序	
北京	0.680	1	2.000	1	0.013	4	-0.168	3	0.333
天津	-0.120	6	-0.076	3	0.001	5	-0.681	6	0.167
河北	-0.054	3	-0.564	6	-0.260	7	1.563	1	6
上海	-0.087	4	0.022	2	0.053	3	-0.794	7	0.571
江苏	0.004	2	-0.319	5	0.123	2	0.596	2	0
浙江	-0.094	5	-0.303	4	0.128	1	-0.172	4	0.75
安徽	-0.329	7	-0.759	7	-0.058	6	-0.344	5	0.2

本文还对两大城市群各省份 2013 年前后的大气污染治理情况进行了比较。2013 年是大气污染治理的关键年,国家出台了大气污染行动计划,在此之后各省份陆续出台相应政策,京津冀和长三角城

市群则把大气环境治理作为区域协同发展的重中之重,表 6 显示各省份 2013 年前后各项指标的升降变化,之前呈下降态势的指标都转为上升,说明两大城市群大气环境治理情况整体向好。

表 6 各省份各项指数 2013 年前后指数变动情况

省份	综合指数 Z		压力指数 Z1		状态改善指数 Z2		反应指数 Z3	
	13 相比 11	16 相比 13	13 相比 11	16 相比 13	13 相比 11	16 相比 13	13 相比 11	16 相比 13
北京	升	升	降	升	升	升	升	升
天津	升	升	降	升	升	升	降	升
河北	升	升	降	升	降	升	降	升
上海	升	升	降	升	升	升	升	升
江苏	升	升	降	升	升	升	降	升
浙江	升	升	降	升	升	升	升	升
安徽	升	升	降	升	降	升	降	升

## 2 结论与建议

### 2.1 大气污染治理的成绩与问题

#### 2.1.1 综合指数排名靠前省份重视大气污染治理和清洁能源使用

两大城市群综合指数平均值排名情况为:北京、江苏和河北排名靠前,天津和安徽排名靠后,上海和浙江排名居中。大气环境综合指数排名靠前的各省份有如下特点:北京和河北一直是大气污染治理的焦点,且目前北京的城镇燃气普及率在两大城市群中最高,冀北地区新能源发展势头良好已超火电,江苏已成为全国天然气用气大省。正如响应指数所反映那样,排名靠前的省份依然是北京、河北和江苏,三省份对清洁能源使用(P1、P3、P4)与工业废气处理(P2)十分重视。这充分说明综合绩效好的省份有两大特点:一是对大气污染环境治理十分重视,二

是清洁能源(天然气、光伏、风电)发展较好。相比之下,大气环境治理综合绩效排名靠后的天津和安徽,分别是两城市群能耗强度方面的短板,在状态改善指标和响应指标上均表现不佳,表明该两省份对大气污染治理重视程度不够,缺乏有效治理手段。

#### 2.1.2 产业结构偏重是大气污染痼疾难除的重要原因

综合绩效排名居中的上海和浙江两地产业结构偏轻,高新技术产业与服务业较发达,治理压力较小,因此响应指数虽排名靠后但治理难度较小。相比之下,河北省治理难度最高,主要是由于河北产业结构偏重,污染排放巨大且地理条件不利于扩散。<sup>[3]</sup>近几年来,尽管冀北地区新能源投入巨大,装机量已超火电,但新能源发电也面临着电力消纳的问题,仅靠改善能源结构来治理大气污染已显局限。河北 2017 年通过对高污染单位关停、限产等举措以



保障京津冀地区空气质量良好,尽管这些举措在短期内得到了明显的治污成效,但也牺牲了一部分人的经济利益,且没有使低端、污染产业得到根治。还要完善污染治理投资的持续保障机制,在技术创新、更新改造、产业结构和能源消费结构调整方面多下功夫。

### 2.1.3 两大城市群治理绩效均有所提高,但两极分化的不平衡状态较为显著

各省份的综合绩效指数在 2013 年前后均有所上升,三项分指标全部由降转升,表明自 2013 年 9 月 10 日国务院发布《大气污染防治行动计划通知》以来,加之 2014 年两大城市群都将生态环境保护提上了协同发展的日程,大气环境治理成效显著。但两大城市群大气环境治理绩效两极分化的不平衡状态比较明显,说明中国的大气环境治理仍处于初级阶段,并没有以城市群进行整体推进,而是呈现出强者愈强、弱者愈弱的两极分化格局。在大气环境治理重点地区和经济发达地区,大气环境治理绩效水平相对较高,状态改善指标表现良好。此外,京津冀城市群在状态改善指数低于长三角城市群,在治理难度和治理难度的分化程度上高于长三角城市群。

## 2.2 相关建议

### 2.2.1 协同促进多种清洁能源跨地区深度融合发展

随着能源数据分析的日渐成熟和能源互联网理念的推广,多种清洁能源联合发电体系已成为未来趋势,这种体系将天然气、太阳能和风能作为发电源,通过储能系统平衡供需,在低碳化电源结构的同时,维持电网系统的稳定运行。对于京津冀城市群,河北是该城市群风光资源最为丰富的地区,在满足线路安全的条件下可充分调度冀北“风光电”满足地区用电需求;天津正抓紧建设 LNG 储气库和接收站,未来将通过蒙西管道进一步增强京津冀地区清洁能源供应保障能力;北京电力交易中心的成立为大规模开展跨省区发电权交易提供了契机,未来将以市场化手段解决清洁电力消纳问题。不难看出,京津冀协同发展清洁能源潜力巨大。此外,构建城市能源互联网是实现城市群优化提升的需要。对于长三角城市群,应融合上海的金融创新能力、江苏的技术创新能力和浙江的模式创新能力,建设城市能源互联网,这其中将各发电与用电方式连接的数字化产品将会是整个体系的关键,也是未来能源互联

网体系中增值潜力较高的部分。

### 2.2.2 协同促进科技创新,加快城市群产业结构整体提档升级

两大城市群都存在经济水平的发展不平衡,以及由此造成的大气污染治理能力不平衡。河北和安徽产业结构偏重,是两大城市群绿色经济发展的短板。调整城市群产业结构,提高两地区低碳技术水平的科技创新能力,继而形成以科技为核心、产业附加值高、低能耗的绿色现代先进产业体系,才是扶植落后省份绿色经济发展,建立区域协同治理大气污染的长效机制。因此,两大城市群应加强顶层设计,带动落后省份产业转型升级,加快实现区域产业结构提档升级,在重点突破洁净煤技术、电动汽车技术、可再生能源技术和智能电网技术等与低碳发展直接相关领域的同时,鼓励开展地区间合作,把云计算、物联网、互联网等信息技术链接起来,促进区域信息整合、知识共享和生产力提升,彻底根除大气污染的病根。

### 2.2.3 协同建立资金支持和城市群治理考核体系,完善生态补偿机制

除能源协作与产业协作两个关键层面外,城市群还应加强以下辅助措施:一是加大资金支持力度。建立城市群大气污染协同治理基金,加强对大气治理的资金支持;统一布局绿色金融,采取财政贴息等方式推广绿色信贷,加强对绿色信贷区域实施情况的监测评价。二是建立城市群综合考核体系。目前各省份在治理大气污染上仍为单独作战,不考虑其他地区大气治理绩效对本地区的溢出效应,区域协作仍显不足,未来应建立城市群大气污染考核体系,将城市群中其他地区的污染治理也纳入本地区考核体系,设置适当权重,督促领导干部加强区域协作。三是完善生态补偿机制。各地区应当采取差异化的生态政策,尽快建立可行的城市间生态补偿机制,打消城市群中经济落后地区在大气污染治理方面的顾虑,既改善区域空气质量,也不能因此剥夺落后地区谋求发展的权利。

## 参考文献

- [1] 王金南,雷宇,宁森.改善空气质量的模式:“大气十条”实施与评价[J].环境保护,2018,46(2):7-11.
- [2] 杜雯琴,夏永妹.京津冀区域雾霾协同治理措施奏效了吗?——基于双重差分模型的分析[J].当代经济

- 管理,2018(9).
- [3] 李莉,徐健,安静宇,黄成,朱书慧,周敏,李小敏. 长三角经济能源约束下的大气污染问题及对区域协作的启示[J]. 中国环境管理,2017,9(5):9-18.
- [4] 李春瑜. 大气环境治理绩效实证分析——基于 PSR 模型的主成分分析法[J]. 中央财经大学学报,2016(3):104-112.

## Pollution Treatment Evaluation Research on Beijing–Tianjin–Hebei Region and the Yangtze River Delta City Group ——Based on PSR Evaluation System

XIONG Yi, LIU Yang

(College of Business Administration, China University of Petroleum, Beijing102249, China)

**Abstract:** Beijing–Tianjin–Hebei region and the Yangtze River Delta city groups are the most densely-populated and economically advanced areas. However, in recent years, environmental pollution has seriously impeded the sustainable development of those two areas and put the regions in the focus in 2018's war for a bluer sky. This paper, adopting the evaluation system of PSR, conducts an analysis of the principal components for those two city groups' treatment on air pollution. In addition, this paper adds R3 and R4, two separate indexes to response index. It is discovered that the widespread use of clean energy can serve as an effective way to treat air pollution in both city groups. In comparing the result of the evaluation of the two city groups, this paper is intended to offer consultation for air pollution treatment.

**Key words:** Beijing–Tianjin–Hebei Region; the Yangtze River Delta Region; city group; air pollution treatment; PSR evaluation system