

文章编号:1672-058X(2014)11-0098-05

直辖市空气污染指数比较分析*

任雪¹, 任建君²

(1.重庆工商大学 数学与统计学院,重庆 400067;2.重庆医科大学 临床医学系,重庆 400016)

摘要:以重庆市、北京市、天津市、上海市四大直辖市 2001-2011 年的大气主要污染物的排放量为基础数据,建立 API 空气污染指数模型,计算出各污染物的分指数,并利用模型中的分指数,通过层次分析法,得出污染物各自的权重;根据目前直辖市大气污染的现状,以及主要污染源中的主要污染物的状况,结合各地的“十二五”发展规划,提出改善各直辖市空气环境质量的建议和对策。

关键词:空气污染指数;API 评价法;层次分析法

中图分类号:x308

文献标志码:A

北京市、上海市、天津市、重庆市四大直辖市都是我国重要的能源与工业城市,由于历史和资源禀赋等原因,四大直辖市大气环境都受到了不同程度的污染。近年来,北京大气的污染状况相当严重,根据环保部公布的数据来看,北京市以 81 的污染指数排在 2011 年的中国城市空气污染指数 120 个城市排行榜的第 8 位,比上海、天津、重庆的污染指数高出 30.65%、9.46%、19.12%,与全国政治、文化中心的地位极不相称,已引起社会各方面的关注。上海城市经济发展迅猛,人口密度高;城市的空气污染也较严重。烟尘、浮尘、二氧化氮、二氧化硫、一氧化碳、臭氧、挥发性有机化合物等侵蚀着这座城市。而且,呼吸在有污染的空气中会使得易感人群症状有轻度加剧,健康人群出现刺激症状。天津市区域面积较小、人口密度较大、工业分布相对集中,大气污染状况也较为严重,“十一五”期间的监测结果显示,大气主要污染物均存在不同程度的超标现象。重庆主城区历来大气污染较为严重,以煤为主的能源结构、以重化工业为主的产业结构等导致资源能源消耗和污染物排放仍然较大,单位 GDP 能耗和主要污染物排放强度均高于全国或发达地区平均水平,初步统计重庆市单位 GDP 能耗分别是全国平均水平、北京、天津、上海的 1.1、1.9、1.4、1.6 倍,单位工业增加值的废水、化学需氧量、氨氮、二氧化硫排放量分别是同期全国平均水平的 1.72、1.14、1.64 和 1.93 倍^[1]。

对四大直辖市大气环境质量现状以及各项大气污染物进行研究分析,客观地评价和反应各直辖市当前的环境质量情况和污染状况,针对其未来的发展趋势,使得政府能有针对性地采取相应的防治对策、制定环境保护规划,使公众能更清晰地认识当前的大气环境污染问题,更好地参与到环境保护中来。

1 各直辖市空气污染指数(API)评价分析

1.1 API 评价方法

1.1.1 空气污染指数(API)

空气污染指数(API)就是将常规监测的几种空气污染物浓度简化成为单一的概念性指数值形式,并分级表征空气污染程度和空气质量状况,适合于表示城市的短期空气质量状况和变化趋势^[2]。

收稿日期:2014-04-18;修回日期:2014-05-28.

* 基金项目:国家社科基金项目(09XTJ002)

作者简介:任雪(1990-),女,重庆万州人,从事经济与社会发展统计方法及应用研究.

空气污染指数是一个逆指标,根据环境空气质量标准和各项污染物对人体健康和生态环境的影响来确定污染指数的分级及相应的污染物浓度值。我国目前采用的空气污染指数(API)分为 5 个等级^[3],各等级代表含义如表 1。

表 1 我国 API 等级划分表

等级	API 值	含 义
I	≤50	空气质量为优,相当于国家空气质量一级标准,符合自然保护区、风景名胜区和其它需要特殊保护地区的空气质量要求
II	50<API≤100	空气质量良好,相当于达到国家质量二级标准
III	100<API≤200	空气质量为轻度污染,相当于国家空气质量三级标准
IV	>200	空气质量差,称之为中度污染,为国家空气质量四级标准
V	>300	空气质量极差,已严重污染

根据我国空气污染特点和污染防治重点,目前计入空气污染指数的项目暂定为:二氧化硫(SO₂)、氮氧化物(NO₂)和总悬浮颗粒物(PM₁₀)^[4]。

1.1.2 API 评价法的基本步骤

选定 PM₁₀,NO₂ 以及 SO₂ 作为评价参数,根据各项污染物的时段平均浓度值分别计算各污染物的空气污染指数,取 3 个污染物空气污染分指数或城市中的首要污染物(表 2),按空气污染指数大小确定地区的空气质量级别。

空气污染指数的计算方法为

$$API = \frac{I_{大} - I_{小}}{C_{大} - C_{小}}(C - C_{小}) + I_{小} \quad (1)$$

式(1)中:

(1) C :某污染物每一测点的日均值,

(2) $C_{大}$ 与 $C_{小}$:在 API 分级限值表(表 2)中最贴近 C 值的两个值, $C_{大}$ 为大于 C 的限值, $C_{小}$ 为小于 C 的限值。

(3) $I_{大}$ 与 $I_{小}$:在 API 分级限值表(表 2)中最贴近 I 值的两个值, $I_{大}$ 为大于 I 的值, $I_{小}$ 为小于 I 的值。

表 2 空气污染指数对应的污染物限制

污染物名称	取值时间	浓度限值/mg·m ⁻³ (标准状态)		
		一级标准	二级标准	三级标准
SO ₂	年平均	0.02	0.06	0.10
	日平均	0.05	0.15	0.25
PM ₁₀	年平均	0.04	0.10	0.25
	日平均	0.05	0.15	0.25
NO ₂	年平均	0.04	0.08	0.08
	日平均	0.08	0.12	0.12

(4) 城市主要污染物的选取。将各种污染物的污染分指数都计算出以后,以最大者为区域或城市的空气污染指数 API,则污染物即为区域或城市空气中的首要污染物。

$$API = \max(I_1, I_2 \cdots I_n) \quad (2)$$

1.2 直辖市大气环境空气污染指数实证分析

根据我国空气污染特点和污染防治重点,以大气环境质量二级标准为基准,2001-2011年3个大气污染指标(PM_{10} 、 NO_2 、 SO_2)作为标度,分别计算重庆市、北京市、天津市以及上海市大气环境空气污染指数(表3-6)。从表3可以看出,2001-2004年重庆市的空气质量属于Ⅲ级,即“轻度污染”程度,从2005年开始,空气质量得到进一步的改善,属于“良”的程度。同时,从历年的空气污染指数上看, SO_2 的污染从峰值188降低到了2011年的73,降低了61个百分点,而 PM_{10} 只降低了不到27个百分点,现如今,影响重庆空气污染指数等级的主要是 PM_{10} 。

从表4可以看出,从2003年开始,北京市的空气质量得到进一步的改善,属于Ⅱ级,即“良好”的程度, PM_{10} 的空气污染分指数最大, SO_2 的空气污染分指数下降幅度最大,从2002年的峰值58.5下降到2011年的14, NO_2 也有不小的降幅。

从表5可以看出,天津市的空气质量一直保持在Ⅱ级,空气污染指数在逐年减少,其中 SO_2 的空气污染分指数最大,下降的值也最高,其次是 SO_2 , SO_2 相对来说保持在一个平稳的数值。

从表6可以看出,上海市的大气环境目前保持在良好的状态。上海市污染分指数最大的是 PM_{10} , SO_2 的污染分指数有一个波动,在2005年的时候 SO_2 的污染分指数达到了最大,从2009年开始呈现大幅度下降的趋势,2011年已经下降了将近一半。 NO_2 的污染分指数不大,不过降幅也十分有限。

从总体来说,四大直辖市的空气污染指数在逐年减少,空气质量在不断变好。特别是 SO_2 的污染从其污染分指数均呈现大幅下降的趋势;4个城市的 NO_2 的污染分指数处于一个较低的水平,不过下降都十分有限;影响4个城市空气污染指数的主要是 PM_{10} 。

表3 2001-2011年重庆空气污染指数

年份	PM_{10}	NO_2	SO_2	MAX (API)	等级	含义
2001	100	55	170	170	Ⅲ	轻度污染
2002	101	48	128	128	Ⅲ	轻度污染
2003	99	58	188	188	Ⅲ	轻度污染
2004	96	84	183	183	Ⅲ	轻度污染
2005	86	60	83	86	Ⅱ	良好
2006	82	59	85	85	Ⅱ	良好
2007	81	55	63	81	Ⅱ	良好
2008	80	54	58	80	Ⅱ	良好
2009	80	46	91	91	Ⅱ	良好
2010	78	49	85	85	Ⅱ	良好
2011	74	40	73	74	Ⅱ	良好

注:数据来源于《重庆统计年鉴2012》

表4 2001-2011年北京空气污染指数

年份	PM_{10}	NO_2	SO_2	MAX (API)	等级	含义
2001	107.5	44	57	107.5	Ⅲ	轻度污染
2002	108	48	58.5	108	Ⅲ	轻度污染
2003	95.5	45	55.5	95.5	Ⅱ	良好
2004	99.5	44	52.5	99.5	Ⅱ	良好
2005	96	41	50	96	Ⅱ	良好
2006	105.5	41	26.5	105.5	Ⅱ	良好
2007	99	41	23.5	99	Ⅱ	良好
2008	86.1	31	18	86.1	Ⅱ	良好
2009	85.5	33	17	85.5	Ⅱ	良好
2010	85.5	36	16	85.5	Ⅱ	良好
2011	82	34	14	82	Ⅱ	良好

注:数据来源于《北京统计年鉴2012》

表 5 2003-2011 年天津空气污染指数

年份	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂	MAX (API)	等级	含义
2003	91.5	32.5	62.0	91.5	II	良好
2004	80.5	32.5	61.5	80.5	II	良好
2005	78.0	29.4	63.0	78.0	II	良好
2006	82.0	30.0	58.5	82.0	II	良好
2007	72.2	26.9	56.0	72.2	II	良好
2008	69.0	25.6	55.5	69.0	II	良好
2009	75.5	25.0	53.0	75.5	II	良好
2010	73.0	28.1	52.0	73.0	II	良好
2011	71.5	23.8	46.0	71.5	II	良好

注:数据来源于《天津统计年鉴 2012》

表 6 2001-2011 年上海空气污染指数

年份	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂	MAX (API)	等级	含义
2001	75	37.5	40	75	II	良好
2002	80	37.5	40	80	II	良好
2003	75	37.5	40	75	II	良好
2004	74.5	37.5	55	74.5	II	良好
2005	69	38.1	55.5	69	II	良好
2006	68	31.9	52.5	68	II	良好
2007	69	33.8	52.5	69	II	良好
2008	67	35	50.5	67	II	良好
2009	65.5	33.1	35	65.5	II	良好
2010	64.5	31.3	29	64.5	II	良好
2011	65	31.9	29	65	II	良好

注:数据来源于《上海统计年鉴 2012》

2 各直辖市空气质量的 AHP 分析

2.1 研究方法概述

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process 简称 AHP) 是将与决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析的决策方法^[5]。层次分析法的基本思路是用先分解后综合的系统思想整理,然后综合人们的主观判断,使定性分析与定量分析有机结合,实现量化决策。将所要分析的问题层次化据根问题的性质和要达到的总目标,将问题分解成不同的组成因素,按照因素间的相互关系及隶属关系,将因素按不同层次聚集组合,形成一个多层分析结构模型,最终归结为最低层(方案、措施、指标等)相对于最高层(总目标)相对重要程度的权值或相对优劣次序的问题。

2.2 大气环境 AHP 分析模型

2.2.1 构造判断矩阵并求最大特征根以及特征向量

为了得出空气污染中各个污染指标影响空气质量的程度,以大气环境质量二级标准为基准,将各直辖市(以重庆市为例)2011 年的 3 个大气污染指标 (PM₁₀、NO₂、SO₂) 的分指数(即指标间的比例)作为标度,构造判断矩阵 B :

B 的特征向量及最大特征根:

$$\bar{\omega} = (0.808\ 86, 1.496\ 064, 0.824\ 747)^T; \hat{\omega} = (0.258\ 449, 0.478\ 026, 0.263\ 525)^T$$

得出污染指标的权重分别是:

$$\omega_1(\text{PM}_{10}) = 0.26, \omega_2(\text{NO}_2) = 0.48, \omega_3(\text{SO}_2) = 0.26$$

对判断矩阵进行一致性检验,计算出判断矩阵 B 的最大特征根 λ_{\max} :

$$B\omega = \begin{bmatrix} 1 & 0.54 & 0.98 \\ 1.85 & 1 & 1.81 \\ 1.02 & 0.55 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.26 \\ 0.48 \\ 0.26 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.77 \\ 1.43 \\ 0.79 \end{bmatrix}$$

$$\lambda_{\max} = 2.998$$

据此,一致性指数:CI=0.001 968。

因有 3 个指标,知其随机一致性指标值 RI=0.58,因此可得到随机一致性比率:CR=0.03<0.1。

说明上述判断矩阵通过了一致性检验,即可以认为上述指标权重的确定具有合理性。

同理,得出北京市,天津市,上海市各市的空气污染指数的权数分别为(表 7):

表 7 各直辖市空气污染指数权数

权数	PM ₁₀	NO ₂	SO ₂
北京市	0.11	0.26	0.63
天津市	0.18	0.54	0.28
上海市	0.19	0.39	0.42
重庆市	0.26	0.48	0.26

2.2.2 模型结论

根据以上分析知:PM₁₀的空气污染指数权数都较小,权数较大的主要是 NO₂ 和 SO₂。纵向比较,重庆市的 PM₁₀污染指数权数最大,天津市的 NO₂ 污染指数权数最大,北京市的 SO₂ 污染指数权数最大。

重庆市空气污染物中,NO₂ 的污染占比最大。PM₁₀的污染指标权重为 0.26,NO₂ 的污染指标权重为 0.48,SO₂ 的污染指标权重为 0.26,也即是在所研究的主要大气污染物排放中,每增加排放 1 单位的主要污染物,其中 PM₁₀约占 0.26,NO₂ 为 0.48,SO₂ 则为 0.26,同理,对于北京市的空气污染指数中,权数较重的是 SO₂,每增加排放 1 单位的主要污染物,其约占 63%,而天津市所占比重较大的则是 NO₂,约占 54%,上海市的各污染排放量最大的则是 NO₂ 和 SO₂。

3 结论与建议

通过分析可知,各直辖市空气质量现状不容乐观,大气环境的主要污染物各不相同。

北京市的 SO₂ 污染相当严重,污染指数权数站到了 63%。从北京市目前的大气环境来看,改善其空气质量面临着继续削减污染物“存量”和控制污染物“增量”的双重压力,要到达其制定的大气环境改善目标,即 2015 年,全市空气中 SO₂、NO₂、CO、苯并(a)芘、氟化物和铅等 6 项污染物稳定达标,总悬浮颗粒物和可吸入颗粒物年均浓度比 2010 年下降 10%左右,臭氧污染趋势逐步减缓,全市空气质量二级和好于二级天数比例达到 80%,北京市在机动车污染、扬尘污染、重点行业污染控制、生态建设与修复、绿色能源开发与应用等方面仍然任重道远。

上海的空气质量总体来看比较可以,没有特别突出的主要污染物,这与上海的工厂基本都已经搬到了远郊,中心城区的绿化率也逐年提高是息息相关的。但是其 SO₂ 污染依然严重,在与上海市汽车占有量大有关的关系,所以,上海在汽车尾气治理方面还应该加大力度。

NO₂ 在影响天津市的大气环境的主要污染物中所占的权重比较大,这与天津市工业园区较多,工业发展较为发达且发展速度仍在继续加快有很大的关系。因此,天津市的在治理大气污染方面应注意控制工业废气的排放,调整产业结构和能源结构,重点扶持绿色和低耗能产业的发展,加大城市绿色生态建设的力度。

(下转第 108 页)