

· 解析评价 ·

doi: 10.3969/j.issn.1674-6732.2012.01.010

# 建立空气质量综合评价指数的探讨

陈 谊, 施洁新, 张 超

(扬州市环境监测中心站, 江苏 扬州 225007)

**摘 要:** 分析了空气污染指数(API)系统在评价空气污染水平中的不足,提出了在原API系统基础上进行指标拓展,增加能见度和 $PM_{2.5}$ 评价指标,建立空气质量综合评价指数(AQI)。分析了扬州市区 $PM_{2.5}$ 和能见度在雾霾日及正常日的百分位分布,确定了 $PM_{2.5}$ 和能见度分级值,并利用扬州市区环境空气质量监测数据进行了验证。

**关键词:** 空气质量综合指数;评价指标;空气污染水平;能见度

中图分类号: X830

文献标识码: A

文章编号: 1674-6732(2012)-01-0038-05

## Construction of the Comprehensive Index of Environmental Air Quality

CHEN Yi, SHI Jie-xin, ZHANG Chao

(Yangzhou Environmental Monitoring Central Station, Yangzhou, Jiangsu 225007, China)

**ABSTRACT:** The comprehensive index of environmental air quality (AQI) was put forward by appending visibility and  $PM_{2.5}$  comprehensive indexes in the original API system, which has been deficient in the assessment of air pollution level. The ranked value of  $PM_{2.5}$  and visibility was established by analyzing the distribution of  $PM_{2.5}$  and visibility in Yangzhou downtown. The result was verified by ambient air environmental monitoring data of Yangzhou.

**KEY WORDS:** AQI; visibility; air pollution level; evaluating indicator

空气污染指数(API)是许多国家和地区用来描述城市环境空气污染状况的方式,具有计算方便、结果直观等优点,中国现行空气污染水平也采用API表征,API包括 $SO_2$ 、 $NO_2$ 、 $PM_{10}$ 、CO、 $O_3$ 5个指标,但目前仅开展 $SO_2$ 、 $NO_2$ 、 $PM_{10}$ 3个指标的监测<sup>[1]</sup>。现行API指数最大的问题是不能完全反映空气环境污染特征,代表性明显欠缺,经常与实际空气质量状况及公众的直观感受不符。以扬州市为例,2008年气象部门测得125个霾日,而环境保护局公布的 $API \leq 100$ 的天数高达321天,两种结果相差很大。改进完善现行API系统,使空气质量评价系统能科学反映空气污染水平显得尤为迫切。由于API指数在中国实施多年,已被公众广泛了解和接受,因此,可在原API基础上进行拓展,增加能见度和 $PM_{2.5}$ 评价指标,不仅包含对污染物等抽象指标的量化描述,也包括能见度等直观指标的定量反映,能够更加直观地表征空气质量,更贴近公众的感受。

### 1 数据来源

空气环境质量数据采用2008—2010年12月

扬州市空气环境自动站监测结果,同期霾日观测记录及2009—2010年能见度、相对湿度、雾日观测记录等数据来源于扬州市气象台。为了保证气象数据和空气环境监测数据的一致性,除霾日外,以2009—2010年数据为研究对象,其中:2009—2010年正常日数据576组,2008年6月—2010年霾日数据238组,2009—2010年雾日数据92组。城东财政所站点自2008年6月开始增加 $PM_{2.5}$ 监测项目,对城东财政所站点 $PM_{2.5}$ 和 $PM_{10}$ 逐年进行相关回归分析,相关系数为0.898 1~0.936 9,高度正相关,各季 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 比值为0.644~0.729,依据 $PM_{2.5}/PM_{10}$ 比值和 $PM_{10}$ 实测值推算市区 $PM_{2.5}$ 平均质量浓度。

### 2 雾霾日空气污染水平和能见度特征

除雨、雪天气外,影响能见度的天气有雾和

收稿日期: 2011-07-18; 修订日期: 2011-08-11

基金项目: 江苏省环境监测科研基金项目(0911)。

作者简介: 陈谊(1965—),女,高级工程师,本科,从事环境监测与管理工作。

霾<sup>[2]</sup>。吴兑等研究认为:霾是指大量极细微的干性尘粒、盐粒、烟粒等均匀地悬浮在空中,使水平能见度小于10 km,空气普遍出现混浊的天气现象,雾与霾区别在于相对湿度是否小于90%,相对湿度大于90%形成雾,反之为霾<sup>[3]</sup>。任意一天中只要有一次雾、霾出现就记为一个霾日或雾日。

2.1 雾霾日能见度特征

雾霾天气的形成与一定的天气形势有关,雾霾天气造成的直接现象是能见度下降。气象部门处理能见度长期观测数据时,一般用14点能见度或平均能见度作为统计对象<sup>[4]</sup>。由于平均能见度包含了全天3次能见度观测信息,较全面地反映了全天能见度状况,避免了使用一次观测值而造成的偶然性,以平均能见度为研究对象更为合理。雾霾天气下,能见度降低,雾日和霾日的平均能见度分别为7.5和8.9 km,而正常日为16 km,雾霾日能见度比正常日低80%以上。

2.2 雾霾日空气污染水平

PM<sub>10</sub>执行《环境空气质量标准》Ⅱ级标准,PM<sub>2.5</sub>评价标准执行世界卫生组织推荐的年均值0.035 mg/m<sup>3</sup>,日均值0.075 mg/m<sup>3</sup>。雾霾日和正常日PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>日均值统计见表1,雾霾日PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>日均值超标率见表2。与正常日相比,雾霾日污染物浓度都有不同程度增加,雾霾日SO<sub>2</sub>、NO<sub>2</sub>浓度都有所上升,但不超标;PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>日均值和超标率大幅上升,以PM<sub>2.5</sub>污染最为严重,其次为PM<sub>10</sub>,表明雾霾天气下颗粒物污染加剧。

表1 雾霾日和正常日PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>日均值

年份	mg/m <sup>3</sup>					
	正常日		霾日		雾日	
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
2009	0.102	0.071	0.197	0.138	0.193	0.137
2010	0.107	0.083	0.207	0.143	0.194	0.136

表2 雾霾日PM<sub>10</sub>、PM<sub>2.5</sub>日均值超标率

年份	霾日		雾日	
	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>	PM <sub>10</sub>	PM <sub>2.5</sub>
2009	62%	94%	58%	88%
2010	89%	100%	80%	90%

3 空气质量综合评价指数(AQI)的建立

从前面分析结果可知:无论雾霾日还是正常

日,PM<sub>2.5</sub>超标率均高于PM<sub>10</sub>;雾霾日PM<sub>2.5</sub>日均浓度比正常日高1倍以上,雾霾天气以PM<sub>2.5</sub>污染加剧为特征;PM<sub>2.5</sub>对空气质量影响较大,定量描述空气污染水平时,应考虑PM<sub>2.5</sub>为代表的细粒子的污染水平。

能见度和污染物关系密切,大气受到污染后,由于大气中的悬浮粒子颗粒物对光的散射和吸收作用,能见度下降,污染程度越高,能见度受污染物影响越大,大气能见度的变化可反映大气混浊度和空气污染状况,是判断灰霾天气的一个重要判据<sup>[3]</sup>。雾、霾等低能见度天气都与空气污染有关,因此,能见度可以作为一个综合指标,参与定量描述空气质量。

以API系统为基础,增加PM<sub>2.5</sub>和平均能见度,建立AQI系统,AQI分级见表3。PM<sub>2.5</sub>和能见度的AQI分指数与相应实测浓度呈分段函数关系,设定PM<sub>2.5</sub>和平均能见度的不同限值为分段函数的转折点,取各污染物的分指数最大者为AQI,平均能见度仅作为分指数参与计算,以空气污染物分指数最高者为首要污染物。降雨、雪天气的能见度数据不参与计算。能见度、PM<sub>2.5</sub>分级见表4。AQI计算公式如下:

$$I = \frac{I_{大} - I_{小}}{C_{大} - C_{小}}(C - C_{小}) + I_{小}$$

式中:I——某污染物的污染指数;C——该污染物的浓度;I<sub>大</sub>、I<sub>小</sub>——在AQI分级限值表中最贴近I值的两个值,I<sub>大</sub>为大于I的值,I<sub>小</sub>为小于I的值;C<sub>大</sub>、C<sub>小</sub>——在AQI分级限值表中最贴近C值的两个值,C<sub>大</sub>为大于C的限值,C<sub>小</sub>为小于C的限值。

表3 AQI分级表

I	II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V
0~50	51~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~400 401~500
优	良	轻微污染	轻度污染	中度污染	中度重污染	重度污染

表4 能见度、PM<sub>2.5</sub>分级表

	I	II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V
ρ(PM <sub>2.5</sub> )/(mg·m <sup>-3</sup> )	0.035	0.075	0.100	0.150	0.200	0.250	0.400 0.500
平均能见度/km	25	15	10	8	5	3	1 0.3

### 4 分级依据

#### 4.1 PM<sub>2.5</sub>分级值的确定

由于PM<sub>2.5</sub>控制技术要求较高,考虑到中国现阶段的经济、技术水平,不宜把PM<sub>2.5</sub>评价标准定得过高,否则就不具备可行性。PM<sub>2.5</sub>分级执行世界卫生组织推荐的第一阶段过渡时期的标准,即PM<sub>2.5</sub> II级标准(日均值0.075 mg/m<sup>3</sup>),这也是目前国内多数科研、规划项目都采用的参考标准。AQI 200和AQI 300分级转折点参考美国API指数所对应的浓度限值,分别为0.150和0.250 mg/m<sup>3</sup>,采用插入法确定的AQI 250分级点值为0.200 mg/m<sup>3</sup>。随着污染程度加重,PM<sub>2.5</sub>/PM<sub>10</sub>的比值不断增高:

0.672—0.807—0.877<sup>[5]</sup>,轻微污染情况下,以0.100 mg/m<sup>3</sup>作为AQI 150的分级限值,当空气中PM<sub>10</sub>浓度很高时,PM<sub>2.5</sub>浓度也会随之增高,因此,依据原API 400和API 500所对应的PM<sub>10</sub>浓度分级值,确定AQI 400和AQI 500的PM<sub>2.5</sub>分级值分别为0.400和0.500 mg/m<sup>3</sup>,详见表4。

按表4分级方式,2009—2010年扬州市区雾霾日和正常日PM<sub>2.5</sub>分级分布结果见表5。80%雾日PM<sub>2.5</sub>日均值劣于II级,92%霾日PM<sub>2.5</sub>日均值劣于II级,雾霾日PM<sub>2.5</sub>日均值主要分布在III<sub>1</sub>—IV<sub>2</sub>之间,正常日PM<sub>2.5</sub>日均值则主要分布在I—III<sub>1</sub>之间,分级较为合理。

表5 2009—2010年扬州市区PM<sub>2.5</sub>分级分布

	I	II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V	> V
	≤ 0.035	0.036 ~ 0.075	0.076 ~ 0.100	0.101 ~ 0.150	0.151 ~ 0.200	0.201 ~ 0.250	0.251 ~ 0.500	> 0.500
霾日	0%	8%	24%	42%	14%	5%	6%	1%
雾日	0%	20%	18%	33%	17%	2%	8%	2%
正常日	8%	50%	20%	16%	5%	1%	0%	0%

#### 4.2 能见度分级值的确定

影响大气能见度的因素有自然和人为因素。人为因素是指污染物的排放所造成的空气污染;自然因素是指影响大气能见度的天气现象,如降水、雪、冰雹等。在研究能见度与空气质量关系时,需要剔除吹雪、雪、降雨等天气现象及其他相对湿度大于90%而导致低能见度情况的数据,否则会引起误判。

能见度是常规气象参数之一。能见度 ≥ 15 km时,视野清晰,气溶胶含量低,空气质量直观感觉较好;当能见度 ≤ 0.3 km时,重雾,能见度极差。当能见度 ≤ 10 km时,排除雨雪等天气因素的影

响,一般认为空气质量开始下降。由于霾的复杂性和区域性,在严格执行《地面气象观测规范》的基础上,结合江苏省的实际情况,江苏省气象部门按照能见度对灰霾等级进行了等级划分:轻度霾 8 km < V ≤ 10 km;中度霾 5 km < V ≤ 8 km;重度霾 3 km < V ≤ 5 km;严重霾 ≤ 3 km。能见度分级以灰霾等级划分为基础,轻度霾、中度霾、重度霾和严重霾对应的等级分别为III—IV,能见度1 km和0.3 km的极端情况设为AQI 400和AQI 500的分级限值。平均能见度百分位统计结果见表6。从雾霾日和正常日能见度百分位看,说明分级较为合理。

表6 平均能见度百分数统计

样本数/ 个	能见度 最小值/ km	能见度 最大值/ km	百分数/%								
			≤ 25 km	≤ 15 km	≤ 10 km	≤ 8 km	≤ 5 km	≤ 3 km	≤ 1 km	≤ 0.3 km	
霾日	238	0.4	19.3	100	97	71	21	8	1	0.4	0
雾日	92	0.9	18.3	100	94	72	50	25	8	3	1
正常日	364	6.3	27	99	39	10	0	0	0	0	0

注:因剔除雨雪等天气影响,故2009—2010年能见度正常日为364组。

#### 4.3 平均能见度、PM<sub>2.5</sub>分布关系

能见度和PM<sub>2.5</sub>的分布关系见图1-3。正常日

PM<sub>2.5</sub>和平均能见度分布趋势基本一致,雾日和霾日分布趋势不完全相同,互为补充。

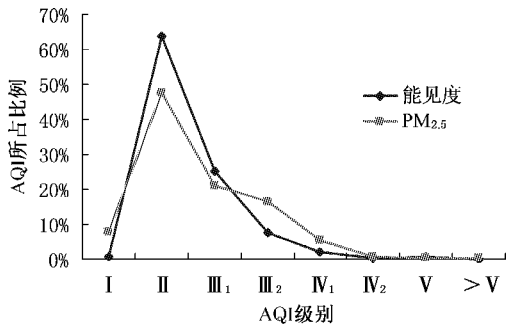


图1 正常日能见度和PM<sub>2.5</sub>分布

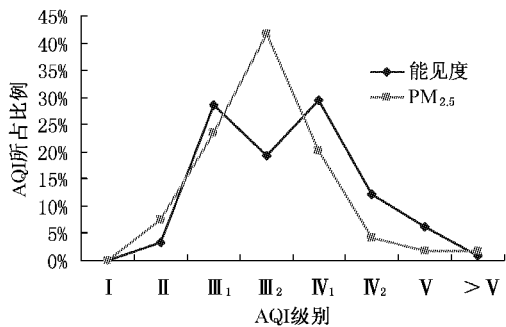


图2 霾日能见度和PM<sub>2.5</sub>分布

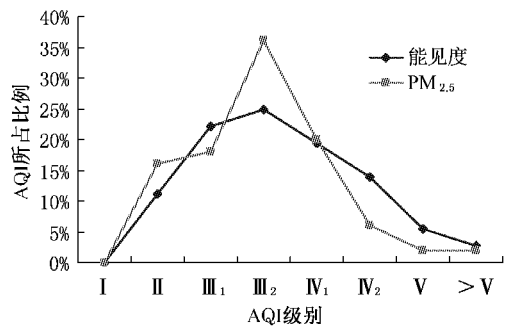


图3 雾日能见度与PM<sub>2.5</sub>分布

## 5 结果讨论

### 5.1 霾日计算结果

2008—2010年霾日AQI计算结果见表7和图4。用AQI评价系统,霾日出现空气质量优良的结果极低,霾日空气质量总体状况较差,以轻度污染和中度污染(Ⅲ<sub>2</sub>—Ⅳ<sub>2</sub>)为主,3年霾日AQI均值分别为219、213、207,首要污染物均为PM<sub>2.5</sub>,与空气质量实际状况相符。如用API系统进行评价,3年霾日API年均值分别为127、130和130,评价结果属轻微污染,空气质量状况被人为优化。

分指数对综合指数的影响:AQI(PM<sub>2.5</sub>)对AQI的贡献率分别为48%、57%和69%,AQI(能见度)对AQI的贡献率分别为51%、43%和31%。在霾天气下,能见度对AQI结果影响较大,能见度作为一个综合指标参与空气质量综合指标评价,可以弥补在目前经济技术条件下监测因子不全而造成的不合理评价,在空气质量评价系统中加入能见度是必要的<sup>[6]</sup>。

表7 霾日AQI计算结果

	I—II	Ⅲ <sub>1</sub>	Ⅲ <sub>2</sub>	Ⅳ <sub>1</sub>	Ⅳ <sub>2</sub>	V	
指数范围	0~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~400	401~500
2008年	1%	8%	49%	11%	8%	8%	4%
2009年	0%	18%	49%	9%	9%	9%	5%
2010年	0%	8%	53%	22%	8%	8%	0%

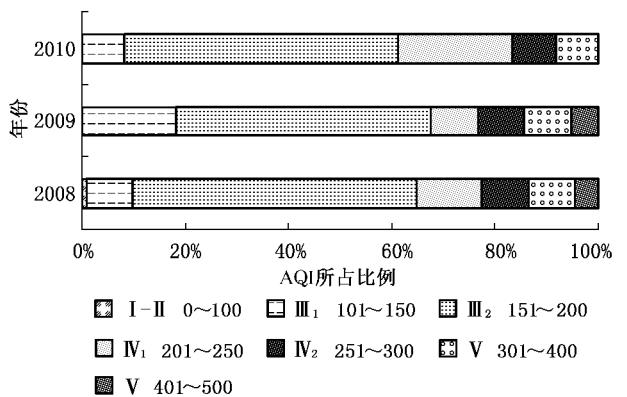


图4 霾日AQI分布

### 5.2 雾日计算结果

雾日AQI计算结果见表8和图5。雾日AQI在I—V之间都有分布,以Ⅲ<sub>1</sub>—Ⅳ<sub>2</sub>为主。2009、2010年雾日AQI均值分别为214和194,首要污染物均为PM<sub>2.5</sub>。如果采用API系统评价,评价结果分别为135和123。2009、2010年AQI(PM<sub>2.5</sub>)对AQI的贡献率分别为54%和73%,AQI(能见度)对AQI的贡献率分别为46%和27%。

表8 雾日AQI计算结果

	I—II	Ⅲ <sub>1</sub>	Ⅲ <sub>2</sub>	Ⅳ <sub>1</sub>	Ⅳ <sub>2</sub>	V	
指数范围	0~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~400	401~500
2009年	8%	15%	38%	12%	12%	4%	12%
2010年	10%	15%	40%	25%	5%	5%	0%

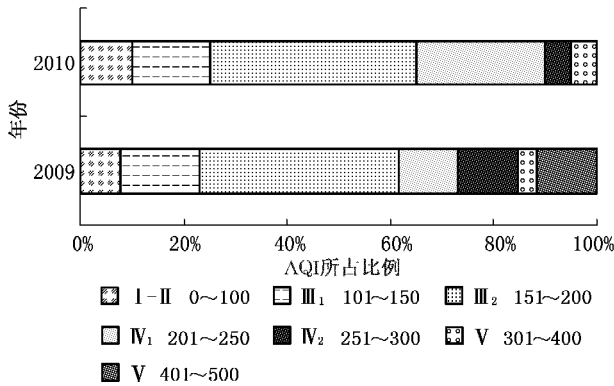


图5 雾日AQI分布

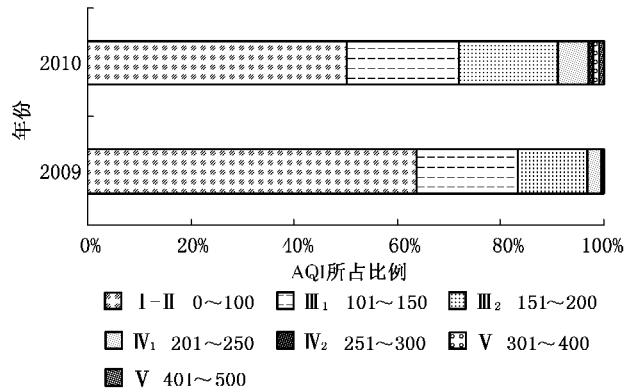


图6 正常日AQI分布

5.3 正常日计算结果

2009—2010年正常日AQI计算结果见表9和图6。AQI年均值分别为107和124,首要污染物为PM<sub>2.5</sub>的天数分别达到94%和95%,首要污染物为PM<sub>10</sub>的天数仅为6%和5%,说明即使在正常日,细粒子对空气质量仍然有重要影响。而在原来API系统中,正常日API均值分别为76和89,首要污染物99%以上为PM<sub>10</sub>,忽略了PM<sub>2.5</sub>对空气质量的影响。

分指数对综合指数的影响:AQI(PM<sub>2.5</sub>)对AQI的贡献率分别为66%和77%,AQI(PM<sub>10</sub>)的贡献率分别为5%和3%,AQI(能见度)对AQI的贡献率仅为29%和20%,表明在正常日,影响空气质量的主要是细粒子,能见度对空气质量的描述处于从属地位。

表9 正常日AQI计算结果

	I-II	III <sub>1</sub>	III <sub>2</sub>	IV <sub>1</sub>	IV <sub>2</sub>	V
指数范围	0~100	101~150	151~200	201~250	251~300	301~400 401~500
2009年	64%	20%	13%	3%	0%	0%
2010年	50%	22%	19%	6%	1%	1%

从对雾霾日和正常日空气质量综合指数计算结果看出,在增加了评价因子后,对空气质量综合水平的描述更直观可信。

6 结论

(1) 在API系统基础上,增加PM<sub>2.5</sub>、能见度指标,建立AQI,定量描述空气质量,根据空气质量状况分为:I、II、III<sub>1</sub>、III<sub>2</sub>、IV<sub>1</sub>、IV<sub>2</sub>、V,评价结果与实际空气污染水平较为一致,贴近公众直观感受。

(2) 从扬州市区PM<sub>2.5</sub>和能见度在雾霾日及正常日的百分位分布结果看,PM<sub>2.5</sub>、能见度分级值设置合理。能见度可以作为一个综合性指标间接反映空气污染水平,能见度指标的加入弥补了因监测指标不全而造成的对空气质量状况描述的不足。

[参考文献]

[1] 钟声,丁铭,夏文文. 国内外空气污染指数的现状及发展趋势[J]. 环境监测与预警,2010,2(3):35-38.

[2] 陆晓波,许建华. 一次典型灰霾天气过程及成因分析[J]. 环境监测与预警,2009,1(1):10-13.

[3] 吴兑. 细粒子污染形成灰霾天气导致广州地区能见度下降[J]. 热带气象学报,2007,23(1):1-6.

[4] 李雄. 1980年地面气象观测规范变更对能见度资料连续性影响研究[J]. 气象,2010(3).

[5] 贺克斌. 北京大气颗粒物污染的区域本质[J]. 环境科学学报,2009(3).

[6] 梁延刚. 香港能见度、大气悬浮粒子浓度与气象条件的关系[J]. 气象学报,2008,66(3).