

# 研究简报

## 大气质量评价综合指数法的研究

武丽敏

钱振华 张长青

(阜新矿业学院基础部, 辽宁 123000)

(阜新市环保局)

**摘要** 大气质量评价综合指数法的评价原则是: ① 各污染因子对综合评价指数的贡献相等, 即使各污染物在相同危害程度下的分指数相等; ② 多个污染因子同时存在时将加重污染程度, 亦即一般情况下综合指数将大于其最大分指数。通过实例评价分析论证了该评价方法的合理性。

**关键词** 大气质量, 环境评价, 综合指数。

用综合指数评价大气环境质量的的具体方法很多<sup>[1-2]</sup>, 但在应用中发现这些方法存在几个共同的问题: ① 以  $c_i/S_i$  做为分指数, 由于各污染因子的危害程度与浓度之间并非服从线性关系, 致使各污染因子在相同污染程度下的分指数具有很大的差异。② 参评因子的多少对评价结果影响很大, 参评项增多时, 如果增加项的浓度较低, 综合指数往往减小。这显然是不合理的, 如果两地选择的参评因子不等或同一地不同时期先后采用的因子不等, 就无法进行横向或纵向的对比。③ 在评价中如果各污染物浓度差别很大, 其中某些污染物浓度较高, 而此时综合指数的计算结果可能并不高, 从而掩盖了其中某些单项污染的严重性。

鉴于现有方法存在着诸多问题, 近年来国内外的环保工作者一直在努力探索更为合理的评价方法<sup>[3-7]</sup>。本文将针对以上3种问题, 提出1种全新的大气质量综合指数评价法, 该方法从分指数表达式到综合指数计算式都与现有方法有较大差异。

### 1 大气质量综合指数计算公式的建立

#### 1.1 评价原则

用统一的尺度衡量各污染物污染程度的大小, 考虑到过去习惯, 这里仍引用分指数( $I_i$ )的概念。为了使各污染因子在综合指数中占有完全平等的地位, 必须保证各污染因子在相同危害程度下具有相等的分指数。

各污染物同时存在时, 它们的危害程度不同于单项污染, 其相互影响有拮抗、有加成、甚

至有激化。例如,  $SO_2$  或  $NO_x$  与苯并(a)芘在一起时有加速致癌作用。但按目前的毒理学研究水平, 只能定性地说明这种影响, 尚不能量化。本文暂且认为多种污染并存时将加重污染程度, 也就是综合指数一定大于或等于分指数的最大值。

#### 1.2 分指数表达式

设参评因子共有  $n$  个, 各因子的污染程度均可用无量纲指数来表示, 记作  $I_i (i=1, 2, 3, \dots, n)$ , 设将每一因子的污染程度分成  $m$  级, 则每个分指数的表达式可写成如下统一形式:

$$I_i = a_{i1}x_i + a_{i2}x_i^2 + \dots + a_{im-1}x_i^{m-1} (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

式中,  $x_i$  为第  $i$  种污染物的实测浓度值;  $a_{ij} (i=1, 2, 3, \dots, n; j=1, 2, 3, \dots, m-1)$  为待定系数。

为确定系数  $a_{ij}$  令:

$$x_i = x_{i(k)}, I_i = I_{i(k)}$$

( $i = 1, 2, 3, \dots, n; k = 1, 2, 3, \dots, m-1$ ) 其中,  $x_{i(k)}$  为第  $i$  种污染物各浓度级间分界值,  $I_{i(k)}$  为与  $x_{i(k)}$  对应的分指数值, 可预先设定, 代入式(1), 可得如下关于  $a_{ij}$  的矩阵方程式:

$$\begin{bmatrix} I_{i(1)} \\ I_{i(2)} \\ \vdots \\ I_{i(m-1)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{i(1)} & x_{i(2)}^2 & \dots & x_{i(1)}^{m-1} \\ x_{i(2)} & x_{i(2)}^2 & \dots & x_{i(2)}^{m-1} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ x_{i(m-1)} & x_{i(m-1)}^2 & \dots & x_{i(m-1)}^{m-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{i(1)} \\ a_{i(2)} \\ \vdots \\ a_{i(m-1)} \end{bmatrix} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (2)$$

解方程(2)便可求得式(1)中的全部待定系数,因而也就确定了各分指数的表达式。但是为了满足评价原则第一项的要求,必须使  $I_{1(k)} = I_{2(k)} = \dots = I_{n(k)} (k=1, 2, 3, \dots, m-1)$ 。

按照我国大气质量标准 GB3095-82 可把大气质量分为 4 级(参见表 1)。

对应地取  $[I_{i(1)}, I_{i(2)}, I_{i(3)}] = [1, 2, 3]$ , 则由(2)式可分别求出各分指数表达式中各系数值,将求得的系数代入(1)式,便得到对应各污染物的

分指数表达式:

$$\begin{cases} \text{SO}_2 & I_1 = 25.3x_1 - 120x_1^2 + 267x_1^3 \\ \text{NO}_x & I_2 = 20x_2 \\ \text{CO} & I_3 = 0.5x_3 \\ \text{飘尘} & I_4 = 25.3x_4 - 120x_4^2 + 267x_4^3 \\ \text{TSP} & I_5 = 6.2x_5 + 4.3x_5^2 - 9.5x_5^3 \end{cases} \quad (3)$$

对于其它污染物可根据相应的标准,用同样的方法确定各系数值。这里不再详述。

### 1.3 综合指数

表 1 大气质量标准(日平均浓度限值)

污染物	I	II	III	IV
SO <sub>2</sub>	≤0.05	0.05 - 0.15	0.15 - 0.25	>0.25
SO <sub>x</sub>	≤0.05	0.05 - 0.10	0.10 - 0.15	>0.15
CO	≤2.00 <sup>1)</sup>	2.00 - 4.00	4.00 - 6.00	>6.00
飘尘	≤0.05	0.05 - 0.15	0.15 - 0.25	>0.25
TSP	≤0.15	0.15 - 0.30	0.30 - 0.50	>0.50

<sup>1)</sup>该值根据中国环境学会环境质量评价专业委员会建议的分级评价方法进行了修正

根据评价原则的第 2 项,设综合指数计算公式呈如下形式:

$$I = (C \sum_{i=1}^n I_i^d)^{1/d} \quad (4)$$

式中,  $C$ 、 $d$  为 2 个待定常数,可根据评价者的要求而定。当各分指数相等时,令:

$$I_i = \bar{I} (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

代入式(4),两边同除以  $\bar{I}$ , 得:

$$I/\bar{I} = (C \cdot n)^{1/d} \quad (5)$$

$I/\bar{I}$  代表多个具有相同污染程度的污染物并存时,总危害程度,亦即综合指数增大的倍数。

本文认为,评价中只有某一个分指数突出时,可以给予一定程度的容忍,即  $I$  可以略小于  $I_{i_{max}}$ , 但  $I/I_{i_{max}}$  不小于 0.95, 各分指数接近时,  $I$  应大于  $I_{i_{max}}$ 。但若  $n$  不为 1, 例如  $n$  为 8 时, 即有 8 项因子参评,  $I/I_{i_{max}}$  不大于 1.5, 于是可设:

$$n = 1 \text{ 时 } \quad I/\bar{I} = 0.95$$

$$n = 8 \text{ 时 } \quad I/\bar{I} = 1.5$$

代入式(5)整理可得:

$$\begin{cases} C = 0.95^d \\ 8C = 1.5^d \end{cases} \quad (6)$$

解方程(6)得,  $C \approx 0.79$ ,  $d \approx 4.5$  代入(4)式得:

$$I = (0.79 \sum_{i=1}^n I_i^{4.5})^{0.22} \quad (7)$$

式(7)即为综合指数计算公式,其中各分指数由式(3)确定。综合指数与分值数采用相同的分级方法(见表 2)。

表 2 大气质量指数分级标准

分级	I	II	III	IV
$I(I_i)$	<1.0	1.0-2.0	2.0-3.0	>3.0
大气质量	清洁	良好	安全	污染

## 2 评价实例

表 3 给出了某矿区 11 个监测点大气中

表 3 大气监测结果(mg/m<sup>3</sup>)

测点	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TSP
1	0.053	0.036	0.239
2	0.022	0.013	0.188
3	0.097	0.027	0.417
4	0.158	0.036	0.512
5	0.027	0.035	0.457
6	0.034	0.018	0.109
7	0.064	0.058	0.176
8	0.086	0.063	0.212
9	0.060	0.027	0.657
10	0.049	0.047	0.145
11	0.151	0.101	0.302

SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和 TSP 浓度的监测结果。以此 3 项指标对各点大气质量进行综合评价，首先由式 (3)、(7) 计算出各点的分指数和综合指数。最

后根据表 2 确定各点所属大气质量等级，计算结果列于表 4。

由表 4 的评价结果可见，大气质量属一级

表 4 各点大气质量评价结果

测点	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I$	分级	欧几里得分级
1	1.04	0.72	1.60	1.56	I	I
2	0.50	0.26	1.25	1.18	I	I
3	1.57	0.54	2.64	2.53	II	I
4	2.05	0.76	3.05	2.96	II	II
5	0.60	0.70	2.82	2.64	II	I
6	0.73	0.36	0.72	0.81	I	I
7	1.20	1.16	1.17	1.42	I	I
8	1.45	1.26	1.42	1.66	I	I
9	1.14	0.54	3.24	3.04	IV	II
10	0.98	0.94	0.96	1.15	I	I
11	2.00	2.02	2.00	2.40	II	II

的只有测点 6，属二级标准的有 1、2、7、8、10 编号的 5 个点，属三级标准的有 3、4、5、11 编号的 4 个测点，测点 9 属四级标准，即污染区，需要采取治理措施。

为了进行对比，表 4 还同时给出了用欧几里得指数法<sup>[3]</sup>进行评价分级的结果。比较 2 种评价结果可见，在 2、3、5、9、10 编号的 5 个测点，本文方法的评价结果比欧几里得法降了 1 个等级，其中 2、3、5、9 点均是由于 TSP 单项污染浓度过高所引起的，尤其是测点 9 的 TSP 值已达到 0.657，大大超过三级污染水平。如果此时将综合评价结果定为三级，则过分削弱了 TSP 对该点总测度的贡献，掩盖了其污染的严重性。对于测点 10，虽然各污染物浓度均未超过一级标准的上限值，但由于它们都和标准值非常接近，综合作用使其危害程度加重，从而使该点的污染等级由一级升为二级。

### 3 结论

(1) 本方法统一了评价尺度，将分指数写成多项式形式，使各污染因子在相同污染程度时，具有相等的分指数。从而确定了各污染物在综合评价结果中的平等地位，这一点有别于以往任何方法。

(2) 强调了各污染物的相互影响和综合作用，认为多种污染因子并存时，其危害程度加重。同时又不过分容忍某一单项重污染的存在。

(3) 各分指数及综合指数等级的划分采用相同标准，容易实现各污染物之间污染程度的对比，各污染因子对综合指数贡献的大小也一目了然。

(4) 评价结果稳定，在不漏掉主要污染物的条件下，参评项目的多少对评价结果的影响较小。最后必须指出，在考虑各污染物之间的相互影响时，由于缺乏可靠数据的支持，本文只是做了总体的粗略的描述。作为综合评价，必须考虑各污染物间的相互作用，否则就会削弱综合评价的意义和可信度。如何更准确地描述这种影响，还有待于进一步研究。

#### 参考文献

- 程声通等. 环境系统分析. 北京: 高等教育出版社, 1990: 173-183
- 彭定一. 大气污染及其控制. 北京: 中国环境科学出版社, 1991: 293-323
- 王纪军. 煤矿环境保护. 1994, 8(2): 51
- 劳期团. 环境保护. 1993, (7): 31
- 王敬贤. 环境科学与技术. 1993, (3): 17
- 赵永志. 环境科学与技术. 1992, (4): 33
- Dean F Martin. J. Environ. Sci. Health. 1992, A27(4): 955

with a RSD of 6.2%.

**Key words:**  $\beta$ -correction, spectrophotometry, silver, malachite green, real absorbance.

**Study on a Synthetical Index Method for Air Quality Assessment.** Wu Limin et al. (Fuxin College of Mining, Fuxin 123000); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 58–60

A synthetical index method for air quality was developed, where the principles followed are: ① each of pollution factors has an equal contribution to the synthetical assessment index; and ② the air pollution becomes heavier when multiple pollution factors exist simultaneously. Finally, the rationality of the method is proven based on an assessment prototype.

**Key words:** air pollution, environmental quality assessment, synthetical index.

**Preliminary Study on the Pollution Assessment of Cd in Soil by the Concentration of Cd in Plant Seedling.** Yang Linshu et al. (Resources and Environ. College, Beijing Agriculture Univ., Beijing 100094); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 61–63

Pot experiments were conducted to study the feasibility for the pollution assessment of Cd in soil by the concentration of Cd in seedlings of *Triticum aestivum* L., *Glycine max* L. and *Brassica campestris* L. The results show that Cd concentrations in the three plant seedlings were higher than those of their later growth stages or harvested parts. The seed Cd concentrations of *Triticum aestivum* L. and *Glycine max* L. were highly positively correlated to Cd concentrations in their seedlings, respectively. Cd concentration in harvested *Brassica campestris* L. was also highly correlated to its seedling Cd concentration. According to the National Criterion for Public Health, the critical Cd concentrations for three-leave *Triticum aestivum* L., seedlings of *Glycine max* L. and *Brassica campestris* L. were 0.72 mg/kg, 0.5 mg/kg and 0.16 mg/(kg · fw) respectively.

**Key words:** Cd concentration in seedlings, soil Cd pollution, *Triticum aestivum* L., *Glycine max* L., *Brassica campestris* L..

**Study on the Information System for Management of Solid Waste Exchange.** Wang Jue et al. (Institute of Environ. Sci., Beijing Normal Univ., Beijing 100875); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 64–67

An information system has been developed for the

management of solid waste exchange which is a means of waste recycling and recovery and a kind of exchange between waste generators and potential waste users, based on the relativity of waste. Based on the analysis of solid waste exchange patterns, the exchange types were classified and their effects were summarized. By expounding the links of waste exchange and using the method of system analysis, the basic functions and components of such an information system were analyzed. Computer technology system design and system implementation were used to set up the information system for management of solid waste exchange by using a modern database as its system core. According to the basic demands of waste exchange, this system realizes functions such as data input, output, transport, retrieval and statistics. A theoretical discussion on system intellectualization was made based on the development of the system.

**Key words:** waste exchange, system analysis, information system.

**Criteria of Centralization or Decentralization for Use in a Regional Planning of Wastewater Treatment System.** Wang Yonghang and Fu Guowei (Dept. of Environ. Eng., Tsinghua Univ., Beijing 100084); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 68–71

A simple and efficient methodology was developed for use in a regional planning of wastewater treatment systems. The criterion for eliminating nonoptimal treatment plant sites for every wastewater source in a region took into account the critical distance parameter derived from the interrelation between the lower limit of transportation cost and the upper limit of regionalization efficiency. The developed method was able to significantly reduce the number of candidate locations of shared facilities for regionalized wastewater treatment. In addition, a case study was given. Enhancement of regional systems management would be a principal benefit of the suggested methodology.

**Key words:** wastewater treatment, critical distance, centralization, decentralization.

**Investigation on the Current Status of Sewage Discharge from Beijing and the Response Strategy.** Wang Yan et al. (Beijing Municipal Research Academy of Environment Protection, Beijing 100037); *Chin. J. Environ. Sci.*, **16**(3), 1995, pp. 72–74