

环境质量评价与管理的新方法

——矢量算子法

王海峰 薛纪瑜

(北京师范大学环境科学所,北京 100875)

摘要 在对目前环境质量评价中流行评价方法系统分析的基础上,提出了一种新的环境质量评价方法,矢量算子法。该法着重考虑各环境因子中最主要的环境因子的作用,同时兼顾其它环境因子的作用,利用最大和聚类分析的方法,并引入一些特殊的数学处理手段,能比较准确地反映环境的实际状况。该法具有较强的通用性、可比性,便于扩展、维护与修改,是一种极易模式化的评价工具。这种方法既能有效服务于科学研究,还能为决策、管理者提供方便的决策、管理、评估手段。

关键词 环境质量评价,环境管理,矢量算子法。

1 现行环境质量评价方法分析

为分析方便,这里把目前常见的环境质量评价方法分为指数叠加法,指数平均法, W 值法,模糊评价法和其它方法5类来剖析。

1.1 指数叠加法

这类方法的一个特点就是环境质量指数由各环境因子分指数通过各种求和处理得出。具体处理时,有些方法经过加权处理,如布朗(R. M. Brown)水质评价指数,罗斯(S. L. Ross)水质指数;另一些方法未经加权处理,如密特大气质量指数(MAQI),普拉特(L. Prati)水质评价指数,白勃卡大气污染综合指数(PINDEX)以及我国的综合污染指数。这类方法的最大缺点就是难以反映最主要的环境因子,也就难以有效反映环境的真实状况,同时虽然某些环境因子(如小于标准值或接近背景值的因子)并未影响环境的质量,但作为一个因子,亦会对总指数有一定的贡献,造成了对评价结果的干扰,显然是不合理的。这类方法可比性差,很难选定通用的模式,仅适用于特定的环境区域。

1.2 指数平均法

这类方法的特点是分指数以一定的方式累加后进行各种平均处理,其中有直接累加平均的均值型多因子环境质量指数,该方法与指数叠加法具有相似的缺点;有兼顾最主要环境因子的最大值与均值平均指数,如我国上海第一医学院姚志麒提出的大气质量指数,美国尼梅罗(N. L.

Nemerow)水质指数,这类方法虽然考虑了最主要的环境因子对环境质量的作用,但经平均后结果亦有一定程度的失真,对环境质量状况的表征仍存在一定的缺陷。

1.3 W 值法

W 值法是以评价要素中最主要的两项环境因子得分值之和来进行功能评价的。 W 值法突出了主要环境因子的作用,但不能反映其它环境因子的状况,同时评价结果以得分值表示,环境状况也仅能给出一个等级。

1.4 模糊评价法

应用模糊集合的基本原理,引入隶属度作为评价指标,能较好地反映环境状况的等级。但隶属度的确定需用到隶属函数,不同的环境因子在不同的环境状况下隶属函数不同,因而使得该模式难以通用,仅适合于特定的环境区域,同时该方法使得评价结果的物理意义也不甚明确。

1.5 其它方法

除上述几类评价方法外还有美国的污染物标准指数(PSI),橡树岭大气质量指数(ORAQI),格林(Green)大气污染综合指数。污染物标准指数以主要的环境因子中最主要的一项得分值对环境进行功能评价,与 W 值法类似。另外两种方法类似于经验公式,仅适用于特定的环境,通用性、可比性很差。

2 矢量算子法

2.1 矢量算子法提出的基础

(1)区域环境质量的状况由最主要的环境要素或环境因子决定,最主要的环境要素或环境因子称显式因子,其它的环境要素或环境因子称隐式因子。

(2)显式因子指环境各因子中作用最强、污染最重、危害最大的因子。显式因子经有效的控制、治理后有可能变为隐式因子,而其它的因子则可能上升为显式因子,显式因子的一次变化或更替,环境质量状况就有一定的变化。

(3)环境因子对环境质量的影响以超标倍数或危害倍数来表示,超标倍数给以一定的危害权就换算为危害倍数。危害权确定时以某一环境因子作为标准,经过实验或经验确定其它环境因子的危害权。为研究方便本文以超标倍数来表征环境因子。

2.2 基本概念和方法

(1)矢量 m 个有顺序的元素所组成的元素组称做 m 维矢量,矢量元素可以是数,也可以是字符,一个矢量其内元素必须具统一属性,要么同为数,要么同为字符。 m 个元素 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_m$ 构成的矢量 A_1 表示为:

$$A_1 = (a_1, a_2, \dots, a_m)$$

(2) 矢量簇 n 个不同的矢量所组成的矢量组称做 n 位矢量簇。构成矢量簇的矢量元素必须具有统一属性。 n 个矢量 A_1, A_2, \dots, A_n 构成的矢量簇 A 表示为

$$A = \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1^{(1)} & a_2^{(1)} & \dots & a_m^{(1)} \\ a_1^{(2)} & a_2^{(2)} & \dots & a_m^{(2)} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_1^{(n)} & a_2^{(n)} & \dots & a_m^{(n)} \end{bmatrix}$$

元素个数不同的矢量可以构造矢量簇,此时各矢量向元素最多的矢量看齐,元素少的矢量进行扩展,自动顺序增补元素,若矢量内元素为字符,则增补元素为空白,若矢量内元素为数,则增补元素为零。

(3)同型矢量簇 2 个矢量簇,如果对应位置的元素均代表同一物质或表征同一事物的不

同侧面,且 2 个矢量簇的矢量个数相同,各个矢量中元素个数也相同,那么这两个矢量簇称同型矢量簇,同型的数矢量簇可以进行乘、除运算。

(4)矢量簇乘 2 个同型的矢量簇相乘,得到另外一个同型矢量簇,该矢量簇的元素是前两个同型矢量簇对应元素的乘积。矢量簇乘用“O”表示。

(5)矢量簇除 两个同型的矢量簇相除,得到另外一个同型矢量簇,该矢量簇的元素是另 2 个同型矢量簇对应元素的商。对应元素相除时,只要被除数为零,结果无条件为零。矢量簇除用“φ”表示。

(6)矢量算子法 对于矢量 $A_1 = (a_1, a_2, \dots, a_m)$ 和算子分数 d_1, d_2, d_3, \dots

$$(d_1 > d_2 > d_3 > \dots)$$

主算子 $I_0 = \text{MOV}[10 \times \max(a_1, a_2, \dots, a_m)]$ 其中, $\max(a_1, a_2, \dots, a_m)$ 为求 a_1, a_2, \dots, a_m 中最大值; $\text{MOV}[\dots]$ 为求括呈内数的模(即整数部分)。

$$\text{分算子 } I_1 = \begin{cases} n_1 - 1 & (n_1 \leq 10) \\ 9 & (n_1 > 10) \end{cases}$$

n_1 为 A_1 中不小于 d_1 的元素个数

$$\text{分算子 } I_2 = \begin{cases} n_2 & (n_2 \leq 9) \\ 9 & (n_2 > 9) \end{cases}$$

n_2, A_1 中小于 d_1 而不小于 d_2 的元素个数

$$\text{分算子 } I_i = \begin{cases} n_i & (n_i \leq 9) \\ 9 & (n_i > 9) \end{cases}$$

n_i 为 A_1 中小于 d_{i-1} 而不小于 d_i 的元素个数

矢量 A_1 的矢量算子 A_1^0 可由下式求出:

$$A_1^0 = I_0 \times 10^{-1} + I_1 \times 10^{-2} + \dots + I_i \times 10^{-(i+1)} + \dots$$

在多数情况下,算子分数的个数较少,一般仅 4—5 个。

2.3 矢量算子法在环境质量评价中的应用

环境质量评价中,基本的环境因子用矢量元素来描述,单要素环境质量由矢量来描述,综合环境质量则可由矢量簇来描述。

(1)结构矢量簇 为字符型矢量簇,矢量簇内各元素描述研究环境的构成因子,结构矢量簇表示着研究环境的基本结构和因子,以称环境结

构矢量簇。

(2)质量矢量簇 又称环境质量状况矢量簇,是与结构矢量簇同型的数矢量簇,其内元素反映结构矢量簇内对应元素(环境因子)的状况。

(3)标准矢量簇 又称环境质量标准矢量簇,是与结构矢量簇同型的数矢量簇,其内元素反映结构矢量簇内对应元素(环境因子)的环境标准,显然随所选标准的不同,可以构造众多的标准矢量簇。

(4)危害权矢量簇 是与结构矢量簇同型的数矢量簇,其内元素反映结构矢量簇内对应元素(环境因子)在达到相同超标倍数的情况下,各元素的相对危害程度或对环境总质量的贡献情况。

(5)评价矢量簇 又称环境质量评价矢量簇,是上述几个环境矢量簇经一定运算得到的,其内元素反映结构矢量簇内对应元素的环境质量状况。

(6)评价矢量 评价矢量簇内各矢量经算子运算后得到的算子列矢量。

(7)综合评价指数 评价矢量经算子运算后得到的指数,该指数可以大体反映环境质量的整体状况。

在以上概念基础上构造某区域的环境结构矢量簇 A 如下:

$$A = \begin{matrix} \text{大气} \\ \text{水体} \\ \text{土壤} \\ \text{噪音} \\ \text{风险} \end{matrix} = \begin{matrix} \text{颗粒物} & \text{SO}_2 & \text{CO} & \text{NO}_x & (\text{O}_3) & - & - & - \\ \text{大肠杆菌} & \text{氰化物} & \text{挥发酚} & \text{BOD} & \text{As} & \text{Hg} & \text{Cd} & \text{P} \\ \text{As} & \text{Cd} & \text{Hg} & \text{Pb} & \text{Cr} & - & - & - \\ \text{生活区} & \text{工业区} & \text{街道} & \text{公园} & - & - & - & - \\ \text{交通事故} & \text{意外死亡} & \text{火灾} & - & - & - & - & - \end{matrix}$$

可见结构矢量簇反映了环境质量评价的指标体系,结构矢量簇内矢量数目可随评价要素的增加而增加,各矢量的构成元素亦可随环境因子的增加而增加,矢量或元素增加后的矢量簇又称原矢量簇的扩展矢量簇,显然扩展后的矢量簇既保留了原矢量簇的特点和功能,又具有新的特点和功能。因而用矢量簇来表征环境质量状况具有强的扩展性和好的通用性。

在结构矢量簇 A 的基础上选取与之同型的标准矢量簇 S 如下:

$$S = \begin{bmatrix} 0.30 & 0.15 & 4.00 & 0.10 & 0.16 & 0 & 0 & 0 \\ 10^4 & 0.05 & 0.005 & 3 & 0.01 & 0.0005 & 0.005 & 0.1 \\ 8.7 & 0.15 & 0.081 & 18.78 & 59.2 & 0 & 0 & 0 \\ 50 & 65 & 60 & 40 & 0 & 0 & 9 & 0 \\ 2800 & 3.25 & 2600 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

其中对于大气、水体以国家二级标准为标准,水体各元素的单位除大肠杆菌为个/L 外,其它元素单位均为 ppm(mg/L),大气各元素的单位均为 mg/m³(标准立方米)。对于土壤以当地表层土壤的环境背景值为标准,单位为 ppm(mg/L)。噪音以城市各类区域环境噪音标准为参考,单位为 dB(A)。风险各元素,交通事故以万人交通事故经济损失的期望值为标准,单位为元/万人;意外死亡以国家年万人意外死亡人数均值为标准;火灾以万人火灾引起的经济损失的期望值为标准,单位为元/万人。

为方便起见危害权矢量簇 W 内各元素置 1:

$$W = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

经调查分析求得该区域环境质量矢量簇 Q 为:

$$Q = \begin{bmatrix} 0.676 & 0.155 & 3.4 & 0.067 \\ 10^3 & 0.02 & 0.004 & 0.91 \\ 6.4 & 0.20 & 0.38 & 60.20 \\ 52 & 64 & 65 & 50 \\ 2000 & 2 & 2500 & 0 \\ 0.04 & 0 & 0 & 0 \\ 0.0095 & 0.0014 & 0.004 & 0.08 \\ 70.6 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

评价矢量簇 P 可由下述运算求得:

$$P = (Q\phi S) \cdot W$$

把 Q、S、W 代入上式得:

$$P = \begin{bmatrix} 2.25 & 1.03 & 0.85 & 0.67 & 0.25 & 0 & 0 & 0 \\ 0.10 & 0.40 & 0.80 & 0.30 & 0.95 & 2.8 & 0.8 & 0.8 \\ 0.73 & 1.33 & 4.69 & 3.20 & 1.19 & 0 & 0 & 0 \\ 1.04 & 0.98 & 1.08 & 1.25 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.71 & 0.62 & 0.96 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

对于矢量簇 P , 选算子分数 $d_1 = 1.00, d_2 = 0.75, d_3 = 0.50$ 进行矢量算子运算得评价矢量 I 及对应的显式因子矢量 i 。

$$I = (2.2111 \quad 2.804 \quad 4.7301 \quad 1.0310 \quad 0.9002)^T$$

$$I = (\text{颗粒物} \quad \text{As} \quad \text{Hg} \quad \text{街道} \quad \text{火灾})^T$$

评价矢量 I 亦可经再次算子运算得综合评价常数及对应的显式因子。

2.4 一般性分析

由上面的计算分析可以得出评价矢量簇 P , 评价矢量 I 及综合评价常数, 这 3 种形式均可以直接反映环境质量状况, 3 种形式间又存在一定的关系。评价矢量簇能全面、细致、真实地反映环境状况, 但提供参数较多, 不易把握主要环境因子; 评价矢量既能全面、真实地反映环境状况, 抽取参数亦较少, 便于评价与决策; 综合评价常数仅提供一个评估的参数, 其可靠性, 真实性较差。显然评价矢量簇提供数据可应用于科学研究, 评价矢量应用于区域或区域间的决策评价, 而综合评价常数应用于区域或区域间的评估比较。

这 3 种形式的可靠性主要取决于危害权矢量簇 W 的确定, 实际应用时同一环境要素各因子之间的权较易确定, 而不同要素之间的权就较难确定, 因而决定了评价矢量簇及评价矢量有较高的准确性和真实性, 而综合评价常数的真实性就大大降低。

评价矢量簇与结构矢量簇, 评价矢量与显式因子矢量配合使用则为环境管理决策提供了一种有效的手段, 而这种结合极易由计算机实现, 比如 I 与 i 结合可看出实例中最主要的 5 个污染或危害因子为大气颗粒物, 水中 As, 土壤中 Hg, 街道噪声, 风险中火灾, 这样就要求重点在这 5 个方面治理, 治理后信息反馈到环境质量矢

量簇 Q , 再进行矢量算子评价又会指出一个新的决策组合, 从而实现环境管理的连续、适时、动态决策。

3 结语

以上分析可见这种方法具有较好的通用性, 扩展性, 能同时提供不同用途的 3 种结果, 而且易于实现由计算机模拟的动态评价决策管理。相应的评价标准矢量簇, 危害权矢量簇均可建立应用数据库, 就能实现大范围的环境评价、评估、决策和管理。

致谢 文中引用数据, 部分来源于北京西郊环境质量协作组所作北京西郊环境质量评价研究(1977), 在此表示感谢。

参考文献

- 1 刘培桐等. 环境学概论. 北京: 高等教育出版社, 1991: 179—199
- 2 陆雍森等. 环境评价. 上海: 同济大学出版社, 1990: 66—182
- 3 马倩如等. 环境质量评价. 北京: 中国环境科学出版社, 1990: 34—57
- 4 汪培庄. 应用模糊数学. 北京: 北京经济学院出版社, 1989: 1—52
- 5 Strang G. 侯自新等译. 线性代数及其应用. 天津: 南开大学出版社, 1989: 50—55
- 6 《环保工作者实用手册》编写组编. 环保工作者应用手册. 北京: 冶金工业出版社, 1984: 44—59
- 7 李健等. 环境背景值数据手册. 北京: 中国环境科学出版社, 1989: 407
- 8 中国交通年鉴社编辑出版. 中国交通年鉴. 北京: 中国交通年鉴社, 1989: 553
- 9 梁鸿光. 减灾必读. 北京: 地震出版社, 1990: 160, 236
- 10 国家统计局编. 中国统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1990: 90—91
- 11 谭浩强等. 程序设计与开发技术. 北京: 清华大学出版社, 1991: 1—22, 125—181
- 12 Golden Jack. *Environmental Impact Data Book*. Mclean, Virginia: Environmental Assessment & Planning Department MITRE corporation, 1980: 23—71

Abstracts

Chinese Journal of Environmental Science

compounds.

Key words: pollution of indoor air, oxygen consumption, total organic compounds.

Development of a Novel Automatic Water Sampler.

Huang Juwen et al. (School of Environmental Engineering, Tongji University, Shanghai); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(6), 1993, pp. 63—65

For this development, computer technique was applied to the sampling instrument to realize the mankind-machine interaction, and to achieve the goal of intelligentialization. Some reliable, lower cost elements for water sampling, memory and convention were used to realize auto-sampling. The control system of this sampling instrument adopted a monistic microprocess. The 8031 chip was used as a microprocessor, coordinated with peripheral interface circuits and function keyboard, to make it compact and low cost. The sampling and storage system consists of a wriggle pump, electromagnet, machanical transfer devices, water sample storage tank and container. This system has a simple structure with a smooth and steady operation and can be operated continuously or intermittently. Sampling time, sampling period and sampling bottle switching can be adjusted arbitrarily to collect water sample accurately, reliably and conveniently.

Key words: computer's technique, control, water sampling.

Determination of Trace Amounts of Se with Oscillopolarography.

Jiang Zhiliang et al. (Department of Chemistry, Guangxi Normal University, Guilin 541004); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(6), 1993, pp. 66—68

In 0.60mol/L acetic acid medium, the complex of Se(IV) and sulfanilic acid exhibits a sensitive and selective oscillopolarographic wave at -0.63 V vs. SCE. This provides a new oscillopolarographic method for the determination of Se in the range of 0.3—80ng/ml. The detection limit is achieved at 0.15ng/ml. Se in real samples was analysed by this method, with satisfactory results.

Key words: Se, sulfanilic acid, oscillopolarography.

Study on the Environmental Impact Caused by the Electromagnetic Radiation of Weihai Broadcasting Station.

Lu Deming et al. (Dept. of Physics, Qingdao University of Oceanography, Qingdao); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(6), 1993, pp. 69—72

The attenuation of the electrical field strength E of an electromagnetic source was investigated theoretically and experimentally. For the 10kW medium wave transmitter, the electrical field E is

less than 25V/m for distances $r > 75$ m near the ground (2m above the ground), which is lower than the "Second Class Standard" stipulated in the State Standard GB9175-88. For distances $r > 150$ m, the field strength near the ground is less than 10V/m, which is lower than the "First Class Standard". However, it is discovered from the measurements that at places such as the platforms on top of high buildings within 200m the field strength can be so strong that it exceeds the State Standard value, and that injures to human bodies can be caused by metal structures poorly earthed due to induction charge and secondary radiation.

Key words: environmental impact assessment, electromagnetic radiation, broadcasting station.

Vector-operator: A New Method for Environmental Quality Assessment and Environmental Management.

Wang Haifeng et al. (Institute of Environmental Science, Beijing Normal University, Beijing 100875); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(6), 1993, pp. 73—76

This paper deals with a systematical analysis on the common methods for environmental quality assessment and a new method suggested for environmental quality assessment, called Vector-Operator. This method, by mainly considering the most important environment elements while not neglecting other environment elements, uses some special arithmoprocess but maximal operator and cluster analysis. It is able to present better the real conditions of the environment. It is of general purpose and of comparability. It can be extended, repaired, modified and modelled. It not only serves effectively for science research but also provides a convenient means for decision-making, management and evaluation.

Key words: environmental assessment, environmental management, Vector-Operator.

Influence of Cloud on Solar Ultraviolet Radiation.

Bai Jianhui (Institute of the Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029); *Chin. J. Environ. Sci.*, 14(6), 1993, pp. 77—78

Cloud has an important effect on the solar ultraviolet radiation reaching the ground. Based on one year data in Xianghe Synthetical Observation station, an empiric epuation for calculating the solar ultraviolet radiation under cloudy sky conditions is obtained by using correlation analysis, and the results of the calculation are satisfactory. A simple analysis for the decrease in the solar ultraviolet radiation under cloudy sky conditions is given.

Key words: cloud, solar ultraviolet radiation, cloud fraction.