

模糊物元模型在焦化厂大气环境质量综合评价中的应用

高原,唐跃刚,高翔,林涛,王凤娟,赵博,解锡超

(中国矿业大学(北京) 地球科学与测绘工程学院,北京 100083)

摘要:随着焦化行业的快速发展,其环境污染问题也日益暴露出来,以大气污染最为严重。将熵值理论与模糊物元分析法相结合,建立了焦化厂大气环境质量评价的模糊物元模型,并根据焦化厂的大气环境质量现状提出了反映其污染程度的 - 级质量分级标准。研究表明,运用模糊物元模型评价大气环境质量状况是可行的,焦化厂各测点的大气环境质量均达到安全级(级)。

关键词:焦化;熵值;模糊物元模型;大气环境质量评价

中图分类号:X8

文献标识码:B

文章编号:1006-8759(2010)01-0061-04

APPLICATION OF FUZZY MATTER-ELEMENT MODEL IN COMPREHENSIVE EVALUATION OF AIR QUALITY OF COKING PLANT

GAO Yuan, TANG Yue-gang, GAO Xiang, LIN Tao, WANG Feng-juan, ZHAO Bo, XIE Xi-chao

(China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

Abstract: Along with fast development of coking industry, its environmental pollution problems are also exposed increasingly, and most serious in air pollution. The entropy value theory is used in this paper, and combining with fuzzy-matter-element analysis to establish fuzzy matter-element model of evaluation of air quality of coking plant, and - classification standard of quality which reflects its pollution degree is proposed according to present air quality of coking plant. The results show that applying fuzzy matter-element model to assess atmospheric environmental quality is feasible, atmospheric environment quality at each measuring point of coking plant has up to security level (three-Level).

Keywords: coking; entropy value; fuzzy-matter-element model; evaluation of air quality

0 引言

我国是一个富煤贫油少气的国家,据统计,在一次能源消费构成中,煤炭约占 70%,石油约占 17%,天然气约占 6.5%,水电等约占 6.5%。可见,煤炭是中国的主要能源,并且以煤为主的能源

结构在未来相当长时期内难以改变。焦化行业是煤炭工业领域的基础产业,它所生产的产品焦炭、焦油、煤气作为工业生产的原料,在经济发展和 社会发展 中占有举足轻重的地位。由于钢材的大量需求,带动焦化行业的快速发展,焦炭的产量成倍的增长,截至 2008 年底,焦炭产量已达 2.9 亿 t^[1]。但是,焦化行业的环境污染问题也日益暴露出来,其中,以大气最为严重,这些污染问题由于长期没有得到有效、及时的解决,致使许多焦化厂及其附

近的环境系统遭到了程度不一的破坏,且治理难度非常大。人们逐渐认识到:环境保护已成为焦化工业可持续发展的重要保证。

近年来,我国在大气环境研究方面取得了很大的进展,并提出了许多不同的方法:层次分析法^[2]、模糊综合评价法^[3]、灰色聚类关联分析方法^[4]等。每一种方法都有各自的特点,同时在某些方面也存在着不足。考虑到大气环境质量是一个关系复杂、模糊多变的体系,具有明显的随机性和模糊性,此外,还存在单项指标评价结果的不相容性问题,因此可以从物元分析原理和模糊集理论角度评价大气环境质量。

1 模糊物元模型的建立

1.1 模糊物元的基本概念

任何事物都可以用“事物、特征、量值”这三个要素来加以描述,以便对事物作定性和定量分析与计算。用这些要素组成有序三元组来描述事物的基本元,即称为物元。如果其量值具有模糊性,便形成了“事物、特征、模糊量值”的有序三元组,这种物元被称为模糊物元。

如果事物 M 用 n 个特征 C_1, C_2, \dots, C_n 及其相应的模糊量值 $\mu(x_1), \mu(x_2), \dots, \mu(x_n)$ 来描述,则称为 n 维模糊物元。若有 m 个事物用其共同的 n 个特征 C_1, C_2, \dots, C_n 及其相同的模糊量值 $\mu(x_{1i}), \mu(x_{2i}), \dots, \mu(x_{ni}) (i=1, 2, \dots, n)$ 来描述,则称其为 m 个事物 n 维复合模糊物元^[5]。

1.2 从优隶属度模糊物元

各单项特征相应的模糊值从属于标准方案各对应的各特征相应的模糊量值,称之为从优隶属度。由此建立的原则称为从优隶属原则。从优隶属度可由下式计算:

$$\text{越大越优型} \quad \mu(x_{ji}) = \max X_{ji} / X_{ji} \quad j=1, 2, \dots, m; i=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

$$\text{越小越优型} \quad \mu(x_{ji}) = \min X_{ji} / X_{ji} \quad j=1, 2, \dots, m; i=1, 2, \dots, n \quad (2)$$

其中: μ_{ji} 表示第 j 个事物第 i 项特征的从优隶属度; X_{ji} 表示第 j 个事物第 i 项特征相应的量值; $\max X_{ji}, \min X_{ji}$ 分别表示 X_{ji} 中的最大值和最小值^[6]。

1.3 标准模糊物元与差平方复合模糊物元

n 维标准模糊物元是指从优隶属度模糊物元内各评价指标的从优隶属度的最大值或最小值^[6]。若以 $\Delta_{ji} (j=1, 2, \dots, m; i=1, 2, \dots, n)$ 表示标准模糊

物元与复合模糊物元中各项差的平方,则组成差平方复合模糊物元^[5],即 $\Delta_{ji} = [\mu(x_{0j}) - \mu(x_{ij})]^2$,可表示为:

$$\tilde{R}_{\Delta} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ C_1 & \Delta_{11} & \Delta_{21} & \cdots & \Delta_{m1} \\ C_2 & \Delta_{12} & \Delta_{22} & \cdots & \Delta_{m2} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \Delta_{1n} & \Delta_{2n} & \cdots & \Delta_{mn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

1.4 熵权法确定权重

在确定评价指标的权重时,往往多采用主观确定权重的方法,如 AHP 方法等。这样就会造成评价结果可能由于人的主观因素而形成偏差。本文采用了熵值法确定权重,这种方法是由评价指标值构成的判断矩阵来确定指标权重,它能尽量消除各指标权重计算的人为干扰,使评价结果更科学、更合理。其具体计算步骤如下^[5]:

(1) 设有 m 个评价对象, n 项评价指标,构建判断矩阵;

(2) 将判断矩阵归一化处理,得到归一化判断矩阵 B ;

(3) 根据熵的定义, m 个评价事物 n 个评价指标,可以确定评价指标的熵;

(4) 计算评价指标的熵权 w_i 和权重 W 。

1.5 欧氏贴近度

欧氏贴近度是指被评价样品与标准样品两者互相接近的程度,其值越大表示两者越接近,反之则相离较远。从而,可以根据欧氏贴近度的大小对各方案进行优劣排序,也可以根据标准值的欧氏贴近度进行类别划分。考虑到本文的具体评价意义,采用 $M(\cdot, +)$ 算法来计算和构建欧氏贴近度复合模糊物元,即^[5]:

$$R_{PM} = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ pH_j & pH_1 & pH_2 & \cdots & pH_m \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\text{式中: } pH_j = 1 - \sqrt[n]{\sum_{j=1}^n w_i \Delta_{ij}} \quad j=1, 2, \dots, m$$

2 焦化厂大气环境质量综合评价

以河北新晶焦化厂大气环境质量综合评价为例,设 4 个监测点(如图 1 所示),每一测点 SO_2 、 NO_2 、TSP、CO、苯并(a)芘、 H_2S 6 项评价指标,各指标实测数据见表 1。参照(GB3095-1996)《大气环境质量标准》及(GB14554-93)《恶臭污染物排放

标准》为评价标准。但国标对污染程度的描述不够具体,基于焦化行业污染的特殊性,为了更详细准确地描述焦化厂区的污染状况,将原标准扩展为 4 级,前 3 级标准不变,第 4 级标准参照《大气污染物排放浓度限值》(备注:将河北新晶焦化厂的指标实测值作为参考)制订。这 4 级标准分别表示理想级(级)、良好级(级)、安全级(级)、污染级(级)(见表 2)。

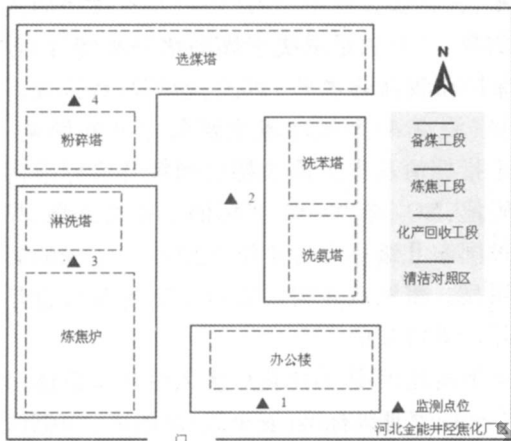


图 1 河北新晶焦化厂区监测点分布

表 1 各测点评价指标实测值

评价项目	测点			
	1(M ₁)	2(M ₂)	3(M ₃)	4(M ₄)
SO ₂ / (mg·m ⁻³)(C ₁)	0.06	0.15	0.23	0.11
NO ₂ / (mg·m ⁻³)(C ₂)	0.25	0.14	0.12	0.17
TSP/ (mg·m ⁻³)(C ₃)	1.06	1.669	0.972	1.487
CO/ (mg·m ⁻³)(C ₄)	1	0.9	0.7	0.5
苯并(a)芘/(μg·m ⁻³)(C ₅)	0.218	0.193	0.018	0.011
H ₂ S/ (mg·m ⁻³)(C ₆)	0.02	0.04	0.15	0.03

表 2 大气环境质量分级标准

评价项目	评价等级标准			
	级(M ₅)	级(M ₆)	级(M ₇)	级(M ₈)
SO ₂ / (mg·m ⁻³)(C ₁)	0.05	0.15	0.25	0.5
NO ₂ / (mg·m ⁻³)(C ₂)	0.12	0.12	0.24	0.3
TSP/ (mg·m ⁻³)(C ₃)	0.12	0.3	0.5	1.25
CO/ (mg·m ⁻³)(C ₄)	4	4	6	10
苯并(a)芘/(μg·m ⁻³)(C ₅)	0.008	0.01	0.05	0.3
H ₂ S/ (mg·m ⁻³)(C ₆)	0.03	0.1	0.6	1

注: 为污染浓度限值

2.1 建立评价模型

(1) 构建复合模糊物元。

根据表 1 中的数据,对 4 个测点和分级标准建立 8 个样品 6 个指标的复合模糊物元。

(2) 以越小越优原则构建从优隶属度模糊物元

$$R_{\Delta} = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & M_3 & M_4 & M_5 & M_6 & M_7 & M_8 \\ C_1 & 0.8333 & 0.3333 & 0.2174 & 0.4545 & 1.0000 & 0.3333 & 0.2000 & 0.1000 \\ C_2 & 0.3200 & 0.5714 & 0.6667 & 0.4706 & 0.6667 & 0.6667 & 0.3333 & 0.2667 \\ C_3 & 0.1132 & 0.0719 & 0.1235 & 0.0807 & 1.0000 & 0.8000 & 0.2400 & 0.0960 \\ C_4 & 0.5000 & 0.5556 & 0.7143 & 1.0000 & 0.1250 & 0.1250 & 0.0833 & 0.0500 \\ C_5 & 0.0367 & 0.0415 & 0.4444 & 0.7273 & 1.0000 & 0.8000 & 0.1600 & 0.0267 \\ C_6 & 1.0000 & 0.5000 & 0.1333 & 0.6667 & 0.6667 & 0.2000 & 0.0333 & 0.0200 \end{bmatrix}$$

(3) 建立标准模糊物元和构建差平方模糊复合物元

$$R_{\Delta} = \begin{bmatrix} & M_1 & M_2 & M_3 & M_4 & M_5 & M_6 & M_7 & M_8 \\ C_1 & 0.5377 & 0.0544 & 0.0138 & 0.1257 & 0.8100 & 0.0544 & 0.0100 & 0.0000 \\ C_2 & 0.0028 & 0.0928 & 0.1600 & 0.0416 & 0.1600 & 0.1600 & 0.0044 & 0.0000 \\ C_3 & 0.0017 & 0.0000 & 0.0027 & 0.0001 & 0.8614 & 0.1076 & 0.0283 & 0.0006 \\ C_4 & 0.2025 & 0.2556 & 0.4413 & 0.9025 & 0.0056 & 0.0056 & 0.0011 & 0.0000 \\ C_5 & 0.0001 & 0.0002 & 0.1745 & 0.4908 & 0.9473 & 0.5980 & 0.0178 & 0.0000 \\ C_6 & 0.9604 & 0.2304 & 0.0128 & 0.4182 & 0.4182 & 0.0324 & 0.0002 & 0.0000 \end{bmatrix}$$

(4) 熵值法确定评价指标权重,构造归一化判断矩阵 B。

$$B = \begin{pmatrix} 0.0000 & 0.5294 & 1.0000 & 0.2941 \\ 1.0000 & 0.1538 & 0.0000 & 0.3846 \\ 0.1263 & 1.0000 & 0.0000 & 0.7389 \\ 1.0000 & 0.8000 & 0.4000 & 0.0000 \\ 1.0000 & 0.8792 & 0.0338 & 0.0000 \\ 0.0000 & 0.1538 & 1.0000 & 0.0769 \end{pmatrix}$$

计算可得熵 $H_i = (0.9774 \ 0.9740 \ 0.9709 \ 0.9769 \ 0.9639 \ 0.9686)^T (i=1, 2, \dots, 6)$ 和权重 $w_i = (0.1343 \ 0.1545 \ 0.1729 \ 0.1373 \ 0.2145 \ 0.1866)^T (i=1, 2, \dots, 6)$ (计算方法见参考文献 [5])。由各评价指标权重可知:焦化厂的主要污染物为苯并(a)芘、TSP 和 H_2S 。

(5) 欧氏贴近度计算。由式(4)可以得到各指标的贴近度,其值见表 3。

表 3 评价样本与标准样本之间的欧式贴近度

样本	测点 1	测点 2	测点 3	测点 4	级	级	级	级
R_{att}	0.4709	0.6842	0.6429	0.4251	0.2487	0.5691	0.8956	0.9900

2.2 评价结果分析

根据计算得出的欧式贴近度从大到小排序,河北新晶焦化厂大气环境污染程度由重至轻依次为:点 2>点 3>点 1>点 4。再通过与评价等级标准的贴近度比较可知:点 2、点 3 大气环境质量级别为 级;点 1、点 4 大气环境质量级别为 级。即:粉碎塔和办公楼附近区域的大气质量符合良好级标准,炼焦炉、淋洗塔、洗苯塔和洗氨塔附近区域的大气环境质量符合安全级标准。

上述评价结果与实际情况基本吻合。办公楼附近(测点 1)作为焦化厂区大气环境质量污染监测的清洁对照区,位于厂区的东南角,大气环境受周围工业区(炼焦和化产回收工段)排污变化和气象因素的影响较大, NO_2 、苯并(a)芘指标值相对偏高,目前已突破国家 级标准浓度限值,TSP 浓度也一直维持在一个较高水平, CO 、 H_2S 和 SO_2 的指标值远小于国家 级标准污染浓度限值,才使其大气环境质量级别得以控制在 级,即良好级,但其实际污染程度却已经达到一定水平;洗苯塔和洗氨塔附近(测点 2)大气环境中的有害污染物主要来自化学反应和分离操作的尾气,燃烧装置的烟囱等。其 SO_2 、 H_2S 和 CO 的指标值均小于国家 级标准污染浓度限值,但由于非常高的 TSP 和苯并(a)芘浓度指标值(TSP 已超过国家 级标准污染浓度限值,苯并(a)芘已超过国家 级标准污染浓度限值),将测点 2 的污染程度定为 级符合实际污染特征;炼焦炉和淋洗塔附近(测点 3)的大气环境质量的影响因素较多:第一,装煤和推焦

过程中,其烟尘排放量在焦炉烟尘总排放量中占有很大的比例。第二,在熄焦过程中,熄焦水喷洒在炽热的焦炭上产生大量的水蒸气,水蒸气中所含的硫化物、氮氧化物、一氧化碳和几十种有机化合物与熄焦塔两端敞口吸入的大量空气形成混合气流,夹带大量水滴和焦粉从塔顶逸出,形成对大气的污染。因此,TSP 和 SO_2 指标是炼焦工段的主要污染因子,TSP 已超过国家 级标准污染浓度限值,其污染程度在焦化厂区内已经达到十分高的水平;在备煤过程中,粉碎塔以及选煤塔向大气排放的煤尘(其数量取决于煤的水分和细度)致使 TSP 保持在较高的水平。因此,粉碎塔和选煤塔附近区域(测点 4)大气环境主要受 TSP 的影响,其它各个指标值基本上都未超过国家 级标准污染浓度限值, NO_2 、苯并(a)芘指标值虽相对偏高,只是略超过国家 级标准污染浓度限值,造成的影响并不明显,将测点 4 的污染程度定为 级也是符合实际污染特征的。

综上所述,可认为焦化厂区大气环境总体污染程度处于国家 级标准(安全级)范围内。根据国家标准 GB3095-1996 焦化厂属于三类区,执行 级标准。可见,各测点符合大气环境质量标准的要求。

3 结论

在物元分析的基础上,结合模糊集合与欧氏贴近度概念,建立了大气环境质量评价模糊物元模型,并将该模型应用于河北新晶焦化厂环境质量评价。研究表明:运用模糊物元模型评价大气环境质量是合理可行的,而其结果可以直观地反映焦化厂各区的空气质量水平。为焦化厂大气环境质量评价提供了一种新方法,值得推广及应用。

参考文献

- [1] 国家统计局数据库. 全国焦炭产量[DB/OL]. http://219.235.129.54/cx/result/result_sum.jsp, 2008(10).
- [2] 何斌,谢开贵. 大气环境质量综合评价的层次分析法[J]. 环境保护, 1997,(8):25-27.
- [3] 刘康兰,袁浩. 模糊综合评判在环境质量评价中的应用[J]. 环境工程, 2000,18(1):55-56,36.
- [4] 梁爱萍,侯祺,刘爱东. 大气环境质量灰色聚类关联分析法的应用研究[J]. 工业安全与环保, 2005,31(6):35-37.
- [5] 张斌,雍歧东,肖芳淳. 模糊物元分析[M]. 北京:石油工业出版社,1997,8-12,19-21.
- [6] 张先起,梁川. 基于熵权的模糊物元模型在水质综合评价中的应用[J]. 水利学报,2005,36(9):1057-1061.