

## 基于物元分析理论的城镇市政设施投资项目环境影响综合后评价

张飞涟, 崔浩, 张涛

(中南大学土木建筑学院, 长沙 410075)

**摘要:**随着国内专家学者对环境影响评价的深入研究, 出现很多环境影响评价的方法。城镇市政设施投资项目环境影响综合后评价是一个大的系统工程, 现有的环境影响评价的方法不能有效地进行评价, 针对此现状, 利用物元分析的原理建立城镇市政设施投资项目环境影响综合后评价等级的评价模型, 进行关联函数的计算, 把环境影响综合后评价等级评定由定性转为定量, 并以将物元分析应用到实例中, 评价结果证明, 该方法是一种可操作的环境影响综合后评价的方法。

**关键词:**物元分析; 城镇市政设施投资项目; 环境影响综合后评价; 关联函数

**中图分类号:** F294.1; X171.1

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2007)05-0007-03

## Environmental Impact Comprehensive Post-assessment for Town Municipal Facilities Investment Projects Based on Matter Element Analysis Theory

ZHANG Fei-lian, CUI Hao, ZHANG Tao

(School of Civil and Architecture, Central South University, Changsha 410075, China)

**Abstract:** Along with the thorough research of domestic experts for the environmental impact assessment, many methods were put forward. Environmental impact comprehensive post-assessment for town's municipal establishment investing projects is a big systems engineering, and the existing methods used for environmental impact assessment can't carry on the assessment effectively. In view of the current situation, the principle of matter element analysis is utilized to establish the assessment model of environmental impact comprehensive post-assessment's grade, the related function is computed. And then the grade of environmental impact comprehensive post-assessment can be translated from qualitative to quantificational. And also the matter element analysis is used in practical example. The assessment results prove that the method is exercisable in environmental impact comprehensive post-assessment.

**Key words:** matter element analysis; town municipal facilities investment projects; environmental impact comprehensive post-assessment; related function

由于城镇市政设施遍布城镇的各处, 城镇中心的设施相对更加齐全, 因此, 城镇市政设施的投资建设对城镇的环境影响评价是一个值得探讨的问题。然而城镇市政设施对环境的影响面宽, 需要考虑的影响因素较多, 常规的单因素评价往往顾此失彼, 许多专家学者采用模糊综合评价、层次分析法等对其进行评价, 但效果均不是很理想。故本文采用物元分析理论对城镇市政设施投资项目环境影响进行综合后评价。

### 1 物元分析理论内涵

我国学者蔡文教授提出的物元分析理论, 是研究解决矛盾问题的规律和方法。它以促进事物转化、解决不相容问题为核心, 适用于多因子的评价。物元分析理论框架有两个支柱: 一是研究物元及其变化的物元理论; 二是建立在可拓集合基础上的数学工具。

#### 1.1 物元分析的基本概念<sup>[1,2]</sup>

以有序三元组  $R=(N, c, v)$  作为描述事物的基本元, 称

为物元。式中:  $N$ ——事物;  $c$ ——特征;  $v$ —— $N$  关于  $c$  的量值。这三者称为物元的三个要素。如果事物  $N$  有多个特征, 它以  $n$  个特征  $c_1, c_2, \dots, c_n$  和相应的量值  $v_1, v_2, \dots, v_n$  描述, 则称为  $n$  维物元, 记为

$$R = \begin{bmatrix} N & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \vdots \\ R_n \end{bmatrix}$$

#### 1.2 可拓集合

所谓在某种限制条件下对象集  $U$  上的一个可拓集合  $\tilde{X}$  (或称可拓子集), 是指对于任何  $u \in U$ , 规定了一个实数  $K_{\tilde{X}}(u) \in (-\infty, +\infty)$ , 用它来表示  $u$  与  $\tilde{X}$  的关系。映射为论域,  $k$  是  $U$  到实域  $(-\infty, +\infty)$  的一个映射  $K_{\tilde{X}}: U \rightarrow (-\infty, +\infty)$ ,  $u \rightarrow K_{\tilde{X}}(u)$  称为  $\tilde{X}$  的关联函数。称为  $u$  与可拓集合  $\tilde{X}$  的关联度。

收稿日期: 2006-08-20

基金项目: 国家社会科学基金项目“城镇市政设施投资项目后评价方法与参数研究”(05BJ Y019)

作者简介: 张飞涟(1964—), 女, 湖南湘潭人, 教授, 主要从事工程管理研究。

$K_{\bar{X}}(u) > 0$  表示  $u \in X$  (普通子集)。称  $X = \{ (u/K_{\bar{X}}(u)) | u \in U, K_{\bar{X}}(u) > 0 \}$  为  $\bar{X}$  的经典域。

$-1 < K_{\bar{X}}(u) < 0$  表示  $u \in \bar{X}$ , 但在该限制下,  $u$  能变为  $y \in X$ 。称  $X = \{ (u/K_{\bar{X}}(u)) | u \in U, -1 < K_{\bar{X}}(u) < 0 \}$  为  $\bar{X}$  的可拓域。

$K_{\bar{X}}(u) < -1$  表示  $u \in \bar{X}$ , 而且在该限制下,  $u$  不能变为  $y \in X$ 。称  $X = \{ (u/K_{\bar{X}}(u)) | u \in U, K_{\bar{X}}(u) < -1 \}$  为  $\bar{X}$  的非域。

当  $K_{\bar{X}}(u) = 0$  时, 称点  $u$  为零点, 它或属于经典域, 或属于可拓域, 或同属于两者; 当  $K_{\bar{X}}(u) = -1$  时, 称点  $u$  为拓点, 它或属于可拓域, 或属于非域, 或同属于两者。

### 1.3 关联函数及关联度的计算<sup>[3]</sup>

可拓集合是用关联函数来刻划的, 关联函数表示物元的量值取值为实轴上一点时, 物元符合要求的范围程度。由于可拓集合的关联函数可用代数式来表示, 就使得解决不相容问题能够量化。令有界区间  $X_0 = [a, b]$  的模式定义为:

$$|X_0| = |b - a| \quad (1)$$

某一点  $X$  到区间  $X_0 = [a, b]$  的距离为:

$$\rho(X, X_0) = |X - \frac{1}{2}(a + b)| - \frac{1}{2}(b - a) \quad (2)$$

则关联函数  $K(x)$  的定义为:

$$K(x) = \begin{cases} \frac{-\rho(X, X_0)}{|X_0|} & X \in X_0 \\ \frac{\rho(X, X_p)}{\rho(X, X_p) - \rho(X, X_0)} & X \notin X_0 \end{cases} \quad (3)$$

式中:  $\rho(X, X_0)$ ——点  $X$  与有限区间  $X_0 = [a, b]$  的距离;  $\rho(X, X_p)$ ——点  $X$  与有限区间  $X_p = [a_p, b_p]$  的距离;  $X, X_0, X_p$ ——待评物元的量值、经典域物元的量值范围和节域物元的量值范围。

## 2 等级物元模型的建立<sup>[4,5]</sup>

### 2.1 城镇市政设施投资项目环境影响等级的物元矩阵<sup>[6,7]</sup>

(1) 将城镇市政设施投资项目环境影响综合评价的目标作为事物  $N$ , 评价指标就是特征  $c$ , 评价指标的数值就是量值  $v$ 。设评价指标有  $n$  个, 根据物元的定义, 城镇市政设施投资项目建设过程水平可用下面的  $n$  维物元来描述。

$$R = (N, c, v) = \begin{bmatrix} N & c_1 & v_1 \\ & c_2 & v_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & v_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

(2) 确定经典域物元矩阵。按照影响大小程度, 将城镇市政设施投资项目环境影响程度由小到大划分为 5 种等级 (I, II, III, IV, V), 则可以得到环境影响的经典域物元  $R_{\alpha}$ 。

$$R_{\alpha} = (N_{\alpha}, C, V_{\alpha}) = \begin{bmatrix} N_{\alpha} & c_1 & \langle a_{\alpha 1}, b_{\alpha 1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{\alpha 2}, b_{\alpha 2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & \langle a_{\alpha n}, b_{\alpha n} \rangle \end{bmatrix} \quad (t = 1, 2, 3, 4, 5) \quad (5)$$

式中:  $N_{\alpha}$ ——环境影响等级类别;  $c_j$ ——环境影响综合评价

价的指标 ( $j = 1, 2, \dots, n$ );  $V_{\alpha}$ —— $N_{\alpha}$  关于对应于  $c_j$  所确定的量值范围, 即经典域  $\langle a_{\alpha j}, b_{\alpha j} \rangle$ 。

(3) 确定节域物元矩阵。城镇市政设施投资项目环境影响的节域物元  $R_p$  为:

$$R_p = (N_p, C, V_p) = \begin{bmatrix} N_p & c_1 & \langle a_{p1}, b_{p1} \rangle \\ & c_2 & \langle a_{p2}, b_{p2} \rangle \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & \langle a_{pn}, b_{pn} \rangle \end{bmatrix} \quad (6)$$

式中:  $N_p$ ——环境影响综合评价目标等级类别的全体;  $V_p$ ——评价指标  $c_j$  的所有取值范围, 即节域  $\langle a_{pj}, b_{pj} \rangle$ 。

(4) 确定待评物元。对于待评城镇市政设施投资项目环境影响综合评价, 把所收集到的有关环境影响信息和结果用物元表示, 即得到待评物元  $R_0$ 。

$$R_0 = (N_0, c, X) = \begin{bmatrix} N_0 & c_1 & x_1 \\ & c_2 & x_2 \\ & \vdots & \vdots \\ & c_n & x_n \end{bmatrix} \quad (7)$$

### 2.2 确定待评城镇市政设施投资项目环境影响对不同等级关联度

(1) 城镇市政设施投资项目环境影响评价因素的关联度。对于第  $i$  个评价指标, 关于环境影响等级分类  $t$  的关联度可由下式计算<sup>[4]</sup>:

$$K_t(X_i) = \begin{cases} \frac{-\rho(X_i, X_{0ti})}{|X_{0ti}|} & X \in X_{0ti} \\ \frac{\rho(X_i, X_{pi})}{\rho(X_i, X_{pi}) - \rho(X_i, X_{0ti})} & X \notin X_{0ti} \end{cases} \quad (i = 1, 2, \dots, n; t = 1, 2, \dots, 5) \quad (8)$$

$$\rho(X_i, X_{0ti}) = |x_i - \frac{1}{2}(a_{0ti} + b_{0ti})| - \frac{1}{2}(b_{0ti} - a_{0ti}) \quad (9)$$

$$\rho(X_i, X_{pi}) = |x_i - \frac{1}{2}(a_{pi} + b_{pi})| - \frac{1}{2}(b_{pi} - a_{pi}) \quad (10)$$

(2) 城镇市政设施投资项目环境影响等级类别的关联度。环境影响综合评价目标  $N$  关于等级  $t$  的关联度为:

$$K_t(N) = \sum_{i=1}^n \alpha_i K_t(X_i) \quad (t = 1, 2, \dots, 5) \quad (11)$$

式中:  $\alpha_i$ ——评价指标  $c_i$  的权重分配系数。

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1 \quad (12)$$

### 2.3 城镇市政设施投资项目环境影响等级确定<sup>[6]</sup>

在求得  $K_t(N)$  后, 若  $K_0 = \max[K_t(N)]$  (13)

则可定性地判定  $N$  的等级类别为  $t_0$  类。而  $K_t(N)$  的数值大小及相互关系系数则可定量地反映环境影响综合评价目标的好坏及其隶属于  $t_0$  类别的程度。

## 3 评价中的应用

城镇市政设施投资项目环境影响综合评价的评价指标及其评价指标的度量指标见表 1, 其中有些指标需要专家进行打分, 有些指标采用实测数值。城镇市政设施投资项目环境影响综合评价等级标准见表 2。

表1 评价指标及其度量指标值

评价指标	度量指标	指标值
对大气环境的影响	主要大气污染物 污染指数 API	140
对水环境的影响	主要污水污染物 污染指数 WPI	3.2
对土壤环境的影响	土壤退化破坏 严重程度 Leq	84
对声环境的影响	噪声等效级	74
对电磁环境的影响	电磁环境恶化程度	88
产生的固体废弃物的影响	固体废弃物排放量	82
对景观美学环境的影响	已建投资项目与原有 景观的协调度	91

表2 评价指标及等级标准

指标	I	II	III	IV	V
API	100	150	200	250	300
WPI	2	3	4	5	6
土壤退化破坏的严重程度	100	90	80	70	60
Leq(dB)	65	70	75	80	85
电磁环境恶化程度	100	90	80	70	60
固体废弃物排放量	100	90	80	70	60
已建投资项目与原有 景观的协调度	100	90	80	70	60

## 3.1 数据处理

由于各评价指标的量化值所在的区间不完全相同,有的评价指标是数值越小级别越高(如 API、WPI、Leq),而有的则相反(如土壤退化破坏的严重程度、电磁环境恶化程度、固体废弃物排放量、已建投资项目与原有景观的协调度),故对各评价指标和评价指标值进行归一化处理。

对于数值越小级别越高的指标:  $d_i = x_i / x_5$ ;

对于数值越大级别越高的指标:  $d_i = 1.0 - (x_i - x_5) / x_1$ ;

式中:  $d_i$ ,  $x_i$ ,  $x_1$ ,  $x_5$ ——归一化后的标准值、未归一化的标准值、I级和V级标准值。归一化的评价标准和实测指标见表3。

表3 归一化后的评价指标和实测指标

指标	I	II	III	IV	V	实测值
API	0.3333	0.5000	0.6667	0.8333	1.0000	0.4667
WPI	0.3333	0.5000	0.6667	0.8333	1.0000	0.5333
土壤退化破坏的严重程度	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	1.0000	0.7600
Leq(dB)	0.7647	0.8235	0.8824	0.9412	1.0000	0.8706
电磁环境恶化程度	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	1.0000	0.7200
固体废弃物排放量	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	1.0000	0.7800
已建投资项目与原有 景观的协调度	0.6000	0.7000	0.8000	0.9000	1.0000	0.6900

3.2 经典域及节域<sup>[8,9]</sup>

根据表2,取I~V级标准对应的取值范围作为经典域  $R_{0i}$  和节域  $R_p$ 。

$$R_{0i} = \begin{cases} \text{I 级} & \begin{matrix} API < 0, 0.3333 > \\ WPI < 0, 0.3333 > \\ \text{土壤退化破坏的严重程度} < 0, 0.6000 > \\ Leq < 0, 0.7647 > \\ \text{电磁环境恶化程度} < 0, 0.6000 > \\ \text{固体废弃物排放量} < 0, 0.6000 > \\ \text{已建投资项目与原有景观的协调度} < 0, 0.6000 > \end{matrix} \end{cases}$$

$$R_{0i} = \begin{cases} \text{II 级} & \begin{matrix} API < 0.3333, 0.5000 > \\ WPI < 0.3333, 0.5000 > \\ \text{土壤退化破坏的严重程度} < 0.6000, 0.7000 > \\ Leq < 0.7647, 0.8235 > \\ \text{电磁环境恶化程度} < 0.6000, 0.7000 > \\ \text{固体废弃物排放量} < 0.6000, 0.7000 > \\ \text{已建投资项目与原有景观的协调度} < 0.6000, 0.7000 > \end{matrix} \\ \text{III 级} & \begin{matrix} API < 0.5000, 0.6667 > \\ WPI < 0.5000, 0.6667 > \\ \text{土壤退化破坏的严重程度} < 0.7000, 0.8000 > \\ Leq < 0.8235, 0.8824 > \\ \text{电磁环境恶化程度} < 0.7000, 0.8000 > \\ \text{固体废弃物排放量} < 0.7000, 0.8000 > \\ \text{已建投资项目与原有景观的协调度} < 0.7000, 0.8000 > \end{matrix} \\ \text{IV 级} & \begin{matrix} API < 0.6667, 0.8333 > \\ WPI < 0.6667, 0.8333 > \\ \text{土壤退化破坏的严重程度} < 0.8000, 0.9000 > \\ Leq < 0.8824, 0.9412 > \\ \text{电磁环境恶化程度} < 0.8000, 0.9000 > \\ \text{固体废弃物排放量} < 0.8000, 0.9000 > \\ \text{已建投资项目与原有景观的协调度} < 0.8000, 0.9000 > \end{matrix} \end{cases}$$

3.3 计算权重系数关联度<sup>[10]</sup>

在此运用层次分析法计算指标权重,这里不详细叙述,结果如下:0.2031,0.1815,0.0892,0.1543,0.1158,0.1635,0.0926。

$$R_{0i} = \begin{cases} \text{V 级} & \begin{matrix} API < 0.8333, 1.0000 > \\ WPI < 0.8333, 1.0000 > \\ \text{土壤退化破坏的严重程度} < 0.9000, 1.0000 > \\ Leq < 0.9412, 1.0000 > \\ \text{电磁环境恶化程度} < 0.9000, 1.0000 > \\ \text{固体废弃物排放量} < 0.9000, 1.0000 > \\ \text{已建投资项目与原有景观的协调度} < 0.9000, 1.0000 > \end{matrix} \\ \text{I} \sim \text{V 级} & \begin{matrix} API < 0, 1.0000 > \\ WPI < 0, 1.0000 > \\ \text{土壤退化破坏的严重程度} < 0, 1.0000 > \\ Leq < 0, 1.0000 > \\ \text{电磁环境恶化程度} < 0, 1.0000 > \\ \text{固体废弃物排放量} < 0, 1.0000 > \\ \text{已建投资项目与原有景观的协调度} < 0, 1.0000 > \end{matrix} \end{cases}$$

表4 关联度、综合关联度及评价结果

关联度	I	II	III	IV	V
API	-0.2222	0.2000	-0.0667	-0.3000	-0.4400
WPI	-0.3000	-0.0667	0.2000	-0.2222	-0.3913
土壤退化破坏的 严重程度	-0.4000	-0.2000	0.4000	-0.1429	-0.3684
Leq(dB)	-0.4500	-0.2667	0.2000	-0.0833	-0.3529
电磁环境恶化程度	-0.3000	-0.0667	0.2000	-0.2222	-0.3913
固体废弃物排放量	-0.4500	-0.2667	0.2000	-0.0833	-0.3529
已建投资项目与 原有景观的协调度	-0.2250	0.1000	-0.0313	-0.2619	-0.4038
等级	I	II	III	IV	V
综合 关联度	-0.3339	-0.0725	0.1423	-0.1905	-0.3881

(下转第19页)

流沟,其发育趋势是规模越来越小,正由活动期向衰退期发展。但由于其所处位置的重要性,评价2条泥石流沟危险性将对水电工程设计施工及今后运行的持续稳定意义重大。

(1)通过对泥石流危险性评价因子的分析与各评价因子权重系数的确定,得到单沟泥石流危险度的计算结果,咱里沟属于低度危险的泥石流沟,而五里沟属于中度危险的泥石流沟,可能造成重大灾害与严重的危害。

(2)结合泥石流沟的基本特征,坝区泥石流发生的地形、地貌及地质条件已成为固定格局,考虑到沟内和山坡的松散固体物质补给量,固体堆积物即使能被洪流启动,也无法造成大规模的输砂量,破坏程度低。在拟建水电站正常蓄水后,五里沟和咱里沟的堆积区基本被淹没,泥石流发育与活动规律基本不变。但应该注意五里沟内松散堆积物在特大暴雨发生的条件下,固体物质被启动后的潜在破坏力较大。

(3)在该地区不同时间概率的洪峰流量条件下,五里沟与咱里沟发生泥石流的输砂量较小,相对于数亿立方米的水电站总库容来说,影响甚微,产生较大规模涌浪的可能性不大。在施工期泥石流对拟建水电工程的施工场地与设备影

响突出,对水电站正常发电和安全运作造成的影响较小。

#### 参考文献:

- [1] 刘希林,莫多闻. 泥石流风险评价[M]. 成都:四川科技出版社,2002.
- [2] 刘希林,唐川. 泥石流危险性分析[M]. 北京:科学出版社,1995.
- [3] 周必凡,等. 泥石流防治指南[M]. 北京:科学出版社,1991.
- [4] 唐川,黄润秋,等. 金沙江美姑河牛牛坝水电站库区泥石流对工程影响分析[J]. 工程地质学报,2006,14(2):145—151.
- [5] 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所. 山洪泥石流滑坡灾害及防治[M]. 北京:科学出版社,1994.
- [6] 四川省水利电力厅. 四川省中小流域暴雨洪水计算手册[S]. 成都:1984.
- [7] 康志成,等. 中国泥石流研究[M]. 北京:科学出版社,2004.

(上接第9页)

根据公式(8)、(9)和(10)计算关联度,公式(11)和(13)计算综合关联度及评价结果见表4。

从评价结果的物元模型来看属于“Ⅲ”,即该城镇市政设施投资项目环境影响综合后评价的等级为Ⅲ,与第Ⅲ级的关联度为0.1423。

#### 4 结 论

(1)运用物元分析理论进行城镇市政设施投资项目环境影响综合后评价,将定性的定级方法转化为了定量的定级方法,操作简便、快捷,为城镇市政设施投资项目环境影响后评价提供了一种可操作的方法。

(2)计算原理比较简单,对指标众多的后评价情况,可以编制计算机程序处理计算过程,从而将该方法推广应用到其他项目的后评价中。

(3)该方法在应用过程中的受到经典域确定的合理性、各项指标得分的准确性以及权重系数的合理性的影响,因此在采用该方法的过程中,应该注意尽量减少这些不确定因素对评价结果的影响。

#### 参考文献:

- [1] 蔡文,杨春燕,何斌. 可拓逻辑初步[M]. 北京:科学出

版社,2003.

- [2] 蔡文. 物元分析[M]. 广东:广东高等教育出版社,1987.
- [3] 李志林. 区间关联函数的新定义及其应用研究[J]. 数学的实践与认识,2006,36(2):207—210.
- [4] 付强. 农业水土资源系统分析与综合评价[M]. 北京:中国水利水电出版社,2005.
- [5] 佟春生. 系统工程的理论与方法概论[M]. 北京:国防工业出版社,2005.
- [6] 叶义成,等. 系统综合评价技术及其应用[M]. 北京:冶金工业出版社,2006.
- [7] 谢砚青,张江,等. 模糊灰色物元空间(FHW)理论与实践——宏观复杂大系统决策方法[J]. 中国工程科学,2002,4(11):57—65.
- [8] 荀志远,申建红. 基于物元分析理论的建筑产品完损度评估[J]. 土木工程学报,2003,36(9):100—105.
- [9] 禹华谦,姚令侃,陈春光. 物元分析在大气环境质量评价中的应用[J]. 兰州铁道学院学报(自然科学版),2001,20(4):12—14.
- [10] 蔡文. 可拓论及其应用[J]. 科学通报,1999,44(7):673—682.