

边坡治理群决策的二维足码定位法研究

谢全敏¹, 王红彬¹, 吴定洪², 赵涛²

(1. 武汉理工大学 土木工程与建筑学院, 武汉 430070; 2. 三峡大学 地质灾害防治研究院, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 在边坡治理决策过程中, 不仅涉及边坡本身的条件和状态等因素, 而且涉及经济、技术、环境及专家和决策者的个人素质等因素, 因此边坡治理方案选择是一个复杂的系统工程。在实际工程中, 往往同时有几个治理方案供选择, 必须对它们进行优化评价, 从中选出较满意的方案。针对边坡治理方案评价是一个群决策问题, 提出了边坡治理群决策的二维足码定位法, 利用简单的二维足码坐标图或评价函数, 可以确定边坡治理的最优方案。以溪沟口滑坡治理为例, 分析了该方法的实际应用情况。

关键词: 边坡治理; 群决策; 二维足码定位法

中图分类号: O 152

文献标识码: A

Two dimension leg-mark selected location method of group decision making of slope treatment

XIE Quan-min¹, WANG Hong-bin¹, WU Ding-hong², ZHAO Tao²

(1. School of Civil Engineering & Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. Research Institute of Geological Hazard Control, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: In view of the assessment slope treatment schemes being a problem of group decision making, a two-dimension leg-mark selected location method of group decision making of slope treatment is presented. In this method, the simple two-dimension leg-mark coordinate figure or assessment function is used; and the optimal scheme of the decision of slope treatment can be determined. The method is applied to the decision of Xigoukou landslide treatment; and its application is discussed in detail.

Key words: slope treatment; group decision making; two dimension leg-mark selected location method

1 引言

群决策作为一个明确的概念提出已有 20 余年的时间。所谓群决策, 就是根据群体成员的价值观及其对不同备选方案的排序产生为群体的排序, 即是把群体各成员的偏好模式通过一定的群体规则集结成单一的群体偏好^[1-4]。边坡失稳是一种常见的山区地质灾害, 我国是一个多山的国家, 因而也是边坡失稳广泛分布的国家, 特别是每年的雨季发生很多边坡失稳, 给国家和人民的生命财产造成数以亿计的损失, 所以边坡的治理研究十分重要^[5]。对于边坡治理方案的确定, 决策者往往广泛征求研

究、设计、勘察和施工等多个部门的专家的意见, 但由于各位专家的偏好不尽相同, 因此, 各专家对治理方案的评判不完全一致, 这就必将给决策者带来决策上的困难^[6-9]。由此可见, 边坡治理决策显然是一个群决策问题。为此, 本文利用二维足码定位法来解决边坡治理的群决策问题^[10]。该法在溪沟口滑坡治理中得到了应用, 为决策者提供了最终的决策依据。

2 边坡治理群决策方法

2.1 二维足码定位法

设 $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$ 为方案集 (m 为方案

数), 则

$$\left. \begin{array}{l} D_1: A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik} \\ D_2: A_{j1}, A_{j2}, \dots, A_{jk} \end{array} \right\} \quad (1)$$

式中: $A_{ik} \in A$, $A_{jk} \in A$, $k=1, 2, \dots, m$; D_1 为第 1 个专家方案; D_2 为第 2 个专家方案; A_{ik} 为 D_1 专家对方案集 A 的排序结果, A_{jk} 为 D_2 专家对方案集 A 的排序结果。

式 (1) 是 2 个专家对方案集 A 的排序, 并假设 D_1 优先于 D_2 。

用 $A_i \in A_{pq}^r$ 表示 $A_i (i=1, 2, \dots, m)$ 在 D_1 、 D_2 中的位置, 其中 p 是 A_i 在 D_1 中的序号, q 是 A_i 在 D_2 中的序号, 且 $r=p+q$ 。

对有序的 2 个专家的排序的最优群排序的判别准则 I 如下:

- (1) r 小的 A_i 为优先;
- (2) 若 r 相等, 则以 $|p-q|$ 小的 A_i 为优先;
- (3) 若 $|p-q|$ 相等, 则以 p 小者为优先。

把 D_1 和 D_2 分别作为横坐标和纵坐标, 根据方案排序号可绘制一张特殊的坐标图 (图 1), 称为二维足码坐标图。在图中, D_1 轴上的数是 $A_i \in A_{pq}^r$ 中的 p , D_2 轴上的数是 $A_i \in A_{pq}^r$ 中的 q , 坐标图上的其他数字是 r , 这样一来, 在准则 I 中的每一个 $A_i \in A_{pq}^r$ 均在图 1 有自己的位置。

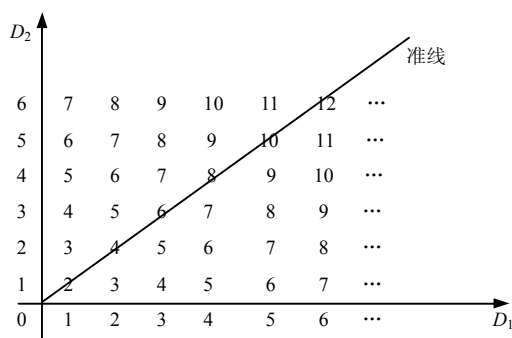


图 1 二维足码坐标图

Fig.1 The coordinate chart of two-dimension leg-mark

判别准则 I, 在二维足码坐标图中的表现, 称为判别准则 II, 它是:

- (1) 对于不同的 r , 离原点近的 A_i 为优先;
- (2) 对于相同的 r , 离准线 (坐标轴间的角平分线) 近者 (垂直距离短的) 为优先;
- (3) 在离准线有相同垂直距离者, 以位于准线上方者为优先。

采用判别准则 II, 在坐标图上对 $A_1, A_2, \dots, A_m$ 进行决策的方法, 称为二维足码定位法。其步骤

如下:

(1) 根据 $A_1, A_2, \dots, A_m$ 的个数 m , 绘制如图 1 的二维足码坐标图。

(2) 由准则 I 排序, 在坐标图中找到 $A_i \in A_{pq}^r$ 的位置。

(3) 按 $r=2, 3, \dots, m$ 的次序, 在 $r=p+q$ 的同值截线上, 寻找 A_i 。若有 A_i , 则记下 A_i 并划去 A_i 所在的列和行; 若无 A_i , 则划去同值 r 的点。

(4) 若在 $r=p+q$ 的同值截线上, 有 2 个以上的 $A_1, A_2, \dots, A_k (1 < k < m)$, 则离准线的距离近者优先; 若离准线的距离相等, 以 p 小者为优先。

以上讨论的是 2 个专家的情形。对于专家超过 2 个 ($n \geq 3$) 的情形, 设各个专家的排序结果为 $D_1, D_2, \dots, D_n$ 。首先对 D_1 、 D_2 用二维足码定位法, 所得排序结果记作 D_0 , 然后对 D_0 与 D_3 用二维足码定位法, 所得排序结果仍记作 D_0 , 然后对 D_0 与 D_4 用二维足码定位法, 如此继续下去, 最后得到的 D_0 作为 $n (n \geq 3)$ 个专家的综合排序结果。

2.2 评价函数

根据判别准则 II, 可以定义一个函数:

$$u_{A_i}(p, q) = (p+q) + \frac{|p-q|}{10^\alpha} + \frac{p}{10^{2\alpha}} \quad (2)$$

$$\text{其中: } \alpha = \begin{cases} 1, & 1 \leq m < 10 \\ 2, & 10 \leq m < 100 \\ 3, & 100 \leq m < 1000 \\ \vdots & \vdots \end{cases} \quad (3)$$

式中: α 为 $A_i \in A_{pq}^r$ 的评价函数; $m \in M$ (方案个数); $i=1, 2, \dots, m$ 。

可以证明: $A_i \in A_{pq}^r$ 与 $u_{A_i}(p, q)$ 是一一对应的, 且 $u_{A_i}(p, q)$ 是唯一的。

由准则 I 排序, 可以直接计算 $u_{A_i}(p, q)$, 因而得到 A_i 的群排序。

3 实例研究

3.1 滑坡体地质概况

3.1.1 溪沟口滑坡基本特征

溪沟口滑坡位于拟建的十堰—漫川关高速公路 K10+893~K11+300 段, 属于堆积层滑坡。滑坡前缘在 209 国道边为垂直陡坎, 见有基岩出露, 且下方的民房稳定性也较好, 目前的滑动为表面浅层的滑动。滑坡前缘宽度约为 350 m, 中部宽度约为 380 m, 后缘宽度约为 400 m, 滑坡斜长约 400 m, 滑坡宽约 50 m, 滑坡面积约为 $1.4 \times 10^5 \text{ m}^2$, 滑体平

均厚度为 15 m, 滑体体积约 $2.1 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。滑坡前缘标高为 250~260 m, 后缘标高为 320~350 m, 剖面形态为折线型。

在滑坡体上可见滑动拉裂缝跨塌现象, 雨水过后, 滑坡体则出现新的跨塌和拉裂缝现象, 并见有水流从滑动体中渗出或径流, 为滑坡提供了滑动因素。滑坡体的滑动厚度较大, 且目前有滑动现象, 在施工中振动或加载可能造成滑坡再次整体滑动。

3.2 滑坡治理群决策

根据溪沟口滑坡灾害特点, 初步拟定溪沟口滑坡治理方案有 5 个: ①局部清方+抗滑挡墙+排水+监测预警 (A_1), ②悬臂抗滑桩+格构护坡+排水+监测预警 (A_2), ③悬臂抗滑桩+抗滑挡墙+排水+监测预警 (A_3), ④锚拉抗滑桩+格构护坡+排水+监测预警 (A_4), ⑤削方减载压脚+浆砌石护坡+排水+监测预警 (A_5)。为了确定较为满意的治理方案, 决策者分别从勘察、研究、设计和施工等部门聘请了 5 位专家对上述 5 个方案从技术、经济、施工以及环境等方面综合考虑进行排序, 各个专家分别独立给出的排序结果为: $D_1: A_3, A_2, A_4, A_1, A_5$; $D_2: A_2, A_3, A_4, A_5, A_1$; $D_3: A_4, A_2, A_3, A_1, A_5$; $D_4: A_3, A_1, A_4, A_2, A_5$; $D_5: A_1, A_3, A_2, A_4, A_5$ 。

按二维足码定位法, 可以得到二中滑坡体治理方案的群排序为: $A_3 > A_2 > A_1 > A_4 > A_5$, 即溪沟口滑坡的 5 种可行的治理方案从优到劣排序为: A_3, A_2, A_1, A_4, A_5 。

由评价函数得到的二中滑坡体治理方案的群排序结果列于表 1。由表可得排序结果为 $A_3 > A_2 > A_1 > A_4 > A_5$ 。

表 1 由评价函数得到的溪沟口滑坡治理方案的群排序结果

Table 1 The group arranging results of Xigoukou landslide by assessment function

治理方案	A_1	A_2	A_3	A_4	A_5
评价函数	5.43	4.29	3.62	6.35	9.56

从表可知, 由评价函数得到的溪沟口滑坡治理方案的群排序结果与按二维足码定位法得到溪沟口滑坡治理方案的群排序结果是一致的, 即溪沟口滑坡采用悬臂抗滑桩+抗滑挡墙+排水+监测预警 (即 A_3) 治理方案较为合理。

3.3 溪沟口滑坡治理

十堰—漫川高速公路溪沟口滑坡治理工程为一

级防护工程, 根据有关规范, 其防治工程设计标准为: ①在天然状态条件下, 其设计安全系数为 1.30; ②天然状态+暴雨+地震工况条件下, 其设计校核安全系数为 1.05。根据溪沟口滑坡治理设计标准和所确定的治理方案, 其治理工程设计结果为: ①抗滑桩设计桩型有两种, 即 A_1 型桩 (布置在滑坡 282 m 高程处) 和 A_2 型桩 (布置在滑坡 267.5 m 高程处)。抗滑桩截面采用矩形。 A_1 型桩桩截面为 $2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$, 设计桩长为 22.5 m, 嵌岩深度为 8 m, 间距为 5.5 m, 共计 54 根; A_2 型桩桩截面为 $2 \text{ m} \times 3 \text{ m}$, 设计桩长为 20.5 m, 嵌岩深度为 7 m, 间距为 5.5 m, 共计 48 根, 配筋率为 0.95 %。②在滑坡前缘 (高程为 255 m) 设计一重力式挡墙, 底宽 1.2 m, 高 3.0 m, 总长 328 m。③为保证地表排水, 设计了 2 条纵向排水沟 (长 885 m) 和 3 条横向排水沟 (长 1586 m), 设计底宽为 1.0 m、高为 0.7 m 的梯形断面; 地下排水为坡体内布设 2 排水平排水孔 (孔内滤水管为 $\phi 100 \text{ mm}$ PVC 管), 孔距为 10 m, 孔径为 $\phi 100 \text{ mm}$, 平均深度为 30 m。④进行地表变形监测、地下水监测、地下多点位移监测和抗滑桩应力监测。

该综合治理方案通过专家评审并已实施, 治理效果良好, 经计算其治理后的稳定性系数达到 1.32, 满足设计要求。

4 结 语

本文提出了一种边坡治理群决策的二维足码定位法, 该法利用简单的二维足码坐标图或评价函数, 就可以确定边坡治理的最优方案, 使边坡治理决策结果更具科学性。边坡治理方案的决策是一个十分复杂的系统工程问题, 其决策理论方法的研究才刚起步, 还有许多问题需要进行深入探索。

参 考 文 献

- [1] 苏波, 王浣尘. 群决策研究评述[J]. 管理科学学报, 1995, 5(3): 115—124.
SU Bo, WANG Huan-chen. Review of research of group decision making[J]. *Journal of Management Sciences*, 1995, 5(3): 115—124.
- [2] XIE Quan-min, XIA Yuan-you. A multi-objective decision-making method for the treatment scheme of landslide hazard[J]. *Journal of University of Science and Technology Beijing*, 2004, 11(2): 101—105.
- [3] 谢全敏, 夏元友. 边坡治理方案评判体系的层次结构模

- 型及应用[J]. 岩石力学与工程学报, 2001, 20(增 1): 1065—1069.
- XIE Quan-min, XIA Yuan-you. The hierarchy model of judgement system of treatment schemes of slopes and its application[J]. **Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering**, 2001, 20(Supp.1): 1065—1069
- [4] 夏元友, 朱瑞赓. 不稳定边坡治理方案的多层次模糊决策[J]. 自然灾害学报, 1999, 8(1): 88—91.
- XIA Yuan-you, ZHU Rui-gen. Multiperson multilayer fuzzy comprehensive decision making for control plans of unstable slopes[J]. **Chinese Journal of Natural Disasters**, 1998, 8(1): 88—91.
- [5] 夏元友, 朱瑞赓. 黄石市板岩山地质灾害防治工程决策分析[J]. 岩石力学与工程学报, 2000, 19(4): 498—500.
- XIA Yuan-you, ZHU Rui-gen. Decision-making analysis of the control project of the landslide hazard of the Banyan Mountain in Huangshi and control[J]. **Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering**, 2000, 19(4): 498—500.
- [6] 谢全敏, 夏元友. 基于遗传算法的边坡稳定性评价的动态聚类方法[J]. 岩土力学, 2002, 23(2): 170—172.
- XIE Quan-min, XIA Yuan-you. A dynamic clustering method for evaluation of slope stability based on genetic algorithms[J]. **Rock and Soil Mechanics**, 2002, 23(2): 170—172.
- [7] 谢全敏, 边翔, 夏元友. 滑坡灾害风险评价的系统分析[J]. 岩土力学, 2005, 26(1): 71—74.
- XIE Quan-min, BIAN Xiang, XIA Yuan-you. Systematic analysis of risk evaluation of landslide hazard[J]. **Rock and Soil Mechanics**, 2005, 26(1): 71—74.
- [8] AHN B S, PARK K S, HAN C H, et al. Multi-attribute decision aid under incomplete information and hierarchical structure[J]. **European Journal of Operational Research**, 2000, 125(2): 431—439.
- [9] KIM Y M, KIM J H, KIM S H. Use of multi-attribute decision analysis for designing operations system framework in telecommunications management network[J]. **Computers and Operations**, 2000, 27(12): 1375—1388.
- [10] 黄德才, 朱艺华. 二维足码定位法的缺陷分析与综合评价新方法[J]. 系统工程理论与实践, 2001, 21(2): 26—29.
- HUANG De-cai, ZHU Yi-hua. The analysis on flaws of two dimension leg-mark selected location method and new group decision making method[J]. **Systems Engineering-theory & Practice**, 2001, 21(2): 26—29.
-
- 上接第 428 页
- [3] 易达, 徐明毅, 陈胜宏, 等. 人工神经网络在岩体初始应力场反演中的应用[J]. 岩土力学, 2004, 25(6): 943—946.
- YI Da, XU Ming-yi, CHEN Sheng-hong, et al. Application of artificial neural network to back analysis of initial stress field of rock masses[J]. **Rock and Soil Mechanics**, 2004, 25(6): 943—946.
- [4] 许传华, 任青文, 郑治, 等. 索风营水电站地下洞室岩体力学参数的位移反分析[J]. 岩土工程学报, 2006, 28(11): 1981—1985.
- XU Chuan-hua, REN Qing-wen, ZHENG Zhi, et al. Displacement back analysis of rock mechanic parameters of underground grotto of Suofengying Hydraulic Power Plant[J]. **Chinese Journal of Geotechnical Engineering**, 2006, 28(11): 1981—1985.
- [5] 赵洪波, 冯夏庭. 位移反分析的进化支持向量机研究[J]. 岩石力学与工程学报, 2003, 22(10): 1618—1622.
- ZHAO Hong-bo, FENG Xia-ting. Study on genetic-support vector machine in displacement back analysis[J]. **Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering**, 2003, 22(10): 1618—1622.
- [6] 刘开云, 乔春生, 滕文彦. 边坡位移非线性时间序列采用支持向量机算法的智能建模与预测研究[J]. 岩土工程学报, 2004, 26(1): 57—61.
- LIU Kai-yun, QIAO Chun-sheng, TENG Wen-yan. Research on non-linear time sequence intelligent model construction and prediction of slope displacement by using support vector machine algorithm[J]. **Chinese Journal of Geotechnical Engineering**, 2004, 26(1): 57—61.
- [7] 方开泰, 马长兴. 正交与均匀试验设计[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [8] 徐果明. 反演理论及其应用[M]. 北京: 地震出版社, 2003.
- [9] 杨林德. 岩土工程问题的反演理论与工程实践[M]. 北京: 科学出版社, 1996.