

马兰庄铁矿扩建排土复垦规划研究^{*}

闫旭骞¹, 李富平²

(1. 中国煤炭经济学院, 山东 烟台 264005; 2. 河北理工学院, 河北 唐山 063009)

摘要 针对马兰庄铁矿扩建需要大量排土场及其周围有首钢大石河铁矿废弃排土场和露天采坑的特点, 提出了 10 个初选的排土复垦方案, 利用考虑均衡度的灰色关联分析法进行了方案的优化选择, 最后确定适合该矿的排土复垦规划。

关键词 排土规划; 复垦; 均衡度; 灰色关联分析

中图分类号 :TD88 **文献标识码** :A

露天矿排土优化、排土场复垦及生态恢复均是矿山开采优化的重要内容。近年来, 对复垦及生态恢复的研究都是以已形成的排土场为主要研究对象, 但一般没有将土地复垦及生态恢复问题有机的结合在一起。本文针对马兰庄铁矿的特点, 将其排土规划与生态重建作为一个有机统一体, 利用生态学及生态工程学原理为指导, 采用考虑均衡度的灰色关联分析方法进行优化研究。

1 考虑均衡度的灰色关联分析法

灰色关联分析法是分析系统中各因素关联程度的方法, 其基本思想是根据系统动态过程发展趋势, 即有关数据的几何关系及其相似程度, 来判断其关联程度, 认为诸个数据列构成的线形形状越接近, 则变化态势越接近, 关联程度越大。本文提出的考虑均衡度的灰色关联分析法与传统关联分析法的主要区别是考虑了各评价指标的均衡程度。其具体计算方法如下:

1.1 评价指标矩阵的构造

将各评价方案相应的评价指标值构造成矩

阵: $A = \{a_{ij}\}$

其中: a_{ij} ——第 i 个方案第 j 个评价指标值;

$i = 1, 2, \dots, m$, m 评价方案个数;

$j = 1, 2, \dots, n$, n 评价指标个数。

1.2 指标矩阵的无量纲化

灰色系统理论要求作为关联计算的数据的量纲最好是相同的, 当量纲不同时, 要化为无量纲。本文采用均值化处理, 即用平均值去除所有数据, 以得到一个占平均值百分比的数列, 即:

$$a_{ij}^{-1} = a_{ij} / \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m a_{ij}$$

将矩阵 A 各列数据作无量纲化处理, 得无量纲化指标矩阵: $A' = \{a_{ij}^{-1}\}$

1.3 确定最优参考数据列

从无量纲化指标矩阵 A' 中确定最优参考数据列 $x_0 = \{a_{0i}\}$ 的各目标函数值, 其确定方法为:

$$a_{0j} = \max(a_{ij}) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad j \in j_1$$

$$a_{0j} = \min(a_{ij}) \quad (i = 1, 2, \dots, m) \quad j \in j_2$$

$$a_{0j} = r_j \quad j \in j_3$$

^{*} 收稿日期: 2003 - 02 - 18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(项目编号: 70173034)。

作者简介: 闫旭骞, 男, 山西省万荣县人, 1966 年 3 月生。讲师, 北京科技大学土木与环境工程学院 2000 级博士生, 中国煤炭经济学院教师。

李富平, 男, 1965 年生。教授, 北京科技大学土木工程与环境学院博士生。

式中: j_1 ——为越大越好的指标下标的集合;
 j_2 ——为越小越好的指标下标的集合;
 j_3 ——越接近某一固定值(r_j)越好的指标下标的集合。

1.4 计算关联系数矩阵

各评价方案与最优参考数列的关联系数矩阵

$A'' = \{\xi_{ij}\}$, A'' 的因素 ξ_{ij} 的计算方法如下:

$$\xi_{ij} = \frac{\min_i \min_j |a_{0j} - a_{ij}| + 0.5 \max_i \max_j |a_{0j} - a_{ij}|}{|a_{0j} - a_{ij}| + 0.5 \max_i \max_j |a_{0j} - a_{ij}|}$$

1.5 各评价指标权系数的确定

本文选择层次分析法确定权系数。

1.6 各评价方案均衡度的计算

根据 Gini 系数的原理建立均衡度概念,用以度量综合评价中各指标评价价值分布的均衡程度。将评价方案 F_i 与最优参考数列的关联系数 $\xi_{i1}, \xi_{i2}, \dots, \xi_{in}$ 作升序,由小到大排列,记为 $V_{i1}, V_{i2}, \dots, V_{in}$, 则该方案各评价指标的均衡度 G_i 的具体计算公式为:

$$G_i = \frac{1}{n} + \frac{1}{n} \cdot \frac{2}{\sum_{j=1}^n V_{ij}} \sum_{j=1}^n (n-k) V_{ik}$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

1.7 关联度的计算

综合各评价指标的关联系数,然后计算考虑均衡度的各方案与最优参考数据列的关联度 d_i 。

$$d_i = \lambda \cdot G_i \sum_{j=1}^n (w_j \cdot \xi_{ij}) + (1-\lambda) \sum_{j=1}^n (w_j \cdot \xi_{ij})$$

$$i = 1, 2, \dots, m$$

式中 λ 为可调参数,它的极端情形是 (1) 当 $\lambda = 1$ 时,上式的算法将对所有指标依权系数大小全面考虑,并通过均衡度 G_i 进行修正 (2) 当 $\lambda = 0$ 时,该算法则仅对根据各指标权系数大小计算关联度。 λ 的取值应根据具体情况确定,需要较多地考虑指标均衡性对综合指标的影响时, λ 的值可最大,反之可以小些。

最后根据 d_i 在大小顺序选择最佳方案,即 d_i 值最大者为最佳方案。

2 马兰庄铁矿排土复垦规划优化

2.1 评价方案的设计

综合考虑马兰庄铁矿产掘进度计划,首钢大石河铁矿的已废弃的露天采坑和排土场及其生态恢复与重建的需要,共选择了 5 个排土场,分别为:裴庄排土场、柳北排土场、柳中排土场、白马山排土场和河沙河山排土场。根据采掘进度计划和排土场堆置参数及方法的要求,在充分考虑整个矿区生态恢复的基础上,初步选择了 10 个排土复垦方案,如表 1 所示。

2.2 评价指标的选择及确定

与传统的排土规划方法不同,本文评价指标的选择是以恢复生态学和景观生态学为指导来选择的。共选择各类评价指标 4 个,分别为:排土总费用、排土场复垦面积提前复垦时间积、排土场复垦可耕地系数和边坡可恢复性系数。

评价指标值的确定是多目标决策的基础,故本文评价指标值的确定是利用在已开发的有关“露天矿排土场优化排放软件”的基础来确定的。具体来说就是:针对所设计的每一个方案利用该软件包对该方案进行优化研究确定最优的岩土流向流量、排弃及堆置方案,从而确定该方案的各项评价指标值。

排土复垦面积提前复垦时间积计算公式为:

$$F = \sum_{i=1}^T S_i (T - i)$$

式中: F ——排土复垦面积与提前复垦时间积总和;

S_i ——第 i 年排土复垦面积;

T ——露天矿总的排土年限。

排土场复垦可耕地系数计算公式为:

$$H = \frac{\sum_{i=1}^l SS_i}{\left(\sum_{i=1}^l SS_i + \sum_{i=1}^l SB_i \right)}$$

式中: H ——排土场复垦可耕地系数;

SS_i ——第 i 号排土场上部平面面积与分段平台面积之和;

SB_i ——第 i 号排土场边坡坡面面积之和。

排土场边坡可恢复性系数计算公式为：

$$K = 1/\alpha$$

式中： K ——排土场边坡可恢复性系数；
 α ——排土场分段边坡角。

2.3 评价方案的优化确定

(1)评价指标值的确定。利用“露天矿排土场优化排放软件”经过上机计算得到各初选方案的评价指标值如表 1 所示。

表 1 各初选方案及评价指标值表

方案 序号	方案简介	排土总 费用 /万元	复垦面积 时间积 /hm ² ·a	可耕地 系数	边坡可 恢复 系数
1	就近排土,边坡角 26°	20 652	205	0.755 4	0.038 5
2	就近排土,边坡角 30°	20 007	213	0.783 2	0.033 3
3	复垦面积提前复垦时间积最大,边坡角 26°	26 896	1 939	0.755 4	0.038 5
4	复垦面积提前复垦时间积最大,边坡角 30°	26 778	1 789	0.783 2	0.033 3
5	铁路 252 万 t,就近排土,边坡角 26°	24 928	458	0.755 4	0.038 5
6	铁路 252 万 t,就近排土,边坡角 30°	24 028	468	0.783 2	0.033 3
7	铁路 252 万 t,先柳中后柳北,边坡角 26°	25 348	4 589	0.755 4	0.038 5
8	铁路 252 万 t,先柳中后柳北,边坡角 30°	25 265	1 602	0.783 2	0.033 3
9	铁路 252 万 t,先柳北后柳中,边坡角 26°	25 125	508	0.755 4	0.038 5
10	铁路 252 万 t,先柳北后柳中,边坡角 30°	25 078	524	0.783 2	0.033 3

(2)评价指标权系数。利用层次分析法确定各评价指标权系数如表 2。

(3)均衡度的确定。利用上述均衡度计算公式计算得各方案的均衡度如表 3。

(4)关联度的计算。利用上述数据及相关公式,计算各评价方案的均衡关联度(考虑均衡度的关联度)表 4,其中 $\lambda = 0.5$ 。分析表 4 数据可知

第 7 号方案的均衡关联度数值最大,故第 7 方案为最优方案,即:铁路 252 万 t,先排柳中排土场后排柳北排土场,排土场边坡角为 26°方案为最优。

表 2 各评价指标权系数表

指标	排土总费用	复垦面积 复垦时间积	可耕地系数	边坡可 恢复系数
权系数	0.44	0.24	0.16	0.16

表 3 各评价方案的均衡度表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
均衡度	0.786 8	0.795 9	0.872 0	0.837 9	0.879 5	0.887 7	0.880 7	0.864 8	0.892 5	0.899 7

表 4 各评价方案的均衡关联度表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
关联度	0.744 8	0.722 7	0.801 6	0.808 4	0.723 8	0.724 5	0.814 7	0.796 0	0.728 2	0.716 8

2.4 最优排土复垦规划

根据上述优化结果确定马兰庄铁矿最优排土复垦规划为“铁路 252 万 t,先排柳中排土场后排柳北排土场,排土场边坡角为 26°方案”。采用该排土方案在扩建过程,白马山采场的扩帮工作可储备表土 30 万 t,等柳中排土场排土完毕平整后

万方数据

· 29 ·

就可以复垦土地 35.6 ha, 这样虽然比原方案排土费用多 108 万元, 但可增加复垦土地 35.6 ha, 该土地矿山可以自己经营, 种植农作物或果树, 也可转让给当地农民, 缓和当地农村的人地矛盾。同时减少了裸岩的暴露面积, 使生态环境得到改善。

在裴庄排土场, 原设计方案为首先进行 110m 标高的排弃, 然后等 110m 标高排满后再进行 120m 标高的排弃, 最后再进行复垦工作。本研究设计的方案为一次排弃到 120m 标高, 从排土场的一头开始排弃达到设计标高有一定面积后即可进行复垦工作, 这样就提前了复垦时间, 减少了排土场裸岩的暴露时间。复垦土地可以用于农作物种植。

在白马山及沙河山排土场, 分段的边坡角由原设计 32° 降低到了 26° , 这样排土场的容积有一定的减少, 本规划将其排弃到柳中排土场。由于排土场边坡角的降低, 可以使排土场边坡的复垦工作更容易且费用更低, 因为一般排土场边坡角低于 30° 才可以进行复垦或进行人工种植, 该矿规划排土场边坡采用喷浆的方法进行种树种草恢复其植被, 最终恢复其生态环境。

研究确定的排土方案与原设计方案相比, 着重考虑了整个排土规划与排土场的土地复垦及生态恢复与重建工作的关系, 特别是各评价指标的均衡程度, 这样确定的排土复垦规划方案有利于整个矿区的生态可持续发展。

3 结语

(1) 在评价指标的选择中, 充分考虑了排土场

将来的生态恢复重建工作, 将排土场规划与土地复垦规划作为一个有机体来考虑, 探索性的提出了复垦面积提前复垦时间积的概念。

(2) 首次将数理经济学中衡量收入均衡程度的均衡度的概念引入到灰色系统理论, 提出了考虑均衡度的灰色关联分析, 使利用该方法确定的最优方案各评价指标间的协调、均衡程度在评价过程中得到充分反映, 从而使确定的规划方案更加全面。

4 参考文献

- [1] 李富平, 等. 联合采矿方案选择的均衡度综合评价方法[J]. 黄金科学技术, 1999, 7(4-5): 59-62.
- [2] 邓聚龙. 灰色系统基本理论[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1992.5.

Research of waste disposal and rehabilitation plan of extension in Malanzhuang Iron Mine

YAN Xu-qian¹, LI Fu-ping²

- (1. China Coal Economic College, Yantai Shandong 264005, China;
2. Hebei Institute of Technology, Tangshan Hebei 063009, China)

Abstract The text, aiming at the peculiarity of Malanzhuang iron mine that extension need a great amount of waste dump and there are waste dumps and open pit which have not be used in Dashi river iron mine of Capital Steelworks, puts forward ten primarily elective schemes of waste disposal and rehabilitation plan. And it optimizes and selects the schemes with gray relation analysis considering equilibrium degree. In the last, it defines waste disposal and rehabilitation plan which is fit for the mine.

Keywords waste disposal plan, rehabilitation, equilibrium degree, gray relation analysis

~~~~~  
(上接 37 页)

焊补时应采用优质高强焊条, 可用废旧的汽车板簧、履带链板、列车钢轨等堆补。堆补时, 冲锥必须搁置端正, 焊补后的冲锥在原孔中使用时, 应先小冲程慢慢冲击一段时间将孔扩大一些后, 再用较大冲程钻进。

(5) 钻架经较长时间使用, 可能发生位移, 或孔内混凝土强度不一致, 会使所钻的孔位偏离设计孔位, 因此每班或每进尺 4~6m 时用井规探

孔一次(井规高度为钻孔直径 4~6 倍, 直径比冲锥直径小 2~4cm 的专用钢筋笼), 如发现移位、钻孔偏斜或弯孔等现象, 应及时纠正或回填重钻。当冲锥焊补或换锥时, 也应探孔。

(6) 冲击锥起吊应平稳, 防止冲撞护筒和孔壁, 进出孔口时, 严禁孔口附近站人, 防止发生钻锥撞击人身事故。因故停钻时, 严禁钻锥留在孔内。当终孔后, 应及时报验、及时进行下一道工序。