

基于层次分析法的采石场生态恢复植物选择

王月¹,李东亮²

(1.河北工程大学,资源学院,河北邯郸056000;2.辽宁省东水西调工程建设局,辽宁沈阳110000)

摘要:本文选取位于张家口市北部山区的某采石场为研究实例,综合考虑矿区地理位置、气候条件、矿区现状等因素,借鉴当地生态恢复治理实例,调查本土植物种类,初选出适合该矿区生态恢复的20种植物。根据植物外部形态将所选植物分为草本类、灌木类、乔木类,运用层次分析法进行比较选择,最终选取9种适合该采石场生态恢复治理的植物,草本类为:沙打旺、狗尾草;灌木类为:柠条、沙棘、胡枝子;乔木类为:构树、侧柏、山榆、山杨。

关键词:采石场生态恢复;植物种类选择;层次分析法

中图分类号:TD167

文献标识码:A

The application of analytic hierarchy process for plant species selection in some ecological restoration of the quarry

WANG Yue¹, LI Dong-liang²

(1. College of Resources, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056000, China; 2. Liaoning Province of East-to-West Water Diversion Engineering Construction Bureau, Liaoning Shenyang, 110000, China)

Abstract: The quarry is located in the northern mountain area of Zhangjiakou City. Being considered the geographic position and climate and present situation of the quarry and so on, the species of native plants were investigated by drawing lessons from the success example in the local; twenty plants which were suitable for ecological restoration of the quarry were estimated. According to the appearance of chosen plants, this paper divided them into tree and shrub and grass; 9 kinds plants including *broussonetia papyrifera*, *platycladus orientalis*, witch hazel, aspen; shrub: *caragana korshinskii*, seabuckthorn, *lespedeza*; trees: *astragalus adsurgens pall*, green bristlegrass were used finally in the AHP.

Key words: ecological restoration of the quarry; selection of plant species; analytic hierarchy process

采石场的开发利用为经济发展做出了巨大贡献,但大量采石场未及时得到有效的恢复治理,引起了土地山体破坏、植被破坏、水土流失等环境问题。对于采石场而言,采矿活动破坏改变了原有的地形和地貌景观,造成山体破损、岩石裸露、植被破坏,恶劣的条件使植物群落不可能在短时间内自然恢复,采取人为措施尽快恢复关停废弃采石场植被是十分必要的^[1]。

二十世纪七十年代后期以来,采石场的恢复治理日益受到重视。近十几年来对矿山废弃地恢复治理理论研究有了突飞猛进的发展,坡壁植被恢复工程技术日趋成熟,如客土喷播法、液压喷播法、三维网喷混植生法、纤维绿化法、植生卷铺盖法、厚层基材喷射绿化法以及生态多孔混凝土绿

化法等等^[2]。

本文针对采石场恢复治理中的植被恢复的关键——植物种类选择,以张家口市北部山区某采石场为例,初选20种植物,并分为草本类、灌木类、乔木类三大类,分别运用层次分析法进行比较选优,最终选取9种适合该采石场生态恢复的植物。

1 矿区现状

本文选取的采石场矿区位于河北省张家口市北部,属于低中山区(114°33'44"E;40°3'1"N)。区内海拔标高一般在1370m~1270m之间,相对高差100m左右。山体坡度10°~22°,一般在18°左右,山间沟谷开阔,呈U型。矿区范围及附近区域出露地层较为简单,主要有第四系全新统残

坡积物和第三系中新统蔚县玄武岩组。

以野外综合调查为主要手段,调查研究区域的地质环境现状。矿区现状存在的地质环境问题主要是采矿活动对土地、植被资源的占用。对地形地貌景观破坏。主要表现在露天采场、废石堆、工业广场及矿区道路等范围内。

露天采场、废石堆、工业广场及矿区道路等对区内土地、植被资源及地貌景观影响和破坏程度严重;对含水层影响和破坏较轻;露天采场及废石堆未发现不稳定边坡等地质灾害,其它矿区工程地质灾害不发育。

2 植物初选

矿区植被破坏严重,对其进行恢复治理的主要工作为植被恢复。以该采石场的矿区立地条件为基础,调查矿区本土植物种类,借鉴当地矿区治理成功实例^[3],首选20种植物,并分三类,草本类为:沙打旺、草木樨、白羊草、狗尾草、苜蓿;灌木类为:花椒、沙棘、柠条、枸杞、荆条、酸枣、胡枝子;乔木类为:山榆、山椿、山杏、山杨、核桃、柿子树、构树、侧柏。

由于植物选择不存在定量的指标,很难给出一个比较客观的多因素优劣次序,分别对草本类、灌木类、乔木类植物使用层次分析法,选择取优,最终选取出9种合适的植物,作为该矿区植被恢复的植物种类。

3 层次分析法原理及方法

植物种类的选择是植被恢复成功的关键,本文采用层次分析法进行植物种类选择,以其科学性来保证植被恢复工作的质量。

层次分析法 (Analytic Hierarchy Process, AHP) 根据问题的性质和要达到的总目标,将问题分解为不同的组成因素,并将因素间的相互关联影响以及隶属关系将因素按不同层次聚集组合,形成一个多层次的的分析结构模型,从而最终使问题归结为最低层(供决策的方案、措施等)相对于最高层(总目标)的相对重要权值的确定或相对优劣次序的排定^[4]。

3.1 建立层次结构模型

将决策的目标、考虑的因素(决策准则)和决

策对象按它们之间的相互关系分为目标层、准则层和方案层层,绘出层次结构图。

3.2 构造判断(成对比较)矩阵

判断矩阵是表示本层所有因素针对上一层某一个因素的相对重要性的比较。判断矩阵的元素用 Saaty 的 1-9 标度方法给出,见表 1。

表 1 评价标准

Tab. 1 Evaluation standard

标度 a_{ij}	含义
1	表示两个因素相比,具有同样重要性
3	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素稍微重要
5	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素明显重要
7	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素强烈重要
9	表示两个因素相比,一个因素比另一个因素极端重要
2,4,6,8	上述两相邻判断的中值
倒数	因素 i 与 j 比较的判断 a_{ij} , 则因素 j 与 i 比较的判断 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

通过同层的因素两两对比得出判断矩阵 A_{ij} :

$$A_{ij} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j-1} & a_j \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j-1} & a_{2j} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots & \vdots \\ a_{i-11} & a_{i-12} & \cdots & a_{i-1j-1} & a_{i-1j} \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij-1} & a_{ij} \end{bmatrix}$$

3.3 层次单排序及其一致性检验

对应于判断矩阵最大特征根 λ_{max} 的特征向量,经归一化后记为 w_i 。

w_i 的元素为同一层次因素对于上一层次因素某因素相对重要性的排序权值,这一过程称为层次单排序。

能否确认层次单排序,需要进行一致性检验,所谓一致性检验是指对判断矩阵 A_{ij} 确定不一致的允许范围。

定义一致性指标:

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{1}$$

当 $CI = 0$, 有完全的一致性;当 CI 接近于 0, 有满意的一致性;而 CI 越大,不一致越严重。

为衡量 CI 的大小,引入随机一致性指标 RI , 见表 2。

表 2 随机一致性指标

Tab. 2 Random consistency index

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51

定义一致性比率:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$ 时,认为 A_{ij} 的不一致程度在容许范围内,有满意的一致性,通过一致性检验^[5]。

3.4 总排序

计算最低层所有因素对于总目标相对重要性的排序称为总排序。总排序中的权重值由较高层总排序的权重值与本层次单排序的权重值复合而成,结果为:

$$w = \sum_{j=1}^m b_{ij} a_j \quad i = 1, 2, \dots \quad (3)$$

其中 b_{ij}, a_j 分别是较高层总排序权重和本层次单排序的权重。

由式(3)计算各个方案相对于目标层的总排序,总排序靠前者即为较优选。

4 植物的筛选

4.1 草本植物选优

草本植物生长周期短、生长速度快,对于采石场恢复治理来说,主要作用体现在治理前期。初选植物为沙打旺、草木樨、白羊草、狗尾草、苜蓿。

4.1.1 建立草本植物结构层次图

选取较优的草本植物,应考虑以下特性:抗逆性(抗干旱、抗风、抗病虫害、耐贫瘠、抗寒、抗热等)、绿化效果、种植成本、经济产出。依据以上特性,建立草本植物选优层次结构模型,见图1。

4.1.2 准则层排序

准则层相对于目标层的的权重向量为:

$$w = (0.472 \ 9 \ 0.284 \ 4 \ 0.169 \ 9 \ 0.072 \ 9)^T$$

4.1.3 方案层排序

方案层相对于准则层的权重向量分别为:

$$w_1 = (0.254 \ 3 \ 0.150 \ 3 \ 0.095 \ 1 \ 0.453 \ 0 \ 0.047 \ 4)^T$$

$$w_2 = (0.495 \ 6 \ 0.231 \ 9 \ 0.084 \ 8 \ 0.137 \ 4 \ 0.050 \ 3)^T$$

$$w_3 = (0.073 \ 7 \ 0.149 \ 4 \ 0.288 \ 8 \ 0.439 \ 4 \ 0.04 \ 9)^T$$

$$w_4 = (0.471 \ 8 \ 0.232 \ 3 \ 0.157 \ 3 \ 0.088 \ 1 \ 0.056 \ 5)^T$$

4.1.4 草本植物总排序

根据式(3)计算,则草本植物总排序为:

$$U = (0.215 \ 6 \ 0.190 \ 5 \ 0.137 \ 9 \ 0.362 \ 4 \ 0.093 \ 8)$$

根据草本植物权重向量,可以看出狗尾草(C_4)和沙打旺(C_1)占的权重比较大,则就把这两种草本植物作为选择对象。狗尾草、沙打旺能有效的固土培土,改良土壤。

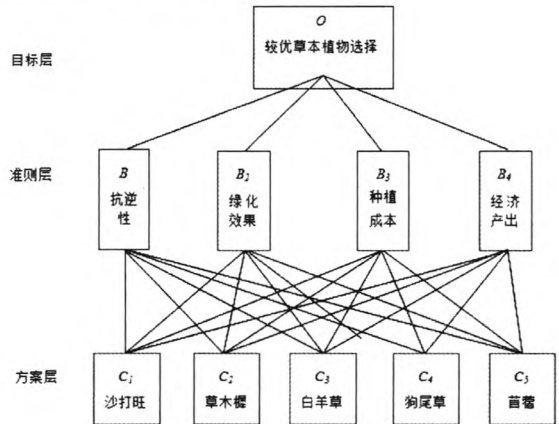


图1 草本植物选优层次结构图

Fig.1 The hierarchical structure graph of grass selection

4.2 灌木选优

灌木没有明显的主干、呈丛生状态,在采石场生态恢复治理中主要起到减少裸露地表、保护地表土层、涵养地表水流等的作用。初选植物为花椒、沙棘、柠条、枸杞、荆条、酸枣、胡枝子。

4.2.1 建立灌木选优层次结构图

选取较优的灌木种类,需要考虑树种的以下特性:抗逆性(抗干旱、抗风、抗病虫害、耐贫瘠、抗寒、抗热等)、绿化效果、种植成本、经济产出。依据以上特性,建立灌木选优层次结构模型,见图2。

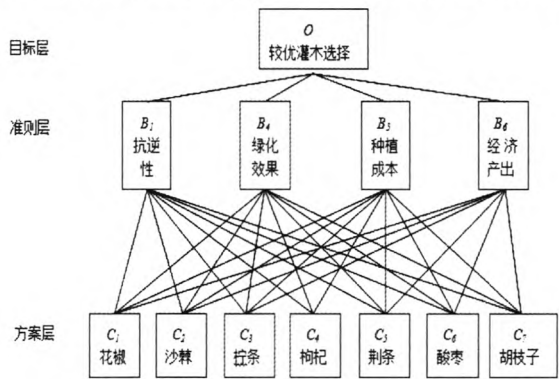


图2 灌木选优层次结构图

Fig.2 The hierarchical structure graph of shrub selection

4.2.2 准则层排序

准则层相对于目标层的的权重向量为:

$$w = (0.472\ 9\ 0.284\ 4\ 0.169\ 9\ 0.072\ 9)^T$$

4.2.3 方案层排序

方案层相对于准则层的权重向量分别为:

$$w_1 = (0.056\ 1\ 0.177\ 9\ 0.340\ 3\ 0.076\ 8\ 0.122\ 9\ 0.045\ 8\ 0.180\ 2)^T$$

$$w_2 = (0.315\ 9\ 0.174\ 2\ 0.051\ 4\ 0.071\ 8\ 0.213\ 4\ 0.107\ 0.066\ 2)^T$$

$$w_3 = (0.037\ 6\ 0.077\ 0.342\ 0.070\ 4\ 0.069\ 6\ 0.144\ 3\ 0.259\ 1)^T$$

$$w_4 = (0.312\ 6\ 0.170\ 8\ 0.234\ 9\ 0.544\ 0.074\ 6\ 0.037\ 1\ 0.115\ 6)^T$$

4.2.4 灌木总排序

根据式(3)计算,则灌木总排序为:

$$U = (0.145\ 5\ 0.159\ 2\ 0.250\ 8\ 0.108\ 4\ 0.136\ 1\ 0.079\ 3\ 0.156\ 5)$$

根据这个权重向量,可以看出柠条(C₃)、沙棘(C₂)、胡枝子(C₇)较接近目标,为较优方案。柠条等不但自身能够适应恶劣的自然环境,且由于固氮能力强,能为其他植物的生长提供养分,创造适宜生存的环境,是优良的先锋树种和混交树种。

4.3 乔木选优

该采石场自然条件、立地条件恶劣,进行绿化工作时,树种选择是关键。初选植物为山榆、山椿、山杏、山杨、核桃、柿子树、构树、侧柏。

4.3.1 建立乔木选优层次结构图

乔木作为绿化植物的主要组成部分,选取时,应充分考虑树种的以下特性:抗逆性(抗干旱、抗风、抗病虫害、耐贫瘠、抗寒、抗热等)、绿化效果、种植成本、经济产出。依据以上特性,建立乔木选优层次结构模型,见图3。

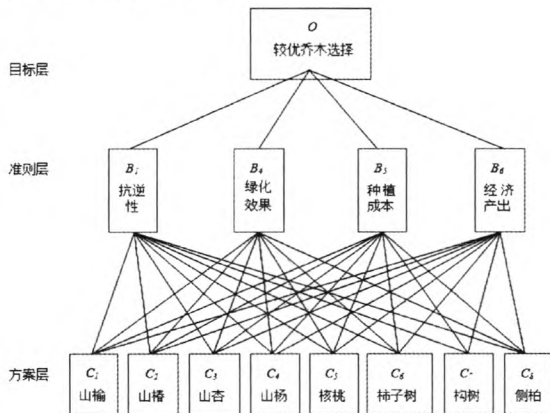


图3 乔木选优层次结构图

Fig. 3 The hierarchical structure graph of tree selection

4.3.2 准则层排序

准则层相对于目标层的权重向量为:

$$w = (0.472\ 9\ 0.284\ 4\ 0.169\ 9\ 0.072\ 9)^T$$

4.3.3 方案层排序

方案层相对于准则层的权重向量分别为:

$$w_1 = (0.105\ 8\ 0.038\ 1\ 0.068\ 5\ 0.059\ 8\ 0.087\ 1\ 0.164\ 7\ 0.290\ 2\ 0.185\ 9)^T$$

$$w_2 = (0.172\ 4\ 0.050\ 4\ 0.0304\ 0.305\ 5\ 0.042\ 5\ 0.073\ 9\ 0.115\ 5\ 0.209\ 3)^T$$

$$w_3 = (0.281\ 4\ 0.164\ 0.056\ 8\ 0.079\ 2\ 0.039\ 1\ 0.029\ 1\ 0.233\ 7\ 0.116\ 8)^T$$

$$w_4 = (0.114\ 3\ 0.029\ 7\ 0.086\ 5\ 0.286\ 9\ 0.204\ 2\ 0.171\ 2\ 0.064\ 7\ 0.042\ 6)^T$$

4.3.4 乔木总排序

根据式(3)计算,则乔木总排序为:

$$U = (0.1545\ 0.0624\ 0.0570\ 0.1495\ 0.0748\ 0.1163\ 0.2145\ 0.1704)$$

根据这个权重向量,可以看出构树(C₇)、侧柏(C₈)、山榆(C₅)、山杨(C₄)较接近目标,为较优方案。山杨、山榆等根系庞大、生命力强、生长速度快,有助于采石场大面积固土涵水。

5 结论

运用层次分析法进行优化筛选,选取沙打旺和狗尾草作为采石场植被恢复的草本植物种类;选取沙棘、柠条、胡枝子作为该采石场植被恢复的灌木植物种类。

参考文献:

[1] 刘刚. 废弃采石场生态环境治理植物种类选择[J]. 地质灾害与环境保护, 2010, 21(4): 63-68.
 [2] 陆志敏, 吴鹏敏. 废弃采石场绿化树种选择及其配套技术研究[J]. 浙江林业科技, 2006, 26(3): 59-65.
 [3] 李树文, 李少雄, 刘嘉玮, 武毅冰. 五家子铁矿生态恢复的植物种类选择[J]. 河北工程大学学报:自然科学版, 2009, 29(3): 102-105.
 [4] 刘自山, 肖晴, 岳智慧, 等. 城市表层土壤重金属污染模型建立与评价[J]. 四川理工学院学报:自然科学版, 2012, 25(4): 33-36.
 [5] 刘钰辉, 李建武, 张培河. 芦岭煤矿地面煤层气开发选区评价研究[J]. 中国煤炭地质, 2012, 24(5): 46-50.
 [6] 方向清, 傅耀军. 采煤对峰峰矿区黑龙洞泉岩溶水系统影响程度评价[J]. 中国煤炭地质, 2012, 24(3): 25-30.

(责任编辑 马立)