

生态脆弱矿区土地复垦方案实施监测评价研究 ——以平朔矿区为例

薛建春¹, 白中科^{2,3}

(1. 内蒙古科技大学 经济与管理学院, 内蒙古 包头 014010;

2. 中国地质大学 土地科学技术学院, 北京 100083; 3. 国土资源部土地整治重点实验室, 北京 100035)

摘要:随着采矿业的迅速发展, 矿区原有的生态系统遭到破坏, 使得矿区生态环境的脆弱性凸现。而土地复垦作为土地整理的一个重要部分, 成为我国矿区土地资源利用管理, 矿区资源、生态可持续发展的重要手段。在土地复垦的研究当中, 复垦方案实施监测评价有其重要意义。以生态脆弱矿区为研究区域, 建立了适合评价矿区土地复垦方案实施监测的五级评价等级, 并划分了土地质量监测、生态监测、经济监测、社会监测和资金监测 5 个准则层 21 个指标体系。采用模糊综合评价法对平朔矿区土地复垦实施监测进行实例研究, 发现平朔矿区土地复垦实施总体水平较好, 通过复垦实施可以改善矿区的生态、经济与社会效益, 但土地质量状况一般。因此, 在今后的复垦实施中要加大对土地质量的监测, 采用多种手段改良目前的土地质量状况, 确保复垦修复良性发展, 增强复垦效益。

关键词:生态脆弱矿区; 土地复垦; 指标体系

中图分类号: F301.24

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2012)01-0246-04

Study on the Monitoring and Evaluation of Land Recalvation Implementation in Ecologically Fragile Mining Area — A Case Study of Pingshuo Mining Area

XUE Jian-chun¹, BAI Zhong-ke^{2,3}

(1. School of Economics and Management, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou,

Inner Mongolia 014010, China; 2. Department of Land Science and Technology, China University of Geosciences,

Beijing 100083, China; 3. Key Laboratory of Land Regulation, Ministry of Land and Resources, Beijing 100035, China)

Abstract: With the rapid development of the mining industry, the original ecosystem was destroyed in mining area, the fragility of the ecological environment is evident. The land reclamation as an important part of land consolidation, has been an important means for land use management, mining resources, ecological sustainable development in mining area. In the study of land reclamation, monitoring and evaluating the implementation of reclamation programs have an important significance. In this paper, we selected the ecological fragile mining regions as the study area, established the five monitoring level suiting for the evaluation of mining land reclamation program implementation, and divided five rule layers: the land quality monitoring, ecological monitoring, economic monitoring, social surveillance and monitoring of funds. There are total 21 monitoring indices in this system. We adopted the fuzzy comprehensive evaluation method to monitor the implementation of land reclamation in Pingshuo mining area. It is found that the overall level of implementation of land reclamation is better in Pingshuo mining area, the ecological, economic and social benefits can be improved through the implementation of the land reclamation. However, the land quality is general, therefore, the monitoring of land quality should be increased in the implementation of land reclamation in the future, using various means to improve the quality of the current status of mining land, to ensure the development of rehabilitation remediation, and enhance rehabilitation benefits.

Key words: ecologically fragile mining area; land reclamation; index system

收稿日期: 2011-05-18

修回日期: 2011-07-13

资助项目: 内蒙古科技大学创新基金 (2009NC090)

作者简介: 薛建春 (1978—), 女, 内蒙古呼和浩特人, 博士, 主要从事土地资源评价及利用规划研究。E-mail: xue.jianchun@yahoo.com.cn

工矿区的建设为国家提供了大量的燃料与原材料,但同时也是土地矛盾冲突最集中的区域。这里因为经济建设破坏了原有的地貌特征,环境的恶化导致了生态的明显脆弱性,因矿业开采导致的土地压占与环境污染直接影响着矿区生态系统的平衡;土地资源紧缺压力已经成为制约矿区经济社会发展的重要因素^[1]。所以采取整治措施使已破坏的土地恢复到可供利用状态,土地复垦工作应运而生。作为恢复土地利用和补充耕地的有效手段,我国的土地复垦工作开展较晚,许多新技术和新理论研究较少,主要体现在土地复垦工作的约束机制、激励机制和监督机制不健全。

自国土资源部 81 号文件出台以来,土地复垦方案编报成为国家对生产建设单位破坏和复垦土地监管的有效手段,然而此举属于事前规范行为,对于实际方案实施过程中的监测目前还没有形成统一的监测标准。因此对土地复垦方案的后评估目前尚属空白。而探索复垦方案实施过程的监测成为一项十分紧迫的任务。

1 生态脆弱矿区土地复垦

1.1 土地复垦

1988 年国务院颁布的《土地复垦规定》将土地复垦定义为“对在生产建设中因挖损、塌陷、压占等造成破坏的土地,采取整治措施,使其恢复到可供利用状态的活动”。这里的生产建设主要指开采矿产资源、烧制砖瓦、燃煤发电等建设项目。自此也建立了“谁破坏、谁复垦”的基本原则^[2-3]。然而因为《土地复垦规定》是作为《土地管理法》的一项配套法规出台的,因此其法律约束性较弱,导致很多生产建设项目特别是与矿产资源开采相关的建设项目在实际开展时,复垦工作被逐渐弱化,因开采占用的各类土地得不到有效整理,致使矿区生态环境进一步恶化,大量失地农民失去生活保障,增加了社会不稳定因素。

1.2 生态脆弱矿区土地复垦

矿区是以采矿、加工为主导产业发展起来并走上工业化道路的一类社区,其辐射范围包括矿山作业区及矿区职工、农民生活区,甚至包括依托矿业演替而形成的乡镇、县市及工业小区。受生产建设扰动影响,矿区原有生态系统被破坏,其系统环境更显脆弱性和多样性^[4]。按照生态学理论,矿区生态系统所产生的各种废弃物已经不能单独依靠系统自有的分解者来完全分解,而要依赖人类通过各种生态修复或环境保护措施来完成。因此我们称这类矿区为生态脆弱矿区。

生态脆弱矿区的土地复垦一方面要纳入建设规划,另一方面要按照经济合理的原则和自然条件、土

地破坏状态来确定复垦目标,宜农则农、宜林则林、宜渔则渔、宜建则建,尽量将破坏的土地恢复利用。其范围大致包括 6 种情况:①由于露天采矿、取土等生产建设活动直接对地表造成破坏的土地,包括采掘区、表土临时占用区和排土场压占区等;②由于地下开采等生产活动引起地表下沉塌陷的土地;③与工矿企业伴随而生的尾矿场、电厂储灰场、钢厂灰渣、城市垃圾等压占的土地;④工业排污造成对土壤、生态的污染地;⑤生产建设过程中各种废弃的水利工程或各种道路(包括铁路、公路)路基、建筑搬迁等毁坏而遗弃的土地;⑥其他荒芜废弃地^[5]。

2 生态脆弱矿区土地复垦监测评价方法

模糊综合评价法是基于评价过程的非线性特点而提出的,它是利用模糊数学中的模糊运算法则,对非线性的评价论域进行量化综合,从而得到可比的量化评价结果。模糊综合评判数学模型可将评价信息的主观因素对评价结果的影响控制在较小的限度内,从而使评价比较全面和客观,能提高综合评判的信度和效度。

2.1 模糊综合评价理论模型

(1) 将因素集 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 按某些属性 c , 将其划分成 s 个因素子集:使其满足 $U = U_1 \cup U_2 \cup U_3 \cup \dots \cup U_s$, 同时,对于任意的 $i \neq j, i, j = 1, 2, 3, \dots, s$, 均有 $U_i \cap U_j = \varnothing$ 。如果在 s 个子集里,还有子集需要再划分,则将子集继续当作因素集层层划分,从而构成一个多级评判因素树。

(2) 对任一因素子集 $U_k^{(d)}$ (d 为评判级, k 为同级子集序号)做出综合评判。设 $U_k^{(d)}$ 的诸因素权重分配为 $A_k^{(d)}$, $U_k^{(d)}$ 的单因素评价矩阵为 $R_k^{(d)}$, 则得到: $B_k^{(d)} = A_k^{(d)} \cdot R_k^{(d)}$ 。这里的合成运算“ \cdot ”采用的是加权平均。

2.2 生态脆弱矿区土地复垦实施监测模糊综合评价

2.2.1 确定评价等级 评价等级是评价者对评价对象可能做出的各种评价结果所组成的集合,本课题根据国内矿区复垦实际情况,参考国外相关研究成果,选取五级评价标准,定义评语集为: {“好”、“较好”、“一般”、“较差”和“差”}, 评价标准见表 1。

2.2.2 评价指标选取原则

(1) 科学性原则。评价指标应力求客观、真实地反映矿区的生态脆弱性与经济性、社会性。指标应具有实用性与可操作性,同时要与矿区土地复垦、生态恢复的实施息息相关。

(2) 动态性原则。土地复垦实施是一个动态的过程,因此其指标要尽量反映生态脆弱矿区的资源、环境、社会与经济发展。

(3)系统性原则。生态脆弱矿区是一个复杂的动态系统,按照系统理论的思想选取指标,能保证评价指标的完整性与适用性。

2.2.3 确立评价因素指标集 按照理论模型的第一步,先建立各级评价因素集合。考虑到矿区土地复垦对象是受生产影响失去原有生态功能的农林土地,而复垦的目标也是使破坏土地达到正常或类似破坏前

的使用功效。因此,结合矿区特点,寻找生态脆弱区域内相关性小的稳定指标。最终将生态脆弱矿区土地复垦方案实施监测评价划分为 5 个因素子集,分别是:复垦土地质量监测、复垦区生态监测、复垦区经济监测、复垦区社会监测、复垦资金监测。5 个子集下设 21 个二级指标。各指标的内涵或计算方法如表 2 所示。

表 1 生态脆弱矿区土地复垦实施监测评价等级

等级	评语	特征描述
1	好	覆土层厚度达到 60 cm 以上,土地质量标准达到耕地要求,生态系统循环稳定,环境质量最优,社会经济发展水平很高,复垦资金来源充足,监管得当,整体区域协调发展
2	较好	覆土层厚度达到 30 cm 以上 60 cm 以下,土地质量标准达到耕地或林地要求,生态系统循环较稳定,环境质量良好,社会经济发展水平较高,复垦资金来源充足,监管得当。整体区域能够协调发展
3	一般	覆土层厚度在 30 cm 以下,土地质量标准达到林地要求,生态系统循环受矿区生产影响一般,环境质量好,社会经济发展水平一般,有复垦资金来源,监管比较得当。整体区域协调发展状况一般
4	较差	覆土层厚度在 20 cm 以下,土地质量标准勉强达到灌木林地要求,生态系统循环受矿区生产影响较大,环境质量较差,社会经济发展缓慢,复垦资金来源困难,整体区域协调发展状况较差
5	差	覆土层厚度在 10 cm 以下,土地质量不能作为农林用地,生态系统循环受矿区生产影响严重,环境质量很差,社会经济发展缓慢,没有复垦资金来源,整体区域不能协调发展

表 2 生态脆弱矿区土地复垦实施监测评价指标内涵或计算方法

目标层	准则层	指标层	指标内涵或计算方法
生态脆弱矿区土地复垦实施监测评价指标 A	土地质量监测 B ₁	覆土层厚度 C ₁ /cm	复垦后土地表层有机质土壤厚度
		地形坡度 C ₂ / (°)	反映矿区复垦后土地地形情况,可以影响复垦后土地利用类型
		有机质含量 C ₃ /%	反映了复垦后土地的质量
		pH 值 C ₄	复垦后土地的化学性质
	生态监测 B ₂	绿色植被覆盖率 C ₅ /%	矿区各类耕地、林草地面积和占矿区土地总面积的比例
		土地复垦率 C ₆ /%	区内已复垦土地面积占总破坏土地面积的比例
		水土流失治理率 C ₇ /%	区内复垦后水土流失治理率与复垦前水土流失治理率的差额
		生物多样性 C ₈	构成矿区范围内稳定生态综合体的各种有机体(动植物、微生物等)
		景观生态效果 C ₉	反映矿区各类项目构建的景观对生态的改良程度
		生态承载力 C ₁₀ /hm ²	矿区各类土地承载能力大小的体现
		破坏土地利用 C ₁₁ /%	区内破坏土地面积中已利用土地面积的比例
		人均收入 C ₁₂ / (元·a ⁻¹)	矿区范围内的居民当年各种收入总和的平均值
		国民生产总值 C ₁₃ / (元·a ⁻¹)	矿区范围内三大产业的生产总值(包括农民自给自足部分)
		耕地面积变化值 C ₁₄ /hm ²	反映了复垦前后区内耕地面积的变化
	社会监测 B ₄	就业率贡献 C ₁₅ /%	反映了土地复垦实施过程对矿区居民的就业贡献
		土地权属纠纷 C ₁₆	反映矿区土地所有权、使用权及其他项权利的归属纠纷的多少
		公众满意度 C ₁₇	指对矿区土地复垦实施项目满意的人数占矿区总人口数的比例
		恩格尔系数 C ₁₁₈ /%	矿区居民的食品支出总额占个人消费支出总额的比重
	资金监测 B ₅	复垦资金来源 C ₁₉	指矿区土地复垦实施所需的保障资金是否有多种渠道来源,能否满足复垦方案的顺利实施
		复垦资金管理 C ₂₀	矿区是否有专门的复垦工作部门及管理规章制度
		资金使用监督制度 C ₂₁	矿区是否具有专门使用复垦资金的监督制度以及制度是否健全

2.2.4 确立各级指标层权重及隶属度 由于评价指标体系具有明显的层次性,本文采用层次分析法(AHP)确定各指标层的权重。运用专家咨询法对每一层按某一规定的规则,对该层所有要素进行两两比较,得出比较判断矩阵,通过计算求出矩阵 R 的最大特征值及相应的特征向量,就此得出每一层各要素相

对该准则层的权重^[6-7]。各项指标相对于评价等级隶属度的确定,可以采用两种方法,对没有确切数据的指标,定量化时采用以模糊统计实验为依据的等级比重法对各指标进行评分;共邀请企业、社会、政府等行业 10 位专家进行评定。对有确切数据的正指标,采用半升梯形模糊隶属度函数进行量化,即:

$$r=\begin{cases} 1 & f(x)\geqslant\max(x) \\ \frac{f(x)-\min(x)}{\max(x)-\min(x)} & \min(x)<f(x)<\max(x) \\ 0 & f(x)\leqslant\min(x) \end{cases}$$

对有确切数据的负指标,采用半降梯形模糊隶属度函数进行量化,即:

$$r=\begin{cases} 1 & f(x)\leqslant\min(x) \\ \frac{f(x)-\min(x)}{\max(x)-\min(x)} & \min(x)<f(x)<\max(x) \\ 0 & f(x)\geqslant\max(x) \end{cases}$$

这里 $\max(x)$ 与 $\min(x)$ 分别对应指标的上下界。

3 生态脆弱矿区土地复垦方案实施监测评价实例研究

根据上述的生态脆弱矿区土地复垦监测模糊综合评价方法,结合我国山西、内蒙、陕西等地的大型矿区复垦实际情况,选取平朔矿区进行实例研究。平朔矿区位于山西省北部,地处黄土高原东部生态脆弱区,座落在朔州市平鲁区和朔城区境内,是我国首批煤炭国家规划矿区之一,矿区总面积 380 km²,矿区保有地质储量 112.21 亿 t,规划建设总规模为 9 350 万 t/a,是一个对环境改变反应敏感、维持自身稳定可塑性较小的复合生态环境系统^[4]。但是该矿区自建矿以来始终保持规划先导的原则,一边开采一边复垦,一边建设一边整理。选取该矿区做复垦监测评价具有典型意义。

3.1 建立模糊评价矩阵

首先确定准则层权重为 $A=[0.1044,0.3280,0.2309,0.1982,0.1386]$,经随机一致性检验 $CR=0.0408<0.1$,故认为权重值通过一致性检验。同理可得指标层权重和隶属度矩阵如表 3 所示。

3.2 评价结果与建议

从表 3 中计算得出各准则层相对于评价等级的隶属度矩阵为:

$$R=\begin{bmatrix} 0.0698,0.2000,0.3770,0.2192,0.1340 \\ 0.1360,0.3136,0.2740,0.2345,0.0419 \\ 0.0695,0.3450,0.3100,0.2205,0.0500 \\ 0.1375,0.3248,0.2556,0.1821,0.1000 \\ 0.0750,0.3500,0.3000,0.1750,0.1000 \end{bmatrix}$$

可以发现,从土地质量监测角度评价,平朔矿区复垦实施处于一般状态;从生态监测角度评价,平朔矿区土地复垦处于较好状态;而从经济、社会以及资金角度监测,发现均处于较好状态。这表明平朔矿区的土地复垦实施生态、经济与社会效果显著。

表 3 平朔矿区复垦监测评价指标权重及隶属度

准则层	权重	指标层	权重	隶属度
B ₁	0.1044	C ₁	0.3577	[1,2,4,2,1]
		C ₂	0.1100	[1,2,4,1,2]
		C ₃	0.2302	[1,2,3,2,2]
		C ₄	0.3021	[0,2,4,3,1]
B ₂	0.3280	C ₅	0.0859	[1,3,3,3,0]
		C ₆	0.2385	[2,3,3,2,0]
		C ₇	0.1585	[1,3,3,2,1]
		C ₈	0.1355	[1,4,3,2,0]
		C ₉	0.1216	[2,3,3,2,0]
		C ₁₀	0.2600	[1,3,2,3,1]
B ₃	0.2309	C ₁₁	0.2050	[1,4,2,3,0]
		C ₁₂	0.2450	[1,3,3,2,1]
		C ₁₃	0.2450	[1,4,3,2,0]
		C ₁₄	0.3050	[0,3,4,2,1]
B ₄	0.1982	C ₁₅	0.3750	[2,3,3,1,1]
		C ₁₆	0.1808	[1,3,3,2,1]
		C ₁₇	0.2477	[1,4,2,2,1]
		C ₁₈	0.1964	[1,3,2,3,1]
B ₅	0.1386	C ₁₉	0.5000	[1,3,3,2,1]
		C ₂₀	0.2500	[0,4,3,2,1]
		C ₂₁	0.2500	[1,4,3,1,1]

将上面得出的准则层隶属度 R 与其对应的权重 A 合成运算后得出 $B=A\cdot R=[0.1056,0.3163,0.2930,0.2111,0.0741]$,故认为利用该指标评价平朔矿区土地复垦监测得出目前平朔矿区的土地复垦实施监测总体水平较好。复垦资金来源充足,资金管理或使用制度明确;土地复垦工程的实施可以为矿区带来生态效益、经济效益与社会效益。

建议在今后的复垦实施过程中加大对土地质量的复垦工程,采用多种手段改良目前的土地质量状况,增加各类复垦地覆土层的厚度,提高土地有机质含量,控制土地 pH 值,确保复垦修复良性发展,增强复垦的效益。

4 结 论

我国生态脆弱矿区内的煤炭开采对土地和生态环境的破坏多是无目的调控下不能自然恢复的破坏,因此对这类地区进行土地复垦与复垦监测评价具有现实意义。结合矿区的生态脆弱性选取与复垦有关的相关性小的指标作为监测评价指标体系可以全面、真实地反映土地复垦的影响。通过对平朔矿区土地复垦现状的监测评价实例研究,证明采用模糊综合评价法进行矿区土地复垦实施监测评价具有可行性。可以通过评价避免复垦的盲目性,增强科学性与现实性,使矿区有限的土地资源得以最大限度的利用。

(下转第 276 页)

地层结构,并可知其稳定度。故往后可将其方法应用于利吉层崩塌地分析。

3 结论与建议

3.1 结论

(1)依不同时期遥测影像照片分析得知,2004 年崩塌面积为 102 hm^2 ,2006 年为 139 hm^2 ,2009 年崩塌面积为 56.5 hm^2 ,进一步探讨发现 2009 年坡度 20% 以下崩塌裸露比例大幅减少,而坡度 30%~40% 区间之崩塌则呈现增加趋势,分析坡度 20% 以上植物不易生长,植生复育速度较缓慢。

(2)利吉层为上新更新世蛇绿岩系混同层,含有泥岩及砾质泥岩之夹层,而利吉层分布周围之地层走向为北偏东,以向东南倾斜为主,并于利吉层西侧紧邻池上断层、鹿野断层与利吉断层,显示利吉层区域地质变化多样,属较新地质年代,仍处于不稳定之状态。

(3)于池上山棕寮与鹿野宝华之崩塌地,电气探测之比电阻值—深度曲线可分成两类,表层为崩积层由灰色土壤夹杂砂岩岩块,崩积层下方则以泥岩为主偶夹杂岩块。整体电阻值皆小于 $100 \text{ m}\Omega$,崩积层电阻较高而山棕寮与宝华之泥岩电阻值则分别小于 35 及 $20 \text{ m}\Omega$ 。

(4)综合发现,台东海岸山脉利吉层地区之崩塌或地滑,与其地形及地下水有关,坡度 20% 以上植物生长不易,地下水丰富造成长期浸泡及孔隙水压之作用,皆会导致崩塌地滑发生,因此排除地下水及地表水为崩塌地防治之首要任务。

3.2 建议

(1)利吉层地区坡度 20% 以上,具潜势之坡面可预先进行相关调查探测,了解其地层构造及地下水情形,并适时针对地表与地下水排除,降低灾害发生。另外于植物难自然复育之坡面,进行植生导入等工

程,加速增加地表覆盖,减少冲蚀与土壤流失,以达坡面保护。

(2)利用电气探测法于利吉层崩塌地进行检测,研究结果得知地层间之结构变化可由 ρ_a — a 曲线之变动特性看出,电阻值随着深度增加降低,导致泥岩与地下水成为低电阻之主因。由于水是促使利吉层崩塌之主因,利用电气探测得知地层低电阻的含水层及泥岩层面位置,藉此了解地层结构。故往后可将其方法应用于利吉层崩塌地分析。

参考文献:

- [1] 工研院能资所. 崩塌地调查、规划与设计手册(地滑篇)[M]. 台湾南投:水土保持局委托编撰,1992.
- [2] 张石角. 环境地质基础理论与现场调查实务参考手册[M]. 台湾南投:水土保持局委托编撰,2010.
- [3] 王湘闵. 应用电气探测法探讨新佳阳地滑地之地层分布[D]. 台湾屏东:屏东科技大学,2008.
- [4] 林志勇. 电气检层法应用于崩塌地地层分析之研究[D]. 台湾屏东:屏东科技大学,2005.
- [5] 李锦育. 安通地层滑动区域之调查试验及其机制之研究[D]. 台湾台中:台湾大学,1984.
- [6] 陈信雄,陈明杰,潘明祥,等. 东部泥岩地区浅层地下水与地滑关系之研究[M]. 台湾南投:水土保持局委托计划报告,1990.
- [7] 许中立. 电气探测应用于新佳阳地滑地层调查[J]. 水土保持技术,2009,4(1):25-35.
- [8] 志村馨. 电气探查法[M]. 日本东京:昭晃堂出版,1974.
- [9] 松井保,中川要之助,村井行雄,et al. 新しい電気探査法のトンネル調査への適用性(その1)比抵抗トモグラフィ,比抵抗映像法[J]. 土質工學研究發表會講演集,1990,25(1/2):217-220.
- [10] 徐弘明,许中立,谢茗彰,等. 倾斜管变位应用于地滑监测与整治规划[J]. 坡地防灾学报,2009,8(3):39-55.

(上接第 249 页)

参考文献:

- [1] 许军,李笑一,孙彩敏,等. 我国矿区土地复垦的主要问题及其对策[J]. 中国煤炭,2010,36(12):101-103.
- [2] 程琳琳. 矿区土地复垦保证金制度实践现状及研究进展[J]. 中国矿业,2010,19(1):33-36.
- [3] 邹彦岐. 矿区土地复垦效益评价研究[D]. 北京:中国地质大学,2009.
- [4] 薛建春. 基于生态足迹模型的矿区复合生态系统分析及

动态预测[D]. 北京:中国地质大学,2010.

- [5] 杜福光. 矿区的土地复垦问题对策探究资源网[EB/OL]. [2010-06-30] http://big5.mlr.gov.cn/zljc/201006/t20100630_723162.htm.
- [6] 程水英,柴瑜,冯华伟,等. 生态脆弱矿区生态承载力定量评价研究[J]. 能源环境保护,2008,22(4):54-58.
- [7] 李绍稳,熊范纶,邵善美,等. 基于 Fuzzy 综合评判多极模型的农业资源评估系统[J]. 浙江大学学报,2002,28(1):102-105.