

甘肃矿山生态地质环境现状综合评价分区研究^{*}

王念秦¹, 王永锋¹, 王得楷²

(1. 西安科技大学 地质与环境工程学院, 西安 710054; 2. 甘肃省科学院 地质自然灾害防治研究所, 兰州 730000)

摘 要:根据甘肃矿山实地调查资料, 从矿山开发对生态地质环境的影响程度、地质环境背景条件、地质灾害发育程度及矿山恢复治理难易程度 4 方面确定影响矿山生态地质环境的指标体系, 采用模糊综合评判方法, 建立矿山地质生态环境定量评价模型。利用 MAPGIS 空间分析模块求取综合指数的突变点以确定矿山生态地质评价分区的阈值, 综合分析综合指数的分布特征, 编绘甘肃省矿山生态地质环境综合评价分区图。分区评价结果与实际情况吻合良好。

关键词:甘肃矿山; 生态地质环境; 指标体系; 模糊综合评判模型; MAPGIS 空间分析

中图分类号: X171

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)05-0225-04

Studies on Ecological Environment Comprehensive Evaluation of the Geological Sub-regional in Gansu Mining Area

WANG Nian-qin¹, WANG Yong-feng¹, WANG De-kai²

(1. Department of Geology and Environment Engineering, Xi'an University of Science & Technology, Xi'an 710054, China; 2. Institute of Geological Hazards Prevention, Gansu Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: According to the data on-the-spot investigation of mines in Gansu, the index system of the mine's geological environment was determined in terms of the impact degree of mining on eco-geological environment, geological environmental background, the development degree of geological disasters and the difficulty degree of mine restore governance, using fuzzy comprehensive evaluation method to build mine geo-ecological environment quantitative evaluation model. A mutation point of the comprehensive index was obtained by using MAPGIS spatial analysis module in order to determine the partitioned threshold of the mine eco-geological evaluation. The distribution characteristics of the comprehensive index was synthetically analyzed, and the ecological geological environment evaluation partition map on mine in Gansu Province was compiled. Partition evaluation results coincided with the actual situation.

Key words: Gansu mining area; eco-geological environment; index system; fussy comprehensive evaluation model; MAPGIS spatial analysis

甘肃省是矿业大省, 矿产资源丰富, 目前已发现各类矿产 156 种, 探明储量矿产 84 种, 29 种矿产有储量位居全国前 5 位, 潜在经济价值达 8 200 多亿元。已开采利用矿产 65 种, 全省现拥有生产和在建的国有矿山 210 余处, 集体和私营矿山 3 400 余处, 大中型矿产地有 134 处。矿产资源开发利用是甘肃省的支柱产业, 为区域经济发展做出了巨大的贡献。

然而, 长期以来, 由于经济发展水平低下, 在开采矿产资源、发展经济的同时, 环境保护不足, 缺乏矿山地质生态保护投入, 积累了沉重的矿山地质生

态环境问题。据矿山实地调查, 全省发生矿山次生地质灾害 349 处(次), 其中主要问题包括塌陷、滑坡、地裂缝、矿坑突水、崩塌、水土流失、土壤沙化、土壤盐碱化和草原退化、地下水位下降、土地破坏、土壤及地表水、地下水污染、大气污染、固体废弃物污染、地貌景观及植被的严重破坏等。为此, 针对甘肃省典型矿山生态环境现状进行了调查与分析研究, 建立矿山生态环境综合评价模型, 进行矿山生态地质环境综合评价、分区, 为矿山生态环境治理提供科学依据具有十分重要的现实意义。

^{*} 收稿日期: 2008-12-29

基金项目: 甘肃省科学事业费项目(QS041 - C32 - 01)

作者简介: 王念秦(1964 -), 男, 博士, 教授, 主要从事岩土体稳定与地质灾害防治方面的教学和研究。E-mail: 309702wl@163.com

1 矿山生态地质环境综合评价

1.1 矿山生态地质环境评价指标及其选取原则

评价指标体系是综合评价的基本条件,是矿山环境质量评价的核心和关键环节。指标体系用以明确一个地区的主要环境问题,通过其总体效应来刻画被评价矿区的生态地质环境质量的总体状况。

影响矿山环境的各种因素综合作用的结果集中体现在环境地质问题上。一个地区出现的环境地质问题越多、强度越大,表明其生态地质环境质量越差,反之亦然。因此,选择生态地质环境评价指标应该考虑矿山环境系统的结构、组成、相互作用和各种压力响应以及时空演化规律为基础,指标体系应覆盖适当的时空范围,反映多环境因素,同时,指标提供的结果客观准确,反映矿山环境信息的质、量最大化,所用时间和成本最小化。具体遵循以下原则:

(1) 代表性原则:评价指标应具有代表性和典型

性,能够客观反映矿山环境的压力、状态和响应以及变化特征。

(2) 适用性原则:评价指标应简单明了,客观实用。在实际调查和数据统计中容易以低廉的成本获取数据(如简单的现场测量和低廉的测试成本或遥感数据),满足调查工作经济可行。

(3) 综合性原则:不同矿山生态地质环境的影响因素很多,每一处矿山环境问题均是多种因素共同作用的结果。因此,在客观分析各项因素的基础上,应确定相关的因子作为分级标准,体现综合有效性,才能较客观地反映矿山生态地质环境的现状和规律。

(4) 可比性原则:评价指标应具有横向可比性和纵向连续性,这有利于资料积累和在更大的范围内进行矿山环境质量的研究与评价,掌握区域矿山环境质量的变化趋势。

根据以上选择原则,结合甘肃省矿山具体情况,拟定的评价指标体系如图 1。

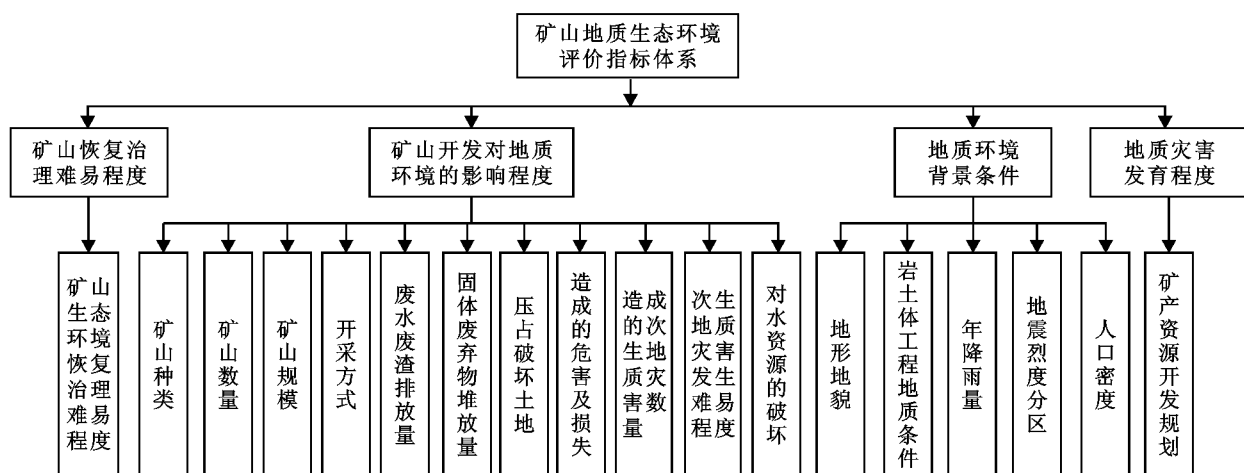


图 1 矿山生态地质环境评价指标体系

1.2 矿山生态地质环境综合评价方法

矿山生态地质环境是一个复杂系统,是一种非线性问题,许多评价指标存在不确定性,是模糊的。模糊数学中的综合评判是一种把模糊指标转化为定量分析的有效方法^[1]。具体结合甘肃矿山情况,筛选选取指标因子,确定不同权重,采用正方形网格单元划分方法,以 15 km × 15 km 为一单元格,共划分 2 018 个评价单元,通过评判、赋值、叠加得到矿山生态地质环境质量指数,进而判定矿山生态地质环境质量的相对好坏,尽可能较全面、较真实的反映甘肃省矿山生态环境现状。

矿山生态地质环境综合评估采用加权指数模型^[2]如式(1)。

$$F = \sum_{i=1}^n a_i b_i \quad (1)$$

式中: F ——矿山环境评价综合指数; a_i ——某一评价要素单项评价分值,先按照表 1 确定,然后归一化

处理; b_i ——权重,参照表 2 确定。

设论域 $U = \{u_1, u_2, \dots, u_m\}$ 为评价因素集, $y = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ 为生态地质环境好坏等级集。两者之间的模糊关系用矩阵 R 表示,

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{m1} & r_{m2} & \dots & r_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中: $r_{ij} = \mu(u_i, v_j)$ ($0 \leq r_{ij} \leq 1$), 表示因素 u_i 被评为 v_j 的隶属度; 矩阵中第 i 行 $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{in})$ 为第 i 个评价因素 u_i 的单因素评判,它是关于 V 的模糊子集。

实际上,不同因素在评价中的作用大小不同,必须考虑因素的权重问题。

假定 a_1, \dots, a_m 分别是评价因素 u_1, \dots, u_m 的权重,并满足 $a_1 + a_2 + \dots + a_m = 1$, 令 $A = (a_1, a_2, \dots,$

a_m) 是反映因素权重的模糊集(即权向量)。

将权向量与模糊矩阵进行“合成”得到综合隶属度 B , 即通过模糊运算 $B = A \cdot R$, 求出模糊集

$$F = (b_1, b_2, \dots, b_n) \quad (0 \leq b_j \leq 1), \text{ 其中 } b_j = \max_{i=1}^m a_i r_{ij}$$

 $[M(\cdot, +)]$ 。

根据最大隶属度准则, $b_{i_0} = \max_j \{b_j\}$ 确定对应分级, 即为生态地质环境好坏等级 i_0 。

1.2.1 隶属度确定 对于分级评分表的评价因子中一些模糊概念(如:大、中、小;重要、一般、不重要)在赋值时做了如下的处理:利用模糊综合评判的方法, 首先求取模糊论域的模糊隶属度, 根据隶属度的大小和专家经验进行赋值, 比如对次生地质灾害发生难易程度赋值时, 就是根据原始数据确定出模糊论域{高易发, 中易发, 低易发, 不易发}的隶属度大小{0.7; 0.7~0.3; 0.3~0.1; 0.1~0}, 然后根据评价单元的隶属度大小进行赋值^[3]。

对于其他有明显数值标准的评价因子则是通过现场调查和室内分析, 找出评价单元相应值的大小,

然后根据此值的大小来确定该评价单元在该评价因子上所得的分值。

1.2.2 权重确定 结合多位专家的经验判断, 利用层次分析法确定权重如表 2 所示。

3 矿山生态地质环境综合分区

将各要素的权值及单因子分级赋值代入式(1), 通过综合评价模型计算^[4], 评价单元综合评价值的最大值为 2.734, 最小值为 0.734, 利用 MAPGIS 空间分析模块, 求得综合指数的突变点是 1.77 和 2.02, 这样就确定矿山地质评价分区的阈值^[5]。最后综合分析 F 值的分布特征, 把 2 018 个评价单元所得综合评价值叠加在甘肃省已经圈定的 56 个评价区域上, 并与全省矿山生态地质环境现状进行反复拟合, 确定评价分区界线, 形成甘肃省矿山生态地质环境综合评价分区图(图 2)。

依据上述评价方法, 采用综合指数分值确定各评价单元等级, 将评价区划分成矿山生态地质环境影响严重区、中度区和轻度区 3 级, 评价标准见表 3。

表 1 评估因子分级评分表

评价因子赋值	3	2	1	0
矿山种类	金属矿山、 能源矿山	非金属矿山 (不含砂石黏土类)	砂石黏土类 建材矿山	
矿山数量	10 个	3~9	< 3	
矿山规模	大	中	小	
固体废弃物累计积存量/ 10^4 t	10	1~10	< 1	
废水废液年排放量/ 10^4 t	20	2~20	< 2	
压占破坏土地/ hm^2	10	0.2~10	< 0.2	
造成的危害与损失/万元	50	2~50	< 2	
开采方式	露天开采		地下开采	
对水资源的破坏程度	较严重	一般	基本无影响	
次生地质灾害数量(处)	10	5~10	1~5	0
次生地质灾害发生难易程度	高易发	中易发	低易发	不易发
地形地貌	中、高山地, 黄土 残塬、黄土梁峁	低山、丘陵	平原、黄土塬、 台地、风积地貌	湖泊、现代冰川
岩土体工程地质条件	软弱层、软硬互层、土体	较坚硬的碎屑岩类	坚硬岩体	厚层砂砾石
年降水量/mm	550	300~550	< 300	
人口密度/(人 $\cdot\text{km}^{-2}$)	700	200~700	< 200	
经济地位	重要	一般	不重要	
矿产资源开发规划	鼓励	限制	其他	禁止
矿山生态环境恢复治理难易程度	难	较难	较易	不需要治理

表 2 评价因子权重表

子系统名称	子系统权重	评价因子	评价因子在子系统权重
矿山开发对生态地质环境的影响程度	0.5	矿山种类	0.1
		矿山数量	0.04
		矿山规模	0.06
		固体废弃物排放量	0.05
		废水废液年排放量	0.05
		压占破坏土地	0.2
		造成的危害与损失	0.1
		开采方式	0.1
		对水资源的破坏程度	0.1
		次生地质灾害数量	0.1
		次生地质灾害发生难易程度	0.1
		地形地貌	0.25
		岩土体工程地质条件	0.3
生态地质环境背景及区位条件	0.3	年降水量	0.25
		人口密度	0.1
		经济地位	0.1
矿产资源开发规划	0.1	矿产资源开发规划	0.1
矿山生态环境恢复治理难易程度	0.1	矿山生态环境恢复治理难易程度	0.1

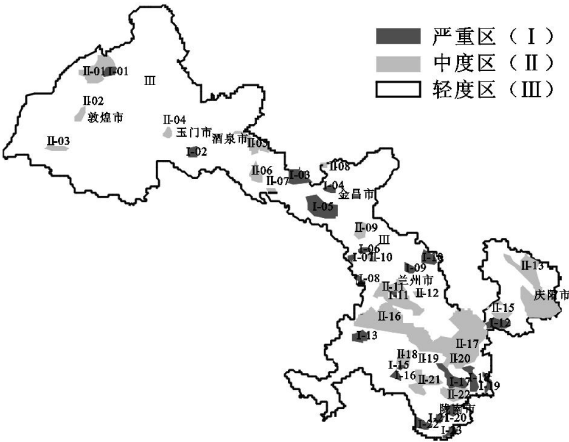


图 2 甘肃省矿山生态地质环境综合评价分区图

表 3 矿山生态地质环境综合评价分区标准

分区域别	严重区	中度区	轻度区
矿山环境综合指数 F	2.02	1.77~2.02	< 1.77

全省已圈定 56 个区域,其中严重区 23 个,面积 12 398.4 km²,主要分布于煤矿、铅锌矿、镍铜矿、金矿、铁矿及建材类非金属集中开采区等,大部分为国有大中型矿山及群采矿区;中度区 22 个,总面积 43 632.85 km²;轻度区 1 个,区内矿山企业均为小型,且数量少,分布零散,开采类型主要为砖瓦黏土、砾石料等建材类非金属矿。矿业开发利用程度低,对环境的破坏程度小,影响轻微。具体分区见表 4、图 2。

表 4 甘肃省矿山生态地质环境质量分区结果表

地质生态 环境分区	区域面积/ km ²	矿区名称
严重区	12398.40	肃北县辉铜山-花牛山铜矿、金矿区(-01);镜铁山铁矿开采区(-02);山丹煤矿、滑石矿、建材矿(-03);金昌镍矿(-04);九条岭-大野口煤矿集中开采区(-05);天祝庄浪河上游石膏矿(-06);炭山岭煤矿集中开采区(-07);窑街煤矿集中开采区(-08);白银铜矿开采区(-09);靖远煤矿集中开采区(-10);阿甘镇煤矿(-11);华亭-崇信煤矿(-12);合作金矿(-13);格尔柯-忠曲金矿(-14);鹿峰金矿(-15);腊子口金矿(-16);陇南铅锌矿集中开采区(-17);徽县盆地-永宁河流域金属矿集中开采区(-18);红崖河流域金矿(-19);塘坝金矿(-20);临江锰矿(-21);石鸡坝金矿(-22);文县碧口金矿区(-23)
中度区	43632.85	五金山金矿(-01);敦煌建筑材料集中开采区(-02);红柳沟石棉矿集中开采区(-03);旱峡煤矿(-04);高台石英岩矿(-05);鸛鹑咀水库煤矿集中开采区(-06);大野口煤矿(-07);唐家沟煤矿集中开采区(-08);古浪河流域建筑材料集中开采区(-09);庄浪河中游水泥配料矿集中开采区(-10);兰州-定西建筑材料集中开采区(-11);石峡建筑用石集中开采区(-12);华池石油集中开采区(-13);马莲河流域建筑材料集中开采区(-14);泾川河流域建筑材料集中开采区(-15);洮河流域建筑材料集中开采区(-16);渭河流域建筑材料集中开采区(-17);岷县建筑材料集中开采区(-18);榜沙河流域金矿集中开采区(-19);西汉水上游建筑材料集中开采区(-20);白龙江中段岷江流域金矿集中开采区(-21);西汉水中段金属矿区(-22)
轻度区	395210.13	区内矿山均为小型、数量极少、分布零散,开采类型主要为砖瓦黏土、沙石料等建筑类非金属矿。开发利用度低,对环境的破坏度小,影响甚微

茎女贞、竹林、杉木林及刺楸林模式的 0.49,0.38,0.61,0.44 倍,这说明在水土保持功能上,最好的为 竹林模式,其地表径流量和泥沙量排序依次为竹林 < 刺楸林 < 紫茎女贞林 < 杉木林 < 车桑子林。

表 5 河谷区不同配置模式次降雨侵蚀情况比较

不同配置模式	8月15日		8月16日		8月17日	
	地表径流总量/ (t·hm ⁻²)	泥沙量/ (kg·hm ⁻²)	地表径流总量/ (t·hm ⁻²)	泥沙量/ (kg·hm ⁻²)	地表径流总量/ (t·hm ⁻²)	泥沙量/ (kg·hm ⁻²)
紫茎女贞	17.4	2.19	6.96	1.21	2.80	0.31
车桑子	35.6	5.29	8.24	2.74	4.36	0.76
竹 林	12.4	1.30	0.86	0.17	1.40	0.13
杉木林	21.8	2.54	8.12	2.45	2.95	0.59
刺 楸	15.7	1.67	2.26	0.89	2.43	0.24

注:8月15日、16日、17日的降雨量分别为30.6,21.9,12.4 mm。

4 结 论

(1)在5种配置模式中,竹林模式物种丰富度和均匀度较高,故而物种多样性指数高;而车桑子模式,多样性指数最小,优势度较高。

(2)从生物量的比较来看,因退耕时间仅5 a,河谷区定向培育的竹林、杉木及刺楸林,其生物量明显高于车桑子灌木林、紫茎女贞等,而林分的总生物量更要取决于乔木层生物量,二者呈显著正相关。河谷区总生物量排序:竹林>刺楸林>杉木林>紫茎女贞林>车桑子林。不同配置模式总生产力比较的结果与生物量的结果基本一致。总生产力排序为:竹林>刺楸林>杉木林>紫茎女贞林>车桑子林,且枯枝落叶层现存量与总生产力呈显著正相关。

(3)在河谷区的不同配置模式中,次降雨地表径流量及泥沙量竹类最低,而车桑子径流量明显高于其它模式,地表径流量和泥沙量依次为竹林<刺楸林<紫茎女贞林<杉木林<车桑子林。

参考文献:

[1] 赵晓丽,张增祥,周全斌,等.中国土壤侵蚀现状及综合防治对策研究[J].水土保持学报,2002,16(1):40-43.

[2] 刘刚才,高美荣,林三益,等.紫色土两种耕作制的产流产沙过程与水土流失观测准确性分析[J].水土保持学报,2002,16(4):108-111.

[3] 王礼先,解明曙.山地防护林水土保持水文生态效益及其信息系统[M].北京:中国林业出版社,1982.

[4] 蒋有绪.世界森林生态系统结构与功能研究综述[J].林业科学研究,1995(3):314-321.

[5] 柴勇,孟广涛,方向京,等.云南金沙江流域退化林地群落特征研究[J].西北林学院学报,2004,19(2):146-151.

[6] 宋永昌.植被生态学[M].上海:华东师范大学出版社,2001.

[7] 林业部科技司.森林生态系统定位研究方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994.

[8] 李贵祥,孟广涛,方向京,等.珠江源头区不同地类人工恢复植被树种选择及生态效益研究[J].水土保持通报,2007,27(4):126-130.

[9] 冯宗炜,王效科,吴刚.中国森林生态系统的生物量 and 生产力[M].北京:科学出版社,1999.

(上接第 228 页)

4 结 论

矿山生态地质环境综合评价模型针对甘肃省大区域矿区进行综合环境质量影响评价,综合评价分区图有效拟合了甘肃省矿山生态地质环境现状,得到了明确的结果,说明该模型方法有效、可行,有一定的实用价值。事实上,该方法同样适合单矿山生态地质环境质量影响评价,只是需要调整具体评价指标,研究中,选取典型的阿甘镇煤矿与天祝煤矿进行尝试,定量评价结果与实际较为吻合,需要进一步探索。

参考文献:

[1] 杨纶标,高英仪.模糊数学原理及应用[M].广州:华南理工大学出版社,2002:32-77.

[2] 杨梅忠,刘亮,高让礼.模糊综合评判在矿山环境影响评价中的应用[J].西安科技大学学报,2006,26(4):439-442.

[3] 孟宪林,孙丽欣,周定,等.灰色理论在环境质量评价中的应用与完善[J].哈尔滨工业大学学报,2002,34(5):205-207.

[4] 雷万荣,唐春梅,余广文,等.江西省矿山地质环境综合评价方法初探[J].中国地质灾害与防治学报,2005,15(5):63-66.

[5] 黄润秋,许向宁,唐川,等.地质灾害评价与地质灾害管理[M].北京:科学出版社,2008:122-345.