

文章编号:1673-9469(2012)03-0068-05

矿山地质环境承载力与压力定量评价

张立钊¹,关英斌¹,许道军¹,周倩羽¹,程召禄²

(1. 河北工程大学 资源学院,河北 邯郸 056038;2. 冀中能源邯矿集团云驾岭矿,河北 武安 056300)

摘要:采用层次分析法进行矿山地质环境承载力与压力定量评价,分别选取地质地貌、盖层性质、水文地质、构造界面4个因素作为承载力准则层,选择土地压力、煤炭压力、水压力3个因素作为压力准则层,遴选准则层所涵盖的关键因素作为指标层建立评价指标体系。利用标准量化以及升半梯形分布函数进行指标层赋值,选用特征根法,经归一化处理计算指标层各权重值。运用承载指数与压力指数对目标层逐层进行加权计算出评价分值。以云驾岭矿为例,应用已建立的评价体系对矿山地质环境承载力与压力进行定量评价,结果表明其承载力为较高承载,压力为中压,矿山地质环境状况良好。

关键词:地质环境承载力;煤炭开采压力;评价指标体系;云驾岭矿

中图分类号:TD167

文献标识码:A

Quantitative evaluation of mining geo - environmental carrying capability and pressure

ZHANG Li - zhao¹, GUAN Ying - bin¹, XU Dao - jun¹, ZHOU Qian - yu¹, CHENG Zhao - lu²

(1. College of Natural Resource, Hebei University of Engineering, Hebei Handan 056038, China; 2. Yunjialing mine, Handan MIG, Jizhong Energy Group Co. Ltd. Hebei Wu'an 056300, China)

Abstract: To do quantitative evaluation of the geo - environmental carrying capacity and the pressure of coal mine through analytic hierarchy process, thus four factors such as geology geomorphology, cover properties, hydrogeology and structural interface, will be chosen as the criterion layer of carrying capacity; land pressure, coal pressure and hydraulic pressure will be selected to be as the criterion layer of pressure, and the key factors included in the criterion layer will be regarded as evaluation index system of indicator layer establishment. The indicator layer is assigned by using standard quantization and rise semi - trapezoid distribution function; otherwise, the eigenvalue method will be used to evaluate all the weight value of the indicator layer through normalization processing. The carrying index and pressure index are used to work out evaluation score by weighted computing layer by layer which aims at target layer. Taking Yunjialing mine for an example, the quantitative evaluation of the geo - environmental carrying capacity and the pressure of coal mine are established by applying the evaluation index system, the result turned out that the capacity is the higher capacity, the pressure is the medium pressure, and the condition of the geo - environment of mine is good.

Key words: the geo - environmental carrying capacity; coal mining pressure; evaluation index system; Yun Jialing mine

煤炭开采过程中会诱发地质灾害、造成含水层、地形地貌景观以及土地资源破坏等一系列的

矿山地质环境问题^[1]。高吉喜^[2]提出了生态地质环境承载力与压力综合评价法,并对生态地质环

收稿日期:2011-11-17

基金项目:河北省科学技术研究与发展计划项目(11206747D)

作者简介:张立钊(1987-),男,吉林榆树人,硕士研究生,从事工程地质、环境地质方面的研究。

境承载力进行了评价。马传明^[3]在环境承载能力的基础上提出了地质环境承载力的概念,探讨了地质环境承载力评价的工作程序。周爱国等^[4]总结了多年对地质环境评价的研究成果。夏玉成^[5-6]提出煤矿区地质环境承载力的概念,分析了陕西主要煤矿的地质环境承载能力。陈新跃等^[7]依据矿山环境问题类型影响程度,相应地划分为严重区、较严重区和较轻区等3类,并给出具体量化指标。本文采用层次分析法建立了矿山地质环境承载力与煤炭开采压力的评价指标体系,对云驾岭矿地质环境承载力与压力进行了定量评价,为煤炭有序开采及矿山地质环境保护与恢复治理提供依据。

1 承载力与压力评价指标体系的建立

1.1 评价指标的选取

煤炭资源开采过程中对地质环境产生的损害,主要受矿区地质地貌、煤层上覆盖层的物理性质、水文地质条件、构造发育程度及展布情况等方面影响,相应的承载力准则层选取地质地貌、盖层性质、水文地质、构造界面4个因素;煤炭开采其资源储量会逐渐减少,地下水疏干造成含水层破坏,采空塌陷造成土地资源破坏,相应的压力准则层选择土地压力、煤炭压力、水压力3个因素。结合已有相关研究成果并遵循代表性、易获性原则,

遴选准则层所涵盖的关键因素作为指标层,建立矿山地质环境承载力与压力评价指标体系(表1)。

1.2 评价指标分值的确定

参照相关标准进行定量指标分类;对没有标准的指标,采用极差变换法进行极差正规化处理,并利用升半梯形分布函数来建立各指标的隶属模型:

正向型指标:

$$u(x) = \begin{cases} 0, x \leq \min x \\ \frac{x - \min x}{\max x - \min x} \times 100, \min x < \max x \\ 100, x \geq \max x \end{cases} \quad (1)$$

逆向型指标:

$$u(x) = \begin{cases} 100, x \leq \max x \\ \frac{\max x - x}{\max x - \min x} \times 100, \min x < \max x \\ 0, x \geq \min x \end{cases} \quad (2)$$

对于选取的有分类标准的定性指标,按照所属的不同类型赋予不同的分值;没有分类标准的指标,结合实际情况,采用专家经验法进行指标量化。

表1 承载力和压力评价指标体系

Tab. 1 The evaluation index system of the carrying capability and pressure

目标层	准则层	指标层	含义	指标类型
矿区地质环境承载力	地质地貌	坡度	控制潜在水土流失和崩滑流地质灾害	逆向型
		地质灾害易发程度	可能发生地质灾害的程度	逆向型
	盖层性质	覆岩厚度	煤层顶板至地表的所有覆盖层厚度的总和	正向型
		土岩比	开采煤层以上松散层与基岩层厚度比	逆向型
	水文地质	覆岩含水性	开采煤层以上含水层总厚度与覆岩厚度之比	逆向型
		地表水质级别	根据《地表水环境质量标准》 ^[8] 赋值	正向型
	构造界面	节理密度	节理的发育密度影响着岩石的稳定性	逆向型
		断层发育程度	断层的发育程度对承载能力影响程度不同	逆向型
煤炭开采压力	土地压力	采空塌陷系数	塌陷区面积与矿区面积之比	正向型
		煤矸石综合利用率	煤矸石利用量占总量的百分率	逆向型
	煤炭压力	煤炭回采率	实际采出矿石量与地质储量的百分比	逆向型
		储采比	煤炭资源剩余探明储量与开采量之比	逆向型
	水压力	吨煤涌水量	开采一吨煤的矿井涌水量	正向型
		废水排放达标率	废水排放达标量占总废水排放量的百分率	逆向型

1.3 评价指标权重的确定

1.3.1 层次分析法的数学模型

受 n 个因素共同影响的评价目标, 设因素 X_i ($i=1, 2, \dots, n$) 的重要性分别为 a_i , 按照表 2 将 a_i 两两比较, 用 a_{ij} 表示第 i 个因素相对于第 j 个因素的比较结果, 则 $a_{ij} = 1/a_{ji}$, 可得判断矩阵

$$A = (a_{ij})_{m \times n} \quad (3)$$

若 A 的所有元素满足 $a_{ij} \times a_{jk} = a_{ik}$, 则称 A 为一致性矩阵。

本文选取特征根法计算指标层各权重值, 求解判断矩阵 A 的特征根, 即:

$$AW = \lambda_{l_{max}} W \quad (4)$$

式中: W - 判断矩阵 A 相应的特征向量, $\lambda_{l_{max}}$ - 特征向量 n 的最大特征值。

通过层次分析法的数学模型, 计算出指标层各因素在评价体系中的权重见表 3。

1.3.2 一致性检验

理论上, 判断满足完全一致性条件 $l_{max} = n$ 。实际上, 由于判断矩阵存在着差异性, 会出现 $l_{max} > n$ 。因此, 为了检验判断矩阵一致性的结果, 引入了判断矩阵的一致性指标 CI , 其定义为:

$$CI = (\lambda_{max} - n) / (n - 1) \quad (5)$$

将 CI 与平均随机一致性指标 RI (表 4) 进行比较, 其比值称为判断矩阵的一致性比例。

$$CR = CI / RI \quad (6)$$

当 $CR \leq 0.10$ 时, 认为判断矩阵具有满意的一致性, 否则重新调整^[9-10]。经计算, 承载力判断矩阵 CR 值为 0.045, 压力判断矩阵 CR 为 0.058, 两矩阵均具有满意的一致性。

表 2 判断矩阵度及其含义

Tab. 2 The meaning and the degrees of the matrix

标度	含义
1	两个因素相比, 具有同样重要性
3	两个因素相比, 一个因素比另一个因素稍微重要
5	两个因素相比, 一个因素比另一个因素较为重要
7	两个因素相比, 一个因素比另一个因素强烈重要
9	两个因素相比, 一个因素比另一个因素极端重要
2, 4, 6, 8	表示需要在上述两个标准之间折衷时的标度
1/3, 1/5, 1/7, 1/9	表示相反的意义

表 3 承载力与压力评价指标权重分值

Tab. 3 The weight of the evaluation index of the carrying capacity and pressure

目标层	准则层		指标层		总权重
	名称	权重	名称	权重	
地质环境 承载力	地质地貌	0.058	坡度	0.125	0.007
			地质灾害易发程度	0.875	0.051
	盖层性质	0.241	覆岩厚度	0.333	0.080
			土岩比	0.667	0.161
	水文地质	0.133	覆岩含水性	0.833	0.111
			地表水质级别	0.167	0.022
	构造界面	0.568	节理密度	0.500	0.284
			断层发育程度	0.500	0.284
煤炭开采 压力	土地压力	0.261	采空塌陷系数	0.667	0.174
			煤矸石综合利用率	0.333	0.087
	煤炭压力	0.106	煤炭回采率	0.333	0.035
			储采比	0.667	0.071
	水压力	0.633	吨煤涌水量	0.667	0.422
		废水排放达标率	0.333	0.211	

表 4 1~9 阶矩阵的 RI 值

Tab. 4 The scores of RI of first to ninth order matrix

矩阵阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45

1.4 承载力与压力指数的计算

采用承载指数 C 和压力指数 P 来描述矿山地质环境承载力和煤炭开采压力^[11]。

1.4.1 承载指数

承载体 S 由多个因素组成,其承载力取决于各因素的相互作用。假设承载力由 X_1, X_2, \dots, X_n 等 n 个因子组成,相应承载分值为 C_i ,每个因子的权重为 $W_i (i=1, 2, \dots, n)$,则有:

$$C = f(X_1, X_2, \dots, X_n) = \sum_{i=1}^n C_i W_i \quad (7)$$

1.4.2 压力指数

承载体 S 承受的压力,是多个组成因素 Y_1, Y_2, \dots, Y_n 相互作用的结果,相对应的压力分值为 P_i ,每个因子的权重为 $W_i (i=1, 2, \dots, n)$,则有:

$$P = f(Y_1, Y_2, \dots, Y_n) = \sum_{i=1}^n P_i W_i \quad (8)$$

1.5 承载力与压力评价标准的划分

为更好地进行承载力与压力比较,将承载力与压力指数划分为5个级别,建立矿山地质环境评价标准如表5所示。

2 案例分析

2.1 矿山概况

云驾岭矿位于河北省武安市西北部,处于太行山东麓山前丘陵地带,武安盆地西部,地形向东倾斜,相对高差160 m,地形地貌简单。地层由老至新依次有:奥陶系中统峰峰组,石炭系中统本溪组,石炭系上统太原组,二叠系下统山西组及下石盒子组,二叠系上统上石盒子组及石千峰组,第四系。井田为单斜构造,断层较发育。矿井正常涌

水量 $315.32 \text{ m}^3/\text{h}$,水文地质条件中等。

2.2 评价结果及分析

根据上述地质环境承载力与压力评价指标的选取、分值及权重的确定、指数的计算等的确立与分析,综合资料收集与实地调查情况,指标层选定14个因素,应用已建立的评价体系对云驾岭矿矿山地质环境承载力与压力进行评价,结果如表6所示。

由表6可知,评价区矿山地质环境承载力分值为64.586,属较高承载,地质环境承载力水平较高,地质环境支撑能力良好。矿区地质灾害不发育、土岩比小、覆岩含水性较低,标准化值分别为:90、80、85,说明开采煤层上覆地层较稳定,工程地质条件较好,采动损害引发或加剧地表地质灾害可能性小,强化了地质环境的支撑能力;同时,矿区断层较发育,标准化值为36,表明构造条件较差,弱化了地质环境承载力,因此,在巷道掘进以及煤炭开采的过程中,要进一步开展对断层的发育情况以及展布规模的探测与研究。

煤炭开采压力分值为51.625,属中压,地质环境所受的压力一般,资源开发利用程度中等。矿区采空塌陷系数较小、废水排放达标率为93%,标准化值分别为:35、11.7,说明采空塌陷影响范围小,废水排放对水环境影响程度小,缓解了煤炭开采压力;然而,煤矸石综合利用率较低,吨煤涌水量较大,标准化值分别为:65、88.6,表明煤矸石堆放增占破坏土地资源,并且煤炭开采时地下水疏干量过大,地下水资源遭到破坏和浪费,加剧了煤炭开采压力,在今后生产实践中,矿山应加大对煤矸石的综合利用,提高矿井水的综合利用率,实现矿井水的资源化。

表5 承载力及压力评价标准

Tab.5 The evaluation standards of the capability and pressure

指标	级别	值域	含义
承载指数	弱承载	[0, 20]	承载力水平极低,地质环境支撑能力极差
	低承载	(20, 40]	承载力水平较低,地质环境支撑能力较差
	中等承载	(40, 60]	承载力水平中等,地质环境支撑能力一般
	较高承载	(60, 80]	承载力水平较高,地质环境支撑能力良好
	高承载	(80, 100]	承载力水平很高,地质环境支撑能力很好
压力指数	弱压	[0, 20]	地质环境所受的压力极低,地区资源开发利用程度极低
	低压	(20, 40]	地质环境所受的压力较低,地区资源开发利用程度较低
	中压	(40, 60]	地质环境所受的压力一般,地区资源开发利用程度中等
	较高压	(60, 80]	地质环境所受的压力较高,地区资源开发利用程度较高
	高压	(80, 100]	地质环境所受的压力很高,地区资源开发利用程度很高

表6 云驾岭矿矿山地质环境承载力和压力评价结果

Tab.6 The results of the evaluation of the carrying capability and pressure in Yun Jialing mine

目标层	准则层		指标层		总权重	原始值	标准 化值	得分		等级
	名称	权重	名称	权重				准则层	目标层	
矿区地质环境承载力	地质地貌	0.058	坡度/(°)	0.125	0.007	8~15	70	87.500	64.586	较高
			地质灾害易发程度	0.875	0.051	不发育	90			
	盖层性质	0.241	覆岩厚度/m	0.333	0.080	360~690	53	71.009		
			土岩比	0.667	0.161	0.199	80			
	水文地质	0.133	覆岩含水性	0.833	0.111	0.157	85	77.485		
			地表水质级别	0.167	0.022	IV	40			
	构造界面	0.568	节理密度	0.500	0.284	稀疏区	77	56.500		
			断层发育程度	0.500	0.284	发育	36			
	土地压力	0.261	采空塌陷系数	0.667	0.196	0.387	35	44.990		
			煤矸石综合利用率/%	0.333	0.065	35%	65			
煤炭开采压力	0.106	煤炭回采率/%	0.333	0.035	85%	60	64.202	8.421	中	
		储采比	0.667	0.071	40.000	66.30				
水压力	0.633	吨煤涌水量/m ³	0.667	0.422	9.200	88.60	62.992			
		废水排放达标率/%	0.333	0.211	93%	11.70				

综上所述,云驾岭矿矿山地质环境承载力为较高承载,压力为中压,说明在矿产资源开发过程中,矿山地质环境承载力高于煤炭开采带来的压力,矿山地质环境状况良好。

3 结语

基于层次分析法建立的矿山地质环境承载力与煤炭开采压力的定量评价指标体系,能够较好地反映矿山地质环境承载力与资源开采压力之间的对比关系。案例分析中,云驾岭矿矿山地质环境承载力为较高承载,煤炭开采压力为中压,承载力大于压力,矿山地质环境状况良好,资源开发利用强度合理。

参考文献:

- [1] 赵新卓,焦玉国,杨仁忠,等.泰安市矿山地质环境问题及其治理对策研究[J].河北工程大学学报:自然科学版,2008,25(4):77-81.
- [2] 高吉喜.可持续发展理论探索:生态承载力理论与方法与应用[M].北京:中国环境科学出版社,2001.
- [3] 马传明,马义华.可持续发展理念下的地质环境承载

力初步探讨[J].环境科学与技术,2007,30(8):64-65.

- [4] 周爱国,周建伟,梁合诚,等.地质环境评价[M].武汉:中国地质大学出版社,2008.
- [5] 夏玉成.煤矿区地质环境承载能力及其评价指标体系研究[D].西安:西安科技学院,2003.
- [6] 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.
- [7] 陈新跃,尹萍,戴德求,等.贵州平坝榜上煤矿矿山环境影响分区研究[J].中国煤炭地质,2012,24(2):37-41.
- [8] GB 3838-2002.地表水环境质量标准[S].
- [9] 李树文,李少雄,刘嘉玮,等.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,2009,26(3):102-105.
- [10] 郑景华,马娟,刘志斌.垃圾填埋场地下水污染预测与环境风险评价[J].黑龙江科技学院学报,2010,20(5):346-350.
- [11] 姚晓军.煤炭开发区域的生态承载力研究[D].西安:西北大学,2008.

(责任编辑 马立)