

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2017.02.17

承德武烈河流域矿山地质环境影响定量化评价

王瑞丰¹, 翟延亮¹, 于 军¹, 刘宏磊²

(1. 河北省地质矿产勘查开发局第四地质大队, 河北 承德 067000;
2. 中国矿业大学(北京)国家煤矿水害防治工程技术研究中心, 北京 100083)

摘要: 矿山地质环境评价是矿山地质环境问题研究的一个重要范畴, 本文以河北承德武烈河流域矿山环境地质问题为例, 首次将矿山地质环境系统分解为: 潜在问题程度、已有问题程度、环境影响程度三个子系统, 在传统层次分析法评价的基础上, 引入“矿山地质环境综合影响指数”的概念, 建立了矿山地质环境定量分析评价模型, 通过分析各个单元的指数情况, 确定等级阈值, 实现承德武烈河流域矿山地质环境综合评价与分区, 最终为该地区矿山地质环境保护与治理提供了依据。

关键词: 矿山地质环境评价; 层次分析法; 矿山地质环境综合影响指数

中图分类号: TD167

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2017)02-0124-07

The quantitative research of mine geology environmental evaluation of Wulie River basin in Chengde

WANG Ruifeng¹, ZHAI Yanliang¹, YU Jun¹, LIU Honglei²

(1. The 4th Geological Team of Hebei Geology and Mining Bureau, Chengde, Hebei 067000, China;
2. National Engineering Research Center of Coal Mine Water Hazard Controlling,
China University of Mining & Technology(Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: Mine geological environment evaluation is an important category of mine geology environmental problem research. In this paper, the mine geology environmental problem in Wulie river basin of Chengde was taken as an example. The mine geology environmental problem was first time broken down into three subsystems, namely the extent of potential problems, the extent of existing problems and the extent of environmental impact. In addition, the “mine geological environment comprehensive influence index” was introduced on the basis of traditional evaluation by the use of AHP, and the quantitative analysis and evaluation model of mine geology environmental problem was built. Finally, the level threshold is determined by analyzing the index of each unit, so the comprehensive evaluation and zoning of mine geological environment in the study area can be obtained which provided the basis for the protection and control of the mine geological environment in the area.

Keywords: the evaluation of mine geological environment; AHP; mine geological environment comprehensive influence index

0 引言

矿产资源的开发利用是国民经济发展的物质基础,一方面保障了人民生活和社会发展的物质来源,另一方面,矿产资源的长期无序开采也引发了严重的矿山地质环境问题^[1],如矿山地质灾害、水土污染、地貌景观破坏、土地压占等,这些问题已经改变(或破坏)了人类的生存环境。因此如何引入科学合理的评价体系,对矿山地质环境问题进行系统评价不仅是现代环境地质学研究的一个重要课题,同时也可为解决矿山地质环境问题提供技术支持。我国目前在矿山环境评价方面的方法较多,常用的有灰色模型、可拓理论、综合评价指数法、神经网络、概率风险评价法等,但是矿山地质环境质量定量化评价一直是难点和热点,近年来刘金涛等通过不同的评价方法,建立了单个(或多个)矿山的定量(半定量)矿山地质环境质量评价模型^[2];邢永强等应用多级模糊识别模型进行矿山地质环境评价,并在小秦岭矿区矿山地质环境综合评价中取得了较好的效果^[3];周建伟等利用加权信息量模型应用到矿山地质环境影响评价中,通过核查矿山对该模型评价结果进行校验,可靠性较高^[4]。但是由于各地区条件的差异性,目前尚未形成一套系统的、可操作性较强的矿山地质环境定量化评价的理论和方法,因此笔者在分析总结前人研究工作的基础上,初步建立了一套较为完整的矿山地质环境定量分析评价模型,在矿山地质环境定量化评价方面做了一次探索。

1 研究区概况

研究区位于冀北地区,冀、蒙、辽三省交界地区,总面积达到2 580 km²。武烈河流域为背山区,河道呈南北走向,坡度较陡,海拔在370~1 070 m。武烈河流域所在区域属温带大陆性燕山山地气候,具有“冬冷夏热,四季分明,光照充足,雨热同季,昼夜温差大”的特点。全区平均气温为8.0℃,多年平均降雨量562.2 mm。

研究区内出露的地层较为丰富,从老到新依次为:新太古界单塔子群、中元古界长城系、中元古界蓟县系、中生界侏罗系、中生界白垩系以及新生界第四系。研究区内的岩浆岩自新太古代至中生代都有出露,分布范围几乎遍布全区。根据含水介质、水力特征和地下水的赋存条件,研究区地下水可划分为四种类型,即松散岩类孔隙水、碎屑岩类裂隙孔隙水、碳酸盐岩裂隙溶洞水和基岩裂隙水。

2 矿山地质环境评价的基本原理

为了更好地反映矿山环境地质问题的地质环境影响,本次研究在进行矿山遥感调查与监测工作基础上,通过对不同矿山开发类型充分调研,首先确定研究区矿山环境地质问题主要包括矿山地质灾害、含水层破坏、土地资源破坏与地形地貌景观破坏四大类^[5]。其次结合不同类型矿山开发特点与规律,建立一套科学合理、行之有效地矿山环境评价指标体系与定量评价方法。

采用综合指数法进行武烈河流域矿山地质环境影响综合评价,将武烈河流域的矿山地质环境系统分解为:潜在问题发生程度、已有问题程度、环境影响程度三个子系统。然后分别在子系统选取具有代表性的评价因子,并根据所取得的影响程度确定分级标准,给出归一化的指标。再运用AHP法确定各子系统和评价因子的权重,将同一子系统内的各评价因子的指标值按权重进行叠加^[6-7],得出一个子系统评价总指标,再将各子系统评价的总指标按权重进行叠加,得出每个评价单元的地质环境质量指数,分析各个单元的指数情况,确定等级阈值,从而建立起评价等级,最终进行武烈河流域地质环境影响综合评价(评价单元划分为2 km×2 km的网格)。

3 矿山地质环境评价指标体系的建立及权重的确定

通过对研究区矿山地质环境调查资料分析研究,针对不同的矿山地质环境问题类型,筛选其响应因子并作为评价体系指标层,据此构建各矿山地质环境问题的评价指标体系。该指标体系的结构包括3个层次,依次为:目标层、中间要素层、影响指标层^[8]。目标层以综合指数表征评价单元矿山环境地质问题影响程度,中间要素层从已发生问题程度、潜在问题发生程度、环境影响程度三个方面全方位刻画各矿山地质环境问题的影响程度,指标层由具体的灾害调查指标构成。建立了矿山地质环境评价指标体系之后,运用层次分析法分别确定各指标对于矿山地质环境的影响程度,首先对评价指标进行分级,并按1、2、3、…赋予分值,通过咨询、筛选、专家打分,按照各类指标的相对重要程度予以权值,分值与权重的乘积即为某指标对要素层影响的实际得分;同样方法,按照层次分析确定出要素层对综合指数影响的分值,并赋以合适的权重,进而计算出评价目标的综合指数。各矿山地质环境问题评价指标表^[9-10]见表1~表4。

表 1 矿山地质灾害问题评价指数表

Table 1 The index table for the evaluation of mine geological disaster

评价因素	评价内容	赋值	权重	权重
潜在灾害程度	地形地貌	相对高差 < 50 m, 地形坡度 < 10°	1	0. 20
		相对高差 50 ~ 100 m, 地形坡度 10° ~ 25°	2	
		相对高差 > 100 m, 地形坡度 > 25°	3	
	气象水文	最大年降水量 < 400 mm	1	0. 15
		最大年降水量 400 ~ 500 mm	2	
		最大年降水量 > 500 mm	3	
	地质条件	风化岩石, 工程地质条件良好	1	0. 25
		碎石土, 工程地质条件一般	2	
		粘性土、风积砂, 工程地质条件较差	3	
	开采特征	井工开采	1	0. 40
		露天开采	2	
		井工、露天复合开采		
已有灾害程度	变形方式	水平拉张裂缝、垂直变形裂缝不明显	1	0. 25
		水平拉张裂缝发育、垂直变形裂缝不明显	2	
		水平拉张裂缝发育、垂直裂缝变形明显	3	
	规模特征	小型	1	0. 75
		中型	2	
		大型	3	
环境影响程度	威胁对象	未有明显影响	1	0. 45
		影响矿区生活、矿山基础设施	2	
		影响周边村庄、区域供电通讯交通线路	3	
	生态破坏	荒地	1	0. 20
		草地	2	
		林地、耕地	3	

表 2 含水层结构破坏问题评价指数表

Table 2 The index table for the evaluation of aquifer structure's destruction

评价因素	评价内容	赋值	权重	权重
潜在灾害	疏排现状	未见地下水	1	0. 55
		偶见地下水	2	
		可见地下水	3	
	水位深度	水位较低, 水位难恢复	1	0. 45
		水位中等, 水位较难恢复	2	
		水位较高, 水位易恢复	3	
已有灾害	疏排规模	小型, 疏排水量 ≤ 3 000 m ³ /d	1	0. 25
		中型, 疏排水量 3 000 ~ 10 000 m ³ /d	2	
		大型, 疏排水量 > 10 000 m ³ /d	3	
	破坏程度	一般	1	0. 75
		较严重	2	
		严重	3	
影响程度	威胁对象	未有明显影响	1	0. 75
		影响矿山用水	2	
		影响周边生活区用水	3	
	生态破坏	荒地	1	0. 25
		草地	2	
		林地、耕地	3	

表 3 地貌与景观破坏问题评价指数表

Table 3 The index table for the evaluation of landform and landscape destruction

评价因素	评价内容	赋值	权重	权重
地貌地形	相对高差 > 100 m, 地形坡度 > 25°	1	0.25	
	相对高差 50 ~ 100 m, 地形坡度 10° ~ 25°	2		
	相对高差 < 50 m, 地形坡度 < 10°	3		
潜在灾害程度	气候植被	年降水量 < 400 mm, 植被覆盖率 > 60%	1	0.35
		年降水量 400 ~ 500 mm, 植被覆盖率 30% ~ 60%	2	
		年降水量 > 500 mm, 植被覆盖率 < 30%	3	
破坏类型		问题类型单一, 破坏形式简单	1	0.45
		问题类型中等, 破坏形式一般	2	
		问题类型复杂, 破坏形式多样	3	
已有灾害程度	破坏历史	开采小于 10a	1	0.45
		开采小于 20a	2	
		开采大于 20a	3	
破坏面积		小于 50 km ²	1	0.75
		小于 500 km ²	2	
		大于 500 km ²	3	
环境影响程度	财产损失	未有明显影响	1	0.20
		影响矿区生活、基础设施	2	
		影响周边村庄、区域供电通讯交通线路	3	
生态破坏		荒地	1	0.25
		草地	2	
		林地、耕地	3	

表 4 土地与压占破坏问题评价指数表

Table 4 The index table for the evaluation of land resource destruction

评价因素	评价内容	赋值	权重	权重
潜在灾害程度	排弃特征	人工排弃土石方	1	0.35
		汽车排弃土石方	2	
		火车排弃土石方	3	
占压内容		压占内容类型单一	1	0.75
		压占内容类型综合	2	
		压占内容类型复杂	3	
已有灾害程度	破坏程度	一般	1	0.45
		较严重	2	
		严重	3	
规模特征		小于 50 km ²	1	0.75
		小于 500 km ²	2	
		大于 500 km ²	3	
环境影响程度	威胁对象	未有明显影响	1	0.20
		影响矿区生活、基础设施	2	
		影响周边村庄、区域供电通讯交通线路	3	
生态破坏		荒地	1	0.25
		草地	2	
		林地、耕地	3	

4 矿山地质环境评价模型的建立与评价分区

矿山地质环境影响综合指数 M 表征矿山环境地质问题的影响程度, $M_{灾}$ 表征矿山地质灾害问题影响综合指数, $M_{含}$ 表征含水层结构破坏综合指数, $M_{貌}$ 表

征地貌与景观破坏问题综合指数, $M_{压}$ 表征含水层结构破坏综合指数。 M 每一类灾害综合指数 ($M_{灾}$ 、 $M_{含}$ 、 $M_{貌}$ 、 $M_{压}$) 均由潜在灾害程度 A (权重 0.35)、已有问题程度 B (权重 0.45)、环境影响程度 C (权重 0.20) 三个要素因子经数学加权迭加计算后取得。

要素因子用每个评价指标数值加权迭加计算。数学模型如下:

$$M = \text{Max}[M_{\text{灾}}、M_{\text{含}}、M_{\text{貌}}、M_{\text{压}}] \tag{1}$$

$$M_{\text{灾}} \text{ 或 } M_{\text{含}} \text{ 或 } M_{\text{貌}} \text{ 或 } M_{\text{压}} = 0.35A + 0.45B + 0.2C \tag{2}$$

$$A \text{ 或 } B \text{ 或 } C = \sum a \cdot b \tag{3}$$

式中: a ——为评价指标赋值;
 b ——为评价指标对应的权重。

最终根据矿山地质灾害综合指数 M ,将矿山地质灾害对矿山的影响程度分为严重 ($M \geq 2.0$)、较严重 ($1.5 \leq M < 2.0$)、轻微 ($M < 1.5$) 三个等级。

根据前述矿山地质灾害评价指标体系结构、评价方法及标准,将承德武烈河流域根据开采集中程度将区域内的矿山划分为九个矿产集中区域,对矿产集中区域内矿山地质环境影响分别进行了综合判别,最终分别得到各个矿山地质环境问题的综合评价图(图 1~图 4)。



图 1 矿山地质灾害问题影响综合评价图
Fig.1 The map of the comprehensive evaluation of mine geological disaster

通过对各个矿山地质环境问题分别进行评价,最后根据式(1)得到矿山环境地质问题综合评价指数,进一步得到武烈河流域矿山环境地质问题综合评价分区图(图 5)。

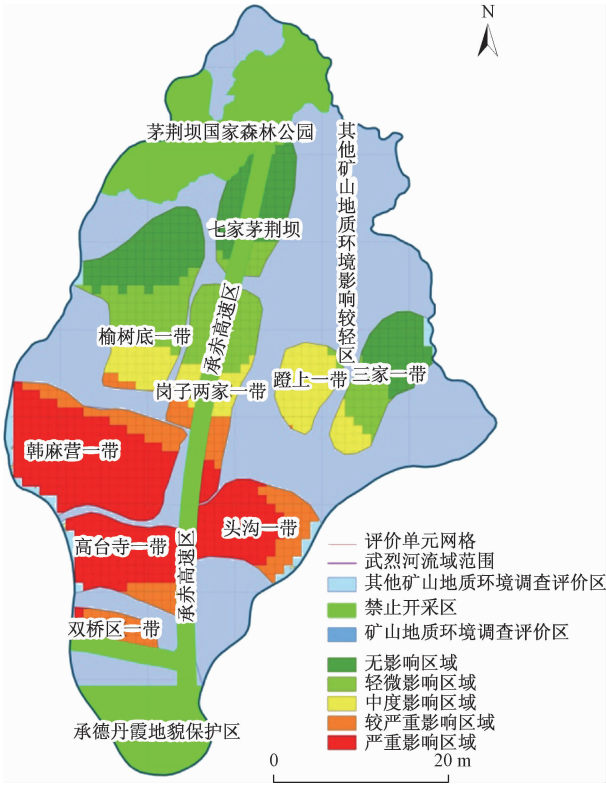


图 2 矿山含水层破坏问题影响综合评价图
Fig.2 The map of the comprehensive evaluation of aquifer structure's destruction

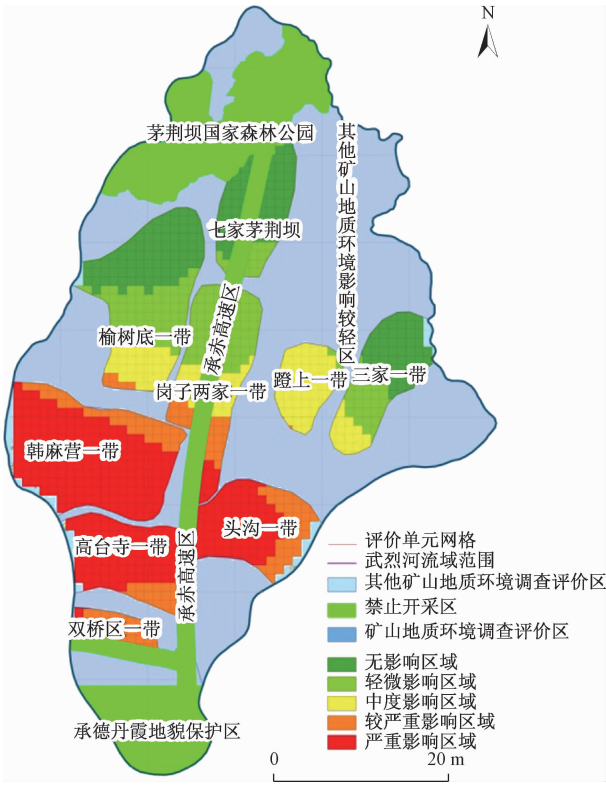


图 3 地形地貌与景观破坏问题综合评价图
Fig.3 The map of the comprehensive evaluation of landform and landscape destruction

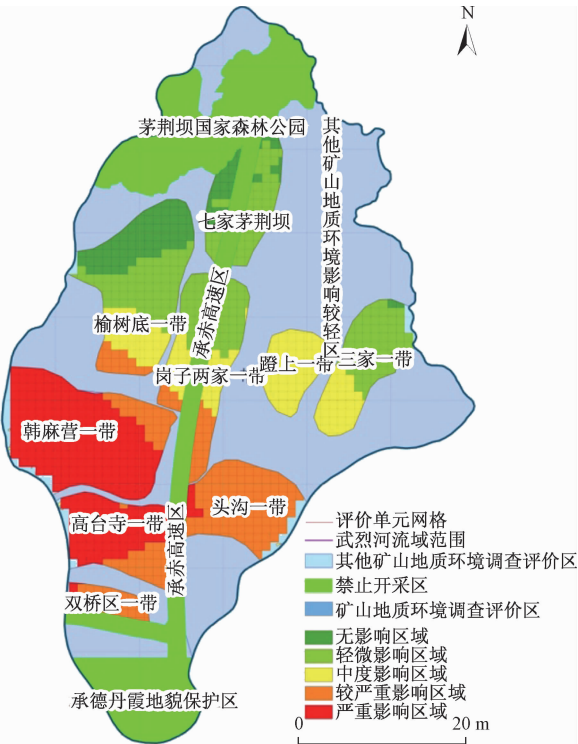


图 4 矿土地压占与破坏问题影响综合评价图
Fig. 4 The map of the comprehensive evaluation
of land resource destruction

此外,按照《全国矿产资源集中开采区矿山地质环境调查技术要求》相关标准,将研究区矿山地质环境问题危害程度分为:严重、较严重、较轻三级标准(图 6)。



图 6 矿山地质环境影响评价分区图(按规范)
Fig. 6 The map of the evaluation of mine geological
environment(according to the criterion)



图 5 矿山环境地质问题影响综合评价图
Fig. 5 The map of the comprehensive evaluation
of mine geological environment

通过对比可以看出,按照传统的规范对矿山地质环境进行定性评价,只能将矿山地质环境的影响程度分为影响严重区、影响较严重区和影响轻微区,但矿山环境地质问题的影响是一个渐变的过程,因此按照规范进行评价不能进一步刻画出矿山环境地质问题影响的过渡性。如韩麻营一带、高台寺一带,根据规范进行评价所得到的结果基本都是影响严重区,而按照本次所提出的综合影响指数法的评价结果则可将该区域进一步划分为严重影响区和较严重影响区;而在头沟一带,根据规范进行评价所得到的结果都是影响严重区,按照本次所提出的综合影响指数法的评价结果则是较严重影响区和中等影响区。因此按照综合影响指数法的评价结果则更详细,在矿山地质环境恢复治理过程中,则可根据不同的影响区域分别制定相应的措施,从而避免了笼统地制定治理措施,造成人力、物力的浪费。

5 结论

根据提出问题、分析评价问题和解决问题的思路,矿山地质环境影响评价是矿山地质环境恢复治理措施

的制定、解决矿山地质环境问题的重要前提,同时也是矿山地质环境研究的重要一环。通过本文的研究主要取得了如下结论:

(1)通过综合分析研究,首先将研究区内矿山地质环境问题划分为矿山地质灾害、含水层结构破坏、土地压占与破坏、地形地貌与景观破坏四大类,并且针对不同矿山环境地质问题的特点,建立了系统的矿山地质环境影响评价指标体系。

(2)将矿山地质环境系统分解为潜在问题发生程度、已有问题程度、环境影响程度三个子系统,引入“矿山地质环境综合影响指数”的概念,建立了适合多个矿山的矿山地质环境影响评价量化模型,对矿山地质环境影响评价由定性研究向定量研究的转变进行了深层次的探讨和实践。

(3)通过与传统的规范评价结果进行对比,基于矿山地质环境综合影响指数的量化评价结果更加系统、全面,可以详细刻画矿山地质环境影响程度的过度性,与矿山的实际情况比较相符。

参考文献:

- [1] 赵仕玲. 国外矿山环境保护制度及对中国的借鉴 [J]. 中国矿业, 2007, 16(10): 35-38.
ZHAO Shiling. The foreign mine environmental protection system and the benefits for China [J]. China Mining Magazine, 2007, 16(10): 35-38.
- [2] 刘金涛, 冯文凯, 胥良, 等. 矿山地质环境质量评价数学模型研究概述 [J]. 灾害学, 2011, (4): 110-115.
LIU Jintao, FENG Wenkai, XU Liang, et al. Overview on mathematical model for mine geological environment quality evaluation [J]. Journal of Catastrophology, 2011, (4): 110-115.
- [3] 邢永强, 郑钊, 宋峰, 等. 矿山地质环境多级模糊识别模型评价研究方法-以小秦岭矿区为例 [J]. 信阳师范学院学报(自然科学版), 2008(2): 240-242.
XING Yongqiang, ZHENG Zhao, SONG Feng, et al. Research of multy-classification fuzzy pattern recognition model in mine geological quality evaluation-the case of mine in xiaoqinling field [J]. Journal of Xinyang Normal University Natural Science Edition, 2008(2): 240-242.
- [4] 周建伟, 毛郁, 崔英山, 等. 加权信息量模型在矿山地质环境影响评价中的应用-以四川省为例 [J]. 中国地质灾害与防治学报, 2016, 27(1): 117-122.
ZHOU Jianwei, MAO Yu, CUI Yingshan, et al. Application of weighted information model to mine geological environment assessment-a case study in Sichuan province [J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2016, 27(1): 117-122.
- [5] 武强. 我国矿山环境地质问题类型划分研究 [J]. 水文地质工程地质, 2003, 30(5): 107-112.
WU Qiang. Study of classification of geologic environmental problems in mines in China [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2003, 30(5): 107-112.
- [6] 武强, 薛冬, 连会青, 等. 矿山环境评价方法综述 [J]. 水文地质工程地质, 2005, 32(3): 84-88.
WU Qiang, XUE Dong, LIAN Huiqing, et al. A review on assessment methods of mining environments [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2005, 32(3): 84-88.
- [7] 武强, 李云龙, 董东林. 矿山环境地质调查技术要求研究 [J]. 水文地质工程地质, 2004, 31(2): 97-100.
WU Qiang, LI Yunlong, DONG Donglin. Study on technology and method of mine geo-environment survey [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2004, 31(2): 97-100.
- [8] 武强, 杨明, 董东林. 基于 GIS 与 AHP 耦合技术的土地沙漠化模型研究 [J]. 工程勘察, 2003, (2): 30-33.
WU Qiang, YANG Ming, DONG Donglin. Study on desertification assessment model based on GIS and AHP [J]. Geotechnical Investigation & Surveying, 2003, (2): 30-33.
- [9] 徐友宁, 袁汉春, 何芳, 等. 矿山环境地质问题综合评价指标体系 [J]. 地质通报, 2003, 22(10): 829-832.
XU Youning, YUAN Hanchun, HE Fang, et al. Comprehensive evaluation index system of the environmental geological problems of mines [J]. Geological Bulletin of China, 2003, 22(10): 829-832.
- [10] 魏迎春, 徐友宁. 矿山地质环境量化评价模型研究 [J]. 华南地质与矿产, 2004(4): 47-50.
WEI Yingchun, XU Youning. Research on quantificational assessment model of mining environments [J]. Geology and Mineral Resources of South China, 2004(4): 47-50.