

文章编号: 1001-5485(2010)08-0070-04

# 基于 GIS 和 RS 的黄石市矿山地质环境定量评价

杨青华<sup>1,2</sup>, 李 艺<sup>1,2</sup>, 杜 军<sup>3</sup>

(1. 广西师范大学 环境与资源学院, 桂林 541004; 2. 广西环境工程与保护评价重点实验室, 桂林 541004;

3. 河南省科学院 地理研究所, 郑州 450000)

**摘要:**采用 GIS 和 RS 技术, 以黄石市 (黄石港区、西塞山区、下陆区、铁山区) 为研究对象, 利用 2009 年 1 月 27 日和 2008 年 12 月 16 日 SPOT5 遥感数据, 结合研究区的地形图及采矿登记权等相关资料, 建立矿山地质环境评价体系。针对各指标, 提出与之相适应的 GIS 和 RS 提取方法, 得到单因子分级图。运用层次分析法, 给各指标因子赋权重。再根据评价指标分级体系和矿山地质环境综合评价模型, 运用 GIS 的栅格运算功能, 对各指标因子进行栅格计算、空间叠加, 最终得到黄石市矿山地质环境评价分区图。该研究结果为黄石市矿山地质环境保护与恢复治理规划提供了有益的参考和借鉴, 并为矿山地质环境定量评价研究奠定了一定的理论基础。

**关键词:** 矿山地质; 地质环境评价; GIS; RS; 黄石市

**中图分类号:** P642; X141 **文献标识码:** A

黄石市 (黄石港区、西塞山区、下陆区、铁山区) 位于湖北省东南部, 长江中游南岸, 矿产资源丰富, 素有“钢铁故乡、水泥摇篮”之称, 全市已发现的矿产有能源、金属、非金属、水气 4 大类。铁、铜、煤、石灰石等是黄石的优势矿产, 尤其是石灰岩、白云岩找矿前景看好, 且远景规模大, 质量好, 宜露天开采; 天青石等矿产尚未开发利用, 品种配套程度高, 潜在经济价值大。矿业开发为黄石市经济建设作出重要贡献的同时, 也给矿区地质环境带来了严重的负面影响, 引发、诱发各类地质灾害, 既对矿山工程活动造成威胁, 又制约了矿山的可持续发展。

根据国土资源部 2009 年 5 月制定实施的《矿山地质环境保护规定》中对矿山地质环境范围的界定, 以及数据的可获得性、可操作性和系统性原则, 结合研究区地质背景、自然环境和矿山开发现状, 本文构建了包括矿山地质背景、矿山开采状况、矿山灾害环境和自然地理环境 4 项准则层和 11 项指标层的指标体系 (见图 1)。

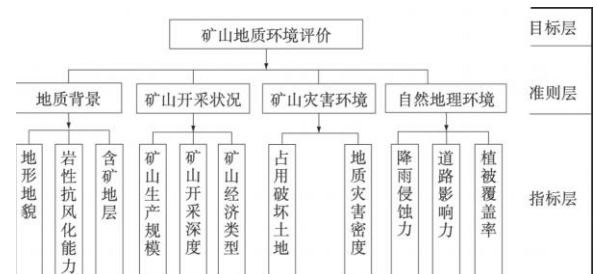


图 1 矿山地质环境评价指标体系图

Fig 1 The mine geological environment evaluation system

## 1 矿山地质环境评价指标体系的建立与分级

### 1.1 评价指标体系的建立

目前国内尚无一个统一的矿山地质环境评价指标体系。在评价矿区地质环境时, 各家采用的评价指标不一致、方法不统一<sup>[1-5]</sup>, 因而其评价结果的主观性强。2009 年 5 月 1 日国土资源部制定的《矿山地质环境保护规定》确定其适用范围是: 因矿产资源勘查开采等活动造成矿区地面塌陷、地裂缝、崩塌、滑坡, 含水层破坏, 地形地貌景观破坏等的预防和治理恢复。《矿山地质环境保护规定》将“三废”治理与土地复垦排除在适用范围之外。

### 1.2 评价指标等级确定

本文用矿山地质环境问题的严重程度来表征矿山地质环境的优劣。评价矿山地质环境首先要确定影响矿山地质环境指标的等级。确定评价指标等级有 3 种方法<sup>[6]</sup>: 直接采用国家标准、行业标准作为矿山地质环境质量评价指标因子等级的依据。采用行业推荐值或地区 (矿区) 平均值作为划分指标等级的依据。依据矿山地质环境调查评价的实地

收稿日期: 2009-11-04; 修回日期: 2010-03-24

基金项目: 广西环境工程与保护评价重点实验室研究基金资助 (2009)

作者简介: 杨青华 (1981-), 女, 山西翼城人, 硕士研究生, 主要从事遥感与 GIS 地学应用研究, (电话) 15277399861 (电子信箱) qinghua9@yahoo.cn

情况,借鉴相关学科方法,制定适应于矿山地质环境评价的指标等级。优先制定量化指标,确有困难时可采用定性描述指标等级。

中国地质调查局 2004年 10月颁行的中国地质调查工作标准《区域环境地质调查总则(试行)(DD2004 - 02)》规定按地质环境质量指标数值对评价区进行综合性区域地质环境等级分区,分区等级统一规定为地质环境质量好、较好、较差、差 4级。以此原则将评定矿山地质环境的指标因子及矿山地质环境等级划分为“好”(级)、“较好”(级)、“较差”(级)和“差”(级)4个等级。各等级赋值标准分值分别为:级 3分、级 5分、级 7分、级 9分<sup>[6]</sup>,见表 1。

表 1 各指标因子等级赋值标准及  
加权评定分值对应等级

Table 1 The grade criteria of every factor and the correspondingly weighted evaluation value grade scores				
等级	好(级)	较好(级)	较差(级)	差(级)
各等级指标 因子评定分值	3	5	7	9

## 2 评价指标量化提取

### 2.1 坡度因子的提取

坡度因子是基于 1 50 000DEM数据,利用 Arc-Map软件中 3D Analyst的 Surface Analysis分析模块提取出坡度分级图。

### 2.2 地层岩性因子提取

在获取的地层信息数据的基础上,根据地层是否含矿和岩石的抗风化能力进行分级赋值。按照地层矿石含量,将其分为不含矿、含灰岩、含煤炭和含铁 4类。按照岩石的抗风化能力,将其分为强、较强、较弱和弱 4级。

### 2.3 矿山开采状况各因子提取

根据收集的矿权数据和遥感影像处理后的解译数据,对矿山生产规模、矿山开采深度和矿山经济类型进行分级提取。按照对应的分级标准,将企业规模划分为小型、中型、大型和特大型 4类;开采深度划分为 <100, 100 ~ 300, 300 ~ 500, >500这 4级;经济类型划分为国有企业、集体企业、联营企业(包括股份合作企业、有限责任企业和股份有限公司)和私营企业 4类。

### 2.4 矿山开发占地因子提取

矿山开发占用破坏土地划分为复垦区、工矿建筑、中转场地(包括煤堆、其他矿石堆、洗煤场、选矿场和选矿池)和固体废弃物(包括排土场、尾矿库、

煤矸石堆和废石堆)、采场 4类。

### 2.5 地质灾害密度图的生成

密度制图根据输入的要害数据集计算整个区域的数据聚集状况,从而产生一个连续的密度表面。密度制图主要是基于点数据生成的,以每个待计算格网点为中心,进行圆形区域的搜寻,进而来计算每个格网点的密度值<sup>[7]</sup>。

本文采用 2 km ×2 km为单元划分格网,根据解译和综合收集的黄石市地质灾害信息,生成地质灾害密度图。

### 2.6 植被覆盖度因子的提取

植被覆盖度是指植被冠层或叶面在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比。本文基于像元二分模型计算植被覆盖度。在 SPOT5多光谱遥感影像基础上,采用标准化植被指数(NDVI)的方法来计算植被覆盖度,其指数公式为<sup>[8]</sup>

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

式中: NIR为近红外波段反射率; R为红光波段反射率。

进而根据公式(1),获得植被覆盖度为

$$F_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (2)$$

式中:  $F_c$ 为植被覆盖度;  $NDVI_{veg}$ 和  $NDVI_{soil}$ 分别为纯植被和纯裸土的归一化植被指数,其中,  $NDVI_{soil} = NDVI_{min}$ ,  $NDVI_{veg} = NDVI_{max}$ 。

在 ERDAS/ MAGNE遥感图像处理软件支持下,在目视解译的基础上采取最大似然法对遥感影像每个像元的植被覆盖度进行计算机自动判别,进行除噪处理后得到研究区植被覆盖度最终分类结果。

### 2.7 降雨侵蚀力因子的提取

根据王万忠等人绘制的中国年降雨侵蚀力等值线图<sup>[9]</sup>,利用 Spline内插法,得到该流域降雨侵蚀力栅格分布图。利用自动分级,将其分为 5级,可得到土壤侵蚀对降雨侵蚀力影响的分布图。

### 2.8 道路影响因子的提取

利用欧式距离分析得出各点到道路的最短距离。欧氏距离(Euclidean distance)是一个通常采用的距离定义,它是在  $n$ 维空间中 2个点之间的真实距离。欧式距离的公式为

$$d = \sqrt{(X_{i1} - X_{21})^2 + \dots + (X_{in} - X_{2n})^2} \quad (3)$$

式中:  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $X_{i1}$ 表示第 1个点的第  $i$ 维坐标,  $X_{2i}$ 表示第 2个点的第  $i$ 维坐标。

欧氏距离看作信号的相似程度。距离越近就越

相似,就越容易相互干扰。

### 3 评价指标权重值的确定

层次分析法是由美国著名运筹学家萨蒂 (T L. Satty)提出的一种多目标、多准则的决策方法。他通过整理和综合专家们的经验判断,将专家们对某一事物的主观看法进行定量化。其基本原理是要识别的复杂问题分解成若干层次,然后由相关专家对每一层次上的各指标通过两两比较相互间重要程度构成判断矩阵,通过计算判断矩阵的特征值与特征向量,确定该层次指标对其上层要素的贡献率,然后通过层次递接技术,求得基层指标对总体目标的贡献率<sup>[10, 11]</sup>。

通过建立判断矩阵,运用层次分析法,最后得到各层因素的权值如表 2 所示。

表 2 矿山地质环境评价指标权值分配表

Table 2 The weights of mine geological environment evaluation index

准则层	权值分配	指标层	权值分配	因子权重
地质背景 U1	0.187	地形地貌 C1	0.614	0.115
		含矿地层 C2	0.268	0.050
		岩石抗风化能力 C3	0.117	0.022
矿山开采状况 U2	0.196	矿山生产规模 C4	0.144	0.105
		矿山开采深度 C5	0.079	0.058
		矿山经济类型 C6	0.045	0.033
矿山灾害环境 U3	0.536	占用破坏土地 C7	0.262	0.192
		地质灾害密度 C8	0.470	0.344
自然地理环境 U4	0.081	植被覆盖率 C9	0.637	0.052
		降雨侵蚀力 C10	0.258	0.021
		道路交通 C11	0.105	0.008

注:层次总排序的一致性检验为  $CI=0.0658$ ,  $RI=0.9745$ ,  $CR=CI/RI=0.0675<0.1$ ,满足一致性检验。

### 4 矿山地质环境定量评价

#### 4.1 综合评价模型和空间叠加分析

矿山地质环境评价是受上述多个因子综合影响的,在单因子分级提取的基础上进行矿山地质环境综合评价。为此,采用矿山地质环境评价综合指数模型

$$S = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n W_i P_{ij}} \quad (4)$$

式中: $S$ 为矿山地质环境评价指数; $W_i$ 为评价因子权重; $P_{ij}$ 为评价因子; $j$ 为评价单元; $i$ 为第  $i$  个评价因子。

叠加分析是 GIS 中一种常用的空间分析模式,是一专题信息层与另外的专题信息层之间的叠合,实现不同专题信息层及其属性数据之间的叠加,产

生新数据的过程。根据叠加分析数据可分为基于栅格数据的叠加分析和基于图形数据的叠加分析。本次应用研究主要利用 GIS 软件的基于栅格数据的叠加分析功能实现矿山地质环境评价因子的评价分区。

#### 4.2 评价结果分区

通过上述对权重的确定,利用综合评价公式,则可计算出每个单元的综合指数。其分值分布在  $0.11 \sim 0.38$  之间,利用 GIS 空间分析模块<sup>[7]</sup>,求得综合指数频率分布曲线(图 2),根据曲线突变点( $S$  值为  $0.15, 0.20, 0.28$ )初步确定矿山地质环境评价分区阈值。

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,将评价分区划分成矿山地质环境影响极严重区、严重区、中等区和较轻区 4 级。评估分区标准为:矿山地质环境影响程度指数  $S > 0.28$ ,为矿山地质环境影响极严重区; $0.28 > S > 0.20$ ,为矿山地质环境影响严重区; $0.20 > S > 0.15$ ,为矿山地质环境影响一般区; $S < 0.15$ ,为矿山地质环境影响较轻区。

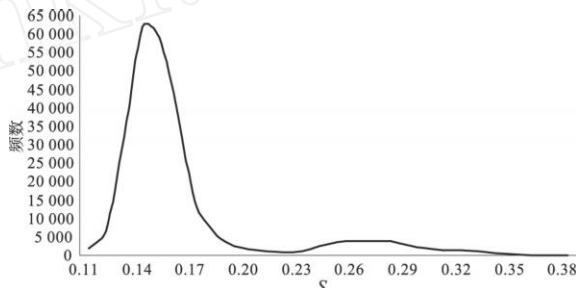


图 2 综合指数  $S$  分布频率曲线图

Fig 2 The frequency distribution curve of composite index  $S$

利用 ArcGIS 中 Grid 模块的图形空间叠加和运算功能,在兼顾矿区边界完整性基础上,利用 ArcView 软件绘制黄石市矿山地质环境评价分区图(见图 3)。将评价分区划分成矿山地质环境影响极严重区、严重区、中等区和较轻区 4 级。其中,影响极严重区面积约  $16.21 \text{ km}^2$ ,占研究区面积约  $9.81\%$ ;矿山地质环境影响较严重区面积约为  $27.24 \text{ km}^2$ ,约占研究区面积  $16.48\%$ ;中等区面积约为  $70.24 \text{ km}^2$ ,约占研究区面积  $42.49\%$ ;较轻区面积约为  $51.61 \text{ km}^2$ ,约占研究区面积  $31.22\%$ 。

由分区结果得出:国有老铁矿和老煤矿区矿山环境问题仍然是黄石市矿山环境保护的工作重点之一,如铁山区露天和地采铁矿区、黄荆山北麓地采煤矿地段等矿山环境影响极严重区的矿山地质灾害问题十分突出。集体、私营个体小型矿山环境问题仍

将十分突出,如铁山区地采煤矿和露采灰岩,以及下陆区和西塞山区露采灰岩形成的矿山环境较严重区。矿山地质灾害、土地占用及破坏、地下水系统破坏等矿山地质环境问题,相当长时间内仍然存在。

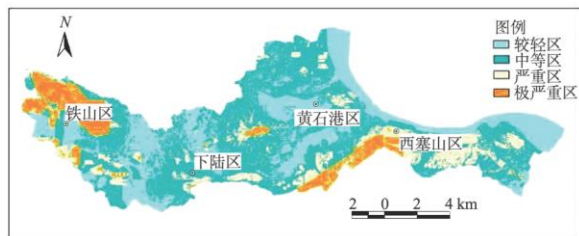


图 3 黄石市矿山地质环境影响评价分区图

Fig 3 The zoning map of mine geological environment impact assessment of Huangshi

## 5 结论与展望

本文是对黄石市矿山地质环境评价进行了探讨,得到的分区结果与实际情况和其他部门做出的评价结果基本吻合,证明选取的评价体系和方法是可靠有效的。但由于遥感数据对含水层破坏(尤其是地下水均衡系统)信息提取的局限性,本文对矿山地质环境中的含水层破坏未能提取,使得地质环境评价体系不够全面。

遥感作为主要的空间数据获取和地学空间探测技术,为地理信息系统提供最新最准确的海量数据信息,在遥感图像处理软件和地理信息系统软件平台的支持下,两种技术的结合对地质环境进行定量准确分析和评价,为区域地质环境的持续发展提供科学准确的依据,在环境科学中有着广阔的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 徐友宁. 矿山地质环境调查研究现状及展望 [J]. 地质通报, 2008, 27(8): 1235 - 1243. (XU You-ning Investigation and research on the mine geological environment present status and outlook [J]. Geological Bulletin of China, 2008, 27(8): 1235 - 1243. (in Chinese))
- [2] 胡明安, 徐伯骏, 张晓军, 等. 鄂东南大型矿业基地资源开发的环境影响评价指标及生态重建示范工程调研 [M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 2004. (HU Ming-an, XU Bo-jun, ZHANG Xiao-jun, et al. Index System of Mine Environment Evaluation and Ecological Reconstruction Demonstration Project research of Large-scale Mineral Resources Development in Southeastern Hubei Province [M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2004. (in Chinese))
- [3] 张进德, 张德强, 田磊. 全国矿山地质环境调查与综合评估技术方法探讨 [J]. 地质通报, 2007, 26(2): 136 - 140. (ZHANG Jin-de, ZHANG De-qiang, TIAN Lei Methods of investigations and integrated assessments of the nationwide mine geoenvironment [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(2): 136 - 140. (in Chinese))
- [4] 曹树刚, 武晓敏, 刘敏. 重庆矿山地质环境评价方法探讨 [J]. 山东科技大学学报 (自然科学版), 2007, 26(2): 1 - 4. (CAO Shu-gang, WU Xiao-min, LIU Min Study on the assessment methods for mine geological environment in Chongqing City [J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2007, 26(2): 1 - 4. (in Chinese))
- [5] 陈学军, 刘宝臣, 官志华. 矿山环境质量多层加权综合评价方法 [J]. 桂林工学院学报, 1997, 17(2): 178 - 182. (CHEN Xue-jun, LIU Bao-chen, GUAN Zhi-hua Preliminary discussion on multilayer weighting synthetic appraisal method of environmental quality in the mining area [J]. Journal of Guilin Institute of Technology, 1997, 17(2): 178 - 182. (in Chinese))
- [6] 徐友宁, 何芳, 袁汉春, 等. 中国西北地区矿山环境地质问题调查与评价 [M]. 北京: 地质出版社, 2006. (XU You-ning, HE Fang, YUAN Han-chun, et al. Investigation and Evaluation of Environmental Geological Problems of Mine in Northwest China [M]. Beijing: Geological Press, 2006. (in Chinese))
- [7] 汤国安, 杨昕. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程 [M]. 北京: 科学出版社, 2006. (TANG Guo-an, YANG Xin Experimental Course of ArcGIS Geographic Information Systems Spatial Analysis [M]. Beijing: Science Press, 2006. (in Chinese))
- [8] 杨青华, 张志, 杜军, 等. 三峡库区下岸溪小流域水土流失现状评估 [J]. 长江科学院院报, 2009, 26(4): 53 - 56. (YANG Qing-hua, ZHANG Zhi, DU Jun, et al. Soil erosion assessment on Xiapanxi small watershed of Three Gorges Reservoir Area [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2009, 26(4): 53 - 56. (in Chinese))
- [9] 王万忠, 焦菊英, 郝小品, 等. 中国降雨侵蚀力 R 值的计算与分布 ( ) [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(1): 29 - 39. (WANG Wan-zhong, JIAO Ju-ying, HAO Xiao-pin, et al. Distribution of rainfall erosivity R value in China ( ) [J]. Journal of Soil Erosion and Soil Conservation, 1996, 2(1): 29 - 39. (in Chinese))
- [10] 王广成, 闫旭骞. 矿区生态系统健康评价理论及其实证研究 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2006. (WANG Guang-cheng, YAN Xu-qian Evaluation Theory and Empirical Research of Ecosystem Health Assessment in Mine Area [M]. Beijing: Economic Science Press, 2006. (in Chinese))
- [11] 罗娟, 陈守余. 矿山环境质量评价指标体系及层次分析法评价 [J]. 安全与环境工程, 2005, 12(1): 9 - 12. (LUO Juan, CHEN Shou-yu Mine environmental quality evaluation index system and assessment of analytic hierarchy process [J]. Safety and Environmental Engineering, 2005, 12(1): 9 - 12. (in Chinese))

(编辑: 周晓雁)

(下转第 78 页)

## Application Study on Extracting Karst Area 's River System by Digital River Basin Assisted DEM

CHEN Wang<sup>1</sup>, DENG Ya-dong<sup>1,2</sup>, Liang Hong<sup>1</sup>, Xie Xiao-yun<sup>1</sup>, Li Jin-yi<sup>1</sup>

( 1. School of Geographic and Environmental Sciences, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China;

2 Institute of Karst Geology, CAGS, Guilin 541004, China )

**Abstract:** In recent years, with the rapid development and application of GIS in China, the distributed hydrological model closely integrated with GIS has become a focus and hotspot of hydrological forecasting research. To build a more accurately distributed hydrological forecasting system, one of its core problems is to extract water flow direction matrix in a river basin based on DEM. However, karst regions in south China possess a binary spatial structure of both surface and underground, where there are a lot of funnels, depressions and caverns developing on the surface. The conventional method of filling depression will change the flow direction of true grid cells in the karst regions and result in a large number of flat areas. Furthermore, there are a large number of parallel water systems and channels to be lost in the extracted water system. This thesis can provide extracting a real water system under the background of karst topography by using digital river network technology to amend DEM without filling depression. There are almost no parallel water systems and channels to be lost in the extracted river. The water system extracted with this method has a better actual value to establishing a more precisely distributed hydrological model in karst area.

**Key words:** karst; distributed hydrologic model; DEM

(上接第 73 页)

## Quantitative Assessment on Mining Geological Environment in Huangshi City with GIS and RS

YANG Qing-hua<sup>1,2</sup>, LI Yi<sup>1,2</sup>, DU Jun<sup>3</sup>

(1. College of Resource and Environmental Science Guangxi Normal University, Guilin 541004; China;

2. The Guangxi Key Laboratory of Environmental Engineering, Protection and Assessment, Guilin 541004, China;

3. Institute of Geographical Sciences, Henan Academy of Sciences Zhengzhou 450000, China)

**Abstract:** In this paper, the Huangshi City (including Huang Shigang District, Xisaishan District, Xialu District and Tieshan District) was taken as the research object. By means of SPOT5 remote sensing data on January 27, 2009 and December 16, 2008, in combination with topographic map of the study districts and the registration of mining rights and other related information, an assessment system of the mine geological environment was established. With contraposing various indexes, the GIS and RS extraction methods appropriate to every index were proposed and the single factor graduation map was obtained. Analytic hierarchy process(AHP) method was applied to give the weight of every index factor. Then, the grid operation of GIS was applied, based on classification system of evaluation index and comprehensive evaluation model of mine geological environment, to make the zoning map of mine geological environment of Huangshi City. The results provide an useful reference for mine geological environment protection and recovery and management planning, as well as establish certain theoretical basis for mine geological environment evaluation and research.

**Key words:** mining geology; geological environment evaluation; GIS; RS; Huangshi City