



河南省许昌市矿山地质环境分区评价研究

宋高举,黄继超,张 公,王 帅

河南省地质矿产勘探开发局 第二地质环境调查院,河南 郑州 450053

摘 要:以斜坡单元作为评价单元,通过建立区域地质环境背景、资源损毁和地质灾害 3 要素评价指标体系,对各评价指标进行量化,赋予权重,利用 GIS 图层叠加分析,对许昌市矿山地质环境进行分区评价。分区结果与现状调查结果较为一致,验证了此方法的实用性,为规划与治理该地区矿山环境地质问题提供参考依据。

关键词: GIS;斜坡单元;矿山地质环境;分区评价;地质灾害;河南省

ZONING EVALUATION OF MINE GEOLOGICAL ENVIRONMENT IN XUCHANG CITY, HENAN PROVINCE

SONG Gao-ju, HUANG Ji-chao, ZHANG Gong, WANG Shuai

No.2 Geo-environment Survey Institute, Henan Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zhengzhou 450053, China

Abstract: Taking slope unit as evaluation unit, through establishing the evaluation index system of three factors including regional geological environment background, resource damage and geological hazard, the evaluation indexes are quantified and weighted to make the zoning evaluation of mine geological environment in Xuchang City by layer overlapping analysis of GIS technology. The zoning results are consistent with the current survey, which verifies the practicability of the method and provides reference for planning and treatment of mine geological environment in the area.

Key words: GIS; slope unit; mine geological environment; zoning evaluation; geological hazard; Henan Province

0 引言

矿山地质环境影响的综合评价是在矿山地质环境调查和研究的基础上,按照一定的评价原则及标准,选用合适的方法,对矿山地质环境质量的优劣做出评判和划分。矿山地质环境影响评价可揭示出矿山存在的主要地质环境问题,为相关部门监督、规划与治理矿山环境地质问题提供参考依据。

矿山地质环境影响的综合评价可以采用许多种方法,如:加权比较法、地理信息系统图层叠加分析法、综

合指数法、模糊综合评判法等^[1-7]。随着技术不断成熟,基于 RS 和 GIS 的矿山地质环境综合评价越来越多^[8-13]。本次研究结合许昌市矿山地质环境问题,采用 GIS 图层叠加分析法与综合指数法相结合对许昌市的矿山地质环境进行评价。

1 研究区概况

河南省许昌市矿产资源丰富,是煤炭、铁矿、铝土矿、耐火黏土、水泥灰岩、建筑石料灰岩等矿产的重要

收稿日期:2021-03-16;修回日期:2021-07-13。编辑:黄欣。

基金项目:河南省自然资源厅项目“河南省 1:5 万矿山地质环境调查”(2015-289)。

作者简介:宋高举(1984—),男,高级工程师,主要从事水工环地质研究,通信地址 河南省郑州市南阳路 56 号,E-mail//gaojvsong@163.com

成矿区。截至 2015 年底,许昌市已发现 32 种矿产,查明资源储量的矿产 7 种,矿产地 46 处。其中大型矿床 8 处,中型矿床 12 处,小型矿床 24 处,共有各类持证矿山企业 123 家。

根据许昌市矿山开采情况,选择许昌市矿产资源集中开采区为评价区,坐标范围为东经 113°06′~113°45′,北纬 33°42′~34°24′(图 1)。行政区别包括禹州市西部方山镇、鸠山镇、梁北镇,北部无梁镇、浅井镇;襄城县北部汾陈镇,南部十里铺镇、湛北乡;建安区灵井镇。矿山以开采煤矿、铝土矿、铁矿、石灰岩矿为主。

2 分区评价方法

2.1 分区原则

以各类矿山环境问题的现状、分布及发展趋势为依据,以采矿对周边环境的影响程度,兼顾考虑地质环境背景条件,并突出重点为分区原则。由于影响矿山地

质环境的各要素之间相互联系又相互影响,需要在各单因素评价的基础上,综合评价矿山地质环境质量。评价每个要素对矿山地质环境质量影响的同时,结合以往研究资料并根据实际情况予以综合判定。

2.2 评价单元划分

进行矿山地质环境综合评价,首先采用栅格单元法对评价区进行评价单元的划分。该方法的优点是可利用 GIS 软件实现单元的快速划分,同时栅格数据为矩阵形式,可借助计算机实现快速运算,缺点是栅格单元与地形、地貌及地质环境条件信息缺乏有机联系,为了充分考虑矿山地质问题所形成的地质环境条件,更合理划分评价单元,笔者利用许昌地区 1:5 万 DEM 数据,在栅格法基础上引入水文解析法划分评价单元。

水文解析法首先是对 DEM 进行洼地填充,然后依据填充后的 DEM 求流向图,根据流向获取各单元的累积流量,设定某一栅格单元的最小汇水单元格

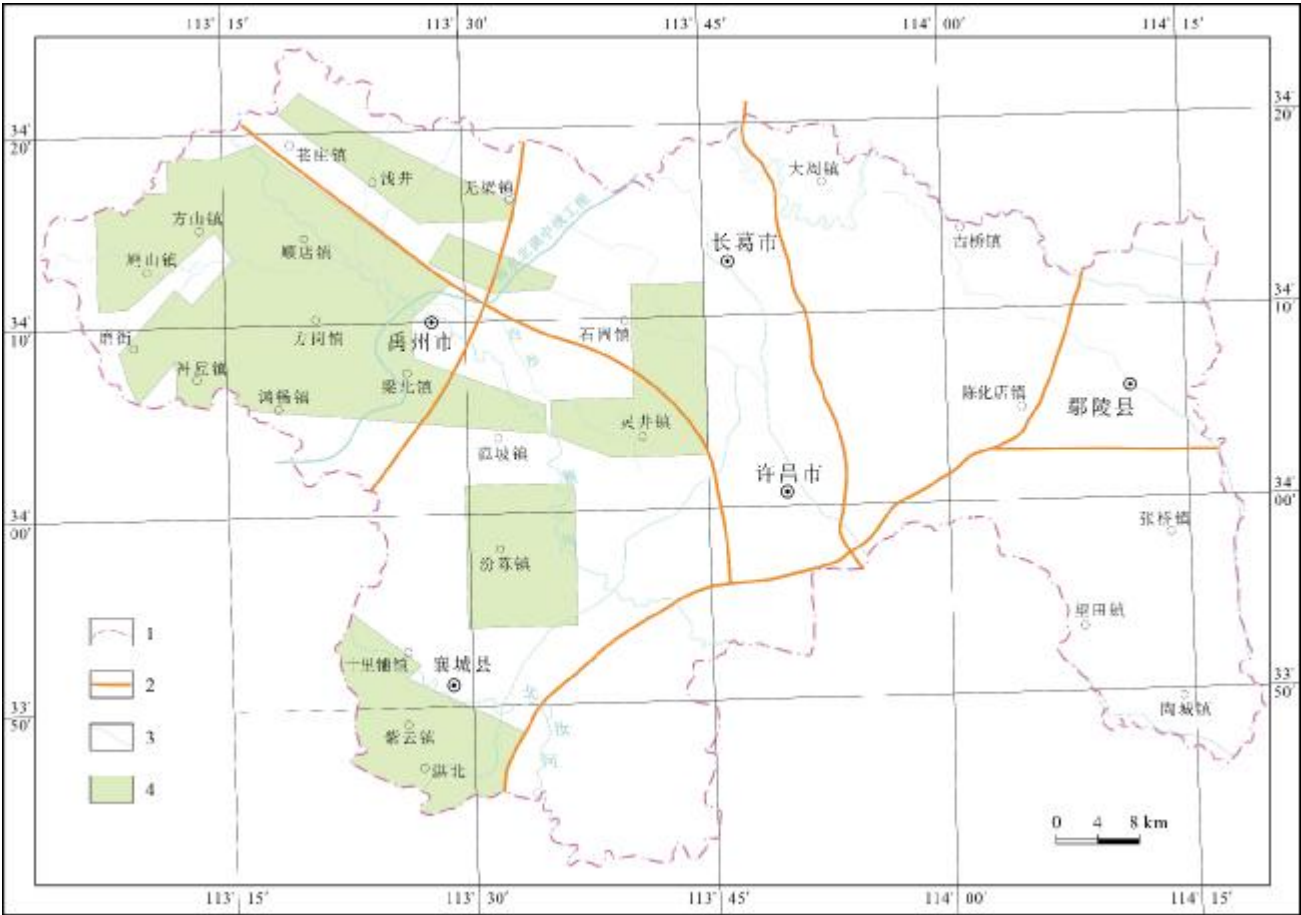


图 1 评价区范围图

Fig. 1 Scope of the evaluation area

1—市界(city boundary); 2—高速公路(highway); 3—水系(water system); 4—评价区(evaluation area)

数,得到整个区域的集水区.随着设定的最小汇水单元格数的增大,能够得到更大面积的汇水区域.该方法也可通过设定不相同的最小汇水单元数,开展不同精度的研究.根据地形特征,汇水区边界就是分水线,为了找到河谷线,利用反向 DEM 进行上述水文汇水分析,将原始的 DEM 按照水平线进行反转,原来的高点变成低点,得出的新汇水边界就变成河谷线.

在最终得到斜坡单元栅格数据的基础上,利用 GIS 的栅格矢量转换得到斜坡面域,在此转换中,会产生一些假的面集和面积很小的面集单元,再通过 GIS 的融合归并功能来削除不合理元素,得到栅格评价单元面数据集.使用这一方法将评价区划分为 2243 个评价单元(图 2).



图 2 评价单元划分结果图
Fig. 2 Division result of evaluation unit

2.3 评价体系的建立

评价体系的要素选取和权重赋值,在参考已有成果^[14-21]的基础上,结合本次评价的重点,进行了重新构建,以单个矿山或多个矿山的矿区为基本评价单元,将开发矿产资源诱发或加剧矿山环境地质问题的严重程度、灾害损失以及直接经济损失 3 项作为矿山环境地质问题评价依据.

许昌市矿山地质环境问题的发育特征和发育强度与矿山地质环境背景和矿山开发强度密切相关.许昌地区煤炭资源量丰富,可采煤层厚度大、易开采,决定了煤矿大规模、高强度开采的特点.矿山大规模和高强度的开发导致采空区塌陷成为最主要的矿山地质环境问题,同时也造成水资源均衡破坏、植被覆盖率降低等严重的生态环境问题.

结合许昌市的区域地质背景以及矿山环境调查统计情况,选取影响程度较突出的指标进行评价,构建评价体系(表 1),主要包括两个层次:①要素层,区域地质环境背景、资源损毁和地质灾害 3 个要素;②指标层,每一要素包括若干指标,一个指标又可用一个或若干个因子表征.区域地质环境背景的指标包括:地形地貌,植被覆盖,多年平均降水;资源损毁指标包括:土地压占与破坏,地形地貌景观破坏,水资源破坏;地质灾害指标包括:地面塌陷,地裂缝,崩塌及隐患.

表 1 矿山地质环境评价指标体系
Table 1 Evaluation index system of mine geological environment

要素层	指标层	组成要素
区域地质环境背景	地形地貌	地形坡度
	植被覆盖	植被覆盖程度
	多年平均降水	年降水量强度
资源损毁	土地压占与破坏	采矿场+废石堆+煤矸石占压土地等
	地形地貌景观破坏	破坏面积及强度
	水资源破坏	破坏强度
地质灾害	地面塌陷	影响范围
	地裂缝	破坏程度
	崩塌及隐患	可能造成的影响与危害

3 评价指标分级与量化取值

根据中国地质调查局 2004 年 10 月颁行的《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质量等级分区,分区等级统一规定为地质环境质量好、较好、较差、差 4 个等级,以此原则将矿山地质环境的指标因子及矿山地质环境质量等级划分为好(Ⅰ级)、较好(Ⅱ级)、较差(Ⅲ级)和差(Ⅳ级) 4 个等级.指标因子等级赋值标准及指标加权综合评价时,由加权评

定分值确定相应等级的标准(表 2)。

表 2 各指标因子等级及其赋值标准和加权评定分值
Table 2 Grading of each index factors with assignment standard and weighted evaluation score

分级	I 级	II 级	III 级	IV 级
因子评定分值	0.3	0.5	0.7	0.9
加权评定分值	<0.4	0.4~0.6	0.6~0.8	>0.8

本次矿山地质环境影响评价划分为影响严重、影响较严重和影响一般 3 个等级。根据这 3 个等级的划分,评价因素的指标界线也分为好、较好、较差 3 个等级。各参评因子评价标准的基准值是根据《区域环境地质调查总则(试行)》(DD2004—02)、《矿山地质环境调查评价规范》(DD2014—05)等相关规范,同时结合研究区实际情况给出的,并考虑到未来的可行性,尽量使其量化,无法量化的将采用经验判断或专家打分方法给予赋值,具体见表 3。

表 3 各评价指标等级分级
Table 3 Grading of each evaluation index

要素层	指标层	影响程度分级及量值		
		好(0.3)	较好(0.5)	较差(0.7)
区域地质 环境背景	地形地貌坡度/(°)	<10	10~30	>30
	植被覆盖/%	>40	20~40	<20
	多年平均降水/mm	<400	400~600	>600
资源损毁	土地压占与破坏	较轻	较严重	严重
	地形地貌破坏	较轻	较严重	严重
	含水层破坏/(m³/d)	3000	300~10000	>10000
地质灾害	地面塌陷/km²	<0.1	0.1~1	>1
	地裂缝/m	<100	100~500	>500
	崩塌及隐患/10⁴ m³	<1	1~10	>10

3.1 区域地质环境背景的量化

1)坡度指标

利用 ArcGIS 平台从 DEM 数据中分别提取评价区的坡度信息,进行归一化。由于 30°以上斜坡发生崩塌的频率很高,因此将 30°以上斜坡的影响程度定义为 1,而 10°以下斜坡发生崩塌的频率则很低,其影响程度定义为 0;将 10~30°之间斜坡的影响程度,按照不同坡度区间发生崩塌地质现象的概率进行 0~1 之间的线性归一化。

2)植被覆盖率

利用 ArcGIS 平台从 DEM 数据中分别提取评价区的地表曲率信息,然后利用 MODIS 遥感数据计算植被指数,将植被覆盖率小于 20%的定义为 1,植被覆盖率大于 40%的定义为 0,将全区植被覆盖率进行 0~1 之间归一化差值处理。

3)降雨指标

根据许昌地区的降雨特征,选用降雨不均匀系数来量化降雨因素,将全区降雨不均匀系数进行 0~1 之间归一化差值处理。降雨不均匀系数是指多年的汛期(7—9 月)平均降雨量与多年的年平均降雨量之比,可以客观地反映出某一地区降雨的不均匀性,即降雨的集中程度,也就是相对的降雨强度。降雨不均匀系数越大,说明降雨越集中,相对的降雨强度越大。

3.2 资源损毁的量化

1)土地压占破坏指标

将影响程度严重的定义为 1,影响程度较轻的定义为 0,将全区土地压占与破坏进行 0~1 之间归一化差值处理。

2)地形地貌景观指标

将影响程度严重的定义为 1,影响程度较轻的定义为 0,将全区地形地貌景观进行 0~1 之间归一化差值处理。

3)地下水含水层破坏指标

将矿井排水量大于 10 000 m³/d 定义为 1,矿井排水量小于 3 000 m³/d 定义为 0,将全区含水层破坏进行 0~1 之间归一化差值处理,得到含水层破坏指标归一化结果。

3.3 地质灾害的量化

1)地面塌陷指标

根据地面塌陷影响范围,将地面塌陷影响面积大于 1 km² 的定义为 1,地面塌陷影响面积小于 0.1 km² 的定义为 0,将全区地面塌陷指标进行 0~1 之间归一化差值处理。

2)地裂缝指标

根据地裂缝的发育长度,将地裂缝长度大于 500 m 的定义为 1,地裂缝长度小于 100 m 的定义为 0,将全区地裂缝指标进行 0~1 之间归一化差值处理。

3)崩塌及隐患指标

根据崩塌及隐患发育规模,将规模大于 10×10⁴ m³

似为分区原则,确定分区界线,形成矿山地质环境综合评价分区。许昌地区矿山地质环境综合评价分为3个区:矿山地质环境影响严重区、矿山地质环境影响较严重区和矿山地质环境影响一般区。

1) 矿山地质环境影响严重区(Ⅰ)

在Ⅰ区域内,地形坡度局部较陡,采矿活动相对剧烈,矿山地质环境问题类型较多,如崩塌、地面塌陷、地裂缝、地形地貌景观破坏、土地资源压占、含水层破坏等。对矿山及周边环境所引起的破坏影响较大,且不易恢复。

涉及的乡镇有禹州市浅井乡东、无梁镇南、古城镇南、方山镇南、磨街乡北,襄城县紫云镇西南、许昌县灵井镇泉店村。总面积约272.82 km²,地貌上为中低山-丘陵区,海拔400~1150 m,地表出露寒武系、奥陶系、石炭系灰岩、白云岩,二叠系泥岩、砂岩,三叠系砂岩等。进一步可划分为7个亚区(图3)。

2) 矿山地质环境影响较严重区(Ⅱ)

该区地形相对较缓,随着矿山采矿活动的深入,可能出现的矿山地质问题有植被破坏、土地压占、煤矸石堆积等。矿山地质环境问题类型单一,程度较严重—较轻,故将该区域划为地质环境影响较严重区。涉及的乡镇有禹州市茱庄镇大部分、浅井乡北、无梁镇北、古城镇西北、方山镇西、鸠山镇东南、神垕镇大部分、三峰山北部一带,襄城县南部湛北乡一带,许昌县石固镇东、长葛市陞山一带,总面积约420.34 km²,进一步可划分为9个亚区(图3)。

3) 矿山地质环境影响一般区(Ⅲ)

除上述以外的其它地区,面积2246.3 km²,地貌类型主要为冲积平原,地面高程80~130 m,坡降3‰左右,地形平坦,由全新统粉土及黑灰色粉质黏土组成。此区矿山企业分布较少,矿山地质灾害基本不发育,矿山影响程度低。

5 结论

本研究以区域地质环境背景、资源损毁和地质灾害为评价要素,通过建立综合评价指标体系对许昌市矿山地质环境进行分区评价,综合得出如下结论。

1) 采用水文解析的方法,对评价区域进行划分,比较符合实际地形、地貌、地质环境条件,比传统的网格剖分更接近天然地质条件,单元格数据处理精度高、速

度快。

2) 以单个矿山或多个矿山构成的矿区为基本评价单元建立评价指标体系。矿山环境地质问题的严重程度、灾害的损失以及直接经济损失作为分级依据,把区域地质环境背景、资源损毁和地质灾害3个要素进行量化、赋予权重,根据GIS图层叠加分析得到评价结果。

3) 将矿山地质环境综合评价图与矿山开发环境现状反复拟合,以矿区相对集中,矿种类似为分区原则,确定分区界线,形成矿山地质环境综合评价分区。许昌市矿山环境地质综合评价分为3个区:矿山地质环境影响严重区、矿山地质环境影响较严重区和矿山地质环境影响一般区。

参考文献(References):

- [1] 温守钦, 李仁锋, 任群智, 等. GIS技术在地质灾害区划中的应用[J]. 中国地质, 2005, 32(3): 512-517.
Wen S Q, Li R F, Ren Q Z, et al. Application of GIS technology in the regionalization of geological hazards[J]. Geology in China, 2005, 32(3): 512-517.
- [2] 吴柏清, 何政伟. GIS技术在四川省九龙县地质灾害危险性评价中的应用[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2008, 19(2): 114-117, 123.
Wu B Q, He Z W. Application of GIS technology in the risk assessment of geological hazards in Jiulong County[J]. The Chinese Journal of Geological Hazard and Control, 2008, 19(2): 114-117, 123.
- [3] 尚慧, 倪万魁, 程花. 斜坡单元划分在彭阳县地质灾害危险性区划中的应用[J]. 中国水土保持, 2011(3): 48-50.
Shang H, Ni W K, Cheng H. Application of slope unit division to risk zoning of geological hazards of Pengyang County[J]. Soil and Water Conservation in China, 2011(3): 48-50.
- [4] 周启鸣, 刘学军. 数字地形分析[M]. 北京: 科学出版社, 2006: 52-70.
Zhou Q M, Liu X J. Digital terrain analysis[M]. Beijing: Science Press, 2006: 52-70. (in Chinese)
- [5] 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: 429-445.
Tang G A, Yang X. ArcGIS spatial analysis experiment course[M]. Beijing: Science Press, 2006: 429-445. (in Chinese)
- [6] 何芳, 徐友宁, 袁汉春. 矿山环境地质问题综合评价客观权值确定方法探讨[J]. 中国地质, 2008, 35(2): 337-343.
He F, Xu Y N, Yuan H C. Method for the determination of objective weight-values in the comprehensive evaluation of mine environmental geological problems[J]. Geology in China, 2008, 35(2): 337-343.
- [7] 黄栋良, 万益宏. 湖南常德市矿山地质环境综合评价分区研究[J]. 地质学刊, 2010, 34(1): 104-109.

- Huang D L, Wan Y H. Study on evaluation partition of mine geological environment in Changde of Hunan[J]. *Journal of Geology*, 2010, 34(1): 104-109.
- [8]高永志, 郑卫政, 初禹. 基于RS与GIS的黑龙江省矿山地质环境评价研究[J]. *地质与资源*, 2016, 25(2): 171-175.
- GAO Y Z, Zheng W Z, Chu Y. Assessment of geological environment of mines in Heilongjiang province based on RS and GIS[J]. *Geology and Resources*, 2016, 25(2): 171-175.
- [9]廖振威, 王志星, 黄诚, 等. 基于RS和GIS的广西矿山地质环境综合评价[J]. *中国地质调查*, 2016, 3(4): 43-48.
- Liao Z Wei, Wang Z X, Huang C, et al. Comprehensive evaluation of mine geological environment in Guangxi based on RS and GIS[J]. *Geological Survey of China*, 2016, 3(4): 43-48.
- [10]孙厚云, 金兴, 王晨昇, 等. 基于RS、GIS与AHP的巴音高勒小流域矿集区地质环境综合评价[J]. *矿产勘查*, 2019, 10(8): 2093-2103.
- Sun H Y, Jin X, Wang C S, et al. Comprehensive evaluation of geological environment in mineral concentrated areas of Bayingaole watershed based on AHP, RS and GIS [J]. *Mineral Exploration*, 2019, 10(8): 2093-2103.
- [11]东启亮, 张路飞, 张志科, 等. 基于AHP的大尺度空间域矿山地质环境评价研究[J]. *矿产勘查*, 2020, 11(8): 1780-1787.
- Dong Q L, Zhang L F, Zhang Z K, et al. Research on mine geological environment evaluation based on AHP in large scale spatial region[J]. *Mineral Exploration*, 2020, 11(8): 1780-1787.
- [12]郭峰, 聂邦亮, 石长柏, 等. 宜昌市夷陵区磷矿矿山地质环境综合评价分区评价[J]. *资源环境与工程*, 2012, 26(3): 240-244.
- Guo F, Nie B L, Shi C B, et al. Zoning evaluation of comprehensive evaluation of phosphate mine geological environment in Yiling District, Yichang city[J]. *Resources Environment & Engineering*, 2012, 26(3): 240-244.
- [13]殷坤龙, 朱良峰. 滑坡灾害空间区划及GIS应用研究[J]. *地学前缘*, 2001, 8(2): 279-284.
- Yin K L, Zhu L F. Landslide hazard zonation and application of GIS [J]. *Earth Science Frontiers*, 2001, 8(2): 279-284.
- [14]崔剑, 白朝军, 宋轩. 基于层次分析法的河南省矿山环境评价[J]. *河南科技*, 2019(5): 149-153.
- Cui J, Bai C J, Song X. Mine environment evaluation in Henan Province by analytic hierarchy process [J]. *Henan Science and Technology*, 2019(5): 149-153.
- [15]罗清威, 冯有利. 基于层次分析法的矿山地质环境问题危害程度综合评价[J]. *地质灾害与环境保护*, 2015, 26(3): 85-88.
- Luo Q W, Feng Y L. Comprehensive assessment for damage degree of geo-environmental problems at mines, based on the analytic hierarchy process[J]. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 2015, 26(3): 85-88.
- [16]李雪宇, 文武飞. 基于层次分析法和GIS的矿山地质环境综合评价——以湘潭市雨湖、岳塘区为例[J]. *国土资源导刊*, 2020, 17(2): 49-54.
- Li X Y, Wen W F. Comprehensive impact assessment of mine geological environment based on AHP and GIS: A case study of Yuhu and Yuetang Districts in Xiangtan[J]. *Land & Resources Herald*, 2020, 17(2): 49-54.
- [17]朱双燕, 范旭光, 王莹. 基于综合判断法的矿山地质环境分区评价[J]. *能源与环保*, 2019, 41(5): 62-65.
- Zhu S Y, Fan X G, Wang Y, et al. Partition evaluation of mine geological environment based on comprehensive judgment method[J]. *China Energy and Environmental Protection*, 2019, 41(5): 62-65.
- [18]宋高举, 黄继超, 吴东民. 基于斜坡单元划分法的汝阳县地质灾害易发性区划[J]. *地质灾害与环境保护*, 2015, 26(1): 103-107.
- Song G J, Huang J C, Wu D M, et al. Applying slope unit division method in Zoning Ruyang County in terms of geo-hazard proneness [J]. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 2015, 26(1): 103-107.
- [19]张公, 刘承勇, 黄继超, 等. 基于GIS技术的修武县地质灾害易发性分析[J]. *地下水*, 2018, 40(1): 124-125, 176.
- Zhang G, Liu C Y, Huang J C, et al. Analysis of geological hazard susceptibility in Xiuwu County based on GIS technology[J]. *Ground Water*, 2018, 40(1): 124-125, 176. (in Chinese)
- [20]宋高举, 郑栋材, 黄继超, 等. 许昌市矿山地质环境问题浅析[J]. *地质灾害与环境保护*, 2020, 31(2): 57-61.
- Song G J, Zheng D C, Huang J C, et al. Brief analysis of mine geological environment problems in Xuchang City [J]. *Journal of Geological Hazards and Environment Preservation*, 2020, 31(2): 57-61.
- [21]邬光海, 王晨昇, 陈鸿汉. 内蒙古废弃钨钼矿区周围土壤重金属污染生态环境评价及成因分析[J]. *中国地质*, 2020, 47(6): 1838-1852.
- Wu G H, Wang C S, Chen H H. Eco-environmental assessment and genetic analysis of heavy metal pollution in the soil around the abandoned tungsten-molybdenum mine area in Inner Mongolia [J]. *Geology in China*, 2020, 47(6): 1838-1852.