

DOI:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.2020.01.21

基于RS和GIS的临武县矿山地质环境调查评价

刘博,姚腾飞,皮建高,周鑫,王璨

(湖南省地质矿产勘查开发局402队,湖南长沙 410000)

摘要: 本文通过遥感解译和实地核查,查明了临武县主要的矿山地质环境问题,并对矿山地质环境问题和地质环境背景条件进行分析研究,建立矿山地质环境综合评价指标体系,应用“专家打分-层次分析法”确定评价指标权重,根据相关规范确定评价指标等级,建立评价模型。基于ArcGIS平台,对各指标进行信息提取、赋值和叠加运算,再根据综合评价分级标准,得到矿山地质环境综合评价分区图。评价结果与实际调查情况相符,说明建立的评价指标体系较合理。研究成果对临武县矿山地质环境保护与生态文明建设具有重要的参考意义。

关键词: RS;GIS;矿山;地质环境问题;评价

中图分类号: TD167

文献标识码: A

文章编号: 1003-8035(2020)01-0135-08

Survey and evaluation of mine geological environment in Linwu County based on RS and GIS

LIU Bo, YAO Tengfei, PI Jiangao, ZHOU Xin, WANG Can

(402 Geological Prospecting Party, Changsha, Hunan 410000, China)

Abstract: The main mine geological environment problems in Linwu County are identified by remote sensing interpretation and field verification. This paper analyzes and studies the geological environment problems of mines and the background conditions of geological environment, the comprehensive evaluation index system of mine geological environment is determined using the “expert scoring-analytic method” to calculate the weight of the evaluation index. The evaluation index level according to relevant norms is divided, and the evaluation model is established. Based on the ArcGIS platform, the indexes are extracted, assigned and superimposed, and then the calculation results are partitioned according to the comprehensive evaluation grading standard and the indexes. The results are consistent with the field investigation, indicating that the established evaluation index system is reasonable. The research results demonstrate significance of reference for mine geological environment protection and ecological civilization construction in Linwu County.

Keywords: RS; GIS; mine; geological environment problem; evaluation

0 引言

湖南省临武县位于湖南省最南部,南部与广东省接壤,湘江、珠江两江之源,境内矿藏资源丰富,被誉为

“小有色金属之乡”和“煤炭之乡”。由于长期的矿山开采,引发了地质灾害、水土污染、土地资源占用与破坏等一系列矿山地质环境问题。矿山开采不仅影响了临武县矿产资源可持续利用和生态文明建设,也对湘

收稿日期:2019-07-15;修订日期:2019-08-26

第一作者:刘博(1987-),男,湖南娄底人,环境工程专业,硕士研究生,高级工程师,主要从事遥感技术与水工环地质研究。
E-mail:liubocug@foxmail.com

通讯作者:姚腾飞(1984-),男,湖南邵阳人,水文与水资源工程专业,本科,高级工程师,主要从事水工环地质研究。E-mail:84900861@qq.com

江流域和珠江流域下游造成了危害。因此从 2017 年开始对临武县矿山地质环境开展调查评价工作。

随着遥感技术的发展,遥感数据已显现出高空间分辨率、高光谱分辨率、高时间分辨率的“三高”特征。越来越多的遥感数据应用于矿山地质环境调查中。如利用 SPOT-6 高分辨率影像调查矿山土地压占破坏和地质灾害^[1];应用高光谱进行矿山重金属浓度反演^[2];应用 InSAR 技术在矿区地表沉降监测^[3]。而 GIS 技术广泛应用于矿山地质环境综合评价中^[4-5],本文从地质环境背景条件和矿产资源开采活动影响两个方面对矿山地质环境进行综合评价。调查成果为加强矿山地质环境保护与监督管理,提供基础资料,促进临武县绿色矿业发展与生态文明建设。

1 研究区概况

1.1 自然地理

临武县地处湖南省最南部,南岭山脉东段北麓,境内以山地、丘陵为主,有少量的溪谷平地。水系发育,属珠江、湘江两大水系。气候温和,雨量充沛,光热充足,年平均气温为 17.9℃,年平均降雨量为 1 421.8 mm。

1.2 矿产资源开发利用现状

全县已发现的固体矿种有 46 种,已发现矿床 82 处,其中共有大型及以上矿床 2 处,中型矿床 8 处,小型矿床 24 处,其余各类矿点 48 处。根据全县的矿山地质环境调查,全县共有发证矿山 60 个,其中部级矿山 1 个,省级矿山 37 个,市级矿山 1 个,县级矿山 21 个;按矿类划分,能源矿产 20 个,有色金属 17 个,黑色金属 1 个,建材及其它非金属矿产 22 个;按矿山规模划分,中型 2 个,小型 58 个。

2 矿山地质环境遥感调查

2.1 数据源选择

根据需要解译的矿山地质环境背景条件及地质环境问题有针对性的选取遥感影像。此次矿山调查主要选择 Landsat8 oli 数据和 Worldview-2 等高分率遥感影像(表 1)。

2.2 建立遥感解译标志

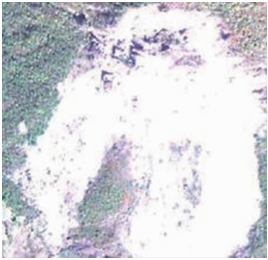
遥感影像的解译标志,也称判读要素,它是遥感影像上能直接反映和判别地物信息的影像特征。判读的基本要素包括形状、大小、色调、颜色、纹理、图案、阴影、位置和布局。表 2 为临武县主要矿山地质环境问题遥感解译标志。

表 1 遥感数据源及其特征

Table 1 Remote sensing data source and its characteristics					
数据类型	成像时间	范围	波段数	分辨率	用途
Landsat 8	2016—2018	临武县	9	15 m	土地占用和植被覆盖度
Worldview-2 等高分辨率影像	2016—2018	临武县矿区	3	0.46 m	土地占用和地质灾害调查

表 2 临武县主要矿山地质环境问题遥感解译标志

Table 2 Remote sensing interpretation mark of major mine geological environment problems in Linwu County					
地类	判读标志	特征描述	地类	判读标志	特征描述
尾矿库		一般呈白色或灰白色,色调较单一,表面平滑,中间有浅绿色或深绿色水域。尾矿库一般占地面积较大。	矿山公路		白色或灰白色,反射率高,色调单一,长曲线形,与周围地物反差大,边界明显,与矿山相连接。
废石堆		灰色或灰褐色,色调较单一,表面平滑,边界明显,呈扇形或锥形较多。尾矿堆一般都有矿山公路相连接,周围分布有矿仓、工业广场等与采矿相关的基础设施。	煤研石堆		黑色或灰黑色,色调单一,表面平滑,边界明显,一般都有矿山公路相连接,周围分布有工业广场等与采矿相关的建筑物和构筑物。

			续表		
地类	判读标志	特征描述	地类	判读标志	特征描述
工业广场		矿山厂房一般呈浅蓝色或蓝色,边界明显,呈矩形,一般比居民房大。由于房屋与地面有高差,房屋周边有阴影存在。厂房一般建在矿山附近。	滑坡		滑坡多呈簸箕形、舌形、椭圆形或不规则状等。有滑坡壁、滑坡台阶等,滑体上植被杂乱呈马刀树或醉汉林。
露天采矿		露天采矿反射率较高,表面较紊乱,边界较明显,形状不规则。一般位于山丘旁,周边植被覆盖较好。有矿山公路连接,方便车辆进出。	泥石流		泥石流一般沿冲沟发育,上游山体陡峻,岩石破碎强烈。形状呈长条形或扇形,有大量松散固体物质堆积颜色较浅。

2.3 遥感解译和实地核查

根据建立的遥感解译标志,对高分辨率遥感影像进行人机交互解译。在 ArcGIS 中,导入已有矿权信息和收集的矿山图件,提取露天采场、工业广场、矿山公路、废石堆、尾矿库、煤矸石堆、泥石流等信息。把遥感影像和室内解译的数据导入到平板矿山调查系统,到实地进行核查,对误判图斑进行修正、对遗漏图斑进行补充,并完善相关信息。

3 主要的矿山地质环境问题

根据全县矿山地质环境调查,因矿山开采引发的地质灾害 22 处,其中滑坡 2 处、地面塌陷 5 处、地面沉降 9 处、泥石流(尾砂、废石流)6 处(表 3、图 1)。矿山开采占用破坏土地资源 573.23 ha,其中占用工矿仓储用地 277.18 ha、水田 7.68 ha、其它耕地 14.37 ha、园地 6.15 ha、林地 143.01 ha、草地 15.35 ha、住宅用地 22.85 ha、其他 86.63 ha。固体废弃物排放累积量 $1.263 \times 10^7 \text{ m}^3$ 。存在排水的矿坑 47 处,其中抽排水 19 处,自然排水 28 处。全县共采集 337 组地表水样,其中 118 组水样重金属超标;采集 11 组地下水水样并检测,其中 4 组水样达到Ⅲ类水标准,7 组水样达到Ⅳ类水标准;采集 226 组土样,根据土壤污染综合指数,污染超标的土壤样品有 178 组,占总样品数的 78.76%。

4 矿山地质环境综合评价方法

4.1 评价指标体系构建

在遵循评价指标的完整性、层次性、客观性、简明

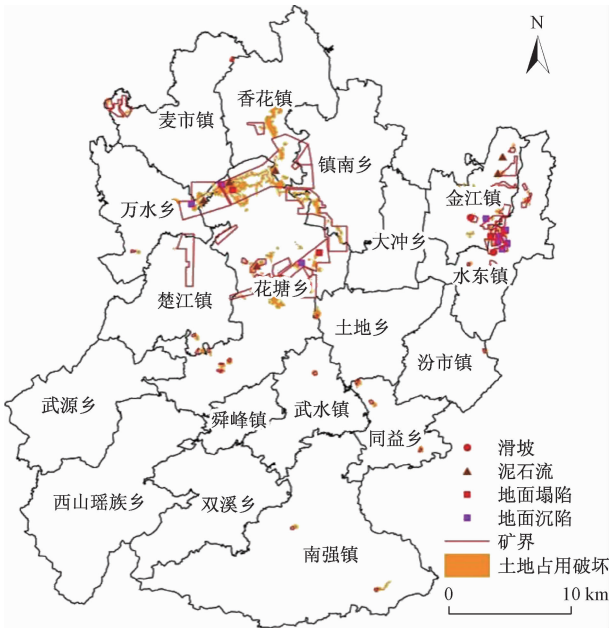


图 1 临武县主要矿山地质环境问题分布图
Fig.1 Distribution of the main mine geological environment problems in Linwu County

性等选取原则的基础上,建立研究区科学的矿山地质环境综合评价指标体系。

矿山地质环境影响综合评价除了考虑矿产资源开采活动对矿山地质环境直接造成影响外,还应该考虑矿区地质环境背景条件,如地形地貌、生态条件、水文条件、工程地质条件等,因为矿山地质环境本身也受上述背景条件的控制,在某种程度上会减缓或加剧采矿对地质环境的影响程度。综合考虑矿山地质环境背景条件和矿产资源开采活动影响两方面因素,从而构成

了矿山地质环境综合评价一级指标;二级指标包括地形地貌、生态条件、水文条件、工程地质条件等 10 个指标(表 4);三级指标包括地形坡度、高差、植被覆盖度、土地利用等 14 个指标(表 4)。

4.2 评价指标等级的确定

在确定的 14 项评价指标中,综合分析各项指标的特征,借鉴《矿山地质环境调查评价规范》、《矿山地质环境综合防治方案编制规范》等相关行业规范标准,

结合专家经验确定评价等级并赋值(表 5、表 6)。

4.3 评价指标权重的确定

本文中采用主观定权法中的“专家打分-层次分析法”。该方法较好地结合了定性分析与定量分析。由专家组对各指标两两之间的重要程度做出比较判断,建立一个判断矩阵,再通过层次分析,得到各层次中每个指标的权重,并进行一致性检验以确保其客观性(表 4)。

表 3 临武县部省市级矿山主要矿山地质环境问题
Table 3 Major geological environment problems of mines in Linwu County

序号	矿山名称	位置	发证级别	开采矿种	规模	主要地质环境问题
1	临武县泡金山铅锌矿有限公司泡金山铅锌矿	花塘乡	省级	锡矿	小型	地面塌陷地质灾害 1 处,矿业活动占用破坏土地资源面积 39.294 8 ha,累计存放固体废弃物 205.8 × 10 ⁴ m ³ ,水土污染严重
2	临武县花塘乡三江水石歧冲有色矿	花塘乡	省级	铅矿	小型	泥石流地质灾害 1 处,矿业活动占用破坏土地资源面积 6.843 ha,累计存放固体废弃物 27.1 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染较严重
3	临武县永发有色金属矿业有限公司	花塘乡	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 1.257 8 ha,累计存放固体废弃物 6.8 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染较严重
4	临武县桐木铅锌矿业有限公司铅锌矿	花塘乡	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 4.617 4 ha,累计存放固体废弃物 11.8 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染严重
5	临武县鑫宝有色金属矿	花塘乡	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.323 4 ha,累计存放固体废弃物 0.2 × 10 ⁴ m ³
6	临武县腾龙矿业有限公司腾龙有色矿	花塘乡	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.452 3 ha,累计存放固体废弃物 2.1 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染严重
7	香花岭锡业有限责任公司香花岭矿区	香花镇	部级	锡矿	小型	地质灾害 4 处,分别为泥石流 2 处,地面塌陷 1 处,地面沉陷 1 处;占用破坏土地资源面积 98.741 ha,累计存放固体废弃物 239.5 × 10 ⁴ m ³ ,水土污染严重
8	临武县东山竹子冲磁铁矿	花塘乡	省级	铁矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.131 ha,累计存放固体废弃物 0.2 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染较严重
9	临武县东山矿业有限公司东山钨矿	花塘乡	省级	钨矿	小型	地面塌陷地质灾害 1 处,矿业活动占用破坏土地资源面积 1.449 7 ha,累计存放固体废弃物 0.3 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染较严重
10	临武县老虎崖铅锌矿业有限公司老虎崖铅锌矿	香花镇	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 1.954 3 ha,累计存放固体废弃物 0.2 × 10 ⁴ m ³ ,水土污染较严重
11	临武县小湾联办矿业有限公司小湾联办煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	泥石流地质灾害 1 处;矿业活动占用破坏土地资源面积 1.277 6 ha,累计存放固体废弃物 11.3 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染较严重
12	临武县金江镇黑山里煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 2.197 7 ha,累计存放固体废弃物 8.6 × 10 ⁴ m ³
13	临武县金江镇木冲宝源煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	地面沉陷地质灾害 1 处,矿业活动占用破坏土地资源面积 4.465 6 ha
14	临武县接龙乡鑫秣煤矿	水东镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.621 3 ha
15	临武县金江镇如意煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	地面塌陷地质灾害 1 处,矿业活动占用破坏土地资源面积 1.847 2 ha,累计存放固体废弃物 0.5 × 10 ⁴ m ³
16	临武县永盛铅锌矿	楚江镇	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.639 6 ha,累计存放固体废弃物 11.19 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染严重
17	临武县福利新鑫矿	花塘乡	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.011 4 ha,累计存放固体废弃物 0.1 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染较严重
18	临武县豪鑫铅锌矿	楚江镇	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.859 ha,累计存放固体废弃物 0.1 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染较严重
19	临武县南方矿业有限责任公司玉岭多金属矿	万水乡	省级	铅矿	中型	地质灾害 2 处,地面沉陷 1 处,泥石流 1 处;占用破坏土地资源面积 87.757 ha,累计存放固体废弃物 357.7 × 10 ⁴ m ³ ,水土污染严重
20	临武县泰晟矿业投资有限公司	花塘乡	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.396 7 ha,累计存放固体废弃物 0.5 × 10 ⁴ m ³ ,土壤污染较严重
21	临武县水东煤矿	水东镇	省级	煤矿	小型	地质灾害 4 处,地面沉陷 3 处,滑坡 1 处;占用破坏土地资源面积 17.820 9 ha,累计存放固体废弃物 0.3 × 10 ⁴ m ³
22	临武县金江镇新发煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.496 3 ha,累计存放固体废弃物 1.2 × 10 ⁴ m ³

							续表
序号	矿山名称	位置	发证级别	开采矿种	规模	主要地质环境问题	
23	临武县扶胜联合开发煤矿	水东镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.915 9 ha, 累计存放固体废弃物 $1.9 \times 10^4 \text{ m}^3$, 土壤污染较严重	
24	临武县接龙乡天堂坪三区煤矿	水东镇	省级	煤矿	小型	地面沉陷地质灾害 1 处; 矿业活动占用破坏土地资源面积 2.407 7 ha, 累计存放固体废弃物 $17.5 \times 10^4 \text{ m}^3$	
25	临武县接龙乡八一八煤矿	水东镇	省级	煤矿	小型	地面沉陷地质灾害 1 处; 矿业活动占用破坏土地资源面积 9.978 9 ha, 累计存放固体废弃物 $0.1 \times 10^4 \text{ m}^3$	
26	临武县水东乡畔塘茶山下煤矿	水东镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 1.889 2 ha, 累计存放固体废弃物 $0.1 \times 10^4 \text{ m}^3$	
27	临武县水东乡黄家垅煤矿	水东镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.646 6 ha, 累计存放固体废弃物 $2.3 \times 10^4 \text{ m}^3$, 土壤污染严重	
28	临武县金江镇打鼓大湾煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.288 6 ha, 累计存放固体废弃物 $0.4 \times 10^4 \text{ m}^3$	
29	临武县金江镇桃树下煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	滑坡地质灾害 1 处; 矿业活动占用破坏土地资源面积 0.045 7 ha	
30	临武县金江镇杨杉煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 2.563 6 ha, 累计存放固体废弃物 $4.5 \times 10^4 \text{ m}^3$	
31	临武县振兴煤业有限公司振兴煤矿	麦市镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 1.288 2 ha, 累计存放固体废弃物 $0.7 \times 10^4 \text{ m}^3$	
32	临武县麦市乡茶冲煤矿	麦市镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 3.146 2 ha, 累计存放固体废弃物 $2.0 \times 10^4 \text{ m}^3$	
33	临武县麦市长坪岭煤矿有限公司长坪岭煤矿	麦市镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 2.317 6 ha, 累计存放固体废弃物 $2.4 \times 10^4 \text{ m}^3$	
34	临武县四一八铅锌矿业有限责任公司四一八铅锌矿	花塘乡	省级	锌矿	小型	占用破坏土地资源面积 3.068 ha, 累计存放固体废弃物 $7.3 \times 10^4 \text{ m}^3$, 水土污染较严重	
35	临武县金江镇新华富民煤矿	金江镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 2.390 8 ha, 累计存放固体废弃物 $7.6 \times 10^4 \text{ m}^3$	
36	临武县水东乡欢喜煤矿	水东镇	省级	煤矿	小型	占用破坏土地资源面积 0.210 7 ha, 累计存放固体废弃物 $11.39 \times 10^4 \text{ m}^3$	
37	香花岭锡业有限责任公司香花铺矿区	香花镇	省级	钨矿	小型	地质灾害 2 处, 地面沉陷 1 处, 地面塌陷 1 处; 矿业活动占用破坏土地资源面积 20.151 ha, 累计存放固体废弃物 $200.1 \times 10^4 \text{ m}^3$, 土壤污染严重	
38	湖南临武嘉宇矿业有限责任公司铁砂坪有色金属矿	镇南乡	省级	铅矿	小型	占用破坏土地资源面积 36.292 5 ha, 累计存放固体废弃物 $52.5 \times 10^4 \text{ m}^3$, 水土污染较严重	
39	临武县金江镇滴水带石墨矿有限公司滴水带石墨矿	金江镇	市级	石墨	小型	泥石流地质灾害 1 处; 矿业活动占用破坏土地资源面积 2.312 8 ha, 累计存放固体废弃物 $0.9 \times 10^4 \text{ m}^3$	

表 4 综合评价指标体系			
Table 4 Comprehensive evaluation index system			
级评价指标	Ⅱ级评价指标	Ⅲ级评价指标	权重
矿山地质环境背景条件	地形地貌	地形坡度	0.1
		高差	0.1
	生态条件	植被覆盖度	0.1
		土地覆盖\土地利用类型	0.15
	水文条件	年平均降雨量	0.1
		岩层富水性	0.15
		近地表岩性	0.15
	工程地质条件	断裂构造密度	0.15
		地质灾害	0.2
	地质灾害	地质灾害影响程度	0.2
矿产资源开采活动影响	水资源破坏	矿坑排水量	0.15
	水环境破坏	水污染等级	0.1
	土石环境破坏	土污染等级	0.15
	土地资源占用	单位面积占用破坏土地面积	0.25
	固体废弃物排放	单位面积固体废弃物累积存储量	0.15

4.4 评价模型的建立

综合评价分区:按照矿业活动对矿山地质环境综合影响评价指标体系,将地质背景条件与矿产资源开采活动对矿山地质环境的直接影响评价图进行叠加分析^[6],最终得出矿山地质环境影响综合评价分区图,计算公式如下:

$$K_f = (0.1 \times G_{pd} + 0.1 \times G_{gc} + 0.1 \times G_{zb} + 0.15 \times G_{td} + 0.1 \times G_{jy} + 0.15 \times G_{fs} + 0.15 \times G_{ys} + 0.15 \times G_{dl}) \times (0.2 \times K_{dz} + 0.15 \times K_{sz} + 0.1 \times K_{sh} + 0.15 \times K_{th} + 0.25 \times K_{td} + 0.15 \times K_{gf})$$

式中: K_f ——综合评价值;

G_{pd} 、 G_{gc} 、 G_{zb} 、 G_{td} 、 G_{jy} 、 G_{fs} 、 G_{ys} 、 G_{dl} ——分别为地形坡度、高差、植被覆盖度、土地利用现状图、年平均降雨量、岩层富水性、近地表岩性和断裂构造密度图的单元格值;

K_{dz} 、 K_{sz} 、 K_{sh} 、 K_{th} 、 K_{td} 、 K_{gf} ——分别为栅格化的矿产资源开采活动影响的地质灾害、水资源破坏、水环境破坏、土石环境破坏、土地资源占用和固体废弃物排放等级评价的单元格值。

5 指标因子信息提取

5.1 评价单元划分

评价单元是具有相同特性的最小地域单元,同一评价单元在地质环境条件方面具有一致性^[7]。因矿山地质环境背景条件和矿产资源开采活动影响指标的

差异性,选用多尺度的评价单元划分。考虑矿产资源开采活动对地质环境影响的区域性和系统性及水土样采集的精度,在较大尺度上评价矿产资源开采活动影响指标,本文选取 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 正方形网格^[8]。因矿山地质环境背景条件指标变化大,因素离散性大,为了满足精度要求,选用小尺度进行单元划分,本文选择

$50\text{ m} \times 50\text{ m}$ 正方形网格。两种不同尺度单元格进行叠加分析前,先要对其进行重采样。因为同一副影像从低分辨率向高分辨率进行重采样,它的信息量基本是保持不变^[9],所以以 $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ 的栅格图作为参考影像,对 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 的栅格图进行重采样,可以使 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 信息基本不丢失。

表 5 矿山地质环境背景条件指标打分标准

Table 5 Scoring standard of mine geological environment background condition indexes

评价指标等级	四级	三级	二级	一级
分值	9	6	3	1
地形坡度	急陡坡 ($>35^\circ$)	陡坡 ($25^\circ \sim 35^\circ$)	缓坡 ($7^\circ \sim 25^\circ$)	平地 ($<7^\circ$)
高差	山地 ($>200\text{ m}$)	高丘陵 ($100 \sim 200\text{ m}$)	低丘陵 ($30 \sim 100\text{ m}$)	平原 ($<30\text{ m}$)
植被覆盖度	裸地 ($<10\%$)	低覆盖 ($10\% \sim 30\%$)	中覆盖 ($30\% \sim 60\%$)	高覆盖 ($>60\%$)
土地覆盖\土地利用类型	耕地、居民地	林地、草地	/	裸地、水体
年平均降雨量	$>1\,400\text{ mm}$	$1\,200 \sim 1\,400\text{ mm}$	$1\,000 \sim 1\,200\text{ mm}$	$<1\,000\text{ mm}$
岩层富水性	水量丰富	水量中等	/	水量贫乏
近地表岩性	黏土、泥岩、页岩、千枚岩、砂板岩、煤系地层、断层角砾岩、凝灰岩、软硬相间地层	堆积层、泥灰岩	单一岩性碳酸盐岩、砂岩	岩浆岩类
断裂构造密度	断层长度 $>1\text{ km/km}^2$	断层长度 $0.5 \sim 1\text{ km/km}^2$	断层长度 $0 \sim 0.5\text{ km/km}^2$	无断层

表 6 矿产资源开采活动影响指标打分标准

Table 6 Scoring standards of the impact indicators of Mineral resources mining

矿山地质环境单因子评价等级	影响严重区	影响较重区	影响较轻区	无影响区
分值	9	6	3	1
地质灾害影响程度	死亡人数 10 人以上或造成直接经济损失 500 万元以上;受威胁人数 100 人以上或潜在经济损失 5 000 万元以上。	死亡人数 3 ~ 9 人或造成直接经济损失 100 ~ 500 万元;受威胁人数 10 ~ 100 人或潜在经济损失 500 ~ 5 000 万。	死亡人数 1 ~ 2 人或直接经济损失 100 万以下;受威胁人数小于 10 人或潜在经济损失小于 500 万。	无影响
矿坑排水量	矿井正常涌水量大于 $10\,000\text{ m}^3/\text{d}$	矿井正常涌水量 $3\,000 \sim 10\,000\text{ m}^3/\text{d}$	矿井正常涌水量小于 $3\,000\text{ m}^3/\text{d}$	无影响
水污染等级	严重	较重	较轻	安全
土污染等级	严重	较重	较轻	安全
单位面积占用破坏土地面积	$>4\text{ ha}$	$1.33\text{ ha} \sim 4\text{ ha}$	$<1.33\text{ ha}$	无影响
单位面固体废弃物累积存储量	$>10 \times 10^4\text{ m}^3$	$1 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4\text{ m}^3$	$0 \sim 1 \times 10^4\text{ m}^3$	无影响

5.2 矿山地质环境背景条件信息提取

(1)坡度信息提取:地表一点的坡度是过该点切平面和水平地面的夹角,表示地面在该点的倾斜程度。在 ArcGIS 中应用地形图的等高线生成 Tin 数据,再转换成数字高程模型 DEM,利用坡度计算工具求出研究区的坡度分布图。

(2)地形起伏度(高差)计算:地形起伏度是在一个特定的范围内,最高点海拔与最低点海拔之间的差值,反应区域地表切割剥蚀程度,可以反映构造活动强度。地形起伏度是构造运动与地表剥蚀侵蚀相互作用的结果。本文中选择的最佳计算尺度为 0.6 km ^[10]。利用 ArcGIS 中的焦点统计工具进行计算,得到临武县高差分布图(图 2)。

(3)植被覆盖度:植被覆盖度计算目前广泛应用

的方法是归一化植被指数(NDVI)。利用 landsat-8 的 oli 数据,先进行大气校正,再计算归一化植被指数,对计算结果进行统计,取累积概率 5% 作为植被覆盖度的最小值,95% 作为植被覆盖度的最大值。

(4)土地利用现状图:根据临武县土地利用现状图,对耕地、林地、草地、裸地、水体和居民区,按照矿山地质环境背景条件分级评分标准,对原图中的分区属性赋予新的评分值,作为栅格转换的字段值。

(5)年平均降雨量:由气象局提供临武县年平均降雨量图,按照矿山地质环境背景条件分级评分标准,对原图中的分区属性赋予新的评分值,作为栅格转换的字段值。

(6)岩层富水性:根据临武县范围内水文地质图上的富水性分类信息,将图进行几何校正,然后对含水

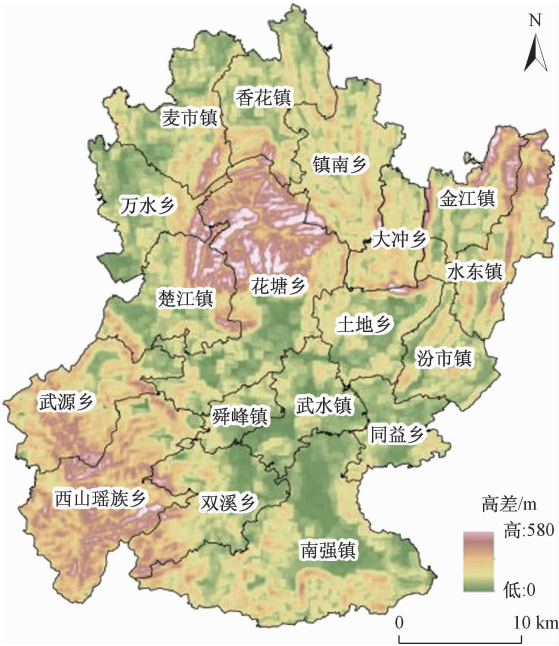


图 2 临武县高差分布图

Fig. 2 Height difference distribution of Linwu County

层岩性及岩层富水性信息在 ArcGIS 平台中进行矢量化并赋值,得到临武县含水岩层富水性分布图。

(7)近地表岩性:在 ArcGIS 中对临武县范围内地质图进行几何校正,根据地质图判断近地表岩性,得到临武县近地表岩性分布图。

(8)断裂构造密度:本文以每平方千米范围内断裂构造长度之和来表示,单位 km/km^2 。同样利用临武县境内地质图对断裂构造进行矢量化,然后计算 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 网格内断裂长度。

5.3 矿产资源开采活动影响指标评价分区

在 ArcGIS 中,利用渔网功能,把图层按 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 网格进行分割,对每一个网格进行编号,导入矿山地质环境调查的地灾点、井口点、水土样采样点、土地资源占用与破坏五个图层,对五个图层按照网格进行分割,然后对每个网格内的矿产资源开采活动影响指标进行评价。

按照矿产资源开采活动影响指标的分级评分标准,对六个指标进行赋值,作为栅格转换的字段值,把矢量图层转换成栅格图。

5.4 综合评价分区

在 ArcGIS 软件中,利用空间分析工具的栅格计算器计算,根据上文建立的综合评价模型,先把临武县地质环境背景条件和采矿活动影响分别进行叠加分析,再对这两个一级指标进行相乘,得到矿山地质环境影响综合评价的分值图,按照评价等级分级分类标准

(表 7)对栅格图进行重分类,得到临武县矿山地质环境综合评价图(图 3)。

表 7 临武县矿山地质环境综合评价分级标准

Table 7 Comprehensive evaluation and grading standard for mine geological environment in Linwu County				
评价等级	矿山地质环境无影响区	矿山地质环境影响一般区	矿山地质环境影响较重区	矿山地质环境影响严重区
综合评价指数	0 ~ 7	7 ~ 10	10 ~ 20	> 20

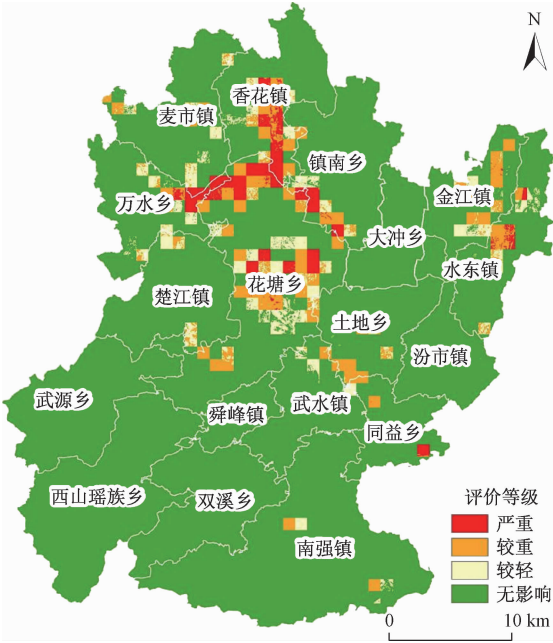


图 3 临武县矿山地质环境综合评价分区图

Fig. 3 Comprehensive evaluation map of mine geological environment in Linwu County

临武县矿山地质环境综合评价结果与实际情况基本吻合,说明建立的评价指标体系较合理。由临武县矿山地质环境综合评价图可以看出,临武县矿山地质环境影响严重区有两个:(1)花塘乡和香花岭镇的三十六湾多金属矿区,开采矿种为铅锌锡等多金属矿,主要的矿山地质环境问题有固体废弃物排放,土地资源占用、水土污染、泥石流等地质灾害;(2)水东镇梅田矿区,开采矿种主要为煤矿,区内主要的矿山地质环境问题有土地资源占用破坏、水资源破坏、固体废弃物排放,地面沉陷等地质灾害。临武县矿山地质环境影响较重区有四个:(1)麦市镇袁家矿区,区内开采矿种为煤矿,主要的矿山地质环境问题有土地资源占用与破坏、废水废液和固体废弃物排放;(2)金江镇梅田矿区,区内主要开采煤矿和石墨矿,主要的矿山地质环境问题有土地资源占用、固体废弃物排放、泥石流等地质灾害;(3)楚江镇-花塘乡,区内开采矿种为建筑石料

用灰岩,主要的矿山地质环境问题有土地资源占用与破坏、固体废弃物排放;(4)土地乡-同益乡,区内开采矿种为建筑石料用灰岩和砖瓦用页岩,主要的矿山地质环境问题有土地资源占用与破坏、固体废弃物排放、土石环境污染,土石环境污染主要为重金属污染,污染源为武水河上游三十六湾多金属矿区排放的废水废液和固体废弃物。矿山地质环境影响较轻区,为零散分布的一些建材矿山。

6 结论

(1)根据矿山地质环境遥感调查,通过建立遥感解译标志和分析已有矿山资料,可以有效提高遥感解译的效率和精度;

(2)根据遥感解译、实地核查和水土样采集测试,临武县主要的矿山地质环境问题有地质灾害、土地资源占用与破坏、水土污染及废水废液和固体废弃物排放。

(3)根据地质环境背景条件和矿产资源开采活动影响指标的差异,选用 $1\text{ km} \times 1\text{ km}$ 和 $50\text{ m} \times 50\text{ m}$ 两种尺度的单元格,兼顾矿产资源开采影响的区域性和评价的精度。

(4)从地质环境背景条件和矿产资源开采活动影响考虑,构建矿山地质环境综合评价指标体系,确定指标权重、建立评价数学模型、对指标进行提取赋值,得到临武县矿山地质环境综合评价图。评价结果与实际情况基本吻合,说明建立的评价指标体系较合理,为临武县矿山地质环境保护与矿产资源可持续开发提供重要的参考价值。

参考文献:

- [1] 杨显华,黄洁,田立,等. 基于高分辨率遥感数据的矿山环境综合治理研究:以冕宁牦牛坪稀土矿为例[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(4): 115-121. [YANG X H, HUANG J, TIAN L, et al. A discussion on comprehensive governance of mine environment based on high resolution remote sensing data: A case of Maoniuping REE deposit, Mianning County[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2015, 27(4): 115-121. (in Chinese)]
- [2] 李万伦,甘甫平. 矿山环境高光谱遥感监测研究进展[J]. 国土资源遥感, 2016, 28(2): 1-7. [LI W L, GAN F P. Progress in hyperspectral research and monitoring in mine environment[J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2016, 28(2): 1-7. (in Chinese)]
- [3] 范洪冬,邓喀中,承达瑜. InSAR 拓展和融合技术在矿山开采监测中的应用[J]. 金属矿山, 2008(4): 7-10. [FAN H D, DENG K Z, CHENG D Y. Application of InSAR extension and fusion techniques in mining monitoring[J]. Metal Mine, 2008(4): 7-10. (in Chinese)]
- [4] 杨青华,李艺,杜军. 基于 GIS 和 RS 的黄石市矿山地质环境定量评价[J]. 长江科学院院报, 2010, 27(8): 70-73. [YANG Q H, LI Y, DU J. Quantitative assessment on mining geological environment in Huangshi City with GIS and RS[J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2010, 27(8): 70-73. (in Chinese)]
- [5] 李小燕,谈树成,马国胤,等. 云南省昆阳磷矿矿区矿山地质环境评价[J]. 中国矿业, 2018, 27(2): 91-96. [LI X Y, TAN S C, MA G Y, et al. Mine geological environment evaluation of Kunyang phosphate rock in Yunnan Province[J]. China Mining Magazine, 2018, 27(2): 91-96. (in Chinese)]
- [6] 张进德,张作辰,刘建伟. 我国矿山地质环境调查研究[M]. 北京:地质出版社, 2009. [ZHANG J D, ZHANG Z C, LIU J W. Investigation and study of mine geological environment in China[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2009. (in Chinese)]
- [7] 周爱国. 地质环境评价[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 2008. [ZHOU A G. Geological environment evaluation[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press, 2008. (in Chinese)]
- [8] 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 W, 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. (in Chinese)]
- [9] 张周威,余涛,孟庆岩,等. 空间重采样方法对遥感影像信息影响研究[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2013, 47(3): 426-430. [ZHANG Z W, YU T, MENG Q Y, et al. Image quality evaluation of multi-scale resampling in geometric correction[J]. Journal of Huazhong Normal University (Natural Sciences), 2013, 47(3): 426-430. (in Chinese)]
- [10] 冯玉祥,邓青春,杨海青,等. 基于变点分析法提取元谋县地形起伏度[J]. 四川林勘设计, 2015(3): 28-33. [FENG Y X, DENG Q C, YANG H Q, et al. Extraction of relief amplitude of Yuanmou County based on change point method[J]. Sichuan Forestry Exploration and Design, 2015(3): 28-33. (in Chinese)]