

基于 GF2 卫星数据的矿山遥感监测方法及对象识别研究

李思发, 李亮, 安 全

(贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550081)

[摘 要] 基于 GF2 高分辨率遥感影像的数据特征和固体废弃物(尾矿库、废石堆)、矿山建筑、中转场、地下开采硐口、塌陷坑、矿山环境恢复治理等矿山遥感监测的主要地物目标特征, 系统地建立了研究区主要矿山地物的遥感解译标志。通过对研究区的矿山路网和管网分析, 确定研究区矿山总体分布情况, 结合建立的矿山地物解译标志, 对各区块内部图斑细化解译, 形成了一套先整体后局部的矿山地物提取流程, 通过研究区的实例表明, 通过先整体后局部的解译流程, 能快速、准确的完成矿山环境解译, 具有一定的参照意义。

[关键词] 遥感; GF2; 解译标志; 塌陷坑

[中图分类号] TP751 [文献标识码] A [文章编号] 1000-5943(2022)01-0087-06

1 引言

矿山遥感监测是一项重要的矿情调查工作, 是矿政管理部门掌握矿山地质环境现状的重要手段之一(杨金中等, 2011), 自 2006 年以来, 中国地质调查局在全国部署开展了“年度矿产资源开发多目标遥感调查与监测”项目, 快速准确地对全国矿山地质环境现状进行遥感调查和监测, 其相关调查成果为国家绿色发展指数统计、矿山地质环境管理等工作提供了技术支撑(杨金中等, 2016; 李思发等, 2021)。本文以广西××矿山为研究区, 详细阐述了先整体后局部的矿山地物提取流程以及固体废弃物(尾矿库、废石堆)、矿山建筑、中转场、地下开采硐口、塌陷坑、矿山环境恢复治理等主要地物遥感解译标志的建立, 为开展矿山遥感监测提供了参照。

2 研究区概况及数据源

2.1 研究区概况

区域地层出露以泥盆系为主, 次为石炭系, 少量中-上寒武统。与成矿关系密切的是中-上寒武统及泥盆系下统, 区内仅寒武系缺少化石控制, 其他地层绝大部分均有控制。区内地层的分布是, 寒武系分布于龙光背斜核部, 泥盆系分布于龙光背斜的两翼, 寒武系倾向北西, 岩石倾角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$, 泥盆系倾向南东, 岩石倾角 $10^{\circ}\sim 20^{\circ}$, 两地层接触关系为角度不整合, 矿区处在华南褶皱系的西端侧, 右江褶皱带的南缘, 因受多期次的构造-岩浆岩活动的改造, 演变成独特的区域构造岩浆格局, 总体上表现为断裂发育, 褶皱简单。

区内岩浆岩出露不多, 且零散。根据区内地质发展阶段, 岩浆侵入和喷发等资料可将其划分

[收稿日期] 2021-02-01 [修回日期] 2021-11-16

[基金项目] 中国地质调查局项目(项目编号: DD20190705)项目资助。

[作者简介] 李思发(1982—), 男, 高级工程师。主要从事矿山遥感地质与 GIS 应用。E-mail: 3456812@qq.com。

为燕山期、印支期、海西力期、加里东期。

2.2 数据源

研究区采用的遥感数据为 GF2 单景影像,成像时间为 2019 年 11 月 4 日,数据为 2 级;高分二号卫星于 2014 年 8 月 19 日成功发射,8 月 21 日首次开机成像并下传数据,是我国自主研制的首颗空间分辨率优于 1 米的民用光学遥感卫星,搭载有两台分辨率 1 米全色、4 米多光谱相机,具有亚米级空间分辨率、高定位精度和快速姿态机动能力等特点(杨金中等,2019)。基础地理信息数据,1:10000DEM(网格 5×5 米)和 1:10000DRG。所有数据均采用高斯-克吕格投影,坐标系统采用 CGCS2000。

3 研究方法

3.1 技术路线

一是收集研究区基础地质、矿业权数据和矿山环境成果等已有资料;二是对遥感影像进行处理,得到具备模拟天然色彩的遥感影像图;三是通过矿山地质背景和矿山开发过程的系统性及整体性、矿山路网和管网分析,确定矿山整体分布情况;四是结合野外实地调查和遥感影像特征,建立矿山主要地物解译标志;五是根据建立的解译标志,采用人机交互的方式,完成各区块内部矿山占地、矿山恢复治理、地质灾害等信息提取(汪洁等,2020;李思发等,2014)。技术路线如图 1 所示。

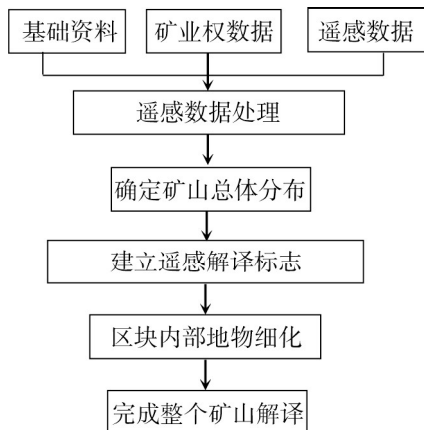


图 1 总体技术流程图

Fig. 1 Overall technical flow chart

3.2 遥感数据处理

利用 ENVI 软件完成对影像的处理,主要为利用 IHS 变换完成 GF-2 的多光谱和全色的融合,并采用 1:10000 标准分幅的 DEM(网格 5×5 米)进行正射纠正,在 1:10000 DRG 上选取地面控制点(GCP)进行几何纠正,中误差值不超过 0.5mm。对配准后的影像按 R(3)、G(2)、B(1)组合得到具备模拟天然色彩的遥感影像图(孙攀等,2016;关云秀等,2009)。

4 矿山总体分布情况

在开始矿山解译前,应充分分析矿山成矿地质背景、了解矿山的各要素地物与地物之间存在相互一定的依存关系,对矿山的整体布局进行一个初步了解,一般上规模的矿山,都存在 1 个或多个功能区块,通过对研究区的道路、轨道情况进行分析,研究区可分为 6 个大区块,且各区块之间均通过矿山道路或管道相连(图 2)。

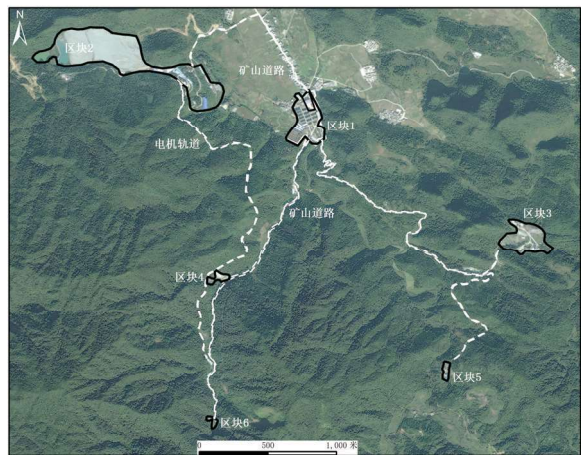


图 2 研究区矿山分布图

Fig. 2 Distribution map of mines in the study area

5 主要矿山地物解译标志的建立

在摸清矿山总体分布情况基础上,通过影像特征分析和外业踏勘,建立该矿山主要地物解译标志,解译标志有直接解译标志和间接解译标志两类,直接解译标志主要包含中转场(洗矿场)、固体废弃物(废石堆、尾矿库)、矿山建筑、塌陷坑和工程恢复治理,在影像上能直接区分;而间接解

译标志,如开采洞口位置一般很难直接利用地表色调、形态特征进行直接识别,在遥感影像上主要根据洞口周边的矿石堆、废石堆及运输轨道进行判定。

5.1 地下开采洞口

地下开采洞口在遥感影像上直接识别较困难,主要根据矿石堆、废石堆及运输轨道进行判定,洞口与矿石堆或废石堆之间一般有运输轨道相连,在轨道靠近山体的方向出现断点处即为洞口(李思发等,2014;刘立等,2019)(图3)。

5.2 恢复治理

恢复治理的图斑在影像上多呈现青绿色或墨绿色,较周围自然的植被相比,纹理较规则,工程恢复治理人工痕迹显著(杨金中等,2019)(图3)。



图3 地下开采洞口遥感影像特征

Fig. 3 Remote sensing image characteristics of underground mining adit

5.3 中转场(洗矿场)

洗矿场多为简易钢架搭建而成,多位于尾矿库或尾矿渣附近,在遥感影像上矿山建筑物形状多呈长方形、方形和7子形,色调多为蓝色,建筑物间多存在管道连接(龚梅等,2014;马国胤等,2017)(图4)。

5.4 固体废弃物

研究区固体废弃物主要为尾矿库和废石堆。尾矿库通常筑坝拦截谷口或围地构成,在影像上可见多呈阶梯逐级排列的尾矿坝,纹理光滑,呈镜

面反射效果,颜色鲜亮有过渡色,一般只有大规模开采的金属类矿山有尾矿库,多位于洗矿场附近或通过管道(道路)与洗矿场连接。在遥感影像上尾矿坝呈阶梯状,颜色多为白色,库内无植被或植被稀少,(图5)(李思发等,2021;马国胤等,2017);废石堆主要指集中堆放废石场所,一般位于洞口附近,在影像上多呈灰白色,近圆形图斑,堆包痕迹明显(图3)。



图4 洗矿场遥感影像特征

Fig. 4 Remote sensing image characteristics of ore washing field



图5 尾矿库遥感影像特征

Fig. 5 Remote sensing image characteristics of tailings pond

5.5 矿山建筑

矿山建筑如办公区、职工宿舍,对于长期开采的矿山,地表建筑物相对较多且规则分布,且多分布于地势较平坦的矿山入口位置,在遥感影像上矿山建筑轮廓清晰,形状规则,多呈长方形、方形和7字形,一般按规划布置,建筑物顶面通常较亮

(况顺达等,2005;李思发等,2021)。一般说来,矿山建筑物的数量多少可以反映出矿山规模的大小。小型矿山建筑分布稀疏,规模较小;大型矿山建筑分布集中,规模较大(图6)。



图6 矿山建筑遥感影像特征

Fig. 6 Remote sensing image characteristics of mine buildings

5.6 塌陷坑

塌陷坑通常是由矿层采空后顶部覆盖岩体塌陷坠落而形成。在遥感影像上,塌陷坑一般呈现深色或者深色间夹浅色的色调,较大的塌陷坑在影像上多呈负地形,外形类似圆形或者椭圆形,与周边的植被存在明显差异(吴寿江等,2020;邓锟,2015),出现位置可在山顶、山坡和山脚,在塌陷集中分布区,受地下采空巷道的控制表现为串珠状(王钦军等,2011)(图7)。



图7 塌陷坑遥感影像特征

Fig. 7 Remote sensing image characteristics of collapse pit

6 典型区块内部解译

区块内部矿山地物提取以 ArcGIS 10.2 软件为工作平台,采用目视解译,根据已建立的遥感解译标志,结合遥感影像各地物的物理及光谱特征进行,完成划分的6各区块内部矿山地物的细化,细化地物主要包含中转场(矿石堆、洗矿场)、固体废弃物(废石堆、尾矿库)、矿山建筑(生产区、办公区、生活区)和恢复治理等,主要区块细化情况如下。

6.1 区块1细化

区块1主要包含了办公区和生活区两个部分,办公区和生活区内的矿山建筑在影像上多规则分布,呈长方形、方形和7子形,办公区一般位于道路旁,且相比于生活区建筑较高。

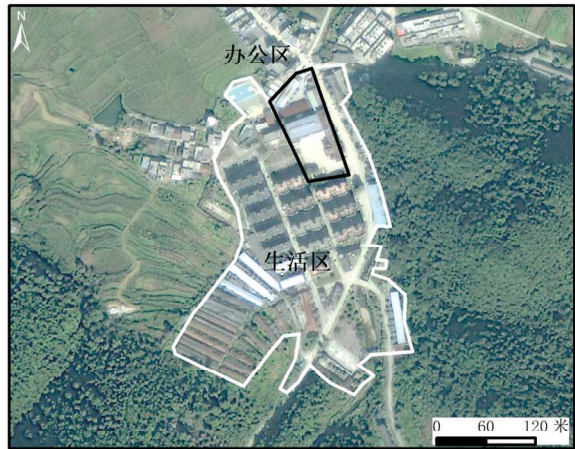


图8 区块1内部矿山地物细化

Fig. 8 Refinement of mine features in block 1

6.2 区块2细化

区块2主要包含了尾矿库和洗矿场两个部分,尾矿库在遥感影像上尾矿坝呈阶梯状,颜色多为白色,库内无植被或植被稀少,一般位于选矿场附近或通过管道或道路与选矿场相连;洗矿场多为简易钢架搭建而成,多位于尾矿库或尾矿渣附近,在遥感影像上矿山建筑物形状多呈长方形、方形和7子形,色调多为蓝色。

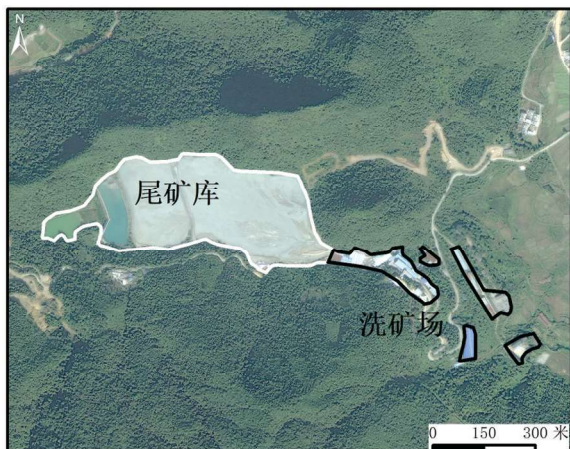


图9 区块2内部矿山地物细化

Fig. 9 Refinement of mine features in block 2

6.3 区块3细化

区块3主要包含了固体废弃物(废石堆)、矿山建筑(生产区)和工程恢复等,废石堆一般位于硐口附近,在影像上多呈灰白色,多为锥形状,纹理杂乱;而工程恢复在影像上表现为人工纹理较明显,多呈绿色,于周围天然植被区别明显。



图10 区块3内部矿山地物细化

Fig. 10 Refinement of mine features in block 3

7 调查结果

根据建立的解译标志,通过先整体后局部的解译方法完成了研究区的矿山环境解译,共解译矿山占损土地面积 38.33hm²,其中中转场地 4.30hm²、固体废弃物 18.67hm²、生产区 4.66hm²、生活区 5.09hm²、办公区 1.00hm²、矿区道路 4.62hm²;恢复恢复治理面积 1.52hm²。

8 结论

(1) 基于 GF2 影像特征及外业调查,针对矿山遥感监测的地物目标任务,建立了一套相对应的矿山遥感监测解译标志,主要涉及地下开采硐口、尾矿库、矿山建筑、洗矿场、废石堆、恢复治理和塌陷坑等,运用解译标志可大大提高矿山遥感监测的解译精度和工作效率,对矿山遥感监测工作具有重要的技术支撑。

(2) 通过对矿山地质背景和矿山开发过程的系统性及整体性、矿山路网和管网分析,首先确定矿山总体分布情况,划分大区块,再结合解译标志,针对各大区块内部图斑细化解译,形成了一套先整体后局部的矿山地物提取程序,完善了矿山地物的提取流程。

[参考文献]

- 邓锴. 2015. 凤县铅锌矿区矿山地质环境遥感调查研究[J]. 地理空间信息, 4(13): 104-105.
- 关云秀,程晓阳. 2009. 高分辨率卫星遥感影像处理指南[M]. 北京: 科学出版社, 1-50.
- 龚梅,吴寿江,杨凯迪. 2014. 基于 SPOT5 的盘县煤矿区矿山地物自动分类研究[J]. 贵州地质, 31(2): 128-131.
- 况顺达,赵震海. 2005. SPOT-5 在矿山监测中的应用[J]. 地质与勘探, 41(3): 79-82.
- 刘立,高俊华,余德清. 2019. 基于遥感的湖南省矿山占地监测与分析[J]. 地理空间信息, 17(1): 41-46.
- 李思发,赵伟立,芦正艳. 2014. 遥感技术在矿山监测中的应用——以贵州水城煤田大湾矿区为例[J]. 贵州地质, 31(2): 132-135.
- 李思发,李亮,赵伟立. 2021. 遥感技术在广西矿山开发占损土地中的应用[J]. 贵州地质, 3(38): 344-349.
- 马国胤,谈树成,赵志芳. 2017. 基于高分辨率遥感影像的矿山遥感监测解译标志研究[J]. 云南地理环境研究, 29(005): 59-68.
- 孙攀,董玉森,陈伟涛,等. 2016. 高分二号卫星影像融合及质量评价[J]. 国土资源遥感, 28(4): 108-113.
- 王钦军,陈玉,蔺启忠. 2011. 矿山地面塌陷的高分辨率遥感识别与边界提取[J]. 国土资源遥感, 3(21): 113-116.
- 吴寿江,龚梅. 2020. 广东石人樟钨矿矿山采矿塌陷区提取及成果应用[J]. 贵州地质, 37(2): 221-224.
- 汪洁,殷亚秋,余航,等. 2020. 基于 RS 和 GIS 的浙江省矿山地质环境遥感监测[J]. 国土资源遥感, 32(1): 232-236.
- 杨金中,秦绪文,张志,等. 2011. 矿山遥感监测理论与方法[M]. 北京: 测绘出版社, 1-5.

杨金中,荆青青,聂洪峰,等. 2016. 全国矿产资源开发状况遥感监测工作简析[J]. 矿产勘查,7(2):359-363.

杨金中,姚维岭,许文佳,等. 2019. 天眼望矿山——矿山遥感监测知识读本[M]. 北京:地质出版社,58-59.

Research on Mine Remote Sensing Monitoring Method and Object Recognition Based on GF2 Satellite Data

LI Si-fa, LI Liang, AN Quan

(*Guizhou Geological Survey, Guiyang 550081, Guizhou, China*)

[**Abstract**] Based on the data characteristics of GF2 high-resolution remote sensing image and the main target characteristics of mine remote sensing monitoring such as solid waste (tailings pond and waste rock heap), mine buildings, transfer yard, underground mining adit, collapse pit and mine environmental restoration, the remote sensing interpretation marks of main mine features in the study area are systematically established. Through the analysis of the mine road network and pipe network in the study area, the overall distribution of the mines in the study area is determined. Combined with the established mine feature interpretation signs, the internal map spots of each block are refined and interpreted, forming a set of mine feature extraction process from the whole to the local. The example of the study area shows that through the interpretation process from the whole to the local, it can quickly and accurately interpret the mine environment, which has a certain reference significance.

[**Key Words**] Remote sensing; GF2; Interpretation marks; Collapse pit