

空间信息支持下的江西定南稀土矿区 泥石流危险性评价

王少军, 宋启帆

(中国地质大学 地球科学学院, 武汉 430074)

摘要:江西省定南县是我国离子型稀土矿的主要产区。在稀土开采的同时,产生了大量水土流失,诱发的多处泥石流淹没林地和耕地。运用 QuickBird 高分辨率遥感信息与 3D 可视化技术相结合对定南矿区开采面、固体废弃物及其造成的泥石流进行解译,根据泥石流分布特点选取危险性评价因子,建立了评价模型,依据预测结果划分了泥石流的危险性空间分布。预测结果得到遥感影像和野外实际调查的检验,模型在赣南离子型稀土矿区有一定的推广意义。

关键词:矿山泥石流;危险性评价;空间信息

doi:10.3969/j.issn.1000-3177.2012.01.012

中图分类号:TP751 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3177(2012)119-0057-05

Risk Assessment for Debris Flow in Dingnan of Jiangxi Rare Earth Mining under the Support of Spatial Information

WANG Shao-jun, SONG Qi-fan

(The Faculty of Earth Science, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract: Remote sensing information can quickly and accurately identify the scope and intensity of the ground caused by the mining disturbance. GIS provides a tool for the river watershed division and quantitative calculation. Dingnan county of Jiangxi Province is the main producing areas of ion-type rare earth ore in China. It generates a lot of soil erosion with the rare earth mining at the same time, debris flow induced flooded a lot of woodland and farmland. Using QuickBird high-resolution remote sensing information and 3D visualization to distinguish the surface mining, solid waste and debris flow. Select the hazard assessment factors and establish the evaluation model according to the spatial distribution of debris, divide risk spatial distribution of debris based on forecast results. Forecast results are tested by remote sensing images and field investigation. The model in ionic rare earth mining area of Gannan has a certain significance for promotion.

Key words: mining debris flow; risk assessment; spatial information

1 引言

当前矿山泥石流评价方法主要有成灾度模糊综合评价法^[1],灰色关联分析,免遗传算法^[2]和遗传神经网络^[2~3]等方法,以上各种方法在因子的获取上大多采用实际测量与历史资料或专家经验相结合的方式,资料获取难度较大。利用遥感技术进行泥

石流监测具有直观、形象、快速的特点,如航空遥感确定泥石流沟危险度及发育程度分区研究(姚一江,1990),基于遥感图像的泥石流地面活动程度评价(刘家宏,2003),舟曲县滑坡泥石流影像判读与灾害防治(赵俊华,2004),3D 遥感影像模型在古乡泥石流地质灾害预警中的应用(冯雨林等,2009)等。但采用遥感技术与地理信息系统技术相结合进行矿山

收稿日期:2010-12-20 修订日期:2011-01-17

基金项目:中国地质调查局,江西大余一定南成矿区遥感地质综合调查(1212010881404)。

作者简介:王少军(1965~),女,湖北武汉,博士在读,副教授,主要从事地理信息系统的教学与科研工作,发表论文多篇。

E-mail:3slab@cug.edu.cn

泥石流评价则应用较少,为了加强生态安全建设,实现“既要金山银山,又要绿水青山”的目标,对矿区泥石流进行评价十分必要。根据江西省定南离子型稀土矿矿区自身特点,基于现代空间信息技术,建立稀土矿区泥石流预测评价模型,并对模型进行检验。

2 研究区概况

研究区位于江西省定南县,属低山丘陵地形,中亚热带季风湿润气候区,光、热、水充足,年均气温19℃。定南县共有大小河流244条,河床落差大,雨量充沛,主汛期为4月至6月。

区域内出露的地层主要为奥陶世中粗粒黑云母二长花岗岩及早寒武世炭质页岩、页岩、钙质页岩等。花岗岩分布面积较广,因其抗风化能力差,所以多具深厚的风化壳,利于稀土元素富集成矿。稀土矿是定南县最具发展前景的矿种。但在稀土开采的同时,也产生了大量的水土流失。研究区范围:①E114°56'7",N25°1'20";②E115°6'50",N25°1'15";③E115°6'49",N24°40'1";④E114°56'4",N24°40'5"。面积为699km²。

3 数据选择及处理

研究所采用的数据源主要包括卫星遥感数据和非遥感数据。前者选择2009年2月9日获取的定南QuickBird影像作为泥石流解译与危险性因子提取的主要信息源;后者包括定南县1:5万地形图和矿区规划数据等。

数据处理包括生成DEM,影像融合和正射校正。DEM采用1:5万等高线在ArcGIS下生成。目前常用的高保真融合算法主要有Pansharp、Gram-Schmidt和Ehlers等方法,我们选用Pansharp融合方法对影像进行融合,因为Pansharp方法融合结果图像所含信息量最大,细节信息最丰富^[4]。正射校正选用ERDAS自带的快鸟正射物理模型,该模型可自动录入DEM和RPC参数,参考基准选用1:5万地形图,校正结果满足影像图上随机抽取地物点的平面位置中误差不大于0.50mm精度要求。

4 遥感解译及基础资料获取

4.1 建立三维遥感影像模型

遥感图像三维可视化就是依据DEM建立表面模型来显示真实的地形,然后再叠加遥感影像来显示地表细节。它是采用纹理映射技术来实现的,所谓纹理映射就是把纹理空间的坐标系映射到多边形坐标

系,将纹理图像“粘贴”于几何图形表面来增强图形的真实感的一种计算机仿真技术;这种仿真技术既能提高场景的丰富度,又不影响几何图形本身的复杂度^[2]。充分发挥其逼真、形象、宏观、真实的特点(图1)。



图1 三维影像图

4.2 DEM支持下的流域汇流分析

泥石流调查的基本单元是具有完整和独立汇水区域的沟谷,也是遥感解译的基本单元^[5]。研究区位于定南县县域范围内,在解译前需先进行流域的划分,流域分析的目的是得到地表的水流网络。在流域分析中要用到汇流能力的计算,一个栅格的汇流特征值越大,表明水流能够流入其中的栅格数目越多,即汇流能力越强。当汇流量达到一定值的时候就会产生地表水流,那么所有大于某一临界数值的栅格就是潜在的水流路径。但是不同级别的沟谷需要的临界值是不同的,即使是同一级别的沟谷由于形状不同,临界值的选取也可能是不同的,因此需根据不同级别的水系(此处指沟谷)来设定合适的临界值,最终得到定南稀土矿区流域分割图(图2)。



图2 定南部分流域分割图

流域分割后,就可以以流域为单元对其进行分析,结合ArcGIS的空间分析模块,可得到稀土矿开采区各个流域的面积、主沟长度、高差、水流方向、坡度、坡向等参数,为后面的模型建立提供依据。

4.3 泥石流灾害解译

定南北部稀土矿开采规模较大,以原地堆浸法

和原地浸矿法为主,遥感解译结果显示:由稀土矿开采引发的泥石流主要分布在定南北部,共计 42 处;定南南部稀土矿开采规模小,而且均已废弃,虽然也存在由稀土矿开采引起的泥石流现象,但规模很小,共计 34 处。在遥感影像上,泥石流沟的形成区,流通区和堆积区一般都能取得较好的解译效果,可明显看到废弃物因雨水冲刷流动的迹象。在形成区可看到成羽毛状的冲沟,山坡陡峻,岩石风化严重;流通区沟床较短直,沟谷较窄;碎屑物向下游流动在沟谷出口处形成洪积扇或冲积扇,即泥石流堆积区,堆积区纵坡平缓,地形开阔(图 1)。

5 泥石流危险性评价模型建立与预测

5.1 选取因子及确定权重

泥石流的形成过程受自然状况和人为扰动两种因素的影响,自然状况主要包括降雨和地形要素,流域内降雨量为影响泥石流发生的触发因子^[6],参照刘希林^[7]、杨丽萍^[8],结合区域地质地理特征选取流

域面积、主沟长度、流域最大相对高差、流域切割密度和山坡平均坡度作为地形因子;人为扰动主要表现为对稀土矿的开采,我们选择与矿山开采密切相关的流域内固体废弃物储量、距矿区中心距离、开发方式和规模、物质岩性比例及泥沙补给段长度比作为人为扰动因子。在此基础上按照重要性重新排序:

流域内固体废弃物储量(S_8)>24 小时最大降雨量(S_{10})>距矿区中心距离(S_4)>开发方式和规模(S_5)>物质岩性组成比例(S_{11})>流域面积(S_1)>流域切割密度(S_6)>主沟长度(S_2)>流域最大相对高差(S_3)>泥沙补给段长度比(S_9)>山坡平均坡度(S_7)。

具体权数和权重是这样给出的:从平均关联度最小的次要危险因子开始,给定其起始权数为一个基本单位 10^n (n 可为任何整数,在此取 $n=0$) 以此基本单位为公差,依次呈等差级数向关联度增大的方向递增其他因子的权数,权重则为各因子权数与总权数之比(表 1)。

表 1 各危险因子的权数与权重

| 危险因子 | S_7 | S_9 | S_3 | S_2 | S_6 | S_1 | S_{11} | S_5 | S_4 | S_{10} | S_8 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|----------|--------|--------|----------|--------|
| 权数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 权重 | 0.0152 | 0.0303 | 0.0455 | 0.0606 | 0.0758 | 0.0909 | 0.1061 | 0.1212 | 0.1364 | 0.1515 | 0.1667 |

5.2 因子类别划分及评估

不同的因子,数值变幅很大,无法制定统一的标准进行比较,所以必须先进行归一化处理,对于自然状况因子,自然状况中的降雨量可通过历史文献记载或通过水文手册获得,其他地形因子可通过流域地形分析对其进行定量取值和类别划分。人为扰动因子主要根据矿山开采状况采用定性与定量相结合

的方法给出取值范围。

5.2.1 自然状况因子取值

对研究区进行流域分析后,可得最大流域面积为 3.2km^2 ,主沟长度介于 650m 到 4000m 之间,流域相对高差介于 30m 到 600m 之间,山坡平均坡度为 25° ,在此基础上划分各因子和取值(表 2)。

表 2 自然状况因子划分与取值

| 危险因子等级 | 小 | 中 | 大 | 极大 | 单位 |
|---------------------|------------|---------|---------|------------|-------------------------|
| 流域面积 S_1 | ≤ 1 | 1-2 | 2-3 | ≥ 3 | km^2 |
| 赋值 GS_1 | 0 | 0.3 | 0.7 | 1 | |
| 主沟长度 S_2 | ≤ 1 | 1-2 | 2-3 | ≥ 3 | km |
| 赋值 GS_2 | 0 | 0.3 | 0.7 | 1 | |
| 流域最大相对高差 S_3 | ≤ 0.1 | 0.1-0.3 | 0.3-0.5 | ≥ 0.5 | km |
| 赋值 GS_3 | 0 | 0.3 | 0.7 | 1 | |
| 流域切割密度 S_6 | ≤ 1 | 2-5 | 5-8 | ≥ 8 | km/km^2 |
| 赋值 GS_6 | 0 | 0.3 | 0.7 | 1 | |
| 山坡平均坡度 S_7 | ≤ 10 | 10-25 | 25-30 | ≥ 30 | $^\circ$ |
| 赋值 GS_7 | 0 | 0.3 | 0.7 | 1 | |
| 24 小时最大降雨量 S_{10} | ≤ 50 | 50-150 | 150-250 | ≥ 250 | mm |
| 赋值 GS_{10} | 0 | 0.3 | 0.7 | 1 | |

5.2.2 人为扰动因子取值

矿山泥石流源于矿产资源的开采,并随着开采规模的扩大,强度的加大而加重。定南稀土矿的开采目前主要采用原地堆浸法和原地浸矿法,原地堆浸法开采时需砍光植被,剥离红壤表土层,开采面宽,动土量大,导致大面积岩石裸露,稀土的土壤经池浸后变成了尾砂,裸露后的花岗岩质层风化速度加快。原地浸矿法需灌注硫酸液,这种液体造成植被根系萎缩,致使植物根系逐步丧失固水保土的作用,此外,开挖灌液孔产生大量的泥沙,也成为泥石流形成的物质来源。

(1)流域内固体废弃物储量(S_8)

采矿和矿山建设的弃土、石、渣属于典型的松散界质,是矿山泥石流的物源,通过将 DEM 作为遥感影像的一个波段,在遥感影像上勾勒出固体废弃物的范围,在此基础上统计出体积。若大于 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 赋值 1,大于 $6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 小于 $10 \times 10^4 \text{ m}^3$ 赋值 0.7,大于 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 小于 $6 \times 10^4 \text{ m}^3$ 赋值 0.3,小于 $2 \times 10^4 \text{ m}^3$ 则赋值 0。

(2)距矿区中心距离(S_4)

若泥石流物质来源于多个矿区,则取到各个矿区的平均值作为距矿区中心距离,其值若小于 300m 则赋值 1;大于 300m 小于 600m 赋值 0.7;大于 600m 小于 1000m 赋值 0.3;大于 1000m 赋值 0。

(3)开发方式和规模(S_5)

稀土矿多以露天开采为主,结合快鸟高分辨率的特性,判别开采方式。若泥石流附近无开矿活动,则取值 0;周围存在地下开矿活动,取值范围为 0.3;周围有露天开矿活动,但无采石场,则取值范围为 0.7;周围存在露天采场,同时有采石场,则赋值 1。

(4)物质岩性组成比例(S_{11})

裸露的风化壳、固体废弃物(石英、半风化的长石,少量的粘土矿)结构比较松散,其中半风化的长石在现代湿热的气候条件下还会继续风化。若固体废弃物中以粘土为主,则形成泥石流的概率较小,赋值 0;石英较少,半风化的长石和粘土矿较多;则赋值 0.3;三种物质并存则赋值 0.7;若固体废弃物中以石英长石居多则赋值 1。

上述人为扰动因子归一化以后分别赋值给 GS_8 、 GS_4 、 GS_5 和 GS_{11} 。

5.2.3 模型评估

由上述模型分析可知,泥石流危险度的计算公式为: $R=0.1667 \times GS_8 + 0.1515 \times GS_{10} + 0.1364 \times GS_4 + 0.1212 \times GS_5 + 0.1061 \times GS_{11} + 0.0909 \times GS_1 + 0.0758 \times GS_6 + 0.0606 \times GS_2 + 0.0455 \times GS_3 + 0.0303 \times GS_9 + 0.0152 \times GS_7$ (1),将 11 个危险性因子进行分段赋值,最后代入公式(1),得到矿山泥石流的危险度。将评价结果与泥石流危险度分级标准^[9](表 3)进行比较,就可以进行泥石流危险度的划分(图 3)。

表 3 泥石流危险度分级标准

| | | | | | |
|-------|-------|---------|---------|---------|-------|
| 危险度 | 0.8—1 | 0.8—0.8 | 0.4—0.6 | 0.2—0.4 | 0—0.2 |
| 危险度分级 | 极高危险 | 高度危险 | 中度危险 | 低度危险 | 极低危险 |

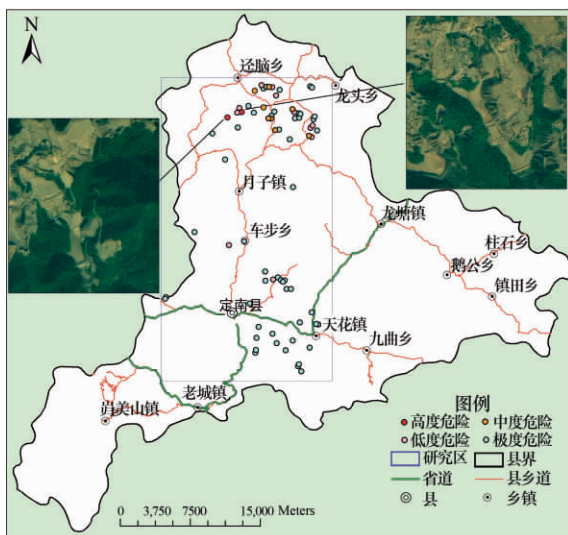


图 3 研究区泥石流危险性评价图

依据模型进行预测,结果表明:定南稀土矿研究区共有高度危险泥石流 2 处,中度危险泥石流 8 处,

低度危险泥石流 12 处,极低度危险泥石流 54 处,高度危险区位于老虎坑稀土矿开采区和赤竹坪开采区内,中度危险区主要集中在定南北部,极低度危险区占绝大部分,定南南部基本为极低度危险区。

5.3 模型评估分析

(1)高度危险泥石流 2 处,在遥感影像上可以见到拦砂坝(图 3),用来防止灾害的发生,与解译和评价结果一致;

(2)中度危险区选取了 4 处进行了野外验证,与评价结果一致;低度危险和极低度危险区也分别选取 6 处和 8 处进行了验证,其中极低度危险区主要分布在定南南部开采规模小且废弃多年的稀土矿开采区,评价结果与野外实际调查结果基本吻合。

6 结 论

(1)运用流域分析与 3D 模型相结合的方法对

矿区泥石流进行解译,取得较好效果。

(2)根据研究区自身的特点结合流域分析,选取危险性因子建立矿区泥石流模型并在此基础上进行

危险性评价,对评价结果进行野外验证,结果表明评价结果与野外调查结果基本吻合,为矿区泥石流的防治与预防提供了依据。

参考文献

- [1] 张丽萍,唐克丽. 矿山泥石流成灾度模糊综合评价—以神府东胜矿区为例[J]. 山地学报,2002,20(2):213—217.
- [2] 王凤月,单晓聃. 矿山泥石流危险性评价指标与数学模型研究[N]. 科技创新导报,2010.
- [3] 王国峰. 基于遗传神经网络的矿山泥石流危险性评价[D]. 西安. 西安科技大学,2008.
- [4] 赵珍梅,马伟,王润生. 三种高保真遥感影像融合方法效果评价与分析[J]. 地质与勘探,2010,46(4):705—710.
- [5] 唐小明,冯杭建,赵建康. 基于虚拟 GIS 和空间分析的小流域泥石流地质灾害遥感解译—以峨州市为例[J]. 地质科技情报,2008,27(2):12—15.
- [6] 冯雨林,陈江,姜琦刚,等. 3D 遥感影像模型在古乡沟泥石流地质灾害预警中的应用[J]. 地质灾害与环境保护,2009,20(3):117—118.
- [7] 刘希林,唐川. 泥石流危险性评价[M]. 科学技术出版社,2004(4):19.
- [8] 张丽萍,唐克丽. 矿山泥石流[M]. 地质出版社,2001:105.
- [9] 李秀珍,刘希林,苏鹏程. 四川凉山州安宁河流域泥石流危险性评价[J]. 防灾减灾工程学报,2005,25(4):426—430.

FARO 推出用于三维建档激光扫描仪 Focus^{3D} 的最新版本

2011年12月22日—FARO(纳斯达克:FARO),世界领先的便携式三维建档、测量及成像系统提供商,宣布推出最先进的三维建档技术。FARO Focus^{3D}和新发布的 SCENE 软件带来了一系列新的优势,使得三维建档项目更具成本效益,在最大程度上减少了后处理阶段中的手动操作和时间。新的多传感器硬件特性包括指南针和高度传感器,这是对 FARO Focus^{3D} 现有的双轴补偿器的补充。两个新的传感器为每次扫描提供相对于设置起始点的方位和相对高度。它们显著改善了自动配准过程,在最大程度上减少了后处理中的手动操作。凭借 WLAN 远程控制,FARO Focus^{3D}带来了一个非常有用的新特性,使用户能够远程启动、停止、查看或下载扫描。例如从高空、空间狭小的罐体或污水渠等人难以手动操作的位置进行扫描。此外,FARO Focus^{3D}目前可以配备三个用于特定应用的新适配器。自动化适配器使得 Focus^{3D}能够安装在例如固定柱、机器人手臂和铁轨等任何支撑物上;用于移动螺旋形扫描的适配器以原有的自动化适配器为基础,但增加了两个插销以将扫描仪水平轴锁死,避免因震动等因素引起水平轴旋转;最后是 TMS 适配器,是专为高效的隧道扫描测量特别开发的。FARO 的互联网共享浏览器 SCENE WebShare 4.9 将提供测量和注释功能。利用 WebShare 功能共享的扫描可以在浏览器上直接进行分析;在概览图中可以精确的测量距离和面积,而在全景图中,您可以很容易的测量点与点之间距离。

法如三维激光扫描仪 FOCUS 3D—FARO 尺寸仅为 24×20×10cm³,重量只有 5kg,方便测量人员可在任何地点,多处角度测量。Focus3D 可以通过触摸屏简单直观的进行操作,Focus 3D 可以作为一套独立的解决方案,无需任何外接设备,节省了大量时间。Focus 3D 作为一款在实行便捷测量的同时,又可以保持精确度,在 25M 范围内,距离精度高达 2mm,每秒能采 976000 个点,集成了 7 千万像素全自动无视差摄像头,能够实现极具真实感的 3D 彩色扫描。最大 120M 的测量范围几乎可以胜任任何大型测量任务。而长达 5 小时的供电可使测量工作更流畅的进行,并且可以边工作边充电。测量的所有数据都保存在一块 SD 卡上,可以方便、安全的转移到 PC 上。Focus 3D 使用 SCENE WebShare 功能,图像可以在互联网上共享,可在第一时间对测量结果进行分析,考证。

关于法如:FARO 是一家全球性科技公司,主要从事计算机辅助测量设备和软件的开发和销售。FARO 便携式测量设备可在生产和质量监控过程中进行高精度的三维测量,以及零部件和复合构造的比对。公司设备广泛应用于检测、成像、逆向工程、生产规划、库存和竣工文件、现场勘测以及事故现场或犯罪现场的调查和重建。在 FARO 的支持下,法如的客户无需担忧其三维测量和文件归档的需求。作为便携式计算机辅助测量的先驱和市场领导者,FARO 持续不断地应用最前沿的科学技术,使其处于行业领先地位的产品更精确、可靠且便于使用。并致力于通过 FARO 测量设备简化客户工作,使客户能够大幅减少现场测量时间并降低总成本。法如已在全球安装了超过 26000 台设备,拥有超过 13000 个客户。公司全球总部位于佛罗里达州玛丽湖,欧洲总部位于德国斯图加特,亚太区总部位于新加坡。FARO 在日本、中国、印度、韩国、泰国、马来西亚、越南、加拿大、墨西哥、英国、法国、西班牙、意大利、波兰以及荷兰均设有分支机构。

更多信息:www.faronesia.com/CN