

云贵交界“9·7”地震贵州震区地质灾害风险评估

党杰,杨胜元

(贵州省地质环境监测院,贵州 贵阳 550018)

[摘要]为分析“9·7”地震贵州震区区域地质灾害的风险程度,采用模糊层次综合评价的方法,在全面统计分析研究区基础地质环境资料和地质灾害数据的基础上,开展基于GIS技术的地质灾害风险评估。评估结果根据风险值划分为极高风险区、高风险区、中风险区和低风险区四个等级区域,经与实际情况对比,具有较好的一致性,所得成果可为该区域地质灾害防治工作提供借鉴和帮助。

[关键词]地质灾害;风险评估;区域性;贵州

[中图分类号]P316;P694 [文献标识码]A [文章编号]1000-5943(2015)01-0071-07

1 前言

2012年9月7日11时19分,云南省昭通市、贵州省毕节市交界地区(东经104.0°,北纬27.5°)发生5.7级地震,震源深度14 km。据调查,此次地震诱发和加剧地质灾害隐患共197处,呈现了地质灾害“种类齐、规模小、危害大”的特征。严重威胁2.72万人的生命财产安全,同时对大量的交通道路、矿山企业等造成威胁,潜在经济损失达16.268亿元。

在单体地质灾害的研究中,主要考虑的是灾害的形成机理以及影响因素、发展规律等,即多考虑地质灾害的自然属性;但对于区域性的地质灾害研究,还需关注地质灾害所威胁的生命财产和资源环境等社会经济属性。人类防治地质灾害的最终目的并不是杜绝引起地质灾害的地质现象或地质事件的发生,而是确保这些地质现象或地质事件不对人类造成不可接受的危害^[5,6]。

所以,从社会防灾减灾意义上讲,既要考虑其自然因素——即地质灾害的形成机制和诱发因素等,也要考虑其社会属性因素——即地质灾害对生命财产和资源环境的损毁与破坏。这就要求采用一种将两者综合考虑,并能从区域进行地质灾害预测以及中长期预报的系统理论与方法,由此

才有了地质灾害风险评估的产生。

本文以云贵交界处“9·7”地震贵州震区的威宁、赫章两县为研究实例,在全面统计分析研究区基础地质环境资料和地质灾害数据的基础上,综合考虑风险评估理论与方法的特点,对该区域进行基于GIS技术的地质灾害风险评估,以便为该区域的防灾减灾工作提供依据与帮助。

2 评估方法

目前,地质灾害风险评估的方法还没有形成统一模型,许多专家学者在这方面做出了有益的探索尝试,取得了一定的成果。常用的地质灾害风险评估的模型有专家经验综合评判模型、BP神经网络模型^[7,8]、数理统计模型、数据驱动权重模型^[9]、层次分析(AHP)模型^[10,11]、模糊数学评判模型、信息量模型^[12]等。由于地质灾害的复杂性,采用单一评价模型进行的风险评价结果往往不能全面的反映地质灾害分布情况及风险程度。比如,在信息量模型中,过多的依靠所采取的数据对影响因素所提供的信息量,然而由于某些客观原因,所采取的数据不足或精度不够,势必会影响评价因素的信息量,进而影响评价结果;数据驱动权重模型中,需要将证据图层经过栅格化及二值化处理,即需要对证据图层的每个统计单

[收稿日期]2014-10-17

[基金项目]贵州省地质灾害监测预警与决策支持平台研究(Z113278)。

[作者简介]党杰(1987—),男,陕西渭南人,硕士,助理工程师,主要从事工程地质、地质灾害相关方面的工作。

元都赋予二值性属性,2代表证据存在,1代表证据不存在,在现实中许多因素都不是“非此即彼”的关系,这种方法将风险评价的影响因素人为的划分为二值,造成因素信息的大量丢失,其评价结果也值得商榷。由此可见,采取单一方法进行的评价模型由于数据、方法体系等的不足,对评价结果往往造成一定程度的影响。因此,需采用一种能够相互补充完善的综合评价

$$W \cdot R = (w_1, w_2, \dots, w_p) \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{p1} & r_{p2} & \dots & r_{pn} \end{bmatrix} = (b_1, b_2, \dots, b_n) = B$$

将权重向量 W 与各地质灾害风险评估向量 R 进行合成,得到各影响因素的模糊综合评估结果向量 B 。本次研究中,采用层次分析法来计算得到评估指标间的权系数,并对各指标在合成之前归一化处理,即 $\sum_{i=1}^p w_i = 1, w_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, p$ 。评估向量矩阵 R 中第 i 行第 j 列元素 r_{ij} , 表示从某个灾害评估因子 u_i 来看对灾害等级 v_j 的隶属度,元素 w_i 本质上是因素 u_i 对模糊子集的隶属度。

3 易发性评估

易发性评估是地质灾害风险评估的基础,是对基础地质条件下地质灾害发生的可能性进

方法,以此来弥补由于单一方法体系的缺陷造成的评价结果精度不足。

通过对各种地质灾害风险评估的方法进行比较,结合研究区地质灾害发育特征及分布规律,考虑基于 GIS 平台进行风险评价的特点,采用将模糊数学评判模型与层次分析模型相结合的模糊层次综合评估法进行评估,能够较好的提高评价结果的精度和可信度。计算公式见公式一:

行评估。根据“9·7”地震贵州震区的实际情况,结合野外地质灾害调查与室内资料整理,归纳分析出研究区地质灾害的发育特征、分布特征以及孕灾环境。通过对影响地质灾害的所有因素指标进行分析筛选,从地形坡度、岩性、岩体结构、坡体结构、地质构造、河流切割程度、坡体高程、高差、坡宽、区域稳定性、植被覆盖、地质灾害现状等指标中选取地形坡度、工程岩组、河谷切割、地质构造以及地质灾害发育现状等 5 个指标作为评估因子。同时根据研究区内各指标的实际特征,通过统计分析后将各评估指标进行量化(量化分级取值见表 1),分别建立各评估因子的分级图层。

表 1 易发性评估指标分级

Table 1 Classification of s index

评估指标	评估标准			
	极高易发(4)	高易发(3)	中易发(2)	低易发(1)
地形坡度(°)	> 45	25 ~ 45	10 ~ 25	< 10
工程岩组	软硬相间岩组	软质岩组	松散岩组	硬质岩组
河谷切割(距河谷距离)	< 200 m	200 m ~ 500 m	500 m ~ 1 000 m	> 1 000 m
地质构造(距断裂距离)	< 500 m	500 m ~ 1 000 m	1 000 m ~ 3 000 m	> 3 000 m
地灾现状	强烈发育	高发育	中等发育	低发育

利用层次分析法得到权重向量为: $W = (0.378, 0.106, 0.287, 0.154, 0.075)^T$, 经一致性检验合格后,应用 GIS 平台上的空间分析工具对各指标图层进行栅格化处理,并进行叠加分析,得到研究区易发性评估结果。由计算可知,研究区易发性指数值介于 1 ~ 3.71 之间,按照自然断点分级法对计算结果进行易发性指数进行阈值划

分,总体对评估图层按照“区内相似”原则对评估结果进行合并处理,将评估结果划分为(1 ~ 1.76)、(1.76 ~ 2.26)、(2.26 ~ 2.79)、(2.79 ~ 3.71)四个等级,相应的将研究区易发性划分为极高易发、高易发、中易发和低易发四个区域,其结果如图 1:

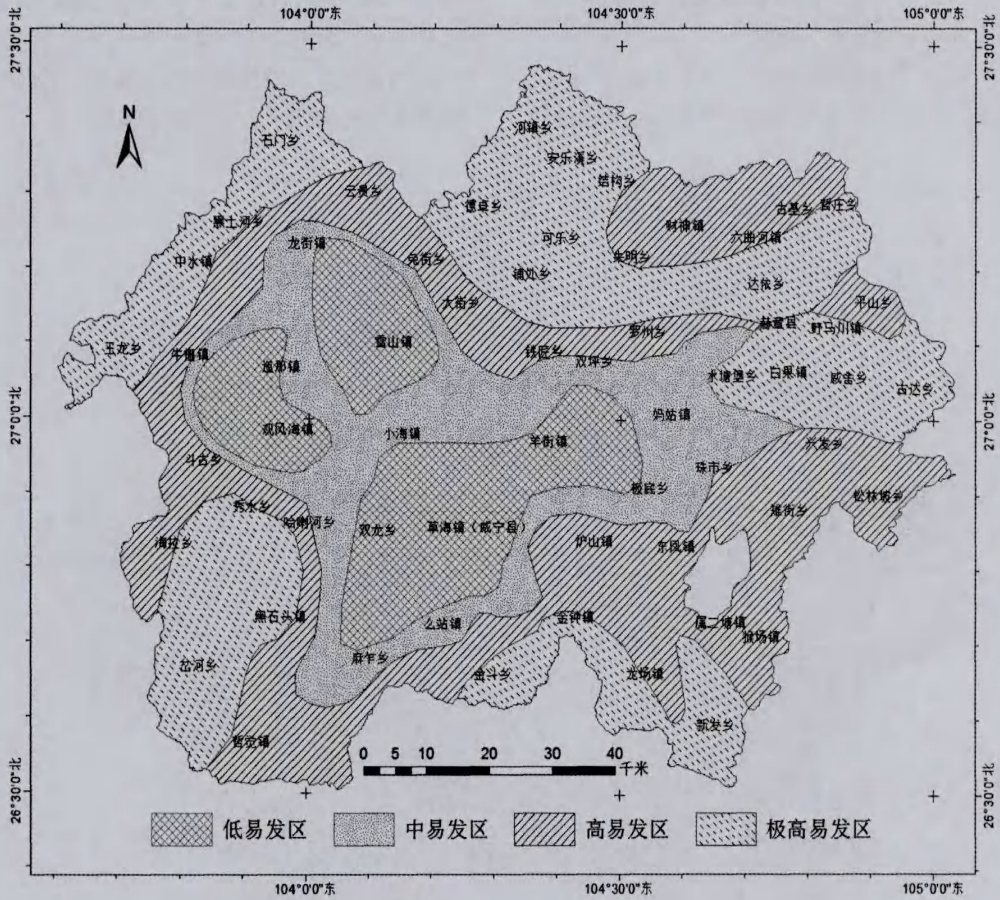


图1 易发性评估

Fig. 1 Susceptibility estimation

4 危险性评估

危险性评估是在易发性评估的基础上,增加地震、降雨和人类工程活动三个较为普遍的诱发因素,评估研究区在孕灾环境的基础上增加诱发因素之后的危险程度。根据研究区地质环境现状

及易发性评估结果,选取易发性评估结果和地震、降雨及人类工程活动四个因素构建研究区地质灾害危险性评估指标体系的因素论域,同样根据各指标的实际特征,通过统计分析后将各评估指标进行量化(量化分级取值见表2),分别建立各评估因子的分级图层。

表2 危险性评估指标分级

Table 2 Classification of risk estimation index

评估指标	评估标准			
	极高易发(4)	高易发(3)	中易发(2)	低易发(1)
易发性结果	高易发	中易发	低易发	不易发
地震	极高影响区	高影响区	中影响区	低影响区
降雨	1 200 mm	1 100 mm	1 000 mm	900 mm
人类工程活动	强烈活动区	中等影响区	低影响区	弱影响区

利用层次分析法得到权重向量为: $W = (0.564, 0.263, 0.118, 0.055)^T$,经一致性检验

合格。根据研究区地质灾害危险性评估指标体系的分级标准,应用GIS平台上的空间分析工具对

各指标图层进行栅格化处理,并进行叠加分析,得到研究区易危险性评估结果。

研究区危险性指数介于 1.24 ~ 3.50 之间,对评估图层按照“区内相似”原则对评估结果进行合

并处理,将评估结果划分为(1.24 ~ 1.92)、(1.92 ~ 2.25)、(2.25 ~ 2.61)、(2.61 ~ 3.50)四个等级,相应的将研究区危险性划分为极高危险、高危险、中危险和低危险四个区域,其结果如图 2。

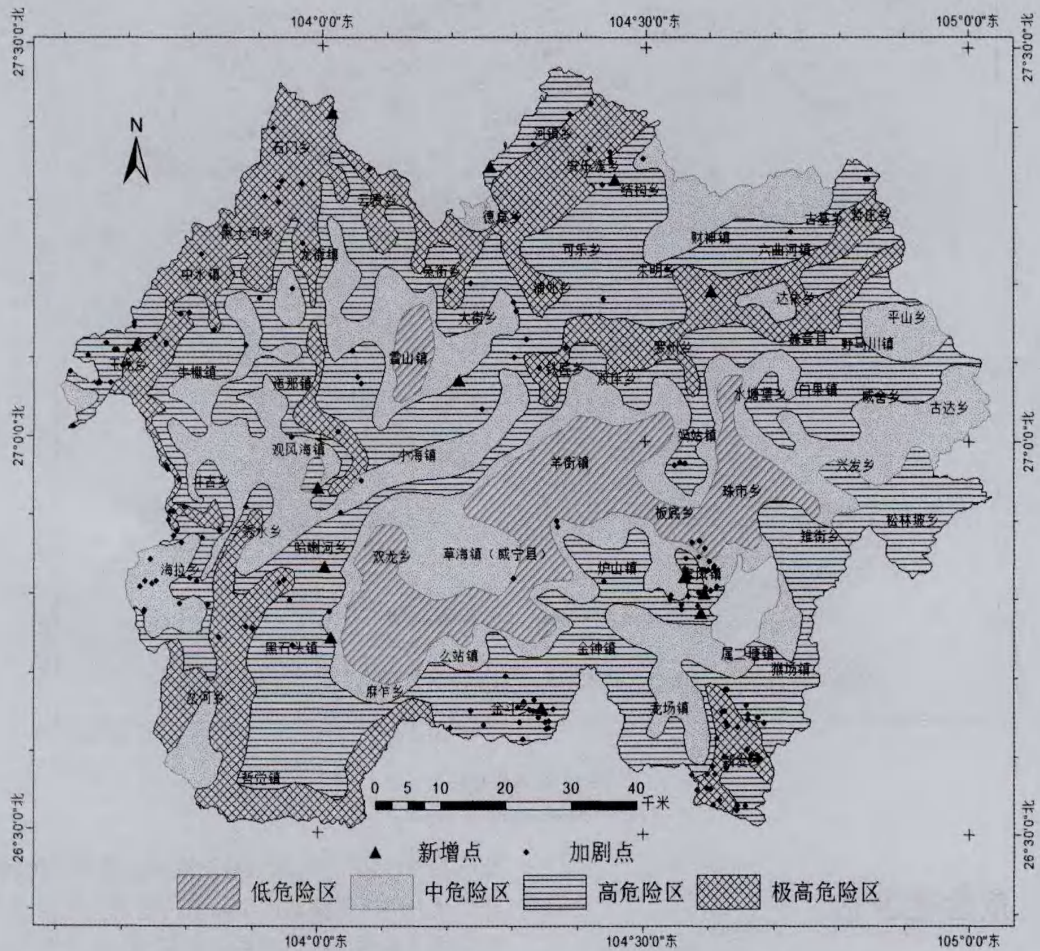


图 2 危险性评估

Fig. 2 Risk estimation

5 易损性评估

易损性评估是地质灾害风险评估中重要的一个环节,作为地质灾害社会属性的表现特征,其主要涉及承灾体的易损度。人类社会经济的易损度,是承灾体生命财产和各项经济活动对地质灾害的抵御程度与可恢复程度。易损度要素主要包括社会、经济、资源、环境等四方面因素。然而,目前国内外对地质灾害易损性的研究还不是很多,还没形成一个确定的评估模式。鉴于此,本文根据前人经验以及研究区的实际情况,对研究区所收集的数据资料进行整理分析,选取有代表性的

易损性评估因子,利用 GIS 技术平台生成研究区易损性等级分布图,对研究区易损性进行分析。

$W = (0.453, 0.262, 0.167, 0.118)^T$,并一致性检验合格。

根据研究区实际情况和所收集的资料,对各方面选取一个评估指标,即:人口密度、财政收入、矿产资源和植被指数(NDVI 值)。根据研究区易损性评估指标体系的分级标准,分别建立各评估因子的分级图层。

通过对上述四个进行量化赋值,将其划分为高易损、中易损、低易损和不易损四个级别。各评估因子分级指标见表 3。

表 3 易损性评估指标分级

Table 3 Classification of vulnerability estimation index

评估指标	评估标准			
	极高易发(4)	高易发(3)	中易发(2)	低易发(1)
人口密度(人/km ²)	>300	230~300	150~230	<150
财政收入(万元)	>5 000	1 500~5 000	500~1 500	<500
矿产资源	集中开采区	/	/	非集中开采区
NDVI(值)	0.158~0.689	0.689~0.782	0.782~0.861	0.861~0.997

根据上述各易损性指标的划分及赋值,结合对各指标图层的权重,应用 GIS 平台上的空间分析工具对各图层进行栅格化处理,并进行叠加分析,得到研究区易损性评估结果。研究区易损性指数介于 0.955 ~ 3.643 之间,对评估结果进行

合并处理,将评估结果划分为(0.955 ~ 1.513)、(1.513 ~ 2.231)、(2.231 ~ 2.737)、(2.737 ~ 3.643)四个等级,相应的将研究区易损性划分为高易损、中易损、低易损和不易损四个区域,其结果如图 3:

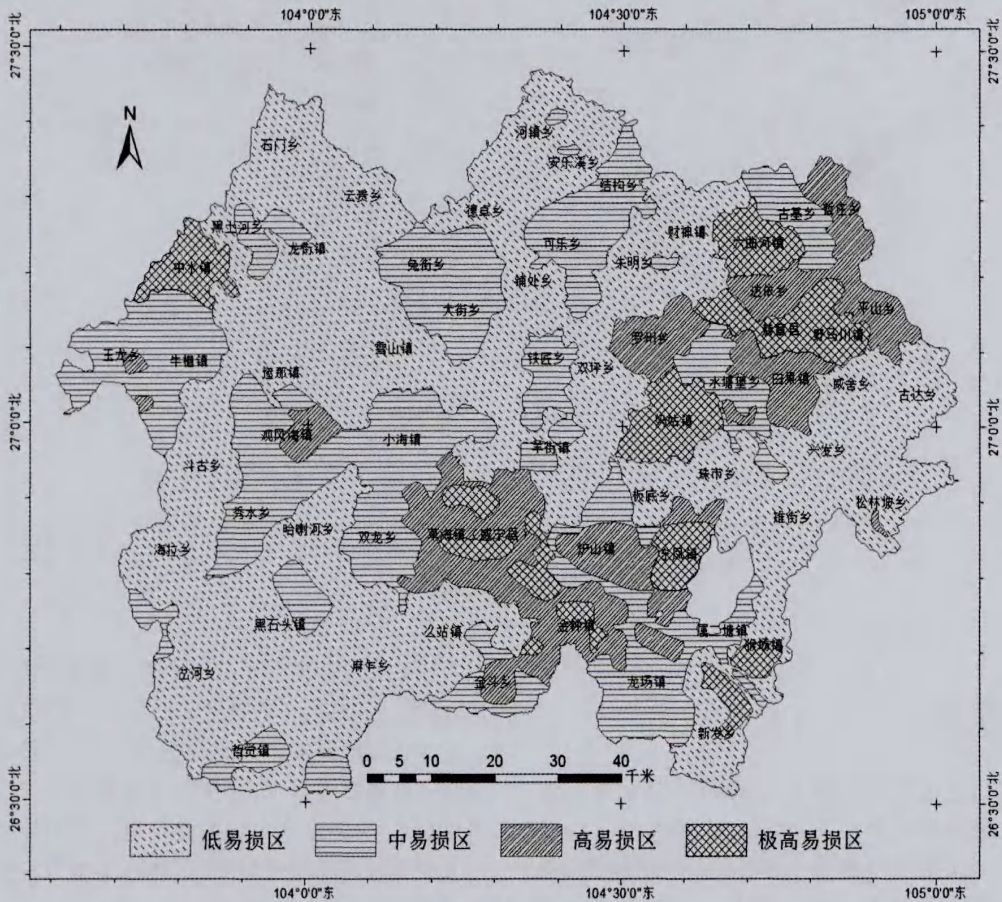


图 3 易损性评估

Fig. 3 Vulnerability estimation

5 风险评估

根据地质灾害风险评估的定义可知,地质灾害风险评估是以危险性评估和易损性评估为基础

的。为定量表达地质灾害风险程度,采用下式对风险指数进行计算:

$$\text{风险值} = \text{危险值} \times \text{易损值}$$

由计算结果可知,研究区风险评估值最大为 3.307,最小为 1.159,平均值 2.085,标准差

0.300。最后,根据研究区风险评估数据的特性,采用自然间断点分级法进行划分,将研究区风险评估结果分为四个等级:极高风险区(风险值

2.137 ~ 3.307)、高风险区(风险值 2.137 ~ 2.439)、中风险区(风险值 1.850 ~ 2.137)、低风险区(风险值 1.159 ~ 1.850)。划分结果见图4:

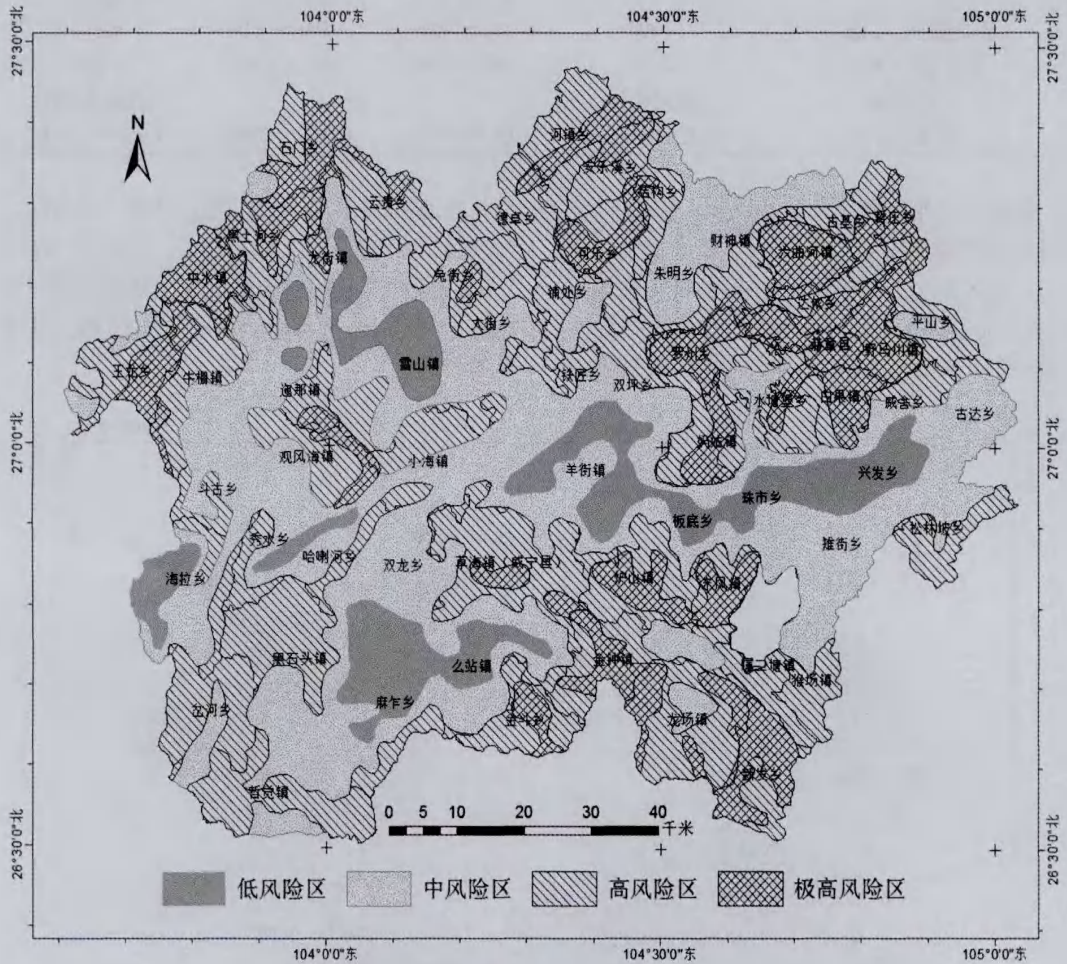


图4 风险评估

Fig. 4 Risk assessment

6 结论

(1)通过易发性评估、危险性评估和易损性评估,最后得出研究区风险值范围为 1.159 ~ 3.307,采用自然间断点分级法进行划分为四个等级:极高风险区(风险值 2.137 ~ 3.307)、高风险区(风险值 2.137 ~ 2.439)、中风险区(风险值 1.850 ~ 2.137)、低风险区(风险值 1.159 ~ 1.850)。评估结果与实际调查结果吻合较好,可为该区域地质灾害防治工作提供帮助借鉴。

(2)通过对危险性评估图与实际发生地质灾害的位置进行对比,可以看出该危险性评估图中危险性大的区域与现有地质灾害的吻合性较好,

具有较高的可信度。通过与易损性叠加分析得出的风险性区划图,与危险性区划图有一定的区别,这正体现了地质灾害风险评估的特点:风险评估不仅关注地质灾害本身,更关注地质灾害产生的可能后果,关注地质灾害的发生对人类经济社会以及资源环境的恶劣影响,这体现了地质灾害防治过程中“以人为本”的理念。

(3)评估结果也从侧面反映出,本次评估工作所选取的指标及评估方法具有一定的合理性,尤其是结合 GIS 软件空间分析功能开展的风险评估,叠加分析过程人为干预少,数据结果可信度较高,可为其他区域开展类似工作提供参考。

[参考文献]

- [1] 张业成,张梁. 论地质灾害风险评估[J]. 地质灾害与环境保护,1996,7(3):1-6.
- [2] 马寅生,张业成,张春山,等. 地质灾害风险评估的理论与方法[J]. 地质力学学报,2004,10(1):7-18.
- [3] 朱良峰,殷坤龙,张梁,等. 地质灾害风险分析与GIS技术应用研究[J]. 地理学与国土研究,2002,18(4):10-13.
- [4] 朱良峰,张梁,等. 基于GIS技术的地质灾害风险分析系统研究[J]. 工程地质学报,2002,10(4):428-433.
- [5] 吴树仁,石菊松,张春山,等. 地质灾害风险评估技术指南初论[J]. 地质通报,2009,28(8):995-1005.
- [6] 石菊松,石玲,吴树仁,等. 滑坡风险评估实践中的难点与对策[J]. 地质通报,2009,28(8):1021-1030.
- [7] 成玉祥,任春林,张骏. 基于BP神经网络的地质灾害风险评估方法探讨——以天水地区为例[J]. 中国地质灾害与防治学报,2008,19(2):100-104.
- [8] 吴益平,唐辉明,葛修润. BP模型在区域滑坡灾害风险预测中的应用[J]. 岩石力学,2005,26(9):1409-1413.
- [9] 张丽君,江思宏. 区域性滑坡敏感性评价的数据驱动权重模型及应用[J]. 水文地质工程地质,2004,31(6):33-36.
- [10] 张春山,张业成,马寅生,等. 区域地质灾害风险评估要素权值计算方法及应用——以黄河上游地区地质灾害风险评估为例[J]. 水文地质工程地质,2006(06).
- [11] 杜军,杨青华. 基于GIS和AHP耦合的汶川震后次生地质灾害风险评估[J]. 中国水土保持,2009(11):14-16.
- [12] 柳依莎,杨华. 基于信息量模型的地质灾害危险性评价研究——以重庆市涪陵区为例[J]. 重庆师范大学学报(自然科学版),2012,29(4):34-40.

Geologic Disaster Risk Estimation of Guizhou Region in 9.7 Earthquake in the border of Guizhou and Yunnan

DANG Jie, YANG Sheng-yuan

(Guizhou Institute of Geo-environment Monitoring, Guiyang 550004, Guizhou, China)

[Abstract] In order to analysis the risk degree of regional geologic disaster, the FAHP method is used and on the basis of overall study the basic geo-environmental information and geologic disaster data in the target area, the geologic disaster risk is estimated by GIS technology, According to the risk value, the results are divided into: very high risk area, high risk area, intermediate risk and low risk area, this result is consistent with the reality and can be used for geologic disaster prevention in this area.

[Key words] Geologic disaster; Risk estimation; Regional; Guizhou

(上接第82页)

Study of High Intensity Magnetic Separations of Some Low Grade Manganese Carbonate Deposit

DENG Qiang¹, HUANG Yuan-ling¹, WANG Jing-song², CHEN Ning-ke²

(1. MLR Guiyang Supervision and Testing Center of Mineral Resources, Guiyang 550004, Guizhou, China; 2. 102 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration & Development, Zunyi 563003, Guizhou, China)

[Abstract] SLon-100 ring pulsating high gradient magnetic separators is used to study some low grade manganese carbonate, finally it uses fine grain moisture intensity magnetic separation technology is chosen, in the condition of the grade of the raw ore is 13.74%, the good effect is obtained that the grade of Mn in manganese concentrate is 24.81% and the recovery rate of Mn is 94.70%.

[Key words] SLon ring pulsating high gradient magnetic separation; Manganese carbonate; Manganese deposit; Low grade; Separation