

清江流域利川市地质灾害易发分区研究

王宁涛, 彭 轲, 连志鹏, 霍志涛

中国地质调查局武汉地质调查中心, 武汉, 430502

地质灾害是在地质内动力或外动力作用下, 形成了崩塌、滑坡、泥石流、地面塌陷和地裂缝等, 造成或威胁了人民生命和财产安全的破坏性地质现象(周爱国等,2008; 韩金良等,2007; 石菊松,2008)。不同的地质灾害点有各自独特的特征, 具有一定的偶然性和突发性; 但对区域内的地质灾害群而言, 具有一定的必然性和规律性, 他们主要是受地形地貌、地质构造或地层岩性的影响, 同时受降雨、地震及人类工程活动的影响, 表现出区域性和群发性的特点, 为地质灾害区域特征分析提供了基础。

20 世纪 60 年代, 专家基于地质灾害的群发性和区域性特征, 已开始研究如何预防地质灾害。专家通过对地质灾害进行分析, 提出了地质灾害诱发因素的概念模型, 并对模型中各因子进行了专家打分, 完成了地质灾害敏感性判断和评价, 取得了较好的效果(丛威青等,2006; 刘传正等,2004; Aleotti P and Chowdhury R,1999; 吴树仁等,2009; 张茂盛和唐亚明,2008;)。随着 GIS 技术的发展, 尤其是空间分析功能的完善, 促进了地质灾害评价数学模型的发展。1980 年至今, 基于地质学基本原理, 引入数理统计方法, 对地质灾害的致灾机理进行统计分析, 提出了更为详细和准确的概念模型(侯圣山等,2006; 刘传正等, 2004; Donati L and Turrini M C, 2002; Chih-Yuan Tseng and Chien-Chih Chen, 2011; Marta Guinau, et.al., 2005.), 通过数学分析方法, 实现了地质灾害易发性评价的数学模型, 促使其从定性分析逐步转向定量分析, 促进了地质灾害预警预报的技术发展, 提高了地质灾害预警预报的准确性和科学性。

1 研究区概况

利川市位于鄂西南边陲, 东西宽 92km, 南北长 105km, 国土面积 4612 km²。利川市属亚热带大陆性季风气候, 多年平均降雨量 1472mm, 受地形影响大。地表水系发育, 清江、郁江、毛坝河、梅子水、磨刀溪等河流发源于境内, 呈放射状, 流域总面积 4600km², 多年平均径流总量 37.02 亿 m³。

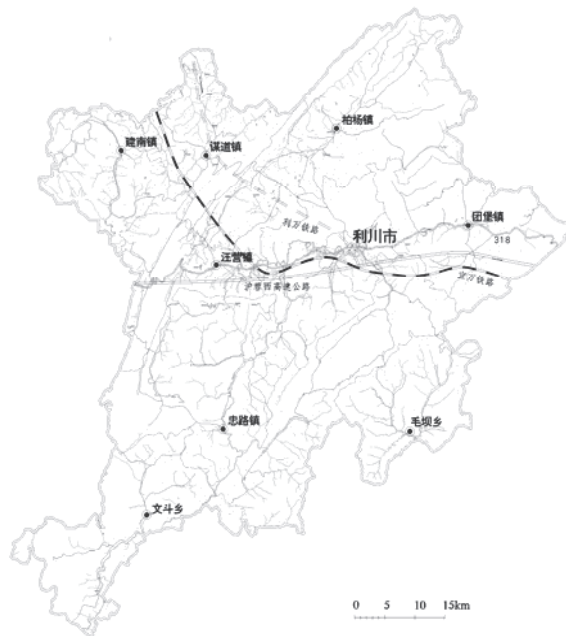


图 1 利川市交通位置概图

利川市地处鄂西南近东西向展布的褶皱山区, 属云贵高原东北部的延伸部分, 为构造溶蚀侵蚀中低山区; 地貌为燕山期台褶带和新构造运动形成的近东西走向的褶皱山地, 表现为大面积的隆起, 间歇性明显。利川市地势为南北部高、中部平缓。全市最高点为东北部寒池山, 海拔 2041.50m, 最低点为西南部长顺的郁江出境处, 海拔 315m。利川市以构造溶蚀侵蚀中-中低山的地貌格局为主, 山麓斜

注: 本文为清江流域利川市详细地质灾害调查项目(编号 1212010914048)的成果。

收稿日期: 2013-03-13; 改回日期: 2013-03-31; 责任编辑: 刘恋。

作者简介: 王宁涛, 男, 1982 年生。硕士, 助理研究员。主要从 3S 技术与水工环地质调查。Email:wnt113@126.com。

坡堆积的洪积扇和坡积裙发育,形成了山前平原和河流侵蚀堆积的阶地、漫滩以及岩溶洼地、漏斗、峰丛、溶洞等多成因、多类型组合而成的地貌景观,为各种地质灾害的孕育、发生及发展提供了有利场所(湖北省利川市地方志编纂委员会^①;利川市年鉴编辑委员会^②;湖北省地质矿产局^③)。

2 研究方法

2.1 数据选取

数据主要来源于收集和野外实测的基础数据,包括水文地质、工程地质图和地理交通位置图。购买 2010 年 4 月 ALOS 遥感数据,获取了道路、居民地和水利设施建设等人类工程活动信息和地质灾害空间分布特征。

2.2 技术与方法

地质灾害易发性分区分为定性和定量评价两种。地质易发性分区研究基于地质等基础数据,结合遥感数据获取灾害点信息,依据灾害的群发性和区域性特点,采用地质统计方法,采用 GIS 空间分析技术,建立地质灾害信息量连续模型进行地质灾害易发性定量分析,完成地质灾害易发分区,具体技术方法如下:

- 1、根据易发性分区定量研究,选择 ALOS 遥感数据,对部分基础数据进行实测补充;
- 2、定性分析地质灾害影像因子,并基于 GIS 平台对因子进行定量统计和分析,确定影响因子选取及分级;
- 3、针对致灾因子进行定量分级,提取各致灾因子并进行矢量化,完成单因子分级图件;
- 4、根据野外调查情况,结合遥感数据,基于 GIS 平台,完成各地质灾害点的矢量化;
- 5、采用 GIS 空间分析技术,建立地质灾害评价分析模型,按照 25m*25m 的分辨率完成各因子栅格化处理,进行信息量计算与分析;
- 6、基于单因子信息量分析结果,采用 GIS 技术进行空间分析,完成地质灾害易发性定量分析及分区图的制作。

3 影响因子分析

利川市地质灾害主要表现为滑坡、崩塌、不稳定斜坡、地面塌陷和泥石流等灾害类型,其中,地面塌陷和泥石流灾害点少,分布范围小,灾害点以

滑坡和崩塌为主。在进行评价指标统计过程中,依据地质灾害的发生机理,将滑坡与不稳定斜坡统归为滑坡;将崩塌和危岩体统归为崩塌;滑坡和崩塌作为斜坡失稳的两种形式,其影响因素既有联系又有所差异,对滑坡起控制作用的因素同样制约着崩塌的产生,只是各影响因素所起的作用略有差异。因此,在对利川市进行地质灾害易发程度定量评价时,将滑坡与崩塌两种灾害类型合并统计分析。

根据清江流域工作经验,结合利川市地质灾害点的统计分析发现,地质灾害的主要影响因素为:工程地质岩组、斜坡结构类型、地质构造、地形地貌、水文地质条件等静态因素,以及降雨、水库蓄水和人类工程活动等动态因素(丛威青等,2006;侯圣山等,2006;石菊松,2008)。基于前人的研究成果(湖北省地质环境总站荆沙站^④;湖北省水文地质工程地质大队^⑤;中国地质大学(武汉)^⑥),在充分考虑资料、研究范围及精度的前提下,选取地质灾害点密度、斜坡结构类型、工程地质岩组、水文地质条件、斜坡几何形态、断裂构造和人类活动等 7 个影响因子作为定量分析的主要因子。

4 GIS 地质模型建立与分析

4.1 信息量模型

信息量分析模型通过计算影响因素对斜坡变形破坏所提供的信息量值,作为区划定量指标,既能正确地反映地质灾害的基本规律,又简便、易行、实用,且便于推广应用。信息预测的观点认为,滑坡与崩塌等地质灾害的产生与否与预测过程中所获取信息的数量和质量有关(侯圣山等,2006;石菊松,2008)。在实际计算时往往用下列样本频率计算:

$$I(x_i, H) = \ln \frac{N_i / N}{S_i / S} \quad (1)$$

式中: S 为研究区评价单元总数, N 为研究区有地质灾害分布的单元总数, S_i 为研究区内含有评价因素 x_i 的单元数, N_i 为分布在因素 x_i 内特定类别内的地质灾害单元数。

计算某个评价单元内 n 种因素对地质灾害发生的提供的总信息 I_i:

$$I_i = \sum_{i=1}^n I(x_i, H) = \sum_{i=1}^n \ln \frac{N_i / N}{S_i / S} \quad (2)$$

式中: I_i 为评价单元总的信息量值, n 为参评因子数。

用总的信息量 I_i 作为该单元影响地质灾害发生

的综合指标，其值越大越有利于地质灾害的发生，该单元的地质灾害危险性亦越高。

评价指标的基础数据均为定量描述的数据，因此需对数据进行标准化、规格化、均匀化或对数、平方根等方法统一量纲，或用归一化处理后变成无量纲的数据，代入评价模型进行计算分析。

4.2 信息量计算

基于 GIS 平台完成了 7 个影响因子的 24 种状态的信息量计算（表 1），其前 8 种状态分别是：①

地形坡高小于 600m，②地形坡高大于 600m，小于 1000m，③与河谷距离 30-350m，④坚硬碎屑岩类，⑤软硬相间碎屑岩类，⑥斜坡结构中的横向坡，⑦软硬相间碳酸盐岩类，⑧斜坡结构类型中的顺向坡。以上 8 种因素为崩滑流地质灾害发育的主要控制条件，其它因素影响相对较小。斜坡结构类型中的斜向破、坚硬碳酸盐岩类工程岩组、高程大于 1500m 等分级信息量值为高负值，表明该状态在一般情况下有利于斜坡体的稳定。

表 1 各评价因子信息量计算结果表

类别	评价因子	状态	信息量计算			信息量排序
			Sj	Nj	Natj	
斜坡几何形态	坡高(m)	<600	25	120595	1.266268	1
		600—1000	166	1224899	0.841204	2
		1000-1500	232	4933285	-0.217193	19
		>1500	8	1096863	-2.080938	24
	坡度(°)	12-24	150	2250186	0.131697	13
		6—12, 24-30	117	1574475	0.240327	9
		30-36	46	851720	-0.078786	17
		<6, >36	118	2699261	-0.290219	20
斜坡结构类型	斜坡结构夹角(°)	0-30(顺向坡)	79	1015973	0.285676	8
		30—60, 120-150(斜向坡)	138	3556994	-0.409587	22
		60-120(横向坡)	183	2239395	0.335355	6
		150-180(逆向坡)	31	563280	-0.059959	16
工程地质岩组	松散岩土类	-	2	48736	-0.353441	21
	软硬相间碎屑岩类	-	239	2681216	0.422268	5
	坚硬碎屑岩类	-	25	272182	0.452235	4
	软硬相间碳酸盐岩类	-	101	1267974	0.309775	7
	坚硬碳酸盐岩类	-	64	3105534	-1.042228	23
地质构造	断裂带影响	斜坡在断裂带影响范围以内(1km)	106	1686444	0.072892	14
		斜坡在断裂带影响范围以外(>1km)	325	5689198	-0.022669	15
水文地质条件	与河(沟)谷的表面距离	50-350m	169	1418108	0.712650	3
		<50m, 350-550m	94	1298356	0.214271	11
		550-800m	72	1042820	0.166812	12
		>800m	96	3616358	-0.789044	17
人类工程活动	强烈	公路两侧 1km 范围内	211	2870609	0.229409	10
	中等	公路两侧 1km 范围外(城镇、村庄、水库周围 5km 范围)	220	4505033	-0.179493	18
	极弱	未开发原始森林地区	0	-	-	-

表 2 利川市地质灾害易发程度分区表

级别	面积(km ²)	占全县面积比(%)	亚区名称及代号	面积(km ²)	百分比(%)
高易发区(I)	1123.73	24.37	建南杨东河流域—谋道段滑坡、崩塌高易发亚区(I ₁)	604.55	13.11
			汪营镇马鞍山—柏杨镇龙门、龙驹滑坡、崩塌地质灾害高易发亚区(I ₂)	246.82	5.35
			文斗郁江流域—沙溪滑坡、崩塌地质灾害高易发亚区(I ₃)	272.35	5.91
中易发区(II)	1455.75	31.56	宜万公(铁)路及城区周边滑坡、崩塌、塌陷灾害中易发亚区(II ₁)	305.30	6.62
			忠路镇南部—文斗乡西部—沙溪乡西部滑坡、崩塌、塌陷灾害中易发亚区(II ₂)	651.71	14.13
			元堡乡南部—沙溪乡东部--毛坝崩塌、滑坡中易发亚区(II ₃)	498.75	10.81
低易发区(III)	2032.57	44.07	谋道的团结—铁炉寨—鱼皮村—清江北岸一带，利川东部元堡的复兴—高源—三合一带		

4.3 结果与分析

根据计算结果，单元总信息量最高值为

4.027608，最低值为-5.85288，采用统计学中的自然断点法(natural break)对易发性定量计算结果进行分

级,将全区划分为高易发区、中易发区和低易发区 3 级(表 2)。

由表 2 可知,地质灾害数量随着易发程度的降低而减少,且比率(b/a ,即地质灾害总数与分区面积的比值)随之减小,客观反映了地质灾害易发性分区的合理性,与定性分析结果一致。其中高易发区的特征值(2.2940)分别是中易发区(0.6693)和低易发区(0.2155)的 3.4275 倍和 10.6450 倍。

基于地质灾害易发性定量分析结果,综合考虑地质灾害的诱发因素与现状,将利川市地质灾害易发程度划分为高、中、低三级易发区 8 个亚区。

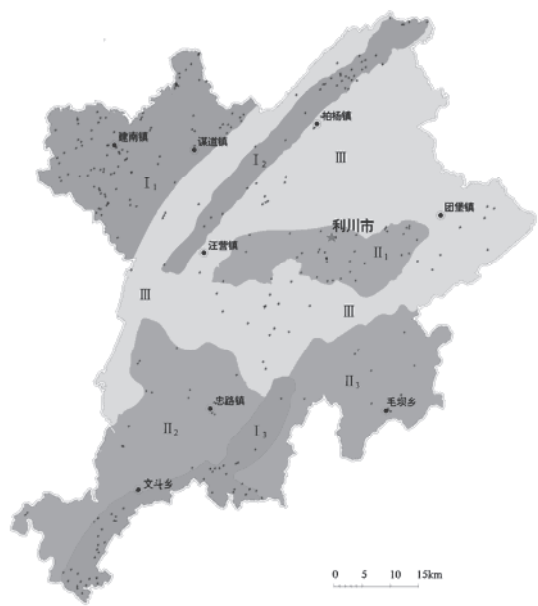


图 2 利川市地质灾害易发性分区图

5 结论

通过开展利川市地质灾害详细调查工作,掌握了全市地质灾害形成条件、发育程度和分布规律;基于野外调查数据分析,采用信息量模型计算和分析,完成了利川市地质灾害易发性定量分区分析;在此基础上提出了全市地质灾害防治对策与建议,极大的推动了利川市地质灾害防治工作,为后续城市发展与规划提供了科学的依据。

地质灾害点因缺乏历史记录数据,未能准确掌握地质灾害发生的具体时间或者部分地区缺少准确的降雨量监测数据,为进一步的地质灾害气象预警研究增加了困难,建议以后加强地质灾害点的监测和降雨量监测站的建设。

注 释 / Note(s)

- ①湖北省利川市地方志编纂委员会. 1992. 利川市志.
- ②利川市年鉴编辑委员会. 2008. 利川市年鉴.
- ③湖北省地质矿产局. 1990. 湖北省区域地质志. 北京:地质出版社.
- ④湖北省地质环境总站荆沙站. 2006. 湖北省利川市地质灾害调查与区划报告.
- ⑤湖北省水文地质工程地质大队. 1984. 鄂西山区山体稳定性和岩崩、滑坡发育规律调查研究报告(1:20 万).
- ⑥中国地质大学(武汉). 2009. 鄂西恩施地区滑坡形成机制与危险性评价报告.

参 考 文 献 / References

- 从威青,潘懋,李铁峰,等.2006.基于 GIS 的滑坡、泥石流灾害危险性区划关键问题研究,地学前缘,13(1):186~190.
- 韩金良,吴树仁,汪华斌.2007.地质灾害链.地学前缘,14(6):011~023.
- 侯圣山,李昂,周平根,等.2006.基于二元统计的区域地质灾害敏感性评价——以四川雅安雨城区为例,水文地质工程地质,(1):1~4.
- 刘传正,李铁峰,程凌鹏,等.2004.区域地质灾害评价预警的递进分析与方法,水文地质工程地质,(4):1~8.
- 石菊松.2008.基于遥感和地理信息系统的滑坡风险评估关键技术研究.北京:中国地质科学院:13~115.
- 吴树仁,石菊松,张春山,等.2009.地质灾害风险评估技术指南初论,地质通报 28(8):995~1005.
- 周爱国,周建伟,梁合成,等.2008.地质环境评价.武汉:中国地质大学出版社. 153~154.
- 张茂盛,唐亚明.2008.地质灾害风险调查的方法与实践,地质通报,27(8):1205~1216.
- Aleotti P, Chowdhury R.1999. Landslide hazard assessment summary review and new perspectives, Bull. Eng. Geo. Env, 58(1):21~44.
- Chih-Yuan Tseng, Chien-Chih Chen.2011. Entropic component analysis and its application in geological data, Computers & Geosciences. In Press, Corrected Proof (Available online 19 January 2011)
- Donati L, Turrini M C. 2002.An objective method to rank the importance of the factors predisposing to landslides with GIS methodology: application to an area of the Apennines (Valnerina; Perugia, Italy), Engineering Geology, 63(3-4): 277~289.
- Marta Guinau, Raimon Palla's, Joan Manuel Vilaplana, and RISK-NAT Research Group. 2005. A feasible methodology for landslide susceptibility assessment in developing countries: A case-study of NW Nicaragua after Hurricane Mitch, Engineering Geology, (80): 316~327.