

云南省地质灾害预报预警模型方法

张红兵

(云南省地质环境监测总站, 云南 昆明 650216)

摘要:根据云南省地质灾害综合研究成果,作者架构了云南省地质灾害预报预警模型方法。认为,影响地质灾害活动的因素是气象、地理、地质因素,相互交织,自然与社会因素相互叠加。地质灾害系统是一个开放的、复杂的灾害系统。在对影响地质灾害发生因素分析的基础上,可以利用相应的预测模型,对给定区域内发生地质灾害的危险度做出预测。建立模型的程序是:(1)区域地质灾害综合调查;(2)研究区域内地质灾害分布与地形(高程、坡度)、水系、工程地质岩组、地质构造形迹、人类工程活动、降雨量分布和地震活动的统计分析;(3)创建概念模型和数学模型;(4)确定危险度指数和预报等级。

关键词:地质灾害;预报预警;模型;危险度;云南省

文章编号:1003-8035(2006)01-0040-03

中图分类号:P642.2

文献标识码:A

1 引言

根据国土资源部和中国气象局开展地质灾害气象预警工作的经验,云南省从2004年开始地质灾害综合研究,建立了地质灾害预报预警模型,并实施地质灾害气象预警预报。

2 基本认识

为了架构地质灾害预报预警模型,首先需要分析云南省地质灾害的特点及需要解决的主要问题。

2.1 滑坡、泥石流、地面塌陷、地面沉降、地裂缝和石漠化是云南省地质灾害的主要类型。其中,滑坡、泥石流灾害点多面广、活动强烈、突发性强,是造成人民生命财产损失、制约经济社会发展的主要灾种,也是地质灾害防治的主要对象。因此,需要建立针对滑坡(含崩塌)、泥石流进行的地质灾害预报预警模型。

2.2 影响滑坡泥石流活动的因素是气象、地理、地质因素,相互交织,自然与社会因素相互叠加。滑坡泥石流系统是一个开放的、复杂的灾害系统。尽管影响滑坡泥石流活动的因素十分复杂。但根据各种影响因素的属性可以将之分为2大类:一类是由地形、地质要素构成的静态影响因素。它们决定了一个地区在自然状态下滑坡泥石流的易发性和周期性^[1];另一类是以降雨、地震和人为工程活动为主的动态影响因素。它们决定了滑坡泥石流活动在空间和时间上的随机性。在对两类条件综合分析的基础上,可建立相应的预报模型。因此,研究区内有详实的地质灾害综

合调查资料是建立模型科学性和合理性的基础。

鉴于以上认识,在构建地质灾害预报预警模型时,提出几个与模型相关的数学参数。

2.2.1 危险度指数 反映一个地区在一定时间内发生地质灾害可能性大小的量化指标。即地质灾害预警等级的量化表达^[2]。

2.2.2 地质灾害易发指数 是一个跟历史灾害强度(历史灾害规模、历史灾害密度)和下垫面影响因素(岩组类型、活动断裂、地形条件、植被条件)的函数。

2.2.3 地质灾害周期系数 反映由风化作用、应力变化、太阳活动等导致的地质灾害周期性变化。

2.2.4 扰动系数 反映人类工程活动对地质环境的扰动,从而加重地质灾害发生的指标。

2.2.5 降雨作用系数 反映降雨触发滑坡、泥石流的指标。

2.2.6 地震作用系数 反映地震触发地质灾害的指标。

3 模型建立

3.1 预报单元确定

初步确定的预报单元有3种:栅格、小流域、县级行政区。通过对数据精度、数据管理、成果应用等方面的对比,确定县级行政区为预报单元。全省共划分为128个预报单元。

收稿日期:2005-09-21;修回日期:2005-09-24

作者简介:张红兵,硕士,高级工程师,国家注册监理工程师,从事地质灾害防治工作。

3.2 预报模型建立

由于滑坡泥石流灾害系统在信息上具有开放性、不确定性、非线性和动态性,各种因素对滑坡泥石流的影响(或“贡献”)难以用明确的数学关系来描述。因此给数学预测模型的构建带来很大困难。针对上述特点,在以往对地质灾害调查研究成果分析的基础上,根据指数法建立地质灾害预测模型。

$$W = \begin{cases} KRZY & \text{无地震影响或降雨影响大于地震因素}(Y > M) \\ KRZM & \text{地震因素大于降雨影响}(M > Y) \\ KRZ & (Y + 1)M = Y \end{cases}$$

式中: W ——预报单元危险度指数;
 K ——地质灾害周期系数;
 R ——扰动系数;
 Z ——地质灾害易发指数;

Y ——降雨作用系数;
 M ——地震作用系数。

各项参数确定的原则如下。

3.2.1 地质灾害周期指数(K) 通过对预报单元内地质灾害进行时间序列分析确定,取值 0.9 ~ 1.1。

3.2.2 扰动系数(R) 根据县域内陡坡耕植的面积、在建公路里程、矿山数量及占地面积、在建水电工程数量及占地面积综合确定,取值 1 ~ 1.2。

3.2.3 地质灾害易发指数(Z) 通过对云南省已完成 37 个县的地灾调查与区划和 1990 完成的《云南省地质灾害调查及对策研究报告》成果进行综合整理,对地形(高程、坡度)、水系、工程地质岩组、地质构造形迹等指标,按加权指数法计算,得出预报单元的易发指数。该值的理论取值范围 0 ~ 1。经过计算,全省地质灾害易发指数区间 0.48 ~ 0.92(表 1)。

表 1 云南省县级行政区滑坡泥石流易发性分类

Table.1 Susceptibility classes of landslides, debris flows in each county of Yunnan Province

易发指数(Z)	包含的县级行政区
0.81 ~ 0.92	德钦、维西、香格里拉(中甸)、贡山、福贡、泸水、兰坪、丽江、宁蒗、永胜、云龙、绥江、永善、大关、盐津、彝良、威信、镇雄、昭通、巧家、鲁甸、会泽、东川、禄劝、富民、寻甸、武定、盈江、梁河、陇川、巍山、南涧、景东、镇沅、墨江、云县、双柏、新平、元江、红河、绿春、元阳、金平、个旧、河口、凤庆、昌宁
0.64 ~ 0.81	华坪、剑川、洱源、宾川、漾濞、大理、鹤庆、祥云、弥渡、永平、易门、峨山、通海、华宁、宣威、麒麟、沾益、石屏、屏边、蒙自、建水、开远、马关、麻栗坡、潞西、龙陵、腾冲、施甸、隆阳、双江、镇康、永德、耿马、水富、临沧、沧源、禄丰、大姚、姚安、南华、牟定、永仁、楚雄、元谋、西山、安宁、景谷、普洱、江城、西盟、澜沧、宜良、西畴、富源
0.48 ~ 0.64	思茅、孟连、勐海、景洪、勐腊、陆良、师宗、罗平、官渡、盘龙、五华、呈贡、晋宁、石林(路南)、嵩明、江川、澄江、红塔(玉溪)、弥勒、泸西、广南、丘北、砚山、文山、富宁、马龙、瑞丽

3.2.4 降雨作用系数(Y) 理论上 $Y \geq 1$ 。确定较复杂。不但要考虑地质灾害发生时的天气状况,还要考虑不同地区的各种天气的重现率。

通过对已有灾害点资料进行筛选,选出资料较全的 951 次滑坡(一次滑坡灾害可能有多个滑坡点)和 502 条泥石流沟进行降雨关系分析。泥石流除个别为冻融、溃坝形成外,绝大部分泥石流由降雨诱发。滑坡与降雨的关系复杂。群发式滑坡与暴雨关系密切,通常由暴雨诱发(前期由降雨导致土体饱水过程),单体滑坡与暴雨过程关系不突出,但与一个时间段内的降雨相关性较好。因此,在确定降雨诱发地质灾害的关系判据时,分为 2 类:即是强降雨判据,是时段内降雨总量判据。由于建立判据的资料来源于全省,在应用于不同预报单元时还应对预报单元内的降雨资料进行概率分析。通过对各个县 1961 ~ 2000 年降雨资料的综合分析,确定各个县的降雨作用系数。以云南省新平县降雨作用系数举例(表 2)。

3.2.5 地震作用系数(M) 对地震诱发的次生地质灾害调查表明,地震可直接诱发崩塌、滑坡、地裂缝、塌陷等地质灾害。1996 年丽江“2.3”7 级地震诱发 42 个崩塌、107 个滑坡、大量地裂缝、1 个塌陷。诱发的灾害主要位于烈度 VII 度及以上的区域。地震诱发的崩塌、滑坡统计表明: VII 度区 18.3 个/ 10^3 km^2 、VIII 度区 57.4 个/ 10^3 km^2 、IX 度区 69.3 个/ 10^3 km^2 。应用关联度分析确定地震作用系数按 4 个级别取值,无影响时取 0(不形成 VII 度区的地震);有影响时, VII 度区取值 1.55, VIII 度区取值 1.93, \geq IX 度区取值 2.18。

3.3 预报等级

地质灾害预报预警按 3 级发布:即未来 24h 地质灾害预报指数 $1.25 < W \leq 1.60$ 时,发生地质灾害的危险性较大;地质灾害预报指数 $1.60 < W \leq 2.05$ 时,发生地质灾害的危险性大;地质灾害预报指数 > 2.05 时,发生地质灾害的危险性很大。

表2 云南省新平县降雨作用系数

Table.1 Intensity of rainfall in Xinping County, Yunnan

考虑的前 期降雨天 数(d)	有降雨 的天数 (d)	累计 雨量 (mm)	降雨作用系数					
			预报雨量 (mm)	Y	预报雨量 (mm)	Y	预报雨量 (mm)	Y
15~18	≥15	≥140	0~8	1.5	8~45	1.8	≥45	2.2
	<15	≥140	15~25	1.5	25~60	1.8	≥60	2.2
12~14	≥12	≥120	0~10	1.5	10~45	1.8	≥45	2.2
	<12	≥120	15~25	1.5	25~60	1.8	≥60	2.2
10~11	≥10	≥105	5~15	1.5	15~50	1.8	≥50	2.2
	<10	≥105	15~30	1.5	30~70	1.8	≥70	2.2
8~9	≥8	≥95	8~15	1.5	15~70	1.8	≥70	2.2
	<8	≥95	18~35	1.5	35~70	1.8	≥70	2.2
6~7	≥6	≥80	10~25	1.5	25~70	1.8	≥70	2.2
	<6	≥80	18~35	1.5	35~70	1.8	≥70	2.2
4~5		≥60	15~35	1.5	35~70	1.8	≥70	2.2
		≥75	8~18	1.5	18~50	1.8	≥50	2.2
3		30~75	18~35	1.5	35~70	1.8	≥70	2.2
		<30	25~35	1.5	35~90	1.8	≥90	2.2
		≥60	13~25	1.5	25~70	1.8	≥70	2.2
2		30~60	20~35	1.5	35~90	1.8	≥90	2.2
		<30	25~35	1.5	35~90	1.8	≥90	2.2
		≥20	18~35	1.5	35~70	1.8	≥70	2.2
1		<20	25~35	1.5	35~90	1.8	≥90	2.2

4 结语

降雨过程的时间、范围对预测精度有着至关重要的影响。如果降雨预测精度很低,虽然模型合理,其作用也是有限的。

随着政府对地质灾害预报预警工作的重视,预警方法、技术的进步和预报精度的提高以及地质灾害监测网络覆盖面的扩大、防灾意识的增强,地质灾害防治工作必将逐步摆脱被动救灾的局面。

参考文献:

- [1] 张红兵,金德山.影响云南省滑坡泥石流活动的几个自然因素[J].水文地质工程地质,2004,(4):38-41.
- [2] 刘传正.区域地质灾害评价预警的递进分析理论与方法[J].水文地质工程地质,2004,31(4):1-9.

A model used for geological hazard prediction in Yunnan Province

ZHANG Hong-bing

(General Station of Geo-environment Monitoring of Yunnan Province, Kunming 650216, China)

Abstract: According to the practice of geo-hazards prediction in Yunnan Province, a model of early-warning for geo-hazards is introduced in this paper. This model considers the factor influencing geological hazards, such as weather, geography, geology and interlaced natural and social factors, because geo-hazards are very complex, the risk of geo-hazard can be predicted using corresponding early-warning model on the basis of analyzing the inducing factors of geo-hazards. Procedures of establishing the model is ① comprehensive investigation of regional geo-hazard; ② distribution of geo-hazard and influencing factors, such as land form (altitude and degree of slope), hydrographical net, soilsand rocks, geological structure, rainfall, etc; ③ setting up conceptual model and mathematical model; ④ grading risk degree and issuing early-warning.

Key words: geological hazard; prediction and prewarning; model; risk factor; Yunnan province

本刊加入“万方数据-数字化期刊群”的声明

为了实现科技期刊编辑、出版、发行工作的电子化,推进科技信息交流的网络化进程,本刊现已入网“万方数据-数字化期刊群”。为此,向本刊投稿并录用的稿件文章,将一律由编辑部统一纳入“万方数据-数字化期刊群”,进入因特网提供信息服务。凡有不同意见者,请另投它刊。本刊所付稿酬包含刊物内容上网服务报酬,不再另付。

“万方数据-数字化期刊群”是国家“九五”重点科技攻关项目。本刊全文内容按照统一格式制作。读者可上网查询浏览本刊内容,并征订本刊。

《中国地质灾害与防治学报》编辑部