

重庆市山体滑坡发生的降水条件分析

马力¹, 曾祥平¹, 向波²

(1. 重庆市城市气象工程技术研究中心, 重庆 400039; 2. 重庆市气象台, 重庆 400039)

摘 要: 本文通过对重庆自 70 年代以来覆盖全市的 153 个山体滑坡个例进行与降水相关的统计分析, 得出重庆市山体滑坡与降水的基本关系。从而为开展重庆市的山体滑坡预报业务打下基础, 并得出了开展山体滑坡气象条件等级预报的基本方案。

关键词: 滑坡; 降水; 统计分析; 滑坡预报

中图分类号: P642.22 **文献标识码:** A

重庆是我国山体滑坡灾害最严重的区域之一, 其滑坡易发点占全国总数的近 10%, 每年造成十亿元左右的经济损失, 并有人员伤亡。近年来, 随着重庆市和三峡库区经济的不断发展, 山体滑坡带来的灾害损失也越来越严重, 已成为阻碍重庆一些地区的经济发展、危害人民生命财产安全的重要因素之一。

根据我国“预防为主、防治结合”的地质灾害防治方针, 山体滑坡的预报问题成为山体滑坡防治的重要环节。即, 提前预报出山体滑坡发生的时间、地点, 使相关区域的人员和贵重物资提前撤离, 以减少灾害造成的人员伤亡和财产损失^[1]。

山体滑坡主要与三大因素有关: 特定的地质地貌条件、不合理的人类活动、较大的降水^[2,3]。其中降水是最活跃且多变的自然因素, 也是滑坡的主要诱发因素。因此, 抓住滑坡发生的降水条件, 就抓住了问题的主要方面, 也就抓住了滑坡预报的关键。

本文通过对滑坡个例与其对应降水的分析, 得出重庆市山体滑坡的降水启动值, 为开展重庆市的山体滑坡预报业务打下基础, 并得出了开展重庆市山体滑坡气象条件等级预报的基本方案。

1 资料来源及分析方法

1.1 资料来源

本文从重庆市地质灾害主管部门、山体滑坡监测部门和大学的研究所, 共收集到覆盖重庆 30 个区县的

自 70 年代以来的山体滑坡(已发生灾变)个例 153 个, 其内容主要是该滑坡发生的时间、地点、规模等。

1.2 方法

本文调取每个山体滑坡个例发生当天的降水量 R_{24} 和前若干天逐日 20:00~20:00 时的持续降水量累计值 $\sum R_{24}$, 统计 R_{24} 为 10mm~25mm(中雨)、25mm~50mm(大雨)、50mm~100mm(暴雨)、 ≥ 100 mm(大暴雨)时, 滑坡发生频率; 统计大降水发生后, 滑坡发生在不同时间段的频率; 统计滑坡与滑坡发生前持续降水累计值 $\sum R_{24}$ 的关系。

2 分析结果

经过对滑坡个例与降水的统计分析, 本文得出如下分析结果。

2.1 大降水是山体滑坡的最主要诱发因素

经统计, 大降水是山体滑坡的最主要诱发因素。在 153 个滑坡个例中, 只有 5 个与降水无关。因此, 大降水诱发的滑坡占山体滑坡数的 96.7%, 它们都发生在汛期(4月~10月)。而 5 个与降水无关的个例, 有 4 个发生在 3 月和 11 月, 一个发生在 5 月。因此, 加强汛期大降水的监测预报, 是预报山体滑坡的关键。

2.2 R_{24} , $\sum R_{24}$ 与滑坡的关系

2.2.1 24h 降水量 R_{24} 是诱发山体滑坡的主要因子

图 1 是对 147 个与降水有关的个例统计得出的结果。从图中看出, 当日降水量 > 25 mm(大雨)时,

收稿日期: 2001-10-15; 改回日期: 2001-12-14。

基金项目: 重庆市科委 2000 年攻关课题资助。

作者简介: 马力(1961-), 女(汉族), 硕士。重庆市城市气象工程技术研究中心主任, 副研。研究方向, 天气气候, 曾获得省部级科技进步奖 2、3、4 等各一次, 发表科技论文 40 余篇, 合著《天气学》专著 1 部。目前正主持重庆市 2000 年攻关课题——“重庆市主城区雾害特征、变化机理和防治对策研究”。联系地址: 重庆市气象局; 邮政编码: 400039; 联系电话: 023-68662747; 传真电话: 68822318。

滑坡频率突增, 它概括了 87.8% 的滑坡。

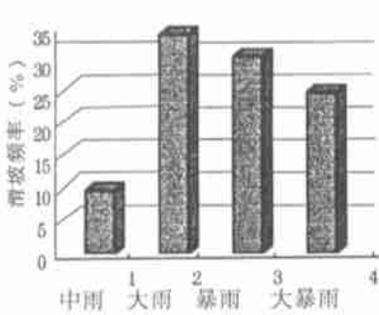


图 1 24h 降水量与滑坡发生频率
Fig. 1 24 hours-precipitation and generant frequency of slope slides

24h 降水量的大小还与山体滑坡的群发性有密切关系。所有群发性的滑坡都发生在日降水量 > 25mm 的区域, 且当日降水量 > 50mm (暴雨) 时, 群发性滑坡的发生概率达到了 66.7%。

2.2.2 持续性降水的累计量 $\sum R_{24}$ 与山体滑坡有关

由图 2 可以看出, 随着持续性降水累计量 $\sum R_{24}$ 的增加, 山体滑坡发生频率也增加。但此量与滑坡的群发性基本无关。

对图 2 需要说明的是, 由于持续性降水累计量 $\sum R_{24}$ 为 300mm 以上的事件本身发生概率很小, 所以其对应的山体滑坡频率也小。

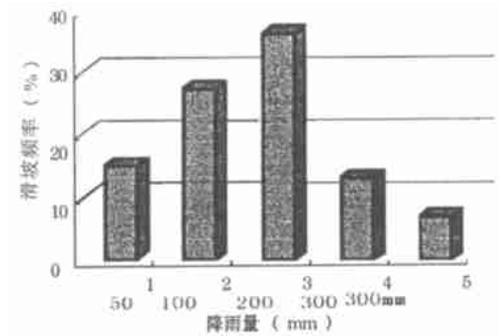


图 2 累计降水量与山体滑坡发生频率
Fig. 2 Continuous accumative total precipitation and generant frequency of slope slides

2.2.3 山体滑坡气象条件等级预报模型

可以肯定, 山体滑坡不仅与 24 小时降水量有关, 也与持续累计降水量有关。当日降水量较小, 而持续降水累计量较大时, 也会发生滑坡。因此, 在依据降水做山体滑坡气象条件等级预报时, 要综合考虑上述两个因素。为此, 本文给出表 1, 确定山体滑坡气象条件等级 (表 1 概括了所收集滑坡个例的 97.2%)。由表 1 看出, R_{24} 与 $\sum R_{24}$ 既相关又分别起着各自的作用。累计降水对启动滑坡作用显著, 而日降水量对诱发群发性滑坡作用显著, 并且, 当降水强度大时 (在表中反映在对角线上), 滑坡发生频率高。从表中还可看出, 随着滑坡气象条件等级增大, 山体滑坡发生的频率逐渐增大。

表 1 山体滑坡的气象条件等级确定图
Table 1 Assured table of slope slides's weather condition grade

$\sum R_{24}(\text{mm})$	$R_{24}(\text{mm})$				
	< 中雨 [0,10]	中雨 [10,25]	大雨 [25,50]	暴雨 [50,100]	大暴雨 [100, ∞]
[0,20]					
[20,50]		6.1%	8.7%群		
[50,100]		1.4%	13.6%群	12.2%群	
[100,200]		1.4%	9.5%群	9.5%群	15.6%群
[200,300]		0.7%	1.4%群	4.1%群	6.8%群
[300, ∞]			0.7%群	4.1%群	2.0%群

□ 0 级
2.2%

▨ I 级
9.6%

▩ II 级
22.3%

▧ III 级
31.2%

▦ IV 级
34.7%

注: 表中“群”为有群发性滑坡

2.3 滑坡发生时间与大降水发生时间的关系

据统计,山体滑坡发生在大降水的当天至 10d 不等(见表 2)。

由表 2 可知,滑坡发生在大降水当天和第二天的可能性最大,而随着时间的后延,发生滑坡的可能性逐渐降低。实际上,山体滑坡发生在大降水之后 3d 以内(含 3d)的概率已达到了 83%。值得注意的是,当 24h 降水量 $\geq 100\text{mm}$ 时,滑坡都发生在暴雨的当天或第二天。

表 2 滑坡发生时间与大降水发生时间关系表

Table 2 connection between generant time of slope slides and generant time of big-precipitation

滑坡比大降水 后延天数(d)	[0, 1]	[2, 3]	[4, 5]	[6, 7]	[8, 10]
滑坡频率	66%	17%	3.4%	10.9%	2.7%

注:0 为大降水与滑坡在同一天发生,1 为滑坡发生在大降水的第二天。

2.4 三个滑坡区域的特点

根据重庆市国土资源和房屋管理局的规定,按滑坡发生的地质地貌特征,将重庆市划分成了三个大区,即重庆东北部为 I 区、中西部 II 区、东南部为 III 区。

本文对发生在 I 区的 28 个、II 区 104 个、III 区 15 个个例分别做了统计分析,发现 I 区启动滑坡的降水值略高于表 1 所给出的值,III 区则略低于表 1 给出的值,II 区与表 1 基本相同。

滑坡发生时间与大降水发生时间的关系,在上述三个区中没有明显差别。

由于 I、III 区的个例数太少,不足以说明问题,所以,本文对此不做详细讨论。

3 结 论

经对 70 年代以来覆盖全市的 153 个山体滑坡个例进行与降水相关的统计分析,本文得出以下主要结论:

1. 山体滑坡的主要诱发因素是降水,它占山体滑坡的 96.7%;

2. 24h 降水量和持续累计降水量都是山体滑坡的诱发因子,在做山体滑坡分析预报时,应综合考虑

它们的作用。 $R_{24} \geq 10\text{mm}$ (中雨)和 $\sum R_{24} \geq 20\text{mm}$ 是重庆山体滑坡的起报值,它概括了 97.2%的滑坡。但日降水量对诱发群发性滑坡起着主要作用;

3. 山体滑坡主要发生在大降水发生后的 3d(含 3d)之内,它概括了 83%的滑坡。但当 $R_{24} \geq 100\text{mm}$ 时,滑坡全都发生在大降水的当天和第二天。

需要说明的是:

1. 由于无法收集到重庆的全部山体滑坡个例,所以,只能得出大降水是山体滑坡的必要条件这个结论,而不能肯定是充分条件。

2. 限于资料,本文未能按地质地貌条件分区进行分析,这是本文工作的不足之处。今后随着资料的积累和滑坡监测手段的提高,不仅应进行分区分析,还应研究小时雨强与山坡变形失稳到灾变的全过程和作用机理等问题。

3. 文工作对开展山体滑坡危险度气象条件预报有指导意义。

致谢:本项工作得到了重庆市气象局杜顺义局长和中学勤副局长的指导和帮助,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] 谭万沛,等.暴雨泥石流滑坡的区域预测与预报—以攀西地区为例[M].成都:四川科学技术出版社,1994.1~275.
- [2] 范俊喜,侯建军,许银贵.王峪口水库库岸滑坡特征及形成机制[J].山地研究(现《山地学报》),1998,16(4):314.
- [3] 王成华,谭万沛,罗晓梅.小泥域滑体危险性研究[J].山地学报,2000,18(1):31~36.

Relationship between the Slope Slides and Precipitation in Chongqing

MA li¹, ZENG Xiang-Ping¹ and XIANG Bo²

(1. *Chongqing Urban meteorological Engineering Technology Research Center, Chongqing 4000039 China;*

2. *Chongqing Observatory Chongqing 400039 China*)

Abstract: A correlation statistical analysis has done for 153 slope slides and their corrlative precipitation in Chongqing since 1970s. The results is as follows: 1. Precipitation is the primary triggering factor to slope slides, and the probability of slope slides is 96.7%. 2. As 24-hour-precipitation and accumulative total precipitation are triggers, we should think over their effects synthetically when we have forecast of slope slides. We will put out forecast when 24-hour-precipitation exceeds 10mm and accumulative total precipitation exceeds 20mm, it sums up 97.2% of slope slides. But day-precipitation is main action to give rise to group slope slides. 3. Slope slides will take place when big-precipitation happened after 3 days (contain 3 day), it sums up 83% of slope slides. But when 24-hour-precipitation exceeds 110mm, most of coasts will take place this day or the second day. 4. We only can educe that big-precipitation is not sufficient condition of slope slides but necessary condition of slope slides, because we can not collect all slope slides information of Chongqing.

These conclusions have had base for developing slope slides forecast of Chongqing, and we have given elementary scenario of developing weather condition grade forecast of slope slides.

Key words: slope slides; precipitation correlation; statistical analysis; forecast