

# 大降雨型滑坡临界雨量及潜势预报模型研究

王仁乔 周月华 王 丽 谌 伟

(湖北省气象局武汉中心气象台, 武汉 430074)

**摘要** 通过对湖北省 1975~2002 年发生的 194 次滑坡个例进行分析发现: 滑坡时间主要发生在 5~8 月, 占全年总次数的 80% 左右, 与多年月平均雨量分布比较一致; 滑坡区域主要位于湖北西部山地, 高频中心在三峡库区; 滑坡与前期降雨尤其是大降雨关系非常密切, 大降雨型滑坡占滑坡总次数的 63.1%。利用实效雨量计算方法, 确定了大降雨型滑坡临界雨量, 以此为依据建立了潜势预报模型。

**关键词** 大降雨型 滑坡 临界雨量 潜势预报模型

## 引言

滑坡是斜坡的岩体或土体在重力作用下, 促滑应力超过了抗滑能力时, 整体沿连续破坏面向下滑动的现象。国内研究表明<sup>[1-5]</sup>, 影响滑坡灾害的主要因素有降雨、下垫面植被状况、地质条件、人类工程活动等方面, 其中大降雨是诱发滑坡最活跃、最多变的因素。文献[6]用 24 h 降水量及连续降水的累计值, 建立了滑坡危险度气象条件预报等级指标和预报业务系统。文献[7]研究表明滑坡的发生与近 3 天内的降水强度、过程降水总量、降水持续时间等关系十分密切, 并建立了一个用日综合雨量预测滑坡发生的数学统计模型。文献[8]根据降水对滑坡泥石流的作用, 提出了滑坡泥石流预测预报对气象工作的需求以及未来发展趋势。本文旨在基于有关地质灾害气象预警研究工作的基础上, 结合湖北省山体滑坡特点, 进行大降雨型滑坡临界雨量及潜势预报模型研究, 为提高地质灾害气象服务能力奠定基础。

## 1 资料来源及处理

滑坡资料来源于湖北省国土资源厅以及气象部

门调查、收集的滑坡灾害个例, 起止时间为 1975 年至 2002 年, 共计 232 次个例。雨量资料是由武汉中心气象台提供的 20:00 至次日 20:00(北京时, 下同)自建站以来逐日雨量资料。

普查 232 次滑坡个例资料发现, 同一县市同一天发生滑坡灾害多达 7 次, 考虑本文研究对象是气象站点降雨量与其所代表范围内滑坡灾害的关系, 为了保证同一天滑坡个例对应气象站点不重复, 将同一县市同一天发生的多次个例, 作为 1 次个例, 获得相对气象站点不重复的 194 次个例。

## 2 滑坡灾害时空分布特点

### 2.1 时间分布特点

从表 1 可以看出, 湖北省全年 1~12 月均有滑坡发生, 其中 5~8 月占全年总次数的近 80%, 与月平均雨量 5~8 月占全年近 60% 的分布比较一致, 这表明滑坡灾害与降雨关系非常密切。

### 2.2 空间分布特点

从图 1 可以看出, 滑坡灾害主要位于湖北西部, 共 190 次个例, 占全省总次数的 98%。另外, 滑坡

表 1 湖北省滑坡灾害时间分布表

	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
滑坡次数	3	3	6	7	29	44	53	27	2	13	4	3
占全年比例/%	1.5	1.5	3.1	3.6	14.9	22.7	27.3	13.9	1	6.7	2.1	1.5
月平均雨量/mm	20	27	55	97	142	156	199	153	124	92	50	20
占全年比例/%	1.8	2.4	4.8	8.5	12.5	13.7	17.5	13.5	10.9	8.1	4.4	1.8

注: 月平均雨量为 24 个滑坡气象站点 30 年月平均雨量值。

“湖北省山洪灾害规划方案”项目资助

作者简介: 王仁乔, 男, 1963 年生, 学士, 高工, 从事天气预报研究

收稿日期: 2004 年 7 月 24 日; 定稿日期: 2004 年 9 月 30 日

高频中心主要位于三峡库区,在恩施和竹山附近有2个高频次中心。

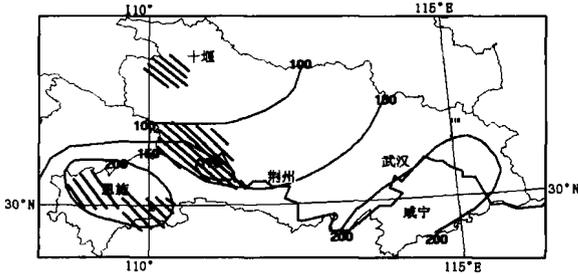


图1 湖北省滑坡灾害与暴雨频次空间分布 (阴影部分表示滑坡高频区,等值线表示30年暴雨频次)

### 3 滑坡区域地质条件及气象预警区划

湖北西部属中山至中高山地形,海拔高度一般为1000~2000 m,坡陡谷深,相对高度差大,坡度在25°以上,为滑坡发生提供了重要位势条件。地层岩性以元古界至中生界的变质岩、砂岩、泥岩等质软、易风化、易滑的岩层为主,岩溶发育及透水性较好,是典型的二元地质结构,即上为堆积层,下为坚硬层,在二者之间容易形成强大渗流带,为滑坡发生提供了动力条件。另外,湖北省西部山区人类工程活动比较多,为滑坡发生提供了外部环境条件。根据滑坡区域地形地貌、地层岩性、人类工程活动等特点以及滑坡灾害时、空分布规律,结合年降雨量、暴雨频次分布等气候因素,将湖北省西部分为3个滑坡灾害气象预警区:Ⅰ区为竹山、竹溪、郧西、南漳等12个县市,共有22次滑坡个例,占总次数11.3%;Ⅱ区为秭归、兴山、巴东、宜昌等9个县市,滑坡个例130次,占总次数67%;Ⅲ区为恩施、建始、鹤峰等8个县市,滑坡个例38次,占总次数19.7%。上述统计表明三峡库区是湖北省滑坡灾害主要区域。

### 4 滑坡灾害与前期降雨关系分析

在Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ区共190次滑坡个例中,前20天最大降雨量分别为252、429、566 mm,平均降雨量分别为101、117、210 mm;10 mm以上最多天数分别为7、10、9天,50 mm以上最多天数分别为2、5、4天。上述统计结果表明,滑坡灾害与大降雨关系比较密切,如Ⅲ区正是湖北省暴雨中心之一。根据滑坡发生前期降雨分布,将其分成3种类型,标准如下:

(1)暴雨激发型:滑坡发生当日或前2天,至少

有一个暴雨日,满足此条件为暴雨激发型。

(2)持续大降雨型:滑坡当日和前2天无暴雨日,前18天大于等于10 mm的降雨日数在5天以上,累计总雨量大于等于100 mm,满足上述3个条件为持续大降雨型。

(3)前期大降雨型:滑坡当日和前2天无暴雨日,前18天大于等于10 mm的日数少于5天,累计总雨量大于等于100 mm,满足上述3个条件为前期大降雨型。

在190次个例中,符合上述3种类型的滑坡共有120次,占总数的63.1%。

### 5 大降雨型滑坡临界雨量判据及预报模型

#### 5.1 大降雨型滑坡临界雨量判据

根据前面分析,在同一区中,各站点气候背景及地质条件比较相近,可将各区不同县市滑坡个例作为统一样本,选取对应的气象站点雨量,这样Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ区分别获得9、80、31条雨量样本,各区临界雨量计算公式如下:

$$\min(R_0) = R_{(当日)} + R_{(前1日)} + R_{(前2日)} + R_c$$

$R_0$ 指每次个例的临界雨量,取所有个例中临界雨量最小值作为区域临界雨量;

$R_{(当日)}$ 指滑坡发生当天24 h雨量,实际业务中用预报值代替;

$R_{(前1日)}$ 和 $R_{(前2日)}$ 分别指滑坡发生前第1天和第2天24 h雨量, $R_c$ 表示滑坡发生前第3天至第18天有效雨量,其经验公式为:

$$R_c = \sum_{k=3}^{18} a^{k-2} R_k \tag{1}$$

$R_k$ 表示滑坡发生前第k日的雨量, $k=3,4,5,\dots,18$ , $a^{k-2}$ 为衰减系数, $a$ 根据文献[5]近似取0.8。

以Ⅲ区为例,根据公式(1)计算获得31个雨量值,按大小排列,其最小值是39 mm,即该区临界雨量为39 mm。利用同样方法获得Ⅰ、Ⅱ区临界雨量分别为54 mm、35 mm。

#### 5.2 大降雨型滑坡潜势预报模型

若选取发生滑坡30%、50%、70%的概率作为可能性较大、可能性大、可能性很大临界值,则Ⅰ区3个临界值分别是64、87、114 mm,Ⅱ区分别是44、61、90 mm,Ⅲ区分别是80、119、191 mm。

#### 5.3 2003年汛期检验情况

2003年6月23~26日,湖北鹤峰县连续4天

出现了大到暴雨或大暴雨,导致该县 24~27 日连续 4 天出现了滑坡灾害,利用武汉中心气象台当天 08:00 制作的降雨量代替当日降雨实况,对预报模型进行检验表明,6 月 24~27 日滑坡等级预报均在 3 级以上,其中 24 日达到 5 级。2003 年 7 月 13 日秭归出现了总方量为  $2400 \times 10^4 \text{ m}^3$  以上的特大滑坡,预报模型报出滑坡等级为 3 级。2004 年 5 月 1 日开始,武汉中心气象台应用本模式制作滑坡等级预报,5 月 1 日至 6 月 15 日期间,湖北共出现 5 次滑坡,其中 6 月 13、14 日滑坡预报准确。

## 6 小结

(1)湖北省滑坡主要发生在 5~8 月,占全年总次数的 80%,与多年月平均雨量分布比较一致。滑坡区域主要位于湖北西部山地,高频中心在三峡库区,该地属于比较典型的二元地质结构,加上人类工程活动比较强烈,为滑坡形成提供了重要位势、动力和外部环境条件。

(2)滑坡与前期降雨尤其是大降雨关系非常密切,主要有 3 种类型,即暴雨激发型、持续大降雨型、前期大降雨型,三者共占总次数的 63.1%。

(3)利用实效雨量计算方法,结合滑坡当日和前两天 2 日的降雨量,计算了各区滑坡的临界雨量,以此为依据,根据滑坡发生的 30%、50%、70% 概率,计算了各等级概率的临界雨量,建立了大降雨型滑坡潜势预报模型。

## 参考文献

- 1 刘宪周. 陕西彬县百子沟滑坡预报的尝试. 灾害学, 1998, 13(1): 53 - 56
- 2 李观德. 昭通地区滑坡泥石流预警系统及其减灾效益分析. 灾害学, 1998, 13(1): 50 - 52
- 3 钟正雄. 水库岸坡变形体灾害的信息评价和预测. 灾害学, 1998, 13(1): 13 - 17
- 4 汪华斌. 长江三峡库区滑坡灾害危险性评价. 长江流域资源与环境, 1998, 7(2): 186 - 192
- 5 王礼先等(编著). 山洪及泥石流灾害预报. 北京: 中国林业出版社, 2001. 11 - 15, 125 - 126
- 6 周国兵, 马力, 廖代强. 重庆市山体滑坡气象条件等级预报业务系统. 应用气象学报, 2003, 14(1): 122 - 124
- 7 单九生, 刘修奋, 魏丽, 等. 诱发江西滑坡的降水特征分析. 气象, 2004, 30(1): 13 - 15
- 8 廖代强, 马力. 滑坡泥石流预测预报中的气象问题. 气象科技, 2000, 28(1): 49 - 51

# Study of Critical Rainfall Amount and Potential Forecasting Model about Heavy Rainfall Regime Landslide

Wang Renqiao Zhou Yuehua Wang Li Chen Wei

( Wuhan Central Meteorological Office, Wuhan 430074)

**Abstract:** By analyzing 194 landslide cases from 1975 to 2002 in Hubei Province, it is found that landslides in Hubei mainly occurred from May to August, which is similar to the monthly mean rainfall distribution; the main landslide area is the mountainous region in the western Hubei; and the high-frequency center is in the Three Gorges Reservoir area; landslides have a close relation with the antecedent rainfall amount, especially heavy rainfall, which accounts for 63.1% of the total amount. The critical rainfall amount was determined and the potential forecasting model of heavy rainfall regime landslides was built with the effective rainfall method.

**Key words:** heavy rainfall, landslide, critical rainfall amount, potential warning model