

# 陇南地质灾害降雨区划及临界雨量研究

冯军, 尚学军, 樊明, 王处名

(甘肃省陇南市气象局, 甘肃 陇南 746000)

**摘要** 陇南地质灾害主要分布在白龙江流域、白水江流域和西汉水流域, 主要形式为泥石流、滑坡, 其分布密度比云南东川、大盈江及四川西昌等都大。其产生的主要气象条件为降雨(雷阵雨、暴雨、连阴雨)。本文重点介绍陇南地质灾害的分布、陇南地质灾害降雨区划及临界雨量值的确定。

**关键词** 陇南 地质灾害 降雨区划 临界雨量

中图分类号: P694

文献标识码: A

## 引言

陇南地质灾害主要分布在白龙江流域、白水江流域和西汉水流域, 主要形式为泥石流、滑坡, 每年灾多、灾重, 公路、铁路、高等院校和科研部门曾对白龙江流域的泥石流进行考察<sup>[1]</sup>, 并在武都县先后设立3处定位观测站, 进行了15 a(1963~1978年)的研究工作, 发现其分布密度比云南东川、大盈江及四川西昌等都大。其发生规模大、爆发频繁、常堵江为患, 为全国4大泥石流所在地之一。1999年后灾情加重, 2000年“5.31”宕昌一次特大泥石流灾情占以前40 a总和的68%<sup>[2]</sup>; 王锡稳<sup>[3]</sup>等人对甘肃地质灾害等级进行了研究; 冯军<sup>[4]</sup>等对陇南地区典型流域区域临界雨量作了研究。长江上游滑坡、泥石流预警陇南一级站对1952年以来陇南片滑坡、泥石流点资料进行了汇编。本文利用2004年最新调查资料确定了陇南地质灾害的分布, 绘制了滑坡、泥石流分布图, 对陇南地质灾害产生的降雨(强对流天气、暴雨、连阴雨)条件作了划分, 确定了各流域区域的临界雨量(临界雨强), 使预报地质灾害的量级有了依据。

## 1 地质灾害概况

### 1.1 陇南地质灾害特点

陇南市地处秦岭西段(北纬34°以南), 地质新构造运动强烈, 并处在西秦岭地震带中, 因而岩石节理发达, 形体破碎、松散。地质灾害分布密度比云南

东川、大盈江及四川西昌等都大。其发生规模大、爆发频繁、常堵江为患, 为全国4大泥石流所在地之一。

### 1.2 地质灾害发生时段

根据长江上游滑坡、泥石流预警系统陇南一级站提供的资料, 可知陇南滑坡、泥石流灾害基本上发生在4~10月, 主要发生在汛期5~9月, 7~8月达到高峰, 汛期之外很少发生, 这也说明地质灾害发生的频次与大(暴雨)的降雨时间具有很好的一致性。

### 1.3 地质灾害种类

陇南市地质灾害主要有滑坡、坍塌、泥石流、地裂缝等类型。本文着重讨论滑坡和泥石流。

## 2 陇南地质灾害分布及发育现状

### 2.1 滑坡(崩塌)

在区域分布的总体趋势是西南密集, 向东北逐渐减弱。分为以下集中分布带(图1a)。

I 白龙江流域集中分布带。主要分布于宕昌、武都、文县一带。在宕昌县的化马—临江一带, 以及武都区的北峪河流域, 崩塌、滑坡发育频繁, 造成灾害也十分严重。

II 白水江流域分布带。主要分布于文县的石鸡坝—碧口一带河谷及近山区。滑坡以基岩滑坡为主, 其次为碎块石滑坡。

III 西汉水流域集中分布带。主要分布于西汉水流域西和、礼县段河谷区, 分布密度高, 灾害严重, 大多数滑坡系第4系堆积坡残物组成。

收稿日期: 2006-03-26 改回日期: 2006-07-04

基金项目: 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室“甘肃省山洪地质灾害气象预报预警系统研究”课题(甘科计[2004]15号)资助

作者简介: 冯军(1968-)男, 甘肃秦安人, 高级工程师, 主要从事短期天气预报业务及研究工作. E-mail: fengjun\_2003@yahoo.com.cn

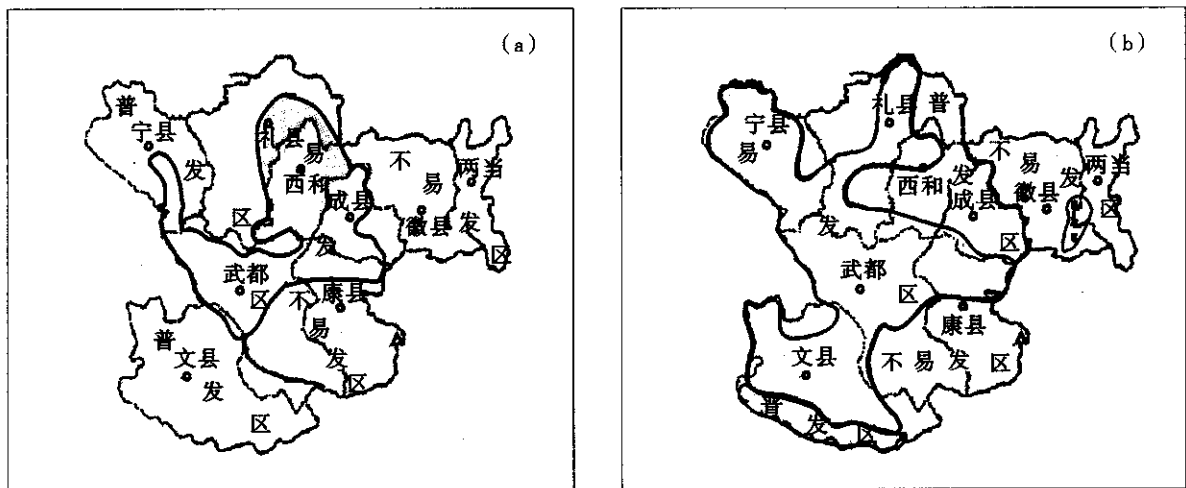


图1 陇南市滑坡(a)、泥石流(b)分布图

Fig. 1 The distribution of land slide (a) and mud-rock flow (b) in Longnan region

IV 嘉陵江流域集中分布带。主要分布于嘉陵江北岸支流河谷及近河谷山区。两当、徽县、成县、康县境内嘉陵江的较大支流永宁河、青泥河、燕子河等的下游地区。

此外,矿产资源开采区和公路沿线崩塌、滑坡也造成一定危害,一般规模较小。

## 2.2 泥石流

主要集中分布于白龙江中上游、西汉水中上游和白水江上游地区以及资源开采区(图1b)。

I 白龙江流域泥石流分布区。以粘性泥石流为主,固体物质丰富。其分布密度和发生频率居国内首位。分布范围 $6400\text{ km}^2$ ,有泥石流1000多条,其中较大泥石流沟490条,沿白龙江河谷连续分布,两河口—透坊段最为发育,透坊—临江段岩层较完整,有泥石流40多处,多粘性泥石流。临江一口头坝,植被较好,除口头坝一处外规模均小。

II 西汉水流域中分布区。集中分布于西汉水中上游主要在西和北部黄土区的漾水河流域、礼县西南部土石山区和东北部的黄土丘陵区及西汉水沿岸山区。泥石流主要有粘性、稀性和黄土泥流,以漾水河沿岸及雷家坝—礼县之间的黄土泥石流区最为发育。

III 白水江流域分布区。主要分布于白水江中上游文县城、铁楼寨至马营之间和西河中下游地区,以文县—石鸡坝、碧口—中寨之间最为发育,如关家沟、铁楼沟等。

IV 康县、成县、徽县、两当泥石流分布区。主要

是嘉陵江流域及其支流青泥河、永宁河、燕河等支流河谷两岸地区,以及矿产资源开采区的矿石、废渣不合理堆放。

## 2.3 地面塌陷、地裂缝

主要分布于矿产开采区。

## 3 地质灾害与气象条件分析

### 3.1 强对流天气与地质灾害

强对流天气降雨强度大,历时短,不同强度不同地域的降雨,可造成轻、重不同的灾害。我们将6h之内的雷阵雨归结为强对流天气,6h之后雨强减弱、雨量减小,转变为系统性降水,24h降雨 $>50\text{ mm}$ 的归纳为暴雨。

气象资料统计表明,强对流天气主要出现在午后到前半夜。40a中暴雨或大暴雨,其中33a伴有雷暴,占总数的84.6%。特大地质灾害都发生在午后到傍晚雷暴暴雨之下。“96.8”成县黄渚泥石流灾害、“2000.5.31”宕昌阿坞等特大泥石流灾害、“2001.7.1”武都北峪河流域特大泥石流灾害,都出现在强雷暴天气下,在1~3h内降特大暴雨引发、产生特大地质灾害。

### 3.2 暴雨与地质灾害

以单站出现 $>50\text{ mm}$ 的稳定降水为一个暴雨日,因地质灾害资料是调查资料,部分没有日期,我们对1961~1999年的暴雨降水资料(部分为建站资料)进行统计,如表1。

表 1 陇南市暴雨次数和滑坡、泥石流灾害分布

Tab. 1 The times distribution of rainstorm, landslide and mud-rock flow occurred in Longnan region

县名	武都	文县	宕昌	西和	礼县	成县	徽县	康县	两当
暴雨次数	6	5	6	7	5	44	27	30	25
滑坡次数	72	1	3	52	13	14	0	9	1
泥石流次数	87	19	17	21	23	4	1	13	0

表中滑坡、泥石流以乡镇发生为一点/次,从表中可以看出,暴雨主要集中在东部的徽成盆地(成县、徽县、康县、两当),但滑坡和泥石流在此片很少,暴雨落区和地质灾害落区不一致,武都、西和为地质灾害高易发区,其次为礼县、宕昌、文县为中易发区,再次成县、康县为易发区,最后为徽县、两当不易发区。植被越大,降水越大,地质灾害越小。由暴雨引发的滑坡、泥石流主要有 1984 年 8 月 3 日暴雨、1998 年 8 月 20 日暴雨、2005 年 7 月 2 日暴雨。由于灾情重,政府各部门都很重视,并作了预防。对高、中易发区,只要有暴雨,就发生地质灾害,就发布地质灾害预报警报。

### 3.3 连阴雨和地质灾害

连阴雨可造成滑坡灾害。气象上定义连阴雨为:雨日为 4 d 或 5 d 中间有 1 d 无降水,过程降水在 20 mm 以上为连阴雨。实际中往往被 > 10 mm 以上的降水所中断。典型的春、秋季连阴雨是造成滑坡的直接动力条件。

在空间上,全市各县都有连阴雨天气,平均每站每年出现约 3 次,尤以康县为最多见,宕昌县次之,文县、武都县最少。时间分布:春播期连阴雨、麦收期连阴雨、秋季连阴雨。这 3 种连阴雨都可造成地质灾害。

## 4 陇南示范区临界雨量的确定

### 4.1 确定临界雨量的方法

对山洪地质灾害临界雨量采用综合算法,其计算步骤如下:

(1) 类比订正法。山洪是由中小尺度引起的强降雨在特定的地形条件下产流、汇流达到一定程度造成的。在同一次降雨过程中,气象测站周围 50 km 范围内的强降水可以看作是在相同尺度环流背景下,由相同中小尺度系统造成的,即在山洪区区域范围内,距离最近的气象站或雨量所观测的降雨量可以近似看作山洪区雨量。即同一次过程,取雨量

点的极大值。

(2) 排除法。经以上方法确定的雨量,对每一个县,如果 24 h 南部、北部最大降雨量在 5 mm 以下,东部在 10 mm 以下,采用直接排除的办法,去掉这次个例,即对各县的的地质灾害雨量取最小值。

(3) 确定临界雨量初值。陇南地形复杂,但雨量点少,气象局仅在县城设雨量点。电力局、地震台、预警站等部分单位设有一些雨量点,误差大,但可以参考。陇南地形素有“高一丈,不一样”的说法,各县所报的灾情是各乡镇对降雨量的估计值,不是真实值,亦即测量值和调查确定为山洪灾害 24 h 雨量初值。

(4) 水桶原理法。根据地质灾害分布图,将陇南示范区分为东部(成县、徽县、康县、两当)、南部(文县、武都、宕昌)、北部(西和、礼县),对各个区域、多个过程降水,利用水桶原理,即最小能产生地质灾害的雨量,分区域为该流域的临界雨量值。

(5) 山洪区域临界雨量的确定。因影响临界雨量的因素很多,且各种因素的定量关系难以区分开,各次激发灾害发生的雨量不完全相同,区域内各站的临界雨量也不尽相同,因此区域临界雨量的取值不是一个常数。

(6) 地质灾害等级雨量的确定。常常将降雨强度大,持续时间长的降雨的最小雨量定为临界雨量。

(7) 高级别特别关注。1980 年以后,陇南出现特大地质灾害只有 2 次,即 2000 年宕昌“5.31”泥石流灾害和 2005 年 10 月 2 日陇南全境的滑坡、泥石流灾害。前次主要是局地强雷阵雨引发,后次是连阴雨引发。2 次灾害气象站的雨量并不大,但成灾大。应特别关注上游站和局地的雨量。

### 4.2 雷阵雨临界雨量

对陇南示范区北峪河流域,如果武都本站有半小时 > 8 mm 的强降水,则可发生地质灾害。越往上则灾害越大。属于多发区和普发区的地方则要求降水更大一些。其它时间值如下:

10 min  $\geq$  5 mm 或 30 min  $\geq$  8 mm 或 1 h 降水量

$\geq 12$  mm 或 3 h 降水量  $\geq 16$  mm 或 6 h 降水量  $\geq 20$  mm。

对白龙江中游的苟坝河流域而言,地势比北峪河流域相对平坦,临界雨量稍为大一点,具体值为:

10 min  $\geq 8$  mm 或 30 min  $\geq 12$  mm 或 1 h 降水量  $\geq 16$  mm 或 3 h 降水量  $\geq 20$  mm 或 6 h 降水量  $\geq 25$  mm。

根据地形相似原理,但植被稀少的陇南市区内的宕昌县、西和县、礼县、康县中北部前面所列表易发区中的乡镇,其临界雨量更大一些,具体值如下:

10 min  $\geq 10$  mm 或 30 min  $\geq 15$  mm 或 1 h 降水量  $\geq 20$  mm 或 3 h 降水量  $\geq 25$  mm 或 6 h 降水量  $\geq 35$  mm。

因 6 h 以后,各地的雨强逐渐减弱,所以,划分

临界雨强,不管降雨强度,只要是 6 h 以内的雷阵雨,将临界雨量定为白龙江流域(武都、文县):1 级为 5~9.9 mm,2 级为 10~20 mm,3 级 20~30 mm,4 级 30~40 mm, >40 mm 为 5 级。西汉水流域:北部(礼县、西和)1 级 5~20 mm,2 级为 20~30 mm,3 级为 30~40 mm,4 级为 40~50 mm, >50 mm 为 5 级。东部地区为不易发生区不考虑。

#### 4.3 暴雨临界雨量

示范区位于武都县, >50 mm 的降水在 40 a 只有 6~7 次,概率特别小,如果出现则发生泥石流和滑坡,不重点讨论;只要出现,则发布预报地质灾害 4~5 级。东部因植被较好,临界雨量值较大,北部则和暴雨标准相当,具体见表 2。

表 2 陇南各县暴雨产生地质灾害临界雨量值(单位: mm)

Tab. 2 The critical rainfall resulting in geological calamity in counties of Longnan region

地质灾害级别	武都	文县	宕昌	西和	礼县	成县	徽县	康县	两当
3 级	30.0	30.0	30.0	45.0	45.0	80.0	80.0	80.0	80.0
4 级	45.0	45.0	45.0	60.0	60.0	100.0	100.0	100.0	100.0
5 级	55.0	55.0	55.0	70.0	70.0	120.0	120.0	120.0	120.0

#### 4.4 连阴雨临界雨量

连阴雨在武都出现比较多,往往引发地质灾害也比较多,其临界雨量不好计算,除了本地降雨外,还与上游站雨量、前期降水有很大的关系,如 2005 年 9 月 21 日至 10 月 1 日,陇南出现全市性的连阴

雨天气,白龙江、白水江流域、西汉水流域江河暴涨,出现大水满江的情况,且徽县、成县的大部分地方都有滑坡,但降水量并不大,和 2003 年 8 月 20~31 日连阴雨相比较有明显的差别,如表 3。

表 3 陇南 2003 年和 2005 年 2 次地质灾害雨量对比(单位: mm)

Tab. 3 Comparison between two geological calamities' rainfall in the year of 2003 and 2005 in Longnan region

	武都	文县	宕昌	西和	礼县	成县	徽县	康县	两当
2003 年	77.8	36.5	50.5	105.2	67.6	95.0	109.3	121.4	100.0
2005 年	64.5	40.0	36.5	76.5	47.0	125.0	145.9	113.6	138.3

从表中可以看出,在 10 d 左右(中间有无降水间隔日数)的时间里,2005 年的降水量南部明显比 2003 年小,东部徽成盆地雨量比 2003 年大,全市直

接经济损失 1.2 亿元。2003 年只有武都黑坝出现滑坡。其它连阴雨雨量值比这大,灾情小。具体确定连阴雨临界雨量,如表 4。

表 4 连阴雨造成陇南各县滑坡临界雨量值(单位: mm)

Tab. 4 The critical rainfall of successive raining days resulting in landslide in counties of Longnan region

地质灾害级别	持续天数	武都	文县	宕昌	西和	礼县	成县	徽县	康县	两当
3 级	4 d	40.0	38.0	35.0	45.0	47.0	75.0	85.0	90.0	90.0
4 级	4~5 d 或以上	50.0	50.0	50.0	60.0	60.0	90.0	100.0	110.0	110.0
5 级	4~6 d 或以上	60.0	60.0	60.0	70.0	70.0	110.0	130.0	130.0	120.0

## 5 总 结

地质灾害预报在气象服务和地学领域的延伸,其分布前人作了大量的工作,对降雨产生多大地质灾害,还是一个全新的课题,本文所产生的临界雨量是区域流域的数值,因陇南有“一山有四季,十里不同天,高一丈不一样”的说法,山区缺乏测量值作为对比,前面所讨论的临界雨量仅仅是气象站雨量的参考估计,在地质灾害预报中可以使用。从2004、2005年的使用中,发布3~4级的地质灾害预报多,确实是参考依据,>5级的预报因雨量难度大未发布。在未来实际工作中,有特殊情况可以再补充订正。

### 参考文献:

- [1]中国科学院兰州冰川冻土研究所. 甘肃泥石流[M]. 北京:人民交通出版社,1982. 18.
- [2]王锡稳,陶建红,冯军,等. 陇南5.31特大泥石流灾害成因分析[J]. 气象,2004,30(10):43-46.
- [3]冯军,尚学军,樊明. 陇南地区典型区域流域临界雨量的确定及一次特大地质灾害天气成因分析[A]. 章国材主编,2004年全国地质灾害预报文集[C]. 北京:气象出版社,2004. 189-191.
- [4]王锡稳,张铁军,冯军,等. 甘肃地质灾害气象等级预报研究[J]. 干旱气象,2004,22(1):8-12.

## Geological Calamity Distribution and Critical Rainfall in Longnan Region of Gansu Province

FENG Jun, SHANG Xue-jun, FAN Ming, WANG Chu-ming

( Longnan Meteorological Bureau of Gansu Province, Wudu 746000, China )

**Abstract** :The geological calamity such as mud-rock flow and landslide mainly occurred in the valleys of the Bailong River, the Baishuijiang River and the Xihanshui River in Longnan region of Gansu province, and more frequently than that in Dongchuan, Dayingjiang regions of Yunnan province and Xichang of Sichuan province. The main meteorological factor resulting in geological calamity is rain, including the thunder shower, the rainstorm and the continuous rain. Based on the geological calamity materials of the past 40 years in Longnan region, the critical rainfall occurring geological calamity and the distribution of geological calamity were given out in this paper.

**Key words** : Longnan; geological calamity; rainfall division; critical rainfall