

文章编号: 1006-4354 (2005) 01-0001-04

# 降雨对陕西山洪灾害的触发作用

刘 勇, 王 川, 侯明全

(陕西省气象台, 陕西西安 710014)

**摘 要:** 对近 20 a 陕西山洪灾害和降水资料分析的基础上, 得出陕西山洪灾害分布规律, 进一步分析了气象条件与地质灾害发生的关系, 确定了降雨强度与不同类型山洪灾害的对应关系, 给出了不同区域不同降雨日数和降雨强度诱发山洪灾害的临界雨量。

**关键词:** 山洪灾害; 不同区域; 临界雨量

**中图分类号:** P426.616

**文献标识码:** A

山洪灾害是指由于降水引起的地质灾害, 主要有溪水山洪、滑坡、泥石流等。山洪灾害往往造成人员伤亡、河流堵塞、通讯中断、交通受阻、建筑物被毁、良田林木遭到破坏, 已引起社会的高度关注。陕西位于青藏高原东北侧, 地形复杂, 是北方地区山洪灾害最严重的省份之一。尤其是秦巴山区山洪灾害活动十分频繁, 是我国著名的山地自然灾害多发区和重灾区。如位于秦岭腹地的佛坪 2002 年 6 月 8 日 8 h 降水 400 mm, 高强度降水导致严重山洪并诱发滑坡、泥石流, 造成 400 余人失踪死亡, 经济损失 5 亿元。对陕西尤其是秦巴山区的山洪灾害, 已做了大量研究<sup>[1-2]</sup>, 为今后开展山洪灾害研究提供了丰富的素材。但是由于缺乏系统研究, 上述工作没能给出不同区域降雨强度与不同类型山洪灾害的对应关系, 不同区域不同降雨日数和降雨强度诱发山洪灾害的临界雨量。通过分析资料, 发现突发性暴雨、区域性暴雨和连阴雨是诱发陕西山洪灾害的主要因素。虽然造成这些天气的主要影响天气系统各不相同, 但是降水日数和降水强度是诱发山洪灾害的关键因素。本文就它们之间的关系进行了深入研究和分析, 系统给出陕西省不同区域诱发山洪灾害的临界雨量, 为今后开展山洪灾害预报提供了科学依据。

## 1 陕西省山洪灾害分布规律

陕西环境地质条件复杂, 地质灾害的形成涉及许多自然因素与人为因素的组合, 各地影响因素不尽相同, 但造成的滑坡、泥石流具有成片、成带分布规律。陕西以秦岭和北山为界, 可划分为陕北黄土高原、关中平原、陕南秦巴山区三个各具特色的自然区。三区气候特征迥然有别。陕北属暖温带半干旱气候区, 关中属暖温带半湿润气候区, 陕南属暖温带湿润气候区。地形与气候联合作用形成三个不同类型的地质灾害高发区。

### 1.1 陕北黄土高原区

在中生代陆相碎屑岩层上, 新生代又沉积了晚第三纪红色粘土层与第四纪黄土, 故称黄土高原。陕北地区地质条件大都为黄土高原, 其中延安以北以崾地形为主, 以南以塬地形为主; 延安、延川一带则以梁地形居多。这些塬、梁、茆地形边坡由于河流侧蚀、浸蚀或人为改造, 极不稳定。研究表明, 陕北黄土高原可划分为白于山、神木—府谷、米脂—子长、延安等滑坡、崩塌高发区及洛川—铜川滑坡高发区。

### 1.2 关中平原区

关中平原区为夹峙于秦岭与北山之间的新生代断陷盆地。新构造活动主要表现为被活动断裂分割的次级断块间的相对升降运动和河流切割所

收稿日期: 2003-08-01

作者简介: 刘 勇 (1962-), 男, 山西长治人, 学士, 高级工程师, 从事天气预报工作。

基金项目: 长江水利委员会“全国山洪灾害防治规划”

形成的破碎黄土塬及河流阶地,黄土塬如潼关塬、渭南塬、横岭塬、铜人塬、白鹿塬、少陵塬、神禾塬、周塬、凤翔塬、长寿塬、五丈塬等,这些塬边陡坡地带滑坡极为发育,往往成带分布或形成滑坡群。关中平原两侧的北山和秦岭山前地带还是泥石流多发地带。研究结果表明,关中平原区可划分为宝鸡—咸阳黄土塬边滑坡带,泾河流域滑坡带,秦岭北麓黄土塬边滑坡区及秦岭、华南山前滑坡、泥石流带。

### 1.3 秦巴山地

秦巴山地指秦岭分水岭以南的广大地区,为中生代强烈隆升的中高山区,山高谷深,河流深切,地形复杂多变。基岩风化壳覆盖层较薄,主要为新生代的坡积、洪积物。汉中、安康盆地周边的土质为膨润土,因而在局地强暴雨或持续大面积降雨情况下,滑坡、泥石流并发灾害极为严重。据研究结果,可将秦巴山区划分为凤县—留坝滑坡泥石流区,略阳—勉县—宁强滑坡泥石流区,镇巴滑坡泥石流区,紫阳—镇坪滑坡泥石流区,旬阳—平利滑坡泥石流区,镇安—柞水滑坡泥石流区和山阳—商南滑坡泥石流区。

陕西山地自然灾害易发区遍布全省,其中以陕北、陕南为主要区域,秦巴山区的山地自然灾害存在突发性、群发性、垂直分带性及夜发性等一系列特点,是全省重点防护地区。陕西是北方多暴雨地区之一,陕南汉江河谷是多暴雨带,关中盆地少暴雨地区,再向北暴雨又复增多,陕北北部东多西少。陕西暴雨季节比较长,3月下旬至11月上旬均有暴雨出现,而大暴雨出现在5月中旬至10月下旬,特大暴雨只出现在6月至9月。连阴雨多发生在关中和陕南,由此决定了陕北的山洪灾害主要是由局地大暴雨造成的,而秦巴山区则以局地大暴雨和连阴雨为主,雨期有时长达一周或数十天,在大面积雨区中可能出现一个或数个降雨中心,导致山地灾害重灾区出现。

## 2 降雨强度与山洪灾害的对应关系

选取1980—2000年陕西境内泥石流、滑坡等地质灾害中较严重及典型的地质灾害几百例进行了统计分析,个例涉及全省大部分县市。对相应个例的降水情况逐一统计分析表明:在陕北的滑

坡灾害个例中,以1~3 d连续降雨为主,导致的滑坡占总滑坡数的35%,总降水量在60~200 mm之间,且其中1 d降雨量往往超过100 mm;4~5 d降雨导致的滑坡占31%;6~8 d降雨占21%,9 d以上降雨占13%。关中地区的滑坡灾害中,连续1~15 d降雨均有可能导致滑坡灾害,其中1~3 d连续降雨导致的滑坡占总滑坡数的10%,4~5 d降雨导致的滑坡占12%;6~8 d降雨占12%,9 d以上降雨占66%。陕南地区的滑坡灾害中,1~15 d连续降雨均能导致滑坡灾害,其中1~3 d连续降雨导致的滑坡占总滑坡数的14%,4~5 d降雨导致的滑坡占20%;6~8 d降雨占14%,9 d以上降雨占52%。可以看出,关中、陕南的滑坡灾害主要由连阴雨造成。

泥石流主要在以下几种情况下发生。(1)短时暴雨。当降雨强度达到或超过短时暴雨标准且陕北降雨历时超过2 h、关中超过3~4 h、陕南2~3 h以上,均可产生泥石流灾害。(2)短期暴雨。当24 h降雨陕北大于60~70 mm、关中超过80~90 mm、陕南75~85 mm时均可产生泥石流。(3)连阴雨中的暴雨。当连阴雨过程中出现暴雨时可产生大范围不同程度的泥石流灾害。

溪水山洪是在上述产生泥石流气象条件下,降雨强度更大、历时更长的情况下发生。溪水山洪主要是以水为主的灾害,是以产生泥石流后更大降水造成的山洪为主。在产生泥石流之前的溪水山洪虽然也能造成灾害,但量级不够,因此选择以产生泥石流后的山洪为研究对象。较长的连阴雨过程也易导致山洪灾害。

## 3 不同区域山洪灾害发生的临界雨量

### 3.1 临界雨量分析计算方法

首先根据区域内历次山洪灾害发生时间表,收集区域及周边邻近地区各雨量站对应的雨量资料(区域内有的地方可能未发生山洪,则这些地方的雨量站可不纳入)。确定对应的降雨过程开始和结束时间,降雨过程的开始时间,是以连续3 d每日雨量 $\leq 1$  mm后出现日雨量 $> 1$  mm的时间,降雨过程的结束时间是山洪灾害发生的时间。过程时间确定后,在每次过程中依次查找并统计10 min, 30 min, 1 h, 3 h, 6 h, 12 h, 24 h最大雨

量, 过程总雨量及其每项对应的起迄时间。如果过程时间长度小于对应项的时间段跨度, 则不统计(如降雨过程小于 12 h, 则不统计 12 h 和 24 h 最大雨量及其起迄时间), 但过程雨量必须统计。如果收集的资料中已包含各时段雨量统计值, 则可直接进行下步工作。

首先假设区域内共有  $S$  个雨量站, 共发生山洪灾害  $N$  次, 共统计  $T$  个时间段的雨量,  $R_{ij}$  为  $t$  时间段第  $i$  个雨量站第  $j$  次山洪灾害的最大雨量, 则各站每个时间段  $N$  次统计值中, 最小的一个为临界雨量初值, 计算公式如下:

$$R_{i\text{临界}} = \min R_{ij}$$

$$(j=1, 2, \dots, N; i=1, 2, \dots, S; t=1, 2, \dots, T),$$

区域内各时间段最大雨量面平均值按下式计算:

$$\bar{R}_{tj} = \frac{\sum_{i=1}^S R_{ij}}{S}$$

$$(j=1, 2, \dots, N; i=1, 2, \dots, S; t=1, 2, \dots, T)。$$

求历次山洪灾害各时段最大雨量面平均值的最小值, 为区域山洪临界雨量初值, 即:

$$\bar{R}_{\text{临界}} = \min \bar{R}_{tj} \quad (j=1, 2, \dots, N; t=1, 2, \dots, T)。$$

传统的临界雨量计算方法有缺陷: 临界雨量偏低, 代表一个小概率事件。通过研究, 认为单站、区域山洪临界雨量初值应遵循两点: 具备最低临界雨量, 同时又具备普遍性, 代表一个较大概率的事件。

### 3.2 不同区域山洪灾害临界雨量

根据降雨区划和地质条件相结合, 将陕西省划分为 5 个不同区域, 结合 1980—2000 年全省典型山洪灾害个例对应降雨资料分析制定出陕西省 5 个区域不同时段山洪灾害发生的临界雨量(表 1)。

3.2.1 陕北北部山洪灾害易发区 包括府谷—神木—绥德—延安, 这里地质条件为陕北黄土高

表 1 陕西山洪灾害发生的临界雨量

mm

区域	地质灾害类型	1 h	3 h	6 h	12 h	1 d	4 d	6 d	10 d
陕北北部	滑坡					50~60	60~70	70~80	90~100
	泥石流	10~15	20~25	25~30	32~40	65~75	* 50~55	* 45~50	* 40~45
	溪水山洪	15~20	25~30	35~45	50~60	70~80	* 55~60	* 50~55	* 45~50
陕北南部	滑坡					55~65	65~75	75~85	100~110
	泥石流	10~15	20~25	25~30	32~40	70~80	* 50~55	* 45~50	* 40~45
	溪水山洪	15~20	25~30	35~45	50~60	70~80	* 55~60	* 50~55	* 45~50
关中渭北	滑坡					75~85	90~110	100~120	110~120
	泥石流	20~25	30~40	45~55	60~70	80~90	* 60~65	* 55~60	* 50~55
	溪水山洪	25~30	35~45	50~60	65~75	85~95	* 65~70	* 60~65	* 55~60
秦岭	滑坡					75~85	100~120	120~140	110~130
	泥石流	15~20	25~30	35~40	50~60	75~85	* 65~70	* 60~65	* 55~60
	溪水山洪	20~25	30~35	40~45	55~65	80~90	* 70~75	* 65~70	* 60~65
米仓山和 大巴山	滑坡					80~90	110~130	130~150	115~130
	泥石流	15~20	30~35	40~45	55~60	80~90	* 70~75	* 65~70	* 60~65
	溪水山洪	20~25	30~35	45~50	60~70	90~100	* 75~80	* 70~75	* 65~70

注: \* 表示在滑坡指标的基础上的当日雨量

原, 年均降水量 350~550 mm。虽然年降水在陕西最少, 但暴雨频率在陕北是最高的。如 2002 年 7 月 4 日子长县 24 h 降水 300 mm, 类似的天气时常发生, 是陕北地区山洪灾害多发区和重灾区。

3.2.2 陕西南部即宜川—洛川—黄龙—黄陵山洪灾害易发区 这里地质条件为陕北黄土高原, 年均降水量 550~650 mm。该地区常常有短期连

阴雨天气, 造成较大面积滑坡。

3.2.3 关中渭北山洪灾害易发区 包括铜川、彬县、韩城、合阳、澄城、白水、耀县、淳化、旬邑、长武、永寿、麟游、千阳等, 地质条件为低山、黄土丘陵和黄土台塬, 年均降水量 650~750 mm。与陕北、陕南相比, 这里地质条件较好, 因此临界雨量较高。关中地区暴雨次数较少, 山洪

灾害多为连阴雨引起,滑坡灾害占相当比例。

3.2.4 秦岭山洪灾害易发区 这里地质条件为秦岭褶皱带,山地海拔多在1 000 m以上,属于高山与中高山地貌,年均降水量750~900 mm。该区域包括凤县、略阳、留坝、南郑、石泉、山阳、旬阳、白河、宁陕、镇安和关中地区的太白、户县、周至、长安、蓝田、临潼、华阴、华县、潼关等地的南部山区。这里地质条件最差,加上是连阴雨、暴雨频发区,因此是全省山洪灾害最为严重的区域。

3.2.5 米仓山和大巴山山洪灾害易发区 这里地质条件一部分为南秦岭褶皱带,另一部分为扬子准地台,属于高山与中高山地貌,年均降水量950~1 200 mm,该区域包括宁强、镇巴、紫阳、岚皋、镇坪、平利等,山洪灾害仅次于秦岭山地。

通过研究发现存在以下规律。(1)诱发山洪灾害发生的临界雨量由北向南随着年均降水量逐渐增大而增大。如陕北北部24 h降雨65~75 mm就可能导导致泥石流发生;到大巴山一带这个指标就增大到80~90 mm。其它指标也有类似的情况。(2)滑坡灾害主要由连阴雨造成,在一定的连续降水日后发生。连阴雨中出现暴雨,会引发

大面积的滑坡;而泥石流、溪水山洪灾害则随时都有可能发生。(3)连阴雨过程中预报山洪灾害时,当日的降雨量或降雨强度非常重要。如当日降雨量小于5 mm,则发生山洪灾害的可能性非常小;当日降雨量大于50 mm以上,则滑坡、泥石流、溪水山洪都有可能发生。(4)连阴雨过程中产生泥石流、溪水山洪的临界雨量比不是连阴雨过程的要小。(5)山体不高,植被较好,地质环境较好地区山洪灾害发生的临界雨量较高。(6)同一区域由于地质条件的细微差异,如植被条件不同,山洪灾害发生的临界雨量差异很大。因此很难找到非常准确的临界雨强。

#### 4 结束语

通过上述分析可以看出,山洪灾害的发生与降雨有着直接关系。研究降雨对山洪灾害的触发作用对开展山洪灾害的预报至关重要。

#### 参考文献:

- [1] 陕西省减灾协会. 秦巴山区山地自然灾害[M]. 西安: 世界图书出版公司, 1999.
- [2] 陕西省减灾协会. 陕西省重大自然灾害综合研究与防御对策[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1993.

## 虹吸雨量计自记迹线自行中断和自行恢复原因

故障现象:虹吸式雨量计记录迹线经常会出现自行中断和自行恢复的现象,尤其是在风力稍大和雨量计门未关闭严时发生。

故障原因探析:根据工作经验,稍大的风从虹吸式雨量计外壳上的空隙部位吹入,使雨量计内发生空气的湍流,流动的空气经常顺着外壳的内壁作圆周状迂回运动,当流经笔尖与钟筒相触处空间的风速压力超过整个自记笔杆、笔尖对钟筒上自记纸的压力时就会造成笔尖离开自记纸发生记录迹线中断的现象;反之,当风力减小,流经笔尖与钟筒相触处空间的风速压力小于整个自

记笔杆、笔尖对钟筒上自记纸的压力时又会出现记录迹线自行恢复的现象。此种情况,在笔杆安装位置与压力正常且雨量计门关闭严的情况下不易发生,但如果笔杆前半部弯曲度稍大则增大了迎风角,虽然雨量计内部空气的流动力量并不大,但由于笔杆是用比较轻、薄的金属片制成的,笔杆前部弯度偏大,会增大雨量计内部空气的流动速度,从而导致上述故障的发生。雨量计门关闭不严,也会增大雨量计内部空气的流动,发生故障。

(王治亮)