

文章编号: 2096-1618(2017)05-0567-04

# 重庆跳石河雨洪关系和临界雨量预警指标分析

喻宝龙<sup>1</sup>, 李超<sup>2</sup>, 刘亮<sup>1</sup>, 刘丽霞<sup>1</sup>, 陈小伦<sup>1</sup>

(1. 重庆市巴南区气象局, 重庆 401320; 2. 成都信息工程大学发展规划处, 四川 成都 610225)

**摘要:**为做好小流域山洪强降水天气预警,利用2013–2014年巴南跳石河水位和雨量资料,研究巴南跳石河单站雨量与水位的关系,计算致灾临界雨量和水位。结果表明:跳石河水位和提前5~11 h的单站累计雨量,相关系数较好,通过了0.01显著性水平检验,并得出相对水位和5 h累计雨量的关系式。最后,根据跳石河河道普查资料和中国气象局山洪灾害风险等级标准,利用雨洪关系式调整参数计算出2个标准的临界雨量,这些指标可以用于跳石河山洪灾害的检验和预警。

**关键词:**气候学;洪涝灾害;山洪沟;雨洪;预警;临界雨量;指标

**中图分类号:**P333.2

**文献标志码:**A

**doi:**10.16836/j.cnki.jcuit.2017.05.017

## 0 引言

山洪灾害是山区常见的自然灾害现象,多数地学工作者将山洪定义为发生在山区溪沟中的快速而强大的地表径流现象<sup>[1]</sup>。重庆山区丘陵面积大,暴雨频发<sup>[2]</sup>,随着经济的发展,山洪灾害的风险程度和损失也将显著增加<sup>[3]</sup>。突发山洪在河谷两侧山地频繁发生,山丘区小流域因流域面积和河道的调蓄能力小、坡降较陡、洪水持续时间短(历时几小时到十几小时,很少能达到一天)、但涨幅大、洪峰高、洪水过程线多呈尖瘦峰型<sup>[4]</sup>。

重庆属于中亚热带湿润季风气候区,每年5–8月,受西太平洋副热带高压摆动外围气流和西南低涡影响常产生暴雨天气<sup>[5]</sup>,加之山地、丘陵河谷地形,极易突发短时山洪灾害<sup>[5]</sup>。山洪灾害预警一直是国内外防灾减灾领域研究的热点问题<sup>[6–12]</sup>,研究表明,山洪灾害的形成与气象和下垫面条件密切相关<sup>[4]</sup>。其中下垫面条件包括地质、地貌、植被等环境条件以及人类活动的间接因素<sup>[13]</sup>。最主要、最活跃的条件是降雨,许多研究山洪发生的方法都是针对山洪泥石流发生与雨量、雨强的关系开展。降水特性包括过程降水总量、降雨历时及降雨强度,是致灾的主导因素<sup>[7,14–15]</sup>。

上述研究表明,重庆山区出现强降水常引发山洪灾害,但因大部分河流或山洪沟附近没有河流流量记录,河流下垫面情况不详,难以从多因子的角度分析各因素与降水量的关系。为解决资料缺乏难以实现山洪沟洪水预警的问题,文中拟探讨出现较大降水过程,仅有雨量站和水位记录,有部分洪水记载、有断面警戒水位、保证水位的情况,利用统计学方法分析洪水灾害的

雨洪关系和预警临界雨量指标。这对寻找适合本地的、具有典型代表性的山洪沟,具有一定的实用意义。

选择了巴南较容易发生山洪灾害的跳石河作为研究对象,该河流为附近山地发源,两边山势陡峭,海拔高度在302~985 m,集水面积为67.83 km<sup>2</sup>,坡度26.98%,河道长度15.09 km,落差683.5 m。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料来源

跳石河水位站(东经106°37'38",北纬29°16'45")建于2013年1月,根据2013–2014年6月的较大降水过程,选取2013年4月28–29日、5月28–29日、6月8–10日、7月5日、2014年3月28日、5月3–4日、5月9–11日、6月20–21日8次过程的水位资料。

选取与水位资料同步的跳石(东经106°40'48",北纬29°12'36")、沿滩(东经106°38'24",北纬29°17'24")两处雨量站降水资料。还收集到2次有雨量和最高水位资料的灾害过程。

水位数据来源于巴南区水务局。雨量数据来源于重庆市气象局信息中心。

### 1.2 方法

主要分析水位、降水这二个要素的相关性。

## 2 巴南暴雨时间变化特征

巴南区暴雨一般出现在4–11月,主要集中在5–8月,出现次数占全年一般暴雨总次数的84.8%,因此5–8月是巴南区防范暴雨洪涝的最重要时段(图1a)。巴南暴雨平均每年出现2.5次,有气象记录以来,1998

年出现 8 次暴雨是暴雨次数最多的年份,其次 1967 年、1986 年分别出现 7 次暴雨,而 1961 年、1978 年、1984 年、1985 年和 2006 年全年均无暴雨(图 1b)。暴雨最早出现在 3 月 28 日(1969 年,53.9 mm),最晚出现在 11 月 15 日(1994 年,64.6 mm),最大暴雨出现在 1971 年 6 月 1 日,日雨量达到 178.3 mm。1963 年等 14 年出现过日雨量  $\geq 100$  mm 大暴雨,发生时段在 4-9 月,其中 6、7 月的大暴雨出现比例达到总大暴雨日数的 52.9 %。

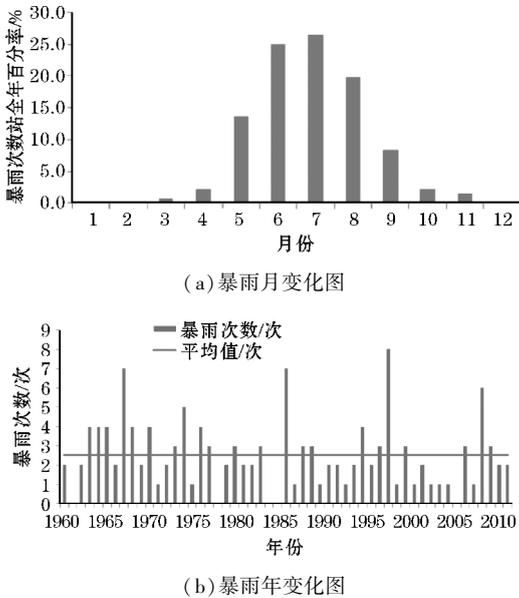


图 1 1960-2012 年巴南暴雨月、年际变化图

### 3 雨量和水位的关系

#### 3.1 单站雨量和水位的关系

根据历史过程水位和降水量绘图(图 2),2 个雨量站逐时雨量波动较大,变化起伏明显,逐时水位随时间的变化连续性较好,水位起伏落后于雨量,逐时雨量和水位之间没有明显的关系。

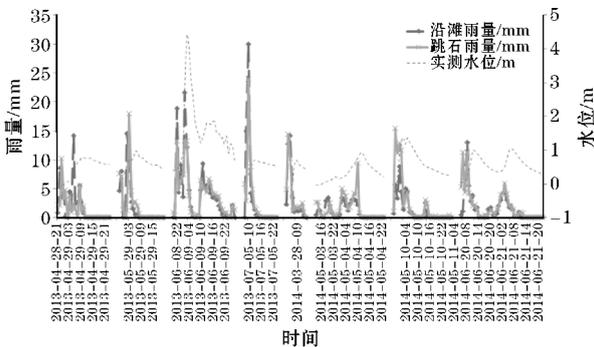


图 2 跳石水文站水位、跳石、沿滩雨量站逐时雨量时程演变图

将跳石和沿滩两个雨量站各时刻水位和前 1 ~ 24h 的滑动累计雨量分别做相关分析(图 3),两站相关曲线变化较为相似(图 3a,3b),对两站相关系数进行平均,两站相差非常小。

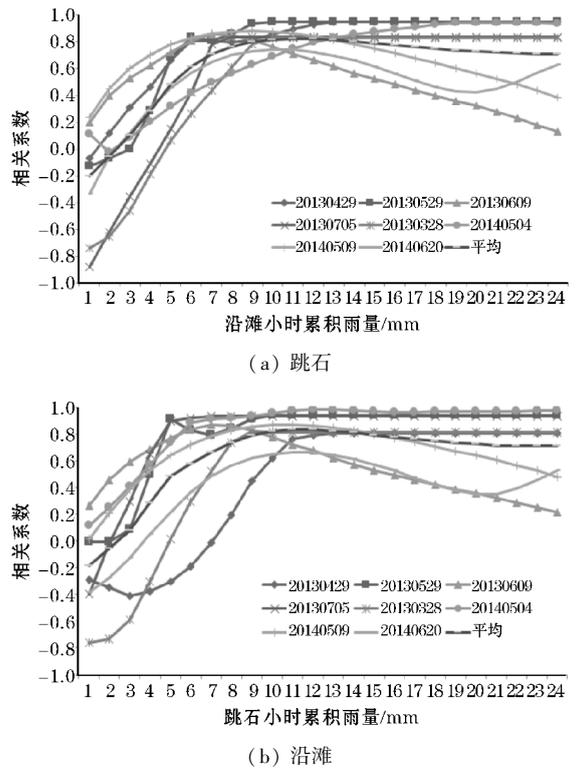


图 3 跳石水文站水位和跳石、沿滩雨量相关分析

根据 8 个过程的相关曲线(图 3a,3b),可以看到水位和提前 5 ~ 11 h 的单站累计雨量,相关系数较好,通过了 0.01 显著性水平检验。分析曲线有差异的几次过程,发现降水均较平缓,没有出现 10 mm/h 的降水,可见短时强降水对水位上升影响更大。为提前做好山洪灾害防御,对雨洪响应时间需要提前预估,选取 5 h 间隔,构建逐时向前累计 5 h 的雨量序列,作为导致水位上涨的触发降水量。

因雨量站安装时间较短,过程数量较少,加入 2 次历史洪水水位,再反查降水量,计算跳石水位和跳石雨量站可以用线性方程式表示:

$$y = 298.628358 + 0.087065X \quad (1)$$

式中,  $y$  表示跳石站估计水位,  $X$  表示跳石雨量站 5 h 累积雨量,方程的复相关系数为 0.823837,通过 0.01 的显著性水平检验,利用该式能够换算跳石可能上涨的水位和临界雨量。

因每次降水过程初始水位均有差异,式(1)在实际应用中可能有局限,统计每次过程 5 h 上涨的水位和 5 h 累积雨量,计算上涨的相对水位和 5 h 累积雨量的关系为

$$y = -1.110964 + 0.076X \quad (2)$$

式中,  $y$  表示跳石站相对上涨水位,  $X$  表示跳石雨量站5 h累积雨量, 方程的复相关系数为0.85, 通过0.01的显著性水平检验, 利用该式能够换算跳石可能上涨的相对水位和临界雨量。

### 3.2 计算致灾临界雨量和水位

临界雨量的确定除降水量和水位数据外, 还需参考地形、地貌、植被、土壤等因素, 文中仅对降水量对水位上涨的影响进行数学统计。根据5 h累积雨量, 再依

据历史记载洪水水位重现期, 求算对应的可能5 h累计雨量及实测洪水过程5 h累计雨量, 算出致灾临界水位和雨量。历史水位的缺乏难以估计多年一遇洪水位, 从水务局获取了跳石河河道普查资料(表1), 利用雨洪关系式1调整参数, 计算拟合雨量, 使得历史洪水过程测得的实况水位和拟合水位差值最小, 得到:

$$y = 299.911 + 0.08618X \quad (3)$$

式中,  $y$  表示跳石站估计水位,  $X$  表示跳石雨量站5 h累积雨量。

表1 跳石河洪水三线水位和拟合值

百分比/%	频率/年	水位/m	标准	拟合雨量/mm	实际雨量/mm	差值/mm
2	50	310.1		117.6491065		
5	20	309.5		110.6869343	109.1	1.586934
10	10	308.9	防洪标准	104.7690880		
20	5	308.3		97.34277094		
33.3	3	307.0	保证水位	82.25806452		
50	2	306.5	警戒水位	76.45625435		

跳石水文站上游为跳石镇, 山洪沟附近有大量居民、房屋, 历史洪水线下有2个村共111户居民, 因此将该镇居民点作为山洪灾害风险预警点。根据中国气象局《暴雨洪涝灾害致灾临界(面)雨量确定技术指南》提供的山洪灾害风险等级标准: 漫堤(沟)、淹没预警点0.6 m、1.2 m和1.8 m, 根据现场调查, 洪水漫出山洪沟的水位为307.1 m, 作为最低等级四级风险水位, 居民点房屋与山洪沟漫沟水位的高程差平均为1.1 m, 因此, 其他3个风险等级对应的水位分别为308.8 m、309.4 m、310.0 m。按照致灾条件分析, 利用式(3)得到临界雨量表(表2)。

表2 跳石河临界雨量

级别	雨量时效/h	临界雨量/mm	临界高度/m	对比表2频率/年
一级山洪	5	83.4	307.1	约为3
二级山洪	5	103.1	308.8	约为10
三级山洪	5	110.1	309.4	约为20
四级山洪	5	117.1	310.0	约为50

### 3.3 指标检验优化

2014-2016年, 跳石镇未出现超过76 mm的雨量 and 一级以上的山洪过程, 该山洪沟致灾临界面雨量还需在今后的工作进一步检验。

## 4 结论

(1) 5-8月, 出现暴雨次数占全年总次数的

84.8%, 因此该时段是巴南区防范暴雨洪涝的最重要时段。

(2) 逐时水位随时间变化连续性较好, 逐时雨量和水位之间没有明显的关系。水位与提前5~11 h的单站累计雨量, 相关系数较好, 通过了0.01显著性水平检验。短时强降水对水位上升影响更大。

(3) 通过水位数据、累计雨量和历史洪水水位数据的统计分析, 得出跳石河水位、相对水位与累积雨量的雨洪关系式, 通过显著性检验。

(4) 加入历史洪水灾害资料, 对雨洪关系式调整参数, 使实况水位和拟合水位差值最小。根据水利部门和气象部门行业标准, 计算了2种标准的致灾临界雨量和水位, 可用于预警检验。

## 参考文献:

- [1] 何易平, 梁志勇, 赵明, 等. 山洪灾情评估研究进展[J]. 中国防汛抗旱, 2004, (4): 16-25.
- [2] 吉莉, 李强, 马君, 等. 基于信息扩散理论的重庆地区暴雨灾害风险评估[J]. 成都信息工程学院学报, 2014, 29(6): 666-664.
- [3] 李昌志, 郭良, 刘昌军, 等. 刍议山洪灾害分析评价[J]. 中国水利, 2014, (18): 14-17.
- [4] 张容焱, 游立军, 高建芸, 等. 统计方法与淹没模型结合的山洪灾害风险评估方法及其应用[J]. 气象, 2013, 39(12): 1642-1648.
- [5] 翟丹华, 刘德, 李强, 等. 引发重庆中西部暴雨的

- 西南低涡特征分析[J]. 高原气象, 2014, 33(1): 140-147.
- [6] 李昌志, 孙东亚. 山洪灾害预警指标确定方法[J]. 中国水利, 2012, (9): 54-56.
- [7] 樊建勇, 单九生, 管珉, 等. 江西省小流域山洪灾害临界雨量计算分析[J]. 气象, 2012, 38(9): 1110-1114.
- [8] 彭涛, 殷志远, 李兰. 水文模型在计算中小流域致汛临界面雨量中的应用[J]. 气象, 2014, 40(11): 1354-1362.
- [9] 胡娟, 闵颖, 李华宏, 等. 云南省山洪地质灾害气象预报预警方法研究[J]. 灾害学, 2014, 29(1): 62-66.
- [10] Norbiato D, Borga M, Esposti S D, et al. Flash flood warning based on rainfall thresholds and soil moisture conditions: an assessment for gauged and ungauged basins[J]. Journal of Hydrology, 2008, 362(3-4): 274-290.
- [11] Au S W C. Rain-induced Slope Instability in Hong Kong [J]. Engineering Geology, 1998, 51(1): 1-36.
- [12] Chen N S, Yang C I, Zhou W. et al. The Critical Rainfall Characteristics for Torrent sand Debris Flows in the Wenchuan Earthquake Stricken Area [J]. Journal of Mountain Science, 2009, 6(4): 362-372.
- [13] 梁维亮, 黄明策, 屈梅芳. 基于 GIS 的广西中小河流山洪气象风险监测预警系统[J]. 气象研究与应用, 2012, 33(4): 43-46, 85.
- [14] 陈真莲, 黄国如, 成国栋. 小流域山洪灾害临界雨量计算分析方法[J]. 中国农村水利水电, 2014(6): 82-85.
- [15] 黎坚, 于文杰, 庞晓宇. 茂名市山洪灾害临界雨量分析[J]. 气象研究与应用, 2014, 35(S2): 179-180.

## The Warning Indices Analysis of Rain Flood Relationship and Critical Rate of Rainfall of Chongqing Tiaoshi River

YU Bao-long<sup>1</sup>, LI Chao<sup>2</sup>, LIU Liang<sup>1</sup>, LIU Li-xia<sup>1</sup>, CHEN Xiao-lun<sup>1</sup>

(1. Meteorological Bureau of Banan District, Chongqing 400700, China; 2. Development Planning Office, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** In order to handle the warning of heavy rainfall in small watersheds, the author researched the relationship between the rainfall and the water level of single station, which is based on the data of the water level and rainfall of the Tiaoshi River from 2013 to 2014. And then the author calculated the critical rainfall and water level. The results showed that: the water level and the cumulative rainfall of 5 to 11 h in the first half of the river and the correlation coefficient are good, and it passed through the test of the significance of the level of 0.01, and the relationship between the relative water level and 5 h cumulative rainfall. Finally, according to the census data and jump stone river flood disaster China Meteorological Bureau risk grading standards, the use of rainwater relation adjustment parameters to calculate the critical rainfall of 2 standard, and these indicators can be used to check and stone mountain flood disaster warning jump.

**Keywords:** climatology; flooding disaster; torrent ditch; storm flood; warning; critical rainfall; index