

三亚河流域山洪灾害临界雨量分析

罗日洪, 黄锦林, 王立华

(广东省水利水电科学研究院, 广东省山洪灾害防治工程技术研究中心, 广东 广州 510635)

摘要: 临界雨量是进行山洪灾害预测、预报和预警的重要参数之一。结合三亚河流域降雨资料和现场调查数据, 采用统计归纳法和水位—流量关系反推法, 计算流域临界雨量, 分析结果的合理性, 并认为临界雨量需综合分析确定, 才能达到理想的预警预报效果。

关键词: 山洪灾害; 临界雨量; 综合分析

中图分类号: TV122+.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1008-0112(2018)04-0021-03

山洪灾害由短历时、强降雨引发^[1], 而临界雨量是用来衡量某一流域由于降雨发生山洪、泥石流、滑坡等灾害时而达到的降雨阈值, 把这个降雨量阈值称为临界雨量^[2]。临界雨量作为山洪灾害预警预报的关键性指标, 在山洪灾害防治中具有重要意义。临界雨量计算方法有很多, 有资料地区采用统计归纳法, 无资料地区采用水位—流量反推法等^[3], 单一方法可能存在不足, 可以通过综合分析确定研究区临界雨量。

1 临界雨量的确定方法

1.1 统计归纳法

统计归纳法对降雨资料要求较高, 主要是通过统计不同雨量站历史山洪灾害降雨资料计算临界雨量。统计归纳法虽然是对现有实际发生洪灾数据情况的统计归纳, 忽略了雨型、暴雨中心分布及下垫面情况等因素, 但是由于该方法是对实际成灾洪水直接进行分析, 其成果相对模型分析得出的“设计情况”下的成果更具实践意义, 加之随着时间的延长数据的积累, 该方法能“包含”一些特殊情况, 对后期的预警预报、山洪预警而言具有重要的参考价值。由于三亚河流域有长系列的实测降雨资料, 因此, 可通过统计归纳法计算流域临界雨量。按范围可以分为单站临界雨量法和雨区临界雨量法^[4]。

1.1.1 单站临界雨量法

单站临界雨量法是通过统计流域内每个雨量站临界雨量初值来确定临界雨量。在对流域进行历史山洪灾害调查和收集对应灾害发生时雨量资料的基础上进行计算。假设流域内有 S 个雨量站, 共发生山洪灾害

N 次, 共统计 T 个时间段的降雨量, R_{ij} 为 t 时段第 i 个雨量站第 j 次内涝灾害的最大雨量, 取最小值为临界雨量初值^[5]。计算公式:

$$R_{i\text{临界}} = \text{Min}(R_{ij}) \quad (j=1 \cdots N) \quad (1)$$

另外, 由于气候、下垫面等的复杂性, 不同区域的山洪灾害临界雨量存在差异, 植被较好、前期雨量小的情况下, 临界雨量较大; 反之, 临界雨量较小。将流域内各雨量站计算的同一时间段临界雨量进行统计分析, 确定平均值 \bar{R}_t 、最小值 $R_{t\text{min}}$ 、最大值 $R_{t\text{max}}$ 如下:

$$\bar{R}_t = \frac{\sum_{i=1}^s (R_{i\text{临界}})}{S} \quad (t=1 \text{ h}, 2 \text{ h} \cdots \text{过程雨量}) \quad (2)$$

$$R_{t\text{min}} = \text{Min}(R_{ti}) \quad (i=1, 2 \cdots S) \quad (3)$$

$$R_{t\text{max}} = \text{max}(R_{ti}) \quad (i=1, 2 \cdots S) \quad (4)$$

式中 \bar{R}_t 表示流域内大范围的平均情况, 即当降雨量超过 \bar{R}_t 时, 流域内有可能发生山洪灾害; $R_{t\text{min}}$ 表示只有当流域内至少有 1 个站雨强超过 $R_{t\text{min}}$ 时, 流域内才有可能发生山洪灾害; $R_{t\text{max}}$ 表示当区域内每个站点雨强都超过 $R_{t\text{max}}$ 时, 流域内将会有大范围的山洪灾害发生。

1.1.2 区域临界雨量

区域临界雨量为面平均雨量, 区域内只要有 1 个雨量站发生山洪灾害, 视为该区域发生山洪灾害, 区域内所有雨量站都要统计降雨。面平均雨量可以采用算数平均法、泰森多边形法等进行计算。规定 N 次山洪灾害各时段最大面雨量平均值的最小值为区域

收稿日期: 2017-10-20; 修回日期: 2018-03-20

基金项目: 广东省水利科技创新项目(编号: 2015-12)。

作者简介: 罗日洪(1988-), 男, 硕士, 工程师, 从事山洪灾害防治研究工作。

山洪临界雨量初值 $\bar{R}_{t\text{临界}}$,同时计算平均值 \bar{R}_t ,确定区域临界雨量变幅,一般在 $\bar{R}_{t\text{临界}}$ 和 \bar{R}_t 之间^[6]。计算公式:

$$\bar{R}_{t\text{临界}} = \text{Min}(R_{tj}) \quad (j=1, 2 \cdots N) \quad (5)$$

$$\bar{R}_t = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{R}_{t\text{临界}}}{N} \quad (6)$$

1.2 水位~流量关系反推法

水位~流量关系反推临界雨量,可采用单位线法、推理公式法进行反推。根据山洪灾害前期影响雨量(前期土壤含水量)分为干旱、一般以及湿润3种情况^[7]。其计算思路为:首先根据成灾水位确定出成灾流量;其次,假定时段降雨量,根据单位线法推求设计洪水的一般步骤,对其进行时程分配计算,在净雨分析过程中,不同于设计洪水计算,预警指标的前期影响雨量采用的是较湿、一般、较干3种情况下的土壤含水量,分别进行净雨过程计算;后用净雨与时段单位线卷积计算,将得到的地面洪水过程线加上潜流、基流过程线,从而得出洪水过程线,并分析出洪峰流量;最后,将洪峰流量与成灾流量进行比较分析,如果洪峰流量与成灾流量的差值小于阈值 δ 时,假定的降雨即为所求的临界雨量值,如果洪峰与成灾流量的差值大于阈值 δ 时,则重新假定降雨进行计算。

2 计算分析实例

2.1 流域概况

三亚河位于海南省三亚市,发源于三亚市和保亭县交界的中间岭右侧高山南麓,流向自北向南,经三亚市区注入三亚港入海,流程为28.8 km,流域面积为337.02 km²,河床平均坡降为6.09‰,流域多年平均降水量为1 417 mm,属热带海洋性季风气候,每年6—10月雨季时,在台风影响下,常伴有强风暴雨,造成风灾和洪涝灾害。经调查,进入21世纪以来,三亚河流域分别为在2000年、2002年、2003年、2005年、2009年、2010年、2012年、2013年、2015年发生过9次较为严重的山洪灾害。

三亚河流域由六罗水、汤他水、半岭水3个小流域组成。三亚河上游有3个长系列(1985—2015年)的雨量站,各支流分别有1个长系列雨量站,汤他水对应羊栏雨量站、六罗水对应抱前雨量站、半岭水对应半岭雨量站(见图1)。

2.2 计算结果

2.2.1 单站临界雨量

根据历史山洪灾害和新发山洪灾害,共筛选出

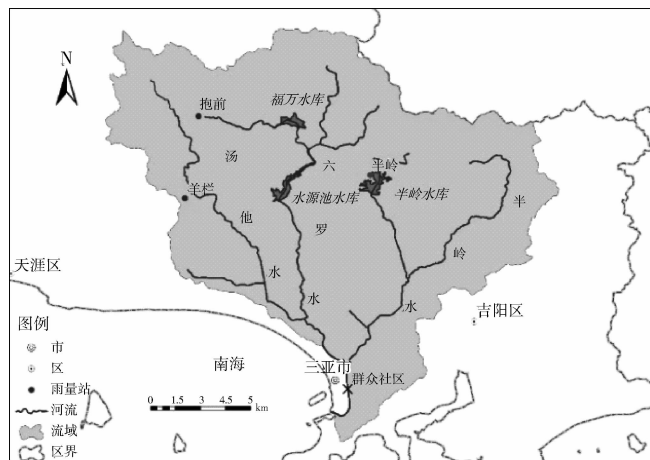


图1 三亚河流域水系及雨量站示意

2000—2016年期间9次典型的山洪灾害过程(流域均为土壤较湿的状态下)对应羊栏、抱前、半岭3个雨量站降雨资料,作为临界雨量分析计算的基础数据。滑动计算羊栏、抱前、半岭雨量站1 h、2 h、3 h、6 h、12 h、24 h时段最大雨量9次统计值中的最小值,即为单站临界雨量初值,在确定临界雨量初值的基础上,统计最大值、最小值、平均值,见表1;在临界雨量初值的基础上,根据前述统计特征值的实际意义,确定单站临界雨量的变幅,一般取最小值~平均值这个区间,也可根据实际情况适当外延(见表2所示)。

表1 各站山洪灾害临界雨量(初值) mm

站名	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h
羊栏	26.5	44.5	59.5	62.5	106.5	167
抱前	26	44.5	52.5	77.5	83	168
半岭	34	41	52	60.1	106.9	185.5
最大值	34	44.5	59.5	77.5	106.9	185.5
最小值	26	41	52	60.1	83	167
平均值	28.8	43.3	54.7	66.7	98.8	173.5

表2 山洪灾害临界雨量值(单站法) mm

时段/h	1	2	3	6	12	24
临界雨量	25~30	40~45	50~55	60~70	80~100	165~175

2.2.2 区域临界雨量

计算9次历史山洪灾害3个雨量站1 h、2 h、3 h、6 h、12 h、24 h时段最大值的平均雨量,区域临界雨量的初值为各时段9次平均值的最小值,见表3;根据定义,确定区域临界雨量的变幅为最小值~平均值这个区间,也可根据实际情况外延,见表4。

表3 面均临界雨量(区域法) mm

发生时间	1 h	2 h	3 h	6 h	12 h	24 h
2000/10/16	-	-	-	83.7	157.6	166.7
2002/09/24	37.5	66.5	91.0	89.9	147.6	193.6
2003/11/18	37.0	66.5	75.5	104.6	190.4	170.0
2005/09/26	89.0	163.0	220.0	192.1	316.7	241.8
2009/10/20	32.0	62.5	65.5	98.8	122.3	141.6
2010/10/04	30.7	46.5	59.3	87.2	143.5	158.1
2012/10/27	38.3	59.2	84.8	117.8	144.9	132.7
2013/11/11	44.7	73.0	104.3	131.5	187.8	227.2
2015/06/23	43.5	79.8	98.2	138.5	164.5	178.0
2015/09/01	43.5	85.5	92.0	-	-	-
最小值	30.7	46.5	59.3	83.7	122.3	132.7
平均值	44.0	78.1	99.0	116.0	175.0	178.8

表4 临界雨量值(区域法) mm

时段/h	1	2	3	6	12	24
临界雨量	30~45	45~80	55~100	80~120	120~175	130~180

2.2.3 水位—流量关系反推法

在三亚河下游群众社区附近河段设置控制断面，主河道长度为 $L=31.46$ km，集雨面积 $A=329.73$ km²，河道比降 $J=4.4‰$ ，根据现场调查，成灾水位为 4.3 m。

1) 确定 $Q_{灾}$

根据曼宁公式计算的水位—流量关系，将成灾水位转化为成灾流量 $Q_{灾}=1695$ m³/s。

2) 假定时段降雨量并计算净雨

如典型时段为 3 h，设时段雨量为 R_{3h} ，根据海南省现行的《广东省暴雨径流查算图表使用手册》，综合单位线推求设计洪水时，根据净雨计算的一般步骤，进行降雨时分配。不同于设计洪水计算，预警指标的前期影响雨量采用的是较湿、一般、较干 3 种情况下的土壤含水量分别进行计算，对应不同的扣损后得到净雨过程。

3) 分析洪峰流量 Q_m

平均后损率按产流分区：海南山丘区计算， $\bar{f}=3.07$ mm，推出净雨过程，通过标准单位线计算出洪峰流量 Q_m 。

4) 比较 Q_m 和 $Q_{灾}$

比较 Q_m 和 $Q_{灾}$ 的大小，如果洪峰流量 Q_m 与成灾流量 $Q_{灾}$ 的差值小于阈值 δ (一般取 1 m³/s) 时，假定的降雨即为所求的临界雨量值。反之，则重新假定时段雨量，根据步骤(2)(3)进行计算。

经水位—流量关系反推法计算的前期雨量为较湿 $Pa=0.9W_m$ 状态下的临界雨量见表 5。

表5 临界雨量值(反推法) mm

时段/h	1	2	3	6	12	24
水位—流量关系反推法	64	74	84	113	153	212

2.3 合理性分析

三亚河流域分别采用统计归纳法和水位—流量关系反推法计算临界雨量，2 种方法各有优缺点，在使用中需综合考虑。

1) 单站雨量法侧重于某 1 个雨量站某 1 次山洪灾害发生时的最低值；而区域临界雨量则侧重于 1 次内涝灾害过程的所有站点平均值。本次单站临界雨量结果偏小，是因为区域内雨量站偏少。而区域临界雨量因为是面平均雨量的缘故，更适用于站点密度较小的区域。

2) 水位—流量关系反推法计算临界雨量可在无资料地区使用，理论成熟，适用范围较广。但由于采用水文手册选取参数、通过曼宁公式进行推算，也会造成一定的误差。

3) 综合来看，单站临界雨量偏小，在本区域应用存在局限性，不予采用。而水位—流量关系反推法的结果，除 1h、24h 雨量没有落入区域临界雨量相应时段雨量范围，根据区域法结果的上限取值，其余时段均在区域临界雨量范围，因此临界雨量综合确定如表 6 所示。

表6 综合确定临界雨量 mm

时段/h	1	2	3	6	12	24
综合确定	45	74	84	113	153	180

3 结语

统计归纳法和水位—流量关系反推法计算的临界雨量对于三亚河流域的山洪灾害预警预报有一定的价值。但由于不同场次前期土壤含水量、降雨强度、河道冲淤改变以及人类活动等造成的下垫面改变，临界雨量也处在不断的变化当中，确定合理的临界雨量是一个复杂的过程。由于雨量站数量偏少，单站法结果偏小，而区域临界雨量与水位—流量关系反推法的结果比较接近。因此，结合当地灾情、地貌、降雨等特征，根据这两种方法综合分析确定了三亚河流域的临界雨量，为山洪灾害监测预警工作提供依据。

(下转第 31 页)

Analysis of the Comprehensive Evaluation of Water Quality in Guangzhou Based on the Fuzzy Comprehensive Evaluation Method

CHEN Ci, LIANG Yingshan

(Guangzhou Branch of Guangdong Hydrology Bureau, Guangzhou 510145, China)

Abstract: For the 12 sites with complete data and reasonable distributions within the territory of Guangzhou City from 2002 to 2016, statistical analysis is made to the water quality monitoring data from every site of the basins of Zengjiang, Liuxi River, and the city's central river areas in the past 15 years. The characteristics of temporal and spatial variation on the water pollutant concentration in the whole basin are discussed, providing the basis for the city's water pollutant control, water environment protection, and ecological rehabilitation. The results show that: ① Using principal component analysis method to analyze 21 principal components which affect water quality in the test, defined in The Standards of Surface Water Environment Quality (GB 3838—2002), based on weight values, the principal factors that affect water qualities are DO, $\text{NH}_3 - \text{N}$, MnO_4^- , SO_4^{2-} , Cl^- , BOD_5 , NO_3^- by screening; ② Applying the fuzzy comprehensive evaluation method to the evaluation of the annual water quality data from the 12 sections, in comparison with single factor evaluation method, the former method is more likely to reflect the reality; The results calculated by fuzzy comprehensive evaluation method shows that the water quality evaluation grade of Jiekou, Zengcheng and Qilingzui sites have been relatively well maintained in level 2; Huangpu site's water quality has been worst in these 15 years, although after treatments it has improved significantly, but it still keep staying above level 4. Other sections of water quality remained in class 3—4; ③ Implementing Mann-Kendall test method to the analysis of trend behind the water pollutant concentration variation and the exploration on the pattern of the water pollutant concentration's time variation, research shows years 2005 and 2011 are break years, sustainable improvements in the water quality concentration can be observed until now, it is necessary for Guangzhou to maintain strict water environment governance.

Keywords: comprehensive evaluation of water quality; principal component analysis method; fuzzy comprehensive evaluation method; Mann-Kendall; changing tendency

(上接第 23 页)

参考文献:

- | | |
|---|--|
| <p>[1] 章德武, 湛宏伟. 山洪灾害致灾因子分析与防治措施[J]. 中国水运, 2011, 11(3): 146—147.</p> <p>[2] 陈桂亚, 袁雅鸣. 山洪灾害临界雨量分析计算方法研究[J]. 人民长江, 2005, 36(12): 40—43.</p> <p>[3] 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.</p> <p>[4] 程卫帅. 山洪灾害临界雨量研究综述[J]. 水科学进展, 2013, 24(6): 901—908.</p> | <p>[5] 全国山洪灾害防治规划领导小组办公室. 山洪灾害临界雨量分析计算细则(试行)[R]. 2003.</p> <p>[6] 徐映才. 巍山县西河流域临界雨量的确定方法分析[J]. 人民珠江, 2016, 37(4): 41—43.</p> <p>[7] 全国山洪灾害防治项目组. 山洪灾害分析评价方法指南[R]. 2015.</p> |
|---|--|

(本文责任编辑 王瑞兰)

Analysis of Critical Rainfall of Mountain Flood Disasters on Sanya River Basin

LUO Rihong, HUANG Jinlin, WANG Lihua

(Guangdong Research Institute of Water Resources and Hydropower, Guangdong Research Center of Flash Flood Disasters Prevention Engineering Technology, Guangzhou 510635, China)

Abstract: The critical rainfall is one of the important parameters of prediction, forecasting and early warning on mountain flood disasters. The statistical inductive and stage-discharge curve-inverse method are used to calculate the critical rainfall according to the precipitation data and local investigation, then the reasonableness of calculated results is analyzed, that only by comprehensive analysis to determine critical rainfall can a perfect effect be achieved.

Keywords: mountain flood disasters; critical rainfall; comprehensive analysis