

Flood Composition and Coincidence Probability Analysis for Guayas River in Ecuador

Xintian Zhang, Jun Shao, Gaohong Xu

Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei
Email: zhangxt@cjh.com.cn

Received: Apr. 22nd, 2018; accepted: May 9th, 2018; published: May 16th, 2018

Abstract

In this study, the H0365 station of the Daule River, the H0347 station of the Vinces River and the H0346 station of the Babahoyo River were selected as the basis stations for the flood composition and coincidence probability analysis of Guayas River. The results indicate that, the maximum peak flows in the main and tributaries of the Guayas River are generally occurred from December to May, and the annual maximum peak flows mainly concentrate during January to April. The main sources of the Guayas River flood are from Babahoyo River, Daule River and Vinces River. From the flood coincidence probability analysis, February, March and April occur with the highest probability of flood encounter, especially in February. From October 1965 to September 2010, there is no occurrence of the Babahoyo River, the Vinces River, and the Daule River's largest peak at the same time. The flood process suffers 7 times with a probability of 14.9%.

Keywords

Hydrology, Flood Coincidence Probability, Flood Composition, Guayas River, Ecuador

厄瓜多尔瓜亚斯河洪水遭遇 与设计洪水地区组成分析

张新田, 邵骏, 徐高洪

长江水利委员会水文局, 湖北 武汉
Email: zhangxt@cjh.com.cn

收稿日期: 2018年4月22日; 录用日期: 2018年5月9日; 发布日期: 2018年5月16日

摘 要

本文选择了Daule河的H0365站、Vinces河的H0347站、Babahoyo河的H0346站作为水文分析计算的依据站, 作者简介: 张新田(1962-), 男, 湖北武汉人, 高级工程师, 研究方向: 水文学及水资源。

分析Guayas河的洪水组成及遭遇情况。研究表明, Guayas河干流与主要支流年最大洪峰流量一般出现在12~5月, 集中出现在1~4月, Guayas河洪水主要来源为Babahoyo河、Daule河、Vinces河。从洪水遭遇来看, 2、3、4三个月发生遭遇洪水的机率最大, 占88.5%, 其中尤以2月份遭遇洪水最多, 占40.4%。在1965年10月~2010年9月统计年限内, Babahoyo河、Vinces河、Paule河三条河流控制站没有发生年最大洪峰同时相遭遇的情况, 三条河流控制站过程遭遇有7次, 概率为14.9%。洪水遭遇与设计洪水地区组成分析, 为防洪规划提供了重要技术支撑。

关键词

水文, 洪水遭遇, 洪水组成, 瓜亚斯河, 厄瓜多尔

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. Guayas 河概况

Guayas 河地处 Ecuador 中西部(central-western), 是 DH Guayas 的最大河流, 流域面积为 44,532 km², 河口多年平均径流量为 390.4 亿 m³。Guayas 河有东、西两源, 分别称为 Babahoyo 河和 Daule 河, 两河在瓜亚基尔市汇合后始称 Guayas 河, Guayas 河在 IslaPuná 处汇入太平洋。东源 Babahoyo 河的最长支流为右岸的 Vinces 河, Vinces 河河长 331.7 km, 其汇口至 Babahoyo 河和 Daule 河的汇合口之间河段长 40.8 km, Babahoyo 河和 Daule 河汇合口以下 Guayas 河河长 168.4 km。

历史上 Guayas 河几乎年年遭遇洪水, 不论是在温和的雨季还是在出现厄尔尼诺现象期间。根据 DesInventar 数据库记录到的 DH Guayas 从 1970 年至 2013 年期间洪灾有 1109 次, 受灾 356,701 人次。DH Guayas 防洪区以全国 6.8%的土地养育了全国 33%的人口, 创造了 32%的 PIB, 是流域人口和财富的集中地区。DH Guayas 内重要保护对象有厄瓜多尔最大的城市 Guayaguil, Los Ríos 省的首府 Babahoyo 市以及 Balzar、Colimes、Palestina、Santa Lucía、Daule、Nobol、Samborondón、Durán、Milagro、Quevedo、Palenque、Vinces 等城市以及下游平原区大面积的农田。因此, 研究 Guayas 河洪水地区组成及遭遇, 对于区域防洪具有重要意义。

2. 基本资料

根据洪灾统计, DH Guayas 的洪灾主要集中在 Babahoyo 河、Daule 河、Vinces 河的平原区。本文选择了 Daule 河的 H0365 站、Vinces 河的 H0347 站、Babahoyo 河的 H0346 站作为水文分析计算的依据站。H0365 水文站洪水资料系列为 1963~2010 年, 其中洪水资料完整的年份有 19 年。H0346 水文站洪水资料系列为 1964~2010 年, 其中洪水资料完整的年份有 21 年。H0347 水文站洪水资料系列为 1963~2010 年, 其中洪水资料完整的年份有 8 年。

对依据站缺测的水文资料进行了插补延长。缺测资料插补延长的方法为: 选用气象、下垫面条件与本站接近的参证站, 采用上、下游测站或相邻测站同步年份日均流量相关方法, 进行洪水资料插补延长。H0365 站上游 Daule-Peripa 水库于 1992 年建成投入运行, 1992 年以后的流量资料, 在考虑水库调蓄影响后进行了洪水还原计算。

3. 洪水特性

为分析流域洪水特性, 根据 H0365 站、H0347 站和 H0346 站三个资料条件相对较好的水文站, 统计分月最

大洪峰流量出现概率，分析洪水在不同月份出现的可能性。

根据 1964~2010 年共 46 年月最大洪峰流量资料统计，H0365、H0347、H0346 三个水文站月最大洪峰流量出现概率统计成果见表 1。Guayas 河流域水系及水文站网图，如图 1 所示。

从表 1 可见，H0365 站年最大洪峰流量一般出现在 12~5 月，集中出现在 2~4 月，出现概率为 89.4%；以 3 月出现的次数最多，出现概率为 31.9%，4 月和 2 月次之。H0346 站年最大洪峰流量一般出现在 11~6 月，集中出现在 1~4 月，出现概率为 89.4%；以 2 月出现的次数最多，出现概率为 31.9%。H0347 站年最大洪峰流量一般出现在 11~4 月，集中出现在 1~4 月，出现概率为 95.7%；以 2 月出现的次数最多，出现概率为 31.9%。

Table 1. Probability statistics for annual maximum flood peak flow occurrence in the main stations of Guayas River
表 1. Guayas 河主要测站年最大洪峰流量出现概率统计表

站点	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	合计
H0365	出现次数	1	13	15	14	2	0	0	1	0	0	0	1	47
	出现概率(%)	2.13	27.7	31.9	29.8	4.26	0	0	2.13	0	0	0	2.13	100
H0346	出现次数	7	15	11	9	2	1	0	0	0	0	1	1	47
	出现概率(%)	14.9	31.9	23.4	19.2	4.26	2.13	0	0	0	0	2.13	2.13	100
H0347	出现次数	7	15	13	10	0	0	0	0	0	0	1	1	47
	出现概率(%)	14.9	31.9	27.7	21.3	0	0	0	0	0	0	2.13	2.13	100

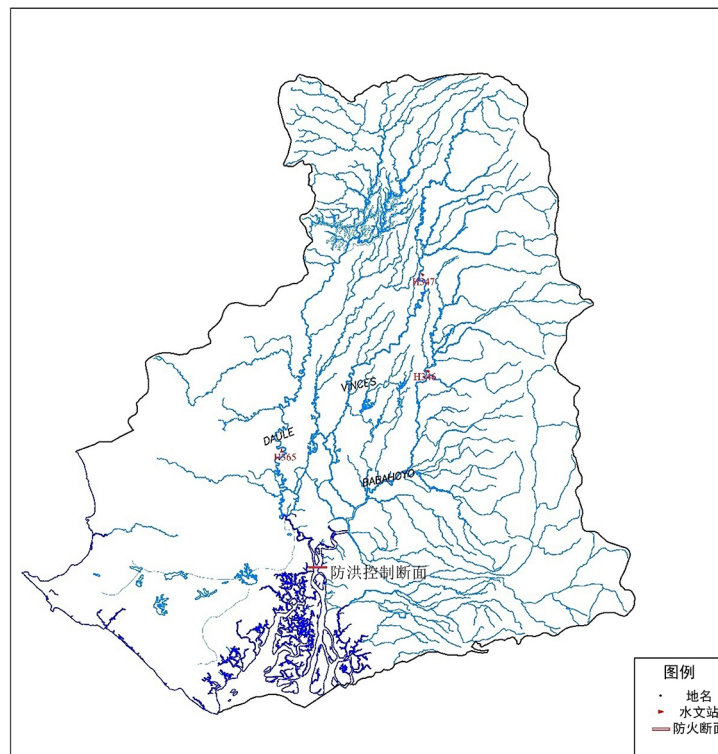


Figure 1. River system and hydrological station network of the Guayas River basin

图 1. Guayas 河流域水系及水文站网图

4. Guayas 河洪水遭遇

4.1. 洪水遭遇标准

洪水遭遇分为洪峰遭遇和洪水过程遭遇两种情况。若上游各河流洪峰(日平均流量)同日出现,即为洪峰遭遇;洪水过程遭遇,对上游各河流洪水来说,洪水过程重叠一半以上,如 90 d 洪水有 45 d 以上重叠者即为过程遭遇 [1]。这里的洪水遭遇是指各河流主要控制站洪水遭遇而言,没有考虑河流主要控制站以下洪道的洪水演进。

4.2. 洪水遭遇分析

依前述洪水标准,对各河流 1956~2010 年洪水系列进行年最大洪水遭遇统计,其结果见表 2。遭遇概率按数学期望概率公式计算,即

$$P = \frac{m}{n+1} \times 100 \quad (1)$$

其中, P 为遭遇概率, m 为洪水遭遇次数, n 为统计系列长度。

从表 2 可以看出, Babahoyo 河~Vinces 河洪水遭遇概率最大,洪峰遭遇概率为 10.6%, 15 d 过程遭遇概率为 44.7%, 30 d 过程遭遇概率为 74.5%, 随着过程时间增加,过程遭遇概率增大, 90 d 过程遭遇概率为 93.6%。Vinces 河~Daule 河洪水遭遇概率次之,洪峰遭遇概率为 10.6%, 15 d 过程遭遇概率为 38.3%, 30 d 过程遭遇概率为 63.8%, 90 d 过程遭遇概率为 93.6%。Daule 河~Babahoyo 河过程遭遇概率最小,洪峰遭遇概率为 2.1%, 15 d 过程遭遇概率为 27.7%, 30 d 过程遭遇概率为 57.5%, 90 d 过程遭遇概率为 91.5%。虽然 Daule 河~Babahoyo 河过程遭遇概率相对最小,但两河流控制 Guayas 河总集水面积的 85%左右, Daule 河、Babahoyo 河洪水遭遇对 Guayas 河洪水影响更大。

对 15 d 遭遇洪水的时间分布进行统计,其结果列于表 3。遭遇洪水(水文年, 10~9 月)最早可发生在 11 月份,最迟可发生在 4 月份。2、3、4 三个月发生遭遇洪水的机率最大,占 88.5%,其中尤以 2 月份遭遇洪水最多,占 40.4%。

在 1965 年 10 月~2010 年 9 月(水文年)统计年限内,没有发生 Babahoyo 河、Vinces 河、Daule 河三条河流控制站发生年最大洪峰同时相遭遇的情况,三条河流控制站过程遭遇有 7 次,概率为 14.9%。

Table 2. The statistics of flood encounter of Guayas River

表 2. Guayas 河洪水遭遇统计表

类型	项目	Daule 河~Babahoyo 河	Babahoyo 河~Vinces 河	Vinces 河~Daule 河
洪峰遭遇	次数	1	5	5
	概率(%)	2.1%	10.6%	10.6%
15 d 过程遭遇	次数	13	21	18
	概率(%)	27.7%	44.7%	38.3%
30 d 过程遭遇	次数	27	35	30
	概率(%)	57.5%	74.5%	63.8%
60 d 过程遭遇	次数	35	41	36
	概率(%)	74.5%	87.2%	76.6%
90 d 过程遭遇	次数	43	44	44
	概率(%)	91.5%	93.6%	93.6%

5. Guayas 河洪水地区组成分析

5.1. 设计洪水

设计洪水计算采用了 Daule 河的 H0365 水文站、Vinces 河的 H0347 水文站、Babahoyo 河的 H0346 水文站实测洪水及插补的洪水资料, 作为设计计算依据。考虑 Guayas 河降水与径流年内分配, 本流域水文年划分为 10 月至次年 9 月。

由统计出的上述测站最大 1 d 流量、洪量系列, 采用 P-III 曲线适线, 以矩法计算值为初估值, 然后适线优选参数[2]。各站设计最 1 d 流量、洪量成果见表 4。

Guayas 河干流防洪控制断面, 选取在三条支流 Daule 河、Vinces 河、Babahoyo 河汇合口下游。采用 H0365、H0346、H0347 站三站流量叠加后, 用面积比放大至干流防洪控制断面。

由推算出的 1964~2010 年干流防洪控制断面流量系列, 分别统计出水文年最大 1 d 流量、不同时段洪量系列。总控制断面设计最大 1 d 流量、洪量成果见表 4。

Table 3. Time distribution of the 15 d flood encounter of the Babahoyo-Vinces-Daule Rivers

表 3. Babahoyo-Vinces-Daule 三河 15 天洪水遭遇的时间分布

月份	Daule 河~Babahoyo 河	Babahoyo 河~Vinces 河	Vinces 河~Daule 河	Σ
11		1		1
12				
1	1	2	2	5
2	6	9	6	21
3	3	4	5	12
4	3	5	5	13
Σ	13	21	18	52

Table 4. Design flood results of the main stations and sections of Guayas River

表 4. Guayas 河主要测站及干流控制断面设计洪水成果表

站名	时段	均值	Cv	Cs/Cv	P = 0.5%	P = 1%	P = 2%	P = 4%	P = 10%	P = 20%
H0365	Q _{1d} (m ³ /s)	1750	0.49	2.5	4910	4460	4010	3540	2900	2380
	W _{30d} (亿 m ³)	26.9	0.41	2.5	65.6	60.4	55.1	49.5	41.7	35.2
	W _{90d} (亿 m ³)	59.3	0.53	2.5	178	161	143	126	101	81.8
H0346	Q _{1d} (m ³ /s)	973	0.31	2.0	1920	1810	1690	1560	1370	1210
	W _{30d} (亿 m ³)	12.3	0.31	2.5	24.8	23.3	21.6	19.9	17.4	15.3
	W _{90d} (亿 m ³)	29.4	0.31	2.5	59.4	55.6	51.7	47.5	41.6	36.5
H0347	Q _{1d} (m ³ /s)	1270	0.36	2.5	2820	2620	2410	2190	1880	1620
	W _{30d} (亿 m ³)	17.0	0.33	2.5	35.7	33.3	30.8	28.2	24.5	21.4
	W _{90d} (亿 m ³)	40.8	0.33	2.5	85.7	79.9	74.0	67.7	58.8	51.3
干流控制断面	Q _{1d} (m ³ /s)	7040	0.32	2.5	14500	13600	12600	11500	10000	8800
	W _{30d} (亿 m ³)	112.4	0.33	2.5	236	220	204	187	162	141
	W _{90d} (亿 m ³)	267.4	0.35	2.5	584	543	500	456	393	340

5.2. 典型年洪水选取

Guayas 河在 1972~1973、1982~1983、1992、1997~1998、2002、2006、2008、2012 等年份发生过大洪水。根据本流域的洪水特点和各水文站实测洪水的资料情况及流域沿河城市的防洪需要, 选取 1997~1998 年实测洪水过程为典型洪水过程。

5.3. 设计洪水地区组成

Guayas 河的主源为 Babahoyo 河, 次源为 Daule 河, Babahoyo 河主要支流为 Vinces 河。在分析干流控制断面设计洪水地区组成时, 通常将控制断面设计洪量分配给上游各分区, 然后选择典型洪水过程线, 以各分区分配到的洪量为控制, 放大各分区洪水过程线[3]。

根据流域防洪规划需要, 支流(分区)设计洪水, 按指定支流发生与总控制断面同频率的洪量, 按水量平衡原则计算出其余分区洪量的总量[3]。典型年洪水过程选取 1997~1998 年实测洪水过程为典型洪水过程, 时段选取时考虑控制站的峰型、上游主要站放大后洪水大小的合理性等因素。分别计算依据站 H0365、H0346、H0347 站及控制断面的 $P = 0.5\%$ 、 $P = 1\%$ 、 $P = 2\%$ 、 $P = 4\%$ 、 $P = 10\%$ 、 $P = 20\%$ 。不同时段设计值与典型年的洪量的放大倍比系数, 在选用放大倍比时, 充分考虑控制站洪水过程的峰型, 上游主要站放大后洪水量级的合理性等因素, 经分析选定 Guayas 河流域干、支流(区间) 90 d 为控制。

据流域防洪规划布置, 支流 Daule 河、Vinces 河、Babahoyo 河划分区间见表 5。Daule 河和总控制断面同频率的 90 d 洪量, 其它各区相应 90 d 洪量, Vinces 河、Babahoyo 河各分区 90 d 相应洪量见表 6。各分区典型年设计(相应设计)洪水过程线采用同倍比放大。Vinces 河和总控制断面同频率的 90 d 洪量, Daule 河、Babahoyo 河各分区 90 d 相应洪量见表 6。Babahoyo 河和总控制断面同频率的 90 d 洪量, Daule 河、Vinces 河各分区 90 d 相应洪量见表 6。各分区设计(相应设计)洪水过程线采用同倍比放大。

Table 5. The subareas in the main and tributary of Guayas River

表 5. Guayas 河干支流分区表

NO.	Rio Daule		Rio Vinces		Rio Babahoyo	
	项目	分区面积(km ²)	项目	分区面积(km ²)	项目	分区面积(km ²)
1	H363	5580	H347	3507	H346	2980
2	Rio Duca	1588	区间 5	663	Ventans	448
3	区间 1	176	区间 6	794	区间 7	53
4	Rio Colimes	1421			Rio Catamara	136
5	区间 2	745			区间 8	103
6	Rio Pedro Carbo	1319			Rio Salampe	284
7	Rio Dula	778			区间 9	231
8	Rio Macul	1022			H394	388
9	区间 3	834			Rio Las Juntas	1836
10					区间 10	467
11					Rio Aren	1102
12					Rio Jutan	878
13					Rio Yaguachi	4578
合计		13,463		4964		13,484

Table 6. The 90 d design flood volume of Guayas River and the total control section with the same frequency, and other tributaries with corresponding floods**表 6.** Guayas 河干支流洪水组成成果表(单位: 亿 m³)

组合分类	项目	频率(p%)					
		0.5	1	2	4	10	20
Daule 河和总控制断面同频率, 其他支流相应 90 d 洪量成果	总控制断面	584	543	500	456	393	340
	Daule 河同频	296.4	268.1	238.2	209.8	168.2	136.2
	Vinces 河相应	89.4	85.3	81.0	75.9	68.9	62.2
	Babahoyo 河相应	198.1	189.6	180.8	170.3	155.9	141.6
Vinces 河和总控制断面同频率, 其他支流相应 90 d 洪量成果	总控制断面	584	543	500	456	393	340
	Vinces 河同频	121.3	113.2	104.7	95.8	83.2	72.6
	Daule 河相应	242.7	221.7	199.4	177.9	146.2	120.8
	Babahoyo 河相应	220.0	208.1	195.9	182.3	163.6	146.6
Babahoyo 河和总控制断面同频率, 其他支流相应 90 d 洪量成果	总控制断面	584	543	500	456	393	340
	Babahoyo 河同频	268.8	251.6	233.9	214.9	188.2	165.3
	Daule 河相应	223.7	204.9	184.8	165.5	137.0	114.0
	Vinces 河相应	91.5	86.5	81.3	75.6	67.8	60.7

计算结果表明, Guayas 河洪水主要来源 Babahoyo 河、Daule 河、Vinces 河。Guayas 河控制断面发生 $P = 2\%$ 洪水时, Babahoyo 河和总控制断面同频率, Daule 河、Vinces 河为相应洪水, Babahoyo 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 46.8%, Daule 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 36.9%, Vinces 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 16.3%; Daule 河和总控制断面同频率, Vinces 河、Babahoyo 河为相应洪水, Daule 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 47.6%, Vinces 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 16.2%, Babahoyo 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 36.2%; Vinces 河和总控制断面同频率, Daule 河、Babahoyo 河为相应洪水, Vinces 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 20.9%, Daule 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 39.9%, Babahoyo 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 39.2%。

6. 结论

Guayas 河的主源为 Babahoyo 河, 次源为 Daule 河, Babahoyo 河主要支流为 Vinces 河。Guayas 河支流较多, 洪水特性各异, 因此洪水地区组成和洪水遭遇具有一定的复杂性。本文将国内洪水研究方法应用于厄瓜多尔防洪研究中, 采用 Daule 河的 H0365 站、Vinces 河的 H0347 站、Babahoyo 河的 H0346 站作为主要依据水文站, 以尽可能翔实的水文实测系列, 对主要河流的洪水地区组成及洪水遭遇进行了研究。

研究结果表明, Guayas 河各主要干支流最大洪峰流量一般出现在 12~5 月, 年最大洪峰流量主要出现在 1~4 月。Guayas 河洪水主要来源为 Babahoyo 河、Daule 河、Vinces 河。Guayas 河控制断面发生 $P = 2\%$ 洪水时, Babahoyo 河和总控制断面同频率, Daule 河、Vinces 河为相应洪水, Babahoyo 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 46.8%, Daule 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 36.9%, Vinces 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 16.3%; Daule 河和总控制断面同频率, Vinces 河、Babahoyo 河为相应洪水, Daule 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 47.6%, Vinces 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 16.2%, Babahoyo 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 36.2%; Vinces 河和总控制断面同频率, Daule

河、Babahoyo 河为相应洪水, Vinces 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 20.9%, Daule 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 39.9%, Babahoyo 河 90 d 洪量占控制断面洪量为 39.2%。

从洪水遭遇来看, 2、3、4 三个月发生遭遇洪水的机率最大, 占 88.5%, 其中尤以 2 月份遭遇洪水最多, 占 40.4%。在 1965 年 10 月~2010 年 9 月(水文年)统计年限内, 没有发生 Babahoyo 河、Vinces 河、Paule 河三条河流控制站发生年最大洪峰同时相遭遇的情况, 三条河流控制站过程遭遇有 7 次, 概率为 14.9%。Guayas 防洪控制断面以上的洪水遭遇与设计洪水地区组成分析计算, 为防洪规划提供了技术支撑。

参考文献 (References)

- [1] 边玮, 张新田. 金沙江与长江中下游洪水遭遇分析[J]. 水利水电快报, 2002, 23(4): 8-10.
BIAN Wei, ZHANG Xintian. Jinsha River and the analysis of flood encountered in the middle and lower reaches of the Yangtze River. Water Conservancy and Hydroelectric Bulletin, 2002, 23(4): 8-10. (in Chinese)
- [2] 水利水电工程设计洪水计算规范[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
Regulation for calculating design flood of water resources and hydropower projects. Beijing: China Water & Power Press, 2006. (in Chinese)
- [3] 水利部长江水利委员会水文局. 水利水电工程设计洪水计算手册[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995.
Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. Design flood calculation manual for water conservancy and hydropower projects. Beijing: China Water & Power Press, 1995. (in Chinese)