

资水桃江站 2016~2017 年“姊妹”洪水分析

李 艳¹, 曾爱军²

(1.湖南省水文水资源勘测局,湖南 长沙 410007;2.衡阳市水文水资源勘测局,湖南 衡阳 421001)

摘 要:桃江站是湖南省资水流域控制站,其洪水组成较为复杂,发生较大洪水的频次高。从历年大洪水发生情况来看,大都是前后年份接连发生,如 1954~1955、1995~1996、1998~1999 年,即水文上习惯称其为“姊妹”洪水。主要针对桃江最近 2016、2017 年“姊妹”洪水,从资水流域概况、柘桃区间降雨情况、区间洪水过程及桃江洪水组成等方面做对比分析,为防御桃江“姊妹”年洪水提供参考。

关键词:流域概况;区间洪水;洪水组成;水库调度

中图分类号:TV122

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2019)02-0092-05

1 资水流域概况

资水是长江流域洞庭湖水系的第三大河流,位于湖南省中部,介于湘、沅两水之间(见图 1)。流域形状南北长、东西窄,地势西南高、东北低。它发源于城步县北青界山黄马界,向东北流经武冈洞口县纳蓼水、平溪,向东流经隆回县纳辰水,在邵阳县双江口与发源于广西资源县越城岭由南向北流经湖南省的夫夷水汇合入资江干流。资水从主源黄马界至益阳市甘溪港,全长 653km,集水面积 28 142 km²(含广西境内 1 404 km²)。武冈以上为河源段,武冈至新邵县小庙头为上游,小庙头至桃江县马迹塘为中游,马迹塘至益阳甘溪港为下游,甘溪港以下为洞庭湖冲积平原,资水分三支入南洞庭湖。

柘溪水电站位于资水中游安化县境内,坝址以上流域面积 22 640 km²,占资水全流域的 80%。柘溪水库是资水干流唯一的流域控制性枢纽,为资水流域的防洪发电以及下游洪水的拦峰错峰发挥至关重要的作用。柘溪至桃江区间是资水干流重要河段,属资水中下游,区间流域面积为 4 108km²,仅占柘溪以上流域面积的 20%,但区间的洪峰流量一般却相当于柘溪坝址以上洪峰流量的 50%~70%,个别年份区间洪峰流量还大于柘溪坝址以上洪峰流量,加之距桃江又近,对桃江洪峰的形成起着很大的作用。

2 区间雨洪分析

柘桃(柘溪至桃江)区间以安化县梅城为中心的暴



图 1 资水流域图

Fig.1 The Zishui River basin

雨区为湖南省三大暴雨中心之一,形成柘桃区间大洪水的有效降雨基本在 24h 之内。2016 年柘桃区间降雨过程发生在 7 月 2 日 8 时至 5 日 20 时,总雨量 307mm,最大 24h 降雨量为 165mm,暴雨中心基本固定在区间中心竹溪坡、大福坪、蒙公塘一带;2017 年柘桃区间降雨过程发生在 6 月 29 日 11 时至 7 月 1 日 11 时,总雨量 201mm,最大 24h 降雨为 127mm,暴雨

收稿日期:2018-01-12

作者简介:李艳(1973-),女,湖南长沙人,本科,工程师,主要从事资水流域洪水预报工作。E-mail:hnliy@126.com



图 2 柘桃区间 2016、2017 年暴雨分布图

Fig.2 Distribution of the rainstorms in the Zhe-Tao reach in 2016 and 2017

走向由上而下,暴雨中心分散(见图 2)。

2.1 区间降雨对比分析

2016、2017 年桃江的年最大洪水中,柘桃区间均出现强降雨过程,区间前期流域 pa 值均达到饱和,降雨中心及走向略有不同。2017 年柘桃区间降雨中心开始在流域中心偏北部区域,随着雨强的减弱移至南部区域,并未助涨区间洪峰,也是区间洪峰尖瘦的原因之一。2016 年柘桃区间降雨普遍较大,强度大且历时长,形成了峰高量大的区间洪水过程,相对 2017 年,2016 年 7 月上旬柘桃区间降雨历时更长、总量更大、强度更强(见表 1)。2017 年总雨量占 2016 年总雨量的 65.5%,但 2017 年各时段特征雨量占 2016 年相应特征雨量的 72.8%,74.4%,75.7%,83.6%,均大于总雨量所占比重,另外从对洪峰有影响的降雨量即造峰有效降雨来看,2017 年的造峰有效降雨所占总雨量的比重也比 2016 年要大。说明 2017 年降雨强度及总量虽然不及 2016 年,但降雨过程短而紧凑(见图 3)。

2.2 区间洪水对比分析

柘桃区间洪水主要由降雨形成,尽管区间面积不大,但形成的洪水峰高量大。本次“姊妹”洪水,通过桃江实测洪水过程和柘溪下泄过程,还原得到 2016、2017 年柘桃区间洪水过程线(见图 3)。2016 年区间

受持续降雨影响,高洪水位持续时间长,洪峰流量达 7 242 m³/s,刷新区间洪峰历史第二位的记录,峰高量大(见表 2),洪峰频率接近 30 年一遇,最大 1d 洪量为 20 年一遇,但最大 3d 洪量超过 50 年一遇;2017 年区间洪水洪峰较为尖瘦,洪峰流量为 6 020 m³/s,频率约 15 年一遇,最大 1d 洪量频率略超 10 年一遇,最大 3d 洪量频率接近 20 年一遇。2017 年区间洪峰占 2016 年的 83.1%,但洪水总量只占 63.4%,远小于 2016 年。

3 柘溪水库入库洪水分析

2016 年 7 月 4 日,柘溪水库最大洪峰流量 20 400m³/s,洪峰频率超 200 年一遇,为建库以来最大入库洪水,

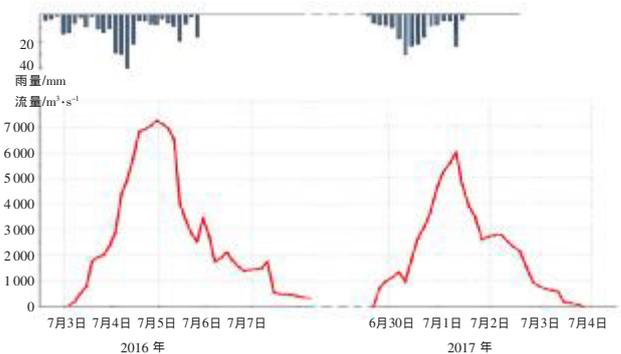


图 3 柘桃区间雨量及洪水过程

Fig.3 Processes of rainfall and flood in the Zhe-Tao reach

表1 2016、2017年柘桃区间降雨对比分析 (mm)

Table1 Comparison of the precipitations in the Zhe-Tao reach in 2016 and 2017

年份	最大 3h	最大 6h	最大 12h	最大 24h	造峰有效降雨	
					雨量	时间
2016	41.2	71.8	124.2	165	65	7 月 3 日 14 时至 4 日 14 时
2017	30	53.4	94	138	127	6 月 29 日 14 时至 30 日 14 时

表2 2016、2017年柘桃区间洪水特征值

Table2 Flood eigenvalues in the Zhe-Tao reach in 2016 and 2017

年份	$Q_m/m^3 \cdot s^{-1}$	$W_{1d}/10^8m^3$	$W_{3d}/10^8m^3$	$W_{7d}/10^8m^3$
2016	7 242	4.450	10.66	12.41
2017	6 020	3.913	7.541	8.369

刷新历史最大入库流量记录,即“96.7”洪水 $17900\text{m}^3/\text{s}$ 。本次洪水柘溪入库洪水最大 24h 洪量为 $12.75\times 10^8\text{m}^3$,超过“96.7”洪水 $10.22\times 10^8\text{m}^3$,洪水总量 $27\times 10^8\text{m}^3$,3d 洪量 $21.82\times 10^8\text{m}^3$,占总水量的 80.8%,属于峰量集中,来势汹汹。“96.7”洪水总量为 $54.5\times 10^8\text{m}^3$,3d 洪量占总水量的 49%。

2017年7月1日,柘溪水库最大洪峰流量 $15800\text{m}^3/\text{s}$,洪峰频率接近 100 年一遇,洪水总量 $64.75\times 10^8\text{m}^3$,最大 1d 洪量 $11.32\times 10^8\text{m}^3$;最大 3d 洪量 $28.09\times 10^8\text{m}^3$,频率都接近 50 年一遇。本次洪水与“96.7”洪水相类似,洪峰虽然略小,但洪量大。“96.7”洪水洪峰流量为频率接近 200 年一遇,最大 1d 洪量 $11.71\times 10^8\text{m}^3$,3d 洪量为 $26.7\times 10^8\text{m}^3$ 。

4 桃江洪水分析

4.1 桃江洪水组成分析

桃江的大洪水基本都是由资水干流柘溪水库以上洪水与区间洪水遭遇形成,历史上比较大的洪水全部与柘溪洪水遭遇。有时两者洪峰遭遇,有时是过程遭遇。两者洪峰遭遇的情况比较少,过程遭遇分为两种情况:一是柘溪洪水早于柘桃区间洪水;二是柘桃区间洪水早于柘溪洪水,这种遭遇几率较大,主要是柘桃区间暴雨中心距离桃江较近,无论暴雨中心是自上而下、自下而上或同时发生均有可能使区间洪水早于柘溪洪水。2016、2017 年桃江洪水都是这种情况。

4.2 桃江 2016、2017 年洪水对比分析

桃江站 2017 年 7 月发生了仅次于历史实测最大洪水 1996 年的洪水,水位仅差 0.01m,排历史第二位;2016 年最高水位较 2017 年低 0.84m,排历史第七位。2017 年最大 1d 洪量与 2016 年较为接近,但最大 3d 洪量大于 2016 年。这也是受柘溪以上洪水来量影响,

柘溪水库 2017 年最大 3d 洪量为 $28.09\times 10^8\text{m}^3$,大于 2016 年最大 3d 洪量为 $21.82\times 10^8\text{m}^3$,总水量更是 2016 年的 2 倍多。由于入库来量较大,柘溪水库为了兼顾上下游防洪加大泄量,使得 2017 年柘桃区间洪峰低于 2016 年的情况下,桃江洪峰超过 2016 年。具体对比分析如下:

(1)洪水组成情况较为接近。桃江 2016~2017“姊妹”年洪水都是柘溪洪水遭遇柘桃区间洪水,2016 年是遭遇区间的退水过程,2017 年遭遇区间洪峰,这两种遭遇都是历史上发生频次最高的洪水,此时桃江的洪水预报难度也是比较大的。

从 2016、2017 年桃江洪水的具体组成情况来看(见表 3),2016 年桃江洪峰主要由柘溪下泄流量为主,形成的桃江洪水中,柘溪下泄所占比例均高于区间洪水所占比例;2017 年桃江洪峰主要由柘桃区间流量为主,其最大 1d 洪量、最大 3d 洪量占桃江的比例均大于 2016 年,且与区间遭遇的柘溪下泄流量也大于 2016 年,因此形成了桃江 2017 年高洪水位。

(2)洪水位较高、持续时间长。2017 年 7 月桃江最高洪水位 44.13m,洪峰流量 $11100\text{m}^3/\text{s}$,主要是由于柘桃区间洪水洪峰遭遇柘溪下泄流量 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 而形成。与 2016 年不同的是,2016 年柘桃区间洪峰虽然大于 2017 年,但该洪峰遭遇的是柘溪前期预泄流量 $2000\text{m}^3/\text{s}$,要小于柘桃区间退水段与柘溪水库 $5000\text{m}^3/\text{s}$ 下泄流量的叠加,随后柘桃区间洪水再次回落,柘溪下泄流量增加到最大为 $6000\text{m}^3/\text{s}$,也未形成桃江二次洪峰,只是增加了桃江高洪水位的时间,大于 $8000\text{m}^3/\text{s}$ 的流量维持了 30h。2017 年柘溪水库前期就是以 $4000\text{m}^3/\text{s}$ 的流量进行预泄,由于柘溪以上受降雨影响形成了有多个洪峰组合的复峰过程,本次最大入库洪峰虽然只有 $15800\text{m}^3/\text{s}$,但来水量是 2016 年的 2 倍

表3 2016、2017年桃江洪水组成分析

Table3 Analysis of flood composition at the Taojiang station in 2016 and 2017

年份	最大 1d 洪量/ 10^8m^3							最大 3d 洪量/ 10^8m^3					
	柘溪最大下泄流量 $/\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	柘桃区间洪峰流量 $/\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	桃江洪峰流量 $/\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	桃江洪量	柘溪相应下泄	占桃江百分比 /%	柘桃区间相应	占桃江百分比 /%	桃江洪量	柘溪相应下泄	占桃江百分比 /%	柘桃区间相应	占桃江百分比 /%
2016	6 000	7 242	9 230	7.769	3.639	53.2	4.130	46.8	18.00	7.340	59.2	10.66	40.8
2017	8 500	6 020	11 100	8.813	4.900	44.4	3.913	55.6	24.70	17.12	30.6	7.541	69.4

多,所以库水位急剧上升,水库加大泄量到 5 000 m³/s 时,刚好遭遇到区间洪峰,也是随着区间洪水的回落,柘溪水库逐步加开泄量,最后最大泄量达到 8 500 m³/s,并未造成桃江更大的洪峰,由于柘溪水库以上来水一直增加,所以桃江高洪水位维持时间长,大于 8 000 m³/s 的流量维持了 100h(见图 4、图 5)。

遇和超 200 年一遇,后者主要是 2016 年柘溪水库发生了历史最大入库流量 20 400 m³/s,故而形成桃江超历史天然最大流量。

现状条件下,经过柘溪水库的调蓄后桃江的峰量频率都有所降低,1996 年桃江洪峰为 40 年一遇,洪量频率均超过 50 年一遇;2017 年洪峰频率为 30 年一遇,洪量频率也在 30~40 年一遇之间;2016 年桃江洪峰频率约 10 年一遇,洪量频率在 15~20 年一遇之间,见表 4。

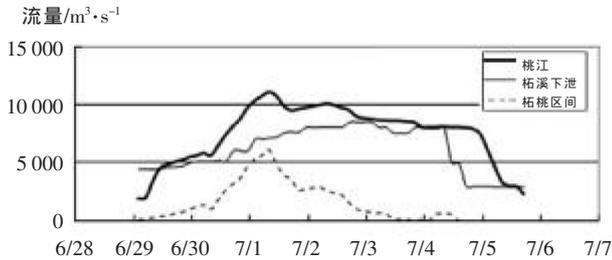


图 4 2017 年洪水过程线
Fig.4 Flood hydrograph in 2017

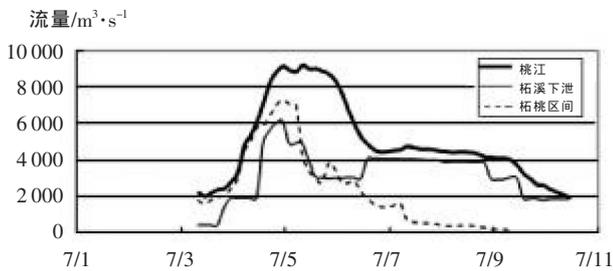


图 5 2016 年洪水过程线
Fig.5 Flood hydrograph in 2016

5 柘溪水库调度及防洪效益

2016、2017 年柘溪水库在调度方式上较为相似,先提前预泄,然后与下游错峰调度方式。2016 年柘溪水库的起调水位为 158.38 m,柘溪最大下泄 6 000 m³/s,最高调洪水位为 169.01m;2017 年柘溪水库起调水位为 160.56 m,按 4 000 m³/s 的流量进行预泄,最大下泄 8 500 m³/s,最高调洪水位为 169.85m。两次调度过程水库均低于 170m 的防洪高水位,调度非常成功且效益显著。

在 2016、2017 年桃江较大洪水中,柘溪水库充分发挥了拦洪错峰作用,避开出库洪水与下游区间洪水重叠。2016 年柘溪最大下泄流量仅为 6 000 m³/s,削减洪峰 14 400 m³/s,削峰率达 70.6%;2017 年柘溪最大入库流量 15 800m³/s、最大出库流量 8 500m³/s,削减洪峰流量 7 300m³/s,削峰率 46.2%,大大减轻了下游的防汛压力。据估算,这两年若无柘溪水库拦蓄洪水,资水下游水位至少增加 2~3m 以上,下游将全线漫堤,益阳市区、桃江县城将遭受灭顶之灾。2017 年柘溪水库拦蓄洪量 17.53×10⁸m³,弃水量 30.11×10⁸m³,发电水量 23.93×10⁸m³(6 月 23 日 8 时至 7 月 8 日 14 时)。相比 1996 年洪水最大下泄流量 10 000 m³/s,最高调洪水位 172.73m,拦蓄洪量 6.875×10⁸m³,2017 年洪水调度的

(3)峰量频率大。桃江 2017 年最大洪水无论从洪峰、洪量来看均大于 2016 年,洪峰水位与历史最高水位相当,洪峰流量较 1996 年低 500 m³/s,这些流量值都是经过柘溪水库调节之后形成,按现状条件下柘溪水库建成以后桃江站仅有 50 多年的资料,将桃江 2017、2016 年现状流量转换至天然状态下的流量为 18 500 m³/s、23 600 m³/s,其洪水频率分别为超 30 年一

表4 桃江站2016、2017、1996年典型洪水峰量频率成果

Table4 Frequency results of typical flood peak volumes at the Taojiang station in 2016,2017 and 1996

年份	洪峰水位 /m	洪峰流量 /m ³ ·s ⁻¹	重现期 /a	洪量/10 ⁸ m ³					
				最大 1d	频率/%	最大 3d	频率/%	最大 7d	频率/%
2016	43.29	9 230	10	7.769	5	18.00	5	29.12	6
2017	44.13	11 100	30	8.813	3	24.66	2.5	43.50	3.33
1996	44.14	11 600	40	11.71	2	26.7	2	56.5	1.42

巨大效益,不可同日而语。

6 结语

资水干流桃江站“姊妹”年洪水发生频率较高,从已有的“姊妹”年洪水来看,囊括了桃江站目前有实测资料以来最高水位前5位的洪水,因此非常有必要对

桃江站“姊妹”年洪水进行分析。首先,因为是“姊妹”年,发生洪水的时间接近,流域地貌及下垫面条件等较为接近,更具有可比性;其次,通过了解“姊妹”年洪水,更进一步了解区间洪水的形成及桃江洪水组合情况,为柘溪水库科学调度提供有力依据,为防御桃江“姊妹”洪水提供参考。

Analysis of “Twin” Floods at Taojiang Station in Zishui Basin during 2016–2017

LI Yan¹, ZENG Aijun²

(1. Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hunan Province, Changsha 410007, China;

2. Hengyang Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Hunan Province, Hengyang 421001, China)

Abstract: The Taojiang station is the control station in Zishui basin in Hunan Province. The Taojiang River features complex flood composition and high occurring frequency of large floods. Judging from the occurrence of historical big flood over the years, most of them were called “twin” floods in hydrology occurred in two successive years, such as 1954–1955, 1995–1996 and 1998–1999. This study made comparative analysis on the general situation of Zishui basin, the rainfall characteristic and the flood process in Zhexi–Taojiang reach and the flood pattern at Taojiang station based on the “twin” floods in 2016 and 2017 in Taojiang River. It could provide reference for the prevention of the “twin” floods in Taojiang River.

Key words: watershed general situation; interval flood; flood composition; reservoir dispatch

(上接第 85 页)

Study on the Revision of Hydrological Design Results in the Yellow River Basin

LIU Hongzhen¹, LI Baoguo¹, ZHANG Xuecheng², WANG Peng¹, MU Ping¹, LI Hairong¹

(1. Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd, Zhengzhou 450003, China; 2. Bureau of Hydrology, YRCC, Zhengzhou 450000, China)

Abstract: The data series of rainfall, runoff and flood at the main sites or reaches in the Yellow River basin were extended up to 2010 and its changing characteristics were analyzed. Based on the runoff reduction, the influence of the underlying surface change on the consistency of hydrological data series were analyzed through the relationship change between rainfall and runoff. By taking consistency treatment with different methods, this paper proposed 3 runoff series in different underlying surface stages, and the design runoff result of underlying surface stage I was recommended. The natural design flood of Yellow River basin and the design flood occurred every 5 years or below of recent stage II underlying surface in the middle reaches were presented by analyzing the influencing factors of the flood consistency, taking reduction of the main influencing factors and the influencing factors of frequent flood magnitude in the middle and lower reaches in the Yellow River.

Key words: Yellow River; rainfall change; underlying surface stage; series consistency treatment; rainfall–runoff relationship; design runoff; design flood