

# 2012年长江上游朱沱水文站特大洪水预报分析

张世明, 王晓凤

(长江水利委员会水文局长江上游水文水资源勘测局, 重庆 400014)

**摘要:** 朱沱水文站是长江上游干流重要控制站之一, 2012年7月朱沱水文站发生自1954年建站以来的最大洪水, 形成了长江三峡水库建成以来的最大入库洪水。由于朱沱水文站洪水预报及时、准确, 使得朱沱、江津等重庆沿江城镇安全转移数万人无一人伤亡, 财产损失也减小到最小。朱沱水文站的洪水预报对重庆市的防汛减灾发挥了重要作用。

**关键词:** 长江上游; 朱沱水文站; 最大洪水; 三峡水库; 洪水预报

中图分类号: TV211.2

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2013)05-0092-05

2012年7月20~22日, 受高空槽、切变线及冷空气的影响, 长江上游岷江、沱江及长江上游干流流域发生了强降雨过程。本次强降雨导致长江宜宾至寸滩段全线超保证水位, 其中, 朱沱站出现1954年建站以来的最大洪水, 最高水位达217.04m, 相应流量56500m<sup>3</sup>/s, 超保证水位5.04m, 重现期接近50a, 为大洪水。长江委水文上游局在洪峰到来前72h做出将发生大洪水的预报, 并实行滚动预报, 及时修正, 最后取得洪峰流量预报误差为0的满意成果。

## 1 朱沱站的基本情况及其洪水特性

朱沱水文站位于重庆市永川朱沱镇, 东经105°51′, 北纬29°01′, 1954年设立, 属长江委水文局管理, 是长江进入重庆市的第一个控制站, 集水面积为694725km<sup>2</sup>; 警戒水位211.00m, 保证水位212.00m。2012年7月洪水排在有记录历史洪水第4位。

朱沱水文站以上有金沙江、岷江、沱江三大一级支流, 有横江、南广河、赤水河等二级支流(见图1), 有峨嵋山、鹿头山两大暴雨中心, 不同流域产汇流差异大。洪水主要由暴雨形成, 7~8月为主汛期, 大范围暴雨发生率高, 涨水频率高, 水位高。洪水组成主要以金沙江底水衬托, 岷江、沱江及区间来水造峰。

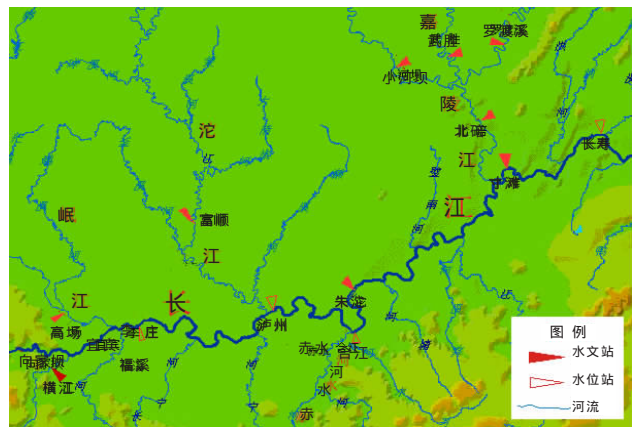


图1 长江上游主要控制水文站分布图

Fig.1 Distribution of the main control stations in the upper reach of the Yangtze River

## 2 朱沱站的预报流程和预报方法

### 2.1 洪水预报流程

朱沱站洪水预报采取逐河段递推的方式, 涉及30个洪水预报方案, 要完成长江朱沱站72h预见期的洪水预报, 需先完成30个控制节点不同预见期的洪水预报, 示意图见图2。

### 2.2 洪水预报方法

长江上游的洪水预报主要包括流域降雨径流预报和河道流量预报。

流域降雨径流预报又包括两部分, 一是降雨产流

收稿日期: 2013-02-27

作者简介: 张世明(1968-), 男, 四川内江人, 高级工程师, 主要从事水文预报、水资源管理、水文分析计算等方面的工作。

E-mail: syzhangsm@cjh.com.cn

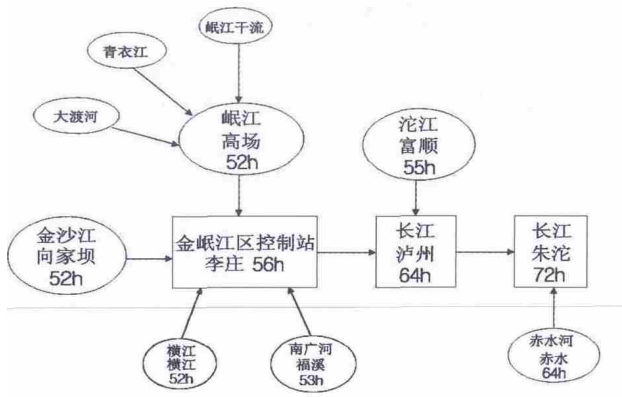


图2 朱沱站洪水预报流程示意图

Fig.2 The flow of the flood forecasting at the Zhutuo station

量预报:主要是建立  $P \sim Pa \sim R$  降雨径流经验相关图(主要参数有降雨量  $P$ 、径流深  $R$ 、前期影响雨量  $Pa$ ;影响  $Pa$  的参数有土壤最大缺水量  $Im$ 、土壤含水量的日消退系数  $K$ )。二是流域汇流预报:主要使用单位线法(10mm 单位线,时段长取 6h)。河道流量预报主要采用相应流量法和马斯京根流量演算法。

由于每一场洪水特性不同,根据预报方案计算出的预报结果并不能作为正式预报成果,需经过预报员实时校正处理后成为正式成果。长江委水文上游局在生产中采用的洪水预报实时校正方法主要有区间径流分割校正、洪峰高度校正、过程预报校正、合理性检查校正等,预报员的经验显得尤为重要。

### 3 朱沱站“2012·07·23”洪水情况

#### 3.1 降水统计

2012年7月20~22日,受高空槽、切变线及冷空气的影响,长江上游地区发生了强降雨过程,强降雨区主要位于长江干流、岷江及沱江流域,其中,3d累积面平均雨量以泸州区间最大,达105.9mm,各区间流域逐日面平均雨量见表1。

#### 3.2 朱沱站“2012·07·23”洪水发展过程

受本次强降雨的影响,长江上游朱沱站以上的支

流岷江、沱江、横江、南广河及赤水河均有不同程度的涨水。

(1)金沙江流域。金沙江控制站向家坝站23日5时出现年最高水位282.98m,24日11时出现年最大流量16900m<sup>3</sup>/s;

(2)岷江流域。岷江控制站高场站23日0时出现年最高水位287.34m,相应流量26100m<sup>3</sup>/s,超警戒水位2.34m;

(3)沱江流域。沱江控制站富顺站23日8时出现年最高水位272.50m,相应流量7600m<sup>3</sup>/s,超保证水位0.20m;

(4)横江流域。横江控制站横江站22日20时出现年最高水位292.18m,相应流量3460m<sup>3</sup>/s,超警戒水位2.18m;

(5)南广河流域。南广河控制站福溪站22日23时18分出现洪峰水位108.68m,相应流量3540m<sup>3</sup>/s,超警戒水位0.28m;

(6)赤水河流域。赤水河控制站赤水站23日13时30分出现洪峰水位230.33m,相应流量3700m<sup>3</sup>/s,超警戒水位1.83m。

(7)金沙江底水、岷江、沱江、横江、南广河、赤水河洪水遭遇,再加上区间降雨的叠加,长江上游干流朱沱站23日23:00出现年最高水位217.04m,超保证水位5.04m,相应流量56500m<sup>3</sup>/s,水位、流量均为1954年建站以来最大。

#### 3.3 洪水洪峰流量组成

经过分析,金沙江、岷江、沱江、赤水河、南广河、横江来水占朱沱站洪峰流量的比重见表2。

#### 3.4 次洪总量组成

朱沱站“2012·07·23”洪水的涨落时间为6d左右,洪水总量为209.56×10<sup>8</sup>m<sup>3</sup>,各支流及区间来水洪水总量构成见表3。由此可见,在朱沱来水中,金沙江来水起垫底作用,岷江、沱江及区间来水起主要造峰作用。

表1 2012年7月20~22日长江朱沱以上流域逐日面平均雨量统计 单位:mm

Table1 The mean daily area rainfall above the Zhutuo station from 20 to 22 July, 2012 (mm)

日期	向家坝区间	岷江	横江	南广河	李庄区间	沱江	泸州区间	赤水河	朱沱区间
7月20日	0.7	2.7	0.7	0	2.9	25.5	7.2	0	0
7月21日	25.2	50.4	18.6	42	46.1	57.6	69.6	10.9	52.8
7月22日	12.9	11.8	15.4	35.2	36.4	8	29.1	27.6	20.7
累积雨量	38.8	64.9	34.7	77.2	85.4	91.1	105.9	38.5	73.5

### 4 朱沱站“2012·07·23”洪水预报分析

水情预报中,相似历史洪水的分析参考非常重要。本次洪水预报就参考了朱沱站“1991·08·11”洪水情况,加上预报员的经验处理,最后成功预报,取得了朱沱站洪峰水位误差-0.04m,洪峰流量误差为0的好成绩。

#### 4.1 “2012·07·23”洪水与“1991·08·11”洪水的实况比较

朱沱站1955年、1966年、1991年的最大流量相近,考虑到朱沱站建站以后有迁站记录,而且20世纪五六十年代高洪测流方式有限,所以最终选择了时间相对较近的1991年洪水做参考。长江泸州站、朱沱站“1991·08·11”洪水与“2012·07·23”洪水的实

况比较见表4。为保持水位流量关系的一致性,便于洪水预报分析,表中流量均为按综合水位流量关系查算的相应流量。由表5可见,“1991·08·11”洪水比“2012·07·23”洪水历时长,涨幅大,但是“2012·07·23”洪水的洪峰流量、洪峰削减均大于“1991·08·11”洪水。

朱沱站“1991·08·11”洪水见图3,“2012·07·23”洪水来水组成见图4。朱沱站“1991·08·11”洪水洪峰流量实时校正值为-7 100 m<sup>3</sup>/s,“2012·07·23”洪水洪峰流量实时校正值为-8 200 m<sup>3</sup>/s。

#### 4.2 洪水预报分析

本次降雨过程从7月21日14:00开始,14:00~20:00主要在岷、沱江中上游;从20:00开始降雨向岷江、沱江中下游移动,并迅速扩大到长江干流,到22日

表2 长江朱沱站2012年7月23日洪峰流量组成

Table2 The peak discharge at the Zhutuo station on July 23, 2012

区域	河名	站名	相应流量 /m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup>	占朱沱站 /%
长江朱沱 以上	金沙江	向家坝	16 200	27.4
	岷江	高场	25 600	43.3
	横江	横江	2 990	5.3
	南广河	福溪	3 190	5.4
	沱江	富顺	7 530	12.7
	赤水河	赤水	3 670	6.2
区 间				
朱 沱			56 500	100.0

表3 长江朱沱站“2012·07·23”洪水次洪总量组成

Table3 The total amount of the flood at the Zhutuo station on July 23, 2012

河名	站名	洪水起止时间		洪水总量 /10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup>	占朱沱 /%	
		m-d-t	m-d-t			
金沙江	向家坝	7-21-6	7-27-14	88.10	42.0	
岷江	高场	7-21-6	7-27-14	66.22	31.6	
横江	横江	7-21-6	7-27-14	6.40	3.1	
南广河	福溪	7-21-7	7-27-15	4.78	2.3	
沱江	富顺	7-21-9	7-27-17	15.58	7.4	
赤水	赤水	7-21-18	7-28-2	9.56	4.6	
区 间					18.92	9.0
长 江	朱 沱	7-22-2	7-28-10	209.56	100.0	

表4 长江朱沱站“2012·07·23”洪水与“1991·08·11”洪水的实况比较

Table4 Comparison between the floods occurred at the Zhutuo station on July 23, 2012 and August 11, 1991

站名	年月	起涨 流量	洪峰			流量涨幅	合成流量峰值			洪峰对应 区间流量	洪峰实时 校正值
			时间 /d·t	流量	时距/h		时间 /d·t	流量	实时 校正值		
朱沱	1991·8	17 500	11·11	51 100	63	33 600	11·8	58 300	-7 400	0	-7 100
	2012·7	26 900	23·23	56 500	45	29 600	23·23	64 700	-8 200	200	-8 200

表5 长江朱沱站洪峰流量预报误差分析

流量单位:m<sup>3</sup>/s

Table5 Error analysis of the peak discharge forecasting at the Zhutuo station (m<sup>3</sup>/s)

预报 依据时间	泸州流量			朱沱流量			实时校正 使用值及分析	预见期/h
	预报洪峰	预报误差	误差原因分析	预报洪峰	预报误差			
22·08	53 500	-7 500	前两次预报对区间降	49 000	-7 500	三次预报的实时校正值均使用	39	
22·20	58 500	-2 500	雨估计不足,也直接导	54 000	-2 500	-8 000,与实际出现值只差200,	27	
23·08	61 000	0	致了朱沱的误差。	56 500	0	说明朱沱站的预报分析正确。	15	

7月23日15时泸州站洪峰流量为61 000。

朱沱站从22日5时起涨,23日23时出现洪峰,历时42h,水位涨幅9.06m;朱沱站洪峰流量为56 500。

20:00 基本结束。强降雨主要发生在 21 日 20:00~22 日 14:00 的 18h 内,强降雨中心位于李庄、富顺~泸州区间,该区间 21 个雨量站,有 18 个站的 18h 累积降雨量在 50mm 以上,其中有 9 个站在 100mm 以上,底洞站最大达到 204.2mm。

随着降雨的发展,2012 年 7 月 22~23 日共发布三次朱沱站洪水预报,朱沱的洪水以长江来水为主,所以主要分析朱沱的上游控制站泸州站与朱沱站的流量预报误差,见表 5。由于泸州站的区间降雨特别强,而前两次的流量预报对区间降雨估计不足,误差较大,也直接影响了朱沱站的流量预报精度。考虑到本次洪水量级高于“1991·08·11”洪水,采用的实时校正值也应高于“1991·08·11”洪水,事

实证明实时校正值采用  $-8\ 000\text{m}^3/\text{s}$  是合理的,也保证了朱沱站的精度,而最后一次的朱沱站的流量预报误差为 0,达到了精准预报,再次证明了预报员经验的重要性。

三次流量预报与实况的对比见图 5。

### 5 体会及建议

朱沱站是长江上游的重要控制站之一,随着经济的飞速发展,对洪水预报的要求越来越高,而长江上游受水利工程等人为影响非常大,洪水预报的难度越来越大;特别是遇到大洪水,预报员的经验处理尤为重要。

(1) 充分了解历史大洪水的成因,建立历史洪水

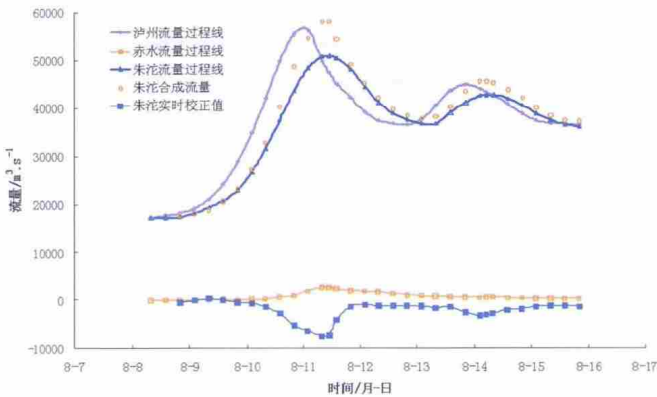


图3 “1991·08·11”洪水朱沱站来水组成示意

Fig.3 The inflow at the Zhutuo station on August 11, 1991

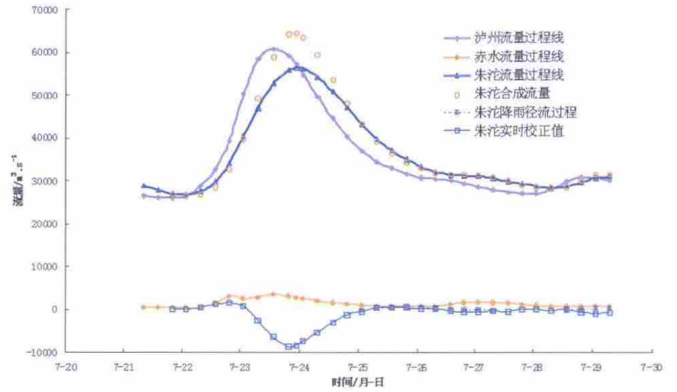


图4 “2012·07·23”洪水朱沱站来水组成示意

Fig.4 The inflow at the Zhutuo station on July 23, 2012

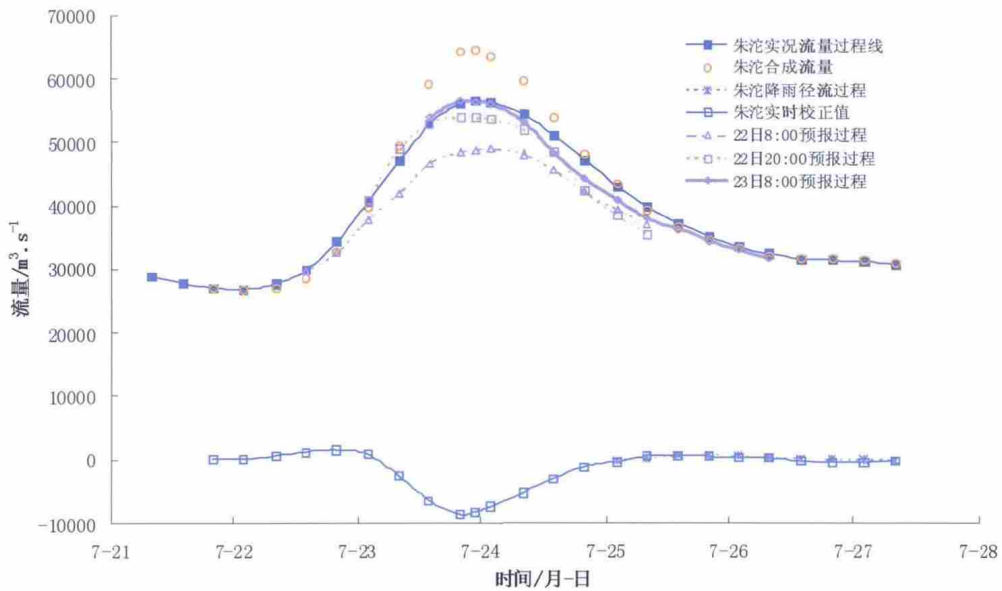


图5 “2012·07·23”洪水朱沱站预报与实况对照示意

Fig.5 Comparison between the observed and forecasted data at the Zhutuo station on July 23, 2012



的水雨情档案,并分析研究,积累经验对洪水预报有很好的借鉴和指导作用,本次朱沱站预报能取得较好的效果与平时经验的积累以及参考借鉴1991年洪水情况密不可分。

(2)及时、准确的水雨情信息是准确水情预报的有效保证。随着长江上游国家防汛指挥系统以及长江委水文局118个站点自动报汛的建设和实施,水位、雨量实现了自记、自动传输,提高了准确性和时效性,为洪水预报的准确和时效奠定了基础。

(3)随着经济的飞速发展,洪灾对人民生命财产的影响越来越大,社会对洪水预报的要求也越来越高,而传统洪水预报方案主要是使用落地降雨,需要合理使用降雨预报成果,有效延长洪水预报预见期,让洪水预

报的经济效益和社会效益最大化。

#### 参考文献:

- [1] 林三益.水文预报[M].北京:中国水利水电出版社,2001. (Lin Sanyi. Hydrological Forecasting [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2001.(in Chinese))
- [2] 赵人俊.水文预报文集 [C].北京:中国水利电力出版社,1994. (ZHAO Renjun. Proceedings of Hydrological Forecasting [C]. Beijing: China WaterPower Press,1994. (in Chinese))
- [3] 庄一鹤、林三益.水文预报[M].南京:河海大学出版社,1992. (ZHUANG Yiling, LIN Sanyi. Hydrological Forecasting[M]. Nanjing: Hohai University Press, 1992. (in Chinese))
- [4] 芮孝芳.水文学原理[M].北京:中国水利水电出版社,2005.(RUI Xiaofang. Hydrology Principle [M]. Beijing: China WaterPower Press, 2005. (in Chinese))

### Analysis of Flood Forecasting at Zhutuo Hydrometry Station on Upper Yangtze River in 2012

ZHANG Shiming, WANG Xiaofeng

(Upper Changjiang River Bureau of Hydrology and Water Resources Survey, Hydrology Bureau of CWRC, Chongqing 400014 China)

**Abstract:** Zhutuo Station is one of the most important hydrometry stations on the upper Yangtze Rive. In July 2012, the maximum flood occurred at the Zhutuo Station since 1954, which is was also the largest inflow into the Three Gorges Reservoir. Because of the precise and timely forecast information, dozen thousands of residents had been evacuated without any casualty and there were minimum losses in the such as Zhutuo and Jiangjin. The flood forecasting at the Zhutuo Station have played very important role in the flood control for Chongqing City.

**Key words:** upper Yangtze Rive; Zhutuo Hydrometry Station; maximum flood; Three Gorges Reservoir; flood forecasting

(上接第91页)

[2] 张红月,金双彦.黄河中游河川径流锐减驱动力及人为调控效应研究[R].2011. (ZHANG Hongyue, JIN Shuangyan. Research on driving force of sharp reduced runoff and the effects of human control in the middle Yellow River [R]. 2011. (in Chinese))

[3] 刘晓燕.黄河中游来沙锐减主要驱动力及人为调控效应研究[R].2011. (LIU Xiaoyan. Research on driving force of sharp reduced sediment transportation and the effects of human control in the middle Yellow River [R]. 2011. (in Chinese))

### Characteristics of Runoff and Sediment Transport of Floods in Huangfuchuan Basin

JIN Shuangyan<sup>1</sup>, ZHU Shitong<sup>2</sup>, ZHANG Zhiheng<sup>3</sup>, LIANG Xiao<sup>1</sup>, LUO Lin<sup>4</sup>

(1. Yellow River Institute of Hydrology and Water Resources, Zhengzhou 450004, China;

2. Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475004, China;

3. Hydrology Bureau of Ningxia and Inner Mongolia, YRCC, Baotou 030600, China; 4. Tsinghua University, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Runoff in the Yellow River basin display sharp drop trend, which show prominently in the reach from Hekouzhen to Longmen. 271 floods of peak higher than 100m<sup>3</sup>/s in the typical tributary of Huangfuchuan basin from 1954 to 2012 were chosen and flood features were analyzed. The conclusions is as the following. The number of flood and high annual maximum peak declined in recent years. Runoff and sediment transport of flood were reduced by decades, and the extent of sediment was much larger than that of runoff. The duration of flood rising is relatively short and peak shape is generally thin. The ratio of base flow and runoff in flood is lower when the peak discharge is higher.

**Key words:** flood; duration of flood rising; coefficient of peak shape; runoff in flood; sediment transport in flood; base flow in flood; Huangfuchuan Basin