

# 2020年长江上游大洪水寸滩站水文监测分析

陈薇薇<sup>1</sup>, 牟芸<sup>1\*</sup>, 柯航<sup>2</sup>, 张亭<sup>1</sup>

<sup>1</sup>长江水利委员会水文局, 湖北 武汉

<sup>2</sup>湖北省水文水资源应急监测中心, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年4月26日; 录用日期: 2022年6月2日; 发布日期: 2022年6月29日

## 摘要

2020年8月, 长江上游发生大洪水过程。介绍寸滩站洪水测验主要方法及情况, 并从水位流量关系分析、上下游对照、水量平衡三方面分析测验成果合理性和可靠性, 结果表明: 测验布置合理, 水位流量关系符合测站特性, 洪水测验成果总体可靠。

## 关键词

水文监测, 洪水流量测验, 2020年洪水, 长江上游

# Hydrological Measurement Analysis of 2020 Flood at Cuntan Station in the Upper Yangtze River

Weiwei Chen<sup>1</sup>, Yun Mu<sup>1\*</sup>, Hang Ke<sup>2</sup>, Ting Zhang<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei

<sup>2</sup>Hubei Hydrology and Water Resources Emergency Monitoring Center, Wuhan Hubei

Received: Apr. 26<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jun. 2<sup>nd</sup>, 2022; published: Jun. 29<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

A major flood occurred in August 2020 in the upper reaches of the Yangtze River. The paper introduced the main hydrological measurement methods and conditions, the relationship between water level and flood discharge at the Cuntan station. The rationality and reliability of the relationship between water level and discharge, the comparison of upstream and downstream, and the water balance were analyzed. The results

作者简介: 陈薇薇, 女, 工程师, 主要从事信息系统水文数据维护与服务, Email: 1695085967@qq.com

\*通讯作者 Email: 124441481@qq.com

show that the hydrological measurement layout is reasonable, the relationship between water level and discharge conforms to the station characteristics, and the flood measurement results are generally reliable.

## Keywords

Hydrological Measurement, Flood Flow Measurement, 2020 Flood, The Upper Yangtze River

Copyright © 2022 by author(s) and Wuhan University.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



## 1. 引言

洪水监测预报预警是防汛工作的“耳目”和“参谋”，是一项十分重要的防洪非工程措施，为有效运用防洪工程措施和制定正确的防洪对策提供决策依据，从而以较小代价达到减少灾害损失的目的[1]。近年来，在水利部及长江委领导下，长江水文监测预报预警技术取得长足进步。为保证洪水预报的水文资料需求，长江委水文局创新建立了由管理、服务、技术支撑、质量保障等四大部分构成的水文监测体系，大大提升了防洪监测的能力和水平[2]。

2020年8月，长江上游发生年最大洪水过程。本文以长江上游控制站寸滩站为对象，介绍大洪水主要测验方法及测验情况、水位流量关系，并从水位流量关系分析、上下游对照、水量平衡三方面分析测验成果合理性和可靠性。

## 2. 洪水情况

2020年7~8月长江发生流域性大洪水，其中长江干流发生5次编号洪水。上游支流岷江发生超历史洪水，沱江、涪江、嘉陵江发生超保证洪水；干流朱沱至寸滩江段发生超保证洪水，寸滩站洪峰水位超1981年实测最高水位0.21 m，三峡水库出现建库以来最大入库流量。长江委水文局精心监测、准确预报、及时预警，为2020年长江流域防汛工作取得全面胜利提供了有效支撑[3][4]。

受上游强降雨影响，长江上游8月10日至8月15日相继发生岷江“8.13”洪水，沱江“8.14”洪水和嘉陵江第1号洪水，导致长江第4号洪水在上游形成。长江第4号洪水过程中，寸滩站于8月11日20时25分起涨，8月14日18时58分最大洪峰流量 $57,900\text{ m}^3/\text{s}$ ，相应水位183.78 m；8月14日20时20分达到最高水位183.90 m，超保证水位0.40 m，相应流量 $57,800\text{ m}^3/\text{s}$ ，8月16日洪水逐渐缓慢消退。

8月15日起，在长江第4号洪水未完全消退的情况下，陆续发生岷江“8.18”洪水，沱江“8.18”洪水和嘉陵江第2号洪水，与干流洪水一起形成了长江第5号洪水。长江第5号洪水过程中，寸滩水文站于8月16日15时10分起涨，起涨流量 $46,800\text{ m}^3/\text{s}$ ，至8月20日6时35分达洪峰流量 $77,400\text{ m}^3/\text{s}$ ，相应水位191.56 m，8月20日8时15分出现洪峰水位191.62 m，超保证水位8.12 m，相应流量 $77,300\text{ m}^3/\text{s}$ 。

## 3. 测验情况

寸滩水文站位于长江干流与嘉陵江汇合口以下7.5 km， $106^{\circ}36'E$ ， $29^{\circ}37'N$ ，集水面积 $866,559\text{ km}^2$ ，为长江与嘉陵江汇合后控制站及三峡水库干流入库控制站。寸滩站洪水监测和预报预警在重庆市、长江上游水库群联合调度乃至长江流域防汛工作中都起着十分重要的支撑作用[5]。

寸滩站在长江第4号洪水过程中，采用走航式ADCP施测流量8次，实测最大洪峰流量 $57,900\text{ m}^3/\text{s}$ ；在长

江第 5 号洪水过程中, 采用走航式 ADCP 施测流量 7 次, 采用转子式流速仪简测法施测流量 2 次(7 线 0.2 一点法和 14 线 0.2 一点法各一次), 实测最大洪峰流量 77,400 m<sup>3</sup>/s。

寸滩站 7 线 0.2 一点简测法公式为

$$Q = q - 2800 \quad (1)$$

式中:  $q$  为 7 线 0.2 一点法实测虚流量, 该公式适用水位级 178.00~190.25 m, 流量级 40,000~76,800 m<sup>3</sup>/s。该公式采用历史洪水的实测资料, 包括建站以来最大洪水 1981 年的实测资料, 通过精简分析得到, 水位级、流量级适用范围较广。

寸滩站 14 线 0.2 一点简测法公式为

$$Q = 0.91q \quad (2)$$

式中:  $q$  为 14 线 0.2 一点法实测虚流量。本年未采用该方法。

寸滩站 14 线 0.6 一点法测验, 流速系数采用 1.000。

长江第 5 号洪水过程中, 寸滩站采用 7 线 0.2 一点简测法施测的实测流量 75,400 m<sup>3</sup>/s, 对应水位 190.57 m, 流量级在公式批复范围内, 水位级较公式批复水位级外延幅度小于 3%, 外延较小, 可直接采用批复公式计算流量。第 5 号洪水过程实测最大流量 77,400 m<sup>3</sup>/s 采用 14 线 0.6 一点法施测。

为验证简测法公式, 采用 2001~2020 年 40,000 m<sup>3</sup>/s 流量级以上流速仪 14 线 3 点常测法资料, 按 7 线 0.2 一点法简测法计算流量与常测法流量比较, 系统误差 0.64%, 标准差 1.82%, 并通过了  $t$  检验, 说明该简测法公式精度可靠, 验证分析图见图 1。

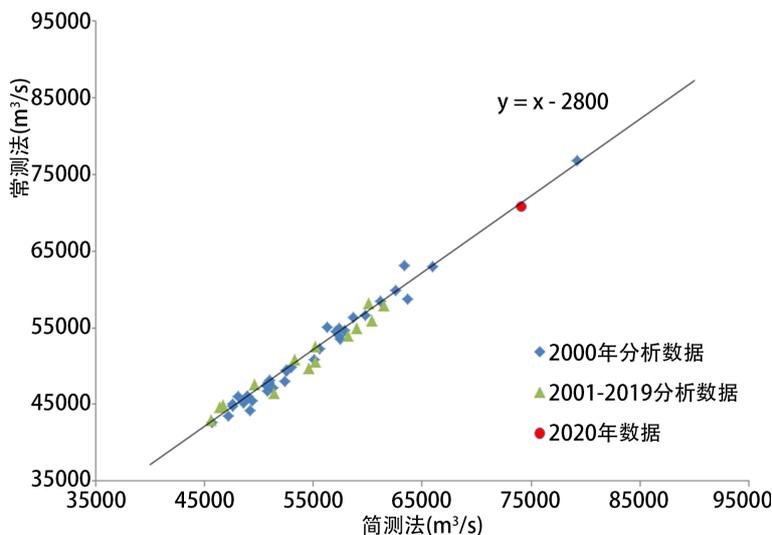


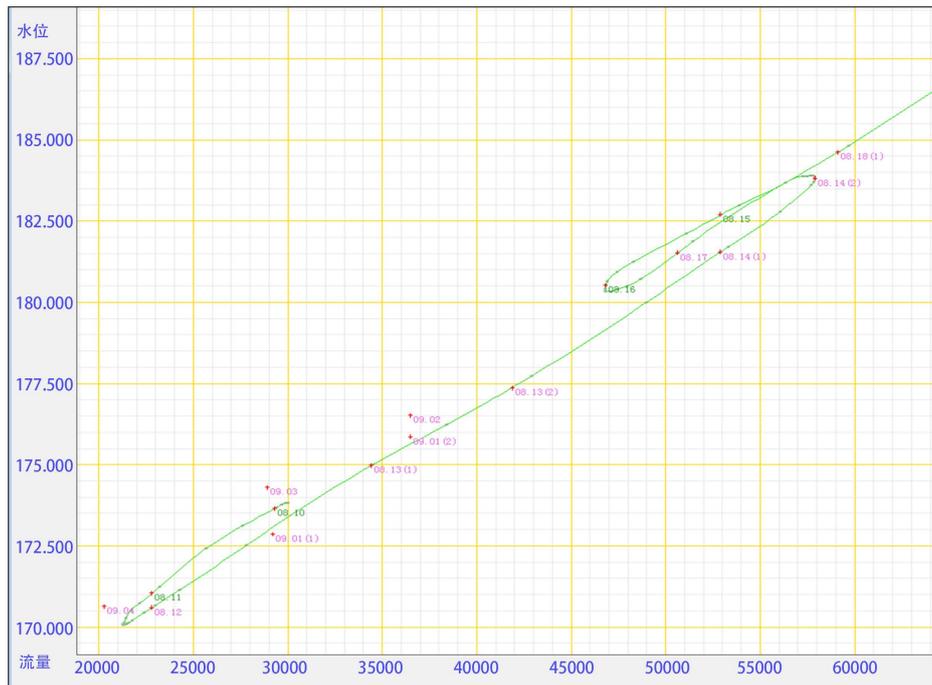
Figure 1. Analysis of simple discharge measurement method at the Cuntan Station

图 1. 寸滩站简测法分析图

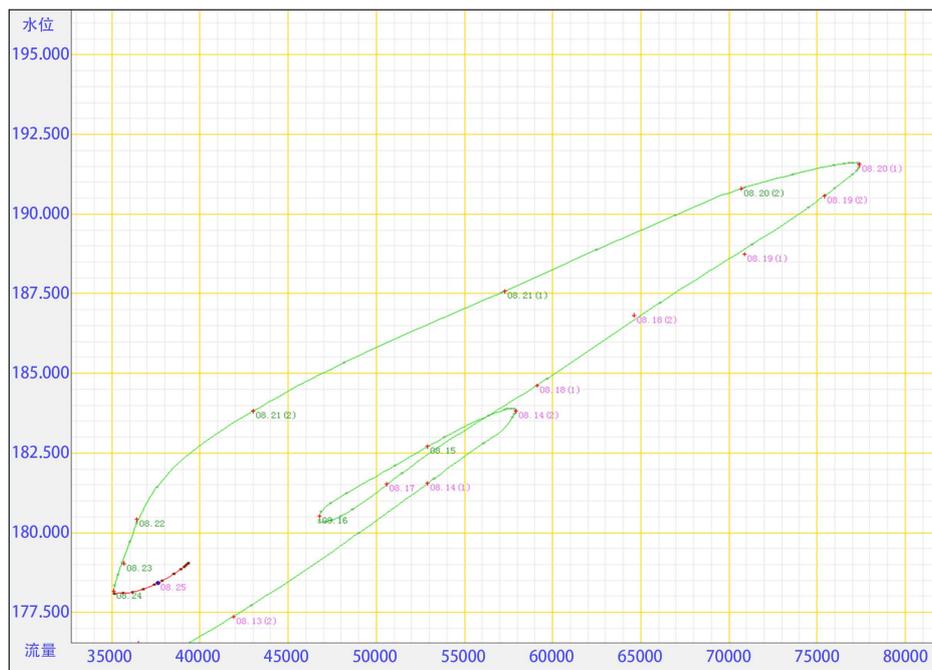
#### 4. 水位流量关系

寸滩站为长江上游干流控制站, 测验河段顺直长约 2.3 km, 最大水面宽约 822 m。河槽左岸较陡, 右岸为卵石滩, 修有垂直高约 11 m 的滨江路堡坎, 高水有九条石梁横布断面附近。岸上游 550 m 处有砂帽石梁, 中泓偏左岸, 断面下游 1.5 km 急弯处有猪脑滩, 再下游 8 km 有铜锣峡, 对水位流量关系有一定顶托影响。河床为倒坡, 河床左岸为沙土岩石, 中部及右岸为卵石组成, 断面基本稳定。寸滩站位于三峡水库变动回水区, 三峡水库蓄水期, 受三峡回水顶托影响, 水位流量关系较紊乱; 其他时期, 水位流量关系主要受洪水涨落影响为绳

套曲线。在长江第 4、5 号洪水过程中，受洪水涨落等影响，水位流量关系呈绳套曲线，通过连时序法定线，其水位流量关系见图 2。



(a)



(b)

**Figure 2.** (a) Chart of stage-discharge relation at No. 4 Flood Cuntan station of Yangtze River; (b) Chart of stage-discharge relation at No.5 Flood Cuntan station of Yangtze River

**图 2.** (a) 长江第 4 号洪水寸滩站水位流量关系曲线图; (b) 长江第 5 号洪水寸滩站水位流量关系曲线图

## 5. 合理性分析

### 5.1. 水位流量关系分析

长江第 4、5 号洪水过程，寸滩站受洪水涨落影响，水位流量关系呈复式绳套曲线。水位流量关系与测站特性相符。

长江 4 号、5 号洪水形成复式绳套，从两次洪水涨落率看来，第 4 号洪水涨水涨落率约 0.19 m/h，退水涨落率约 -0.08 m/h，第 5 号洪水涨水涨落率约 0.13 m/h，退水涨落率约 -0.20 m/h，第 5 号洪水绳套较第 4 号洪水绳套偏胖。基本符合受洪水涨落影响的水位流量关系的特点。

点绘寸滩站 1981、2004、2012、2020 年水位流量关系综合线对照图如图 3 所示，可以看出，2004 年和 1981 年综合线基本重合，2012 年比 1981 年综合线偏小约 3.9%，2020 年综合线比其他年份明显偏小，同水位下(2012 年综合线最高水位)流量 2020 年比 2012 年最大偏小约 5.9%，比 1981 年最大偏小约 9.6%。

寸滩站以上各年综合线中，2004 年为三峡蓄水后第一年，与 1981 年相比关系变化不明显；2012 年为三峡 175 m 试验蓄水后的高水年，相比 2004 年、1981 年有偏小趋势；2020 年为建站以来仅次于 1981 年第 2 大洪水，受多种因素影响，关系线依然偏左。

在同一流量级 77,400 m<sup>3</sup>/s 的情况下，2020 年综合线水位比 1981 年综合线水位抬高 2.42 m。

点绘长江第 4 号洪水寸滩站水位流量关系综合线与其他年份综合线对照图如图 4 所示，可以看出，第 4 号洪水综合线与 1981 年综合线几乎重合，变化较小；在寸滩站保证水位下(183.50 m)，第 4 号洪水综合线与 1981 年综合线相比，流量偏小约 1.4%；与 2012 年、2020 年综合线相比，保证水位下流量分别偏大约 2.7%、8.2%。保证水位对应流量(56,774 m<sup>3</sup>/s)下第 4 号洪水综合线水位比 1981 年综合线水位略抬高 0.25 m，比 2020 年、2012 年综合线分别降低 1.56 m、0.50 m。洪峰水位对应流量下(57,800 m<sup>3</sup>/s)第 4 号洪水综合线水位比 1981 年综合线水位略抬高 0.32 m，比 2020 年、2012 年综合线分别降低 1.54 m、0.45 m。

### 5.2. 上下游对照合理性分析

点绘朱沱 - 清溪场段上下游站流量过程线对照图如图 5 所示，可以看出，上下游站流量变化基本一致。寸滩站

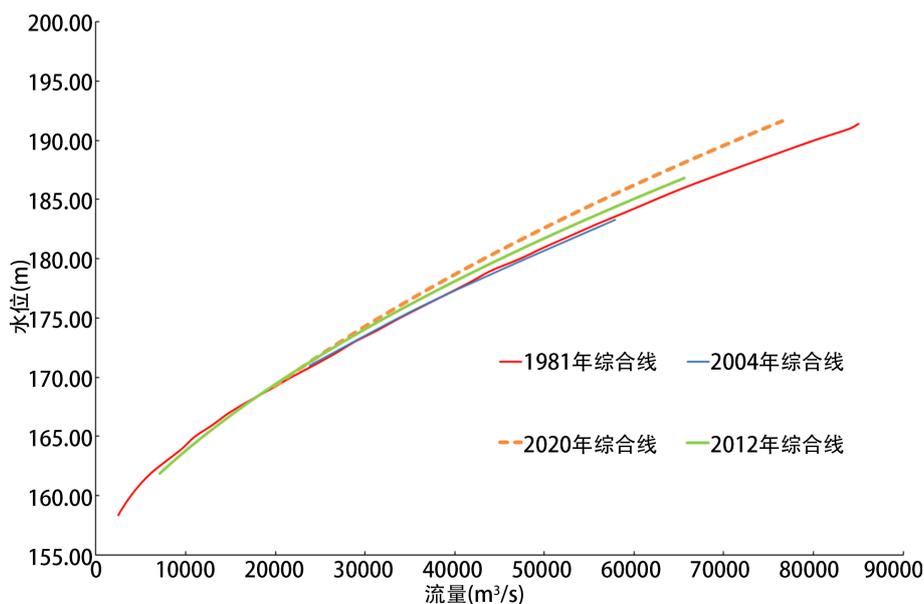
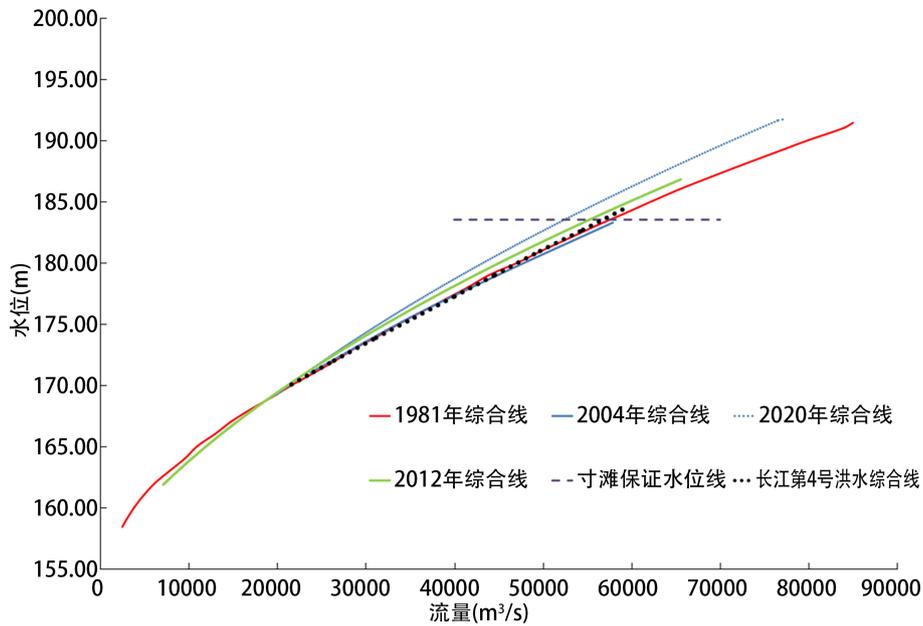
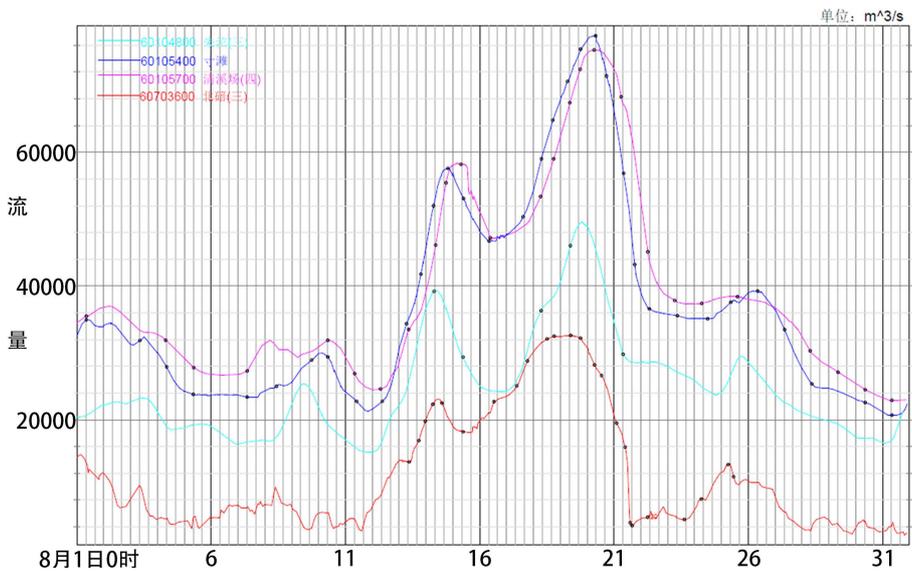


Figure 3. Comparison of relationship between water level and discharge at the Cuntan Station  
图 3. 寸滩站水位流量关系综合线对照图



**Figure 4.** Comparison of the No. 4 flood comprehensive line and the comprehensive line in other years at Cuntan Station

**图 4.** 寸滩站第 4 号洪水综合线与其他年份综合线对照图



**Figure 5.** Comparison of flow hydrograph of upstream and downstream stations from Zhutuo to Qingxichang Stations

**图 5.** 朱沱 - 清溪场段上下游站流量过程线对照图

受长江干流、嘉陵江来水共同影响，流量过程与朱沱、北碚形态基本相似；清溪场站位于三峡库区常年回水区，流量变化既受上游来水影响，又受坝前蓄放水影响。整体看来，流量变化过程基本合理，最大流量及出现时间相应。

### 5.3. 水量平衡分析

考虑上下游站洪水传播时间，分别对“长江第 4 号洪水”、“长江第 5 号洪水”和“长江第 4 + 5 号洪水”过程进行水量平衡计算，成果见表 1。

经计算，“长江第 4 + 5 号洪水”过程中，朱沱 + 北碚与寸滩相比，集水面积相差 1.74%，洪量相差 0.02%，基本平衡；寸滩 + 武隆与清溪场相比，集水面积相差 1.68%，洪量相差 1.21%。

“长江第 4 号洪水”过程中，朱沱 + 北碚与寸滩相比，寸滩集水面积相差 1.74%，洪量相差 0.03%，基本平衡；寸滩 + 武隆与清溪场相比，清溪场集水面积相差 1.68%，洪量相差 0.68%。

“长江第 5 号洪水”过程中，朱沱 + 北碚与寸滩相比，寸滩集水面积相差 1.74%，洪量相差 0.02%，基本平衡；寸滩 + 武隆与清溪场相比，清溪场集水面积相差 1.68%，洪量相差 1.51%。

经分析，两次洪水期间，除寸滩 + 武隆与清溪场相比，清溪场洪量都偏小外，其余江段下游段洪量比上游段洪量均偏大，整体基本平衡。

寸滩 + 武隆与清溪场相比，清溪场集水面积相差 1.68%，从“长江第 4 + 5 号洪水”洪量计算看来，洪量相差 6 亿  $m^3$ ，约 1.19%。经分析，清溪场位于三峡库区常年回水区，考虑水库槽蓄量影响，寸滩 - 清溪场江段水量基本正常。

**Table 1.** Water balance calculation

**表 1.** 水量平衡计算

序号	河名	站名	集水面积( $km^2$ )	长江 4 号 + 5 号洪水洪量( $10^8 m^3$ )	长江 4 号洪水洪量( $10^8 m^3$ )	长江 5 号洪水洪量( $10^8 m^3$ )
1	长江	朱沱(三)	694,725	298.4	114.6	183.8
2	嘉陵江	北碚(三)	156,736	194.1	72.65	121.45
		1 + 2	851,461	492.5	187.3	305.3
3	长江	寸滩	866,559	492.6	187.3	305.3
4	乌江	武隆	83,035	11.20	6.326	4.874
		3 + 4	949,594	503.8	193.6	310.2
5	长江	清溪场(四)	965,857	497.8	192.3	305.5

## 6. 结论及建议

2020 年 8 月，长江上游发生大洪水过程。洪水期间，各站测验方法可靠，测验布置合理，洪水过程控制完整，洪水资料收集完备。本文以长江上游控制站寸滩站为对象，介绍了大洪水主要测验方法及测验情况、水位流量关系，并从水位流量关系分析、上下游对照、水量平衡三方面分析了测验成果合理性和可靠性，结果表明测验布置合理，水位流量关系符合测站特性，洪水测验成果总体可靠。

长江洪水监测预报预警在 2020 年长江流域防汛减灾工作中发挥了重要作用，但多元化的服务对象及其需求，给长江洪水监测预报预警提出了更高要求，也带来了发展机遇。为进一步做好洪水监测，建议开展如下工作：

1) 进一步加强高洪水文应急监测技术研究。按“一站一策”指导思想，根据各站实际，大力开展新仪器新技术试验和投产应用。如通过视频、雷达波等非接触式测流方式，提升现代化测验水平，努力满足高洪测验数据“快速、准确、可靠”的要求。

2) 进一步加强高洪精简测验及比测率定分析。通过本次高水资料收集，及时做好简测法系数、浮标系数以及相关新仪器比测率定分析工作，不断提高测验精度。

3) 结合 2020 年高洪测验实际、各种系数分析、新仪器比测情况，进一步修订完善测站高洪测验方案。

4) 加强数据分析处理能力，研究多源监测数据的融合处理方法，结合测站特性做好合理性分析；进一步提高监测信息化水平，实现原始数据远端传输，能快速收集到第一手资料，实现在线审查，为提高洪水预报时效性和可靠性提供保障。

## 参考文献

- [1] 王俊. 长江洪水监测预报预警体系建设与实践——以 2017 年长江 1 号洪水预报为例[J]. 中国水利, 2017(14): 8-10.  
WANG Jun. Construction and practice of monitoring, forecasting and warning system for the flood of Yangtze River—A case study of the first flood of Yangtze River in 2017. China Water Resources, 2017(14): 8-10. (in Chinese)
- [2] 赵昕, 梅军亚, 李厚永, 等. 水文监测创新在 2016 年长江洪水测报中的作用[J]. 人民长江, 2017, 48(4): 8-12.  
ZHAO Xin, MEI Junya, LI Houyong, et al. Role of hydrological monitoring and measurement innovation in flood forecast of Changjiang River in 2016. Yangtze River, 2017, 48(4): 8-12. (in Chinese)
- [3] 程海云. 2020 年长江洪水监测预报预警[J]. 人民长江, 2020, 51(12): 71-75.  
CHENG Haiyun. Monitoring, forecasting and early warning for basin-wide flood in Yangtze River in 2020. Yangtze River, 2020, 51(12): 71-75. (in Chinese)
- [4] 程海云. 2020 年长江流域性大洪水中水文测报的实践与启示[J]. 长江技术经济, 2020(4): 1-4.  
CHENG Haiyun. The practice and enlightenment of hydrological forecasting in the Yangtze River basin flood in 2020. Technology and Economy of Changjiang, 2020(4): 1-4. (in Chinese)
- [5] 闫龙增, 张娜, 汤成友, 等. 长江上游“20·8”洪水预报及预警实践[J]. 水利水电快报, 2021, 42(1): 1-9, 16.  
YAN Longzeng, ZHANG Na, TANG Chengyou, et al. Hydrological forecasting and early warning in flood at upper reaches of Changjiang River in August, 2020. Express Water Resources and Hydropower, 2021, 42(1): 1-9, 16. (in Chinese)