

H-ADCP 流量在线监测方案在高坝洲的应用与改进

杜兴强, 沈 健, 樊铭哲

(长江水利委员会水文局 荆江水文水资源勘测局, 湖北 荆州 4340009)

摘 要:高坝洲水文站的水位流量关系,受上游水利工程调蓄、长江回水顶托、测站控制不佳的综合影响,关系点据散乱。经过试验,采用 H-ADCP 在线流量监测为主,水文缆道测验连时序法作补充,基本解决了该站的流量过程监测。在主洪道上修建 H-ADCP 监测台,实现了该站的流量在线监测。为水位流量关系复杂的测站,提供了流量在线监测的成功范例。

关键词:水文测验;流量在线监测;H-ADCP;应用与改进

中图分类号:P332.4

文献标识码:A

文章编号:1000-0852(2018)06-0081-03

1 概述

清江属于长江的一级支流,发源于湖北省恩施州利川市之齐岳山,流经利川、恩施、宣恩、建始、巴东、长阳、宜都等七个县市,在宜都陆城汇入长江,全长约 423km,因“水色清明十丈,人见其清澈”,故名清江。高坝洲水文站位于清江下游,属于国家基本水文站网,清江河口流量控制站,测验断面上游约 2km 有高坝洲水利枢纽工程,测验断面下游约 10km 汇入长江,如图1所示。近 30 年来,高坝洲水文站测验工作受上游水利工程影响严重、再加上汛期长江回水顶托、以及所处的河道地形与大断面本身形状共同作用,致使水位流量关系散乱,断面流量变化过程很难测到、测准,为水文资料收集、报讯以及整编工作带来了极大困难。

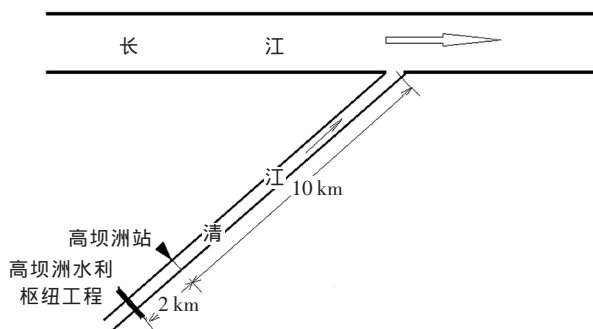


图1 高坝洲水文站水系示意图

Fig.1 The water system in Gaobazhou area

2 高坝洲水文站特性

2.1 洪水特征

清江流域面积 16 700km²,上游属鄂西暴雨区,多年平均降水量约 1 400mm,主要集中在夏季,多年平均径流深约 870mm,多年平均流量 460m³/s,年最大洪峰多发生在 6、7 月,常与长江洪水相遇而加大对荆江的威胁。最大年径流为 211×10⁸m³(1954 年),最小年径流为 82×10⁸m³(1966 年)。

清江从恩施市往下有 3 个典型水利工程,依次为:水布垭、隔河岩、高坝洲水电站,其中,水布垭水电站是清江流域梯级开发的龙头枢纽,总库容为 45.80×10⁸m³,防洪库容为 5.00×10⁸m³,为多年调节水库;隔河岩水电站总库容 33.4×10⁸m³,防洪库容 5.00×10⁸m³,为不完全年调节水库;高坝洲水电站是隔河岩水电站的反调节电站,仅有日调节能力。3 个水电站的防洪库容都不大,只要遇上大面积暴雨,水库的调蓄作用是很有有限的。

通过 2016 年 7 月清江发生的特大洪水实例^[1],可对本站洪水特征进一步的了解。7 月 18 日 8:00 至 20 日 8:00,全流域的平均降雨量达 194 mm,单站崔坝站最大的 6 h 降水量为 206 mm,24 h 降水量为 360 mm,暴雨重现期超过了 100 年一遇。强降雨导致清江流域发生特大洪水,19 日 18:00,水布垭电站入库洪峰流量达 13 100 m³/s,3 d 洪量达 11.9×10⁸m³;19 日 19:00,高坝洲水电站的入库洪峰流量为 8 470m³/s。

收稿日期:2017-10-23

作者简介:杜兴强(1985-),男,湖北宜昌人,工程师,主要从事水文测验与水文分析计算等工作。E-mail: 780717925@qq.com

在本次洪水过程中,实测最大流量 $7\,130\text{m}^3/\text{s}$,洪水过程呈陡涨陡落形态,流速大,在受长江顶托的情况下,实测断面平均流速达 2.38m/s ,最大测点流速 3.27m/s 。

受上游水利工程、长江回水顶托、河道地形以及大断面形状影响,流量变化快、幅度大,横断面流量分布不均、水位流量关系无规律可循等,在此种复杂条件下,为保证流量测验精度,选择合适的流量测验方法至关重要。

2.2 测验断面水位流量关系

2.2.1 受水利工程影响

测验断面来水完全受高坝洲水利枢纽工程蓄、放水控制,调蓄频繁,水位呈陡涨、陡落形态,流量测验的稳定时机难以把控,只有通过查看“清江梯调管理中心”水情网站,密切关注上游水利枢纽工程出库流量的变化,以及与清江梯调沟通了解水情,合理布置流量测次。但实际工作中,水库的调蓄变化极快、一次来水过程只能持续 0.5h 至 2h ,采用传统的缆道转子式流速仪施测流量,历时约 1.5h 左右,根本无法完成单次流量测验。

2.2.2 受长江回水顶托影响

汛期高坝洲站水位流量关系受长江回水顶托影响,出现“同水位下流量差异极大、不同水位而流量相同”的特点,无关系可循;一般在每年 5 至 10 月,本站常常处于受顶托影响期,断面流场紊乱,流向角度随之变化,导致转子式流速仪施测的断面流量误差较大,影响测验精度。

2.2.3 受河道、大断面特征影响

高坝洲站测验断面呈“w”型,且起点距 80.0 至 159m 之间有长约 $1\,000\text{m}$ 宽约 79m 的卵石洲,卵石洲顺河势呈“7”形从上游约 600m 开始延伸至下游约 400m ,使水流分成两股。一般情况下,右汊常年通流;水位上涨至 39.50m 时,左汊开始通流,但右汊流量较左汊大。

3 断面流量测验

3.1 缆道转子式流速仪法

从 2000 年至今本站一直采用电动缆道转子式流速仪法测流,水位涨落较平缓时采用两点法施测;上游大坝泄洪、夜测或水位涨落急剧时采用水面一点法施测。常规法流量测验采用旋桨式 LS25-3A、旋杯式 LS78 两种流速仪施测,平均测验时间为 1.5h 左右。

高坝洲站水位流量关系主要受高坝洲电站调节、长江回水顶托影响,中高水汛期水位流量关系因为电站频繁调节和长江回水顶托极其复杂,使用按连时序法布置测次的流量测验方案,很难控制其变化过程,导致流量资料整编定线的任意性较大,难以满足流量测

验规范规定的测验精度。

3.2 H-ADCP 在线流量监测试验

为了监测流量过程,拟采用流量在线监测方式^[2]。2009 年 5 月,在左岸安装了水平式声学多普勒流速剖面仪,简称 H-ADCP,系统测验采用 Q-MONITOR 流量通软件。具体参数设置为:最小单元长度 0.5m ;最大剖面范围 90m ;盲区 1.00m ;单元数量 180;盐度 0;采样时间间隔 60s ;数据平均时段 30s 。综合考虑测验断面的形状和水流状态,在测验断面左岸紧贴岸边修建了一座垂直滑道型混凝土 H-ADCP 试验监测台,如图 2 所示。支架位于起点距 30.0m 处,顶部通过栈桥与站房连接,在垂直支架上安装轨道,使用滑轮调节水下 H-ADCP 致代表高程点的位置;使用卡钳装置将 H-ADCP 紧固于轨道上,防止其受水流冲击而发生抖动。

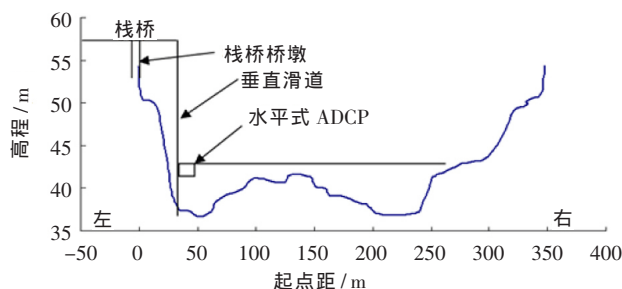


图 2 高坝洲站断面及 H-ADCP 安装示意图

Fig2 Gaobazhou station test section and H-ADCP test installation diagram

2009 年 6 月初,H-ADCP 测验系统调试完成后,使用转子式流速仪对其流量测验进行比测。求出各种水情条件下流速仪实测断面平均流速与 H-ADCP 指标流速 $V_{\text{指标}}$ 的相关关系模型,采用水位插补水道面积计算流量;确定 H-ADCP 测流的测验误差及仪器设备的可靠性。

依据比测成果确定:水位在 $39.75\sim 42.22\text{m}$ 范围内,仪器安放在高程 39.59m 处, $V_{\text{指标}}$ 采用 $1\sim 25$ 区间回放值,流量关系式:

$$Q = (-0.3007V_{\text{指标}}^2 + 1.515V_{\text{指标}} + 0.0812) * A$$

水位在 $42.10\sim 48.91\text{m}$ 范围内,仪器安放在高程 41.81m 处, $V_{\text{指标}}$ 采用 $5\sim 20$ 区间回放值,流量关系式:

$$Q = (1.0406V_{\text{指标}} + 0.0115) * A$$

式中: Q 为流量 (m^3/s); $V_{\text{指标}}$ 为指标流速 (m/s); A 为断面面积 (m^2)。

其中面积计算,每年根据汛前实测大断面,点绘水位~面积曲线,摘取多个水位~面积节点用于 H-ADCP 流量计算;当断面发生冲淤变化时,及时施测大断面并更新水位~面积关系。流量摘录时,计算全部指标流速 $V_{\text{指标}}$ 对

应的流量 Q , 摘录段次以能控制流量过程变化, 满足测站需求和准确推算逐日流量和各种径流特征值为原则。

投产后, 高坝洲站的流量测验则可采取中高水在线监测、低枯水水位~流量单一线相结合的方案, 大大减轻了劳动强度, 提高了成果精度。当 H-ADCP 中断记录时, 如: H-ADCP 位置切换或检修期间, 可采用水文缆道测验流量, 连时序法或临时曲线法推求断面流量。

经过 H-ADCP 的试验运行, 只要 H-ADCP 的指标流速具有较好的代表性^[3], 其在线监测流量的精度完全满足流量测验规范的要求。

4 H-ADCP 测验方案的改进

为了完全解决该站的流量在线监测, 在前期 H-ADCP 在线监测试验的基础上, 2017 年初在右岸基上 457m 新建了一座 H-ADCP 监测台, 如图 3 所示。将 H-ADCP 直接安装到右岸主洪道区——投影到本断面的起点距约为 240m, 使断面主流区、深泓区等主要水流包含在 H-ADCP 换能器测速剖面(从右岸往左岸)范围内, 以便

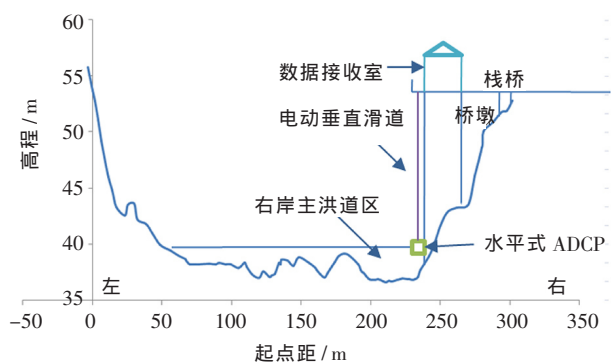


图 3 高坝洲站右岸 H-ADCP 安装示意图

Fig.3 Right bank test section and H-ADCP installation diagram

测速剖面范围内测得的流速具有较好的代表性。

通过分析计算, 基本上能满足高坝洲站全部水流量程的流量测验, 可实现全年流量在线监测。只需按照试验的方法, 比测确定在线监测关系, 就可正式投产使用。

5 结语

高坝洲水文站的水位流量关系, 受上游水利工程调蓄、长江回水顶托、测站控制不佳的综合影响, 关系点据散乱, 无规律可循。经过试验, 采用 H-ADCP 在线流量监测为主, 水文缆道测验连时序法作补充, 基本解决了该站的流量过程监测。

在主洪道上修建 H-ADCP 监测台, 实现了该站的流量在线监测。为水位流量关系复杂的测站, 提供了流量在线监测的成功范例。

参考文献:

- [1] 黄先龙, 褚明华, 郑治军, 等. “2016·7” 清江流域洪水调度方案分析 [J]. 人民长江, 2017, 48(4): 28-31. (HUANG Xianlong, CHU Minghua, ZHENG Zhijun, et al. Analysis of flood dispatching scheme of Qingjiang River basin in July, 2016 [J]. Yangtze River, 2017, 48(4): 28-31. (in Chinese))
- [2] 郭朝阳, 方智, 胡春平. 高坝洲站无人值守自动测报实践与应用 [J]. 水文, 2011, 31(1): 53-56. (GUO Chaoyang, FANG Zhi, HU Chunping. Practice and application of unmanned automatic surveying and caving on Gaobazhou station [J]. Journal of China Hydrology, 2011, 31(1): 53-56. (in Chinese))
- [3] 陈金浩, 黄士稳, 吕耀光. 定点式声学多普勒流速仪的应用难点与误差分析 [J]. 水文, 2016, 36(5): 69-73. (CHEN Jinhao, HUANG Shiwen, LV Yaoguang. Difficulties and error analysis of fixed point acoustic doppler velocimeter [J]. Journal of China Hydrology, 2016, 36(5): 69-73. (in Chinese))

Application and Improvement of H-ADCP Online Monitoring Program at Gaobazhou Station

DU Xingqiang, SHEN Jian, FAN Mingzhe

(Jingjiang Hydrology and Water Resources Survey Bureau, Bureau of Hydrology, CWRC, Jingzhou 434000, China)

Abstract: The relationship between water level and discharge at the Gaobazhou station is affected by the comprehensive influence of upstream water conservancy project regulation, Yangtze River backwater support and poor control of station. The relationship points are scattered. After testing, H-ADCP online traffic monitoring was adopted as the main method, and hydrological cable test with sequential method was taken as supplement, so as to basically realize the station flow process monitoring. The H-ADCP monitoring station was constructed on the main floodway to realize the on-line monitoring of the flow of the station. It is a successful example of on-line traffic monitoring for stations with complex water level and flow rates.

Key words: hydrological test; flow online monitoring; H-ADCP; application and improvement