



乌江银盘船闸枯水期实船试航研究*

陈明栋, 李静娴

(重庆交通大学 水利水运工程教育部重点实验室, 重庆 400074)

摘要: 为检验新建银盘船闸枯水期通航条件, 对船闸的通航设施、下游引航道以及实船试航进行了同步观测。结果表明, 引航道口门区水流条件基本满足船闸规范要求, 但通航设施设计存在缺陷, 导致过闸时间偏长。试验还发现, 由于电站尾水直冲下引航道口门区域, 汛期水流条件不容乐观。在提出复核阀门开启方式等措施的同时, 建议选择适当的乌江洪水流量进行观测试验。

关键词: 银盘; 船闸; 实船试航; 原型观测

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)12-0194-04

Prototype test of navigation condition in dry season for Yinpan lock in Wujiang river

CHEN Ming-dong, LI Jing-xian

(Key Laboratory of Hydraulic and Waterway Engineering of the Ministry of Education,
Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400074, China)

Abstract: To evaluate the navigation conditions of Yinpan lock in the dry season, we carry out the tests of lock navigation facilities, downstream approach channel and ship navigation. The results show that the flow conditions at the entrance area of the downstream approach channel could meet the basic requirements of navigation conditions. However, the lock time is delayed due to the design defects. It is also found that the tail water rushes down the entrance area. The flow condition would be worse during the flood season. It is recommended to check the valve opening method and observe the navigation conditions of the lock under appropriate flow rate.

Keywords: Yinpan; navigation lock; ship navigation; prototype test

银盘水电站枢纽位于乌江下游河段, 地处重庆市武隆县, 是乌江干流水电开发规划的第十一个梯级, 上游与彭水水电站衔接, 为彭水水电站的反调节梯级, 下游为白马梯级^[1]。银盘水电站枢纽采用左岸布置河床式电站、中间布置泄洪表孔、右岸布置船闸的方式(图1)。银盘水电站水库正常蓄水位为215.00 m, 校核洪水位为224.57 m, 总库容为3.2亿m³, 最大坝高为80 m, 电站装机容量为600 MW(4×150 MW), 通航建筑物规模为500吨级^[2]。银盘船闸采用单线单级布置, 通航规

模按500 t驳船进行设计, 级别为IV级。船闸长181.0 m, 闸室有效尺寸为120.0 m×12.0 m×4.0 m(长×宽×槛上水深), 最大工作水头35.12 m, 上闸首采用整体式结构, 下闸首、闸室均采用分离式结构。输水系统采用闸墙长廊道经闸室中心进口立体分流、闸底支廊道二区段出水的分散输水形式。建成后乌江河口以上约260 km航道可全线达到IV级航道标准, 这将对渝东南的酉阳、秀山、黔江、彭水、武隆等县区的工农业生产和生活物资的运输及国民经济发展发挥重要作用。

收稿日期: 2016-09-19

*基金项目: 国家重点研发计划(2016YFC0402007)

作者简介: 陈明栋(1954—), 男, 研究员, 从事通航水力学教学与研究。

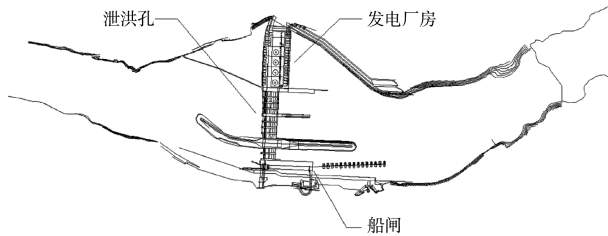


图 1 银盘水电站枢纽总平面布置

为检验银盘船闸及通航设施在中小流量时段是否满足设计及安全过闸要求, 采用对实船试航全过程的航行数据与引航道水流条件及通航设施运行等同步观测方法, 进行本次实船试航试验, 以便及时发现问题, 提出确保安全的运行措施, 为船闸正式运行提供参考。

1 试验条件、试验内容及观测方法

1.1 试验条件

枯水阶段实船试航试验于 2015 年 8 月 25 日进行, 该时段乌江流域降雨较少, 银盘水库水位已降至 212 m 左右, 较上游正常蓄水位 215 m 降低了 3 m。由于水库无泄洪工况, 上游库区水面平静, 通航条件良好, 故本次试验省略了上游引航道口门区的相关测试内容。

根据电站采集的数据, 出库(下泄)流量为 $800 \text{ m}^3/\text{s}$, 试验流量控制在 $345 \text{ m}^3/\text{s}$ 左右, 上游水位为 211.88~212.33 m, 变幅 0.45 m; 下游水位为 182.21~181.79 m, 变幅 -0.42 m。

1.2 试验内容

- 1) 下游引航道口门区纵向、横向、回流流速观测;
- 2) 下游引航道口门区水面波动观测;
- 3) 闸室灌、泄水水力特性及过闸时间观测;
- 4) 试验船舶主机工况、对岸航速以及舵角、漂角、航向角和航迹线与时间过程观测;
- 5) 通航设施配置及运行观测。

试验采用先上行、后下行的过坝方式, 即试验船舶从下游停泊区开始, 由下向上穿进口门区, 进入下游引航道、闸室, 出闸并驶向上游引航道。

船舶上行至银盘电站大桥附近调头下行, 再通过上游引航道、进入闸室、出闸、驶出下游引航道, 试验结束。

1.3 观测方法及试验过程

1) 引航道口门区流速观测, 采用 ADCP-600k 走航式多普勒剖面流速仪(瑞江牌), 测量时将传感器固定在船舷, 船行中向测点发出超声波, 声波在水中传递中受到水中泥沙或杂物等粒子反射, 并按测试时间换算而成。

2) 引航道口门区水面波动观测, 采用托普康 3002 型全站仪, 通过在岸上就近点固定的观测方法, 分别采集航线附近一个时间段的波峰和波谷的最大值, 然后计算平均数而得出。

3) 航迹线观测采用 GPS 定位仪观测, 测量基站竖立在大件码头的上游端, 船上观测点位于船尾旗杆中间位置。观测时间间隔 10 s, 航迹线成果出图按照 40 s 间隔绘制。

4) 试验船舶观测时, 试验人员将设备安装在船上, 与船舶航行同步记录主机、操舵等数据。

5) 通航设施观测由试验人员分布在船闸控制室和闸室上记录观测。

2 试验成果及分析

2.1 下引航道口门区流速

试验流量下口门测区范围最大流速 0.31~0.95 m/s, 堤头边缘区域流速较大, 流态紊乱, 并伴有泡水。但是在该区域以上至导航墙尾部大于 120 m 范围, 最大流速均在 0.32 m/s 以下。

在下口门附近, 纵向流速 0.20~0.39 m/s, 沿航线往下纵向流速逐渐增加, 下至 100 m 以后纵向流速达 0.30~0.93 m/s。同时, 观测到口门区横向流速最大值和平均值分别为 0.15 m/s 和 0.03 m/s。出现 0.15 m/s 数值的主要是动静水交界区水流紊乱的局部区域, 其余测区数值较小, 均小于规范^[3-4]中 IV 级航道纵横向流速允许值。此外, 在枯水测段, 水流总体较为平顺, 口门区范围回流不明显, 因此省去了回流流速项成果。

但是由于下游引航道河势弯曲，口门区正对枢纽泄洪闸出口，在仅 1~2 台机组小流量出流情况下口门区水流就如此紊乱，预计泄洪闸开启情况对通航条件影响较大。

在测试过程中还发现距口门区 50 m 的范围内，右岸一侧由于有大量施工乱石堆砌，占据了部分航道水域，使该处航道水深较小，测量船舶无法进入。不仅影响到本次数据观测，还直接导致口门区航线弯曲半径减小。

2.2 下引航道口门区水面波动

为验证电站出流对下游引航道通航条件的影响，本次观测采用扩普康 3002 型全站仪，对引航道口门区内的水面波动及流态进行观测，观测结果见表 1。当银盘水电站开启 2 台机组运行过程中，在观测时间段，即上午 10 时至下午 1 时，下泄流量在 761~1 881 m³/s 范围波动^[5]，由此导致下游引航道口门区最大波动为 0.060~0.076 m，两次最大波动的频率在 3.5~3.8 s。结果表明，稍大波动发生在下泄流量靠近 800 m³/s 左右时，最大值达 0.076 m。说明随着下泄流量减小，下游水位降低，其出流影响反而大于出流量较大时段。

表 1 银盘电站下引航道波浪观测值

| 次数 | 起伏度/m | 起伏时间/s | 观测时间 |
|----|-------|--------|--------------|
| 1 | 0.040 | 3.56 | |
| 2 | 0.035 | 3.83 | |
| 3 | 0.041 | 3.38 | |
| 4 | 0.056 | 3.22 | 08-25T10:00— |
| 5 | 0.040 | 3.47 | 08-25T13:00 |
| 6 | 0.030 | 3.61 | |
| 7 | 0.076 | 3.53 | |
| 8 | 0.060 | 3.54 | |

2.3 船闸灌、泄水水力特性曲线

船闸原设计阀门开启时间为 6 min，试验当日阀门实际开启方式为：2.5 min 阀门全开，然后迅速关门至 1 m 阀门高度，直到灌泄水结束，灌泄水曲线分别见图 2。该开启方式导致灌泄水时间增长，使闸室灌泄水时间由设计的 10 min 左右，增加至 17 min 左右。

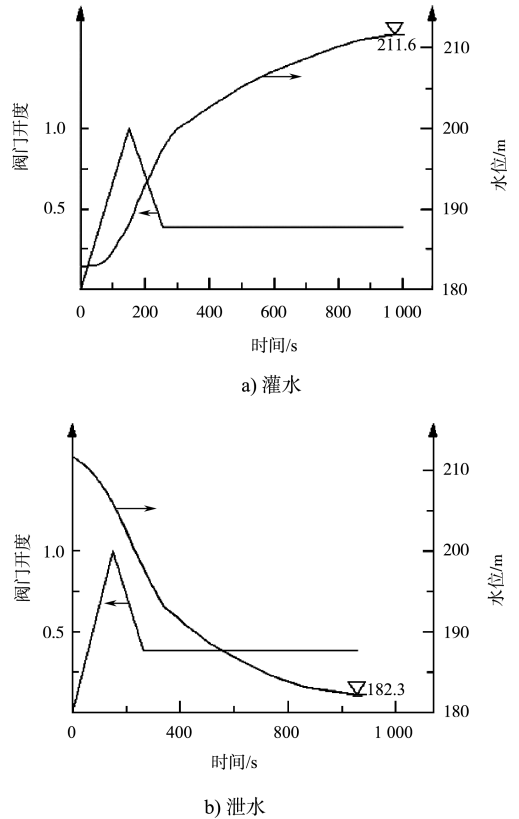


图 2 银盘船闸水力特性曲线

2.4 过闸时间及通过能力

试验当天，试验船舶于中午时分从下游引航道开始起航，通过下引航道用时 875 s，通过船闸总历时 1 319 s，出上引航道用时 105 s，试验船舶到达上游银盘大桥附近总历时 4 820 s。随后船舶调头从银盘大桥水域附近出发开始进入上引航道，到船舶驶出下引航道总历时 3 265 s。

试验过程中主要有以下问题：1) 下引航道内围堰清除工作尚未结束，试验时可航行宽度仅 20 余米，导致试验船舶只能低速通过，未能达到正常航速；2) 阀门开启方式导致输水时间延长，由设计的 10 min 左右，增加至 17 min 左右。这些问题使过闸时间偏长，导致由实船试验计算的双向年过闸货运量(为 276.18 万 t)远远小于规划的 414.5 万 t。

2.5 船舶试验参数

经测试，两艘试验船舶主机功率储备足够，工况稳定，倒车制动能力足够，实测试验船舶上下行航线与设计规划航线基本吻合，船舶试航过程中操作正常，行驶安全。两艘试验船舶进闸时

间和出闸时间分别相差 250 s 和 280 s, 其间隔时间是恰当的。但由于两艘试验船舶驾驶员经验略有欠缺, 且当闸室下降至低水位时, 驾驶人员难以看到设置在船墙上端的信号显示灯, 导致船舶上行通过船闸的平均速度部分未达到设计要求。

2.6 通航设施

试验当日, 水电站开启 2 台机组发电时, 下游河段水位高于设计最低通航水位, 但引航道及口门区域纵横向流速仍较小, 水面波动亦不明显, 水流条件良好。试验还发现: 上、下引航道及连接段尚未配布必要的助航标志, 且下游引航道尺度尚未达到设计尺度要求, 这是因为受引航道清淤工程进度的影响, 下游围堰未撤除彻底, 下游引航道的航道宽度、深度均不足, 尤其是从下引航道进船闸, 操作稍有不慎就会触碰下闸门。

观测发现的另外一个重要问题是, 船闸的上闸首天桥下的通航净高, 原设计按 IV 级航道 8 m 设计, 在水库正常蓄水时实际高度为 9.3 m。但是试验当天租用的 2 条 500 t 船舶, 空载桅杆高度分别为 13.6 m 和 14.2 m。好在试验当天上游水位较正常蓄水位低 2 m 多, 加上通过减载、倒桅等措施试验勉强进行。调查发现, 通航建筑物设计中的净高不足问题非常普遍, 原因是我国还没有通航建筑物的净高尺度标准, 净高设计均是参照桥梁净高标准确定的。由于两者原理不尽相同, 所以导致目前的尴尬局面。

3 结语

1) 在出库流量 761~1 881 m³/s 范围内, 下游引航道口门区水流平稳, 纵、横向最大流速都小

于相关规范的允许值。由此可知, 银盘通航建筑物设施基本具备中小流量级的试通航条件; 对于大流量情况, 建议选择恰当的乌江洪水流量进行观测和试验。

2) 本次实船试验过坝时间较设计时间长, 主要问题出在阀门开启方式上。关阀一般不能一次到位, 要留有小的开度, 待水位齐平后先开启人字门, 人字门开完后先关阀到终位。建议复核船闸阀门启闭方式, 研究出阀门全开后剩余水头多少时关阀最为合理, 以解决闸室输水时间过长、船闸通过能力偏小的问题。

3) 两艘试验船舶高度均为 14 m 左右。试验表明, 当银盘水库 215.0 m 正常蓄水时, 上闸首 8 m 的通航设计净高不能满足目前多数航行于乌江的船舶高度要求。建议制定过闸船舶净高限值, 以确保过闸船舶安全。此外, 对于上、下引航道及连接段尚未配布必要的助航标志和交通安全标志的问题, 建议对其进行必要的整改和完善, 使银盘通航建筑物尽早达到试通航要求。

参考文献:

- [1] 姜伯乐, 徐刚, 李静, 等. 银盘水电站引航道水力学设计与试验研究[J]. 人民长江, 2008, 39(4): 74-76.
- [2] 罗斌. 乌江银盘水电站预泄调度研究[J]. 人民长江, 2008, 39(4): 8-9.
- [3] JTJ 306—2001 船闸输水系统设计规范[S].
- [4] JTJ 306—2001 船闸总体设计规范[S].
- [5] 陈明栋, 杨学辉, 杨忠超. 乌江银盘水电站通航系统实船适航及原型观测试验报告[R]. 重庆: 重庆交达勘察设计有限公司, 2015.

(本文编辑 郭雪珍)

· 消 息 ·

天航局中标潍坊港 5 000 吨级航道工程

日前, 天航局中标山东潍坊港西港区 5 000 吨级航道工程, 中标金额约 9.1 亿元。

该工程是潍坊地区重点工程之一, 航道通航宽度为 90 m、总长 25.4 km, 疏浚工程量约 1 600 万 m³, 工期 427 天。
http://en.ccccltd.cn/cccltd/news/jcxw/jx/201611/t20161128_86715.html (2016-11-28)