

景洪水电站对下游近坝河段通航条件的影响

刘亚辉, 王云莉

(重庆交通大学 西南水运工程科学研究所, 重庆 400016)

摘要: 在模型比尺为 1:100 的正态物理模型基础上, 对考虑橄榄坝修建前后澜沧江景洪水电站 8 个日调节工况方案进行了模拟, 通过在坝址下游约 6.4 km 河段内影响通航水流条件的关键河段布设测站, 实测非恒定水流特征参数, 分析影响船舶安全航行和靠泊的重要非恒定流特征参数, 研究景洪水电站各个日调节工况对坝址下游近坝河段通航水流条件的影响。研究表明, 电站运行工况的流量最大日变幅以及小时变幅是影响下游水位变化特征参数的重要因素, 所有工况下景洪水电站下游河段水位日最大变幅、小时最大变幅及 20 分钟最大变幅均呈沿程递减的趋势。

关 键 词: 日调节非恒定流; 反调节水库; 物理模型; 通航水流条件

中图分类号: TV135.4

文献标志码: A

文章编号: 1009-640X(2012)04-0103-05

澜沧江流经我国西南边陲, 是连接我国西南地区与南亚地区的国际性航运河流。景洪水电站位于澜沧江干流下游, 云南省西双版纳州首府景洪市北郊约 5 km 处, 是澜沧江中下游梯级开发规划中的第 6 级电站。根据有关航运规划, 澜沧江航道等级为 V 级。电站工程主体建筑物包括拦河坝、泄洪冲沙建筑物、坝后式电站厂房及通航建筑物等。电站设计装机 1 750 MW, 拦河大坝坝顶高程 612.0 m, 最大坝高 110 m, 采用垂直升船机作为过坝通航建筑物。根据澜沧江航道的实际情况, 设计按 V 级航道通航建筑物考虑, 采用一级垂直升船机解决船舶过坝问题, 设计船队为 300 t 级机驳^[1]。

工程建成后, 由于景洪水电站装机容量大、引用流量多, 电站及大坝泄流可能对下引航道口门区通航水流条件带来不利影响^[1-2]; 同时为适应电力日负荷变化的要求, 电站日下泄流量过程将相应呈现陡增陡降的特性, 从而引起坝下游河道水流出现非恒定流的特征, 使河道水流条件与天然情况相比发生较大变化, 对坝下河段通航水流条件造成重要影响^[3-6]。因此, 通过模型试验研究景洪水电站各日调节方案对下游附近河段通航条件的影响, 可为合理拟订景洪水电站日调节方案提供科学的参考^[7-9]。

1 模型概况

物理模型采用比尺 1:100 的正态模型, 模拟了坝址上游长约 0.6 km, 坝址下游 6.4 km 的河段, 同时对枢纽工程主体建筑包括电站厂房、泄洪坝段和消力池、冲沙底孔、非溢流坝段、垂直升船机和上下游引航道以及白塔大桥、景洪大桥和版纳大桥等均进行了全面精细模拟^[10]。电站泄流过程采用我所研制的 SX-1 型微机流量-水位自动控制系统进行可视化控制, 根据给定的电站日调节负荷变化曲线及相应的版纳大桥下游水位过程, 用微机按预置程序自动进行电站非恒定流试验^[11]。模型整体布置见图 1。

为检验模型与原型河道的阻力相似情况, 通过枯水流量 543 m³/s, 中水流量 1 000 和 2 000 m³/s 以及洪水流量 4 000 m³/s 共 4 级流量的实测瞬时水边线资料对模型进行了瞬时水边线验证试验。试验结果表明: 在枯、中、洪 4 级流量下, 模型水位与原型水位均较为接近, 其差值多在 0.10 m 以内, 最大不超过 0.15 m, 达到

收稿日期: 2012-02-15

作者简介: 刘亚辉 (1965-), 男, 湖南衡山人, 副研究员, 硕士, 主要从事水力学及河流动力学、水利、水运工程等研究。

E-mail: 602811760@qq.com

了模型与原型河道阻力相似的要求。

2 模型试验方案

2.1 测站布置

测站主要设置在景洪水电站坝下游影响航运的关键部位和航行条件较复杂的河段,包括升船机下闸首、下引航道弯顶、下引航道口门区、白塔大桥、CS49~CS49+、CS58~CS59、CS76~CS77、景洪水文站、景洪码头和景洪港 10 个测站,其布置详见图 1。各测站设置水位、流速测点各 1 个,均布置在船舶航线上。

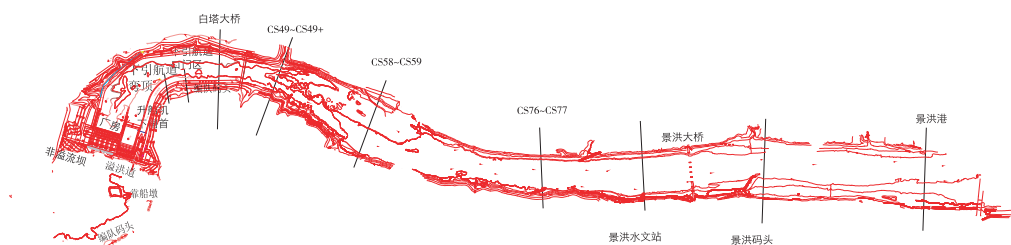


图 1 景洪电站下游近坝河段模型及观测断面布置

Fig. 1 Model layout of the downstream reach of Jinghong hydropower station and the measuring points

2.2 橄榄坝修建前景洪电站日调节运行工况

景洪电站下游橄榄坝修建之前,针对景洪电站日调节 4 种工况进行了模型试验研究,景洪电站 4 种日调节流量过程见图 2。从图 2 可见,对于小时最大流量增幅和小时最大流量减幅,工况 1 均为 $375 \text{ m}^3/\text{s}$;工况 2 分别为 $1\,920$ 和 $2\,666 \text{ m}^3/\text{s}$;工况 3 均为 $431 \text{ m}^3/\text{s}$;工况 4 均为 $323 \text{ m}^3/\text{s}$ 。工况 1 和 2 具有流量较大($Q_{\max}=3\,285 \text{ m}^3/\text{s}$),变幅也较大(流量最大变幅为 5.30 倍)的特点;工况 3 和 4 具有流量相对较小(最大流量分别为 $2\,007$ 和 $1\,792 \text{ m}^3/\text{s}$)、流量变幅也相对较小(流量最大变幅分别为 4.01 倍和 3.58 倍)的特点;工况 1,3,4 的小时流量增幅及降幅均较工况 2 小,但相差不大;工况 1,3,4 在一昼夜中出现 1 次流量峰值,工况 2 出现 3 次流量峰值。

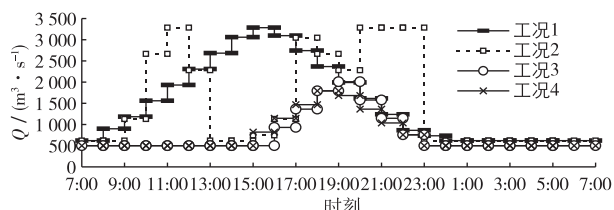


图 2 橄榄坝修建前景洪电站日调节运行工况

Fig. 2 Daily regulation schemes of Jinghong hydropower station without Ganlanba dam

2.3 橄榄坝修建后景洪水电站日调节运行工况

根据澜沧江中下游河段梯级开发规划,在下游距景洪电站坝址约 32 km 处的橄榄坝河段规划有橄榄坝电站,该电站的修建可对景洪电站日调节进行反调节,以减小对航运的影响。设计初步拟定的橄榄坝电站坝前运行水位变化范围是 534~540 m。正常蓄水位与死水位之间的水位差为 3~4 m。按照设计单位要求,在修建橄榄坝电站后应着重针对景洪电站日调节工况 2 研究其非恒定流特征。据此,按橄榄坝电站坝前水位不同,试验分为 2 种情况进行:一是坝前水位约 534~537 m;二是坝前水位约 536~540 m。

考虑橄榄坝电站建成后的 4 种运行工况分别为:工况 5:景洪电站发电流量过程同工况 2,同时考虑橄榄坝电站日调节,其坝前水位在 534.04~537.83 m 之间变化。工况 6:景洪电站发电流量过程同工况 2,同时考虑橄榄坝电站日调节,其坝前水位在 536~540 m 之间变化。工况 7:该方案为工况 5 的优化方案,即在保持景洪电站的日均下泄流量不变及下泄流量变化过程与方案 3 相似的基础上,将流量瞬时最大增幅减小至

700 m³/s,最大降幅减至1 200 m³/s,以减小非恒定流对下游近坝河段水位变幅的影响,同时橄榄坝电站日调节过程中坝前水位在533.99~537.20 m之间变化。工况8:该方案为工况6的优化方案,即在保持景洪电站的日均下泄流量不变及下泄流量变化过程与方案3相似的基础上,将流量瞬时最大增幅减小至1 200 m³/s,最大降幅减至1 900 m³/s,以减小非恒定流对下游近坝河段水位变幅的影响,同时橄榄坝电站日调节过程中坝前水位在536.83~540.04 m之间变化。

工况5至工况8坝址下泄流量过程见图3。从图3可以看出,景洪水电站日调节与橄榄坝电站反调节过程中,工况5和6仍具有流量较大($Q_{\max}=3\,285\text{ m}^3/\text{s}$)、流量变幅也较大(流量最大变幅为5.30倍)的特点;工况7和工况8具有流量相对较小(最大流量分别为2 700和2 850 m³/s),流量变幅相对也较小(最大流量变幅分别为4.35倍和4.60倍)的特点;所有工况均在一昼夜中出现3次流量峰值。

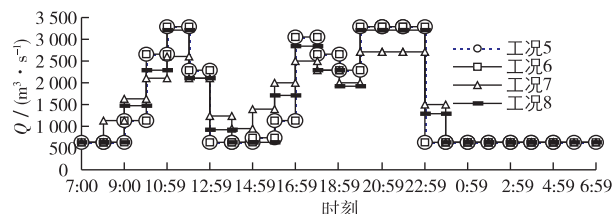


图3 橄榄坝修建后景洪电站日调节运行工况

Fig. 3 Daily regulation schemes of Jinghong hydropower station with Ganlanba dam

3 电站日调节非恒定流对下游近坝河段通航条件影响

3.1 橄榄坝电站修建前

橄榄坝修建前,景洪电站在4种日调节工况下,景洪电站坝址下游河段非恒定特征参数沿程变化见图4(a)。从图中可以看出,水位最大日变幅、最大小时变幅和20分钟最大变幅基本呈沿程递减趋势。其中,工况1水位最大日变幅、最大小时变幅和最大20分钟变幅分别为3.41~4.15 m,0.62~0.84 m和0.35~0.56 m;工况2相应的变幅为3.59~4.33 m,1.96~2.54 m和0.92~1.99 m;工况3为2.13~2.87 m,0.68~0.97 m和0.37~0.60 m;工况4为1.84~2.56 m,0.49~0.85 m和0.27~0.58 m。试验表明,工况2由于下引航道内水面波动较大,水位涨落较频繁,将给船舶进出升船机承船厢造成困难,工况1、3、4下引航道内水面波动较小,对船舶进出升船机承船厢的影响较小;工况2水位变幅最大,严重影响景洪码头及景洪港区的船舶作业与锚泊停靠的正常进行,工况3、4对其影响较小,工况1由于其水位日变幅较大,其影响较工况3、4大;4种日调节工况下,升船机下引航道在日调节过程中的瞬时最小航深为4.12~4.48 m,均满足航深大于2.50 m的要求(澜沧江航道等级为V级)^[12]。

3.2 橄榄坝电站修建后

各工况景洪电站坝址下游河段非恒定特征参数沿程变化如图4(b)所示。可见,所有工况下景洪电站下游河段水位最大小时变幅及20分钟变幅均呈沿程递减的趋势。其中,工况5水位最大日变幅、最大小时变幅和20分钟最大变幅分别为4.44~4.59 m,1.26~2.44 m和0.85~1.96 m;工况6分别为3.93~4.36 m,0.90~1.86 m和0.75~1.64 m;工况7分别为3.73~3.87 m,0.80~1.19 m和0.46~0.88 m;工况8分别为3.81~4.26 m,0.80~1.32 m和0.48~1.18 m。工况5与工况2无橄榄坝反调节相比情况没有明显改善;工况6与工况5相比有一定程度的改善,但对河段通航水流条件仍有较大影响;工况7与工况5和工况6相比有较大程度的改善,对河段通航水流条件的影响相对较小;工况8与工况5和工况6相比有较大程度的改善,但比工况7方案稍差,对河段船舶的安全通航仍有一定程度的影响。因此,橄榄坝电站修建后的4个工况中,工况7方案对景洪电站下游河段通航水流条件的影响最小,其余依次为工况8,工况6和工况5。

此外,在所有试验工况下,在日调节过程中瞬时最小航深为4.12~5.62 m均满足船舶航行对航深的要求(水深2.5 m)^[12]。景洪电站修建后,按不同方案进行日调节过程中,坝址下游白塔大桥河段为控制性河段,其流速、比降在整个河段中均达到最大。经对设计船舶航行阻力及推力比较分析,在机驳船功率为220.5 kW的情况下,各运行方案下船舶基本可以通过该河段。

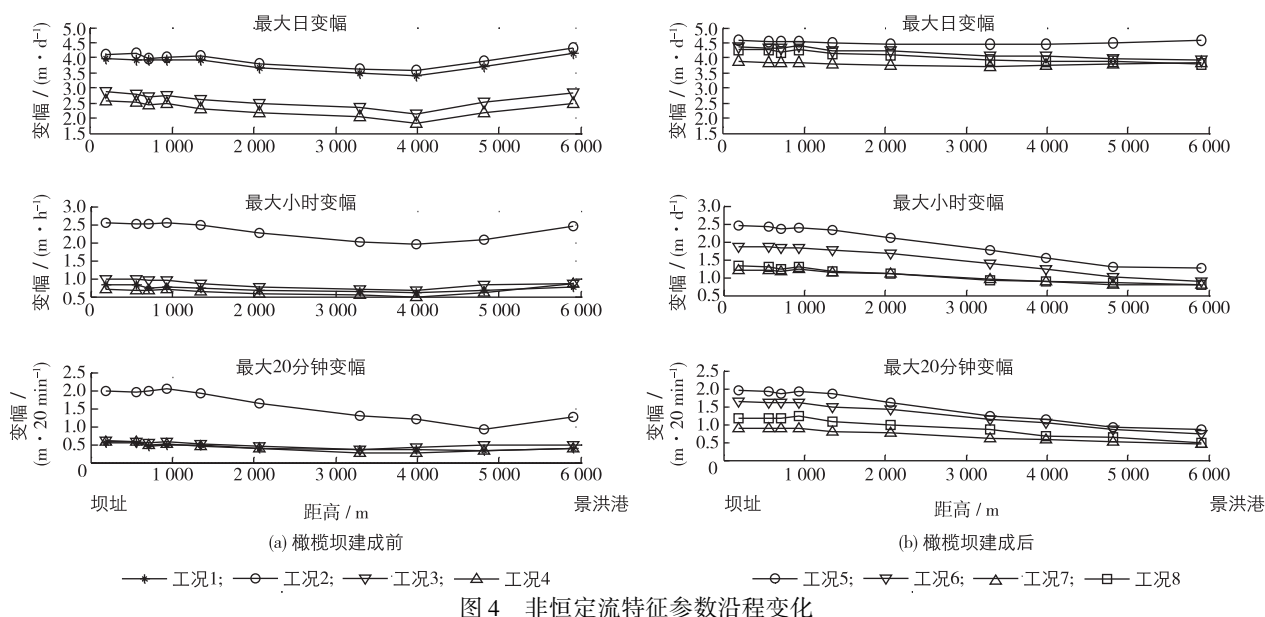


图 4 非恒定流特征参数沿程变化

Fig. 4 Variations in the characteristic parameters of unsteady flow in the downstream of Jinghong hydropower station

4 结 语

(1) 电站运行工况的流量最大日变幅以及小时变幅是影响下游水位变化特征参数的两个重要因素,所有工况下景洪电站下游河段水位日最大变幅、小时最大变幅及 20 分钟最大变幅均呈沿程递减的趋势。

(2) 8 种运行工况中,工况 4 由于流量变幅较小($323 \text{ m}^3/\text{s}$),其调节非恒定流产生的水面波动、流速和比降变化都较其他 7 种工况小。因此,该工况对船舶航行的影响相对较小,可作为景洪电站制定日调节方案的参考依据。

(3) 鉴于景洪电站日调节工况 2 方案为设计推荐方案,而该方案中电站下泄流量变化频繁,变幅较大,建议针对橄榄坝电站不同运行方式分别按试验拟定的优化方案作为景洪电站日调节方案的参考依据。

(4) 根据发电的需要,对于所选景洪电站日调节工况 2 方案以及考虑橄榄坝建成后的工况 5、工况 6 及其优化方案工况 7 和工况 8 方案,其最大日变幅为 $3.8 \sim 4.6 \text{ m}$,对船舶的安全停泊将造成较大影响,因此在港口及码头船舶停泊区域应采取响应的措施以保证船舶的安全停泊及靠岸。

(5) 由于景洪电站日调节过程中下引航道内水面存在频繁的波动现象,对升船机承船箱与下游水位的正常对接产生不利影响,建议采取适当措施,如增设辅助闸门等,以减小水面波动的影响,确保船舶安全顺利进出承船箱。

参 考 文 献:

- [1] 刘亚辉,王云莉,张绪进,等. 澜沧江景洪水电站日调节非恒定流对下游近坝河段通航条件影响水力学模型试验研究报告[R]. 重庆:重庆西南水运工程科学研究所,2004. (LIU Ya-hui, WANG Yun-li, ZHANG Xu-jin, et al. Hydraulic model test report on influence of daily regulation schemes of Jinghong Hydropower Station in Lancang River on downstream navigation flow conditions[R]. Chongqing: Chongqing Southwest Hydro Engineering and Science Research Institute for Waterways, 2004. (in Chinese))
- [2] 王云莉,刘亚辉,石永燕. 澜沧江景洪电站日调节运行方案的研究[J]. 重庆建筑大学学报,2006, 28(5): 43-46. (WANG Yun-li, LIU Ya-hui, SHI Yong-yan. Study on the projects of the daily regulation of Jinghong Hydroelectric Station on Lancang River[J]. Journal of Chongqing Jianzhu University, 2006, 28(5): 43-46. (in Chinese))
- [3] ZHOU Jia-yu, MIAO Ji-lun, WANG Zhao-bing. Experimental study on effect of unsteady flow on mooring conditions in Shuifu port[C]//International Conference Proceeding of Multimedia Technology (ICMT), Hangzhou: IEEE, 2011: 1070-1073.
- [4] 曹民雄,马爱兴,胡金义. 电站日调节非恒定流对航道整治效果的影响[J]. 水利水运工程学报,2011(3): 10-17. (CAO

- Ming-xiong, MA Ai-xing, HU Jin-yi. Influence of unsteady flow of hydropower station's daily regulation on channel regulation[J]. Hydro-Science and Engineering, 2011(3): 10-17. (in Chinese))
- [5] 唐银安,吴学良. 白龙江碧口水电站下泄不稳定流沿程变化及其对下游航道的影响[J]. 水运工程, 1983(2): 13-16. (TANG Yin-an, WU Xue-liang. Influence of unsteady flow of Bishui hydropower station in Bailong River on downstream navigation channel[J]. Port & Waterway Engineering, 1983(2): 13-16. (in Chinese))
- [6] 唐银安,晏建奇,蒋世春,等. 日调节电站非恒定流航道追峰通航的实用性探讨[J]. 水道港口, 2005(增1): 106-110. (TANG Yin-an, YAN Jian-qi, JIANG Shi-chun, et al. Study on navigation practicality in downstream channel after flood peak of unsteady flow of daily regulating of hydropower station[J]. Journal of Waterway and Harbour, 2005(Suppl1): 106-110. (in Chinese))
- [7] 刘亚,李义天,孙昭华. 电站日调节波对葛洲坝下游枯期通航条件影响[J]. 武汉大学学报:工学版, 2009(2): 147-152. (LIU Ya, LI Yi-tian, SUN Zhao-hua. Impact of daily regulation for hydropower station on navigation conditions of downstream side of Gezhouba project in dry season[J]. Engineering Journal of Wuhan University, 2009(2): 147-152. (in Chinese))
- [8] 傅湘,纪昌明. 三峡电站日调节非恒定流对航运的影响分析[J]. 武汉水利电力大学学报, 2000(6): 6-10. (FU Xiang, JI Chang-ming. Influence analysis of unsteady flow of daily regulation of Three Gorges Hydropower Station on navigation[J]. Journal of Wuhan University of Hydraulic and Electric Engineering, 2000(6): 6-10. (in Chinese))
- [9] 李新通,林其东. 水口电站日调节不稳定流数值模拟[J]. 福建师范大学学报:自然科学版, 1993, 9(1): 98-104. (LI Xin-tong, LIN Qi-dong. Numerical simulation of unsteady flow of daily regulation of Shuikou Hydropower Station[J]. Journal of Fujian Normal University(Natural Science Edition), 1993, 9(1): 98-104. (in Chinese))
- [10] JTJ/T 232-1998, 内河航道与港口水流泥沙模拟技术规程[S]. (JTJ/T 232-1998, Technical regulation of modelling for flow and sediment in inland waterway and harbour[S]. (in Chinese))
- [11] 汪拥赤. 通航工程模型试验中非恒定流量测技术的研究[J]. 水运工程, 2007(1): 38-41. (WANG Yong-chi. Measurement technology study for unsteady flow in physical model test on waterway engineering[J]. Port & Waterway Engineering, 2007(1): 38-41. (in Chinese))
- [12] GB 50139-2004, 内河通航标准[S]. (GB 50139-2004, Navigation standard of inland waterway[S]. (in Chinese))

Influence of daily regulation schemes of Jinghong hydropower station on downstream navigation flow conditions

LIU Ya-hui, WANG Yun-li

(Chongqing Southwest Water Transport Engineering Research Institute, Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Based on the normal model with the model scale of 1:100, and considering 8 daily regulation schemes in the cases before and after the construction of the Ganlanba hydropower station, unsteady flows of the Jinghong hydropower station have been simulated. By laying out the measurement stations at the key places controlling the navigation in the 6.4 km long downstream reach of the Jinghong hydropower station, the characteristic parameters of the unsteady flow have been measured and analyzed. The characteristic parameter values such as the maximum daily, hourly and 20 minutes' variation amplitudes of water level have an important influence on navigation and mooring. As a result, this paper has studied the influence of 8 daily regulation schemes of Jinghong hydropower station on the downstream navigation flow conditions. The model test results show that the maximum daily and hourly variation amplitudes of discharge of the regulation schemes are two key factors which have an important role in characteristic parameters of the unsteady flow, and in all cases of the regulation schemes the maximum daily, hourly, and 20 minutes' variation amplitudes of water level decrease gradually in the downstream of the Jinghong hydropower station. The model test results have provided reference for rationally drawing up the daily regulation scheme of Jinghong hydropower station.

Key words: unsteady flow of daily regulation; reservoir of reverse regulation; physical model test; navigation flow condition