DOI:10.3969/j.issn.1001-5485.2013.08.005 2013,30(08):18-20

三峡船闸六闸首输水阀门运行方式优化

江耀祖[1],吴英卓[1],陈 辉[1],於三大[2],耿 峻[2]
(1.长江科学院 水力学研究所,武汉 430010;2.中国长江三峡集团公司 枢纽局,湖北 宜昌 443133)

摘要:针对三峡船闸五闸室泄水运行中存在的问题,通过数模计算分析和原型调试研究,在维持现有运行方式大体不变的条件下,采用实时监测到的箱涵出口与下游引航道水位差,确定与之相适应的动水关阀小开度控制阀门运行的方法,较好地解决了六闸首阀门枯水期不能正常关至小开度从而造成闸室超泄偏大和汛期枢纽下泄流量较大时人字门不能按程序正常开启的问题,给出了适应于不同下泄流量下的六闸首阀门动水关闭参数,可保证在通航流量范围内,五闸室泄水时均无须动用辅阀,提高了通航效率。

关 键 词:三峡船闸;六闸首;主阀;辅阀;运行方式
中图分类号:TV698.1 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-5485(2013)08-0018-03

1 研究背景

三峡船闸下游与升船机共用引航道,为满足船闸和升船机对通航水流条件的要求,船闸采用了“内外联泄”的泄水布置方案。即将五闸室大部分水体通过主泄水廊道和箱涵泄往长江主河道。由于河道水面纵向比降的存在,造成箱涵出口水位高于下游引航道水位,当闸室水位与箱涵出口水位齐平后仍会出现闸室水位高于下游引航道水位的情况,不满足开启六闸首人字门的条件。因而设计上采用将泄水末期的剩余待下泄水体通过内泄短廊道泄往下游引航道,以维持船闸正常运行的泄水方案。

三峡船闸建成通航后,六闸首输水阀门采用在剩余水头 $\Delta H=5.0$ m时提前动水关闭至0.2开度的方式来解决闸室超泄问题,辅阀不参与运行。

9年来的运行实践表明,在枯水期枢纽下泄流量不大的条件下,采用上述主阀泄水方式能够保证闸室水位与下游引航道水位齐平,人字门能够正常开启,但也存在一些异常情况。其一是在枯水期下泄流量很小时,易出现阀门尚未关至小开度水位即齐平现象,造成闸室超泄增加,一方面加大了下游引航道水位波动幅度,另一方面也容易导致另一线船闸六闸首人字门飘移现象发生;其二是在汛期枢纽下泄流量较大($Q>30\ 000\ m^3/s$)时,箱涵出口水位与下游引航道水位差 ΔZ 加大,仅通过六闸首主阀门泄水易出现五闸室最终水位高于下游引航道水位现象,导致人字门不能按程序开启,须现地将主阀关闭后再操作辅阀泄水,泄水时间延长,影响通航效率。随着三峡机组陆续投入调峰运用,下泄流量和下游水位变化更加频繁,这一问题将更为突出。以上2方面的异常情况均有待通过现场调试、优化阀门运行方式解决。

2 原因分析

分析发生以上异常现象的原因是箱涵出口与下游引航道水位差 ΔZ 不恒定造成的,而形成 ΔZ 不恒定的原因是因为坝下流量不恒定,ΔZ 值的变化幅度除受流量变化幅度的影响外,还与坝下游断面形状、床面阻力、下游水位及引航道内往复流等有关。一般来说,坝下流量越大,ΔZ 也越大,即枯水期坝下流量小时 ΔZ 小,汛期坝下流量大时 ΔZ 则较大。而目前所采用提前动水关阀抑制超泄的措施是固定不变的,这样输水系统的超泄量也是固定的,它只对某一特定 ΔZ(记为 $\Delta Z'$)是最合适的,表现为枯水期 $\Delta Z<\Delta Z'$,输水系统的超泄量偏大,容易造成人字门飘移现象的发生(双线船闸相互影响);汛期 $\Delta Z>\Delta Z'$,输水系统的超泄量又嫌不足,容易出现闸室水位与下游引航道水位不平现象,人字门无法正常开启。

3 解决途径

解决以上问题的途径有2个,其一是辅阀参与

收稿日期:2013-05-03; **修回日期:**2013-06-03
作者简介:江耀祖(1963-),男,湖北天门人,教授级高级工程师,从事通航水力学研究,(电话)027-82829760(电子信箱)jiangyz@mail.crsri.cn。

运行,即通过调试,适当提高动水关阀水头,不设小开度,将阀门一次全关到位,在动水关阀期间,通过调试选择适当时机开启辅阀泄水,可保证闸室与下游引航道水位齐平,满足开启人字门条件。这一方案的缺点是投入运行的设备较多,主辅阀存在同时运行的情形,辅阀下泄流量会在引航道形成涌浪,将在一定程度上加大下游引航道的水位波动。其二是辅阀仍不参与运行,根据每次泄水运行初始时刻实时采集的 ΔZ,采用适合于 ΔZ 要求的动水关阀剩余水头 ΔH 或小开度 n_x,精确控制超泄量,使之适合于每一 ΔZ 的要求。这一方案可充分发挥末级泄水系统超泄能力强的特点,投入运行的设备少,根据前期对 ΔZ 变动范围的观测、数模计算以及探索性观测,表明这一方案是可行的,因此本文主要介绍该方案的优化研究成果。

4　数模计算

为便于运行监控,应船闸管理部门要求,需保持动水关阀剩余水头 ΔH 恒定,因此在将 ΔH 适当提高至5.5 m后,采用变换动水关阀小开度 n_x 的方法来控制超泄量,使之满足不同 ΔZ 的要求。为建立 n_x-ΔZ 的恰当关系,根据船闸输水非恒定流方程和船闸输水系统设计规范[1],通过数学模型对不同 ΔZ 下闸室输水时间 t_f 与关阀小开度 n_x 的关系及输水系统固有惯性超泄 d_i 与关阀小开度 n_x 的关系进行了系列计算,部分结果见图1。图1 表明闸室输水时间随小开度增大而缩短,闸室惯性超泄(负值)则随小开度增大而增大,同时满足输水时间小于12min和闸室惯性超泄小于 25 cm 设计要求的小开度为一个较小区间,将区间中值作为 n_x 与 ΔZ 建立关系,并通过回归分析方法进行拟合,即可得到 n_x-ΔZ 关系式,见图 2。

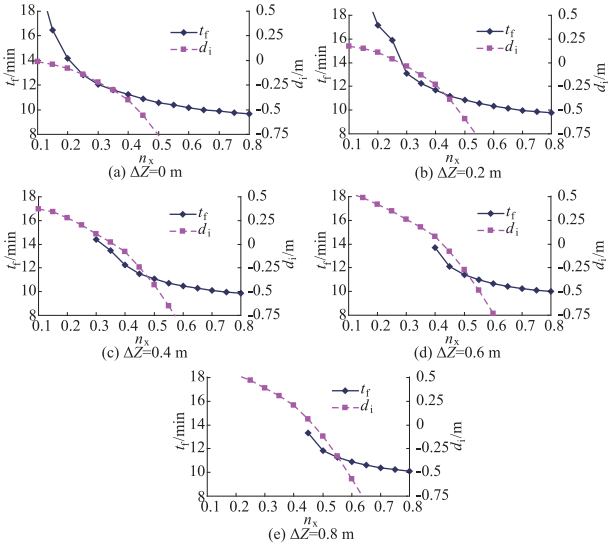

图 1　t_f-n_x, d_i-n_x 关系

Fig. 1　Curves of t_f vs. n_x, and d_i vs. n_x

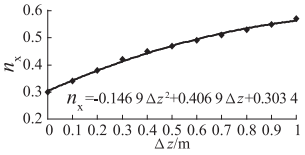

图 2　n_x-ΔZ 关系

Fig. 2　Curves of n_x vs. ΔZ

5　原型验证

在出库流量 4 350 ~ 45 200 m^3/s 范围内,分 5 次实时采集 ΔZ 值,根据计算确立的 n_x-ΔZ 关系式计算出相应的 n_x,在原型上进行了调试验证,监测结果见表 1。数据表明:在不同泄量下,按照 ΔZ 实时采集值,通过 n_x-ΔZ 关系式计算出的 n_x 控制阀门运行,同时满足了输水时间小于 12 min 和闸室惯性超泄小于 25 cm 的设计要求,既避免了枯水期闸室超泄偏大的问题,也解决了汛期枢纽下泄流量较大时,人字门不能按程序正常开启的问题,提高了通航效率。

表 1　五闸室泄水水力特征值

Table 1　Hydraulic characteristic values during water discharge in the five-step shiplock

出库流量/($m^3 \cdot s^{-1}$)	H/m	ΔZ/m	ΔH/m	n_x 计算值	n_x 调试值	t_f/min	d_i/m
4 350	20.10	0.05	5.5	0.32	0.30	11.97	-0.09
18 100	19.41	0.22	5.5	0.39	0.40	11.85	-0.05
23 800	19.86	0.26	5.5	0.40	0.40	11.98	-0.06
37 300	19.49	0.49	5.5	0.47	0.45	11.95	-0.05
45 200	18.87	0.59	5.5	0.49	0.45	11.82	-0.06

注:n_x 为小开度;H 为初始水头;ΔZ 为箱涵出口与下游引航道水位差;ΔH 为动水关阀剩余水头;t_f 为泄水时间;d_i 为最大反向水头。

监测还表明[2-3]:泄水过程中,输水系统各部位预埋测点未监测到有害负压和不利水流流态,阀门和人字门启闭机油缸油压和启闭力均在设计容许范围内,与设计值相比,存在较大富余。这表明当泄水箱涵出口大江水位与下游引航道水位差在0.59 m以下时,采用在剩余水头5.5 m动水关阀,关至按 n_x-ΔZ关系式确定的小开度等待水位齐平的运行方式是合适的。

6　结　论

通过数模计算分析和原型试验研究,给出了适应不同下泄流量下三峡船闸六闸首阀门动水关闭参数,可保证在现通航流量范围内,五闸室泄水时在不动用辅阀的情况下六闸首人字门均能正常开启,并可降低闸室超泄及因超泄过大引起的人字门飘移现

象,其成果可为三峡船闸运行程序及规程编制提供参考。

参考文献:

[1] JTJ306—2001. 船闸输水系统设计规范[S]. 北京:人民交通出版社,2001. (JTJ306—2001, Designing Code for Filling and Emptying System of Shiplocks[S]. Beijing: People's Communication Press, 2001. (in Chinese))

[2] 吴英卓,江耀祖,於三大,等. 三峡工程 156 m 蓄水位船闸水力学安全监测总报告[R]. 武汉:长江科学院,2008. (WU Ying-zhuo, JIANG Yao-zu, YU San-da, *et al.* Overall Report on the Hydraulic Safety Monitoring of the Shiplock of TGP with 156m Impoundment Water Level [R]. Wuhan: Yangtze River Scientific Research Institute, 2008. (in Chinese))

[3] 吴英卓,江耀祖,於三大. 三峡船闸六闸首泄水阀门运行方式优化研究报告[R]. 武汉:长江科学院,2012. (WU Ying-zhuo, JIANG Yao-zu, YU San-da, *et al.* Report on the Optimization of the Operation of Sixth-step Discharhing Shiplock of TGP[R]. Wuhan: Yangtze River Scientific Research Institute, 2012. (in Chinese))

(编辑:赵卫兵)

Optimization of Valve Operation in the Sixth-step Shiplock Head of Three Gorges Project

JIANG Yao-zu[1], WU Ying-zhuo[1], CHEN Hui[1], YU San-da[2], GENG Jun[2]

(1. Hydraulics Department, Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China;
2. Three Gorges Project Construction & Operation Authority of China Three Gorges Corporation, Yichang 443133, China)

Abstract: This research is aimed at problems occurred in the water release operation of the five-step shiplocks of Three Gorges Project (TGP). By using numerical modeling and prototype measurements, we present the operation mode of controlling the valves of shiplocks' tank under water level fluctuation according to the difference between observed water level at the outlet of water tank and at the downstream approach channel. In the meantime, the present operation schemes were rarely disturbed. By adopting this new mode, problems that valves of the sixth-step shiplock head cannot be closed to a small opening during dry season and lock-sills cannot be opened normally during flood season with large discharge are solved. The operational parameters for closing the lock heads in the presence of different water discharges are given, in which case the auxiliary valves need not to be enabled and the necessary navigation discharge can also be guaranteed. The navigation efficiency could be improved by using the new operational mode.

Key words: Three Gorges shiplock; sixth-step ship lock head; main valve; auxiliary valve; operational mode

(上接第 17 页)

with step-down floor of a hydropower station was simulated by 3-D numerical simulation and model test. We modified the shape of the step-down floor from four aspects: the height of the steps, the depth of the stilling basin, the length of the horizontal platform in front of the step-down floor, and the side contraction at the outlet, and compared their effects on the flow structure and the characteristics of the stilling-basin. Results show that all these measures could reduce the bottom velocity and fluctuating pressure on the floor. In particular, increasing the flat length obviously reduces fluctuating pressure and the velocity at the drop location of jet flow, but has large construction workload; while side contraction at the outlet effectively changes the horizontal and longitudinal distribution of bottom velocity and fluctuating pressure, and in the meantime has less workload. The result could be a reference for engineering design.

Key words: stilling basin; step-down floor; 3-D numerical simulation; velocity near the bottom; fluctuating pressure