



孟洲坝二线船闸输水系统水力学试验研究

彭永勤, 张绪进

(重庆交通大学, 重庆 400016)

摘要: 通过建立 1:30 比尺的物理模型, 对孟洲坝二线船闸输水系统水力特性、闸室停泊条件进行了观测。试验结果表明: 孟洲坝二线船闸采用闸墙长廊道侧支孔输水系统形式布置是合理的, 推荐的阀门开启方式下各输水水力特征均满足设计和规范要求。

关键词: 船闸; 输水系统; 试验研究

中图分类号: U 641.3⁺2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)08-0131-04

Hydraulic experiment on filling & emptying system of Mengzhouba second-lane lock

PENG Yong-qin, ZHANG Xu-jin

(Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Establishing a 1:30 physical scale model, we observe the filling & emptying system's hydraulic characteristics and berthing conditions in chamber of Mengzhouba second-lane lock. The result proves the reasonability of adopting the overall layout form of sidewall long gallery & branch hole dispersion system in Mengzhouba second-lane lock, and the hydraulic characteristics under the recommended valve opening mode satisfy the requirements of the design and related codes.

Keywords: ship lock; filling & emptying system; experimental research

孟洲坝枢纽是集发电、防洪、航运和改善生态环境为一体的综合性低水头枢纽。坝址位于北江干流的韶关市下游 12.63 km 处, 是北江干流最上游的一个梯级。船闸设计有效尺度 220 m × 23 m × 4.5 m (长 × 宽 × 门槛水深), 输水系统采用侧墙长廊道支孔分散输水形式, 上游正常蓄水位 53.32 m, 下游最低通航水位 45.32 m, 设计最大水头 $H=8.0\text{ m}^{[1-5]}$ 。

为了论证船闸输水系统布置的合理性, 进行了 1:30 比尺的水力学模型试验研究。研究结果表明, 对于平面尺度大、输水要求高、中水头的孟

洲坝二线船闸, 选择合适的阀门开启速度和闸室内消能明沟形式, 采用闸墙长廊道侧支孔输水形式是可行的。

孟洲坝二线船闸输水系统布置见图 1。上游进水口采用两侧导墙上各布置垂直 5 支孔, 支孔宽 3.0 m、高 4.8 m, 闸室每侧共布置 29 个出水支孔, 分为 3 组, 由上游至下游支孔喉部断面尺寸 (宽 × 高) 分别为 10-0.65 m × 0.9 m、9-0.6 m × 0.9 m、10-0.55 m × 0.9 m, 下游出水口采用格栅出水, 出水口顶高程 40.82 m, 出水口面积 72 m², 上下闸首工作阀门尺寸为 24.0 m² (2~3.0 × 4.0 (宽 × 高))。

收稿日期: 2016-03-21

作者简介: 彭永勤 (1984—), 女, 硕士, 工程师, 从事港口及航道工程。

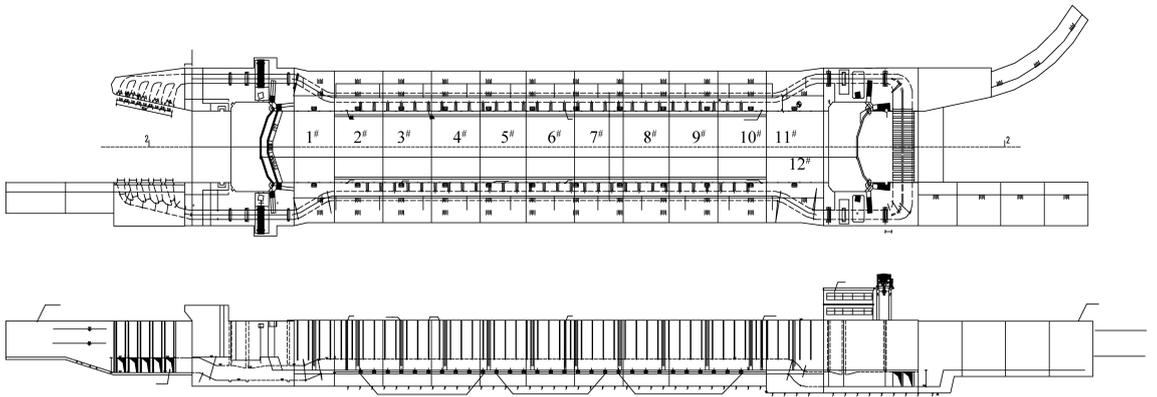
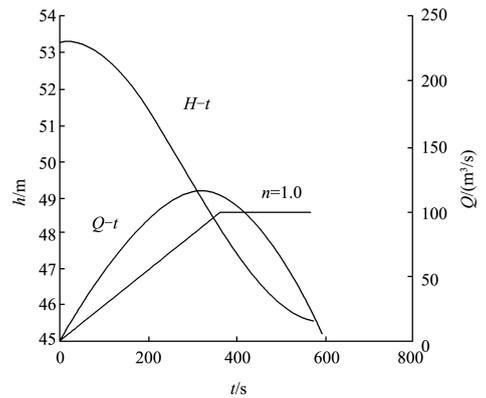


图1 孟州坝二线船闸输水系统布置

1 输水系统水力特性

试验首先分别对船闸阀门双边同步均匀开启 $t_v=4、5、6、7\text{ min}$ 情况观测了闸室充、泄水时间及水流流态。当充水阀门双边开启时间分别为4、5、6和7 min时, 闸室充水时间分别为7.12、7.57、8.03和8.67 min, 闸室最大充水流量分别为160、146、133和124 m^3/s ; 闸室泄水时间分别为8.12、8.58、9.04和9.49 min, 闸室最大泄水流量分别为135、122、116和108 m^3/s 。其结果表明: 4种阀门开启速度均基本满足设计要求的闸室充、泄水时间不超过10 min的要求。在阀门双边开启 $t_v=5\sim 6\text{ min}$ 工况下, 充泄水系统平均流量系数分别为0.802和0.699, 单边充、泄水系统平均流量系数分别为0.818和0.712。图2为闸室6 min充、泄水水力特征曲线, 其中水位组合: 53.32~45.32 m, Q 为充泄水流量, H 为闸室水位, n 为阀门开启度。



b) 泄水

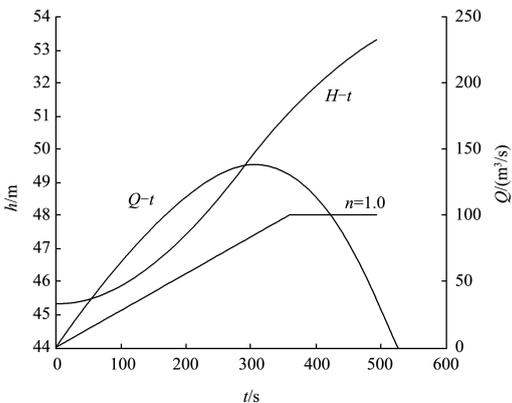
图2 闸室水力特征曲线

2 闸室停泊条件

孟州坝二线船闸平面尺度较大, 但船闸工作水头较低, 闸室仅布置简单的消能工。为研究消能工的消能效果, 改善输水过程闸室内水流条件和船舶停泊条件, 试验对闸室内消能工布置进行了多方案的比较。

2.1 无槛方案

闸室内不布置消能工, 水流对冲消能, 闸室布置见图3。双边阀门开启充水时, 充水初期, 支孔出流较小, 水面较为平稳, 闸室两侧水面略高于闸室中部, 横向比降较小; 充水中后期, 支孔流量逐渐增大, 支孔出水水流汇集于闸室中部, 水流交错碰撞后, 在闸室中部翻涌而上, 在闸室中形成水花和漩涡, 闸室中间水面较两侧高, 形成中间高, 两侧小的横比降。阀门 $t_v=6\text{ min}$ 匀速开启时, 闸室充水过程流态见图4。



a) 充水

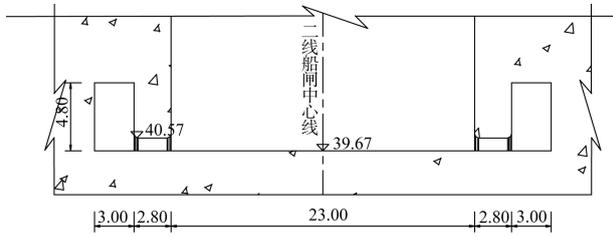


图3 闸室无槛方案布置 (单位: m)



图4 无槛方案闸室充水过程流态 (双边充水)

2.2 低槛方案

经试验分析, 无槛方案双边充水, 闸室中部涌高较大, 横向水流分配不均匀。根据无槛方案输水过程闸室流态的特点, 试验在两侧出水口各布置1根消力槛, 根据我所船闸闸室消能机理研究成果和类似船闸试验研究经验, 消力梁槛高拟定为0.6 m (出水支孔高度的2/3), 宽0.6 m, 对于消力槛的平面位置模型进行了距孔口1.0、1.2、2.0 m 3种方案比较, 连续消力槛布置见图5。

1) 消力槛距孔口1.0 m方案: 阀门双边开启时, 由于消力槛的阻挡, 水流与消力槛碰撞消能后, 大部分水流从消力槛内侧水域涌出, 再流向闸室中部, 试验观测到出水支孔上部水面有较大涌高。充水中后期表现更为明显, 闸室两侧水面高于闸室中间, 闸室水面两侧高中间低, 横向水流分配不均匀。试验分析导致此种流态的原因是: 两侧消力槛离支孔较近, 支孔出流经消力槛碰撞消能后, 水流反弹, 大部分水流从消力槛内侧涌出。

2) 消力槛距闸墙1.2 m方案: 双边阀门开启工况下, 充水初期, 消力槛内水域出流量稍大, 但由于出流流量不大, 水面平稳, 横向比降较小。随着阀门开度的增大; 在充水中期, 在消力槛后方约4 m的水面出现小的水花; 在充水后期, 随着闸室水位的升高和出流量的减小, 水花逐步减

弱直至消失, 闸室水面逐渐平稳。在整个充水过程中, 除消力槛后局部水域有小的水花外, 闸室水面较平稳, 闸室水流条件较好, 未观测到泡漩和漩涡等不良水流现象。试验分析认为, 在充水初期, 闸室支孔出流流速小, 消力槛对水流的拦阻作用小; 在充水中期, 支孔出流流速逐渐增大, 水流达到消力槛时, 部分出流从槛顶上方流向闸室中间, 部分水历经消力槛消能反弹后从消力槛内侧流出, 反弹水体在向上出流时与消力槛上方水流交汇, 在消力槛后方水面涌出, 两股水流的相互作用, 使闸室横向出流更趋均匀。

3) 消力槛距闸墙2.0 m方案: 为进一步比较消力槛位置对闸室水流条件的影响, 试验将消力梁调整至距闸墙2.0 m处。在此种方案下, 阀门双边开启充水中后期, 闸室中部水面涌高大, 出流集中在闸室中部, 横比降大, 闸室中部出现水花和漩涡。试验分析认为: 随着消力槛与出水支孔距离的增加, 消力槛对水流的调整和消能作用减弱, 支孔出流大部分从消力槛上方冲至闸室中间, 使闸室横向出流分布不均, 闸室横向比降较大。

以上几种方案中推荐消力槛距闸墙1.2 m方案, 闸室充水过程特征流态见图6。

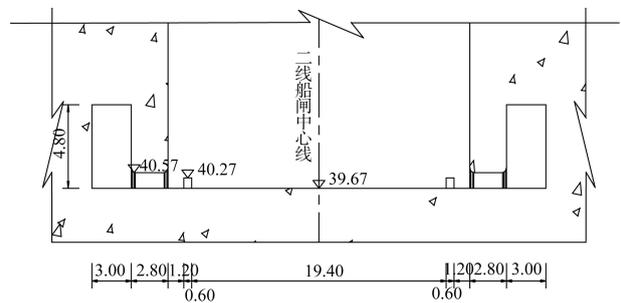


图5 距闸墙1.2 m 闸室连续槛布置图 (单位: m)



图6 消力槛距闸墙2.0 m 方案闸室充水过程流态 (双边充水)

2.3 闸室船舶系缆力

为了进一步研究闸室停泊条件, 试验对上述几个方案下 1 000 t 干散货船船舶系缆力进行了比较试验。通过采用全环电阻式拉力仪测定船舶受力, 船舶受力与系缆力大小相等、方向相反, 从而推算出船舶系缆力大小。试验水位组合为 53.32~45.32 m, 阀门开启方式为双边 $t_v=4\sim 7$ min 开启和单边 $t_v=6\sim 7$ min 开启, 船舶均停于闸室中部靠左侧闸墙处, 船舶为单船, 几组对比试验中船舶数量和停靠位置没有发生变化。实测系缆力结果比较见表 1, 消力槛距闸墙 1.2 m 方案阀门 6 min 双边开启下船舶系缆力过程线见图 7。

表 1 各方案下闸室内船舶(队)平均最大系缆力比较

| 试验工况 | 试验方案 | 阀门开启时间/min | 纵向力/kN | 前横向力/kN | 后横向力/kN | |
|----------------|------|--------------------|--------|---------|---------|-----|
| 阀门 双边 开启 | 无槛 | 4 | 7.4 | 6.0 | 8.5 | |
| | | 5 | 6.2 | 5.1 | 5.8 | |
| | | 6 | 5.1 | 5.0 | 5.0 | |
| | | 7 | 5.0 | 4.5 | 4.8 | |
| | | 连续槛 (距闸墙 1.2 m) | 4 | 7.7 | 6.0 | 5.1 |
| | | | 5 | 6.0 | 5.1 | 5.0 |
| | 6 | | 6.2 | 4.9 | 4.1 | |
| | 7 | | 5.0 | 4.9 | 4.6 | |

注: 1 000 t 船纵向最大系缆力允许值为 32 kN, 横向为 16 kN。

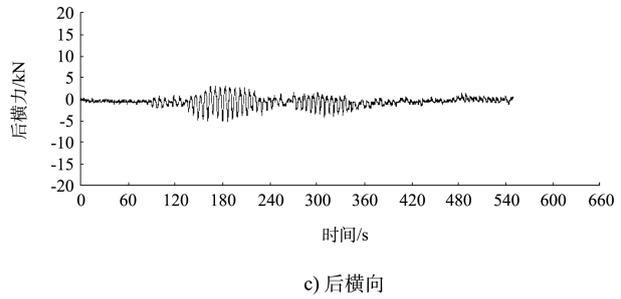
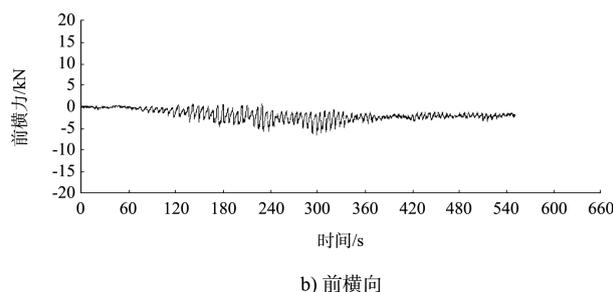
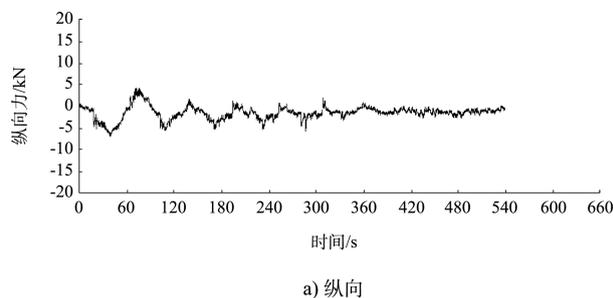


图 7 1 000 t 干散货船停于闸室系缆力过程线

JTJ 306—2001 船闸输水系统设计规范^[6]规定船舶允许的纵向水平分力为 32 kN, 横向水平分力为 16 kN。从表 1 可看出, 3 种方案下, 阀门双边开启 4~7 min 工况下, 1 000 t 干散货船最大纵向系缆力为 10.2 kN, 最大横向系缆力为 8.5 kN, 3 种方案纵、横向系缆力相差不大, 均满足规范要求。就横向系缆力而言, 无槛方案整体较消力槛方案大。如 $t_v=6$ min 双边充水工况, 两种方案前横向系缆力分别为 5.0 和 4.9 kN; 后横向系缆力分别为 5.0 和 4.1 kN。测试纵向系缆力表明, 在阀门快速开启时, 消力槛方案略大; 而在阀门开启速度较慢时, 两种方案的纵向系缆力基本相同。

综上所述: 在模型试验拟定工况下, 无消力槛方案, 双边充水工况系缆力满足规范要求, 但闸室水面紊动剧烈, 闸室漩涡数量和强度较其它两方案大, 且阀门单边运行时, 流态较差, 横向系缆力超过规范允许值, 故不推荐该方案。连续消力槛方案船舶系缆力均满足规范要求, 试验推荐消力槛方案 (槛高×槛宽: 0.6 m×0.6 m, 距闸墙 1.2 m)。

3 结语

1) 在最大设计水头工况下(53.32~45.32 m), 经过对阀门开启时间($t_v=4\sim 7$ min)的比较, 综合考虑闸室停泊条件、阀门工作条件及引航道水流条件, 确定采用双边阀门连续开启 $t_v=5\sim 6$ min 方式, 船闸充、泄水时间均小于 10 min, 满足船闸设计通过能力要求。

(下转第 150 页)