

嘉陵江利泽航运枢纽船闸输水系统的布置与研究

廖劲松

(重庆航运建设发展(集团)有限公司,重庆 401121)

摘要:根据嘉陵江利泽航运枢纽船闸的特点和《船闸输水系统设计规范》的规定,将利泽航运枢纽船闸的输水系统型式确定为闸墙长廊道侧支孔输水系统。通过对船闸闸墙长廊道侧支孔输水系统的特点进行分析且采用对比分析及水力计算的方法,确定了输水廊道的面积及断面尺寸,提出了合理的充泄水阀门开启时间和具体的输水系统布置。结果表明:输水系统布置合理,利泽枢纽船闸的具体条件与设计单位提出的输水系统布置及各部位尺寸相适应,各输水水力特征值能够达到预期设计目标并同时满足规范和设计的要求。这种闸墙长廊道侧支孔输水布置是一种较优的、适合于中等水头与重力式闸墙的输水系统型式,其具体实效有待实践验证。

关键词:输水系统;布置;利泽航运枢纽船闸

中图分类号:TV7;TV51;TV22

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2019)04-0132-05

Layout and Research of Shiplock Water Conveyance System in Lize Navigation Junction of Jialing River LIAO Jinsong

(Chongqing Navigation Construction Development (Group) Co., LTD, Chongqing, 401121)

Abstract: According to the characteristics of the shiplock of Lize Navigation Junction on Jialing River and the stipulation of the Design Code for Filling and Emptying System of Shiplocks, the type of the shiplock water conveyance system of Lize Navigation Junction is determined as the side branch hole water conveyance system of the long corridor of the lock wall. Based on the analysis of the characteristics of the side branch hole water conveyance system of the long corridor of the lock wall, the area and section size of the water conveyance corridor are determined by means of comparative analysis and hydraulic calculation, and the reasonable opening time of the filling and discharging valves and the specific layout of the water conveyance system are proposed. The results show that the layout of the water conveyance system is reasonable, and the specific conditions of Lize Navigation Junction shiplock are in accordance with the layout of the water conveyance system and the dimensions of each part proposed by the design unit, and the hydraulic characteristic values of each water conveyance structure can meet the expected design objectives and meet the requirements of the code and design simultaneously. The layout of side branch hole of long corridor of lock wall is a better type of water conveyance system which is suitable for medium water head and gravity lock wall; however, its substantial effect needs to be verified by practice.

Key words: water conveyance system; layout; Lize Navigation Junction shiplock

1 概述

嘉陵江作为长江上游联接陆路与水陆交通运输的重要干线,不仅是国家综合运输网的重要组成部分,同时也是交通运输部规划的全国水运主通道并被列为国家战备航道。重庆嘉陵江利泽航运枢纽坝址位于嘉陵江干流重庆市合川区大石街道境内,是嘉陵江干流梯级规划广元至重庆段十七级开发方案中的第十五级梯级,上游距桐子壕航电枢纽 29.7 km,下游距草街航电枢纽 70 km。国道 212 线在坝址右岸通过,渝(重庆)武(武胜)

高速在其左岸通过^[1]。坝址分别距利泽码头上游、合川城区以及重庆市区约 3.5 km、32 km、100 km。开发任务以航运为主,航电结合、以电促航、兼顾发电并修复嘉陵江干流合川区水生态环境^[2]。

枢纽船闸布置于左岸,船闸闸室的有效尺寸采用 180 m×23 m×3 m(长×宽×槛上水深);最大设计工作水头 8.73 m;通航 2×500 t 半分节驳船队,尺寸为 111 m×10.8 m×1.6 m(长×宽×吃水深度)。根据设计通过能力,确定船闸的输水时间为 8~10 min。

2 输水系统的布置

收稿日期:2019-07-01

2.1 输水系统型式的选择

输水系统型式的选择公式由《船闸输水系统设计规范》(JTJ306~2001)确定^[3]:

$$m = \frac{T}{\sqrt{H}}$$

式中 T 为输水时间, min; H 为水头, m; m 为输水系统类型判别系数。由以上数据代入可得:

$$m = \frac{T}{\sqrt{H}} = \frac{8 \sim 10}{\sqrt{8.73}} = 2.71 \sim 3.38$$

根据规范要求: m 大于 3.5 时采用集中输水; m 小于 2.5 时采用分散输水。当 m 为 2.5~3.5 时, 输水系统的类型应参照同类工程或进行经济技术论证后选定。对于分散输水系统, 当采用第一类输水系统时, m 值应大于 2.4; 采用第二类输水系统时, m 值应在 1.8~2.4 之间。该船闸 m 值介于 2.64~3.3 之间, 考虑到该船闸平面尺度较大等因素, 最终船闸采用闸墙长廊道侧支孔出水的第一类分散输水系统。

2.2 分散输水系统与集中输水系统相比具有的优势

集中输水系统相较于闸墙长廊道侧支孔输水系

$$\omega = \frac{2 \times 4\ 899 \times (\sqrt{8.73 + 0.25} - \sqrt{0.25})}{0.75 \times (480 \sim 600) \times \sqrt{2 \times 9.81} [1 - (1 - 0.56) \times 0.5]} = 15.74 \sim 19.68$$

计算结果表明: 输水阀门处的廊道断面面积为 15.74~19.68 m²。考虑到船闸输水要求高, 最终取输水阀门尺寸 $\omega = (2 \sim 3) \times 3.5$ (宽×高) = 21(m²), 可以满足输水时间要求。

2.3.2 主廊道及闸室段出水支孔的断面面积

主廊道断面与出水支孔的断面尺寸在阀门处廊道断面尺寸确定后进行选择。选择时应注意以下几个比值:

$$\varphi = \frac{\text{主廊道断面面积}}{\text{阀门处廊道断面面积}}$$

表 1 国内外部分船闸侧墙廊道支孔输水系统特征统计表

序号	船闸名称	阀门处廊道面积 /m ²	主廊道面积 /m ²	出水支孔总面积 /m ²	出水孔段长度 /m	出水孔段长度/闸室长度 /m	φ 值	β 值
1	桂平一线	24.5	32	30.24	145.6	78.3	1.31	0.95
2	贵港一线	24.5	31.5	32	127.2	0.67	1.29	1.02
3	长洲 2# 船闸	18	22.8	22.12	136.5	0.72	1.27	0.97
4	那吉船闸	12.96	14.04	15.12	140	0.74	1.08	1.07
5	大源渡船闸	24.5	28	26.48	153.9	0.75	1.14	0.95
6	沙颖船闸	8	10	9.6	87	0.67	1.25	0.96
7	涪江莲花寺	8	11.2	11.31	61.6	0.62	1.4	1.01
8	贵港二线	49.5	60	56.16	195.5	0.7	1.21	0.94
9	沙溪	9.68	13.2	12.86	76	63.3	1.36	0.97

统的输水水力性能具有明显的差距^[4]。通过不设镇静段缩短闸室长度以弥补因廊道而使闸墙工程量增大的缺陷, 其性能价格比在船闸水头达到需求(10 m)时将明显优于集中输水系统, 是一种较优的、适合于中等水头与重力式闸墙的输水系统型式^[5]。

2.3 船闸输水系统的布置

2.3.1 输水阀门段廊道的断面尺寸与面积

根据船闸输水系统设计规范, 利泽航运枢纽船闸输水阀门处的廊道断面积可按以下公式进行计算:

$$\omega = \frac{2C(\sqrt{H+d} - \sqrt{d})}{\mu t \sqrt{2g} [1 - (1 - \alpha)k_v]}$$

式中 ω 为输水阀门处廊道的断面面积, m²; C 为计算闸室水域面积, m²; H 为设计水头, m; μ 为输水系统的流量系数(阀门全开), 可取 0.75; t 为闸室充(泄)水时间, s; α 和 k_v 为系数(可查表); α 与流量系数 μ 和阀门门型有关; g 为重力加速度, m/s²; d 亦为系数, 与 μ 的取值有关。

对于利泽枢纽船闸: $C = 213 \times 23 = 4\ 899$ (m²), $H = 8.73$ m, $T = 8 \sim 10$ min; 取 $d = 0.25$, $\mu = 0.75$, $\alpha = 0.56$, $k_v = 0.5$, 则:

$$\beta = \frac{\text{出水支孔断面面积}}{\text{主廊道断面面积}}$$

$$\gamma = \frac{\text{出水支孔断面面积}}{\text{阀门处廊道断面面积}}$$

根据相关经验, φ 值的大小与输水主廊道各段的损失和 γ 值与出水孔段阻力损失成反比; 各出水支孔之间出流越均匀, 表明 β 值愈小, 但此时的出水孔段阻力却相应增大。表 1 给出了部分船闸 φ 、 β 、 γ 的统计值。

下闸首工作阀门处廊道顶高程为 197.5 m, 最小淹没水深 4.5 m, 工作阀门断面尺寸与上闸首同为 3 m×3.5 m(宽×高), 工作阀门井与上、下游检修阀门井相距 5 m、12.5 m, 工作阀门后的廊道高度采取 3.5~4 m 逐渐向上的扩大型式。将导墙垂直多支孔同样布置于下游廊道出水口处

是为了避免基坑开挖深度增大、下闸首底板高程过低现象的出现。出水口顶高程为 198.5 m, 最小淹没水深为 3.5 m, 大于规范 1.5 m 淹没水深的要求, 断面面积为 48 m² 的下闸首出水口廊道是主廊道面积的 2 倍(图 2)。

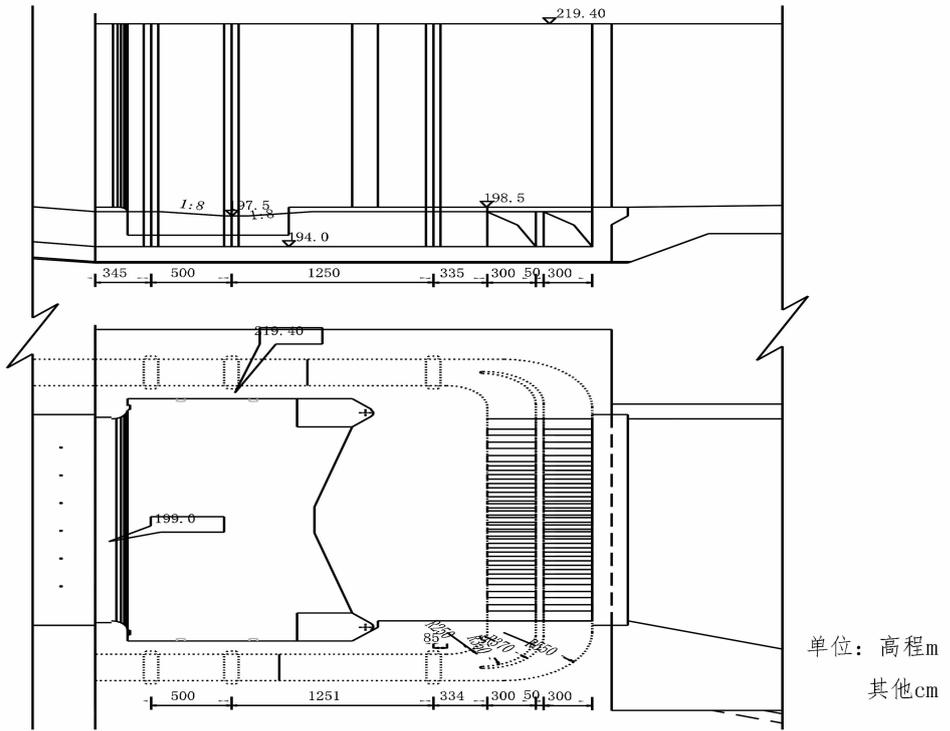


图 2 下闸首布置图

3 输水系统的水力特性

在最不利水位组合运行工况下(水位组合: 高程 210.73~202 m, 水头 8.73 m), 输水的主要特征值见表 2, 充水时间和阀门开启时间的关系见图 3。

由图 3、表 2 可见: 当充水阀门双边开启时间分别为 4 min、5 min、6 min 和 7 min 时, 闸室充水时间分别为 8.1 min、8.8 min、9.4 min 和 10 min, 闸室最大充水流量分别为 145 m³/s、136 m³/s、128 m³/s 和 119 m³/s, 相应的输水主廊道最大断面平均流速分别为 6.04 m/s、5.67 m/s、5.33 m/s 和 4.96 m/s, 工作阀门廊道的最大断面平均流速分别为 6.9 m/s、6.48 m/s、6.1 m/s 和 5.67 m/s, 上游进水口断面最大平均流速分别为 1.51 m/s、1.42 m/s、1.33 m/s 和 1.24 m/s, 闸室水位最大上升速度分别为 3 cm/s、2.8 cm/s、2.6 cm/s

表 2 船闸非恒定流水力特性参数表

(水位组合: 高程 210.73~202 m)

水力指标	闸室充(泄)水时间	最大流量 Q	水面最大上升(下降)速度		
阀门开启时间及方式	t / min	/m ³ ·s ⁻¹	/m·s ⁻¹		
充水	双边	4 min	8.1	145	0.03
	5 min	8.8	136	0.028	
	6 min	9.4	128	0.026	
	7 min	10	119	0.024	
泄水	单边	6 min	14.2	82	0.017
	7 min	15.4	78	0.016	
	双边	4 min	8.7	139	0.028
	5 min	9.6	131	0.027	
其他	6 min	10.1	123	0.025	
	7 min	10.8	113	0.023	
	6 min	15.3	76	0.016	
	7 min	16.5	71	0.015	

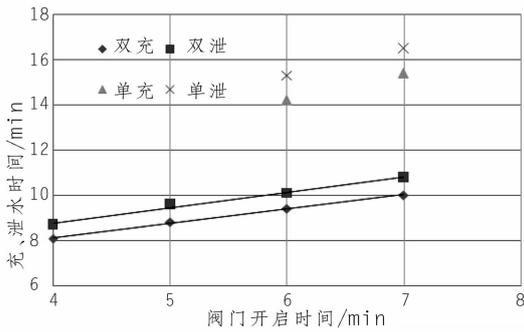


图 3 闸室充、泄水时间与阀门开启时间关系曲线图

和 2.4 cm/s。

当泄水阀门双边开启时间分别为 4 min、5 min、6 min 和 7 min 时,闸室泄水时间分别为 8.7 min、9.6 min、10.1 min 和 10.8 min,闸室最大泄水流量分别为 $139 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $131 \text{ m}^3/\text{s}$ 、 $123 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $113 \text{ m}^3/\text{s}$,相应的输水主廊道最大断面平均流速分别为 6.18 m/s、5.76 m/s、5.14 m/s 和 4.76 m/s,阀门段廊道的最大断面平均流速分别为 5.79 m/s、5.46 m/s、5.13 m/s 和 4.71 m/s,闸室水位最大下降速度分别为 2.8 cm/s、2.7 cm/s、2.5 cm/s 和 2.3 cm/s。

在充水阀门单边开启时间为 6 min、7 min 时,闸室的充水时间分别为 14.2 min 和 15.4 min。此时,闸室的最大充水流量分别为 $82 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $78 \text{ m}^3/\text{s}$,输水主廊道、工作阀门廊道的最大断面平均流速相应为 6.83 m/s、6.5 m/s 和 7.81 m/s、7.43 m/s,上游进水口断面的最大平均流速分别为 1.71 m/s 和 1.63 m/s。在阀门单边开启时间为 6 min、7 min 泄水时,闸室的泄水时间分别为 15.3 min 和 16.5 min。此时,闸室充水的最大流量分别为 $76 \text{ m}^3/\text{s}$ 和 $71 \text{ m}^3/\text{s}$,输水主廊道、工作阀门廊道的最大断面平均流速相应为 6.33 m/s、5.91 m/s 和 7.24 m/s、6.76 m/s。

4 结 语

笔者通过对船闸闸墙长廊道侧支孔输水系统

(上接第 100 页)

[4] 王春华.汽车电气维修的常用方法[J].汽车工程师, 2015,42(12):62-63.

[5] 刘丹丹,郭超.汽车电气系统典型故障诊断与维修[J].汽车工程师,2016,43(9):59.

作者简介:

李福明(1966-),男,四川都江堰人,工程师,从事汽车和重机维

特点进行分析,运用水力计算和已有相似船闸对比分析的研究方法,对嘉陵江利泽航运枢纽船闸输水系统的选型、布置、尺寸等方面的确定提出了较为全面的研究成果,主要有以下结论:

(1)根据利泽航运枢纽船闸特点,采用闸墙长廊道侧支孔分散输水系统的布置型式较为合适。该型式的输水系统具有较高的性价比且适用于利泽航运枢纽船闸的水力指标范围。

(2)所提出的输水系统布置满足《船闸输水系统设计规范》,且同时适合于利泽航运枢纽船闸的具体条件。

(3)采用 6 min 匀速开启船闸充、泄水阀门时,闸室的平均输水(充、泄)时间为 9.75 min;采用 7 min 匀速开启船闸充、泄水阀门时,则闸室对应的平均输水时间(充、泄)为 10.4 min。输水时间若考虑模型缩尺效应均满足设计要求的 10 min 以内,各项水力学指标满足规范要求,说明输水系统各部分尺寸的设计基本合理。

(4)可以通过不设镇静段缩短闸室长度以此弥补因廊道而使闸墙工程量增大的缺陷,其性价比在船闸水头达到需求(10 m)时将明显优于集中输水系统。

参考文献:

- [1] JTJ305-2001,船闸总体设计规范[S].
- [2] 吴四飞,李福海.富金坝枢纽船闸总体布置及试验研究[R].中国航海学会,2008.
- [3] JTJ306-2001,船闸输水系统设计规范[S].
- [4] 张星星,陈明栋,陈明,等.船闸闸底长廊道侧支孔输水系统研究进展[J].水运工程,216,516(6):135-141.
- [5] 宣国祥,李君,黄岳,等.中水头巨型船闸闸墙长廊道侧支孔输水系统水动力学研究[J].水运工程,2016,523(12):37-41.

作者简介:

廖劲松(1968-),男,重庆市人,党委副书记、总经理,正高级工程师,工程硕士,主要研究方向:公路与城市道路,内河航运工程建设、运营与管理。

(责任编辑:李燕辉)

修、运行技术及管理工

徐润邦(1974-),男,四川都江堰人,高级技师,从事工程设备电气维修工作;

丰加兵(1989-),男,湖北宜昌人,助理工程师,从事水电、矿山工程设备技术与管理工

刘明铭(1988-),男,湖北孝感人,助理工程师,从事水电、矿山工程设备技术与管理工

(责任编辑:李燕辉)