



贵港二线船闸下闸首出口及 下游引航道停泊条件研究

彭永勤, 刘平昌

(重庆交通大学, 重庆 400016)

摘要: 以贵港二线船闸为依托, 通过建立 1:30 比尺的物理模型, 分别对下闸首出口非对称式消能格栅和对称式消能格栅方案下的水流条件和船舶停泊条件进行研究。结果表明, 在对称式消能格栅内增设消力槛方案, 不仅下引航道水流条件及船舶的停泊条件满足规范要求, 而且施工工艺较非对称式消能格栅方案简单, 施工难度小, 也为以后研究同一类型的船闸下闸首出口水动力学问题奠定了基础。

关键词: 船闸; 下闸首出口; 下引航道; 水流条件; 停泊条件

中图分类号: U 641.1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2015)10-0108-04

Berthing conditions of Guigang second-lane lock's downstream lock head outlet and approach channel

PENG Yong-qin, LIU Ping-chang

(Chongqing Jiaotong University, Chongqing 400016, China)

Abstract: Relying on Guigang second-lane ship lock, we establish a 1:30 scale physical model to study the downstream lock head outlet's flow conditions and ship berthing conditions on asymmetric and symmetric energy dissipation grille. The result reveals that adding baffle sill within the symmetric energy dissipation grille, not only the downstream approach channel flow conditions and ship berthing conditions meet the standard, but also the construction technology is simpler than the asymmetric energy dissipation grille. This study also lays a foundation for the research on the hydro-dynamics of the same type downstream lock head outlet.

Keywords: ship lock; lower lock head outlet; approach channel; flow condition; berthing condition

贵港航运枢纽坝址位于西江郁江河段贵港市上游 6.5 km 处, 已建成投入运行的一线船闸为Ⅲ级, 船闸有效尺度为 190 m × 23 m × 3.5 m (有效长度 × 有效宽度 × 槛上水深, 下同), 拟建的贵港枢纽二线船闸并列布置在现有一线船闸右侧, 其尺度为 280 m × 34 m × 5.8 m, 设计最大水头为 14.1 m, 采用较简单的侧墙长廊道支孔输水系统^[1-4]。由于该船闸平面尺度大、要求的充泄水时间短、充泄水流量大、输水强度高, 下引航道底宽仅 75 m、

水深 5.8 m, 经计算, 在推荐的下闸首阀门双边开启 7 min 泄水工况下, 下引航道内断面平均流速达 0.88 ~ 0.95 m/s, 接近于规范要求的 1 m/s 限值。由于本工程下引航道加宽、加深条件受到限制, 所以如何使下引航道水流条件趋于均匀的研究十分必要, 而下闸首出口的布置方案对下引航道水流条件的影响很大。本文分别对下闸首出口非对称式消能格栅和对称式消能格栅两种方案下的水流条件和船舶停泊条件进行研究^[5-8]。

收稿日期: 2015-02-09

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

1 非对称式消能格栅方案

下引航道布置为非对称式, 消能格栅顶、正面格栅亦布置成非对称式——左边格栅宽、右边

窄, 并在左边外侧廊道的中间位置设有宽 0.8 m 的挡板(图 1)。

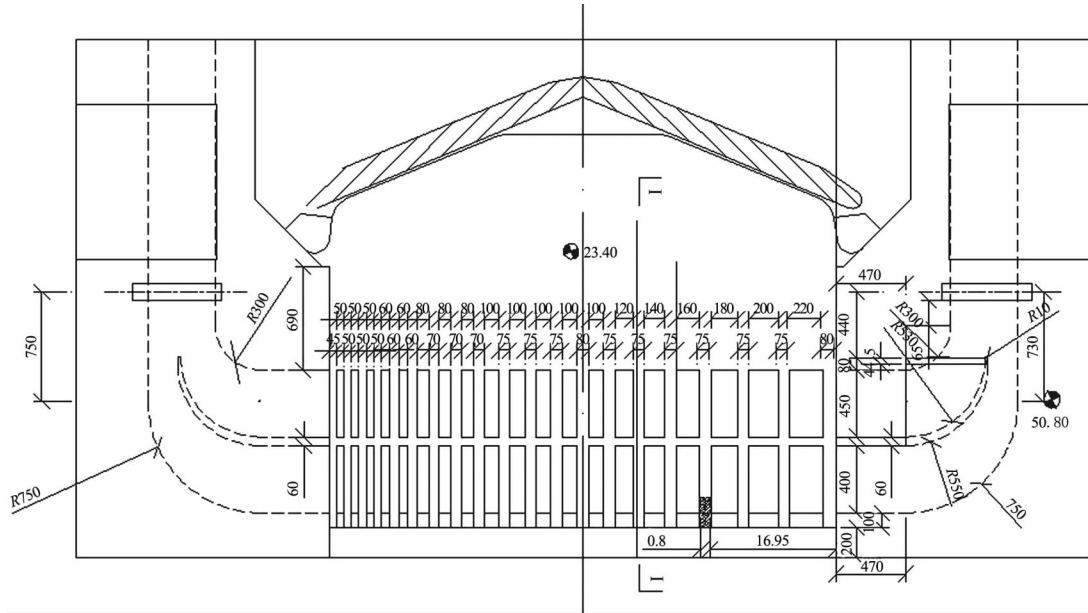


图 1 非对称式消能格栅方案 (单位: cm, 下同)

阀门开启泄水初期, 消力池内的两侧水流翻涌较均匀, 最大涌高 18 cm (原型); 下引航道内水流扩散快, 水面波浪较小, 无回流; 随着阀门开度加大, 消力池内的两侧水流翻涌加大, 左侧的涌高略大于右侧, 最大涌高 0.58 m; 下引航道内水面波浪加大, 但无横流、回流剪刀水等不良流态出现。

为了进一步了解下引航道内沿程流量分配情况, 试验实测下引航道内断面流速分布。流速测点分布见图 2, 实测阀门双、单边开启时, 下引航道内断面流速分布见图 3 及表 1。

可见, 泄水至 CS3、CS4、CS5 断面船舶停泊位置, 其断面流速分布已趋均匀, 下引航道导航墩停泊处无回流、横流, 所有流速值均小于 1.0 m/s, 满足规范允许值。

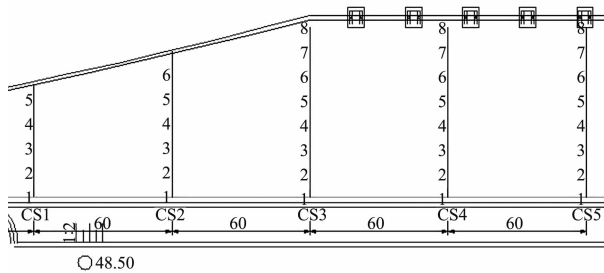


图 2 测点分布



图 3 下游出口水流流态

表 1 下引航道断面流速分布 m/s

工况	测点	断面				
		CS1	CS2	CS3	CS4	CS5
7 min 双泄	1	1.29	1.23	0.92	0.91	0.95
	2	1.13	1.07	0.86	0.95	0.77
	3	1.06	0.87	0.81	0.80	0.75
	4	1.19	0.70	0.67	0.65	0.61
	5	0.44	1.06	0.72	0.53	0.67
	6		0.48	0.82	0.62	0.76
	7			0.87	0.90	0.91
7 min 单泄	1	1.04	0.64	0.62	0.44	0.49
	2	0.79	0.61	0.48	0.39	0.46
	3	0.67	0.61	0.43	0.33	0.24
	4	0.94	0.55	0.42	0.41	0.41
	5	0.08	0.86	0.62	0.56	0.41
	6		0.12	0.81	0.67	0.51
	7			0.61	0.88	0.81

2 对称式消能格栅方案

考虑到非对称式消能格栅施工工艺稍复杂、施工难度较大，因此，本次试验又对对称式消能格栅加消力坎的方案进行了研究。消能格栅顶、正面格栅布置呈对称式，两边格栅宽，中间窄。并在消能格栅内左、中、右设3、2、1根不同位

置、不同高度的消力坎，进行多种方案的比较试验，最终确定采用在消能格栅内两边各设1个尺寸为9.1 m × 0.6 m × 2.2 m (1.8 m) (长 × 宽 × 高) (左岸消力坎2.2 m高,右岸1.8 m高)的消力坎。消能格栅尺度及其消力坎位置、高度见图4。

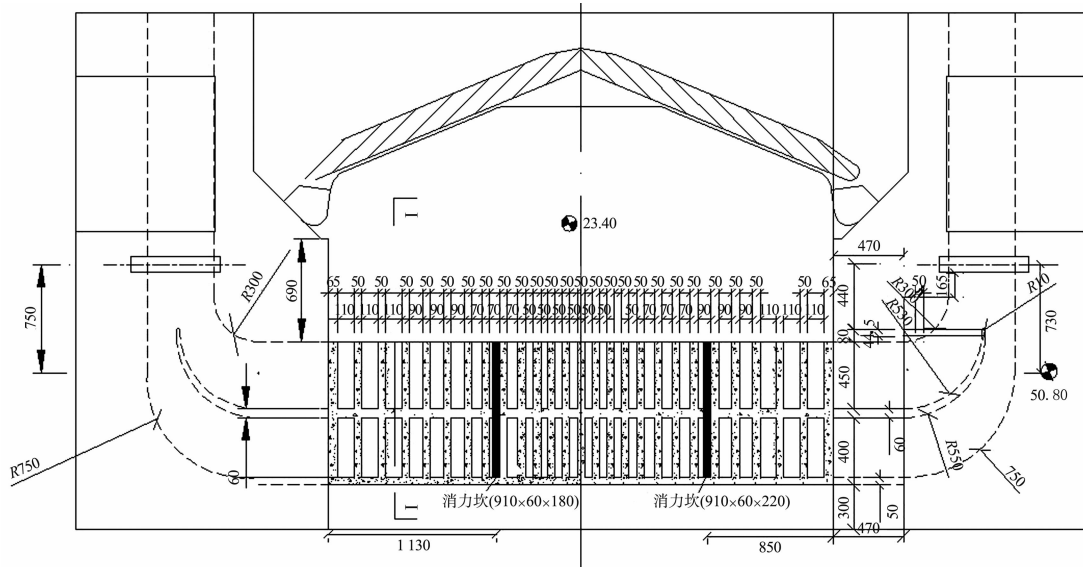


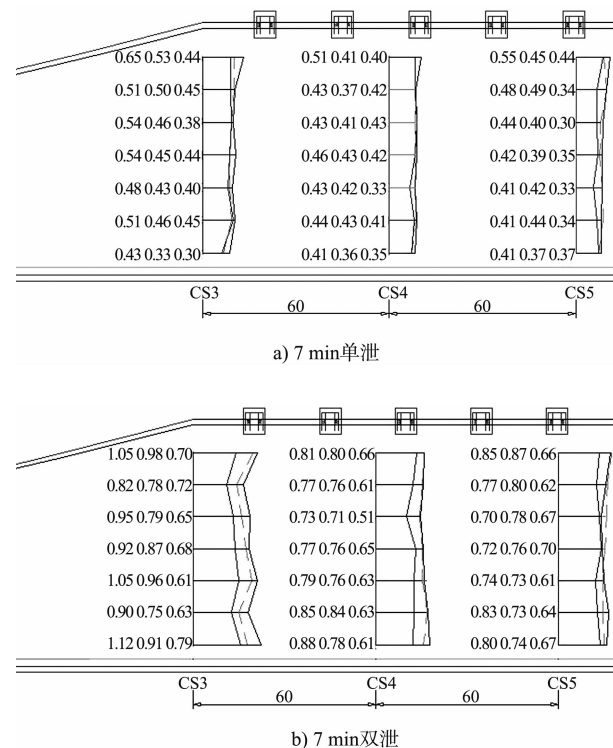
图4 对称式消能格栅方案

阀门双边开启 $t_v = 7 \text{ min}$ 泄水初期，消能格栅内的两侧（消力坎位置）及中间部位水流翻涌较均匀，最大涌高6 cm（原型）；出口水流均匀在下引航道内扩散，水面波浪较小，无回流；随着阀门开度加大，消力池内的两侧水流翻涌加大，但消力塘内两侧及中间部位水流翻涌仍较均匀，最大涌高0.16 m；下引航道内水面波浪较前有所加大，但无横流、回流剪刀水等不良流态出现。

左侧阀门单边开启 $t_v = 7 \text{ min}$ ，泄水初期，消能格栅内左侧消力坎位置的水流出现翻涌，涌高较小，出口水流均匀在下引航道内扩散；阀门开度至最大流量时段，消力塘内除左侧消力坎位置的水流出现翻涌外，部分水流冲至右侧消力坎及边墙位置，并亦出现水流翻涌，最大涌高0.09 m；消能格栅内的出口水流畅经消力塘消能后亦较均匀的向下引航道内扩散，无横流、偏流、回流、剪刀水等不良流态出现。

为了进一步了解下引航道内沿程流量分配情况，试验实测了阀门双边和单边开启7 min、开度

为0.8时下引航道内停泊段断面流速分布（图5）。



注：流速自左至右分别为表面流速、0.6 h流速和底部流速。

图5 平面流速分布（单位：m/s）

实测的流速资料表明, 阀门双边开启 $t_v = 7$ min, 开度 0.8 泄水时, 副导墙末端断面 (CS3) 的左侧垂线最大表面流速为 1.12 m/s; 在距副导墙末端 60 m 处的 CS4 测流断面, 水流经过扩散调整后, 垂线最大表面流速为 0.88 m/s; 在距副导墙末端 120 m 处的 CS5 测流断面, 垂线最大表面流速为 0.85 m/s。上述 3 个断面流速分布已趋均匀, 虽然个别垂线最大表面流速大于 1.0 m/s。但其平均流速值均小于 1.0 m/s。且范围小, 不影响船舶的停泊安全。

由上述试验资料可见, 无论阀门双边还是单边开启, 泄水至副导墙末端 CS3 断面船舶停泊位置, 其断面流速分布已趋均匀, 下引航道导航墩停泊处无回流、横流, 阀门双边开启 $t_v = 7$ min, 虽然个别垂线最大表面流速大于 1.0 m/s。但其平均流速值均小于 1.0 m/s。且范围小, 不影响船舶的停泊安全。

3 船舶停泊条件

将 $2 \times 2\ 000$ t 船队和 3 000 t 单船停于与非对称方案相同下引航道内的位置, 在上、下游水位组合 43.1 ~ 29.0 m 时, 分别测定不同工况下船舶的系缆力。试验实测结果见表 2。由表 2 可知, $2 \times 2\ 000$ t 设计船队和 3 000 t 单船的受力特征与非对称方案相同, 即船舶第一波浪力和横向力均有 $2 \times 2\ 000$ t 设计船队控制。但与非对称方案相比, 船舶系缆力均有不同程度的减小。当阀门双边开启 $t_v = 7$ min, $2 \times 2\ 000$ t 设计船队和 3 000 t 单船停于距下闸首 0 + 200 m 左导航墙位置, 非对称方案船舶最大纵向波浪力分别为 36.6、23.5 kN, 对称方案分别为 34.5、21.5 kN; 最大横向系缆力平均值分别为 17.0、16.2 kN, 对称方案分别为 15.3、16.1 kN; 阀门单边连续开启 $t_v = 7$ min 泄水, 最大纵向波浪力分别为 21.4、15.9 kN, 对称方案分别为 19.4、15.9 kN; 横向系缆力最大平均值分别为 15.4、16.0 kN, 对称分别为 13.9、14 kN; 均小于规范允许值。

4 结语

从对下闸首 2 种消能格栅方案的研究可以看出, 无论阀门双边还是单边开启, 泄水至副导墙末端 CS3 断面船舶停泊位置, 其断面流速分布已趋均匀, 下引航道导航墩停泊处无回流、横流。

表 2 船舶最大平均系缆力 (对称方案) kN

水位	船舶吨位	位置	$t_v = 6$ min (双泄)	$t_v = 7$ min (双泄)	$t_v = 7$ min (单泄)
43.1 ~ 29.0 m	$2 \times 2\ 000$ t	前横	10.8	9.2	7.3
		前纵	36.2	34.5	19.4
		后横	15.9	15.3	13.9
	3 000 t	前横	12.8	11.7	10.7
		前纵	26.9	21.5	15.9
		后横	15.3	16.1	14.0

非对称式消能格栅方案, 停泊段的最大断面平均流速为 0.95 m/s; 对称式消能格栅方案停泊段的最大断面平均流速为 0.88 m/s, 阀门双边开启 $t_v = 7$ min, 虽然个别垂线最大表面流速大于 1.0 m/s, 但其平均流速值均小于 1.0 m/s, 且范围小, 不影响船舶的停泊安全; 阀门单边开启 $t_v = 7$ min, 所有流速值均小于 1.0 m/s, 满足规范允许值。考虑施工方便及下泄水流条件, 建议设计优先采用对称式消能格栅加消力坎方案。

参考文献:

- [1] 刘平昌, 彭永勤. 西江航运干线贵港航运枢纽二线船闸工程可行性研究输水系统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, 2011.
- [2] 刘平昌, 彭永勤. 西江航运干线贵港航运枢纽二线船闸工程初步设计阶段输水系统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, 2013.
- [3] 刘平昌, 彭永勤. 西江航运干线贵港航运枢纽二线船闸工程施工图设计阶段输水系统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, 2013.
- [4] 刘平昌, 宣国祥. 贵港和西津枢纽二线船闸扩能改造工程关键技术研究 [R]. 重庆: 重庆西南水运工程科学研究所, 2013.
- [5] Deardorff J W. A Numerical study of three-dimensional turbulent channel flow at large reynolds numbers[J]. Fluid Mech, 1970, 41(2): 453-480.
- [6] Harlow F H, Welch J E. Numerical calculation of time-dependent viscous incompressible flow of fluid with free surface[J]. Phy Fluids, 1965(8): 2 182-2 189.
- [7] Stockstill R L. Modeling hydrodynamic forces on vessels during navigation lock operations[J]. ASCE, 2002(1): 1-9.
- [8] Stockstill R L. Mooring model coefficients for barge tows in a navigation lock[J]. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering, 2003(5): 233-236.

(本文编辑 郭雪珍)