



大源渡枢纽上游引航道隔水墙 布置方案模型试验

林宇健, 刘晓平, 徐大彬, 谢 斌
(长沙理工大学 水利工程学院, 湖南 长沙 410004)

摘要: 针对大源渡二线船闸上游的水流特点, 采用整体物理模型和船模航行试验, 研究大源渡上游引航道口门区水流条件、泄水闸过流能力和引航道制动段长度3个主要因素对上游引航道隔水墙布置方案的影响。试验对比3种不同长度的隔水墙布置方案的适用性, 得知130 m隔水墙布置方案口门区水流条件最佳且制动段长度满足船舶制动要求; 300 m隔水墙布置方案泄水闸受回流区影响最小, 过流能力最佳。综合考虑规范要求 and 制动段长度要求, 并考虑充分发挥泄水闸过流能力, 选择上游引航道隔水墙130 m布置方案为推荐方案。

关键词: 大源渡枢纽; 引航道隔水墙; 泄水闸; 模型试验

中图分类号: U 61; TV 691

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2017)01-0121-04

Model experiment on arrangement of navigable wall at upstream approach channel of Dayuandu junction

LIN Yu-jian, LIU Xiao-ping, XU Da-bin, XIE Bin

(School of Hydraulic Engineering, Changsha University of Science & Technology, Changsha 410004, China)

Abstract: According to the flow feature of the upstream approach channel of the second-line shiplock in Dayuandu junction, we explore the influence of the three main factors including the navigable flow condition at the upstream entrance area of Dayuandu junction, the discharge capacity near the sluice gate lock holes and the length of braking area in the approach channel on the arrangement of the navigable wall at the upstream approach channel using the overall hydraulic model experiment and ship model experiment, in which, the adaptability of arrangements of three lengths are compared and the conclusion is drawn that proposal of 130 m navigable wall has the best flow condition at upstream entrance area and meets the requirements of the length of braking area; the proposal of 300 m navigable wall has the least influence by the circulating flow area and the best discharge capacity of the sluice. Considering comprehensively the code stipulations and requirement of the length of the braking area, and to maximize the discharge capacity of the sluice, we choose the proposal of 130 m navigable wall as the recommended one.

Keywords: Dayuandu junction; navigable wall of approach channel; sluice; model experiment

大源渡枢纽(图1)所在河段属于弯曲河道, 船闸引航道口门区及连接段位于弯道凸岸, 通航

水流条件受斜向水流和弯道水流的共同作用, 船舶航行不同于顺直微弯河段, 在上游口门区航行

收稿日期: 2016-04-19

作者简介: 林宇健(1992—), 男, 硕士研究生, 从事港口水工建筑物与土的相互作用研究。

时易发生横漂, 偏离航道^[1]。同时上游口门区外连接段受大源渡湘江大桥限制, 通航水流条件复杂, 增加了船舶进出上引航道的难度^[2]。拟建二线船闸后, 随着通航船舶船型增大, 枢纽上游引航道口门区宽度随之增宽, 必将占用更多的过流河道并影响枢纽的行洪能力和船舶通航条件。为使引航道口门区通航水流条件能够满足规范要求, 让船舶能安全航行, 需要在上游引航道口门区布置隔水墙。

上游引航道隔水墙的布置受多种因素共同制约, 包括引航道通航水流条件、邻近泄水闸过流能力、制动段长度等。本文主要针对设计流量(2 a一遇洪水流量 $Q=11\ 500\ \text{m}^3/\text{s}$), 通过水工模型试验以及船模航行试验, 综合分析各因素对上游引航道隔水墙布置的影响。

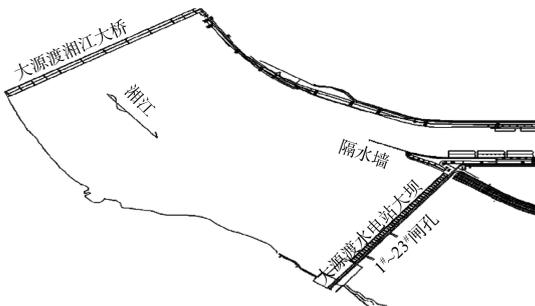


图1 大源渡枢纽上游布置

1 试验方案及判别标准

1) 引航道隔水墙布置方案。

主要研究3种不同的引航道隔水墙布置方案。

方案1: 540 m 隔水墙; 方案2: 300 m 隔水墙; 方案3: 130 m 隔水墙。

2) 判别标准。

大源渡船闸属于II级船闸。根据《船闸总体设计规范》^[3], 对船闸口门区通航水流要求是: 纵向流速 $\leq 2.0\ \text{m/s}$, 横向流速 $\leq 0.3\ \text{m/s}$, 回流流速 $\leq 0.4\ \text{m/s}$ 。

大源渡枢纽位于平原微丘河段, 人口密集, 上游防洪要求高。根据防洪部门要求, 拟建二线船闸工程后, 不得使枢纽河段水位产生新的雍高。

2 模型试验及结果分析

2.1 上游引航道口门区通航水流条件

大源渡上游水流条件复杂, 为保证引航道安全通航要求, 隔水墙前引航道口门区通航水流条件应满足规范要求。通过试验测量了3个布置方案口门区的流场, 其最大值见表1。

表1 设计流量上游口门区流速最大值 m/s

布置方案	口门区最大横向流速	口门区最大纵向流速	口门区最大回流流速
1	1.15	1.90	0.00
2	0.75	1.82	0.09
3	0.29	1.71	0.23

试验结果表明: 方案1口门区横向流速较大 ($v_{\text{max}} = 1.15\ \text{m/s}$), 不满足通航规范要求; 方案2口门区横向流速略有减小, 最大横向流速 $v_{\text{max}} = 0.75\ \text{m/s}$, 相较方案1口门区流速普遍减小, 但口门区大部分区域流速依然不满足通航规范要求; 方案3口门区大部分区域流速很小 $v_{\text{max}} = 0.29\ \text{m/s}$, 满足规范要求。

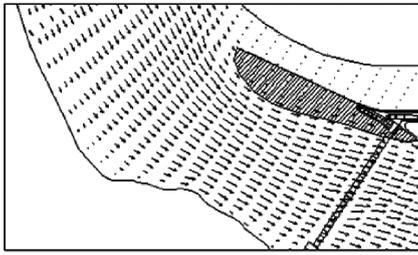
大源渡河段的模型试验表明^[4]: 弯道上游水流流速较快存在大面积急流区, 弯道下游凸岸处水流受岸壁边界影响, 有脱离岸壁的趋势, 产生小范围的掩护区, 形成弯道缓流区。方案1布置了较长的隔水墙, 使得上游口门区位于弯道的急流区; 方案2隔水墙长度缩短至300 m, 上游引航道口门区不再位于弯道急流区; 方案3隔水墙长度缩短至130 m, 口门区位于弯道缓流区, 横向和纵向流速都较小。综上分析可知: 随着隔水墙长度的缩短, 引航道口门区位置避开弯道急流区, 布置于弯道缓流区, 引航道口门区通航水流比较容易满足要求, 因此从上游引航道口门区通航水流条件考虑, 方案3是最佳方案。

2.2 泄水闸过流能力

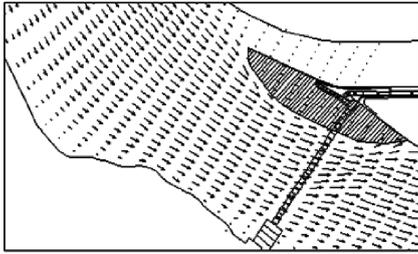
上游引航道布置隔水墙将限制河道过流宽度, 水流在经过船闸的引航道隔流堤时, 由于动静水交汇, 隔水墙头部外侧产生绕流现象^[5-6], 形成抛物线型态的回流区(图2), 位于回流区范围内的

泄水闸闸孔行进流速受到影响, 降低泄水闸的整体过流能力^[7]。

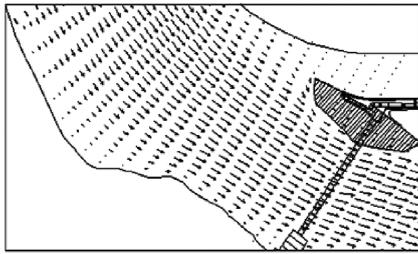
航道布置方案没有产生新的雍高, 因此各方案水位均满足规范要求。



a) 方案1



b) 方案2



c) 方案3

注:  隔水墙外侧回流区泄水闸前影响范围

图 2 上游泄水闸流场

通过比较各方案泄水闸的行进流速和泄水闸上游测点水位雍高值能够反映泄水闸的过流能力(图 3、4), 认为: 在设计流量下, 方案 1 上游水位雍高值最小, 邻近隔水墙的泄水闸行进流速减小, 远离隔水墙的泄水闸行进流速逐渐增大并趋于定值; 方案 2 较方案 1 上游水位普遍雍高, 最大雍高值 13 cm, 邻近泄水闸的第 1、2 号泄水闸孔存在倒流, 过闸流速受影响较大; 方案 3 较方案 1 上游水位雍高 7 cm, 较方案 2 水位降低, 泄水闸行进流速较方案 2 有所增大但仍小于方案 1。第 8 号闸孔后脱离回流区影响范围, 各方案过闸行进流速趋于一致。由于大源渡下游采用疏挖方案, 保证了各方案上游河段水位较原一线船闸引

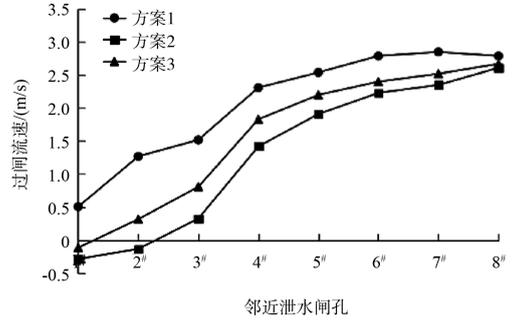


图 3 泄水闸邻近闸孔过闸流速

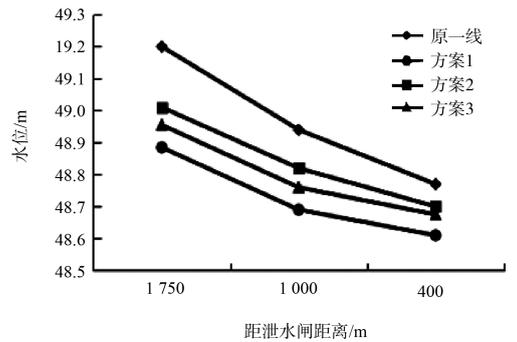


图 4 泄水闸上游各测点水位

通过观察图 2 泄水闸及隔水墙处流场发现, 方案 1 隔水墙靠河侧回流区起始点距离泄水闸距离较远, 回流区不影响泄水闸行进流速, 过流能力最佳。方案 2 隔水墙长度缩短, 隔水墙头部接近泄水闸, 回流区对泄水闸的影响范围增大, 邻近泄水闸行进流速减小, 过流能力最差。方案 3 隔水墙长度进一步缩短, 隔水墙头部更加靠近泄水闸, 方案 2、3 受影响范围相近, 但方案 3 邻近泄水闸行进流速大于方案 2, 过流能力较方案 2 有所提升。综上, 考虑充分发挥泄水闸过流能力, 方案 1 为最佳方案。

3 船模航行试验及制动段长度确定

船舶以一定速度经过口门区到停泊段安全停靠, 需要足够的制动距离, 因此上游引航道布置方案要考虑一定长度的制动段^[8]。规范要求引航道制动段长度为隔水墙头部至停泊段头部。船舶的制动距离与口门区的水流条件、船舶尺度、航速、性能以及驾驶员的技术水平等相关。根据多年来进行的一系列实船试验, 总结了以下估算公

式^[9]来确定制动段长度:

$$l = \alpha L_c \quad (1)$$

式中: l 为制动段长度; α 为顶推船舶制动距离系数, 根据实船试验资料, 在船舶进口门航速为 2.5~4.5 m/s 时, α 可在 2.5~4.5 之间选用(取值

与航速相等); L_c 为设计船型长度(2 000 吨级自航船舶长度 90 m)。

上游引航道各布置方案在设计流量下, 船舶进入上游口门区时的航行参数见表 2, 并根据公式(1)计算各方案所需制动段长度。

表 2 船模试验航行参数

航向	设计船型	静水航速/(m/s)	布置方案	对岸航速/(m/s)	所需制动段长度/m	隔水墙头部至停泊段头部距离/m
下行	2 000 DWT 自航船舶	3.0	1	5.33	479.7	645
			2	4.46	401.7	418
			3	4.15	373.5	374

试验结果分析: 自航船舶以 3.0 m/s 下行时, 方案 1 所需制动段长度为 479.7 m, 隔水头部至停泊段头部距离为 645 m, 有足够的长度设置制动段, 但有较多富余长度; 方案 2 隔水墙头部至停泊段头部距离 418 m 满足所需制动段长度 401.7 m, 符合规范要求, 仍有一定的长度富余; 方案 3 隔水墙头部至停泊段头部距离 374 m 能满足所需制动段长度 373.5 m 的要求。因此在考虑上游引航道制动段长度要求的条件下, 方案 3 满足船舶制动要求且工程量最省是最佳方案。

4 结语

1) 影响上游引航道布置的 3 个主要因素分别是口门区通航水流条件、泄水闸过流能力和引航道制动段长度。

2) 受弯道水流特点影响, 为满足口门区通航水流条件, 需要缩短隔水墙长度, 将引航道口门区布置于弯道缓流区位置。

3) 泄水闸过流能力受到隔水墙外侧回流区影响, 应保留足够的隔水墙长度, 使隔水墙头部尽量远离泄水闸, 保证泄水闸过流能力。

4) 引航道制动段长度由船舶进入口门区航行状态决定, 隔水墙长度应满足制动段的长度要求。

5) 针对大源渡枢纽, 试验中的 3 个布置方案各有其适用性。其中方案 3 口门区通航水流条件满足规范要求; 泄水闸过流能力因下游采用疏挖

方案, 能够满足要求; 隔水墙头部至停泊段头部有足够长度设置制动段, 因此选择方案 3 作为推荐方案实现了 3 个因素相互协调下, 上游引航道隔水墙的合理布置。

参考文献:

- [1] 卢文蕾. 船闸口门区与连接段为弯道时的通航条件[J]. 水运工程, 2009(10): 107-111.
- [2] 任启明, 刘晓平, 赵江, 等. 大源渡枢纽上游引航道隔水墙布置形式研究[J]. 长江科学院院报, 2015(1): 88-91.
- [3] 中交水运规划设计院有限公司. JTJ 305—2001 船闸总体设计规范[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [4] 刘晓平, 王崇宇. 大源渡二线船闸口门区通航水流条件模型试验研究报告[R]. 长沙: 湖南省交通规划勘察设计院, 2015.
- [5] 李亦仙. 上引航道隔流堤对水流及枢纽泄流能力的影响研究[D]. 长沙: 长沙理工大学, 2011.
- [6] 李国斌, 韩信, 傅津先. 非淹没丁坝下游回流长度及最大回流宽度研究[J]. 泥沙研究, 2001(3): 68-73.
- [7] 蒋明锋, 李帆, 刘方舟, 等. 长沙综合枢纽三期施工导流及通航模型试验研究[J]. 水道港口, 2013, 34(3): 243-247.
- [8] 郑宝友, 戈龙仔, 周华兴. 对《船闸总体设计规范》中引航道布置及尺度的讨论[J]. 水利水运工程学报, 2012(8): 44-48.
- [9] 刘晓平, 陶桂兰. 渠化工程[M]. 北京: 人民交通出版社, 2009.

(本文编辑 郭雪珍)