



船闸引航道隔流墙的布置

黄明红¹, 韩巍巍², 吴 澎²

(1. 江西省港航管理局界牌航电枢纽管理处, 江西 鹰潭 335001; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 引航道布置是船闸总体设计的重要内容, 也是船闸设计成败的关键。在天然河流上建设船闸, 在船闸与泄水建筑物或电站之间通常设置隔流墙, 将引航道水域与通过枢纽的水流隔开, 形成引航道内有利的的水流条件。从船闸引航道隔流墙布置的角度, 强调对于不同的口门区位置, 应采用不同的通航水流条件判别标准, 并分析隔流墙的长度和位置在掩护引航道、抑制横流等方面的作用。最后介绍石虎塘枢纽船闸布置的案例。

关键词: 船闸引航道; 隔流墙; 通航水流条件; 允许流速

中图分类号: U 641.2⁺11

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)11-0162-05

Layout of guard wall of locks

HUANG Ming-hong¹, HAN Wei-wei², WU Peng²

(1. Jiangxi Port Management Bureau Jiepai Navigation & Hydropower Junction, Yingtan 335001, China;

2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

Abstract: The design of approach channel has great influence on general layout of locks. When a lock is constructed in rivers, the guard wall is arranged normally between the lock and weir or power house to guard the approach channel from the river flow, thus the favorable condition of water flow is formed. From the angle of guard wall layout, it is emphasized that the different criterions of the navigation flow conditions should be used for different locations of the entrance. The effects of covering the approach channel and reducing the crosscurrent are showed through analyzing the length and location of the guard wall. Then the different alternatives of layout of Shihutang lock are introduced.

Keywords: approach channel of locks; guard wall; navigable water flow condition; allowable current velocity

引航道布置是船闸总体设计的重要内容, 也是船闸设计成败的关键。JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》和 JTJ 306—2001《船闸输水系统设计规范》中都有涉及引航道设计的相关规定, 但设计人员在使用中还存在一些模糊的概念和认识。本文从船闸引航道隔流墙布置的角度, 结合石虎塘枢纽船闸布置, 阐述对规范相关条文的理解和认识。

1 引航道内的通航水流条件

船闸引航道由导航段和停泊区组成, 是主航

道与船闸主体建筑物之间的连接段。船舶在引航道内航行以及进闸船舶驶近引航道需要靠泊时, 都必须降速, 以适应进闸或靠泊待闸的需要。这个航速显著低于正常航行时的航速。这时需要降低推进器的作用, 从而对船舶操纵和转向有重要影响。舵力与水流相对于船舶流速的平方成正比, 而水流速度同时与船速和推进器的作用有关。另一方面, 船舶在低速时, 补偿外部作用(风、水流等)的能力降低。为减轻水流的作用, 在天然河流上建设船闸, 在船闸与泄水建筑物或电站之间通

收稿日期: 2016-04-08

作者简介: 黄明红(1960—), 男, 高级工程师, 从事水运工程设计工作。

常设置隔流墙, 以保证船舶在引航道内的操作具有足够的安全性。

进闸船舶在引航道内的操作包括: 准备过闸的船舶在停泊段的靠泊和在停泊段系泊的船舶离泊、进闸。出闸船舶在闸室内启动, 通过引航道驶向航道进入正常航行。可见进闸船舶通常是减速过程, 出闸船舶通常是加速过程。从船舶操作的原理看, 船舶对水流的速度越高, 操作相对更容易。因此, 船舶进闸(减速)比出闸(加速)困难, 下行进闸比上行进闸困难。需要注意的是, 出闸船舶在航线顺直的情况下, 才可加速航行, 在航线弯曲的情况下, 也存在航速慢、舵效较差的问题。

为保证船舶在引航道内的安全操作, 引航道应具有平稳的水流条件。JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》规定: “引航道导航和调顺段内宜为静水区, 制动段和停泊段的水面最大流速纵向不应大于 0.5 m/s , 横向不应大于 0.15 m/s ”^[1]。JTJ 306—2001《船闸输水系统设计规范》规定: “船闸灌泄水时, 引航道内非恒定流的水面波动、比降及流速等水力特性, 除应满足引航道内船舶、船队停泊条件标准外, 尚应满足船舶、船队在引航道内的航行条件和停靠码头的操作要求。引航道内水面的降低应保证航行船舶的富裕水深。上游引航道中最大纵向流速应不大于 $0.5 \sim 0.8 \text{ m/s}$, 下游引航道中应不大于 $0.8 \sim 1.0 \text{ m/s}$ 。但在上游引航道码头处应不大于 0.5 m/s ”^[2]。总体规范的规定适用于无灌泄水时的情况, 输水系统设计规范的规定适用于灌泄水时的情况。在两线或多线船闸共用引航道的情况下, 输水规范对其中一线船闸灌泄水引起其他船闸引航道内的横流未做规定。如果不允许有横流, 则相当于规定船闸不允许共用引航道, 这样的规定未免过于苛刻, 也与工程实践不符。这时可参照总体规范, 取 0.15 m/s 作为其中一线船闸灌泄水时引起其他船闸引航道内的横流限值。

在天然河流上建设通航枢纽, 船闸一般布置

在岸侧, 在船闸的引航道通常设置隔流墙, 将引航道水域与通过枢纽的水流隔开, 形成引航道内有利的水流条件。这时隔流墙端部与岸侧形成口门。

2 口门区的通航水流条件

在天然河流上建船闸, 口门位置往往存在横流, 有时还有回流, 使进出船闸的船舶承受较大的力和回转力矩。船舶所受的力和力矩要靠恰当的操作和足够的航速来克服。进入上游引航道比进入下游引航道更困难, 船舶必须保持较大的对水航速, 以抵御横流。否则船舶操纵性能可能降低到危险的程度。在这种情况下, 船舶的制动段应该得到掩护。

为保证船舶进出引航道时的安全, JTJ 306—2001《船闸总体设计规范》对引航道口门区的水流条件进行了限制, 即纵向流速不大于 2.0 m/s , 垂直于航线的横向流速不大于 0.3 m/s , 回流流速不大于 0.4 m/s 。

船舶通过宽阔的、有恒定横流的流场一般没有什么问题, 因为船舶有足够的速度, 以适当的漂角适应横流。但船舶在接近船闸时, 航速降低, 顺流下行时船舶对水航速更低, 通过口门区不均匀的流场时, 船舶没有足够的时间做出及时反应, 因此遇到较小的横流也会成为问题。

国外相关研究成果有: Jambor 在 1960 年通过模型试验, 对比横流场和船舶所受的回转力矩, 提出上游横流应小于 0.2 m/s , 下游横流应小于 0.3 m/s 的建议; Dietz 在 1979 年提出允许横流 $v_y = 0.35 \text{ m/s} (l \leq 20 \text{ m})$, $v_y = 0.6 - 0.2 \lg l (\text{m/s}) (l > 20 \text{ m})$ (l 为船舶距离导航墙的距离) 的建议; 欧洲有些国家最新的指南建议, 对于流速大于 0.5 m/s 的河流, 船闸口门区的允许通航水流条件应具体情况具体分析, 研究手段通常采用船舶操作模拟器。

这里有一个关键问题, 即船闸的口门区应该在哪里? JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》中图

5.3.1 指出，即隔流堤堤头外一定范围为口门区。在有些工程中没有条件设置隔流堤时，需要设置隔流墙。为方便讨论，本文统一称“隔流墙”。规范给出的示意图和相应的规定，在使用时必须注意隔流墙的端部位置。规范图建议的隔流墙端部应把制动段掩护住。以下两种情况应引起注意：1) 如果自然形成的隔流堤比较长，堤头的位置远在制动段以外，船舶在这里是以在航道内的正常航速航行，这时的口门区如采用规范规定的口门区允许流速作为限制流速是偏于安全的，如果布置条件不允许满足限值条件，适当放松标准也是可以的。2) 如果隔流墙端部未把制动段掩护住，或者设计人员希望缩短隔流墙长度以节省工程造价，形成引航道半开敞或开敞式布置，这时隔流墙端部形成的口门区的水流条件不能采用规范对口门区的规定，而应该采用引航道通航水流条件的规定，其中导航调顺段不能满足静水要求时，最大横流也不能超过 0.15 m/s。

3 隔流墙的功能

如上所述，在天然河流上设置隔流墙，是为了将引航道水域与河流的水流隔开，形成引航道

内有利的的水流条件，但在口门位置往往形成不利的水流条件。已有研究表明延长隔流墙的长度，一般只是改变了横流影响区域，对横流幅值和梯度的改变影响不大。口门区横流强度通常与引航道断面占用原河床过水断面的比例有关，占用原河床过水断面的比例越大，横流强度也越大。

在隔流墙端部一定范围内的墙体上开孔，可以在一定程度上降低口门区的横流强度。研究表明，随着开孔面积的增大，口门区横流强度减小的幅度也增大，但上游隔流墙开孔面积所占比例过大时，船舶通过口门区时碰撞隔流墙的风险也随之增大。

上述分析表明，要充分发挥隔流墙的掩护功能，抑制在口门区形成过大的横流强度，隔流墙的长度和位置是至关重要的两个方面。

4 工程案例

石虎塘航电枢纽位于赣江干流上，坝址处河道呈“S”形河弯，主河槽位于右岸，右岸为凹岸，左岸为凸岸。从地形条件看船闸布置在左岸或右岸都是可行的。从与主河槽平顺连接的角度考虑，首先研究了船闸布置在右岸的方案(图 1)。

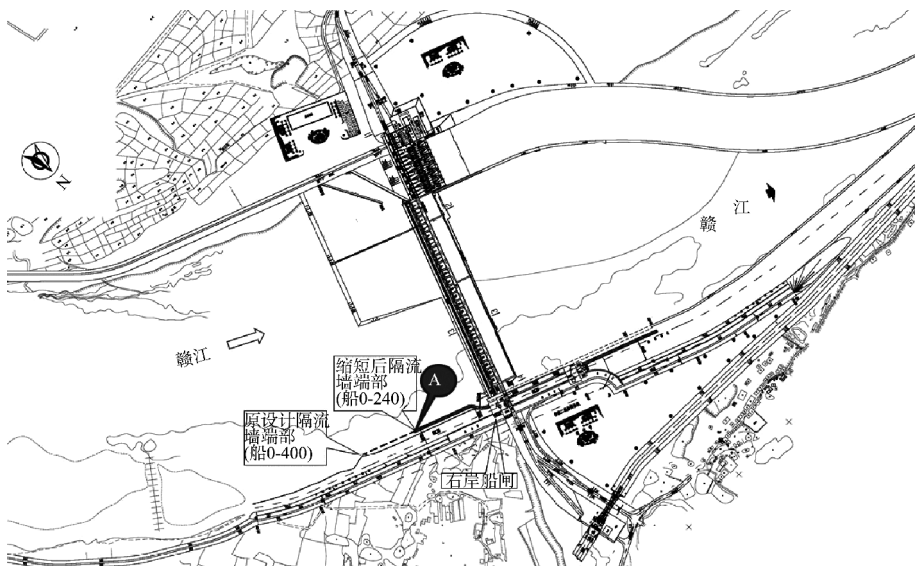


图 1 石虎塘航电枢纽平面布置(右岸船闸)

由于船闸布置在凹岸, 难点在上游, 因此本文重点分析上游的情况。采用水工整体物理模型,

通过试验研究了隔流墙长度分别为 400 m 和 240 m 时的情况 (图 2)。

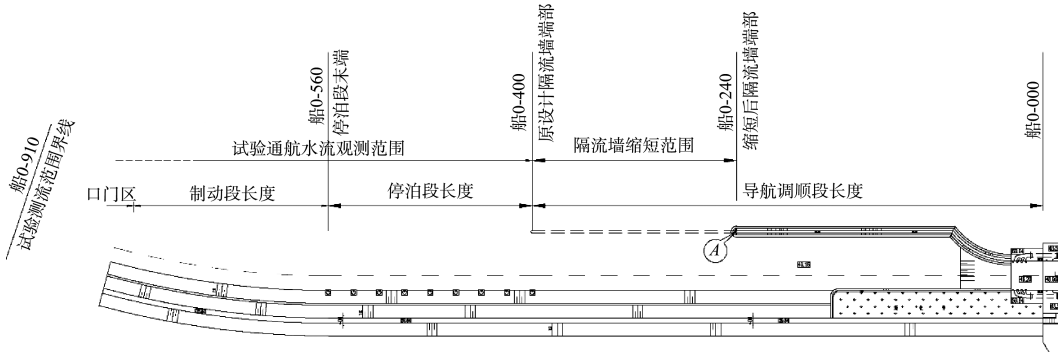


图 2 石虎塘船闸上游引航道

从图 2 可以看出, 隔流墙为 400 m 时, 引航道停泊段和制动段均未受到掩护; 隔流墙为 240 m 时, 部分导航调顺段也未受到掩护。前一种情况属于半开敞式布置, 后一种情况近似为开敞式布置。

试验中施放了多级流量, 本文选取有代表性的电站停机、泄水闸敞泄初始流量 (4 700 m³/s)、

5 a 一遇洪水流量 (12 500 m³/s) 和最大通航流量, 即 10 a 一遇洪水流量 (14 800 m³/s)。试验表明, 在各级流量下引航道和连接段航道的纵向流速均未超过 2 m/s, 且隔流墙长度不同时, 纵向流速差别不明显。下面重点分析横向流速。取隔流墙 240 m 时的端点为零点 (图 2 中 A 点), 选取距 A 点不同距离处的断面横流流速进行比较 (表 1)^[3]。

表 1 不同隔流墙长度时引航道停泊段和连接段航道横流流速

m/s

位置	距堤头 距离/m	流量 $Q/(m^3/s)$					
		4 700		12 500		14 800	
		隔流墙 400 m	隔流墙 240 m	隔流墙 400 m	隔流墙 240 m	隔流墙 400 m	隔流墙 240 m
导航 调顺段	20		0~0.26		0.07~0.25		0.09~0.26
	70		0.04~0.08		0~0.12		0.08~0.24
	170	0.11~0.16	0	0.15~0.23	0	0.15~0.21	0.08~0.22
停泊段	220	0.12~0.14	0	0.14~0.21	0.07~0.16	0.14~0.24	0.10~0.24
	270	0.16~0.20	0~0.09	0	0~0.05	0.04~0.08	0.20~0.26
	320	0	0~0.09	0	0.10~0.17	0.06~0.18	0.16~0.26
连接段	420	0	0.06~0.15	0	0.16~0.24	0	0.22~0.27
	520	0	0~0.07	0	0.16~0.24	0	0.24~0.26

从表 1 可以看出, 流量为 4 700 m³/s 时, 隔流墙长度缩短虽然可以改善停泊段和连接段的横流情况, 但在导航段存在明显横流, 这种流场对船舶进闸是不安全的。在流量为 12 500 m³/s 和 14 800 m³/s 时, 隔流墙长度缩短则导航段、停泊段和连接段的横流均明显增大。由此可以判断, 隔流墙在原 400 m 的基础上缩短是不合理的。

从图 1 和图 2 可以看出, 若将隔流墙在 400 m 的基础上延长以掩护停泊区, 这时口门区的走向与弯道水流夹角增大, 口门区横流的增大将是明显的。由此得出结论, 石虎塘枢纽船闸布置在右岸, 上游引航道的布置非常困难。因此, 本工程船闸布置选择在左岸 (图 3)^[4]。

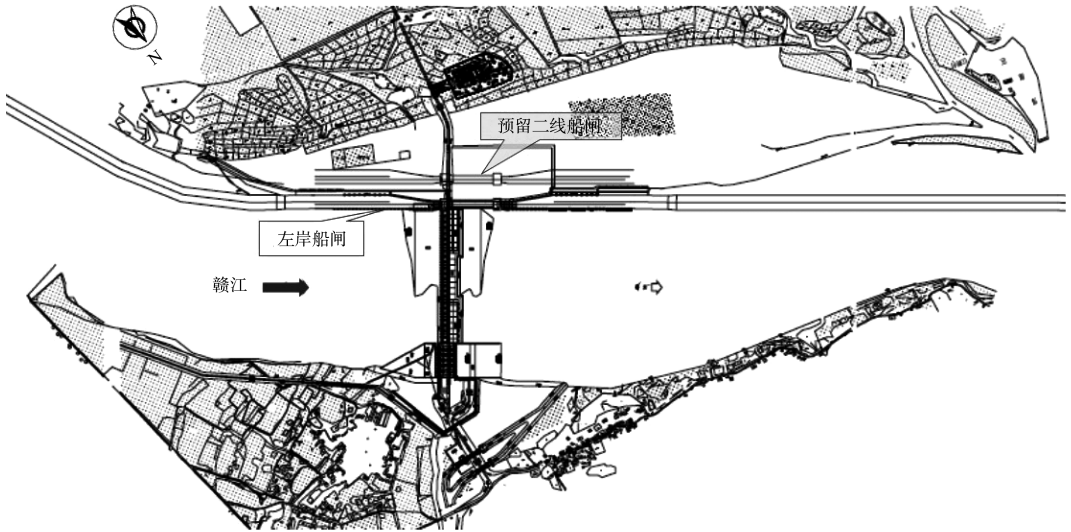


图3 石虎塘航电枢纽平面布置(左岸船闸)

根据模型试验的结果,船闸布置在左岸,上游引航道口门区的通航水流条件明显改善,下游引航道口门区的通航水流条件与船闸布置在右岸基本相当^[5]。再考虑到电站布置在右岸有明显的优越性,两方案施工导流、布置及工期等基本相同,工程投资两方案差别不大,在左岸布置二线船闸也更为有利。根据上述分析,石虎塘枢纽船闸最终选择布置在左岸(图3)。

本工程案例说明,枢纽位于微弯河段时,船闸布置在凹岸似乎与主航道的衔接更为顺畅,但随着上、下游河道地形条件的不同,有时布置在凸岸是有利的^[6]。

5 结论

1) 船舶在引航道内航行最显著的特点是航速较低,操作性能变差,因此为保证船舶在引航道内的安全操作,引航道内应具有平稳的水流条件。

2) 口门区流场较为复杂,船舶必须保持较大的对水航速以克服复杂流场作用于船舶的回转力矩,因此船舶的制动段应该得到掩护。当制动段甚至停泊段或部分导航调顺段未受到掩护,形成半开敞或开敞式布置时,应采用引航道通航水流条件的规定论证引航道的设计方案。

3) 对引航道和口门区的水流条件做出规定,

其核心是保证船舶的安全操作。采用允许流速的方式便于设计人员使用,但最大点流速并不能全面反映复杂流场对船舶操作的不利作用。今后应不断提高船舶操作模拟器的应用水平,用以指导设计。

4) 通航枢纽位于微弯河段时,船闸布置在凹岸和凸岸各有利弊,要根据具体情况做全面的比较分析。

参考文献:

- [1] JTJ 305—2001 船闸总体设计规范[S].
- [2] JTJ 306—2001 船闸输水系统设计规范[S].
- [3] 重庆西南水运工程科学研究所.赣江石虎塘航电枢纽工程水工模型试验研究报告[R].重庆:重庆西南水运工程科学研究所,2007.
- [4] 中交水运规划设计院有限公司,中水珠江规划勘测设计院有限公司.江西赣江石虎塘航电枢纽工程初步设计报告[R].北京:中交水运规划设计院有限公司,2008.
- [5] 重庆西南水运工程科学研究所.江西赣江石虎塘航电枢纽工程水工模型试验研究报告[R].重庆:重庆西南水运工程科学研究所,2009.
- [6] 吴澎.通航枢纽选址与船闸设计的几个关键问题[C]//全国内河通航建筑物工程技术现场交流会会议论文集.南京:[s.n.],2012:1-16.