



百龙滩船闸改扩建总体布置方案

李召辉, 原学明

(黄河勘测规划设计研究院有限公司, 河南 郑州 450003)

摘要: 百龙滩水电站位于急弯河段, 周边建筑物密集, 受河势、地形及周边建筑物等诸多因素的限制, 船闸改扩建的总体布置条件复杂。从通航水流条件、对周边建筑物影响、施工条件和工程投资等方面对闸位和船闸总体平面布置进行多方案比选, 确定最优的总体布置方案。结合物理模型试验研究, 采用适当减小航道弯曲半径、停泊段折线形布置的方案, 解决了引航道布置空间受限问题, 并通过增设丁坝、布置透水隔墙、河道局部扩挖等工程措施, 有效改善了口门区通航水流条件, 为弯曲河段、狭窄空间的船闸改扩建工程提供参考。

关键词: 船闸; 改扩建工程; 总体布置; 引航道

中图分类号: U641.2+1

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)06-0136-08

General layout scheme of Bailongtan ship lock renovation and expansion

LI Zhaohui, YUAN Xueming

(Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Bailongtan hydropower station is located in a sharp bend channel, surrounded by dense buildings. Restricted by various factors such as river regime, terrain and surrounding buildings, the general layout conditions for ship lock renovation and expansion are complex. Multiple schemes are compared for the lock position and general layout from several aspects, including navigation conditions, impact on surrounding buildings, construction conditions and investment, to determine the optimal general layout scheme. Combined with the physical model tests, the layout scheme of reducing the bending radius of the channel and zigzag layout of berthing section is adopted to solve the problem of limited space for approach channel. Through engineering measures such as adding groyne, installing permeable walls and excavating partial channel, the navigation conditions of upstream and downstream entrance areas are effectively improved, providing reference for the ship lock renovation and expansion in curved channel and narrow spaces.

Keywords: ship lock; renovation and expansion project; general layout; approach channel

红水河作为“两横一纵两网十八线”国家高等级航道的重要组成部分, 上连滇、黔、桂三省, 下汇粤、港、澳地区, 是我国西南地区水运出海的“黄金水道”和国家“一带一路”倡议区间的联络通道。百龙滩水电站为红水河流域10个梯级水电站的第7级, 现状通航建筑物为单级船闸, 通航等级为IV级。近年来, 随着沿线经济的飞速发展, 现状船闸已不能适应货运量增长和船舶大型化发展的需求, 经常出现船舶滞留、枯期断航等情况^[1], 迫切需要对百龙滩水电站现状船闸进行改扩建。

百龙滩水电站位于红水河一个大型“几字弯”处, 所处河段水流条件复杂。船闸周边建筑物分布较为集中, 船闸改扩建受已建溢流坝、电站厂房、开关站、移民新村、管理区等现状建筑物的限制。本文在综合考虑以上诸多因素的前提下, 从通航条件、对周边建筑的影响、施工难度、征地拆迁和工程投资等多方面进行比选, 确定百龙滩船闸改扩建总体布置的最优方案。在急弯河段引航道布置空间受限时, 考虑到远期顶推船队占比小的特点, 通过适当减小航道弯曲半径、采用折线形停

收稿日期: 2024-09-09

作者简介: 李召辉 (1989—), 男, 硕士, 工程师, 从事港口与航道工程设计。

泊段的创新布置方案,减少了征地拆迁和工程投资。通过物理模型试验,结合以往工程,借鉴透水隔流墙、丁坝挑流、河道扩挖等措施改善口门区水流条件的成功经验^[2-4],研究适合本工程急弯河段口门区通航水流条件的优化措施,以期处于弯曲河段、狭窄空间的船闸改扩建工程提供参考。

1 项目现状

1.1 枢纽现状

百龙滩水电站位于广西马山县,是一座以发电为主,兼有航运等综合利用效益的中型水电枢纽。其上游距大化水电站 27.6 km,下游距乐滩水电站 76.2 km。枢纽主要建筑物包括左岸溢流坝、右岸厂房、船闸、冲砂闸、接头土石坝和开关站等,工程等别为Ⅲ等。百龙滩水电站始建于 1993 年,船闸为后续建设工程,2005 年开工,2010 年 9 月竣工正式通航。现状船闸设计标准为Ⅳ级,闸室有效尺度为 120 m×12 m×3.0 m(有效长度×有效宽度×门槛水深),原设计年通过能力为 180 万 t。现状船闸运营过程中出现下游最小通航流量取值偏大、最低通航水位与通航保证率不协调的问题,船闸闸室及下游引航道枯水期长时间通航水深不足,同时上游引航道弯曲河段水流条件较差,电站大部分泄洪时间无法通航。根据腹

地经济发展情况和货运量预测成果,百龙滩船闸过闸货运量在 2030、2035、2050 年分别为 1 283 万、1 822 万、2 460 万 t。现状船闸远不能满足运输能力的要求,成为制约腹地航运与区域经济协调发展的瓶颈,亟待扩容改造。

1.2 周边制约因素

1) 百龙滩水电站位于红水河一个大型“几字弯”河段,船闸中心线与上游航道中心线夹角约为 58°,与下游航道中心线夹角约为 55°,属于典型的弯曲河段船闸。坝址下游约 630 m 左岸有澄江支流汇入,船闸上下游引航道水流条件复杂。

2) 受地形所限,原枢纽建筑物布置比较紧凑。现状船闸布置于枢纽右岸,左侧紧邻电站厂房,右侧为 1 孔 10 m 宽冲砂闸,船闸右岸坡顶为电站开关站和枢纽管理区,其中 2 座转线塔紧邻右岸边坡坡顶布置。

3) 枢纽左岸为都安县,沿河分布有阳安新区、移民新村等居民区,居民来源主要是原百龙滩电站移民,多数村民于 4 a 前迁入,再次拆迁难度较大。

4) 在坝址下游 1.6、1.8 km 处有贵南高铁跨红水河大桥和红渡红水河大桥 2 座跨河建筑物,桥梁主跨分别为 156 和 125 m,与现状航道呈 62°、93°夹角,该段航道布置基本无调整空间。



图 1 百龙滩枢纽周边条件

Fig. 1 Surrounding conditions of Bailongtan Hub

2 建设标准及规模

2.1 船闸等级及有效尺度

根据红水河相关规划要求，百龙滩船闸改扩建按照Ⅲ级标准建设，通行 1 000 t 船舶，同时兼顾 2×1 000 t 顶推船队。根据运量预测及设计船型尺度要求，船闸有效尺度为 230 m×23 m×4.8 m。

2.2 代表船型

根据 GB 50139—2014《内河通航标准》^[5]、《广西壮族自治区内河航运发展规划》《关于公布西江航运干线过闸船舶标准船型主尺度系列及有关规定的公告》《交通运输部办公厅关于报送红水河 1 000 吨级设计船型尺度的函》等规范、文件的要求，结合红水河通航船型现状及远期发展趋势，确定设计代表船型尺度，见表 1。

表 1 设计代表船型
Tab. 1 Designed representative ship type

船型	船型尺度/m			备注
	总长	型宽	满载吃水	
1 000 t 货船	68	11.0	2.4	《红水河 1 000 吨级设计船型尺度》
1 000 t 货船	49~50	10.8	2.6~3.0	《西江航运干线过闸船舶标准船型主尺度系列》
1 000 t 集装箱船	54~57	10.8	2.8~3.0	《西江航运干线过闸船舶标准船型主尺度系列》
2×500 t 顶推船队	111	10.8	2.0	GB 50139—2014
2×1 000 t 顶推船队	160	10.8	2.0	《内河通航标准》

3 船闸总体布置

3.1 总体布置思路

1) 船闸改扩建工程应与枢纽坝址处河势及地形地貌相适应，既要保证枢纽的安全和正常运行，也要尽量减小对防洪、发电、航运等功能的影响。

2) 妥善处理与枢纽现状建筑物的关系，船闸布置尽可能紧凑，充分利用现有条件，减少征地拆迁和移民安置，降低工程投资。

3) 充分考虑通航安全的要求，确保船闸上、下游引航道与主航道的平顺连接，采取必要的工程措施，解决船闸引航道口门区及连接段的通航水流条件问题。

3.2 闸位比选

百龙滩水电站所在地形为两江一岛，中间江心岛将河流划分为左、右江两部分，左江部分布置溢流坝段，右江从左到右依次布置厂房、船闸、冲沙闸、右岸接头坝。根据河势及地形特点，选取左岸闸位、江心岛闸位和右岸闸位进行比选，见图 2。

左岸闸位布置于溢流坝左侧，轴线垂直溢流坝段轴线。若在左岸新建船闸存在以下问题：

- 1) 船闸位于凹岸侧，直线段长度较短，与上下游航道衔接困难，且开挖量大；2) 需要拆迁阳安新区、移民新村等回迁小区，征拆难度大；3) 溢流坝顶无交通通道，船闸与电站管理区间交通不便，需绕行下游 1.8 km 处跨河大桥；4) 受澄江汇流口影响，下游引航道布置困难。



图 2 百龙滩船闸闸位布置
Fig. 2 Position layout of Bailongtan ship lock

江心岛闸位位于江心岛靠溢流坝侧,轴线垂直溢流坝段轴线。船闸构筑物位于江心,围堰布置困难。需要大范围开挖江心岛,开挖量较大。另根据 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》^[6]第 5.2.4 条规定,“船闸不应布置在紧邻的溢流坝、泄水闸、电站等过水建筑之间”,船舶航行于泄洪通道,不利于通航安全。因此船闸不建议布置于江心岛。

右岸闸位充分考虑原船闸和冲沙闸的位置,尽量利用原有建筑物进行改造,开挖量和征地拆迁量较小。闸位靠右岸,河道间直线距离越大,上下游引航道与主航道顺接更平顺,但船闸改扩建需要拆除原船闸和冲沙闸的部分结构。

考虑到原船闸通航保证率低、通过能力较小,

且河流泥沙含量随红水河梯级形成明显减少,自船闸通航以来冲沙闸几乎废弃不用,引航道未出现泥沙淤积问题,即使出现淤积可考虑采用船舶疏浚等措施,因此,拆除原船闸和冲沙闸不作为限制条件。综合考量各种限制条件,右岸闸位为最优闸位。

3.3 船闸轴线选择

现状船闸左侧紧邻电站厂房结构,船闸改扩建的左边界是确定的。枢纽右岸开关站 2 座转线塔距离边坡坡顶 6.8 m,为避免影响到开关站及转线塔等建筑物,应尽量不扰动原边坡。为减少对电站厂房、接头坝等结构的影响,改扩建船闸充分利用原船闸和冲沙闸部分结构,船闸轴线确定为原船闸中心线向右岸偏移 15.5 m,位置见图 3。

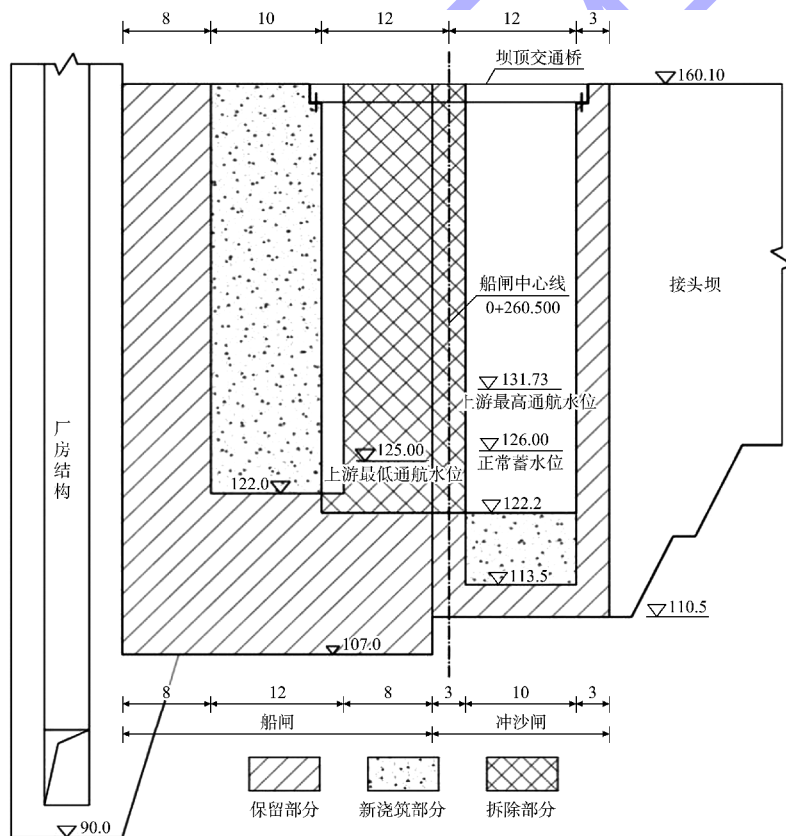


图3 船闸轴线位置(单位:m)

Fig.3 Position of axis of ship lock (unit: m)

3.4 总体布置方案

3.4.1 方案1(通航明渠方案)

新建船闸上闸首位于坝轴线以下 25.25 m,前期利用原冲沙闸和原船闸形成挡水前沿,后期在

不扰动接头坝的前提下改造原船闸、冲沙闸形成通航明渠,明渠净宽 23.0 m。改扩建船闸上闸首前缘与通航明渠顺接,船闸主体段长 315 m,施工围堰部分利用原船闸左闸墙。上下游引航道按

“曲线进闸、直线出闸”布置，导航调顺段长 160 m，导航墙斜率为 1:4，转弯段角度分别为 58°和 55°。因上下游引航道布置空间受河势及地形限制，上游引航道转弯半径取 640 m，下游引航道转弯半径取 480 m，同时下游停泊段直线布置空间不足，采用折线式分段顺岸布置，长 260 m(180 m+80 m)，夹角 160°。下游口门区靠近移民新村位置布置双排桩支护。为改善口门区水流条件，对上下游原隔流墙进行改造和加高。

3.4.2 方案 2(拆坝方案)

拆除原船闸、冲沙闸和右岸部分接头坝，原位新建船闸上闸首作为挡水线，保证下游引航道的布置空间。方案 2 需要拆除、重建右岸接头坝，减少了通航明渠段，船闸主体结构形式、上游引航道布置与方案 1 基本相同，仅在空间布置上有所差异。下游停泊段采用直线布置，无口门区支护结构。

2 种方案的船闸总体布置见图 4。

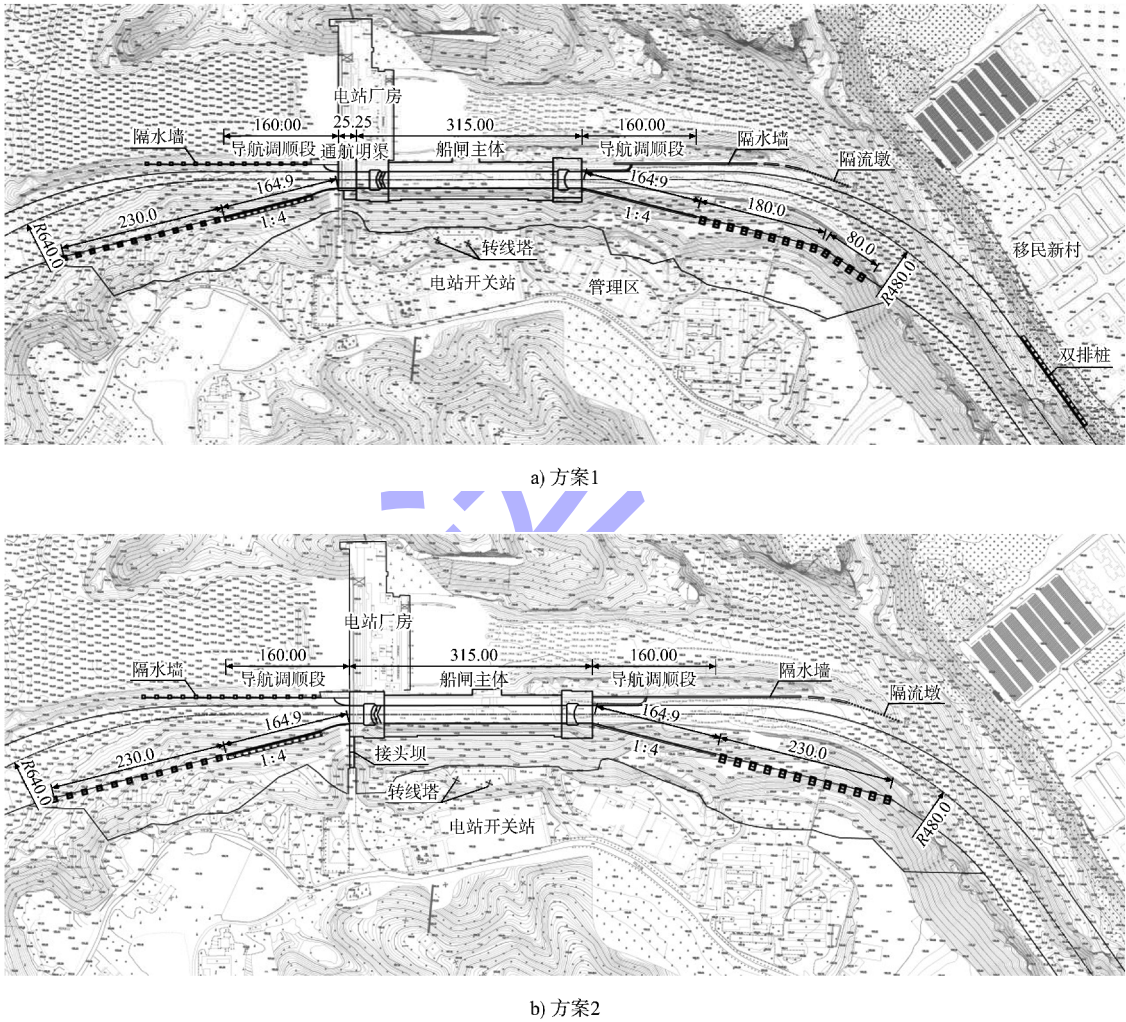


图 4 船闸总体布置 (单位: m)
Fig. 4 General layout of ship lock (unit: m)

3.5 方案比选

从通航水流条件、对周边建筑物影响、施工条件、工程投资等方面对 2 个方案进行比选，方案 1 不扰动周边建筑物，施工难度较小，整

体投资更低。方案 2 混凝土和开挖工程量略小，但对电站、接头坝等建筑物影响较大，库区围堰施工难度大。因此方案 1 为总体布置推荐方案。

表 2 总体布置方案比选
Tab. 2 Comparison and selection of general layout schemes

方案	通航水流条件	通过能力	征地拆迁	对周边建筑物影响	施工条件	工程投资
1	上游引航道通航条件相当;下游引航道转弯半径大,需加长原有隔水墙改善水流条件;河道偏离主河槽,疏挖量较方案 2 大	两方案均采用“曲线进闸,直线出闸”的形式,仅上游停靠段距离船闸闸室相差	两方案在工程占地、房屋拆迁面积	利用原船闸、冲沙闸部分结构进行改造,对厂房结构影响较小,不影响电站开关站,但下游移民新村需要增设双排桩支护,增加投资约 740 万元	前期利用原船闸、冲沙闸形成挡水前沿,在坝轴线下游完成船闸主体施工,再利用一个枯期完成通航明渠的改造,采用枯期围堰施工,施工难度较小	混凝土量及开挖量略大于方案 2,工程费用约 12.28 亿元
2	上游引航道通航条件相当;下游引航道需加长原有隔水墙以改善水流条件;河道接近主河槽,疏挖量较小	25.25 m,通过能力相当,均满足设计水位年过闸需求	及搬迁人口方面相差不大	需拆除原船闸、冲沙闸及接头坝,结构拆除量大,需要控制施工对厂房结构的影响,不影响电站开关站,下游移民新村无需支护结构	需要拆除、重建上闸首、部分接头坝,工程量大,施工围堰需在库区深水区布置全年围堰,影响临近电站正常运行,施工难度较大	围堰等临时工程投资高,工程费用约 14.58 亿元
备注	方案 2 更优	两方案相当	两方案相当	方案 1 更优	方案 1 更优	方案 1 更优

4 引航道布置限制因素及优化方案

4.1 引航道最小弯曲半径

4.1.1 限制因素

根据坝址处河势及地形特点,船闸上下游引航道均采用曲线布置。根据 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》要求:针对顶推船队,Ⅰ~Ⅲ级船闸弯道最小弯曲半径 $R \geq 4L_c$ (L_c 为船长),在引航道口门区和连接段考虑到水流、风浪等的影响,其最小弯曲半径值尚应加大。按照规范要求,弯道最小弯曲半径需采用 $5L_c$,此时上下游引航道均偏离主河槽,疏挖、征拆量剧增。上游口门区与主航道间需要 S 弯连接,不利于行船安全,下游受贵南高铁红水河大桥主通航孔的限制,高铁桥需要拆除重建。因此引航道布置应结合地形、地质、水流条件等综合研究确定,以保证船舶畅通无阻、安全通行。

4.1.2 优化方案

红水河处于珠江水系中上游,未经渠化的山区航道多,根据近年过闸船型调研结果,红水河过闸船型主要为单船,罕见顶推船队。考虑船型特点,引航道布置应首先保证单船航行需要,尽量满足 $2 \times 1\,000\text{ t}$ 船队要求。在保证与主航道平顺连接的前提下,上游引航道采用顶推船队 $4L_c = 640\text{ m}$ 的弯曲半径。为避免拆迁移民新村和高铁桥,下游引航道弯道最小半径采用 $3L_c = 480\text{ m}$ 。对于 $1\,000\text{ t}$ 单船, $5L_c = 340 \leq 480\text{ m}$,均满足规范

要求。结合物理模型试验研究^[7],采用增设丁坝、透水隔流墙(桩)、河道扩挖等工程措施后,口门区水流条件基本满足规范要求,船模可顺利通过弯道。

4.2 上下游口门区水流条件

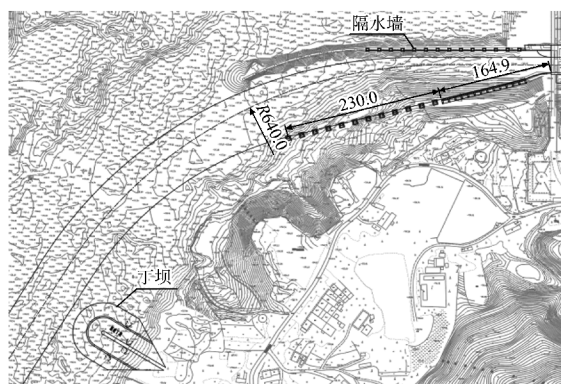
4.2.1 限制因素

上游口门区段航道为弯曲航道,由于流偏角较大,当流量 $Q \geq 2\,200\text{ m}^3/\text{s}$ 时,航道内横流超标强度及范围均较大,船舶经该段航道进出船闸时,航行漂角最大为 -26° ,船舶受斜流冲击产生较大偏移,航行姿态较差,存在船尾撞向隔流墙的风险^[8]。

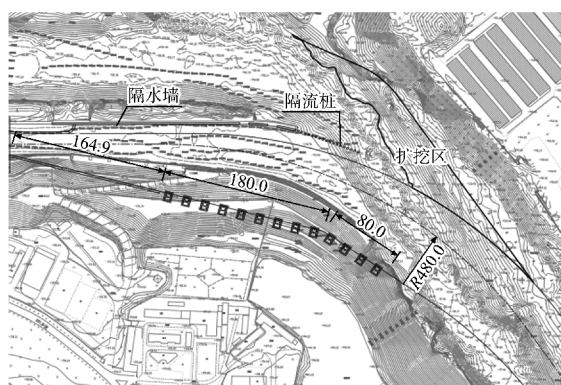
下游口门区段航道同为弯曲航道,当流量 $Q \geq 2\,200\text{ m}^3/\text{s}$ 时,航道内横流较大,船舶航行漂角最大时为 -22° ,航行时风险较大。船闸下游引航道内回流强度较大,不利于船舶靠泊。

4.2.2 优化方案

针对上游引航道口门区横向流速超标问题,在连接段右岸布置丁坝,提前调整水流至河道中部,并对下游航道起到一定掩护作用^[9],见图 5。经模型试验验证,在最大通航流量 $5\,000\text{ m}^3/\text{s}$ 时,口门区前段 180 m 范围形成缓流区,流速在 0.4 m/s 内;口门区中后段及连接段左侧流速为 $1.20 \sim 1.55\text{ m/s}$,水流夹角降至 10° 以内,仅在右侧存在 $0.30 \sim 0.34\text{ m/s}$ 小范围横流区域。船模各工况下均可顺利通过口门区并停靠。



a) 上游口门区



b) 下游口门区

图5 上下游整治措施布置 (单位: m)

Fig. 5 Layout of upstream and downstream regulation measures (unit: m)

针对下游引航道口门区横向流速超标和回流问题,将原实体隔流墙分段开孔,在隔流墙下游增设透空隔流桩,将口门区左侧河道拓宽开挖,改善口门区斜流、回流和隔流墙堤头绕流等不良流态^[10]。通过以上工程措施,口门区通航条件得到改善,最不利工况下口门区航道左侧仅存在约 70 m 长的小范围横流超标区域,最大通航流量下横流强度为 0.30~0.42 m/s,其与航行转向角度一致,对船模航行状态影响较小。但由于顶推船队船身较长,出现上行转弯进入口门区后靠泊困难的情况,建议偶有顶推船队上行时可通过优化调度直接进闸。

5 结语

1) 百龙滩船闸改扩建受河势、地形及周边建筑物等诸多因素的影响,在狭窄空间、弯曲河道内,船闸总体布置条件相对复杂。综合考量各种限制条件后,将船闸闸位选择在枢纽右岸,可减

少对周边建筑物的影响,通航水流条件相对较好。

2) 通过从通航水流条件、对周边建筑物影响、施工条件和工程投资等方面对 2 个总体布置方案进行比选,推荐采用通航明渠方案,不扰动周边建筑物,施工难度较小,工程投资低。

3) 船闸上下游引航道布置于急弯河段,针对引航道布置空间受限、通航水流条件较差、船舶过弯航行困难等问题,采用适当减小航道弯曲半径和折线形停泊段的布置方案,减少了征地拆迁和工程投资。结合物理模型试验,在上下游口门区和连接段布置丁坝、透水隔流墙(桩)、河道扩挖等工程措施后,口门区通航水流条件得到改善。

参考文献:

- [1] 广西壮族自治区港航管理局. 提高西南水运出海中线通道(红水河)通过能力若干关键技术的研究[R]. 南宁: 广西壮族自治区港航管理局, 2012.
Port and Shipping Administration of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Research on several key technologies for improving the passage capacity of the southwest water transport channel (Hongshui River) to the sea [R]. Nanning: Port and Shipping Administration of Guangxi Zhuang Autonomous Region, 2012.
- [2] 韩康, 余凯文, 赵建钧, 等. 常山江闸底枢纽通航水流条件及方案优化试验研究[J]. 水运工程, 2021(8): 139-144.
HAN K, YU K W, ZHAO J J, et al. Experimental study on navigation flow condition and scheme optimization of Gedi junction in Changshan River [J]. Port & waterway engineering, 2021(8): 139-144.
- [3] 王荣荣, 赵根生, 张首元, 等. 导流墩对急弯河道下游口门区水流条件的改善作用[J]. 水运工程, 2023(3): 99-104.
WANG RR, ZHAO G S, ZHANG S Y, et al. Improvement effect of diversion pier on flow conditions in downstream entrance area of sharp bend channel [J]. Port & waterway engineering, 2023(3): 99-104.
- [4] 郑友友, 陈波. 船闸上游口门区连接段为弯道的通航水流条件[J]. 水道港口, 2005, 26(2): 99-102, 108.
ZHENG B Y, CHEN B. Test on navigation flow condition of curving connect section of upstream lock entrance [J]. Journal of waterway and harbor, 2005, 26(2): 99-102, 108.
- [5] 内河通航标准: GB 50139—2014[S]. 北京: 中国计划出版社, 2015.
Navigation standard of inland waterway: GB 50139—2014[S]. Beijing: China Planning Press, 2015.

- [6] 船闸总体设计规范: JTJ 305—2001[S]. 北京: 人民交通出版社, 2002.
Code for master design of shiplocks: JTJ 305—2001[S]. Beijing: China Communications Press, 2002.
- [7] 交通运输部天津水运工程科学研究所. 红水河百龙滩船闸改扩建工程整体水工物理模型试验研究报告[R]. 天津: 交通运输部天津水运工程科学研究所, 2022.
Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, MOT. Experimental study report on the overall hydraulic physical model of Bailongtan lock reconstruction and expansion project of Hongshui River [R]. Tianjin: Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, MOT, 2022.
- [8] 周华兴, 郑宝友. 再论《船闸引航道口门区水流条件限值的探讨》[J]. 水运工程, 2005(8): 49-52.
ZHOU H X, ZHENG B Y. Reiterate about “an approach to the limiting value of flow conditions in the entrance area of shiplock approach channel” [J]. Port & waterway engineering, 2005(8): 49-52.
- [9] 王建平, 邢方亮, 陈奕芬. 弯曲河道船闸口门区通航水流条件优化[J]. 水运工程, 2019(11): 86-91.
WANG J P, XING F L, CHEN Y F. Optimization of navigable flow condition of ship lock entrance area in curved river[J]. Port & waterway engineering, 2019(11): 86-91.
- [10] 邬年华, 罗优, 丁晶晶, 等. 峡江水利枢纽引航道通航水流条件改善措施试验研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2015, 13(3): 54-59.
WU N H, LUO Y, DING J J, et al. Improving measures for navigable flow condition at the entrance of the approach channel of Xiajiang hydro-junction[J]. Journal of water resources and architectural engineering, 2015, 13(3): 54-59. (本文编辑 王传瑜)
- (上接第 135 页)
- [3] 袁和平. 京杭运河万年闸复线船闸平面布置方案[J]. 水运工程, 2019(5): 135-140.
YUAN H P. General layout of second-line ship lock of Wannian navigation junction of Beijing-Hangzhou Canal[J]. Port & waterway engineering, 2019(5): 135-140.
- [4] 中交水运规划设计院有限公司. 淮河入海水道二期配套通航工程淮安段工程可行性研究报告[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2024.
CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd. Feasibility study report on the Huai'an section of the second phase of the Huaihe River tidal reach navigation project [R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2024.
- [5] 内河过闸运输船舶标准船型主尺度系列第 2 部分: 京杭运河、淮河水系: GB 38030. 2—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
Dimensions series of standard transport ship types passing the locks of inland rivers-part 2: grand canal and Huai River system: GB 38030. 2—2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [6] 吴国君, 罗海程, 胡峰军, 等. 汉北河新沟枢纽二线船闸平面布置方案研究[J]. 中国水运, 2019(9): 70-71.
WU G J, LUO H C, HU F J, et al. Study on plan layout scheme of second-line ship lock of Xingou Junction on the Hanbei River [J]. China water transport, 2019(9): 70-71.
- [7] 李社平, 刘江林. 双线船闸常用的闸轴线确定方法分
- 析[J]. 港工技术, 2022, 59(3): 26-29.
LI S P, LIU J L. Analysis for method of determining axis of double-line ship lock [J]. Port engineering technology, 2022, 59(3): 26-29.
- [8] 李艳, 张绪进, 刘洋, 等. 韩江南溪新建船闸通航水流条件试验研究[J]. 水道港口, 2020, 41(5): 585-589, 618.
LI Y, ZHANG X J, LIU Y, et al. Experimental research on navigation flow conditions of Hanjiang Nanxi new shiplock[J]. Journal of waterway and harbor, 2020, 41(5): 585-589, 618.
- [9] 南京水利科学研究院. 淮河入海水道二期配套通航工程淮安东船闸整体模型试验成果[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2024.
Nanjing Hydraulic Research Institute. Huaihe River estuary waterway phase II supporting navigation project: overall model test results of Huai'an east ship lock [R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2024.
- [10] 船闸总体设计规范: JTJ 305—2001[S]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
Code for master design of shiplocks: JTJ 305—2001[S]. Beijing: China Communications Press, 2001.
- [11] 刘志敏, 李志成. 湘祁二线船闸平面布置方案及设计优化创新[J]. 水运工程, 2023(1): 137-142.
LIU Z M, LI Z C. Layout plan and optimal design innovation of Xiangqi second-line ship lock [J]. Port & waterway engineering, 2023(1): 137-142.
- (本文编辑 王璁)