



马道枢纽平面布置*

董霞, 吕小龙, 王华

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 平陆运河为跨水系连通工程, 枯水期流域航运用水保证率不足, 船闸需采用节水技术。综合考虑输水效率、省水率、船闸通过能力等因素, 对省水方式选择、省水池布置形式进行综合技术经济比选, 推荐采用一、三级省水池重叠布置, 二级省水池分散布置的省水池方案, 省水率达60%。马道枢纽功能以航运为主, 兼顾郁江应急防洪, 坝址为低山丘陵地貌, 一次建成双线34 m×300 m船闸, 船闸采用多级省水池方案, 平面布置影响因素众多, 结合泄水闸规模、输水系统布置和省水池布置形式, 优化船闸、泄水闸之间轴线间距, 节约土地资源和节省工程投资。经模型试验验证, 在采取双线船闸错峰4.5 min运行以及优化上、下游引航道辅导航墙布置等措施的条件下, 引航道内通航水流条件满足规范要求。

关键词: 平陆运河; 平面布置; 省水船闸; 应急分洪; 双线船闸; 省水池

中图分类号: U612.3

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)08-0008-10

Layout plan of Madao Hub

DONG Xia, LYU Xiaolong, WANG Hua

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

Abstract: The Pinglu Canal is a cross water system connection project, and the water guarantee rate for navigation in the dry season basin is insufficient. The ship lock needs to adopt water-saving technology. Taking into account factors such as water delivery efficiency, water-saving rate, and ship lock capacity, a comprehensive technical and economic comparison is made for the selection of water saving methods and the layout of water-saving pools. It is recommended to adopt a water saving pool scheme with overlapping first and third level water saving pools and dispersed second level water saving pools, with a water saving rate of 60%. The main function of the Madao Hub is shipping, while also taking into account the emergency flood control of the Yujiang River. The dam site is located in a low mountain and hilly terrain, and a double-lane 34 m × 300 m ship lock will be built at once. The ship lock adopts a multi-level water-saving pool scheme. The layout plan is influenced by many factors. By combining the scale of the sluice gate, the layout of the water conveyance system, and the layout of the water-saving pool, the axial spacing between the ship lock and the sluice gate can be optimized to save land resources and engineering investment. Through model experiments, it has been verified that under the conditions of adopting a 4.5 minutes staggered operation of the double line ship lock and optimizing the layout of the upstream and downstream navigation guide walls, the navigation flow conditions in the navigation channel meet the regulatory requirements.

Keywords: Pinglu Canal; layout plan; water-saving ship lock; emergency flood diversion; double-lane ship lock; water-saving pool

收稿日期: 2024-11-20

*基金项目: 国家重点研发计划课题项目(2023YFC3206103)

作者简介: 董霞(1979—), 女, 硕士, 正高级工程师, 从事港航工程设计工作。

1 工程概况

平陆运河始于西津库区南宁横州市平塘江口,跨沙坪河与钦江支流旧州江分水岭,沿钦江干流南下进入北部湾钦州港海域,全长约 135 km,是一条通江达海的水运通道,也是西部陆海新通道的重要组成部分。平陆运河规划建设 3 座枢纽对航道全线渠化,马道枢纽为平陆运河第 1 个梯级枢纽,坝址位于郁江与钦江分水岭南侧,为低山丘陵地貌,建设规模为一次建成双线 34 m×300 m 船闸,单级最大设计水头为 29.6 m,是大规模高水头省水船闸。

2 总体布置原则

马道枢纽总体布置需解决的关键问题包括:平陆运河为跨流域工程,枢纽在保障钦江防洪安全的条件下,需兼顾郁江流域应急防洪功能需求;马道枢纽设计水头大,流域水资源缺乏,需采用省水船闸方案,在保证输水效率的前提下,综合平衡土方开挖量和结构造价,使总体经济效益最优;枢纽在分水岭平地开挖建设,开挖工程量大,枢纽总体布置应尽量减少征地拆迁和开挖量;双线船闸灌泄水流量大,灌泄水时相互影响,需结合模型试验,优化总体布置,改善通航水流条件。

针对上述关键问题,提出枢纽总体布置原则如下:

1) 枢纽布置优先满足通航需要,船闸上、下游引航道应与上、下游航道平顺连接,口门区和连接段的通航水流条件应满足船舶安全进出闸的要求。

2) 合理确定泄水建筑物规模,马道枢纽在不影响钦江沿线城镇防洪安全的前提下,兼顾郁江流域应急分洪。

3) 枯水期流域航运用水保证率不足,新建船闸拟采用省水池方案,枢纽总体布置需充分考虑省水池的布置需求。

4) 枢纽总体布置需满足双线船闸同时运行和

单线船闸独立运行时上下游引航道水流条件,尽量减小泄水闸和船闸之间的相互影响。

5) 坝址地形为低山丘陵地貌,总体布置方案应尽量减少征地范围和开挖工程量。

3 总体布置方案

3.1 双线船闸布置

马道枢纽坝址处为低山丘陵地貌,现状河道狭窄,枢纽基本为陆上开挖建设,为减少用地范围和开挖量,采用集中布置的总体布置方式。

根据预测运量需求和船闸规模论证,确定双线船闸有效尺度为 34 m×300 m×8 m(闸室有效宽度×闸室有效长度×门槛最小水深)。马道枢纽按一次建成双线船闸建设,从减少征地拆迁和开挖工程量以及改善上、下游引航道通航水流条件考虑,采用共用引航道布置。双线船闸中心线间距综合考虑引航道宽度、水工结构安全、输水系统布置、检修设备通道布置和引航道通航水流条件等因素确定。

停泊段按停靠 2 列 3 000 吨级船舶考虑,根据 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》^[1],计算引航道宽度为 142.2 m。马道枢纽输水系统采用闸墙长廊道单侧进水闸底纵支廊道四区段盖板消能型式,双线船闸中间部分即中墩顺水流方向布置 4 道输水廊道,单支输水廊道宽 6.6 m,同时闸室中墩需满足检修车辆通行需求,车道宽度取 4 m,中墩结构宽 40 m,闸室有效宽度为 34 m,双线船闸中心线间距为 74 m。导航墙线形选择既要起到较好的导航调顺效果,以保障船舶安全通航,又要尽量缩短导航调顺段的长度,节省工程投资。结合工程经验,导航调顺段斜率取 1:6,为尽量减小征地拆迁和开挖工程量,引航道布置按满足闸室内一列船舶直线出闸确定,即闸室内边线至停泊段边线距离不小于 4 倍船宽,为 63.2 m,因此引航道宽度不小于 166.4 m,取 167 m,双线船闸平面布置见图 1。

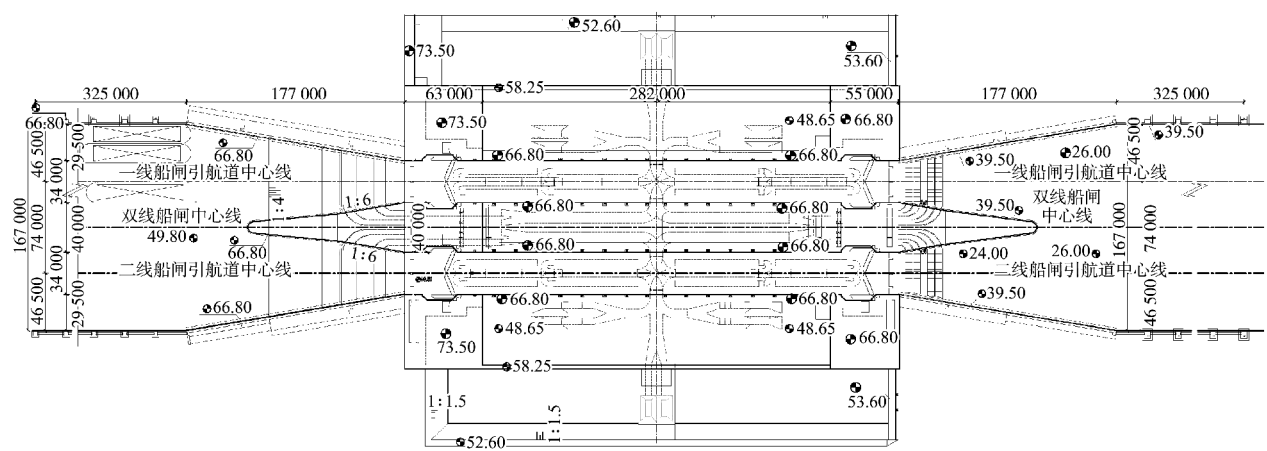


图 1 双线船闸平面布置 (尺寸: mm; 高程: m)

Fig. 1 Layout plan of double-lane ship lock (dimension: mm; elevation: m)

3.2 省水池布置

3.2.1 省水方式选择

平陆运河为连接郁江和钦江流域的跨流域航运工程,受郁江下游河道生态环境用水、生产、生活用水等水资源综合利用的制约,流域枯水期航运用水保证率不足,平陆运河船闸需采用节水技术,减小船闸耗水量。

双线船闸省水方式有互灌互泄和省水池 2 种形式。互灌互泄^[2]工作原理:当一线船闸(目标船闸)充水运行时,开启互充互泄廊道输水阀门,由

另外一线高水位船闸通过连通廊道向目标船闸充水,待 2 个船闸闸室水位齐平后,关闭连通廊道输水阀门,再开启目标船闸上闸首输水阀门,由上游引航道向目标船闸充水;泄水运行时,与上述过程相反。省水船闸^[3]工作原理:在船闸侧面设置省水池,通过省水池储存部分水体,船闸充泄水过程中通过闸室与省水池之间的水体输送实现部分水体的重复利用,从而减少船闸运行 1 次的用水量。研究阶段马道枢纽开展 2 种省水方式的比选,见表 1。

表 1 船闸省水方式比选

Tab. 1 Comparison and selection of water saving methods for ship lock

比选内容	船闸通过能力	省水率	输水效率	征地拆迁	工程量及投资
互灌互泄方案	采用双线同时输水运行方式,双线船闸运行会相互干扰,在双线船闸运量不一致时影响船闸总体通过能力	操作运行方便,省水率最大约为 50%	最大水头工况下,输水时间为 13 min	船闸之间需布置中间廊道及工作阀门,双线船闸中心线间距较大(马道船闸间距为 100 m),征地拆迁量大	不需要单独设置省水池,工程量相对较小,工程投资较低
省水池方案	双线船闸独立运行,干扰小。马道船闸最大水头工况下,通过能力较互灌互泄方案可提高约 5%	设置 3 级省水池时,最大省水率可达 60%	最大水头工况下,输水时间约 16 min	工作阀门可布置在省水池上方,双线船闸中心线间距较小(马道船闸间距为 74 m),征地拆迁较小	需单独布置省水池,工程量较大,投资较高

综上,从节约水资源和提高通过能力角度考虑,马道枢纽船闸采用省水池方案。

3.2.2 省水池布置形式选择

带省水池的省水船闸布置形式可分为整体式和分散式,整体式省水船闸占地面积小,但结构复杂、止水设计困难、施工难度较大,省水池的水级划分较困难;分散式省水船闸结构简单,省

水池之间可以部分重合,水级划分相对灵活,但占地面积大。

马道枢纽坝址为低山丘陵地貌,枢纽总体布置应尽量减少征地拆迁和开挖量,省水池布置形式宜选择整体式。马道枢纽船闸上、下游水位变幅分别为 5.80 和 1.92 m,水位变幅较大,在以往省水船闸设计中,为降低水位变化影响,采用补

溢水措施^[4], 但该措施会增加输水操作的复杂性和不稳定性。马道枢纽输水系统模型试验研究提

出省水池布置采用组合布置方案^[5]: 一级和三级省水池重叠布置, 二级省水池单独布置, 见图 2。

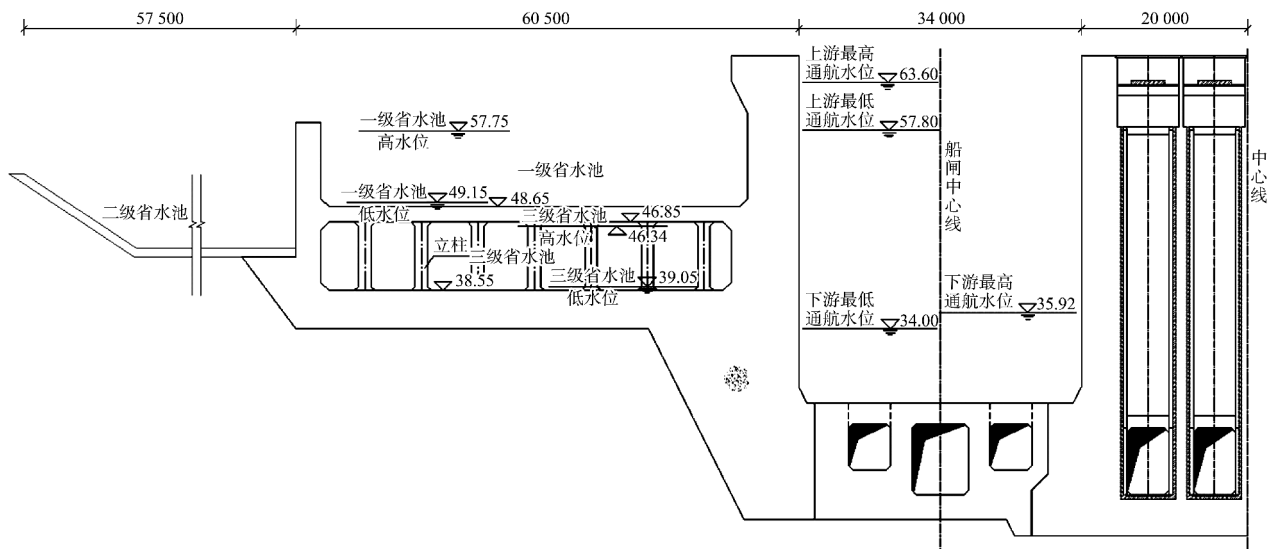


图 2 单线船闸闸室和省水池结构断面 (尺寸: mm; 高程: m)

Fig. 2 Cross section of single-lane ship lock chamber and water-saving pool structure (dimension: mm; elevation: m)

3.2.3 泄水闸布置

现状郁江和钦江水系被分水岭隔开, 郁江洪水通过西津枢纽下泄, 平陆运河建设将沟通郁江和钦江 2 个流域。考虑郁江、西江流域防洪体系已基本建成并发挥效益, 但流域内仍缺乏超标洪水防御工程措施。利用平陆运河相机分洪, 可减轻郁江中下游沿线城市应对超标洪水的压力, 进一步完善郁江、西江流域超标洪水防御体系。叶飞武^[6]从防洪工程体系、洪水(潮)遭遇、分洪能力等角度分析平陆运河分洪的可能性。根据参考文献[7], 平陆运河以“不增加钦江现状防洪压力, 能分多少则分多少”为原则合理确定分洪规模。设计阶段, 经过反复研究论证, 确定马道枢纽分洪能力为: 平陆运河开挖后洪水不超出现状河槽, 最大分洪能力为 $1\,000\text{ m}^3/\text{s}$, 钦江防洪工程规划实施以后, 最大分洪能力为 $1\,600\text{ m}^3/\text{s}$ 。根据泄水闸泄流能力计算, 泄水闸采用 3 孔平地闸, 单孔宽 8 m。

马道枢纽采用省水船闸, 省水池宽度较大, 同时受地形条件限制, 为尽量减少征地拆迁, 泄

水闸布置在一线船闸左侧, 泄水闸与一线船闸中心线距离为 153.5 m, 泄水闸上游进水渠出口和下游出水渠出口分别布置在上、下游停泊段。

3.2.4 总体布置方案

双线船闸上闸首为枢纽挡水线的组成部分, 枢纽坝轴线长 419.6 m。双线船闸中心线间距为 74 m, 上下游引航道采用曲线进闸、直线出闸布置形式。导航段斜率为 1:6, 上、下游引航道导航调顺段长 177 m, 停泊段长 325 m, 制动段长 90 m, 直线段总长度为 1 751 m。双线船闸采用共用引航道布置, 上、下游引航道宽度均为 167 m, 上下游均通过一段转弯半径为 600 m 的圆弧与主航道衔接, 转弯角度分别为 55° 和 18° 。

泄水闸位于一线船闸二级省水池左侧, 与一线船闸中心线距离为 153.5 m, 泄水闸共 3 孔, 单孔净宽 8 m, 泄水闸沿坝轴线总长 35 m, 顺流向长 35 m。泄水建筑物从上游至下游依次为进水渠、泄水闸、泄槽、溢流坝、出水渠。为尽量减少征地拆迁, 省水池护坡结构结合泄水建筑物边墙布置。马道枢纽总体布置见图 3。

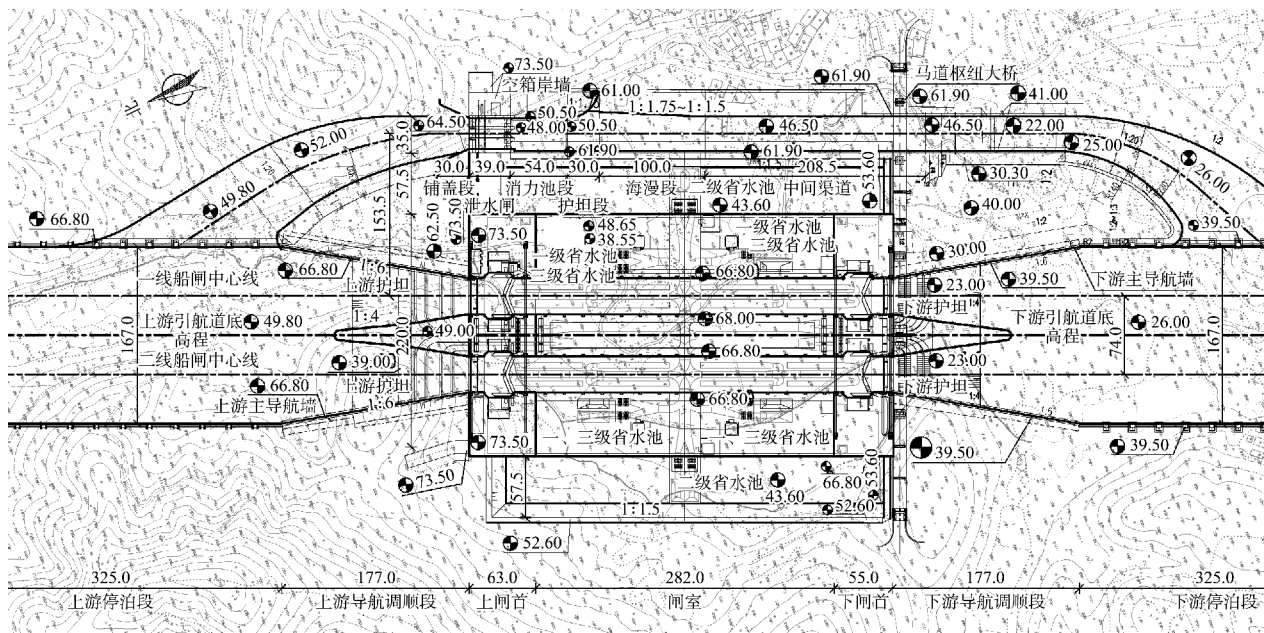


图3 马道枢纽总体布置 (单位: m)

Fig. 3 Overall layout of Madao Hub (unit: m)

4 引航道通航水流条件验证

4.1 研究目的

1) 在不同运行水位组合条件下, 研究马道船闸充泄水运行时上、下游引航道非恒定流变化特性, 分析水面比降和水流流速的时变特征和沿程分布规律; 研究双线船闸不同充、泄水组合条件下, 引航道口门区、停泊段和导航调顺段等各关键区段的流速分布和水力波动情况。提出改善通航水流条件的船闸运行调度措施和工程技术措施。

2) 研究泄水闸不分洪工况下, 船闸上、下游引航道的通航水流条件, 提出通航工况下泄水闸的最大可放水流量, 分析评价船闸布置方案的合理性及可行性。提出枢纽总体布置方案的优化建议。

4.2 研究方法

针对第1条研究目的, 开展船闸灌泄水运行引航道水流条件数值模拟研究, 利用三维紊流仿真计算模型研究引航道内停泊段及导航、调顺段的流速分布及波动情况, 系统分析马道船闸引航道通航水流条件。

针对第2条研究目的, 开展马道枢纽水工整体物理模型试验研究。

4.3 主要研究结论

4.3.1 灌泄水工况下引航道通航水流条件

马道枢纽一次建成双线船闸, 船闸运行有单线运行、双线同时运行2种运行方式。船闸最大水头为29.6 m, 最大充水流量为618 m³/s, 泄水流量为590 m³/s。根据《船闸总体设计规范》, 停泊段最大纵向水流不应大于0.50 m/s, 横向不应大于0.15 m/s; 根据JTJ 306—2001《船闸输水系统设计规范》^[8], 船闸灌泄水时, 上游引航道中最大纵向流速应不大于0.50~0.80 m/s, 下游引航道中应不大于0.80~1.00 m/s。

根据模型试验研究成果^[9]: 最大工作水头(上游水位63.64 m, 下游水位34 m)条件下, 马道船闸双线同时充水, 上游引航道内最大流速为0.48 m/s, 右侧停泊区横流较小, 左侧停泊区横流在0.15 m/s以内, 水流条件满足规范要求。单线充水时, 上游引航道流速为0.17~0.23 m/s, 停泊段最大横流为0.10 m/s。

船闸双线同时泄水过程中引航道内流速最大值出现在 $t=175$ s, 引航道内垂向流速约在0.02 m/s以内, 船舶吃水5.5 m范围内, 不同水深处平面流场基本一致。双线同时泄水时, 下游引航道最大流

速为 0.83 m/s, 停泊区最大纵向流速为 0.91 m/s, 右侧停泊区横流在 0.15 m/s 以内, 左侧停泊段与泄水闸交汇处横流为 0.18~0.38 m/s, 停泊区上半部分横流偏大。双线船闸泄水工况下, 运行 175 s 时, 水面下 2.5 m 引航道及靠船墩平面流场分布见图 4。

左侧船闸单线泄水时, 下游引航道最大流速为 0.42 m/s, 停泊区最大纵向流速为 0.48 m/s, 左侧停泊区与泄水闸出水渠交汇处横流为 0.13~0.19 m/s, 其余位置横向流速小于 0.10 m/s, 停泊段横向流速基本满足规范要求。左侧船闸泄水 175 s 时, 单线泄水下游引航道流场见图 5。

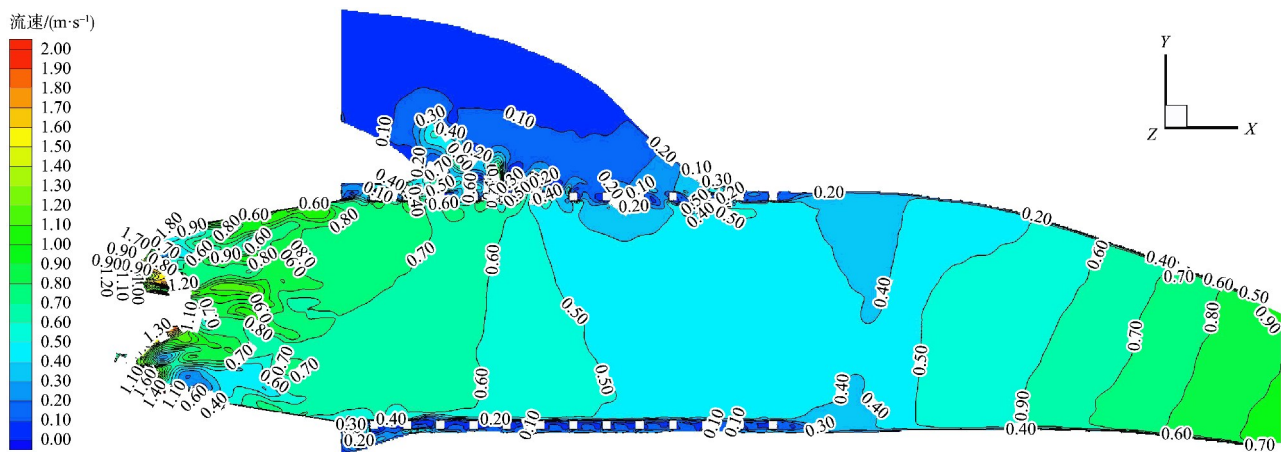


图4 双线船闸同时泄水下游引航道平面流场分布

Fig. 4 Distribution of horizontal flow field in downstream approach channel for simultaneous discharge of double-lane ship lock

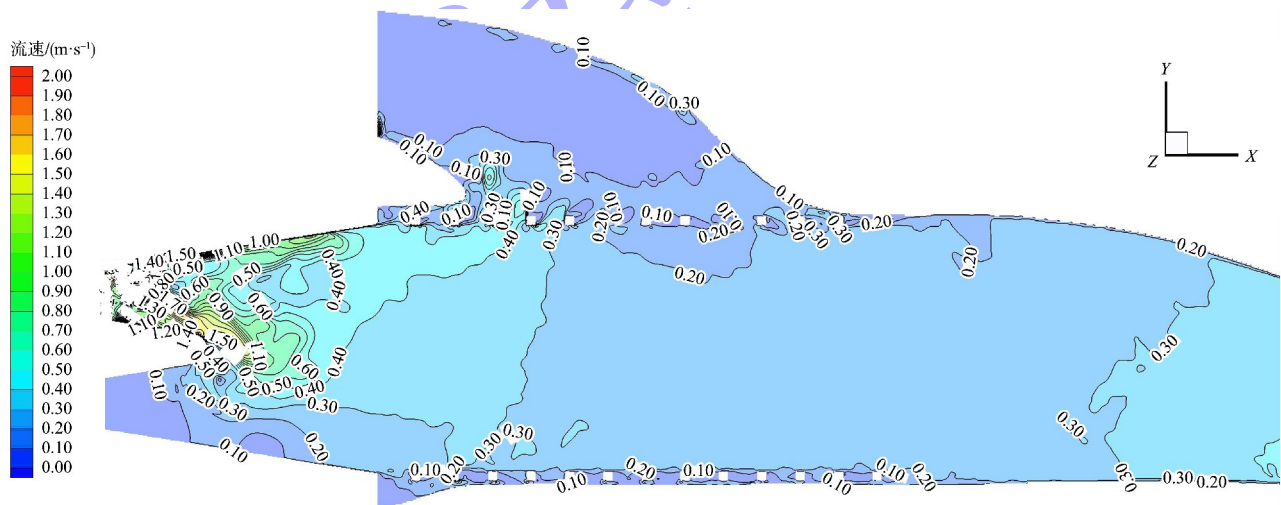


图5 左侧船闸单线泄水下游引航道流场

Fig. 5 Flow field of downstream approach channel for single-lane discharge of left ship lock

4.3.2 灌泄水工况下通航水流条件改善措施

降低引航道流速的措施一般有降低输水流量、延长输水时间和增大过水断面 3 种方式。考虑工程运量需求大, 设计水头高、地势高, 开挖工程量大, 从提高通航效率和减少开挖量考虑, 采用降低输水流量方案。研究结果表明, 在双线船闸

错时运行时间超过 4.5 min 时, 最大流量约为双线运行的 60%, 经试验研究验证, 此输水流量条件下, 引航道通航水流条件较好, 满足规范要求。双线船闸错时运行, 左侧船闸晚 4 min 40 s 泄水, 引航道及靠船墩平面流场分布见图 6。

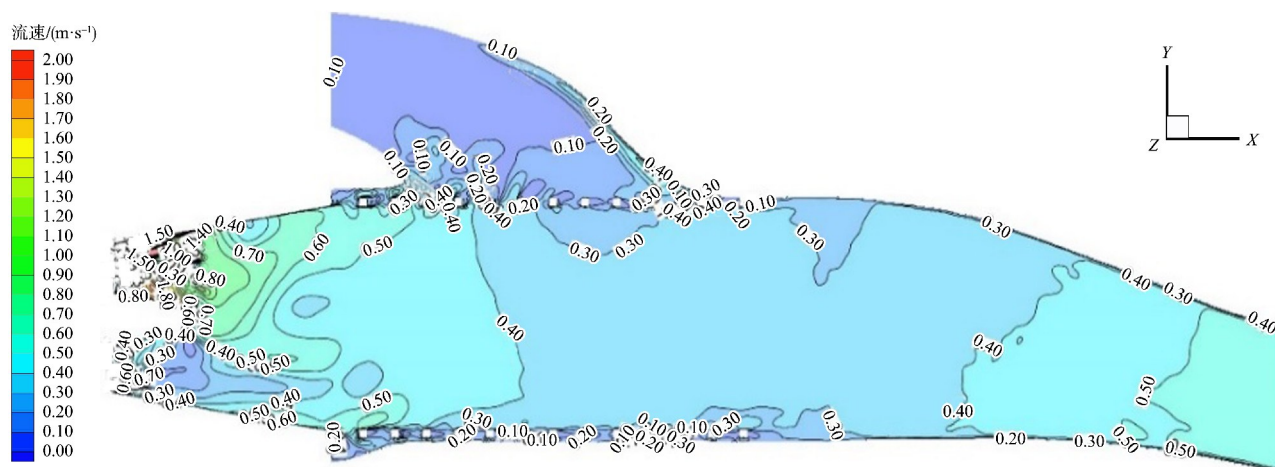


图6 双线船闸错时运行时泄水引航道及靠船墩平面流场分布

Fig. 6 Distribution of planar flow field in discharge channel and docking pier during staggered operation of double-lane ship lock

双线船闸运行存在一线船闸充泄水, 另一线船闸在平水状态下船舶进出闸的情况, 马道船闸双线之间辅导航墙原设计长 66.6 m, 在一线船闸充泄水时, 由于水流的不对称性和剪切作用, 另

一线船闸导航调顺段内产生较大的横流和回流。左侧船闸充水 100 s 时, 原方案上游引航道横流流速分布见图 7。

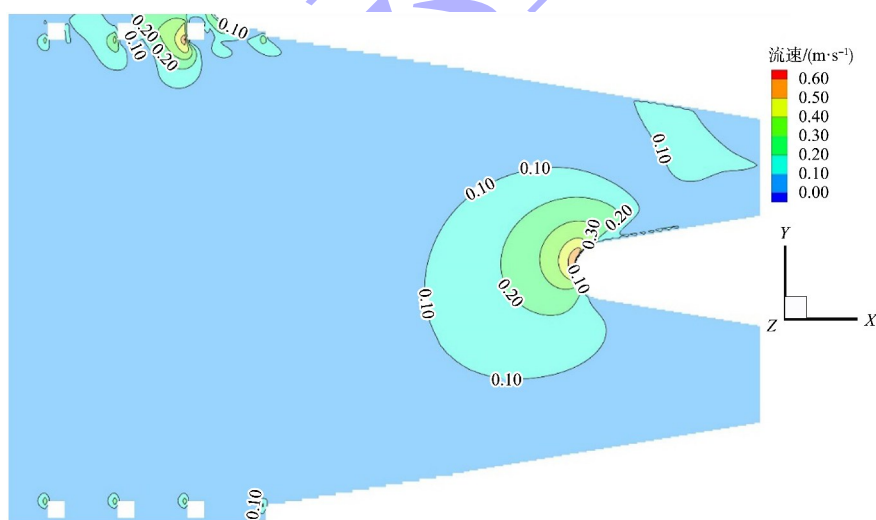


图7 原方案上游引航道横向流速分布 ($t=100$ s)

Fig. 7 Lateral velocity distribution in upstream approach channel of original plan ($t=100$ s)

施工图设计阶段^[11]对延长辅导航墙长度、导航墙结构底部采用透孔结构以及透空结构分段采用不同透空率进行了多方案比选。研究表明, 当上游辅导航墙延长至 127 m, 导航墙结构采用底部透空布置, 透水孔顶高程为 52.8 m, 1[#]~3[#]结构

段透空高度为 3.0 m, 14[#]~15[#]结构段透空高度为 13.8 m, 中间结构段采用线性过渡的优化方案后, 距闸首 60 m 范围内, 流速与原方案基本相同; 距闸首 0~90 m 范围内, 原方案下右导航调顺段最大纵向流速约为 0.20 m/s, 最大横向流速为 0.17 m/s,

原方案大部分超标区域的流速均降至 0.10 m/s 以内,个别位置流速为 0.17 m/s ,但影响范围很小;距闸首 $90 \sim 180 \text{ m}$ 范围内,相较于原方案,右导航调顺段纵向流速均有一定程度的减小,最大横向流速由原方案的 0.15 m/s 减小至 0.10 m/s 。上游辅导航墙优化立面见图 8,上游引航道优化方案横向流速分布见图 9。

当下游辅导航墙延长至 112 m ,透水孔顶高程为 29 m , $1^{\#} \sim 5^{\#}$ 结构段透空高度为 6 m , $9^{\#} \sim 14^{\#}$ 结构

段透空高度为 3 m ,中间结构段采用线性过渡的优化方案后,左侧船闸单线充水时,距闸首 $0 \sim 60 \text{ m}$ 范围内,流速与原方案基本相同;距闸首 $0 \sim 90 \text{ m}$ 范围内,原方案右侧导航调顺段最大纵向流速约为 0.32 m/s ,最大横向流速约为 0.45 m/s ,优化后,最大纵向流速约为 0.17 m/s ,最大横向流速约为 0.15 m/s ;距闸首 $90 \sim 180 \text{ m}$ 范围内,相较于原方案,右侧导航调顺段纵横向流速均有较大改善,下游引航道优化方案横向流速分布见图 10。

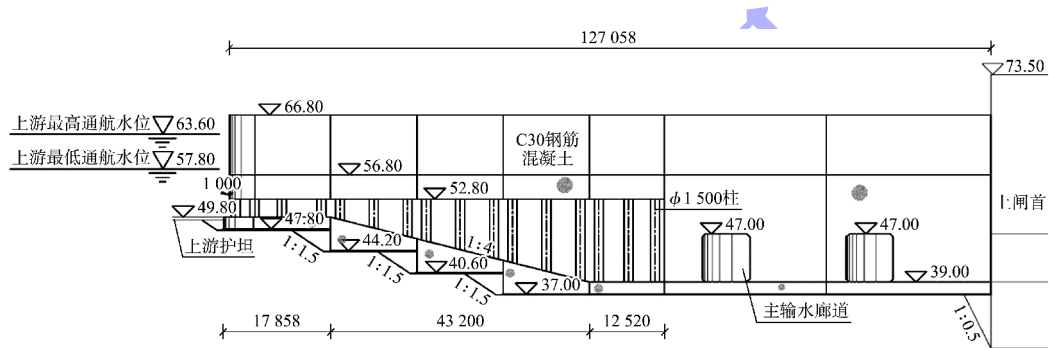


图 8 上游辅导航墙立面 (尺寸: mm; 高程: m)

Fig. 8 Elevation of upstream auxiliary navigation wall (dimension: mm; elevation: m)

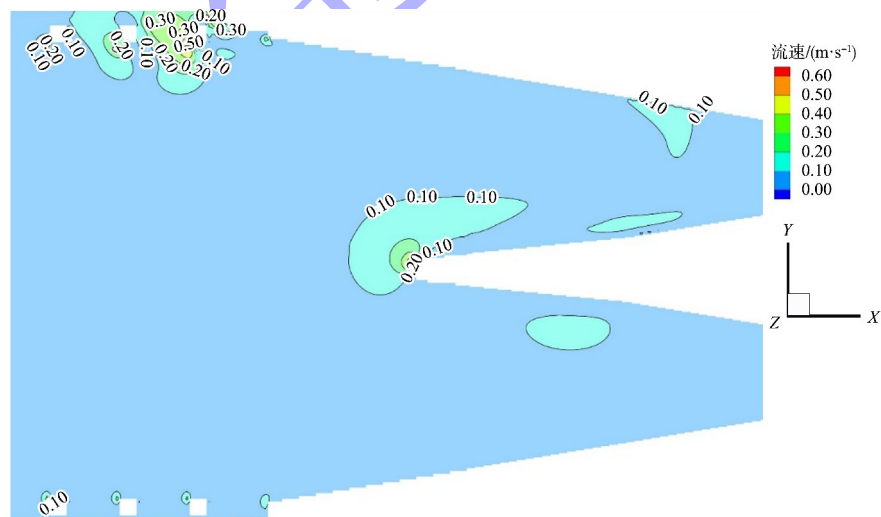
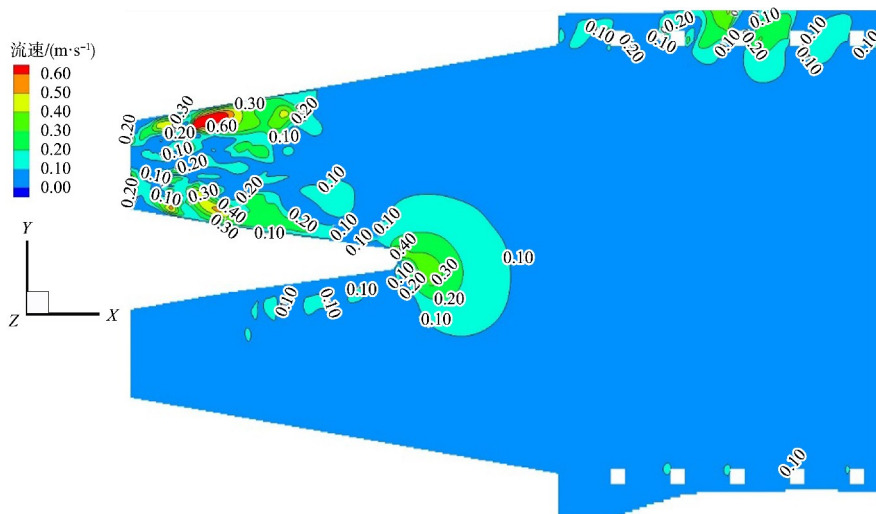


图 9 上游引航道优化方案下横向流速分布 ($t=100 \text{ s}$)

Fig. 9 Lateral velocity distribution under optimization scheme of upstream approach channel ($t=100 \text{ s}$)

图 10 下游引航道优化方案下横向流速分布 ($t=100\text{ s}$)Fig. 10 Lateral velocity distribution under optimization scheme of downstream approach channel ($t=100\text{ s}$)

4.3.3 不分洪工况下引航道通航水流条件

为尽量减少征地拆迁和开挖工程量,泄水闸进水渠进口和出水渠出口布置在左侧船闸上下游停泊段,泄水闸泄水时,下泄水流会对上下游引航道水流产生不利影响。马道枢纽运行方式为分洪时不通航,对不分洪工况下通航水流条件进行分析。结合船闸耗水量、下游供水、灌溉等需水量及船舶停泊段泊稳情况,对调水流量为 24、40、100、200、400 m^3/s 共 5 级流量下船闸上、下游引航道的通航水流条件进行研究,根据水工整体物理模型试验研究^[11],当调水流量 $Q < 400\text{ m}^3/\text{s}$ 时,上游左侧停泊段最大纵向流速为 0.29 m/s ,最大横向流速为 0.14 m/s ,各项流速指标均满足规范要求。当调水流量 $Q < 200\text{ m}^3/\text{s}$ 时,下游左侧停泊段最大纵向流速为 0.22 m/s ,最大横向流速为 0.15 m/s ,各项流速指标均满足规范要求。流量为 200 m^3/s 时,受泄水闸放水影响,下游左侧停泊段横流超标,因此枢纽最大调水流量为 100 m^3/s 。

5 结语

1) 根据坝址地形条件,结合输水系统布置和应急分洪的功能需求,从征地拆迁、开挖工程量、综合利用水资源、船闸通过能力和工程投资等方

面进行综合技术经济比选,合理确定枢纽总体布置,通过模型试验验证,确定船闸通航运行的最大泄水流量。

2) 研究表明水资源缺乏矛盾日益突出,省水船闸设计将成为未来船闸设计和研究的重要方向,本工程采用一级和三级省水池叠加布置,二级省水池独立布置的组合布置形式,不仅可节约土地资源,减少开挖量,降低工程投资,而且可降低省水池水质划分的难度,综合技术经济性较好。

3) 工程一次建设双线船闸,针对单级设计水头高的特点,对双线船闸通行运行和单线运行不同工况开展引航道水流条件的研究,提出错时运行的管理措施、延长双线船闸之间隔流堤长度以及优化隔流堤结构的工程措施,改善引航道水流条件,确保船闸安全运行。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 南京水利科学研究院. 平陆运河马道双线船闸输水系统布置与水力计算分析: 互充互泄布置方案[R]. 南京: 南京水利科学研究院, 2020.

- Nanjing Hydraulic Research Institute. Layout and hydraulic calculation analysis of the water conveyance system of the Pinglu Canal Madao double Lane ship lock : mutual charging and discharge layout scheme [R]. Nanjing: Nanjing Hydraulic Research Institute, 2020.
- [3] 中交水运规划设计院有限公司. 小清河复航工程省水船闸结构及模型试验研究[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2022.
- CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd. Research on the structure and model test of the water-saving ship lock for the Xiaoqing River resumption project [R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2022.
- [4] 李中华, 许铎, 安建峰. 单级省水船闸水级计算和影响因素探讨[J]. 水运工程, 2020(11): 7-11, 33.
- LI Z H, XU D, AN J F. Water level calculation and influencing factors of single-step lock with water saving basins [J]. Port & waterway engineering, 2020 (11): 7-11, 33.
- [5] 水利部交通运输部南京水利科学研究院通航建筑物建设技术交通行业重点实验室. 马道船闸输水系统水工模型试验研究[R]. 南京: 水利部交通运输部南京水利科学研究院通航建筑物建设技术交通行业重点实验室, 2023.
- Key Laboratory of Navigation Building Construction Technology and Transportation Industry, Nanjing Institute of Water Resources, Ministry of Water Resources and Transport. Experimental study on hydraulic model of the water conveyance system of Madao Ship Lock [R]. Nanjing: Key Laboratory of Navigation Building Construction Technology and Transportation Industry, Nanjing Institute of Water Resources, Ministry of Water Resources and Transport, 2023.
- [6] 叶飞武. 平陆运河分洪方案研究[J]. 广西水利水电, 2023(4): 91-93, 97.
- YE F W. Study of Pinglu Canal flood diversion plan[J]. Guangxi water resources & hydropower engineering, 2023(4): 91-93, 97.
- [7] 中交水运规划设计院有限公司, 黄河勘测规划设计研究院有限公司, 长江勘测规划设计研究院有限公司. 广西平陆运河分洪工程初步设计报告[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 黄河勘测规划设计研究院有限公司, 长江勘测规划设计研究院有限公司, 2022.
- CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd. Preliminary design report of Guangxi Pinglu Canal flood diversion project [R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Yellow River Engineering Consulting Co., Ltd., Changjiang Institute of Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., 2022.
- [8] 船闸输水系统设计规范: JTJ 306—2001[S]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- Design code for filling and emptying system of shiplocks: JTJ 306-2001[S]. Beijing: China Communications Press, 2001.
- [9] 南京水利科学研究院. 船闸充泄水运行引航道及航道水流条件数值模拟研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院通航建筑物建设技术交通行业重点实验室, 2023.
- Nanjing Hydraulic Research Institute. Numerical simulation study on the flow conditions of the approach channel and channel during the operation of ship lock filling and discharging [R]. Nanjing: Key Laboratory of Navigation Building Construction Technology and Transportation Industry, Nanjing Hydraulic Research Institute, 2023.
- [10] 中交水运规划设计院有限公司. 西部陆海新通道(平陆)运河马道枢纽及上游航道工程施工图[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2023.
- CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd. Construction drawing design for the western land sea new channel (Pinglu) canal Madao Hub and upstream navigation channel project [R]. Beijing: CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., 2023.
- [11] 重庆交通大学. 西部陆海新通道(平陆)运河马道枢纽水工整体物理模型试验研究报告[R]. 重庆: 重庆交通大学, 2023.
- Chongqing Jiaotong University. Research report on the hydraulic integrated physical model test of the western land sea new channel (Pinglu) canal Madao Hub [R]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2023.