



淮安东船闸的闸位及平面布置研究

王勤振¹, 董霞¹, 范红霞²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 南京水利科学研究院, 江苏 南京 210029)

摘要: 位于淮河入海水道的淮安东船闸周边河渠水道纵横, 水利交通设施密布, 建设运行环境极其复杂。船闸的闸位选址综合考虑通航条件、对淮河入海水道行洪的影响、对京杭运河通航的影响、对周边建筑物的影响、对外交通条件及征地拆迁情况, 推荐船闸选址南侧闸位方案。在南侧闸位, 综合考虑通航条件、通过能力、通航效率、对淮河入海水道行洪的影响、对防洪大堤的影响、施工条件、工程投资情况, 推荐曲进直出平面布置方案。经船闸整体物理模型试验研究论证, 推荐的船闸总体布置方案合理, 上下游导航调顺段、停泊段的布置方案满足规范规定的通航水流条件要求, 经优化布置上、下游侧隔流墙长度及透空率, 采取对运东泄水闸前局部水域实施疏浚, 淮河入海水道局部进行切滩行洪补偿工程措施后, 可满足船闸自身通航水流条件要求。工程建设对苏北灌溉总渠泄洪、运东泄水闸运行、渡槽运行及运东电站发电不会产生不利影响, 对淮河入海水道泄洪及地涵运行基本没有影响。

关键词: 闸位; 平面布置; 物理模型

中图分类号: U641.2

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2025)06-0128-08

Huai'an east ship lock position and planar layout

WANG Qinzhen¹, DONG Xia¹, FAN Hongxia²

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China; 2. Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

Abstract: Huai'an east ship lock in the Huaihe River estuary waterway is surrounded by numerous waterways, water conservancy and transportation facilities, making the construction and operation environment extremely complex. According to the navigation conditions, impact on the flood discharge of the Huaihe River estuary, impact on the navigation of the Beijing-Hangzhou Canal, impact on surrounding buildings, external transportation conditions, and land acquisition and demolition situation, it is recommended to choose a scheme of the southern ship lock position. At the southern ship lock position, according to the navigation conditions, capacity, efficiency, impact on the flood discharge of the Huaihe River estuary, impact on the flood control embankment, construction conditions, and project investment, a curved in and straight out layout plan is recommended. After conducting overall physical model tests on the ship lock, it is demonstrated that overall layout plan is reasonable. Layout plans for upstream and downstream navigation adjustment sections and berthing sections meet requirements of navigation water flow conditions specified in the code. After optimizing the length and permeability of the upstream and downstream side flow barriers, dredging of the local water area in front of Yundong sluice gate is carried out, and compensation engineering measures are taken for the cut-off of floodwaters in the Huaihe River estuary, which can meet the requirements of the ship lock's own navigation water flow conditions. The construction of the project will not have any adverse effects on the flood discharge of the main irrigation canal in northern Jiangsu Province, the operation of the Yundong sluice, the operation of the aqueduct, and the power generation of the Yundong power station. It will have little impact on the flood discharge of the Huaihe River estuary and the operation of the culvert.

Keywords: ship lock position; planar layout; physical model

收稿日期: 2024-08-26

作者简介: 王勤振 (1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事内河船闸、港口、航道工程规划设计。

1 淮安东船闸建设的意义

随着江苏省高等级航道网建设的不断完善，航道等级提高及沿线经济的发展^[1]，货运量增长需求快于船闸的建设，东西向的横向通道不畅通问题日益突出。

目前，苏北地区横向通道主要依靠盐河、灌溉总渠等航道，而灌溉总渠通航标准较低，且与连申线不连通，整体影响了苏北地区水资源综合利用及航道网络化效益的发挥^[2]。淮河入海水道沟通淮河中上游安徽、河南境内的内河航道以及京杭运河、连申线等干线航道，为安徽、河南淮河流域地区、京杭运河沿线淮安以北地区与苏北地区之间、国内外其他地区之间的交流创造了一条距离更近、费用更省、时间更短的新通道。

淮安东船闸是沟通灌溉总渠、京杭运河与淮河入海水道的一个重要梯级，作为淮河入海水道

的节点工程，工程建成后可解决通航瓶颈问题，有效缓解京杭运河等部分航段通航压力，保障航道畅通运行^[3]。船闸的建设对于进一步推动运输结构调整、优化区域综合交通运输体系、构建现代化高质量综合立体交通网具有重要作用^[4]。

2 周边现状

淮河入海水道与灌溉总渠东西向平行而过，南北向京杭运河与其垂直。拟建淮安东船闸穿过淮安枢纽管理区大堤连接淮河入海水道与灌溉总渠，北侧里运河与京杭运河衔接，旁边建有清安河泵站，京杭运河与淮河入海水道采用淮安枢纽立交衔接，上部为渡槽，下部为地涵。灌溉总渠自北向南依次建有运东泄水闸、运东电站、运东船闸，京杭运河南侧自西向东依次建有淮安一、二、三线船闸及淮安抽水站。该闸位区域工程布置密集，影响制约因素众多，见图 1。



图 1 船闸周边建筑物

Fig. 1 Buildings around ship lock

3 设计参数

船闸主要设计参数为：船闸等级Ⅱ级，船舶双列通行，船闸尺度为 300 m×34 m×5 m(有效长度×净宽×门槛水深)。

根据 GB 38030. 2—2019《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》^[5]推荐船型主尺度的相关规定，结合淮河上游及交汇航道现状及规划、内河船型现状、集装箱

船发展以及船型运输组织论证,本工程推荐船型为 2 000 吨级货船,主尺度 67.6 m×13.8 m×3.1 m (总长×型宽×吃水,下同);120~150 TEU 集装箱船,主尺度 88 m×15.8 m×3 m;1 顶 2×2 000 吨级顶推船,主尺度 182 m×16.2 m×2.6 m。综合考虑淮河入海水道二期工程与其他河段联运的需求,将内河长 90 m 货船及拖带船队作为兼顾船型。

4 闸位方案

4.1 北侧闸位方案

船闸有效尺度为 300 m×34 m×5 m(有效长度×

净宽×门槛水深,下同),上、下游引航道宽度均为 75 m,采用“曲线进闸、直线出闸”过闸方式,上游主导航墙靠入海水道侧布置,下游主导航墙靠北侧布置。上游引航道与京杭运河南、北侧连接转弯半径分别为 360、728 m,船闸中心线与入海水道河道中心线夹角为 28.4°,下游引航道与下游主航道连接转弯半径为 728 m。拟建船闸需破淮河入海水道北侧大堤,在下游引航道北侧新建防洪大堤与上闸首、上闸首南侧新建大堤及现有防洪大堤形成封闭防洪线。淮扬路高架桥跨闸室布置,淮扬路公路桥跨下游引航道布置,见图 2。



图 2 北侧闸位方案

Fig. 2 Scheme of northern ship lock position

4.2 南侧闸位方案

受淮安枢纽一期地涵、运东泄水闸限制,淮安东船闸的闸位选择在淮安枢纽管理区与运东泄水闸之间,布置在枢纽管理区南侧。船闸有效尺度为 300 m×34 m×5 m,上、下游引航道宽度均为 75 m,上、下游均采用“曲线进闸、直线出闸”过闸方式,船闸中心线与京杭运河淮安枢纽渡槽中心线夹角为 91°,两中心线交点距一期地涵中心 431 m,

上游引航道中心线距运东泄水闸中心 157 m,中心线夹角为 14°,上游引航道与京杭运河南、北侧连接转弯半径均为 360 m。拟建船闸需破除淮河入海水道南侧大堤,在上游引航道北侧新建防洪大堤与上游现状南侧大堤及上闸首、上闸首南侧及下游现状防洪大堤形成封闭防洪线。淮扬路高架桥跨上游停泊段布置,淮扬路公路桥跨闸室布置,见图 3。

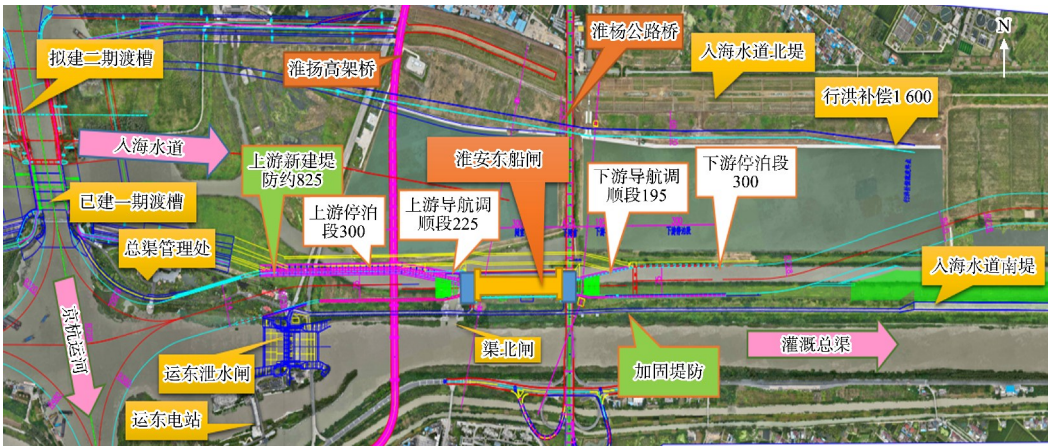


图 3 南侧闸位方案 (单位: m)
Fig. 3 Scheme of southern ship lock position (unit: m)

4.3 闸位方案比选

综合考虑通航条件、对淮河入海水道行洪的影响、对京杭运河通航的影响、对周边建筑物的

影响、对外交通条件及征地拆迁情况,对南北 2 个闸位方案进行比选,见表 1。最终推荐采用南侧闸位方案。

表 1 闸位方案综合比选
Tab. 1 Comprehensive comparison and selection of ship lock position schemes

方案	通航条件	对入海水道行洪的影响	对京杭运河通航的影响
南侧闸位	上游引航道与京杭运河衔接较为顺畅,与南侧渡槽中心线夹角为 121°,转弯半径为 300 m,满足 4 倍单船长度。下游引航道与主航道采用反弯衔接,衔接较为顺畅	对入海水道行洪有一定影响,采用行洪补偿措施可消除	东西向上下行船舶与京杭运河十字交汇,影响相对较小
北侧闸位	上游引航道与京杭运河衔接较为顺畅,与南侧渡槽中心线夹角为 60°,转弯半径为 360 m,满足 4 倍单船长度,不满足顶推船队通航要求。下游引航道与主航道采用反弯衔接,衔接较为顺畅	不影响入海水道行洪,无需采用行洪补偿措施	从灌溉总渠进入淮河入海水道上下行船舶需要 S 形航行通过京杭运河渡槽,加大渡槽通行压力,对京杭运河影响较大;同时无法满足顶推船队东西向通行要求
方案	对周边建筑物的影响	对外交通	征地拆迁
南侧闸位	1) 拟建船闸需破除淮河入海水道南侧大堤,在船闸上游引航道北侧新建防洪大堤与上闸首、上闸首南侧及下游现状防洪大堤形成封闭防洪线,新建防洪大堤长约 800 m。 2) 需要拆除渠北闸	枢纽管理区内交通需要利用淮安枢纽坝顶公路桥、北侧大堤、淮扬路高架桥沟通对外交通;闸管区需要设置在石塘镇,距离较远,船闸对外交通通过入海水道南堤、运东闸复线桥、S328 省道等	需要征用枢纽管理区用地,拆迁部分管理用房,拆迁量较小
北侧闸位	1) 拟建船闸需破除淮河入海水道北侧大堤,在船闸下游引航道北侧新建防洪大堤与上闸首、上闸首南侧新建大堤及现有防洪大堤形成封闭防洪线,新建防洪大堤长 1 643 m。 2) 需要拆除清安河涵闸。 3) 淮扬路高架桥和淮扬公路桥的主桥均需要接长,桥梁接线加长	闸管区设置在闸室南侧,经北侧大堤、淮安枢纽坝顶公路桥、淮扬路高架桥沟通对外交通	需要征拆北侧大堤外淮安区城区大片房屋及清安河污水处理厂等,拆迁量大,社会影响大

5 平面布置方案

5.1 方案 1

根据闸位比选,淮安东船闸推荐闸位在淮安枢纽下游右岸,经灌溉总渠穿南堤入淮河入海水道。船闸布置场地狭窄,供调整的范围有限^[6],船闸轴线的选取及合理的平面布置对设计、施工方案及工程投资影响重大^[7]。

淮安东船闸平面布置综合考虑船闸直线段布置要求,上游引航道与淮安枢纽一期的衔接,尽

量少占用入海水道行洪水域,尽量减小淮扬路高架桥通航跨径,尽量不破坏运东泄水闸与淮安东船闸之间现状防洪大堤等因素确定。

船闸上、下游引航道采用曲进直出的平面布置形式(停泊段均位于北侧)。闸室有效尺度为 300 m×34 m×5 m,为尽量减少占用入海水道行洪水域,船闸主体和上下游引航道沿入海水道南侧大堤的堤脚布置,上闸首位于淮安枢纽下游约 1.3 km。上游引航道与京杭运河北侧航道和灌溉总渠上游

航道通过反曲线连接,与京杭运河南北侧航道连接转弯半径取 4 倍单船长度即 360 m,反弯段直线长度按不小于 3 倍单船长度控制,与灌溉总渠连接转弯半径取 728 m。下游引航道与主航道衔接转弯角度为 14° ,转弯半径为 728 m。

上闸首长 49 m、宽 77 m,闸室长 300 m,下闸首

长 46 m、宽 77 m。上、下游引航道宽度均为 75 m,导航调顺段长 195 m,导航段斜率为 1:6。上、下游停泊段均布置在临近入海水道侧,长度均为 300 m。下游停泊段末端设置隔流墩,隔流墩长度为 65 m。方案 1 平面布置见图 4。

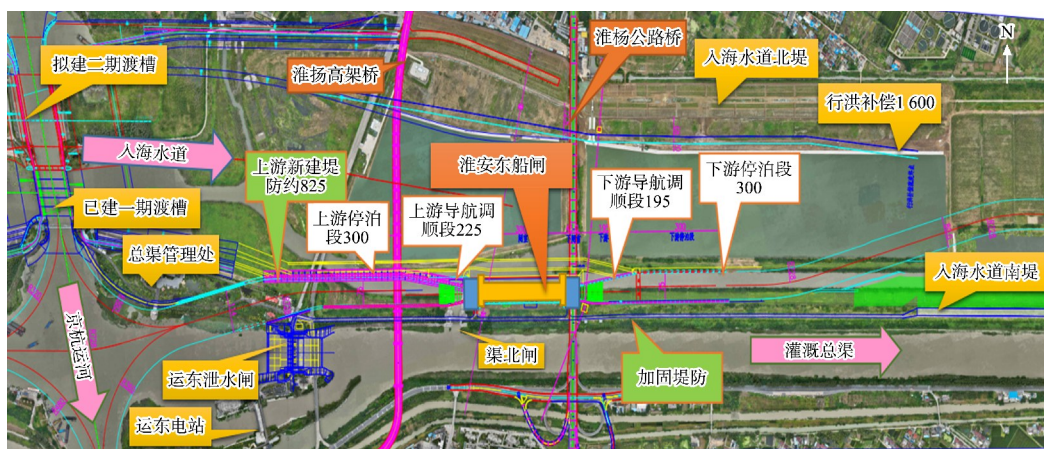


图 4 方案 1 平面布置 (单位: m)

Fig. 4 Planar layout of scheme 1 (unit: m)

5.2 方案 2

船闸上游引航道采用直进曲出,下游引航道采用曲进直出的平面布置形式。

闸室有效尺度与方案 1 相同,为减少对入海水道南堤的影响,上游引航道紧靠南堤的堤脚布置,满足上游引航道与上游航道衔接反弯段直线长度为原则确定船闸轴线,船闸轴线距南堤的堤顶边线 87 m。上游引航道与京杭运河北侧航道和灌溉总渠上游航道通过反曲线连接,与京杭运河

南北侧航道连接处反弯段直线长度不小于 3 倍单船长度,连接转弯半径为 360 m,上游引航道与灌溉总渠上游航道连接转弯半径为 728 m。

上闸首、闸室、下闸首、上下游引航道、导航调顺段尺寸参数与方案 1 相同。上游停泊段布置在入海水道侧,长 515 m,下游停泊段布置在南堤侧,长 300 m,下游隔流墩长 60 m。方案 2 平面布置见图 5。

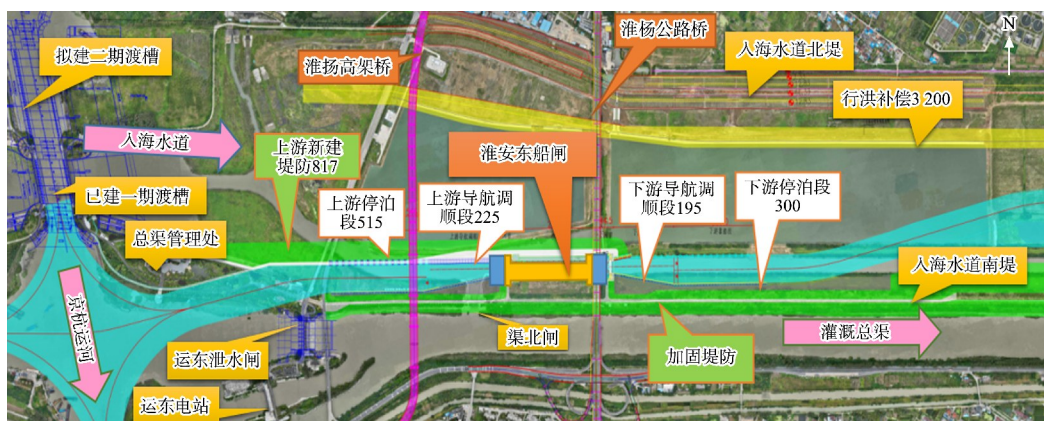


图 5 方案 2 平面布置 (单位: m)

Fig. 5 Planar layout of scheme 2 (unit: m)

5.3 平面布置方案比选

在推荐闸位基础上, 综合考虑通航条件、通过能力、通航效率、对淮河入海水道行洪的影响、对防洪大堤的影响、施工条件、工程投资情况, 对 2 个平面布置方案进行比选, 见表 2。最终推荐南侧曲进直出方案, 即方案 1。

表 2 平面布置方案综合比选
Tab. 2 Comprehensive comparison and selection of layout options

方案	通航条件	通过能力通航效率	对防洪大堤的影响
1	上、下游停泊段均靠入海水道侧布置, 上游口门区离运东泄水闸较远, 上游引航道水流条件受运东泄水闸泄水影响较小。入海水道行洪可能影响下游停泊段末端水流条件, 可结合模型试验论证进行改进	上、下游引航道采用曲进直出布置, 导航调顺段距离较短, 过闸时间短, 通过能力较方案 2 多 260 万 t, 通航效率较高	船闸建设需破除入海水道南堤, 新建防洪大堤长约 825 m, 抬高入海水道南堤长 1 556 m, 加固灌溉总渠北堤长 620 m
2	上游通航条件与方案 1 基本相同, 下游停泊段靠南堤侧布置, 入海水道行洪对停泊段水流条件影响较小	上游引航道采用直进曲出布置, 导航调顺段长、引航道直线段较长, 通过能力较小, 通航效率较低	船闸建设需要破除入海水道南堤, 新建防洪大堤长约 820 m, 抬高入海水道南堤长 1 468 m, 加固灌溉总渠北堤长 645 m
方案	对行洪的影响		工程投资
1	船闸主体结构整体偏向南堤侧, 行洪占用相对较小, 切滩行洪补偿长度约 2.3 km	船闸紧临南堤的堤脚布置, 船闸主体结构靠近堤防, 需要采用对撑支护结构, 施工难度较大, 基坑支护费用较高; 土方开挖和回填量少; 为保证堤防安全, 基坑支护结构安全性和位移的要求高	总投资较低
2	船闸中心线向入海水道侧有所偏移, 较方案 1 行洪占用较大。切滩行洪补偿长度约 3.2 km	船闸主体基坑可采用简单支护+大开挖方案施工, 施工临时费用较低(约 0.53 亿元), 对南堤安全影响较小, 土方开挖回填工程量大	总投资较高

6 水工整体物理模型试验研究

6.1 研究目的

淮安东船闸布置于淮安地涵下游入海水道二期河槽南侧, 周边河渠水道纵横, 水利交通设施密布, 建设运行环境复杂。船闸上、下游引航道、口门区及连接段水流条件的好坏直接关系到船舶能否安全畅通过闸^[8], 是船闸平面布置的关键问题之一。

开展整体模型试验研究, 论证船闸自身通航水流条件, 分析工程建设对入海水道行洪和运东泄水闸运行可能存在的影响, 优化船闸布置方案, 提出减小或消除不利影响的措施, 为工程设计、建设、运行提供技术支撑^[9]。

6.2 研究结果

6.2.1 上游侧通航水流条件

上游导航调顺段、停泊段的布置方案满足 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》^[10] 规定的通航水流条件要求。针对上游隔流墙长度、透空率, 结合数值模型、物理模型开展多组比选和优化试

验, 提出改善口门区流速的工程措施^[11]。

最终优化方案为在隔流堤端部设置 1 个长 80 m 导流墩+60 m 墩板式透空组合隔流墙, 插板底高程 8.33 m, 透空高度 4.7 m, 透空率 67%, 对运东泄水闸前局部水域实施疏浚, 疏浚底高程 3.68 m, 疏浚量 10.3 万 m³, 上游侧物理模型见图 6。上游侧最大通航流量下流态、流场见图 7。可以看出, 在最大通航流量 800 m³/s 条件下, 堤头最大横向流速 0.40 m/s, 大于 0.3 m/s 的范围有限, 口门区回流强度较弱, 满足 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》要求。

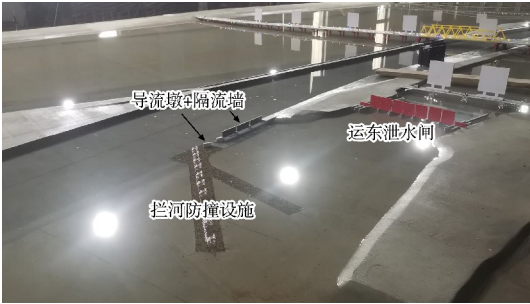
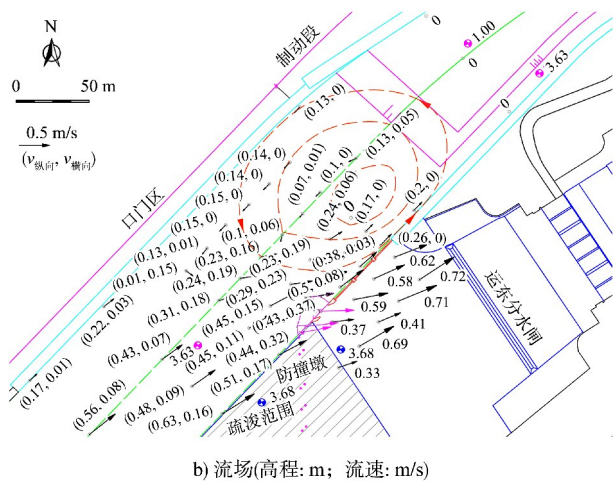


图 6 上游侧物理模型
Fig. 6 Physical model of upstream side



a) 流态



b) 流场(高程: m; 流速: m/s)

图 7 上游侧最大通航流量下的流态和流场

Fig. 7 Flow pattern and flow field under maximum navigable discharge on upstream side

6.2.2 下游侧通航水流条件

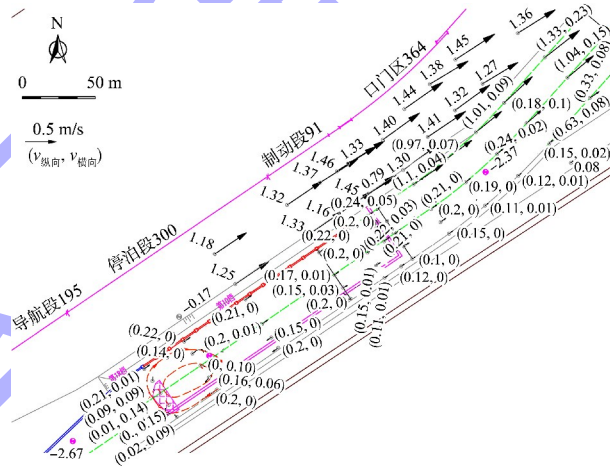
下游导航调顺段、停泊段的布置方案满足 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》规定的通航水流条件要求。针对下游隔流墙长度、透空率, 结合数学模型、物理模型开展多组比选和优化试验, 提出改善口门区流速的工程措施。

最终优化方案为布置 18 档 360 m 墩板式透空隔流墙, 隔流墙宜掩护 2/3 制动段, 其中自末端向上游 16 档采用渐变透空布置, 每 4 档为 1 组, 插板底高程分别为 0.33、-0.57、-1.47、-1.77 m, 透空高度为 3.0、2.1、1.2、0.9 m, 透空率为 8%~25%, 平均透空率为 15%。下游侧最大通航流量下流态、流场见图 8。在最大通航流量 4 308 m³/s 时, 口门区与制动段流态平顺, 仅停泊段上段存

在小范围回流, 回流上、下端穿越引航道时引起的横流流速分别为 0.15、0.10 m/s, 上端略有超标, 超标横流宽为 25 m。



a) 流态



b) 流场(高程: m; 流速: m/s)

图 8 下游侧最大通航流量下的流态和流场

Fig. 8 Flow pattern and flow field under maximum navigable discharge on downstream side

6.2.3 工程影响分析

1) 上游侧工程影响分析。工程实施后辅以运东泄水闸前部疏浚, 灌溉总渠两侧近岸及河道中心水位基本不变, 灌溉总渠与京杭运河交叉上游水位轻微降低, 流速变化仅局限在口门区与疏浚近区, 工程建设对灌溉总渠泄洪、运东泄水闸运行、渡槽运行及运东电站发电不会产生不利影响。船闸灌水运行时, 引航道及其上游局部水域水位产生波动, 但幅度和时间有限。上游灌溉总渠侧工程前后水位差、流速差见图 9。

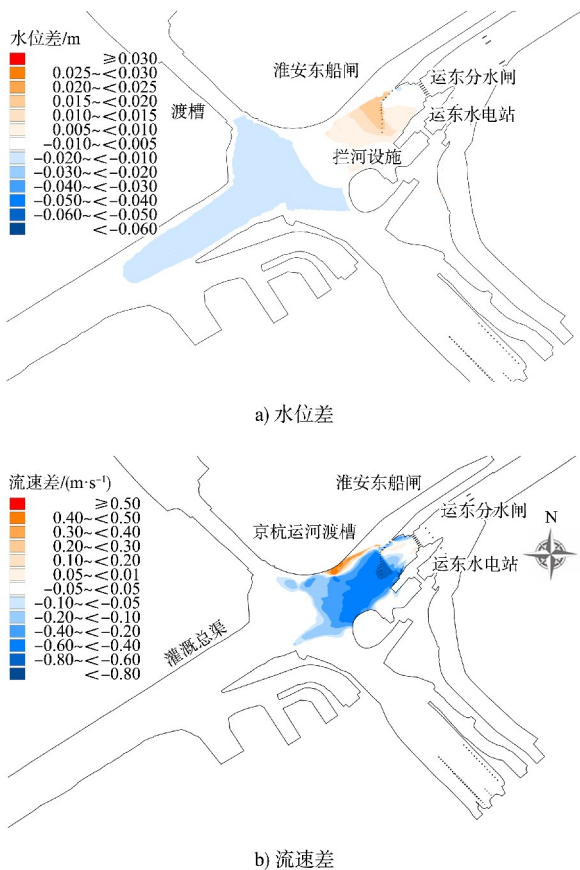


图9 上游灌溉总渠侧工程前后水位差和流速差
Fig. 9 Water level difference and velocity difference before and after project on side of upstream irrigation main canal

2) 下游侧工程影响分析。入海水道不采取切滩措施时,地涵出口水位略有增加,切滩后,地涵上、下游水位基本没有变化,进出口断面流速变幅在0.03 m/s左右,工程近区水位和流速变化轻微,说明经切滩行洪补偿后,工程对入海水道泄洪及地涵运行基本没有影响。下游入海水道侧物理模型见图10,下游入海水道侧工程前后流场对比见图11。

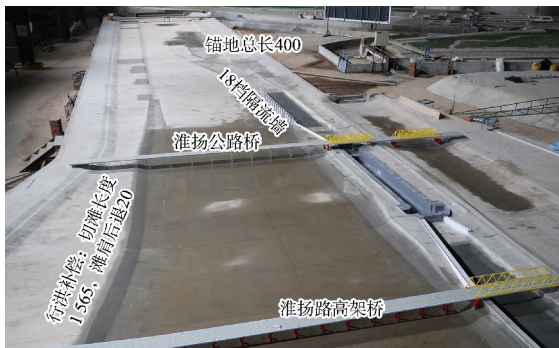


图10 下游入海水道侧物理模型 (单位: m)
Fig. 10 Physical model of downstream channel entering sea (unit: m)

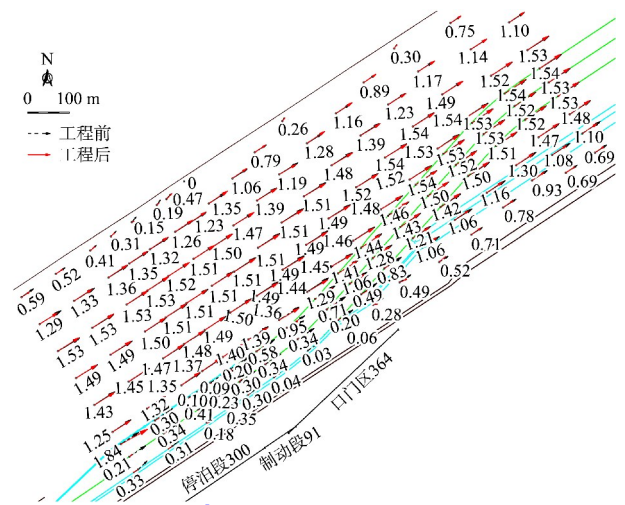


图11 下游入海水道侧工程前后流场对比
(尺寸: m; 流速: m/s)
Fig. 11 Comparison of flow fields before and after construction of downstream channel into sea (dimension: m; flow velocity: m/s)

7 结论

- 1) 推荐的船闸总体布置方案合理,上下游导航调顺段、停泊段的布置方案满足规范规定的通航水流条件要求。
- 2) 经优化布置上、下游侧隔流墙长度及透空率,采取对运东泄水闸前局部水域实施疏浚,淮河入海水道局部进行切滩行洪补偿工程措施后,可满足船闸自身通航水流条件要求。
- 3) 工程建设对苏北灌溉总渠泄洪、运东泄水闸运行、渡槽运行及运东电站发电不会产生不利影响,对淮河入海水道泄洪及地涵运行基本没有影响。
- 4) 优化后的方案可满足设计要求,为类似工程设计、运行管理提供技术支撑。

参考文献:

- [1] 宁武,姜兴良.红花二线船闸平面布置方案[J].水运工程,2017(9):165-170.
NING W, JIANG X L. Plane arrangement of Honghua second-line ship lock [J]. Port & waterway engineering, 2017(9): 165-170.
- [2] 李华勇,杜军,王志鹏.万安枢纽二线船闸平面布置方案[J].水运工程,2021(11):159-164.
LI H Y, DU J, WANG Z P. Layout plan of the second-line ship lock of Wan'an Junction [J]. Port & waterway engineering, 2021(11): 159-164.

(下转第143页)