



成子河船闸闸位选择和平面布置

罗业辉, 董霞, 柯林杰, 江涛

(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

摘要: 针对成子河船闸需穿越多重水系, 闸位选择受限因素多且引航道通航水流条件复杂的问题, 船闸平面布置从水系连通、防洪规划、通航安全、对灌溉排涝的影响、船闸运营管理、征地拆迁和投资等多方面进行了技术经济比选。通过数模在引航道与上下游交叉河流处分别限定 300、120 m³/s 最大安全通航流量条件, 并采用疏浚拓挖增加过水断面和设置导流墙调整主流方向, 改善了船闸引航道的通航水流条件。对复杂水系条件下的船闸闸位选择和平面布置有借鉴意义。

关键词: 船闸; 引航道; 水系连通; 通航流量; 过水断面; 导流墙; 复杂水系

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2023)03-0143-08

Location selection and layout of Chengzihe ship lock

LUO Yehui, DONG Xia, KE Linjie, JIANG Tao

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

Abstract: As the Chengzihe ship lock needs to cross multiple water systems, its location selection is limited by many factors, and the navigable flow conditions of its approach channel are complex. To deal with these problems, this paper carries out the technical and economic comparison and selection for the layout of the ship lock from many aspects, such as water system connection, flood control planning, navigation safety, the impact on irrigation and drainage, ship lock operation management, land acquisition and demolition, and investment. Through numerical simulation research, we set the maximum safe navigable flow conditions of 300 m³/s and 120 m³/s at the intersections of the approach channel with the upstream and downstream rivers, respectively. In addition, we use dredging and excavation to increase the overflow section and set up a diversion wall to adjust the main flow direction, which improves the navigable flow conditions of the approach channel. This study can provide a reference for the location selection and layout of ship locks under complex water system conditions.

Keywords: ship lock; approach channel; connection of water systems; navigable flow; overflow section; diversion wall; complex water system

1 工程概况

成子河航段是洪泽湖北线北段的重要组成部分, 在《江苏省干线航道规划(2017—2035)》^[1]中规划等级由Ⅳ级调整为Ⅲ级。成子河船闸连接洪泽湖、废黄河和京杭运河, 穿越淮河、废黄河、沂沭泗 3 大水系, 见图 1。工程的建设实现了成子河与京杭运河、徐洪河、洪泽湖西线以及淮河的连接, 在洪泽湖区域形成干支相连的航道网布局, 对宿迁市航道内部成网、外部通达, 并推动区域

经济发展具有十分重要的意义。

成子河船闸工程由成子河船闸、废黄河分洪闸及西条堆地涵 3 部分组成^[2], 见图 2。船闸闸室有效尺度为 180 m×18 m×4 m(闸室有效长度×宽度×门槛最小水深), 最大设计船型为 1 顶 2×500 t 级船队。废黄河分洪闸位于废黄河与成子河交汇处上游 552 m, 具有排涝、行洪、蓄水等功能。地涵位于西条堆河与成子河交汇处, 采用倒虹吸形式下穿成子河, 保证了西条堆河的灌溉功能。

收稿日期: 2022-06-22

作者简介: 罗业辉(1975—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运工程设计和研究工作。

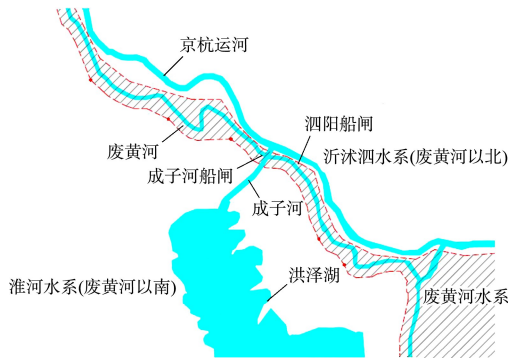


图1 成子河船闸周边水系



图2 成子河船闸工程总体布置

2 闸位选择

2.1 选择原则

根据文献 [3-4] 的布置原则结合成子河船闸的特点确定选择原则：1) 妥善处理拟建船闸与已

建防洪、排涝、灌溉设施、南水北调东线规划开辟的成子新河输水线和三期泗阳西站工程之间的关系，满足不同水系水位控制要求。2) 在保证通航安全的前提下，与规划废黄河分洪道相结合，实现工程效益的最大化和水资源的综合利用。

2.2 闸位方案

闸址附近废黄河水利治理规划总体布局完善分段治理、梯级控制和分段分洪，规划有新辟废黄河分洪道和利用成子河航道 2 个方案，同时在废黄河上筑坝拦蓄上游来水，节制运南灌区与京杭运河之间水位^[5]。根据现状水系布局、南水北调泗阳西站和废黄河分洪道规划要求等，采用 2 个方案进行技术经济比选。

2.2.1 废黄河北侧方案

闸位选址在废黄河北侧，下闸首距离废黄河 560 m，船闸中心线与成子河中心线呈 157° 交角，成子河航道与废黄河交汇处东侧筑坝封堵，西侧距离泗水大道黄河大桥约 120 m 处设分洪闸，跨西条堆河处建地涵下穿成子河。由于废黄河下泄水流与船闸下游引航道正交，通过开展数学模型研究，在交汇口处设置导流墙，废黄河来水受导流墙阻挡，主流流向下流，并逐渐趋向与下游引航道平行，而绕过导流墙后的水流流速迅速减小，在限定分洪闸 120 m³/s 最大安全通航流量条件下，引航道的通航水流条件满足规范要求。闸址方案见图 3。

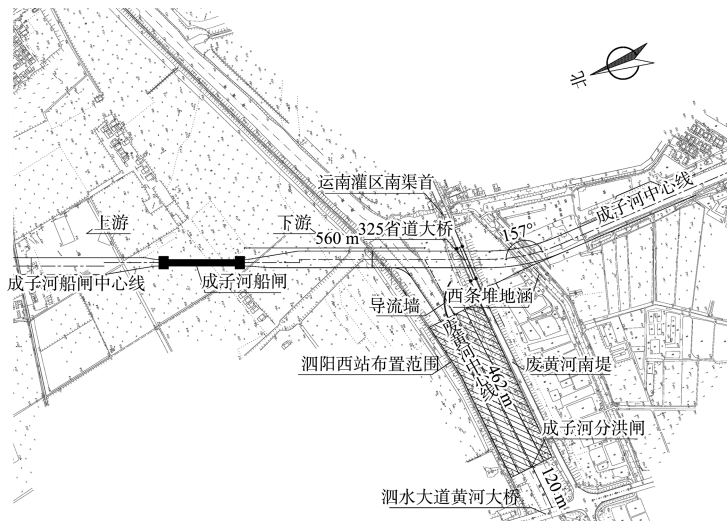


图3 北侧闸址方案

2.2.2 废黄河南侧方案

闸位选址在废黄河南侧, 上闸首距离废黄河与和成子河航段交汇处 460 m, 船闸中心线与成子河航段中心线平行。在成子河航道与废黄河交汇

处东侧筑坝封堵, 西侧废黄河上建分洪闸, 分洪闸以下新辟分洪道与成子河相连。西条堆河与成子河交汇处建西条堆河地涵, 在与废黄河分洪道交汇处建西条堆河干渠渠首。闸址方案见图 4。

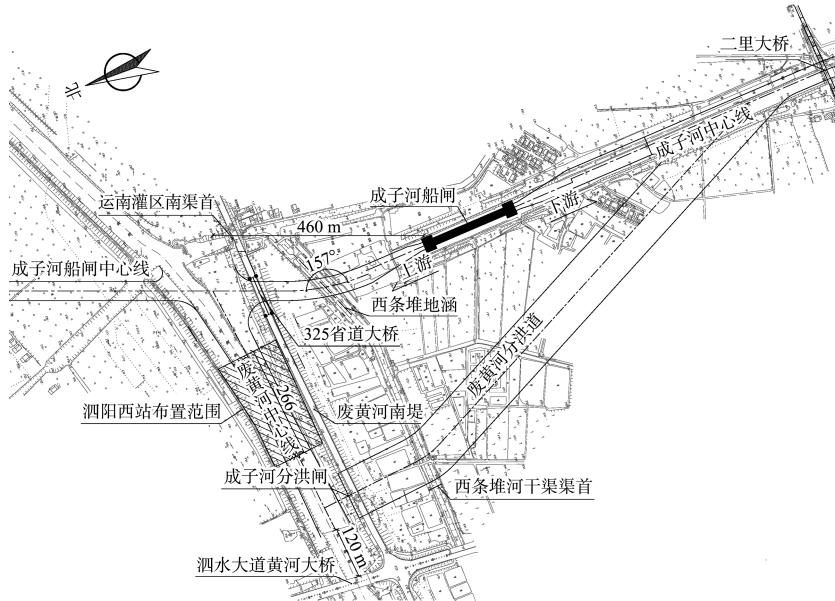


图 4 南侧闸址方案

2.2.3 闸址方案比选

通过对通航、废黄河行洪排涝、泗阳西站选址、省道 325 布置的影响、施工难度以及造价等

方面进行综合比较论证, 南、北侧闸址方案对比见表 1, 最终推荐北侧闸址方案。

表 1 南、北侧闸位方案对比

方案	对航运影响	废黄河行洪排涝影响	对南水北调泗阳西站选址影响	对周边灌溉影响	对省道 325 的影响	施工难度	工程量及造价
废黄河北侧闸址方案	分洪道与下游航道基本呈正交, 水流横向流速较大, 需设置导流墙和限定最大安全通航流量以改善船闸引航道的通航水流条件	可利用成子河航道泄洪排涝, 节省新辟分洪道征地拆迁和投资	预留长度约 462 m, 选址空间相对较大	仅需新建地涵 1 处	省道 325 跨成子河航道桥位于下游, 接线短, 对废黄河南堤的影响小	主体工程布置在废黄河北侧平地开挖段, 可干地施工	工程量少, 造价低
废黄河南侧闸址方案	新辟分洪道入航道处夹角为 29° 左右, 水流横向流速较小, 对航道影响小	无法利用成子河航道泄洪排涝, 需新辟分洪道与成子河航道相连	预留长度约 266 m, 选址空间相对较小	需新建地涵 1 处和西条堆河干渠渠首。同时西条堆河水位将下降, 对运南灌区灌溉用水影响大	省道 325 跨成子河航道桥位于上游, 接线长, 跨分洪道处需增建交通桥	主体工程布置在废黄河南堤外, 需在上下游筑围堰, 防渗要求高	工程量大, 造价高

3 平面布置

3.1 主要制约因素

成子河船闸闸址布置的主要制约因素有: 1) 船闸可供布置范围东西方向宽 2.47 km, 南北方向长

0.39~1.93 km, 需要保证船闸引航道直线段长度, 船闸布置空间局促。2) 船闸上游连接京杭运河, 进出船闸的船舶应尽量减少对京杭运河上船舶的影响, 船闸上游京杭运河入口处房屋密集、拆迁

量较大。3) 成子河是南水北调东线规划三期洪泽湖以北支线之一, 新建泗阳西北调洪泽湖水入京杭运河, 站址位于船闸西侧, 船闸平面布置应考虑泗阳西站、废黄河分洪道布置要求。4) 成子河航道开挖后截断了废黄河原有的排水出路, 成子河须承担该段废黄河以上的行洪排涝任务, 行洪排涝期对船闸通航有一定的影响。

3.2 方案及比选

方案1: 船闸中心线与上游京杭运河中心线交角为90°, 与下游成子河中心线交角157°。船闸中心线相比工可方案往东侧偏移26.5 m, 闸首、闸室主体结构往下游偏移7.57 m。上、下游引航道均采用曲进直出, 直线段长度均为348 m,

引航道中心线与船闸中心线错开9.0 m, 引航道宽度为45 m。下游引航道右岸采用斜坡式, 上、下游防洪大堤与护岸分开布置。方案2: 船闸中心线与工可方案一致, 与上游京杭运河中心线以及下游成子河中心线交角同方案1。上、下游引航道也采用曲进直出, 直线段长度均为330 m, 引航道中心线与船闸中心线错开16 m, 引航道宽度为50 m。下游引航道右岸采用半直立式, 上、下游防洪大堤结合护岸布置。2个方案平面布置见图5。

从征地拆迁、平面布置、船闸运营管理、水利设施的影响以及工程投资等方面进行比选, 见表2。推荐方案1。



图5 成子河船闸平面布置方案 (高程: m; 尺寸: mm)

表2 总平面布置方案比选

方案	永久征地面积/km ²	临时征占地/km ²	平面布置	船闸运营管理	水利设施影响	总投资/亿元
1	0.22	0.86	1) 上、下游引航道均采用曲进直出, 直线段长度为348 m, 宽度为45 m, 引航道中心线与船闸中心线错开9.0 m; 2) 船闸上下游护岸与防洪大堤分开布置; 3) 下游引航道右岸采用斜坡式, 与废黄河呈八字形喇叭口衔接	1) 上、下游防洪大堤与护岸分开布置, 降低了护岸顶高程, 利于船舶靠泊; 2) 分洪闸距离船闸下游引航道较远, 船舶通航受废黄河排涝影响相比方案2较小; 3) 引航道中心线与船闸中心线错开9.0 m 布置, 过闸效率高	1) 船闸主体结构位置往东侧偏移26 m, 南水北调泗阳西站布置空间大; 2) 上游防洪大堤与护岸分开布置, 功能分工明确, 便于管理	2.72

续表1

方案	永久征地面积/km ²	临时征地/km ²	平面布置	船闸运营管理	水利设施影响	总投资/亿元
2	0.21	0.87	1) 上、下游引航道均采用曲进直出, 直线段长度为330 m, 宽度为50 m; 引航道中心线与船闸中心线错开16 m; 2) 船闸上下游护岸结合防洪大堤布置; 3) 下游引航道右岸采用半直立, 与废黄河呈八字形喇叭口衔接	1) 上、下游防洪大堤结合护岸布置, 护岸顶高程较高, 不利于船舶靠泊; 2) 分洪闸距离船闸下游引航道较近, 船舶通航受废黄河排涝影响相比方案1较大; 3) 引航道中心线与船闸中心线错开16 m布置, 过闸效率相对较低	1) 南水北调泗阳西站的布置空间少于方案1; 2) 上、下游防洪大堤结合护岸一起布置, 功能交叉, 不利于管理	2.89

4 引航道口门区布置

4.1 上游引航道京杭运河口门

方案1引航道和连接段共长1 061 m, 采用八字形喇叭口与京杭运河交汇区连接; 引航道和连接段航道宽度分别为45、85 m, 底高程均为

11.63 m; 方案2在方案1基础上继续开挖喇叭口上下游各700 m, 京杭运河右岸滩面高程降至10 m, 将喇叭口处弯曲的运河泓道拉直, 开挖范围、断面以及口门区的布置见图6, 断面形态见图7。

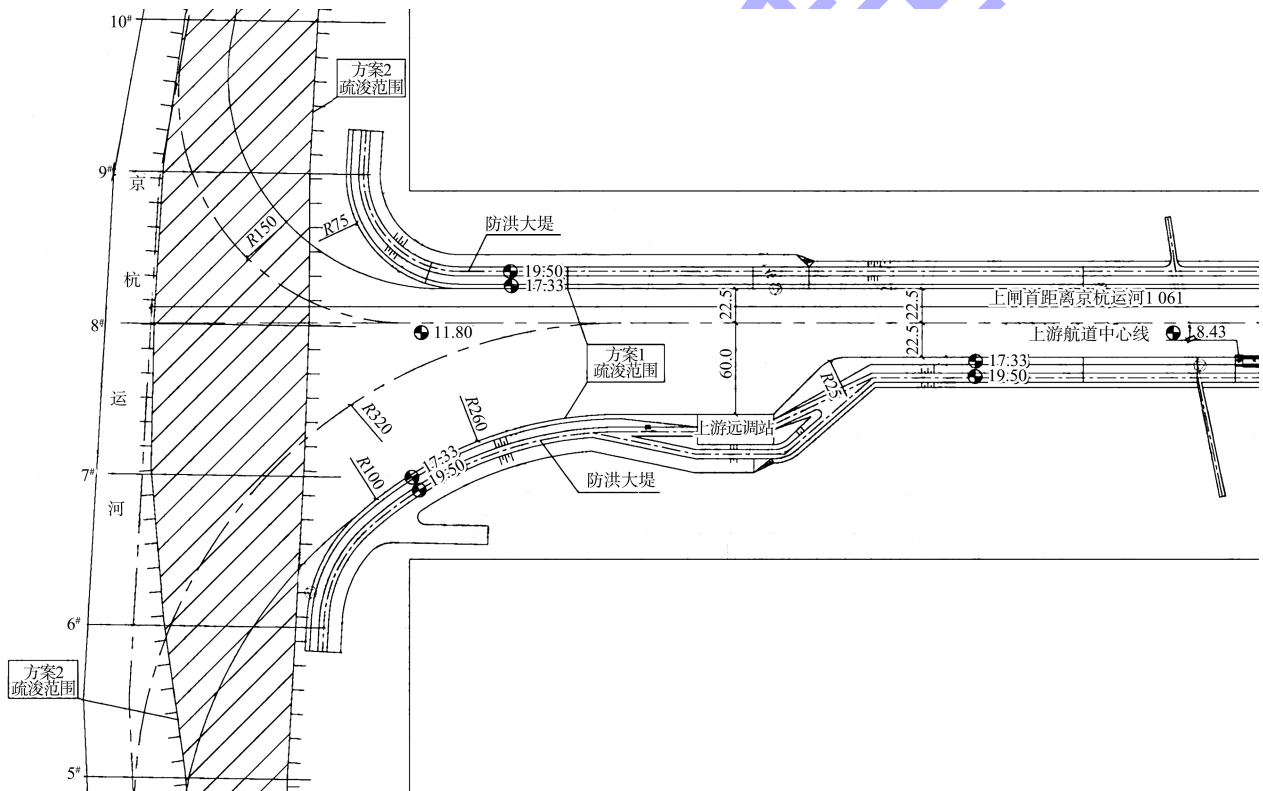
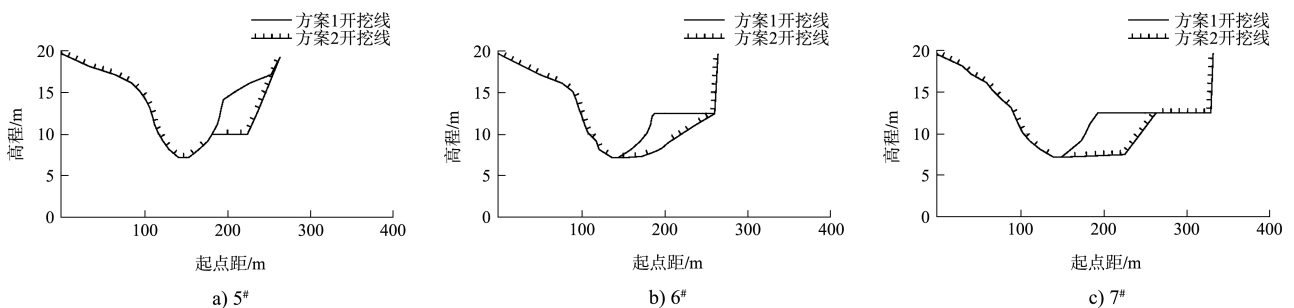


图6 船闸上游引航道口门布置



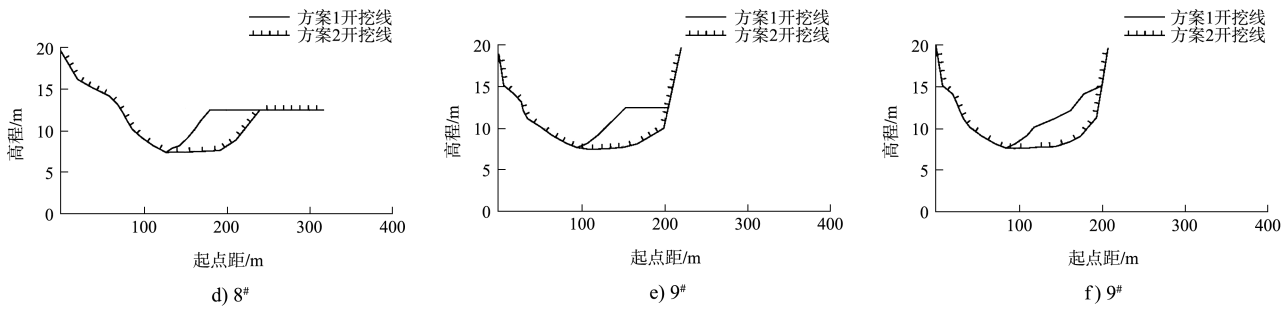


图7 断面形态

翟高勇等^[6]模拟了2个引航道口门区布置方案的水流条件。方案1上游流量边界分别取300、500 m³/s，下游泗阳闸上水位均为最低通航水位16.0 m，成子河船闸闸室充水最大流量为84.4 m³/s，

流场见图8；方案2上游流量边界分别取500、1 000 m³/s，下游泗阳闸上水位和成子河船闸闸室充水最大流量同方案1。4种工况下船闸上游引航道与京杭运河交汇处各点横向流速见图9。

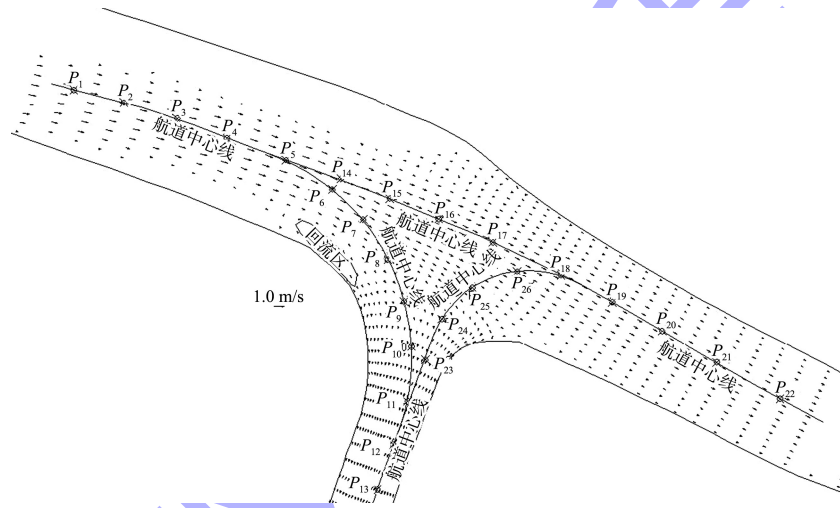


图8 京杭运河行洪流量300 m³/s，闸室充水最大流量84.4 m³/s时流场

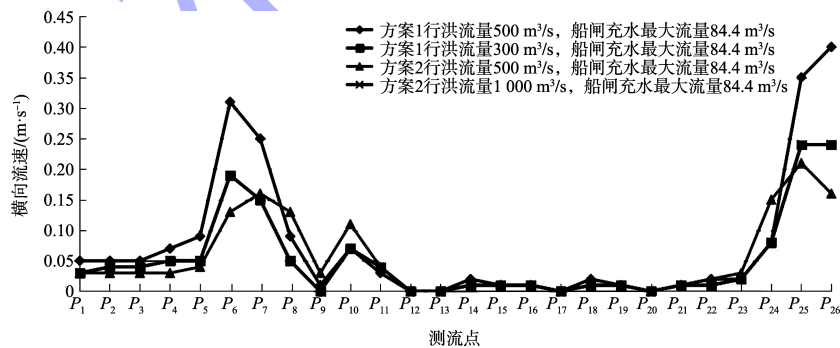


图9 各工况下船闸上游引航道与京杭运河交汇处各点横向流速

由图9可知：方案1，当京杭运河行洪流量500 m³/s时，P₆、P₂₅和P₂₆点横向流速值均超过规范容许值0.30 m/s；当行洪流量降至300 m³/s时，各点流速值均满足规范要求；方案2，当京杭运河行洪流量500和1 000 m³/s时，各点流速值均满足规范要求，但需增加疏浚量约16万 m³。经统

计京杭运河1980—2007年泄洪超过300、500 m³/s的天数分别为176、63 d，占总天数的比例为1.7%、0.6%，时间较短。因此推荐方案1，当京杭运河泄洪超过300 m³/s时，采取限航措施，同时制定确保船闸安全运行的管理办法和具体措施。

4.2 下游引航道废黄河口门

成子河船闸闸址所在废黄河段规划采用五河和成子河分洪道^[7], 曹建南等^[8]出于安全考虑, 采用五河不分洪条件下的流量, 选取3种工况(表3), 研究下游引航道废黄河河口处不布置导流墙、布置弧形或三角形导流墙(图10)的水流条件。

表3 数模计算工况

工况	流量/(m ³ ·s ⁻¹)			闸下水位/m	下游水位/m	导流墙	备注
	成子河	五河	合计				
1	120	86	206	13.37	13.23	无	10 a一遇
2	194	114	308	14.09	13.92	弧形	20 a一遇
3	194	114	308	14.09	13.92	三角形	20 a一遇

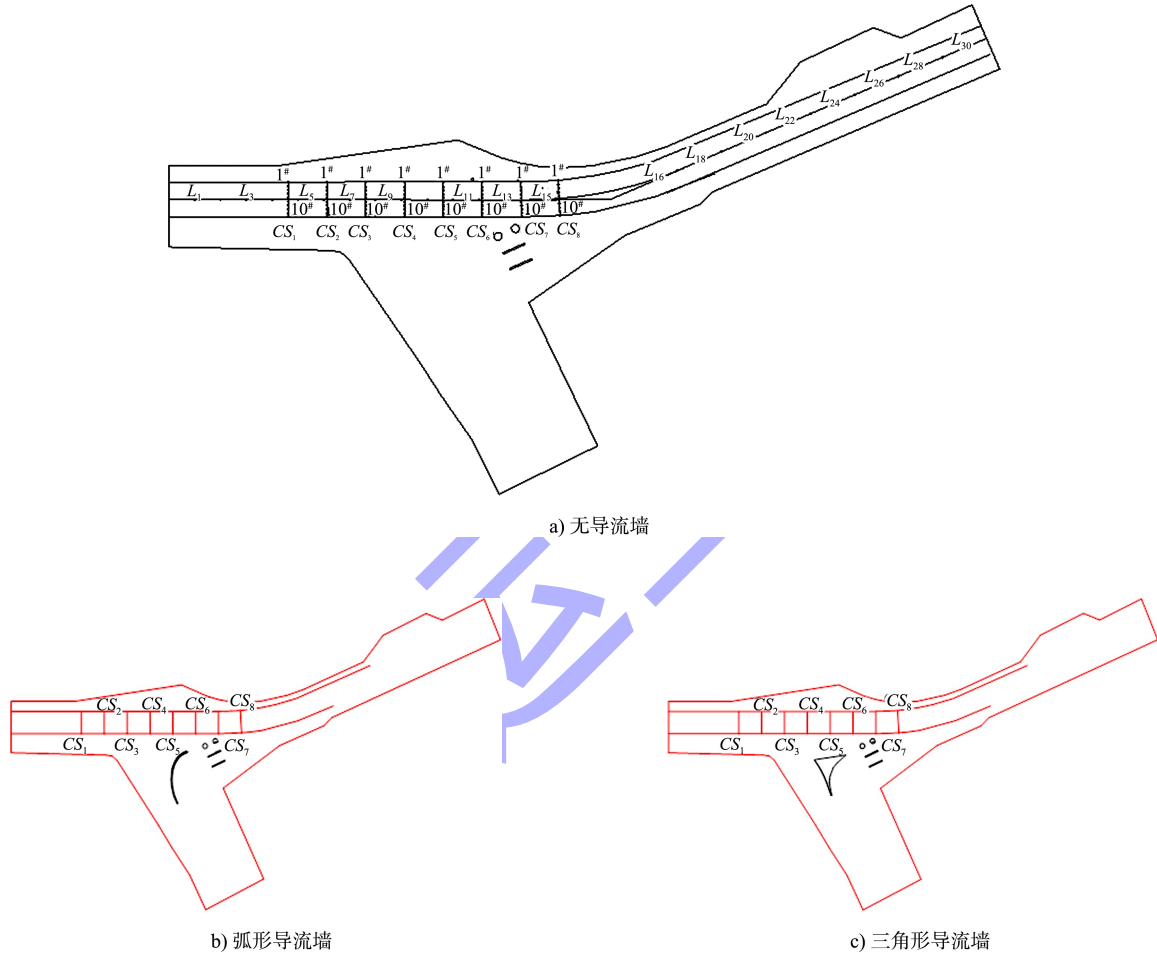


图10 船闸下游引航道口门布置

各工况下游引航道口门处测流断面最大横向流速分别发生在CS₆、CS₃和CS₄断面, 见图11。工况1断面CS₆附近的水流条件较差, 横向最大流速超过0.3 m/s, 因此考虑增设导流墙。工况2、3条件下, 废黄河来流受导流墙的阻挡, 主流流向下游并逐渐与下游引航道平行, 导流墙后的水流横向流速迅速减小, 水流条件均满足规范要求, 但三角形导流墙工程量较大, 推荐弧形导流墙。

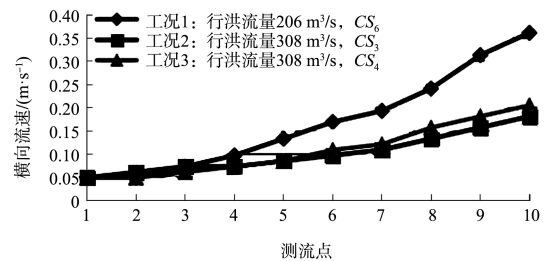


图11 各工况下船闸下游引航道与废黄河交汇处测流断面最大横向流速

模型计算了废黄河行洪流量分别为 100、120、140 m³/s，对应成子河船闸灌泄水流量均为 69.5 m³/s 时船闸下游引航道纵向流速，见图 12。当废黄河行洪流量 120 m³/s 时，航道内的最大纵向流速接近 2 m/s。由于 L₁~L₇ 处于成子河船闸的制动段和

停泊段，当行洪流量 100 和 120 m³/s 时该区域最大纵向流速均大于 0.5 m/s。综合测点的横向和纵向流速，交汇区安全通航条件为废黄河分洪闸下泄流量不超过 120 m³/s。同时为安全考虑，成子河船闸的泄水时间需延长。

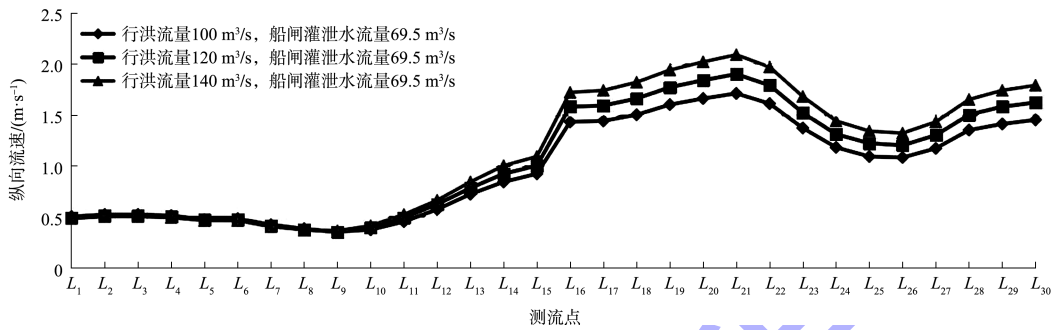


图 12 成子河船闸下游引航道纵向流速

5 结语

1) 复杂水系条件下船闸闸位选择和平面布置应从水系连通、防洪规划、通航安全、对灌溉排涝的影响、船闸运营管理、征地拆迁和投资等多方面进行技术经济比选，从而确定合适的平面布置方案。

2) 船闸引航道与京杭运河、废黄河交汇处分别限定 300 和 120 m³/s 最大安全通航流量条件，并通过采用疏浚拓挖增加过水断面和设置导流墙来调整主流方向等工程措施，改善了船闸引航道的通航水流条件。

参考文献：

[1] 江苏省人民政府. 江苏省干线航道网规划(2017—2035)[R]. 南京: 江苏省人民政府, 2018.
 [2] 罗业辉, 董霞, 柯林杰, 等. 成子河船闸工程初步设计[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2012.

[3] 张珊, 吴澎. 长洲水利枢纽 3-4 号船闸平面布置研究[J]. 水利水运工程学报, 2012(4): 1-5.
 [4] 江涛, 罗业辉, 董霞, 等. 淮河入海水道二期配套通航工程淮安东船闸布置方案[J]. 水运工程, 2021(11): 142-147.
 [5] 翟高勇, 高小琴, 陈学东, 等. 成子河船闸工程水文分析报告[R]. 南京: 江苏省水利工程科技咨询有限公司, 2011.
 [6] 翟高勇, 高小琴, 石建华, 等. 成子河船闸上游引航道与京杭运河交汇口二维水流数学模型研究[R]. 南京: 江苏省水利工程科技咨询有限公司, 2012.
 [7] 翟高勇, 高小琴, 陈学东, 等. 成子河船闸工程防洪评价报告[R]. 南京: 江苏省水利工程科技咨询有限公司, 2011.
 [8] 曹建南, 李安中, 吴腾, 等. 船闸引航道与泄洪河道交汇区域的流态特性及航行安全措施研究[R]. 南京: 河海大学, 2015.

(本文编辑 赵娟)

编辑部声明

近期不断发现有人冒用《水运工程》编辑部名义进行非法活动，他们建立伪网站，利用代理投稿和承诺上刊等手段进行诈骗活动。《水运工程》编辑部郑重声明，从未委托第三方为本编辑部约稿、投稿和审稿。《水运工程》编辑部唯一投稿网址：www.sygcc.com.cn，敬请广大读者和作者周知并相互转告。