



具备长期开通闸条件的船闸设计方案

姜兴良¹, 周广群², 袁淑文²

(1. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007; 2. 中交第一航务工程局有限公司, 天津 300457)

摘要: 在航道整治项目中, 对承受双向水头的船闸或为满足水利部门特定时段防洪需要, 有时需配套建设具备开通闸条件的船闸挡水。船闸通过能力一般小于航道通过能力, 容易成为通航瓶颈, 船闸的通过能力成为航道整治项目的关键。以丹金船闸为研究对象, 对门机电系统、输水系统、平面布置方案进行系统分析论证和经济比选, 保证航道通过能力的发挥和整治工程的整体效益, 对于国内平原水网地区类似项目的建设及船闸标准规范的完善均有借鉴意义。

关键词: 开通闸; 船闸; 平面布置; 设计方案

中图分类号: U 641 **文献标志码:** **文章编号:** 1002-4972(2015)12-0104-04

Design scheme of long-term opened shiplock

JIANG Xing-liang¹, ZHOU Guang-qun², YUAN Shu-wen²

(1. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China; 2. CCCC First Harbor Engineering Co., Ltd., Tianjin 300457, China)

Abstract: For the channel improvement project with the shiplock enduring bilateral water head action or to meet the needs of specific-period flood control required by water administrative sector, sometimes it need be equipped with open shiplock to hold the back water. As the shiplock's passing capability is generally less than that of channels, which is likely to create the bottleneck of navigation, the shiplock passing capability becomes a key point of channel improvement projects. Taking Danjin shiplock as a research object, this paper analyzes and compares the electro-mechanical system of the gate, water supply system and layout plan with a view of giving reference for carrying out similar projects in water networks of plain areas and improving shiplock standards and norms.

Keywords: open lock; ship lock; general layout; design scheme

1 工程概况

丹金溧漕河是苏南运河一条重要次干航道, 是长三角高等级航道网的重要组成部分, 长 65.6 km, 整治前仅按 V 级标准通行, 可通行 300 吨级船舶。“十一五”末, 江苏省航道局组织实施河道整治工作, 全线按Ⅲ级航道标准整治, 并配套建设丹金船闸。丹金船闸有效尺度为 180 m × 23 m × 4 m (有效长度 × 闸室净宽 × 槛上水深)。

对自然条件及丹金船闸枢纽控制运行条件分析, 得知该闸年开通闸天数为 335 d, 在船闸运行期间产生的设计最大水头为 1.71 m。以区域未来

经济发展目标为基础进行推算, 预测 2020 年上、下行货运量分别为 3 630 万 t 和 2 420 万 t^[1]。即, 丹金船闸建成后每年高水头运行频率不高, 但航道货运量较大, 故船闸的通过能力将影响航道整治工程的整体效益。

2 设计方案

在货种、设计船队中船型组合比重和船闸有效尺度一定的情况下, 船闸一次过闸平均吨位已相对确定, 船闸通过能力主要取决于一次过闸时间。一次过闸时间主要取决于船舶、船队进出闸

收稿日期: 2015-05-15
作者简介: 姜兴良 (1983—), 男, 工程师, 从事港航咨询设计及项目管理工作。

时间、闸门启闭时间、灌泄水时间、船舶及船队进出闸间隔时间等因素^[2]。设计时可通过优化门机电系统、输水系统、平面布置等来缩短一次过闸时间, 进而提高船闸通过能力。

2.1 门机电系统设计

丹金船闸全年大部分时间是平水期, 水头差在 30 cm 以下。为有效提高船闸的通过能力, 在平水期可以开通闸运行, 即要求工作闸门可动水启闭。结合闸门结构特点和类似工程经验, 工作闸门可采用升卧式平面闸门或三角闸门。

升卧式平面闸门由门体结构、主滚轮运转件、锁定装置、止水系统等组成; 闸门提升采用双吊点固定式卷扬启闭机。升卧式平面闸门兼具平面直升闸门和弧形闸门的优点, 闸门结构简单、投资低; 采用向下游转动的升卧式平板闸门, 闸门的转动方向与水压力使闸门转动的方向一致, 有利于启门。其缺点为门体结构长期位于闸首上部, 为保证下方通航船舶的安全, 需确保锁定装置及运转件等的安全度。在运营期要对锁定装置进行定期检查和专项监控。为保证两侧吊点同步运行, 选用 QH 型双吊点固定式卷扬启闭机, 并设置中间传动轴机械同步装置^[3]。

三角闸门由门体结构、支承运转件、防护系统、止水系统、润滑系统、埋件系统等组成; 闸门采用液压直推式启闭机启闭。三角闸门在动水中启闭灵活、闸门和启闭机运行平稳、技术成熟。其缺点为闸门门体结构长期处于水环境中, 容易发生腐蚀; 工程量和投资明显高于升卧式平面闸门^[3]。

丹金船闸建成后具备长期开通闸条件, 闸门使用频率低; 采用升卧式平面闸门和双吊点固定式卷扬启闭机, 维护方便、投资低, 推荐作为实施方案。

丹金船闸控制流程按是否具备开通闸条件分

别进行设计。具备开通闸条件时, 可双向通行。引入 ETC 系统, 同时采用智能自组织网络技术, 实现船舶过闸排队、调度、缴费的全自动化, 将过闸流程由 8 个减少为 3 个, 过闸时间由 50 min 缩短为 20 min, 大幅降低船闸运行管理岗位数量和管理工作量, 大大提高通航效率, 也节约燃油, 降低运输成本。不具备开通闸条件时, 按常规船闸运行, 完成过闸收费。

2.2 输水系统设计

丹金船闸最大设计水头为 1.71 m, 闸室灌水时间按 6 min 计, 测算判别系数为 4.59, 可采用集中输水系统。根据《船闸输水系统设计规范》, 其水力指标按闸室最大的断面平均流速小于 0.25 m/s 进行控制^[4]。参照类似工程经验, 平面闸门门门下输水和三角门门缝输水均能满足输水要求。平面闸门门门下输水系统, 采用分段间歇开启方式开启闸门, 利用门后消力池进行消能, 消力池平面尺度为 21 m×3.59 m, 池深 0.6 m。三角门门缝输水系统, 采用分段间歇开启方式开启闸门, 利用门库进行消能, 保证闸室停泊水稳条件。根据输水控制的水力指标要求, 输水系统要求的最短输水时间 T 为:

$$T \geqslant \frac{CH}{\beta v H_s B}$$

(1)

式中: C 为计算闸室水域面积(m^2); H 为水头(m); β 为输水流量不均匀系数; H_s 为闸室初始水深(m); B 为闸室宽度(m); 通过计算, $T \geqslant 228 \text{ s}$ 。

门下输水其水流流态十分复杂, 一般采用下式计算:

$$Q_k = \mu_d \omega_k \sqrt{2gH}$$

(2)

式中: Q_k 为门下输水流量 (m^3/s); μ_d 为门下输水流量系数; ω_k 为门下过水断面面积 (m^2); H 为水头 (m)。最大设计水头时计算结果见表 1。

表 1 1.71 m 设计水头时水力计算结果

工况	输水 时间/s	输水时闸门 开启速度/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	最大流量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)	最大流量 系数	最大比能/ ($\text{kW} \cdot \text{m}^{-2}$)	闸室最大平均 流速/($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)
灌水	360	0.004 75	22.0	0.55	2.7	0.20
泄水	300	0.005 70	23.2	0.55	3.2	0.23

2.3 平面布置方案

2.3.1 船闸加通航孔布置方案

船闸和通航孔采用共用引航道的平行布置形式，引航道底宽 60 m。船闸布置在北侧，通航孔位于南侧，二者轴线间距为 28 m；船闸上下游主导航墙长均为 60 m。船闸和通航孔口门宽度均为 23 m；上下游分水墙兼具导航功能，顶宽均为 5.0 m。闸首采用整体式结构，根据闸门启闭机布置及整体稳

定需要，平面尺寸为 12.0 m×28.0 m(长×宽)，顶部设启闭机房，可联通南北两岸。闸室采用整体式结构，平面尺寸为 180 m×27.2 m(长×宽)；北侧闸室墙底宽 2.0 m，顶宽 0.9 m；南侧闸室墙兼具导航功能，顶底宽均为 2.0 m。工作闸门采用向下游转动的升卧式平板闸门。船闸采用闸门下输水，闸首不设输水廊道（图 1）。

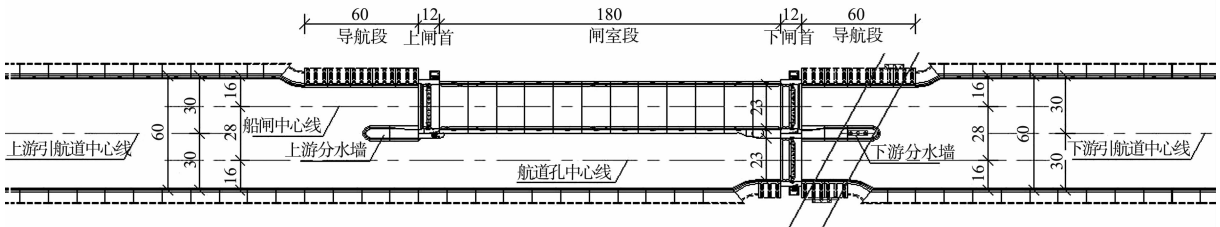


图 1 船闸加通航孔布置方案（单位：m，下同）

2.3.2 常规船闸布置方案

船闸口门宽为 23 m；上下游引航道均采用曲进直出的布置方案，引航道底宽 60 m。上下游导航调顺段长均为 93 m，呈喇叭口形状，导航墙均采用方程为 $y = x/5$ 的直线形式。根据三角闸门特点，闸首采用大门库的空箱边墩整体式结构，平面尺寸为 25.0 m×54.0 m（长×宽），顶部设启

闭机房。门库面做成曲面，可起导流作用，使进入闸内的水流较为平顺。闸室采用整体式结构，平面尺寸为 180 m×27.2 m（长×宽）；两侧闸墙对称布置，底宽 2.0 m，顶宽 0.9 m。为联通南北两岸，在闸室中部设 1 座跨船闸桥。工作闸门采用三角闸门。船闸采用门缝输水，闸首不设输水廊道（图 2）。

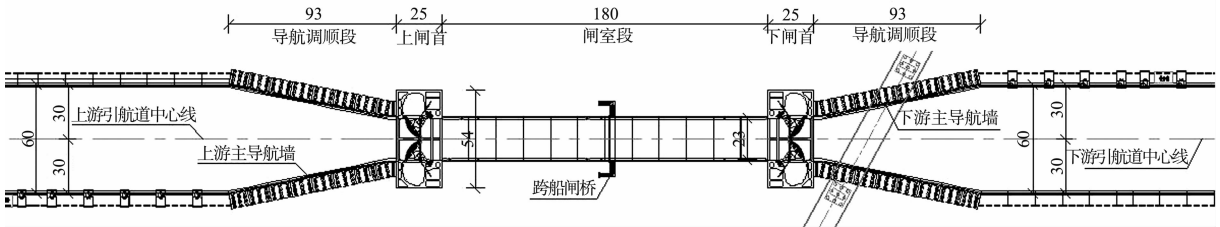


图 2 常规船闸布置方案

3 方案比选

3.1 平面布置方案主要工程量指标

平面布置方案主要工程量指标见表 2。

3.2 方案比较

平面布置方案比较见表 3。

经测算，固定式卷扬启闭机购置、安装费仅为液压式启闭机的 36%；配套的闸首结构工程费为三角门配套闸首的 40%。船闸加通航孔方案因为增建了 1 孔通航孔和 230 m 通航槽，投资比常

规船闸方案增加约 800 万元，但可以减少运营期维护成本。增加的投资占船闸部分总投资约 4%，占整个航道整治工程总投资约 0.3%；但通过能力可提高 40% 以上。船闸加通航孔方案能更好适应航道货运量增加和船舶大型化发展的需要；能避免形成航道的通航瓶颈，且极大改善了航行安全条件，提高了通航效率；能更好发挥投资效益，降低管理难度；具有明显优势，推荐作为建设实施方案。

表 2 平面布置方案主要工程指标										
项目	永久征地 面积/万 m ²	拆迁房屋 量/m ²	临时占地 面积/万 m ²	弃土占地 面积/万 m ²	开挖土方 量/万 m ³	疏浚土方 量/万 m ³	回填量/ 万 m ³	弃土量/ 万 m ³	管理区 面积/万 m ²	老 S241 桥 主跨度/m
常规船闸方案	53.5	12 639	7.6	990.00	164	46	100.0	110	1.6	70 ~ 80
船闸加通航孔方案	55.5	12 639	7.6	1 058.45	179	45	108.6	125	0.8	40

表 3 平面布置方案比较						
项目	通航条件	施工条件	征地拆迁	老 S241 桥梁 工程量	船闸管理、 交通和其他	船闸辅助建筑、 自控等
常规船闸方案	一般	较好	较大	较大	一般	先进
船闸加通航孔方案	好	较好	较小	较小	较好	简化
说明	常规船闸设计通过能力为 4 224 万 t/a。船闸加通航孔的通过能力为 6 155 万 t/a; 在开通闸运行时船闸和通航孔作为上下行单向航道使用,通航安全性好、效率高			两方案施工条件基本一致	两方案用地基本一致	船闸加通航孔方案较常规船闸方案跨度可减少约 30 m,工程造价低,工程复杂程度小
						船闸加通航孔方案船舶可按上下行分别走船闸和通航孔,减少了排队指挥的工作量,也降低了安全风险和管理成本
						该闸开通闸时间特别长,从节约的角度,应对附属设施进行简化

4 结论

1) 船闸通过能力小于航道通过能力, 容易成为通航瓶颈, 会限制航道整治工程整体效益的发挥。通过对平面布置、门机系统、输水系统方案优化可以提高通过能力, 对建设方案进行系统比选是必要的。

2) 具备开通闸条件的船闸, 结合门机使用频率和检修特点, 对门机电系统和管控系统进行简化是合理的。

3) 同步建设船闸和通航孔, 在结构设计方面可统一考虑, 达到最紧凑的布局效果, 提高土地利用率。本项目同步建成船闸和通航孔, 投资增

加不多, 可大幅提高通过能力, 对于国内平原水网地区类似项目的建设及船闸标准规范的完善均有积极的借鉴意义。

参考文献:

[1] 中交水运规划设计院有限公司. 丹金溧漕河航道整治丹金船闸工程初步设计[R]. 北京: 中交水运规划设计院有限公司, 2009.

[2] JTJ 305—2001 船闸总体设计规范[S].

[3] 李树海, 赵月桂, 陶书东. 大跨度升卧式闸门在船闸上的应用[J]. 水运工程, 2013(8): 152-155.

[4] JTJ 306—2001 船闸输水系统设计规范[S].

(本文编辑 郭雪珍)

(上接第 73 页)

[7] 李一平, 逢勇, 刘兴平, 等. 太湖波浪数值模拟[J]. 湖泊科学, 2008, 20(1): 117-122.

[8] 潘丽红, 刘新成, 冯卫兵. 近岸风浪谱模型在青草沙水库波浪计算中的应用[G]//长江口青草沙水源地建设指挥部. 上海长江口青草沙水源地原水工程论文集. 上海: 上海科学技术出版社, 2011.

[9] DHI Water & Environment & Health. Mike 21 Spectral Waves Module Scientific Documentation [M]. Denmark: DHI, 2009.

[10] 王卫远, 何倩倩, 杨娟. 杭州湾海域 50 a 一遇波浪数值模拟研究[J]. 海洋学研究, 2013, 31(4): 44-48.

[11] 李杰, 袁建忠. 风浪谱模型在苏北辐射沙洲海域的应用研究[J]. 水利经济, 2012, 30(4): 53-56.

[12] JTJ/T 234—2001 波浪模型试验规程[S].

[13] 吕云波, 周东风, 龚震. 滇池风场的基本特征分析[J]. 云南环境科学, 2003(1): 1-5.

[14] 李锦秀, 刘树坤, 陈喜军, 等. 山体遮挡对滇池风生流的影响初探 [J]. 湖泊科学, 1996, 8(4): 312-317.

[15] 张萍峰, 景韶光, 黄凤岗. 滇池二维浅水湖泊风生流模型研究及结果显示[J]. 系统仿真学报, 2002, 14(5): 554-556.

[16] JTJ 214—2000 内河航道与港口水文规范[S].

[17] 唐馨婷, 刘曙光, 高怡. 贡湖湖区风浪要素计算方法探讨[J]. 中国科技信息, 2013 (7): 49-50.

[18] US Army Corps of Engineers. Coastal Engineering Manual (CEM) [M]. Washington D C: U S Army Corps of Engineers, 2002.

[19] JTS 154-1—2011 防波堤设计与施工规范[S].

(本文编辑 武亚庆)