



剑潭枢纽船闸改扩建总体布置

任启江，刘仟，叶雅思，印术宇，吴锋箭

(湖南省交通规划勘察设计院有限公司，湖南长沙 410200)

摘要：在已建的船闸枢纽上进行船闸扩建受周边环境(已有船闸结构、配套设施、房屋)、边界条件等诸多因素的限制，设计工作难度加大。因此针对剑潭水利枢纽二线船闸工程，综合考虑枢纽水流条件、船闸通航条件、相邻建筑物安全及施工条件等因素，通过船闸错位布置、折线引航道、停泊段外放等工程措施，避让已有结构。在满足设计标准下，提出安全通航要求以及东江防洪要求的船闸布置方案，为设计提供重要技术支撑。剑潭枢纽船闸改扩建工程布置方案和相关技术措施可为周边环境复杂的改扩建船闸建设提供借鉴。

关键词：改扩建工程；船闸；枢纽；总体布置

中图分类号：U64

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2024)06-0170-07

General layout of Jiantan Junction ship lock reconstruction and expansion

REN Qijiang, LIU Qian, YE Yasi, YIN Shuyu, WU Fengjian

(Hunan Provincial Communications Planning, Survey & Design Institute Co., Ltd., Changsha 410200, China)

Abstract: The expansion of the ship lock on the existing lock hub is limited by the surrounding environment (existing lock structure, supporting facilities, houses), boundary conditions and many other factors, so the design work is more difficult. Therefore, for the second-line ship lock project of Jiantan Junction, factors such as the flow conditions of the hub, navigation conditions of the ship lock, safety of adjacent buildings and construction conditions are comprehensively considered. By adopting engineering measures such as the displacement arrangement of ship lock, the broken approach channel and the release of the berthing section, the existing structure can be avoided. The optimal lock layout scheme that meets the requirements of safe navigation and Dongjiang flood control under the design standard is proposed. It provides important technical support for the design. The layout scheme and relevant technical measures of Jiantan Junction ship lock reconstruction and expansion project can provide reference for the construction of ship lock reconstruction and expansion with complicated surrounding environment.

Keywords: reconstruction and expansion project; ship lock; junction; general layout

1 工程概况

东江是珠江水系三大河流之一，发源于江西寻邬县桠髻钵，由东北向西南流经广东省河源市、惠州市，至东莞市石龙镇分南(东莞水道)、北(东江北干流)两水道进入珠江三角洲河网区。历史上东江航道是红色革命的航道，是支撑东江流域大量生活物资、生产资料和旅客通衢的黄金水道，对沿江两岸的物质交流、文化传播和经济发展发

挥了不可替代的作用。

近年来，东江沿线企业发展迅速，根据货运量调查及预测，腹地产生的东江项目河段历史水运量 2030、2035、2050 年将分别达 4 262 万、4 724 万、6 904 万 t。目前东江中下游河段已建的剑潭船闸等级为 100~500 吨级，有效尺寸为 130 m×16 m×3.0 m(长×宽×门槛水深)，设计单向通过能力 330 万 t，航道等级低且分区间通航，远远不能

收稿日期：2023-10-11

作者简介：任启江（1985—），女，硕士，高级工程师，从事港口、枢纽设计工作。

满足运输能力的要求, 严重影响腹地的货物运输成本, 限制当地企业的发展, 也给腹地的公路运输带来很大的压力。因此从根本上解决这些问题, 适应1 000吨级船舶常年通航和设计水运量的过坝要求, 改扩建剑潭枢纽船闸是亟待解决的任务。

由于剑潭船闸受已建泄水闸、规划道路、桥梁、村庄、管理控制楼等边界条件限制, 平面布置困难, 所在河段水流条件复杂, 疏浚、岸线调整等整治工程将导致水流调整。如何合理布置船闸方案, 使通航水流条件满足要求, 本文通过分析剑潭航运枢纽的平面制约因素, 提出两个总体布置方案, 并从闸位方案比选、船闸轴线布置、船闸平面布置以及工程投资等方面进行对比分析, 得出最优的设计方案。

2 工程布置条件

2.1 船闸总平面布置主要边界条件

剑潭枢纽位于东江下游惠州城区与博罗县城之间的东江河段, 上距惠州市惠城区9.4 km, 下距博罗水文站2.8 km, 目前河道内已建成1座500吨级船闸, 坝址河段较顺直, 两岸为丘陵地貌, 中间为泗洲, 左汊布置泄水闸, 右汊布置电站和船

闸, 上下游河段河面有所收窄, 剑潭枢纽船闸布置边界条件见图1。影响枢纽总体布置的复杂边界条件主要有以下几个方面。

- 1) 枢纽上游930 m为麻陂高速公路(长深高速G25)东江大桥, 双孔通航, 单个通航孔净宽72.0 m, 临近右岸岸坡, 与现有船闸引航道相接。
- 2) 枢纽下游500 m处为已建住宅区及规划住宅区, 下游右岸800 m处为上头塘村, 山体高约100 m, 现有房屋建筑较多, 同时根据惠州市城市规划, 上头塘村将开发为高层住宅, 同时船闸岸侧有1个已建住宅小区和1个规划住宅小区。
- 3) 枢纽右岸船闸岸侧为宽约500 m的枢纽管理区, 在施工期与运营期均不允许破坏枢纽管理区办公楼。
- 4) 左岸泄洪闸岸侧为江南大道和大瑞坑村, 房屋建筑较多。船闸左侧与泄水闸相接, 因此船闸布置不能占用泄水闸宽度, 且水利部门不同意在泗洲或左岸新建泄水闸, 因此船闸左侧布置边线是确定且唯一的。
- 5) 根据惠州城市规划, 船闸岸侧规划有一条沿江大道, 与34 m宽船闸下闸首闸墩边线平齐, 因此船闸右侧布置边线是确定且唯一的。

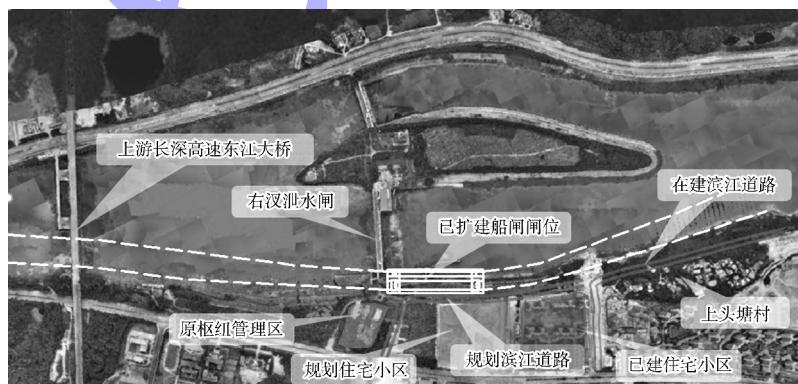


图1 剑潭枢纽船闸布置边界条件

2.2 船闸工程设计规模

根据JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》^[1]通过能力计算要求, 工程建设规模为扩建1 000吨级双线船闸及其配套工程, 船闸等级为Ⅲ级, 一线船闸闸室尺寸为280 m×16 m×4.5 m(有效长度×有效宽度×门槛水深), 二线船闸闸室尺寸为280 m×

34 m×4.5 m。

2.3 设计代表船型

依据GB 50139—2014《内河通航标准》^[2], 参照《广东省内河航运发展规划(2010—2020)》以及河源港、惠州港总体规划中船型尺寸, 结合东江航道自然条件、船型现状和发展趋势, 确定本河

段船舶设计代表船型均为机动船，并考虑未来船舶大型化趋势，兼顾 2 000 吨级船型。设计代表船型主尺寸见表 1。

表 1 设计代表船型主尺寸

船舶吨级	总长/m	型宽/m	吃水/m	备注
1 000	50.0	12.8	2.2	设计代表船型
	67.5	10.8	2.0	设计船型
2 000	50.0	12.8	2.8	设计船型
	74.0	14.0	-	兼顾船型

2.4 工程布置原则

根据改扩建船闸闸位比选，船闸布置于右岸老船闸侧。船闸平面布置应满足通航要求，充分考虑地形地貌、工程地质以及现有建筑物特点，布置原则：1) 原船闸等级为 500 吨级，闸室有效尺寸为 $130\text{ m} \times 16\text{ m} \times 3.0\text{ m}$ (长×宽×门槛水深)，与规划 1 000 吨级航道冲突，因此需对其进行改造利用；2) 改扩建船闸河侧临近泄水闸，船闸布置应不影响原泄水闸结构安全及泄洪；3) 改扩建船闸岸侧为规划滨江道路及住宅小区，船闸布置应考虑施工期基坑开挖不破坏住宅小区，受空间限制，规划道路可临时占用，后续还建；

4) 船闸引航道布置应具备良好的通航条件，确保船闸过闸安全；5) 确保施工期电站和泄水闸的正常运行及行洪安全；6) 船闸布局应尽量紧凑合理，减少征地拆迁及土石方工程量，降低工程造价；7) 改扩建船闸施工及营运期应不破坏原枢纽管理区；8) 建成后应便于船闸的运行、管理及维护。

3 船闸总体布置

3.1 闸位方案

3.1.1 闸位 1(右岸方案)

闸位 1 位于右岸老船闸侧，船闸主体位于坝轴线下游。上游为 G25 高速公路东江大桥，其通航孔位于右侧，上游航道经右侧穿过东江大桥，无需对该高速公路桥进行改造，河岸侧紧邻规划的滨江道路，在此基础上，形成一条新的、可供选择的、具有良好生态环境的“双通道”。在坝轴线处设置一段 34 m 宽的限制性引航道，以保留枢纽管理区。该方案土石方量较大，约 260 万 m^3 ，拆迁房屋 41 栋，面积约 $3 316 \text{ m}^2$ ，且需进行断航施工，闸位 1 布置见图 2。



图 2 闸位 1 布置

3.1.2 闸位 2(左岸方案)

闸位 2 位于左岸，因左岸江南大道毗邻城市主干道左汊河道，改造难度相对较大，若船闸主体位于左汊河道内，将会占用部分泄水闸，为确保泄水闸的泄流宽度，需在泗洲侧扩建部分泄

水闸。上游 G25 高速公路东江大桥通航孔位于右侧，若不进行改造，则上游引航道将穿过泄流区，但左汊为主的泄流区船舶航行不便，因此有必要对上游东江大桥进行改造，闸位 2 布置见图 3。



图3 闸位2布置

3.1.3 闸位3(泗洲方案)

闸位3位于中间泗洲处, 上游引航道需布置在库区, 隔流建筑物工程量大, 施工困难。上

游的泄流区是船舶通航的必经之地, 通航水流条件恶劣, 且此方案土石方量巨大, 约1 000万 m^3 , 闸位3布置见图4。



图4 闸位3布置

3.1.4 闸位方案比选

右岸、左岸、泗洲闸位方案对比见表2。根据对比结果可知, 闸位2对上游高速公路桥的改造难度大、改造成本高, 且需对原左汊泄水闸进

行改造; 闸位3水流条件极差, 且土石方开挖量巨大, 仍需对上游东江大桥进行改造。因此闸位1方案为各种限制条件下的最优方案。

表2 闸位比选

闸位	引航道 水流条件	开挖工程量	房屋征拆量	上游东江大桥 改造工程	泄水闸 改造工程	施工组织
1	上下游引航道均靠岸布置, 引航道水流条件较好	土石方开挖量约260万 m^3 , 工程量较大	拆迁房屋41栋, 面积约3 316 m^2	无需改造	无需改造	为不占用泄水闸泄洪宽度, 下游纵向围堰需采用直立式结构, 施工期断航
2	上下游引航道均靠岸布置, 引航道水流条件较好	土石方开挖量约200万 m^3 , 工程量一般	无	需对其进行改造	需在泗洲处扩建部分泄水闸	为满足施工期泄洪要求, 需首先扩建泄水闸, 分两期施工, 施工期通航
3	上下游引航道位于河道中央, 水流条件极差	土石方开挖量约1 000万 m^3 , 工程量巨大	无	需对其进行改造	无需改造	由于主体工程位于泗洲上, 基本在洲上开挖基坑, 施工较为简单, 但上游引航道建筑物施工困难, 施工期通航

3.2 船闸轴线布置

枢纽右岸为规划滨江道路, 河侧为泄水闸,

两线船闸应尽量靠近布置。根据对周边边界条件的分析, 双线船闸布置的宽度仅90 m。为不拆除老

船闸上闸首，减小对原泄水闸的影响，一线船闸轴线与老船闸轴线保持不变，距离河侧边界 17 m。一、二线轴线距离受二线船闸岸侧边墩的宽度制约。为满足输水系统布置以及稳定性要求，二线

船闸岸侧边墩宽度取 12 m，则二线船闸轴线距离岸侧边界为 29 m。所以，一、二线船闸轴线距离取 44 m，两线船闸轴线见图 5。

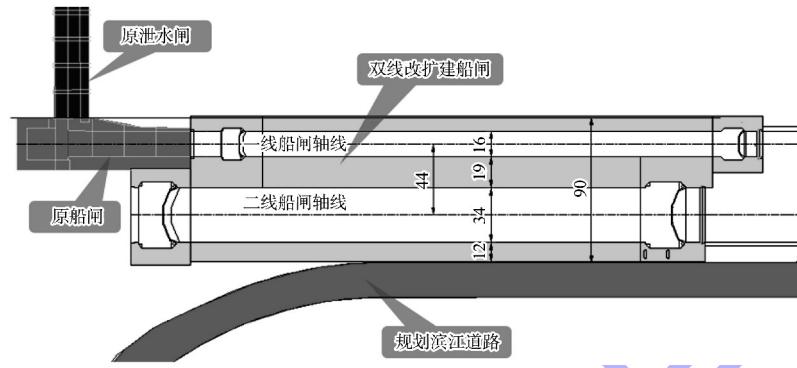


图 5 两线船闸轴线 (单位: m)

3.3 船闸平面布置方案

剑潭枢纽船闸受多种因素制约，双线船闸布置空间有限。常规双线船闸平面布置方案采用并列布置，即一、二线船闸闸首、闸室均对齐，刘震宇等^[3]提出双线船闸的“两闸三墙，错位布置”形式。在遵循工程布置原则的基础上，参考文献[4-6]的布置思路，本文提出并列布置和错位布置，并对两个总体布置方案进行比选。

3.3.1 方案 1(错位布置)

方案 1 为两线船闸错位布置，两线船闸轴线平行且间距为 44 m，共用引航道，上游引航道采用折线形布置，其中导航调顺段、停泊段和制

动段均为直线设计，制动段与停泊段采用弧线连接。一线船闸(闸室净宽 16 m)位于河侧，二线船闸(闸室净宽 34 m)位于岸侧，一线船闸轴线与原船闸轴线一致。根据两线船闸功能定位，34 m 宽船闸作为主要通道，16 m 宽船闸作为辅助通道。一线 16 m 宽船闸上闸首上游边缘位于枢纽坝轴线下游 82.7 m，利用原船闸上闸首及闸室上游 4 个结构段作为上游引航道直线段的一部分，二线船闸上闸首下边缘线与一线船闸上边缘线平齐。二线船闸通过向上游平移 45 m，下游外置式停泊段上移至上头塘村附近，错位布置方案见图 6。

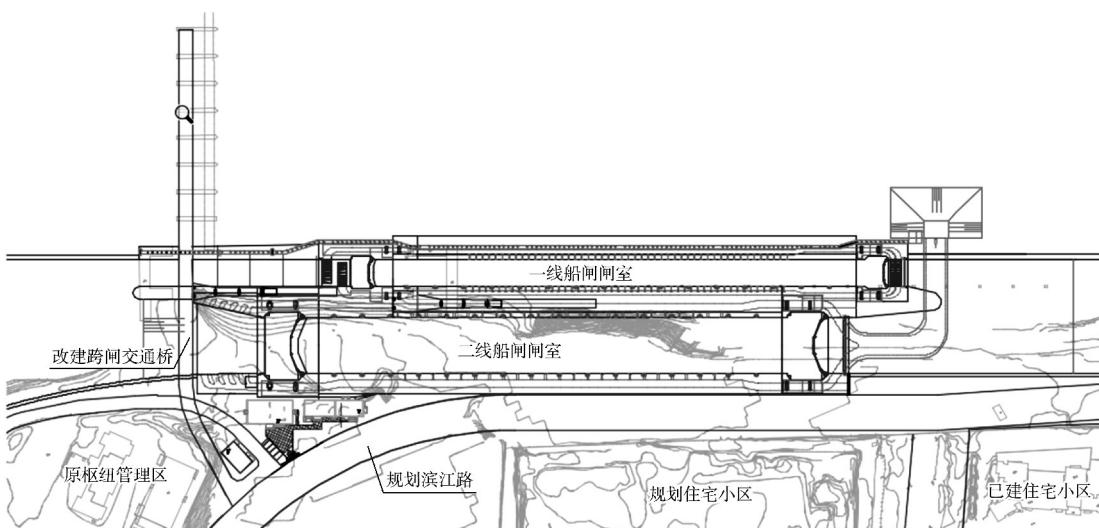


图 6 船闸总平面布置方案 1

3.3.2 方案2(并列布置)

方案2主体结构并列布置, 船闸闸室对齐, 两线船闸轴线平行且间距为44 m, 两线船闸共用引航道。上游一线船闸进闸方式采用直进曲出, 二线船闸进闸方式采用曲进直出。河侧与岸侧均布置靠船墩与主导航墙, 中间布置辅导航墙。停泊段与制动段之间、制动段与主航道之间均采用

弯道衔接, 并通过上游东江大桥的通航孔。下游一、二线船闸均采用曲进曲出的方式。河道两侧布置主导航墙, 中间布置辅导航墙。受左右侧边界条件的限制, 调顺段与导航直线段和停泊段之间采用弯道衔接, 下游停泊段布置在口门区外, 并列布置方案见图7。

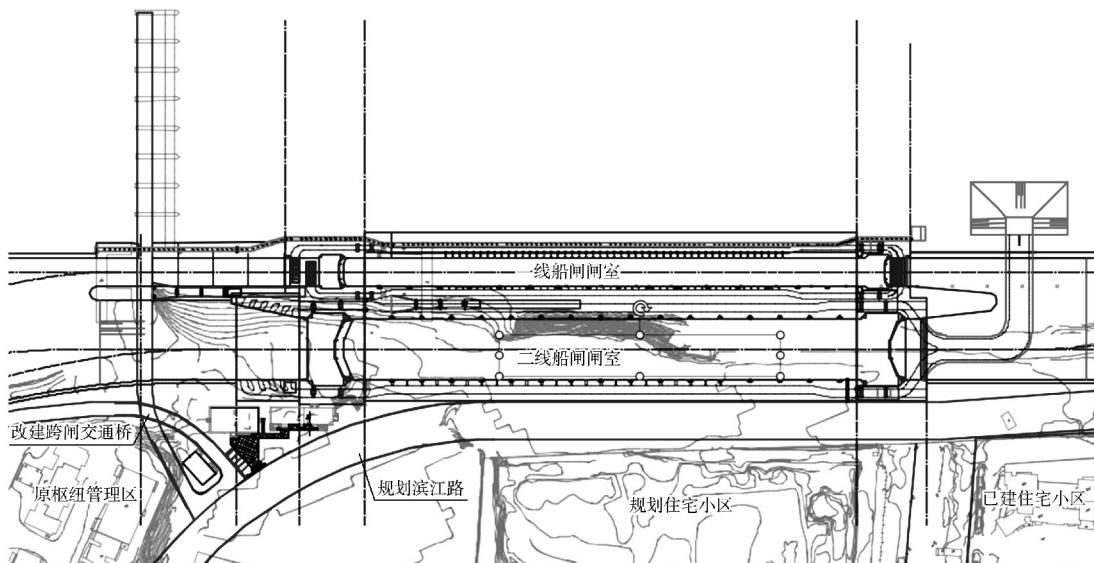


图7 船闸总平面布置方案2

3.3.3 平面布置方案比选

两个方案改扩建船闸均布置于原船闸侧, 船闸轴线一致, 一线船闸位置相同, 二线船闸位置顺水流向相差45 m; 上下游引航道宽度一致, 二

线船闸上游导航调顺段及下游直线段不同; 下游停泊段位置不一致。两方案均满足使用要求, 方案对比见表3。

表3 平面布置方案对比

方案	船闸通过能力	二线船闸进出闸条件	下游停泊段水流条件	老船闸利用情况
1	下游引航道采用折线形布置, 下游停泊段距离船闸闸室较远, 约1.0 km, 船闸过闸效率较低, 单向通过能力3 704万t	上游采用曲进直出过闸方式, 导航调顺段长220 m; 下游采用折线形布置, 直线段长170 m	下游停泊段位于枢纽下游1.3 km处根据整体定床物理模型试验, 停泊段最大纵向流速达到1.9 m/s	利用原船闸闸首及部分闸室作为上游直线段的一部分
2	下游引航道采用折线形布置, 下游停泊段位采用外置式, 距离船闸闸室较远, 约1.8 km, 船闸过闸效率很低, 单向通过能力3 310万t	上游采用曲进直出过闸方式, 导航调顺段长255 m; 下游采用折线形布置, 直线段长150 m	下游停泊段位于枢纽下游2.0 km处根据整体定床物理模型试验, 停泊段最大纵向流速达到1.0 m/s	利用原船闸闸首及部分闸室作为上游直线段的一部分
备注	方案1较优	上游进闸距离方案1较方案2短, 下游出闸条件方案1较方案2优	方案2较优	一致

续表3

方案	输水系统布置条件	施工难易程度	征地拆迁	工程投资
1	两线船闸闸首错位布置, 可将阀门段输水廊道错开, 优化廊道布置空间	施工期断航, 下游纵向围堰采用双排桩结构	下游停泊段位上移上头塘村附近, 该段引航道扩宽至 105 m, 征地拆迁量增加	临近下游引航道岸侧边线为滨江道路, 引航道开挖需采用直立式支护, 以减小对岸侧建筑物的影响
2	两线船闸闸首平齐, 阀门段输水廊道交汇, 廊道布置空间受限	施工期断航, 下游纵向围堰采用双排桩结构	下游停泊段位于下游河道处, 下游引航道宽度 70 m, 征地拆迁量较小, 较方案 1 减少 10 亩(约 6 667 m ²) 征地	下游引航道宽度较窄, 直立式支护长度可缩短, 节省工程投资约 500 万元
备注	方案 1 较优	相差不大	方案 2 较优	方案 2 较优

综上, 船闸错位布置方案 1 可将阀门段输水廊道错开, 优化廊道布置空间; 二线船闸通过向上游平移缩短了上游二线船闸停泊段至闸室的距离, 提高过闸效率, 增加下游直线段长度, 改善下游引航道船舶通航条件。通过上移下游外置式停泊段提高了下游进闸效率, 保证下游停泊段与航道平顺衔接。根据运量预测, 东江剑潭枢纽 2050 年过坝量为 3 332 万 t, 剑潭枢纽为东江河段最下一个梯级, 将是东江航道的通航瓶颈, 其过闸效率关系到整个东江航道的运输能力, 若采用方案 2, 其船闸单向年通过能力为 3 310 万 t, 不满足货运量要求。综合比较各方面的优缺点, 选定方案 1 为推荐方案。

4 结语

1) 剑潭航运枢纽受多种因素制约, 双线船闸布置空间有限, 对设计条件进行逐一梳理, 既有枢纽建筑物是制约扩建船闸布置的关键性因素之一。将改扩建船闸拟布置在右岸船闸岸侧, 可利用原大桥的通航孔, 口门区水流条件相对较好。

2) 船闸平面布置采取对现有船闸进行改造, 现有船闸闸室作为上游引航道的一部分, 将其改

造为 1 000 吨级船闸, 闸室有效尺寸为 280 m × 16 m × 4.5 m; 新建 1 个 1 000 吨级船闸, 闸室有效尺寸为 280 m × 34 m × 4.5 m, 为减少征地拆迁, 停泊段布置在引航道以外, 占地相对较少。

3) 充分考虑复杂边界条件、河流水力以及既有建筑的空间限制等设计条件, 通过经济技术比选, 采用引航道折线形布置, 将两线船闸错位布置并共用引航道, 实现功能、技术、成本等综合指标最优。

参考文献:

- [1] 中交水运规划设计院. 船闸总体设计规范: JTJ 305—2001 [S]. 北京: 人民交通出版社, 2001.
- [2] 长江航道局. 内河通航标准: GB 50139—2014 [S]. 北京: 中国计划出版社, 2014.
- [3] 刘震宇, 唐杰文. 新夏港船闸设计优化[J]. 港工技术, 2018, 55(1): 19-21.
- [4] 华华. 平原地区船闸闸位布置特点与思考[J]. 中国水运, 2023(5): 109-111.
- [5] 黄明红, 吴建辉, 吴志龙, 等. 信江界牌枢纽船闸改建方案[J]. 水运工程, 2019(7): 184-187, 216.
- [6] 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.

(本文编辑 赵娟)

(上接第 158 页)

参考文献:

- [1] 张帅帅. 长江上游叙渝段采砂坑分布及对水位的影响[J]. 水运工程, 2021(6): 135-140.
- [2] 张金林. 水库变动回水区泥沙冲淤对电厂取水口影响的研究[D]. 重庆: 重庆交通大学, 2013.
- [3] 翁文林, 刘尧成, 周新春. 长江上游水库群兴建对水沙情势的影响分析[J]. 长江科学院院报, 2013, 30(5): 1-4.
- [4] 长江重庆航运工程勘察设计院. 长江干线泸州纳溪至

重庆垫江航道建设工程[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2004.

- [5] 戴明龙. 长江上游巨型水库群运行对流域水文情势影响研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2017.
- [6] 长江重庆航运工程勘察设计院. 渝西水资源配置工程长江金阳沱泵站取水口陡沙坎锁坝固滩方案初步设计[R]. 重庆: 长江重庆航运工程勘察设计院, 2023.

(本文编辑 赵娟)