



基于现状船闸利用方案的风光枢纽 改扩建双线船闸总平面布置

刘江林, 王平, 郭春龙

(中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

摘要: 在已有一线船闸枢纽上改扩建双线船闸工程, 存在受已有建筑物限制多、难以有效利用一线船闸结构方案的问题。结合东江航道风光枢纽双线船闸工程, 提出2种现状船闸利用思路和相应的平面布置方案: 利用老船闸结构为新船闸引航道的方案1和利用老船闸作为施工期围堰的方案2, 比选了2种方案在现状结构利用、施工难度、征地面积等方面的优缺点。针对方案2征地面积大的问题, 提出大闸曲进直出布置于江侧、小闸直进曲出布置于岸侧的优化措施, 充分利用现状船闸的水域和陆域空间, 有效减小了征地面积。

关键词: 双线船闸; 利用方案; 轴线距离; 平面布置

中图分类号: U641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)11-0128-06

Overall layout of double-line ship locks for renovation and expansion of Fengguang hub based on current utilization plan of ship lock

LIU Jianglin, WANG Ping, GUO Chunlong

(CCCC Second Harbor Consultants Co., Ltd., Wuhan 430071, China)

Abstract: The renovation and expansion of the double-line ship lock project on the existing hub of the first-line ship lock face difficulties in being limited by existing buildings and structures, as well as difficulties in effectively utilizing the structure scheme of the first-line ship lock. Combined with the double-line ship lock project of Fengguang hub of Dongjiang waterway, two existing ship lock utilization ideas and corresponding layout schemes are put forward: Plan 1 using the old ship lock structure as the new ship lock approach channel and plan 2 using the old ship lock as the cofferdam during the construction period. Comparison is conducted on the advantages and disadvantages of the two schemes in the current structure utilization, construction difficulty, land acquisition area and so on. In view of the problem of large land acquisition area in Plan 2, the optimization measures are put forward that the main lock is arranged on the river side and the small lock is arranged on the bank side, so as to make full use of the water and land space of the current lock and effectively reduce the land acquisition area.

Keywords: double-line ship lock; utilization plan; axis distance; plan layout

东江是广东省“一横一网三通道”航道新格局的重要组成部分, 是龙川、河源、惠州等地通往珠江三角洲地区的水上通道, 随着产业转移, 沿江两岸矿冶、建材等工业的快速发展和城镇建设规模的进一步扩大, 必将促进水运量的增加。

为充分发挥水资源的综合效益、促进东江干流水运发展、全面发挥东江水运优势、带动沿江地区社会经济发展, 拟按Ⅲ级标准升级建设东江河源—石龙航道项目(简称“东江航道项目”)^[1]。

收稿日期: 2023-12-22

作者简介: 刘江林(1989—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水运工程设计、咨询及研究工作。

1 项目概况

1.1 航道概况

东江航道项目已建和在建的枢纽包括木京(已

建)、剑潭(已建)、沥口(主体已建,未蓄水发电通航),风光(已建、未正常蓄水)。航道通航及船闸现状见表 1。

表 1 东江航道及船闸现状

起止点	里程/km	现状等级	航道尺寸(水深×宽度×弯曲半径)/(m×m×m)	通航保证率/%
河源独石大桥—东江大桥	21	VI	0.8×20×120	95
河源东江大桥—观音阁	52	V	1.5×40×260	95
观音阁—惠州市惠州大桥	73	V	1.5×40×260	95
惠州市惠州大桥—东莞石龙铁路桥	77	IV	2.0×50×330	95

1.2 枢纽概况

风光枢纽位于广东省河源市境内,工程等别为 II 等,从左至右依次为左岸土坝、船闸、20 孔单孔净宽 14 m 的泄洪闸、电站厂房和右岸土坝。船闸有效尺寸为 120 m×16 m×2.5 m(有效长度×有效宽度×门槛水深),见图 1。



图 1 风光枢纽现状

1.3 建设规模

项目前期论证提出了“34+16、23+23、23+16”3 种船闸闸室宽度组合,综合分析未来船舶将向大型化发展的趋势和再次改扩建的难度等因素,经技术经济论证,推荐东江上船闸有效尺寸为 220 m×34 m×4.5 m(简称“大船闸”)+220 m×16 m×4.5 m(简称“小船闸”)。设计代表船型为 1 000 吨级(宽 12.8 m),兼顾船型为 2 000 吨级(宽 14 m)。

1.4 闸址分析

风光枢纽左岸为紫金县临江镇,现状有 300 吨级船闸,岸侧为台地,地势平坦,无房屋建筑,用地主要为耕地(工程区无基本农田)和园地。枢纽右岸为河源市高新技术开发区,有防洪大堤、滨江大道,还有大量城区建筑。枢纽上游 250 m 为枢纽管理区,下游 600 m 为别墅区。左、右岸闸址方案对比见表 2。

表 2 左、右岸闸址方案对比

闸址方案	征地拆迁	水流条件	施工条件	工程投资
左岸	1)用地面积较小,主要为旱地; 2)不占用基本农田; 3)拆迁工程量较小	顺接主航道,水流条件相对较好	1)场地地势平坦,基本无建筑物,施工受限较小; 2)土石围堰,局部进行垂直支护,施工条件好	土方工程量相对较小,水工结构工程量相对较小,投资较少
右岸	1)用地面积较大,主要为城市用地; 2)不占用基本农田; 3)拆迁工程量较大,涉及公园、枢纽管理区建筑、别墅区建筑等,总建筑面积约 2.8 万 m ² ; 4)迁改滨江主干道 2 km,影响河源市高新区交通	横穿河道衔接主航道,水流条件相对较差	1)道路和房建众多,施工展布受限较大; 2)船闸主体受场地限制,需进行垂直支护,部分土石围堰,施工条件较差	土方工程量相对较大,水工结构工程量相对较大,投资较大

左岸、右岸闸位布置方案见图 2。根据征地拆迁、通航水流条件、施工条件、工程量及投资等

方面的综合比选,拟将船闸布置于左岸。



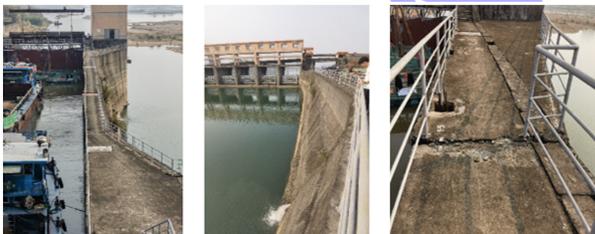
图2 闸位比选

2 平面布置方案及优化

现状船闸于2012年投入使用，建成使用年限较短，扩建双线船闸前应论证船闸现状条件，对船闸安全性进行检测，尽量利用原船闸。

根据现场踏勘，船闸闸室墙面弯曲、闸墙漏水，结构缝和混凝土表观质量较差，见图3。船闸岸侧为台地，地势平坦、无房屋建筑、施工展布受限较小，改扩建空间不受限。

安全性检测评估显示，船闸段受检测构件钢筋保护层厚度大于碳化深度，表明钢筋目前仍处于混凝土的碱性保护之中，局部构件存在钢筋裸露缺陷^[2]。



a) 闸墙面弯曲 b) 闸墙漏水 c) 闸墙结构缝

图3 现状船闸

根据国内已有经验^[3]、结合现状条件、船闸表观质量及检测报告可知，一线船闸结构条件尚可、存在保留利用的价值；岸侧开阔、平面布置也在岸侧另行新建双线船闸。为此提出2个方案：改造现状船闸的水工结构为新船闸的永久结构，小船闸轴线位于现状船闸轴线处，岸侧建设大船闸；利用现状船闸为临时结构，在现状船闸岸侧建设大、小船闸。

2.1 平面布置方案1

方案1拟改造现状船闸结构，作为新建船闸引航道的一部分。现状船闸口门宽度16m，与小船闸口门宽度一致，因此本方案将小船闸轴线布置于现状船闸轴线处，大船闸布置于岸侧。该方案的关键在于大船闸轴线位置和引航道设计方案的确定。

2.1.1 大船闸轴线位置

根据图4闸首处结构断面分析^[4-5]，大、小船闸闸首宽度分别为62、35m，闸首间施工距离为0m，两闸轴线距离应大于48.5m。

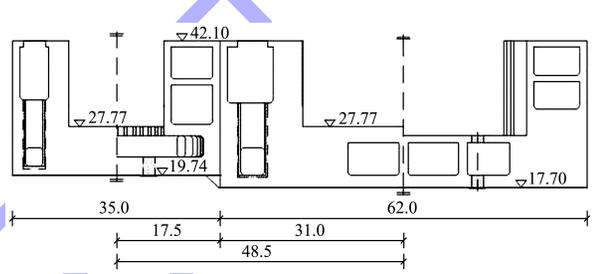


图4 一、二线船闸轴线间距(单位:m)

大船闸曲进直出，小船闸直进曲出、两闸共用引航道，结合布置需要，拟定两闸轴线距离为55m，见图5。

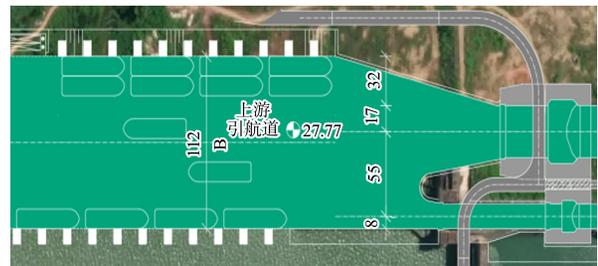


图5 引航道宽度(单位:m)

2.1.2 利用方案

现有船闸闸室利用长度过长，造成改建船闸上游引航道的导航段过长，影响船舶过闸效率，同时考虑现状船闸结构安全性不高，应在保证施工的情况下，尽量减少利用闸室长度。通过分析论证，考虑利用现状船闸上闸首和3个结构段的闸室，利用长度共85m，其中上闸首长25m，闸室段长60m，改建二线船闸利用现状船闸情况见图6。

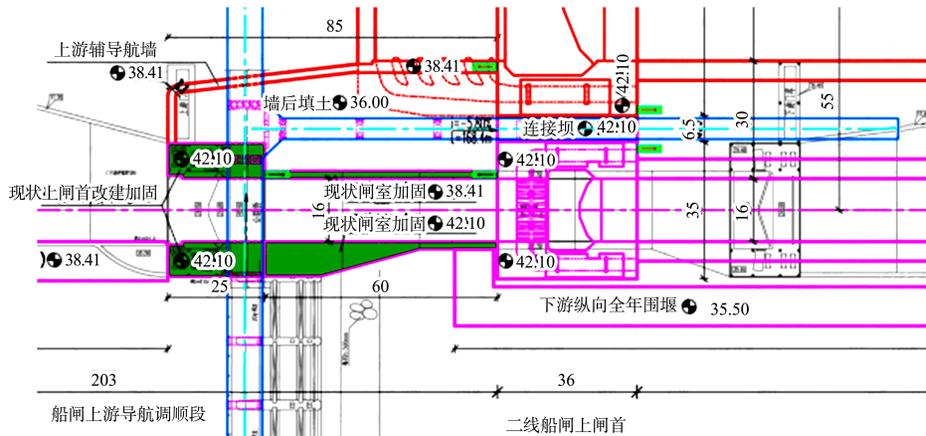


图 6 现状船闸利用长度 (单位: m)

2.1.3 布置方案

为充分利用现状船闸结构, 新船闸拟布置于枢纽下游。新建船闸上闸首、闸首间 6.5 m 长连接坝、加固加高后现状闸首闸室的左岸闸墙、现状枢纽共同形成新的挡水线。大船闸采用曲进直出的过闸方式, 小船闸采用直进曲出的过闸方式, 引航道整体呈对不对称布置, 宽 112 m。平面布置方案见图 7。



图 7 现状闸位改扩建总体布置方案 (单位: m)

2.1.4 方案分析

该方案可充分利用现状船闸上闸首、部分闸室结构段, 占地面积仅为 16.396 1 万 m^2 (245.93 亩), 但存在以下缺点:

1) 跨闸桥改建影响大。为满足跨闸交通桥通航净空, 需加高枢纽坝顶公路、拆除现状跨闸桥, 见图 8。在采用规范允许的最大纵坡下, 需拆除重建坝顶公路桥长约 162.6 m, 施工难度大。

2) 现状结构改建难度大。原船闸设计船型为 500 吨级, 新建船闸设计最大船型为 2 000 吨级, 因此现状上闸首门槛处水深、闸室处水深均不满足要求, 需凿除底板。为保证施工过程的安全, 应采用地连墙作为支撑, 再凿除、修复底板, 施工难度大, 见图 9。

3) 临时工程建设费用高。小船闸轴线与现状

船闸轴线重合, 一侧邻水, 为保证闸首、闸室等主体工程的干地施工, 需设置纵向围堰, 为减小阻水断面、不影响泄水闸的行洪, 纵向围堰采用长约 502.5 m 的双排桩结构。施工期占用泄水断面宽度 25 m^[6], 主体工程施工完成围堰后需拆除, 临时工程建设费用高。



图 8 跨闸交通桥布置

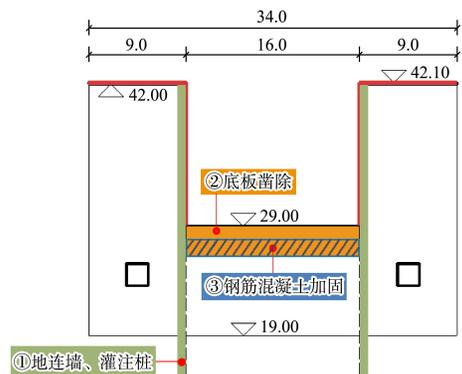


图 9 现有船闸闸首加固 (单位: m)

2.2 平面布置方案 2

方案 2 拟充分利用岸侧为滩地, 具有场地空间开阔、无制约因素的优势, 尽量减小对现状结构的影响, 将新建双线船闸均布置于现状船闸岸

侧，且采用过闸效率最高的曲进直出的过闸方式。该方案的关键在于双线船闸轴线位置的确定。

2.2.1 轴线位置

一、二线船闸采用上下游共用引航道的布置方式，均为曲进直出过闸，可满足船舶进出闸要求，不存在其他制约两闸轴线距离的因素，因此小闸与现状船闸、大闸与小闸轴线距离分别为 50.0、48.5 m。

2.2.2 利用方案

1) 结构利用。现状船闸闸首、闸室坐落于岩基上，施工期可作为围堰的一部分，因此利用现状船闸闸首、闸室作为纵向围堰的一部分，可减少新建纵向围堰长度 163 m。结构利用见图 10。

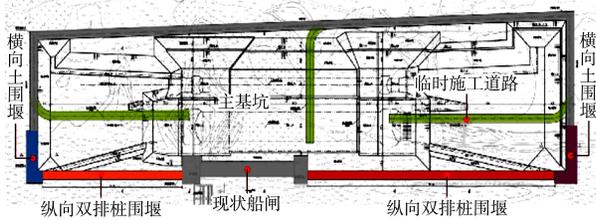


图 10 现状船闸结构利用

2) 空间利用。小船闸采用曲进直出的过闸方式，引航道利用了现状船闸水域面积约 1.2 万 m² (18 亩)，且该部分水域无需疏浚开挖。

该方案还可利用现状船闸的陆域空间。闸室区域作为跨闸交通桥的线位，增加了交通桥的长度、减小了纵坡，避免从上游跨闸带来的建设难度。

2.2.3 平面布置方案

小船闸布置于江侧，距现状船闸轴线 50.0 m；大船闸布置于岸侧，与小闸轴线间距 48.5 m。

大船闸和小船闸均采用曲进直出的过闸方式，引航道整体呈对称布置，宽 124.7 m。双线船闸总占地面积为 20.522 4 万 m² (307.82 亩)。平面布置方案见图 11。

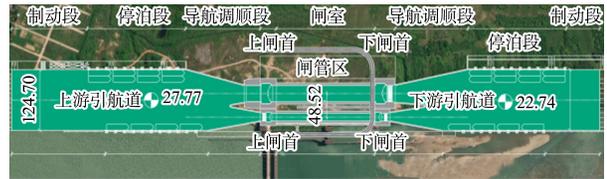


图 11 岸侧闸位改扩建总体布置方案 (单位: m)

2.2.4 方案分析

方案 2 占地面积较大，但具有以下优点：1) 双线船闸均为曲进直出，过闸效率较高，平面布局协调；2) 施工期利用现状船闸作为纵向围堰，使用期作为路桥基础，无需改建现状船闸和坝顶公路桥，对枢纽影响最小，施工难度较低；3) 双线船闸均位于现状船闸岸侧，空间开阔，便于布置两闸间检修通道；4) 不改变挡水前沿位置，便于防渗线的布置。

2.3 方案比选及优化

2.3.1 方案比选

经分析，2 种平面布置方案的特点及优缺点对比见表 3。由表可知，方案 2 更具优势。

表 3 平面布置方案比选

平面布置方案	现状船闸利用方案	平面布置	施工难度	优点	缺点
1	1) 充分利用现状船闸的水域、陆域空间；2) 加固、加高现状闸首、闸室 (长 85 m) 作为引航道的一部分	1) 小船闸直进曲出，大船闸曲进直出；2) 上闸首位于枢纽下游，坝轴线、防渗线为折线；3) 共用引航道；4) 小船闸轴线位于现状船闸处，大船闸轴线位于现状船闸岸侧 55 m	1) 对现状船闸结构进行评估后，对闸首、3 段闸室进行加固改造，施工难度较大；2) 跨闸桥从上闸首跨越，需对泄水闸结构进行评估后，加高 162.6 m 长 (9 孔) 的泄水闸，施工难度大	占地面积最小，16.396 1m ² (245.93 亩)	1) 上游导航调顺段长度大，过闸效率相对较低；2) 临时工程建、拆费用高且施工期围堰占用泄洪断面；3) 加固闸首、闸室施工难度大，跨闸桥需加高泄水闸，施工难度大；4) 挡水线、防渗线为折线，检修通道布置难度大
2	1) 充分利用现状船闸水域空间、陆域空间；2) 现状结构作为纵向围堰的组成部分；闸室填平，作为跨闸桥的布线位置	1) 大、小船闸曲进直出；2) 上闸首位于枢纽挡水线上，坝轴线、防渗线为直线；3) 共用引航道；4) 大船闸轴线位于现状船闸岸侧 48.52 m，小船闸轴线位于大船闸岸侧 48.52 m	1) 利用现状船闸作为围堰，施工难度较小；2) 跨闸桥从下闸首跨越，无需加高泄水闸，施工难度较低	1) 永久结构均为新建，利用现状结构作为临时结构；2) 无需改建现状船闸和坝顶公路桥，施工难度较低；3) 不改变挡水前沿位置，便于防渗线的布置；4) 便于检修通道布置。	占地面积大，20.522 4 m ² (307.82 亩)

2.3.2 方案优化

针对方案 2 征地面积大的缺点, 提出以下优化措施。

1) 交换大小船闸闸位。在岸侧闸位扩建方案的基础上, 交换大小船闸的相对位置。

该优化方案利用现状船闸结构作为施工期围堰(图 12)。小船闸布置于岸侧, 大船闸布置于江侧, 两闸紧邻布置, 闸轴线间距 48.52 m。双线船闸均采用曲进直出, 引航道整体呈对称布置, 宽 124.7 m, 水域较为开阔。船闸总占地面积为 19.225 0 万 m^2 (288.36 亩)。在岸侧闸位改扩建方案的基础上, 最大化利用现状船闸的水域空间, 节省占地约 1.333 4 万 m^2 (20.00 亩)。

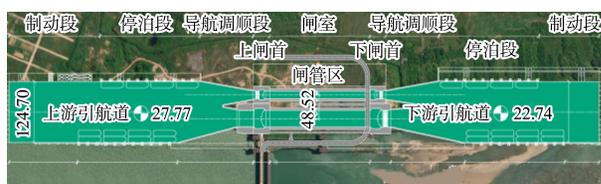


图 12 岸侧闸位改扩建优化方案 1 (单位: m)

2) 改变小闸过闸方式。东江上游木京、剑潭等枢纽改扩建船闸工程的受限条件多、平面布置方案多采用直进曲出的方式, 过闸效率相对风光船闸工程低。针对方案 2 征地面积大的缺点, 在交换大小船闸闸位的基础上, 提出将小船闸改为直进曲出的优化措施。

如图 13 所示, 该方案中小船闸直进曲出, 引航道整体呈不对称布置, 宽 112 m, 船闸总占地面积为 18.178 9 万 m^2 (272.67 亩)。平面布置情况见图 15。该布置方案进一步减少征地约 1.066 7 万 m^2 (16.00 亩), 减少土量 14.7 万 m^3 , 节省投资约 700 万元。

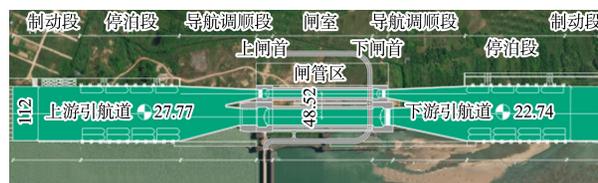


图 13 岸侧闸位改扩建优化方案 2 (单位: m)

3 结论

1) 将现有船闸结构作为引航道, 在其下游建造新船闸的平面方案占地面积最小, 但空间布局差、施工难度大。

2) 利用现状船闸的水工结构作为临时围堰、岸侧新建双线船闸的平面占地面积最大, 但施工难度较低、空间布局优。

3) 一次建设大小双线船闸时, 大船闸布置于江侧, 引航道采用曲进直出的过闸方式可更加充分利用现状船闸的水域空间, 从而节省占地面积。

参考文献:

- [1] 中交第二航务工程勘察设计院有限公司. 东江河源至石龙航道扩能升级工程 风光船闸初步设计报告[R]. 武汉: 中交第二航务工程勘察设计院有限公司.
- [2] 水利部珠江水利委员会基本建设工程质量检测中心. 风光枢纽现场安全检测报告[R]. 广州: 水利部珠江水利委员会基本建设工程质量检测中心.
- [3] 金国强, 张公略, 李浙江, 等. 富春江船闸扩建改造工程创新设计与实践[J]. 水运工程, 2018(2): 98-104.
- [4] 李社平, 刘江林. 双线船闸常用的闸轴线确定方法分析[J]. 港工技术, 2022, 59(3): 26-29.
- [5] 王炜正, 刘江林. 船闸两闸轴线距离的计算分析[J]. 水运工程, 2023(2): 103-108.
- [6] 珠江水利委员会水利科学研究院. 东江河源至石龙航道扩能升级工程 风光枢纽整体定床物理模型试验研究报告[R]. 广州: 珠江水利委员会水利科学研究院.

(本文编辑 王传瑜)