



清远枢纽三线船闸平面布置方案

王晨晨，黄承兵

(中交水运规划设计院有限公司，北京 100007)

摘要：针对清远水利枢纽周边建筑物众多引起的三线船闸平面布置较为复杂的问题，通过对比分析闸位方案、结构预留和空间预留方案，并采用数值模拟的方法，确定了左岸闸位及双线船闸互灌互泄、结构预留的方案。同时，方案还将上游右侧透水导流堤长度延长至 350 m，以确保平面布置的合理性。提出船闸平面布置方案应从通航水流条件、与枢纽既有建筑物的相互关系、对已建建筑物结构安全和正常运行的影响、施工期通航、征地拆迁、工程投资等方面综合考虑，对周围建筑物众多、环境受限情况下的船闸布置方案选择具有重要的指导意义。

关键词：清远枢纽；三线船闸；闸位选择；互灌互泄；结构预留

中图分类号：U641

文献标志码：A

文章编号：1002-4972(2024)01-0173-05

Layout plan of third-line ship lock of Qingyuan Hub

WANG Chenchen, HUANG Chengbing

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

Abstract: In view of the complex layout of third-line ship lock caused by the numerous buildings around the Qingyuan Hub, this paper identifies a layout scheme by comparing and analyzing the lock location options, structural and space reservation options and by using numerical simulation methods. The scheme includes location on the left bank, double-line ship lock with mutual filling and emptying and structural reservation. Meanwhile, the scheme extends the length of the upstream right permeable diversion dike to 350 m to ensure a reasonable layout. It proposes that the layout of the ship lock should be considered from the perspective of navigable flow conditions, interrelationship with existing buildings in the hub, influence on the structural safety and normal operation of the built buildings, navigation during the construction period, land acquisition and demolition, construction investment, etc., which is an important guiding significance for the selection of the layout of the ship lock in the case of many surrounding buildings and environmental constraints.

Keywords: Qingyuan Hub; third-line ship lock; location selection; mutual filling and emptying; structural reservation

针对周边环境较为复杂的船闸平面布置问题，需结合现场实际情况从多方面进行比较论证，以确定最优布置方案。例如：淮河入海水道二期配套通航工程淮安东船闸通过对周边制约条件、通航安全、防洪、征地拆迁等开展比选研究，确定南侧闸位、错位布置方案^[1]；成子河船闸通过对水系连通、防洪规划、灌溉排涝影响、投资等进行比选，确定北侧闸位、引航道宽度

45 m 方案^[2]。

清远水利枢纽是北江干流水利开发的第 5 梯级，是以航运、改善水环境为主，结合发电、反调节，兼顾灌溉和供水条件、旅游、养殖和水资源等为一体的综合性水利枢纽。根据《广东省航道发展规划(2020—2035 年)》^[3]，三水河口—英德观音岩段 177 km 航道规划技术等级拟提升为Ⅱ 级，清远枢纽位于三水河口与英德观音岩之间(图 1)，

现一、二线船闸均按Ⅲ级建设，已不能适应船舶大型化发展趋势及最新航道规划等级要求。为满足新形势下北江日渐增长的水运需求，适应航道规划等级提升，拟在保留清远枢纽现一、二线船闸的基础上，新建三线船闸，按内河2 000吨级船闸（兼顾通航3 000吨级船舶）标准建设，同时预留四线船闸建设空间^[4]。清远枢纽周边建筑物众多，环境复杂，为了确保拟建船闸平面布置的合理性，本文通过对水流条件、大堤影响、征地拆迁、现有一/二线船闸影响等多方面进行综合比较论证，确定闸位方案和平面布置方案，同时通过数值模拟验证通航水流条件，对平面布置方案进一步优化。



图1 北江干流梯级布置

1 工程概况

清远水利枢纽位于北江干流清远城区下游石角镇大燕河口上游约1.0 km处，为大型I等工程，枢纽自右向左依序由右岸连接土坝、千吨级二线船闸、千吨级一线船闸、31孔泄水闸、发电厂房、左岸连接土坝组成（图2）。清远枢纽河面宽阔，左岸堤防为清东围的北江干堤，右岸堤防为清西围的北江干堤。左岸连接土坝上游侧为鱼类增殖站，下游侧部分滩地被占用为种植大

棚。右岸连接土坝现基本被一、二线船闸占用，其中土坝下游侧近清西围大堤处建有二线船闸管理区。



图2 枢纽现状卫星图

根据货运量预测及通过能力分析计算，若仅建设三线船闸（预计2030年建成），2040年枢纽三线联营通过能力将基本饱和，2050年将不能满足运量预测需求，故需在2040年启动预留四线船闸建设，2045年建成，方能与运量预测增长趋势相一致，据此，三、四线船闸工程拟采用一次设计、分期建设的方式。设计代表船型为2 000吨级干散货船、2 000吨级自卸沙船、2 000吨级集装箱船。按照《内河通航标准》^[5]规定，并结合同类型船闸设计经验，拟定新建三线船闸有效尺度采用280 m×34 m×5.8 m（闸室有效长度×有效宽度×门槛最小水深），四线船闸有效尺度现阶段与三线船闸保持一致。

2 闸位选择

2.1 布置原则

根据文献[1]、[6]布置原则并结合清远船闸的特点，确定以下原则：1) 妥善处理拟建船闸与现有鱼类增殖站、电站管理区、榕树村、泄水闸、电站厂房、大燕河口、北江大堤、清西围及清东围等众多建(构)筑物的关系。2) 拟建船闸施工期不能影响已建一、二线船闸的安全和正常运行，

施工围堰等临时施工设施不能影响枢纽正常发电及泄水闸的正常运行。

2.2 阀位方案

根据清远水利枢纽现有场地条件, 按照船闸分别位于左岸和右岸选择两种阀位方案, 左岸方案位于电站左侧的连接坝段, 右岸方案位于现有二线船闸右侧。

2.2.1 左岸方案

拟建三、四线船闸布置在北江左岸, 采用闸坝并列式自西向东布置, 西侧紧邻发电机房, 东侧临近现电站管理区, 上闸首前沿与坝轴线齐平, 船闸中心线垂直于坝轴线(图3)。综合考虑闸首

施工、减少电站管理区拆迁量及跨闸桥坡度要求等因素, 新建三线船闸西侧外边线与电站厂房边缘距离按85 m控制, 三、四线船闸中心距为57 m。上游引航道直线延伸约3.3 km, 穿越现鱼类增殖站, 沿途疏浚并拆除8座丁坝, 通过S弯道顺学堂洲和中间洲间汊道与主航道连接。下游引航道直线延伸约1.4 km, 横跨大燕河口, 通过S弯道经烂柴洲左汊与主航道连接, 距离北江大堤堤脚最近处约252 m, 位于北江大堤保护范围(堤脚线外250 m)外^[7]。大燕河口建设顺坝、导流墩及消力池等设施以调节水流方向及流态, 避免水流直冲引航道, 同时补偿建设过鱼通道。

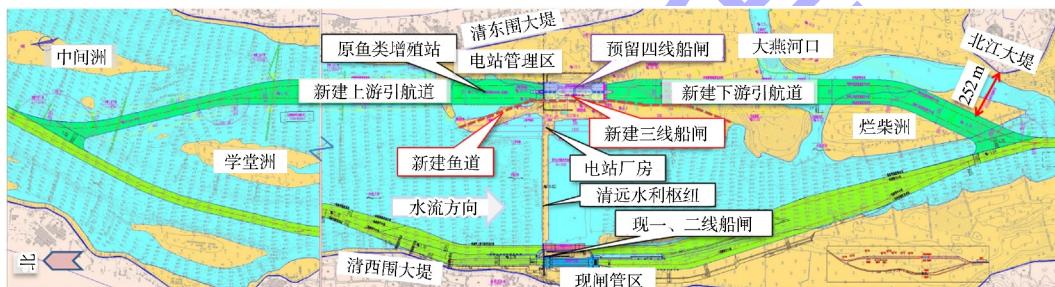


图3 左岸方案总平面布置

2.2.2 右岸方案

拟建三、四线船闸布置在北江右岸, 与现一、二线船闸平行, 考虑到其对大堤的影响及尽量延长现船闸闸管区使用时间, 拟自西向东布置, 东侧临近二线船闸, 西侧需对清西围大堤进行改线。船闸上闸首前沿与坝轴线齐平, 中心线垂直于坝轴线(图4)。综合考虑闸首施工、下游引航道布置、尽量缩短大堤改线长度及减少拆迁量等因素, 预留四

线船闸与现二线船闸中心距按100 m布置, 三、四线船闸中心距为57 m, 四线船闸上游停泊段向上游延伸, 利用二线船闸排桩护岸建设隔流堤, 下游停泊段靠船墩拟与二线船闸下游靠船墩贴近间错布置, 并通过插板形成隔流堤。上、下游引航道轴线沿二线船闸航道中心线走向, 平行与主航道连接。考虑到枢纽整体环保需求, 拟在左岸另行择址建设过鱼通道, 与现鱼类增殖站共同发挥作用。

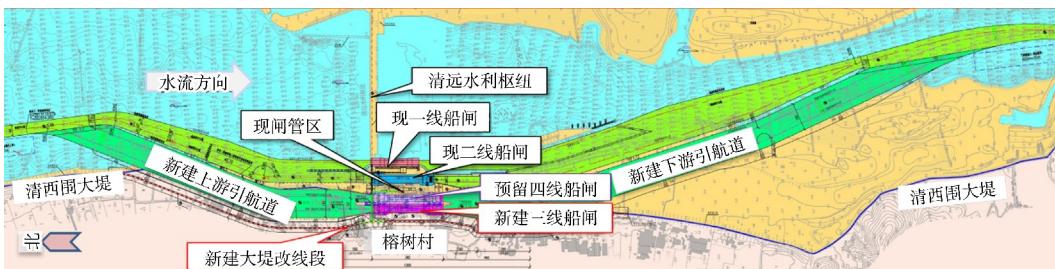


图4 右岸方案总平面布置

2.2.3 阀位方案比选

通过对水流条件、大堤影响、征地拆迁、现有

船闸的影响等多方面进行综合比较论证, 左、右岸阀位方案对比见表1, 推荐左岸方案为优势方案。

表 1 左、右岸闸位方案对比

闸位	水流条件	对大堤的影响	征地拆迁	对现有、二线 船闸的影响	施工难度	投资 造价
左岸	拟建船闸临近电厂机房, 下游引航道右岸受电站发电下泄水流影响, 同时左岸有大燕河大角度汇入, 水流条件较差, 需做好整治与隔流措施	下游连接段临近北江大堤, 与北江大堤堤脚最近距离仅为 252 m	征地范围仅涉及粤华电力公司用地, 拆迁量较小	拟建船闸与现有船闸分岸布置, 施工及运营期对现有船闸通航基本无影响	拟建三线船闸外边缘距离电站厂房较近, 且上游引航道建设贴近枢纽管理区, 施工期需做好支护措施	较低
右岸	拟建船闸的水流条件相对较好, 但新船闸建设引起的河势条件变化使得原一、二线船闸口门区与连接段横流显著, 当流量较大时, 无法满足规范要求	船闸建设需切断右岸清西围防洪堤, 涉及改线段的新建大堤总长约 2.85 km, 改建费用高	涉及清西围大堤堤后榕树村数百户的拆迁补偿, 拆迁量大, 补偿费用高	与现有船闸距离较近, 且需拆除现二线船闸闸管区, 施工期对现有船闸运营有较大干扰	新建船闸位于现有船闸和大堤之间, 位移控制要求严格, 基坑支护成本高	较高

3 平面布置

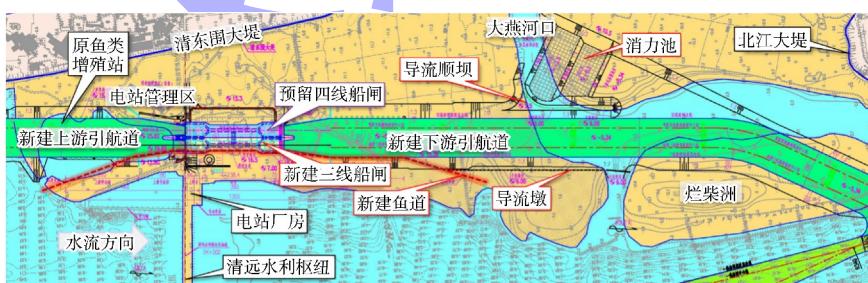
3.1 布置思路

三、四线船闸规模较大, 设计水头达 10.35 m, 为了满足船闸输水时间要求, 同时保证灌泄水时闸室及引航道内船舶停泊和航行安全, 输水系统在一定水头差时可以考虑双线船闸的互灌互泄^[8], 据此, 三、四线船闸分期建设考虑结构预留与空间预留两种方案。结构预留即三、四线船闸采用互灌互泄输水模式, 预留四线船闸结构; 空间预留即按常规做法预留四线船闸建设空间。

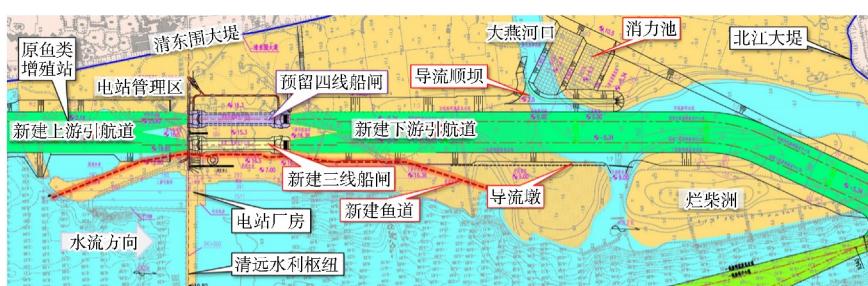
3.2 布置方案比选

结构预留方案: 三、四线船闸中心距为 57 m,

采用双排停靠共用引航道方案, 上下游引航道均采用曲线进闸、直线出闸的布置方式, 引航道底宽 150 m, 导航调顺段长 180 m, 停泊段长 280 m。两线船闸中间设互通廊道, 共用闸墙宽度 23 m, 见图 5a)。空间预留方案: 三、四线船闸中心距为 99.4 m, 采用中间共用靠船墩两侧停靠, 先沿各自引航道, 后汇入公共引航道的方案。上下游引航道均采用曲线进闸、直线出闸的布置方式, 单线船闸引航道底宽 75 m, 导航调顺段长 180 m, 中间停泊段兼分水墙作用, 长度加长至 380 m, 见图 5b)。两种方案优缺点对比见表 2, 综合考虑后, 选择结构预留方案为推荐方案。



a) 结构预留方案



b) 空间预留方案

图 5 船闸总平面布置

表2 总平面布置方案对比

布置方式	优点	缺点
结构预留	1)节约水资源; 2)改善闸室与引航道水流条件; 3)征地拆迁少	1)三、四线船闸轴线距离较小,建设难度大; 2)三线船闸建设时需预留闸室底互通廊道,闸首与闸墙相接处需提前做好水工结构预留,统筹布局要求高
空间预留	1)三、四线船闸轴线距离较大,建设难度小; 2)预留四线船闸为独立设计,无预留廊道等限制要求	1)耗水量大; 2)闸室与引航道水流条件一般; 3)征地拆迁多

4 数值模拟研究

推荐方案紧邻发电机房,且左岸下游大燕河大角度汇入,水流条件较差,故对该方案进行数值模拟计算,研究通航期内船闸上下游引航道、口门区及连接段的通航水流条件^[9]。计算结果表明:1)方案布置于原有一、二线船闸对岸,对原有船闸上下游水流条件影响不大。2)当流量 $Q > 2930 \text{ m}^3/\text{s}$ 时,泄水闸敞泄,库区水流汇入泄水闸下泄,三线船闸上游引航道与口门区衔接处右侧横向流速大于 0.4 m/s ,通航条件差。3)下游右侧有较长导流堤阻挡泄水闸下泄水流影响,左侧建有导流顺坝约束大燕河汇流,在 $Q \leq 13224 \text{ m}^3/\text{s}$ 各流量工况下,三线船闸下游口门区及连接段水流平静,流速流态满足规范要求。根据该计算结果,将上游右侧透水导流堤长度由 300 m 延长至 350 m (图6),经优化,上游水流条件得到显著改善,通航条件较好。

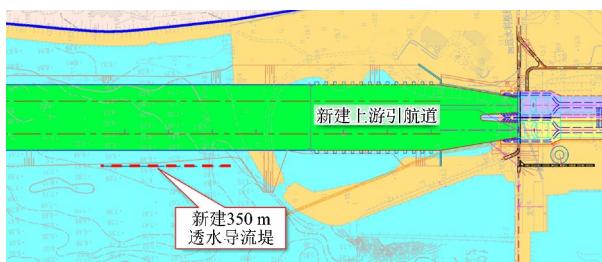


图6 上游引航道优化措施

5 结论

1) 在有众多建筑物限制、周边环境复杂的已有枢纽新建船闸时,新建船闸的闸位选择和平面布置应综合考虑通航水流条件、与枢纽既有

建筑物的相互关系、对已建建筑物结构安全和正常运行的影响、施工期通航、征地拆迁、工程投资等因素,通过经济技术比选,确定最优方案。

- 2) 清远三、四线船闸布置于枢纽左岸,推荐采用互灌互泄、结构预留方案,该方案在节约水资源的同时,可改善闸室与引航道水流条件,并缩短两线船闸轴线距离,减少占地。
- 3) 通过数值模拟研究,将拟建船闸上游右侧透水导流堤长度延长至 350 m ,以改善水流条件,进一步保证平面布置的科学性和合理性。

4) 拟建船闸下游引航道的开挖将改变烂柴洲的分流比,增大北江大堤堤角流速,下阶段应进行相应物模试验,针对其对北江大堤的影响开展专题研究。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 罗业辉,董霞,柯林杰,等.成子河船闸闸位选择和平面布置[J].水运工程,2023(3):143-150.
- [3] 广东省交通运输厅.广东省航道发展规划(2020—2035年)[R].广州:广东省交通运输厅,2020.
- [4] 中交水运规划设计院有限公司.清远枢纽三线船闸建设方案研究[R].北京:中交水运规划设计院有限公司,2019.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 广东省人民政府.广东省北江大堤管理办法[Z].广州:广东省人民政府,2006.
- [8] 广西电力工业勘察设计研究院,广西壮族自治区交通规划勘察设计研究院,中交水运规划设计院有限公司.长洲水利枢纽三线四线船闸工程初步设计[R].南宁:广西电力工业勘察设计研究院,2010.
- [9] 苏莹,付菁,张春泽,等.北江清远枢纽三线船闸通航水流条件及优化措施[J].水运工程,2022(6):150-157,189.

(本文编辑 王传瑜)