



# 飞来峡水利枢纽新建船闸平面布置方案

张 辉, 蒋正国, 李俊娜, 陈文都  
(广东省综合交通勘察设计院有限公司, 广东 广州 510115)

**摘要:** 为适应北江千吨级航道的发展, 针对飞来峡水利枢纽新建二、三线船闸的3种布置方案, 从水运量、船闸布置空间、通航水流条件、对原有枢纽防洪功能影响、施工难易度、征地面积、工程投资等方面进行初步探讨。探讨结果表明, 各方案各有优缺点: 左岸方案布置空间不足、施工期对电站、泄水闸、原一线船闸运行管理干扰较为严重; 中线破土坝方案, 工程量大、投资大右岸布置方案具有工程投资少、对防洪影响小、施工条件优良等优势, 因此, 推荐右岸布置方案作为建设方案。

**关键词:** 飞来峡水利枢纽; 平面布置; 布置空间; 防洪影响; 施工条件

中图分类号: TU 47

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)06-0089-005

## Plane layout schemes for ship lock of Feilaixia hydro-junction project

ZHANG Hui, JIANG Zheng-guo, LI Jun-na, CHEN Wen-du

(Guangdong Provincial Comprehensive Transportation Survey and Design Institute Co., Ltd., Guangzhou 510115, China)

**Abstract:** Three layout schemes for the second and third line ship lock of Feilaixia hydrojunction project are compared and analyzed from aspects of water-borne traffic, ship lock layout space, flow condition for navigation, influence on the original project's flood control function, construction difficulty, area of land expropriation, and project investment, etc. The research results indicate that the left shore scheme could not meet the construction requirements for enough layout space and the construction period's serious interference with the power station, the water release sluice, and serious disturbance upon the operation management of the first line ship lock. Compared with the middle line scheme, the right shore scheme has an advantage in the less project investment, smaller influence on the flood control function and better construction condition, etc. Therefore, the right shore scheme is recommended as the construction scheme.

**Key words:** Feilaixia hydrojunction project; layout scheme; layout space; influence on flood control; construction condition

### 1 工程概况

飞来峡水利枢纽航运地位突出。随着北江流域经济的快速发展, 以水泥、煤炭、矿建材料等大宗散货为代表的货运需求增加迅猛, 而北江是粤北地区通往珠江三角洲地区的唯一水运通道, 航运地位突出, 亟待通过新建二线三线船闸、疏浚等工程手段提升航道等级。

飞来峡水利枢纽位于北江干流中游飞来峡区

黄洞村旁弯曲河段, 坝址下距清远33 km, 上距英德50 km, 于1999年10月全部建成投入试运行, 左岸阶地现有一线500吨级船闸正常运行, 通航500吨级船舶。

根据北江货运量发展预测, 飞来峡水利枢纽2020年、2030年、2040年过坝运输需求量将分别达到1 717万t(下行)、2 696万t(下行)、3 415万~3 965万t(下行), 远远超过飞来峡现有一线船闸

收稿日期: 2013-01-21

作者简介: 张辉(1982—), 男, 工程师, 主要从事港口航道工程设计工作。

467万t的通过能力。

《广东省内河航运发展规划》指出：

“2011—2020年，随着清远水利枢纽工程的建成，以及整治库尾回水变动段航道和重点航段，建设飞来峡枢纽二线船闸，北江干流白石窑至三水河口段将达到III级航道标准。”。

为了更好解决粤北地区货运量迅猛发展需求、降低大宗散货运输成本，实现广东省内河航运规划目标，响应国家低碳节能指导精神，完善广东省高等级航道网，新建飞来峡千吨级船闸迫在眉睫。

笔者在实地考察、调研的基础上，提出3种平面布置方案，旨在探讨满足水运量需求及船闸布置空间、通航水流等条件下，飞来峡水利枢纽新建二、三线船闸的最优方案，为打造北江黄金水道，提高其航运竞争力提供必要的理论依据。

## 2 平面布置原则及制约因素

### 2.1 平面布置原则

根据飞来峡枢纽船闸新建的建设条件，提出平面布置应遵守的原则：1) 根据飞来峡水利枢纽建成后现场地形、一线船闸、临近枢纽区的企业、村庄及河岸建筑物分布情况，协调和处理好相互关系，因地制宜进行新建船闸的总平面布置；2) 引航道与枢纽上、下游航道的平顺连接，满足规范对通航水流条件的要求；3) 尽可能布置

紧凑，减少占地和征地拆迁；4) 不影响枢纽建筑物现有防洪功能；5) 不影响一线船闸的安全运行，同时满足施工期通航要求；6) 枢纽建筑物布置与施工导流布置相结合，将施工期对枢纽防洪功能和正常通航的影响减至最低；7) 充分利用现有资源，以降低工程投资；8) 便于运营期的管理、维护。

船闸平面布置还应遵循的一般原则<sup>[1-3]</sup>：

- 1) 优先采用曲线进闸、直线出闸的布置方式；
- 2) 靠船段应尽可能靠近闸首，缩短船舶进出闸时间；
- 3) 导航建筑物布置在平面上的体形尽可能采用瘦长形；
- 4) 停泊段的长度应等于或大于闸室长度，停泊段的容量应等于或大于闸室容量。

### 2.2 平面布置制约因素

如图1所示，飞来峡水利枢纽坝址处于北江中游大庙峡与飞来峡之间的丘陵盆地宽谷段，江面宽阔，左岸为凹岸，右岸为凸岸，坝址两岸为丘陵，均发育有高漫滩（含一级阶地），有多个埝口，左岸山顶高程40~60 m，右岸山体较厚，山顶高程在60 m以上，库区普遍分布非碳酸盐层，水库无永久性渗漏损失。

枢纽布置从左至右为管理区、非溢流挡水坝、船闸、非溢流挡水坝、发电站、溢流坝、连接坝段、右岸土坝等组成。此外，枢纽左、右岸设计4座副坝。

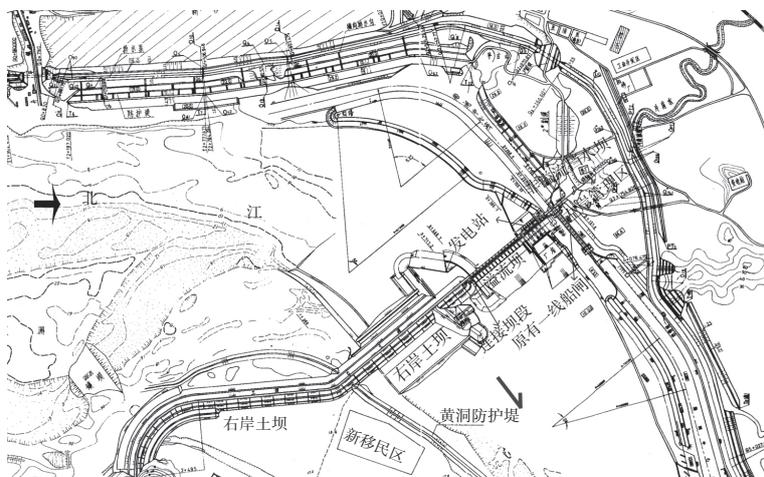


图1 飞来峡水利枢纽总布置

根据坝址处已有建筑物的限制条件，拟新建飞来峡二、三线船闸平面布置的制约因素主要有：

- 1) 船闸布置空间限制：闸址必须具备足够宽

度，以便于容纳双线船闸的布置。

- 2) 通航水流条件限制：上、下游引航道及口门区的通航水流条件纵、横向和回流流速须满足

规范要求。

3) 已有建筑物及田地限制:右岸区域分布有黄洞村管理区的公路交通、农田、水利设施和供电线路等,左岸则为飞来峡枢纽管理区,工程中永久、临时性占地应尽可能减少占用相关建筑物场地,减少移民范围。

4) 施工期一线船闸建筑物的结构安全及运营限制:如在左岸布置新建船闸,则需避免施工开挖对已建原一线船闸结构安全的影响,避免施工作业对原一线船闸正常运营的影响。

5) 施工期飞来峡水利枢纽防洪安全限制:飞来峡枢纽的首要任务是防洪,其与下游北江大堤联合捍卫珠三角地区,因此,须在满足防洪要求的前提下建设二、三线船闸。

### 3 工程设计主要参数

飞来峡水利枢纽渠化北江干支流116 km,与上游白石窑、蒙里、孟州坝3座梯级衔接,实现飞来峡至韶关165 km全线渠化。枢纽主要设计参数如表1所示。

表1 飞来峡水利枢纽主要参数

正常蓄水位/m	24.81
汛期最低运行水位/m	18.81
非汛期最低运行水位/m	18.81
设计洪水水位/m	31.98 $P=0.2\%$
校核洪水水位/m	33.98 $P=0.01\%$
防洪高水位/m	31.98
发电最低水位/m	20.81
非溢流坝	重力式混凝土坝
右岸土坝	均质土坝
船闸	单线一级
闸室有效尺度	190 m × 16 m × 3 m
最大过船吨	2 × 500 t驳船队
年单向通过能力/万t	467
船闸输水形式	闸底板长廊道顶板消能
发电	装机14万kW,年设电量5.55亿kW·h

注:以上高程均为85国家高程。

内河航运发展规划北江干流为内河III级航道,通航1 000吨级船舶。根据货运量预测,飞来峡须新建2座千吨级船闸规模才能满足远期通过要求,根据枢纽现有建筑物布置格局,在不影响枢纽主体建筑物功能发挥的前提下建设飞来峡二、三线船闸,其工程设计主要参数如表2所示。

表2 新建二、三线船闸工程设计参数

船闸级数	一级
船闸级别	III级
船闸有效尺度	220 m × 34 m × 4.5 m(闸室宽度 × 闸室有效长度 × 槛上水深)
上游最高通航水位/m	24.81
上游最低通航水位/m	18.81
下游最高通航水位/m	22.26
下游最低通航水位/m	10.37
船闸上游检修水位/m	24.81
船闸下游检修水位/m	14.31
通航净高/m	10
最大过船吨	9 × 1 000 t干货船
船闸输水形式	闸室底板长廊道侧支孔输水系统

注:以上参数二、三线船闸均相同,高程均为85国家高程。

## 4 平面布置方案

船闸闸位选择主要考虑以下几个方面:航道整治总体布置需要,地方规划,地形、地质条件,船闸安全运行要求,经济、技术方面的合理性。

### 4.1 新建船闸数量确定

根据JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》<sup>[4]</sup>,飞来峡枢纽若仅新建一座1 000吨级二线船闸,单向年过闸货运量为2 206万t,加上原一线500吨级船闸,其单向年过闸总通过能力为2 673万t,与枢纽过坝运输需求量对比可知,显然不能满足规范中“设计水平年为建成后20~30 a”的要求。因此,按同时建设1 000吨级二、三线船闸的规模进行布置,使得总单向年过闸能力为4 879万t,从而满足预测水平年2040年过闸货运量最大3 965万t(下行)的要求。故拟新建二线、三线船闸。

### 4.2 平面布置方案

根据飞来峡水利枢纽现有条件及平面布置原则,经综合分析,拟建二、三线船闸闸址选定了3个位置,分别为左、中、右3个方案,如图2所示。

#### 1) 左岸方案。

新建二线船闸有效尺度为220 m × 34 m × 4.5 m,布置于现有一线船闸左侧坝肩,非溢流挡水坝处,双线船闸中心线相距约73.4 m,上、下游公用引航道。受地形限制及施工导流的需要,调整一线船闸进出闸方式,由左侧进闸右侧出闸调整为右侧进闸左侧出闸,一线船闸主导航墙向右侧扩宽,靠船墩后移。

#### 2) 中线方案。

本方案二、三线船闸布置在右岸河床土坝偏

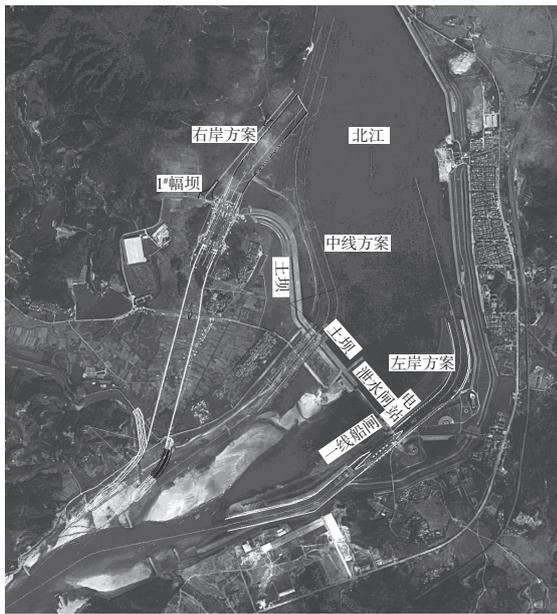


图2 飞来峡水利枢纽新建船闸轴线位置

右段，双线船闸中心线间距86 m，中心线与坝轴线夹角为100°。双线船闸采用平行并列、共用引

航道布置。

针对右岸土坝前水域距离坝前越近，横向流速越小的水流特点，上游引航道布置在库区原“夹洲”和右侧岸边之间的深槽迂回布置，停泊段布置在该段偏下游处。引航道外侧布置隔流墙调整水流，以达到规范要求。

下游引航道沿着右岸黄洞防洪堤堤脚布置，引航道顺河势在下闸首下游455.6 m处设弯曲段，停泊区设在弯曲段下游的直线段上。下游引航道左侧设导航墙兼隔流墙。

### 3) 右岸方案。

二、三线双线船闸布置在右岸软基段土坝末端与1#副坝之间山头处，上闸首前沿大致与现有坝顶公路延伸段中心线重合，船闸主体建筑物全部位于山体中开挖而建。如图3所示，双线船闸采用平行并列、共用引航道布置，引航道宽度为120 m，二、三线船闸中心线距离为86 m。

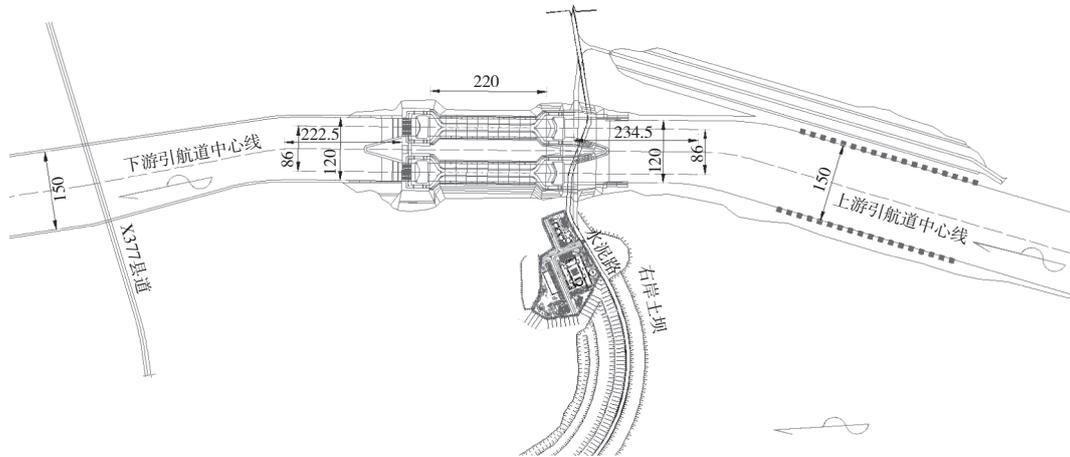


图3 右岸方案平面布置

上游引航道距上闸首234.5 m起向左偏转转弯，进入右岸河槽，然后再接一个弯曲段与上游库区航道衔接。下游引航道距下闸首222.5 m起向左偏转转弯，航道宽度在弯曲段从120 m扩宽至150 m，停泊段布置在弯曲段后直线段，然后穿过X377县道、黄洞防洪堤支堤，从高田河河口处穿出，靠右侧偏转与下游航道衔接。高田河河口处采用开挖明渠导流方式，将其与引航道分隔开来，以平行引航道的方向引流至口门区下游河道，口门区左侧设抛石导堤隔沙导流，以将由枢纽泄水闸和电站下泄水流和引航道分隔开。

## 5 各平面布置方案综合分析

3种平面布置方案比选可知，拟新建双线船闸若布置在枢纽左岸，虽紧挨原一线船闸且便于管理，但存在以下主要问题：1) 枢纽左岸为飞来峡枢纽管理区，岸侧多为管理区建筑物和坝肩连接段，下游临河侧有社岗排水渠，岸侧有简易陶瓷厂，厂区占地面积较大，征地拆迁成本高、难度大，并且无法同时布置二、三线船闸，若二线船闸布置在此，仍需在右岸寻找合适位置建设三线船闸；2) 枢纽左岸上游为凹岸，下游为凸岸，二线船闸下游引航道与主航道间衔接难度较大；

3) 二线船闸施工需开挖左岸坝肩, 迁移飞来峡枢纽展览馆, 施工期影响坝顶公路正常交通, 对电站、泄水闸和船闸运行管理干扰严重; 4) 二线船闸的施工将对通航造成一定影响。

中线方案与右岸方案同属河床右岸, 相比而言, 中线方案船闸布置在河床内, 右岸方案船闸布置在右岸阶地上, 两处位置均较为开阔, 可同时布置二线、三线船闸, 经枢纽整体物理模型试验中多次论证并调整平面布置, 两方案的上、下游引航道及口门区的通航水流条件均能满足规范要求<sup>[5]</sup>。

因此, 排除左岸方案, 拟在中线方案和右岸方案中选择二、三线船闸较优布置方案, 具体分析探讨如下<sup>[6]</sup>:

#### 1) 通航水流条件比较。

从通航水流条件看, 两方案相差甚小, 均可行, 中线方案上闸首口门段转弯段的圆心角稍大, 但不影响船舶正常进出船闸。

#### 2) 防洪影响比较。

飞来峡水利枢纽是已建成的省内最大水利枢纽, 首要任务为防洪, 若选择中线方案, 将会涉及到破坝施工, 这必然会对枢纽的防洪建筑物造成不利影响; 反之, 右岸方案因建在右岸软基段土坝末端与1#副坝之间山头处, 基本不会影响现有防洪体系。

#### 3) 施工条件比较。

从施工条件角度分析, 右岸方案施工条件较好, 大部分项目不需要水中围堰, 可干地施工; 反之, 中线方案的围堰需全部在水下施工, 工程难度较大, 安全施工风险较大。

#### 4) 工程占地处理和征地、移民比较。

从工程永久、临时占地和征地移民方面看, 右岸方案征地较大, 成本较高, 对黄洞管理区的公路交通、农耕、水利设施和供电线路等影响较大, 补偿投资较中线方案多约1.1亿元。

#### 5) 工程造价比较。

从工程总投资角度来看, 中线方案比右岸方案多出5.6亿元(可行性研究阶段), 主要是围堰工程、地基处理工程较右岸方案投资大。应归结为: 中线方案布置于飞来峡水利枢纽右岸土坝,

上游围堰设计标准高, 与右岸土坝标准一致, 且上、下游引航道和靠船墩施工围堰轴线较长, 加上地基土覆盖层较厚, 清淤除障工程量大, 由此, 使得中线方案较右岸方案施工导流投资增加了4.17亿元。

综上所述, 中线方案虽然征地规模小, 但总投资较大、破坝施工对防洪安全影响大; 右岸方案虽然征地规模较大, 对周边交通、水利设施分割阻碍较多, 需要在项目结束后进行路桥工程、相关水利设施恢复工作, 但是其造价对于总体投资影响小, 并且右岸方案船闸主体工程投资较中线方案小、施工围堰简单、对防洪安全体系影响小(无需破除飞来峡枢纽主坝和副坝)、施工条件优良等明显优势。

## 6 结语

1) 左岸方案因布置空间不足无法满足建设要求以及施工期对电站、泄水闸、原一线船闸正常运行管理干扰严重;

2) 相比中线方案, 右岸方案具有工程投资少、对防洪安全体系影响小、施工条件优良等明显优势, 因此, 推荐右岸方案作为建设建设方案。

## 参考文献:

- [1] 张珊, 吴澎. 长洲水利枢纽3-4号船闸平面布置研究[J]. 水利水电工程学报, 2012(4): 1-5.
- [2] PIANC. Innovations in navigation lock design (PIANC report No. 106) [R]. Brussels: PIANC, 2009.
- [3] PIANC. Final report of the international commission for the study of locks [R]. Brussels: PIANC, 1986.
- [4] JTJ 305—2001 船闸总体设计规范[S].
- [5] 广东省水利水电科学研究院, 河口水利技术国家地方联合工程实验室, 广东省水动力学应用研究重点实验室. 北江(乌石至三水河口)航道整治工程飞来峡水利枢纽二线船闸通航整体定床模型试验研究报告[R]. 广州: 广东省水利水电科学研究院, 2012.
- [6] 广东省综合交通勘察设计院有限公司, 中水珠江规划勘测设计有限公司. 北江(乌石至三水河口)航道整治工程可行性研究报告[R]. 广州: 广东省综合交通勘察设计院有限公司, 2012.