



## 信江八字嘴航电枢纽工程坝址方案选择\*

樊锐<sup>1</sup>, 姜兴良<sup>2,3</sup>, 刘亚洲<sup>1</sup>

(1. 中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510610; 2. 中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007;  
3. 中交集团内河水运建设技术研发中心, 北京 100007)

**摘要:** 在信江下游鄱阳湖区, 地形水系复杂, 河流分汊较多, 坝址选择的河段范围大, 枢纽坝址的方案选择较复杂。以信江八字嘴航电枢纽工程为例, 在确保各坝址枢纽满足通航要求且与上下游梯级衔接的基础上, 采用对各坝址枢纽功能、河道及两岸地形、建筑物布置合理、减少库区淹没等条件进行分析利弊的方法, 提出坝址选择的思路, 从地形地质条件、枢纽布置、工程量、通航条件、航道衔接条件、施工条件、库区淹没、工程总投资等方面进行坝址综合比选, 得出八字嘴航电枢纽工程的推荐坝址。通过方案论证梳理坝址选择和枢纽布置的思路, 成功解决了河口湖区复杂水系地形条件下的坝址选择难题。

**关键词:** 信江下游; 湖区; 复杂水系; 航电枢纽; 坝址; 选择

中图分类号: U612

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2024)09-0130-09

## Selection of dam site scheme for Bazizui navigation and hydropower hub project in Xinjiang

FAN Rui<sup>1</sup>, JIANG Xingliang<sup>2,3</sup>, LIU Yazhou<sup>1</sup>

(1. China Water Resources Pearl River Planing Surveying & Designing Co., Ltd., Guangzhou 510610, China;

2. CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China;

3. Research and Development Center on Inland Navigation Construction Technology, CCCC, Beijing 100007, China)

**Abstract:** The Poyang Lake area, at the downstream of the Xinjiang, is featured by complex terrains and water system with multiple river branches. The selection of dam site has a large range of river sections, and the selection of the scheme of the hub dam site is complicated. Taking the Bazizui navigation and hydropower hub project in the Xinjiang as an example, based on meeting the requirements for navigation and the connectivity of the cascade in the upstream and downstream areas, we use a methodology for analyzing the pros and cons of various dam sites considering the functionality of each dam site, reasonable arrangement of river channels and banks, building layout, and minimizing reservoir inundation, and propose the idea of dam site selection. Then we carry out comprehensive comparison and selection of dam site selection from topography, geology, hub layout, project quantity, navigation conditions, channel connectivity, construction conditions, reservoir inundation, and overall project investment, and obtain the recommended dam site for the Bazizui navigation and hydropower hub project. Through a demonstration of the scheme, we clarify the strategy for dam site selection and hub layout, and successfully solve the problem of dam site selection in the complex water system and topographical conditions of the river mouth lake area.

**Keywords:** downstream of the Xinjiang; lake area; complex water system; navigation and hydropower hub; dam site; selection

收稿日期: 2023-12-08

\*基金项目: 国家重点研发计划项目 (2023YFB2604700); 北京市科学技术委员会、中关村科技园区管理委员会科技服务品牌机构发展基金项目 (20230467193)

作者简介: 樊锐 (1985—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事水利水电工程设计。

河流的中下游河床经过多年水流与河床相互作用形成了相对稳定的态势,为了改善天然河道的通航要求,对河道进行渠化,修建通航建筑物是常见的工程措施。坝址选择关系到枢纽布置及运行、施工导流方案、工期、场地布置、施工水电供应、对外交通及工程造价等,选择一个好的坝址可给工程带来巨大的经济和社会效益。吴澎等<sup>[1]</sup>提出航电枢纽选址和布置首先考虑船闸的布置要求,根据不同的河道地形条件,枢纽布置可采用集中布置和分散布置的形式;范锦春等<sup>[2]</sup>从工程地质条件、枢纽布置、水能指标、枢纽总投资、施工条件、航运条件、枢纽建筑物对苍梧县城和梧州机场的影响等7个方面对长洲水利枢纽坝址进行比较;宋春山<sup>[3]</sup>根据工程地形、地质、枢纽布置、通航条件、施工条件等方面对依兰航电枢纽坝址进行综合比较,选择最优的下坝址;刘运化等<sup>[4]</sup>从枢纽总体布置、防洪影响分析、地形地质条件、施工组织、工程投资、航运条件、土地征用以及淹没浸没影响范围等对钱塘江中上游姚家航运枢纽工程的坝址进行比选研究,提出推

荐坝址。在流域下游靠近湖区的工程可选址范围大,枢纽壅水影响会相对较大,类似的案例较少。

本文从地形地质条件、枢纽布置、工程量、通航条件、航道衔接条件、施工条件、库区淹没、工程总投资等方面进行坝址综合比选,得出八字嘴航电枢纽工程的推荐坝址。通过方案论证梳理坝址选择和枢纽布置的思路,成功解决了河口湖区复杂水系地形条件下的坝址选择难题,可为类似工程提供参考和借鉴。

## 1 工程概况

根据《江西省内河航运发展规划》<sup>[5]</sup>,信江褚溪河口—流口244 km规划Ⅲ级航道,通航1 000吨级船舶,拟采取三级渠化结合航道整治工程、桥梁改建工程达到Ⅲ级航道标准,八字嘴枢纽就是其中的一级。信江八字嘴航电枢纽工程上游梯级为界牌航电枢纽工程,是信江航运梯级工程中的第2个梯级,是以航运为主、兼有发电等综合利用的工程<sup>[6]</sup>。信江航道及八字嘴枢纽位置见图1。

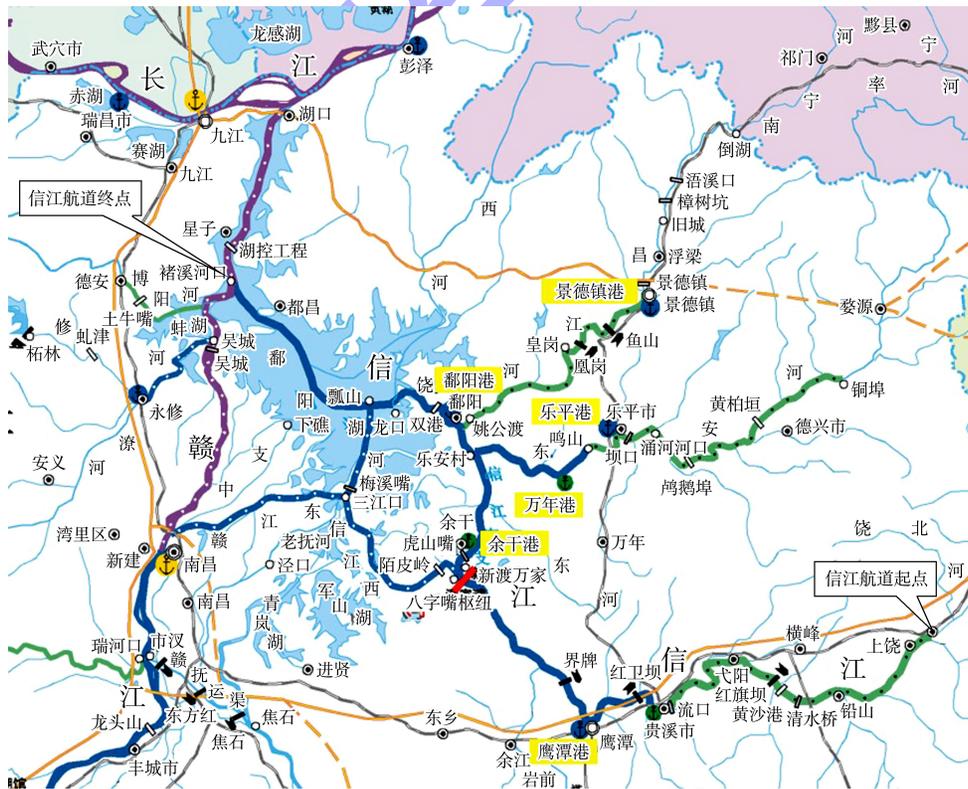


图1 信江航道及八字嘴枢纽位置

## 2 坝址方案及枢纽布置

### 2.1 坝址位置拟定

八字嘴航电枢纽建成后,东、西大河都需要满足通航要求且与上下游梯级衔接,拟定3个坝址方案进行比较。

1) 方案1。在东、西大河上分别建设枢纽工程,满足通航、泄洪、发电等要求。

西大河在龙津大桥下游处开始分汊且有1个大转弯,之后进入鄱阳湖区,弯多汉口多,龙津大桥上游至西大河入口处的河段相对宽阔且顺直,该段河道全长仅4 km,左岸唯一高地为貂皮岭,所以选取貂皮岭下坝址作为坝址方案1中西大河的枢纽坝址。

东大河选取虎山嘴坝址和马背嘴坝址进行比选。马背嘴处船闸出口处下游局部河段约0.5 km需要疏浚,通航条件略差于虎山嘴坝址;河床较窄,仅约140 m宽,建筑物布置比较困难,需要大面积清除左岸滩地;工程投资较大。综上所述,虎山嘴下坝址优势较明显,故本阶段选取虎山嘴下坝址作为坝址方案1中东大河的枢纽坝址。坝址位置见图2。两枢纽分别布置有船闸、泄水闸和发电厂房及其他建筑物,枢纽间通过土坝连接。

2) 方案2。本着进一步减少库区淹没的原则,在满足建筑物布置的前提下,在东、西大河入口处选择坝址方案2,坝址位置见图2。东大河坝址(虎山嘴上坝址)和西大河坝址(貂皮岭上坝址)距上游河道分汊口仅约900 m,两枢纽位于同一条坝轴线上,两枢纽分别布置有船闸、泄水闸和发电厂房及其他建筑物,枢纽间通过土坝连接。

3) 方案3。在信江分叉为东大河和西大河之前的主河道上设1座拦河枢纽,布置有1座船闸、32孔泄水闸和1座发电厂房及其他建筑物;由于在枯水期东大河下游双港枢纽的库区回水至东大河与西大河分汊处后会沿西大河流入鄱阳湖区,所以须在西大河上再设1座拦河枢纽,其正常蓄水位与双港枢纽相同。坝址位置见图2。该坝址方案主河道上的坝址(大溪坝址)位于东、西大河分叉口上游约1.4 km,西大河上的坝址选择在方案1中的貂皮岭下坝址处。

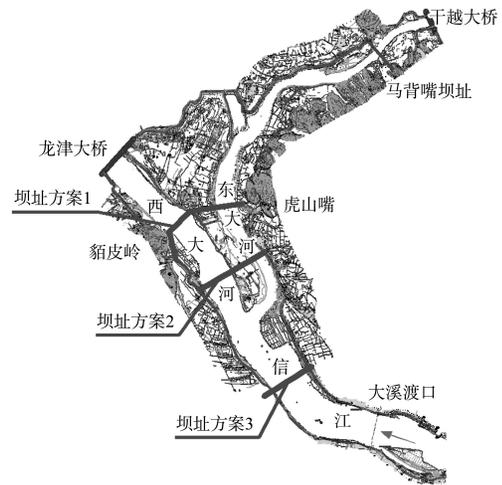


图2 八字嘴枢纽坝址位置

### 2.2 各坝址方案的枢纽布置

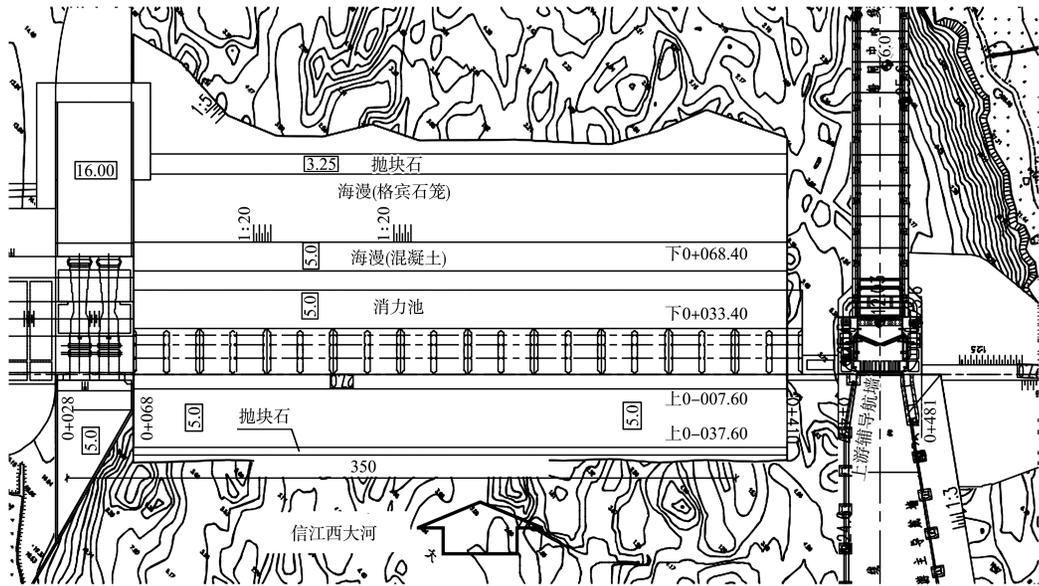
泄水建筑物基础采用软基形式,泄洪建筑物采用泄水闸。为尽量减少泄洪建筑物壅水对沿江堤围的影响,八字嘴枢纽按排泄300 a一遇洪水时闸前水位壅高小于0.3 m控制,这样在洪水期开启所有泄水闸,库区水位基本恢复到天然状态。坝址比较正常蓄水位采用18.0 m。

#### 2.2.1 坝址方案1

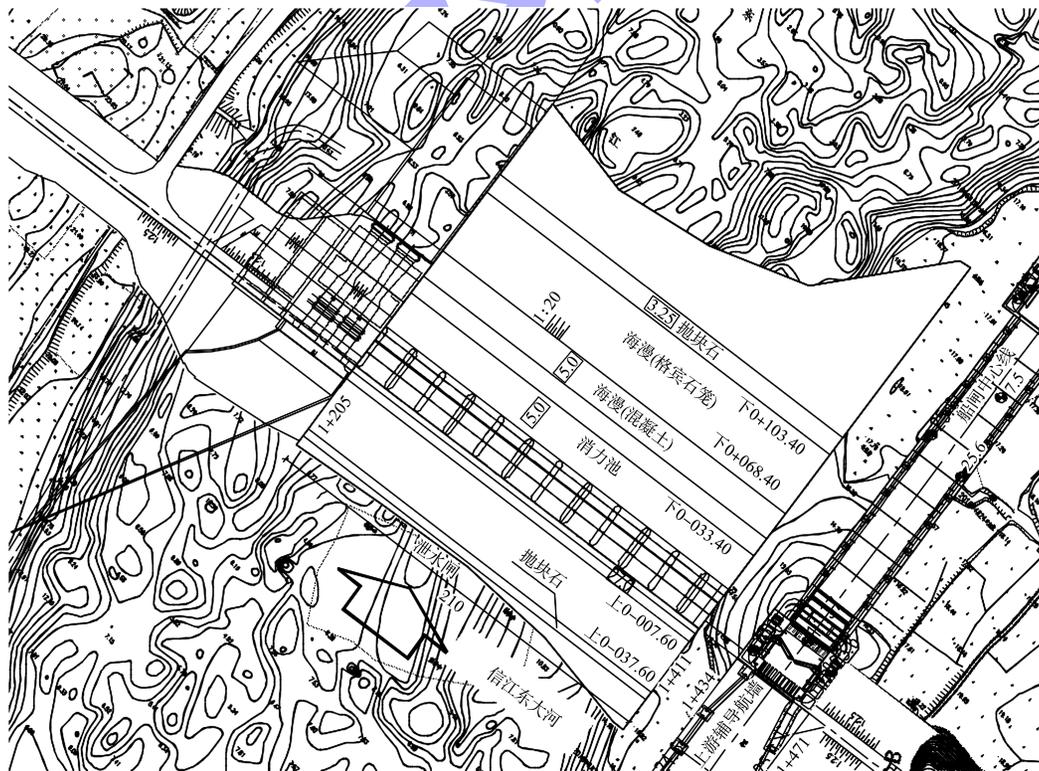
西大河的貂皮岭下坝址位于该河段较为顺直宽阔的位置,船闸布置在右岸(主河槽位置),厂房布置在左岸,中间河床布置泄水闸。枢纽总体布置沿坝轴线从左到右依次为:左岸接头土坝长677 m,采用均质土坝,坝顶宽8 m,上下游边坡均采用1:2.5坡度、C20预制混凝土块护坡;鱼道前缘长8 m,采用横隔板式鱼道,鱼道总长度850 m,坡度1:60,鱼道宽度3 m;河床式电站厂房,安装2台灯泡式水轮发电机组,装机容量7.0 MW,前缘长75.94 m;泄洪闸前缘总长350 m,设20孔,每孔净宽14.0 m,采用WES型实用堰,堰顶高程11.0 m,结构采用两孔一跨,墩中分缝,中墩厚3.0 m,缝墩厚2.0 m;门库坝段前缘长19 m,坝体内设置门库,用以放置泄水闸上游检修门;船闸前缘总长43.4 m,闸室有效尺寸180 m×23 m×3.5 m(长×宽×门槛水深);与两枢纽间土坝及连接坝段长645 m,采用均质土坝,坝顶宽8 m,上下游边坡均采用1:2.5坡度、C20预制混凝土块护坡。

东大河虎山嘴下坝址枢纽船闸布置在右岸, 厂房布置在左岸, 中间河床布置泄水闸, 枢纽总体布置沿坝轴线从左到右依次为: 鱼道总长度 775 m, 其他参数与西大河枢纽相同; 河床式电站厂房, 前缘长 70.51 m, 安装 2 台灯泡式水轮发电机组, 装

机容量 5.6 MW; 泄水闸前缘总长 210 m, 设 12 孔, 其他参数与西大河枢纽相同; 门库坝段, 参数与西大河枢纽相同; 船闸前缘长、闸室有效尺寸与西大河枢纽相同; 右岸连接坝段长 60 m。坝址方案 1 枢纽布置见图 3。



a) 西大河



b) 东大河

图3 坝址方案1枢纽布置(单位:m)



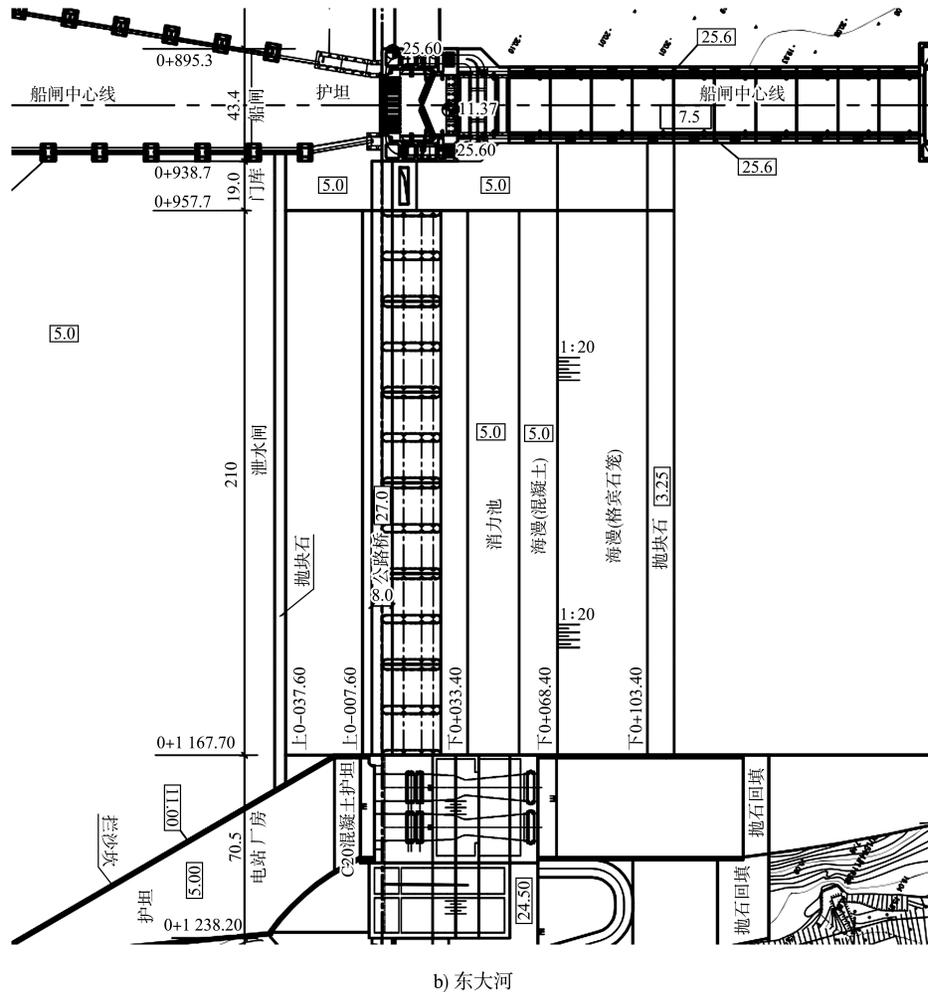


图4 坝址方案2枢纽布置(单位:m)

### 2.2.3 坝址方案3

该方案主河道上的大溪坝址位于东、西大河分汊口上游约1.4 km,各建筑物结构形式与方案1相同,整个枢纽从左到右依次为左岸土坝(前缘长78 m)、船闸(前缘长43.4 m)、门库坝段(前缘长19 m)、32孔泄水闸(前缘长560 m)、河床式厂房(前缘长75.94 m)、鱼道(前缘长8 m)、右岸土坝(前缘长66 m)。整个枢纽坝轴线在同一直线上,总长850 m,基础同样为软基,坝基设置1道垂直防渗墙。西大河枢纽设在貂皮岭下坝址处,枢纽布置与方案1的西大河下坝址枢纽基本相同,取消电站布置。整个枢纽从左到右依次为

左岸土坝(前缘长760 m)、鱼道(前缘长8 m)、20孔泄水闸(前缘长350 m)、门库坝段(前缘长19 m)、船闸(前缘长43.4 m)、右岸土坝(前缘长150 m)。整个枢纽坝轴线在同一直线上,总长1330 m,基础同样为软基,坝基设置1道垂直防渗墙。为尽量避免改变东西两河分流比而带来一系列不确定因素,所以此枢纽泄水闸堰顶高程不宜高出现状河床高程太多,根据工程经验并结合现状地形,拟定堰顶高程与现状河床高程基本齐平,为5.0 m,采用宽顶堰型,泄水闸为20孔,每孔宽度14.0 m。坝址方案3枢纽布置见图5。



表 1 坝址工程地质条件对比

方案	坝址	地形地貌特征	地层岩性		地质构造	主要工程地质问题
			覆盖层	基岩		
1	虎山嘴	地貌单元属河流侵蚀堆积类型,河谷断面呈宽缓、对称的 U 形谷,河床宽 200~400 m,天然岸坡稳定,水下地形有起伏	河床部位厚 7~13 m,阶地部位厚 28.6 m	薄-极薄层千枚岩及砂质千枚岩,和中厚层千枚状粉细砂岩。中厚层灰质白云岩	未发现大断层通过,千枚岩层产状陡,地质构造条件相对复杂	坝基、坝肩覆盖层和岩溶渗漏问题突出
	貂皮岭	地貌单元属河流侵蚀堆积类型,河道左侧有貂皮岭山体,右岸为河间滩地。河床宽 500~700 m,天然岸坡稳定,水下地形起伏较大	河床部位厚 4.3~39.5 m,阶地部位厚 24.9 m。河床部位分布有淤泥质土和淤泥质砂,厚 0.7~2.0 m	中厚层灰岩夹碳质灰岩	未发现大断层通过,千枚岩岩层产状陡,地质构造条件相对复杂	河床部位分布有淤泥质土和淤泥质砂,易产生不均匀沉降等工程地质问题。坝基、坝肩覆盖层和岩溶渗漏问题突出
2	东大河	地貌单元属河流侵蚀堆积类型,河谷断面呈宽缓、对称的 U 形谷,河床宽 150~300 m,天然岸坡稳定,水下地形平缓	总体厚度 11.2~19 m;其中阶地部位厚 18.0~19.5 m,河床部位厚 11.2~17.6 m	岩性较单一,薄-中厚层千枚岩及砂质千枚岩,和中厚层千枚状粉细砂岩	未发现大断层通过,千枚岩岩层产状陡,地质构造条件相对简单	坝基、坝肩覆盖层渗漏较突出
	西大河	地貌单元属河流侵蚀堆积类型,河谷断面呈宽缓、对称的 U 形谷,河床宽 500~700 m,总体上河床地形较平缓	总体厚 10.7~23.1 m,其中阶地部位厚 20.0~23.1 m,河床部位厚 10.7~18.8 m。河床部位分布有淤泥质土和淤泥质砂,厚 0~6.6 m	岩性较单一,薄-中层千枚岩及砂质千枚岩,和中厚层千枚状粉细砂岩	未发现大断层通过,千枚岩层产状陡,地质构造条件相对简单	河床部位分布有淤泥质土和淤泥质砂,易产生不均匀沉降等工程地质问题。坝基、坝肩覆盖层渗漏较突出

### 3.2 综合比较

从通航条件、地形地质条件、工程投资等方面对 3 个坝址方案进行综合比选,见表 2。

根据以上比较,在通航条件方面,方案 2

的船闸工程上、下游引航道均可与主航道较好衔接,上、下游连接基本顺畅,方案 1 和 3 上下游航道衔接条件均不佳,故方案 2 通航条件较优。

表 2 坝址综合比选

方案	通航条件	航道衔接条件	地形地质条件	枢纽布置
1	貂皮岭枢纽船闸工程上下游航道衔接较顺畅。虎山嘴枢纽船闸工程上下游的航道衔接条件均不太好			枢纽布置为左厂房右船闸布置,主要包括 2 座船闸、32 孔泄水闸、1 个门库段、2 座电站、1 座鱼道以及土坝连接段,总长 2 230 m
2	西大河枢纽船闸工程上、下游引航道均可直线与主航道衔接,上、下游均很顺畅。东大河枢纽船闸工程上游连接段航道较顺直;下游依据河势选择转弯半径较大的圆弧连接主航道,基本顺畅	3 个坝址方案航道衔接条件没有本质区别	3 个方案均具备兴建低水头航电枢纽的工程条件,方案 2 相对略优	枢纽布置为左船闸右厂房布置,主要包括 2 座船闸、32 孔泄水闸、1 个门库段、2 座电站、1 座鱼道以及土坝连接段,总长 1 510 m
3	大溪枢纽船闸工程下游通航条件较差。貂皮岭枢纽船闸工程上下游航道衔接较顺畅			主河床枢纽布置为左船闸右厂房布置,主要包括 1 座船闸、32 孔泄水闸、1 个门库段、1 座电站、1 座鱼道以及土坝连接段,总长 850 m;貂皮岭枢纽布置无电站,其余与方案 1 相同,主要包括 1 座船闸、20 孔泄水闸、1 个门库段、1 座鱼道以及土坝连接段,总长 1 330 m

续表2

方案	工程量	施工条件	库区淹没	工程总投资/亿元
1	土方开挖 278.60 万 m <sup>3</sup> ,疏浚量 552.91 万 m <sup>3</sup> ,土石填筑 110.77 万 m <sup>3</sup> ,混凝土 74.02 万 m <sup>3</sup> ,反滤料 9.40 万 m <sup>3</sup> ,高压旋喷桩 1.14 万 m,混凝土防渗、防冲墙 7.30 万 m <sup>2</sup> ,钢筋 3.89 万 t,金属结构 1.05 万 t	明渠导流,一期明渠通航、二期东大河船闸,混凝土高峰浇筑强度 5.5 万 m <sup>3</sup> /月,总工期 54 个月,导流工程投资 5.12 亿元	建设征收征用涉及土地总面积 26.93 km <sup>2</sup> ,投资估算 2.49 亿元	40.94
2	土方开挖 317.29 万 m <sup>3</sup> ,疏浚量 793.94 万 m <sup>3</sup> ,土石填筑 80.63 万 m <sup>3</sup> ,混凝土 73.23 万 m <sup>3</sup> ,反滤料 7.81 万 m <sup>3</sup> ,高压旋喷桩 0.99 万 m,混凝土防渗、防冲墙 5.32 万 m <sup>2</sup> ,钢筋 3.72 万 t,金属结构 1.05 万 t	明渠导流,一期明渠通航、二期东大河船闸,混凝土高峰浇筑强度 5.5 万 m <sup>3</sup> /月,总工期 54 个月,导流工程投资 4.07 亿元	建设征收征用涉及土地总面积 26.13 km <sup>2</sup> ,投资估算 2.48 亿元	40.20
3	土方开挖 146.50 万 m <sup>3</sup> ,疏浚量 552.91 万 m <sup>3</sup> ,土石填筑 84.59 万 m <sup>3</sup> ,混凝土 79.26 万 m <sup>3</sup> ,反滤料 11.14 万 m <sup>3</sup> ,高压旋喷桩 1.56 万 m,混凝土防渗、防冲墙 11.10 万 m <sup>2</sup> ,钢筋 4.37 万 t,金属结构 1.25 万 t	分期导流,一期助航,二期主河床、西大河船闸,混凝土高峰浇筑强度 3.0 万 m <sup>3</sup> /月,总工期 56 个月,导流工程投资 6.04 亿元	建设征收征用涉及土地总面积 22.47 km <sup>2</sup> ,投资估算 1.92 亿元	42.19

在地形地质条件方面,3个方案均具备兴建低水头航电枢纽的工程条件,方案2相对略优;在枢纽布置方面,3个方案基本相同,方案3少建1座电站但多建12孔泄水闸,方案3开挖量少、混凝土量多,3个方案土建工程量基本相当;在施工条件方面,方案2导流更加简洁且投资最省,方案3导流投资最贵且工期最长;在工程投资方面,方案2最省,方案3最贵。综合考虑,本阶段推荐方案2为选定坝址。

#### 4 结论

1) 对于河流下游进入湖区的的地形条件,河流分叉较多,可采用枢纽建筑物集中布置或分散布置于两侧河道的形式,航电枢纽坝址布置的可能性较多。坝址选择要紧密结合河道地形条件、施工导流等进行比选论证。

2) 八字嘴航电枢纽工程位于信江下游,根据枢纽功能、河道及两岸地形、建筑物布置合理、减少库区淹没等原则,进行坝址综合比选,推荐采用方案2。

3) 对于低水头航电枢纽,发电水头较低,正常蓄水位的确定非常关键,抬高正常蓄水位会提高发电收益,但会增加库区的淹没,因此正常蓄水位的选择要结合枢纽的功能定位,淹没影响等综合考虑。

#### 参考文献:

- [1] 吴澎,张珊,罗少桢,等.航电枢纽工程选址与布置[J].水运工程,2011(9):185-188.
- [2] 范锦春,曾新民.长洲水电枢纽坝址选择[J].水利水电技术,1996(11):19-22.
- [3] 宋春山.依兰航电枢纽坝址比选分析论证[J].黑龙江水利科技,2007(1):68-70.
- [4] 刘运化,王峰.钱塘江中上游姚家航运枢纽坝址方案选择研究[J].人民珠江,2010,31(5):36-38,54.
- [5] 江西省交通运输厅.江西省内河航运发展规划[A].南昌:江西省交通运输厅,2016.
- [6] 中交水运规划设计院有限公司,中水珠江规划勘测设计有限公司.信江八字嘴航电枢纽工程工程可行性研究报告[R].北京:中交水运规划设计院有限公司,2017.

(本文编辑 王璁)

