

· 航道及通航建筑物 ·



# 峡江枢纽船闸平面布置及闸室结构优化

罗少桢, 韩巍巍, 汤建宏, 袁和平  
(中交水运规划设计院有限公司, 北京 100007)

**摘要:** 峡江枢纽位于赣江中游峡江县巴邱镇上游, 船闸位于左岸。船闸布置区域为微弯河道, 不利于船闸引航道布置, 分水墙的设置、现场地形条件等因素直接影响引航道及口门区流速; 船闸闸室原设计采用常规的分离式结构, 施工覆盖层揭露后, 发现地质条件变化较大, 存在较大范围断层, 分离式闸室结构已不适应该地质条件。通过研究引航道布置对通航水流条件的影响, 提出解决措施; 通过有限元分析, 将部分闸室优化为非常规的整体式结构。

**关键词:** 峡江枢纽; 船闸; 平面布置; 闸室结构; 优化

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2016)S1-0089-05

## General layout of shiplock in Xiajiang hydro-junction and optimization of lock chamber

LUO Shao-zhen, HAN Wei-wei, TANG Jian-hong, YUAN He-ping  
(CCCC Water Transportation Consultants Co., Ltd., Beijing 100007, China)

**Abstract:** Xiajiang hydro-junction is located at the upstream of Baqiu town in Xiajiang county, Ganjiang river's midstream. It's difficult to put the approaching channel of shiplock at such a slightly curved reach when the shiplock is on the left side. There are many factors influencing the flow conditions of the approach channel and entrance area, such as the baffle wall, topographical condition of site, etc. The lock chamber was originally designed as a separated structure which is commonly used, but it must be changed when there is a large-scale faults. Some methods are adopted to make the navigation flow conditions better, and the integral structure is used in the lock chamber by finite element analysis.

**Keywords:** Xiajiang hydro-junction; shiplock; general layout; chamber structure; optimization

### 1 工程概况

峡江枢纽位于赣江中游峡江县巴邱镇上游峡谷河段, 是一座以防洪、发电及航运为主, 兼有灌溉和供水等综合利用功能的枢纽工程。峡江枢纽上游为石虎塘梯级, 下游为永泰梯级<sup>[1]</sup>。峡江枢纽的建设, 将渠化库区航道 77 km, 使航道达到规划 1 000 吨级航道标准, 使南昌市防洪标准由 100 a 提高到 200 a。枢纽拟建位置河道宽度约 600 m, 采用左岸船闸、右岸厂房布置, 其中船闸闸室尺度为 180 m×23 m×3.5 m(长×宽×门槛水深), 设计水平年单向通过能力为 957 万 t, 厂房为大(2)型电站, 装机容量 360 MW, 河床中部设

18 孔泄水闸, 单孔净宽 16 m, 泄流总净宽为 288 m, 左、右岸挡水坝均采用混凝土重力坝的形式(图 1)。

### 2 原船闸平面布置及问题

受坝址处两岸地形以及枢纽总体布置的影响<sup>[2]</sup>, 船闸布置于左岸, 采用曲线进闸、直线出闸的运行方式。船闸上游主导航墙长 162 m; 上游停泊段长 224 m, 引航道底宽 55 m; 上游分水墙与引航道口门区连接, 分水墙与船闸轴线夹角 50°, 口门区底宽 60 m。下游主导航墙长 162 m; 下游停泊段长 248 m, 引航道底宽 55 m; 下游分水墙与

收稿日期: 2016-06-16

作者简介: 罗少桢(1980—), 男, 高级工程师, 从事水工结构设计。

引航道口门区连接, 分水墙与船闸轴线夹角  $38^\circ$ , 口门区底宽 60 m。

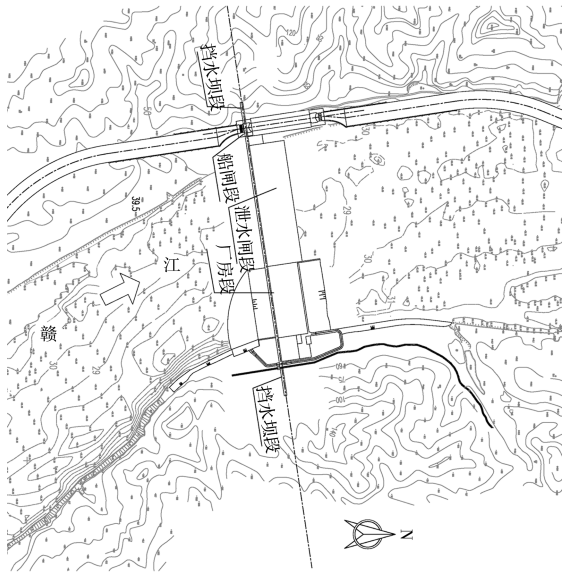


图1 枢纽布置

上游引航道口门区基本处于枢纽 S 形上弯道凸岸下游, 受弯道地形影响, 上游引航道中心线与河道主流方向夹角较大, 导致上游引航道口门区产生大范围超标的回流及横流。在设计通航流量下, 上游口门区最大回流流速达  $1.56 \text{ m/s}$ , 最大横流流速达  $0.69 \text{ m/s}$ , 而依据 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》<sup>[3]</sup> 的规定, 口门区回流流速应不超过  $0.4 \text{ m/s}$ , 横流流速应不超过  $0.3 \text{ m/s}$ 。

下游引航道口门区基本处于 S 形下弯道凹岸, 引航道中心线与河道主流流向夹角较大, 口门区存在小范围回流; 另外, 枢纽下泄形成直冲下引航道口门区的斜向水流, 造成下引航道口门区纵、横向流速偏大, 口门下游 150 m 处最大纵向流速  $2.08 \text{ m/s}$ , 最大横流流速  $1 \text{ m/s}$ , 而依据 JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》的规定, 口门区纵向流速应不超过  $2.0 \text{ m/s}$ 。

### 3 船闸平面布置优化

由于船闸上、下游引航道口门区流速均超过规范标准, 影响船舶的安全行驶, 因此, 有必要对上、下游引航道的原布置方案进行优化, 从而达到改善上、下游引航道口门区及连接段通航水

流条件的目的。

#### 3.1 上游引航道布置优化

原布置方案下, 受 S 形上弯道凸岸地形的影响, 连接段航道与河道主流流向的夹角过大以及口门区右侧存在突出高地的影响, 导致口门区存在大范围超标回流及超标横流。结合以往经验, 采用以下优化措施:

1) 调整上游引航道及连接段航道中心线, 以缩小其与河道主流流向的夹角; 而且开挖左边界越靠左岸, 引航道中心线与河道主流的夹角越小, 口门区通航水流条件越有利。

2) 在航道左边界加设导流堤, 调整上游引航道口门区及连接段的开挖左边界。

3) 适当挖除上游引航道口门区右侧的突出高地, 以削弱由此处突出的地形引起的回流。

4) 扩大口门区的张角, 并在该区域内设置导航墩群, 延长船舶驾驶时船员的反应时间。

通过上述几条优化措施, 在通航流量下, 上游引航道口门区回流、横流的流速基本能够满足规范要求, 通航条件得到了较大的改善 (图 2)。

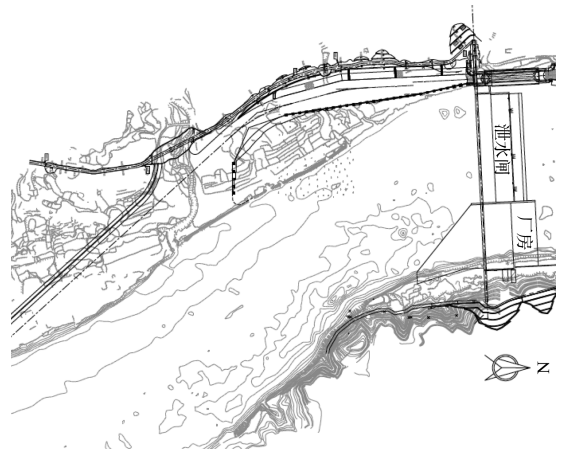


图2 上游引航道优化

#### 3.2 下游引航道布置优化

枢纽下泄水流流向与航道轴线夹角较大, 导致下游引航道口门区水流条件不满足规范要求。

针对此类问题, 常规的解决方案为增设导流墩群, 通过导入部分水流进入引航道内, 达到调整水流流向的目的, 同时在一定程度上削弱口门区回流强度。该措施能够减小口门区纵、横流, 但导

流墩后将出现间歇性的旋流, 且流态十分复杂, 在一定程度上会影响口门区通航水流的稳定性。

鉴于以上原因, 引航道布置方案需要考虑采取其他的优化措施。通过分析比较, 下游分水墙采用底部透空式的结构代替导流墩群, 这样能够提前扩散进入引航道口门区的水流, 并且水流会更加平顺(图 3)。

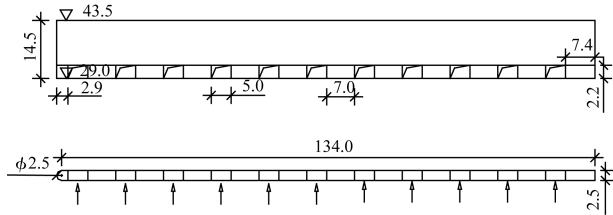


图 3 底部透空式分水墙 (单位: m)

采取上述措施后, 航道轴线与下泄主流流向的交角明显缩小, 口门区内的纵、横向流速基本满足规范要求, 同时回流范围及回流强度均有所减小。该方案有利于引导枢纽下泄水流平顺扩散进入引航道口门区, 使得口门区整体流态更加稳定(图 4)。

### 4 原闸室结构方案

根据原地质勘察报告, 闸室建基面位于弱风化基岩上, 岩体的允许承载力为 0.8~1.2 MPa, 抗

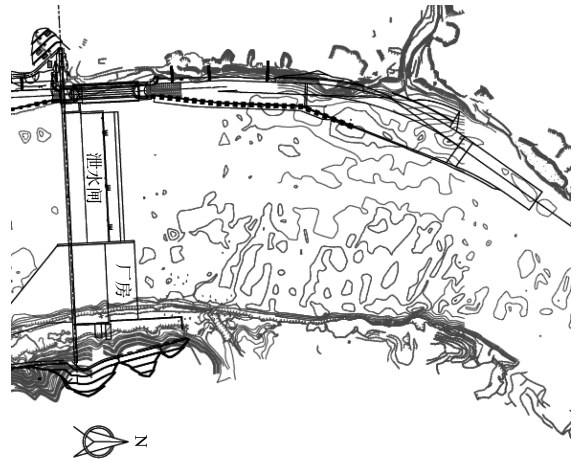


图 4 下游引航道优化

剪摩擦系数  $f$  为 0.42~0.45。该船闸的输水系统采用闸底长廊道侧支孔出流、双明沟消能的分散输水系统形式, 原设计的闸室为钢筋混凝土分离式结构, 闸室总长度为 174 m, 共计 10 个结构段, 结构段之间设置两道紫铜片止水, 防渗帷幕设在闸室侧墙底板下部。闸室墙口宽 23.2 m, 侧墙顶宽 3.3 m、高 26.3 m, 底板厚 1.5 m。闸室墙体及底板除二期混凝土采用 C30 混凝土外, 其余均采用 C25 混凝土。通过计算, 闸室侧墙最大基底应力为 0.75 MPa, 在基岩的允许承载力范围内, 同时整体稳定性经验算也满足规范要求(图 5)。

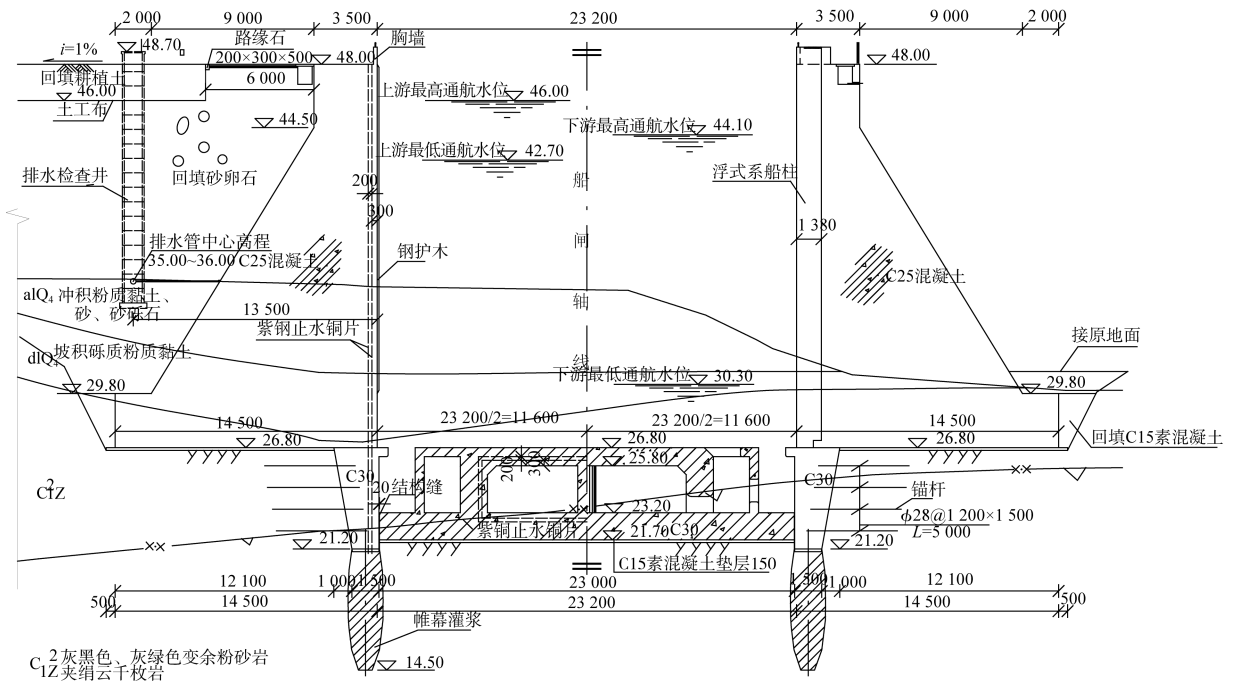


图 5 原闸室结构断面 (高程: m; 尺寸: mm。下同)

在工程实施过程中，待闸室基坑开挖后，发现在闸室基底范围内存在一条宽约 100 m 的带状断层。

经补充地勘检测，断层地质参数如下<sup>[4]</sup>：

- 1) 桩周土极限侧摩阻力标准值：左闸墙断层泥 140 kPa、右闸墙断层泥 100 kPa；
- 2) 闸墙与基底断层泥摩擦系数：左闸墙 0.30、右闸墙 0.28；
- 3) 地基允许承载力：左闸墙断层泥 300 kPa、右闸墙断层泥 260 kPa；
- 4) 变形模量：10 MPa；
- 5) 泊松比：0.40。

根据断层承载力分布情况，原设计闸室结构的侧墙、底板基底应力远大于承载力，并且摩擦系数较低，侧墙的整体稳定系数验算不能满足规范要求。

### 5 闸室结构优化方案

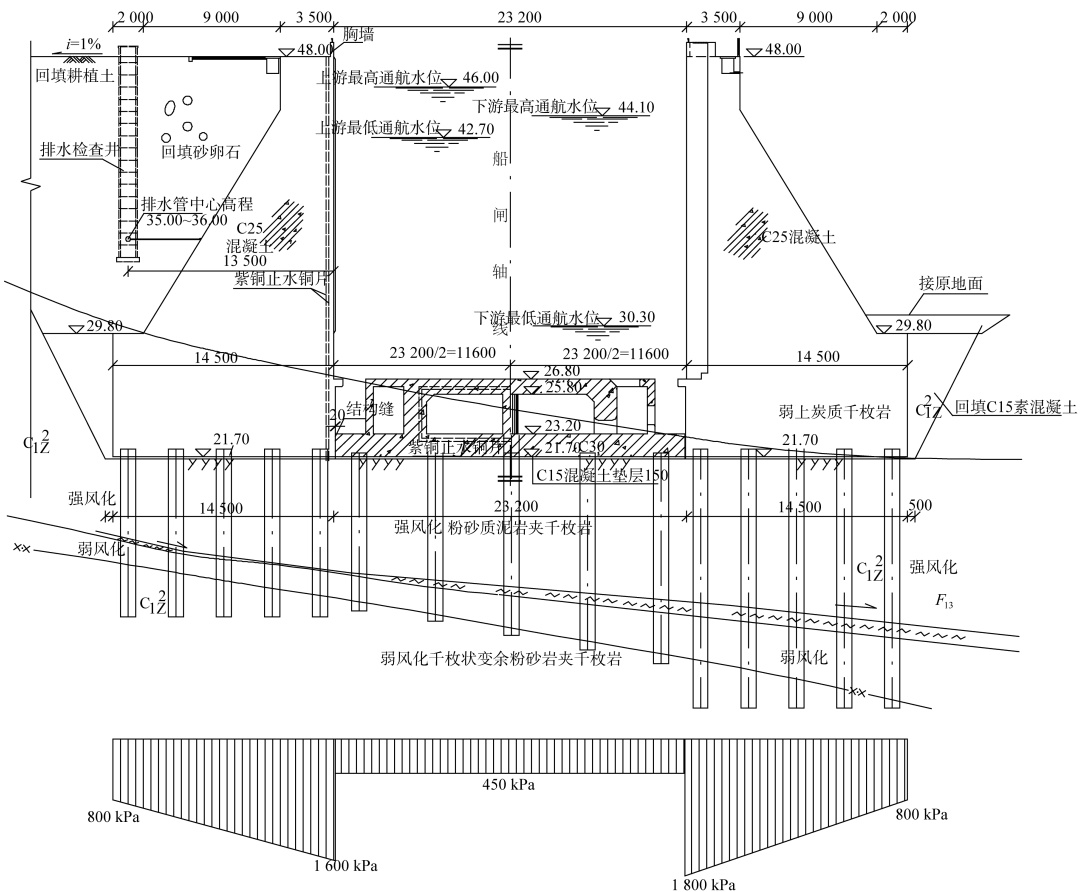
由于断层分布范围较大，传统的通过固结灌浆或增设钢筋混凝土盖板的断层处理方案已不适

用。因此，优化方案考虑在原设计分离式结构的基础上增加基础处理措施以及采用整体式结构这两类方案中进行比选。

#### 1) 方案 1：分离式结构+基础处理。

将闸室侧墙底板底高程由 26.80 m 降至 21.70 m，全断面底宽 52.2 m。为提高承载力，拟在侧墙底部施打钢筋混凝土灌注桩，桩径 1.0 m，桩距 3.1 m，正方形布置，桩端进入弱风化持力层；闸室底板底部也同样施打钢筋混凝土灌注桩，桩径 1.0 m，桩距 5 m，正方形布置，桩端进入弱风化持力层(图 6a)。

通过计算，侧墙前趾处单根桩承受的最大剪力为 6 000 kN，而单根桩能承受的最大剪力仅在 2 000~2 300 kN，因此需通过加大桩径、加密桩距以提高抗剪能力。当桩径加大至 1.5 m，并且侧墙前趾下部采用连排布置时，灌注桩的抗剪计算才能够满足规范的要求，但结构变位较大，最大横向变位约 120 mm。该方案投资将增加约 2 600 万元。



a) 方案 1

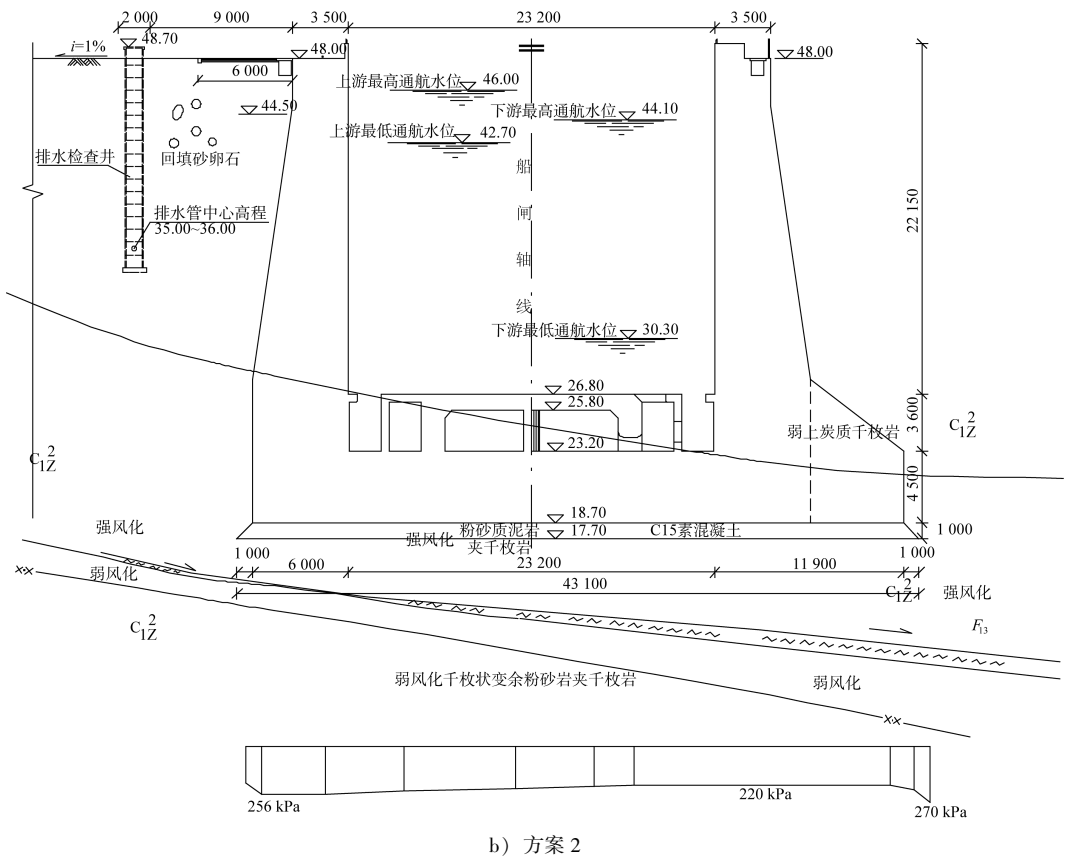


图 6 闸室结构优化断面

## 2) 方案 2: 整体式结构。

闸室结构由原来的分离式优化为整体式结构, 底板底高程为 18.70 m, 底宽 41.1 m, 底板厚 4.5 m, 侧墙厚 6.1 m, 临水侧墙体下部增加 5.8 m 的前趾, 同时在基底以下设置 1 m 厚的 C15 换填混凝土(图 6b))。

通过计算得知, 该整体式结构方案的整体稳定性验算满足规范要求, 最大横向变位约 40 mm。该方案投资将增加约 1 200 万元。

方案比较及推荐方案: 方案 1 对原设计方案的变动较小, 利于施工的开展, 对工期影响小, 但增加投资较高、变位较大; 方案 2 有地基应力小、结构整体性好、变位较小、运用期不需要考虑防渗、增加投资较少等优点, 但该方案对原设计方案改动较大, 对工期稍有影响。因此, 推荐本工程受断层影响范围内的闸室结构由原来的分离式结构调整为整体式。

## 6 结语

1) 通过调整上游引航道及连接段航道中心

线、增设上游导流堤、开挖上游引航道口门区右侧突出高地、上游口门区增设导航墩群等措施, 有效解决了船闸上游引航道及口门区回流、横流流速超标的问题。

2) 通过优化下游分水墙布置, 并且采用底部透空式分水墙结构, 改善了船闸下游口门区通航条件, 解决了纵、横流流速超标的问题。

3) 为解决由于断层导致的闸室地基物理力学指标降低的问题, 通过两套方案的综合比选, 确定断层影响范围内的闸室采用整体式结构代替原设计的分离式结构。

## 参考文献:

- [1] 江西省水利规划设计院. 峡江水利枢纽初步设计报告[R]. 南昌: 江西省水利规划设计院, 2008.
- [2] JTS 182-1—2009 渠化工程枢纽总体设计规范[S].
- [3] JTJ 305—2001 船闸总体设计规范[S].
- [4] 江西省水利规划设计院. 峡江水利枢纽地质勘察报告[R]. 南昌: 江西省水利规划设计院, 2003.