



# 小溪滩枢纽通航建筑物平面优化布置

韩昌海, 余之光, 杨宇

(南京水利科学研究院, 水文水资源与水利工程科学国家重点实验室, 江苏南京 210029)

**摘要:** 依托小溪滩枢纽整体物理模型试验和遥控自航船模试验, 针对该枢纽坝址所处喇叭形微弯河段, 提出船闸坝上非正交布置形式, 较好地解决了弯曲河道引航道与河道主流衔接困难的问题, 为弯曲河段船闸布置困难及已建工程增建船闸提出了一种新的布置方法。

**关键词:** 小溪滩枢纽; 船闸坝上非正交布置; 开敞式引航道; 整体布置; 通航水流条件

中图分类号: U 64

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2013)06-0099-004

## Plan arrangement optimization of navigation structures of the Xiaoxitan junction

HAN Chang-hai, YU Zhi-guang, YANG Yu

(State Key Laboratory of Hydrology-Water Resources and Hydraulic Engineering,  
Nanjing Hydraulic Research Institute, Nanjing 210029, China)

**Abstract:** On the basis of the integrated physical model test and telecontrol self-propulsion ship model test of the Xiaoxitan junction, according to the hydracone type and slight bending river of the position of this dam site, we put forward a non-orthogonal layout of ship-lock on the upside of the dam axis, which solves the problem of the difficulty of connection between the approach channel and river mainstream, and propose a new arrangement for the ship lock arranged difficulties on the bending river and construction in progress to build an additional ship lock.

**Key words:** Xiaoxitan junction; non-orthogonal layout of ship-lock on the upside of the dam axis; open approach channel; integrated layout; navigation condition

枢纽平面布置, 特别是弯曲河段通航枢纽的平面布置, 由于天然河道弯曲曲率过大以及通航枢纽船闸直线段的布置要求, 常导致通航建筑物布置困难, 通航水流条件难以满足船舶进出引航道口门区的要求。通航建筑物平面布置是否合理是通航枢纽能否发挥作用的重要前提, 而通航水流条件是检验枢纽布置合理与否的重要指标, 是保证船舶、船队安全畅通过坝, 满足航运发展的关键<sup>[1-2]</sup>。本文依托小溪滩枢纽水工模型试验和遥控自航船模试验, 针对小溪滩枢纽坝址所处喇叭形微弯河段的复杂地形条件, 提出船闸坝上非正交布置形式, 解决了上下游引航道口门区的连接

问题和通航水流条件<sup>[3]</sup>。

### 1 工程概况

小溪滩枢纽工程位于钱塘江中游龙游县境内, 是衢江干流梯级开发中的第Ⅳ级水利枢纽, 工程以发电为主, 兼顾改善水环境、灌溉条件和航运等综合开发需要。小溪滩水利枢纽工程为低水头、大流量的径流式电站, 调节库容小。水库正常蓄水位40.0 m, 电站装机18 MW, 多年平均发电量7 478万kW·h, 主要建筑物为Ⅲ级。根据坝址处地形及河势, 船闸布置于河道右岸, 由上下闸首、闸室及上下游引航道等组成, 船闸闸室

收稿日期: 2012-11-27

作者简介: 韩昌海(1965—), 男, 教授级高级工程师, 主要从事水力学及河流动力学研究工作。

有效尺寸为230 m × 23 m × 3.5 m (长 × 宽 × 门槛水深)。根据衢江航道整治工程所采用的设计船型,船闸主要考虑500吨级一拖三船队、300吨级一拖四船队、500吨级及以上的各种机动驳船,单船最大宽度为10.8 m,最大吃水为2.2 m,船队最大长度为191 m。枢纽坝址处于喇叭形微弯河段的渐变段处,坝址上游水域面积相对开阔,坝轴线上游1.7 km处最大河宽为1.8 km,坝轴线处河宽为940 m,从坝轴线下游450 m处河段河宽便开始缩窄,至下游1.7 km喇叭嘴处最小河宽仅为375 m。根据坝址地形及河势,采取船闸与电站异岸布置形式,船闸布置于河道右侧凸岸,且船闸主体布置在坝轴线以下,沿坝轴线从右往左依次是:船闸、1#~8#橡胶坝、三孔泄洪冲沙闸和河床式电站。

枢纽设计最大通航流量为1 383 m<sup>3</sup>/s,相应上游最高通航水位40.0 m,当上游水位高于库区正常

蓄水位40.0 m时,枢纽的1#~8#橡胶坝坝泄洪,泄洪时禁止通航。

## 2 枢纽通航建筑物布置及存在问题

小溪滩船闸为扩建工程,为单线单级船闸,通航工况下仅电站泄流,枢纽上游主流偏向河道右岸,下游主流在坝址处靠左岸,而向下游逐步向右岸过渡,因此船闸布置在右岸是合理的。

原方案采取船闸中心线与坝轴线正交船闸坝下布置形式(图1)。上游引航道采用开敞式布置(图2),即上游临河侧不设导航隔水墙,上游右侧靠岸设置长度为420 m的连续导航和靠船建筑物。同时,为了解决船闸中心线与下游主河道偏移较大的问题,在船闸下游浅滩上开挖一条1.0 km余长的“S”型封闭式引航道,与下游主河道衔接。

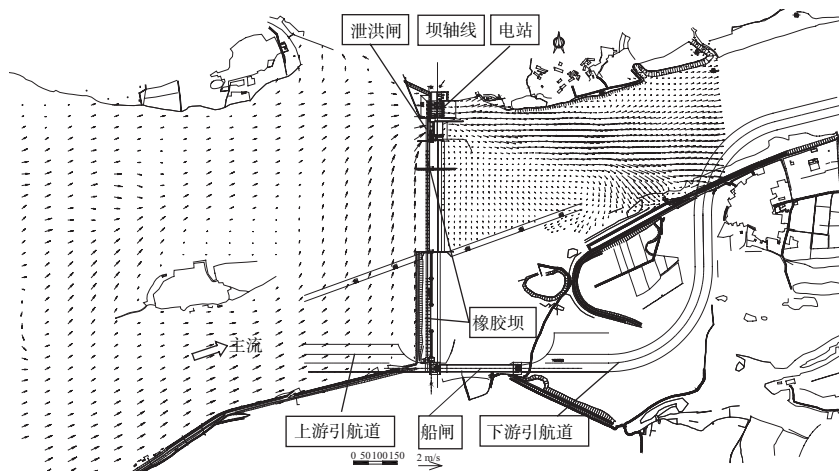


图1 原方案小溪滩枢纽整体运行水流流态和流场

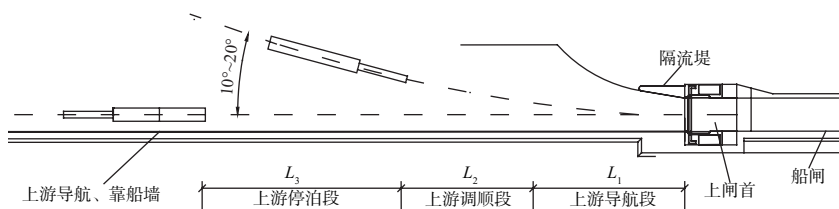


图2 上游开敞式引航道示意图

原方案布置下,上游引航道口门区处在主河道内,泄水闸泄水时上游靠船闸一侧的主流流向与引航道中心线存在约30°的夹角,导致上游引航道口门区和停泊段特征流速超过JTJ 305—2001《船闸总体设计规范》<sup>[5]</sup>的要求。规范规定,引航

道导航和调顺段内宜为静水区,制动段和停泊区的水面最大流速纵向不应大于0.5 m/s,横向不应大于0.15 m/s,同时引航道口门区或过渡段也应满足规范要求。

原方案布置在1 000 m<sup>3</sup>/s流量下,停泊段最

大纵向流速达到 $0.7\text{ m/s}$ ;在设计最大通航流量 $1\ 383\text{ m}^3/\text{s}$ 下,上游引航道口门区最大横向流速大于 $0.4\text{ m/s}$ ,引航道停泊段最大流速大于 $1.0\text{ m/s}$ ,均远超出规范要求。

同时,下游引航道口门区与电站尾水和泄水闸下泄水流也存在着约 $35^\circ$ 的夹角,造成下游引航道口门区横向流速超标,如当流量为 $1\ 200\text{ m}^3/\text{s}$ 时,横向流速就达到 $0.39\text{ m/s}$ ,也不能满足规范规定的通航水流条件要求。

### 3 通航建筑物优化布置

船闸引航道口门区及连接段不利水流流态改善的途径主要有工程措施和非工程措施。无论采用哪一种措施,最终都是从降低流速、调整流向、改善流态等方面入手,研究分析引航道上下游口门区最不利流态的成因,然后针对不同的成因,采取相应的有效措施予以解决<sup>[6]</sup>。改善引航道

口门区及连接段水流条件及船舶安全航行的措施主要有<sup>[7-9]</sup>:1)优化枢纽和通航建筑物布置形式;2)优化枢纽运行调度方式;3)合理确定最大通航流量;4)采用船舶近岸错峰航行,并优化船舶的航线。

衢江小溪滩枢纽船闸布置在河道的弯曲段右岸,相对直线段较短,同时船闸下游为大面积的浅滩,下游引航道与下游主河道衔接困难,采取普通的枢纽布置形式和常规工程措施,难以满足船闸布置和通航水流条件的要求。结合枢纽坝址河势及地形,提出船闸坝上非正交布置形式,即将船闸布置由原方案的坝下布置改为坝上布置,同时为了使上下游引航道与原河道衔接平顺,采取船闸中心线与坝轴线非正交布置,将船闸轴线逆时针旋转 $13^\circ$ (图3)。该布置方案也减小了下游“S”型封闭式引航道弯道曲率,减小下游引航道出口与主河道的夹角。

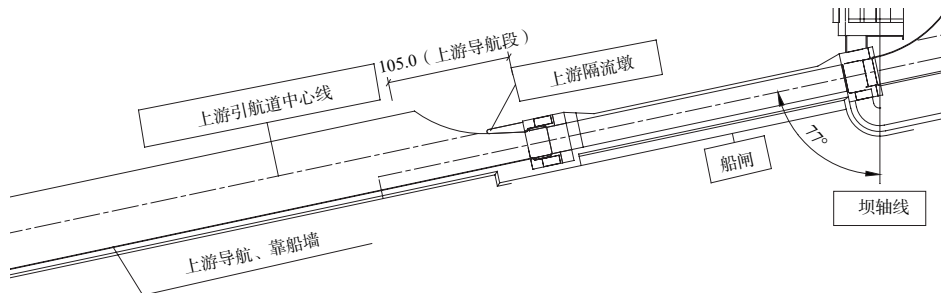


图3 小溪滩枢纽船闸坝上非正交布置

采取船闸坝上非正交布置形式后,上游引航道直线段长度可显著增加,由原方案的 $420\text{ m}$ 调整为 $525\text{ m}$ ,上游引航道中心线与主流的夹角也减小至 $15^\circ$ 左右。在 $1\ 000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量下,上游引航道导航段和调顺段内基本为静水,平均流速不大于 $0.1\text{ m/s}$ ;停泊段内平均流速小于 $0.5\text{ m/s}$ ,仅靠航线左侧单个测点最大流速为 $0.59\text{ m/s}$ ;引航道口门区 $300\text{ m}$ 内上最大横向流速 $0.19\text{ m/s}$ ,因此在 $1\ 000\text{ m}^3/\text{s}$ 流量下,上游引航道及口门区通航水流条件满足规范要求。在设计最大通航流量 $1\ 383\text{ m}^3/\text{s}$ 下,上游引航道导航段和调顺段内平均流速不大于 $0.2\text{ m/s}$ ,靠航线左侧单个测点最大流速为 $0.42\text{ m/s}$ ;停泊段内平均流速小于 $0.5\text{ m/s}$ ,靠航线左侧单个测点最大流速为 $0.77\text{ m/s}$ ;引航道口门区 $300\text{ m}$ 内上最大

横向流速 $0.30\text{ m/s}$ ,总体上尚可满足通航要求。

采取船闸坝上非正交布置形式后,由于下游引航道弯曲曲率减小,下游引航道口门区能够紧靠岸边布置。但下游引航道口门区横向流速仍然超标,分析其原因主要是电站和泄水闸下泄水流扩散引起的,为此,在引航道口门区左侧增设一条弧线潜堤,堤长 $400\text{ m}$ ,堤顶高程 $36.5\text{ m}$ 。在流量超过最大通航流量时,导航堤被淹没,不影响行洪,堤顶在水面上以上,起到导航的作用。试验证明,在最大通航流量下,下游口门区最大纵向流速为 $1.3\text{ m/s}$ ,最大横向流速为 $0.23\text{ m/s}$ ,满足规范要求。通过 $1:80$ 的遥控自航单船和船队模型试验,单船和航行船队均能顺利通过上下游引航道进出船闸,说明该通航布置方案是可行的(图4)。

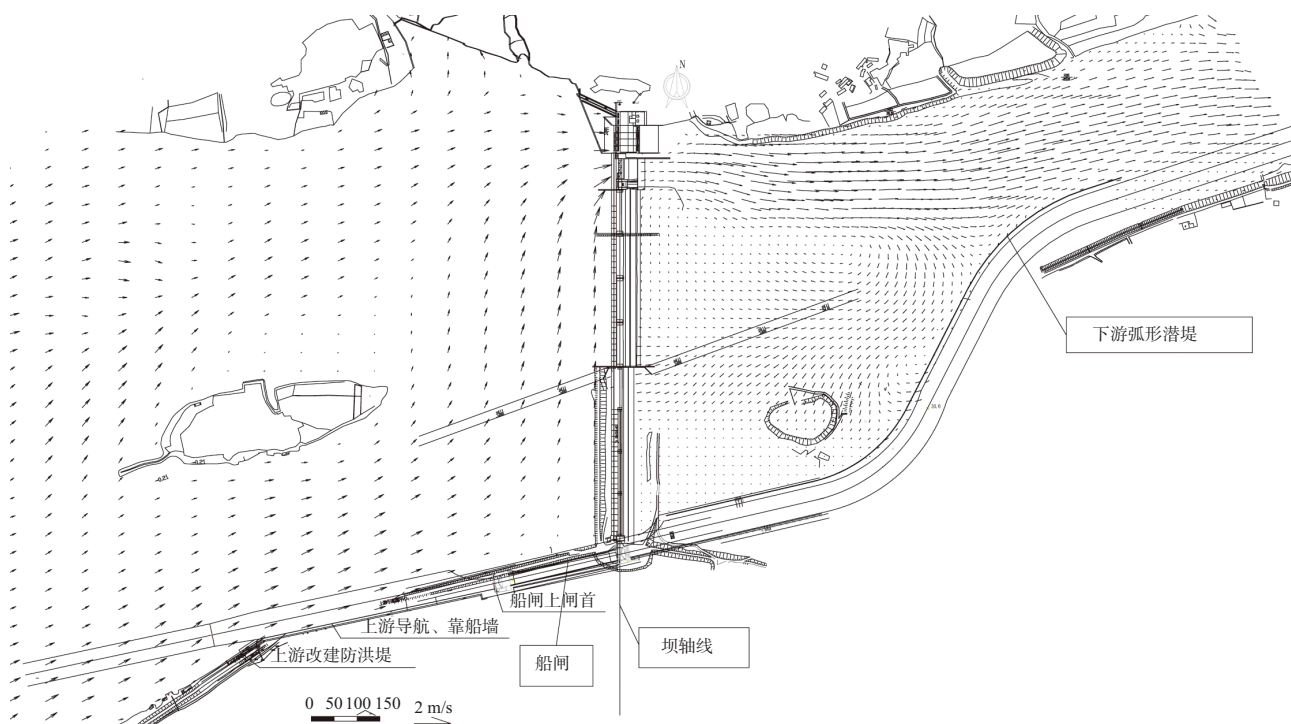


图4 优化布置后小溪滩枢纽整体运行水流流态和流场

#### 4 结语

根据小溪滩枢纽坝址所处上下游河势及地形，在枢纽采取集中式布置基础上，提出船闸坝上非正交布置的平面布置优化方案，解决了因河道弯曲影响造成引航道曲率较大、船闸引航道布置困难和口门区水流难以满足通航水流条件的问题。

小溪滩枢纽上游水域开阔，且上游流速相对较小，采取上游开敞式引航道，解决了弯曲河道引航道直线段较短和船舶进出引航道困难的问题；下游口门区布置弧形潜堤，消除了电站和泄水闸泄流的不利影响，改善了下游引航道口门区通航条件。

#### 参考文献：

[1] 李金合, 李君涛, 郝媛媛. 湘江长沙综合枢纽通航水流条件及改善措施研究[J]. 水道港口, 2008(12): 414-418.

- [2] 周华兴, 郑宝友. 船闸引航道口门区通航水流条件改善措施[J]. 水道港口, 2002(2): 166-168, 204.
- [3] 韩昌海, 杨宇. 小溪滩枢纽整体模型试验研究[R]. 南京: 南京水利科学研究院水工所, 2009.
- [4] JTS 182—2009 渠化工程枢纽总体设计规范[S].
- [5] JTJ 305—2001 船闸总体设计规范[S].
- [6] 胡旭跃, 李彪, 徐立君. 水利枢纽通航水流条件研究综述[J]. 水运工程, 2005(11): 65-70.
- [7] 张亚利. 葛洲坝航线设计与运行回顾[J]. 人民长江, 2002(2): 14-17.
- [8] 刘亚辉, 张绪进. 低坝枢纽泄洪闸布置对引航道口门区通航条件的影响[J]. 水运工程, 2004(9): 59-62.
- [9] 韩昌海, 杨宇. 安仁铺枢纽整体模型试验研究报告[R]. 南京: 南京水利科学研究院水工水力学研究所, 2009.

(本文编辑 郭雪珍)