



汉江雅口航运枢纽船闸通航条件试验研究

孙保虎¹, 李君涛²

(1. 湖北省交通规划设计院, 湖北 武汉 430051;

2. 交通运输部天津水运工程科学研究所, 工程泥沙交通行业重点实验室, 天津 300456)

摘要: 采用整体物理模型试验对汉江雅口航运枢纽船闸上下游口门区及连接段通航条件进行研究。阐述设计方案工程布置条件下的船闸通航条件及影响因素, 针对设计方案在通航水流条件方面存在的不足, 提出在船闸上游连接段外侧布置圆弧形隔流堤及河床局部疏浚等优化工程措施, 较好地解决了枢纽船闸通航问题。

关键词: 雅口航运枢纽; 船闸; 通航条件; 模型试验

中图分类号: U 641

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2017)01-0094-04

Experimental study on shiplock navigation condition of Yakou hydro-junction in Hanjiang river

SUN Bao-hu¹, LI Jun-tao²

(1. Hubei Provincial Communication Planning and Design Institute, Wuhan 430051, China; 2. Key Laboratory of Engineering Sediment, Ministry of Transport, Tianjin Research Institute for Water Transport Engineering, Tianjin 300456, China)

Abstract: Based on the integrated physical model test, we study the navigation condition at the entrance areas of the shiplock approach channel and the connecting section of Yakou hydro-junction in Hanjiang river. The navigation condition of shiplock and influential factors under the engineering arrangement in design scheme are expounded. In view of the disadvantages of navigable flow condition which exist in the design scheme, we propose the optimized measures such as the layout of circular-arc separation levee on the lateral side of connecting section at the upstream of the shiplock and the local dredging in the channel bed. Experiments show that it is a good method to solve the navigation problem of shiplock in the hydro-junction.

Keywords: Yakou hydro-junction; ship lock; navigation condition; model test

雅口航运枢纽位于汉江中游襄阳—钟祥河段, 是汉江流域湖北省内梯级开发中的第6级, 其上下游分别与崔家营梯级和碾盘山梯级衔接, 以航运为主, 结合发电、兼顾灌溉、旅游等综合利用效益。工程建成后可渠化崔家营—雅口52.7 km航道, 对改善汉江航运条件、构建陕鄂水运大通道、完善汉江流域综合交通运输体系、促进汉江沿江经济社会发展具有重要推动作用。

枢纽工程坝址位于湖北省宜城市下游15.7 km处, 上距崔家营航电枢纽52.7 km, 下距碾盘山水

利枢纽59.4 km。枢纽工程包括1座1 000吨级船闸、6台灯泡式机组、44孔泄水闸、鱼道和土石坝等。枢纽正常蓄水位55.22 m, 相应库容3.37亿m³, 装机容量75 MW, 航道等级为III₍₂₎级。船闸设计最高通航流量为13 500 m³/s(10 a一遇洪水), 设计最小通航流量450 m³/s。为了解决枢纽总体布置、泄流能力及船闸通航条件等技术问题, 进行了整体水工模型试验。本文结合1:100正态整体水工模型和遥控自航船模试验成果, 就船闸通航水流条件进行分析和讨论。

收稿日期: 2016-05-11

作者简介: 孙保虎(1980—), 男, 高级工程师, 从事港口与航道工程设计研究工作。

1 设计方案布置与试验

1.1 工程布置^[1]

雅口航运枢纽工程所在河段总体流向为东南向, 河道弯曲, 心滩、洲滩发育, 河段呈宽窄相间的藕节状。初步设计阶段确定的坝线位置处于反 S 型主河槽由左向右的过渡段, 右侧为宽大的边滩, 坝轴线走向与工程所在河段的整体河势斜交, 与坝址处中、枯水河槽基本垂直。枢纽主要建筑物布置方案为: 船闸布置在右岸滩地的滩唇位置(右侧预留二线船闸位置)、电站厂房布置在左岸主河槽位置内, 中间布置 44 孔泄水闸(单孔净宽 14 m)。枢纽河段河势及总体布置见图 1。

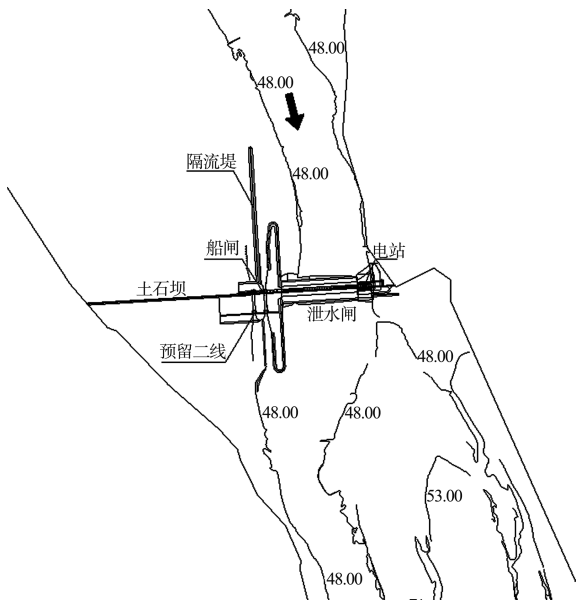


图 1 设计方案工程布置

1.2 通航条件试验^[2]

1) 船闸上游口门区及连接段通航条件。

受枢纽河段所处河势条件限制, 船闸布置于右岸滩地的滩唇位置。为防止洪水期右侧滩地水流横越口门区而产生不利的通航水流条件, 设计方案在船闸上游口门区右侧顺水流方向设置一顺直隔流堤。为了论证设计方案船闸通航水流条件, 采用整体水工模型进行了 450、1 100、2 300、5 050、8 700 和 13 500 m³/s 共 6 级典型流量的通航条件试验(表 1), 各流量级上游口门区及连接段最大横向流速沿程变化见图 2。试验结果表明: 各级流量船闸上游由于受右侧隔流堤的掩护作用,

口门区内纵、横向流速及回流流速均满足规范要求, 通航水流条件良好; 存在的主要问题是在较大流量级(5 050 m³/s 流量以上)时, 坝上右侧滩地水流侧向收缩(图 3), 受上游隔流堤的挑流影响隔流堤堤头附近的连接段航道横向流速过大, 设计最大通航流量 13 500 m³/s 时, 最大横向流速达 1.73 m/s, 通航水流条件差, 同时经船模试验论证, 船模行至隔流堤堤头附近连接段航道时需操较大舵角抵御横流作用, 在设计最大通航流量(13 500 m³/s)时船模无法穿越堤头附近的复杂流态区段以进入口门区。

表 1 通航水流条件试验典型流量

流量/ (m ³ /s)	坝前 水位/m	坝下 水位/m	流量特征
450	55.22	46.39	最小通航流量
1 100	55.22	47.69	多年平均流量
2 300	55.22	49.17	机组满发流量
5 050	55.22	51.15	机组、泄水闸联合调度
8 700	52.60	52.14	2 a 一遇洪水、机组关闭、泄水闸控泄
13 500	53.29	53.24	10 a 一遇洪水(设计最大通航流量)、泄水闸敞泄

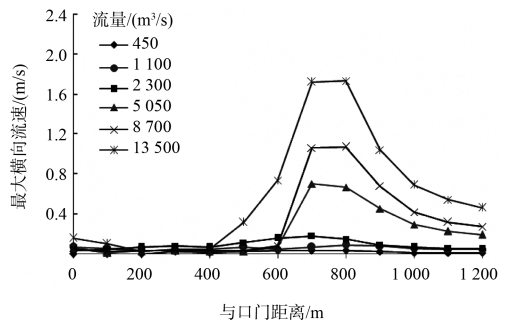


图 2 设计方案船闸上游口门区及连接段最大横向流速沿程变化

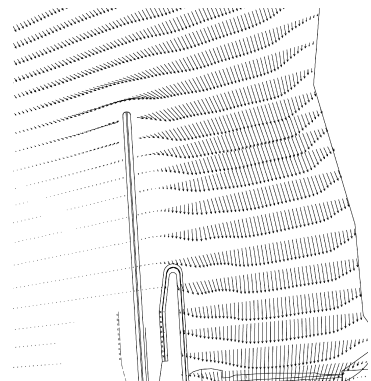
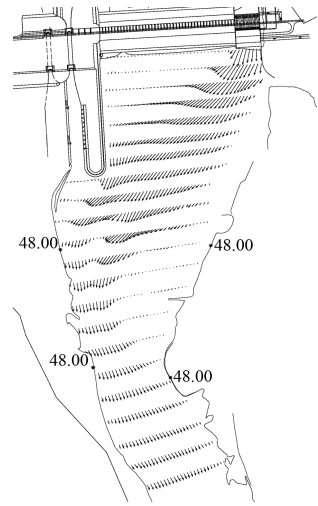


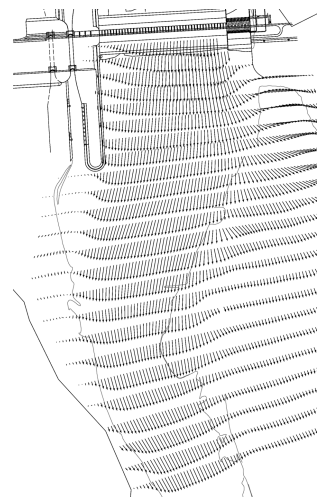
图 3 设计方案洪水期船闸上游口门区及连接段流场

2) 船闸下游口门区及连接段通航条件。

船闸下游口门区处于主河槽反 S 型弯道弯顶附近,小流量时水流归槽,船闸下游口门区水流与航线产生较大夹角。与此同时,枯水期下游河道水深较小,河床形态对水流流态影响较大,由船闸下游口门区附近的河床地形特征可以看出,口门区内河床高程在 43.0 m 左右,而口门区左侧附近河床高程 45.0~47.0 m,受该处局部河床影响,口门区内产生跌水,使得水流条件进一步恶化。在设计流量 450 m³/s 下流向和航中线的交角达 60°左右,最大横向流速可达 0.81 m/s,口门区通航水流条件不满足要求;中高水流量时(流量大于 5 050 m³/s),随着河道水深的加大,口门区内跌水现象消失,此外,由于泄水闸下泄水流对电站尾水的顶推作用,口门区内水流与航线夹角有所减小,通航水流条件趋好,但受主槽左侧高滩的影响,连接段航道(口门下 600 m)流速增加,航中线左侧的最大横向流速为 0.6 m/s(13 500 m³/s)左右,通航水流条件较差,船模下行经过该航段时漂角过大,不满足安全航行要求。各流量级下游口门区及连接段最大横向流速沿程变化见图 4,典型流量船闸下游流场见图 5。



a) 枯水期



b) 洪水期

图 5 设计方案船闸下游口门区及连接段流场

2 优化方案布置及试验

2.1 优化工程措施^[3-7]

通过设计方案船闸通航条件试验成果综合分析认为,船闸上下游口门区及连接段通航水流条件的影响因素主要包括工程所在河段的河势条件、河床地形、隔流建筑物布置形式等多种。因此,优化方案工程布置综合考虑了以上因素,对设计方案提出了以下优化改进措施(图 6)。

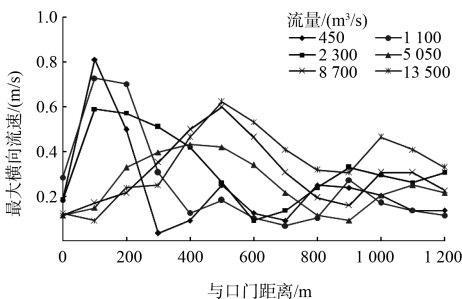


图 4 设计方案船闸下游口门区及连接段最大横向流速沿程变化

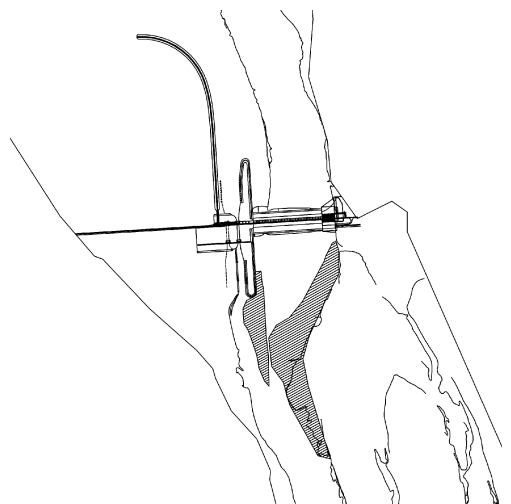


图 6 优化方案工程布置

1) 船闸上游口门区及连接段右侧隔流堤向上游延伸 1 080 m, 布置形式由原设计方案的单一直

线型调整为直线(下段)与曲线(上段)相结合的复合型;

2) 船闸上游口门区及连接段右侧隔流堤右移 160 m 至预留二线船闸引航道右侧;

3) 船闸下游口门区左侧附近河床疏浚至 43.5 m 高程, 疏浚量约 50 万 m^3 ;

4) 枢纽下游高滩的右侧滩唇部位疏浚至 46.5 m 高程, 疏浚量约 120 万 m^3 。

2.2 试验成果

1) 结合坝区河势及船闸布置特点, 将船闸上游口门区及连接段右侧隔流堤上游端部调整为圆弧形可适应上游收缩水流的流线变化趋势, 减小因堤头挑流作用而导致的航道内过大横向流速, 改善连接段航道水流条件。

2) 本工程预留二线船闸位于一线船闸右侧, 为改善一线船闸上游通航条件, 其右侧隔流堤上游端部调整为圆弧形的工程布置将会对预留二线船闸造成干扰。因此, 将隔流堤右移 160 m 至预留二线船闸引航道外侧, 可避免优化工程措施对二线船闸产生的影响, 同时可增大河道的过水断面, 有利于通航条件的改善。

3) 将船闸下游口门区左侧附近河床局部疏浚后可消除枯水期口门区内因跌水而导致的不良流态, 改善通航条件。

4) 将枢纽下游高滩的右侧滩唇部位进行疏浚可减小中洪水期下游连接段航道的水流偏角, 同时增大过水断面, 以达到减小连接段航道内横向流速、改善通航条件的目的。

5) 优化方案船闸上游口门区及连接段受右侧圆弧形隔流堤导流及掩护作用, 水流条件基本能够满足船模航行要求, 仅在设计最大通航流量 (13 500 m^3/s) 下, 口门区航中线左侧局部区域(口门上 200 m) 部分测点横向流速超规范限值, 最大横向流速 0.48 m/s, 船舶进闸时需尽量沿航中线右侧进入引航道。各流量级上游口门区及连接段最大横向流速沿程变化见图 7。

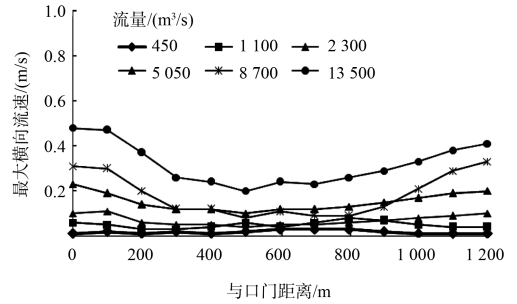


图 7 优化方案船闸上游口门区及连接段最大横向流速沿程变化

6) 优化方案船闸下游口门区及连接段航道内水流平顺, 各级流量口门区纵横向流速均在规范允许范围内, 连接段航道水流条件也能够满足船模航行要求。各流量级下游口门区及连接段最大横向流速沿程变化见图 8。

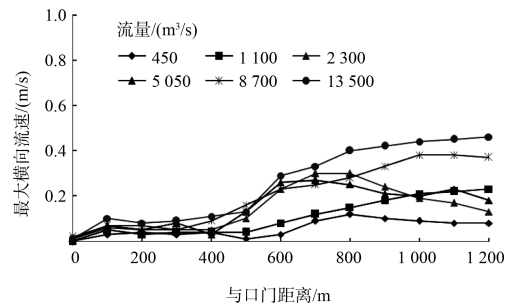


图 8 优化方案船闸下游口门区及连接段最大横向流速沿程变化

3 结语

1) 雅口航运枢纽布置在连续弯道的过渡段, 且右侧为宽大的边滩, 复杂的河势和河床条件给通航建筑物的布置带来较大的困难。优化布置方案通过调整隔流堤位置、布置形式、疏浚局部边滩、河床等多种措施, 改善了船闸通航条件。

2) 对于受河势条件限制、船闸引航道难以近岸布置的航运枢纽工程, 为防止水流横越口门区产生不利通航条件, 在口门区外侧设置隔流堤是必要的, 且隔流堤端部应设置为弧形以便于引航道口门区及连接段水流过渡平稳, 有效减小航道内回流和横向流速。

3) 内河航运枢纽工程为改善船闸通航条件提出的优化工程措施要充分考虑对后期扩建二线船闸的影响, 提前采取应对措施。 (下转第 120 页)