长沙综合枢纽施工导流方案优化

刘晓平，田　辉，蒋明峰，任启明，扈世龙，赵　江
（长沙理工大学 水利工程学院，湖南 长沙　410076）

摘要： 针对长沙综合枢纽工程各期围堰情况下束窄河道的行洪能力，对分段围堰法和淹没基坑法相结合的施工导流方式进行优化. 采用1∶100的正态水工模型进行流场分析试验，合理分配原设计方案的二、三期施工导流溢流宽度，同时优化纵向围堰平面布置以减小回流区域. 对泄流能力和水力特性观测结果进行分析后得出，优化方案能有效调顺束窄河道的水流方向，明显减小回流区域，增加束窄河道的有效溢流宽度；二、三期围堰水位壅高值分别降至0.28和0.43 m，泄洪能力有了较大提高. 优化后的施工导流方案已经在长沙综合枢纽施工导流实践中取得了理想的行洪效果，可供同类工程参考.

关　键　词： 施工导流；方案优化；物理模型；长沙综合枢纽
中图分类号： TV131.61　　**文献标志码：** A　　**文章编号：** 1009-640X(2013)04-0091-04

1　工程概况

湘江长沙综合枢纽工程位于湘江蔡江洲河段，是湘江干流9级开发的最下游一级，以保证长株潭城市群生产生活用水、适应滨水景观带建设和进一步改善长沙至株洲段航道通航条件为主要功能，兼顾发电等. 枢纽主要包括船闸、泄水闸、电站、坝顶公路桥、鱼道、护岸等(见图1).

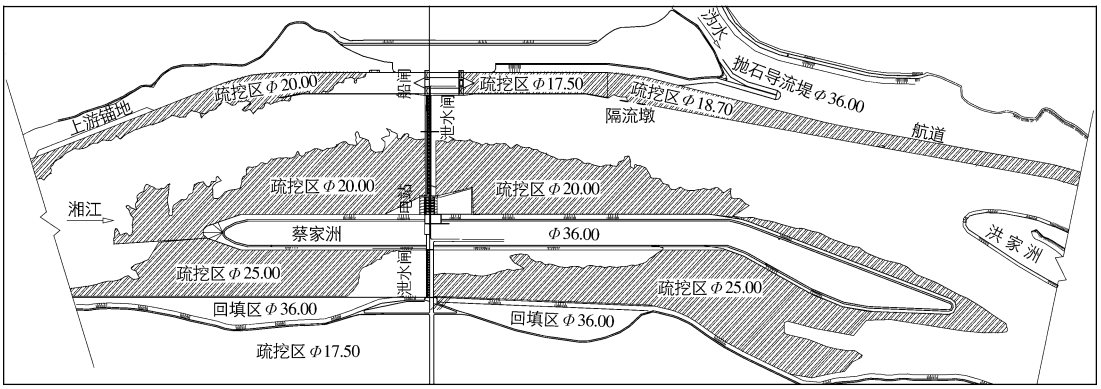


图1　湘江长沙综合枢纽示意图

Fig. 1　Schematic diagram of the Changsha integrated hydroproject

由于施工导流期围堰束窄河床，对河道的泄流能力有很大削弱，必然造成围堰上游水位壅高. 然而长沙综合枢纽位于长沙市下游仅20 km，防洪要求高，有效行洪是各期围堰内安全施工以及城市、沿岸生命财产安全的保障. 根据设计要求，长沙综合枢纽建设各施工期上游的洪水壅高值必须控制在0.45 m以内. 因此有必要进行水工模型试验[1-4]，研究各期围堰情况下束窄河道的行洪能力[5]，确定合理的导流方案，为安全

收稿日期： 2012-12-15
作者简介： 刘晓平(1956-)，男，江苏泰州人，教授，硕士，主要从事港口海岸及近海工程研究. E-mail：lxplyt@163.com.
通信作者：田辉(E-mail：tianhuizb@126.com)

施工以及防洪度汛提供科学依据.

2 施工导流设计方案试验研究

2.1 设计方案

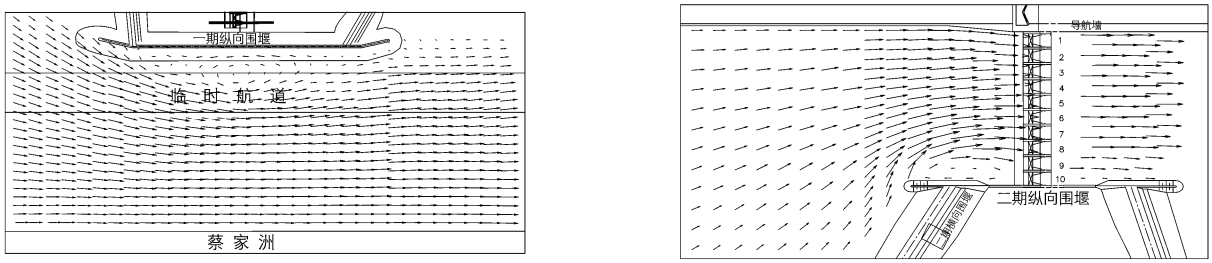
长沙综合枢纽坝址位于分汊河段,河道较为开阔和顺直,具有利于分期导流的天然条件,因此设计施工导流工程采用分段围堰法与淹没基坑法相互结合的施工导流方式,按 2 年一遇洪水标准(Q=13 500 m^3/s)设计围堰. 工程建设分 3 期进行施工导流:一期施工围右汊 19 孔泄水闸,由左汊河床过流和通航;二期施工围左汊船闸和左侧 10 孔泄水闸,由左汊束窄河床及右汊 19 孔泄水闸过流,左汊束窄河床通航;三期施工围左汊剩余的 17 孔泄水闸和厂房,由左汊已建 10 孔泄水闸和右汊 19 孔高堰闸坝联合过流,已建船闸通航.

2.2 试验研究

枢纽所在的湘江蔡家洲河段是一个微弯分汊河段,左汊为凹岸,右汊为凸岸,左汊相对右汊地势低,且左汊占据了近 2/3 的河床宽度. 洪水期时左汊泄流比约占 80%,右汊约占 20%,中枯水期右汊基本断流. 由此可见,左汊作为主要的过流河段,二、三期施工导流方案是行洪的关键[6]. 长沙综合枢纽采用比尺为 1∶100 的水流整体物理模型,对二、三期施工导流期河道的泄洪能力进行试验研究. 本文选取围堰设计标准(2 年一遇洪水流量为 13 500 m^3/s)时对围堰上游距坝轴线 2 435 m 处水尺观测的水位壅高情况进行分析.

试验结果表明:二期围堰上游最大水位壅高值为 0.36 m,满足小于 0.45 m 的设计要求,二期施工导流的泄流宽度有一定富余;而三期围堰上游最大水位壅高为 0.62 m,不满足设计要求,说明三期施工导流的设计方案水位壅高值较大,泄流能力不足. 根据以上试验结果分析可知,二、三期施工导流方案的溢流宽度围堰宽度分配不尽合理,需要适当调整,故将纵向围堰右移,减少二期、增大三期施工导流时的溢流宽度.

二期和三期施工导流期束窄河段流场见图 2. 由图 2(a)可见,天然情况下左汊河道的主流靠近左岸,但是由于施工导流二期围堰的阻挡作用,改变了水流方向,使水流向束窄河段过渡,在束窄河段(靠近上游纵向围堰)区域产生较大的横流,并在纵向围堰中部形成了较大的回流区(长约 391 m,宽约 125 m),导致泄流不畅,束窄河床溢流宽度没有得到充分利用[7]. 从图 2(b)可见,受上游围堰的影响,左汊泄水闸前存在回流区. 左汊 10 孔泄水闸闸前流速,测试结果表明:从第 1 孔至第 8 孔泄水闸闸前行进流速一般在 2.8 ~4.0 m/s 之间;但第 9 孔泄水闸受回流区的影响,闸前行进流速较小,只有 0.7 m/s;而第 10 孔泄水闸不仅没有泄流,甚至产生了倒流,流速为-0.6 m/s. 可见回流区对靠近围堰两孔泄水闸的泄流能力有较大影响,使得三期施工导流期溢流河段过流能力减小,壅高值增大.



(a) 二期施工导流 (b) 三期施工导流,左汊 10 孔泄水闸前流场

图 2 设计方案束窄河段流场

Fig. 2 Flow field of the narrowed reach of the design schemes

3 施工导流优化方案

3.1 优化措施

针对长沙综合枢纽施工导流设计方案试验发现的问题,主要采取以下两方面的措施[8-10]对导流方案进

行优化：

(1)合理分配二、三期施工导流的溢流宽度. 具体措施是：二期纵向围堰向右移 20 m，即二期施工围左汊船闸和左侧 11 孔泄水闸，由左汊束窄河床及右汊 19 孔泄水闸过流，左汊束窄河床通航；三期施工围左汊剩余的 16 孔泄水闸和厂房，从左汊已建 11 孔泄水闸和右汊 19 孔高堰闸坝联合过流，已建船闸通航.

(2)优化纵向围堰平面布置，减少回流区域. 具体措施为：二期施工导流纵向围堰其上游端部以弧线方式向上游延长 100 m；三期施工导流纵向围堰端部向右岸上游横向围堰方向移 30 m.

3.2　优化方案试验结果分析

按围堰设计标准(2 年一遇洪水流量为 13 500 m^3/s)对优化方案进行试验. 观测二期施工导流优化方案束窄河段流场(图 3)，可见优化方案调顺了水流的方向，使整个束窄河段的水流较平顺，回流区域较设计方案有明显减小(长度减小为 47 m，宽度减小为 30 m)，束窄河道有效溢流宽度增加对河道泄洪能力有较大提高，使得二期围堰最大水位壅高值降低到 0.28 m.

三期导流通过加宽溢流宽度以及优化纵向围堰型式，调顺了整个溢流面的水流方向，靠近纵向围堰的几孔泄水闸的回流现象得到明显改善(图 4)，第 10 孔泄水闸的倒流现象完全消除，泄水闸的过流能力得以大幅提高，围堰上游的最大壅高值降到了 0.43 m，满足设计要求.

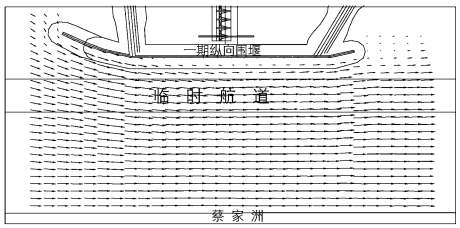


图 3　二期施工导流优化方案束窄河段流场

Fig. 3　Flow field of optimization scheme during the second stage diversion

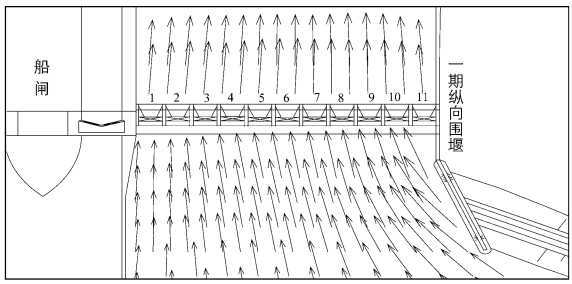


图 4　三期施工导流优化方案左汊泄水闸闸前流场

Fig. 4　Flow field of optimization scheme′s left channel during the third stage diversion

4　结　语

(1)针对施工导流设计方案三期围堰上游水位存在较大壅高的问题，优化方案采用了将三期纵向围堰右移和改变纵向围堰堤头型式的措施，使得围堰上游的水位壅高值由原来的 0.62 m 降低到了 0.43 m，满足了设计要求. 在减小二期围堰溢流宽度的情况下，通过调整其平面布置型式，使得上游壅高值不仅没有增加，反而由原来的 0.36 m 减小到了 0.28 m.

(2)有效溢流宽度是决定河道泄流能力的主要因素. 通过调整围堰布置型式，调顺水流方向，减少回流区，可以增加围堰的有效溢流宽度，能够大幅提高有限宽度河道的泄流能力. 此方法已经在长沙综合枢纽施工导流实践中取得了理想的行洪效果，可供同类工程借鉴参考.

参　考　文　献：

[1] 李炎，周华兴，郑宝友. 那吉航电枢纽施工导流模型试验研究[J]. 水道港口，2004(3)：145-149. (LI Yan, ZHOU Hua-xing, ZHENG Bao-you. Model test on diversion works in construction of Naji hydro-junction[J]. Journal of Waterway and Harbour, 2004(3): 145-149. (in Chinese))

[2] 黄伦超，江诗群，刘诚. 湘江株洲枢纽工程施工期通航水流条件试验研究[J]. 水运工程，2001(11)：31-34. (HUANG Lun-chao, JIANG Shi-qun, LIU Cheng. Test and study of navigation flow condition during construction period for Zhuzhou junction of Xiangjiang River[J]. Port & Waterway Engineering, 2001(11): 31-34. (in Chinese))

[3] 王建平，任作义，邢方亮. 红花水电站第一年枯水期施工导流模型试验研究[J]. 广西水利水电，2011(2)：1-3.

(WANG Jian-ping, REN Zuo-yi, XING Fang-liang. First dry-period construction diversion model test for Honghua hydropower station[J]. Guangxi Water Resources and Hydropower Engineering, 2011(2): 1-3. (in Chinese))

[4] 韩喜俊, 韩继斌, 任坤杰, 等. 亭子口水利枢纽施工导流模型试验研究[C]//第三届全国水力学与水利信息学大会论文汇编. 南京, 2007: 401-405. (HAN Xi-jun, HAN Ji-bin, REN Kun-jie, et al. Model test on diversion works in construction of Tingzikou hydraulic project[C]//Third National Hydraulics and Water Resources Informatics Conference Proceedings. Nanjing, 2007: 401-405. (in Chinese))

[5] 谢丽芳. 株洲航电枢纽一期施工导流及水流控制分析[J]. 湖南交通科技, 2003(6): 87-89. (XIE Li-fang. The first stage diversion of Zhuzhou navigation-power junction and it's flow control[J]. Hunan Communication Science and Technology, 2003(6): 87-89. (in Chinese))

[6] 李金合, 普晓刚, 王志纯. 湘江长沙综合枢纽平面布置研究[J]. 水道港口, 2008(5): 345-350. (LI Jin-he, PU Xiao-gang, WANG Zhi-chun. Study on arrangement of Changsha comprehensive junction on the Xiangjiang river[J]. Journal of Waterway and Harbour, 2008(5): 345-350. (in Chinese))

[7] 朱张华. 水电站施工导流及洪水控制研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2006. (ZHU Zhang-hua. Construction diversion and flood control of hydroelectric plant[D]. Xi'an: Xi'an University of Technology, 2006. (in Chinese))

[8] 郑国兵, 肖钰, 彭银生. 红船豆枢纽施工导流和度汛方案优化设计[J]. 大坝与安全, 2012(2): 5-8. (ZHENG Guo-bing, XIAO Yu, PENG Yin-sheng. Optimization design of the river diversion and flood control[J]. Dam and Safety, 2012(2): 5-8. (in Chinese))

[9] SDJ 338-89, 水利水电工程施工组织设计规范[S]. Specifications for planning of water resources and hydropower engineering [S]. (in Chinese))

[10] 周俊, 刘晓平, 林积大, 等. 湘江长沙综合枢纽工程左岸二期围堰稳定分析[J]. 交通科学与工程, 2012, 28(1): 69-73. (ZHOU Jun, LIU Xiao-ping, LIN Ji-da, et al. The stability analysis of the second stage cofferdam on the left bank of Changsha Xiangjian[J]. Journal of Transport Science and Engineering, 2012, 28(1): 69-73. (in Chinese))

Optimum studies on diversion schemes for the construction of Changsha hydroproject

LIU Xiao-ping, TIAN Hui, JIANG Ming-feng, REN Qi-ming, HU Shi-long, ZHAO Jiang

(*School of Hydraulic Engineering*, *Changsha University of Science & Technology*, *Changsha* 410076, *China*)

Abstract: When a hydroproject is being built at the downstream reach of a city, flood control becomes a very important task. Especially during the construction diversion, the width of overflow is reduced, which leads to water rising at the upstream. If the water rising is too high, the wealth and the life by the riverside can be seriously threatened. So this article aims at the study of the construction diversion schemes for the Changsha hydroproject by using 1 : 100 physical model test method. Based on the observed results of discharge capacity and waterpower characteristics, proposals on diversion's spillway width and the plane arrangement types of the longitudinal cofferdam are optimized so as to effectively regulate the flow in the narrowed river. Thus the effective width of the overflow is increased, and the water rising and the upstream flooded area are reduced. The optimized construction diversion scheme has a marked flood discharge effect during Changsha hydroproject construction diversion, which can be for similar hydroprojects reference in future.

Key words: construction diversion; scheme optimization; physical model; Changsha hydroproject