



长沙综合枢纽二期施工围堰截流方案 及优化试验

范焱斌¹, 蒋明锋^{1,2}, 周千凯², 陈亚娇²

(1. 长沙市湘江综合枢纽开发有限责任公司, 湖南长沙410000;

2. 长沙理工大学, 湖南长沙410076)

摘要: 阐述长沙综合枢纽二期围堰截流方案, 针对截流设计方案中存在的问题提出了优化方案, 并采用1:100定床物理模型, 研究水流对截流戗堤的冲刷、水下抛石料的冲距及戗堤的稳定边坡坡度。试验表明, 应选择合适的龙口位置及宽度, 以减少对戗堤的冲刷; 另外, 通过水下抛石试验, 得到不同粒径块石的冲距及戗堤稳定坡度, 为施工组织设计提供了科学依据。以上结论已运用于长沙综合枢纽二期施工围堰截流的实际施工中, 并保证了截流工程的顺利完成。

关键词: 施工围堰; 截流; 戗堤进占; 龙口位置; 模型试验

中图分类号: TV61

文献标志码: A

文章编号: 1002-4972(2012)07-0198-05

Stage II construction cofferdam scheme closure scheme and optimization experimental study of Changsha comprehensive hub

FAN Yan-bin¹, JIANG Ming-feng^{1,2}, ZHOU Qian-kai², CHEN Ya-jiao²

(1. Changsha Xiang-river Comprehensive Hub Development Co., Ltd., Changsha 410000, China;

2, Changsha University of Science and Technology, Changsha 410076, China)

Abstract: This paper expounds the Changsha comprehensive hub stage II cofferdam closure plan, and puts forward the closure design scheme for the problems existing in the optimization schemes. Using the 1:100 fixed bed model, we research the scour from the water flow to the closure dike, the scour reach of the underwater riprap and the stability slope of the dike. The experiment shows that, we should choose the right closure position and width to reduce the scour of the dike kung; In addition, through the underwater site test, we obtain the scour reaches of different-sized particles and the stability slope of the dike, which lays a scientific basis for the construction organization design. The above conclusions have been used in the comprehensive hub in Changsha second phase construction of river closure cofferdam actual construction, and guaranteed the smooth completion of the closure project.

Key words: construction cofferdam; river closure; kung dike marched; position of closure gap; model test

长沙综合枢纽工程二期围堰戗堤计划于2010年8—10月修建, 2010年10月底左汊二期围堰截流合拢。提供的设计方案中, 上游戗堤采用从左向右单向进占、单戗立堵截流方式, 戗堤轴线位置位于上游围堰轴线的下游侧, 下游戗堤采用平抛

和端进法综合进占的方式, 戗堤轴线位置选在下游围堰轴线的下游侧, 截流戗堤进占见图1。设计方案戗堤的进占顺序是从左岸陆地开始进占, 戗堤的材料选自河道疏挖后的弃渣。在工程实施时, 弃渣量不满足戗堤进占所需材料, 因此, 需

收稿日期: 2011-12-27

作者简介: 范焱斌(1971—), 男, 高级工程师, 从事港口与航道工程的设计与管理工作。

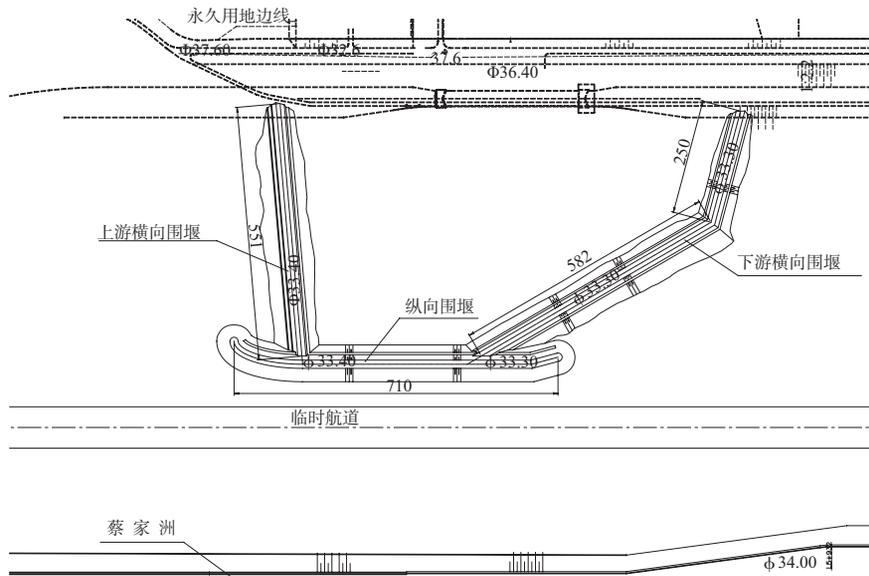


图1 钱堤进占示意

从外地开采或采购石料。而采用重型卡车运输石料需经过望城城区进入到工地, 对城区的路面及生活环境会造成影响, 限制了截流材料的选用。

针对上述问题, 提出了截流进占优化方案: 在6—8月汛期时段, 采用船舶进行水下抛石作业, 形成纵向钱堤, 在8—10月的枯水期时段, 对上下游横向钱堤进行作业。同时, 为了解截流优化方案的可行性, 为施工组织设计提供科学依据, 采用1:100正态定床物理模型, 对钱堤的优化方案及水下抛石进行了模型试验研究。

1 工程概况及水文条件

1.1 工程概况

在建的长沙综合枢纽是湘江规划的最下游的一个枢纽工程, 坝址位于蔡家洲中部偏上游的分汊河段, 河宽约1 500 m, 现有河道左汊为主汊, 亦为主航道, 宽约850 m。工程采用分期导流方式, 共分3期, 一期围右汊20孔高堰泄水闸, 由左汊河床过流和通航; 二期施工左汊船闸11.5孔泄水闸, 由左汊束窄河床过流及通航; 三期施工左汊14.5孔泄水闸和电站厂房, 由已建左汊泄水闸和右汊20孔高堰泄水闸联合过流, 已建船闸通航。

1.2 水文条件

长沙综合枢纽蔡家洲坝址控制流域面积90 520 km², 多年平均流量为2 237 m³/s。坝址处汛

期为4月—6月, 7月至次年3月为非汛期。10 a一遇洪水流量为19 700 m³/s, 2 a一遇洪水流量为13 500 m³/s。湘江流域属我国南方湿润地区, 雨量充沛, 流域多年平均降水量为1 472.9 mm。降水量的年际变化大, 且年内分配极不均匀, 4—6月多暴雨, 7—9月炎热干旱, 所以洪涝、干旱灾害频繁。坝址多年月平均流量见表1。

表1 坝址多年月平均流量

月份	$Q_{cp}/(m^3 \cdot s^{-1})$	H_{cp}/m
1	1 180	23.95
2	1 713	24.67
3	2 574	25.65
4	3 760	27.06
5	4 503	28.04
6	4 311	28.44
7	2 383	29.13
8	1 856	28.15
9	1 333	27.45
10	1 065	25.85
11	1 117	24.68
12	1 044	23.81
年均	2 237	26.41

2 模型试验研究

2.1 截流钱堤

截流钱堤分为上、下游横向钱堤和纵向钱堤, 上游钱堤全长561.9 m, 轴线与上游围堰平行, 距离17.1 m, 钱堤顶面高程27.5 m, 顶宽

8 m，迎水面和背水面坡比均为1:1.5，堤头推进坡比控制为1:1.5；下游戗堤全长876 m，轴线与下游围堰平行，距离16 m，戗堤顶面高程27.5 m，顶宽8 m，迎水面和背水面坡比均为1:1.75，堤头推进坡比控制为1:1.5。根据截流水力学计算结果，结合戗堤堤头使用材料的抗冲能力、合龙抛投强度及道路布置，经综合比较，把上游截流戗堤分为非龙口段和龙口段。非龙口段为预进占段，长度为461.9 m，龙口段总宽度为100 m。

2.2 戗堤进占方案

由于设计方案中存在左岸抛石料缺少等问题，针对此问题对戗堤进占方案进行了优化，具体方案如下：在6—8月汛期时段，采用船舶进行水下抛石作业，形成纵向戗堤；在8—10月的枯期时段，对上下游横向戗堤进行作业，龙口选在上游横向戗堤位置上。其中，龙口宽度为100 m，龙口分别选择在距离纵向戗堤0 m, 100 m, 200 m进行比较分析，龙口位置见图2。随着进占的进行，龙

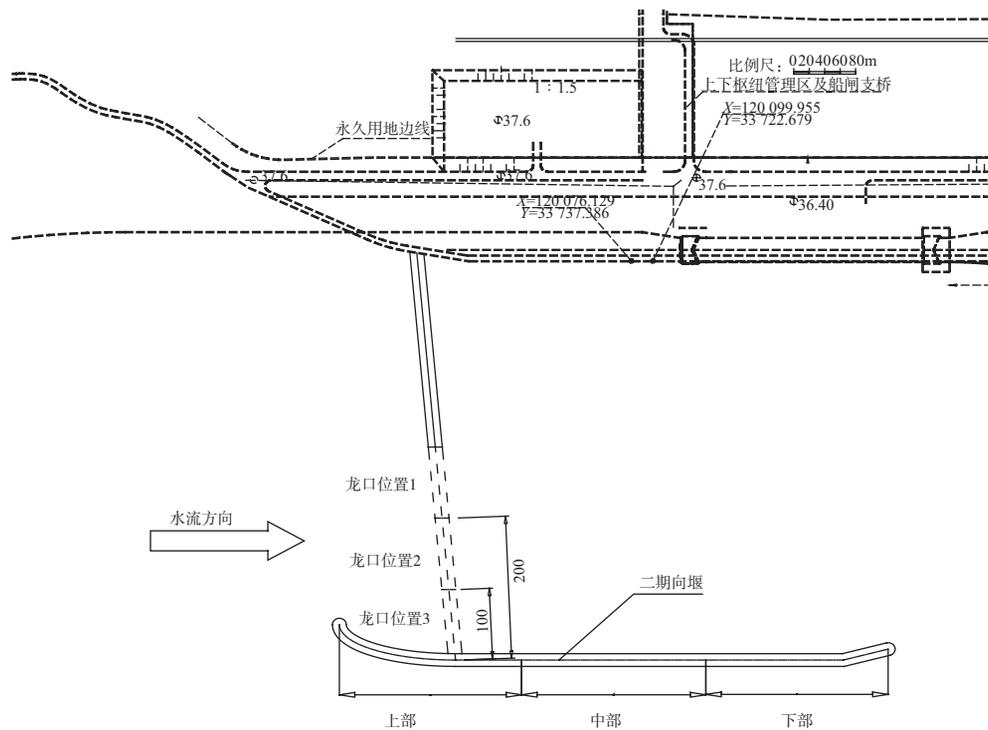


图2 龙口位置

口宽度会影响相关区域的流场流态，故针对上述方案均选取了不同龙口宽度（100 m, 80 m, 45 m, 30 m）的工况进行相关观测。

2.3 戗堤进占方案试验成果分析

根据施工组织设计，计划2010年10月底左汉二期围堰截流合龙，因此，截流设计流量为10月份5 a一遇的月平均流量1 579 m³/s，选取该流量对应的下包线水位23.49 m为最不利工况。在该工况下对龙口位置流速及纵向戗堤的底流速进行试验分析。

1) 龙口区域水力特性。

考虑到龙口流速的大小决定了进占时采用的材料，因此根据试验结果，得到了不同龙口位置

及不同龙口宽度下的龙口流速，如表2所示。

表2 龙口流速

龙口宽度/m	m/s		
	龙口位置1	龙口位置2	龙口位置3
100	1.27	1.49	1.54
80	1.43	1.65	1.76
45	1.73	1.94	1.97
30	2.11	2.24	2.31

根据表2数据可以得出结论：1) 在龙口宽度为100 m的情况下，龙口设置在距纵向围堰200 m时龙口流速在1.27 ~ 2.11 m/s，龙口设置在距纵向围堰100 m时，龙口流速在1.49 ~ 2.24 m/s，龙口设置在距纵向围堰0 m时，龙口流速在1.54 ~ 2.31 m/s之间。2) 在龙口位置不变的情况下，随着龙口宽度

的减小,流速有所变大;龙口宽度由100 m缩短到30 m,龙口流速加大0.75~0.84 m/s。3)通过对比不同位置下的龙口流速可知,龙口位置距纵向戗堤越近,龙口流速相应增大;随着龙口位置由右至左布置,龙口流速增幅在0.2~0.25 m/s。

由以上龙口流速分析,龙口宽度越小,相应龙口流速及戗堤附近沿程流速均会增大,故选择龙口宽度为30 m时,分析水流对戗堤的冲刷作用。纵向戗堤靠近束窄河段一侧的各区域流速大小如图3所示。

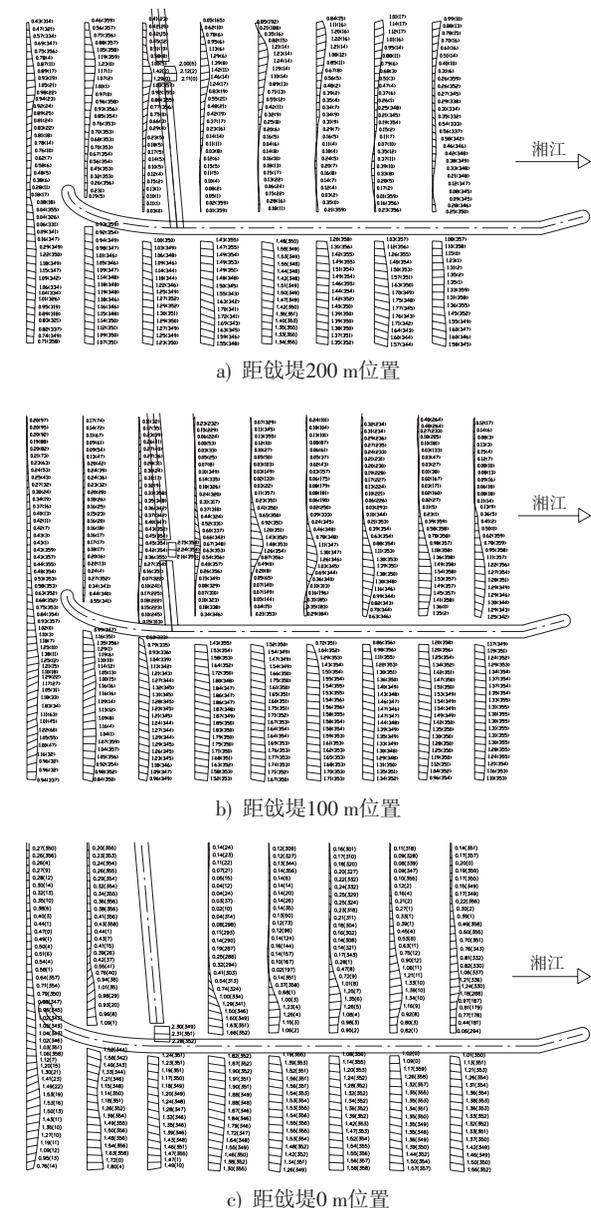


图3 龙口位置及戗堤附近区域流场 ($Q=1\ 579\ \text{m}^3/\text{s}$)

根据龙口及戗堤附近的流场可知,在纵向戗堤上游圆弧段末端及下游一段距离内,束窄河

段的流速达到最大。一方面是因为以上区域的水流绕过了纵向戗堤上游圆弧段进入束窄河道,束窄程度达到最大;另一方面,通过观测该处的地形图发现,该处河床较上游河床高,使该区域过流断面减小,流速增大,这会增加对戗堤冲刷程度,对戗堤边坡稳定产生不利。

通过对比不同龙口位置下的流场,在龙口距离纵向戗堤有一定距离时,水流通过龙口后逐渐向两侧扩散,流速减缓,当龙口紧邻纵向戗堤时,水流通过龙口后,只能在一侧扩散,导致流速不能尽快减缓,因此,龙口宜布置于远离纵向戗堤的位置,以减少水流对戗堤的冲刷。

2) 纵向戗堤沿程流速分布。

由于纵向戗堤是采用汛期水下抛石的方法形成,因此需考虑纵向戗堤附近的沿程流速,从流速分布规律来看,主要分为3个区域,见图2。纵向戗堤沿程底流速见表3。

表3 纵向戗堤沿程流速 m/s

龙口位置	戗堤部位	100 m	80 m	45 m	30 m
位置1	上部	0.68	0.70	0.72	0.74
	中部	0.48	0.50	0.53	0.55
	下部	0.55	0.56	0.58	0.62
位置2	上部	0.61	0.69	0.82	0.86
	中部	0.41	0.46	0.67	0.70
	下部	0.53	0.63	0.75	0.74
位置3	上部	0.68	0.75	0.90	0.94
	中部	0.58	0.60	0.71	0.74
	下部	0.62	0.73	0.77	0.80

由表3可得出:1)龙口设置在距离纵向戗堤越近,纵向戗堤的沿程流速就越大,龙口距戗堤0 m时流速为0.72~1.55 m/s,距戗堤100 m时流速在0.61~1.44 m/s,距离200 m时戗堤沿程流速在0.84~1.40 m/s;2)最大流速均出现在上部区域,即纵向戗堤上游圆弧段部分;3)随着龙口宽度的减小,纵向戗堤沿程流速有明显的增大,最大增加值达到0.69 m/s;4)纵向戗堤沿程流速分布规律为,端部流速较大,中部流速较小。主要原因是水流进入束窄河段后,受纵向戗堤上部圆弧段挑流的影响,在戗堤中部直线段附近形成一较小回流区,使该区域流速有所减小。在纵向戗堤下部,回流影响消失,流速有所增大。

2.4 水下抛石试验成果分析

上述钱堤进占方案采用船舶水下抛石形成钱堤, 考虑到抛石的冲距及水下形成钱堤的稳定边坡坡度, 需对其进行试验分析。分别选择截流时段6—8月份5 a一遇洪水流量 $17\ 500\ \text{m}^3/\text{s}$ 及多年月平均流量 $4\ 311\ \text{m}^3/\text{s}$, 对应的坝址处水位为 $33.73\ \text{m}$ 及 $28.44\ \text{m}$, 相应的水深约为 $16.73\ \text{m}$ 及 $11.44\ \text{m}$ 。根据定义, 在流水中抛石, 石块在河底的稳定点与入水点间的距离称为抛石冲距。不同流量下, 依据截流抛石材料的粒径级配进行选取对应粒径的模型石料, 抛石粒径的冲距如表4所示。

表4 抛投料水下冲距

流量/ $(\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$	原型块石粒径/cm	冲距/m
17 500	50~100	40~57
	100~200	27~40
4 311	50~100	10~13
	100~200	6~10

试验中观测到石料下沉至河床床面或已静止的抛石材料基础之上后, 经过短暂的滑动后即停止运动, 随着抛投量的增加, 最终形成的钱堤边坡坡度为 $1:1.5\sim 1:1.4$, 如图4所示。根据以上试验结果, 采用船舶水下抛石作业时应考虑实际流量, 以及根据不同原型石料的冲距来选择抛投位置, 指导纵向钱堤较快的形成。试验中得到的钱堤边坡坡度可为实际水下抛石时提供依据。



图4 钱堤横断面形态

3 实际施工情况

在实际施工中, 截流采用单钱立堵, 预留龙口位于河床左岸, 从左至右单向进占。预进占段钱堤包头料的备料系数取1.2, 龙口段钱堤抛投料取1和5, 截流难度较大的区域备料系数取1.8, 截

流总备料 $13.43\ \text{万}\ \text{m}^3$ (不含龙口护底量), 其中龙口段备料量为 $5.12\ \text{万}\ \text{m}^3$ 。龙口截流材料主要采用从右岸下游尾水渠出口部位备料场的备料量, 其中, 中小石备料量 $10.4\ \text{万}\ \text{m}^3$, 大石备料量 $5.48\ \text{万}\ \text{m}^3$, 特大石备料量 $3.96\ \text{万}\ \text{m}^3$, 完全满足了截流用料量, 另外, 准备了 $1\ 096\ \text{m}^3$ 铅丝笼和 $730\ \text{m}^3$ 混凝土四面体。

由于采用了模型试验中的钱堤进占优化方案, 在2010年6—8月采用船舶进行水下抛石作业形成了纵向钱堤, 于10月8日下游横向围堰成功截流, 并于11月8日实现了工程二期围堰整体合龙, 保证了工程顺利进行。

4 结语

针对湘江长沙综合枢纽二期围堰截流工程中存在的问题, 采用模型试验的方法, 对截流设计方案进行优化, 并对钱堤的龙口位置进行比较分析, 为实际截流工程中提供了指导, 运用于实际施工后, 顺利完成了围堰的截流任务, 模型试验成果的可靠性得到了实际的检验, 对其他类似工程的钱堤进占方式提供了相关参考。

参考文献:

- [1] 长沙理工大学. 湘江长沙综合枢纽二期截流与导流模型试验研究[R]. 华南: 长沙理工大学, 2010.
- [2] 刘珊燕, 刘力中, 车清权. 瀑布沟水电站宽钱堤截流水工模型试验及应用[J]. 人民长江, 2010(1): 25-27.
- [3] 石凤君, 姚静芬, 王志臣, 等. 白石水库截流工程试验研究[J]. 东北水利水电, 1999(4): 30-32.
- [4] 黄智敏, 陈灿辉, 罗岸, 等. 潮州供水枢纽工程西溪截流试验研究与实施[J]. 长江科学院院报, 2003(10): 22-24.
- [5] 李焱, 周华兴, 郑宝友. 那吉航运枢纽二期截流水力学模型试验[J]. 水道港口, 2004(12): 199-203.
- [6] 谢宇峰, 周佩玲. 飞来峡水利枢纽截流模型试验研究[J]. 人民珠江, 2003(5): 24-26.
- [7] 高利军. 官地水电站工程截流优化研究[J]. 水利与建筑工程学报, 2010(12): 127-130.
- [8] 胡志根, 杨磊, 刘中刚, 等. 澜沧江小湾水电站施工截流模型试验研究[J]. 云南水力发电, 2004(5): 23-25.