

# 新疆某水利枢纽表孔出口挑坎水力学试验分析

陈 艳

(新疆水利水电勘察设计研究院,新疆 乌鲁木齐 830000)

**摘 要:**水利工程中的泄水建筑物由于上下游水位落差较大,末端水流拥有巨大的动能,所以需要设置一些消能装置,减少水流对河床的冲击掏刷作用.结合新疆现有水利枢纽工程,通过水力学缩尺模型试验,调整不同工况,验证设置与不设置差动坎的挑流坎在相应工况下水流的流态、时均压力、挑能效果,挑流距离及冲坑深度等效果,最终确定合适的挑坎体型.结果表明,虽然去掉差动坎后水舌扩散不如有差动坎充分,但是水垫塘底板时均压强的分布看并无显著差异,最终采用不设置差动坎的消能方式.依此,为工程设计提供设计依据.

**关键词:**消能装置;挑流式消能;差动坎;挑流距离;冲坑深度

**中图分类号:**TV131.61 **文献标识码:**B **文章编号:**1004-4701(2018)01-0000-05

## 0 引 言

水利工程泄水建筑物的末端往往因为水流流速过大,会设置一些消能装置<sup>[1]</sup>,例如挑流鼻坎<sup>[2]</sup>。当下泄急流被抛向空中,水流与空气发生碰撞可以消耗大部分势能<sup>[3]</sup>,然后落入距出水口较远的河床之后与下游水流相衔接<sup>[4]</sup>。通过调整挑流鼻坎体型,能有效地控制水流落入下游河床的位置、范围及流量分布<sup>[5]</sup>,对下游水位变幅产生适应性效果,减少对下游冲刷破坏,减少堆积物的阻流影响<sup>[6]</sup>,保证下游水流通道顺畅,减少雾化对挑坎下游两侧边坡的侵蚀破坏<sup>[7]</sup>是设计的关键。但是,设计难点在于,如何选择合适的挑坎体型来获得最大的挑距,形成较小的冲坑,产生尽可能小的不利影响<sup>[8]</sup>,其次挑流鼻坎能承受高速水流的冲击下的自身稳定,抵御抗冲破坏的能力等<sup>[9,10]</sup>。本文通过水力学缩尺模型,验证不同工况下,在鼻坎末端设置与不设置差动坎时水流模态等水流要素,最终确定是否需要设置挑坎以及合适的挑坎体型,为工程设计提供技术借鉴<sup>[11,12]</sup>。

## 1 工程概况

新疆某水利枢纽工程为大(1)型 I 等工程。工程利用河段落差和下泄某干流生态水、灌溉下泄水、冬闲

水发电,电站装机容量 730 MW,多年平均输送电量 22.34 亿 kW·h。工程由拦河坝、1#表孔溢洪洞、2#表孔溢洪洞、中孔泄洪洞、1#深孔放空排沙洞、2#深孔放空排沙洞、发电引水系统、电站厂房、生态基流引水洞及其厂房等主要建筑物组成。1#、2#表孔和中孔出口由挑坎挑入共用的水垫塘中消能。

## 2 基本方案布置

溢洪洞由引渠段、控制段、斜井段、平洞段、出口明槽段和出口挑流消能段组成。出口采用挑流消能方式,挑流鼻坎反弧半径为 50.00 m,挑角为 17.975°,最大挑射距离 169.14 m,冲刷坑深度 52.87 m(黄海高程,下同)。挑坎后为护坡段,后接水垫塘,水垫塘后接退水渠,将洪水引向原河道<sup>[19]</sup>,表孔出口挑坎剖面图详见图 1。

## 3 水力学模型基本工况

依照水工(常规)模型试验规程 DL/T 5244-2010<sup>[12]</sup>,模型按重力相似准则进行设计,采用正态模型。确定模型几何比尺为 50。

各个物理量的比尺:流速比尺 7.07;流量比尺 17 677.70;糙率比尺 1.92。混凝土糙率 0.012~0.014,要求模型糙率为  $n_m = 0.006 2 \sim 0.007 3$ ,有机玻

糙率为 0.007,采用有机玻璃做模型材料制作泄水建筑物满足要求。

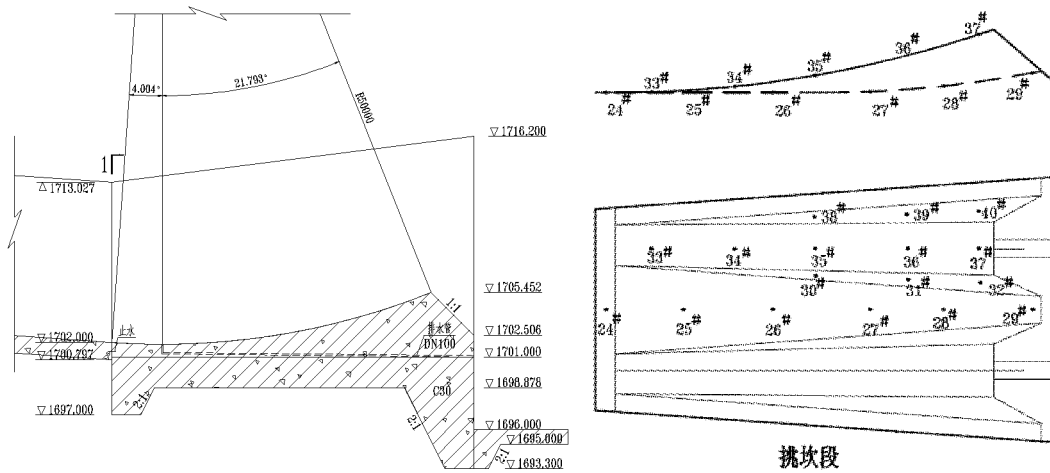


图 1 表孔出口挑坎剖面图/挑坎测压管布置图

### 4 试验工况说明

根据模型测试程序及试验测试内容,制定了本模型实验的试验工况、运行工况、观察内容等,模型试验工况见表 1。

表 1 模型试验泄洪工况表

| 运用方式           | 库水位/m    | 泄流量 / (m <sup>3</sup> /s) |
|----------------|----------|---------------------------|
| 方案一:消能防冲设计标准工况 | 1 819.20 | 1 549.01                  |
| 方案二:厂房设计工况     | 1 819.86 | 1 663.90                  |
| 方案三:厂房校核工况     | 1 820.99 | 1 863.65                  |
| 方案四:设计工况       | 1 821.65 | 1 983.03                  |
| 方案五:校核工况       | 1 823.64 | 2 360.69                  |
| 方案六:保坝工况       | 1 823.23 | 2 281.21                  |

在以上 6 种泄洪工况条件下,通过对表孔溢洪洞的起挑水位、终挑水位、出口流态、消能效果情况进行测试,并改进、优化挑流鼻坎体型。方案五运行建筑物为  $P=0.01\%$ :1#表孔+2#表孔+中孔;方案六运行建筑物为  $P=0.1\%$ :1#表孔+2#表孔。

### 5 试验成果分析

对于挑坎的沿程压力分布,挑坎段安装测压管,测

压管布置见图 1,时均动水压强实测记录数据列于表 2,以及水垫塘时均压力等值线图见图 2。

表 2 时均动水压强实测结果 9.8 kPa

| 测 点      | 工 况    |        |        |        |        |        |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | 方案一    | 方案二    | 方案三    | 方案四    | 方案五    | 方案六    |
| 24       | 5.50   | 5.75   | 6.50   | 6.75   | 7.80   | 7.65   |
| 25       | 7.95   | 8.45   | 9.80   | 10.15  | 11.85  | 11.65  |
| 26       | 8.90   | 9.55   | 11.20  | 11.60  | 13.85  | 13.35  |
| 27       | 14.20  | 15.05  | 16.7   | 17.40  | 19.55  | 19.25  |
| 28       | 14.25  | 14.80  | 16.05  | 16.50  | 18.25  | 18.00  |
| 29       | 1.50   | 1.60   | 1.75   | 1.80   | 1.95   | 1.95   |
| 30       | 12.00  | 13.10  | 14.55  | 15.30  | 17.80  | 17.20  |
| 31       | 13.60  | 14.45  | 15.90  | 16.30  | 18.85  | 12.95  |
| 32       | 0.40   | 0.50   | 0.65   | 0.65   | 0.80   | 0.75   |
| 33       | 10.15  | 10.65  | 12.10  | 17.35  | 14.15  | 13.60  |
| 34       | 7.30   | 7.90   | 9.45   | 10.10  | 12.55  | 11.90  |
| 35       | 9.70   | 10.35  | 12.20  | 13.25  | 15.85  | 15.40  |
| 36       | 9.40   | 10.15  | 12.10  | 13.20  | 16.00  | 15.10  |
| 37       | -0.05  | 0.05   | 0.25   | 0.35   | 0.75   | 0.70   |
| 38       | 5.80   | 6.55   | 8.15   | 8.70   | 11.50  | 10.75  |
| 39       | 5.05   | 5.85   | 6.85   | 7.50   | 9.85   | 9.45   |
| 40       | 0.70   | 0.80   | 0.95   | 1.05   | 1.20   | 1.20   |
| 水舌挑距结果/m | 149.00 | 152.50 | 160.00 | 160.00 | 165.00 | 163.00 |

### 6 成果分析及结论

从图 2 分析表明:在表孔末端的挑坎设置差动坎与不设差动坎的水舌形态稍有差异,去掉差动坎后水舌扩

散不如差动坎充分。从水垫塘底板时均压强的分布看并无显著差异,或者说,挑坎的修改未对水垫塘带来不良影响。减小表孔挑坎的空蚀破坏,差动坎本身容易

受到高速水流的空蚀破坏,尽管模型实测无负压。因此,本次试验证明本工程可以不设置表孔挑坎的差动坎。依此,为本工程设计提供依据。

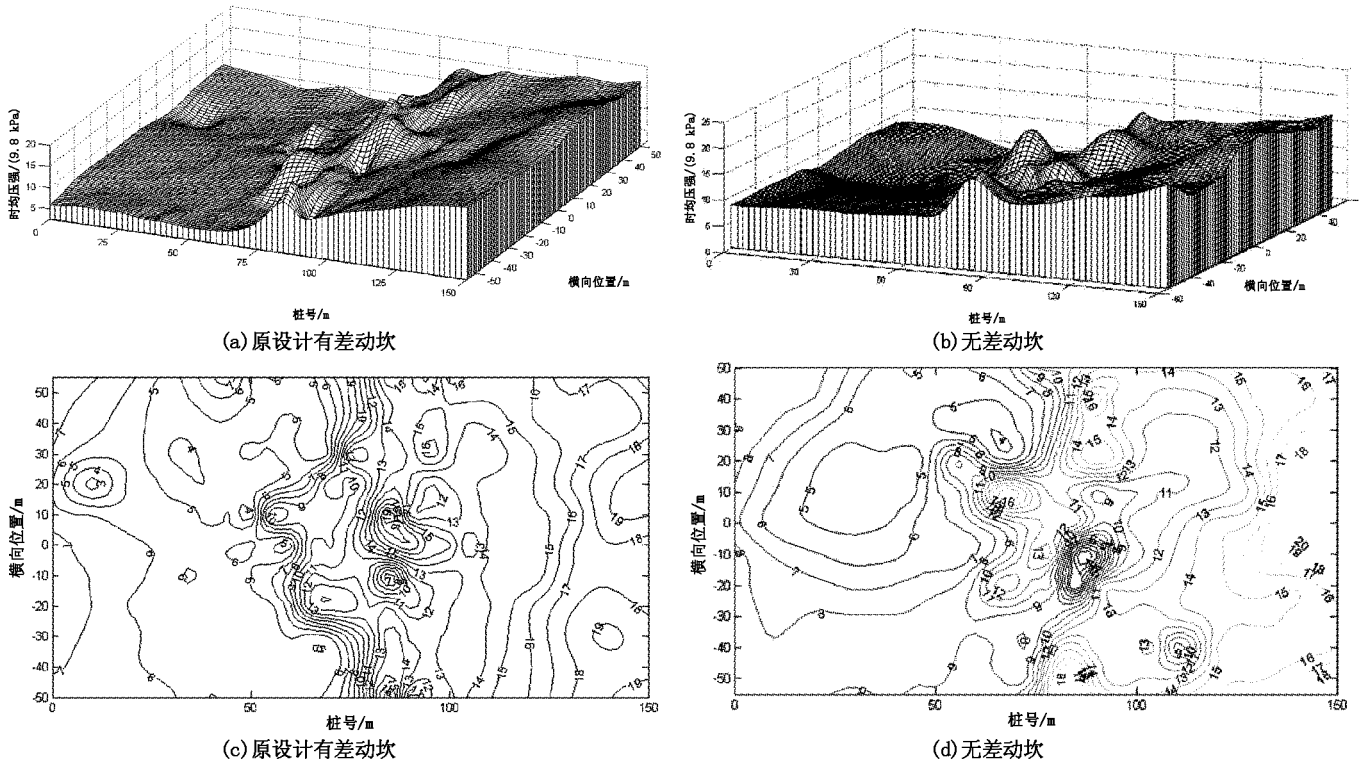


图2 水垫塘原设计有差动与无差动坎的时均压力及等值线图

参考文献:

[1] 李颖,陶永霞,刘子祺,等. 吉布洛电站上游调蓄水库泄水建筑物水工模型试验研究[J]. 电网与清洁能源,2016,32(7):149~154.  
 [2] 黄智敏,付波,陈卓英,等. 溢洪道差动式挑流鼻坎挑距和冲深特性探讨[J]. 水利科技与经济,2012,18(10):79~81,85.  
 [3] 张先起,梁川. 紫坪铺水利枢纽工程溢洪道挑坎体形研究[J]. 四川大学学报(工程科学版),2002,34(3):28~30.  
 [4] 侯冬梅,占桂泉,王才欢,等. 挑坎水舌运动轨迹控导措施研究[J]. 长江科学院院报,2013,30(3):16~20.  
 [5] 邱春,岳书波,刘承兰. 带差动挑坎的溢洪道流场三维数值模拟[J]. 广西水利水电,2014(6):3~7.  
 [6] 赵,荣,杨敏,齐春风. 阿尔塔什水利枢纽水垫塘消能方式选择[J]. 南水北调与水利科技,2016,14(5):124~129.

[7] 韩守都,刘韩生,倪汉根. 直线边墙窄缝挑坎的水力计算[J]. 水利水电科技进展,2012,32(2):54~56.  
 [8] 向蕾. 某水电站溢洪道水工模型试验研究[J]. 黑龙江水利科技,2015(7):53~54,139.  
 [9] 胡建春,陈鸿宇. 水电站泄水建筑物消能方案试验研究[J]. 湘潭大学自然科学学报,2013,35(3):119~121.  
 [10] 卞全,马晓华. 新疆柳树沟水电站工程的泄水建筑物设计[J]. 水利与建筑工程学报,2014,12(4):116~119.  
 [11] 张鲁鲁. 新疆某水电站溢洪道台阶段水工模型试验研究[J]. 西北水电,2016(1):80~82.  
 [12] DL/T 5244-2010 水工(常规)模型试验规程.

编辑:张绍付

## Hydraulic test analysis of bucket outlet at surface hole of a water control project in Xinjiang

CHEN Yan

(Xinjiang Survey and Design Institute for Water Resources and Hydropower, Urumqi 830000, China)

**Abstract:** Because of the big difference of water level between the upstream and downstream of the water conservancy project, the terminal flow has huge kinetic energy, so some energy dissipation devices need to be set up to reduce the impact of the water flow on the river bed. With the existing hydro project in Xinjiang, Hydraulics scale model test, adjust the different conditions, verify the set and not set the differential ridge of the pressure ridge in the corresponding flow conditions of the flow, the average pressure, the pick can effect, pick flow distance and pit depth Effect, and ultimately determine the appropriate pick - up body type. The results show that although the diffusion of water tongue is not as good as the differential ridge after removing the differential ridge, there is no significant difference in the distribution of the average pressure at the bottom of the plunge pool. Finally, the energy dissipation mode without the differential ridge is adopted. Based on this, provide design basis for engineering design.

**Key words:** Energy dissipation device; Flip flow type energy dissipation; Differential sill; Tap flow distance; Punch pit depth

翻译: 郭庆冰