

# 细河北台段拦河坝工程橡胶坝消能防冲设计探讨

孙 凯

(绥中县水利技术推广站, 辽宁 绥中 125200)

**摘要:** 在拦河坝工程施工中, 橡胶坝溢流流态比较复杂, 计算工况选择对橡胶坝消能防冲设计有着至关重要的影响。本文以辽宁本溪细河北台段拦河坝工程橡胶坝消能防冲设计实例, 阐述了控制工况的选择及其相应的消力池、海漫、防冲槽设计计算。通过数值模拟水流流态, 验证了主要消能防冲结构——消力池的设计合理性, 以期对相关工程设计有所借鉴。

**关键词:** 橡胶坝; 消能防冲设计; 消力池; 流态

中图分类号: TV644

文献标识码: B

文章编号: 1672-2469(2016)05-0098-03

表 1 消能防冲计算工况

## 1 工程概况

细河北台段拦河坝工程由橡胶坝、节制闸、管理房和取水井组成。橡胶坝长 204.40m, 坝高为 2.5m, 泄流净宽 192.00m, 橡胶坝底板顺水流方向长 9.0m, 厚 1.0m。整个橡胶坝共分三跨, 两边跨坝长 66m, 中间跨坝长 60m, 中墩厚 0.8m。该河道高程为 111m, 为防止推移质泥沙卷入坝袋底部从而增加坝袋的磨损, 坝底板高程比河道高程抬高了 0.2m, 则底板高程为 111.20m。中墩顶高程 114.20m, 边墩顶高程 114.70m。橡胶坝上下游水位差较大, 为保护下游河床, 需对橡胶坝进行消能防冲处理。

## 2 橡胶坝消能防冲设计

### 2.1 控制工况选定

当河道流量较大时, 橡胶坝处于坝坝状态, 过坝水流为淹没出流, 对河道基本无冲刷破坏现象。在橡胶坝坝坝过程中, 坝上水头及坝高均在变化, 根据已建工程经验, 此工况不控制下游消能防冲。橡胶坝在运行中快速放空一孔时, 坝上水头最大, 此工况最为不利, 考虑坝袋中孔坝坝, 按宽顶堰流计算流量, 此工况按表 1 所示五种情况进行下游消能防冲计算<sup>[1]</sup>。

### 2.2 挖深式消力池设计计算

消力池的种类有很多, 应用较多的为消力坎式和综合式。就其功能而言, 两种消力池的作用是相同的, 主要为消刹水能、形成水跃, 进而淹没原有

计算工况	堰上水头 (m)	坝前水位 (m)	下游河道 水深(m)	下游水位 (m)	泄流量 (m <sup>3</sup> /s)
工况 I	3.0	114.20	1.34	112.34	341.60
工况 II	2.5	113.70	1.14	112.14	259.86
工况 III	2.0	113.20	0.93	111.93	185.94
工况 IV	1.5	112.70	0.72	111.72	120.77
工况 V	1.0	112.20	0.50	111.50	65.74

水跃形成的基本条件。消力池是底流消能的最主要结构, 其他消能结构设计目的主要为保证消力池功能的有效实施。消力池的尺寸规格对于整个消能防冲设计有着至关重要的影响, 其设计应按照不同工况条件下的防冲效果进行分析<sup>[2]</sup>, 计算过程如下:

(1) 消力池深度按下式计算:

$$d = \sigma_0 h''_c - h'_s - \Delta Z \quad (1)$$

$$h''_c = \frac{h_c}{2} \left( \sqrt{1 + \frac{8\alpha q^2}{gh_c^3}} - 1 \right) \quad (2)$$

$$h_c^3 - T_0 h_c^2 + \frac{\alpha q^2}{2q\varphi^2} = 0 \quad (3)$$

$$\Delta Z = \frac{\alpha q^2}{2g\varphi^2 h'_s^2} - \frac{\alpha q^2}{2gh''_c^2} \quad (4)$$

其中:  $d$ —消力池深度, m;  $\sigma_0$ —水跃淹没系数, 1.05;  $h_c$ —收缩水深, m;  $h''_c$ —跃后水深, m;  $\alpha$ —水流动能校正系数, 1;  $q$ —过闸单宽流量,  $m^2/s$ ;

收稿日期: 2015-12-14

作者简介: 孙 凯(1976年—), 男, 工程师。

$\psi$ —流速系数, 0.95;  $T_0$ —总势能, m;  $\Delta Z$ —出池落差, m;  $h_s$ —出池河床水深, m。

(2) 消力池长度计算:

$$L_j = 6.9(h''_s - h_s) \quad (5)$$

$$L_{sj} = L_s + \beta L_j \quad (6)$$

其中:  $L_{sj}$ —消力池长度, m;  $L_j$ —水跃长度, m;  $L_s$ —消力池斜坡段投影长度, m;  $\beta$ —水跃长度校正系数, 0.75<sup>[3]</sup>。

根据上述公式及参数, 计算得到不同工况条件下的池内水深以及消力池尺寸, 其结果见表2。

表2 橡胶坝消力池计算成果表

计算工况	池内水深(m)		消力池尺寸(m)	
	$h_1$	$h_2$	池深S	水平段池长L
I	0.76	2.46	0.57	8.82
II	0.64	2.04	0.40	7.29
III	0.50	1.65	0.34	5.97
IV	0.37	1.26	0.28	4.64
V	0.23	0.87	0.21	3.29

经上述计算, 各种工况下均需修建消力池。综合考虑, 满足各种工况条件, 确定消力池池深为1.0m, 池长13.5m, 其中水平段长8.0m, 消力池形式选用底流消能的钢筋混凝土结构<sup>[4]</sup>。

### 2.3 下游海漫设计

海漫的作用是对消力池消能后的水流进行进一步的余能消除, 调整池水流的流速分布, 恢复原水流的水流状态, 减少对河床造成不必要的冲刷影响。从海漫功能需求出发可以得出, 海漫的结构应具备一定的柔性、表面的粗糙度要足够高。海漫长度的设计要综合考虑多方面的因素, 主要包括有海漫地质条件、水闸上下游水位差、单宽流量以及表面粗糙度的要求。以最不利的水位、流量组合为计算工况<sup>[5]</sup>, 下游海漫计算公式为:

$$L_p = (8.5 \sim 12.5) \times h_t \quad (7)$$

式中:  $h_t$ —下游水深, 取1.34m。

计算得到, 橡胶坝下游海漫长度为15.16m, 故海漫长度取为16.00m, 设计采用500mm厚的宾格网石笼结构。

### 2.4 下游防冲槽设计

当流经橡胶坝的下泄水量较大时, 水流经消力池与海漫消能防冲如达不到预期效果, 可能造成河床的严重冲刷。为保障充分的消能防冲效果, 需对过坝水流继续进行消能防冲处理, 可在海漫的末端

设置防冲槽或其他消能功结构。防冲槽规格根据海漫末端水流对下游河床可能造成的冲刷深度来确定, 同样考虑最不利的计算工况, 防冲槽深度计算, 采用《水力计算手册》中公式<sup>[6]</sup>:

$$h_d = \frac{0.66 \cdot q \cdot \sqrt{2\alpha_0} \cdot \frac{z}{h} - h_t}{\sqrt{(\frac{r_s}{r} - 1) \cdot g \cdot d \cdot (\frac{h}{d})^{\frac{1}{6}}}} \quad (8)$$

其中:  $q$ 为下游河道单宽流量,  $m^3/s$ ;  $h$ 为海漫末端水深, m;  $h_t$ 为下游水深, m;  $z$ 为海漫末端最大流速的位置高度,  $z = 0.5h$ ;  $\alpha_0$ 为动能修正系数, 取1.0;  $d$ 为(d50)河床沙粒径;  $r_s$ 和 $r$ 分别为床沙和水的重率。

带入数据计算得到, 橡胶坝下游防冲槽深度为1.16m。防冲槽设计为干砌石结构, 防冲槽深为1.0m。

### 3 消力池水力特性分析

对消力池水力特性分析采用流体数值模拟软件Fluent进行, 根据所设计的消力池尺寸构建数值模型, 并设置对应的边界条件与力学参数, 模拟分析消力池在最不利工况条件下的水流流态分布规律。

#### 3.1 消力池水流流态

数值模拟得到消力池水面线及流速分布结果, 如图1所示:

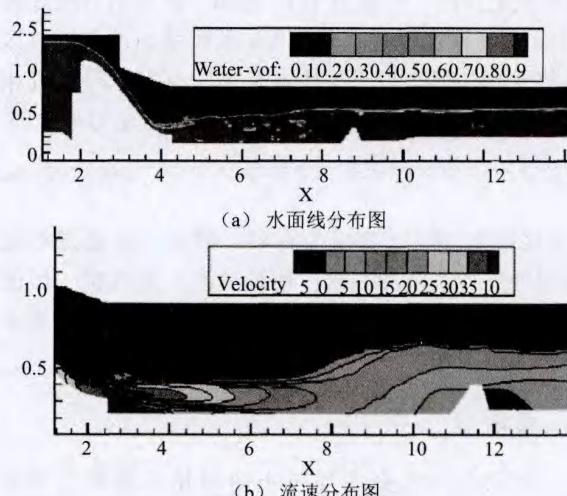


图1 水流流态模拟结果

分析消力池水面线及流速分布模拟结果可知, 橡胶坝坝孔的水流流态呈现淹没射流, 对应的水跃长度为5m, 而水流对消力池冲刷的长度约3m左右。通过橡胶坝的主水流在4m左右开始垂向扩

散,到9m时水流流态转为顺流。水流流经消力池过程中形成漩涡,漩涡中心位置距橡胶坝坝孔约7m<sup>[7]</sup>。

### 3.2 消力池临底流速

模拟得到消力池流速分布规律,如图2所示:

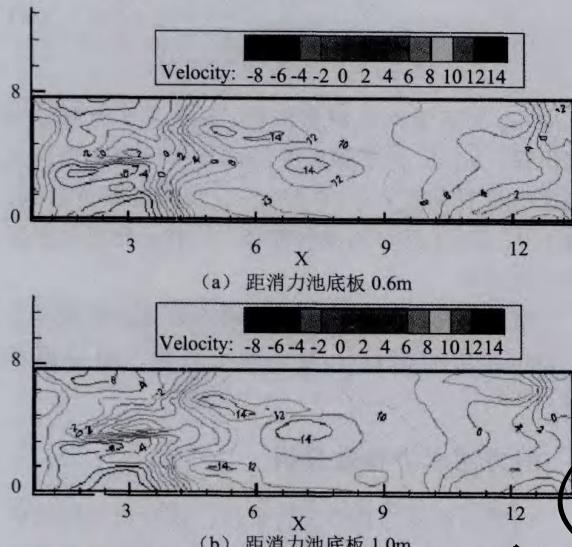


图2 消力池流速等值线示意图

根据图2(a)可知,在距消力池底板0.6m位置的水面,最大流速水面流速为14.1m/s,主要分布在距离橡胶坝4.5~8.5m范围内,距橡胶坝9m以外的水流流速逐渐减小;消力池池尾部分区域出现流速为负值的情况。根据图2(b)可知,距离消力池底板1.0m水面水流流速都较0.6m水面增加,高流速区域范围亦有所扩大,但整体流速分布规律与前者相似。由橡胶坝消能防冲设计要求可知,消力池水流

流态符合要求,消力池尺寸设计较为合理<sup>[8]</sup>。

### 4 结语

橡胶坝因其结构功能的优异性,与其他结构消能防冲设计相比,同等条件下的橡胶坝消能防冲设计标准较低。但为保证过坝水流不对河床产生冲刷,橡胶坝消能防冲设计应分工况进行,此次拦河坝工程橡胶坝消能防冲设计控制工况选取5个,计算得到消力池池深为1.0m,池长13.5m;并且为确保消能防冲的有效性,设计在消力池末端设置宾格网石笼海漫和干砌石防冲槽。水力特性数值模拟显示,消力池内水流流态平稳,基本上不存在冲刷河床情况,验证了消能防冲设计的合理性。

### 参考文献

- [1] 高本亮. 橡胶坝工程技术指南(第二版)[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2006.
- [2] 程汉昆, 赵鹏. 橡胶坝消能防冲设计研究[J]. 黑龙江水利科技, 2014(04): 34-36.
- [3] 陈改改, 邱丁初. 涠河滦县段1号橡胶坝设计综述[J]. 水利规划与设计, 2014(12): 56-57.
- [4] 姜霞. 论老黑山水电站橡胶坝消能防冲设计[J]. 科技创新与应用, 2012(28): 191.
- [5] 路红英. 小埠东橡胶坝消能防冲设计试验研究[J]. 水利科技与经济, 2012(09): 25-27.
- [6] 朱峰, 姚宝永. 汾河治理美化工程梯级橡胶坝设计[J]. 水利规划与设计, 2003(12): 30-31.
- [7] 吴建疆. 消力池基础抽排系统布置探讨[J]. 水利规划与设计, 2004(06): 30-31.
- [8] 陈立新, 聂世虎. 水闸消力池深度与长度计算中应注意的问题[J]. 水利技术监督, 2005(07): 24-25.

(上接第22页)条款极为有限。因此,要通过对现有税种进行改革和完善,使消费税、资源税、增值税等其它税种与工业水污染税相互配合,以促进水环境保护工作。

### 4 结语

面对国内水资源环境不断恶化的现状,现有的排污收费制度已经不能适应新时期水体污染治理的工作要求。开征水污染治理税收,就成为解决水污染治理领域诸多难题的必然选择。但是水污染治理是一个复杂的系统工程,并不是一部立法就能解决的,这就需要多部门联动,通过包括污染费改税在内的多种手段相互配合才能取得显

著效果。

### 参考文献

- [1] 苏明. 中国环境税改革问题研究[J]. 当代经济管理, 2014(11): 1-18.
- [2] 王敏, 冯宗宪. 排污收费制度与工业污染物排放的因果分析[J]. 统计与决策, 2013(20): 111-115.
- [3] 沈百鑫, 沃尔夫冈·科克. 德国水管理和水体保护制度概览(上)——德国水法和水管理理念[J]. 水利发展研究, 2012(08): 73-78.
- [4] 肖加元. 欧盟水排污税制国际比较与借鉴[J]. 中南财经政法大学学报, 2013(02): 76-82.
- [5] 杨喆, 石磊, 马中. 污染者付费原则的再审视及对我国环境税政策的启示[J]. 中央财经大学学报, 2015(11): 14-20.