

# 混凝土挡水堰设计的探究

张 丽

(大连市水利规划设计院, 辽宁 大连 116021)

**摘要:** 根据大连金普新区樱桃园区的灌溉要求, 需要建一座混凝土挡水堰, 提高水源的蓄水能力, 增加兴利库容, 同时形成水面, 改善水域生态。本文介绍了洪水调节计算, 确定挡水堰防洪特征水位, 且通过挡水堰的抗滑稳定计算和堰基应力计算, 提供结构安全方面的计算依据, 为类似的工程提供设计思路和借鉴。

**关键词:** 洪水调节; 挡水堰; 抗滑稳定

中图分类号: TV642 文献标识码: B 文章编号: 1007-7839(2017)02-0025-03

## Research on design of concrete water retaining weir

ZHANG Li

(Dalian Water Resources Planning and Design Institute, Dalian 116021, Liaoning)

**Abstract:** The irrigation requirements of the Cherry Park in Dalian Jinpu new district need to build a concrete barrier weir for increasing water storage capacity and improving the ecology of water area. The calculation of flood regulation is introduced in this paper. The characteristic water stage of water retaining weir for flood control is determined. Through the calculation of anti-slide stability and dam foundation stress, calculation basis for structural safety is provided. Design ideas and references for similar projects are provided.

**Key words:** flood regulation; water retaining weir; anti-slide stability

### 1 案例概况

混凝土挡水堰工程位于大连金普新区大黑山西北麓响水寺沟, 位于金州城以东约 15 km, 紧邻 201 国道。挡水堰长 29.2 m, 其中溢流口宽度 7.0 m, 挡水高度 4.8 m。建成后库区蓄水面积 1119 m<sup>2</sup>, 蓄水量为 2502 m<sup>3</sup>。

挡水堰由混凝土堰、消力池和海漫 3 部分组成。混凝土堰包括溢流坝段和非溢流坝段, 消力池段长 16 m, 海漫段长 18 m。

挡水堰为素混凝土结构<sup>[1]</sup>。堰顶高程为 102.00 m(国家 85 高程,下同),最大堰高为 11.8 m;

挡水堰迎水坡坡比 1 : 0.1,背水坡坡比为 1 : 0.7,堰顶宽度为 2.0 m,挡水堰总长度为 29.2 m。为便于泄洪,挡水堰分为非溢流坝段及溢流坝段<sup>[2]</sup>。溢流坝段位于中间,长度为 7.0 m,左岸非溢流坝段长度为 7.8 m,右岸非溢流坝段长度为 14.4 m,两侧非溢流坝即为溢流坝段导流墙。溢流坝段堰顶高程为 98.50 m,溢流坝段下接消力池。挡水堰坐落于弱风化片麻岩基上。挡水堰结构见图 1。

地层岩性自上而下依次为: ①填土,层厚为 0.70 ~ 4.80 m; ②块石,层厚为 1.80 ~ 2.00 m; ③强风化片麻岩,层厚为 1.00 ~ 1.20 m; ④弱风化片麻岩,层厚为 3.80 ~ 9.00 m。

收稿日期: 2016-12-12

作者简介: 张丽(1974-),女,高级工程师,主要从事水利设计工作。

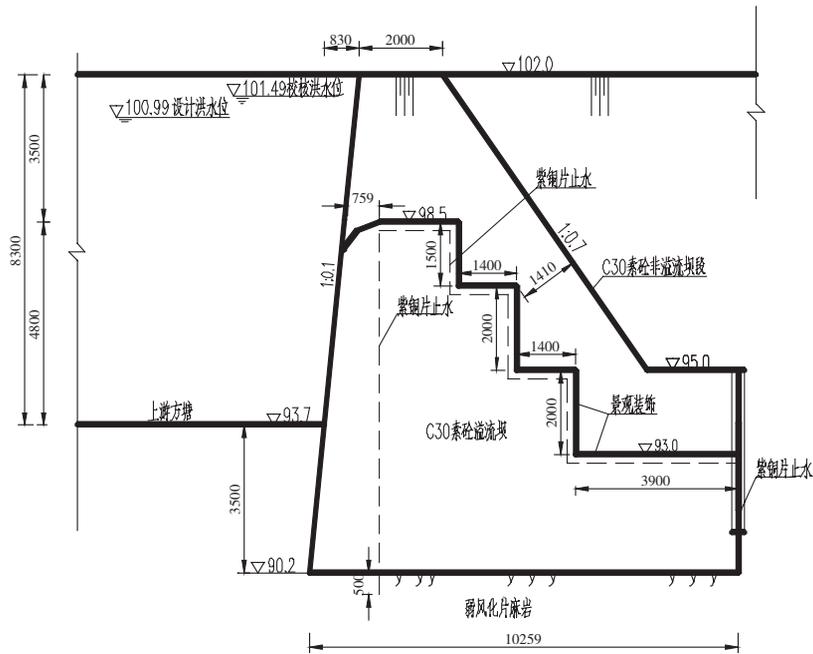


图1 挡水堰结构图

地基土承载力特征值: 块石  $f_{ak}=280$  kPa, 强风化片麻岩  $f_{ak}=450$  kPa, 弱风化片麻岩  $f_{ak}=800$  kPa。

## 2 洪水调节计算

### 2.1 基本情况

水位库容曲线从 1 : 500 实测地形图量取计算。洪水调节计  $p=2\%$ 、 $p=5\%$ 、 $p=10\%$  共 3 个频率洪水。

### 2.2 洪水调节方式及调度原则

本工程为开敞式溢洪道, 根据其实际情况确定调节原则为:

- (1) 溢洪道自由泄洪(无闸控制);
- (2) 调洪起调水位即溢洪道堰顶高程 98.50 m, 自由出流。

### 2.3 泄流能力复核

溢洪道堰型为宽顶堰, 宽 7.0m, 堰顶高程 98.50m。

溢洪道下泄流量根据《溢洪道设计规范》<sup>[3]</sup> SL253-2000, 按式(1)计算:

$$Q = mB\sqrt{2g}H_0^{3/2} \quad (1)$$

式中:

- $B$ —溢洪道净宽;
- $H_0$ —包括行进流速水头的堰前水头;
- $m$ —宽顶堰自由溢流的流量系数, 取 0.36。

### 2.4 洪水调节

因洪水形状系数  $\gamma < 0.05$ , 则采用以设计洪峰  $Q_P$  为最大流量,  $W_{调P}$  为洪水总量, 洪水历时为  $T$  的简化的三角形过程线。其中  $W_{调P}$ 、 $T$  按式(2)、(3)进行计算, 计算成果见表 1, 调洪计算成果详见表 2。

$$W_{调P} = 0.67W_{24P} + 0.12Q_P\tau \quad (2)$$

$$T = \frac{5.56W_{调P}}{Q_P} \quad (3)$$

$$q_P = Q_P \left(1 - \frac{V_{防}}{W_{调P}}\right)$$

式中:

- $q_P$ —一定频率的调洪出流量,  $m^3/s$ ;
- $V_{防}$ —防洪库容, 万  $m^3$ 。

表 1  $W_{调P}$ 、 $T$  计算成果表

项目	频率		
	5%	10%	20%
洪峰流量 ( $m^3/s$ )	58.82	44.64	29.89
洪水总量 $W_{调P}$ (万 $m^3$ )	23.52	17.58	11.29
洪水历时 $T$ (h)	2.22	2.19	2.1

表 2 调洪计算成果表

频率	洪峰流量 ( $m^3/s$ )	最大泄量 ( $m^3/s$ )	最高水位 (m)	相应库容 ( $m^3$ )
5%	58.82	57.81	101.49	6536
10%	44.64	43.81	100.99	5772
20%	29.89	28.87	101.37	6344

通过表2可知: 防洪限制水位即为正常高蓄水位 98.50 m, 相应库容为 2502 m<sup>3</sup>; 设计标准为 10 年一遇洪水, 设计洪水位为 100.99 m, 相应库容为 5772 m<sup>3</sup>, 洪水的洪峰流量为 44.64 m<sup>3</sup>/s, 溢洪道最大泄量为 43.81 m<sup>3</sup>/s; 校核标准为 20 年一遇洪水, 校核洪水位为 101.49 m, 相应库容为 6536 m<sup>3</sup>, 洪水的洪峰流量为 58.82 m<sup>3</sup>/s, 溢洪道最大泄量为 57.81 m<sup>3</sup>/s。

### 3 抗滑稳定计算

抗滑稳定计算选取单位长度坝段为对象进行计算。

#### 3.1 荷载

考虑的荷载如下: ①堰体自重; ②坝上、下游面的静水压力; ③扬压力; ④土压力; ⑤浪压力; ⑥地震作用力。

#### 3.2 荷载组合

采用的荷载组合如下:

- (1) 基本组合 1—正常蓄水位情况;
- (2) 基本组合 2—设计洪水位情况;
- (3) 特殊组合 1—校核洪水位情况;
- (4) 特殊组合 2—地震情况(水位按正常蓄水位计算)。

#### 3.3 抗滑稳定计算

抗滑稳定计算主要核算堰基面的抗滑稳定情况, 按抗剪断强度公式或者抗剪强度公式来计算堰基面的抗滑稳定安全系数<sup>[4]</sup>。本案例岩体条件较好, 采用抗剪断强度公式(4)进行复核。抗滑稳定计算结果见表3。

表3 抗滑稳定计算结果

荷载组合	安全系数 $K'$		允许安全系数
	非溢流坝段	溢流坝段	
正常蓄水位	11.75	9.92	3
设计洪水位	7.55	6.68	3
校核洪水位	6.98	6.27	2.5
正常蓄水位+地震	3.1	4.35	2.3

抗剪断强度计算公式:

$$K' = \frac{f' \Sigma W + c' A}{\Sigma P} \quad (4)$$

式中:

$K'$ —按抗剪断强度计算的抗滑稳定安全系数;

$f'$ —坝体混凝土与坝基接触面的抗剪断摩擦系数, 0.70;

$c'$ —坝体混凝土与坝基接触面的抗剪断凝聚力, 300 kPa;

$A$ —坝基接触面截面积, m<sup>2</sup>;

$W$ —作用于坝体上全部荷载(包括扬压力, 下同)对滑动平面的法向分力, kN;

$P$ —作用在坝体上全部荷载对滑动平面的切向分力, kN。

计算结果表明堰体沿堰基面抗滑稳定满足要求。

堰基为弱风化片麻岩层, 不存在软弱结构面, 故不需核算深层抗滑稳定。

### 4 堰基应力计算

根据《混凝土重力坝设计规范》<sup>[5]</sup>SL319-2005 第 6.3.2 条规定: 在各种荷载组合下(地震荷载除外), 坝踵垂直应力不应出现拉应力, 坝趾垂直应力应小于堰基容许压应力<sup>[6]</sup>。堰体最大压应力, 不应大于混凝土的允许压应力, 混凝土的允许应力按混凝土的极限强度除以相应的安全系数确定, 堰体混凝土的抗压安全系数, 基本组合不应小于 4.0, 特殊组合(不含地震情况)不应小于 3.5。

堰基应力计算采用材料力学方法, 堰基截面的垂直应力按式(5)计算, 计算结果见表4。

$$\sigma_y = \frac{\Sigma W}{A} \pm \frac{\Sigma Mx}{J} \quad (5)$$

式中:

$\sigma_y$ —坝踵、坝趾垂直应力, kPa;

表4 堰基截面垂直应力计算结果

工况	非溢流坝段垂直应力 (MPa)		溢流坝段垂直应力 (MPa)		堰基承载力 (MPa)	混凝土允许压应力 (MPa)
	坝趾	坝踵	坝趾	坝踵		
正常蓄水位	0.068	0.161	0.095	0.055	0.8	4.375
设计洪水位	0.109	0.091	0.116	0.006	0.8	4.375
校核洪水位	0.12	0.074	0.123	0.003	0.8	5
正常蓄水位+地震	0.077	0.17	0.102	0.048	0.8	5

(下转第 31 页)

（上接第27页）

$\Sigma W$ —作用于单位长度坝段上全部荷载在坝基截面上法向力的总和, kN;

$\Sigma M$ —作用于单位长度坝段上全部荷载对坝基截面形心轴的力矩总和, kN·m;

$A$ —坝基截面积, m<sup>2</sup>;

$x$ —坝基截面上计算点到形心轴的距离, m;

$J$ —坝基截面对形心轴的惯性矩, m<sup>4</sup>。

表4计算结果表明, 堰基面的垂直应力以及最大压应力均满足要求。

## 5 结论

本案例混凝土挡水堰工程已实施, 其拦截的蓄水量满足了周边樱桃园的灌溉需要, 取得了一定的经济效益。本文介绍了洪水调节计算, 确定挡水堰防洪特征水位, 通过各种工况下挡水堰的抗

滑稳定计算和堰基应力计算, 提供结构安全方面的计算依据, 为相类似的工程提供设计思路和借鉴。

### 参考文献:

- [1] SL 191—2008, 水工混凝土结构设计规范[S].
- [2] 李晶, 贾金生, 等. 关于混凝土重力坝断面设计的探讨[J]. 水利水电技术, 2013(7): 34-38.
- [3] SL253-2000, 溢洪道设计规范[S].
- [4] 张宝香, 丁守业, 杨刚. 提高重力坝深层抗滑稳定可靠度的措施[J]. 水利规划与设计, 2014(6): 83-85.
- [5] SL319-2005, 混凝土重力坝设计规范[S].
- [6] 杨清平, 李俊杰. 重力坝坝踵应力控制标准的研究[J]. 东北水利水电, 2011(11): 41-43.

(责任编辑: 王宏伟)