

浅谈大茶园水库溢洪道除险加固设计

张敏

咸宁市防汛抗旱服务中心

摘要:大茶园水库位于湖北省通山县黄沙铺镇高槎坪村,大坝拦截富水河支流。大茶园水库总库容77.72万 m^3 ,属小(二)型水库。水库防洪标准为V等,主要建筑物为5级。该水库于1971年9月动工,1973年6月完工,一座以防洪为主,兼有灌溉、养殖等综合效益的小(2)型水库。溢洪道未建,泄洪冲刷乡村公路、坝脚和民房,存在安全隐患。

关键词:溢洪道;交通桥;消能

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.14.079

一、工程现状及险情

(一) 工程现状

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》(SL252—2017)的规定,水库工程等别为V等,主要建筑物级别为5级。设计洪水标准为20年一遇,相应下泄流量33.60 m^3/s ;校核洪水标准为200年一遇,相应下泄流量48.20 m^3/s 。水库正常水位322.50m,死水位305.50m。

溢洪道位于大坝右侧,为开敞式宽顶堰型溢洪道,底部进口高程为322.50m,控制段宽9.5m。

(二) 工程险情

主要险情和存在的问题:溢洪道未建,泄洪冲刷乡村公路、坝脚和民房,存在安全隐患。由于工程存在诸多险情,影响水库正常蓄水,水库效益未能充分发挥。

综合上述,对水库溢洪道进行除险加固是非常必要的,同时也是迫切的。

二、水文

(一) 洪水复核标准

根据《水利水枢纽划分及洪水标准》(SL252—2017)规定,大茶园水库属一般小(2)型水库,大坝及主要水工建筑物为V等5级,次要建筑物为5级,大坝为心墙坝,其最大坝高为25.00m>15m,故大坝及主要建筑物防洪按山区、丘陵标准复核,即按20年一遇洪水标准设计,200年一遇洪水标准校核。溢洪道消能防冲设计洪水标准为10年一遇。

(二) 洪水调洪演算结果

调洪演算结果表明,本次大茶园水库防洪复核设计洪水位为324.23m,相应下泄洪流量为33.6 m^3/s ;校核洪水位为324.70m,相应下泄洪流量48.2 m^3/s ,相应水库总库容78.52万 m^3 。

三、工程地质条件

溢洪道位于大坝右侧,为开敞式宽顶堰型溢洪道,底部进口高程为322.50m,控制段宽9.5m,溢洪道未建、无消能防冲设施,溢洪道泄洪有直冲乡村公路、下游坝脚及民房安全隐患。

地质调查表明,溢洪道底板以及边坡基岩裸露,出

露震旦系上统灯影组灰色厚层白云岩,呈弱风化状,根据有关工程经验,类比提出弱风化白云岩的抗剪强度: $c'=0.55\text{MPa}$ 、 $f'=0.80$,允许承载力为1.5MPa。溢洪道进口段、控制段、缓坡段底板浇筑混凝土边墙护砌,工程地质条件良好。

溢洪道桩号K0+042.7处新建一座交通桥,建议交通桥以震旦系上统灯影组弱风化白云岩作为基础,弱风化白云岩的允许承载力为1.5MPa,混凝土与基底的摩擦系数为0.6。基础承载力较高,工程地质条件良好。

2011年除险加固时,溢洪道进口段、控制段、陡坡段上段底板浇筑混凝土边墙护砌,工程地质条件良好。

四、溢洪道计算复核

(一) 水面线计算

1) 泄槽段起始端水深:

泄槽水面线按能量方程计算求得,泄槽段起始端临界水深为控制段末端水深,根据调洪计算,在设计、校核和消能标准工况下的临界水深分别:

设计工况临界水深: $h_{\text{设}}=1.08\text{m}$

校核工况临界水深: $h_{\text{核}}=1.38\text{m}$

消能工况临界水深: $h_{\text{消}}=0.94\text{m}$

计算成果见表5-9。

10年一遇消能洪水位时水面线计算成果表

距离(m)	断面水深(m)	流速(m/s)	掺气后水深(m)
0+008.8	1.50	1.895	1.53
0+018.8	1.07	2.656	1.10
0+042.7	0.71	4.003	0.74

(二) 边墙稳定计算

0+008.8~0+039.7桩之间溢洪道边墙除控制段9.50m和跨溢洪道边墙为C20砼墙。边墙高度均根据前面溢洪道水面线计算成果、并考虑挡土要求确定。

计算工况

计算工况只计算基本工况溢洪道无水的情况下挡土墙在填土压力的作用下的稳定性。

荷载

砼挡土墙自重:容重按24 KN/m^3

浆砌石挡土墙自重:容重按22 KN/m^3

填土压力:溢洪道边墙后填土均为强风化代料土,容重取19.0 KN/m^3 ,内摩擦角25.5°,粘聚力为0。

计算公式

$$E_A = \frac{1}{2} \gamma H^2 \tan^2(45^\circ - \frac{\phi}{2})$$

式中

E_A —土压力(KN) γ —填土容重(KN/m^3)

H—填土高度(m) ϕ —内摩擦角, $\phi=25.5^\circ$

抗滑稳定计算
计算公式:

$$K_c = \frac{f \cdot \Sigma W}{\Sigma P}$$

式中

K_c —抗滑稳定安全系数, $K_c \geq 1.30$

f —摩擦系数, 岩基 $f=0.45$

ΣW —垂直荷载总和 (KN)

ΣP —水平荷载总和 (KN)

抗倾覆稳定

$$K_0 = \frac{\Sigma M_y}{\Sigma M_0}$$

式中:

K_0 —抗倾覆稳定安全系数, $K_0 \geq 1.5$

ΣM_y —作用于墙身各力对墙前止的稳定力矩 (KN·m)

m)

ΣM_0 —作用于墙身各力对墙前止的倾覆力矩 (KN·m)

m)

从表可知, 溢洪道各段边墙结构稳定均满足规范要求, 各边墙断面尺寸选择合理。

各段边墙抗滑、抗倾覆稳定计算成果表

段别	墙高 (m)	墙顶宽 (m)	墙底宽 (m)	填土 (m)	K_c	K_0
进口段	2.80	0.4	9.5	2.5	1.42	1.89
控制段	2.55	0.4	9.5	2.5	1.36	1.65
缓坡段	2.55	0.4	9.5	2.1	1.38	1.77

五、溢洪道设计

(一) 水力学复核成果

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》, 溢洪道为5级建筑物, 消能防冲的洪水标准为10年一遇。各段洪水标准下泄洪能力满足要求。

根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》, 溢洪道为5级建筑物, 消能防冲的洪水标准为10年一遇。

拟加固溢洪道为宽顶堰, 矩形断面, 控制段宽度9.5m。

宽顶堰过流能力计算

$$Q = \sigma_c m B \sqrt{2gH}^{3/2}$$

式中:

σ_c —侧收缩系数, 综合考虑取 $\sigma_c = 0.96$

m —宽顶堰泄流系数, $m = 0.36$;

B —宽顶堰控制段宽度, $B = 9.5\text{m}$;

H —堰前水头。

1、泄槽水面线计算

1) 泄槽段起始端水深:

泄槽水面线按能量方程计算求得, 泄槽段起始端临界水深为控制段末端水深, 根据调洪计算, 在设计、校核和消能标准工况下的临界水深分别:

设计工况临界水深: $h_{设} = 1.08\text{m}$

校核工况临界水深: $h_{核} = 1.38\text{m}$

消能工况临界水深: $h_{消} = 0.94\text{m}$

2) 泄槽水面线根据能量方程计算求得, 计算公式如下:

$$\bar{J} = n^2 \bar{V}^2 / \bar{R}^{4/3}$$

式中 Δl_{1-2} ——分段长度, m;

h_1 、 h_2 ——分段始末断面水深, m;

v_1 、 v_2 ——分段始末断面平均流速, m/s;

α_1 、 α_2 ——流速分布不均匀系数, 取1.05;

θ ——泄槽底坡角度, ($^\circ$);

i ——泄槽底坡, $i = \text{tg } \theta$;

\bar{J} ——分段内平均摩阻坡降;

n ——泄槽槽身糙率系数; n 取0.015;

\bar{v} ——分段平均流速, $\bar{v} = (v_1 + v_2) / 2$, m/s;

\bar{R} ——分段平均水力半径, $\bar{R} = (R_1 + R_2) / 2$, m。

计算成果见表。

10年一遇消能洪水时水面线计算成果表

距离 (m)	断面水深 (m)	流速 (m/s)	掺气后水深 (m)
0+008.8	1.50	1.895	1.53
0+018.8	1.07	2.656	1.10
0+039.7	0.81	3.508	0.84
0+080.0	0.54	5.263	0.58

2、计算消力池池深。

计算消力池出口水面落差 ΔZ 公式:

$$\Delta Z = \left(\alpha * (q^2) \right) / \left(2 * g * (\phi^2) * (ht^2) \right) - \left(\alpha * (q^2) \right) / \left(2 * g * (\sigma_0^2) * (hc'^2) \right)$$

计算消力池深度 d 公式:

$$d = \sigma_0 * hc' - ht - \Delta Z$$

其中: σ_0 水跃淹没系数 (又称为安全系数)。

消力池深度为: 2.70m, 加上安全超高0.3m, 消力池深度取3.0m。

3、计算池长。

自由水跃跃长 L_j 计算公式:

$$L_j = 6.9 * (hc' - hc)$$

系数6.9可以根据需要更改。

消力池池长计算公式:

$$L = L_s + \beta * L_j$$

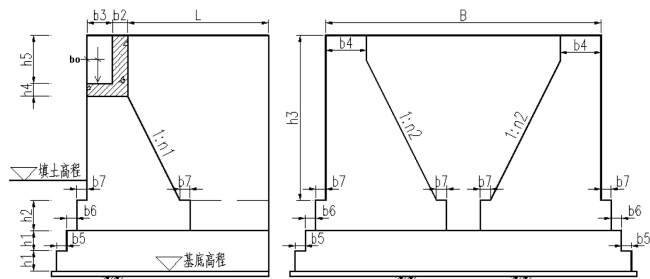
其中: β 水跃长度校正系数。

计算得消能工长度为: 11.83 (m)。

综上所述, 一级消力池设计深度为3.0m, 设计长度为12m。

(二) 交通桥复核成果

①示意图:



②基本资料:

1. 依据规范及参考书目:

《公路桥涵设计通用规范》(JTGD60-2015)

《公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范》(JTGD62-2004)

《公路桥涵地基与基础设计规范》, 以下简称《基规》(JTGD63-2007)

2. 几何尺寸参数:

边墩纵向长度 $L=2000\text{mm}$, 边墩横向宽度 $B=3880\text{mm}$

基础厚度 $h_1=400\text{mm}$, 桥台边距 $b_6=200\text{mm}$

挡墙趾高 $h_2=500\text{mm}$, 挡墙趾宽 $b_7=200\text{mm}$

前墙高度 $h_3=1000\text{mm}$, 前墙顶宽 $b_2+b_3=600\text{mm}$

前墙墙背竖直段高 $h_4+h_5=600\text{mm}$, 前墙墙背斜段坡比 $1:0.35$

前趾端部高度 $H_2=500.00\text{m}$, 前趾根部高度 $H_4=300.00\text{m}$

侧墙顶宽 $b_4=800\text{mm}$

侧墙墙背竖直段高 $h_6=500\text{mm}$, 侧墙墙背斜段坡比 $1:0.35$

台帽高度 $h_5=300\text{mm}$, 台帽宽度 $b_3=300\text{mm}$

③基础荷载计算:

地基承载力应符合《基规》式4.2.2-2的规定, 即:

$$p_{\max} = N/A + M/W \leq \gamma_R \times [fa]$$

式中: p_{\max} —基底最大应力, kN/m^2 ;

W —基础底面偏心方向面积抵抗矩, m^3 ;

γ_R —地基抗力系数, 取1.0。

洪水时地基承载力验算:

$$\text{基底最大压应力 } p_{\max} = N/A + M/W$$

$$= 810.55/11.23 + 148.07/4.49 = 105.12 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{基底最小压应力 } p_{\min} = N/A - M/W$$

$$= 810.55/11.23 - 148.07/4.49 = 39.21 \text{ kN/m}^2$$

$$p_{\max} = 105.12 \leq \gamma_R \times [fa] = 1.0 \times 150.00 \text{ kN/m}^2$$

故洪水时地基承载力满足要求!

④基础偏心距验算:

偏心距应符合《基规》式4.2.5-1的规定, 即:

$$e_0 = M/N \leq [e_0]$$

由《基规》表4.2.5查得, 基底的合力偏心距容许值 $[e_0] \leq 0.75 \rho$

上式中 ρ 值按《基规》式4.2.5-2计算:

$$\rho = e_0 / (1 - p_{\min} \times A/N)$$

1. 洪水时基础偏心距验算:

$$e_0 = M/N = 148.07/810.55 = 0.183\text{m}$$

$$\rho = e_0 / (1 - p_{\min} \times A/N)$$

$$= 0.183 / (1 - 39.21 \times 11.23/810.55) = 0.400\text{m}$$

$$e_0 = 0.183 \leq 0.75 \rho = 0.75 \times 0.400 = 0.300\text{m}$$

故洪水时基础偏心距验算满足要求!

2. 最低水位时基础偏心距验算:

$$e_0 = M/N = 147.78/856.64 = 0.173\text{m}$$

$$\rho = e_0 / (1 - p_{\min} \times A/N)$$

$$= 0.173 / (1 - 43.37 \times 11.23/856.64) = 0.400\text{m}$$

$$e_0 = 0.173 \leq 0.75 \rho = 0.75 \times 0.400 = 0.300\text{m}$$

故最低水位时基础偏心距验算满足要求!

⑤基础抗滑稳定性验算:

基础的抗滑动稳定性系数 k_c 按《基规》式4.4.2计算:

$$k_c = (\mu \times \sum P_i + \sum H_{ip}) / \sum H_{ia}$$

式中: $\sum P_i$ —竖向力总和, kN ;

$\sum H_{ip}$ —抗滑稳定水平力总和, kN ;

$\sum H_{ia}$ —滑动水平力总和, kN 。

由《基规》表4.4.3查得, 抗滑稳定性系数不应小于1.2

1. 洪水时抗滑稳定性验算:

$$k_c = (0.30 \times 810.55 + 0.0) / 58.36 = 4.17$$

$$k_c = 4.17 \geq 1.2$$

故洪水时抗滑稳定验算满足要求!

2. 最低水位时抗滑稳定性验算:

$$k_c = (0.30 \times 856.64 + 0.0) / 62.05 = 4.14$$

$$k_c = 4.14 \geq 1.2$$

故最低水位时抗滑稳定验算满足要求!

⑥基础抗倾覆稳定性验算:

基础的抗滑动稳定性系数 k_0 按《基规》式4.4.1-1、

4.4.1-2计算:

$$k_0 = s/e_0$$

$$e_0 = (\sum P_i e_i + \sum H_i h_i) / \sum P_i$$

式中: s —截面重心至验算倾覆轴的距离, m ;

e_0 —所有外力的合力对基底重心轴的偏心距, m ;

由《基规》表4.4.3查得, 抗倾覆稳定性系数不应小于1.3

1. 洪水时抗倾覆稳定性验算:

$$k_0 = B/2/e_0 = 2.40/2/0.183 = 6.57$$

$$k_0 = 6.57 \geq 1.3$$

故洪水时抗倾覆稳定验算满足要求!

2. 最低水位时抗倾覆稳定性验算:

$$k_0 = B/2/e_0 = 2.40/2/0.173 = 6.96$$

$$k_0 = 6.96 \geq 1.3$$

故最低水位时抗倾覆稳定验算满足要求!

参考文献

[1] 江秀兰. 水库溢洪道除险加固设计探究[J]. 黑龙江水利科技, 2017, 45(12): 82-83, 118.

[2] 肖昌虎, 黄建和, 周琴. 对《水利水电工程等级划分及洪水标准》修订的认识[J]. 人民长江, 2018, 49(10): 1-5.

[3] 李金灿. 水工建筑物抗震设计规范[J]. 建筑技术与设计, 2017(32): 594-594.

[4] 苏加林, 陈立秋, 金萍. 《水工建筑物荷载设计规范》编制简析[J]. 水利技术监督, 2018(6): 1-3.

作者简介: 张敏(1988-), 女, 湖北咸宁人, 籍贯四川营山, 大学本科, 就职于咸宁市防汛抗旱服务中心, 主要从事水工结构、地质勘察工作。