

Discussion on the Discharge of Flood Canal Water Hydraulic Calculation Book

Shuixiu Yin¹ Weilai He² Jingquan Chen²

1.Hubei Runye Engineering Survey and Design Co., Ltd., Huangshi, Hubei, 435000, China

2.Hubei Jiangchuan Water Conservancy and Hydropower Engineering Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

Abstract

The calculation formula of the spillway design specification is used for the flood drop calculation to meet the requirements of the specification. This paper introduces the energy dissipation calculation process of the stepped stilling pool, and determines the applicable range of the step height, the research can provide reference and reference for similar engineering design calculations in the future.

Keywords

flood drainage channel; step type steep slope; jump after the water depth

关于排洪渠跌水水力计算书

尹水秀¹ 何未来² 陈敬权²

1. 湖北润业工程勘察设计有限公司, 中国·湖北 黄石 435000

2. 湖北江川水利水电工程有限责任公司, 中国·湖北 武汉 430000

摘要

排洪渠的跌水计算选用溢洪道设计规范里的计算公式, 满足规范要求。论文介绍了台阶式消力池的消能计算过程, 确定了台阶高度的适用范围, 通过研究可为今后类似工程设计计算提供参考和借鉴。

关键词

排洪渠; 台阶式陡坡; 跃后水深

1 引言

排洪渠道百年一遇设计洪峰流量为 43.0m³/s, 初步拟定排洪渠的渠道宽 2.5m, 高 2.7m。拟定排洪渠第一段纵坡坡比为 1 : 50, 长 10.8m; 第二段纵坡坡比 1 : 2.8, 长 135.1m; 第三段纵坡坡比 1 : 4, 长 12m, 该段拟定为一级消力池段; 第四段纵坡坡比约 1 : 2.9, 长 33.1m; 第五段纵坡坡比约 1 : 2.9, 长 33.1m。

2 计算过程

2.1 起始段计算

根据初步拟定排洪渠的渠道宽 2.5m, 高 2.7m, 第 1 段纵坡坡比约为 1 : 50, 长 10.8m, 该段为明渠。

按照明渠均匀流复核过流能力, 计算公式为:

$$Q=AC \cdot \sqrt{Ri}$$

式中: Q——渠道的过水流量 (m³/s), 现状为 43m³/s;

A——渠道的过水断面面积 (m²);

C——谢才系数;

R——水力半径 (m);

i——渠道底纵坡。

该段底高程为 692.90-692.70m, 长 10.8m, 初步核定为 1 : 54。

计算水深为 2.023m, 根据《水利水电工程等级划分及洪水标准》可知该排洪渠建筑物等级为 4 级, 不允许越岸安全加高为 0.6m, 边墙高度为 2.623m, 设定为 2.7m, 满足要求。

2.2 第二段计算

2.2.1 边墙高度计算

第 2 段纵坡坡比约 1 : 2.8, 长 135.1m, 高差约 48.7m (首端底高程为 692.7m, 尾端为 644m)。坡比陡, 流速大, 结合实际情况, 采用台阶式护砌陡坡, 台阶状陡坡容易施工, 可以有效减少陡坡下游的消力池长度 (如图 1 所示)。

【作者简介】尹水秀 (1983-), 女, 中国湖北阳新人, 本科, 工程师, 从事水利水电工程设计研究。



图1 台阶式跌坎示意图

明渠工程台阶高度为0.3~1.2m是非常适宜的，本次台阶高度选定为1.0m。

$$\frac{h_c}{d} = 0.91 - 0.14 \operatorname{tg} \theta$$

$$\frac{h_w}{h_c} = 0.215 (\sin \theta)^{-1/3}$$

$$\frac{h_a}{d} = 0.5 Fr_*^{(0.1 \operatorname{tg} \theta + 0.5)}$$

$$Fr_* = q / (g \sin \theta d^3)^{1/2}$$

式中：d——台阶高度，1m；
 θ——陡坡坡度；
 h_c——跌落流过渡到推移流的临界水深；
 h_a——掺气水深，m；
 h_w——清水水深，m；
 q——单宽流量，17.2m³/(s·m)；
 g——重力加速度，9.8m/s²。

通过计算可知掺气水深为1.665m，不允许越岸安全加高为0.6m，边墙高度为2.265m，其中台阶高1.0m，故首段边墙高约3.3m，尾端高2.3m。

2.2.2 消能效果计算

台阶式陡坡，有一定消能作用，跌落核算如下：

$$Dr = q / (\sqrt{gd}P)$$

式中：Dr——跌落系数；
 P——陡坡高度，48.7m。

经过计算跌落系数为0.113，根据流速系数试验关系图，可知流速系数为0.756。

$$v_c = \phi \sqrt{2gH_c}$$

$$h_c = q / v_c$$

式中：H_c——陡坡上游总水头与下游收缩水面高差，初步定为48.7m；

φ——流速系数，0.756；

V_c——坡脚处收缩断面流速；

h_c——收缩断面水深。

各断面水深及流速计算成果如表1所示。

表1 收缩断面水深及流速拟算表

计算次数	断面流速 (m ³ /s)	断面水深 (m)
1	23.37	0.74
2	2.87	5.99
3	8.19	2.10
4	4.85	3.54
5	6.31	2.73
6	5.53	3.11
7	5.91	2.91
8	5.72	3.01
9	5.81	2.96
10	8.07	2.13
11	9.52	1.81
12	10.33	1.66
13	10.76	1.60
14	10.99	1.57
15	11.10	1.55
16	11.16	1.54
17	11.19	1.54
18	11.20	1.54

可知尾端收缩断面水深为1.54m，断面流速为11.20m/s³。

2.3 第三段消能计算

第三段纵坡坡比约1:4，长12m，该段拟定为一级消力池段。

排洪渠消力池采用底流消能方式（如图2所示）。

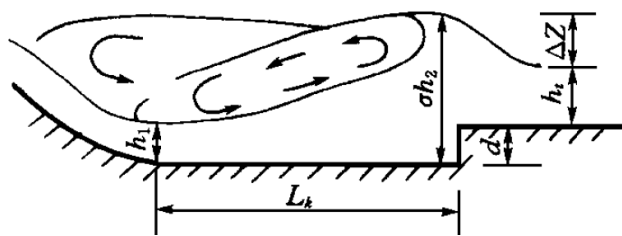


图2 底流消能示意图

自由水跃共轭水深 h₂ 可按下列公式计算：

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$$

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}}$$

式中：Fr₁——收缩断面弗劳德数；

h₁——收缩断面水深，m；

v₁——收缩断面流速，m/s。

池长、池深可按《溢洪道设计规范》附录A.5.3中公式计算：

$$d = \sigma h_2 - h_t - \Delta Z$$

$$\Delta Z = \frac{Q^2}{2gb^2} \left(\frac{1}{\phi^2 h_c^2} - \frac{1}{\sigma^2 h_2^2} \right)$$

$$L_k = 0.8L$$

式中, d ——池深, m;

σ ——水跃淹没度, 可取 $\sigma=1.05$;

h_2 ——池中发生临界水跃时的跃后水深, m;

h_1 ——消力池出口下游水深, m;

ΔZ ——消力池尾部出口水面跌落, m;

Q ——流量, m^3/s ;

B ——消力池宽度, m;

ϕ ——消力池出口段流速系数, 可取 0.95;

L ——自由水跃的长度, m。

消能计算成果如表 2 所示。

3 结语

台阶式消力池在水利工程中经常遇到, 特别是一些大山里的水库溢洪道出口处, 往往都是跌坎式的, 水库除险加固设计中经常面临的问题, 对溢洪道出口台阶式消力池措施的研究, 具有较大的现实意义, 可为今后的类似工程设计提供参考和借鉴。

表 2 消能计算成果表

编号	名称	代号	计算公式	单位	数量
一	等宽矩形断面消力池水平护坦				
1	收缩断面水深	h_1	为泄槽末端水深	m	1.540
2	设计流量	Q	为调洪泄流量	m^3/s	43.00
3	消力池进出口宽	B		m	2.50
4	收缩断面单宽流量	q_1	Q/B	$m^3/(s \cdot m)$	17.20
5	收缩断面流速	v_1	q_1/h_1	m/s	11.17
6	重量加速度	g		m/s^2	9.81
7	弗劳得数	Fr_1	$v_1/(g \cdot h_1)^{0.5}$		2.87
8	自由水跃共轭水深	h_2	$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right)$	m	5.54
9	水跃长度	L	$6.9 (h_2 - h_1)$	m	采用等宽矩形断面下挖消力池
二	等宽矩形断面下挖消力池				
1	水流动能校正系数	α			1.05
2	水跃淹没度	σ			1.05
3	消力池出口段流速系数	ϕ			0.95
4	消力池尾部出口水面跌落	ΔZ	$\Delta Z = \frac{Q^2}{2gb^2} \left(\frac{1}{\phi^2 h_1^3} - \frac{1}{\sigma^2 h_2^3} \right)$	m	1.22
5	消力池出口下游水深	h_t	$h_k = \sqrt[3]{\frac{aq^2}{g}}$	m	3.16
6	消力池深度	d	$\sigma h_2 - h_t - \Delta Z$	m	1.43
7	水跃长度	L	$6.9 (h_2 - h_1)$	m	27.57
8	消力池长度	L_k	$0.8L$	m	22.05
9	跃后流速	v_2			5.44

参考文献

- [1] SL252—2017 水利水电工程等级划分及洪水标准[S].
 [2] SL252-2018 溢洪道设计规范[S].

- [3] 田嘉宁. 台阶式溢洪道的消能问题[J]. 西安理工大学学报, 2002 (8):12-13.
 [4] 刘韩生. 跌水与陡坡[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2004.