

综合技术

浅谈某尾矿库排洪能力的复核计算

Discussion on re-check calculation of flood discharge capacity of a tailings pond

郭中岳(中国恩菲工程技术有限公司,北京 100038)

摘要:结合当地水文手册对某尾矿库进行洪水计算,并通过水量平衡法对该尾矿库进行了调洪验算,根据计算结果认为该尾矿库排洪能力满足规范要求,为类似工程排洪能力复核计算提供了参考。

关键词:尾矿库;洪水计算;调洪演算;排洪能力

中图分类号: TD926.4 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-609X(2021)03-0052-05

Abstract: Based on the local hydrological manual, the flood calculation of a tailings pond is carried out, and the flood-regulating routing of the tailings pond is done by the water balance method. According to the calculation results, it is considered that the flood discharge capacity of the tailings pond meets the requirements of the code, which provides a reference for the recheck calculation of the flood discharge capacity of similar projects.

Key words: tailings pond; flood calculation; flood-regulating routing; flood discharge capacity

1 前言

某尾矿库所属企业(以下简称“企业”)位于河北省秦皇岛市青龙满族自治县,距离青龙县城30 km。企业选矿厂原矿处理规模为5万t/a,矿石类型主要为磁铁石英岩,选矿工艺为磨矿磁选工艺,企业目前处于停产状态中。尾矿库位于企业选矿厂附近的石门沟内,因设计年代较早,采用的防洪标准已不满足现行规范要求,为了确保尾矿库能安全度过汛期,需要对其进行排洪能力复核。本文运用水量平衡法对尾矿库进行排洪能力复核,验证其现在的排洪能力是否满足规范要求。

2 尾矿库区域自然气象和现状

2.1 区域自然气象

尾矿库所属区域属暖温带半干旱大陆性山地气候,四季分明,夏季多东南风,炎热多雨;冬季多西北风,干燥寒冷。本区极端最高气温为39.0℃,极端最低气温为-24.5℃,夏季最热月平均气温为

29.9℃、平均相对湿度为80%,冬季最冷月平均气温为-13.0℃、平均相对湿度为51%。每年雨季在5—10月,降雨多集中在六月、七月、八月和九月,日最大降雨量为365.4 mm,1 h最大降雨量为59.8 mm,多年平均暴雨量为115 mm/d。无霜期约175天。冬季最大积雪厚度为35 cm,最大冻结深度约1 m。本区冬季主导风向为西北风,夏季为东南风,最大风速为16.7 m/s。

2.2 尾矿库现状

尾矿库位于南北走向沟谷内,库区回水面积为0.152 km²。尾矿库坝顶标高为298.0 m,坝高为29.0 m,总库容约为12.18万m³,按相关规范,尾矿库现状为五等库^[1]。尾矿库平面结构如图1所示。

(1)初期坝为透水堆石坝,坝顶标高为285.0 m,下游坝脚标高为268.0 m,坝高为17.0 m,顶宽约8.0 m,下游坡坡比约为1:2.0。

(2)堆积坝采取上游式筑坝法,采用人工配合装载机分级筑坝,尾矿库有5级子坝,各级堆积子坝高度不同,下游坡坡度不完全一致,堆积坝顶平均标高为298.0 m,滩顶标高为297.0 m,总坝高为12 m,整体外坡比为1:3.0。目前尾矿库处于停产状态,汛期不进行放矿,不堆筑子坝。库内水面标高为294.5 m,干滩长度约160.0 m,沉积滩平均坡度约1.8%。

[作者简介] 郭中岳(1984-),男,湖南郴州人,大学本科,工程师,主要从事尾矿设计工作。

[引用格式] 郭中岳. 浅谈某尾矿库排洪能力的复核计算[J]. 中国矿山工程, 2021, 50(3): 52-56.

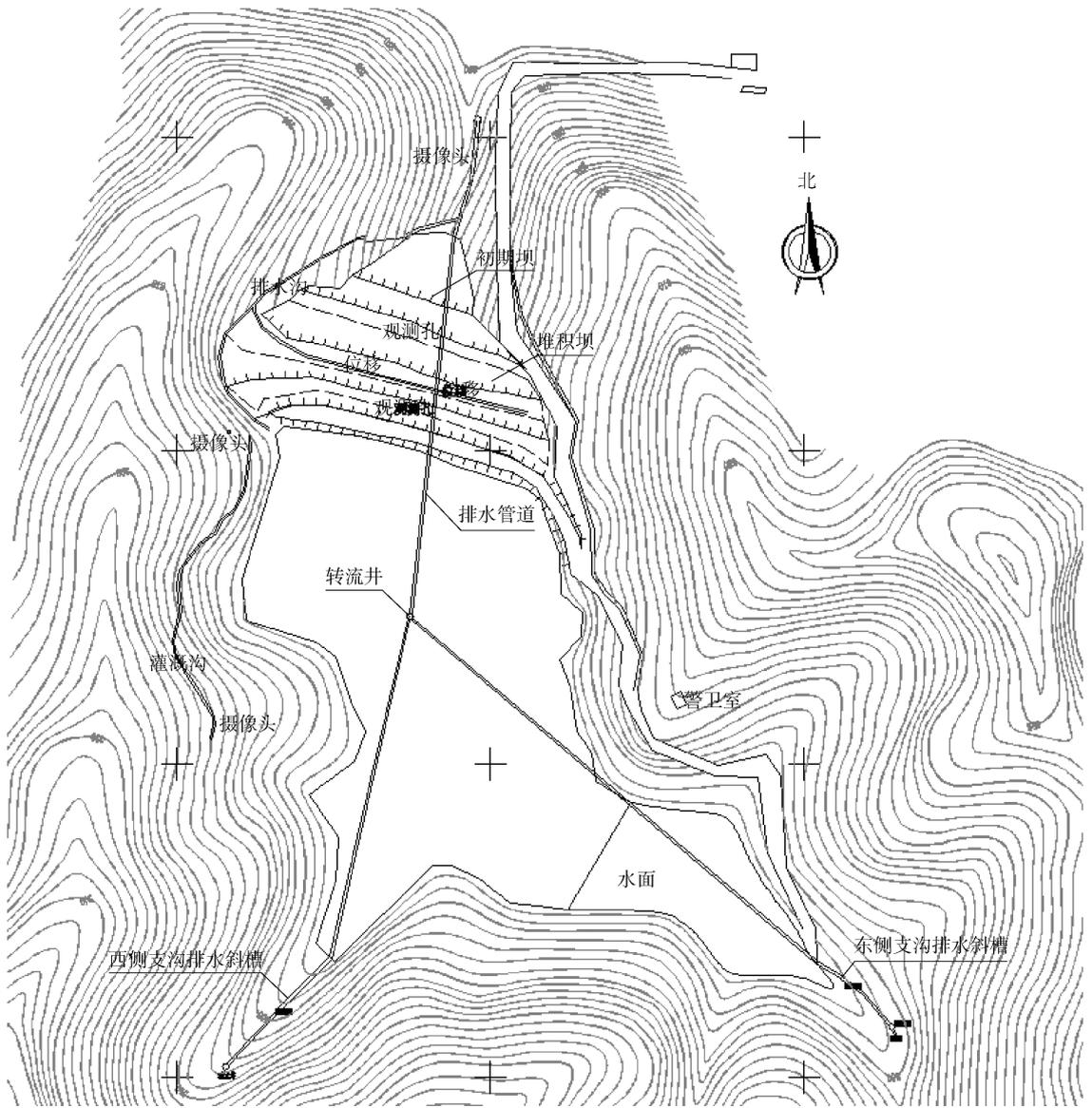


图1 尾矿库平面结构

(3)尾矿库排水系统采用排水斜槽-排水管涵方式,排水管涵沿主沟布设,通过转流井与东、西侧支沟排水斜槽连接。排水管涵为城门洞型,底宽为0.9 m,高为1.65 m;东、西侧支沟斜槽均为矩形,底宽分别为0.9 m、0.8 m,高分别为1.2 m、1.0 m支沟斜槽与主沟斜槽采用转流井连接,转流井直径为2.0 m。排水系统均采用C20 现浇钢筋混凝土结构。

3 洪水计算

尾矿库现状为五等库,按相关设计规范的规定,其防洪标准按100年一遇^[2]。洪水计算依据当地水文手册提供的计算方法进行^[3]。

(1)通过下述公式计算设计频率最大24 h降水

量为

$$H_{24P} = \bar{H}_{24} K_p \quad (1)$$

式中: H_{24P} ——设计频率最大24 h降水量,mm;

\bar{H}_{24} ——多年平均24 h降水量,mm;

K_p ——模比系数。

查《秦皇岛市水文手册》(1999年2月)得到 \bar{H}_{24} 。由24 h暴雨变差系数 C_V 和 $C_S/C_V = 3.5$,查皮尔逊Ⅲ型曲线表得到 K_p 。

(2)通过单因子公式计算设计洪峰流量为

$$Q_{m,p} = \frac{C_p F}{(F+2)^{0.4}} \quad (2)$$

式中: $Q_{m,p}$ ——某一频率的设计洪峰流量, $m^3 \cdot s^{-1}$;

C_p ——某一频率的洪峰模系数;

F ——设计流域面积, km^2 。

其中, $C_p = K_p \bar{C}_p$ 。 \bar{C}_p 为多年平均洪峰流量模系数, 查《秦皇岛市水文手册》(1999年2月) 得出。由洪峰流量变差系数 C_v 和 $C_s/C_v = 2.5$, 查皮尔逊III型曲线表得到 K_p 值。

(3) 通过以下公式求得设计洪水总量

$$W = 0.1RF \tag{3}$$

式中: W ——设计洪水总量, 万 m^3 ;

R ——洪水径流深, mm ;

F ——设计流域面积, km^2 。

依据某一频率的年最大24h降雨量 H_{24P} 在《秦皇岛市水文手册》(1999年2月) 查本市各分区的降雨径流关系表, 可直接得到洪水径流深 R 。

(4) 洪水过程线的形状概化为三角形, 利用如

下经验公式计算涨水历时为

$$T_g = 1.03 \cdot \left(\frac{F}{J}\right)^{0.11} \cdot \frac{W}{Q_{m,p}} \tag{4}$$

式中: T_g ——涨水历时, h ;

F ——流域面积, km^2 ;

J ——河道比降, $\%$;

W ——洪水总量, 万 m^3 ;

$Q_{m,p}$ ——洪峰流量, $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 。

洪水总历时 T 为

$$T = 5.56 \frac{W}{Q_{m,p}} \tag{5}$$

计算数据及参数见表1, 利用上述公式计算得到设计频率24h最大暴雨量、洪峰流量 Q_{24P} 、洪水总量 W_{24P} 、涨水历时 T_g 及洪水总历时 T 的结果见表2。

表1 洪水计算参数表

计算24h暴雨量参数				计算洪峰流量参数				
C_s/C_v	C_v	K_p	\bar{H}/mm	\bar{C}_p	C_s/C_v	C_v	K_p	R/mm
3.50	0.60	3.19	115.00	11.00	2.50	1.46	7.24	183.08

表2 百年一遇洪水计算结果表

滩顶标高/ m	汇水面积/ km^2	24h最大 暴雨量/ mm	洪峰流量 $Q_{m,p}/$ $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	洪水总量 $W/$ 万 m^3	涨水历时 $T_g/$ h	总历时 T/h
297.00	0.152	367.26	8.89	2.78	0.14	1.74

4 调洪演算

4.1 调洪库容计算

尾矿库等别为五等, 按《尾矿设施设计规范》(GB 50863—2013) 的规定, 最小干滩长度为40m, 最小安全超高为0.4m。现状沉积滩平均坡度约1.8%, 干滩长度约160.0m, 正常水位按现状库水位计算, 允许最高洪水位按最小干滩长度对应的库水位标高计算, 在1:2000地形图上计算调洪库容, 结果见表3。

表3 调洪库容表

滩顶标高/ m	正常水位 标高/m	允许最高洪 水位标高/m	调洪幅度/ m	调洪库容/ m^3
297.00	294.50	296.28	1.78	11 425.64

4.2 排水系统泄流能力计算

排水系统采用排水斜槽-排水涵型式, 东、西

支沟均能排水, 东、西侧支沟斜槽均为矩形。支沟斜槽与主沟排水涵采用转流井连接, 主沟沟底斜槽为城门洞型, 底宽为0.9m, 高为1.65m, 坡度约5%。当斜槽上水头较低时, 为自由泄流, 由水位以下的斜槽侧壁和斜槽盖板上缘泄流; 当水位升高斜槽入口被淹没时, 泄流量受斜槽断面控制, 成为半压力流; 当水位继续升高, 排水斜槽呈满流时, 即为压力流。不同水位时的斜槽-管式排水系统泄流能力计算方法参考尾矿设计手册推荐的方法^[4]。

1) 自由泄流

当水位未超过盖板上沿最高点时

$$Q_a = Q_2 = 0.8\sigma_n m_1 (\tan\beta + \cot\beta) \sqrt{2gH_s^{2.5}} \tag{6}$$

其中, $\beta = \tan^{-1}i$ (7)

当水位超过盖板上沿最高点时

$$Q_b = Q_1 + Q_2 \tag{8}$$

$$Q_1 = m_1 (b + 0.8H_1 \cot\beta) \sqrt{2gH_1^{1.5}} \tag{9}$$

其中, $b = b_1 + \frac{2h}{\sin\beta}$ (10)

2) 半压力流

$Q = m_2 \omega_x \sqrt{2gH_b}$ (11)

3) 压力流

$Q = \varphi \omega_c \sqrt{2gH_y}$ (12)

$$\varphi = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(0.92 + \xi_1 + 2g \frac{l}{C_x^2 R_x}\right) p_1^2 + \left(\xi_2 + \xi_3 + \sum n \xi_4 + 2g \frac{L}{C_g^2 R_g}\right) p_2^2}}$$
 (13)

$p_1 = \frac{\omega_c}{\omega_x}$ (14)

$p_2 = \frac{\omega_c}{\omega_g}$ (15)

式中: Q, Q_a, Q_b, Q_1, Q_2 ——泄流量, m^3/s ;

H_s ——自由泄流水头, 自斜槽侧壁过水部分的最低点起算, m ;

H_l ——自由泄流水头, 自盖板上缘最高点起算, m ;

H_b ——半压力流泄流水头, 为库水位与斜槽进口断面中心的标高差, m ;

H_y ——压力流泄流水头, 为库水位与排水管下游出口断面中心的标高差, 当下游淹没时, 为库水位与下游水位的标高差, m ;

g ——重力加速度, 取 $9.80 m/s^2$

b ——梯形堰的底宽, m ;

h ——平盖板的厚度或拱形盖板的外缘拱高, m ;

b_1 ——斜槽的净空宽度, m ;

β ——斜槽的倾角;

i ——斜槽的坡度;

m_1 ——堰流量系数;

m_2 ——孔口流量系数, 平盖板取 0.52, 拱形盖板取 0.55;

σ_n ——淹没系数;

φ ——压力流流速系数;

ω_x ——斜槽断面面积, m^2 ;

ω_c ——排水管出口断面面积, m^2 ;

ξ_1 ——排水斜槽末端局部水头损失系数;

ξ_2 ——排水管入口局部水头损失系数;

ξ_3 ——排水管断面变化的局部水头损失系数;

ξ_4 ——排水管转角局部水头损失系数;

R_x, R_g ——斜槽、排水管的水力半径, m ;

C_x, C_g ——斜槽、排水管的谢才系数;

l, L ——斜槽、排水管的长度, m ;

ω_g ——排水管断面面积, m^2 。

经计算, 在调洪幅度范围内, 斜槽的泄流能力见表 4。

表 4 排水系统泄流能力计算表

库水位/m	294.50	294.90	295.30	295.70	296.28
东侧支沟斜槽泄流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$	0	2.48	2.94	3.33	3.85
西侧支沟斜槽泄流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$	0	1.74	2.10	2.40	2.79
综合泄流量/ $m^3 \cdot s^{-1}$	0	4.22	5.04	5.73	6.64

4.3 调洪演算

根据来水过程线和排水构筑物的泄水量与尾矿库的蓄水量关系曲线, 通过水量平衡计算求出泄洪过程线, 从而定出泄流量和调洪库容。尾矿库内任意时段 Δt 的水量平衡方程式为

$\frac{1}{2}(Q_s + Q_z)\Delta t - \frac{1}{2}(q_s + q_z)\Delta t = V_z - V_s$ (16)

式中: Q_s, Q_z ——时段始、终尾矿库的来洪流量, m^3/s ;

Δt ——始、终时段时长, s ;

q_s, q_z ——时段始、终尾矿库的泄洪流量, m^3/s ;

V_s, V_z ——时段始、终尾矿库的蓄洪量, m^3 。

根据设计防洪标准, 按百年一遇洪水计算。取 $\Delta t = 0.01h = 36s$, 调洪演算辅助曲线计算见表 5, 调洪演算见表 6。

表 5 调洪演算辅助曲线计算表

H/m	294.5	294.9	295.3	295.7	296.28
V/m^3	0	1 269.21	4 107.2	6 942.91	11 425.64
q	0	4.22	5.04	5.73	6.64
$q\Delta t/2$	0	759.60	907.20	1 031.40	1 195.20
$V + q\Delta t/2$	0	2 028.81	5 014.40	7 974.31	12 620.84
$V - q\Delta t/2$	0	509.61	3 200.00	5 911.51	10 230.44

表6 调洪演算表

t/s	Q/ m ³ ·s ⁻¹	Q̄/ m ³ ·s ⁻¹	Q̄Δt/ m ³	V+		V-	
				$\frac{1}{2}q\Delta t/m^3$	q/ m ³ ·s ⁻¹	$\frac{1}{2}q\Delta t/m^3$	$\frac{1}{2}q\Delta t/m^3$
0.1	0	0	0	0	0	0	0
0.2	6.35	3.18	1 143	1 143	2.38	287.1	
0.3	8.56	7.45	2 683.19	2 970.3	4.48	1 358.01	
0.4	8	8.28	2 980.37	4 338.38	4.85	2 590.82	
0.5	7.45	7.72	2 780.35	5 371.17	5.12	3 526.83	
0.6	6.89	7.17	2 580.32	6 107.15	5.29	4 201.05	
0.7	5.78	6.06	2 180.27	6 815.72	5.46	4 850.15	
0.8	5.22	5.5	1 980.25	6 830.39	5.46	4 863.59	
∴	∴	∴	∴	∴	∴	∴	
1.6	0.78	1.06	380.05	1 033.54	2.15	259.61	
1.74	0.22	0.5	180.02	439.63	0.91	110.43	
1.84	0	0	0	110.43	0.23	27.74	
1.94	0	0	0	27.74	0.06	6.97	
2.04	0	0	0	6.97	0.01	1.75	
2.14	0	0	0	1.75	0	0.44	

4.4 调洪验算结果

经计算,现状尾矿库调洪演算结果见表7。

表7 调洪演算结果表

滩顶 标高/ m	正常 运行 水位/m	最高 洪水位/ m	最小 安全 超高/m	最小 干滩 长度/m	最大下 泄流量/ m ³ ·s ⁻¹	泄流 时间/h
297.0	294.5	295.55	1.45	80.56	5.46	2.14

5 结论

通过对尾矿库进行排洪能力复核计算,在现状滩顶标高 297.0 m,遭遇百年一遇洪水时,最高洪水位为 295.55 m,对应安全超高为 1.45 m,干滩长度为 80.56 m,排水斜槽在 2.14 h 后,能将入库洪水排泄出库。尾矿库排洪能力满足规范要求。

[参考文献]

- [1] 中华人民共和国住房和城乡建设部,中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局.尾矿设施设计规范:GB 50863—2013[S].北京:中国标准出版社,2013.
- [2] 《尾矿库设施设计参考资料》编写组.尾矿库设计手册[M].北京:冶金工业出版社,1980.
- [3] 周彩霞,李世男.复杂地基条件下尾矿坎的稳定性分析[J].有色冶金节能,2019,33(2):45-49.
- [4] 胡祥群,高峰.德兴铜矿五号尾矿库回水方案选择的经验探讨[J].有色设备,2020,34(6):14-18.

欢迎订阅、投稿

《中国矿山工程》

订刊电话:010-63936351

投稿网址: <http://ysks.cbpt.cnki.net>