

# 中铝华润吕梁电解铝项目赤泥堆场区 防洪工程设计研究

梁锦陶

(山西省水利水电勘测设计研究院, 山西 太原 030024)

**【摘要】** 中铝华润吕梁电解铝工程厂区位于山区,为了保证工程区建筑物的防洪安全,需采取防洪工程措施。文章主要介绍了赤泥堆场区的防洪工程布置,分别从泄洪方案比选及结构设计计算入手,选择了合理的工程布置方案,为山地厂区的防洪工程设计提供借鉴依据。

**【关键词】** 防洪工程;泄洪方案比选;结构设计计算

中图分类号: TV87

文献标志码: A

文章编号: 2096-0131(2017)03-0068-03

## Research on flood control engineering design in Chinidui Yard of Chinalco China Resources Lüliang Electrolytic Aluminium Project

LIANG Jintao

(Shanxi Taiyuan Water Conservancy and Hydropower Survey Design Institute, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** Plant area of Chinalco China Resources Lüliang electrolytic aluminium project is located in mountains. Flood control engineering measures should be adopted in order to ensure flood control safety of buildings in the project area. In the paper, flood control engineering layout of Chinidui Yard is introduced mainly. Rational engineering layout plan is selected from the aspects of flood discharge plan comparison and structure design calculation respectively. Reference basis is provided for flood control project design of plant areas in mountainous area.

**Key words:** flood control engineering; flood plan comparison; structure design and calculation

### 1 工程简介

中铝华润吕梁轻合金循环产业基地项目电解铝工程位于吕梁市兴县瓦塘镇西南约3km的龙耳会村,省道218西侧1.5km,岚漪河南侧的滩地上,距兴县县城约25km。

项目工程中的厂区、赤泥场和灰渣场三处分别位于涧子沟和刘家沟沟口,神堂沟、大石沟内。沟谷内平时均干涸无水,无地表径流,雨季为洪水排泄通道。为了保证工程区建筑物的防洪安全,需采取防洪工程措

施<sup>[1-2]</sup>。由于赤泥堆场区等级要求较高<sup>[3]</sup>,因此本文以赤泥堆场区为例,对工程的防洪措施进行了研究。

### 2 防洪工程布置

拟建赤泥堆场的神堂沟为山涧沟谷凹地,沟谷平面形态呈树枝状,支沟发育,地形起伏大,沟谷两岸为山顶位浑圆黄土梁,山脊线呈波浪式起伏,沟谷切割较深,断面多呈V字形。场地整体起伏较大,沟谷底部地面高程为849.16~948.40m,山梁顶部高程为878.96~1072.30m,场地属中低山区沟谷地貌。

中铝国际工程有限责任公司沈阳铝镁设计研究院在神堂沟内三条支沟交汇出口处设计了一座尾矿库,坝体形式为碾压土石坝,坝顶高程为 966.00m,大坝总高度为 74m,坝顶宽度为 10m,内坡的坡比为 1:2.25,外坡坡比为 1:2.25,坝体每升高 14m 设置一级 2m 宽马道,再每升高 15 m 设置一级 2m 宽马道,最终加高到 74m。在坝的外侧设计厚 30cm 干砌块石,以保护坝面。

## 2.1 方案介绍

采用泄洪隧洞配合泄洪竖井以及泄洪涵洞接出水池两种方案<sup>[4]</sup>。

### 2.1.1 泄洪隧洞方案

泄洪隧洞方案:在大坝右岸山体内修筑一条直径为 2m 的泄洪隧洞,隧洞长度为 350m,采用 C30 钢筋混凝土衬砌,衬砌厚度为 0.3m,上游与库内 3 座泄水竖井连接,1 号泄水竖井布置在库内坝底坡脚处,2 号、3 号依次随着赤泥堆高 25m,增设一座,竖井高度为 25m,泄水竖井下部通过泄水涵洞连接,涵洞采用城门洞形,宽 1.5m,高 1.8m,涵洞全长 150m。泄洪隧洞下游接出水池,出水池长度为 30m。出水池末端接下游天然河道。

### 2.1.2 泄洪涵洞方案

泄洪涵洞方案:在堆场底部修一条泄洪涵洞,考虑到汛期时洪水进入库区,在涵洞顶部不同高程修筑泄水孔,通过泄洪涵洞将洪水经出水池后顺天然河道排入下游岚漪河。

**a. 泄水孔布置。**由洪水调节计算成果可知:在运行初期,赤泥堆放至高程 902m 处,泄水孔直径为 0.7m 时,设计洪水水深约为 7.1m;在运行中、后期,赤泥堆放至高程 936m 和 964.8m,泄水孔直径为 1.5m 时,设计洪水水深分别为 0.7m 和 0.3m。布置泄水孔也分为三期:运行初期从高程 902m 处开始布置泄水孔,泄水孔高差间距为 7m,依次向上游布置;运行中后期从高程 936m 处开始布置直径 1.5m 的泄水孔,泄水孔高差间距为 0.3~0.7m,依次向上游布置;泄水孔布置末端高程为 964.8m。泄水孔下部接矩形泄洪涵洞。

**b. 泄洪涵洞及出水池布置。**泄洪涵洞沿神堂沟从上游到下游贯穿赤泥堆场沿沟底进行布置,末端位

于大坝下游坡脚处,泄洪涵洞全长为 760m,采用无压过流,埋入地下 1m,设计底坡基本采用原地面坡度。桩号 0+000~0+150 处,设计泄洪涵洞底坡为 1/2.5;桩号 0+150~0+760 处,设计泄洪涵洞底坡为 1/38。水力计算采用明渠均匀流。泄洪涵洞下游接出水池,出水池长度为 30m。出水池末端接下游天然河道。

## 2.2 泄洪方案比较

泄洪隧洞与泄洪涵洞工程投资比较见表 1。

表 1 不同泄洪方案主要工程量投资比较

项 目	单 位	泄洪涵洞方案	泄洪隧洞方案
砂砾土开挖	m <sup>3</sup>	26801	17959
石方开挖	m <sup>3</sup>		3500
砂砾土回填	m <sup>3</sup>	19385	11434
C30 混凝土	m <sup>3</sup>		1021
C30 钢筋混凝土	m <sup>3</sup>	4315	3716
钢筋制安	t	518	670
旋喷桩 φ800	m		1200
碎石垫层	m <sup>3</sup>	1607	740
C15 混凝土垫层	m <sup>3</sup>	307	141
环氧酶沥青漆	m <sup>2</sup>	16644	4070
基底夯实面积	m <sup>2</sup>	3613	1240
紫铜止水片	m	1428	846
预制 C30 钢筋混凝土盖板	m <sup>3</sup>	454	
钢材	t	77	45
总投资	万元	8193483	9142406

根据现场观察地形及赤泥堆场地质勘测,隧洞成洞条件差,给施工造成一定影响<sup>[5]</sup>,同时泄洪隧洞应与泄洪竖井联合运用,泄洪竖井不宜太高,且应在不同高程设置。由于基础为砂卵石基础,下覆粉质黏土,需要采用桩基处理<sup>[6-7]</sup>。隧洞方案可以不从坝下穿越,安全性高,但投资也相对较高。采用泄洪涵洞方案施工简单,易操作,且投资较省,经综合比较,选用泄洪涵洞方案。

## 3 设计计算

### 3.1 泄水孔结构设计

泄水孔断面形式为钢筋混凝土圆形结构,泄水孔直径在工程运行初期为 0.7m,在工程运行中、后期调整为 1.5m,泄水孔采用 C30 钢筋混凝土预制块砌筑,并在陡坡段设计了一座消力井。

根据跌水消力池计算公式计算跌水深度:

$$h_c'' = 0.5h_c'(\sqrt{1 + 8\alpha q^2 / gh_c'^3} - 1)$$

$$h_c' = q / \phi \sqrt{2gZ_0}$$

$$d_s = 1.1h_c'' - h_s$$

式中  $h_c''$ ——水跃跃后共轭水深, m;  
 $h_c'$ ——水舌跌落处的收缩断面水深, m;  
 $q$ ——水舌跌落处的单宽流量  $m^3 / (s \cdot m)$ ;  
 $\phi$ ——流速系数;  
 $Z_0$ ——计及流速水头上的上、下游水位差;  
 $d_s$ ——消力池深度, m;  
 $h_s$ ——下游水深, m。

经计算得跌水深为 1.2m。

### 3.2 泄洪涵洞结构设计

#### 3.2.1 断面形式

a. 圆形断面。采用圆形断面, 由于断面尺寸较小, 施工难度较大, 如若采用内圆外方的形式, 工程量又偏大。由于赤泥堆场赤泥堆存高度为 74m, 外压较大, 预应力管的外压承载能力一般为 10m 左右, 所以不宜使用。

b. 矩形断面。采用矩形断面, 涵洞顶部荷载自重较大, 矩形断面承载能力较差, 不宜采用。

c. 城门洞形断面。城门洞形断面承载能力高, 同时又满足施工简单, 工程量适宜的的优点。经综合比较, 采用断面形式为城门洞形。

#### 3.2.2 结构设计

泄洪涵洞采用无压过流, 水力计算采用明渠均匀流, 结构计算采用理正软件计算。充分考虑到运行过程中的检修方便, 确定泄洪涵洞断面为城门洞形: 宽 1.5m, 直墙高 1.05m, 拱顶高 0.75m, 在计算中涵洞高度分为 74m、40m、10m 进行计算。通过计算可知, 随着上部荷载的减小确定涵洞壁厚分别为 0.65m、0.5m、0.45m。

泄洪涵洞全长为 760m。由于工程区堆放材料的特殊性, 在泄洪涵洞内外各涂一层厚 0.6mm 的环氧沥青。考虑到库区底部铺设土工布防渗, 泄洪涵洞的基础底部采用砂垫层进行过渡, 防止碎石垫层对土工布防渗造成破坏<sup>[8]</sup>。

### 3.3 出水池设计

下泄洪水通过泄洪涵洞段后, 接出水池, 经过消能后, 流入下游河道中。

a. 根据《溢洪道设计规范》(SL 253—2000), 出水池池深计算公式为

$$\sigma h_c'' = h_i + s + \Delta Z$$

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

式中  $\sigma$ ——水跃淹没系数, 取  $\sigma = 1.05$ ;

$\Delta Z$ ——出水池出口水面落差;

$b$ ——出水池宽度,  $b = 20m$ ;

$\phi'$ ——出水池出流流速系数, 取  $\phi' = 0.95$ 。

经试算得  $s = 1.5m$ 。

b. 计算出水池长度。出水池长度计算公式为

$$L_{sj} = L_s + \beta L_j$$

$$L_j = 6.9(h_c'' - h_c)$$

式中  $L_{sj}$ ——出水池长度;

$L_s$ ——出水池斜坡段水平投影长度;

$\beta$ ——水跃长度校正系数, 取 0.75;

$L_j$ ——水跃长度。

经计算, 消力池长度为 10m。

c. 出水池底板厚度计算:

$$t = k_1 \sqrt{q \sqrt{\Delta H'}}$$

式中  $k_1$ ——出水池底板计算系数, 采用 0.15 ~ 0.2;

$\Delta H'$ ——上下游水位差。

经计算, 消力池底板厚度为 0.80m。

出水池后设浆砌石海漫长度为 10m。

## 4 结 语

防洪工程措施的合理与否直接关系到厂区的安全和项目的生存, 因此配套合理的防洪布置是至关重要的。本项目作为兴县资源型循环经济综合开发示范基地的重要组成部分, 项目的建成为兴县资源型循环经济先行先试、率先突破, 成为政策示范的先导区、经济发展的示范区提供了基础平台。项目建成后, 将带动周边地区的相关行业和第三产业的进一步发展, 为山西省以及吕梁革命老区、贫困地区加快发展, 全面建成小康社会打下坚实的基础。◆ (下转第 76 页)

水库调洪计算起调水位为正常蓄水位 272.17m, 加入各种引水流量时的库水位见表 5。

表 5 鸡公山水库引水库水位计算

洪水频率 P/%	引水量 / 万 m <sup>3</sup>			
	Q <sub>引</sub> = 1.5m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 1.2m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 1.0m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 0.8m <sup>3</sup> /s
20	272.86	272.82	272.78	272.75
10	273.01	272.96	272.92	272.87

鸡公山水库坝顶高程为 275m, 20 年一遇设计洪水位为 272.71m, 200 年一遇校核洪水位为 273.07m。由表 5 可以看出, 调洪计算加入引水流量后的库水位均低于校核洪水位, 水库大坝的安全性满足要求。

### 3.3 黄河冲水库引水计算

在万分之一地形图上量算得各流域特征值见表 6, 计算成果见表 7 和表 8。

表 6 黄河冲水库引水流域特征值

流域面积 F/km <sup>2</sup>	流域平均宽度 B/km	河道平均坡度 J/‰	流域形状 系数 f
0.52	0.603	18.05	0.70

表 7 黄河冲水库引水计算成果

洪水频率 P/%	洪峰流量 Q/(m <sup>3</sup> /s)	引水量 / 万 m <sup>3</sup>			
		Q <sub>引</sub> = 1.5m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 1.2m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 1.0m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 0.8m <sup>3</sup> /s
50	1.2	1.9	1.9	1.8	1.7
33.3	2.6	3.2	3.0	2.8	2.6
20	3.4	3.6	3.4	3.2	3.0
10	5.2	4.9	4.6	4.4	4.1

(上接第 70 页)

#### 参考文献

[1] 王文国. 山区防洪的重点及安全对策[J]. 南水北调与水利科技, 2003(10).  
 [2] 翟来顺, 崔庆瑞, 汤怀义. 黄河下游防洪存在的问题及对策[J]. 水利建设与管理, 2004(6).  
 [3] 束永保, 高尚青, 李培良. 平地型尾矿库调洪计算简法[C]// 第四届全国尾矿库安全运行技术高峰论坛论文集. 北京: 中国冶金矿山企业协会, 2011.

表 8 黄河冲水库引水总量计算成果

洪水频率 P/%	降雨量 H/ mm	降雨发生 次数/ (次/年)	引水总量 / 万 m <sup>3</sup>			
			Q <sub>引</sub> = 1.5m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 1.2m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 1.0m <sup>3</sup> /s	Q <sub>引</sub> = 0.8m <sup>3</sup> /s
50	96.6	6	11.4	11.4	10.8	10.2
33.3	128.6	5	16	15	14	13
20	154.1	4	14.4	13.6	12.8	12
10	197.8	3	14.7	13.8	13.2	12.3

### 3.4 引水流量的确定

从上述计算分析可知, 鸡公山水库引水量取保守值可达 21.8 万 m<sup>3</sup>, 可以保证鸡公山水库及时提供农田灌溉用水; 另可多余 20 万 m<sup>3</sup> 库水提供给黄河冲水库; 黄河冲水库 0.52km<sup>2</sup> 引水面积正常径流量为 3.9 万 m<sup>3</sup>, 免洪水量取保守值 11.4 万 m<sup>3</sup>, 故正常年份引水量达 35.3 万 m<sup>3</sup>, 与 122 万 m<sup>3</sup> 缺水相比相差较大; 最理想的引水量可达 43.3 万 m<sup>3</sup>, 也不能满足供水需求, 因此必须另辟水源。

由表 3 和表 8 可以看出, 4 种洪水频率的引水量相差不大, 考虑引水工程建设投资, 故取鸡公山水库引水流量 Q<sub>引</sub> 为 1.0m<sup>3</sup>/s; 为了免取鸡公山水库更多的弃水, 故取黄河冲水库的引水流量 Q<sub>引</sub> 为 1.2m<sup>3</sup>/s。

## 4 结 语

在考虑水库引水时, 选用较低频率洪水, 而实际运行过程中, 不可预见因素多, 特别山区受地形地理条件影响, 洪水发生有其瞬变可能, 因此既要发挥水库效益, 更要保障水库工程安全。针对随发的高频率洪水, 应制定详细的运行调度预案, 落实专人, 及时启闭引水, 确保水库及下游群众的生命财产安全。◆

[4] 防洪工程措施对洪水的作用[J]. 中国水能及电气化, 2009(7).  
 [5] 陈文岚, 刘明. 浅谈隧洞通过不良地质段需注意事项[J]. 中国水能及电气化, 2014(6).  
 [6] 马爱冬. 引水隧洞断层破碎带施工措施[J]. 水利建设与管理, 2010(11).  
 [7] 王廷学. 不良地质条件下泄洪隧洞施工技术[J]. 铁道建筑技术, 2004(8).  
 [8] 张欢. 柴河水库泄洪洞渗漏处理施工[J]. 河南水利与南水北调, 2016(5).