

某尾矿库溃坝防护及成因试验研究

李鸿均¹, 李姝景²

(1. 中国安能集团第三工程局有限公司, 四川 成都 611130; 2. 中国电建集团江西电力设计院有限公司, 江西 南昌 330000)

摘要:尾矿库溃坝的危害巨大, 不仅会严重污染当地水体环境, 还会对其下游的建筑物以及居民造成巨大的威胁。以某尾矿库为工程背景, 对工程现场出现的问题进行了分析与解决。为了进一步加强尾矿库下游的防护研究, 在试验室里建立了尾矿库溃坝三维试验模型, 分析了溃坝砂流下游淤积厚度规律以及淹没影响范围, 研究了开阔地形下的防护措施。介绍了具体的分析过程。

关键词:尾矿库; 溃坝; 试验模型; 淤积厚度; 防护措施

中图分类号: TV7; TV22; TV51; [TV221. 2]; TV522 **文献标识码:** B

文章编号: 1001-2184(2020)增 1-0013-04

Study on Dam Break Protection and Cause Test of a Tailings Dam

LI Hongjun¹, LI Shujing²

(1. China Annen Group Third Engineering Bureau Co., LTD, Chengdu, Sichuan, 611130;

2. PowerChina Jiangxi Electric Power Engineering Co., LTD, Nanchang, Jiangxi, 330000)

Abstract: The dam break of tailings dam has great harm, which not only seriously pollutes the local water environment, but also a great threat to the downstream buildings and residents. Taking a tailings pond as the engineering background, this paper analyzes and solves the problems on the engineering site. In order to further strengthen the protection research on the downstream of tailings pond, a 3D test model of tailings dam break is established in the laboratory. The laws of sediment thickness and submergence influence range at the dam break downstream are analyzed, and the protection measures under open terrain are studied. The specific analysis process is introduced.

Key words: tailings pond; dam break; test model; sediment thickness; protection measures

1 概述

由金属或非金属矿山开采的矿石经选矿厂挑选出精矿后剩下的“废渣”称为尾矿^[1]。因“废渣”数量多并含有不能循环利用的有害成分, 若随意排放, 不仅会损失大量有用的资源, 还会淹没农田、污染河流和环境。尾矿库是用于贮存这些尾矿废渣的场所。尾矿库是维持矿山正常生产的必要设施, 但亦为重大危险源, 是一种潜在的高势能泥石流。尾矿库一旦发生溃坝, 大坝内的尾矿砂、水、泥浆混合在一起、以泥石流混合物的形式流出, 将严重威胁到下游居民的生命财产安全, 同时也会给企业生产造成巨大的经济损失^[2,3]。由此可见, 对尾矿库溃坝采取有效的应对措施以及防护措施尤为重要。笔者对某尾矿库溃坝防护及成因试验进行了研究。

某尾矿库坝长约 150 m, 坝高约 30~35 m, 整个库区为淤积尾矿。该尾矿库设计的最终堆积高程为 150 m, 设计总库容约 $6\ 600 \times 10^4 \text{ m}^3$, 根据库容和坝高确定该库为三等库。考虑到尾矿库下游为乡政府、有大片民宅和公路, 特将该尾矿库等别提高至二等库。

该尾矿库溃口长约 60 m, 宽约 35 m, 深约 30 m。坝体局部出现了明显的裂缝, 坝体边坡严重失稳, 库内尾矿滑移风险高, 坝体有进一步溃决的可能、处置难度大, 急需实施临时处理措施以确保本年干季矿库安全。

2 制定工程处理措施

工程技术人员根据现场实际情况进一步对坝体左右岸及周边地貌进行了勘察, 讨论研究了临时加固处置措施, 紧急增调了水工、岩土、测量等方面的专家赶赴现场, 按照地方政府的相关要求,

为确保尾矿库应急期内的安全并综合分析了现场及周边险情、民情、社情、水情、雨情等情况,提出了“导排积水,防渗护坝,稳固坡脚,培厚坝体”的处置思路并完善了处置方案:

(1)截排库外来水。库区周边设排水沟,长约1 000 m,以确保库外来水不进入库区。

(2)加强库区排水。在坝前适当位置设置集水井,集水井采用钢筋网和石块设置,保证滤水并及时利用机械抽排的方式加快淤泥层积水的排出,以利于淤泥凝固并加强坝体安全稳定监测。

(3)设置防渗体。由于坝体底部为淤泥层,同时填坝材料为土体,为防止土体在水的渗透作用下失稳,需要在土体内设置防渗体,建议在现有坝体背部马道处设置18 m深的钢板桩防渗墙,钢板桩以上利用均质土结合土工膜进行防渗。

(4)加固溃口地基。溃口处地层底部为淤泥地基,其地基承载力达不到要求,在填筑到主溃口部位时,先要对淤泥地基进行加固(建议采用对淤泥地基加入生石灰或干水泥搅拌),再植入预制钢筋混凝土桩的办法以提高地基承载力。

(5)加固土坝。在现有土坝基础上于坝后培厚加固,坝体材料采用具有防渗性能的土工膜或黏土,与下部的钢板桩形成从下至上的防渗墙。经现场初步测量,土坝高度约为35 m,按1:2.5的坡度填筑计算,土坝底宽增加约50 m,坝轴长约为150 m,填筑方量约15万 m^3 。

(6)设置钢筋石笼护脚。坝体填筑前,在坝后坡脚设置钢筋石笼护脚,护脚宽度为3 m,高度约3 m,钢筋石笼的钢筋与预制混凝土桩要连接牢靠。

(7)设置溢流槽。坝体填筑完成后,在坝顶左右两侧及中部设置三道溢流槽,溢流槽布置在坝顶顶部,采用混凝土浇筑,坝后坡采用土工膜加格宾网石笼表面保护形成泄水渠,渠深1.4 m,底宽2 m(图1、2)。

(8)埋设排水涵管用于导流雨水。为保证冲沟泄水坝体填筑底部的安全,必须将坝体轴线下游侧的冲沟包在坝体内,因此需做好排水措施,在冲沟处需埋设5排、直径1.5 m的钢筋混凝土管并做好滤土排水措施,共需钢筋混凝土涵管长约400 m。具体的加固措施见图3。

3 试验模型

尾矿砂流减灾工程主要分为稳、拦、排等措

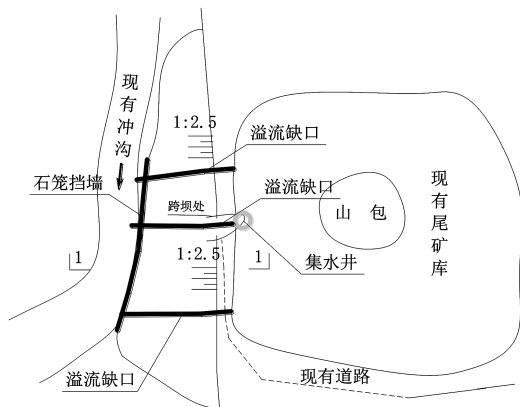


图1 现场平面示意图

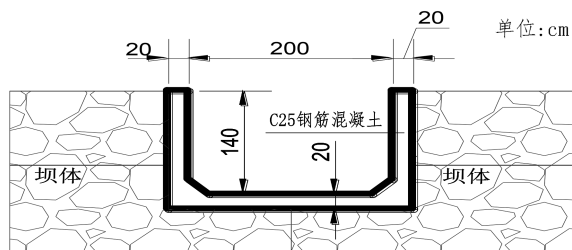


图2 坝顶预留溢流缺口断面图

施,即通过建造截水等工程控制尾矿砂流产生的条件、通过建造拦挡坝拦截尾矿砂流、减小流动规模和淹没范围、通过修建导流堤等导流设施将下泄的尾矿砂流排放到安全地带^[4]。其中,在尾矿库下游设置拦挡坝是治理此类减灾工程最重要的措施。拦挡坝的主要作用:(1)拦挡下泄的砂流,减缓下泄泥砂的速度和冲击力;(2)增大泥砂过流断面的宽度,减小泥砂对坝体的冲击以及河床的侵蚀等^[5]。拦挡坝的形式主要有浆砌块石重力坝、干砌块石坝、混凝土拱坝、格栅坝、护面土坝。我国已建成的拦挡坝以浆砌块石重力坝为主,可将尾矿砂流有效地拦挡在坝内,以减小其对下游的危害。

为了进一步优化尾矿库溃坝防护措施,笔者以该工程为背景建立了尾矿库溃坝试验模型,分析了溃坝砂流下游淤积厚度规律以及影响范围,研究了开阔地形下的最优防护措施。

3.1 试验材料

为了保证试验结果的可行性,对该尾矿库原型尾砂进行了物理性质和力学性质的试验,确定了本次试验选择的尾砂粒径为小于0.5 mm,尾砂颗粒级配曲线见图4,各参数数值见表1。

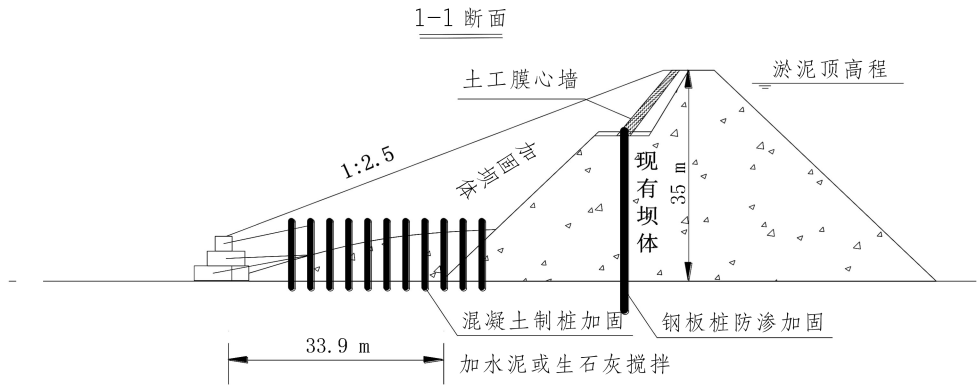


图 3 坝体加固示意图

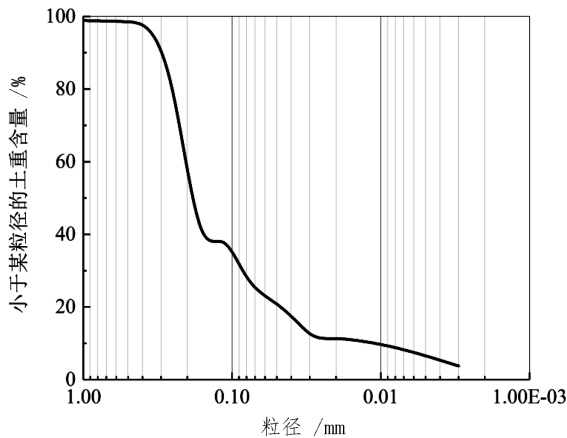


图 4 尾砂颗粒级配曲线图

3.2 试验装置

试验模型由四部分组成,分别为制浆装置、贮浆池、砂浆下泄区以及数据测量系统。

根据工程背景以及试验室的实际空间大小,建立了尾矿库溃坝砂浆下泄模型(图 5)。

表 1 尾砂试样的物理性质及力学参数表

试样	比重 G_s	含水率 $\omega / \%$	级配不均 匀系数 C_u	曲率系数 C_c	力学参数	
					内摩擦角 $\varphi / ^\circ$	粘聚力 c / kPa
粒径小于 0.5 mm	2.94	15	14.8	5.9	28.7	0

制浆装置由搅拌机和输送砂浆管道组成,搅拌机与池体的端部连接,待将尾砂和水搅拌均匀后打开下泄口,将砂浆泄到池内以模拟库内的尾砂。贮浆池的大小为 80 cm × 50 cm × 100 cm。为方便从输送砂浆管道处泄砂和排砂,贮浆池上方和前方均为完全封闭,仅在池前方设置了排浆挡板。当搅拌均匀的尾砂通过输送管道全部下泄到贮浆池内时,将排浆挡板瞬间打开以模拟瞬间溃坝。为减小池内砂浆的淤积和试验数据的误

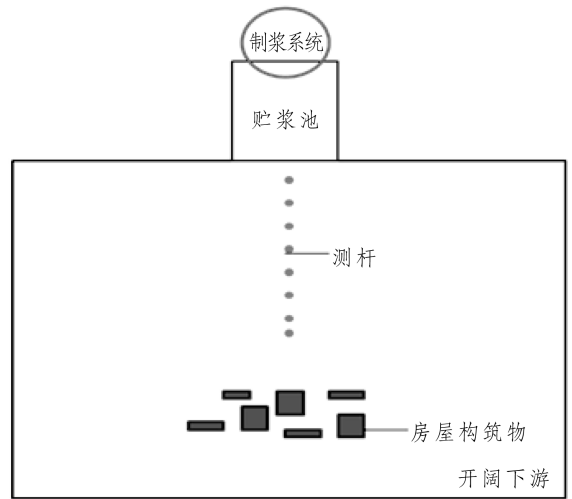


图 5 试验模型简图

差,提前在池底设置了陡坡。

3.3 试验因素

本次试验根据多次模拟并总结前人的经验,将坝体设置在距溃口 1.5 m 处,通过改变拦挡坝角度分析下游砂浆的淤积厚度以及淹没面积进而确定最优的防护措施。详细的试验变量如表 2 所示。

表 2 不同变量因素条件下的工况汇总表

变量因素	取值
拦挡坝形式	扩口角度 180°
	扩口角度 135°
	扩口角度 90°

3.4 试验分析

砂淤积厚度是描述尾砂下泄规律的重要参数之一,淹没范围则为直观反映拦挡坝的防护效果。受冲击力和尾砂下泄规律的影响,对试验结果进行分析可知,溃口正前门一般为淤积厚度最厚的区域。为便于观察尾砂淤积厚度情况并总结尾

砂下泄演进变化,在试验模型的溃口正前方取8个典型观测点,其中每两个点间隔20 cm。图6表示的是这8个点在不同角度的拦挡坝下砂流淤积厚度变化规律,各组工况下的下游淹没面积见表3。

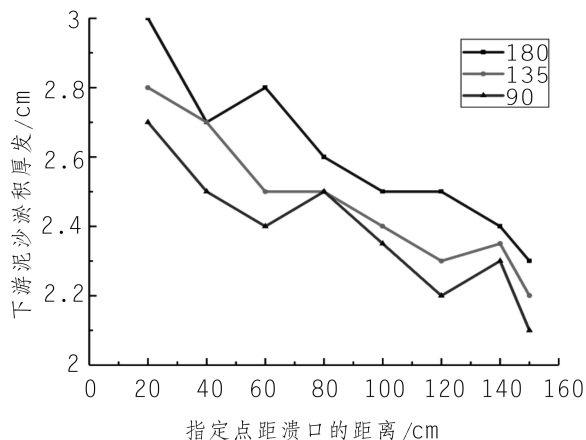


图6 指定点淤积厚度变化规律图

表3 各组试验工况下的下游淹没面积表

拦挡坝扩口角度/°	拦挡坝距溃口距离/cm	水砂浓度	下游淹没面积/cm ²
无	无	1:1.5	4 325
180	150	1:1.5	2 886
135	150	1:1.5	3 238
90	150	1:1.5	3 546

由试验观察以及图6、表3的数据分析可知:180°坝主要以拦挡为主。由于坝体的作用使坝体前面淤积较厚、横向面积较大并对坝体的冲击力较大;135°坝起着拦挡和导流的双重作用,坝体中间位置的折角减小了砂流对坝体的冲击力,进而减缓了坝前泥沙的回流范围,而且由于该坝型双向导流作用使下泄泥沙的流动范围增大,砂流淤积厚度降低从而更有利于坝体的稳定;90°坝主要以纵向导流为主,坝体中间折角的减小减缓了泥沙对拦挡坝的冲击力以及泥沙回流范围和坝前

淤积。

据以上分析可知:(1)拦挡坝对下泄砂浆有良好的拦挡作用,可以有效地阻挡砂浆的下泄。(2)拦挡坝具有良好的导流作用,可以减少砂浆的坝前淤积和渗漏,有利于坝体的整体安全与稳定。(3)扩口角度为135°的拦挡坝可以更好地发挥拦挡坝的拦挡和导流作用,更有助于保护下游居民以及房屋。

4 结 语

(1)该工程采取的实际处理措施仅适用于近几年的汛前时段,后续应持续做好库区周围的排水,减少入库来水并及时排除库内的积水并加强坝体安全稳定监测工作。

(2)拦挡坝主要具有两种作用:拦挡、导流。

(3)尾矿库下游防护效果与拦挡坝的坝型有着密切关系。试验结果表明:扩口角度为135°的拦挡坝型更能充分发挥拦挡坝的拦挡与导流双重作用,更能有效地保护下游房屋构筑物。

参考文献:

- [1] 杜 通,浑宝炬,张大伟,等. 尾矿库的危害和安全管理措施[J]. 河北理工大学学报(自然科学版),2009,31(2):9~11.
- [2] 许成承. 尾矿堆积坝稳定性及溃坝砂流的数值模拟研究[D]. 南昌大学,2010.
- [3] 陈照海. 溃坝泥石流拦挡坝拦挡性能的研究[D]. 西南科技大学,2017.
- [4] 谢 涛,徐小林,陈洪凯. 泥石流拦挡坝研究现状及发展趋势[J]. 中国地质灾害与防治学报,2017,28(2):137-145.
- [5] 陈华勇,柳金峰,赵王玉,唐金波. 非透过性泥石流拦砂坝研究现状及展望[J]. 防灾减灾工程学报,2016,36(2):323-330.

作者简介:

李鸿均(1974-),男,山东青州人,总经理,硕士,从事企业管理工作;

李姝景(1995-),女,山东潍坊人,工程师,硕士,从事电力工程设计工作。

(责任编辑:李燕辉)

成都院5项科技成果荣获中国电建科学技术奖

日前,中国电力建设股份有限公司公布了2020年度科学技术奖获奖项目,成都院共有5项科技成果获奖,其中特等奖1项,一等奖2项,二等奖1项,三等奖1项。成都院作为主要完成单位完成的“梯级水库群风险等级确定与风险设计”荣获特等奖。牵头申报的“高地应力大埋深长隧道双护盾TBM施工超前地质预报关键技术”和作为第二单位完成的“水电工程倾覆岩体变形破坏演化机制与工程影响研究”荣获集团一等奖。牵头的“大型水电站地下工程施工安全质量实时监控预警关键技术研究与应用”和“超深复杂覆盖层钻探技术”分获二、三等奖。2020年度股份公司科学技术奖共授奖133项,其中特等奖5项,一等奖31项,二等奖39项,三等奖58项。下一步,成都院将做好获奖项目成果的推广应用与转化工作,进一步发挥科技创新在推动公司生产经营中的引领和支撑作用,有效助力公司改革发展、二次创业。

(邱小耕 供稿)