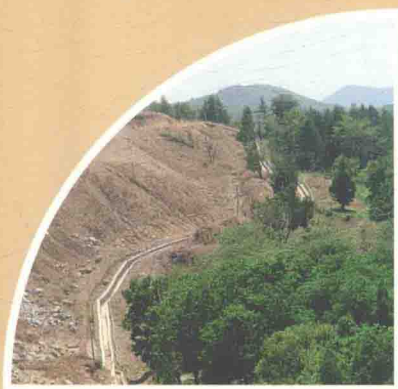


国家自然科学基金项目“尾矿库溃坝事故安全预警阈值及应急准备基础研究”
(No. 71373245) 资助出版

停用尾矿库上改建排土场工程 风险论证及评估

中国安全生产科学研究院

李全明 赵伟 李钢 李倩 ◎ 著



国家自然科学基金项目“尾矿库溃坝事故安全预警阈值及应急准备基础研究”
(No. 71373245)资助出版

停用尾矿库上改建排土场工程 风险论证及评估

中国安全生产科学研究院
李全明 赵祎 李钢 李倩 © 著

内 容 简 介

对尾矿库上覆排土场工程安全性进行论证和评估是尾矿库土地重复利用的前提,而现阶段相关实例很少,其安全性很难做出评估。本书提出“尾矿库上覆排土场工程”的工程类型,研究了该工程风险辨识、隐蔽工程质量评定、稳定性定量评价及物探相关技术,利用瞬变电磁探测技术对尾矿库、排土场进行探测,分析判定尾矿库固结程度及排土场废石堆积密实情况,判定尾矿坝位置、初期坝结构及浸润线分布规律,并根据探测地质剖面电阻率图准确判断同类工程中尾矿库和排土场的界线,计算其安全系数。本书建立的尾矿库上覆排土场工程风险评估技术可以指导尾矿库上改建排土场工程的安全评估,为全国类似工程的安全鉴定提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

停用尾矿库上改建排土场工程风险论证及评估 / 李明等著. — 北京:气象出版社, 2017.4
ISBN 978-7-5029-6528-0

I. ①停… II. ①李… III. ①尾矿-改建-排土场-工程施工-风险评价 IV. ①TD228

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 057311 号

Tingyong Weikuangku Shang Gaijian Paituchang Gongcheng Fengxian Lunzheng Ji Pinggu
停用尾矿库上改建排土场工程风险论证及评估

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

邮政编码:100081

电 话:010-68407112(总编室) 010-68409198(发行部)

网 址: <http://www.qxcbs.com>

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

责任编辑:彭淑凡

终 审:邵俊年

责任校对:王丽梅

责任技编:赵相宁

封面设计:博雅思企划

印 刷:北京中石油彩色印刷有限责任公司

开 本:710 mm×1000 mm 1/16

印 张:8

字 数:157 千字

版 次:2017 年 4 月第 1 版

印 次:2017 年 4 月第 1 次印刷

定 价:30.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换

前 言

随着矿山资源的开发和不断利用,矿山企业排土场与尾矿库的重复建设占用了大量宝贵的土地资源。据不完全统计,我国 20 世纪 50 年代初建设起来的许多冶金矿山尾矿库现已达到或接近设计高度而面临闭库,如果能够将现有的或已闭库的尾矿库土地资源再利用,必将对矿山的建设发展产生重要的现实意义。随着我国政府对土地综合利用的更高要求,利用闭库尾矿库的土地资源修建排土场,提高土地资源的利用率,逐渐摆到议事日程。然而,尾矿库上兴建排土场将面临众多特殊的、难度高的安全生产科学问题。本书提出“尾矿库上覆排土场工程”的工程类型,研究了该工程风险辨识、隐蔽工程质量评定、稳定性定量评价及物探相关技术和方法。

尾矿库改建排土场,对尾矿库而言相当于在尾矿堆积体上加载,其直接结果是改变尾矿堆积体内部的应力水平,影响地下水渗流场分布规律,从而降低尾矿堆积体的稳定性,最终影响排土场的整体稳定。

目前常规尾矿坝隐患辨识方式不能为尾矿库土地重复利用安全技术评估提供判断依据。本书的研究紧紧围绕“尾矿库上覆排土场工程”的特殊性开展工作。利用瞬变电磁探测技术对尾矿库、排土场进行探测;根据探测到洞体及水体分布情况,分析判定尾矿库固结程度及排土场废石堆积密实情况;根据探测结果判定尾矿坝位置、初期坝结构及浸润线分布规律等。

通过开展尾矿库上覆排土场工程内部结构诊断和安全风险评价技术的研究,提出了尾矿库上覆排土场工程危险有害因素的辨识方法;提出了作为基础的尾矿库隐蔽工程质量、地基稳定性的分析方法;提出了尾矿库上覆排土场工程中“尾”和“排”结构界线综合界定技术;提出了深藏尾矿库浸润线埋深、固结程度的综合分析方法,提出了尾矿库上覆排土场工程整体稳定性的定量计算方法;提出了工程中排土场部分内部结构物探及结构安全综合鉴定技术。

本书立足“尾矿库上覆排土场工程”这一特殊工程,通过项目研究提升我国对于这一特殊工程安全问题的认识水平,可为今后在闭库尾矿库上修建排土场的安全鉴定提供重要依据,对于提高矿山企业土地综合利用水平、减少因地基不稳导致排土场滑坡事故的发生具有重要的意义。

目 录

第 1 章 概 述	(1)
1.1 研究目的	(1)
1.2 研究对象和范围	(1)
1.3 研究内容	(2)
1.4 论证研判依据	(2)
1.4.1 法律法规、规范及标准	(2)
1.4.2 企业提供的资料	(2)
1.5 论证研究程序	(3)
第 2 章 某公司停用尾矿库上改建排土场工程概况	(4)
2.1 企业概况	(4)
2.2 停用尾矿库上改建排土场工程概况	(4)
2.2.1 地理位置	(4)
2.2.2 地形地貌	(5)
2.2.3 气候条件	(6)
2.2.4 工程地质条件	(6)
2.2.5 水文地质条件	(10)
2.2.6 场地地震效应	(11)
2.2.7 排土场运行现状	(11)
2.3 尾矿库及排土场工程历史沿革	(15)
第 3 章 停用尾矿库上改建排土场工程危险、有害因素 辨识与分析	(16)
3.1 国内类似的尾矿库改建排土场工程类比分析	(16)
3.2 主要危险有害因素辨识与分析	(18)
3.2.1 排土场地震失稳及尾砂地震液化	(18)
3.2.2 因在停用尾矿库上建排土场存在的危险有害因素	(18)
3.2.3 排土场边坡失稳	(19)
3.2.4 排土场洪水溃坡和泥石流	(22)

3.2.5	山体滑坡	(22)
3.2.6	排土场与周围村庄地理位置关系	(23)
3.3	其他危险有害因素辨识与分析	(24)
3.3.1	高处坠落	(24)
3.3.2	车辆伤害	(24)
3.3.3	滚石事故	(25)
3.3.4	粉尘危害	(25)
第 4 章	论证单元划分和论证方法选择	(26)
4.1	论证单元划分	(26)
4.1.1	地面总体布局单元	(26)
4.1.2	建设项目法律法规程序符合性单元	(26)
4.1.3	尾矿库闭库工程质量单元	(27)
4.1.4	排土场地基稳定性单元	(27)
4.1.5	尾矿库固结程度及对排土场稳定性影响单元	(27)
4.1.6	排土场边坡稳定性单元	(27)
4.1.7	排土场防洪安全单元	(27)
4.1.8	排土场安全管理现状单元	(28)
4.2	论证方法介绍	(28)
4.2.1	安全检查表法	(28)
4.2.2	数值模拟分析法	(28)
4.2.3	瞬变电磁探测法	(36)
4.3	论证方法选择	(40)
第 5 章	停用尾矿库改建排土场安全技术论证	(41)
5.1	地面总体布局单元	(41)
5.2	建设项目法律法规程序符合性单元	(43)
5.3	尾矿库闭库工程质量单元	(45)
5.3.1	1#溢流槽和2#溢流井封堵隐蔽工程记录情况分析	(46)
5.3.2	尾矿库其他各单项工程施工情况	(46)
5.4	排土场地基稳定性单元	(47)
5.4.1	天然地层地基稳定性分析	(47)
5.4.2	尾矿库上的排土场地基稳定性分析	(49)
5.5	尾矿库固结程度及对排土场稳定性影响单元	(51)
5.5.1	排土场物探勘察工程	(51)
5.5.2	各测线断面图分析	(53)

5.5.3 尾矿库固结程度和排土场废石密实度论证	(57)
5.6 排土场边坡稳定性单元	(60)
5.6.1 尾矿库堆坝材料非线性力学特性试验	(60)
5.6.2 设计工况边坡稳定性分析	(64)
5.6.3 现状边坡稳定性分析	(82)
5.6.4 边坡抗震稳定性分析	(94)
5.6.5 边坡稳定性小结	(102)
5.7 排土场防洪安全单元	(103)
5.7.1 排洪设施设计方案技术论证	(103)
5.7.2 其他影响因素评估	(104)
5.7.3 防洪安全小结	(105)
5.8 排土场安全管理现状单元	(105)
第 6 章 安全对策措施及建议	(110)
6.1 安全技术对策措施	(110)
6.2 安全管理对策措施	(111)
第 7 章 结 论	(113)
附录 尾矿库安全监督管理规定	(115)
作者简介	(120)

第1章 概述

受某公司的委托,中国安全生产科学研究院于2012年5—7月对“某公司停用尾矿库上改建排土场工程”进行了安全技术论证研究。项目组在现场调研的基础上,以国家相关法律法规、标准和技术规范为依据,参考国家相关规章制度和技术标准,借鉴国内其他尾矿库上建排土场工程的实际经验,本着实事求是、客观公正的原则,对项目进行了充分的研究和论证,完成了《某公司停用尾矿库上改建排土场工程安全技术论证报告》,并将研究成果编撰成书。

1.1 研究目的

为了贯彻“安全第一、预防为主、综合治理”的方针,使安全监管部门和企业准确掌握某公司排土场历史沿革,科学判断某公司停用尾矿库上改建排土场工程的安全状态和安全管理水平,为排土场今后稳定和安全运行提供参考和依据,保障矿山企业正常生产活动,减少和控制工程运行中的危险、有害因素,降低事故风险,预防事故发生,保障工程周边群众的生命财产安全和环境安全。尾矿库上建排土场工程属于特殊的尾矿库重复利用和排土场建设项目,应进行专门的安全论证。

通过开展对某公司停用尾矿库上改建排土场工程的安全技术论证研究工作,梳理该排土场历史沿革,准确把握排土场安全现状,分析其运行过程中存在的特殊危险、有害因素,预测可能发生的事故,特别是对尾矿库上覆排土场工程的安全性给出定量分析和结论,以便及时发现、减少与控制事故风险,并通过优选有关的安全措施和方案,全面提高排土场的安全管理水平。

1.2 研究对象和范围

本次安全论证研究的对象是某公司所属的在停用1[#]、2[#]尾矿库上改建的排土场。

论证范围是某公司停用1[#]、2[#]尾矿库上改建的排土场,以及对排土场安全有影响的区域。

1.3 研究内容

根据相关法律、法规、标准及其他要求(如企业管理文件等),查找和分析某公司停用尾矿库上改建排土场工程运行过程中存在的特殊的危险和有害因素,对运行过程中可能由不同因素导致的危险及危害程度进行了客观的论证,提出相应的安全技术措施和安全管理措施,对尾矿库闭库和再利用、排土场建设和运行至现在的安全性进行全面论证研究,为该公司对停用尾矿库上改建的排土场的安全管理提供参考和依据。

1.4 论证研判依据

1.4.1 法律法规、规范及标准

- (1)《中华人民共和国安全生产法》(2002-11-01)
- (2)《中华人民共和国环境保护法》(2000-04-01)
- (3)《中华人民共和国矿山安全法实施条例》(1996-10-30)
- (4)《尾矿库安全技术规程》(AQ 2006—2005)
- (5)《尾矿库安全监督管理规定》(国家安全生产监督管理总局[2011]第 38 号)
- (6)《建设项目安全设施“三同时”监督管理暂行办法》(国家安全生产监督管理总局[2010]第 36 号)
- (7)《有色金属矿山排土场设计规范》(GB 50421—2007)
- (8)《金属非金属矿山安全规程》(GB 16423—2006)
- (9)《金属非金属矿山排土场安全生产规则》(AQ 2005—2005)
- (10)《安全评价通则》(AQ 8001—2007)
- (11)《地面瞬变电磁法技术规程》(DZ/T 0187—1997)
- (12)《全球定位系统(GPS)测量规范》(GB/T 18314—2009)
- (13)《测绘产品质量评定标准》(CH 1003—1995)
- (14)关于转发国家安全监管总局办公厅关于切实加强尾矿库汛期安全生产工作的通知(吉安监管非煤[2012]111 号)

1.4.2 企业提供的资料

- (1)长春黄金设计院《某公司停用尾矿库上改建排土场工程可行性研究报告》(2012 年 2 月)

(2)中冶沈勘工程技术有限公司《某公司尾矿库岩土工程勘察技术报告书》(详勘阶段,2008年9月)

(3)中冶沈勘工程技术有限公司《某公司废石堆场岩土工程勘察报告》(详勘阶段,上、下册,2010年6月)

(4)吉林市长泓水利工程有限公司,某公司尾矿库1#溢流井、2#溢流槽封堵工程砼开盘鉴定、砼搅拌浇筑记录、隐蔽施工检查记录、材料合格证、试验报告见证取样记录、检验批、分部分项、单位工程验收报告等土建资料(2010年12月)

(5)中国冶金矿业鞍山冶金设计研究院有限责任公司《某公司尾矿库闭库工程设计》(2009年9月)

1.5 论证研究程序

某公司停用尾矿库上改建排土场工程安全技术论证研究工作程序如下。

(1)准备阶段:资料收集、熟悉资料,尤其是企业的相关规定及操作规程等、现场调研,主要了解排土场运行状况及企业相关安全管理现状、安全检查、专家咨询。

(2)实施阶段:现场地质勘察、尾砂物理力学实验、数值模拟计算、危险有害因素辨识与分析、论证方法选择、安全技术论证。

(3)报告编制及评审阶段:确定安全对策措施及建议;确定论证结论;编写安全技术论证报告;报告评审等工作。

第2章 某公司停用尾矿库上改建排土场工程概况

2.1 企业概况

某公司钼(Mo)矿是1954年由地质部沈阳地质局一一四队勘探发现的,全国储委于1958年9月24日以第184号文批准的资源储量为:表内A+B+C+D矿石量1 655 592 kt,金属量:Mo 1 091 034 t,平均品位0.066%;伴生矿产金属量:Cu 490 081 t、S 25 327 kt、Au 17 t、Ga 16 556 t、Re 13 t。表外A+B+C+D矿石量514 662 kt,金属量:Mo 125 660 t,平均品位0.024%;伴生矿产金属量:Cu 140 686 t、S 9 489 kt、Au 7.1 t、Ga 5 147 t、Re 1 t。工业指标为:Mo边界品位0.02%、最低工业品位0.04%,最低可采厚度2 m,夹石剔除厚度4 m。为亚洲第二大钼矿。

近年来,该公司几经改造扩建,企业生产规模得到快速发展,2010年底,公司13 500 t/d扩建项目如期竣工,并投入试运行,标志着公司已经跨入了大型国有矿山企业的行列。

2.2 停用尾矿库上改建排土场工程概况

2.2.1 地理位置

该公司位于吉林省吉林市境内,北距吉林市区60 km,隶属永吉县西阳镇前撮落村。其地理坐标为东经126°16'00",北纬43°29'00"。

矿区交通便利,有沈吉铁路及公路通过矿区,矿体距沈吉铁路线最近的长岗火车站4 km,沈吉公路平行于沈吉铁路,为沥青路面。图2-1为矿区地理位置图。



图 2-1 矿区地理位置

2.2.2 地形地貌

矿区地形东、南、北三面环山，西面较开阔，矿体位于中部低平地带。矿区外为山势平缓的丘陵地带，海拔标高 360~450 m。矿区内谷地中央一般均比较开阔平坦，种植有水、旱田。山坡上杂草、灌木丛生。

某公司原 1[#]、2[#] 尾矿库上改建排土场工程位于选厂西北约 2 km 处的后撮落村东面的山谷中。场地地形为坡地，地势起伏较大，地面高程为 340.57~356.99 m，地貌为低山丘陵。外围共有三个村庄，其中撮落新村位于排土场西偏南方向约 254 m 处，位于排土场上游；后撮落村位于排土场西北部约 777 m 处，位于排土场下游，撮落村四队位于库区东北侧约 534 m 处，位于排土场下游。

图 2-2 所示为原 1[#]、2[#] 尾矿库地形图。

1[#] 尾矿库依附在 2[#] 尾矿库的南侧，两库相邻。1[#] 尾矿库无设计，1[#] 库的地形俯视呈“扇形”地貌，三面低山环抱。该库址是由一个鱼塘改造而成。1[#] 库库容约为 80 万 m³，介于 0~100 万 m³。坝高 25 m，介于 0~30 m，根据《尾矿库安全技术规程》(AQ 2006—2005)，该库为五等库。1[#] 库的初期坝南侧坝顶标高在 413.7 m，西侧标高在 423.67 m，北侧标高在 420.8~416 m，初期坝环绕库区周围筑坝。筑坝材料为上层少部分粉质黏土，大部分为碎石含黏土堆筑而成。暴雨进入库区的汇水面积为 0.11 km²。



图 2-2 原 1[#]、2[#] 尾矿库地形图

2[#] 尾矿库地形俯视呈“弹头”形,无设计,库北端窄、南侧宽,三面筑坝为南侧临山的尾矿库。2[#] 尾矿库库容约为 450 万 m^3 ,介于 100 万~1000 万 m^3 。初期坝坝顶标高 351 m,坝底标高为 343 m,初期坝高 8 m,尾矿坝总高度 33.5 m,介于 30~60 m,坝长 200 m。根据《尾矿库安全技术规程》,该库为四等库。坝体材料为碎石含黏土筑坝。库区南侧为山坡,北侧为山沟出口,地面低洼,南侧与北侧高差为 30 m,南北长度为 0.5 km,暴雨进入库区的汇水面积为 0.2 km^2 。

2.2.3 气候条件

矿区属北温带大陆性季风气候,主要气候特点是四季分明,春季干燥多风,夏季温暖多雨,秋季少雨降温快,冬季寒冷漫长。年平均气温 4.8℃,绝对最高气温 34.9℃,绝对最低气温 -35.8℃。历年平均降雨量 649.6 mm,日最大降雨量 68.8 mm;年均蒸发量 1376.3 mm;年降雪日数 39.5 d,最大降雪深度 40 cm;冻层深度 160 cm;常年主导风向为 NNW(北北西),年平均风速 2.9 m/s,最大风速 18.7 m/s。

2.2.4 工程地质条件

2008 年 9 月、2010 年 6 月中冶沈勘工程技术有限公司先后完成了对 1[#]、2[#] 尾矿库以及排土场的勘察,并提供了《某公司尾矿库岩土工程勘察技术报告书》及《某公司废石堆场岩土工程勘察报告》。其中前者勘察内容主要针对 1[#]、2[#] 尾

矿库内进行勘察,意在为闭库设计提供依据;后者主要针对库外征地范围的地基及所堆筑废石进行工程地质勘察。上述报告构成本次安全技术论证的地质勘察依据。现根据上述勘察报告对排土场工程地质情况介绍如下。

2.2.4.1 尾矿库库内工程地质条件

(1)尾矿坝堆积物的组成及其分布规律

根据钻探资料,场地地层主要由素填土、尾矿堆积物及天然地层组成。其中素填土主要由山皮土、碎石、块石以及黏性土组成;尾矿堆积层主要由尾细砂和尾粉砂组成。在尾粉砂中夹有3个亚层:尾粉土、尾黏土和尾粉质黏土。尾矿堆积物在水平方向上及在垂直方向上都较均匀,但其中薄夹层很多,有的呈透镜体出现。总体来看,堆积有一定规律,但各层之间犬牙交错,微细薄层很多。

在尾矿堆积层的下部为天然地层,主要由粉质黏土、碎石含黏土及花岗岩组成。详细地层综合描述如下。

①素填土:主要由山皮土、碎石、块石以及黏性土等组成,松散。

①₁素填土:该层在初期坝部位,主要由块石、碎石以及黏性土组成,一般粒径40~60 mm,最大粒径160 mm,充填20%左右的黏性土,稍湿,松散。

②尾细砂:黄褐色—灰绿色,主要矿物成分为石英、长石等,棱角形,分选不佳,一般为均粒结构,并具较明显的交错层理,局部有尾黏土及尾粉砂薄夹层,呈松散—稍密状态,稍湿。

③尾粉砂:黄褐色—灰绿色,主要矿物成分为石英、长石等,棱角形,分选不佳,一般为均粒结构,并具较明显的交错层理,局部有尾黏土、尾粉土以及尾细砂薄夹层,呈松散—稍密状态,水上稍湿,水下饱和。

③-1尾粉土:灰绿色,无光泽,干强度低,韧性低,摇震反应迅速,松散,稍湿。

③-2尾粉土:灰绿色,无光泽,干强度低,韧性低,摇震反应迅速,松散—稍密,水上稍湿,水下饱和。

③-3尾黏土:灰绿色,有光泽,干强度高,韧性高,摇震反应无,局部夹尾粉土及尾粉砂薄层,软塑。

④尾粉砂:黄褐色—灰绿色,主要矿物成分为石英、长石、白云石等,棱角形,分选不佳,一般为均粒结构,并具较明显的交错层理,局部有尾黏土、尾粉土以及尾细砂薄夹层,呈稍密状态,水上稍湿,水下饱和。

④-1尾粉土:灰绿色,无光泽,干强度低,韧性低,摇震反应迅速,稍密,饱和。

④-2尾黏土:灰绿色,有光泽,干强度高,韧性高,摇震反应无,局部夹尾粉土及尾粉砂薄层,软塑。

④-3尾粉质黏土:灰绿色,稍有光泽,干强度中等,韧性中等,摇震反应无,局部夹尾粉土及尾粉砂薄层,可塑。

⑤粉质黏土:黄褐色,摇震反应无,稍有光泽,干强度中等,韧性中等,含15%左右的碎石和角砾,可塑。

⑥碎石含黏土:由结晶岩组成,棱角形,混粒结构,级配差,一般粒径20~40 mm,最大粒径120 mm,充填约15%的混粒砂及黏性土,中密。

⑦花岗岩(中风化):黄褐色—灰褐色,主要由石英、长石等矿物组成,中、粗粒结构,块状构造,节理裂隙发育,岩芯呈碎石、短柱状,中风化。

(2)尾矿堆积层及天然地层的物理力学性质分析

从统计表可知:②尾细砂、③尾粉砂、③-1尾粉土、③-2尾粉土呈松散状态;④-1尾粉土、④尾粉砂呈稍密状态;③-3尾黏土、④-2尾黏土呈软塑状态,具高压缩性;④-3尾粉质黏土、⑤粉质黏土呈可塑状态,具高压缩性;⑥碎石含黏土呈中密状态;⑦花岗岩呈中风化状态。

根据土工试验结果,在尾矿库的稳定性分析中,土的物理力学性质指标可按表2-1推荐值采用。从土分析试验结果可以看出,该尾矿堆积层在垂直方向的天然密度和干密度从上到下由小变大,孔隙比变小,含水量由小变大明显。

2.2.4.2 地层地质条件

①₂耕土:主要由黏性土及植物根系组成,松散。该层分布连续,层厚0.3~0.7 m。

⑤粉质黏土:黄褐色,摇震反应无,稍有光泽,干强度中等,韧性中等。含15%左右的碎石和角砾,可塑。该层分布连续,层厚0.9~11.4 m。

⑥碎石含黏土:由结晶岩组成,棱角形,混粒结构,级配差,一般粒径20~40 mm,最大粒径120 mm,充填约15%的混粒砂及黏性土,中密。该层分布不连续,最大层厚6.5 m。

⑦₁花岗岩(全风化):黄褐色—灰褐色,主要矿物成分为长石(斜长石、钾长石)、石英,岩芯呈砂土状,湿,中密。该层分布连续,层厚25.8~42.00 m。

⑦花岗岩(中风化):黄褐色—灰褐色,主要矿物成分为长石(斜长石、钾长石)、石英,中粗粒结构,块状构造,节理裂隙较发育,岩芯呈短柱状、碎块状,锤击可碎,为较破碎较软岩,岩体基本质量等级为Ⅳ级,中风化。该层分布连续,勘探深度内未穿透,最大揭露层厚7.1 m。

场地除①₂耕土呈松散状态,不宜做天然地基外,其余各层土均可做天然地基。其地基承载力特征值 f_{ak} 及压缩模量 E_s (变形模量 E_0)可采用下列数值:

⑤粉质黏土	$f_{ak}=160 \text{ kPa}$	$E_s=5.0 \text{ MPa}$
⑥碎石含黏土	$f_{ak}=580 \text{ kPa}$	$E_s=38.5 \text{ MPa}$
⑦ ₁ 花岗岩(全风化)	$f_{ak}=400 \text{ kPa}$	$E_s=33.5 \text{ MPa}$
⑦花岗岩(中风化)	$f_{ak}=1500 \text{ kPa}$	

表 2-1 土的物理力学性质指标推荐表

地层编号	地层名称		天然含水率 ω	质量密度 ρ (g/cm ³)	重力密度 γ (kN/m ³)	孔隙比 e	抗剪强度指标		相对密度	水平渗透系数	竖向渗透系数
							黏聚力 C	内摩擦角			
②	尾细砂	水上	9.5	1.59	15.6	0.825	2.3	30.9	0.50	3.1e-3	5.5e-3
③		水上	17.5	1.72	16.8	0.823	1.6	29.0	0.55	4.0e-4	3.5e-4
		水下	23.0	2.01	19.7	0.634	0.9	32.7	0.50	6.2e-4	5.5e-4
③-1	尾粉土	水上	28.0	1.92	18.8	0.780	24.6	26.2	0.50	9.9e-5	3.4e-4
③-2		水上	22.3	1.83	17.9	0.785	18.5	27.3	0.52	9.1e-5	1.7e-4
③-3		水上	42.0	1.75	17.2	1.154	15.3	12.8		9.7e-7	4e-7
④	尾粉砂	水下	23.4	1.92	18.8	0.707	2.4	29.9	0.56	6.1e-4	6.7e-4
④-1		水下	27.0	1.92	18.8	0.753	21.7	25.7	0.55	0.8e-4	3.1e-4
④-2		水下	42.0	1.76	17.2	1.130	46.4	7.3		2e-7	8e-7
④-3	尾粉质黏土	水下	40.3	1.78	17.4	1.076	28.8	9.9		8.7e-7	8.2e-7
⑤		粉质黏土		36.8	1.78	17.4	1.03	10.1	24.0		8.5e-7
	初期坝(滤水堆石坝)		10	1.90	18.6	0.80	2.0	28.0		5.0e-3	6.5e-3

土层的质量密度 $\rho(\text{g}/\text{cm}^3)$ 、黏聚力 $C(\text{kPa})$ 、内摩擦角 $\phi(^{\circ})$ 如下:

⑤粉质黏土	$\rho=1.89 \text{ g}/\text{cm}^3$	$C=44.5 \text{ kPa}$	$\phi=14.6^{\circ}$
⑥碎石含黏土	$\rho=2.04 \text{ g}/\text{cm}^3$	$C=0.0 \text{ kPa}$	$\phi=35.0^{\circ}$
⑦ ₁ 花岗岩(全风化)	$\rho=2.02 \text{ g}/\text{cm}^3$	$C=0.0 \text{ kPa}$	$\phi=34.0^{\circ}$
⑦花岗岩(中风化)	$\rho=2.65 \text{ g}/\text{cm}^3$	$C=0.0 \text{ kPa}$	$\phi=36.0^{\circ}$

2.2.4.3 废石堆积体试验

根据《某公司废石堆场工程现场及室内试验报告》得知,排土场顶部试料密度值较大,是由重型运料卡车反复运料碾压造成的,顶层深部密度值将变小些。

综合现场及室内压缩试验结果,废石堆积体的颗粒密度 ρ (干密度, g/cm^3)、黏聚力 $C(\text{kPa})$ 、内摩擦角 $\phi(^{\circ})$ 、压缩模量 E_s 建议按下值采用:

$$\rho=2.11 \text{ g}/\text{cm}^3 \quad C=0.0 \text{ kPa} \quad \phi=35.0^{\circ} \quad E_s=24.88 \text{ MPa}$$

根据试验结果,废石堆场粒度分布特点如下:

废石堆场堆积过程中,岩块自然分级明显,由于其重力的作用,大块岩石滚至坡底,而小块岩石则留在坡上部。上部平均粒径为 25.3 mm,中部平均粒径为 37.7 mm,下部平均粒径 $>293 \text{ mm}$ 。

废石堆场上部粒度级配良好的比例要高,中部级配良好比例低,下部属不均匀分布,特别是下部块石孔隙大,多为空架,中间无小颗粒充填。整体上看废石堆场粒度级配不均匀。

2.2.5 水文地质条件

该区地下水主要类型为第四系孔隙潜水,靠大气降水、地下径流及河流诱导补给。

根据《某公司废石堆场岩土工程勘察报告》可知,勘察期间所有钻孔在勘探深度内均遇见地下水,其类型为上层滞水。该地下水主要赋存在⑤粉质黏土层中,稳定水位埋深为 0.30~3.70 m,相应标高为 339.37~354.89 m。该地下水以大气降水为补给来源。根据水质分析结果判定:该地下水对混凝土结构及钢筋混凝土结构中钢筋有微腐蚀性。

另依据 2008 年 9 月中冶沈勘工程技术有限公司完成的《某公司尾矿库岩土工程勘察技术报告书》可知,勘察期间,该尾矿坝浸润线深度为 1.0~21.6 m。但由于排土场的建设,作为排土场基础的尾矿库固结程度进一步增强,浸润线深度可依据物探结果分析。

根据所取土试样的垂直、水平方向渗透试验的统计结果可知,②尾细砂和③尾粉砂、③-1 尾粉土、③-2 尾粉土、④尾粉砂、④-1 尾粉土为透水层,③-3 尾黏土、④-2 尾黏土、④-3 尾粉质黏土为弱透水层。该尾矿堆积层的渗透系数一般