

矿山特种作业人员安全技术复审教材

尾矿工 (复审)

矿山特种作业人员安全技术培训考核统编教材编委会

王红汉 主编

KUANGSHAN TEZHONG
ZUOYE RENYUAN ANQUAN
JISHU FUSHEN JIAOCAI



中国劳动社会保障出版社

矿山特种作业人员安全技术复审教材

尾矿工（复审）

王红汉 主编

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

尾矿工(复审)/王红汉主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2007

矿山特种作业人员安全技术复审教材

ISBN 978-7-5045-6416-0

I. 尾… II. 王… III. 尾矿-矿山安全-技术培训-教材
IV. TD926.4

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第172669号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街1号 邮政编码:100029)

出版人:张梦欣

*

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷装订 新华书店经销

850毫米×1168毫米 32开本 3.25印张 79千字

2008年1月第1版 2008年1月第1次印刷

定价:8.00元

读者服务部电话:010-64929211

发行部电话:010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话:010-64954652

编委会名单

主 任 闪淳昌

委 员 (按姓氏笔画排序)

丁 波	马玉平	尹贻勤	王红汉
王振东	王海军	冯文志	冯秋登
吕海燕	张玉凤	汪永贵	李玉南
李西京	李志祥	张贵金	李总根
周成武	杨国顺	林京耀	施卫祖
荆立新	殷 强	高永新	党国正
彭伯平	彭艳忠	彭新其	管延明

内 容 简 介

本书内容包括尾矿坝稳定性分析及加固措施、尾矿库闭库施工技术和尾矿库事故典型案例分析。本书是矿山企业尾矿工安全技术复审教材，也可供矿山企业有关技术人员和管理人员学习使用。

本书由中钢集团武汉安全环保研究院高级工程师王红汉主编，由王红汉、李志祥、蔡夏林、吴双仪编写。

前 言

特种作业是指容易发生人员伤亡事故，并对操作者本人、他人及周围设施、设备的安全造成危害的作业。对于矿山这种高危行业来说，特种作业人员操作的正确与否对安全生产的关系十分重大。据统计，在各类矿山事故中，因作业人员违章操作和管理不善造成的事故约占事故总数的70%。实践证明，矿山特种作业人员的安全教育和培训工作是保障矿山生产安全的重要条件，是以人为本、标本兼治，必须做好抓实的工作。

《安全生产法》规定：“生产经营单位的特种作业人员必须按照国家有关规定经专门的安全作业培训，取得特种作业操作资格证书，方可上岗操作。”《矿山安全法》也有相应的规定。为贯彻落实上述法律规定，全面提高矿山特种作业人员的整体安全技术素质和识灾、防灾、避灾自救的能力，预防和减少矿山事故的发生，我们特组织全国各有关矿山安全培训机构、大专院校与科研单位的专家、教授，以及生产一线的安全技术人员编写了“矿山特种作业人员安全技术培训考核统编教材”。

本套教材囊括了矿山特种作业的18个工种：瓦斯检查工、煤矿安全检查工、信号把钩工、电机车司机、空气压缩机操作工、井下爆破工、绞车操作工、测风测尘工、尾矿工、矿井排水泵工、通风安全监测工、矿山救护队员、井下电钳工、主提升机操作工、耙（装）岩机司机、通风机操作工、输送机司机工、电气设备防爆检查工；每一工种分为培训考核统编教材、复审教材和考试习题集3册；全套教材共计54册。

本套教材有以下突出特点：

一是权威性、规范性、科学性强。本套教材以国家煤矿安全监察局颁布的《煤矿安全培训教学大纲》、相关的新规程和新标准为主要编写依据，既全面介绍了矿山安全生产技术知识，反映了国家煤矿安全监察局关于矿山特种作业人员培训考核的最新要求；又注意了内容的创新，注意吸收矿山安全生产中的新理论、新技术、新装备、新工艺。

二是实用性、技能性、可操作性强。本套教材针对矿山特种作业人员的特点，本着少而精、实用、适用的原则，内容深入浅出，语言通俗易懂，形式图文并茂。为便于培训教学，每一工种都有配套的考试习题集。考试习题集的大题量、多题型也为各安全培训机构建立题库提供了有利的条件。

三是指导性、可读性、实效性。培训教材在全面反映教学大纲要求的同时，插入了一定量的典型事故案例分析，便于学员对知识的理解；复审教材以事故案例为载体，融入安全技术知识，避免了与培训教材在内容上的重复，并注重增加新的法律法规和标准、新的事故预防理论和技术等新知识。

本套教材是全国矿山特种作业人员取得安全操作资格证的最佳培训教材与复审教材，还可作为矿山基层管理人员、工程技术人员及矿业院校相关专业师生的参考用书。

在编写过程中，我们得到了中国煤炭工业环保安全培训中心（兖矿集团安全培训中心）、平顶山煤业集团有限公司安全技术培训中心、湖南安全技术职业学院（长沙安全技术培训中心）、中钢集团武汉安全环保研究院的大力支持，在此深表谢意。

**“矿山特种作业人员安全技术
培训考核统编教材”编委会**

目 录

第一章 尾矿坝稳定性分析及加固措施	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 尾矿坝稳定性分析	(6)
第三节 尾矿坝加固措施	(10)
第二章 尾矿库闭库	(12)
第一节 尾矿库的闭库施工	(13)
第二节 闭库处理的地表覆盖与固化技术	(15)
第三节 闭库方案的选择	(19)
第三章 尾矿库事故案例	(29)
第一节 因洪水原因发生的事故	(30)
第二节 因坝体失稳发生的事故	(39)
第三节 因渗流破坏发生的溃坝事故	(52)
第四节 因排洪设施损坏发生的事故	(54)
第五节 因坝基沉陷发生的事故	(59)
第六节 因地震液化发生的事故	(60)
第七节 因非法开采发生的事故	(61)
第四章 尾矿库安全管理相关规定	(62)
尾矿库安全监督管理规定	(62)
尾矿库安全技术规程	(68)

第一章 尾矿坝稳定性分析及加固措施

第一节 概 述

尾矿坝的稳定性是指尾矿坝不变形、不破坏的特性。根据尾矿坝破坏的原因，尾矿坝的稳定性一般包括抗滑稳定性、渗透稳定性和液化稳定性。尾矿坝稳定性对于确保尾矿坝的安全运行十分重要。尾矿坝稳定性分析是分析研究尾矿坝破坏的形式、影响因素，进行稳定性分析计划，进而提出工程技术措施，从而确保尾矿坝的安全。

尾矿坝稳定性分析计算过程需要大量的基础资料，需对尾矿坝进行全面的工程地质勘察，取得坝体的物理力学资料和地下水文资料。计算很复杂，作为一名操作者，虽不需要自己计算，但应了解尾矿坝稳定性的基本概念，以便更好地进行安全管理。

一、尾矿坝破坏的一般形式

尾矿坝稳定性破坏的形式主要有滑坡和液化。

滑坡——土体在其自重及外力作用下，整个土体都有从高处向低处滑动的趋势，使土体失去原有的稳定性，一部分土体相对于另一部分土体滑动的现象。

液化——饱和砂土在振动作用下抗剪强度骤然下降至零而变成黏滞液体的现象。液化是动力稳定破坏的现象。

尾矿坝从坝体的稳定性不足到最终坝体的破坏，都有一个从量变到质变的过程。尾矿坝坝坡的破坏形式一般有以下几种：

1. 坝坡滑弧破坏

尾矿坝坝坡抗滑稳定性达不到要求时,坝坡就会出现滑动破坏,有时还会导致坝基土体一起滑动,其示意图如图 1—1 所示。

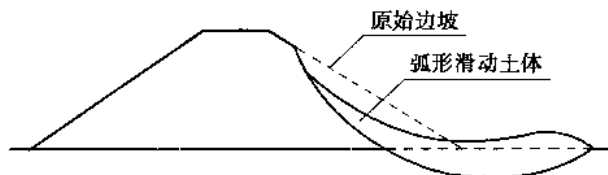


图 1 1 坝坡滑弧破坏示意图

2. 坝坡圆弧形破坏

根据对尾矿坝大量破坏实例进行分析研究发现,对于均质黏性土坝,其坝坡滑动面的形状多呈圆弧形,其示意图如图 1·2 所示。

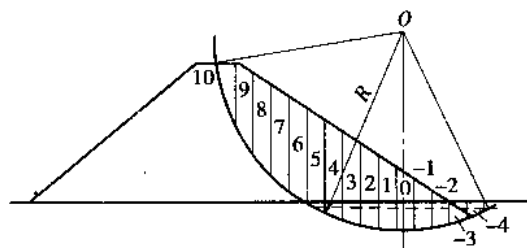


图 1-2 坝坡圆弧形破坏示意图

3. 坝坡折线形破坏

对于非黏性砂土料坝,其破坏形式多呈折线形,其示意图如图 1-3 所示。

4. 坝坡呈圆弧和折线的组合形破坏

当坝内含有大面积的厚层细泥夹层,或滑弧通过坚硬岩石时,滑动面就比较复杂,为圆弧和折线的组合形,其示意图如图 1—4 所示。对于既有砂性又有多层细泥夹层的尾矿坝来说,滑动面可用圆弧面近似。在坝的设计图上,一般均给出滑动面的形状。

在实际生产中,常常有两种倾向导致尾矿坝坝体失稳,一种

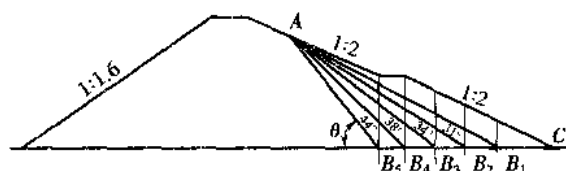


图 1-3 坝坡折线破坏示意图

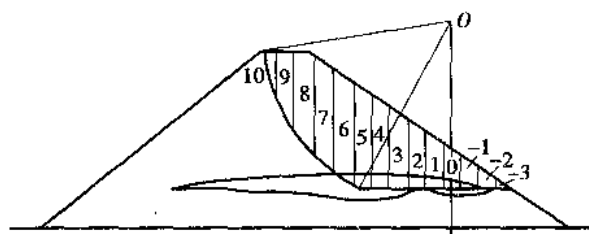


图 1-4 坝坡组合形破坏示意图

是过度放缓尾矿坝外坡。边坡放缓以后相当于进行了削坡减载，对稳定有利。但另一方面放缓边坡后，浸润线的位置基本上没有多大变化，放缓边坡坝坡导致疏干厚度减小（见图 1-5），边坡离浸润线更近，甚至导致浸润线逸出，这种条件对尾矿库的动力稳定性极为不利，容易出现振动液化；对渗流稳定性也可能不利；而且又减少了库容，因此，放缓设计堆积边坡不一定安全。

另一种是采用放宽台阶的筑坝方式。放宽台阶的筑坝方式也会导致疏干厚度减小（见图 1-6），将会使局部边坡坡度超过尾

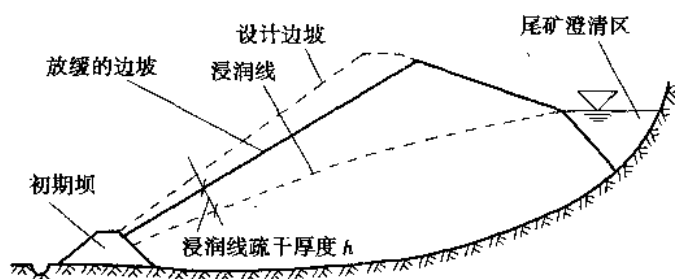


图 1-5 放缓边坡坝坡导致疏干厚度减小示意图

矿的自然安息角，并加大浸润线以上边坡的载荷，也导致坡脚处的边坡离浸润线更近，甚至导致浸润线逸出，这种条件对尾矿库的动力稳定性更不利，更易出现振动液化，对渗流稳定性也可能不利；在暴雨时期，会发生局部边坡下滑的危险事故。

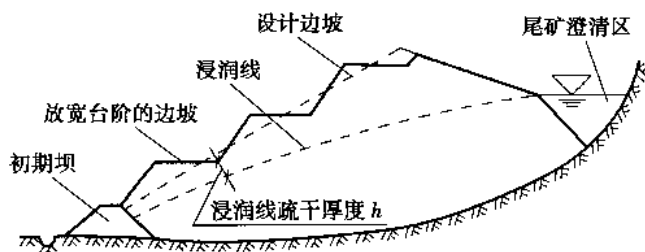


图 1—6 放宽台阶的边坡坝坡导致疏干厚度减小示意图

二、尾矿坝稳定性破坏的迹象

尾矿坝稳定性的破坏在最初都会出现一些异常现象，通常情况下有以下表现：

1. 下游坝坡的上段及坝前滩面上出现向下垂直变化和水平变形，而接近坡脚部位或坝坡上出现明显的向下游的水平位移，如出现上述位移突然增大，并有发展趋势，这是稳定性破坏的开始表现，应进一步观察其变化。

2. 原有排渗设施（包括坝的反滤层）已运行多年，且水质清澈，近期内未增加上部载荷以及未突然降水或突然提高水位，在这种条件下排渗设施水质变浑，应考虑稳定性破坏的可能性。

3. 坝坡上段及坝前滩面上出现平行于坝顶的裂缝，坝坡脚或边坡上出现隆起的现象，这是发生大的稳定性破坏的前兆，应立即研究原因，确定加固措施。

三、坝坡滑弧位置的基本规律

由于地基、初期坝、尾矿性质和其他外力条件不同，滑弧的位置有以下几种规律：

1. 地基条件较好，一般容易在坡脚处出现滑坡。

2. 地基较软时,可能连同一部分地基一起滑动。
3. 若初期坝强度较高,也可能在初期坝顶以上发生滑动。
4. 在特殊情况下,最不利的滑弧位置也可能发生在尾矿未达到最终堆积标高以前的某个断面。

在掌握基础资料的情况下,可计算出滑弧的位置。

四、影响尾矿坝稳定性的因素

尾矿库的安全问题是一个至关重要的问题,影响尾矿坝安全运行的因素是多方面的,最根本的因素是人为因素,即管理不善(包括尾矿库的设计管理和运行管理)造成的。因此,加强尾矿库及坝体的安全管理,是确保尾矿库安全的关键。

1. 人为因素的影响

尾矿库从无到有,尾矿坝从低到高,其危险程度与日俱增。当尾矿库投入运行之前,尾矿库的工程地质和水文地质勘察、尾矿库的设计、初期坝及排洪构筑物的施工与监理等工作是确保尾矿库安全运行的基础。

勘察报告提供的各项力学指标,是设计者确定方案和进行坝体稳定性计算的依据。如果指标比实际偏高,则导致设计出来的尾矿库(坝)偏于危险;设计人员资质不够,关键问题考虑不周,更是遗患无穷;施工质量不好,自然也是隐患所在。上述因素的危害在尾矿库投入运行的初期往往不易被察觉,一旦发现,即使花费大量时间和资金进行治理,也难以取得可靠的效果,应当引起更大的关注。

尾矿库投入运行以后,企业的技术管理、生产操作与维护、安全检查与监督等工作是确保尾矿库安全运行的关键。有一些自然的或人为的因素长期或周期性地威胁着它的安全。由此产生各种病害也是难免的。因此,一旦发现尾矿库病害必须及时治理。

2. 自然因素的影响

在尾矿库整个服役期,要承受暴雨、山洪、地震等自然灾害的威胁,可能因洪水漫顶、坝体震动液化而垮坝。

3. 综合因素的影响

有些地区,尤其是小型尾矿库,平时的安全生产得不到重视,不按设计要求或尾矿沉积规律进行管理,致使尾矿坝存在隐患,或者尾矿库干滩长度和坡度不足,调洪库容过小,一旦出现暴雨或地震,就加剧了尾矿库垮坝事故的发生。

第二节 尾矿坝稳定性分析

尾矿坝稳定性分析主要指抗滑稳定性、渗透稳定性和液化稳定性的分析。

一、抗滑稳定性分析

抗滑稳定性是研究尾矿坝(包括初期坝和后期坝)的下游坝坡抵抗滑动破坏的能力。可通过以下方法定量分析及评价尾矿坝的抗滑稳定性。

将坝坡滑动土体按一定宽度分条并加以编号(以过圆弧圆心的垂线为中线,作为第一条的位置,为0号土条,编号向上游为正,向下游为负),则每条土体上有使土体向下滑动的滑动力(土条的重力沿滑动方向的切向分力),有阻止土条向下滑动的抗滑力(土体滑动面间的摩擦力、黏性土的黏聚力等),滑动面上的力如图1—7所示。

滑动土体总抗滑力力矩与总滑动力力矩之比就是尾矿坝抗滑稳定性安全系数 k ,其计算公式为:

$$k = \text{总抗滑力力矩} / \text{总滑动力力矩}$$

当 $k < 1$ 时,尾矿坝土体处于滑动状态;当 $k = 1$ 时,则尾矿坝土体稳定性处于临界状态;当 $k > 1$ 时,则尾矿坝处于稳定状态。对于安全系数 $k = 1$ 的尾矿坝,其安全性并不合乎要求,其坝坡虽不一定发生滑动,但遇到不利情况时,如受振动或遇到小地震等,坝坡就可能被破坏,这是不允许的。因此,设计规范规

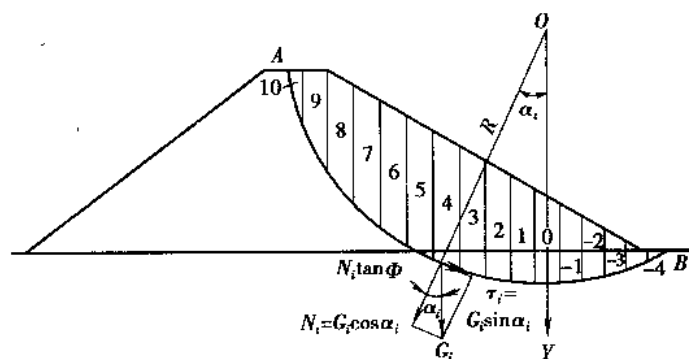


图 1—7 滑动面上的力

定,设计尾矿坝的安全系数 k 应大于1,且对于不同等别的尾矿坝的要求不同。

在计算尾矿坝稳定性安全系数之前, 先要拟定计算剖面。后期坝坝坡凭经验假定; 浸润线位置由渗流分析确定; 坝基土层的物理力学指标通过工程地质勘察确定; 后期坝的物理力学指标可参照类似尾矿的指标确定, 有条件者应在旧尾矿坝上勘察确定。

计算时,假定多个滑动面,根据滑动体的受力状态,求出滑动力和抗滑力。用抗滑力力矩与滑动力力矩之比值作为抗滑稳定性的安全系数。设计的作用就是要采取多种措施,确保最小的安全系数不小于设计规范的规定。

我国现行的《选矿厂尾矿设施设计规范》(ZBJ 1 1990)规定:尾矿坝坝坡抗滑稳定最小安全系数不得小于表 1-1 中的数值。

影响尾矿坝稳定性的因素很多。一般情况下,尾矿堆积的高度越高、下游坡坡度越陡、坝体内浸润线的位置越浅、库内的水位越高、坝基和坝体土料的抗剪强度越低,抗滑稳定性的安全系数就越小;反之,安全系数就越大。

二、渗透稳定性分析

尾矿水在坝体、坝肩和坝基土中受重力作用总是由高处向低处渗透流动,简称渗流。在尾矿库水位一定时,坝体横剖面上稳

表 1—1 尾矿坝坝坡抗滑稳定最小安全系数

运行情况 \ 坝的等别	1	2	3	4、5
正常运行	1.30	1.25	1.20	1.15
洪水运行	1.20	1.15	1.10	1.05
特殊运行	1.10	1.05	1.05	1.00

注：表中“正常运行”是指尾矿库水位处于正常生产水位时的运行情况；“洪水运行”是指尾矿库水位处于最高洪水水位时的运行情况；“特殊运行”是指尾矿库水位处于最高洪水水位时，又遇到设计烈度的地震情况下运行。

定渗流的自由水面线（或渗流顶面线）叫做浸润线，如图 1—8 所示为尾矿坝渗流剖面示意图。由于渗流受到土粒的阻力，浸润线就产生水力坡降，称为渗透坡降，以 I_s 表示。渗透坡降越大，对土粒的压力就越大。使土体开始产生不允许的管涌、流土等变形的渗透坡降称为临界坡降，以 I_L 表示。当渗流的流速较大时，将尾砂中的小颗粒从孔隙中带走，并形成越来越大的孔隙或空洞，这种现象称之为管涌。当土体中的颗粒群体受渗透水作用同时启动而流失的现象称之为流土。尾矿坝渗流分析的任务之一是确定浸润线的位置，从而判断浸润线在坝体下游坡面逸出部位的渗透坡降是否超过临界坡降。渗透稳定性的安全系数 K 由下式表示：

$$K = I_L / I_s$$

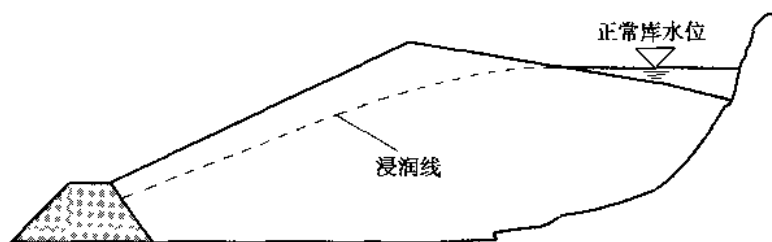


图 1—8 尾矿坝渗流剖面示意图

现行尾矿设计规范中对 K 值尚无具体规定，一般可根据尾矿坝的级别将 K 值限制在 2~2.5 之间为宜。

由于尾矿坝是一个特别复杂的非均质体，目前尾矿坝渗流研究成果还难以准确确定浸润线的位置。因此，设计时应从安全角度考虑，对等别较高的尾矿坝结合抗滑稳定性的需要，大多采取措施使浸润线不致在坡面逸出；对等别较低的尾矿坝可在逸出部位采取贴坡反滤加以保护。

三、液化稳定性分析

尾矿坝在大地震时极易发生液化现象，如果这种液化发生在坝体下游坡部位，则会引起边坡坍塌，危害甚大。即使不坍塌，其抗滑稳定性安全系数也大大降低。

尾矿坝的抗震计算（即液化稳定性分析）包括地震液化分析和稳定性分析。我国现行《构筑物抗震设计规范》规定：地震设防烈度为 6 度地区的尾矿坝可不进行抗震计算，但应满足抗震构造和工程措施要求，具体构造和要求参见规范；6 度和 7 度时，可采用上游式筑坝工艺，经论证可行时，也可采用下游式筑坝工艺；8 度和 9 度时，宜采用中游式或下游式筑坝工艺。

三级及以下尾矿坝的液化分析可采用一维简化动力法计算；一级和二级尾矿坝，应采用二维时程法进行计算分析。尾矿坝的稳定性分析可按圆弧滑动面的规定计算，尾矿坝的地震稳定性最小安全系数应符合表 1-2 的规定。

表 1-2 地震稳定性最小安全系数

效应组合	坝的等别		
	2	3	4, 5
组合 I	1.15	1.10	1.05
组合 II	1.05	1.05	1.00

组合 I：自重作用效应、正常水位的渗透压力、地震作用效应和地震引起的孔隙水压力。

组合 II：自重作用效应、设计洪水水位的渗透压力、地震作用效应和地震引起的孔隙水压力。