



● 陈殿强 王来贵 著



尾矿库工程及 加高过程力学特性研究

Study on Tailings Pond Engineering and Its
Heightening Process Mechanical Characteristics



陈殿强, 1964年生, 辽宁省海城市人, 博士研究生, 教授级高级工程师。1988年于长春地质学院硕士研究生毕业后, 一直从事岩土工程勘察、设计、施工及相

关技术领域的生产、科研工作。现任辽宁有色勘察研究院院长, 兼任辽宁工程技术大学博士生导师、中国建筑学会工程勘察分会会员、中国有色建设协会副理事长、辽宁省土木建筑学会副理事长, 系国务院政府津贴获得者、辽宁省勘察大师。

辽宁省优秀自然科学著作

尾矿库工程及加高过程 力学特性研究

陈殿强 王来贵 著

辽宁科学技术出版社

沈 阳

© 2011 陈殿强 王来贵

图书在版编目 (CIP) 数据

尾矿库工程及加高过程力学特性研究/陈殿强,
王来贵著. —沈阳: 辽宁科学技术出版社, 2011.12
(辽宁省优秀自然科学著作)
ISBN 978-7-5381-7265-2

I. ①尾… II. ①陈… ②王… III. ①尾矿处理
IV. ①TD926.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 255934 号

出版发行: 辽宁科学技术出版社

(地址: 沈阳市和平区十一纬路 29 号 邮编: 110003)

印刷者: 沈阳新华印刷厂

经销者: 各地新华书店

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 12

字 数: 270 千字

印 数: 1 ~ 2000

出版时间: 2011 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2011 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 李伟民

特邀编辑: 王奉安

封面设计: 嵘 嵘

责任校对: 李淑敏

书 号: ISBN 978-7-5381-7265-2

定 价: 30.00 元

联系电话: 024-23284360

邮购热线: 024-23284502

<http://www.lnkj.com.cn>

《辽宁省优秀自然科学著作》评审委员会

主 任：

康 捷 辽宁省科学技术协会党组书记 副主席

执行副主任：

黄其励 东北电网有限公司名誉总工程师
中国工程院院士
辽宁省科学技术协会副主席

副主任：

金太元 辽宁省科学技术协会副主席
宋纯智 辽宁科学技术出版社社长兼总编辑 编审

委 员：

郭永新 辽宁大学副校长
陈宝智 东北大学安全工程研究所所长
刘文民 大连船舶重工集团有限公司副总工程师
李天来 沈阳农业大学副校长
刘明国 沈阳农业大学林学院院长
邢兆凯 辽宁省林业科学研究院院长
辽宁省科学技术协会委员
吴春福 沈阳药科大学校长
辽宁省科学技术协会常委
张 兰 辽宁中医药大学附属医院副院长
王恩华 中国医科大学基础医学院副院长
李伟民 辽宁科学技术出版社总编室主任 编审

前 言

我国是一个矿业生产大国，矿业固体废料的积存量和年排放量巨大，其中尾矿占总量的80%。尾矿库工程重点研究有关尾矿利用及其尾矿设施的勘察、设计、施工和监测的理论和工程技术。尾矿库是一个复杂的系统工程，既有自身的系统特征，同时也与其他学科密切相关。经过多年的实践，尾矿库工程已经有了很大的发展，但对其相应科学问题的探讨仍十分缺乏，如对尾矿库工程相关理论、试验和工程问题的分析总结很不系统，对尾矿坝加高过程中的力学特性研究亦很不成熟。

本书针对当前尾矿库工程研究中存在的问题，对尾矿库工程的基本概念、基本理论、勘察和试验方法、监测方法等问题进行了系统的总结和综述；并以首钢尹庄尾矿坝加高工程为背景，针对尾矿在沉积滩沉降分选规律、尾矿坝的渗流理论、尾矿坝静力和动力稳定性等相关力学问题，开展了深入的研究工作，给尾矿库工程的工程实践和理论研究提供指导。

本书是作者近年来在尾矿工程领域潜心研究的成果总结，可供矿山、岩土、冶金、水利等系统的广大科技工作者及相关专业的高校师生、研究生参考。在此，对于多年来曾给予作者大量指导和帮助的章梦涛教授、郝哲教授、王凤江博士、于丹教授、冯美生硕士等各位专家表示衷心感谢。

本书的完成和出版得到了国家自然科学基金重点项目（50434020）和辽宁省科学技术协会出版基金的资助和支持，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中错误在所难免，尤其书中内容多为作者自己的成果和观点，如有不妥之处，真诚期望同行专家及阅读本书的读者不吝赐教，提出宝贵的批评和建议。

目 录

1 绪 论	001
1.1 基本概念	001
1.1.1 尾矿	001
1.1.2 尾矿设施	002
1.1.3 尾矿库	002
1.1.4 尾矿库工程	003
1.2 尾矿库发展概况	004
1.2.1 国外尾矿库的发展	004
1.2.2 国内尾矿库的发展	005
1.3 尾矿库安全问题分析	006
1.3.1 国内外尾矿库的安全问题	006
1.3.2 尾矿库安全问题产生原因	008
1.3.3 我国尾矿库安全管理法规	009
1.3.4 尾矿库安全措施及其发展方向	009
1.4 尾矿工程主要研究方向综述	010
1.4.1 尾矿的工程特性及其综合利用研究	010
1.4.2 尾矿工程引发的环境问题的研究	012
1.4.3 尾矿工程力学稳定性相关问题	015
1.5 主要内容	021
2 尾矿性能分析及其综合利用	023
2.1 尾矿的组成与特点	023
2.1.1 尾矿的组成与分类	023
2.1.2 尾矿的特点	025
2.2 尾矿的物理力学性质及其试验方法	026
2.2.1 尾矿物理力学性质	026
2.2.2 试验方法	031
2.3 尾矿综合利用	039
2.3.1 尾矿综合利用的意义	039

2.3.2	尾矿综合利用的发展历程	039
2.3.3	尾矿综合利用存在的问题	040
2.3.4	尾矿综合利用的对策与建议	041
2.3.5	尾矿综合利用的途径	043
3	尾矿库系统	045
3.1	尾矿库系统特征	045
3.1.1	尾矿库系统的功能	045
3.1.2	尾矿库系统的组成	045
3.1.3	尾矿库系统的特点	046
3.2	尾矿库的库容与等级	047
3.2.1	尾矿库库容指标	047
3.2.2	尾矿库的等级	048
3.3	尾矿库的选址与分类	049
3.3.1	尾矿库的选址	049
3.3.2	尾矿库按地形分类	049
3.3.3	尾矿库按布置形式分类	051
3.3.4	尾矿库按安全度分类	052
3.4	我国尾矿库的特点	053
3.4.1	我国尾矿库特点	053
3.4.2	我国尾矿库病害特点	055
3.5	尾矿库安全监测技术	056
3.5.1	尾矿库安全监测规定	056
3.5.2	尾矿库安全监测项目	056
3.5.3	尾矿库在线监测	057
3.5.4	小结	059
4	尾矿坝	060
4.1	尾矿坝的特点	060
4.2	初期坝	061
4.3	后期坝	063
4.3.1	后期坝类型	063
4.3.2	筑坝方法对比	065
4.4	尾矿坝溃坝分析与评价	066
4.4.1	国内外尾矿坝溃坝事故	066
4.4.2	引起尾矿坝溃坝的因素	068

4.4.3 减少溃坝事故的对策措施	070
4.4.4 溃坝理论研究	070
4.5 尾矿坝勘察技术	072
4.5.1 勘察目的	072
4.5.2 尾矿坝勘察方法和技术要求	073
4.5.3 尾矿坝勘察应注意的问题	073
5 尾矿沉降分选规律研究	075
5.1 尾矿颗粒在浆体流动中受力分析	075
5.1.1 第一类作用力	076
5.1.2 第二类作用力	076
5.2 尾矿颗粒的沉降和分选	079
5.3 浆液的不同流动类型	082
5.4 尾矿颗粒群在尾矿浆中沉降和分选	083
5.5 尾矿浆中尾矿颗粒沿沉积滩的分布实验研究	087
5.5.1 试验条件及试验设备	088
5.5.2 不同浓度放矿尾矿土分布特征	089
5.5.3 尾矿堆积物的物理力学性质及工程意义	091
5.6 小结	092
6 尾矿坝的渗流分析	093
6.1 尾矿坝渗流基本方程	093
6.2 尾矿坝土体渗透系数	095
6.3 采用反向问题正解法确定渗透系数	096
6.4 尾矿坝定常地下水渗流场定解条件	097
6.5 尾矿坝固结渗流问题的求解	097
6.6 尾矿坝固结渗流近似解析解	098
6.7 地下水渗流对尾矿坝变形的影响	099
6.8 小结	100
7 尾矿坝静力稳定性分析	101
7.1 尾矿坝静力稳定性的极限平衡分析	101
7.2 尾矿坝静力稳定的线性模型分析	102
7.3 尾矿土应力应变曲线及本构关系	104
7.4 尾矿坝静力非线性模型	107
7.5 尾矿坝静力稳定性分析	110

7.6 小结	111
8 尾矿坝的地震动力反应和液化分析	113
8.1 尾矿坝体地震稳定性分析的拟静力法	113
8.2 尾矿坝地震线性微分方程的建立	114
8.2.1 尾矿坝线性动力方程	114
8.2.2 尾矿坝动力非线性方程	116
8.3 尾矿坝地震过程中渗流方程的建立	117
8.4 尾矿坝在地震作用时的渗流流动	118
8.5 尾矿坝固流耦合动力稳定性分析	120
8.6 尾矿坝固流耦合地震稳定性二维分析	122
8.7 尾矿坝固流耦合动力稳定性分析的方法及步骤	123
8.8 小结	125
9 尾矿坝加高稳定性分析与评价	127
9.1 工程概况	127
9.2 尹庄尾矿坝三维渗流分析研究	128
9.2.1 渗流数值模拟方法及分析方案	128
9.2.2 尾矿库渗流稳定性数值分析	129
9.2.3 三维渗流数值模拟结果分析	131
9.3 尹庄尾矿坝渗流稳定性分析	134
9.3.1 基于ANSYS平台复杂地质体FLAC ^{3D} 模型的自动生成	134
9.3.2 模拟逐级加载施工	138
9.3.3 尾矿坝逐级加高计算结果	141
9.3.4 尹庄尾矿坝渗流场和应力场耦合分析	143
9.3.5 渗流稳定性数值模拟结果分析	143
9.4 尹庄尾矿坝静力稳定性分析	145
9.4.1 单元应力水平概念	145
9.4.2 基于强度折减理论的安全系数定义	145
9.4.3 强度折减系数法的基本原理	146
9.4.4 Mohr-Coulomb屈服条件	147
9.4.5 尹庄尾矿坝静力稳定性计算结果分析	147
9.5 尹庄尾矿坝动力稳定性分析	148
9.5.1 动力分析等线性方法	148
9.5.2 基于显式差分法的完全非线性法	149
9.5.3 FLAC ^{3D} 中运动方程的求解与数值方法	151

9.5.4	网格混合离散化	154
9.5.5	坝体动力数值分析计算参数及计算结果分析	155
9.5.6	尾矿坝动力反应液化分析	162
9.6	尾矿坝加高过程工程特性分析	164
9.6.1	模型的建立	164
9.6.2	尾矿坝加高对渗流影响	165
9.6.3	加高坝体位移场变化规律	167
9.6.4	加高坝体稳定性变化规律分析	168
9.7	小结	170
10	结 语	171
10.1	主要结论	171
10.1.1	尾矿工程综论	171
10.1.2	尾矿坝加高中的相关力学问题研究	172
10.2	展 望	173
10.2.1	加强尾矿土基础性的研究工作	173
10.2.2	加强尾矿坝工程动态变化特点的研究	173
10.2.3	加强适合尾矿坝稳定性分析的理论研究	173
10.2.4	加强试验研究与监测工作	173
	参考文献	175

1 绪 论

1.1 基本概念

1.1.1 尾矿

尾矿，就是选矿厂在特定经济技术条件下，将矿石磨细、选取“有用组分”后所排放的废弃物，也就是矿石经选别出精矿后剩余的固体废料。一般是由选矿厂排放的尾矿矿浆经自然脱水后所形成的固体矿业废料，是固体工业废料的主要组成部分，尾矿中含有一定数量的有用金属和矿物，可视为一种“复合”的硅酸盐、碳酸盐等矿物材料，并具有粒度细、数量大、成本低、可利用性大的特点。图1-1为正在排放的尾矿。



图1-1 正在排放的尾矿

我国是一个矿业生产大国，矿业固体废料的积存量和年排放量巨大，其中尾矿占总量的80%。对比而言，化工、黑色金属矿山中，尾矿量占矿石量的50%~80%；有色金属矿山中，尾矿量则占70%~95%；而在Au、Mo、W、Ta、Nb等稀有金属矿山中尾矿量占到99%以上，几乎是来多少矿石就得丢出去多少尾矿。全世界每年采出金属和非金属矿石、煤、石材、黏土、沙砾约90亿t，相应排弃尾矿约300亿t。我国现有国有矿山8 840多座，乡镇集体及个体矿山26万多个，年尾矿排放量达6亿t，累计库存70亿t以上。随着对矿产品需求的大幅增加，矿产资源开发规模随之加大，尾矿的年产出货量还在不断增加。

尾矿是矿业开发，特别是金属矿业开发造成环境污染的重要来源；同时，因受选矿技术水平、生产设备的制约，也是矿业开发造成资源损失的常见途径。换言之，尾矿具

有二次资源与环境污染双重特性。长期以来,由于偏重于有用矿物提取,而把尾矿看做单纯的废料,因而局限了人们对尾矿影响的环境意识和技术意识,很少把尾矿作为独立的整体系统来论述尾矿—选矿废水—尾矿库基础土壤—地下水之间的极其复杂的物理、化学、生物的作用过程和特性,使得许多矿山因尾矿管理不当而长期蒙受重大经济损失。

近年来,英国、俄罗斯、加拿大、美国等国均投入大量资金,开展尾矿的综合利用技术研究,取得了明显的社会效益和经济效益。在我国,尾矿利用的重要性也已得到普遍认同,并列入“中国21世纪议程”第一批优先项目中,但相比之下,我国的尾矿利用率仍然很低,生产规模也小。

1.1.2 尾矿设施

对于大部分未被利用的尾矿,需要送往指定地点堆存或处理,为此所建造的构筑物系统称为尾矿设施。尾矿设施通常由以下部分组成:

(1) 尾矿水力输送系统。包括尾矿浓缩池、尾矿输送管槽、砂泵站和尾矿分散管槽等,用以将选矿厂排出的尾矿浆送往尾矿库堆存。

(2) 尾矿回水系统。包括回水泵站、回水管道和回水池等,用以回收尾矿库或浓缩池的澄清水,送回选矿厂供选矿生产重复利用。

(3) 尾矿堆存系统。即尾矿库,这是尾矿设施的主体,包括库区、尾矿坝、排洪构筑物 and 坝的观测设备等,用以储存选矿厂排出的尾矿。

(4) 尾矿水处理系统。包括水处理站和截渗、回收设施等,用以处理不符合重复利用排放标准要求的尾矿水,使之达到标准。

尾矿设施既是环保设施,也是大的污染源。因此,矿山必须把尾矿设施作为环保工作的重点。尾矿设施建设周期长,建设条件差,且占用大量的土地,对环境或多或少有一定的影响,而它本身又不直接创造经济效益,所以,过去往往不被重视。随着时间的推移,各种安全、环保问题日益暴露出来,从而加深了人们的认识,也越来越引起人们对它的关注,这将会对尾矿库今后的建设和治理产生积极的作用。

1.1.3 尾矿库

1.1.3.1 尾矿库

尾矿库是指在山谷口部、河道或洼地的周围筑坝,将金属和非金属矿山进行矿石选别后的尾矿或其他工业废渣排入其内进行堆存和沉淀的贮存场所。尾矿库一般由尾矿坝、尾矿输送系统和排水系统3部分组成,是冶金、有色、建材、核工业、化工等行业贮存尾矿及澄清水的重要生产设施,同时又是重要的安全环保设施。据不完全统计,我国现有尾矿库总数为1.2万~1.5万座,占世界尾矿库总数50%以上。20世纪60年代以来建造的尾矿库现都处于中后期,即将达到尾矿坝最终的堆积高度,在没有新尾矿库接替的情况下,老坝加高改造已是一种迫不得已的措施。

图1-2为尾矿库鸟瞰图。



图1-2 尾矿库鸟瞰

1.1.3.2 尾矿坝

尾矿坝是尾矿库中最重要的构成部分，直接影响尾矿库的安全。按尾矿库服务过程中的不同时期，可将尾矿坝分为初期坝（又称基础坝）和后期坝（又称尾矿堆坝）。初期坝一般采用碎石筑坝，后期坝一般采用尾矿筑坝。只有当尾矿颗粒极细，无法用尾矿堆坝者，才采用类似建水坝（即无后期坝）的形式贮存全部尾矿，习惯称之为一次建坝。尾矿堆积方式有干法堆积形式和湿法堆积形式之分，目前，普遍采用湿法堆积形式，具体可分为上游式、下游式和中线式。尾矿膏体排放或干堆尾矿已经成为尾矿储存的一项新的发展技术。

图1-3为尾矿坝全景图。



图1-3 尾矿坝全景

1.1.4 尾矿库工程

笔者将尾矿库工程定义为：有关尾矿利用及其尾矿设施的勘察、设计、施工和监测的一门应用科学和工程技术。

目前，对尾矿工程的研究很不系统，缺乏更有效、更高层次的科学指导，导致工程事故频发，给人民的生命和财产安全造成了极大威胁和损害，同时也给生态环境造成了巨大破坏。

1.2 尾矿库发展概况

1.2.1 国外尾矿库的发展

世界上最早的 Brent 尾矿坝于 1830 年中期建成，距今有 180 余年；目前最高尾矿坝为马来西亚的鲁昂干式尾矿坝，其高度大于 300m。国外高度大于 80m 的尾矿坝主要分布于加拿大、美国、智利、保加利亚等国家。表 1-1 为国外部分高坝尾矿库^[1]。

表 1-1 国外部分高坝尾矿库

库名	国家	设计坝高/m	坝型	矿山类型
海兰海谷	加拿大	150	CS	Cu
直布陀螺	加拿大	120	CS	Cu
南克内斯	加拿大	165	CS	Cu
不伦达	加拿大	150	CS	Cu
诺克斯堡	美国	115	ECD	—
蒙大拿	美国	250	Mod.C	—
纽蒙特米尔	美国	100	ECD	—
北不洛克	美国	137	—	—
安塔米纳	秘鲁	232	CFRD	Zn、Cu、Pb
南秘鲁	秘鲁	110	DSS	Cu
坎德拉里亚	智利	163	FRD	—
迪斯普塔达	智利	120	—	Cu
洛斯莱昂你斯	智利	160	—	—
福斯克塞拉蒂	南非	140	CS	Cu、磷酸盐
因帕拉普拉蒂纳姆	南非	120	USS	Au
阿卢姆布雷拉	阿根廷	120	Mod.C/ER	Cu
埃那塞特 1	保加利亚	145	DSS	Cu、Au
埃那塞特 2	保加利亚	160	DSS	Cu、Au
阿萨累尔	保加利亚	211	USS	Cu、Au
鲁昂干式	马来西亚	300	—	—

世界各国都非常重视尾矿库的安全，美国、加拿大等国都把对尾矿库的安全列为该劳动部门安全监察的重要内容。在美国，劳工部矿山安全卫生署所属的技术中心制定有尾矿库的安全检查指南，矿山安全卫生署下属 6 个区的安全检查总署及各检查站对尾矿库每年必须检查 2 次，对检查出的安全隐患及时发出通知、限期治理。对未及时处理又没有充分理由说明原因的，处以严厉的经济处罚，甚至起诉。加拿大规定尾矿库的设计

和验收都必须经劳动部门的审查,尾矿管理已列有专门学科,尾矿库的污染控制技术取得了突出进展。

从文献资料检索可以看出,国外对尾矿坝的研究主要集中于坝体安全与环境两个方面,特别重视环境污染和环境保护,这充分说明了人类在进入新的历史发展时期后,对自身安全、环境保护的重视。国外在尾矿坝安全管理,污染检测污染治理以及生态复垦等技术上进行了很有成效的开创性的研究工作,对我国提高尾矿坝管理工程技术水平有很好的参考价值。

国外一些学者,如Blight GE, oxon S, shakesby RA和Strachan C分别对南非5座尾矿库、西班牙Los fraills矿、赞比亚Arcturus金矿、美国等国家的尾矿库溃坝进行了研究,并分析了溃坝发生的原因以及就如何预防溃坝提出建议^[2]。

Harper TG^[3], Hughes HE^[4], Scott MD^[5]等对尾矿库的稳定性分析及安全管理进行了研究,给出了评价坝体稳定性的系统方法及概述了尾矿坝成功管理的要点。

scorrell S^[6], buselli G, Lu K^[7], Blight GE^[8], ghomshei MM^[9]等, kempe T^[10]等, Martin P^[11]等, femandes HM^[12]等, poulson^[13]等, langedal M^[14], Peters GP^[15]等分别对尾矿坝污染和污染对象进行了大量的监测研究及污水治理方法和理论等方面的研究。

1.2.2 国内尾矿库的发展

目前,我国黑色、有色、黄金、化工、核工业、建材等行业的矿山每年产出尾矿约6亿t,基本上堆存在大约3 000座尾矿库中,其中80%属于黑色、有色冶金矿山,其他行业仅占20%。各行业尾矿库分布情况见表1-2^[2, 16]。

表 1-2 国内主要行业尾矿库数量统计

行业	总数/ 座	坝高/m			病险坝/ (%)	超期坝/ (%)
		>60	60 ~ 30	<30		
黑色冶金	78	35	20	23	30	9
有色冶金	193	46	59	88	39	18
黄金	100	—	12	88	26	
化工	18	5	4	9	22	19
核工业	15	4	9	2	—	
建材	6	—	—	6	—	—
合计	410	90	104	216	—	—

据统计,我国设计坝高超过100m的尾矿库有26座,库容500万m³以上的大型尾矿库176座,库容大于1亿m³的有10座;坝高小于30m的占80%左右,但是20%左右的大、中型库的库容却占总设计库容的80%。最高尾矿坝为太钢峨口尾矿坝,现坝高为200m,设计坝高为260m。表1-3为国内部分高坝尾矿库^[28]。

表 1-3 国内部分高坝尾矿库

库名	地区	设计坝高/m	坝型	矿山类型
本溪钢铁公司小庙沟尾矿库	辽宁	130	滤水堆石坝	Fe
金堆城铝业公司木子沟尾矿库	陕西	142	透水堆石坝	Mo
金堆城铝业公司栗西尾矿库	陕西	165	透水堆石坝	Mo
江西铜业公司德兴铜矿 4 号尾矿库	江西	208	斜墙堆石坝	Cu
江西铜业公司德兴铜矿 2 号尾矿库	江西	204	透水堆石坝	Cu
太原钢铁公司峨口尾矿库	山西	260	爆破堆石坝	Fe
攀枝花钢铁公司白马尾矿库	四川	325	堆石坝	Fe
攀钢集团矿业公司马家田尾矿库	四川	210.5	爆破堆石坝	Fe

我国在尾矿库方面起步较晚。新中国成立后，尾矿库工程专业队伍从无到有，现已拥有尾矿工程科研、勘察、设计、施工与生产管理的各类人才，且专业齐全、水平较高、素质过硬，尾矿浓缩与输送的理论研究和新型高效设备的应用，高堆坝渗流与稳定分析的理论研究和生产实践，降低坝内浸润线增加坝体稳定的理论与实践，岩溶和地震区的尾矿库建设，尾矿水处理，尾矿坝观测系统，中线法和下游法施工工艺研究和实践，细泥筑坝理论与实践，排水系统、复垦和尾矿的综合利用方面都达到了较高水平。

1.3 尾矿库安全问题分析

尾矿库在矿山生产中具有十分重要的作用，是维持矿山生产的重要设施。“尾矿库安全”有三层涵义：一是人身财产安全，即不发生破坝事故，不危及下游区生命财产安全，不影响矿山正常生产；二是环境安全，即不发生地下水地表水体和大气污染，不危害当地居民健康和附近生物繁衍；三是可持续性时间安全，从尾矿库建设起到闭库，到完成土地恢复和实现生态平衡，直至确实证明尾矿的堆积都满足自然的物理稳定、化学稳定和生物地球化学稳定的要求。

美国克拉克大学公害评定小组的研究表明^[17]，尾矿库事故的危害在 93 种事故、公害的隐患中，名列第 18 位。仅次于核爆炸、DDT、神经毒气、核辐射等危害，而比航空失事、火灾等其他 60 种灾害严重，直接引起百人以上死亡的事故时有发生。因此加强尾矿库安全监管力度，防范尾矿库事故，确保尾矿库安全运行就显得十分迫切而重要。

1.3.1 国内外尾矿库的安全问题

1.3.1.1 国外尾矿库的安全问题

根据世界大坝委员会（LCOLD）的统计分析，在已经发生的各类尾矿坝事故中，国外尾矿事故主要集中在美国、智利、英国和菲律宾 4 个国家，灾害使近 900 人丧生，其