

尾矿库手册

主 编 沃廷枢

副主编 汪贻水 肖垂斌

田文旗 杨保疆

顾 问 彭 觥



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

尾 矿 库 手 册

主 编	沃廷枢	
副主编	汪贻水	肖垂斌
	田文旗	杨保疆
顾 问	彭 觥	

北 京
冶金工业出版社
2013

内 容 简 介

本书主要介绍了生产矿山矿石选别后产生的尾矿(赤泥)等工业废渣的科学储存及资源利用,包括尾矿设计、建设、管理、安全,以及相关政策、法规等内容。

本书可供从事矿山尾矿专业工程技术人员及高校相关专业师生参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

尾矿库手册/沃廷枢主编. —北京:冶金工业出版社,
2013. 8

ISBN 978-7-5024-6254-3

I. ①尾… II. ①沃… III. ①尾矿—技术手册
IV. ①TD926. 4-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 159463 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbs@cnmip.com.cn

策划编辑 张 卫 责任编辑 马志春 美术编辑 李 新

版式设计 孙跃红 责任校对 石 静 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6254-3

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2013 年 8 月第 1 版, 2013 年 8 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 54.75 印张; 1327 千字; 849 页

180.00 元

冶金工业出版社投稿电话: (010)64027932 投稿信箱: tougao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话: (010)64044283 传真: (010)64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号(100010) 电话: (010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

《尾矿库手册》

编辑委员会

主 编	沃廷枢					
副主编	汪贻水	肖垂斌	田文旗	杨保疆		
顾 问	彭 觥					
编 委	沃廷枢	汪贻水	彭 觥	杨保疆	武 恭	范其明
	王 牖	朱竹年	刘春泉	黄永敬	王金斗	王家洪
	刘振亚	宋德安	夏珠荣	邸明明	黄业英	邹振纲
	刘怀裕	吴一麟	冯秋明	廖国权	李润禧	尹协澄
	张锡庆	鲍泽民	杨 光	腾文光	周克鑫	马家明
	孙家酊	余明顺	高茂贵	刘同友	蔡子明	李寿田
	孔昭庆	罗 毅	许其林	刘赣生	王恭敏	孙清泉
	周宝光	万 云	张秉杰	邓洪贵	陈尚文	彭承英
	田文旗	魏述超	韩利民	赵达全	邹德润	谢昭绵
	吴厥中	林贻顺	李克松	朱明光	张俊军	冯先舒
	钟国松	邢 军	蔡良钧	陈桂华	谭家全	喻润水
	岳克亭	田朝安	李宝吉	陈业建	黄茂清	邢永成
	柴育民	谭孝慈	陈光亮	郑永泰	刘侦德	潘檀香
	吴金水	吕颖魁				

加强尾矿综合
利用为资源
节约与环境
友好而努力。

壬辰何健书



序

进入 21 世纪的十余年来，随着我国工业化、城镇化迅速推进，我国矿业进入到空前发展时期，成就巨大。据矿业联合会专家资料：2011 年我国产煤炭 35.5 亿吨、铁矿石 13.25 亿吨、10 种有色金属 3424 万吨；生产水泥 20.85 亿吨（耗石灰石 27.1 亿吨、其他生料 803 亿吨）、大理石板材 6568 万平方米、花岗岩板材 2842.5 万平方米、石膏 5500 万吨。矿山采选科技进步显著，如鞍钢铁矿选矿技术在余永富院士倡导下，推行“提铁降硅”技术，铁精矿品位达到 67%，为世界领先水平；在孙传尧院士指导下，柿竹园复杂多金属矿产资源综合利用技术理论转化为经济效益和产能，对今后发展有着深远意义。

众所周知，尾矿是指矿石经过选矿生产出精矿之后，其剩余物（具有潜在价值的补充资源）在堆放中形成尾矿堆。为了安全保管尾矿，根据国家法律和矿山建设生产规章制度，相关矿山生产企业必须建立尾矿库，并进行管理。有关主管部门和各矿山企业已在生产安全、环境保护、土地复垦等方面进行了大量工作，正按照《全国矿产资源发展规划（2008～2015 年）》要求，积极落实资源集约化、矿山生产环保化和矿区环境生态化，认真转变粗放式生产，向资源节约、环境友好型矿山迈进。

根据统计，目前全国共有尾矿 150 亿吨，并以每年 10 亿吨的幅度增长；尾矿库上万座。如广西南丹大厂矿区有尾矿库 61 座，尾矿量达 2522 万吨；辽宁鞍钢铁矿尾矿存量达 6 亿吨，每年以 3500 万吨的速度还在增长（详见 2012 年第 8 期《中国矿业》）。

矿山尾矿既是资源，又是污染源，必须无害化与资源化相结合，而以无害化优先。要倡导矿业循环经济原则：减量化、循环利用。要大力减少废弃物、资源效益最佳化。

尾矿库建设与管理, 涉及预防安全事故发生、做好生态环境保护、复垦土地、水体利用等多个学科专业, 是一项系统工程。《尾矿库手册》的编著和出版, 是这个系统工程生动写照和矿山实践与科研结合的成果。这本书的出版对于促进我国矿业科技发展、矿山企业提高资源利用率和生态建设必将发挥积极作用。

汪贻水

2013年5月20日

前 言

我国现有尾矿库 12718 座，含在建 1526 座，已闭库 1024 座。堆放尾矿总计 150 亿吨，占地 1300 多万亩。以冶金矿山尾矿库为例，每吨尾矿投入基建费 1~3 元，产生经营管理费 3~5 元，总耗资达数十亿元。尾矿中含有汞、砷及其他重金属离子，浮选物、pH 值超标，污染环境。尾矿库不仅存在污染因素，而且还存在事故安全隐患，近年来尾矿事故频发，以 2008 年山西襄汾新塔矿业有限公司尾矿库溃坝为例，死亡 277 人，教训惨痛，要引以为戒。我国尾矿库的现状是：占用土地、浪费资源、污染环境、安全隐患。

我们编写这部手册目的，就是为了引导我国从事矿业生产的 2000 万矿业大军重视尾矿库的精心设计、科学施工、严格管理；重视尾矿的安全保障程度，提高尾矿资源化程度；重视行业的各项相关方针、政策及规章制度的落实，使我国尾矿库工作水平赶上发达国家的先进水平。

我们要认真贯彻科学发展观。我们有中国特色社会主义制度作保证，有数千万矿业大军的人力资源，有丰富的宝贵经验与深刻教训，经过我们的艰苦努力，一定会达到提高我国尾矿工作管理水平的目的。

这本手册可供从事尾矿工作的企业、高校、科研院所相关人员以及尾矿库现场工作人员阅读使用。由于时间仓促，水平有限，这本手册定有漏误，恳请广大专业读者批评指正。

编 者

2013 年 1 月 21 日

目 录

第 1 篇 尾矿库的精心设计

1 尾矿库及尾矿坝	1
1.1 尾矿库的选择	1
1.1.1 尾矿库的形式及等别	1
1.1.2 尾矿库库址选择	1
1.1.3 尾矿坝坝址选择	3
1.1.4 尾矿堆积坝形式	11
1.1.5 库址选择方案比较	13
1.1.6 尾矿库库容及坝高	14
1.1.7 尾矿库是一种特殊的水工构筑物	15
1.2 初期坝	16
1.2.1 初期坝的坝型	16
1.2.2 筑坝材料的选择及设计	18
1.2.3 均质土坝及坝体结构	27
1.2.4 不透水的堆石坝	39
1.2.5 透水坝	50
1.2.6 废石筑坝	55
1.3 尾矿堆积坝	58
1.3.1 尾矿的特性	58
1.3.2 尾矿沉积规律及坝体结构特点	63
1.3.3 高浓度尾矿水力堆积规律	72
1.3.4 尾矿堆积坝的渗流特性	74
1.3.5 尾矿堆积坝的渗流控制	76
1.3.6 尾矿堆积坝的稳定边坡	81
1.3.7 尾矿坝的抗震	89
1.3.8 细粒尾矿堆坝	97
1.3.9 尾矿堆积坝的构造	98
1.4 坝基处理	101
1.4.1 坝基防渗	101

1.4.2	岩石地基	102
1.4.3	土基及透水地基处理	104
1.4.4	可“液化”土层的处理	109
1.4.5	软弱黏性土层	113
1.4.6	湿陷性黄土	114
1.4.7	尾矿库矿泥基础处理	115
1.5	土的渗透变形及反滤层设计	118
1.5.1	土的渗透变形	118
1.5.2	砂砾料反滤层的设计	121
1.5.3	土工织物反滤层设计	124
1.6	坝的渗流及稳定分析	127
1.6.1	库矿坝的渗流计算	127
1.6.2	控制尾矿坝稳定的时期及部位	128
1.6.3	作用于坝体的荷载及其组合	128
1.6.4	坝基及坝体抗剪强度的确定	130
1.6.5	静力计算	131
1.6.6	用圆弧法计算尾矿坝的坝坡稳定	131
2	排水构筑物	134
2.1	水文分析及调洪演算	134
2.1.1	尾矿库的防洪标准	134
2.1.2	暴雨洪水计算	134
2.1.3	调洪演算	152
2.1.4	径流分析及其调节计算	153
2.2	排水构筑物的类型及布置	154
2.2.1	排水构筑物的类型	154
2.2.2	排水构筑物的布置	155
2.3	排水构筑物的水力计算	159
2.3.1	水力计算的基本任务	159
2.3.2	排水塔—隧洞排水系统的水力设计	159
2.3.3	斜槽—涵洞排水系统的水力设计	169
2.3.4	溢洪道的水力计算	172
2.3.5	压力洞的水力计算	175
2.3.6	下游消能	176
2.4	排水构筑物结构设计的一般规定	178
2.4.1	材料	179

2.4.2 基本计算规定	182
2.5 排水塔结构设计	184
2.5.1 排水塔的形式	184
2.5.2 荷载及其组合	185
2.5.3 窗口式排水井	189
2.5.4 框架挡板式排水井	195
2.6 隧洞	197
2.6.1 围岩工程地质分类	197
2.6.2 荷载及荷载组合	202
2.6.3 不衬砌与喷锚隧洞的设计	215
2.6.4 混凝土及钢筋混凝土衬砌	219
2.7 排水涵洞(管)及斜槽	222
2.7.1 结构形式	222
2.7.2 荷载计算	223
2.7.3 涵洞(管)结构设计	223
2.8 溢洪道	235
2.8.1 溢洪道的构成	235
2.8.2 溢流堰	236
2.8.3 挡墙及护坡	240
2.8.4 底板	244
2.8.5 急流弯道折冲波的克服方法	248
2.9 排水涵管计算	251
2.9.1 尾矿库排水涵管计算公式	251
2.9.2 钢管的弯矩系数、轴力系数和变化系数	252
2.9.3 圆形刚性管道在各种荷载作用下的弯矩系数	254

第2篇 尾矿库的精心施工

3 尾矿库(坝)施工	255
3.1 施工前的技术准备工作	255
3.1.1 施工对象的了解	255
3.1.2 施工条件的分析	256
3.1.3 料场复查与规划	256
3.1.4 压实试验及坝料加工	258
3.1.5 混凝土的配合比试验	266
3.1.6 导流方案的制定	267

3.1.7 施工组织设计和施工技术措施的编制	368
3.2 坝体施工	268
3.2.1 测量	268
3.2.2 坝基及岸坡处理	270
3.2.3 坝料的开采运输	276
3.2.4 填筑	280
3.2.5 观测设备埋设	287
3.2.6 施工质量控制	288
3.3 排水构筑物的施工	294
3.3.1 隧洞光面爆破施工及坍方处理	294
3.3.2 塔基及涵洞基础的处理	298
3.3.3 混凝土工程的施工	299
3.3.4 混凝土的质量控制	299
3.3.5 混凝土裂缝及其防止措施	304
3.4 工程验收	305
3.4.1 验收程序	305
3.4.2 必备的文件	305
3.4.3 验收的地质要求	305
3.4.4 验收时应进行下列工作	306

第3篇 尾矿库的严格管理

4 尾矿设施管理	307
4.1 尾矿设施管理的基本任务和要求	307
4.1.1 尾矿设施管理的基本任务	307
4.1.2 尾矿设施管理的要求	307
4.1.3 尾矿浓缩与输送管理	309
4.1.4 管、沟、槽的维护与管理	312
4.2 尾矿坝的管理	312
4.2.1 后期坝的堆筑	312
4.2.2 尾矿坝的维护管理	318
4.3 排洪回水设施管理与度汛	320
4.3.1 排洪回水设施管理与安全度汛的重要性及基本任务	320
4.3.2 排洪设施管理与度汛	320
4.3.3 尾矿库回水	324
4.4 尾矿设施常见隐患及其处理	327

4.4.1	尾矿设施常见隐患处理的基本原则	327
4.4.2	浓缩输送系统常见故障及其处理	327
4.4.3	尾矿坝常见隐患及处理	330
4.4.4	排水构筑物常见隐患及其处理	348
4.4.5	岩溶地区尾矿库的防漏与落水洞处理	351
4.5	尾矿库(坝)的观测工作	360
4.5.1	尾矿库(坝)观测工作的目的和原则	360
4.5.2	尾矿坝的变形及应力观测	360
4.5.3	尾矿坝的渗流观测	370
4.5.4	水文观测	377
4.5.5	观测实例	378
4.5.6	尾矿库(坝)观测成果整理分析	379
5	尾矿输送系统	381
5.1	尾矿输送系统概述	381
5.2	输送明槽的设计	382
5.2.1	矿浆特性的计算	382
5.2.2	明槽断面选择	387
5.2.3	明槽设计的其他注意事项	398
5.3	压力输送管道设计	398
5.3.1	临界不淤流速	398
5.3.2	管道摩阻损失计算	402
5.3.3	管径及管材的选择	408
5.4	砂泵选择	408
5.5	尾矿浓缩计算	408
5.5.1	浓缩池的计算与选择	409
5.5.2	斜板、斜管浓缩池的计算与选择	414
5.5.3	斜板、斜管及其主要参数的选择	418
5.5.4	平流式沉淀池	420
5.5.5	水力旋流器分级	421
5.5.6	挖泥船的选用	425
6	赤泥库灰渣库	426
6.1	概述	426
6.2	赤泥、灰渣的理化性质	426
6.3	赤泥库的种类	430

6.3.1 拜耳法赤泥湿库	430
6.3.2 烧结法赤泥湿库	430
6.3.3 干法赤泥库	430
6.4 赤泥库、灰渣库的建设	431
6.4.1 赤泥库、灰渣库的设计及地质勘察	431
6.4.2 赤泥库、灰渣库的施工	434
6.5 赤泥库、灰渣库的运行管理	434
6.6 赤泥库、灰渣库事故隐患及其处理	436
6.6.1 渗漏及可能引发的管涌事故	436
6.6.2 坝体含水率高和浸润线过高	436
6.6.3 坝体不均匀沉降、裂缝、滑坡	436
6.7 闭库及复垦	437
6.7.1 闭库措施及管理	437
6.7.2 复垦	438

第4篇 尾矿库的安全保障

7 尾矿库的安全保障	445
7.1 概述	445
7.1.1 尾矿与尾矿设施	445
7.1.2 尾矿设施的建设成就	445
7.1.3 尾矿设施在矿山生产中的重要性	446
7.1.4 尾矿设施存在的主要问题	447
7.2 我国有色金属尾矿库现状	448
7.2.1 我国有色金属矿山尾矿的特性	448
7.2.2 尾矿堆积坝的形式	449
7.2.3 尾矿库的排洪构筑物	472
7.2.4 尾矿库的回水构筑物	472
7.2.5 尾矿库的库型类别	474
7.3 我国有色金属尾矿库生产管理现状	476
7.4 尾矿库正常运行的标准及事故、病、险库的划分	479
7.4.1 尾矿库正常运行的标准	479
7.4.2 尾矿库事故、病、险库的划分	479
7.5 影响尾矿库正常运行的因素	480
7.5.1 自然因素	480
7.5.2 设计因素	481

7.5.3	施工因素	481
7.5.4	管理因素	482
7.5.5	社会因素	482
7.5.6	技术因素	483
7.6	预防尾矿库病害及事故的主要措施	484
7.6.1	精心设计	484
7.6.2	精心施工	486
7.6.3	科学管理	487
7.6.4	提高技术水平	488
7.7	尾矿库的环境保护	488
7.7.1	环境污染物的来源	489
7.7.2	污染途径	489
7.7.3	污染的防治	489
7.8	尾矿处理技术发展方向	490
7.8.1	上游法堆高坝的研究	491
7.8.2	下游法、中线法堆高坝的研究	491
7.8.3	细泥类尾矿堆高坝的研究	491
7.8.4	高浓度矿浆堆坝的研究	491
7.8.5	尾矿坝安全监测及预警的研究	491
7.8.6	开展赤泥堆坝的研究	491
7.8.7	发展水质处理技术, 治理环境污染	492
7.8.8	开展尾矿综合利用的研究	492
7.8.9	开展服务期满的尾矿库的复垦研究	492
8	尾矿库事故案例	493
8.1	云南锡业公司火谷都尾矿库溃坝事故	493
8.1.1	火谷都尾矿库位置及库容情况	493
8.1.2	尾矿库构筑方式	494
8.1.3	生产管理情况及事故前征兆	495
8.1.4	尾矿库发生事故的时间及状况	495
8.1.5	事故的后果	496
8.1.6	事故的原因	496
8.1.7	善后处理	497
8.1.8	经验教训	497
8.2	郑州铝厂灰渣库溃决事故	498
8.2.1	概述	498

8.2.2	设计最大库容及服务年限	500
8.2.3	构筑方式	500
8.2.4	事故前征兆	500
8.2.5	事故发生的时间及状况	500
8.2.6	事故的原因	500
8.2.7	事故的后果	501
8.2.8	经验教训	501
8.3	银山铅锌矿尾矿坝决口事故	502
8.3.1	概况	502
8.3.2	事故发生的过程	502
8.3.3	事故发生的原因	502
8.3.4	事故造成的后果	504
8.3.5	治理措施	504
8.3.6	经验教训	504
8.4	柿竹园有色金属矿牛角垅尾矿库溃坝事故	505
8.4.1	概况	505
8.4.2	洪水漫顶垮坝	507
8.4.3	垮坝的损失	508
8.4.4	垮坝后现场勘察	508
8.4.5	垮坝原因分析	508
8.4.6	善后处理	509
8.4.7	经验教训	509
8.5	岢美山尾矿库洪水漫顶事故	510
8.5.1	概况	510
8.5.2	垮坝过程	511
8.5.3	溃坝的主要原因与教训	511
8.6	木子沟尾矿库排水涵洞断裂事故	512
8.6.1	概况	512
8.6.2	事故的发生及处理	513
8.6.3	事故产生的后果及原因	515
8.6.4	经验教训	516
8.7	栗西尾矿库排洪隧洞塌陷事故	517
8.7.1	概况	517
8.7.2	初期坝泄漏事故	518
8.7.3	排洪洞排洪形成泥石流冲毁事故	520
8.7.4	排洪隧洞塌陷事故	520

8.7.5 经验教训	524
8.8 贵州铝厂赤泥库 2 号尾矿坝管涌溃坝事故	524
8.8.1 概况	524
8.8.2 事故前征兆	525
8.8.3 事故发生的时间及状况	526
8.8.4 事故的后果	526
8.8.5 事故发生的原因	526
8.8.6 经验教训	527
8.9 东乡铜矿尾矿库排水井泄漏尾砂事故	527
8.9.1 概况	527
8.9.2 事故的发生	528
8.9.3 原因分析	528
8.9.4 经验教训	530
8.10 智利埃尔尾矿坝溃坝事故	530
8.11 美国布法罗河矿尾矿坝溃坝事故	531
8.11.1 概况	531
8.11.2 事故前征兆	531
8.11.3 事故发生的时间及状况	531
8.11.4 事故的主要技术原因	531
8.11.5 事故的后果	531
8.11.6 应吸取的经验教训	531
8.12 南斯拉夫兹莱托沃铅锌矿尾矿库溃坝事故	531
8.12.1 概况	531
8.12.2 尾矿坝构筑	531
8.12.3 构筑方式	532
8.12.4 溃坝事故	532
8.12.5 溃坝原因	532
8.12.6 事故解救措施	532
8.12.7 经验教训	533
8.13 美国邦克希尔银铅锌矿尾矿库渗漏事故	533
8.13.1 概况	533
8.13.2 尾矿坝构筑	533
8.13.3 渗漏事故简述	534
8.13.4 渗漏发生原因	535
8.13.5 解决渗漏的措施	535
8.14 美国帝国铁矿尾矿库粉尘危害	535