

现代 XIANDAI

选矿 XUANKUANG

技术 JISHU

手册 SHOUCE

张泾生 主编

第8册

环境保护与资源循环

肖松文 主编



冶金工业出版社  
Metallurgical Industry Press

# 现代选矿技术手册

张泾生 主编

第 8 册

## 环境保护与资源循环

肖松文 主编

北 京

冶金工业出版社

2014

## 内 容 简 介

本书围绕选矿过程中的环境保护与资源循环进行编写,具体包括矿山的环境保护与可持续发展、选矿产品的脱水及选矿废水的处理与循环使用、尾矿的回收利用、堆存及尾矿坝的管理、选矿厂的清洁生产与生态矿山建设、资源的循环与二次资源分选回收。

本书可供从事选矿工作及相关专业的科研、管理人员以及高等院校相关专业师生参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代选矿技术手册.第8册,环境保护与资源循环/张泾生主编;肖松文分册主编.—北京:冶金工业出版社,2014.1  
ISBN 978-7-5024-6402-8

I. ①现… II. ①张… ②肖… III. ①选矿—技术手册  
②矿山—选矿—环境保护—技术手册 ③矿山—选矿—资源利用—技术手册 IV. ①TD9-62 ②X751-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第263002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 yjchs@cnmip.com.cn

策划编辑 张 卫 责任编辑 张耀辉 美术编辑 彭子赫

版式设计 孙跃红 责任校对 王永欣 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6402-8

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  
2014年1月第1版,2014年1月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;30.25印张;732千字;463页

98.00元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱: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)



# 《现代选矿技术手册》

## 编辑委员会

高级顾问 余永富

主任委员 张泾生

副主任委员 谢建国

委 员 (按姓氏笔画排列)

朱俊士 张国旺 李明德 李茂林

肖松文 陈 雯 周光华 周岳远

黄 丹 黄晓燕 曾子高 程建国

阙煊兰

秘 书 刘洪萍

# 《现代选矿技术手册》

## 各册主编人员

- |     |           |     |
|-----|-----------|-----|
| 第1册 | 破碎筛分与磨矿分级 | 张国旺 |
| 第2册 | 浮选与化学选矿   | 张泾生 |
| 第3册 | 磁电选与重选    | 周岳远 |
| 第4册 | 黑色金属选矿实践  | 陈 雯 |
| 第5册 | 有色金属选矿实践  | 谢建国 |
| 第6册 | 稀贵金属选矿实践  | 肖松文 |
| 第7册 | 选厂设计      | 黄 丹 |
| 第8册 | 环境保护与资源循环 | 肖松文 |

## 《现代选矿技术手册》前言

进入新世纪以来，国民经济的快速发展，催生了对矿产资源的强劲需求，也极大地推动了选矿科学技术进步的步伐。选矿领域中新工艺、新技术、新设备、新药剂大量出现。

为了提高我国在选矿科研、设计、生产方面的水平和总结近十年选矿技术进步的经验，推动选矿事业的进一步发展，冶金工业出版社决定出版《现代选矿技术手册》，由中国金属学会选矿分会的挂靠单位——长沙矿冶研究院牵头组织专家编写。参加《现代选矿技术手册》编写工作的除长沙矿冶研究院的专业人士外，还邀请了全国知名高校、科研院所、厂矿企业的专家、教授、工程技术人员。整个编写过程，实行三级审核，严格贯彻“主编责任制”和“编辑委员会最终审核制”。

《现代选矿技术手册》全书共分8册，陆续出版。第1~8册书名分别为：《破碎筛分与磨矿分级》、《浮选与化学选矿》、《磁电选与重选》、《黑色金属选矿实践》、《有色金属选矿实践》、《稀贵金属选矿实践》、《选矿厂设计》以及《环境保护与资源循环》。《现代选矿技术手册》内容主要包括金属矿选矿，不包括非金属矿及煤的选矿技术。

《现代选矿技术手册》是一部供具有中专以上文化程度选矿工作者及有关人员使用的工具书，详细阐述和介绍了较成熟的选矿理论、方法、工艺、药剂、设备和生产实践，相关内容还充分考虑和结合了目前国家正在实施的有关环保、安全生产等法规和规章。因此，《现代选矿技术手册》不仅内容丰富先进，而且实用性强；写作上文字叙述力求简洁明了，希望做到深入浅出。



《现代选矿技术手册》的编写以1988年冶金工业出版社陆续出版的《选矿手册》为基础，参阅了自那时以来，尤其是近十年来的大量文献，收集了众多厂矿的生产实践资料。限于篇幅，本书参考文献主要列举了图书专著，未能将全部期刊文章及企业资料一一列举。在此，谨向文献作者一并致谢。由于时间和水平的关系，本书不当之处，欢迎读者批评指正。

《现代选矿技术手册》的编写出版得到了长沙矿冶研究院、冶金工业出版社及有关单位的的大力支持，在此，表示衷心的感谢。

《现代选矿技术手册》编辑委员会

2009年11月

# 《现代选矿技术手册》各册目录

## 第1册 破碎筛分与磨矿分级

- 第1章 概述
- 第2章 粉碎理论基础
- 第3章 破碎与筛分
- 第4章 磨矿与分级

## 第2册 浮选与化学选矿

### 第1篇 浮选

- 第1章 浮选基本原理
- 第2章 浮选工艺
- 第3章 浮选新工艺及特种浮选技术
- 第4章 浮选药剂
- 第5章 浮选设备

### 第2篇 化学选矿

- 第6章 概论
- 第7章 矿物原料焙烧
- 第8章 矿物原料的浸出与分离
- 第9章 浸出净液中金属的分离回收

## 第3册 磁电选与重选

### 第1篇 磁选

- 第1章 概论
- 第2章 磁选理论基础
- 第3章 磁化焙烧
- 第4章 磁选设备
- 第5章 磁选工艺流程





## 第2篇 电选

- 第6章 概论
- 第7章 电选理论基础
- 第8章 电选设备
- 第9章 电选工艺流程

## 第3篇 重选

- 第10章 概论
- 第11章 重选理论基础
- 第12章 重选设备
- 第13章 重选工艺流程

## 第4册 黑色金属选矿实践

- 第1章 铁矿石选矿
- 第2章 锰矿石选矿
- 第3章 铬铁矿石选矿

## 第5册 有色金属选矿实践

- 第1章 铜矿选矿
- 第2章 铅锌多金属矿选矿
- 第3章 镍矿选矿
- 第4章 锡矿选矿
- 第5章 钨矿选矿
- 第6章 钼矿选矿
- 第7章 铋矿选矿
- 第8章 铝土矿选矿

## 第6册 稀贵金属选矿实践

- 第1章 铍矿选矿
- 第2章 钽铌矿选矿
- 第3章 钛锆石选矿
- 第4章 稀土矿选矿
- 第5章 金银矿选矿
- 第6章 铂族金属选矿

## 第7册 选厂设计

- 第1章 设计阶段
- 第2章 设计基础资料及选矿试验
- 第3章 工艺流程及工艺设备选择原则
- 第4章 厂房布置、设备配置及辅助设施
- 第5章 技术经济
- 第6章 节能
- 第7章 环境保护
- 第8章 劳动安全与工业卫生

## 第8册 环境保护与资源循环

- 第1章 矿山(区)环境保护与可持续发展总论
- 第2章 选矿产品脱水与水循环利用
- 第3章 矿山(选厂)废水处理与循环利用
- 第4章 选矿尾矿的综合回收利用
- 第5章 尾矿堆存与尾矿库管理
- 第6章 选厂清洁生产与生态矿山(区)建设
- 第7章 资源循环与二次资源分选回收

# 《环境保护与资源循环》编写委员会

(按姓氏笔画排列)

主 编 肖松文

副主编 阙焯兰

编 委 王又武 仝克闻 刘石桥 汤雁斌 杨文章

陈启平 陈顺良 陈 雯 周成湘 姚中亮

柳厚祥 顾帼华 黄自力 龚文勇

# 《环境保护与资源循环》前言

由冶金工业出版社出版，中国金属学会选矿分会挂靠单位长沙矿冶研究院牵头组织编写的《现代选矿技术手册》（共8册）陆续出版，本书为该手册的第8册《环境保护与资源循环》。

考虑到第一部《选矿手册》出版发行20多年来，金属矿山环境保护工作在我国发生了质的变化，成为矿山（选矿厂）生产管理的一项重要内容；在清洁生产、可持续发展、资源循环等先进理念的引领与国家法律制度的推动下，我国金属矿山（选矿厂）在环境保护与资源循环方面取得了巨大的进步。为了全面反映所取得的技术进步，本书对分散于第一部《选矿手册》各卷中与环境保护相关的章节内容进行了归并集中，并根据目前金属矿山（选矿厂）环境保护实际需要，对结构内容进行了重新编排，具体内容共分7章：第1章矿山（区）环境保护与可持续发展总论，第2章选矿产品脱水与水循环利用，第3章矿山（选矿厂）废水处理与循环利用，第4章选矿尾矿的综合回收利用，第5章尾矿堆存与尾矿库管理，第6章选矿厂清洁生产与生态矿山（区）建设，第7章资源循环与二次资源分选回收。

本书在编写过程中，充分考虑了矿山环境保护工作的特点，强调“理念适度超前、技术先进适用、法律政策贯彻到位”，具体参阅和收集了大量国内外专业文献以及矿山（选矿厂）环境保护的实践资料，特别注意吸收矿业发达国家在矿山（选矿厂）环境保护方面的先进经验，同时又考虑到国内的实际情况，技术应用实例以国内典型矿山选矿厂为主，从而强化技术进步方向的引导，力求内容全面、实用可靠。文字表达则尽量简单明了，力求做到深入浅出。本书可作为中专以上文化程度的选矿、环境保护工作者及有关人员使用的工具书。

本书除主编、副主编外，参加编写的还有长沙矿冶研究院全克闻教授级高



工、龚文勇教授级高工，中冶长天国际工程有限责任公司王又武教授级高工，长沙理工大学柳厚祥教授，长沙矿山研究院姚中亮教授级高工，大冶有色金属股份公司汤雁斌教授级高工，武汉科技大学黄自力教授等人。同时感谢中冶长天国际工程有限责任公司设计大师刘石桥教授及周成湘教授、杨文章教授，长沙矿冶研究院陈雯教授、陈启平教授，中南大学顾帼华教授，中南林业科技大学陈顺良教授认真审阅本书并提出宝贵意见。

由于时间和编写人员水平所限，书中不当之处，敬请读者批评指正。

《环境保护与资源循环》编写委员会  
2013年4月22日

# 《环境保护与资源循环》目录

1 矿山(区)环境保护与可持续发展总论 .....	1
1.1 矿业的生态环境问题 .....	1
1.1.1 概况 .....	1
1.1.2 水资源破坏与水污染 .....	2
1.1.3 固体废物的产生与处置 .....	2
1.1.4 尾矿库溃坝与泄漏 .....	2
1.1.5 地貌景观改变与植被破坏 .....	3
1.1.6 土地占用与土壤污染 .....	3
1.1.7 空气污染 .....	3
1.1.8 生物多样性的破坏 .....	4
1.2 国际矿业环境保护与可持续发展的历程 .....	4
1.2.1 国际矿业环境保护与可持续发展的历程 .....	4
1.2.2 矿业领域的重大环境灾害事故 .....	6
1.2.3 推进矿业可持续发展进程的重要国际公约 .....	8
1.3 矿业可持续发展的内涵、目标与措施 .....	8
1.3.1 矿业可持续发展的内涵 .....	8
1.3.2 矿业可持续发展的基本原则与框架 .....	9
1.3.3 矿业可持续发展的目标与行动纲领 .....	10
1.3.4 矿业可持续发展的具体行动措施 .....	11
1.4 我国矿业环境保护与可持续发展 .....	14
1.4.1 我国矿业环境保护的发展历程 .....	14
1.4.2 我国矿业可持续发展的目标与纲领措施 .....	16
1.4.3 我国矿业可持续发展面临的问题及对策措施 .....	18
2 选矿产品脱水与水循环利用 .....	24
2.1 选矿产品脱水目的及方法选择 .....	24
2.1.1 选矿产品脱水的目的 .....	24
2.1.2 矿浆体系的特性及分离方法 .....	24
2.1.3 选矿产品脱水流程选择 .....	26
2.2 浓缩脱水技术及设备 .....	27
2.2.1 重力沉降及其设备概述 .....	27
2.2.2 重力沉降浓缩脱水的技术原理 .....	28
2.2.3 普通浓缩机 .....	33



2.2.4	高效浓缩机	39
2.2.5	倾斜板(管)浓缩机	47
2.2.6	深锥膏体浓缩机	48
2.3	过滤脱水技术及设备	57
2.3.1	矿浆过滤过程及原理	57
2.3.2	过滤设备的分类	59
2.3.3	筒形真空过滤机	60
2.3.4	磁性过滤机	66
2.3.5	陶瓷盘式真空过滤机	67
2.3.6	水平带式真空过滤机	72
2.3.7	压滤机	75
2.4	选矿产品脱水与水循环利用实践	80
2.4.1	选矿产品脱水技术发展概况	80
2.4.2	微细粒精矿陶瓷过滤脱水实践	81
2.4.3	尾矿高压/膏体浓缩实践	90
2.4.4	金矿全泥氰化尾矿产压滤脱水-干堆排放实践	101
<b>3</b>	<b>矿山(选矿厂)废水处理与循环利用</b>	<b>109</b>
3.1	矿山(选矿厂)废水的性质与危害	109
3.1.1	废水的来源与组成	109
3.1.2	矿山废水的主要污染物及其环境危害	112
3.2	矿山(选矿厂)废水处理原则与方法	113
3.2.1	矿山(选矿厂)废水排放与循环利用的标准要求	113
3.2.2	矿山(选矿厂)废水污染防治的基本原则	114
3.2.3	矿山(选矿厂)废水处理方法概要	114
3.3	矿山酸性废水的产生、控制及处理	118
3.3.1	矿山酸性废水的性质特点	118
3.3.2	矿山酸性废水的产生、预防和控制	119
3.3.3	矿山酸性(含金属)废水的处理技术	122
3.3.4	矿山酸性(含金属)废水的处理实践	132
3.4	含氰废水的处理与循环利用	142
3.4.1	含氰废水的来源及特点	142
3.4.2	含氰废水处理利用的主要工艺方法	143
3.4.3	含氰废水处理与循环利用实践	147
3.5	浮选厂废水的综合处理与循环利用	156
3.5.1	简况	156
3.5.2	凡口铅锌矿选矿废水综合利用实践	157
3.5.3	栖霞山铅锌选矿厂选矿废水的处理与循环利用实践	161
3.5.4	吉恩铜镍选矿厂选矿废水循环利用实践	164



3.5.5 某黄金矿山高悬浮物选矿废水处理工程实践 .....	165
<b>4 选矿尾矿的综合回收利用 .....</b>	<b>168</b>
4.1 尾矿的组成及其利用价值 .....	168
4.1.1 尾矿的主要组成 .....	168
4.1.2 尾矿的资源利用价值 .....	169
4.1.3 尾矿的综合利用方式 .....	171
4.2 尾矿再选的工艺技术及特色设备 .....	172
4.2.1 尾矿再选的技术特点 .....	172
4.2.2 含铁尾矿资源回收利用技术 .....	172
4.2.3 有色金属尾矿资源回收技术 .....	174
4.2.4 尾矿再选作业的特色设备 .....	175
4.3 尾矿再选回收有价值组分生产实践 .....	179
4.3.1 铁矿尾矿再选生产实例 .....	179
4.3.2 含重金属尾矿再选生产实例 .....	193
4.3.3 含稀贵金属尾矿再选利用实践 .....	200
4.4 选矿尾矿整体利用技术及实践 .....	207
4.4.1 尾矿生产水泥熟料 .....	207
4.4.2 生产新型墙体材料 .....	216
4.4.3 尾矿充填 .....	230
<b>5 尾矿堆存与尾矿库管理 .....</b>	<b>249</b>
5.1 尾矿堆存处理及其设施 .....	249
5.1.1 尾矿的排放及堆存方式 .....	249
5.1.2 尾矿库的功能、形式及等级 .....	251
5.1.3 尾矿设施及尾矿库 .....	252
5.2 尾矿的工程力学性质 .....	253
5.2.1 概要 .....	253
5.2.2 尾矿工程技术分类 .....	253
5.2.3 尾矿的工程力学特性 .....	255
5.2.4 有效筑坝颗粒的最小粒径界限 .....	257
5.3 尾矿库的全生命周期管理 .....	258
5.3.1 尾矿库的生命周期及其管理原则 .....	258
5.3.2 尾矿库的主要风险 .....	259
5.3.3 与尾矿库管理相关的法规标准 .....	259
5.3.4 尾矿库全生命周期管理的主要内容 .....	260
5.4 尾矿库设计与建设 .....	265
5.4.1 尾矿库库址选择与评价 .....	265
5.4.2 尾矿库的设计计算 .....	266





5.4.3	尾矿坝坝体的稳定性分析 .....	269
5.4.4	尾矿坝建设与施工 .....	273
5.4.5	尾矿库筑坝建设实践 .....	283
5.5	尾矿库的安全维护管理 .....	294
5.5.1	尾矿库安全管理的任务与要求 .....	294
5.5.2	尾矿库安全事故与病害隐患 .....	296
5.5.3	尾矿库的安全评价 .....	299
5.5.4	尾矿坝的安全监测与隐患治理 .....	302
5.5.5	尾矿库的应急管理 .....	305
5.6	尾矿库的环境污染防治 .....	307
5.6.1	潜在污染物释放及其环境危害 .....	307
5.6.2	尾矿的环境矿物学特性及其表征 .....	308
5.6.3	重金属等污染物的产生与迁移 .....	310
5.6.4	尾矿库水污染的控制 .....	314
5.7	尾矿库的闭库与生态修复 .....	314
5.7.1	尾矿库闭库及其工程措施 .....	314
5.7.2	尾矿库生态修复与重建的任务与程序 .....	315
5.7.3	尾矿库生态修复与重建的技术 .....	315
5.7.4	尾矿库生态修复与重建实践 .....	319
<b>6</b>	<b>选矿厂清洁生产与生态矿山(区)建设 .....</b>	<b>325</b>
6.1	清洁生产概论 .....	325
6.1.1	清洁生产的含义及特点 .....	325
6.1.2	清洁生产的内容及措施 .....	327
6.1.3	清洁生产的实施程序 .....	328
6.1.4	清洁生产审核 .....	329
6.1.5	清洁生产的法规政策制度体系 .....	332
6.2	选矿厂清洁生产与节能减排 .....	333
6.2.1	选矿厂清洁生产的内容及措施 .....	333
6.2.2	我国选矿厂清洁生产的要求 .....	335
6.2.3	选矿厂清洁生产与节能减排的技术措施 .....	339
6.2.4	矿山/选矿厂清洁生产与节能减排实践 .....	341
6.3	生态矿山(区)建设探索及实践 .....	353
6.3.1	生态工业园的思想及其探索 .....	353
6.3.2	生态工业园建设的基础原则及条件 .....	355
6.3.3	生态矿山(区)及其实践探索 .....	356
<b>7</b>	<b>资源循环与二次资源分选回收 .....</b>	<b>366</b>
7.1	金属资源循环概论 .....	366