

现代 XIANDAI

选矿 XUANKUANG

技术 JISHU


手册 SHOUCE

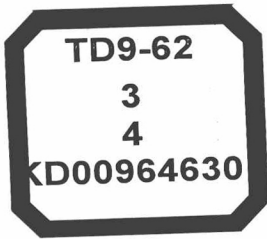
张泾生 主编

第4册

黑色金属选矿实践

陈雯 主编

 冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



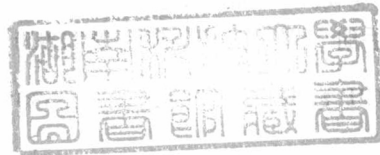
现代选矿技术手册

张泾生 主编

第 4 册

黑色金属选矿实践

陈 雯 主编



湖南科技大学图书馆



KD00964630

北 京

冶金工业出版社

2012

内 容 简 介

本书是由长沙矿冶研究院组织编写的专业工具书《现代选矿技术手册》(共8册)中的第4册《黑色金属选矿实践》。全书分铁矿石选矿、锰矿石选矿、铬铁矿石选矿3章介绍黑色金属选矿。每章分别从矿石的性质、用途、资源分布情况,选矿技术,包括工艺、药剂及设备,选矿厂实践几方面进行介绍,深入浅出地介绍了黑色金属选矿的方方面面。书中内容全面、系统,理论与实践相结合,重点突出近年来黑色金属选矿技术的新发展。

本书可作为从事选矿工作的科研、管理人员及高等院校矿物加工工程专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代选矿技术手册(张涇生主编).第4册,黑色金属选矿实践/陈雯主编.一北京:冶金工业出版社,2012.8

ISBN 978-7-5024-5917-8

I. ①现… II. ①陈… III. ①选矿—技术手册 ②黑色金属矿石—选矿—技术手册 IV. ①TD9-62 ②TD951-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第185630号

出 版 人 曹胜利

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 yjcb@cnmip.com.cn

策划编辑 曹胜利 张 卫 责任编辑 李 雪 美术编辑 李 新

版式设计 孙跃红 责任校对 王贺兰 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5917-8

三河市双峰印刷装订有限公司印刷;冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销

2012年8月第1版,2012年8月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16;20.5印张;493千字;312页

65.00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)

《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 锂铍矿选矿
- 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 尾矿堆存与尾矿坝管理
- 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

《黑色金属选矿实践》编写委员会

(按姓氏笔画排列)

主 编 陈 雯

副主编 樊绍良 麦笑宇

编 委 王英姿 王登红 韦锦华 孙春宝 祁超英

张永来 张立刚 李玉刚 杨 强 沈立义

邵安林 陈正学 周柳霞 岳润芳 罗良飞

唐晓玲 唐雪峰 彭泽友 谢琪春

《黑色金属选矿实践》前言

由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,冶金工业出版社出版的《现代选矿技术手册》共分8册,本书为该《手册》的第4册《黑色金属选矿实践》。

本书分铁矿石选矿、锰矿石选矿和铬铁矿石选矿3章,每一章又包括概论、选矿技术、生产实践三部分内容,其中入选生产实践的选矿厂,尽可能选择涵盖了该类型矿选矿方法的大中型选矿厂。

作为工具书,本书在编写时,力求内容的全面和可靠,特别注意反映第一部《选矿手册》出版发行以来20年间黑色金属矿选矿所取得的巨大进步。文字方面表述尽量简洁明了,希望做到深入浅出。本书可供具有中专以上文化程度的选矿工作者及有关人员使用。

本书除主编、副主编外,参加编写的还有北京科技大学孙春宝教授,中国地质研究院王登红研究员,国土资源部储量中心杨强教授,长沙矿冶研究院张立刚、罗良飞、唐雪峰、彭泽友等人。生产实践部分的写作得到了鞍钢集团矿业公司邵安林、韦锦华,武钢集团矿业公司祁超英,邯邢矿务局岳润芳,攀钢集团矿业公司谢琪春,包钢集团矿业公司李玉刚,太钢集团矿业公司王英姿,酒钢集团选烧厂唐晓玲,昆钢大红山铁矿沈立义,《中国锰业》杂志主编周柳霞等专家的帮助,他们向编者提供了大量翔实的生产技术资料。

本书在编写过程中,得到长沙矿冶研究院余永富院士、张泾生教授、陈正学教授、朱俊士教授的大力支持和帮助。他们多次帮助修改并撰写部分关键内容,在此表示衷心感谢!

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。

《黑色金属选矿实践》编写委员会

2012年4月20日

《黑色金属选矿实践》目录

1 铁矿石选矿	1
1.1 概论	1
1.1.1 铁矿床	1
1.1.2 主要铁矿物及脉石矿物的性质	8
1.1.3 铁矿石用途	10
1.1.4 铁矿石工业标准	10
1.1.5 铁精矿质量标准	11
1.1.6 世界铁矿资源	12
1.1.7 中国铁矿资源	13
1.1.8 世界铁矿石生产与销售	14
1.2 铁矿石选矿技术	14
1.2.1 铁矿石选矿工艺技术	14
1.2.2 铁矿选矿设备及药剂的技术进步	38
1.3 铁矿石选矿实践	45
1.3.1 磁铁铁矿石选矿实践	45
1.3.2 弱磁性铁矿选矿实践	80
1.3.3 混合型铁矿石选矿实践	112
1.3.4 多金属共生、伴生铁矿石选矿实践	167
1.3.5 铁矿石选矿主要生产技术指标	205
2 锰矿石选矿	207
2.1 概论	207
2.1.1 主要锰矿物的性质	207
2.1.2 锰的用途	211
2.1.3 锰矿石及其产品的质量标准的	212
2.1.4 中国锰矿资源	217
2.1.5 世界锰矿资源	219
2.1.6 世界锰矿石生产与销售	221
2.2 锰矿石选矿技术	223



2.2.1	锰矿石选矿工艺技术	223
2.2.2	锰矿石选矿设备	225
2.2.3	锰矿石选矿技术发展	229
2.3	锰矿石选矿实践	233
2.3.1	碳酸锰矿石选矿实践	233
2.3.2	氧化锰矿石选矿实践	251
2.3.3	混合型锰矿选矿实践	267
2.3.4	海洋多金属锰结核选矿实践	285
2.3.5	锰矿石选矿主要生产技术指标	286
2.3.6	国内外主要锰矿选矿厂	286
3	铬铁矿石选矿	289
3.1	概论	289
3.1.1	铬铁矿的矿物性质	289
3.1.2	铬的主要用途	289
3.1.3	中国铬资源	290
3.1.4	世界铬资源	291
3.1.5	世界铬铁矿石的生产与销售	292
3.2	铬铁矿石选矿技术与发展	294
3.2.1	铬铁矿石选矿工艺技术	294
3.2.2	铬铁矿石选矿技术发展	295
3.3	铬铁矿石选矿实践	296
3.3.1	铬铁矿石选矿实例	296
3.3.2	铬铁矿石选矿主要生产技术指标	308
	参考文献	309

1 铁矿石选矿

1.1 概论

1.1.1 铁矿床

1.1.1.1 中国铁矿床

我国铁矿资源丰富。根据地质成因及工业类型的不同,中国铁矿床按矿床成因可分为六大类型,具体成因类型见表 1-1,各类型铁矿床分布地区见表 1-2。

表 1-1 中国铁矿床成因类型

地质成因		矿石特征	工业价值
沉积变质型矿床		不同时代与不同变质程度的受区域变质的沉积铁矿	有巨大工业价值(一般指所谓“鞍山统”或“五台系”中变质沉积矿床)
岩浆型矿床		与辉长岩有关的含钒钛磁铁矿	有一定或较大的工业价值
接触交代-热液型(矽卡岩型)矿床		含矽卡岩矿物的磁铁矿	矽卡岩矿床与高温热液矿床组成混合成因类型时,有较大或巨大的工业价值
火山岩型矿床	海相火山岩型	火山侵入活动形成的磁铁矿、赤铁矿	有一定或较大的工业价值
	陆相火山岩型		
沉积型矿床	海相沉积岩型	1. 不同时代的成层鲕状赤铁矿 2. 不同时代的煤系地层中的菱铁矿 3. 风化残积赤铁矿又经溶解沉积而成的赤铁矿	其中一部分(如下震旦纪及中、上泥盆纪的鲕状赤铁矿)有较大或巨大工业价值,其余工业价值很小或没有工业价值
	陆相沉积岩型		
现代风化沉积矿床		1. 有色金属矿床的铁帽 2. 奥陶纪侵蚀面上残积赤铁矿和褐铁矿	工业价值较小或很小

表 1-2 中国铁矿床分布地区

地质成因		矿石类型	占总储量/%	主要分布地区
沉积变质型矿床		鞍山式、新余式、江口式、惠民式、镜铁山式	52.4	辽宁鞍山、本溪;河北迁安、滦县;山西袁家村;云南惠民、甘肃镜铁山等地区
岩浆型矿床		攀枝花式、大庙式	16.0	攀枝花—西昌地区、河北承德地区等
接触交代-热液型矿床		大冶式、邯邢式、莱芜式、黄冈式等	13.0	邯邢地区、大冶地区、莱芜地区、临汾地区等
火山岩型矿床	海相火山岩型	大红山式、黑鹰山式等	9.0	云南大红山、内蒙古黑鹰山等地区
	陆相火山岩型	宁芜式、八乡式等		江苏梅山;安徽南山、姑山等地区

续表 1-2

地质成因		矿石类型	占总储量/%	主要分布地区
沉积型 矿床	海相沉积岩型	宣龙式、宁乡式、临江式等	9.0	河北宣化、湘赣边界、鄂西、湘、川东、黔西、滇北等地区
	陆相沉积岩型	綦江式、山西式、云浮式		重庆綦江地区
现代风化沉积矿床		大宝山式、朱雀式、江西永平式	0.6	广东大宝山、大降坪；福建建爱；江西分宜；海南临登等地

A 沉积变质矿床

a 鞍山式铁矿床

鞍山式铁矿床是我国主要的铁矿资源,主要分布在鞍山-本溪地区、冀东地区、山西峨口-岚县地区。

该类型矿床矿物组成较为简单。矿层围岩为千枚岩、角闪片岩、绿泥片岩、云母片岩和含有不同硅酸盐的石英片岩。矿石中 useful 矿物为磁铁矿、假象赤铁矿、赤铁矿及少量的褐铁矿。脉石矿物主要是石英,其次为角闪石、黑云母或辉石等硅酸盐矿物。脉石以石英为主时称含铁石英岩,以角闪石为主时称含铁角闪片岩。矿床中的矿石绝大多数为高硅贫铁矿石,一般含铁 20%~40%,含二氧化硅在 50%左右,含硫、磷及其他有害杂质均较低。不同产地的鞍山式铁矿石的化学成分和矿物组成是相近的。

鞍山式贫铁矿石绝大多数是条带状或条纹状构造。条带宽度一般为 0.5~3 mm。矿石浸染粒度细,结晶粒度通常为 0.04~0.2 mm,有些矿石嵌布粒度更细,如山西岚县袁家村矿石,结晶粒度多数为 0.015~0.045 mm,矿石需磨至 -0.043 mm 占 90%以上才能获得单体解离。

鞍山式铁矿石依据矿石中磁性铁含量的不同,可分为磁铁矿石、弱磁性铁矿石和混合型铁矿石。

b 惠民式铁矿床

惠民式铁矿床主要分布在我国云南中部地区。含铁矿物有磁铁矿、菱铁矿、褐铁矿,脉石矿物主要为磷绿泥石、黑硬绿泥石、铁蛇纹石等。菱铁矿矿石具有变胶状、显微粒状、粒状、生物碎屑、鳞片状、齿状镶嵌等结构。矿石主要构造有条纹条带状、块状、角砾状、浸染状和流纹状等。

c 镜铁山式铁矿床

镜铁山式铁矿床主要分布在我国西北部甘肃省境内,这种类型的矿石目前在国外尚少发现。该类铁矿床为火山沉积型,属铁质碧玉型铁矿床。矿石中主要铁矿物为镜铁矿、菱铁矿、少量赤铁矿和褐铁矿;矿体深部偶尔有少量磁铁矿,其他共生有用矿物为重晶石。脉石矿物为碧玉、铁白云石,少量石英、方解石、白云石、绢云母等。矿石含铁 30%~40%,含二氧化硅 20%、含硫 0.1%~2.8%。矿石呈条带状构造,条带由镜铁矿、菱铁矿、重晶石和碧玉组成。矿石浸染粒度较细,结晶颗粒一般为 0.02~0.5 mm,需磨至 -0.074 mm 占 95%以上才达到单体解离。

B 岩浆型矿床

a 攀枝花式铁矿床

攀枝花式铁矿床产于辉长岩、橄榄岩等基性、超基性火成岩体中的岩浆晚期分异型钒钛磁铁矿床,主要分布在四川省攀枝花-西昌地区。该类型矿床中的矿石含有铁、钛、钒、铬、

镓、铜、钴、镍及铂族元素等十几种有用成分,其中钒、钛、钴等金属储量十分可观,不仅在国内,而且在世界上都占有很大比例。矿石中金属矿物以含钒、钛磁铁矿(由钛铁矿、镁铝尖晶石、钛铁晶石、磁铁矿组成的复合矿物),其次为磁黄铁矿、黄铜矿、铬铁矿、镍黄铁矿、假象赤铁矿和褐铁矿。脉石矿物主要为蜡长石、异剥辉石、角闪石等。矿石中钛铁矿、钛磁铁矿、钛铁晶石共生密切,有的呈固溶体存在;原矿含铁 20% ~ 53%。矿石呈致密块状、致密-稀疏浸染状及条带状构造,可分为星散浸染状、稀疏浸染状、中等浸染状、稠密浸染状以及块状等五种类型铁矿石。钛磁铁矿呈它形晶粒状,粒度 0.5 ~ 2.0 mm,钛铁矿部分呈网格状与钛磁铁矿交生的呈粒状产出。

b 大庙式铁矿床

沿辉长岩、斜长岩岩体裂隙或辉长岩、斜长岩岩体接触带贯入而形成的钒钛磁铁矿床,主要分布在河北省承德地区大庙、黑山一带。主要矿物有磁铁矿、钛铁矿、赤铁矿、金红石和黄铁矿等,脉石矿物有辉石、斜长石、绿泥石、阳起石、磷灰石等。矿石结构均匀,常见陨铁结构,具浸染状和致密块状构造。矿石含铁 27% 左右,含二氧化钛 5% ~ 15%,含五氧化二钒 0.055% ~ 0.71%,含硫 0.1% ~ 0.7%,含磷 0.063% ~ 1.21%。

C 接触交代-热液型矿床

该类型矿床,常称为矽卡岩型矿床,主要赋存于中酸性-中基性侵入岩类与碳酸盐类演化的接触带或其附近,这类矿床一般都具有典型的矽卡岩矿物组合(钙铝-钙铁榴石系列、透辉石-钙铁辉石系列)。该类型铁矿在我国分布十分广泛,主要集中在河北省邯邢地区、冀东、晋南、豫西、鲁中、苏北、闽南以及粤北等地,是我国富铁矿的重要来源。按岩浆岩与围岩条件,在工业上常分为邯邢式、大冶式和黄冈式铁矿。

a 邯邢式铁矿床

与成矿有关的侵入体为燕山期中性岩,以闪长岩、二长岩类为主。成矿围岩为中奥陶统不同组、段含泥质较低的碳酸盐岩为主,有 3 层含石膏(石盐)假晶的灰岩。金属矿物以磁铁矿为主,少数地区为铁铜矿。

b 大冶式铁矿床

该类型矿石中除含有磁、赤铁矿外,还伴生有以铜为主的有色金属矿物,如黄铜矿、黄铁矿、辉钴矿等,大冶铁矿矿石分为原生矿和氧化矿两大类,依据含铜高低,两大类矿石又都分为高铜矿石(含铜高于 0.3%)与低铜矿石(含铜低于 0.3%)两种。原生矿中金属矿物主要是磁铁矿,少量赤铁矿、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、辉铜矿和铜蓝等。氧化矿中主要金属矿物为假象赤铁矿、磁铁矿、褐铁矿、孔雀石、赤铜矿、黄铜矿、黄铁矿、辉钴矿等。两类矿石中的脉石矿物为石英、绿泥石、绢云母、方解石、白云石等。矿石多呈块状,稠密浸染状和细脉浸染状构造,浸染粒度不均匀,但细粒浸染状居多。

c 黄冈式铁矿床

黄冈式铁矿成矿岩体为花岗岩和白岗岩,围岩为古生界碳酸盐岩夹火山岩系。金属矿物以磁铁矿、锡石、闪锌矿、黄铜矿、斜方砷铁矿、白锡矿、辉钼矿为主,非金属矿物有石榴子石、透辉石、角闪石,次为萤石、云母类、绿泥石、石英、方解石和符山石等。

D 火山岩型矿床

a 海相火山岩型

该种成因矿床工业类型主要为大红山式铁矿床,矿体呈层状、似层状、透镜状,少数呈脉