

选  
矿  
手  
册

第 一 卷

冶金工业出版社

# 选矿手册

## 第一卷

《选矿手册》编辑委员会

冶金工业出版社

## 内 容 简 介

本分册是依照《选矿手册》编辑委员会拟定的编写大纲的要求编写的，包括选矿概论、矿产资源和工艺矿物学等三篇。选矿概论篇主要介绍选矿的发展史和技术成就、常用选矿术语以及金属和非金属矿选矿产品标准。矿产资源篇主要介绍矿产资源特点及其开发趋势、矿产勘查与储量分类、分级和矿产工业指标的一般要求。工艺矿物学篇介绍工艺矿物学的研究方法及研究内容，列出了解离参数测定、元素平衡计算和浮选小型试验产品考查实例等。

本书是一部工具书，可供初级以上选矿科技人员使用，亦可供有关大专院校选矿专业师生参考。

本分册除主编、副主编外，选矿概论篇的撰写人员有刘振中、孙传尧和王璧善。另外，陈祖荫、邱允赞审查了工艺矿物学篇，杨忠威整理了全稿。目录英文由胡力行翻译。

### 选 矿 手 册

#### 第 一 卷

《选矿手册》编辑委员会

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街高院校北巷39号)

新华书店总店科技发行所经销

冶金工业出版社印刷厂印刷

850×1168 1/32 印张 14 3/8 字数 360 千字

1991 年 8 月第一版 1991 年 8 月第一次印刷

印数 00,001~4,000 册

ISBN 7-5024-0807-X  
TD·135 定价 12.20 元

# 《选矿手册》编辑委员会

主任委员：张卯均

副主任委员：胡为柏 童国光

编委：（按姓氏笔划排列）

王 岚 王永德 石大鑫 丘继存 刘广泌

刘正适 朱家骥 余兴远 沈志诚 沈建民

汪淑慧 李毓康 罗中兴 苏仲平 吴威孙

胡熙庚 陶 敏 黄大雨 夏珠荣 赵涌泉

秘 书：赵涌泉（兼）

责任编辑：王迺琳 黄淦祥

本分册主编、副主编

第一篇 选矿概论

主 编：张卯均

副主编：石大新

第二篇 矿产资源

主 编：刘正适

副主编：赵涌泉 孙士良

第三篇 工艺矿物学

主 编：程希翱

副主编：葛书华 田福纯

# 前 言

---

我国是世界上矿产资源比较丰富、矿物种类众多的国家之一。在辽阔的国土上，蕴藏着多种多样的有色金属、黑色金属、稀贵金属矿产以及化工、建材等非金属矿产，这是发展我国国民经济的雄厚物质基础。

我国的矿产资源，多数矿石的有用组分含量较低，矿物组成较复杂，必须经过选矿才能提高有价成分含量，改善质量，将复杂共生矿中的多种矿物分离，以适应市场商品规格或下一步加工技术的要求。

选矿是改善矿物原料性质的经济有效方法。当前，我国每年有近亿吨的有色金属矿石和约一亿五千万吨黑色金属矿石在冶炼前几乎全部需要选矿；化肥生产所需的磷、硫矿石以及建材等非金属矿石，也多半经选别后才能进一步加工或作为商品。可见，选矿在发展矿物原料工业中具有重要的地位。

新中国成立以来的三十多年中，选矿事业随着矿物原料工业的突飞猛进而迅速发展。全国大型重点选矿厂近千个，中、小型选矿厂星罗棋布；设置选矿专业的大专院校有二十多所；部、省属科研、设计院所有百余个；从事选矿事业的科学技术人员不下十万人，建立了一支完整的选矿科技队伍。在这三十多年的科研、设计、生产实践过程中，充实了理论，革新了工艺，增加了选矿药剂品种，创造了独特的重选设备，有益元素的综合利用取得了许多颇有成效的进展，形成了符合我国矿产资源特点的选矿技术。一些难选矿种的选矿技术已进入世界先进行列，如锡、钨、细泥的处理等。选矿技术水平不断提高，应用领域不断扩大。

为了提高我国在选矿科研、设计、生产方面的水平和总结经验，推动选矿事业的进一步发展，中国金属学会选矿学术委员会

于1983年8月决定组织编写我国第一部选矿专业大型工具书——《选矿手册》，由选矿学术委员会组成《选矿手册》编辑委员会主持编写工作，并成立了相应的编写组。参加撰写工作的有国内具有几十年教学、科研、设计、生产经验的专家、教授、高级工程师、工程师几百人。在整个编写过程中，实行三级审核规定，严格贯彻“主编责任制”和“编辑委员会最终审定制”。

《选矿手册》共分八卷、三十七篇，按十四个分册陆续出版。全书出版字数约为450万字。考虑到选煤另有专著，本《手册》不包括煤的洗选。《选矿手册》的内容有：总论、选矿前准备、选矿方法及选矿药剂、产品处理及辅助作业、取样、试验技术与选矿过程检测、数模和工艺过程控制、选矿厂设计、选矿实践等。

《选矿手册》是一部供初级以上选矿工作者及有关人员使用的工具书。编入了较成熟的选矿理论、方法、工艺、药剂、设备和生产实践，内容丰富、实用性强。参阅了国内外上万篇文献，收集了上千个厂、矿的生产实践资料，理论与实践兼备，以实践为主，选材以国内为主，同时辅以典型的国外资料，体现了近代选矿科学技术水平。是一部具有中国特色的《选矿手册》。

在《手册》编写过程中，得到了冶金工业部、中国有色金属工业总公司、化学工业部、国家建筑材料工业总局、地质矿产部、核工业部等及其所属的二十多个有关单位的大力支持，并得到了中国金属学会、中国有色金属学会、中国有色金属工业总公司生产部、凡口铅锌矿、化学工业部化学矿山局、鞍钢矿山公司及所属东鞍山烧结总厂、齐大山选矿厂、大孤山选矿厂、弓长岭选矿厂、矿山设计院、矿山研究所等的积极资助，在此，表示衷心的感谢！

《选矿手册》编辑委员会

# 第一卷 目 录

## 1 选 矿 概 论

<b>1.1 选矿的目的和作用</b> .....	3
1.1.1 选矿的目的和任务.....	3
1.1.1.1 金属矿产资源.....	3
1.1.1.2 非金属矿产资源.....	4
1.1.1.3 可燃性矿产资源.....	4
1.1.2 选矿在国民经济中的地位和作用.....	6
<b>1.2 选矿发展史和技术成就</b> .....	9
1.2.1 选矿发展史.....	9
1.2.2 选矿技术成就.....	11
1.2.2.1 大型、高效选矿设备.....	11
1.2.2.2 选矿新工艺和新技术.....	13
1.2.2.3 高效选矿药剂.....	14
1.2.2.4 自动控制.....	14
1.2.2.5 选矿理论.....	14
<b>1.3 常用选矿术语</b> .....	16
<b>1.4 选矿产品的质量</b> 标准.....	25
1.4.1 黑色金属矿选矿产品质量标准.....	25
1.4.1.1 铁.....	25
1.4.1.2 锰.....	25
1.4.1.3 铬.....	27
1.4.1.4 钒.....	30
1.4.2 有色金属矿选矿产品质量标准.....	31
1.4.2.1 铜.....	31
1.4.2.2 铅.....	31
1.4.2.3 锌.....	31
1.4.2.4 钨.....	31

1.4.2.5	锡	31
1.4.2.6	钼	33
1.4.2.7	镍	33
1.4.2.8	铋	33
1.4.2.9	铷	37
1.4.2.10	汞	40
1.4.2.11	硫	40
1.4.2.12	铝	42
1.4.2.13	镁	42
1.4.3	稀、贵金属矿选矿产品质量标准	42
1.4.3.1	金、银	42
1.4.3.2	钽、铌	42
1.4.3.3	锂、铍	43
1.4.3.4	锆	48
1.4.3.5	钛	48
1.4.3.6	稀土金属矿物	48
1.4.4	非金属矿选矿产品质量标准	50
1.4.5	选矿厂工业污染物排放标准	50
	参考文献	50

## 2 矿产资源

2.1	绪 论	55
2.1.1	矿产资源在国民经济中的作用	56
2.1.2	矿产资源的特点	56
2.1.3	矿产资源开发总的发展趋势	58
2.2	我国的矿产资源	61
2.2.1	矿产资源概况	62
2.2.1.1	能源矿产	63
2.2.1.2	黑色金属矿产	64
2.2.1.3	有色和贵金属矿产	67



2.2.1.4 稀有、稀土和分散元素矿产	71
2.2.1.5 化工原料非金属矿产	73
2.2.1.6 冶金辅助原料矿产	75
2.2.1.7 建材和其他非金属矿产	76
2.2.1.8 水资源	80
2.2.2 矿产资源分析	81
2.2.3 矿床规模划分和计算单位	86
<b>2.3 矿产勘查与储量分类分级</b>	<b>87</b>
2.3.1 矿产勘查	87
2.3.2 矿产勘查各阶段的选冶试验程度	89
2.3.3 矿产储量分类和分级	90
2.3.3.1 矿产储量分类	90
2.3.3.2 矿产储量分级	91
2.3.4 矿产储量有关名词解释	91
2.3.4.1 伴生矿	91
2.3.4.2 共生矿	91
2.3.4.3 矿床类型	91
2.3.4.4 工业品位	92
2.3.4.5 边界品位	92
2.3.4.6 矿石品级	92
2.3.4.7 矿床工业指标	92
2.3.4.8 地质储量、探明储量、可供建设设计储量	92
2.3.4.9 综合工业品位	93
2.3.4.10 可采厚度(或最低可开采厚度)	93
<b>2.4 矿产工业指标的一般要求</b>	<b>94</b>
2.4.1 能源矿产	94
2.4.1.1 煤	94
2.4.1.2 泥炭	95
2.4.1.3 油页岩	96
2.4.1.4 石油	97
2.4.1.5 天然气	97
2.4.1.6 铀	97

2.4.1.7	钍	98
2.4.2	黑色金属矿产	98
2.4.2.1	铁	98
2.4.2.2	锰	99
2.4.2.3	铬	101
2.4.2.4	钛	101
2.4.2.5	钒	103
2.4.3	有色金属矿产	103
2.4.3.1	铜	103
2.4.3.2	铅	103
2.4.3.3	锌	105
2.4.3.4	铝	105
2.4.3.5	钨	105
2.4.3.6	钼	106
2.4.3.7	汞	107
2.4.3.8	钴	108
2.4.3.9	镍	109
2.4.3.10	铋	111
2.4.3.11	铊	111
2.4.3.12	锡	111
2.4.3.13	金	112
2.4.3.14	银	113
2.4.3.15	铂族元素矿产	114
2.4.4	稀有金属矿产	116
2.4.4.1	锂	116
2.4.4.2	铷	116
2.4.4.3	铯	117
2.4.4.4	铍	117
2.4.4.5	铌与钽	117
2.4.4.6	锆与铪	118
2.4.4.7	铈	118
2.4.5	稀土金属元素和稀散元素矿产	119
2.4.5.1	稀土金属元素	119

2.4.5.2 稀散元素	120
2.4.6 非金属矿产	123
2.4.6.1 菱镁矿	123
2.4.6.2 蓝晶石类矿物	124
2.4.6.3 萤石	124
2.4.6.4 磷	124
2.4.6.5 硫	125
2.4.6.6 钾盐	126
2.4.6.7 硼	127
2.4.6.8 天然碱	127
2.4.6.9 钠硝石	127
2.4.6.10 芒硝、钙芒硝	127
2.4.6.11 碘与溴	127
2.4.6.12 砷	128
2.4.6.13 重晶石、毒重石、硅钡石	128
2.4.6.14 明矾石	128
2.4.6.15 石棉	129
2.4.6.16 石墨	129
2.4.6.17 滑石	131
2.4.6.18 高岭土	131
2.4.6.19 硅灰石	133
2.4.6.20 膨胀珍珠岩原料(珍珠岩、松脂岩、黑曜岩)	133
2.4.6.21 叶蜡石	134
2.4.6.22 蛭石	135
2.4.6.23 膨润土、漂白土	136
2.4.6.24 海泡石、凹凸棒石	137
2.4.6.25 沸石	138
2.4.6.26 石榴石、刚玉	139
2.4.6.27 宝石、玉石和雕刻石料	140
2.4.6.28 金刚石	142
2.4.6.29 云母	143
2.4.6.30 耐火粘土	144
2.4.6.31 白云岩	145

2.4.6.32 硅岩(石英砂岩、石英岩、脉石英) .....	145
2.4.6.33 石灰岩(冶金灰岩、化工灰岩) .....	145
2.4.6.34 铁矾土 .....	146
2.4.6.35 含钾岩石 .....	146
2.4.6.36 蛇纹岩、橄榄岩 .....	147
2.4.6.37 石膏、硬石膏 .....	147
2.4.6.38 陶瓷原料 .....	147
2.4.6.39 石 材 .....	148
2.4.6.40 水 晶 .....	148
2.4.7 水资源 .....	149
2.4.7.1 地下水 .....	149
2.4.7.2 地下热水 .....	153
2.4.7.3 矿泉水 .....	153
2.4.7.4 可提取有用元素的热田 .....	153
2.4.7.5 海水 .....	153
参考文献 .....	155

### 3 工 艺 矿 物 学

3.0 绪论 .....	159
3.1 矿物的性质 .....	161
3.1.1 矿物的化学性质 .....	161
3.1.1.1 矿物的化学分类 .....	161
3.1.1.2 矿物的化学式 .....	162
3.1.1.3 矿物晶体化学 .....	163
3.1.1.4 矿物中的水 .....	169
3.1.1.5 矿物的氧化与还原作用 .....	170
3.1.2 矿物的物理性质 .....	171
3.1.2.1 晶体的几何形态 .....	171
3.1.2.2 矿物的结构和构造 .....	174
3.1.2.3 矿物的磁性 .....	182
3.1.2.4 矿物的电性 .....	202

3.1.2.5 矿物的发光性·····	211
3.1.2.6 矿物表面的润湿性·····	213
3.1.2.7 矿物的密度和硬度·····	219
3.1.2.8 矿物的热学性质·····	221
3.1.2.9 矿物的波谱性质·····	223
3.1.3 重要工业矿物的性质·····	235
<b>3.2 工艺矿物学研究方法·····</b>	<b>296</b>
3.2.1 矿物分离法·····	296
3.2.1.1 重力分离法·····	296
3.2.1.2 磁力分离法·····	297
3.2.1.3 电选分离法·····	303
3.2.1.4 介电分离法·····	303
3.2.2 矿物物理性质研究法·····	306
3.2.2.1 矿物的密度测定·····	306
3.2.2.2 矿物的硬度测定·····	309
3.2.2.3 矿物的磁性测定·····	311
3.2.2.4 矿物的电性测定·····	312
3.2.2.5 矿物的发光性研究法·····	315
3.2.3 光学显微镜法·····	316
3.2.3.1 实体显微镜鉴定法·····	316
3.2.3.2 透射偏光显微镜鉴定法·····	316
3.2.3.3 反射偏光显微镜鉴定法·····	316
3.2.4 化学成分分析·····	324
3.2.4.1 简易分析法·····	324
3.2.4.2 化学分析法·····	326
3.2.4.3 仪器分析法·····	327
3.2.5 矿物微束分析·····	327
3.2.5.1 电子探针分析法·····	327
3.2.5.2 透射电子显微镜分析法·····	329
3.2.5.3 扫描电子显微镜分析法·····	334
3.2.6 矿物谱学分析·····	336
3.2.6.1 红外光谱分析法·····	336

3.2.6.2	电子顺磁共振分析法	339
3.2.6.3	核磁共振分析法	340
3.2.6.4	穆斯堡尔谱	340
3.2.7	矿物结构分析	342
3.2.7.1	X-射线衍射分析法	342
3.2.7.2	电子衍射分析法	345
3.2.7.3	中子衍射分析法	346
3.2.8	矿物表面分析	346
3.2.8.1	离子探针分析法	347
3.2.8.2	光电子能谱分析法	347
3.2.8.3	俄歇电子能谱分析法	352
3.2.8.4	低能电子衍射分析法	353
3.2.8.5	场离子显微镜研究法	354
3.2.9	矿物的热分析	354
3.2.9.1	差热分析法	355
3.2.9.2	热重分析法	357
3.2.10	矿物含量测定	358
3.2.10.1	矿物含量的计算法	358
3.2.10.2	几何测定法	359
3.2.11	矿物粒度测定	360
3.2.11.1	粒度概念与表示法	360
3.2.11.2	粒度测定方法	363
3.2.12	矿物解离测定	365
3.2.12.1	矿物解离及其表示法	365
3.2.12.2	测定方法	366
3.2.12.3	解离测定的立体校正	367
3.2.12.4	矿物解离高度定量数学模型	368
<b>3.3</b>	<b>工艺矿物学研究内容与程序</b>	<b>373</b>
3.3.1	地质评价可选性试验工艺矿物学研究	373
3.3.2	选厂设计选矿工艺流程试验工艺矿物学研究	383

---

3.3.3 选厂效率最佳化的选矿试验工艺矿物学 学研究 .....	385
3.3.4 选厂生产流程工艺矿物学考查 .....	385
3.3.5 实 例 .....	386
3.3.5.1 (实例1) 解离参数测定与理论选别指标计算 .....	386
3.3.5.2 (实例2) 元素平衡计算及其应用 .....	390
3.3.5.3 (实例3) 某地铅锌氧化矿物质组成研究阶段 报告 .....	390
3.3.5.4 (实例4) 金的赋存状态研究 .....	408
3.3.5.5 (实例5) 硅铁分离难选原因考查 .....	414
3.3.5.6 (实例6) 浮选小型试验产品考查 .....	422
3.3.5.7 (实例7) 钼选厂低品位钼中矿的考查 .....	423
参考文献 .....	425

**VOLUME 1****Contents****1 General Aspects**

<b>1.1 The Aim and Function of Mineral Processing.....</b>	<b>3</b>
1.1.1 Purposes and Tasks of Mineral Processing.....	3
1.1.2 The Role and Function of Mineral Processing in National Economy .....	6
<b>1.2 Historical Developments and Technological     Achievements in Mineral Processing.....</b>	<b>9</b>
1.2.1 Historical Developments.....	9
1.2.2 Technological Achievements.....	11
1.2.2.1 Mineral Processing Equipment of Larger Size and Higher Efficiency .....	11
1.2.2.2 New technology and Techniques in Mineral Processing.....	13
1.2.2.3 Reagents of Higher Efficiency .....	14
1.2.2.4 Automatic Control of Processes.....	14
1.2.2.5 Theories of Mineral Processing .....	14
<b>1.3 Common Terminology used in Mineral Processing ....</b>	<b>16</b>
<b>1.4 Quality standards of Final products.....</b>	<b>25</b>
1.4.1 Quality Standards of Final Products from Ferrous Ores .....	25
1.4.1.1 Iron .....	25
1.4.1.2 Manganese .....	25
1.4.1.3 Chromium .....	27
1.4.1.4 Vanadium.....	30
1.4.2 Quality Standards of Final Products from non-ferrous Ores.....	31
1.4.2.1 Copper .....	31
1.4.2.2 Lead .....	31
1.4.2.3 Zinc .....	31



1.4.2.4 Tungsten .....	31
1.4.2.5 Tin.....	31
1.4.2.6 Molybdenun.....	33
1.4.2.7 Nickel .....	33
1.4.2.8 Antimony.....	33
1.4.2.9 Bismuth .....	37
1.4.2.10 Mercury .....	40
1.4.2.11 Sulfur.....	40
1.4.2.12 Aluminum .....	42
1.4.2.13 Magnesium.....	42
<b>1.4.3 Quality Standards of Final Products</b>	
<b>from Precious and Rare Metal Ores.....</b>	<b>42</b>
1.4.3.1 Gold and Silver.....	42
1.4.3.2 Tantalum and Niobium.....	42
1.4.3.3 Lithium and Beryllium.....	43
1.4.3.4 Zirconium.....	48
1.4.3.5 Titanium .....	48
1.4.3.6 Rare Earth Minerals.....	48
<b>1.4.4 Quality Standards of Final Products</b>	
<b>from Non-metallic Ores .....</b>	<b>50</b>
<b>1.4.5 Standards for Discarding Industrial</b>	
<b>Pollutants from Mills References .....</b>	<b>50</b>
<b>References .....</b>	<b>50</b>

## 2 Mineral Resources

<b>2.1 Introduction .....</b>	<b>55</b>
<b>2.1.1 The Significance of Mineral Resources</b>	
<b>in National Economy .....</b>	<b>56</b>
<b>2.1.2 Characteristics of Mineral Resources.....</b>	<b>56</b>
<b>2.1.3 General trend in Developing</b>	
<b>Mineral Resources.....</b>	<b>58</b>
<b>2.2 Mineral Resources in China .....</b>	<b>60</b>
<b>2.2.1 General View of Mineral Resources.....</b>	<b>62</b>
<b>2.2.1.1 Energy Minerals.....</b>	<b>63</b>
<b>2.2.1.2 Ferrous Minerals .....</b>	<b>64</b>
<b>2.2.1.3 Non-ferrous and Precious Minerals .....</b>	<b>67</b>
<b>2.2.1.4 Rare Metals, Rare Earths and Dispersive</b>	