



劳动和社会保障部培训就业司推荐  
冶金行业职业教育培训规划教材

# 浮游选矿技术

FUYOU XUANKUANG JISHU

王 资 主 编



冶金工业出版社

劳动和社会保障部培训就业司推荐  
冶金行业职业教育培训规划教材

# 浮游选矿技术

主 编 王 资  
副主编 张 佶 沈 旭

北 京  
冶 金 工 业 出 版 社  
2006

## 内 容 提 要

本书为冶金行业职业技能培训教材,是参照冶金行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,根据冶金企业的生产实际和岗位群的技能要求编写的,并经劳动和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过。

书中在系统阐明浮选技术的基本理论和基本知识的同时,注重理论知识的应用、实践技术的训练以及分析解决问题和创新创业能力的提高,分别介绍了浮选的基本概念,浮选过程及其基本原理,浮选药剂及其使用技术,典型浮选设备的性能及其操作维护,浮选工艺过程及操作控制,主要矿石的浮选实践,常用浮选试验操作技术等。为配合学生学习,各章都配有复习思考题。

本书可作为技师、高级技师培训教材,亦可作为高、中等职业技术学院的教学用书,并供相关专业的工程技术人员、管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

浮游选矿技术/王资主编. —北京:冶金工业出版社,  
2006.10

冶金行业职业教育培训规划教材

ISBN 7-5024-3994-3

I. 浮… II. 王… III. 浮游选矿—技术培训—教材  
IV. TD923

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 080459 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009)

责任编辑 宋 良 美术编辑 王耀忠

责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 丁小晶

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2006 年 10 月第 1 版,2006 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 14.75 印张; 392 千字; 221 页; 1—3000 册

36.00 元

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(100711) 电话:(010)65289081

(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

## 冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
中国冶金百科全书·选矿卷	本书编委会 编	140.00
中国冶金百科全书·采矿卷	本书编委会 编	180.00
矿产资源开发与可持续发展	科技部农社司 编	50.00
选矿厂设计	冯守本 主编	36.00
选矿概论	张 强 主编	12.00
碎矿与磨矿(第2版)	段希祥 主编	30.00
工艺矿物学(第3版)	周乐光 主编	35.00
矿石学基础(第2版)	周乐光 主编	32.00
可持续发展的环境压力指标及其应用	顾晓薇 等著	18.00
安全原理(第2版)	陈宝智 编著	20.00
系统安全评价与预测	陈宝智 编著	20.00
固体矿产资源技术政策研究	陈晓红 等编	40.00
矿床无废开采的规划与评价	彭怀生 等著	14.50
矿物资源与西部大开发	朱旺喜 主编	38.00
冶金矿山地质技术管理手册	中国冶金矿山企业协会 编	58.00
金属矿山尾矿综合利用与资源化	张锦瑞 等编	16.00
矿业权估价理论与方法	刘朝马 著	19.00
矿山事故分析及系统安全管理	山东招金集团有限公司 编	28.00
矿山环境工程	韦冠俊 主编	22.00
矿浆电解原理	杨显万 等著	22.00
常用有色金属资源开发与加工	董 英 等编著	88.00
矿山工程设备技术	王荣祥 等编	79.00

# 冶金行业职业教育培训规划教材

## 编辑委员会

**主任** 王子林 中国钢协人力资源与劳动保障工作委员会教育培训研究会主任委员;唐山钢铁公司 副总经理  
曹胜利 冶金工业出版社 社长

**副主任** 董兆伟 河北工业职业技术学院 院长  
鲁启峰 中国钢协人力资源与劳动保障工作委员会教育培训研究会副主任委员;中国钢协职业培训中心 副主任

**顾问委员** 北京科技大学 曲 英 王筱留 袁 康 施东成

首钢总公司	舒友珍	何智广	宝山钢铁公司	杨敏宏
太原钢铁公司	贾宝林	孟永钢	武汉钢铁公司	孙志桥
马鞍山钢铁公司	王茂龙	陈 宣	本溪钢铁公司	张春雨
唐山钢铁公司	宋润平	冯柄晓	江苏沙钢公司	黄国刚
济南钢铁公司	陈启祥	赵树俭	天津天铁公司	王金铭
南京钢铁联合公司	陈龙宝	朱朝全	钢协培训中心	宋 凯
承德钢铁公司	魏洪如	高 影	济源钢铁公司	靳沁萍
石家庄钢铁公司	侯 敏	冷学中	滦河集团公司	王爱民
首钢迁安钢铁公司	王宝军	王 蕾	河北冶金研究院	彭万树
邯郸钢铁公司	张晓力	李 阳	河北冶金设计院	周建宏
宣化钢铁公司	张聪山	李豪杰	港陆钢铁公司	赵福桐
淮阴钢铁公司	刘 瑾	王灿秀	邯钢衡水薄板厂	魏虎平
邢台钢铁公司	张力达	孙汉勇	半壁店钢铁公司	刘春梅
纵横钢铁公司	王建民	阚永梅	鹿泉钢铁公司	社会武
河北工业职业技术学院	袁建路	李文兴	河北立国集团	郭志敏
山西工程职业技术学院	王明海	史学红		
冶金工业出版社	宋 良	(010-64027900, 3ba@cnmip.com.cn)		

# 序

吴溪淳

改革开放以来,我国经济和社会发展取得了辉煌成就,冶金工业实现了持续、快速、健康发展,钢产量已连续数年位居世界首位。这期间凝结着冶金行业广大职工的智慧 and 心血,包含着千千万万产业工人的汗水和辛劳。实践证明,人才是兴国之本、富民之基和发展之源,是科技创新、经济发展和社会进步的探索者、实践者和推动者。冶金行业中的高技能人才是推动技术创新、实现科技成果转化不可缺少的重要力量,其数量能否迅速增长、素质能否不断提高,关系到冶金行业核心竞争力的强弱。同时,冶金行业作为国家基础产业,拥有数百万从业人员,其综合素质关系到我国产业工人队伍整体素质,关系到工人阶级自身先进性在新的历史条件下的巩固和发展,直接关系到我国综合国力能否不断增强。

强化职业技能培训工作,提高企业核心竞争力,是国民经济可持续发展的重要保障,党中央和国务院给予了高度重视。在2003年的全国人事工作会议上,中央再一次明确了人才立国的发展战略,同时国家已开始着手进行终身学习法的制定调研工作。结合《职业教育法》的颁布实施,职业教育工作将出现长期稳定发展的新局面。

为了搞好冶金行业职工的技能培训工作,河北工业职业技术学院同冶金工业出版社和中国钢协职业培训中心密切协作,联合有关的冶金企业和职业技术学院,编写了这套冶金行业职业教育培训规划教材,并经劳动和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过,给予推荐。河北工业职业技术学院的各级领导和教师在时间紧、任务重的情况下,克服困难,辛勤工作,在有关单位的工程技术人员和教师的积极参与和大力支持下,出色地完成了前期工作,为冶金行业的职业技能培训工作的顺利进行,打下了坚实的基础。相信本套教材的出版,将为企业生产一线人员的理论水平、操作水平和管理水平的进一步提高,企业核心竞争力的不断增强,起到积极的推进作用。

随着近年来冶金行业的高速发展,职业技能培训工作也取得了巨大的成绩,

大多数企业建立了完善的职工教育培训体系,职工素质不断提高,为我国冶金行业的发展提供了强大的人力资源支持。我个人认为,今后的培训工作重点,应注意继续加强职业技能培训工作者的队伍建设,继续丰富教材品种,加强对高技能人才的培养,进一步加强岗前培训,加强企业间、国际间的合作,开辟新的局面。

展望未来,任重而道远。希望各冶金企业与相关院校、出版部门进一步开拓思路,加强合作,全面提升从业人员的素质,要在冶金企业的职工队伍中培养一批刻苦学习、岗位成才的带头人,培养一批推动技术创新、实现科技成果转化的带头人,培养一批提高生产效率、提升产品质量的带头人;不断创新,不断发展,力争使我国冶金行业职业技能培训工作跨上一个新台阶,为冶金行业持续、稳定、健康发展,做出新的贡献!

# 前 言

---

本书是按照劳动和社会保障部的规划,受中国钢铁工业协会和冶金工业出版社的委托,在编委会的组织安排下,参照冶金行业职业技能标准和职业技能鉴定规范,根据冶金企业的生产实际和岗位群的技能要求编写的。书稿经劳动和社会保障部职业培训教材工作委员会办公室组织专家评审通过,由劳动和社会保障部培训就业司推荐作为冶金行业职业技能培训教材。

为认真贯彻国务院《关于大力发展职业教育的决定》及全国职业教育工作会议精神,加快技术工人特别是高级技术工人、技师和高级技师等高技能专门人才的培养,昆明冶金高等专科学校组织编写了选矿系列教材。本书以培养具有较高选矿职业素质和较强职业技能、适应选矿厂生产及管理需要的高级技术应用型人才为目标,贯彻理论与实际相结合的原则,力求体现职业教育的针对性强、理论知识的实践性强以及培养应用型人才的特点。

本书属冶金行业技师、高级技师培训、高等职业技术教育系列教材,适用于劳动保障部颁布的冶金行业主线或辅线工种技师、高级技师工种培训及冶金行业高等职业技术教育使用。可作为大专院校有关专业的教学参考书,也可供从事选矿生产和管理工作的工人、干部及工程技术人员参考。

本书共分6章,绪论和第1章由王资编写;第2章由杨新华编写;第3章由黄云平编写;第4章由许志安编写;第5章由沈旭编写;第6章由张信编写。

在编写过程中,胡显智教授和李世鸿高级工程师给予了有益的帮助。编者参考了大量的文献资料,谨向各位文献作者、出版社致以诚挚的谢意!

由于编者水平有限,书中不足之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者  
2006年3月



# 目 录

绪 论 .....	1
0.1 浮选及浮选过程 .....	1
0.2 浮选发展简介 .....	1
0.3 浮选在矿物加工业中的广泛应用 .....	2
复习思考题 .....	2
<b>1 浮选基本原理 .....</b>	<b>3</b>
1.1 矿物表面的润湿性与可浮性 .....	3
1.1.1 矿物表面的润湿性 .....	3
1.1.2 接触角与矿物可浮性的关系 .....	4
1.1.3 矿物表面的水化作用 .....	6
1.2 矿物的组成和结构与可浮性 .....	8
1.2.1 矿物的表面键能与可浮性 .....	9
1.2.2 矿物表面的不均匀性与可浮性 .....	12
1.2.3 矿物的氧化和溶解与可浮性 .....	14
1.3 矿物表面的电性与可浮性 .....	15
1.3.1 矿物表面电性产生的原因 .....	15
1.3.2 固液界面的双电层 .....	17
1.3.3 矿物表面的电性与可浮性 .....	19
1.4 矿物表面的吸附 .....	20
1.4.1 吸附及对浮选的意义 .....	20
1.4.2 吸附类型 .....	20
1.4.3 浮选中的吸附现象 .....	22
1.5 矿粒的分散与聚集 .....	22
1.5.1 微细矿粒的分散和聚集状态 .....	22
1.5.2 选择性絮凝 .....	24
1.6 浮选速率 .....	24
1.6.1 浮选速率的基本概念 .....	24
1.6.2 影响浮选速率的因素 .....	25
本章小结 .....	25
复习思考题 .....	26
<b>2 浮选药剂 .....</b>	<b>27</b>
2.1 概述 .....	27

2.1.1	药剂的分类 .....	27
2.1.2	药剂的发展 .....	27
2.1.3	药剂选择的基本原则 .....	29
2.2	捕收剂 .....	29
2.2.1	硫化矿捕收剂 .....	30
2.2.2	非硫化矿捕收剂 .....	37
2.2.3	非极性矿物捕收剂 .....	46
2.2.4	捕收剂的发展趋势 .....	47
2.3	起泡剂 .....	48
2.3.1	起泡剂的选择及常用起泡剂的性能 .....	49
2.3.2	起泡剂及起泡剂的作用机理 .....	50
2.4	调整剂 .....	56
2.4.1	抑制剂 .....	56
2.4.2	活化剂 .....	61
2.4.3	介质 pH 值调整剂 .....	61
2.5	其他絮凝剂及其他类药剂 .....	62
2.5.1	絮凝剂 .....	62
2.5.2	其他类浮选剂 .....	63
2.6	浮选剂使用技术 .....	64
2.6.1	不同黄药或黄药与其他药剂的混合使用 .....	64
2.6.2	脂肪酸类捕收剂的混合使用 .....	64
2.6.3	脂肪酸与矿物油的混合使用 .....	65
2.6.4	脂肪酸与烷基磺酸盐或烷基硫酸盐的混合使用 .....	66
2.6.5	脂肪酸与酚类混合使用 .....	66
2.6.6	阳离子型胺类捕收剂与其他药剂混合使用 .....	67
2.6.7	其他类型的混合药剂 .....	68
2.7	国内外常用浮选药剂 .....	69
2.7.1	药剂种类 .....	69
2.7.2	药剂设施 .....	73
	本章小结 .....	74
	复习思考题 .....	75
<b>3</b>	<b>浮选设备 .....</b>	<b>76</b>
3.1	概述 .....	76
3.1.1	浮选机的基本原理 .....	76
3.1.2	浮选机的基本功能和要求 .....	76
3.1.3	浮选机的分类、结构及其发展 .....	77
3.2	浮选机的充气及搅拌原理 .....	78
3.2.1	气泡的形成 .....	78

3.2.2 气泡的升浮 .....	78
3.2.3 浮选机内矿浆的充气程度 .....	79
3.3 机械搅拌式浮选机 .....	79
3.3.1 XJK 型浮选机 .....	79
3.3.2 棒型浮选机 .....	83
3.3.3 大型维姆科浮选机 .....	85
3.3.4 机械搅拌式浮选机的发展趋势 .....	86
3.4 充气搅拌式浮选机 .....	87
3.4.1 CHF-X14m <sup>3</sup> 充气搅拌式浮选机 .....	87
3.4.2 阿基泰尔型浮选机 .....	89
3.4.3 BFP 型浮选机 .....	90
3.5 充气式浮选机 .....	91
3.5.1 浮选柱的结构及工作原理 .....	91
3.5.2 浮选柱的主要特点 .....	91
3.6 气体析出式浮选机 .....	92
3.6.1 喷射旋流式浮选机 .....	92
3.6.2 达夫克勒喷射式浮选机 .....	92
3.7 辅助设备 .....	93
3.7.1 搅拌桶(槽) .....	93
3.7.2 给药机 .....	94
3.8 浮选机的安装、运行、维护、工作指标以及测定 .....	95
3.8.1 浮选机的安装 .....	95
3.8.2 浮选机的运行 .....	95
3.8.3 浮选机的维护 .....	95
3.8.4 浮选机的使用与工作指标 .....	96
3.8.5 浮选机充气指标的测定和计算 .....	97
本章小结 .....	98
复习思考题 .....	98
<b>4 浮选工艺过程 .....</b>	<b>99</b>
4.1 粒度 .....	99
4.1.1 粒度对浮选的影响 .....	99
4.1.2 粗粒浮选的工艺措施 .....	100
4.1.3 细粒浮选的工艺措施 .....	101
4.2 矿浆浓度 .....	102
4.2.1 矿浆浓度的表示方法和测定 .....	102
4.2.2 矿浆浓度对浮选的影响 .....	103
4.2.3 分级调浆的概念及应用 .....	104
4.2.4 充气调浆 .....	104

4.3 药剂制度	105
4.3.1 药剂的配制方法	105
4.3.2 加药的位置及方式	106
4.3.3 药剂的合理添加	107
4.4 矿浆酸碱度	107
4.4.1 pH值对浮选的影响	107
4.4.2 药剂与pH值的关系	108
4.5 矿浆温度	109
4.5.1 非硫化矿的加温浮选	109
4.5.2 硫化矿加温浮选	110
4.6 浮选用水	111
4.6.1 浮选对水质的要求	111
4.6.2 水的硬度	111
4.6.3 循环用水概念	112
4.7 浮选时间	113
4.7.1 浮选时间的确定	113
4.7.2 浮选工艺时间	113
4.8 浮选操作	113
4.8.1 浮选操作的要求	113
4.8.2 矿化泡沫的观察	114
4.8.3 泡沫刮出量的控制	115
4.9 浮选流程	115
4.9.1 浮选原则流程	115
4.9.2 流程内部结构	116
4.9.3 流程表示法	117
4.10 浮选流程计算及生产流程考查	117
4.10.1 流程计算的基本原则	117
4.10.2 生产流程考查内容和方法	118
4.10.3 流程计算实例	119
4.11 金属平衡	121
4.11.1 理论金属平衡的编制	121
4.11.2 实际金属平衡的编制	122
本章小结	122
复习思考题	123
<b>5 浮选实践应用</b>	<b>124</b>
5.1 硫化矿的浮选	124
5.1.1 硫化铜矿浮选	124
5.1.2 硫化铅锌矿浮选	134

5.1.3 硫化铜锌矿浮选 .....	137
5.1.4 硫化铜铅锌矿浮选 .....	138
5.1.5 硫化锑、砷、铋、汞矿的浮选 .....	141
5.1.6 含金矿石的浮选 .....	143
5.2 氧化矿的浮选 .....	145
5.2.1 氧化铜矿的浮选 .....	145
5.2.2 氧化铅锌矿的浮选 .....	148
5.2.3 铁锰矿石的浮选 .....	151
5.2.4 钨锡矿浮选 .....	155
5.2.5 钛钽铌锂铍矿浮选 .....	158
5.2.6 磷矿和萤石矿浮选 .....	164
本章小结 .....	166
复习思考题 .....	167
<b>6 浮选试验操作技术 .....</b>	<b>168</b>
6.1 概述 .....	168
6.1.1 选矿试验的目的和任务 .....	168
6.1.2 选矿试验的程序和试验计划的拟订 .....	169
6.2 根据矿石性质拟订选矿试验方案的原则及程序 .....	170
6.2.1 矿石性质研究的内容和程序 .....	170
6.2.2 矿石物质组成研究的方法 .....	172
6.2.3 矿石其他性质与可选性的关系 .....	174
6.2.4 有色金属硫化矿选矿试验方案示例 .....	176
6.2.5 有色金属氧化矿选矿试验方案 .....	177
6.2.6 铁矿石选矿试验方案示例 .....	178
6.3 试验设计在选矿试验中的应用 .....	180
6.3.1 单因素试验方法 .....	181
6.3.2 多因素试验方法 .....	184
6.3.3 正交试验设计 .....	187
6.4 浮选试验的内容和程序 .....	192
6.4.1 浮选试验的内容 .....	192
6.4.2 浮选试验的程序 .....	192
6.5 浮选试验的准备和操作技术 .....	193
6.5.1 浮选试验前的准备工作 .....	193
6.5.2 浮选试验操作技术 .....	195
6.6 条件试验 .....	196
6.6.1 磨矿细度试验 .....	197
6.6.2 pH值调整剂试验 .....	199
6.6.3 抑制剂试验 .....	199

---

6.6.4 捕收剂试验	199
6.6.5 矿浆浓度试验	200
6.6.6 矿浆温度试验	200
6.6.7 浮选时间试验	200
6.6.8 精选试验	200
6.7 实验室浮选闭路试验	200
6.7.1 浮选闭路试验的操作技术	201
6.7.2 浮选闭路试验结果计算方法	202
6.8 选择性絮凝试验	204
6.8.1 选择性絮凝试验的内容	204
6.8.2 选择性絮凝试验设备和操作技术	205
6.9 试验结果的处理与评价	205
6.9.1 试验结果精确度的概念	205
6.9.2 试验结果的计算	206
6.9.3 试验结果的表示	208
6.9.4 试验结果的评价	210
6.9.5 试验报告的编写	212
本章小结	213
复习思考题	214
附 录	
常用正交表	215
参考文献	221

# 绪 论

## 0.1 浮选及浮选过程

浮游选矿是一门分选矿物的技术,是一种主要的选矿方法。其主要原理是利用矿物表面物理化学性质的差异使矿石中一种或一组矿物有选择性地附着于气泡上,升浮至矿液面,从而将有用矿物与脉石矿物分离。因其分选过程必须在矿浆中进行,所以叫作浮游选矿,简称浮选。

浮选是在气、液、固三相体系中完成的复杂的物理化学过程,其实质是疏水的有用矿物粘附在气泡表面上浮,亲水的脉石矿物留在矿浆中,从而实现彼此的分离。浮选过程是在浮选机中完成的,它是一个连续过程,具体可分以下四个阶段,如图 1 所示。

(1) 原料准备。浮选前原料准备包括磨细、调浆、加药、搅拌等。磨细后原料粒度要达到一定要求,其目的主要是使绝大部分有用矿物从镶嵌状态中单体解离出来,另一目的是使气泡能载负矿粒上浮,一般需磨细到小于 0.2 mm。调浆指的是把原料配成适宜浓度的矿浆。以后加入各种浮选药剂,以加强有用矿物与脉石矿物表面可浮性的差别。搅拌的目的是使浮选剂与矿粒表面充分作用。

(2) 搅拌充气。依靠浮选机的搅拌充气器进行搅拌作用并吸入空气,也可以设置专门的压气装置将空气压入。其目的是使矿粒呈悬浮状态,同时产生大量尺寸适宜且较稳定的气泡,造成矿粒与气泡接触碰撞的机会。

(3) 气泡的矿化。经与浮选剂作用后,表面疏水性矿粒能附着在气泡上,逐渐升浮至矿浆面而形成矿化泡沫。表面亲水性矿粒不能附着于气泡而存留在矿浆中。这是浮选分离矿物最基本的行为。

(4) 矿化泡沫的刮出。为保持连续生产,及时排出矿化泡沫,浮选机转动的刮板把它刮出,此产品叫做“泡沫精矿”。留在矿浆中然后排出的产品,叫做“尾矿”。

## 0.2 浮选发展简介

大规模工业化的浮选法在 19 世纪末叶才逐步发展起来,在古老的金银淘洗加工过程中,人们已认识到利用矿物的天然疏水性(亲油性)或亲水性的不同来提纯矿物原料。

(1) 全油浮选法。根据各种矿物亲油性及亲水性的不同,加大量油类与矿浆搅拌,然后将粘附于油层中的亲油矿物刮出,而亲水性的矿物仍留在矿浆中,从而达到分离矿物的目的。这种方

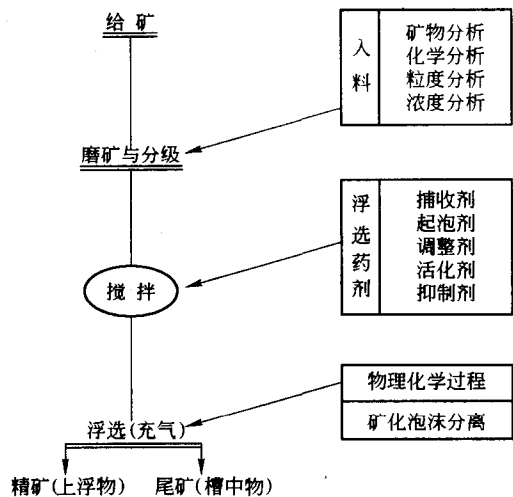


图 1 浮选流程示意图

法于 1898 年开始用于硫化铅锌矿的工业生产。

(2) 表层浮选法。利用表面张力原理,将磨矿干粉轻轻撒在流动的水流表面,疏水性矿物不易被润湿而漂浮在水面上,聚集成薄层,成为精矿,易被水润湿的亲水性脉石矿物则下沉,从而达到分离,因其是在水与空气界面上分选矿物,所以叫做表层浮选。此法于 1907 年在硫化铜浮选中得到工业应用。

以上两种方法因生产能力小,分选效果差,油、药耗量大,都未能得到大规模应用。

(3) 泡沫浮选法。利用气泡粘附有用矿物,上浮形成矿化泡沫,实现与脉石分离,所以叫做泡沫浮选。此法首次在澳大利亚用于处理含锌 20% 的重选尾矿,当时是将干的尾矿加入稀硫酸溶液中,因该尾矿含有碳酸盐类脉石,则碳酸钙与硫酸反应放出二氧化碳气泡,闪锌矿就附着于气泡表面上浮,刮出上浮泡沫,所得的精矿含锌 42%。

泡沫浮选法现已成为主要的浮选方法。

(4) 浮选药剂的作用。由于浮选药剂的发现和应⽤,许多过去认为难浮的矿物经过浮选药剂调节,可以变成可浮或易浮矿物。在浮选发展过程中,药剂的应⽤和发展起到了巨大的推动作用。

### 0.3 浮选在矿物加工业中的广泛应⽤

浮选是一种效率高的分离过程。各类浮选药剂的发展与在生产实践中的具体使用,以及浮选工艺的新发展,使浮选效率大为提高,使浮选的应用范围日益扩大;由于浮选设备类型增多,设备不断更新且日益大型化,浮选厂的规模越来越大,处理矿量日趋增多。此外,浮选生产的发展和现代测试技术在浮选理论研究中的应用,使人们对许多理论问题的认识日益深化。

据资料统计,世界上利用浮选法加工的矿石约占全部入选量的 60%~70% 以上,可选收的矿物有百余种,处理原料的粒级下限可达 5~10  $\mu\text{m}$ 。

#### (1) 浮选法的优势

1) 应用范围广,适应性强。它几乎可以应用于各种有色金属、稀有金属及非金属等各个矿产部门,在化工、建材、环保、农业、医药等领域得到了广泛应⽤。

2) 分选效率高,适于处理品位低、嵌布细的矿物。

3) 有利于矿产资源的综合回收。可进一步处理其他选矿方法得到的粗精矿、中矿或尾矿,以提高精矿品位、回收率及综合回收其中的有用成分。

#### (2) 浮选法的不足

1) 使用各类药剂,易造成环境污染。

2) 需要较细的磨矿粒度。

3) 成本高,影响因素多,工艺要求较高。

### 复习思考题

0-1 浮选的原理是什么?

0-2 浮选过程分为哪几个阶段?

0-3 浮选发展过程中产生了哪些方法?

0-4 浮选法的优缺点及适应性有哪些?



# 1 浮选基本原理

## 1.1 矿物表面的润湿性与可浮性

浮选是在充气的矿浆中进行的,是一种三相体系。其中矿粒是固相,水是液相,气泡是气相,各相间的分界面叫相界面。矿物浮选是在气-液-固三相体系中进行的一种复杂的物理化学过程,它是在固-气-液三相界面上进行的。为使不同矿物在浮选过程中得到有效的分离,必须使它们充分体现其表面性质的差异,其差异越大,分选越容易。而润湿是矿粒与水作用时,其表面所表现出的一种最基本的现象。

### 1.1.1 矿物表面的润湿性

#### 1.1.1.1 润湿现象

润湿是自然界中的常见现象,发生在固液界面上,如图 1-1 所示。在石蜡表面滴一滴水,水呈球状;而在石英表面滴一滴水,水则迅速展开。通常把水在矿物表面上展开和不展开的现象称为润湿和不润湿现象。易被水润湿的表面称为亲水性表面,该种矿物称为亲水性矿物;不易被水润湿的表面称为疏水性表面,这种矿物称为疏水性矿物。例如,石英、云母等很容易被水润湿,是亲水性矿物;而石墨、辉钼矿等不易被水润湿,是疏水性矿物。

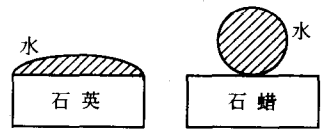


图 1-1 润湿现象

#### 1.1.1.2 润湿现象在浮选中的意义

不同的矿物,其表面的疏水性和亲水性不同,即润湿程度不同,如图 1-2 所示。图中,矿物的上表面是空气中水滴在矿物表面的铺展形式,从左到右,水滴在矿物表面越来越难以展开而逐渐呈球形,说明从左到右,矿物表面的疏水性逐渐增强,亲水性逐渐减弱;图中,矿物的下表面是水中的气泡在矿物表面附着的形式,从气泡在矿物表面附着情况看,从左到右,气泡逐渐在矿物表面展开而呈扁平状,气泡的形状正好与水滴的形状相反,说明气泡在矿物表面展开并与矿物表面结合得越来越牢固,附着程度也越来越强。水和气泡在矿物表面的不同表现,简单地概述为:亲水矿物“疏气”,而疏水矿物则“亲气”。

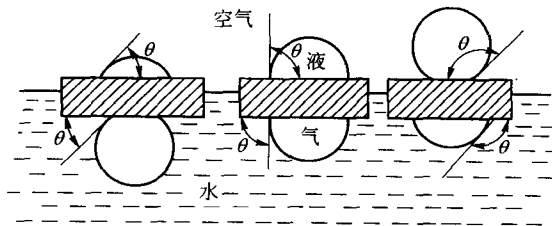


图 1-2 不同矿物表面润湿程度