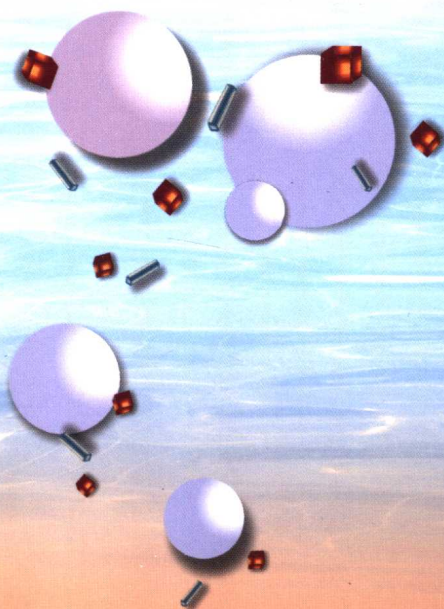


泡沫浮选

PAOMO FUXUAN

龚明光 编著



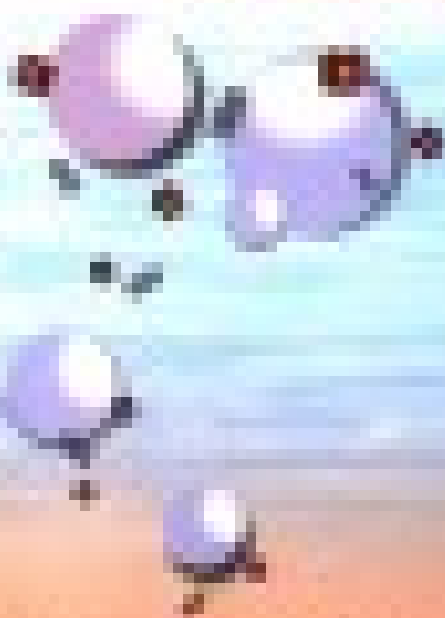
冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

福建

FUJIAN PROVINCE

福建·I 城市



福建·I 城市
FUJIAN PROVINCE · I CITY

泡沫浮选

龚明光 编著

北 京

冶金工业出版社

2007

内 容 简 介

本书沿用了中外浮选教材的体系,选取了主要浮选参考书的重要内容,参考了近十多年的专业文献资料,较全面地介绍了泡沫浮选的基本概念、基本原理、基本知识(包括常用数据)和学科新发展的内容。在理论方面注意与大学教学水平相衔接,叙述力求深入浅出;在实践方面注意收集新的实用知识,包括新的药剂、新的设备和新的工艺;对于浮选电位调控、细菌在浮选中的作用以及浮选在处理三废中的应用等新知识进行了适当的引荐。对浮选工作者具有参考价值。

本书可作为选矿专业大学生、选矿工程技术人员、浮选药剂与选矿设备工程技术人员参考书,亦可作为大专以上或相近水平学生的教学用书。

图书在版编目(CIP)数据

泡沫浮选/龚明光编著. —北京:冶金工业出版社,
2007.8

ISBN 978-7-5024-4359-7

I. 泡… II. 龚… III. 泡沫浮选 IV. TD923

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 129715 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 杨盈园 美术编辑 张媛媛 版面设计 张 青

责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4359-7

北京鑫正大印刷有限公司印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2007 年 8 月第 1 版,2007 年 8 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 11.125 印张; 298 千字; 341 页; 1-3500 册

30.00 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)

序 言

龚明光教授从事浮选课的教学工作四十多年，早年常带学生深入选矿厂实习，了解生产实际，曾四次主编全国通用《浮游选矿》教材。考虑我国当前缺少有适当深度而系统的浮选教材和参考书，他根据中美俄欧的浮选经典教材、浮选重要著作及学科近年的发展，编著了这本《泡沫浮选》。

承蒙龚明光教授邀请，在该书出版前，阅读了原稿的主要内容，觉得该书对泡沫浮选的发展和应用，作了全面系统的阐述，理论联系实际。

在本书的理论部分阐述了泡沫浮选的基本概念和基本原理，对重点和难点引入了一些推导和数据，使人容易理解，为深入钻研者提供了思路；对于矿物零电点、等电点、溶度积、长链捕收剂的临界胶束浓度的数据收集比较齐全；系统地介绍了与浮选有关的电化学基本知识和电位调控浮选的基本知识。

在本书的实践部分收集了大量近年文献资料，浮选设备部分包括当前我国设计中常用的浮选机和浮选柱，国外主要大型浮选机、浮选柱及其设备大型化的原则；浮选药剂包括近年各矿山使用的新药，知道成分的已将其成分写出，不知道成分的列出了其代号及用途，并编成附录。浮选实例绝大多数是近年的，并适当地介绍了相关厂矿浮选工艺的重要变

迁，对于浮选工作者具有参考价值。

书中有三部分是以往浮选书中没有或少有的：即浮选电位调控的应用，细菌用作浮选调整剂及捕收剂的实例，浮选在环保中的应用。有关浮选在环保中的应用部分介绍了相关的设备、药剂和可能得到的结果，对于从事浮选的工作人员有启迪的作用。

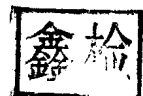
该书的特点是系统性好、逻辑性强、文字精炼、图文并茂，是一本好书。可作为大专以上选矿专业学生的教材、大学本科相关专业学生的参考书以及选矿厂工程技术人员的参考书，对选矿研究单位、选矿设备制造和浮选药剂厂的科技人员也有较高的参考价值。

朱建光

2007年5月

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
中国冶金百科金书·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
超细粉碎设备及其应用	张国旺 编著	45.00
选矿厂设计	冯守本 主编	36.00
选矿概论	张 强 主编	12.00
工艺矿物学(第2版)	周乐光 主编	32.00
矿石学基础(第2版)	周乐光 主编	32.00
工程项目管理与案例	盛天宝 等编著	36.00
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
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
矿山环境工程	韦冠俊 主编	22.00
矿业经济学	李祥仪 等编	15.00
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



目 录

绪 论	1
1 润湿性、接触角与可浮性	5
1.1 润湿、浸没过程与表面能	5
1.2 接触角与润湿性指标	6
1.3 可浮性指标（黏附功）	8
1.4 最大浮游粒度	10
2 浮选的三相	12
2.1 浮选的气相和液相	12
2.1.1 浮选的气相	12
2.1.2 浮选的液相	13
2.2 浮选的固相	15
2.2.1 矿物晶格类型与可浮性	15
2.2.2 矿物表面成分的不均匀性	19
3 浮选的三相界面	21
3.1 气-液界面	21
3.1.1 表面张力	21
3.1.2 有机物在气-液界面的分布	22
3.1.3 吉布斯方程式	24
3.2 固液界面	24
3.2.1 固相表面的氧化和溶解	24
3.2.2 固液界面的双电层	26
3.3 细泥的分散、凝聚和絮凝	33

3.3.1	细泥的分散与凝聚	33
3.3.2	絮凝	36
3.3.3	与絮凝有关的选矿方法简述	37
3.4	浮选药剂在矿物表面的吸附和反应	38
3.4.1	药剂在矿物表面作用的基本形式	38
3.4.2	物理吸附	39
3.4.3	化学吸附	40
3.4.4	化学反应	41
3.5	气泡的矿化过程	42
3.5.1	气泡的矿化途径	42
3.5.2	矿粒与气泡的黏附过程	42
4	浮选捕收剂	45
4.1	浮选工艺因素概述	45
4.2	捕收剂概述	46
4.2.1	捕收剂的类别	46
4.2.2	捕收剂的亲固基	46
4.2.3	亲固基中硫和氧的差别	48
4.2.4	捕收剂的疏水基	50
4.3	硫氢基(巯基)捕收剂	50
4.3.1	黄药与双黄药	50
4.3.2	黄原酸酯	58
4.3.3	硫代氨基甲酸酯	60
4.3.4	黑药	64
4.4	羟基捕收剂及胺类捕收剂	67
4.4.1	非硫化矿捕收剂综述	67
4.4.2	脂肪酸类捕收剂综述	75
4.4.3	浮选中常用的脂肪酸类捕收剂	83
4.4.4	烃基硫酸盐及烃基磺酸盐	86
4.4.5	羟肟酸类捕收剂	88

4.4.6	铜铁灵	91
4.4.7	肿酸类捕收剂	91
4.4.8	磷酸类捕收剂	93
4.4.9	胺类捕收剂	94
4.4.10	醚胺	99
4.4.11	烷基吗啉	101
4.5	两性捕收剂及非极性捕收剂	103
4.5.1	两性捕收剂	103
4.5.2	非极性烃类捕收剂	105
5	浮选泡沫和起泡剂	108
5.1	浮选泡沫	108
5.1.1	浮选泡沫概述	108
5.1.2	浮选泡沫破灭的原因	108
5.1.3	浮选泡沫稳定的原因	110
5.2	起泡剂	112
5.2.1	起泡剂概述	112
5.2.2	松油及松醇油	115
5.2.3	醇类起泡剂	116
5.2.4	醚醇类起泡剂	116
5.2.5	醚类起泡剂	117
5.2.6	酯类起泡剂	117
5.2.7	其他混合功能基的起泡剂	118
5.2.8	含硫、氮、磷、硅的起泡剂	118
5.2.9	消泡剂	118
6	无机调整剂	119
6.1	pH 值调整剂	119
6.1.1	pH 值调整剂概述	119
6.1.2	石灰	127

6.1.3	碳酸钠	128
6.1.4	氢氧化钠	129
6.1.5	硫酸	129
6.1.6	其他酸	129
6.2	无机抑制剂	130
6.2.1	氰化物	130
6.2.2	硫酸锌 (皓矾)	133
6.2.3	亚硫酸 (或二氧化硫)、亚硫酸盐和硫代硫酸盐	134
6.2.4	重铬酸盐和铬酸盐	135
6.2.5	高锰酸钾	136
6.2.6	漂白粉和次氯酸钾 (KClO)	137
6.2.7	双氧水	137
6.2.8	硫化钠、硫氢化钠和硫化钙	137
6.2.9	硅酸钠 (水玻璃)	141
6.2.10	氟硅酸钠	143
6.2.11	偏磷酸钠	144
6.2.12	组合抑制剂	145
6.3	活化剂	148
6.3.1	硫酸铜	149
6.3.2	其他活化剂	150
7	有机调整剂	152
7.1	淀粉和糊精	152
7.1.1	成分和命名	152
7.1.2	淀粉在浮选中的作用	153
7.2	纤维素	154
7.3	丹宁 (栲胶)	155
7.4	木质素	157
7.5	腐殖酸	158

7.6 聚丙烯酰胺 (3 号絮凝剂)	158
8 浮选机械	160
8.1 概述	160
8.1.1 浮选机的基本功能	160
8.1.2 充气方法与气泡的形成	161
8.1.3 浮选机的分类	162
8.2 代表性的浮选机	163
8.2.1 XJK 型 (A 型) 浮选机	163
8.2.2 KYF 型和 KYF-160 型浮选机	165
8.2.3 XCF II 型/KYF II 型浮选机联合机组	167
8.2.4 JJF 型浮选机、维姆科 (WEMCO) 型浮选机 和司马特 (SmartCell™) 型浮选机	168
8.2.5 OK 型浮选机与 TC-XHD 型浮选机	172
8.2.6 CLF 型粗粒浮选机	174
8.2.7 BF 型浮选机	175
8.2.8 GF 型浮选机	176
8.2.9 HCC 型环射式浮选机	177
8.2.10 浮选煤泥的浮选机	178
8.3 浮选柱	180
8.3.1 加拿大 CPT 型浮选柱	180
8.3.2 我国 KYZ-B 型浮选柱	182
8.3.3 俄罗斯 KΦM 型浮选柱	185
8.3.4 其他充气式浮选机简述	187
9 浮选流程	188
9.1 浮选流程的基本概念	188
9.2 原则流程	188
9.2.1 流程的段数	189
9.2.2 多金属矿石浮选的原则流程	192

9.2.3 选别循环	194
9.3 流程的结构	194
9.3.1 精、扫选次数	195
9.3.2 中矿处理方法	195
9.3.3 分支串流浮选	196
10 影响浮选过程的工艺因素	199
10.1 入选粒度	199
10.1.1 粗粒浮选	199
10.1.2 细泥浮选	200
10.2 矿浆浓度	202
10.3 药剂制度	203
10.3.1 药剂种类	204
10.3.2 药剂数量	204
10.3.3 药剂的配制和添加状态	205
10.3.4 药剂的添加地点和顺序	206
10.3.5 集中添加与分段添加	207
10.3.6 定点加药与看泡加药	207
10.4 调浆	207
10.5 矿浆加温	208
10.6 浮选时间	209
10.7 硫化矿浮选电化学与矿浆电位控制	210
10.7.1 电化学的基本概念	210
10.7.2 浮选中的主要电化化学问题	213
10.7.3 矿浆电位与硫化矿浮选	219
10.7.4 浮选的电位调控方法	220
10.8 细菌在浮选中的调整作用	224
11 贵金属及硫化矿物浮选	228
11.1 矿物类型与捕收剂类型的关系	228

11.2	贵金属矿物浮选	230
11.2.1	铂族矿物浮选	230
11.2.2	金银矿物浮选	232
11.2.3	金银矿浮选实例	234
11.3	硫化铜矿浮选	239
11.3.1	硫化铜及其伴生硫化矿物的可浮性	239
11.3.2	铜硫分离的基本方法	241
11.3.3	硫化铜矿浮选实例	242
11.4	硫化铅锌铜矿浮选	248
11.4.1	硫化铅锌矿中几种主要矿物的可浮性	248
11.4.2	硫化铅锌矿浮选实例	250
11.5	镍矿与铜镍矿选别	260
11.5.1	主要硫化镍矿物及其可浮性	260
11.5.2	金川镍矿浮选的基本方法	260
11.5.3	超级镍精矿的制备方法	264
11.5.4	高镍硫浮选	265
11.6	锑矿浮选方法	266
11.6.1	某锑矿浮选	266
11.6.2	汞锑分离浮选	267
11.7	钼矿浮选	268
11.7.1	钼矿物及其可浮性	268
11.7.2	金堆城钼矿浮选	269
11.8	硫化矿浮选降砷问题	270
12	氧化矿及其他矿石的浮选	273
12.1	铜铅锌氧化矿石的分类	273
12.2	氧化铜矿的选别	273
12.2.1	氧化铜矿物的可浮性与处理方法	273
12.2.2	氧化铜矿浮选实例	274
12.3	氧化铅锌矿浮选	276

12.3.1	主要氧化铅锌矿物的可浮性及选别方法	276
12.3.2	新疆某氧化铅锌矿浮选实例	277
12.4	铁矿石的浮选	279
12.4.1	几种铁矿物的可浮性	279
12.4.2	东鞍山铁矿浮选实例	281
12.4.3	蒂尔登铁矿选矿实例	283
12.5	稀土矿石浮选	284
12.5.1	稀土元素及常见的稀土矿物	284
12.5.2	白云鄂博稀土矿的选别	285
12.6	钛铁矿的选别	288
12.7	钛锆稀土砂矿的选别	288
12.8	钨矿浮选	289
12.8.1	黑钨矿细泥的浮选	289
12.8.2	白钨矿浮选	290
12.9	锡石细泥浮选	291
12.10	钽铌矿及锂云母浮选	292
12.10.1	湖南某钽铌矿的浮选	292
12.10.2	宜春钽铌矿锂云母浮选	294
12.11	伟晶岩矿物(云母-长石-石英-绿柱石)浮选	295
12.12	硬水铝石浮选	295
12.12.1	硬水铝石浮选综述	295
12.12.2	铝土矿的正浮选	296
12.12.3	铝土矿的反浮选	297
12.13	萤石浮选	299
12.13.1	萤石的可浮性及选矿方法	299
12.13.2	柿竹园矿的萤石浮选	300
12.14	磷灰石浮选	302
12.14.1	磷灰石的可浮性	302
12.14.2	磷灰石的浮选方法	303
12.14.3	新浦磷矿浮选实例	304

12. 15	可溶盐类浮选	305
12. 15. 1	石盐浮选	306
12. 15. 2	钾盐浮选	306
12. 16	煤泥和石墨浮选	307
12. 16. 1	煤泥浮选	307
12. 16. 2	石墨浮选	309
12. 17	板状大洋富钴结壳浮选	310
13	浮选在环保中的应用	311
13. 1	三废的存在及其危害	311
13. 2	浮选在矿物加工以外的用途	311
13. 3	处理废水的浮选设备	312
13. 4	浮选在处理废水中的应用举例	323
13. 5	浮选在处理废渣中的应用举例	329
附 录		332
附录 1	近年成分不明的浮选药剂代号	332
附录 2	标准电极电位	338
参考文献		340
后 记		341

绪 论

浮选是利用物料被水润湿性不同以分离物料的一种方法或过程。它使一部分物料选择性地富集在两相界面上，而另一部分物料则留在水中。这里所说的润湿性，是指物料对水亲和力的大小。浮选工作者从实践中得知：对水亲和力大的物料，亲水性大，疏水性小，亲油性也小。反过来说，对水亲和力小的物料，润湿性小，疏水性大，亲油性也大。浮选时，一般是使疏水性的物料富集在气-液界面或油-水界面上，而亲水性的物料则留在水中。浮选在冶金、化工、环保、农业、生物等方面，都有一定的用途。本书只着重讨论浮选在矿物原料分离方面的基本理论和工艺知识。对它在环保方面的应用也略加阐述。

根据分离界面不同，可以把浮选分为三类：

(1) 表层（薄膜）浮选。许多矿物具天然疏水性或经人工处理后有疏水性。利用这些矿物的疏水性和水的表面张力的“阻隔”作用，使疏水性的矿物漂浮于水面，而亲水性的矿物被水润湿后沉入水中。

(2) 多油（全油）浮选。将矿石质量分数为1%~50%的油，加入磨好的矿粉中搅拌，使疏水亲油的矿粒，穿过油-水界面进入油中，形成比水轻的集合体，漂浮于水面，或者形成质量较大的球团，沉在水中再设法分离。

(3) 泡沫浮选。泡沫浮选是现代的主要浮选方法，主要特点是利用气泡的气-液界面，分离被水润湿性不同的物料。疏水的物料随气泡漂浮到水面上，形成含某种成分很高的泡沫层；而被水润湿的物料，沉于水中，因而可以将它们分开。浮选矿物的过程中也使用多种药剂改变矿物表面的亲水性或疏水性，但所用