

浮 选

黄礼煌 著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2018

前 言

浮选为浮游选矿的简称，是根据矿物颗粒表面物理化学性质的差异而进行矿物分选的选矿方法，最终获得含某种有用组分高的矿物精矿和有用组分含量极低的矿物尾矿。浮选法不仅用于矿物加工，而且在冶金、石油、化工等的三废处理、废油处理、液固悬浮物分离等领域也获得了广泛应用。

由于历史原因和国内外选矿科技水平所限，金属硫化矿物浮选的生产实践、试验研究和参考文献，主要为金属硫化矿物高碱介质浮选的内容。近几十年来，我国虽在浮选药剂研究、生产，浮选设备研制生产，浮选过程自动化和浮选设备大型化等领域取得巨大成就，但在浮选理论、浮选工艺、浮选指标、矿产资源综合利用方面的进展不尽如人意，亟待从浮选理论和浮选工艺方面寻找原因。金属硫化矿物低碱介质浮选新工艺的研发成功并用于生产实践，不仅大幅度提高了金属硫化矿物的选矿技术经济指标，而且填补了金属硫化矿物低碱介质浮选理论，研发了若干新工艺和新技术，极大地发展和充实了现有的浮选理论和浮选工艺。

为了总结 39 年教学和 58 年浮选科研实践的经验和成果，在已出版十几部著作并参考相关资料基础上，撰写了《浮选》一书。其目的是为进一步加强理论、工艺、设备、药剂和技术等方面的创新，期望我国的浮选技术水平更上一层楼，抛砖引玉，以尽责任！

本书涵盖了金属硫化矿物、金属氧化矿物和非金属矿物的浮选理论、工艺技术及相关生产实践，内容丰富，资料详实。作者在撰写本书过程中，得到了王淀佐院士、孙传尧院士、邱冠周院士、刘炯天院士等人的关心、鼓励和支持，得到了有关厂矿、专家、教授、同行的大力支持，

得到了冶金工业出版社和江西理工大学领导的鼓励和支持。本书获得了江西理工大学优秀学术专著出版基金资助。曾志华同志与作者一起，长期深入厂矿调研、参加试验研究和浮选实践。在此一并深表谢意！

由于作者水平有限，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

黄礼煌

2017年10月于江西理工大学

目 录

绪论	1
----------	---

第 1 篇 浮选理论、药剂、设备、工艺

1 浮选的理论基础	9
1.1 概述	9
1.2 浮选过程热力学	10
1.2.1 浮选矿浆中的三相	10
1.2.2 浮选矿浆中的三相界面	13
1.2.3 矿粒表面的润湿性	15
1.2.4 矿粒的黏着功	18
1.2.5 矿粒的浮游力	19
1.2.6 矿粒的最大浮选粒度	20
1.3 浮选过程的动力学	21
1.3.1 矿粒与气泡的附着	21
1.3.2 浮选过程中静态下的矿粒附着接触角	22
1.3.3 浮选过程中动态下的矿粒附着接触角	24
1.3.4 浮选速度	26
1.3.5 浮选速度的主要影响因素	27
2 浮选药剂	29
2.1 概述	29
2.2 捕收剂	30
2.2.1 概述	30
2.2.2 黄药	36
2.2.3 黑药	41
2.2.4 烃基氨基二硫代甲酸盐	47
2.2.5 硫脲类捕收剂	48
2.2.6 硫醇、硫酚及硫醚	50
2.2.7 烃基氨基硫代甲酸酯	52
2.2.8 黄原酸酯	54
2.2.9 双硫化物捕收剂	55
2.2.10 非极性油类捕收剂	56
2.2.11 脂肪酸类捕收剂	57

2.2.12	烷基硫酸盐和烷基磺酸盐类捕收剂	61
2.2.13	膦酸、膦酸、羟膦酸类捕收剂	62
2.2.14	胺类捕收剂	64
2.2.15	其他捕收剂	65
2.3	起泡剂	65
2.3.1	概述	65
2.3.2	松油	68
2.3.3	2号油(松醇油)	68
2.3.4	樟油	68
2.3.5	甲基戊醇	69
2.3.6	杂醇油	69
2.3.7	混合醇	69
2.3.8	醚醇起泡剂	70
2.3.9	醚类起泡剂	71
2.3.10	酯类起泡剂	72
2.3.11	其他类型合成起泡剂	73
2.4	抑制剂	74
2.4.1	概述	74
2.4.2	抑制剂的作用及其抑制机理	75
2.4.3	石灰	75
2.4.4	硫酸锌	77
2.4.5	氟化物	77
2.4.6	亚硫酸盐	78
2.4.7	重铬酸盐	79
2.4.8	某些氧化剂	80
2.4.9	硫化物	80
2.4.10	水玻璃	84
2.4.11	聚偏磷酸钠	85
2.4.12	氟硅酸钠	85
2.4.13	诺克斯抑制剂	86
2.4.14	羧甲基纤维素	86
2.4.15	淀粉和糊精	88
2.4.16	单宁(栲胶)	90
2.4.17	木质素及其衍生物	92
2.4.18	巯基化合物	94
2.4.19	有机羧酸抑制剂	96
2.4.20	硫代酸盐类抑制剂	97
2.4.21	多极性基团磺酸抑制剂	98
2.4.22	其他聚合物抑制剂	98

2.5 活化剂	100
2.5.1 概述	100
2.5.2 无机酸	100
2.5.3 无机碱	101
2.5.4 金属阳离子	101
2.5.5 碱土金属阳离子	102
2.5.6 硫化物	102
2.5.7 氟离子	102
2.5.8 有机活化剂	102
2.6 介质 pH 值调整剂	103
2.6.1 概述	103
2.6.2 石灰	104
2.6.3 氢氧化钠	104
2.6.4 碳酸钠	104
2.6.5 无机酸	105
3 浮选设备	106
3.1 概述	106
3.1.1 浮选设备的基本要求	106
3.1.2 矿浆在浮选机中的运动状态	106
3.1.3 浮选机的充气方法	107
3.1.4 浮选机分类	107
3.2 机械搅拌式浮选机	107
3.2.1 概述	107
3.2.2 XJK 型 (A 型) 浮选机	107
3.2.3 BF 型浮选机	109
3.2.4 JJF 型浮选机	110
3.2.5 GF 型浮选机	112
3.2.6 SF 型浮选机	113
3.2.7 XJM 型浮选机	113
3.3 压气-机械搅拌式浮选机	114
3.3.1 概述	114
3.3.2 CHF-X 型和 XJC 型浮选机	114
3.3.3 KYF 型浮选机	114
3.3.4 OK 型浮选机	116
3.3.5 TC 型浮选机	117
3.3.6 CLF 型粗粒浮选机	118
3.4 压气式浮选机	119
3.4.1 概述	119

3.4.2	CPT 型浮选柱	119
3.4.3	KYZ-B 型浮选柱	120
3.4.4	KΦM 型浮选柱	123
3.4.5	FCSMC 旋流-静态微泡浮选柱	123
3.4.6	煤泥的浮选柱	125
4	浮选工艺参数	128
4.1	概述	128
4.2	浮选工艺路线	128
4.2.1	概述	128
4.2.2	低碱介质浮选工艺路线	128
4.2.3	高碱介质浮选工艺路线	129
4.3	浮选流程	130
4.3.1	概述	130
4.3.2	浮选的原则流程	130
4.3.3	浮选流程的内部结构	133
4.4	磨矿细度	135
4.4.1	磨矿产物中各粒级有用组分的浮选回收率	135
4.4.2	过粗粒和极细粒的浮选工艺条件	136
4.4.3	磨矿分级方法	138
4.5	矿浆浓度	140
4.6	浮选药剂制度	141
4.6.1	浮选药剂种类	141
4.6.2	浮选药剂的添加地点和加药顺序	142
4.7	矿浆的充气和搅拌	143
4.7.1	进入矿浆中的空气量	143
4.7.2	空气在矿浆中的弥散程度	143
4.7.3	矿浆搅拌	143
4.8	浮选时间	143
4.9	浮选速度	144
4.10	矿浆温度	144
4.11	水的质量	145
4.12	浮选机	145

第 2 篇 金属硫化矿物浮选

5	硫化铜矿物浮选	149
5.1	概述	149
5.1.1	铜矿石工业类型	149

5.1.2 硫化铜矿物的可浮性	150
5.1.3 硫化铁矿物的可浮性	153
5.1.4 铜精矿标准	155
5.2 单一硫化铜矿浮选	155
5.2.1 概述	155
5.2.2 脉状硫化铜矿浮选	156
5.2.3 浸染状硫化铜矿浮选	156
5.3 硫化铜硫矿石浮选	157
5.3.1 概述	157
5.3.2 块状含铜黄铁矿浮选	158
5.3.3 浸染硫化铜硫矿石的浮选	159
5.4 德兴铜硫矿石浮选	159
5.4.1 概述	159
5.4.2 德兴铜矿浮选工艺变革简介	160
5.4.3 高碱介质浮选工艺	162
5.4.4 第一代低碱介质铜硫分离工艺存在的问题	164
5.4.5 低碱介质铜硫分离浮选工艺的现状	165
5.5 武山铜硫矿石浮选	167
5.5.1 概述	167
5.5.2 原矿性质	167
5.5.3 高碱浮选工艺	168
5.5.4 低碱浮选工艺	169
5.6 硫化铜硫铁矿石选矿	170
5.6.1 概述	170
5.6.2 硫化铜硫铁矿石的选矿流程	170
5.7 河北铜矿选矿厂	172
5.7.1 矿石性质	172
5.7.2 选矿工艺	172
5.8 凤凰山硫化铜硫铁矿选矿	173
5.8.1 矿石性质	173
5.8.2 高碱介质浮选工艺	174
5.8.3 低碱介质浮选工艺	176
5.9 硫化铜锌矿浮选	177
5.9.1 概述	177
5.9.2 硫化铜锌矿的浮选流程	177
5.10 甘肃某硫化铜锌硫矿浮选	178
5.10.1 矿石性质	178
5.10.2 高碱介质浮选工艺	178
5.10.3 低碱介质浮选工艺	179

5.11 新疆某硫化铜锌硫矿浮选	180
5.11.1 矿石性质	180
5.11.2 高碱介质浮选工艺	180
5.11.3 低碱介质浮选工艺	181
6 硫化铜钼矿浮选	184
6.1 概述	184
6.1.1 钼矿床工业类型	184
6.1.2 钼矿石类型	184
6.1.3 辉钼矿的可浮性	185
6.1.4 钼精矿质量标准	186
6.2 陕西金堆城硫化钼矿浮选	186
6.2.1 概述	186
6.2.2 矿石性质	187
6.2.3 选矿工艺	187
6.3 洛阳栾川钼业集团选矿二公司硫化钼矿浮选	189
6.3.1 矿石性质	189
6.3.2 选矿工艺	189
6.4 辽宁杨家杖子硫化钼矿浮选	190
6.4.1 矿石性质	190
6.4.2 选矿工艺	191
6.5 德兴铜矿硫化铜钼矿浮选	192
6.5.1 概述	192
6.5.2 硫化铜钼混合精矿的硫化钠分离法	192
6.5.3 硫化铜钼混合精矿的非硫化钠分离法	193
6.6 乌山硫化铜钼矿浮选	195
6.6.1 概述	195
6.6.2 现选矿工艺	199
6.6.3 低碱工艺小型试验	201
6.7 鹿鸣硫化钼铜矿浮选	208
6.7.1 矿石性质	208
6.7.2 高碱介质浮选工艺	209
6.7.3 低碱介质浮选新工艺	209
7 硫化铜镍矿浮选	210
7.1 概述	210
7.1.1 镍矿产资源	210
7.1.2 镍的地球化学特征	210
7.1.3 硫化镍矿床的成因和矿物共生组合	211

7.2 硫化铜镍矿物的可浮性	216
7.2.1 硫化镍矿物的表面特性与液相 pH 值的关系	216
7.2.2 镍黄铁矿的可浮性	218
7.2.3 紫硫镍矿的可浮性	218
7.2.4 铜镍铁矿的可浮性	219
7.2.5 磁黄铁矿的可浮性	219
7.2.6 硫化铜镍矿中 有用矿物的相对可浮性	219
7.3 选矿产品及其分离方法	220
7.3.1 选矿产品	220
7.3.2 硫化铜镍矿的分离方法	221
7.4 镍矿石的工业要求	221
7.5 镍精矿质量标准	222
7.6 金川镍矿浮选	222
7.6.1 矿石性质	222
7.6.2 高碱介质浮选工艺	223
7.6.3 选厂技术革新	225
7.6.4 低酸调浆混合浮选新工艺小型试验	225
7.7 磐石镍矿浮选	230
7.7.1 矿石性质	230
7.7.2 选矿工艺	231
7.8 新疆某硫化铜镍矿浮选	232
7.8.1 矿石性质	232
7.8.2 低碱浮选工艺小型试验	233
8 硫化铜铅锌矿浮选	234
8.1 概述	234
8.1.1 硫化铜铅锌矿的矿石特点	234
8.1.2 矿石中主要金属硫化矿物的可浮性	234
8.1.3 硫化铜、铅、锌、硫矿的浮选流程	235
8.1.4 铅锌矿工业指标	235
8.1.5 铅、锌精矿质量标准	236
8.2 白银公司小铁山硫化铜铅锌矿的浮选	237
8.2.1 矿石性质	237
8.2.2 高碱介质浮选工艺	238
8.2.3 低碱介质浮选新工艺	240
8.3 广西佛子冲硫化铜铅锌矿浮选	240
8.3.1 矿石性质	240
8.3.2 高碱介质浮选工艺	240
8.3.3 低碱介质浮选新工艺	241

8.4	湖南黄沙坪硫化铜铅锌矿浮选	242
8.4.1	矿石性质	242
8.4.2	高碱介质浮选工艺	242
8.4.3	低碱介质浮选工艺	245
8.5	凡口硫化铅锌矿浮选	245
8.5.1	矿石性质	245
8.5.2	高碱介质优先浮选工艺	246
8.5.3	高碱介质老四产品浮选工艺	247
8.5.4	高碱介质新四产品浮选工艺	249
8.5.5	低碱介质浮选工艺	250
8.6	厂坝硫化铅锌矿浮选	259
8.6.1	矿石性质	259
8.6.2	高碱介质浮选工艺	259
8.6.3	低碱介质浮选新工艺	259
8.7	锡铁山硫化铅锌矿的浮选	260
8.7.1	矿石性质	260
8.7.2	高碱介质浮选工艺	262
8.7.3	低碱介质浮选新工艺	263
9	硫化铈矿的浮选	265
9.1	概述	265
9.1.1	铈矿物原料	265
9.1.2	铈矿床类型	265
9.1.3	硫化铈矿石分类	266
9.1.4	铈矿物的可选性	266
9.1.5	我国铈矿资源及特点	268
9.1.6	铈精矿质量标准	268
9.2	湖南锡矿山闪星铈业有限责任公司南矿选矿厂	270
9.2.1	矿石性质	270
9.2.2	选矿工艺	270
9.3	湖南锡矿山闪星铈业有限责任公司采选厂	271
9.3.1	矿石性质	271
9.3.2	选矿工艺	271
9.4	湖南辰州矿业公司沃溪选矿厂	272
9.4.1	矿石性质	272
9.4.2	选矿工艺	272
9.5	湖南新龙矿业公司龙山金铈矿	273
9.5.1	矿石性质	273
9.5.2	选矿工艺	274

9.6 板溪锑砷(金)选矿厂	275
9.6.1 矿石性质	275
9.6.2 选矿工艺	275
9.7 美国 Bradley 锑金银矿	276
9.8 某锑砷矿	277
9.9 锑汞硫化矿的选矿	277
10 硫化汞矿浮选	279
10.1 概述	279
10.1.1 汞矿产资源	279
10.1.2 汞矿物	279
10.1.3 我国汞矿资源特点	279
10.1.4 硫化汞矿石类型	280
10.1.5 汞矿床一般工业指标	280
10.1.6 汞精矿质量标准	280
10.2 汞矿石的可选性	280
10.2.1 选择性破碎磨矿	280
10.2.2 手选	281
10.2.3 重选	281
10.2.4 浮选	282
10.2.5 原矿直接焙烧冶炼	282
10.3 辰砂的可浮性	282
10.3.1 概述	282
10.3.2 辰砂的可浮性	283
10.4 贵州汞矿的选矿	283
10.4.1 概述	283
10.4.2 矿石性质	284
10.4.3 选矿工艺	284
10.5 务川汞矿选矿厂	287
10.5.1 矿石性质	287
10.5.2 浮选工艺	287
10.6 贵州铜仁金鑫矿业开发有限公司选矿厂	288
10.6.1 矿石性质	288
10.6.2 选矿工艺	288
10.7 陕西旬阳青铜沟汞锑矿业有限公司选矿厂	288
10.7.1 矿石性质	288
10.7.2 选矿工艺	290
10.8 美国麦克德米特 (MC Dermitt) 汞选矿厂	290
10.8.1 矿石性质	290

10.8.2 浮选工艺	291
10.9 汞类的选矿	292
10.9.1 概述	292
10.9.2 汞类的产生原因及其特性	292
10.9.3 汞类的处理方法	294
10.9.4 汞类的选矿实践	294
11 伴生多金属硫化矿物浮选	298
11.1 概述	298
11.1.1 伴生多金属硫化矿物的主要来源	298
11.1.2 伴生多金属硫化矿物的回收	298
11.2 含钨伴生多金属硫化矿物的硫化钠分离法	299
11.2.1 硫化钠抑制含钨伴生多金属硫化矿物的顺序	299
11.2.2 韶关钨矿精选厂	299
11.2.3 赣州钨矿精选厂	300
11.2.4 铁山垅杨坑山钨矿选矿厂	301
11.2.5 大吉山钨矿选矿厂	303
11.3 含钨伴生多金属硫化矿物的浸出-浮选分离法	304
11.3.1 盘古山钨矿选矿厂	304
11.3.2 含铋金属硫化矿物混合精矿的浸出-浮选-重选的分选流程	305
11.3.3 含铋金属硫化矿物混合精矿的烘焙-浸出-浮选-重选分离法	306
11.4 含锡伴生多金属硫化矿物的分离	307
11.4.1 概述	307
11.4.2 以回收锡为主, 综合回收伴生多金属硫化矿	307
11.4.3 以回收伴生多金属硫化矿物为主, 综合回收锡	308
11.5 华锡集团长坡选矿厂	308
11.5.1 矿石性质	308
11.5.2 选矿工艺	309
11.6 华锡集团车河选矿厂	312
11.6.1 矿石性质	312
11.6.2 选矿工艺	312
12 含金银硫化矿物浮选	315
12.1 概述	315
12.1.1 金矿物原料	315
12.1.2 银矿物原料	317
12.2 单一脉金矿浮选	318
12.2.1 概述	318
12.2.2 山东招远金矿选矿厂	319

12.2.3	广西龙水金矿选矿厂	322
12.2.4	河北金厂峪金矿选矿厂	322
12.2.5	新疆阿希金矿选矿厂	323
12.2.6	山东某银矿	324
12.3	单一金银矿无石灰混合浮选	325
12.3.1	江西德兴市某金矿选矿厂 (一)	325
12.3.2	江西德兴市某金矿选矿厂 (二)	326
12.4	含铋金矿选矿	326
12.4.1	概述	326
12.4.2	湘西金矿选矿	329
12.4.3	南非康索里杰依捷德-马尔齐松矿选矿	331
12.5	含砷金矿选矿	332
12.5.1	概述	332
12.5.2	罗马尼亚达尔尼金矿选矿厂	334
12.5.3	江西某金矿	336
12.6	从氰化浸出渣中浮选回收金银	337
12.6.1	概述	337
12.6.2	从氰化堆浸渣中回收金银	337
12.6.3	从全泥氰化渣中回收金银	337
12.6.4	从金精矿再磨后直接氰化渣中回收金银	338
12.6.5	从金精矿再磨预氧化处理后的氰化渣中回收金银	339
13	有色金属冶炼中间产品和冶炼渣浮选	340
13.1	概述	340
13.2	硫化铜精矿冶炼渣浮选	340
13.2.1	硫化铜精矿火法冶炼渣浮选	340
13.2.2	硫化铜精矿湿法冶炼渣浮选	343
13.3	硫化锌精矿湿法冶炼渣浮选	344
13.3.1	湿法炼锌渣的类型与组成	344
13.3.2	湿法炼锌渣浮选	346
13.4	铜电解阳极泥浮选	348
13.4.1	铜电解阳极泥的组成	348
13.4.2	铜阳极泥的浮选工艺	349
13.4.3	我国铜阳极泥浮选工艺	350
13.5	含金硫酸烧渣的选矿	350
13.5.1	含金硫酸烧渣的组成	350
13.5.2	硫酸烧渣氰化提金	352
13.5.3	含金硫酸烧渣浮选	352
13.6	高冰镍的选矿分离	353

- 13.6.1 高冰镍的组成 353
- 13.6.2 高冰镍选矿分离新工艺 354

第 3 篇 金属氧化物矿物浮选

14 氧化铁矿物浮选	357
14.1 概述	357
14.1.1 铁矿物	357
14.1.2 我国铁矿床	357
14.1.3 铁精矿质量标准	358
14.1.4 铁矿石用途	359
14.2 弱磁性铁矿石浮选	360
14.2.1 概述	360
14.2.2 鞍钢东鞍山铁矿选矿厂	360
14.2.3 酒钢选矿厂	362
14.3 混合型铁矿选矿	366
14.3.1 鞍钢鞍千矿业公司选矿厂	366
14.3.2 唐钢司家营铁矿选矿厂	369
14.4 多金属型铁矿选矿	377
14.4.1 武钢大冶铁矿选矿厂	377
14.4.2 包头白云鄂博铁矿选矿厂	382
14.4.3 攀枝花钒钛磁铁矿选矿厂	385
14.4.4 上海梅山矿业有限公司选矿厂	388
15 锰矿物浮选	391
15.1 概述	391
15.1.1 锰矿资源	391
15.1.2 锰矿物	392
15.1.3 锰精矿和锰矿石的质量标准	392
15.1.4 锰矿石生产	397
15.2 锰矿石的可选性	397
15.2.1 洗矿	397
15.2.2 重选	397
15.2.3 磁选	398
15.2.4 浮选	398
15.2.5 化学选矿	398
15.3 遵义锰矿选矿厂	399
15.3.1 概述	399
15.3.2 矿石性质	399

15.3.3 选矿工艺	400
15.4 花垣锰矿选矿厂	401
15.4.1 概述	401
15.4.2 矿石性质	401
15.4.3 选矿工艺	401
16 铝土矿浮选	403
16.1 概述	403
16.1.1 铝矿物	403
16.1.2 铝土矿工业品级	403
16.1.3 铝土矿的物理选矿	404
16.1.4 化学选矿法制取氧化铝	404
16.1.5 氧化铝电解	405
16.2 铝土矿的可浮性	405
16.2.1 概述	405
16.2.2 一水硬铝石的可浮性	406
16.2.3 脉石矿物的可浮性	406
16.3 铝土矿浮选脱硅的主要影响因素	407
16.3.1 矿石性质	407
16.3.2 磨矿粒度	407
16.3.3 矿泥	407
16.3.4 浮选矿浆浓度	408
16.3.5 其他	408
16.4 铝土矿选择性磨矿—聚团浮选脱硅	408
16.4.1 概述	408
16.4.2 中国铝业中州分公司选矿车间	408
16.5 磨矿—全浮选流程脱硅	409
16.5.1 概述	409
16.5.2 中国铝业河南分公司选矿车间	410
16.5.3 河南汇源公司选矿车间	410
17 稀土矿物浮选	412
17.1 概述	412
17.1.1 稀土元素	412
17.1.2 稀土资源	413
17.1.3 我国稀土矿床	413
17.1.4 我国稀土矿床的工业指标	415
17.2 稀土矿物	415
17.2.1 概述	415

17.2.2	最主要的稀土工业矿物	416
17.2.3	工业稀土矿物的特点	417
17.3	我国稀土精矿质量标准	417
17.3.1	氟碳铈镧矿-独居石混合精矿质量标准	417
17.3.2	氟碳铈镧矿精矿质量标准	418
17.3.3	独居石精矿质量标准	418
17.3.4	磷钇矿精矿质量标准	419
17.3.5	褐钇铈矿精矿质量标准	419
17.3.6	离子稀土矿混合稀土氧化物质量标准	419
17.4	白云鄂博稀土矿选矿	420
17.4.1	矿石性质	420
17.4.2	选矿工艺	422
17.5	四川凉山稀土矿选矿	426
17.5.1	矿石性质	426
17.5.2	选矿工艺	427
17.6	山东微山稀土矿选矿	429
17.6.1	矿石性质	429
17.6.2	选矿工艺	430
17.7	美国芒廷帕斯稀土矿选矿	433
17.7.1	矿石性质	433
17.7.2	选矿工艺	433
17.8	南非斯廷坎普斯·克拉尔稀土矿选矿	435
17.8.1	矿石性质	435
17.8.2	选矿工艺	435
17.9	磷钇矿浮选	436
17.9.1	矿石性质	436
17.9.2	选矿工艺	436
18	钨矿物浮选	438
18.1	概述	438
18.1.1	钨矿物	438
18.1.2	钨矿床	439
18.2	钨精矿质量标准	441
18.3	黑钨矿选矿	441
18.3.1	概述	441
18.3.2	粗选作业	442
18.3.3	重选作业	443
18.3.4	精选作业	443
18.3.5	细泥处理	443