

矿用药剂

KUANG YONG YAOJI

张泾生 阙焯兰 著



冶金工业出版社

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

矿用药剂

张泾生 阙煊兰 著

北 京

冶金工业出版社

2008

内 容 简 介

本书简要地介绍了矿用药剂的发展历史及现状,全面阐述了各类捕收剂、起泡剂、调整剂、抑制剂等浮选药剂、助磨剂、助滤剂、絮凝剂、萃取剂、表面改性剂以及乳化剂、黏度调整剂、粉尘控制剂、防冻剂、阻垢缓蚀剂、抗静电剂等药剂的制备方法、物理化学性质、使用范围、使用性能与条件以及药剂结构与矿物作用机理等。书中还列举了大量的应用实例。

本书可供矿业开发领域从事科研、设计、生产应用的工程技术人员阅读,也可供高等院校相关专业师生参考、使用。

图书在版编目(CIP)数据

矿用药剂 / 张涇生, 阙焯兰著. —北京: 冶金工业出版社, 2008. 11

ISBN 978 - 7 - 5024 - 4502 - 7

I. 矿… II. ①张… ②阙… III. ①浮选药剂 IV. TD923

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 114099 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 postmaster@cnmip.com.cn

策划编辑 曹胜利 责任编辑 张 卫 李 雪 美术编辑 李 心

版式设计 张 青 责任校对 王贺兰 李文彦 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4502-7

北京百善印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2008 年 11 月第 1 版, 2008 年 11 月第 1 次印刷

169mm×239mm; 89.75 印张; 1703 千字; 1405 页; 1-3000 册

249.00 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

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

谨以此书献给

从事矿用药剂研究
和工程应用的同仁们！

前 言

矿业是国民经济可持续发展不可或缺的重要基础产业。随着我国矿产资源匮乏程度的日渐加深以及我国有用矿物贫、细、杂的赋存特点，矿物加工的难度将日益增大。为了有效利用矿产资源，研制和应用高效、环保的矿用药剂至关重要。有鉴于此，作者编写了这本《矿用药剂》。

全书共分22章，全面介绍了磨矿、分选、脱水过滤、矿物输送、粉尘与废水处理等工序以及浮选、磁选、重选、电选、化学选矿等选别工艺所使用的药剂。另外，根据矿物加工学科科学技术的最新进展和学科发展的需求，对组合药剂、生物药剂、非金属矿深加工药剂以及提高药剂效能的有效途径，矿用药剂的污染与治理等内容都辟有专门章节作详尽介绍和讨论。

本书资料收集力求新而全，在内容的取舍上则希望能满足不同读者群的需求，以期为从事理论研究及新产品开发的科技工作者提供一种较为重要的参考书，为从事生产应用的工程技术人员提供一种可供借鉴的工具书。

本书编写过程中得到长沙矿冶研究院领导及相关部门负责人的大力支持和帮助，在此谨向他们表示诚挚的谢意。同时，还要感谢陈让怀教授、肖国光博士、刘洪萍高工等，他们为本书的出版做了大量的资料准备工作并参与部分章节的编写，感谢王芳群高工在外文资料收集整理工作中给予的帮助。

作 者

2008年7月12日

目 录

第1章 药剂与矿物加工	1
1.1 矿用药剂与矿物加工	1
1.2 药剂的分类	2
1.2.1 矿用药剂按用途分类	2
1.2.2 选矿药剂按化合物用途分类	3
1.2.3 根据药剂在矿物加工中的作用分类	4
1.2.4 按照药剂的化学组分性质分类	5
1.2.5 按络合螯合物分类	7
1.2.6 按表面活性剂分类	7
1.3 浮选药剂发展概述	9
参考文献	12

第2章 浮选工艺与药剂	15
2.1 浮选的作用与意义	15
2.2 浮选药剂的作用原理与特性	15
2.2.1 药剂的亲矿物疏水作用	16
2.2.2 矿物结构与浮选药剂作用特性	18
2.2.3 药剂与矿物的选择及分类	19
2.3 捕收剂的基本要素及作用	22
2.3.1 捕收剂的基本要素	22
2.3.2 捕收剂的作用	22
2.4 药剂的溶液化学	27
2.4.1 药剂解离平衡及浮选	27
2.4.1.1 短链阴离子捕收剂示例	27
2.4.1.2 阳离子捕收剂示例	28
2.4.1.3 两性捕收剂示例	29
2.4.2 药剂与矿物表面晶体金属离子的键合	31
2.5 浮选药剂结构特点与接触角的关系	36
2.5.1 极性基及亲固(键合)原子	36

2.5.2	极性效应	39
2.5.3	含氧酸与极性基	41
2.6	浮选药剂非极性基结构与性能	42
2.6.1	非极性基结构与作用	42
2.6.2	正构烷烃基的作用	43
2.6.3	异构烷烃基	45
2.6.4	其他非极性基	46
2.6.4.1	不饱和直链烃基	46
2.6.4.2	芳香烃基	47
2.6.4.3	含其他杂原子烃基	47
2.6.4.4	不同矿物浮选与药剂的非极性基	48
2.7	药剂与矿物的作用机理	49
2.7.1	黄药与硫化矿	49
2.7.1.1	氧对浮选的作用	49
2.7.1.2	双黄药作用	52
2.7.2	含氧酸类捕收剂与非硫化矿作用	54
2.7.2.1	物理吸附	54
2.7.2.2	化学吸附	58
2.8	胺类药剂与非硫化矿物的作用	62
2.8.1	胺的解离	62
2.8.2	胺类捕收剂与矿物表面的相互作用	65
	参考文献	68
第3章	脂肪酸类捕收剂	69
3.1	概述	69
3.2	主要脂肪酸的制备与生产	70
3.3	脂肪酸(皂)的物理化学性质	74
3.4	脂肪酸的烃基结构与浮选性能的关系	79
3.4.1	脂肪酸烃基的长短对浮选性能的影响	79
3.4.2	脂肪酸不饱和度对捕收性能的影响	81
3.5	脂肪酸的浮选机理	85
3.5.1	油酸与赤铁矿的作用机理	86
3.5.2	脂肪酸类捕收剂浮选方解石的作用机理	88
3.5.3	在钙离子的活化下,脂肪酸浮选石英的作用机理	89
3.6	低级脂肪酸	91

3.7 高级脂肪酸在选矿中的应用	94
3.7.1 高级饱和脂肪酸	97
3.7.2 不饱和脂肪酸在选矿中的应用	98
3.7.3 植物油类脂肪酸	101
3.7.4 油脂化工副产——脂肪酸代用品	104
3.7.4.1 癸二酸下脚	104
3.7.4.2 其他油脂下脚	106
3.7.5 动物油类脂肪酸	107
3.7.6 塔尔油	109
3.7.7 矿物油类脂肪酸	114
3.7.7.1 氧化石蜡皂及氧化煤油	114
3.7.7.2 碱渣与环烷酸	121
参考文献	123
 第4章 脂肪酸的改性及其衍生物	125
4.1 概述	125
4.2 脂肪酸硫酸化皂	126
4.3 磺化脂肪酸类	130
4.3.1 α -磺化脂肪酸	130
4.3.2 硬脂酸苯磺酸钠	132
4.4 卤代脂肪酸	133
4.5 羧基酸	137
4.6 脂肪酸与氨基酸的缩合产物	139
4.7 醚酸 (含氧桥脂肪酸)	147
4.8 松脂酸及其衍生物	150
4.8.1 松脂酸的氧化产物	153
4.8.2 硫酸化 (或磺化) 松脂酸钠皂	155
4.9 多元酸	158
4.10 脂肪酸过氧化物	160
4.11 脂肪酸的聚合、缩合及其他	164
参考文献	166
 第5章 有机硫化化合物 (一) ——硫化矿捕收剂	169
5.1 黄药	170
5.1.1 黄药的主要性质	171

6 目 录

5.1.2	黄药的制备方法与生产	174
5.1.3	黄药在浮选上的应用	176
5.2	双黄药	177
5.3	芳香基黄药	179
5.3.1	苄基黄药	179
5.3.2	酚基黄药	179
5.4	氨基乙基黄药	181
5.5	聚烷氧基黄药	182
5.6	环己基黄药	182
5.7	黄原酸酯类	183
5.7.1	黄药酯	183
5.7.2	黄原酸甲酸酯类	184
5.8	三硫代碳酸酯	186
5.9	二硫代氨基甲酸盐	187
5.10	烃基一硫代氨基甲酸酯(硫氨酯类)	189
5.10.1	硫氨酯的合成法	190
5.10.2	硫代氨基甲酸酯的浮选特点与机理	191
5.10.3	硫代氨基甲酸酯系列衍生物	192
5.10.3.1	一硫代氨基甲酸酯类化合物	192
5.10.3.2	二硫代氨基甲酸酯类捕收剂	195
5.11	黑药类	196
5.11.1	黑药的制备	198
5.11.1.1	甲酚黑药的制备	199
5.11.1.2	丁基铵黑药的制备	200
5.11.1.3	胺黑药	200
5.11.2	黑药的性能	202
5.12	双黑药	202
5.12.1	制备方法	202
5.12.2	双黑药的性能	203
5.13	烃基二硫代磷酸硫醚酯	203
5.14	硫脲类	204
5.14.1	烃基(芳基)硫脲	206
5.14.1.1	白药	206
5.14.1.2	烃基硫脲	207
5.14.2	烃基异硫脲	208

5.15 硫醇、硫酚及硫醚·····	208
5.15.1 硫醇及硫酚的制备·····	210
5.15.2 硫醇及硫酚的性质·····	211
5.15.3 有机二硫醇·····	211
5.15.4 硫醚及多硫化合物·····	212
5.16 巯基苯骈噻唑·····	213
5.17 巯基苯骈咪唑及衍生物·····	214
5.18 其他含硫捕收剂·····	217
5.19 最新研究应用动态·····	219
参考文献·····	222
 第6章 有机硫化合物(二)——氧化矿药剂·····	225
6.1 烷基硫酸盐·····	233
6.1.1 烷基硫酸盐(酯)的制备·····	233
6.1.2 烷基硫酸盐的性质·····	234
6.1.3 烷基硫酸盐的浮选性能·····	236
6.2 烷基磺酸盐·····	240
6.2.1 烷基磺酸盐的制造·····	241
6.2.2 烷基磺酸盐性质·····	242
6.2.3 烷基磺酸盐在浮选上的应用·····	243
6.3 木质素磺酸·····	248
6.4 芳香烃基磺酸盐·····	250
6.4.1 烷基芳基磺酸盐·····	250
6.4.1.1 十二烷基苯磺酸钠的制备与性能·····	250
6.4.1.2 烷基苯磺酸盐的浮选性能·····	253
6.4.1.3 烷基萘磺酸盐·····	256
6.4.1.4 粗菲及粗蒽的磺化·····	257
6.4.2 芳基磺酸衍生物的选矿作用·····	259
6.4.2.1 1-氨基-8-萘酚-3,6-二磺酸(H-酸) 制备与性能·····	260
6.4.2.2 1-氨基-8-萘酚-2,4-二磺酸(芝加哥酸) 的制备与性能·····	261
6.4.2.3 H-酸及芝加哥酸等芳基磺酸类的抑制性能 与机理·····	262
6.5 磺化琥珀酸酯及磺化琥珀酰胺酸(盐)·····	264

6.5.1 磺化琥珀酸酯	264
6.5.2 烷基磺化琥珀酰胺酸盐	266
6.5.2.1 烷基磺化琥珀酰胺酸盐的制备	267
6.5.2.2 磺化琥珀酰胺酸性能与作用	268
6.6 伊基朋	270
6.7 氨基磺酸	273
参考文献	273

第7章 含氮有机化合物——阳离子型和两性型选矿药剂

7.1 脂肪胺	278
7.1.1 胺类的制备合成	278
7.1.1.1 脂肪酸催化氯化加氢合成脂肪胺法	279
7.1.1.2 烷烃硝化还原法制备胺	280
7.1.1.3 氯化氯代烷烃法制备脂肪胺	281
7.1.2 脂肪胺性质	282
7.1.3 胺类在选矿中的作用	286
7.1.3.1 胺类捕收剂与矿物作用机理	290
7.1.3.2 胺类在矿物加工中的应用	293
7.2 季铵盐类	298
7.2.1 季铵盐的制备	299
7.2.1.1 叔胺的制备	299
7.2.1.2 季铵盐制备	300
7.2.2 季铵盐类的选矿应用	300
7.3 醚胺	305
7.3.1 性能与制备	306
7.3.2 应用	307
7.4 松香胺与芳香胺	311
7.5 胺类药剂研究应用的发展动态	314
7.6 两性选矿药剂	327
7.6.1 两性药剂理化性质与捕收性能	332
7.6.2 烷基氨基乙酸的制备及选矿应用	333
7.6.3 烷基氨基丙酸	337
7.6.4 使用两性表面活性剂进行离子浮选	339
7.6.5 胺类及两性聚合物药剂	340
7.6.6 烷氨基羧酸酯类两性药剂	341

7.7	烷基氨基磺酸类两性药剂	342
7.8	其他两性药剂及用途	343
7.9	阳离子和两性药剂新进展	344
	参考文献	345
第8章	磷砷硅氟元素有机化学药剂在矿物工程中的应用	349
8.1	烷基磷酸酯及烷基亚磷酸酯	351
8.1.1	烷基磷酸酯的制备	353
8.1.2	磷酸酯的选矿应用	354
8.1.3	磷酸酯在水处理中的应用	357
8.1.4	烷基亚磷酸	358
8.2	烷基硫代磷酸盐	361
8.2.1	环烷酸黑药	361
8.2.2	磷胺4号与磷胺6号	362
8.2.3	环己胺黑药(环己磷胺)	363
8.2.4	二硫代磷酸烷基酯	364
8.2.5	双黑药及其他衍生物	367
8.3	膦酸	369
8.3.1	烷烃基膦酸	372
8.3.1.1	制备与性质	372
8.3.1.2	捕收性能	374
8.3.2	烷基芳基膦酸	378
8.4	双膦酸	385
8.4.1	双膦酸合成方法	386
8.4.2	羟烷基双膦酸的捕收性能	388
8.5	烷基亚氨基二次甲基膦酸	390
8.6	多元膦酸作水处理剂	398
8.7	有机胂化物	401
8.7.1	烷基胂酸	402
8.7.2	甲基胂酸	403
8.7.3	苄基胂酸	407
8.7.4	甲苄胂酸	409
8.8	有机硅化合物矿用药剂	410
8.9	有机氟化物	414

参考文献	419
第9章 螯合药剂在矿业中的应用	423
9.1 螯合剂与螯合作用	423
9.1.1 配位化学	423
9.1.2 螯合作用	425
9.1.3 螯合物的稳定性	428
9.1.4 影响螯合物稳定性的主要因素	430
9.1.4.1 金属离子(接受体)的性质	430
9.1.4.2 给予体原子(给电子基团)的性质	431
9.1.4.3 螯合剂取代基的作用	434
9.2 矿物加工工艺对螯合剂的基本要求	436
9.3 螯合剂在矿物加工中的应用	438
9.3.1 螯合捕收剂	442
9.3.1.1 羟肟酸类	450
9.3.1.2 常用捕收剂中的重要螯合剂	460
9.3.1.3 有机肟(胍)药剂	463
9.3.1.4 巯基苯骈噻唑	469
9.3.1.5 1-苯基-2-巯基苯骈咪唑	472
9.3.1.6 染料的选矿应用	473
9.3.1.7 8-羟基喹啉	477
9.3.1.8 其他螯合捕收剂	481
9.3.2 螯合剂的抑制与活化作用	487
9.3.2.1 螯合抑制剂的螯合性能	487
9.3.2.2 螯合抑制剂实例	492
9.3.3 螯合剂的絮凝作用	498
9.4 螯合型矿用药剂的发展与结构性能的关系	502
参考文献	507
第10章 烃类化合物	511
10.1 烃类化合物	511
10.2 脂肪烃的选矿作用	512
10.3 脂肪烃与钼矿浮选	516
10.3.1 不同烃油及组分对浮选的影响	516
10.3.2 烃油乳化与乳化剂	519

10.4 烃油在其他矿物分选中的应用	522
10.5 烃类的卤化与硝化	524
10.5.1 卤代烃	524
10.5.2 硝基化合物	525
10.6 芳香烃	527
10.7 煤焦油	530
10.7.1 煤焦油在浮选中的应用	530
10.7.2 煤焦油的硫化产物选矿	531
10.8 木焦油	540
10.9 酚类化合物	540
参考文献	542
 第11章 起泡剂	 545
11.1 起泡剂的结构与分类	545
11.2 起泡剂的性质及要求	547
11.3 起泡剂在浮选中的作用	549
11.4 起泡剂结构对起泡性能的影响	554
11.4.1 极性基结构对起泡性能的影响	554
11.4.1.1 对水溶性的影响	556
11.4.1.2 极性基的水化能力	557
11.4.2 非极性基对起泡性能的影响	557
11.4.2.1 正构饱和烃基(简称正构烷基)	557
11.4.2.2 烷氧基(醚基)	558
11.4.2.3 异构饱和烃基(简称异构烷基)与不饱和 烃基	558
11.4.2.4 芳香基及烷基-芳基	559
11.4.3 研究趋势	559
11.5 松油	560
11.5.1 松油的来源	561
11.5.2 松油的化学组分及性质	561
11.5.3 松油起泡剂的性能及作用	565
11.6 2号浮选油	567
11.6.1 松节油	567
11.6.2 2号浮选油	570
11.6.2.1 制法	570

11.6.2.2 2号油的化学组分	572
11.7 樟油	573
11.8 醇类	576
11.8.1 脂肪族醇类的理化性质及起泡性能	577
11.8.2 芳香族醇类的起泡性能	579
11.8.3 醇类的制备	580
11.8.4 主要醇类起泡剂	583
11.8.4.1 甲基戊醇	586
11.8.4.2 杂醇油及再加工产品起泡剂	587
11.8.4.3 混合醇起泡剂 (伯醇与仲醇)	588
11.8.4.4 二烷基苄醇 (芳香烃基醇)	591
11.9 醚醇	593
11.9.1 醚醇的合成	596
11.9.1.1 乙二醇醚系列 (乙二醇烷基醚)	596
11.9.1.2 丙二醇醚系列 (丙二醇烷基醚)	597
11.9.2 醚醇起泡性能与选矿应用	597
11.10 醚类	600
11.10.1 三乙氧基丁烷	600
11.10.2 其他醚类药剂	601
11.10.3 芳香烃醚	605
11.10.3.1 甘苄油制法	605
11.10.3.2 甘苄油的性质与性能及使用	605
11.10.4 醚类药剂的其他应用	606
11.11 酯类	607
11.11.1 邻苯二甲酸酯类	607
11.11.2 混合脂肪酸乙酯	608
11.11.3 其他酯类	609
11.12 其他类型合成起泡剂	612
11.12.1 含杂原子的起泡剂	612
11.12.2 复合型起泡剂及其他	615
11.12.2.1 RB 起泡剂	615
11.12.2.2 730 起泡剂	616
11.12.2.3 其他复合起泡剂	617
11.13 起泡剂最新进展	618
11.14 消泡剂	620

参考文献	621
第 12 章 调整剂	623
12.1 概述	623
12.2 pH 值调整剂	624
12.2.1 石灰	624
12.2.2 小苏打	624
12.2.3 碳酸钠	625
12.2.4 苛性钠	625
12.2.5 酸	625
12.3 无机抑制剂	626
12.3.1 氟化物	627
12.3.2 水玻璃	629
12.3.3 硫酸锌	630
12.3.4 含氟化合物	631
12.3.5 亚硫酸盐	632
12.3.6 重铬酸盐	633
12.3.7 磷酸盐	634
12.4 无机抑制剂的应用	637
12.4.1 磷酸盐的应用	640
12.4.2 氟化物及其代用品的应用	643
12.4.3 几种抑制剂的应用实例	644
12.4.4 无机抑制剂与有机抑制剂的组合	646
12.5 活化剂	647
参考文献	654
第 13 章 有机抑制剂	657
13.1 概况	657
13.2 淀粉及其衍生物	666
13.2.1 淀粉	666
13.2.1.1 淀粉的结构性能	666
13.2.1.2 变性淀粉及衍生物	668
13.2.2 糊精	672
13.3 淀粉及其衍生物在选矿中的应用	673
13.4 纤维素衍生物	678

13.4.1	羟乙基纤维素	679
13.4.2	羧甲基纤维素	680
13.4.3	其他纤维素衍生物	684
13.5	淀粉等多糖类化合物的抑制机理	686
13.6	古尔胶	687
13.7	单宁	688
13.7.1	来源组分及性质	688
13.7.2	在选矿中的应用	691
13.7.3	合成单宁	693
13.7.3.1	水解木质素与酚的缩合产物	693
13.7.3.2	芳基化合物与醛的缩合产物	694
13.8	木质素及其衍生物	695
13.8.1	木素磺酸盐	698
13.8.2	氯化木素	700
13.8.3	铁铬(铬铁)木素	701
13.9	腐殖酸	701
13.9.1	腐殖酸的组成及性质	702
13.9.2	腐殖酸在选矿中的应用	703
13.10	其他天然高分子选矿药剂	705
13.11	有机羧酸抑制剂	706
13.12	巯基化合物	709
13.13	硫代酸盐类化合物	713
13.13.1	制备与性质	714
13.13.2	选矿应用	715
13.14	磺酸(多极性基团)	716
13.14.1	1-氨基-8-萘酚-3, 6-二磺酸	717
13.14.2	1-氨基-8-萘酚-2, 4-二磺酸	718
13.15	其他类型的有机抑制剂	720
13.16	抑制剂及其他调整剂的研发趋势	726
	参考文献	730
第14章	生物药剂	733
14.1	简述	733
14.2	微生物菌种的培养制备	735
14.2.1	驯化育种	736