



金属硫化矿物 低碱介质浮选

JINSHU LIUHUA KUANGWU

DIJIAN JIEZHI FUXUAN

黄礼煌 著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

国家科学技术学术著作出版基金资助出版

金属硫化矿物低碱介质浮选

黄礼煌 著

北京
冶金工业出版社
2015

内 容 提 要

本书全面系统地论述了金属硫化矿物低碱介质浮选的理论基础、浮选药剂、常用的浮选设备,论述了低碱介质浮选的主要工艺参数;结合我国矿物加工工程现状,较全面地介绍了金属硫化矿物低碱介质浮选的试验研究过程及主要研究成果;重点介绍了国内外金属硫化矿物高碱介质浮选的生产现状及低碱介质浮选的改革方向;对非金属硫化矿物的浮选仅作简单介绍。

本书主要供从事矿物加工工程领域生产、科研、设计、营销和教学的科技人员、职工和高等院校师生使用,也可供其他相关专业的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

金属硫化矿物低碱介质浮选/黄礼煌著. —北京:冶金工业出版社, 2015. 6

国家科学技术学术著作出版基金

ISBN 978-7-5024-6893-4

I. ①金… II. ①黄… III. ①金属矿物—硫化矿物—浮游选矿 IV. ①TD95

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第096892号

出版人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷39号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 徐银河 廖丹 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红

责任校对 王永欣 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6893-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京百善印刷厂印刷

2015年6月第1版,2015年6月第1次印刷

787mm×1092mm 1/16; 22印张; 526千字; 332页

79.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)

前 言

金属硫化矿物低碱介质浮选是一种在矿浆自然 pH 值或接近矿浆自然 pH 值 (pH 值为 6~9) 的条件下进行金属硫化矿物浮选的新工艺。低碱介质浮选时, 金属硫化矿物可保持其天然可浮性, 伴生的金、银、钼、铋等自然金属和硫化矿物不受抑制而富集于硫化矿物精矿中。与现大多采用的高碱介质工艺比较, 该工艺具有浮选精矿品位高, 回收率高; 吨矿浮选药剂成本较低; 浮选速度快, 浮选流程简短; 药剂种类少, 加药点少; 易操作, 易管理, 指标稳定; 可原浆浮选硫铁矿; 伴生金、银、钼、铋、铂族元素和稀散元素等的浮选回收率高, 矿产资源综合利用率高; 回水可全部返回再利用; 外排矿浆液相 pH 值为 6~7.5, 不污染环境等特点。因此该工艺可用于各种自然金属和天然金属硫化矿物及人造金属硫化矿物的浮选。

目前, 国内外金属硫化矿物的浮选生产和研究工作, 主要在高碱介质 (pH 值为 11~14) 中进行。如硫化铜矿物的浮选一般均在 pH 值大于 11 的条件下抑硫浮铜, 获得合格的硫化铜矿物精矿, 铜尾添加硫酸、酸性水或碳酸盐活化黄铁矿, 再用黄药浮选硫化铁矿物, 获得合格的黄铁矿矿物精矿; 硫化铅锌矿的浮选一般均在 pH 值大于 13 的条件下抑硫、锌浮铅, 获得合格的硫化铅矿物精矿, 铅尾采用硫酸铜活化闪锌矿和铁闪锌矿, 在 pH 值大于 13 的条件下抑硫浮锌, 获得合格的硫化锌矿物精矿, 锌尾添加硫酸、酸性水或碳酸盐活化黄铁矿, 再用黄药浮选硫化铁矿物, 获得合格的黄铁矿矿物精矿。1979 年年底, 国内凡口铅锌矿采用高细度和高碱度的“两高”新工艺的半工业试验和工业试验取得成功, 选厂吨矿石灰用量高达 23kg, 选厂的铅、锌浮选指标均获得了大幅度提高。冶金工业部批文转发了凡口矿有关“两高”工艺的报告, 此后, 我国金属硫化矿物的浮选几乎均在高碱介质中进行, 浮选过程中的吨矿石灰用量显著增加。

凡口铅锌矿是广东矿冶学院的教学基地, 1971~1982 年作者在广东矿冶学院 (现广东工业大学) 任教, 有幸参加了凡口矿选厂的多次攻关工业试验。

1976年,选厂领导提出能否打倒“白老虎”,意在降低浮选过程中的石灰用量或取消石灰。此时,我们萌生了“金属硫化矿物低碱介质浮选”的设想。这一想法得到凡口铅锌矿领导和选厂领导的高度重视和支持,并于1976年下半年在凡口铅锌矿实验室进行了实验室小试,在50t/d的实验厂进行了为期一个月的半工业试验。采用这一工艺路线的小型试验指标令人满意,但半工业试验指标却不理想,波动大、不稳定、控制手段少,故未能在工业生产中应用。之后1982年年底,作者调南方冶金学院(现江西理工大学)任教。

1977~1992年的16年,本书作者主要从事“金属硫化矿物低碱介质浮选”的理论研究,进行了多方案的对比论证和实验室小试,1992年暑假又和周源教授走访了江西的几个矿山,当时我们认为德兴铜矿铜硫分离的主要问题是石灰用量太高,致使铜精矿中的铜、金、银、钼的回收率欠佳;铜精矿中铜钼分离的主要问题是硫化钠用量太大,致使成本太高,造成铜钼分离车间停产多年。针对德兴铜矿的这两大选矿课题,试验组对德兴铜矿原矿样和铜精矿样进行了“低碱介质铜硫分离小型试验”和“无硫化钠铜钼分离小型试验”,这两个小型试验均取得了非常满意的指标。在德兴铜矿领导的大力支持下,试验组从1993~1997年历时5年,在德兴铜矿进行了低碱介质铜硫分离的小型试验、扩大连选半工业试验、工业试验和约7个月的工业应用。工业应用期间,每吨原矿铜硫分离的石灰用量由10kg降至1.6kg,并实现了原浆浮选硫铁矿。获得了硫含量达43.11%的优质硫精矿;铜精矿中金、钼回收率分别提高5%;铜、银回收率与高碱工艺相当。该新工艺试验成果于1997年12月通过有色金属总公司鉴定,获1998年有色金属总公司科技进步三等奖。这是我国第一代工业试验成功的低碱介质铜硫分离新工艺。

1998年5月1日作者退休以后,走访了江西、湖南、湖北、安徽、广东、广西、云南、四川、甘肃、内蒙古、青海、新疆、山东、河南、河北等省区的40多个金属硫化矿选厂和多个研究院所,广泛听取有关建议并汲取他们的宝贵经验,利用厂矿实验室、工业生产现场、人员及样品化验等有利条件,就地研究开发了硫化铜矿、硫化铅锌硫矿、硫化铜铅锌硫矿、硫化铜钼混合精矿、硫化铜锌矿、硫化铜硫铁矿、硫化铜镍矿、硫化铜铅锌金银矿、硫化锑砷金银矿、难选金硫矿、难选金砷硫矿、高冰镍及铜锌冶炼渣等的低碱介质浮选新工

艺。除多次完成小型试验外，大部分新工艺已陆续用于工业生产。处理量小于1000t/d的选矿厂，则多数不经小试而直接进行工业调试并转为生产。同时，为适应新工艺的需要，我们配制了SB系列选矿混合剂、Lp系列选矿混合剂、K₂₀₀系列抑制剂及F₁₀₀系列活化剂等药剂。经不断改进和调试，不断总结经验及寻找规律，金属硫化矿物低碱介质浮选新工艺已日益成熟和完善，已逐渐成为金属硫化矿物浮选的常规浮选工艺之一。

为了总结38年来，从事有关金属硫化矿物低碱介质浮选新工艺的开发、应用、体会、收获和成果，特撰写了本书，以尽责任，抛砖引玉，期望我国的选矿技术水平更上一层楼。

从1976年至今的38年，金属硫化矿物低碱介质浮选的试验研究工作一直得到王淀佐院士、孙传尧院士、邱冠周院士等的关心、鼓励和支持，得到胡为柏教授、胡熙庚教授等老师们的关心和鼓励。现在本书出版之际，特对他们一并表示感谢。

在撰写本书过程中，得到了有关厂矿、专家、教授、同行的大力支持，许多厂矿提供了宝贵的资料并直接参加了试验研究工作；得到江西理工大学的鼓励和支持；本书的出版获得了国家科学技术学术著作出版基金的资助，这与冶金工业出版社的鼎力支持是分不开的。作者在此一并深表谢意！

对一贯鼓励、支持并长期与我一起深入厂矿和亲自参加试验研究工作的曾志华同志表示感谢！

由于作者水平所限，书中难免存在遗漏及不足之处，恳请读者鉴别，批评指正。

黄礼煌

2015年4月于江西理工大学

目 录

绪 论	1
1 浮选的理论基础	3
1.1 概述	3
1.2 浮选过程的热力学	4
1.2.1 浮选矿浆中的三相	4
1.2.2 浮选矿浆中的三相界面	7
1.2.3 矿粒表面的润湿性	8
1.2.4 矿粒的黏着功	12
1.2.5 矿粒的浮游力	13
1.2.6 矿粒的最大浮选粒度	14
1.3 浮选过程的动力学	15
1.3.1 矿粒与气泡的附着	15
1.3.2 静态下的矿粒附着接触角	16
1.3.3 动态下的矿粒附着接触角	18
1.3.4 浮选速度	20
1.3.5 浮选速度的主要影响因素	21
2 浮选药剂	22
2.1 概述	22
2.2 捕收剂	23
2.2.1 概述	23
2.2.2 黄药	29
2.2.3 黑药	34
2.2.4 烃基氨基二硫代甲酸盐	39
2.2.5 硫脲类捕收剂	40
2.2.6 硫醇、硫酚及硫醚	43
2.2.7 烃基氨基硫代甲酸酯	44
2.2.8 黄原酸酯	46
2.2.9 双硫化物捕收剂	48
2.2.10 非极性油类捕收剂	48
2.2.11 非硫化矿物捕收剂	50
2.2.12 其他捕收剂	57

2.3	起泡剂	57
2.3.1	概述	57
2.3.2	松油	60
2.3.3	2号油(松醇油)	60
2.3.4	樟油	60
2.3.5	甲基戊醇	60
2.3.6	杂醇油	61
2.3.7	混合醇	61
2.3.8	醚醇起泡剂	62
2.3.9	醚类起泡剂	63
2.3.10	酯类起泡剂	64
2.3.11	其他类型合成起泡剂	65
2.4	抑制剂	66
2.4.1	概述	66
2.4.2	抑制剂的作用及其抑制机理	66
2.4.3	石灰	67
2.4.4	硫酸锌	69
2.4.5	氰化物	69
2.4.6	亚硫酸盐	70
2.4.7	重铬酸盐	71
2.4.8	硫化物	71
2.4.9	水玻璃	75
2.4.10	聚偏磷酸钠	76
2.4.11	氟硅酸钠	77
2.4.12	某些氧化剂	77
2.4.13	诺克斯抑制剂	78
2.4.14	羧甲基纤维素	78
2.4.15	淀粉和糊精	80
2.4.16	单宁	83
2.4.17	木质素及其衍生物	84
2.4.18	巯基化合物	86
2.4.19	有机羧酸抑制剂	87
2.4.20	硫代酸盐类抑制剂	88
2.4.21	多极性基团磺酸抑制剂	89
2.4.22	其他聚合物抑制剂	90
2.5	活化剂	91
2.5.1	概述	91
2.5.2	无机酸	91
2.5.3	无机碱	92

2.5.4	金属阳离子	92
2.5.5	碱土金属阳离子	93
2.5.6	硫化物	93
2.5.7	氟离子	93
2.5.8	有机活化剂	94
2.6	介质 pH 值调整剂	94
2.6.1	概述	94
2.6.2	石灰	95
2.6.3	苛性钠	95
2.6.4	碳酸钠	95
2.6.5	无机酸	96
3	浮选设备	97
3.1	概述	97
3.1.1	浮选设备的基本要求	97
3.1.2	矿浆在浮选机中的运动状态	97
3.1.3	浮选机的充气方法	98
3.1.4	浮选机分类	98
3.2	机械搅拌式浮选机	98
3.2.1	概述	98
3.2.2	XJK 型 (A 型) 浮选机	98
3.2.3	SF 型浮选机	100
3.2.4	JJF 型浮选机与 XJQ 型浮选机	100
3.2.5	GF 型浮选机	102
3.2.6	BF 型浮选机	102
3.2.7	HCC 型环射式浮选机	103
3.3	压气-机械搅拌式浮选机	103
3.3.1	概述	103
3.3.2	CHF-X 型和 XJC 型浮选机	104
3.3.3	KYF 型浮选机	104
3.3.4	OK 型浮选机	105
3.3.5	TC 型浮选机	106
3.3.6	CLF 型粗粒浮选机	106
3.3.7	浮选煤泥的浮选机	107
3.4	压气式浮选机	108
3.4.1	概述	108
3.4.2	CPT 型浮选柱	109
3.4.3	KYZ-B 型浮选柱	110
3.4.4	KΦM 型浮选柱	112

4 浮选工艺参数	113
4.1 概述	113
4.2 浮选工艺路线	113
4.2.1 概述	113
4.2.2 低碱介质浮选工艺路线	113
4.2.3 高碱介质浮选工艺路线	114
4.3 浮选流程	115
4.3.1 概述	115
4.3.2 浮选的原则流程	115
4.3.3 浮选流程的内部结构	118
4.4 磨矿细度	119
4.4.1 磨矿产物中各粒级有用组分的浮选回收率	119
4.4.2 过粗粒和极细粒的浮选工艺条件	120
4.4.3 磨矿分级方法	122
4.5 矿浆浓度	124
4.6 浮选药方	125
4.6.1 浮选药剂种类	125
4.6.2 浮选药剂的添加地点和加药顺序	126
4.7 矿浆的充气和搅拌	127
4.7.1 进入矿浆中的空气量	127
4.7.2 空气在矿浆中的弥散程度	127
4.7.3 矿浆搅拌	127
4.8 浮选时间	127
4.9 浮选速度	128
4.10 矿浆温度	128
4.11 水的质量	129
4.12 浮选机	129
5 硫化铜矿物的浮选	130
5.1 概述	130
5.1.1 铜矿石工业类型	130
5.1.2 硫化铜矿物的可浮性	131
5.1.3 硫化铁矿物的可浮性	134
5.2 单一硫化铜矿的浮选	136
5.2.1 概述	136
5.2.2 脉状硫化铜矿的浮选	136
5.2.3 浸染状硫化铜矿的浮选	137
5.3 硫化铜硫矿石的浮选	138

5.3.1 概述	138
5.3.2 块状含铜黄铁矿的浮选	138
5.3.3 浸染状硫化铜硫矿石的浮选	139
5.4 硫化铜硫铁矿石的选矿	148
5.4.1 概述	148
5.4.2 河北铜矿的选矿	150
5.4.3 凤凰山硫化铜硫铁矿的选矿	152
5.5 硫化铜锌矿的浮选	154
5.5.1 概述	154
5.5.2 甘肃某硫化铜锌矿的浮选	155
5.5.3 新疆某硫化铜锌矿的浮选	157
6 硫化铜钼矿的浮选	161
6.1 概述	161
6.1.1 钼矿床工业类型	161
6.1.2 钼矿石类型	161
6.1.3 辉钼矿的可浮性	162
6.2 硫化钼矿石的浮选	163
6.2.1 陕西金堆城硫化钼矿的浮选	163
6.2.2 辽宁某硫化钼矿的浮选	165
6.3 硫化铜钼矿的浮选	166
6.3.1 概述	166
6.3.2 硫化铜钼混合精矿的硫化钠分离法	167
6.3.3 硫化铜钼混合精矿的非硫化钠分离法	169
6.4 乌山铜钼矿的浮选	170
6.4.1 概述	170
6.4.2 现选矿工艺	173
6.4.3 低碱工艺小型试验	175
6.4.4 低碱工艺工业试验	184
7 硫化铜镍矿的浮选	186
7.1 概述	186
7.1.1 镍矿产资源	186
7.1.2 镍的地球化学特征	186
7.1.3 硫化铜镍矿床的成因和矿物共生组合	187
7.2 硫化铜镍矿物的可浮性	192
7.2.1 硫化铜镍矿物的表面特性与液相 pH 值的关系	192
7.2.2 镍黄铁矿的可浮性	194
7.2.3 紫硫镍矿的可浮性	194

7.2.4	铜镍铁矿的可浮性	195
7.2.5	磁黄铁矿的可浮性	195
7.2.6	硫化铜镍矿中 useful 矿物的相对可浮性	195
7.3	选矿产品及其分离方法	196
7.3.1	选矿产品	196
7.3.2	铜镍分离方法	197
7.4	金川镍矿的选矿实践	202
7.4.1	矿石性质	202
7.4.2	原矿选矿工艺	204
7.4.3	原矿浮选新工艺探索试验	206
7.4.4	高冰镍物理选矿工艺	210
7.4.5	高冰镍的物理选矿新工艺探索试验	213
7.5	盘石镍矿的选矿实践	214
7.5.1	矿石性质	214
7.5.2	选矿工艺	214
7.6	新疆某铜镍矿小型试验结果	216
7.6.1	矿石性质	216
7.6.2	低碱浮选工艺	216
8	硫化铜铅锌矿的浮选	217
8.1	概述	217
8.1.1	硫化铜铅锌矿的矿石特点	217
8.1.2	矿石中主要金属硫化矿物的可浮性	217
8.1.3	硫化铜铅锌矿的浮选流程	218
8.2	硫化铜铅锌矿的浮选	218
8.2.1	广西佛子冲硫化铜铅锌矿的浮选	218
8.2.2	湖南黄沙坪硫化铜铅锌矿的浮选	220
8.3	硫化铅锌矿的浮选	223
8.3.1	凡口铅锌矿的浮选	223
8.3.2	厂坝铅锌矿的浮选	235
8.3.3	锡铁山硫化铅锌矿的浮选	237
9	硫化铈矿的浮选	241
9.1	概述	241
9.1.1	铈矿物原料	241
9.1.2	铈矿床类型	241
9.1.3	铈矿物的可选性	242
9.2	单一硫化铈矿的浮选	244
9.2.1	湖南锡矿山南选厂硫化铈矿的浮选	244

9.2.2 安化某硫化锑矿的选矿	248
9.3 混合硫化-氧化锑矿石的选矿	249
9.3.1 湖南锡矿山混合硫化-氧化锑矿石的选矿	249
9.3.2 甘肃某锑矿的选矿	251
9.4 含锑复杂多金属硫化矿的选矿	252
9.4.1 概述	252
9.4.2 锑砷金硫化矿石的选矿	252
9.4.3 锑汞硫化矿的选矿	255
10 硫化汞矿的浮选	256
10.1 概述	256
10.1.1 汞矿产资源	256
10.1.2 汞矿物	256
10.1.3 硫化汞矿石类型	256
10.2 汞矿石的可选性	257
10.2.1 选择性破碎磨矿	257
10.2.2 手选	257
10.2.3 重选	257
10.2.4 浮选	258
10.2.5 原矿直接焙烧冶炼	258
10.3 辰砂的可浮性	259
10.3.1 概述	259
10.3.2 辰砂的可浮性	259
10.4 硫化汞矿石的选矿	260
10.4.1 贵州汞矿的选矿	260
10.4.2 我国某汞矿的浮选	262
10.4.3 美国麦克德米特 (MC Dermitt) 汞选矿厂	263
10.5 汞炱的选矿	264
10.5.1 概述	264
10.5.2 汞炱的产生原因及其特性	264
10.5.3 汞炱的处理方法	266
10.6 汞炱的选矿实践	266
10.6.1 汞炱的重选	266
10.6.2 汞炱的浮选	268
10.6.3 汞炱的重选—浮选	268
11 伴生多金属硫化矿物的浮选	270
11.1 概述	270
11.1.1 伴生多金属硫化矿物的主要来源	270

11.1.2 伴生多金属硫化矿物的回收	270
11.2 含钨伴生多金属硫化矿物的分离	271
11.2.1 硫化钠分离法	271
11.2.2 浸出—浮选分离法	276
11.2.3 烘焙—浸出—浮选—重选分离法	278
11.3 含锡伴生多金属硫化矿物的分离	279
11.3.1 含锡伴生多金属硫化矿的矿石类型及其特性	279
11.3.2 含锡伴生多金属硫化矿的选矿	280
12 含金银硫化矿的浮选	287
12.1 概述	287
12.1.1 金矿物原料	287
12.1.2 银矿物原料	289
12.2 单一脉金矿的浮选	290
12.2.1 概述	290
12.2.2 生产实例	290
12.3 含铋金矿的选矿	297
12.3.1 概述	297
12.3.2 湘西金矿的选矿	300
12.3.3 南非康索里杰依捷德-马尔齐松矿的选矿	302
12.4 含砷金矿的选矿	303
12.4.1 矿石性质	303
12.4.2 选矿工艺	303
12.4.3 生产实例	305
12.5 从氰化浸出渣中浮选回收金银	308
12.5.1 概述	308
12.5.2 从氰化堆浸渣中回收金银	308
12.5.3 从全泥氰化渣中回收金银	309
12.5.4 从金精矿再磨后直接氰化渣中回收金银	309
12.5.5 从金精矿再磨预氧化处理后的氰化渣中回收金银	310
13 有色金属冶炼中间产品和冶炼渣的浮选	311
13.1 概述	311
13.2 硫化铜精矿冶炼渣的浮选	311
13.2.1 硫化铜精矿火法冶炼渣的浮选	311
13.2.2 硫化铜精矿湿法冶炼渣的浮选	314
13.3 硫化锌精矿湿法冶炼渣的浮选	315
13.3.1 湿法炼锌渣类型与组成	315
13.3.2 湿法炼锌渣的浮选	317

13.4 铜电解阳极泥的浮选	318
13.5 含金硫酸烧渣的选矿	321
13.5.1 含金硫酸烧渣的性质	321
13.5.2 选矿工艺	322
13.6 高冰镍的选矿分离	324
参考文献	325
索 引	326

绪 论

19 世纪后期, 为了满足社会对矿物资源日益增长的需求, 人们迫切地要求从构成复杂和细粒浸染的矿石或大量的重选尾矿中分离或富集有用矿物并生产出矿物精矿。当时, 除不断完善已有的重选、磁选、手选等选矿方法外, 开始寻求更有效的矿物分离方法, 因此浮选法开始萌芽。

纵观浮选法的发展历史, 大致可分为五个阶段:

- (1) 1860 ~ 1902 年为浮选法开始萌芽和全油浮选首创期。
- (2) 1902 ~ 1912 年为全油浮选、表层浮选和泡沫浮选等多种浮选方法的开创期。
- (3) 1912 ~ 1925 年为泡沫浮选法与其他浮选法的竞争期。
- (4) 1925 ~ 1992 年为泡沫浮选法的蓬勃发展和应用期。
- (5) 1993 年至今为泡沫浮选法的高碱介质工艺应用与低碱介质工艺逐渐成熟的竞争期。

现在工业生产中使用的浮选方法均为泡沫浮选法, 金属硫化矿物的浮选主要采用高碱介质工艺, 但金属硫化矿物低碱介质浮选新工艺的应用也愈来愈广。

从 1925 年开始, 黄药类捕收剂开始大量用于浮选以回收金属硫化矿物, 为了抑制黄铁矿等硫化铁矿物, 国内外各选厂均采用石灰作抑制剂, 在高碱介质 (矿浆液相 pH 值大于 11) 中进行金属硫化矿物的分离浮选, 以获得有用组分含量 (品位) 符合要求的有用矿物精矿。1979 年, 我国凡口铅锌矿采用高细度和高碱度的“两高”工艺的半工业试验和工业试验取得成功, 使凡口铅锌矿的铅、锌浮选指标获得了大幅度提高, 作者亲自参加了“两高”工艺的半工业试验和工业试验。冶金工业部向全国有关厂矿批文转发了凡口铅锌矿有关“两高”工艺的报告。1980 年之后, 我国硫化矿物浮选均采用高碱介质工艺, 硫化矿物高碱介质浮选工艺进入蓬勃发展期。

1971 ~ 1982 年, 作者有幸多次参加凡口铅锌矿的选矿技术攻关工业试验。1976 年, 选厂领导提出打倒“白老虎”的口号, 我们萌生了“金属硫化矿物低碱介质浮选”的设想。此设想得到凡口铅锌矿领导的大力支持, 于 1976 年下半年在凡口铅锌矿研究室和半工业试验厂进行了小型试验和为期一个月的半工业试验, 当时采用丁基铵黑药为主捕收剂, 用亚硫酸盐组合抑制剂进行铅锌硫的分离浮选。半工业试验表明, 虽取得若干理想指标, 但不稳定, 不易操作, 控制手段少, 最终未用于工业生产。但此次试验进行了有益的尝试, 为以后的低碱介质浮选试验研究工作奠定了基础。

1977 ~ 1992 年的 16 年间, 作者主要从事“金属硫化矿物低碱介质浮选”的理论研究, 进行过多方案比较和探索试验, 并于 1992 年暑假, 与周源教授走访了江西的几个矿山, 得知江西德兴铜矿铜硫分离的石灰用量为 10 ~ 12kg/t, 铜钼分离的硫化钠用量大于 100kg/t。针对这两大选矿课题, 我们在德兴铜矿取了原矿试样和铜精矿试样, 进行了“德兴铜矿低碱介质铜硫分离小型试验”和“德兴铜矿浮选铜精矿无硫化钠铜钼分离小型

试验”。这两个小型试验均取得了非常满意的试验指标。1993~1997年,历时5年,我们在江西德兴铜矿进行了低碱介质铜硫分离的小型试验、扩大连选半工业试验、工业试验和约7个月的工业试生产。原矿铜硫分离的石灰用量由原高碱工艺的10kg/t降至低碱工艺的1.6kg/t,并实现了原浆浮选硫铁矿,获得硫含量43.11%的优质硫精矿,铜精矿中金、钼回收率分别提高5%,铜、银回收率与高碱工艺相当。该新工艺试验成果于1997年12月通过有色金属总公司鉴定,获1998年有色金属总公司科技进步三等奖。这是我国第一代工业试验成功的低碱介质铜硫分离新工艺。

作者于1998年5月1日退休以后,走访了江西、湖北、湖南、安徽、广东、广西、云南、四川、甘肃、内蒙古、青海、新疆、山东、河南、河北等省区的40多个金属硫化矿选矿厂和多个研究院所,广泛听取有关建议并汲取他们的宝贵经验,利用厂矿试验室、工业生产现场、人员及样品化验等有利条件就地进行“金属硫化矿物低碱介质浮选”试验,完成了硫化铜矿的“铜硫低碱优先浮铜—原浆选硫”、“自然pH值下铜硫混选—混精再磨—低碱介质铜硫分离—铜尾浓缩—原浆选硫”的小型试验和工业试验;硫化铅锌矿的“自然pH值下优先选铅—铅尾硫酸铜活化—低碱介质锌硫分离—原浆选硫”、“低碱介质优先选铅—铅尾硫酸铜活化—低碱介质锌硫分离—原浆选硫”的小型试验和工业试验,前者适用于全用新水的铅锌选厂,后者适用于采用回水的铅锌选厂;硫化铜铅锌矿的“低碱介质优先选铜铅—铜铅混精低碱介质分离—铅尾硫酸铜活化—低碱介质锌硫分离—原浆选硫”的小型试验和工业试验;铜钼混合精矿的“低碱介质脱药—铜钼分离粗选—钼粗精矿再磨—钼精选”的小型试验;硫化铜锌矿的“自然pH值下优先选铜锌—铜锌混精再磨—低碱介质铜锌分离—原浆选硫”的小型试验;硫化铜镍矿的“自然pH值下铜镍混合浮选”的小型试验和“低酸介质铜镍混合浮选”的小型试验;高冰镍的磁选—浮选分离小型试验;硫化铜铅锌金银矿的“自然pH值下优先选铜铅金银混合精矿—混尾硫酸铜活化—低碱介质锌硫分离得锌精矿”的工业试验;硫化锑砷金银矿的“自然pH值下硫酸铜活化锑砷金银矿混合浮选—混合精矿再磨—低碱介质分离得金银精矿”的工业试验;难选硫矿的“细磨—活化—低碱介质浮选得含硫金混合精矿”的工业试验;难选硫化砷金矿的“细磨—活化—低碱介质浮选得含硫砷金混合精矿”的工业试验;“无石灰浮选黄金新工艺”工业试验;“全泥氰化渣浮选回收金”的工业试验等。这些金属硫化矿物低碱介质浮选新工艺的试验成功和工业应用,大幅提高了有关选矿厂相关有用金属的回收率,提高了矿产资源综合利用率,取得了显著的经济效益和环境效益。

经过38年的理论研究、小型试验、工业试验和生产实践,现金属硫化矿物低碱介质浮选新工艺已逐渐成熟,可用于各种自然金属、天然硫化矿物和人造硫化矿物的浮选。

根据我国矿物加工的装备制造水平、选矿药剂的生产水平和现场选矿技术水平,我国已具备了全面推广应用金属硫化矿物低碱介质浮选新工艺的条件,盼望该项技术能让我国金属硫化矿物的浮选指标、节能减排、矿产资源利用率、生产成本和环境保护等方面都取得更大的进步!

“空谈误国,实干兴邦”,科学技术是第一生产力,科学技术的灵魂是创新。某一阶段的先进技术只能说是空前的,但绝不是绝后的。历史从来就是后浪推前浪,只有不断解放思想,与时俱进,不断吸取和采用先进的技术和生产工艺,才能不断地提高生产技术经济指标。