

2014年浮选药剂进展

朱一民, 周艳红

(湖南有色金属研究院, 湖南 长沙 410100)

摘要:本文收集了2014年部分浮选药剂的信息,分硫化矿捕收剂、氧化矿捕收剂、调整剂和选矿厂废水处理四个方面介绍并略加评论。

关键词:浮选药剂;硫化矿;氧化矿;捕收剂;调整剂;废水处理

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2015.02.001

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2015)02-0001-11

我国是世界选矿药剂研发和生产大国,选矿药剂的发展日新月异,在世界选矿界有着重要影响。为保持我国在世界选矿界的领先地位和有利于我国选矿事业健康发展,本文总结了2014年我国选矿工作者研究成果分硫化矿捕收剂、氧化矿捕收剂、调整剂、选矿厂废水处理4部分介绍给大家,以利于大家参考与应用。

1 硫化矿捕收剂

2014年我国的硫化矿捕收剂主要是以大分子复杂捕收剂的应用为主,大量的机理研究为它们的应用打下良好的应用基础。黄药合成的工艺也有改进,复配药剂和具有起泡性能的捕收剂也有报道。

1.1 N-丁氧丙基-N'-乙氧羰基硫脲浮铜

考察了N-丁氧丙基-N'-乙氧羰基硫脲(BOPECTU)对黄铜矿、黄铁矿和闪锌矿的浮选行为,研究其与 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 或 Fe^{2+} 的作用及其在这3种硫化矿表面吸附机理。结果显示,BOPECTU通过分子中的硫和氮原子与 Cu^{2+} 作用生产螯合物,而与 Zn^{2+} 、 Fe^{3+} 或 Fe^{2+} 作用较弱。BOPECTU是黄铜矿的优良捕收剂,适宜pH值范围为6.0~10.0,而其对黄铁矿和闪锌矿的作用较弱^[1]。

1.2 新型硫脲类捕收剂CPTU对黄铜矿及黄铁矿电化学机理研究

采用循环伏安、Tafel法及红外光谱分析研究了

新型硫脲类捕收剂CPTU在黄铜矿及黄铁矿表面吸附的电化学行为及机理。试验结果表明,当pH值低于9.18时,CPTU在黄铜矿表面电化学吸附形成疏水性产物 $\text{Cu}(\text{CPTU})$ 和单质S;随着pH值增大,氧化峰电流减小,疏水性增强并产生钝化;当pH值高于11.0时,黄铜矿自身的氧化占据了主导地位。对于黄铁矿而言,在整个pH的范围内,捕收剂CPTU的加入并未改变循环伏安曲线的形状。并且,碱性条件下黄铁矿腐蚀反应产物更容易在矿物表面形成氢氧化物沉淀,阻碍了CPTU在其表面电化学反应的进行,证明CPTU对黄铜矿和黄铁矿的捕收有选择性^[2]。

1.3 巯基苯并咪唑类捕收剂的合成与性能

采用密度泛函DFT/B3LYP方法,设计了11种巯基苯并咪唑(MBI)类新型捕收剂,合成了其中3种理论活性较高的化合物EMBI,PMBI和BMBI。药剂对方铅矿,闪锌矿,黄铁矿吸附行为表明,吸附能力由强到弱次序为:方铅矿,闪锌矿,黄铁矿,矿物对3种捕收剂的吸附量随取代基团的增加而增大,由大到小次序为:BMBI,PMBI,EMBI,与理论计算结果一致^[3]。

1.4 起泡捕收剂

介绍了一种在低碱环境下浮选分离铜金硫多金属矿的捕收剂PZO,结果表明,PZO的起泡性能不仅优于2#油和MIBC,且对硫化铜矿和自然金的选择

收稿日期:2015-01-19

作者简介:朱一民(1955-),男,研究员,主要从事选矿工艺研究。

捕收效果优于丁铵黑药和丁基黄药。在原矿铜品位 1.23%、金品位 1.98 g/t、银品位 26.15 g/t、硫品位 12.68% 时,采用组合药剂丁基黄药+PZO 作捕收剂,铜硫分离时将石灰用量从丁基黄药+2 油组合时的 6000 g/t (pH=11.2) 降至 3000 g/t (pH=9.8),最终可获得铜品位 23.02%、回收率 92.65%,金品位 20.32 g/t、回收率 50.88%,银品位 267.35 g/t、回收率 56.50% 的铜精矿,以及品位 41.52% 硫精矿的良好指标^[4]。

1.5 液体黄药生产工艺改进

以乙醇、正丁醇、氢氧化钠、二硫化碳为原料,合成了液体混基黄原酸钠。通过考察物料配比、反应时间、反应温度和 NaOH 含量对产品收率的影响。结果表明,乙醇、丁醇质量比为 1:1、NaOH 质量分数为 42%、碱加入后反应 90 min、反应温度 35℃ 时,所得混基黄原酸钠品位最好。经室内选矿试验验证,在此条件下生产的黄药选矿效果最好^[5]。

1.6 高效铜硫捕收剂 BK404

BK404 是新型酯类药剂,油状液体,具有流动性好,添加方便,化学性质稳定等特点,是具有较好选择性的高效铜硫矿捕收剂。用 BK404、黄药和 Z-200 作捕收剂,对不同地区的矿石进行了一系列试验研究,研究表明,BK404 具有较好的选择性以及适宜的捕收能力。目前,BK404 已经在澳大利亚某铜硫矿、西藏某铜矿的生产实践中成功应用^[6]。

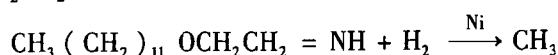
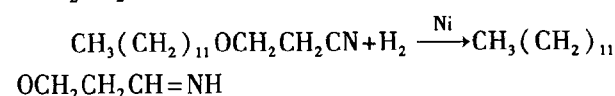
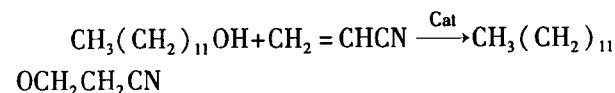
2 氧化矿捕收剂

2014 年我国的氧化矿捕收剂任然是选矿药剂的重头戏,许多专属性药剂(也即一矿一药)报道的许多,原有生产的药剂应用领域也越来越宽。

2.1 已知结构的氧化矿捕收剂

2.1.1 3-正十二烷氧基丙胺浮选铁矿

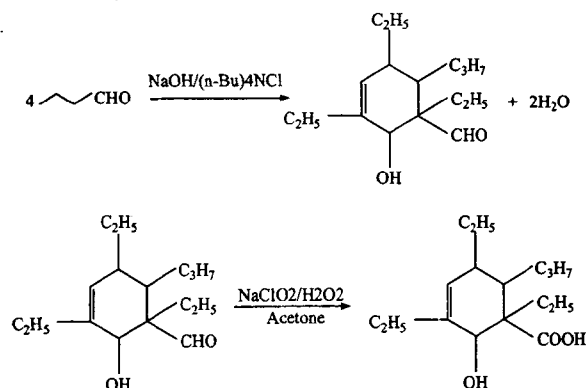
以十二醇和丙烯腈为原料在碱性条件下生成 3-正十二烷氧基丙腈,然后在雷尼镍催化作用下加氢合成 3-正十二烷氧基丙胺,反应总收率为 90.09% (以正十二醇计)。反应式为:



将该捕收剂应用于鞍山式铁矿石的反浮选试验,与现场阴离子捕收剂相比,在精矿品位相近的情况下,尾矿降低 3.24% 以上、浮选作业回收率提高 3.13% 左右^[7]。

2.1.2 一种新型环己烯羧酸的合成

在氢氧化钠和相转移催化剂四丁基氯化铵的催化下,正丁醛缩合生成 1,3,5-三乙基-6-正丙基-2-羟基-3-环己烯甲醛中间体;该中间体经亚氯酸钠氧化生成 1,3,5-三乙基-6-正丙基-2-羟基-3-环己烯甲酸(HPTECHFA)。反应式如下:



用 HPTECHFA 对坑口萤石实际矿石进行一次粗选浮选试验。结果表明:在 30℃ 时,萤石粗精矿的品位和回收率分别达到 82.71% 和 97.98%,与使用捕收剂油酸相比,CaF₂ 的品位提高 2.23%,回收率提高 1.86%;在 10℃ 时,萤石粗精矿回收率达到 89.88%,与使用捕收剂油酸相比,CaF₂ 的回收率提高 16.09%。实际矿物浮选试验结果表明,HPTECHFA 特别适合低温下萤石矿的浮选。红外光谱和 Zeta 电位测试表明,HPTECHCA 能以化学作用方式吸附在萤石表面上^[8]。

2.1.3 氨基酯类阳离子捕收剂

合成 N-十二烷基-β-氨基丙酸甲酯、N-辛烷基-β-氨基丙酸甲酯、N-十二烷基-β-氨基甲基丙酸甲酯和 N-辛烷基-β-氨基甲基丙酸甲酯 4 种氨基酯基型两性捕收剂。试验表明,在 pH 值为 5.0 ~ 6.0 的弱酸性范围内,N-十二烷基-β-氨基甲基丙酸甲酯用量为 180 mg/L 的条件下,石英的浮选回收率可达到 100%,用量为 35.7 mg/L 时,石英比钾长石的回收率高出近 50% 以上。随着捕收剂的碳链增长和支链基团的引入,合成药剂对石英矿物捕收性能增强^[9]。

2.1.4 新型脱镁磷矿反浮选捕收剂 EM-LS-01

针对几种植物油脂脂肪酸进行了浮选性能对比研究,筛选出性能较优的菜籽油脂脂肪酸,通过改性与复配,得到新型脱镁捕收剂 EM-LS-01。该药剂用于贵州某低品位高镁磷矿一粗一扫反浮选工艺流程中,获得了 P_2O_5 品位为 30.25%, MgO 质量分数为 0.99% 的磷精矿, P_2O_5 回收率达 90.63%, 达到了高效选别磷矿的目的^[10]。

2.1.5 十二胺聚氧乙烯醚浮选石英

通过浮选试验比较了十二胺聚氧乙烯醚与十二胺和十二烷基丙基醚胺对石英的捕收性能。单矿物浮选试验结果表明,3种捕收剂最适宜的矿浆 pH 值条件均为 6~8,但无论矿浆 pH 值如何变化,十二胺聚氧乙烯醚对石英的捕收能力都强于另两种捕收剂。磁铁矿石磁选精矿反浮选试验结果显示,十二胺聚氧乙烯醚可在比另两种捕收剂更低的用量下获得比另两种捕收剂更好的分选指标,说明十二胺聚氧乙烯醚不仅捕收能力强,而且选择性好^[11]。

2.1.6 季铵盐类对铝土矿的反浮选行为研究

通过单矿物浮选试验、吸附量测定和分子动力学模拟分析了十二烷基三甲基氯化铵(DTAC)和四丁基氯化铵(TBAC)在铝土矿反浮选中浮选行为和作用机理。结果表明,相比 DTAC 而言, TBAC 可在更低的药剂浓度和更宽的 pH 值范围下有效地分离高岭石和一水硬铝石。借助分子动力学模拟构建季铵盐分子在高岭石(001)面最优吸附构型,表明 TBAC 具有大头基短烃链的结构特点,使其在高岭石表面的接触面为 DTAC 的 3.4 倍,在高岭石表面产生更多的 $CH\cdots O$ 氢键,吸附能更低^[12]。

2.1.7 水杨羟肟酸浮选氟碳铈矿

通过浮选试验、溶液化学计算、动电位和红外光谱检测分析研究了水杨羟肟酸对氟碳铈矿的可浮性及药剂与矿物的作用机理。当水杨羟肟酸浓度为 5×10^{-4} mol/L 时,氟碳铈矿在 pH=7~10 较宽的范围内可浮性较好,与矿物表面稀土阳离子水解产物种类及其浓度有关。pH=8~9 范围内,稀土阳离子水解优势组分 $RE(OH)^{2+}$ 和 $RE(OH)^{+2}$ 吸附在氟碳铈矿表面是主要的正活性质点,有利于药剂的化学吸附。在 pH=8.3 时,水杨羟肟酸对氟碳铈矿捕收是化学吸附作用生成五元环螯合物的结果^[13]。

2.1.8 十二烷基磺酸钠浮选含碳酸盐铁矿石

探索了矿浆 pH 值、分散剂和辅助捕收剂对含

碳酸盐铁矿石一步直接反浮选影响。浮选试验结果表明,矿浆 pH 值由 11.0 增加到 11.8 时铁精矿品位陡增, pH=11.8 时品位达到最高,此后品位变化不明显。矿浆 pH=12.0 时,三聚磷酸钠是有效分散剂,十二烷基磺酸钠是 KS-Ⅲ 有效辅助捕收剂,药剂结构性能计算表明,十二烷基磺酸钠在铁矿石阴离子反浮选中有良好的选择性、乳化和溶解性^[14]。

2.1.9 十二胺浮选黄锑矿

利用单矿物实验,研究了十二胺(DDA)对黄锑矿的浮选行为。研究发现: pH 值为 2.0~8.0 时,黄锑矿浮选回收率达到 90% 以上; pH 值为 8.0~10.0 时,黄锑矿浮选回收率急剧降低;当 pH 值大于 10.0 时,十二胺对黄锑矿几乎没有捕收作用。十二胺浮选溶液化学分析结果表明,十二胺阳离子(DDA^+)是对黄锑矿产生捕收作用的主要成分。十二胺离子可排开黄锑矿表面的水化膜,实现黄锑矿的疏水上浮,十二胺离子主要通过物理吸附形式吸附于黄锑矿表面^[15]。

2.1.10 DDA(十二胺)+KAX(异戊基黄原酸钾)混合捕收剂浮选异极矿

采用 DDA(十二胺)和 KAX(异戊基黄原酸钾)的阳阴离子混合药剂作为捕收剂,对异极矿进行单矿物浮选及检测,并与单独使用 DDA 或者 KAX 作为捕收剂进行比较。结果表明:采用 DDA 和 KAX 的摩尔比为 1:3 的混合捕收剂浮选异极矿时,比单独使用 DDA 或者 KAX 对异极矿的浮选效果要好,且在 pH 值为 10 左右时浮选效果最佳,回收率达 86%。DDA 和 KAX 混合后电性中和,使得临界胶束浓度降低,更易于在异极矿表面形成半胶束吸附,对矿物浮选捕收效果增强^[16]。

2.1.11 阴离子混合捕收剂无氟无酸浮选分离石英长石

在传统的工艺中,需要在酸性 pH 值范围内,用氢氟酸作长石的活化剂,用阳离子捕收剂才能将长石从石英中分离出来。针对河南某地长石矿,进行了长石与石英的无氟无酸浮选分离研究。在无氟无酸中性条件下,通过浮选条件试验,确定了最优阴/阳离子捕收剂复配组合和配比、捕收剂用量及抑制剂用量,并获得了 K_2O 含量 14.68%, Al_2O_3 含量 15.88% 的优质长石精矿。对石英和长石纯矿物及与药剂作用前后的红外光谱分析表明,阴离子捕收剂在石英和长石表面的吸附方式不同,实现了两种

矿物的选择性浮选分离^[17]。

2.2 用代号表示的氧化矿捕收剂

2.2.1 组合捕收剂浮选氧化锌矿

贵州某氧化锌矿含锌 6.19%, 氧化率 95% 左右, 矿石泥化严重。为使该资源得到良好利用, 对该矿石进行了浮选试验研究, 试验结果表明单独使用丁基黄药或胺类捕收剂 GA-1 没有捕收效果, 单独使用脂肪酸类捕收剂 FA-1, 在 $\text{pH} > 9$ 时有捕收效果, 但不能形成稳定泡沫层, 导致精矿锌回收率低, 而使用 FA-1 和 GA-1 组合捕收剂时浮选指标较好。通过最陡坡法确定了粗选合适的药剂用量, 当浮选入料锌品位为 8.90% 时, 通过一次粗选可以获得精矿锌品位 22.59%、锌作业回收率 74.03% 的指标^[18]。

2.2.2 常温捕收剂

新型捕收剂 DMP-1 对浮选温度变化有较强的适应能力, 即使在 14℃ 下经一粗一精开路反浮选, 仍可获得铁品位 62.13%、铁回收率为 60.60% 的铁精矿。采用一粗一精三扫、中矿顺序返回流程处理铁品位为 39.05% 的现场混合磁选精矿, 最终获得了铁品位为 64.65%、铁回收率为 78.64% 的铁精矿; 研究表明, 新型捕收剂 DMP-1 对石英、白云石等脉石矿物有较强的选择性捕收效果^[19]。

用昆明冶金研究院研制的新型常温捕收剂 CL-07+CJ, 对滇池附近某中低品位磷矿石进行了选矿试验。结果表明, 该矿石在磨矿细度为 0.074 mm 60.4%, 浮选温度为 15℃, 采用一粗二精一扫、中矿顺序返回流程浮选, 可获得 P_2O_5 品位为 34.60%、 P_2O_5 回收率为 94.10% 的磷精矿^[20]。

2.2.3 低品位菱镁矿浮选

针对辽宁某低品位菱镁矿, 采用反-正浮选工艺脱除硅钙杂质。其中, 反浮选作业采用阳离子捕收剂 BK428, 主要脱除含硅脉石; 正浮选作业采用阴离子捕收剂 BK420, 强化含钙脉石脱除。试验结果表明, 采用上述工艺流程与药剂制度可以使 MgO 品位为 43.52%, SiO_2 含量 3.74% 和 CaO 含量 2.69% 的原矿, 获得 MgO 品位为 47.02% 的精矿, 菱镁矿精矿中 SiO_2 和 CaO 含量分别降低到 0.29% 和 0.93%, MgO 回收率为 71.64%。达到了选矿除杂的目的。为综合利用菱镁矿资源打下基础^[21]。

2.2.4 高效氧化铜捕收剂 T-711 浮选氧化铜

江西某氧化铜矿含铜量 2.87%, 其中氧化铜占

其铜含量的 93.88%, 氧化程度高, 嵌布粒度细, 属复杂难选氧化铜矿。根据矿石性质, 采用氧化铜特效捕收剂 T-711 与异戊基黄药组合作捕收剂硫化浮选, 两次粗选、两次扫选、一次精选的闭路流程, 最终得品位 22.79%, 回收率 88.46% 的铜精矿, 使该高氧化率铜矿得到了较好的回收^[22]。

2.2.5 混合捕收剂浮选钛铁矿

研究了油酸钠、硬脂酸钠和现场混合药剂 FH 三种捕收剂单独及混合对钛铁矿的浮选行为, 结果表明: 油酸钠与硬脂酸钠混合以及油酸钠与 FH 混合后浮选效果增强, 产生正协同作用, 药剂的最佳混合比例分别为 7:3 和 5:5。当钛铁矿矿浆浓度为 40%, FH/油酸钠混合药剂用量为 750 g/t, 硫酸用量为 1250 g/t 时, 钛铁矿回收率和品位分别为 67.14% 和 32.60%, 相比单独使用两种捕收剂, 回收率分别提高了 16.89% 和 8.97%, 品位分别提高了 11.95% 和 6.02%^[23]。

2.2.6 寡养单胞属菌株 USTB-2 浮选捕收赤铁矿

经菌体 USTB-2 作用后, 赤铁矿接触角增加了 33.95°, 表面疏水性得到了极大的提高。在 pH 值为 6, 菌体添加量为 60 g/t 时, 赤铁矿浮选回收率可达到 76.31%。机理研究表明, 菌体 USTB-2 表面具有的烃类物质、羧基、磷酸基团使其具有类似脂肪酸类捕收剂的特性, 通过“桥联”作用促进赤铁矿颗粒之间形成絮团。这证实寡养单胞属细菌 USTB-2 可以充当赤铁矿捕收剂^[24]。

2.2.7 磷矿浮选捕收剂

2.2.7.1 组合药剂 DMF-1 浮选磷矿

在油酸钠、十二烷基磺酸钠、DES 基础上组合出一种新型药剂 DMF-1, 对某磷矿进行捕收性能试验, 在磨矿细度-0.074 mm 46%, 矿浆 $\text{pH} = \text{DMF-1}$ 用量 200 g/t, 温度 30℃, 水玻璃用量 400 g/t, 采用一次粗选、三次精选、一次扫选的试验流程, 获得磷精矿品位 36.46%、回收率 53.33%, 尾矿品位 0.21% 的指标, 表明捕收剂 DMF-1 具有药剂制度简单、用量少、无需矿浆加热、捕收效果好的特点^[25]。

2.2.7.2 新型脱镁捕收剂 FC-2B 浮选磷矿石

对胶磷矿和白云石进行分离试验研究, 实际矿物浮选试验结果表明, FC-2B 捕收剂能有效分选胶磷矿与白云石。在入选原矿 P_2O_5 品位为 19.16%, MgO 质量分数为 4.67% 的情况下, 获得的磷精矿 P_2O_5 品位为 28.54%, 回收率为 80.40%, MgO 质量分

数为0.80%,MgO排除率为90.52%。红外光谱测试证明该捕收剂在白云石表面主要为牢固的化学吸附,其对白云石表现出较好的选择性^[26]。

2.2.7.3 耐低温捕收剂BK425浮选高镁胶磷矿

应用耐低温捕收剂BK425对某高镁胶磷矿进行了反浮选降镁试验研究,并与常规捕收剂进行了对比。在其他条件一定的情况下,考察了磨矿细度、硫酸用量、BK425用量、温度对降镁效果的影响。试验结果表明:BK425反浮选降镁的浮选性能最佳且受温度影响较小,是一种应用前景广阔的捕收剂。在磨矿细度为-0.074 mm 70%、BK425用量为600 g/t、硫酸作为调整剂的酸性条件下,经过1次粗选、1次精选和1次扫选的闭路浮选流程,可获得P₂O₅品位为28.76%、MgO品位为1.17%,P₂O₅回收率为91.78%的磷精矿^[27]。

2.2.8 低温捕收剂K浮选萤石

针对某萤石矿采用油酸作为捕收剂,在低温条件下难以获得合格的精矿产品,且回收率低的情况,采用新型低温浮选捕收剂K,进行试验室试验,在低温条件下,可获良好的选矿指标。工业试验中,在原矿品位较低的情况下,高品位萤石精矿含CaF₂ 97.59%,回收率为44.82%,低品位萤石精矿含CaF₂ 73.51%,回收率为32.87%,总的萤石回收率为77.69%。解决了该矿低温萤石浮选难题,可供同类型萤石矿借鉴^[28]。

2.3 浮选药剂结构性能研究

2.3.1 脂肪酸 α 位改性耐低温捕收剂

在脂肪酸 α 位碳原子位置上引入极性胺基基团,研究开发出一种新型铁矿浮选药剂DMP-3,并以此为捕收剂对鞍钢集团齐大山选矿厂混合磁选精矿进行了反浮选试验研究。在浮选温度30℃,矿浆pH值11.50,淀粉用量600 g/t,捕收剂DMP-3用量600 g/t,采用一次粗选、一次精选的闭路浮选试验流程,获得精矿铁品位65.84%,回收率89.85%,尾矿品位10.32%的指标。试验结果表明,新型胺代改性脂肪酸捕收剂DMP-3具有无需活化,药剂用量少,低温活性好的特点^[29]。

新型阴离子型低温捕收剂CY-411是以工业脂肪酸为基本原料,对其脂肪酸的羧基引入酰胺基的官能团,然后通过加成反应再引入阴离子型极性基团,合理增强捕收剂的溶解分散性和使其具有低温下更高活性,从而实现低温下的浮选。浮选试验结

果表明,CY-411具有较强的选择性、耐低温性和温度适应性^[30]。

针对传统脂肪酸类碳酸盐捕收剂选择性、溶解性和耐低温性差等缺点,运用化学修饰改性手段设计合成了一种 α -羟基型脂肪酸捕收剂,并进行了胶磷矿和白云石纯矿物浮选、扫描电镜和溶液化学试验。结果表明,改性后的脂肪酸捕收剂的浮选性能有了明显提高,为脂肪酸类捕收剂衍生化进一步研究提供了参考^[31]。

2.3.2 不同组成脂肪胺浮选特性研究

通过罗氏泡沫仪试验和单泡管试验,对比研究了椰油二胺、N-牛油基-1,3丙撑二胺、十二胺、氢化牛脂伯胺4种不同胺类捕收剂的泡沫性能以及对石英的浮选性能。结果表明:起泡能力十二胺>椰油二胺>N-牛油基-1,3丙撑二胺>氢化牛脂伯胺。泡沫衰减能力较强的是椰油二胺,其次为N-牛油基-1,3丙撑二胺,氢化牛脂伯胺最弱。泡沫稳定性最强的是十二胺,其次是N-牛油基-1,3丙撑二胺,再次为椰油二胺。在低用量、弱酸性介质中,十二胺对石英的捕收能力优于椰油二胺、N-牛油基-1,3丙撑二胺,最弱的是长碳链的氢化牛脂伯胺。在相同pH值条件下,碳链组成相同的脂肪二胺的捕收能力比脂肪一胺强,碳链较长的脂肪一胺比碳链短的脂肪一胺捕收能力弱,在酸性介质中胺类捕收剂对胶磷矿的捕收能力比在碱性介质中弱。椰油二胺对石英的捕收能力优于十二胺、N-牛油基-1,3丙撑二胺,最弱的是长碳链的脂肪一胺氢化牛脂伯胺^[32]。

3 调整剂

2014年浮选调整剂研究的报道也不少,复合型、组合调整剂的应用也得到普遍应用。

3.1 一种组合抑制剂在光卤石正浮选中的使用

在采用冷分解-正浮选工艺从高钙低钾光卤石地表矿生产氯化钾产品的过程中,以单一羧甲基纤维素钠(CMC)作为浮选工序的抑制剂,存在水不溶物得不到充分抑制,产品质量差,KCl回收率也低的问题。

为此,将1种阳离子聚胺类药剂W与CMC组成组合抑制剂,试验结果显示:采用单一CMC时,一粗一扫所得浮选粗精矿的平均KCl含量为53.41%、平均水不溶物含量为4.98%、平均KCl回收率为93.50%,水不溶物的平均抑制率为

73.46%;而采用 CMC+W 组合抑制剂时,所得浮选粗精矿的平均 KCl 含量为 57.86%、平均水不溶物含量为 2.84%、平均 KCl 回收率为 95.53%,水不溶物的平均抑制率为 85.82%。两者相比,后者的水不溶物抑制率提高了 12.36 个百分点,同时所获浮选粗精矿的 KCl 含量和回收率分别提高了 4.45 和 2.03 个百分点,从而证明了后者不仅具有更强的抑制能力,而且具有更好的选择性^[33]。

3.2 分散剂 NM-3 在东鞍山含碳酸盐中矿浮选中的应用

以 NM-3 为分散剂,针对东鞍山含碳酸盐中矿进行了分散浮选试验研究,确定了最佳分散浮选的工艺条件,即控制 pH 值为 12.0,分散剂 NM-3 用量为 200 g/t,抑制剂淀粉用量为 1400 g/t,活化剂氧化钙用量为 400 g/t 和捕收剂 KS-Ⅲ用量为 800 g/t,经一粗一精分散浮选闭路试验获得了铁精矿品位为 62.32%、回收率为 42.57% 的良好指标。分散浮选不仅流程简单,而且获得了良好的指标,为利用含碳酸盐中矿奠定了技术工艺基础^[34]。

3.3 从白云鄂博尾矿中浮选回收稀土

包钢白云鄂博选矿厂尾矿库内尾砂(-0.074 mm 41%)稀土含量丰富,主要稀土矿物为氟碳铈矿,REO 品位为 6.00%。为开发利用该尾矿中的稀土资源,采用浮选工艺进行了稀土回收试验。结果表明,采用浮选工艺回收试样中的稀土矿物是可行的;在-0.074 mm 98%、矿浆 pH=9(自然 pH)条件下,以水玻璃和草酸为调整剂、8#药为捕收剂、2#油为起泡剂,采用一粗三精一扫、中矿顺序返回流程处理试样,可获得 REO 品位为 22.23%、回收率为 72.21% 的稀土精矿的试验指标^[35]。

3.4 络合剂-抑制剂联合抑镁浮铜镍

以 EDTA 二钠络合清洗含镁脉石矿物表面吸附的铜镍 Cu^{2+} 、 Ni^{2+} 、六偏磷酸钠+JC 抑制含镁脉石矿物,对镍品位为 1.29%、铜品位为 0.87%、MgO 含硫 29.02% 的矿石进行体提质降镁试验,结果表明,采用一粗二精三扫、中矿顺序返回的铜镍混浮闭路流程,获得铜镍品位分别为 8.95%、5.21%,回收率分别为 82.91% 和 71.56%。MgO 含量 6.13% 的铜镍混合精矿,与现场工艺相比,铜镍品位分别提高 0.28%、0.71%,回收率提高 0.35%、1.38%,MgO 含量下降 0.59%,取得了较好的选矿指标^[36]。

3.5 药剂添加顺序对浮选的影响

3.5.1 古尔胶和鞣酸添加方式对硫化矿浮选的影响

通过浮选试验研究了两种不同结构的有机抑制剂古尔胶和鞣酸以及这两种药剂与乙基黄药不同添加顺序对方铅矿、黄铜矿及黄铁矿浮选行为的影响。当先加入古尔胶时,古尔胶对三种硫化矿抑制作用较强;而古尔胶后于乙基黄药加入时,古尔胶对三种硫化矿的抑制作用明显减弱。鞣酸与乙基黄药不同的添加顺序不影响鞣酸对黄铁矿和方铅矿的抑制作用。紫外光谱研究表明,古尔胶对乙基黄药在三种硫化矿表面吸附没有影响,而鞣酸能够阻碍乙基黄药在硫化矿表面吸附。红外光谱研究表明,鞣酸通过化学作用吸附在方铅矿表面,因此能够抑制吸附了乙基黄药的硫化矿^[37]。

3.5.2 捕收剂预吸附对硫化矿与硅酸盐分离影响

考察捕收剂戊黄药(PAX)和抑制剂羧甲基纤维素(CMC)的添加顺序对绿泥石与黄铁矿浮选分离的影响。结果表明,先加抑制剂羧甲基纤维素时,羧甲基纤维素是绿泥石的有效抑制剂,但也会抑制黄铁矿的浮选,影响绿泥石与黄铁矿的浮选分离;先加入捕收剂戊黄药时,羧甲基纤维素对黄铁矿的抑制作用减弱,而绿泥石的浮选回收不受影响,黄铁矿与绿泥石的分离选择性提高^[38]。

3.6 有机抑制剂在黄铜矿及方铅矿的吸附研究

3.6.1 2,3-二羟基丙基二硫代碳酸钠(SGX)

在乙硫氮浮选体系下,小分子有机抑制剂 2,3-二羟基丙基二硫代碳酸钠(SGX)对黄铜矿的浮选有一定的促进作用,而对方铅矿有强的抑制作用;随着 SGX 质量浓度的增加,方铅矿的回收率迅速下降,而黄铜矿的回收率有小幅度的增加。当矿浆 pH 值为 6,SGX 质量浓度为 1.9 g/L 时,可得到较好的分离效果,精矿中铜的质量分数和回收率分别为 29.66% 和 85.23%。SGX 与方铅矿之间的吸附能力明显强于黄铜矿^[39]。

3.6.2 磷酸酯淀粉

有研究表明在矿浆 pH 值为 11~12 时应用淀粉能够抑制方铅矿而实现黄铜矿及铜离子活化的闪锌矿的优先分离。通过单矿物浮选试验、吸附量试验、X 射线光电子能谱和原子力显微镜(AFM)研究了磷酸酯淀粉对黄铜矿及方铅矿浮选的影响及吸附机理。单矿物浮选试验表明,磷酸酯淀粉对方铅矿

的抑制能力强,对黄铜矿抑制能力弱。吸附量试验表明,磷酸酯淀粉在方铅矿表面的吸附密度大于在黄铜矿表面的吸附密度。XPS检测到黄铜矿表面的铁与硫原子以及方铅矿表面铅和硫原子价态发生了变化。方铅矿和黄铜矿不同的表面性质是造成磷酸酯淀粉在两种矿物表面吸附差异的重要原因^[40]。

3.7 以石灰为调整剂浮选金矿石

某卡林型低品位难处理金矿石,金呈微细粒浸染状嵌布,主要赋存在黄铁矿等硫化矿物中,或以单体金形式存在,这些易回收金占总金的81.34%;碳酸盐及硅酸盐中的金占总金的18.66%。以石灰为浮选矿浆调整剂,进行浮选选金试验。结果表明,磨矿细度-0.074 mm 96%的情况下,采用一粗三精三扫、精选中矿集中一粗一精二扫单独再选、其余中矿顺序返回流程,最终获得金品位9.41 g/t、金回收率为86.45%的金精矿^[41]。

3.8 酸化水玻璃对萤石、方解石浮选分离的影响

研究表明,酸化水玻璃的pH值对药剂的抑制效果有重要影响。pH值介于5.0~9.5的酸化水玻璃能有效抑制方解石,用量增加,抑制效果越强。在弱碱性的浮选区间内能很好地选择性抑制方解石,而强碱性和强酸性的酸化水玻璃对两种矿物的选择性抑制效果差。其作用机理可能为水玻璃与硫酸混合后,在弱碱性和弱酸性的溶液pH值区间内更容易生成亲水性强的硅酸胶粒,可以选择性吸附在方解石表面上,实现萤石与方解石的浮选分离^[42]。

3.9 F2选铜

新型混合醇类起泡剂F2,探索了其在某难选铜锌锡多金属硫化矿中对选铜的适应性,试验结果表明,新型起泡剂F2、MIBC及其组合具有良好的起泡性能,浮选现象较使用松醇油或Z-200要好,选铜指标也得到进一步的提升^[43]。

3.11 胶磷矿浮选中碱性联合调整剂

为了降低胶磷矿正浮选pH值调整剂碳酸钠用量,进行了氢氧化钠或氧化钙联合碳酸钠调整矿浆性质的浮选试验,结果表明,氢氧化钠与氧化钙单独作为调整剂时的浮选效果较差,配合碳酸钠作为调整剂,可以改善浮选效果;当氢氧化钠与碳酸钠比例1:3,用量4.0 kg/t作为pH值调整剂时的选矿指标精矿品位18.58%、回收率91.64%、选矿效率18.18%,优于单独使用碳酸钠6~7.0 kg/t时选矿指标,前者的药剂用量低,因此在工业生产中可使用

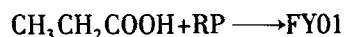
碳酸钠配合氢氧化钠作为矿浆pH调整剂^[44]。

3.12 聚丙烯酸钠作用于含钙矿物

采用基于密度泛函理论的第一性原理,计算了聚丙烯酸钠在白钨矿、萤石和方解石3种矿物表面吸附的吸附能,在矿浆中其吸附能均为负值,大小顺序为白钨矿>方解石>萤石,说明自然pH值(未添加pH值调整剂)条件下聚丙烯酸钠对3种矿物有抑制作用,抑制强弱为萤石>方解石>白钨矿。单矿物浮选试验结果表明,聚丙烯酸钠为抑制剂时,在自然pH值条件下,白钨矿、萤石和方解石的回收率分别为76.03%,18.59%和33.68%,此时聚丙烯酸钠的抑制强弱顺序为萤石>方解石>白钨矿,与计算模拟结果相符。为进一步了解白钨矿、萤石和方解石可浮性的差异及含钙矿物浮选新药剂开发提供理论参考^[45]。

3.13 硫化矿活化剂FY01的制备及应用研究

在实验室条件下,以丙酸与含磷化合物(RP)在一定的反应条件下反应生成FY01,反应式如下:



同时伴随有一些副反应的发生,FY01中会含有少量副产物。

硫化矿浮选试验表明,FY01可取代硫酸作为铅、锑、锌和硫等硫化矿物的活化剂,在浮选试验指标与使用硫酸相近的情况下,FY01用量仅为硫酸的50%^[6]。

3.14 组合抑制剂($\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{ZnSO}_4$)抑制闪锌矿

将抑制剂 Na_2SO_3 与 ZnSO_4 组合使用,抑制组分 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 稳定存在的区域比 ZnSO_4 单独使用时拓宽,由pH=11.5增大到12.5。在pH值为4.00的酸性条件下,该组合抑制剂对闪锌矿的抑制作用不明显,捕收剂DDTC能与闪锌矿作用。继续增大pH值到9.18,大量的亲水性产物 $\text{Zn}(\text{OH})_2$ 覆盖在闪锌矿的表面,阻碍捕收剂DDTC与闪锌矿进一步作用,抑制作用较为明显。当pH值增大到11.88的高碱性条件下,闪锌矿自身的氧化占据了主导地位,组合抑制剂的抑制作用不如弱碱性条件明显。加入组合抑制剂($\text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{ZnSO}_4$)后,从抑制前后紫外光谱吸收峰反射强度的差值来看,闪锌矿在中碱条件下抑制效果最好^[47]。

3.15 巯基乙酸钠在锌硫分离中的应用

江西荡坪钨业有限公司宝山矿区矿山选厂现有

浮选工艺中使用了氰化钠以改善硫锌分离效果,但该有氰工艺是国家明令淘汰的落后工艺。对该矿采用了单一氧化钙、添加氰化钠和添加巯基乙酸钠抑制磁黄铁矿、黄铁矿的锌硫分离比较试验,最终完成了在高 pH 值矿浆中用硫酸铜活化闪锌矿,以石灰作为磁黄铁矿、黄铁矿的抑制剂,并辅之以巯基乙酸钠工艺的小型及工业生产试验,获得了锌精矿品位 45.10%、回收率 94.39% 的选矿指标。该锌硫精矿的无氰分离工艺符合国家环保要求^[48]。

3.16 起泡剂 750B 应用于铅锌矿

针对铅锌矿浮选和浮选起泡剂的应用现状,研制出了新型浮选起泡剂 750B。小型浮选对比试验及工业应用试验结果表明,在不改变工艺流程、不改变其他药剂制度的前提下,仅用 750B 起泡剂代替松醇油,在铅精矿铅品位相近时,可使铅回收率提高 2.02 个百分点;在锌精矿锌品位相近时,锌回收率提高 0.22 个百分点,经济效益显著^[49]。

3.17 生物预处理浮选脱硅

当采用十二胺为捕收剂,在 pH 值为 7 时进行浮选,经 *B. mucilaginosus* 菌处理的石英被活化,而软锰矿则不受影响。结果表明,经 *B. mucilaginosus* 菌预先处理的软锰矿锰回收率较不经细菌处理的锰回收率略低,从 74.70% 降至 73.62%,但精矿品位从 17.26% 提高到 19.44%。浮选效果的改善不是细菌吸附在石英或者软锰矿表面造成的,而是细菌代谢物如胞外多糖、蛋白和乙酸在矿物表面的吸附^[50]。

从野外采集并培育的胶质类芽孢杆菌固氮解钾细菌,命名为 BM-4,该菌株对高岭土和一水硬铝石有较强的吸附、絮凝和浮选作用。浮选试验结果表明 BM-4 在高岭土表面的吸附可将高岭土的浮选回收率从 50% 提高至 75%,而对一水硬铝石的吸附可将其浮选回收率从 49% 降至 27%。一水硬铝石:高岭石 = 5 : 1 的混合矿物,采用改进的哈里蒙德浮选管进行浮选试验,矿物的 Al/Si 由 3.05 升至 8.6,氧化铝的回收率为 83%。说明,研究筛选出的胶质类芽孢杆菌 BM-4 对层状硅酸盐矿物有较好的溶蚀脱硅效果^[51]。

4 选矿厂废水处理

有浮选就有废水回用于处理的问题。随着我国

矿业环保要求的提高和生产实践的需求,一大批选矿废水处理和应用的技術都在研究进行中,其中不乏实际应用者。

4.1 巯基化改性麦糟去除废水中的锌离子

通过对巯基化改性麦糟对锌离子吸附研究表明,在较宽的 pH 值范围(6~9)内,巯基化改性麦糟表现出对 Zn^{2+} 良好的吸附性能,理论饱和吸附量可达到 353.36 mg/g,高于改性木质纤维素类吸附剂吸附量(17.88~156 mg/g),且吸附反映很快在 30min 内达到平衡,FTIR 分析表明,巯基化改性麦糟吸附 Zn^{2+} 主要是羟基和巯基中 S-H 基团硫原子与 Zn^{2+} 配合的结果^[52]。

4.2 双碱法净化胶磷矿选矿水

某胶磷矿选矿工艺为在碱性介质中正浮选富集磷,在酸性介质中反浮选脱镁,由于选矿药剂种类多,精矿水中与尾矿水中游离离子差异很大,对选矿废水集中收集并采用双碱沉淀法对控制水中 SO_4^{2-} 和 PO_4^{3-} 的质量浓度进行了试验。

选矿废水处理采用“双碱”法、二级加药、二级沉淀的新工艺。在一级反应槽入口处加入精制石灰,通过搅拌,使石灰与废水中的 Mg^{2+} 、 PO_4^{3-} 等离子充分反应,生成沉淀。在二级反应槽入口处加入纯碱并搅拌,使纯碱与来自废水中的 Ca^{2+} 以及一级加药反应引入的 Ca^{2+} 充分反应,生成沉淀;沉淀物在二级沉淀池进一步沉积,上层清液溢流到清水池。结果表明处理后的废水满足浮选的要求,实现了选矿废水的循环利用,达到了零排放^[53]。

4.3 双聚丙烯酰胺处理铝土矿尾矿

不同离子类型、分子量及用量的聚丙烯酰胺对尾矿沉降性能的影响表明,阴离子型聚丙烯酰胺的效果好于阳离子和非离子型。调节矿浆 pH=7 以下,加入阴离子聚丙烯酰胺就能实现尾矿的较快沉降,分子量为 1400 万的阴离子型聚丙烯酰胺能取得最佳的沉降效果。经聚丙烯酰胺处理后的尾矿水能回用至浮选流程中,低含量的聚丙烯酰胺能改善铝土矿的浮选指标^[54]。

4.4 $CuO/\gamma-Al_2O_3$ 类 Fenton 试剂降解丁基黄药

$CuO/\gamma-Al_2O_3$ 类 Fenton 试剂是降解丁基黄药的优良试剂,可在较高 pH(4~5)条件下反应,而传统 Fenton 试剂的适宜 pH 值一般在 3 以下。对降解条

件研究显示,反应的较佳条件为:pH 值为 4~5, 催化剂投加量为 6 g/L,过氧化氢用量为 30 mg/L, 反应 30 min。在此反应条件下,丁基黄药的降解率达 98% 以上;影响丁基黄药降解效果的因素大小顺序为:pH>反应时间>H₂O₂用量>催化剂投加量,其中 pH 对 CuO/ γ -Al₂O₃类 Fenton 试剂降解丁基黄药的影响最为显著^[55]。

4.5 生物膜法处理硫化铅锌矿尾矿库外排废水

研究了生物膜法对某硫化铅锌矿尾矿库外排废水的处理效果,探索不同载体,不同 COD 浓度对生物膜法降解 COD 的影响。结果表明,高浓度的 COD 对生物膜法处理选矿废水有影响,在 6~13℃ 的条件下,水力停留时间为 2 d 时,以 50 cm×25 cm×0.4 cm 的黏胶材料生物载体作为挂膜载体,处理 50 L 硫化铅锌矿尾矿库外排废水取得了良好效果,出水 COD 浓度稳定在 40 mg/L 左右,出水达到《铅、锌工业污染物排放标准》(GB 25466-2010)的要求^[56]。

4.6 某硫化矿选矿厂废水处理工艺

某硫化矿选厂有机废水中 SS 为 180 mg/L、硫化物含量 2.09 mg/L、COD 为 200 mg/L、pH 为 12.4,未达到国家排放标准,试验采用“酸碱中和-混凝沉淀-活性炭吸附-ClO₂氧化-澄清-回用/排放”工艺对废水进行处理。结果表明,混凝沉淀后的处理水 SS、硫化物可以达到外排标准;活性炭适宜用量为 150 mg/L,最佳吸附时间为 30 min;采用 ClO₂氧化剂可以降低废水中 Fe²⁺、Mn²⁺含量,将黄药等残余有机物彻底氧化成 CO₂和 H₂O。经过该工艺处理后废水 COD_{Cr}去除率达到 78.25%^[57]。

4.7 JCSS 絮凝剂处理铅锌选矿废水

用聚丙烯酰胺(PAM)、硫酸铝和 JCSS 三种絮凝剂对铅锌选矿废水进行沉降试验,结果表明 JCSS 絮凝沉降效果较好。将 PAM 和 JCSS 处理过的废水与清水进行铅锌浮选对比试验,结果表明 JCSS 絮凝剂处理的回水浮选指标与清水相当。工业试验证明了选矿废水经过 JCSS 絮凝剂处理后可达到回用要求^[58]。

4.8 铝土矿浮选尾矿强化沉降

考察了 pH 值、尾矿矿浆浓度、絮凝剂种类及用量等条件对尾矿沉降行为的影响规律,并研究了强化尾矿沉降的措施。静态沉降试验结果表明:尾矿

中物质表面所带电荷和颗粒粒径是导致尾矿沉降速度低的主要原因,调节 pH 值可强化尾矿的沉降;分子量为 800 万的阴离子型聚丙烯酰胺(以下简称 PAM)能显著提高尾矿沉降速率;pH 值、PAM 单耗与 PAM 配制浓度这 3 个因素中,pH 值对尾矿沉降速率的影响最显著,PAM 单耗的影响次之,PAM 配制浓度的影响相对较弱;在给料浓度为 8%、pH = 7.05、PAM 单耗为 200 g/t、PAM 配制浓度为 0.15% 时,能得到良好的沉降指标,平均沉降速率为 5.58 mm/min,优于强化沉降前的尾矿沉降速度 0.35 mm/min^[59]。

4.9 混凝沉淀法处理钨多金属矿选矿废水

多金属矿选矿废水具有悬浮物浓度和化学需氧量(COD)高、重金属浓度低但种类多等特点,难以稳定达标排放。采用含铝无机高分子混凝剂和有机助凝剂两步混凝沉淀处理钨铋钼矿选矿废水,24 h 现场动态取样研究结果表明,混凝沉淀法可高效处理钨多金属矿选矿废水。在废水中先后投加 0.75% (体积分数)质量浓度为 27 g/L (以铝计)的含铝无机高分子混凝剂和 0.5% (体积分数)质量浓度为 1 g/L 的有机助凝剂,混凝沉淀 4 min 后,选矿废水浊度去除率达 96.5% 以上,COD 去除率达 70% 左右;废水中 As 和 Pb 去除率分别达 90% 和 97.6% 以上,Be 和 Cd 去除率几乎达 100%。处理后废水浊度小于 50 NTU、COD 平均含量降至 58 mg/L,废水中 As 和 Pb 浓度分别降至 0.5 mg/L 和 80 μg/L 以下,未检出 Be 和 Cd,出水水质满足《污水综合排放标准》(GB 8978-1996)一级标准^[60]。

5 结 语

我国的浮选药剂的研发与生产应用再 2014 年又有许多发展,总结起来可分为以下几点:

(1)大分子或复杂机构的硫化矿捕收剂发展较快,其低用量高选择性对硫化铜铅锌的浮选起到关键作用。

(2)我提高氧化矿的选矿指标,专属性氧化矿捕收剂继续得到重视和应用。它们主要是原有捕收剂的改性和复配而成。

(3)浮选药剂结构与性能研究得以继续发展,为发展浮选药剂工业起到推动作用。

(4) 组合调整剂是浮选调整剂的主要发展方向。

(5) 废水处理回用为选矿药剂的研发展现新方向。

参考文献:

- [1] 狄宁, 肖静晶, 刘广义, 等. N-丁氧丙基-N'-乙氧羰基硫脲对硫化矿物的浮选行为与吸附机理[J]. 中国有色金属学报, 2014, 24(2): 561-568.
- [2] 程琍琍, 郑春到, 李啊林, 等. 新型硫脲类捕收剂 CPTU 对黄铜矿及黄铁矿电化学机理研究[J]. 矿冶工程, 2014, 34(4): 39-42.
- [3] 秦伟, 徐盛明, 解强. 巯基苯并咪唑类捕收剂的设计合成与性能[J]. 中国矿业大学学报, 2014, 43(2): 309-313.
- [4] 汪泰, 胡真, 李汉文, 等. 用高效捕收剂 PZO 实现铜金硫多金属矿浮选分离的研究[J]. 材料研究与应用, 2014, 8(1): 57-61.
- [5] 作亚妮, 冯卫国, 吴庆伟, 等. 液体黄药生产工艺的改进及其选矿实验[J]. 化工生产与技术, 2014, 21(4): 17-22.
- [6] 叶岳华, 梁广泉, 夏夕雯. 高效捕收剂 BK404 在铜硫矿选矿中的应用研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(6): 84-88.
- [7] 梅建庭, 王磊, 白雪莲, 等. 3-正十二烷氧基丙胺捕收剂的合成及其浮选试验[J]. 金属材料与冶金工程, 2014, 42(6): 33-37.
- [8] 许海峰, 钟宏, 王帅, 等. 一种新型环己烯羧酸的合成及其对萤石的浮选性能[J]. 中国有色金属学报, 2014, 24(11): 2935-2942.
- [9] 张文军, 王鞍山, 马志军, 等. 氨基酯类阳离子捕收剂对钾长石、石英浮选效果研究[J]. 硅酸盐通报, 2014, 33(1): 181-185.
- [10] 李成秀, 程仁举, 罗惠华. 贵州某磷矿反浮选捕收剂研究[J]. 化工矿物与加工, 2014, 43(2): 14-16.
- [11] 刘安, 樊民强. 十二胺聚氧乙烯醚对石英的捕收性能[J]. 金属矿山, 2014(10): 51-55.
- [12] 岳彤, 孙伟, 陈攀. 季铵盐类捕收剂对铝土矿反浮选的作用机理[J]. 中国有色金属学报, 2014(11): 2872-2879.
- [13] 王成行, 邱显扬, 胡真, 等. 水杨羟肟酸对氟碳铈矿的捕收机制研究[J]. 中国稀土学报, 2014, 32(6): 727-735.
- [14] 印万忠, 王纪镇, 王乃玲, 等. 含碳酸盐铁矿石一步反浮选中药剂的作用[J]. 北京科技大学学报, 2014, 36(2): 153-160.
- [15] 王进明, 王毓华, 余世磊, 等. 十二胺浮选黄铜矿的作用机理[J]. 北京科技大学学报, 2014, 36(6): 730-735.
- [16] 张祥峰, 孙伟. 阴阳离子混合捕收剂对异极矿的浮选作用及机理[J]. 中国有色金属学报, 2014(2): 499-505.
- [17] 邱杨率, 张凌燕, 宋昱晗, 等. 长石与石英无氟无酸浮选分离研究[J]. 矿产保护与利用, 2014(3): 47-51.
- [18] 叶军建, 张覃, 姜毛, 等. 组合捕收剂浮选氧化锌矿试验研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(6): 46-50.
- [19] 骆斌斌, 朱一民, 李艳军, 等. 新型常温捕收剂 DMP-1 反浮选研山混磁精[J]. 金属矿山, 2014, 43(03): 66-70.
- [20] 王祖旭, 李楠. 新型捕收剂 CL-07+CJ 常温浮选某中低品位磷矿石[J]. 金属矿山, 2014, 43(03): 93-96.
- [21] 朱阳戈, 谭欣, 闫志刚, 等. 魏明安. 低品位菱镁矿浮选试验研究[J]. 轻金属, 2014(2): 1-4.
- [22] 尹万里, 宋国顺, 李红艳, 等. 高效氧化铜捕收剂 T-711 在江西某氧化铜矿石浮选中的试验研究[J]. 有色矿冶, 2014, 30(5): 23-25.
- [23] 刘青, 何亚群, 李红, 等. 混合捕收剂浮选难选钛铁尾矿[J]. 矿冶工程, 2014, 34(5): 46-49.
- [24] 杨慧芬, 唐琼瑶, 李甜, 等. 寡养单胞属菌株 USTB-2 对赤铁矿的捕收效果及机理[J]. 东北大学学报, 2014, 35(7): 1042-1046.
- [25] 骆斌斌, 朱一民, 彭梦魁, 等. 组合药剂 DMF-1 对朝阳某磷矿浮选试验研究[J]. 中国矿业, 2014(3): 101-105.
- [26] 章颖, 蔡坤, 潘志权, 等. 新型脱镁捕收剂 FC-2B 浮选云南海口磷矿试验研究[J]. 化工矿物与加工, 2014, 43(1): 1-3.
- [27] 李松清, 尚衍波, 魏明安, 等. 耐低温捕收剂 BK425 在某高镁胶磷矿中的应用[J]. 现代矿业, 2014(4): 22-25.
- [28] 周玉才, 朱一民, 周菁. 某萤石矿低温浮选试验研究及工业实践[J]. 湖南有色金属, 2014(2): 15-19.
- [29] 李锋, 凌济锁, 何茂方, 等. 一种新型磷矿反浮选捕收剂的合成与机理研究[J]. 化工矿物与加工, 2014, 43(6): 3-5.
- [30] 李文凤, 刘旭. 铁矿低温捕收剂 CY-411 的研制与应用试验研究[J]. 金属材料与冶金工程, 2014, 42(8): 42-44.
- [31] 骆斌斌, 朱一民, 全丽娟, 等. 胺取代脂肪酸捕收剂对齐大山铁矿石浮选试验研究[J]. 中国矿业, 2014, 23(7): 114-117.
- [32] 李亮, 陈慧, 李成秀, 等. 不同组成脂肪胺捕收剂浮选石英性能研究[J]. 化工矿物与加工, 2014, 43(4): 6-9.
- [33] 刘海刚. 一种组合抑制剂在光卤石正浮选中的使用效

- 果[J]. 金属矿山, 2014(10): 61-64.
- [34] 卢冀伟, 王乃玲, 印万忠. 分散剂 NM-3 对东鞍山含碳酸盐中矿浮选的影响[J]. 矿冶工程, 2014, 34(5): 43-45.
- [35] 姚志明, 宋传兵, 张齐. 从白云鄂博尾矿中浮选回收稀土[J]. 金属矿山, 2014(09): 39-42.
- [36] 黄俊玮, 张亚辉, 张成强, 等. 络合剂-抑制剂联合抑镁浮铜镍试验[J]. 金属矿山, 2014(07): 79-84.
- [37] 邱仙辉, 孙传尧. 古尔胶和鞣酸添加方式对硫化矿浮选的影响[J]. 北京科技大学学报, 2014, 36(3): 283-288.
- [38] 冯博, 冯其明, 卢毅屏. 捕收剂预吸附对硫化矿与硅酸盐分离的影响[J]. 中国有色金属学报, 2014(11): 2879-2884.
- [39] 朴正杰, 魏德洲, 刘智林. 2,3-二羟基丙基二硫代碳酸钠对铜铅硫化矿浮选行为的影响[J]. 东北大学学报, 2014, 35(10): 1478-1481.
- [40] 邱仙辉, 孙传尧, 于洋. 磷酸酯淀粉在黄铜矿及方铅矿表面吸附研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(3): 86-91.
- [41] 陈水波, 赖伟强, 林鸿汉, 等. 以石灰为调整剂浮选贵州某卡林型金矿石[J]. 金属矿山, 2014(11): 80-83.
- [42] 张国范, 邓红, 魏克帅, 等. 酸化水玻璃对萤石与方解石浮选分离作用研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(1): 80-82.
- [43] 何东, 韦会福. 起泡剂 F2 在难选多金属硫化矿中的试验研究[J]. 矿产综合利用, 2014(1): 52-56.
- [44] 罗惠华, 饶欢欢, 杨婕, 等. 胶磷矿浮选中碱性联合调整剂[J]. 武汉工程大学学报, 2014(5): 20-24.
- [45] 张英, 王毓华, 胡岳华, 等. 白钨矿与萤石、方解石电子结构的第一性原理研究[J]. 稀有金属, 2014(6): 1106-1113.
- [46] 林榜立, 郭业东, 阙绍娟. 硫化矿活化剂 FY01 的制备及应用研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(2): 82-86.
- [47] 程珣珣, 郑春到, 李啊林, 等. 组合抑制剂在硫化矿浮选过程中抑制闪锌矿的电化学机理[J]. 金属工程, 2014(4): 50-53.
- [48] 林辉, 吴海燕, 王波. 巯基乙酸钠在锌硫分离中的应用[J]. 中国钨业, 2014, 29(4): 32-34.
- [49] 廖佳, 李松春, 李霞, 等. 新型起泡剂 750B 在铅锌矿浮选中的应用研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(4): 92-96.
- [50] 杨志超, 冯雅丽, 李浩然, 等. 生物预处理对软锰矿浮选的影响[J]. 中国有色金属学报, 2014(24): 1571-1577.
- [51] 赵江曼, 朱明龙, 张旭, 等. 硅酸盐细菌的筛选、鉴定和对铝硅酸盐矿物的作用研究[J]. 高效化学工程学报, 2014, 28(5): 1036-1043.
- [52] 李青竹, 覃文庆, 柴立元, 等. 巯基化改性麦糟对 Zn^{2+} 的吸附特性[J]. 中国有色金属学报, 2014, 24(4): 1076-1083.
- [53] 傅克文, 孙立田. 双碱法净化胶磷矿选矿水的研究与工业实践[J]. 化工矿物与加工, 2014, 43(1): 12-13.
- [54] 邓春华. 聚丙烯酰胺对铝土矿浮选尾矿沉降性能的影响[J]. 湖南有色金属, 2014(2): 20-22.
- [55] 翟平, 郭耀广, 柳建设, 等. $CuO/\gamma-Al_2O_3$ 类 Fenton 试剂降解丁基黄药[J]. 环境工程学报, 2014(3): 1073-1078.
- [56] 林伟雄, 孙水裕, 黄绍松, 等. 生物膜法处理硫化铅锌矿尾矿库外排废水[J]. 环境工程学报, 2014(1): 67-71.
- [57] 邵坤, 顾野, 李志峰. 某硫化矿选矿厂废水处理工艺研究[J]. 矿产保护与利用, 2014(5): 46-49.
- [58] 刘述忠, 陈享享, 张益玮, 等. JCSS 絮凝剂在铅锌选矿废水处理的应用研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(5): 85-87.
- [59] 徐会华, 冯其明, 欧乐明, 等. 铝土矿浮选尾矿强化沉降试验研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2014(4): 57-63.
- [60] 郭朝晖, 姜智超, 刘亚男, 等. 混凝沉淀法处理钨多金属矿选矿废水[J]. 中国有色金属学报, 2014(9): 2393-2399.

The Development of Flotation Reagent in 2014

Zhu Yimin, Zhou Yanhong

(Hunan Research Institute of Non-ferrous Metals, Changsha, Hunan, China)

Abstract: The information about flotation reagents in 2014 were partly collected in this paper. Meanwhile, the four aspects of sulphide mineral collectors, oxide mineral collectors, regulators and wastewater treatment were introduced and briefly commented.

Keywords: Flotation reagents; Sulphide minerals; Oxide minerals; Collectors; Regulators; Wastewater treatments