

氧化铅锌矿浮选药剂的研究现状

吴文丽

(云南能源职业技术学院)

摘 要 主要介绍氧化铅、锌矿各种浮选药剂的研究应用现状及发展。目前氧化铅、锌矿浮选药剂研究的主要发展方向是通过对氧化铅、锌矿浮选药剂作用机理进一步研究与探索,研发新型高效的螯合剂、复合药剂和组合药剂。

关键词 氧化铅、锌矿 浮选药剂 螯合剂 复合药剂 组合药剂

Discussion on the Present Situation of Research of Flotation Reagent of Lead-zinc Oxide Ore

Wu Wenli

(Yunnan Vocational Institute of Energy Technology)

Abstract This paper briefly discussed the development and application of various flotation reagent of lead-zinc oxide ore. At present, the main developing trend is to develop new and efficient chelating agent, compound reagent and combined reagent based on further study and exploration on the mechanism of flotation reagent of lead-zinc oxide ore.

Keywords Lead-Zinc oxide ore, Flotation reagent, Chelating agent, Compound reagent, Combined reagent

我国氧化铅、锌矿矿产资源的储量极为丰富,截止到 1999 年底^[1],已探明的铅锌储量位居世界前列。氧化铅、锌矿矿床属硫化物矿床的氧化部分,是硫化矿石经长期风化及地表水淋滤^[2]而形成的。氧化铅、锌矿物种类很多,氧化铅矿物有 9 种,主要组成矿物有白铅矿(PbCO_3)和铅矾(PbSO_4);氧化锌矿物有 13 种,主要组成矿物有菱锌矿(ZnCO_3)和硅锌矿(Zn_2SiO_4)。尽管在 20 世纪 30 年代^[3-5],就进行了氧化铅、锌矿的浮选研究,但由于铅锌氧化矿石所含矿物种类繁多,各种氧化矿都有赋存,相互掺杂伴生,且嵌布粒度细,泥化状态严重,往往还掺有铁质矿物,可溶性盐含量较高等,使选矿过程更加复杂化。因此,迄今为止,氧化铅、锌矿,特别是氧化锌矿的浮选回收还不能取得很令人满意的结果。随着我国国民经济的发展,硫化铅、锌矿由于不断开发而日趋枯竭,如何处理好氧化铅、锌矿石,提高选矿指标,增进经济效益,已成为进一步发展铅锌工业亟待解决的问题。氧化铅、锌矿的选别主要以浮选为主,因此良好的浮选药剂制度是选矿指标提升的关键因素之一。近年来,国内外在氧化铅、锌矿浮选药剂方面进行了大量的研究报道,为此,着重就这一方面进行文献综合评述。

氧化铅矿物的浮选方法一般是硫化后用黄药捕收,而氧化锌矿物的浮选方法则是硫化后用胺类捕收剂捕收。氧化铅、锌矿石浮选新药剂的研究积极推动大量复杂难选的氧化铅、锌矿资源的开发利用。近年来,国内外对氧化铅、锌矿浮选药剂的研究主要有以下几个方面。

1 调整剂的研究

调整剂在浮选过程中可以提高浮选过程的选择性,加强捕收剂的作用,改善矿浆的条件。

1.1 硫化剂

常见的硫化剂有 Na_2S 、 K_2S 、 BaS 和 CaS ,据报道,它们的作用能力的顺序为 $\text{K}_2\text{S} > \text{Na}_2\text{S} > \text{BaS} > \text{CaS}$,而以 Na_2S 与 K_2S 混用效果较好。常用的硫化剂多为 Na_2S 和 NaHS ,它们具有相似的效果,二者常常混用。

氧化矿一般是由离子键结合而成,亲水性强,用黄药类捕收剂不易浮选,用硫化钠硫化后,在氧化矿粒表面生成疏水性较强的硫化物薄膜,此硫化物薄膜容易与黄药类捕收剂作用,氧化矿得到活化而上

吴文丽(1983—),女,云南能源职业技术学院资源与环境工程系,助教,655001 云南省曲靖市麒麟区柳家东路。

浮。硫化钠对氧化矿的活化作用^[6]主要是硫离子产生的, S^{2-} 离子与氧化矿表面的阴离子发生置换反应, 使矿粒表面从氧化物转变为硫化物。所以, 硫化作用一般都在碱性介质中进行, 这样才会有足够的 S^{2-} 参加反应。有文献指出, 硫化作用与矿浆 pH 值紧密相关, 铅矾的硫化作用最好时 $pH = 7 \sim 8$, 白铅矿则为 $pH = 9.5$ 。大量实践指出, 保持矿浆 $pH = 9.2 \sim 9.8$ 可有效回收氧化铅矿。

Lopez Valdivieso A 等进行了白铅矿和铅矾的浮选与表面化学研究。如果在浮选前加入 S^{2-} 离子, 使溶液中的铅离子在铅矾和水化白铅矿沉淀物的表面沉淀, 捕收剂用量将显著降低, 并且铅矾和白铅矿颗粒转变成方铅矿。在阴离子浮选中, 硫化阶段过量的 S^{2-} 离子会抑制矿物, 使得矿物表面获得很高的负电荷, 并排斥戊基黄原酸盐离子。

有的研究指出^[7], 在水中白铅矿和菱锌矿表面存在有碳酸盐、羟基碳酸盐、氢氧化物和物理吸附的水。 Na_2S 使吸附水的数量显著减少, 使部分化学组分转变成 PbS 和 ZnS , 并增加氢氧化物的形成。白铅矿的硫化度小于 80%, 而菱锌矿则完全被硫化。形成的 PbS 层的厚度为 10 多个单分子层。黄药与白铅矿表面的铅离子作用生成 $Pb(EX)_2$, 胺与硫化物和未硫化状态下的菱锌矿相互作用形成锌-胺络合物附于矿物表面, 使菱锌矿表面疏水。

Uerrera Urbina R 等研究了硫化钠用量对矿浆电位和白铅矿与方铅矿的戊基黄药浮选的影响。硫化物用量不足, 会被从矿物溶解下来的水合铅离子消耗, 并以硫化铅形式沉淀。这些胶粒似乎沉淀在白铅矿表面上, 并与捕收剂反应; 硫化物用量很高, 会造成矿物表面过度硫化, 使电位移向还原状态, 并抑制矿物。

近布拉登选厂投产初期^[7], 硫化剂的耗量很大, 1 t 矿石要消耗几千克硫化钠。后经试验表明, 由于水的硬度高, 硫酸盐的含量高, 硫化时在白铅矿表面形成一层硫酸钙的薄膜, 导致硫化钠用量太大, 矿浆的 pH 值增高, 不利于浮选, 因而改用硫氢化钠作硫化剂, 硫化剂耗量降低 18%。

胡岳华等进行了孔雀石与菱锌矿的浮选溶液化学研究, HS^- 是硫化孔雀石和菱锌矿的主要组分, 在 $pH = 7 \sim 9$ 的范围内, 此时最适合硫化后黄药浮选。

1.2 活化剂

活化剂的作用^[8]是在矿物表面生成促进捕收

剂作用的薄膜。一般认为它有如下作用: 溶解矿物表面抑制性薄膜; 由于交换吸附或置换的化学反应, 在矿物表面形成难溶的活化薄膜; 消除矿浆中抑制性离子的有害影响。

通过哈里蒙德管浮选试验对氧化锌矿石的活化浮选行为进行了研究。试验结果表明, 硫酸铵活化氧化锌矿石的黄药浮选, 并提高其浮选回收率。

应用有机螯合剂活化异极矿的研究证实, 水杨醛肟、 α -安息香肟和邻氢基苯甲酸对异极矿的浮选有活化作用, 这主要是靠它们在矿物表面发生化学吸附, 造成矿物表面初步疏水, 并促进胺在矿物表面的吸附。

羊依金等^[9]研究了用二甲酚橙活化异极矿的浮选。药剂在矿物表面的吸附量研究表明, 二甲酚橙活化异极矿是由于它对异极矿表面锌离子的微溶解作用, 促进了十二胺多层吸附的形成。

据日本专利称, 用氧化乙烯缩合烷基苯酚类、高级脂肪酸类以及脂肪酸类而制备的非离子表面活性剂, 可以不脱泥而直接浮选氧化锌矿石。与生产上使用的胺法进行比较, 锌回收率提高 11.40 个百分点, 由 59.70% 提高到 71.10%。

文书明等通过试验研究, 证明了乙二胺对菱锌矿具有强活化作用^[10-11], 菱锌矿的上浮率可达 98%。甲基、乙基、丁基二硫代碳酸盐对异极矿胺法浮选则能产生显著的活化作用。

1.3 抑制剂

抑制剂的抑制作用^[8]大致有如下几个方面: 在矿粒的表面造成亲水性薄膜; 溶解矿物表面的疏水性薄膜; 溶解矿物表面的活化膜; 消除活化离子的作用。

用胺类捕收剂浮选氧化锌矿时, 对氧化锌与钙镁碳酸盐为主的脉石矿物难以分选。同时, 矿泥的存在也给胺类捕收剂的浮选造成影响。所以, 在浮选时针对性加入脉石矿物的抑制剂, 可提高氧化锌矿的回收率。大量的试验表明, 六偏磷酸盐能有效地抑制石英和白云石类脉石; 水玻璃对绢云母、绿泥石和铁质脉石的抑制效果最佳; 腐植酸钠对碳酸盐脉石和褐铁矿的硅酸盐有较好的抑制效果; 聚丙烯酸能强烈抑制碳酸钙和碳酸镁类矿石; 羧甲基纤维素对粘土矿泥具有良好的抑制作用。

汪兆龙等^[12]使用纯矿物单泡浮选方法, 研究了

十余种抑制剂对菱锌矿可浮性影响和对脉石矿物的抑制能力。研究表明,胺法浮选菱锌矿时,木素磺酸钙是对常见的主要脉石矿物方解石、石英选择性较强的抑制剂。

A. M. 马拉比克等人^[13]研究抑制剂对锌品位为 16.96% 的细粒嵌布氧化锌矿石浮选的影响。研究表明,对脉石选择性最强的抑制剂是三聚磷酸盐、聚羟基酸、甲碳酸酯瓜胶和乙羟基淀粉。

有文献说明,六偏磷酸钠与水玻璃混用,几乎能抑制所有的脉石矿物。柴河铅锌矿混用这两种药剂,显著地减少了矿泥和可溶性盐对氧化铅、锌矿上浮的干扰。碳酸盐和硫化钠混用于胺法浮选氧化锌矿的过程中,能有效地抑制碳酸盐,硫酸盐类脉石。

1.4 絮凝/分散剂

氧化铅、锌矿可以用选择性絮凝工艺回收^[7],特别是细粒和矿泥部分,如果使用选择性絮凝方法进行选别,回收率将会有很大提高。选择性絮凝主要用高分子絮凝剂通过桥联作用,把微细粒连接成一种任意、具有三度空间、疏松、多孔性的絮凝体,如果有两种以上的矿物或矿物和脉石存在时,高分子絮凝剂仅跟其中的一种发生选择性絮凝,而另一种仍为分散状态,因而将两种矿物或矿物与脉石分开。

冯家祥等人研究了细粒(-0.020 mm)菱锌矿、石英及其混合矿(1:4)的分散、絮凝行为。结果表明,在 pH = 7 时,用腐殖酸钠和烤胶作分散剂,2PAM30(水解聚丙烯酰胺)作选择性絮凝剂,通过螯合作用吸附在菱锌矿表面,絮凝菱锌矿,而不絮凝石英,从而得到较好的分离效果。

杨敖等^[14]研究了 17 种不同离子型的聚丙烯酰胺系列产品选择性絮凝兰坪水锌矿($3\text{Zn}(\text{OH})_2 \cdot 2\text{ZnCO}_3$)的可能性。结果表明,阴离子絮凝剂 2PAM30 是水锌矿-石英的最佳絮凝剂,与六偏磷酸钠和 EDTA 混用可较好地分离两种矿物。至于高价金属离子对石英的活化,可通过调节 pH 值,添加六偏磷酸钠、三聚磷酸钠和 EDTA 将其消除。

美国 A 系列阴离子絮凝剂能很好地絮凝水锌矿,当 A_{100} 的用量在 2~4 mg/L 时,水锌矿的絮凝率在 99% 以上,几乎全部絮凝。

国产非离子絮凝剂 1PAMO 对水锌矿的絮凝力强于美国非离子絮凝剂 N_{100} ,但在高剂量时有较明显的分散作用,从而导致水锌矿的絮凝率下降。所

以,在用这类絮凝剂时要注意控制用量。

2 捕收剂的研究

2.1 阴离子捕收剂

氧化铅、锌矿经硫化剂硫化后,才能按硫化矿类作用原理,用黄药类捕收剂捕收。其作用机理主要有以下几种说法^[7]:①化学反应假说,认为黄药与硫化了的氧化铅、锌矿表面发生了化学反应,反应产物的溶解度积愈小,反应愈容易发生,药剂对该矿物的捕收能力愈强;②离子交换学说,认为黄药的阴离子与氧化铅、锌矿表面的阳离子产生交换吸附;③分子吸附假说,认为黄药分子在硫化了的氧化铅、锌矿表面产生分子吸附;④共吸附学说,认为黄药与硫化了的氧化铅、锌矿物表面既产生离子的交换吸附,又产生双黄药分子的共吸附。

S. R. Popov 等在 pH = 6~7 时,用乙基钾黄药研究了 Pb^{2+} 离子对白铅矿的可浮性和表面特性的影响。在乙基钾黄药加入之前,先进行醋酸铅溶液的倾析处理,白铅矿获得了比原来好得多的可浮性。只要矿物表面从溶液中吸附 EX^- 离子,就会发生水解 Pb^{2+} 离子络合物的再吸附。红外光谱研究表明,随着搅拌时间的延长,乙基黄原酸铅单分子层会增加。

据报道,用十五烷基硫醇和环己烷黑药^[15]分别浮选泗顶氧化铅、锌矿石,发现十五烷基硫醇对菱锌矿有较好的捕收能力,而环己烷黑药则对氧化铅矿有较好的捕收能力,能显著地提高铅回收率。

柴河铅锌矿用环己烷黑药捕收氧化铅矿比黄药捕收剂更为有效,回收率提高了 17 个百分点。环己烷黑药捕收细粒难浮氧化铅矿,其浮选效果尤好。

前苏联扎伊雷姆选矿厂在氧化铅矿浮选中,将煤油与黄药混合加入浮选作业,能使铅的回收率提高 4~5 个百分点。

2.2 阳离子捕收剂

在化学上脂肪胺的合成^[16],最早始于 1850 年。但是脂肪胺类的阳离子表面活性性质迟至 1913 年才被发现。胺类捕收剂能捕收多种氧化铅、锌矿物。由于氧化矿物的表面多带负电性,经硫化后,显示了更大的负电性,所以可认为阳离子捕收剂是双电层内的静电吸附,而且在胺浓度较低时,就能发生这种吸附;当然这种吸附也可能是阳离子间的变换吸附。另外,多数氧化矿的浮选都是在碱性矿浆中进行,这时 RNH_2 分子大量生成,在分子中的氮原子上的独对电子能与 Zn^{2+} 、 Pb^{2+} 等氧化矿物晶格上的金属离

子生成络合物,而胺分子固着在矿物表面,R 基向外而使矿物疏水上浮。

用硫化钠溶液与脂肪胺盐酸盐或醋酸盐预先混合,然后进行强烈搅拌所形成的乳浊液浮选氧化锌矿石,所得到的浮选指标无论是精矿品位还是回收率都较高。我国柴河铅锌矿采用六聚偏磷酸钠和水玻璃调浆,硫化钠和混合胺(十八胺)按 100:1 的比例预先混合搅拌成乳浊液,进行不脱泥浮选氧化锌矿石,使锌精矿品位提高 3~4 个百分点,回收率提高 6 个百分点以上。

Tynagh 选厂以含椰油胺 40%、燃料油 5%、松油 5.5% 和 EthomeenC₂₅ 的乳化液为捕收剂,在 pH=12 时,浮选氧化锌矿石,结果得到氧化锌精矿品位为 37%~40%,回收率达 60% 以上。

我国柴河铅锌矿采用六聚偏磷酸钠和水玻璃调浆,硫化钠和混合胺的乳化液不脱泥浮选氧化锌矿石,使锌精矿品位提高 3~4 个百分点,回收率提高 6 个百分点以上。

醚胺系统基丙基醚胺(3-烷氧正丙基胺)系列产品的简称,其性质和捕收作用与胺相似。用醚胺、十八胺、混合胺分别捕收泗顶氧化锌矿^[7],浮选结果以醚胺指标最高。另外醚胺尚有相当的起泡能力,使用时可以不加或少加起泡剂。

癸二胺下脚料^[17]是一些化工厂用蓖麻油作原料生产尼龙 1010 时产出的一种下脚废料。其主要成分是癸二胺,但含有不少其它杂质。用它代替混合胺浮选澜沧、奕良等地的氧化锌矿,浮选指标跟混合胺差不多,用量略高。但癸二胺价格便宜,显然会降低成本,这是一个有潜力的药剂来源。

在使用十二胺作捕收剂时^[7],菱锌矿的可浮性在 pH=10~11.5 范围内最佳,而水锌矿则在 pH=11.6~12.3 时可浮性较好。但是,溶盐对胺法浮选有强烈的抑制作用,而仲辛基黄药能消除这些溶盐对氧化锌矿物的抑制,对恢复其浮选活性有着明显的效果。十二胺与仲辛基黄药混合用药浮选菱锌矿比单独用十二胺时,菱锌矿的回收率提高 20 个百分点以上,可达 88.50%。

西德专利提出用 6 个 C 原子以上的支链脂肪胺水溶性盐或油溶性盐作为氧化锌矿的捕收剂效果很好,用它来浮选摩洛哥异极矿得到了很好的指标。

使用胺和黄药的混合物比单独使用胺,在相同的用量下,可提高不同粒级,特别是 10 μm 以下细粒的锌矿物的回收率。把混合胺与仲辛基黄药按

3:1 混合使用,直接浮选氧化锌矿,得到比单用混合胺脱泥浮选还要好的指标。锌精矿品位 31.68%,回收率 66.60%。

有文献说明,捕收泗顶露天氧化铅、锌矿时,磷胺六号与丁黄药或 25 号黑药混合使用比单独使用磷胺六号的回收率高 4.5 个百分点以上。

2.3 螯合捕收剂

这种试剂的分子中,一般含有两个或两个以上能够供应电子的基团,它们与金属离子结合之后,形成环状结构的络合物。在结合的方式上,一部分是通过一般的价键(电子交换),另一部分则是通过电场的作用所产生的“副价键”。环状结构的形成不仅依赖于螯合试剂分子的构形,更重要的是取决于参与反应的金属阳离子的性质。

国外还研究了 2-肟基羧酸、2-肟基壬酸、2-肟基十一烷酸和 2-肟基十五烷酸在闪锌矿、菱锌矿和白云石上的吸附作用,并对这些酸在哈里蒙德管中浮选上述矿物的捕收性能与吸附作用进行了比较。结果表明,这些酸均对闪锌矿和菱锌矿表现出很高的吸附性能和良好的捕收性能,而且,除 2-肟基十一烷酸外,对白云石的捕收力均很差。

有人介绍了用水杨羟肟酸作捕收剂浮选菱锌矿和硫酸铅的情况,单矿物及人工混合矿的浮选分离结果均令人满意。水杨羟肟酸在菱锌矿和硫酸铅表面的作用机理,认为主要发生了化学吸附,矿物表面的金属离子与水杨羟肟酸生成螯合物。

据报道辛基羟肟酸和中性油(2:1)能有效地浮选菱锌矿、异极矿等氧化锌矿物,并可望实现氧化锌和脉石的有效分离。

有人用水杨醛肟和铜铁灵混合捕收剂对菱锌矿进行浮选,并应用高效液相色谱分析技术,对各药剂间的协同作用机理进行了探讨。认为铜铁灵先吸附在矿石表面,水杨醛肟在其表面吸附形成“复合半胶团”,这种“复合半胶团”的存在使菱锌矿的浮选能力大大提高,即产生了协同作用。“复合半胶团”中的药剂有一定的比例,当两种药剂的用量为这一比例时,形成的“复合半胶团”数目最多,菱锌矿的回收率达到最大值。

A. M. Marabini 等还用一种巯基苯并噻唑型药剂对细磨白铅矿和菱锌矿的絮凝作用进行了研究。丙氧基巯基苯并噻唑在碱性 pH 值下是白铅矿的絮凝剂,而在相同的 pH 值范围内分散菱锌矿。

据日本专利称,用氧化乙烯缩合烷基苯酚类、高

级脂肪醇类以及脂肪酸类而制备的非离子活性剂,可以不脱泥而直接浮选氧化锌矿石。

谭欣、李长根^[18]等对北京矿冶研究总院新研制的螯合型捕收剂 CF 进行系统研究。试验结果表明,CF 是菱锌矿和白铅矿的有效捕收剂,对方解石、白云石、石英和褐铁矿具有良好的选择性。通过对多元矿物混合物的浮选分离验证,以螯合剂 CF 为捕收剂、六偏磷酸钠和硫酸锌盐化水玻璃为抑制剂,在常温下的自然 pH 值矿浆中不需要加温和预先用硫化钠硫化就能较好地实现氧化铅、锌矿物与方解石、白云石、褐铁矿和石英的浮选分离。

2.4 两性捕收剂

两性捕收剂具阳离子功能团和阴离子功能团,在碱性溶液中显阴离子性质,在酸性溶液中显阳离子性质。

两性捕收剂 AE-12^[19](全称为 N-十二烷基 α-氨基乙酸钠,结构式为 $C_{12}H_{55}-NHCH_2COONa$,属烷基氨基酸类两性捕收剂)与水解聚丙烯腈混用浮选厂坝的氧化铅、锌矿石与混合胺效果相近,锌精矿品位为 40.11%,锌的回收率为 53.83%。而且它有浮选速度快,起泡剂用量少的优点,但用量比混合胺要高 50%。

N-烷基氨基乙酸具有酰胺基和羧基两种功能团,是两性捕收剂。用代号 RO-X^[6]表示这一系列化合物。朱玉霜、朱建光合成的 RO-12 对菱锌矿的捕收能力强,当用量为 5mg/L 时,回收率即达 96%;在 RO-12 分离菱锌矿-石英试验中,当 RO-12 浓度为 3.0 mg/L 时,锌精矿品位可达 46.26%,回收率 82.98%。随 RO-12 浓度增大,锌精矿品位下降,回收率上升,故控制捕收剂浓度是很重要的。

R-12 是 N-烷基氨基乙酸 RO-X 系列化合物,兼备氨基和羧基,对菱锌矿和水锌矿有捕收作用。R-12 浮选分离菱锌矿-石英混合矿(矿样质量比 1:1)效果良好,锌精矿品位 38.35%~47.12%,回收率 61%~82%;R-12 浮选分离水锌矿-石英人工混合矿,得到的锌精矿品位 41.98%~43.93%,回收率 89.25%~92.50%。

N-癸基氨基丁酸(代号 4R-10)在 pH=8~9,对菱锌矿有较好的捕收能力。当 4R-10 浓度在 75 mg/L 为以下时,菱锌矿回收率随着捕收剂浓度增大而迅速升高,当捕收剂浓度大于 200 mg/L 时,菱锌矿全浮;4R-10 在 pH=3~6,硫酸铅回收率最

高。当其浓度为 5 mg/L 时,回收率已达 90% 以上。但随浓度的增加,回收率没有太明显的变化。

朱玉霜、朱建光合成了 4RO-X 系列^[6]捕收剂,将该系列中的 4RO-12 用于浮选水锌矿。在单矿物浮选试验中,在 pH=10~12,4RO-12 捕收水锌矿的回收率可达 90% 以上;在浮选分离水锌矿-石英人工混合矿试验中,4RO-12 为 50 mg/L 时,精矿中含水锌矿为 85.93%,回收率为 84.18%;从方解石中浮选水锌矿,4RO-12 为 25 mg/L 时,精矿中含水锌矿为 89.68%,回收率为 57.07%。

2.5 其它捕收剂

张心平将北京矿冶研究总院研制的 BD₁,BD₂和 PN 新型浮选药剂与常规药剂组合应用于氧化铅、锌矿的浮选,效果较好。使用 BD₁(40 g/t)和硫酸锌(50 g/t)配合作抑制剂,硫化铅矿物浮选效率从 55.52% 提高 64.00% 以上;氧化铅浮选时,使用 BD₂(100 g/t)和六偏磷酸钠(100 g/t)配合作抑制剂,浮选效率从 53.18% 提高到 54.65%;氧化锌浮选时,使用 BD₂(100 g/t)和六偏磷酸钠(50 g/t)配合作抑制剂,浮选效率从 64.81% 提高到 72.29%。

刘开宇、张平民^[20]等研究了一种含—OH、—COOH 和—N 的复合捕收剂 CSFA 对锌氧化矿石(水锌矿)的捕收性能。当 CSFA 用量为 20 g/t、丁黄药 20 g/t 时,即使不用硫化钠活化,氧化锌及总锌的回收率分别可达 79.46% 和 86.75%。由此可见,新药剂 CSFA 对水锌矿有很强的选择性。巯基类化合物以十五烷基硫醇^[21]、环己烷黑药为代表,分别用来浮选泗顶氧化铅、锌矿,发现十五烷基硫醇对菱锌矿有较好的捕收能力,而环己烷黑药则对氧化铅矿有较好的捕收能力,能显著地提高铅回收率。

3 结 论

通过以上评述可以看出,多年来选矿工作者对氧化铅、锌矿浮选药剂进行了大量的研究,相继研制出不少新的浮选药剂,并在生产上获得了成功,创造了一定的经济效益。在浮选药剂作用机理方面也有一定的研究与探索,但是进展相对缓慢。随着易选硫化铅锌矿的不断减少,对氧化铅、锌矿选别尤其是品位低、氧化程度较深、复杂难选的氧化铅、锌矿选别进行进一步探索和研究更显得尤为重要。可通过对氧化铅、锌矿各类浮选药剂作用机理进一步研究与探索,研发新型的、经济高效的浮选药剂。浮选药剂的研发方向主要有:

(下转第 70 页)

表 1 两种药剂浮选对比试验结果

药剂	用 量 (g/t)	产品名称	产 率 /%	品 位/%					回 收 率/%				
				铜	铅	锌	硫	银/(g/t)	铜	铅	锌	硫	银
正丁基 铵黑药	20	铜铅精矿	5.98	0.832	26.558	8.674	20.345	1200	58.82	75.73	20.81	17.48	52.52
		尾矿	94.00	0.037	0.541	2.101	6.111	69	41.18	24.27	79.19	82.52	47.48
		原矿	100.00	0.085	0.097	2.494	6.963	136.634	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	24	铜铅精矿	7.47	0.589	22.981	9.405	22.418	1040	70.31	81.39	29.79	23.97	56.86
		尾矿	92.50	0.021	0.444	1.854	5.948	66	29.69	18.62	70.21	76.03	43.14
		原矿	100.00	0.064	2.186	2.444	7.239	141.566	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	28	铜铅精矿	8.75	0.533	20.266	9.886	19.909	1120	72.31	83.08	33.83	21.33	66.13
		尾矿	91.25	0.020	0.396	1.854	5.948	55	27.69	16.92	66.17	78.67	33.87
		原矿	100.00	0.065	2.134	2.557	6.900	148.188	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
异丁基 铵黑药	20	铜铅精矿	7.39	0.563	22.955	8.569	21.770	931	65.63	79.85	25.11	22.49	55.74
		尾矿	92.60	0.024	0.462	2.039	5.989	59	34.3	20.15	74.89	77.51	44.26
		原矿	100.00	0.064	2.124	2.521	7.155	123.441	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	24	铜铅精矿	9.27	0.514	19.339	10.806	21.366	966	69.51	83.32	39.43	26.85	64.22
		尾矿	90.73	0.023	0.396	1.699	5.948	55	30.43	16.68	60.57	73.15	35.78
		原矿	100.00	0.069	2.152	2.546	7.378	139.450	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
	28	铜铅精矿	10.20	0.508	18.412	9.133	23.146	793	73.24	84.06	36.38	31.70	63.40
		尾矿	89.80	0.021	0.396	1.815	5.665	52	26.76	15.94	63.62	68.30	36.60
		原矿	100.00	0.071	2.234	2.562	7.448	127.582	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

参 考 文 献

[1] 沈阳冶金选矿药剂厂. 丁基铵黑药的生产和应用[J]. 有色金属:选矿部分,1975(10):25-26.

[2] 朱玉霜,朱建光. 浮选药剂的化学原理[M]. 长沙:中南工业大

学出版社,1987.

[3] 朱玉霜,朱建光. 浮选药剂的化学原理[M]. 修订版. 长沙:中南工业大学出版社,1996.

[4] 饶桐华. 异丁基铵黑药的合成和浮选试验[J]. 有色金属:选矿部分. 1986(4):29-34. (收稿日期 2010-07-15)

(上接第 67 页)

(1)螯合剂。它的最有价值与具有实际应用之处,是不同螯合剂对不同金属的选择作用。

(2)复合药剂(如 R - X 系列,RO - X 系列)。同时含有多个功能团,具有较强的选择性,可能在矿物表面生成稳定的络合物。

(3)组合药剂。混合药剂具有协同效应,它主要表现为在矿物浮选中,矿物的回收率都高于其中任何一种药剂单独使用时的回收率。

参 考 文 献

[1] 张俊辉. 浅淡氧化铅锌矿的浮选现状[J]. 四川有色金属,2004(4):13-18.

[2] 马忠臣,孟宪瑜,吕 辉,等. 矿泥对某氧化铅锌矿石浮选的影响及采取的技术措施[J]. 有色矿冶,1999(6):14-18.

[3] Pereira C A,Peres A E C. Reagents in calamine zinc ores flotation[J]. Minerals Engineering,2005,18(2):275-277.

[4] Peres A E C,Borges A A M,Galery R. The elect ofthe dispersion degree on the floatability of an oxidised zinc ore[J]. Minerals Engineering,1994,7(11):1435-1439.

[5] 张心平,周秀英,王淑秋,等. 兰坪氧化铅锌矿浮选新工艺研究[J]. 矿冶,1995,4(3):38-43.

[6] 朱玉霜,朱建光. 浮选药剂的化学原理[M]. 长沙:中南工业大学出版社,1996

[7] 施道民,杨 敖. 氧化铅锌矿的浮选[M]. 昆明:云南科技出版社,1996.

[8] 杨顺梁,林任英. 选矿知识问答[M]. 北京:冶金工业出版社,

2006.

[9] 羊依金,刘邦瑞,冷 娥. 用二甲酚橙活化异极矿浮选的研究[J]. 云南冶金,1992(2):35-38.

[10] 文书明,张文彬,刘全军. 乙二胺活化菱锌矿的浮选试验研究[J]. 昆明工学院学报,1994(19)003:73-75.

[11] 文书明,张文彬,刘帮瑞. 二硫代碳酸盐活化异极矿的浮选试验研究[J]. 云南冶金,1995(3):18-20.

[12] 汪兆龙,朱从杰. 胺法浮选菱锌矿的脉石抑制剂研究[J]. 云南冶金:科学技术版,1993,22(1):16-22.

[13] 朱龙华,薛玉兰,朱建光. 氧化铅锌矿浮选研究进展[J]. 江西有色金属,1997,11(4):19-22.

[14] 杨 敖,石道民,兰培林. 兰坪氧化锌矿脉石体系分散与选择性絮凝研究[J]. 昆明工学院学报,1992,17(1):30-38.

[15] 有色金属选矿情报:选矿药剂专集[M]. 北京:冶金工业部有色金属情报网,1981.

[16] 见百熙. 浮选药剂[M]. 北京:冶金工业出版社,1981.

[17] 严小陵. 氧化铅锌矿石浮选的若干问题[J]. 云南冶金,1985(4):21-29.

[18] 谭 欣,李长根,等. 螯合捕收剂 CF 对氧化铅锌矿捕收性能初探[J]. 有色金属,2002(4):31-35.

[19] 王桂明,王力生. 两性捕收剂 AE - 12 及水解聚丙烯腈浮选氧化锌矿石[J]. 有色金属:选矿部分,1983(5):40-45.

[20] 刘开宇,张平民,等. CSFA 对锌氧化矿物的捕收性能及其机理研究[J]. 矿冶,2001(1):31-35.

[21] Douglas R Shaw. Dodecyl mercaptan: A superior collector for Sulfide Ores[J]. Mining Engineering,1983,33(6):686-692.

(收稿日期 2010-07-25)