

硅孔雀石活化浮选研究进展

张琳, 方建军, 赵敏捷, 李国栋

(昆明理工大学国土资源工程学院, 复杂有色金属资源清洁利用国家重点实验室, 云南 昆明 650093)

摘要:活化剂对硅孔雀石的浮选效果具有重要的影响。因而, 开发及利用新型表面活化剂浮选硅孔雀石受到广泛地关注。铵(胺)盐的组合使用不仅可以有效地提高选别指标又可降低选矿成本。本文介绍了硅孔雀石的矿石性质及常见的活化浮选法, 重点介绍了铵-胺盐的硅孔雀石活化浮选方法及作用机理。提出了进一步深入探索其活化机理、完善组合药剂制度的研究方向和绿色高效组合新型活化剂的发展趋势。

关键词:硅孔雀石; 浮选; 活化剂; 铵-胺盐

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2017.03.002

中图分类号:TD952 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2017)03-0017-05

硅孔雀石($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)是一种多相不均匀, 组成及性质不稳定的水合胶体硅酸盐矿物。多数捕收剂对硅孔雀石的浮选效果较好, 但对二氧化硅等脉石同样有效, 不能有效地将有用矿物与含硅脉石分离。此外, 硅孔雀石结构特性复杂, 一般的选矿手段很难将其选别回收, 因此硅孔雀石常被作为尾矿、废矿而丢弃。这对选矿厂来说无疑是重大的浪费。迄今为止如何有效浮选回收硅孔雀石仍然是难处理氧化铜矿浮选难题^[1-5]。

针对硅孔雀石浮选问题, 通常采用外加金属离子或加强矿物本身的溶解度来改善矿物与药剂的作用; 还会采用化学活性更强的捕收剂提高浮选效果。本文介绍了几种常见活化方法在硅孔雀石中的应用现状, 重点对铵-胺盐活化浮选方法进行介绍。

1 硅孔雀石的性质

硅孔雀石是氧化铜矿中主要的含铜矿物, 具有高结合率、高氧化率的特点, 矿物成分复杂、性质多变, 呈钟乳状、皮壳状、土状等多态结构具有特殊的多微孔结构特性, 属斜方晶系。J. Laskowski 等对硅孔雀石的动电研究结果表明: 硅孔雀石在碱性溶液中, 其表面性质呈硅质性质类似于二氧化硅; 而在酸性溶液作用下, 表面性质将取决于 Cu^{2+} 或溶液中 Cu^{2+} 的氢氧络合物^[6-9]。

硅孔雀石是典型的难溶难氧化铜矿物, 难溶于水。这类矿物组成及性质均不固定, 依据一般的化学分相法, 硅孔雀石中的铜大多数以“结合氧化铜”的形式存在。矿物含有大量物理和化学吸附水或 OH^- , 药剂吸附膜只能在矿物表面的空隙内形成, 而且极不牢固。表面双电层不能完全与捕收剂作用形成足够吸附量的活性金属离子, 因此硅孔雀石具有较强的亲水性^[10]。

2 常见的活化法

依据处理方法、药剂组成及作用机理的不同, 常见的硅孔雀石活化浮选方法分为热处理活化法、无机活化法和有机活化法等。

2.1 热处理活化法

热处理活化法即加温浮选法或在矿样在进行浮选前预先高温处理。加温浮选能使捕收剂的作用活性和矿物表面质点的热运动均有所提高, 从而提高捕收剂和矿物之间的作用。浮选前高温预处理能彻底改变矿物表面的物理化学性质, 使之产生活性更好的新生表面^[11]。

硅孔雀石可浮性差主要是因为其表面性质影响着浮选行为。许多研究表明, 在浮选前在温度 500~600℃ 范围内对硅孔雀石进行预先处理^[12]可以改善黄药浮选矿物的效果。G. González^[13] 等通过对未

基金项目:国家自然科学基金项目(No. 51364017)

作者简介:张琳(1991-), 女, 在读硕士研究生, 主要从事浮选理论与工艺等研究。

通讯作者:方建军(1968-), 男, 副教授, 主要从事资源综合利用及浮选理论与工艺等研究, E-mail: ruiyuanju@126.com。

经热活化和经活化矿样重要性质的特性进行对比:除了经过热处理后该矿物的含水量降低,从而增加了矿物的二氧化硅及氧化铜的含量。还观察到经热处理矿样的可溶性有所增加。矿物的其他特性包括两种矿样的 X 射线衍射图和红外光谱分析等结果完全相同且与马丁内斯(Martinez)在 1963 年所论述的结果十分相似。结果表明两种矿物之间的差异归因于硅孔雀石加热 550℃ 时,其表面的微孔会减少,表面亲水性降低,表面物理化学性质也随之发生变化,铜可溶性增加,预处理过的矿石某些阴离子捕收剂就可以改善浮选效果。

2.2 无机活化法

无机活化剂主要是指阳离子活化剂,以金属离子、无机盐为主。硅孔雀石浮选的常用金属离子有 Cu^{2+} 、 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Ti^{2+} 、 Ti^{3+} 及 Ti^{4+} 等,最常用的是 Cu^{2+} 。无机盐主要指一些无机铵盐,最常用的是 $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$,其在浮选中以促进硫化的活化作用为主。

F. W. Bowdish 等^[14]研究以 NH_4^+ 、 Al^{3+} 、 Zn^{2+} 、 Li^+ 、 Ti^{2+} 、 Ti^{3+} 及 Ti^{4+} 七种无机盐改善硅孔雀石硫化-黄药浮选效果。试验表明 Ti^{4+} 对该矿物的活化效果最好效果。徐晓军等^[6]用有机螯合剂捕收浮选难溶性氧化矿和硅酸盐矿物时,适当的添加金属离子作为活化剂,浮选效果较为显著。Arbiter^[15]也曾提出硫化-活化法浮选硅孔雀石即先将硅孔雀石用 Na_2S 硫化,再用 CuSO_4 活化之后用 2-巯基苯并噻唑进行浮选从而改善了浮选效果。

张文彬等^[16]以白云岩含铜型铜矿进行工业试验,添加硫酸铵以提高高结合氧化铜的回收率,在硫化钠用量一定的条件下,硫酸铵对硫化铜和氧化铜矿的浮选均有影响,随着硫酸铵用量的增大,对硫化铜的抑制作用越强,氧化铜矿回收率会快速上升逐渐趋于平稳。试验结果表明硫酸铵对氧化铜矿具有一定的活化效果,工业试验结果回收率提高 1.4%,精矿品位提高 2%。

2.3 有机活化法

目前硅孔雀石浮选最常使用的有机活化剂主要是有机螯合剂类。有机活化剂可以增加捕收剂在矿物表面物理及化学吸附的活性点和增强矿物表面的疏水活性,促进捕收剂的吸附。按其作用机理可分为两类,一类是吸附在矿物表面与金属离子形成难溶性螯合物,对氧化矿产生初步疏水作用。这类有机活化剂主要是一些亲铜螯合剂,根据形成金属螯

合环提供电子的原子类型可分为:N-O 型、O-O 型和 S-S 型等有机螯合剂,常见的有 8-羟基喹啉、铜铁试剂、 D_2 药剂等。另一类是与金属离子形成可溶性螯合物,对矿物表面产生溶解作用。常见的这类螯合剂有乙二胺及其磷酸盐、乙醇胺、三乙醇胺等^[17-18]。

以难选氧化铜矿矿样作为研究对象,采用与金属离子作用形成难溶性螯合物的强活性螯合剂作活化剂时,表面活化剂与矿物表面金属离子作用形成疏水性螯合物,并有效吸附在矿物表面,强化矿物表面金属离子与药剂的相互作用。当加入有机螯合剂后,在矿浆体系中,铜矿物表面会形成铜的螯合物,且在矿物表面或水溶液中形成沉淀。由此可知,亲铜螯合剂在矿物表面的吸附不仅能产生初步疏水作用,且能提高捕收剂的吸附能力和捕收剂对矿物的捕收作用^[19]。

N-O 型、O-O 型有机螯合剂,对含钙、镁型脉石的氧化矿具有良好捕收作用,无需采用抑制剂就能很好对矿物进行浮选分离且分选指标优于硫化浮选法。徐晓军^[20]等以云南东川矿务局汤丹铜矿作为试样,用 N-苯甲酰-N-苯基胍、烷基羟胺、8-羟基喹啉等有机螯合剂进行活化浮选试验,浮选回收率可达 90% 以上,而用硫化-黄药浮选法时,硅孔雀石浮选最高回收率也小于 40%。这说明硅孔雀石的溶解特性和螯合剂的化学活性会影响该矿物的浮选效果。同时,8-羟基喹啉与捕收剂在矿物表面均发生化学吸附并附着于矿物表面,前者的强化学吸附作用有效地增加了捕收剂在矿物表面的吸附量,增强了硅孔雀石表面疏水性。这说明活化剂产生的活化作用在于其强化学吸附作用可以增加捕收剂吸附量及提高了矿物表面的疏水性

余云柏^[21]对某低品位(含铜 $\leq 1.42\%$)、高氧化率(氧化率占 94% 以上)氧化铜矿进行研究,采用单一 D_2 -黄药法浮选,效果比传统的 Na_2S -黄药法效果稍好,获得的铜精矿品位为 11.38%,回收率为 24.98%;将两种活化剂组合配比使用,铜精矿品位提高到 19% 左右,回收率达到 77.16%,铜精矿品位和回收率都大大地提高。文姬等^[22]以东川汤丹难选氧化铜矿作为矿样试验结果表明,采用硫化浮选法对新型活性剂 N_{845} 活化效果更好,异戊基黄药和丁胺黑药的组合使用表现出显著的协同效应,从而提高铜精矿品位 0.76 个百分点,铜的回收率提高 4.22 个百分点。药有机活化剂 D_2 、 N_{845} 及混合捕收剂进行试验,试验结果表明与 D_2 药剂相比,药剂的

混合使用不仅提高选矿技术指标,同时降低了药剂成本,为选矿厂增加了经济效益。

3 胺盐及组合药剂活化浮选法

3.1 单一胺盐活化浮选

铵盐作为调整剂一直广泛应用于试验和工业中。其中最常用的是硫酸铵,作为硫化促进剂、氧化铜矿的浮选调整剂,被为难选铜矿浮选的优良活化剂。

戈保梁^[2]等对东川的硅孔雀石纯矿物进行研究,硫酸铵的加入不仅活化硅孔雀石同时又消除了部分硫离子对矿物的影响。其作用机理为硅孔雀石表面的铜与溶液中的 NH_3 发生了 Lewis 反应形成铜氨络合离子吸附于矿物表面,并与黄药成键发生化学吸附从而活化矿物,即相转移催化活化。此外,硫酸铵在电离、水解过程中,随着溶液中阳离子浓度增加,阻止部分 HS^- 的产生而部分硫离子对硅孔雀石的影响。

张覃和国外选矿学者^[23-24]等也介绍了无机铵盐在氧化铜直接浮选中的相转移催化机理。无机铵盐在矿浆溶液中表现为“搬运作用”。铵盐一般属于强酸弱碱盐能溶解矿物表面的 Cu^{2+} 形成铜氨络合离子,使矿物结构发生变化,利用 CuX_2 增强吸附强度。同时体系中的中间产物 $[\text{Cu}(\text{HN}_3)_n]\text{SO}_4$, 水解电离产生的 Cu^{2+} 和 NH_3 促进 X^- 与 Cu^{2+} 结合形成吸附于矿物表面。从而增加了捕收剂在矿物表面的吸附量,使氧化铜的黄药浮选得以活化。

针对硫酸铵对难选氧化铜矿的硫化-黄药浮选的活化作用的理论进行研究。具体表现为三个方面:(1)催化作用,铵盐的添加加快矿物硫化反应速率,避免了矿浆中过剩硫离子对硫化过的矿物的抑制作用;(2)稳定效应,硫酸铵能提高矿物表面新生成硫化膜的致密度,增强硫化膜的稳定性,避免了因硫化薄膜的脱落造成胶状硫化铜的形成。(3)疏水效应,硫酸铵促进捕收剂在矿物表面上的吸附速率、吸附量和吸附稳定性,从而增强孔雀石的疏水性^[25-27]。

3.2 单一胺盐活化浮选

近十多年来,人们开展了应用各类胺盐作为活化剂,配合黄药浮选难选氧化铜矿物的研究,这也成为了活化剂研发的重点方向。80年代,东川矿务局研制了一种新型有机调整剂一用乙二胺磷酸盐($\text{en} \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$)。该调整剂制取简单、产品性质稳定、易

于存储,但相对于其他胺盐价格略高。目前,我国也多用乙二胺磷酸盐活化硅孔雀石,不需添加硫化钠就能很好被浮选,已在工业试验或生产实践中得应用。徐晓军^[28]等用乙二胺磷酸盐活化难浮氧化铜矿物,在硫化剂(Na_2S)捕收剂(BuX)等药剂用量一定条件下,用 ENP 活化后硅孔雀石的回收率可达 90% 以上。表明 ENP 对矿物具有微溶解作用,从而影响硅孔雀石的可浮性。

采用乙二胺和乙二胺磷酸盐对硅孔雀石进行活化浮选考察发现在适当的浓度下乙二胺和乙二胺磷酸盐能适量地溶解硅孔雀石,使矿物产生新鲜表面,溶解的铜(II)离子与胺盐配成乙二胺合铜(II)离子定位于矿物晶格,与黄药离子成键而使矿物表面形成疏水性表面^[2]。乙二胺磷酸盐作用机理研究^[29]:乙二胺磷酸盐属于阳离子表面活性剂,在矿浆溶液中可解离出乙二胺阳离子,其能有效的活化氧化铜矿,主要原因是乙二胺阳离子对 Cu^{2+} 具有络合作用,氧化铜矿的矿物表面在胺盐的作用下选择性溶解,晶格缺陷增加,孔隙率增加出现新的裸露表面从而增强矿物表面的吸附能力。在小型试验和工业试验的基础上,胡邵彬等^[30]针对汤丹难选氧化铜矿,提出深度活化的设想。即延长 ENP 与矿物表面的作用时间,增强 ENP 对矿物表面的溶解作用,该工艺简单可行,降低药剂用量同时更进一步提高了工艺指标,对处理高结合率、高氧化率难处理铜矿是一种新路径。

以对胺盐的研究表明:乙二胺磷酸盐对矿物的活化效果主要体现在三个方面:(1)选择性抑制矿泥,解离形成的胺盐阳离子可吸附在矿泥表面降低其疏水性;(2)溶解清洗作用,吸附在有用矿物表面的离子具有微溶解和擦洗作用是矿物暴露出新鲜表面;(3)促进硫化,裸露在外的新鲜表面更容易被硫化生成硫化薄膜,增加稳定性。

3.3 胺(胺)盐组合活化浮选法

常规硫化浮选对氧化铜浮选具有一定的效果,由于实际生产中氧化铜矿复杂多样导致硫化效率不高,硫化膜在矿物表面吸附不稳定同时硫化钠也会抑制硫化铜矿,基于单一胺(胺)盐对氧化铜矿物硫化浮选均有活化作用,本课题组^[31]等对混合铜矿、氧化铜矿石中铜矿物,采用 NH_4HCO_3 、 NH_4F 等各类无机铵盐与磷酸乙二胺组合为耦合活化剂,进行硫化-黄药浮选经过二次粗选一次扫选两次精选最终实现高效浮选回收利用。“硫化剂-胺-胺盐”耦合

体系,基于铵、胺盐均能与铜离子形成络合物,提出将铵-胺盐组合与体系中的铜离子形成多结构的配合物,硫化钠与配合物作用形成新型硫化铜同时更加稳固的吸附在矿物表面,增强矿物的疏水性。此方法与铵、胺盐相比可大大提高矿物可浮性,不仅实现了氧化铜矿的高效浮选也实现对混合铜矿的高效回收利用。

蒋太国等^[32]研究了不同铵(胺)盐活化剂对四川会东难处理氧化铜矿硫化浮选行为的影响。结果表明:乙二胺磷酸盐、硫酸铵、氯化铵等七种铵(胺)盐均对氧化铜矿硫化浮选均有活化作用;用单一活化剂时 ENP 效果最好,而将铵-胺盐组合使用时乙二胺磷酸盐和碳酸氢铵组合效果最好,且组合铵-胺盐活化效果,优于单一铵(胺)盐。试验结果表明乙二胺磷酸盐和碳酸氢铵较佳组合比例为 1:3,铵(胺)盐总用量为 480 g/t 时,精矿铜品位提高了 4.05,回收率提高了 12.42。

鉴于无机铵盐与有机胺盐都能有效活化浮选氧化铜矿,杨瑞英^[33]以马柱铜矿体的矿石为研究对象,在硫化钠-黄药浮选法的基础上,将硫酸铵、磷酸乙二胺组合使用,试验结果表明:在硫化-黄药浮选的基础上,精矿品位一致时,单独添加硫酸铵 1500 g/t,回收率提高了 5.7。单独添加乙二胺磷酸盐(80~140)g/t 时,回收率提高了 4.8%~8.34%。混合使用该两种铵(胺)盐,用量分别为 300 g/t 和 80 g/t 时,回收率提高了将近 8,精矿品位还略有上升。混合使用铵(胺)盐,不仅减少了价格较贵的乙二胺磷酸盐的用量,代之以价格较低的硫酸铵,且可达到单独添加乙二胺磷酸盐时最佳用量下的指标,从而减少了选矿成本,具有很好的经济效益。

文娅等^[34]将会东难处理氧化铜矿和孔雀石纯矿物作为试验对象,将碳酸氢铵和乙二胺磷酸盐组合作为活化剂,对铵-胺耦合强化硫化浮选机理进行探索,其活化作用体现为三个方面:(1)相变活化,即通过物理和化学手段将难浮游的氧化矿转换成易浮选的“新型硫化铜矿”。经过 SEM-EDS 分析,在矿物表面吸附层增加了含有 C、N、O、P、S 和 Cu 的新相含铜物质;(2)促进微溶解。铵-胺耦合活化剂与单一铵、胺盐一样对矿物表面具有微溶解作用提高矿石的可浮性。(3)增强吸附稳定性,铵-胺耦合活化剂能促进硫化钠和黄药在铜矿物表面吸附的稳定性。即能为浮选过程提供稳定的 PH 值又有利于矿物表面 Zeta 电位的稳定同时有利于浮选

体系的稳定,确保了整个浮选过程的稳定性。

4 结 论

通过对硅孔雀石活化浮选法的介绍可以得出以下结论:

(1)常见的硅孔雀石活化浮选方法中热处理法能适当地提高黄药浮选时矿物的回收率,但其投资成本高,能耗大等缺点导致该方法很少受到重视且一直未应用于生产实践中。

(2)单一无机铵盐和有机胺盐在上个世纪已经在部分氧化铜矿的生产实践中得到应用,并且取得了一定的效果。但铵盐的使用造成浮选车间内 NH_4^+ 、 HS^- 等离子的增多对工人的健康和环境都有一定的影响。此外,不同选厂的矿石性质不一,对单一有机胺盐最佳用量还需要进一步探索,开发及利用高效绿色新型药剂也将成为发展趋势

(3)常规硫化浮选法对难选氧化铜矿石效果不是特别明显,试验结果表明铵-胺耦合活化剂对矿物的浮选效果比一般的方法或药剂更好。但其耦合作用还需对铵-胺盐活化剂对氧化铜矿活化浮选机理进行更进一步的研究以提供更有力的理论依据。

(4)新型和组合活化剂的使用不仅可以强化活化浮选效果、发挥药剂的协同效应,还可以大幅度降低选矿成本,创造更好的经济效益。是今后活化剂在难处理铜矿浮选应用中主要的研究方向。另外组合药剂的最佳配比、作用机理等有待进一步深入研究。

参考文献:

- [1]赵援. 硅孔雀石浮选捕收剂[J]. 有色金属:冶炼部分, 1976(2):008.
- [2]戈保梁,张文彬. 硅孔雀石的活化浮选[J]. 云南冶金, 1995,24(4):15-19.
- [3]刘殿文,张文彬,文书明. 氧化铜矿浮选技术[M]. 北京:冶金工业出版社,2009. 20-29.
- [4]R. Zhou,S. Chander. Proceedings of the X VII International Mineral ProcessingCongress. 1991, Vol. 4:47-57.
- [5]D. W. Liu,W. B. Zhang,J. J. Fang. The improvment of flotation performance of difficult-to-float copper oxide ore, Proceedings of XXIV international mineral processing congress, Beijing China, 24-28 September; 1420-1428.
- [6]徐晓军. 硅孔雀石结构特性和浮选方法[J]. 云南冶金, 1990(1):4.
- [7]Laskowski J,刘建军. 硅孔雀石浮选的研究[J]. 国外金属矿选矿,1987(12):20-29.

- [8] 徐晓军, 刘邦瑞. 矿物表面浮选活性及其活化方法[J]. 云南冶金, 1992(5): 3.
- [9] Laskowski J, Fuerstenau D W, Gonzalez G, et al. Studies on the Flotation of Chrysocolla[J]. Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review, 1985, 2(1-2): 135-155.
- [10] A. A. Abramov. Concentrate technology of oxidized and mixed ores of nonferrous metals (in Russia), Nedra, Moscow, 1986, 31.
- [11] Dondero. C. Amelia. Flotation of chrysocolla ore. C. A., 100: 159984d.
- [12] Parks G A, Kovacs C. Thermal activation of chrysocolla for xanthate flotation[J]. Transactions of the Society of Mining Engineers, 1966: 349-354.
- [13] González G, 柳衡琪. 热处理对硅孔雀石浮选的影响[J]. 国外金属矿选矿, 1979(6): 001.
- [14] Bowditch F W, Chen T P. Studies on the flotation of chrysocolla[J]. Trans SME/AIME, 1963, 226: 21-24.
- [15] Kuhn M C, Arbiter N, Kling H. Anacondás Arbiter Process for Copper[J]. CAN MIN METALL BULL, 1974, 67(742): 62-71.
- [16] 张文彬, 杨汉科, 王德华, 等. 混合铜矿浮选中使用硫酸铵的效果[J]. 有色金属: 冶炼部分, 1973(2): 008.
- [17] 王普蓉, 戴惠新, 徐国印, 等. 氧化铜矿浮选活化剂研究及应用现状[J]. 矿冶, 2012, 21(1): 15-17.
- [18] 徐晓军, 刘邦瑞. 黄药浮选氧化铜矿物时螯合剂的协同活化作用[J]. 中国有色金属学报, 1995, 5(2): 61-64.
- [19] Raghavan S, Fuerstenau D W. Characterization and pore structure analysis of a copper ore containing chrysocolla[J]. International Journal of Mineral Processing, 1977, 4(4): 381-394.
- [20] 徐晓军, 刘邦瑞. 有机螯合剂活化硅孔雀石浮选特性研究[J]. 昆明工学院学报, 1993, 18(3): 36-41.
- [21] 余云柏. D₂药剂浮选某氧化铜矿的研究[J]. 有色金属: 选矿部分, 2011(5): 62-64.
- [22] 文娅, 方建军, 毛莹博. 东川汤丹难选氧化铜矿浮选试验研究[J]. 矿冶工程, 2012, 32(2): 58-61.
- [23] 张覃, 张文彬. 硫酸铵在孔雀石的黄药直接浮选中的相转移化机理研究[J]. 昆明理工大学学报: 理工版, 1997, 22(3): 15-18.
- [24] D. W. Liu, J. J. Fang. Sulfidisation Promotion Effect of Ammonium sulfate on the Flotation of Copper Oxide Ores, XXV IMPC, Brisbane, Australia, 6-10 September
- [25] Wenbin Zhang, George W. Poling. Surface chemistry of ammonium sulphate activation in sulphidized xanthate flotation of malachite[J]. XVTT IMPC, 1987(7): 874.
- [26] Wenbin Zhang, George W. Poling. Ammonium sulphate as activator in sulphidized xanthate flotation of malachite[J]. CIM Bulletin, 1989, 82: 54-39.
- [27] 张文彬. 铵盐作调整剂在矿石浮选中的应用研究现状[J]. 矿物岩石地球化学通报, 1997(S1): 54-55.
- [28] 徐晓军, 刘邦瑞. 用乙二胺磷酸盐和 D₂ 药剂活化难浮氧化铜矿物的研究[J]. 有色金属, 2008(3).
- [29] 张文彬. 乙二胺磷酸盐作用机理初探[J]. 有色金属: 选矿部分, 1980(5): 013.
- [30] 胡绍彬, 罗才高. 深度活化浮选场丹氧化铜矿的研究及应用[J]. 云南冶金, 1997, 26(5): 17-24.
- [31] 昆明理工大学. 基于铜矿物硫化浮选体系的铵-胺耦合活化方法[P]. 中国专利: CN201210201300. 7, 2012-9-26.
- [32] 蒋太国, 方建军, 张铁民, 等. 铵(胺)盐对氧化铜矿硫化浮选行为的影响[J]. 矿产保护与利用, 2014(1): 15-20.
- [33] 杨瑞瑛. 混合调整剂的应用[J]. 有色金属: 选矿部分, 1982(3): 10, 18-19.
- [34] 文娅. 四川会东难处理氧化铜矿浮选工艺及机理研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2012.

Research and Application Progress of Activation of Floating Chrysocolla

Zhang Lin, Fang Jianjun, Zhao Minjie, Li Guodong

(Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology,

State Key Laboratory of Complex Nonferrous Metal Resources Clean Utilization, Kunming, Yunnan, China)

Abstract: Activators have a significant impact on the flotation of chrysocolla. Therefore, development and utilization of new activators in flotation chrysocolla has been paid close extensive attention. Ammonium(amine) salt can not only improve the selected index, but also can reduce the cost of mineral processing. In this paper, the main property of chrysocolla and common activation flotation process is introduced. In this paper, the properties of chrysocolla and the normal activation flotation methods were introduced, focusing on the combination of amine-ammonium salts and the mechanisms of activation in flotation of chrysocolla. Research direction of improvement of the system of combination drug, in-depth study on the applicability of the ore were put forward. Green and efficient combined activator would also be the hot of research.

Keywords: Chrysocolla; Flotation; activator; Amine(ammonium) salt;