

改性脂肪酸低温浮选宜昌某低品位磷矿

刘宇桐, 罗惠华, 赵军, 彭李情, 刘菊, 岑梅, 李封元

武汉工程大学资源与安全工程学院, 湖北 武汉 430074

中图分类号: TD923[†].13 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)06-0100-07
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.06.012

摘要 为了开发利用湖北宜昌某矿区的低镁高倍半氧化物中低品位胶磷矿资源, 采用棉油脂肪酸皂为原料, 复配聚氧乙烯醚非离子型表面活性剂, 制备了阴离子捕收剂 MON-135, 并进行了低温正反浮选实验研究。实验结果表明, 当矿浆温度为 14 ℃、磨矿细度为-0.074 mm 含量为 93.7% 时, 首先在碱性条件下采用捕收剂 MON-135 进行正浮选, 浮选精矿在酸性条件下采用捕收剂 LAA-T 反浮选碳酸盐脉石矿物, 最终获得磷精矿 P₂O₅ 品位为 32.61%、回收率 92.67% 的选矿指标。研究结果表明, 采用改性脂肪酸 MON-135 能在较低的温度下有效浮选胶磷矿, 且效果较好。

关键词 低品位胶磷矿; 低温浮选; 正反浮选; 捕收剂 MON-135

0 引言

我国磷矿资源主要分布在湖北、四川、贵州、云南和湖南等省(区), 已探明磷矿床多达 400 处, 总储量约 252.84 亿 t, 占全球磷矿储量的 4.7%。虽然拥有相对充足的磷矿资源, 但我国磷矿平均品位较低, 杂质含量高。因此, 开发利用中低品位胶磷矿迫在眉睫^[1-2]。宜昌大部分磷矿为中低品位胶磷矿, 硅酸盐和碳酸盐是常见的脉石矿物, 含量相对较高, 且胶磷矿呈现粗粒嵌布条带构造, 给分选带来困难^[3], 对此类型矿石的分选, 现阶段主要采用重介质分选或者光电拣选联合单一反浮选, 或双反浮选, 但是上述工艺中, 存在磷损失量大、回收率低等问题, 同时绿色矿山建设对矿山企业提出了更高的节能降耗要求, 因此高效耐低温捕收剂的研制与应用越发受到重视。

磷矿正浮选常采用的是脂肪酸类药剂, 其作用机制是磷灰石矿物表面的钙离子与羧酸根离子结合后使目的矿物疏水^[4], 但在低温浮选磷矿时, 脂肪酸类捕收剂在矿浆中的分散程度与溶解度较低, 致使其选择性和捕收性较差, 为了解决磷矿低温浮选存在的问题, 现阶段低温浮选的研究主要集中在两个方面: 一是复配表面活性剂以适应较低的浮选温度、提高浮选效果;

二是通过对脂肪酸类捕收剂的改性以提高对目标矿物的选择性。杨丽珍等通过在烃链中加入表面活性基团, 获得的 AW 系列捕收剂, 适用于含氟磷灰石类型矿物的浮选, 解决了传统脂肪酸类捕收剂需要加温(35 ℃ 以上)、加碱的问题^[5]。杨聪等人^[6]研制的组合药剂 HXP-7 在 8~10 ℃ 的矿浆温度下, 可将原矿 P₂O₅ 品位为 16.60% 的中低品位磷矿, 通过一次粗选、两次精选的浮选, 获得精矿 P₂O₅ 品位为 36.84%、回收率为 87.98% 的选矿指标。黄齐茂等^[7-8]浮选云南某磷矿时, 开发出不同种类的新型 α 取代脂肪酸衍生物磷矿捕收剂, 使用 α -氨基脂肪酸类捕收剂可在矿浆温度为 10~12 ℃ 的条件下, 获得磷精矿 P₂O₅ 品位 28.57%、回收率 76.11% 的选矿指标, 对于北方岩浆岩型磷灰石采用低温浮选易于获得较好的选矿指标。

各地区的矿石成分及其特性不同, 因此需要开发不同类型的捕收剂以达到优良的浮选效果。宜昌某磷矿石中的主要磷矿物是氟磷灰石, 次要矿物是石英、长石和白云石。正反浮选对选别硅钙混合型磷矿石具有较好效果, 但正反浮选工艺需要将矿浆加温, 导致成本升高。因此, 为有效选别宜昌某磷矿, 采用低温高效捕收剂 MON-135, 探索在浮选温度 14 ℃ 左右进行正反浮选研究。

收稿日期: 2023-06-08

基金项目: 湖北省揭榜制项目(2021BEC029); 湖北省技术创新重大项目(2018ACA153); 武汉工程大学研究生教育创新基金项目(CX2022597)

作者简介: 刘宇桐(1997—), 男, 山西太原人, 硕士研究生, 研究方向为选矿工艺, E-mail: 850096415@qq.com。

通信作者: 罗惠华(1968—), 男, 湖北武汉人, 教授, 研究方向为磷矿选矿理论与药剂, 矿产资源综合利用, E-mail: luohh68@sina.cn。

1 实验样品、药剂与设备

1.1 实验样品

实验样品取自湖北宜昌某矿区,磷矿 P_2O_5 品位为 25.74%, 倍半氧化物 ($Fe_2O_3+Al_2O_3$) 和 MgO 含量分别是 6.86% 和 1.4%, 属于低镁高倍半氧化物胶磷矿。矿石中主要矿物是氟磷灰石, 呈粗粒状嵌布, 常见微细粒钾长石、白云石、石英、有机炭和黄铁矿等, 这些微细粒以包裹体形式存在并且较难以解离, 部分微细粒在选别过程中会进入到磷精矿中影响最终精矿质量; 氟磷灰石其次以不规则状与钾长石、白云石等脉石紧密毗邻连生, 这种嵌布特征的氟磷灰石在磨矿中较难完全与脉石矿物单体解离, 在选矿中部分脉石矿物会进入到磷精矿中而影响最终精矿质量; 少量氟磷灰石以中、细粒嵌布于钾长石等矿物中, 这种嵌布特征的氟磷灰石只有在细磨的条件下才能较好地与脉石矿物单体解离。样品多元素分析结果见表 1。

表 1 样品多元素分析结果
Table 1 Results of multi-element analysis of samples

成分	P_2O_5	MgO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO
含量	25.74	1.4	20	2.21	4.65	35.50

1.2 试剂及设备

实验正浮选流程中采用碳酸钠作为 pH 调整剂, 水玻璃作为抑制剂, 自制的 MON-135 作为捕收剂。反浮选流程中采用硫酸作为 pH 调整剂, 磷酸作为抑制剂, LAA-T (合成原料是工业脂肪酸, 带有磺酸基的阴离子型捕收剂) 作为反浮选捕收剂。实验所用设备主要有 XMB-67 型 200×240 棒磨机, FD-0.5 单槽浮选机, XSHF-2-3 型湿式分样机, RK/ZLΦ260/200 多功能真空过滤机, 101-4A 型电热鼓风干燥箱, WMZ-200 数显温度计。

1.3 捕收剂 MON-135 的制备

以棉油脂肪酸(碘值为 135)为原料, 主要脂肪酸组成见表 2, 将棉油脂肪酸升温至 70~80 °C 左右, 加热搅拌, 然后加入温度 70~80 °C、质量浓度 20% 的氢氧化钠溶液, 继续搅拌, 使脂肪酸与碱液充分混合。油脂充分皂化之后, 加入 5% 的质量比为 1:1 的非离子表面活性剂 NP-4 (壬基酚聚氧乙烯醚) 和 OP-4 (辛基酚聚氧乙烯醚), 搅拌均匀即得到捕收剂 MON-135。

从表 2 可知, 此脂肪酸中不饱和脂肪酸的含量达到 87.85%, 其中亚油酸含量较高为 57.32%, 表明碳链结构中双键、三键的不饱和键数目较多, 作为捕收剂其选择性、捕收性能优于其他脂肪酸^[9], 但在低温环境,

表 2 碘值 135 棉油脂肪酸主要组分

Table 2 Main components of fatty acids in cotton oil with iodine value 135

脂肪酸组成	软脂肪酸	硬脂肪酸	油酸	亚油酸	亚麻酸	其他脂肪酸
含量/%	8.45	3.55	27.92	57.32	2.61	0.87

仍然存在选择性、分散性差等问题, 为了克服此类捕收剂的缺点, 添加表面活性剂 NP-4 和 OP-4 作为增效剂, 进一步改善其浮选性能。

图 1 为捕收剂 MON-135 的红外光谱图, 其中 3417.23 cm^{-1} 为 OH 基团的伸缩振动峰, 2850.79 cm^{-1} 、2921.04 cm^{-1} 和 3010.12 cm^{-1} 处为 $=CH$ 的伸缩振动峰。1651.12 cm^{-1} 为羧基中羰基 $C=O$ 的伸缩振动峰, 1558.76 cm^{-1} 处为 $C=C$ 双键的伸缩振动峰, 1112.21 cm^{-1} 和 1248.39 cm^{-1} 处为 $C-O$ 伸缩振动峰, 表明含有聚氧乙烯基团。由于该基团具有一定的亲水性, 且亲水极性基团带有一定的负电荷, 从而使 MON-135 有更好的配伍性和分散性, 可以使脂肪酸类阴离子型捕收剂在水中的分散性提高, 更容易与矿物表面发生作用^[10], 同时聚氧乙烯基团含有的醚基能与水形成氢键, 可以增强 MON-135 在水中的溶解性, 提高对矿物的选择性。

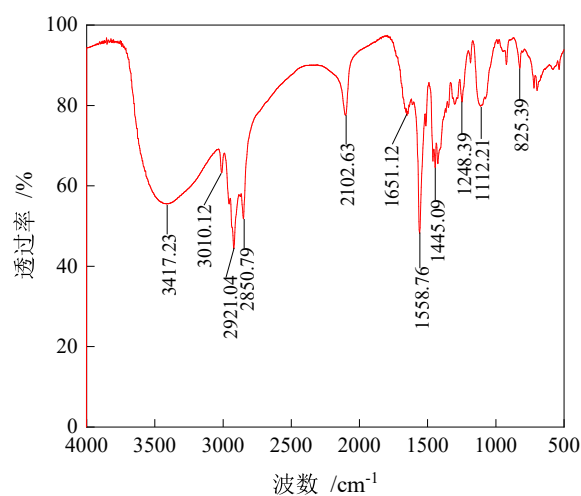


图 1 MON-135 的红外光谱

Fig. 1 Characterization of the infrared spectrum of MON-135

1.4 实验方法

原矿经过破碎、筛分至粒度 2 mm 以下, 以堆锥与环锥法混匀分样装袋备用, 每袋 1.0 kg。浮选实验前使用 XMB-67 型 200×240 棒磨机进行磨矿, 磨矿固体质量浓度为 50%, 磨好的矿样利用 XSHF-2-3 湿式分样机, 分样成 6 份矿样用于浮选, 采用 XFD-0.5L 型单槽浮选机进行浮选, 通过单因素实验确定浮选的药剂制度, 浮选时其他参数设定如下: 叶轮转速 2000 r/min, 充气量 60~80 L/h。所得精矿和尾矿产品经过滤、烘干、称重、制样后, 采用钼酸铵容量法分析 P_2O_5 品位, 并计算回收率以及选矿效率(选矿效率=

回收率-产率)^[11]。

2 实验结果与讨论

2.1 正浮选条件实验

2.1.1 磨矿细度

磨矿细度会影响矿物的浮选性能,磨矿的目的是使矿物单体解离,同时获得适宜浮选给料粒级^[12]。在浮选温度为 14 ℃ 条件下,采用一次粗选,添加 7.0 kg/t 碳酸钠、2.5 kg/t 水玻璃、捕收剂 MON-135 用量 1.2 kg/t,进行磨矿细度实验,结果见图 2。

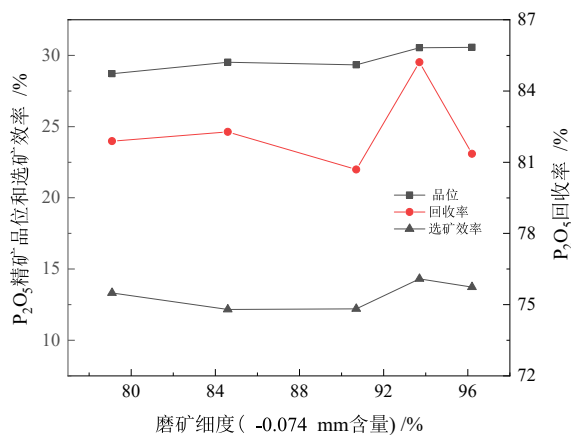


图 2 磨矿细度对精矿品位、回收率和选矿效率的影响
Fig. 2 Effect of grinding fineness on on concentrate grade, recovery rate and beneficiation efficiency

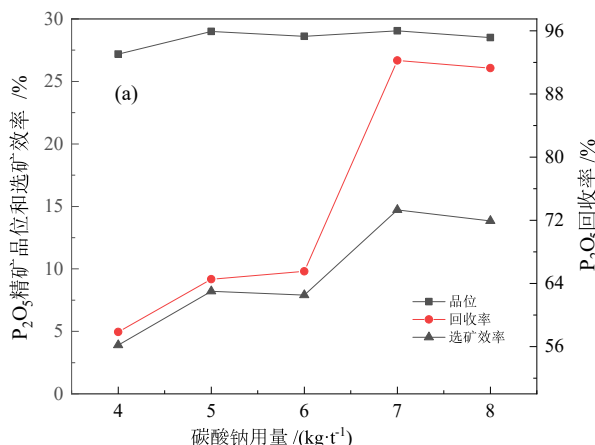


图 3 调整剂用量对精矿品位、回收率和选矿效率的影响
Fig. 3 Effect of adjuster dosage on concentrate grade, recovery rate and beneficiation efficiency

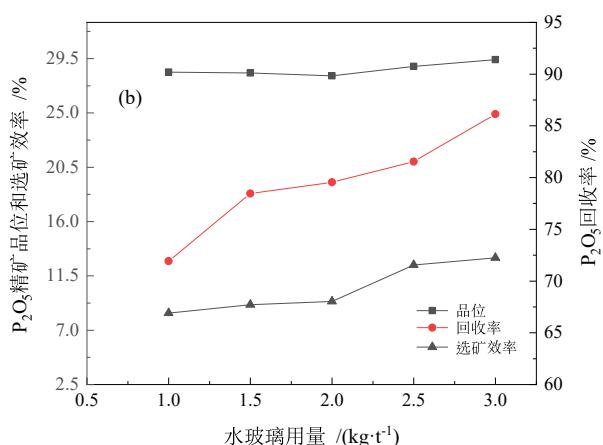
从图 3(b)可以得知,随着水玻璃用量的增加,精矿的品位在 28%~29% 左右波动。回收率随着水玻璃用量的增加而增加,在水玻璃用量从 1.0 kg/t 增至 3.0 kg/t 时,精矿的品位由 28.38% 上升至 29.41%;在水玻璃用量为 3.0 kg/t,回收率为 86.12%,与水玻璃用量为 2.5 kg/t 相比,磷精矿品位上升了 0.57 百分点,回收

率同时提高了 4.58 百分点,因而确定后续实验水玻璃用量为 3.0 kg/t。

2.1.2 调整剂

在浮选过程中,矿浆的 pH 值影响矿物的亲水性与电性。在磷矿正浮选中,常用的 pH 调整剂为碳酸钠,抑制剂为硅酸钠(胶态 SiO₂ 可选择性地吸附在硅酸盐矿物表面,使脉石矿物表面呈亲水性而受到抑制)^[13-15]。在实验温度为 14 ℃、磨矿细度为 -0.074 mm 含量 93.7%,水玻璃、捕收剂用量分别为 2.5 kg/t 和 1.2 kg/t 条件下,研究碳酸钠用量对浮选的影响,实验结果见图 3(a);在磨矿细度为 -0.074 mm 含量 93.7%,碳酸钠、捕收剂用量分别为 7.0 kg/t 和 1.2 kg/t 条件下,研究了水玻璃用量对浮选果的影响,结果见图 3(b)。

图 3(a)表明,随着碳酸钠用量的增加,精矿 P₂O₅ 品位在 29% 左右波动;碳酸钠用量为 7.0 g/t 时,精矿 P₂O₅ 回收率为 92.23%,选矿效率达到 14.72%,比碳酸钠用量为 6.0 kg/t 与 8.0 kg/t 的回收率分别提高了 26.72 百分点和 0.96 百分点,同时选矿效率分别提高了 6.82 百分点与 0.89 百分点。因此,确定碳酸钠用量为 7.0 kg/t。



率同时提高了 4.58 百分点,因而确定后续实验水玻璃用量为 3.0 kg/t。

2.1.3 MON-135 用量

MON-135 捕收剂属于脂肪酸类捕收剂,是在棉油脂脂肪酸皂中添加了一种含有聚氧乙烯基团的复合

非离子型表面活性剂, 目的是降低表面张力, 增加捕收剂在水中分散性能, 从而提高它在磷矿物表面的吸附量^[6]。为了进一步说明添加表面活性剂能改善脂肪酸捕收剂的低温浮选性能, 将 MON-135 捕收剂与棉油脂肪酸皂、油酸钠进行了低温浮选对比实验, 浮选温度为 14 ℃、磨矿细度为 -0.074 mm 含量 93.7%, 碳酸钠、水玻璃用量分别为 7.0 kg/t 和 3.0 kg/t, 三种捕收剂的用量均为 1.4 kg/t, 实验结果见图 4。

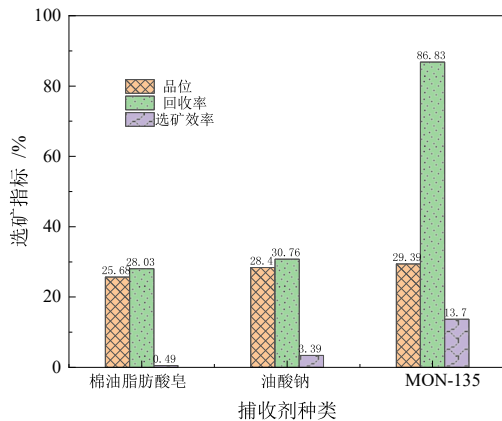


图 4 不同捕收剂对比实验结果

Fig. 4 Comparative test results of different collectors

从图 4 实验结果可知, 低温浮选时, 棉油脂肪酸皂作为捕收剂, 浮选精矿的品位仅为 25.68%, 回收率只有 28.03%, 选矿效率较低, 为 0.49%, 表明在低温下, 棉油脂肪酸皂的浮选性能较差, 且低于油酸钠; 而 MON-135 作为捕收剂时, 精矿的品位达到了 29.39%, 回收率为 86.83%, 回收率比棉油脂肪酸皂与油酸钠分别提高了 58.8 个百分点和 56.07 个百分点, 此药剂的选矿效率高达到 13.70%, 比棉油脂肪酸皂与油酸钠分别提高了 13.21 个百分点和 10.31 个百分点。说明在棉油酸皂中添加非离子型表面活性剂有助于提高低温浮选性能, 也就是 MON-135 捕收剂的低温浮选性能优于棉油脂肪酸皂以及油酸钠。

在浮选温度为 14 ℃, 磨矿细度为 -0.074 mm 含量 93.7%, 碳酸钠、水玻璃用量分别为 7.0 kg/t、3.0 kg/t 条件下, 研究了捕收剂 MON-135 用量对浮选的影响, 实验结果如图 5。

从图 5 可以得知, 当浮选温度为 14 ℃, 随着捕收剂 MON-135 用量的增加, 精矿 P_2O_5 品位、回收率以及选矿效率逐步上升。当 MON-135 用量从 0.8 kg/t 增至 1.6 kg/t 时, 精矿品位由 27.63% 上升至 29.52%, 当捕收剂的用量由 0.8 kg/t 增至 1.0 kg/t 时, 回收率和选矿效率上升幅度较明显, 分别提高了 40.57 个百分点以及 7.58 个百分点。MON-135 用量为 1.4~1.6 kg/t 时, 磷精矿品位、回收率和选矿效率相近, 其磷精矿 P_2O_5 品位分别是 29.39% 和 29.52%, 回收率分别是 86.83%

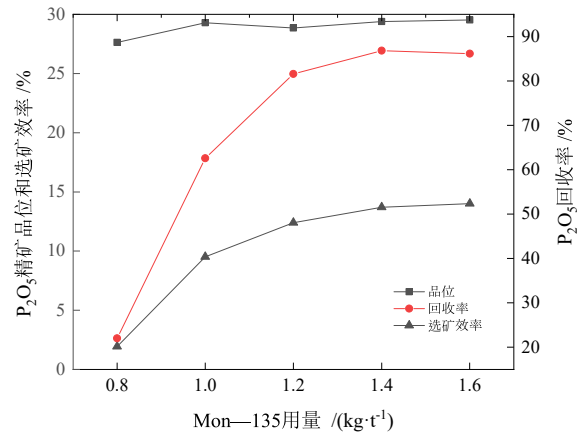


图 5 MON-135 用量对品位、回收率和选矿效率的影响

Fig. 5 Effect of MON-135 dosage on concentrate grade, recovery rate and beneficiation efficiency

和 86.14%, 选矿效率分别是 13.71% 和 14.00%, 前者比后者的磷精矿回收率高 0.69 个百分点; 而磷精矿品位和选矿效率分别低了 0.13 百分点、0.3 百分点。因此, 正浮选粗选捕收剂 MON-135 的用量在 1.4 kg/t 比较适宜。

2.2 反浮选条件实验

由于原矿中含有的碳酸盐矿物 [$CaMg(CO_3)_2$] 经正浮选后富集于磷精矿中, 导致精矿中 MgO 的含量增加。为了降低精矿中 MgO 的含量, 进一步提高品位, 采用反浮选去除碳酸盐脉石矿物。

2.2.1 pH 值调整剂

磷矿反浮选实验中, 常采用硫酸作为 pH 调整剂, 磷酸作为磷酸盐矿物的抑制剂。添加硫酸是为了调整矿浆至弱酸性, 有利于白云石的浮选, 并溶解碳酸盐表面的 CO_3^{2-} , 使该矿物表面具有较多的阳离子活化位点, 便于脂肪酸类捕收剂的吸附, 同时在酸性介质中, 碳酸盐矿物表面会形成 CO_2 微泡, 进一步改善浮选^[7]; 而磷酸水解之后产生不同类型磷酸根离子, 选择性吸附在磷矿物的表面, 导致磷矿物亲水被抑制。在磷酸、捕收剂 LAA-T 的用量分别为 3.0 kg/t 和 0.6 kg/t 的条件下, 研究硫酸用量对反浮选的影响, 结果见图 6(a)。在硫酸、捕收剂 LAA-T 用量分别为 9.0 kg/t 和 0.6 kg/t 条件下, 研究磷酸用量对反浮选效果的影响, 结果见图 6(b)。

从图 6(a) 可以得知, 随着硫酸用量增加, 反浮选磷精矿 P_2O_5 品位逐渐递减, 而回收率逐渐提高, 在硫酸用量从 9.0 kg/t 增至 18.0 kg/t 时, 精矿品位由 30.98% 降至 28.94%, 回收率从 96.29% 提高至 98.39%。说明硫酸用量增加, 矿浆的酸性增强, 加强了对碳酸盐以及磷酸盐矿物的酸解作用, 产生大量硫酸钙, 附着在碳酸盐矿物表面, 致使碳酸盐矿物亲水, 无法被浮选, 导致磷精矿的品位较低, 因此, 硫酸的用量不宜过大。

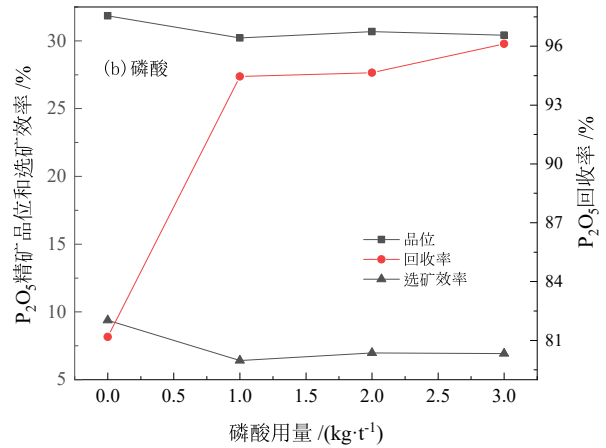
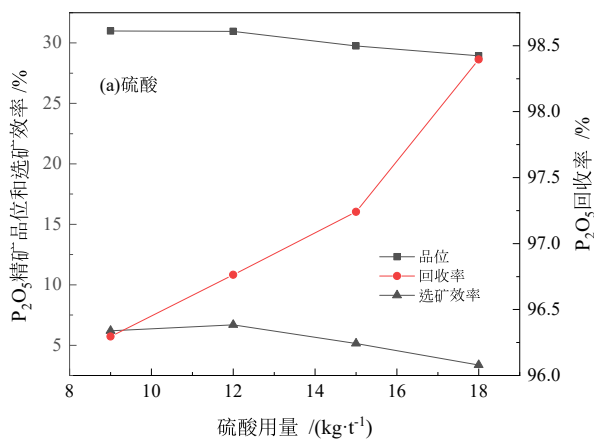


图 6 反浮选调整剂用量对精矿品位、回收率和选矿效率的影响(a: 硫酸; b: 磷酸)

Fig. 6 Effect of the amount of reverse flotation adjuster on concentrate grade, recovery rate and beneficiation efficiency

从图 6(b)看出, 添加磷酸有利于提高回收率, 而使精矿的品位下降。在不添加磷酸作为抑制剂时, 磷精矿 P₂O₅ 品位达到了 31.84%, 添加磷酸之后, 精矿的品位在 30.5% 左右波动, 磷酸用量由 0 上升到 1 kg/t 时, 回收率增加了 13.27 个百分点。选矿效率在不添加磷酸时为 9.38%, 高于添加磷酸的选矿效率, 因此, 在反浮选实验中, 不再添加磷酸作为抑制剂。

P₂O₅ 品位为 31.28%, 回收率达到了 89.54%。

2.3 闭路实验

根据上述实验获得的浮选药剂制度, 在浮选温度为 14 ℃、磨矿细度-0.074 mm 含量 93.7% 的条件下, 采用正浮选一次粗选一次精选一次扫选、反浮选一次粗选一次扫选的工艺, 进行开路流程实验, 获得磷精矿 P₂O₅ 品位为 32.47%, 正浮选尾矿 P₂O₅ 品位为 4.06%, 反浮选尾矿 P₂O₅ 品位为 1.75%, 在此开路实验的基础上进行闭路实验, 流程见图 8, 实验结果见表 3。

2.2.2 LAA-T 用量

在硫酸用量为 9.0 kg/t 下, 探究 LAA-T 用量对反浮选效果的影响, 结果见图 7。

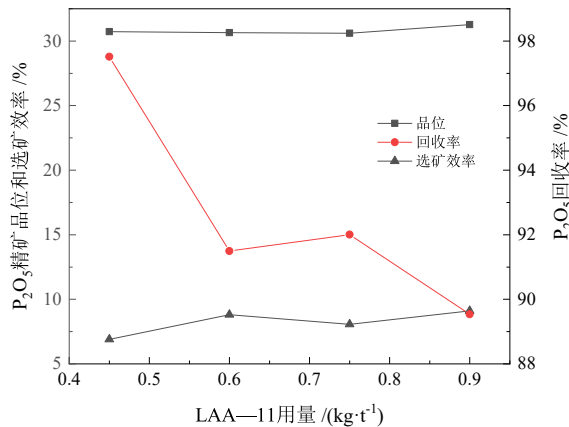


图 7 LAA-T 用量对精矿品位、回收率和选矿效率的影响

Fig. 7 Effect of LAA-T dosage on concentrate grade, recovery rate and beneficiation efficiency

从图 7 可以得知, 当捕收剂 LAA-T 用量在 0.45~0.75 kg/t 之间时, 磷精矿 P₂O₅ 品位在 30.6% 左右波动, 当 LAA-T 用量为 0.9 kg/t 时磷精矿品位较高, 达到了 31.28%。回收率随着捕收剂 LAA-T 用量的增加, 呈明显下降趋势, 而选矿效率呈现上升趋势, 在 LAA-T 用量由 0.45 kg/t 增加至 0.9 kg/t 时, 回收率由 97.51% 降至 89.54%; 选矿效率从 6.89% 上升到 9.11%, 因此反浮选粗选中 LAA-T 用量确定为 0.9 kg/t, 此时精矿

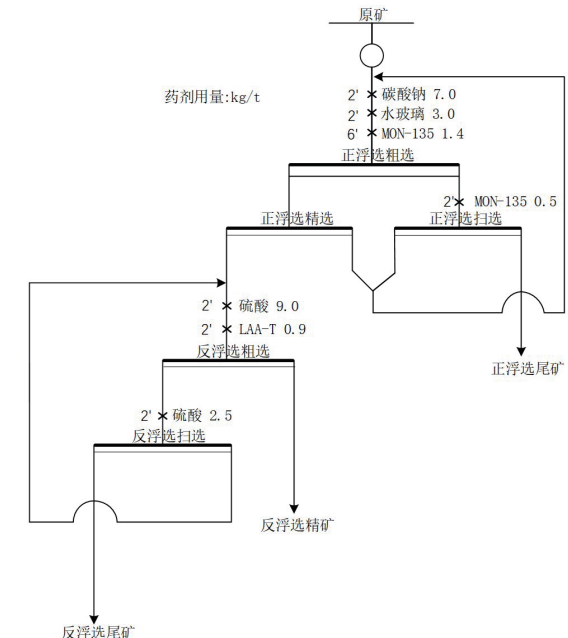


图 8 闭路实验流程

Fig. 8 Flowsheet of closed-circuit test

表 3 实验结果表明, 对 P₂O₅ 品位 25.36% 的原矿, 采用正浮选一次粗选一次精选一次扫选以及反浮选一次粗选一次扫选的工艺流程, 闭路实验可获得精矿 P₂O₅ 品位为 32.61%、回收率 92.67% 的选矿指标。经

表 3 闭路实验结果
Table 3 Results of closed-circuit tests

产品名称	产率	P ₂ O ₅ 品位	P ₂ O ₅ 回收率
反浮选精矿	72.08	32.61	92.67
反浮选尾矿	2.45	2.38	0.23
正浮选尾矿	25.47	7.06	7.10
原矿	100.00	25.36	100.00

测定,精矿中 MgO 的含量为 0.43%。

3 结论

(1)湖北宜昌地区该磷矿 P₂O₅ 品位为 25.74%、MgO 的含量为 1.4%,倍半氧化物(Fe₂O₃+Al₂O₃)含量偏高(为 6.86%)。主要矿物是氟磷灰石,次要矿物有石英、长石和白云石,属于低镁高倍半氧化物胶磷矿。

(2)棉油酸皂低温浮选性能较差,在棉油酸皂复配一定量复合型聚氧乙烯醚非离子表面活性剂 NP-4 和 OP-4 之后,可改善棉油酸皂的低温浮选性能。

(3)正浮选粗选中,采用碳酸钠为调整剂,水玻璃为抑制剂,MON-135 为捕收剂;反浮选粗选中,采用硫酸为调整剂,LAA-T 为捕收剂,在矿浆温度 14±1℃、磨矿细度-0.074 mm 占 93.7%的条件下,采用正浮选一次粗选一次精选一次扫选、反浮选一次粗选一次扫选中矿顺序返回的工艺流程,获得精矿 P₂O₅ 品位 32.61%、回收率 92.67% 的选矿指标。

参考文献:

- [1] 李成秀,文书明.我国磷矿选矿现状及其进展[J].*矿产综合利用*, 2010(2): 22-25.
LI C X, WEN S M. Status quo and progress in mineral processing technology of phosphorus ores in China[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2010(2): 22-25.
- [2] 杜令攀,陈赐云,钟晋,等.浅析磷矿选矿技术进展与问题对策[J].*化工矿物与加工*, 2016(1): 57-61.
DU L P, CHEN C Y, ZHONG J, et al. Analysis on the progress of phosphate ore dressing technology and countermeasures[J]. *Industrial Minerals & Processing*, 2016(1): 57-61.
- [3] 刘乃富.湖北省中低品位磷矿合理利用的分析与建议[J].*化工矿物与加工*, 2005, 34(11): 1-4.
LIU N F. Analysis and proposal about rational utilization of middle-low grade phosphate rock in Hubei province[J]. *Industrial Minerals & Processing*, 2005, 34(11): 1-4.
- [4] 刘树永,韩百岁,赵通林,等.中低品位磷矿浮选药剂研究现状与展望[J].*矿产综合利用*, 2021(6): 91-100.
LIU S Y, HAN B S, ZHAO T L, et al. Current status and prospects of the research on flotation reagent for medium and low grade phosphorite ore[J]. *Multipurpose Utilization of Mineral Resources*, 2021(6): 91-100.
- [5] 杨丽珍,魏祥松.北方低品位磷矿综合回收利用选矿研究及应用[J].*化工矿产地质*, 2007(1): 27-30.
YANG L Z, WEI X S. Mineral dressing investigation and application of

the composite recycle for low grade phosphorite in north China[J]. *Geology of Chemical Minerals*, 2007(1): 27-30.

- [6] 杨聪,陈兴华,解文康,等.北方某中低品位磷矿低温浮选实验研究[J].*化工矿物与加工*, 2017(2): 001.
YANG C, CHEN X H, XIE W K, et al. Experimental study on flotation of a mid-low grade phosphate ore from north China at low temperature[J]. *Industrial Minerals & Processing*, 2017(2): 001.
- [7] 黄齐茂,邓成斌,潘志权,等.新型 α -取代脂肪酸衍生物类磷矿浮选捕收剂(I)[J].*武汉工程大学学报*, 2008(2): 15-17.
HUANG Q M, DENG C B, PAN Z Q, et al. Novel collector of α -substituted fatty acid ester collector for phosphate ore[J]. *J. Wuhan Inst. Tech*, 2008(2): 15-17.
- [8] 黄齐茂,向平,罗惠华,等.新型复合捕收剂常温浮选某胶磷矿实验研究[J].*化工矿物与加工*, 2010(4): 005.
HUANG Q M, XIANG P, LUO H H, et al. Flotation of phosphate rock at normal temperature using composite collectors[J]. *Industrial Minerals & Processing*, 2010(4): 005.
- [9] 罗惠华,汤家焰,李成秀,等.胶磷矿选矿中不同植物脂肪酸的常温浮选性能[J].*武汉工程大学学报*, 2013, 35(1): 17-20.
LUO H H, TANG J Y, LI C X, et al. Normal temperature flotation performance of different plant fatty acids in the beneficiation of colophosphate ores[J]. *J. Wuhan Inst. Tech.*, 2013, 35(1): 17-20.
- [10] 罗惠华,汤家焰,李成秀,等.不同表面活性剂对改性脂肪酸捕收剂的增效作用[J].*武汉工程大学学报*, 2013, 35(3): 30-33.
LUO H H, TANG J Y, LI C X, et al. Synergistic effect of surfactants on modified fatty acid collector[J]. *J. Wuhan Inst. Tech.*, 2013, 35(3): 30-33.
- [11] 许时.矿石可选性研究[M].北京:冶金工业出版社,1981.
XU S. Ore selectivity study [M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 1981.
- [12] 曾理,姜小明,杨远敏.贵州某硅钙质磷矿岩的浮选实验研究[J].*矿产保护与利用*, 2011(Z1): 79-82.
ZENG L, JIANG X M, YANG Y M. Experimental study on the flotation of silicon-calcium colophonite[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2011(Z1): 79-82.
- [13] 刘向,李祚毕,李展,等.黄铁矿低温浮选实验及机理分析[J].*矿产保护与利用*, 2019, 39(4): 115-120.
LIU X, LI Z B, LI Z, et al. Study and mechanism analysis on the flotation of pyrite in low temperature[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2019, 39(4): 115-120.
- [14] 陈浩,任子杰,高惠民,等.石油磺酸钠低温浮选石英型萤石的实验研究[J].*矿产保护与利用*, 2020, 40(3): 135-139.
CHEN H, REN Z J, GAO H M, et al. Experimental study on low-temperature flotation of quartz-type fluorite with petroleum sodium sulfonate[J]. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*. 2020, 40(3): 135-139.
- [15] 罗惠华,刘宇桐,陈官华,等.常温正反浮选工艺富集放马山低品位胶磷矿研究[J].*磷肥与复肥*, 2022, 37(8): 9-13.
LUO H H, LIU Y T, CHEN G H, et al. Research on enrichment of Fangmashan low grade colophonite by positive and reverse flotation at normal temperature[J]. *Phosphate & Compound Fertilizer*, 2022, 37(8): 9-13.
- [16] 黄晨蕾,罗惠华,刘丽芬,等.基于晋宁堆存低品位胶磷矿工艺矿

物学分析的正反浮选研究[J]. 化工矿物与加工, 2020, 49(7): 38-41+45.

HUANG C L, LUO H H, LIU L F, et al. Research on the direct-reverse flotation based on process mineralogy of low-grade phosphate rock stockpiled in Jinning Phosphate Mine[J]. Industrial Minerals &

Processing, 2020, 49(7): 38-41+45.

[17] 郑其. 胶磷矿的反浮选[J]. 中国矿业, 1998(2): 59-62.

ZHENG Q. Reverse flotation of colophonite[J]. China Mining Magazine, 1998(2): 59-62.

Low Temperature Flotation of a Low-grade Phosphate Rock in Yichang by Modified Fatty Acids

LIU Yutong, LUO Huihua, ZHAO Jun, PENG Liqing, LIU Ju, CEN Mei, LI Fengyuan

School of Resources and Safety Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China

Abstract: In order to develop the low-grade colloidal phosphate ore resources with low magnesium and high sesquioxide in a mine in Yichang of Hubei Province, cotton oil fatty acid soap was used as raw material and compounded with polyoxyethylene ether nonionic surfactant to obtain a good selective anionic collector MON-135, which was used to conduct a pilot study of low temperature direct and reverse flotation. The experimental results showed that at a flotation pulp temperature of 14 °C and a grinding fineness of -0.074 mm 93.7%, a process was adopted involving direct flotation with one roughing and one cleaning and one scavenging followed by one roughing and one scavenging in reverse flotation, the dosages of sodium carbonate, water glass and MON-135 for direct flotation roughing were 7.0 kg/t, 3.0 kg/t and 1.4 kg/t, respectively; the dosage of MON-135 for positive flotation sweeping was 0.5 kg/t; the dosages of sulfuric acid and collector LAA-T for reverse flotation roughing were 9.0 kg/t and 0.9 kg/t, respectively; and the dosage of sulfuric acid for sweeping was 2.5 kg/t. the phosphate concentrate P₂O₅ grade of 32.61% and recovery of 92.67% were obtained in the closed circuit test. The results show that the use of low temperature collector can effectively flotation colophonite ore at a lower flotation temperature, and can obtain a better beneficiation index.

Keywords: low-grade colophonite ore; low-temperature direct; reverse flotation; collector

引用格式: 刘宇桐, 罗惠华, 赵军, 彭李情, 刘菊, 岑梅, 李封元. 改性脂肪酸低温浮选宜昌某低品位磷矿[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(6): 100-106.

LIU Yutong, LUO Huihua, ZHAO Jun, PENG Liqing, LIU Ju, CEN Mei, LI Fengyuan. Low temperature flotation of a low-grade phosphate rock in Yichang by modified fatty acids[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023, 43(6): 100-106.

投稿网址: <http://kcbhyly.xml-journal.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn