

文章编号:1674-2869(2014)012-0044-05

李楼铁矿常温阴离子捕收剂反浮选

罗惠华¹,杨 捷¹,张海青²,王 涛²,王 彪¹,黄 俊³

1. 武汉工程大学资源与土木工程学院, 湖北 武汉 430074;

2. 安徽开发矿业有限公司, 安徽 六安 237000;

3. 武汉祥辉选矿技术有限公司, 湖北 武汉 430074

摘 要:为了得到常温反浮选铁矿脱硅脂肪酸阴离子捕收剂,实现常温反浮选,通过植物油脂脂肪酸原料的选取,磺化、氧氯化反应再复配阴离子表面活性剂,制备阴离子型捕收剂.以李楼铁矿工业生产的二段强磁尾矿试验样品,进行了常温反浮选脱硅.试验结果表明,以棉油脂脂肪酸为原料合成的捕收剂的浮选性能优于米糠油脂脂肪酸和玉米油脂脂肪酸;在药剂中复配少量的表面活性剂 MES 能提高药剂的捕收性能;采用反浮选工艺流程,在矿浆温度为 17℃条件下,获得了铁精矿全铁质量分数 65.91%,产率 62.76%,回收率 91.61% 的浮选指标.

关键词:阴离子捕收剂;铁矿;反浮选

中图分类号:TD923+.1

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2014.012.009

0 引 言

我国铁矿石高品位矿少、低品位矿多,97%的铁矿石为 TFe30% 以下的低品位铁矿,目前大量未被开发利用的是难选低品位铁矿.铁矿物种类繁多,但在当前技术条件下,具有工业开发利用价值的主要是磁铁矿、赤铁矿、磁赤铁矿、钛铁矿、褐铁矿和菱铁矿等^[1].冶炼对入炉原料的要求日益提高,就必须对低品位铁矿进一步降杂提高铁矿的品位,目前,国内外的铁矿除杂研究包括阴阳离子捕收剂反浮选工艺、选择性絮凝-反浮选工艺、高梯度磁选、直接还原法-磁选、酸浸、氯化焙烧-酸浸工艺等^[2]脱磷、脱硅、脱硫.

铁矿浮选脱硅主要有以脂肪酸皂类为捕收剂的正浮选和阴阳离子捕收剂反浮选工艺.阴离子反浮选工艺是利用 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 及铁离子活化石英,脂肪酸类的捕收剂反浮选活化的石英,当 pH 值大于 10 时,采用淀粉、磺化木素及糊精等抑制铁矿物.胺类阳离子反浮选工艺,用淀粉或糊精抑制铁矿物,用阳离子捕收剂浮选不需要钙离子活化的石英.采用胺类阳离子反浮选时,生产中泡沫量大,泡沫丰富,泡沫难以管道输送,工业生产不稳定,因此工业上大部分采用阴离子反浮选工艺,此工艺面临的问题是需要加温浮选,导致选矿成本高,能耗较高,开展铁矿常温阴离子反浮选研究非

常必要,目前国内选矿行业(铁矿)采用的浮选温度为 $(35 \pm 5)^\circ\text{C}$,消耗大量的燃煤,且产生大量的 CO_2 气体,影响环境.采用常温浮选可以降低选矿成本,增加经济效益,同时改善选矿厂的生产环境,降低劳动强度.本文以李楼铁矿工业生产的二段强磁尾矿为原料,研究脂肪酸阴离子捕收剂常温反浮选工艺.

1 李楼铁矿矿石性质

李楼铁矿矿床资源储量高,共计 2.78 亿吨,其中镜铁矿资源储量有 2.4 亿吨^[3].李楼铁矿由 5 个矿体组成,其中 I 号为主矿体,约占总储量的 80%,其他 4 个矿体约占总储量的 20%.

矿石结构以鳞片变晶结构为主^[4],其次有假象自形、半自形结构、他形粒状变晶结构、交代结构及残余结构等.嵌布粒度主要为 0.05~0.25 mm,其次为 0.25~0.5 mm,部分 >0.5 mm,少量 <0.05 mm.矿石构造以浸染状构造和带状构造为主,其次为片状构造、块状构造和造斑点状构造,带状构造以细纹、条纹为主,细条痕、条痕次之,二者常交替或重叠;浸染状构造以稠密浸染状(铁矿物质量分数 20%~80%)为主,稀疏浸染状(铁矿物质量分数小于 20%)次之,属于难选低品位铁矿^[4].

李楼铁矿矿石的有用矿物主要为镜铁矿,其次为磁铁矿和赤铁矿,少量菱铁矿、褐铁矿.石英

收稿日期:2014-09-22

作者简介:罗惠华(1968-),男,湖北武汉人,教授.研究方向:选矿理论、工艺及浮选药剂.

为主要脉石矿物,其次为云母和角闪石,少量蓝晶石、绿泥石和石榴石,以及微量碳酸盐矿物、磷灰石等^[5]. 矿石的主要化学成份为 Fe₂O₃ 和 SiO₂, MgO、CaO、MnO₂、TiO₂ 含量较少,S、P 等有害元素含量甚微. 矿石中全铁质量分数最高可达 63.50%,一般在 30%~38%^[5]. 李楼铁矿多元素分析以及物相分析结果分别见表 1 和表 2^[5].

表 1 李楼原矿多元素分析结果

Table 1 Multi-elements analysis of Lilou iron ore

项目	TFe	SFe	FeO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO
w/%	35.35	34.70	1.11	46.00	1.35	0.28
项目	MgO	S	P	MnO	TiO ₂	烧失量
w/%	0.48	0.008	0.010	0.023	0.112	0.95

表 2 李楼原矿物相分析结果

Table 2 Mineral phase analysis of Lilou iron ore

矿物名称	质量分数/%	分配率/%
磁铁矿	0.20	0.57
赤(褐)铁矿	34.00	96.59
硅酸铁	0.68	1.93
碳酸铁	0.30	0.85
硫化铁	0.02	0.06
全铁	35.20	100.00

本试验矿样是二段强磁尾矿,由安徽开发矿业有限公司李楼铁矿采取,在实验室采用环锥法分样装袋,每袋 1 kg,备用. 对矿样进行了粒度分析,粒度分析如表 3.

表 3 粒度分析

Table 3 Size analysis of Lilou iron ore

粒级/mm	产率/%	累积产率/%	TFe 品位/%	TFe 分配率/%	TFe 累积分配率/%
+0.106	8.11	8.11	31.94	5.61	5.61
-0.106+0.074	4.96	13.07	30.42	3.27	8.88
-0.074+0.053	11.72	24.79	34.84	8.85	17.73
-0.053+0.044	5.10	29.89	35.75	3.95	21.69
-0.044+0.037	11.90	41.79	40.86	10.54	32.22
-0.037	58.21	100.00	53.74	67.78	100
合计	100.00		46.15	100	

2 试验设备仪器和药剂

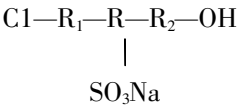
试验主要设备:湿式分样机:XSHF-2-3 湿式分样机;浮选设备:XFD3-63 型 单槽浮选机;过滤机:XTL2Φ260/Φ200 多用水环式真空过滤机.

试验药剂:NaOH 配制成 10%(质量分数,下同)水溶液;苛化玉米淀粉配制成 1%水溶液;石灰

作为活化剂,以石灰乳的形式添加到浮选中.

3 阴离子捕收剂制备及性质

分别以天然植物油酸(棉油油酸、米糠油酸、玉米油酸)为原料,通过磺化、氧氯化反应合成药剂,主体原料有植物油酸;螯合剂;活化剂;氧气和催化剂. 制备的工艺流程为主体原料经过预处理、螯合反应、活化反应、氧化反应和精制处理后得到产品,该产品为棕褐色油(膏)状物;碘值:(80±10)(g·L/g);酸值:KOH(175±10)×10⁻²(mg/g);皂化值:KOH(180±10)×10⁻²(mg/g);凝固点:(25±5)℃. 捕收剂部分药剂分子烃基结构上增加了氯基(—Cl)和羟基(—OH)和磺酸基团(—SO₃)等活性基团,其结构模型如下:



由于活性基团的引入,提高了捕收剂的活性,同时还能与矿物形成环状螯合体,因而提高了选矿效果,该类型阴离子捕收剂用于铁矿反浮选有比较好的低温分散性、选择性、溶解性. 在碱性矿浆介质中,采用此捕收剂浮选被金属离子(Ca²⁺、Mg²⁺)活化的石英及绿泥石、云母、辉石等含铁脉石物,由于功能基团之间有协同作用,对被金属离子活化的硅酸盐矿物具有螯合作用,在矿物表面发生物理、化学吸附,针对性地强化了捕收剂对目标矿物的选择性和药剂捕收能力,对原生泥、次生泥的适应性较强,对石英及绿泥石、云母、辉石等含铁脉石同样具有较强的选择性. 以 3 种不同天然植物油(棉油、豆油、玉米油)为原料,制备了 3 种不同的捕收剂 YR-A、YR-B、YR-C,再通过皂化配制成 2%水溶液,用于浮选.

4 试验结果与分析

阴离子捕收剂反浮选试验是在碱性介质下,利用上述常温阴离子型捕收剂将硅酸盐矿物作为尾矿浮出,槽内为高品位的铁精矿. 通过条件试验确定了用粗选 NaOH 用量 1 kg/t,粗选淀粉用量 715 g/t,粗选 CaO 用量 360 g/t,精选 CaO 用量 600 g/t.

4.1 捕收剂的浮选性能对比与选取

阴离子捕收剂反浮选工艺常采用脂肪酸类的捕收剂,大部分是以植物中脂肪酸为原料,原料不同或改性的方法不同获得的药剂浮选性能不同,在浮选温度为 35℃下研究了 3 种捕收剂 YR-A、

YR-B、YR-C 浮选性能,试验工艺流程图和试验结果分别见图 1、图 2。

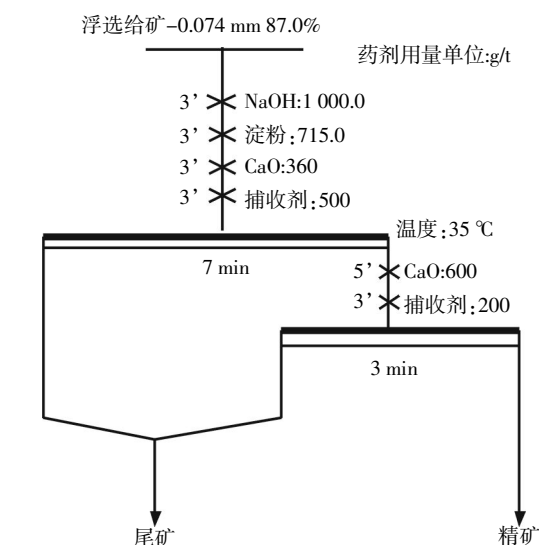


图 1 试验工艺流程图

Fig. 1 Flow chare of flotation

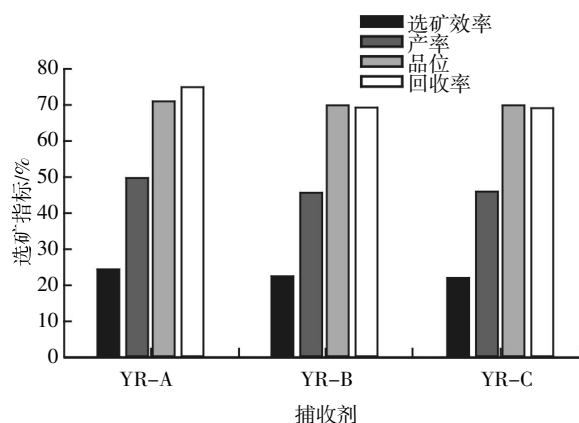


图 2 3 种捕收剂对比试验结果

Fig. 2 The flotation results of three collectors experiment

从图 2 试验结果表明:棉油油酸为原料合成的药剂作为捕收剂,获得的选矿指标都优于米糠油酸和玉米油酸为原料合成的捕收剂.其产率较 YR-B、YR-C 分别高 3.38%、3.12%,其品位较使用 YR-B、YR-C 分别高了 0.83%、1.1%,其回收率较 YR-B、YR-C 分别多了 5.91%、5.78%,YR-A 的浮选性能优于 YR-B、YR-C。

4.2 捕收剂 YRA-5 低温用量试验

再以 YR-A 为原料,复配 5% 的阴离子型表面活性剂 MES,获得铁矿反浮选常温捕收剂 YRA-5.在相同的条件下,对比研究了没有复配表面活性剂 MES 与复配之后两种药剂的浮选性能,浮选温度为 17 °C,没有复配表面活性剂的捕收剂获得精矿的回收率仅为 68.79%,精矿品位为 62.94%,而复配 5% 的 MES 之后,精矿的回收率达到了

73.57%,精矿品位为 62.13%,复配表面活性剂获得的捕收剂与未复配的捕收剂对比,回收率提高了 4.78%,品位仅仅降低了 0.81%,说明复配表面活性剂之后,捕收剂的捕收能力得到了提高.研究了 17 °C 下,复配药剂 YRA-5 的浮选性能.试验流程图见图 3,试验结果见图 4。

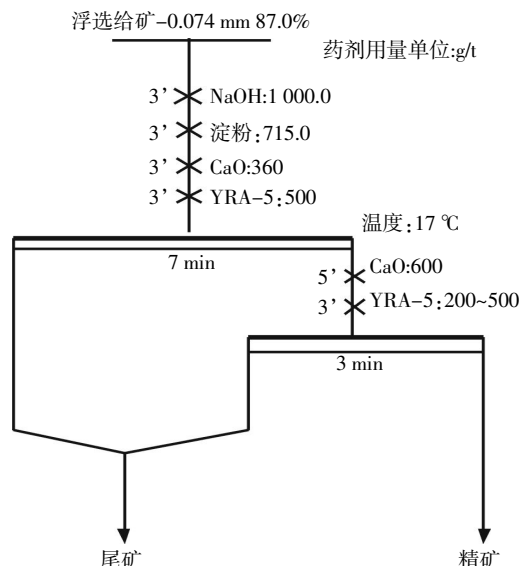


图 3 捕收剂 YRA-5 低温用量试验流程图

Fig. 3 Flow chare of collector YRA-5 flotation

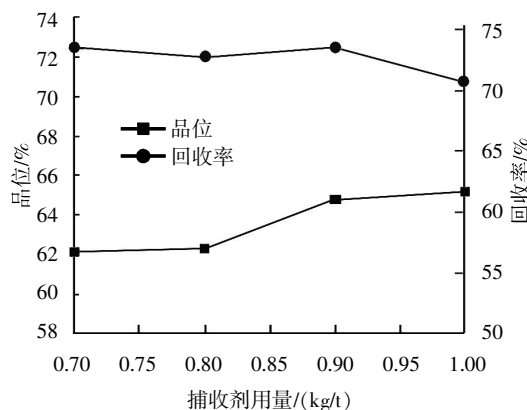


图 4 捕收剂 YRA-5 低温用量试验结果

Fig. 4 The flotation results of collector YRA-5 experiment

试验表明:随着 YRA-5 捕收剂用量的增加,精矿品位逐渐提高,回收率略有降低.当捕收剂用量达到 1.0 kg/t 时,精矿的品位达到 65.17%,较用量为 0.7 kg/t 时提高了 3.04%.在合成药剂复配了表面活性剂 MES 之后,降低浮选的温度,提高了浮选的回收率,由于 MES 具有降低了水溶液的表面张力、抗硬水性和乳化能力强,在复配中提高起泡性能^[6-7]。

4.3 YRA-5 常温浮选闭路试验

在反浮选温度为 17 °C 下,以 YRA-5 为捕收

剂,NaOH 的用量为 1 kg/t,淀粉用量为 715 g/t,石灰用量为 360 g/t,YRA-5 用量为 0.5 kg/t,精选添加石灰,其用量为 600 g/t,捕收剂用量为 0.5 kg/t,

扫选为添加 300 g/t 淀粉抑制剂,采用一粗一精二扫的反浮选工艺,进行了闭路试验流程见图 5,常温反浮选闭路试验数质量流程见图 6。

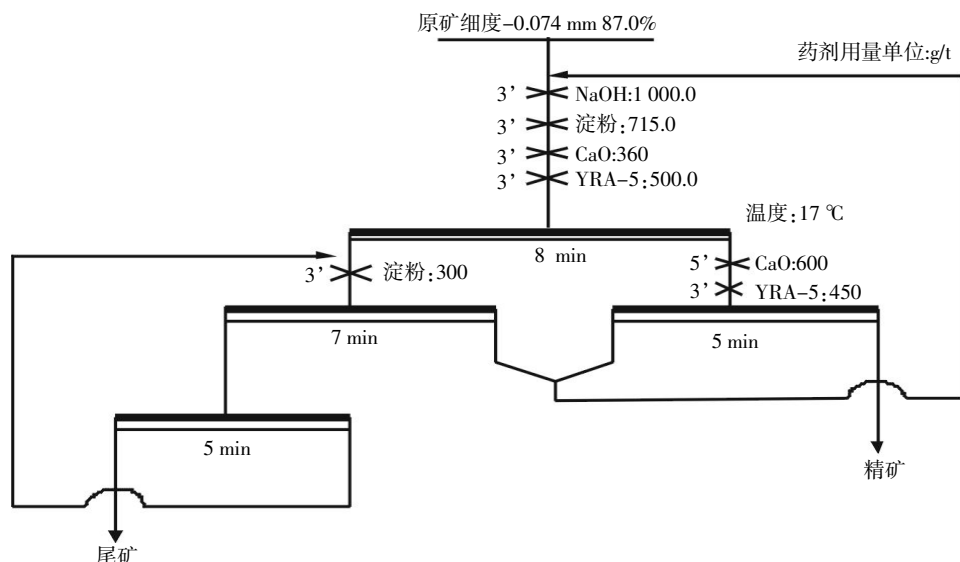


图 5 闭路浮选试验流程图

Fig.5 The flowchart of closed circuit flotation

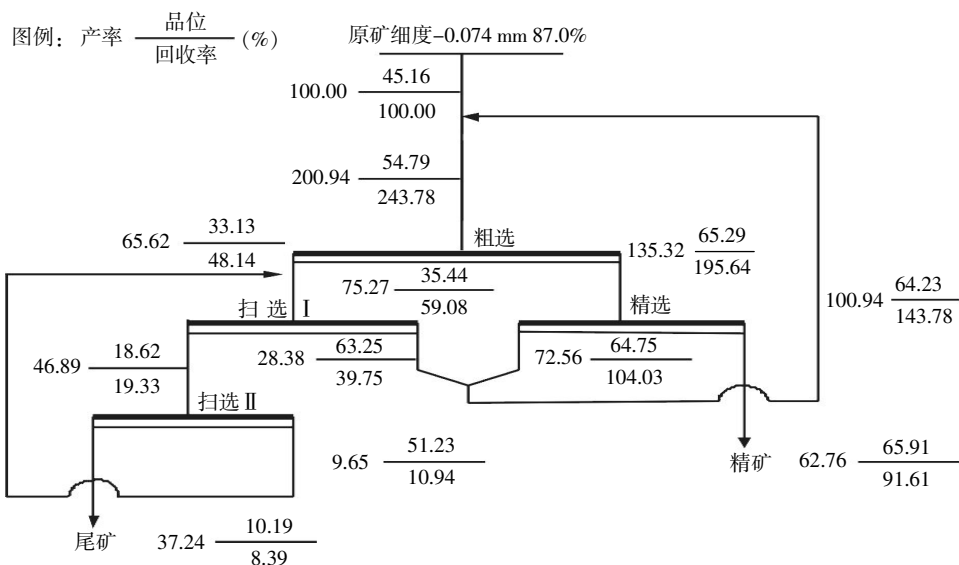


图 6 YRA-5 常温反浮选闭路试验数质量流程图

Fig.6 Quantity-quality flow sheet

采用一粗一精二扫的反浮选工艺流程,在矿浆温度为 17 °C 条件下,以 YRA-5 为捕收剂,粗选 NaOH 的用量为 1 kg/t,淀粉用量为 715 g/t,石灰用量为 360 g/t,YRA-5 用量为 0.5 kg/t,精选添加石灰,其用量为 600 g/t,捕收剂用量为 0.5 kg/t,扫选为添加 300 g/t 淀粉抑制剂,获得了铁精矿 TFe 质量分数为 65.91%,产率 62.76%,回收率 91.61% 的浮选指标。

5 结 语

以不同植物油酸为原料,通过磺化、氧氯化反

应再复配阴离子表面活性剂,制成常温反浮选阴离子捕收剂,此类捕收剂浮选性能试验研究表明,不同的原料获得的捕收剂的浮选性能不同,以棉油油酸为原料合成的捕收剂的浮选性能优于米糠油油酸和玉米油油酸;在合成药剂中添加适量的表面活性剂,获取的捕收剂可以实现常温反浮选铁矿脱硅,获得较好的选矿指标。根据李楼铁矿工业生产的二段强磁尾矿的特点,采用一粗一精二扫的反浮选工艺流程,在矿浆温度为 17 °C 条件下,粗选 NaOH 的用量为 1 kg/t,淀粉用量为 715 g/t,石灰用量为 360 g/t,YRA-5 用量为 0.5 kg/t,

精选添加石灰,其用量为 600 g/t,捕收剂用量为 0.5 kg/t,扫选为添加 300g/t 淀粉抑制剂,获得了铁精矿 TFe 质量分数为 65.91%,产率 62.76%,回收率 91.61%的浮选指标。

致 谢

试验研究过程中,安徽开发矿业有限公司给予诸多建设性观点及建议,使得研究成果具有极大的推广应用价值;武汉祥辉选矿有限公司亦有相关的帮助与支持,对此表示衷心感谢。

参考文献:

- [1] 袁致涛,高太,印万忠,等.我国难选铁矿石资源利用的现状与发展方向[J].金属矿山,2007(1):1-6.
YUAN Zhi-tao, GAO Tai, YIN Wan-zhong, et al. Status quo and development orientation of China's refractory ore resource utilization [J]. Metal Mine, 2007 (1):1-6. (in Chinese)
- [2] 孙炳泉. 近年我国复杂难选铁矿石选矿技术进展[J]. 金属矿山, 2006(3):11-13.
SUN Bing-quan. Progress in Chinas beneficiation technology for complex refractory iron ore [J]. Metal Mine, 2006(3):11-13. (in Chinese)
- [3] 王斌.安徽李楼镜铁矿选矿研究及生产实践[J].矿产保护与利用,2009(6):24-26.
WANG Bin. Study on mineral processing and production practice of Lilou specularite in Anhui Province [J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2009(6):24-26. (in Chinese)
- [4] 瞿英程,黄新.李楼铁矿选厂生产调试及技术改造[J]. 金属矿山,2008(8):55-57.
QU Ying-cheng, HUANG Xin. Pre-commissioning and technical transformation in Lilou iron concentrator [J]. Metal Mine, 2008(8):55-57. (in Chinese)
- [5] 李志勇. 李楼铁矿选厂厂工艺优化研究[EB/OL]. (2011-03-18) [2014-11-6] <http://www.hbsyjxh.org/info/lw30-1.htm>.
- [6] 何晓明,吴险峰,徐冬林.捕收剂 RA-515 的研制及应用[J].矿业工程,2004,2(1):47-48.
HE Xiao-ming, WU Xian-feng, XU Dong-lin. Development and application of collecting agent RA-515 [J]. Mining Engineering, 2004, 2(1):47-48. (in Chinese)
- [7] 王侃,黄亚茹,孔令鸟,等.MES 的性能研究[J]. 日用化学品科学,2013(6):16-19.
WANG Kan, HUANG Ya-ru, KONG Ling-niao, et al. Performance of MES [J]. Detergent & Cosmetics, 2013(6):16-19. (in Chinese)

Reverse flotation of Lilou iron ore using anionic collectors at normal temperature

LUO Hui-hua¹, YANG Jie¹, ZHANG Hai-qing², WANG Tao², WANG Biao¹, HUANG Jun³

1.School of Resource and Civil Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China;

2.Anhui Mining Development Co. Ltd., Liuan 237000, China;

3.Wuhan Xianghui Mineral Processing Technological Co. Ltd., Wuhan 430070, China

Abstract: To obtain ideal anionic collectors for reverse flotation of iron ore at normal temperature, different kinds of plant fatty acids were used to prepare anionic collectors by chemical reaction of sulfonation, oxidation, oxidation and then by compounding a certain amount of surfactant. The results of reverse flotation in Lilou strong magnetic tailings in second stage indicate that the flotation property of collector made by cottonseed fatty acid is better than that of rice bran fatty acid and corn fatty acid, and could be improved by compounding a small amount of surfactant MES. Beneficiation indexes of 65.91% iron concentrate grade, 62.75% yield and 91.61% recovery rate are obtained with reverse flotation at 17 °C.

Keywords: anionic collector; iron mineral; reverse flotation

本文编辑:龚晓宁