

文章编号:1674-2869(2013)03-0030-04

# 不同表面活性剂对改性脂肪酸捕收剂的增效作用

罗惠华<sup>1</sup>, 汤家焰<sup>1</sup>, 李成秀<sup>2</sup>, 刘飞燕<sup>2</sup>, 王亚运<sup>1</sup>, 陈炳炎<sup>2</sup>, 池汝安<sup>3</sup>

(1. 武汉工程大学环境与城市建设学院, 湖北 武汉 430074;

2. 中国地质科学院矿产综合利用研究所, 四川 成都 610041;

3. 武汉工程大学化工与制药学院, 湖北 武汉 430074)

**摘 要:**为了考查几种表面活性剂对磷矿捕收剂的增效作用,以贵州瓮福白岩磷矿为试验样品,通过浮选试验研究了表面活性剂吐温-80、吐温-80 和十二烷基硫酸钠 1:1 混合物、烷基酚聚氧乙烯醚、脂肪酸甲酯 $\alpha$ -磺酸钠盐-2、脂肪酸甲酯 $\alpha$ -磺酸钠盐-3 对改性脂肪酸类捕收剂 H-2 增效作用。结果表明,对于贵州瓮福白岩磷矿,通过在捕收剂中添加表面活性剂,可以提高捕收剂对磷酸盐矿物的选择性。添加表面活性剂烷基酚聚氧乙烯醚为捕收剂 H-2 的 13% 时,选矿回收率从 75.02% 提高到 93.14%,选矿效率从 2.15% 提高到 7.87%。表面活性剂中烷基酚聚氧乙烯醚的增效作用优于吐温-80、吐温-80 和十二烷基硫酸钠 1:1 混合物、脂肪酸甲酯 $\alpha$ -磺酸钠盐-2、脂肪酸甲酯 $\alpha$ -磺酸钠盐-3,以表面活性剂烷基酚聚氧乙烯醚复配 H-2 所得到的新型药剂,浮选性能要优于分析纯的油酸钠和工业应用的捕收剂 FMS-01。

**关键词:**胶磷矿;表面活性剂;捕收剂;增效作用

**中图分类号:**TD923

**文献标识码:**A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2013.03.006

## 0 引 言

我国磷矿资源丰富,但是磷矿资源中只有 20% 的属于易选矿,难选的低品位胶磷矿占 80% 以上<sup>[1]</sup>。必须通过选矿富集才能被利用,在实际生产中,磷矿的选矿主要工艺是浮选,常用脂肪酸(皂)作为捕收剂,但这种捕收剂存在两点不足:①捕收能力强而选择性差;②耐低温性能差;耐硬水性差。为了提高胶磷矿的选别效果,在脂肪酸类捕收剂中加入其它种类的表面活性剂产生增效作用是一种较为有效的方法。所谓增效作用是指由两种或两种以上的表面活性剂形成的复配表面活性剂效果要优于复配体系中各个组分的性能<sup>[2-5]</sup>。李冬莲等<sup>[6-8]</sup>研究结果表明,非离子型和阴离子型表面活性剂可以较好的改善羧酸类捕收剂的捕收性能,从而提高了羧酸类捕收剂的低温浮选性能。罗惠华等<sup>[9]</sup>研究表明对脂肪酸 SH-1 具有较明显增效作用的表面活性剂有 Tween-80 和十二烷基苯磺酸钠。同样表明非离子型和阴离子型表面活性剂可以较好的改善羧酸类捕收剂的捕收性能。为了了解常温下不同表面活性剂对脂

肪酸类捕收剂的增效作用,笔者研究五种表面活性剂对脂肪酸类捕收剂 H-2 的增效作用。

## 1 试验矿样、设备、药剂

### 1.1 试验矿样

试验样品来自瓮福白岩矿区,是典型的沉积型硅钙质磷块岩。根据显微镜下研究,X 射线衍射分析,红外光谱分析等工艺矿物学研究,确定了主要矿物为磷灰石、白云石、石英(玉髓)、水云母、少量硫化物,方解石、褐铁矿、炭质等碎屑矿物。矿样的主要元素分析见表 1。

表 1 试验矿样多元素分析表

Table 1 Element analysis of test sample

组分	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	CO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	F
w/%	22.70	16.54	39.77	5.41	3.95	1.86	5.35	1.68

### 1.2 试验设备及仪器

磨矿机:XMB-67 型 200×240 棒磨机

浮选机:XFD3-63 型单槽浮选机

过滤机:XTL2Φ260/Φ200 多用水环式真空过滤机

烘箱:101-4A 型电热鼓风干燥箱

收稿日期:2013-01-17

基金项目:中国地质调查局地质大调查项目(1212011120321);国家 973 预研项目(NO.2011CB4111901);教育部长江学者与创新团队项目(NO.0974)

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。

分样机: XSHF-2-3 湿式分样机

### 1.3 试验药剂

碳酸钠: 工业级, 配制 10% 水溶液.

水玻璃: 工业级, 配制 5% 水溶液.

捕收剂 H-2: 工业级, 改性脂肪酸皂, 配制 2% 水溶液.

表面活性剂: Tween-80、Tween-80 和十二烷基硫酸钠(SDS)1:1 混合物、OP-10、MES; 产地分别是广州(标注为 M-2), 山东(标注为 M-3), 化学纯.

## 2 试验结果与讨论

### 2.1 磨矿细度以及浮选药剂制度的试验

矿物的单体解离是浮选过程中目的矿物和脉石矿物有效分离的基本条件, 磨矿粒度较粗, 将导致解离不够充分; 磨矿细度过细, 泥化程度严重, 增加了分选的难度. 浮选过程中的各种药剂也是影响浮选效果好坏的关键. 采用一次一因素试验方法研究了磨矿细度, 碳酸钠、水玻璃以及脂肪酸皂类捕收剂 H-2 的用量对浮选结果的影响, 试验的流程图如图 1 所示, 确定了磨矿细度为  $-0.074\text{ mm}$  79.83%、碳酸钠用量为  $5.0\text{ kg/t}$ 、水玻璃用量为  $2.0\text{ kg/t}$ 、捕收剂用量为  $2.0\text{ kg/t}$ .

以此为条件, 比较研究以上的表面活性剂对捕收剂 H-2 的增效作用.

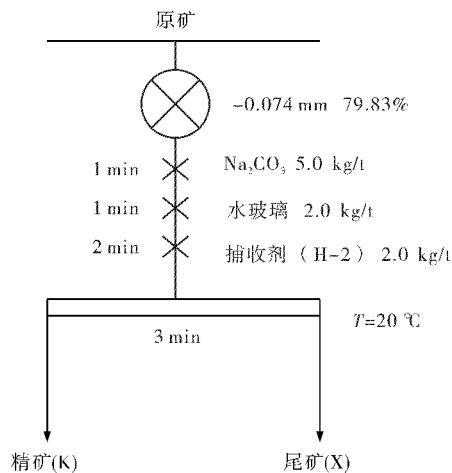


图1 浮选的工艺流程图

Fig. 1 The flow chart of flotation processing

### 2.2 表面活性剂种类的选取试验

本次试验研究表面活性剂有: Tween-80、Tween-80 和 SDS 1:1 混合物、OP-10、M-2、M-3. 将上述表面活性剂按 H-2 质量的 12.5% 与 H-2 混合均匀后配成 2% 的水溶液. 试验用量为  $2\text{ kg/t}$  试验流程见图 1, 试验结果见表 2.

表2 不同表面活性剂对捕收剂的增效实验结果

Table 2 Results of different surfactants for efficiency of collector

表面活性剂	精矿产率/%	精矿 $\text{P}_2\text{O}_5$ 品位/%	回收率/%	选矿效率/%
未添加表面活性剂	72.87	23.82	75.02	2.15
Tween-80	78.49	24.41	82.04	3.54
Tween-80 和 SDS	83.52	24.37	87.14	3.62
M-3	84.10	24.58	89.83	5.73
M-2	87.51	24.51	93.20	5.69
OP-10	84.93	25.24	91.81	6.88

从表 2 可以看出, 在捕收剂 H-2 中未添加任何表面活性剂时进行浮选, 回收率只有 75% 左右, 选矿效率仅为 2.15%, 精矿的品位仅提高了 1% 左右, 如果添加不同的表面活性剂, 不同的表面活性剂对捕收剂 H-2 有不同的增效作用, 浮选回收率提高 7.02%~18.18%, 精矿的品位可以提高 2%~3% 左右, 选矿效率上升了 1%~4.73%. Tween-80 比其他几种表面活性剂的增效作用较弱, 依次增强是 Tween-80 和 SDS 1:1 混合物、M-3、M-2、OP-10. 添加 M-2 有助于提高回收率, 增强了 H-2 捕收能力, 从精矿品位上看, 对于 OP-10 而言可以增强捕收剂 H-2 的选择性. 因此在脂肪酸类捕收剂 H-2 中添加表面活性剂 OP-10 后浮选性能优于其他的表面活性剂.

### 2.3 OP-10 与捕收剂 H-2 的不同复比对浮选的影响

由于 OP-10 比其他的表面活性剂的增效作用强, 作为捕收剂 H-2 的增效剂, 研究了该表面活性剂添加量对捕收剂增效作用的影响. 表面活性剂 OP-10 按 H-2 质量 0.5%、8%、10%、13%、15% 的量复配到 H-2 中, 混合均匀后配成 2% 的水溶液作为捕收剂, 用量均为  $2\text{ kg/t}$  试验流程见图 1, 试验结果见表 3.

从表 3 可以看出, 在捕收剂 H-2 中不添加 OP-10 表面活性剂时, 浮选回收率只有 75% 左右, 选矿效率仅为 2.15%, 精矿的品位比原矿仅提高了 1% 左右, 添加了 OP-10 表面活性剂, 回收率可以提高 8.56%~19.02%, 精矿的品位可以提高 2%~3% 左右, 选矿效率上升了 3.6%~5.72%. 复配的比例不同, 增效作用不同, 随着复配比的提高回收率上升, 在复配比为 13% 时, 选矿效率最高为 7.87%. 在复配比低时, OP-10 表面活性剂的增

效作用不明显,只有达到复配比 10%以上时,OP-10 表面活性剂的增效作用才表现出来.因此,通过对比分析,确定两者的复配比为 13%,用代号 TSM-46 表示此捕收剂.

表 3 OP-10 与 H-2 不同复配比试验结果

Table 3 Results of different proportions between OP-10 and H-2

OP-10 : H-2 复配比	精矿产 率 $\gamma/\%$	精矿品 位 $\beta/\%$	回收率 $\epsilon/\%$	选矿效 率 $E/\%$
0	72.87	23.82	75.02	2.15
5%	77.83	24.84	83.58	5.75
8%	81.54	25.09	88.42	6.88
10%	85.49	25.00	92.35	6.36
13%	85.27	25.28	93.14	7.87
15%	87.23	24.94	94.04	6.81

#### 2.4 捕收剂浮选性能对比

为了进一步考查复配捕收剂 TSM-46 的浮选性能,现将该捕收剂与其他磷矿捕收剂进行对比试验,试验流程如图 1,试验结果见表 4.

试验研究表明,TSM-46 作为捕收剂用量为 1.0 kg/t 时,精矿的回收率已达到 92%以上,选矿效率为 7%左右,精矿的品位为 25.54%,选矿效率达到 7%以上;在捕收剂 H-2 中不添加 OP-10 表面活性剂时,用量达到 2.4 kg/t,回收率为 93.21%,选矿效率仅为 4.21%;而采用油酸钠作为捕收剂时用量为 2.4 kg/t,回收率仅为 86.81%,选矿效率为 3.73%,说明添加 OP-10 表面活性剂后,不仅降低了捕收剂 H-2 的用量,同时提高了药剂的选择性,浮选性能优于油酸钠,捕收剂 TSM-46 所取得的精矿品位和回收率都高于工业应用的捕收剂 FMS-01.

表 4 几种捕收剂浮选性能对比试验结果

Table 4 Results of flotation performance among several collector

捕收剂 名称	用量/ (kg/t)	精矿产 率 $\gamma/\%$	品位 $\beta/\%$	回收率 $\epsilon/\%$	选矿效 率 $E/\%$
油酸钠	2.4	83.08	24.67	86.81	3.73
FMS-01	2.4	86.22	24.2	89.86	3.64
H-2	2.2	85.08	25.15	89.64	4.56
	2.4	89.00	25.00	93.21	4.21
TSM-46	0.8	82.29	25.53	89.40	7.11
	1.0	84.73	25.54	92.09	7.36
	1.2	85.04	25.48	92.21	7.17
	2.0	85.27	25.28	93.14	7.87

在改性脂肪酸捕收剂 H-2 中,添加 OP-10 表面活性剂提高了浮选效果,其原因 OP-10 是聚氧乙烯醚类非离子表面活性剂,其 HLB 值约为 13,极性基为聚氧乙烯键,故有一定的亲水性,且亲水极性基团带有部分负电荷,兼具配伍性和分散性,与一些离子表面活性剂作用结果,导致分散性提高,使捕收剂更容易与矿物表面作用并均匀吸附.OP-10 表面活性剂中含有能与水形成氢键的醚基,它与捕收剂复配以后,不仅能增加捕收剂的溶解性还能提高其选择性.

### 3 结 语

a. 经研究筛选出的表面活性剂 OP-10 对脂肪酸类捕收剂 H-2 增效作用优于其他的几种表面活性剂,可显著提高在胶磷矿常温下(20℃)浮选性能,并可大幅度降低脂肪酸类捕收剂 H-2 用量.

b. 在复配比低时,OP-10 表面活性剂的增效作用不明显,只有达到复配比 10%以上时,OP-10 表面活性剂的增效作用才表现出来,添加表面活性剂 OP-10 为捕收剂的 13%时,回收率比未添加表面活性剂提高了 18.12%,达到 93.14%,选矿效率升高了 5.72%,升至 7.87%,在脂肪酸类捕收剂中添加 OP-10 表面活性剂,有效提高了对胶磷矿浮选性能且优于油酸钠,复配的捕收剂所取得的精矿品位和回收率都高于工业应用的捕收剂 FMS-01.

### 致谢

本论文的研究工作获得了中国地质调查局、国家科技部、国家教育部的资助,在本课题组成员的共同协作下完成的.衷心感谢武汉工程大学和中国地质科学院矿产综合利用研究所的该项目组全体成员,感谢中国地质调查局的大力资助以及武汉工程大学环境与城市建学院的支持.

### 参考文献:

- [1] 吴彩斌,段希祥.我国磷矿石处理工艺研究[J].云南冶金,2000(4):19-22.
- [2] 周强,卢寿慈.表面活性剂在浮选中的复配增效作用[J].金属矿山,1993(8):28-31.
- [3] 黄齐茂,马雄伟.新型表面活性剂的合成及其浮选应用[J].有色金属,2010(5):33-36.
- [4] 李冬莲,谢恒星,张傲时.磷矿浮选中矿浆温度对增效作用的影响[J].化工矿物与加工,1999(4):6-8.
- [5] 李冬莲,卢寿慈.磷灰石浮选增效剂作用机理研究[J].国外金属矿选矿,1999(8):19-21.

- [6] 李冬莲,彭儒. 胶磷矿、方解石捕收剂研究[J]. 化工矿山技术,1991,20(5):22-24.
- [7] 李冬莲,卢寿慈,谢恒星. 磷灰石常温浮选溶液化学的研究[J]. 矿冶工程,1999,19(1):35-37.
- [8] 李冬莲,卢寿慈. 磷灰石浮选增效剂作用机理研究[J]. 国外金属矿选矿,1999(8):19-21.
- [9] 罗惠华,钟康年,魏以和. 增效作用对磷灰石浮选的影响[J]. 化工矿物加工,2005(5):8-10.

## Synergistic effect of surfactants on modified fatty acid collector

*LUO Hui-hua<sup>1</sup>, TANG Jia-yan<sup>1</sup>, LI Cheng-xiu<sup>2</sup>, LIU Fei-yan<sup>2</sup>, WANG Ya-yun<sup>1</sup>,  
CHEN Bing-yan<sup>2</sup>, CHI Ru-an<sup>3</sup>*

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

2. Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Chengdu 610041, China;

3. School of Chemical Engineering and Pharmacy, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** The froth flotation tests with phosphate rock in native to Wengfu Guizhou were conducted to study the synergistic effect of surfactants on the collector for phosphate mineral dressing by testing the relation of surfactants such as Tween-80, Mixture of Tween-80 and SDS by proportion of one to one, OP-10, MES-2 and MES-3 to modified fatty acid collector H-2. The results show that the selectivity of collector for phosphate mineral is improved by adding surfactant to collector for phosphate rock in native to Wengfu Guizhou. As the dosage of surfactant OP-10 is 13% of collector H-2, the mineral recovery is improved from 75.02% to 93.14% while separation efficiency is improved from 2.15 to 7.87%. In unit of surfactant, the synergistic effect of surfactant OP-10 is better than that of surfactant Tween-80, Mixture of Tween-80 and SDS by proportion of one to one, MES-2 and MES-3. The flotation performance of new collector prepared by adding surfactant OP-10 to H-2 is better than the performance of pure sodium oleate and industrial application collector FMS-01

**Key words:** collophanite; surfactants; collector; synergistic effect

本文编辑: 龚晓宁