

# 卤代改性月桂酸捕收剂 WN-01 对氟碳铈矿的捕收性能研究

池汝安<sup>1,2</sup>, 王楠<sup>1</sup>, 郭文达<sup>1,3</sup>, 张臻悦<sup>1</sup>, 刘德峰<sup>1</sup>, 李新宜<sup>1</sup>

- 武汉工程大学, 湖北 武汉 430073;
- 湖北三峡实验室, 湖北 宜昌 443000;
- 湖北兴发化工集团股份有限公司, 湖北 宜昌 443000

中图分类号: TD923.14; TD955 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2024)01-0074-08  
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2024.01.010

**摘要** 为解决氟碳铈矿浮选所用羟肟酸类捕收剂价格高、用量大、毒性强、难降解且起泡性较弱等问题, 研发了一种新型卤代改性月桂酸捕收剂 WN-01 用于氟碳铈矿浮选提纯。实验结果表明, 相比改性前的月桂酸, 月桂酸卤代改性捕收剂 WN-01 取得的最佳粗精矿 REO 品位和回收率可分别提高 4.45 个百分点和 36.86 个百分点。改性脂肪酸捕收剂 WN-01 浮选氟碳铈矿的适宜条件为矿浆 pH 为 8.5, 矿浆温度为 30 °C, 捕收剂用量为 150 mg/L, 抑制剂水玻璃用量为 120 mg/L。在该条件下, REO 品位为 26.57% 的氟碳铈矿经 1 次粗选 3 次精选 2 次扫选开路浮选, 可得到 REO 品位为 49.18%、回收率为 80.72% 的浮选精矿。产品鉴定结果表明, 浮选精矿主要成分为氟碳铈矿, 含极少量萤石, 浮选尾矿主要是石英和硅灰石, 改性脂肪酸捕收剂 WN-01 表现出了优异的捕收性能和选择性, 可替代羟肟酸类捕收剂, 实现氟碳铈矿绿色、高效浮选。

**关键词** 改性脂肪酸; 捕收剂; 氟碳铈矿; 浮选

## 引言

稀土是我国重要的战略性矿产, 被认为是新材料的宝库, 其独特性能在改善材料的光、电、磁性能等方面发挥着重要作用, 素有“工业味精”之称<sup>[1-2]</sup>, 广泛应用于许多领域, 成为很多产业不可或缺的关键原材料。我国稀土矿床类型分为风化型稀土矿和矿物型稀土矿, 资源占比分别为 2.9% 和 97.1%<sup>[3-5]</sup>。风化型稀土矿的典型代表矿物为风化壳淋积型稀土矿; 矿物型稀土矿的典型代表矿物有氟碳铈矿和独居石<sup>[6]</sup>, 主要分布在内蒙古包头白云鄂博、山东微山、四川冕宁<sup>[7-8]</sup>。矿物型稀土主要采用重选、磁选和浮选等选矿分离提取方法, 不同类型的矿物型稀土矿石所采用加工工艺通常不同<sup>[9]</sup>。从含稀土矿石中选出稀土矿物的主要方法是浮选法<sup>[10]</sup>。目前稀土矿山浮选作业大多采用捕收性强的烷基羟肟酸、环烷基羟肟酸、苯基羟肟酸和萘基羟肟酸(如 H205)等羟肟酸类捕收剂。徐金球等<sup>[11]</sup>在同分异构原理指导下合成新型捕收剂 1-羟基-2-萘

甲羟肟酸。试验结果表明, 该捕收剂能够有效地捕收稀土矿物, 获取粗精矿 REO 品位 37.02%、回收率 80.10%, 是一种很有前途的稀土捕收剂。梅建庭<sup>[12]</sup>和杨威等人<sup>[13]</sup>合成了 2,5-二羟基-4-叔丁基苯甲羟肟酸和 2,5-二氨基-4-烷氧基苯甲羟肟酸两种螯合型稀土捕收剂, 都具有良好的捕收能力及耐低温性, 能提高稀土矿物的精矿品位和回收率。大量研究表明羟肟酸类捕收剂具有选择性强、捕收能力适宜的优点, 能够获得较好的浮选指标, 但存在着药剂价格高、用量大、毒性强、难降解且起泡性较弱等缺点<sup>[14]</sup>。脂肪酸类捕收剂是最早应用于稀土浮选的捕收剂, 其优点为成本低、毒性小<sup>[15]</sup>。但脂肪酸类捕收剂捕收能力较差<sup>[16]</sup>, 在浮选过程中需要的 pH 值和温度较为严格, 无法取得较为理想的浮选指标。因此本文研究以天然脂肪酸月桂酸为原料, 在脂肪酸碳链适当位置加入卤族元素合成一种改性卤代脂肪酸 WN-01, 以期增强其可浮性能和选择性, 从而开发出适用于稀土矿物浮选的绿色、高效捕收剂, 为氟碳铈矿浮选药剂开发提供有

收稿日期: 2023-11-08

基金项目: 湖北省自然科学基金创新群体项目(2023AFA044); 湖北省教育厅科学技术研究项目(Q2021505); 中国博士后科学基金项目(2023M731041)

作者简介: 池汝安(1959-), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向: 稀土矿物加工及提取, E-mail: rac@wit.edu.cn。

通信作者: 郭文达(1991-), 男, 博士, 副教授, 硕士生导师, 研究方向: 矿物加工技术与理论, E-mail: gedaya123@163.com。

益指导<sup>[17-18]</sup>。

## 1 实验矿样与药剂

### 1.1 实验矿样

实验矿石原料来自四川某地氟碳铈矿型稀土矿, 其物相分析结果如图 1(a), 分析结果表明原矿中主要矿物有重晶石, 萤石和石英等非磁性脉石, 有用稀土矿物主要为氟碳铈矿, 但矿物含量极少, REO 品位仅为 2.34%, 因此有必要进行磁选预富集。该稀土原矿

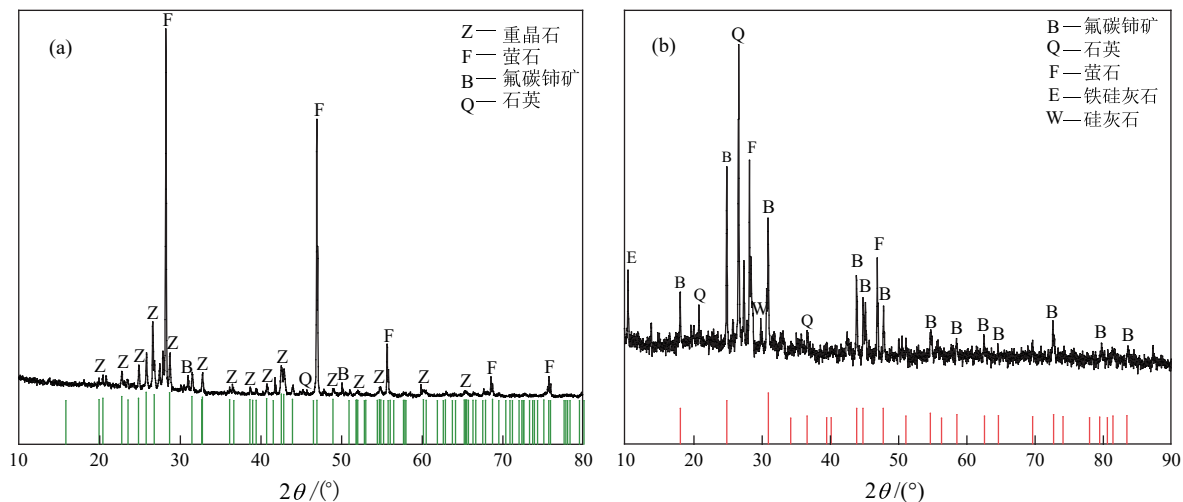


图 1 原矿(a)和预富集矿样(b)X射线衍射图谱

Fig. 1 XRD pattern of primary ore and pre-enriched ore

### 1.2 实验药剂

捕收剂为卤代脂肪酸 WN-01, 抑制剂为水玻璃, pH 调整剂为 NaOH 和 HCl, 配置质量浓度均为 0.2% 的溶液。

### 1.3 分析与检测

#### 1.3.1 REO 品位化验方法

称取 0.2~0.4 g 的待测矿样于 50 mL 的烧杯中, 加入 10 mL 高氯酸、5 mL  $H_2O_2$  并加热微沸后, 再次加入 2 mL  $H_2O_2$ , 加热至烧杯内液体为 1~2 mL 时, 冷却至室温后加入 5 mL HCl, 再次加热至刚沸后用二次水冲洗杯壁, 再次进行加热至沸腾。取下后降至室温, 使用砂芯漏斗进行过滤, 采用质量分数 1% 盐酸洗液冲洗烧杯以及沉淀, 洗至沉淀无铁色。保持滤液 100~150 mL 左右, 将滤液倒至 250 mL 烧杯中, 用质量比 1 : 1  $NH_4OH$  中和至氢氧化稀土沉淀出现并过量 20 mL, 加热煮沸。将沉淀过滤出来, 用氨性氯化铵洗液冲洗沉淀 7~8 次。沉淀烘干后放于 250 mL 的烧杯中, 加入 50 mL 的 10% 热草酸溶液(52 °C), 再加 3 滴甲酚红溶液, 用质量比 1 : 1  $NH_4OH$  调 pH 使得溶液呈黄色, 在 75 °C 下保温 30 min, 静置 4 h 以上, 等待草酸稀土

经过颚式破碎机和辊破碎机破碎至 -1 mm 后, 使用棒磨机进行磨矿, 得到 -0.074 mm 物料。过筛物料先后经过 0.1 T 场强的弱磁选和 1 T 场强的强磁选预富集, 得到实验所需的氟碳铈矿预富集矿样, 矿样烘干后备用。预富集矿样 X 射线衍射分析(XRD) 结果见图 1(b), 由图 1(b) 可知, 氟碳铈矿原矿经过弱磁—强磁预富集处理后, 矿样主要矿物为氟碳铈矿, 脉石矿物为石英、萤石及少量铁硅灰石和硅灰石。对预富集矿样进行化验分析, 结果表明 REO 品位为 26.57%, 该预富集矿样用于后续浮选实验研究。

沉淀析出。静置结束后, 用质量浓度 2% 的草酸溶液作为洗液, 冲洗过滤草酸稀土沉淀, 沉淀连同滤纸放入磁坩埚, 放入马弗炉中选取温度为 800 °C, 高温灰化 2 h<sup>[19]</sup>。使用公式(1)计算矿物品位:

$$REO\% = \frac{W_2 - W_1 - W_{\text{纸}}}{M} \times 100\% \quad (1)$$

式中:  $W_1$  为磁坩埚的质量, g;  $W_2$  为烧过马弗炉后磁坩埚+灼烧物的质量, g;  $W_{\text{纸}}$  为灼烧后滤纸的质量, g(通过六组平行实验灼烧后得到滤纸的平均质量为 0.92 mg);  $M$  为化验前称取的矿样质量, g(一般取 0.2~0.4 g)。

#### 1.3.2 X 射线衍射分析

本试验制取的样品使用 X 射线衍射仪 (DBADVANCE, 德国 Broker 公司) 进行晶型分析, 测试条件为: Cu 靶(1.35418), 扫描角度  $2\theta$  扫描范围为 10°~90°, 步长为 0.02°, 步长时间为 0.5 s。

#### 1.3.3 扫描电镜及 EDS 能谱分析

使用德国蔡司场发射扫描电子显微镜 Gemini 300 进行形貌观测, 电镜工作电压为 5 kV, 工作距离为 5.7 mm, 工作电流为 3 pA, 放大倍数为 100, 采用高

真空模式进行扫描和 EDS 能谱对样品进行定量分析。

## 2 实验结果及讨论

### 2.1 浮选条件实验

以 XFD IV0.5 型浮选机进行氟碳铈矿浮选实验, 单次样品处理量为 120 g。采用改性卤代脂肪酸 WN-01 或月桂酸为捕收剂, 水玻璃为抑制剂, NaOH 和 HCl 溶液为 pH 调整剂, 按如图 2 所示流程进行浮选条件实验。

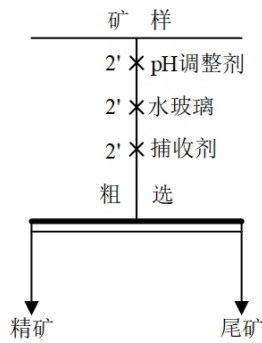


图 2 浮选条件实验流程

Fig. 2 Flow chart of flotation conditions tests

#### 2.1.1 捕收剂用量实验

实验条件: 矿浆 pH 为 8.5、水玻璃用量为 120 mg/L、矿浆温度为 20 °C、浮选机叶轮转速为 1 992 r/min、浮选时间为 4 min。分别采用改性脂肪酸捕收剂 WN-01 和未改性的月桂酸为稀土矿捕收剂, 探究不同捕收剂用量下的浮选性能, 实验结果如图 3 所示。

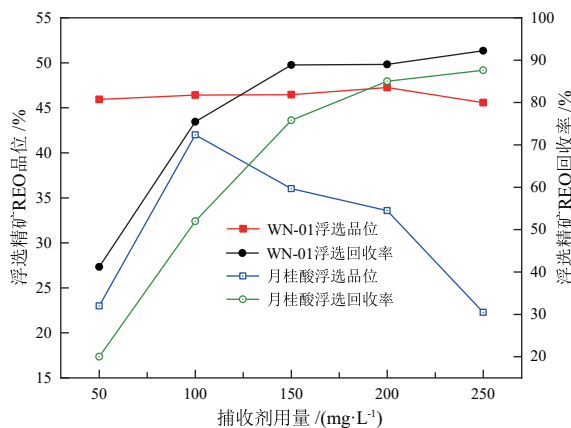


图 3 捕收剂用量对浮选指标的影响

Fig. 3 Effects of collector dosage on flotation behavior

由图 3 可以看出, 当月桂酸用量从 50 mg/L 时提高至 100 mg/L 时, 精矿 REO 品位从 23% 升高至 42%。此后月桂酸用量增加, 浮选精矿 REO 品位降低, 回收率呈增加趋势; 月桂酸用量达到 250 mg/L 时, 精矿回收率为 87.6%, 精矿 REO 品位降至 22.2%。因此以月桂酸作为氟碳铈矿正浮选捕收剂的适宜用量为

100 mg/L, 得到精矿 REO 品位为 42%、精矿回收率为 52% 的浮选指标。当捕收剂 WN-01 用量从 50 mg/L 增加至 150 mg/L 时, 精矿 REO 品位稳定在 46% 左右, 但回收率从 41.18% 急剧提高到 90%, 此后增加 WN-01 用量, 浮选精矿 REO 品位和回收率变化不大。因此捕收剂 WN-01 用于氟碳铈矿浮选的最佳用量为 150 mg/L, 此时精矿 REO 品位为 46.45%, 精矿回收率为 88.86%。对比捕收剂 WN-01 和月桂酸取得的最佳粗选指标可知, 月桂酸卤代改性后的捕收剂 WN-01 浮选精矿 REO 品位和回收率分别高出 4.45 个百分点和 36.86 百分点。由此可知, 月桂酸卤代改性后的捕收剂 WN-01 比常规的月桂酸捕收能力强, 选择性好。

#### 2.1.2 水玻璃用量

实验条件: 矿浆 pH 值为 8.5、捕收剂 WN-01 用量为 150 mg/L、矿浆温度为 20 °C、浮选时间为 4 min、浮选机叶轮转速为 1 992 r/min。改变水玻璃用量, 实验结果如图 4 所示。

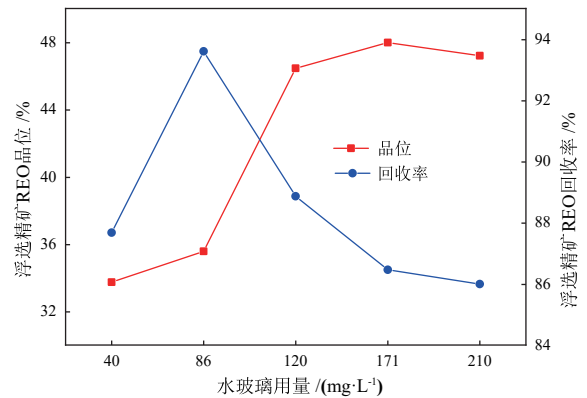


图 4 水玻璃用量对浮选指标的影响

Fig. 4 Effects of water glass dosage on flotation behavior

由图 4 可知, 当水玻璃用量从 40 mg/L 升高至 86 mg/L, 浮选精矿 REO 品位从 33.74% 增加到 35.57%, 回收率从 78.67% 增加到 93.60%, 此后增加水玻璃用量, 浮选精矿的品位呈增加趋势, 回收率逐渐下降, 当水玻璃用量超过 120 mg/L 后, 精矿 REO 品位增加不显著, 但回收率下降明显。因此, 水玻璃用量 120 mg/L 较为合适, 此时浮选精矿 REO 品位和回收率分别为 46.45% 和 88.86%。

#### 2.1.3 矿浆 pH 值

实验条件: 捕收剂 WN-01 用量为 150 mg/L、水玻璃用量为 120 mg/L、矿浆温度为 20 °C、浮选机叶轮转速为 1 992 r/min、浮选时间为 4 min。改变矿浆 pH 值, 实验结果如图 5 所示。

由图 5 可知, 当矿浆 pH 值从 6.5 上升到 8.5 时, 精矿 REO 品位从 44.54% 增加到 46.45%, 回收率保持在 89% 左右。当矿浆 pH 值进一步上升到 11.5 时, 精矿回收率急速下降至 76.55%, 精矿 REO 品位从 46.45%

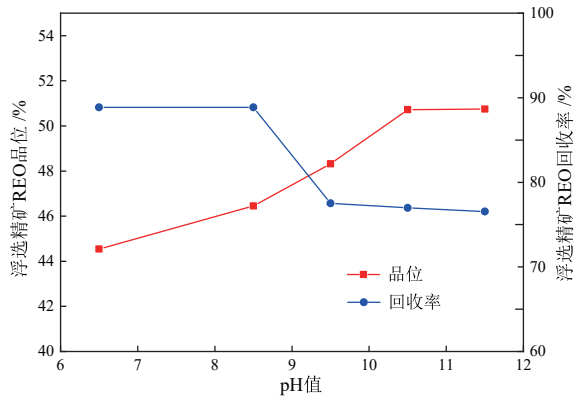


图 5 矿浆 pH 值对浮选指标的影响  
Fig. 5 Effects of pulp pH on flotation behavior

增加至 50.75%，仅增加了 4 个百分点左右。综合考虑浮选精矿品位和回收率指标，矿浆 pH 值 8.5 左右较为适宜。

#### 2.1.4 叶轮转速变量

实验条件：矿浆 pH 为 8.5、捕收剂 WN-01 用量为 150 mg/L、水玻璃用量为 120 mg/L、矿浆温度为 20 °C、浮选时间为 4 min。改变浮选机叶轮转速，实验结果如图 6 所示。

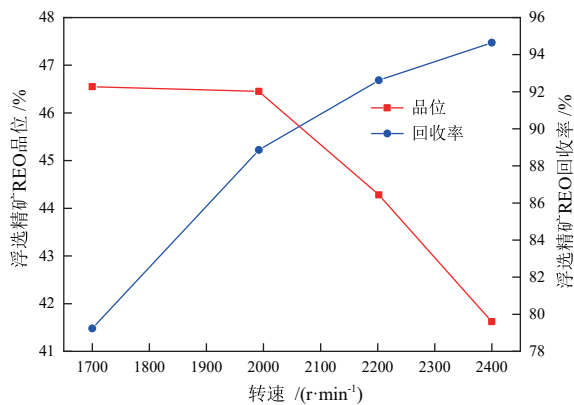


图 6 叶轮转速对浮选指标的影响  
Fig. 6 Effects of impeller rotational speed on flotation behavior

由图 6 可知，浮选机叶轮转速从 1 700 r/min 升高至 1 992 r/min，浮选精矿 REO 品位维持在 46.5% 左右，回收率从 79.23% 增加至 88.86%；此后进一步增加转速至 2 400 r/min，浮选精矿 REO 回收率从 88.86% 缓慢增加至 94.65%，但精矿 REO 品位从 46.45% 降至 41.62%。因此为了兼顾精矿品位和回收率，浮选机叶轮转速 1 992 r/min 较为合适。

#### 2.1.5 浮选时间

实验条件：矿浆 pH 值 8.5、捕收剂 WN-01 用量为 150 mg/L、水玻璃用量为 120 mg/L、浮选机叶轮转速为 1 992 r/min、矿浆温度为 20 °C。改变浮选时间，实验结果如图 7 所示。

由图 7 可知，随着浮选时间从 2 min 增加至 6 min，精矿 REO 回收率从 82.96% 迅速增加至 92.59%，REO

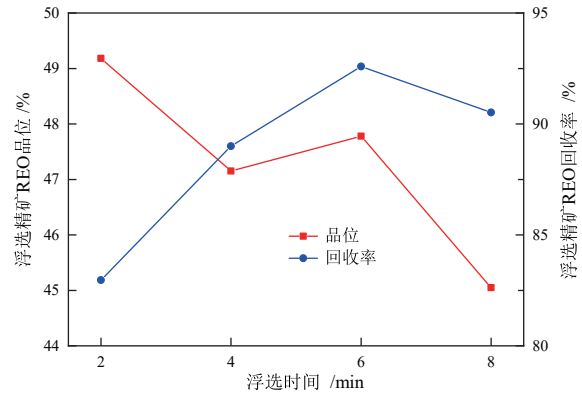


图 7 浮选时间对浮选指标的影响  
Fig. 7 Effects of flotation time on flotation behavior

品位仅从 49.18% 降低至 47.78%，下降不到 2 百分点。此后增加浮选时间，浮选精矿 REO 品位和回收率均降低。可见，捕收剂 WN-01 浮选氟碳铈矿的适宜浮选时间为 6 min 左右。

#### 2.1.6 矿浆温度

实验条件：矿浆 pH 为 8.5、捕收剂 WN-01 用量为 150 mg/L、水玻璃用量为 120 mg/L、浮选机叶轮转速为 1 992 r/min、浮选时间 6 min。改变矿浆温度，实验结果如图 8 所示。

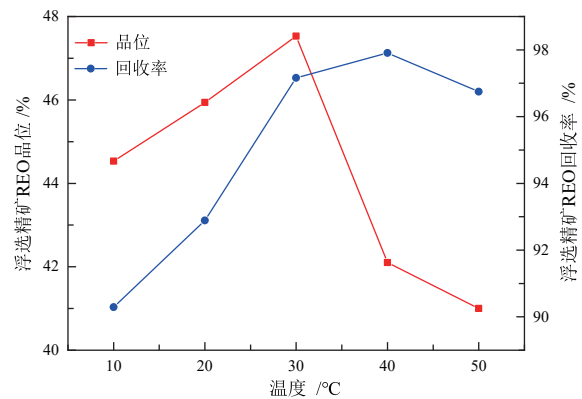


图 8 矿浆温度对浮选指标的影响  
Fig. 8 Effects of pulp temperature on flotation behavior

从图 8 可以看出，随着矿浆温度不断的上升，精矿 REO 品位和回收率均先上升后降低。当矿浆温度为 30 °C 时，精矿 REO 品位达到最高值为 47.53%，回收率达到 97.16%。并且浮选实验过程中观察到浮选效果明显优于其他温度的浮选效果。因此捕收剂 WN-01 在温度为 30 °C 时最为合适，可获得较好的浮选指标。

## 2.2 浮选开路实验

在浮选条件实验确定的最佳选别条件下，开展如图 9 所示的 1 次粗选 3 次精选 2 次扫选浮选开路流程实验。粗选条件为：矿浆温度 30 °C、矿浆 pH 值 8.5、粗选捕收剂 WN-01 用量 150 mg/L、抑制剂水玻璃用

量 120 mg/L、粗选时间 6 min。精选条件为：矿浆 pH 值 8.5、捕收剂 WN-01 用量 100 mg/L、精选时间 2 min。

扫选条件为：矿浆 pH 值 8.5、捕收剂 WN-01 用量 50 mg/L、扫选时间 3 min。开路浮选产品指标结果如表 1 所示。

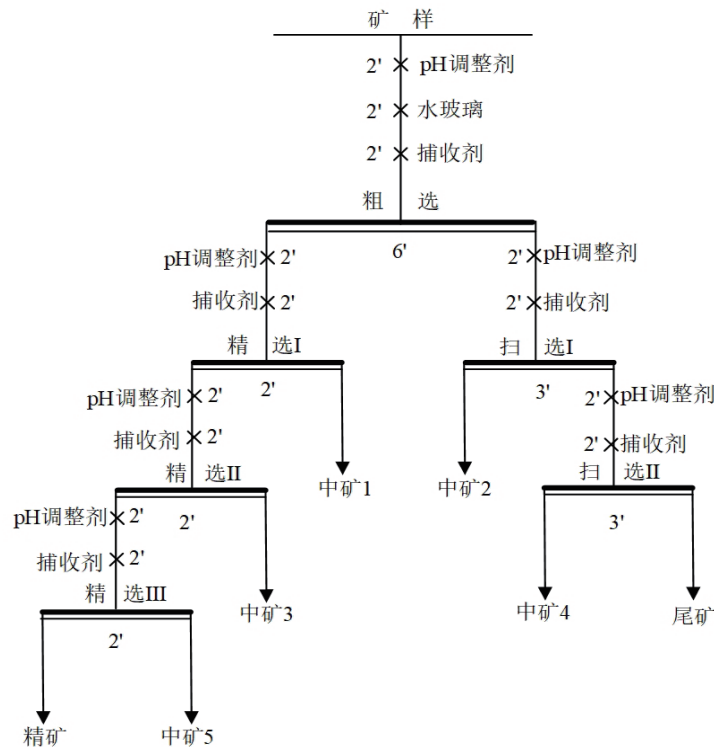


图 9 开路实验流程

Fig. 9 Open-circuit flotation test flow

表 1 开路试验结果

Table 1 Results of open-circuit flotation

产品名称	产率%	REO品位%	回收率%
精矿	44.12	49.18	80.72
中矿1	12.73	6.63	3.14
中矿2	6.58	18.39	4.5
中矿3	9.22	7.93	2.72
中矿4	10.08	4.06	1.52
中矿5	5.46	31.79	6.45
尾矿	11.81	2.17	0.95
原矿	100.00	26.88	100.00

由表 1 可知，采用 1 次粗选 3 次精选 2 次扫选的路选工艺，可获得精矿 REO 品位为 49.18%、回收率为 80.72% 的优异指标。

### 2.3 浮选产品特性分析

#### 2.3.1 浮选产品 XRD 分析

对开路实验得到的氟碳铈矿精矿和尾矿进行了 X 射线衍射分析，XRD 分析结果见图 10。图 10(a)为氟碳铈矿精矿 XRD 谱图，图 10(b)为开路实验所得尾矿 XRD 谱图。由图 10(a)可见，精矿产品几乎全部为

氟碳铈矿，含有极少量的石英和萤石杂质。如图 10(b)所示，尾矿中主要为石英、硅灰石和铁硅灰石，未发现氟碳铈矿。说明该改性脂肪酸类捕收剂 WN-01 具有较好的捕收能力和选择性。

#### 2.3.2 扫描电镜及 EDS 能谱分析

扫描电子显微镜可以直观地观察到矿物的表面形貌和主要矿相组成<sup>[20]</sup>。采用场发射扫描电子显微镜对开路实验得到的氟碳铈矿精矿进行分析，结果见图 11。

如图 11 所示，Ce 元素在矿物表面分布通过图 11(b)中红色显示，红色亮度越高，说明 Ce 元素含量高。因此根据图 11 中(a)的 A 点对应的(b)中该部分红色亮点亮度高，Ce 元素含量丰富。A 点的能谱图如图 11(c)所示，可以看出 Ce 元素含量为 10.61%，F 元素含量为 25.85%，C 元素含量为 22.24%。图 11(a)中 B 点矿样红色亮度低，对其进行元素分析得到图 11(d)能谱图，其中 Ca 元素含量高达 88.68%，能谱结果显示 B 点主要包含 Ca、Si 元素。上述结果表明，精矿产品纯度较高，主要为氟碳铈矿，萤石、石英等杂质矿物少。

图 12 为开路实验所得尾矿扫描电镜图，Si 元素在矿物中的分布由绿色显示，Ce 元素在矿物中的分布由红色显示。由图 12(b)可知，图像绿色呈现度高，尾



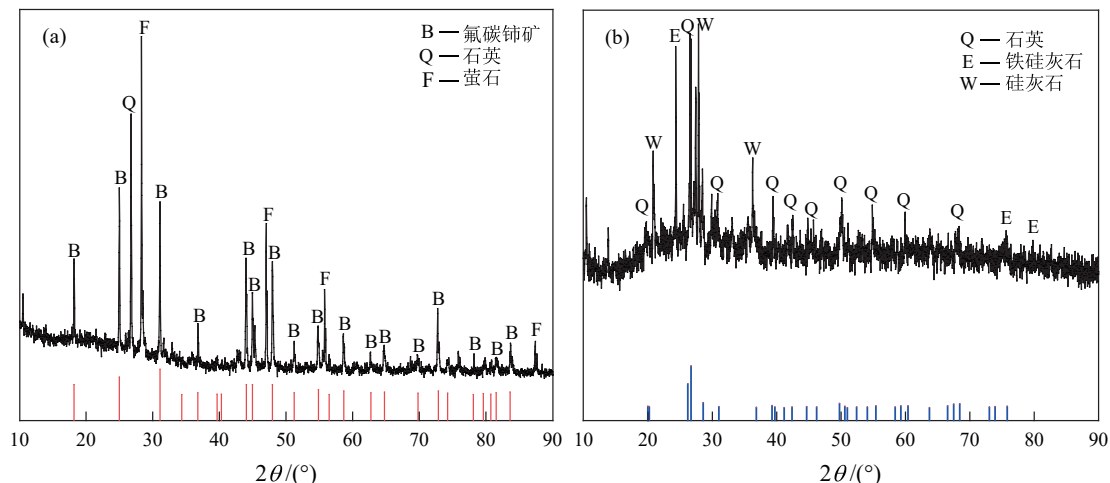


图 10 精矿(a)和尾矿(b)X射线衍射图谱  
Fig. 10 XRD pattern of concentrate and tailings

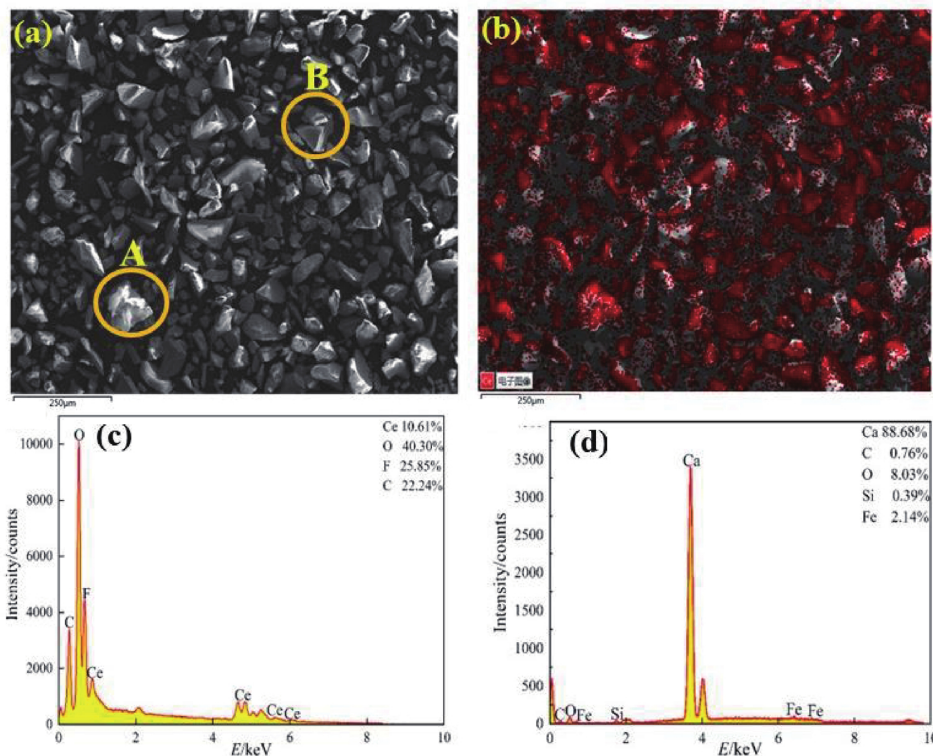


图 11 精矿扫描电镜图(a)、能谱面分布图(b)、A点能谱图(c)及B点能谱图(d)  
Fig. 11 Scanning electron microscope (a), EDS-Mapping (b), energy spectrum of A point (c), and energy spectrum of B point (d) of concentrate

矿中含有大量 Si 元素, Ce 元素极少, 说明尾矿中基本不存在氟碳铈矿, 捕收剂 WN-01 能够选别出纯度较高的氟碳铈矿, 表现出了优异的捕收能力和选择性。

### 3 结论

(1) 相比改性前的月桂酸, 卤代改性月桂酸捕收剂 WN-01 取得的最佳粗精矿 REO 品位和回收率可分别提高 4.45 个百分点和 36.86 个百分点。以改性脂肪酸 WN-01 为捕收剂、水玻璃为抑制剂浮选氟碳铈矿粗精矿的适宜条件为: 捕收剂用量 150 mg/L, 抑制剂

120 mg/L, 浮选机叶轮转速 1 992 r/min, 矿浆 pH 值 8.5, 浮选时间 6 min, 矿浆温度 30 °C。一次粗选即可获得氟碳铈矿精矿 REO 品位为 47.53%、回收率为 97.16% 的较好指标。由此可知, 月桂酸卤代改性后的捕收剂 WN-01 比常规的月桂酸捕收能力强, 选择性好, 并且具有药剂使用量少、成本低且无毒环保等优异特性。

(2) 在矿浆温度为 30 °C、矿浆 pH 值 8.5、粗选捕收剂 WN-01 用量为 150 mg/L、抑制剂水玻璃用量为 120 mg/L, 精选捕收剂 WN-01 用量均为 100 mg/L, 扫选捕收剂 WN-01 用量均为 50 mg/L 的条件下, 经 1 次

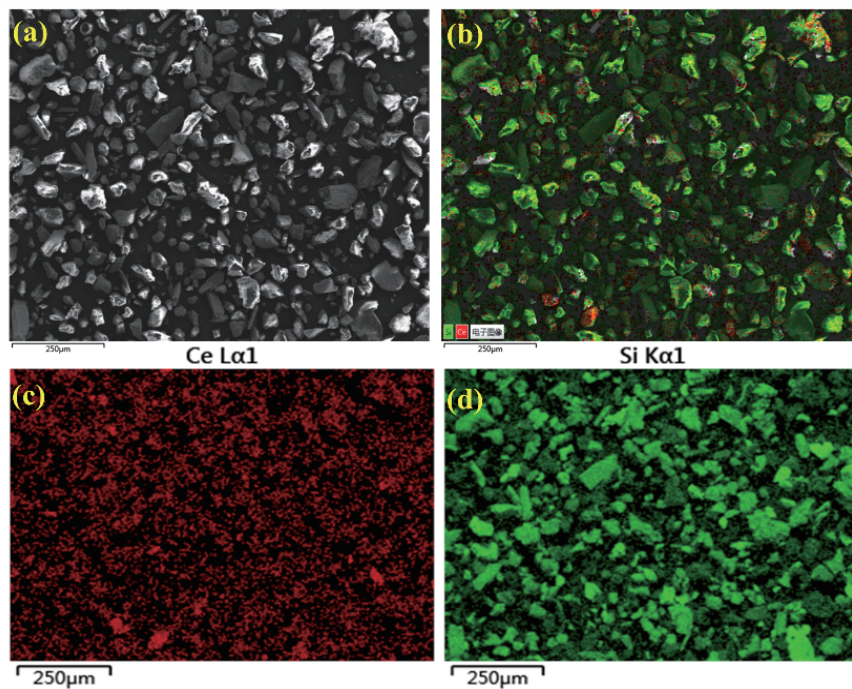


图 12 尾矿扫描电镜图(a)和能谱面分布图(b)、图(c)、图(d)

Fig. 12 Scanning electron microscope (a) and EDS-Mapping(b), (c), (d) of tailings

粗选 3 次精选 2 次扫选开路浮选, 可获得氟碳铈矿精矿 REO 品位 49.18%、回收率 80.73% 的优异指标, 为氟碳铈矿的高效分离提取和药剂开发提供了有力支撑。

(3) 产品鉴定结果表明, 浮选精矿产品几乎全部为氟碳铈矿, 含有极少量的石英和萤石杂质。尾矿主要为石英、硅灰石和铁硅灰石, 未发现氟碳铈矿, 因此改性脂肪酸类捕收剂 WN-01 具有优异的捕收能力和选择性。

### 参考文献:

- [1] 时哈, 何晓娟, 胡真, 等. 我国稀土矿选矿近十年研究现状及发展前景[J]. 有色金属(选矿部分)2021, (4): 18-25.  
SHI H, HE X J, HU Z, et al. Research status and development prospects of rare earth ore dressing in China in recent ten years[J]. Nonferrous Metals(mineral processing section), 2021, (4): 18-25.
- [2] LIU Y, HOU Z, ZHANG Q, et al. Zircon U-Pb ages of the Mianning-Dechang syenites, Sichuan province, southwestern China: constraints on the giant REE mineralization belt and its regional geological setting-science direct[J]. Ore Geology Reviews, 2015, 64(8): 554-568.
- [3] 胡朋, 刘国平, 江思宏, 等. 全球稀土矿床的主要类型和成因研究进展[J]. 矿产勘查, 2023, 14(5): 691-700.  
HU P, LIU G P, JIANG S H, et al. Main types and advances on ore genesis of REE deposits worldwide[J]. Mineral Exploration, 2023, 14(5): 691-700.
- [4] YANG Y H, WU F Y, LI Q, et al. In situ U-Th-Pb dating and Sr-Nd isotope analysis of bastnaesite by LA-(MC)-ICP-MS[J]. Geostandards and Geoanalytical Research, 2019, 43(4): 543-565.
- [5] KUMRI A, PANDA R, JHA M K, et al. Process development to recover rare earth metals from monazite mineral: A review[J]. Minerals Engineering, 2015, 79(5): 102-115.
- [6] 谢东岳, 伏彩萍, 唐忠阳, 等. 我国稀土资源现状与冶炼技术进展[J]. 矿产保护与利用, 2021, 41(1): 152-160.
- [7] 王威, 柳林, 刘红召, 等. 稀土资源提取技术进展及趋势[J]. 矿产保护与利用, 2020, 40(5): 32-36.  
WANG W, LIU L, LIU H Z, et al. Progress and trend of rare earth resources extraction technology[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2020, 40(5): 32-36.
- [8] LI X C, YANG K F, SPADLER C, et al. The effect of fluid-aided modification on the Sm-Nd and Th-Pb geochronology of monazite and bastnaesite: implication for resolving complex isotopic age data in REE ore systems[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 2021, 300(2): .1-24.
- [9] 智文科, 王飞, 陈晓怡, 等. 钪的资源及提炼技术研究进展[J/OL]. 中国稀土学报: 2022, 1-27. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2365.TG.2022-0825.1038.002.html>.  
ZHI W K, WANG F, CHEN X Y, et al. Research progress of scandium resources and refining technology of scandium[J/OL]. Journal of the Chinese Society of Rare Earths: 2022, 1-27. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2365.TG.20220825.1038.002.html>.
- [10] 彭美旺, 杨富强, 陈红康. 混浮-强磁法从某尾矿中回收稀土、萤石[J]. 铜业工程, 2021(3): 44-49.  
PENG M W, YANG F Q, CHEN H K. Recovery of rare earth and fluorite from tailings by mixed flotation-high intensity magnetic method[J]. Copper Engineering, 2021(3): 44-49.
- [11] 徐金球, 徐晓军, 王景伟. 1-羟基-2-萘基羧酸的合成及对稀土矿物的捕收性能[J]. 有色金属, 2002(3): 72-73.  
XU J Q, XU X J, WANG J W. Synthesis of 1-hydroxy-2-naphthylhydroxamic acid and application to collecting rare earth minerals[J]. Nonferrous Metals, 2002(3): 72-73.
- [12] 梅建庭, 杨威, 刘养春, 等. 一种螯合型稀土捕收剂及其制备方法: CN114276276A[P]. 2022-04-05.  
MEI J T, YANG W, LIU Y C, et al. A chelating rare earth collector and its preparation method: CN114276276A[P]. 2022-04-05.

- [ 13 ] 杨威, 梅建庭, 刘浩林, 等. 一种难选稀土矿捕收剂及其制备方法: CN113522533A [P]. 2021-10-22.  
YANG W, MEI J T, LIU H L, et al. A difficult to select rare earth ore collector and its preparation method: CN113522533A [P]. 2021-10-22.
- [ 14 ] 王震, 刘殿文, 王亮, 等. 矿物型稀土捕收剂及其机理研究进展 [J/OL]. 中国稀土学报, 2023, 1-16. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2365.TG.20231123.1546.002.html>.  
WANG Z, LIU D W, WANG L, et al. Research progress of collectors and flotation mechanism for rare earth mineral [J/OL]. Journal of the Chinese Society of Rare Earths, 2023, 1-16. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.2365.TG.20231123.1546.002.html>.
- [ 15 ] 邱显扬, 何晓娟, 饶金山, 等. 油酸钠浮选氟碳铈矿机制研究 [J]. 稀有金属, 2013, 37(3): 422-428.  
QIU X Y, HE X J, RAO J S, et al. Flotation mechanism of sodium oleate on bastnaesite [J]. Chinese Journal of Rare Metals, 2013, 37(3): 422-428.
- [ 16 ] PAVEZ O, BRANDAO P, PERES A. Adsorption of oleate and octyl-hydroxamate on to rare earths minerals [J]. Mine E, 1996, 9(3): 357-366.
- [ 17 ] ZHOU F, WANG L X, XU Z H, et al. Interaction of reactive oily bubble in flotation of bastnaesite [J]. J. Rare E, 2014, 32(8): 772-778.
- [ 18 ] BALA RAMV. Rare earth elements: a review of applications, occurrence, exploration, analysis, recycling, and environmental impact [J]. Geoscience Frontiers, 2019, 10(4): 1285-1303.
- [ 19 ] 毛英. 四川稀土矿(氟碳铈矿)稀土总量的测定方法 [J]. 四川地质学报, 2000(1): 79-80.  
MAO Y. A method for determination of total REE in bastnaesite, Sichuan [J]. Acta Geologica Sichuan, 2000(1): 79-80.
- [ 20 ] 孙立强. 氟碳铈矿钙化分解及浮选分离的研究 [D]. 沈阳: 东北大学, 2019.  
SUN L Q. A Study on the technology calcification decomposition and flotation separation of bastnaesite concentrates [D]. Shenyang: Northeastern University, 2019.

## Flotation Performance of Bastnaesite with a Halogenated Lauric Acid Collector WN-01

CHI Ru'an<sup>1,2</sup>, WANG Nan<sup>1</sup>, GUO Wenda<sup>1,3</sup>, ZHANG Zhenyue<sup>1</sup>, LIU Defeng<sup>1</sup>, LI Xinyi<sup>1</sup>

1. Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430073, Hubei, China;

2. Hubei Three Gorges Laboratory, Yichang 443000, Hubei, China;

3. Hubei Xingfa Chemicals Group Co., Ltd., Yichang 443000, Hubei, China

**Abstract:** In order to solve the problems of high cost, requiring large usage, toxicity, difficult to degrade and weak foaming ability for the hydroxamic acid collectors used in bastnaesite flotation, a new type of halogenated lauric acid collector WN-01 was developed and used as the collector for the flotation of the bastnaesite. The experimental results showed that compared to the pure lauric acid as the collector for bastnaesite flotation, the REO grade and recovery of concentrate obtained by the halogenated lauric acid collector WN-01 increased 4.45 percentage points and 36.86 percentage points, respectively. The suitable conditions for the bastnaesite flotation with collector WN-01 were a slurry pH of around 8.5, a pulp temperature of 30 °C, a collector WN-01 dosage of 150 mg/L and a depressant water glass dosage of 120 mg/L. Under these conditions, an open circuit flotation process of 1 time roughing, 3 times concentrating, 2 times scavenging was used to treat the bastnaesite ore with a REO grade of 26.57%, the flotation concentrate of REO grade of 49.18% and REO recovery of 80.72% was obtained. The testing and analysis results of flotation product indicated that the flotation concentrate was mainly bastnaesite with minute quantity of fluorite. The flotation tailings were almost quartz and wollastonite. The above results revealed that the modified fatty acid collector WN-01 had excellent collecting ability and selectivity, which could replace the hydroxamic acid collectors in bastnaesite flotation to achieve green and efficient flotation processes.

**Keywords:** modified fatty acids; collector; bastnaesite; flotation

引用格式: 池汝安, 王楠, 郭文达, 张臻悦, 刘德峰, 李新宜. 卤代改性月桂酸捕收剂 WN-01 对氟碳铈矿的捕收性能研究 [J]. 矿产保护与利用, 2024, 44(1): 74-81.

CHI Ru'an, WANG Nan, GUO Wenda, ZHANG Zhenyue, LIU Defeng, LI Xinyi. Flotation performance of bastnaesite with a halogenated lauric acid collector WN-01 [J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2024, 44(1): 74-81.