【选冶工艺】

# 新型捕收剂MG-2反浮选司家营铁矿的研究*

张敏，余俊

（武汉理工大学资源与环境工程学院，武汉，430070）

**摘 要**：以司家营铁矿为研究对象，通过正交试验确定药剂制度，在此基础上进行药剂比较试验、开路试验、闭路试验；试验表明，MG-2是司家营铁矿的良好捕收剂。与现场原采用的脂肪酸相比，在铁精矿产率相当的前提下，精矿品位、回收率分别提高1.5%、3%，尾矿品位降低3%，且药剂用量减少30%左右。现场试验室小试与工业试验结果表明：以MG-2为捕收剂，可以在满足司家营矿业公司对浮选精矿质量（>65%）要求的前提下，显著降低浮选药剂用量，解决了司家营铁矿浮选药剂用量大、成本高的问题。

**关 键 词**：铁矿石；反浮选；MG-2阴离子捕收剂

**中图分类号**：TD951.1；TD923+.13 **文献标识码**：B **文章编号**：1001-0076(2011)01-0031-05

## Research on Reverse Flotation of Sijiaying Iron Ore Using New Collector MG-2

*ZHANG Min, YU Jun*

(College of Resource and Environmental engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

**Abstract**: Using Sijiaying iron ore as flotation feeding, the reagents system was decided based on the orthogonal test. And a serial of tests such as reagent comparison test, open test and closed-circuit test were conducted. The results showed that MG-2 was a good collector for Sijiaying iron ore. Compared with the original fatty acids, under the considerable yield of concentrate, the grade of concentrate and recovery were increased 1.5% and 3% respectively, the grade of tailings was reduced 3% with the reduction of about 30% reagent dosage. The results of laboratory test and industrial test showed that using MG-2 for the collector can significantly reduce the flotation reagent dosage under the condition of meeting on the flotation concentrate quality (>65%) for Sijiaying Mining Company. Thus, the problems of large amount of flotation reagent dosage and high costs for Sijiaying iron ore were solved.

**Key words**: iron ore; reverse flotation; MG-2 anionic collector

我国铁矿资源供应远景已处于高度紧张状态。原有的设备、工艺及药剂已不能满足生产以及市场的需求。为了满足选矿技术发展要求，并进一步提高选厂技术经济指标，研发高效浮选药剂对缓解当前矛盾、节能降耗以及提高矿产资源的综合利用率具有重要意义[1,2]。针对当前我国药剂的开发应用情况，武汉理工大学研究合成了新型高效捕收剂MG-2，实现了药剂的工业化生产，并成功地在河北钢铁矿业集团司家营选矿厂进行了工业试验，获得了良好的试验指标。

* 收稿日期：2010-08-10；修回日期：2010-11-29

作者简介：张敏（1985-），女，湖北襄樊人，在读硕士研究生，主要研究方向：选矿药剂及选矿工艺。E-mail：zhangminfzs@163.com。

万方数据

# 1 矿石性质

浮选小型试验的试样取自河北钢铁矿业集团司家营矿业公司浮选车间的给矿。以考察合成捕收剂对现场生产矿样的适应性。

## 1.1 化学分析结果

试样多元素分析结果如表 1 所示。可以看出，试样 TFe 含量为 43.21%，亚铁含量仅为 3.68%，该矿石属于氧化矿类型；非铁成分主要以石英为主，含量 33.20%，是主要分离对象。

表 1 强磁铁精矿多元素化学分析结果

| 元素 | TFe | FeO | $Fe_2O_3$ | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | MgO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 含量/% | 43.21 | 3.68 | 57.64 | 33.20 | 1.98 | 0.66 |
| 元素 | CaO | MnO | P | S | Ag | |
| 含量/% | 0.22 | 0.94 | 0.032 | 0.012 | 0.48 | |

注：Ag 的含量单位为 g/t。

## 1.2 矿物物相组成

试样矿物物相组成如表 2。可以看出，试样 TFe 含量为43.21%，亚铁含量仅为3.68%，该矿石属于氧化矿类型；非铁成分主要以石英为主，含量达 33.20%，是主要分离对象。

表 2 强磁铁精矿铁物相组成

| 铁物相 | TFe | $Fe_3O_4$ | $FeCO_3$ | $FeSiO_3$ | 赤、褐铁矿 | 其它 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 含量/% | 43.21 | 9.34 | 0.52 | 0.59 | 29.50 | 3.26 |
| 分布率/% | 100.00 | 21.62 | 1.20 | 1.37 | 68.26 | 7.55 |

# 2 试验设备、药品及试验方法

## 2.1 试验设备及药品

试验设备：XFD 型单槽式浮选机；药品：NaOH、CaO、淀粉、MG－2(武汉理工大学自制)。

## 2.2 试验方法

试验采用 1 L 单槽浮选机，浮选产品分别烘干、称重、分析精矿、尾矿中 TFe 含量和 $SiO_2$ 含量，计算回收率。

# 3 浮选试验

## 3.1 浮选正交试验

对磁选精矿进行浮选药剂正交试验，考察影响浮选指标的主要因素及其变化规律，并确定合理的浮选工艺指标。通常影响选别效果的主要因素是矿浆溶液的 pH 值、抑制剂淀粉、活化剂以及捕收剂的用量等。因此，对以上四因素进行正交试验，选用 $L_9(3^4)$ 正交表进行设计，试验因素及水平见表 3。正交试验所用药剂的质量浓度除 NaOH 为 5% 外，其余(包括脂肪酸)均为 2%，用量单位为 g/t。

表 3 浮选正交试验因素水平表

| 水平代码 | A NaOH | B CaO | C 淀粉 | D 捕收剂 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2000 | 533.3 | 5333.3 | 5333.3 |
| 2 | 2333.3 | 600 | 666.6 | 666.6 |
| 3 | 2666.7 | 666.6 | 800 | 800 |

正交试验结果表明，影响选矿效率的主要因素依次为：D(捕收剂)、B(CaO)、C(淀粉)、A(NaOH)。确定的最佳药剂制度和工艺条件，即 NaOH 用量 2 333.3 g/t(14 ml)、CaO 用量 533.3 g/t(8 ml)、淀粉用量 600 g/t(10 ml)、捕收剂用量 666.6 g/t(12 ml)。

## 3.2 捕收剂用量对比试验

为了考察未改性脂肪酸捕收剂与改性后捕收剂 MG－2 对司家营矿山强磁精矿浮选性能的影响，在正交试验确定的最佳药剂条件下，进行药剂试验对比。试验流程见图 1，试验结果见表 4。

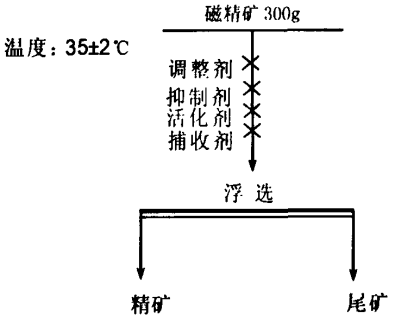


图 1 浮选试验流程

表 4 药剂对比试验结果

| 药剂及用量/g·t$^{-1}$ | 产品名称 | 产率/% | 品位/% | 回收率/% |
|---|---|---|---|---|
| 未改性脂肪酸 1200 | 精矿 | 40.2 | 63.63 | 59.21 |
| | 尾矿 | 59.8 | 29.46 | 40.79 |
| | 合计 | 100 | 43.18 | 100 |
| MG－2 766 | 精矿 | 39.9 | 64.48 | 59.56 |
| | 尾矿 | 60.1 | 29.07 | 40.44 |
| | 合计 | 100 | 43.20 | 100 |

万方数据

从表 4 中可看出,以 MG-2 为捕收剂时,用量为 766 g/t,浮选精矿品位可以达到 64.48%,回收率为 59.56%。而用未改性脂肪酸作捕收剂时,用量为1 200 g/t,浮选精矿品位达 63.63%,回收率为 59.21%。对比可知,在精矿产率相当的情况下,以 MG-2 为捕收剂的精矿品位和回收率均优于后者,且用量只有前者的 63.8%,节约了约为 30% 药剂用量。由此可知,药剂经过改性后,其捕收性较原来有了大幅度的提高,选择性也有一定的改善。

## 3.3　开路试验

试验选取 MG-2 和未改性脂肪酸为捕收剂进行开路试验。开路试验工艺流程见图 2,试验结果见表 5。

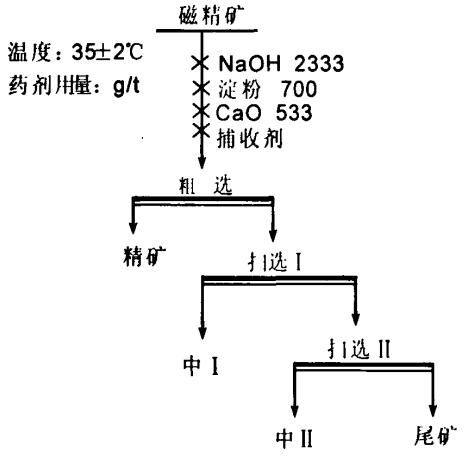


图 2　开路试验流程

表 5　开路试验结果

| 药剂名称 | 产品名称 | 产率/% | 品位/% | 回收率/% |
|---|---|---|---|---|
| MG-2 | 精矿 | 40.7 | 64.07 | 60.40 |
| | 中 I | 21.4 | 44.70 | 22.16 |
| | 中 II | 18.4 | 28.50 | 12.16 |
| | 尾矿 | 19.5 | 11.71 | 5.28 |
| | 合计 | 100 | 43.19 | 100 |
| 未改性脂肪酸 | 精矿 | 40.5 | 63.01 | 58.64 |
| | 中 I | 21.9 | 44.40 | 22.49 |
| | 中 II | 17.5 | 28.80 | 11.66 |
| | 尾矿 | 20.1 | 14.56 | 7.21 |
| | 合计 | 100 | 43.21 | 100 |

由表 5 可以看出,未改性脂肪酸开路试验精矿品位为 63.01%,回收率为 58.64%,尾矿品位为 14.56%。MG-2 开路试验精矿品位达到 64.07%,回收率为 60.40%,尾矿品位降到 11.71%。对比可看出,使用 MG-2 浮选精矿品位和回收率均高于未改性脂肪酸,其浮选尾矿比未改性的浮选尾矿低 3 个品位左右。可以看出,改性后的捕收剂的选择性较好。

## 3.4　闭路试验

为了确定返回的中矿对综合精矿的影响、核定所选的浮选条件并最终确定试验指标,在确定了开路试验验证工艺流程和药剂制度的稳定性和可靠性之后还需要做闭路试验。闭路试验是在不连续的设备上模仿连续生产过程的分批试验。闭路试验工艺为一次粗选、两次扫选,工艺流程见图 3,试验结果见表 6。

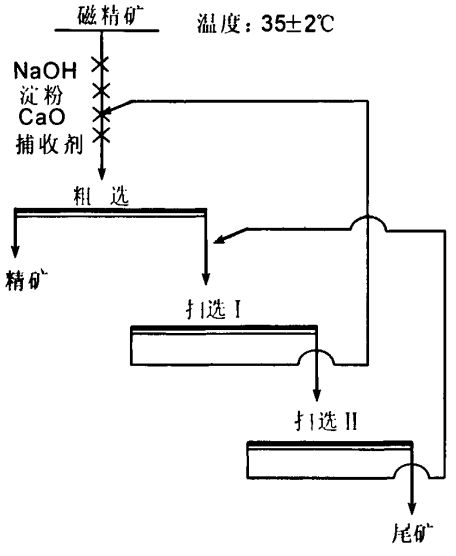


图 3　闭路浮选试验流程

表 6　闭路试验结果

| 药剂名称 | 产品名称 | 产率/% | 品位/% | 回收率/% |
|---|---|---|---|---|
| MG-2 | 精矿 | 57.6 | 64.66 | 86.40 |
| | 尾矿 | 42.4 | 13.80 | 13.60 |
| | 合计 | 100 | 43.09 | 100 |
| 未改性脂肪酸 | 精矿 | 56.2 | 63.18 | 83.22 |
| | 尾矿 | 43.8 | 16.34 | 16.78 |
| | 合计 | 100 | 42.67 | 100 |

由表 6 可以看出,未改性脂肪酸闭路试验精矿品位为 63.18%,尾矿品位为 16.34%,精矿回收率

万方数据

为 83.22%。MG-2 闭路试验精矿品位达到 64.66%，尾矿降到13.80%，精矿回收率为86.40%。对比试验结果可以看出，MG-2 浮选尾矿品位比未改性脂肪酸低约 3 个百分点，同时回收率提高 3 个百分点。

## 4 司家营铁矿工业试验

### 4.1 现场实验室药剂对比试验

司家营选厂浮选车间现用的阴离子捕收剂为 RA-715，针对 RA-715 价格高、浮选矿浆温度高的问题，武汉理工大学开发了适用于司家营铁矿浮选的新型阴离子捕收剂 MG-2。在应用于现场工业试验前必须经过司家营现场试验室药剂对比试验，试验所使用药剂和工业使用药剂，二者的配制方法和使用浓度均相同，从而保证试验的可比性，试验所用药剂见表 7。试验流程如图 4 所示。

表 7　现场实验室所用调整剂与抑制剂

| 药剂名称 | NaOH | CaO | 淀粉 | RA-715 | MG-2 |
|---|---|---|---|---|---|
| 质量浓度/% | 5.0 | 2.5 | 6.0 | 6.0 | 6.0 |

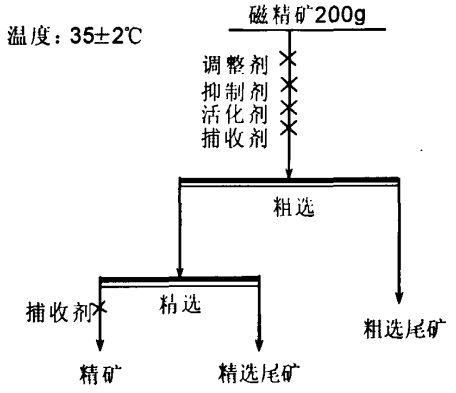


图 4　现场实验室药剂对比试验流程

试验药剂用量 NaOH 为 5 ml、淀粉为 3.8 ml、CaO 为 5.2 ml，改变 MG-2 药剂用量，按流程图 4 进行浮选试验，同时与 RA-715 试验指标进行对比。试验结果见表 8。由表 8 可知，随着捕收剂 MG-2 用量的减少，粗选尾矿品位、浮选精矿品位依次下降，精矿回收率依次上升，当捕收剂为1.0+0.8 ml 时，取得较好的技术指标。当 MG-2 用量为 1.0+0.8 ml 时，精矿品位为 66.52%，回收率为 66.27%；使用 RA-715 为捕收剂时，其品位达到 66.32%与前者相当，但回收率仅为64.63%。此时 RA-715 用量为 2.4+1.2 ml，为 MG-2 用量的两倍，由此可知，以 MG-2 为捕收剂时，其捕收能力优于 RA-715，同时大幅度地降低了浮选作业的药剂用量，从而降低了浮选成本。

表 8　现场实验室药剂试验结果

| 药剂及用量/ml | 产品名称 | 产率/% | 品位/% | 回收率/% |
|---|---|---|---|---|
| MG-2 (2.4+1.2) | 精矿 | 30.67 | 68.50 | 54.01 |
| | 粗选尾矿 | 58.87 | 22.04 | 33.35 |
| | 精选尾矿 | 10.46 | 47.06 | 12.64 |
| | 合计 | 100 | 38.90 | 100 |
| MG-2 (2.1+1.1) | 精矿 | 33.13 | 68.09 | 58.32 |
| | 粗选尾矿 | 59.45 | 22.47 | 34.54 |
| | 精选尾矿 | 7.42 | 37.25 | 7.14 |
| | 合计 | 100 | 38.68 | 100 |
| MG-2 (1.4+1.0) | 精矿 | 36.60 | 65.92 | 62.38 |
| | 粗选尾矿 | 57.68 | 22.04 | 32.86 |
| | 精选尾矿 | 5.72 | 32.17 | 4.76 |
| | 合计 | 100 | 38.68 | 100 |
| MG-2 (1.0+0.8) | 精矿 | 38.76 | 66.52 | 66.27 |
| | 粗选尾矿 | 50.80 | 18.74 | 24.11 |
| | 精选尾矿 | 10.44 | 35.84 | 9.62 |
| | 合计 | 100 | 38.90 | 100 |
| RA-715 (2.4+1.2) | 精矿 | 37.55 | 66.32 | 64.63 |
| | 粗选尾矿 | 9.86 | 38.72 | 9.91 |
| | 精选尾矿 | 52.59 | 18.66 | 25.46 |
| | 合计 | 100 | 38.53 | 100 |

### 4.2 工业试验

2009 年 9 月，在司家营矿业公司的支持下，使用其一个浮选车间进行现场工业试验，试验所用给矿为磁选精矿，工业试验与实际生产条件相同，现场工业试验流程见图 5。试验结果见表 9。

表 9　工业试验结果

| 时间/h | 精矿品位/% | 尾矿品位/% | 扫Ⅰ中矿品位/% | MG-2用量/ml·s$^{-1}$ | 给矿浓度/% | 给矿量/m$^3$·h$^{-1}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12 | 66.15 | 21.67 | 57.7 | 9.25+10.8 | 48 | 50 |
| 24 | 65.7 | 20.97 | 56.8 | 8.17+10 | 47 | 51 |
| 36 | 65.67 | 19.3 | 54.33 | 9+10 | 46 | 49 |
| 48 | 67.37 | 19.02 | 57.5 | 10+10 | 47 | 49 |
| 60 | 66.38 | 19.92 | 56.83 | 9.58+11.5 | 46 | 50 |
| 72 | 66.27 | 19.55 | 57.18 | 10+12.5 | 49 | 52 |
| 84 | 66.87 | 17.72 | 60.15 | 10+11 | 46 | 49 |
| 96 | 66.17 | 21.36 | 58.74 | 9+9.58 | 47 | 51 |
| 108 | 65.15 | 19.40 | 51.93 | 10+9.5 | 48 | 50 |

万方数据

如表 9 所示,在 108 h 的连续作业中,精矿平均品位在 65% 以上,符合司家营选厂对精矿的质量要求,浮选药剂平均用量为 19.8 ml/s,远远低于 RA-715 的用量,可以节约药剂用量的 20% ~30%,大幅度地降低了司家营浮选工艺的药剂成本,提高了经济效益。

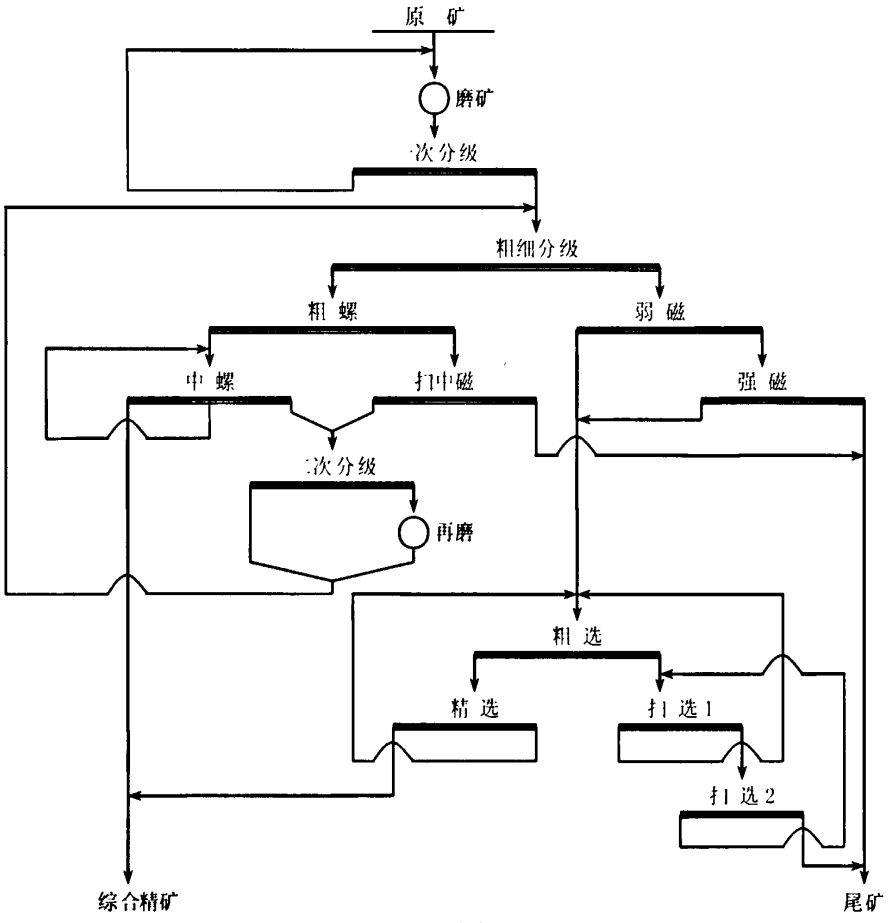


**图 5　现场生产流程**

## 5　结语

(1)在正交试验确定最佳浮选药剂制度的前提下,进行了药剂比较试验、开路试验、闭路试验,试验表明,改性捕收剂 MG-2 是司家营铁矿的良好捕收剂,与未改性原脂肪酸相比,在铁精矿产率相当的前提下,精矿品位、回收率分别提高 1.5%、3%,尾矿品位降低 3 个百分点,且药剂用量减少约 30%,对降低浮选药剂成本有一定的价值。

(2)现场试验室小试与工业试验结果表明:MG-2 作为捕收剂时,可以在满足司家营矿业公司对浮选精矿质量要求的前提下,显著降低浮选药剂用量,泡沫密实,且浮选状态稳定,降低了泡沫跑槽的几率,解决了司家营铁矿浮选药剂用量大、成本高的问题。

**参考文献:**

[1] 张泾生. 我国铁矿资源开发利用现状及发展趋势[J]. 金属矿山,2000(2):34-37.

[2] 余永富. 我国铁矿山发展动向、选矿技术发展状况及存在的问题[J]. 矿冶工程,2006(1):21-22.

万方数据