

## 远安低品位胶磷矿双反浮选试验研究

葛英勇, 季荣, 袁武谱  
(武汉理工大学, 湖北 武汉 430070)

**摘要:**对远安低品位胶磷矿采用阴离子捕收剂反浮镁、阳离子捕收剂反浮硅的双反浮选工艺,在不加温的条件下,取得了磷精矿  $P_2O_5$  品位 30.13%、回收率 80.74%、 $MgO$  含量 0.93% 的选矿指标,实现了胶磷矿与脉石矿物的有效分离。

**关键词:**胶磷矿; 双反浮选; 捕收剂

**中图分类号:**TD97 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-6532(2008)06-0007-04

### 1 引言

胶磷矿是一种磷酸盐矿物,常与白云石类碳酸盐和硅质物(石英、玉髓等)、泥质矿物(水云母、高岭石等)等极细颗粒胶结在一起<sup>[1]</sup>。我国磷矿资源大多为难选的胶磷矿,对这类矿石在选矿过程中必须同时排除碳酸盐和硅酸盐杂质后,才能满足后续加工的要求<sup>[2]</sup>。目前,我国磷矿石的选别方法有擦洗脱泥、重选、浮选、重磁浮联合、光电选矿、焙烧消化等,化学选矿、选择性絮凝、磁罩盖法甚至静电选别也偶有报道。磷矿物的浮选法包括直接浮选、反浮选、反-正浮选、正-反浮选和双反浮选工艺。从近几年国内研究发展趋势来看,胶磷矿反浮选已是

趋势,且已取得了重大进展,特别是脱镁硅的药剂研究取得巨大进步,使胶磷矿反浮选可以在常温条件下实现,大幅度降低了建厂投资及生产运行成本<sup>[3]</sup>。同时,最终精矿 pH 值呈中性,易于过滤,降低了过滤成本及产品的水分。与正浮选相比,反浮选工艺的磨矿粒度粗,可节省磨矿费用。本文针对远安地区的低品位胶磷矿进行了双反浮选试验研究,获得了良好的选矿指标。

### 2 试验

#### 2.1 原矿性质

原矿的化学全分析见表1。

综合显微镜观察、XRD 分析和化学成分分析,

表1 原矿的化学全分析

| 成分   | $P_2O_5$ | $Na_2O$   | $MgO$ | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $SO_3$ | $K_2O$ | $CaO$ | $TiO_2$ | $Cr_2O_3$ |
|------|----------|-----------|-------|-----------|---------|--------|--------|-------|---------|-----------|
| 含量/% | 18.21    | 0.71      | 2.31  | 6.14      | 26.23   | 3.84   | 2.13   | 29.46 | 0.50    | 0.03      |
| 成分   | $MnO$    | $Fe_2O_3$ | $NiO$ | $SrO$     | $BaO$   | F      | Cl     | I·L   | $CuO$   | 合计        |
| 含量/% | 0.03     | 2.12      | 0.03  | 0.12      | 0.42    | 0.01   | —      | 7.41  | —       | 99.70     |

以及矿石的  $P_2O_5$ 、 $SiO_2$ 、 $MgO$  组分含量和矿石可选性等,原矿矿样可归属硅酸盐工业类型,品级为Ⅲ,为较难选矿石。

#### 2.2 浮选药剂

MG 捕收剂由武汉理工大学自制,配成 2% 浓度。GE-609 阳离子捕收剂由武汉理工大学研制,使用时 GE-609:  $HCl = 5:4$ ,配成 1%~2.5% 溶液。

磷酸为工业品,  $H_3PO_4$  含量为 85%,配成 10% 浓度。硫酸为工业品,  $H_2SO_4$  含量为 95%,配成 10% 浓度。碳酸钠为工业品,配成 10% 浓度。淀粉为工业品,煮熟后配成 2% 浓度。

#### 2.3 选矿设备

破碎机: PE-150×250 颞式破碎机, SP-60×100 颞式破碎机, 100×125 颞式破碎机, XPS-Φ250

收稿日期:2008-06-02; 改回日期:2008-06-23

作者简介:葛英勇(1961-),男,教授,主要研究方向为阳离子表面活性剂的合成,胶磷矿浮选新工艺、新药剂等。

×150 辊式破碎筛分机。磨矿机:XMB-70 型三辊四筒棒磨机,磨筒容积 2.0L。浮选机:XFD-63 型单槽浮选机,几何容积 1.0L、0.75L、0.5L。

### 2.4 试验流程

中低品位的胶磷矿,在国外多采用反浮选工艺<sup>[4]</sup>。国内近几年也常采用反浮选工艺,如湖北某地难选胶磷矿使用双反浮选工艺取得了良好指标<sup>[5]</sup>。经过探索性试验,确定采用图 1 所示的双反浮选试验工艺流程。原矿经细磨后加入磷酸和硫酸的混合酸,脱镁捕收剂粗选脱镁,脱镁精矿加入脱硅捕收剂精选脱硅。

## 3 结果与讨论

### 3.1 磨矿细度试验

从图 2 可以看出,随着磨矿细度的增加,精矿的品位不断提高,但回收率不断下降。当磨矿细度为-200 目占 90% 左右时,精矿  $P_2O_5$  品位为 32.11%,当磨矿细度为-200 目占 95% 左右时,虽然其精矿

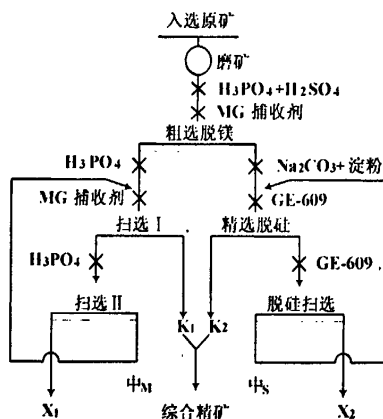


图 1 双反浮选试验工艺流程

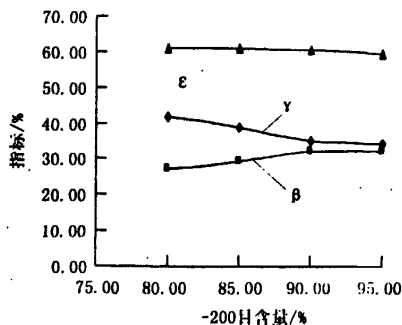


图 2 磨矿细度试验结果

品位较 90% 左右时略有提高,但回收率有所下降。兼顾精矿品位和回收率,确定磨矿细度为-200 目占 90% 左右,即磨矿时间为 15min。

### 3.2 脱镁粗选正交条件试验

根据经验,硫酸的用量固定为 1.2kg/t,磷酸和 MG 捕收剂的水平取值见表 2,脱镁粗选正交试验结果见表 3。

表 2 脱镁粗选水平因素表

| 水平 | A<br>磷酸/g · t <sup>-1</sup> | B<br>MG/g · t <sup>-1</sup> |
|----|-----------------------------|-----------------------------|
| 1  | 2000                        | 1700                        |
| 2  | 2200                        | 2000                        |
| 3  | 2400                        | 2300                        |

表 3 脱镁正交试验结果

| 试验编号 | 产率/%  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位/% | 回收率/% |
|------|-------|------------------------------------|-------|
| 1    | 63.16 | 21.34                              | 72.67 |
| 2    | 60.11 | 22.45                              | 72.50 |
| 3    | 57.03 | 22.45                              | 70.25 |
| 4    | 64.91 | 21.63                              | 74.44 |
| 5    | 62.26 | 22.60                              | 74.52 |
| 6    | 60.71 | 22.29                              | 73.14 |
| 7    | 65.67 | 21.05                              | 74.34 |
| 8    | 63.11 | 22.20                              | 74.40 |
| 9    | 61.24 | 22.10                              | 72.74 |

由正交试验表计算得: $\gamma_A = 1.57$ ,  $\gamma_B = 5.95$ 。可以看出,对脱镁指标的影响为:MG 的用量 > 磷酸的用量。在 MG 用量中  $\bar{E}_{II} > \bar{E}_I > \bar{E}_I$ , 磷酸用量中  $\bar{E}_{II} > \bar{E}_I > \bar{E}_{III}$ , 即脱镁粗选的最佳试验条件为磷酸用量 2200g/t, MG 捕收剂用量 2000g/t。

### 3.3 脱硅捕收剂 GE-609 的用量试验

GE-609 是武汉理工大学研制的一种新型高效阳离子脱硅捕收剂。该捕收剂具有选择性好、捕收能力强、耐低温、浮选泡沫脆等特点。根据矿石性质及经验,将 GE-609 的水平取值安排为 360g/t、480g/t、600g/t。试验结果见表 4。

表 4 GE-609 用量试验结果

| GE-609 用量<br>/g · t <sup>-1</sup> | 产率<br>/% | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位<br>/% | 回收率<br>/% |
|-----------------------------------|----------|----------------------------------------|-----------|
| 360                               | 35.02    | 30.56                                  | 58.30     |
| 480                               | 33.81    | 32.09                                  | 60.17     |
| 600                               | 33.21    | 32.44                                  | 60.70     |

由表 4 看出:GE-609 用量为 360g/t 时,精矿品位和回收率较低,用量为 600g/t 时,精矿品位和

回收率较高,但产率有所下降。因此,综合考虑,GE-609 的用量确定 为 480g/t。

3.4 脱硅精选正交条件试验

对脱镁精矿进行再选即反浮选脱硅,研究发现:在加入 GE-609 前,需加入碳酸钠作为 pH 调整剂将矿浆 pH 值调至弱碱性环境;精选脱硅时加入一定量的淀粉会使试验过程中出现的体积和韧性都很大的泡沫变脆变小。另外,淀粉在一定程度上能改善 GE-609 的选择捕收性能,因此采用淀粉作为消泡剂使用。GE-609 的用量确定为 480g/t,Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 与淀粉的水平取值见表 5,脱硅精选正交试验结果见表 6。

表 5 脱硅精选水平因素表

| 水平 | A                                                  | B                    |
|----|----------------------------------------------------|----------------------|
|    | Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> /g·t <sup>-1</sup> | 淀粉/g·t <sup>-1</sup> |
| 1  | 1200                                               | 240                  |
| 2  | 2000                                               | 480                  |
| 3  | 2800                                               | 800                  |

表 6 脱硅精选正交试验结果

| 试验编号 | 产率/%  | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位/% | 回收率/% |
|------|-------|------------------------------------|-------|
| 1    | 33.12 | 31.70                              | 56.60 |
| 2    | 33.23 | 32.29                              | 57.63 |
| 3    | 34.24 | 31.43                              | 57.38 |
| 4    | 33.81 | 31.73                              | 57.69 |
| 5    | 33.96 | 31.83                              | 58.34 |
| 6    | 34.51 | 31.93                              | 58.74 |
| 7    | 34.74 | 31.81                              | 59.05 |
| 8    | 35.23 | 32.50                              | 61.23 |
| 9    | 36.41 | 31.39                              | 60.80 |

由正交试验表计算得:γ<sub>A</sub> = 2.61,γ<sub>B</sub> = 3.00。可以看出,对脱硅指标的影响为:淀粉用量 > 碳酸钠用量。在碳酸钠用量中  $\bar{E}_{III} > \bar{E}_{II} > \bar{E}_I$ , 淀粉用量中  $\bar{E}_{II} > \bar{E}_I > \bar{E}_{III}$ , 即脱硅精选的最佳试验条件为 Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 用量 2800g/t, 淀粉用量 480g/t。

3.5 扫选试验

为了提高磷的回收率,需分别对脱镁、脱硅尾矿进行扫选。通过对扫选药剂用量进行单因素试验,

确定脱镁扫选条件如下,扫选 I 磷酸 320g/t、MG 药剂 400g/t,扫选 II 磷酸 200g/t,经过脱镁扫选,尾矿 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位降至 7.98%,中矿 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位达到 12.84%。脱硅扫选 GE-609 用量 40g/t,经过扫选尾矿 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位降至 6.01%,中矿 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位达到 17.13%。

3.6 开路试验

为了验证最佳试验条件的可靠性和稳定性,以上述最佳试验条件进行了开路试验,结果见表 7。从表 7 可以看出,综合精矿 (K<sub>1</sub> + K<sub>2</sub>) 的回收率为 73.10%,K<sub>1</sub> 和 K<sub>2</sub> 的品位也比较高,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量分别达到了 32.52% 和 19.64%,开路试验结果比较理想。

3.7 闭路试验

在经过开路试验后,进行了模拟连续生产的闭路试验,其工艺流程见图 1,试验结果见表 8,综合精矿 (K<sub>1</sub> + K<sub>2</sub>) 的化学多元素分析结果见表 9。

由表 8 的试验结果来看,闭路试验比较成功,其选矿指标为综合精矿 (K<sub>1</sub> + K<sub>2</sub>) 产率 47.90%,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位 30.13%、回收率 80.74%。

表 7 开路试验结果

| 产品名称           | 产率/%   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位/% | 回收率/%  |
|----------------|--------|------------------------------------|--------|
| K <sub>1</sub> | 35.23  | 32.52                              | 63.21  |
| K <sub>2</sub> | 9.13   | 19.64                              | 9.89   |
| X <sub>1</sub> | 18.17  | 8.30                               | 8.32   |
| X <sub>2</sub> | 22.94  | 5.01                               | 6.34   |
| 中 <sub>Ⅲ</sub> | 8.33   | 13.09                              | 6.02   |
| 中 <sub>Ⅴ</sub> | 6.20   | 18.20                              | 6.23   |
| 合计             | 100.00 | 18.13                              | 100.00 |

表 8 闭路试验结果

| 产品名称                            | 产率/%   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位/% | 回收率/%  |
|---------------------------------|--------|------------------------------------|--------|
| K <sub>1</sub>                  | 36.67  | 33.04                              | 68.17  |
| K <sub>2</sub>                  | 11.23  | 20.02                              | 12.57  |
| X <sub>1</sub>                  | 24.13  | 8.28                               | 11.17  |
| X <sub>2</sub>                  | 27.97  | 5.17                               | 8.09   |
| 原矿                              | 100.00 | 17.88                              | 100.00 |
| K <sub>1</sub> + K <sub>2</sub> | 47.90  | 30.13                              | 80.74  |

表 9 闭路试验精矿化学多元素分析结果

| 项目   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | MgO  | Na <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> | K <sub>2</sub> O |
|------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|-------------------|-----------------|------------------|
| 含量/% | 30.13                         | 8.78             | 0.89                           | 2.28                           | 0.93 | 0.80              | 1.73            | 1.18             |
| 项目   | CaO                           | TiO <sub>2</sub> | MnO                            | CuO                            | SrO  | F                 | I·L             | 合计               |
| 含量/% | 43.85                         | 0.17             | 0.03                           | 0.02                           | 0.11 | 2.23              | 6.87            | 100.00           |

## 4 结 论

1. 试验表明:阴离子捕收剂 MG 反浮镁、阳离子捕收剂 GE-609 反浮硅的双反浮选工艺对低品位胶磷矿脱镁、脱硅的效果较好,并可以实现不加温浮选,较大幅度地提高磷精矿  $P_2O_5$  品位,生产合格精矿。

2. 远安贫胶磷矿最佳双反浮选工艺条件和药剂条件为:磨矿细度-200 目占 93%,脱镁药剂用量为  $H_2SO_4$  1200g/t、 $H_3PO_4$  2200g/t、MG 捕收剂 2000g/t,脱硅药剂用量为  $Na_2CO_3$  2800g/t、淀粉 480g/t、GE-609 捕收剂 480g/t。

3. 对  $P_2O_5$  品位为 18.21% 的胶磷矿通过使用上述浮选工艺流程进行试验,获得了综合磷精矿  $P_2O_5$  品位 30.13%、回收率 80.74%、MgO 含量 0.

93% 的选矿指标。磷精矿达到酸法加工磷肥用磷矿的二级品、黄磷专用磷矿的二级品、钙镁磷肥专用磷矿的二级品质量标准要求。

## 参考文献:

- [1] 郑其. 胶磷矿的反浮选[J]. 中国矿业, 1998, 7(2): 59 ~ 61.
- [2] 马晓青. 胶磷矿无碱常温浮选工艺的研究[J]. 中国矿业, 2002, 11(5): 54 ~ 55.
- [3] 葛英勇, 曾小波, 甘顺鹏, 等. 中、低品位胶磷矿双反浮选研究[J]. 矿产保护与利用, 2006(3): 34 ~ 36.
- [4] H·埃尔夏尔, 等. 磷酸盐矿石分选的挑战和问题的解决[J]. 国外金属选矿, 2004(12): 13 ~ 21.
- [5] 葛英勇, 甘顺鹏, 曾小波. 胶磷矿双反浮选工艺研究[J]. 化工矿物与加工, 2006(8): 8 ~ 10.

## Experimental Research on the Double Reverse Flotation of a Low-grade Collophane Ore in Yuan'an Region

GE Ying-yong, JI Rong, YUAN Wu-pu

(Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei, China)

**Abstract:** Using MG anionic collector for floating magnesium and using GE-609 cationic collector for floating silicon, a double reverse flotation technology for treating the low-grade collophane ore containing high contents of magnesium and silicon in Yuan'an region was developed. Test results showed that under unheated condition, a phosphate concentrate of 30.13%  $P_2O_5$  is obtained with the recoveries of  $P_2O_5$  are 80.74% and MgO 0.93%, respectively, and herewith, effective separation of target mineral and gangue minerals is realized.

**Key words:** Collophane ore; Double reverse flotation; Collector

## 《矿业工程》杂志 2009 年征订启事

《矿业工程》系原《国外金属矿山》杂志,由国家新闻出版总署及国家科技部批准向国内外公开发行的国家级期刊。《矿业工程》杂志由中冶北方工程技术有限公司和中国冶金矿山企业协会主办。其读者遍及全国黑色冶金、有色金属、稀有金属、黄金和核工业系统的生产建设矿山和教学、设计科研单位,在煤炭、化工、建材、水电、交通、国防工程和矿山机械制造业也有广泛的读者。

《矿业工程》为双月刊,双月 15 日出版,彩色胶版印刷,国际标准大 16 开,国内外公开发行。每册定价 10.00 元,全年 60.00 元。国内统一刊号:CN21-1478/TD,邮发代号:8-38。如有漏订,请向我杂志社索取订单,每册单价 12.00 元(包括邮费和包装费)。地址:辽宁省鞍山市南胜利路 35 号《矿业工程》杂志社收,邮编:114001;电话:0412-5537630,传真:0412-5537630。

《矿业工程》兼营广告业务,收费合理,具有展示企业形象的理想舞台。

http://www.cnki.net/gwks E-mail:kygezz@163.com kygezz@sina.com

## 欢迎订阅 2009 年《化工科技市场》杂志

《化工科技市场》是由全国化工商品科技情报中心站主办,天津化工研究设计院协办,面向国内外公开发行的国家级化工科技类月刊。本刊以发展中国化工信息产业为己任,以推动化工科技成果商品化、产业化,促进化工商品流通、优化化工科技资源配置和促进中国化工事业腾飞为目标,全面报道国内外最新化工技术进展、市场发展趋势和化工进出口走势。

本刊主要栏目设有【发展论坛】、【研究与进展】、【市场论坛】、【贸易专栏】、【拟建项目】、【政策导向】、【行业动态】、【新产品新技术】和【技术转让与合作】、【技术难题与求解】、【供求信息】等。

本刊正文 72 页,大 16 开本,定价 12 元/期,全年 144 元。

邮发代号 82-925,全国各地邮局均可订阅。或与本刊编辑部联系,汇款方式如下:

单位:《化工科技市场》编辑部 地址:天津市红桥区丁字沽三号路 85 号 邮编:300131

电话:022-26689033 26689901 传真:022-26678212 联系人:吕萍 E-mail:hgkjsc@163.com