

# 湖北某低品位高镁质磷矿反浮选试验研究

黄鹏<sup>1,2</sup>, 张凡<sup>3</sup>, 李洪强<sup>4</sup>, 贾正勋<sup>1,2</sup>, 刘爽<sup>1,2</sup>, 鲁力<sup>1,2</sup>, 康健<sup>1,2</sup>, 李健<sup>1,2</sup>

- 湖北省地质实验测试中心, 湖北 武汉 430034;
- 自然资源部稀土稀有稀散矿产重点实验室, 湖北 武汉 430034;
- 湖北省地质局第七地质大队, 湖北 宜昌 443100;
- 武汉工程大学, 湖北 武汉 430205

中图分类号: TD971.3; TD923 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)02-0138-04  
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.02.021

**摘要** 湖北某低品位沉积型磷矿石含  $P_2O_5$  21.08%,  $MgO$  含量较高, 主要矿物为胶磷矿、氟磷灰石、白云石。为了使该矿得到有效的开发利用, 开展了反浮选试验研究, 确定了合适的药剂制度和闭路工艺流程。试验结果表明, 以脂肪酸类 MG 为捕收剂、磷酸作为抑制剂, 采用一次粗选、两次精选、中矿集中处理的单一反浮选流程对该矿进行选别, 闭路试验可以得到  $P_2O_5$  品位为 31.12%、 $P_2O_5$  回收率为 88.79% 优质磷精矿。

**关键词** 胶磷矿; 高镁; 反浮选

磷矿是一种重要的化工矿物原料, 在化工、食品、医药和国防等领域有着重要的地位和作用<sup>[1-2]</sup>。我国磷矿虽然资源储量丰富, 但高品位磷矿少、低品位难选矿石多, 且矿石中有害杂质钙镁含量高, 严重制约我国磷化工行业的发展<sup>[3-5]</sup>。因此, 对中低品位磷矿资源进行开发利用具有重要的现实意义。

磷矿的选别方法有浮选、擦洗脱泥、重介质选矿、化学浸出、光电选矿以及生物选矿等。浮选是分选磷矿物的有效方法, 磷矿的浮选工艺包括直接正浮选、单一反浮选、正一反(反一正)浮选、双反浮选等工艺<sup>[6-7]</sup>。

湖北某磷矿  $P_2O_5$  品位为 21.08%、 $MgO$  含量为 6.30%, 属于低品位高镁质磷矿。矿石中主要矿物为胶磷矿和氟磷灰石, 次要矿物为白云石、石英和长石。由于单一反浮选工艺处理高镁质磷矿石具有除镁率高、工艺流程简单、选矿成本低廉等优点, 结合该磷矿矿石性质, 采用单一反浮选工艺对该矿石进行提磷降镁试验研究, 取得了较好的选矿指标。

## 1 试验样品、试剂及设备

### 1.1 试验样品性质

试验样品采自湖北某地区沉积型磷块岩矿床, 经破碎、筛分至  $-2\text{ mm}$  备用。矿石中主要矿物为胶磷矿和氟磷灰石, 以条带状和互层状构造为主。次要矿物为白云石、石英和长石, 微量的矿物及混入物包括黄

铁矿、方解石、金红石、炭质和有机质。胶磷矿主要以砂屑、砾屑和鲕粒的形式分布。氟磷灰石主要以隐晶~显微晶质集合体、条带或条纹状富集体存在, 少量以单晶形式局部聚集分布, 原矿化学多项成分分析结果见表 1。

表 1 原矿化学多项分析结果  
Table 1 Chemical multi-element analysis results of raw ore

元素	$P_2O_5$	F	$Al_2O_3$	$Fe_2O_3$	$Mn_3O_4$	$MgO$	CaO
含量	21.08	2.61	0.61	0.75	0.029	6.30	39.33
元素	$SO_3$	$Na_2O$	$K_2O$	$SiO_2$	$TiO_2$	ZnO	PbO
含量	1.15	0.27	0.42	14.55	0.088	0.004	0.08

### 1.2 试剂及设备

试验试剂磷酸为分析纯, MG 是以工业脂肪酸为原料合成的一种带过氧羟基的阴离子捕收剂, 为武汉理工大学研制的常温铁矿反浮选脱硅药剂, 在国内多家矿山得到了应用, 具有捕收能力强、选择性较好、耐低温的特性<sup>[8]</sup>。试验所用设备主要有 XMQ- $\Phi 240 \times 90$  型锥形球磨机、XFD III-1.5L 型单槽浮选机、XTLZ- $\Phi 260/\Phi 200$  型多用真空过滤机和 WGL-230B 型电热鼓风干燥箱。

### 1.3 试验方法

每次称取 500 g 矿石样品, 将样品和水按质量比

1 : 1 加入到锥形球磨机中进行磨矿。磨矿完成后将矿浆倒入 1.5 L 单槽浮选机中, 加水调浆, 按顺序加入调整剂磷酸、捕收剂 MG 分别搅拌 3 min 后进行浮选, 将得到的泡沫产品(尾矿)和槽内矿浆(精矿)过滤、烘干、称重、化学分析后计算得到各选矿指标, 试验流程见图 1。

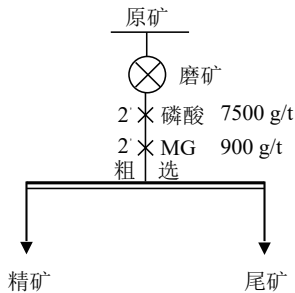


图 1 单一反浮选试验流程(粗选)  
Fig. 1 Flowsheet of single-reverse roughing flotation tests

## 2 结果与讨论

### 2.1 磨矿细度

磨矿细度对矿物的浮选行为影响很大, 磨矿细度较粗时, 有用矿物没有单体解离会造成矿物难以上浮、精矿品位不高。磨矿细度过细时, 又会使矿物过粉碎, 同时还会产生较多的次生细泥, 对浮选过程产生不利的影<sup>9</sup>。在调整剂磷酸用量 7 500 g/t、捕收剂 MG 用量 900 g/t、浮选时间 3 min 的条件下进行磨矿细度试验, 结果见图 2。

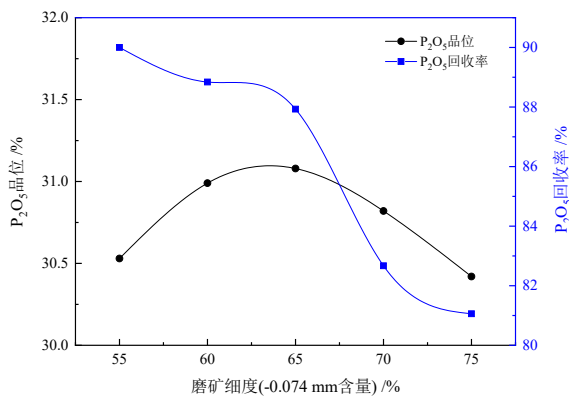


图 2 磨矿细度对精矿品位、回收率的影响  
Fig. 2 Results of grinding fineness tests

从图 2 可以看出, 随着磨矿细度的增加, 精矿回收率降低明显。精矿品位先逐渐升高, 当磨矿细度高于-0.074 mm 占 65% 之后, 精矿品位逐渐降低。因此, 选择最佳的磨矿细度为-0.074 mm 占 65%。

### 2.2 磷酸用量

胶磷矿反浮选脱镁工艺中, 常将磷酸作为磷酸盐矿物抑制剂和 pH 调整剂。磷酸作为胶磷矿典型的抑

制剂有以下作用: 一方面磷矿物表面的  $H_2PO_4^-$  会与油酸根离子形成竞争吸附, 抑制胶磷矿矿物的浮选; 另一方面磷酸解离出的  $H^+$  可以与  $HCO_3^-$ 、 $CO_3^{2-}$  发生反应, 活化白云石的浮选<sup>[4,10]</sup>。因此, 以磷酸作为胶磷矿的抑制剂进行胶磷矿反浮选降镁试验研究。在磨矿细度为-0.074 mm 占 65%、捕收剂 MG 用量 900 g/t、浮选时间 3 min 的条件下进行磷酸用量试验, 考察磷酸用量对试验结果的影响, 结果见图 3。

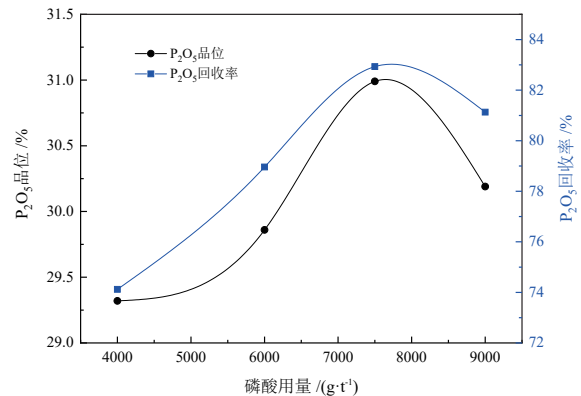


图 3 磷酸用量对精矿品位、回收率的影响  
Fig. 3 Results of phosphoric acid dosage tests

从图 3 可以看出, 随着磷酸用量的增加, 精矿品位和回收率提高显著。当磷酸用量超过 7 500 g/t 后, 精矿品位和回收率逐渐降低, 因此, 最佳的抑制剂用量为 7 500 g/t。

### 2.3 MG 用量

在磨矿细度为-0.074 mm 占 65%、调整剂磷酸用量 7 500 g/t、浮选时间 3 min 的条件下进行捕收剂 MG 用量试验, 结果见图 4。

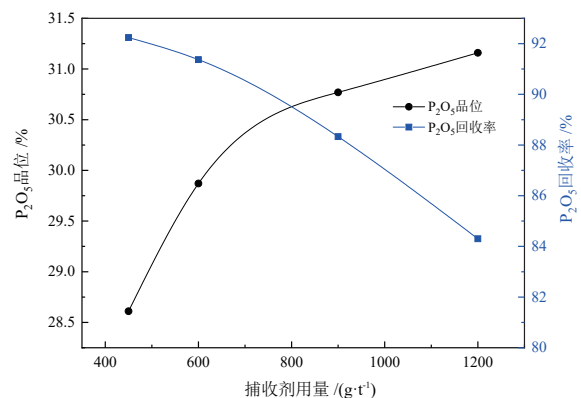


图 4 捕收剂 MG 用量对精矿品位、回收率的影响  
Fig. 4 Results of collector MG dosage tests

从图 4 可以看出, 随着捕收剂 MG 用量的增加, 精矿品位逐渐下降。而精矿回收率随着捕收剂用量的增加先快速增加, 然后增加幅度趋缓。综合考虑精矿品位与回收率指标, 选择最佳的捕收剂 MG 用量为

900 g/t。

### 2.4 闭路试验

根据前期确定的试验条件,以磷酸为抑制剂、MG 为捕收剂,进行了闭路试验,闭路试验流程见图 5,试验结果见表 2。

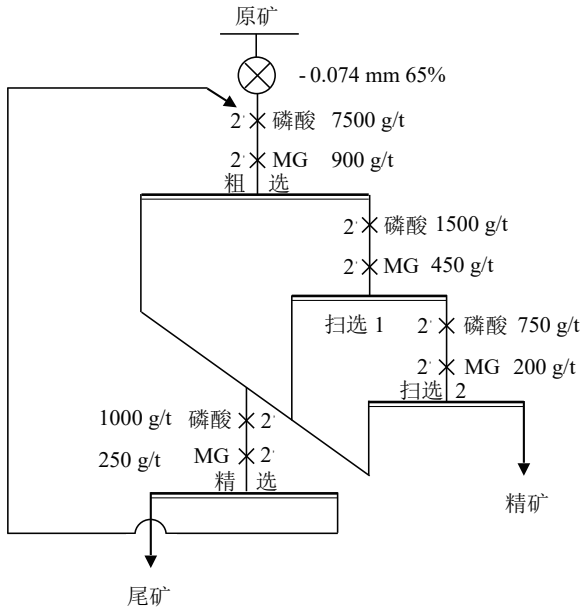


图 5 闭路试验流程  
Fig. 5 Flowsheet of closed-circuit test

表 2 闭路试验结果  
Table 2 Results of closed-circuit test

产品名称	产率	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> 品位	回收率
精矿	61.81	31.12	88.79
尾矿	38.19	6.36	11.21
原矿	100.00	21.66	100.00

从表 2 可以看出,采用单一反浮选流程可以较好地分离胶磷矿和含镁白云石等脉石矿物。闭路试验可得到产率为 61.81%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位 31.12%、回收率为 88.79% 的磷精矿。经分析,精矿 MgO 含量为 0.34%。

### 3 结论

(1) 湖北某低品位高镁质磷矿 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位为 21.08%、MgO 含量为 6.30%, 主要矿物为胶磷矿和氟磷灰石,以条带状和互层状构造为主,次要矿物为白云石、石英和长石。胶磷矿主要以砂屑、砾屑和鲕粒的形式分布。氟磷灰石主要以隐晶~显微晶质集合体、条带或条纹、单晶形式局部聚集分布。

(2) 采用磷酸为抑制剂、MG 为捕收剂,在磨矿细度为-0.074 mm 占 65% 的条件下,采用一次粗选两次

精选、中矿集中处理的单一反浮选流程,得到了产率为 61.81%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 品位 31.12%、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 回收率为 88.79% 的磷精矿,磷得到有效的富集。

### 参考文献:

[1] 张周位, 陈文祥, 黄苑龄. 贵州某胶磷矿反浮选试验[J]. 现代矿业, 2017, 33(12): 86-89.  
ZHANG Z W, CHEN W X, HUANG Y L. Experiment on reverse flotation of a collophanite in Guizhou[J]. Modern Mining, 2017, 33(12): 86-89.

[2] 吴中贤, 姜效军, 陶东平. 新型胶磷矿反浮选脱硅阳离子捕收剂试验研究[J]. 矿产综合利用, 2020, 41(5): 92-100.  
WU Z X, JIANG X J, TAO D P. Experimental study on a novel cationic collector for reverse flotation of collophane for silica removal[J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020, 41(5): 92-100.

[3] 齐越超, 韩兆元, 张发明, 等. 湖北某高镁质磷矿反浮选试验研究[J]. 有色金属(选矿部分), 2021, 74(2): 136-139.  
QI Y C, HAN Z Y, ZHANG F M, et al. Study on reverse flotation of high magnesium phosphate ore in Hubei Province[J]. Nonferrous Metals(Mineral Processing Section), 2021, 74(2): 136-139.

[4] 李丰, 田鹏杰. 某钙质胶磷矿反浮选试验及机理研究[J]. 化工矿物与加工, 2016, 45(10): 8-10.  
LI F, TIAN P J. Research on reverse flotation test and mechanism of a siliceous collophanite[J]. Industrial Minerals & Processing, 2016, 45(10): 8-10.

[5] 陈艳. 贵州某中低品位高镁胶磷矿反浮选试验研究[J]. 云南冶金, 2018, 47(5): 32-35.  
CHEN Y. The reverse flotation experimental study on one low and medium grade collophanite with high magnesium in Guizhou[J]. Yunnan Metallurgy, 2018, 47(5): 32-35.

[6] 张华, 李海兵, 赵凤婷, 等. 胶磷矿反浮选脱硅捕收剂选矿试验研究[J]. 化工矿物与加工, 2020, 49(7): 39-42.  
ZHANG H, LI H B, ZHAO F T, et al. Beneficiation study on a desilication collector in reverse flotation of collophanite ore[J]. Industrial Minerals & Processing, 2020, 49(7): 39-42.

[7] 秦定超, 刘安荣, 彭伟, 等. 含稀土高镁中低品位胶磷矿反浮选试验研究[J]. 化工矿物与加工, 2019, 48(5): 39-42.  
QING D C, LIU A R, PENG W, et al. Experimental study on reverse flotation of a mid-low grade collophanite containing rare earth and high magnesium in Guizhou[J]. Industrial Minerals & Processing, 2019, 48(5): 39-42.

[8] 葛英勇, 张敏, 余俊, 等. 新型铁矿石反浮选捕收剂MG-2捕收性能研究[J]. 金属矿山, 2011, 46(2): 51-53+140.  
GE Y Y, ZHANG M, YU J, et al. Research on collecting performance of new flotation collector MG-2 for iron ore[J]. Metal Mine, 2011, 46(2): 51-53+140.

[9] 许时. 矿石可选性研究: 第二版[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2020.  
XU S. Ore Beneficiability research: second edition[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2020.

[10] 李防, 李绪, 魏建勋, 等. 磷矿反浮选中调整剂磷酸分布规律的探讨[J]. 化工矿物与加工, 2018, 47(1): 4-5+58.  
LI F, LI X, WEI J X, et al. Discussion on distribution law of regulator phosphoric acid in reverse flotation of phosphate rock[J]. Industrial Minerals & Processing, 2018, 47(1): 4-5+58.

## Study on Reverse Flotation of Low Grade Phosphate Ore with High Magnesium in Hubei Province

HUANG Peng<sup>1,2</sup>, ZHANG Fan<sup>3</sup>, LI Hongqiang<sup>4</sup>, JIA Zhengxun<sup>1,2</sup>, LIU Shuang<sup>1,2</sup>, LU Li<sup>1,2</sup>, KANG Jian<sup>1,2</sup>, LI Jian<sup>1,2</sup>

1. Hubei Province Geological Experimental Testing Center, Wuhan 430034, Hubei, China ;

2. Key Laboratory of Rare Mineral, MNR, Wuhan 430034, Hubei, China;

3. The Seventh Geological Brigade of Hubei Geological Bureau, Yichang 443100, Hubei, China;

4. Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430205, Hubei, China

**Abstract:** A sedimentary phosphate ore in Hubei contains a low grade  $P_2O_5$  of 21.08% and high magnesium, with colophonite, fluorapatite and dolomite as its main compositions. In order to utilize the low grade phosphate ore, the reverse flotation experimental study was carried out. the proper agent regime and the closed circuit process flowsheet was investigated. The results showed that the phosphor concentrate with  $P_2O_5$  grade of 31.12% and recovery of 88.79% was obtained using MG as collector and phosphoric acid as depressant via the closed-circuit flowsheet of “one roughing-two cleaning, handling of the middlings together” .

**Keywords:** phosphate; high magnesium; reverse flotation

引用格式: 黄鹏, 张凡, 李洪强, 贾正勋, 刘爽, 鲁力, 康健, 李健. 湖北某低品位高镁质磷矿反浮选试验研究[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(2): 138-141.  
HUANG Peng, ZHANG Fan, LI Hongqiang, JIA Zhengxun, LIU Shuang, LU Li, KANG Jian, LI Jian. Study on reverse flotation of low grade phosphate ore with high magnesium in Hubei Province[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023, 43(2): 138-141.

投稿网址: <http://hcbh.cbpt.cnki.net>

E-mail: [kebh@chinajournal.net.cn](mailto:kebh@chinajournal.net.cn)