

文章编号:1004-4736(2008)02-0009-03

# 云南海口中品位磷矿浮选产业化开发

柏中能<sup>1</sup>, 张文学<sup>1</sup>, 李耀基<sup>1</sup>, 魏以和<sup>2</sup>

(1. 云南磷化集团有限公司, 云南 昆明 650600; 2. 武汉工程大学, 湖北 武汉 430074)

**摘要:**云南海口中品位硅 钙质胶磷矿从浮选工艺、流程结构和药剂应用进行了多方面的产业化研究开发, 取得了成功和系列技术成果, 已在工业生产中得到应用, 为云南中低品位磷矿浮选规模化开发利用提供了技术支持和先导。

**关键词:**中品位磷矿; 浮选; 产业化开发

**中图分类号:**P 578; TG 115

**文献标识码:**A

## 0 引言

云南是磷矿资源大省, 但 90% 以上都是中低品位难选胶磷矿<sup>[1]</sup>。要实现磷化工产业的可持续发展, 合理开发和有效利用中低品位磷矿资源非常重要。

云南中低品位磷矿开发利用有两个方面的问题值得关注, 一是云南中低品位胶磷矿本身难选, 要求工艺技术过关、选矿成本低, 要有技术经济竞争力, 必须解决技术经济问题; 二是在滇池周边和长江上游开发磷矿资源, 选矿废水排放要求严格, 要求选矿药剂不仅高效还要无毒害, 并尽可能循环利用, 达到“零排放”, 必须解决环保问题。

## 1 原矿性质简述

云南海口磷矿属浅海相大型沉积层状磷块岩矿床。矿石主要矿物分为胶磷矿、次为少量微晶磷灰石, 次要矿物成分以白云石为主, 含有石英、方解石、长石、玉髓及少量的电气石、海绿石、白云母和碳泥质物等。矿石中主要化学成分有  $P_2O_5$ 、 $CaO$ 、 $SiO_2$ , 其次为  $CO_2$ 、 $MgO$  及  $Fe_2O_3$ 、 $Al_2O_3$ 、 $F$  等。按照矿石化学组份划分, 矿石工业类型为硅钙质磷块岩。按照矿石结构、构造和物质组份划分, 上、下层矿主要矿石自然类型为鲕状或假鲕状磷块岩、条带状磷块岩、砂质磷块岩、生物碎屑磷块岩, 次为条纹状磷块岩、砾状磷块岩、硅质磷块岩<sup>[2]</sup>。岩矿鉴定查明: 胶磷矿呈鲕状、假鲕状、球粒状或砂屑状, 鲕粒有石英、白云石。胶磷矿边缘重结晶, 被纤维状细晶磷灰石包围成环带状, 胶结为胶磷矿或磷酸盐、铁泥质。石英、白云石、方解石多呈自形或半自形晶粒状与胶磷矿紧密

共生, 形成砂状结构、假鲕状结构、胶状结构和生物碎屑状结构。矿石构造有块状、条带状或条纹状、角砾状构造。

## 2 产业化开发研究内容及结果

对海口磷矿虽经多年的攻关研究, 探索了重选和浮选等选矿工艺, 但效果不是很好。近几年来, 采用正-反浮选、单一反浮选、双反浮选等工艺以及不同的药剂进行了实验室、吨级扩大性、以及工业化试验研究, 取得了满意的结果。

### 2.1 正-反浮选工艺流程开发

磷矿正-反浮选是先在碱性介质中进行抑硅浮磷正浮选作业, 排除硅质脉石, 得到富含磷矿物的泡沫精矿, 在弱酸性介质中进行抑磷浮镁反浮选作业, 排除大部分镁质脉石, 从而得到含  $MgO$  和  $SiO_2$  都较低的优质磷精矿的工艺。该流程药剂种类多、用量较高, 但适应性强, 能处理含  $P_2O_5$  17%~26%,  $MgO$  1%~6%,  $SiO_2$  15%~30% 的中低品位磷块岩。

**2.1.1 试验室小试研究开发** 采用正-反浮选工艺流程进行了试验室研究, 正浮选中采用一次粗选、一次扫选工艺流程, 未添加碳酸钠和碳酸盐矿物抑制剂, 反浮选一次粗选、一次扫选工艺流程, 在磨矿细度—0.074 mm 82% 左右, 原矿品位  $P_2O_5$  24.92%、 $MgO$  3.10%, 应用武汉工程大学开发的 OT、W-98 系列正反浮选药剂, 常温浮选, 获得精矿品位  $P_2O_5$  31.05%、 $MgO$  0.24%, 回收率为 88.23%<sup>[2]</sup> 的较好指标, 该研究为吨级扩大性试验研究提供了技术支持。

**2.1.2 吨级扩大试验研究开发** 在云南磷化集

收稿日期: 2008-03-03

基金项目: 云南省校企合作项目(2000YM-01)

作者简介: 柏中能(1966-), 男, 四川达县人, 高级工程师, 研究方向: 磷矿选矿技术研究。

团有限公司海口磷矿选矿试验研究基地,双方在试验室研究成功的基础上合作完成了 1 t/d 扩大性连续试验研究开发.采用一段闭路磨矿流程,溢流浓度控制在 28%~30%,细度—0.074 mm 为 80%左右,试验温度在 18~25℃ 间波动,原矿品位  $P_2O_5$  25.11%、MgO 3.46%、 $SiO_2$  16.58%,磨矿细度 80.87%—0.074 mm,精矿品位  $P_2O_5$  31.84%、MgO 0.48%、 $SiO_2$  14.95%,精矿产率 69.83%,精矿回收率 88.51%.扩大性试验中,浮选流程只有一次正浮粗选,反浮一粗一扫,流程结构简单,泡沫流动通畅.反浮选抑制剂 YP3 的使用,避免了使用大量硫酸而引起的“结钙”现象.尾矿水经过简单处理,返回磨矿、浮选使用,精矿水不经处理,直接返回反浮选使用,对浮选工艺和指标无影响,扩试回水利用率达 85%,精矿浆考虑按 55% 以上浓度输送,尾矿库尾矿浓度按 70% 计算,以及回水利用,则可达到了废水“零排放”.<sup>[2]</sup>

## 2.2 单一反浮选工艺流程开发

单一反浮选是利用磷矿石中镁的可浮性比磷矿物好得多的特性,在酸性介质中进行抑磷浮镁,脱除矿石中的镁质脉石,从而提高精矿品位,降低 MgO 含量的工艺流程.该工艺流程简短,药剂种类和用量相对较少,但适用范围有限,一般只适用于处理含  $P_2O_5$  20% 以上、MgO 含量较高(3.5% 以上)、 $SiO_2$  相对较低的中品位高镁磷矿石.

2.2.1 试验室小试研究开发 采用一次反浮粗选、一次反浮扫选工艺流程,对海口中品位磷矿进行研究,原矿品位  $P_2O_5$  25.24%、MgO 3.63%,磨矿细度—0.074 mm 80% 左右,用 OT、W98 系列反浮选药剂,获得精矿品位  $P_2O_5$  30.66%、MgO 0.56%,回收率为 90.71% 的好指标.

2.2.2 吨级扩大试验研究开发 在单一反浮选

小试研究开发取得较好效果基础上,对磷矿石进行了扩试研究开发.扩试采用一次反浮粗选、一次反浮扫选工艺流程,应用 OT、W98 系列反浮选药剂,采用一段磨矿分级,分级溢流浓度 28%~30%,磨矿细度—0.074 mm 80% 左右,原矿品位  $P_2O_5$  24.96%、MgO 3.59%,获得精矿品位  $P_2O_5$  30.52%、MgO 0.71%,回收率 89.58%.

## 2.3 双反浮选工艺流程开发

磷矿双反浮选第一步在酸性介质中进行抑磷浮镁,排除大部分镁质脉石,得到富含磷矿物和硅质脉石的槽内精矿,保持酸性介质进入第二步抑磷浮硅反浮选作业,排除大部分硅质脉石,从而得到含 MgO 和  $SiO_2$  都较低的优质磷精矿的流程.

2.3.1 试验室小试研究开发 采用一粗一精两扫双反浮选流程,应用武汉工程大学开发的 JVC 脱镁药剂和 T 系列脱硅药剂,原矿品位  $P_2O_5$  24.04%、MgO 4.08%,磨矿细度—0.074 mm 80%,获得精矿品位  $P_2O_5$  30.46%、MgO 0.27%,回收率为 87.52% 的工艺指标.

2.3.2 吨级扩大试验研究开发 在双反浮选小试研究开发取得较好效果基础上,在云南磷化集团有限公司海口磷矿选矿试验基地,双方合作完成了 1 t/d 扩大连续试验开发.扩试采用一段磨矿分级,分级溢流浓度 28%~30%,一粗一精两扫双反浮选流程,应用武汉工程大学开发的 JVC 脱镁药剂和 MT 系列脱硅药剂,原矿品位  $P_2O_5$  24.85%、MgO 3.29%,磨矿细度—0.074 mm 83% 左右,获得精矿品位  $P_2O_5$  30.24%、MgO 0.44%,回收率 86%.

## 3 几种工艺流程研究开发成果对比

上述几种工艺流程研究成果技术指标对比见表 1,工艺流程优缺点对比见表 2.

表 1 几种工艺流程研究成果技术指标对比

工 艺 流 程	试 验 室 研 究					吨 级 扩 大 试 验				
	原 矿 品 位 / %		精 矿 品 位 / %		回 收 率 / %	原 矿 品 位 / %		精 矿 品 位 / %		回 收 率 / %
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MgO	
正-反浮选	24.92	3.10	31.05	0.24	88.23	25.11	3.46	31.84%	0.48	88.54
单一反浮选	25.24	3.63	30.66	0.56	90.71	24.96	3.59	30.52	0.71	89.58
双反浮选	24.04	4.08	30.46	0.27	87.52	24.85	3.29	30.24	0.44	86.00

表 2 几种工艺流程优缺点对比

工艺流程	优势	不足
正-反浮选工艺	适应性强,选矿指标较好,工艺流程简单,泡沫流动性好,易于操作.	药剂种类多,用量大.
单一反浮选	选矿指标较好,工艺流程简单,药剂种类少.	对原矿有一定的要求,应用有一定局限性.
双反浮选	脱镁脱硅均在酸性介质,药剂种类相对较少,药剂用量少.	对原矿有一定的要求,应用一定的局限性,泡沫量大.

## 4 工业试验研究与工业化应用

工业试验开发规模小时处理量 10 t,日处理量 240 t,采用一段磨矿分级,分级溢流浓度 32%~34%,细度—0.074 mm 75%~78%,采用正浮一次粗选、反浮一次粗选一次扫选流程,原矿品位  $P_2O_5$  24.44%、MgO 3.71%、 $SiO_2$  17.82%,获得磷精矿品位  $P_2O_5$  32.47%、MgO 0.88%、 $SiO_2$

11.37%,回收率81.07%<sup>[2]</sup>。虽然工业试验开发获得的技术经济指标不如小试和扩试理想,但证明了在冬季气温较低情况下,仍可以在自然温度下浮选,获得高质量的磷精矿和80%以上的回收率。正反浮选工业试验的成功,为产业化开发海口中低品位磷矿提供了先导。

根据产业化开发取得的系列技术成果和技术参数,设计建设的云南第一套磷矿浮选装置——云南磷化集团有限公司海口一期200万吨/年浮选厂已于2007年10月建成。目前已进入试生产阶段,已生产浮选磷精矿10多万吨。前期开发取得的正反浮选工艺、单反浮选工艺技术成果,已在工业装置上得到了体现和验证,对工业装置的生产调试、工艺技术的调整完善起到了重要指导作用和支持作用。

## 5 结 语

a. 云南海口中品位硅钙质胶磷矿采用正-反浮

选、单一反浮选、双反浮选,应用多种高效浮选药剂,进行产业化开发均获得了成功。在胶磷矿常温浮选,选矿废水循环利用“零排放”方面取得了突破。

b. 本产业化开发取得的成果、技术,已在工业生产中得到应用,为云南中低品位胶磷矿浮选开发利用起到了先导和示范作用。

致谢:参加本研究的还有罗惠华、辜国杰、钟康年等人,在此表示感谢。

## 参考文献:

- [1] 柏中能. 对云南中低品位磷矿选矿的认识和建议[J]. 云南化工, 2007, 34(5): 23-25.
- [2] 罗惠华, 刘丽芬, 柏中能, 等. 云南海口中品位磷矿常温浮选试验[J]. 武汉化工学院学报, 2005, (2): 31-34.

# The industrialization exploitation of the flotation of middle grade phosphate in Yunnan Haikou

BAI Zhong-neng<sup>1</sup>, ZHANG Wen-xue<sup>1</sup>, LI Yao-ji<sup>1</sup>, WEI Yi-he<sup>2</sup>

(1. Yunan Phosphate Chemical Co., Kunming, 650600, China;  
2. Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** A different flotation flowsheet which includes a combination of direct and reverse flotation, and effective and non-toxic reagents were developed for Industrialization of beneficiating middle-low grade phosphate of Yunnan Haikou. The large-scale industrialization had gained better product quality and high recovery of  $P_2O_5$ .

**Key words:** middle low grade phosphate; flotation; industrialization exploitation

本文编辑:萧 宁