

# 我国沉积型条带状磷块岩分布特点及选矿技术

袁俊宏<sup>1</sup>, 魏祥松<sup>2</sup>

(1. 中国化学矿业协会, 北京 100107; 2. 中化地质矿山总局地质研究院, 河北 涿州 072754)

**摘 要:**宜昌地区及周边类似的沉积型磷矿资源的赋存特点是条带结构, 是在较大颗粒下采用重介质分选磷质条带和脉石的有利条件. 根据矿石性质和产品用途, 反浮选硅、镁等杂质合理可行.

**关键词:**条带磷块岩; 重介质; 反浮选

**中图分类号:** P619.21<sup>+</sup>3

**文献标识码:** A

**doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.02.019

## 0 引 言

50 年代末, 地质部门发现了超大型沉积型磷块岩矿床湖北宜昌磷矿. 该矿床储量大, 品位高. 与其周边的兴山、神农架、瓦屋、保康、南漳等地磷矿资源类似, 均为沉积型条带状磷块岩, 是我国的重点聚磷区之一, 对解决该矿的开发利用我国磷资源和磷深加工行业的稳定与可持续发展, 意义重大.

## 1 矿石性质

宜昌磷矿分布于宜昌、远安、兴山三县境内, 大地构造位置属黄陵背斜的北东翼呈北西—南东弧形展布. 矿床的地质构造简单. 矿区由北向南分为十大矿区. 总面积为 300 km<sup>2</sup>, 已探明储量 B+C+D 为 10.3 亿吨, 属一特大型海相沉积型磷块岩矿床. 周边的湖北兴山、神农架、瓦屋、保康、南漳等地沉积型条带状磷矿资源储量也达数十亿吨.

湖北宜昌花果树磷矿属沉积型、中低品位磷块岩矿床, 共有 Ph<sub>1</sub>、Ph<sub>2</sub>、Ph<sub>3</sub> 三个含磷层, 其中第一含磷层三矿层(Ph<sub>1</sub><sup>3</sup> 层)是主要工业层. Ph<sub>1</sub><sup>3</sup> 层原矿平均品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 23% 左右. 磷矿分上、中、下三层, 其中上贫矿 Ph<sub>1</sub><sup>3-3</sup> 主要是钙镁质磷矿, 矿层平均厚度 0.75 m, 平均品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 20% 左右; 中富矿 Ph<sub>1</sub><sup>3-2</sup> 为泥硅质磷矿和钙镁质磷矿两种, 矿层平均厚度 1.5 m, 平均品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 33% 左右; 下贫矿 Ph<sub>1</sub><sup>3-1</sup> 以含碳的泥硅质磷矿为主, 矿石质量差, 矿层平均厚度 1.4 m, 平均品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 16% 左右.

矿石自然类型为: ①泥硅质条带状磷块岩; ②白云质条带状磷块岩; ③白云质砂屑磷块岩; ④含磷白云岩. 矿石工业类型为: ①泥硅质磷矿; ②钙镁质磷矿. 矿石特征: 含碳的泥硅质条带状磷块

岩、白云质条带状磷块岩、白云质砂屑磷块岩.

有代表性的花果树矿中, 主要的化学组成(%)为 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 23.80、MgO 3.50、CaO 37.32、SiO<sub>2</sub> 18.12、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 4.45、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 1.63、F 2.01、CO<sub>2</sub> 6.55、S 1.83、K<sub>2</sub>O 2.11、Na<sub>2</sub>O 0.42. 主要矿物组成(%)为泥晶磷灰石和微晶磷灰石 50~55、白云石 15、方解石 1、粘土矿物 15、石英及玉髓 10~15.

各矿层中的磷块岩条带和脉石条带宽度较大, 其中上贫矿和下贫矿的磷块岩条带宽度和脉石宽度大于 2 mm 的占 94% 以上, 特别是中富矿的磷块岩条带全部集中在 2~18 mm 之间, 从条带宽度来看该矿石完全具备磷矿重介质选矿的工艺特性.

与其类似的湖北保康白竹磷矿, 磷块岩矿石的构造特征主要表现为纹层状一条带状和块状构造两种, 其构造特征如下: 纹层一条带状构造: 磷块岩与白云岩、泥硅质条带呈纹层一条带状相间互层分布, 构成纹层一条带状构造. 块状构造: 由磷质砂屑、磷质砾屑与白云石、少量泥晶磷灰石胶结物组成的磷块岩, 具块状构造.

## 2 实验室重液评价选矿研究

花果树矿实验室重液浮沉试验结果(见表 1)为: 当原矿品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 23.80%, 分选粒级为 -15 mm+0.5 mm, 分选密度是 2.89 时, 精矿产率 73.97%, 精矿品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30.79%、含 MgO 1.44%, 精矿回收率 87.61%.

试验研究表明: 当分选密度  $\delta$  为 2.85~2.91 时, 邻近密度物含量 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 都在 30% 左右, 属难重选矿. 其磷块岩条带以密度大于 2.95 为主, 白云岩条带密度在 2.85 左右, 因此要有效分选比重差为 0.1 的磷块岩和白云岩(0.1 的分选密度差是重

介质选矿的最低要求),要求有较高分选精度的重介质分选装备和对分选密度的稳定控制。

表 1 重选理论分选指标

Table 1 Sink-and-float data of phosphorite from Huaguoshu mine

粒级/ mm	分选 密度 $\delta$	精矿						邻近比重 矿物含量 $\delta \pm 0.1$	可选性
		产率/%		品位/%		$P_2O_5$ 回收率/%			
		对本级	对原矿	$P_2O_5$	MgO	对本级	对原矿		
-10+0.5	2.85	77.86	69.89	29.81	1.77	97.46	87.39	28.39	很难选
	2.86	76.46	68.63	30.18	1.63	96.92	86.88	29.21	
	2.87	75.13	67.44	30.52	1.53	96.28	86.33	30.18	
	2.88	73.84	66.28	30.81	1.44	95.55	85.66	31.34	
-15+0.5	2.86	77.68	71.08	29.99	1.67	97.26	89.61	28.45	很难选
	2.87	76.44	69.95	30.28	1.58	96.66	89.03	30.09	
	2.88	75.22	68.83	30.55	1.51	95.95	88.39	32.13	
	2.89	73.97	67.69	30.79	1.44	95.09	87.61	34.66	
-20+0.5	2.86	77.13	70.78	29.92	1.89	96.95	88.91	30.73	特别难选
	2.87	76.01	69.75	30.17	1.81	96.38	88.35	32.79	
	2.91	70.95	65.11	31.06	1.52	92.45	84.90	44.27	

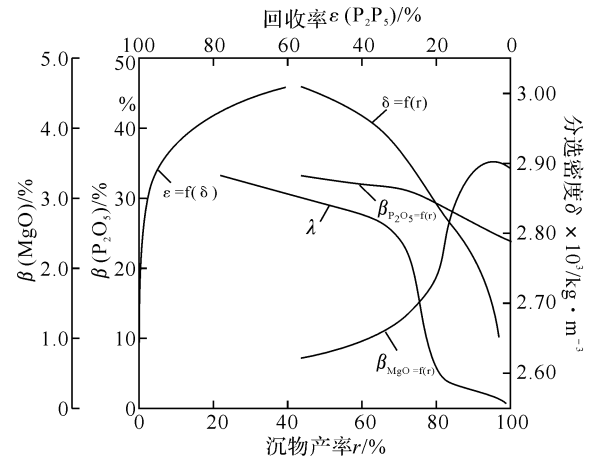


图 1 花果树矿 -15 mm+0.5 mm 原矿重选可选性曲线  
Fig. 1 Washability curve of the 0.5~15mm particle size range of phosphorite from Huaguoshu mine

从三种粒级的试验结果来看,0.5~15 mm 粒级矿样的工艺指标明显比 0.5~20 mm 和 0.5~10 mm 粒级好,其分选密度在 2.86~2.89×10³ kg/m³ 之间时所获得的合格精矿的 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MgO,产率和回收率等指标变化较小,有利于分选密度的控制。

保康矿重液浮沉工艺试验指标:原矿粒度 -15 mm+0.5 mm,分选密度 2.84,原矿品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 21.98%,精矿产率 67.02%,精矿品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 28.04%、MgO 3.29%,精矿回收率 85.99%。

3 选矿工艺与方法实例

3.1 重介质选矿

花果树磷矿重介质选矿采用如下工艺流程:  
原矿经三段一闭路破碎后,得到-17 mm 入选原矿,然后全粒级进入三产品重介质旋流器选别,底流经脱介筛脱介后获得块状精矿,筛下物经

磁选—浓缩后,获得细粒精矿;一段溢流和二段溢流合并,经脱介筛脱介后获得块状尾矿,筛下物经磁选—浓缩—过滤后得到细粒尾矿。

主要设备有:重介质无压给料三产品旋流器 3PNWX850/600,脱介筛 PZK2448 F=11.52 m²、φ=0.75 mm,磁选机 φ914×2972 型 750 高斯,尾矿陶瓷过滤机,介质自动控制为微机核密度计 FB-2300,原矿给料 FB-1330F 型微机核子称。

分选精度:重介质旋流器的分选精度,通常用分离可能误差,即 EP 值来表示.由图 2 可以计算出重介质选矿选别的 EP 值为 0.066 0。

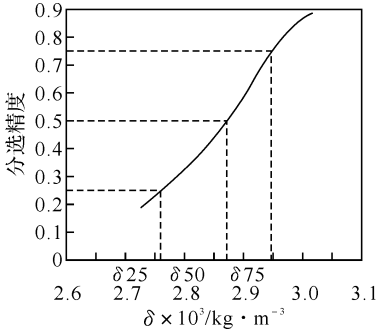


图 2 重介质旋流器选矿分离曲线  
Fig. 2 The separation density of the dense media cyclone for phosphorite from Huaguoshu mine

生产指标:根据矿介比的试验,适宜的处理能力为 170 t/h 左右,过大或过小均会影响分选效果.超过设计 150 t/h 的处理能力.原矿粒度 -17 mm、品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 23.50%,获得精矿产率 65.65%、精矿品位 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 30.64% (含 MgO 1.48%)、回收率为 85.60%。选比为 1.523。

3.2 双反浮选

宜昌某矿采用双反浮选选别(见图 3),矿石主要来自宜昌地区丁家河、桃坪河及盐池河矿区。

根据原矿性质,在磨矿细度 $-0.074\text{ mm}$  40%的条件下,获得精矿  $\text{P}_2\text{O}_5$  32.12%, $\text{MgO}$  0.77%,精矿产率 78.25%,回收率 92.29%的指标。

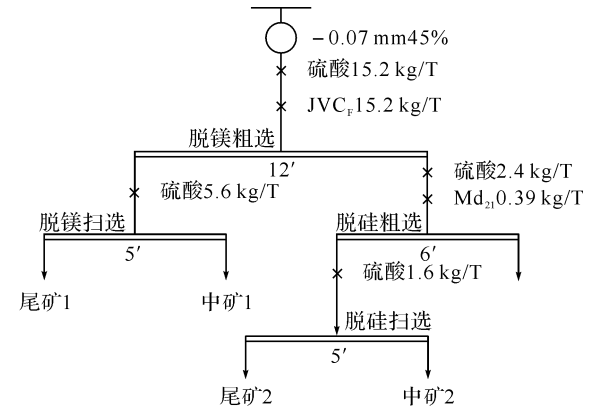


图 3 双反浮选条件图

Fig. 3 The double reverse flotation conditions and flowchart

3.3 反浮选硅酸盐选矿

宜昌某矿段磷矿选矿厂位于宜昌市猇亭工业园区.该矿选用的选矿工艺为反浮选硅酸盐选矿.

分级—浮选闭路试验工艺流程为 $+25\text{ }\mu\text{m}$ 矿砂、 $-25\text{ }\mu\text{m}$ 矿泥分别浮选,矿砂为三次粗选两次扫选,扫选中矿返回到粗选I的单反工艺;矿泥为一反一次粗选三次扫选一次精选,扫选中矿返回到粗选I和二反一次粗选的双反工艺,选矿指标为原矿品位  $\text{P}_2\text{O}_5$  25.89%,矿砂精矿产率 44.36%、品位  $\text{P}_2\text{O}_5$  36.47%,回收率 67.71%(作业回收率 89.82%);矿泥精矿产率 14.25%、品位  $\text{P}_2\text{O}_5$  31.31%,回收率 17.29%(作业回收率 57.31%).矿泥和矿砂总精矿品位  $\text{P}_2\text{O}_5$  35.22%,回收率为 80.00%。

该矿样矿泥含量较高,入浮选原矿中 $-25\text{ }\mu\text{m}$ 占 33.88%,而且这部分矿泥中  $\text{P}_2\text{O}_5$  品位 23.77%,占有率为 30.98%,使得精矿品位大于  $\text{P}_2\text{O}_5$  36%时,精矿回收率难以达到 80%。因此,试验确定了分级—浮选,矿泥、矿砂分选的选矿工艺路线。

设计工艺流程为两段闭路破碎:一段破碎设备为反击式破碎机,破碎后的原矿石经过圆振筛筛分。 $+10\text{ mm}$ 的产品进入破碎机二段破碎,然后返回圆振筛闭路,圆振筛筛下( $-10\text{ mm}$ )的产物进入磨矿作业流程。

一段闭路磨矿:磨矿浓度为 80%,磨矿细度为 $-0.074\text{ mm}$  含量 70%左右;分级机溢流浓度为 30%,分级机的返砂比为 250%。

脱泥作业:因原矿中矿泥含量高,对浮选的影响大,二号系统增加了两次脱泥作业,脱除 $-19\text{ }\mu\text{m}$ 矿泥。脱出来的矿泥和尾矿合并处理,其脱泥后的矿浆进入浮选机浮选。脱泥产率约为 22%。

浮选作业:脱泥之后的矿浆进入浮选作业,由

于要求磷精矿品位  $\text{P}_2\text{O}_5$  35%以上,浮选工艺流程为三次粗选一次精选,精选尾矿(泡沫产品)返回到第三次粗选,形成闭路流程。

浮选过程在粗选中分三段添加药剂,第一段加药点在搅拌桶,第二、三段加药点在浮选机中间箱。

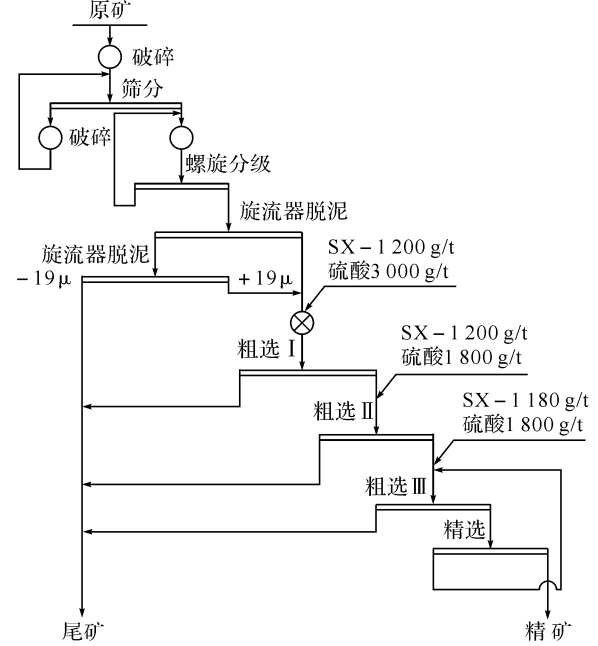


图 4 选矿生产工艺流程图

Fig. 4 The single reverse flotation conditions and flowchart

3.4 反浮选白云石选矿

对原矿品位较高( $\text{P}_2\text{O}_5 > 25\%$ )、含白云石高( $\text{Mg} > 4\%$ )的该区域磷矿,单一反浮选是较为有效合理的选别方法.宜昌某矿段磷矿和南漳某矿均采用此工艺。

如南漳某矿原矿多项分析结果(%)  $\text{P}_2\text{O}_5$  24.50、 $\text{MgO}$  6.31.生产工艺条件如图 5 所示。

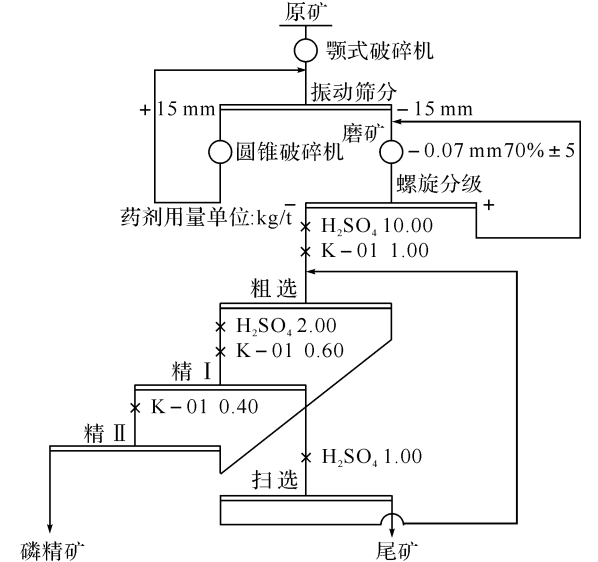


图 5 南漳某磷矿选矿厂工艺流程图

Fig. 5 The single reverse flotation conditions and flowchart for Nanzhang phosphate mine

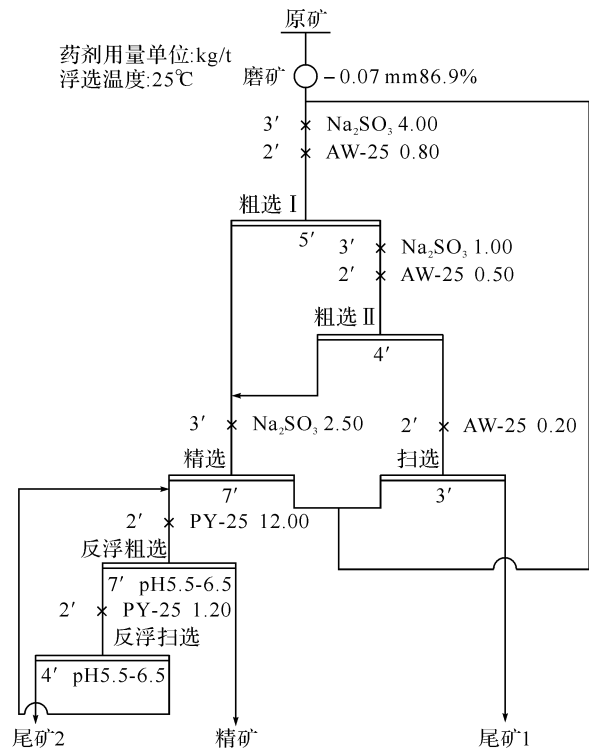


图 6 正反浮选工艺流程

Fig. 6 The direct-reverse flotation conditions and flowchart

3.5 正反浮选工艺

对宜昌地区董家河一带某磷矿进行的正反浮选研究,也取得了较好的选别效果.研究采用了常

温无碱工艺,二次粗选一次扫选一次精选正浮选——一次粗选一次扫选反浮选,指标为:磨矿细度—0.074 mm 目 含量 86. 9%,原矿品位  $P_2O_5$  14. 97%,精矿产率 38. 62%,精矿品位  $P_2O_5$  32. 30%、含  $MgO$  0. 63 %,精矿回收率 83. 34%.

4 结 语

a. 湖北宜昌磷矿属沉积型中低品位磷块岩矿床,磷块岩条带与脉石条带较宽,可在较粗粒度下实现较完全的解离,根据其特有的矿石性质,适于采用重介质选矿法选别.但是由于磷块岩条带与脉石条带比重差低于  $0.1\text{ g/cm}^3$ ,因此该矿石又属于难选矿石.采用无压三产品旋流器进行重介质选矿,运转稳定,选矿指标较好.

b. 湖北宜昌及周边相似磷矿,根据其原矿性质和所含白云石、硅酸盐含量,以及制酸与制肥对原料中杂质的要求,采用反浮选和正反浮选工艺是可行的.

参考文献:

[1] 李冬莲,张央.宜昌中低品位磷矿工艺流程试验研究[J].武汉工程大学学报,2010,32(11):54-57.  
[2] 魏祥松.丰宁招兵沟磷矿选矿实践[J].武汉工程大学学报,2010,32(11):50-53.

Distribution and beneficiation of ribbon-like sedimentary phosphorites in China

YUAN Jun-hong<sup>1</sup>, WEI Xiang-song<sup>2</sup>

(1. China Chemical Mining Association, Beijing 100107, China;

2. Institute of Geology, Bureau of Mining of China Chemical Industry, Zhuozhou 072754, China)

**Abstract:** The sedimentary phosphorites around Yichang area are characterized with a ribbon-like ore texture which favors the dense media pre-concentration process under a condition of very coarse particle size. Based on the analysis of ore properties and the usage of phosphate concentrate, a reverse-flotation of silicate and/or carbonate gangues is considered to be the most suitable further beneficiation process for this kind of ore.

**Key words:** ribbon-like phosphorite; dense media separation; reverse flotation

本文编辑:陈小平