

宜昌磷矿重介质选矿工艺矿物学

王树林¹, 黄志良^{1*}, 刘苗¹, 池汝安², 赵静¹

(1. 武汉工程大学材料科学与工程学院, 湖北 武汉 430074;

2. 武汉工程大学化工与制药学院, 湖北 武汉 430074)

摘要:为探究宜昌磷矿中主要组分的赋存状态和矿物条带的工艺性能以确定其重介质选矿工艺的可行性, 对宜昌磷矿进行了工艺矿物学研究. 首先使用化学成分分析和荧光成分分析对矿石中各条带的矿物成分和化学成分进行测定, 再对矿石中各条带解离性进行测定, 并用重液浮沉法对各条带的比重分布进行测试. 结果表明, 宜昌磷矿石中 98.98% 的五氧化二磷分布在磷块岩条带中, 同时磷块岩条带含有 2.29% 倍半氧化物, 磷块岩条带重量百分比为 81.32%; 磷块岩条带和脉石条带宽度大且各条带之间存在硬度差别, 磷块岩条带易于单体解离; 在密度范围 2.7~2.9, 磷块岩条带与粘土质条带可通过重介质选矿选别. 因此宜昌磷矿采用重介质选矿, 可先选别出矿石中的磷块岩条带, 然后再处理倍半氧化物, 可获得合乎要求的优质磷精矿.

关键词:磷块岩; 工艺矿物学; 重介质选矿

中图分类号:TD 913

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2013.11.007

0 引言

宜昌磷矿分布于湖北省西部宜昌、远安、兴山县境内, 是我国五大重点聚磷区之一. 但经长期开采, 目前随着富矿储量日益减少, 目前其磷矿的平均品位低, 绝大部分为原矿 P_2O_5 18%~30% 中低品位资源^[1-3]. 重介质选矿作为磷矿石主要的选矿工艺之一, 根据其相应特点, 应用较为广泛. 而通过对磷矿石的工艺矿物学研究可为磷矿石的选别和化学加工提供基础数据, 对磷资源的评估、重介质选矿工艺流程的确定都起着基础与先导作用^[2,4].

1 研究方法

研究样品是由宜化集团采自宜昌各矿区, 依据开采条件要求(顶板: 上贫矿: 中富矿: 下贫矿: 底板等 5 个层位按照一定的比例)全层采得的混合矿石样, 用于原矿工艺矿物研究.

样品处理: 将原矿样品的块体制成偏光显微镜用薄片. 将混合矿石样的粉体制成: ①压模光片 ②化学成份分析样 ③荧光成份分析样.

2 矿石的矿物成分和结构构造

根据课题组前期研究^[5-7]及矿石显微镜矿物

分析, 本次所采得的宜昌磷矿石自然类型可分为致密条带状磷块岩、白云质条带状磷块岩和粘土质条带状磷块岩, 其所含矿物及特点见表 1.

结合显微镜下分析可知, 矿石中磷酸盐矿物和脉石矿物在空间上呈不均匀分布. 磷酸盐矿物主要以泥晶状碳氟磷灰石形式存在, 聚集成磷块岩条带; 碳酸盐类主要以白云石形式存在, 聚集成白云岩条带; 铝硅酸盐类以水云母, 高岭土, 长石等矿物形式存在, 组成粘土质(和少量粉砂岩)条带. 白云岩和粘土条带中虽然仍有少量工业矿物类, 但含量很低, 没有工业意义. 因此应当研究上述各类条带中磷矿物和脉石矿物集合体的工艺性质.

3 磷块岩条带和脉石条带的工艺性质

3.1 各类条带的化学成分及其主要组份的分布

经过尺线测法得到各矿物平均体积含量, 再依据各矿物比重可得到磷块岩、白云岩、粘土条带的质量百分比为: 81.32 : 11.32 : 7.36. 磷块岩、白云岩、粘土条带的各主要考查组分的化学成分见表 2.

收稿日期: 2013-05-17

基金项目: 湖北省自然科学基金(No. 2011CDA050); 国家 973 预研(No. 2011CB411901); 教育部长江学者与新团队项目(No. IRT974); 国家科技支撑计划(No. 2013BAB07B01)

作者简介: 王树林(1978-), 男, 湖北洪湖人, 讲师, 硕士. 研究方向: 矿物材料. * 通信联系人

表 1 矿石自然类型及其所含矿物种类
Table 1 Natural types and minerals species of ores

矿层	自然类型	矿物种类		磷块岩特点
		主要矿物	次要矿物	
顶板	含磷白云岩	白云石	石英、玉髓	
上贫矿	白云质条带状磷块岩	碳氟磷灰石、氟磷灰石、白云石	钠长石、方解石、高岭石、石英、黄铁矿、褐铁矿、碳质等	微晶白云岩和致密状磷块岩条带以不同宽度和不同比例产出, P_2O_5 含量平均为 20% 左右
中富矿	致密条带状磷块岩	碳氟磷灰石	白云石、方解石、高岭石、水云母、黄铁矿、褐铁矿、玉髓、钠长石、钾长石、碳质等、及岩屑	以胶磷矿为主(有少量结晶为微晶的磷灰石), 其含量 85% ~ 95%, 平均 88% 左右
下贫矿	粘土质条带状磷块岩	碳氟磷灰石、水云母、钾长石、钠长石	石英、高岭石、黄铁矿、褐铁矿、方解石、炭质等、及岩屑	致密块状磷块岩与黑色粘土质页岩互为条带, 磷块岩条带宽 0.5 ~ 2 cm, 磷块岩条带 20% ~ 70% 不等, 因而 P_2O_5 15% ~ 20%
底板	黑色含磷页岩	水云母、高岭石、石英、钾长石、钠长石	黄铁矿、褐铁矿、方解石、炭质等、及岩屑	

表 2 原矿石中各条带主要组份的分布
Table 2 Distribution of main components in each zone of raw ore

条带		P_2O_5 / %			MgO / %			Al_2O_3 / %		
		品位	组份量	分布	品位	组份量	分布	品位	组份量	分布
磷块岩	81.32	33.42	26.71	98.98	0.58	0.47	19.25	1.75	1.42	46.61
白云岩	11.32	1.28	0.14	0.54	16.93	1.92	78.22	1.61	0.18	5.97
粘土	7.36	1.75	0.13	0.48	0.86	0.063	2.58	19.67	1.45	47.42
合计	100		26.98	100.00		2.45	100.00		3.05	100.00
原矿品位			27.17			2.45			3.00	
平衡 / %			99.30			100.00			101.67	

条带		P_2O_5 / %			MgO / %			Al_2O_3 / %		
		品位	组份量	分布	品位	组份量	分布	品位	组份量	分布
磷块岩	81.32	0.54	0.44	26.55	36.54	29.71	88.06	10.58	8.60	65.88
白云岩	11.32	0.47	0.053	3.22	33.62	3.81	11.28	9.67	1.09	8.38
粘土	7.36	15.78	1.16	70.23	3.02	0.22	0.66	45.67	3.36	25.74
合计	100		1.65	100.00		33.74	100.03		13.06	100.00
原矿品位			1.69			33.51			13.50	
平衡 / %			97.85			100.69			96.74	

由表 2 可知: 磷块岩条带中, P_2O_5 平均 33.42%, MgO 平均为 0.58%, R_2O_3 平均为 2.29%, 可以看出 $P_2O_5 > 31.5\%$, $MgO \leq 1.0\%$, 能满足优质磷精矿的工业要求. 但 $R_2O_3 > 2.0\%$, 因此, 应先采用重介质选别出矿石中的磷块岩条带, 然后再处理 R_2O_3 , 即可获得合乎要求的优质磷精矿. 同时磷块岩条带中 P_2O_5 分布率占 98.98%, 因此, 选别出磷块岩条带, 不仅能获得优质磷精矿, 理论上还可回收矿石中 98.98% 左右的 P_2O_5 . MgO 主要分布在白云岩中 (78.22%), Al_2O_3 约有 47.42% 在粘土质中, Fe_2O_3 约有 70.23% 也在粘土条带中, 丢弃白云岩和粘土条

带, 就可以丢弃掉矿石中大部分的 MgO 和 R_2O_3 .

3.2 条带的宽度分布

选矿的目标应是回收和富集磷块岩条带, 丢弃脉石条带, 如果采用先选别磷块岩条带, 然后再处理 R_2O_3 , 这就必须首先使它们之间相互解离. 为提供合理的磨矿粒度, 通过尺线测法对磷块岩和脉石条带的宽度进行了测量和计算, 测量工作是依全层样完成的, 共测条带 4 786 条, 总线长 27 768.3 mm. 计算工作按原矿石配比完成, 计算结果列于表 3, 累计分布曲线如图 1 所示.

由表 3, 图 1 可以得知, 磷块岩条带和脉石条带宽度较大, 磷块岩条带宽度大于 4 mm 者占

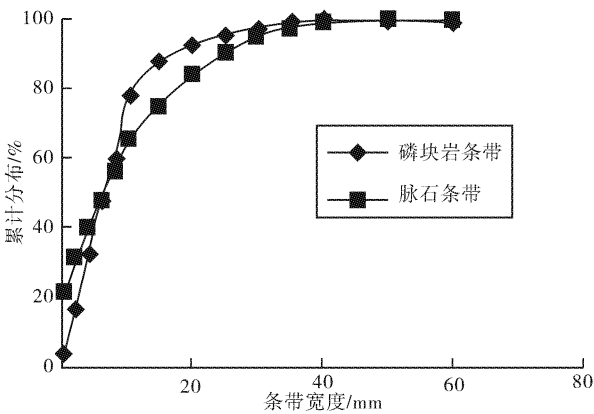


图 1 各条带的宽度累计曲线图
Fig. 1 Cumulative curve of the band width

83.89%,大于 6 mm 者占 67.82%,脉石条带宽度大于 4 mm 者占 69.27%,大于 6 mm 者占 61.41%. 因此,从条带宽度来看,矿石已具备了解离的可能性.

3.3 条带的解离特征

通过对白云岩条带、粘土质条带和磷块岩条带进行可磨性试验,结果见表 4,可知磷块岩的可磨度<粘土质的可磨度<白云岩的可磨度.

磷块岩、白云岩和粘土质的抗压性见表 5,白云岩抗压力 $F=17.3\sim78.3$ kg,平均 49.5 kg;粘土质抗压力 $F=31.8\sim64.9$ kg,平均 50.1 kg;磷块岩抗压力 $F=4.21\sim92.6$ kg,平均 62.3 kg. 由此可知,磷块岩抗压强度>粘土质抗压强度>白云岩抗压强度.

表 3 原矿石中各条带的宽度分布
Table 3 The band width distribution %

宽度/mm		0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~15	15~20	
磷块岩	分布	2.63	13.48	16.07	14.96	11.86	19.21	9.95	
	累计	2.63	16.11	32.18	47.14	59	78.21	88.16	
脉石	分布	20.86	9.87	7.86	8.04	8.34	10.23	9.02	
	累计	20.86	30.73	38.59	46.63	54.97	65.2	74.22	
宽度/mm		0~2	2~4	4~6	6~8	8~10	10~15	15~20	合计
磷块岩	分布	4.16	2.75	1.86	1.84	0.69	0.25	0.29	100
	累计	92.32	95.07	96.93	98.77	99.46	99.71	100	
脉石	分布	8.84	5.96	5.12	2.24	2.14	0.88	0.6	100
	累计	83.06	89.02	94.14	96.38	98.52	99.4	100	

表 4 条带的可磨性试验
Table 4 The grindability test of strip %

磨矿时间/min	白云岩	粘土质	磷块岩
1	10.6	4.3	3.1
2	19.3	6.8	4.6
5	53.7	19.8	9.2
8	86.8	36.2	16.6
13	98.6	84.6	43.9
18		97.8	64.6
23			87.2

研究表明,宜昌磷矿矿石的条带状构造,是由于每一条带沉积后沉积环境突变或有短暂沉积间歇所致,所以条带界面比较平整光滑.加之条带之间存在硬度差别以及条带宽度大,使矿石的条带易于单体解离.

3.4 条带的比重分布

采用重介质选别条带,是以比重差为条件的.为此,考察磷块岩、白云岩和粘土质条带的比重分布,比重测量方法为重液浮沉法.原矿石中磷块岩条带,白云岩条带和粘土质条带的密度分布列于表 6.

表 5 条带的抗压测试统计
Table 5 The compressive test statistics of strip

压力区间/ kg	白云岩		粘土质		磷块岩	
	频数	频率/%	频数	频率/%	频数	频率/%
10~20	1	0.05				
20~30	2	0.10				
30~40	3	0.15	4	0.20		
40~50	5	0.25	7	0.35	4	0.20
50~60	4	0.20	3	0.15	5	0.25
60~70	2	0.10	5	0.25	7	0.35
70~80	3	0.15	1	0.05	1	0.05
80~90					2	0.10
90~100					1	0.05
合计	20	1	20	1	20	1

磷块岩条带与粘土质条带的密度差较大,在 2.7~2.9 的密度范围内,两者之间的比重交叉部分,只有不足 5%的矿石含量.因此,它们之间易于分选,而磷块岩条带与白云岩条带之间的密度差相对较小.

表 6 条带的密度分析
Table 6 Analysis of the strip proportion

密度		>3.064	3.064 ~3.006	3.006 ~2.96	2.96 ~2.89	2.89 ~2.846	2.846 ~2.811	2.811 ~2.76	2.76 ~2.708	2.708 ~2.600	<2.600
磷块岩	分布	26.44	48.38	6.83	13.24	3.84	0.58	0.43	0.26		
	累计	26.44	74.82	81.65	94.89	98.73	99.31	99.74	100		
白云岩	分布					25.88	45.26	26.34	2.52		
	累计					25.88	71.14	97.48	100		
粘土质	分布								3.83	27.92	68.25
	累计								3.83	31.75	100

4 结 语

- a. 所采得的宜昌磷矿石自然类型可分以致密条带状磷块岩、白云质条带状磷块岩和粘土质条带状磷块岩。
- b. 由于在磷块岩条带中,P₂O₅ 平均 33.42%,MgO 平均为 0.58%,R₂O₃ 平均为 2.29%,同时磷块岩条带中 P₂O₅ 分布率占 98.98%,因此可先采用重介质选别出矿石中的磷块岩条带,然后再处理 R₂O₃,即可获得合乎要求的优质磷精矿。
- c. 采用重介质选矿中,磷块岩条带与粘土质条带的比重差较大易于分选;磷块岩条带与白云岩条带之间的比重差相对较小,可根据实际要求进行取舍。

致 谢

感谢国家科学技术部、国家教育部、湖北省科技厅的经费资助。

参考文献:

[1] 彭三国,姚敬劬. 湖北磷矿资源的保护[J]. 中国矿业,2005,14(12):30-33.
PENG San-guo, YAO Jing-qu. Protection of phosphorus mineral resource in Hubei Province of China [J]. China Mining Magazine, 2005,14(12): 30-33. (in Chinese)

[2] 魏祥松,黄启生,李宇新. 宜昌花果树磷矿重介质选别工业生产实践[J]. 武汉工程大学学报,2011,33(3):48-52.
WEI Xiang-song, HUANG Qi-sheng, LI Yu-xin. Heavy-media separation industrial production practice of Yichang Huaguoshu Phosphorite [J]. Journal of Wuhan Institute of Chemical Technology,

2011,33(3):48-52. (in Chinese)

[3] 罗惠华. 湖北宜昌中低品位胶磷矿选矿工艺探讨[J]. 矿冶,2007,16(4):10-13.
LUO Hui-hua. Discussion on beneficiation for a mid-low grade collophanite ore of Hubei Yichang [J]. Mining&Metallurgy, 2007, 16 (4): 10-13. (in Chinese)

[4] 凌仲惠. 宜昌低品位磷矿重介质旋流器选矿的应用前景[J]. 武汉工程大学学报,2011,33(3):61-64.
LING Zhong-hui. Prospect of Yichang low grade phosphorite processing by heavy-media separation cyclone[J]. Journal of Wuahn Institute of Chemical Technology,2011,33(3):61-64. (in Chinese)

[5] 王树林,黄志良,罗欣,等. 宜昌磷矿工艺矿相学研究[J]. 武汉工程大学学报,2012,34(2):55-59.
WANG Shu-lin, HUANG Zhi-liang, LUO Xin, et al. Process mineralogy studies of phosphate ores in Yichang[J]. Journal of Wuhan Institute of Chemical Technology,2012,34(2):55-59. (in Chinese)

[6] 王树林,黄志良,刘苗,等. 湖北省中低品位磷块岩工业类型划分的研究[J]. 中国矿业,2013,22(1):119-122.
WANG Shu-lin, HUANG Zhi-liang, LIU miao, et al. Middle-low grade phosphate rock in Hubei province industrial classification research[J]. China Mining Magazine, 2013, 22 (1): 119-122. (in Chinese)

[7] 田兴,石和彬,赵静,等. 湖北某中低品位硅质磷矿工艺矿物学研究[J]. 武汉工程大学学报,2012,34(3):45-50.
TIAN Xing,SHI He-bin,ZHAO Jing,et al. Process mineralogy study of siliceous mid-low grade phosphate rocks in Hubei Province [J]. Journal of Wuhan Institute of Chemical Technology, 2012, 34 (3):45-50. (in Chinese)

Process mineralogy study of heavy medium separation technology of Yichang phosphate mine

WANG Shu-lin¹, HUANG Zhi-liang¹, LIU Miao¹, CHI Ru-an², ZHAO Jing¹

(School of Material Science and Engineering, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China;

School of Chemical Engineering and Pharmacy, Wuhan Institute of Technology, Wuhan 430074, China)

Abstract: To verify feasibility of heavy medium separation of Yichang phosphate, the process mineralogy of Yichang phosphate ores including chemical compositions, occurrence, particle assemblage size and process performance of each band was studied. The mineral composition and chemical composition of each band were tested firstly by chemical composition analysis and fluorescence analysis, then the dissociation of mineral was studied and the proportion of distribution of each band was revolved by heavy liquid method. The results show that phosphorus pentoxide of 98.98% in Yichang phosphate rock is mainly distributed in phosphate rock bands which contain 2.29% sesquioxide and 81.32% weight percentage; phosphate rock band is easy to monomer dissociation because the width of phosphate rock and gangue bands are both long, and there are differences in hardness between each band; the difference of proportion between phosphate rock band and clay belt is so big that clay belt is easily separated by heavy medium separation in the range of 2.7-2.9. So Yichang phosphate rock should adopt heavy medium separation, grading phosphate rock ore belt and then processing sesquioxide to obtain high quality phosphate concentrate in line with the requirements.

Key words: phosphate rock; process mineralogy; heavy medium separation

本文编辑:龚晓宁