

文章编号:1674-2869(2012)2-0055-05

宜昌磷矿工艺矿相学研究

王树林,黄志良*,罗欣,池汝安,季家友

(武汉工程大学材料科学与工程学院,湖北 武汉 430074)

摘要:对宜昌磷矿进行了工艺矿物学研究,测定出了矿石的化学成分、各组分的赋存状态、矿物的嵌布特征和单体解离度.研究表明宜昌磷矿中含 P_2O_5 、CaO、 SiO_2 、 Al_2O_3 、MgO、 Fe_2O_3 、 K_2O 、F、S、 Na_2O 等化学成分,胶磷矿、碳酸盐矿物、石英质矿物和粘土质矿物是其主要矿物单体,它们总质量分数达到98.2%.有96%的胶磷矿嵌布粒度和93%的碳酸盐矿物嵌布粒度大于0.0784 mm,而且它们的单体解离度在三个粒级均大于90%,属中粒嵌布.

关键词:胶磷矿;中低品位;工艺矿相学;线测法

中图分类号:TD913

文献标识码:A

doi:10.3969/j.issn.1674-2869.2012.2.013

0 引言

宜昌磷矿资源比较丰富,保有储量为9.53亿t,由12个矿区组成,其中品位大于30%的富矿石1.1亿t,只占11.74%,大部分为中低品位且难选^[1].中低品位磷矿石的开采利用成为宜昌磷资源合理开发的关键.前期大量的实验室研究和较多选矿厂选别流程研究均表明^[2-3]:宜昌中低品位磷矿种类复杂,主要有镁质(碳酸盐)、粘土质、硅质等磷块岩种类.随着大型选厂的建立,中低品位磷矿的选矿存在两个问题:**a.**能合理地同时降镁、硅和铝的工艺流程较难确定;**b.**较难实现常温浮选.

因此,为了宜昌磷矿工业可持续发展,必须对宜昌磷矿进行工艺矿相学的详细研究,以指导选矿.

1 宜昌磷矿的物质特征

我国磷矿主要有岩浆结晶型磷灰石矿床、沉积变质型磷灰石矿床、沉积型磷块岩矿床.宜昌磷矿属于第三类沉积型磷块岩矿床^[1-3].本次研究的宜昌磷矿石的自然类型可分为三类,分别是:致密条带状磷块岩(P_2O_5 含量30%左右)、白云质条带状磷块岩(P_2O_5 含量平均为20%左右)和页岩条带状磷块岩(P_2O_5 含量15%左右).其主要有用矿物为隐晶质胶磷矿,脉石矿物主要为碳酸盐矿物、石英、粘土类矿物、含铁质矿物等.由于原

矿中致密条带状磷块岩含量较低,需进行配矿,以提高矿石利用率^[4-5].配矿后多元素分析见表1,品位达到了选矿的要求.

表1 配矿样品多元素分析

Table 1 Composition of blending ore

项目	P_2O_5	MgO	CaO	MnO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
w/%	27.17	2.45	33.51	0.03	13.50	1.69	3.00
项目	K_2O	Na_2O	F	Cl	总S	挥发 组份	酸不 溶物
w/%	1.20	0.66	2.60	0.05	0.82	11.28	22.23

2 组份在矿石中的赋存状态

2.1 测定各矿物在配矿中的含量

利用光学偏光显微镜观测(奥林巴斯BH-2型显微镜),首先根据矿物单体在偏光显微镜下不同的晶体光学性质确定其矿物单体种类,然后采用过尺线测法测定矿石中各矿物平均体积含量,最后依据各矿物平均体积含量和比重可计算出各矿物平均质量分数,其结果如表2.

2.2 测定矿物单体成分

根据光学偏光显微镜分析,把能被解离出的矿物被看成为单体(最小粒度确定为0.0392 mm).其中胶磷矿、石英、碳酸盐矿物可以通过挑样选择单体矿物,用化学方法分析各成分含量;而铁碳质矿物、粘土矿物、长石类矿物不易挑样,用SEM微区能谱成分分析.矿物单体成分结果如下:

收稿日期:2011-12-23

基金项目:湖北省自然科学基金(2011CDA050);国家973预研项目(2011CB411901);教育部长江学者与创新团队项目(IRT974)

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 2 各矿物平均质量分数

Table 2 Average weight percentage of various minerals

矿物	线测长度 L/cm	体积 V/cm^3	体积分数 $H/\%$	密度 $d/(\text{g}/\text{cm}^3)$	质量分数 $w/\%$
胶磷矿	106.3	1 202 688.8	79.67	2.98	80.76
碳酸盐矿物	52.5	144 396.0	9.57	2.70	9.18
石英质矿物	41.7	72 732.8	4.82	2.65	4.31
粘土类矿物	40.5	66 620.8	4.41	2.54	3.95
长石类矿物	20.2	8 251.2	0.55	2.60	0.48
铁碳质矿物	24.6	14 821.6	0.98	4.00	1.32
合计	285.8	15 095 112	100.00		100.00

a. 胶磷矿: 含 P_2O_5 33.41 %、含 MgO 0.58 %、含 CaO 37.87 %、含 SiO_2 6.57 %、含 Fe_2O_3 0.41 %、含 Al_2O_3 1.57 %;

b. 碳酸盐脉石矿物: 含 MgO 21.35 %、含 CaO 34.31 %、含 Fe_2O_3 0.41 %、含 SiO_2 6.43 %、含 Al_2O_3 1.39 %;

c. 石英质矿物: 含 SiO_2 99.58 %;

d. 粘土类矿物: 含 SiO_2 45.45 %、含 Al_2O_3 34.65 %、含 MgO 0.64 %;

e. 铁碳质矿物: 含 Fe_2O_3 85.74 %;

f. 长石类矿物: 含 SiO_2 44.71 %、含 Al_2O_3 33.11 %、含 MgO 0.77 %.

2.3 主要组份在各矿物中的赋存状态

根据单体矿物成分和矿物的平均重量百分比含量, 确定磷矿中主要考查组份在各矿物中的赋存状态以及各组分的存在形式, 结果如表 3 所示. 查明了各组分存在的形式.

表 3 主要考查组份在各矿物中的赋存状态

Table 3 Occurrence state of the main group in each mineral

矿物	质量分数	P_2O_5 百分 比/占有率	CaO 百分 比/占有率	MgO 百分 比/占有率	Al_2O_3 百分 比/占有率	Fe_2O_3 百分 比/占有率	SiO_2 百分 比/占有率
胶磷矿	80.76	27.00/100	30.58/90.66	0.47/19.11	1.27/43.34	0.33/19.76	5.30/43.48
碳酸盐矿物	9.18		3.15/9.34	1.96/79.67	0.13/4.44	0.04/2.40	0.59/4.84
石英质矿物	4.31					4.29/35.19	
粘土类矿物	3.95			0.03/1.22	1.37/46.76		1.80/14.77
长石类矿物	0.48			0.00	0.16/5.46		0.21/1.72
铁碳质矿物	1.32					1.30/77.84	
合计	100.00	27.00	33.73	2.46	2.93	1.67	12.19
原矿品位		27.17	33.51	2.45	3.00	1.69	13.50
平衡		99.37	100.66	100.41	97.67	98.82	90.30

从表 3 中可以看出, 需要选出的 P_2O_5 主要赋存在胶磷矿中; 需要选去的 MgO 主要赋存在碳酸盐矿物中; 需要选去的 SiO_2 主要赋存在石英矿物和粘土类矿物中; 需要选去的 Al_2O_3 赋存在长石 - 粘土类矿物中; 需要选去的 Fe_2O_3 赋存在铁碳质矿物中.

3 矿物的嵌布特征

3.1 胶磷矿与脉石矿物的嵌布、嵌镶关系

本矿区胶磷矿的嵌布特征主要是条带状嵌布, 有少许的杂乱状嵌布.

在致密条带状磷块岩中磷块岩条带占 90 %

左右, 磷块岩条带宽 0.5 ~ 5 cm 不等, 组成磷块岩条带的主要是块状胶磷矿. 另外, 有少量碳酸盐 - 石英 - 粘土类矿物和石英 - 粘土 - 铁碳质矿物组成的微条纹, 条带占 10 % 左右, 磷块岩条带宽 0.01 ~ 0.05 cm 不等.

在白云质条带状磷块岩中, 磷块岩条带以不同宽度 (一般宽 0.5 ~ 2 cm, 个别宽 5 ~ 10 cm) 和比例 (占 45 % 左右) 嵌布于微晶白云岩中. 磷块岩条带有块状胶磷矿和团粒状胶磷矿两种.

在页岩条带状磷块岩中, 磷块岩条带嵌布于页岩中, 磷块岩条带占 30 % ~ 70 % 不等, 条带宽 0.5 ~ 2 cm, 胶磷矿有块状、团粒状两种, 块状胶磷

矿往往单独组成条带,而团粒状胶磷矿多与少量粘土-石英-铁碳质矿物一起组成条带。

胶磷矿的颗粒中或多或少总是包裹有石英、碳酸盐类及其它脉石矿物微粒(见图1)。块状、屑状胶磷矿同周边脉石矿物石英、碳酸盐类矿物毗连嵌镶(见图2),胶磷矿与石英的界面相对平整呈平直、波浪状毗连嵌镶,而与碳酸盐类矿物呈港湾状毗连嵌镶。

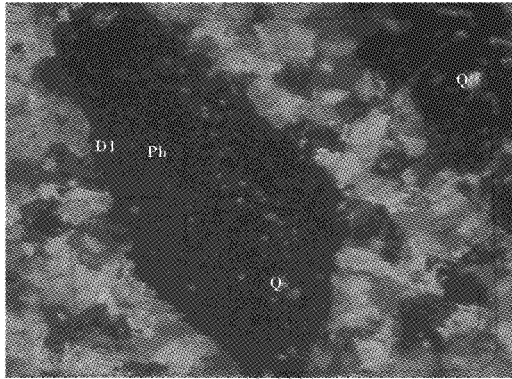


图1 胶磷矿团块(黑色)中包裹石英(Q)、碳酸盐类矿物(Dl花斑状)

Fig. 1 Collophane (Ph) lump enwrapped quartz (Q) and dolomite (Dl)

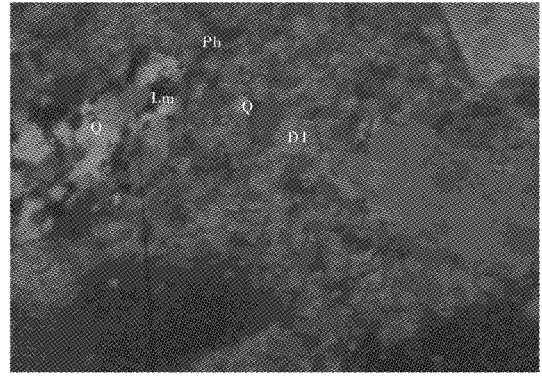


图2 碳酸盐矿物(Dl花斑色)毗连嵌镶团粒状胶磷矿(Ph灰黑色)和石英(Q灰白色)

Fig. 2 Dolomite (Dl) adjacent to aggregate of collophane (Ph) grains and quartz (Q)

3.2 矿石中各类矿物的嵌布粒度分析

在光学显微镜下采用过尺线测法分别对矿石中各矿物的嵌布粒度进行统计,可为矿物单体解离的磨矿粒度提供选择依据。其结果见表4~7及图3,表明:96%的胶磷矿嵌布粒度大于0.0784 mm,属中粒嵌布;93%的碳酸盐矿物嵌布粒度大于0.0784 mm,属中粒嵌布;接近90%的石英-长石-粘土类矿物嵌布粒度大于0.0392 mm,属中-

表4 胶磷矿的嵌布粒度表

Table 4 Grain size of collophane

粒级	粒度范围/mm	比粒径 d	线测颗粒数 n	含量比 nd	含量分布/%	累计含量/%
I	+1.254 4	128	68	8 704	6.76	6.76
II	+0.627 2-1.254 4	64	496	31 744	24.65	31.42
III	+0.313 6-0.627 2	32	1 298	41 536	32.26	63.68
IV	+0.156 8-0.313 6	16	1 897	30 352	23.57	87.25
V	+0.078 4-0.156 8	8	1 510	12 080	9.38	96.63
VI	+0.039 2-0.078 4	4	860	3 440	2.67	99.30
VII	+0.019 6-0.039 2	2	348	696	0.54	99.84
VIII	+0.009 8-0.019 6	1	201	201	0.16	100.00
共计			6 678	128 753		

表5 碳酸盐矿物的嵌布粒度表

Table 5 Grain size of carbonate

粒级	粒度范围/mm	比粒径 d	线测颗粒数 n	含量比 nd	含量分布/%	累计含量/%
I	+1.254 4	128	120	15 360	45.63	45.63
II	+0.627 2-1.254 4	64	130	8 320	24.72	70.35
III	+0.313 6-0.627 2	32	98	3 136	9.32	79.67
IV	+0.156 8-0.313 6	16	124	1 984	5.89	85.56
V	+0.078 4-0.156 8	8	350	2 800	8.32	93.88
VI	+0.039 2-0.078 4	4	325	1 300	3.86	97.75
VII	+0.019 6-0.039 2	2	264	528	1.57	99.31
VIII	+0.009 8-0.019 6	1	231	231	0.69	100.00
共计			1 642	33 659		

表 6 石英-长石-粘土类矿物的嵌布粒度表

Table 6 Grain size of quart, feldspar and clay

粒级	粒度范围/mm	比粒径 d	线测颗粒数 n	含量比 nd	含量分布/%	累计含量/%
I	+1.254 4	128	0	0	0.00	0.00
II	+0.627 2 - 1.254 4	64	62	3 968	10.85	10.85
III	+0.313 6 - 0.627 2	32	254	8 128	22.22	33.07
IV	+0.156 8 - 0.313 6	16	555	8 880	24.28	57.36
V	+0.078 4 - 0.156 8	8	967	7 736	21.15	78.51
VI	+0.039 2 - 0.078 4	4	1 039	4 156	11.36	89.87
VII	+0.019 6 - 0.039 2	2	901	1 802	4.93	94.80
VIII	+0.009 8 - 0.019 6	1	1 902	1 902	5.20	100.00
共计			5 680	36 572		

表 7 铁碳质矿物的嵌布粒度表

Table 7 Grain size of Iron carbonate minerals

粒级	粒度范围/mm	比粒径 d	线测颗粒数 n	含量比 nd	含量分布/%	累计含量/%
I	+1.254 4	128	0	0	0.00	0.00
II	+0.627 2 - 1.254 4	64	0	0	0.00	0.00
III	+0.313 6 - 0.627 2	32	6	192	5.66	5.66
IV	+0.156 8 - 0.313 6	16	34	544	16.02	21.68
V	+0.078 4 - 0.156 8	8	76	608	17.91	39.59
VI	+0.039 2 - 0.078 4	4	157	628	18.50	58.09
VII	+0.019 6 - 0.039 2	2	171	342	10.07	68.16
VIII	+0.009 8 - 0.019 6	1	1 081	1 081	31.84	100.00
共计			1 525	3 395		

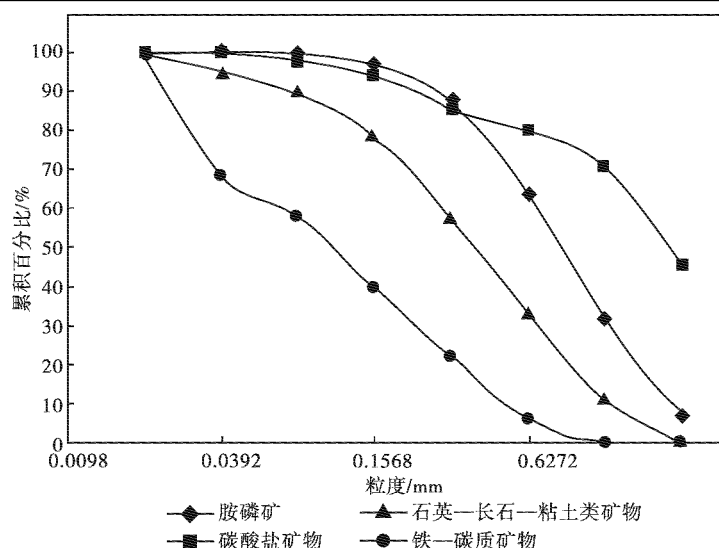


图 3 各类矿物的嵌布粒度累积曲线

Fig. 3 Grain size distribution of each mineral

细粒嵌布;只有 68 % 的铁碳质矿物的嵌布粒度大于 0.0196 mm,属细粒嵌布。

4 矿物的单体解离度分析

根据嵌布粒度与嵌镶特征分析,矿样品磨后

的粉体选粒度范围为三个粒级,分别是: -0.037 mm(- 400 目)、0.037 ~ 0.05 mm(- 300 + 400 目)、0.05 ~ 0.074 mm(- 200 + 300 目)。将不同粒级的矿粉压模成光块后用偏光显微镜照相法,利用计算机图像识别,测定各矿物的单体解离

度,结果如下:

a. 胶磷矿的单体解离度在三个粒级均大于90 %;

b. 碳酸盐矿物的单体解离度与胶磷矿相似,在三个粒级均大于90 %;

c. 石英-长石-粘土类矿物的单体解离度在三个粒级处于64 % ~ 69 %之间,主要原因是长石-粘土类矿物的嵌布粒度小,单体解离度较小;

d. 铁碳质矿物的单体解离度在三个粒级处于53 % ~ 59 %之间,主要原因是铁碳质矿物嵌布粒度小,而且铁碳质矿物大量被包裹于页岩和胶磷矿中,单体解离困难^[6-7]。

5 结 语

a. 根据显微镜矿物的分析与研究,宜昌磷矿石自然类型和工业类型可分以下三类:致密条带状磷块岩、白云质条带状磷块岩、页岩条带状磷块岩。

b. 根据矿物嵌布粒度的分析与研究,宜昌磷矿以条带状嵌布为主,嵌布粒度按从大到小顺序依次为:胶磷矿、碳酸盐矿物、石英-长石-粘土类矿物、铁碳质矿物;其中胶磷矿和碳酸盐矿物属

中粒嵌布。

c. 根据矿物的单体解离度分析结果,可见宜昌磷矿降镁、降硅易,降铁、降铝难,那么在以后的研究过程中,我们就需要运用合适的选矿工艺来解决这一问题。

参考文献:

- [1] 刘乃富. 湖北省中低品位磷矿合理利用的分析与建议[J]. 化工矿物与加工, 2005(11): 1-4.
- [2] 洪秉信, 黄亚琴. 宜昌店子坪磷矿矿石工艺特征[J]. 矿产综合利用, 1987, 4: 61-65.
- [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.
- [4] 肖建华, 郁钟铭. 磷矿生产配矿研究[J]. 矿业工程, 2009, 7(2): 25-26.
- [5] 廖光大, 李天华, 黄杰, 等. 云南磷化集团磷矿石配矿的探讨[J]. 露天采矿技术, 2009(4): 45-49.
- [6] 石和彬, 王树林, 梁永忠, 等. 云南中低品位硅钙质磷块岩工艺矿物学研究[J]. 武汉工程大学学报, 2008, 30(2): 5-8.
- [7] 石和彬, 钟宏, 刘羽, 等. 中低品位磷块岩在磨矿过程中的成分分异[J]. 武汉工程大学学报, 2011, 33(3): 76-79.

Process mineralogy studies of phosphate ores in Yichang

WANG Shu-lin, HUANG Zhi-liang, LUO Xin, CHI Ru-an, JI Jia-you

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

Abstract: The process mineralogy of phosphate ores in Yichang including chemical compositions, occurrence state, grain size, embedded feature of minerals and monomer dissociation degree was studied. The results show that Yichang phosphate ores contains many complex chemical compositions which contain P_2O_5 , CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , MgO , Fe_2O_3 , K_2O , F , S , Na_2O , and et al. Collophane, carbonate, quartz mineral, and clay mineral are the main mineral components of phosphate ores, whose content is up to 98.2 % ($w/\%$). The particle assemblage size of 96 % collophane and 93 % carbonate is above 0.0784 mm which should be middle particle assemblage size distribution. The monomer dissociation degree of collophane in the -0.037 mm, $0.037 \sim 0.05$ mm, and $0.05 \sim 0.074$ mm fractions, are all above 90 %.

Key word: collophane; middle-low grade; process mineralogy; linear measurement method

本文编辑: 龚晓宁