

文章编号:1674-2869(2011)03-0096-04

沙特阿拉伯 ALANJEL 公司磷矿工艺矿物学研究

赵 雷,杨绍斌,肖 喆,庞建涛
(云南磷化集团有限公司,云南 昆明 650600)

摘 要:对沙特阿拉伯 ALANJEL 公司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,为后续的选矿工艺打下了基础。
关键词:沙特阿拉伯;中低品位;工艺矿物学;硅钙质磷块岩
中图分类号:TD913 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.03.027

0 引 言

沙特磷矿资源主要分布在西北部的沙漠地区,矿区海拔一般为 600~800 m,为海相沉积型磷块岩矿床,成矿时代为白垩纪(K)与第三纪(E)之间(距今约 7 000 万~1 亿年),含磷矿层平均厚度 5 m 左右,分为两层矿,矿层埋藏深度大多在 20~25 m 之间,上覆岩层主要为石灰岩(外观相对疏松),矿石颜色为灰白色,与上下岩层无明显的差异,矿层为近水平产出,厚度 3~6 m, P_2O_5 含量一般在 16%~19%,少部分高至 21% 左右, MgO 含量 3.2%~6.5%, CaO 含量 34.8%~41.9%。

沙特磷矿资源发现于 1965 年,从 1984 年开始,美国、约旦等国的一些公司先后做了一些地质及选矿试验工作。据沙特能源矿产部介绍,沙特磷矿资源全部分布在沙特北部,预计总资源储量为 80 亿 t,其中:经过探明或被证实的矿区有 4 个,资源储量分别为 2.5 亿 t、2.13 亿 t、1.5 亿 t、0.24 亿 t,总探明储量为 6.37 亿 t。

1 沙特磷矿的物质特征

沙特磷矿属于硅—钙型磷矿石(图 1),其主要的自然类型有:砾状磷块岩、白云质磷块岩、生物碎屑磷块岩、含磷白云灰岩。矿石中 有用矿物组成以胶磷矿为主,其次为细晶磷灰石。脉石矿物主要有碳酸盐矿物(白云石)、石英质矿物、铁碳质矿物(褐铁矿、黄铁矿)及少量粘土类、长石类矿物。其代表样的多元素分析见表 1。



图 1 沙特磷矿石外观物征照片
Fig. 1 The phosphate of Saudi Arabia

表 1 样品多元素分析
Table 1 Composition of primary ore

项目	P_2O_5	CaO	MgO	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3
w/%	17.94	41.40	3.59	19.54	0.44	0.40
项目	K_2O	Na_2O	F	CO_2	A·I	灼失
w/%	0.07	0.19	1.96	14.02	15.20	18.16

2 磷矿中主要组分的赋存状态

2.1 各矿物在原矿中的含量测定

利用可视化偏光显微镜观测,采用过尺线测法,首先测定矿石中各矿物平均体积含量,然后依据比重计算矿石中各矿物平均重量百分比含量,其测定结果如表 2。在原矿中,胶磷矿占 45.71%,碳酸盐矿物占 34.58%,石英质矿物占 14.27%,粘土、长石类矿物占 4.01%,铁碳质矿物占 1.43%。

表 2 各矿物在原矿中的含量
Table 2 Various minerals in the mine in the level of

矿物	体积密度/ (g/cm^3)	质量分数/ %
胶磷矿	2.95	45.71
碳酸盐矿物	2.70	34.58
石英质矿物	2.65	14.27
粘土类矿物长石类矿物	2.60	4.01
铁碳质矿物	4.00	1.43
合计		100.00

2.2 矿物单体成分测定

根据以上各粒级的成分分析及矿物种类分析结果,把能被单体解离出的矿物被看成为单体,即被包裹物的最小粒度确定为0.074 8 mm.胶磷矿、石英、碳酸盐矿物、粘土矿物通过挑样选择单矿物,用化学方法分析各成分含量:

a. 胶磷矿(化学分析): P_2O_5 38.50%; MgO 0.50%; CaO 53.34%; SiO_2 1.72%; Fe_2O_3 0.46%; Al_2O_3 0.45%.

b. 方解石(化学分析): CaO 56.03%; CO_2 43.97%.

c. 白云石(化学分析): MgO 21.86%; CaO

30.41%; CO_2 47.73%; Fe_2O_3 0.46%.

2.3 原矿中主要考查组份在各矿物中的赋存状态

通过单矿物成分测定数据,结合矿物在矿石中的平均含量,依次查清原矿中主要考查组份在各矿物中的赋存状态,所得的结果如表 3,查明了各元素的存在形式.为选矿流程各阶段产物主要考查组份的走向提供了数据.

从表 3 可以看出, P_2O_5 、 CaO 主要存在于胶磷矿之中, MgO 、 CO_2 主要存在于碳酸盐矿物之中, SiO_2 主要存在于石英质矿物之中, Fe_2O_3 主要存在于铁碳质矿物之中, Al_2O_3 主要存在于长石类矿物、粘土类矿物之中.

表 3 原矿中主要考查组份在各矿物中的赋存状态

Table 3 The original ore in the main group of all minerals state

矿物	矿物质量 分数/%	矿物含 P_2O_5 质量分布率/ %	矿物含 CaO 质量分布率/ %	矿物含 MgO 质量分布率/ %	矿物含 SiO_2 质量分布率/ %	矿物含 Fe_2O_3 质量分布率/ %	矿物含 CO_2 质量分布率/ %	矿物含 F 质量分布率/ %	矿物含 Al_2O_3 质量分布率/ %
胶磷矿	45.71	17.60/100	24.21/57.30	0.04/1.12	0.10/6.26			1.96/100	0.03/7.50
碳酸盐矿物	34.58		18.04/42.70	3.53/98.88			13.01/92.86		
石英质矿物	14.27				14.27/89.41				
长石类矿物	4.01			0.00	1.59/9.96				0.37/92.5
粘土类矿物									
铁碳质矿物	1.43					0.43/100	1.00/7.14		
合计	100.00	17.60	42.25	3.57	15.96	0.43	14.01	1.96	0.40
原矿品位		17.94	41.40	3.59	15.94	0.44	14.02	1.96	0.40
平衡(%)		98.10	102.42	98.89	100.13	97.73	99.93	100	100

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

沙特硅—钙型磷块岩以杂乱嵌布为主,其主要嵌布粒度范围为 0.04~0.3 mm,胶磷矿与脉石矿物有二种嵌镶关系:a. 包裹嵌镶:胶磷矿的颗粒中或多或少总是包裹有脉石矿物的微粒(小于 0.01 mm)(图 2).

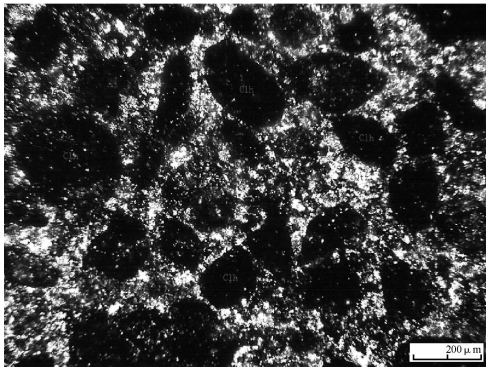


图 2 黑色胶磷矿(Clh)、灰色白云石(Dol)、白色石英(Qtz). 胶磷矿呈粒状结构,白云石、石英小颗粒包裹在黑色胶磷矿中

Fig. 2 Black Collophane(Clh), Grey of dolomites (Dol), White Quartz(Qtz); A phosphate agranular, dolomites, quartz small particles of the phosphate rock in the black rubber

b. 毗连嵌镶:块状、砾状胶磷矿颗粒同周边脉石矿物石英、白云石、方解石一般呈平直、波浪状或港湾状毗连嵌镶(图 3).

3.2 主要矿物的嵌布粒度

利用奥林巴斯 BX51—P 型偏光显微镜,采用过尺线测法在对原矿中胶磷矿、白云石、石英等主要矿物的嵌布粒度进行测定.得到的参数如表 4~6. 粒度分布见图 4~6.

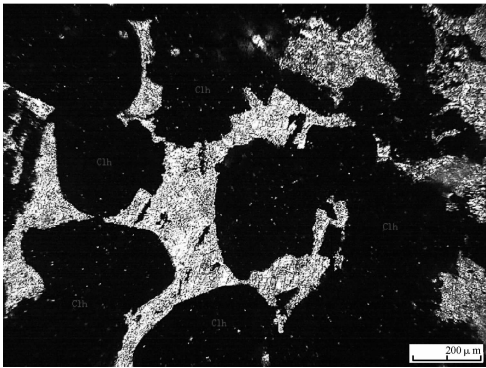


图 3 黑色胶磷矿(Clh),灰色白云石(Dol). 胶磷矿与白云石颗粒成港湾状毗连嵌镶.

Fig. 3 Black Collophane(Clh), Grey dolomites (Dol). A phosphate rock particles into the harbour with dolomites join a panel

表 4 胶磷矿嵌布粒度表

Table 4 A phosphate set the table cloth granularity

粒级	刻度格数	粒度范围/mm	比粒径 d	线测颗粒数 n''	含量比 $n''d$	含量分布/%	累计含量 $\Sigma n''d/\%$
Ⅳ	+16-32	+0.1568-0.3136	8	524	4192	68.55	68.55
Ⅴ	+8-16	+0.0784-0.1568	4	337	1348	22.05	90.60
Ⅵ	+4-8	+0.0392-0.0784	2	196	392	6.41	97.01
Ⅶ	+2-4	+0.0196-0.0392	1	183	183	2.99	100.00
共计				1240	6115	100.00	

表 5 白云石嵌布粒度表

Table 5 Dolomites inlaid table cloth granularity

粒级	刻度格数	粒度范围/mm	比粒径 d	线测颗粒数 n''	含量比 $n''d$	含量分布/%	累计含量 $\Sigma n''d/\%$
Ⅳ	-16-32	+0.1568-0.3136	8	59	472	25.19	25.19
Ⅴ	-8-16	+0.0784-0.1568	4	166	664	35.43	60.62
Ⅵ	-4-8	+0.0392-0.0784	2	233	466	24.87	85.49
Ⅶ	-2-4	+0.0196-0.0392	1	272	272	14.51	100.00
共计				730	1874	100.00	

表 6 石英嵌布粒度表

Table 6 Quartz inlaid table cloth granularity

粒级	刻度格数	粒度范围/mm	比粒径 d	线测颗粒数 n''	含量比 $n''d$	含量分布/%	累计含量 $\Sigma n''d/\%$
Ⅳ	-16-32	+0.1568-0.3136	8	4	32	35.16	35.16
Ⅴ	-8-16	+0.0784-0.1568	4	5	20	21.98	57.14
Ⅵ	-4-8	+0.0392-0.0784	2	9	18	19.78	76.92
Ⅶ	-2-4	+0.0196-0.0392	1	21	21	23.08	100.00
共计				39	91	100.00	

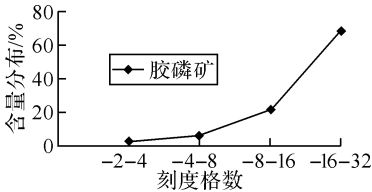


图 4 胶磷矿嵌布粒度分布

Fig. 4 A set of grain-size distribution of the phosphate rock

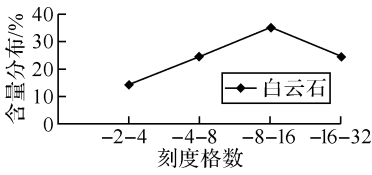


图 5 白云石嵌布粒度分布

Fig. 5 Dolomites grain-size distribution in the built-in

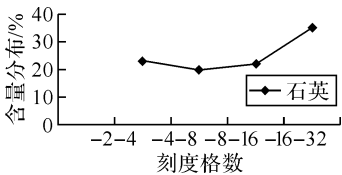


图 6 石英嵌布粒度分布

Fig. 6 Grain-size distribution of quartz panels

由表 4~6,图 4~6 可知:沙特磷矿中主要矿物的嵌布粒度大小顺序是:胶磷矿>碳酸盐矿物>石英—长石—粘土类矿物>铁碳质矿物。

a. 在-0.156~+0.078 4 mm 粒度范围胶磷矿嵌布粒度为 90.60%,属细粒嵌布。

b. 在-0.156~+0.078 4 mm 粒度范围方解石、白云石嵌布粒度为 60.62%,属细粒嵌布。

c. 在-0.156~+0.078 4 mm 粒度范围石英嵌布粒度为 57.14%,属细粒嵌布。

4 矿物的单体解离

矿石分选的目的,是为了有效的富集并回收它其中的有用矿物。而矿物在可选粒度范围内的解离,将直接影响到选分效果。因此,对沙特磷矿矿物的单体解离及时作出正确的预测和查定,将进一步提高沙特磷矿的选矿效果。在此,我们采用矿物显微镜测量法对沙特磷矿各矿物的单体解离进行了测定,其结果如下:

a. 胶磷矿单体在 $\geq 0.074\ 8\ \text{mm}$ 粒级时的解离度为 70.75%。

b. 方解石、白云石单体在 $\geq 0.074\ 8\ \text{mm}$ 粒级时的解离度为 39.86%。

c. 石英单体在 $\geq 0.074\ 8\ \text{mm}$ 粒级时的解离度为 1.27%。

5 结 语

a. 沙特磷矿属于硅—钙型磷矿石,矿物组成以胶磷矿为主,其次为细晶磷灰石,脉石矿物主要有白云石、石英、方解石。

b. 通过对磷矿中主要组分赋存状态的研究发现,沙特磷矿中 $\text{SiO}_2\ 0.63\%$ 赋存在磷矿物单体中,

89.41%赋存在石英矿物中,9.96%赋存在粘土类矿物中,MgO 98.88%赋存在碳酸盐矿物中,1.12%在磷矿物单体中,所以需要脱除大部分的碳酸盐矿物,MgO 指标才能达到酸法用矿的要求.

c. 沙特磷矿以杂乱嵌布为主,其主要的嵌布粒度范围为 0.04~0.3 mm,且各矿物均为细粒嵌布,其嵌布粒度大小顺序是:胶磷矿>碳酸盐矿物>石英—长石—粘土类矿物>铁碳质矿物.

Process mineralogy of phosphate rocks on Saudi Arabia ALANJEL company

ZHAO Lei , YANG Shao-bin , XIAO Zhe , PANG Jian-tao
(Yunnan Phosphate Group Co, Ltd. , Kunming 650600, China)

Abstract: This article relied on Saudi Arabia ALANJEL company carried out a process of phosphate minerals checking and determination of the chemical composition of ore, mineral occurrence, minerals and embedded features and monomer dissociation, for subsequent processing technology foundation.

Key words: Saudi Arabia, middle-low grade; process mineralogy; silicate-calcareous phosphate rock
本文编辑:龚晓宁



(上接第 95 页)

3 结 语

a. 中低品位白云质质磷块岩中,胶磷矿是含有少量 Si、Al、Mg、Fe 等有害组分的集合体,包裹粘土、褐铁矿、白云石. b. 中低品位白云质质磷块岩经细磨后,粘土和褐铁矿粒级的含量变化相似,呈细粒嵌布,趋向富集于更小颗粒. c. 胶磷矿主要呈细粒嵌布,磨至 0.074 mm 以下细度 85%时解离性良好.

Analysis on occurrence of sesquioxide in mid-low grade phosphate rock on Xiaojiaying

XIAO Zhe , YANG Shao-bin , PANG Jian-tao , ZHAO Lei
(Yunnan Phosphate Chemical Group Co. Ltd. R & D Centers Haikou Phosphate, Kunming 650013, China)

Abstract: This paper analyzed the sesquioxide in the mid-low grade dolomitic phosphate rock in Xiaojiaying from the view of Process Mineralogy. Combined with chemical analysis method, using the BX51 polarizing microscope to detect the mode of occurrence and disseminated size of sesquioxide . The results show that the existence of Fe_2O_3 is mainly limonite, showing infection-like and scattered-like disseminated in the dolomitic phosphate rock. Al_2O_3 mainly occur in the clay, and to embed in dolomitic phosphate rock at scattered-like. when grinding fineness is -0.074 mm accounted for 85%, the limonite and clay of the particle size of less than $20\text{ }\mu\text{m}$ has better dissociation.

Key words: phosphate rock; sesquioxide; grinding fineness
本文编辑:龚晓宁

参考文献:

[1] 傅文章,洪秉信. 工艺矿物学在选冶中的地位和作用[J]. 矿产综合利用,1995(6):33-38.
[2] DZ/T 0209—2002. 磷矿地质勘查规范[S]. 北京:地质出版社,2003.
[3] 周乐光. 工艺矿物学[M]. 北京:冶金工业出版社,2007.

参考文献:

[1] 黄志良. 磷灰石矿物材料[M]. 北京:化学工业出版社,2008:52.
[2] 许时. 矿石可选性研究[M]. 北京:冶金工业出版社,2007:36-8.
[3] 石和彬. 云南中低品位硅钙质磷块岩工艺矿物学[J]. 武汉工程大学学报,2008,30(3):5-8.