

文章编号:1674-2869(2011)01-0043-04

越南某铝土矿工艺矿物学研究

陆薇宇,陆 智

(广西冶金研究院,广西南宁 530023)

摘 要:为了查明越南某铝土矿工艺矿物学性质,以便给投资该铝土矿提供相应的依据和参考,通过光谱半定量分析、化学分析、光学显微镜等手段,对该铝土矿进行了详细的工艺矿物学研究,查明了矿石的物质组成、铝的赋存形式及矿物嵌布特征,研究结果可以作为该铝土矿资源合理开发利用的基本参考依据。

关键词:铝土矿;工艺矿物学;一水硬铝石;矿物嵌布特征

中图分类号:TD91;TD921 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.01.012

0 引 言

随着世界经济持续增长及铝的应用领域不断扩展,铝土矿的开采量也不断增长^[1],我国是铝土矿资源相对缺乏的国家,近年来我国着眼于东南亚国家特别是越南、印尼等国的铝土矿资源的开发利用^[2].广西投资集团公司拟和越南某公司投资开发越南某铝土矿项目,因此需要了解该铝土

矿矿石性质、选矿获得的产品质量及指标,为投资该铝土矿的开发提供相应的依据和参考。

1 矿石工艺矿物学研究

1.1 矿石的化学成分

矿石来自越南某铝土矿.矿石的半定量分析结果见表 1.

表 1 矿石的半定量分析结果

Table 1 Spectral semi-quantitation analysis of ore

元素	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Ti	K ₂ O	Zr	CaO	P ₂ O ₅	Na ₂ O	MgO	Mn	SO ₃
w/%	44	28	22	2.5	0.46	0.22	0.13	0.12	0.1	0.1	0.1	0.1
元素	Cr	Ce	Ni	As	Zn	Po	Y	Sr	Ga	U	Rb	
w/%	1	0.06	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	<0.01	

从半定量分析结果看出,该铝土矿矿石含 Al₂O₃ 不高.而铁、SiO₂ 的含量比较高,这样的铝土矿质量高.此外,该矿除铝元素外,其他元素无综合利用价值.

矿石的多元素分析结果见表 2.

表 2 矿石的多元素分析结果

Table 2 Composition of ore

元素	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂	CaO
w/%	45.58	15.70	20.79	3.47	0.12	0.03
元素	MgO	Mn	Cr ₂ O ₃	S	P	
w/%	0.23	0.07	0.055	0.15	0.029	

从矿石的多元素分析结果看出,该铝土矿矿石的铝硅比在 3.00.属于铝硅比较低的铝土矿.该矿含铁也比较高,其它元素 S、P 的含量都比较低.

为了查明铝在矿石中的赋存形式,进行了铝的物相分析,结果见表 3.从矿石的物相分析结果可知道,该铝矿石主要以一水硬铝石存在,少量以三水铝石和高岭石存在.在同样的 Al₂O₃ 含量下,

一水铝土矿的应用价值比不上三水铝土矿,而是需要更高的 Al₂O₃ 对冶炼才有利.

表 3 矿石的物相分析结果

Table 3 Mineral composition analysis of ore

矿物名称	一水硬铝石中 Al ₂ O ₃	三水铝石中 Al ₂ O ₃	高岭土 Al ₂ O ₃	合计
w/%	35.03	3.60	7.04	45.67
占有率/%	76.70	7.88	15.42	100.00

1.2 矿石的矿物组成及含量

经偏、反光显微镜鉴定,矿石的矿物组成及大概的含量见表 4.

表 4 矿石的矿物组成及含量

Table 4 Mineral composition and content of ore

矿物名称	一水硬铝石	三水铝石	高岭石	石英	长石	针铁矿
w/%	29	7	21	9	5	8~9
矿物名称	钛磁铁矿	赤铁矿	褐铁矿	绿泥石	绢云母	其它
w/%	4	6	3~4	3	3	<1

注:a.其它包括叶腊石、伊利石、锆英石、黑云母、白钛石等微量矿物及炭质.b.褐铁矿中包括少量水纤铁矿.c.石英中包含少量蛋白石.绢云母中包含少量水云母.

收稿日期:2010-11-01

作者简介:陆薇宇(1962-),浙江海宁人,工程师.研究方向:工艺矿物学.

1.3 矿石类型

矿石的外貌不一致,颜色也十分复杂.有白色,灰白色,浅黄色,灰绿色,黄绿色,灰黑色,黑色,粉红色,棕红色,暗红色;在结构方面,主要有鲕状,豆状,胶状结构,自形晶结构,他形晶结构,固溶体分离结构,填隙结构,放射状结构,压碎结构,塑性流动结构,揉皱片状结构;在构造方面,主要有致密块状、浸染状、脉状、细网脉状、气孔状、土状构造.根据矿物组成、结构和构造的不同可划分为以下几种矿石类型.

a. 高铁铝土矿矿石.矿石含铁较高,其特征是颜色褐黄或褐红色,坚实致密,部分矿石具有豆、鲕状结构,常见黑色的磁铁矿和赤铁矿斑点状构造和脉状构造.

b. 致密状铝土矿矿石.致密状铝土矿矿石的特点是致密坚硬、很脆,贝壳状断口,由灰白色或粉红色的豆、鲕状一水硬铝石和微细粒致密状的棕红色、褐红色的三水铝石组成层状构造.该类矿石的化学成分大致为 Al_2O_3 55.21%、 SiO_2 3.65%、 Fe_2O_3 21.50%.

c. 豆鲕状铝土矿矿石.该类矿石的特征是由大小不等的豆状或鲕状一水硬铝石构成,矿石呈坚实的致密块状,一般外表较粗糙,颜色多为灰绿色、灰白色、深灰色、棕黄色,豆粒和鲕粒在矿石中所占比例不一,核心成分也不相同,胶结物一般是褐铁矿和高岭石,该类矿石的化学成分含量为 Al_2O_3 46.7%~59.72%, SiO_2 10.47%~1.12%, Fe_2O_3 27.39%~19.66%.

d. 气孔状铝土矿矿石.其特征是因含三氧化二铁较多而呈暗红色或黄褐色,常成大小不等的块状,含有较多大小不等的气孔,在风化较严重的部分,孔洞中附着大量浅黄色高岭石和白色水云母.

e. 泥质粘土铝土矿矿石.该类矿石颜色为浅黄、灰白或粉红色,断口可见参差不齐的薄层状构造,主要是由鳞片状的高岭石、水云母组成,其中含有少量片状三水铝石和铁矿物,矿石化学成分为 Al_2O_3 38.66%~41.32%, SiO_2 31.68%~41.78%, Fe_2O_3 6.12%~8.19%.

f. 泥质岩矿石.主要由质点很细微的高岭石和铁质、炭质构成,矿石均一致密,呈暗红色或黑色,为凝胶状构造,贝壳状断口,坚硬且性脆.

1.4 矿石的构造和结构

1.4.1 矿石的构造 致密块状构造:该类构造的矿石致密坚硬,主要是一水硬铝石与铁矿物、粘土矿物呈紧密嵌生构成;豆鲕状构造:主要由豆状、鲕状的一水硬铝石或赤铁矿被高岭石褐铁矿

所胶结构成;气孔状构造:矿石主要由含赤铁矿、褐铁矿较多的铝土矿构成,具有许多大小不等的气孔、空洞,有的空洞被高岭石充填;浸染状构造:磁铁矿、赤铁矿呈不规则粒状稀疏的浸染于铝土矿中,针铁矿呈分散的针柱状颗粒或聚集成放射状浸染于一水硬铝石或高岭石、绢云母中;脉状、细网脉状构造:主要由水纤铁矿、褐铁矿、水云母在矿石的裂隙中充填,穿插而呈交错网脉状和不规则脉状构造;松散状构造:主要由高岭石、绢云母及铁质、结晶细小的三水铝石构成的粉状、泥巴状组成;条带状构造:鲕粒状一水硬铝石与铁质物、三水铝石组成宽度不等的相间条带状构造;薄层理(页理)构造:主要由片状的绢云母与少量高岭石所构成,此类矿石中常见放射状结构的针铁矿呈较均匀的细粒状浸染;光滑致密状构造(或称凝胶状构造):主要由质点很细的高岭石、铁质、炭质构成,矿石均一致密,坚硬且性脆,贝壳状断口;角砾状构造:硬水铝石的团粒呈大小不等的角砾状被褐铁矿及铁染的粘土矿物胶结成此构造.

1.4.2 矿石的结构 豆、鲕粒状结构:豆粒、鲕粒由一水硬铝石或赤铁矿、褐铁矿构成,一水硬铝石的豆、鲕粒一般由粒状一水硬铝石构成,有些有少量的三水铝石或褐铁矿作为胶结物.而铁矿物的豆、鲕粒分为有核和无核、有同心圆和无同心圆;纺锤状结构:圆粒状的一水硬铝石或铁矿物因受外力作用而呈纺锤状结构;放射状、纤维状结构:矿石中的针铁矿常呈针柱状的集合体即放射状、纤维状结构分布在一水硬铝石团粒间或绢云母与高岭石矿物中,在显微镜下观察到该类型结构;固熔体分离结构:钛铁矿沿钛磁铁矿的边缘、裂隙进行熔离所形成的结构,它们的接触线常参差不齐,呈港湾状和半岛状;压碎填隙结构:赤铁矿受应力作用被压碎出许多平行裂隙,裂隙又被高岭石所充填.一水硬铝石被压裂后,裂隙被褐铁矿所充填;塑性流动结构:鲕状、豆状的一水硬铝石和赤铁矿在矿石的局部由于受外力作用而呈塑性流动结构;胶状结构:褐铁矿、水纤铁矿在矿石中常呈胶状结构;交代骸晶结构:高岭石交代针铁矿后,保持原晶架,形成骸晶结构;自形晶粒状结构:部分针状、片状的一水硬铝石呈自形晶结构,针铁矿及少量石英也呈自形晶粒状结构^[3];他形晶粒状结构:磁铁矿在矿石中呈他形晶粒状结构;揉皱片状结构:绢云母集合体在矿石中常呈结构.

1.5 主要矿物特征描述

1.5.1 一水硬铝石 Diaspor ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$) 一水硬铝石为该铝土矿中的主要铝矿物,单晶呈板

状、针状或片状,常由数颗自形或他形粒状紧密镶嵌组成团粒(鲕粒状或豆粒状)(图 1、2)。

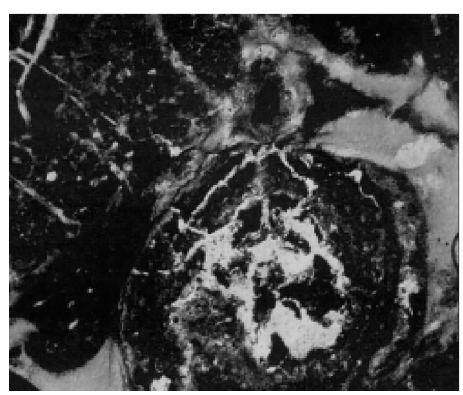


图 1 被胶态褐铁矿和赤铁矿(黑色)胶结的一水硬铝石鲕粒

Fig. 1 Diaspor oolitic cemented by colloid limonite and hematite(black)

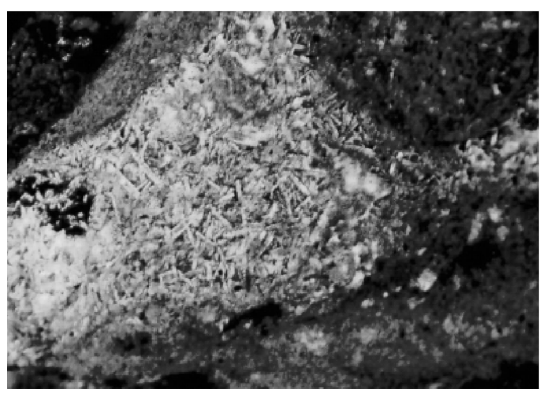


图 2 针柱状一水硬铝石紧密镶嵌组成团粒

Fig. 2 Columnar diaspore closely inlay to compose aggregate

呈灰白和灰绿色,部分由于受铁染而呈黄褐色和浅粉红色,偏光镜下呈浅灰、浅黄、浅绿或浅粉红色,透明至半透明,有的很浑浊.团粒中有时被少量高岭石等粘土矿物胶结.在一水硬铝石上面,可见到一层胶状氢氧化铁薄膜,使其染成黄褐色.有时有裂隙被褐铁矿充填成细网脉状,有时呈大小不等的角砾状被褐铁矿及铁染的粘土矿物胶结呈角砾状构造.放射状的针铁矿常与硬水铝石伴生,硬水铝石单晶粒度一般在 0.015~0.04 mm 之间,最大为 0.18 mm,最小为 0.005 mm,集合体团粒在 0.02~0.9 mm 之间。

1.5.2 三水铝石, Gibbsite $[Al(OH)_3]$ 矿物呈白色,偏光镜下无色,呈细小薄片状结晶集合体或胶态非晶质,常充填于一水硬铝石的裂隙中或散粒状嵌布于一水硬铝石团粒间,粒度一般在 0.001~0.02 mm 之间。

1.5.3 钛磁铁矿 $(FeO \cdot Fe_2O_3)$ 磁铁矿化学组成中部分 Fe^{3+} 可被类质同象的 Ti^{4+} 代替,而形成钛磁铁矿,在钛磁铁矿的边缘可看到钛铁矿

$(FeTiO_3)$ 呈固溶体分离结构生成定向连生.矿物呈暗红~黑色,自形~他形晶粒状产出,一般呈分散粒状嵌布于高岭石中,有时有少量的呈串链状,粒度一般在 0.025~0.1 mm 之间。

1.5.4 赤铁矿 Hematite (Fe_2O_3) 矿物呈暗红~铁黑色,一般呈鲕状、豆状、纺锤状产出,鲕粒状的赤铁矿有时与高岭石或三水铝石组成同心圆的相间环带,有时鲕、豆粒被压成许多裂隙,而裂隙又被高岭石充填,赤铁矿有时在粘土矿物中呈细脉状或因受应力作用呈流纹状,也有少数赤铁矿呈微细质豆状与高岭石等混杂成凝胶体状,赤铁矿粒度差别很大,最大 4 mm,最小为 0.002 mm。

1.5.5 针铁矿 Goethite $(FeOOH)$ 矿物呈暗红色到暗褐色,单晶呈针状、柱状或薄板状,集合体通常呈平行纤维状或放射状结构(图 3).针铁矿通常与硬水铝、绢云母、高岭石等共生.在矿石中呈斑点状浸染构造.单晶粒度最大为 0.1 mm×0.25 mm,最小粒度为 0.005 mm×0.08 mm,一般粒径宽为 0.02~0.05 mm,长为 0.15~0.25 mm 之间。

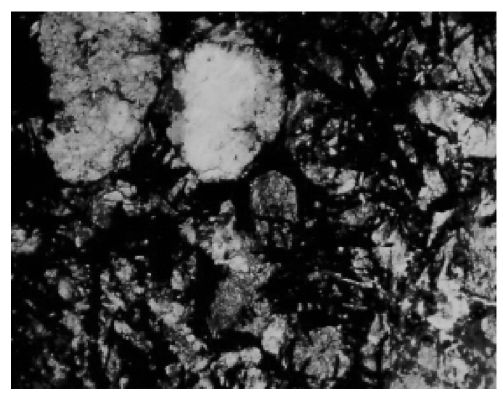


图 3 针柱状的针铁矿(黑色)呈放射状嵌布于铝矿物的鲕粒间

Fig. 3 Acicular goethite(black) radial embedded in the oolitic of aluminum mineral

1.5.6 褐铁矿(含少量水纤铁矿) 通常呈褐色至土黄色,胶体状或粉状.水纤铁矿呈细鳞片状或纤维状近于平行排列的集合体,一般呈细脉状穿插于矿石中。

1.5.7 石英(含蛋白石) 无色透明,通常呈柱状,有些被熔蚀成不规则状,蛋白石为无色透明如鸡蛋状,有些外表较粗糙、浑浊.一般分布于赤铁矿、绿泥石、一水硬铝石粒间.石英粒度在 0.1~4 mm 之间。

1.5.8 高岭石, Kaolinite $[Al_4(Si_4O_{10})(OH)_8]$ 矿物颜色为灰白、淡黄、淡红色,呈细小鳞片状、纤维状,分布广泛,多为隐晶质致密状和土状集合体产出,一般以高岭石为主,其中掺有水云母、叶腊石、多

水高岭石,主要构成矿石中各矿物的粘结物,也常分布在矿石碎块表面、鲕粒状赤铁矿、褐铁矿的环层间,亦充填在矿石的孔洞、裂隙及赤铁矿、铝矿物的裂隙中,粒度在 0.001~0.005 mm 之间.

1.6 矿泥的塑性指数

矿物含泥量大,则矿物就粘性大,粘性大的矿物对后续的分选指标、分选工艺有直接的影响.衡量矿泥的粘度是矿泥的塑性指数,检测获得的结果与广西平果铝土矿,贵港三水铝土矿的进行对比,具体见表 5 所示.

表 5 塑性指数检测结果及对比

Table 5 The test results and comparison of plasticity index

矿点	液限	塑限	塑性指数
越南某铝土矿	62.5	34.4	28.1
广西平果铝土矿	59.0	36.2	22.8
广西贵港三水铝土矿	60.2	33.8	26.4

从检测结果可知:越南某铝土矿矿泥的塑性指数为 28.1,高于广西平果铝土矿及贵港铝土矿的矿泥塑性指数,根据国家标准,矿泥塑性指数大于 17 的为粘土类矿物.从结果可看出,越南某铝土矿的粘度很大.

2 洗选工艺

堆积型铝土矿洗选矿过程就是把含硅高含铝低的细粒级物料和含铝高含硅低的粗粒级分离的过程,铝土矿目前的洗选矿工艺还没有使用磨矿、磁选、浮选和比较复杂的重选工艺,因为采用这些工艺成本高,而且相对于铝土矿来说,这些工艺的选别效果不好^[4].该越南铝土矿和广西百色地区的铝土矿,云南文山铝土矿基本同属一样的矿石类型,都属于堆积型铝土矿,其特点是矿泥含量高、矿泥的粘度大,根据以上对矿石性质的研究,采取分级、擦洗的洗矿工艺,可获得很好的洗矿效果.洗矿试验流程图见 4.

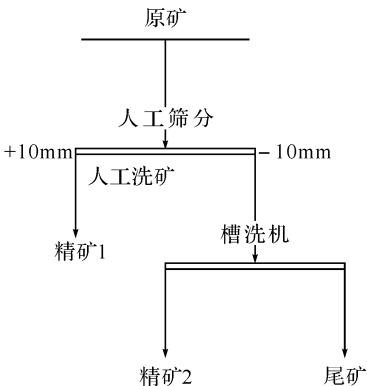


图 4 洗矿试验工艺流程
Fig.4 Washing process flow

+10 mm 矿石由人工筛出洗矿获得精矿产品 1, -10 mm 矿石进入槽式洗矿机获得精矿产品 2, 试验结果获得总精矿产率为 72.40%, 含 Al₂O₃ 49.69%、含 SiO₂ 9.87%、铝硅比为 5.03 的铝土矿洗矿产品.若对精矿产品进行筛分除去 -10 mm 粒级部分,则获得产率为 52.51%, 含铝 51.46%, 含硅 6.92%, 铝硅比为 7.44 的较好精矿产品.

3 结果与分析

a. 矿石 Al₂O₃ 质量分数为 45.58%, 铝硅比为 3.00, 属于铝硅比较低的铝土矿, 矿石主要含铝矿物:一水硬铝石质量分数为 35.03%, 占有率为 76.70%, 三水铝石质量分数为 3.60%, 占有率 7.88%, 主要回收的目的矿物为一水硬铝石和三水铝石.

b. 矿石类型为堆积型铝土矿, 主要矿物有一水硬铝石、三水铝石、高岭石、石英、赤铁矿、钛磁铁矿、针铁矿、褐铁矿等组成.

c. 目的矿物一水硬铝石和三水铝石主要呈豆鲕状结构, 矿石 Fe₂O₃ 质量分数为 20.79%, 矿泥的塑性指数高达 28.1, 含铁、含泥较多, 并且结构构造复杂, 属于粘土型矿石.

d. 对原矿进行筛分洗矿后, 根据对铝土矿产品铝硅比要求的不同, 如果对铝硅比要求相对低一些, 则可获得总精矿产率为 72.04%, 含铝 49.69%, 含硅 9.87%, 铝硅比 5.03 的铝土矿产品, 若对铝硅比要求高一些, 则对精矿产品筛分除去 -10 mm 粒级部分, 则获得产率为 52.51%, 含铝 51.46%, 含硅 6.92%, 铝硅比为 7.44 的较好精矿产品. 试验结果证明:该铝土矿矿泥塑性指数较高属粘土矿石, 但采用擦洗的洗矿工艺进行洗矿, 其脱泥效果很好. 但该矿原矿铝硅比较低, 原矿质量不好. 通过洗矿以后, 精矿产品中细粒级产品的铝硅比也比较低, 因此建议在生产上对精矿产品进行筛分, 去除掉质量比较差的细粒级铝土矿, 这样对原矿来说虽然产率减少了约 5%, 但铝硅比能保证在 7.0 以上.

e. 采用上述方案建厂, 投资少, 上马快, 经济效益比较显著.

4 结 语

越南某铝土矿主要由一水硬铝石、三水铝石、高岭石、石英、赤铁矿、钛磁铁矿、针铁矿、褐铁矿等组成, 含铝矿物主要为一水硬铝石(质量分数为 29%), 少量三水铝石; 含硅矿物主要为粘土矿物高岭石(质量分数为 21%), 矿泥的塑性指数高达

28.1,属于粘土型矿石. 矿石中的铝矿物一般呈铝硅铁集合体存在,结构构造复杂. 铝矿物虽然粒度微细,但大多构成豆鲕状或不规则状团粒,根据矿石的这些性质,采用洗矿流程,可以有效地除去大部分含硅的粘土矿物,使铝硅比从 3.00 提高到 7.44,获得产率为 52.51%,含铝 51.46%,含硅 6.92%的较好精矿产品.

参考文献:

[1] 孙志伟,鹿爱莉,盖静. 广西铝土矿资源开发与管

采矿用地模式探讨[J]. 中国矿业,2010,19(2): 71-74.

[2] 范振林,马苗卉. 利用国外铝土矿资源的安全评价与策略[J]. 中国矿业,2010,19(3):13-15.

[3] 陈志友,李旺兴,陈湘清,等. 铝土矿中铝硅矿物晶体结构的综述[J]. 轻金属,2008(2):6-9.

[4] 吴良士,白鸽,袁忠信. 矿产原料手册[M]. 北京,化学工业出版社,2007:43-49.

Investigation on process mineralogy of bauxite ore from Vietnam

LU Wei-Yu , LU Zhi

(Guangxi Metallurgical Research Institute,Nanning 530023, China)

Abstract: To identify the process mineralogical properties of a bauxite from Vietnan so as to provide amineralogical basis for its investment, through spectral semi-quantitation analysis,chemical analysis and optical microscopy and others,the detailed process mineralogy studies on a bauxite ore in Vietnam were carried out to identify the mineral compostion, aluminium occurrence mode and embedded characteristics. The results can be used as the basic reference for the rational exploitation of bauxite resources.

Key words: bauxite; process mineralogy; diaspora; mineral dissemination characteristics

本文编辑:龚晓宁



(上接第 42 页)

Study of preparation and environmental resistance of water swellable rubber

HU Kai , JIANG Xue-liang , ZHOU Ai-jun ,FAN Yi-hong ,WAN Xiang-gang , JI Yu-chun

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

Abstract: Water swellable rubber (WSR) was prepared using the nitrile rubber and Self-made amphoteric copolymerization absorbent resin as the raw materials, the charcoal black and white charcoal black as reinforcing agent by the way of physical mix. The water absorbency, mechanical properties and environmental resistance of WSR was investigated. The results showed that the water absorbency and mechanical properties of the WSR can achieve the optimal value when the contain of absorbent resin was 40 phr, charcoal black was 20 phr and white charcoal black was 30 phr, and the rubber have certain performance for high temperature resistance, salt tolerance, acid and base resistance.

Key words: water swelling rubber; water absorbency; mechanical properties; environmental resistance

本文编辑:龚晓宁