

宁乡某高岭土的工艺矿物学研究

易龙生,黎七荣,齐莉娜,李 行

(中南大学 资源加工与生物工程学院,湖南 长沙 410083)

摘要:高岭土的工艺矿物学特征直接决定它的工业用途。本试验采用化学多元素分析、X射线衍射(XRD)、X射线荧光光谱分析(XRF)、能谱分析(EDS)、扫描电镜(SEM)等一系列分析检测手段,对宁乡高岭土的有益矿物、有害矿物和脉石矿物的嵌布特性、共生关系及赋存状态等进行了系统的研究。高岭土中的高岭石主要呈绒毛状,少数呈片状。主要着色杂质成分铁和 TiO_2 的含量分别0.59%和0.92%。铁主要以赤铁矿的形式存在,占铁总量的72.64%; TiO_2 主要以锐钛矿的形式存在,含量高达96.41%。

关键词:高岭土;矿物组成;显微结构;赋存状态

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2016.02.018

中图分类号:TD973 文献标志码:A 文章编号:1000-6532(2016)02-0078-03

高岭土,又名瓷土或白土,是一种极其重要的非金属矿产资源,在我国有丰富的储藏,现已探明储量约为30亿t,主要分布在粤、桂、赣、闽、苏等地区^[1]。高岭土的主要矿物组成是高岭石和多水高岭石,除此以外,还有蒙脱石、伊利石、叶蜡石、石英和长石等其他矿物伴生。高岭土色白质软、密度小、熔点高、导热性和导电性差、具有良好的可塑性,有滑腻感且着色性能极佳,因此广泛地应用于造纸、瓷器、搪瓷、涂料、橡胶、农药、纺织、电器、耐火材料等工业^[2-4]。本次研究的所有样品均采自湖南省宁乡县,其外观灰白色,手触有滑腻感。

1 化学组成分析

高岭土原矿化学多元素分析结果见表1。

表1 高岭土的化学成分/%

Table 1 Chemical composition of Ningxiang kaolin

Al_2O_3	SiO_2	TFe	FeO	Fe_2O_3	TiO_2	CaO
20.65	66.72	0.59	0.04	0.80	0.92	0.073
MgO	Na_2O	K_2O	MnO	S	C	烧失
0.20	0.092	0.48	0.003	0.012	0.041	8.29

由表1可以看出,矿石中主要化学组分为 SiO_2 和 Al_2O_3 ,其中 Al_2O_3 含量为20.65%, SiO_2 含量为66.72%;对高岭石产品质量影响较大的杂质组分主

要是铁和 TiO_2 ,二者含量分别为0.59%和0.92%; R_2O 含量0.572%,耐火度不高,这有利于其成瓷。对高岭土矿石而言,8.29%的烧失量相对偏低,这与矿石中高岭石含量相对较低有关。

2 矿物组成分析

宁乡高岭土的X射线衍射分析图谱见图1。

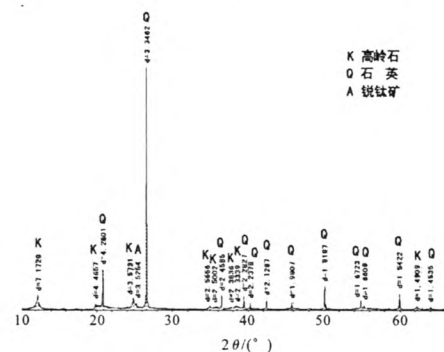


图1 高岭土的X射线衍射分析图谱

Fig. 1 X-ray diffraction diagram of kaolin

由图1可知,宁乡高岭土样品的主要XRD谱线有7.17、4.43、3.52、2.56、1.45等。经镜下鉴定、X射线衍射分析和扫描电镜分析综合研究查明,矿石的组成矿物主要是石英、高岭石和少量绢云母;铁钛

收稿日期:2015-04-16

作者简介:易龙生(1964-),男,博士,教授,主要从事固体废弃物处理及资源化利用研究。

矿物含量较低,其中较为常见的分别为赤铁矿和锐钛矿,次为褐铁矿和浸染状铁质物;其他微量矿物尚见长石、绿泥石、方解石、金红石、独居石、锆石、电气石、磷灰石、榍石、黄铁矿和有机质等。矿石中主要矿物的重量含量见表2。

表2 高岭土的主要矿物组成及含量

Table 2 Mineral compositions of Ningxiang kaolin

矿物	高岭石	石英	绢云母	锐钛矿	铁矿物	其他
含量/%	54.93	40.32	2.71	0.86	0.68	0.50

铁和钛是高岭土中主要的有害杂质,深入研究高岭土中铁、钛物相的赋存状态对于深化高岭土的矿物学研究和高岭土的开发利用具有重要的理论意义和指导意义。由化学分析可知,宁乡高岭土中铁和钛的含量相当,对铁和钛的赋存状态进一步研究。铁、钛的化学物相分析结果分别见表3、4。

表3 高岭土中铁的化学物相分析结果

Table 3 Chemical phase analysis result of Fe in kaolin

铁相	磁性铁	赤褐铁	碳酸铁	硫化铁	硅酸铁	合计
含量/%	痕量	0.50	0.02	痕量	0.07	0.59
分布率/%	-	84.75	3.39	-	11.86	100.00

表4 高岭土中钛的化学物相分析结果

Table 4 Chemical phase analysis result of Ti in kaolin

钛相	钛铁矿 中 TiO ₂	锐钛矿 中 TiO ₂	硅酸盐 中 TiO ₂	合计
含量/%	0.04	0.76	0.12	0.92
分布率/%	4.35	82.61	13.04	100.00

由表3可知,矿石中铁的赋存形式较为简单,呈赤(褐)铁矿产出的高价氧化铁所占比例达84.75%。由表4可知,矿石中钛的赋存状态与铁相似,分布于锐钛矿中的TiO₂占82.61%。综合化学成分特点,可以认为通过选矿有望脱除矿石中80%左右的铁和TiO₂。

3 显微结构分析

高岭石是选矿富集回收的主要目的矿物。矿石中高岭石多呈绒毛状,仅少数具假六方片状晶形,绒毛状晶体片厚通常在0.2 μm以下。绒毛状和片状晶体常混杂交生构成不规则的絮团状集合体,部分则为棒状或蠕虫状,局部由于有机质浸染而为透明度较差的灰黑色。在绒毛状高岭石集合体中常见数量不等的微细粒碎屑状石英或赤铁矿、褐铁矿、锐钛矿和锆石等杂质矿物散布。平均含Al₂O₃ 38.95%、Fe₂O₃ 0.39% (换算成Fe=0.27%)、TiO₂ 0.05%。

Fe、Ti等杂质元素主要是呈吸附态或机械混入物的形式存在于高岭石中。

石英为棱角较明显的碎屑状,粒度介于0.01~0.06 mm之间,其中小于0.02 mm的颗粒约占其总量的40%。矿石是由富含高岭石的粘土质粉砂岩经风化作用形成的。矿石中绢云母含量甚微,呈微细的鳞片状,粒径多在0.01 mm左右,与高岭石、有机质或铁质物混杂交生见于个别颜色较深的矿块中。矿石中绢云母含K₂O 9.47%、Al₂O₃ 40.92%、SiO₂ 44.01%、MgO 0.26%、TiO₂ 0.20%、Fe₂O₃ 0.47% (换算成Fe=0.33%)、Na₂O 0.19%。由于矿石中绢云母含量较低,分布零星,加之亦为含Al₂O₃的矿物,因此预计对高岭石精矿的质量影响不大。

矿石中的铁主要为赤铁矿,次为铁质物,偶见褐铁矿。赤铁矿部分为细小的似球粒状,部分则为不规则团块状,主要呈浸染状嵌布在由高岭石和石英组成的基底中,分布极不均匀,晶体粒度个别粗者大于0.05 mm,一般小于0.01 mm,团块状集合体粒度则可达0.4 mm左右。褐铁矿以镜下反射率较低、内部常见胶状结构而有别于赤铁矿,主要呈不规则状与高岭石集合体镶嵌。

矿石中TiO₂的主要赋存在锐钛矿中,锐钛矿多呈微粒和板状嵌布在高岭石集合体中,粒度不甚均匀,绝大部分均小于0.005 mm,个别粗者可达0.03 mm以上。

4 铁和钛的赋存状态分析

通过前面的研究,对矿石中铁、钛等主要杂质元素的赋存状态已有较深入的了解。为进一步查明它们在矿石中的分布特点,根据主要矿物的含量以及矿物中铁、钛的品位,对矿石中铁、钛进行了分布平衡计算,结果见表5。

由表5可知,矿石中铁主要以赤铁矿的形式存在,包括存在于锐钛矿中的铁,合计分布率为72.64%,这即为选矿脱除矿石中铁矿物时铁的最大理论分布率;而赋存在高岭石中的铁所占比例为25.86%,除铁过程中绝大部分将随同高岭石一起进入精矿。矿石中钛的赋存状态较为简单,即多呈锐钛矿的形式产出,仅少数以类质同像的形式替换赤铁矿中的铁,二者分布率合计为96.41%。从理论上来说,选矿完全可以将高岭石精矿中TiO₂的含量

降至很低的水平,但由于锐钛矿的磁性较低,故预计采用强磁选作业除铁、钛的过程中,仍有部分锐钛矿进入高岭石精矿中。

表5 矿石中铁和钛的分布平衡计算结果

Table 5 Balanced distribution of iron and titanium ore calculations

矿物	含量/%	Fe		TiO ₂	
		品位/%	分布率/%	品位/%	分布率/%
高岭石	54.93	0.28	25.86	0.05	3.00
石英	40.32	-	-	-	-
绢云母	2.71	0.33	1.50	0.20	0.59
锐钛矿	0.86	0.45	0.65	98.32	92.26
赤铁矿	0.68	62.96	71.99	5.60	4.15
其他	0.50	-	-	-	100.00
合计	100.00	0.59	100.00	0.91	
原矿		0.59		0.92	
平衡系数		1.00	0.99		

5 结 论

(1) 宁乡高岭土主要有高岭石、石英和少量的绢云母组成,锐钛矿为主要的含钛矿物,赤铁矿为主要的含铁矿物,其次为褐铁矿和浸染状铁质物。

(2) 从化学成分来看,宁乡高岭土中 Al₂O₃ 的含量偏低, SiO₂ 含量偏高。主要着色杂质成分铁和 TiO₂ 的含量分别 0.59% 和 0.92%。

(3) 从显微结构来看,矿石中高岭石多为绒毛

状,仅少数具假六方片状晶形,在由绒毛状和片状晶体交生构成的絮团状集合体中常见数量不等的微粒粒碎屑状石英分布;赤铁矿主要呈微细的似球粒状以星散浸染状的形式嵌布在主要由高岭石和石英组成的基底中,部分呈不规则的多孔状集合体产出;锐钛矿多呈微粒星散浸染状嵌布在高岭石集合体中,粒度不甚均匀。

(4) 从总的物质成分看,宁乡高岭土的杂质含量较少,但自然白度低,直接利用价值低。可通过磁选与浮选结合的方式提高白度,用于生产陶瓷,但具体的生产加工工艺、经济效益等还有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 程宏飞,刘钦甫,王陆军,等.我国高岭土的研究进展[J].化工矿产地志,2008,30(2):125-128.
- [2] 苗立锋,包镇红,宋福生,等.几种高岭土的组成与可塑性研究[J].硅酸盐通报,2014,33(2):333-336.
- [3] 邵晓秋,石晓岚,陈丽昆,等.草酸漂白铁染高岭土的研究[J].非金属矿,2014,37(4):53-55.
- [4] 贾建业,李玉珍,刘建朝.蓝田高岭土的工艺矿物学研究[J].西安地质学院学报,1992,14(2):42-49.
- [5] 包镇红,苗立锋,江伟辉.龙岩高岭土的组成与结构研究[J].硅酸盐通报,2014,33(5):1130-1137.
- [6] 邓强,陈丽荣.黔中某地高岭土提纯试验研究[J].非金属矿,2013,36(3):33-36.

Study on Technological Mineralogy of the Kaolin from Ningxiang

Yi Longsheng, Li Qirong, Qi Lina, Li Hang

(School of Minerals Processing & Bioengineering, Central South University, Changsha, Hunan, China)

Abstract: The characteristics of the technological mineralogy of kaolin directly decide its industrial utilization. The research uses the systematic research of the chemical compositions, mineral components, and embedded characteristics of kaolin in Ningxiang County, Hunan Province, by means of Multi-element chemical analysis, X-ray diffraction (XRD), X-ray fluorescence spectrometry (XRF), Energy Dispersive Spectroscopy (EDS), scanning electron microscopy (SEM), and so on. Kaolinite in this kaolin is mainly villous, minority plate shaped. The content of main colored impurities iron and TiO₂ are 0.59% and 0.92%, respectively. Iron is mainly in the form of hematite, accounting for 72.64% of total iron; TiO₂ mainly in the form of anatase, accounting for up to 96.41%.

Keywords: Kaolin; Mineral composition; Microstructure; Occurrence state