

## 我国三水铝石铝土矿的矿物学特征研究<sup>\*</sup>

赵恒勤<sup>1,2</sup>, 赵新奋<sup>1,2</sup>, 胡四春<sup>1,2</sup>, 马化龙<sup>1,2</sup>

(1. 中国地质科学院郑州矿产综合利用研究所, 郑州, 450006; 2. 国家非金属矿产综合利用工程技术研究中心, 郑州, 450006)

**摘要:** 概述了中国三水铝石铝土矿的资源状况, 并对广西、海南、福建等地三水铝石铝土矿的矿物学特征进行了分析研究。

**关键词:** 三水铝石; 铝土矿; 矿物学; 表征

中图分类号: P575; P578.4<sup>\*</sup>96 文献标识码: B 文章编号: 1001-0076(2008)06-0040-05

### Study on the Mineralogical Characteristics of Gibbsite Bauxite in China

ZHAO Heng-qin, ZHAO Xin-fen, HU Si-chun, et al.

(Zhengzhou Institute of Multipurpose Utilization of Mineral Resources, CAGS, Zhengzhou 450006, China)

**Abstract:** The article summarized the resource status of gibbsite bauxite in China, and studied on its mineralogical characteristics including mineral constitute, mineral structure in Guangxi, Hainan, Fujian province.

**Key words:** gibbsite; bauxite; mineralogy; characteristics

三水铝石铝土矿是世界上用于提取氧化铝的主要矿物原料, 占世界铝土矿资源的92%, 主要存在于牙买加、几内亚等国家。在我国三水铝石铝土矿资源相对较少, 只占我国铝土矿资源的5%左右, 一直以来也不是我国提取氧化铝的主要原料。近几年, 随着氧化铝市场成本竞争的激烈, 国内新建企业中有不少企业开始采用三水铝石作为原料, 使得溶出工艺更加简便, 生产成本也比用一水硬铝石铝土矿为原料生产氧化铝低很多, 但原料基本来自于进口。随着各国对资源保护政策的实施, 我国进口三水铝土矿原料的成本也越来越高, 因此开展国内三水铝土矿资源调查, 加强相关方面的地质工作, 开展工艺矿物学特征研究, 目前就显得尤为重要。本文针对国内已发现的三水铝土矿资源状况进行分析, 并对其工艺矿物学特征进行研究, 以期为我国今后

三水铝石铝土矿资源的地质、选矿、冶金科技开发活动带来裨益。

### 1 我国三水铝石铝土矿资源概况<sup>[1-2]</sup>

就目前地质调查情况来看, 我国三水铝石资源仅在台湾、海南、福建、广西省存在。

台湾大屯山三水铝石铝土矿分布于台湾岛最北端北纬25°10'以北的区域, 已探明的含矿层分布面积约100 km<sup>2</sup>。矿区与基隆市和台北市的最近距离分别为15 km和30 km, 是台湾著名的火山岩区和地热区。大屯山火山群由约20个安山岩质火山岩体和火山锥所组成。安山岩体是由安山岩流、火山灰和粗粒火山碎屑喷发物堆叠构成的复合体。安山岩的岩性依铁镁矿物相对含量可分为二辉安山岩、含角闪石二辉安山岩、含橄榄石角闪石二辉安山岩、

\* 收稿日期: 2008-11-07

基金项目: 国土资源大调查项目(1212010661201)

作者简介: 赵恒勤(1964-), 男, 河南巩义人, 研究员, 博士研究生, 从事矿产资源的综合利用研究。

紫苏辉石角闪安山岩及角闪安山岩等。在化学成分上属高铝、低硅的基性安山岩。喷发时代为上新世至更新世。该矿已勘查储量500万吨,远景储量在1亿吨以上,但各种资料来源数据有差异。

海南三水铝石铝土矿位于海南蓬莱,资源量约2000万吨。该矿为现代红土型铝土矿矿床。铝土矿分布在平缓山丘的山顶上,海拔高程约30~60m,为第三纪到第四纪的玄武岩风化红土型三水铝石铝土矿矿床。矿体由玄武岩风化而成的红土及铝土矿团块组成,其中红土约占70%~80%,矿石团块约占20%~30%(重量比)。矿体呈复碟状,依地形坡度呈缓倾斜。矿体顶板界线清晰,常呈不规则状、微波状,凹凸不平。底顶常过渡为不含矿石的红土层或直接覆在风化的玄武岩之上。铝土矿矿石呈棕色,部分呈棕红、灰褐、灰黄及灰白等色。矿石均呈团块状,块度一般为1~5cm,个别1m以上。矿石的自然类型有:(1)棕黄色结核状矿石;(2)灰白色粉砂岩状矿石;(3)褐红色、白色斑点状矿石;(4)棕黄色气孔状矿石;(5)致密状矿石。矿石中以铝土矿物为主,其它尚有褐铁矿、赤铁矿、钛赤铁矿以及残存的玄武岩块等。该矿目前也属于民采,采矿模式相对比较凌乱。

福建三水铝石铝土矿位于福建省漳浦一带,资源量约500~1000万吨,资源类型和海南类似,也属于红土型,目前主要为民采,用作沸石分子筛的制备原料。

广西三水铝石铝土矿位于广西贵港一带,分布在广西南宁、宾阳、横县、贵港、桂平、武宣、玉林和北流等地,其中在贵港、宾阳和横县一带矿区相对集中,矿石质量较好,这是继福建漳浦、海南蓬莱和台湾大屯山之后的我国第四个三水型铝土矿。因其首先发现于贵港市,且研究较详,陈国达教授建议称为贵港式铝土矿。该矿大部分出露地表,以往被视为劣质的褐铁矿,个别地方的矿石曾一度用以炼铁。资源量在5亿吨左右。目前尚未利用。

总体来看,我国三水铝石铝土矿的类型可以区分为海南三水铝石铝土矿型和广西贵港三水铝石铝土矿型,下面分别讨论这两种矿的矿物学特征。

## 2 广西贵港铝土矿矿物学特征

铝土矿矿石赋存于地表黄褐色土层中,土层中含有大小不等的豆状、结核状颗粒,从0.4mm到数

毫米不等,也能见到几厘米到几十厘米被粘土胶结的块状矿石,大多呈滚圆状,目前有地调队在此施工采样。

矿区地势较为平缓,地表均为砂质土。交通便利,适合于露天开采。

经光学显微镜鉴定,结合X-荧光光谱及X-射线衍射分析,对矿石进行物质成分研究,结果如下:

### 2.1 矿石化学成分

矿石化学成分见表1。

表1 广西贵港铝土矿矿石化学成分(%)

组分	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O
含量	30.79	15.04	30.17	2.02	0.12
组分	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	灼减	S
含量	0.090	0.22	0.23	20.44	0.051

从表1可以看出,该样品中SiO<sub>2</sub>含量为15.04%,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为30.79%,铁、钛含量较高,钙、镁、钾、钠含量较低,铝硅比仅2.05,接近V品级矿石。

表2 铝土矿矿石品级指标(%)

级别	I	II	III	IV	V	表外
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	≥50	≥45	≥40	≥40	≥30	≥28
铝硅比	≥10	≥7	≥4	≥2.6	≥2.1	≥2.1

## 2.2 主要矿物组成、特征

### 2.2.1 主要矿物组成

广西贵港铝土矿主要矿物组成如下:

铝矿物主要有三水铝石占33.97%、一水软铝石占5%;硅铝酸盐矿物主要有高岭石占6.94%、石英占12.82%;铁矿物主要有褐铁矿占23.82%、赤铁矿占14.96%;钛矿物主要是锐钛矿占2.14%;其它矿物主要是锆石。

### 2.2.2 矿物特征

(1)三水铝石是矿石中主要铝矿物,呈六边(001)板状,无色,浅黄褐色,常与高岭石相互交织在一起形成鳞片状集合体。

(2)一水软铝石又称勃姆石(Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O),薄片无色或白色浅黄色,晶体习性呈板状或片状,其形态与三水铝石极其相似,采用X-射线衍射仪可将二者区别开,前者晶体结构与纤铁矿相似属斜方

晶系,而后者属单斜晶系,柱状对称型式  $L^2PC$  结晶构造的特点,属于层状构造,与稍微变形的氢氧化石构造相似。

(3)石英一般呈不规则粒状。

(4)高岭石呈隐晶质、显微晶质集合体,呈鳞片状、粒状,粒径在  $2 \sim 5 \mu m$ ,一般均小于  $5 \mu m$ ,由于后期风化淋滤作用,高岭石呈褐黄色(铁染)。矿石中高岭石常构成基质,对水铝石鲕粒起胶结作用,在鲕粒中,其突起及双折射率均低于水铝石。

(5)褐铁矿( $Fe_2O_3 \cdot nH_2O$ )常充填于矿石裂隙中或浸染分布在矿物集合体中(见图 1);赤铁矿( $Fe_2O_3$ )一般为不规则粒状,呈不均匀分布(见图 2)。



图 1 广西贵港铝土矿(偏光(单)×63)

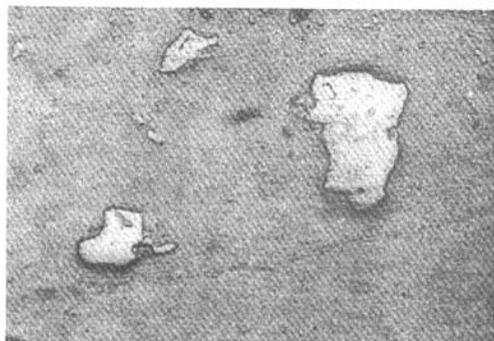


图 2 广西贵港铝土矿(反光×200)

(6)其它矿物中的锐钛矿呈不规则粒状或呈双锥状、矛头状晶形,颗粒细小,一般不大于  $9 \mu m$ ,不均匀地分布在三水铝石、一水软铝石和高岭石的集合体中。

锆石呈柱状,在矿石中含量甚微,粒径为  $0.02$

mm(见图 3)。

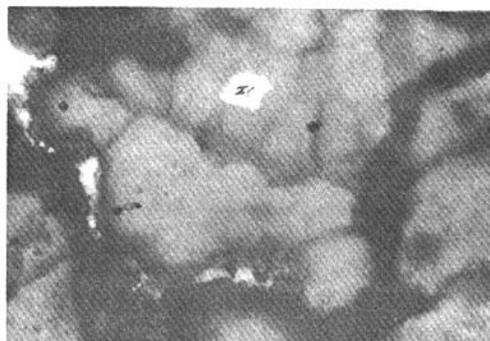


图 3 广西贵港铝土矿(偏光(单)×160)

### 2.3 矿石结构、构造

#### 2.3.1 显微晶质结构

一水软铝石、三水铝石、高岭石相互交织在一起,结晶颗粒细小,仅数微米,形成显微晶质结构。

#### 2.3.2 环带状结构

褐铁矿在一水软铝石、三水铝石及高岭石集合体颗粒边缘分布,呈环带状(见图 4)。

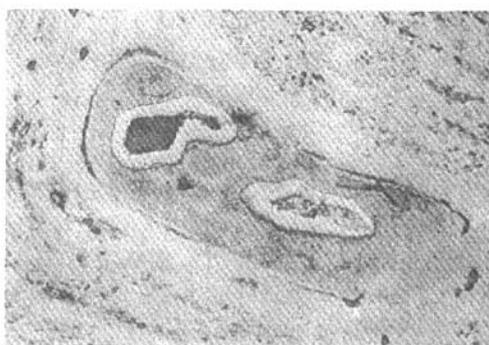


图 4 广西贵港铝土矿(反光×200)

#### 2.3.3 浸染状构造

浸染状褐铁矿分布在高岭石及三水铝石集合体中,使矿物染成褐黄色。

### 2.4 铁、钛元素的赋存状态

从矿石化学成分(表 1)可以看出,试样中铁( $Fe_2O_3$ )高达 30.17%,钛( $TiO_2$ )的含量为 2.02%,显微镜鉴定及 X-射线衍射分析结果表明,铁、钛元

素主要以下列两种形式存在:

#### 2.4.1 以独立矿物形式存在

铁的独立矿物为褐铁矿、赤铁矿,两者呈不规则状分布在矿物颗粒间或矿物集合体边缘。褐铁矿呈膜状沿矿物粒间细小裂隙充填。

钛的独立矿物为锐钛矿,一般结晶微小,分布在其它矿物的集合体中。

#### 2.4.2 以类质同象形式存在

铁、钛元素以类质同象形式存在于三水铝石、一水软铝石、高岭石中。

### 2.5 小结

(1)该矿中铝矿物主要为三水铝石,并含有一定量的一水软铝石,矿石中含  $Al_2O_3$  30.79%,  $SiO_2$  15.04%, 铝硅比 2.05, 接近 V 品级矿石。扣除不溶性的石英矿物,活性硅矿物含量为 2.22%, 并将可溶性的三水铝石氧化铝含量作为有效氧化铝组分(22.09%), 该矿铝硅比可达 9.95, 为一优良的好矿。

(2)矿石中铁、钛杂质以独立矿物存在或以类质同象形式存在于其它矿物的晶格中,以前者为主。主要铁矿物为褐铁矿、赤铁矿;主要钛矿物为锐钛矿,锐钛矿颗粒较细,仅数微米。

(3)由于本矿石本身含铝相对较低,矿物组成相对复杂,溶出难度较大。但因硅矿物中石英含量较高,仍可以作为较好的铝土矿原料。

### 3 海南、福建三水铝石铝土矿矿物学特征

海南三水铝石矿和广西三水铝石矿不同,但和福建三水铝土矿特征基本相近,这里以海南三水铝石铝土矿为例来阐述。

铝土矿矿石赋存于地表风化的红土层中,含铝土矿红土层厚度为 0.3 ~ 0.9 m 不等,含矿率 20% ~ 30%, 最高可达  $1000 \text{ kg/m}^3$ , 覆盖层厚 1 ~ 2 m, 矿体分散达数百个,开采方便。

目前由民间开采,矿石主要供洗涤剂厂作为生产 3A、4A 等沸石原粉的主料。

采用光学显微镜、X-射线衍射分析及 X-荧光光谱分析等手段,对矿石的矿物组成、结构、构造及铁、钛等有害杂质的赋存状态进行了研究,以便为矿石进一步利用提供理论根据,结果如下:

### 3.1 矿石化学成分

矿石化学成分见表 3。

表 3 海南铝土矿矿石化学成分(%)

组分	$Al_2O_3$	$SiO_2$	$Fe_2O_3$	$TiO_2$	$K_2O$
含量	47.01	4.98	18.65	3.04	0.006
组分	$Na_2O$	CaO	MgO	灼减	S
含量	0.062	0.010	0.096	16.16	0.097

从矿石化学成分分析结果可以看出:矿石中含铁钛较高,钙、镁、钾、钠较低,铝硅比 9.44,属 II 品级矿石。

### 3.2 主要矿物组成、特征

#### 3.2.1 主要矿物组成

矿石中以三水铝石为主占 66.8%、高岭石占 6.4%、石英 2%、褐铁矿 10.6%、赤铁矿 7%、钛铁矿 5.8%。

少量矿物有角闪石、辉石、电气石。

#### 3.2.2 矿物特征

(1)三水铝石呈鳞片状集合体,晶体呈六方板状,无色、浅褐色,(001)双晶常见,常与高岭石相互交织在一起,以其较高的重折率与高岭石区别,是矿石中主要的铝矿物。

(2)镜下观察高岭石呈隐晶质、显微晶质集合体,呈细小鳞片状或细粒状,无色、淡黄色,因含  $Fe_2O_3$  而带褐色,双折射率很低,干涉色呈一级灰白色。粒径在 0.5 ~ 1  $\mu\text{m}$ 。

(3)石英呈不规则粒状分布。

(4)褐铁矿呈半透明,反射光下呈褐红色,呈薄膜状覆盖于其它矿物表面或充填于矿物粒间。该矿物实际上为隐晶质针铁矿、二氧化硅和粘土矿物的混合物。

(5)光片中赤铁矿呈红色,常见赤铁矿呈微细粒状机械混入物分布在三水铝石及高岭石中,而使矿石染成红色。

(6)钛铁矿为主要含钛矿物,呈细小晶体分布在矿石中,薄片中有呈六角形断面,单偏光下不透明,正交镜下颗粒边缘呈褐红色。

### 3.3 矿石结构、构造

#### 3.3.1 间粒结构

斜长石晶体成不规则状分布,在空隙间充填有

钛铁矿、辉石颗粒形成间粒结构。

### 3.3.2 假象结构

长石风化后变为高岭土,仍保留长石晶形(条状、板条状)而形成假象结构(见图5)。



图5 海南铝土矿(偏光(单)×160)



图6 海南铝土矿(反光×200)

### 3.3.3 隐晶质结构

褐铁矿为隐晶质针铁矿与二氧化硅和粘土矿物的混合物,无光性,形成隐晶质结构。

### 3.3.4 显微晶质结构

三水铝石、高岭石结晶颗粒细小,仅1~数微米的显微晶质集合体。

## 3.4 矿石中铁、钛元素的赋存状态

如前所述,试验样品中铁含量达18.65%,钛含量3.04%,显微镜鉴定、X-射线衍射分析结果表明,铁、钛元素主要以下列两种形式存在于矿石中:

### 3.4.1 以独立矿物形式存在

铁的独立矿物为褐铁矿、赤铁矿,两者多呈不规则状分布在矿物粒间。褐铁矿呈薄膜状沿矿物间细小裂隙充填(见图6)。

钛的独立矿物为钛铁矿。

### 3.4.2 以类质同象形式存在

铁、钛元素以类质同象形式存在于三水铝石、高岭石、角闪石、辉石中。

## 3.5 小结

(1)该铝土矿属三水铝石型矿石,矿石中含 $Al_2O_3$  47.01%、 $SiO_2$  4.98%,铝硅比9.44,属Ⅱ品级矿石。

(2)矿石中铁、钛杂质以独立矿物存在和以类质同象形式存在于其它矿物中,以前者为主。主要铁矿物为褐铁矿、赤铁矿,主要钛矿物为钛铁矿,还有少量的暗色矿物角闪石、辉石、电气石等。

(3)矿石中未见到硫化物和碳酸盐矿物。

(4)海南、福建三水铝石铝土矿矿物组成相对简单,铝硅比高,易于溶出。

### 参考文献:

[1] 陈世益. 台湾大屯山铝土矿的勘查程序和成矿特征[J]. 轻金属, 1993, (10).  
 [2] 陈世益, 周芳. 广西贵港三水型铝土矿矿石特征及应用研究[J]. 广西地质, 1992, (3).

## 《矿产保护与利用》2009年第1期专刊预告

本刊2009年第1期将出版“矿业领域节约能源资源与减排”专刊,主要刊登中国有色金属工业协会、中国冶金矿山企业协会、中国煤炭工业协会、中国黄金协会、中国非金属矿工业协会、中国化学矿业协会有关专家及部分典型矿山企业特稿。

敬请关注!

《矿产保护与利用》编辑部