轻金属原料矿山·

广西靖西三合铝土矿铝矿物特征及成因机制分析①

李普涛[1②],张起钻[2、3]

(1.桂林工学院,广西 桂林 541004;2.中国地质大学,
北京 100083. 3.广西地质矿产勘查开发局 广西 南宁 530023)

摘要:以光薄片观察、X 射线衍射分析及电子探针等先进方法为手段,对靖西县三合铝土矿的硬水铝石和三水铝石的矿物特征进行研究,并探讨其成因机制。研究认为:本区三水铝石主要为表生条件下,含铝母岩经红土化风化作用形成;硬水铝石主要为三水铝石经变质作用脱水形成,形成硬水铝石的三水铝石是地质历史上含铝母岩的红土化作用形成。

关键词:铝土矿;硬水铝石;三水铝石;成因机制

中图分类号:TD164 **文献标识码**:A **文章编号**:1002-1752(2008)08-06-4

Mineral feature of bauxite in Sanhe Bauxite Mine, Jingxi of Guangxi and its analysis of genesis mechanism

LI Pu-tao[1], ZHANG Qi-zuan[2,3]

(1. *Guilin Institute of Technology, Guilin* 541004, *China*; 2. *China Geology University, Beijing*, 100083, *China*;
3. *Guangxi Geology and Mineral Exploration Bureau, Nanning* 530023, *China*)

Abstract: The mineral feature and its genesis mechanism of diaspore and gibbsite in Sanhe Mine of Jingxi County are studied with observation of polished thin section, X ray diffraction and electronic probe in the paper. It shows that gibbsite in the area is formed from matrices containing alumina through laterization weathering under hypergene conditions and diaspore is mainly formed from degenerated and dewatered gibbsite.

Key words: bauxite; diaspore; gibbsite; genesis mechanism

桂西地区特有的地质条件,形成了赋存于上二叠统合山组底部(P_1h)的沉积型铝土矿和由其次生改造所形成的赋存于第四系松散碎屑物中的堆积型铝土矿。两种类型的铝土矿矿石矿物组分具有一定的继承性,沉积铝土矿和堆积铝土矿矿石的铝矿物以硬水铝石为主,堆积铝土矿矿层红土则以三水铝石为主。靖西县三合铝土矿为桂西典型的堆积型铝土矿区,本文通过研究矿区矿石样品的硬水铝石、三水铝石矿物的特征、分析其成因机制,旨在加深对桂西铝土矿成矿的认识水平。

2 主要铝矿物特征

2.1 矿物组分类型

采用光薄片观测、粉晶衍射、电子探针及电镜扫描等多种方法来查明铝土矿石的矿物组成特征。分析发现矿石主要由铝矿物(硬水铝石、软水铝石、三水铝石)、粘土矿物(高岭石、鲕绿泥石)、铁类矿物(褐铁矿或针铁矿、赤铁矿)、钛矿物(锐钛矿或者金红石)和石英等矿物组成。其中,硬水铝石和三水铝石是最主要的铝矿物。这些矿物主要以细小微粒或单矿物集合体赋存于矿体中。铝土矿石样品 XRD 分析结果见图 1、2。

2.2 铝矿物特征

2.2.1 硬水铝石

硬水铝石的分子式和结构式分别为:Al_2O_3·

① 基金项目:广西"十千百人才工程"专项资金项目,(2002215)。
② 作者简介:李普涛(1982-),男,陕西户县人,硕士研究生,目前从事铝土矿地质学研究。
收稿日期:2008-08-31

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

H_2O 或者 AlO(OH),它是最主要的铝矿物和矿石矿物。在显微镜下,该矿物呈灰白、灰、浅黄色,晶形以他形粒状及微晶状为主,解理十分发育,常呈板状、叶片状、鳞片状、针状、柱状,晶粒一般大于

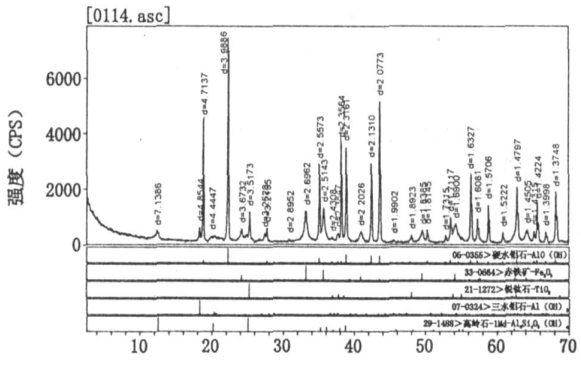


图 1　三合铝土矿矿样矿物组成 X 衍射分析图

0.001mm,但大多小于 0.3mm。标准情况下,Al_2O_3 占 84.98 %,H_2O 占 15.02 %;有时含 Fe_2O_3、Mn_2O_3、Cr_2O_3、Ga_2O_3、SiO_2、TiO_2、CaO 和 MgO 等。表 1 为典型的堆积矿石化学组分分析。另外,软水铝石的分子式也为 $Al_2O_3 \cdot H_2O$,与硬水铝石为同质二像,矿石中含量较少,镜下很难见到,因此,该矿物对矿石的品质不构成影响因素。

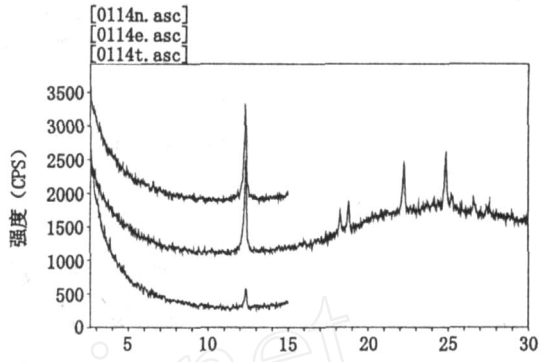


图 2　三合铝土矿矿样粘土矿物 X 衍射分析图

表 1　铝土矿组成矿物硬水铝石化学分析结果,%

氧化物	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	Mn_2O_3	CaO	MgO	Na_2O	K_2O	H_2O	总计
样 1	77.23	2.19	4.42	—	—	—	—	0.90	0.13	—	84.87
样 2	84.96	0.68	0.65	0.25	—	—	—	—	—	—	86.54

硬水铝石主要存在于沉积型铝土矿和堆积型铝土矿矿石中。硬水铝石的含量直接决定了矿石的品位和价值。一般情况下,背斜构造常有利沉积型铝土矿次生改造而形成堆积型铝土矿;在地形相对较高、排水有利地带的岩溶洼地及洼地边缘的坡地地带,矿石的硬水铝石矿物含量较高,有害组分亦相对较少。

2.2.2　三水铝石

三水铝石的化学分子式为 $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$,由于三水铝石单矿物的物理性质表现为脆性,在薄片磨制过程中和样品加工过程中很容易破碎而损失,因此,显微镜下很难但偶尔也能见到它的存在。三水铝石中,Al_2O_3 的理论含量为 65.4 %,H_2O 的含量为 34.6 %。常有类质同象混入物 Fe 和 Ga,其中 Fe_2O_3 可达 2 %;Ga_2O_3 可达 0.006 %;此外,还有杂质 CaO、MgO 及 SiO_2 等。典型三水铝石样品分析见表 2。

表 2　铝土矿组成矿物三水铝石的化学分析结果,%

氧化物	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	H_2O	总计
样 1	64.17	0.65	0.12	1.61	0.19	—	—	66.74
样 2	64.14	0.61	0.18	0.58	0.09	—	—	65.60

三水铝石与硬水铝石伴生,主要赋存于堆积铝土矿矿层红土中。横向上,淋滤作用较强的位置,如背斜肘部,红土中的三水铝石含量较高;淋滤较差的部位,如背斜翼部,尤其是沉积铝土矿处楼的位置,含量较低。纵向上,堆积铝土矿的表层粘土、矿层红土及底板粘土都含三水铝石,但以中间的矿层红土中三水铝石含量较高,这也表明了三水铝石的成因与硬水铝石有明显的关联。

3　铝矿物成因机制分析

3.1　硬水铝石成因

硬水铝石的成因有变质成因和表生成因两种观点,这两种观点的提出都是基于一定的事实、实验和理论依据。

3.1.1　变质成因

实验研究表明:在较高温度(200 ℃)和较大压强(100 个大气压以上)的条件下,Al^{3+} 可直接结晶形成硬水铝石或经由三水铝石脱水形成硬水铝石(布申斯基,1984),这个过程示意为:

$Al^{3+} \rightarrow Al_2O_3 \rightarrow Al(OH)_3$(非晶质)$\rightarrow Al_2O_3 \cdot$

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$3H_2O$(三水铝石) →$Al_2O_3 \cdot H_2O$(硬水铝石)

由于该实验具有很强的说服性,国内一些学者(廖士范,1989;李启津,1994)据此"脱水"理论提出了我国铝土矿硬水铝石矿物的变质成因理论,认为:桂西二叠系铝土矿属古红土——沉积这一模式形成,古红土物质中的三水铝石矿物,在沉积完成后,逐渐被掩埋,在地层压力、构造应力及温度等因素的作用下,三水铝石逐渐脱水、重结晶,形成硬水铝石。

变质成因的硬水铝石具有晶型完整、粗大,矿石矿物较为纯净。三合矿石样品中硬水铝石的 Al_2O_3 含量达到 84.96 %,十分接近理论值 84.98 %,矿物晶型完整;且其它一些特征矿物如鲕绿泥石、黄铁矿等矿物与硬水铝石的共生组合,都表明了成矿过程中变质作用的进行。

3.1.2 风化成因

一些铝土矿的事实(布申斯基,1984;刘巽峰等,1990)表明:在现今为成岩和遭受动力变质作用的红土剖面中也发现有硬水铝石的存在。为了解释这种事实,一些学者认为软水铝石、三水铝石的脱水老化形成了硬水铝石,硬水铝石较三水铝石在低温下稳定,由三水铝石向硬水铝石的转变是一个放热的过程,会自然进行(巴多西,1990);另一些学者 Keller(1954)和 Wefers(1967)提出了"结构继承"和"能量继承"的观点,认为在岩石风化的过程中,高岭土中淋出 SiO^- 过程的进展非常缓慢,高岭土的八面体层结构并未被破坏,由 AlO_2^- 取代 SiO^- 在高岭石矿物中的位置,最终转变为硬水铝石,而无需能量转换。

曹信禹(1986)对桂西平果沉积型铝土矿研究,就曾发现硬水铝石同高岭石矿物的交代,表明了硬水铝石的风化成因。三合矿石有的样品中硬水铝石矿物含有的杂质较多,SiO_2 和 Fe_2O_3 的含量分别达到 2.19 %、4.42 %(表 1),表明了硬水铝石具风化成因属性。一般在排水条件较好、水动力缓慢的缓坡地带,岩石的结构破坏但岩体尚未破碎,粘土矿物脱硅直接形成硬水铝石的可能性比较大。

3.2 三水铝石成因

表生条件下,Al_2O_3 一般稳定、难溶(刘英俊,1984),仅在较强酸(pH < 4)或较强碱(pH > 8)的环境下以络合离子(Al^{3+} 或 AlO_2^-)存在,故含铝母岩的风化作用常常造成 Al 元素的残留和富集。现代红土研究表明,三水铝石是红土风化壳或红土型铝土矿中最主要的含铝矿物(布申斯基,1984),红土化风化作用被认为是三水铝石形成的主要条件。根据三水铝石的形成方式,可以划分出以下两种成因模式。

3.2.1 粘土矿物(高岭土)脱硅

红土化作用是一种发生在低纬度、湿热气候条件下的化学风化作用。在红土化过程中,母岩中的铝硅酸盐岩类矿物在酸性条件下(H_2CO_3)分解,生成粘土矿物(高岭土),粘土矿物进一步脱硅(SiO_2),形成三水铝石。根据母岩矿物的类型,这一过程可分为三种类型(李启津,1994):

①斜长石→高岭石→三水铝石;

②正长石类(或云母)→水云母(伊利石)→高岭石→三水铝石;

③辉石、角闪石类→高岭石→三水铝石。

其中,以第一类最为常见,具体反应式如下:

$CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$(钙长石) + $3H_2O + 2CO_2 \rightarrow Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$(高岭石) + $Ca(HCO_3)_2$;

$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$(高岭石) + $5H_2O \rightarrow Al_2O_3 \cdot 3H_2O$(三水铝石) + $2H_4SiO_4$。

第二类矿物转变成高岭石时,因其含 K,故有中间态矿物水云母的过渡,而后水云母带出 K,形成高岭石。第三类矿物在变成三水铝石时,经常缺失高岭石带而由母岩直接过渡为红土风化壳。

红土化是南方湿热气候条件下普遍存在的化学风化作用。桂西地处亚热带炎热多雨气候区域,区内的岩溶洼地广泛分布红土物质,堆积铝土矿则赋存于红土碎屑物中。因此,红土化作用是促进沉积型铝土矿发生改造形成堆积铝土矿的主要成因。在此过程中,沉积型铝土矿以及其它碳酸盐岩、砂泥质岩风化后形成的粘土矿物,经过脱硅形成三水铝石矿物也是普遍存在的。

3.2.2 Al^{3+} 结晶形成三水铝石

由于桂西沉积型铝土矿中含有较多的硫矿物(黄铁矿),故 Al^{3+} 结晶形成三水铝石与一些学者(李启津,1994)提出的三水铝石的硫酸成因理论内容相同:在湿热气候条件下,黄铁矿遭受氧化,形成硫酸溶液,局部地段水溶液的 pH 值可达到 4.1~2.0 以下,母岩矿物被溶解,Al^{3+} 大量存在,当介质的酸性减弱,Al^{3+} 沉淀、结晶析出三水铝石。这一成矿过程的具体反应式如下:

①黄铁矿氧化:$Fe_2S_2 + O_2 \rightarrow SO_2 + Fe_2O_3$;$SO_2 + H_2O \rightarrow H_2SO_4$;

②硬水铝石溶解:$2Al_2O_3 \cdot H_2O + 12H^+ \rightarrow 4Al^{3+} + 7H_2O$;

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

粘土溶解:$H_4AlSiO_4^+ + H^+ \rightarrow Al^{3+} + SiO_2^- + H_2O$(该过程可逆,向左生成次生粘土(高岭土));③$Al^{3+}$ 重结晶:$Al^{3+} + H_2O \rightarrow Al(OH)_3 \rightarrow Al_2O_3 \cdot 3H_2O$(三水铝石)。

在酸性条件下,Al 的金属性大于 Si,故 Al 的溶解度大于 Si,故硬水铝石的溶解度大于粘土矿物。研究表明(刘云华等,2004):在一个 SiO^- 和 Al^{3+} 共同存在的环境中,当酸性环境减弱时,二者总是优先结合形成高岭土等粘土矿物,只有在几乎全部排除 SiO^- 的环境中,Al^{3+} 才能结晶形成三水铝石;若 Al^{3+} 过剩,则多余的 Al^{3+} 才生成三水铝石,若 Al^{3+} 不足,则只生成粘土。

在淋滤条件较好的背斜构造、缓坡地带,SiO_2 较 Al_2O_3 易流失,使得 Al^{3+} 相对富集,所形成的三水铝石的含量相对较高;而在低洼地带,Al^{3+} 与 SiO^- 结合形成粘土,三水铝石含量相对较低;这种规律能很好的用硫酸成因理论解释。但 Al^{3+} 仅在较强酸条件下才能大规模形成,故硫酸成因的三水铝石的规模应该不是很大。可以推测,局部淋滤较好的缓坡地带、背斜构造地带的相对较低部位是成矿有利地带。

4　结 语

铝土矿的成矿母岩类型、矿化环境多样,故铝土矿的矿物组分及成因亦相当复杂。因此,分析铝矿物的成因机制要注重理论的合理应用、参考典型实验的结果并结合铝矿物的实际特征。综合分析,笔者认为:本区沉积型铝土矿和堆积型铝土矿矿石中的硬水铝石主要为三水铝石矿物经变质作用形成,三水铝石来源于沉积型铝土矿的矿源物质——古红土风化碎屑物,古红土风化碎屑物的成因及物质组分应当同现代红土风化碎屑物大体相同;硬水铝石的表生成因要求风化壳尽量保持整体性以及流水的缓慢淋滤,而岩溶洼地地貌很少有符合的条件,故本区硬水铝石的表生成因不常见。本区堆积型铝土矿矿层红土中的三水铝石矿物主要为表生条件下粘土矿物在红土化作用下脱硅形成,粘土矿物的来源主要为本区沉积型铝土矿(岩),也有少量本区碳酸盐岩岩石和砂泥质碎屑岩中所混杂的粘土矿物;理论上,沉积型铝土矿中硬水铝石和粘土矿物在酸性条件下溶解,生成的 Al^{3+} 重结晶形成三水铝石的条件也成立,因此,不排除三水铝石硫酸成因的可能性。

参考文献:

[1]廖士范,梁同荣,章柏盛,等.《中国矿床》编委会主编.中国矿床—铝土矿[M].北京:地质出版社,1989.

[2]李启津,杨国高,侯正洪.中国三水型铝土矿成矿地质条件探讨[J].矿产与地质.1994,8(1):19-24.

[3]布申斯基[苏]著,王恩孚,等译.铝土矿地质学[M].北京:地质出版社,1984.

[4]刘巽峰,王庆生,陈有能,等.黔北铝土矿[M].贵阳:贵州人民出版社,1990.

[5]G.巴多西[匈]著,项仁杰,等译.岩溶型铝土矿[M].北京:冶金工业出版社,1990.

[6]曹信禹.试论广西原生铝土矿的成因[R].桂林:桂林工学院广西地质学会学术年会资料,1986.

[7]刘英俊.元素地球化学[M],北京:科学出版社,1984.

[8]刘云华,毛晓东,黄同兴.桂西堆积型铝土矿中三水铝石的成矿机理[J].地球科学与环境学报,2004,26(2):26-32.

(责任编辑　杜雅君)

※　※　※　※　※　※　※

行业资讯·

日本东方钛公司向美国钛金属公司提供海绵钛

据美刊《LMA, Feb. 2008, P. 52》报道,日本东方钛公司(Toho Titanium Co., Ltd.)与美国钛金属公司(Titanium Metals Corp., TIMET)于 2007 年签订了一个海绵钛的长期供应合同。这个新的长期合同规定,东方钛公司每年将增加海绵钛的供应量,在 2009 年至 2024 年期间供应总量不得少于 20000t,而最大供货量可达 28000t。

〔王祝堂 供稿〕

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net