

黔中铝土矿矿石结构特征和矿床成因探讨

刘克云

(贵州有色地质五队)



矿床地质简况

黔中铝土矿分布于黔中隆起的南北两侧之滇黔浅海边缘沉积区,分为南北两个矿带。北矿带分布于遵义、息烽、开阳一带,昔称“息烽式”铝土矿;南矿带分布于修文、清镇和织金一带,昔称“修文式”铝土矿(见图)。

铝土矿层产于寒武系碳酸盐岩侵蚀面上,沉

积于早石炭世大塘期旧司段^①。矿层被称之为铁铝矿系,其下部为铁矿系,由铁质页岩、粘土质页岩、绿泥石岩和结核状赤铁矿组成;其上部为铝矿系,由粘土岩、铝质粘土岩和铝土矿组成。

矿体的形状、规模以及含矿系的厚度受下伏寒武系碳酸盐岩古岩溶凹凸面之制约。矿体一般呈似层状、透镜状。矿石类型及其物质成分见表1和表2。本区为一水硬铝石型铝土矿床。

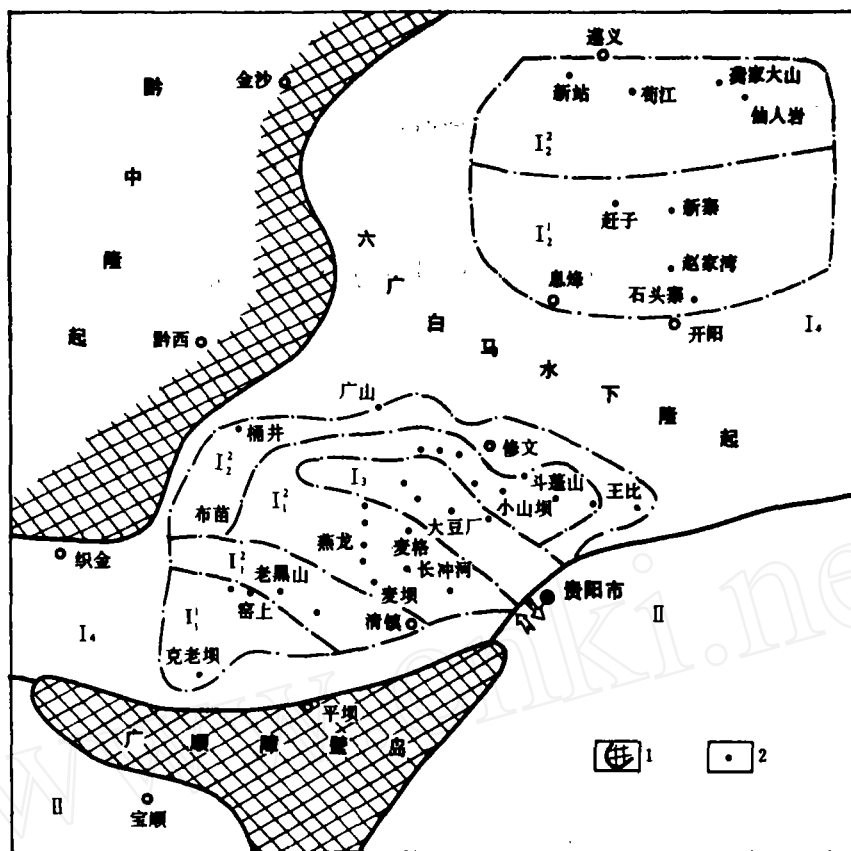
黔中铝土矿矿石类型及其主要成分(%) *

表1

矿石类型		主要化学成分			主要矿物成分			
大类	亚类	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	一水硬铝石	高岭石	伊利石	其它
铝土矿	低铁低硫铝土矿							
	1. 土状铝土矿	70~79	2~7	1~3	80~95	0~10	0~10	
	2. 致密状铝土矿	59~70	7~19	1~9	55~75	10~30	5~20	
	3. 内碎屑铝土矿	59~75	4~20	1~5	55~80	5~30	5~15	
	4. 豆鲕状铝土矿	55~60	20~22	1~2	55~60	10~30	10~30	
	5. 高铁铝土矿	51~68	2~10	15~22	50~75	0~10	0~10	鳞绿泥石 5~20; 赤铁矿 5~20
	6. 高硫铝土矿	64	7	7	60~75	10~20	5~15	黄铁矿 1~15
赤铁矿	7. 炭质铝土矿	53	8	1	55			炭质 40~45
	8. 绿泥石赤铁矿	6~16	7~17	24~55	0~5	0~10	0~10	鳞绿泥石 10~30; 赤铁矿 60~80
粘土岩	9. 赤铁矿	2~11	2~10	57~92	0~5	0~5	0~5	赤铁矿 80~100
	10. 铝质粘土岩	41~57	22~36	1~5	10~50	10~80	10~80	
	11. 高岭石粘土岩	35~43	37~44	1~9	0~10	60~95	5~40	
	12. 伊利石粘土岩	23~41	33~55	1~9	0~10	5~40	60~95	
	13. 绿泥石岩	22~39	18~34	20~38	0~5	0~10	0~10	鳞绿泥石 80~100

* 据我对43个矿区(点)的化学分析和岩矿鉴定资料综合。

①贵州地质局区测队在铝土矿层“上覆”炭质页岩和煤线中见有少量拟鳞木、亚鳞木、楔羊齿和根座属等植物化石碎片,由此而推定其成矿时代。笔者近年在黔中铝土矿里见到蓝藻类化石,呈藻铝迭层和藻铝球粒产出。



黔中铝土矿分布与早石炭世大塘期岩相古地理略图

(据我队有关研究报告)

I_1^1 —泻湖洼地相, 硫铁矿带; I_1^2 —泻湖洼地相, 硫铁铝土矿带; I_2^1 —泻湖沼泽相, 低铁铝土矿带;
 I_2^2 —泻湖沼泽相, 含铁铝土矿带; I_3 —泻湖凹槽相, 高铁铝土矿带; I_4 —泥坪相, 粘土岩带; II—滨海相, 碳酸盐岩带; 1—隆起边界线; 2—铝土矿床

黔中铝土矿矿物成分表

表 2

矿 物	铝 矿 物	粘 土 矿 物	铁 矿 物	稀 散 矿 物
主要的	一水硬铝石	高岭石、伊利石、 蒙绿泥石	赤铁矿、黄铁矿	金红石、锐钛矿、 锆石
少见的	勃姆石、三水铝石、 胶铝矿	埃洛石、蒙脱石、白云 母、迪开石	褐铁矿、针铁矿 菱铁矿	板钛矿、电气石、 榍石、磷灰石

一水硬铝石的电子探针分析结果*

表 4

样 号	矿 石 类 型	结 晶 形 态	氧 化 物 含 量 (%)					
			Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	K_2O	TiO_2	H_2O
10-A ₁₁	土状铝土矿	板状自形晶	84.98					14.90
10-A ₁₁	"	柱状自形晶	84.94					14.90
13-A ₁	"	柱状自形晶	84.98					14.90
J-5	"	柱状自形晶	80.82					14.26
J-4	胶状铝土矿	胶 状	71.71	13.57	0.23	1.20	0.63	12.65

* 贵州省理化测试研究中心分析, 1982年11月。

黔中铝土矿的扫描电镜研究

通过扫描电镜研究,一水硬铝石的结晶程度和形态列如表3和照片1~6。一水硬铝石的分子式为 HAIO_2 ,其标准化学组成是: Al_2O_3 85%, H_2O 15%。电子探针分析,并加入挥发分氢,计算出的氧化物含量见表4。自形晶的一水硬铝石成分纯净,非晶质胶状一水硬铝石含杂质较多,

杂质主要是 SiO_2 和 K_2O ,系其中伴生有高岭石和伊利石之故。高岭石和伊利石与一水硬铝石紧密伴生,或组成铝土矿的直接围岩——高岭石粘土岩和伊利石粘土岩,或成为铝土矿的组成成分(见照片4,5)。无论在围岩中还是铝土矿里,它们的结晶形态都是一样的。高岭石呈片状晶体,隐约可见假六方晶轮廓,粒度 $1\sim 3\mu$,属沉积型高岭石。伊利石呈边界圆滑、等大片状集合体,粒径 $0.5\sim 2\mu$,亦显沉积型特征。在粘土岩和铝土矿里均含有胶状和蠕虫状的高岭石和伊利石;胶状者是沉积成因,蠕虫状者是成岩期后重结晶作用形成的。

黔中铝土矿的结构特征

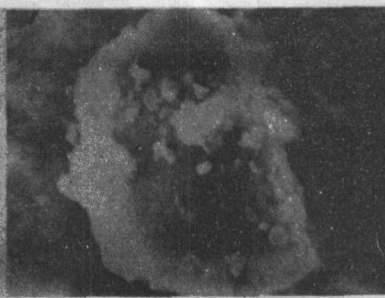
黔中铝土矿矿石结构与碳酸盐岩的结构极为相似(表5),表明两者之间的沉积机械过程,乃至生物作用都有相似之处。铝土矿除呈铝泥沉积外,主要是以内碎屑、豆鲕粒和藻铝迭层等形式

一水硬铝石结晶形态 表3

矿石类型	结晶程度	形态	粒度(μ)
土状铝土矿	自形晶	板状 柱状	$10\times 5\sim 66\times 42$ $3\times 1\sim 10\times 2.5$
内碎屑铝土矿	半自形晶	粒状	$5\sim 16$
蠕状 铝土矿	他形晶 胶状	粒状 —	$2\sim 10$ —
致密状 铝土矿	他形晶 胶状	粒状 —	$1\sim 5$ —



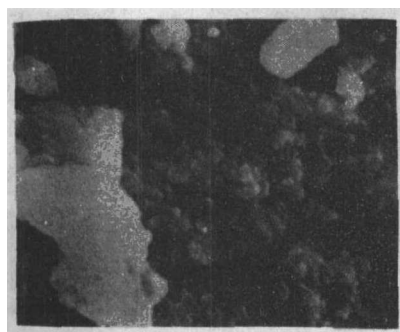
照片1 板状一水硬铝石晶体,晶面具纵纹,组成土状铝土矿石
(扫描电镜, $\times 2000$)



照片2 高岭石粘土岩中重结晶的一水硬铝石晶体,晶体中含高岭石包裹体
(扫描电镜, $\times 1200$)



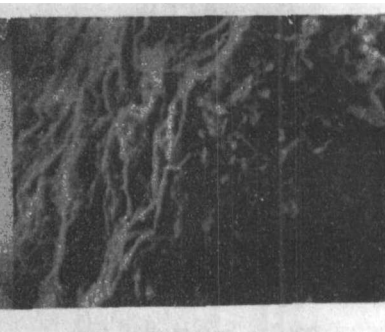
照片3 半自形一水硬铝石组成内碎屑铝土矿的内碎屑部分
(扫描电镜, $\times 800$)



照片4 致密状铝土矿中含重结晶的一水硬铝石(右上)和伊利石(左下)
(扫描电镜, $\times 1500$)



照片5 非晶质胶状一水硬铝石中含微晶高岭石(中下),组成致密状铝土矿
(扫描电镜, $\times 3000$)



照片6 伊利石(左)和一水硬铝石(右),组成蠕状铝土矿中的蠕体环带
(扫描电镜, $\times 2000$)

碳酸盐岩与铝土矿结构对比 表 5

	碳酸盐岩	铝 土 矿
顺	内碎屑	铝土矿内碎屑
	鲕 粒	铝土矿鲕粒
粒	迭层石	藻 铝 迭 层
	藻球粒	藻 铝 球 粒
泥晶	灰 泥	铝 泥

沉积, 经成岩期后重结晶, 铝土矿可形成显微粒至微粒。因此, 泥晶、内碎屑、豆鲕粒和藻铝迭层是铝土矿原生沉积和再沉积的结构特征。显微粒状至微粒状结构是矿石重结晶的结构特征。

常见的铝土矿矿石结构有:

(1) 隐晶胶状结构或泥晶结构 — 水硬铝石和少量粘土矿物呈隐晶胶状或泥晶状组成铝土矿, 在放大数千倍的扫描电镜下仍不见结晶 (见照片 5), 又称为铝泥: 是最早沉积的致密状铝土矿的特征结构。

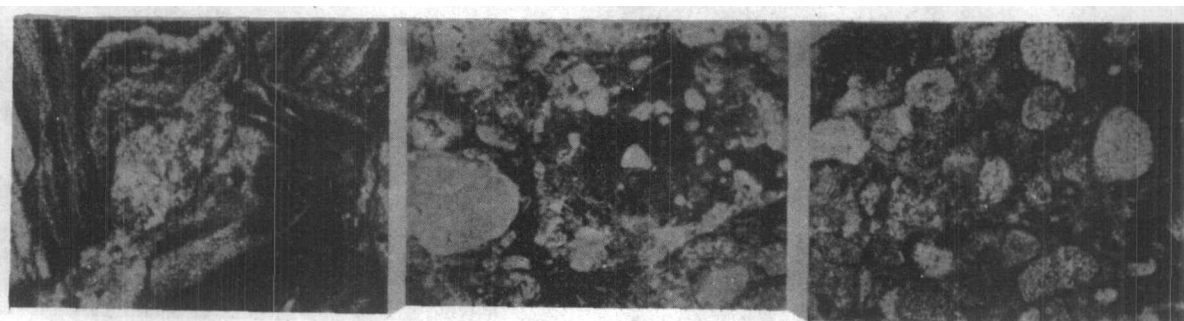
(2) 内碎屑结构 常见的是内砂屑 (粒径 $2 \sim 0.05 \text{ mm}$) 和内砾屑 ($> 2 \text{ mm}$), 组成内碎屑铝土矿。内粉屑 ($0.05 \sim 0.005 \text{ mm}$) 磨圆度好, 粒小而表面积大, 易于风化淋滤, 在潜水面以上改造成土状铝土矿。内粉屑是土状铝土矿的特征结构。铝土矿主要由铝矿屑组成, 含少量粘土岩屑和铁矿屑。胶结物与内碎屑成份基本一致, 但两者分界清楚。

由于形成环境的不同, 内碎屑内部的结构类型亦很复杂。有的铝土矿内碎屑呈长板状, 彼此

紧密镶嵌, 很少见有胶结物 (照片 7), 显示在半固结状态铝土矿即遭剥蚀破碎, 就地快速堆积而成; 有的铝土矿内碎屑粒度大小不等, 磨圆度好, 部分具塑性变形, 保留有内部层纹, 表明铝土矿遭挤压破碎或水下滑塌, 就地或短距离搬运堆积而成; 有的铝土矿内碎屑大小混杂, 砾中含砾或砾中含单成分 (或复成分) 内砂屑 (粉屑) 或鲕粒 (照片 8), 表明多次破碎、搬运、堆积而成; 有的铝土矿内碎屑磨圆度高, 分选好, 由泥晶状铝土质粘土质物胶结 (照片 9), 表明是经较长距离搬运、分选、再沉积而成; 有的铝土矿内碎屑有一氧化铁外圈, 显示其形成过程中一度露于水面。

(3) 豆鲕状结构 北部矿带多发育假鲕状结构, 鲕核为黄铁矿, 外层为一水硬铝石, 同心层不发育, 产于致密状铝土矿中。南部矿带多发育真鲕状结构, 鲕核是铝土矿内碎屑, 由一水硬铝石和高岭石 (或伊利石) 相间构成同心层 (照片 10), 与内碎屑铝土矿相伴产出。假鲕属胶状沉积, 代表水下低能环境。真鲕反映了高能环境, 是再沉积的结果。

(4) 藻铝迭层结构 (藻铝迭层石) 系蓝藻丝状体分泌的粘液粘结碎屑物并硬化而成。由于季节的变化对蓝藻生长速度的影响, 形成亮暗分明的条带。蓝藻大量繁殖, 沉积物中有机质含量高, 色暗, 形成富藻纹层暗带; 蓝藻生长受到抑制时, 沉积物中有机质减少, 色浅, 形成富屑纹层亮带。这种亮、暗带的交替, 构成了迭层石。



照片 7 内砂屑结构, 显层纹状, 板条状的内碎屑杂乱分布, 接触紧密, 胶结物为少量绿泥石和铁质

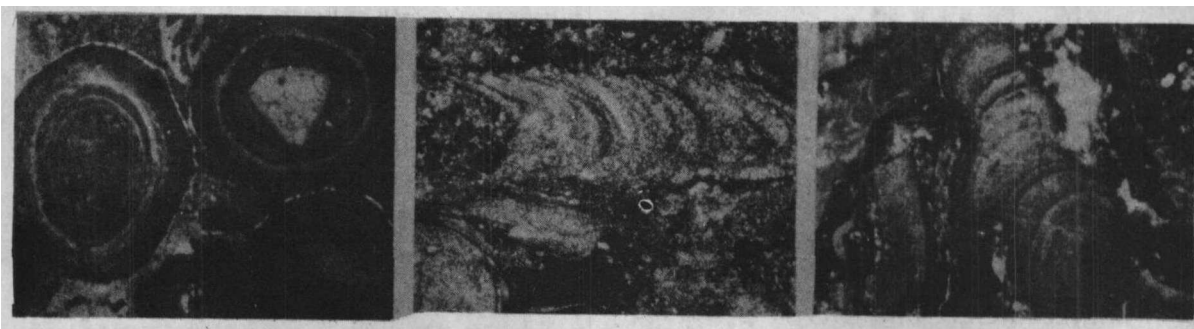
(单偏光, $\times 80$)

照片 8 内砂砾屑结构, 铝土矿内碎屑大小混杂, 砾中含砂或粉屑, 胶结物为内粉屑

(单偏光, $\times 15$)

照片 9 泥晶砂屑结构, 经磨圆、分选的铝土矿内砂屑被粘土质胶结

(单偏光, $\times 80$)



照片10 鲕状结构, 鲕核为内砂屑, 鲕环由一水硬铝石(白色)和粘土质(黑色)相间组成
(单偏光, $\times 25$)

照片11 藻铝迭层结构, 可见柱状藻铝迭层石
(单偏光, $\times 15$)

照片12 藻铝迭层结构, 可见藻铝迭层石
(单偏光, $\times 15$)

迭层石常见潮坪(潮间、潮上)和潮下浅水环境中,在碳酸盐岩中较为发育。笔者近年在黔中铝土矿中所见蓝藻类化石,是由一水硬铝石和少量粘土质构成,不含碳酸盐,称之为藻铝迭层石(照片11, 12)。这种藻铝迭层结构,亦显示亮暗相间的条带,但暗带较窄,各带叠置生长。

(5) 显微粒状和微粒状结构 一水硬铝石呈显微粒状至微粒状,偏光镜下粒度难辨,扫描电镜下呈自形极好的板状、短柱状(见照片1),粒度为 $0.003 \sim 0.05 \text{ mm}$,是重结晶作用的结果。

颗粒沉积分布规律

黔中铝土矿矿石的内碎屑、豆鲕粒、藻铝迭层和铝泥等结构,在沉积盆地中分布有明显的规律。盆地边缘的北部矿带(息烽、开阳和遵义)分布的多是铝土矿内砾屑,一般粒度 $2 \sim 10 \text{ mm}$,最大可达 100 mm 。紧临盆地边缘的遵义县一带,内砾屑偏细(一般 $2 \sim 5 \text{ mm}$);距盆地边缘稍远的烽息县赶子、开阳县猫猫洞一带,内砾屑较粗(一般 $2 \sim 10 \text{ mm}$ 或者更大)。距盆地边缘更远的南部矿带(修文、清镇和平坝)主要是铝土矿内砂屑,粒度一般在 $0.5 \sim 3 \text{ mm}$,大于 5 mm 者少见。铝土矿内粉屑主要分布在南部矿带。总之,在平面上,铝土矿内碎屑的分布呈北粗南细,盆地边缘粗、盆地内部细。在剖面上,一般矿层底部为致密状铝土矿,向上为内砂屑或内砾屑铝土矿(如燕龙、岩上等矿区),但由于矿层薄(一般为 $2 \sim 5 \text{ m}$),在同一剖面上各类型矿石发育不完

全。也见有在致密状铝土矿之上分布的是内粉屑铝土矿(土状铝土矿),顶部为内砂屑或内砾屑铝土矿(如麦格、小山坝等矿区)。所有这些说明,在泥晶胶状(铝泥)铝土矿沉积之后,由于水动力条件的改变,使正在形成的致密状铝土矿破碎,形成内碎屑铝土矿。各地内碎屑粒度的不同,显示了其水动力条件等形成环境的差异。

鲕状铝土矿石主要分布于南部矿带。这种鲕粒,或与内碎屑相伴产生,或为其夹层,但含量均不多。前者见于麦格矿区,后者见于黑土田、清水塘等矿区。假鲕粒状铝土矿多见于北部矿带,含在致密状铝土矿中;由于不发育,尚不能构成单独的矿石类型,只显示成矿环境的区别。

藻铝迭层发现于南部矿带(如小山坝、窑上等矿区),含于铝土矿内碎屑中,含量少,亦未构成单独的矿石类型。

矿床成因探讨

本区铝土矿之内碎屑、鲕粒和藻铝迭层等结构特征,与碳酸盐岩之内碎屑、鲕粒和迭层石极其相似,都属于颗粒沉积;系福克^[1]碳酸盐岩分类中的异化颗粒,代表着在浅水即滨岸浅海环境中沉积形成的。

黔中地区经加里东运动地壳上升,形成了“黔中隆起”,长期处于准平原化环境中,直到石炭世大塘期,海水由南向北,形成滇黔浅海的边缘沉积区。在寒武世的古侵蚀面上,沉积形成了铁铝矿系和黔中铝土矿。矿系下伏富铝碳酸盐

岩(娄山关组白云质灰岩含 Al_2O_3 2~7%)的古侵蚀面,经历了二亿多年的风化剥蚀,钙红土化和岩溶化均极发育。前者是成矿的物质基础和来源,后者形成了凹凸不平的岩溶地形,造就了许多大小不等的、有利于铝土矿形成的局限性泻湖、凹槽和洼地,是铝泥沉积的良好场所;其底部常伴有黄铁矿沉积。

在铝泥沉积之后,由于地壳升降运动或同沉积期的构造活动,引起沉积盆地结构改变,使水动力条件也发生了变化。当地壳上升,水体变浅,甚至地壳暂时露出水面,形成了水动力较强的潮坪沼泽区,在岸流、底流、波浪和潮汐水的作用之下,早已沉积而尚未固结的铝土矿遭到冲刷破碎,就地或短距离搬运堆积,成为大小不等的内砾屑、内砂屑。这是紧临盆地边缘的北部矿带形成的环境。

南部矿带距盆地边缘稍远,为潮坪和潮下浅水环境,由于在较长期的波浪和潮汐水的簸选作用下,铝土矿内碎屑经过分选、搬运和再沉积,形成了磨蚀圆滑的内砂屑、内粉屑和鲕粒。局部地区因遭受到同沉积期的构造活动或水下滑塌,便形成了大小混杂,具塑性变形的铝土矿内碎屑。

总之,铝土矿内碎屑和鲕粒的形成,是由于水动力作用的增强,使那些沉积而又尚未固结的铝土矿遭到冲刷破碎,在盆地内就地或经短距离搬运又堆积下来。这种作用的多次反复,就形成了具有复杂内部结构的铝土矿内碎屑和鲕粒。

在铝土矿内砂屑和内粉屑中,发现伴有藻类层,这不仅说明形成铝土矿的环境中有蓝藻类生物存在,而且具有指相意义;指示和证明了它们是在滨岸浅海的潮坪和潮下浅水环境中沉积和再沉积的。

应用具高分辨能力和大倍数的扫描电镜,对本区不同矿石类型中一水硬铝石的结晶形态和成分,结合矿石结构特征进行了研究,从而揭示了黔中铝土矿的生成环境和沉积历史。

研究表明,致密状铝土矿中的一水硬铝石,主要呈非晶质胶状,少数呈他形显微粒状,含较多杂质(SiO_2 , K_2O , TiO_2 和 Fe_2O_3),并伴生有较多粘土质成分(高岭石和伊利石),偶见滚圆状石英。这说明致密状铝土矿是胶状沉积;在成岩作用期,部分呈显微粒状结晶,但结晶能力差,

代表了最早沉积的铝土矿石。

鲕状铝土矿的鲕核为内砂屑,鲕的环带由胶状或显微粒状一水硬铝石与粘土质交替构成,反映了水下滚动沉积和再沉积的特征。

内碎屑铝土矿中的内碎屑,具有不同程度的磨蚀;组成内碎屑的一水硬铝石,呈半自形粒状,显示了再沉积的特征。

土状铝土矿由板状和柱状一水硬铝石微晶组成,晶形好,成份纯(几乎不含杂质)。它是铝土矿沉积成岩(矿)之后,在后生作用期,胶状和显微粒状一水硬铝石重结晶,形成完好的自形晶体;在表生成岩作用期,由于地壳上升,在大气水的渗流带内,由于 CO_2 、黄铁矿氧化和有机酸等酸性介质的淋滤作用,矿石中伴生的高岭石等粘土矿物脱硅去铁富铝,部分转变成一水硬铝石、勃姆石和三水铝石,重结晶的一水硬铝石粒度增大;在风化淋滤作用期,酸性地表水的作用下,矿石中的粘土矿物溶失,形成多孔的土状构造,部分孔洞又被次生勃姆石、三水铝石和一水硬铝石充填;复经“净化”褪色作用,形成了土状铝土矿。这是一种富而纯的优质矿石类型。这与山西、河南高铝粘土矿床沉积固结之后所遭受的变化很相似[2]。而且,含在铝质粘土岩中的一水硬铝石,在后生和表生成岩作用期,也产生重结晶(粒度增大),形成柱板状晶体。有的晶体里还含有粘土质包裹体(见照片2)。在致密状铝土矿里,还见有团块状自形晶的一水硬铝石集合体;这也是重结晶形成的。

我们将沉积成矿(岩)之后遭受的各种变化,称之为“改造”或成岩(矿)期后改造;而黔中铝土矿改造较强烈,因之形成了较多的高品位纯质的土状铝土矿。这种铝土矿又多分布于地表,易于露采,成为优质工业矿石。

综上所述,我们认为黔中铝土矿床的成因,是钙红土沉积和再沉积改造矿床,物质来源于古老地层钙红土化之风化壳,沉积于陆缘浅海的沼泽泻湖地区,经成岩期后改造和风化淋滤,而成为优质铝土矿。

主要参考文献

- [1] 刘宝瑞主编:《沉积岩石学》,北京,地质出版社,1980年,第192~219页
- [2] 刘长龄:地质与勘探,1984,第9期,第11~17页