

一个重要类型的铝土矿矿床

广西冶金地质勘探公司 范长智执笔

目前我国工业上利用的铝土矿，大都是原生沉积的层状铝土矿矿床。这种矿床，矿石的特点主要是高铝、高硅、低铁，铝硅比值较低。这就决定了生产氧化铝的方法只能采用与之相应的烧结法和串联联合法。近年来，我们根据冶金工业发展的需要，在广西某地探明了一个优质大型堆积型铝土矿矿床。经有关部门审查，认为质量好，规模大，是我国重要的铝土矿类型的代表矿区之一。为积极寻找该类型矿床，现将矿床的地质特征及找矿标志介绍如下。

一 矿区地质概况

矿区位于广西某山字型构造的西翼，某

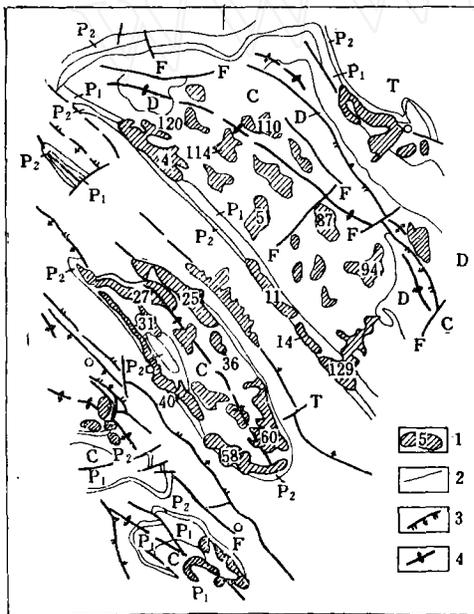


图1 某铝土矿区综合地质略图

T—三迭系灰岩、页岩、砂岩、凝灰岩；P₂—二迭系上统灰岩、煤、铝土矿；P₁—二迭系下统灰岩、白云质灰岩；C—石炭系灰岩、白云岩；D—泥盆系灰岩；1—堆积铝土矿及编号；2—原生铝土矿；3—断层；4—背斜轴

复向斜构造带的东南端（图1）。

区内出露地层有中泥盆统到中三迭统海相地层，由一套以碳酸盐为主的沉积物组成。除上二迭统与下二迭统之间呈平行不整合关系外，其他各统均为整合接触关系。上三迭统、白垩系、侏罗系的地层缺失。第三系、第四系均为陆相地层，主要由红色泥岩、砂岩、砾岩及砂砾岩组成，均不整合于较老地层之上。

矿区构造，主要由三个相互平行分布的背斜，构成区内总体褶皱轴向北东—南西向的构造带。泥盆系、石炭系通常分布于背斜轴部，二迭系及下三迭统分布于翼部，上三迭统分布于向斜轴部。其上部均为第三系、第四系红层不整合覆盖。说明本区构造格局在印支运动—燕山运动早期已形成，第三纪前已遭受长期剥露。区内褶皱断裂较发育，断裂构造主要以平行于褶皱轴向的逆断裂为主，以大断裂为主体，显示一个挤压冲断裂构造带。断裂带多产于褶皱轴及两翼，岩石破碎显著，倾向以南西为主，倾角较陡，一般延长几公里至几十公里。此外，与其平行的还有一组平推逆断裂，倾向以北东为主，倾角60~75°，其平推方向是北东盘向南东移，南西盘向北西移，规模较大者达几公里。

矿区的构造格式和多期构造运动历程，对矿区原生沉积铝土矿的形成与分布以及形成具有一定价值的第四纪堆积型铝土矿，提供了一个重要的地质前提。

二 矿床地质特征

（一）含矿层序特征 本区堆积矿的矿源层为原生矿。原生沉积铝土矿经风化剥蚀改造，就地残积或沿原生矿附近低凹处重新堆积而成。以矿床工业价值而论，目前原生铝土矿虽规模巨大，但因含硫高而无工业意

义,但对后来形成堆积铝土矿具有决定作用。因此有必要先谈谈原生沉积铝土矿的层位特征。

原生铝土矿位于上二迭统合山组最底部,下伏于二迭系茅口灰岩凸凹不平的侵蚀面上,上覆顶板为炭质页岩和煤层。矿体呈层状及透镜状产出。其含矿岩系特征,以那豆综合剖面为例,自上而下为:

上覆地层:下三迭统罗楼组,呈假整合接触。

- ①灰、浅灰色厚层状灰岩,具鲕状结构,厚度25~32米。
- ②灰、浅灰色中厚层瘤痕状灰岩,含炭质,厚度40~50米。
- ③灰、深灰色薄层状灰岩,层间常夹薄层钙质页岩,厚度7~10米。

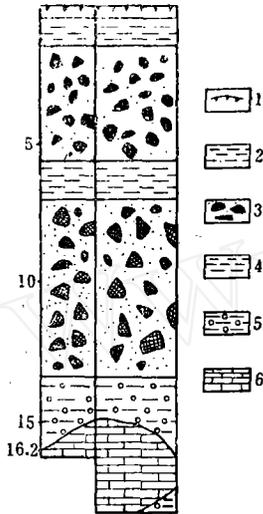


图2 古案浅井素描示意图

- 1—腐植土; 2—黄色粘土及含砂质粘土; 3—坡积、堆积铁矿; 4—碎屑粘土层(夹层); 5—紫红色胶状粘土—亚粘土层; 6—灰岩

- ④灰、浅灰色薄—中厚层花斑状灰岩,具花斑状结构,厚8~8米。
 - ⑤深灰、灰黑色燧石结核灰岩,具生物碎屑结构,夹硅质页岩、铝土页岩及少量黄铁矿、粘土岩,厚30~40米。
 - ⑥炭质页岩夹薄煤层,厚0~10米,一般2米左右。
 - ⑦深灰色、灰黑色铝土矿层,具豆鲕状结构,厚0~10米,一般2米左右。局部地段,最底部约有1米厚黄铁矿铝土岩。
- 下伏地层:下二迭统茅口阶灰岩,与之呈假整合接触。

本区堆积铝土矿赋存于第四系下更新统粘土亚粘土层中。下更新统堆积铝土矿的一般柱状剖面,自上而下其层序为:

- ①植物生长层,也称腐植层,厚0.3~0.5米。
- ②棕、红、黄褐色砂质粘土层,含少量铝土矿碎块,厚0~11.2米。
- ③残坡积堆积铝土矿层,呈土红色,主要由铝土矿碎块及第四纪粘土、夹少量褐铁矿组成,厚度0.2~20.8米,一般8~10米。
- ④紫红色胶状粘土—亚粘土层,也叫基岩残积层或坡积层,厚0~18米,一般1~5米,该层有时缺失,铝土矿直接与灰岩接触。

(二)矿体形态及规模 堆积矿的规模、形态多受地形控制,矿体分布与地形坡度相一致,一般倾角在23°以下的低缓地带,堆积矿才得以保存。矿体形态较复杂,因受后期地形切割影响,在平面上形态不甚规则,呈带状、片状、不规则块状;剖面上呈水平至缓倾斜的似层状、扁豆状、透镜状。矿体大小、厚度、含矿率等受灰岩基底地形控制,往往相差悬殊,单个矿体面积0.06~2.5平方公里不等,一般0.5~1平方公里。其储量大者可达700万吨以上。矿体厚度变化系数70~110%,含矿率一般每立方米800公斤以上,变化系数25~60%(图3)。矿体盖层厚为0.59米,剥采比0.13,大部分矿体裸露地表。

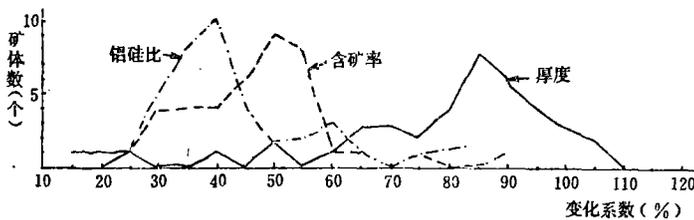


图3 某堆积铝土矿矿体厚度、含矿率、铝硅比频率曲线图

(三) 矿石的结构、构造和物质组成

堆积铝土矿矿石一般呈碎块状或角砾状，由于次生氧化铁的浸染，表面呈褐黄色、紫红色及桔黄色，新鲜面仍为浅灰至深灰色。矿石较坚硬，外观多呈豆鲕状构造及角砾状构造，次为多孔状、致密块状及微层状构造，较少为浸染状构造。矿石结构几乎都为显微晶质结构。豆鲕粒直径一般0.5~2毫米。部分小于0.01或大于3~6毫米，均由单水铝氧矿物组成。有时豆鲕粒中心为玉髓，而绝大部分则属铝氧矿物。无同心圆结构和核心。豆鲕之间主要由高岭石、水云母等粘土矿物胶结，石英、绿泥石、白钛石、方解石及炭质物等均浸染在胶结物中，黄铁矿主要以他形和自形细晶状星散浸染嵌布在铝矿物间隙中。

矿石主要矿物成分为一水硬铝石，偏光镜下晶体分为粒状、柱状和板状（或片状）三种，单体粒径一般0.016~0.16毫米，含量78~80%；次为高岭石、炭质和粘土，占8~10%；含水氧化铁（主要为针铁矿）及褐铁矿约占5%；三水铝石占1~2%，仅见于一水硬铝石的裂隙或洞穴中，呈白色，镜下无色。此外，还有少量黄铁矿、黑云母、绿泥石、石英、钾长石、石榴石，局部有钛铁矿、铬铁矿、锡石、黑钨矿、尖晶石、方解石等。

堆积矿矿石类型特征表 表1

矿石类型	颜色	主要矿物成分及含量(%)	一水硬铝石	
			晶形	结构构造
一水硬铝石矿石	灰绿色	一水硬铝石85~90% 三水铝石少量 高岭石少量 褐铁矿极少 胶结物	粒状为主，板、片、柱状很少，一般0.016~0.048毫米，最大0.16毫米	显微晶质结构，豆状构造，豆的大小一般为0.5~2毫米
含硬铝石、褐铁矿、水	浅黄褐带灰	一水硬铝石65~70% 褐铁矿20~25% 胶结物	晶形同上，一般0.0096~0.0225毫米，最大0.045毫米	显微晶质结构，豆状构造，斑状构造（斑晶为褐铁矿）
含石、褐铁矿、一水硬铝石	红褐色	褐铁矿60~85% 一水硬铝石	粒状、针状、星点状，一般0.0096~0.016毫米	显微晶质结构、浸染状构造

(四) 矿石类型（见表1）

(五) 矿石质量 堆积铝土矿矿石，一般含 Al_2O_3 50~70%， SiO_2 3~7%， Fe_2O_3 10~20%。黄铁矿氧化后变为褐铁矿和赤铁矿，含硫万分之几，属高铝、高铁、低硫矿石。

矿石质量与矿石块度有一定关系。本区矿石块度大小差异悬殊，直径从1毫米到数米不等，大者重达5吨左右。为研究不同块度矿石质量，将矿石块度划分为大于5厘米、3~5厘米、1~3厘米和0.1~1厘米四个级别。不同粒级的分析结果见表2。

粒级含矿系数及粒级矿石质量表 表2

矿石块度(厘米)	粒级含矿系数(%)	品位(%)				铝硅比	铝铁比
		Al_2O_3	Fe_2O_3	SiO_2	烧失		
>5	28.70	64.72	12.67	4.03	13.86	16.39	5.23
3~5	22.02	60.88	16.18	4.75	13.73	12.97	3.78
1~3	21.66	57.61	18.89	5.58	13.59	10.40	3.06
0.1~1	27.53	55.48	19.89	6.69	13.74	8.35	2.79

表2说明，原矿粒度越大，矿石质量越好。反之矿石质量有所降低。主要成分 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 的变化情况是：块度越大， Al_2O_3 含量越高， Fe_2O_3 和 SiO_2 则相反。而随着 Al_2O_3 和 SiO_2 、 Fe_2O_3 的变化，铝硅比和铝铁比也发生变化，块度越大比值越高。

Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 三者之和一般保持在80~83%，各种成分常有铝、硅互为消长的变化规律。有时硅氧稳定，铝氧随铁硫增高而减低，也有铁硫减低或增高，而铝、硅同时增高或减低的现象。

根据对 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 SiO_2 的百分比比例作图，各矿体的投影点特征说明（图4）：

(1) 矿区南部铝硅比小于11的矿体，其 SiO_2 、 Fe_2O_3 的含量明显增高，而且含量变化范围也较大。

(2) 矿区北部及背斜轴部的其他矿体，即铝硅比大于11的矿体，其 SiO_2 、 Fe_2O_3 的含量较低，含量的变化范围也较小。

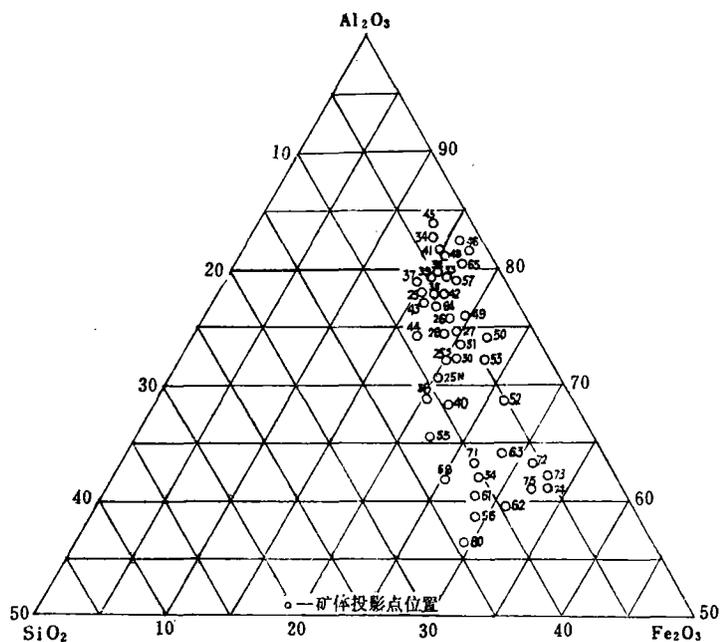


图4 那豆区矿体投影点特征图

(六) 矿石中伴生组分及含量 矿石中含希散元素达13种以上, 其中钽、镓、铈、希土等含量较高。初步查明, 钽主要呈独立矿物存在, 包括金红石、锐钛矿、白钛石、钛铁矿。矿石中金红石和锐钛矿的含量约2%。希土除组成独居石外, 据溶解试验资料, 约有10~20%的希土可能呈离子吸附状态存在。镓含量与一水硬铝石成正比关系,

没有发现镓的独立矿物, 初步认为镓是类质同象存在于一水硬铝石中, 可在冶炼过程中回收。铈的含量很高, 超过钽、铈矿床工业指标要求, 其赋存状态尚待研究。

(七) 矿石的可选性

两个矿石样半工业性洗选试验表明, 这种矿石经简单筛选可去掉绝大部分夹泥, 可得到0.3毫米以上的铝硅比值大于11的优质精矿。精矿含泥率仅为0.58, 可以满足用拜尔法生产氧化铝的要求。两个样的粘土指数分别为14.8和22.6, 属中等可选矿石类型。因含矿率高, 矿石粒度比例大, 故属于比较好洗的矿石。

三 堆积矿床的形成条件及富集规律

(一) 构造条件 本区经过东吴运动, 于晚二迭世合山期形成原生沉积铝土矿。后来又经过印支、燕山等多次构造运动, 使岩层褶皱破裂, 产生构造断裂, 从而有利于风化作用的进行。尤其是水营力的作用, 致使

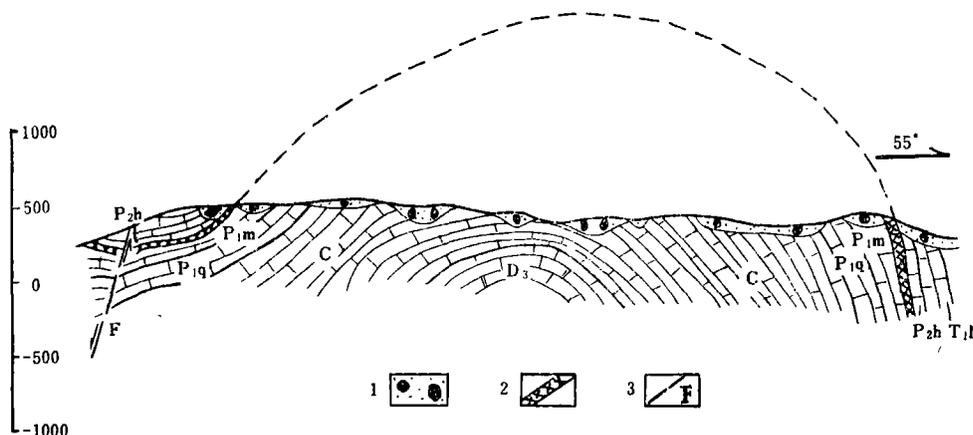


图5 I-I'线矿床横剖面图

T_{1t}—三迭系下统罗楼组灰岩 P_{2h}—二迭系上统合山组灰岩 P_{1m}—二迭系下统茅口灰岩 P_{1q}—二迭系下统栖霞灰岩 C—石炭系灰岩 D₃—泥盆系上统栖霞组灰岩 1—堆积铝土矿 2—沉积层状铝土矿 3—断层

岩层和矿层溶蚀崩解,对本区堆积铝土矿的形成、分布、积存起着十分重要的作用。例如,背斜构造轴部及两翼是堆积铝土矿分布富集的主要场所(图5)。从图5看出,背斜出露范围大,堆积矿分布面积也大;背斜较小,堆积矿分布范围相对也小。相反,向斜构造则有利于保存原生矿,只有向斜构造的周边才形成堆积铝土矿。

此外,沿构造断裂带往往形成岩溶凹地或槽地地貌单元,是堆积矿赋存的有利地带(图6)。

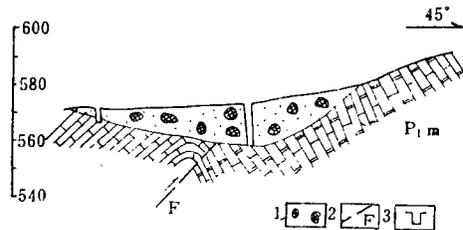


图6 某区30号矿体173号剖面

P_{1m}—二迭系下统茅口灰岩 1—堆积铝土矿
2—断层 3—浅井

(二)岩性条件 矿区主要为碳酸盐类岩石和原生沉积铝土矿层,两者化学成分

稳定性差异很大。前者在岩溶过程中易于风化,溶蚀流失;后者在氧化条件下比较稳定,以物理风化为主,这样就有可能造成铝土矿的碎块富集成矿。本区堆积矿的基底岩石主要是茅口阶、合山组、罗楼组和北四组灰岩,使得堆积铝土矿能够形成杂质少、质量高的富矿。

(三)气候条件 气候基本上决定了风化作用的类型及其发展的可能性。该区处于北回归线附近,湿热的亚热带气候,是造成岩溶的气候条件。矿区内堆积矿分布广泛,最厚二十多米,矿体中除堆积铝土矿矿石外,夹有桔黄色、紫红色粘土及少量褐铁矿等。原来矿体中夹杂的碳酸盐类岩石等岩屑和铝土矿中的黄铁矿等矿物已基本没有残存,可以设想,也只有在相对潮湿稳定的亚热带气候条件下才能进行和完成。

(四)物质来源 本区原生矿的广泛出露,为堆积矿的形成富集提供了丰富的物质基础。一般如原生沉积铝土矿的质量好,则堆积矿的质量也好。堆积铝土矿常沿原生矿露头的走向分布,在倾斜地层的剖面上,一般在原生矿露头层位以下150~200米内,为堆积矿最富最厚地段;而在原生矿层位以上

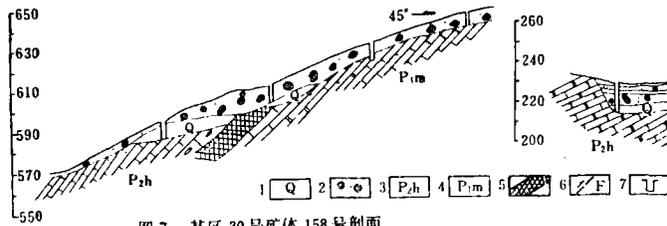


图7 某区30号矿体158号剖面

1—第四系粘土及含砂粘土层, 2—堆积铝土矿, 3—二迭系上统合山组灰岩, 4—二迭系下统茅口灰岩, 5—层状铝土矿, 6—断层, 7—浅井

分布较少,一般是50~100米内有堆积矿分布,向外则很少(图7、图8)。

(五)地貌条件 矿区在地貌上属卡斯特中高山区,一般海拔标高300~600米,相对高差100~300米。

矿区地貌形态与地质特点有着密切的关系。大片的碳酸盐区,岩溶发育,形成峰丛洼地和峰林谷地。矿区东南和北西有部分砂

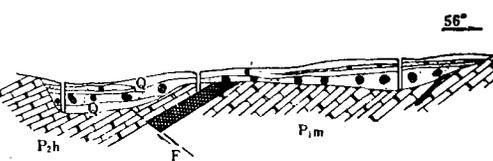


图8 某区40号矿体13号剖面

页岩区,经风化剥蚀形成圆顶低山和丘陵。

本区卡斯特地貌景观,普遍分布岩溶地形为基本特征,表现正地形峰丛、峰林、孤峰;负地形为洼地、坡立谷、缓丘平原。两者相互伴生组合,构成区内三种地貌形态:

1)孤峰平原;2)峰林坡立谷(也称峰林谷地);3)峰丛洼地。

堆积铝土矿分布严格受地形地貌形态控

制,凡岩溶洼地、槽地、坡立谷、溶洞、侵蚀缓丘平原等,为矿床分布富集的主要场所。上述有利于堆积矿形成堆积的地貌形态中,地形坡度超过 $23\sim 25^\circ$ 时,则没有矿,或仅有少量的零星的堆积矿。同时,在基岩起伏较多的石芽地带堆积矿呈希落散布。

四 矿床成因的初步探讨

目前,多数人都认为本区铝土矿是沉积成因的,但对于铝氧的物质来源问题尚有争论。有人认为铝氧来自矿区西南的基性岩,也有人坚持铝氧来自附近古陆古老杂岩体风化壳的观点。笔者认为下列地质现象与前两种认识是不相符合的。

1.位于矿区东北部的江南古陆,自加里东运动以来长期隆起的高耸山地,一直是受侵蚀的地区。其南侧形成山前拗陷带,是合山期沉积最厚的地带,古陆物质来源丰富,具备铝土岩沉积的有利条件,但事实上却没有铝土岩的沉积。而在远离古陆的平原地区(距古陆约200公里),却形成了很厚的铝土矿。据本区铝土矿分布规律推断,这可能是由于古陆边缘拗陷带地势低,没有宽阔的古喀斯特化基底的准平原化地带,残积红粘土风化壳少;再者,由于杂岩体风化形成的古风化壳富含坡积物和碎屑物质,造成堆积的红粘土层质量不纯,没有形成有工业价值的矿床。

2.根据在古案坑道中对茅口灰岩顶部取样(试坑6)分析结果, Al_2O_3 含量达1.74%,推断大约只要30米厚的茅口灰岩的铝质就足以形成1米厚含 Al_2O_3 50%的沉积铝土矿。有60米厚茅口灰岩风化溶蚀后,残留下来的铝质足以形成目前的2米左右的原生铝土矿。而本区茅口灰岩厚度为350米,灰岩风化溶蚀厚度又何止60米,约有百米以上。

另外,由茅口灰岩和其他时代灰岩所形成的现代红粘土残积层,据地质局采样分析资料, Al_2O_3 含量达15~20%,在生物化学作用下,重新分解,使 SiO_2 减低, Al_2O_3 相对增高,可能形成铝土矿矿床。

3.矿区内常见茅口灰岩的溶洞裂隙中沉积有铝土岩,这可能为东吴运动后,茅口灰岩暴露地表,经过溶蚀风化作用,形成红粘土风化壳,在喀斯特溶洞中也填充有红粘土,在海进过程中,地面粘土可能为其冲刷掉,但溶洞中的红粘土得以保存,后分解形成铝土矿。

综上所述,我们认为该矿床应为风化再沉积类型的滨海沉积矿床。铝氧物质不是来自矿床西南的基性岩和古陆杂岩体风化壳,而是来自茅口灰岩风化后形成的红粘土风化壳。因为矿床附近没有基性岩存在,仅在矿床西南边150公里见有面积很小的两个基性岩体。该矿床的形成应为基底茅口灰岩,在东吴运动后上升成陆,经长期风化溶蚀,夷平为准平原状态,地面上形成厚的红粘土风化壳,后来海水浸没,在腐植酸菌解和低温高压、缺氧等物理化学条件下,铁、铝、硅分离,最后沉积成铝土矿。这些沉积铝土矿层在其由于地壳运动而上升,暴露地表以后,遭受长期风化剥蚀,就进一步富集形成有工业意义的堆积型铝土矿矿床。

五 找矿方向及标志

1.在有原生沉积铝土矿分布的地区找矿。因为原生矿床的存在,是有无堆积矿的先决条件,而原生矿床又具有一定的含矿层位。据此推断,在矿区的西部,近东西向的碳酸盐岩隆带,以及矿区的南部合山组地层分布和有茅口灰岩形成的红粘土残积层的地带,是寻找铝土矿的有远景区。

2.在褶皱断裂构造发育地区,尤其是开阔的背斜构造轴部及两翼,有利于堆积铝土矿的形成,是今后找堆积矿的方向。

3.土壤颜色、地貌形态、植物发育程度等,可作为堆积矿的找矿标志。

红粘土是主要找矿标志。铝土矿碎块与红粘土混在一起组成堆积铝土矿矿床。这种红粘土是在气候炎热条件下灰岩风化的残积产物。广西红土较发育,分布普遍。但不是所有红土都有堆积矿存在。我们认为只有在碳酸盐类岩石分布区,含有绿豆、芝麻大的铝质颗粒的红粘土,才可以作为找矿标志。