

# 目 录

第一章	铝土矿的工业用途和工业要求	1
一	铝土矿的工业用途	1
二	铝土矿的工业要求	3
第二章	铝土矿矿石的类型及特点	5
一	概述	5
二	铝土矿矿石类型	5
第三章	铝土矿矿床成因及工业类型	9
一	铝土矿是怎样生成的	9
二	铝土矿矿床的工业类型	13
第四章	怎样找铝土矿	21
一	铝土矿的找矿方向	21
二	铝土矿的找矿标志	22
三	找铝土矿的工作方法	25
四	介绍一点普查评价知识	29
第五章	综合找矿与综合评价	32
一	伴生有益矿产	32
二	伴生有益元素	34
第六章	炼铝方法简介	35
一	烧结法炼铝流程	35
二	拜尔法炼铝流程	37
三	联合法炼铝流程	38

# 第一章 铝土矿的工业用途 和工业要求

铝土矿是由几种铝的含水氧化物所组成，此外还含有不等量的杂质如二氧化硅 ( $\text{SiO}_2$ )、三氧化二铁 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )、二氧化钛 ( $\text{TiO}_2$ ) 等，有时还含有镓 (Ga)、锗 (Ge)、铀 (U) 等稀有分散元素。

铝土矿中的含铝主要矿物有一水铝石 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 和三水铝矿 ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ )。一水铝石按结构的不同又可分为硬水铝石 (或叫一水硬铝石)、勃姆石 (或叫一水软铝石) 两种。

铝土矿的主要化学成分为三氧化二铝 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )，简称铝氧，一般含量为40—80%。

铝土矿是炼铝的主要矿石。铝是一种银白色的轻金属，比重2.7，耐酸碱，不生锈。铝有良好的导电性，假定铜的导电性为100，铝则为64，而铁只有16。但铝只有铜重量的三分之一，所以按重量计算，铝的导电率实际上超过铜约一倍。铝的结构性能好，易于锻压、切割、拉丝、轧片等。铝合金强度较大，例如耐铝 (俗称钢精，近似组成为94%的铝 (Al)、4%的铜 (Cu)，其他镁 (Mg)、锰 (Mn)、铁 (Fe)、硅 (Si) 共占 0.5%) 是一种最重要的铝合金，因为它的牢固性几乎和钢相似，而重量只有钢的三分之一。

## 一 铝土矿的工业用途

1. 炼铝 是铝土矿的主要用途。炼出来的金属铝，可

以拉丝、轧片、制棒、造管，做电缆；代替钢材建筑房屋，装配车厢和轮船；还可制作厨房用具及日常生活用品；但更重要的是利用铝和其它金属的合金，制造飞机、导弹和坦克。现代工业上以铝代铜、以铝代锡的使用范围日益扩大。二十多年来资本主义国家铝的产量成倍增长，1945年到1955年增长2.5倍，而同时期的铜只增长0.5倍，铅锌只增长0.8倍（图1）。1960年到1970年间，铝的产销量直线上升，翻了一番。

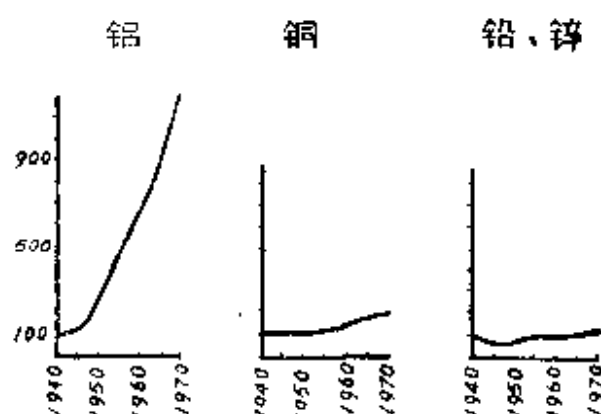


图1 资本主义世界20年来铝、铜、铅、锌增长情况

**2. 高铝耐火材料** 主要是用含铁较低的铝土矿矿石焙烧而成。它的耐火度可以高达1770℃以上，化学稳定性强。用于冶金、化学和水泥工业的高温炉的内壁耐火砖，其次还可做高压绝缘电瓷。

**3. 高铝水泥** 是用铝土矿和石灰石在一起焙烧而成。这种水泥具有快干的特点及抵抗海水高度腐蚀的性能。可用于港口、码头、桥墩等水底建筑物上。

**4. 人造刚玉（金刚砂）** 是由铝土矿、焦炭及铁屑等混合物置于电弧炉中（2200—2300℃）熔炼而成。用于制造研磨材料，如砂轮等。

5. 其它用途 铝土矿还可用以制取化学原料,如硫酸铝 [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ , 用做净化水的凝结剂], 氯化铝 ( $\text{AlCl}_3$ , 用于石油加工的裂化过程中等)。经过煅烧的铝土矿可做吸着剂, 清除石油产品中的杂质。在缺少萤石的地方, 炼钢炉中可用铝土矿做熔剂。含铁较高的 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  30%) 铝土矿还可以用来提取红色颜料。其次铝土矿还应用于医药、制糖、化工等方面。铝的主要工业用途如图2所示。

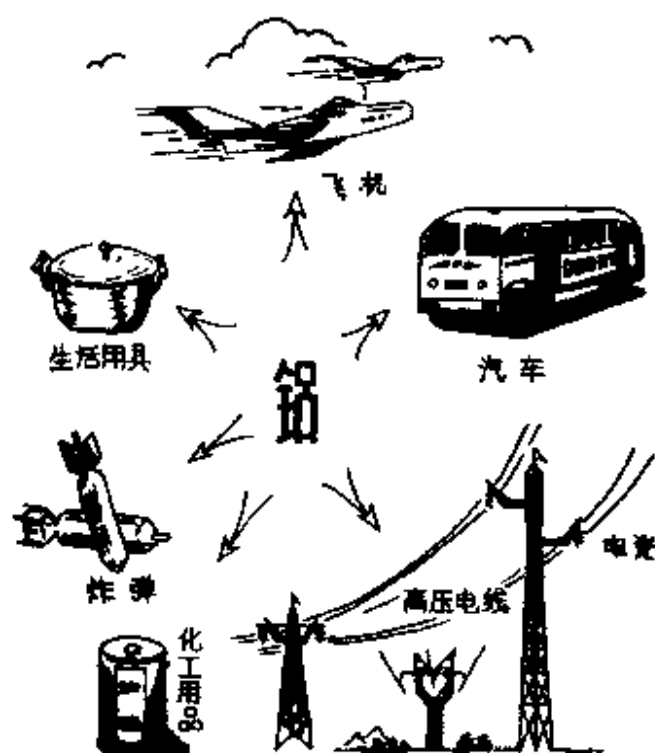


图2 铝的主要工业用途

## 二 铝土矿的工业要求

氧化铝的含量和铝硅比值是评价铝土矿质量的主要依据。铝硅比值, 即三氧化二铝和二氧化硅的重量比 ( $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ ), 简称为铝硅比。其比值越大, 说明矿石中含铝越高, 质量也就越好。目前铝硅比的工业要求一般应不低于2.6,

而铝氧 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) 的要求则不应低于40%。

铝土矿中的有害组份主要是  $\text{SiO}_2$ ，因为它在炼铝过程中最易于形成不溶解的铝硅酸钠，使碱和氧化铝大量损耗。其次是镁、钙、钛、磷、硫及铁等。

根据铝土矿中的铝氧含量和铝硅比，一般把铝土矿矿石分为若干工业品级，这主要是除了为炼铝之外还便于其他工业上的利用。如高品级的矿石可做人造刚玉和高铝耐火材料，中品级的矿石可做高铝水泥等。但是，在这里需要指出，铝土矿的工业要求绝不是一成不变的。它随着天然资源及加工技术的发展而变化。例如目前铝硅比在2.6以下的一般不当作铝土矿矿石，但过若干年以后，加工技术提高了，也可能就是炼铝的原料了。

## 第二章 铝土矿矿石的类型及特点

### 一 概 述

铝土矿的硬度约为1—3（有时也可达到5以上），比重约为2.4—2.7。由于它是由数种矿物组成的，而这些矿物又并不是按照一定的比例进行组合，所以铝土矿的外貌并不十分一致。特别在颜色方面十分复杂。有白色、灰色、灰白色、灰绿色、黄绿色、灰黑色、红褐色等；在结构方面，有粗糙状（土状）、半粗糙状、致密状、豆状、鲕状（鱼子状）等；在矿物组份方面，除一水铝石、三水铝矿及高岭石外，尚有少量的胶铝石、绿泥石、赤铁矿、褐铁矿、黄铁矿、金红石、锆英石、方解石、水云母、蛋白石及石英等。虽然如此，铝土矿还是有它的共性特征的，如土状光泽及比较稳定的化学成分，即  $Al_2O_3 + SiO_2 + Fe_2O_3$  常为81—83%（玄武岩风化壳型铝土矿三者之和为70%左右）。铝土矿外表颜色多变，是由于所含杂质不同引起的，从各地的找矿经验来看，它不能做为矿石分类的依据。一般都以铝土矿矿石的结构来划分矿石类型，并适当考虑杂质的影响。

### 二 铝土矿矿石类型

1. 粗糙状（土状）铝土矿 它的特点是表面粗糙，像砖头一样，具有粗糙的感觉。硬度3—5，在矿石的新鲜面上，以舌触之，吸附性较强。一般常见的颜色有灰色、灰白色、浅黄色等（图版一）。这是各地铝土矿矿区中的主要矿石类

型，位于矿层的中部，如图3所示。

2. 致密状铝土矿 它的特点是表面光滑，很脆，像玛瑙和硬玉一样致密，断口呈贝壳状。出露地表多风化成带棱角的碎块。颜色多为灰色、青灰色，局部为浅粉红色（图版二）。这种矿石含高岭石较多，质量较差。大多位于矿层的上部（图3），铝硅比多低于工业要求，一般不用它提炼金属铝，而做为硬质耐火粘土用。但在有些地区致密状铝土矿也可达到工业要求。如河南铝土矿，致密坚硬，硬度高达7度，表面稍粗糙，是当地一种较好的工业矿石。

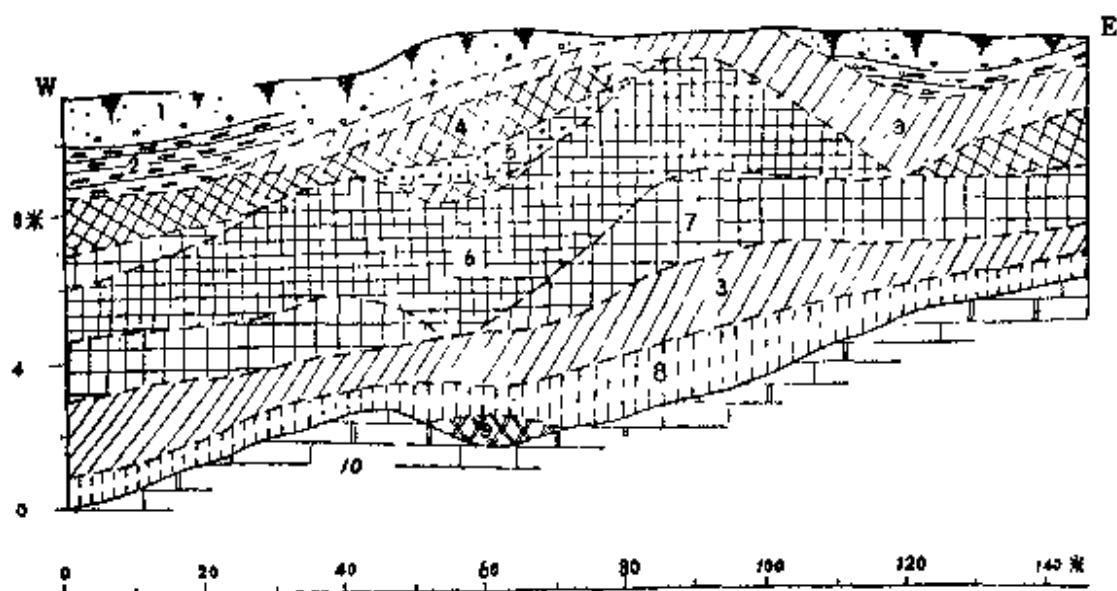


图3 铝土矿露头素描图

- ①腐植土；②铝土页岩、碳质页岩；③致密铝土岩；④致密铝土矿；  
⑤鲕状、豆状铝土矿；⑥粗糙状铝土矿；⑦半粗糙状铝土矿；⑧铁  
质铝土岩；⑨铁矿；⑩白云质石灰岩

3. 豆鲕状铝土矿 它的特征是表面呈鱼子状或豆状（图版三）。胶结物主要是粗糙状铝土矿，次为致密状铝土矿，硬度3—5。颜色多为灰色、深灰色、灰绿色、红褐色或灰白色。豆粒或鲕粒在矿石中所占比例各地不一，颗粒核心

成分也不相同，如河南铝土矿鲕粒中心为水云母，山西为水铝石，广西则为勃姆石。此外也有为高岭石及石英碎屑的。这类矿石一般位于矿层的中下部，或粗糙状铝土矿的上下部位（图3），质量中等。但如鲕粒中心多为高岭石及石英等，则品位降低。

根据贵州目测矿石所得的经验，凡是矿石越粗糙，铝硅比值就越高，铝氧也就越多；反之，矿石越致密，品位也就越低。豆鲕状而质地坚硬者，品位高；各矿石中有较多的半透明体星点而质地软者则品位低，多数不合工业要求。由于各地情况不同，在应用时必须结合当地具体情况考虑，最后总结出一套自己的经验。

**4. 高铁铝土矿** 或叫铁矾土，它是以含铁较高而得名的。其特征是颜色褐红或褐黄。比较粗糙，部分矿石具豆鲕状结构（图版四）。一般位于铝土矿层的最下部。铁铝含量不等，质量差。一般不能用于炼铝，但在炼钢时可用以造渣和清除炉壁上的结瘤，也可做为水泥配料。含铁多时往往过渡为山西式铁矿。

**5. 硬质粘土或软质、半软质粘土** 它的特征是厚层块状，灰色、灰黑色、黑色。表面光滑，柔而软，指甲能划动。遇水变松软者叫软质粘土，不变者为硬质粘土。矿物成分以高岭石、水云母为主。一般分布于石炭-二叠纪煤层上下。是主要的耐火材料。部分含铝高的也可做为提炼金属铝的原料。

**6. 气孔状、杏仁状铝土矿** 其表面特征因含三氧化二铁较多（ $\text{Fe}_2\text{O}_3$  12—24%）而呈暗红或黄褐色。常成大小不等的块状夹杂于红土之中。由于它是从玄武岩风化而成，所以往往保留了原岩的气孔状、杏仁状构造。有时还保存有较



为完好的球状风化构造。含 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 50%左右，铝硅比2—12。主要矿物为三水铝矿，是铝土矿中质量最好的一种，容易冶炼。如我国福建铝土矿矿石即属之。

上述铝土矿的六种自然类型之间，还有一些过渡的类型，如半粗糙状、半致密状、稀疏豆鲕状等。除此之外，能炼铝的矿物还有明矾石（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 37%）、霞石（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 34%）、红柱石、蓝晶石及矽线石（以上三种矿物 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 均为63%）等，但是由于它们的冶炼成本高，故在铝土矿资源较富的国家，一般都不使用。

由于不同的铝土矿矿石，在工业上的使用方法不同，所以工业上按照含铝主要矿物的成分又可分为以下三种类型：

1. **一水型铝土矿** 主要由一水铝石组成，包括硬水铝石和勃姆石。我国绝大部分铝土矿皆属此型。如山西粗糙状铝土矿，含一水铝石在80%以上，其中硬水铝石多于勃姆石，少量为高岭石等其它矿物。致密状铝土矿含高岭石矿物60—80%，少量为一水铝石、赤铁矿、硅质物等。豆鲕状铝土矿矿物成分则介乎二者之间。贵州粗糙状铝土矿含一水铝石为80—90%。在应用拜尔法<sup>①</sup>生产溶出时，硬水铝石铝土矿需22—26个大气压，温度为220—240℃。勃姆石铝土矿需10—15个大气压，温度为180—200℃。

2. **三水型铝土矿** 主要由三水铝矿组成。在应用拜尔法生产溶出时，只需一个大气压，温度105℃即可。前述之福建气孔状、杏仁状铝土矿即属于三水型铝土矿。

3. **混合型铝土矿** 上述两种类型的混合。我国少见。

---

① 炼铝方法的一种，见第六章“炼铝方法简介”。

### 第三章 铝土矿矿床成因及工业类型

铝土矿是怎样生成的？要弄清这个问题，必须先从铝的地球化学性质谈起。铝是地壳中分布最广的元素之一，它在地壳中的平均含量是8.8%，仅次于氧（49.13%）和硅（26%），而居第三位。如果按金属元素来说，则铝实占第一位。在地壳各种岩石中铝的含量如下：超基性岩<sup>①</sup>2.88%，基性岩8.76%，中性岩7.75%，酸性岩8.85%，沉积岩（粘土和页岩）10.45%，石灰岩0.81%，一般土壤中也含有7.12%的铝。铝是一个典型的亲氧元素，经常与氧化合成氧化铝，或含氧的铝硅酸盐类矿物。其次，铝又是两性元素，在酸性溶液中呈阳性（ $Al^{+3}$ ），在碱性溶液中呈阴性（ $AlO_2^{-5}$ ）。这个特性对铝在水溶液中的搬运有重要的意义。

#### 一 铝土矿是怎样生成的

简单地说，铝土矿就是地表岩石经过风化、破碎，分解出其中所含的铝，经过搬运、再沉积而形成的，如图4。未经搬运残留原地也可富集成矿。

露在地表或靠近地表的岩石，经过长时间的雨打、风吹、日晒、冰冻，本来很坚硬的岩石，逐渐的趋于破坏，一片一片的脱落，大块大块的崩塌，这样的破坏作用就是地质学上

① 地质学家按照火成岩中 $SiO_2$ 的含量，由低到高把火成岩划分为超基性岩（<45%）、基性岩（45—52%）、中性岩（52—65%）、酸性岩（65—75%）。

所谓的风化作用。含铝的岩石在风化作用下，特别是由于水的作用，因为水中含有硫酸根（ $\text{SO}_4$ ）、碳酸根（ $\text{CO}_3$ ）等，对岩石有较强的腐蚀分解作用。于是岩石发生分解，其中易溶于水的元素如钾、钠、钙、镁等随水流失，而铁、铝、硅等则形成溶胶体残留原地或搬运不远，即被中和凝聚沉淀。但在气候湿热、植物茂盛、腐植酸浓度较高的情况下，或者由于含硫矿物（黄铁矿）分解而有硫酸进入溶液时，也可搬运一定距离，在适当的条件下沉积成矿。

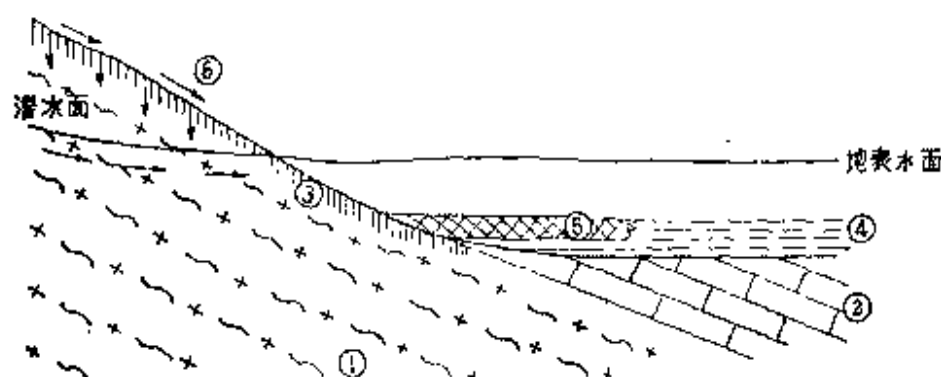


图 4 铝土矿沉积生成示意图

①铝硅酸盐等杂岩系；②石灰岩；③风化物；④泥质沉积物；  
⑤氧化铝沉积物；⑥水的流动方向

以下谈谈我国各类型铝土矿的生成条件及成因类型，

1. 滨海沉积型铝土矿 我国北方在中奥陶世<sup>①</sup>、南方（局部）在早寒武世以后，由于地壳运动，海水退去，奥陶纪石灰岩及其它一些片麻岩、花岗岩露出水面，经受长年的剥蚀风化，造成了准平原岩溶（喀斯特）地形，以及久经红壤化的石灰岩和古陆杂岩的充分分解，给铝土矿的形成准

① 地质学家将地球历史分为若干代，代下是纪、世、期。如古生代包括寒武纪、奥陶纪、志留纪、泥盆纪、石炭纪、二叠纪。奥陶纪又分为早奥陶世、中奥陶世、晚奥陶世。与代、纪、世、期相对应的地层叫界、系、统、层。如古生界奥陶系中奥陶统。

备了良好的物质条件。

到中石炭世时，海水漫漫准平原，古风化壳上的残积物，经过海水的溶解、分离和搬运，在凹凸不平的石灰岩基底上，各种元素按着不同的化学特性<sup>①</sup>先后沉淀。一般的顺序是铁矿→铁铝岩→铝土矿→粘土。此层铝土矿一般叫做G层铝土矿<sup>②</sup>。而下部的铁矿在北方叫做山西式铁矿，在南方叫做清镇式铁矿。图5为黔中铝土矿沉积地层剖面示意图。

2. 陆相沉积型铝土矿 G层铝土矿沉积之后，我国北方仍为海陆交互相沉积（南方为海相沉积），海水及湖泊中所携带的三氢氧化铝 $[\text{Al}(\text{OH})_3]$ 溶胶体，当条件适合时，在不同的层位上沉积了粘土及铝土矿，其层位相当于F、E、D、C等层。到二叠纪时，我国北方上升为陆地，有的是高山高地，有的是丘陵盆地，这时气候温暖、潮湿，在一些盆地及部分为沼泽的地区里，植物大量繁殖，于是生成了许多重要煤田。与此同时在一些湖盆沼泽中的三氢氧化铝溶胶体则于合适的条件下沉积成粘土或铝土矿。其典型的代表是山东的A层与辽宁的B层。

3. 玄武岩风化壳型铝土矿 福建、广东地处亚热带滨海地区，气候炎热、雨水充足。由于玄武岩很平缓的覆盖在第三纪地层上，不利于大规模的机械搬运，经过年复一年的风化分解，易溶的元素如镁、钙、钠等随水流失，年年减少，

---

① 化学特性包括多种因素，主要是溶液的酸碱度pH值、电位势Eh值的大小变化。如铝在pH值等于4.1时沉淀、铁( $\text{Fe}^{2+}$ )在pH值等于2时沉淀。

② 过去对北方石炭-二叠纪含煤建造中的粘土及铝土矿层自上而下分别命名为A、B、C、D、E、F、G层。由于沉积条件的不同，G层铝土矿在辽宁、山东、山西、贵州、云南地区位于中石炭统的底部，在河南地区则位于上石炭统的底部。



图 5 黔中铝土矿沉积地层剖面示意图 (据廖士范)

①致密铝土岩 (高岭石粘土岩)；②杂色铝土岩或含淡铝土岩；③铝土矿；④铁矿扁豆体；⑤页岩及碳质页岩；⑥砂岩；⑦石灰岩；⑧白云质灰岩；⑨页岩

P<sub>1</sub><sup>2</sup>—二叠纪栖霞石灰岩, P<sub>1</sub><sup>1</sup>—栖霞底煤系, P<sub>1</sub><sup>1</sup>—早二叠世铝土矿含矿系, C<sub>3</sub><sup>3</sup>—中石炭世黄龙石灰岩, C<sub>2</sub><sup>1</sup>—中石炭世铝土矿含矿系, D—泥盆纪石英砂岩, S—志留纪页岩, O—奥陶纪石灰岩, C<sub>m</sub>—寒武纪炉山白云质石灰岩

而残留下来的氧化铝、铁等却岁岁增多，富集成矿。这就是我们现在看到的夹于红土中的铝土矿矿块。而它下部的玄武岩还在进行着“分化瓦解”作用。

## 二 铝土矿矿床的工业类型

划分工业类型的目的，是为了提高我们对各类型铝土矿矿床地质特征和工业价值的认识，从而有利于指导进一步的找矿勘探和评价工作，为采矿、选矿、冶炼及经济核算工作提供资料。比如风化壳型铝土矿，它与气候条件密切相关，寻找时重点自应在南方热带、亚热带地区。而滨海沉积型铝土矿与沉积间断<sup>①</sup>有关，寻找时重点则应在古陆边缘的凹陷地区，基岩的风化侵蚀面<sup>②</sup>上。

划分工业类型的主要标志是成因类型、矿体形态、围岩性质及构造因素。本书的划分方案以成因类型为基础，分为四种工业类型。即滨海-浅海沉积型（包括滨海沉积型、浅海沉积型两种）、陆相沉积型及风化壳型，现分述如下：

### 1. 滨海-浅海沉积型铝土矿

#### （1）滨海沉积型铝土矿

滨海沉积型铝土矿是在海水浸进时期沉积的，常与滨海及泻湖沉积物有关。一般产于遭受长期风化的基岩侵蚀面上，按基底岩石的性质不同又可分为两亚类。

第一亚类是产于碳酸盐类岩石基底侵蚀面上；第二亚类是产于硅酸盐类岩石基底侵蚀面上。矿体多成层状、似层

---

① 地壳上升，沉积作用即行停止；地壳下沉，沉积作用又再进行，于是两次沉积之间即有沉积间断。同时在前一次沉积的地层面上留下了风化与侵蚀的遗迹，这就叫侵蚀面。

状，厚度较稳定，长可达数公里，品位变化不大，矿石以一水型铝土矿为主。

第一亚类矿床规模大、储量多，常达数千万吨以上，多属大型矿床。如我国贵州、河南、山东、山西、陕西等地铝土矿都属于这种类型。

第二亚类一般地说矿床规模较小，矿石质量较差，多数为中型，少数为小型。如湖南、四川等地下二叠统的铝土矿矿床属之。

矿床实例：山西铝土矿矿床。

本矿床属第一亚类，位于中石炭统底部，中奥陶统灰岩的侵蚀面上。其地层剖面自上面下为：

第四系：黄土

上石炭统（太原统）：

⑤ 燧石灰岩：含1—3层燧石条带。

④ 粗砂岩：由长石、石英组成，顶部有一层粘土页岩及泥质页岩。

③ 燧石灰岩：含泥质多，含燧石条带1—3层。

② 煤层：俗名叫“丈八煤”。

① 砂岩：常相变为砂质页岩及粘土页岩。

中石炭统（本溪统）：

⑤ 碳质页岩和粘土页岩，夹1—3层不稳定的薄层灰岩。

④ 砂岩。

③ 碳质页岩和粘土页岩，渐变为砂质页岩。

② 铝土矿层：自上而下为致密状→粗糙状→豆鲕状→高铁铝土矿。

### ① 山西式铁矿。

-----不整合①-----

中奥陶统石灰岩、致密纯灰岩、白云质灰岩、泥灰岩夹石膏层。其上部之致密纯灰岩可做熔剂灰岩（图6）。



图6 山西铝土矿矿区地质剖面图

①黄土；②煤系；③页岩；④砂岩；⑤铝土矿；⑥山西式铁矿；⑦灰岩

本矿区为一向南东倾伏的单斜层，倾角10—20度。构造有小型平缓的波浪式褶皱和断层。矿体呈层状、似层状。矿物成分以勃姆石为主，含少量高岭石。其次有胶铝石、褐铁矿、赤铁矿、石英及方解石等。矿石为致密状、粗糙状、豆鲕状及高铁铝土矿。

伴生有微量稀土、稀有分散等元素。矿体顶板为黑色页岩与粘土岩，其中见有黄铁矿星点。矿体底板为山西式铁矿，变化较大，在深部多为黄铁矿，地表则氧化为褐铁矿。有时二者皆无，铝土矿直接覆于灰岩之上。

### （2）浅海沉积型铝土矿

铝土矿产于碳酸盐类岩石侵蚀面上，一般间断时间较短。其基岩多为中、上石炭统及下二叠统石灰岩。矿层赋存于下二叠或上二叠统地层的底部，与下伏岩层成假整合接

① 地层沉积如果是连续的，中间没有间断，则上下岩层平行一致，这就叫做整合。如果沉积间断，但上下岩层仍互相平行，这就叫假整合。如果上下岩层不是平行相交而是斜交的，这就叫不整合。



触。矿体成层状、似层状或大小不等的透镜体状产出。矿体平均厚度约两米。产状一般平缓。矿床规模多为中小型。主要矿物成分为硬水铝石、高岭石及少量的勃姆石、赤铁矿和黄铁矿，一般含硫较高。属于此类型的有广西、云南、四川等地铝土矿。

矿床实例：广西铝土矿矿床。

矿层位于上二叠统合山组下段，其岩性自上而下为：

上二叠统 ( $P_2$ )：

- ⑩ 灰白色粘土页岩。
- ⑨ 灰、暗灰色致密状中厚层石灰岩。
- ⑧ 黑色片状碳质页岩。
- ⑦ 灰、灰黑色中厚层石灰岩。
- ⑥ 灰色铝土页岩或黑色碳质页岩。
- ⑤ 灰白、灰黄色中厚层石灰岩。
- ④ 灰白、灰黄色铝土页岩。
- ③ 深灰色中厚层生物碎屑灰岩含碳质较高。
- ② 薄煤层或碳质页岩。
- ① 灰、灰黑色中厚层或少量薄层或透镜体状铝土矿。

.....假整合.....

下二叠统 ( $P_1$ )：茅口灰岩

含矿层位于上二叠统底部，直接覆于下二叠统茅口灰岩侵蚀面上。矿体呈似层状或大透镜体状产出。顶板为碳质页岩或煤层（煤线）。矿体厚两米左右。矿物成分主要为硬水铝石（占75—80%），次为碳质粘土、赤铁矿、褐铁矿、黄铁矿及水云母等。矿石结构为似鲕状、豆状、致密状等。深部矿石因含硫较高不够工业要求，但经焙烧，使其含硫量降低至1%后，可以利用。有些地方则用以提取硫磺。

**2. 陆相沉积型铝土矿** 此类铝土矿与大陆湖沼沉积物有关。产状多为似层状及透镜体状，产于沉积间断较短的铝硅酸盐类岩石侵蚀面上，有时为连续沉积。其地层多为含煤的杂色粘土，上覆粉砂岩、泥岩、页岩及砂岩。矿层厚度薄、规模小，品位变化也大，一般属中小型矿床。属于此类型的有山东黄村、湖北、云南等地铝土矿。

矿床实例：山东黄村铝土矿矿床。

铝土矿位于二叠系地层中。综合剖面自上而下为(图7)，  
第四系：黄土

上二叠统：陆相沉积的杂色砂页岩、粉砂岩、泥岩及长石石英砂岩，A层铝土矿位于下部。其上为半软质粘土，其下为高铁硬质粘土。

下二叠统：长石石英砂岩、粉砂岩、页岩、泥岩夹薄煤层。

石炭系：

~~~~~不整合~~~~~

中奥陶统：石灰岩

矿区地层产状平缓，倾向北东，倾角10度。断裂较多，并有辉绿岩脉的侵入。矿层厚度变化较大，自0—4米。品位变化也大，矿层愈厚品位愈佳。矿物成分以硬水铝石为主，次为勃姆石、高岭石、绢云母、赤铁矿及金红石等。伴生有钒、镍和某些稀有分散元素等，含量均微。

**3. 风化壳型铝土矿** 我国目前只发现有玄武岩的风化壳型铝土矿矿床，国外还有霞石正长岩风化壳型铝土矿矿床，如美国的阿肯色斯铝土矿矿床。世界上最大的风化壳型铝土矿矿床是澳大利亚北部的克普-约克角，该处的红土型铝土矿矿区面积达几百平方公里，其中魏帕矿床是目前国外最大



图 7 山东黄村铝土矿矿区地质剖面图

① 铝土矿；② 铁质结核；③ 煤；④ 奥陶系灰岩；⑤ 薄层灰岩；⑥ 燧石灰岩；⑦ 泥质灰岩；⑧ 页岩；⑨ 泥岩；⑩ 粉砂岩；⑪ 长石石英砂岩；⑫ 含砾砂岩；⑬ 砂质页岩；⑭ 长石砂岩；⑮ 辉绿岩脉；⑯ 逆断层；⑰ 中奥陶统；⑱ 中石炭统；⑲ 下二叠统；⑳ A 层铝土矿；㉑ G 层铝土矿

的铝土矿矿床，储量达30亿吨。矿石中含  $Al_2O_3$  55%， $SiO_2$  3.4%，品位极富。此外还有印度的德干高原。

矿床一般有一个风化壳，其剖面自上而下可分为三个不明显的过渡带。

① 含铁带 为红、黄色含铁的粘土页岩，其上往往沉积有砂页岩或煤系。但此带经常由于剥蚀作用而消失。

② 富集带 为多孔状、疏松状或致密状红土，夹有铝土矿矿块。

③ 母岩分解带 高岭土化作用还在进行。

矿层呈斗篷状覆盖于母岩上。面积较大。但决定矿体大小的主要因素是母岩体的规模。矿石为三水型铝土矿。

矿床实例，福建铝土矿矿床。

玄武岩直接覆盖于第三纪“佛昙层”及花岗岩之上，其新鲜面为黑色、质硬，具

明显的气孔状构造。主要由拉长石、辉石及少量磁铁矿、磷灰石、橄榄石等矿物组成。

但绝大部分玄武岩已风化成红土及铝土矿等残积物。最新沉积物是砂砾及淤泥，覆盖在所有地层之上。

矿体由铝土矿矿块和红土组成，在个别情况下也夹有风化玄武岩碎块。矿体形状取决于原来玄武岩的形状，一般不规则，范围小，储量不大。此外在残积矿体四周分布有略经搬运而再堆积起来的矿石，混入现代沉积物中，也可以开采利用（图8）。

矿石质量好。伴生有益元素有钴（Co）、镍（Ni）和某些稀有分散元素等。

现将我国铝土矿矿床的类型、主要分布区域和主要标志综述如表。

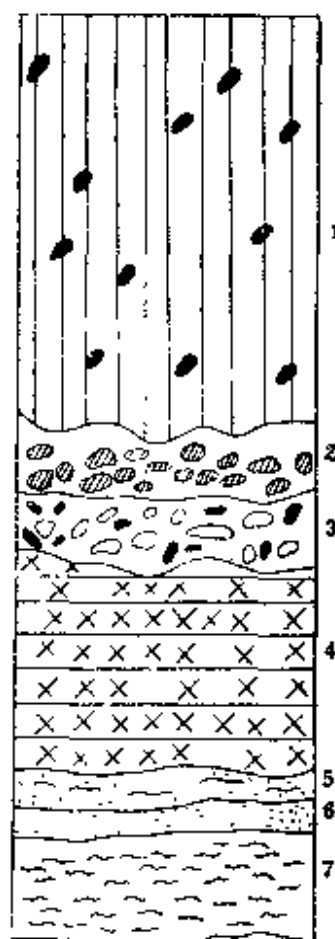


图8 福建铝土矿浅井素描图

- ①含少量铝土矿矿块红土（玄武岩风化残余层）；②富含铝土矿矿块的红土（矿块大小为0.5—20厘米）；③含风化玄武岩岩块及少量铝土矿矿块的红土；④一部分分解了的红土化的灰紫色玄武岩；⑤紫红色与黑色斑点含粘土的砂质土；⑥褐紫色的砂层含有粘土；⑦灰色带有紫色的砂层含有粘土

我国铝土矿矿床的类型及主要分布区域和主要标志表

| 类型       | 地质时代 | 主要分布地区        | 主要标志                                    |         |        |                |
|----------|------|---------------|-----------------------------------------|---------|--------|----------------|
|          | 地质时代 | 地区            | 围岩性质                                    | 矿体形状    | 产状     | 主要矿物成分         |
| 滨海、浅海沉积型 | 二叠纪  | 华南            | 基底：石灰岩、白云岩<br>下盘：含铁铝土页岩<br>上盘：石灰岩       | 透镜体状    | 平缓     | 硬水铝石、高岭石及勃姆石   |
|          | 晚石炭世 | 华北、北南         | 同华北中石炭世上下盘为石灰岩                          | 层状      | 平缓     | 硬水铝石           |
|          | 中石炭世 | 华北、东北及西北地区、河南 | 基底：中奥陶统灰岩、白云质灰岩<br>下盘：山西式铁矿<br>上盘：铝土页岩  | 层状      | 平缓     | 硬水铝石、勃姆石       |
|          |      | 华南            | 基底：白云质灰岩<br>下盘：铝土页岩夹赤铁矿扁豆体<br>上盘：劣质煤及灰岩 | 层状似层状   | 平缓少数较陡 | 硬水铝石及少量勃姆石     |
|          | 早石炭世 | 华西南南          | 基底：石英岩<br>下盘：含铁铝土页岩<br>上盘：石灰岩           | 透镜体状    |        |                |
|          | 泥盆纪  | 华西南南          | 基底：石英砂岩<br>上下盘：铁质粘土及页岩                  |         |        | 硬水铝石、胶铝石       |
| 陆相沉积型    | 二叠纪  | 华东、北北东        | 基底：砂岩<br>矿层上下为粘土，杂色砂岩及煤层                | 透镜体状不规则 | 平缓     | 硬水铝石、胶铝石及多水高岭石 |
| 风化壳型     | 第三纪  | 华华南东          | 基底：玄武岩<br>矿体：玄武岩风化矿床                    | 不规则     | 平缓     | 三水铝矿           |

## 第四章 怎样找铝土矿

我们说祖国大地几乎到处都有铝土矿的发现，并不是说处处都能找到可供工业利用的铝土矿。只有在那些对铝土矿形成条件有利的地方，才有可能找到具有工业价值的铝土矿。伟大领袖毛主席在《矛盾论》中指出：“任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾。这种特殊的矛盾，就构成一事物区别于他事物的特殊的本质。”要找到铝土矿，就必须掌握铝土矿在地壳岩石中的特殊性。

### 一 铝土矿的找矿方向

1. 古地理 沉积型的铝土矿，一般分布于古陆边缘的浅海盆地中。如中、晚石炭世的G层铝土矿，在我国北方大多位于黄河浅海盆地，如辽宁铝土矿位于内蒙古陆和盖马古陆之间；山西铝土矿位于吕梁古陆南缘；河南铝土矿位于秦岭古陆之东缘；贵州、云南的铝土矿位于滇桂黔盆地的边缘，分别靠近上扬子古陆及康滇古陆。至于G层铝土矿以后的各层铝土矿，大多是在原来基础上，由于地壳上升，浅海盆地逐步变为海陆交互相的成煤盆地或陆相湖沼，然后在其中沉积而成。它们之间有着继承性的关系。

是否靠近古陆边缘的浅海盆地都能形成铝土矿呢？这也不一定，例如我国东部下扬子海槽及南秦岭海槽和华南一些沉积较厚地区，虽然靠近古陆，但至今还没有发现具有工业价值的铝土矿矿床，这可能是由于在这些地区，古生代各

纪地层的沉积是连续的，没有长时期的沉积间断，缺少以石灰岩或其它富铝少硅的岩石为基底的准平原地形，而我国西部海槽沉积物质则多未经充分分解，所以就不容易形成铝土矿。但是这些地区仍然是我们在寻找铝土矿时值得注意的地方。

**2. 地层时代** 晚志留世、晚泥盆世、石炭纪、二叠纪、侏罗纪及第三纪皆有铝土矿的发现。但较好的铝土矿都位于中、上石炭统的底部（见图9），奥陶系或寒武系石灰岩的风化侵蚀面上。这是因为中奥陶世到中石炭世之间沉积间断时间最长，岩石风化最彻底，残留的物质最多，因此形成的矿也最好。那么是否沉积间断的时间越长，矿就一定越好呢？这也不一定。因为除了时间因素之外，还要看当时的沉积条件和沉积环境而定。所以在遇到这种具体问题的时候还要具体分析。

**3. 气候条件** 风化壳型铝土矿与气候条件关系密切。分布于热带、亚热带的滨海地区。因为那里气候炎热，雨水充足，风化作用进行得彻底。母岩可以是玄武岩，也可以是其他富铝岩石，如霞石正长岩之类的岩石。在这类地区，发现铝土矿时，只要地形平坦，岩体大，矿体往往也大。

## 二 铝土矿的找矿标志

铝土矿的找矿方向是它在大区域中的特殊性，找矿标志则是它在小范围里的特殊性。

**1. 地层标志** 在成因部分我们谈到G层铝土矿之上有煤，之下有铁。因此，这两个层位可以做为找铝土矿的标志。铁风化后一般呈红色、赭红色，而煤却始终黑色或黑灰色，很远都能辨认出来。如果在石灰岩的侵蚀面上没有这

层铁矿，往往会有一层黄褐色或紫红色的泥状粘土出现，其中夹有铁矿碎块；如果没有煤层则有黑灰色的碳质页岩出现。

其他几个层位的铝土矿（粘土矿）层，A、B、C、D、E、F等，一般也都生在煤系地层上下的岩层中。因此，煤系就是我们的找矿标志。

有时黄土覆盖很厚，沟底只见零星露头，这时怎么找矿呢？根据山西一些地方群众的找矿经验，他们把铝土矿上下的地层几乎一一命名。只要见着其中的任何一种岩石，就可推知地下还有什么岩石及矿层。现把他们的命名和地质上常用的名称对照列述如下：

中奥陶系石灰岩——青石

山西式铁矿——铁矿

含铁粘土——黄毛渣（红色者叫红毛渣）

铝土矿（粘土）——灰泡石

层状褐铁矿——排矿

石炭系四层灰岩：

$h_1$ ——四节石（由于此层灰岩中，含有三薄层泥质页岩，风化后将灰岩分成四节，故名）

$h_2$ ——固石（为深灰色硅质灰岩并含燧石条带，较为坚硬，故名）

$h_3$ ——钱石（含海百合化石，状如铜钱，故名。见图10）

$h_4$ ——猴石（由于风化后结核突出，状如猴头，故名）

对于G层铝土矿的找矿标志，在北方有人编成四句顺口



图 10 海百合(茎)

①茎；②横切面



溜，抄录如下：

找铝矿，不能忘。  
煤盆地，是方向。  
上有煤来下有铁，  
铝矿就在中间藏。

2. 矿层标志 在铁矿和煤矿都贫乏的地区，或者在覆盖很厚很广的地区，只有靠铝土矿矿层形成的地貌及矿石的特点找寻铝土矿。

铝土矿的特点是不具层理、叶理，有时节理也很少，一般地说，它比周围的页岩硬些，因此风化后在地面上常成小陡坎地形（正地形），如图11所示。

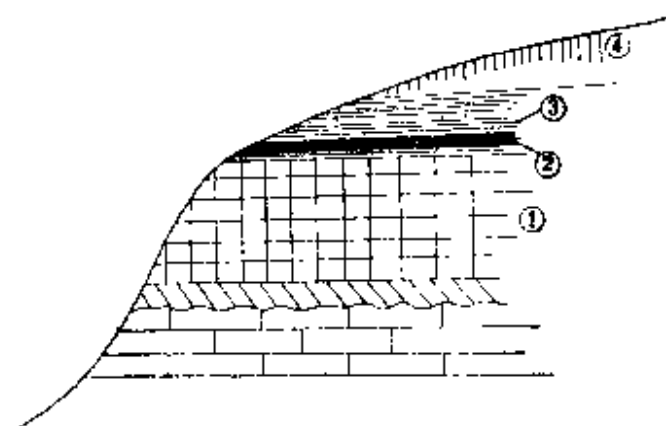


图 11 铝土矿与粘土岩、铝土页岩在地貌上的特点示意图

①铝土矿；②煤层；③页岩；④黄土

但是也有些地区，如贵州的粗糙状（土状）铝土矿，却松软似土，比周围岩石软得多，往往形成负地形，同样也可做为找矿标志。此外不具层理的砂岩，有时也成陡坎，与铝土矿矿层容易混淆，但仔细分辨一下，砂岩表面虽然也很粗糙，可是它的颗粒与胶结物的界线是截然分明的，而铝土矿则是分不开的。

在矿石结构上，石灰岩的豆、鲕状与铝土矿的豆、鲕状容易混淆。但用盐酸一试就分清了。石灰岩加酸起泡，铝土矿不起泡。赤铁矿也有豆鲕状结构，但赤铁矿比重大（5.0—5.3），条痕（矿物粉末的颜色）是樱红色，易染手。而铝土矿比重小（2.4—2.7），条痕是白色。

风化壳型铝土矿矿床的主要标志是红土。铝土矿矿块不但本身是红的，而且还产于红土之中。只要在玄武岩的风化壳上有红土发育，就有可能找到铝土矿。

### 三 找铝土矿的工作方法

找铝土矿的工作方法与找其它矿产基本一样。要运用已有的理论知识去实践、认识、再实践、再认识。直到找到矿，或者弄清一个地区的地质情况。根据我们的体会，暂总结为以下三点：

1. **发动群众找矿、报矿** 每到一地，首先要取得当地各级党政的领导和支持，以及广大贫下中农的协助。随身携带铝土矿标本，利用一切机会如集市、开会、田头休息等进行宣传，发动广大群众找矿、报矿。有时还要访问老人，放牛、放羊的社员，因为他们了解的情况最多。用他们的语言发动群众就会更加有力。如在河南把铝土矿叫做“铁青石”，在辽宁叫做“洋灰石”，在山西一些地方因为铝土矿又硬又韧，把它叫做“灰驴皮石”。总之，无数事实证明，这是一条多快好省地办地质的道路。

2. **河流碎石追索法** 由于河流往往把上游的碎石、矿物冲到下游，所以沿着河流由下游往上游追索，也是一种有效的找矿方法。在追索的过程中，要认真仔细地观察。如果在河床中发现了铝土矿的碎块，则说明在此地区有铝土矿的存

在。再根据碎块的磨圆度判断矿体距离的远近，如果碎块很圆滑而没有棱角，就说明矿体距离很远，还必须继续往前追索。当发现碎块的棱角很尖锐时，则说明矿体距此不远了，甚至就在河流两侧的山坡上。这时就要在其上游或河流两侧采用地质路线法找矿了。

3. 地质路线法 就是垂直岩层的走向①（也就是沿着岩层的倾向②）按照一定的间距（例如500米），进行路线找矿。因为垂直岩层走向跑路线，可以看到很多的地层。这样就不会把矿体漏掉了。如图12所示。在一般情况下，不要顺着走向跑路线。但是在发现矿体后，可以顺着走向追索，以了解矿体的延长情况。

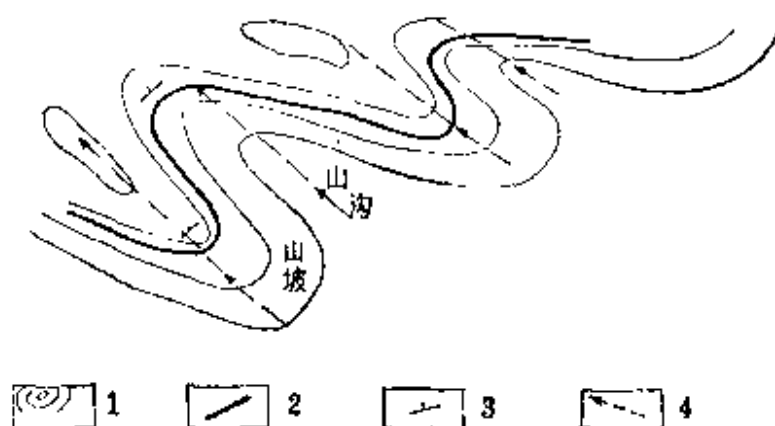


图 12 沿岩层倾向方向工作路线示意图

①地形线；②矿层露头；③岩层产状；④工作前进方向

为了使我们的找矿工作效果更好，提高找矿工作水平，在整个找矿工作中还应该做到三多；

- ① 走向：岩层面与水平面之交线的方向，也就是岩层在地面上的沿长方向。
- ② 倾向：即顺着岩层的倾斜面垂直走向的方向。

① 多跑 就是要多跑一些山头，多跑一些路线，多跑一些河流。因为自然界的岩石是千变万化、千差万别的，只有多跑才能见的多，了解的情况也多，也才能找到更多的矿体。

② 多敲 见了可疑的石头就敲，因为有些矿石被风化以后，看不出本来的面目。只有敲开以后才能看清，才能增加感性认识，积累丰富的实际资料。同时并把所看到的地质现象互相连系起来考虑、判断、形成概念。发现了问题再去跑、再去看，反复实践，反复认识。直到问题解决为止。

③ 多记 即把野外看到的岩石、矿物、构造等地质现象记录在笔记本上，供室内综合研究用。当文字记录还不足以说明问题时，就画一幅草图或素描剖面，如图13。左边是地层编号，按顺序记录岩性、颜色、厚度等。如有不认识的矿物或岩石，就打一块拳头大小的标本，并编号注明拿回室

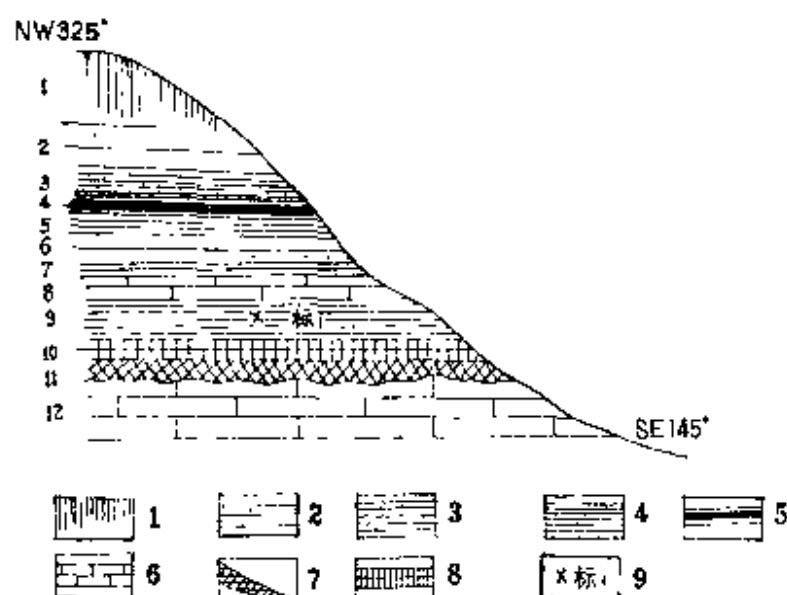


图 13 找矿工作中素描剖面示意图

①黄土层；②砂岩；③砂质页岩；④页岩；⑤煤层；⑥石灰岩；⑦铁矿；⑧铝土矿；⑨标本位置及编号

内鉴定。野外记录一定要客观地反映真实情况。在室内整理资料时必须把野外收集来的实际材料“加以去粗取精、去伪存真、由此及彼、由表及里的改造制作工夫，造成概念和理论的系统”，然后再经过大家互相讨论、分析，最后得出结论，找出规律，对矿体作出评价。

在找矿工作中所必须具备的工具有地质锤、罗盘、放大镜、背包、记录本、铅笔、小刀、钢卷尺、三角板、半圆仪、稀盐酸…等。

**4. 铝土矿的取样和化验** 铝土矿的质量好坏只有在取样化验之后才能判定。由于铝土矿与围岩的界线是渐变过渡的，肉眼很难区分，所以矿层的厚度一般依靠取样结果来确定。

① **取样** 当野外发现了铝土矿层之后，一般先用拣块法取样。即在露头上按矿石结构及颜色的不同，分段连续均匀地打几块矿石，装袋编号送化验室分析。如果分析后的铝硅比值在2.6以上，就符合工业要求了。然后再刻槽取样。刻槽长度一般是0.5米左右。小于0.5米的合并另一个样品中。如果取样长度超过一米，就容易漏掉矿体。刻槽宽度为7—10厘米，深3—5厘米。风化壳型铝土矿矿床，样长最长为150厘米，最短不小于20厘米。一般刻槽用手钎进行，下边铺块油布，防止槽内矿石崩落，也防止槽外杂质混入。

② **化验** 铝土矿矿石不同，加工方法也不一样。一般沉积型矿床的矿石加工K值（是一常数）为0.2，风化壳型矿床的矿石加工K值为0.1。在送样单上注明。普通化验项目为 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{SiO}_2$ 。确定是工业矿体后，再按工业用途与要求增加 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 等分析项目。

#### 四 介绍一点普查评价知识

找到铝土矿矿体之后，第一步是弄清规模。首先沿着铝土矿露头的走向进行追索，观察矿层的变化。如果掩盖不清就要予以揭露。揭露一般用探槽，每隔100—200米挖一个。探槽规格以人能下去正常工作即可。完工底宽不小于0.8米。一般深度不超过3米，超过3米就不安全了，此时可改打浅井。揭露的目的是取样了解矿层的变化。探槽位置要垂直矿层，从矿层顶板到底板，如图14所示。

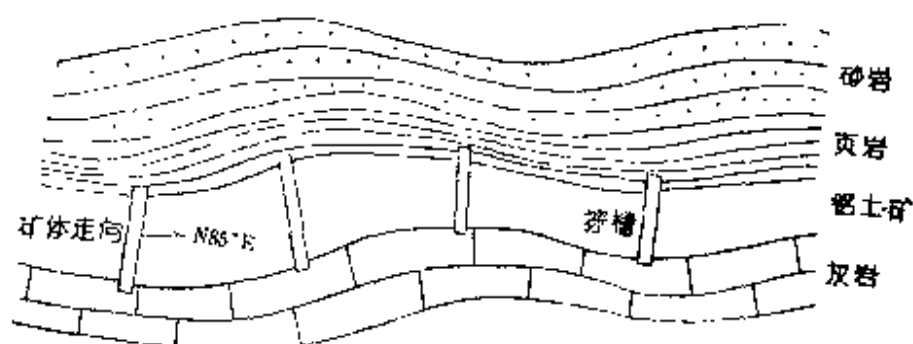


图 14 探槽布置示意图

如果矿体规模初步确定了，铝硅比值达到了2.6的品位要求，这时就应当画一张草图，标明矿层的位置及工程号码，如图15。这样就大体上可以对矿体作出初步肯定的评价了。

怎样估计矿石的储量呢？一般地说，必须先计算出矿体的长度、宽度和厚度。矿体的长度用探槽所揭露控制的长度（必须够工业品位的）。矿体的宽度可以根据矿体的规模和品位变化情况大体确定，如果矿体规模大、品位稳定，一般可以把宽度确定的宽一些。如果矿体规模小、品位变化大，宽度就可以确定窄一些。在前者情况下宽度为地表两工程间

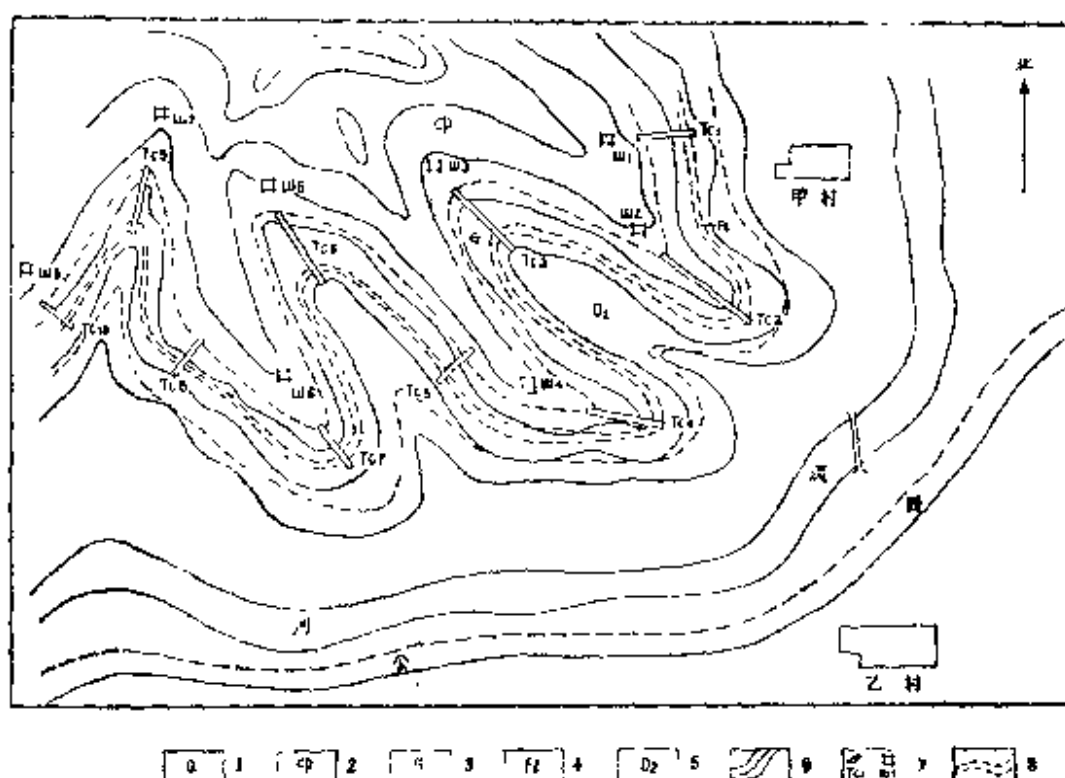


图 15 甲村铝土矿平面示意图

①第四系黄土；②石炭二叠纪砂岩页岩；③铝土矿；④铁矿；⑤中奥陶统石灰岩；⑥地形等高线；⑦探槽浅井位置及编号；⑧地质界线

距的1/2为宜，在后者情况下宽度为地表两工程间距的1/3为宜。矿体的厚度是将各个探槽的矿体厚度加起来，并以探槽的个数除之，这样就得出矿体的平均厚度了。然后将上述三个数字相乘就得到矿石的体积。体积乘以矿石体重（即单位体积的重量，铝土矿的体重一般为2.7左右）即得矿石储量。算式如下：

$$\text{长度(米)} \times \text{宽度(米)} \times \text{厚度(米)} = \text{矿石体积(立方米)} \quad (1)$$

$$\text{体积(立方米)} \times \text{体重(吨/立方米)} = \text{矿石储量(吨)} \quad (2)$$

风化壳型铝土矿矿床用一般矿石获得率（即一定体积中

矿石的数量) 30公斤/立方米 (0.03吨/立方米) 参加计算。  
它的计算公式为:

$$\text{矿体面积 (平方米)} \times \text{矿体平均厚度 (米)} \times \text{获得率} \\ (0.03\text{吨/立方米}) = \text{矿石储量 (吨)}$$

关于矿石储量的可靠程度, 目前常用的有以下五级, 从高级到低级为A<sub>1</sub>、A<sub>2</sub>、B、C<sub>1</sub>、C<sub>2</sub>级。一般说C<sub>1</sub>级以上的储量就为工业储量了。级别的确定主要根据探矿工程对矿体的控制 (即网度) 程度。一般地说, 对同一个矿体, 工程越密, 所求得的矿石储量级别越高; 工程越稀则所求得的矿石储量级别也就越低。对于我们找矿普查阶段来说, 用较稀的工程对矿体作出初步评价就可以了, 不一定非要求出什么级别的矿石储量。这一工作可等到勘探阶段去做。



## 第五章 综合找矿与综合评价

各种矿产在地壳中的存在和分布，并不是孤立的、无规律可循的，而是有规律的互相有联系的并存于同一个统一体中。因此当我们找铝土矿的时候，还要注意它上部或下部的矿产，以及和铝土矿相伴生的有益元素。而决不能搞单打一，只找一种矿。一定要综合考虑各种矿产的利用价值。前面已经提到过铝土矿之上有煤、之下有铁，此外还有一些矿产如耐火粘土、黄铁矿、熔剂灰岩及伴生有益元素镓（Ga）、铀（U）、钒（V）、铍（Be）、锗（Ge）等。兹分别简介于下：

### 一 伴生有益矿产

计有铁矿、耐火粘土、黄铁矿、熔剂灰岩、锰铁矿、菱铁矿、铁矾土、煤及玄武岩。

1. 铁矿 在我国北方中、上石炭统底部，中奥陶统灰岩的侵蚀面上的山西式铁矿，是以赤铁矿、褐铁矿为主的。一般成透镜体状及窝子状；南方中石炭统底部，寒武系灰岩的侵蚀面上为清镇式铁矿，以菱铁矿、赤铁矿为主，一般矿体小，品位低，变化大，厚0.5—2米，但分布广。在铝土矿层位之上，有时还有一层层状褐铁矿，当地群众叫“排矿”，以菱铁矿、赤铁矿为主，厚0.7米左右，呈透镜体状、小饼状。其次在二叠系地层中有时还有锰铁矿及菱铁矿，亦应引起注意。

2. **耐火粘土** 产出层位有二：一是铝土矿上部的致密结构的那一部分，称为硬质耐火粘土；二是煤系中间的粘土岩，称为软质或半软质粘土。对于这种矿产来说，最有害的杂质为 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，一般要求应小于2.5%。

3. **黄铁矿** 黄铁矿一般位于山西式铁矿的层位。其次在煤系地层中也零星见到。主要用来制取硫磺、硫酸。矿石中所含成分主要为硫(S)。此外砷(As)、氟(F)、铅(Pb)、锌(Zn)等，对硫酸生产不利，含量应予查明。

4. **熔剂灰岩** 产出层位有二：其一位于中奥陶统上部的灰岩中；其二位于石炭-二叠系地层中的灰岩内。主要矿物为方解石，杂质为铁、铝、硅。

熔剂灰岩用于烧石灰、做水泥。此外，在冶金工业上用做熔剂、炼钢、炼铝；化学工业上用做电石、碱、漂白粉；玻璃、陶瓷、制糖及印刷工业上也用之。

5. **铁矾土** 铁矾土即高铁铝土矿，位于铝土矿层下部。即含铁较高的铝土矿或粘土矿。

6. **玄武岩** 玄武岩可用做铸石，铸石是一门新兴的工业。由于铸石具有高硬度、高耐磨性和耐腐蚀性，所以在许多工业部门用以代替钢材、合金材料及橡胶等，如运输管、运料槽、贮酸槽、电解槽、衬管、衬板等。

7. **煤** 煤的层位较多，各地煤质、煤层、产状及开采方法和资源情况又不同，对煤的要求也不一样。因此，找到煤层后，请参阅有关资料进行下一步工作。

对上述几种矿产的综合利用（除玄武岩外），有人编成顺口溜，明白好记，现抄于下：

综合利用是方向，  
煤铁伴生铝土矿。

耐火粘土铁矾土，  
熔剂灰岩黄铁矿。

## 二 伴生有益元素

铝土矿的伴生有益元素主要有镓、钒（用于制优质钢、做催化剂）、铀（用于原子能工业）、锗（是半导体的重要材料）。但到目前为止，已知富集达到工业要求的只有镓（Ga）、钒（V）。下面我们只简单介绍一下镓的工作方法。

1. 镓的赋存状态 镓的独立矿物尚未发现，只在一种极稀少的矿物——锗石中发现含 Ga 量高达 1.85%。一般都存在于铝土矿、闪锌矿、黄铁矿、白云母、霞石、锂辉石和煤中。在提炼铝氧的废液中，镓的含量高达 0.1%，可予回收。

2. 镓的用途 用于半导体、通讯、计算机和外层空间的雷达、导弹的检波器以及做太阳能电池。由于镓合金具有高的硬度、强度，所以也被用于原子能反应堆中。

3. 工业要求 在铝土矿中对于 Ga 含量的要求，一般为 0.002—0.01%。

4. 评价方法 用铝土矿的矿样先做光谱分析，如含镓较高，再做化学分析。具体做法是把一个探槽中的所有样品按每一样长比例提取一定的重量，然后再把所提取出来的这一部分重量样品，组合到一起算做一个样品，去进行化学分析。如果达到工业要求，再把全矿区所有探槽上的组合分析结果加在一起，被探槽个数去除，这样就得出 Ga 的平均含量，用平均含量乘以铝土矿的矿石总储量，即得出 Ga 的总储量数。公式如下：

$$\text{镓平均含量} \times \text{铝土矿总储量} = \text{镓总储量}$$

## 第六章 炼铝方法简介

炼铝的方法并不神秘，在我国各地已经出现了不少小型炼铝厂。小型炼铝厂投资少、建厂易、收效快，利于遍地开花，具有战备意义。炼铝一般分两步：第一步是从铝土矿中提出氧化铝；第二步是用氧化铝电解析出金属铝。目前工业上应用最广的炼铝方法有三种：烧结法、拜尔法、联合法。小型土法生产一般用烧结法，少用拜尔法。联合法只适用于大型现代化企业。下面我们重点介绍一下山西地方铝氧厂利用烧结法的生产过程，拜尔法及联合法只作一般介绍。

### 一 烧结法炼铝流程（见图16）

1. 碎矿 用破碎机将铝土矿、石灰石、碱及煤混合磨碎、搅匀。配料比例：一吨铝土矿用碱1.2吨，用石灰石0.4吨，用煤0.4吨。配方如下：

$$\frac{\text{Na}_2\text{O}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1, \quad \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 2,$$

2. 成球 上述混合矿粉，放在成球盘上滚成直径约5厘米的小球。

3. 煅烧 将小球倒入土高炉中进行煅烧成为熟料，煅烧温度1250—1300℃。

4. 熟料粉磨 将上述熟料磨碎成粉。

5. 溶出 即将熟料粉末装入容器，加入碱水及调整液（回收得来的），即生成铝酸钠（ $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ）溶液。 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ·

CaO等渣子沉淀为赤泥，可以回收做水泥。

6. 脱硅 将上述溶出得来的铝酸钠 ( $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) 溶液，加5个大气压，可使其中所含的硅，形成铝硅酸钙 ( $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) 而脱去。

7. 分解 于上述溶液中加入  $\text{CO}_2$ ，铝酸钠经反应即生成  $\text{Al}(\text{OH})_3$  沉淀。溶液回收做调整液。

8. 焙烧  $\text{Al}(\text{OH})_3$  加温至  $1200^\circ\text{C}$ ，即可得到铝氧 ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )。

9. 电解 铝氧经过电解析出金属铝。

在脱硅时，如果没有生产5个大气压的设备，可用大锅或汽油桶。在溶液中加入石灰水煮8小时，每升溶液加5克石灰。如果将锅盖压紧，锅内可达两个大气压，就可形成中压脱硅。分解所用的  $\text{CO}_2$ ，可从石灰窑中导引出来。

此外，如果在碱缺乏的地方，可用芒硝 ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) 代替，配料方法略有不同。摘录如下：

$$\frac{\text{Na}_2\text{SO}_4}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1 (\text{分子比}) \quad \frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3} = 1 (\text{分子比})$$

$$\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2} = 2 (\text{分子比}) \quad \frac{\text{C}}{\text{Na}_2\text{SO}_4} = 0.5 (\text{重量比})$$

烧结法还有另一种方法，即不加碱法。它用石灰石和矿石按下列比例同时研磨成粉：

$$\frac{\text{CaO}}{\text{Al}_2\text{O}_3} = 1.7, \quad \frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} = 2.0$$

然后配合做成鸡蛋大小的球，放在窑中烧成熟料。由于反应生成  $5\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3$  和  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ ，冷却时自成粉末，加碱水而成铝酸钠。以下流程同前。

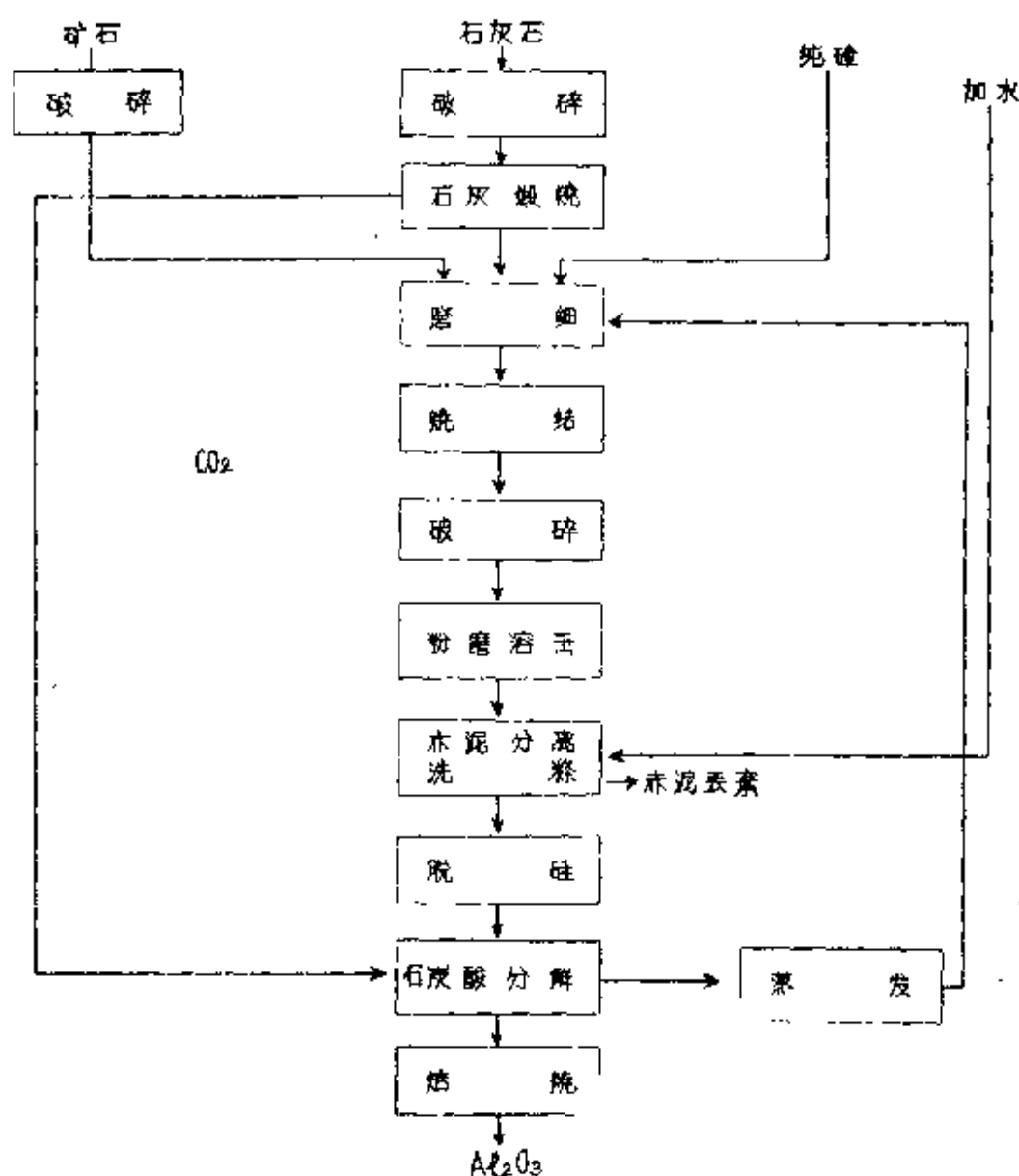


图 16 烧结法流程示意图

## 二 拜尔法炼铝流程（见图17）

拜尔法是把铝土矿、石灰石、烧碱放在一起湿磨，再在密闭的罐中通过蒸气加压、加热而成铝酸钠溶液。渣子成分为  $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。应用拜尔法时，每一公斤  $\text{SiO}_2$

要损失一公斤的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 和一公斤的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。由此可见拜尔法对铝土矿的铝硅比值要求较高。

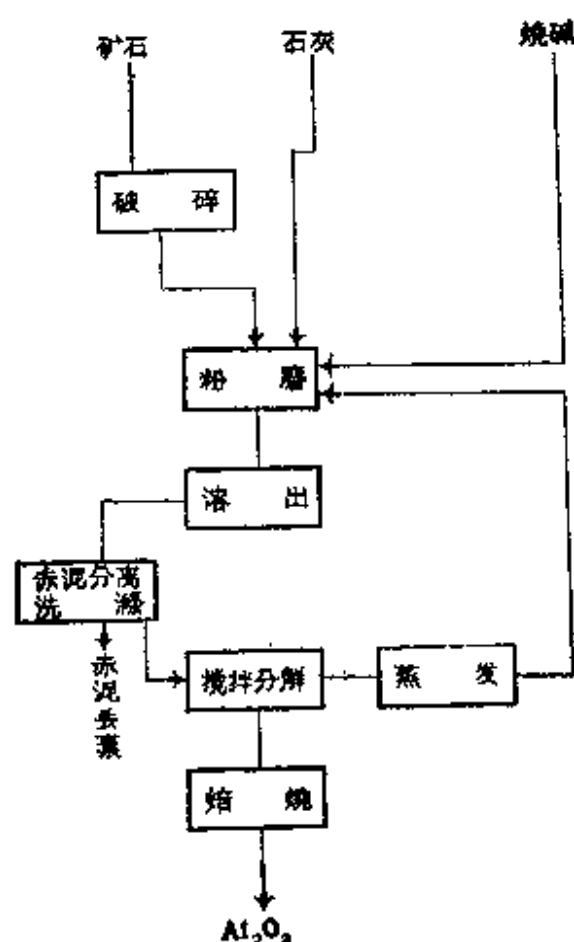


图 17 拜尔法流程示意图

### 三 联合法炼铝流程（见图18）

现在大型企业采用此法。将矿石先用拜尔法冶炼，而将拜尔法溶出的渣及含硅高的矿石另用烧结法处理。拜尔法中的赤泥在用碱再予处理后，可回收8%的 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 。此外，在此过程中，还可以回收90%的 $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 。此法的优点是对矿石的品位要求范围宽，高低品位均可，成本低、回收率高。缺点是投资多、建厂慢。





