

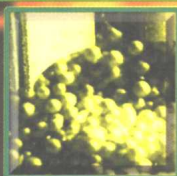
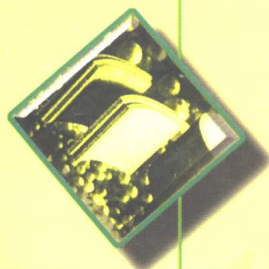
徐平坤
董应榜
编著

刚玉

GANGYU

耐火材料

NAIHUO CAILIAO



冶金工业出版社

刚玉耐火材料

徐平坤 董应榜 编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
1999

图书在版编目 (CIP) 数据

刚玉耐火材料/徐平坤, 董应榜编著. —北京: 冶金工业出版社, 1999. 6
ISBN 7-5024-2301-X

I. 刚… II. ①徐… ②董… III. 刚玉: 耐火材料 IV. TQ175.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 38719 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 章秀珍 美术编辑 王耀忠 责任校对 栾雅谦

责任印制 李玉山

北京梨园彩印厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

1999 年 6 月第 1 版, 1999 年 6 月第 1 次印刷

850mm×1168mm 1/32; 12.5 印张; 334 千字; 392 页; 1-3000 册

26.00 元

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

前 言

刚玉材料是人工合成的高性能耐火原料，刚玉制品是高效优质的高级耐火材料。近年来，随着科学技术的进步，刚玉耐火材料获得了迅速发展，特别是不定形刚玉耐火材料、特种刚玉耐火材料及轻质刚玉耐火材料。本书从合成刚玉材料用的原料开始，全面介绍了各种类型的刚玉材料及各种类型刚玉耐火材料的生产工艺过程及性能，同时对各种刚玉耐火材料的用途也做了简要介绍。本书侧重于介绍含 Al_2O_3 大于 90% 的刚玉耐火材料，对于含有一定数量的刚玉成分，或者使用一定数量刚玉材料的耐火材料，如锆刚玉耐火材料、铝碳质制品及不定形耐火材料，一般不做介绍。

本书编写得到洛阳耐火材料研究院郭志凯高级工程师、华南理工大学胡晓力博士、冶金部规划院刘洪权高级工程师、阳泉市耐火材料厂孙庆双高级工程师的帮助和支持。洛阳耐火材料研究院胡宝玉高级工程师审阅了全部书稿，并提出了许多宝贵意见。在此向上述同志表示衷心感谢。

由于作者水平有限，错误和缺点在所难免，请读者批评指正。

徐平坤 董应扬

1998 年 8 月 15 日

目 录

第一章 概述	(1)
第二章 生产刚玉的原料	(6)
第一节 铝土矿	(6)
第二节 氧化铝生产方法概述	(13)
第三节 工业氧化铝	(23)
第四节 锆质及铬质原料	(31)
第三章 刚玉的制备与加工	(34)
第一节 轻烧刚玉	(34)
第二节 电熔刚玉	(39)
第三节 烧结刚玉	(75)
第四节 刚玉的加工	(90)
第五节 制取 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 微粉及超微粉	(100)
第六节 刚玉的物理化学性质	(119)
第四章 特种刚玉耐火材料	(129)
第一节 刚玉的细磨	(129)
第二节 净化	(141)
第三节 注浆成型	(143)
第四节 其他成型方法	(162)
第五节 氧化铝的热压	(177)
第六节 坯体干燥	(181)
第七节 制品烧成	(184)
第八节 特种刚玉制品的烧结机理	(196)
第九节 透明刚玉制品	(209)
第五章 烧结刚玉耐火材料	(218)
第一节 原料	(219)
第二节 刚玉的破粉碎及造粒	(221)

第三节	配料及泥料混练·····	(224)
第四节	成型与干燥·····	(230)
第五节	刚玉制品的烧成·····	(235)
第六节	烧结刚玉制品颗粒料烧结机理·····	(237)
第六章	熔铸刚玉耐火材料·····	(244)
第一节	原料和配合料·····	(247)
第二节	熔炼和制品的浇铸·····	(249)
第三节	铸件冷却·····	(255)
第四节	制品的机械加工·····	(259)
第七章	轻质刚玉耐火材料·····	(262)
第一节	泡沫法生产轻质刚玉砖·····	(263)
第二节	添加物烧熔法生产轻质刚玉耐火材料·····	(266)
第三节	气化法生产轻质刚玉耐火材料·····	(271)
第四节	透气刚玉制品的生产工艺·····	(274)
第五节	刚玉空心球及其制品·····	(277)
第六节	氧化铝纤维及其制品·····	(285)
第七节	双层结构刚玉质隔热材料·····	(292)
第八章	不定形刚玉耐火材料·····	(294)
第一节	耐火泥和涂料·····	(294)
第二节	水硬性不定形刚玉耐火材料·····	(298)
第三节	热硬性不定形刚玉耐火材料·····	(312)
第四节	ρ - Al_2O_3 结合的刚玉浇注料·····	(318)
第五节	其他不定形刚玉耐火材料·····	(326)
第九章	氧化铝基金属陶瓷工艺·····	(351)
第一节	金属陶瓷概念·····	(351)
第二节	氧化铝-铬系金属陶瓷·····	(353)
第三节	氧化铝-铁金属陶瓷环·····	(355)
第十章	刚玉耐火制品的性质·····	(358)
第一节	特种刚玉耐火制品的性质·····	(358)
第二节	普通烧结刚玉耐火制品的性质·····	(369)

第三节 轻质刚玉耐火制品的性质.....	(384)
参考文献.....	(391)

第一章 概 述

刚玉耐火材料是指含 Al_2O_3 90% 以上，主晶相为 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ （刚玉）的耐火材料。由于它具有耐高温、硬度大、强度高、抗氧化、耐腐蚀、电绝缘、气密性好等优良性能，因此随着现代科学技术的发展，应用范围越来越大。

刚玉是矿物名称，1798 年将刚玉名称列入矿物学，以前叫宝石。其化学成分主要是 Al_2O_3 ，为 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 晶体，属于离子晶体。纯净的刚玉晶体是无色透明的，含有微量铬的刚玉晶体呈淡红色，俗称红宝石；含有微量铁和钛的刚玉晶体呈蓝色，俗称蓝宝石。

真正的 Al_2O_3 同质异晶体有六种，还有两种固溶体，把转化过程中的中间物也算进去的话，就有十来种之多。但不管是什么形态， $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 是高温稳定型晶体，其他的在高温下转化为 α 型且是不可逆的。

刚玉系造岩矿物，天然刚玉与区域岩浆及接触岩浆的作用有关系。在碱性岩浆中，如果 Al_2O_3 含量过剩，则可以结晶出刚玉。在伟晶岩浆阶段，花岗质伟晶岩因去硅作用，亦可形成刚玉矿床。在热液阶段， Al_2O_3 是不活泼的组分，某些近地表的酸性、中性火山喷发岩受到岩浆后期的溶液作用，发生次生石英岩化，可形成刚玉、高铝矿物。富含铝质的粘土岩、页岩受到区域变质作用后，可形成刚玉矿床，在外生条件下，由于刚玉较稳定，因此也可形成沉积的刚玉矿床。可见，各种地质作用都可以形成刚玉矿床。

世界上产刚玉的国家主要有：哈萨克斯坦、南非、加拿大等。我国的河北、西藏、江苏、江西、山东等省区发现刚玉矿床。

然而，大多数天然刚玉都含有杂质，到目前为止，还没有利用天然刚玉生产耐火材料的报道。工业上使用的刚玉原料都是从含 Al_2O_3 矿物的矿石，如铝土矿、霞石、明矾石等提取的氧化铝，再由氧化铝制取。目前，世界上 95% 以上的氧化铝是用铝土矿生

产出来的。主要是用拜耳法，少数采用烧结法、联合法及其他方法生产氧化铝。我国的氧化铝生产是解放后建立和发展起来的。1954年，山东建设的第一座生产氧化铝的工厂投产以来，在河南、贵州、山西、广西等地也先后建起了生产氧化铝的工厂。氧化铝的产量和品种不断增加，质量日益提高。我国根据高硅铝土矿的资源特点，成功地掌握了碱石灰烧结法和混联法的氧化铝生产工艺。1995年12月，广西平果建成我国第一个用拜耳法生产氧化铝的工厂。我国氧化铝生产技术取得了一系列重要成就。

世界上生产的氧化铝约5%用于耐火材料，5%用于磨料、电子、石油、化工、陶瓷、造纸等行业，90%以上供电解炼铝用。因此，不少氧化铝厂都很重视特种氧化铝的生产，如活性氧化铝、低钠氧化铝、 γ - Al_2O_3 、超细 α - Al_2O_3 微粉及高纯 $\text{Al}(\text{OH})_3$ 等。目前，还没有专门生产耐火材料的氧化铝工厂。

由于工业氧化铝是松散的结晶粉末，呈多孔疏松结构，不利于 Al_2O_3 晶体彼此接触，因而不利于烧结。工业氧化铝还不能直接生产耐火材料，要经过煅烧或者电熔再结晶，使 γ - Al_2O_3 变成 α - Al_2O_3 （刚玉），使其烧结及致密化。因此，按生产方法将刚玉分为轻烧（1350~1550℃）刚玉（亦称轻烧 α - Al_2O_3 ）、烧结（1750~1950℃）刚玉、电熔刚玉。

按晶体形态，将刚玉分为板状或片状刚玉、柱状刚玉、粒状刚玉、单晶刚玉、微晶刚玉、 β -刚玉、 α 、 β -刚玉（前者与生产方法有关， β -刚玉及 α 、 β -刚玉与 Na_2O 含量有关系）。

按外观颜色分为白刚玉、棕刚玉、红刚玉（红宝石）、蓝刚玉（蓝宝石）、青刚玉、黑刚玉、白蓝刚玉（白蓝宝石）、紫刚玉、透明刚玉、黄刚玉。按含有少量其他物质成分分为铬刚玉、锆刚玉、钛刚玉、钒刚玉、镍刚玉、镨钕刚玉、锡刚玉、杂刚玉等。

人们对刚玉晶体的兴趣是源于它的坚硬、纯净、透明、颜色鲜艳及光彩夺目。刚玉被大量用于制作装饰品供人佩戴。1902年，法国科学家维纳尔用氧化铝作原料培育出红宝石大晶体，随后出现大量人造宝石工厂，并且宝石被广泛用做钟表、各种精密仪器、

仪表及机械的轴承或耐磨、耐高温元件、激光元件等。

刚玉晶体由于硬度高，耐磨性能好，摩擦系数小，磨耗后还能保持光泽，因此被大量用于磨料工业。刚玉磨料约占全部磨料的三分之二以上。我国解放后刚玉磨料工业得到迅速发展，1951年试制成功棕刚玉，1955年又试制成功白刚玉，现在刚玉磨料不但供应国内，还供应国际市场。到目前为止，耐火材料工业用的棕刚玉、白刚玉等原料还大部分依靠磨料工业部门供应。

含 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 超过 80% 的高铝瓷诞生于 1930 年中期，随后在火花塞中加入大量 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ；1940 年中期，高铝瓷除了火花塞外，其他陶瓷也开始应用，并推广到各类电工陶瓷上。现在，刚玉陶瓷是高温陶瓷、电子陶瓷、生物陶瓷、工具陶瓷等的重要部分。

合成高铝原料、电熔刚玉历史悠久，1909 年美国就开始制造，并用于耐火材料。1934 年，美国托马斯 (Thomas)、S. 柯蒂斯 (Curtis) 在其发明的竖窑中烧结得到板状氧化铝，1935 年进行了中间试验并进入商品化生产烧结刚玉，大量用做耐火材料骨料始于 50 年代中期。日本 1967 年前后开始使用电熔刚玉，1970 年前后开始使用烧结刚玉，同时开始生产烧结刚玉。除了用工业氧化铝做原料电熔白刚玉外，还用高铝矾土和矾土页岩电熔棕刚玉，这种棕刚玉因价格便宜被广泛用于耐火原料。我国在 50 年代就开始了刚玉耐火材料的研制和生产，在发展之初，主要是制作在特殊场合使用的耐高温部件和用于冶炼稀贵金属的坩埚材料，在发展过程中又逐渐发现它的高温性质及机械强度等优良性能，因而被广泛应用到了冶金、机械、化工、电子、航空和国防等许多新的科学技术领域。

由于刚玉材料所使用的原料丰富，供应方便，在制造工艺方面，既可以用传统的耐火材料生产工艺生产刚玉耐火材料，也可以用脱胎于传统陶瓷的方法生产特种耐火材料，即高温陶瓷，因此经过半个世纪的研制和生产，工艺日趋成熟，品种不断增加，成为应用范围最广的耐火材料，其用途如下：

(1) 由于有耐高温、耐腐蚀、高强度等性能，故用做浇钢滑

动水口，冶炼稀贵金属、特种合金、高纯金属、玻璃拉丝、制作激光玻璃的坩埚及器皿；各种高温炉窑，如耐火材料、陶瓷、炼铁高炉的内衬（墙和管）；理化器皿、火花塞、耐热抗氧化涂层。 SiO_2 小于 0.5% 的低硅烧结刚玉砖是炭黑、硼化工、化肥、合成氨反应炉和气化炉的专用炉衬。

(2) 由于有硬度大、耐磨性好、强度高的特点，在化工系统中，用做各种反应器皿和管道，化工泵的部件；做机械零部件、各种模具，如拔丝模、挤铅笔芯模嘴等；做刀具、磨具磨料、防弹材料、人体关节、密封磨环等。

(3) 由于有高温绝缘性，故被用做热电偶的套丝管和保护管，原子反应堆中用的绝缘瓷，以及其他各种高温绝缘部件，如铂-铑热电偶即使达到 1720°C 也不透气。

(4) Al_2O_3 属离子型晶体，结构很稳定。在高频、高压和较高的温度下使用，其绝缘性依旧优良，加之损耗不大，介电常数也不大，在电子工业中被广泛用于固体集成电路基板管座、外壳、瓷架、微波窗口、导弹雷达天线保护罩等。

(5) 刚玉制品气密性好，即使在高温下也严密不透气，因此在电真空中得到广泛应用，如用刚玉制作各种大型电子管壳、固体微电路中的双列直插式封装外壳。

(6) 刚玉保温材料，如刚玉轻质砖、刚玉空心球和纤维制品，广泛应用于各种高温炉窑的炉墙及炉顶，既耐高温又保温。

(7) 透明刚玉制品可制作灯管、微波整流罩。另外， $\text{Na}-\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$ 型制品是制造钠硫电池的介质材料。

刚玉耐火制品，尤其是特种刚玉耐火制品，也就是高温陶瓷，除了耐火材料行业生产外，建材、电子、化工、机械等行业也生产。刚玉耐火材料属于优质高效产品，国外工业发达国家都谋求高纯度原料，其中高纯刚玉原料是重点开发产品之一。例如，日本 1975 年生产电熔和烧结刚玉共 7.41 万 t，1990 年就达到 16.39 万 t，增加一倍多。

我国改革开放以来，刚玉耐火材料得到迅速发展，80 年代初

期建起了专供耐火材料使用的刚玉原料基地——三门峡电熔刚玉厂。该厂成功地试制出烧结刚玉熟料，并投入大量生产， $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 微粉及超微粉生产也很快地发展起来。现在，刚玉原料的品种齐全，不但用国内的高铝矾土电熔棕刚玉，用工业氧化铝电熔白刚玉，还利用我国天然的一等高铝矾土代替工业氧化铝电熔出 Al_2O_3 98.5%的亚白刚玉，用工业氧化铝电熔致密刚玉。不但用烧结法生产板状刚玉，还能用电熔法生产板状刚玉，并能用一步法生产烧结致密刚玉。不但能用机械粉碎法生产刚玉微粉及超微粉，还能用化学合成法生产 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ 的超微粉。生产刚玉的耐火材料厂家也由过去东北及上海的几家，现在已发展到近百家，而且刚玉耐火材料的质量和品种也在逐年提高。国内不但能生产普通烧结刚玉制品、电熔刚玉制品、特种刚玉耐火制品，还能生产刚玉空心球及其制品、氧化铝耐火纤维、不定形刚玉耐火材料、高纯致密刚玉砖等。刚玉制品除了成功地被应用于强还原气氛的化肥、乙烯工程气化炉外，还被大面积推广到炭黑反应炉上使用，并取得满意结果。近年来又先后研制并应用了高强抗剥落高纯刚玉砖，高纯刚玉不烧砖在渣油气化炉和炭黑反应炉的内衬及燃烧室得到应用，获得了良好的效果。

第二章 生产刚玉的原料

目前，刚玉耐火材料主要采用电熔棕刚玉、白刚玉、致密刚玉、烧结刚玉、轻烧刚玉以及铬刚玉、锆刚玉等做原料。本章分别介绍生产刚玉的主要原料。

第一节 铝土矿

铝土矿是生产棕刚玉的主要原料， Al_2O_3 含量 88%~90% 的一等高铝熟料是亚白刚玉的主要原料；生产白刚玉、致密刚玉等用氧化铝做原料，而世界上 95% 以上的工业氧化铝是由铝土矿提取的。可见铝土矿是刚玉材料的重要原料。

铝土矿亦称高铝矾土或铝矾土，主要矿物是一水铝石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$)和三水铝石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)。根据一水铝石的结构不同，又可分为一水硬铝石（或 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 硬水铝石）和一水软铝石（或 $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 勃姆石、波美石）。所谓铝土矿不是矿物名称，而是一水硬铝石、一水软铝石和三水铝石的混合物，其主要化学成分是 Al_2O_3 ，一般含量为 40%~80%。天然铝土矿化学成分中的杂质变化也很大，除 Al_2O_3 外，还有 SiO_2 、 TiO_2 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 等，这些化学成分组成了如下的矿物：三水铝石、一水铝石，还有硅线石系矿物（即硅线石、红柱石、蓝晶石，其化学通式为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ）、高岭石($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)、金红石(TiO_2)，以及迪开石和含铁矿物等。铝土矿主要有鲕状、豆状、碎屑和隐晶（泥状）构造，还有土状、致密块状构造。有从白色到赭色之间的一切颜色，一般含铁高的呈红色、含铁低的呈灰白色，由于胶结物质不同，颜色变化很大，有时有红褐色斑点。铝土矿的外观特征比较复杂，但也有规律可循。一般相同级别的，具有类似的特征。

铝土矿床的成因类型有三种。

第一种为风化残余铝土矿，主要产生在气候温湿、古代或现代红土风化壳发育的地区内，由含铝高的火成岩风化形成。矿床由上而下可分为以下几带：

(1) 含铁带，为红色、黄色含铁的粘土质岩石或页岩，其中往往沉积有砂页岩，有时沉积有煤系。此带往往由于剥蚀作用而消失掉。

(2) 富集带，为多孔状、疏松土状或致密状红土，其中含 Al_2O_3 一般为 50% 左右。

(3) 母岩分解带（高岭土化带），母岩往往被分解为高岭土。

以上几带的界线常常不明显，而且互相过渡。

矿层呈斗篷状盖层覆盖于母岩之上。铝土矿的厚度不大，有时可达 10m 或者以上，但分布面积很广。铝土矿为三水铝型的，成矿时代多为第四纪和第三纪。矿石为黄色或红色，呈团块状，结核状带有鲕状、豆状或胶状构造，并常常有母岩残余构造。

属于这类矿床的地区有印度德干高原、南美洲的圭亚那、巴西、美国阿肯色州等，中国福建省的漳浦及金門岛。

第二种为海相沉积型铝土矿。这种铝土矿与滨海及泻湖沉积有关，产于超复在较老碳酸盐层之上的石灰岩的底层中，也就是产于碳酸盐岩层的沉积间断中。矿体通常都是层状的，沿走向其厚度和成分都十分稳定。厚度可达 25m，延长可达数公里。铝土矿的矿物成分单纯，由一水铝型（一水硬铝石或一水软铝石）矿物组成，并含有铁矿物，通常具有鲕状构造、豆状构造。此类矿床规模很大，储量由数千万吨至数亿吨。地中海国家及德国、南斯拉夫、匈牙利等国由此类矿床。我国山东、河南一些铝土矿属此类矿床。

第三种为陆相沉积型铝土矿。此类铝土矿以透镜状和似层状产于古老基底岩石之上。铝土矿的形成与大陆湖沼相沉积有关，铝土矿的质量变化较大。矿层的厚度和延伸也较小，但比较平缓，在古生代矿床中，铝土矿是三水型和一水型铝土矿，而在中生代和新生代的矿床中，铝土矿通常是三水型的。法国、乌克兰和我国

有为数不少的此类矿床。

我国的铝土矿主要分布在河南、山西、广西、贵州及山东等省区。主要矿物是一水硬铝石与高岭石，其次有一水软铝石、三水铝石、金红石、迪开石和含铁矿物。其特点是含 Al_2O_3 高，含 SiO_2 亦高，含 Fe_2O_3 低，因此 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 较低，大多数为 4~7。除广西平果铝土矿外，含 Fe_2O_3 大多数都在 5% 以下， $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2 \geq 10$ 的优质铝土矿也较少。对于矿石类型来说，绝大多数为一水硬铝石—高岭石型，这两种矿物按不同比例组成了一系列 Al_2O_3 含量不同的铝土矿。仅福建、广东有少量三水铝石型，但 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 都比较低，广西和山东还有相当数量的高硫铝土矿。

国外多为三水铝石型，但欧洲以一水软铝石型居多，希腊为一水硬铝石—一水软铝石型。从化学成分看，国外多数铝土矿的 SiO_2 含量较低， $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 较高，而 Fe_2O_3 含量一般都较高。国内外铝土矿的化学矿物组成见表 2-1。

表 2-1 铝土矿的矿石类型及化学成分/%

矿区	矿石类型	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3	$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$
山东	一水硬铝石— 高岭石型	55.00	16.00	2.50	12.00	3.4
河南 1	同上	70.79	7.55	3.30	3.12	9.38
2	同上	60.25	7.81	3.60	9.70	7.71
3	同上	62.00	16.04	3.03	2.00	3.87
山西 1	同上	65.28	13.90	3.10	1.50	4.73
2	同上	64.70	12.30	3.00	4.40	5.26
广西	同上	57.45	5.92	3.54	19.05	9.7
贵州 1	同上	69.10	9.45	3.18	1.61	7.32
2	同上	70.90	7.59	3.76	2.25	9.35
澳大利亚 韦珀	三水铝石— 一水软铝石型	58.59	4.50~5.00	—	6.00~8.00	>11
澳大利亚 戈弗	三水铝石型	51.50	3.00	—	18.40	17.1

续表 2-1

矿区	矿石类型	Al ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ /SiO ₂
几内亚：菲 纳里亚	三水铝石型	42.74	0.80	—	25.58	54
牙买加：罗 特斯特	同上	49.57	2.49	--	18.21	23.72
苏里南	同上	53.35	3.42	—	9.72	15.6
圭亚那	同上	59.50	2.00	—	5.50	29.8
印度尼西亚	同上	52.00	5.00	—	13.00	10.4
加纳	同上	53~63.00	0.2~3.70	—	8~14.00	>15
美国： 阿肯色州	同上	50.00	13.00	—	5~6.00	3.85
南斯拉夫	一水软铝石型	50.00	4.80	—	19.60	10.4
匈牙利	同上	50~52.00	6~7.00	--	18~20.00	约 8
法国	同上	55.00	4.00	---	26.00	13.7
希腊	一水硬铝石- 一水软铝石型	56.00	4.60	--	21.00	12.2

Al₂O₃ 是铝土矿中的主要成分,其含量愈高愈好,目前生产工业氧化铝要求铝硅比不低于 3.0~3.5。其他氧化物都视为杂质, SiO₂ 是碱法生产氧化铝的有害杂质,铝土矿中的 SiO₂ 含量高,将使冶炼棕刚玉,或者生产工业氧化铝的生产效率降低,杂质成分增多。铝土矿中含 Fe₂O₃ 高,虽然大部分能被除去,但对产品质量具有一定的影响。如果含 TiO₂ 高,对产品质量也不利,含 K₂O 和 Na₂O 高,对产品的质量影响更大。

无论是冶炼棕刚玉,还是生产工业氧化铝,对铝土矿的质量都有严格的要求。我国 GB—3497—83 对铝土矿按化学成分、用途分级见表 2-2。

表 2-2 按铝土矿的化学成分和用途分级

项 目	一级品				二级品				三级品			四级品	五级品	六级品	七级品
$\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ (不小于)	12				9				7			5	4	3	6
$\text{Al}_2\text{O}_3/\%$ (不小于)	73	69	66	60	71	67	64	50	69	66	62	62	58	54	48
用途举例	刚玉研磨材料、高铝水泥	氧化铝	氧化铝	氧化铝	高铝水泥、氧化铝	氧化铝	氧化铝	氧化铝	氧化铝	氧化铝	氧化铝	氧化铝	氧化铝	氧化铝	氧化铝

注：一至六级品适用一水硬铝型矿石；七级品适用三水铝型矿石。

冶炼棕刚玉的铝土矿必须经过煅烧。煅烧过的高铝熟料不仅提高了品位，使刚玉冶炼的电耗降低，而且使炉况稳定，提高了生产效率。铝土矿加热过程中发生一系列物理化学变化，研究它不仅对生产氧化铝、冶炼棕刚玉、亚白刚玉有重要意义，而且也是制造高铝耐火材料的基础。铝土矿加热时的变化可分为三个阶段，即分解阶段、二次莫来石化阶段、重结晶烧结阶段。现将三个阶段分述如下。

第一，分解阶段，温度在 $400\sim 1200^\circ\text{C}$ 范围，其间发生如下反应：

在 $400\sim 600^\circ\text{C}$ 左右有



一水硬铝石

刚玉假相（高温下形成刚玉）

这个反应伴随有 27.24% 的体积收缩，