

# 山西、河南高铝粘土铝土矿矿床矿物学研究

刘长龄 时子祯

(冶金部天津地质调查所)

耐火材料工业把 $Al_2O_3 > 46\%$  (熟料)的耐火粘土称为“高铝粘土”。从理论上应把铝硅比 $\geq 2.6$ 的称为耐火用铝土矿,惟我国《储量规范》为了勘探工作方便仍称其为高铝粘土。而普通耐火粘土(熟料 $Al_2O_3 < 46\%$ ,但实际应用扩大到50%)与高铝粘土中的易熔杂质总量不超过6%,灼减一般不大于16%, $Fe_2O_3$ 一般不大于3%或3.5%。

高铝粘土在我国石炭—二叠系地层中与铝土矿密切伴生(有时二者为同一种矿物原料),其储量已经探明的达数亿吨以上。其中80%以上分布在山西、河南两省,并有一定数量的开采,受到国内外的注意。其矿床矿物学研究,解放以来已有不少人进行过[1、2、3等]。然而关系到矿床成因的矿床矿物学及成因矿物学缺乏区域性的详细研究。本文系《山西、河西高铝粘土物质成分、矿床类型及找矿方向研究》专题报告的一部分,摘要成文,以期达到抛砖引玉之意。

## 一、矿床分布特征

山西、河南两省已知的高铝粘土矿床(点)共有116个,其中大型矿床12个,中型矿床17个,小型矿床9个,矿点78个。其中98%以上属于中石炭统,1%以上属于上石炭统,中石炭统的高铝粘土矿床(点)以县为矿区单位,其分布特点如图1所示。优质矿一般分布于古湖盆内,少数属于沼泽相沉积的高铝粘土铝土矿,质量较差或稍差,矿体规模较小。优质矿与物源区(附近古陆)的准平原化有关。又矿源区(古陆)与沉积区(湖盆)二者的数量要多,分布普遍,相间出现,规模适当(即不太大太小)。这样可使搬运距离较短,由湖盆或矿床中心至最近古陆边缘距离以10—40公里左右为宜。这无论从实际或理论上均已纠正过去所谓“G层铝土矿粘土属于华北浅海沉积”(大面积的远离古陆的海相沉积)的认识。

中石炭统高铝粘土矿床产出的地层层序(由下到上)一般表现为:

1. 含矿层底部不整合面一般为中奥陶统马家沟灰岩或白云质灰岩,河南西南部则为中下奥陶统之灰岩及白云岩(如登封县郭沟矿区),或为下奥陶统泊里白云质灰岩(如伊川县小郭沟矿区及禹县方山矿区),或为上寒武统崮山组白云岩(如宝丰县之边庄矿区)。

----- 不整合 -----



2. 铁铝岩或铁质粘土岩夹山西式铁矿层, 属本溪组下段下部, 一般为含铁粘土岩、含铁铝土岩、含铁砂及粉砂岩。含铁矿物在原生带一般呈黄铁矿产出, 较少为菱铁矿及鲕绿泥石; 在氧化带则变为针铁矿及赤铁矿等, 即形成所谓“山西式铁矿”。在个别地区如鲁山梁洼可见炭质页岩或煤层。层厚一般在10米以下。

3. 高铝粘土或铝(粘)土矿夹铝土岩及粘土页岩层, 属于本溪组下段中部, 为高铝粘土、铝土矿及硬质粘土等的含矿层位。常有铝土岩及粘土页岩夹层, 或相变为铝土岩及粘土页岩。个别地区则为炭质页岩或煤的夹层。一般厚度在十余米以下。

4. 含铁粘土岩、半软质粘土、粘土质砂及粉砂岩, 炭质页岩或煤层属本溪组下段上部, 碎屑成分(粉砂、砂、砾石及粘土质)增加, 炭质页岩及煤层较明显。部分地区见菱铁矿及黄铁矿团块。层厚一般在20米以下。整个本溪组下段为陆相, 铝(粘)土矿属于湖泊沉积, 个别为沼泽沉积。

5. 本溪组上段为海陆交替相之碳酸盐岩、砂页岩及煤层。为高铝粘土铝土矿含矿层的上覆地层。层厚平均20米左右。

山西、河南高铝粘土矿体形态经统计87%呈层状及似层状产出, 13%呈透镜状、漏斗状及囊状产出。后者显然受古岩溶地形控制。也称“岩溶高铝粘土矿”。

## 二、矿物形成特点

笔者等对山西、河南高铝粘土以及整个含矿层采集了数百块标本, 进行过显微镜鉴定、差热、X射线、红外吸收光谱分析及电镜分析, 并选择少数有代表性的结果如图2、3、4。

笔者根据全部鉴定结果、矿石结构构造及其它资料综合整理, 将矿物成分及其生成阶段与大致含量如表1所示。以此作为矿床成因及其它方面的重要依据。表1所列主要矿物又可大致分为:

1. 铝土矿物 含量最多分布普遍的为硬铝石, 是主要的工业矿物; 软铝石在少数矿区有很少的含量。三水铝石可以在不少矿区见到, 但量很少或极少量; 微刚玉仅在晋南矿区局部见到较少或少量。

2. 硬铝石(diaspor) 是最重要的高铝粘土矿床矿物, 常呈受有机质浸染的隐晶质胶体及其重结晶之细粒状, 表面呈“泥晶状”而不清彻透明。电子探针分析证明其中有Ti、Fe、Si的类质同象, 证明它(也就是高铝粘土及铝土矿)绝不是经过真化学溶液而形成的; 它的集合体往往构成豆鲕粒、碎屑、凝块及胶结物等, 反映它主要是胶体化学沉积并在成岩作用中转变的。可见少量后生硬铝石呈半自形至自形柱状或板状清澈透明晶体产于豆鲕粒内及孔隙中或呈细脉状, 结晶较粗者可达0.2毫米以上。这种后生硬铝石有序度好, 经电子探针证明不含Fe、Ti元素, 又可称“无钛铁硬铝石”, 其附近可见自生双锥状锐钛矿, 它是原生硬铝石中含类质同象的钛元素析出后所形成的(见图版I, 6)。后生硬铝石在还原的碱性环境中形成细小的长柱状(在次生方解石中)晶体; 在还原的酸性环境中形成短柱状半自形硬铝石(在后生地开石中)晶体(见图版I, 2)。目前所见隐晶质硬铝石仍因微受有机质浸染而呈浅棕色, 说明它不仅曾受有机质的护胶作用, 而且又有湖盆内新增添的自生有机质。笔者对平陆四个硬铝石样

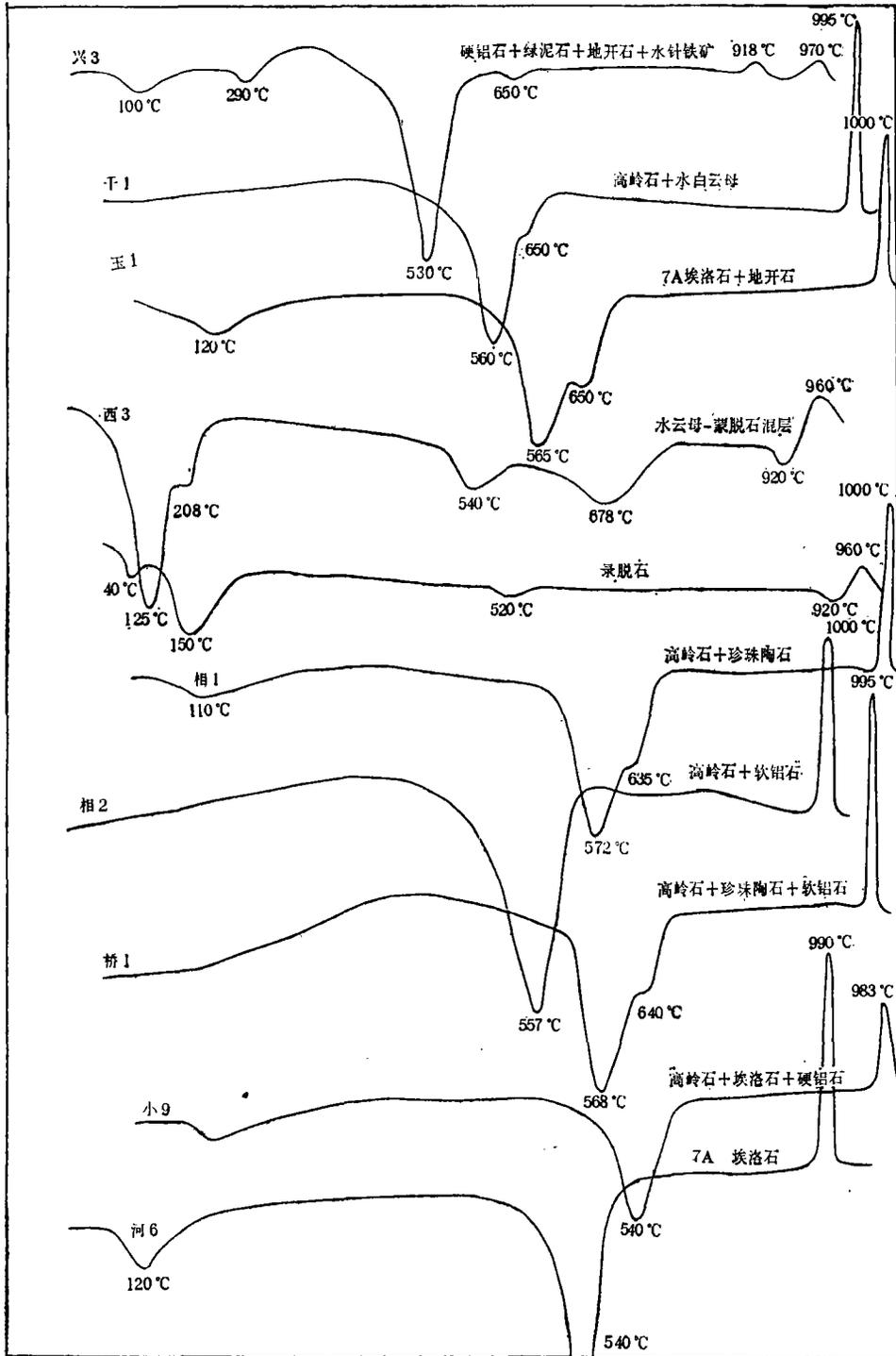


图 2—1  
Fig. 2—1

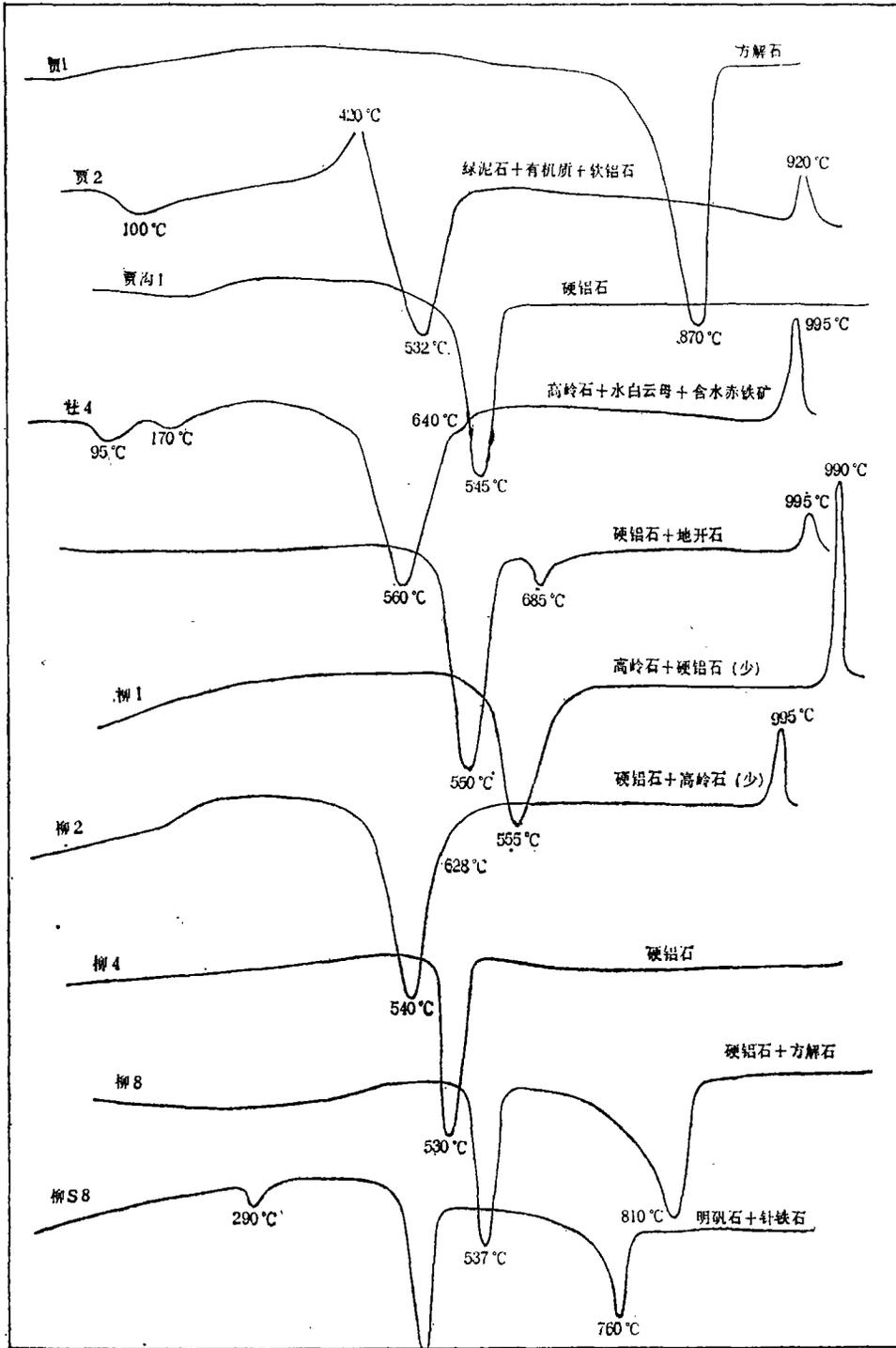


图2 山西、河南高铝粘土的差热分析曲线

Fig. 2 The curve of DTA of high-alumina clay in Shanxi Province and Henan Province. Fig. 2. continued 1.

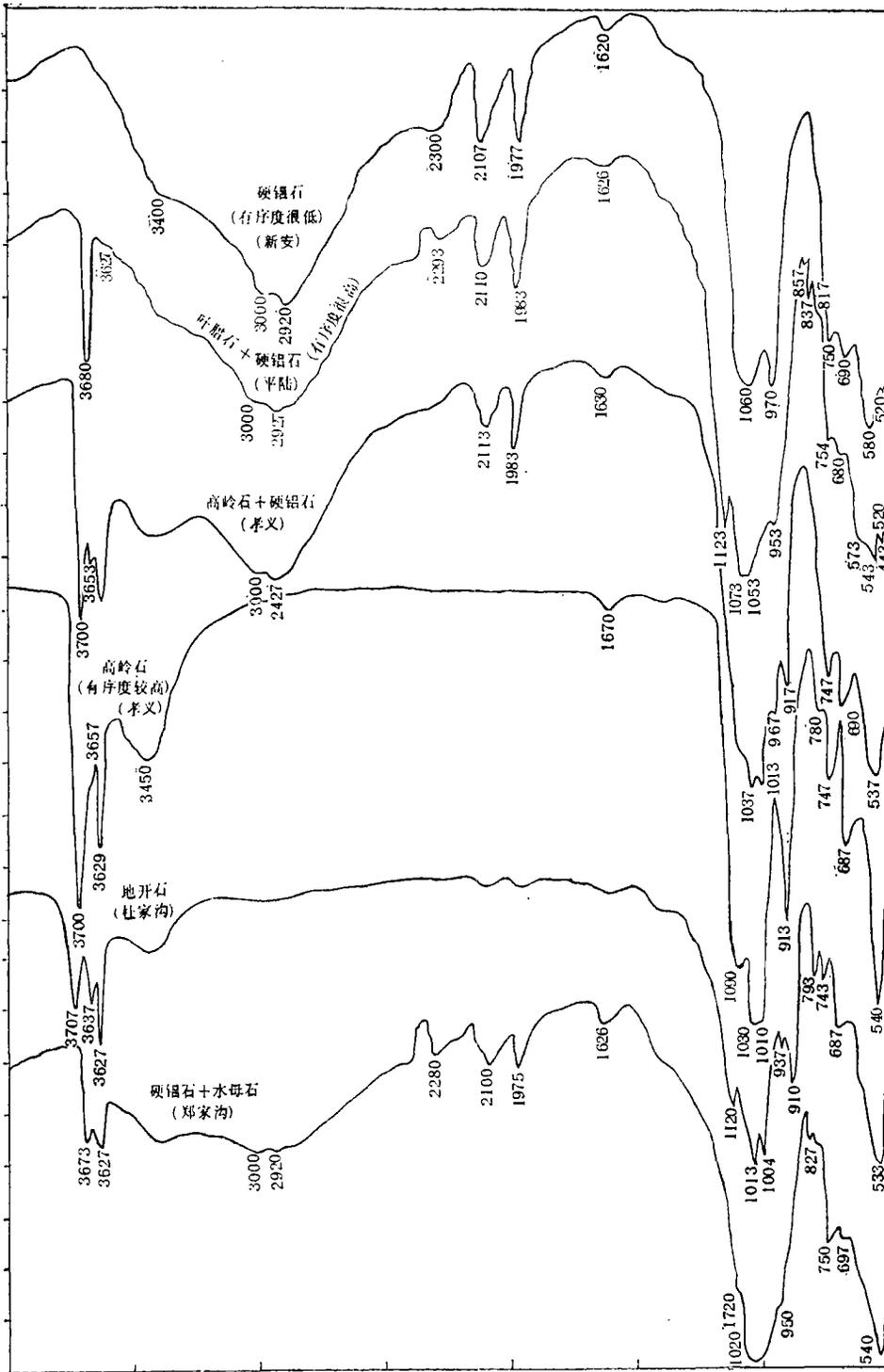


图 3-1  
Fig. 3-1

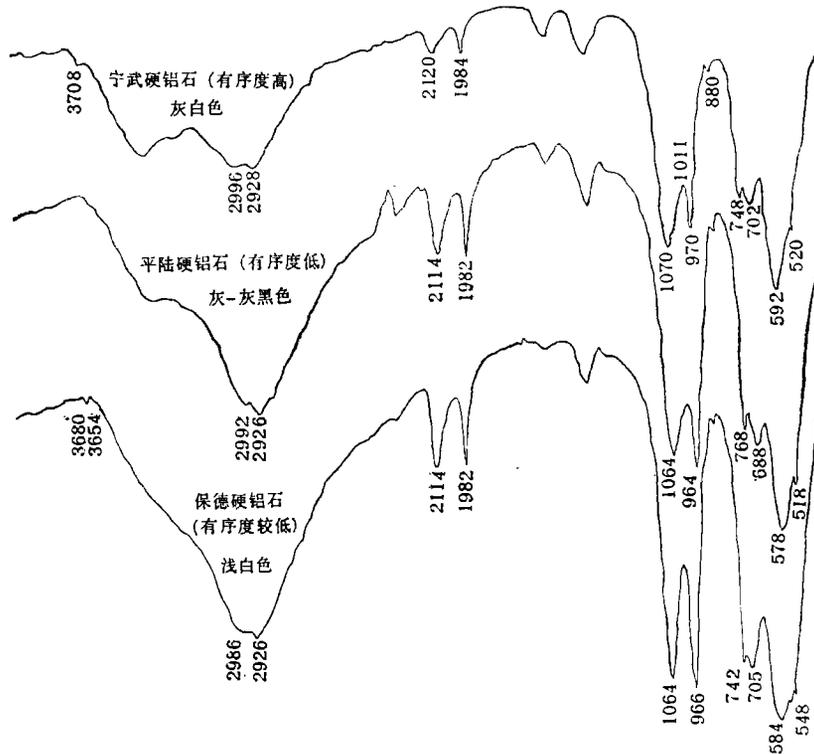


图3 山西、河南高铝粘土的红外吸收光谱分析曲线

Fig. 3 Infrared absorption spectra of high-alumina clay in Shanxi and Henan Provinces Figure 3.continued 1.

所测的有机碳含量平均为0.28%。有机质在成岩作用初期，形成干酪根的同时，并部分生成水、二氧化碳、硫化氢、烃类和杂原子化合物。由于介质为还原环境，沉积物中三价铁形成易溶的氧化亚铁向下或侧向迁移，故含矿岩系下部形成的黄铁矿与菱铁矿较多，而高铝粘土铝土矿层少铁而纯净。如果再在后期风化作用下变为针铁矿与赤铁矿，即成为含矿层底部的山西式铁矿（早期沉积的铁质往往还是主要的）。

**软铝石 (Boehmite)** 常呈隐晶质至细粒状的集合体，与含量较多的高岭石伴生或由高岭石脱硅变来，也见有由偏岭石脱硅形成的（见图版Ⅰ，3）。软铝石的形成主要与成岩阶段的弱酸性至弱氧化至弱还原的介质环境有关，它在沼泽环境形成的可能性大。但它不一定都经过三水铝石的过渡相〔4、5〕

**三水铝石** 一般因黄铁矿后期风化而形成的硫酸溶液溶解粘土矿物等再形成的，往往呈白色粉末填充于裂隙中〔12〕。

**微刚玉** 颗粒极细，质地坚硬，与硬铝石密切伴生并由其脱水变来〔13〕。其X射线衍射分析特征线为3.47 Å (S)，2.55 Å (VS)，2.376 Å (S)，2.08 Å (VS)，1.736 Å (M)，1.60 Å (VS)，1.401 Å (M)，1.372 Å (S)。电子探针分析：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>为98.934%

**2. 粘土矿物** 含量最多分布又很普遍的粘土矿物为高岭石，地开石一般为少量后

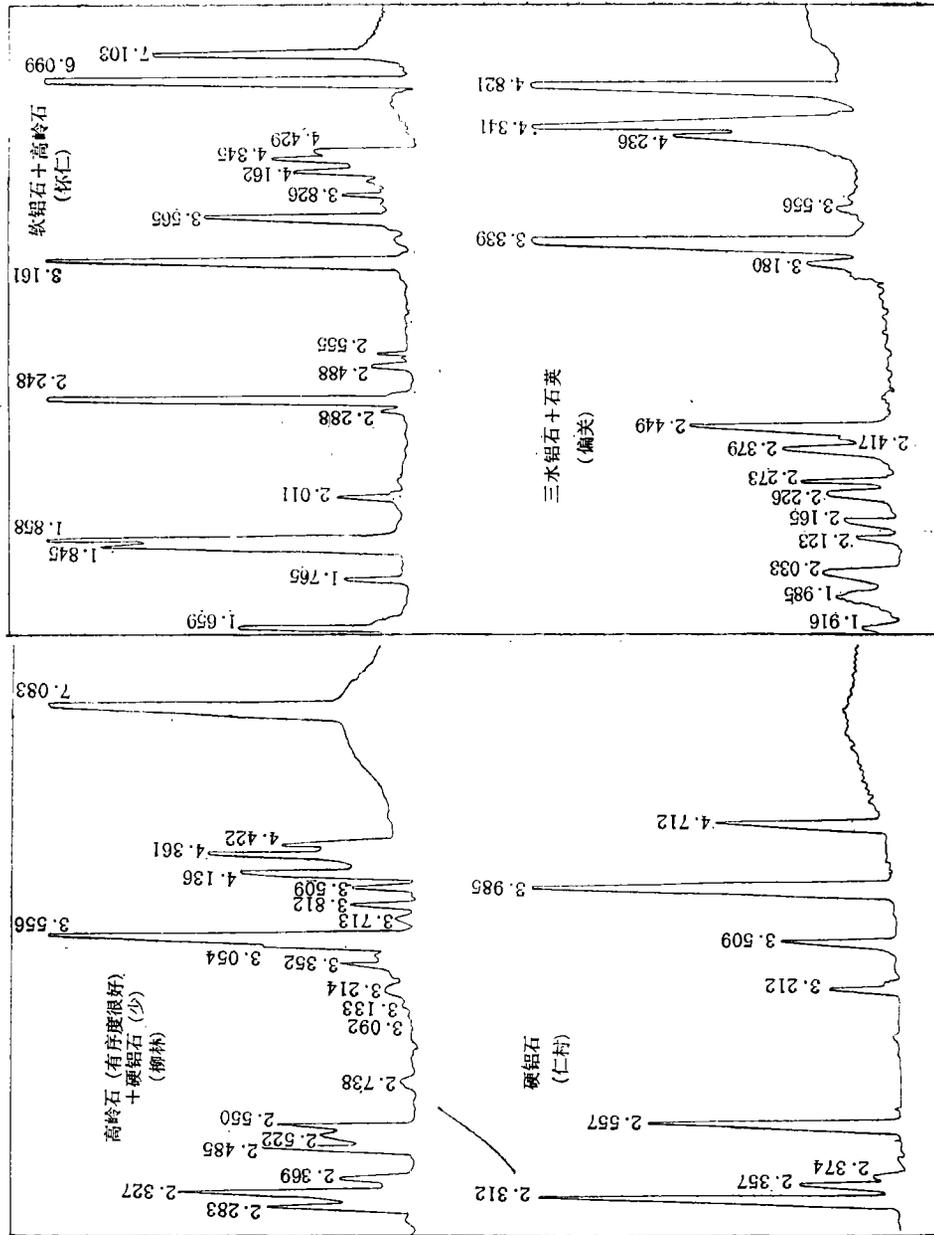


图 4 山西、河南高铝粘土的X射线衍射仪分析曲线所亦  
 Fig. 4 X-diffraction of high alumina clay in Shanxi and Henan Provinces. Figure 4. continued 1.

表1 山西、河南高铝粘土铝土矿矿物成分及其生成阶段与大致含量

Table 1 Mineralogical composition and its approximate content as well as stages of formation of high-alumina, clay-bauxite deposits in Shanxi and Henan Provinces

矿物名称	生成阶段及其大致含量						备注
	陆源碎屑	沉积阶段	成岩阶段	后生阶段	表生阶段	后期风化	
硬铝石		○ ○ ○ ○	=====	=====	-----		含量表示 =====
软铝石			-----	.....	.....		
三水铝石					.....	=====	较多
微刚玉				.....			
高岭石	=====	-----	-----	=====	-----	.....	(>50%) =====
地开石				-----			
珍珠陶石				.....			较少
7Å埃洛石					.....		(50~10%) =====
10Å埃洛石					.....	-----	
9Å埃洛石					.....		很少
偏岭石			.....	.....			
水云母	-----	.....	.....	-----	.....		(10~1%)
水白云母	.....	.....			.....		极少 (<1%)
白云母	-----			.....			
叶腊石	.....			.....			
绿泥石			.....	.....			
蒙脱石					.....	.....	
水黑云母	.....	.....			.....	.....	分布情况
水铝英石					.....		
绿泥石~蛭石混层				.....	.....		普遍



矿物名称	生成阶段及其大致含量						备注
	陆源碎屑	沉积阶段	成岩阶段	后生阶段	表生阶段	后期风化	
方铅矿				.....			
自然铅				.....			
锌尖晶石	.....						
黄铜矿				.....			
独居石	.....						
磷钇矿	.....						
绿帘石	.....						
金云母	.....						

生矿物。在部分矿区见到少量或很少量的其它粘土矿物有：水云母、埃洛石<sup>1)</sup>等；个别及很少矿区见到少量至极少量的还有叶腊石、绿泥石、蒙脱石、水白云母、水黑云母、珍珠陶石、偏岭石、水铝英石、绿泥石-蛭石<sup>2)</sup>、水云母-蒙脱石、高岭石-地开石混层粘土矿物等。此外偶见绿脱石及明矾石。

**高岭石** 主要呈隐晶质及细鳞片状，较少为胶体及蠕状或粗蠕状晶体。其集合体常构成胶结物、豆鲕粒及碎屑等部分，呈原生碎屑的高岭石表面模糊，有序度较差。而后生高岭石清彻透明，有序度很好至最好，常交代硬铝石或在裂隙中填充。

**地开石** 往往形成于后生阶段，表面清彻透明，呈细鳞片之等粒状，常交代硬铝石或高岭石于豆鲕粒内，或在裂隙中填充（见图版Ⅰ，6）由于001表面能大，吸附膜壁依次生长而定向）。其有序度一般很好。由于后生作用固体扩散，地开石也有重结晶呈向心结构的（图版Ⅰ，5）。其它少量粘土矿物及其形成阶段与分布情况见表1。

### 三、重矿物研究

据重砂及薄片鉴定、山西、河南高铝粘土铝土矿及下伏碳酸盐岩中的重矿物特点归

1) 除7 Å及10 Å埃洛石外，其中还有自然界首次发现的9 Å埃洛石，系由上石炭统的偏岭石经燕山期中性脉岩的热液蚀变而成。除进行过差热分析、电子探针、化学分析及显微镜鉴定外，主要根据X射线衍射分析：9.2718 Å (M)，4.3881 Å (M)，3.5041 Å (W)，2.5265 Å (W)等。由于量很少，很难得到较纯净的样品，深入地研究尚待继续进行，产地山西北部。G.W.Brindley认为应有9 Å埃洛石存在。

2) 蛭石-绿泥石混层矿物(002)衍射为1.426 Å (VS)，加热500℃后变为12.768 Å；水云母-蒙脱石混层矿物(001)衍射为13.366 Å (VS)，(002)为4.977 Å；高岭石-地开石混层矿物见《黑砂石-粗晶高岭石的成因》见《矿物岩石》1984年3期。

纳如下：

**1. 高铝粘土矿中的重矿物组合与特征** 根据初步统计，按主要重矿物的不同，可以分为三个类型：

1) **锆石型** 为最主要的类型，锆石含量较多且分布普遍。在其它两个类型中锆石也不少，说明它是最主要的稳定碎屑矿物。

2) **锐钛矿型** 这一类型已知存在于吕梁古陆西侧的柳林矿区及中阳矿区。锐钛矿多为自生矿物（见图版 I，6），与矿床后生及表生阶段的次生变化发育有关，具有区域地质特征。

3) **锆石-磁铁矿型** 这一类型发现于阳泉盆地。除碎屑锆石、磁铁矿外，还有自生锆石与磁铁矿，伴生有方铅矿与自然铅等矿物，证明系后生阶段还原环境的产物。

除上述主要矿物外，还有少量常见的黄铁矿、金红石及次生氧化铁（赤铁矿、针铁矿，偶见水针铁矿及水赤铁矿。它们一般由黄铁矿及菱铁矿氧化而来）；少量与极少量的白钛石、钛铁矿、菱铁矿、电气石、榍石、柎榴石、自然铅、方铅矿、板钛矿、锡石、独居石、黄铜矿、锌尖晶石等（参看表 1）。

**锆石** 在铝土矿高铝粘土中见到最多的（含量最高可达矿石的 1% 左右），毛玻璃—玻璃光泽、金刚光泽。次棱角—次滚圆状以至滚圆状。晶形以复四方双锥柱体为主。另一种锆石为滚圆状，呈紫色、红色、灰色、乳白色，半透明—不透明，毛玻璃光泽，表面磨蚀程度较深。第三种锆石磨圆现象不显，呈无色透明，玻璃光泽，晶粒较小，晶形完整，主要为简单四方双锥柱体，可能为自生的或来自下伏灰岩，因与灰岩中锆石 Zr/Hf 的较高比值相似，但含量一般很少。

**锐钛矿** 多为自生的双锥形晶体，少数为板状晶体。呈兰黑色、黑色，金刚光泽，半透明至不透明；晶粒较大，晶面光亮如镜。有时可见子母晶。另一种锐钛矿常为碎屑成因，含量很少但分布较普遍。因呈不完整的锐角四方双锥体，由于搬运途中受磨蚀碰撞所致（一端已碰坏）；呈浅兰色，金刚光泽，晶体较小，晶面有横纹。

**磁铁矿** 这也是一种分布较普遍的重矿物，含量也可较高（如孟县），常呈球状或八面体自形晶，后者多为自生成因的。

**金红石**：多为碎屑成因的，呈红色、黑色，常有磨圆现象。也有自生的，呈桔黄色，晶体较小，四方柱状，有时见曲膝双晶，无磨圆现象。

**电气石** 呈茶红色，半透明，无玻璃光泽，晶形呈三菱柱状。

**2. 下伏灰岩及有关古陆上重矿物的对比** 下伏灰岩中的重矿物比高铝粘土铝土矿层中的一般要简单，含量较少，粒度也细。主要重矿物多为铁矿物，少数情况为锆石，个别情况为石榴石。此外，还有很少或极少的锐钛矿、金红石、板钛矿、白钛石、锡石等。

所产锆石，无色透明，玻璃光泽。晶形以简单的四方双锥柱体为主，少数为复四方双锥柱体。大部分颗粒未经磨圆或磨圆度很差，晶面洁净无裂纹或溶洞。其中一般为短柱状，极少为长柱状，偶见玫瑰色或粉红色磨圆的锆石。

为了对比，曾收集一些附近古陆上铝硅酸盐岩付矿物组合资料，虽说比较复杂，但各古陆区的情况基本相同。其中主要付矿物有：磁铁矿、锆石、磷灰石、金红石、电气

石、钛铁矿、独居石、锐钛矿、榍石、绿帘石、褐帘石、萤石、磷钇矿、黑稀金矿等。看来多数矿物与铝土高铝粘土的相似。

3.与成矿物质来源的关系 通过重矿物研究,笔者认为,山西、河南高铝粘土铝土矿床的物质来源主要是附近古陆上的铝硅酸盐岩石,而较少或很少与下伏碳酸盐岩石有关。主要依据是:

1)高铝粘土铝土矿中的重矿物组合、含量、颗粒大小,磨圆程度等与下伏碳酸盐岩石有较大的不同。

2)高铝粘土铝土矿中重矿物以碎屑成因为主。含量较多的,除锆石外,还有金红石、磁铁矿、电气石、锐钛矿等。这些矿物一般属于稳定或很稳定矿物。根据重矿物组合与母岩关系的分析,高铝粘土铝土矿的物质来源多与古陆上的酸性火成岩或结晶片岩有关。

3)根据锆石的标型特征,铝土矿中大部分或绝大部分锆石与下伏灰岩的不同,而与古陆上铝硅酸盐岩石中的相似。含量最多的锆石,其性质与酸性火成岩类的相似;而另外一种色深,透明度差,圆度高的锆石具有古陆片麻岩类中锆石的特点,因之有物源关系。只有第三种锆石(无色透明自形或半自形,磨蚀痕迹不显)与下伏灰岩的相同,但含量较少。

4)上述前两种锆石即与陆源物质有关的铝土矿中锆石的Zr/Hf比值见表2所载,根据科斯基林的划分原则,中性和基性岩中Zr/Hf比值为41—71,花岗岩中锆石为<40。因而高铝粘土铝土矿中锆石的Zr/Hf值所指示的物质来源,主要为花岗岩类,其次属于中基性岩类及其它岩类。

表2 与陆源物质有关铝土矿中锆石的Zr/Hf结果

Table 2 Zr/Hf ratio of zircon from bauxite related to continental sources

样 号	Zr/Hf	样 号	Zr/Hf	样 号	Zr/Hf
太Ⅳ-1	40.44	RZ3003a	29.87	三Ⅰ(柱)	40.00
太Ⅳ-2	30.91	RZ3003b	115.51	三Ⅰ(圆)	36.00
太Ⅳ-3	36.96	RZ3005-1	32.16	重1	36.00
太Ⅰ-1	76.53	RZ3005-2	82.99	边1	81.00
柳Ⅰ-1	20.47	RZ3005-3	52.10	油Ⅰ	52.00
柳Ⅰ-2	30.05	RZ812002	37.00		

表3 灰岩与铝土矿中相同锆石的Zr/Hf结果

Table 3 Zr/Hr ratio of identical zircon from limestone and bauxite

样 号	岩 石 名 称 及 锆 石	Zr/Hf
RZ3006	灰岩中无色自形锆石	793.11
RZ3001a	铝土矿中无色自形锆石	362.28
RZ5002a	铝土矿中无色自形锆石	721.37

灰岩与铝土矿中相同的即第三种锆石，其Zr/Hf也是相似的（表3）。虽然可能有例外情况，但总的来说，多数结果是有此关系的。

5) 锆石晶体中类质同象元素（表4）表明灰岩与铝土矿中的不同。前者含Fe 3.9%，而后者不含。前者不含Al、Ti而后者含Al（2.3%，1.3%，0.9%），含Ti（0.9%，0.6%）。含Ca也有所不同

表4 锆石晶体中类质同象元素（%）

Table 4 The elements of isomorphous substitution in zircon

样号	岩石名称	Al	Ti	Fe	Ca	Mg
RZ812001	含泥质灰岩			3.9		
RZ812002短	铝土矿	2.3	0.9			
RZ812002长	铝土矿	1.3	0.6			
天Ⅰ	铝土矿	0.9			1.1	

从表5看，孝义矿区金红石的化学成分，其类质同象元素，对于同一地区的灰岩与铝土矿有所不同，（灰岩中的Ti较多，Al较少，Cr无）。

表5 孝义矿区金红石的化学成分（激光光谱分析%）

Table 5 Chemical analyses of rutile from Xiaoyi Mine Field

样品	Ti	Al	Fe	Cr	Nb	Ta	V	颜色
灰岩5001	56.1	2.7	0.2	/	0.5		0.3	红色
铝土矿1	54.6	4.4	0.1	0.2	0.3		0.2	桔红
铝土矿2	50.2	6	0.2	0.3	0.7		0.6	桔红
铝土矿3	48.0	7.7	/	0.2	0.7		1.4	红色
铝土矿4	48.0	8.4	0.09	/	0.5		1.2	红色
铝土矿5	51.4	4.2	/	0.2	1.1	0.3	1.7	黑色

从上述资料来看，虽说资料不够多，可能会有例外，但仍可以说明高铝粘土铝土矿床的物质来源主要是古陆上的铝硅酸盐岩石，而下伏碳酸盐岩石是次要或很次要的。

#### 四、矿石结构构造

高铝粘土铝土矿的主要矿物常为硬铝石与高岭石等。其矿石结构往往为隐晶质及细粒鳞片状重结晶结构；较少为胶体，半自形、自形的柱状或板状、鳞片纤维状，蠕虫状及碎屑状等。其矿石构造主要有：

1· 瓣及豆瓣状或假豆瓣状构造 由具同心圆构造的硬铝石瓣状或豆瓣状构造，有

时是高岭石等粘土物质与硬铝石为豆鲕粒不同的环带组成。纯由高岭石构成豆鲕粒者少见。由于重结晶或次生交代可以形成假豆鲕构造。

**2. 碎屑状构造** 多由硬铝石集合体构成“砂屑”和“砾屑”等。硬铝石碎屑构造多与鲕或豆鲕状构造叠加在一起。这种屑碎构造主要为内碎屑，但也有次生岩溶碎屑，褪色重结晶假碎屑，次生变化假碎屑、断层碎屑、陆源碎屑等。

**3. 粗糙状及土状构造** 粗糙状矿石外观似细砂岩，因而也称“砂岩状”构造，系硬铝石重结晶的结果。由于同时还有表生淋滤去硅作用，进一步发展成为“土状”构造，发育海绵状溶蚀孔隙。这是一种质量很好的富矿类型。多分布于矿体的中下部，主要产于岩溶漏斗及洼地的厚大矿体中。

**4. 致密状构造** 主要有隐晶质硬铝石与高岭石较均匀混合组成。当高岭石等粘土质与铁质或有机质沿层不均匀分布时，就形成层纹构造。这两种构造矿石除前者无或少粘土质而质量较好外，一般质量不好。它们多产于矿层顶或底部，也可在矿体中呈薄层状。

**5. 多孔构造** 地表矿层主要因含黄铁矿遭受后期风化，形成硫酸溶液和针铁矿，并有粘土质等溶解，或被流失，因而形成多孔状矿石。由于去硅去铁，铝氧含量相对增高，成为一种优质矿石（常有少量次生的三水铝石伴生）。

**6. 交代残留构造** 主要表现硬铝石高铝粘土复硅，例如地开石或后生高岭石交代硬铝石；也有水云母、水白云母白云母或叶腊石或其它粘土矿物交代硬铝石。因之，矿石质量变差。反之，硬铝石及软铝石或三水铝石交代高岭石等粘土矿物的，则矿石质量变好，但较少。

其它如铝凝胶构造，斑块状构造、碎片状构造等皆为少见。据统计矿石构造以粗糙状、多孔状、土状的品位较高， $Al_2O_3$ 含量均在70%以上，显然是后期风化表生淋滤叠加的关系。

## 五、矿床成矿模式

图5所表示的为山西、河南中石炭统高铝粘土铝土矿床的成矿模式。它对整个华北地台铝土矿以及南方古生代铝土矿床都是适用的。主要根据上述研究结果，并考虑了其沉积环境、化学成分及分布等值线图、成矿规律与物质来源等（将另文发表）加以概括的。在此仅阐明了一些最主要的情况。作为优质高铝粘土或铝土矿床形成的因素很多，但其中最重要的有两条：一是原生沉积矿较富且大；二是后期风化淋滤作用去硅去铁，使质量更优的叠加作用明显。例如张窑院矿区矿体多在岩溶漏斗中，除原生较富外，且因地势较高，排水条件很好，因而在后期风化淋滤作用下，去硅去铁明显（以褪色的粗糙状矿石居多）；而附近的贾沟等矿区由于部分矿体处于地势较低的地下水活动带，有复硅的现象（粘土矿物交代硬铝石，见图版I，1）。

此外，在晋北上石炭统煤系地层中另有两种高铝粘土：

**1. 腐殖酸淋滤型** 主要在成岩作用中，由于粘土层及顶板煤层中腐殖酸渗透淋滤的结果。使之脱硅去杂质，主要矿物为高岭石，其次为软铝石等。怀仁地区矿石呈浅灰

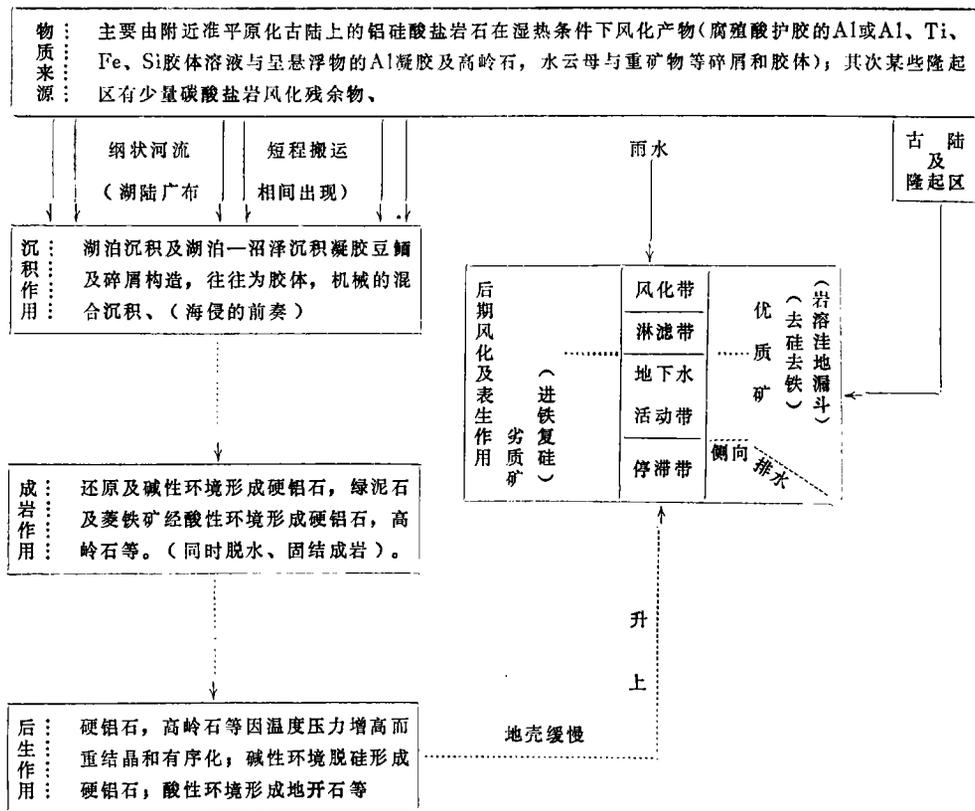


图5 山西、河南中石炭统高铝粘土铝土矿床的成矿模式

Fig 5 Metallogenic Pattern of Middle Carboniferous high-alumina, clay-bauxite deposits in Shanxi and Henan Provinces

—黑灰色致密状（细粒）高铝粘土，矿床规模较大，A/S不高，但有害杂质甚少，有工业价值，保德地区矿石多呈粗蠕状（俗称“黑砂岩”）高岭石，其次为软铝石，还有少量珍珠陶石（后生作用形成）及石英等。矿床规模小，A/S不高，但质量较纯，有工业价值。

2. 热液蚀变型 怀仁地区高岭石硬质粘土经燕山期的中性脉岩的热液蚀变，可以部分产生：高岭石 → 变高岭石 → 硬铝石或软铝石等。其A/S不高，但易熔杂质甚少，其规模很小，也可值得今后注意。

致谢：参加地质编图工作的有赵国权、井喜贵同志等；参加重砂工作的还有熊丽君同志等，又我所差热、X射线、绘图、照相、化学分析等方面诸同志给予大力协助，表示衷心感谢！

（收稿月期 1984年2月25日）

## 参 考 文 献

- [1] 业治铮等，1956，华北铝土矿的特征与成因，东北地质学院学报，1期。  
 [2] 许勤，A. 1957，从矿物学和岩石学上看河南巩县产的新型铝土矿，地质译丛，9期。  
 [3] 刘长龄，1957，似砂岩高岭石粘土岩的初步研究，地质与勘探，24期。

- [4] 刘长龄, 1958, 山东淄博盆地石炭纪铝土矿的矿物学研究, 地质评论, 18卷 4 期。
- [5] 刘长龄, 1958, 中国北部耐火粘土和铝土矿的矿物研究, 地质学报, 38卷 4 期。
- [6] Susnjara, A and Scavnicar 1978, Heavy minerals as provenance indices of tertiary fauixites in Dalmatia (Yugoslavia) ICSOBA. P.822-836
- [7] Tenyakov, V.A., 1978, Genetic classification of fauixite deposite of the world. ICSOBA. P.861-871.
- [8] Mposkos, E., Tsalikis, D., Vgenopoulos, A., 1978, The use of Greek bauxites as raw material for the refractory industry ICSOBA. P.890-904.
- [9] 须藤俊男, 1974, 粘土矿物学, 岩波书店。
- [10] Бушинский, Г.И., 1975 Геология бокситов. Недрa, Москва.
- [11] Докембийские Диаспоровые бокситы Монголии. 1981. Новосибирск.
- [12] 刘长龄, 1980, 我国硫化物风化成因的三水型铝土矿, 科学通报 10期。
- [13] 刘长龄, 1981, 晋南岩溶铝土矿中微刚玉的发现, 科学通报 22期。

## MINERALOGY OF HIGH ALUMINA CLAY-BAUXITE DEPOSITS IN SHANXI AND HENAN PROVINCES

Liu Changling Shi Zichen

(Tianjin Geological Survey, Ministry of Metallurgical Industry)

### Abstract

In technology field the refractory clays with  $Al_2O_3$  46% are called high alumina clays among which  $Al/Si \geq 2.6$  is called bauxite. Paleozoic high alumina clay-dauxite deposits are abundant in China. They are mainly distributed in Shanxi and Henan provinces. It is known that there are more than 100 occurrences of high alumina clay-bauxite deposit in the two provinces. Their reserve is about several hundred million tons.

Almost all of high alumina clay-bauxite deposits in the two provinces occur at the lower part of the Middle Carboniferous series which overlay the Middle Ordovician series limestone as uncomformity.

This paper suggests that the material sources of the deposits are mainly the products of weathered aluminium silicates on the peneplainized continent under hot and humid climate (i.e. colloform of Al protected by humic acid or colloidal solution of Al. Ti. Fe. Si, gel of Al in form of suspension, kaolinite, hydromica and detritus of heavy minerals). The next is the minor weathered residues of carbonate derived from some rises. Both of the products and residues were transported by braided rivers. Most of them deposited in lakes and very few in swamps. During the sedimentation the ore was generally in gel, oolite or fragmental texture, indicating colloid-mechanical mixed deposition.

In the diagenetic process diasporite, chlorite and pyrite were formed under reduction and alkaline conditions; and diasporite or boehmite and kaolinite under acid condition.

In the epigenetic process diasporite and kaolinite were recrystallized and ordered as temperature and pressure increased. Diasporite was formed by desilication of kaolinite under alkaline condition. Kaolinite could be converted to dickite or diasporite to which silica was added was converted into dickite under acid condition. Also diasporite to which silica was added turned into kaolinite and prophyllite under acid condition.

At the late stage kaolinite and other clay minerals were desilicated and became gibbsite due to the leaching of some organic acid, sulphuric acid produced by some weathered pyrite and carbonic acid. At the same time, high alumina clay-bauxite deposits were getting higher in quality as Fe and Ti were removed. Under acid condition of water media and with the existence of proper content of  $\text{SiO}_2$  solution kaolinite, galapelite and other clay minerals were formed by filling and replacement at the active of underground water. On the contrary, under alkaline condition and with the existence zone of some alkaline or alkaline-earth metal cation, hydromica, montmorillonite, mixed layer of chlorite-vermiculite and mixed layer of hydromica-montmorillonite were also formed by the same two actions, so that the quality of the high alumina clay-bauxite deposits was getting worse.

By late weathering and leaching the ore became porous and honeycomb-like due to the leaching out of pyrite or became pale, because of the oxidization of a small amount of contaminated organic matters. However, the weathering and leaching which were beneficial to the raise of ore quality are often neglected.

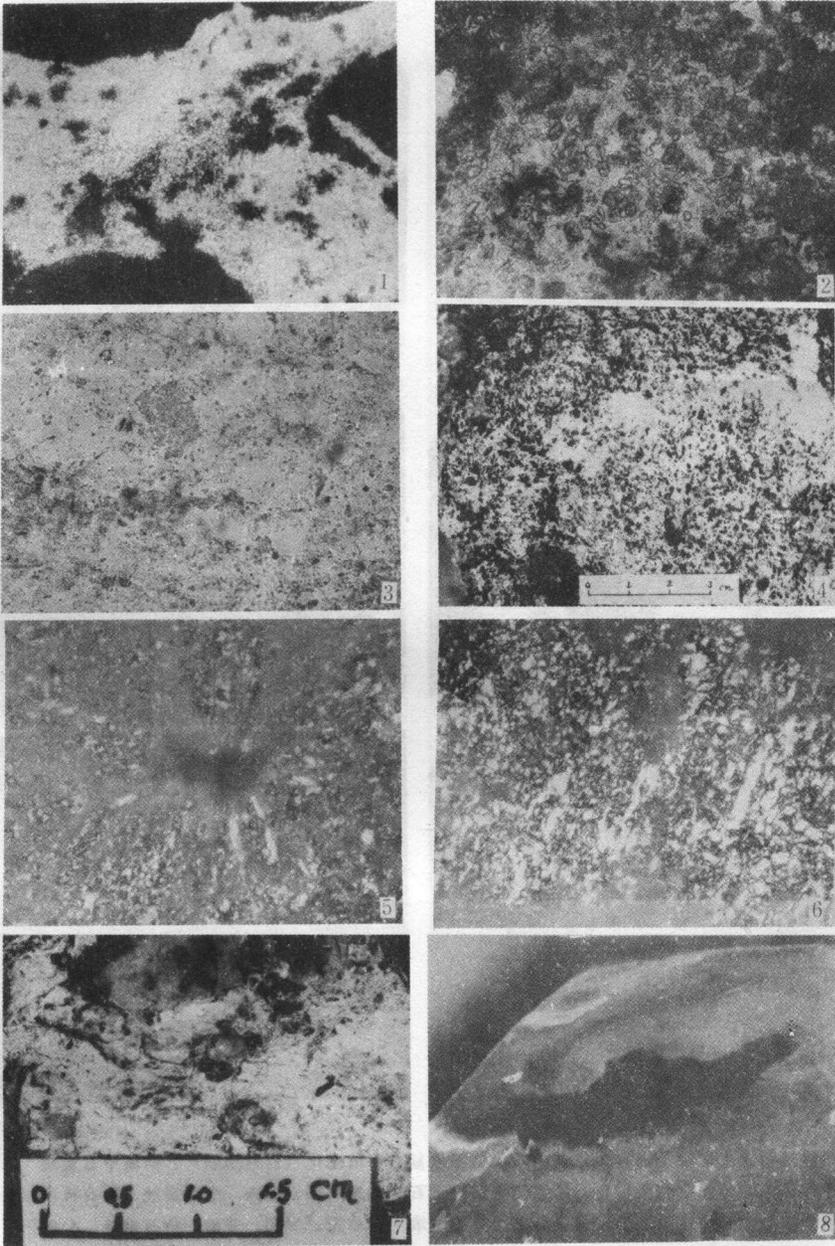
The following heavy minerals are of terrigenous clastics; zircon, rutile, ilmenite, tourmaline, magnetite, anatase, brookite, sphene, leucosene, pyroxene quartz garnet, gahnite, monacite, xenotime, epidote and so on, the epigenetic minerals are anatase, zircon, rutile, magnetite and corundum.

In addition, another two kinds of high alumina clay deposits occur in the Upper Carboniferous stratigraphy of North Shanxi.

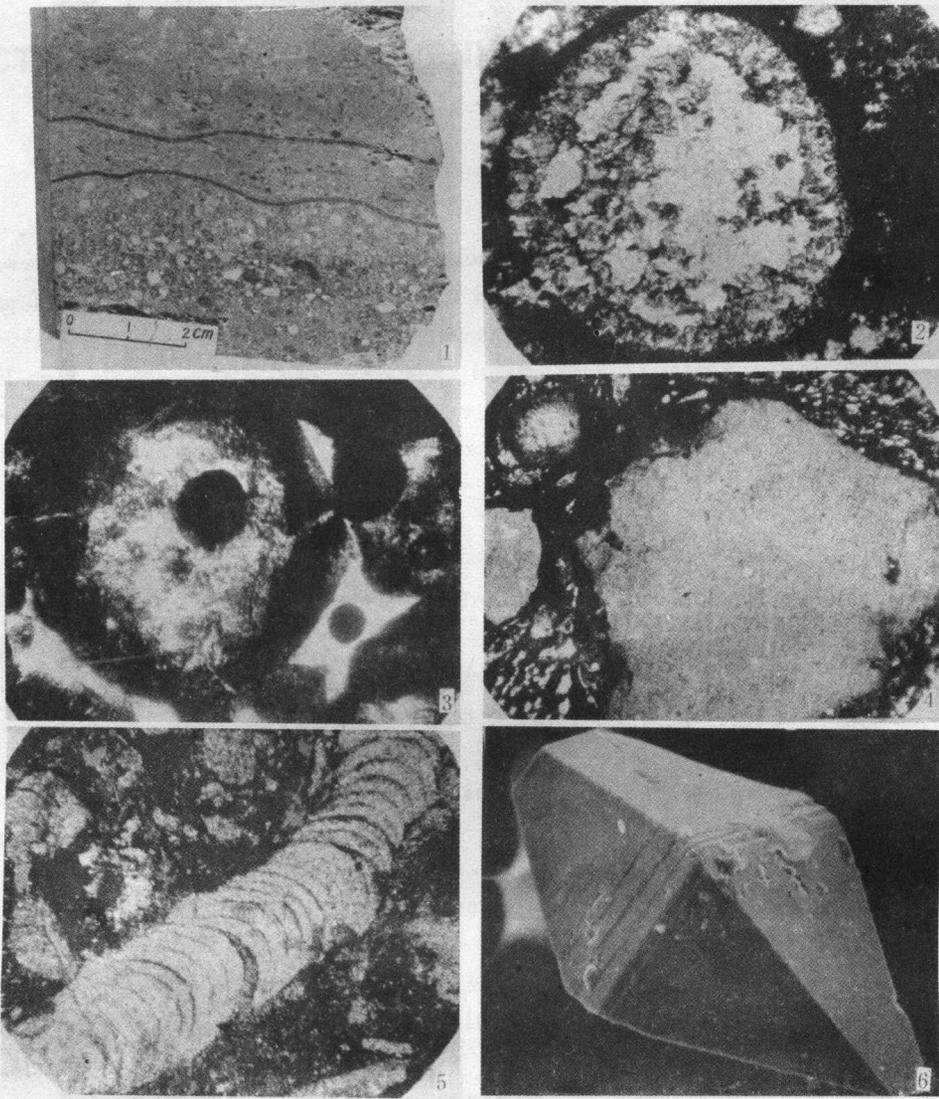
1. Humic acid leaching type: This kind of deposits is mainly formed during diagenesis. Silica and other impurities in clay bed and the top part of coal seam were leached away by humic acid. The dominant mineral is kaolinite next to it are boehmite and so on. The deposits in Huairan district are big in size. The ore is a kind of light-grey and black-grey, dense (fine grained) high alumina clay. The content of harmful impurities is very low. It is valuable in industry though the ratio of A/S is lower. The deposits in Baode district are small in size. The ore is purer. The dominant mineral is coarse myrmekitic (so called 'black sand stone') kaolinite, next to it are boehmite, minor amount of nacrite (secondary mineral), quartz and so on. It is also valuable in industry though the ratio of Al/Si is lower.

2. Hydrothermal alteration type: The kaolinitic hard clay deposits in Huairan

district were altered by hydrothermal fluid from neutral vein rock of Yenshan Period, and locally could convert into kaolinite--metakolinite-diaspore or boehmite. The ratio of A/S binds is lower and soluble impurities are very small in amounts. It should be paid attention to it in future work though this kind of deposits are always small in size.



1. 在硬铝石及微刚玉(暗色、为有机质浸染的隐晶质)质铝土矿裂隙中,有次生三水铝石(浅色)填充交代、正交,  $\times 50$ 、晋南 2. 在后生地开石中的短柱状或半自形硬铝石晶体(突起高)、单光,  $\times 75$  3. 由偏岭石经热液蚀变的软铝石(视域中心),可见偏岭石的劈纹残留,单光,  $\times 75$ 、晋北上石炭统 4. 高铝粘土之多孔状构造 河南三元矿区、中石炭统 5. 地开石之重结晶向心结构,正交,  $\times 75$ 、河南,中石炭统 6. 在后生阶段地开石沿裂隙定向生长、重结晶的C轴垂直脉壁,正交,  $\times 75$  7. 偏岭石经热液蚀变为埃洛石(白色,其中有9A埃洛石),仍有偏岭石残留(灰色,有 $\times$ 标记)晋北,上石炭统 8. 锆石碎屑经磨蚀溶蚀具孔穴,在扁长形孔洞的下边又长出牙状小子晶 扫描电镜,  $\times 560$



1. 碎屑状硬铝石铝土矿由于退后生或表生阶段地下水复硅而粘土化(白色角砾), 河南中石炭统 2. 硬铝石铝土矿颗粒在后生作用中叶腊石(白色)化, 暗色为残留硬铝石, 单光 $\times 50$ , 晋南, 中石炭统 3. 有机质浸染的微刚玉及硬铝石(暗色), 后生阶段有次生的水云母及高岭石交代填充, 单光,  $\times 50$ , 晋南, 中石炭统 4. 硬铝石铝土矿角砾(内碎屑), 伴生有滚圆状电气石碎屑(左上方), 正交,  $\times 15$ , 晋南“浊流沉积”铝土矿 5. 铝土矿之似叠层石的铝凝胶结构, 但硬铝石已开始重结晶, 正交,  $\times 15$ , 晋南 6. 自生锐钛矿呈双锥状, 其中有硬铝石铝土矿包裹体, 扫描电镜 $\times 590$ , 中阳中石炭统铝土矿