

# 华北地台沉积型铝土矿成矿作用的分析

甘 德 清

(冶金工业部西北冶金地质勘探公司, 西安)

作者有机会曾参加过我国北方几个铝土矿床的找矿勘探和研究工作, 也曾参观过河南地区的主要铝矿床, 参考近十余年间国内外有关铝矿方面的文献, 谈谈华北地台沉积型铝土矿床成矿作用的一些认识, 不免有错误之处, 希读者多加指正。

## 一、概 论

华北地台沉积型铝土矿床时代有二; 一是石炭纪, 另一是二叠纪。从矿床规模看, 石炭纪铝土矿是主要的。华北地台沉积型铝土矿成矿地质特征, 简要归纳为如下几点:

1. 成矿时代按上覆地层时代而论是石炭二叠纪, 具有工业意义的矿床, 主要属石炭纪。

2. 成矿空间分布特点是, 铝土矿床(点)都位于华北地台相对不稳定的沉降带内边缘部分。

3. 成矿构造发展史特征是受加里东运动使地壳上升为陆地, 经长期风化剥蚀夷平作用而准平原化, 又经海西期拗陷, 铝矿形成于原始构造盆地或边缘拗陷边部位, 到中生代才遭受断裂破坏。

4. 成矿部位, 产于奥陶系碳酸盐岩古侵蚀面上的石炭系海进岩系底部岩层中。

5. 成矿基底围岩是灰岩、白云岩<sup>古侵蚀面</sup>→铁质粘土岩→铝土矿(或粘土矿)→粘土岩→黑色页岩(或煤层、砂页岩)→海相灰岩系列的沉积层序中。

6. 矿物成份主要是水铝石, 其次有少量的高岭石和含铁矿物所组成的矿石; 化学成分与国外相比, 铝、硅均高, 铝硅比值较低。

7. 矿体形态, 多呈似层状、凸镜状产出。矿石类型以豆、鲕状结构为主, 也有致密块状的。

## 二、构造因素

华北地台沉积型铝土矿床, 产于奥陶系碳酸盐岩古侵蚀面之上的中、晚石炭世底部岩层, 局部为二叠系底部岩层, 这一事实, 说明了铝土矿在矿床形成之前, 奥陶系经历长期风化剥蚀作用, 使富铝岩石, 经受各种复杂的地质和物理化学条件, 促进了岩石中碱金属元素的分解流失, 铝、硅、铁残留、分离、搬运沉淀成矿。因此, 长期沉积间断的古侵蚀面上, 对铝矿形成有利。

华北地台是我国北方具有重要意义的大地构造单元。地台四周由古老岩层太古界、元古界组成的古陆围绕，构成四周高，中心低的盆地地形（图1），我国北方沉积型铝土矿都形成于华北地台上，且靠近古陆边缘或盆地构造内古岛或隆起区分布，例如东北区本溪、田师付、桦子镇，河北唐山、滦县，山西轩岗，陕西府谷，宁夏石炭井八号泉，内蒙海渤湾桌子山等铝矿都分布于内蒙古陆南缘。位于秦岭北缘的，由西向东有甘肃环县、平凉，陕西铜川、白水、韩城及河南新安、巩县等铝矿床（点）。在苏北—胶东古陆西侧鲁西隆起边缘有山东淄博、新泰、枣庄等铝矿床（点）。靠近吕梁古岛南侧有孝义、介休铝矿床。五台山古岛南有河北井陘，山西阳泉铝矿床等。

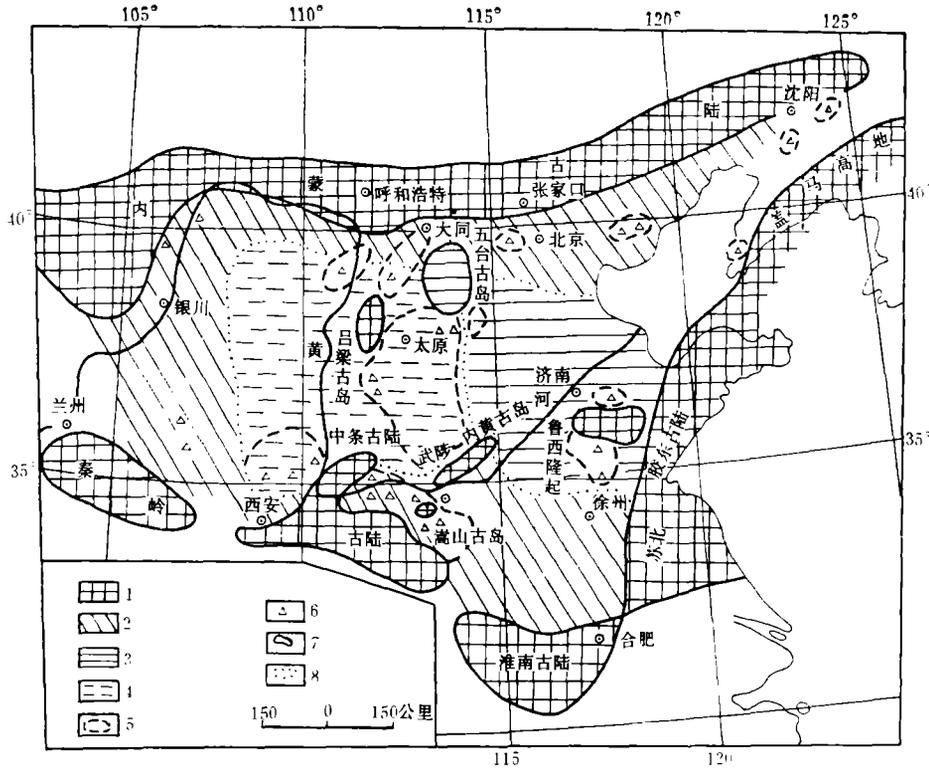
沿奥陶纪灰岩古侵蚀面追索铝土矿层露头或勘探铝矿时，如陕西渭北地区，铜川向西至千阳一带约200公里长，仅见含铝层位，未发现铝土矿。而在铜川以东至韩城约150公里长地段内，就有中、小型矿床数处，矿点20—30处。另外，在山东淄博地区，经露头追索和勘探结果表明，在100公里范围内，铝矿集中在东北地段湖田、泮水区，河南、山西东北地区也有类似情况。这个事实证明虽有奥陶纪古侵蚀面的存在，不一定都有铝矿体或铝矿床的形成。

为了阐述奥陶纪灰岩古侵蚀面的地貌特征，对铝矿形成的控制作用，概要地对古侵蚀面加以分析。华北地台在奥陶纪中期缓慢地上升为陆地，由于上升的不均衡性，表现为正性和负性构造。奥陶纪中期地层分出下马家沟组、上马家沟组和峰峰组，而峰峰组是奥陶纪上升为陆地时最高层位。由于各地接受长期风化剥蚀程度的不同，反映在古侵蚀面准平原化时，地形上有高有低的古地貌（图1）。地势总趋向是东部挠起向西南增高，南北高而中间偏低，其中心部位在山西境内。河北阜平—保定—大城一线以北至内蒙古陆以南的冀北地区，在奥陶纪中期上马家沟组结束后，就隆起为陆地，成为剥蚀区。剥蚀最深的地带是唐山一带，仅保留了下马家沟组地层。当华北地台在峰峰期普遍上升时，鄂尔多斯西南缘继续下沉，局部地区直到中奥陶晚期才上升为陆。山西保德以北—朔县—繁峙一线以北；山西南部，河南北部，剥蚀程度较高，峰峰组地层残缺不全，可能为高原区。徐州以南淮北、淮南地区峰峰期上部岩层全部剥蚀，只保留下部岩层。而在太行山、河北、山东地区，峰峰组地层保存完好，地势应是北低南高为古岩溶凹地高平台地区。山西、陕西东部为低洼区。在高原剥蚀区，对铝的保存条件是不利的，容易被剥蚀搬运，即使在搬运过程中得以沉淀下来的铝物质丰度也不会大，如鄂尔多斯西部矿点，河北唐山及东北区铝土矿床。在高平台区，古地形起伏不大，对铝储存条件也不利，铝胶溶液易被潜水向低处运移，运移方向一是向西，一是向东南鲁西隆起边缘的淄博、章邱和新泰一带。在低洼区，是接受铝胶溶液的有利地区，特别是低洼区与高平台区、高原区大致连界的内侧，在其它地质和物理化学条件配合作用下，是最有利的成矿环境如陕西府谷、渭北地区，山西轩岗、阳泉，河北井陘，河南新安等铝矿床。

对铝土矿床和铝矿成矿带的构造控制条件研究表明，每一个矿床都有自己独特的构造条件，它取决于准平原化侵蚀基底的原始构造形态，表现在矿床区域岩层产状平缓（ $10-20^{\circ}$ 左右），边部较陡，深部逐渐变缓的古盆构造。据此将矿床构造分为三种类型：I类为基底古洼盆地，如淄博铝矿区箕形盆地，辽宁桦子镇铝（粘）矿区四个舟底式盆地，复州湾铝（粘）矿区五湖咀盆地，山西大同—静乐狭长形盆地、太原—沁水盆地；II类

为基底凹陷带，即靠近古陆边缘低洼地区，如陕西渭北铜川至韩城地段，河南巩县至三门峡地段铝矿带；Ⅱ类为基底剥蚀盆地，如河北唐山-滦县开平盆地。

一个有利成矿的铝矿区或成矿地段铝矿体都富集在盆地边部凹陷地段，而不在盆地中心。单个矿体最长不过2000—5000米，短的数米或者10—20公分。铝矿体形态上的共同特征是上平下凸，（图2）。这类矿体厚度平均大约在2—5米左右，局部达10—20

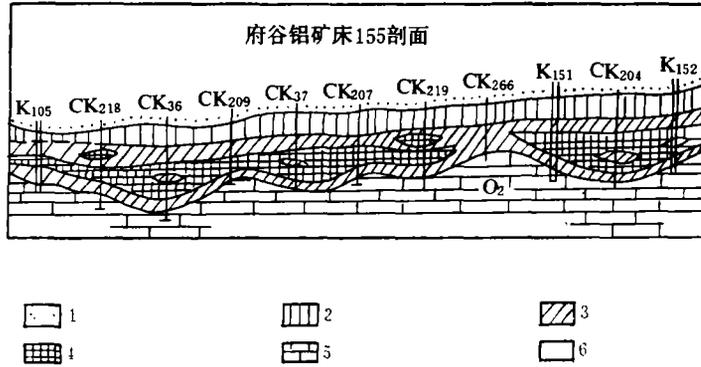


1.古陆古岛 2.高原剥蚀区 3.高平台区 4.低洼区 5.古盆构造  
 6.铝土矿床(点) 7.古陆界线 8.古地貌单元界线

图 1 华北地台奥陶纪古侵蚀面上古地貌单元与铝土矿(点)分布

Fig. 1 Distribution of paleogeomorphic unit and bauxite deposits (points) on paleoerosional surface in Ordovician, North China platform.

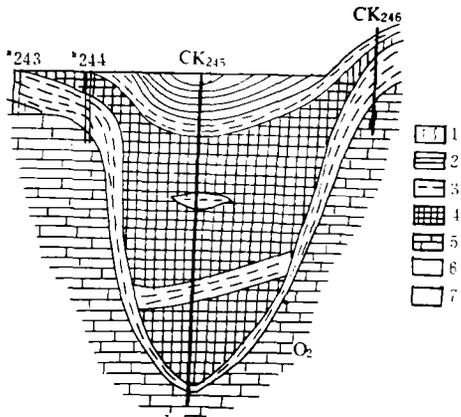
米，如陕西府谷矿床黄河缘Ⅰ号矿体，河南贾凹矿体，山东淄博湖田矿体。另一种情况是铝矿体产于形态大小各异，深浅不等的古岩溶漏斗中，如河南新安张窑院一带岩溶大漏斗矿比较典型（图3），矿体大而集中。陕西白水三眼桥岩溶小漏斗矿也比较典型，但矿体小而分散。因此，掌握成矿前的大地构造位置、古侵蚀面地貌特征、基底原始构造类型、古岩溶洼地和古岩溶漏斗等的空间分布规律，可以缩小找矿范围，成功地指导找矿勘探。



1. 太原统底部砂页岩 2. 本溪统上部地层 3. 含矿层 4. 铝土矿 5. 奥陶纪中统白云质灰岩 6. 工程及编号

图2 铝土矿形态受古岩溶洼地中凹凸地形控制 (据杨复1980)

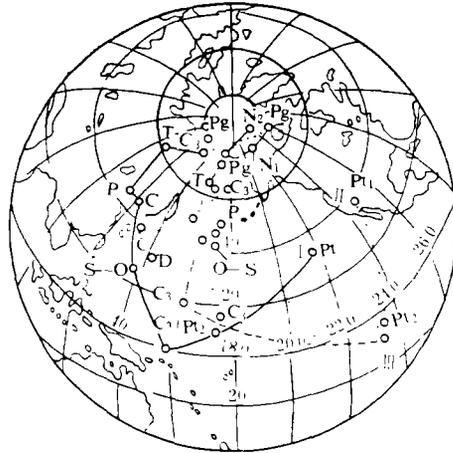
Fig. 2 Bauxite shapes are determined by concavoconvex landform in paleokarst depression. (after Yang Fu, 1980)



1. 表土 2. 粘土质页岩 3. 粘土岩 4. 铝土矿 5. 灰岩 6. 钻探工程 7. 山地工程

图3 产于古侵蚀面上大漏斗中的铝土矿 (据新安铝矿资料)

Fig. 3 Bauxites occurring in a great funnel on the paleosol surface, (after data of Lukuangshan, Yinan)



I: 根据美洲古地磁资料得出的磁极位置变化的途径 I: 根据欧亚古地磁资料得出的磁极位置变化的途径 II: 根据古气候资料得出的地理极位置变化的途径

图4 地球磁极和地理极的位置

Fig. 4 Locations of geomagnetic pole and geographic pole.

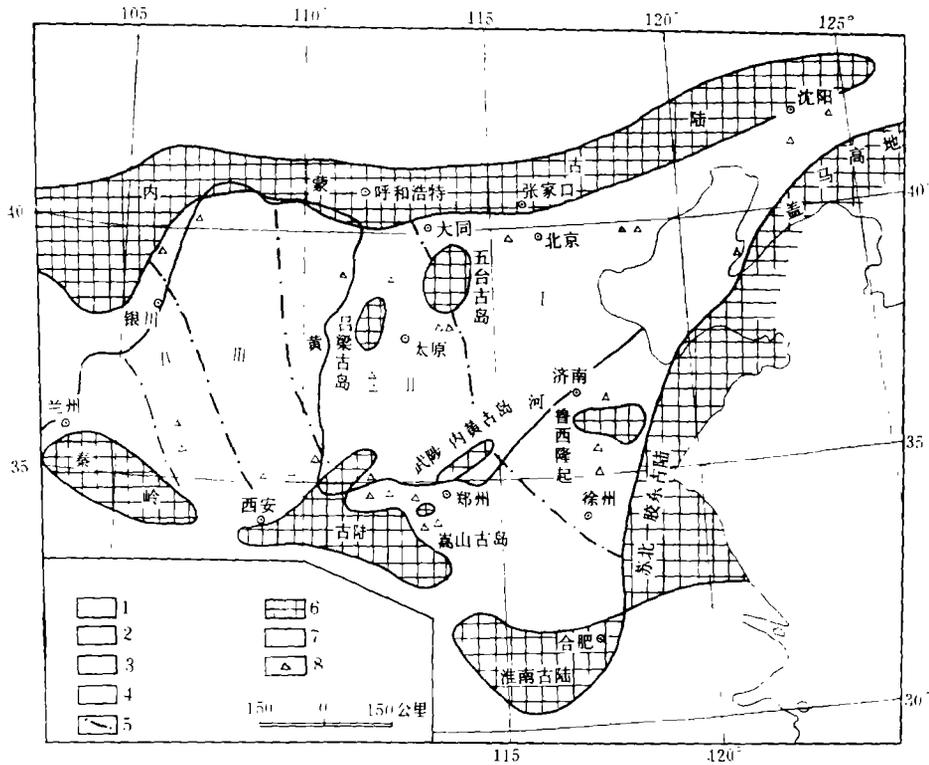
(from A. H. Halamovy, cited from B. B. Kazigula, 1962)

### 三、气候因素

根据奥陶系岩性、古生物、沉积环境的研究表明，以碳酸盐岩为主并含镁质碳酸盐，属局限浅海碳酸盐沉积环境，当时生物繁盛，气候温暖。直到峰峰组沉积后上升为陆地时，气候才向干热转变。石炭纪时，华北地台上普遍沉积了粘土岩矿、铝矿、煤及碎屑岩夹数层海相石灰岩，是我国北方重要的成铝成煤时期。刘菊祥等（1959）认为：

“在中石炭纪以后，在新疆喀什噶尔河流域，甘肃景泰-靖远区有石膏沉积，以及山西西部有含石膏的锁罕堡红色岩层”，他的结论是“在中国北方出现了一个近东西方向的干燥带”，这个带分布在华北地台西北宁夏—新疆境内。根据刘鸿允（1975）的欧亚大陆古赤道图的下石炭纪、上石炭纪及下二叠纪的赤道位置和赫拉莫夫的地球磁极及地理极的位置（图4），及Frakes（1979）的石炭纪的全球古地理图等，都证明华北地台石炭纪位于古赤道以北，中、低纬度间，属于炎热温暖潮湿的气候。

根据气候带的分析，及铝土矿层的岩石矿物组合和生物情况，将石炭纪华北地台由东至西划分出四种气候亚带（图5）：



1(I).炎热温带 2(II).温暖潮湿带 3(III).温暖潮湿转向温带 4(IV).温和转干燥带  
5.大致分带界线 6.古陆古岛 7.奥陶纪古侵蚀面 8.铝土矿点

图5 华北地台奥陶纪—石炭纪古侵蚀面上古气候分带与铝土矿分布

Fig. 5 Paleoclimatic subzone and distribution of bauxite on paleoerosional surface in Ordovician-Carboniferous, North China platform.

**I 炎热温暖带** 分布在大同经太行山至合肥以东地区，古地貌属高原区和高平台区。此带雨量不丰，岩溶漏斗不发育，植物化石稀少，仅在淄博矿区有所发现。铝土矿层底部为紫红色、暗紫红色粘土岩发育，含铁量高达15—25%。浅部以赤铁矿、鲕绿泥石为主，山西式铁矿不发育，铁质多呈分散状态赋存在岩石中。粘土岩主要由水云母组成。这一带大型铝土矿床不多，但硬质粘土矿比较发育。在局部地区，铝土矿层顶部见

有煤线（唐山、复州湾）。

**I 温暖潮湿带** 大致分布在太行山以西至陕西韩城范围内，古地貌属低洼区东部。由于气温较高，雨量丰富，大型古岩溶洼地发育，植物如芦木等残片化石常有发现。在晋南沁水盆地东面陵川县附近（王柏林，1978）铝土矿层中发现海相珊瑚类、腕足类化石。铝土矿层底部粘土岩呈淡红色、淡红灰色（即杂斑色）。浅部以赤铁矿为主，局部地区富集成山西式铁矿。深部以黄铁矿、菱铁矿为多，粘土矿物仍以水云母为主，但高岭石含量增加到10—15%。本带大、中型铝土矿床比较集中而多，且半硬质粘土矿发育。铝土矿层底部偶夹煤线，顶板见薄煤。

**II 温暖潮湿转向温和带** 分布于渭北地区铜川至韩城一带，属古地貌低洼区西部。气温较高，雨量丰富，小型古岩溶洼地较发育。植物如芦木、蕨类、羊齿残片化石时有发现，在铝土矿层位中夹薄层凸镜状泥灰岩并产海相动物化石（韩城地区）。铝土矿层底部为呈灰色、灰黄色的粘土岩，浅部以鲕状菱铁矿为主，深部以黄铁矿居多，含铁量5—10%，个别地方可达15%，山西式铁矿不发育。粘土矿物为水云母（占60%），高岭石（占40%）。本带以中、小型铝土矿床居多，高铝粘土矿、半硬质粘土矿较发育。铝土矿层之上下时有薄煤出现。

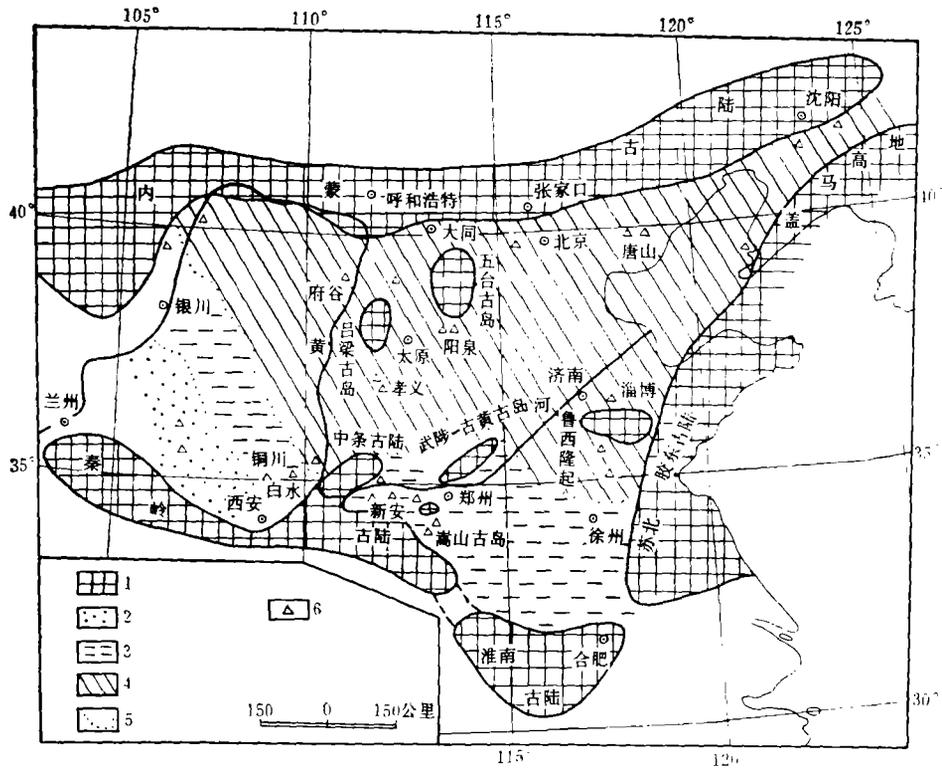
**IV 温和转干燥带** 分布在渭北铜川以西至鄂尔多斯西部地区，古地貌为高原剥蚀区。在晚石炭世已转为干燥气候，故气温高，雨量稀少，植物化石未发现。铝土矿层较薄，粘土矿物主要是水云母及高岭石组成，颜色呈灰黄或灰红色。铁矿物以鲕状菱铁矿为主，也见黄铁矿，含铁量约5—10%，在口镇嵯峨山较富集可达20—30%。这一带仅发现铝矿点数处，粘土矿数量少而质量也差。

#### 四、海侵因素

奥陶纪中期华北地台上升为陆，经长期风化剥蚀，提供了大量的铝物质。在中石炭世时这块陆地复受海西早期运动影响而缓慢下沉，大部分为拗陷区。海水自东向西侵入，淹没河北、山东、山西及陕西东部等地区，沉积了不同厚度的沉积物。调查材料表明，沉积物厚度由东向西逐渐变薄，产海相化石及植物化石，属海陆交互相沉积。地壳的不均衡性，不仅反映在沉降的幅度上，还反映在地壳上升隆起，结果造成某些地区不仅没有沉积的机会，反而处在剥蚀地位，如河南北部地区，陕西合阳至陇县、甘肃东南，就没有中石炭纪沉积物。

晚石炭世时，华北地台仍处于继续下沉阶段，海水自东北和东南向西入侵，这次仍继承中石炭纪海侵范围，但更加扩大了，达到河南北部，陕西合阳至铜川，甘肃环县等地，皆有晚石炭世地层沉积得到证明。但鄂尔多斯西南缘及陕西陇县至铜川一带还是剥蚀区。直到二叠纪时，局部地区延续到下白垩纪始下沉，缺失上部古生代和侏罗世地层。

从石炭纪海侵范围看（图6），凡是受中石炭世海侵，或者晚石炭世海侵，甚至二叠世沉积物覆盖范围内的华北地台上都普遍沉积了铝土矿及铝土矿层的岩石，说明铝矿成矿时间可以从中石炭世起到晚石炭世止，部分地区甚至延续到二叠纪，但石炭纪是特别重要的铝矿成矿期。华北地台到二叠纪时大部分为陆相沉积，虽有铝土矿沉积，不如石炭纪铝土矿具有工业意义。



1.古陆、古岛 2.二叠纪分布区 3.上石炭世海侵区  
4.中石炭世海侵区 5.大致分区界线 6.铝矿床(点)

图 6 华北地台中、晚石炭世、二叠纪海侵范围与铝土矿床(点)分布图

Fig. 6 Transgression ranges and distribution of bauxite deposits (points) in Middle-Late Carboniferous to Permian, North China platform.

上述材料证明,华北地台古侵蚀面上普遍沉积了铝土矿和铝土矿层,但它不是同一个时间的产物。从而证明,铝土矿开始沉积阶段,海侵因素是重要条件之一。凡是有中石炭世海侵地区,如山东、东北、山西、陕西东部,就沉积了中石炭世铝土矿;而河南北部、陕西渭北地区澄城以西没接受中石炭世海侵,就没有中石炭世铝土矿的沉积。后来接受晚石炭世海侵,河南北部、陕西渭北地区,才有晚石炭世铝土矿的沉积。

海侵因素是铝土矿成矿的重要条件,只有在特定构造环境,才有铝土矿的堆集,在前述构造控矿条件分析中提及过,靠近古陆边缘的原始构造盆地是最有利于铝矿沉积的场所。这是因为,靠近古陆边缘离蚀源区近,能提供大量的铝质来源,但海水淹没的滨岸区,由于海水活动力强,不宜质点的沉淀,而离岸稍远的陆棚区的海盆、海湾等静水凹地,有利于铝沉积分异作用。盆地中心部位水深, Eh 值低,反而不利于铝沉积时所需的物理化学条件。这就解释了为什么铝土矿多分布在古陆边缘盆地(或洼地),却不分布在中心部位的原因。

## 五、基底围岩条件

无论国内或国外与岩溶洼地有关的铝土矿床，大多数矿床其基底围岩都是碳酸盐岩，这就指示了铝土矿的成矿是受基底岩石性质的控制。华北地台上铝土矿层的基底岩石，广泛分布的是碳酸盐岩，多为白云质灰岩、白云岩及石灰岩，在此区内，铝矿床（点）多而规模大。仅在鄂尔多斯西南吴忠至麟游一带其基底岩石，以砂页岩为主夹不纯的灰岩，其铝矿点分布少而规模小。

基底围岩对铝矿的成矿控制作用，可以从搬运和沉淀这两方面来加以分析。当铝胶溶液在酸性介质条件下搬运时要通过各种岩石，而不同岩性的岩石对酸性溶液要发生不同的化学作用和吸附作用。铝在酸性介质地表水体中长途搬运，必须得到腐殖物的保护并结合为络合物时，才可由地表水带到海盆沉积下来。另一方面，要排除铝胶溶液在长途搬运过程中不损失胶凝沉淀，基底围岩又必须是含二氧化硅低，并不易被酸性溶液滤出的条件，研究证明，石英岩、石英砂及含二氧化硅极低的灰岩、白云岩是理想的基底围岩。华北地区成矿前的基底围岩就是广泛分布的灰岩、白云岩。

基底围岩碳酸盐岩被海水淹没后，增高了海水的碱度，能促进酸性铝胶溶液进入海盆，以致细分散物和铝、铁、硅的沉积作用，海解作用能顺利进行；另一方面二氧化硅长期保持不饱和状态，不胶凝下沉，这一基底围岩条件对铝成矿作用最为有利。另一种情况，基底围岩是稳定性较高的砂页岩类岩石，它不能增高海水的碱度，因而对铝的沉淀是不利的。

## 六、铝土矿层的沉积作用及其物理化学条件

将华北各地区铝土矿层的岩石组合，对照矿物组成，化学成分，由新至老，归纳综合如下：（表1）

野外观察铝土矿层剖面时，很容易根据岩石组合的物性特征，把它分为上、下两大部分。下部含铁粘土岩或紫色粘土页岩，其特点是质软，易风化破碎，地形上为负性，分布稳定；上部为粘土岩、粘土矿和铝土矿体，其特征是质硬，不易风化，地形上呈正性，分布不稳定。一般来讲，同一地区同一层位上，有铝土矿体就不见硬质粘土矿体，纵横方向上互为消长关系。有时铝土矿体被高铝粘土岩（矿）包围，偶尔成为独立体存在，如果铝土矿体或硬质粘土矿体尖灭，则为粘土岩代替（图7）。多数地方只沉积下部层位，没有上部层位。

铝土矿体，一般只有一层，厚度稳定，多层出现时，单层厚度小而不稳定，常位于铝土矿层的中、上部位，与围岩界线基本清楚，也有部分要靠取样分析来确定边界（图7）。铝土矿层中其他岩石组合的彼此界线不十分清楚，互为渐变关系。

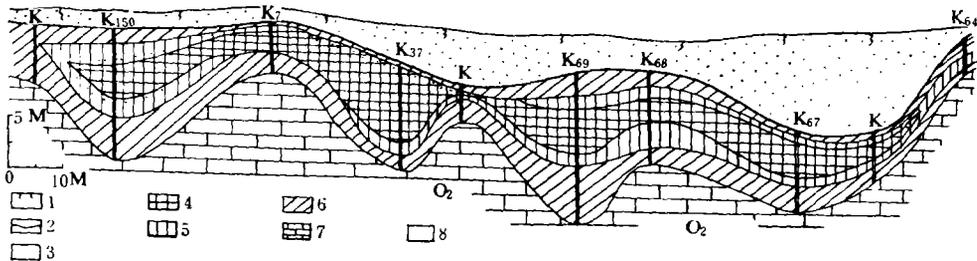
从综合剖面看，铝土矿的矿物组成，下部以铁矿物、水云母为主；上部以高岭石及一水铝石组成的铝矿体。化学成分是下部铝量低，硅、铁高；上部则是铝高、硅、铁相对皆低，三氧化二铝与二氧化硅含量呈反消长关系。铝土矿体的矿物成分主要是硬水铝石，但常伴有9—35%的高岭石。经大量的化学分析材料表明，当三氧化二铝含量在50—60%时，二氧化硅高达20—25%，铝/硅比在2.6左右；若三氧化二铝超过60—65%时，二氧

表1 铝土矿层综合剖面

Table 1 Comprehensive profile of bauxite ore bed

	岩石组合	主要矿物组成*	化学成分%			
			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
顶板	海相石灰岩					
	薄煤或碳质页岩、砂页岩					
铝土矿层	粘土岩(矿)	含水铝石-高岭石型	48.41	31.88	0.70	
	铝土矿体	豆豉铝土矿	高岭石-水铝石型	64.63	11.43	2.50
		致密铝土矿	含高岭石、水铝石型	71.58	5.23	1.96
		鲕豆铝土矿	含高岭石-水铝石型	56.39	21.32	4.79
		高铝粘土岩(矿)	含水铝石-高岭石型	51.95	28.22	3.30
下部	粘土岩	水云母-高岭石型	38.15	43.49	6.60	
	铁质粘土岩、紫色页岩 (泥岩)夹铁矿块	赤铁矿、含水铁矿物 菱铁矿、黄铁矿、高岭石-水云母型	20.71	23.71	6~40	
底板	奥陶纪石灰岩					

\*经显微镜下鉴定、差热分析、x射线等方法综合的结果。



1.黄土 2.薄煤层 3.取样分析确定矿体的边界 4.铝土矿 5.高铝粘土矿  
6.粘土岩 7.石灰岩 8.槽探工程

图7 示铝土矿体包围在高铝粘土矿中,其形态受古地形起伏控制(三眼桥铝矿13号露头)

Fig. 7 Bauxite bodies are encased by high-alumina clay ore, and the shapes are determined by paleotopographic undulations.

化硅降到16%左右,铝/硅为4或5;而三氧化二铝含量超过65—70%,则二氧化硅降到10%以下;三氧化二铝量>70%时,二氧化硅降到5%,铝/硅比升到10以上。与国外同类型铝土矿体相比较,具有铝、硅含量均高,铝硅比值较低的特点,其原因主要是伴生有高岭石矿物。铝土矿体中三氧化二铝含量在横向上变化不大,但在垂直方向上则受古地形起伏有影响,一般是下部高上部低,三氧化二铝与二氧化硅含量也呈反消长关系。在凹斗中,铝、硅显示多旋回沉淀的特点,而在凸起处就没这个特点了(表2)。

上述材料表明,铝土矿层是在同一水体、不同物理化学条件下连续沉积而形成统一

表2 铝土矿体样品的化学分  
Table 2 Relationship between  
body specimens and

工程号	K150				K7				K137						
古地形起伏	凹				凸				凹						
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al:Si	厚度	样品	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al:Si	厚度	样品	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al:Si	厚度	样品
未 到 顶															
	52.02	28.00	1.9	0.5	1	48.41	31.88	1.5	0.65	1	51.89	23.56	2.0	0.40	1
	39.65	—		0.95	1										
铝						57.16	21.96	2.6	0.45	1	55.62	21.51	2.6	0.50	1
IV	连 续 的					60.77	16.76	3.6	0.55	1					
I						56.48	21.88	2.58	0.95	2	65.42	11.37	7.8	5.50	11
土	75.11	7.7	9.6	2.27	5						71.80	5.50	13.15	1.50	3
I	69.20	—		0.45	1						68.75	8.40	8.2	0.50	1
矿	75.96	2.54	29.90	0.70	1						70.42	7.00	10.06	1.00	2
I	75.19	8.43	8.91	0.90	2	连 续 的				68.64	7.60	9.03	1.00	2	
I	75.70	4.57	16.56	1.00	2						72.44	8.21	8.82	2.50	5
I	62.80	14.34	4.35	0.80	1						64.76	14.58	4.44	0.50	1
层	40.13	38.43	1.10	1.00	1	45.96	29.20	1.6	0.50	1	44.03	—		0.50	1
						42.04	—		0.50	1					
						34.50	—		0.50	1					
未 到 底															

注：1) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>: 重量%；厚度：单位米；样品：连续取样个数；“—”符号：未分析；I, I……表示  
2) 据白水三眼桥13号露头剖面工程的化学分析结果整理。

的地质实体。在最初沉积阶段，从古陆上带来酸性铝胶溶液和含铝细碎屑分散物质，进入碱性的海水介质中，当这两种不同性质的溶液接触后，失去原有的化学平衡，发生中和作用，首先沉淀难溶的片状细分散质点和粘土质点，Fe(OH)<sub>3</sub>易失去电荷而先沉淀一部分，同时合成高岭石类矿物，这就组成铝土矿层的下部含铁、高岭石、水云母粘土岩或粘土页岩、紫色页岩。

随着海水介质碱性的减弱，酸性度相对提高，但中和作用继续进行，铝硅元素当pH < 4，Eh也不高时，则形成高岭石矿物下沉；在pH > 4时，部分铝开始絮凝组成水铝石小结核或显微晶体，分散（镜下见到）下沉于高岭石集合体中，构成含水铝石-高岭石型的高铝粘土岩（矿）。

随着高岭石大量晶出下沉，当pH = 5或pH = 6，Eh值随之增大，铝浓度增高，二氧化硅除了因组成高岭石大量被消耗外，处于不饱和状态。加之有机物遭受破坏，Al(OH)<sub>3</sub>得到充分的水解作用，絮凝为形状各异的豆状、鲡状下沉于高岭石、水铝石

## 析和古地形起伏之间的关系

chemical analysis of bauxite  
ancient landform

K 70		K 69					K 68					K 67				
凸		凹					半 凸					半 凹				
Al/Si 厚度	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al/Si	厚度	样品	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al/Si	厚度	样品	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al/Si	厚度	样品	
	52.50	27.37	1.91	1.00	2	44.61	—		1.4	2	54.07	26.85	2.1	0.40	1	
-0.50						58.26	19.71	2.96	1.00	2						
	62.99	13.71	4.59	1.90	2	65.63	12.76	5.14	1.00	2	66.86	10.43	6.4	1.55	3	
	71.33	4.36	16.30	0.10	1						71.21	3.84	18.54	1.90	3	
连	62.96	15.72	4.0	0.25	1											
	72.00	7.18	10.02	0.85	2											
续	57.94	20.84	2.8	0.25	1	连 续 的					连 续 的					
的	73.87	6.90	3.1	0.98	2											
	69.52	9.00	7.7	0.40	1											
						50.47	29.56	1.7	0.75	1						
	未	取	样	品		39.14	—		1.10	1	未	取	样			
						41.59	—		0.50	1						

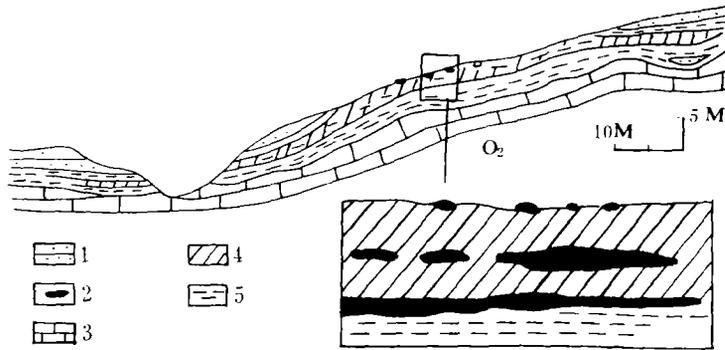
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SiO<sub>2</sub>多旋回沉淀。

基质中, 形成高岭石-水铝石型豆、鲕状铝土矿。若环境适宜铝大量堆积(主要是水铝石), 则沉积致密状、块状铝土矿。随之pH值高达7时又沉淀少量水铝石, 高岭石也大量晶出, 构成水铝石-高岭石型粘土岩。

铝土矿层的上部沉积物, 在各铝矿区是不一致的, 如河南焦作作为粘土矿, 铝矿以豆状小结核产于粘土矿中而未形成铝矿体; 河南新安、巩县以铝矿体为主, 伴生粘土矿; 陕西府谷以铝土矿体为主。

铝土矿体呈多层出现的原因, 不仅受来源物质供给的不稳定性、构造条件的制约, 也明显的还受沉积时水体中pH、Eh值变化的控制。如渭北地区上店铝矿床、韩城溢家峪铝矿床上文家岭地段(图8)就是例证。

铁与铝在初始阶段是在同一水介质条件下沉淀的, 铁在不同环境中组成的矿物不相同。勘探材料表明, 铁在粘土岩中分布由地表到深部的变化是: 地表为氧化物赤铁矿、褐铁矿和含水铁矿物为主, 中深部出现菱铁矿和黄铁矿, 深部以黄铁矿为主, 从图9中



1. 砂岩 2. 灰色铝土矿 3. 奥陶纪灰岩 4. 青灰色粘土岩 5. 灰白色粘土岩

图 8 铝土矿多层产于粘土矿中 (陕西韩城上文家岭支沟)

Fig. 8 The multilayers of bauxites occurring in the middle of clay ores

可得到解释。当静水盆地中心区或深水区、海湾滞流区的底部，缺氧，产生硫化氢，则 Eh 值低处于还原条件，这时铁与硫易结合成黄铁矿；有底流或开阔海湾或盆地边缘地带，这里氧气足以氧化有机物，并能阻止硫化氢大量形成。当 Eh 值处于弱氧化-还原环境，铁成亚铁状态与海水中  $CO_3$  结合为菱铁矿，或与硫结合为黄铁矿。若在近岸氧气充足的水体中，铁与氧结合为赤铁矿和含水铁矿物。华北地台含铁粘土岩中铁含量东部高于西部，很可能是古陆提供铁质来源不一致有关。如古陆东部岩石以中基性为主，并有鞍山式铁矿；而古陆西部和南部以酸性岩石为主，前者本身含铁量高于后者。铁在铝沉积过程中不单是标志沉淀中受物理化学条件变化的伴生矿物，重要的是它起了相模式的指示矿物。

本文初稿写成后，得到地质矿产部西北所李树源副研究员、西安矿业学院赵德政副教授提出一些有益的意见，特此致谢。

收稿日期 1982年11月29日

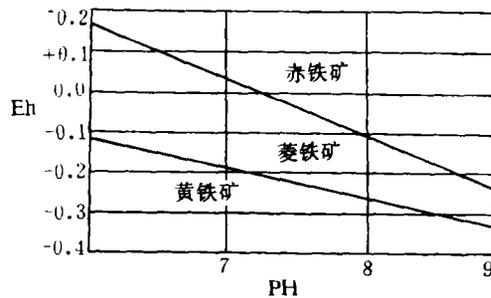


图 9 赤铁矿、菱铁矿和黄铁矿的稳定范围 (根据Kranmbein和Garrels)

Fig. 9 The stable range of the Hematite, Siderite and Pyrite (After Kranmbein and Garrels).

## 参 考 文 献

- 业治铮, 1956, 华北铝土矿的特征与成因, 东北地质学院学报, 第 1 期。
- 矿物原料研究所, 1958, 我国的铝土矿, 地质月刊12期。
- 甘德清, 1958, 关于我国北方G层铝土矿的地质时代问题的看法, 地质论评18卷 2 期。
- 舒文博, 1959, 河南西部铝土矿床的沉积条件, 地质论评19卷 1 期。
- 刘菊祥、张树森, 1959, 中国地质时代的古气候, 地质科学 2 期。
- 叶连俊, 1959, 论中国沉积矿床的若干形成特点, 地质科学 9 期。
- 104勘探队, 1959, 本溪一田师付铝土矿勘探工作的体会, 地质与勘探11期。
- 李震唐, 1959, 华北地区铝土矿和耐火粘土十年来地质勘探基本经验, 地质与勘探21期。
- 林耀庭, 1960, 论我国沉积型铝土矿床生成的主要规律性, 地质论评20卷 3 期。
- 甘德清, 1964, 渭北地区“G层”铝土矿的地质时代问题, 地质论评22卷 3 期。
- 刘长龄, 1964, 开平盆地耐火粘土与铝土矿床成因及成矿规律, 地质论评22卷 6 期。
- 张庆麟, 1966, 冀南铝土矿床之地质特征及成因勘探, 地质与勘探 4 期。
- 洪庆玉, 1973, 论岩石风化的能量控制及其成矿意义, 地球化学 2 期。
- 周钦贤, 1977, 中朝准地台奥陶纪灰岩侵蚀面上铝土矿的成因分析, 地质科技 2 期。
- 陕西131煤田勘探队, 1977, 陕西省渭北煤田石炭、二叠纪地层古生物, 煤田地质与勘探 1 期。
- 杨复, 1980, 陕西府谷铝土矿地质特征及成矿条件初析, 西安地质学院学报 1 期。
- 戈列茨基等, 铝土矿, 地质出版社1965年版文国华等译。
- 阿尔汉格尔斯基, 苏联铝土矿类型及其成因, 科学出版社, 1959年出版陈良译。
- Frakes, L. A. 1979 climate throughout geologic time, E.S.P.C. 1979 New york. P.110-113.

ANALYSIS OF MINERALIZATION OF SEDIMENTARY  
BAUXITES OF NORTH CHINA PLATFORM

Gan Deqing (甘德清)

(Corporation of Northwest Metallurgical Geology and  
Exploration, Ministry of Metallurgical Industry,  
Xian)

Abstract

Sedimentary bauxites in North China platform occur at the basal rock formation of the Middle-Late Carboniferous on the paleoerosional surface in the Ordovician, and locally at the basal rock formation in the Permian. The mineralization of the bauxites can be analyzed in the following five aspects:

1. North China platform is an important tectonic unit in China. Bauxite deposits are formed in North China platform, occurring near oldlands, old island, and on the margins of upwarped district. The investigation reveals that the formation

of the bauxite could not be found even in the same tectonic unit. We cannot give explicitly a guide for the prospecting and exploration, unless we master the regularity of the spatial distribution controlling the primitive tectonic pattern of the basement, paleo-karst depression or funnel. On the basis of the study on the Ordovician strata, the paleogeomorphic unit on the paleoerosional surface can be subdivided into oldlands and old islands, plateau denudati on regions, high platform regions, low depression regions and paleo-basin structures, which govern the deposition of bauxite.

2. The Carboniferous era, belonging to hot, wet climate, was an important period for the formation of aluminium and coal of the North China platform. According to the analyses on petromineral assemblages, biota and geologic history the bauxite can further be subdivided into four climatic subzone, (1) hot and warm subzone, (2) warm and damp subzone, (3) warm and damp subzone to mild subzone, and (4) mild subzone to dry-hot subzone.

3. The North China platform experienced transgressions in the Middle-Late Carboniferous. The sea waters were invading from east to west, extending more wider one after the other. Wherever the transgressions approached, there were large and medium-bauxite deposits, such as Shandong, Shanxi, Henan, and Shaanxi Provinces. On the other hand, wherever there was no transgression, there was basically no bauxite deposit, such as western Shaanxi, southwestern Ordos. The ages of bauxite beds are determined by the overlying stratigraphic period, but they belong to the product of the same facies and of different periods.

4. If the basal wall rocks of the bauxite beds of North China platform are carbonate rocks, the bauxite deposits are characterized by large scale and wide distribution; if they are mainly the clastic rocks, the bauxite deposits are restricted to small scale and sporadic distribution. These show that the formations of the bauxite deposits are under the control of the basal wall rocks.

5. The sections of the bauxite beds of North China platform might basically be divided into upper and lower parts. The former is an unstable horizon and is an Al material layer made up of the ore bodies of kaolinite clays and diaspores. The latter belongs to a stable horizon, and is a Fe-Al compound made up of hydromica clays and Fe-minerals. They form a unified geological body of successive sediments under the same water body medium and different physical-chemical conditions.

In a word, the factors governing the mineralization of the sedimentary bauxite are: (1) tectonic unit, (2) climate, (3) transgression, (4) basal wall rock, (5) sedimentation and its physical-chemical condition, etc.