

# 山西省河曲县铺沟铝土矿中勃姆石的矿物学特征及其成因探讨

邓 红 灯

(中国建筑科学研究院地基研究所)

**关键词:** 勃姆石; 铝土矿; 矿物学; 山西省河曲县

**提 要:** 本文对山西省河曲县铺沟铝土矿中的勃姆石进行了偏光显微镜、X射线粉末衍射、红外光谱、扫描电镜鉴定, 研究了其矿物学特征。勃姆石晶体形态呈菱形、柳叶状及鳞片状。X射线衍射特征峰有:  $d_{020}=6.109 \text{ \AA}$ ,  $d_{120}=3.160 \text{ \AA}$ ,  $d_{081}=1.863 \text{ \AA}$ ,  $d_{200}=1.848 \text{ \AA}$ ,  $d_{220}=1.769 \text{ \AA}$ ,  $d_{080}=1.529 \text{ \AA}$ ; 晶胞参数为  $a_0=3.690 \text{ \AA}$ ,  $b_0=12.162 \text{ \AA}$ ,  $c_0=2.866 \text{ \AA}$ ; 红外光谱反映的特征谱带是  $3300\text{cm}^{-1}$  和  $3078\text{cm}^{-1}$ 。文章还对其成因进行了探讨, 认为主要是由胶体晶化及高岭石脱硅转变而来。

勃姆石(Boehmite,  $\gamma\text{-AlO}(\text{OH})$ ), 又称一水软铝石或软水铝石, 是氢氧化铝矿物的一个同质多像体。国外的大多数铝土矿中, 此种矿物分布广泛。在我国, 产于石炭、二叠系的铝土矿则大部分是一水硬铝石, 勃姆石的分布仅局限于部分地区, 且含量较少。虽有个别学者对其作过研究<sup>[1]</sup>, 但研究程度尚不高。为此, 本文对山西省河曲县铺沟铝土矿中的勃姆石进行了较为系统的矿物学研究。

## 一、地质概况

铺沟铝土矿为一小型铝土矿点, 属中石炭统本溪组, 即所称的G层铝土矿, 地层剖面见图1。本溪组与下伏的中奥陶统马家沟组灰岩呈平行不整合接触, 与上覆的上石炭统太原组呈整合接触, 地层产状平缓。勃姆石型铝土矿呈扁豆状, 与上覆的铁质粘土岩在矿物成分和结构上呈渐变过渡关系, 只是颜色有别。其下

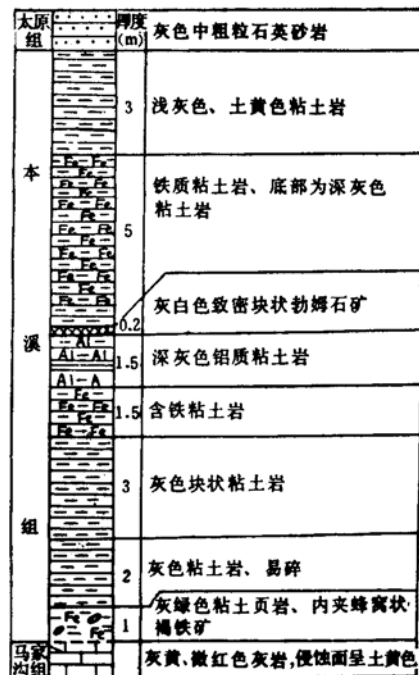


图 1 铺沟铝土矿实测剖面柱状图  
Fig. 1. Measured columnar section of the Pugou bauxite deposit  
(比例尺 1:125)

• “勃姆石”在《英汉矿物种名称》中称作“软水铝石”。

伏岩层是铝质粘土岩（氢氧化铝矿物是一水硬铝石）。

矿石呈灰白色，致密块状，具贝壳状断口，所含矿物主要是勃姆石和高岭石，有少量褐铁矿和锐钛矿。化学成分分析结果是： $\text{SiO}_2$  21.45%， $\text{Al}_2\text{O}_3$  56.89%， $\text{Fe}_2\text{O}_3$  2.08%， $\text{CaO}$  0.40%， $\text{MgO}$  0.20%， $\text{K}_2\text{O}$  0.05%， $\text{Na}_2\text{O}$  0.00%， $\text{TiO}_2$  2.60%， $\text{MnO}$  0.01%， $\text{P}_2\text{O}_5$  0.14%，烧失量16.18%。

## 二、勃姆石的矿物学特征

勃姆石属斜方晶系，对称型 $3g_23pe$ 。偏光显微镜下为菱形、卵圆柳叶状（照片1、2）或鳞片状集合体。无色，因含铁质可微带柠檬黄色。高正突起，干涉色一般为一级亮灰和一级淡黄。重折射率偏低，可能与机械混入物或类质同像混入物有关。平行消光、负延性。

扫描电镜下，晶体为似菱面体状、梭状（照片3）。粒度较小， $0.5\mu$ 左右，最大的晶体可达 $4\mu$ 。通过对菱形切面的角度测定，最大内角平均为 $101^\circ$ ，与Karsulin<sup>(2)</sup>测定的勃姆石菱形晶角度相近。



图2 理想的勃姆石晶体(苏联乌拉尔的什涅夫山样品)<sup>(2)</sup>

Fig. 2. Standard shapes of boehmite crystals (from the U.S.S.R.)

结晶学上，理想的勃姆石晶体应呈厚板状或复杂的聚形（见图2）。由于所研究的勃姆石r晶面较发育，因此，粗看起来象菱面体。在平行于(100)晶面的截面上，晶体的轮廓也与菱形或卵圆柳叶状近似。

图3是勃姆石的X射线粉末衍射图。各衍射峰显示完整、尖锐、左右对称，指示出高的结

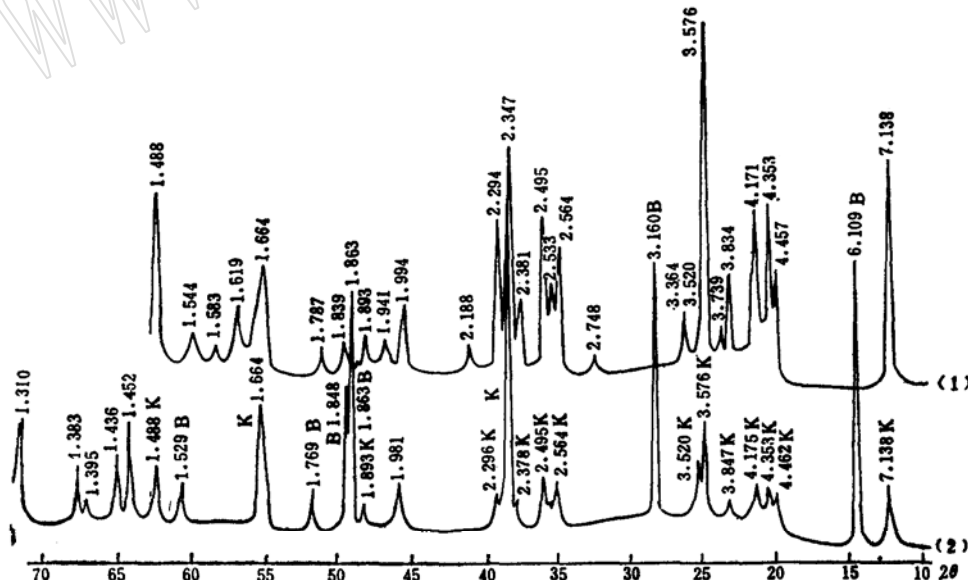


图3 勃姆石与高岭石X射线粉末衍射对比图

Fig. 3. XRD curves of boehmite and kaolinite

(1)高岭石，样号 SP 12；(2)勃姆石(B)+高岭石(K)，样号 SP 10  
衍射条件： $\text{CuK}\alpha$ ，50 kV，40 mA， $2^\circ/\text{min}$

晶度。从衍射图看出,勃姆石样品中混有高岭石,为了消除高岭石的影响,正确地认识勃姆石,故用纯高岭石衍射图进行对比。从而得出勃姆石的特征峰有:  $d_{020}=6.109$ ,  $d_{120}=3.160$ ,  $d_{200}=1.848$ ,  $d_{051}=1.863$ ,  $d_{220}=1.769$ ,  $d_{080}=1.529$ 。表1给出了  $d$  值的指标化结果。通过晶胞参数的计算,结果为:  $a_0=3.690 \text{ \AA}$ ,  $b_0=12.162 \text{ \AA}$ ,  $c_0=2.866 \text{ \AA}$

表 1 勃姆石 X 射线衍射指标化结果

Table 1. Data of interplanar spacing and indices of boehmite

$d$	6.109	3.160	2.347	1.981	1.863	1.848	1.769	1.664	1.529	1.452	1.436
$hkl$	020	120	140	131	051	200	220	151	080	231	002

图4是勃姆石的红外光谱图,通过与纯高岭石谱带对比,说明样品中混有高岭石,但是,勃姆石的谱带仍可明显地识别出来,在  $3300\text{cm}^{-1}$  和  $3078\text{cm}^{-1}$  附近的两个等强度的吸收谱是勃姆石特有的,反映了 (OH) 基的伸缩振动,  $1075\text{cm}^{-1}$  谱是高岭石的  $1097\text{cm}^{-1}$  谱和勃姆石  $1064\text{cm}^{-1}$  谱叠加后形成的,反映了 (OH) 基的弯曲振动。  $739\text{cm}^{-1}$  附近的谱带是勃姆石特有的,它涉及 H 的振动<sup>[3]</sup>,  $364\text{cm}^{-1}$  附近的谱带也是勃姆石的特征谱。

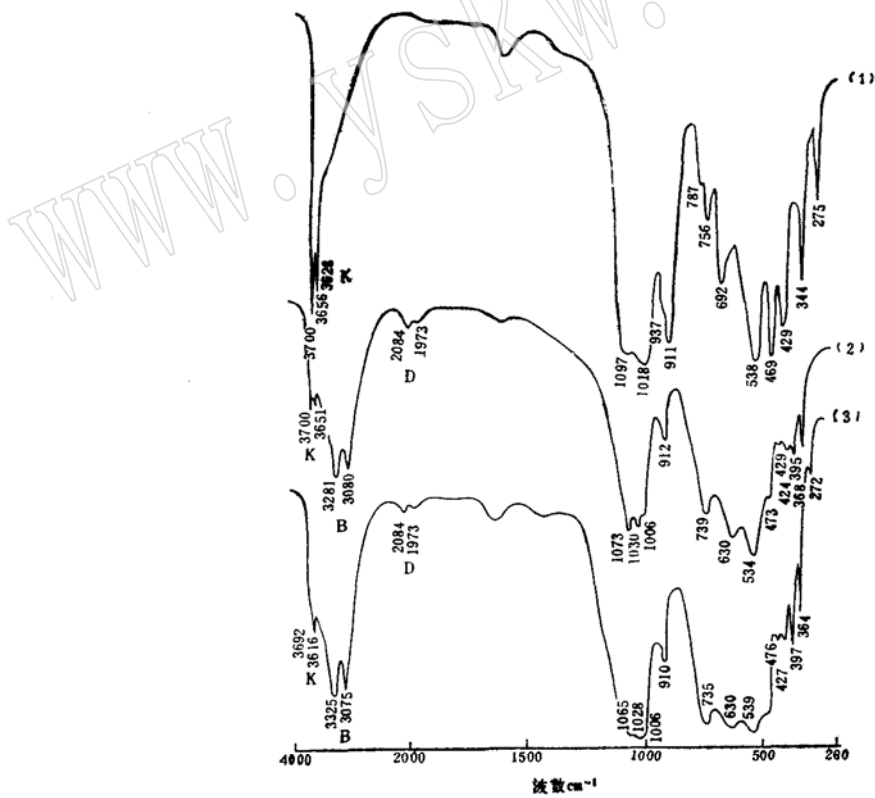


图 4 勃姆石与高岭石、一水硬铝石的红外光谱图

Fig. 4 IR spectra of boehmite, kaolinite and diaspore  
 (1) 高岭石, 样号 HP 78; (2) 勃姆石(B)+高岭石(K)+一水硬铝石(D), 样号 SP 75; (3) 勃姆石(B)+高岭石(K)+一水硬铝石(D), 样号 SP 10

### 三、勃姆石的成因探讨

与沉积岩的形成过程一样，勃姆石矿物的形成也经历了沉积作用的各个阶段<sup>①</sup>。限于篇幅，本文只对勃姆石的形成过程作一简单介绍。

本区在中石炭世时为弱还原-还原的滞流泻湖。同生沉积阶段，原始组份中的长石分解变为高岭石，高岭石在弱还原性地下水作用下又脱硅形成勃姆石。此外，沉积的硅铝胶体在同生阶段发生陈化作用，形成暂时性稳定矿物三水铝石，三水铝石在成岩作用阶段又很容易脱水转化为勃姆石，特别是在与碳酸盐岩接触的矿床中<sup>(4)</sup>。后生作用阶段的高温高压基本上不适合于勃姆石的形成。到表生作用阶段，勃姆石通过两种途径形成：1. 直接从硅铝复合凝胶中结晶出来；2. 由高岭石脱硅转变而来。

第一种途径形成的勃姆石结晶极好，呈自形完整的菱面体及卵圆柳叶片状。

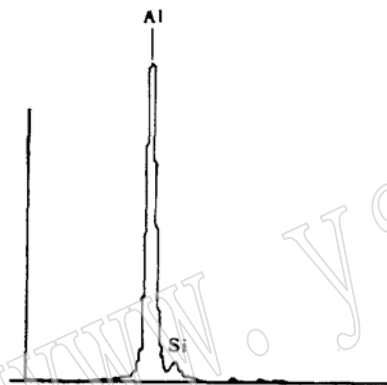


图 5 勃姆石的电子探针成分分析  
Fig. 5. EMP analyses of boehmite  
(样号: SP10)

第二种途径形成的勃姆石，晶体呈梭状或不规则状。成因证据有以下三点：

1. 电子探针成分分析证实，勃姆石晶体中含有少量 Si (见图5)。
2. 野外剖面上勃姆石铝土矿层与上覆的高岭石粘土岩呈渐变过渡。

为了论证上述观点是否符合客观实际，从以下几个方面来分析：

(1) 铝土矿形成的物质条件。众所周知，中奥陶世后，华北地台整体上升，马家沟组碳酸盐岩与前寒武系铝硅酸盐岩遭受风化剥蚀，形成了巨厚的富含铝硅铁的红土和钙红土风化壳。

之后，在地表水作用下，这些风化壳物质以胶体的、机械的及溶液的形式搬运到沉积盆地，为粘土矿物及氢氧化铝矿物的形成、富集准备了物质条件。

(2) 勃姆石矿物形成的物理化学条件。Schellmann<sup>(4)</sup>的实验表明，非晶质氢氧化铝凝胶在 pH 值为 7.5、且有复合离子  $\text{HCO}_3^-$  存在的介质中存放 7 个星期，结果生成了勃姆石，1966 年 Pedro 和 Berrier<sup>(4)</sup> 用 pH 为 6、温度为 65℃ 的水浸滤高结晶度的高岭石，得到了高结晶度的勃姆石。Pedro<sup>(4)</sup> 的实验又表明，高岭石无序时，这种分解作用发生最快，且最有利于勃姆石结晶的条件是有  $\text{Ca}^{2+}$  离子存在的中性或微碱性介质。

工作区的情况表明，这些条件是完全可以满足的。首先，下伏碳酸盐岩的岩溶化提供了充足的、促进勃姆石生成的  $\text{Ca}^{2+}$  和  $\text{HCO}_3^-$ ，揭开了绝大部分沉积型铝土矿总是产于碳酸盐岩岩溶面上这一自然之谜（当然，碳酸盐岩的风化还提供了成矿的物质来源）。其次，结晶勃姆石矿物常与玉髓共生，这提供了硅铝复合凝胶及粘土矿物向勃姆石转化的一个间接证据，玉髓即是这一转化过程中游离出来的  $\text{SiO}_2$  的沉淀物。

① 邓红灯，1987，硕士论文《晋西北铝土矿物质组份研究及其成因探讨》。

综上所述,勃姆石矿物是在碱性还原、含有 $\text{Ca}^{2+}$ 和 $\text{HCO}_3^-$ 离子的环境中,由铝硅凝胶和高岭石转化而来的。

勃姆石的研究有以下几点意义:

1. 丰富了铝土矿的矿石类型,扩大了铝土矿的找矿对象。但矿石的野外特征与硬质耐火粘土矿酷似,因此,在观察时应特别仔细。
2. 初步弄清了勃姆石的矿物学特征,为今后勃姆石的室内识别及研究提供了一定的参考依据。
3. 补充了G层铝土矿的成因机理。

本文是笔者在中国地质科学院研究生学习期间毕业论文的一部分,借此机会谨向导师郑直研究员致以衷心地感谢。

#### 参 考 文 献

- [1] 刘长龄、时子祯, 1985, 山西、河南高铝粘土铝土矿床矿物学研究, 沉积学报, 第3卷, 第2期。
- [2] Г.Н.布申斯基, 1984, 铝土矿地质学, 地质出版社。
- [3] V.C.法默, 1982, 矿物的红外光谱, 科学出版社。
- [4] Gyorgy Badossy, 1982. Karst Bauxite, Printed in Hungary.

## Mineralogical Characteristics of Boehmite from the Pugou Bauxite Deposit in Hequ County, Shanxi Province

Deng Hongdeng

(Foundation Institute, China Academy of Building Research)

Key words: Boehmite; bauxite; mineralogy; Hequ county in Shanxi province

#### Abstract

Pugou bauxite is a small-sized ore deposit, in which boehmite was discovered for the first time. With the help of polarizing microscope, XRD, IR and SEM, the author has made a detailed study on the mineralogical properties of boehmite.

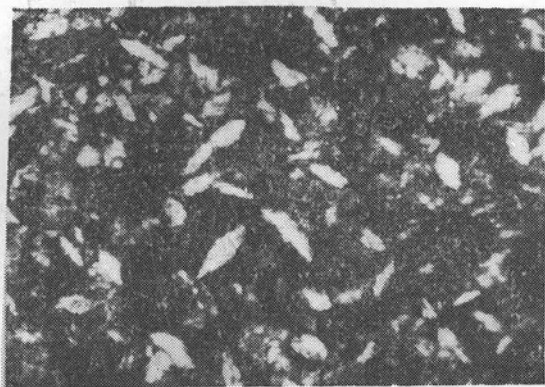
Boehmite,  $\gamma\text{-AlOOH}$ , belongs to orthorhombic system.  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ ,  $a_0 = 3.690 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 12.162 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 2.866 \text{ \AA}$ . The crystals are mainly blades and rhombohedral in shape, colorless or yellowish in color, and  $0.5\mu$  to  $4\mu$  in size.

The XRD analyses demonstrate that the characteristic lines of boehmite are  $d_{020} = 1.848$ ,  $d_{220} = 1.769$  and  $d_{080} = 1.529$ .

The IR analyses show that the characteristic frequency bands are  $3300\text{cm}^{-1}$ ,  $3078\text{cm}^{-1}$ ,  $793\text{cm}^{-1}$  and  $364\text{cm}^{-1}$ .

Based on indoor studies and field investigation, the author puts forward a preliminary opinion concerning the origin of boehmite. It is considered that boehmite was formed mainly in two ways during the supergene process: mainly through the direct crystallization of the Si-Al gel and secondarily from the desiccation of kaolinite.

邓红灯：山西省河曲县铺沟铝土矿中勃姆石的矿物学特征及其成因探讨\*



照片1 勃姆石菱形晶体(样号: HP69)  
偏光(+),  $\times 80$



照片2 勃姆石卵圆柳叶状晶体(样号: HP69)  
偏光(-),  $\times 40$



照片3 似菱面体状的勃姆石晶体(样号: HP75)  
扫描电镜,  $\times 3500$