

# 遵义铝土矿中一水硬铝石的矿物学特征

李加澍

(贵州106地质大队)

主题词：一水硬铝石 矿物学特征 遵义

〔内容提要〕本文通过对遵义铝土矿中的主要铝矿物——一水硬铝石矿物学特征的研究，初步阐述了不同生长条件下的一水硬铝石其形态、颜色、杂质元素有一定的差异。

遵义铝土矿产于下石炭统含铝岩系中，其底板地层为中上寒武统娄山关群白云岩或下奥陶统桐梓组白云岩、鸭蛋绿色页岩，与含铝岩系呈岩溶不整合接触；顶板为下二叠统梁山组或栖霞组灰岩，与含铝岩系呈假整合接触。

含铝岩系下段为水云母粘土岩段，上段为铝质岩段，铝土矿存在于上段铝质岩段中。本区铝土矿按工业类型分为：低铁低硫铝土矿、高铁铝土矿、高硫铝土矿、高铁高硫铝土矿和高硫炭质铝土矿（含炭大于0.8%）；按自然类型分为：土状铝土矿、碎屑状铝土矿、豆鲕状铝土矿和致密状铝土矿。铝矿物主要为一水硬铝石，仅在少数样品中发现有极微量的一水软铝石和三水铝石。粘土矿物中以水云母和高岭石为主，水云母常多于高岭石。

## 1 一水硬铝石的矿物学特征

本区铝土矿主要呈碎屑状结构，碎屑和胶结构都以一水硬铝石为主。碎屑呈棱角状—卵圆状都有（主要呈棱角状和次棱角状），大小不一，分布不均，表明分选极差。碎屑和胶结物中的一水硬铝石，因生长条件的差异、多次不同程度的改造，表现为自形程度和颗粒大小也不同，从自形一半自形—粒状，隐晶—粗粉晶都有。此外，常见由豆、鲕粒和碎屑组成的复合型碎屑结构和豆鲕结构，亦见一水硬铝石交代黄铁矿和黄铁矿交代一水硬铝石的交代结构及具陈化龟裂纹呈不规则多边形的凝胶状结构（铝凝胶已重结晶为泥晶状一水硬铝石）等。一水硬铝石在不同矿石类型中，其含量从60—95%以上不等。

### 1.1 一水硬铝石的化学组成（表1、2）

一水硬铝石中除含有硅、铁、钛、铬等主要杂质外，尚含有微量的铍、硼、镓、铜、钴、钒、锰、钙、镁、铈等杂质。但表生无色透明板柱状的一水硬铝石，经单矿物激光光谱分析（中国地科院岩矿测试研究所分析），不含任何杂质；淡黄色透明者含少量硅和铁。

后槽、仙人岩、院子头的一水硬铝石，电子探针结果（表1）表明，三氧化二铝含量普

表 1 一水硬铝石电子探针分析结果

Table 1 Electron probing data of diaspore

序 号	矿 区	矿 石 类 型	分 析 点 矿物形态	化 学 成 份 (%)					
				Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	FeO	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	H <sub>2</sub> O
1	后 槽	碎屑状铝土矿	柱状	88.18	0.72	5.53	0.23		5.34
2			板状	91.64	0.48	0.08	0.24		7.56
3		碎屑状含炭质铝土矿	板状	94.41	0.79	0.03	0.02		4.75
4	仙人岩	砂一砾屑状铝土矿	板状	92.38	0.58	0.63	0.32		6.09
5		砂屑状泥晶铝土矿	板状	86.18	0.61	1.80	4.41		6.99
6	川下组	泥晶铝土矿	柱状	76.68	0.28	1.47	0.35		21.21
7	院子头	碎屑状铝土矿	不规则状 (状似菱角)	85.59	0.43	0.27	0.50		13.21
8				82.12	2.72	0.41	0.46	2.91	11.38
理论值				84.96					15.02

测试单位：云南地矿局测试中心

高于理论值，水的含量降低。据测试单位称，与制样有关。笔者认为，有可能是受燕山运动和区域变质作用的影响或因受邻区早二叠世晚期玄武岩喷发的影响，使铝土矿的温度增高，产生脱水现象，致使其三氧化二铝含量高于理论值。从本区铝土矿中存在暗淡绿色近透明、具复三方柱状晶形、无腐蚀痕迹的电气石及绿帘石，得到佐证。

表 2 一水硬铝石中微量元素分析结果（光谱半定量，PPm）

Table 2 Trace element analysis data in diaspore

矿区	矿物颜色、形态	Ru	Ra	B	Sc	Ga	Ge	Pb	Sn	Cr	Ni	Cu	Zn	Zr	V	Ti	Mn	K	Na	Ca	Mg	Nb
后 槽	无色透明、板柱状晶体	3	/	<10	/	50	/	/	/	200	/	<10	/	300	200	4000	30	/	/	200	2000	100
仙人岩	棕色、不规则状单体	7	/	<10	/	30	/	40	/	/	/	<10	/	/	100	1000	10	/	/	100	1000	/
后 槽	棕色、晶粒状集合体	20	/	30	/	50	/	/	/	200	<10	<10	/	200	200	8000	30	10000	/	/	2000	/
	淡棕色、晶粒状集合体	10	/	10	/	30	/	/	/	300	<10	<10	/	200	300	5000	10	/	/	/	1000	/
仙人岩	浅棕色、晶粒状集合体	5	/	10	/	70	/	/	/	200	<10	<10	/	300	200	~10000	10	/	/	/	2000	/
后 槽	紫黑色、叶片状集合体	~10	/	10	/	200	/	20	/	100	30	20	/	200	~100	4000	/	10000	/	200	1000	/
	浅棕色、叶片状集合体	~10	/	<10	/	30	/	/	/	100	/	<10	/	200	~100	4000	/	/	/	/	400	100
仙人岩	灰白色、物晶状集合体	3	/	10	/	~100	/	/	/	100	/	<10	/	200	100	10000	10	/	/	100	1000	/
甸 汪	灰白色、物晶状集合体	5	/	10	10	~100	/	/	<10	300	/	<10	/	300	150	10000	<10	/	/	300	1000	/

矿名	矿物颜色、形态	Be	Ba	B	Sc	Ga	Ge	Pb	Sn	Cr	Ni	Cu	Zn	Zr	V	Ti	Mn	K	Na	Ca	Mg	Nb
仙人岩	粉红色, 粉晶状集合体	5	/	10	10	~100	/	/	~10	300	/	<10	/	300	100	20000	20	/	/	100	3000	100
川上庙	粉红色, 粉晶状集合体	5	/	<10	/	50	/	/	<10	500	10	<10	~100	300	200	5000	10	~10000	/	<100	20000	/
	灰白色, 粉晶状集合体	3	/	20	/	70	/	/	/	100	/	<10	/	/	~100	3000	/	/	/	500	700	/
院子头	灰白色, 粉晶状集合体	10	<10	20	/	100	10	/	/	300	<10	<10	/	400	100	10000	10	~10000	/	300	3000	/
	淡黄色, 粉晶状集合体	5	<10	20	/	150	10	30	/	300	/	<10	500	400	100	7000	20	~10000	/	1000	3000	/
荷江	灰白色, 细粉砂状集合体	5	100	30	10	150	/	/	<10	300	/	<10	/	300	150	13000	<10	~10000	300	10000	2000	/
后槽	浅灰白色, 泥晶集合体	10	/	20	/	50	/	/	/	300	/	/	/	200	300	5000	10	/	/	20000	1000	/
	深灰色, 泥晶集合体	5	/	20	/	30	/	/	/	300	<10	<10	/	400	200	10000	10	/	/	/	1000	/
川上庙	灰色, 隐晶集合体	5	/	10	/	70	/	/	/	400	/	<10	/	300	200	10000	10	/	/	100	2000	/
后槽	浅灰色, 球粒	5	/	<10	/	50	/	/	/	200	/	/	/	200	100	4000	/	/	/	100	1000	100

## 1.2 X 射线分析及晶胞常数 (表 3、4、图 1)

表 3 一水硬铝石晶胞参数

Table 3 Diaspore spar parameter

晶胞参数 序号	a	b	c	v	矿名	矿石类型
1	4.405	9.430	2.846	118.22	后槽	碎屑状铝土矿
2	4.404	9.431	2.846	118.21		层屑状铝土矿
3	4.407	9.431	2.846	118.29		碎屑状含炭质铝土矿
4	4.403	9.429	2.846	118.15		致密—碎屑状铝土矿
5	4.401	9.430	2.844	118.03	仙人岩	砂、层屑铝土矿
6	4.405	9.434	2.849	118.40		砂屑状泥晶铝土矿
7	4.404	9.431	2.847	118.25	院子头	碎屑状铝土矿
8	4.41	9.40	2.84	117.73	系统矿物学	

测试单位: 云南地矿局测试中心

表 4 一水硬铝石 X 射线粉晶分析数据  
Table 4 Diaspore X-ray powder analysis data

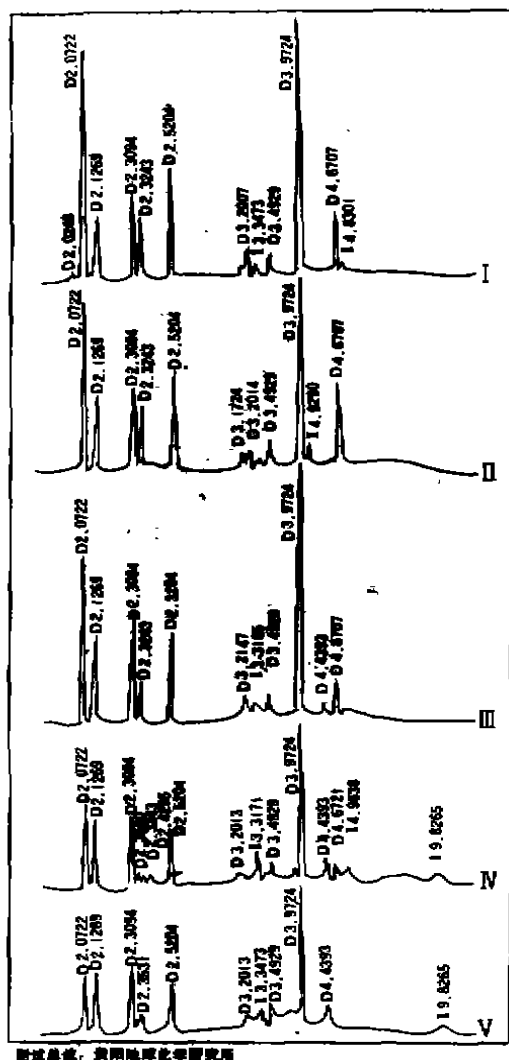
1		2		3		1		2		3		1		2		3	
d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I	d (Å)	I
5.50	1	5.18	1	5.18	1	1.48	4	1.479	6	1.479	6	1.038	3	1.039	4	1.041	4
4.70	1	4.70	3							1.43	2			1.020	1	1.02	1
4.38	2	4.40	4			1.42	3	1.42	3	1.42	3	1.009	1	1.010	1	1.01	1
3.99	10	3.99	10	3.99	10	1.40	1	1.395	2	1.39	2	1.003	1	1.004	1	1.004	1
3.52	1			3.57	4	1.372	3	1.37	6	1.37	6			0.999	1	0.998	1
3.22	1	3.20	3	3.22	1	1.34	1			1.34	3	0.989	1	0.9924	1	0.992	1
2.82	1	2.84	2	2.84	2	1.328	1	1.32	3					0.988	1	0.976	4
2.56	5	2.56	8	2.56	8	1.30	1					系三个样品的分析结果相同, ①无色透明板柱状晶体,采自后槽土状铝土矿中; ②不规则状和纤维状二个样品采自仙人岩致密状铝土矿中		浅棕黄色,具黄铁矿立方体假象,样品选自院子头水云母粘土岩中		棕黑色柱状、棕色叶片状、黑色树脂光泽碎片三个样品,均选自后槽含炭质铝土矿中	
				2.36	1	1.287	1	1.284	3	1.289	3						
2.32	8	2.318	7	2.31	7	1.255	1	1.258	1	1.259	2						
2.15	6	2.13	6	2.13	6	1.24	1	1.240	1	1.243	2						
2.07	7	2.079	9	2.07	9	1.21	1										
1.89	1	1.89	1	1.89	1	1.203	2	1.20	3	1.207	3						
1.805	2	1.798	3	1.79	3	1.172	2	1.17	4	1.174	4						
1.72	2	1.71	3			1.14	1	1.14	1	1.140	4	贵州地矿局实验室分析		贵州地矿局 101 地质大队实验室分析			
1.67	1					1.10	1			1.093	1						
1.635	9	1.63	8	1.64	8	1.09	2	1.09	1	1.088	4						
1.61	2	1.608	3	1.60	2	1.072	1			1.073	2						
1.57	1	1.572	3	1.57	2	1.065	2	1.063	1	1.067	3						
1.52	2			1.52	2	1.054	1										

单矿物 X 射线粉晶分析数据表明,本区一水硬铝石主要谱线为 3.99 (10)、2.56 (8)、2.318 (8)、2.07 (9)。X 射线衍射分析,反映一水硬铝石结晶程度较高,峰尖锐,峰值强度与三氧化二铝含量基本一致。三氧化二铝含量分别为 I——77.28%、II——74.51%、III——77.00%、IV——62.75%、V——61.53%。

晶胞常数与标准值基本一致,但 a 略小、b 略大。

### 1.3 差热分析 (图 2)

不同矿石类型中的一水硬铝石的差热分析结果基本一致,在 450—600℃ 出现一个极明显的吸热谷,是一水硬铝石发生剧烈脱水所形成的,而后直至 1100℃ 均未见任何变化,说明已形成了稳定的  $\alpha$ — $\text{Al}_2\text{O}_3$  (刚玉)。



测试单位：贵州地矿局实验室

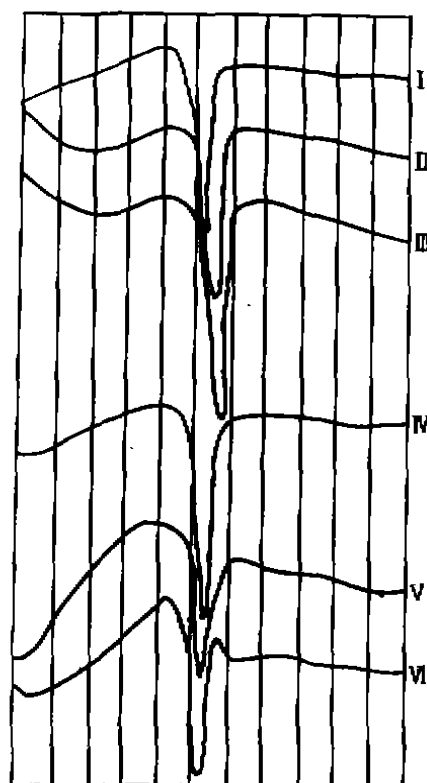
图 1 遵义铝土矿 X 射线衍射分析图谱

I. 土状铝土矿；II. 碎屑状铝土矿；III. 含砾碎屑状铝土矿；IV. 致密状铝土矿；V. 豆状铝土矿；D. 一水硬铝石；I：水云母

Fig. 1 X-ray analysis spectrum in Zunyi bauxite

板柱状不规则堆集等形态的集合体，存在于铝土矿中，也存在于铝土质粘土岩中，粘土岩中偶见。与粘土矿物（以水云母为主，次为高岭石、绿泥石等）关系密切，伴生有锐钛矿、锆石、金红石、电气石等重矿物。

一水硬铝石呈无色、淡黄色、淡棕色透明及棕色、黑色半透明和不透明。集合体呈白色、灰白色、灰色、灰黑色至黑色等。玻璃光泽。硬度 5—7。比重 3.369—3.375（根据晶胞常数换算值），晶体中偶见包裹有兰色锐钛矿，也见一水硬铝石晶体上附生或穿插进另一



测试单位：贵州地矿局实验室

图 2 一水硬铝石差热曲线

I. 土状铝土矿；II. 致密状铝土矿；III. 碎屑状铝土矿；IV. 砾屑状铝土矿；V. 豆状铝土矿；VI. 碎屑状铝土矿（高密）。

Fig. 2 Diaspore differential thermal analysis curves

#### 1.4 一水硬铝石的形态及物理、光学性质

质

一水硬铝石的形态多样，呈柱状、板柱状、板状、叶片状、板条状、粒状及不规则状，亦见呈黄铁矿的立方体，五角十二面体假像。组成晶粒状、叠片状、晶簇状及柱状、

无色透明或黑色的一水硬铝石小晶体。晶体大小为  $0.9-0.0003\text{mm}$ ，大者少见，长/宽 $\approx 8-1$ ，一般  $2-3$ 。透明光下无色或带淡兰、浅棕色，透明，解理平行  $(010)$  完全，平行消光，二轴晶正光性。

(1) 无色或淡黄色透明柱状、板柱状、板条状及板状晶体 (照片 1、7—12, 图 3①)。晶体沿  $C$  轴伸长成柱状、板柱状、针状 (偶见) 或平行  $(010)$  生长成板状。有二种形态: 一为柱面发育, 大多见到柱面具纵纹。透射光下为无色正高突起, 平行消光, 负延性, 二轴晶正光性,  $2V \approx 84^\circ$ ,  $N_p = 1.701$ ,  $N_m = 1.721$ ,  $N_g = 1.750$ ; 二为板柱状或板状晶体中包裹一个柱状或片状一水硬铝石晶体。包括以下两种: ①无色透明板柱状或近似针状一水硬铝石晶体内包裹黑色或棕黑色短柱状一水硬铝石晶体, 二者界线分明, 无色透明者晶面具纵条纹或横条纹 (以横条纹者为多), 横条纹或纵条纹与所包裹的短柱状晶体的  $C$  轴方向相垂直 (照片 3, 图 3②); ②板状无色透明一水硬铝石外形不规则, 晶面无条纹, 内包的叶片状棕色或黑色的一水硬铝石亦呈不规则状, 二者界线清楚。但被包裹的黑色叶片状一水硬铝石的边界圆滑, 中间有一似管状通道, 表明被溶蚀的结果 (照片 4, 图 3②)。

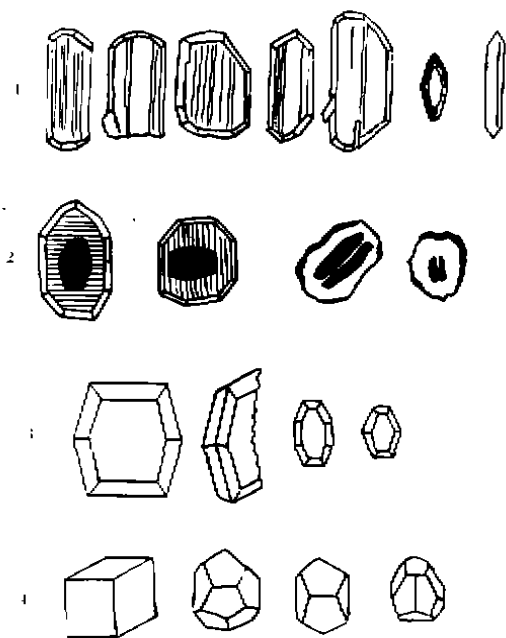


图 3 一水硬铝石晶体素描图

Fig. 3 Sketch of diaspore crystal body

上述形态的一水硬铝石, 在全区各种类型的铝土矿石中均可见到, 但以板状、叶片状、半自形的板柱状、粒状的一水硬铝石组成铝土矿的主体。呈柱状、板柱状的一水硬铝石主要产于土状铝土矿中, 其中柱状、板柱状一水硬铝石中包裹有黑色短柱状、叶片状一水硬铝石者, 仅见于碎屑状含炭质铝土矿中; 板状、叶片状、粒状一水硬铝石主要见于碎屑状、致密状铝土矿中; 极细小的板条状一水硬铝石常见于豆鲕状铝土矿的鲕粒中。

(2) 深浅不同的棕—黑色叶片状一水硬铝石。外形呈叶片状, 透明一半透明, 组成叶片状杂乱堆积的集合体, 中常嵌有晶形完整的锐钛矿。透射光下为浅黄色, 具弱多色性, 正高突起, 平行消光, 二轴晶正光性,  $2V \approx 80^\circ$ ,  $N_p = 1.698$ ,  $N_m = 1.717$ ,  $N_g = 1.748$ 。见于后槽矿区土状、碎屑状、碎屑状含炭质铝土矿中。

(3) 棕黑色、黑色短柱状晶体 (照片 2, 图 3③)。呈短柱状或假六方板状晶体, 亦见晶体上附生或穿插进同一颜色、形态的一水硬铝石小晶体。晶体最大  $0.4 \times 0.24\text{mm}$ , 最小  $0.08 \times 0.06\text{mm}$ , 一般  $0.2 \times 0.16-0.17 \times 0.12\text{mm}$ 。产于后槽碎屑状铝土矿中, 极少见。

(4) 不规则状 (照片 6)。形态多样, 呈近圆粒状、棒状、冰凌状、水滴状、串珠状、玛瑙状 (黄、褐色相间过渡, 形成似环带状) 等。颜色为无色透明, 淡黄、乳白、黄褐色半

透明。表面光滑无棱角。具玻璃、油脂、珍珠、树脂光泽。硬度5左右。粉末白色。亦见细小的圆珠状、棒状、无色或淡黄色透明者，沿一定方向排列，中夹（或包裹）许多黑色炭质（或有机质），集成似纤维状（照片5）。产于后槽碎屑状铝土矿和仙人岩致密状铝土矿中。

## 2 一水硬铝石的产出特征

本区铝土矿属一水硬铝石型铝土矿，铝土矿各矿石类型中矿物组合大同小异。铝矿物均以一水硬铝石为主；粘土矿物主要为水云母，高岭石、地开石、绿泥石等少见；少量赤铁矿、针铁矿、褐铁矿、黄铁矿等铁矿物；重矿物有锐钛矿、板钛矿、金红石、锆石、电气石等。

土状铝土矿：外观粗糙，孔隙度高，具显微晶结构。一水硬铝石自形程度高，主要呈柱状、板状及片状晶体，透明度好；粘土矿物为呈鳞片状、片状的水云母；锐钛矿自形，晶形完好，呈四方双锥和四方板状晶体。但在土状铝土矿中，亦见有残留的碎屑和鲕粒，组成局部的碎屑结构、鲕粒结构。三氧化二铝含量最高可达80%以上，X光衍射分析谱线几乎是纯一水硬铝石。

碎屑状铝土矿：具碎屑结构，碎屑外形从棱角状到圆状都有，亦见大碎屑中有小碎屑。碎屑主要由呈粒状、板状、柱状一水硬铝石组成，水云母呈鳞片状（有的碎屑纯由一水硬铝石组成晶粒结构）。但川主庙CK58碎屑状铝土矿，经X衍射分析，粘土矿物为地开石。仙人岩铝土矿中的粘土矿物，经电镜扫描（西南地矿所）以铁绿泥石为主，亦有水云母、高岭石。碎屑状铝土矿中碎屑和胶结物成份一致。

豆鲕状铝土矿：具豆粒结构、鲕粒结构、碎屑结构。豆粒常为碎屑和鲕粒的复合颗粒，亦见碎屑由豆、鲕粒组成。一水硬铝石一般呈隐晶状难以辨认，部份粒度大于0.005mm。豆鲕粒中的一水硬铝石在偏光显微镜下常呈云雾状，在电子显微镜下为细小的板条状、与水云母、绿泥石伴生。

致密状铝土矿：具隐晶结构，一水硬铝石一般均小于0.005mm，粘土矿物为水云母。

在各类型铝土矿的晶间孔和鲕粒的中心或中空鲕粒的边部常见自形程度极高或呈晶簇状、无色透明纯净、粒度大（大者可达1mm左右）的一水硬铝石。

## 3 结 语

矿物晶体的生长过程，其本质是由晶体内部结构上的规律性所决定的，形成有规律的几何外形。但自然界实际生成的晶体，往往是非理想的形态，是由于受生成条件（界质成分、浓度、温度、溶液的过饱和程度、粘度、压力等）和环境所制约，因而在不同生长条件下形成的同种晶体，其晶形及形态特征常有一定的差异；而在相同条件下生长的同种晶体，又总是趋向于形成某种特定的晶形和形态特征。

本区一水硬铝石总的面貌是结晶程度高，但由于普遍的经多次改造掩盖了原始面貌。

(1) 粒度极细小,呈板条状、它形粒状的一水硬铝石常与胶铝矿、赤铁矿、针铁矿共生,是古风化自生型一水硬铝石<sup>〔1〕</sup>。板条状一水硬铝石出现在鲕粒的外层同心环带,粒度为毫微米级,经电子探针分析:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  65.9%、 $\text{SiO}_2$  11.64%、 $\text{FeO}$  1.70%及微量 Ti、K、Ca、Mg 等,鲕粒中心部位为铝的含水氧化物:  $\text{Al}_2\text{O}_3$  30.6—36.8%、 $\text{SiO}_2$  31.9—40.7%、 $\text{FeO}$  2.8—11.5%及微量 Ti、K、Na、Ca、Mg。可见一水硬铝石杂质含量高。

(2) 呈隐晶—微晶半自形细长柱状或片状集合体的一水硬铝石,主要共生矿物为水云母、高岭石等,是古表生准同生型一水硬铝石<sup>〔1〕</sup>,是成岩阶段的产物。

(3) 自形微晶—粉晶,呈长柱状、板状,晶体完整,质纯净(无任何杂质),并常见重结晶次生加大,多生长于细小孔隙中的一水硬铝石,为成岩后生型一水硬铝石<sup>〔1〕</sup>。

(4) 含炭质高的铝土矿中的一水硬铝石色深,常呈棕—黑色,灰黑或黑色含炭质铝土矿,经野外追索,横向上常逐渐过渡为炭质页岩。野外工作中,含炭质铝土矿也易被误认为炭质页岩。该深色一水硬铝石可能是沼泽化形成的铝土矿重结晶作用产物。

(5) 黑色假六方板状一水硬铝石,可能说明是三水铝石演化为一水硬铝石的证据。三水铝石演化为一水硬铝石,体积收缩,形成许多晶间孔,有利于一水硬铝石晶体自由生长的空间。

(6) 在纵剖面上,低铁铝土矿常在上部,其中的一水硬铝石结晶自形程度高;高铁铝土矿常在下部,一水硬铝石结晶程度差。表明在沉积改造过程中,以大气降水为主,从上到下的风化淋滤过程起主导作用。

本文写成时,我队刘平、陈友能同志提出了宝贵意见,特表致谢。

### 主 要 参 考 文 献

- 〔1〕 刘贵峰等 1990 黔北铝土矿成矿地质特征及成矿规律 贵州人民出版社
- 〔2〕 王 濮等 1982 系统矿物学 地质出版社

## The mineralogic Features of Diaspore in Zunyi Bauxite

Li Jashu

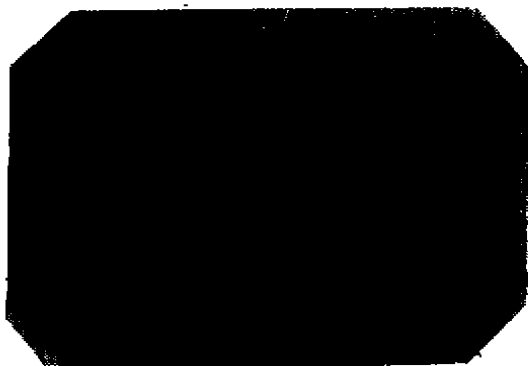
(No. 106 Geological Team, Guizhou Bureau of Geology and Minerals)

### Abstract

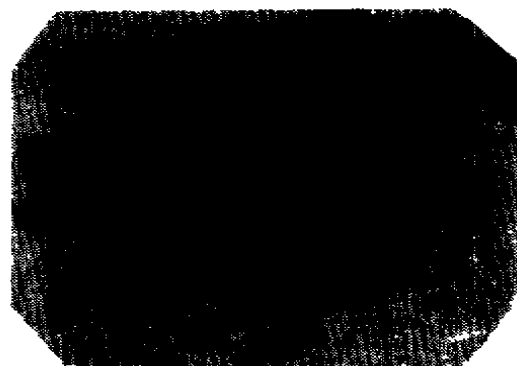
Through the study of main Al minerals in Zunyi bauxite—the mineralogic features of diaspore, this paper preliminarily expounds the differences of forms, colors and impurity elements of diaspore under different forming conditions.



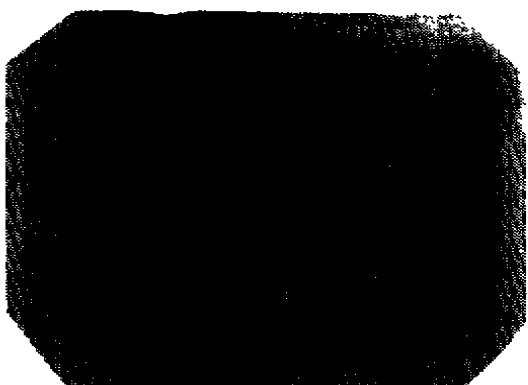
图版 1



照片 1 柱状、板柱状一水硬铝石，柱面多数云纹。×18



照片 2 短柱状、黑色一水硬铝石。×45



照片 3 无色透明一水硬铝石内包裹黑色短柱状一水硬铝石。×40



照片 4 无色透明板片状一水硬铝石内包裹黑色叶片状一水硬铝石。×45



照片 5 棒状、球状一水硬铝石(透明)与炭质(黑色)相间组成似纤维状集合体。×45

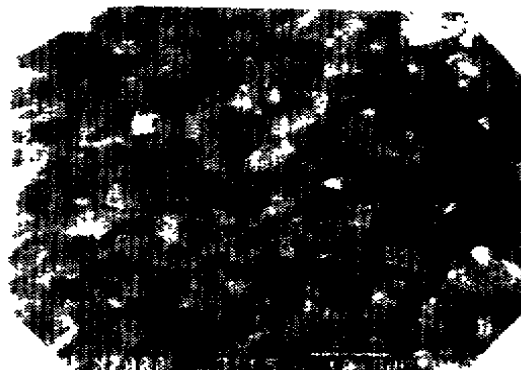


照片 6 不规则状无一定形态的一水硬铝石单体。×45

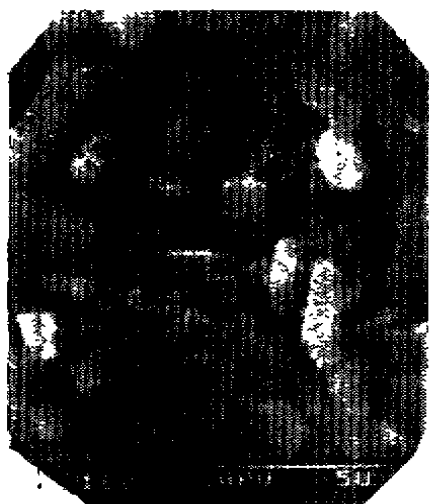
图版 2



照片 7 碎屑状铝土矿,由板状、柱状一水硬铝石及针状水云母组成。扫描电镜。



照片 8 碎屑状铝土矿,由不规则片状一水硬铝石和针状水云母组成。扫描电镜。



照片 9 土状铝土矿,一水硬铝石呈柱状。扫描电镜。



照片 10 土状铝土矿,由粒状、柱状一水硬铝石组成。扫描电镜。



照片 11 砾状铝土矿,一水硬铝石呈长、短柱状、板状、粒状、片状。扫描电镜。



照片 12 致密状铝土矿,一水硬铝石呈板状、片状。扫描电镜。