

# 个旧打磨山枪晶石的发现及其矿物学特征\*

赵一鸣 李大新

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037)

**主题词** 含水的枪晶石 矿物学特征 个旧锡矿

**提 要** 含水的枪晶石是十分罕见的交代矿物,发现于云南个旧锡矿打磨山地区燕山晚期花岗岩与三叠纪灰岩接触带夕卡岩中,它在我国是首次发现。作者对其矿物共生组合、物理性质、化学组成、光性特征、X射线粉晶衍射谱线、红外光谱和热分析曲线等特征作了较系统的研究。该矿物与钙铁榴石、透辉石、硅灰石、硅硼钙石和萤石等矿物伴生,以其明显的聚片双晶、折光率和光轴角的强烈色散以及有一定量OH替代F为特征。它形成于浅成的外夕卡岩带,是富F(B)高温流体作用下的接触交代产物。

含水的枪晶石为十分罕见的交代矿物,首次在1913年发现于美国爱达荷州Custer的花岗斑岩与灰岩捕虏体的接触带,是由Umpleby等学者发现的<sup>[1]</sup>。在云南个旧锡矿马拉格矿区的打磨山地段燕山晚期(97~81 Ma)花岗岩体与三叠纪灰岩接触带的含锡夕卡岩中,也发现了含水的枪晶石<sup>[2,3]</sup>,这在我国是首次。作者对其矿物学特征作了进一步较系统的研究。

## 1 产出地质概况和矿物共生组合

含水的枪晶石产于云南个旧锡矿田北部打磨山地区燕山晚期白沙冲花岗岩体与三叠纪灰岩接触带的含锡钙夕卡岩中。夕卡岩主要由含锡钙铁榴石、透辉石、含硼符山石和萤石组成,含少量硼钙锡矿、磁铁矿,局部还有赛黄晶。在夕卡岩的尖灭部分(K82-24号槽西端),矿物组合有一定变化,除了含锡钙铁榴石( $Ad_{79.7}$ ,  $Gr_{18.6}$ ,  $Sp_{1.7}$ ,  $SnO_2$  0.66%)、透辉石( $Di_{87.5}$ ,  $Hd_{8.1}$ ,  $Jo_{4.4}$ )、符山石和萤石外,还出现较多的硅灰石、硅硼钙石和少量白钨矿、鱼眼石等。含水的枪晶石就产在这类夕卡岩中,常交代硅灰石,而与硅硼钙石、萤石大致同时生成,属于夕卡岩期后的氟硼质交代作用产物。

## 2 化学组成

对含水的枪晶石进行了电子探针测定,并对其中的挥发组分 $H_2O$ 、F、 $B_2O_3$ 和 $CO_2$ 作了同一单矿物样品的化学分析,其结果见表1。为了便于对比,表中还列出了美国爱达荷州的含水的枪晶石和维苏威火山的枪晶石分析资料。

\* 第一作者简介 赵一鸣,男,1934年生,研究员,矿床学博士生导师。

收稿日期 1998-06-15,改回日期 1999-01-08

表 1 含水的枪晶石的化学成分(wt%)

Table 1 Chemical composition of water-bearing cuspidine (wt%)

矿物名称		含水的枪晶石		枪晶石
产地		个旧打磨山(DM-24-1)	美国爱达荷州 <sup>[1]</sup>	维苏威火山 <sup>[3]</sup>
化 学 组 分 ( 重 量 %)	SiO <sub>2</sub>	30.64	32.17	32.80
	TiO <sub>2</sub>	0.04	—	—
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	—	—
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	—	1.00	—
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06	—	—
	FeO	0.02	—	—
	CaO	55.61	55.11	61.12
	MgO	0.09	1.19	—
	MnO	0.14	—	—
	Na <sub>2</sub> O	0.02	—	—
	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.55	5.30	无
	F	8.63	8.12	9.88
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.59	—	—
	CO <sub>2</sub>	1.43	—	—
	- O= F	- 3.62	- 3.42	- 3.98
总 和	98.21	99.47	99.82	

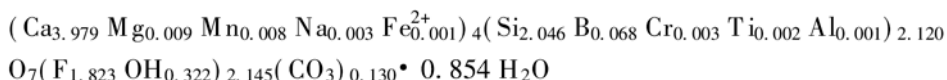
注: 样品 DM-24-1 的挥发组分 H<sub>2</sub>O<sup>+</sup>、F、CO<sub>2</sub> 和 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 为单矿物化学分析结果; 测试单位及测试者: 中国地质科学院岩矿测试研究所 夏月英, 中国地质大学 王英滨。其他组分则是用电子探针测定的; 测试仪器型号: JCSA-733 电子探针; 测试条件: 电压 15 kV, 电流 2 × 10<sup>-8</sup> A; 测试单位及测试者: 中国地质科学院矿床地质研究所 周科子

表 2 含水的枪晶石经验化学式计算表

Table 2 Calculation of empirical formula for water-bearing cuspidine

组分	含量(wt%)	分子数	原子数		系数	电价	
			氧原子数	阳离子数			
A	CaO	55.61	0.9916	0.9916	3.979	7.958	
	FeO	0.02	0.0003	0.0003	0.001	0.002	
	MnO	0.14	0.0020	0.0020	0.008	0.016	
	MgO	0.09	0.0022	0.0022	0.009	0.018	
	Na <sub>2</sub> O	0.02	0.0003	0.0003	0.006	0.003	
				0.9967	4.000		
				公约数: 0.9967/4= 0.2492			
B	SiO <sub>2</sub>	30.64	0.5099	1.0198	0.5099	2.046	8.184
	TiO <sub>2</sub>	0.04	0.0005	0.0010	0.0005	0.002	0.008
	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.01	0.0001	0.0003	0.0002	0.001	0.003
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.06	0.0004	0.0012	0.0008	0.003	0.009
	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.59	0.0085	0.0255	0.0170	0.068	0.204
					2.120	16.405	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	4.55	0.2528	0.2528	0.5056	2.029		
F	8.63	0.4542			1.823		
CO <sub>2</sub>	1.43	0.0325	0.0650	0.0325	0.130		
- O= F <sub>2</sub>	- 3.62		- 0.2263				
总和	98.21		2.1357			氧原子总数= 8.570	

经计算(见表 2), 含水的枪晶石的化学式为:



Umpleby 等(1913)<sup>[1]</sup>曾对含水的枪晶石进行过化学分析,认为其分子式应为  $\text{Ca}_4 \text{Si}_2 \text{O}_7 (\text{F}, \text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , 它和枪晶石的差别,主要在于有一定的 OH 替代了 F。本次发现的含水的枪晶石与文献中报导的含水的枪晶石的不同处是除含  $\text{H}_2\text{O}$  外,还含一定量  $\text{B}_2\text{O}_3$  (0.59%) 和  $\text{CO}_2$  (1.43%)。

由上述经验化学式计算(OH)和  $\text{H}_2\text{O}$  的含量分别为 1.5% 和 4.3%, 与本文热重分析所得结果基本吻合。

### 3 物性和光性特征

肉眼观察,含水的枪晶石为浅肉色至浅棕色,中细粒晶,粒径 1 ~ 6 mm。在薄片中为无色,可见近似菱形的切面。沿(001)面有一组完全的解理。其最大特色是正交偏光下沿(001)面发育与酸性斜长石相似的聚片双晶。最高干涉色一级黄,消光角  $c \wedge Ng = 6.5^\circ$ 。二轴晶,正光性。经在费氏台上测定,光轴角(+) $2V = 62^\circ$ 。

用油浸法测得含水的枪晶石的折光率为:  $N_g = 1.604$ ,  $N_m = 1.595$ ,  $N_p = 1.592$ ,  $N_g - N_p = 0.012$ 。该矿物的折光率色散十分明显,  $r > v$  (表 3, 图 1), 光轴角  $2V$  的色散也十分强烈。表 4 和图 2 反映了在不同波长光源下所测得的光轴角值及其色散曲线。

表 3 含水的枪晶石的折光率色散数据

Table 3 Dispersion data of refractive index for water-bearing cuspidine

浸油号	浸油折光率 (ND)	浸油色散值 (NF-NC)	浸油折光率与矿物折光率相等时的波长值(mμ)
68	1.6058	0.0269	656 (Ng)
67	1.6025	0.0259	600 (Ng)
66	1.6001	0.0254	554 (Ng)
65	1.5973	0.0254	525 (Ng)
64	1.5950	0.0252	500 (Ng), 656 (Np)
63	1.5920	0.0233	466 (Ng), 600 (Np)
62	1.5858	0.0232	525 (Np)
61	1.5832	0.0232	491 (Np)
60	1.5789	0.0236	466 (Np)

表 4 含水的枪晶石 2V 色散测定数据

Table 4 2V dispersion data of water-bearing cuspidine

光源波长 (mμ)	沿 J 轴 读数		2V(+)
656	南 43°	北 22°	65°
600	南 42°	北 22°	64°
554	南 41°	北 21°	62°
500	南 39.5°	北 21°	60.5°
466	南 39°	北 20°	59°
450	南 39°	北 19.5°	58.5°

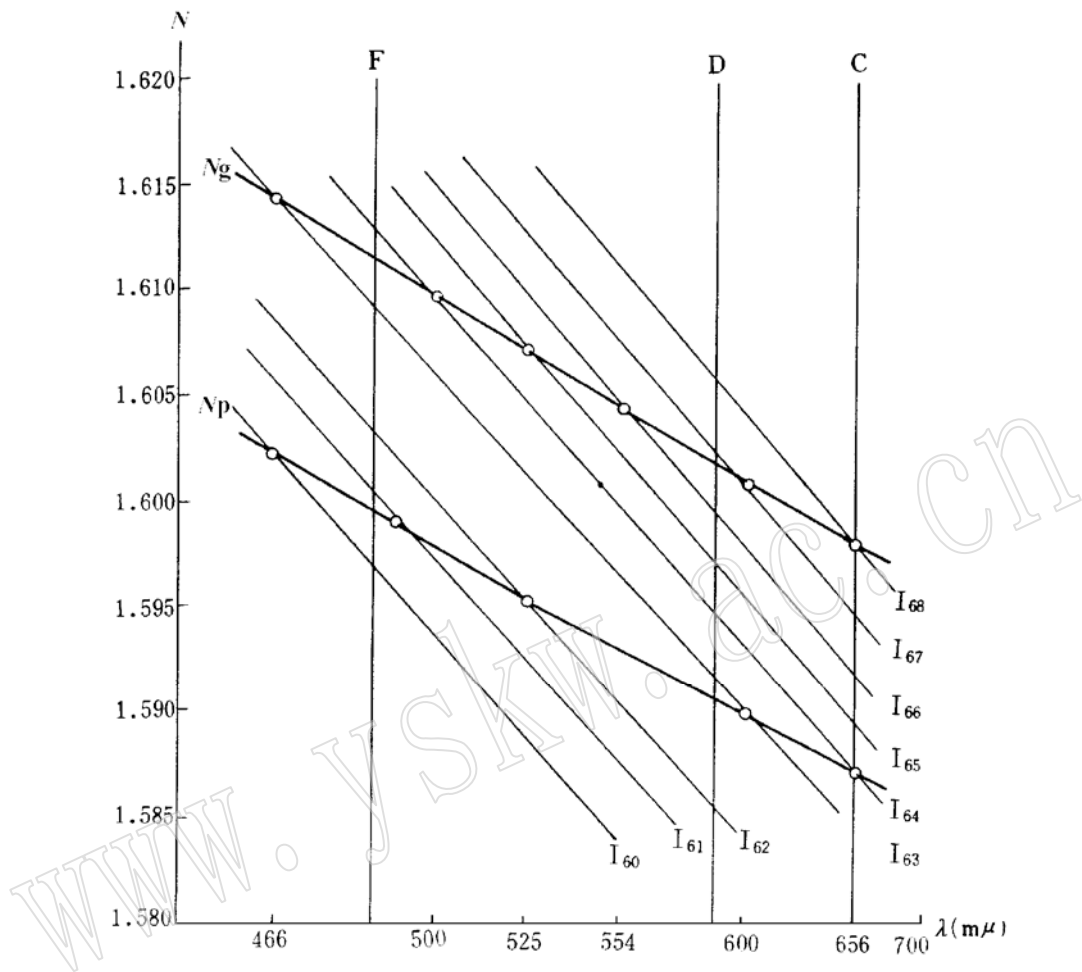


图1 含水的枪晶石的折光率色散曲线  
(I<sub>60</sub>~ I<sub>68</sub>为不同编号浸油的色散曲线)

Fig. 1 Dispersion curve of refractive index for water-bearing cuspidine

用扭力天平在四氯化碳液体中所测得的该矿物比重(D)为2.87。

#### 4 X射线粉晶衍射谱线和红外吸收光谱特征

对含水的枪晶石进行了X射线粉晶衍射分析,衍射谱线数据列于表5。从表5可以看出,该矿物的主要粉晶衍射谱线是: 3.263(30), 3.072(100), 2.954(25), 2.936(25), 2.905(40), 2.879(60), 2.020(30), 1.887(30)。它与已知枪晶石的衍射数据基本可以对比。

经计算,含水的枪晶石的晶胞参数为:  $a_0 = 10.94\text{Å}$ ,  $b_0 = 10.50\text{Å}$ ,  $c_0 = 7.623\text{Å}$ ,  $\beta = 110.42^\circ$ 。

表 5 含水的枪晶石的 X 光粉晶衍射数据

Table 5 X-ray powder diffraction data of water-bearing cuspidine

打磨山 DM-24-1		13-410°		打磨山 DM-24-1		13-410°	
<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>	<i>d</i> (Å)	<i>I</i>
		10.10	14	2.500	8	2.493	10
7.37	4	7.36	10			2.479	4
		7.12	4	2.456	8	2.451	4
5.28	4	5.28	4			2.421	4
5.15	4	5.14	6D	2.309	14	2.307	8
4.55	5	4.55	6D	2.292	10	2.287	12
4.24	4	4.23	4	2.161	4	2.158	4
3.68	6	3.68	10	2.093	4	2.089	6
3.55	4			2.066	15	2.063	10
3.43	5	3.43	4	2.050	15	2.047	8
3.35	4	3.363	16	2.020	30	2.018	18
3.263	50	3.259	30	2.007	8	1.994	6
3.073	100	3.062	100	1.989	8	1.984	6
2.954	25	3.034	25			1.959	10
2.936	25	2.943	35	1.887	30	1.883	10
2.905	40	2.900	30	1.835	25	1.832	16
2.879	60	2.873	30	1.823	25	1.821	12
2.574	10	2.569	8	1.790	8	1.809	10
2.556	10	2.550	8	1.773	5		
2.520	8	2.521	6	1.734	25		
				1.691	18		

测试仪器型号: Philips PW 1730 series X 射线衍射仪; 测试条件: 铜靶, 波长 1.54056Å, 电压 40kV, 电流 40mA;

测试单位及测试者: 中国地质科学院矿床地质研究所 黄家山; \* 引自 JCPDS, 1978

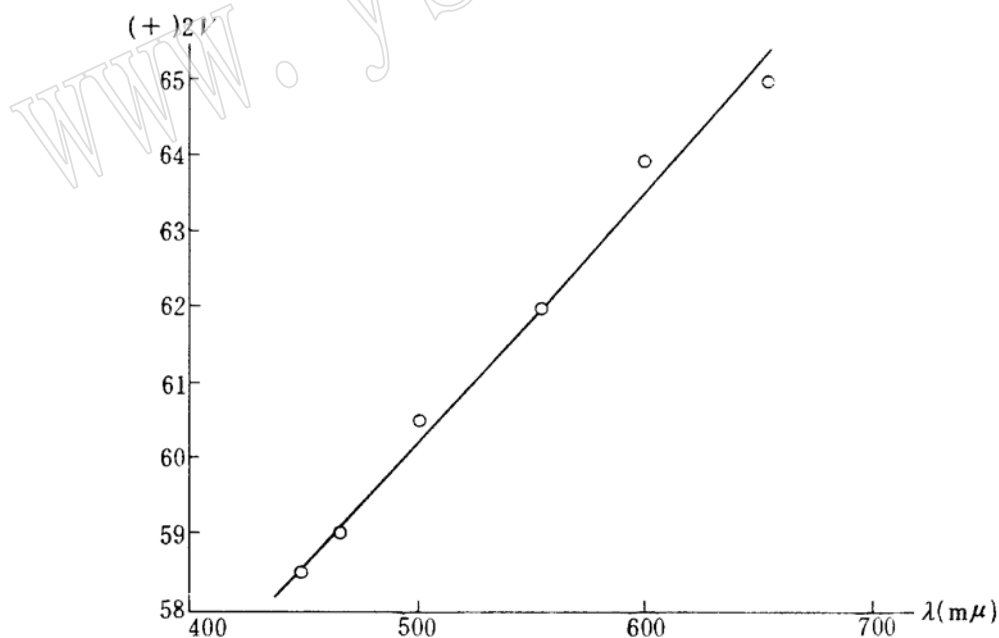


图 2 含水的枪晶石的 2V 色散曲线

Fig. 2 Dispersion curve of 2V for water-bearing cuspidine

红外吸收光谱分析结果(图3)表明,在3560、1065、1037、985、975、860、775、750、653、550、520、497、482、458、320  $\text{cm}^{-1}$ 附近,有一组吸收带。对红外吸收谱峰值进行振动指派分析,其结果为:3560为OH伸缩振动,1065~860为Si-O伸缩振动,650~458为Si-O弯曲振动和M-O振动,320为晶格振动。

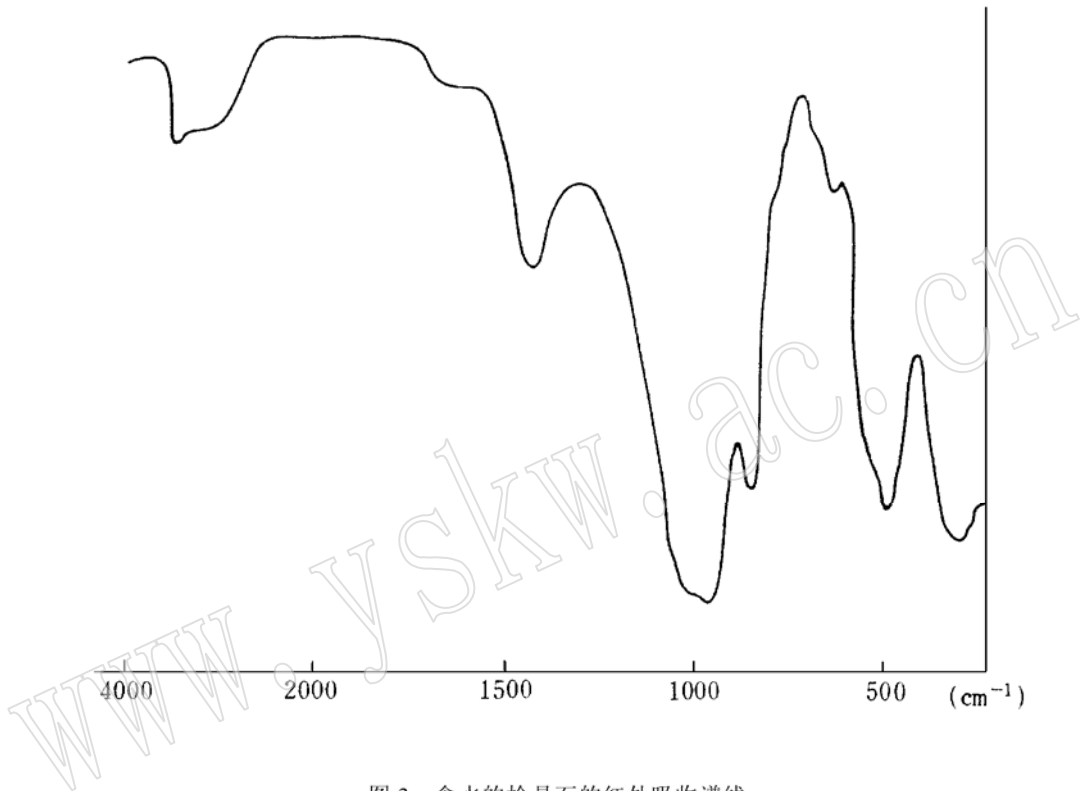


图3 含水的枪晶石的红外吸收谱线

Fig. 3 Infrared absorption spectra of water-bearing cuspidine

测试仪器型号: BRUKER IFS-25 傅利叶变换红外分光谱仪;

测试单位及测试者: 中国地质科学院矿床地质研究所 郭立鹤

## 5 热分析

含水的枪晶石的差热曲线(图4)具有3个较明显的吸热谷:第一吸热谷在100°到200℃之间,相当于吸附水的析出;第二吸热谷位于400°到440℃处,主要反映了结晶水的析出;第三吸热谷温度较高,达700~780℃,说明了羟基和挥发组分(F, B)在矿物结构中所占有的固定结构位置。另外,在830℃附近有一个小放热峰,而在1040℃附近还有一小吸热谷。

热重曲线(图4)与差热曲线大体上相符合,主要失重阶段是在250℃到690℃和700℃到760℃两个区间。前者缓慢地失去大部分结晶水(2.8%),后者失去的主要是结构水(1.6%)。因此,如果不考虑吸附水的失水量,结晶水和结构水的总失重量为4.4%,与化学分析的 $\text{H}_2\text{O}^+$  4.55%比较接近。

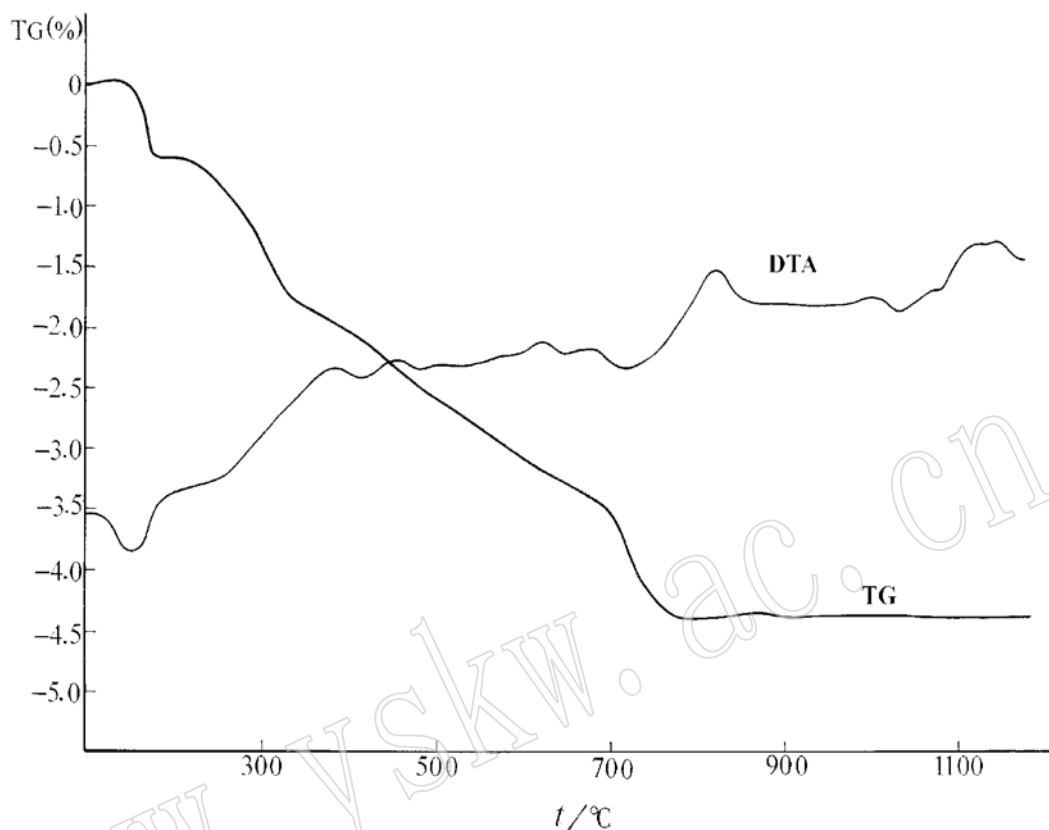


图4 含水的枪晶石的差热曲线和热重曲线

Fig. 4 DTA curve and TG curve of water-bearing cuspidine

测试单位及测试者: 清华大学材料系 张青

## 6 关于矿物命名的讨论

枪晶石与含水的枪晶石在化学成分和光性特征上有许多相似性,也有一定的差异。Umpleby(1913)<sup>[1]</sup>不但确定了含水的枪晶石的分子式,以其含一个结晶水与枪晶石有所差别,而且还曾对比过枪晶石与含水的枪晶石的光性特征的异同,指出含水的枪晶石的消光角( $6.5^\circ$ )比枪晶石( $5^\circ$ )的大,枪晶石的双晶面为(100),含水的枪晶石的则为(001)。Tilley(1947)<sup>[4]</sup>通过对波罗特福尔特的枪晶石与爱达荷州的含水的枪晶石的对比研究,认为二者在光性特征、X射线粉晶照相资料和矿物共生组合上几乎完全可以对比。他认为爱达荷州的含水的枪晶石实际上就是枪晶石。

现在在一些矿物学书中<sup>[5,6]</sup>,一般把枪晶石和含水的枪晶石当作同义词,但注明含较多水的变种称含水的枪晶石。

将个旧打磨山所发现的枪晶石与已知文献中枪晶石的矿物学资料进行对比,可以看出,该矿物中OH的含量较高,并含一定量结晶水和 $B_2O_3$ ,其经验化学式与一般枪晶石有一定的差别,消光角和双晶面与Umpleby<sup>[1]</sup>所述的含水的枪晶石相同,因此,可否将该矿物称为

含水枪晶石,需做进一步的工作(如晶体结构解析等)加以确证。

## 7 结 论

在云南个旧锡矿打磨山地区燕山晚期花岗岩与三叠纪灰岩的接触带的钙夕卡岩中发现了含水的枪晶石,它在我国是首次发现。该矿物与含锡钙铁榴石、透辉石、硅灰石、硅硼钙石、赛黄晶、萤石等伴生,是富 F(B) 高温流体作用下的接触交代产物。该矿物以其明显的聚片双晶、折光率和光轴角强烈色散以及含 H<sub>2</sub>O 和一定量 B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 CO<sub>2</sub> 为其特征。

### 参 考 文 献

- 1 Umpleby J B, Schaller W T and Larsen E S. Custerite: A new contact metamorphic mineral. *Amer. Journ. Sci.*, 1913, Ser. 4, 36: 186, 385.
- 2 Zhao Yiming, Li Daxin and Jiang Chongjun. F- B- metasomatites and discovery of some rare metasomatic minerals in the Gejiu tin deposit, Yunnan, China. *Progress in Geosciences of China (1985~ 1988)*—Papers to 28th IGC, Geological Publishing House, Beijing, 1989, 3: 87~ 90.
- 3 赵一鸣, 林文蔚, 毕承思等. 中国夕卡岩矿床. 北京: 地质出版社, 1990.
- 4 Tilley C E. Cuspidine from dolomite contact skarns, Broadford, Skye. *The Mineralogical Magazine*, 1947, 28(197): 90.
- 5 中国地质科学院地质矿产所. 透明矿物显微镜鉴定表. 北京: 地质出版社, 1977.
- 6 王 濮, 潘兆鲁, 翁玲宝等. 系统矿物学(中册). 北京: 地质出版社, 1984.

## Water bearing Cuspidine in the Gejiu Tin Deposit, Yunnan Province: Its Discovery and Mineralogical Characteristics

Zhao Yiming Li Daxin

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037)

**Key words:** water\_bearing cuspidine; mineralogical characteristics; Gejiu tin deposit

### Abstract

Water\_bearing cuspidine, a very rare mineral, was discovered by the authors in calcic skarn of the exocontact zone between Late Yanshanian granite and Triassic limestone in the Gejiu tin deposit, Yunnan Province. Its mineralogical characteristics, paragenesis, chemical composition, optical features, X\_ray powder diffraction data, infrared absorption spectroscopy and thermal analysis were studied systematically. Associated with andradite, B\_yesuvianite, diopside, datolite, fluorite, wollastonite and nordenskioldine, the mineral is characterized by clear polysynthetic twin, strong dispersion of refractive index and optic axial angle. Its optical properties are  $N_g = 1.604$ ,  $N_m = 1.595$ ,  $N_p = 1.592$ ,  $N_g - N_p = 0.012$ ,  $(+) 2V = 62^\circ$ ,  $c \wedge N_g = 6.5^\circ$ .



Electron microprobe and chemical analyses of the mineral give  $\text{SiO}_2$  30.64%,  $\text{TiO}_2$  0.04%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  0.01%,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  0.06%,  $\text{FeO}$  0.02%,  $\text{CaO}$  55.61%,  $\text{MgO}$  0.09%,  $\text{MnO}$  0.14%,  $\text{Na}_2\text{O}$  0.02%,  $\text{H}_2\text{O}^+$  4.55%,  $\text{F}$  8.63%,  $\text{B}_2\text{O}_3$  0.59%, and  $\text{CO}_2$  1.43%, with the calculated empirical formula being  $(\text{Ca}_{3.979} \text{Mg}_{0.009} \text{Mn}_{0.008} \text{Na}_{0.003} \text{Fe}_{0.001}^{2+})_4 (\text{Si}_{2.046} \text{B}_{0.068} \text{Cr}_{0.003} \text{Ti}_{0.002} \text{Al}_{0.001})_2 \cdot 12\text{O}_7 (\text{F}_{1.823} \text{OH}_{0.322})_2 \cdot 145 (\text{CO}_3)_{0.130} \cdot 0.854 \text{H}_2\text{O}$ .

The unit cell parameters are  $a_0 = 10.94\text{\AA}$ ,  $b_0 = 10.50\text{\AA}$ ,  $c_0 = 7.623\text{\AA}$ ,  $\beta = 110.42^\circ$ . Infrared absorption spectral analysis suggests that there exists stretch vibration of OH at  $3560\text{cm}^{-1}$ . Thermogravimetric analysis shows that the loss for  $\text{H}_2\text{O}$  is about 2.8% and about 1.6% for  $\text{OH}^-$ .

The authors consider that water-bearing cuspidine was formed in the hypabyssal exoskarn zone, being a product of contact metasomatism under the active role of F(B)-rich fluids. It was for the first time that water-bearing cuspidine was discovered in China.

www.yskw.ac.cn