

# 南平石 (Nanpingite) —— 一种新的铯矿物

杨岳清 倪云祥 王立本 王文瑛

张亚萍 陈成湖

(中国地质科学院矿床地质研究所)

(福建省地质矿产局)

**主题词:** 南平石; 铯沸石; 稀有元素; 花岗伟晶岩; 矿物组合带

**提 要:** 南平石是一种新的铯矿物, 它产于福建南平31号白云母—钠长石—锂辉石型伟晶岩中, 以细脉形式发育在伟晶岩中部铯沸石集合体附近的石英—羟磷铝锂石组石带内。形态酷似白云母, 比重为3.11 (实测) 和3.19 (计算)。二轴晶, 负光性, 折光率,  $N_g = 1.588$ ,  $N_m = 1.584$ ,  $N_p = 1.551$ ,  $b = N_g$ 。结晶化学式:  $(Cs_{0.83}K_{0.08}Rb_{0.01})_{0.92}(Al_{1.64}Mg_{0.22}Fe_{0.17}Li_{0.15})_{2.18}[(Si_{3.16}Al_{0.84})_4O_{10}](OH)_{1.76}F_{0.21}]_2$ 。南平石属单斜晶系,  $2M_1$ 多型, 空间群为C2/c, 晶胞参数:  $a = 5.362(3) \text{ \AA}$ ,  $b = 8.86(1) \text{ \AA}$ ,  $c = 21.42(1) \text{ \AA}$ ,  $\beta = 95.72(2)^\circ$ ,  $V = 1012.3 \text{ \AA}^3$ ,  $Z = 4$ 。热谱分析表明, 吸热谷仅有  $920^\circ\text{C}$  一处, 失重约3.3%。红外吸收谱带波数 ( $\text{cm}^{-1}$ ) 是 3634、3429、1625、1083、1018、911、823、788、741、663、515、467、420、350。

1983~1985年6月, 笔者与福建地质矿产局闽北地质大队、测试中心协作, 对南平地区的伟晶岩进行了较系统的研究工作, 发现该地区伟晶岩中矿物成分十分复杂, 达80余种, 特别是稀有元素和磷酸盐矿物种类之多, 在我国同类伟晶岩中是极罕见的。

在铯矿物中, 笔者首先发现了铯沸石, 这在华南是第一次发现。在进一步研究 Li、Rb、Cs 的地球化学过程中, 于1985年夏, 倪云祥采到一种呈细脉分布的白色云母, 笔者通过化学分析初步测定, 发现这种云母的铯含量异常高, 从而引起极大的兴趣, 经工作证实, 它是属于云母类的一种新的铯矿物, 笔者以它的产地命名为南平石。

1986年, 将该矿物的研究成果报送我国新矿物委员会评审, 之后, 呈报国际矿物协会新矿物和矿物命名委员会, 该委员会的十六名委员一致确认它为新矿物, 对其命名——Nanpingite (南平石) 也以十四票绝对多数通过。

南平石的典型标本存放在中国地质博物馆和中国地质科学院矿床地质研究所。

## 一、产状

南平石产于我国福建南平地区的31号白云母—钠长石—锂辉石型伟晶岩脉<sup>(1)</sup>中, 该脉实际上为多个单脉构成的脉组, 单体基本均呈透镜状, 平均厚10m左右, 最大厚度为38m, 长120~200m, 整个脉组控制长达1200m。31号脉的分异作用良好, 而且交代作用也颇发育。根据矿物组合, 该脉内可分出八个矿物组合带, 南平石则产于脉体中心部位并发育有铯沸石的石英—(锂辉石)—羟磷铝锂石带中, 呈细脉状穿切块体羟磷铝锂石和石英。在细脉之边缘, 南平石常呈梳状或放射状垂直脉壁生长, 细脉中部充填的矿物主要是晚期透明而贫氟的羟磷铝锂石, 其次是石英和少量浅黄色磷灰石。脉宽2mm~4cm, 延长可达2m左右。

## 二、物理性质

南平石呈片状, 鳞片状、片径一般1mm~5mm, 个别可达10mm, 完整晶形极少见, 集合体呈板状、梳状、放射状。白色—银白色, 单片无色透明, 解理沿{100}极完全, 薄片具弹性, 但比白云母稍差, 研磨时易碎。玻璃光泽, 解理面上具珍珠光泽。在克列里奇和水的混合液中测得比重为3.11, 计算比重为3.19。硬度2—3。

单偏光镜下无色透明, 无多色性, 正突起高, 最高干涉色为二级橙红, 二轴晶负光性, 折光率及2V值见表1。从表1可看出, 南平石的折光率等参数与表列两种云母是颇相似的, 但进一步对比可看出, 南平石的折光率均低于白云母, 而又均高于富铯锂云母, 这说明在云母类矿物中碱性元素种类及含量不同, 对折光率是有较大影响的, 但2V和色散特征在三类云母中变化不大。

表1 南平石及类似矿物光性参数

Table 1 Optical data of nanningite and analogues

矿物	产状	Ng	Nm	Np	2V	资料来源
南平石	南平稀有金属伟晶岩	1.588	1.584	1.551	37.6°(计算) 46°(实测)	作者
白云母	美国伟晶岩	1.59—1.62	1.58—1.61	1.55—1.57	36—50°	JCPDS <sup>(2)</sup>
富铯锂云母	秦岭稀有金属伟晶岩	Ng' = 1.5729	Nm' = 1.5700	Np' = 1.5474	36—40°	张志兰 <sup>(2)</sup>

## 三、X射线分析

对南平石运用迴摆法和魏森堡法进行了单晶及粉晶的X射线结晶学研究, 但由于该矿物的{001}解理极其发育, 而且又较白云母显脆性, 因此, 晶片常发生沿解理面的错动和挠曲, 在X射线迴摆和魏森堡照片上表现为多量的粉末线, 从而对衍射点之间关系的研究造成了困难。

粉晶的研究是在Philips-Pw1700自动粉末衍射仪上进行的, 为消除择优取向, 样品经粉碎通过200目筛后, 采用背装法装填样品, 但仍存在一定程度的择优取向, 反映了南平石具有明显的片状习性。衍射数据列于表2, 其谱形见图1。粉末衍射数据经硅粉外标标定, 并进行了角度误差的校正。为便于对比, 表中也列出了JCPDS卡片中的2M<sub>1</sub>型白云母(6—0263)。从表2看出, 南平石与白云母的粉晶X射线数据既有相似之处, 但也存在较大差异。例如, 它们有一些共同的面网, 特别是低角度处更是如此, 说明南平石和2M<sub>1</sub>型白云母在其晶体结构上有某些共同性, 然而也不难看出, 二者各还有其不同的hkl, 在白云母中存在(13 $\bar{3}$ ), (202), (204), (20 $\bar{6}$ ), (135), (223), (044)等面网, 而在南平石衍射谱的高角度处, 出现较多白云母所没有的面网。特别是在二者相同的hkl中, 不仅d值有所不同(南平石的d值普遍偏大), 而且反射强度(I/I<sub>0</sub>)差别更大。例如, 在南平石中(008)面网的反射强度最大, 其次是(0010)面网, 其它面网的反射强度普遍较弱; 而在白云母中, (006)面网的反射强度最大, 其次是最低角度处的(002)面网, 这说明南平石和白云母的晶体结构不同。

通过对南平石的a轴和b轴迴摆和魏森堡法照像以及对南平石的X射线粉末衍射谱特征的

表2 南平石的X射线粉晶数据  
Table 2 X-ray powder data of nanpingite

序号	南平石			白云母			序号	南平石			白云母		
	d值	l/lo	hkl	d值	l/lo	hkl		d值	l/lo	hkl	d值	l/lo	hkl
1	10.82	2	002	9.95	95	002	35				2.07	4	223
2	5.35	3	004	4.97	30	004	36				2.053	6	044
3				4.47	20	110	37	2.129	85	0010	1.993	45	0010
4	4.39	1	111	4.30	4	111	38	2.122	16	223			
5				4.11	4	022	39	2.092	2	225			
6	4.07	2	112	3.95	6	112	40				1.972	10	224
7	3.995	2	113	3.88	14	113	41				1.951	6	045
8	3.772	4	023	3.73	18	023	42		1		1.941	4	206
9	3.622	5	114	3.48	20	114	43	1.989	2	208	1.894	2	226
10				3.34	25	024	44	1.870	2	1110	1.871	4	208
11	3.559	2	006	3.32	100	006	45	1.838		1111			046
12	3.329	6	114	3.19	30	114	46				1.822	4	
13	3.255	2	115	3.12	2	115	47	1.812	1	228 } 138 }	1.746	4	—
14				2.987	35	025	48	1.775	3	0211			228
15	2.993	5	115	2.859	25	115	49	1.752	4	311			
16	2.919	5	116	2.789	20	116	51	1.739	2	310			
17				5.596	16	131	52	1.699	3	242			
18				2.566	55	202	53	1.658	2	313			
19	2.664	100	008	2.506	8	008	53	1.637	1	243			
20	2.654	14	202				54	1.607	4	1310			
21	2.573	2	131				55	1.574	2	246			
22	2.477	1	132	2.491	14	132	59	1.562	6	315			
23				2.495	8	133	57	1.516	4	333			
24				2.450	8	202	58	1.500	2	334 } 246 }			
25				2.398	10	204	59	1.478	2	060			
26	2.384	1	134	2.384	25	133	60	1.431	1	1312			
27	2.274	2	222				61	1.414	2	2012			
28				2.254	10	134	62	1.404	1	158			
29				2.236	4	135	63	1.383	2	2012			
30				2.208	8	221 } 204 }	64	1.328	14	067			
31	2.237	2	223	2.189	4	223	65	1.312	2	1116			
32	2.216	3	040				66	1.259	2	351			
33				2.149	16	206	67	1.248	3	351			
34				2.132	20	135	68	1.236	3	423			

测试条件:  $\text{CuK}\alpha$ ; 电压 50kV; 电流 40mA; 石墨单色器滤波; 自动狭缝

研究, 表明南平石具有 $2M_1$ 多型, 也即为单斜晶系, 其空间群为 $C2/c$ , 晶胞参数见表3。从表3看出, 南平石的晶胞参数中突出的特点是 $c_0$ 值大于白云母和锂云母。显然,  $c_0$ 值的增大, 和12次配位体中大半径 $\text{Cs}^+$ 取代 $\text{K}^+$ 有直接关系。另外,  $a_0$ 值也稍大于白云母和锂云母。但有趣的是 $b_0$ 值却又明显小于后两个矿物, 这一问题还有待对南平石的晶体结构的深入研究解决。

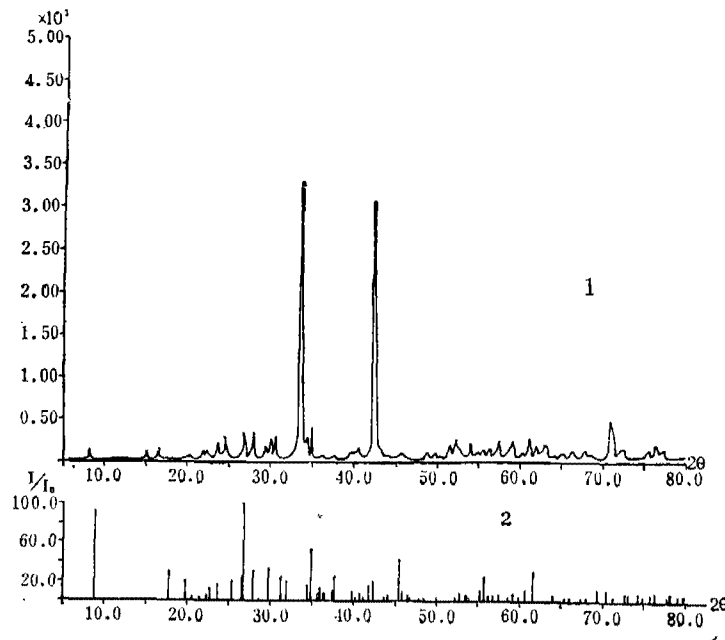


图 1 南平石的X射线粉末衍射图谱 (工作条见表 2)

1. 南平石 2. 白云母

Fig. 1. X-ray powder diffraction pattern of nanpingite

1. Nanpingite 2. Muscovite

表 3 南平石及类似矿物的晶胞参数比较

Table 3 Comparison of unit cell parameters between nanpingite and its analogues

矿物	$a_0$ (Å)	$b_0$ (Å)	$c_0$ (Å)	$\beta$	Z	a:b:c	V	资料来源
南平石	5.362(3)	8.86	21.42	95.77°	4	0.605:1:2.416	1012.3	作者
白云母	5.19	9.03	20.05	95.46°	4	0.572:1:2.22		JCPDS <sup>[2]</sup>
锂云母	5.30	9.2	20.0	98°	4	0.576:1:2.174		中国科学院贵阳地球化学研究所 <sup>[6]</sup>

#### 四、化学成分

南平石的化学成分经JSM-35能谱仪分析, 主要由Si、Al、Cs、K、Fe组成(照片1), 与伴生的白云母相比(照片2), 二者在K、Cs的含量上有明显的差异, 南平石以富铯为显著特征, 而白云母以富钾为特征。

对K、Cs等主要元素在JCA-733探针仪上所获得的背散射电子图象和元素特征X射线图象的观察表明, Cs和K在南平石中是均匀分布的(照片3), 不存在其它富铯矿物包体, Cs在南平石和白云母中(照片4)的分布呈明显的反消长关系。

在确证Cs在南平石中占据一定的晶格位置并均匀分布的基础上, 运用电子探针等方法对其成分进行了定量测定, 其结果如表4所示。对 $Cs_2O$ 还用原子吸收分光光度计和火焰光度计进行了多次测定, 用前一种方法测定的含量为24.84~25.80%, 用后一种方法测定的含量为

表4 南平石的化学成分  
Table 4 Chemical analyses of nanpingite

成分	南平石			31号伟晶岩中白云母
	$\bar{w}\%$	范围(%)	标准方差	$\bar{w}\%$
SiO <sub>2</sub>	38.54	37.81—39.62	0.87	45.25
TiO <sub>2</sub>	0.002	0.00—0.04	0.001	0.016
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.61	24.48—26.69	0.76	36.51
MnO	0.07	0.027—0.107	0.02	0.037
FeO	2.44	2.24—2.79	0.18	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + FeO = 0.58
MgO	1.78	1.69—1.87	0.09	0.12
CaO	0.007	0.00—0.007	0.002	0.12
Na <sub>2</sub> O	0.00	0.00	—	0.98
K <sub>2</sub> O	0.54	0.46—0.596	0.03	9.54
Li <sub>2</sub> O <sup>1)</sup>	0.44	0.40—0.48	0.04	0.03
Rb <sub>2</sub> O <sup>1)</sup>	0.25	0.24—0.26	0.01	0.88
Cs <sub>2</sub> O	25.29	25.09—25.47	0.12	0.12
F <sup>2)</sup>	1.00			0.16
Cl <sup>2)</sup>				0.09
H <sub>2</sub> O <sup>3)</sup>	3.27			4.48
其它				0.2
-2F=O	0.4 <sup>2)</sup>			3.6 <sup>2)</sup>
-2Cl=O				0.02
总计	98.81			99.03

1) 由地质矿产部测试研究所用原子吸收分光光度计测定;

2) 由地质矿产部测试研究所用离子选择电极法测定;

3) 由地质矿产部测试研究所用双球管燃烧重量法测定;

其余由笔者用CXA-733电子探针仪测定, 采用B-A法计算, 工作条件: 加速电压15kV, 样品电流  $2 \times 10^{-8}$ A, 标样: Ca——硅灰石, Na, Al, Si——钠长石, K——正长石, Mg——橄榄石, Ti——金红石, Fe——赤铁矿, Mn——方锰矿, Ba——重晶石, Cs——铯沸石。

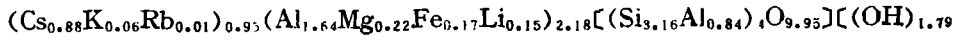
23.64%。总体来看, 不同方法测定的结果是较为吻合的。

迄今为止, 在云母类中, 含铯较高的矿物有铯黑云母(Cs<sub>2</sub>O=5.97%, 最高达10.4%)<sup>[4]</sup>, 锂云母(Cs<sub>2</sub>O=1.37%, 最高达5.8%)<sup>[5]</sup>, 但这两个矿物中的铯含量与南平石相比还是很低的。若与同一伟晶岩脉中白云母的铯含量(表4)相比, 南平石则显得更高。

但是, 和Cs的晶体化学性质相似的Rb, 在南平石中的含量又明显低于同一脉体的白云母, Cs<sub>2</sub>O/Rb<sub>2</sub>O值在南平石中为101.1, 在白云母中仅为0.136, 其原因可从Cs、Rb的地球化学性质中得到解释。虽然Rb在31号脉中的含量(Rb<sub>2</sub>O=0.124%)明显高于Cs(Cs<sub>2</sub>O=0.0184%), 但是它和含量更高的K(K<sub>2</sub>O=2.61%)在晶体化学性质上的近似性, 促使它更广泛地分布于钾矿物中, 而正是由于这一原因, 促成Cs在伟晶作用的晚期富集, 除形成铯沸石外, 取代K形成富Cs的云母——南平石。

此外, 南平石的化学成分与同脉的白云母相比, SiO<sub>2</sub>和Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量则明显偏低, 而FeO、MgO及挥发组分含量有所偏高, 反映了它是在一个偏碱性的环境中形成的。

根据南平石与白云母同结构的特点, 笔者以O+[C(OH)+F]=12计算了化学式:



$$\text{F}_{0.26}]_{2.05}$$

从化学式看出, Cs在12次配位体中占有显著优势, 具有端员矿物的特点, 在八面体空隙中, Al<sub>Ⅱ</sub>、Mg、Li、Fe等离子的总和为2.18, 在四面体空隙中, Si占据了3/4的位置, 因此, 南平石具有较典型的二八面体云母的结构特点, 其理论化学式可写成: CsAl<sub>2</sub>(SiAl)<sub>4</sub>O<sub>10</sub>(OH, F)<sub>2</sub>。

## 五、红外吸收光谱分析

图2是南平石的红外吸收光谱, 各吸收峰的频率波数见表5。它与同一伟晶岩脉的白云母相比, 其谱形和峰值有一定的相似性, 但二者也存在着明显的差异, 例如, 南平石的(OH)弯曲振动频率(663~911cm<sup>-1</sup>)显著小于白云母, 而(OH)的伸缩振动频率(3429

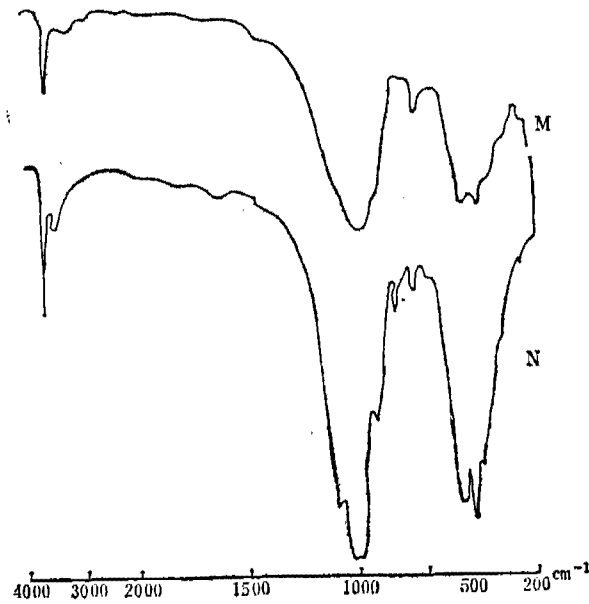


图2 南平石的红外吸收光谱

N: 南平石 M: 白云母

Fig.2 Infrared absorption spectra of nanpingite

工作条件: 岛津IR-450红外分光光度计, 样品的混合剂为KBr。

测定者: 中国地质科学院矿床地质研究所郭立鹤

表5 南平石的红外吸收谱带

Table 5 Infrared adsorption spectral band of nanpingite

矿物	频率 (cm <sup>-1</sup> )													
南平石	350	420	467	515	663	741	788	823	911	1018	1083	1625	3429	3634
白云母		400	475	530	690	750	800	830	930	1016	1060		3624	3646

~3634 $\text{cm}^{-1}$ ) 仅稍小于白云母。南平石的Si-O弯曲振动频率(350—515 $\text{cm}^{-1}$ ) 小于白云母, 而伸缩振动频率(1018~1625 $\text{cm}^{-1}$ ) 则又大于白云母。如果按白云母中红外吸收光谱频率变化规律看, 南平石的(OH)振动频率减小, 则可能和八面体中 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Li}^+$ 等离子较多数量进入有一定关系。在31号伟晶岩脉的白云母中, 其八面体内离子总数若以2计, 那么,  $\text{Mg}^{2+}$ 仅有0.001~0.026,  $\text{Fe}^{2+} + \text{Fe}^{3+}$ 为0.036~0.065,  $\text{Li}^+$ 为0.006~0.028, 这些离子在南平石中的含量则分别是白云母的14倍、3.5倍和8倍, 相反,  $\text{Al}_\text{VI}$ 的数量则明显低于白云母。这也说明, 八面体中 $\text{Al}_\text{VI}$ 被 $\text{Mg}^{2+}$ 等低价阳离子较大量取代是南平石的一个特点。

## 六、热谱分析

图3是南平石的热谱图, 与31号伟晶岩脉中的白云母相比, 它的吸热谷出现在920 $^{\circ}\text{C}$ , 而白云母基本不超过900 $^{\circ}\text{C}$ 。从宏观特征看, 该脉中的白云母形成时间明显早于南平石, 即形成温度更高一些, 但热谱分析中结晶水的逸出和结构破坏所需温度却又低于南平石, 这说明南平石的晶体结构中离子之间键力的联系更强一些。这种特征在秦岭东段伟晶岩的白色富铯锂云母中也有所反映, 这种云母的吸热谷产生在930~940 $^{\circ}\text{C}$ 之间, 看来, 稀碱大离子在云母类晶体中的存在, 有使矿物趋于稳定的倾向, 但这一问题还有待深入研究。

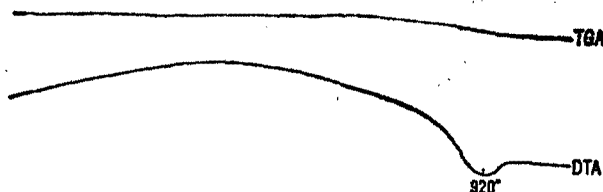


图3 南平石的DTA-TGA曲线

Fig. 3 DTA-TGA curves of nanpingite.

工作条件 起止温度: 室温—1200 $^{\circ}\text{C}$ , 灵敏度: DTA  $\pm 100\mu\text{V}$ , TGA 50mg, 纸速 2.5mm/min, 升温速度 20K/min, 中性体 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$

测定者: 中国地质科学院矿床地质研究所郑立焯

## 结 论

1. 南平石是属于二八面体云母组的一个新矿物, 和白云母具有相近的结构特征。
2. 该矿物中的Cs在12次配位体中具有明显的优势, 故是云母类中的一个端员矿物。由于Cs对K的取代, 与白云母相比, 使其晶胞参数发生了较明显的变化,  $c_0$ 显著增大, 而 $b_0$ 相对减小。与此同时, 物性也发生了较大的变化, 例如, 比重增加, 折光率减小等。
3. 南平石的化学成分中, 除了以Cs高为突出特点外, 在八面体中 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 的含量也较高于同一脉体的白云母, 因而, 造成在南平石的红外吸收光谱中(OH)的振动频率偏小。此外, Rb、Si、Al等含量低于同一脉体的白云母也是南平石的一个重要特点。
4. 根据J. A. 曼达雷诺对矿物物理、化学性质的检验标准<sup>[7]</sup>, 南平石的适应性参数:  $1 - (\text{Kp}/\text{Kc}) = 0.0178$  (Kp为物理性质综合参数, Kc为化学性质综合参数), 表明南平石的物理、化学性质之间具有高度的一致性。
5. 南平石是南平地区伟晶岩的原始熔体—溶液分异演化较完全的特殊产物, 这是由于

Cs在伟晶作用的晚阶段高度富集,除了形成铯沸石外,晚期富铯溶液沿构造裂隙再次活动,最后在羟磷铝锂石的裂隙中形成南平石。

在南平石的发现过程中,得到闽北地质大队,省局测试中心的大力支持和密切协作;在该矿物的研究过程中得到郭宗山研究员的热情指导,在此特表谢意。

#### 参 考 文 献

- [1] 杨岳清、倪云祥等, 1987, 福建西坑花岗伟晶岩成岩成矿特征。矿床地质, 第3期, 10—21。
- [2] Joint Committee on Powder Diffraction Standards; Powder diffraction file set 6-10。
- [3] 张志兰, 1984, 秦岭南段伟晶岩中银白色富铯锂云母。成都地质学院学报, 第1期, 31—36。
- [4] Гивцбург А. И., 1972. Цезиевые слюды—новый тип Оруденения. Разведка и охрана недр, 8, 3—7。
- [5] 郑秀中等, 1982, 霏细岩中的富铯锂云母。矿物学报, 第3期, 237—238。
- [6] 中国科学院贵阳地球化学研究所, 1978, 矿物X射线粉晶鉴定手册。科学出版社, 231。
- [7] Mandarino J. A., 1981. The Gladstone-Dale relationship; part IV. The compatibility concept and its application. Can. Min., vol. 19, 441-450。

## Nanpingite—A New Cesium Mineral

Yang Yueqing, Ni Yunxiang, Wang Liben and Wang Wenyong

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

Zhang Yaping, Chen Chenghu

(Bureau of Geology and Mineral Resources of Fujian province)

**Key words:** Nanpingite, pollucite, rare element, granite pegmatite, mineral assemblage zone

#### Abstract

Nanpingite is a new cesium mineral discovered in No.31 muscovite-albite spodumene pegmatite of Nanping, Fujian province. The pegmatite is made up of eight zones, and nanpingite occurs along the border of the veinlets which intruded into the quartz-montebasite assemblage in the interior part of pegmatite and lie near the pollucite aggregates. These veinlets are generally 2mm—4mm in width and several meters in length. The main associated minerals include late montebasite, quartz and apatite.

Nanpingite is micaceous in form, looking like muscovite. Diameter of its sheet is generally 1—5mm, sometimes even up to 10mm. The aggregates take radiating, scaly, and at some places pseudo-hexagonal platy shapes. White in color, pearly-vitreous in luster, streak white, transparent. Hardness 3. More brittle than muscovite. Cleavage {001} very perfect. Density 3.11 (2)g/cm<sup>3</sup> (meas,



in Clerici solution) or  $3.19\text{g}/\text{cm}^3$  (calc.). No pleochroism. Optically biaxial(-),  $2V=46^\circ(2)$  (meas. on the universal stage) and  $37.6^\circ$  (calc.). Refractive indices (under white light):  $N_g=1.588(2)$ ,  $N_m=1.584(2)$ ,  $N_p=1.551(5)$ . Orientation:  $b=N_g$ . Very weak dispersion:  $r>v$ .

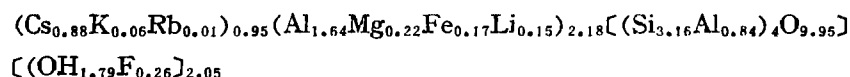
Weissenberg single crystal analysis shows that nanpingite is monoclinic, space group:  $C2/c$ , polytype:  $2M_1$ . Cell parameters:  $a=5.362(3)\text{Å}$ ,  $b=8.86(1)\text{Å}$ ,  $c=21.41(1)\text{Å}$ ,  $\beta=95.77(2)$ ,  $V=1012.13\text{Å}^3$ ,  $Z=4$ . In X-ray powder diffraction pattern, the strongest lines are  $2.664(100)$  (008),  $2.129(85)$  (0010),  $2.122(16)$  (223),  $2.654(14)$  (202),  $1.328(14)$  (067).  $a:b:c(\text{calc.})=0.605:1:2.416$ .

Energy spectra indicate that content of Cs is considerably higher than that of K. The BEI and elemental characteristic X-ray images demonstrate that  $\text{Cs}^+$  and  $\text{K}^+$  are homogeneously distributed in nanpingite.

Chemical composition is determined by electronic microprobe, atomic absorption (Li, Rb), Penfield's method ( $\text{H}_2\text{O}^+$ ) and selective electrode (F). Electron probe standards: albite (Na, Al, Si), orthoclase (K), wollastonite (Ca), olivine (Mg),  $\text{TiO}_2$  (Ti), MnO (Mn),  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Fe), barite (Ba) and pollucite (Cs). Analytical results from 6 analyses are as follows:

Constituent	wt. %	Range %	Standard Deviation
$\text{SiO}_2$	38.54	37.81—39.62	0.87
$\text{TiO}_2$	0.002	0.00—0.004	0.001
$\text{Al}_2\text{O}_3$	25.61	24.48—26.69	0.76
MnO	0.07	0.027—0.107	0.02
FeO	2.44	2.24—2.79	0.18
MgO	1.78	1.62—1.87	0.09
CaO	0.007	0.00—0.007	0.002
$\text{Na}_2\text{O}$	0.00		
$\text{K}_2\text{O}$	0.53	0.46—0.596	0.03
$\text{Li}_2\text{O}$	0.44	0.40—0.48	0.04
$\text{Rb}_2\text{O}$	0.25	0.24—0.26	0.01
$\text{Cs}_2\text{O}$	25.29	25.09—25.47	0.12
$\text{F}^-$	1.0		
$\text{H}_2\text{O}$	3.27		
Total	99.23		

The data give a structural formula of



The DTA curve has a rather strong endothermic peak at  $920^\circ\text{C}$ . In TGA analysis, weight loss also takes place at  $920^\circ\text{C}$ . Absorption bands of infrared spectra are  $3634$ ,  $3429$ ,  $1625$ ,  $1083$ ,  $1018$ ,  $911$ ,  $823$ ,  $788$ ,  $741$ ,  $663$ ,  $515$ ,  $467$ ,  $420$ ,  $350\text{cm}^{-1}$ .

By using the constants of Mandarino(1981), it is obtained that the compatibility index  $1-(K_p/K_c)$  is 0.0178, suggesting superior agreement between physical and chemical data.

Type specimen is preserved in the Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences and the National Museum of Geology, Beijing, China.

## 层硅铈钛矿的矿物学研究

楼凤升

张荣英

刘汉儒

(核工业部三所) (湖北地质实验研究所) (沈阳240所)

**主题词:** 层硅铈钛矿, 矿物学, 层状结构, X射线衍射, 红外吸收光谱, 拉曼光谱

**提 要:** 层硅铈钛矿是一种罕见又多变的矿物, 因而至今未见详细报导。笔者在赛马碱性岩体的铀、钍、钽、铌、稀土巨型综合矿床中获得了各种成因的新鲜矿样, 作了系统的研究, 指出该矿物为单斜晶系、具类似2M型白云母结构的层状钛硅酸盐。

层硅铈钛矿是一种罕见又多变的矿物, 产于苏联科拉半岛洛沃泽和格陵兰依里毛萨克等碱性岩中<sup>[1]</sup>。吴钟骆等在我国河北阳原碱性杂岩中亦有发现<sup>[2]</sup>, 但描述极其简单。现已查明, 组成赛马碱性岩巨型铀、钍、钽、铌、稀土综合矿床的主要工业矿物是层硅铈钛矿, 它具有岩浆、伟晶、气液三种成矿类型, 在地表下250—800米处偶 而能获得 结晶良好、新鲜的矿样, 笔者对其进行了系统研究。

### 一、产状和矿物共生组合

层硅铈钛矿产于赛马碱性杂岩体中, 该岩体位于天山—阴山纬向构造体系东延部分与新华夏构造体系第二隆起带相交部位。区内出露有前寒武系变粒岩、大理岩、千枚岩、片岩、石英岩、页岩; 奥陶系灰岩和板岩; 三迭系火山岩; 侏罗系砂砾岩、页岩及煤系。区域南北出露有大量燕山期花岗岩, 碱性岩发育于中部。据核工业部三所同位素室所作的8个黑云母钾氩法、4个层硅铈钛矿铀-钍-铅法测得的地质年龄为220—240百万年, 属印支期, 而不是前人认为的燕山期<sup>[3]</sup>。

碱性杂岩体分三期: 第一期 of 碱性正长岩; 第二期是黑云母霓霞正长岩; 第三期为矿化期, 是草绿色霓霞正长岩。

碱性岩的组成矿物为: 微斜长石27—45%; 霞石20—30%; 霓石30—40%; 还有异性石、闪叶石, 层硅铈钛矿最高可达30—35%。并查明有氟碳钙铈矿、水硅铈矿、铈铌钙铈矿、富铈烧绿石、钍石、方钍石、沥青铀矿、铈磷灰石等70余种矿物。

### 二、物理性质

层硅铈钛矿的集合体呈多种形态出现: 岩浆期多呈星点状(照片1); 伟晶期常呈束状、

汪建明等：江苏某些花岗岩类岩石中的自碎包体

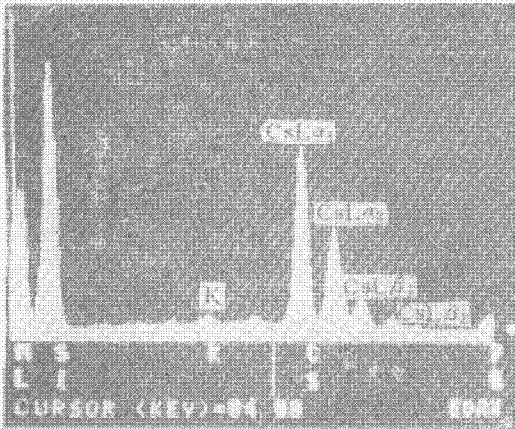


照片1. 宁镇地区花岗岩类岩体中自碎包体的粒状结构  
正交偏光,  $\times 40$ , T-9包

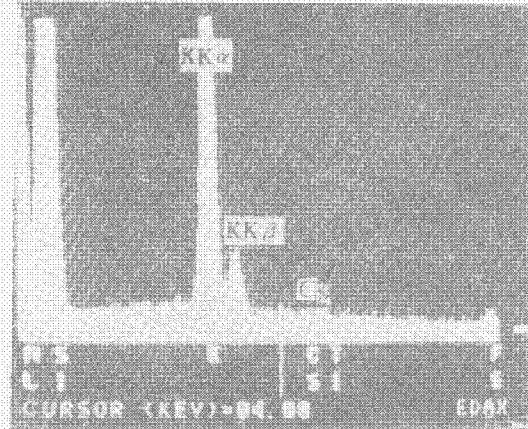


照片2. 苏州晶洞花岗岩体中自碎包体的针状磷灰石  
单偏光,  $\times 400$ , S23-23

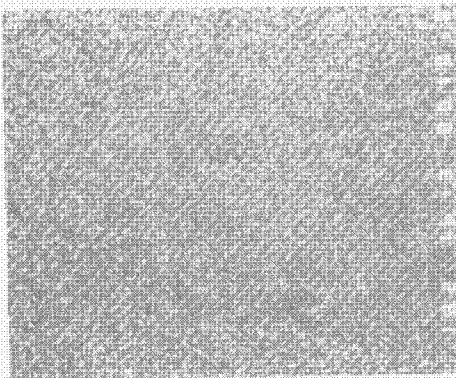
杨岳清等：南平石 (Nanpingite) —— 一种新的铯矿物



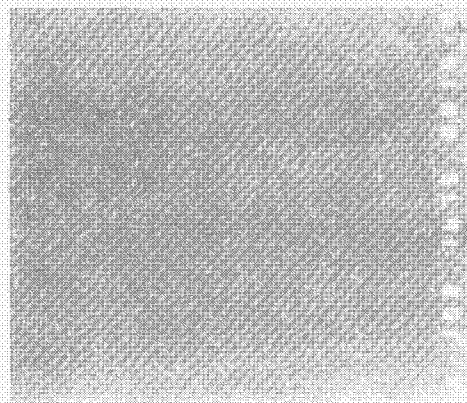
照片1. 南平石的能谱图  
Cs L $\alpha$ , Cs L $\beta$ 所指位置为Cs元素的能峰, K所指位置为K元素的能峰



照片2. 白云母的能谱图  
KK $\alpha$ , KK $\beta$ 所指位置为K元素的能峰, Cs所指位置为Cs元素的能峰



照片3. 南平石中C<sub>1</sub>的背散射电子图象



照片4. 白云母中C<sub>1</sub>的背散射电子图象