

# 氟铁云母——“姑苏城外”发现的新矿物\*

沈致富<sup>1)</sup> 陆琦<sup>2)</sup> 徐金沙<sup>1)</sup>

(1—成都地质矿产研究所, 成都 610082; 2—中国地质大学, 武汉 430074)

关键词 氟铁云母 新矿物种 氟铁云母分异岩 苏州

**摘要** 氟铁云母是三八面体云母类矿物新种, 属铁云母的富氟类似物。新矿物产于“姑苏城外”近郊苏州 A 型花岗岩上部氟铁云母分异岩中。矿物呈自形-半自形板片状; 铁黑色, 半透明。密度  $3.18 \text{ g/cm}^3$  (实测) 和  $3.23 \text{ g/cm}^3$  (计算)。二轴负晶; 钠光下测得折光率:  $N_g = N_m = 1.648$ ,  $N_p = 1.596$ ;  $2V$  (实测)  $\approx 0^\circ$ ,  $2V$  (计算)  $= 0^\circ$ ;  $Y = b = N_m$ 。矿物多色性强:  $N_g$  棕褐色,  $N_m$  暗绿色,  $N_p$  浅棕色。由电子探针、湿法和原子吸收分析等手段提供的氟铁云母化学成分均值 ( $w_B\%$ ):  $\text{SiO}_2$  34.12,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  13.89,  $\text{FeO}$  26.19,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  7.86,  $\text{MgO}$  1.49,  $\text{MnO}$  0.68,  $\text{Li}_2\text{O}$  0.47,  $\text{TiO}_2$  1.29,  $\text{ZnO}$  0.27,  $\text{NiO}$  0.01,  $\text{K}_2\text{O}$  8.73,  $\text{Na}_2\text{O}$  0.19,  $\text{Rb}_2\text{O}$  0.42,  $\text{CaO}$  0.02,  $\text{BaO}$  0.44,  $\text{SrO}$  0.01,  $\text{H}_2\text{O}^+$  0.91,  $\text{F}$  3.91,  $\text{Cl}$  痕量,  $\text{S}$  0.00,  $\text{O} = \text{F}$  1.65, 总量 99.25。按  $\text{O} + \text{OH} + \text{F} + \text{Cl} + \text{S} = 12$  及四面体阳离子数之和为 4 计算的氟铁云母经验化学式为:  $(\text{K}_{0.92} \text{Na}_{0.03} \text{Rb}_{0.02} \text{Ba}_{0.01})_{0.98} (\text{Fe}_{1.82} \text{Fe}_{0.49} \text{Al}_{0.19} \text{Mg}_{0.18} \text{Li}_{0.16} \text{Ti}_{0.08} \text{Mn}_{0.05} \text{Zn}_{0.02})_{2.99} (\text{Al}_{1.17} \text{Si}_{2.83} \text{O}_{10} (\text{F}_{1.03} \text{OH}_{0.50} \text{O}_{0.47})_{2.00})$ 。其理想化学式为:  $\text{KFe}_3^{2+} \text{AlSi}_3\text{O}_{10}\text{F}_2$ 。氟铁云母属单斜晶系  $1M$  型, 空间群  $C2/m$ 。晶胞参数:  $a = 0.5369(8) \text{ nm}$ ,  $b = 0.9289(3) \text{ nm}$ ,  $c = 1.0153(8) \text{ nm}$ ,  $\beta = 100.49(1)^\circ$ ,  $V = 0.4980(2) \text{ nm}^3$ ,  $Z = 2$ 。矿物已做结构分析和穆斯堡尔谱、红外吸收光谱等测试。在氟铁云母单矿物分异岩内, 绝大多数主矿物是从 A 型花岗岩浆演化至晚阶段熔离形成的富氟、铁、亲石性矿化元素和相对富碱性元素 (且  $\text{K} \gg \text{Na}$ ) 但贫水的硅酸盐熔浆中直接结晶所成。新矿物及其名称业已得到国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会批准。

云母的通式可以写成:  $\text{IM}_{2-3} \square_{1-0} \text{T}_4 \text{O}_{10} \text{A}_2$ 。其中,  $\text{I} = \text{K}, \text{Na}, \text{NH}_4, \text{Rb}, \text{Cs}, \text{Ba}, \text{Ca}$ ;  $\text{M} = \text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Li}, \text{Mg}, \text{Mn}, \text{Al}, \text{Ti}$ ;  $\square$  为空位;  $\text{T} = \text{Al}, \text{Si}, \text{Fe}^{3+}$ ;  $\text{A} = \text{OH}, \text{F}, \text{O}, \text{Cl}, \text{S}^{[1]}$ 。就铁云母而言,  $\text{I}$  主要是  $\text{K}$ ,  $\text{M}$  是  $\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Al}$  等,  $\text{T}$  是  $\text{Al}, \text{Si}$ , 而  $\text{A}$  的位置则大多为  $\text{OH}$  所占据。其理想的化学式为  $\text{KFe}_3^{2+} \text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ 。

在研究苏州 A 型花岗岩 (位于苏州城近郊) 上部产出的暗色云母单矿物分异岩的分类学位置期间, 注意到法国学者 Chroy 等曾较系统、深入地研究过苏州 A 型花岗岩的暗色云母。但是, 在化学成分上只列表报道了 11 个湿法分析和 13 个电子探针分析值计算的 24 个暗色云母的经验化学式结果。其中, 有 9 个云母样品也采自暗色云母分异岩并称为“富 F、类铁云母 (Annite) 的黑云母” ( $\text{F}_{\text{rich annite-like biotite}}$ )<sup>[2]</sup>。系统的矿物学研究证明, 这种暗色云母其实是铁云母的富氟类似物, 符合国际矿物学协会新矿物及矿物命名委员会 (简称 IMA CNMMN) 规定的新矿物判据<sup>[1,3]</sup>。简言之, 该矿物是云母族矿物的新成员。

\* 成都地质矿产研究所科技发展基金资助。

第一作者简介 沈致富, 男, 1941 年生, 研究员, 主要从事与酸性岩有关的矿物、岩石和矿床方面的研究。

收稿日期 2000-03-22, 改回日期 2000-09-20

矿物之所以命名为氟铁云母(英文名 Fluorannite),旨在直观反映新矿物的化学成分总特征及其与相关矿物的关系,即该矿物总体化学成分类似于铁云母,但附加阴离子则以 F 显著大于 OH 与后者殊异。

新矿物氟铁云母及其矿物名称的建议已于 2000 年 2 月 3 日获 IMA CNMMN 批准(文号 99-048)。氟铁云母原型标本存放在中国地质博物馆和成都地质矿产研究所内。

## 1 产出特征

氟铁云母产于苏州 A 型花岗岩晚阶段衍生物——氟铁云母钠长花岗岩、含黄玉的氟铁云母-石英云英岩和氟铁云母分异岩中,本文研究的矿物样品就取之于后者。氟铁云母分异岩产状主要有:①作为不含氟铁云母的钠长花岗岩异离体的镶边,产出在寄主岩(氟铁云母钠长花岗岩)中;②在寄主岩内呈对径数厘米至十余厘米的巢状异离体;③以毫米级至厘米级的条纹-条带且呈韵律状产出在寄主岩中。条纹-条带走向大致与寄主岩和围岩的接触面平行,甚至局部似涡流;④于寄主岩内,呈近水平且与主岩、围岩接触界面大体平行、较规则的“层”或透镜体产出,其长度上百米,厚约 1 米;⑤成为寄主岩顶部带之组成部分,直接与围岩(砂页岩)呈突变侵入接触;⑥呈脉体切穿围岩,两者界线截然。有的脉体可见其是前述⑤的分支;⑦呈脉体充填在寄主岩的冷凝节理内,接触边界分明。要强调的是,虽然外接触带砂页岩发育有黑云母化,但与之直接接触的氟铁云母分异岩界线仍截然分明。而位于寄主岩内的氟铁云母分异岩,则与前者的界线,既可突变,也可渐变;局部氟铁云母含量高达 85% 以上,堪称氟铁云母单矿物分异岩。和氟铁云母共生的矿物有条纹长石、石英、铍质锆石<sup>[4]</sup>、钽-铌铁矿、萤石及磁铁矿等。

## 2 物理性质与光学性质

氟铁云母手标本呈铁黑色,在透射光下呈棕色。矿物具半金属光泽,条痕灰色,晶体呈自形-半自形板片状。单个颗粒多数长 2~4 mm,宽 1~3 mm;最大粒径大于 6 mm。极完全解理  $\parallel \{001\}$ 。片状氟铁云母有弹性。矿物的显微硬度是 109.0(10 测次均值,测值范围 93.4~132.0)  $\text{kg/mm}^2$ ,大致相当于摩氏硬度值 3。用静水扭力天平法测得矿物密度 3.15~3.20  $\text{g/cm}^3$ ,其值与经验化学式所计算的密度值 3.23  $\text{g/cm}^3$  接近。

氟铁云母多色性显著:Ng 棕褐色, Nm 暗绿色, Np 浅棕色。矿物为二轴负晶。钠光下实测折光率: Ng = Nm = 1.648, Np = 1.596; Y = b = Nm; 2V(实测)  $\approx 0^\circ$ , 2V(计算) =  $0^\circ$ 。

## 3 矿物的谱学特征

氟铁云母的红外光谱呈现典型的含  $\text{Fe}^{3+}$  的三八面体云母的谱图(图 1)。位于 3649  $\text{cm}^{-1}$  处的很弱吸收,可能由羟基伸缩振动造成。在 3649  $\text{cm}^{-1}$  处中等强度吸收带和 2915  $\text{cm}^{-1}$ 、2840  $\text{cm}^{-1}$  处两个弱吸收带是否因水分子伸缩振动引起待考。在 1628  $\text{cm}^{-1}$  处的弱吸收带由羟基弯曲振动所致,而 1381  $\text{cm}^{-1}$  处的弱吸收带尚难解释。在 1006  $\text{cm}^{-1}$  处的最强吸收带,系 Si(Al)-O 伸缩振动造成。749  $\text{cm}^{-1}$ 、721  $\text{cm}^{-1}$  和 673  $\text{cm}^{-1}$  处的弱吸收带,可能是

Si(Al<sup>IV</sup>)-O 及 Si-O-Si(Al<sup>IV</sup>, Fe<sup>IV</sup>) 弯曲振动形成, 或许是羟基摆动所致。453 cm<sup>-1</sup> 处的强吸收带和 348 cm<sup>-1</sup> 处的弱吸收带, 应由 Si-O 弯曲振动所致。

与黄山花岗岩铁云母的红外光谱相比, 除 721 cm<sup>-1</sup> 处的弱吸收带外, 氟铁云母的红外光谱的谱带普遍往低频方向移动了 38~6 cm<sup>-1</sup> (表 1、图 1)。这似乎说明, 铁云母晶体结构中, 多量氟置换羟基可能致使各种吸收带有朝低频方向移动的趋势。

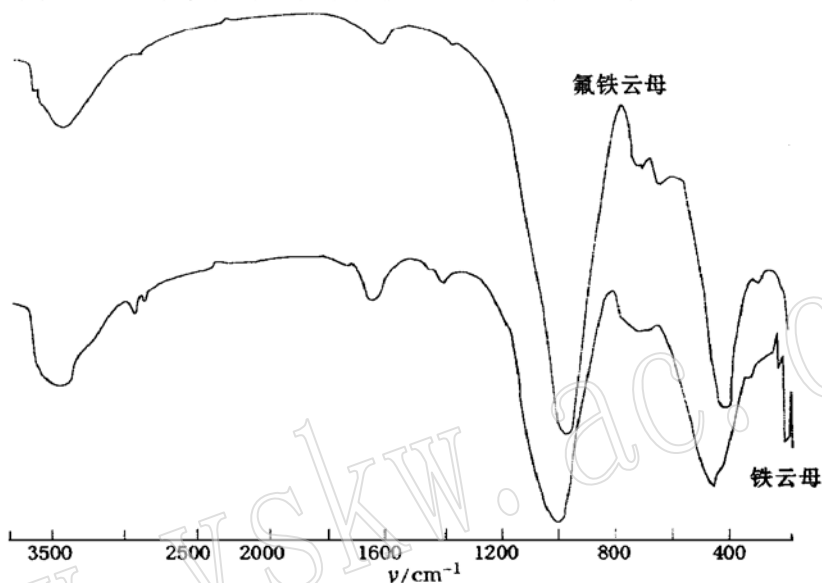


图 1 氟铁云母和黄山铁云母的红外光谱

Fig. 1 Infrared spectra of fluorannite and annite from Huangshan granite  
(测试者: 矿产综合利用研究所吴志伟; 仪器型号: P. E983G; KBr 压片)

表 1 氟铁云母和黄山铁云母的红外光谱频带

Table 1 Infrared spectral bands of fluorannite and annite from Huangshan granite

矿物	$\nu/\text{cm}^{-1}$												资料来源
氟铁云母	3649	3433	2915	2840	1628	1381	1006	749	721	673	453	348	本文
铁云母	3587	3441	2925	2854	1636	1399	1012	未注	716	未注	466	378	[5]

氟铁云母中铁的穆斯堡尔谱由北京科技大学徐祖雄教授测试。矿物中  $\text{Fe}^{3+}:\text{Fe}^{2+}=21:79$  (表 2), 依此计算的 FeO 含量约为 26.28%。该值与 FeO 含量实测值 (26.19%) 极其接近; 晶格内,  $\text{Fe}^{2+}$  占据八面体  $M_2$  和  $M_1$  晶位;  $\text{Fe}^{3+}$  占据八面体  $M_1$  晶位。关于氟铁云母铁的穆斯堡尔谱的研究详情, 拟另文报道。

表 2 氟铁云母  $^{57}\text{Fe}$  的穆斯堡尔谱参数

Table 2  $^{57}\text{Fe}$  Mössbauer parameters of fluorannite

价态	IS/(mm·s <sup>-1</sup> )	QS(mm·s <sup>-1</sup> )	A/ %	$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$
$\text{Fe}^{2+}$	1.012	2.571	16	79/21
	1.017	2.255	15	
	1.018	2.166	44	
	1.029	1.278	4	
$\text{Fe}^{3+}$	0.378	0.645	21	

## 4 化学性质

氟铁云母的化学成分用电子探针分析;  $H_2O^+$  含量用三球管灼烧法分析; Li 和 Rb 含量由原子吸收光谱分析; FeO 含量用湿法分析(测试者: 成都理工学院测试中心杨虹等)。  $Fe_2O_3$  含量依全铁和  $Fe^{2+}$  含量换算求得。其 10 测点均值及其经验化学式计算结果如表 3 所示。

表 3 氟铁云母电子探针 10 测点均值及其经验化学式计算结果

Table 3 Average values of 10 electron microprobe analyses and empirical formula of fluorannite

组分	$w_B/\%$		半单位晶胞中离子摩尔数 <sup>⑤</sup>	
	均值	测值范围		
SiO <sub>2</sub>	34.12	32.38~35.98	Si	2.83
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.89	12.68~14.50	Al	1.17
			(T)	4.00
FeO+ Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	33.26	32.97~34.88	Al <sup>VI</sup>	0.19
FeO <sup>①</sup>	26.19		Fe <sup>2+</sup>	1.82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>②</sup>	7.86		Fe <sup>3+</sup>	0.49
MgO	1.49	1.24~1.82	Mg	0.18
MnO	0.68	0.58~0.92	Mn	0.05
Li <sub>2</sub> O <sup>③</sup>	0.47		Li	0.16
TiO <sub>2</sub>	1.29	1.08~1.52	Ti	0.08
ZnO	0.27	0.14~0.28	Zn	0.02
NiO	0.01	0.00~0.04	Ni	0.00
			(M)	2.99
K <sub>2</sub> O	8.73	7.98~9.10	K	0.92
Na <sub>2</sub> O	0.19	0.10~0.34	Na	0.03
Rb <sub>2</sub> O <sup>③</sup>	0.42		Rb	0.02
CaO	0.02	0.00~0.10	Ca	0.00
BaO	0.44	0.00~0.51	Ba	0.01
SrO	0.01	0.00~0.07	Sr	0.00
			(I)	0.98
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup> <sup>④</sup>	0.91		OH	0.50
F	3.91	2.98~4.34	F	1.03
Cl	痕量		Cl	0.00
S	0.00		S	0.00
O			O	0.47(?)
总和	100.90		(A)	2.00
- O= F	- 1.65			
总和	99.25			

①湿法分析; ②依全铁和  $Fe^{2+}$  含量换算; ③原子吸收光谱分析; ④三球管灼烧法分析; ⑤按  $O+ F+ OH+ Cl+ S = 12$ , 四面体阳离子数之和为 4 计算; 电子探针测试者: 徐金沙; 电子探针测试条件: 15 kV,  $2.0 \times 10^{-8}$  A。

据  $O+ OH+ F+ Cl+ S$  总量等于 12, 四面体阳离子数之和为 4 计算的氟铁云母经验化学式为:  $(K_{0.92} Na_{0.03} Rb_{0.02} Ba_{0.01})_{0.98} (Fe_{1.82}^{2+} Fe_{0.49}^{3+} Al_{0.19} Mg_{0.18} Li_{0.16} Ti_{0.08} Mn_{0.05} Zn_{0.02})_{2.99} (Al_{1.17} Si_{2.83})_4 O_{10} (F_{1.03} OH_{0.50} \square_{0.47})_2$ 。这里,  $\square = Cl, S$  和  $O$ , 但  $S, Cl$  含量低得

几乎可忽略不计,所以口很可能是O(游离氧)。Eugster等认为,由于高 $Fe^{2+}$ 的三八面体云母的内氧化和脱羟,其(OH+ F)量可以不足,而氧有所过剩<sup>[8]</sup>。氟铁云母内, $X_{Fe} = Fe / (Fe + Mg) = 0.93$ ,  $X_F = F / (F + OH) = 0.67$ ,  $X_{F'} = F / (F + O) \approx 0.69$ 。

铁云母  $KFe_3^{2+} AlSi_3O_{10}(OH)_2$  - 铁叶云母 (siderophyllite)  $KFe_2^{2+} AlAl_2Si_2O_{10}(OH)_2$  系列理应是完全固溶体。铁云母真端员和铁叶云母真端员之间的差异主要在于: 前者的硅、铁离子摩尔数比后者多1, 而Al离子摩尔数较后者少2。按照固溶体矿物命名的“50%原理”<sup>[9]</sup>, 考察氟铁云母的铁、Si、Al离子摩尔百分数在铁云母-铁叶云母系列中的位置:  $X_{Fe'} = Fe$  (氟铁云母单位晶胞中的离子摩尔数) / [  $Fe$  (铁云母单位晶胞中的离子摩尔数) +  $Fe$  (铁叶云母单位晶胞内的离子摩尔数) ] = 46.2%, 仿佛落入铁叶云母成分范围, 但实际上仍在铁云母成分范围(从 >40% 至  $\leq 60\%$ ) 内;  $X_{Si} = Si$  (氟铁云母单位晶胞中的离子摩尔数) / [  $Si$  (铁云母单位晶胞中的离子摩尔数) +  $Si$  (铁叶云母单位晶胞中的离子摩尔数) ] = 56.6%, 进入铁云母成分区间;  $X_{Al} = Al$  (氟铁云母单位晶胞中的离子摩尔数) / [  $Al$  (铁云母单位晶胞内的离子摩尔数) +  $Al$  (铁叶云母单位晶胞内的离子摩尔数) ] = 34%, 投入铁云母成分范围。

总之,新矿物在化学成分上,  $X_{Fe} > 90\%$ ,  $40\% < X_{Fe'} < 60\%$ ,  $X_{Si} > 50\%$ ,  $X_{Al} \leq 50\%$ 。基于此,氟铁云母应属铁云母组成员;加之,  $X_F = 67\%$ ,  $X_{F'} \approx 68.7\%$ , 氟铁云母显然系铁云母的富氟类似物。其理想端员的化学式应为  $KFe_3^{2+} AlSi_3O_{10}F_2$ 。OH-F-O 铁云母组不同附加阴离子成分端员矿物的分类命名如图2所示。其中,“Oxyannite”(氧铁云母)尚待在自然界中发现。

## 5 结晶学性质

氟铁云母的X射线衍射图由D/MAX-IIIB衍射仪所测。其粉晶衍射值如表4所示。强衍射线有10.09(100)(001), 3.336(56)(003)和2.649(10)(200)。

氟铁云母的单晶结构研究借助四元衍射仪完成。结果表明,矿物为单斜晶系1M型,空间群 $C2/m$ ;晶胞参数(由单晶数据精化求得):  $a = 0.5369(8) \text{ nm}$ ,  $b = 0.9289(3) \text{ nm}$ ,  $c = 1.0153(8) \text{ nm}$ ;  $\beta = 100.49(1)^\circ$ ,  $V = 0.4980(2) \text{ nm}^3$ ;  $Z = 2$ 。这些值与Munoz等 $F / (F +$

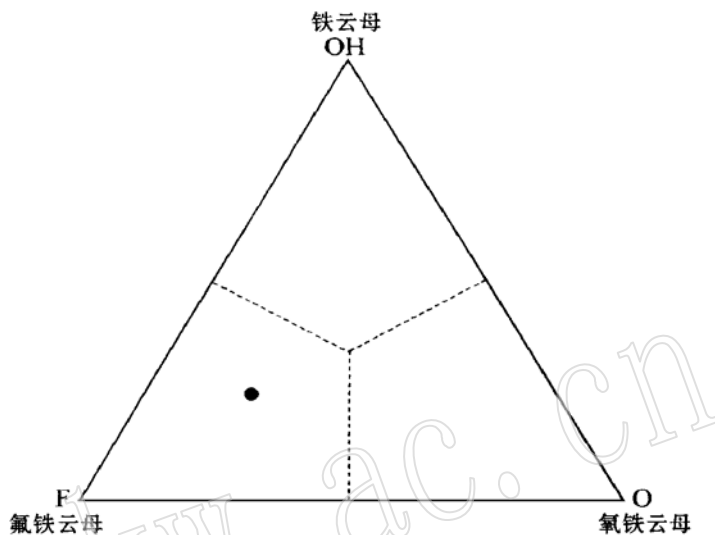


图2 不同附加阴离子成分的铁云母端员矿物分类命名图

Fig. 2 Annites with different additional anion constituents

●—产于苏州花岗岩上部的氟铁云母10测点成分均值

OH) = 53% 的合成氟铁云母的有关数值类似<sup>[6]</sup>:  $a = 0.5386 \text{ nm}$ ,  $b = 0.9312 \text{ nm}$ ,  $c = 1.0144 \text{ nm}$ ,  $\beta = 100.3^\circ$ ; 也与 Hazen 等所测  $F/(F + OH) \approx 14\%$  的铁云母有关值近似<sup>[7]</sup>:  $a = 0.5386 \text{ nm}$ ,  $b = 0.9324 \text{ nm}$ ,  $c = 1.0268 \text{ nm}$ ,  $\beta = 100.6^\circ$ 。

氟铁云母的晶体结构已精测, 详情专文报道。

表 4 氟铁云母和合成铁云母 X 射线粉晶衍射数据比较表

Table 4 Comparison of observed and calculated power diffraction data of fluorannite and synth annite

氟铁云母 <sup>①</sup>				合成铁云母 <sup>②</sup>		
hk l	I/I <sub>0</sub>	d <sub>实测</sub> /nm	d <sub>计算</sub> /nm	hk l	I/I <sub>0</sub>	d/nm
001	100	1.009	0.998	001	100	1.03
002	13	0.502	0.499	002	3	0.507
020	8	0.462	0.464	020	5	0.464
				111	3	0.3975
				112	5	0.3711
003	56	0.3336	0.3328	102, 003	80	0.3380
112	10	0.3160	0.3141	112	15	0.3179
113	10	0.2933	0.2932	030, 103	10	0.3106
				023, 130	5	0.2734
200	10	0.2649	0.2640	200	70	0.2654
131			0.2523			
004	14	0.2507	0.2496	004	15	0.2532
203	8	0.2285	0.2280	201	40	0.2465
133	9	0.2185	0.2183	202	20	0.2199
204			0.2005	230, 142		
005	10	0.2004	0.1997	133, 204	10	0.2018
				231	5	0.1932
				204	20	0.1692
135	10	0.1671	0.1675	243, 053, 152	1	0.1635
060			0.1548			
206	9	0.1544	0.1540	330, 061	10	0.1538
				036	5	0.1485

测试条件: Cu 靶, 30kV, 30mA, 1°/min。

① 本文。

② 引自 MPDF(1983) 14- 233。

## 6 小 结

(1) 作为云母族矿物新种, 氟铁云母应被视为铁云母的富 F 类似物。

(2) 根据氟铁云母产出的宏观、微观地质特征, 借鉴合成氟铁云母的实验资料<sup>[6]</sup>, 大多数氟铁云母直接从熔离的富 F、Fe 和亲石性成矿元素及相对富碱性元素(K 远大于 Na) 但贫水的硅酸盐岩浆中结晶而成。据此不难推论, 苏州氟铁云母单矿物分异岩应视为一种新的火成岩; 按国际岩石学界以标准产地命名的惯例<sup>[11]</sup>, 建议把形成于岩浆分异作用为主的氟铁云母岩称为姑苏岩(Gusuite); 其内发育的 Nb、Ta、Zr、Hf、Th 等矿化, 应视为一种新的矿床成因类型; 析出大量氟铁云母和矿石矿物的岩浆, 是一种特殊的熔浆, 甚至堪称一种特殊

的矿浆。对此,拟专门研讨。

(3) 氟铁云母是自然界中有悖于“氟-铁消长律”<sup>[10]</sup>的又一个实例。

(4) IMA CNMMN 云母子委员会定义,作为系列名称的黑云母是“介于或近于铁云母-金云母系列和铁叶云母-富镁黑云母系列之间的三八面体暗色云母,不含锂”<sup>[1]</sup>,从氟铁云母实例看来,“不含锂”的限定似无必要。

(5) 建议 annite 的汉译名恢复其曾广为运用的“羟铁云母”名。

致谢 在氟铁云母的发现与研究过程中,承蒙 Nickle E. H. 博士,翁玲宝教授,雷新荣、秦善、叶松副教授,陆元法、申屠保涌研究员等同仁,成都地质矿产研究所科技处、所领导和中国新矿物及矿物命名委员会的支持、帮助,谨此一并致谢。

#### 参 考 文 献

- 1 Rieder M, Gavzzini G, *et al.* Nomenclature of the micas: final report of Mica Subcommittee of the IMA CNMMN (in Russian). *Zap. Vses. Mineral. Obshch.*, 1998, (5): 55~ 65.
- 2 Charoy B, Raimbault L. Zr-, Th-, and REE-rich biotite differentiates in the A-type granite pluton of Suzhou (Eastern China): the key role of fluorine. *J. Petrol.*, 1994, 35: 919~ 962.
- 3 Nickel E H, Mandarino J A. Procedures involving the IMA CNMMN, and guidelines on mineral nomenclature. *Can. Mineral.*, 1987, 25: 353~ 377.
- 4 王汝成,徐士进,陆建军,等.苏州花岗岩中铅质锆石的发现. *科学通报*, 1995, 40(6): 536~ 538.
- 5 顾雄飞,梅厚钧,等.中国大陆东南部花岗岩类的云母.北京:科学出版社,1998, 59~ 72.
- 6 Munoz J L, Ludington S D. Fluoride-hydroxyl exchange in biotite. *Ame. J. Sci.*, 1974, 274: 396~ 413.
- 7 Hazen R M, Burnham C W. The crystal structures of one-layer phlogopite and annite. *Ame. Mineral.*, 1973, 58: 889~ 900.
- 8 Eugster H P, Wones D R. Stability relations of the ferruginous biotite, annite. *J. Petrol.*, 1962, 3: 82~ 125.
- 9 Nickel E H. Nomenclature for mineral solid solutions. *Ame. Mineral.*, 1992, 77: 660~ 662.
- 10 Petersen E U, Essene E J, *et al.* Fluorine end-member micas and amphiboles. *Ame Mineral.*, 1982, 67: 538~ 544.
- 11 Le Bas M J, Streckeisen A. L. The IUGS systematics of igneous rocks. *J. Geol. Soc.*, 1991, 148: 825~ 833.

## Fluorannite: A New mineral of Mica Group from Western Suburb of Suzhou City

Shen Ganfu<sup>1</sup>, Lu Qi<sup>2</sup>, Xu Jinsha<sup>1</sup>

(1 Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082; 2 China University of Geosciences, Wuhan 430074)

**Key words:** fluorannite; new mineral species; fluorannite differentiate; Suzhou

#### Abstract

Fluorannite is a new mineral of trioctahedral mica group, belonging to the F-rich analogue of annite. It is present in the fluorannite differentiates at the top of the Suzhou A-type granite located in the western suburb of Suzhou City. It was previously named Li-bearing biotite, an-

nite or F-rich annite-like biotite. Fluorannite occurs as euhedral-subhedral tabular-sheet crystals, iron-black in color with a submetallic luster.  $D$  (meas.) = 3.18 and  $D$  (calc.) = 3.23 g/cm<sup>3</sup>. Optical properties under the condition of Na light are: biaxial negative,  $N_g = N_m = 1.648$ ,  $N_p = 1.596$ , and  $2V$  (meas.)  $\approx 0^\circ$ ,  $2V$  (calc.) =  $0^\circ$ ,  $Y = b = N_m$ . The mineral shows strong pleochroism:  $N_g$ ,  $N_m$  and  $N_p$  are reddish, dark green and pale brown respectively.

Chemical constituents ( $w_B\%$ ) calculated by means of EPMA, wet analysis and atomic absorption spectrometry are SiO<sub>2</sub> 34.12 (32.38~35.98), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 13.89 (12.68~14.50), FeO<sub>Total</sub> 33.26 (32.97~34.88), FeO 26.19, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7.86, MgO 1.49 (1.24~1.82), MnO 0.68 (0.58~0.92), Li<sub>2</sub>O 0.47, TiO<sub>2</sub> 1.29 (1.08~1.52), ZnO 0.27 (0.14~0.28), NiO 0.01 (0.00~0.04), K<sub>2</sub>O 8.73 (7.98~9.10), Na<sub>2</sub>O 0.19 (0.10~0.34), Rb<sub>2</sub>O 0.42, CaO 0.02 (0.00~0.10), BaO 0.44 (0.00~0.51), SrO 0.01 (0.00~0.07), H<sub>2</sub>O<sup>+</sup> 0.91, F 3.91 (2.98~4.34), Cl trace, and S 0.00, O = F 1.65, totally 99.25. An empirical chemical formula formulated on the basis of (O + F + OH + Cl + S) = 12 and the assumption that the sum of tetrahedral cations equals 4 is (K<sub>0.92</sub>Na<sub>0.03</sub>Rb<sub>0.02</sub>Ba<sub>0.01</sub>)<sub>0.98</sub>(Fe<sup>2+</sup><sub>1.82</sub>Fe<sup>3+</sup><sub>0.49</sub>Al<sub>0.19</sub>Mg<sub>0.18</sub>Li<sub>0.16</sub>Ti<sub>0.08</sub>Mn<sub>0.05</sub>Zn<sub>0.02</sub>)<sub>2.99</sub>(Al<sub>1.17</sub>Si<sub>2.83</sub>)<sub>4.00</sub>O<sub>10</sub>(F<sub>1.03</sub>OH<sub>0.50</sub>O<sub>0.47</sub>)<sub>2.00</sub>, with the simplified formula being KFe<sub>3</sub><sup>2+</sup>AlSi<sub>3</sub>O<sub>10</sub>F<sub>2</sub>.

X-ray single-crystal structure analyses with an automatic four-circle diffractometer shows fluorannite to be monoclinic, space group  $C2/m$ ,  $Z = 2$ ; the mineral is a 1M polytype,  $a = 0.5369(8)$  nm,  $b = 0.9289(3)$  nm,  $c = 1.0153(8)$  nm;  $\beta = 100.49(1)^\circ$ , and  $V = 0.4980(2)$  nm<sup>3</sup>. Crystal structure determination, infrared spectral analysis and Mössbauer spectral analysis of fluorannite were conducted. In fluorannite monomineralic differentiates, the overwhelming majority of fluorannite crystallized directly from a silicate melt that evolved from an A-type granitic magma at the late stage. It had abundant F, Fe and lithophile ore-forming elements, and was relatively enriched in alkalis ( $K \gg Na$ ), but was depleted in water. The new mineral fluorannite and its name were approved for publication by IMA CNMMN 999\_048.