

杨溪岩体中黑云母的特征及其地质意义*

彭花明

(华东地质学院, 江西临川 344000)

主题词 黑云母 花岗岩 杨溪岩体

提 要 杨溪岩体黑云母为 1M 型的铁质黑云母, 其特征说明岩体为壳源改造型花岗岩, 但有幔源物质混入。离铌钽矿化点较近的黑云母表现出明显富铝、多锰、贫镁、少硅、少钛的特点。离白钨矿矿区较近的黑云母与远离矿区的黑云母在特征上差别不大, 说明杨溪岩体黑云母的特征变化对成矿影响不大, 但岩浆活动是重要的成矿因素之一。

1 杨溪花岗岩岩体的一般特征

杨溪岩体地处岭南—仙霞华夏系构造带中段, 位于绩溪复背斜轴部浪荡坞—东村背斜北西翼。岩体形态不规则, 出露面积为 38.7 km², 同位素年龄为 98.9 × 10⁶ a (据 332 地质大队资料)。与地层呈断层接触或侵入接触 (图 1)。

杨溪岩体主要由粗粒二长花岗岩组成, 岩体的相带不明显、岩体边部石英脉特别发育, 并见有伟晶岩脉和石英岩脉。粗粒二长花岗岩主要由钾长石 (35%)、斜长石 (30%)、石英 (30%) 和黑云母组成。副矿物含量较少, 主要有锆石、磷灰岩、褐帘石、独居石等。岩石化学成分反映该岩体大部分为钙过饱和型, 小部分为铝过饱和型。岩体中舒家坞附近 (16—12 号样) 发现有伟晶岩岩脉型的铌钽矿化, 际下村 (501—1、501—2 两个样) 地层中有白钨矿。

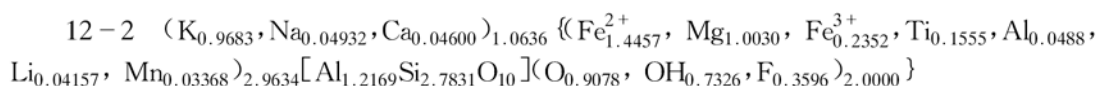
2 黑云母特征

杨溪岩体黑云母呈褐色—淡褐黄色的多色性, 为半自形—他形, 解理纹弯曲, 边缘常见磁铁矿小颗粒。有的黑云母内有少量长石、石英和副矿物包体。

2.1 黑云母的化学成分特征

2.1.1 常量元素特征

黑云母单矿物的化学全分析结果见表 1。由表 1 得出的化学式如下:



* 本文于 1997 年 3 月 12 日收到, 6 月 3 日改回。

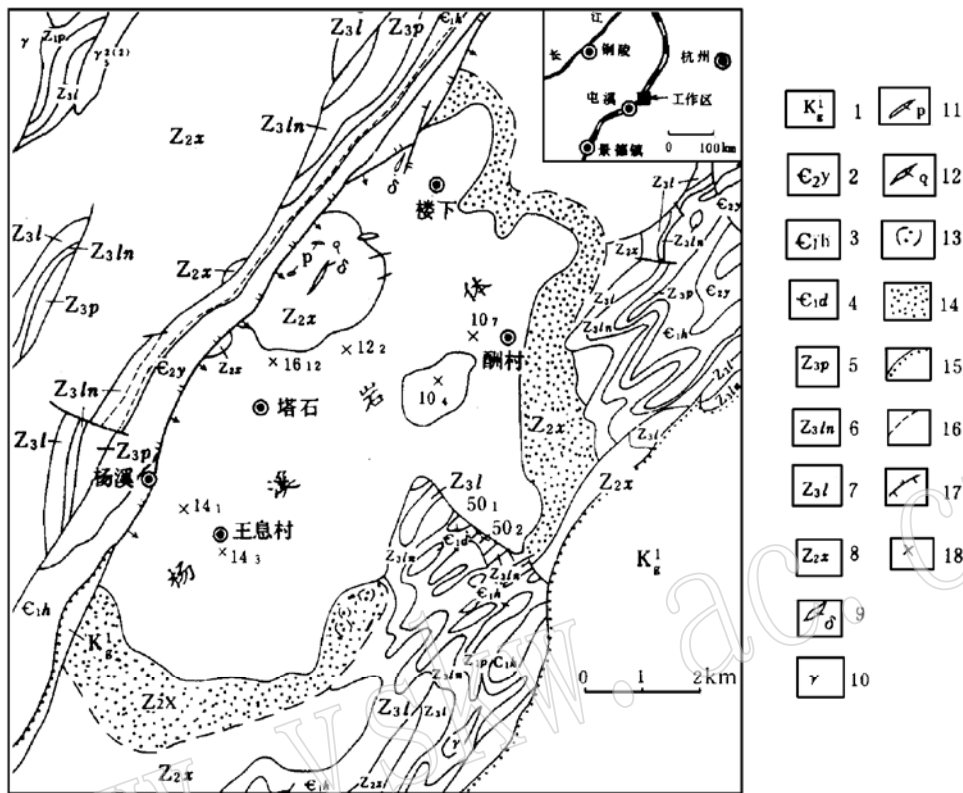
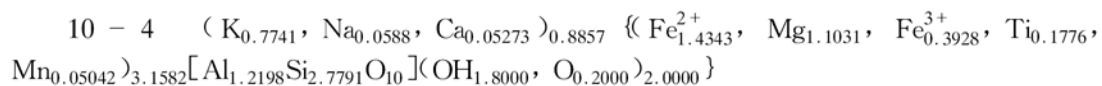
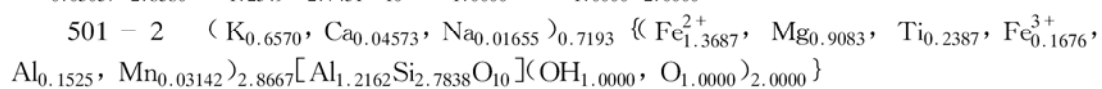
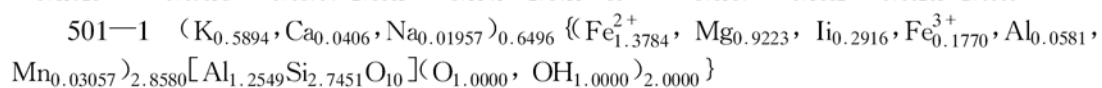
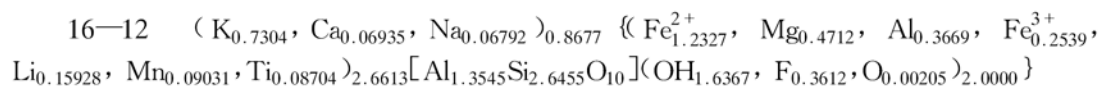
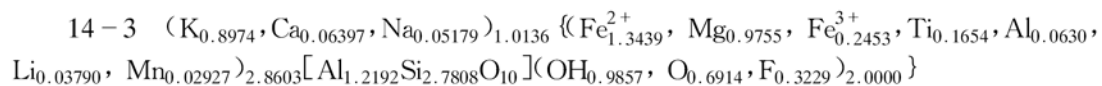
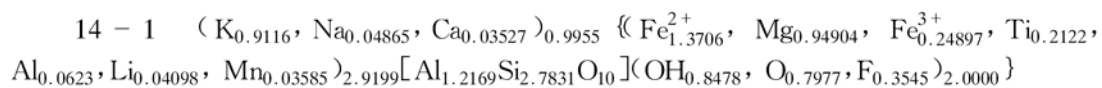


图1 杨溪岩体地质略图

Fig.1 Schematic geological map of Yangxi granite body

- 1—白垩系桂林组; 2—寒武系杨柳岗组; 3—寒武系大陈岭组; 4—寒武系荷塘组; 5—震旦系皮园村组; 6—震旦系兰田组; 7—震旦系雷公坞组; 8—震旦系体宁组; 9—闪长岩脉; 10—花岗岩脉; 11—伟晶岩脉; 12—石英岩脉; 13—硅化带; 14—角岩化; 15—不整合接触; 16—推测界线; 17—逆断层; 18—采样地点



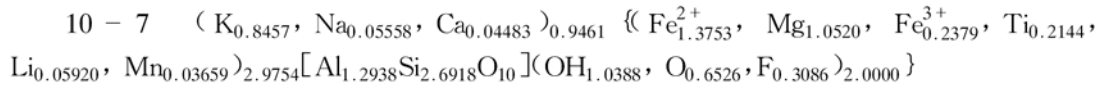


表 1 黑云母的化学成分(wt%)

Table 1 Chemical composition of biotite (wt%)

		10-4	10-7	12-2	14-1	14-3	16-12	501-1	501-2
化 学 分 析 结 果	SiO ₂	33.83	34.74	35.000	35.0000	35.000	34.740	33.370	35.870
	Al ₂ O ₃	13.96	14.170	13.460	13.8500	13.850	19.180	14.360	14.030
	CaO	0.60	0.5400	0.5400	0.4200	0.7600	0.8500	0.5300	0.5500
	MgO	9.0700	9.1100	8.4600	8.1200	8.3300	4.1500	7.9700	7.8500
	Fe ₂ O ₃	6.3600	4.0800	3.9300	4.2200	4.1500	4.4300	3.0300	2.8700
	FeO	20.910	21.230	21.740	20.9100	20.460	19.360	21.240	21.090
	TiO ₂	2.8800	3.6800	2.6000	3.6000	2.8000	1.5200	5.0000	4.5000
	MnO ₂	0.8800	0.5600	0.5000	0.5400	0.4400	1.4000	0.4650	0.4760
	K ₂ O	7.400	8.5600	9.5500	9.1200	8.9600	7.5000	5.9500	6.6400
	Na ₂ O	0.3700	0.3700	0.3200	0.3200	0.3400	0.4600	0.1300	0.1100
	CO ₂		0.3800	0.4000	0.2200	0.4400	0.2400		
	H ₂ O ⁺		1.8600	1.2200	1.2800	1.7200	3.0200		
	H ₂ O ⁻	0.1500	0.1200	0.1600	0.3400	0.1600	0.2000		
	Li ₂ O		0.1900	0.1300	0.1300	0.1200	0.5200		
	F		1.2600	1.4300	1.4300	1.3000	1.5000		
	Σ		96.450	100.85	99.440	100.00	99.230	99.090	94.113
四面体阳离子	Si ⁴⁺	2.7791	2.6918	2.7831	2.7831	2.7808	2.6455	2.7451	2.7838
	Al ³⁺	1.2198	1.2938	1.2169	1.2169	1.2192	1.3545	1.2549	1.2162
	Fe ²⁺	1.4343	1.3753	1.4457	1.3706	1.3439	1.2327	1.3784	1.3687
八面体阳离子	Mg ²⁺	1.1031	1.0520	1.0029	0.9490	0.9755	0.4712	0.9223	0.9083
	Fe ³⁺	0.3928	0.2379	0.2352	0.2489	0.2453	0.2539	0.1770	0.1676
	Al ³⁺	0.0123	0.0000	0.0488	0.0623	0.1120	0.3669	0.0581	0.1525
	Ti ⁴⁺	0.1776	0.1144	0.1555	0.2122	0.1654	0.0870	0.2916	0.2387
	Mn ²⁺	0.0504	0.0366	0.0337	0.0389	0.0293	0.0903	0.03057	0.0342
	Li ⁺		0.0592	0.04157	0.0410	0.0379	0.1593		
层间离子	K ⁺	0.7741	0.8457	0.9683	0.9116	0.8974	0.7304	0.5894	0.6570
	Na ⁺	0.0588	0.0558	0.0493	0.0487	0.0518	0.0679	0.0196	0.0166
	Ca ²⁺	0.0527	0.0448	0.0460	0.0353	0.0640	0.0694	0.0406	0.0457
附加离子	OH ⁻	1.8000	1.0388	0.7326	0.8478	0.9857	1.6367	1.0000	1.0000
	O ²⁻	0.2000	0.6526	0.9078	0.7977	0.6914	0.0020	1.0000	1.0000
	F ⁻		0.3086	0.3596	0.3545	0.3229	0.3612		

注:①空白区为未分析项;②固定阴离子数是 12;

分析单位:江西赣西北实验室;501-1、501-2 两样品由福建闽西地质大队实验室分析

利用该结果可作如下讨论:

(1) 把杨溪岩体黑云母成分投到徐克勤等人研制的 Mg-(Al^{VI} + Fe³⁺ + Ti)-(Fe²⁺ + Mn)三角图中(图 2)^[1],杨溪岩体黑云母均落在镁质黑云母与铁质黑云母之间,并偏向铁质黑云母,刚刚进入华南花岗岩黑云母成分区。

(2) 从黑云母阳离子数变化曲线图(图 3)可以看出,除 16-12 号样外,各样点的阳离子数变化不大,这与岩体各部分岩性相近的特点一致。16-12 号样的黑云母表现出明显的富

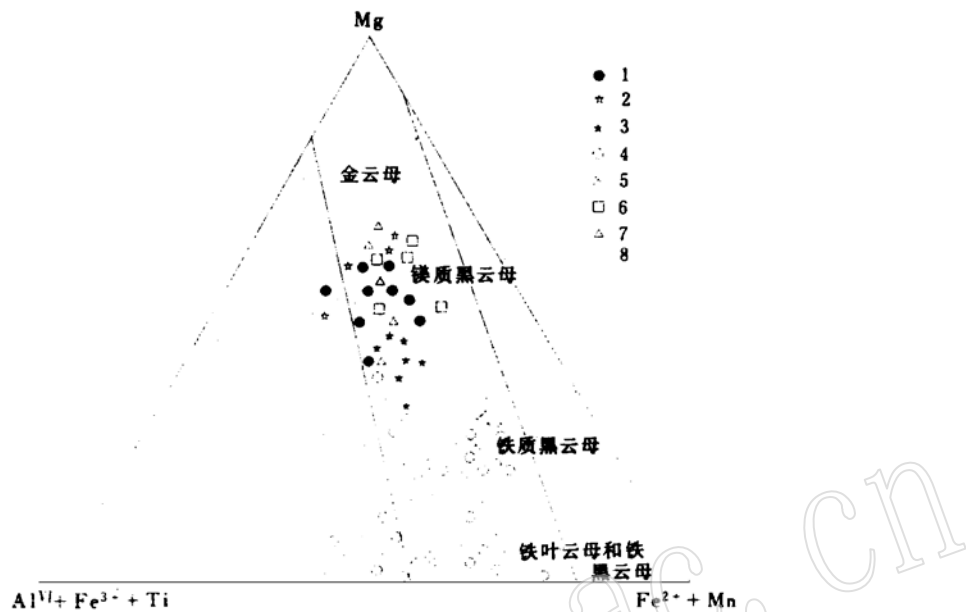


图2 黑云母 $Mg-(Al^{VI} + Fe^{3+} + Ti) - (Fe^{2+} + Mn)$ 三角图

Fig. 2 $Mg-(Al^{VI} + Fe^{3+} + Ti) - (Fe^{2+} + Mn)$ diagram of biotite

1—长江中下游酸性岩类; 2—西昌碱性—超碱性岩; 3—易县闪长岩; 4—华南花岗岩; 5—杨溪花岗岩;

6—幔源型花岗岩; 7—同熔型花岗岩; 8—改造型花岗岩

除5之外,其他均为引用徐克勤等人的资料(1982)

铝、多锰、贫镁、少硅、少钛的特点。501-1、501-2 两样品的黑云母与其他样点的黑云母差别不大,主要表现出低钾、特别是低钠的特点。

(3) 从计算的各参数数值来看(表2),黑云母含铝度(K_{Al})一般在0.19—0.23之间,平均值为0.2112,16-12号样明显偏大,为0.2722。碱性系数(MF)一般为0.70—0.96,平均值为0.9014,16-12号样明显偏高,为1.4769。501-1号样又明显偏低,为0.6324。 K/Na 比值一般在10.5—19.6之间,平均值为19.5470。501-1、501-2两样品大大偏高,分别为30.1176和39.6979。含镁度(m)一般在0.364—0.389之间,平均值为0.3509,16-12号样明显偏低,仅为0.2037。

表2 黑云母特征参数

Table 2 Parameters of biotite

样号	10-4	10-7	12-2	14-1	14-3	16-12	501-1	502-2	平均值
K_{Al}	0.2057	0.2290	0.1880	0.1929	0.1935	0.2722	0.2009	0.2075	0.2112
K/Na	13.1583	15.1559	19.6320	10.5327	17.3277	10.7538	30.1176	39.6979	19.5470
MF	0.7206	0.8217	0.90646	0.9756	0.9131	1.4769	0.6324	0.7060	0.9014
m	0.3701	0.3894	0.3644	0.3644	0.3761	0.2037	0.3677	0.3669	0.3509

表3 黑云母微量元素含量
Table 3 Trace element contents of biotite

元素	10-4	10-7	12-2	14-1	14-3	16-12
Ba	-	-	-	-	-	<0.010
Be	-	-	-	-	-	0.0001
Mn	0.2000	0.2000	0.2000	0.2000	0.0300	0.3000
Ti	0.0500	0.2000	0.1000	0.1000	0.3000	0.0300
Ga	0.0200	0.0200	0.0200	0.0100	0.0050	0.0010
Cr	<0.001	<0.001	0.0030	0.0010	0.0010	0.0010
Ni	0.0010	0.0020	0.0050	0.0020	0.0030	0.0003
V	0.0050	0.0050	0.0100	0.0100	0.0300	-
Cu	0.0070	0.0700	0.0100	0.0070	0.0030	0.0001
Yb	<0.0001	0.0001	<0.0001	-	0.0010	0.0010
Y	-	-	-	-	-	0.0100
Zn	0.2000	0.1000	0.1000	0.1000	0.3000	-
Pb	0.0010	0.0020	0.0003	<0.0003	0.0003	0.0001
Zr	0.0010	0.0010	<0.001	0.0020	0.0300	0.0010
Sn	0.0300	0.0300	0.0200	0.0030	0.0030	0.0030
In	-	-	-	-	0.0100	0.0030
Sc	-	-	-	-	-	0.0010
La	-	-	-	-	-	0.0300
Co	0.0010	0.0010	0.0030	0.0020	-	0.0100

分析单位: 华东地质学院分析系

(4) 杨溪岩体黑云母中 Mg 与 Al^{VI} 以及 ΣFe 与 Al^{VI} 均呈反比关系 (图4)。这些特点与华南花岗岩的特点一致^[2]。

2.1.2 微量元素特征

杨溪岩体黑云母含微量元素种类较多(表3), 从微量元素变化曲线图(图5)可以看出:

(1) 采样地点相近的样品(10-4 和 10-7; 14-1 和 14-3)其黑云母中微量元素特征也非常相近。这说明黑云母中微量元素的组成具有一定的区域性特点。

(2) 就一个岩体来说, 除 16-12 号样外, 各样点的微量元素组成虽然不尽相同, 但变化幅度都不算大, 说明整个岩体的微量元素组成具有一致性的特点。

(3) 近铌钽矿化点的 16-12 号样表现出 Zr 明显偏高、Cu、Ga 和 Ni 明显偏低的特点。

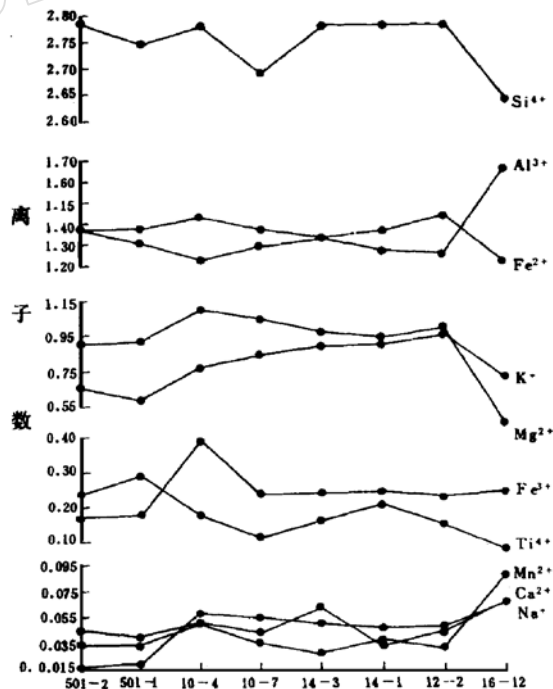


图3 黑云母阳离子数变化曲线图
Fig.3 Variation of cations in biotite

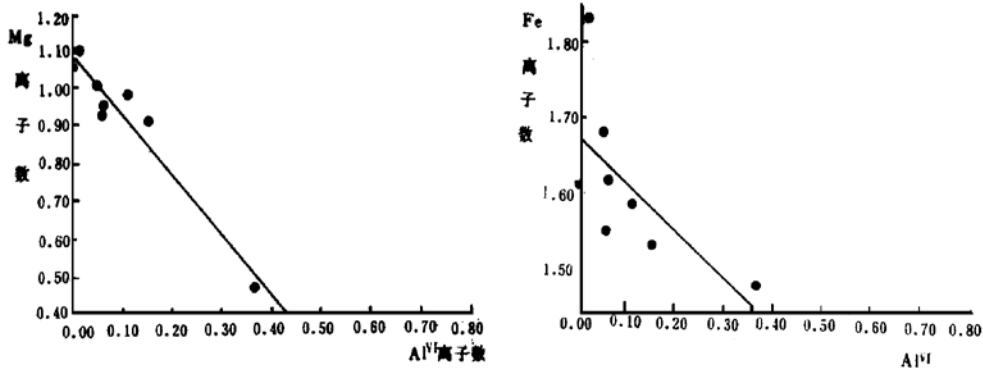


图4 黑云母中Mg与Al^{IV}、ΣFe与Al^{IV}相关图
Fig.4 Mg-Al^{IV} and ΣFe-Al^{IV} diagram of biotite

2.2 黑云母晶体化学及结构特征

2.2.1 黑云母晶体化学特征

黑云母单矿物化学全分析结果,计算出晶体化学参数及化学式(表1)。从表1中可以看出:

(1) 黑云母中层间阳离子主要是K⁺,其次为Na⁺、Ca²⁺。K⁺离子数在0.589—0.968之间;Na⁺离子数在0.0166—0.0679之间;Ca²⁺离子数在0.0353—0.0694之间。

(2) 黑云母中八面体离子以Fe²⁺和Mg²⁺为主,其次为Fe³⁺、Al³⁺、Ti⁴⁺、Mn²⁺和Li⁺。Fe²⁺含量在1.2327—1.4343之间,一般在1.35左右,Mg²⁺在0.4712—1.1031之间,一般为0.96左右。可见黑云母为三八面体型,但其中混有三价阳离子。

(3) 黑云母中四面体离子为Si⁴⁺和Al³⁺。Si⁴⁺离子数在2.6455—2.7838之间,一般为2.77左右;Al³⁺离子数在1.2162—1.3545之间。一般为1.22左右。

(4) 四面体中Al^{IV}含量稳定,受八面体中Al^{VI}的影响不大,这与华南

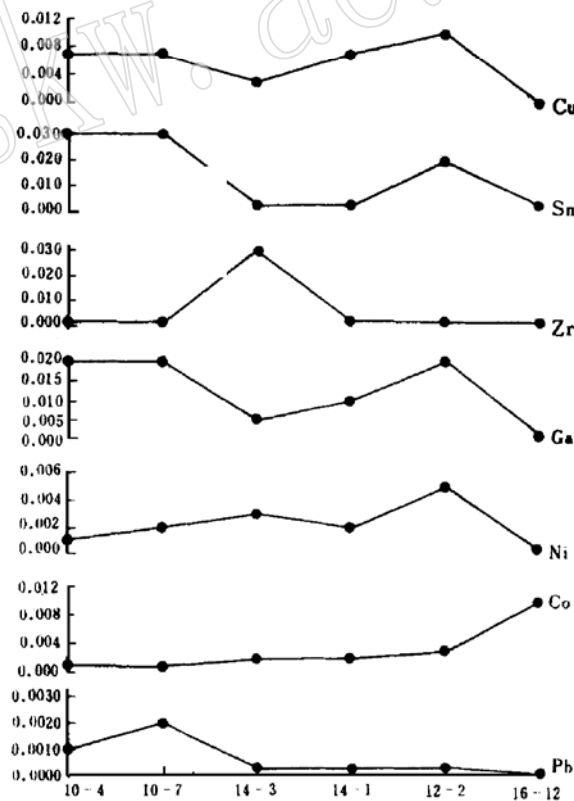


图5 黑云母微量元素变化曲线图
Fig.5 Trace element curve of biotite

花岗岩 Mg-Fe 系列黑云母的规律相符^[2]。

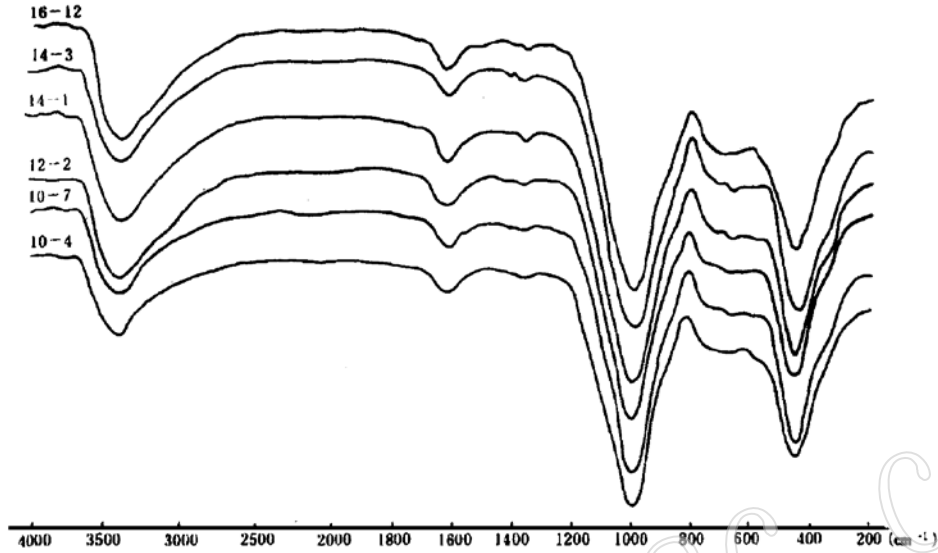


图 6 黑云母红外光谱谱形图

Fig.6 Infrared spectra of biotite

(测试单位：华东地质学院红外光谱室)

2.2.2 黑云母红外光谱特征

从黑云母红外光谱谱形图来看(图 6),羟基振动峰由于受水的影响而表现不明显。Si-O-Si(Al)的伸缩振动引起了两个吸收带:一个在 1000cm^{-1} 附近,为一强峰;另一个在 750cm^{-1} 左右,该峰不明显。在 $710-670\text{cm}^{-1}$ 间的峰是由于 Si-O-Fe(Al)的面内弯曲振动所引起的,该吸收峰与组份中 $\text{Fe}^{2+}/(\text{Fe}^{2+} + \text{Mg})$ 的比值呈反比关系(图 7A)。Si-O- R^{2+} ($\text{R}^{2+} = \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}$)间的弯曲振动引起的吸收峰值为 $475-450\text{cm}^{-1}$,该峰与 $[\text{Mg}/\text{Fe}^{2+}] \times 100$ 、 $\text{MFA} \times 100$ 均呈反比关系(图 7B、C)。这些特点都说明杨溪岩体为正常的花岗岩。

2.2.3 黑云母的 X 射线衍射特征

杨溪岩体黑云母 X 射线衍射特征参数及计算结果见表 4。根据 d_{060} 和 d_{040} 值求出 b_0 和 c_0 值。根据 c_0 值可以知道:杨溪岩体黑云母为 1M 型。 b_0 值在 9.228—9.252 之间,与华南改造型花岗岩一致^[1]。

表 4 黑云母的 X 射线衍射特征参数及其计算结果

Table 4 X-ray characteristic parameters and calculations of biotite

样号	10-4	10-7	12-2	14-1	14-3	16-12
d_{060}	1.5400	1.5380	1.542	1.541	1.541	1.538
b_0	9.2400	9.2280	9.252	9.240	9.240	9.228
d_{004}	2.5130	2.505	2.509	2.510	2.510	2.506
c_0	10.052	10.02	10.04	10.04	10.04	10.02

测试单位：华东地质学院射线衍射室

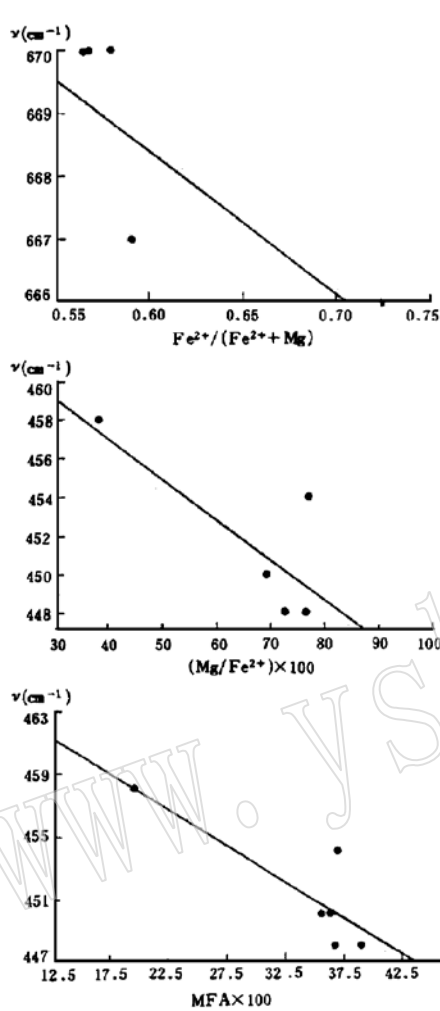


图7 特征吸收峰与各参数的关系

Fig.7 Relations between characteristic absorption spectra and parameters

成果^[1],杨溪岩体为改造型花岗岩。

(2) 从图1可以看到,杨溪岩体黑云母各成分点全部落在改造型花岗岩区。

(3) 把杨溪岩体黑云母成分投到孙鼐等人研制的 $Mg/(Mg + Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mn) - Si$ 的岩石成因相关图中(图8)^①,杨溪岩体各样点也均落在改造型花岗岩区,但都靠近与同熔型花岗岩的分界线,反映岩体的物源中可能有岩浆岩物质混入。

(4) 把杨溪岩体黑云母成分投入张玉学等人研制的黑云母成分与物质来源相关图中

① 孙鼐,刘昌实,赵连洋等。安徽黄山地区两类不同成因系列花岗岩的复合。南京大学内刊,1982(10)。

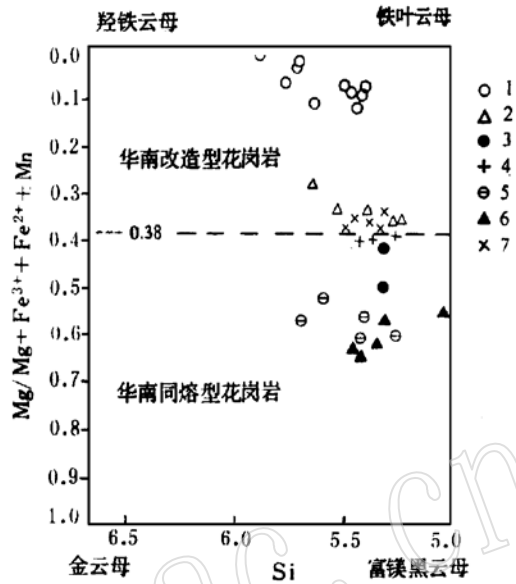


图8 岩石成因类型分析图

Fig.8 Genetic types of granitic rocks

1—黄山主体和补体花岗岩;2—江西慈竹等改造型花岗岩(1); 3—太平花岗闪长岩;4—桐庐火山侵入杂岩(3); 5—江西德兴石英闪长斑岩(1);6—福建钟腾火山侵入杂岩;7—杨溪岩体

图中除杨溪岩体的成分点外,其余均为引用孙鼐等人的资料(1982)

3 岩石成因探讨

(1) 岩体黑云母中镁离子含量在0.4—1.1之间,均小于1.8,根据徐克勤等人的研究

(图9)^[3],除一个样点落入壳幔混源区外,其余均落在壳源区,但也靠近与壳幔混源区的分界线,说明可能有少量幔源物质混入。

(5) 铌、钽矿化点附近的16-12号样,其镁和钛的数量都较低,根据陈炳才等人的研究成果^[4],说明16-12号样黑云母形成时的压力相对更小,温度也较低,这可能是受到后期矿化流体的影响。

4 矿化特征讨论

该岩体中没发现有工业矿床,仅在舒家坞附近发现有伟晶岩脉型的铌钽矿化点,在际下村地层中有层控型白钨矿矿床(332地质大队资料,1985)。

(1) 近铌钽矿化点的16-12号样在成分上表现出明显的富铝、贫镁、少硅、少钛的特点;其含镁度为0.2037,比其他样品低很多;碱性系数为1.4769,比一般样品(0.

9014)要高;含铝度为0.272,比平均值(0.2112)高。在 Mg/Fe^{2+} 、 MFA 分别与红外吸收峰相关的两个相关图中(图7)16-12号样多偏离一般规律。从图9中也可以看到,16-12号正好落在含铌钽和锡的花岗岩区。

(2) 近白钨矿的501-1和501-2两样点的黑云母与其他远离矿区的黑云母在特征上差别不大,主要表现在高钛、低碱, K/Na 比值偏高。说明岩体成分与白钨矿的关系不大。钠质的偏低可能与成矿热液作用有关,岩浆活动无疑对白钨矿矿床有一定的影响^①

5 几点结论

(1) 杨溪花岗岩岩体黑云母为1M型铁质黑云母。

(2) 杨溪花岗岩岩体黑云母的特征与华南改造型花岗岩黑云母的特征基本相同。

(3) 黑云母特征的研究结果说明,杨溪花岗岩为壳源改造型花岗岩,但图中的投点均落在壳源与壳幔混合源、改造型与同熔型的分界线附近,说明岩体的物源可能有深源物质混入。

(4) 近铌钽矿化点的16-12号样表现出明显的富铝、多锰、贫镁、少硅、少钛的特点。近白钨矿的两个样点,其黑云母的特点与远离矿区的黑云母差别不大,主要表现在钛偏高,钾钠偏低,说明杨溪岩体的成分对白钨矿的形成关系不大。

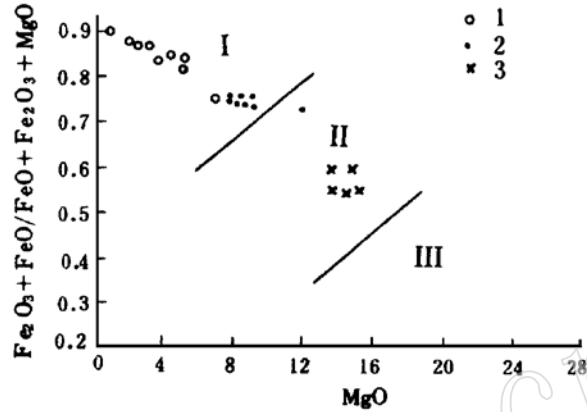


图9 黑云母成分与物质来源相关图

Fig. 9 Relations between composition of biotite and material source

I—壳源区; II—壳幔混源区; III—幔源区

1—含Nb、Ta、Sn花岗岩; 2—花岗闪长岩; 3—杨溪花岗岩

图中除杨溪岩体成分外,其余均为引用张玉学等人的资料(1982)

① 徐祥、郑进发、陈琼林. 皖南际下白钨矿矿床地球化学特征. 安徽地质科技, 1988(3).

参 考 文 献

- 1 徐克勤等. 华南花岗岩成因与成矿. 花岗岩地质和成矿关系国际讨论会论文, 1982(6).
- 2 中国科学院地球化学研究所. 华南花岗岩类的地球化学. 北京: 科学出版社, 1979.
- 3 张玉学. 阳储岭斑岩钨钼矿床地质地球化学特征及其成因探讨. 地球化学, 1982(2).
- 4 陈炳才. 阳储岭斑岩钨钼矿床黑云母研究. 地质与勘探, 1981(2). 110—125.

Geological Characteristics of Biotite from Yangxi Granite Body and Their Geological Implications

Peng Huaming

(East China Geological Institute, Linchuan 344000)

Key words: biotite; granite; Yangxi rock body

Abstract

This paper has dealt with chemical composition, trace elements, characteristic parameters and crystallochemical structure of biotite in Yangxi granite body.

Biotite in Yangxi granite body is 1M polytype ferruginous biotite. Chemical composition of all biotite samples from Yangxi granite body is similar to each other with the exception of No. 16-12 sample, which has more Al, Mn and less Si, Ti. Special chemical features of biotite from Yangxi granite body are consistent with features of biotite from South China granites. K_{Al} ($K_{Al} = Al/Si + Al + Fe + Mg$) values range between 0.19 and 0.23, averaging 0.2112; K/Na ratios range generally between 10.5 and 19.6, averaging 19.5470; MF ($MF = K^+ + Na^+ / Ca + Mg$) values range generally between 0.70 and 0.96, averaging 0.9014; m ($m = Mg/Mg + \Sigma Fe + Mn$) values are generally between 0.364 and 0.389, averaging 0.3509.

Tetrahedral ions of biotite from Yangxi granite are Si^{4+} and Al^{3+} , whereas Fe^{2+} and Mg^{2+} are the major octahedral ions. Interlayer ions are K^+ , Na^+ and Ca^{2+} . The average b_0 value is 9.238Å. The average c_0 value is 10.035Å.

Characteristics of biotite from Yangxi granite show that the granite is of crystal transformation type probably mixed with small amounts of mantle materials.

The No. 16-12 sample collected near a Nb, Ta mineralized spot has more Al, Mn and less Si, Ti, with m value being 0.2037, which is much lower than the average m value. Its K_{Al} value is 0.272, which is considerably higher than the average K_{Al} value. Its MF value is 1.4769, which is also remarkably higher than the average MF value.

Samples taken near the scheelite ore deposit show little difference from those taken far away from the scheelite ore deposit. Their biotite only has a bit higher Ti content and slightly lower K and Na content, suggesting that the constituents of the granite body have little to do with the scheelite deposit.

更正 “中国新矿物综述”一文在本刊第 16 卷第 1 期刊出后,该文作者发现因原稿问题有如下错误需要更正:表 1 中的序号 6 镁星叶石的化学式中 $[\text{Ti}_2\text{Si}_8\text{O}_{12}]$ 应为 $[\text{Ti}_2\text{Si}_8\text{O}_{24}]$;序号 9 锶铍石的化学式 $\text{Li}[\text{BiSiO}_4]$ 应为 $\text{Li}_2[\text{BeSiO}_4]$;序号 13 多水氟硼钙石的化学式中的 Cl 应为 Cl_2 ;序号 36 青河石的化学式中的 $(\text{Al}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}^{3+})$ 应为 $(\text{Al}, \text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Fe}_2^{3+})_2$;序号 65 祁连山石的化学式中的 H_3BO_3 , 应为 H_3BO_5 。作者为对文章负责,特此更正,并向读者致歉。

www.yskw.ac.cn