

甘肃西秦岭区新生代碱性火山岩 中的钛金云母

喻学惠

(中国地质大学, 武汉 430074)

主题词 甘肃 西秦岭 新生代 火山岩 钛金云母

提要 本文对甘肃西秦岭区新生代火山岩及所携带的上地幔包体中钛金云母进行矿物学和矿物化学研究。本区火山岩中的金云母与金伯利岩、钾镁煌斑岩和一般云煌岩中的金云母不同, 其化学成分显示了一种过渡类型特征。巨晶和粗晶金云母是在 $>1300^{\circ}\text{C}$, $30 \times 10^8 \text{Pa}$, 富 CO_2 和 H_2O 的条件下的早期结晶相。微晶金云母为近液相线快速冷却的产物。橄榄岩包体和球状体中金云母的成因似与流体交代作用有关, 这种钛金云母的出现进一步证明新生代火山岩起源于被交代的了的地幔, 交代流体具有富K、Na、Ti等不相容元素和挥发分 CO_2 、 H_2O 的特征。

1 前言

甘肃西秦岭区新生代钾质碱性火山岩分布在秦岭—祁连褶皱带, 松潘—甘孜褶皱带和扬子地台三大构造体系交汇的三角地带——甘肃礼县—宕昌地区。火山岩区由数十个岩体组成。单个岩体呈岩管或岩墙状产出, 岩体规模很小, 出露面积通常不到 1 km^2 , 主要由熔岩、球状火山砾岩和集块岩以及次火山岩组成。

碱性火山岩通常具斑状结构, 斑晶主要由橄榄石($\text{Fo} > 85$)、富钛的次透辉石和透辉石组成, 部分岩体中还含有数量不定的钛金云母斑晶。此外, 在很多岩体中还含有大量(约占斑晶含量 $1/3$)的橄榄石捕虏晶($\text{Fo} > 90$)。基质由长条状透辉石或黄长石微晶以及填隙于其间的霞石、白榴石、金云母、沸石、方解石、碱镁闪石、钾长石、钙钛矿、钛铁矿、磷灰石以及隐晶质和玻璃质组成, 显示了似玄武岩基质的间粒结构、间隐间粒结构特征。碱性火山岩全岩具有贫 SiO_2 ($< 40\%$)和 Al_2O_3 ($< 1\%$), 富 TiO_2 、 CaO 、 MgO 和 $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ 的化学成分特征。根据火山岩类型和系列划分的 SiO_2 —全碱图^[1], 本区火山岩属钾质系列的副长石岩类。Foley等(1987)将这类钾质火山岩称作钾霞橄黄长岩^[2]。火山岩的岩石学、矿物学和岩石化学等特征均一致表明, 本区火山岩可能为介于金伯利岩—黄长煌斑岩—暗橄霞石岩之间的过渡类型^[3]。

本区新生代钾质碱性火山岩中普遍出现钛金云母。这种钛金云母以巨晶、粗斑晶、基质中的微晶等多种产状出现, 也可以出现在二辉橄岩或辉石岩的包体以及球状体中, 其含量在同一岩体的不同部位或不同的岩体中变化较大。这种金云母的化学成分既不同于典型金伯

本文于1993年8月收到, 1994年2月改回。

利岩中的金云母,也与钾镁煌斑岩或云煌岩中的金云母不尽相同,显示了一种过渡特征。

钛金云母是很多幔源碱性火山岩中重要的矿物相。在钾质和超钾质火山岩中,钛金云母不仅具有岩石分类意义,而且能提供岩石成因信息。金云母的高压合成实验及云煌岩类钾质火山岩的高压实验为研究钛金云母的成因提供了实验依据,也为碱性岩浆的起源提供约束。

2 钛金云母的矿物学特征

金云母具有三种不同的产状:它们分别产于橄榄岩包体中、碱性火山岩以及球状体中。按照其成因可划分为如下几种类型:早期的巨晶和粗斑晶金云母、基质中原生的微晶金云母、与流体交代作用有关的橄榄岩包体和球状体中的金云母。

巨晶金云母 仅为好梯火山岩体的角砾熔岩中采到一颗,为 $3.3 \times 2 \times 1.5$ cm大小的柱状单晶,晶面明显圆滑和弯曲,暗古铜色,晶面具珍珠一沥青状光泽。薄片中共显一组极完全解理,沿解理缝出现揉皱弯曲和折裂,波状消光,晶体边缘略显熔蚀现象(照片1)。具棕黄色—浅粉黄色多色性, $N_{g'} =$ 棕黄色, $N_p =$ 浅粉黄色,正吸收性。颜色均匀,未见包裹体和环带。

粗斑晶金云母 分布较普遍,但在不同岩体或同一岩体的不同部位,其含量变化较大。如好梯岩体中金云母的含量通常在5%—10%左右,局部可达20%—25%。在王平和上文家岩体中斑晶金云母含量均低于5%,而在分水岭和小顶山岩体金云母斑晶含量变化在2%—10%之间。

粗斑晶金云母为半自形晶,粒度在0.2—0.5 mm左右。发育一组极完全解理,平行消光,不发育环带也未见变形或熔蚀特征。本区粗斑晶金云母具有两个颜色系列,如为好梯岩体中金云母斑晶呈红棕色—粉红色多色性,反吸收, $N_{g'} =$ 粉红色, $N_p =$ 红棕色。在小顶山岩体中金云母斑晶颜色浅,呈红粉色—黄粉色多色性,正吸收, $N_{g'} =$ 红粉色, $N_p =$ 黄粉色。类似这种特征在华北地区某些金伯利岩中曾有过报导^[4]。常常可见金云母斑晶绕橄榄石斑晶呈环状分布的特征(照片2)。

微晶金云母 分布普遍但含量变化大。微晶金云母多为形态极不规则的它形晶,粒度均小于0.1 mm,颜色浅,为很浅的粉黄色或粉红色,颜色均匀。微晶金云母主要作为基质中的填隙物存在于透辉石微晶之间(照片3)。

球状体中的粗晶金云母 球状体的普遍出现是本区碱性火山岩的重要特征^[5],在很多球状体中金云母是最常见的矿物相。通常这种金云母呈粗的单晶出现,粒度在2—3 mm以上,大的可达6—7 mm。也见呈单晶集合体的情况,晶形完整,在不同的球状体中金云母具有不同的颜色,一种为鲜艳的棕粉红色—浅粉黄色多色性,另一种为红棕色—粉红色多色性,反吸收, $N_p =$ 棕粉红色或红棕色, $N_{g'} =$ 浅粉黄色或粉红色。颜色均匀,未见环带,也没有子矿物包裹体。与这种金云母共生的矿物有粗晶石榴石、霞石、沸石和方解石等(照片4、5)。

橄榄岩或辉石岩包体中的金云母 主要分布在橄榄石与辉石之间或辉石颗粒之间,与细粒橄榄石、霞石和沸石等共生。这种金云母为细长条状自形晶,粒度 < 0.1 mm,但一组解理及红棕色—粉黄色多色性仍清晰可见(照片6)。

3 钛金云母的化学成分特征

钛金云母具代表性的电子探针分析结果列于表1。

表1 甘肃西秦岭区新生代火山岩中钛金云母具代表性的电子探针分析结果

Table 1 Typical electron microprobe analyses of titanphlogopite from the Cenozoic alkaline volcanic rock in Western Qinling, Gansu Province

	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	NiO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	BaO	total	Mg
1	36.82	9.30	14.98	0.15	11.63	0.00	0.08	12.51	0.00	0.40	9.67			95.24	0.66
2	36.03	9.30	14.18	0.54	11.60	0.05	0.02	12.87	0.04	0.46	9.63			94.77	0.66
3	36.99	9.20	15.04	0.10	11.51	0.07	0.00	12.98	0.08	0.66	9.92			96.55	0.67
4	38.10	3.79	15.63	0.49	10.10	0.00	0.15	16.54	0.00	0.62	9.28		1.03	95.72	0.75
5	35.40	6.93	15.02	0.95	9.91		0.07	15.49		0.17	9.73		0.63	95.45	0.74
6	36.25	13.2	10.21		11.18	0.18	0.13	13.97	0.01	0.12	8.07	0.39		93.74	0.69
7	38.86	8.49	11.34		9.35	0.20	0.00	16.93	0.37	0.02	8.88	0.21		94.61	0.76
8	39.98	7.73	10.54		9.94	0.03	0.10	16.80	0.22	0.00	9.35	0.00		96.74	0.75
9	40.17	8.50	11.20		10.02	0.12	0.07	17.46	0.38	0.03	8.89	0.14		97.07	0.76
10	37.69	10.2	11.33		8.48	0.33	0.07	17.91	0.12	0.35	8.54			94.96	0.79
11	41.25	6.41	7.55		9.90			16.98	2.20	1.11	9.19	1.50		98.21	0.76
12	42.53	4.32	9.34	0.18	6.30			13.86		0.69	10.1		1.42	94.30	0.85
13	43.02	3.60	9.99		4.77	0.11	0.05	21.16		0.71	10.2		1.02	95.72	0.89
14	37.50	9.04	9.97		10.9	0.05	0.15	15.34		0.25	9.23		2.45	95.13	0.72
15	41.10	5.10	7.75		8.04		0.07	13.51	0.13	0.75	9.93		1.55	92.93	0.81
16	40.17	5.73	8.70		7.06	0.04		13.99		0.46	10.4		1.58	93.08	0.83
17	34.74	8.78	12.14	0.10	11.16	0.16		14.34		0.43	7.83	0.03	6.34	96.05	0.71
18	35.91	9.05	12.12	0.03	11.52	0.04		14.56		0.61	7.82		4.91	96.71	0.70
19	37.96	10.7	11.11		9.04	0.13		17.89	0.10	0.52	9.06			96.75	0.78
20	38.91	12.0	11.12		8.13	0.18		16.72	0.02	0.14	8.06			92.26	0.81
21	38.55	10.8	9.98		7.55	0.21	0.12	17.65		0.34	9.71			93.34	0.81
22	40.09	8.63	9.34		9.41	0.17		17.50	0.04	0.72	9.48			96.37	0.76
23	35.73	11.8	12.60		11.17	0.28	0.05	14.91		0.58	7.63			95.40	0.71

样品由中国地质大学电子探针室分析。

钛金云母—黑云母的化学式为 $K(Mg, Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ ，其中Y组阳离子的Mg和 Fe^{2+} 之间存在完全类质同像。通常根据八面体配位的Y组阳离子中 $Mg:Fe > 2:1$ 或 $< 2:1$ ，或者 $Mg/(Mg + Fe) > 0.66$ 或 < 0.66 ，将这一组连续类质同像系列分为金云母或黑云母（图1）。由表1可见，本区所有样品的 $Mg/(Mg + Fe)$ 均大于或等于0.66，因此，所测样品全部是钛金云母。本区钛金云母的化学成分具如下特征：

(1) 本区钛金云母的 SiO_2 含量在34.74%—43.02%之间，多数样品的 $SiO_2 < 40\%$ ，比辽宁、山东的金伯利岩^[4]，西澳钾镁煌斑岩^[6]中金云母的 SiO_2 含量低，但是与Shaw火山锥云煌岩^[7]、其它煌斑岩^[8]以及印度的钾镁煌斑岩^[9,10]中金云母的 SiO_2 含量相近；

(2) 本区钛金云母的 Al_2O_3 在7.55%—15.63%之间，多数样品低于12%，比云煌岩^[7,9]、

煌斑岩^[6]和南非金伯利岩^[11]中金云母的Al₂O₃含量低得多,但是比西澳和印度等地区钾镁煌斑岩^[6,8,9]中金云母的Al₂O₃高,与山东,辽宁金伯利岩中金云母的Al₂O₃含量比较接近;

(3) 本区金云母的MgO含量在12.51%—21.16%之间, MgO平均含量为16.47%, 低于我国辽宁、山东以及世界几个著名金伯利岩和钾镁煌斑岩中金云母的MgO含量;

(4) 本区金云母的FeO含量在4.77%—11.63%之间, FeO平均含量为9.51%, 比中国和世界几个著名金伯利岩和钾镁煌斑岩中金云母的FeO含量高,但是与云煌岩和其它煌斑岩中的金云母比较相近。

由于具有MgO低而FeO高的特征,所以本区金云母的Mg/(Mg + Fe) 比值比金伯利岩和钾镁煌斑岩中的金云母低,而与煌斑岩类岩石中的金云母接近。在划分金云母—黑云母种属的Mg—Al—Fe图中,本区金云母均落在金云母—黑云母成分分界线的附近,其成分范围与钾玄武质煌斑岩和钾镁煌斑岩均有部分重叠(图1);

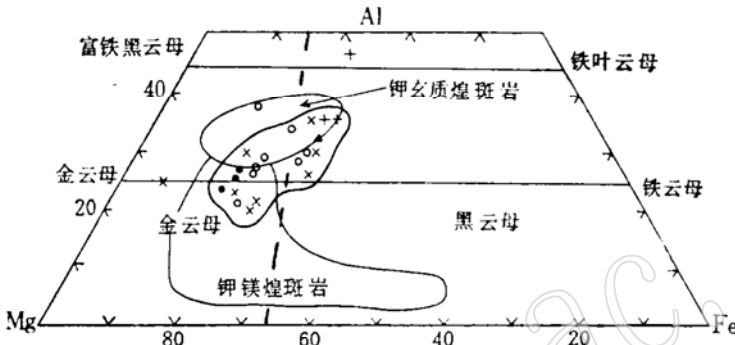


图1 划分金云母—黑云母种属的Mg—Al—Fe图
(引自Stephen Sheppard等, 1992)

Fig. 1 Mg—Al—Fe diagram for classification of phlogopite—biotite species

图中粗黑实线为本区金云母的成分范围

○—粗晶金云母; ×—微晶金云母; ●—球状体中的金云母; +—巨晶金云母; △—橄榄岩包体中的金云母

(5) 本区金云母具有富含TiO₂的特征, 23个样平均的TiO₂含量为8.42%, 最高可达13.20%, 比我国及世界几个著名金伯利岩中金云母的TiO₂含量高得多,也略高于云煌岩、钾玄质煌斑岩中金云母的TiO₂含量,但是与西澳,印度的钾镁煌斑岩中金云母的TiO₂含量相近。在TiO₂—Al₂O₃, TiO₂—Mg/(Mg + Fe), TiO₂—TFeO和TiO₂—Mg值相关图中(图2, 3a, 3b, 4)可以看出,本区金云母的成分与我国山东、辽宁金伯利岩中金云母的成分并无重叠,但是与世界几个著名的钾镁煌斑岩或钾玄质煌斑岩中金云母成分有部分重叠。本区金云母的成分主要落到钾镁煌斑岩和钾玄质煌斑岩金云母成分的过渡区,显示出本区金云母成分的特殊性。

(6) 本区金云母中K₂O含量变化在7.68%—10.35%之间, K₂O平均含量为9.14%,与辽宁、山东和南非金伯利岩中金云母的K₂O含量相近,也与各种钾质煌斑岩中金云母的K₂O含量相近,但是比世界几个著名的钾镁煌斑岩中金云母的K₂O含量低。

总之,对几个主要氧化物的含量及变化关系的对比研究表明,本区金云母的化学成分既不同于金伯利岩中金云母,也与钾镁煌斑岩及其它各种煌斑岩中金云母的特征不尽相同。金

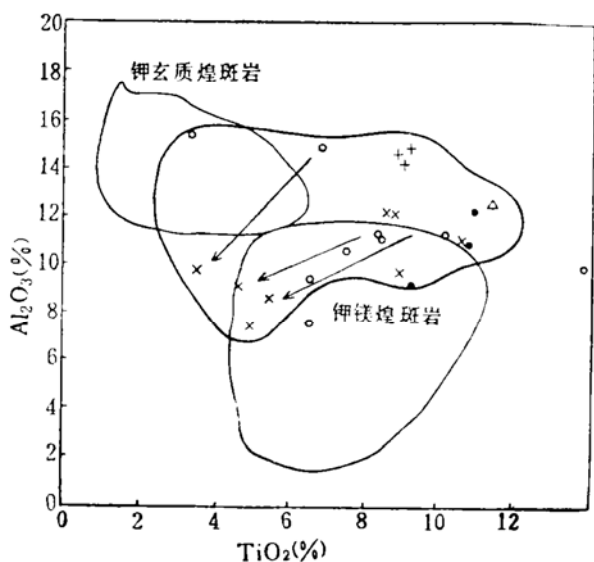


图 2 金云母化学成分的 $TiO_2-Al_2O_3$ 变异图
(引自 Stephen Sheppard 等, 1992)

Fig. 2 $TiO_2-Al_2O_3$ variogram of phlogopites
粗实线为本区金云母的成分范围 (其它图例见图 1)

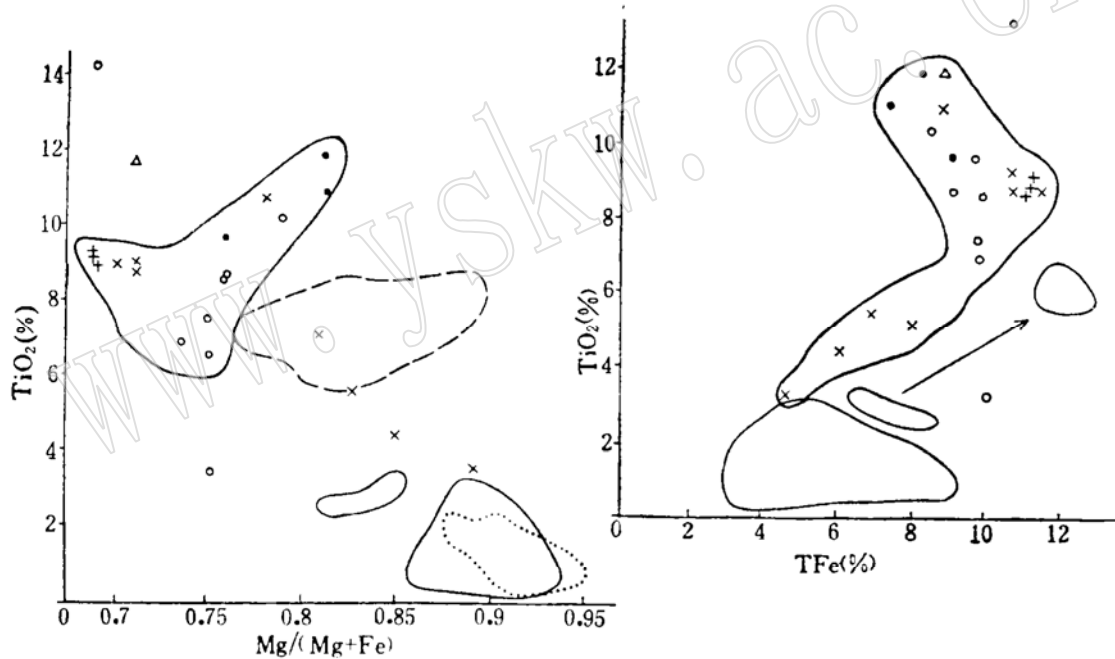


图 3 金云母化学成分的 $TiO_2(\%) - Mg/(Mg + Fe)$ 和 $TiO_2 - TFeO$ 相关图
(引自黄蕴慧等, 1992)

Fig. 3 $TiO_2(\%) - Mg/(Mg + Fe)$ correlogram and $TiO_2 - TFeO$ correlogram
of phlogopites

虚线为钾镁煌斑岩中金云母的成分范围；细实线为山东金伯利岩和碳酸岩中金云母的成分范围；点线为一般金伯利岩中金云母的成分范围；粗实线为本区云母的成分范围；其它图例见图 1

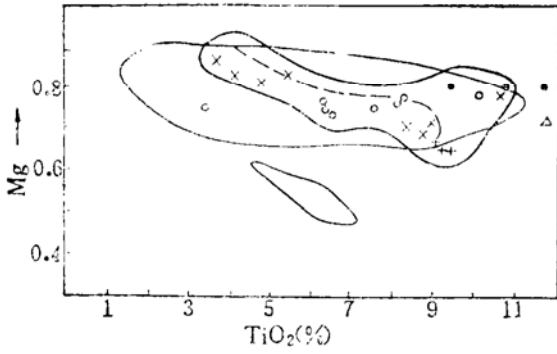


图4 金云母成分的 $\text{TiO}_2(\%)$ —Mg 值相关图
(引自 Sharon W. Bachinski 等, 1984)

Fig. 4 TiO_2 —Mg correlogram of phlogopites

细实线为 Shaw 火山锥云煌岩中金云母的成分范围；粗实线为本区金云母的成分范围；Mg 值即 $\text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$ ；其它图例同图 2

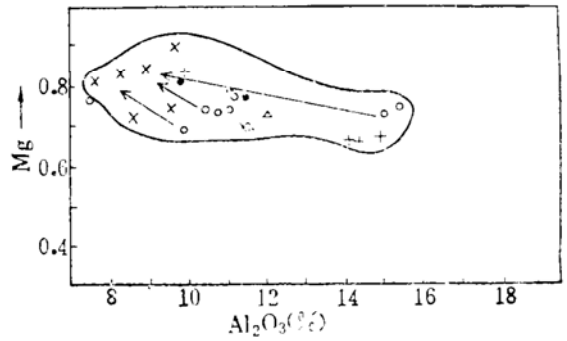


图5 金云母化学成分的 Al_2O_3 —Mg 相关图
(引自 Sharon W. Bachinski 等, 1984)

Fig. 5 Al_2O_3 —Mg correlogram of phlogopites

实线为本区金云母成分范围；箭头所示为金云母成分变化趋势；其它图例见图 2

云母的化学成分与火山岩的化学成分一样，显示了一种过渡类型岩石的特征。

此外，本区火山岩中不同成因的金云母在化学成分方面也存在某些差异。比如，巨晶和粗斑晶金云母具有相对低的 SiO_2 、 MgO ，中等的 TiO_2 、最高的 FeO ，而 $[\text{Mg}]$ 值最低；微晶金云母具最高的 SiO_2 和 MgO ，低的 FeO 和 TiO_2 ，但具有最高的 $[\text{Mg}]$ 值；橄榄岩包体和球状体中的金云母具有中等的 SiO_2 ，最高的 TiO_2 ，但 FeO 、 MgO 和 $[\text{Mg}]$ 值均居于上述两类金云母之间。从 TiO_2 — Al_2O_3 相关图和 Al_2O_3 — $[\text{Mg}]$ 相关图中（图 2、5），可以清楚地看出这三种类型金云母化学成分的变化趋势。

金云母的化学成分受火山岩总化学成分的制约，也与结晶条件有关。巨晶和粗斑晶金云母低的 SiO_2 含量，反映了这种金云母是从 SiO_2 强烈不饱和的岩浆中早期结晶的。微晶金云母高的 SiO_2 含量显示了岩浆分异演化的某些趋势和迹象，与它在岩浆上侵中快速冷却的结晶条件一致。而球状体和橄榄岩包体中的金云母，具有与上述两种金云母完全不同的成因，因而化学成分也有明显不同。火山岩的化学成分受源区组成的制约，目前，地幔交代作用对很多火山岩富含不相容元素（如 K、Na、Ti 等）和挥发的特征作出了解释。本区金云母的化学成分及不同成因金云母的出现，为新生代火山岩的起源条件、源区特征及地幔交代作用提供了矿物学方面的证据。

4 实验研究对金云母化学成分和成因的约束及岩石成因意义

钛金云母是很多幔源碱性火山岩中重要的矿物相。通常在金云母晶格中，Ti 存在于八面体（六次）配位的 Y 组阳离子中，以类质同像替代 Mg 或 Fe^{2+} 。当 TiO_2 含量很高时，Ti 在金云母中的替代变得复杂起来。为了调节电价平衡， Ti^{4+} 不仅可以占据六次配位的 Mg 和 Fe^{2+} 的位置，而且可以替代四面体位置上的 Si，尤其以 $2\text{Mg}^{6+} \rightleftharpoons \text{Ti}^{6+}\square^{6+}$ 和 $\text{Mg}^{6+}\text{Si}^{4+} \rightleftharpoons \text{Ti}^{6+}\text{Al}^{4+}$ 的替代方式更为常见。这种替代使金云母结构中容纳高含量的 Ti^{4+} 而保持其结构的稳定^{〔12〕}。

高压合成金云母的实验研究及对云煌岩类碱性火山岩的高压实验研究一致表明，在地幔

条件下,高钛云母的稳定性比不含钛的金云母高得多^[13-16]。高压实验提供了钛金云母的形成条件为: $P=10-35 \times 10^5 \text{Pa}$, $T=1150-1300^\circ\text{C}$, f_{O_2} 相当于NNO—HM缓冲反应的范围, 体系中 $\text{CO}_2/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})=0.00-0.55$, 此时所形成的金云母中 TiO_2 含量可达 $1.8\%-8.1\%$, $[\text{Mg}]$ 值为 $0.82-0.90$ 。实验还表明, 当 $T=1300^\circ\text{C}$, $P=30 \times 10^5 \text{Pa}$, 体系中含 H_2O 达 2.4% , CO_2 达 5.9% , $\text{CO}_2/(\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O})=0.5$ 时, 合成的金云母具有最高的 TiO_2 含量 (8.1%)。在地幔条件下, 早期金云母的结晶作用是在富 H_2O 和贫 CO_2 的条件下发生的。以后, 随着 f_{O_2} 和 CO_2 含量的增高, P 和 H_2O 含量的降低, 金云母中 TiO_2 含量将逐渐增高。因此, Edgar (1976, 1980)、Barton 等 (1979)、Arima 等 (1983) 和 Bachinski 等 (1984) 一致认为, 在地幔条件下, 金云母是各种 SiO_2 不饱和及含 H_2O 和 CO_2 的钾质岩浆体系中的液相线相或早期结晶相。高的温度和高的 f_{O_2} 是控制金云母中具有高的 TiO_2 含量的最重要原因。Luhr 等 (1981) 基于氧同位素分配的实验也得出类似结论并指出, 金云母结晶的温度在 $1070-1200^\circ\text{C}$ 左右, f_{O_2} 相当于NNO—HM缓冲反应的范围^[17]。

本区新生代火山岩是一种 SiO_2 强烈不饱和的钾质副长石岩类, 岩石化学及微量元素地球化学特征均显示了介于金伯利岩—黄长煌斑岩—暗橄榄霞石岩之过渡类型特征^[3]。金云母的化学成分既不同于典型金伯利岩中金云母, 也与钾镁煌斑岩和云煌岩中金云母的成分不尽相同, 显示了与全岩化学成分相似的过渡特征。对碱性火山岩及所携带的地幔包体及单斜辉石和橄榄石巨晶的研究表明, 本区火山岩是在高于石榴石二辉橄榄岩平衡温压的条件下 (即 $>1219^\circ\text{C}$, $>2.7 \text{GPa}$, $>90 \text{km}$), 经橄榄岩地幔的部分熔融形成的^[18]。石榴石二辉橄榄岩包体中出现含角闪石的交代矿物组合, 次变榴石和次生尖晶石的化学成分具有显著富 Na_2O 、 K_2O 和 Al_2O_3 的特征, 表明本区上地幔经历了交代作用和复杂的热动力历史^[18]。从地幔交代作用以及火山岩本身富含碳酸岩的特征一致表明, 火山岩和起源是在有大量富含 CO_2 、 H_2O 及不相容元素 Na 、 K 、 Ti 、 Al 等的流体参与下发生的。岩浆的起源条件为钛金云母的结晶提供了温度、压力条件及足够的 CO_2 和 H_2O 。因此, 巨晶和粗斑晶金云母可以作为早期结晶相出现在火山岩中。

微晶金云母相对于巨晶和粗斑晶金云母, 前者具有较低的 TiO_2 、 Al_2O_3 和 FeO , 较高的 SiO_2 、 MgO 和 K_2O , 从它具有低的 FeO 和高的 $[\text{Mg}]$ 值特征来看, 仍然属于一种原生的金云母。微晶金云母化学成分的变化可能与原生岩浆分异演化的趋势有关。Sinia Esperanca 等 (1987) 在有关云煌岩的实验研究中发现, 在有 H_2O 存在的条件下, 橄榄石的结晶区随压力降低而扩大, 在压力较低的情况下出现 $3\text{Ol} + 3\text{Lc} + \text{H}_2\text{O} = 2\text{Phl} + \text{Kf}$ 的反应, 由此推测很多云煌岩中出现 $\text{Ol} + \text{Cpx} + \text{Phl} +$ 不透明矿物共生的情况并非低压下再平衡的产物, 而是在近液相线条件下快速淬火的产物^[9]。从本区火山岩微晶金云母作为基质中填隙物的产状推测, 微晶金云母是一种近液相线的高温矿物。

对含钛金云母的球状体曾有专文介绍^[9]。根据对火山岩中各种球状体的详细观察和实验资料的分析, 笔者认为富含钛金云母的成分复杂的球状体为过碱性镁铁质岩浆中的一种“低温残留体”, 其成因可能与开放的地幔源区碱性镁铁质岩浆的起源条件有关。这种球状体的大量出现表明, 岩浆起源于对流体开放的上地幔。因此球状体中的钛金云母和橄榄岩包体中金云母的成因一样, 与地幔流体的交代作用有关, 其化学成分受交代流体成分的制约。球状体富碱和富挥发分的特征, 尤其是大量钛金云母的出现进一步表明, 交代流体具有富 Na 、 K 、 Ti 及

挥发分 H_2O 和 CO_2 的特征。

5 结论

(1) 甘肃西秦岭区新生代火山岩中的钛金云母与金伯利岩、钾镁煌斑岩和云煌岩中的金云母不同,其化学成分与全岩化学成分一致,显示了过渡类型特征。对金云母矿物学和矿物化学的研究,进一步证明了本区新生代火山岩为一种介于金伯利岩—黄长煌斑岩—暗橄榄霞石岩之间的过渡类型岩石。

(2) 火山岩中的钛金云母包括三种成因类型:即作为碱性岩浆中早期结晶相的巨晶和粗斑晶金云母、在近液相线条件下快速冷却的微晶金云母和与流体交代作用有关的,产于球状体和橄榄岩包体中的金云母。金云母的人工合成及云煌岩类的实验研究表明,钛金云母是在高温($>1300^{\circ}C$)、高压(3.0GPa)、地幔富含 CO_2 和 H_2O 的条件下结晶的。实验研究为巨晶和粗斑晶金云母的结晶条件提供了约束,同时也为碱性岩浆起源条件提供了矿物学方面的佐证。

(3) 球状体和橄榄岩包体中具交代成因金云母的出现表明,碱性岩浆起源于对流体开放的上地幔。这一认识与从石榴石二辉橄榄岩包体中观察到的地幔交代作用特征完全一致。因此,对火山岩中钛金云母的详细研究可提供地幔交代流体成来源的信息,并进一步证明本区地幔交代流体具有富K、Na、Ti等不相容元素和 CO_2 、 H_2O 的特征。

参 考 文 献

- 1 Maitre R W Le. 火成岩分类及术语辞典. 王碧香等译. 地质出版社, 1991, 43—44.
- 2 Foley S F et al. The ultrapotassic rocks; characteristics, classification and constraints for petrogenetic models, *Earth Science Reviews*, 1987, 24(1): 81—134.
- 3 喻学惠. 甘肃礼县宕昌地区新生代钾质碱性超基性火山岩的特征及成因. 青藏地质文集, 1993, 23.
- 4 黄蕴慧等. 华北地台金伯利岩与金刚石. 地质出版社, 1992, 71—84.
- 5 喻学惠. 甘肃礼县—宕昌一带碱性超基性火山岩中的球状体及成因初探. 见岩石学论文集. 中国地质大学出版社, 1992, 97—103.
- 6 Mitchell R H. Titaniferous phlogopites from the leucite lamproites of the west Kimberley Area, Western Australia, *Contrib. Mineral. Petrol.* 1981, 76(2): 243—251.
- 7 Bachinski S W et al. Ti-phlogopites of Shaw's Cone minette; a comparison with micas of other lamprophyres, potassic rocks, kimberlites, and mantle xenoliths, *American Mineralogists*, 1984, 69(1): 41—56.
- 8 Sheppard S et al. Barium- and LREE-rich, olivine-mica-lamprophyres with affinities to lamproites, Mt. Bundy, Northern Territory, Australia, *Lithos*, 1992, 28(3—6): 303—325.
- 9 Rock N M S et al. A spectrum of potentially diamondiferous lamproites and minettes from the Jharia Coalfield, Eastern India, *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1992, 50(1): 55—83.
- 10 A. Cundari et al. Petrogenetic relationships between militite and lamproite, *Contrib. Mineral. Petrol.* 1991, 107(3): 343—357.
- 11 Mitchell R H. 金伯利岩. 喻学惠等译. 中国地质大学出版社, 1991, 144—153.
- 12 Arima M et al. Substitution mechanisms and solubility of titanium in phlogopites from rocks of probable mantle origin. *Contrib. Mineral. Petrol.* 1981, 77(2): 288—295.
- 13 Forbes W C et al. phase relations of titanphlogopite, $K Mg Ti Al Si O (OH)_2$; a refractory phase in

- the upper mantle? *Earth Planet. Sci. Lett.* 1974, 22(1): 60—66.
- 14 Edgar A D et al. Experimental petrology of a highly potassic magma *J. Petrol.* 1976, 17(3): 339—356.
- 15 Edgar A D et al. A experimental study of a olivine ugandite magma and mechanism for the formation of its K-enriched derivatives. *J. Petrol.* 1980, 21(4): 475—497.
- 16 Barton M et al. water-undersaturated melting experiments bearing upon the origin of potassium-rich magma, *Mineral. Magazine.* 1982, 45(1): 267—278.
- 17 Luhr J F et al. The Colima Volcanic Complex, Mexico; Part II. Late-Quaternary Cinder Cones. *Contrib. Mineral. Petrol.* 76(1): 127—147.
- 18 喻学惠. 甘肃宕昌好梯碱性超基性火山岩: 一种含上地幔包体和巨晶的钾质超镁铁煌斑岩. *地质论评*, 1991, 37(2): 144—153
- 19 Sinia Esperanca et al. On the origin of some mica-lamprophyres; experimental evidence from a mafic minette, *Contrib. Mineral. Petrol.* 1987, 95(2): 207—216.
- 20 喻学惠. 甘肃好梯超镁铁煌斑岩中的深源包体和巨晶. *地质科技情报*, 1991, 10(增刊): 97—108.

Titanphlogopites from the Cenozoic Alkaline Volcanic Rock in western Qinling, Gansu province

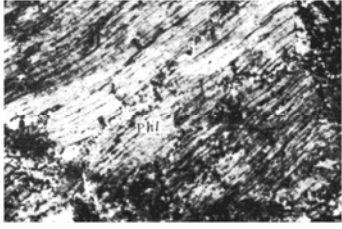
Yu Xuehui

(China University of Geosciences, Wuhan)

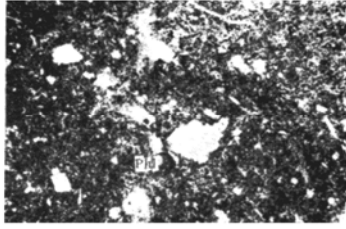
Key words: Gansu, Western Qinling, Cenozoic, volcanic rock, titanphlogopites

Abstract

This paper provides a constraint for the composition and genesis of phlogopites on the basis of mineralogical and mineral-chemical studies of titanphlogopites from the Cenozoic volcanic rock and its mantle xenoliths in Western Qinling, Gansu province, in combination with data from high pressure experiments of phlogopites and minettes. The results show that these phlogopites belong to a transitional group in chemical composition, being different from phlogopites from kimberlites, lamproites and minettes. The megacrystalline and macrocrystalline phlogopites from the Cenozoic volcanic rock of Western Qinling are of the early crystallization phase under the conditions of some 1300°C, 30×10^8 Pa, and rich CO₂ and H₂O in the mantle. Microcrystalline phlogopites may be a product of rapid chilling near liquidus. The genesis of the phlogopites in peridotites and gluboles seems to be related to fluid metasomatism, and the appearance of titanphlogopites further indicates that the Cenozoic volcanic rock originated from the metasomatic mantle with metasomatic fluids rich in incompatible elements K, Na and Ti and volatiles CO₂ and H₂O,



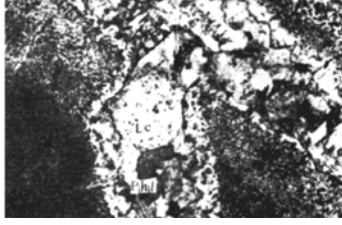
照片 1 钛晶金云母
单偏光 $d = 5 \text{ mm}$



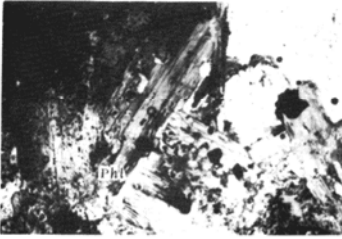
照片 2 粗斑晶金云母
单偏光 $d = 2 \text{ mm}$



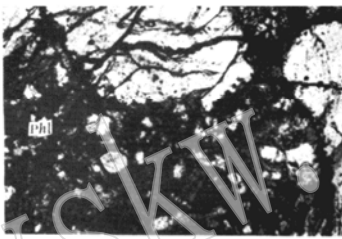
照片 3 火山岩基质中的微晶金云母
单偏光 $d = 2 \text{ mm}$



照片 4 球状体中的粗晶金云母
单偏光 $d = 5 \text{ mm}$



照片 5 球状体中的粗晶金云母
单偏光 $d = 5 \text{ mm}$



照片 6 块状岩包体中的金云母
单偏光 $d = 2 \text{ mm}$

www.yxkw.ac.cn