

藏东及邻区钾玄岩系岩石云母特征及其岩石学意义*

谢应雯 梁华英 张玉泉

XIE YingWen, LIANG HuaYing and ZHANG YuQuan

中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640

Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2001-03-27 收稿, 2001-11-02 改回.

Xie YW, Liang HY and Zhang YQ. 2002. Petrogenic implication of the characteristics of micas in shoshonitic rocks in eastern Qinghai-Tibet Plateau. *Acta Petrologica Sinica*, 18(2):205-211

Abstract The Cenozoic magmatic rocks of shoshonitic series in eastern Qinghai-Tibet plateau include potassic alkaline plutonic rocks, volcanic rocks, lamprophyres and acidic porphyries. Mica is the popular mineral in the four different types of rocks. Based on the geochemical characteristics of mica in rocks, the forming environment and source rocks of the mica-hosted rocks could be determined. The chemical composition of mica was analyzed by wet chemistry and a few mica samples were analyzed by electron-probe analysis. The chemical composition, MF varying from 1.30 to 1.99, suggesting that the micas are phlogopites—Mg-rich biotites, belong to the alkali-rich, Mg-rich, Al-high and Fe-poor type. The infrared spectroscopic analysis of micas was carried out on the PE-621 grating infrared spectrophotometer. The same features of infrared spectrums of micas from four different types of rocks, which have strong absorb spectrum zone at 450cm^{-1} and 1000cm^{-1} , suggest that the mica-hosted rocks belong to the same rocks series. X-diffraction of micas was analyzed by Debye method. The unit cell parameter of micas d(060) ranging from 15.32nm to 15.41nm suggests that all the micas from four different types of rocks belong to trisoctahedron 1M micas. On the basis of chemical composition, it could be concluded that the micas were formed in high alkaline environment, which differ from those of micas from calc-alkaline rocks. The features of chemical compositions, X-ray and IR spectrum of micas indicate that four types of mica-hosted rocks are shoshonitic series rocks and the source magmatic material from metasomatized mantle.

Key words Mineral chemistry, Phlogopites—Mg-rich biotites, Shoshonitic series, Qinghai-Tibet plateau

摘要 青藏高原东部及邻区新生代钾玄岩系列岩石包括钾质碱性深成岩、火山岩、煌斑岩和偏酸性的斑岩。云母是钾玄岩系列岩石中的主要暗色矿物,分布亦较广泛。我们用单矿物化学分析方法测定本区钾玄岩系四种岩石中云母的化学成分,其结果 $\text{MF}=1.30\sim1.99$,应为金云母-富镁黑云母,属于富碱富镁高铝贫铁类型的云母;云母的红外光谱,在 450cm^{-1} 和 1000cm^{-1} 附近都有很强的吸收谱带,显示了四种岩石中的云母具有类似的红外光谱特征;X光衍射测定,本区云母的 d(060) 为 $15.32\text{nm}\sim15.41\text{nm}$,它们的晶胞参数变化不大,均为三八面体 1M 型云母。以上特征表明,本区钾玄岩系四种岩石中云母均形成于高碱度环境,它们与钙碱性系列岩石中云母形成的环境迥然不同。从四种岩石的云母具有相似的化学成分、红外光谱和晶胞参数,说明它们的寄主岩石具有钾玄岩的特征,其物源来自交代地幔。

关键词 矿物化学;金云母-富镁黑云母;钾玄岩系列;青藏高原东部

中图法分类号 P588.1; P578.959; P574.2; P534.6

* 国家重点基础研究发展规划项目(编号:G1999043203).

第一作者简介: 谢应雯,女,1938年出生,研究员,岩矿专业.

1 寄主岩石概况

由于钾玄岩系的岩石具有独特的地球化学特征,以及与Cu、Au等多金属成矿的密切关系,因此,受到国内外学者的重视(Joplin G A, 1968; Morrison G W, 1980; Muller D *et al.*, 1993)。本区新生代钾玄岩系列的岩石,南从云南金平向北沿哀牢山-金沙江经川藏边界进入青海,再向北西经西藏北延至新疆西南,呈NW-NWW-NW向展布。岩石包括钾质碱性深成岩(等色岩、正长岩、正长斑岩和透辉石花岗岩)、偏酸性的斑岩(石英二长斑岩、二长花岗斑岩、正长花岗斑岩和碱长花岗斑岩)、火山岩(霞石碱玄岩、粗面玄武岩、橄辉安粗岩、安粗岩和粗面岩等)和煌斑岩(暗橄碱煌岩,云煌岩)。岩石富碱, $K_2O/Na_2O > 1$, Sr、Ba、轻稀土含量高, $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.7059 \sim 0.7071$, $^{143}Nd/^{144}Nd = 0.51230 \sim 0.51263$,充分显示交代的钾质富集地幔源区(Zhu Bingquan *et al.*, 1992; Xie Yingwen and Zhang Yuquan, 1995; Zhang Yuquan *et al.*, 1998)的特征。

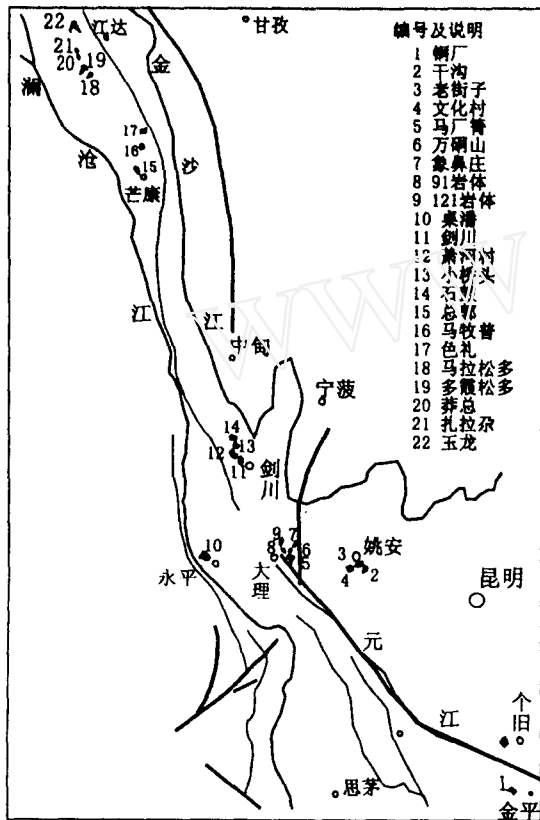


图1 藏东及邻区新生代钾玄岩系列岩石采样位置图

Fig. 1 The sample localities from shoshonitic rocks in eastern Qinghai-Tibet plateau

所研究的云母采自上述钾玄岩系列的各类岩石中,其分布情况如下:

马牧普、剑川、小桥头、卓潘等岩体的正长岩;石鼓、老街子、铜厂、万洞山、干沟等岩体的正长斑岩;马厂箐的石英正长岩;肃河村的石英正长斑岩;扎拉杂、玉龙、马拉松多、多霞松多、莽总、色礼、马厂箐等岩体花岗斑岩;总郭、文化村、老街子等岩体的粗面岩;马牧普、象鼻庄、121号岩体等的煌斑岩和91号岩体的碱煌岩(图1)。

2 云母的化学成分特征

云母的化学成分主要采取单矿物化学分析和少量电子探针分析,并根据林文慰等提出的方法(Lin Wenwei and Peng Lijun, 1994)对探针分析结果进行铁调整,其结果见表1。将云母的化学成分投影到Foster 1960的 $Mg-(Al^{IV} + Fe^{3+} + Ti) - (Fe^{2+} + Mn)$ 图解中,按作者提出的黑云母成分变种的划分原则(Xie Yingwen and Zhang Yuquan, 1987),钾玄岩系列岩石中的云母 $MF = 1.30 \sim 1.99$,应为金云母和富镁黑云母。它们与壳型钙碱性花岗岩中富铁黑云母($MF < 1$)有明显的区别。在Al-Mg-Fe投影图中,它们的成分范围与钾玄质煌斑岩云母的分布相吻合(图2)。

2.1 金云母-富镁黑云母化学成分特征

(1) SiO_2 含量在35.92%~43.52%之间,(多数样品的 $SiO_2 < 40\%$),平均为38.87%,比壳型钙碱性花岗岩(Xie Yingwen and Zhang Yuquan, 1987)中黑云母的含量高,又低于美国Utah的石英安粗岩(Parry *et al.*, 1978)中的黑云母,而与澳大利亚北部Mt. Bundey钾玄质煌斑岩(Sheppard S and Wayne R. Taylor, 1992)的云母比较接近。

(2) Al_2O_3 含量范围为10.4%~18.04%,平均13.35%,比钾镁煌斑岩类的云母高,接近于Mt. Bundey钾玄质煌斑岩类的云母,具有钾玄质煌斑岩含Al高的特点。

(3) MgO 含量在11.69%~22.88%之间,(绝大部分样品 $MgO > 15\%$),平均为17.08%,远远高于壳型钙碱性花岗岩中的黑云母,低于美国Utah石英安粗岩中的黑云母,而与钾玄质煌斑岩中的云母相近。

(4) FeO 含量在2.32%~17.04%之间,平均10.09%,比钾镁煌斑岩中金云母的 FeO 含量高,而远低于壳型钙碱性花岗岩中的黑云母,类似于钾玄质煌斑岩中的云母。

2.2 金云母-富镁黑云母中Mg和Fe的变化特点

钾玄岩系列岩石中,云母的含镁系数 $[Mg/(Mg + Fe + Mn)]$ 为0.67~0.78,含铁系数 $[Fe/(Fe + Mg)]$ 为0.22~0.34。在该系列的四种岩石中含镁系数和含铁系数又略有不同:钾质碱性深成岩中分别为0.67和0.34;酸性斑岩分别为0.68和0.32;火山岩为0.70和0.30;煌斑岩为0.78和0.22。在酸性斑岩中,从二长花岗斑岩(SiO_2 平均值为68.08%)→碱长花岗斑岩(SiO_2 平均值为69.15%),它们的

表 1 云母的化学成分及参数

Table 1 Chemical compositions and parameters of micas

岩石类型 岩石名称		钾质碱性深成岩												酸性斑岩					
		正长岩						正长斑岩						石英二长斑岩			二长花岗斑岩		
		小桥头 81-911*	剑川 81-872	桌潘 81-751	马牧普 83-110	老街子 92-125*	铜厂 81-78	干沟 92-94	万福山 92-46	石鼓 81-899	石英正 长斑岩 81-927	石英 正长岩 92-29	马厂箐 92-29	玉 龙 83-271	83-284	83-616	83-631	83-674	83-676
产地	38.75	37.76	37.72	43.52	42.79	36.92	39.36	39.13	36.96	37.69	38.90	38.68	38.26	38.68	38.65	38.87	38.61	39.34	
样品号	3.26	4.18	3.36	0.64	1.28	3.34	2.58	3.50	3.29	3.40	4.01	3.30	3.58	3.30	3.41	3.63	3.77	3.37	
氧	Al ₂ O ₃	12.15	12.62	13.97	10.40	11.47	13.27	15.09	14.26	15.22	12.95	14.47	15.14	14.47	13.28	13.13	13.17	13.12	
	Fe ₂ O ₃	4.17	0.00	1.86	0.00	0.00	3.76	0.30	4.19	2.59	0.00	1.34	2.49	1.34	0.00	0.00	0.00	0.00	
化	FeO	10.64	15.64	14.00	9.69	11.78	13.98	6.63	12.61	9.36	15.58	10.20	12.36	10.20	15.60	17.04	15.78	14.71	
	MnO	0.40	0.00	0.13	0.17	1.67	0.15	0.00	0.49	0.40	0.43	0.08	0.12	0.08	0.23	0.34	0.15	0.28	
物	MgO	15.70	15.59	14.61	21.04	18.87	13.70	14.85	14.07	17.77	14.20	15.59	15.59	19.05	15.06	15.32	14.89	16.18	
	CaO	0.18	0.00	0.56	0.03	0.01	0.30	0.01	1.01	0.49	0.07	0.36	0.36	0.35	0.02	0.03	0.15	0.04	
	Na ₂ O	0.39	0.23	0.25	0.00	0.22	0.13	0.24	0.36	0.62	0.44	0.25	0.25	0.17	0.11	0.25	0.02	0.06	
	K ₂ O	9.05	9.78	8.92	9.97	9.20	8.93	9.24	8.77	8.89	8.36	8.91	8.91	8.97	9.56	9.31	9.03	9.99	
总和		94.69	95.80	95.38	95.46	97.29	94.48	95.70	96.01	96.43	95.22	97.06	97.06	96.61	95.89	97.92	95.57	97.09	
以	Si	5.777	5.543	5.629	6.176	6.051	5.603	5.523	5.547	5.463	5.758	5.574	5.557	5.574	5.666	5.602	5.591	5.668	
氧	Ti	0.365	0.461	0.377	0.068	0.136	0.381	0.272	0.376	0.371	0.446	0.391	0.391	0.358	0.376	0.393	0.418	0.365	
为	Al ^{IV}	2.135	2.148	2.371	1.739	1.912	2.374	2.477	2.453	2.537	2.240	2.443	2.443	2.426	2.295	2.230	2.288	2.228	
22	Al ^{VI}	0.000	0.000	0.087	0.000	0.000	0.000	0.184	0.070	0.064	0.017	0.149	0.149	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	
计	Fe ³⁺	0.468	1.117	0.209	0.965	0.841	0.429	0.700	0.473	0.282	0.505	0.272	0.272	0.145	0.853	0.979	0.616	0.972	
算	Fe ²⁺	1.327	0.679	1.747	0.077	0.459	1.774	0.000	1.583	1.135	1.367	1.501	1.501	1.229	0.964	0.965	1.261	0.692	
的	Mn	0.051	0.000	0.016	0.020	0.200	0.019	0.000	0.062	0.049	0.054	0.015	0.015	0.010	0.029	0.042	0.019	0.034	
阳	Mg	3.488	3.412	3.249	4.451	3.978	3.099	4.508	3.147	3.839	3.133	3.375	3.375	4.091	3.291	3.292	3.272	3.475	
离	Ca	0.029	0.000	0.090	0.005	0.002	0.049	0.002	0.173	0.076	0.011	0.056	0.056	0.054	0.003	0.005	0.024	0.006	
子	Na	0.113	0.065	0.072	0.000	0.060	0.038	0.065	0.105	0.174	0.126	0.070	0.070	0.047	0.031	0.070	0.006	0.017	
数	K	1.721	1.832	1.698	1.805	1.660	1.729	1.654	1.679	1.644	1.632	1.651	1.651	1.649	1.782	1.712	1.698	1.836	
Fe/(Fe+Mg) Mg/[(Fe+Mn)+Mg] 2Mg/(Mg+Fe ²⁺ +Mn)		0.340	0.345	0.376	0.190	0.246	0.416	0.134	0.379	0.395	0.270	0.374	0.344	0.251	0.356	0.371	0.365	0.324	
		0.654	0.655	0.622	0.807	0.726	0.582	0.866	0.621	0.598	0.724	0.619	0.654	0.747	0.641	0.624	0.633	0.672	
		1.434	1.668	1.297	1.957	1.716	1.267	2.000	1.280	1.313	1.529	1.376	1.380	1.380	1.535	1.536	1.532	1.437	1.654

续表 1

Continued table 1

岩石类型		酸性斑岩										火山岩		煌斑岩				
岩石名称		二长花岗斑岩					碱长花岗斑岩					粗面岩		云煌岩		暗橄 碱煌岩		
产地		扎拉杂		多霞松多		色礼	马厂管	莽总		马拉松多		老街子	文化村	总郭	马牧普	象鼻庄	91号岩体	121号岩体
样品号		82-141*	83-371	83-931*	83-703	83-404*	83-401-1	83-305	81-974	92-111	83-85	83-99	86-181	86-181-b	86-76	86-99	86-99-2	
氧	SiO ₂	38.72	38.58	38.07	37.94	39.32	38.51	38.35	37.14	39.36	38.25	38.23	39.15	38.96	39.09	38.26	39.66	
	TiO ₂	3.77	3.43	2.94	3.23	3.56	3.59	3.44	3.46	2.58	3.65	2.43	1.91	5.89	1.61	2.25	2.62	
	Al ₂ O ₃	13.02	15.09	14.29	13.86	14.44	14.35	14.12	13.58	18.08	13.61	11.46	14.36	13.14	13.23	12.74	12.92	
	Fe ₂ O ₃	3.44	2.46	1.24	1.78	2.42	2.60	2.53	4.00	0.00	14.26	1.88	3.72	0.00	3.13	8.63	0.00	
化	FeO	10.94	10.52	13.06	13.51	10.89	12.00	11.90	11.59	8.83	4.09	7.39	5.02	9.54	4.20	2.66	9.56	
	MnO	0.30	0.17	0.24	0.14	0.16	0.19	0.13	0.17	0.00	0.20	0.08	0.08	0.02	0.07	0.05	0.07	
物	MgO	16.20	16.63	15.44	13.36	16.22	15.95	16.23	14.32	21.55	11.69	21.72	20.83	17.36	22.88	20.18	20.80	
	CaO	0.51	0.37	0.65	0.48	0.56	0.42	0.48	0.76	0.01	0.48	0.98	0.45	0.10	0.92	0.44	0.00	
	Na ₂ O	0.49	0.25	0.26	0.29	0.25	0.17	0.27	0.43	0.24	0.77	0.64	0.81	0.54	0.46	0.62	0.43	
	K ₂ O	8.90	9.29	9.20	9.23	8.91	8.74	9.17	8.67	8.26	8.87	9.11	8.90	10.49	8.66	9.05	11.08	
	总和	96.29	96.79	95.39	93.82	96.70	96.52	96.62	96.82	94.48	98.91	95.87	93.92	95.23	96.04	94.25	94.88	97.14
以	Si	5.669	5.581	5.652	5.746	5.684	5.615	5.603	5.616	5.353	5.607	5.660	5.629	5.589	5.652	5.561	5.613	
氧	Ti	0.415	0.373	0.328	0.368	0.387	0.394	0.378	0.393	0.264	0.402	0.271	0.207	0.635	0.175	0.246	0.279	
为	Al ^N	2.247	2.419	2.348	2.254	2.316	2.385	2.307	2.384	2.647	2.352	2.000	2.371	2.221	2.255	2.183	2.155	
22	Al ^H	0.000	0.155	0.153	0.221	0.145	0.082	0.035	0.037	0.251	0.000	0.000	0.063	0.000	0.000	0.000	0.000	
计	Fe ³⁺	0.379	0.268	0.139	0.203	0.263	0.285	0.278	0.455	0.758	1.573	0.209	0.402	0.799	0.341	0.944	1.018	
算	Fe ²⁺	1.340	1.273	1.622	1.711	1.313	1.463	1.454	1.511	0.161	0.501	0.915	0.604	0.257	0.508	0.323	0.000	
的	Mn	0.037	0.021	0.030	0.018	0.020	0.023	0.016	0.022	0.000	0.025	0.010	0.010	0.002	0.009	0.006	0.008	
阳	Mg	3.535	3.585	3.416	3.015	3.495	3.466	3.534	3.227	4.369	2.554	4.792	4.463	3.712	4.930	4.371	4.389	
离	Ca	0.080	0.057	0.103	0.078	0.087	0.066	0.075	0.123	0.001	0.075	0.155	0.069	0.015	0.143	0.069	0.000	
子	Na	0.139	0.070	0.075	0.085	0.070	0.048	0.076	0.126	0.063	0.219.219	0.184	0.226	0.150	0.129	0.175	0.118	
数	K	1.662	1.715	1.743	1.783	1.643	1.626	1.709	1.673	1.433	1.659	1.721	1.632	1.920	1.597	1.678	2.001	
Fe/(Fe+Mg)		0.327	0.301	0.340	0.388	0.311	0.335	0.329	0.379	0.174	0.448	0.190	0.184	0.222	0.147	0.225	0.188	
Mg/{(Fe+Mn)+Mg}		0.668	0.696	0.656	0.609	0.686	0.662	0.669	0.619	0.826	0.549	0.810	0.815	0.778	0.852	0.774	0.811	
2Mg/(Mg+Fe ²⁺ +Mn)		1.439	1.470	1.348	1.271	1.448	1.400	1.412	1.356	1.933	1.658	1.676	1.758	1.870	1.810	1.860	1.996	

* 谢应奎,1995(b)

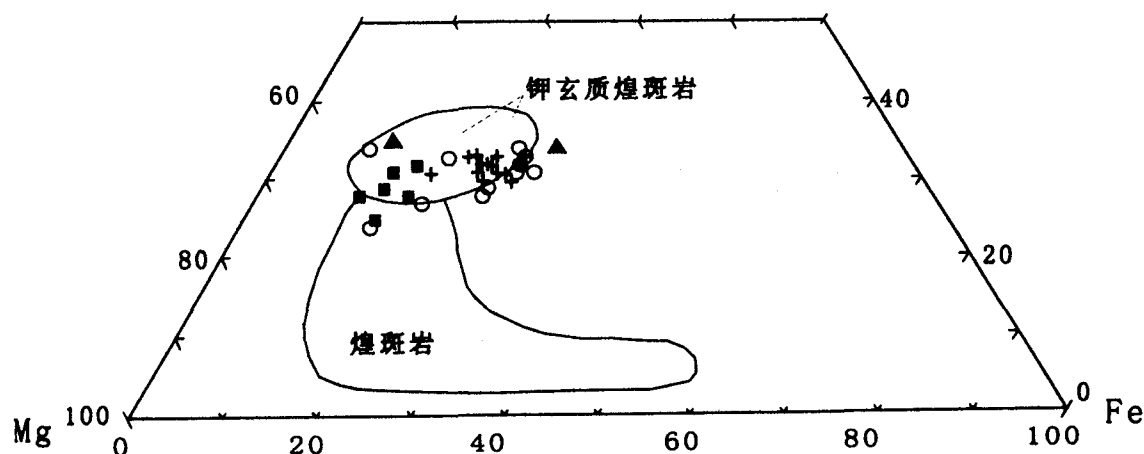


图2 钾玄岩系列岩石中云母的 Al-Mg-Fe 投影图 (引自 Stephen Sheppard *et al.*, 1992)

图例: ○-富碱侵入岩; + -酸性斑岩; ▲-火山岩; ■-煌斑岩。

Fig. 2 Micas from shoshonitic series rocks plotted on an Al-Mg-Fe diagram

云母的含镁系数从 0.650 增加到 0.672, 含铁系数从 0.342 降低为 0.325。随着酸度的升高, 云母有向富镁方向演化的趋势。本区钾玄岩系列的岩石中云母的含镁系数, 含铁系数的变化特征与中国东部地区两种花岗岩序列的云母 (Sun Shihua, 1987) 有明显的区别。例如 Mg 云母序列的阳储岭钙碱性侵入杂岩中 9 个云母成分: 含镁系数为 0.461~0.547 平均 0.506 和含铁系数 0.448~0.535 平均 0.489; 又如 FAL 云母序列的姑婆山花岗岩中 11 个云母成分: 含镁系数为 0.038~0.327 平均 0.189 和含铁系数 0.668~0.861 平均 0.807 (Gu Xiongfei, Mei Houjun 1998.)。上述表明, 本区云母的含镁系数远远大于中国东部地区两种花岗岩序列云母的含镁系数, 含铁系数的变化相反。这说明青藏高原东部钾玄岩系列的岩石与中国东部地区两种花岗岩是截然不同的两个系列的岩石。

金云母-富镁黑云母的镁、铁组分与其寄主岩石岩浆的物源有密切的关系。钾玄岩系列的四种岩石中云母的 MgO 含量变化不大, 钾质碱性深成岩中云母的 MgO 为 16.31%, 酸性斑岩为 16.14%, 火山岩为 16.39%, 煌斑岩为 19.48%。云母的 $\Sigma\text{FeO}/(\Sigma\text{FeO} + \text{MgO})$ 值, 在钾质碱性深成岩中为 0.474, 酸性斑岩中为 0.462, 火山岩中 0.433, 煌斑岩中为 0.337。将上述数据分别投入云母的 $\text{MgO}-\Sigma\text{FeO}/(\Sigma\text{FeO} + \text{MgO})$ 与岩浆物质来源关系图 (图 3) 中, 可以看出本区钾玄岩系列岩石与甘肃省宕昌第三纪超镁铁质岩石 (霞石岩、黄长钾霞岩) (Qiu Jiaxiang, 1993) 一样, 都落入 M 区, 均为幔源岩岩。而中国东部地区阳储岭钙碱性侵入杂岩中 9 个云母的 MgO 平均值为 10.4%, $\Sigma\text{FeO}/(\Sigma\text{FeO} + \text{MgO})$ 平均值为 0.672 (Gu Xiongfei, Mei Houjun 1998.), 它的点落在 CM 区, 即为壳幔混熔岩浆; 姑婆山花岗岩中 11 个云母的 MgO 平均值为 3.46%, $\Sigma\text{FeO}/(\Sigma\text{FeO} + \text{MgO})$ 平均值为 0.971 (Gu Xiongfei, Mei Houjun 1998.), 云母落入 C 区, 为壳源岩浆。

2.3 钾玄岩系列与钙碱性系列岩石中云母成分对比

黑云母的成分可以反映其寄主岩石形成时的碱度。把钾玄岩系列岩石中的云母成分投入 A. A. 马拉库舍夫等 (1965) 的 $\text{Si}/\text{Al}-(\text{Mg}+\text{Fe})/\text{Al}$ 的图中 (图 4)。钾质碱性深成岩中的云母的 Si/Al 为 2.14~3.55, $(\text{Mg}+\text{Fe})/\text{Al}$ 为 1.99~3.16 多数落入 D 区, 少量在 E 区; 酸性斑岩中云母 Si/Al 为 2.14~2.54, $(\text{Mg}+\text{Fe})/\text{Al}$ 为 1.99~2.35 主要落入 D 区, 个别在 E 区; 火山岩中云母的 Si/Al 1.95~2.38, $(\text{Mg}+\text{Fe})/\text{Al}$ 1.92~2.14 均落入 D 区; 煌斑岩中云母的 Si/Al 2.31~2.83, $(\text{Mg}+\text{Fe})/\text{Al}$ 2.15~2.96 分布于 E-D 区。总之, 钾玄岩系列岩石中云母都落入 D-E 区, 均为高碱度区, 而个旧含锡花岗岩 Si/Al 为 1.745, $(\text{Mg}+\text{Fe})/\text{Al}$ 为 1.389 (Xie yingwen and Zhang Yuquan, 1987) 落入 B 区, 为低碱度区; 阳储岭钙碱性侵入杂岩中 9 个云母平均 Si/Al 为 2.05, $(\text{Mg}+\text{Fe})/\text{Al}$ 为 1.72 (Gu Xiongfei, Mei Houjun 1998.) 的点落入 C 区; 姑婆山花岗岩中 11 个云母平均 Si/Al 为 2.33, $(\text{Mg}+\text{Fe})/\text{Al}$ 为 1.54 (Gu Xiongfei, Mei Houjun 1998.) 的点也落入 C 区, 为正常碱度区。由此可见, 钾玄岩系列岩石成岩时的碱度比钙碱性系列岩石高, 它们的成岩环境 (碱度) 是炯然不同的。综上所述, 用云母的成分特征推断岩石系列的划分是可信的。对云母成分的研究, 从矿物学角度进一步论证了上述四种岩石属于钾玄岩系列岩石。

3 X 光衍射分析及红外光谱

云母的 X 射线的实验条件: Fe 靶, 德拜法, $D=57.3$; 用 Si 作内标修正衍射数据, 用伊藤法作粉末衍射数指标化, 并计算晶胞参数。分析结果 (表 2) 表明, 四种岩石中云母的晶胞

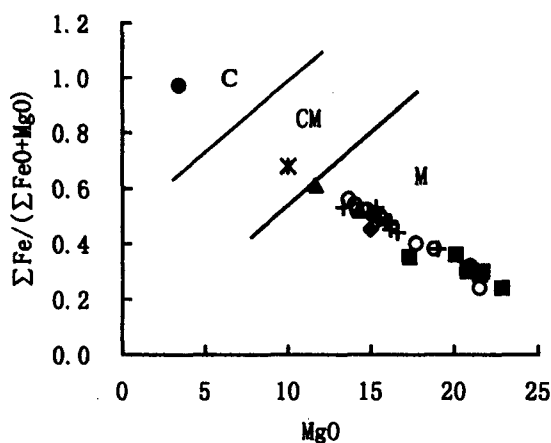


图3 云母 $\Sigma\text{Fe}/(\Sigma\text{FeO}+\text{MgO})-\text{MgO}$ 与岩浆物质来源关系图(Qiu Jiaxiang 1993)

图例: ○-富碱侵入岩; + -酸性斑岩; ▲-火山岩; ■-煌斑岩; * -阳储岭钙碱性侵入杂岩; ●-姑婆山花岗岩; ◆-甘肃宕昌碱性超基性煌斑岩; M. 幔源; CM. 壳幔混源; C. 壳源

Fig. 3 $\Sigma\text{Fe}/(\Sigma\text{FeO}+\text{MgO})-\text{MgO}$ diagram of micas in relation with the source of magmatic material

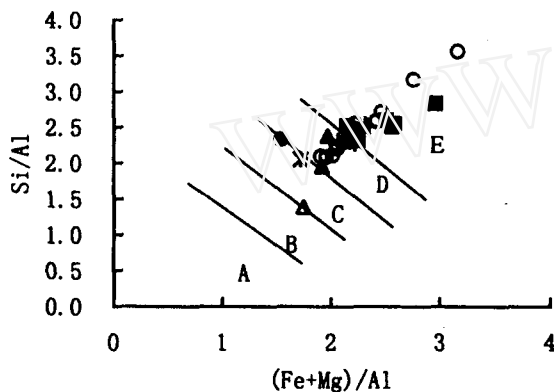


图4 按黑云母成分确定岩体的碱度图解

(据 A. A. 马拉库舍夫等, 1965)

图例同图3, △-个旧含锡花岗岩

A-B. 低碱度区; C. 正常碱度区; D-E. 高碱度区

Fig. 4 Alkalinity diagram of the rockbodies in accordance with the composition of biotite.

参数很接近。利用云母族矿物的 $d(060)$ 值可确定云母属于二八面体还是三八面体, 二八面体型云母的 $d(060)=14.80\text{nm}\sim 15.10\text{nm}$, 三八面体型云母的 $d(060)=15.30\text{nm}\sim 15.57\text{nm}$ (Wang Pu et al. 1984)。本区云母的 $d(060)=15.32\text{nm}\sim 15.41\text{nm}$, 故为三八面体 1M 型云母。

表2 钾玄岩系列岩石中云母晶胞参数

Table 2 Cell parameters of mica in the shoshonitic series

岩石类型 (样品数)	Anm	Bnm	Cnm	β
富碱侵入岩 (3)	53.40	92.31	101.83	99.74
酸性斑岩 (2)	53.30	92.16	101.60	99.92
火山岩 (2)	53.40	92.40	102.03	99.93
煌斑岩 (2)	53.00	91.92	101.50	99.97

本区云母的红外光谱, 使用 P-E621 型光栅红外分光光度计, 用溴化钾压片计数制样, 分辨率 4cm^{-1} 。云母的成分较复杂, 类质同像广泛, 测得的红外光谱曲线见图 5。主要出现在 $400\text{cm}^{-1}\sim 3700\text{cm}^{-1}$ 范围内。在晶格振动区 $400\text{cm}^{-1}\sim 1000\text{cm}^{-1}$ 范围内, 黑云母的晶格振动区中 1000cm^{-1} 附近的吸收带属 Si-O-Si(Al) 伸缩振动, 是一个吸收性很强的特征谱带, 但与组分 R^{2+} 、 R^{3+} 的相互取代关系表现不明显。 $750\text{cm}^{-1}\sim 780\text{cm}^{-1}$ 谱带属 Si-O-Al 的弯曲振动和 Al-O 伸缩振动的耦合振动, 这些谱带较弱。但在 $450\text{cm}^{-1}\sim 480\text{cm}^{-1}$ 范围内的 Si-O- R^{2+} 面外弯曲振动吸收带与八面体位置中的 R^{2+} 阳离子(主要为 Mg^{2+} 、 Fe^{2+}) 的相对含量关系密切, 它同样可以用来指示和估算八面体中 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 的相对含量 (Qian Handong, et al. 1985)。该谱带未见分裂, 反映了三八面体型矿物的特征。

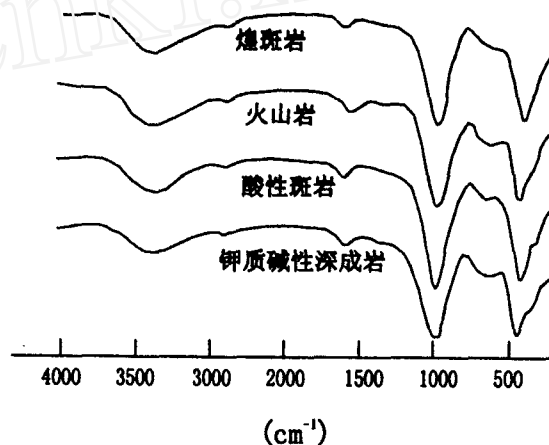


图5 钾玄岩系列岩石中云母的红外光谱

Fig. 5 IR spectrum of micas in the shoshonitic series.

在羟基振动区 $3500\text{cm}^{-1}\sim 3700\text{cm}^{-1}$ 范围内为 OH 伸缩振动, 其中 3550cm^{-1} 附近的谱带为 $\text{Fe}^{2+}+\text{Fe}^{3+}-\text{OH}$ 振动, $3620\text{cm}^{-1}\sim 3670\text{cm}^{-1}$ 范围内为 Al^{3+} 、 $\text{Mg}^{2+}-\text{OH}$ 振动, 3700cm^{-1} 附近为 $\text{Mg}^{2+}-(\text{OH})$ 的伸缩振。 3440cm^{-1} 附近的谱带为层间 H_2O 分子和 K^+ 、 Na^+ 、 $\text{Ca}^{2+}-\text{OH}$ 振动频率的耦合振动谱带。这些谱带都不明显。本区四种岩石中的云母, 在 450cm^{-1} 频段出现两个最强的吸收谱带, 特别是在 450cm^{-1} 频段中具有一致的吸收谱带, 显示了它们的八面体

片中 Fe^{2+} 和 Mg^{2+} 的相对含量十分类似。在 1000 cm^{-1} 附近也有一个型态相似的很强的吸收谱带, 表明它们的硅、铝含量变化不大。

5 结论

(1) 本区钾玄岩系列岩石中的云母是金云母-富镁黑云母, $\text{MF} > 1.30$, 含铁系数 < 0.35 , 含镁系数 > 0.65 , 属于富碱富镁高铝贫铁类型的云母。它们的晶胞参数变化不大, 均为三八面体 1M 型黑云母, 并具有相似的红外光谱曲线。

(2) 从金云母-富镁黑云母的成分确定本区钾玄岩系列岩石形成于高碱度环境, 这与钙碱性系列岩石形成的环境(低碱度)有明显的区别。

(3) 金云母-富镁黑云母的铁镁成分特点, 均显示了寄主岩石具有钾玄岩的特征, 其物源来自交代钾质富集地幔。

References

- Foster M D. 1960. Interpretation of the composition of trioctahedral Micas, U. S. Geol. Survey Prof. Paper, 354-B
- Gu Xiongfei, Mei Houjun. 1998. The true mica in the southeastern China area of granite. Beijing: Science Press, 188 ~ 189 (in Chinese)
- Joplin G A. 1968. The shoshonite association — a review. J. Geol. Soc. Aust., 15: 275 ~ 294.
- Lin Wenwei, Peng Lijun. 1994. The estimation of Fe^{3+} and Fe^{2+} contents in amphibole and biotite from EMPA data. Journal of Changchun University of Earth Sciences (2): 155 ~ 162 (in Chinese with English abstract)
- Morrison G W. 1980. Characteristics and tectonic setting of the shoshonite rock association. Lithos, 13: 97 ~ 108.
- Muller D, Heithersay P S, Groves D I. 1993. The shoshonite-Cu-Au association in the Goonumbla district, N S W, Australia. Mineral. Petrol., 51: 577 ~ 586.
- Parry W T, Ballantyne G H and Wilson J C. 1978. Chemistry of biotite and apatite from a vesicular quartz latite porphyry pluv at Bingham, Utah. Economic Geology, 73(7): 1308 ~ 1314.
- Qian Handong, Ji Shouyuan and Liu Yun. 1985. On the study of the infrared spectra of biotite. Acta Petrologica Mineralogica Analytica (4): 307 ~ 313 (in Chinese with English abstract)
- Qiu Jiaxiang. 1993. Alkaline rocks of Mt Qinling and Dabashan. Beijing: Geological Publishing House, 140 (in Chinese)
- Sheppard S and Wayne R Taylor. 1992. Barium- and LREE-rich, olivine-mica-lamprophyres with affinities to lamproites, Mt. Bundey, Northern Territory, Australia. Lithos, 28(3-6): 303 ~ 325.
- Sun Shihua. 1987. Mica classification and related granite series. Bulletin of Mineralogy Petrology and Geochemistry, (4): 192 ~ 195 (in Chinese with English abstract)
- Wang Pu, Pan Zhaolu and Weng Lingbao. 1984. Systematic mineralogy (volume 2). Beijing: Geological Publishing House, 434 (in Chinese)
- Xie Yingwen and Zhang Yuquan. 1987. Typomorphic peculiarities of biotites from different genetic types of granite in the Hengduanshan region. Acta Mineralogica Sinica, (3): 245 ~ 254 (in Chinese with English abstract)
- Xie Yingwen and Zhang Yuquan. 1995a. Petrochemistry of the Cenozoic magmatic rocks in the eastern Erhai, Yunnan province. Acta Petrologica Sinica (4): 423 ~ 433 (in Chinese with English abstract)
- Xie Yingwen and Zhang Yuquan. 1995b. Compositional characteristics and petrological significance of Mg-Fe micas in alkalic rocks of the Ailaoshan-Jinshajiang rift system. Acta Mineralogica Sinica, 15(1): 82 ~ 87. (in Chinese)
- Zhang Yuquan, Xie Yingwen, Liang Huaying, Qiu Huaning, Li Xianhua and Sun-lin Chung. 1998. Petrogenesis series and the ore-bearing porphyries of the Yulong copper ore belt in eastern Tibet. Geochimica, (3): 236 ~ 243 (in Chinese with English abstract)
- Zhu Bingquan, Zhang Yuquan and Xie Yingwen. 1992. Nd, Sr and Pb isotopic characteristics of Cenozoic ultra-potassic volcanic rocks from eastern Erhai, Yunnan and their implications for subcontinent-mantle evolution in southwestern China. Geochimica, (3): 201 ~ 212. (in Chinese with English abstract)

附中文参考文献

- 顾雄飞, 梅厚钧. 1998. 中国大陆东南部花岗岩类的云母. 北京: 科学出版社, 170 ~ 171; 212 ~ 215.
- 林文蔚, 彭丽君. 1994. 由电子探针数据估算角闪石、黑云母中的 Fe^{3+} 、 Fe^{2+} . 长春地质学院学报, 24(2): 155 ~ 162.
- 钱汉东, 季寿元, 刘云. 1985. 黑云母的红外光谱研究. 岩石矿物及测试, (4): 307 ~ 313
- 邱家骧. 1993. 秦巴碱性岩. 北京: 地质出版社, 140.
- 孙世华. 1987. 云母分类和花岗岩序列. 矿物岩石地球化学通讯, (4): 192 ~ 195
- 王濮, 潘兆橹, 张建洪. 1996. 翁玲宝. 1984. 系统矿物学(中册). 北京: 地质出版社, 434.
- 谢应雯, 张玉泉. 1987. 横断山不同成因类型花岗岩类岩石中黑云母的标型特征. 矿物学报, 7(3): 245 ~ 254.
- 谢应雯, 张玉泉. 1995a. 云南洱海东部新生代岩浆岩岩石化学. 岩石学报, 11(4): 423 ~ 433.
- 谢应雯, 张玉泉. 1995b. 哀牢山-金沙江裂谷系岩石中镁铁云母成分特征及其岩石学意义. 矿物学报, 15(1): 82 ~ 87.
- 张玉泉, 谢应雯, 梁华英, 邱华宁, 李献华, 钟孙霖. 1998. 藏东玉龙铜矿带含矿斑岩及成岩系列. 地球化学, (3): 236 ~ 243.
- 朱炳泉, 张玉泉, 谢应雯. 1992. 滇西洱海东第三纪超钾质火山岩体系的 Nd-Sr-Pb 同位素特征与西南大陆地幔演化. 地球化学, (3): 201 ~ 212.