

浙江西裘细碧角斑岩的成因与 相关幔源花岗岩类的特征

祁屹 周新民 王德滋

(南京大学地质系)

中国华南地区广泛分布不同时代、不同成因的花岗质岩石,但前寒武纪花岗岩很少,主要分布于江南地背斜带范围内^[1],其中的一种花岗岩在很多方面与各种成因的后寒武纪花岗岩类有着很大的差别。这类岩体一般体积不大,化学成分偏中性,并常与大量的富钠火山岩系密切共生。对这类花岗质岩石及与它共生的钠质火山岩的特征、成因以及它们相互关系的研究是一个有趣的课题。笔者试图以浙江绍兴西裘石英闪长岩体及其围岩双溪坞群火山岩为例,讨论上述问题。

工作地区位于江南地背斜带东北端的南缘,江山—绍兴深断裂带北侧的绍兴西裘地区。出露地层为元古代双溪坞群、骆家门组及震旦系下统(志棠组、虹赤村组)。西裘岩体侵入于双溪坞群火山岩中。

一、西裘双溪坞群细碧角斑岩的厘定和成因

通过笔者的工作,将绍兴西裘附近双溪坞群火山岩划分为三个喷发旋迴。第二、第三旋迴均从细碧岩开始,继而是大量的角斑岩和角斑质凝灰岩;第一旋迴的火山岩未见底,其中的角斑岩与下伏的糜棱岩化花岗岩呈断层接触;第一和第二两喷发旋迴之间为沉凝灰岩和似层状碧玉岩。上述三个旋迴火山岩的共同特点是以角斑质熔岩和火山碎屑岩为主,细碧岩所占比例小。著名的绍兴西裘似层状黄铁矿型铜矿赋存于第一旋迴角斑岩层的上

部。

多数人^[2]认为西裘双溪坞群火山岩是海底火山喷发、沉积作用的产物，并确认它为细

碧角斑岩系，笔者同意这一意见，归结起来有以下五方面的证据：（1）存在似层状、透镜状碧玉岩，它的产状与火山岩一致；

（2）在沉凝灰岩中曾找到硅藻化石；（3）钻孔中见到鲕状灰岩（根据浙江冶金地质勘探公司资料）；（4）从火山岩的化学成分

（见表1）可看出， $\text{FeO}/\text{Fe}_2\text{O}_3$ ，平均比值1.92，本区岩石与 SiO_2

含量相当的玄武岩、英安岩相比，显然富钠、贫钾、贫钙（表2）；（5）西裘细碧岩和角斑岩

都含有钠长石或更长石，用油浸法、旋转台法和扫描电镜能谱分

析测得斜长石的成分范围为 $\text{An}=6-11$ 。除钠质斜长石外，岩石中还含有不定量的绿泥石、

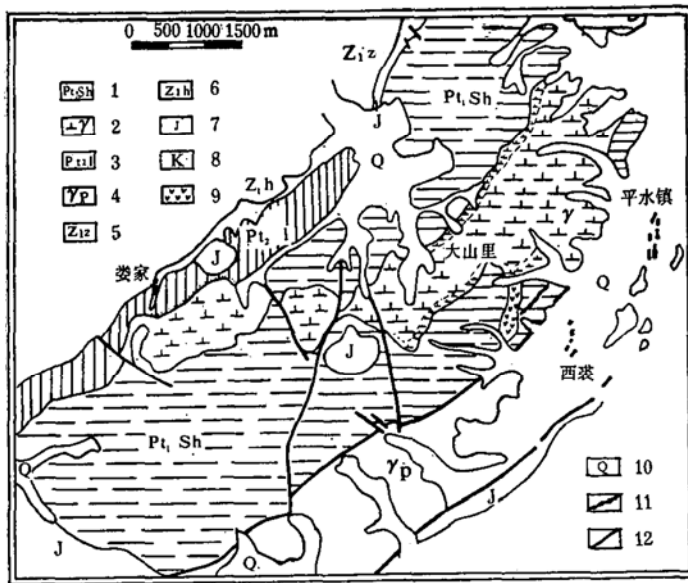


图1 西裘地区地质简图

Fig. 1 Sketch geologic map of Xiqiu area.

1—双溪坞群，2—西裘岩体，3—骆家门组，4—片理化花岗岩，5—志棠组，6—虹赤村组，7—侏罗系，8—白垩系，9—侵入角斑岩，10—第四系，11—铜矿体，12—断层

表1 西裘双溪坞群火山岩化学成分

Table 1 Chemical composition of Shuangxiwu volcanic rocks from Xiqiu

岩石名称	细碧岩		角斑岩						
样号	x61-1*	x52	xCu2	x22	x29-1*	x42	x47	x51*	x1*
氧化物									
SiO_2	45.42	52.17	64.29	66.47	58.55	60.89	67.35	58.29	67.99
TiO_2	0.66	0.98	0.75	0.51	0.66	0.60	0.57	0.92	0.64
Al_2O_3	15.45	14.76	14.68	14.16	16.66	16.35	14.53	14.50	14.18
Fe_2O_3	5.70	2.74	2.94	2.82	1.14	1.83	1.17	6.27	2.06
FeO	5.34	9.30	3.27	3.18	6.10	5.99	3.85	1.67	1.85
MnO	0.16	0.28	0.11	0.10	0.11	0.17	0.12	0.12	0.04
MgO	6.40	6.06	3.81	3.54	5.17	3.53	2.77	3.21	1.18
CaO	12.45	2.56	2.55	2.85	2.05	0.89	0.42	3.59	3.61
Na_2O	2.23	3.80	3.25	2.64	4.48	5.59	6.22	6.17	5.95
K_2O	0.18	1.56	0.93	0.92	0.85	1.40	0.82	0.86	0.40
P_2O_5	0.21	0.41	0.28	0.20	0.25	0.29	0.23	0.24	0.28
H_2O^+	3.01	2.36	2.92		3.57	3.15	2.09	1.91	1.02
CO_2	2.59				0.52	0.03	0.04	2.67	
灼失量									1.41
总量	99.82	100.12	100.29	100.75	100.43	100.71	100.18	100.42	99.59

样品由南京大学地质系化验室和福建省地质局中心实验室分析。

x61-1* 为西裘岩体中的细碧质包体；x1* 为侵入角斑岩；x29-1, x51* 为角斑质凝质岩。

表2 西裘细碧岩、角斑岩平均化学成分与正常玄武岩—英安岩成分的对比

Table 2 Average chemical composition of spilite and keratophyre from Xiqiu compared with that of basalt and dacite

氧 化 物	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
西裘细碧质岩平均值	47.79	1.14	15.88	4.56	7.14	0.20	6.43	8.07	2.82	0.54
西裘角斑质岩平均值	64.29	0.64	14.89	2.53	3.48	0.10	2.98	2.67	4.56	0.85
正常拉斑玄武岩*	50.83	2.03	14.07	2.88	9.06	0.18	6.34	10.42	2.23	0.82
拉斑橄榄玄武岩*	47.90	1.65	11.84	2.32	9.80	0.15	14.07	9.29	1.66	0.54
英安岩平均值*	63.58	0.64	14.67	2.24	3.00	0.11	2.12	5.53	3.98	1.40

* 诺科斯火成岩平均化学成分

绿帘石、方解石、磁铁矿。

对细碧角斑岩系的成因历来认识不一，归结起来，大体上有四种不同观点：（1）由原始钠质岩浆结晶形成；（2）钠交代成因；（3）低级变质成因；（4）复合成因和多成因观点。主要分歧是钠质来源和钠质斜长石的形成方式问题。通过对西裘细碧角斑岩系的下列研究，作者认为：西裘细碧角斑岩类，是一种富钠岩浆结晶作用的产物。

（1）存在原生钠质斜长石。细碧岩和角斑岩中的斜长石成分为钠长石。钠长石斑晶一般自形，有的见熔蚀现象，一些钠长石双晶的叶片扭曲，并产生波状消光。晶内纯净，未见交代或变化后钙质斜长石残余。基质中斜长石为钠长石微晶或骸晶状钠长石（沿C轴方向呈枝叉状的淬火结构）。此外，角斑质凝灰岩中斜长石晶屑成分也是钠长石，其中的同源岩屑也含钠长石微晶，这些微晶又被岩屑边界所截断。对细碧岩和角斑岩中的钠长石斑晶、微斑晶、微晶及晶屑，在旋转台上测定了它们的有序率，测定结果表明钠长石斑晶、晶屑的有序度较高，在0.62至1.0之间，平均为0.82；微斑晶稍低，在0.30至0.85之间，平均为0.56；微晶则更小些，在0.35至0.70之间，平均为0.49。

（2）岩石具原生火山岩结构、构造。斑晶与基质之间大小悬殊，钠长石微晶常定向排列，呈现流动构造，而某些部位的熔岩中钠长石微晶则呈交织结构。由此说明，无论是斑晶，或是基质矿物，都是原生的，任何变质或交代成因的次生矿物，均会破坏上述结构的协调性。

（3）实验结果也表明钠长石—辉石—绿泥石这种细碧岩矿物组合在含水岩浆中共同结晶的可能性是存在的^[3]。钠长石不可能直接从岩浆中结晶出来的认识是基于Bowen (1913)所做的关于斜长石二元系的实验结果，然而 В. А., Пугин (1973)的实验结果表明：这个体系在压力不太高的情况下，可以直接从岩浆中结晶出钠质斜长石^[4]。

（4）在西裘细碧角斑岩出露范围内，有一些与火山岩性质相同、规模不大的浅成相岩石，它们侵入于火山岩中，如西裘铜矿西侧的角斑岩小岩株。它们也富钠，含有大量钠长石，这些浅成相岩石不可能与海水或海底沉积物直接接触，由此说明确实存在一种富钠岩浆。

二、西裘石英闪长岩的岩相学特征

西裘石英闪长岩是与西裘细碧角斑岩系有成因联系的幔源花岗岩类侵入体。它呈长条

形,沿北东东向延展,出露面积约7.8平方公里,占双溪坞群火山岩分布面积的4.4%左右,邻近西裘铜矿角斑岩,出现岩体的细粒边缘相;我们最近获得的该岩体全岩Rb-Sr等时线年龄值是 852.6 ± 17.8 百万年。因此,西裘岩体为中元古代末期岩浆活动的产物。

西裘石英闪长岩的化学成分见表3。其矿物成分为:普通角闪石、斜长石、钾长石和

表3 西裘岩体岩石化学成分

Table 3 Chemical composition of granitic rocks from Xiqiu

相带	边缘相		中心相						浅色团块
岩石名称	石英闪长岩		石英闪长岩和花岗闪长岩						碱性长石 花岗岩
样号	x2	x10	x5	x6	x68	x8	x4	x36	x9
氧化物									
SiO ₂	62.27	63.04	64.67	59.34	66.32	67.87	63.98	65.36	73.93
TiO ₂	0.64	0.62	0.44	0.59	0.66	0.54	0.47	0.45	0.39
Al ₂ O ₃	15.18	14.80	13.37	14.06	14.91	14.31	14.10	13.85	12.96
Fe ₂ O ₃	2.28	3.67	3.04	3.27	1.41	3.22	2.84	2.35	1.33
FeO	3.79	2.74	2.29	3.85	3.30	2.25	3.06	2.80	1.68
MnO	0.10	0.05	0.10	0.11	0.05	0.03	0.10	0.09	0.01
MgO	2.94	1.81	2.43	4.21	3.08	1.91	3.09	3.44	0.44
CaO	4.24	4.97	4.64	5.97	0.62	2.18	4.64	3.97	0.98
Na ₂ O	4.69	4.68	2.86	3.35	6.43	4.26	2.77	2.56	3.94
K ₂ O	0.66	0.99	2.49	1.23	0.67	1.52	2.67	3.19	3.86
P ₂ O ₅	0.27	0.28	0.11	0.19	0.28	0.20	0.11	0.11	0.07
H ₂ O ⁺	1.00	1.58	1.88	2.58	2.28	2.09	1.64	1.50	0.72
CO ₂					0.13			0.27	
灼失量	2.19	2.45	2.86	3.19		2.13	1.89		0.72
总量	99.79	100.10	99.30	99.36	100.14	100.42	99.72	99.94	100.30

样品由南京大学地质系实验室、福建省地质局中心实验室分析。

石英。

西裘石英闪长岩在岩相学上有三个基本特征:(1)存在三种不同形式和不同世代的斜长石;(2)发育由钠质更长石与石英交生构成的花斑结构;(3)出现低结构态钾长石。三种斜长石是:(1)似斑状斜长石, $An=26-30$, 与角闪石同时结晶;(2)半自形斜长石, $An=20-24$, 它与石英一起结晶, 充填于似斑状斜长石和角闪石间隙中, 粒度小于前一种斜长石;(3)与石英交生为花斑结构的更长石, $An=8-20$ 。前两种斜长石主要见于岩体内部相, 后一种斜长石仅见于边缘相。

如不考虑镁铁组分(角闪石等)对石英闪长岩结晶作用的影响, 则可用 $An-Ab-Or-Q$ 相图近似地确定西裘石英闪长岩的结晶路线, 解释上述三种斜长石形成条件和形成阶段。已知西裘石英闪长岩四种标准矿物的平均百分含量是 $An=16$, $Ab=41$, $Or=14$, $Q=29$ 据此, 岩石的成分点应落在图2中的斜长石区, 所以在降温结晶作用中, 首先晶出的矿物是斜长石, 形成了早期的斜长石似斑晶; 随着温度的下降, 残余熔体成分点沿图2中曲线到达 $Pl-Q$ 面, 从而发生斜长石和石英的同时结晶, 形成第二种斜长石, 在缓慢结晶条件下, 残余熔体成分点, 在 $Pl-Q$ 界面上向 $Pl-Q-kf$ 交线移动; 当成分点到达该线后, 便开始

有钾长石结晶,形成岩体内部相的结构。如果是岩体的边缘相,在过冷条件下,就不发生上述的最后阶段,而出现由石英和钠质更长石交生的花斑结构。

这种花斑结构仅见于西裘岩体的边缘相。交生体中钠更长石所占比例为50—65%;石英可呈细杆状、细粒状和不规则状;一颗长石中孤立的各石英颗粒具一致的消光方位,但有时也可见到两群分别同时消光的石英颗粒;更长石与石英构成的交生体,可以含一个较自形的斜长石核或以斜长石的某一侧晶面作为核,斜长石核与交生体中的斜长石之间,无论在成分还是光性上,都是截然不同的,它们是两个世代的产物;此外,自核向外,交生

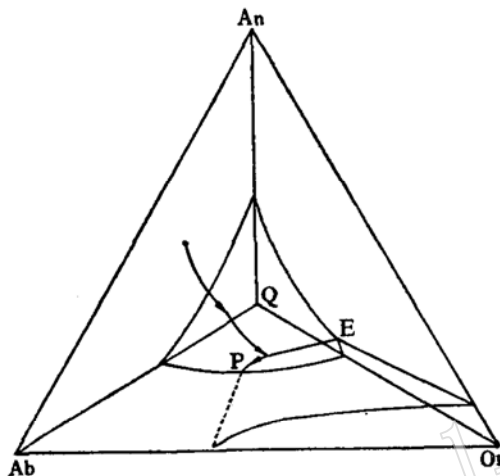


图2 Ab-An-Or-Q体系相图
(据Carmichael, 1963)

Fig. 2 Phase diagram of Ab-An-Or-Q system (after Carmichael, 1963)

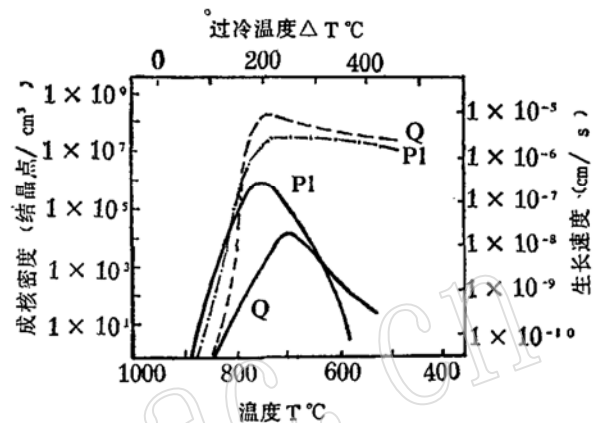


图3 斜长石、石英成核密度与晶体生长速度关系曲线
(据Swanson, 1977)

实线—生长速度, 虚线—成核密度
Fig. 3 Relation of nucleation and crystal growth rate of plagioclase and quartz (after Swanson, 1977)

体中的石英颗粒常由小变大。考虑到上述花斑结构仅见于岩体边缘相,可以根据斯万松(1977)对花岗质岩浆结晶作用的实验结果(图3),推断西裘岩体边缘相岩石的结晶温度接近800℃,过冷温度为150—170℃左右,在此条件下斜长石的成核密度与石英的成核密度相等;而斜长石生长速度比石英大三个数量级,由此形成了斜长石包裹石英的花斑结构。

西裘石英闪长岩的第三个岩相学特点是发育低结构态钾长石。X射线粉晶分析结果: $t_1(O) = 0.89$, $t_1 = 0.96$, $\Delta = 0.80$ 。(—) $2V = 80^\circ$ 。长石端员组分为 $Or_{75}Ab_{21}An_4$ 。具格子双晶和出溶微纹构造。由此可见西裘岩体中钾长石以低结构态、清楚的出溶构造区别于一般闪长岩中的钾长石(后者通常为正长石,可具隐微纹构造)。此外,在产状上,这些钾长石仅见于岩体内部相,以填隙式最后充填于其它矿物之间,或聚集成细脉。由此可以推测它们形成于岩浆作用的最后阶段,即挥发分的富集使岩浆温度下降,使微斜长石得以直接从低温残余岩浆中晶出。

三、西裘石英闪长岩与双溪坞群 细碧角斑岩的成因联系

(一) 岩石化学证据

从本文列出的岩石化学数据(表1和3),可以看到火山岩与侵入岩均富钠质(它们的

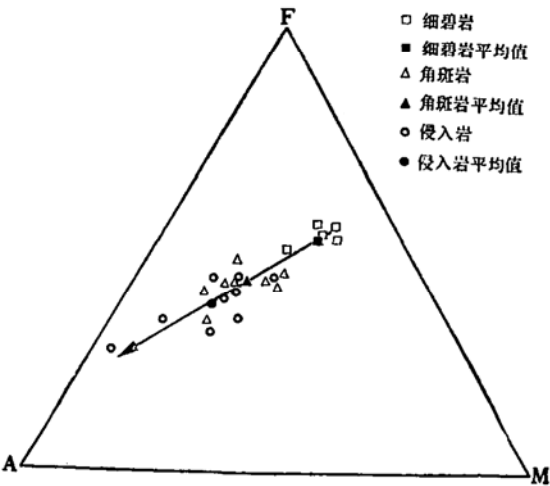


图 4 A-F-M图解 (A = Na₂O + K₂O, F = FeO + Fe₂O₃, M = MgO) 部分数据取自⁽¹⁾
Fig. 4 Diagram of A-F-M

Na₂O平均值分别为4.01和3.96), SiO₂含量不高(平均含量分别为59.1和65.2),这是它们的相似性。其中西裘岩体边缘相岩石的化学成分,与角斑岩更为接近。在A-F-M图解上,可以发现从细碧岩到角斑岩、石英闪长岩,FeO、MgO依次减少,Na₂O+K₂O依次增加。这说明岩浆中含水高, *f*_{O₂} 较高,岩系演化早期就有磁铁矿析出,因而熔体中不出现铁的富集阶段。此外,A-F-M图上还可以看到各种岩石在成分上的演变是连续的,角斑岩与石英闪长岩的投影点范围有一定的重叠,但总体上说,石英闪长岩比角斑岩演化得充分些,由此说明形成角斑岩的岩浆与形成石英闪长岩的岩浆之间既有一定的相似性,又存在一定的演化关系。

(二) 微量元素对比

从表4和图5可以看到:从细碧质岩石到角斑岩和石英闪长岩,稀土元素总量不断增

表 4 西裘火山岩和花岗质侵入岩的稀土元素丰度
Table 4 REE abundance of various rocks from Xiqiu

	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Y	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	LREE/HREE	Eu/Eu*
x61-1	8.51	19.55	3.11	15.34	3.39	1.04	2.74	0.41	2.06	10.40	0.39	1.03	0.20	0.98	0.14	69.29	2.78	1.02
xCu2	20.5	42.0	5.8	20.6	5.2	1.0	3.0	0.46	2.4	16.5	0.47	1.5	0.23	1.4	0.23	121.29	3.63	0.72
x4	29.0	70.0	9.1	32.6	6.9	1.6	5.3	0.82	3.8	20.5	0.67	2.3	0.33	2.1	0.31	185.33	4.13	0.79
x9	33.73	75.17	9.64	36.57	6.86	1.23	4.86	0.79	4.00	21.98	0.78	2.22	0.38	2.50	0.37	201.08	4.31	0.63

稀土元素由湖北省地质局实验室分析。方法:感耦等离子发射光谱。

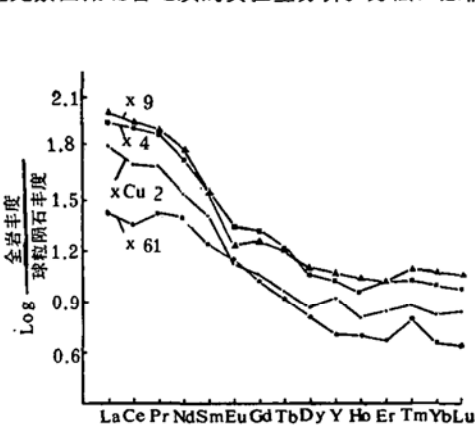


图 5 西裘细碧岩、角斑岩及花岗质岩石的REE配分曲线
Fig. 5 REE distribution pattern of spilite, keratophyre and granitic rocks from Xiqiu

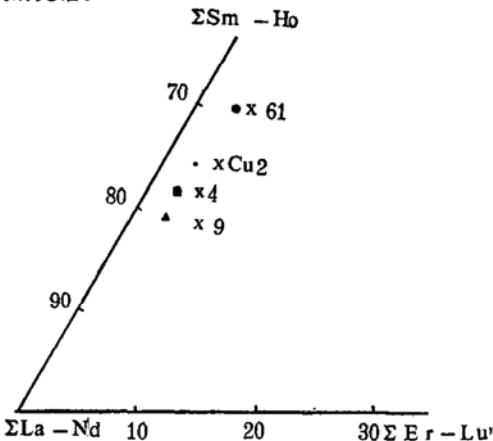


图 6 全岩稀土的ΣLa-Nd, ΣSm-Ho, ΣEr-Lu图解
Fig. 6 Diagram of ΣLa-Nd, ΣSm-Ho, ΣEr-Lu

加; 曲线形状基本相似, LREE/HREE变化在2.78至4.31之间; 在 Σ (La—Ld) — Σ (Sm—Ho) — Σ (Er—Lu)图解上 (图6), 投影点的变化情况与轻重稀土比值一样, 清楚地说明岩浆演化过程中轻稀土的不断富集; 此外, 在演化系列中, Eu/Eu^* 逐步减小, 由弱正锕异常, 转变为中等程度的负锕异常。

过渡元素在各类岩石中的含量变化较大 (表5), 尤其是Cr、Co、Ni等元素含量的变化更大, 由于它们比其它过渡元素稳定, 因此在地球化学上较灵敏地反映了岩浆分异作用。将各类岩石中各过渡元素含量的平均值, 经球粒陨石标准化后作图 (图7), 从中看出

表5 西裘火山岩和花岗质侵入岩中微量元素丰度

Table 5 Traceelement abundance of rocks from Xiqiu

岩石类型	细碧质岩		角斑质岩					
样号	x61-1	x52	xCu2	x12	x29-1	x42	x47	x51
元素								
Ti	3829	3900	3723		3451	3098	2864	5319
V	393	78	151		198	176	57	105
Cr	406	50	4.1		241	175	181	196
Mn	1519	2592	798		1011	1503	1100	1239
Co	52	37	15.7		20	20	14	15
Ni	135	31	4.5		39	46	45	79
Cu	134	20	1.0		33	54	42	14
Rb	4.2	28.0	20.2	44.6	14.6	16.4	5.8	23.6
Ba	158.0	427	294	294.0	192.0	1032	198.0	227.0
Ta	3.1			2.0	2.3	2.0	3.4	4.1
Nb	4.5			7.7	4.2	4.5	4.9	5.6
Hf	3.4			4.2	4.2	5.9	5.1	5.9
Zr	44.4	61.2	194.1	199.8	88.8	81.4	96.2	125.8
Sr	368.0	157	209	142.9	209.0	144.0	306.0	188.0

岩石类型	花岗质侵入岩								
样号	x2	x4	x5	x6	x8	x10	x68	x9	x36
元素									
Ti	3551	2713	2475	3122	2800	3610	2739	2015	
V	213	155	172	267	120	208	131	30	
Cr	13	84.1	95	59	7	14	131	3	
Mn	722	655	724	816	196	446	453	124	
Co	27	23.5	33	43	13	29	13	11	
Ni	9	26.5	30	22	6	10	51	4	
Cu	8	47.9	38	51	5	15	18	12	
Rb	8.5	39.6					18.4	37.2	54.0
Ba	260	809.0	701		414		141.0	1170	911.0
Ta		9.5					3.0		2.0
Nb		5.9					8.4		4.5
Hf		5.1					3.4		3.4
Zr	170.2	140.6					192.4	278.4	199.8
Sr	422	250.0	278		334		78.0	184	277.0

分别由江苏省冶金勘探公司地质研究所、南京地矿所实验室、江苏省地质局中心实验室和南京大学分析中心分析。

细碧岩、角斑岩及石英闪长岩的曲线皆呈“W”字形，但含量上细碧岩的曲线位置高，过渡元素含量高，石英闪长岩则最低，而角斑岩介于其间。如按岩石产状，将火山岩与侵入岩的过渡元素变化范围作图（图8），可以看出火山岩区比侵入岩区位置略高，但它们重叠的范围很大。这说明火山岩与侵入岩是同源异相的产物。

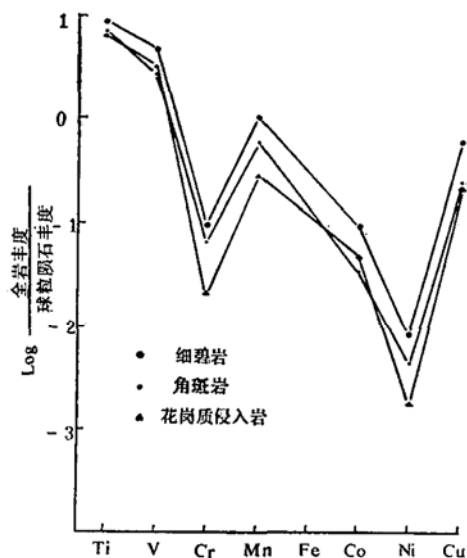


图7 西裘各类岩石过渡元素含量平均值的球粒陨石标准化曲线

Fig. 7 Chondrite-normalized curves of average abundances of transitive elements in various rocks from Xiqu

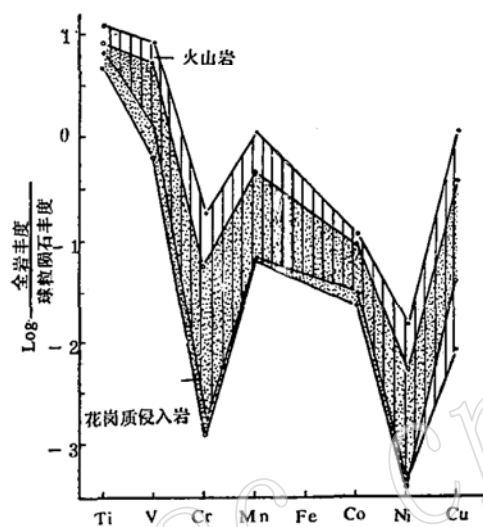


图8 西裘侵入岩、火山岩中过渡元素丰度的分布范围

Fig. 8 Distribution range of transitive elements abundance of volcanic rocks and granitic rocks from Xiqu

对Rb、Ba、La、Nb、Hf、Zr不相容元素丰度作同样的处理，所得结论与过渡元素的情况完全一致，但在表现形式上正好相反，因为不相容元素分配系数小，随岩浆结晶作用的进行，不象Cr、Ni那样明显贫化，而是显著富集。

如图9所示，作西裘火山岩及侵入岩的有关元素对演化图解，可以很清楚地看到它们之间的相似性和演化关系。

上述一系列微量元素的丰度及其演变，确切地说明西裘细碧角斑岩与石英闪长岩之间的亲缘关系，它们是同源不同阶段或同源异相产物。

(三) 同位素成分比较

(1) 氧同位素：西裘双溪坞群火山岩和花岗质侵入岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 分别为+5.7‰和6.7‰，它们的值均很低，相互又较接近，与形成于大洋环境、起源于上地幔未受地壳混染的玄武岩及有关岩石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值（5.5‰至7.4‰）十分一致，说明西裘火山岩与石英闪长岩的源岩是上地幔的超镁铁质岩，与沉积物的熔融没有关系。

(2) 锶同位素：由西裘石英闪长岩的Rb—Sr同位素测定结果，算得 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 为 0.7024 ± 0.00015 ，该值与岩体中磷灰石的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值0.7031（浙江冶金地质勘探公司地质科研所资料）很接近。对双溪坞群火山岩未进行系统的Rb—Sr同位素测定，仅对角斑岩侵入相中的一个样品进行了测定，假定火山岩形成时代与侵入岩相差不远，则可以估算出火山岩的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 值为0.7037。西裘岩体与火山岩的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 值都很低，在福尔的上地幔、大陆壳Sr同位素演化图解上，均落在玄武岩区，这说明形成西裘岩体及火山

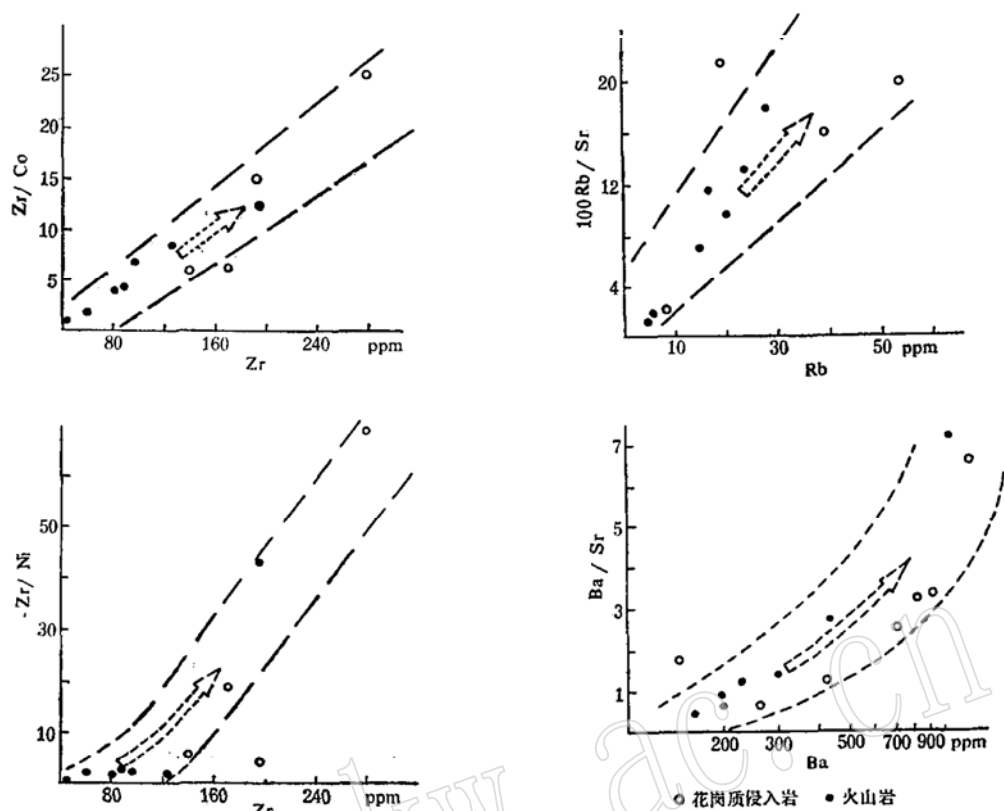


图9 西裘细碧岩、角斑岩及花岗质侵入岩的微量元素对演化解图

Fig. 9 Evolution diagrams of paired elements in various rocks from Xiqiu

岩的岩浆与形成于上地幔的基性岩浆有关，而与大陆壳物质的熔融无关，这一结论与 $\delta^{18}\text{O}$ 料是完全一致的。

四、结 论

根据西裘双溪坞群火山岩所处的构造位置及一系列地质证据，我们认为它是中元古代晚期江南古岛弧外侧的海底钠质火山岩系。岩石学研究表明西裘地区的细碧角斑岩是富钠岩浆结晶分异的产物。

西裘石英闪长岩和双溪坞群细碧角斑岩在主要元素、微量元素、同位素成分等方面，都具有很大的相似性和规律的演化关系，它们是同一幔源岩浆不同阶段分异结晶作用的产物。显然，西裘石英闪长岩在岩石成因系列上，归属于幔源花岗岩类。

西裘岩体所表征的幔源型花岗岩石是一种与钠质火山岩系有成因联系的侵入岩，它与华南其它成因类型和后寒武纪花岗岩类相比较，具下述特点：岩体规模很小，分布面积一般约为与之有成因联系的火山岩的5%左右；空间上与大量的钠质火山岩系共生；岩石类型通常为石英闪长岩和花岗闪长岩； $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 值及 $\delta^{18}\text{O}$ 值很低；过渡元素含量偏高，不相容元素偏低；岩体与共生的火山岩之间在主要元素、微量元素、同位素成分上具明显的相似性和演化关系，从而确认它们来自同一岩浆岩区。

在野外工作中，得到了浙江省冶金地质勘探公司王执君、李泰远、陈邦信等同志的帮助，在此致挚诚感谢。

参 考 文 献

- [1] 王德滋、周新民、孙幼祥, 1982, 华南前寒武纪幔源花岗岩类的基本特征, 桂林冶金地质学院学报, No.4.
- [2] 章邦桐, 1978, 浙江西裘细碧角斑岩系特征及其成矿作用, 地质科技, No.1.
- [3] Amstutz, B. A, 1974, *Spilite and Spilitic Rocks* Berlin, Heidelberg, New York.
- [4] Пугин, В. А, 1979. 9, Плавление и кристаллизация альбита под давлением до 10 тыс. атм. Геохимия.

The Origin of the Spilite-keratophyre Series and the Characteristic of the Related Mantle-derived Granitic Rocks in Xiqiu Zhejiang

Qi Qu Zhou Xinmin Wang Dezi

(Department of Geology, Nanjing University)

Abstract

The Shuangxiwu volcanic rocks near Xiqiu belong to spilite-keratophyre series, which is chemically rich in Na_2O and poor in K_2O , CaO and contains a lot of albite. Based upon original rock texture, presence of primary albite and evolution patterns of elements, it is shown that the spilite-keratophyre near Xiqiu might be crystalized directly from a kind of spilitic magma.

The Xiqiu quartz-diorite is closely associated with the Shuangxiwu volcanic rocks and intruded into the latter. The age of Xiqiu quartz-diorite given by Rb-Sr isotopes is about 853Ma, initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ in whole rock is about 0.7024.

Comparison of major elements, trace elements and isotope compositions, reveals a serial evolutionary trend between the Xiqiu quartz-diorite and Shuangxiwu spilite-keratophyre. So it is believed that they are comagmatic in origin. The Xiqiu quartz-diorite, differing from other genetic types in geologic, petrographic and chemical aspects, is surely of mantle-derived granitoid.