

打古寨—罗布里两种不同类型 花岗岩的岩石地球化学特征 和形成条件探讨

郑永飞

(南京地质矿产研究所)

张祖还 沈渭洲

(南京大学地质系)

一、地质概况

打古寨岩体和罗布里岩体是桃山复式花岗岩基内部的两个小岩体。整个岩基的产出严格受本区NNE向深大断裂控制,出露面积约1000平方公里,形成时代为燕山早期。

打古寨岩体位于岩基中部偏东部位,出露面积约30平方公里,形似一个南西端狭小、北东端宽大的“葫芦”,受NE向桃山断裂和罗坑断裂所夹持。

罗布里岩体在打古寨岩体边缘和内部呈岩株状出露,在深部呈隐伏状态侵入于打古寨岩体之中,形似一个“托起”打古寨岩体的“小岩基”。

二、岩石地球化学特征

(一) 岩石学特征

1. 打古寨岩体

根据岩石结构和矿物含量,结合钻孔资料,可划分出四种岩石类型。由浅到深,分别为:中粒二云母花岗岩→中粒似斑状二云母花岗岩→中粒黑云母花岗岩→中粒似斑状黑云母花岗岩。这些岩石均呈渐变过渡关系,矿物组成较为一致。主要造岩矿物为石英、钾长石、斜长石和黑云母及少量白云母。其中石英多由糖粒状颗粒呈镶嵌状集合体产出,其内常见长石和云母包体;含量约为25—35%。钾长石大的(5—15mm)构成斑晶,内含长英质包体,形成包含嵌晶结构,边缘不规则,为变斑晶;小的(1—3mm)构成基质;总含量约为40—50%。斜长石具聚片双晶, $An=11-32$, 含量约为10—15%。黑云母呈条痕状、线条状集合体产出,含量约为10%。白云母含量在浅部较高,达3—5%,往深部逐渐降低甚至消失。由深部往浅部云母出现定向排列趋势,构成所谓“似片麻状构造”,反映岩浆在未完全固结之前受到过构造压扭应力的作用。副矿物组合为磁铁矿—钛铁矿—磷灰石—锆石型。在靠近罗布里岩体接触带附近,见到红柱石、硅线石等变质矿物,其中红柱石呈柱板状或不规则粒状,具浅红—无色多色性,晶体边缘或裂纹中常被白云母或绢云母交代,有的被交代成残留孤岛状;硅线石呈长柱状、针状、束状、纤维状或毛发状集合体产出,晶面上有纵纹发育,横切面常呈正方形,多与白云母共生。整个岩体受交代作用

普遍,主要表现为钾长石化、钠长石化和云英岩化。

2. 罗布里岩体

按岩石结构可划分出内部相中粒似斑状黑云母二长花岗岩和边缘相细粒似斑状黑云母二长花岗岩,分别描述如下:

中粒似斑状黑云母二长花岗岩 手标本呈浅灰黑色、暗灰白色、暗肉红色等。出露地表者球状风化明显,风化后多呈铁锈浸染色或土黄色,其中斜长石风化后呈白色斑点。似斑状结构,基质为中粒花岗结构。斑晶为钾长石,呈肉红色,大小多在1—2cm,含量约为3—5%。基质主要由石英、钾长石、斜长石及黑云母、角闪石组成,其中石英约占25—30%,粒状单晶大小多在1—3mm,最大达5mm;长石多为半自形晶,粒径一般在1—3mm,其中钾长石呈肉红色,约占30—35%,斜长石呈灰白色, $An=26-44$,含量约为25—30%;黑云母多呈自形、半自形鳞片状单晶,形态规则,等轴粒状,大小多在1mm左右,含量约为10%且较为稳定;角闪石呈黑色或绿黑色,长柱状,粒径一般在0.5—1mm,大者可达3—4mm,分布极不均匀,一般仅见数颗或没有,个别地段高达2%。副矿物有磁铁矿、榍石及磷灰石、绿帘石、褐帘石、锆石。次生变化主要是绿泥石化、绢云母化及高岭石化。

细粒似斑状黑云母二长花岗岩 手标本呈浅灰黑色、暗灰肉红色,风化后呈土黄色。似斑状结构,基质为细粒花岗结构。斑晶矿物主要为石英、斜长石、钾长石及少量黑云母,一般粒径为2—3mm,总含量约40%左右。基质主要由石英、斜长石、钾长石组成,粒径一般在0.2—0.5mm,以0.3mm为常见,其内各矿物呈粒状镶嵌,一般这三种矿物各占三分之一左右。斑晶矿物特点与内部相基质矿物基本一致。副矿物种类、数量均较少,主要有磁铁矿、磷灰石、锆石,有时见到榍石、褐帘石。

一个值得注意的地质现象是,在紧靠打古寨岩体的接触面附近,见到一种斑状黑云母花岗岩,称为“冷凝边”。斑状结构,基质为微细粒(接近于隐晶质)花岗结构。斑晶矿物主要为石英、斜长石、钾长石和黑云母,一般粒径为1—3mm,总含量约在45%左右。局部见钾长石大斑晶,达1—2cm,形成大斑花岗岩。斑晶矿物特点与边缘相斑晶矿物和内部相基质矿物基本一致。基质主要由石英、斜长石、钾长石组成,粒径约在0.05—0.1mm以下,矿物种类依稀可辨,一般这三种矿物含量约各占三分之一。副矿物种类及数量均极少,仅见榍石及少量磷灰石、锆石。这种岩石可能是罗布里岩体原始岩浆上升侵位时,与较冷的打古寨岩体接触,导致岩浆冷却速度较快形成,同时说明罗布里岩体的侵位时间晚于打古寨岩体。

(二) 岩石化学特征

对打古寨岩体和罗布里岩体不同类型岩石采样作全岩化学分析,结果列于表1。由表可见下列特点:

1. 打古寨岩体 SiO_2 、 Al_2O_3 含量稳定,而罗布里岩体 SiO_2 、 Al_2O_3 含量变化较大。这可能说明形成打古寨岩体的原始岩浆均一化程度较高,在成岩结晶分异过程中未发生较大变化;而形成罗布里岩体的岩浆在上升侵位冷凝结晶过程中,由于与围岩的同化混染及相分异,导致岩体不同部位 SiO_2 、 Al_2O_3 含量有差别。

2. 与中国花岗岩类和世界花岗岩类^[1]相比,这两个岩体的 K_2O 含量偏高、 Na_2O 含量

表 1 岩石化学分析结果 (重量%)

Table 1 Chemical analyses of total rock samples (Wt. %)

产 状	样 号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	其 它
打古寨岩体	T064a	70.79	0.34	13.50	0.62	1.88	0.12	0.74	1.66	2.87	5.15	0.12	2.31
	T076	72.25	0.33	13.72	0.54	1.66	0.043	0.41	1.46	2.92	5.51	0.16	0.84
	T093	71.65	0.34	14.76	0.36	2.32	0.06	0.76	1.22	3.51	4.14	0.13	0.51
	T2276	72.65	0.18	14.44	0.46	1.41	0.07	0.38	0.86	3.12	5.21	0.19	1.09
	平 均	71.84	0.30	14.11	0.50	1.82	0.073	0.57	1.30	3.11	5.00	0.15	1.19
罗布里岩体	T201	73.15	0.25	13.55	0.71	1.88	0.07	0.66	1.37	3.35	5.02	0.08	0.47
	T225	66.75	0.61	15.88	1.46	2.62	0.10	1.83	2.72	2.63	4.60	0.19	0.48
	T074	70.79	0.55	14.08	1.81	1.38	0.063	0.84	2.14	2.69	4.85	0.15	0.41
	T057c	75.14	0.20	12.82	0.83	0.71	0.08	0.40	1.27	3.05	4.84	0.05	0.81
	平 均	71.46	0.40	14.08	1.20	1.65	0.08	0.93	1.88	2.93	4.83	0.12	0.54
世界花岗岩类		70.18	0.39	14.47	1.57	1.78	0.12	0.88	1.99	3.48	4.11	0.19	0.84
中国花岗岩类		70.40	0.31	14.48	1.38	1.77	0.08	0.94	1.93	3.77	3.79	0.18	0.65

分析单位: 南京大学地质系中心实验室

偏低, 可能反映它们的成岩物质与略富钾贫钠的上部硅铝层地壳有关。而罗布里岩体相对于打古寨岩体, 其MgO、CaO含量略高, 可能反映罗布里岩体成岩物质中有深部物质参与。

3. 打古寨岩体具有较低的氧化系数值, 即 $\text{Fe}_2\text{O}_3/(\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3)$ 比值一般小于0.25, 平均为0.22; 罗布里岩体氧化系数值较高, 平均为0.42。这反映罗布里岩体形成于较高氧逸度条件下, 其物质来源可能较深。

此外, 还从两岩体中分离出黑云母作单矿物化学全分析, 结果列于表2。

表 2 岩体黑云母化学成分 (重量%)

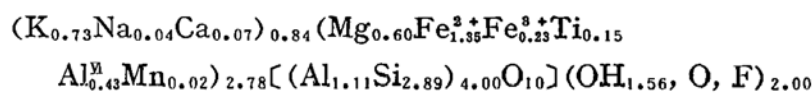
Table 2 Chemical analyses of biotite samples (Wt. %)

岩体名称	样品数	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O
打古寨	4	36.22	2.44	16.38	3.90	20.2	0.60	5.06	0.77	0.29	7.13	0.22	2.93
罗布里	2	36.44	2.64	14.88	4.53	17.89	0.67	8.15	1.06	0.27	6.56	1.35	2.86

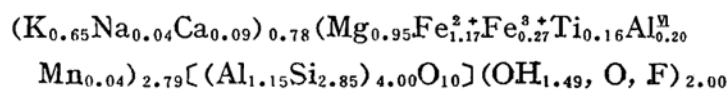
分析单位: 南京大学地质系中心实验室

由表 2 可计算出黑云母的化学式如下:

打古寨岩体中的黑云母



罗布里岩体中的黑云母



徐克勤等 (1982) 提出用黑云母化学成分区分华南同熔型和改造型花岗岩的公式为:

$$MF = Mg / (Mg + Fe^{3+} + Fe^{2+} + Mn)$$

MF值<0.38者为改造型花岗岩, MF值>0.38者为同熔型花岗岩^[2]。采用该公式分别对打古寨岩体和罗布里岩体黑云母化学成分进行计算得到, 打古寨岩体MF值为0.272, 罗布里岩体MF值为0.391, 这反映两岩体分属不同的成因类型。

(三) 稀土元素地球化学特征

对打古寨岩体和罗布里岩体分别采样作全岩稀土元素含量测定。为便于对比, 还测定

表 3 全岩稀土元素分析结果 (ppm)

Table 3 Rare-earth element analyses of total rock samples (ppm)

产 状	样 号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
变质砂岩	T001b	30.25	66.5	7.2	27	5.15	0.62	4.95	0.585	4.5
眼球状混合岩	NII-31	36.8	83.5	10.8	36.4	6.96	0.78	5.13	0.85	3.86
打古寨岩体	N-C-9	31.6	71.6	9.5	30.8	6.33	0.52	4.51	0.74	3.41
打古寨岩体	N-C-16	52.5	120	15.6	47.9	9.45	0.86	6.71	1.05	4.39
罗布里岩体	T201	16.65	31.25	3.95	14	3.17	0.38	2.59	0.45	2.27
球粒陨石平均值		0.378	0.976	0.138	0.716	0.23	0.0866	0.311	0.0568	0.39
产 状	样 号	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	LREE HREE	δEu	($\frac{La}{Yb}$) _N
变质砂岩	T001b	0.775	2.5	0.395	2.6	0.365	153.39	8.20	0.37	7.69
眼球状混合岩	NII-31	0.70	1.80	0.31	1.59	0.25	189.73	12.09	0.39	15.20
打古寨岩体	N-C-9	0.56	1.37	0.21	1.18	0.16	162.49	12.38	0.29	17.79
打古寨岩体	N-C-16	0.74	1.78	0.30	1.38	0.20	262.86	14.88	0.32	25.25
罗布里岩体	T201	0.48	1.55	0.275	2.15	0.294	79.46	6.90	0.39	5.12
球粒陨石平均值		0.0868	0.255	0.0399	0.25	0.0387				

分析单位: 湖北省地质局实验室

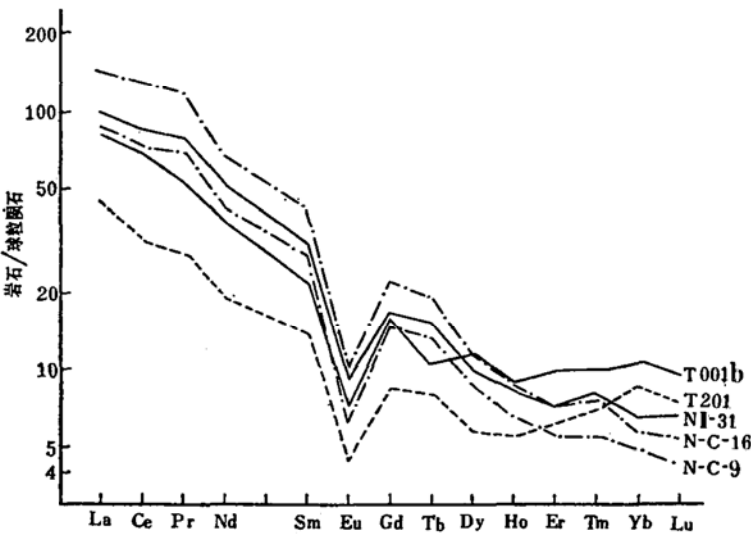


图 1 岩体及围岩稀土配分曲线

Fig. 1 Chondrite-normalized distribution patterns for the granites and their wall rocks

了桃山复式岩基、围岩中变质砂岩、眼球状混合岩的稀土元素含量。所有分析结果列于表3。经球粒陨石标准化后得到配分曲线,示于图1。

由图1可见,打古寨岩体与围岩变质砂岩、眼球状混合岩的稀土配分曲线十分相似。由于在沉积、变质甚至花岗岩化过程中,稀土元素的分布模式基本保持不变,上述相似性可能反映它们具有共同的物质来源,即上部地壳。而罗布里岩体的稀土配分曲线总体上与打古寨岩体相似,但也存在有微细差别,可能说明该岩体物质来源上与打古寨岩体有些不同^[3]。

由表3可见,打古寨岩体的 ΣREE 、 LREE/HREE 和 $(\text{La}/\text{Yb})_N$ 等参数值显著高于罗布里岩体,反映出两岩体在成因上有一定的差别。罗布里岩体相对富重稀土,可能暗示该岩体在成岩作用过程中有深部物质参与。

此外,笔者已对两岩体Sr、O同位素组成进行了研究(另文详细讨论),结果表明:打古寨岩体初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为0.7233,显著大于陆壳平均初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值,而且全岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值为10.47—11.33‰,这表明该岩体源岩为经过沉积旋迴的上部大陆壳物质;罗布里岩体初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为0.7139,但样品 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值与 $1/^{86}\text{Sr}$ 之间呈良好的线性正相关(图2),反映该岩体母岩浆曾受到地壳物质的混染,同时全岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值为7.81—8.14‰,高于上地幔 $\delta^{18}\text{O}$ 上限值7.5‰,但低于上地壳岩石的 $\delta^{18}\text{O}$ 值(>10.0‰),因此反映罗布里岩体是由幔源岩浆与地壳物质以一定比例混合形成。

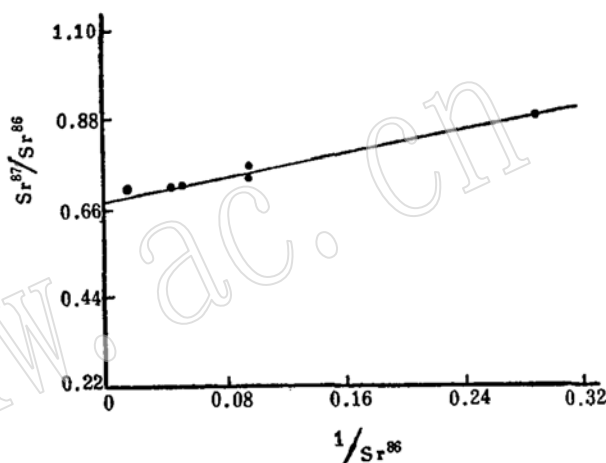


图2 罗布里岩体 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 与 $1/^{86}\text{Sr}$ 关系图

Fig. 2 Plot of the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ against $1/^{86}\text{Sr}$ in the Luobuli body

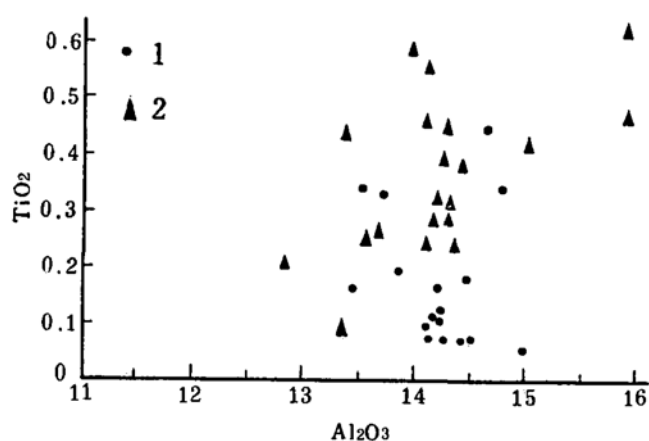
三、形成条件探讨

根据岩石薄片显微镜下观察研究,打古寨岩体和罗布里岩体均具有典型的岩浆花岗岩结构。据杨蔚华(1982)研究,交代成因的花岗岩类中, TiO_2 与 Al_2O_3 呈线性相关关系,而岩浆成因的花岗岩类中无此现象^[4]。对打古寨岩体和罗布里岩体 TiO_2 、 Al_2O_3 分析数据(表1),结合收集到的两岩体岩石化学分析资料^①,在 TiO_2 — Al_2O_3 图解上投影(图3),可见两岩体的 TiO_2 与 Al_2O_3 之间均无相关关系,这进一步说明两岩体为岩浆花岗岩。由此可见,打古寨岩体和罗布里岩体均为岩浆成因。下面主要就岩浆结晶条件及打古寨岩体中红柱石等矿物成因作一探讨。

(一) 岩浆结晶的物理化学条件

1. 温度 对打古寨岩体和罗布里岩体的成岩温度分别采用包裹体爆裂法和黄茂新(1984)提出的岩石化学二长石温度计^[5]进行了测定,结果列于表4。由表可见,打古寨

① 由华东地勘局二六二大队提供

图3 花岗岩 TiO_2 — Al_2O_3 关系图Fig. 3 Plot of Al_2O_3 against TiO_2 in the granites

1—打古寨岩体; 2—罗布里岩体

列于表5。

将两岩体的平均成岩温度和黑云母 $\text{Fe}/(\text{Fe} + \text{Mg})$ 比值投影到 Wones 等给出的黑云母稳定度图解^[6]上 (图4), 得到打古寨岩体的氧逸度 $f_{\text{O}_2} = 10^{-11.1} \text{Pa}$, 罗布里岩体的氧逸度 $f_{\text{O}_2} = 10^{-9.0} \text{Pa}$ 。

3. 水逸度 根据 Wones 给出的公式^[7]:

$$\lg f_{\text{H}_2\text{O}} = 7409/T + 4.25 + \frac{1}{2} \lg f_{\text{O}_2} + 3 \lg X_{\text{Fe}^{2+}} + 2 \lg X_{\text{OH}^-} - \lg a_{\text{or}} - \lg a_{\text{mt}}$$

表4 岩体形成温度测定结果

Table 4 Rock-forming temperature determinations for the granites

岩体名称	样品号	爆裂法包体测温 (°C)	岩石化学二长石地温计 (°C)
打古寨	TO64a	660	727 ($A_n = 30$)
	TO76	630	698 ($A_n = 27$)
	TO93	615	647 ($A_n = 17$)
	T227b	590	603 ($A_n = 13$)
罗布里	T201	755	835 ($A_n = 27$)
	T225	735	819 ($A_n = 42$)
	T074	680	784 ($A_n = 38$)
	T057c	695	745 ($A_n = 26$)

表5 黑云母化学参数

Table 5 Chemical parameters of the biotites

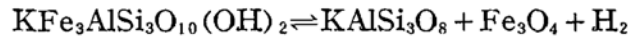
岩体名称	样品数	$\frac{\text{Fe}}{\text{Fe} + \text{Mg}}$	$X_{\text{Fe}^{2+}}$	X_{OH^-}
打古寨	4	0.725	0.486	0.78
罗布里	2	0.602	0.419	0.745

岩体成岩温度约在590—727°C之间, 可能说明该岩体初始结晶温度为727°C左右, 随着结晶作用的进行, 温度逐渐降低, 熔体最后的结晶温度约为590°C。罗布里岩体成岩温度估计在695—835°C之间, 同样可能说明该岩体的初始结晶温度约为835°C, 最后的结晶温度在695°C左右。总的来说, 罗布里岩体形成温度较高, 平均在750°C左右; 打古寨岩体形成温度较低, 平均在650°C左右。

2. 氧逸度 对两岩体黑云母化学分析结果 (表2) 计算有关参数,

考虑钾长石和磁铁矿都不是纯相,而是固溶体,分别取0.8和0.85代表它们的活度,将上面的有关计算结果代入,得到打古寨岩体水逸度 $f_{\text{H}_2\text{O}} = 1.75 \times 10^8 \text{Pa}$, 罗布里岩体水逸度 $f_{\text{H}_2\text{O}} = 1.89 \times 10^8 \text{Pa}$ 。

4. 氢逸度 根据反应:



$$\lg K_{\text{annite}} = \lg \frac{a_{\text{or}} \cdot a_{\text{mt}} \cdot f_{\text{H}_2}}{a_{\text{annite}}} = -9341/T + 11.05$$

由 $a_{\text{annite}} = X_{\text{Fe}^{2+}}^3 \cdot X_{\text{OH}^-}^2$ 得:

$$\lg f_{\text{H}_2} = -9341/T + 11.05 + 3\lg X_{\text{Fe}^{2+}} + 2\lg X_{\text{OH}^-} - \lg a_{\text{or}} - \lg a_{\text{mt}}$$

计算得到打古寨岩体氢逸度 $f_{\text{H}_2} = 8.92 \times 10^4 \text{Pa}$, 罗布里岩体氢逸度 $f_{\text{H}_2} = 5.07 \times 10^5 \text{Pa}$ 。

5. 侵位深度 由公式 $D = 3.3 \times 10^{-8} f_{\text{H}_2\text{O}}$ 计算得到打古寨岩体的侵位深度约为5.8km, 罗布里岩体的侵位深度约为6.2km、可见,打古寨岩体和罗布里岩体均属中深成岩,且罗布里岩体的侵位深度比打古寨岩体大,这与地质事实是相吻合的。

(二) 红柱石和硅线石等矿物的成因探讨

打古寨岩体中,常见到红柱石、硅线石及堇青石等变质矿物。它们在岩体中心或边缘、浅部或深部均有产出,但均分布在罗布里岩体的外接触带范围内,其空间展布与罗布里岩体形态十分吻合。在紧靠罗布里岩体的接触带,出现红柱石、硅线石、堇青石等共生矿物组合,

图4 黑云母稳定度 (f_{O_2} -T) 图解

Fig. 4 Stability of biotites as a function of f_{O_2} and T (from Wones et al., 1965)

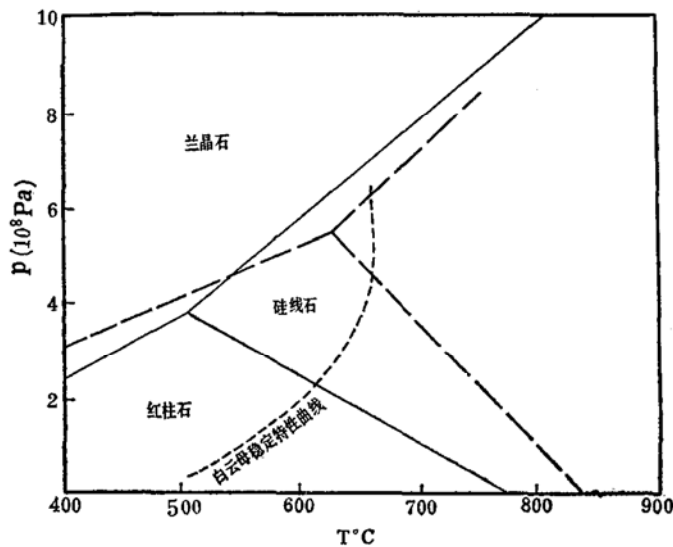
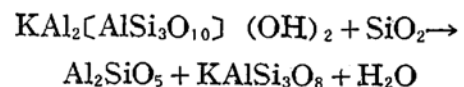


图5 Al_2SiO_5 多形变体相平衡图解
Fig. 5 Equilibrium phase diagram of Al_2SiO_5 polymorph (from White et al., 1977)

随着远离接触面,出现红柱石、硅线石组合,最外层只见到红柱石,从而形成明显的变质晕圈。这些现象表明,当罗布里岩体上升侵位与打古寨岩体相接触时,可能使打古寨岩体内矿物发生了下列反应:

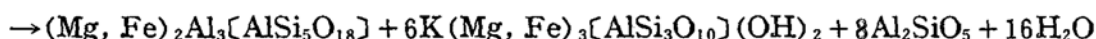
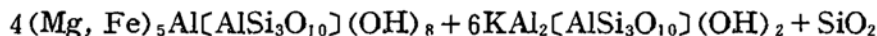


Evans (1965) 实验研究了 this 反应,结果表明:在 $P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 10^8 \text{Pa}$ 时,反应温度为 600°C ,此时白云母

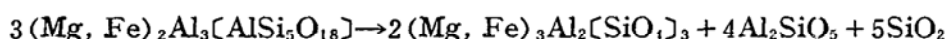
+ 石英这一组合脱水分解为钾长石 + 红柱石或钾长石 + 硅线石^[8]。

红柱石为 Al_2SiO_5 的低压变体, 硅线石则稳定于温度较高的条件下 (一般应是 600°C 以上)。硅线石和红柱石同时出现, 可能表明当时反应条件有所变化, 此时红柱石作为亚稳相存在。据 White 等研究认为, 红柱石 + 硅线石可以共存在 Holdaway (1971) 的红柱石 + 硅线石曲线 (实线) 与 Richardson 等 (1969) 的红柱石 + 硅线石曲线 (虚线) 之间 (图 5)^[9]。

生成堇青石的可能反应为:



在 $P_{\text{H}_2\text{O}} = 2 \times 10^8 \text{Pa}$ 时这个反应的进行温度为 $527 \pm 10^\circ\text{C}$; 随压力升高, 堇青石可分解如下:



在 $P_{\text{H}_2\text{O}} = 2-4 \times 10^8 \text{Pa}$ 时分解温度约为 $700 \sim 825^\circ\text{C}$ ^[10]。

前面已经得到, 罗布里岩体侵位时的温度约为 835°C , 压力约为 $1.89 \times 10^8 \text{Pa}$, 这个条件有利于发生上述反应, 故在紧靠接触面的打古寨岩体中能够形成红柱石 + 硅线石 + 堇青石等矿物共生组合。随着远离接触面, 温度、压力降低, 最后只能出现红柱石。因此, 打古寨岩体中的红柱石、硅线石等矿物为热接触变质成因。

四、结 论

以上讨论了打古寨岩体和罗布里岩体的岩石学、岩石化学、稀土元素和同位素地球化学特征, 并计算了成岩时的物理化学条件。研究表明, 虽然这两个岩体在空间上密切共生, 但在产状、物质成分及形成条件等方面存在一系列差异, 分属不同成因类型的花岗岩。打古寨岩体含钾长石变斑晶; K_2O 高、 Na_2O 低, 氧化系数值较低, 黑云母 MF 值为 0.272; 稀土配分曲线与围岩变质砂岩、眼球状混合岩十分相似; 初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 0.7233, 全岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $10.47-11.33\%$; 形成温度约为 $590 \sim 727^\circ\text{C}$, 压力约为 $1.75 \times 10^8 \text{Pa}$, 氧逸度约为 $10^{-11.1} \text{Pa}$, 氢逸度约为 $8.92 \times 10^4 \text{Pa}$, 侵位深度约为 5.8km。这些结果表明打古寨岩体成岩物质来源于上部地壳, 属壳源重熔型花岗岩, 相当于徐克勤等 (1982) 划分的改造型花岗岩^[11]。罗布里岩体含角闪石、榴石; MgO 、 CaO 较高, 氧化系数值较高, 黑云母 MF 值为 0.391; 相对富集重稀土; 初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值为 0.7139, 但 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值与 $1/^{86}\text{Sr}$ 呈良好的线性正相关, 并且全岩 $\delta^{18}\text{O}$ 值小于 10.0% (为 $7.81-8.14\%$); 形成温度约为 $695-835^\circ\text{C}$, 压力约为 $1.89 \times 10^8 \text{Pa}$, 氧逸度约为 $10^{-9.0} \text{Pa}$, 氢逸度约为 $5.07 \times 10^5 \text{Pa}$, 侵位深度约为 6.22 km。这些结果表明罗布里岩体成岩物质中既有上部地壳物质, 也有上地幔来源物质, 属于幔壳混合型花岗岩, 相当于徐克勤等 (1982) 划分的同熔型花岗岩^[11]。

本文初稿承蒙徐克勤教授、李文达研究员、胡受奚教授、刘英俊教授、季寿元教授和章邦桐副教授审阅并提出宝贵意见, 野外工作得到凌洪飞、钟启龙、孙明炎同志及华东地勘局二六二大队的支持和帮助。在此, 笔者一并表示诚挚的谢意。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院贵阳地球化学研究所, 1979, 华南花岗岩类的地球化学, 科学出版社。

- [2] 徐克勤等, 1982, 华南两类不同成因花岗岩岩石学特征, 岩石矿物及测试, No. 2.
- [3] 袁忠信, 1981, 稀土元素及其在岩石成因上的应用简介, 国外地质参考资料, No. 20.
- [4] 中国科学院贵阳地球化学研究所, 1982, 西藏南部花岗岩类地球化学, 科学出版社.
- [5] 黄茂新, 1984, 花岗岩类长石相成分换算及其应用, 地球化学, No. 1.
- [6] Wones, D. R. et al., 1965, Stability of biotite; experiment, theory, and application, Amer. Mineral., 50v., 1228—1272.
- [7] Wones, D. R., 1972, Stability of biotite: a reply, Amer. Mineral., 57v., 316—317.
- [8] Evans, B. W., 1965, Application of a reaction-rate method to the breakdown equilibria of muscovite and muscovite plus quartz, Am. J. Sci., 263v., 647—667.
- [9] White, A. Jr. et al., 1977, Ultrametamorphism and granitoid genesis, Tectonophysics, 43v., 7—22.
- [10] 长春地质学院, 1980, 变质岩岩石学, 地质出版社.
- [11] 徐克勤等, 1982, 华南花岗岩成因与成矿, 花岗岩地质和成矿关系国际学术讨论会论文集, 江苏科技出版社.

Petrological and Geochemical Characteristics and Forming Conditions of Two Genetic Types of Granites in Daguzhai-Luobuli

Zheng Yongfei

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources)

Zhang Zujuan Shen Weizhou

(Department of Geology, Nanjing University)

Abstract

Daguzhai and Luobuli granites occur as two small bodies of different genetic types. On the basis of field investigation and the study of petrology, petrochemistry and rare-earth elements as well as characteristics of strontium and oxygen isotopic compositions, it is believed that the Daguzhai granite is formed by the transformation of the upper crustal material through remelting, while the Luobuli monzogranite is generated by mixing of the mantle magma and the crustal materials based on the data of inclusion thermometry and biotite chemical analysis, their crystallization conditions and emplacement depth are estimated. Besides, the genesis of andalusite and sillimanite in the Daguzhai granite is discussed on the basis of thermodynamic theory and geological occurrence.