

## 大容山花岗岩形成的物理化学条件和地质背景推测

广西区域地质调查队 汪绍年

大容山花岗岩体位于桂东南地区,呈北东向巨大长条状岩基产于云开大山后加里东隆起的西北侧晚古生代以来长期活动的北东向断裂带内,为一复式岩体,主体由堇青石黑云母花岗岩组成,可分内部相、过渡相、边缘相,最边缘还有紫苏辉石花岗斑岩出露。岩体以普遍含包体,暗色团块,堇青石、硅线石、石榴石等矿物为特征<sup>[1]</sup>。

岩体不同部位主要矿物成分变化不大(表1),多属花岗岩,局部相变为二长花

岗岩。岩石化学成分以  $\text{Na}_2\text{O}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\frac{\text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}}$  显著低,  $\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{CaO})$ 、 $\frac{\text{K}_2\text{O}}{\text{Na}_2\text{O}}$ 、 $\frac{\text{CaO}}{\text{Na}_2\text{O}}$  较高为特征(表2)。副矿物组合简单,富含钛铁矿、锆石、独居石。造岩矿物:钾长石  $S_r = 0.63 - 0.88$ ,  $\Delta = 0.55$  (岩体边部  $S_r = 0 - 0.43$ ,  $\Delta = 0.33 - 0.44$ )。斜长石牌号较一般花岗岩中的高,  $An = 38 - 50$ 。黑云母多色性  $Ng -$

红棕, Np—浅黄, Nm=1.6519—1.6697, 属铁黑云母。以Ti、Al高, Fe<sup>3+</sup>低为特征。化学式\*为 (K<sub>0.75</sub>Na<sub>0.04</sub>Ca<sub>0.08</sub>)<sub>0.87</sub> (Mg<sub>0.91</sub>Fe<sub>1.46</sub>Fe<sub>0.08</sub><sup>3+</sup>Ti<sub>0.25</sub>Al<sub>0.38</sub>Mn<sub>0.02</sub>)<sub>3.09</sub> (Si<sub>2.81</sub>Al<sub>1.19</sub>O<sub>10</sub>)<sub>14</sub>(OHF)<sub>2</sub>。堇青石(-)2V=70°—75°, Ng=1.5533, Np=1.5420, Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mg)=0.40—0.44, FeO/(FeO+MgO)=0.55—0.59。化学式\*为 (Mg<sub>1.16</sub>Fe<sub>0.84</sub>Mn<sub>0.03</sub>Ca<sub>0.01</sub>Na<sub>0.12</sub>)<sub>2.16</sub>Al<sub>2.90</sub>(Al<sub>1.00</sub>Si<sub>4.99</sub>O<sub>18</sub>)。石榴石多为玫瑰色铁铝榴石, Fe<sup>2+</sup>/(Fe<sup>2+</sup>+Mg)=0.72—0.86, FeO/(FeO+MgO)=0.84—0.92, 化学式\*(Ca<sub>0.12</sub>Mg<sub>0.58</sub>Mn<sub>0.11</sub>Fe<sub>2.20</sub>)<sub>3.01</sub>(Al<sub>1.81</sub>Fe<sub>0.19</sub><sup>3+</sup>)<sub>2.00</sub>(Si<sub>3.00</sub>O<sub>12.01</sub>)。

大容山花岗岩形成的物理化学条件

1. 是岩浆结晶的产物; 从野外产状、岩石结构和矿物光性特征都可说明。实验和计算资料也可佐证: ①形成温度大于550℃。②Q—Ab—Or系统相图上投影点多集中于花岗岩密集区(图1)。③Q<sub>2</sub>—Ab—Or—

An—H<sub>2</sub>O系统相图(P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>=5Kb)投影和计算表明, 只扣除4—16%的石英即可达到Pl+Q<sub>2</sub>+L+V等压共结面, 因而不可能是非岩浆成因(据温克勒<sup>[2]</sup>)。④黑云母成分落在  $\frac{Si}{Al} - \frac{Mg+Fe}{Al}$  图(图2)岩浆岩黑云母特征线(AB线)附近。

2. 形成温度: 包体测温得到石英形成温度650℃±\*\*。二长石温度计求得温度680°—690℃。据黑云母  $\frac{FeO}{FeO+MgO}$  值在 fo<sub>2</sub>—T 图上<sup>[4]</sup>求得黑云母固相线温度约为700℃。重熔实验\*\*P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>=2Kb时, 初熔温度约为710℃<sup>[3]</sup>。估计大容山花岗岩形成温度约为680℃—710℃, 较一般花岗岩高。

3. 压力、深度、水饱和程度、岩体产状、岩石结构、造岩矿物特征等说明岩体主要属中深成相, 边部向浅成相过渡。从岩体在Q—Ab—Or系统相图上投影点的位置与所

大容山花岗岩矿物成分

表1

部位和相数	主要岩石类型	矿物成分 (%)								
		钾长石	斜长石	石英	黑云母	白云母	堇青石	石榴石	紫苏辉石	
东北段	过渡相	花岗岩	30—40	15—30	27—46	6—10	0—2	3—1		
	边缘相	花岗岩	15—34	20—41	30—43	6—12		3—15	<1	
		花岗斑岩	35—40	15—30	28—40	4—5		1—6	0—5	0—8
东南段	过渡相	花岗岩	14—40	17—34	35—40	4—8		1—8		
西南段	过渡相	花岗岩	13—40	20—43	25—42	5—15	0—1	1—3	0—2	0—3
	边缘相	多斑状花岗斑岩	23	30	40	4	0—1	2	0—1	0—5

做的两条等压共结线的关系(图1), 判断花岗岩形成压力近于2—3千巴, 西南段和东北段边缘相可能低至1—2千巴。根据岩石中FeO含量, 铁镁矿物含量和单矿物成分计算, 并用暗色矿物中Mg的分配验证, 求得加入在铁金属氧化物中的FeO≤2%,

$$\frac{\text{硅酸盐中TiO}_2}{\text{岩石中TiO}_2} = 41—62\%$$

$$\frac{\text{硅酸盐中FeO}}{\text{岩石中FeO}} = 47—60\%$$

属中深成相含水含磁铁矿型花岗岩<sup>[4]</sup>。黑云

$$\text{母} \frac{Fe}{Fe+Mg} = 60—70\%$$

- \* 根据矿物化学成分, 按给定阳离子法计算。因分析项目不全, 有一定误差
- \*\* 据贵阳地球化学研究所资料。

大容山花岗岩岩石和矿物化学成分

表 2

		部位和矿物种属	样品数	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O
岩石成分	东北段		16	71.16	0.40	13.55	0.26	3.61	0.10	1.12	1.12	1.77	4.37	0.15	1.26
	东南段		14	71.33	0.43	13.25	0.44	3.28	0.07	1.22	1.44	2.27	4.20	0.14	1.33
	西南段		9	70.94	0.59	13.60	0.42	3.90	0.06	1.29	2.06	2.06	4.04	0.16	1.44
矿物成分	岩体中	黑云母	7	35.14	4.34	16.46	1.51	21.97	0.32	7.66	9.78	0.26	7.44		
		蓝闪石*	2	48.25	—	32.11		9.75	0.41	7.39	0.03	0.59	—		
		石榴石*	2	36.09	—	18.56		35.15	1.55	4.63	1.30	—	—		
	包体中	黑云母	1	36.02	5.73	16.49	1.16	19.20	0.09	10.19	0.27	0.30	7.97		
		蓝闪石	1	48.96	—	30.02		9.47	0.39	10.15	0.0	0.35	0.48		
		石榴石	1	38.28	—	22.01		30.11	1.33	7.65	1.43	0.08	0.26		

\* 其中有一个样是根据桂林地质学院电子探针分析结果

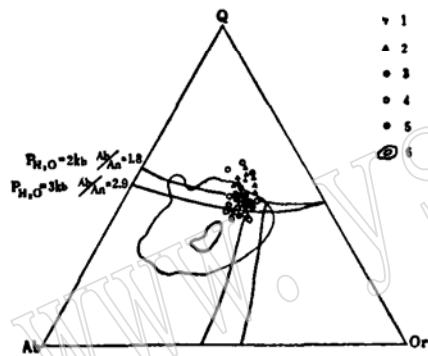


图 1 大容山花岗岩标准矿物Q: Ab:Or比值分布图

1—共结线和共结点 (P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 2Kb, Ab/An = 1.8 线据Platen; P<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 3Kb, Ab/An = 2.9 线据Г. Би нклер; 资料, 用插入法求得); 2—东北段边缘相; 3—东北段; 4—东南段; 5—西南段; 6—花岗岩范围 (据(Winkle))

$$\frac{Al}{Al + Fe + Mg + Mn + Ti + Si} = 19-24\%$$

从  $\mu\text{H}_2\text{O}-\mu\text{K}_2\text{O}$  图上反映出水饱和程度较一般花岗岩低 (图3)。

4. 氧逸度: 黑云母  $\frac{Fe^{3+}}{Fe^{3+} + Fe^{2+}}$  和  $Fe/(Fe + Mg)$  平均值分别为0.058和 0.68, 在  $lgf_{O_2}-\frac{Fe^{3+}}{Fe^{3+} + Fe^{2+}}$  和  $lgf_{O_2}-T$  图上求得  $-lgf_{O_2}$  为16.3 (大气压) 左右。说明岩体形成时氧化条件较低。同时, 也与岩浆成因

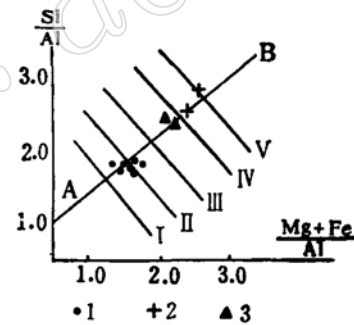


图 2 黑云母成分反映岩浆岩特征

I—II 低碱度区; III—正常碱度区; IV—V 高碱度区。1—大容山岩体; 2—花山、姑婆山岩体; 3—六陈、旺冲岩体。AB线据B. C. Соколов

有关。

5. 岩浆成分: 通过岩石和黑云母成分一系列计算和在相图上投影 (图1), 说明岩浆具富铝、贫碱 (特别贫钠), 低氧的特征。

6. 结晶速度: 岩石结构、钾长石三斜度等说明岩体主要部分是缓慢结晶形成的, 边部结晶迅速。

岩浆成因推测

岩体的重要特征是包体、暗色团块和蓝闪石等矿物在各部位广泛出现。包体成分复

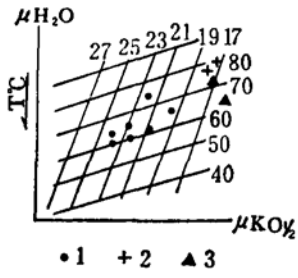


图 3 黑云母成分与岩浆碱度、水饱和程度、温度关系 (据 В.С.Иванов)

1—大容山岩体；2—花山、姑婆山岩体；3—六陈、旺冲岩体。17—27含铝量线；40—80—含铁量线。

杂，有各种角岩、变粒岩、片岩、混合岩等。包体中铁镁矿物含量和斜长石牌号高。岩性、大小、形态不同的包体混杂出现，杂乱排列，与围岩界限一般清楚。暗色团块由变晶状的石英和较多的

黑云母、堇青石等暗色矿物组成，成分、结构与包体相近，但较小（0.3—0.8厘米），分布更普遍，与周围界限不清楚。堇青石分布最普遍，几乎岩体各部位均可见及，含量一般1—5%。按其形态和分布可分两种：一是形态不规则，常呈聚晶出现的堇青石，应属变质岩的不熔残留物；另一种是较自形，均匀散布于花岗岩中的堇青石，属岩浆结晶或再结晶的产物。石榴石、紫苏辉石也有类似的情况。

从包体→暗色团块→变质矿物反映了岩浆对固相成分的改造过程。推测这些东西多是深部带上来的，大部分是深熔岩浆形成时的不熔残余组分（如片岩、混合岩、变粒岩），即“固相残留体”；部分来自深部通道（如角岩），属捕虏体或捕虏晶。岩体包含了不同阶段的产物，堇青石、石榴石、黑云母、锆石、磷灰石等既有熔化残留的，又有岩浆结晶的。

固相残留体普遍存在的原因：①Ab/An值较低，不易达到过热状态。②水未达饱和，不能产生最大数量的熔体。③岩浆源岩中这类矿物含量也较高。

根据岩石类型简单；岩石和黑云母富铝，低氧；铁镁矿物以黑云母、堇青石为主，未出现角闪石；副矿物以锆石、钛铁矿

为主，磁铁矿很少；包体为沉积变质岩等，确定岩浆物质来源于地壳。

可以从“固相残留体”推测岩浆形成条件。在岩体和包体中广泛出现的铁镁矿物是铁黑云母和富铁的堇青石、石榴石，相当于变质岩中高级角闪岩相的组合。共存的堇青石和石榴石  $\frac{FeO}{FeO+MgO}$  值分别为 0.55—0.59和0.84—0.92。P=4.7—5.6千巴。包体中  $\frac{Feo}{FeO+MgO}$  较低，P≈6千巴，按石

榴石—黑云母矿物对  $\frac{Mg}{Mg+Fe+Mn}$  值求出温度在750℃。从Q<sub>2</sub>—Ab—Or—An—H<sub>2</sub>O系统相图上投影和计算，得出在P<sub>H<sub>2</sub>O</sub>=5千巴的条件下熔浆温度一般不超过733℃。推测岩浆形成的压力约4—6千巴，温度680—730℃，深度15—20公里。源岩为一套高铝、富硅，以高级角闪岩相为主的沉积变质岩，由于地热梯度升高，在较大深度下，局部地壳发生重熔而成熔浆。

地质背景

岩体侵入上二叠统底部，被下侏罗统覆盖，黑云母年龄为213—276百万年（图4），集中于227—246百万年，时代应在二叠纪末至三叠纪初，属海西—印支旋迴早阶段产

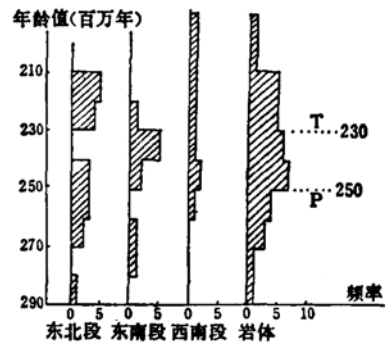


图 4 大容山花岗岩黑云母K—Ar年龄频率图 (据广西区测队、309—7队、宜昌所、桂林所36个样统计)

物<sup>[9]</sup>。东吴运动形成了造山活动带、为深熔奠定了基础，以后的断裂活动促进了岩浆的形成，并导至其上侵。

#### 主要参考文献

- (1) 莫柱荪等：1980年，南岭花岗岩地质学，地质出版社。
- (2) H. G. F. 温克勒等：1979年，花岗岩浆的新问题，地质地球化学，第11期。
- (3) 贵阳地球化学研究所：1979年，华南花岗岩类地球化学，科学出版社。
- (4) Г. Б. Ферштатер, 1978.2, Феррофации гранитоидов, <ГЕОХИМИЯ>.
- (5) H. G. F. 温克勒：1980年，变质岩成因，科学出版社。
- (6) 汪绍年：1979年，广西花岗岩时代讨论，地球化学，4期。

## THE PHYSICO-CHEMICAL CONDITION AND THE GEOLOGICAL BACKGROUND IN FORMATION OF DARONGSHAN GRANITES

Wang Shaonian

### Abstract

Darongshan granitic body occurring as an elongated batholith is composed of cordierite-biotite granite and monzonitic granite, commonly containing dark enclaves, cordierites, sillimanites and garnets, etc. Most of them are the unmelted restites during the formation of magma and only a part of cordierites crystallized from magma at depth. The granites crystallized from magma at temperature about 680-710°C under pressure 2-3 Kb and characterized by lower  $f_{O_2}$ . These show that the granites are the mezo-abysal intrusions.

The magma which make up the Darongshan body is rich in Al and poor in Na and its degree of water saturation is lower than that in common granite. It formed possibly in anatexis of metamorphic sediments riched in Al and Si (high-grade amphibolite facies). According to the compositions of the unmelted restites auther infers that the magma was produced under pressures about 4-6 Kb at temperature 680-730°C.

Dungwu movement gave rise to the formation of orogenic belts and made a favourable condition for the anatexis. Later the fault movement brought about the formation of magma and resulted it in an emplacement from late Permian to early Triassic period.