

# 福建魁岐晶洞碱性花岗岩特征及成因

王蓉嵘 刘家远

(桂林冶金地质学院隐伏矿床预测研究所)

**摘要** 根据魁岐杂岩体的岩石类型、结构构造、形成的时间先后等,将其划分为4个单元:(1)晶洞黑云母钾长花岗岩;(2)晶洞中粗粒碱性花岗岩;(3)晶洞斑状碱性花岗岩;(4)晶洞细粒碱性花岗岩。由第1单元至第4单元其岩石化学组分及SI, FI, MF, AKI等参数值均呈有规律变化。岩石的 $\Sigma$ REE值较高,铈同位素初始比值为0.7085, Rb-Sr等时线年龄为89.6 Ma。Nd同位素研究表明,该岩体在形成时有70%~80%的地幔物质加入。

**主题词** 碱性花岗岩;晶洞;岩石化学;地球化学;岩石成因;福建;魁岐  
**分类号** P 588.121

## 0 引言

魁岐晶洞碱性花岗岩体( $\xi\gamma_3^a$ )位于福州市东北部,长乐—南澳大断裂北端,出露面积284 km<sup>2</sup>,是政和—大埔深断裂以东濒海分布的晶洞花岗岩带上规模最大的岩体之一。岩体侵入上侏罗统南园组火山岩,并与贵安石英闪长岩体( $\delta O_3^a$ ),润田花岗闪长岩体( $\gamma\delta_3^a$ ),福州黑云母花岗岩体( $\gamma_3^b$ ),丹阳二长花岗岩体( $\eta\gamma_3^b$ )及笔架山钾长花岗岩体( $\xi\gamma\pi_3^d$ )等组成福州复式岩体<sup>[1]</sup>。本文主要就魁岐杂岩体的组成、特征、成分演化及成因归属加以讨论。

## 1 魁岐晶洞碱性花岗岩体的组成

运用 W.S.Pitcher 单元填图法的基本思想,根据岩石类型、结构构造以及岩浆侵入的先后顺序将魁岐杂岩体(或称超单元)进一步划分为4个单元:(1)晶洞中粒黑云母钾长花岗岩;(2)晶洞中粗粒碱性花岗岩;(3)晶洞斑状碱性花岗岩;(4)晶洞细粒碱性花岗岩(图1)。每一个单元代表一次侵入,各单元岩石特征见表1。

### 1.1 第1单元

呈岩株状出露于魁岐杂岩体东部瑄头一带,面积约为9 km<sup>2</sup>,为晶洞黑云母钾长花岗岩。造岩矿物主要由碱性长石、斜长石、石英等组成,不含碱性铁镁矿物。晶洞构造普遍发育。岩石的AKI值为0.97,应归属偏碱性花岗岩类,属于一种由黑云母花岗岩向晶洞碱性花

1992年5月20日收稿,6月4日改回,刘宜河编辑。

第一作者简介:王蓉嵘,女,1962年出生,助理研究员,岩石学专业。

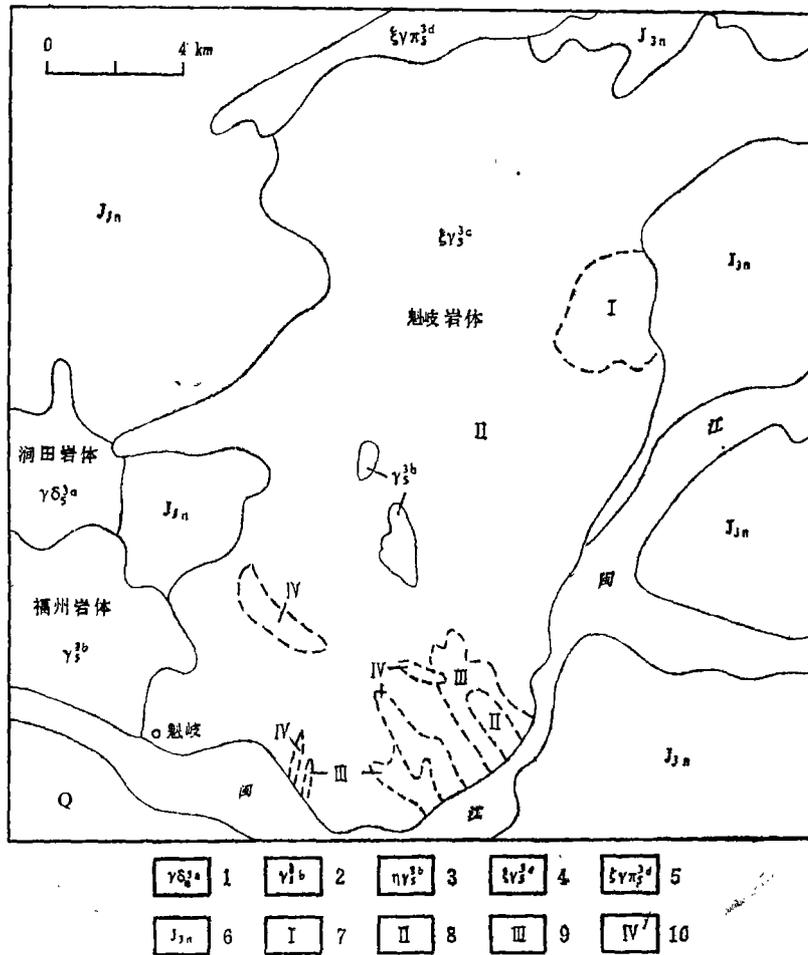


图1 魁岐岩体地质略图

Fig.1 Sketch geological map of kuiqi granite body

- 1—花岗闪长岩; 2—黑云母花岗岩; 3—二长花岗岩; 4—晶洞花岗岩;  
 5—钾长花岗岩; 6—南园组火山岩; 7—第1单元; 8—第2单元;  
 9—第3单元; 10—第4单元

花岗岩演化的过渡类型, 为整个杂岩体前峰侵入阶段的产物。

### 1.2 第2单元

该单元为魁岐杂岩体的主体, 分布于南部魁岐至北部连江一带, 属主侵入阶段的产物。岩体边部为细粒结构, 内部为中—粗粒结构, 在岩体的边部和顶部发育碱性长石-石英交生的花斑结构。整个岩体的条纹长石结构较发育。晶洞构造十分发育, 尤其在岩体的边部和顶部。主要矿物成分为碱性长石、石英、霓石及亚铁钠闪石。属晶洞碱性花岗岩。该单元直接侵入南园组火山岩及福州黑云母花岗岩, 在内接触带有宽约10cm的冷凝边, 接触面外倾, 倾角 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。

### 1.3 第3单元

呈岩瘤状或岩墙状分布于魁岐杂岩体南部, 侵入第2单元内部。岩性为晶洞斑状碱性花

表1 魁岐杂岩体各单元岩石特征  
Table 1 The petrological characteristics of unit 1 to unit 4 kuiqi granite

单元	1	2	3	4
产状	岩株	岩基	岩脉、岩瘤、岩墙	岩脉、岩墙
岩石类型	黑云母花岗岩	碱性花岗岩	斑状碱性花岗岩	碱性花岗岩
颜色	肉红色	浅灰、肉红、紫红色	浅灰、肉红、紫红色	灰白色
结构	中粒花岗岩结构、条纹结构	中-粗粒它形-半自形粒状结构、花斑结构、条纹结构	中-粗粒似斑状结构、条纹结构、文象结构	细粒它形-半自形粒状结构、显微文象结构、条纹结构
构造	块状、晶洞构造	块状、晶洞构造	块状、晶洞构造	块状、晶洞构造
矿物成分及含量(%) <sup>*</sup>	Or (ST0.75, $\Delta$ 0.3~0.5) 48~55, Pl (An 25 $\pm$ ) 10~15, Q30~35, Bi 1~3	Or (ST0.85~1, $\Delta$ 0.3~0.5) 60~65, Q30~35; Aa1~4	斑晶: Or10, Q3 基质: Or55, Q30 Aa 1~3	Or 55~65, Q 40, Aa 1~2
副矿物	磁铁矿、萤石、榍石、锆石	萤石、锆石、磁铁矿	萤石、锆石、磁铁矿	萤石、锆石、磁铁矿

\* Or—碱性长石; Pl—斜长石; Q—石英; Aa—霓石及亚铁钠闪石

岗岩, 似斑状结构, 基质具显微文象结构。斑晶主要为碱性长石及少量石英, 粒径6~30mm, 约占5%~20%, 分布不均, 杂乱排列。基质粒径约1mm, 主要由碱性长石、石英、霓石及亚铁钠闪石组成。晶洞数量及大小较第2单元少和小。该单元边部具细粒边, 无斑晶, 暗色矿物呈条带状聚集平行于接触面分布。

#### 1.4 第4单元

呈岩墙、岩脉状侵入第2、第3单元内部, 属最晚侵入阶段的产物, 主要分布于杂岩体南部。岩性为晶洞细粒碱性花岗岩。主要为细粒结构, 粒径0.1mm~1mm; 局部地段为不等粒结构, 粒径0.1~5mm。矿物成分与第2单元和第3单元相似, 主要为碱性长石、石英、霓石及亚铁钠闪石。

## 2 岩石学特征

### 2.1 主要矿物特征

2.1.1 碱性长石 是魁岐杂岩体中各单元的主要造岩矿物, 为钠长石化的钾长石。钾长石普遍具卡氏双晶, 经光学法测定第1、2单元的有序度ST较高(0.75~1), 三斜度较低(0.3~0.5), 说明在这种低正(长)微(斜)长石内部存在着不平衡的超显微双晶, 也是钾长石有序化过程中特定阶段的产物<sup>[9]</sup>。钾长石常与石英交生形成花斑结构, 而且通常是以钾长石或石英为核心, 四周形成放射状或不规则状交生, 它可能代表形成环境的变化。钾长石的钠长石化普遍, 钠长石呈不规则状、条纹状、树枝状、云朵状、糖粒状交代钾长石。钠长石化由第1至第4单元逐渐增强。

2.1.2 石英 具有两种类型: 一种为它形粒状低温石英, 一种为双锥状高温石英。双锥状高温石英主要含于第1单元(少量)、第3单元斑晶及第4单元(粗粒者)岩石中, 这种石英常具熔蚀现象。

2.1.3 斜长石 仅出现在第1单元,呈半自形板柱状,具钠长双晶、卡钠复合双晶和钠长石一肖钠长石复合双晶,  $An = 24 \sim 28$ 。

2.1.4 霓石亚铁钠闪石 出现在第2至第4单元(以第2单元为主)。霓石和亚铁钠闪石均呈它形粒状、柱状镶嵌于长石石英粒间。两者  $Mg/(Mg + Fe^{2+})$  值大致相同,为  $0.33 \sim 0.35$ ,说明它们基本上同时生成,而且结晶时的Fe, Mg分配达到平衡<sup>[2]</sup>。

2.1.5 黑云母 主要出现在第1单元,黄褐色,多色性明显,  $Mg/(Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn)$  值为  $0.54$ ,属富镁黑云母。第2单元偶见,细粒状,常被霓石、亚铁钠闪石包裹,  $Mg/(Mg + Fe^{2+} + Fe^{3+} + Mn)$  为  $0.26$ ,属富铁黑云母<sup>[4]</sup>。第3单元和第4单元不含黑云母。

## 2.2 晶洞特征

魁岐杂岩体各单元的晶洞构造都较发育,从晶洞的大小及数量上看,第2单元最为发育。晶洞分布不均,主要存在于各单元的边部和顶部,向中心减少。晶洞形状有圆形、椭圆形、撕裂状和长条状等。按其成因可分为3种类型<sup>[5]</sup>:原生晶洞、成岩期晶洞和次生晶洞(表2)。

表2 晶洞的成因分类及演化特征  
Table 2 Origin classify and evolution of miarolitic cavity

特征	原生晶洞				成岩期晶洞	次生晶洞
	1	2	3	4	以第2单元为主	第2单元
分布(单元)					以第2单元为主	第2单元
大小(cm)	0.2~4	0.5~6	0.2~4	0.1~0.5	2×5~15×30	3×10~10×50
形态	圆形、椭圆形、撕裂状、长条状、管状				囊状、透镜状、长条状	长条状、断续脉状
充填物成分	石英及钾长石	钾长石、石英、霓石、亚铁钠闪石、萤石		钾长石、石英(含烟石英)、霓石、亚铁钠闪石、萤石、锆石	石英(无色水晶)	
碱性铁镁矿物生长特征	毛发状、针状、柱状、短柱状				柱状、短柱状	
矿物生长方式	较简单,垂直洞壁生长				较复杂,多层状,由洞壁向中心依次为:粒状矿物堆积层→文象石英、长石层→晶簇	简单,垂直洞壁生长
产出位置	不均匀地分布于岩石中,主要是岩体顶部、边部或各单元接触面附近				多沿原生Q, L节理分布	沿次生X节理分布
成因	岩浆冷凝过程中,大量挥发分向顶部、边部等低压方向运移并逸出而成				岩浆期后富含挥发份及钠质溶液沿原生节理贯入、冷却结晶而成	成岩后,经溶蚀、淋滤的富硅质溶液充填次生裂隙

第1单元,主要是原生晶洞,为圆形、椭圆形及撕裂状,洞径较小,一般小于5cm,洞内充填物简单,仅为钾长石和石英晶簇。第2单元3种类型均有出现,原生晶洞呈不规则状,洞径较小,以0.5~6cm者为主,部分晶洞有毛发状、针柱状、短柱状霓石和亚铁钠闪石、钾长石、石英充填。成岩期晶洞常呈长条状、透镜状沿原生节理分布,洞径较大,其内常有霓石、亚铁钠闪石、钾长石、石英等晶簇充填。次生晶洞基本上沿次生X裂隙呈断续的长条状分布,洞内仅有垂直于洞壁生长的无色水晶。第3单元,以原生晶洞为主,大多分

布在该单元边部,部分晶洞有钾长石、石英、霓石和亚铁钠闪石充填。成岩期晶洞及次生晶洞极少见到。第4单元,只有原生晶洞,洞径小,一般0.1~0.5cm,似鸟眼状,其内很少有矿物充填。在该单元边部有不规则状的晶洞,洞内有钾长石、石英、霓石及亚铁钠闪石充填。

### 3 岩石化学特征

魁岐杂岩体4个单元的岩石化学成分特征(表3)归纳如下:

表3 魁岐、福州及笔架山岩体岩石化学成分

Table 3 Petrochemical composition of Kuiqi granite, Fuzhou granite and Bijiashan granite-porphry

岩体	福州	魁 岐				笔 架 山			
		第1单元	第2单元	第3单元	第4单元				
样品	F <sub>3409</sub> ①	S <sub>04</sub>	S <sub>08</sub>	S <sub>53-1</sub>	S <sub>53-2</sub>	S <sub>09</sub>	S <sub>10</sub>	S <sub>03</sub>	F <sub>3432</sub> ①
SiO <sub>2</sub>	74.72	77.00	77.31	77.14	77.01	76.79	76.70	76.86	76.88
TiO <sub>2</sub>	0.16	0.11	0.14	0.14	0.14	0.10	0.11	0.14	0.17
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.14	11.97	11.52	11.95	11.77	11.79	11.97	11.14	11.74
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.80	0.45	0.93	0.80	0.71	1.07	0.90	1.42	1.40
FeO	0.32	0.46	0.56	0.45	0.46	0.43	0.36	0.57	0.25
MnO	0.063	0.065	0.145	0.075	0.095	0.125	0.075	0.175	0.120
MgO	0.22	0.06	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.08
CaO	0.63	0.30	0.15	0.10	0.20	0.01	0.15	0.10	0.13
Na <sub>2</sub> O	4.10	4.14	4.32	4.60	4.60	4.40	4.52	4.72	3.44
K <sub>2</sub> O	4.21	4.44	4.60	4.54	4.54	4.40	4.54	4.44	5.03
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.007
烧失	0.52	0.41	0.42	0.33	0.33	0.43	0.30	0.22	0.35
F	0.06	0.08	0.14	0.12	0.11	0.15	0.09	0.14	0.03
Σ	98.96	99.48	100.22	100.24	99.97	99.72	99.71	99.91	99.62
AKI	0.86	0.97	1.05	1.04	1.06	1.02	1.03	1.13	0.95
FI	0.93	0.97	0.98	0.99	0.98	0.998	0.98	0.99	0.98
MF	0.83	0.94	0.99	0.98	0.97	0.99	0.99	0.99	0.95
SI	2.29	0.64	0.19	0.19	0.29	0.19	0.10	0.18	0.79
标准矿物									
q	33.0	35.4	34.8	33.4	33.9	34.1	33.4	34.8	36.8
or	24.9	26.2	27.2	26.8	26.9	26.4	26.9	26.3	29.9
ab	34.7	35.0	33.7	36.2	35.4	35.8	36.2	32.6	29.3
an	2.9	1.0							0.7
ac			2.0	1.8	1.6	1.5	1.8	2.7	
ns			0.1	0.2	0.4		0.1	1.0	
c	0.8								0.4
di		0.5	0.7	0.4	0.9	0.1	0.7	0.4	
hy	1.07	0.1	1.1	0.9	0.7	1.3	0.8	1.7	1.1
il	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3
mt	0.7	1.1				0.3			1.1
D.I.	92.6	96.6	95.7	96.4	96.2	96.3	96.5	93.7	96.0

表中: AKI =  $(K_2O + Na_2O) / Al_2O_3$  (分子比); FI =  $(K_2O + Na_2O) / (K_2O + Na_2O + CaO)$ ;  
 MF =  $(Fe_2O_3 + FeO) / (Fe_2O_3 + FO + MgO)$ ; SI =  $MgO \times 100 / (MgO + FeO + Fe_2O_3 + Na_2O + K_2O)$   
 ①引自洪大卫(1987),其余由中国有色金属工业总公司矿产地质研究院分析(1987)。

(1) 魁岐杂岩体各单元以高  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ , 低  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  及富含挥发份为特征。相比之下, 第1单元钾长花岗岩  $\text{MgO}$  和  $\text{CaO}$  含量高些, 而  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{FeO} + \text{Fe}_2\text{O}_3$  含量低些。由福州黑云母花岗岩→魁岐晶洞碱性花岗岩→笔架山钾长花岗岩, 其氧化物含量变化具有一定的连续性。

(2) 若按  $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$  (分子比) 值来划分花岗岩的碱性 ( $> 1$ ), 偏碱性 ( $0.9 \sim 1$ ) 和钙碱性 ( $< 0.9$ ) 类型, 则魁岐杂岩体第1单元和笔架山岩体类似, 属于偏碱性花岗岩类, 第2至第4单元属碱性花岗岩类, 福州岩体属于钙碱性花岗岩类。

(3) 由第1至第4单元, 长英指数 ( $FI$ ) 和镁铁指数 ( $MF$ ) 值递增。而且形成稍晚的魁岐杂岩体和笔架山岩体这两个指数值略高于形成较早的福州岩体, 说明随着结晶分异的进行, 岩浆中的碱质组分增加, 镁质组分减少。

(4) 魁岐杂岩体的固结指数 ( $SI$ ), 由第1至第4单元依次降低。

(5) 魁岐、福州和笔架山3个岩体除了都含标准矿物  $q + or + ab + hy + il$  外, 后两个岩体还含  $an + c + mt$ 。魁岐杂岩体第1单元含  $an + di + mt$ , 第2至第4单元  $an$  和  $c$  消失, 代之出现  $ac + ns$  (锥辉石类) 和  $di$ 。

以上特征说明, 不仅3个不同时代的岩体, 其岩浆分异演化程度不同, 而且就魁岐杂岩体本身来说, 从第1单元至第4单元, 其岩浆的分异演化程度也越来越彻底。

## 4 地球化学特征

### 4.1 稀土元素地球化学

魁岐杂岩体连同福州岩体和笔架山岩体的岩石稀土元素分析结果列入表4。通过对比后发现: 3个岩体的  $\Sigma REE$  均较高, 总体呈递增趋势。魁岐杂岩体由第1至第4单元  $\Sigma REE$  依次递增。由福州黑云母花岗岩→魁岐钾长花岗岩(第1单元)→魁岐碱性花岗岩(第2至第4单元),  $\Sigma Ce / \Sigma Y$  值降低, 亦即轻稀土含量相对减少。据研究, 地幔中富集重稀土元素, 地壳中富集轻稀土元素, 因此推测魁岐杂岩体所含地幔来源的  $REE$  高于福州岩体。魁岐杂岩体由第1至第4单元,  $\delta Eu$  值递减, 反映岩浆的分异程度不断增高, 并发生了多阶段的分离结晶作用。由分布模式图(图1)可见, 魁岐杂岩体与福州岩体和笔架山岩体的稀土分布曲线非常相似, 均呈左高右低,  $Eu$  强烈亏损的“V”字型曲线, 反映其岩浆来源具一致性。

### 4.2 稀土元素定量模型

为了利用稀土元素丰度资料定量地阐明魁岐杂岩体的成因和演化, 本文运用稀土元素定量模型对其第1单元与第2单元的分离结晶关系进行模拟。模拟时采用雷利定律, 其方程式<sup>[6]</sup>是:

$$C_L / C_0 = F^{(D-1)}$$

式中  $C_L$ —分离后残余熔体中某元素的浓度;  $C_0$ —分离前原始熔体中某元素的浓度;  $F$ —残余熔体百分数 ( $1 - F$  为结晶程度);  $D$ —从熔体中析出矿物集合体的总体分配系数。

$$D = \sum_i^n X_i K_{d_i}$$

式中  $X_i$ —岩石中  $i$  矿物的百分含量;  $K_{d_i}$ — $i$  种矿物的分配系数;  $n$ —矿物种数。

表4 稀土元素分析结果<sup>①</sup>  
Table 4 Analytic date of REE

岩体 单元	福州	魁 岐				魁岐杂岩体 总体 <sup>②</sup>	笔架山
		1	2	3	4		
样品数	1	1	3	2	2	2	
La	31.17	31.93	24.51	46.63	69.46	25.71	36.59
Ce	60.39	57.17	48.19	66.37	87.52	49.30	70.60
Pr	7.07	6.57	5.87	7.03	9.48	5.96	8.61
Nd	20.84	18.44	17.19	16.35	20.22	17.26	26.64
Sm	4.38	3.59	4.58	3.55	4.31	4.53	5.84
Eu	0.59	0.43	0.34	0.25	0.26	0.34	0.52
Gd	3.38	2.69	4.39	3.34	3.71	4.31	4.81
Tb	0.51	0.50	0.84	0.70	0.80	0.82	0.88
Dy	3.10	3.07	5.48	4.80	5.60	5.39	4.65
Ho	0.71	0.69	1.31	1.36	1.57	1.29	1.05
Er	2.17	2.38	4.49	5.67	6.57	4.47	3.33
Tm	0.41	0.43	0.77	1.12	1.33	0.77	0.59
Yb	2.44	3.19	5.41	9.33	11.17	5.48	3.60
Lu	0.40	0.44	0.82	1.57	1.94	0.83	0.57
Y	20.70	22.17	42.27	62.35	57.67	42.13	32.11
ΣREE	158.26	153.69	166.46	230.42	281.61		200.39
ΣCe	124.44	118.13	100.68	140.18	191.25		148.8
ΣY	33.82	35.56	65.78	90.24	90.36		51.59
ΣCe/ΣY	3.69	3.32	1.53	1.55	2.12		2.88
La/Yb	12.77	0.96	4.53	5.0	6.22		10.16
δEu	0.46	0.40	0.24	0.22	0.20		0.30

①由湖北省地矿局中心实验室分析(1987); ②魁岐杂岩体总体为4个单元岩石的稀土元素含量面积加权平均值。

首先对魁岐杂岩体与福州岩体的分离结晶关系进行模拟, 计算时 $C_0$ 采用魁岐杂岩体和福州岩体的稀土元素平均值(表4),  $D$ 采用福州岩体的 $D$ 值(Ce 0.081, Nd 0.060, Sm 0.040, Eu 0.922, Gd 0.031, Dy 0.023, Er 0.022, Yb 0.026)。计算得知, 当 $F=80\%$ 时,  $C_L$ 值与魁岐杂岩体总体的稀土元素含量相近(表5), 说明当这一岩浆经过20%的结晶分异而形成魁岐碱性花岗岩浆。

魁岐杂岩体第1单元黑云母钾长花岗岩与第2单元碱性花岗岩的分离结晶关系, 也可用上述方程式来讨论。式中 $C_0$ 采用前面所计算出的魁岐杂岩体总体的 $C_L$ 值,  $D$ 采用魁岐杂岩体第1单元岩石的 $D$ 值(Ce 0.068, Nd 0.049, Sm 0.033, Eu 0.870, Gd 0.025, Dy 0.018, Er 0.018, Yb 0.022)。当 $F=97\%$ 时, 第2元的计算值 $C_L$ 与实测值含量相近, 也即当这一岩浆经过3%的结晶堆积后而形成第2单元的岩浆。

由表5可见, 轻稀土元素理论值明显高于实测值。因为, 此公式的应用仅限于原岩浆系统的分异演化, 而未考虑到分异演化过程中物质的加入和变化。当有较多的地幔物质加入时, 岩浆中则富集重稀土, 贫轻稀土, 而使计算结果与实际情况造成误差。但这一计算结果可提供岩浆来源方面的一些依据。

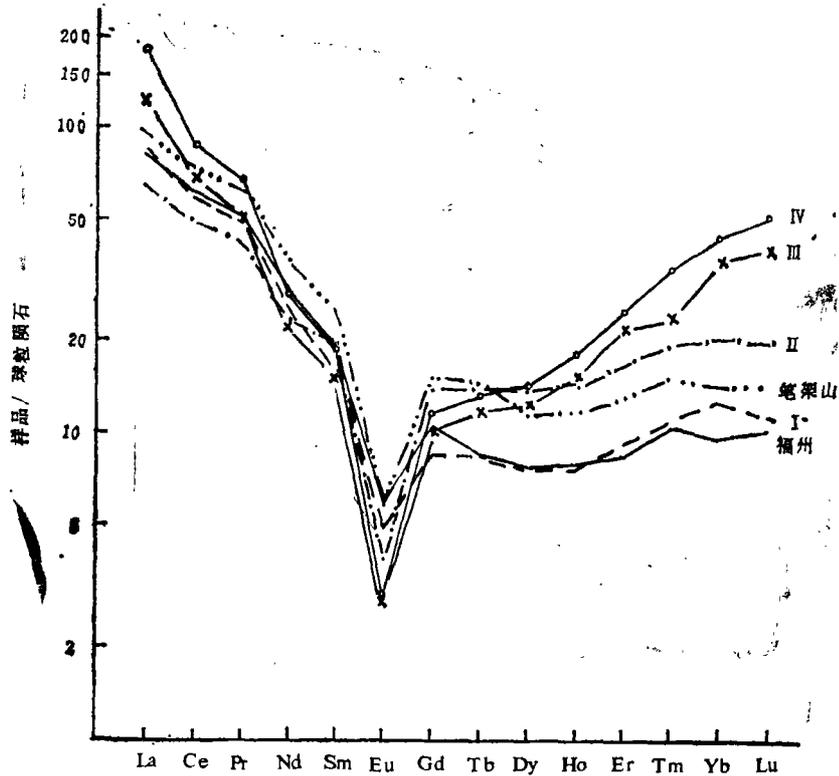


图2 魁岐、福州及笔架山岩体稀土元素分布模式  
 Fig. 2 The REE distribution pattern of Kuiqi granite, Fuzhou granite and Bijashan granite-porphry

4.3 Rb-Sr 同位素特征

Rb-Sr同位素分析结果表明，魁岐杂岩体的  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  初始比值为  $0.7085 \pm 0.0011$  (它略高于幔型花岗岩，又低于壳源型花岗岩)，说明该杂岩体具有过渡类型特征。等时线年龄值为  $89.573 \pm 2.3\text{Ma}$ 。

5 成因讨论

(1) 形成魁岐杂岩体的物质来源是复杂的，既有幔源物质，也有壳源物质，是一种典型的混源岩浆产物。

(2) 无论从魁岐杂岩体与福州岩体和笔架山岩体空间上紧密伴生的关系来看，还是从福州黑云母花岗岩到魁岐晶洞钾长花岗岩、晶洞碱性花岗，直至笔架山钾长花岗斑岩在岩石学和地球化学特征上呈现连续演化的总体趋势看，都表明三者之间具有规律性的演化关系和成因上的内在联系。

表5 残余熔体中元素浓度的理论计算值  $C_L$  与实测值

Table 5 The actual measurement and theoretic calculation of the elements concentration in the residual magma

元素	魁岐杂岩体总体		魁岐杂岩体第2单元	
	$C_L$	实测	$C_L$	实测
Ce	67.33	49.30	69.27	48.19
Nd	23.39	17.26	24.08	17.19
Sm	5.52	4.53	5.69	4.58
Eu	0.47	0.34	0.47	0.34
Gd	4.77	4.31	4.91	4.39
Dy	5.28	5.39	5.44	5.48
Er	4.07	4.47	4.19	4.49
Yb	4.86	5.48	5.01	5.41

(3) 据魁岐杂岩体第2至第4单元中, 霓石、亚铁钠闪石等碱性铁镁暗色矿物的出现(虽然数量不多, 但普遍存在)以及Nd同位素数据推测, 形成魁岐杂岩体第2至第4单元碱性花岗岩的岩浆有70%~80%的地幔物质成分, 比形成福州岩体的岩浆地幔组分多20%左右<sup>[7]</sup>, 这说明在原始中酸性同熔型岩浆演化过程中, 有新的地幔组分的加入。

(4) 魁岐杂岩体第2至第4单元晶洞碱性花岗岩, 在许多方面与国外典型的A型花岗岩十分类似, 因此也可将其归入A型花岗岩范畴。

## 6 结 论

(1) 可将魁岐杂岩体(或超单元)划分为晶洞黑云母钾长花岗岩、晶洞中粗粒碱性花岗岩、晶洞斑状碱性花岗岩和晶洞细粒碱性花岗岩4个单元。

(2) 按晶洞的成因可将其划分为3种类型: 原生晶洞、成岩期晶洞和次生晶洞。

(3) 魁岐杂岩体岩石化学成分以高SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, 低Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO为特征。按AKI值划分, 第1单元属偏碱性花岗岩, 第2至第4单元属碱性花岗岩。由早至晚, 岩石的岩石化学成分、长英指数、镁铁指数、固结指数等呈有规律变化。

(4) 魁岐杂岩体稀土总量由早至晚递增, δEu依次递减, <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr初始值为0.7085, Rb-Sr等时线年龄为89.6 Ma。

(5) 魁岐杂岩体属于同熔型花岗岩, 其中第2至第4单元还可归入A型花岗岩。

本文是根据中日合作项目《中国东南部花岗岩类及其金属矿床研究》的部分成果撰写而成。项目的野外和室内工作是在袁奎荣教授大力支持下完成的, 工作中得到了福建省地质科学研究所杨泰铭、段明贤高级工程师的帮助, 在此一并致谢。

## 参 考 文 献

- 1 吴郭泉. 福州复式岩体的组成和演化. 岩石学报, 1991, 2: 81~88
- 2 洪大卫等. 福建沿海晶洞花岗岩带的岩石学和成因演化. 北京科学技术出版社, 1987
- 3 苏树春. 碱性长石的光学鉴定. 北京: 地质出版社, 1982
- 4 王德滋等. 福建魁岐花岗岩的岩石学和地球化学特征及成因探讨. 地球化学, 1985, (3): 197~205
- 5 杨泰铭. Textural studies of two different type of granites in Fujian, China, With particular reference to Xingluokeng and Kuiqi granites. The crust-the significance of granites-gneisses in the lithosphere. Theophrastus publication S. A Athens, 1985: 267~296
- 6 陈德潜、陈刚. 实用稀土元素地球化学. 北京: 冶金工业出版社, 1990
- 7 黄萱. 福建省白垩纪岩浆岩Nd, Sr同位素研究. 岩石学报, 1986, (2): 50~63

# THE CHARACTERISTICS AND GENESIS OF KUIQI MIARLITIC GRANITE BATHOLITH, FUJIAN

Wang Rongrong Liu Jiayuan

(Institute of Hidden Ore Deposits Prognostication, Guilin College of Geology)

## Abstract

On the basis of the rock type, texture and structure and formations

age of the Kuiqi miarolitic granite batholith it is divided into 4 units, 1) Miarolitic biotite-feldspar granite; 2) Medium-coarse-grained miarolitic alkali-granite; 3) Porphyritic miarolitic alkali-granite; 4) Fine-grained miarolitic alkali-granite. The unit No.1→unit No.4 follow a regular pattern so far as the petrochemical composition, SI, FI, MF and AKI are concerned. The Rb-Sr isotope age of the batholith is 89.6 Ma. Its petrological, petrochemical, REE pattern and Sr, Nd isotope characteristics show that Kuiqi granites are formed as a result of the comprehensive process of early syntaxis-type magma with late mantle-derived magma.

**Key words** alkali-granite; miarolitic cavity; petrochemistry; geochemistry; rock genesis; Fujian; Kuiqi