

闽西基性脉岩成岩方式的判别

张贵山^{1,2}, 温汉捷¹, 胡瑞忠¹, 裘愉卓¹, 杨光树¹

1. 中国科学院 地球化学研究所, 贵阳 550002; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039

摘 要:地幔平衡部分熔融过程中, 微量元素在原始岩浆中(熔体)和初始固相母体物质中(地幔)遵循以下关系: $C_i / C_0 = 1 / [D + F(1 - D)]$; 分离结晶成因的岩浆岩系, 微量元素在残余岩浆中(C_i)和母岩浆中(C_0)遵循如下关系式: $C_i = C_0 * F^{D-1}$ 。微量元素在部分熔融和分离结晶成岩方式中有独立的分布规律, 因此利用微量元素对或比值的图解就可判别岩体(或脉岩)的成岩方式。选取微量元素 Th-Yb、La-La/Yb、Th-Cr 和 Th-Ni 图解对闽西基性脉岩成岩方式进行判别, 发现闽西三个地区的基性脉岩均为地幔部分熔融作用所致, 从而印证了闽西基性脉岩不是酸性岩浆演化的产物。

关 键 词:基性脉岩; 部分熔融; 成岩方式; 闽西

中图分类号: P588.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2004)01-0062-06

1 地质背景

晚中生代以来, 中国东部大地构造格局发生了深刻的变化, 这种变化对中国东部的构造演化、岩浆活动及其相关成矿作用产生了深远影响; 华南地区更显示出独特性: 大规模火山喷发和岩浆岩侵入^[1], 其中酸性岩浆活动占绝对优势, 中、基性岩浆活动规模相当小^[2], 岩浆侵入以基性—酸性火山侵入杂岩和晚造山、非造山高钾 I 型、A 型花岗岩岩浆活动为主, 并形成一系列北东向断裂及张性红色盆地和基性脉岩侵入^[3]。非造山型花岗岩和张性盆地与大量的基性脉岩出现, 表明华南已经发生了拉张裂陷代替挤压隆起的构造转变, 然而基性脉岩是大陆地壳拉张裂解的标志, 为典型的幔源岩石, 是研究地幔演化和构造转换时间的良好介质。

在政和-大埔断裂带西部的闽西地区选择永安市罗坊镇半村辉绿岩(BC)、永安市大湖镇林子坟辉绿岩(LZ)和清流县拔里角闪辉长岩(QL)为研究对象。半村辉绿岩脉侵入燕山早期黑云母花岗岩体, 侵入时代为 173 Ma^[4], 岩脉宽 7~9 m, 长约 1000 m, 走向为 290°, $\angle 75 \sim 85^\circ$ 。拔里角闪辉长岩脉侵入震旦系变质晶玻屑凝灰岩地层, 脉宽约 10

m, 走向 55°。林子坟辉绿岩脉侵入燕山早期的钾长花岗岩体, 岩体侵入时代为 142 Ma(黑云母 K-Ar)^[5], 岩脉宽约 5~7 m, 走向为 340°, $\angle 70 \sim 75^\circ$, 局部有膨大现象。

研究表明, 闽西基性脉岩具有以下地球化学特征: ①基性脉岩的 SiO_2 : 48.84%~52.78%, $Na_2O + K_2O$: 2.03%~3.47%, 平均 2.83%, $Na_2O > K_2O$, $K_2O/Na_2O = 0.20 \sim 0.99$, Al_2O_3 含量较高(16.38%~18.91%), 低 Ti; TAS 全碱图解上样品均落在玄武岩和玄武质安山岩区域内, SiO_2-K_2O 图解显示, 拔里角闪辉长岩脉属于高钾钙碱性系列, 半村辉绿岩脉属于钙碱性系列, 林子坟辉绿岩脉属于低钾拉斑系列。②基性脉岩过渡元素的原始地幔标准化分布模式图为“W”型, 明显亏损相容元素 Cr 和 Ni, 其中 $Sc(26.2 \sim 42.8) \times 10^{-6}$, $Ni(38.2 \sim 217) \times 10^{-6}$, $Co(35.1 \sim 51.3) \times 10^{-6}$, $Cr(79 \sim 825) \times 10^{-6}$, 显示出地幔岩衍生岩的过渡元素分布的特征。③基性脉岩的 $\sum REE(59 \sim 134) \times 10^{-6}$, $LREE/HREE = 2.5 \sim 7.4$, $(La/Yb)_N = 2.0 \sim 8.4$ 。闽西基性岩脉稀土配分模式为右倾富集型, 不同岩脉中的稀土总量和轻稀土富集程度又有一定差异, 暗示其源区有着不同演化特征。④基性脉岩不相容

收稿日期: 2003-08-20 收到, 11-11 改回

基金项目: 中国科学院知识创新工程项目资助(KZCX3-SW-125, KZCX2-102)

第一作者简介: 张贵山(1971—), 男, 博士研究生, 矿床地球化学专业。

元素的 MORB 标准化配分模式为右倾隆起型, Ba、Rb、K 为正异常, Nb、Ta 为负异常的特征, 富集大离子亲石元素, 相对亏损高场强元素, 这些特征与岛弧玄武岩或大陆活动边缘玄武岩地球化学性质类似。⑤结合闽西晚中生代地质构造背景与玄武岩的构造环境判别图解可知, 基性岩脉形成于陆内拉张环境(半村和拔里)和陆内裂谷环境(林子坟)。

2 判别原理

前人利用元素间含量关系判别岩石成因的工作是卓有成效的。被广泛应用 M. Loudet^[6] 的 C(相容元素)-H(强不相容元素)差别法, 在 C(纵坐标)-H(横坐标)图解上, 地幔部分熔融成因岩系沿一条水平线分布, 而分离结晶成因岩浆沿一负斜率曲线分布; M. Treuil 和 M. Joron^[7] 的方法对岩石判别贡献最大, 他们提出 M(中等亲岩浆元素, 或强不相容元素)-H(强亲岩浆元素, 或强不相容元素)判别法, 地幔部分熔融成因的岩浆沿一条斜线分布, 分离结晶成因的岩浆沿一条基本水平线分布; 石林等^[8] 给出了 $\lg C_i - \lg C_j$ 或 $\frac{1}{C_j} - \frac{1}{C_i}$ 判别图解(i 元素和 j 元素总分配系数要有一定差异); 汪云亮等^[9] 和王旺章等^[10] 对利用微量元素判别岩浆成因的方法进行了深入的探讨。

地幔平衡部分熔融形成的原始岩浆, 微量元素在岩浆中(熔体)和初始固相母体物质中(地幔)遵循以下关系: $C_L / C_0 = 1 / [D + F(1 - D)]$, 其中 C_L 为岩浆中 i 元素的含量, C_0 为地幔中 i 元素的含量, D 为 i 元素的总分配系数, F 为部分熔融程度; 分离结晶成因的岩浆岩系, 微量元素在残余岩浆中(C_L)和母岩浆中(C_0)遵循下述关系式: $C_L = C_0 F^{D-1}$, 其中 C_L 为残余岩浆(熔体)中 i 元素的含量, C_0 为母岩浆中 i 元素的含量, F 为结晶度, D 为 i 元素在结晶相(固相)与残余岩浆(熔体)之间的总分配系数。汪云亮等^[11] 根据微量元素在岩浆形成中分布规律, 论证分离结晶成因的岩浆元素丰度遵循幂函数定律, 其对数形式为: $\lg y = a^0 + R \lg x$, 其中 a^0 为常数项, R 为丰度关系常数, R 与分配系数 D 有关; 而部分熔融成因的岩浆元素遵循线性函数定律^[12], 其对数形式: $\lg y = \lg \frac{a + bx/x_0}{c + dx/x_0} y_0$, 其中 a, b, c, d 为丰度关系常数, 并且与总分配系数 D 有关, x_0, y_0 为地幔源元

素丰度, x, y 为岩浆中元素丰度; 以上两式中 x, y 为元素的含量或元素间的比值。汪云亮等^[9] 据岩浆形成过程中元素所遵循的函数关系, 推导出分离结晶和部分熔融作用岩浆元素曲线斜率(R 和 r)的差值, 利用差值通式判断岩浆形成过程(其通式: $\Delta = r - R = \frac{(cd - ad)x/x_0}{(a + bx/x_0)(c + dx/x_0)} - \frac{b - d}{a + b}$), 若 $\Delta = 0$ 则失去判别能力, 当 $\Delta \neq 0$ 时, 才有判别能力, 并且从理论和实例上证明了 M-H 型和 C-H 型为最有效的判断图解[H 为强不相容元素 ($D < 0.1$), M 为中等不相容元素 ($0.1 < D < 1$), C 为相容元素 ($D > 1$)], 是对前人工作必要的补充和论证。其中 M、C 可为元素含量或元素比值(H/M 或 H/C); 元素图解上 M-H 型的分离结晶和部分熔融元素的趋势线斜率均为正值, 且差距非常明显, C-H 型的分离结晶和部分熔融元素的趋势线斜率均为负值, 差距也显著。

3 成岩方式判别

晚中生代闽西地区构造环境比较复杂, 基性脉岩的成因可能受多种因素控制, 精确判断脉岩成岩作用对探讨岩浆的源区特征和构造演化有普遍意义。本文引用前人的判别岩浆成因原理和方法^[9~12], 以闽西基性脉岩的 Th、La、Yb、Cr、Ni 元素的含量或比值作图(表 1, 图 1), 判别其成岩方式。

3.1 M-H 型(不相容元素-强不相容元素)的判别

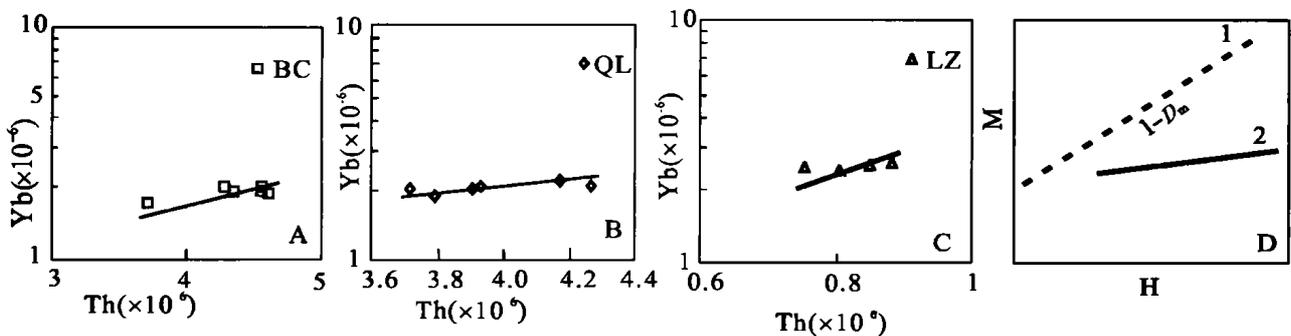
利用 M-H 的判断模型初步判别基性脉岩。M 为中等不相容元素 ($0.1 < D < 1$), 如: Yb、Sm、Hf、Zr 等, H 为强不相容元素 ($D < 0.1$), 如: Th、U、Nb、Ta、La、Rb 等。部分熔融和分离结晶成因的岩浆中 M-H 元素含量图解中, 部分熔融成因岩浆的元素趋势线的斜率总是小于分离结晶的, 部分熔融的趋势线为近水平线, 而分离结晶的趋势线是斜率为 $1 - D_m$ 的斜线(图 1 D); H/M-H 图解中, 岩浆岩的元素趋势线的斜率若近似等于 M 元素的总分配系数 (D_m), 且趋势线为水平的或近似水平, 则认为岩浆具有分离结晶成因; 若斜率大于 (M) 总分配系数 (D_m), 趋势线为较陡的斜线, 则可认为岩浆具有地幔部分熔融成因(图 2 D)。闽西基性岩脉在 Th-Yb 图解中(图 1 A、B、C), 三个地区基性脉岩的趋势线与图 1 D 中的部分熔融趋势线较一致, 且与汪云亮等^[9] 和王旺章等^[10] 利用典型岩浆系所给出的地

表 1 闽西基性岩脉微量元素分析结果(μg/g)

Table 1 Analytical data of trace element compositions (μg/g) of mafic dikes in western Fujian

样品	BC-1	BC-2	BC-3	BC-4	BC-7	QL-1	QL-2	QL-3	QL-4	QL-5	QL-6	LZ-1	LZ-2	LZ-3	LZ-4	BCR-1	W-2
Cr	79	79	98	83	81	660	650	825	731	653	612	219	194	210	200	7.4	88
Ni	38.2	42.0	42.9	39.6	40.9	196	184	217	215	176	165	77.7	67.8	72.8	74.0	13.0	70
Rb	44	51	62	68	36	44	49	39	49	47	48	18	17	17	23	46	19.5
Zr	94.2	95.5	76.8	93.8	88.5	106	117	104	111	104	110	84.2	91.2	86.5	94.8	179	89
Nb	6.96	7.13	5.85	7.09	6.66	9.61	10.19	9.20	9.99	9.53	10.38	6.09	6.95	6.45	6.79	12.87	7.66
Ba	343	369	296	408	303	528	591	549	547	488	583	91.6	71.3	77.4	96.1	636	176
Th	4.61	4.57	3.71	4.56	4.28	3.71	4.26	3.79	3.90	3.93	4.17	0.75	0.85	0.81	0.88	6.03	2.16
Y	20.2	20.3	16.8	19.5	20.1	26.8	25.4	23.0	23.3	22.3	24.1	28.8	27.2	26.8	27.9	36.2	21.4
La	20.9	20.5	16.6	19.7	19.8	21.8	25.2	23.3	23.4	22.3	25.6	7.35	7.67	6.91	7.59	26.0	10.6
Ce	41.6	40.3	32.5	39.9	38.6	48.0	53.8	49.5	50.3	49.0	53.8	16.7	18.6	17.3	18.7	55	24.4
Nd	16.4	16.5	13.2	15.9	15.7	23.2	25.5	22.5	23.9	23.7	25.3	11.6	12.2	11.7	12.2	28.2	12.6
Sm	3.21	3.17	2.60	3.12	3.06	4.96	5.46	5.00	4.80	4.84	4.94	3.29	3.50	3.41	3.43	6.41	3.03
Eu	0.90	0.96	0.81	0.95	0.95	1.41	1.48	1.40	1.46	1.44	1.50	1.28	1.28	1.26	1.32	2.00	1.12
Gd	3.54	3.51	2.88	3.50	3.31	5.03	5.52	4.68	5.16	5.01	5.16	4.40	4.26	4.24	4.37	7.00	3.80
Tb	0.54	0.51	0.48	0.54	0.54	0.76	0.77	0.69	0.76	0.70	0.72	0.74	0.77	0.74	0.76	1.10	0.60
Dy	3.20	3.16	2.67	3.04	3.31	4.05	3.98	3.73	3.85	3.81	3.96	4.56	4.41	4.57	4.67	6.14	3.72
Ho	0.72	0.72	0.61	0.70	0.72	0.86	0.87	0.79	0.81	0.76	0.87	1.01	0.97	0.95	1.03	1.34	0.77
Er	2.03	1.95	1.85	2.01	2.06	2.39	2.40	2.18	2.28	2.18	2.35	2.77	2.68	2.68	2.75	3.58	2.17
Yb	1.88	1.90	1.69	2.00	2.00	2.05	2.11	1.91	2.04	2.09	2.21	2.49	2.57	2.43	2.62	3.26	2.01

注: BC:半村辉绿岩脉,QL:拔里角闪辉长岩,LZ:林子坟辉长辉绿岩. BCR-1、W-2 为 USGS 标准样品



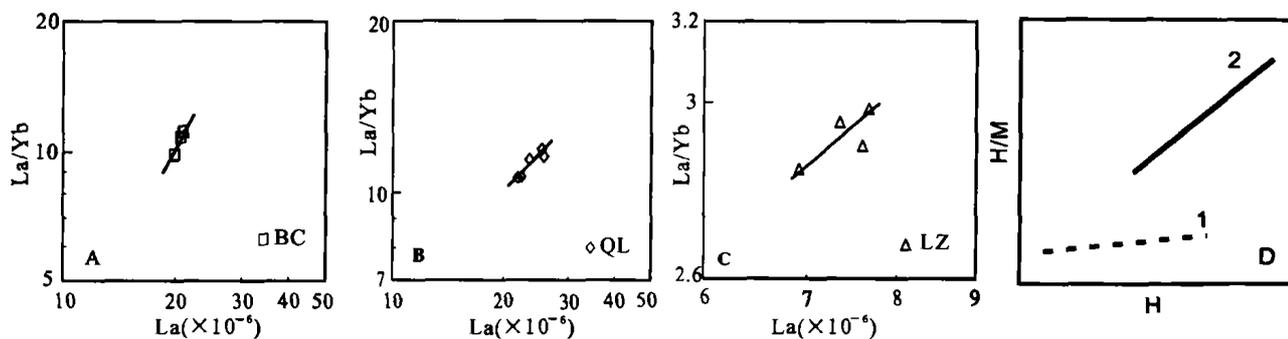
A. 半村辉绿岩, B. 拔里角闪辉长岩, C. 林子坟辉长辉绿岩, D^[10]: 1 为分离结晶趋势线, 2 为部分熔融趋势线

图 1 闽西基性岩脉的 Th-Yb 关系判别图

Fig. 1 Th-Yb discrimination diagrams for mafic dikes in west Fujian

幔部分熔融的趋势线相类似,证明它们是地幔部分熔融作用所致。虽然强不相容元素与中等不相容元素的图解可以判断闽西基性岩脉的成因,但是其比值与强不相容元素的图解是否有判断功能? La-

La/Yb 图解中(图 2),显示出三个地区岩脉的趋势线均为较陡的斜线,与典型的 Reykjanes 脊火山岩部分熔融成因相似^[13],也证明了闽西基性岩脉是地幔部分熔融的结果。



A. 半村辉绿岩, B. 拔里角闪辉长岩, C. 林子坟辉长辉绿岩, D. 1 为分离结晶趋势线, 2 为部分熔融趋势线^[10]

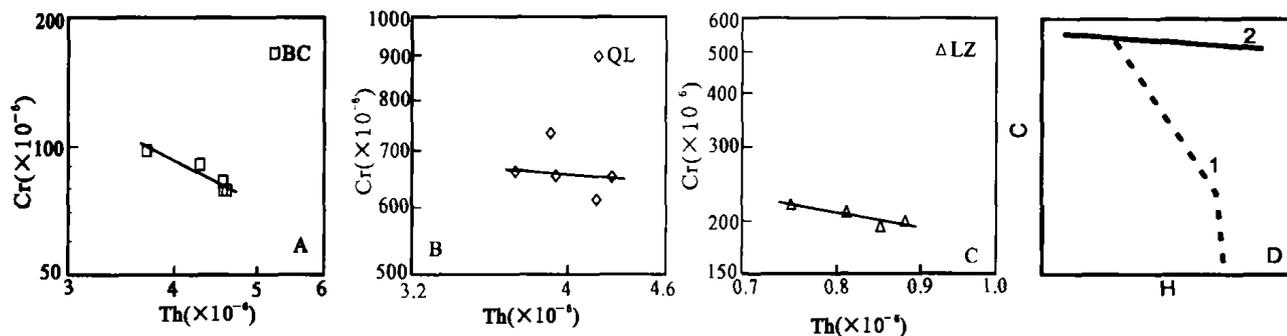
图 2 闽西基性脉岩 La-La/Yb 关系判别图

Fig. 2 La-La/Yb discrimination diagrams for mafic dikes in west Fujian

3.2 C-H 型(相容元素-强不相容元素)的判别

C 为相容元素 ($D > 1$), 含: Cr、Ni、Co、Sc 等。Allegre^[14]认为相容元素在分离结晶作用过程中含量变化很大,而在部分熔融过程中则变化缓慢;而强不相容元素的分配系数很低,近似于零,这些元素与相容元素性质相反,分离结晶作用过程中变化缓慢,部分熔融过程中变化非常快。前人成功地应用了这一原理,解决了某一岩体成岩方式问题^[15]。汪云亮等^[9]通过岩浆元素曲线的斜率差值(Δ)论证了趋势线在分离结晶和部分熔融过程中具有不同的斜率,分离结晶作用过程中,趋势线随 X 轴增加迅速降

低,而且在降低过程中发生了突变,几乎垂直 X 轴下降,斜率为负值,绝对值很大;部分熔融过程中,趋势线则随 X 轴缓慢降低,斜率也为负值,绝对值远远小于分离结晶作用(图 3 D)。对于闽西的基性脉岩的相容元素与强不相容元素之间是否存在前述的相关性? 我们选择 Th-Cr 与 Th-Ni 两对元素,发现在 Th-Cr(图 3)和 Th-Ni 图(略)中,三个地区岩脉的趋势线沿 X 轴缓慢降低,斜率为负值,与汪云亮等^[9]给出典型平衡部分熔融岩浆岩系的趋势一致,再次表明其成岩过程为地幔部分熔融作用。也说明了 C-H 型与 M-H 型具有同样的判别功能。



A. 半村辉绿岩, B. 拔里角闪辉长岩, C. 林子坟辉长辉绿岩, D. 1 为分离结晶趋势线, 2 为部分熔融趋势线

图 3 闽西基性脉岩 Th-Cr 关系判别图

Fig. 3 Th-Cr discrimination diagrams for mafic dikes in west Fujian

4 讨 论

以上图解分析和判断表明,闽西三地区基性脉岩均为部分熔融作用的产物;而过渡元素具地幔衍生岩的特征,所以这些基性脉岩是地幔演化的产物,是典型的幔源岩石。

中生代的华南东南部大陆已经远离特提斯构造

体系(东西向)控制范围,逐渐被太平洋板块构造运动取而代之,北东向的构造带(如福建境内的政和-大埔和长乐-南澳两大深大断裂带)成为主要构造并且控制着华南大陆岩浆活动和地层的分布。太平洋板块朝欧亚板块俯冲的方向是不断变化的,早侏罗世朝北西向运动,晚侏罗世至晚白垩世为北-北西斜向俯冲,晚白垩世以后转向正西;俯冲角度也在不

断变化:早中生代为低角度快速俯冲,板片可以插到很远的地方,形成十分宽广的岩浆活动带,主要以挤压造山型为特征;而晚中生代俯冲角度逐渐变陡,板片到达更深部位,诱发了软流圈地幔物质的上涌,引起岩石圈隆起,导致大陆地壳变薄,造成整个华南地区的松弛拉张构造环境。地幔上涌引起岩石圈隆起和地壳减薄,导致绝热减压作用,引发地幔的熔融温度降低。在拉张的构造背景下,俯冲板片在一定的深度发生脱水作用,释放出来的富水流体以水幕形式上升^[16],富水流体导致地幔楔熔融的温度降低。绝热减压和富水流体作用导致地幔部分熔融与地幔楔的湿熔融作用,形成了玄武质岩浆;玄武质岩浆沿着张性裂隙快速上升形成基性脉岩,这与华南普遍发育基性脉岩的现象吻合。

微量元素特征证明了闽西基性脉岩是地幔部分熔融作用的产物,不是分离结晶作用所致。而且 $Mg^{\#} = 60 \sim 76$ [$Mg^{\#} = MgO \times 100 / (MgO + Fe^{2+})$], 接近原始岩浆(原始玄武岩 $Mg^{\#} = 65 \sim 78$), 为直接由地幔熔融作用所致,地幔熔融的程度还有待于进一步研究。本区基性脉岩是地幔部分熔融作用的产物,说明基性脉岩与寄主岩石(花岗岩)之间没有相关性。

参考文献(Reference):

- [1] 陶奎元,毛建仁,邢光福,杨祝良,赵宇. 中国东部燕山期火山-岩浆大爆发[J]. 矿床地质,1999,18(4):316-322.
Tao Kuiyuan, Mao Jianren, Xing Guangfu, Yang Zhuliang, Zhao Yu. Strong Yanshanian volcanic-magmatic explosion in East China [J]. Mineral Deposits, 1999, 18(4): 316-322. (in Chinese with English abstract)
- [2] 王德滋,周金城,邱检生,范洪海. 花岗质火山-侵入杂岩[A]. 王德滋,周新民著. 中国东南部晚中生代花岗质火山-侵入杂岩成因与地壳演化[M]. 北京:科学出版社,2002. 22-39.
Wang Dezi, Zhou Jincheng, Qiu Jiansheng, Fan Honghai. The granitic volcanic and intrusive complex [A]. Wang Dezi, Zhou Xinmin, eds. Petrogenesis of granitic volcanic and intrusive complex and crustal evolution in the Late Mesozoic of South-eastern China [M]. Beijing: Science Press, 2002. 22-39. (in Chinese)
- [3] 李献华,胡瑞忠,饶冰. 粤北白垩纪基性岩脉的年代学和地球化学[J]. 地球化学,1997,26(2):14-30.
Li Xianhua, Hu Ruizhong, Rao Bing. Geochronology and geochemistry of Cretaceous mafic dikes from northern Guangdong, SE China [J]. Geochimica, 1997, 26(2): 14-31. (in Chinese with English abstract)
- [4] 福建省地质矿产勘查开发局. 福建省 1:50 万地质图说明书 [M]. 福州:福建省地图出版社,1998,43-77.
Fujian Bureau of Exploration & Development of Geological & Mineral Resources. The 1:500,000 geological map and specification of Fujian [M]. Fuzhou: Fujian Map Press, 1998. 43-77. (in Chinese)
- [5] 福建省闽西地质大队区调分队. 1:5 万地质图(贡川幅)[R]. 1990.
Regional Geological Surveying Branch of Western Fujian Geological Party in Fujian Province. Geological Map in Gongchuan (1:50,000)[R]. 1990. (in Chinese)
- [6] Loudet M. Geochimie des terres rares dans les massifs de peridotites dits de "haute temperature": Evolution du manteau terrestre [M]. Paris. 1976. (in French)
- [7] Treuil M, Joron J M. Utilisation des elements hygromagmatophiles pour la simplification de la modelisation quantitative des processus magmatique [J]. Soc. It. Mineral Petrol, 1975, 31: 125.
- [8] 石林,黄智龙. 岩浆作用过程的一种有效判别方法—— $\frac{1}{C_i} - \frac{1}{C_j}$ 和(或) $\lg C_i - \lg C_j$ 图解法[J]. 矿物学报,1997,17(2):142-148.
Shi Lin, Huang Zhilong. An effective discriminant approach of magmatic processes: Graphic interpretation of $\frac{1}{C_i} - \frac{1}{C_j}$ and (or) $\lg C_i - \lg C_j$ [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1997, 17(2): 142-148. (in Chinese with English abstract)
- [9] 汪云亮,张成江. 地幔平衡部分熔融和岩浆分离结晶成因岩浆岩的判别[J]. 矿物学报 1994,14(2):121-133.
Wang Yunliang, Zhang Chengjiang. Petrogenetic criteria for distinguishing equilibrium partial melting of mantle from magmatic fractional crystallization [J]. Acta Mineralogica Sinica, 1994, 14(2): 121-133. (in Chinese with English abstract)
- [10] 王旺章,曾昭贵,汪云亮,张筑凤. 岩浆岩微量元素丰度关系规律及成因意义[J]. 成都理工学院学报,1996,23(2):43-48.
Wang Wangzhang, Zeng Zhaogui, Wang Yunliang, Zhang Zhufeng. Rules of the element abundance relationship of igneous rocks and their importance in petrogenesis [J]. Journal of Chengdu Institute of Technology, 1996, 23(2): 43-48. (in Chinese with English abstract)
- [11] Wang Yunliang. The law of element abundance relationship in igneous petrogenetically associated with fractional crystallization [J]. Chinese Journal of Geochemistry, 1991, 10(3): 217-231.
- [12] 汪云亮. 地幔平衡部分熔融岩浆岩元素丰度关系定律[A]. 中国地质大学(武汉)科研处. 庆祝建校 40 周年科学报告会论文

- 摘要汇编[C]. 武汉:中国地质大学出版社,1992. 109-112.
- Wang Yunliang. Rules of the element abundance relationship of igneous rocks in equilibrium partial melting of mantle [A]. Institution of Scientific Researching of China University of Geology(Wuhan). Abstract—collection of scientific reporting in 40 anniversary of CUG(Wuhan) [C]. Wuhan:China University of Geoscience Press, 1992. 109-112. (in Chinese)
- [13] 中国科学院地球化学研究所. 高等地球化学[M]. 北京:科学出版社,1998. 159-202.
- Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences. Advanced geochemistry [M]. Beijing: Science Press, 1998. 159-202. (in Chinese)
- [14] Allegre C J, Minster J F. Quantitative models of element behavior in magmatic processes [J]. *EPSL*, 1978, 38: 1-25.
- [15] Hanson G N. The application of trace element to the petrogenesis of igneous rocks of granitic composition [J]. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 1978, 38: 26-43.
- [16] Zhou X M, Li W X. Origin of Late Mesozoic igneous rocks in southeastern China: Implications for lithosphere subduction and underplating and of mafic magmas [J]. *Tectonophysics*, 2000, 326: 269-287.

The Magma Process of Mafic Dikes in Western Fujian

ZHANG Gui-shan^{1,2}, WEN Han-jie¹, HU Rui-zhong¹, QIU Yu-zhuo¹, YANG Guang-shu¹

1. *Institute of geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;*

2. *The graduate school of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China*

Abstract: The distribution of trace elements between primitive magma (fused mass) and initial solid source (earth mantle) follows this rule: $C_i^1 / C_i^0 = 1 / [D + F(1 - D)]$, and in fraction-crystallization magma series it follows $C_i^1 = C_i^0 \times F^{D-1}$ (C_i^1 : residual magma, C_i^0 : primitive magma). It shows the particular rules in different petrological process. So, trace elements couple or their ratio diagrams can distinguish the magma process of plutons (or dikes). In this paper, the ratio diagrams of Th-Yb, La-La/Yb, Th-Cr and Th-Ni are used to distinguish the magma process of the mafic dikes in western Fujian. The result indicated that dikes from three different areas were formed by partial melting of mantle, not by the residual of granite magma.

Key words: mafic dikes; partial melting; magma process; western Fujian