

云南禄丰鸡街碱性超基性岩 杂岩体的成因^{*}

黄智龙

颜以彬 吴 静

(中国科学院地球化学研究所 贵阳 550002)

(昆明理工大学 650093)

摘 要 在研究鸡街碱性超基性岩杂岩体岩石学和地球化学已有资料基础上, 认为本区霞霞钠辉岩平均成分加 10%, $F_0 = 86$ 的橄榄石可作为杂岩体的原始岩浆, P_2O_5 估算出这种岩浆为地幔岩经约 3% 部分熔融的产物; 岩石学混合模拟计算表明, 地幔源岩具有明显亏损特征; 原始霞霞钠辉岩岩浆经约 29.6% 结晶分异形成霓霞岩, 霓霞岩岩浆再经约 47.2% 结晶分异形成磷霞岩。由此建立起杂岩体的成因模式。

关键词 碱性超基性岩; 杂岩体; 成因; 云南; 禄丰

分类号 P588.125; P588.15; P581

鸡街杂岩体位于云南省禄丰县鸡街镇北东向约 2km, 川滇裂谷带南段, 安宁河—易门断裂带东侧, 属滇中碱性超基性岩杂岩体群成员之一, 侵入中元古代昆阳群。岩体在平面上呈椭圆状, 长轴近南北, 约 800m, 中部宽约 400m, 出露面积为 0.29 km²。岩体地质地球化学特征如文献 [1], 这里不再赘述。

1 原始岩浆确立

鸡街杂岩浆中碱性超基性岩从结构、成分上看都具有一定的稳定性⁸⁷Sr/⁸⁶Sr = 0.705064 ~ 0.704106, 表明为岩浆很少或没有受到上部陆壳物质污染的幔源岩浆产物。区分岩体是原始岩浆直接结晶产物, 还是派生岩浆结晶产物是研究岩浆源岩及成因的前提。原始岩浆是指在源区产生后未经变异改造(分异、熔融、同化、混染和混合等作用)的岩浆。地球化学研究表明^[1], 本区岩体中各类岩石都不同程度偏离许多学者提出的原始岩浆判别标准^[2~5], 组成岩体各类岩石均系原始岩浆经过分馏的派生产物, 相比之下, 岩体中早期霞霞钠辉岩更接近原始岩浆成分特点。

岩体早期岩浆成分变异主要是由于以橄榄石为主的分离结晶作用引起, 将分离橄榄石再加入到岩石中, 以求达到原始岩浆成分。按此并考虑岩石的代表性, 取霞霞钠辉岩平均值(表 1 中第 1 列), 加入 10%, $F_0 = 86$ 的橄榄石, 计算出本区原始岩浆成分为表 1 中第 2 列。

利用霞霞钠辉岩计算的成分可代表原始岩浆成分, 如: (1) 霞霞钠辉岩在鸡街及整个川滇裂谷带碱性超基性岩杂岩体中出露广泛^[6~7], 是岩浆活动早期产物, 各类岩石中 M 值

1996 年 2 月 13 日收稿, 4 月 23 日改回。

第一作者简介: 黄智龙, 男, 1967 年出生, 博士后, 岩石地球化学专业。

1997-2018 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.

($M = \text{Mg} / (\text{Mg} + \text{Fe}^{2+})$, 下同) 较高者, 最接近原始岩浆成分; (2) 任长彬^② 在研究同属一地区的水口阱岩体过程中, 把霞霓钠辉岩作为原始岩浆, 取得较好效果; (3) 通过对比, 岩体中霞霓钠辉岩化学成分 (平均值) 与能代表原始岩浆的夏威夷霞石岩^[8] 相似。

2 岩浆源岩模拟

利用原始岩浆成分对源区源岩微量元素进行模拟计算, 其原理是先用较强不相容元素估算岩浆生成的部分熔融程度, 再利用混合计算求得残留相矿物比例, 进而求得总分配系数, 最后用批式熔融公式推算出源岩微量元素丰度。岩浆混合计算方法是由 Bryan 提出^[9], 后经修改完善^[10~12], 目的是求得源区岩石 (包括地幔岩及残留相) 和分离岩浆之间化学成分的最佳拟合比例, 目前多采用线性规划方案和有约束条件最小二乘法^[13], 本文采用后一种方法。

计算前, 先按 Frey^[14] 的方法按比例加入分离相成分, 使岩浆 M 值达原始岩浆要求。值得说明的是, 分离相除橄榄石外, 可能还有少量辉石、磁铁矿等, 为简化计算, 只加入橄榄石; 同时为减少误差, 将平均霞霓钠辉岩化学成分扣除烧失量后重算为 100%, (FeO) = $\text{FeO} + 0.9\text{Fe}_2\text{O}_3$ 合并。

2.1 部分熔融程度估算

利用地幔部分熔融过程中不相容性与 K_2O 相近、岩浆 (熔体) 中相对稳定、受后生作用 (结晶分异、地壳同化混染、风化蚀变等) 影响较小的 P_2O_5 来估算部分熔融程度。由于本区霞霓钠辉岩 P_2O_5 低于世界同类型岩石平均值, 估算时采用 Ringwood^[15] 提出的 P_2O_5 含量相对偏低的地幔岩模型 (表 1 第 3 列)。估算结果, 本区原始岩浆 (表 1 第 2 列) 为地幔岩 (表 1 第 3 列) 经 3%± 的部分熔融产物, 在 Sun et al. 提出的 “霞石岩为地幔橄榄岩经 3%~7% 部分熔融的产物”^[16] 范围内。

2.2 熔融残留相矿物组合

按 Green^[17] 的方法进一步计算残留相化学成分 (表 1 中第 4 列)。温压计算表明该区源岩属上地幔石榴石二辉橄榄岩相, 选取中国东部新生代玄武岩中相对亏损地幔石榴石二辉橄榄岩橄榄石、斜方辉石、单斜辉石和石榴石的平均化学成分^[18] (表 1 中第 6、7、8、9 列), 混合计算的残留相矿物比例为 $\text{Ol}_{0.58}\text{Opx}_{0.24}\text{Cpx}_{0.06}\text{Gar}_{0.12}$, 与 Chen^[19] 假定的地幔残留相石

表 1 部分熔融过程中残留矿物相比例的混合计算

Table 1 Mixing calculation of the mineral ratios in the residual phase in the processes of partial melting 10^{-2}

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	42.15	41.92	45.17	45.26	45.27	40.61	54.95	52.31	43.11
TiO ₂	2.52	2.30	0.24	0.19	0.11	0.06	0.14	0.32	0.18
Al ₂ O ₃	12.57	11.45	4.33	4.17	4.10	0.18	4.36	5.74	21.88
(FeO)	13.85	13.82	8.25	8.07	8.45	9.95	6.49	3.22	7.65
MnO	0.15	0.15	0.10	0.10	0.17	0.15	0.15	0.10	0.34
MgO	8.35	11.75	39.13	39.84	39.75	48.66	32.56	17.07	21.40
CaO	13.71	12.52	2.51	2.26	2.25	0.17	1.04	19.79	5.30
Na ₂ O	4.57	4.16	0.23	0.12	0.31	0.22	0.31	1.35	0.14
K ₂ O	1.45	1.32	0.02						
P ₂ O ₅	0.68	0.62	0.02						

表中序号: 1—霞霓钠辉岩平均成分, 全岩分析结果去挥发分再换算为 100%, (FeO) = $\text{FeO} + 0.9 \times \text{Fe}_2\text{O}_3$ (下同); 2—1 列 + 10% Ol , 代表本区原始岩浆成分; 3—地幔岩 (99% 高温橄榄石 + 1% 霞石岩)^[15]; 4—3 列 2 列 \times 3%, 代表熔融残留相成分; 5—4 列的拟合值, 拟合平方差为 0.2027, 残留相矿物比例: $\text{Ol}_{0.58}\text{Opx}_{0.24}\text{Cpx}_{0.06}\text{Gar}_{0.12}$; 6、7、8、9—分别为中国东部新生代玄武岩中的相对亏损地幔石榴石二辉橄榄岩中橄榄石、斜方辉石、单斜辉石和石榴石的平均化学成分 (据文献^[18])

榴石二辉橄榄岩矿物比例 ($Ol_{0.50}Op_{x0.27}Cpx_{0.12}Gar_{0.11}$) 接近。表 1 第 5 列为第 4 列拟合值, 残差平方和为 0. 2027, 说明拟合程度较高, 可作进一步讨论。

2. 3 源岩稀土丰度

按稀土分配系数^[14]和熔融残留相矿物比例计算出残留固相与熔体间 i 元素的总分配系数, 用原始岩浆稀土元素丰度 (表 2), 通过 Shaw^[20] 提出的批式熔融公式: $C_L/C_o = 1/[D_{RS} + F(1 - D_{RS})]$ (式中: C_L —元素 i 在部分熔体中的丰度; C_o —元素 i 在源岩中

表 2 本区两个杂岩体的岩浆源岩稀土元素丰度计算结果

Table 2 Calculated REE contents of source rocks for two complexes										10 ⁻⁶	
产地	计算值	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Ho	Yb	Lu	资料来源
霞霓钠辉岩		5. 41	13. 28	9. 45	2. 58	1. 24	0. 49	0. 52	1. 01	0. 16	文献 [1]
鸡街	D _o	0. 0022	0. 0057	0. 0172	0. 0362	0. 0498	0. 0969	0. 1801	0. 4949	0. 6930	本文
	C _o	0. 152	0. 419	0. 404	0. 158	0. 092	0. 059	0. 105	0. 513	0. 112	
水口阱 ^①	D _o	0. 0020	0. 0054	0. 0165	0. 0349	0. 0482	0. 0943	0. 1761	0. 4856	0. 6803	文献 ^②
	C _o	0. 394	0. 827	0. 533	0. 191	0. 086	0. 062	0. 121	0. 626	0. 117	

①: 水口阱杂岩体与鸡街杂岩体产出构造背景相同 (川滇裂谷带), 同属滇中碱性超基性杂岩体群的丰度; F —部分熔融程度, D_{RS} —元素 i 在残留固相与熔体间的总分配系数), 计算出源区岩石的稀土丰度 (表 2)。表 2 列出了任长彬计算的水口阱岩体上地幔稀土元素丰度, 球粒陨石标准化曲线见图 1。

从表 2 和图 1 可见, 模拟的源岩为一重稀土富集型, 并有铕正异常。若以上地幔的稀土丰度为球粒陨石 2 倍计算^[21], 本区地幔岩中轻、中稀土均强烈亏损。对比由峨眉山橄榄拉斑玄武岩^[22]和水口阱岩体计算的源岩稀土分配曲线, 本区与水口阱接近, 其代表共同的亏损地幔源, 与峨眉山橄榄拉斑玄武岩的富集源岩明显不同。

2. 4 结果讨论

引起地幔亏损原因的类似例子见于苏格兰不列颠第三纪火山岩省, 那里古新世碱性玄武岩中强不相容元素普遍比世界上其它地区碱性玄武岩低。研究表明^[23]: 先前地幔熔融事件引起地幔不相容元素亏损, 并指出区域性拉张作用和上述碱性玄武岩喷溢有关。川滇裂谷带自晋宁运动以来, 在晋宁造山期后, 澄江、海西—印支期都有大量幔源岩浆活动, 海西—印支期岩石圈张性断裂活动最明显^[6, 7, 24]。本区的亏损地幔与先期幔源岩浆活动, 说明其岩浆侵位时间可能晚于峨眉山玄

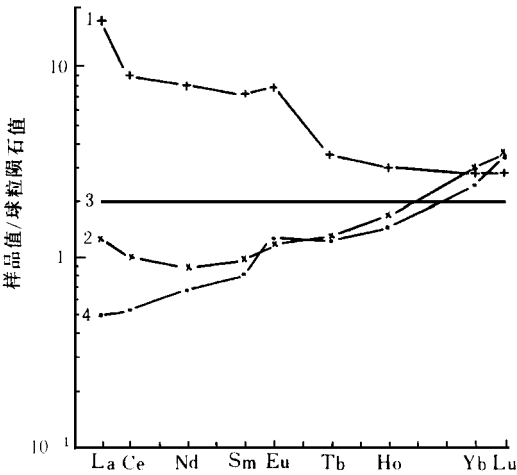


图 1 模拟源岩的稀土分配模式 (球粒陨石据文献 [25])

Fig. 1 The REE patterns in the modelled source rocks (Chondrite after Ref. [25])

1—峨眉山橄榄拉斑玄武岩的源岩^[22]; 2—水口阱岩体的源岩^②; 3—本文模拟的源岩; 4—2 倍于球粒陨石的幔岩^[21]

武岩喷发。

从亏损地幔源岩角度出发,可解释鸡街杂岩体相对低 K_2O , Na_2O , P_2O_5 , CO_2 , Ti , REE 等。川滇裂谷带内已发现碱性超基性岩杂岩体都有亏损上述不相容元素和挥发性元素的特点,因而亏损地幔在本区具有普遍意义。

3 岩浆结晶分异作用

鸡街杂岩体中出露的碱性超基性岩从早到晚依次为霓霞钠辉岩→霓霞岩→磷霞岩,其为结晶分异作用产物^[1];在 $La/Sm-La$ 图上,样品基本呈水平分布(图 2)。

岩浆结晶分异作用可以通过混合计算对分离固相和液相化学成分进行模拟,进而利用瑞利方程计算出分异液体中微量元素丰度。本文分别计算了由霓霞钠辉岩→霓霞岩→磷霞岩的结晶分异模型(表 3)在霓霞钠辉岩→霓霞岩模型中,以前者为原始母岩浆,后者残余液相成分。计算结果,霓霞岩是霓霞钠辉岩结晶分异程度为 29.6% 的产物,分离矿物为橄榄石(9.0%)、辉石(18.8%)和磁铁矿(2.6%),表 3 第 4 列为霓霞钠辉岩拟合值,拟合差平方和为 0.6856,拟合程度较高。进一步按矿物稀土元素分配系数^[14]和分离矿物相比例求得总体分配系数,通过瑞利方程: $C_L / C_0 = F^{(D_0-1)}$ (式中: C_L —某元素在分异熔体中的浓度; C_0 —某元素在未曾结晶的母源熔体中的浓度; F —残余熔体的重量百分比; $1-F$ —结晶分异程度; D_0 —从熔体中分离出来的矿物相的总分配系数),计算出残余熔体稀土丰度(表 4)。

按上述方法同时计算了霓霞岩→磷霞岩的结晶分异模型(表 3、表 4)。磷霞岩为霓霞岩经结晶分异程度为 47.2% 的产物,其分离矿物为橄榄石(4.5%)、辉石(35.3%)和磁铁矿(7.4%)。

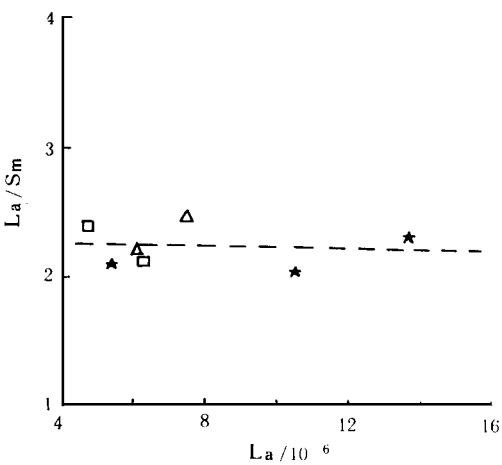


图 2 碱性超基性岩的 $La/Sm-La$ 图

Fig. 2 $La/Sm-La$ diagram of the alkaline-ultrabasic rocks

: 霓霞钠辉岩; □: 霓霞岩; △: 磷霞岩

表 3 结晶分异过程中分离相比例的混合计算

Table 3 Mixing calculation of the separated phase from

	fractional crystallization							10^{-2}
序号	1	2	3	4	5	6	7	8
SiO_2	41.92	41.14	43.66	42.24	41.57	39.40	50.72	0.24
TiO_2	2.30	2.53	0.99	2.34	1.77	0.03	1.26	7.12
Al_2O_3	11.45	14.88	24.09	11.05	13.80	0.18	3.51	1.22
(FeO)	13.82	12.95	7.25	13.82	13.02	13.38	5.59	90.84
MnO	0.15	0.22	0.10	0.22	0.15	0.19	0.12	0.00
MgO	11.75	6.74	2.22	11.48	6.36	45.64	13.74	0.27
CaO	12.52	11.18	5.49	11.96	10.49	0.53	23.76	0.02
Na_2O	4.16	5.58	11.45	4.30	6.75	0.05	0.72	0.12
K_2O	1.32	1.82	2.63	1.29	1.40	0.00	0.01	0.00
P_2O_5	0.62	0.75	0.62					

表中: 1—霓霞钠辉岩,代表本区原始岩浆成分; 2—霓霞岩,全岩分析平均值^[1]; 3—磷霞岩,全岩分析平均值^[1]; 4—1 列拟合值,拟合差平方和 0.6856,结晶分异程度 29.6%,分离矿物比例 $Ol_{9.0}Cpx_{18.8}Mt_{2.6}$; 5—2 列拟合值,拟合差平方和 2.0948,结晶分异程度 47.2%,分离矿物比例 $Ol_{4.5}Cpx_{35.3}Mt_{7.4}$; 6—7—橄榄石、辉石成分平均值^[1]; 8—磁铁矿成分平均值^[1]

表 4 分异相和残余稀土元素丰度计算结果

Table 4 Calculated REE contents of fractional phase and residual phase 10^{-6}										
分异序列	计算值	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Ho	Yb	Lu
霞 霓 钠 辉 岩 ^[1]										
霞霓钠辉岩	霓 D_0	0.204	0.216	0.230	0.235	0.195	0.248	0.251	0.246	0.240
↓	霞 计算值	7.16	17.49	12.39	3.38	1.65	0.64	0.68	1.32	0.21
霓霞岩	岩 观测值 [*]	5.50	12.25	7.47	1.98	0.87	0.37	0.40	0.84	0.12
霓霞岩	磷 D_0	0.408	0.424	0.429	0.416	0.325	0.421	0.425	0.411	0.403
↓	霞 计算值	8.03	17.70	10.76	2.88	1.34	0.54	0.58	1.22	0.18
磷霞岩	岩 观测值 [*]	7.48	15.22	7.37	1.64	0.66	0.29	0.32	0.68	0.09

* 为平均观测值^[1]。

由霞霓钠辉岩模拟的霓霞岩和由霓霞岩模拟的磷霞岩稀土元素丰度与观测值相差不大(图 3、表 4), 前者稍高, 其分配曲线基本一致, 表现为轻稀土富集型, 并有弱的铈正异常, 说明上述模拟合理。

4 岩体成因模式

鸡街碱性超基性岩杂岩体成因及演化模式如图 4。裂谷作用晚期(指峨眉山玄武岩喷发之后), 由于地壳引张作用, 使上隆的、经多次熔融事件(层状侵入体、峨眉山玄武岩等)的亏损地幔, 发生熔融程度约 3%的部分熔融(熔融事件发生在石榴石二辉橄榄岩相), 熔出成分相当于霞霓钠辉岩的原始岩浆 1。在岩浆房结晶分异出少量富镁贫碱的橄榄辉石岩包体, 形成相对更富碱、总体成分仍在霞霓钠辉岩范围内的原始岩浆 2。

这种岩浆沿安宁河—易门断裂(或其次级断裂)上侵, 在此过程中, 由于温度下降等原因, 使其发生液态不混熔作用, 分异形成互不相溶的 2 种岩浆, 一是相对富高离子电位元素及非桥氧的碱性超基性岩岩浆(占原始岩浆 2>99%), 二是相对富成网元素及桥氧的碱性中性岩岩浆(占原始岩浆 2<1%)。

碱性超基性岩岩浆粘度小, 上侵能力大, 首先侵位成岩。在侵位过程中又发生了一系列结晶分异作用, 并有多期侵位特点。早期侵位形成不同结构霞霓钠辉岩, 当碱性超基性岩岩浆结晶分异程度达 29.6%, 分离出 9.0%橄榄石、18.8%辉石和 2.6%磁铁矿时, 残余熔体演化为霓霞岩岩浆; 由于岩浆粘度增大等原因, 侵位能力减弱而中断成岩。随后, 伴随强烈构

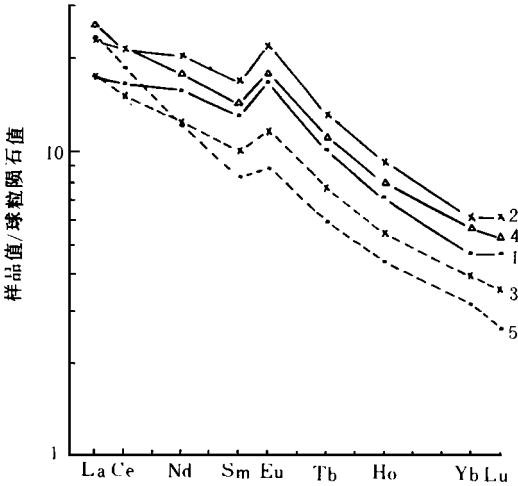


图 3 残余熔体稀土(计算值和观测值)分配模式^[25]

Fig. 3 The REE patterns in the alkaline-ultrabasic rocks established from the modelled and measured values

1—霓霞钠辉岩的观测值; 2—霓霞岩的观测值; 3—霓霞岩的计算值; 4—磷霞岩的观测值; 5—磷霞岩的计算值

造活动，霓霞岩岩浆再次侵位，结晶分异形成不同粒级霓霞岩，当霓霞岩岩浆结晶分异程度达 47.2%，分离出 4.5% 橄榄石、35.3% 辉石和 7.4% 磁铁矿时，残余熔体演化为磷霞岩岩浆；继续结晶到终结，形成磷霞岩。

粘度相对较小、数量很少的碱性中性岩岩浆侵位较晚，侵位过程中同样伴随结晶分异作用并受构造等条件制约，形成岩体晚期碱性中性岩脉岩系，较早为钠霞正长岩，其次是钠长斑岩。

由于碳酸岩资料有限，推测它可能是碱性超基性岩岩浆演化到某一阶段发生有限混溶或不混溶的产物。

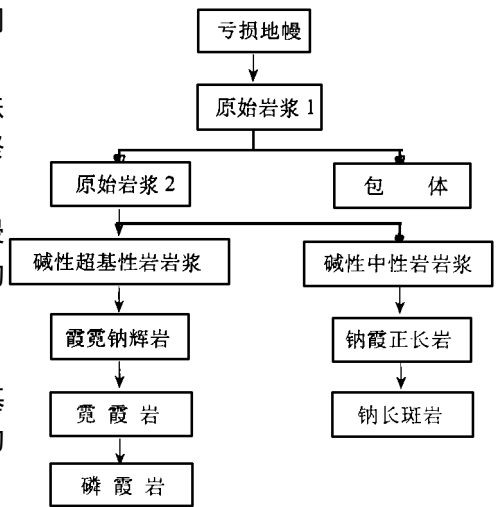


图 4 鸡街杂岩体成因模式

Fig. 4 The genetic modelled of Jiexie complex

参 考 文 献

- 1 黄智龙 颜以彬 吴静. 云南禄丰鸡街碱性超基性杂岩体的岩石学研究. 昆明工学院学报 1993, 18 (4): 9~19
- 2 Sato H. Nickel content of basaltic magmas: identification of primary magmas and a measure of the degree of the olivine fractionation. Lithos, 1977, 10: 113~120
- 3 邓晋福. 原生玄武岩浆的起源及其识别标志. 地质研究 1984, (2): 18~27
- 4 莫宣学. 中国东部新生代玄武岩岩浆的起源. 见: 池际尚主编. 中国东部新生代玄武岩及上地幔研究 (附金伯利岩). 武汉: 中国地质大学出版社, 1988. 108~127
- 5 路凤香. 地幔岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社, 1989. 103~105
- 6 张云湘. 攀西裂谷. 北京: 地质出版社, 1988. 325
- 7 沈发奎. 攀西裂谷岩浆系列. 矿物岩石, 1986, 6 (3): 39~50
- 8 Frey F A. The origin of pyroxenites and gamet pyroxenites from Salt Lake crater. Ocean. Contrib. Mineral. petrol., 1980, 74: 387~402
- 9 Bryan W B, Finger L W, chaves F. Estimating proportion in petrographic mixing equations by least-squares approximation. Sci., 1969, 163: 926~927
- 10 Wright T L, Doherty P C. A linear programming and least squares computer method for solving petrologic mixing problems. Bull. Geol. Soc. Am., 1970, 81: 1995~2008
- 11 Banks R. The use of linear programming in theanalysis of petrological mixing problem. Mineral. Petrol., 1979, 70: 237~244
- 12 Le Maitre R W. A new generalised petrological mixing model. Mineral. Petrol., 1979, 71: 133~137
- 13 黄开年. 岩石学混合计算问题. 见: 岩石学研究 (第四辑). 北京: 地质出版社, 1984. 147~159
- 14 Frey F A, Green D H, Roy S D. Integrated models of basalt petrogenesis: a study of quartz tholeiites to olivine melilitites from South-eastern Australia utilizing geochemical and experimental petrological data. J. Petrol., 1978, 19: 463~513
- 15 Ringwood A E. Composition and petrology of the earth's mantle. McGraw-Hill, New York, 1975

- 16 Sun S S, Hanson G N. Origin of Ross Island basanitoids and limitations upon the heterogeneity of mantle sources for alkali basalts and nephelinites. *Contrib. Earth Planet. Sci Lett.* 1973, 19: 37~53
- 17 Green D H. Experimental melting studies on a model upper mantle composition under water—saturated and water—undersaturated condition. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 1973, 19: 37~53
- 18 鄂莫岚, 赵大升. 中国东部新生代玄武岩及深源包体. 北京: 科学出版社, 1987. 490
- 19 Chen C. Petrochemistry and origin of pleistocene volcanic rocks from Northern Taiwan. *Bull. Volcanol.*, 1978, 41: 513~538
- 20 Shaw D M. Trace element fractional during anatexis. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1970, 34: 237~243
- 21 Frey F A. Rare earth abundances in upper mantle rocks. In: Henderson P. (eds), *Rare Earth Element Geochemistry*, Amsterdam, Elsevier Sci. Publ., 1984. 153~203
- 22 黄开年. 峨眉山玄武岩微量元素地球化学的初步研究. *岩石学报*, 1988 (4): 49~107
- 23 Thompson, R. N., Magmatism of the the British Tertiary volcanic province. *Scot. J. Geol. Lond.*, 1982, 18: 49~107
- 24 汪云亮, Hughes S S, 李巨初等. 峨眉山玄武岩地球化学和大陆地幔演化. *成都地质学院学报*, 1987, 14 (3): 59~74
- 25 Boynton W V. Cosmochemistry of rare earth elements: meteorite studies. *Dev. Geochem.*, 1984, 2: 63~114

ON THE GENESIS OF ALKALINE—ULTRABASIC INTRUSIVE COMPLEX, LUFENG, YUNNAN

Huang Zhilong

(*Institute of Geochemistry, Academia Sinica, Guiyang*)

Yan Yibin Wu Jing

(*Kunming Institute of Technology*)

Abstract Based on the data of petrology and geochemistry for Jijie alkaline—ultrabasic intrusive complex, this paper suggests that the average composition of melteigites with 10% olivine added ($F_0 = 86$) can be considered as the composition of the primary magma of the Jijie complex. These magmas, whose composition is estimated from the incompatible element P_2O_5 , were produced by $3\% \pm$ partial melting of pyrolites. The results of Petrological Mixing Calculating show that the mantle source rocks of the Jijie complex is obviously depleted in incompatible elements. The modelling of fractional crystallization indicates that in the Jijie complex ijolites were produced by 29.6% crystallization of melteigitic magmas, and urtites by 47.2% crystallization of ijolitic magmas.

Key words alkaline—ultrabasic rock; complex; genesis; Yunnan; Lufeng