

滇西富碱花岗斑岩的岩石学与成因^①

胡祥昭 万 方

(中南工业大学地质系, 长沙 410083)

摘 要 对云南滇西地区广泛分布的富碱花岗斑岩的岩石学、矿物学、岩石化学、稀土元素地球化学、硫同位素等进行了系统的研究, 指出了滇西富碱花岗斑岩具有侵入年代新、富碱高钾、稀土总量低、 δEu 无异常等特点, 其成岩物质可能来自上地幔或下地壳, 成因类型属“A”型花岗岩类。

关键词 花岗斑岩 富碱 岩石学 成因 滇西

1 富碱花岗斑岩地质概况

滇西地区广泛分布的富碱花岗斑岩, 沿哀牢山—金沙江以西向北展布。其岩体侵入时代、岩石类型、岩石化学、岩石学特征以及成因等都具有共同的特征, 说明它们是在同一地质条件下形成的。沿哀牢山—金沙江及其西侧断续出露的富碱花岗斑岩点多面广, 其主要的有: 祥云马厂箐、合庆北衙笔架山、合庆北衙黄泥塘、松桂铺台山等富碱花岗斑岩以及合庆马头湾花岗斑岩, 宾川小龙潭富碱斑岩, 华坪铜厂箐、维西核桃箐、宝丰寺等富碱花岗斑岩, 其产状主要是岩株、岩筒、岩脉, 被侵入围岩主要是中生代及古生代地层。

富碱花岗斑岩与成矿关系密切, 目前已圈出的富碱花岗斑岩绝大部分(90%)均有不同程度的Cu、Mo、Pb、Zn、Au、Ag等多金属矿化, 有的已达到大型规模, 如马厂箐铜钼多金属矿床、金厂箐金矿、北衙金铅矿、小龙潭铜矿等, 这类矿床主要成矿元素为Cu、Au、Mo等, 伴生元素则为Pb、Zn、Ag等。

2 富碱花岗斑岩的侵入年代

滇西富碱花岗斑岩的侵入年龄曾有过零星

报道。本次工作, 系统收集了前人的测定数据, 并补充了部分岩体的年龄数据。富碱花岗斑岩的同位素地质年龄范围为36~51 Ma, 相当喜马拉雅早期的产物, 与此类岩体侵入的最新地层是老第三纪的双河煤系是吻合的。过去曾认为是燕山期的马长箐花岗斑岩体, 此次用黑云母K-Ar法重新测定为48 Ma, 与潭雪春等用Rb-Sr测定的36.3 Ma较为接近, 说明该岩体应为喜马拉雅时期侵入的产物。

3 富碱花岗斑岩矿物成分及特点

富碱花岗斑岩主要矿物成分由钾长石(35 wt.-%~45 wt.-%), 石英(35 wt.-%±), 斜长石(15 wt.-%±)及黑云母(10 wt.-%±)组成。岩体副矿物属磷钇矿—锆石—独居石型。

(1) 钾长石呈斑晶体及基质产出。斑晶钾长石多为半自形, 晶体粗大, 斑晶粒径最大为0.5 cm×2 cm, 卡斯巴双晶常见。经X射线粉晶分析, 按照正路(1972)、卡敏采夫(1975)和斯勉坦尼科娃(1977)的公式(转引自叶大年等, 1984)^[1]。

$$O_r\% = 1962.77 - 89.1 \times 2Q(201)$$

$$S_T = 1.754 \times [14.267 + 2Q(060)]$$

① 国家“八·五”攻关项目 收稿日期: 1993-12-17; 修回日期: 1994-10-06

$$-0.813 \times 2Q(\bar{204})]$$

$$T_1 = t_{10} + t_{1m}$$

$$= 13.015 + 0.695 \times 2Q(060)$$

$$-0.813 \times 2Q(\bar{204})]$$

分别计算了富碱花岗斑岩中钾长石的成分、有序度和 T 位置, 其结果见表 1。

表 1 X 射线衍射法测得的钾长石三斜度及成分百分含量

岩体名称	ΣO_1	060	ΣO_4	δ	O_1	$t_{10} + t_{1m}$
汉南花岗斑岩	21.048	41.665	50.573	0.52	84	0.75
小龙潭花岗斑岩	20.870	41.672	50.704	0.50	95	0.73
马厂箐花岗斑岩	21.052	41.662	50.603	0.48	92	0.76
桃花花岗斑岩	21.053	41.648	50.673	0.55	86	0.70
剑川花岗斑岩	20.900	41.645	50.705	0.51	94	0.72

经红外光谱测定, 按照 $Q = 0.05(\Delta J - 90)$, 求得钾长石有序度 $Q = 0.05(100 - 90) = 0.5$ 。X 射线粉晶、红外光谱测定数据等算出的钾长石成分、三斜有序度、 T 位置大体吻合。与费氏台上测定的平均值(表 2)也大体吻合。分析结果表明: 富碱花岗斑岩中的钾长石属中正长石, 属浅成相产物。将其 t_1 值投影于薛纪越、张根娣(1984)所设计的华南不同成因花岗质岩石中钾长石的 Al/Si 有序规律图中^[2], 它们的投影点位于该图 AB 线的上段, 说明富碱花岗斑岩属岩浆成因的花岗岩类。

(2) 斜长石也成斑晶和基质产出。费氏台上测得的 $A_n = 25\% \pm$ (表 2) 属更长石。经红外光谱测定, 按照

$$Q = 0.048(\Delta J - 96)$$

求得斜长石有序度 Q 为 0.65。

由此可见, 斜长石与钾长石有序度基本一

致, 两者的结构状态也证实富碱花岗斑岩属浅成相产物。

表 2 费氏台测得的钾长石 2V 三斜有序度与斜长石牌号

岩体名称	钾长石			斜长石	
	样品数	(-) 2V	三斜有序度	样品数	An %
比衡花岗斑岩	5	60°	0.4	6	25
小龙潭花岗斑岩	4	65°	0.53	5	30
马厂箐花岗斑岩	3	62°	0.5	4	20
桃花花岗斑岩	4	72°	0.7	3	25
剑川花岗斑岩	4	60°	0.4	5	27

(3) 石英呈斑晶及基质产出。石英斑晶普遍受到熔蚀, 大多被熔蚀成浑圆状及港湾状。基质石英无色透明, 大多为它形粒状, 粒径一般小于 0.5 mm。基质石英往往填在钾长石、斜长石的间隙中。

(4) 黑云母多呈斑晶产出。常呈不规则片状斑晶, 黑云母暗化边明显, 与矿化有关的岩体中的黑云母已基本蚀变成绿泥石。

4 富碱花岗岩的化学成分及特点

为了便于讨论, 将本区部分富碱花岗岩的岩石化学成分及华南碱性花岗岩、澳大利亚“A”型花岗岩的岩石化学成分及某些参数列于表 3。

从表 3 中可以看出, 与华南碱性花岗岩及澳大利亚“A”型花岗岩相比较, 本区富碱花岗斑岩及某些参数具有如下特点:

(1) 贫 SiO_2 、富 Al_2O_3 。本区富碱花岗斑岩 SiO_2 的平均含量低于华南碱性花岗岩的平

表 3 滇西富碱花岗斑岩石化学成分及参数表

岩体名称	样数	化 学 成 分 (wt.-%)												参 数		
		SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O	P_2O_5	H_2O^+	$\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O} / \text{Na}_2\text{O}$	A·R
马厂箐	2	69.60	0.24	14.90	1.33	1.25	0.04	1.15	1.06	6.53	3.15	0.10	0.74	9.68	2.07	4.08
马头湾	2	69.23	0.23	15.07	1.28	1.07	0.08	0.46	1.24	5.71	4.05	0.10	1.03	9.76	1.41	3.98
铺头山	1	69.51	0.22	15.07	1.22	0.99	0.04	0.36	1.52	5.66	4.32	0.09	0.73	9.98	1.31	4.02
小龙潭	2	67.05	0.27	15.15	1.29	1.28	1.12	1.11	0.62	8.67	2.60	0.19	0.85	11.27	3.3	6.01
宝丰亭*	1	71.62	0.03	13.38	1.70	0.51	0.00	1.33	0.34	6.79	2.80	—	—	9.59	2.42	4.35
桃花*	2	68.18	0.22	15.24	1.14	1.23	0.03	0.77	1.93	4.69	4.41	0.08	0.58	9.10	1.06	3.26
平均值	10	69.19	0.20	14.80	1.33	1.06	0.24	0.86	1.12	6.34	3.56	0.11	0.79	9.90	1.93	4.28
澳大利亚“A”型花岗岩**	24	73.94	0.30	12.68	1.00	1.53	0.27	0.28	0.99	4.61	3.45	0.08	—	8.06	1.34	3.87
华南碱性花岗岩**	36	76.30	0.15	12.15	0.89	0.76	0.05	0.17	0.39	4.49	4.11	0.01	—	8.60	1.09	4.73

资料来源: * 云南省第三地质大队; ** 涂光积, 1982; 其余为本文, 由湖北省地质中心实验室分析样品

均值,也略低于澳大利亚“A”型花岗岩的平均含量。而 Al_2O_3 则高于华南碱性花岗岩及澳大利亚“A”型花岗岩。

(2) 富碱高钾。本区富碱花岗斑岩的 $(\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})$ 值的变化范围为 $8.59 \sim 11.27 \text{ wt.} \%$, 平均值为 $9.85 \text{ wt.} \%$, $\text{K}_2\text{O} \gg \text{Na}_2\text{O}$, $\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}$ 值的变化范围一般为 $1.31 \sim 3.77$, 平均值 2.10 , 均高于华南碱性花岗岩和澳大利亚的“A”型花岗岩。

(3) CaO 、 FeO 、 Fe_2O_3 及 MgO 的平均含量接近澳大利亚“A”型花岗岩的平均值。

(4) 岩石的碱度。将本区富碱花岗斑岩的碱度值投影在赖特(Wright 1969)的碱度 $\{(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})/[\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} - (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O})]\}$ 对 SiO_2 的图上(图1), 本区富碱花岗斑岩的投影点均位于碱质岩石范围内, 均属碱质岩石系列。

(5) 分异指数高。 $DI = 90.5$ 。

从上述特征可以看出, 本区富碱花岗斑岩的岩石化学特征与澳大利亚“A”型花岗岩极为相似。只不过本区富碱花岗斑岩演化更彻底, 结晶分异作用更强, 因而更富碱相对贫硅。

5 稀土元素地球化学

本区富碱花岗斑岩具下列特点:

(1) 区内富碱花岗斑组成总量、轻重稀土

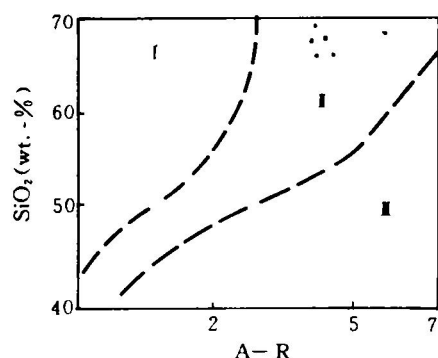


图1 碱度(对数值)对 SiO_2 (wt.-%) 的变异图

I — 钙碱质区; II — 碱质区; III — 过碱质区;
• — 本区投影点

比值、 δEu 值等基本相似, 表明本区富碱花岗斑岩具有相同的物质来源及相同的成因。

(2) 本区富碱花岗斑岩的稀土总量偏低, 其平均富集系数为 0.52 , 同时也低于华南碱性花岗岩 (272.3 , 涂光帜等, 1982)。

(3) 本区富碱花岗斑岩的轻稀土高度富集, 其轻稀土总量 (ΣCe) 与重稀土之和 (ΣY) 的比值变化范围为 $3.38 \sim 13.43$, 平均值 8.19 。

(4) 本区富碱花岗斑岩稀土模式组成图为一向右陡倾斜的平滑曲线, 无铕异常 ($\delta \text{Eu} = 0.87$), 与华南碱性花岗岩及世界壳性花岗岩均有显著区别。

6 成因探讨

(1) 本区富碱花岗斑岩岩石化学成分为富碱高钾(表3), 将 K_2O 及 Na_2O 投影于怀特(White, 1980)等给出的花岗岩成因类型图解中(图2), 本区富碱花岗斑岩的所有投影点皆落在“A”型花岗岩区。

(2) 富碱花岗斑岩硫同位素组成 $\delta^{34}\text{S}_{\text{‰}}$ 变化范围窄, 从 -1.22‰ 至 $+3.4\text{‰}$, 以重硫型为主, 接近陨石硫的同位素组成, 说明富碱花岗斑岩中硫同位素是来自未发生明显同位素分馏效应的原生硫, 反映富碱花岗斑岩的物源具有深源性。

(3) 富碱花岗斑岩铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值变化于 $18.094 \sim 18.205$, 平均值为 18.146 ,

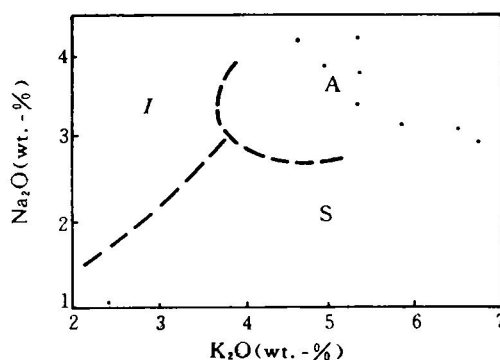


图2 富碱花岗斑岩 K_2O - Na_2O 图解

(下转13页)

$D_1 \overset{\Delta}{=} \text{“几乎无损害”}$, $D_2 \overset{\Delta}{=} \text{“轻微损害”}$
 $D_3 \overset{\Delta}{=} \text{“显著损害”}$, $D_4 \overset{\Delta}{=} \text{“严重损害”}$ 。
 $\epsilon_j (j = 1, 2, 3, 4)$ 分别表示四个故障等级的当量故障系数, 其值为 $\epsilon_1 = 0.2$, $\epsilon_2 = 1$, $\epsilon_3 = 10$, $\epsilon_4 = 100$ 。模糊危害度(μ_j)的度量是既要考虑 ϵ_j 的大小, 也要考虑故障(这里, 由其出现的概率即系统的不可靠度 F_s 表示)对模糊子集 D_j 的隶属度 $u_{D_j}(F_s)$, 即 $\mu_j = \epsilon_j u_{D_j}(F_s)$ 。

表 4 故障模式等级划分标准

等级	后 损 害 程 度
I	导致系统功能下降, 但对系统 and 环境几乎不造成损害, 对人员完全无害。
II	导致系统预定功能下降, 对系统和人员造成轻微损害。
III	导致系统预定功能丧失, 从而对系统 and 环境造成显著损害, 但无人员死亡。
IV	导致系统预定功能丧失, 从而对系统 and 环境造成严重损害, 并导致人员死亡。

注: 表中罗马数字 I 到 IV 既表示故障等级, 又是后损害程度的四个度量, 一般称 III、IV 两级为致命效应。

(2) 模糊危害度的估计
汽车电气系统可分为八个子系统: 散装电器系统、电器柜系统、同步发电机系统、整流柜系统、司机室电气系统、充电励磁机系统、制动电阻系统和牵引电动机系统。其中每个子

系统出现故障称为其模糊故障模式。
我们以 40[#] 车为例, 由于统计数据精确性有限, 此估计结果仅供参考。从统计中可得出各故障模式相对电气系统为条件出现的概率 (0.16, 0.32, 0.02, 0.04, 0.34, 0.02, 0.03, 0.07) 和子系统的模糊危害度 (3.601, 26.714, 9.102, 7.751, 10.724, 8.201, 13.601 以及 35.201)。从计算结果中可知, 牵引电动机系统和电器柜系统的模糊危害度较大。因此, 要想提高整体功能, 降低损害, 首先要考虑提高这两个系统的可靠性, 降低其故障出现的概率, 保证整个电气系统的协调动作。另外, 散装电器系统和司机室电气系统出现故障的概率也比较大, 要想提高整体功能, 也要提高维修和制造、装配水平, 降低其故障率。

参考文献

1 魏权龄. 评价相对有效性的 DEA 方法. 北京: 中国人民大学出版社, 1988.
2 胡家骥. 运筹学(II). 长沙: 中南工业大学出版社.
3 李廷杰, 高 和. 模糊系统与数学, 1988, 2(2).
4 [日]盐见弘, 岛冈淳, 石山敬幸(著), 故障模式和效应分析与故障树分析的应用. 北京: 机械工业出版社, 1987.

(上接 3 页)
²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 比值变化于 15.537~15.609, 平均值为 15.540, ²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 比值变化于 38.682~38.951, 平均值为 38.780。与 Zartman (1979)总结的地幔、造山带下地壳和上地壳不同来源铅和相应铅同位素相比较, 可以看出上述比值较为接近上地幔铅的相应同位素比值。
(4) 稀土元素组成中 δEu 值接近 1, 无铕异常。
综上所述, 可以认为, 本区富碱花岗斑岩的成岩物质来源于地壳深部或上地幔, 其成因

类型可能属“A”型花岗岩石类。

参考文献

1 张玉泉等. 岩石学报, 1987, (1): 17-25.
2 薛纪越等. 矿物学报, 1984, (2): 20-25.
3 涂光帜等. 见: 南京国际花岗岩成因讨论会论文集, 北京: 科学出版社, 1984: 1-10.
4 李文桦. 地质与勘探, 1982, (4): 10.
5 Collins W J, Beams S D *et al.* Contributions to Mineralog and Petrology, 1980, 80(2): 189-200.