

# 滇西富碱斑岩及其中包体岩石的深部地质 过程探讨\*

## Deep geological processes of alkali-rich porphyries and their xenoliths in western Yunnan

宋祥峰, 刘显凡, 陶 专, 卢秋霞, 龙训荣

(成都理工大学, 四川 成都 610059)

SONG XiangFeng, LIU XianFan, TAO Zhuan, LU QiuXia and LONG XunRong  
(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

**摘 要** 自新生代以来, 伴随深部地质作用, 滇西地区多处发育富含深源包体的富碱斑岩体。文章从寄主岩石和包体岩石的岩石化学研究入手, 认为交代主岩和包体岩石的流体富含碱质 ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) 和硅质 ( $\text{SiO}_2$ ), 是与富碱岩浆同源的来自富集地幔源区的地幔流体, 这种地幔流体交代作用的功能和能量明显优于一般意义上的地壳流体作用, 对富碱斑岩的成岩和成矿发挥了重要的先导作用。

**关键词** 富碱斑岩; 深源包体; 岩石化学特征; 地幔流体交代作用; 滇西地区

云南滇西地区自晚新生代以来, 受印度—亚欧板块碰撞和青藏高原整体快速抬升的影响, 作为一种调节, 深源岩浆活动发育, 沿哀牢山—金沙江一带产出达 800km 长的新生代富碱侵入岩带, 构成了位于扬子地台西缘和青藏高原东缘之间非常活跃的新生代陆内变形区。其中富碱斑岩及与其有关的多金属矿床星落棋布, 并有多处产出深浅来源不同的各类包体岩石。前人对该区富碱斑岩及其中包体岩石的岩石学和地球化学已有诸多研究 (张玉泉等, 1997; 蔡新平, 1992; 喻学惠等, 2006), 公认富碱斑岩的成岩物质来源与地幔源区有关, 但对流体性质和其作用特征的认识存在差异或争议。本文从寄主岩石和包体岩石的岩石化学研究入手, 揭示了地幔流体交代作用的特征, 进而初步探讨了这种作用与成岩成矿的关系。

## 1 寄主岩石和包体岩石类型及产状

本次研究的富碱斑岩及其中的包体岩石出露于与红河—哀牢山大型左旋走滑剪切带伴生的早第三纪小型拉分盆地中, 分属剑川—石头、北衙—六合、大理—宾川三个岩石群, 寄主岩石类型为: 霓辉正长斑岩和石英正长斑岩。前者岩石产自鹤庆县六合乡河东村、玉龙县石头乡小桥头村和剑川县永榜村, 后者岩石产自宾川县大营镇。它们属于富碱侵入岩类, 其岩浆源自上地幔 (Liu et al., 1999)。

寄主岩石中产出的包体岩石类型主要有:

(1) 基性-超基性岩类, 包括: 角闪石化黑云石榴辉石岩、黑云石榴辉长岩、橄榄辉长岩、黑云角闪斜长岩。这类包体来源较深。这类包体尤以角闪石化黑云石榴辉石岩为典型代表, 岩石中的流体交代作用特征尤其明显。

\*本文得到国家自然科学基金项目 (批准号: 40473027) 和中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室开放课题基金项目 (编号: GPMR0509) 联合资助

第一作者简介 宋祥峰, 男, 1981年生, 硕士研究生, 从事矿物学和岩石学研究。

- (2) 中酸性岩类, 包括: 闪长岩、花岗闪长岩、碱性长英质团块。
- (3) 变质岩类, 包括: 角闪岩、角闪片岩、角闪黑云变粒岩、条带状混合岩。
- (4) 少量其他岩类, 包括: 石英砂岩、火山岩等。这类包体明显来自地壳浅部。

值得注意的是, 产自河东村的霓辉正长斑岩中产出有纯黄玉包晶、纯石英包晶和纯方解石包晶。表明富碱岩浆的运移和成岩过程伴随着富含挥发份流体的作用。

包体岩石分散在寄主岩体中, 杂乱且分布不均, 大小不一, 大者直径 7~10 cm, 小者 1~2 cm, 多数在 3~5 cm, 外形呈次圆-次棱角状, 除碱性长英质团块外, 与主岩接触界线清晰, 属捕虏体无疑。值得注意的是, 产自宾川县大营镇的石英正长斑岩覆于苦橄岩之上, 可判定正长斑岩晚于苦橄岩, 因为苦橄岩为喷出岩, 而正长斑岩为浅成侵入岩。这进一步表明富碱岩浆源自地幔深部。

## 2 主岩和包体岩石中流体交代作用的岩石化学特征

本文对寄主岩石和代表性包体岩石的岩石化学分析数据及其与对应标准岩石的岩石化学分析数据进行了对比, 同时也与原始地幔岩和交代地幔岩进行了对比分析(数据略)。得出如下特征和规律:

(1) 除碱性长英质团块外, 寄主岩石较包体岩石更富  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Na}_2\text{O}$  和  $\text{K}_2\text{O}$ , 而包体较主岩更富  $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{Fe}_2\text{O}_3$  和  $\text{FeO}$ , 表明两者岩浆性质和起源有所差异; 碱性长英质团块除  $\text{CaO}$  较高,  $\text{SiO}_2$  略低外, 其它组分与主岩基本一致, 表明该团块只是在富碱硅质流体作用于主岩而形成的析离体, 这与团块与主岩界线呈渐变过渡的特征吻合。

(2) 2 种寄主岩石与对应标准岩石相比, 表现硅质 ( $\text{SiO}_2$ ) 高则碱质 ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) 略低, 碱质高则硅质略低。这是主岩在富碱硅质流体作用下达到硅碱平衡的表现。

(3) 各类包体岩石与对应标准岩石相比, 普遍表现硅质和碱质明显增高, 而铁质 ( $\text{Fe}_2\text{O}_3+\text{FeO}$ ) 和  $\text{TiO}_2$  明显降低, 这表明包体岩石被富碱岩浆捕虏和运移过程中, 伴随富碱岩浆的成岩作用而受到富碱硅质流体的交代改造; 而且流体性质具相对还原性, 说明流体来源较深。

(4) 将基性-超基性包体岩石与原始地幔尖晶石二辉橄榄岩包体相比, 除  $\text{SiO}_2$  在超基性岩相当, 基性岩增高外,  $\text{MgO}$  明显亏损, 其它组分均明显较高; 表明交代流体与原始地幔流体相比有明显差异。

(5) 将基性-超基性包体岩石与交代地幔金云角闪辉石岩包体相比, 各组分数据增减差异不大。这表明交代包体岩石和主岩的富碱硅质流体不是来自原始地幔, 而是来自经地幔交代作用形成的富集地幔, 其交代结果的差异, 既可能与不同地区流体的组成差异有关(谢鸿森等, 1997), 也可能与交代流体对包体岩石和主岩的改造程度差异有关(徐学义等, 1997)。

## 3 地幔流体的性质和来源讨论

综上所述, 寄主富碱斑岩及其中包体岩石受到富碱硅质流体作用的表现方式和特征主要有:

化学成分上, 硅不饱和的霓辉正长斑岩成为硅过饱和岩石。各类包体岩石与对应标准岩石相比, 普遍表现硅质 ( $\text{SiO}_2$ ) 和碱质 ( $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ ) 明显增高; 根据包体岩石类型差异, 它们应来自深浅不同的部位, 但流体作用是统一的。同时, 霓辉正长斑岩中产出纯黄玉包晶、纯石英包晶和纯方解石包晶, 表明交代流体不仅富硅碱, 而且富含挥发份。

结合岩相学和电子探针分析研究, 发现寄主岩石和包体岩石的硅化现象相当普遍, 典型代表如: 六合村硅化浅粒岩包体岩石中发育聚片双晶的钠长石(图 1), 钠长石晶体上密布微晶硅化石英, 因而在电子探针定量分析中  $\text{SiO}_2$  含量超常; 小桥头霓辉正长斑岩主岩中正长石斑晶被硅化为石英(电子探针定量分析证实), 但仍保留卡氏双晶假象(图 2); 这两种硅化长石在锥光下均显示一轴晶正光性。此外, 无论主岩和包体岩石的手标本上还是镜下均可见到硅化石英脉的穿插。

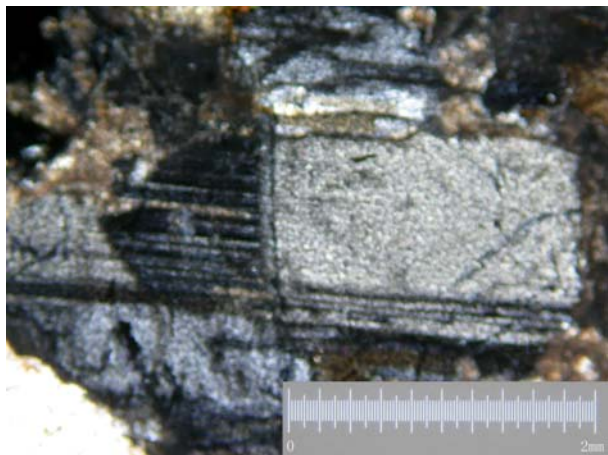


图 1 六合村硅化浅粒岩（包体）中发育聚片双晶的硅化钠长石，一轴晶正光性

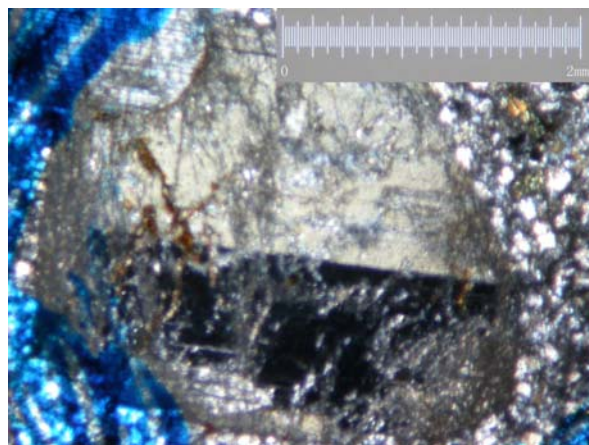


图 2 小桥头霓辉正长斑岩（主岩）中正长石斑晶被硅化为石英，但仍保留卡氏双晶假象，一轴晶正光性

那么，这种富碱硅和挥发份流体的性质和来源如何呢？是地壳流体还是地幔流体？

首先，寄主岩石是典型的富碱侵入岩，而且与超基性苦橄岩共生，因而其岩浆来源于地幔深部无疑，其源区深度已达软流圈地幔（张玉泉等，1997）。

其次，富碱岩浆沿途捕虏不同深度的各类包体，其中的基性-超基性包体岩石发育表征地幔岩的碎裂结构（路凤香，1989），结构中碎裂粒间出现与交代成因角闪石共生的微晶硅质、碳质、绿泥石、钠长石、方柱石、碳酸盐和金云母组合，结合辉石残余体的存在，正是地幔流体呈显交代作用的结果（Dowson, 1984）。

再者，根据基性-超基性包体岩石与原始地幔岩和交代地幔岩的岩石化学成分对比表明，富碱硅质流体不是来自原始地幔，而是起源于经地幔交代作用形成的富集地幔。

因此，研究区内交代主岩和包体岩石的富碱硅质流体是与富碱岩浆同源的来自富集地幔源区的地幔流体，这一认识得到了锶-钕同位素特征的验证（Liu et al., 1999）。

喻学惠等（2006）提出，可能存在由印度—欧亚大陆俯冲碰撞诱发的横向软流圈地幔流，并认为这种横向地幔流是保持青藏高原下及其周边造山带之下软流圈上隆—对流体制，诱发高原及其周边地区新生代后碰撞岩浆作用的主要因素。Van der Laan（1994）认为，来自软流圈的地幔流体是传送微量元素和成矿元素，并引起地幔交代作用的理想动力。地幔流体是一种富含不相容元素、成矿物质和矿化剂，还有部分熔融岩浆的超临界态的成分复杂的气液相（边千韬，1998；杜乐天，1996），而地幔流体并非总与岩体相伴，它可以不经过岩浆环节沿裂谷或深断裂上升直接交代不同岩石形成矿床（谢荣举等，1998）。本文研究从一个侧面揭示了地幔流体活动的踪迹，这种地幔流体作用的功能和能量明显优于一般意义上的地壳流体作用，尤其在成矿作用上的意义更为重要。

#### 4 地幔流体交代作用与成岩成矿的关系

由表 1 数据对比看出：除成矿元素 Pb 低于上地幔平均值外，其他元素均高于平均值数倍至数百倍，特别是 Au、Ag、F、S、C，这与黄玉包晶和方解石包晶的产出形成呼应。这表明地幔流体交代作用促进了成矿元素和挥发份的聚集。杜乐天（杜乐天，1996）认为，地幔流体是一种超临界态的气液相，具有超强的溶解、熔（溶）蚀甚至熔化物质的能力。因此通过地幔流体的运移和交代，不仅能促进成矿元素和挥发份的聚集。而且能导致岩浆，尤其是碱性岩浆的形成。根据富碱斑岩成岩与地幔流体交代作用之间的时差（Liu et al., 1999），可以认为地幔流体在对包体岩石进行交代作用的同时，也孕育着碱性岩浆（谢鸿森等，1997），为该区在进入喜马拉雅期后大规模富碱侵入岩的成岩和成矿奠定了基础。

表1 主岩和包体岩石及上地幔主要成矿元素和挥发份含量

序号	样品名称	主要成矿元素和挥发份含量 (wb/10 <sup>-6</sup> )								
		Au	Ag	Cu	Pb	Zn	F	Cl	S	C
1	霓辉正长斑岩	0.014	5.739	64	0.80	94	1120	70	3960	4025
2	角闪石化黑云石榴辉石岩	0.014	4.426	64	0.40	174	1650	230	1980	5250
3	云母石榴辉长岩	0.016	5.574	120	0.80	166	1150	70	5040	4350
4	角闪黑云变粒岩	0.010	4.590	52	1.00	254	2350	270	2840	5325
5	黑云石榴辉石岩	0.017	5.738	92	0.80	226	1100	280	2340	6750
6	上地幔平均值	0.005	0.060	40	2.10	60	170	50	150	100

注：上地幔平均值据黎彤，1997；数据1~5为本文数据，由中科院地球化学研究所李荪蓉用原子吸收法和X荧光光谱法分析。

**致谢** 本研究得到国家自然科学基金项目（批准号：40473027）和中国地质大学地质过程与矿产资源国家重点实验室开放课题基金项目（编号：GPMR0509）联合资助；同时也得到电子探针实验室郑曙高级工程师的热情支持、帮助和指导，在此表示衷心感谢！

#### 参 考 文 献

- 边千韬. 1998. 扬子克拉通西南缘低速柱与超大型矿床. 中国科学(D辑), 28(增刊): 92~96.
- 蔡新平. 1992. 扬子地台西缘新生代富碱斑岩中的深源包体及其意义. 地质科学, 27(2): 183~189.
- 杜乐天. 1996. 地壳流体与地幔流体间的关系. 地学前缘, 3(3~4): 172~180.
- 路凤香, 编著. 1989. 地幔岩石学. 武汉: 中国地质大学出版社. 106~143.
- 谢鸿森, 侯渭, 徐济安等. 1997. 地球深部物质科学导论. 北京: 科学出版社. 238~244.
- 谢荣举, 彭省临. 1998. 岩石钾质变化及钾交代与成矿关系. 大地构造与成矿学, 22(3): 274~279.
- 徐学义, 黄月华, 夏林圻, 等. 1997. 岚皋金云角闪辉石岩类捕虏体: 地幔交代作用的证据. 岩石学报, 13(1): 1~13.
- 喻学惠, 莫宣学, 曾普胜, 等. 2006. 云南马关地区新生代碧玄岩中地幔包体研究. 岩石学报, 22(3): 621~630.
- 张玉泉, 谢应雯. 1997. 哀牢山-金沙江富碱侵入岩年代学和 Nd, Sr 同位素特征. 中国科学 (D辑), 27(4): 289~293.
- Dowson J B. 1984. Constrasting types of upper-mantle metasomatism? In: Kornpobst J ed. Kimberlites II: The Mantle and Crust-Mantle Relationships. Amsterdam: Elsevier, 289~294.
- Liu X F, Zhan X Z, Gao Z M, et al. 1999. Deep Xenoliths in alkaline porphyry, Liuhe, Yunnan, and implications to petrogenesis of porphyry and associated mineralizations. Science in China (Series D), 42(6): 627~635.
- Van der Laan S R. 1994. MARID and mantle metasomatism. Mineralogical Magazine, (58A): 505~506.