

藏北祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩同位素地球化学研究

林金辉, 伊海生, 时志强, 赵 兵, 李葆华, 黄继钧
(成都理工大学, 四川 成都 610059)

【摘 要】 通过对藏北祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩 Sr, Nd, Pb 同位素成分的系统测试分析表明, 火山岩具有相对高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和低的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值及高的 Pb 同位素组成特点, 且 Sr, Nd, Pb 同位素比值变化范围很窄, 反映了其具有同源岩浆的特点, 并且经历了类似的地球化学动力学过程。Sr, Nd, Pb 同位素组成及相关图解判别表明, 藏北祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩来源于被大洋沉积物和地壳物质所混合的不均一富集地幔源区, 显示源区具有壳幔混源性质, 与 EM II 型富集地幔源特征一致。

【关键词】 同位素地球化学; 高钾钙碱岩系火山岩; 新生代; EM II 型地幔; 藏北
中图分类号: P597 文献标识码: A
文章编号: 1001-6872 (2004) 04-0059-06

青藏高原北部新生代火山岩分布广泛, 系高原岩石圈在特定的地质条件下演化的产物, 可作为解释深部地球物理异常的“地质探针”和作为探索新生代以来青藏高原岩石圈物质组成、壳幔结构及高原隆升机制的重要“窗口”。近年来, 国内外学者已就青藏高原北部新生代火山岩作了大量研究^[1~5], 识别出超钾质、钾玄岩和高钾钙碱岩系三个火山岩系列, 并对超钾质和钾玄岩系的岩石地球化学、同位素特征和岩石成因进行了较深入探讨。然而, 由于自然地理条件恶劣、高寒缺氧和交通异常困难等条件的制约, 对藏北祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩的地质研究较为滞后^[2], 特别是火山岩的同位素地球化学资料缺乏。2000 年~ 2002 年, 在对祖尔肯乌拉山地区大面积分布的新生代火山岩进行野

外调查的同时, 搜集了丰富的火山岩实际资料, 并进行系统的 Sr, Nd, Pb 同位素组成测试研究, 以期揭示火山岩的物质来源, 为火山岩的成因探讨提供同位素地球化学方面的证据。

1 地质特征

祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩位于金沙江缝合带南缘, 藏北羌塘地区东部(图 1), 是藏北新生代火山岩分布面积最大的地区之一, 出露面积约 3000 km², 呈面状展布, 为陆相火山喷发产物, 形成于始新世^[6]。火山岩以中性岩类占明显优势, 呈熔岩被、熔岩台地、熔岩残丘和熔岩阶地产出, 喷发不整合覆盖于侏罗系、白垩系和早第三系地层

收稿日期: 2004-06-29; 改回日期: 2004-10-11

基金项目: 国家重点基础研究发展计划项目“青藏高原形成演化及其环境、资源效应”(编号 1998040801-5); 青海乌兰乌拉湖幅 1: 25 × 10⁴ 区域地质调查(编号 200013000147)

作者简介: 林金辉, 男, 38 岁, 博士, 副教授, 矿物学、矿床学、岩石学专业, 研究方向: 岩石地球化学、矿物材料。

之上, 喷发不整合界面清晰。

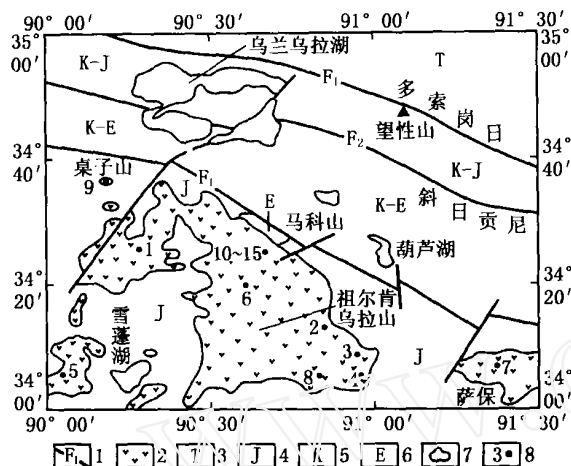


图1 祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩分布略图

1. 断层; 2. 新生代高钾钙碱岩系火山岩; 3. 三叠系; 4. 侏罗系; 5. 白垩系; 6. 早第三系; 7. 湖泊; 8. 采样点及编号

Fig.1 Sketch map showing distribution of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks in Zuerkengwula area

2 火山岩系列与组合

祖尔肯乌拉山新生代高钾钙碱岩系火山岩含碱量高, $w(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ 为 5.47% ~ 9.14%, 相对正常钙碱性系列火山岩, 表现出高钾质特征, 强烈富集不相容元素和轻稀土元素^[7]。以中性岩占明显优势, 主要为一套橄榄玄武粗安岩-安粗岩-粗面岩岩石组合, 其次为安山岩-英安岩组合, 相当部分火山岩投影在安粗岩与安山岩区、粗面岩与英安岩区分界线上, 具有过渡性质(图2)。经野外观察和室内岩矿鉴定, 祖尔肯乌拉山新生代高钾钙碱岩系火山岩岩石大都比较新鲜, 仅局部有微弱蚀变。具典型的斑状结构和块状构造, 普遍含有辉石(紫苏辉石、古铜辉石、镁质辉石)、角闪石、黑云母、斜长石的斑晶, 在橄榄玄武粗安岩中还出现贵橄榄石粗斑, 长石大都发育有环带构造和双晶, 基质为粗面结构和交织结构, 副矿物最常见的是磷灰石和磁铁矿等。

3 火山岩的 Sr, Nd, Pb 同位素组成测试结果

祖尔肯乌拉山地区 15 件新鲜新生代高钾钙碱岩系火山岩不同岩石类型样品的 Sr, Nd, Pb 同位素组成测试结果列于表 1。表 1 中的 Sr, Nd 同位素比值未作时代校正, 是实际测定值, 因为新生代火山岩

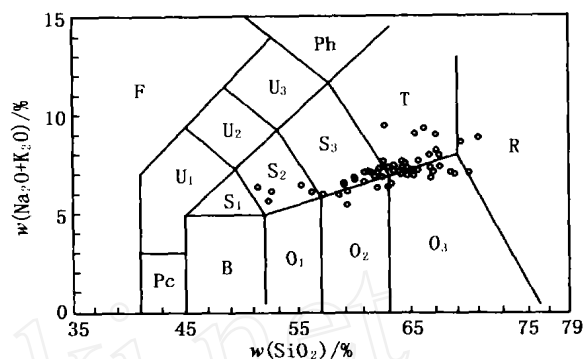


图2 祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩的 TAS 图解(据 Le Maitre, 1989)

F. 副长石岩; Pc. 苦橄玄武岩; U₁. 碱玄岩+ 碧玄岩; U₂. 响岩质碱玄岩; U₃. 碱玄质响岩; Ph. 响岩; S₁. 粗面玄武岩; S₂. 橄榄玄武粗安岩; S₃. 安粗岩; T. 粗面岩+ 粗面英安岩; B. 玄武岩; O₁. 玄武安山岩; O₂. 安山岩; O₃. 英安岩; R. 流纹岩

Fig.2 TAS diagram of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks in the Zuerkengwula area

的时代较年轻, 经过时代校正的与未经校正的结果相差很小, 其差值均在分析的误差范围之内^[1,2]。因此将 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 作为初始值看待。由表 1 数据可见, 该区火山岩具有相对高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和低的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值及高的 Pb 同位素组成特点, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 分别为 0.707117 ~ 0.707998 及 0.512379 ~ 0.512480; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 分别为 38.934 ~ 39.065, 15.649 ~ 15.683, 18.723 ~ 18.788。不同岩石类型的 Sr, Nd, Pb 同位素比值都比较接近, 比值变化范围较窄。

4 火山岩源区性质的 Sr, Nd, Pb 同位素判别

Sr, Nd, Pb 同位素比值分别集中于同一区域很小范围内, 说明祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩是来源于同一源区, 并且经历了类似的地球化学动力学过程。

Sr, Nd 同位素的初始比值可反映火山岩的岩浆源区特征。一般认为, 现今 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 比值 < 0.706 的火山物质来源于地幔; 比值 0.706 ~ 0.710 的物质来源于下地壳; 比值 > 0.710 物质来源于上地壳。来源于上地幔的, 未被混染现今大洋中脊和大洋岛屿的火山岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值分别为 0.7028 和 0.7039^[8]。从 Nd 同位素特征来看, 近代火山岩的 $\epsilon(\text{Nd})$ 值因构造位置不同而有所不同, 现今上地幔 $\epsilon(\text{Nd}) = +12$, 而大陆地壳的平均值约为 -15^[8]; 源自上地幔而未受到地壳物质混染的岩浆, 其 $\epsilon(\text{Nd}) = 0$, 若 $\epsilon(\text{Nd}) < 0$, 无疑与地壳物质的加入有关^[9]。祖尔肯乌

表 1 祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱性火山岩 Sr, Nd, Pb 同位素组成

| Table 1 Compositions of Sr, Nd, Pb isotope for the Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks in znerkengwula area | | | | | | | | | | |
|--|-------|---------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 样品号 | 岩石名称 | $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ | 2σ | $\epsilon(\text{Sr})$ | $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ | 2σ | $\epsilon(\text{Nd})$ | $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ | $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ |
| D 2188 | 橄榄玄粗岩 | 0.707117 | 0.000018 | 116.3 | 0.512451 | 0.000010 | -3.7 | 18.746 | 15.656 | 38.979 |
| D 2195 | 英安岩 | 0.707351 | 0.000018 | 119.6 | 0.512461 | 0.00009 | -3.5 | 18.746 | 15.665 | 38.995 |
| D 3290 | 英安岩 | 0.707923 | 0.000014 | 127.8 | 0.512446 | 0.000010 | -3.8 | 18.772 | 15.659 | 38.981 |
| D 3297 | 粗面英安岩 | 0.707694 | 0.000014 | 124.5 | 0.512421 | 0.000010 | -4.2 | 18.744 | 15.655 | 38.934 |
| D 3351 | 安山岩 | 0.707316 | 0.000013 | 119.1 | 0.512448 | 0.000010 | -3.7 | 18.766 | 15.675 | 39.092 |
| D 4151 | 粗面岩 | 0.707998 | 0.000014 | 128.9 | 0.512395 | 0.000009 | -4.7 | 18.767 | 15.674 | 39.016 |
| D 5514 | 粗面岩 | 0.707718 | 0.000013 | 124.9 | 0.512399 | 0.000010 | -2.4 | 18.724 | 15.649 | 39.01 |
| D 3302 | 橄榄玄粗岩 | 0.707390 | 0.000016 | 120.2 | 0.512417 | 0.000011 | -4.3 | 18.778 | 15.683 | 39.014 |
| D 3245 | 安粗岩 | 0.707229 | 0.000011 | 117.9 | 0.512407 | 0.000009 | -4.5 | 18.744 | 15.668 | 38.993 |
| P 2201 | 粗面英安岩 | 0.707465 | 0.000013 | 121.2 | 0.512379 | 0.000010 | -5.1 | 18.717 | 15.673 | 39.029 |
| P 2207 | 安粗岩 | 0.707481 | 0.000011 | 121.5 | 0.512403 | 0.000009 | -4.6 | 18.788 | 15.674 | 38.995 |
| P 2211 | 安粗岩 | 0.707473 | 0.000014 | 121.4 | 0.512480 | 0.000009 | -3.1 | 18.796 | 15.677 | 39.065 |
| P 2212 | 安粗岩 | 0.707489 | 0.000016 | 121.6 | 0.512457 | 0.000010 | -3.5 | 18.723 | 15.662 | 38.942 |
| P 2214 | 粗面英安岩 | 0.707875 | 0.000017 | 127.1 | 0.512415 | 0.000012 | -4.4 | 18.751 | 15.662 | 38.980 |
| P 2219 | 粗面英安岩 | 0.707665 | 0.000014 | 124.0 | 0.512437 | 0.000009 | -3.9 | 18.780 | 15.675 | 39.010 |

注: 由中国科学院地球化学研究所资源环境测试中心测试

拉山地区新生代高钾钙碱性岩系火山岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值介于 0.707117 ~ 0.707998 之间, 明显高于均一储集库的($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$)_{UR}现代值 0.7045^[9]; $\epsilon(\text{Nd}) < 0$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 比值也小于未分异的球粒陨石地幔值 0.512638。显然这已超出了习惯上认为的正常地幔性质, 但也不能简单地得出地壳物质重熔的结论, 因为这不符岩石学和地球化学所揭示的大量事实^[7]。祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱性岩系火山岩的 Sr, Nd, Pb 同位素特点限制了其源区具有壳-幔物质混合的地幔性质。

Hart (1984) 根据岩石的不同同位素组成特征, 鉴别出 4 种地幔端元类型^[10]: 即亏损型地幔 (DMM)、富集 I 型地幔 (EM I)、富集 II 型地幔 (EM II) 和异常高 $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ 型地幔 (HIMU)。其中 DMM 为 MORB 的源区 (亏损型), 具有低的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值和 Pb 同位素组成及高的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值; EM I 的最显著特点是在 4 种地幔类型中最接近于全球的同位素组成, 具有较低的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值与 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值, 通常认为是下地幔经过地幔对流与流体交代形成的; EM II 被普遍认为是俯冲和再循环的大陆物质与地幔岩发生混合作用的产物, 具有高 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值、高 Pb 同位素比值和低 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值的特点; HIMU 可能代表古老的变质洋壳, 具有高 Pb 同位素组成、低 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值和中等 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值。大多数玄武岩的同位素组成都可以用这四种地幔端元不同比例的混合模式来解释^[2]。

祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱性岩系火山岩 Sr, Nd 同位素组成均分布于地幔主趋势线的右侧并远离地幔主趋势线, 低于地球总成分, 处在典型的 EM II 范围之内 (图 3)。在 $\epsilon(\text{Sr})$ - $\epsilon(\text{Nd})$ 相关图中 (图 4), 本区岩石落在玄武岩和壳源混合区 (B + C₃ 和 B + C₂ 之间), 并在大洋沉积物的趋势延长线上, 显示源区具有壳幔混源性质。

通过 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$

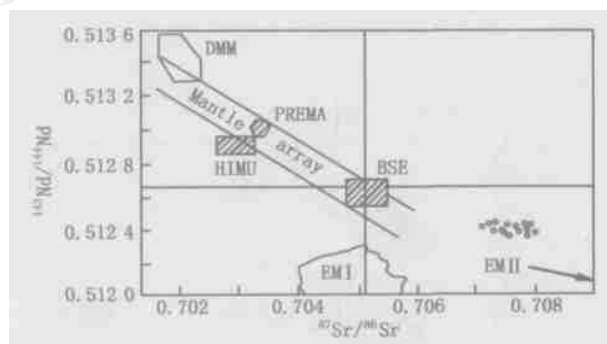


图 3 新生代高钾钙碱性岩系火山岩的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 同位素成分投影图 (据 Zindler *et al.*, 1986) DMM. 亏损型地幔; EM I. 富集 I 型地幔; EM II. 富集 II 型地幔; HIMU. 异常高 $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ 型地幔; BSE. 地球总成分; PREMA. 原始地幔

Fig.3 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ isotope correlation diagram for the Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks

^{204}Pb 相关图判别 (图 5, 图 6), 也得出与上述同样的结论, 都与 EM II 型富集地幔源的趋势一致, 而明显不同于富集 I 型地幔, 且远离亏损型和异常高 $^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$ 型地幔区。

Norman 等 (1989) 利用岩石的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 二元投影图解圈定了不同同位素组成的地幔源范围^[11]。祖尔肯乌拉山新生代高钾钙碱性岩系火山岩投影点均密集在大陆下岩石圈地幔区的上部 (图 7), 显示存在陆壳组分的混合作用。图 8 进一步说明了其 Pb 同位素组成与 EM II 非常吻合, 尤其与大洋沉积物的 Pb 同位素特征一致, 再次揭示了祖尔肯乌拉山新生代高钾钙碱性岩系火山岩具有被大洋沉积物及陆壳物质所混合的不均一富集地幔源区。

藏北祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱性岩系火山岩可以和世界上一些典型的钾质火山岩区对比。Hawkesworth 等 (1979) 研究 Roman 南部 Roccamonfia 地区富钾火山岩后, 认为火山岩是由交代富集事件过程中产生的具有低 $\epsilon(\text{Nd})$ 和高 $\epsilon(\text{Sr})$ 的地幔储库经部分熔融形成的^[12]。Beccaluva 等 (1991) 主张意大利中部富钾火山岩起源于源区富

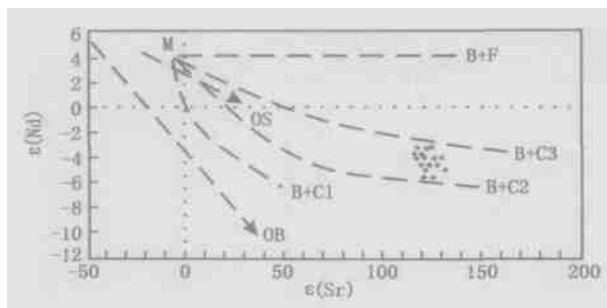


图4 新生代高钾钙碱岩系火山岩的 $\epsilon(\text{Sr})$ - $\epsilon(\text{Nd})$ 变异图(据 Eindler *et al.*,1986; Neumann *et al.*,1988; 李昌年,1992)

M. 亏损地幔源; B. 玄武岩源区; C1. 亏损的下地壳; C2. 亏损的中地壳; C3. 上地壳; F. 上地壳中的流体; OS. 大洋沉积物; OB. 大洋玄武岩

Fig.4 Diagram of $\epsilon(\text{Sr})$ - $\epsilon(\text{Nd})$ for the Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks

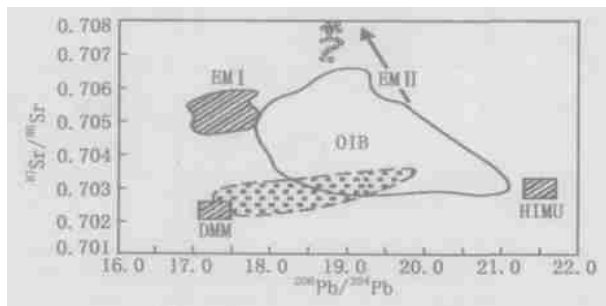


图5 新生代高钾钙碱岩系火山岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 关系图解
OIB. 洋岛玄武岩; 其余图例同图3

Fig.5 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ isotope correlation diagram for the Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks

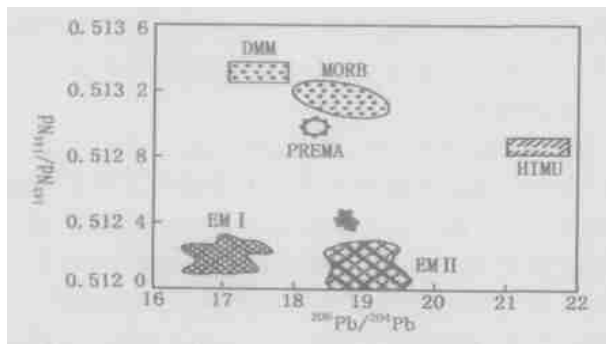


图6 新生代高钾钙碱性火山岩的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 关系图解(据 Zindler *et al.*,1986)
图例同图3

Fig.6 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ isotope correlation diagram for the Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks

集地幔的部分熔融,这种源区地幔的富集主要由俯冲壳源沉积物引起^[13]。Nelson (1992)根据对富钾火山岩同位素组成的系统研究,指出它们的岩浆源区受到过富大离子亲石元素的“交代”组分的混染,这些交代组分主要来源于俯冲的岩石圈,包括俯冲沉积物,尤其是受到了随俯冲进入地幔的大洋沉积物

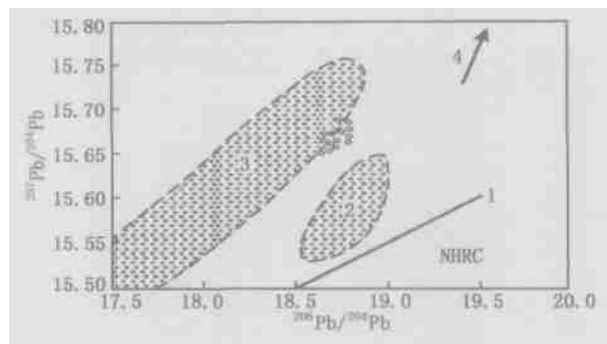


图7 不同源区地幔的Pb同位素组成(据 Norman *et al.*,1989)

1. NHRC. 北半球大洋玄武岩铅同位素组成的回归线;2. 软流圈地幔+消减组分;3. 大陆下岩石圈地幔;4. 富集U, Th的地壳铅同位素组成的趋势

Fig.7 Pb isotopic components of different mantle sources

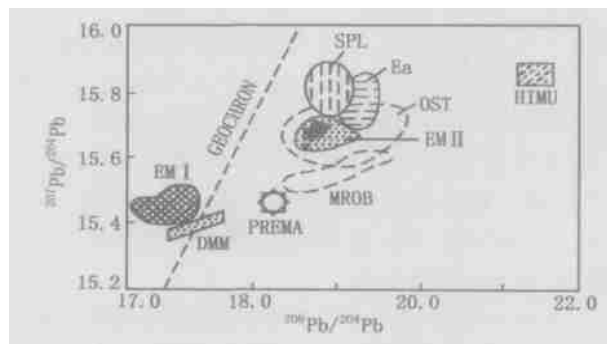


图8 高钾钙碱岩系火山岩的 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 投影图(据 Zindler *et al.*,1986)

GEOCHRON. 地球等时线; Ea. 东非裂谷熔岩; SPL. 西班牙钾镁煌斑岩; ROP. 意大利罗马钾质熔岩; OST. 大洋沉积物; 其他图例同图3

Fig.8 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ isotope correlation diagram for the Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks

的混染^[14]。Varne (1985)在研究 Sunda 弧富钾火山岩时指出,富钾组分来自碰撞带内或靠近碰撞带的陆下地幔^[15]。大量的研究证明这些高钾熔岩的源区最可能形成模式是某些地幔区经历强烈的富集作用,富集组分可能来自俯冲板片的古老基底,也可能来自古俯冲带形成时带入的地壳物质和大洋沉积物,它们以再循环的方式参与了深部的混合作用。这有力地支持了祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩源区为一强烈富集不相容元素和轻稀土元素的不均一富集地幔(EM II型地幔),而在消减作用过程中,地壳物质再循环进入地幔体系对于形成这种特殊类型的富集地幔具有重要意义。

关于源区的物质组成,采用了地球化学进行模拟计算。假设火山岩生成时大陆上地幔的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{M}}=0.7045$,且当时大陆下地壳的 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{LC}}=0.7272$ ^[9],已知祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩的平均 $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{s}}=0.7076$,可得方

程^[2]:

$$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{S}} = M \% \times (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{M}} + LC \% \times (^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_{\text{LC}}$$

式中: M % . 地幔物质所占的百分比; LC % . 地壳物质再循环进入地幔体系所占的百分比。

计算结果表明, 火山岩源区物质组成中地幔组分约占 75%, 而再循环进入地幔体系的地壳组分约占 25%。从火山岩中发现的深源包体的形成温压条件及来源深度来看^[7], 源区物质组成中的地壳组分主要成分应为麻粒岩, 代表了羌塘地块的变质基底。

5 结 论

5.1 通过对藏北祖尔肯乌拉山地区新生代高钾钙碱岩系火山岩 Sr, Nd, Pb 同位素成分的系统测试分

析表明, 火山岩具有相对高的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 和低的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ 值及高的 Pb 同位素组成的特点, 且 Sr, Nd, Pb 同位素比值变化范围很窄, 反映了其具有同源岩浆的特点, 并且经历了类似的地球化学动力学过程, 是相同的物源及相似的演化过程结果的反映。

5.2 Sr, Nd, Pb 同位素组成及相关图解判别表明, 新生代高钾钙碱岩系火山岩不是直接来源于正常地幔或地壳物质的重熔, 而是具有被大洋沉积物和地壳物质所混合的富含大离子亲石元素和轻稀土元素的不均一富集地幔源区, 与 EM II 富集地幔源特征一致。

5.3 俯冲地壳物质再循环进入地幔体系对于这种特殊类型的不均一富集地幔形成具有重要意义。火山岩源区物质组成中地幔组分约占 75%, 而再循环进入地幔体系的地壳物质约占 25%。

参考文献

- [1] Turner S, Armand N, Liu J G, *et al.* Post-collision shoshonitic volcanism on the Tibetan Plateau: Implications for convective thinning of the lithosphere and the source of ocean island basalts [J]. *Journal of Petrology*, 1996, 37: 45 - 71.
- [2] 邓万明 青藏高原北部新生代板内火山岩[M]. 北京: 地质出版社, 1996, 139 - 147.
- [3] Miller C, Schuster R, Klotzli U, *et al.* Post-collisional potassic and ultrapotassic magmatism in SW Tibet, Geochemical and Sr-Nd-Pb-O isotopic constraints for mantle source characteristics and Petrogenesis [J]. *Journal of Petrology*, 1999, 40: 1399 - 1424.
- [4] 刘嘉麒 中国火山[M]. 北京: 科学出版社, 1989, 53 - 135.
- [5] 赖绍聪, 刘池阳 青藏高原北羌塘榴辉岩质下地壳及富集型地幔源区[J]. *岩石学报*, 2001, 17 (3): 459 - 468.
- [6] 林金辉, 伊海生, 赵兵等 藏北祖尔肯乌拉山地区新生代火山岩 ^{40}Ar - ^{39}Ar 同位素定年及其意义[J]. *矿物岩石*, 2003, 23 (3): 31 - 34.
- [7] Lin Jinhui, Yi Haisheng, Deng Bin. Geochemistry of Cenozoic high-K calc-alkaline volcanic rocks series and its implication in Northern Tibetan Plateau [A]. Abstract volume of the 18th Himalaya-Karakoram-Tibet workshop (Switzerland) [C]. 2003, 76 - 77.
- [8] 王碧香, 叶和飞, 彭勇民 青藏羌塘盆地新生代火山岩同位素地球化学特征及意义[J]. *地质论评*, 1999, 45 (增刊): 946 - 951.
- [9] Depaolo D J. Crustal growth and mantle evolution: inference from models of element transport and Nd isotopes [J]. *Geochim Cosmochim Acta*, 1980, 44: 1185 - 1196.
- [10] Hart S R. A large-scale isotope anomaly in the southern Hemisphere mantle [J]. *Nature*, 1984, 309: 753 - 757.
- [11] Norman M D, Leeman W P. Geochemical evolution of Cretaceous magmatism and its relation to tectonic setting, southwestern Idaho, U. S. A [J]. *Earth Planet Sci Lett*, 1989, 94: 78 - 96.
- [12] Hawkesworth C J, Vollmer R. Crustal contamination versus enriched mantle: $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ and $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ evidence from the Italian volcanics [J]. *Contrib Min Petrol*, 1979, 69: 151 - 165.
- [13] Beccaluva L, Di Girolamo P, Serri G. Petrogenesis and tectonic setting of the Roman Province, Italy [J]. *Lithos*, 1991, 26: 191 - 261.
- [14] Nelson D R. Isotopic characteristics of potassic rocks: evidence for the involvement of subducted sediments in magma genesis [J]. *lithos*, 1992, 28: 403 - 420.
- [15] Varne R. Ancient subcontinental mantle: a source for k-rich orogenic volcanics [J]. *Geology*, 1985, 13: 405 - 408.

STUDY ON ISOTOPIC GEOCHEMISTRY OF CENOZOIC HIGH-K CALC-ALKALINE VOLCANIC ROCKS IN THE ZUERKENGWULA MOUNTAIN AREA, NORTHERN TIBET

LIN Jin-hui, YI Hai-sheng, SHI Zhi-qiang,
ZHAO Bin, LI Bao-hua, HUANG Ju-jun
(Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: The characteristics of radiogenic Sr, Pb and unradiogenic Nd show that the Cenozoic high-K calc-alkaline series volcanic rocks from Zuerkengwula mountain area in Northern Tibetan Plateau have a relatively high value of $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, a relatively low value of $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ and a relatively high Pb isotopic composition. Sr, Nd and Pb isotopic composition also vary at a small range, indicating that Cenozoic high-K calc-alkaline series volcanic rocks in the region have the

same magma source with a similar geochemistry dynamils. The characteristics of isotopic geochemistry infer that Cenozoic high-K calc-alkaline series volcanic rocks were from the partial melting of the inhomogeneously enriched EM II mantle, in which the crustal material and oceanic sediments were largely involved.

Key words: isotopic geochemistry; high-K calc-alkaline series volcanic rocks; Cenozoic period; enriched EM II mantle; Northern Tibet

ISSN 1001-6872 (2004)04-0059-06; CODEN: KUYAE 2

Synopsis of the first author: Lin Jinhui, male, 38 years old, an associate professor of mineralogy, mineral deposit and petrology. Now he is engaged in the research of lithogeochemistry and mineral materials.

2004 年国际首届“Rocks for Crops”学术会议报告

国际首届“Rocks for Crops”学术会议(The First International Workshop on “Rocks for Crops”)于2004年11月7日—14日在巴西首都巴西利亚国际饭店召开,会议由联合国教科文组织(UNESCO)和国际发展研究中心(The International Development Research Centre—IDRC)主办,巴西利亚大学可持续发展中心(The Centre for Development, University of Brasilia)承办。会议组委会名誉主席由著名的前国际地科联主席William S. Fyfe教授担任,会议执行主席由Peter van Straaten(加拿大Guelph大学)和Othon Henry Leonardos(巴西利亚大学)担任,秘书长由Suzi Huff Theodoro(巴西利亚大学)担任,组委会其他成员有Leonardo Rezende(巴西)、Fernando J. A. S. Barriga(葡萄牙)、Bashir Jama(肯尼亚)、Rita M. F. F. Fonseca(葡萄牙)。我国中国地质大学周学武副教授、申俊峰博士应邀参加了此次会议。

利用岩石及相关物质(如污泥、水体淤泥、粉煤灰、有机物质等)改良退化土地、进行生态环境恢复、取得较大的社会和经济效益、实现可持续发展已是当今全球人类社会共同面临的重大课题,怎样充分利用地球呈献给人类各种物质(包含各种废弃物),使社会发展与人口、资源、环境相协调并具可持续性已引起各国专家的关注。正值此刻,国际首届“Rocks for Crops”学术会议得以召开,其目的意在提供一个平台,使得各国及各个领域包括农业、地质、环境的专家们云集一起相互认识、并就怎样服务于农业方面的问题相互交流、相互探讨,以至相互合作、相互促进。

参加此次会议的专家和学者有近百人,分别来自九个国家(加拿大、中国、阿根廷、印度尼西亚、肯尼亚、葡萄牙、南非、日本、巴西)。其中有21名专家在会上作了专题报告,8名学者在会议期间进行了成果展示。值得提出的是,我国学者在此次会议上作的题为“利用水库淤泥、粉煤灰、污泥复垦贫瘠土地及植树试验”(Rehabilitation of Barren Soil by the Usage of Reservoir Sediments, Coal Ash, Sewage and Planting Experiments)的专题报告及其相关的展示资料,因其总结了五年的工作成果、数据量大且分

析细致、改良沙漠、沙地、盐碱地效果显著、图文并茂、资料系统,引起了与会各国专家的强烈关注,并纷纷索取相关资料,表示要到中国参观访问、学习交流。

此次会议分两个阶段,第一阶段是在室内进行专题报告和成果展示。地点在巴西利亚。在此期间,各国专家包括环境的、地质的、农业的及农业地质的方面的学者主要围绕农业地质、生态环境为主题展开讨论,主要涉及农用矿物岩石面临的挑战与机遇、岩石肥料及环境、农业地质发展前景、利用岩石、固体废弃物(水库淤泥、粉煤灰、污泥)改良土壤的现状及其前景等几方面的问题。对全球土地、生态、环境的现状及发展,各国的相关政策、土壤改良的方法与技术、前沿课题与动态和各种不同的土壤改良模式等领域进行了充分的探讨。此外,在会议期间,由Fernando J. A. S. Barriga(葡萄牙)主持,召开了国际IGCP501首次年会,深入讨论了国际对比项目“*Soil regeneration with erosion products and other wastes*”的有关事项,该项目国际核心领导小组由Fernando J. A. S. Barriga(葡萄牙)、William S. Fyfe(加拿大)、Othon Leonardos(巴西)、李胜荣(中国)和Kazuo Tazaki(日本)等五人组成(李胜荣教授是该项目的中国组组长),并已确定三个重点研究区域:巴西的Tucuruí及Tres Marias排灌区、中国的包头地区和葡萄牙的Alqueva大坝。会议决定第二次国际IGCP501年会将于2005年在中国北京召开。

第二阶段是在野外进行实地考察,主要是参观帕图斯地区一个农场试验田、一个风化或半风化的火山凝灰岩及超基性熔岩的露头和一个产于寒武底部的磷酸盐露天开采的矿山及其选矿厂。会议决定:1、成立国际“Rocks for Crops”协会(International Association of Rocks for Crops),我国学者申俊峰博士作为该协会的中方联系人;2、将每两年召开一次国际“Rocks for Crops”会议,第二届于2006年在肯尼亚召开,第三届于2008年在中国召开。

周学武 申俊峰
中国地质大学(武汉)