

克里阳钾镁煌斑岩同位素地球化学特征

赵 磊¹⁾ 李友枝²⁾ 崔 彬¹⁾ 张照志³⁾ 李 剑¹⁾ 柳玉龙¹⁾

(1) 中国地质大学, 北京, 100083; 2) 国家地质调查局发展中心, 北京, 100037;

3) 中国国土资源经济研究院, 河北 燕郊, 101149)

P59 A

摘 要 通过研究表明, 克里阳钾镁煌斑岩的 $\delta^{13}\text{C}$ 值为 $-2.7\text{‰} \sim -3.3\text{‰}$, $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+14.57\text{‰} \sim +16.43\text{‰}$ 。其相容元素 Cr、Ni, 不相容元素 Ba、Sr、Nb、Ta、Zr、Hf、Th 含量比较亏损, 惰性元素及放射性生热元素等(除 U 外)均较亏损, 极亏损高场强元素 Nb、Ti、Ta, 说明其产出可能与古俯冲作用有关。这些特征均表明, 该区钾镁煌斑岩比较完好地保存着源区特征。克里阳钾镁煌斑岩的 Sr 初始比值为 0.70807, 与国际同类岩石相比有些偏高, 在中国属中度; Pb 同位素比值 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.3556。从 Pb、Sr 同位素组成及其他地球化学特征来看, 它们很可能也反映了一种亏损地幔为主和再循环的壳源物质的混合作用。

关键词 克里阳 钾镁煌斑岩 稳定同位素 放射性成因同位素

Isotope Geochemical Characteristics of Lamproite from Keliyang, Xinjiang

ZHAO Lei¹⁾ LI Youzhi²⁾ CUI Bin¹⁾ ZHANG Zhaozhi³⁾ LI Jian¹⁾ LIU Yulong¹⁾

(1) China University of Geosciences, Beijing, 100083; 2) Development Center, China Geological Survey, Beijing, 100037;

3) China Institute of Economy for Land and Resources, Yanjiao, Hebei, 101149)

Abstract In this paper, the authors have mainly studied stable and radioactive isotope characteristics of lamproite from Keliyang, Xinjiang. $\delta^{13}\text{C}$ and $\delta^{18}\text{O}$ are $-2.7 \sim -3.3\text{‰}$ and $+14.57 \sim +16.43\text{‰}$ respectively. The content of compatible elements Cr and Ni and that of incompatible elements Ba, Sr, Nb, Ta, Zr, Hf and Th are relatively depleted, the inert elements and radioactive heat-generating elements are all relatively depleted except for U, and the high field-density elements Nb, Ti and Ta are strongly depleted, suggesting that the origin of the lamproite is related to the subduction. All of these characteristics indicate that the lamproite has preserved the features of its source area. A comparison is made between this lamproite and lamproite in other areas of the world. The initial Sr ratio is 0.70807, which is somewhat high compared with the similar rocks in the world. The $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ratio is 18.3556, which is rather high. From the Pb and Sr isotopic composition and other geochemical characteristics of the lamproite, it is concluded that it was produced through the mixture of the depleted mantle with the recycling crustal materials.

Key words Keliyang lamproite stable isotope radioactive isotope

克里阳钾镁煌斑岩(赵磊等, 1998)位于塔里木地台南缘皮山县恼阿巴提塔吉克自治乡。岩石的矿物组成、岩相学特征、常量元素、微量元素和稀土元素^①(李友枝等, 2000)均位于世界钾镁煌斑岩范围内, 但属于含金金刚石性较差者。本文主要讨论其稳定同位素和放射性同位素特征。

1 稳定同位素特征

钾镁煌斑岩稳定同位素研究程度较低, 只有少

数学者对 O 同位素做了些工作。C 同位素目前只有国内钾镁煌斑岩中有报道。克里阳钾镁煌斑岩全岩 C、O 同位素结果见表 1, 其中 $\delta^{13}\text{C}$ 为 $[\text{EPMAI}] - 2.7\text{‰} \sim -3.3\text{‰}$ 。松尾赧士(1985)认为 $\delta^{13}\text{C}$ 为 $-8\text{‰} \sim -5\text{‰}$ 之间的碳酸岩、金刚石及金伯利岩中的碳均为原生碳或深部碳。由此可以认为, 该区钾镁煌斑岩的碳主要是来自地幔的, 但其值比幔源含碳物质的 C 同位素范围($-7\text{‰} \sim -5\text{‰}$)和国内镇远、宁乡钾镁煌斑岩(分别为 $-9.92\text{‰} \sim -7.35\text{‰}$,

本文由国家自然科学基金项目(49973013)和国家地质调查局(科[2003]003-01)资助。

责任编辑: 宫月萱。

第一作者: 赵磊, 女, 教授, 从事与金刚石有关的科学研究和找矿工作; E-mail: zhaolei@cugb.edu.cn。

① 赵磊, 何明跃, 李友枝等. 2001. 新疆和田钾镁煌斑岩的地质概况和岩相学特征. 第三届海峡两岸三地及世界华人地质学研讨会文集. 457~460.

-8.83‰~-5.90‰)重得多,可从以下 3 个方面得到解释:①可能岩浆源区本身 $\delta^{13}\text{C}$ 偏高,存在富含 CO_2 的流体;②岩浆在运移过程中稳定同位素也会有分馏现象,重的滞留下来,轻的则因脱气作用而失去^①,因为岩浆从源区部分熔融到上升侵位,经历了复杂的演化过程,测出的只是最终的同位素结果;③地壳的混染也是原因之一,俯冲的再循环物质和围岩都可能导致混染。其中第一点和第三点是重要原因,可以从不相容元素 Ba、Sr,高场强元素 Nb、Ta 的特点和重稀土及 CO_2 质量百分数较高(2.33%~10.51%,平均 5.16%)上得到一些解释和证据。

表 1 克里阳钾镁煌斑岩的 C、O 同位素

Table 1 C and O isotopes of the lamproite in Keliyang

样号	产状	$\delta^{13}\text{C}_{\text{TPB}}/\text{‰}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}/\text{‰}$
96b01	1 号脉	-3.1	+16.43
k4-2	2 号脉	-2.8	+15.70
k4-3	2 号脉	-3.3	+14.57
k4-12	2 号脉	-2.7	+14.78
Zkl-1	转石	-3.2	+15.29
kly-1	转石	-3.0	+14.88
kly-4	转石	-2.7	+15.29

注: $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 是根据实测 $\delta^{18}\text{O}_{\text{TPB}}$ 经 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 1.03086\delta^{18}\text{O}_{\text{TPB}} + 30.86$ 算出的;分析单位:国家地震局地质研究所,分析方法:100%磷酸法,分析人:上官志冠。

Ba 主要赋存于柱红石、金云母、透长石和富 Ba 的磷灰石等矿物中,Sr 主要赋存于磷灰石和钙钛矿中,也少量存在于透辉石、柱红石和钾碱镁闪石中。各地钾镁煌斑岩的 Ba 含量变化范围较大,国外含矿钾镁煌斑岩的 Ba 含量为 $7\,550 \times 10^{-6}$ (Bergman, 1987),通常超过 $5\,000 \times 10^{-6}$,Sr 含量一般大于 $1\,000 \times 10^{-6}$ 。Ba 含量为 $(99.4 \sim 639.8) \times 10^{-6}$,平均为 365.34×10^{-6} ;Sr 含量为 $(260.2 \sim 922.5) \times 10^{-6}$,平均为 435.24×10^{-6} ,与上述含矿钾镁煌斑岩相差较大,但与国内宁乡钾镁煌斑岩[Ba 为 $(64.46 \sim 4\,128) \times 10^{-6}$,Sr 为 $(261.8 \sim 714.8) \times 10^{-6}$]可比,其中绝大部分 Sr 含量落入西金伯利岩和西班牙金云母钾镁煌斑岩变化范围内[分别为 $(484 \sim 2\,881) \times 10^{-6}$ 和 $(384 \sim 898) \times 10^{-6}$]。该区岩石金云母含量比较丰富,而 Ba 却如此亏损,可能与源区本身特征有关。在 Ba-Sr 相关图上(图 1),该

区岩石投点落入南非 I 型金伯利岩和阿盖尔钾镁煌斑岩范围内。

研究区钾镁煌斑岩惰性元素及放射性生热元素 Th、U 含量为 Nb $(7.32 \sim 15.13) \times 10^{-6}$,平均为 12.52×10^{-6} ,Ta 为 $(1.58 \sim 2.88) \times 10^{-6}$,平均为 2.09×10^{-6} ,Zr 为 $(72.83 \sim 121.4) \times 10^{-6}$,平均为 107.85×10^{-6} ,Hf 为 $(3.06 \sim 5.72) \times 10^{-6}$,平均为 4.89×10^{-6} ,Th 为 $(1.62 \sim 7.59) \times 10^{-6}$,平均为 5.4×10^{-6} ,U 为 $(2.24 \sim 3.91) \times 10^{-6}$,平均为 3.16×10^{-6} 。同 Rock (1990)的统计值相比,除 U 外,其余元素均比较亏损。Nb、Ta 主要寄存于钙钛矿及其他钛硅酸盐中。该区岩石的 Nb 含量范围在西班牙金云母钾镁煌斑岩范围 $[(10 \sim 53) \times 10^{-6}]$ 之间,与苏联穆伦钾镁煌斑岩 (12×10^{-6}) 相近。另外,高场强元素的亏损,可能与构造有一定关系。所有地中海的钾镁煌斑岩和钾质岩石(包括西班牙钾镁煌斑岩)均与俯冲和造山作用有关,它们在化学成分上均具贫 Ti、Nb 的特点。如苏联阿尔丹地盾的钾镁煌斑岩强烈地亏损高场强元素(Mahotkin 等, 1995)。该区岩石 Nb、Ti、Ta 的亏损反映出与以两地钾镁煌斑岩可能有相似的产出构造条件。这样的构造条件,必然带有相应的源区成分特征。

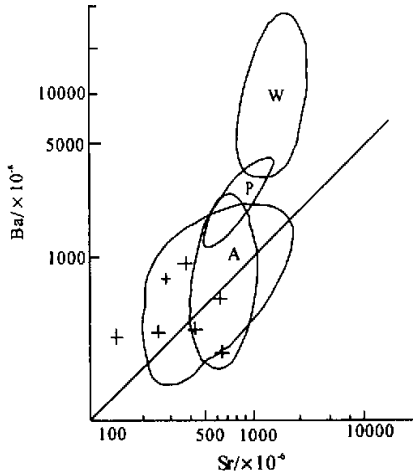


图 1 克里阳钾镁煌斑岩 Ba-Sr 相关图
(引自刘观亮等,1993)

Fig. 1 The correlative chart of Ba-Sr of lamproite in Keliyan
(after Liu Guanliang et al., 1993)
A- 阿盖尔钾镁煌斑岩; W- 西金伯利钾镁煌斑岩;
P- 西班牙钾镁煌斑岩; I- 南非; + - 克里阳
A Argel Lamproite; W- West-Kimberly Lamproite;
P Spain Lamproite; I- S. Africa; + - Keliyang

① 上官志冠面告, 1999.

钾镁煌斑岩的 $\delta^{18}\text{O}$ 值几乎比所有地幔导源的原生岩浆要高, 为 $+7\text{‰} \sim +12\text{‰}$, 研究区岩石 $\delta^{18}\text{O}$ 值为 $+14.57\text{‰} \sim +16.43\text{‰}$, 与宁乡钾镁煌斑岩 ($+9.7\text{‰} \sim +15.8\text{‰}$) 可比, 低于镇远钾镁煌斑岩 ($+19.02\text{‰} \sim +21.49\text{‰}$)。与国外钾镁煌斑岩为数不多的数据相比明显偏高。Kirkley 等 (1989) 曾把这种 $\delta^{18}\text{O}$ 偏高现象解释为围岩与岩体的相互作用造成的。

2 放射性同位素特征

自 Smith (1983) 根据 Pb、Sr、Nd 同位素组成把金伯利岩划分出来源和成因有所差异的 I、II 类金伯利岩以来, 金伯利岩和钾镁煌斑岩同位素地球化学已越来越受到国内外地质学家的重视, 因为它不仅对了解岩浆成因, 而且对探讨地幔交代作用及壳幔演化都十分重要。据 Fraser 等 (1985) 和 Nelson 等 (1989a) 的研究, 钾镁煌斑岩展示出远远超出海洋和大陆玄武岩的 Pb、Sr、Nd 同位素组成范围。此次研究测定了克里阳钾镁煌斑岩及其中矿物的 Sr、Pb 同位素和 Rb-Sr 等时线年龄 (表 2)。Rb、Sr 丰度与化学方法测得的结果较为一致。其 Sr 初始比值为 0.70807, 有些偏高。从世界范围来看, 钾镁煌斑岩的 Sr 同位素组成变化很大, 通常金云母钾镁煌斑岩

比橄榄石钾镁煌斑岩富集放射性 Sr。西澳西金伯利岩和西班牙钾镁煌斑岩的 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 较高, 分别可高达 0.7215 和 0.72073, 而北美和西格陵兰的钾镁煌斑岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 则较低, 小于 0.706 (Mitchell 等, 1991)。本区钾镁煌斑岩 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 初始比与宁乡钾镁煌斑岩 (0.70812) 和南极 Gaussberg 钾镁煌斑岩 (0.70923~0.70978) 相似。

本区钾镁煌斑岩的 Pb 同位素比值 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 18.3556, 国外钾镁煌斑岩中只有西班牙钾镁煌斑岩该值大于 18 (18.66~18.82), 其他均小于 18, 最低者如西格陵兰钾镁煌斑岩只有 14.23~15.01 (Mitchell 等, 1991)。其 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.6126 (西班牙的为 15.69~15.74), 在 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ~ $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 图 (图 2) 上, 该区岩石投点位于平均地幔铅生长线上、零等时线左侧、与西班牙钾镁煌斑岩和 II 型金伯利岩之间略近前者处。Nelson (1989b) 曾认为西班牙钾镁煌斑岩的这种 Pb 同位素组成是由于具高放射性 Pb 的陆壳或沉积物与具低 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比的亏损 MORB 地幔源区的混合作用造成的。从钾镁煌斑岩的 Pb、Sr 同位素组成及其他地球化学特征来看, 可能也反映了一种亏损地幔和再循环的壳源物质的混合作用。

表 2 克里阳钾镁煌斑岩 Sr、Pb 同位素分析结果

Table 2 The analytic result about Sr and Pb isotopes of the lamproite in Keliyang

样 品	Rb ($\times 10^{-6}$)	Sr ($\times 10^{-6}$)	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
Zkl-1 全岩	209.4	379.0	1.600	0.715636	0.70807	18.3556	15.6126	38.544
长石	191.6	1068	0.5194	0.710414	—	—	—	—
金云母	602.4	118.2	1.475	0.776839	—	—	—	—
透辉石	4.988	1.580	0.09141	0.713319	—	—	—	—
NX	69.99	704.53	0.2874	0.70880	0.70812	—	—	—
WK	—	—	—	—	0.70228~0.72150	17.23~17.88	15.69~15.80	37.80~38.59
MAP	—	—	—	—	0.71360~0.72073	18.66~18.82	15.69~15.74	39.03~39.20

注: $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 是经过年龄校正的初始比; WK、MAP 为西澳和西班牙钾镁煌斑岩 (引自 Mitchell and Bergman, 1991), NX 为国内宁乡钾镁煌斑岩 (引自池际尚等, 1996); 分析单位: 中国地质科学院地质所同位素研究室。

3 讨论

克里阳钾镁煌斑岩的相容元素 Cr、Ni, 不相容元素 Ba、Sr、Nb、Ta、Zr、Hf、Th 含量均比较亏损, 低于西澳等典型钾镁煌斑岩, 与原苏联穆伦、秘鲁南部的钾镁煌斑岩可比; 惰性元素及放射性生热元素等

(除 U 外) 均较亏损; 极亏损高场强元素 Nb、Ti、Ta, 表明其产出可能与古俯冲作用有关。这些特征均表明, 该区钾镁煌斑岩比较完好地保持着源区特征。因此, 克里阳钾镁煌斑岩的 C 同位素偏重, $(^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr})_i$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 偏高, 可能主要为源区的成分特征, 次为壳源物质混染所致。O 同位素位于国

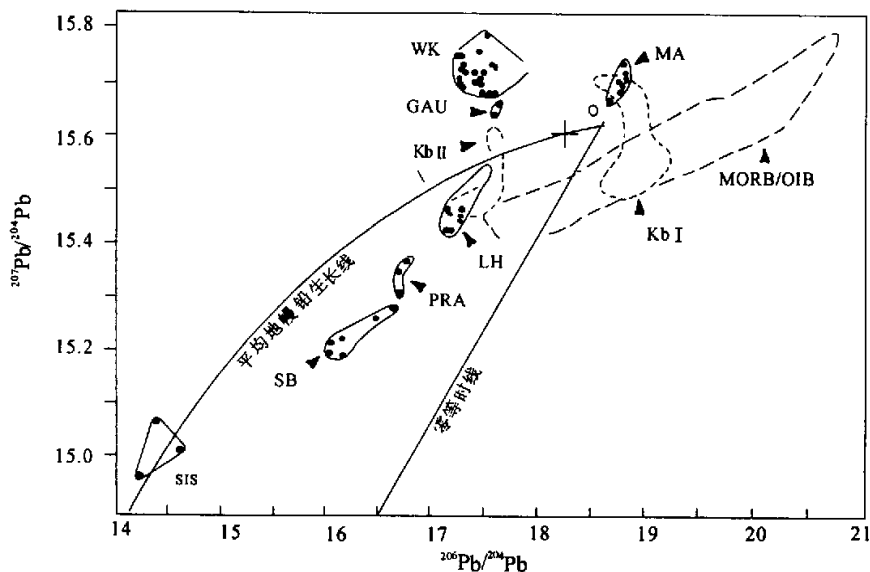


图2 钾镁煌斑岩和金伯利岩中的 Pb 同位素组成(据 Mitchell 等, 1991)

Fig.2 The Pb isotopes composition in lamproite and kimberlite(据 Mitchell 等, 1991)

钾镁煌斑岩和金伯利岩产地: WK-西金伯利; MA-西班牙; GAU-南极; LH-白榴石; PRA-草原溪; SB-烟峰;

SIS-西格陵兰; kbl-I 型金伯利岩; kblII-II 型金伯利岩; MORB/OIB-洋中脊玄武岩/洋岛玄武岩; + -克里阳钾镁煌斑岩

Locality of lamproite and kimberlite: WK-West Kimberly; MA-Spain; GAU-Antarctic area; LH-Jusite hill; PRA-prairie stream; SB-smoke beacon;

SIS-West Greenland; kbl-I-Kimberlite; kblII-II-Kimberlite; MORB/OIB-Mid-ocean ridge basalt/ocean island basalt; + -lamproite, Keliyang

内镇远和宁乡钾镁煌斑岩之间。

从该区钾镁煌斑岩的 Pb、Sr 同位素组成及其他地球化学特征看, 它们很可能反映的是一种亏损地幔为主和再循环的壳源物质的混合作用。

参考文献

- 李友枝, 赵磊, 何明跃等. 2000. 西昆仑阳地区钾镁煌斑岩岩石学特征及其意义. 现代地质, 14(4): 385~391.
- 李桂茹(译). 1985. 地幔中挥发分的分布及其化学形式. 地震地质译丛, 7(3): 25~29.
- 赵磊, 何明跃, 李友枝等. 1998. 塔里木地台南缘发现钾镁煌斑岩. 现代地质, 12(4): 555~558.

References

- Bergman S C. 1987. Lamproites and other potassium-rich igneous rocks: A review of their occurrence, mineralogy and geochemistry. In: Fitton J G and Unton B G J (eds), Alkaline Igneous Rocks. Geological Society Special Publication, (30): 103~190.
- Fraser K J, Hawkesworth C J, Erlank A J et al. 1985. Sr, Nd and Pb isotope and minor element geochemistry of lamproites and kimberlites. Earth Planet. Sci. Lett., 76: 57~70.
- Li Guiru. 1985. Earthquake Geology. Translations, 7(3): 25~29. trans-

lated from 27-Международный Геологический Конгресс, 1984, CII, Tom II, 103~109(in Chinese).

- Zhao Lei, He Mingyue, Li Youzhi et al. 1998. Discovery of lamproite in south margin of Tarim Platform, China. Geoscience, 12(4): 555~558(in Chinese with English abstract).
- Li Youzhi, Zhao Lei, He Mingyue et al. 2000. Lamproite petrologic characteristics and their significance, Keligang, west Kunlun. Geosciences, 14(4): 385~391(in Chinese with English abstract).
- Mitchell R H, Bergman S C. 1991. Petrology of lamproites. Plenum Press, New York.
- Mahotkin Stolz I L, Zhuraviev D I. 1995. Mantle sources of Low-Ti lamproites from the Mesozoic collision zone of the Aldan shield East Siberia: Geochemical and Sr-Nd-Pb isotope evidences. 6th IKC Extended Abstracts, 339~341.
- Mitchell R H, Bergman S C. 1991. Petrology of lamproites. Plenum Press, New York.
- Nelson D R. 1989a. Isotopic characteristics and petrogenesis of the lamproites and kimberlites of central West Greenland. Lithos, 22: 265~274.
- Rock N M S. 1990. Lamprophyres: the global occurrence, petrology, origin and economic significance of some rocks of deep origin. Blackie. Glasgow.
- Smith Craig B. 1983. Pb, Sr and Nd isotope evidence for sources of African Cretaceous kimberlites. Nature, 304: 51~54.