

峨眉山玄武岩铂族元素地球化学

漆亮,周美夫,赵正,胡静,叶国法

(中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室,贵州 贵阳 550002)

铂族元素是了解部分熔融,核-幔-壳-幔相互作用,岩浆起源及演化有效的示踪剂。由于铂族元素在地质样品中分布极不均匀,含量低且具有块金效应,需要一个具有空白值低,取样量大,重现性好的测定低含量全部铂族元素的分析方法才能得到准确高、重现性好的分析结果。

国外学者在研究大陆溢流玄武岩铂族元素方面作了一些工作(Crocke等,2004)。但在这些研究中基本上都没有报道全部铂族元素的数据,一般都缺少Os和Rh的数据,这可能是由于玄武岩中Rh含量太低而火试金方法中Cu和Ni严重干扰Rh的测定而导致产生较大的误差,而Os由于其挥发性,准确测定较困难。

峨眉山玄武岩大火成岩省形成于260 Ma前,位于二叠纪茅口组灰岩和宣威组之间,来源于地幔柱,广泛分布于我国西南地区的云南,四川和贵州三省。目前我国对于峨眉山玄武岩中的铂族元素研究处于起步阶段(张成江等,1998;李晓敏等,2003),对峨眉山玄武岩剖面铂族元素的系统研究至今尚未见报道。主要是由于目前准确测定低含量全部铂族元素较困难。本文通过改进铂族元素的测定方法,对两个玄武岩剖面的铂族元素及Re-Os同位素地球化学进行了系统的研究。

1 样品描述

黑石头位于贵州省威宁县,整个剖面分为12个岩流,所采样品新鲜,所有样品均为高钛玄武岩。

龙帚山位于四川省攀西地区会理和米易县交界处,整个剖面分为4个旋回(梅厚钧等,

2003)。第一和第二旋回为高钛玄武岩,第三旋回为碱性玄武岩,第四旋回为玄武安山岩。

2 分析方法

本研究采用卡洛斯管结合高压釜的溶样方法,将卡洛斯管置于高压釜中,密封在高压釜中的水在高温下产生的外压将会抵消卡洛斯管中由酸溶液产生的内压,避免了传统的卡洛斯管在高温高压下可能发生爆炸危险,这样可以增大取样量至约12克,提高溶样温度至300℃。Re, Os, Ir, Ru和Rh的全流程空白值小于0.002ng/g, Pt和Pd的全流程空白值小于0.02ng/g。具体操作手续参见漆亮等(2006)。

3 峨眉山玄武岩铂族元素地球化学

3.1 Re-Os同位素地球化学

由于在壳幔演化过程中,Os是相容元素,而Re是中等不相容元素,因此Os在地壳中含量极低并且有较高的Re/Os比值,从而产生较高的 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 同位素值。从图1可以看出,低含量Os样品其 $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ 同位素初始值变化相对较大且高于地幔初始值(0.1290 ± 0.0009),表明Os同位素组成对地壳混染非常灵敏。

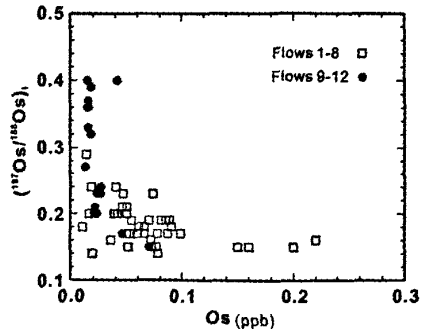


图1 贵州威宁黑石头Os同位素变化图

基金项目:国家自然科学基金(40573049)

作者简介:漆亮,男,1964年生,研究员(博导),主要从事化学分析和PGE地球化学研究

3.2 IPGE 和 PPGE 的相互分异

一般来说在基性岩浆分异过程中, IPGE (Os, Ir 和 Ru) 是相容的, 而 PPGE (Rh, Pd 和 Pt) 是不相容的。由于所有铂族元素在硫化物分异过程中的分配系数差别不大, 因此硫化物分异不可能造成 IPGE 和 PPGE 的相互分异。从图 2 可以看出 IPGE 和 PPGE 发生了明显的分异, 这可能是岩浆演化过程中橄榄石或铬铁矿分异的结果。

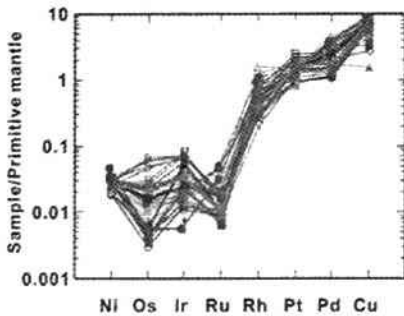


图 2 贵州威宁黑石头铂族元素原始地幔配分图

3.3 Pt 和 Pd 的相互分异

原始地幔的 Pt/Pd 比值为 1.82, 而黑石头 Pt/Pd 比值变化范围是 0.54 ~ 2.12, 大部分低于 1.82。说明 Pt 和 Pd 发生了分异。由于 Pt 在结晶分异过程中比 Pd 有相对较大的分配系数 (Momme 等, 2002), Pt/Pd 比值的降低可能与结晶分异有关。从图 3 可以看出 Pt/Pd 与 Pd/Ir 呈明显的负相关关系, 而 Pd/Ir 比值与结晶分异有关, 因此 Pt/Pd 比值的降低可能是由于结晶分异的结果。

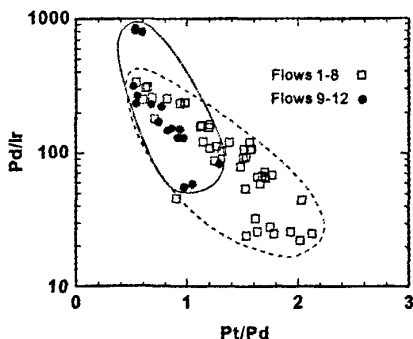


图 3 贵州威宁黑石头 Pt/Pd 与 Pd/Ir 变化图

3.4 Ru 的负异常

从图 2 和图 4 可以看出, 威宁黑石头和攀西龙带山铂族元素原始地幔配分图中都存在明显 Ru 负异常。其中龙带山碱性玄武岩中 3 个含 Cr 较高的样品具有非常平滑的配分曲线 (图 4)。笔者认为, 硫钨矿或 Ru-Os-Ir 合金与铬铁矿在结晶分异过程中共沉淀是 Ru 负异常的原因。因为硫钨矿在一定硫逸度下, 于 1250°C 的基性岩浆中是稳定的 (Brenan 和 Andrews, 2001)。当结晶分异发生时, 硫钨矿可以被铬铁矿捕获, 从而使得基性岩浆 Ru 负异常, 而铬铁矿或橄榄石中 Ru 呈正异常。

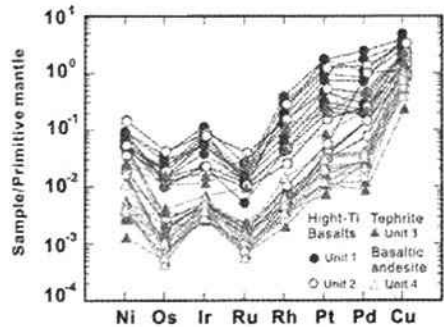


图 4 攀西龙带山铂族元素原始地幔配分图

其他学者也报道了玄武岩中 Ru 负异常 (Chazey 和 Neal, 2005), 超基性岩和铬铁矿中 Ru 呈正异常现象 (Aulbach 等, 2004;)。

3.5 硫化物分异及结晶分异

由于在硫化物分异过程中 PGE 的分配系数 (3×10^4) 大于 Cu 和 Ni (400 ~ 1000), 因此 Cu/Pd 比值是指示硫化物分异的灵敏指示剂。当岩浆发生硫化物分异时, 在基性岩浆中 Pd/Ir 比值保持相对稳定, 而 Cu/Pd 比值将增加且变化较大。当岩浆发生结晶分异时, 由于 Ir 是相容的而 Pd 是不相容的元素, Pd/Ir 比值将增加。

黑石头样品中 Pt 和 Pd 的含量变化分别为 6.2 ~ 16.9 和 4.2 ~ 18.3 ng/g, Cu/Pd 变化范围为 6739 ~ 40758, Pt 和 Pd 含量与没有经过硫化物分异的格林兰玄武岩基本相当 (Pt: 6.8 ~ 12.1; Pd: 7.2 ~ 16.5 ng/g) (Momme 等, 2002), 表明黑石头玄武岩没有经过硫化物分异。但其 Cu/Pd 比值大部分高于原始地幔值 (7692), 暗

示某些样品有硫化物分异倾向。Pd/Ir 比值的变化范围较大(20~800),表明其结晶分异程度差别较大。

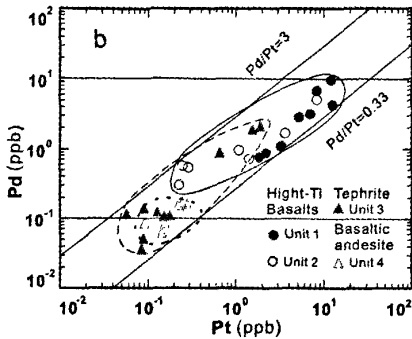


图5 攀西龙带山 Pt 和 Pd 的相关图

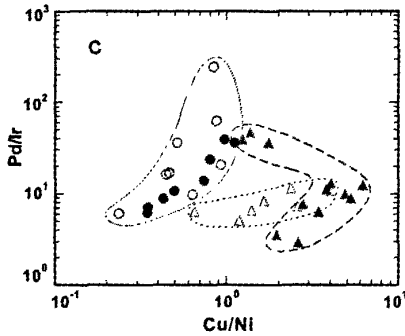


图6 攀西龙带山 Pd/Ir 和 Cu/Ni 的相关图

龙带山高钛玄武岩样品 Pt 含量变化范围为 0.22~12.5, Pd 为 0.55~9.4, Cu/Pd 变化范围为 40240~159667。玄武安山岩 Pt 和的平均含量分别为 0.2 和 0.12 ng/g, Cu/Pd 变化范围为 130000~370492。表明其高钛玄武岩经过了一定程度的硫化物分异,而玄武安山岩则经过了强烈的硫化物分异。碱性玄武岩的 Pt 含量变化范围为 0.057~1.89, Pd 为 0.037~2.1, Cu/Pd 变化范围为 33286~428846,同样表明碱性玄武岩也经过了硫化物分异。由图 5 可以看出,所有龙带山样品均呈明显正相关关系,表明它们都经过了硫化物分异。

由图 6 可以看出,龙带山样品 Pd/Ir 和 Cu/Ni 呈正相关关系,表明它们经过了不同程度的结晶分异,因为 Ir 和 Ni 在结晶分异过程中都是相容元素。

4 结论

Os 同位素组成对地壳混染非常灵敏,低含量 Os 样品其 Os 同位素组成变化相对较大。黑石头高钛玄武岩没有发生硫化物分异,而龙带山高钛玄武岩、碱性玄武岩及玄武安山岩可能同时存在硫化物分异及结晶分异过程。结晶分异可能造成了铂族元素中 IPGE 和 PPGE 以及 Pt 和 Pd 之间的相互分异。Ru 的负异常可能是由于硫铁矿与铬铁矿结晶分异的结果。

参考文献:

- 李晓敏,郝立波,甘树才. 黔西地区峨眉山玄武岩(东岩区)铂族元素地球化学特征. 地质地球化学,2003,31(3): 29-34.
- 梅厚钧,徐义刚,许继峰,等. 攀西古裂谷内龙带山玄武岩-碱玄响岩建造. 地质学报,2003,77(3): 341-358.
- 张成江,李晓林. 峨眉山玄武岩的铂族元素地球化学特征. 岩石学报,1998,14(3): 299-304.
- Aulbach S, Griffin W L, Pearson N J, et al. Mantle formation and evolution, Slave Craton: constraints from HSE abundances and Re - Os isotope systematics of sulfide inclusions in mantle xenocrysts. Chem Geol, 2004, 208: 61-88.
- Brenan J M, Andrews D. High-temperature stability of laurite and Ru-Os-Ir alloy and their role in PGE fractionation in mafic magmas. Can Mineral, 2001, 39: 341-360.
- Chazey III W J, Neal C R. Platinum-group element constraints on source composition and magma evolution of the Kerguelen Plateau using basalts from ODP Leg 183. Geochim Cosmochim Acta, 2005, 69: 4685-4701.
- Crockett J H, Paul D K. Platinum-group elements in Deccan mafic rocks: a comparison of suites differentiated by Ir content. Chem Geol, 2004, 208: 273-291.
- Momme P, Brooks C K, Tegner C, et al. The behavior of platinum-group elements in basalts from East Greenland rifted margin. Contrib Mineral Petrol, 2002, 143: 133-153.