

梁金龙, 施泽明, 徐进勇, 等. 金红石榴辉岩——一个可能的超球粒陨石 Nb/Ta 储库[J]. 地球科学进展 2012 27(10): 1 094-1 099. [Liang Jinlong, Shi Zeming, Xu Jinyong et al. Rutile-bearing eclogite: One of the possible reservoirs balancing the Nb-depleted silicate Earth[J]. Advances in Earth Science 2012 27(10): 1 094-1 099.]

金红石榴辉岩——一个可能的超球粒 陨石 Nb/Ta 储库*

梁金龙, 施泽明*, 徐进勇, 高 英

(成都理工大学地球化学与核资源工程系, 四川 成都 610059)

摘 要: Nb, Ta 的硅酸盐地球质量不平衡问题争论由来已久, 备受关注。近年来研究发现, 含金红石的榴辉岩 Nb/Ta 往往高于球粒陨石值 ($Nb/Ta = 17.5$), 暗示其可能是平衡地球 Nb 亏损的独立储库。而洋壳玄武岩部分熔融实验表明 Ta 比 Nb 更倾向进入金红石晶格, 这意味着作为俯冲洋壳部分熔融残留相的榴辉岩 Nb/Ta 不可能高于原岩。为了解释地质观察和实验结果之间的矛盾, 系统分析了中国大陆科学钻探工程 (CCSD) 主孔、先导孔及附近地表榴辉岩的矿物微量元素。结果发现: 榴辉岩中的 Nb, Ta 主要存在于金红石之中, 其他矿物中含量极少; Nb, Ta 之间存在着强烈分异 ($Nb/Ta = 5.3 \sim 96.2$), 并总体上具有超球粒陨石的特征; 韭闪石和多硅白云母的 Nb/Ta 平均分别为 48.6, 21.8, 显示了很强的 Nb, Ta 分异能力; 其他矿物如石榴石、绿辉石、绿帘石、磷灰石等的 Nb, Ta 含量及 Nb/Ta 都很低, 对 Nb-Ta 分异不造成影响。认为导致 Nb-Ta 分异的不是金红石, 而应出现在洋壳俯冲过程中金红石相出现之前的脱水及部分熔融阶段。富含 Ti 的角闪石 (韭闪石) 和白云母可能对 Nb-Ta 分异起到了决定性的作用。等金红石相出现之后, 由于其对 Nb, Ta 的绝对控制作用, 此前阶段的分异结果便被固定在金红石中而继承下来。因此, 含金红石的榴辉岩常常表现出超球粒陨石 Nb/Ta 的特征, 与金红石不能有效地分异 Nb, Ta 的实验结果之间并不矛盾。在不均匀的上地幔中含金红石的榴辉岩是可能的超球粒陨石 Nb/Ta 储库之一。

关 键 词: Nb/Ta; 金红石; 榴辉岩; CCSD

中图分类号: P588.34

文献标志码: A

文章编号: 1001-8166(2012)10-1094-06

1 引 言

Nb, Ta 是 2 个备受地球化学家关注的高场强元素 (HFSEs), 具有相同的电价 (+5) 和几乎相同的离子半径 (约 0.64\AA)^[1], 在一般地质过程中彼此不发生分异, 被称为孪生地球化学元素, 常用于源区示踪^[2~5]。但是, 近 10 年来大量的地质调查和实验研究发现 Nb, Ta 在一些地质过程中存在着很大程度的分异^[6~8]。例如, CI 型球粒陨石的 Nb/Ta 为

$17.5^{[9]}$, 大陆地壳为 $11 \sim 12^{[4]}$, 亏损地幔 (DM) 为 $15.5^{[3]}$; 三大洋洋中脊玄武岩 (MORB) 平均值为 16.66, 全球 134 个洋岛玄武岩 (OIB) 的平均值为 $17.06^{[10]}$ 。迄今为止, 所有被调查的地球硅酸盐储库的 Nb/Ta 均低于球粒陨石^[7]。按照质量平衡原则, 在地球某处必定存在一个高于球粒陨石 Nb/Ta 的独立储库, 但是至今人们并没有发现这样的储库。这个现象被地球化学界称为硅酸盐地球的 Nb-Ta 之谜 (the terrestrial Nb-Ta paradox)^[7, 11, 12]。目前, 对

* 收稿日期: 2012-09-17; 修回日期: 2012-10-09.

作者简介: 梁金龙 (1967-) 男, 山东昌邑人, 副教授, 主要从事地球化学和矿床学研究. E-mail: richardlj104@yahoo.com.cn

* 通讯作者: 施泽明 (1968-) 男, 江苏东台人, 教授, 主要从事环境、矿床地球化学研究. E-mail: shizm@cdut.edu.cn

此主要有两种观点: Rudnick 等^[3]和 McDonough^[13]认为俯冲洋壳部分熔融残留的榴辉岩就是能够平衡整个硅酸盐地球 Nb-Ta 的独立储库;但 Aulbach 等^[14]认为榴辉岩超球粒陨石 Nb/Ta 的特征是由于岩石圈地幔交代作用造成的。然而,金红石的溶解度实验并不支持交代作用的影响^[15,16];Wade 等^[17]基于超高压、高温条件下 Nb 的亲铁属性提出地球硅酸盐储库亏损的 Nb 可能存在于地核。但是,对铁陨石 Nb, Ta 的实际测试结果有的支持该观点^[18],有的不支持该观点^[19]。

为此,本文系统采集并分析了 CCSD 主孔、先导孔和附近地表露头的榴辉岩样品,着重分析了其组成矿物的 Nb-Ta 特征并讨论了 Nb-Ta 分异的机制。

2 样品与分析方法

19 个榴辉岩样品分别取自 CCSD 主孔(100 ~ 3 000 m 榴辉岩集中出现区段)、先导孔以及附近地表。其主要组成矿物为石榴石和绿辉石,副矿物为金红石、榍石、磷灰石、绿帘石、多硅白云母、石英等。样品磨制成 0.2 mm 的薄片。

矿物成分分析在 JXA-8800R 电子探针上完成。矿物微量元素分析在西北大学大陆动力学国家重点实验室进行,仪器为 Agilent 7500a 型等离子体质谱仪(ICP-MS),配备 193 nm ArF 准分子(excimer)激光器 GeoLas200M 剥蚀系统。有关仪器详细情况和分析流程参见文献[20]。

3 结果与讨论

3.1 榴辉岩组成矿物的 Nb-Ta 特征

金红石中 Nb, Ta 的含量和 Nb/Ta 表现出很大的变化(图1)。108 个数据中 Nb 的含量变化为 $7 \times 10^{-6} \sim 1.410 \times 10^{-6}$, Ta 为 $0.16 \times 10^{-6} \sim 101 \times 10^{-6}$ 。相应地, Nb/Ta 的变化范围为 5.3 ~ 96.2, 平均为 25.9 ($n = 108$), 其中 73.2% 数据点的 Nb/Ta 高于球粒陨石, 26.8% 低于球粒陨石。榍石是金红石的退变产物, 其 Nb, Ta 特征与金红石相似。这表明 Nb, Ta 在金红石中的分布存在着极大的不均一性, 并且 Nb, Ta 存在着很大程度的分异。

石榴石亏损 Nb ($0.02 \times 10^{-6} \sim 0.05 \times 10^{-6}$)、Ta ($0.003 \times 10^{-6} \sim 0.02 \times 10^{-6}$), Ti 含量较低 ($61.46 \times 10^{-6} \sim 492 \times 10^{-6}$); 绿辉石 Nb 含量很低, Ta 含量多在测限以下; Ti 含量稍高 ($194 \times 10^{-6} \sim 636 \times 10^{-6}$); 韭闪石含很低的 Nb ($0.09 \times 10^{-6} \sim 0.81 \times 10^{-6}$) 和 Ta ($0.01 \times 10^{-6} \sim 0.02 \times 10^{-6}$), 但其 Nb/

Ta 很高 (37.8 ~ 81.3, 平均 48.6); 磷灰石 Nb, Ta, Ti 的含量多在测限以下; 多硅白云母 Nb, Ta 含量多在测限附近, Ti 含量较高 ($734 \times 10^{-6} \sim 2.736 \times 10^{-6}$), Nb/Ta 较高 (4.76 ~ 63.14, 平均 21.77); 绿帘石 Nb, Ta 含量多在测限以下, Ti 含量较高 ($214 \times 10^{-6} \sim 2.372 \times 10^{-6}$)。总之, Nb 和 Ta 除在金红石和榍石中含量较高之外, 在其他矿物中含量都很低。高 Nb/Ta 出现在富 Ti 的韭闪石和多硅白云母中。

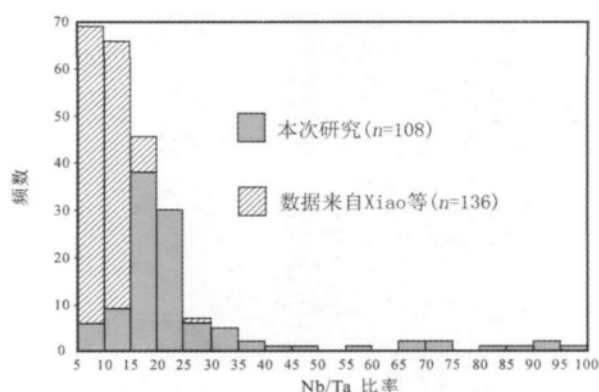


图1 CCSD 榴辉岩中金红石 Nb/Ta 分布直方图

Fig. 1 Histogram of Nb/Ta ratios of rutile in eclogite from CCSD

3.2 含金红石的榴辉岩——平衡硅酸盐地球 Nb-Ta 体系的储库?

Rudnick 等^[3]调查了西非和西伯利亚克拉通榴辉岩捕虏体中金红石的 Nb, Ta 含量后, 发现其 Nb/Ta (19 ~ 37, 平均 24) 普遍高于球粒陨石。由此, 她认为在地下幔存在一个由俯冲洋壳部分熔融残余形成的榴辉岩储库, 能够平衡整个地球硅酸盐 Nb-Ta 体系。然而, 有人首先质疑相当于地幔体积 6%、可平衡整个地球 Nb 亏损的榴辉岩是否存在^[17]? 更大的挑战还来自于实验结果: 既然榴辉岩是俯冲洋壳部分熔融沉入地幔的残余部分, 于是人们进行了大量高温、高压部分熔融实验, 对 Nb, Ta 在该过程的分配和分异行为进行了广泛研究^[12,21~24]。实验结果无一例外地表明: $D_{\text{rutile/melt}}(\text{Nb}) < D_{\text{rutile/melt}}(\text{Ta})$, 即在玄武质洋壳部分熔融出现金红石相时, Nb 更倾向于进入熔体, 而 Ta 则倾向进入金红石晶格。这导致俯冲洋壳部分熔融后残余的含金红石榴辉岩的 Nb/Ta 低于部分熔融之前的洋壳, 不可能产生高于球粒陨石 Nb/Ta 的榴辉岩。

从本次 CCSD 获得的榴辉岩的分析结果看, Nb, Ta 之间确实发生了程度很大的分异, 并且整体

上 Nb/Ta 大于球粒陨石 (图 1)。这与过去认为壳—幔分异过程中这两种元素不发生地球化学分异的假定不一致^[9]。另外,分析结果显示,Nb,Ta 含量和 Nb/Ta 的分布很不均一,而且不均一性随着 CCSD 主孔深度的变化也很显著(图 2)。Xiao 等^[8]从 CCSD 的先导孔 ZK703(558 m)的一个榴辉岩样品和一个石英脉样品中得到金红石的 Nb/Ta = 5.4 ~ 29.1, 平均值 9.8 ± 0.6 ($n = 136$)。这个结果远远低于球粒陨石值,而且 Nb-Ta 分异程度也没有本次

结果这样显著(图 1)。这可能是采样地点过于集中(只在 ZK703 150 ~ 200 m 的一处岩芯段取样),并且分析样品数量偏少(总共分析了 5 个金红石颗粒)的原因造成,也可能是由于石英脉中的金红石往往具有非常低的 Nb/Ta 造成的。总的看来,榴辉岩中的 Nb,Ta 主要分布在金红石之中,其他矿物中含量极少。换言之,体系中一旦出现了金红石(或其他的含 Ti 相矿物,如钛铁矿或榍石)便基本上控制了 Nb,Ta 的分配。

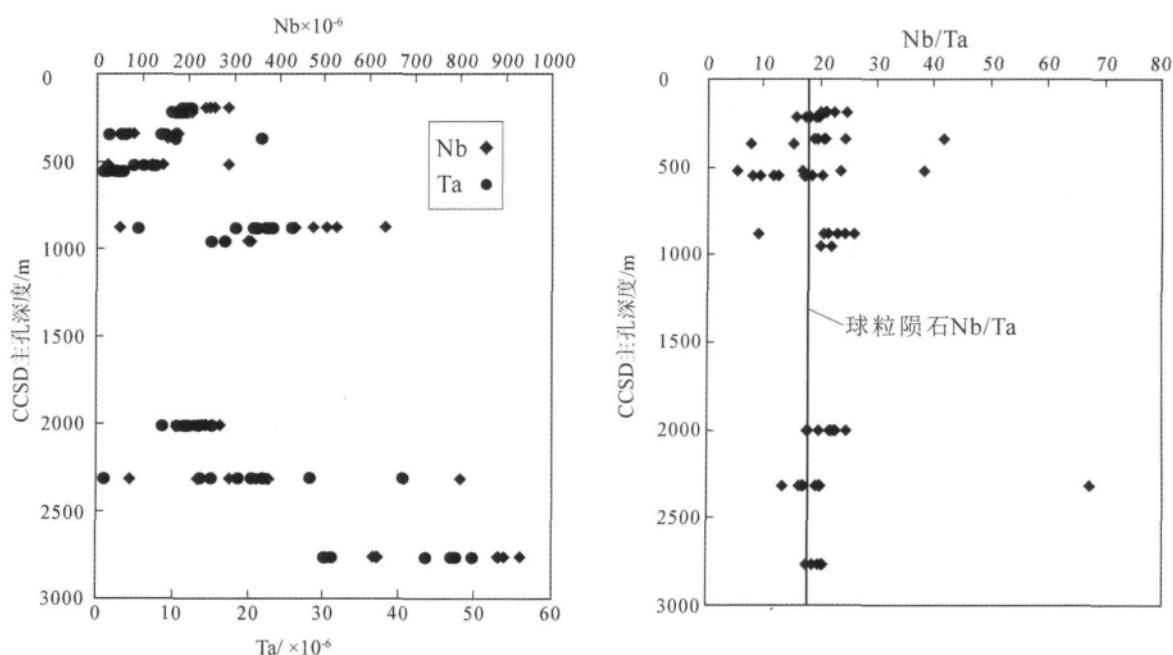


图 2 CCSD 主孔中金红石的 Nb,Ta 含量及 Nb/Ta 随深度的变化

Fig. 2 Variation of concentrations of Nb, Ta and the ratios of Nb/Ta in rutile with depths in the main hole of CCSD

那么,部分熔融实验为什么得不到高于球粒陨石 Nb/Ta 的榴辉岩?有些学者基于部分熔融过程中 Ta 比 Nb 更倾向于进入金红石从而不能得到高于源区(开始物质) Nb/Ta 的残留相事实,否认金红石榴辉岩为超球粒陨石 Nb/Ta 的储库^[12,22]。其实,Nb-Ta 体系的全球不平衡和 Nb-Ta 之间的强烈分异本来是两个问题,二者之间并无必然联系。换句话说,金红石的出现没有使 Nb-Ta 体系发生强烈分异并不妨碍含金红石的榴辉岩可能是超球粒陨石 Nb/Ta 的储库。无论是 Rudnick 等^[3]还是 Wade 等^[17]都企图在一个模式里同时解决这两个问题,本文认为这是导致矛盾产生的根本原因。

3.3 Nb-Ta 体系的分异机制

CCSD 榴辉岩矿物微量元素分析结果表明榴辉

岩中绝大部分的 Nb,Ta(包括 Ti)控制在含 Ti 矿物相(主要是金红石)。这样的结论也被来自世界其他地区的榴辉岩分析结果所证实^[3,8]。这说明脱水 and/或部分熔融一旦达到金红石相稳定阶段,Nb-Ta 体系便不可能再有显著的分异。一个很好的例证是 Xiong 等^[12]的玄武岩部分熔融实验,结果表明当残留相中没有金红石出现时,初始物质与融体的 Nb/Ta 几乎完全一致;当有金红石出现时,熔体 Nb/Ta 较初始物质有略微升高(10% ~ 15%)。也就是说,金红石分异 Nb 和 Ta 的能力有限,这与其他部分熔融实验的结论是一致的。既然如此,那么究竟是什么矿物学机制和具体过程导致了 Nb-Ta 的分异?这一点正是值得考虑的地方。

CCSD 榴辉岩中两种矿物 Nb/Ta 异常高,如多

硅白云母 4.76 ~ 63.14, 平均 21.8; 韭闪石 37.8 ~ 81.3, 平均 48.6, 甚至高于金红石和榍石(图 3)。暗示这两种富 Ti 矿物在特定条件下具有很强的分异 Nb-Ta 的能力。既然金红石不可能使 Nb-Ta 发生显著分异, 那么, 能够使 Nb-Ta 发生显著分异的矿物应该出现在金红石之前, 并具备如下条件:

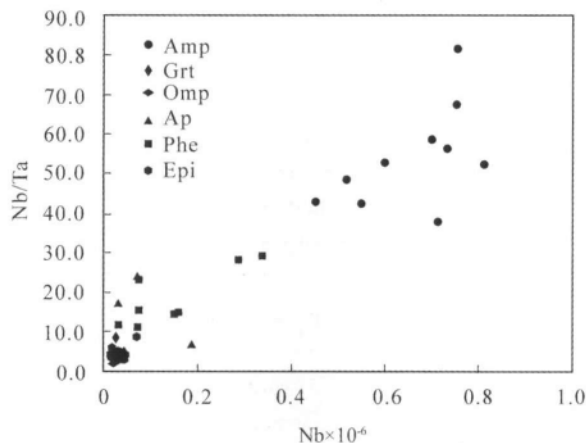


图 3 CCSD 榴辉岩组成矿物中 Nb 的含量及 Nb-Ta 变化范围

Fig. 3 The variation of concentrations of Nb and Nb-Ta of minerals in eclogites from CCSD

(Grt-石榴石; Omp-绿辉石; Rt-金红石; Amp-韭闪石; Ap-磷灰石; Epi-绿帘石; Phe-多硅白云母)

(1) 组成和晶格结构对 Nb(相对于 Ta) 有更大的相容性。

(2) 含有较高的 Nb, Ta, 但又不像金红石那样绝对控制体系的 Nb, Ta 分布。多硅白云母和韭闪石恰好具备这样的特征。首先, 这两个矿物具备强烈分异 Nb-Ta 的能力, 虽然其 Nb, Ta 的含量很低, 原因是有另一种含 Ti 矿物——榍石存在, 对 Nb, Ta 形成控制作用。另外, 这两种矿物 Ti 含量都较高, 平均分别为 2.623×10^{-6} 和 2.586×10^{-6} , 远高于榴辉岩中的其他矿物。由此推断, 当体系中没有 Ti-矿物存在时, 多硅白云母和韭闪石的 Nb, Ta 含量较高。同时 Ti 在其中是微量元素, 不会对体系中的 Nb, Ta 分配形成控制作用。含 Ti 矿物之所以会对 Nb, Ta 的行为有很大的影响, 是由于相似的离子半径导致 5 价元素 ($r_{\text{Nb}^{5+}} = 0.066 \text{ nm}$, $r_{\text{Ta}^{5+}} = 0.065 \text{ nm}$) 对 4 价元素 ($r_{\text{Ti}^{4+}} = 0.0605 \text{ nm}$) 的替代: $5\text{Ti}^{4+} = 4\text{Nb}^{5+}(\text{Ta}^{5+}) + \square$ [25]。部分熔融实验也表明, Nb-Ta 与低 $\text{Mg}^\#$ ($\text{Mg}^\# = \text{Mg}/(\text{Mg} + \text{Fe})$) 角闪石中 Ti 的含量有关 [22]。实际上 Tribuzio 等 [26] 早就发现韭闪石同 CI 球粒陨石相比明显富集 Nb。韭闪石是一个在

地壳和上部地幔广泛存在的矿物, 稳定存在的温度上限是 1075°C , 压力上限是 $30 \times 10^8 \text{ Pa}$ [27], 与金红石的稳定区域虽有交叉但基本上低于后者 [12], Ca-stillo 等 [28] 认为角闪石可以起到向深部地幔传送 HFSEs 的作用。韭闪石/流体间的分异实验结果 ($D_{\text{Nb-Ta}}^{\text{Amph/L}} = 0.71 \sim 1.63$) 也表明角闪石具有分异 Nb-Ta 的能力 [29]。迄今为止, 实验发现矿物/熔体(流体)分异系数 $D_{\text{Nb}}/D_{\text{Ta}} > 1$ 的矿物共有 4 种: 金红石、韭闪石、金云母、多硅白云母 [5, 11]。这些实验结果都表明, 在一定条件下韭闪石具有很强的分异 Nb-Ta 的能力。

4 结 语

Nb, Ta 在榴辉岩中的分布显示了二者之间发生了强烈分异。金红石是保存分异的 Nb-Ta 体系的载体矿物。作为残留相, 它能导致地壳(岛弧)显著亏损 HFSEs, 但分异 Nb, Ta 的能力有限。Nb-Ta 体系的分异发生在金红石相出现之前的脱水—熔融阶段, 富含 Ti 的角闪石(韭闪石)和白云母可能是导致二者分异的主要矿物。含金红石榴辉岩是平衡硅酸盐地球 Nb-Ta 的可能储库之一。

参考文献(References):

- [1] Shannon R D. Revised effective ionic radii and systematic studies of interatomic distances in halides and chalcogenides [J]. *Acta Crystallographica Section*, 1976, A32: 751-767.
- [2] Jochum K P, McDonough W F, Palme H, et al. Compositional constraints on the continental lithospheric mantle from trace elements in spinel peridotite xenoliths [J]. *Nature*, 1989, 340: 548.
- [3] Rudnick R L, Barth M, Horn I, et al. Rutile-bearing refractory eclogites: Missing link between continents and depleted mantle [J]. *Science*, 2000, 287(5451): 278-281.
- [4] Barth M G, McDonough W F, Rudnick R L. Tracking the budget of Nb and Ta in the continental crust [J]. *Chemical Geology*, 2000, 165(3/4): 197-213.
- [5] Green T H. Significance of Nb-Ta as an Indicator of Geochemical Processes in the Crust-Mantle System [J]. *Chemical Geology*, 1995, 120(3/4): 347-359.
- [6] Stolz A J, Jochum K P, Spettler B, et al. Fluid-and melt-related enrichment in the subarc mantle: Evidence from Nb-Ta variations in island-arc basalts [J]. *Geology*, 1996, 24(7): 587-590.
- [7] Munker C, Pfander J A, Weyer S, et al. Evolution of planetary cores and the earth-moon system from Nb-Ta systematics [J]. *Science*, 2003, 301(5629): 84-87.
- [8] Xiao Y L, Sun W D, Hoefs J, et al. Making continental crust through slab melting: Constraints from niobium-tantalum fractionation in UHP metamorphic rutile [J]. *Geochimica et Cosmochimica*

- Acta* , 2006 , 70(18) : 4 770-4 782.
- [9] McDonough W F , Sun S S. The Composition of the Earth [J]. *Chemical Geology* , 1995 , 120(3/4) : 223-253.
- [10] Kamber B S , Collerson K D. Role of 'hidden' deeply subducted slabs in mantle depletion [J]. *Chemical Geology* , 2000 , 166(3/4) : 241-254.
- [11] Munker C , Worner G , Yogodzinski G , *et al.* Behaviour of high field strength elements in subduction zones: Constraints from Kamchatka-Aleutian arc lavas [J]. *Earth and Planetary Science Letters* 2004 , 224(3/4) : 275-293.
- [12] Xiong X L , Adam J , Green T H. Rutile stability and rutile/melt HFSE partitioning during partial melting of hydrous basalt: Implications for TTG genesis [J]. *Chemical Geology* , 2005 , 218(3/4) : 339-359.
- [13] McDonough W F. Partial melting of subducted oceanic-crust and isolation of its residual eclogitic lithology [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A-Mathematical Physical and Engineering Sciences* , 1991 , 335: 407-418.
- [14] Aulbach S , O' Reilly S Y , Griffin W L , *et al.* Subcontinental lithospheric mantle origin of high niobium/tantalum ratios in eclogites [J]. *Nature Geoscience* 2008 , 1(7) : 468-472.
- [15] Audetat A , Keppler H. Solubility of rutile in subduction zone fluids , as determined by experiments in the hydrothermal diamond anvil cell [J]. *Earth and Planetary Science Letters* , 2005 , 232(3/4) : 393-402.
- [16] Tropper P , Manning C E. Very low solubility of rutile in H₂O at high pressure and temperature , and its implications for Ti mobility in subduction zones [J]. *American Mineralogist* , 2005 , 90(2/3) : 502-505.
- [17] Wade J , Wood B J. The Earth's 'missing' niobium may be in the core [J]. *Nature* , 2001 , 409(6 816) : 75-78.
- [18] Jochum K P , Hofmann A W , Stoll B , *et al.* Nb and V in planetary cores. [J]. *Meteoritics & Planetary Science* , 2002 , 37(7) : A72-A72.
- [19] Kamber B S , Greig A , Schoenberg R , *et al.* A refined solution to Earth's hidden niobium: Implications for evolution of continental crust and mode of core formation [J]. *Precambrian Research* , 2003 , 126(3/4) : 289-308.
- [20] Liu Xiaoming , Gao Shan , Yuan Honglin , *et al.* Analysis of 42 major and trace elements in glass standard reference materials by 193nm LA-ICPMS [J]. *Acta Petrologica Sinica* , 2002 , 18(3) : 408-418. [柳小明 ,高山 ,袁洪林 ,等. 193nm LA-ICPMS 对国际地质标准参考物质中 42 种主量和微量元素的分析 [J]. 岩石学报 2002 , 18(03) : 408-418.]
- [21] Rapp R P , Shimizu N , Norman M D. Growth of early continental crust by partial melting of eclogite [J]. *Nature* , 2003 , 425(6 958) : 605-609.
- [22] Foley S , Tiepolo M , Vannucci R. Growth of early continental crust controlled by melting of amphibolite in subduction zones [J]. *Nature* , 2002 , 417(6 891) : 837-840.
- [23] Green T H , Adam J. Experimentally-determined trace element characteristics of aqueous fluid from partially dehydrated mafic oceanic crust at 3. 0 GPa , 650-700 degrees C [J]. *European Journal of Mineralogy* , 2003 , 15(5) : 815-830.
- [24] Klemme S , Prowatke S , Hametner K , *et al.* Partitioning of trace elements between rutile and silicate melts: Implications for subduction zones [J]. *Geochimica Et Cosmochimica Acta* , 2005 , 69(9) : 2 361-2 371.
- [25] Tiepolo M , Vannucci R , Oberti R , *et al.* Nb and Ta incorporation and fractionation in titanian pargasite and kaersutite: Crystal-chemical constraints and implications for natural systems [J]. *Earth and Planetary Science Letters* , 2000 , 176(2) : 185-201.
- [26] Tribuzio R , Tiepolo M , Thirlwall M F. Origin of titanian pargasite in gabbroic rocks from the Northern Apennine ophiolites (Italy) : Insights into the late-magmatic evolution of a MOR-type intrusive sequence [J]. *Earth and Planetary Science Letters* , 2000 , 176(3/4) : 281-293.
- [27] Niida K , Green D H. Stability and chemical composition of pargasitic amphibole in MORB pyroxene under upper mantle conditions [J]. *Contributions to Mineralogy and Petrology* , 1999 , 135(1) : 18-40.
- [28] Castillo P R , Rigby S J , Solidum R U. Origin of high field strength element enrichment in volcanic arcs: Geochemical evidence from the Sulu Arc , southern Philippines [J]. *Lithos* , 2007 , 97(3/4) : 271-288.
- [29] Zack T , Kronz A , Foley S F , *et al.* Trace element abundances in rutiles from eclogites and associated garnet mica schists [J]. *Chemical Geology* , 2002 , 184(1/2) : 97-122.

Rutile-bearing Eclogite: One of the Possible Reservoirs Balancing the Nb-depleted Silicate Earth

Liang Jinlong , Shi Zeming , Xu Jinyong , Gao Ying

(*Department of Geochemistry , Chengdu University of Technology , Chengdu 610059 , China*)

Abstract: The mass imbalance of Nb-Ta in the silicate Earth is a significant geochemical issue which has long been concerned as a paradox. Whether is rutile-bearing eclogite the bridge of continental crust and the depleted mantle with regard to the Nb depletion and how to explain the controversy between the oceanic basalt partial melting results (rutile favors Ta over Nb) and the naturally observed results (rutile-bearing eclogites commonly have superchondritic Nb/Ta ratios) ? The present work analyzed the trace elements of minerals in eclogites from the main hole of Chinese Continental Scientific Drilling Project (CCSD) and some outcrops nearby by LA-ICP-MS. The results showed that: (1) Rutile predominantly controls the distribution of Nb , Ta in eclogite , with extremely minor concentrations of the two elements in other minerals; (2) Significant fractionation between Nb and Ta presents in eclogites ($Nb/Ta = 5.3 \sim 96.2$) , with a overall superchondritic ratio (the mean Nb/Ta is 25.9) ; (3) The ratios of Nb/Ta in amphibole and phengite are unexpectedly high , 48.6 and 21.8 respectively , exhibiting stronger fractionation between Nb and Ta in the two minerals; (4) Both the concentrations of Nb , Ta and the ratios of Nb/Ta in the minerals such as garnet , omphacite , apatite , phengite , epidote , etc. , in eclogite are extremely low. Based on these results , we argued it is likely that Ti-bearing minerals , such as pargasite and phengite fractionated Nb from Ta significantly before rutile occurring steadily , and the results of fractionation were fixed and inherited by rutile subsequently because of its absolutely control for Nb and Ta. Therefore , we propose that rutile-bearing eclogite be one of the reservoirs in deep mantle which can balance the depletion of Nb in the silicate Earth.

Key words: Nb/Ta; Rutile; Eclogite; CCSD.