第 27 卷　第 10 期
2012 年 10 月

地球科学进展
ADVANCES IN EARTH SCIENCE

Vol. 27　No. 10
Oct. ,2012

卜文瑞,李力,朱爱美,等. 海底蚀变玄武岩中次生组分去除实验研究[J]. 地球科学进展,2012,27(10): - . [Bu Wenrui, Li Li, Zhu Aimei, et al. Leaching experiments of secondary components in altered submarine basalts[J]. Advances in Earth Science,2012,27(10): - .]

海底蚀变玄武岩中次生组分去除实验研究*

卜文瑞,李　力,朱爱美,张　辉,张　俊,崔菁菁
(国家海洋局第一海洋研究所 海洋沉积与环境地质国家海洋局重点实验室,山东　青岛　266061)

摘　要:选择有大量次生方解石沉淀的海底蚀变玄武岩为研究对象,研磨、均一化后将粉末样品分为 49 份,其中 48 份分别以 0.25,0.5,1.0,1.5,2.0,2.5 mol/L 等 6 种浓度的足量 HCl 溶解 0.5,1,2,4,8,16,32,64 h,选取溶解残渣测定其主要氧化物和特征微量元素含量,研究确定 HCl 溶解法去除海底玄武岩中次生组分的浓度—时间组合。结果表明,1.0 mol/L—0.5 h,1.0 mol/L—1 h,1.0 mol/L—2 h,1.0 mol/L—4 h,1.5 mol/L—0.5 h,1.5 mol/L—1 h,2.0 mol/L—0.5 h,2.0 mol/L—1 h 和 2.5 mol/L—0.5 h 等 9 种 HCl 浓度—时间组合是可供去除海底蚀变玄武岩中次生碳酸盐的理想方案。

关　键　词:蚀变玄武岩;次生组分;去除实验
中图分类号:P594+.2,P736.3　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1001-8166(2012)10-　-06

1　引　言

海底玄武岩来自深部地幔,是研究地球内部动力状态、地幔不均一性、地球不同圈层相互作用与物质循环,以及岩浆起源和演化的重要材料。由于长期与海水相互作用,海底玄武岩普遍经受了不同程度的蚀变[1,2]伴随蚀变作用而发生的碳酸盐化是 CCD(碳酸盐补偿深度,约 4 500 m)之上普遍存在的地质作用。大洋中脊玄武岩(MORB)和大洋岛屿玄武岩(OIB)主要产出于 CCD 之上,在其裂隙和气孔中多见有次生碳酸盐沉淀[3~5]。岩石中次生碳酸盐的加入改变了岩石的矿物组合(造岩矿物+次生矿物)、元素含量及同位素组成,从而使岩石的分析测试数据失去了研究岩石成因及深部地幔特征的科学意义。为此,通过有效的手段去除海底玄武岩中的次生碳酸盐就成为获得高质量分析测试数据的重要前提,也是海底玄武岩成因研究的关键所在。

海底玄武岩中次生组分的去除一般采用手工挑选[6~10],HCl 或 HNO_3 溶解处理[11~13],或手工挑选与化学处理相结合[14~16]等办法。手工挑选新鲜样品不仅工作量大,而且很难彻底剔出其中的次生碳酸盐。化学溶解方法去除海底岩石中的次生组分零星见于文献中,但尚未有对溶剂种类、浓度大小以及溶解时长等关键要素选择依据的报道。为此,本文在对以不同浓度 HCl 溶解海底蚀变玄武岩残渣元素含量高精度测定的基础上,探讨溶解残渣元素含量随 HCl 浓度和溶解时长变化的规律,研究确定既可有效去除海底蚀变玄武岩中的次生组分,又选出对玄武岩中的原生硅酸盐组分影响最小的 HCl 浓度—溶解时间组合,为海底蚀变玄武岩中次生组分化学溶解法去除条件的选择提供依据。

2　样品和方法

2.1　样品来源及特征

本文所用实验样品来自西太平洋麦哲伦海山区 MK 海山,由"海洋四号"科考船 2003 年采集。样品

* 收稿日期:2012-07-24;修回日期:2012-08-17.
* 基金项目:国家海洋局第一海洋研究所基本科研业务费专项资金项目"海底玄武岩次生碳酸盐去除实验研究"(编号:2007G22);国际海底区域研究开发"十一五"项目"海底多金属成矿系统及矿集区初步研究"(编号:DYXM-115-01-2-1)资助.
作者简介:卜文瑞(1972-),男,甘肃宁县人,研究员,主要从事海底岩石与海底成矿作用研究. E-mail:buwenrui@fio.org.cn

呈灰黑色,气孔状构造,斑状结构,斑晶约占 80%,基质约占 20%。斑晶主要为拉长石,偶见橄榄石,颗粒粗大,粒径多超过 1 mm;基质为玻璃质,蚀变明显,显微镜下见有大量次生方解石。鉴定名称为碳酸盐化橄榄拉斑玄武岩。

2.2　次生组分去除实验

取实验样品约 300 g,于 50 ℃烘干并研磨至 200 目。将研磨后的粉末样品分为 49 份,每份 5 ~ 6 g。其中 1 份样品不做任何处理,留待分析测试之用,其余 48 份粉末样品分别以足量的 0.25,0.5,1.0,1.5,2.0,2.5 mol/L 等 6 种浓度超纯盐酸常温溶解 0.5,1,2,4,8,16,32,64 h,溶解残渣经蒸馏水清洗 3 遍。

2.3　溶解残渣元素含量分析

将待测样品(1 份原始样品与 48 份溶解残渣)于 105 ℃烘干 3 h;准确称取 50.00 mg(49 ~ 51 mg)样品于聚四氟乙烯溶样内胆中,加高纯水润湿,同时作流程空白;每个溶样内胆中加入 1.50 mL 高纯 HNO_3,1.50 mL 高纯 HF,加盖及钢套密闭,保持 195 ℃烘干 48 h 以上;冷却后取出溶样内胆,置于电热板上蒸至湿盐状,再加入 1 mL HNO_3 蒸干,除去残余的 HF;加入 3 mL 高纯 HNO_3(1∶1),1 mL Rh 内标溶液(500×10^{-12}),加盖及钢套密闭,放入 150 ℃的烘箱中保持 24 h;冷却后,将提取液转移至干净的 PET(聚酯)瓶中,待测。

样品元素含量分析测定由国家海洋局第一海洋研究所海洋地质分析测试中心完成,SiO_2 含量分析方法为化学法,其余常量元素及特征微量元素含量测定仪器为 ICP-OES。样品分析过程以标准样品 GSD-9 控制质量。标准样品 GSD-9 的分析标准差一般小于其平均值的 5 %,分析数据具有很好的重现性。

3　结果与讨论

3.1　溶解残渣元素含量分析结果

蚀变岩石未加 HCl 溶解原始样的 SiO_2 含量为 38.6 %,TiO_2 含量为 1.19 %,Al_2O_3 含量为 13.4 %,Fe_2O_3 含量为 6.24 %,MgO 含量为 2.28 %,CaO 含量为 19.28 %,Na_2O 含量为 2.64 %,K_2O 含量为 1.19 %,P_2O_5 含量为 0.75 %。而以 6 种浓度的足量 HCl 分别溶解 8 个时长的 48 个 HCl 浓度—溶解时间组合溶解残渣的 SiO_2 含量为 42.8 %,TiO_2 含量为 1.73 %,Al_2O_3 含量为 17.7 %,Fe_2O_3 含量为 7.26 %,MgO 含量为 2.22 %,CaO 含量为 8.58 %,Na_2O 含量为 2.88 %,K_2O 含量为 1.36 %,P_2O_5 含量为 0.27 %。与原始样相比,溶解残渣的 SiO_2,TiO_2,Al_2O_3,Fe_2O_3,Na_2O,K_2O 含量明显升高,而 MgO,CaO,P_2O_5 含量降低,尤其以 CaO 含量降低最为明显,表明随着次生组分的溶解,赋存于次生组分中的 Mg,Ca,P 等元素自蚀变岩石中移出,而 Si,Ti,Al,Fe,Na,K 等赋存于硅酸盐组分中的元素含量相对升高。

蚀变岩石未加 HCl 溶解原始样的 Ba 含量为 213 μg/g,Co 含量为 34.2 μg/g,Cr 含量为 169 μg/g,Li 含量为 32.2 μg/g,Mn 含量为 684 μg/g,Ni 含量为 104 μg/g,Sr 含量为 420 μg/g,V 含量为 62.4 μg/g,Zn 含量为 118 μg/g,Zr 含量为 98.5 μg/g。而该样品以 6 种浓度的足量 HCl 分别溶解 8 个时长的 48 个 HCl 浓度—溶解时间组合溶解残渣的 Ba 含量为 290 μg/g,Co 含量为 38.4 μg/g,Cr 含量为 214 μg/g,Li 含量为 23.9 μg/g,Mn 含量为 539 μg/g,Ni 含量为 101 μg/g,Sr 含量为 497 μg/g,V 含量为 81.8 μg/g,Zn 含量为 121 μg/g,Zr 含量为 139 μg/g。与原始样相比,溶解残渣的 Ba,Co,Cr,Sr,V,Zn,Zr 含量明显升高,Li,Mn,Ni 含量不同程度降低。

3.2　溶解残渣元素含量变化特征

根据蚀变岩石溶解残渣中氧化物或元素含量随溶解时间变化的特征,可将蚀变岩石中的元素分为 Si 组、Fe 组、Ti 组、Mn 组和 Ca 组,同组元素随 HCl 浓度和溶解时长的变化有着类似规律。

3.2.1　Si 组

Si 组仅有 SiO_2 一种氧化物。溶解残渣的 SiO_2 含量明显较未溶解原始样高,且相对同一浓度 HCl,溶解残渣的 SiO_2 含量随溶解时长增大而增大,相对同一溶解时长,溶解残渣的 SiO_2 含量随 HCl 浓度增大而增大(图 1),表明各种浓度 HCl 在任一时长溶解实验样品均使得残渣的 SiO_2 含量升高,且无论 HCl 浓度的增大还是溶解时长的增大均会引起溶解残渣 SiO_2 含量的显著增大。尤其是相对较高浓度 HCl 而言,当溶解时长超过 8 h,SiO_2 含量快速增大,可能因随着溶解时间的延长,玄武岩中的原生矿物被破坏,从而使 Si 流失所致。

3.2.2　Fe 组

Fe 组包括 Fe_2O_3,MgO,Al_2O_3 等 3 种氧化物和 Co,依其含量随时间变化曲线形态可分为低 HCl 浓度(0.25 和 0.5)和高 HCl 浓度(1.0,1.5,2.0 和 2.5 mol/L)两类。低 HCl 浓度溶解残渣的 Fe_2O_3,MgO,Al_2O_3,Co 含量随着溶解时间的延长变

化不大,但随 HCl 浓度的增大而增大(图 2),表明低浓度 HCl 可不同程度溶解岩石中的次生组分,且不会对岩石中的原生硅酸盐组分造成影响。高浓度 HCl 溶解残渣的 Fe_2O_3,MgO,Al_2O_3,Co 含量在溶解时长较短时,随溶解时间增加变化不大,随着溶解时间的延长,逐渐降低至未溶解原始蚀变岩石曲线以下,且 HCl 浓度越大,降低越快(图 2),表明高浓度 HCl 的加入会造成岩石中原生 Fe,Mg 矿物的交代破坏,从而使得 Fe_2O_3,MgO,Al_2O_3、Co 等组分逐渐流失,且 HCl 浓度越高、溶解时间越长,流失程度越大。

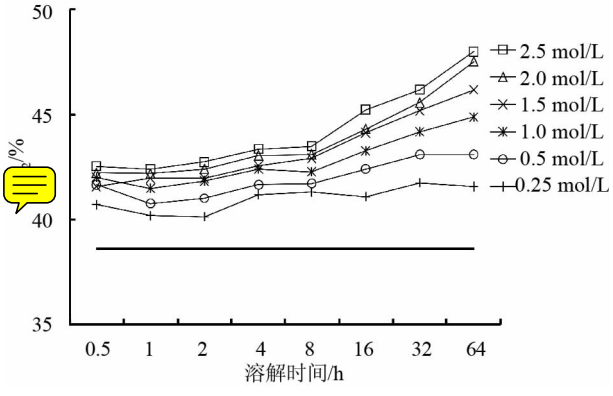

图 1 HCl 溶解残渣 SiO_2 含量变化曲线

Fig. 1 Variation patterns for SiO_2 of HCl-leached residuals

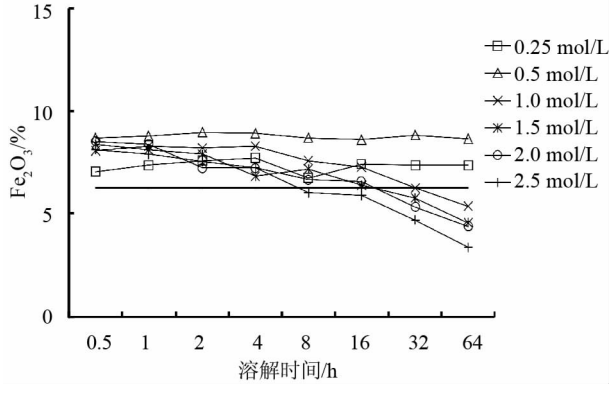

图 2 HCl 溶解残渣 Fe_2O_3 含量变化曲线

Fig. 2 Variation patterns for Fe_2O_3 of HCl-leached residuals

3.2.3 Ti 组

包括 TiO_2,Na_2O,K_2O 等 3 种氧化物及 Ba,Cr,Sr,V,Zr 等 5 种元素。随着溶解时间增加,各种浓度 HCl 溶解残渣的 Ti 组元素含量无明显变化(图 3)。就同一溶解时长而言,随着 HCl 浓度增大,溶解残渣的 Ti 组元素含量自 HCl 浓度为 0.25 N 时较未溶解原始样品略高,增大到明显较未溶解原始样品高,且当 HCl 浓度大于等于 1 mol/L 时残渣的 Ti 组元素随 HCl 浓度变化很小(图 3),表明以浓度为 1.0,1.5,2.0 和 2.5 mol/L 的 HCl 溶解任一时长,均可有效去除岩石中的次生来源 Ti 组元素,且不会对岩石中原生 Ti 组元素造成影响。

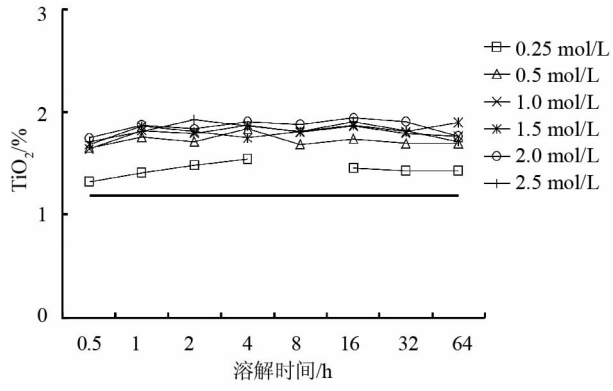

图 3 HCl 溶解残渣 TiO_2 含量变化曲线

Fig. 3 Variation patterns for TiO_2 of HCl-leached residuals

3.2.4 Mn 组

Mn 组包括 Mn,Li,Ni,Zn 四种元素。依其含量随时间变化曲线形态也可分为低 HCl 浓度(0.25 和 0.5 mol/L)和高 HCl 浓度(1.0,1.5,2.0 和 2.5 mol/L)两类。低 HCl 浓度—溶解时间组合溶解残渣的 Mn 组元素含量一般较未溶解原始蚀变岩石高或与之相当,但随着溶解时间的增大略有降低;高 HCl 浓度—溶解时间组合溶解残渣 Mn 组元素含量较未溶解原始蚀变岩石低,且当溶解时长超过 4 h 显著降低(图 4),表明浓度为 0.25 和 0.5 mol/L HCl 在溶解时间较短(小于 8 h)时,不足以溶解蚀变岩石中的次生锰矿物,而其他浓度 HCl 的加入在较短溶解时长即可有效溶解次生锰矿物,但当溶解

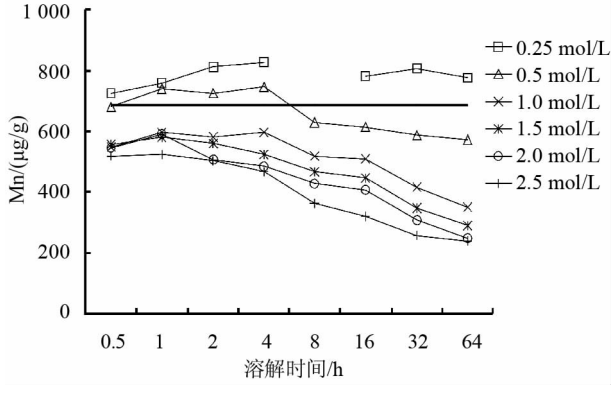

图 4 HCl 溶解残渣 Mn 含量变化曲线

Fig. 4 Variation patterns for Mn of HCl-leached residuals

时长超过 4 h 时,会引起岩石中原生矿物的交代破坏,从而造成 Mn 组元素的流失。

3.2.5　Ca 组

包括 CaO 和 P_2O_5两种氧化物。各种浓度 HCl、任一溶解时长溶解残渣的 CaO 含量较原始未溶解样品低,且随溶解时长的增加几乎无变化,但当 HCl 浓度为 0.25 mol/L 时,任一溶解时长残渣的 CaO 含量均介于未溶解原始样品和其他浓度 HCl 溶解残渣之间,而其他浓度 HCl 溶解残渣的 CaO 含量均较未溶解原始样品和 0.25 mol/L HCl 溶解残渣低,且随 HCl 浓度和溶解时长几乎无变化(图 5)。表明浓度为 0.25 mol/L 的 HCl 不足以溶解岩石中的全部次生碳酸钙,但 0.5 mol/L 及更高浓度 HCl 在任一溶解时长均可溶解去除全部次生碳酸钙。

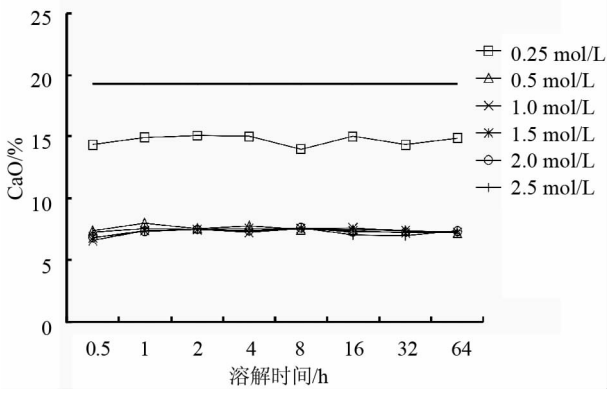

图 5　HCl 溶解残渣 CaO 含量变化曲线

Fig. 5　Variation patterns for CaO of HCl-leached residuals

P_2O_5是海底蚀变岩石中含量仅次于 $CaCO_3$ 的常见次生组分,通常以磷酸盐形式存在。此次实验中,0.25 mol/L HCl 的加入,不仅未引起蚀变岩石溶解残渣 P_2O_5含量的降低,反而使其升高;0.5 mol/L HCl 的加入,使得溶解残渣的 P_2O_5含量较未溶解岩石明显降低;而 1.0 mol/L 及更高浓度 HCl 的加入,使得溶解残渣的 P_2O_5含量显著降低,且随 HCl 浓度和溶解时长的增加无明显变化(图 6),表明 0.25 和 0.5 mol/L HCl 的加入,不足以去除海底蚀变玄武岩中的全部次生磷酸盐,但 1.0 mol/L 及更高浓度 HCl 在任一溶解时长均可溶解去除全部次生磷酸盐。

3.3　HCl 溶解法去除海底玄武岩中次生组分效应

Mn 组和 Ca 组元素含量随着 HCl 浓度的增大逐渐减小,而 Si 组、Fe 组、Ti 组元素含量随 HCl 浓度增大有增大趋势,表明海底蚀变玄武岩中的 Mn 组、Ca 组元素赋存于原生硅酸盐和次生碳酸盐、磷酸盐和锰矿物等多种物相中,而 Si 组、Fe 组、Ti 组元素仅存在于原生硅酸盐矿物中。随着 HCl 浓度的增大,次生矿物逐渐溶解,从而使赋存其中的 Mn 组、Ca 组元素流失,表现为其含量逐渐降低,而赋存于原生硅酸盐组分中的 Si 组、Fe 组、Ti 组元素相对富集。

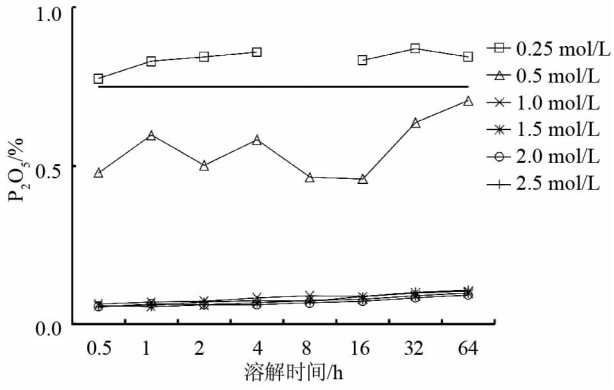

图 6　HCl 溶解残渣 P_2O_5含量变化曲线

Fig. 6　Variation patterns for P_2O_5 of HCl-leached residuals

就其溶解效应而言,0.25 mol/L HCl 的加入,以任一溶解时长均不足以溶解全部次生碳酸盐; 0.5 mol/L HCl 的加入,以任一时长均可溶解岩石中的全部次生碳酸盐,但不足以溶解次生磷酸盐和次生锰矿物;1.0 mol/L 及更高浓度 HCl 的加入,可以溶解全部次生碳酸盐、磷酸盐及锰矿物。但当以 1.0 mol/L 及更高浓度 HCl 溶解超过 16 h 时,因玄武岩中原生矿物的交代破坏,从而引起 Si 组元素含量的明显升高;而 HCl 浓度为 1.0 mol/L、溶解时长超过 8 h 组合,HCl 浓度为 1.5 mol/L、溶解时长超过 4 h 组合和 HCl 浓度为 2.0 ~~N~~ 与 2.5 mol/L、溶解时长超过 2 h 组合均会引起 Fe 组元素含量的明显降低。此外,HCl 浓度为 1.0 mol/L、溶解时长超过 8 h 组合,HCl 浓度为 1.5 与 2.0 mol/L、溶解时长超过 2 h 组合和 HCl 浓度为 2.5 mol/L、溶解时长超过 1 h 组合均会引起 Mn 组元素含量的明显降低。为此,HCl 浓度为 1.0 mol/L、溶解时长不超过 4 h 组合,HCl 浓度为 1.5 和 2.0 mol/L、溶解时长不超过 1 h 组合和 HCl 浓度为 2.5 mol/L、溶解时长不超过 0.5 h 组合,均可有效去除海底蚀变岩石中的次生组分,且对岩石中的原生碳酸盐不会造成明显影响。

4　结　论

(1) 实验样品中的次生组分有碳酸盐、磷酸盐和锰矿物。

（2）以浓度为0.25 和0.5 mol/L HCl 溶解任一时长，不足以有效去除海底玄武岩中的全部次生组分。HCl 浓度为 1.0，1.5，2.0，2.5 mol/L 时，任一 HCl 浓度—时间组合均可有效去除岩石中全部次生组分。

（3）HCl 浓度大于 1.0 mol/L、溶解时间大于等于 16 h 浓度—时间组合会影响 Si 组元素的安全；HCl 浓度为 1.0 mol/L、溶解时间大于等于 8 h 浓度—时间组合，HCl 浓度为 1.5 mol/L、溶解时间大于等于 4 h 浓度—时间组合和 HCl 浓度为 2.0 ~~N~~ 及 2.5 mol/L、溶解时间大于等于 2 h 浓度—时间组合会影响 Fe 组元素安全；HCl 浓度为 1.0 mol/L、溶解时间大于等于 8 h 浓度—时间组合，HCl 浓度为 1.5 及 2.0 mol/L、溶解时间大于等于 2 小时浓度—时间组合和 HCl 浓度为 2.5 ~~N~~、溶解时间大于等于 1 小时浓度—时间组合会影响 Mn 组元素的安全。

（4）1.0 mol/L—0.5 h、1.0 mol/L—1 ~~小时~~、1.0 mol/L—2 ~~小时~~、1.0 mol/L—4 ~~小时~~、1.5 mol/L—0.5 ~~小时~~、1.5~~N~~—1 ~~小时~~、2.0 mol/L—0.5 h、2.0 mol/~~L~~—1 ~~小时~~和 2.5 mol/L—0.5 ~~小时~~等 9 种 HCl 浓度—时间组合既可有效去除海底蚀变玄武岩中的全部次生组分，又对岩石中原生硅酸盐组份相对安全。

参考文献（References）：

[1] Guy C, Daux V, Schott J. Behaviour of rare earth elements during seawater/basalt interactions in the Mururoa Massif [J]. *Chemical Geology*, 1999, 158: 21-35.

[2] Alta J C, Teagle D A H. Hydrothermal alteration of upper oceanic crust formed at a fast-spreading ridge: Mineral, chemical, and isotopic evidence from ODP Site 801[J]. *Chemical Geology*, 2003, 201: 191-211.

[3] Zhu Kechao. Petrology of the substrate in seamounts MA, MC, MD, ME and MF from Magellan Seamounts [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2002, 22(1): 49-56.[朱克超. 麦哲伦海山区 MA、MC、MD、M E、MF 海山结壳基岩的岩石学[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(1): 49-56.]

[4] Bach W, Garrido C J, Paulick H, *et al*. Seawater-peridotite interactions: First insights from ODP Leg 209, MAR 15°N [J]. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 2004, 5(9): 1-22.

[5] Bu Wenrui, Shi Xuefa, Peng Jiantang, *et al*. Low-temperature alteration of oceanic island basalts and their contribution to transition metal circulation of the ocean [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2008, 27(2): 35-54.

[6] Meurer W P, Sturm M A, Klein E M, *et al*. Basalt compositions from the Mid-Atlantic Ridge at the SMARK area (22°30′N to 22°50′N-implications for parental liquid variability at isotopically homogeneous spreading centers [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, 186: 451-469.

[7] Kamenetsky V S, Everard J L, Crawford A J, *et al*. Enriched End-member of Primitive MORB Melts: Petrology and Geochemistry of Glasses from Macquarie Island (SW Pacific) [J]. *Journal of Petrology*, 2000, 41(3): 411-430.

[8] Hannigan R E, Basu A R, Teichmann F. Mantle reservoir geochemistry from statistical analysis of ICP-MS trace element data of equatorial mid-Atlantic MORB glasses [J]. *Chemical Geology*, 2001, 175: 397-428.

[9] Cooper K M, Eiler J M, Asimow P D. Oxygen isotope evidence for the origin of enriched mantle beneath the mid-Atlantic ridge [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2004, 220: 297-316.

[10] Chan L, Lassiter J C, Hauri E H. Lithium isotope systematics of lavas from the Cook-Austral Islands: Constraints on the origin of HIMU mantle [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2009, 277: 433-442.

[11] Burnard P, Graham D, Farley K. Fractionation of noble gases (He, Ar) during MORB mantle melting: A case study on the Southeast Indian Ridge [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2004, 227: 457-472.

[12] Shinjo R, Kato Y. Geochemical constraints on the origin of bimodal magmatism at the Okinawa Trough, an incipient back-arc basin [J]. *Lithos*, 2000, 54: 117-137.

[13] Choi S H, Suzuki K, Mukasa S B. Lu-Hf and Re-Os systematics of peridotite xenoliths from Spitsbergen, western Svalbard: Implications for mantle-crust coupling [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2010, 297: 121-132.

[14] Escrig S, Schiano P, Schilling J, *et al*. Rhenium-osmium isotope systematics in MORB from the Southern Mid-Atlantic Ridge (40°-50°S) [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2005, 235: 528-548.

[15] Georgen J E, Kurz M D, Dick H J B, et al. Low $^{3}He/^{4}He$ ratios in basalt glasses from the western Southwest Indian Ridge (10°-24°E) [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2003, 206: 509-528.

[16] Peate D W, Hawkesworth C J, van Calsteren P W, et al. ^{238}U-^{230}Th constraints on mantle upwelling and plume-ridge interaction along the Reykjanes Ridge [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, 187: 159-272.

Leaching Experiments of Secondary Components in Altered Submarine Basalts

Bu Wenrui, Li Li, Zhu Aimei, Zhang Hui, Zhang Jun, Cui Jingjing

(*The First Institute of Oceanography*, ~~*State Oceanic Administration*~~ *Key Laboratory of Marine Sedimentology & Environmental Geology*, 266061, *China*)

Abstract: Altered submarine basalts with rich secondary calcites were graded, homogenized, and divided into 49 subsamples. 48 subsamples were leached with hydrochloric acid (HCl) of different concentrations (0.25,0.5, 1.0, 1.5,2.0,2.5 mol/L) for different time periods (0.5 hours, 1 hour, 2 hours, 4 hours, 16 hours, 32 hours and 64 hours). The main oxides and trace elements in the leached residuals were analyzed to determine the preferred HCl concentration-time combinations for leaching secondary components in altered submarine basalts. The result indicates that there are 9 optimal schemes as preferred HCl concentration-time combinations to leach secondary components in altered submarine basalts, which are 1.0 mol/L-0.5 hours, 1.0 mol/L-1 hour, 1.0 mol/L-2 hours, 1.0 mol/L-4 hours, 1.5 mol/L-0.5 hours, 1.5 mol/L-1 hour, 2.0 mol/L-0.5 hours, 2.0 mol/L-1 hour and 2.5 mol/L-0.5 hour.

Key words: Altered submarine basalts; Secondary components; Leaching experiments.