海底浮岩前处理方法的实验研究

张玉祥[1,2,3], 曾志刚[1,2,3,4], 殷学博[1,2], 齐海燕[1,2], 李　禾[5], 王晓媛[1,2,4], 陈　帅[1,2]

(1. 中国科学院海洋研究所, 山东 青岛 266071; 2. 中国科学院海洋地质与环境重点实验室, 山东 青岛 266071; 3. 中国科学院大学, 北京 100049; 4. 海底矿产资源评价与探测技术功能实验室, 青岛海洋科学与技术国家实验室, 山东 青岛 266071; 5. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要: 为了解海底浮岩气孔充填物对全岩微量元素组成的影响, 并获得有效的海底浮岩前处理方法, 对冲绳海槽中部的浮岩碎成大于 5 cm, 1~2 cm 及小于 5 mm 的碎块分别进行前处理, 然后通过扫描电镜(SEM)和 X 射线衍射光谱(XRD)分析对清洗的效果进行观察对比。结果表明, 对大块浮岩直接清洗以及将浮岩碎成厘米级小块后清洗都难以将浮岩气孔内充填的细粒沉积物去除干净, 而对浮岩碎成毫米级(< 5 mm)颗粒后再清洗可以有效清除浮岩气孔内的充填物。本文所确定的一套有效的海底浮岩前处理方法总结如下: (1)将小于 5 mm 的浮岩颗粒置于超声波清洗机内用蒸馏水清洗, 每隔 15 min 换一次水, 直到清洗样品后的水足够清澈; (2)将样品先后浸入无水乙醇和稀盐酸溶液中, 分别去除有机质和次生碳酸盐、铁氧化物; (3)将浮岩样品置于 40℃超纯水中浸泡 7 d 左右, 并每天换水, 直至向上层清液加硝酸银溶液无白色沉淀出现。XRD 分析表明, 海底浮岩气孔中充填物的矿物组成包括斜长石、石英等。少量的气孔充填物对浮岩全岩的微量元素配分模式影响不大, 但会造成 Pb、Sr 等元素含量的增加, 因此可能会对浮岩全岩的 Pb-Sr 同位素组成造成干扰。

关键词: 海底浮岩; 前处理; 气孔充填物; 微量元素

中图分类号: P736　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-3096(2017)07-0064-07

DOI: 10.11759/hykx20161114001

浮岩是一种特殊的火山喷出岩, 其气孔非常发育, 气孔壁很薄, 似泡沫状, 密度甚至比水的密度还要小, 因此可以在水中漂浮[1]。浮岩一般是火山较剧烈喷发的产物, 不仅是陆上火山碎屑沉积的重要组成部分[2-3], 也可以在水下喷发[4], 例如在冲绳海槽就有大量浮岩的报道[5-14]。浮岩质地疏松, 采用岩石拖网或电视抓斗等采样方式比较容易获取。此外, 作为一种重要的海底火山岩, 海底浮岩已被许多学者用来研究海底中酸性岩浆的起源和演化过程[11, 14, 15-21]。因此, 海底浮岩是研究海底岩浆作用的一个重要载体。

然而, 由于海底浮岩气孔非常发育, 海底细粒沉积物容易进入气孔内而影响浮岩的全岩化学组成。浮岩气孔不仅微小, 而且实验研究表明, 浮岩的气孔大部分是联通的[2], 细粒沉积物可以进入浮岩内部较深部位的气孔中, 一般的样品清洗方法可能难以将其清除干净。少量沉积物的混入对全岩主量元素组成可能影响较小, 但对全岩的微量元素乃至同位素组成却可能造成较大干扰。遗憾的是, 前人的研究中很少考虑浮岩孔隙充填物的影响, 目前也缺少一套有效的海底浮岩前处理方法。虽然有学者采取了一些特殊的方法对海底浮岩进行前处理, 比如, 秦蕴珊等[6]将大块的浮岩进行破碎, 挑选中间的新鲜样品进行测试; 黄朋等[12]把浮岩样品置入热的超纯水中浸泡 7~10 d, 且浸泡期间经常换水; Zeng 等[14]对浮岩样品破碎成毫米大小的颗粒后进行清洗, 但是他们均未验证样品是否清理干净。

收稿日期: 2016-11-14; 修回日期: 2016-12-22

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(2013CB429700); 国家自然科学基金(41325021, 41306053, 41476044); 中国科学院战略先导专项(XDA11030302); 山东省泰山学者专项基金; 中国科学院、国家外国专家局创新团队国际合作伙伴计划; 青岛海洋科学与技术国家实验室鳌山人才计划; 鳌山科技创新计划项目(2015ASKJ03, 2016ASKJ13)

[Foundation: The National Key Basic Research Program of China, No. 2013CB429700; National Science Foundation of China, No. 41325021, No.41306053, No.41476044; Strategic Priority Research Program of the Chinese Academy of Sciences, No. XDA11030302; the Special Fund for the Taishan Scholar Program of Shandong Province; the CAS/SAFEA International Partnership Program for Creative Research Teams; the Aoshan Talent Program of Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology; the Aoshan Science and Technology Innovation Program, No. 2015ASKJ03, No. 2016ASKJ13]

作者简介: 张玉祥(1990-), 男, 山东潍坊人, 博士研究生, 主要从事海底岩石学研究, E-mail: yonng0511@126.com; 曾志刚, 通信作者, E-mail: zgzeng@qdio.ac.cn

对海底浮岩进行有效的前处理是浮岩地球化学研究的前提，本文在借鉴前人经验的基础上，对不同大小的浮岩碎块进行处理，然后通过扫描电镜(SEM)和 X 射线衍射光谱(XRD)分析对浮岩清洗的效果进行观察对比，以确定一套有效的浮岩前处理方法。此外，对清洗洁净程度不同的浮岩样品进行微量元素测试，从而认识浮岩孔隙充填物对全岩微量元素组成的影响。期待本文的工作能对后来的海底浮岩研究有所帮助。

1 材料与方法

1.1 实验样品

本次实验的样品为冲绳海槽的浮岩(图 1)，编号 T6，浮岩表面有沉积物附着。样品于 2014 年 4 月“科学”号“HOBAB2”航次在冲绳海槽中部的伊平屋北海丘通过电视抓斗采得，采样点位为 126º54′31.720″E，27º48′47.260″N，采样区有沉积物覆盖。浮岩呈斑状结构，斑晶主要为斜长石，基质为玻璃质。样品比较新鲜，其 Sr 同位素质量比之比 $m(^{87}Sr)/m(^{86}Sr)$在 0.704 左右(未发表数据)，说明未受到海水蚀变的影响。



图 1 T6 浮岩样品照片

Fig. 1 Photograph of T6 pumice sample

1.2 样品前处理方法

样品前处理参照黄朋等[12]的方法，并稍作修改。将浮岩块表面的沉积物用清水洗净，然后用切割机将岩块切成 1~2 cm 厚的小岩块，并挑选出新鲜的部分。首先选择一些未经清洗而只用无水乙醇和稀盐酸溶液进行处理的浮岩块作为参照，以便更好地观察研究浮岩孔隙充填物的原始充填状态和矿物组成，这些样品为 5 cm 以上的岩块，编号 T6-A；将剩余的新鲜浮岩块分成 3 部分：一部分不作破碎处理，岩块大小超过 5 cm，编号 T6-B；一部分用颚式碎样仪碎成 1~2 cm 的颗粒，编号 T6-C；另一部分碎成小于 5 mm 的颗粒，编号 T6-D。然后将浮岩样品置于超声波清洗机内清洗，使用蒸馏水，每隔 15 min 换一次水，直到清洗样品后的水足够清澈，以去除浮岩气孔内充填的沉积物。(这里与黄朋等[12]的方法有所区别，他们先将大块的浮岩样品超声波清洗后再破碎成小块。考虑到细粒沉积物可以进入浮岩内部的较深部位，直接清洗大块样品难以将气孔充填物去除干净，而将样品破碎后再用超声清洗能提高清洗效率。)之后将样品浸入无水乙醇中大约 1 h 以去除有机质，然后将样品取出、烘干，再放入 0.5 mol/L 的稀盐酸溶液中，60℃水浴加热，浸泡 1~2 h 去除次生碳酸盐和铁氧化物。然后将浮岩样品置于超纯水中，40℃水浴加热，浸泡 7 d 左右，并每天换一次水，直至取上层清液加入 $AgNO_3$ 溶液无白色沉淀出现从而保证 Cl 离子完全除净，在此过程中浮岩孔隙中的充填物可以进一步得到清洗。

1.3 测试方法

随机选取处理好的浮岩样品，碎成 1 mm 左右大小的颗粒，制靶后用 SEM 观察浮岩孔隙的微观结构，以检验浮岩孔隙中的充填物是否清洗干净。SEM 分析在中国科学院海洋研究所完成，扫描电镜的仪器型号为 VEGA3，生产厂家为捷克 TESCAN 公司。仪器配备能谱分析仪，采用工作电压 15~20 kV，工作电流 18~22 mA。

将部分浮岩样品用玛瑙研钵研磨到 300 目，进行 XRD 分析。XRD 分析在中国科学院地质与地球物理研究所完成，采用的 X 射线衍射仪的型号为 D/max-2400，使用铜靶，工作电压为 40 kV，工作电流为 60 mA，步长为 0.02°，扫描速度为 8°/min。

选取 T6-B、T6-C、T6-D 样品用玛瑙研钵研磨到 200 目，进行微量元素测试分析，在中国科学院海洋研究所采用电感耦合等离子质谱仪(ICP-MS)完成，仪器型号为 ELANDRC II。将浮岩样品粉末置于烘箱中，105℃烘干 2 h，之后准确称量 40 mg 样品放入 Teflon 烧杯中，设置好平行样和空白样，依次加入 1.5 mL 浓 HF、0.5 mL 浓 HNO_3，将烧杯封好盖后置于加热板上，150℃加热 24 h。然后将烧杯盖打开，在 150℃加热板上将烧杯内液体蒸干，大约 2 h，然后继续加入 1 mL 浓 HNO_3，于 150℃加热板上再次蒸干，

再加入 1 mL 浓 HNO_3 及 1 mL 超纯水，封盖，150℃加热 24 h。待样品完全溶解后用超纯水定容到 40 g，进行上机测试。用 Re 作为内标，标准样品为 GBW07315、GBW07316、BHVO-2、BCR-2，测试精度< 5%。

2 结果与讨论

2.1 SEM 观察结果

前处理后浮岩的 SEM 观察结果见图 2。未经清洗的 T6-A 样品的气孔中充填有较多的沉积物，说明沉积物确实容易进入浮岩的气孔中，而且充填的沉积物粒度非常细，普遍小于 20 μm，有的附着在气孔壁上，有的呈弱固结状。尽管经过了一系列清洗流程，T6-B 样品的气孔内仍然充填较多的沉积物，沉积物呈较松散的片状，附着在气孔壁上，说明直接清洗大块的浮岩样品清洗效果较差。相比于 T6-B, T6-C 样品气孔内充填的沉积物已明显减少，但仍有少量的沉积物附着在气孔壁上，说明即使浮岩碎成 1~2 cm 的碎块，也难以将浮岩彻底清洗干净。对比而言, T6-D 样品清洗得比较干净，气孔内已见不到沉积物的残留，表明将浮岩碎成较小颗粒(<5 mm)后清洗是一种较为有效的浮岩前处理方法。

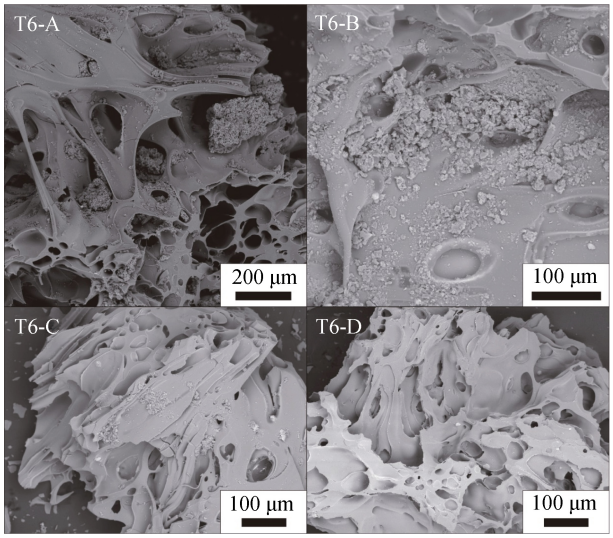


图 2 前处理后浮岩气孔及其充填物的 SEM 图像

Fig. 2 SEM images of vesicles and their infillings of pumice after pretreatment.

2.2 XRD 分析结果

前处理后浮岩的 XRD 分析结果见图 3。所有浮岩样品均在 2θ=28.0°和 28.4°附近存在明显的衍射峰，T6-D 样品还在 2θ=22.0°、22.8°、23.7°、24.5°及 30.3°附近存在较弱的峰，这些衍射峰的 2θ 角均与斜长石

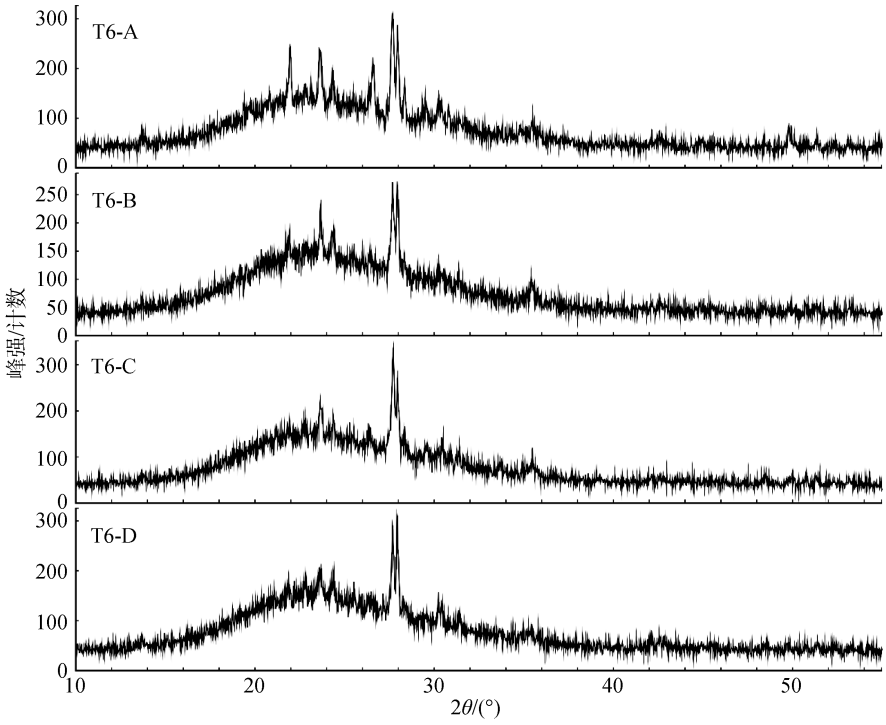


图 3 浮岩前处理后的 XRD 分析结果

Fig. 3 XRD analysis results of pumice samples after pretreatment

的特征峰一致，除此之外 T6-D 没有其他明显的衍射峰，说明斜长石是 T6 浮岩主要的矿物相，这与岩相学的观察结果一致。根据 SEM 的观察结果, T6-D 样品气孔中无沉积物的残留(图 2)，说明 T6-D 的衍射峰代表了 T6 浮岩本身的 XRD 分析结果。与 T6-D 样品相比, T6-A 样品在 2θ=22.0°、23.7°、24.5°、29.6°及 30.3°附近等斜长石特征峰处存在强度较强的衍射峰，说明除了 T6 浮岩本身含有的斜长石之外，T6-A 样品中还有其它来源的斜长石。考虑到 T6-A 气孔中充填有大量的沉积物(图 2)，不难想到，T6-A 中额外的斜长石来自这些沉积物，也就是说斜长石是 T6 浮岩气孔充填物的主要组成之一。此外，T6-A 样品在 2θ=26.6°附近存在较强的衍射峰，与石英的特征峰一致，说明石英是 T6 浮岩气孔充填物的另一主要的矿物组成。从 T6-A 到 T6-B 和 T6-C，石英和斜长石的部分衍射峰强度逐渐减弱，说明气孔充填物的含量逐渐降低，与 SEM 的观察结果一致。

2.3 微量元素测试结果

T6-B、T6-C、T6-D 样品处理后的微量元素测试结果见表 1，原始地幔标准化的微量元素蛛网图见图 4(原始地幔数据引自文献[22]，元素排列顺序参照

表 1　浮岩前处理后的微量元素质量比(μg/g)

Tab. 1　Mass ratios (μg/g) of trace elements of pumice samples after pretreatment

样品	T6-B	T6-C	T6-D	原始地幔[22]
m(Cs)	3.51	3.62	3.75	0.021
m(Rb)	91.1	93.1	101	0.6
m(Pb)	13.4	10.3	8.21	0.15
m(Ba)	321	324	329	6.6
m(Th)	10.6	10.9	10.7	0.0795
m(U)	2.44	2.59	2.58	0.0203
m(La)	21.2	22.4	19.4	0.648
m(Ce)	43.6	45.9	44.5	1.675
m(Pr)	4.91	5.20	4.86	0.254
m(Nd)	18.7	19.3	18.2	1.25
m(Ta)	0.798	0.798	0.822	0.037
m(Nb)	11.2	11.1	11.7	0.658
m(Zr)	159	155	178	10.5
m(Hf)	4.39	4.49	4.48	0.283
m(Sr)	56.1	56.8	49.2	19.9
m(Sm)	4.13	4.33	4.03	0.406
m(Li)	22.1	20.1	21.8	1.6
m(Gd)	4.16	4.29	4.08	0.544
m(Tb)	0.828	0.856	0.864	0.099
m(Eu)	0.661	0.702	0.614	0.154
m(Dy)	4.88	5.11	5.13	0.674
m(Ho)	1.20	1.27	1.22	0.149
m(Er)	3.57	3.67	3.77	0.438
m(Lu)	0.644	0.685	0.662	0.0675
m(Tm)	0.635	0.673	0.660	0.068
m(Yb)	4.18	4.33	4.21	0.441
m(Ga)	18.0	17.8	18.1	4
m(Y)	34.8	34.4	34.8	4.3
m(Cd)	0.196	0.206	0.202	0.04
m(V)	11.90	10.7	7.95	82
m(Zn)	46.1	46.9	44.5	55
m(Cu)	6.98	5.90	4.30	30

注: *m* 表示元素质量比

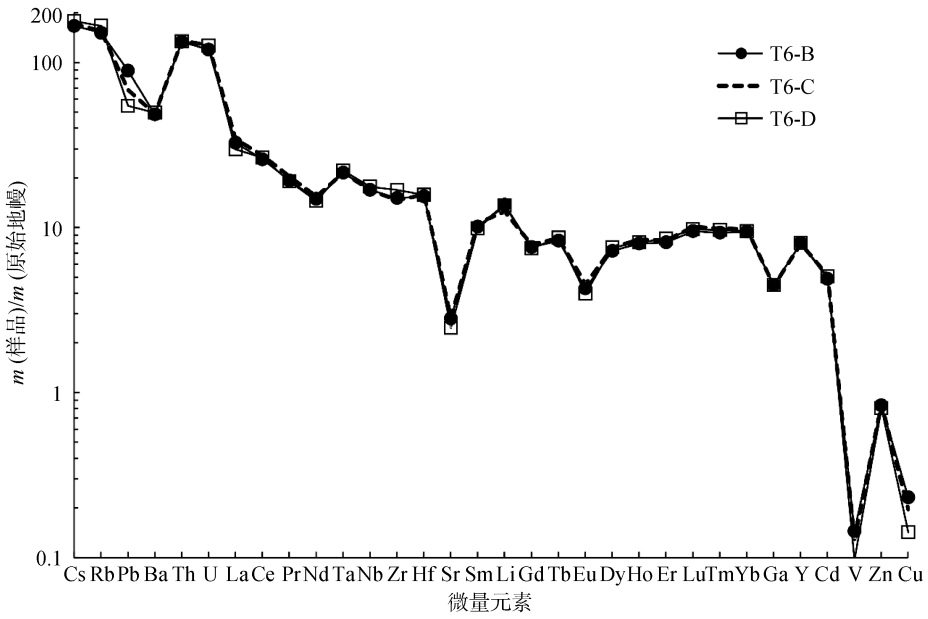


图 4　浮岩前处理后的微量元素蛛网图

Fig. 4　Spider diagram of trace elements of pumice samples after pretreatment

文献[23])。从图 4 中可以看出, 3 个浮岩样品之间大部分的微量元素含量差别很小, 微量元素蛛网图的配分模式比较接近, 说明少量的孔隙充填物并不会对浮岩全岩的微量元素配分模式造成明显的影响。少量几个元素, 如 Pb、Sr、V、Cu 等元素, 含量从 T6-B 到 T6-D 逐渐降低, 尤其是 Pb 元素, 表明这些元素在浮岩气孔充填物中含量较高。需要注意的是, 这几个元素的含量变化虽然对浮岩全岩的微量元素配分模式总体上影响不大, 但对浮岩全岩的同位素组成可能会造成干扰。与陆壳的岩石类似, 海底沉积物一般具有相对富集的 Pb 同位素和 Sr 同位素组成, 少量沉积物的混入可能会造成浮岩中这些同位素的比值升高, 造成陆壳混染的假象, 因此, 对浮岩进行有效清洗依然十分必要。

3　结论

1) 海底浮岩气孔中容易充填细粒的海底沉积物, 充填物的矿物组成包括斜长石、石英等。少量的气孔充填物对浮岩全岩的微量元素配分模式影响不大, 但会造成 Pb、Sr 等元素含量的增加, 因此可能会对浮岩全岩的 Pb 同位素和 Sr 同位素组成造成干扰。

2) 通过实验对比, 我们发现对大块的浮岩直接清洗以及将浮岩碎成厘米级的小块后清洗都难以将浮岩气孔内充填的沉积物去除干净, 而将浮岩碎成毫米级(<5 mm)的颗粒后清洗可以将浮岩气孔内的充填物清洗干净。一套有效的浮岩前处理方法简单总结如下: 先将浮岩碎成小于 5 mm 的小颗粒, 之后用超声波进行充分清洗, 然后用无水乙醇和稀盐酸溶液分别去除有机质和次生碳酸盐、铁氧化物, 最后用热的超纯水充分浸泡。

需要指出的是, 本研究中的前处理方法仅针对新鲜的海底浮岩样品。除了浮岩中气孔充填物对全岩成分的影响, 海水蚀变也是一个不可忽视的影响因素, 但目前还缺少有效的方法消除海水蚀变对浮岩分析结果的影响。此外, 本研究主要侧重不同大小浮岩的前处理效果, 并没有考虑不同清洗方法的影响。因此, 在后续研究中, 需要增加样品的数量, 比较不同样品清洗方法的效率, 并充分考虑海水蚀变对浮岩的影响, 从而形成一套更加高效的海底浮岩前处理方法。

参考文献:

[1] Fisher R V, Schmincke H U. Pyroclastic Rocks[M]. Berlin: Springer Science & Business Media, 1984: 102-103.

[2] Whitham A G, Sparks R S J. Pumice[J]. Bulletin of Volcanology, 1986, 48(4): 209-223.

[3] Klug C, Cashman K, Bacon C. Structure and physical characteristics of pumice from the climactic eruption of Mount Mazama (Crater Lake), Oregon[J]. Bulletin of Volcanology, 2002, 64(7): 486-501.

[4] White J D L, Smellie J L, Clague D A. Explosive

subaqueous volcanism[M]. Washington, D. C.: American Geophysical Union, 2003: 213-229.

[5] 翟世奎. 冲绳海槽浮岩的分布及其斑晶矿物学特征[J]. 海洋与湖沼, 1986, 17(6): 504-512.
Zhai Shikui. The distribution and mineralogical characteristics of the pumice from the Okinawa Trough[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1986, 17(6): 504-512.

[6] 秦蕴珊, 翟世奎, 毛雪瑛, 等. 冲绳海槽浮岩微量元素的特征及其地质意义[J]. 海洋与湖沼, 1987, 18(4): 313-319.
Qin Yunshan, Zhai Shikui, Mao Xueying, et al. The trace element characteristics of the pumice in the Okinawa Trough and its geological significance[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 1987, 18(4): 313-319.

[7] 翟世奎. 冲绳海槽浮岩中斑晶矿物结晶的PT条件[J]. 海洋科学, 1987, 1: 26-30.
Zhai Shikui. The crystalline temperature and pressure of phenocrysts of the pumices in the Okinawa Trough[J]. Marine Sciences, 1987, 1: 26-30.

[8] Ishikawa M, Sato H, Furukawa M, et al. Report on DELP 1988 cruises in the Okinawa Trough: Part 6. Petrology of volcanic rocks[J]. Bulletin of the Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 1991, 66: 151-177.

[9] 陈丽蓉, 翟世奎, 申顺喜. 冲绳海槽浮岩的同位素特征及年代测定[J]. 中国科学(B 辑), 1993, 23(3): 324-329.
Chen Lirong, Zhai Shikui, Shen Shunxi. Isotopic characteristics of pumice and its age dating in the Okinawa Trough[J]. Science in China (Series B), 1993, 23(3): 324-329.

[10] 孟宪伟, 杜德文, 吴金龙. 冲绳海槽中段火山岩系 Sr 和 Nd 同位素地球化学特征及其地质意义[J]. 中国科学: D 辑, 1999, 29(4): 367-371.
Meng Xianwei, Du Dewen, Wu Jinlong, et al. Sr-Nd isotopic geochemistry and its geological significances of volcanic rock series from the middle part of Okinawa Trough[J]. Science in China (Series D), 1999, 29(4): 367-371.

[11] 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(3): 117-137.

[12] 黄朋, 李安春, 蒋恒毅. 冲绳海槽北, 中段火山岩地球化学特征及其地质意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(6): 1703-1712.
Huang Peng, Li Anchun, Jiang Hengyi. Geochemical features and their geological implications of volcanic rocks from the northern and middle Okinawa Trough[J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22(6): 1703-1712.

[13] 韩宗珠, 李超, 来志庆. 冲绳海槽中南部浮岩的岩石地球化学特征及其成因[J]. 海洋湖沼通报, 2008, 3: 61-66.
Han Zongzhu, Li Chao, Lai Zhiqing. Geochemical features and origin of the pumice from middle and south Okinawa Trough[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2008, 3: 61-66.

[14] Zeng Zhigang, Yu Shaoxiong, Wang Xiaoyuans, et al. Geochemical and isotopic characteristics of volcanic rocks from the northern East China Sea shelf margin and the Okinawa Trough[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2010, 29(4): 48-61.

[15] 翟世奎, 陈丽蓉, 王镇, 等. 冲绳海槽浮岩岩浆活动模式浅析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 1997, 17(1): 59-66.
Zhai Shikui, Chen Lirong, Wang Zhen, et al. Primary analysis on pumice magmatism model of the Okinawa Trough[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 1997, 17(1): 59-66.

[16] 于增慧, 翟世奎, 赵广涛. 冲绳海槽浮岩中岩浆包裹体岩石化学成分特征[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(5): 474-482.
Yu Zenghui, Zhai Shikui, Zhao Guangtao. The petrochemical feature of melt inclusion in acid pumice in the Okinawa Trough[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2001, 32(5): 474-482.

[17] 翟世奎, 张杰, 张明书, 等. 冲绳海槽浮岩包裹体的测温试验[J]. 海洋与湖沼, 2001, 32(1): 67-73.
Zhai Shikui, Zhang Jie, Zhang Mingshu, et al. Temperature measuring test on inclusion in pumice in the Okinawa Trough[J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2001, 32(1): 67-73.

[18] 于增慧, 翟世奎, 赵广涛. 冲绳海槽浮岩中碳, 氢同位素组成特征[J]. 海洋学报, 2004, 26(6): 58-64.
Yu Zenghui, Zhai Shikui, Zhao Guangtao. The carbon and hydrogen isotopic compositions of pumices in the Okinawa Trough[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2004, 26(6): 58-64.

[19] 黄朋, 李安春, 胡宁静, 等. 冲绳海槽火山岩 Sr-Nd 同位素特征及 U 系年龄[J]. 中国科学: D 辑, 2006, 36(4): 351-358.
Huang Peng, Li Anchun, Hu Ningjing, et al. Sr-Nd isotopic characteristics and U-series ages of volcanics from the Okinawa Trough[J]. Science in China (Series D), 2006, 36(4): 351-358.

[20] Guo Kun, Zhai Shikui, Yu Zenghui, et al. Sr–Nd–Pb isotopic geochemistry of phenocrysts in pumice from the central Okinawa Trough[J]. Geological Journal, 2016, 51(S1): 368-375.

[21] 廖仁强, 黄朋, 胡宁静, 等. 冲绳海槽黑色与白色浮岩特征及其对岩浆演化的指示[J]. 海洋科学, 2016, 40(5): 121-130.

Liao Renqiang, Huang Peng, Hu Ningjing, et al. Petrological characteristics of black and white pumice from the Okinawa Trough: Implications for magmatic evolution[J]. Marine Sciences, 2016, 40(5): 121-130.
[22] McDonough W F, Sun S S. The composition of the Earth[J]. Chemical Geology, 1995, 120(3): 223-253.
[23] Gao Shan, Luo Tingchuan, Zhang Benren, et al. Chemical composition of the continental crust as revealed by studies in East China[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1998, 62(11): 1959-1975.

Experimental study of a pretreatment method for submarine pumice

ZHANG Yu-xiang[1, 2, 3], ZENG Zhi-gang[1, 2, 3, 4], YIN Xue-bo[1, 2], QI Hai-yan[1, 2], LI He[5], WANG Xiao-yuan[1, 2, 4], CHEN Shuai[1, 2]

(1. Institute of Oceanology, the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 2. Key Laboratory of Marine Geology and Environment of the Chinese Academy of Sciences, Qingdao 266071, China; 3. University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 4. Laboratory for Marine Mineral Resources, Qingdao National Laboratory for Marine Science and Technology, Qingdao 266071, China; 5. Institute of Geology and Geophysics, the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Received: Nov. 14, 2016
Key words: submarine pumice; pretreatment; vesicle fillings; trace elements

Abstract: This study was conducted to analyze the influences of sediment infillings in submarine pumice's vesicles on whole-rock trace element compositions of pumice and to identify an effective pretreatment method for submarine pumice. The pumice obtained from the middle Okinawa Trough was pretreated after breaking it into fragments of sizes >5 cm, 1~2 cm, and <5 mm. Scanning electron microscope (SEM) and X-ray diffraction (XRD) analyses were conducted to observe and compare the cleaning results. Experimental results showed that direct cleaning by large pumice fragments or cleaning after the pumice was broken into centimeter-scale fragments failed to remove completely the fine-grained sediments filled in the vesicles of the pumice. However, cleaning after the pumice was crushed into millimeter-scale fragments could effectively clean up the vesicles of the pumice. This study summarized an effective pretreatment method for submarine pumice as follows: (1) clean the pumice fragments (<5 mm) using distilled water in an ultrasonic bath and change the water every 15 min until the water after cleaning the samples becomes clear enough, (2) place the fragments in anhydrous ethanol and dilute hydrochloric acid solution (0.5 mol/L) to remove organic matter and secondary carbonate and Fe oxides, respectively, and (3) place the pumice fragments in ultrapure water at 40℃ for about 7 days, with water being changed every day until the removal of chloridion. The results of SEM and XRD analyses showed that the mineral composition of the fillings in the submarine pumice's vesicles includes plagioclase and quartz. Small amount of vesicle fillings has mild effects on the whole-rock trace element distribution pattern of pumice. However, the fillings could increase the contents of Pb and Sr and, thus, might disturb the whole-rock Pb and Sr isotopic compositions of pumice.

(本文编辑: 刘珊珊)