

Ar-Ar 质谱法对南极乔治王岛 火山岩同位素年龄的测定

桑海清 郑祥身 裘冀

(中国科学院地质与地球物理研究所 北京 100029)

用 Ar-Ar 同位素质谱法对采自南极乔治王岛的七个火山岩样品进行了 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 快中子活化年龄测定。坪年龄和等时年龄数据表明, 该区火山活动主要在早白垩世 (120.5~99.7Ma), 在早第三纪 (63.6~51.5Ma) 还有次火山喷发。

1 样品的加工处理及快中子照射

1.1 样品的加工处理

采自南极乔治王岛的火山岩是玄武岩和玄武安山岩, 样品十分坚硬致密。有强烈的碳酸盐化, 含铁较高, 这两者对 Ar-Ar 质谱法年龄测定极为不利。将样品破碎至 100~120 目, 用 10% 的稀盐酸浸泡样品 4 小时以上, 再用蒸馏水或去离子水将样品清洗干净, 在低于 80℃ 的温度下将样品烘干, 然后再用磁铁将含铁样品颗粒吸附去除。

1.2 样品的快中子照射

将样品和用于 K、Ca、Cl 干扰同位素校正的 K_2SO_4 、 CaF_2 、KCl 及用于中子通量监测的标准样, 按一定要求一并用铝箔包装好, 装入特制石英瓶中, 送往中国原子能科学院 49-2 反应堆进行快中子 ($E > 1\text{MeV}$) 照射。瞬时中子通量为 $6.63 \times 10^{12}\text{n}/\text{cm}^2$ 。照射时间为 55 小时 28 分, 积分中子通量为 $1.32 \times 10^{18}\text{n}/\text{cm}^2$ 。本次照射采用的标准样是澳大利亚 GA1550 黑云母, 其年龄值为 $97.9 \pm 0.7\text{Ma}$; 中国标准样 ZBJ 角闪石和 ZBH-25 黑云母, 其年龄值分别为 $132.8 \pm 1.4\text{Ma}$, $132.8 \pm 1.2\text{Ma}$ 。

2 实验方法与结果

2.1 质谱仪器条件

采用英国 VSS 公司 RGA10 气体源质谱计做静态氩同位素分析。分辨本领为 80~100, 灵敏度为 $8.4 \times 10^{-7}\text{A}/\text{Pa}$ 。全系统静态本底为: $^{40}\text{Ar} = 7 \times 10^{-13}\text{mol}$, $^{36}\text{Ar} = 3 \times 10^{-16}\text{mol}$ 。

2.2 Ar-Ar 全熔融实验及结果

对每个样品称取约 30~50mg, 装入实验系统, 然后对系统加热 (200℃) 去气, 抽真空。当静态真空达到 $1 \sim 5 \times 10^{-5}\text{Pa}$ 时, 用高频电炉熔样, 从低温加热到高温 (1500℃), 保持半小时, 使样品一次全部熔融。释出气体经氧化铜 (550℃)、分子筛、海绵钛 (850℃) 及液氮冷阱纯化、吸附活性气体, 最后让惰性气体氩直接进入质谱计做静态 Ar 同位素分析。共进行了 4 个样品的全熔融实验, 得到全熔融年龄为 $77.9 \pm 0.53 \sim 86.2 \pm 0.47$ 。

2.3 Ar-Ar 阶段加热实验及结果

对样品从低温 (400~450℃) 到高温 (1400~1500℃) 分 10~12 个加热阶段熔样,

每个阶段保持 20 分钟。每段气体经过氧化铜 (550℃)、分子筛、海绵钛 (850 ℃) 及液氮冷阱纯化、吸附去除活性气体, 最后让惰性气体氩进入质谱进行 Ar 同位素分析, 除测量 5 个 Ar 位素 (^{36}Ar 、 ^{37}Ar 、 ^{38}Ar 、 ^{39}Ar 、 ^{40}Ar) 外, 还必须对 $m/e=35$ 和 41 分别予以监测。前者可用来判断样品中 Cl 的干扰程度, 后者可反映样品的纯化程度。当测完一个阶段的 Ar 同位素后, 对系统中氧化铜 (600 ℃) 和海绵钛 (900 ℃) 加热去气抽真空半小时, 然后再进行下一阶段的熔样及 Ar 同位素分析。共进行了 7 个样品的 Ar-Ar 阶段加热分析实验, 根据每个样品不同加热阶段测量的 Ar 同位素, 分别计算了高温阶段坪年龄 $tp1$ 及低温阶段坪年龄 $tp2$, 及与坪年龄对应的等时年龄 $ti1$ 、 $ti2$ 、 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 初始比及相关系数。

坪年龄 $tp1$ 为 $99.7\pm0.5\sim120.5\pm0.4$ Ma, $tp2$ 为 $51.5\pm0.5\sim63.6\pm0.2$ Ma。等时年龄 $ti1$ 为 $99.4\pm0.4\sim120.5\pm0.8$ Ma, $ti2$ 为 $52.2\pm0.2\sim64.0\pm0.1$ Ma。

3 讨论

南极乔治王岛七个火山样品的早期喷发时代, 即高温坪年龄 $tp1$ 在 120.5~99.7Ma 之间, ^{39}Ar 析出量占 60~80%, 表明火山活动主要发生在早白垩世。而低温阶段坪年龄 $tp2$ 在 63.6~51.5Ma 之间, 代表了后期火山喷发年龄。 ^{39}Ar 析出量占 14~31%, 说明在早第三纪存在次火山活动。

7 个火山岩样品的等时年龄 $ti1$ 和 $ti2$ 在误差范围与 $tp1$ 和 $tp2$ 相一致。同时 7 个样品的 $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ 初始比在 304.7 至 285.7 之间 (在尼尔值 295.5 ± 5 范围内), 相关系数均为小数点后有 3 个 9, 表明线性相关也很好。这些资料充分表明, 7 个火山岩样品不含过剩氩, 年龄值具有较高的准确度和可信度。

Ar-Ar Isotopic Dating of Volcanic Rock in George King Island, West Antarctica

Sang Haiqing, Zheng Xiangshen, Qiu Ji

(Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China)

Abstract

Ar-Ar total fusion and step heating methods have been used to determination the isotopic ages of the volcanic rocks from George King Island ,west Antarctica .Argon isotopes of the seven volcanic rock samples are measured in the modified RGA10mass spectrometer, operated in static mode .Some useful Ar-Ar plateau ages , isochrone ages and the initial $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ ratios of these samples are given and their geological implications are discussed in this paper .