科学通报
第41卷 第20期 CHINESE SCIENCE BULLETIN 1996年10月

皖苏地区幔源物质的氧同位素组成*

支霞臣①② 李一良① 郑永飞①②
(①中国科学技术大学地球和空间科学系，合肥 230026；
②第三世界科学院中国科学技术大学地球科学和天文学高级研究中心，合肥 230026)

关键词 氧同位素 玄武岩 橄榄岩包体 矿物巨晶体 皖苏地区

氧同位素组成对于了解岩石成因、地幔不均一性和壳-幔相互作用等具有重要意义. 国外对幔源物质的 $\delta^{18}O$ 作了大量测定，揭示了地幔 $\delta^{18}O$ 的不均一性，玄武岩的高、低 $\delta^{18}O$ 的地幔源区，以及 $\delta^{18}O$ 和 Nd, Sr, Pb 同位素组成的协变性等[1,2]. 国内研究报道甚少，与 Sr, Nd, Pb 同位素和 REE 等痕量元素地球化学研究相比较，存在明显差异. 本文报道皖苏地区新生代大陆玄武岩、幔源橄榄岩包体、单斜辉石和歪长石巨晶捕虏体的 $\delta^{18}O$，并讨论其地球化学意义.

1 样品和分析结果

皖苏地区的玄武岩是我国东部新生代大陆玄武岩带的重要组成部分，由六合-仪征和嘉山-来安两区构成. 六合-仪征和女山的玄武岩碱性较强，为霞石岩、碧玄岩和碱性橄榄玄武岩，富含橄榄岩、单斜辉石和歪长石巨晶捕虏体[3]. 嘉山-来安的玄武岩碱性较弱，为碱性橄榄玄武岩、橄榄玄武岩和橄榄拉斑玄武岩，不含幔源岩矿捕虏体[4].

本文分析了六合-仪征玄武岩样品 22 个，嘉山-来安的 18 个. 女山的尖晶石二辉橄榄岩包体样品 8 个，盘石山的 6 个. 女山的单斜辉石巨晶 6 个，歪长石巨晶 1 个. 样品的 $\delta^{18}O$ 用常规的 BrF_5 法分析，精度优于 ±0.2‰，结果以直方图表示(图 1(a), (b)).

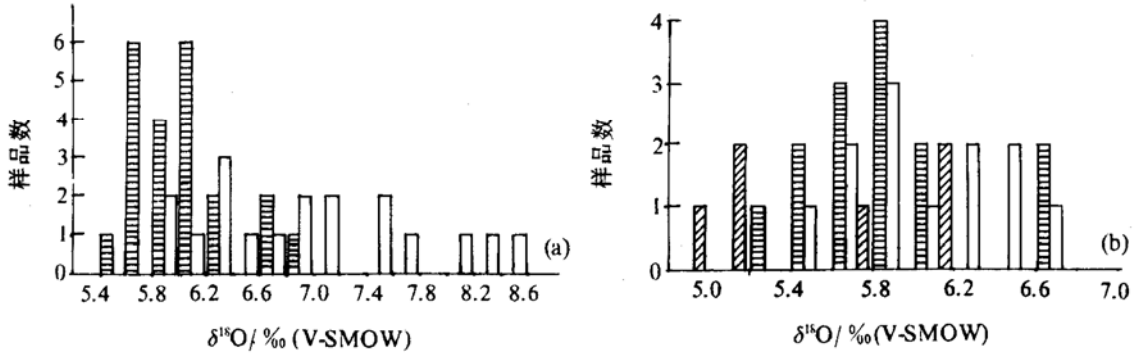


图 1 皖苏地区幔源物质氧同位素组成直方图

(a)玄武岩：横线长条为六合-仪征区，空白长条为嘉山-来安区；(b)橄榄岩和矿物巨晶捕虏体：横线长条为橄榄岩中的单斜辉石，空白长条为斜方辉石，斜线长条为单斜辉石巨晶

1995-10-13 收稿，1996-04-10 收修改稿
* 国家自然科学基金和中国科学院专项基金资助项目

六合-仪征22个玄武岩的 $\delta^{18}O=5.6\sim7.0$(‰, V-SMOW, 下同), 均值为 6.0 ± 0.4(σ, 下同); 嘉山-来安18个玄武岩为6.0～8.5, 均值为 7.0 ± 0.8. 14个橄榄岩包体中的单斜辉石为5.3～6.7, 均值为 6.0 ± 0.4; 12个斜方辉石为5.6～6.7, 均值为 6.1 ± 0.4. 2个尖晶石为5.6和6.5. 6个单斜辉石巨晶为4.7～6.2, 均值为 5.5 ± 0.6. 1个歪长石巨晶为6.5.

2 讨论

2.1 嘉山-来安玄武岩的高 $\delta^{18}O$ 特征及其意义

两区玄武岩的 $\delta^{18}O$ 有明显差异. 六合-仪征的 $\delta^{18}O$ 分布集中, 均值为6.0‰(图1), 比洋中脊玄武岩(MORB)的均值 5.7 ± 0.2 稍大, 与大陆板内玄武岩(CIB)的均值 6.1 ± 0.7 相同[1]. 嘉山-来安的 $\delta^{18}O$ 变异较大(图1), 高于CIB的均值, 低于意大利钾质玄武岩的均值 8.5 ± 1.3[1], 因此表现为高 $\delta^{18}O$ 特征. 两区玄武岩 $\delta^{18}O$ 的不同反映了成因的差异.

两区玄武岩的主要成分和Sr, Nd同位素组成有明显区别(图2)[3~5]. 六合-仪征玄武岩的Nd和Sr同位素组成比较均一, 具亏损地幔的特征[5], 相似于PREMA端元组分[6], 来源于深部较均匀的地幔源区, 氧同位素特征支持这种观点. 嘉山-来安玄武岩的Nd和Sr同位素组成变化较大, 由PM端元向EM Ⅰ(较多样品)和EM Ⅰ(个别样品)富集端元组分展布[4](图2). EM Ⅰ组分最近似于原始地幔组分或是稍经富集的原始地幔组分, 长期位于不受地幔对流影响的核-幔边界处或大陆岩石圈地幔部分[6]. 嘉山-来安玄武岩的高 $\delta^{18}O$ 特征表明其源区不可能是未受扰动的原始地幔. 相反, 其源区具有开放性, 即由再循环的壳源物质的残余体经活化作用, 提供了高 $\delta^{18}O$ 组分. 地幔源区的混合作用造成了玄武岩的高 $\delta^{18}O$ 特征. 郯庐断裂东侧嘉山-来安玄武岩揭示的岩石圈物质返回地幔的现象, 可能为探讨郯庐断裂的性质提供新的启示.

2.2 橄榄岩包体中两种辉石的氧同位素平衡分馏

图3表示橄榄岩包体中两种辉石的氧同位素分馏. 9个样品 $|\delta^{18}O_{(Opx-Cpx)}|\leqslant0.5$‰, 3个稍有偏离. 9个样品 $\delta^{18}O_{Opx}\geqslant\delta^{18}O_{Cpx}$, 3个相反. 总之, 皖苏地区橄榄岩包体中两种辉石的

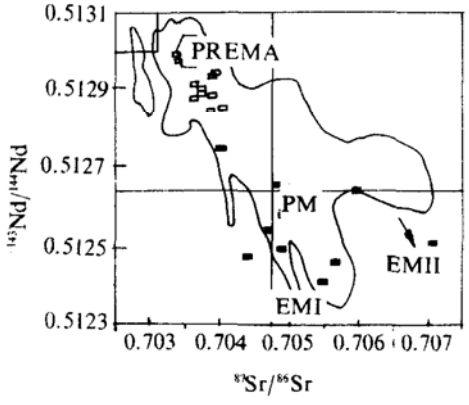


图2 皖苏地区新生代玄武岩的Nd-Sr同位素特征
空心方块为六合-仪征玄武岩, 实心方块为嘉山-来安玄武岩

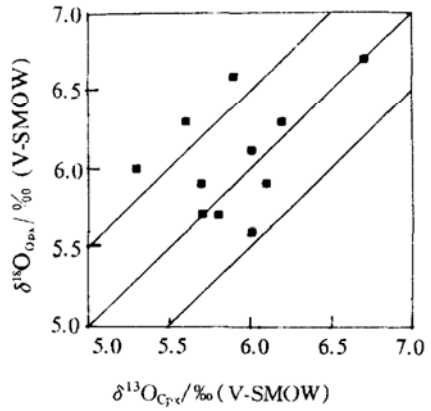


图3 皖苏地区橄榄岩包体中两种辉石的氧同位素分馏

1)支霞臣, 冯家麟. 汉诺坝玄武岩和幔源包体的氧同位素组成. 见: 第四届全国同位素地质年代学和地球化学学术讨论会论文(摘要)汇编, 1989. 160～161

氧同位素分馏达到了平衡[7,8]. 与世界上许多地区的相同[2,7],也与我国汉诺坝的相同[1)]. 该区橄榄岩包体的 Sr 和 Nd 同位素组成表现为亏损地幔特征[9],而部分幔源单斜辉石的微量元素特征显示了隐性地幔交代作用的影响[10]. 但是辉石的 $\delta^{18}O$ 却没有明显反映.

2.3　矿物巨晶捕虏体的氧同位素组成

玄武岩中的矿物巨晶捕掳体通常认为是高温玄武岩熔体,往往不是寄主玄武岩熔体,在岩石圈地幔或壳-幔边界处由结晶作用或伟晶作用产生的. 单斜辉石巨晶的 $\delta^{18}O$ 均值 5.5‰ ± 0.6‰,接近大陆溢流玄武岩(CFB)的均值 5.6‰ ± 0.6‰[1]支持这种观点. 一个歪长石巨晶的 $\delta^{18}O$ 为 6.5‰,虽然稍高于单斜辉石,但仍是玄武质熔体的结晶产物. 在 $T<1\,300$°C 时,歪长石和单斜辉石与玄武岩熔体的分馏系数有所不同,前者大于 1,而后者小于 1[8].

3　结论

皖苏地区幔源物质的 $\delta^{18}O$ 测定表明了该区地幔氧同位素组成的不均一性,及其与放射成因同位素 Nd, Sr 组成的协变性. 六合-仪征玄武岩、女山和盘石山橄榄岩包体中的辉石和矿物巨晶体的 $\delta^{18}O$,作为一级特征,都为正常的地幔氧同位素组成. 但是嘉山-来安的玄武岩具有高 $\delta^{18}O$ 特征,其 Nd 和 Sr 同位素组成呈现 EM 型富集地幔的特征,再循环的壳源物质的残余体提供相应的富集组分,地幔混合作用造成了玄武岩的富集源区.

参　考　文　献

1　Harmon R S, Hoefs J. Oxygen isotopes heterogeneity of the mantle deduced from global $\delta^{18}O$ systematics of basalts from different geotectonic settings. Contrib Mineral Petrol, 1995, 120: 95～114

2　Kyser T K. Stable isotopes in the continental lithospheric mantle, In: Menzies M A ed. Continental Mantle. Oxford: Clarendon Press, 1990. 127～156

3　支霞臣. 六合-仪征第三纪大陆碱性玄武岩微量元素地球化学. 岩石学报, 1990, 6(2): 30～42

4　支霞臣, 陈道公, 杨　晶. 皖东上第三系玄武岩的地球化学特征和成因. 地质学报, 1995, 69: 156～168

5　支霞臣, 陈道公, 张宗清等. 六合-仪征第三纪碱性玄武岩的钕-锶同位素组成. 岩石学报, 1994, 10: 382～389

6　Zindler A, Hart S R. Chemical geodynamics. Ann Rev Earth Planet Sci, 1986, 14: 493～571

7　Mattey D, Lowry D, Macpherson C. Oxygen isotope composition of mantle peridotite. Earth Planet Sci Lett, 1994, 128: 213～241

8　Zheng Y F. Calculation of oxygen isotope fractionation in anhydrous silicate minerals. Geochim Cosmochim Acta, 1993, 57: 1 078～1 091

9　陈道公, 支霞臣, 李彬贤等. 江苏盘石山二辉橄榄岩包体的 Nd, Sr, Pb 同位素特征. 地球化学, 1994, (3): 245～253

10　支霞臣, 李彬贤, 陈道公. 盘石山幔源透辉石微量元素地球化学. 地质科学, 1995, 30: 384～392