

赣中变质基底的Nd同位素组成和物质来源^{*}

胡恭任 章邦桐

(南京大学地球科学系, 南京 210093)

主题词 Nd同位素 物质来源 前震旦-震旦系变质沉积岩 赣中变质基底

提 要 本文研究了赣中变质基底的Nd同位素组成。前震旦系变质沉积岩: $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511827 - 0.512052$, $T_{\text{DM}} = 1597 - 2124\text{Ma}$, $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = -3.60 \sim +1.11$; 震旦系浅变质沉积岩: $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511918 - 0.512233$, $T_{\text{DM}} = 1360 - 1405\text{Ma}$, $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = -3.26 \sim -0.55$ 。上述Nd同位素特征表明: 赣中前震旦系变质沉积岩的物源来自其东北缘华夏地块的基底碎屑和岛弧地区的幔源火山物质; 而震旦系浅变质沉积岩的物源主要来自前震旦系的剥蚀, 并有一定的幔源物质加入; 上述研究亦为赣中变质基底归属于华夏地块提供了重要的同位素证据。

1 引言

碎屑沉积岩的Sm-Nd同位素资料被使用来推断沉积岩物质来源和估计陆壳从地幔中分离出来的时间^[1-3]。Sm-Nd在海水中滞留的时间很短以及后者在海水中的含量极低($\leq 3 \times 10^{-6}$)^[4], 因此, 沉积岩特别是细碎屑沉积岩能够保持其在源区岩石中的相对丰度^[5]。地壳岩石Sm/Nd比值的变化主要发生在它们从地幔储库中分离的过程中, 在随后的地壳内分异特别是沉积岩形成过程中和中、低级变质作用中, Sm/Nd值一般不发生变化^[6], 所以沉积岩和中浅变质岩的Sm-Nd同位素组成的变化, 主要反映其来源物质从地幔储库中分离出来的时间差异, 因此这类岩石的Sm-Nd模式年龄代表其来源物质从地幔中分离以来经历的时间, O' Nions(1993)称之为地壳存留年龄。由于地壳岩石是从亏损地幔储库中分离出来的^[7-8], 因而应采用相对于亏损地幔的Nd模式年龄(T_{DM})来表示沉积岩物源区的地壳存留年龄。由于沉积碎屑来自剥蚀区出露的各时代的岩石, 因此沉积岩的Nd模式年龄代表其源区岩石的平均存留年龄。在沉积岩形成过程中, 若有新的幔源物质加入, 则其模式年龄是壳源物质和幔源物质年龄的加权平均。因此, 模式年龄接近或稍大于沉积年龄, 表明沉积岩中含有大量幔源物质; 模式年龄显著地大于沉积年龄, 表明沉积岩中以先存陆壳的再循环碎屑为主。

赣中是华南火山岩型铀矿床集中分布地区。近年来的研究表明^[9], 华南火山岩型铀矿床的形成不仅与盖层火山岩有关, 而且与火山岩盆地基底岩石组成及其演化史有密切联系; 其中的有用组分如U、Ag、Mo、Pb、Zn等的来源与基底岩石有关。赣中变质岩构成了相山铀矿田、盛源铀矿田、90号铀矿床的火山岩基底, 因此对赣中变质基底的Sm-Nd同位素组成和物质来源的研究, 对进一步认识该区的地壳演化和铀成矿作用有重要意义。由于Sm-

^{*} 本文为北京核工业核能资源研究开放实验室研究基金及国家教委博士学科点专项科研基金(9528418)联合资助。
本文于1997年6月来稿, 1997年10月改回。

Nd 同位素体系在风化、沉积和变质作用过程中能保持自身的封闭性, 稀土元素在麻粒岩相变质作用过程中基本上不发生变化^[10]; 而本文研究的赣中变质岩其变质相为低角闪岩相(变质温度为 $560\text{ }^{\circ}\text{C} \pm ^*$, 不足以破坏 Sm-Nd 封闭体系, 其中的斜长角闪岩(原岩为玄武质岩石) Sm-Nd 全岩等时线特征($r = 0.99827$, $\text{MSWD} = 0.215$, $\epsilon_{\text{Nd}}(T) = 2.4 \pm 0.1$, $T = 1113 \pm 49\text{ Ma}$) 亦证实了 Sm-Nd 同位素体系在后期地质作用过程中未受到扰动; 因此, 可以用其变质沉积岩的 Sm-Nd 同位素特征来探讨赣中变质基底的物质来源和构造演化。

2 地质概况

长期以来, 人们将赣中地区变质岩系与邻区武功山及武夷山变质岩带一起归属于华南加里东变质岩带, 原岩时代定为震旦纪, 但缺乏地质证据和同位素年龄数据。根据作者近年来对乐安相山、宜黄黎溪、临川、余江、金溪等地出露的变质岩的矿物岩石学、元素地球化学、Rb-Sr Sm-Nd 同位素年代学研究表明, 该变质岩基底经历了晋宁期、加里东期的变质变形作用, 有震旦纪、前震旦纪变质基底存在。震旦纪变质基底为一套浅变质岩系, 变质程度低, 基本保留原岩结构构造, 并含有特征的硅质层、含炭层等标志层, 原岩为 C-Si 泥建造。前震旦纪变质基底由斜长(云母)变粒岩(十字)石榴云母片岩、云母石英片岩夹多层灰绿色斜长角闪岩和角闪片岩组成的一套中级变质岩系, 其中的斜长角闪岩(原岩为玄武质岩石) Rb-Sr Sm-Nd 全岩等时线年龄分别为 $726.6 \pm 1.1^{[11]}$ 、 $1113 \pm 49\text{ Ma}$ 。

3 Sm-Nd 同位素分析结果

样品取自乐安相山、宜黄黎溪、临川茅排等地(图 1)。前震旦系变质岩共分析了 7 个样品, 震旦系共分析了 2 个样品。同位素测定在核工业北京地质研究院分析测试中心完成, 详细测试过程及分析方法见文献[12], 分析结果见表 1。

4 Sm-Nd 同位素组成及物质来源

前震旦系变质沉积岩的 Sm、Nd 同位素组成变化不大, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} = 0.104\ 61 - 0.13252$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.511\ 827 - 0.512052$, $\epsilon_{\text{Nd}}(0) = -11.4 - 15.8$ 。震旦系变质沉积岩的 Sm-Nd 同位素组成变化范围较大, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd} (0.07563 - 0.11417)$, $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} (0.511918 - 0.512233)$, $\epsilon_{\text{Nd}}(0) = -7.9 - 14.0$ 。

根据相山斜长角闪岩的 Sm-Nd 全岩等时线年龄 $1113 \pm 49\text{ Ma}$, 计算出前震旦系变质沉积岩的初始 Nd 同位素组成 $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ 值为 $-3.60 - +1.11$ (表 1), 在 $\epsilon_{\text{Nd}}(T) - T$ 图上(图 2) 投点于球粒陨石地幔演化线附近, 明显高于典型上部陆壳的值。Nd 模式年龄(T_{DM}) 与沉积年龄(T_{st}) 之间相差变化较大($484 - 1011\text{ Ma}$), 在 $T_{\text{DM}} - T_{\text{st}}$ 图上, 样品的投影点稍远离 $T_{\text{DM}} = T_{\text{st}}$ 线分布, 其平均 T_{DM} 与 T_{st} 之间的差异达 752 Ma , 以上表明这些沉积岩除了包含先存地壳的再循环碎屑外, 还包含一定量的幔源物质。闽北麻源群变粒岩具有类似的 Sm-

* 胡恭任等, 赣中相山斜长角闪岩的矿物岩石学、地球化学特征及同位素地球化学研究, 地球化学, 1997, 待刊。

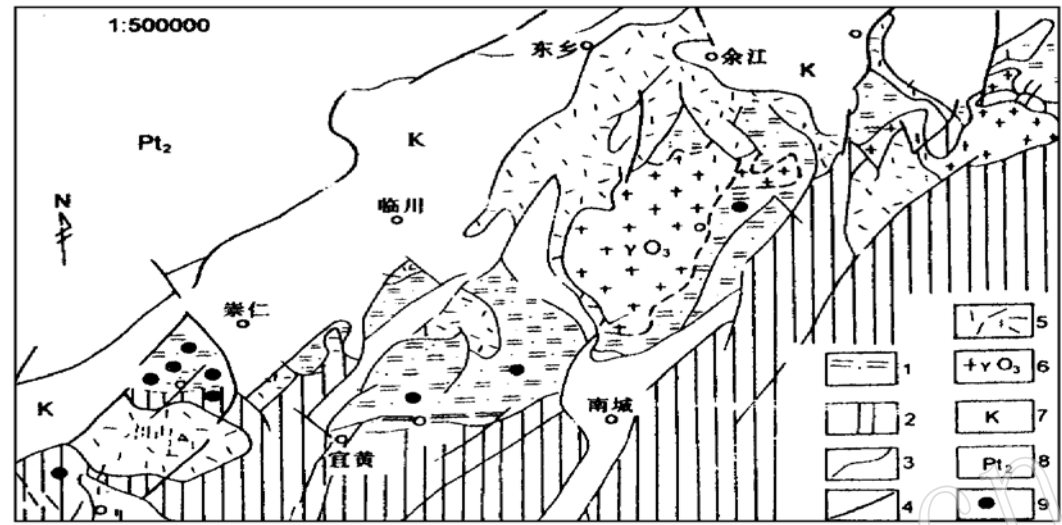


图 1 赣中地区地质简图和采样位置

Fig. 1 Geological sketch map of central Jiangxi, showing sampling positions

1—前震旦系; 2—震旦系; 3—地质界线; 4—断裂; 5—中生代火山岩; 6—加里东期花岗岩; 7—白垩纪红层; 8—扬子地块
中元古代双桥山群; 9—取样位置

表 1 赣中基底变质岩的 Sm—Nd 同位素组成

Table 1 Sm—Nd isotope compositions of basement metamorphic rocks in central Jiangxi

样号	岩性	Sm ($\mu\text{g/g}$)	Nd ($\mu\text{g/g}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	T_{DM} (Ma)	T_{st} (Ma)	ϵ_{Nd} (0)	ϵ_{Nd} (T)
前震旦系	相 45 十字石榴云母片岩	7.135	35.67	0.12100	0.511901 ± 25	2025		-14.38	-3.60
	相 50 石榴云母片岩	3.352	17.281	0.11731	0.512045 ± 16	1746		-11.6	-0.25
	相 47 石榴云母片岩	5.265	24.031	0.13252	0.512017 ± 28	2124		-12.1	-2.98
	贯 4 角闪石英片岩	7.89	42.58	0.10461	0.511827 ± 18	1846	1113	-15.8	-2.70
	相 67 含榴二云片岩	5.35	27.74	0.10871	0.512052 ± 22	1597		-11.4	+1.11
	宜 8 黑云母变粒岩	19.64	94.95	0.11670	0.512038 ± 16	1746		-11.7	-0.30
	宜 5 斜长变粒岩	4.59	24.32	0.11417	0.511876 ± 14	1948		-14.9	-3.11
震旦系	相 31a 炭质绢云千枚岩	13.980	111.80	0.07563	0.511918 ± 46	1360	700	-14.0	-3.26
	相 34 绢云千枚岩	2.251	13.772	0.11417	0.512233 ± 50	1405		-7.9	-0.55

表中 T_{DM} 的计算中所用亏损地幔参数 ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_{DM} = 0.513151, ($^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$)_{DM} = 0.2136; T_{st} 为沉积年龄;
 $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ 及 $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ 的计算中, ($^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$)_{CHUR} = 0.512638, ($^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$)_{CHUR} = 0.1967。

Nd 同位素特征: $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ = 0.1145—0.1167, $\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ = -11.4—-15.8, $\epsilon_{\text{Nd}}(1129)$ = -1.15—-1.25, T_{DM} = 1810—1835Ma, 在 $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ — T 图上(图 2)具有相近的演化范围和趋势。这反映出它们具有类似的物质来源和相同的物源区。与赣东北、皖南等地区前震旦系变质沉积岩的 Sm—Nd 同位素特征 ($\epsilon_{\text{Nd}}(0)$ = -8.27—-12.44) 及模式年龄 (T_{DM} = 1630—1859Ma)^[13] 明显不同, 在 $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ — T 演化图上位于它们的上方, 因此赣中及闽北前震旦系变质沉积岩的成岩碎屑不可能来自其北部的扬子地块, 应是其东北和西南缘的太古代岩石,

事实上在其东北缘的龙泉、浙东沿海有太古代岩石存在的可能性,陈蔡群中的变粒岩、斜长片麻岩普遍具有老的模式年龄($T_{DM} = 2350-2832\text{Ma}$),低的 $\epsilon_{Nd}(0)$ 值($-19.66-26.59$)^[14-15],在 $\epsilon_{Nd}(T)-T$ 演化图上位于它们的下方。

震旦系浅变质炭质泥质沉积岩的 $\epsilon_{Nd}(T)$ 值为 $-0.55-3.26$, T_{DM} 与 T_{st} 之差为 $660-705\text{Ma}$,在 $T_{DM}-T_{st}$ 图上,样品的投影点远离 $T_{DM}=T_{st}$ 线分布,样品的模式年龄($1360-1405\text{Ma}$)小于前震旦系样品的模式年龄($1597-2124\text{Ma}$);在 $\epsilon_{Nd}(T)-T$ 图解上,Nd同位素演化范围明显处于前震旦系的演化范围之上。以上说明震旦系的成岩碎屑主要来自前震旦系的剥蚀,并有少量幔源物质的加入。

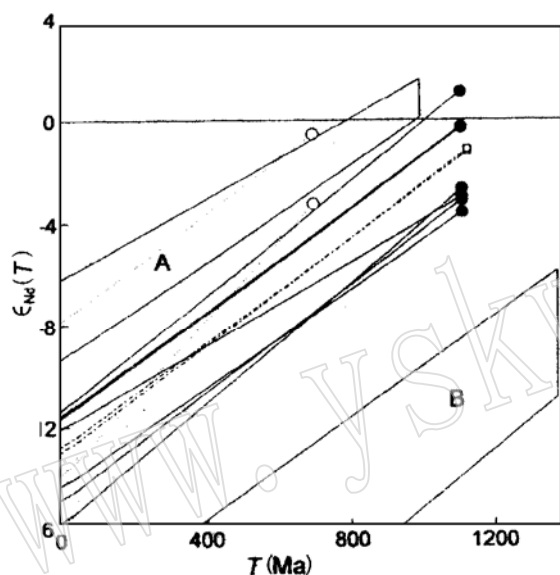


图2 赣中地区及其邻区变质沉积岩的 $\epsilon_{Nd}(T)-T$ 演化图

Fig. 2 $\epsilon_{Nd}(T)-T$ evolutionary diagram of metasedimentary rocks in central Jiangxi and its neighboring areas

实心圆圈为赣中前震旦系样品;空心圆圈为赣中震旦系样品;空四方形为闽西北麻源群样品;A区域为赣东北、皖南前震旦系样品的变化范围;B区域为龙泉、浙东沿海陈蔡群样品的变化范围

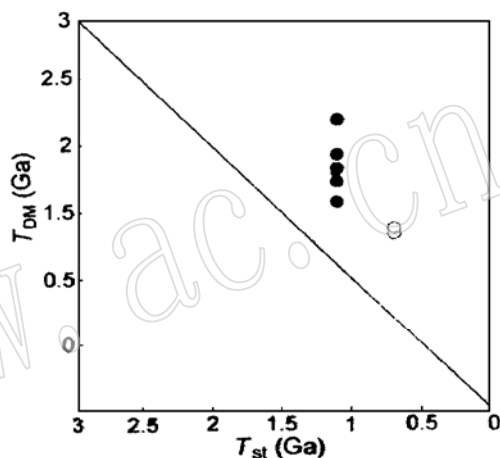


图3 赣中地区变质沉积岩的 $T_{DM}-T_{st}$ 图

Fig. 3 $T_{DM}-T_{st}$ diagram of metasediments in central Jiangxi

实心圆为前震旦系样品;空心圆为震旦系样品

根据岩石化学、微量元素与稀土元素研究^[16],前震旦系的沉积构造背景为岛弧环境,而震旦系的沉积构造背景类似于活动大陆边缘环境,两者的地壳活动性较强,因此沉积时有一定的地幔源物质加入,这说明中一新元古代仍是赣中地区的一个地壳增长时期。因此赣中前震旦系变质沉积岩的物源来自其东北缘华夏地块的基底碎屑和岛

弧地区的幔源火山物质。而震旦系浅变质沉积岩的物源主要来自前震旦系的剥蚀,并有一定量的幔源物质加入。

上述Sm-Nd同位素组成和演化特点亦表明华夏地块与扬子地块的构造演化特点不一致,华夏地块的构造活动一直到加里东运动后才趋于平缓,而扬子地块晋宁运动后就趋于稳定^[17];亦为赣中变质基底归属于华夏地块提供了重要的同位素证据,这对华南大地构造单

元的划分及构造演化和成矿作用研究也有重要意义。

作者在野外工作期间得到核工业华东地质局 261 大队总工办、华东地质学院科研处的大力支持和帮助, 特此致谢。

参 考 文 献

- 1 McCulloch M T, Wasserburg G J. Sm- Nd and Rb- Sr chronology of continental crust formation. *Science*. 1978, 200: 1003- 1011.
- 2 O' Nions R K et al. A Nd- isotopic investigation of sediments related to crustal development in British Isles. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1983, 63: 229- 240.
- 3 Goldstein S L, O' Nions R K and Hamillton P J. A Sm- Nd isotopic study of atmospheric dusts and particulates from major river system. *Earth Planet. Sci. Lett.* 1984, 70: 221- 236.
- 4 DePaolo D J, Johnson R W. Magma genesis in the New Britain island- arc: constraints from Nd and Sr isotopes and trace element patterns. *Contrib. Mineral. Petrol.* 1979, 70: 367- 379.
- 5 McLennan S M, Taylor S R. Continental freeboard, sedimentation rates and growth of continental crust. *Nature*. 1983, 306: 169- 172.
- 6 Volpe A M and Macdougall J D. Geochemistry and isotopic characteristics of mafic (Phulad Ophiolite) and related rocks in the Delhi Supergroup, Rajasthan, India: implications for rifting in the Proterozoic. *Precamb. Res.* 1990, 48: 167- 191.
- 7 DePaolo D J. Neodymium isotopes in the Colorado Front Range and crust- mantle evolution in the Proterozoic. *Nature*. 1981, 291: 193- 196.
- 8 Allegre C J and Othman D B. Nd- Sr isotopic relationship in granitoid rocks and continental crust development: a chemical approach to orogenesis. *Nature*. 1980, 286: 335- 342.
- 9 章邦桐, 陈培荣, 陈迪云等. 闽北 570 隐爆碎屑岩型 U (Ag, Mo) 矿床成矿物理化学条件及物质来源研究. *高校地质学报*, 1996, 2(2): 187- 197.
- 10 江博明等. 冀东太古代麻粒岩片麻岩的稀土地球化学和岩石成因, 中国地质科学院地质研究所所刊, 地质出版社. 1985, 13.
- 11 胡恭任, 章邦桐, 王长华. 赣中相山新元古代变质岩的首次确定. *中国区域地质*, 1997, 16(2): 222- 224.
- 12 李杰元等. 岩石矿物 Sm- Nd 等时线年龄测定. *核工业北京地质研究院年报*, 1993, 1992- 1993, 10.
- 13 陈江峰等. 皖南浅变质岩和沉积岩的钐同位素组成及沉积物物源区. *科学通报*, 1989, (20): 1572- 1574.
- 14 徐步台等. 浙东沿海火山岩区变质岩的同位素、稀土元素地球化学和地质年代学研究. *浙江地质*, 1989, 5(2): 52- 58.
- 15 李献华. 湘赣粤交界地壳形成与演化模式 Sm- Nd, 锆石 U- Pb 同位素研究, 开拓、创新、奋进——祝贺涂光炽教授从事地质工作五十周年. 中国科学技术交流出版社重庆分社, 1990, 98- 102.
- 16 胡恭任, 章邦桐, 王长华. 赣中相山新元古代变质岩的岩石地球化学特征及形成的构造环境. *江西地质*, 1997, 11(1): 9- 16.
- 17 杨森南. 扬子地块及其陆缘带前震旦纪古构造格局. *江西地质*, 1988, 2(2): 167- 175.

Neodymium Isotope Composition and Source Materials of the Meta- basement in Central Jiangxi Province

Hu Gongren, Zhang Bangtong

(Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093)

Key words: neodymium isotope; source material; Presinian and Sinian metasedimentary rocks; meta- basement; central Jiangxi

Abstract

In this paper, the neodymium isotope composition and source materials of the meta- basement in central Jiangxi have been studied. The Presinian medium- grade metamorphosed sedimentary rocks have lower $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratio (0.511827–0.512052) and $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ values (–3.60–+1.11) and older model ages (1597–2124 Ma), while the slightly metamorphosed Sinian sedimentary rocks have a bit higher $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ ratios (0.511918–0.512233) and $\epsilon_{\text{Nd}}(T)$ values (–0.320–0.55) and younger model ages (1360–1405 Ma). The above neodymium isotope characteristics suggest that the Presinian metamorphic sedimentary rocks consist of old continental debris from Huaxia massif and volcanic materials derived from the mantle, being formed in an arc- type environment. The Sinian epimetamorphic sedimentary rocks were formed along the western active margin of Huaxia paleocontinent, with their rock- forming materials derived chiefly from eroded debris of Presinian metamorphic sedimentary rocks and a bit volcanic materials. The above study has provided important isotopic evidence for the argument that meta- basement in central Jiangxi belongs to Huaxia massif.