

扬子地块东南缘沉积岩的 Nd 同位素研究^①

周泰禧 陈江峰 张 巽 文 东 谢 智

(中国科学技术大学地球和空间科学系, 合肥 230026)

徐 祥 邢凤鸣

(安徽省地质科学研究所, 合肥 230001)

提 要 扬子地块东南缘上溪群分布区及其周边沉积岩的 Nd 同位素研究结果, 支持存在一条苏浙皖古生代裂陷槽(或江南深断裂)的观点。上溪群以北直至长江边所分布的震旦系-古生代的盖层沉积岩, 其 Nd 模式年龄有两组, 表明物源区不同。裂陷槽以北, 沉积岩的物源区为 Nd 模式年龄约 2.0~2.1Ga 的扬子物源区; 以南的沉积岩表现出明显的幔源物质混染, 显示出元古代岩浆活动的影响, 而上溪群分布区以南直到江绍断裂附近主要表现上溪物源区的影响, 华夏地块古老基底岩石则无显著贡献。

关键词 Nd 同位素模式年龄 沉积物物源区 扬子地块东南缘

第一作者简介 周泰禧 男 59 岁 教授 岩石学

引 言

沉积岩及其浅变质产物的 Nd 同位素模式年龄可用于沉积物物源区的研究^(1,2), 而且 Nd 模式年龄的变小是幔源物质加入的灵敏示踪剂, 并以此可进一步认识造山运动的存在⁽³⁾。

陈江峰等⁽²⁾在研究皖南沉积岩和浅变质岩的 Nd 同位素组成时, 已发现上溪群岩石物源区平均 Nd 模式年龄为 16~17 亿年, 沿江地带震旦系一二叠系沉积岩的物源区平均 Nd 模式年龄为 19~21 亿年。为了扩大上述研究成果, 以期探讨更深层的大地构造意义, 本文测定了江南深断裂以南沉积岩、兰田盆地以及上溪群分布区以南沉积地层的 Nd 模式年龄, 并与上溪群分布区南北两缘的元古代火山岩以及扬子和华夏地块基底岩石的 Nd 模式年龄比较, 进一步讨论沉积地层的物源区, 以及它们的大地构造意义。

1 地质背景

本项工作研究了从安徽铜陵到浙江衢县的一条近北西-南东向剖面带(图 1), 根据传统观点, 皖南上溪群是扬子地块的基底, 时代为中元古代, 其分布区又称为“江南古陆”, 它的北缘分布有铺岭组安山岩-玄武岩, 南缘有井潭组中酸性火山岩, 上溪群分布区北缘以北直至长江边为震旦系一三叠系地层分布区, 但许多学者指出这一地区中部存在一条地层、古生物

^① 国家自然科学基金资助项目。

突变带,称为江南深断裂^[4]或称苏浙皖裂陷槽北支,江南深断裂以南亦为震旦系—三叠系地层复盖,构成苏浙皖裂陷槽的南支。上溪群分布区南缘以南亦为古生代地层分布区,直到以北东走向的江绍断裂为界,并与华夏地块毗邻。

2 分析方法和结果

本研究主要采集砂岩、细砂岩和页岩等陆源沉积岩,野外时采集约 1kg 样品,在室内进行缩分以保证样品的均匀性和代表性。

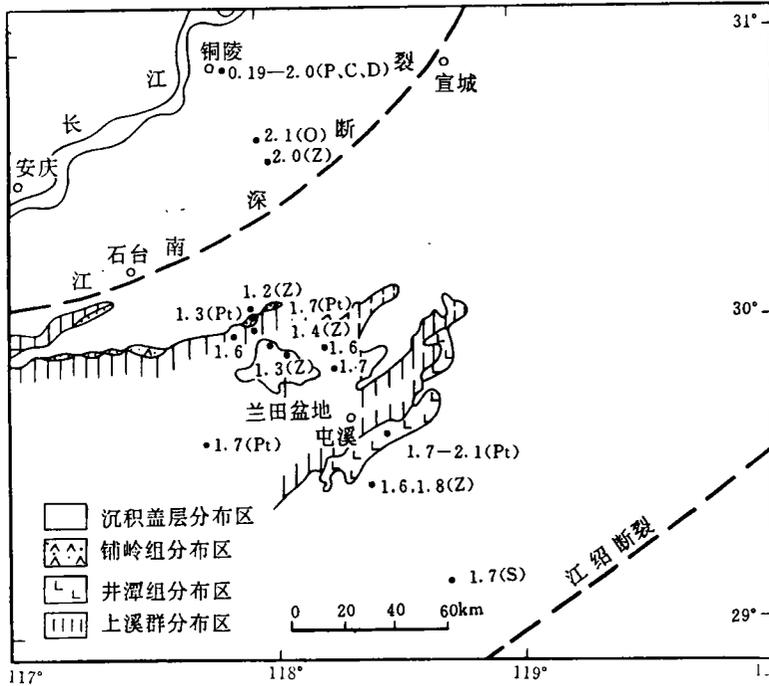


图 1 扬子地块东南缘沉积岩 Nd 同位素模式年龄采样位置简图
采样点旁的数字为 Nd 模式年龄,括号内符号为地层时代。

Fig. 1 Sketch of geology and sampling locations of sedimentary rocks
from the southeast margin of the Yangtze block

Nd 同位素分析按 Foland and Allen (1991)^[5]的流程,化学分离在中国科学技术大学地球和空间科学系进行,质谱分析委托冶金部天津地质矿产研究院完成,Sm/Nd 比值精度好于 0.1%,BCR-1 的 $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd} = 0.512641$,分析结果列于表 1。用亏损地幔线性演化模式计算了 Nd 同位素模式年龄,计算参数为: $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{CHUR}}(\text{O}) = 0.512638$, $(^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}}(\text{O}) = 0.513151$, $(^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd})_{\text{DM}} = 0.21357$ 。

3 讨论

3.1 裂陷槽的证据

图 2 为扬子地块东南缘沉积岩和其它岩石的 Nd 同位素年龄剖面,由图可知,江南深断裂以北的震旦系一二叠系沉积岩的 Nd 模式年龄为约 1.9~2.1Ga,而其南侧盖层沉积岩的 Nd 模式年龄为 1.2~1.3Ga(样号 9004)和 1.6~1.7Ga(上溪群),表明江南深断裂南北或裂陷槽区和外裂陷槽区沉积物的来源不同。

表 1 扬子地块东南缘沉积岩和火山岩的 Nd 同位素测定结果

Table 1 Nd isotope determinations of sedimentary and volcanic rocks from the southeast margin of the Yangtze block

样品号	采样地点	岩性	Sm($\times 10^{-6}$)	Nd($\times 10^{-6}$)	$^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$	$^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$	$T_{\text{DM}}(\text{Ga})$
9004	安徽黄山郭村	震旦系兰田组泥岩	6.594	35.38	0.1127	0.512328 ± 6	1.24
9006-7	安徽黄山油榨坑	铺岭组安山岩	8.514	45.83	0.1123	0.512273 ± 67	1.32
9008	安徽黟县羊栈岭	上溪群千枚岩	7.573	44.06	0.1039	0.511964 ± 16	1.65
9009-2	安徽歙县儒村	铺岭组中捕虏体	5.500	24.68	0.1347	0.512413 ± 8	1.42
9010-1	安徽歙县兰田	震旦系休宁组砂岩	15.87	103.3	0.0920	0.512081 ± 12	1.34
9017-2	浙江开化齐溪	震旦系休宁组砂岩	10.05	49.46	0.1228	0.512097 ± 12	1.77
9020	浙江衢县银坑	志留系细砂岩	6.537	33.79	0.1169	0.512074 ± 8	1.69

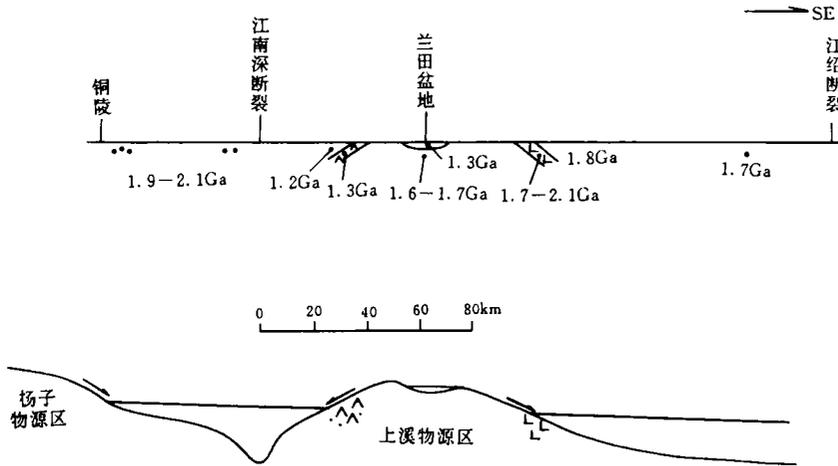


图 2 扬子地块东南缘南北向剖面上岩石的 Nd 模式年龄

Fig. 2 Nd isotope model ages for sedimentary and other rocks in a cross section from the southeast margin of the Yangtze block

同样,在裂陷槽南支范围内,震旦系到志留系三个沉积岩的 Nd 模式年龄为 1.6~1.7Ga,表明了上溪群岩石的贡献。华夏地块被中生代火山岩复盖,几乎没有震旦系和中—古生代沉积岩出露,但已知的华夏地块基底岩石的研究表明,它具有相当古老的 Nd 模式年

龄,如建瓯群 Nd 模式年龄为 2.1~2.5Ga,陈蔡群 2.4~2.6Ga,鹤溪群 2.3~2.5Ga^①,八都群 2.6~2.8Ga,龙泉群 1.8~2.3Ga^[6]。由此可见华夏地块古老物源区岩石对“江南古陆”东南的沉积岩的 Nd 同位素组成没有显著贡献。

总之,Nd 同位素数据支持从震旦纪直至古生代,在江南古陆北侧,即在石台县以南至宣城县以北一线,的确存在一个沉积物供应的屏障(相应于深的槽谷),它为江南深断裂或苏浙皖裂陷槽的存在提供了同位素地球化学的佐证。

3.2 晚元古代幔源物质的贡献

沉积岩的 ϵ_{Nd} 值变正或 Nd 模式年龄减小是幔源物质加入的重要证据,因而也是造山运动的证据^[3]。黄山郭村震旦系兰田组泥岩样品的 Nd 模式年龄为 1.2Ga,兰田盆地中震旦系休宁组砂岩的 Nd 模式年龄为 1.3Ga,它们均低于上溪群 Nd 模式年龄,更低于扬子物源区的 Nd 模式年龄(图 3)。因此,明显地表明沉积物中幔源物质的加入。

同样低的 Nd 模式年龄清楚地出现在铺岭组安山质火山岩中,1 个安山岩样品的 Nd 模式年龄为 1.3Ga,1 个铺岭组中的捕虏体的 Nd 模式年龄为 1.4Ga,后者说明在高温下捕虏体已与安山质岩浆达到了 Nd 同位素平衡。它表明铺岭组火山岩本身就是幔源物质或更可能是幔源物质同化地壳物质后的产物。

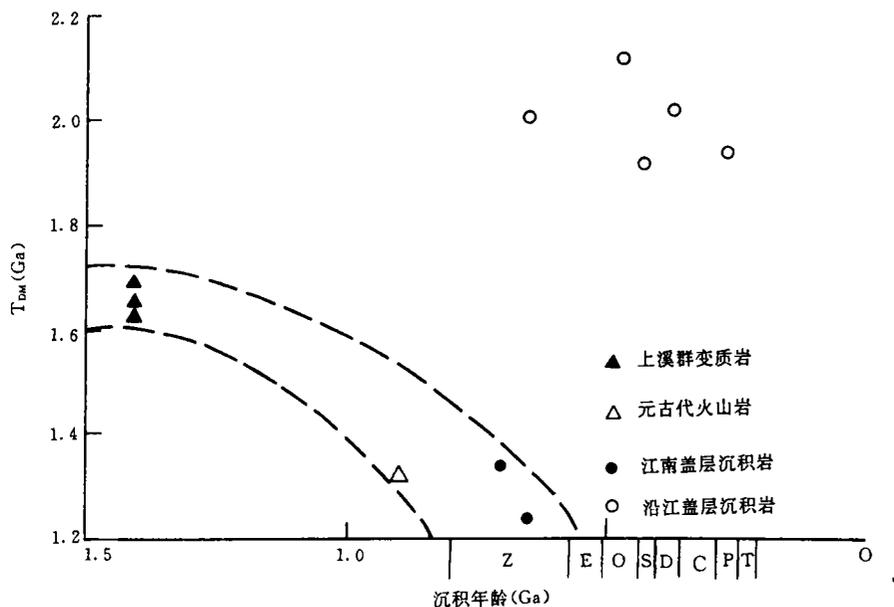


图 3 岩石的 Nd 模式年龄与沉积年龄的关系

Fig. 3 Nd model age vs. sedimentary ages of rocks from the southeast margin of the Yangtze block

① Chen Jiangfeng, 2nd China-Japan joint symposium on geochronology, cosmochronology and isotope geology, Jun. 7~10, 1991, Guangzhou, China, Abstract. 1~2.

沉积岩中的幔源物质可能来自铺岭组火山岩,也可能来自元古代蛇绿岩^{(8)①}。沿扬子地块东南缘,震旦纪到古生代的沉积岩中幔源 Nd 加入而引起 Nd 模式年龄降低的现象,不只是在皖南见到,也见于其它地区如桂北(李献华,个人通讯)。

对本区的地质演化历史尽管目前仍有争议⁽⁷⁾,但 Nd 同位素模式年龄的减小的事实表明本区存在过晚元古代的碰撞造山作用⁽⁸⁾。同时,这里还将进一步讨论兰田盆地的性质,测定数据表明盆地内的震旦系沉积岩有低的 Nd 模式年龄,这种反映幔源物质加入的特征,与“江南古陆”北缘的情况相似,这样它就不可能是构造窗,而只能是沉积盆地。

上溪群分布区以南的井潭组的中酸性火山岩的 Nd 模式年龄为 1.6~2.2Ga(据徐树桐等⁽²⁾数据计算),表明它们主要是陆壳重熔的产物,而且对裂隙槽南支的沉积地层的贡献也不明显。

3.3 沉积物物源区

前人工作^{(2),①}和本项研究,可将扬子地块东南缘和华夏地块东北部区分出三个沉积物物源区。

沿长江区域(以下简称为扬子地区)的震旦-二叠系沉积岩的 Nd 模式年龄十分一致,为 1.9~2.1Ga, $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 也非常一致为 0.110~0.118,其物源区应位于北方地块,很一致的 $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$ 比值和模式年龄表明源区很大、很稳定。华北地块一直到中生代才与扬子地块碰撞拼接,而且华北地块具有太古代基底,如泰山群等,其时代远老于扬子地区沉积岩的 Nd 模式年龄。崆岭群为扬子地块北缘的古老岩系,初步研究表明,中上部锆石和 Rb~Sr 等时线年龄约为 2.3~2.9Ga^{③④},其 Nd 模式年龄达 3.2~3.6Ga(李志昌,个人通讯)。大别地块南部的 Nd 模式年龄约为 1.7Ga,北部 Nd 模式年龄为 2.3~2.6Ga(谢智等,待刊)。董岭群年龄约为 1.9Ga⁽⁴⁾,按其资料计算得到的 Nd 模式年龄却要老得多,大于 2.8Ga,由此可见华北地块太古代岩石、崆岭群和董岭群都因模式年龄较老,其中单独一个地块均不可能作为扬子地区沉积岩的物源区。从模式年龄而论,大别地块可以考虑作为适当的物源区,如果这样则要求大别地块或至少其中一部分自晋宁运动后就已拼贴到扬子地块上。关于扬子与华北的碰撞问题仍有争议⁽¹⁰⁾,也有不少评述⁽¹¹⁾,这里就不再赘述,但大别地块有一部分属于扬子地块是多数模型所采用的。

根据目前出露的古老基底,尚不能判断扬子地区的沉积岩物源区位于哪一特定地块,也许是这些不同地块来的物质均匀混合的结果,但在所讨论的时段内,这些陆块的相对地理位置和比例大体不变,即没有大的构造变动,这是与现在所知区域的地质演化史相一致的,此外⁽¹²⁾,根据地球物理资料推断扬子地块南缘地壳深部有大片片麻岩层分布,如果地史上该层果真出露过,那么它可能是扬子地块沉积岩的物源区或物源区的一部分。

目前资料只能肯定扬子地区沉积岩的沉积物来自扬子地块北缘的地块,暂名为扬子物源区。另外,这一认识还得到这一地区地层稀土元素研究(另文讨论)的支持。

① Chen Jiangfeng, 2nd China-Japan joint symposium on geochronology, cosmochronology and isotope geology, Jun. 7~10, 1991, Guangzhou, China, Abstract. 1~2.

② 徐树桐等,1992,皖南浅变质岩地区的构造格局和演化,安徽省地质科学研究所,86页。

③ 刘观亮等,1989,第四届全国同位素地质年代学同位素地球化学论文摘要,52~53页。

④ 张树发等,1989,第四届全国同位素地质年代学同位素地球化学论文摘要,53~54页。

上溪群浅变质岩的原岩物质主要来自位于其南侧的古岛弧⁽²⁾,笔者称其为上溪物源区。最近的 Pb~Pb 等时线测定结果表明雪峰-武岭山脉的冷家溪(相当于板溪群下部)的年龄为 $1738 \pm 78\text{Ma}$ (Liu Haichen et al., 1991^①),这一结果证实了我们的上述推论。

结 论

通过对扬子地块东南缘上溪群浅变质岩,盖层沉积岩及其它共生火山岩等的 Nd 同位素测定,获得如下认识:

①确实存在一条苏浙皖古生代裂陷槽(或江南深断裂),其安徽的地理位置大致在石台县以南至宣城以北一线,裂陷槽两侧沉积物的来源不同。

②Nd 同位素模式年龄的时空变化,指明本区存在晚元古代的造山运动和与之相应的幔源物质对沉积物供应的影响,也从地球化学方面论证了晚元古代-古生代时,北面的苏浙皖裂陷槽或江南深断裂和南面的江绍断裂对沉积物物源的控制作用。

③扬子物源区和上溪物源区的提出,对研究扬子地块边缘的沉积作用和某些矿产形成条件的分析和预测可能有参考价值。

④利用同位素地球化学方法,特别是对 Nd 同位素模式年龄变化的研究在探索沉积物物源区时,将会发挥愈来愈重要的作用。

收稿日期:1994年8月17日

参 考 文 献

- [1] DePaolo D. J., 1988, Neodymium Isotope Geochemistry: An Introduction. Springer-Verlag, Berlin, 76~80.
- [2] 陈江峰等,1989,皖南浅变质岩和沉积岩的钕同位素组成及沉积物物源区,科学通报,34(20):1572~1574.
- [3] Michard, A., 1985, Geochim. Cosmochim. Acta, V. 49, p. 601~610.
- [4] 杨志坚,1981,地质论评,27(2):123~129.
- [5] Foland K. A. and Allen J. C., 1991, Contrib. Mineral. Petrol.; V. 109, P. 195~211.
- [6] 胡雄健等,1991,浙西南前寒武纪地质,北京:地质出版社,30~45.
- [7] 许靖华等,1987,是华南造山带而不是贯南地台,中国科学B辑,(10):1107~1115.
- [8] Chen Jiangfeng, et al., 1991, Geology. V. 19, p. 815~818.
- [9] 邢凤鸣等,1993,长江中、下游早元古代基底的发现及意义,科学通报,38(20):1883~1886.
- [10] 杨巍然等,1993,壳幔演化与成岩成矿同位素地球化学,北京:地震出版社,89~90.
- [11] 李曙光等,1992,中国东南海陆岩石圈结构与演化研究,北京:中国科学技术出版社,46~54.
- [12] 李秀新等,1992,中国东南海陆岩石圈结构与演化研究,北京:中国科学技术出版社,32~45.

① Liu Haichen et al., 1991, 2nd China-Japan Joint Symposium on Geochronology, Cosmochronology and Isotope Geology, Jun. 7~10, 1991, Guangzhou, China, Abstracts, p. 161.

Nd Isotope Ratios of Sedimentary Rocks from the Southeastern Margin of Yangtze Block, China

Zhou Taixi¹ Chen Jiangfeng¹ Zhang Xun¹ Wen Dong¹ Xie Zhi and
Xu Xiang² Xing Fengming²

¹(Department of Earth and Space Sciences, University of Science and Technology of China, Hefei 230001)

²(Anhui Institute of Geological Sciences, Hefei 230001)

Abstract

From the study of Nd isotope geochemistry for low grade metamorphic rocks, covering strata sedimentary rocks and associated volcanic rocks occurred in the distribution area of Proterozoic Shangxi Group (traditionally called the Jiangnan old land) and surroundings in the southeastern margin of Yangtze Block, it is shown that the Nd isotopic model ages of the Sinian to Permian sedimentary rocks in the north side and south side of Jiangnan Deep Fault (or called Su-Zhe-Wan Palaeozoic Aulacogen), as well as low-grade metamorphic rocks of Shangxi Group are 1.9~2.1Ga, 1.2~1.3Ga and 1.7Ga, respectively. Therefore, the provenances of the Sinian to Palaeozoic sedimentary rocks on both sides of the Jiangnan Deep Fault were different and the idea that the Jiangnan Deep Fault was barrier for sediment transportation is proved by Nd isotopic geochemical evidence.

There is a distribution area of the Palaeozoic strata between the Shangxi Group area and Jiangshan-Shaoxing Fault adjacent to Cathaysia Block. The Nd model ages of 2 samples for the Sinian to Silurian sedimentary rocks are 1.8~1.7Ga, but the Nd model age of the basement rocks in Cathaysia Block is older, for example, the model age of 2.1~2.5Ga for Chencai Group. It is indicated that the sediment supplement for the area to the south of the Shangxi Group distribution area mainly comes from the low metamorphic rock of Shangxi Group, and the basement rocks in Cathaysia Block are not an important contributors. So that the provenance of sedimentary rocks over the area between Jiangnan Deep Fault and Jiangshao Fault is the distribution area of Shangxi Group and named "Shangxi Provenance". The sediment provenance for the north side of Jiangnan Deep Fault is a particular block in the north and named "Yangtze Provenance".

The Nd model ages of the Sinian sedimentary rocks in the Shangxi Group distribution area and its northern margin are 1.2~1.3Ga, lower than that of Shangxi Group. The andesitic volcanic rock of Puling Formation in the northern margin of the Shangxi Group area and its xenoliths also give lower Nd model age of 1.3~1.4Ga. The intermediate and acidic volcanic rocks of Jingtan Formation in the southern margin of Shangxi Group area give Nd model ages of 1.6~2.2Ga. From the variation of Nd model age in space and time, it is deduced that there were an orogenic movement in late Proterozoic Era there and the effect of mantle materials on sediment supplement at that time.

Key Words: Nd isotopic model age Sedimentary provenances Southeastern margin of Yangtze Block.