

一个已埋藏的古造山带探讨^①

夏邦栋 吕洪波

(南京大学地球科学系)

提要 本文从研究磨拉石与造山带的关系入手,分析了扬子板块东缘志留系磨拉石的沉积学特征和物质成分特点,进而推测出在磨拉石堆积区东侧(相当于现代长江口外)有一条近南北向的古造山带,该造山带始形成于奥陶纪末,现在已被剥蚀并被深埋于地下。这对重新认识华南大地构造演化及古生代油气分布规律都是很有意义的。

主题词 古造山带 磨拉石 扬子板块东缘 志留系

第一作者者简介 夏邦栋 男 55岁 教授 沉积-大地构造

一、基本原理

现代地貌上表现为隆起的造山带是容易识别的,然而有一些古造山带却因后期的剥蚀作用而消失甚至被更新的沉积物所覆盖,以致于没有任何直观表现。认识这种造山带固然是困难的,然而研究其相关沉积——磨拉石却为识别这种造山带提供了一个良好的途径。新生的造山带都是隆起的构造带,在上升的同时遭受较快的剥蚀,从而在山前堆积成厚大的沉积体——磨拉石。尽管造山带可在地表消失,但其遭受剥蚀而堆积下来的磨拉石却会不同程度地保存下来并在适当的条件下出露,成为造山带曾经存在的鉴证。因此可以说,那里有磨拉石,那里就曾经有过相应的造山带。造山带有不同的类型,因而相应的磨拉石也有不同的特点,典型的碰撞型造山带遭受剥蚀所形成的磨拉石应具有下述特点:

- 1、磨拉石的主体是由碎屑岩构成的厚大的楔状体,在近源(靠造山带)一侧可达数千米厚,向远源方向厚度迅速减薄。
- 2、粗粒性。构成磨拉石主体的砂岩较下伏碎屑岩粗,在近源一侧可出现很厚的砾岩,向远源一侧过渡为砂岩和粉砂岩。若造山带隆起速度缓慢则近源端可不出现砾岩。
- 3、物质成分具有再旋回性。碎屑物来自造山带,而造山带原来是沉积盆地,故磨拉石的成分具明显的再旋回性,砂岩格架成分在Q-F-L图解中落入再旋回造山带范围,砂岩的化学成分富含 SiO_2 和贫 AlO_3 的特点。
- 4、磨拉石是在陆上及近海环境下堆积的。在近源端以山麓堆积、洪积及河流沉积为主,远源侧则为近海沉积;垂向上看下部以近海相为主,上部以陆相为主,海陆相可多次交互。
- 5、前积层、交错层、波痕、槽模、沟模等流向标志发育,可用于确定古流向。平面上

^①南京大学地球科学系八三级方华、蔡学美、涂涛、褚强四位同学参加了部分野外及室内研究工作,谨致谢意。

磨拉石盆地是与造山带平行的长条形盆地，而古流向则是横向的（从造山带流向前陆盆地）。

6、沉积层的韵律特征：常见砾岩夹砂岩的砾岩型韵律层，厚可达数米以上；砂岩夹泥质岩或粉砂岩夹泥质岩（或砂岩）的砂岩型及粉砂岩型韵律，韵律层厚度为数十厘米到数米。

7、磨拉石堆积体在近源一侧常覆盖于复理石等地槽型建造之上，在远源侧覆盖上地台型建造之上。

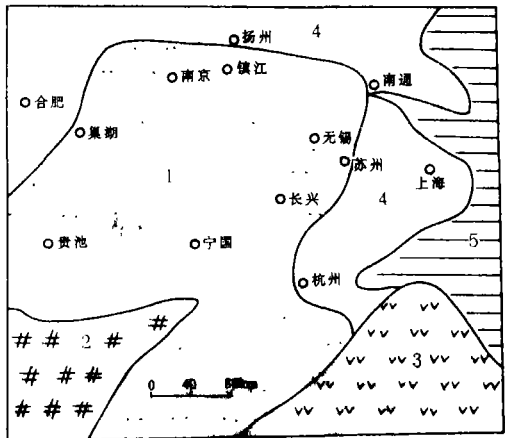
8、磨拉石与下伏地层的关系在近源侧为明显的不整合，在远源侧为假整合或整合；构造变形强度在近源一侧强，在远源一侧弱。

根据磨拉石的上述特点，作者曾提出划分近源与远源磨拉石两种类型，它们都具有指示造山带存在的意义⁽⁵⁾。

还应指出，磨拉石形成时间代表着造山带的隆起时间，磨拉石的下部物质是造山带上部组成受蚀的产物，而磨拉石的上部物质则是造山带下部组成受剥蚀的产物。

二、实例探讨：扬子板块东缘一个已埋藏的古造山带

在苏、浙、皖三省相邻地区，古生代地层发育，但由于东部为浩渺的海域并被中、新生代沉积物覆盖着，地质构造情况不清；另一方面，这里的构造线为 NEE 向，与华南总体构造线平行（图 1），故地质界一般认为，这里在整个古生代地质演化中都位于扬子板块内部，华南的 NEE 向构造线通过本区直线式地向东延伸而与朝鲜和日本的构造相联。



1 古生代地层 2 元古代地层 3. 中生代火山岩
4. 第四系 5. 海域

图 1 苏浙皖邻区古生代地层分布示意图
Fig. 1 A sketch map of distribution of Paleozoic strata in the border of Zhejiang, Anhui and Jiangsu Provinces

1986 年，作者据对浙西、浙北及皖南部分地区早古生代沉积的研究，指出苏浙皖邻区在震旦—加里东旋回处于扬子板块的东缘，大约在长江口外存在着一个晚加里东期的走向近南北的造山带，它是华南 NEE 向加里东褶皱带在长江口外向北转折后的延长部分。这一看法的主要依据是：

(1) 在浙西和皖南晚奥陶世为复理石充填期。复理石的沉积物来自南东和北西两侧的陆地，即横向供应，在盆地轴部汇合后转向北东作纵向搬运。从晚奥陶世末到志留纪末为磨拉石充填期。磨拉石的古流向向西，沉积物来自东面。建造性质的改变及古水流型式的转向标志着构造格架

的重大改变，从晚奥陶世末起在本区东面出现一个强烈的隆起带，成为磨拉石的主要蚀源区。

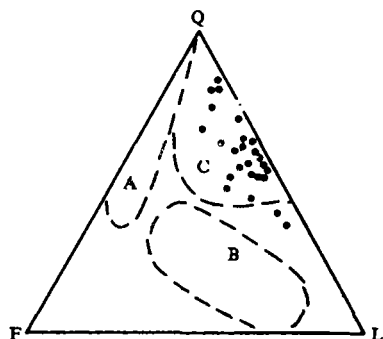
(2) 以志留系为主体的磨拉石是一个向西尖灭的碎屑楔，最厚在东南可达 6000m，向西快速变薄。沉积环境自东向西由潮坪过渡为浅海，相带分布呈近南北向。这说明蚀源区在

东侧。

(3) 磨拉石与下伏的复理石在物质组成上有明显差别。复理石砂岩的平均粒径为 4.07Φ ，最大粒径 3.06Φ ，而磨拉石砂岩平均粒径为 3.07Φ ，最大粒径 1.9Φ ；磨拉石的底部在浙西北有砾岩分布，砾石成分有石英岩、硅质岩、砂岩、页岩、千枚岩及火成岩；复理石砂岩中岩屑含量一般低于 25%，缺乏变质岩屑及火山岩屑，磨拉石砂岩中岩屑含量达 39%，其中泥质岩屑、浅变质岩屑及火山岩屑含量占 28.9%，且出现碳酸盐岩屑；据 Q-F-L 图解，复理石蚀源区较复杂，兼有大陆块体，再旋回造山带和岩浆弧等多种性质，而磨拉石则全落入再旋回造山带投影区；据 46 个阴极发光薄片测试结果，复理石中石英颗粒主要来自变质岩，还有少量来自火山岩和沉积岩，而磨拉石中石英颗粒却只来自变质岩和火山岩，几无来自沉积岩的。

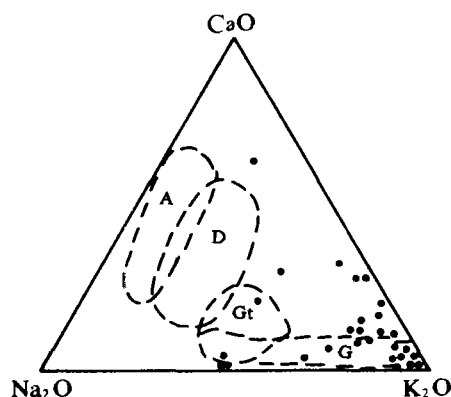
(4) 浙西、皖南自震旦纪到早古生代发育了一个 NEE 向的裂陷槽，开口端向 NEE，这是古板块边缘的特征性要素。按三叉裂谷的演化规律，早古生代末在裂陷槽的开口端出现一个方向与之近垂直的碰撞型造山带是完全合乎自然的。

按上述特点，苏、浙、皖相邻的广大地区均应位于该造山带的前陆范围。为了进一步证实造山带存在，作者对上述地区出露好，具关键意义的上志留统茅山群^①（或塘家坞群）进行了沉积学研究。结果表明，本区的茅山群是前述以志留系为主体的磨拉石的重要组成部分。其主要特征如下：



A—大陆块体；B—岩浆弧；C—再旋回造山带
图 2 茅山群砂岩的 Q-F-L 图解

Fig.2 A Q-F-L diagram of sandstones of Maoshan Group



A—安山质地壳；D—英安质地壳；
Gt—花岗沟长质地壳；G—花岗质地壳（成熟度高）
图 3 茅山群砂岩的 CaO-Na₂O-K₂O 图解

Fig.3 A CaO-Na₂O-K₂O diagram of sandstone of Maoshan Group

(1) 茅山群的岩石学特征：以紫红色岩屑石英砂岩为主夹有粉砂岩及页岩的一套碎屑岩。据 16 个样品的粒度分析，砂岩平均粒径为 3.18Φ ，最大粒径 1.97Φ 。砂岩中岩屑含量平均 29.66%，由浅变质岩屑，泥质岩屑及火山岩屑组成，缺乏碳酸盐岩屑；石英含量为 50—60%，普遍具波状消光，部分发育裂纹，少量为复晶石英，证明主要来自变质岩；有少量云母，多为白云母，具扭曲形态，显示其经受轻微变质作用；此外还有少量长石 (<10%)，主要为无带状构造的酸性斜长石。基质为泥质，含少量铁质及硅质胶结物，填

^①有人认为茅山群属中、下泥盆统。

隙物一般不超过15%。在Q-F-L图解中,砂岩的物源汇均落入再旋回造山带范围(图2)。与前述已知的磨拉石相比,特点相似,只是变质岩屑比例增多,火山岩屑减少,缺少碳酸盐岩屑,岩石偏紫红色。这一方面意味着茅山群主要沉积于陆相的氧化环境,沉积区离物源区较远,沉积物搬运距离较长;另一方面,因茅山群属整个磨拉石的上部,故其物质组成应更多地反映造山带下部的物质特征。

(2) 茅山群砂岩的岩石化学特征:据11个硅酸盐分析数据可知,茅山群砂岩具高 SiO_2 (83.04%)和低 Al_2O_3 (7.91%)、 TiO_2 (0.41%)、 MgO (0.61%)及 CaO (0.24%)的特点。依MuRul R.Bhaila (1983)提出的不同地壳岩石化学成分模式,茅山群属成熟大陆地壳范围(图3),反映了陆壳块体碰撞所形成的造山带作为蚀源区的岩石化学特征。依Crook (1974)所提出的砂岩构造背景模式,茅山群为大西洋型边缘背景($\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O}=3.37>1$, SiO_2 为83.04%)。这些特征与前述磨拉石是一致的。

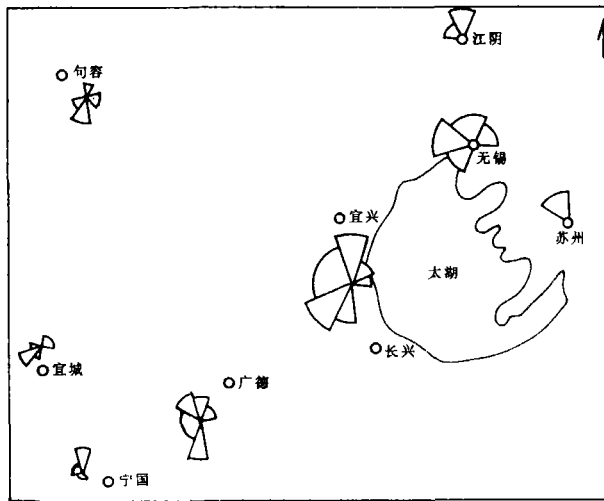


图4 茅山群沉积时的古流向分布图

Fig.4 A sketch map of distribution of Paleocurrent direction of Maoshan Group

(3) 古流方向:据全区13个点的250余次测量结果可知,茅山群中前积层及印模所示古水流主要向SWW和NW,总趋势为近于向西(图4),这是碎屑物来自东面的有力证据之一。当然还有一些由于河流搬运造成的转向或局部反向(如有些出现NE和N的古流向)。

(4) 茅山群沉积厚度分布状况①总体上看为一厚度向西快速减薄的沉积楔,由无锡向西经宜兴、句容茅山至南京一线,厚度由1608m递减为27m,厚度梯度为 $12.64\text{m}/\text{km}$;由安吉向西经宁国、泾县至贵池一线,其厚度由2143m减为37m,厚度梯度为 $9.8\text{m}/\text{km}$ 。

(5) 茅山群的主体为河流沉积:在苏州的东山、无锡的姚湾、宜兴的浮东乡和长兴的香山等地出露了向上变细并变薄的冲积相序列。完整的冲积相序列主要由三个部分组成:

A. 河床滞流沉积:由砾径为1-10cm的泥砾(常斜列式排列)组成,一般层厚

①参见苏、浙、皖三省有关的1/20万区域地质测量报告书。

1—10cm, 偶有砂层相穿插。

B.河心砂坝沉积: 常为楔状、透镜状的砂体, 常分为上、下两个部分, 下部为中、细粒砂岩、上部为细砂或粗粉砂, 分别为 50—100cm 和 5—20cm 厚, 下部发育大型或巨型波痕层理, 上部发育较小的波痕层理。砂体顶面常有波长数十厘米到 1m 以上的波痕。

C.河槽间盆地沉积: 由泥质岩及粉砂质泥岩组成, 厚 2—10cm, 发育水平层理或微细的交错层理。

在许多剖面中, 上述 A 相及 C 相缺失, 而由一系列 B 相迭覆而成。在茅山群上述沉积相序列中, 河槽间盆地沉积厚度较小且常常缺失, 而河心砂坝发育。总体上看, 茅山群沉积物粒度偏细, 含砾量少。这些都表明茅山群主体是发育于近三角洲平原上的低弯曲度辫状河流沉积。据粒度分析数据所作的偏度对标准偏差离散图 (图 5), 茅山群亦属河流沉积。

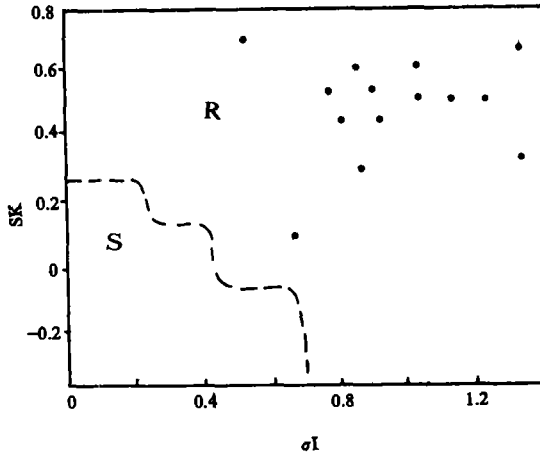


图 5 茅山群砂岩粒度分布偏度 (SK) 对标准偏差 (σI) 离散图

Fig.5 A SK — σI diagram of grainsize distribution of Maoshan Group

应该指出, 在剖面的某些部位 (特别是中上部及底部), 似存在三角洲沉积相序列的某些要素, 有河口砂坝和远端砂坝沉积。茅山群主体因具有河流相序列, 故发育明显的砂岩型韵律。

3. 结论与推论

过去笔者曾认为茅山群是由 NEE 向的皖南加里东地槽褶皱带隆起后造成的类磨拉石沉积², 因而把皖南茅山群分布的地区当成是走向近于 NEE 的前陆盆地。现在看来, 情况应有很大变化。

首先, 茅山群不是类磨拉石, 而是波及苏、浙、皖邻区的以志留系为主体兼及奥陶系顶部的磨拉石的一部分, 是该磨拉

石的上部, 也是其西部边缘。它具有远源磨拉石的特征, 其粒度细, 与下伏地层为整合关系, 构造变形较弱。

其次, 茅山群沉积时的蚀源高地主要在东面, 沉积斜坡主要向西倾斜。该蚀源高地就是前述自晚奥陶世末即已开始隆起, 此时还在继续上升的近南北向延伸的造山带, 故茅山群沉积时磨拉石盆地的沉积型式并没产生任何重要的变化。不过此时蚀源高地的剥蚀深度已经加大, 故浅变质岩屑的供应量更为充分, 而火山岩屑与沉积岩屑的供应量减少。

茅山群是以淡水沉积为主体的, 而磨拉石的下部和中部 (含浙北的堰口组、安吉组、大白地组、康山群以及皖南的同期沉积) 则以近海沉积为特征, 两者的环境差别显著。可将茅山群看作淡水上磨拉石, 其余部分看成近海下磨拉石。从海相磨拉石发展成淡水磨拉石符合于前陆盆地中磨拉石演化的一般规律。

茅山群的沉积特点在各地有很强的一致性, 因此, 所有茅山群出现的地方都是淡水磨拉石沉积区, 为该南北向延利的造山带之前南盆地范围, 这一盆地的西部边缘约位于巢湖—贵池—石台一线。然而海相下磨拉石之西界并未超过南京—宣城一线 (该线志留系沉积已具广海相特点)。对比两者的西界可见, 前陆盆地的范围及沉积轴在磨拉石沉积过程中至少向西迁移了约 90km, 其迁移速度大约为 3mm/y (若将茅山群的地质时代定为早—中泥盆世,

则迁移了约 90km, 其迁移速度大约为 1.45mm/y), 这一值同阿尔卑斯磨拉石盆地在渐新世到更新世沉积轴向北迁移 2mm/y 的速度是基本一致的。

茅山群磨拉石的最大沉积厚度若以 2143m 计, 晚志留世延续时间以 13m/y 计, 则其沉积速率为 165m/my (若将茅山群时代定为早—中泥盆世, 则其沉积速率约为 65m/my)。这一沉积速率较之其它类型的沉积建造显然大得多, 可以和中央洛基山脉、哥伦比亚安底斯山脉、瑞士阿尔卑斯山脉等地的阿尔卑斯期磨拉石之沉积速率相比。这些地区相应的沉积速率分别为 200m/my, 150m/my 以及 225m/my。

至此作者已对形成于晚奥陶世末期, 大致位于现今长江口外的近南北向的古造山带进行了必要的论证。它的存在应引起人们的注意, 因为这将从根本上改变我们对苏、浙、皖地区古生代大地构造格架及沉积盆地的性质和演化的看法, 对在这一地区规划油气资源的勘探和其它矿产的找寻都具有重要的意义。

但是, 有关造山带的具体位置和分布状况、前陆盆地和周围构造单元的关系和具体界线以及磨拉石内沉积相的变化等详细情况尚未完全弄清, 有待于今后继续工作。

收稿日期: 1988年1月7日

参 考 文 献

- (1) 黄汲清, 陈炳蔚, 1979, 特提斯—喜马拉雅构造域上新世—第四纪磨拉斯的形成及其与印度板块活动的关系。国际交流地质学术论文集, 地质出版社, 第1—12页。
- (2) 夏邦栋, 1963, 苏皖南部“江南隆起”北侧之沉积建造, 南京大学学报(地质学), 第1期, 第13—31页。
- (3) 夏邦栋, 1983, 石油实验地质, 第5卷, 第2期, 100—107页。
- (4) 夏邦栋, 1986, 石油实验地质, 第8卷, 第1期, 8—20页。
- (5) 夏邦栋, 1988, 科学通报, 第9期, 687—689页。
- 6 杨志坚, 1987, 地质科学, 第3期, 221—230页。
- (7) Crook, K. A. W., 1974, Lithogenesis and geotectonics: the significance of compositional variation in flysch arenites (graywackes), in R. H. Dott, JR. and R. H. Shaver:
8. Mazarovich, O. A., 1972, Geotectonics, No.1, p.14—21.
- (9) Mukul, R. Bhaita, 1983, The Journal of Geology, Vol.91, No.6, p.616—617.
- (10) Nilsen, T. H. & Abbott, P. L., 1981, A. A. P. G., Vol.65, p.1256—1284.
- (11) Peitjohn, F. J., 1975, Sedimentary Rocks Third edition, p.580—583, New York: Harper and Row.
- (12) Van Houton, F. B., 1969, Science, Vol.110, p.1506—1508.
- (13) Van Houton, F. B., 1973, Geological Society of America Bull. Vol.84, No.6, p.1973—1975
- (14) Van Houton, F. B., 1974, Northern Alpine molasse and similar Cenozoic sequences of Southern Europe. in Dott, R. H. Jr. and R. H. Shaver (eds.): Modern and ancient geosynclinal sedimentation. Soc. Econ. Paleontologists and Mineralogists, Special Pub. 19, p.260—273
- (15) Напйбкин, А. В., 1956, Учени о Фациях. Том 2, с.286—293. Издательство АН СССР

A STUDY ON A BURIED FOSSIL OROGENIC BELT

Xia Bangdong Lu Hongbo

(Department of Earth Sciences, Nanjing University)

Abstract

The orogenic belt that rises straight up in relief is easy to recognize. However, some fossil orogenic belt, having been strongly eroded, now are absent from surface of the earth and covered by later sediments. Of course it is very difficult to identify this kind of orogenic belt, but studying molasse—deposited closely related to the orogenic belt—can provide a good method for identifying the orogenic belt. Different orogenic belt may produce different kind of molasse. The authors concluded the characteristics of molasse related to the colliding orogenic belt, such as :

1. The sedimentary body is a very thick wedge which is thicker close to the orogenic belt and pinches out in the direction of the craton.

2. The clastic sediments are coarse, and thick strata of conglomerates may occur near by the orogenic belt.

3. The sediments of the molasse are of recycled character, and the chemical composition is rich in SiO_2 and so the ratio of Al_2O_3 / SiO_2 is low.

4. The molasse is deposited mainly on land where the proximal portion of molasse mainly exists or in neritic environments where the distal portion of molasse often occurs.

5. Abundant sedimentary structures show that paleocurrent direction is perpendicular to the orogenic belt.

6. Sedimentary sequences are rhythmic ones in which the thickness of one rhythmic unit is about several cm to several m.

7. The molasse is unconformable with underlying strata which is often flysch in the proximal region, and is disconformable or conformable with underlying strata which is platform formation in the distal area.

The authors analyzed the Silurian molasse formation in the Northwest of Zhejiang, Southeast of Anhui, and South of Jiangsu Provinces, and deduced that there was a Later Caledonian fossil orogenic belt in the east edge of Yangzi plate. Comparing the molasse with the underlying strata—the Upper Ordovician flysch formation in sedimentological characteristics and tectonic settings, the authors found many important facts, some of them are listed here:

1. The underlying Ordovician flysch deposited in an aulacogen, and its clastic materials were supplied from both (southeast and northwest) sides of the basin and transported mainly along the basin axis in the northeast direction; but the sediments of the molasse came from east side and were transported mainly westward.

2. The thickness of sedimentary body of the molasse may be up to 6000m in the east area, and decreases rapidly in the west of the molasse basin.

3. The mineral composition of the molasse apparently differs from that of the underlying flysch, came from a recyclic orogenic belt.

On the basis of above-mentioned study, the authors made a careful study of the sedimentological characteristics of Maoshan formation (Upper Silurian) in the Southern Jiangsu and Southern Anhui. The results show that the Maoshan formation is the uppermost and the west part of the molasse. The sediments come from eastern side, and the bottom of the sedimentary basin sloped to the west at that time. So the source area in the east is the orogenic belt uplifted since the end of Ordovician. Because the deeper part of the orogenic belt were eroded, the slightly metamorphosed debris are more abundant and the igneous, sedimentary debris are fewer in the Maoshan Group than those in the lower part of the molasse. The Maoshan Group can be treated as fresh water deposited upper molasse and the other strata (including Middle, Lower Silurian and the uppermost part of Ordovician) can be considered as the lower molasse deposited in neritic zone. Comparing the western boundary of the lower molasse with that of the upper molasse, it is clear that the sedimentary axis of the molasse basin migrated westward for at least 90km in the period from the end of Ordovician to the end of Silurian. The speed of migration is about 3mm per year.

The study on Maoshan Group further proved that there existed a colliding orogenic belt (almost from south to north in the east side of the basin) in the area nearby the outfall of Yangzi River. The area adjacent to Jiangsu, Zhejiang and Anhui Provinces was the foreland basin of the orogenic belt, and in such a basin deposited the molasse formation again from the end of Ordovician to the end of Silurian. Such a conclusion is beneficial to reconsidering the evolution of Paleozoic geotectonics in Southern China and to exploring oil and gas in the Paleozoic strata.