

下扬子盆地的地壳深部构造与 盆地演化的研究

丁幼文

朱慧娟 恽龄玲 胡德昭 徐鸣洁 王舜玲

(南京大学地质系)

本文综合了1978—1981年江西永平爆破和湖北随县爆破的人工地震资料,结合区域布格重力异常特征,求得区域地壳厚度的空间展布,并对盆地的演化从深部地质出发作一初步探讨。

一、随县—永平地震测深剖面^{1、2、3}

1978年2月在江西永平铜矿进行了一次炸药量为985.7吨的矿山爆破。地震观测以爆破点永平为中心,沿北东—南西、北西—南东方向布置近十字形测线,其中的北西测线自永平经九江至信阳横穿下扬子地区。

1979年12月8日至1981年4月19日在湖北随县万和店公社进行了炸药量分别为60吨、160吨和540吨的三次爆破,其南东测线基本与永平爆破的北西测线重合(图1)。

由于永平炮点和随县炮点的首波走时曲线的互换时间基本相等,因此可以将两炮点的走时曲线当作相遇走时曲线来处理,并采用 t_0 法和差数时距曲线构制折射界面。上层速度根据速度剖面资料取 $V_1 = 6.30$ 公里/秒,莫霍面的界面速度 V_2 由差数时距曲线计算求得,为8.10公里/秒;在炮点附近则利用反射波(P_n°)资料(图2)。参与互换计算的测点包括随县炮点的25—64号点,按地壳厚度的变化特点,大致可划分为以下几段(图2)(表1):

- 1) 国家地震局永平爆破联合观测小组,1980年,江西永平爆破观测和我国东南地区深部构造初步研究(未刊)。
- 2) 恽龄玲、丁幼文等,1981年,江西永平爆破的地震观测资料分析与华南深部构造的若干解释(未刊)。
- 3) 周宝铮、胡德昭,1983年,随县—永平深部构造初探(未刊)。

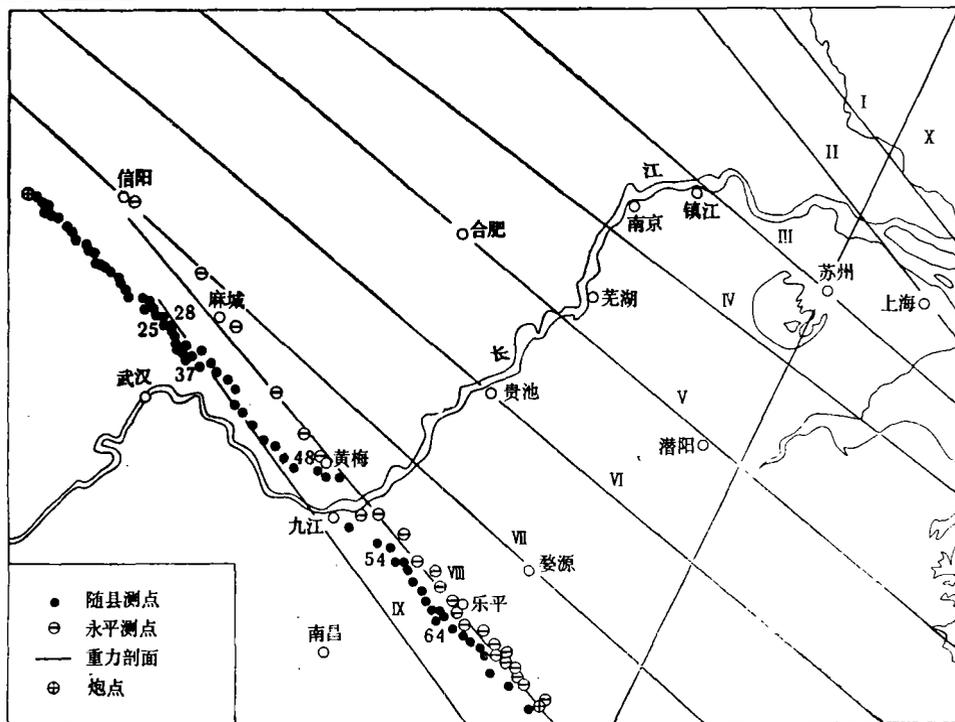


图 1 地震测线及重力剖面位置图

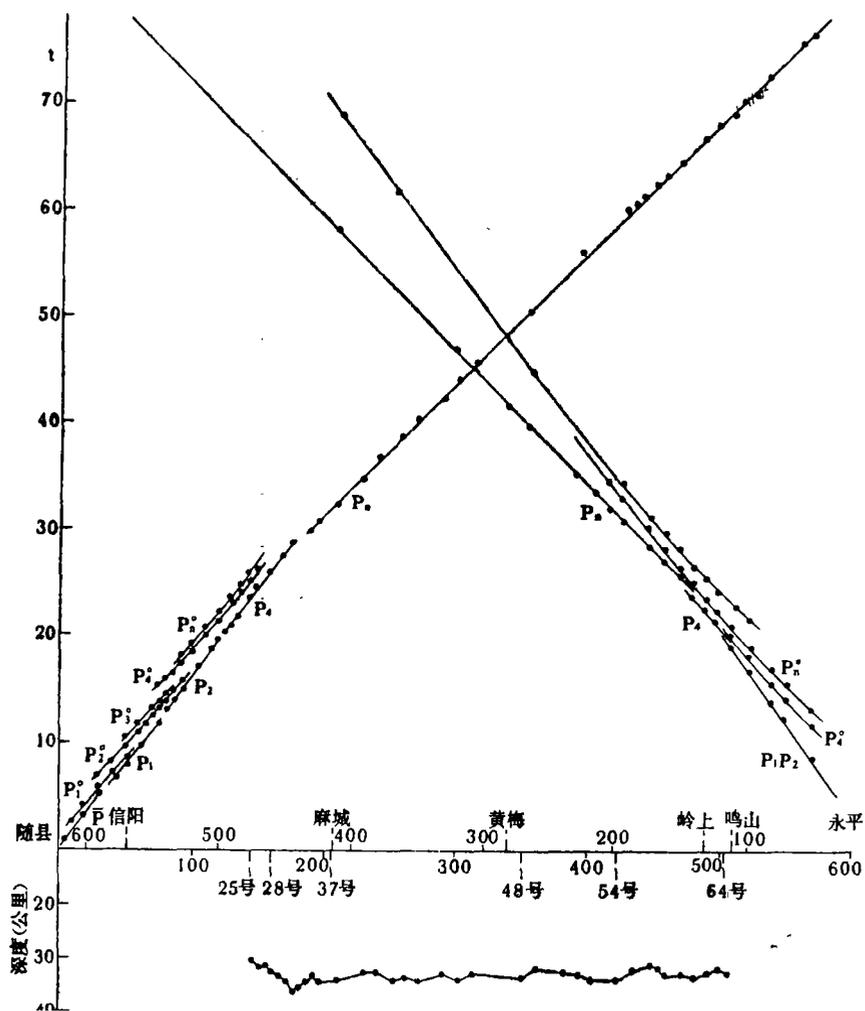


图 2 随县—永平地震测深剖面及时距曲线图

- ①25—27点, 平均地壳厚度约31公里, 大致分布在涪水断裂两侧;
 ②28—37点, M面埋深自西向东呈台阶式, 由31公里逐渐下降到34公里, 并以大致34公里左右的平均深度进一步东延, 直至与团凤—麻城断裂相遇;
 ③38—48点, 团凤—麻城断裂东侧的地壳厚度在38点和39点变为32公里, 继续东延直至长江北岸又重新恢复到34公里的平均地壳厚度;

利用首波互换求得单点深度 (点号顺序以随县炮点为起始) 表1

| 点 号 | 震 中 距 | 地壳厚度 | 点 号 | 震 中 距 | 地壳厚度 |
|-----|---------------|--------|-----|---------------|--------|
| | Δ (km) | H (km) | | Δ (km) | H (km) |
| 25 | 145.48 | 30.15 | 44 | 301.16 | 34.37 |
| 26 | 150.16 | 31.46 | 45 | 313.61 | 33.27 |
| 27 | 156.62 | 31.41 | 48 | 354.41 | 34.32 |
| 28 | 161.03 | 32.61 | 49 | 360.91 | 32.11 |
| 29 | 166.15 | 33.67 | 50 | 386.35 | 32.91 |
| 30 | 170.44 | 34.62 | 52 | 392.22 | 33.42 |
| 31 | 175.49 | 36.33 | 53 | 404.13 | 34.22 |
| 32 | 182.33 | 35.78 | 54 | 422.95 | 34.47 |
| 33 | 186.38 | 34.62 | 55 | 436.64 | 32.61 |
| 34 | 191.03 | 33.77 | 56 | 444.67 | 31.86 |
| 35 | 194.90 | 34.87 | 57 | 451.37 | 32.26 |
| 37甲 | 209.25 | 34.02 | 58 | 456.92 | 33.62 |
| 38 | 230.86 | 32.71 | 59 | 468.80 | 33.37 |
| 39 | 240.73 | 32.56 | 60 | 480.29 | 33.77 |
| 40 | 250.33 | 34.12 | 61 | 488.37 | 33.07 |
| 41 | 259.25 | 33.92 | 62 | 497.13 | 32.31 |
| 42 | 270.9 | 34.32 | 64 | 505.44 | 33.62 |
| 43 | 289.59 | 33.01 | | | |

$$V_1 = 6.30 \text{ 公里/秒} \quad V_2 = 8.10 \text{ 公里/秒}$$

- ④49—52点, 长江沿岸湖口一带的平均地壳厚度减薄至32—33公里;
 ⑤53—54点, 鄱阳湖北侧地壳厚34公里;
 ⑥55—64点, 鄱阳湖至江西乐平的平均地壳厚度为33公里。

二、重力计算结果

重力资料取自国家测绘总局编制的1:100万全国布格重力异常图。计算剖面呈北西向横穿长江中下游，西起九江，东至连云港，共计九条，其中的剖面Ⅷ基本上与上述地震剖面重合。此外，尚有一条北东向剖面通过南通、苏州地区（图1）。

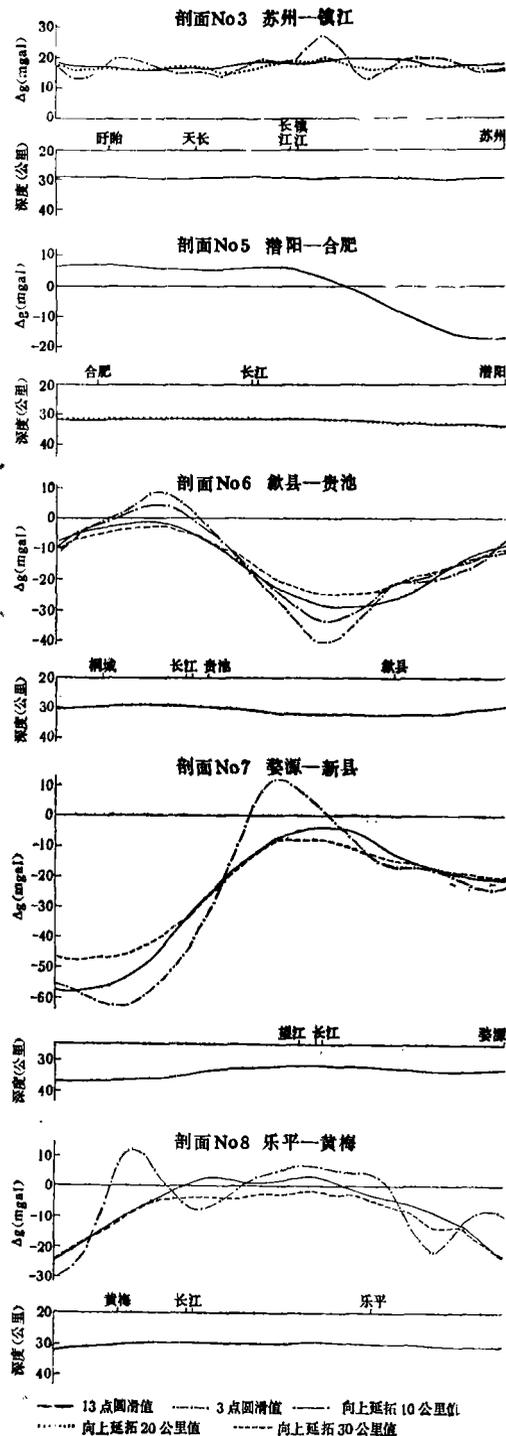


图 3 重力计算剖面图

为了求取反映地壳深部结构变化的重力异常，采用重力剖面曲线的最小二乘圆滑和向上解析延拓两种方法，以BASIC语言在C—16226型电子计算机计算处理。

比较上述两种深部重力异常曲线（图3），显然 $m=6$ 的线性圆滑曲线与上延30公里的异常曲线拟合较好。它们分别从两种不同的计算途径消除浅部地质因素的影响，从而进一步突出了深部重力异常（图4）。

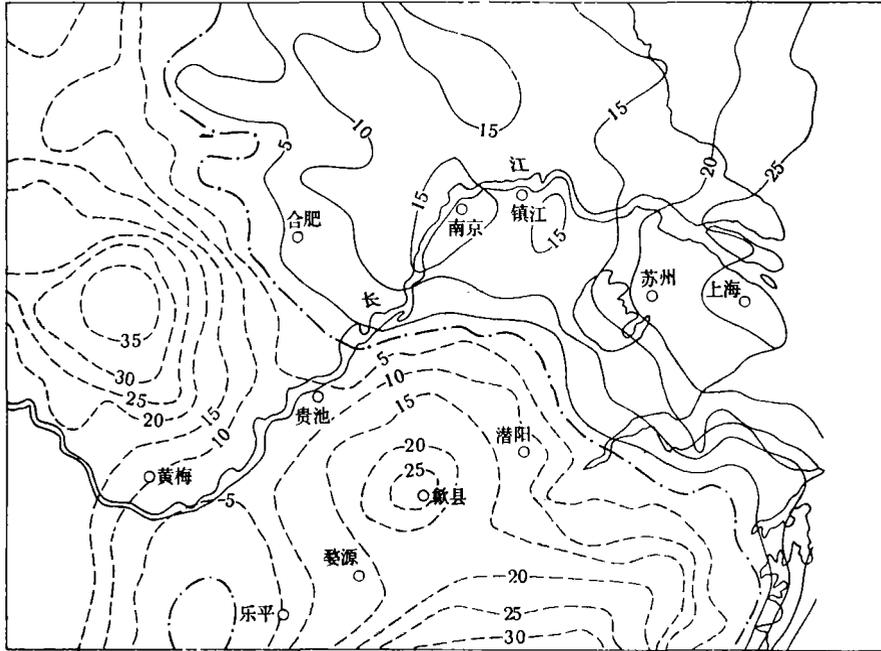


图4 深部重力异常图

为计算M面的埋藏深度，假定地壳内各层物质的平均密度是2.84克/厘米³，上地幔顶部物质的密度均匀，为3.27克/厘米³。本区的平均地壳厚度按上述地震测深资料，取32公里。采用 $\text{Sin}x/x$ 法计算各点M面埋藏深度（图5）。

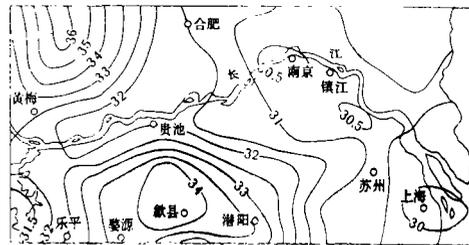


图5 下扬子盆地地壳厚度图

为了进一步检验重力资料的可靠程度，沿永平—随县测深剖面用 $\text{Sin}x/x$ 法计算地壳厚度（图3剖面Ⅱ）。重力计算表明，长江以北的平均地壳厚度约34公里，江南突变为32公里，向南又有逐渐加厚的趋势。与上述地震剖面相比，作为地壳厚度变化的一级趋势两者基本一致，特别是沿江一带的地壳厚度更为吻合。但是由于重力方法本身只反映M面的一级起伏，因此与地震资料相比往往忽略了M面次一级起伏形态的细节。

由下扬子地区地壳厚度图可见(图5)：

- ①地壳厚度等值线在本区呈北东东向展布，基本与长江谷地一致。结合深部重力异常图，其等值线走向东有转呈北西向与海岸线近于平行的趋势；
- ②地壳厚度沿走向自东向西逐渐增厚。最小厚度30公里，位于上海附近；最大厚度在九江以东，约32公里；
沿倾斜方向，自长江向南北两侧地壳增厚，其变化梯度由东向西逐渐增大，造成厚度等值线向西至九江以东逐渐呈舌状收拢；结合深部重力异常图，九江以东恰好位于地壳厚度变化的鞍部，向西南至鄱阳湖一带的地壳逐渐减薄；
- ③沿江一带存在若干近东西方向的地壳局部减薄地段，如安庆、南京、常州和上海等地。

三、地壳深部构造与盆地演化的关系

据有关资料表明，不同时期、不同类型的油气藏盆地的地壳深部构造，特别是莫霍面的起伏变化，往往与地壳浅层构造呈一定的镜象关系，也是盆地拉裂程度的一种重要的深部构造标志^{[3][4][7][8]}。

由上述地震和重力资料求得的深部重力异常和地壳厚度图，实为晚期地壳深部构造对早期构造继承、改造叠加的最终结果，应当从中分离出各地质时期的地壳深部构造格架，才能真正分辨地壳深部构造随时间的演变过程。显然，在目前的技术条件下要做到这一点几乎是不可能的。

鉴于狭义的下扬子盆地的主要形成时期发生在中生代以来，可以假定，目前的地壳厚度展布轮廓与其形成初期没有发生本质变化。正是从这一基本认识出发，才能根据上述地球物理资料对下扬子盆地自中生代以来，特别是新构造运动期间的形成、演化的地壳深部背景作一初步探讨。

下扬子盆地是在震旦纪开始出现的前陆盆地基础上^{[2][6]}自中生代以来发育的一个裂谷型的地堑盆地，其主干构造方向表现为：地壳深部与浅部一致的北东东走向，并可继续东延到苏北和南黄海，基本与浙闽粤沿海燕山期火山弧系外缘的海沟方向平行；向西呈舌状收拢的楔形，从平面展布轮廓上显示出拉张的特征，其形象与现今的红海和亚丁湾十分相似；东侧的北西走向不仅从苏北和南黄海盆地的两侧边界走向上反映出来，同时从地壳等厚线和深部重力异常的平面形态上也可以看出这种趋向。这种北西方向基本与现今的沟弧方向近于垂直，并且从相互交切关系分析，其形成时间应早于上述北东东向的主体构造。

种种迹象表明，中生代以来、特别是新构造运动期间，下扬子盆地基本处于一种总体拉张的构造背景下。这不仅体现在地壳深部与浅部协调一致的北东东向楔形分布上，而且还可从以下几方面得到佐证：

①地壳深部表现为莫霍面相对隆起的剖面形态，从而提供了造成地壳浅部拉张的深部条件，并以安庆、南京、常州、上海一带尤为明显；

②第三纪以来，一系列不同方向的高角度正断层的广泛发育是区域性拉张断陷的最

重要的构造标志。而苏北和南黄海盆地的北西向边界，正是在这种拉张作用下自西向东，由宁镇经苏北到黄海构成的三级“构造台阶”，并在莫霍面的展布和深部重力异常图上同样有所显示；

③对南京地区新构造断裂的研究，结合地震震源机制的综合分析表明¹⁾、²⁾，新构造运动期间本区处于华北应力场（主压应力方向为北东东向，主张应力方向为北北西向）与华南应力物（主压应力方向为北西西向，主张应力方向为北北东向）的过渡地区，近期尤以前者更为突出；

④扬州—铜陵地震带与下扬子盆地之间密切的空间联系是本区近代活动的地震标志¹⁾ [5]。

⑤印度板块与欧亚板块的碰撞以及日本海的微型扩张为本区地壳浅层的区域拉张提供了应力场条件^[10]。最近，塔波尼尔等^[9]对亚洲挤入构造的实验研究，是上述应力状态的模拟再现。

综上所述，下扬子盆地是在震旦纪前陆盆地基础上自中生代以来发育的一个裂谷型地堑盆地。燕山旋回沿北东东向的初始拉张，在一定程度上受浙闽粤沿海中生代俯冲带的影响，是弧后拉张的产物。

燕山旋回末、喜山旋回初，随着华北区域应力场方向的转折（主压应力方向由北西西向转为北东东向），在地壳浅层北东东向挤压、北北西向拉张应力场控制下沿北东东方向进一步拉张，其拉张程度自东向西逐渐减弱（图6—*a*）。早第三纪以来，随着北东

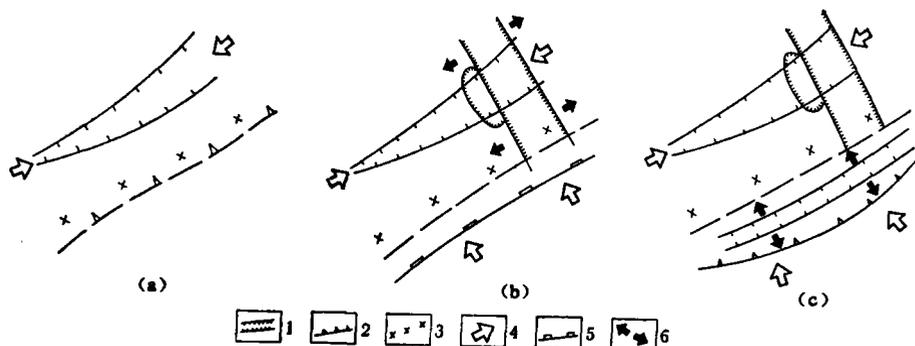


图6 下扬子盆地构造演化示意图
(新构造运动期间)

向琉球海沟的初始挤压，沿平面上与之正交的北西方向发生拉张，使苏北和南黄海盆地依次拉张断陷迭加在上述北东东向构造之上地壳等厚线走向朝着苏北—南黄海也转呈北西走向（图6—*b*）。晚第三纪以来，由于沿琉球海沟开始俯冲，使琉球弧与亚洲大陆分离，并在弧后平行发育了北东向的东海盆地和冲绳海槽，最终呈现为东海盆地交截北西向的苏北—南黄海盆地的构造图案（图6—*c*）。

1) 卢华复、姜凤琪、丁幼文，南京地区新构造特征影象分析及其与地震关系，地震学刊，1983年1期。

2) 南京大学地质系地震地质组，地震与活动构造应力场，南京科技，1978年4期。

本文是在郭令智、施央申教授和马瑞士副教授的鼓励与指导下完成的。在此表示感谢。

(收稿日期：1984年2月9日)

参 考 文 献

- [1] 中国科学院地质研究所, 中国地震地质概论, 科学出版社, 1974年。
- [2] 郭令智等, 华南大地构造格架和地壳演化, 国际交流地质学术论文集, 地质出版社, 1980年。
- [3] W.R.迪肯森, 板块构造与油气聚集, 石油工业出版社, 1981年。
- [4] W.R.迪肯森等, 板块构造与沉积作用, 地质出版社, 1982年。
- [5] 北京大学等编, 地震地质学, 地震出版社, 1982年。
- [6] 郭令智等, 西太平洋中生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成与演化, 地质学报, 1期, 1983年。
- [7] N.A.Belyaevsky, etc, 1973—1974, Structure of the earth's crust on the territory of the U.S.S.R., *Tectonophysics*, 20, 1—4.
- [8] D.H.Warren etc, 1973—1974, Structure of the crust in the conterminous United States. *Tectonophysics*, 20, 1—4.
- [9] P.Tapponnier, etc. 1982. Propagating extrusion tectonics in Asia, New insights from simple experiments with plasticine. *Geology*, Vol.10, No.12.
- [10] Lu Huafu, etc, 1983. Changing Stress field in the middle segment of the Tan—Lu fault zone, eastern China. *Tectonophysics*, Vol.98, No.1.

INFRASTRUCTURES OF LOWER
YANGTZE BASIN AND THEIR RELATION TO
EVOLUTION OF THE BASIN

Ding Youwen

Zhu Huijuan

Yun Lingling

Hu Dezhao

Xu Mingjie

Wang Shunling

(Department of Geology, Nanjing University)

Abstract

Data of seismic sounding from two profiles shot in Yougping county, Jiangxi Province and Shui county, Hubei Province, which have been coupled with characteristics of regional Bouguer gravity anomalies, are digitized and processed to prepare a crustal isopachous map. It is concluded that, in general, the neotectonic movement were taken place in an overall tensional setting. Through tectonic cycles of Yanshan orogeny, Himalayan orogeny, Nw-oriented compressional movement of Pacific plate against Ryukyu region and the subduction of the Pacific Plate at the Ryukyu trench, the Ryukyu arc was separated from the Asian continent and, paralleling to the arc, the Nw-trending Okinawa trough and the East China Sea basin occurred simultaneously in back arc area, resulting in a tectonic pattern of intersection of the present East China Sea basin with the NW-trending North Jiangsu-Southern Yellow Sea basin.