

文章编号: 0253-9985(2006)04-0495-08

南黄海盆地北部凹陷古近纪伸展断层转折褶皱作用

王胜利¹, 卢华复¹, 李刚², 陈建文², 陈国威²

(1. 南京大学 地球科学系, 江苏 南京 210093 2. 青岛海洋地质研究所, 山东 青岛 266071)

摘要: 南黄海北部凹陷为欧亚大陆东部边缘一系列新生代裂谷盆地中的一个。北部凹陷中的东北凹陷为向下逐段变缓、北倾的威海正断层上盘沿断层向北运动导致上盘断层转折褶皱作用而在上盘之上形成的凹陷。伸展断层转折褶皱作用发生过程中, 东北凹陷同时接受沉积, 形成生长地层, 其详实记录了凹陷的发育过程。通过对生长地层的研究, 南黄海北部凹陷东北凹陷总的伸展量为 10 012 m, 平均伸展速率为 0.225 mm/a。这些数值同亚洲大陆东缘的渤海湾盆地、苏北盆地和东海盆地等古近纪伸展盆地内部单个凹陷的伸展速率具有相似性。

关键词: 伸展断层; 转折褶皱; 生长地层; 伸展速率; 南黄海盆地

中图分类号: TE111.2 **文献标识码:** A

Paleogene extensional fault-bend folding in north depression of southern Yellow Sea basin

Wang Shengli¹, Lu Huaifu¹, Li Gang², Chen Jianwen², Chen Guowei²

(1. Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing, Jiangsu 210093)

(2. Qingdao Institute of Marine Geology, Qingdao, Shandong 266071)

Abstract The north depression in the southern Yellow Sea basin is one of the Cenozoic rift basins in the east margin of the Eurasian continent. The northeast sag in the north depression was formed by fault-bend folding of the hanging wall of the north dipping listric Weihai normal fault caused by the northward movement of the hanging wall. In the process of extensional fault-bend folding, the sediments deposited simultaneously and the growth strata were formed in the north sag and recorded the growing process of the northeast sag. Analysis of geometry of the growth strata shows that the northeast sag totally extends 10 012 m with an average extension rate of 0.225 mm/a, quite similar to those of single sags in the Paleogene rift basins in east margin of Eurasia, such as the Bohai bay basin, the Subei basin, and the East China Sea basin.

Key words extensional fault; bend folding; growth strata; extension rate; southern Yellow Sea basin

亚洲大陆东部边缘分布着两套弧后扩张的裂谷型盆地。其一是大洋地壳构成的日本海盆地、南中国海盆地、冲绳海槽; 其二是在大陆地壳上的伸展盆地: 松辽盆地、渤海湾盆地、周口盆地、南阳盆地、江汉盆地、苏北盆地、南黄海盆地、东海盆地和珠江口盆地等, 他们分布的更为广泛和深入大陆^[1,2]。南黄海盆地北部凹陷就是这一系列盆地中的一个, 它距离琉球火山弧约 600 km, 位置在

琉球岛弧最近的东海盆地和与琉球岛弧最远的渤海湾盆地之间^[3]。

中部隆起将南黄海盆地分为北部凹陷和南部凹陷。南部凹陷与位于陆地部分的苏北盆地连为一体。在陆上部分, 石油勘探在 20 世纪 60 年代获得了突破, 江苏油田公司持续的勘探工作已经取得良好成效, 很多学者对其成因已经做过详细的研究^[4,5]。北部凹陷位于南黄海北部, 中部隆起

收稿日期: 2006-05-08

第一作者简介: 王胜利(1974-), 男, 讲师, 地球科学构造地质学

基金项目: 南京大学科研启动费资助

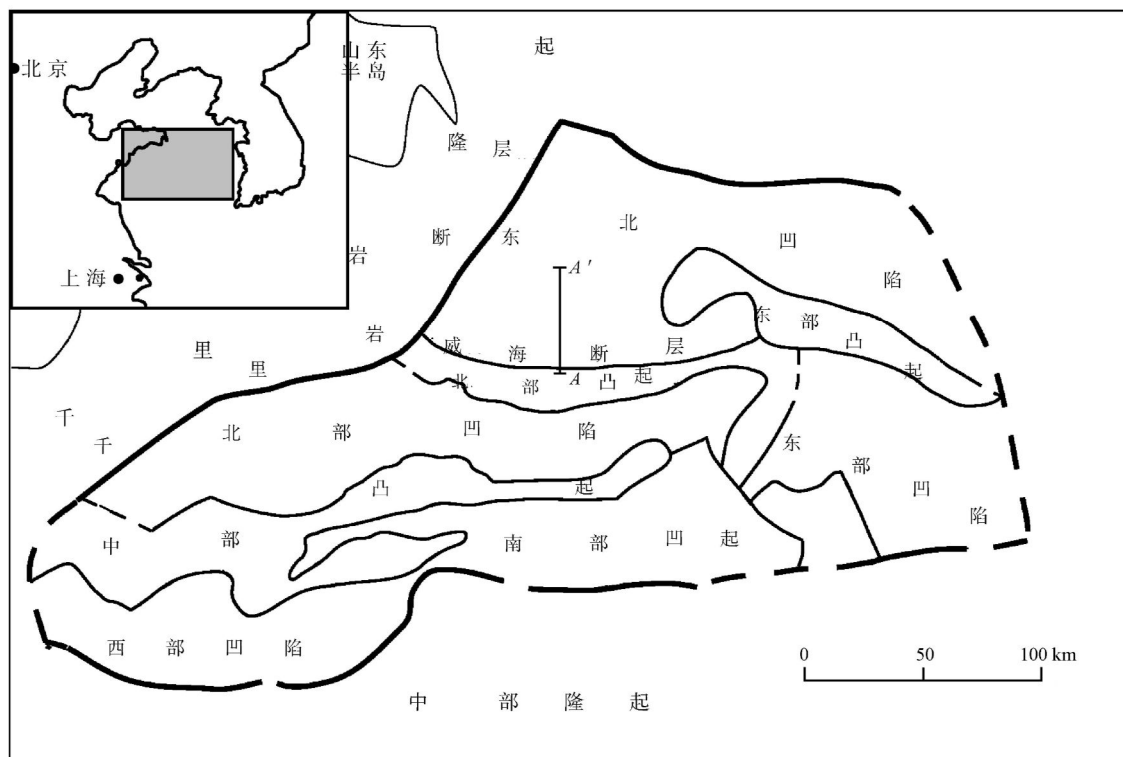


图 1 南黄海盆地北部拗陷构造纲要图

Fig. 1 Structural outline map of the north depression in southern Yellow Sea

以北,千里岩隆起以南,是苏北-南黄海盆地最北部的构造单元,全部在海域中,面积约 $4.6 \times 10^4 \text{ km}^2$ (图 1)。受海域中资料的制约,对其研究不多。本文根据已经获得的地震剖面资料,对南黄海盆地北部拗陷东北凹陷的几何学、运动学、伸展量和伸展速率进行讨论。

1 区域地质背景

南黄海盆地北部拗陷白垩纪晚期以来位于欧亚板块东部边缘,是受太平洋地区库拉和菲律宾海板块俯冲而产生的陆上弧后扩张盆地区。它的东面是白垩纪晚期到新生代的琉球——日本火山弧,火山弧以东就是菲律宾海板块和太平洋板块^[6]。

在中生代早期的板块格局中南黄海盆地北部拗陷还未出现,但是这个拗陷的基础已经存在。多数学者同意在三叠纪中期华北地块(板块)与华南地块(扬子板块)在秦岭—大别—苏鲁曾有一个碰撞缝合带^[7],这个缝合带就位于大别山北缘晓天—磨子谭断层和苏鲁超高压变质带北沿的五莲—青岛断层^[8,9]。南黄海北部拗陷就位于五莲—青岛断裂带以南约 100 km,表明它的基底是在扬

子板块的北部边缘。此外,传统的华北—扬子板块边界是淮阴—响水口断层及其海域延伸的千里岩断层^[3]。蔡乾忠等^[10]认为华北、扬子板块的边界在山东半岛北缘的芝罘断裂带。无论何种划分方法,南黄海北部拗陷的基底均应该位于扬子板块之上。因此南黄海盆地北部拗陷是在扬子板块北部边缘受太平洋弧后扩张作用在白垩纪后期和第三纪期间发育的弧后裂谷盆地。

2 北部拗陷的构造划分和东北凹陷的构造特征

南黄海盆地北部拗陷是介于千里岩隆起和南黄海中部隆起之间、由白垩纪、古近纪和新近纪地层构成的北东东走向的拗陷区(图 1和图 2),它的不同部分叠置在元古界、古生界、三叠系和侏罗系等地层之上。北部拗陷的北侧边界为千里岩断层,它是一条南倾的北东东—北东走向的右行走滑—正断层;南部边界为向北倾斜、走向北东东的中部断层。北部拗陷内部自北而南为东北凹陷、北部凸起、北部凹陷、中部凹陷、西部凹陷和南部凹陷等次级单元,凹陷和凸起相间分布,构造走向均为北东东(图 1)。

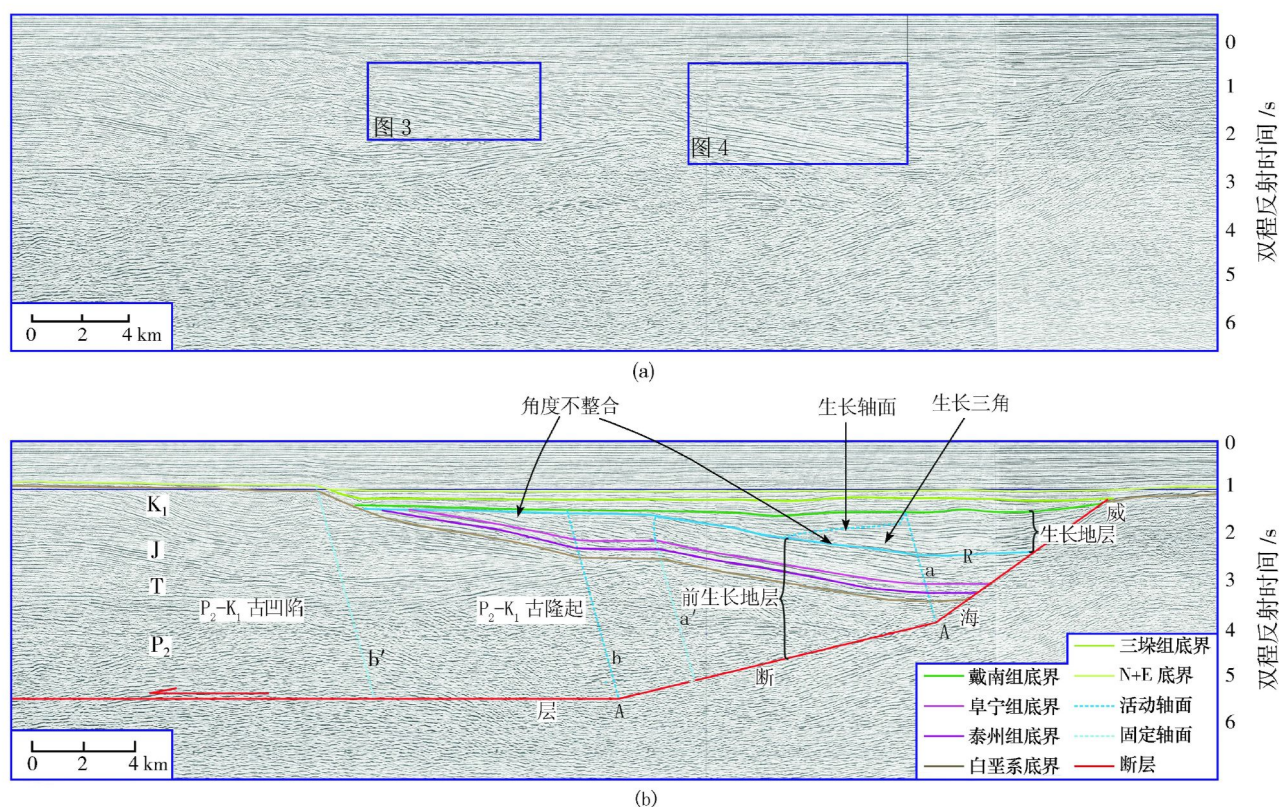


图 2 南黄海盆地北部坳陷东北凹陷的地震剖面 (位置见图 1)

Fig. 2 Seismic profiles across the northeast sag of the north depression in the southern Yellow Sea basin

The lower profile is interpreted from the upper original profile. See Fig. 1 for location of the profile

(a) 为原始地震剖面; (b) 为解释剖面

东北凹陷为以威海断层为南部边界的南断北超半地堑。东北凹陷白垩系角度不整合在前白垩纪地层之上, 这套前白垩纪地层没有钻孔揭示, 推测为侏罗系。半地堑主要发育古新世、始新世和渐新世地层, 在古近纪的东北凹陷的基底中发育有 P_2-K_1 的在南北的古隆起和在北的古凹陷。古凹陷中二叠系、三叠系均向南超覆, 地层厚度逐向北缓慢增大。侏罗系和下白垩统地层也是向古凹陷沉积厚度加大。此古凹陷和古隆起中包含了侏罗系底部的不整合和下白垩统底部的不整合 (图 2)。

3 北部坳陷发育的地层

在原始地震剖面中 (图 2 上) 沉积地层清楚地划分为前伸展期地层, 断陷伸展期地层和坳陷期地层。前伸展期地层是指南黄海盆地北部坳陷开始发育之前就已经存在的地层, 包括早、中白垩世地层以及前白垩纪地层。在地震剖面北段从 1 s 到 3.8 s 出现了反射特征清楚的沉积地层 (图 2), 由于没有钻孔揭示, 地层属性尚不清楚, 推测为侏罗系。

由于盆地北侧为三叠系苏鲁高变质造山带的东段南侧^[7-9], 推测该套反射良好的沉积层为同造山及其后期的沉积, 可能为三叠系和侏罗系; 反射面的特征显示该前伸展期构造为遭受剥蚀的断层转折褶皱背斜, 可能为苏鲁造山带南缘的前陆冲断-褶皱带的一部分。上白垩统上部泰州组与下伏的前伸展期地层呈角度不整合接触。上白垩统下部赤山组厚 491.96 m, 为棕褐色泥岩、粉沙质泥岩、棕灰色泥质粉沙岩 (包括棕红、浅棕色) 和灰质粉沙岩。

断陷伸展期沉积为上白垩统泰州组、古新世阜宁组、始新世三垛组和渐新世戴南组, 在东北凹陷显示出典型的半地堑沉积特征。钻孔揭示白垩系泰州组与下伏赤山组假整合接触, 泰州组最大厚度为 574 m, 分为二段。下段为棕红色砂泥岩, 厚 246.5 m; 上段为灰色、灰黑色泥岩、粉沙质泥岩, 夹泥质粉沙岩和少量泥岩, 厚 327.5 m; 底部为 21.5 m 厚的灰褐、浅棕色粉沙质泥岩; 顶为 18.5 m 厚的浅棕色粉沙质泥岩、泥岩, 为半深湖到深湖相沉积, 与上覆阜宁组假整合接触。下第三系分为古新世阜宁组、始新世戴南组和渐新世三垛组,

累计厚度达到 3 270 m。古新世阜宁组在北部坳陷钻遇厚度 1 092.2 m, 阜一段至阜三段下部为杂色、深灰色泥岩夹砂岩, 含石膏; 阜三段上部与阜四段为暗色泥岩夹砂岩, 总体上阜宁组是以泥岩为主的半深湖相到深湖相沉积。戴南组为一套下部黑色、上部红色的砂泥岩地层, 为浅湖到沼泽相沉积, 最大钻遇厚度为 1 101 m, 与下伏阜宁组呈假整合或者不整合接触。三垛组分布广泛, 主要为红色和深灰、灰绿色泥岩和灰白色碎屑岩组成, 为河流相到浅湖相沉积, 最大钻遇厚度 1 079 m, 与下伏不同时代地层呈假整合或者不整合接触。

坳陷期热沉降阶段的沉积为近水平、分布广泛而稳定的新近系和第四系。新近系遍布全海域, 是南黄海分布最广泛的地层, 依据岩性组合分为中新统下盐城组和上新统上盐城组, 钻遇厚度为 1 640 m, 与下伏的阜宁组、三垛组呈不整合到假整合接触。上第三系早期为河流相沉积, 中、晚期为浅湖、滨湖相沉积。第四系称东台群, 全海域分布, 厚度变化不大, 约 150~300 m, 为一套灰色粘土、粉砂岩和砂砾层, 为海陆交互相沉积。

4 伸展断层转折褶皱的几何学和运动学

在上地壳脆性域中, 伸展构造的类型主要是滚动构造, 即伸展断层转折褶皱。这为物理模拟实验^[11]和野外地质事实所证实。犁式正断层是伸展构造域普遍存在的构造现象, 其上部倾角缓, 随着深度增加而倾角逐渐减小至近水平^[12]。脆性上地壳的伸展是通过上盘沿犁式正断层的滑动而实现, 在滑动过程中, 在上盘和下盘之间的空间被上盘沿着库仑剪切面方向的重力坍塌而充填补充, 相应地上盘就形成以犁式正断层的上盘前生长地层顶面为底部和断层为边界的半地堑空间, 年轻的断陷期沉积地层将随着半地堑的发育而逐渐充填其中。这种犁式正断层可以微分为倾角随深度增加而逐渐变缓的面状段, 在横剖面上表现为线状段。事实上, 在脆性上地壳中由倾角向下逐段变缓的面状断层段组成的这种断层也是很常见的现象^[13]。Xiao 和 Suppe^[14]依据变形在横剖面上面积平衡的原则对这种变形做出了定量化的几何学描述, 分析了同沉积地层记录的半地堑发育的几何学和运动学要素, 并引入了 Suppe^[15]在挤压构造域中提出的活动

轴面、固定轴面(不活动轴面)和生长地层^[16]等概念。我们将采用该理论对南黄海盆地北部坳陷中东北凹陷的伸展断层转折褶皱进行分析, 解析其中隐含的盆地发育的几何学和运动学信息。

4.1 地震剖面特征

在南黄海盆地北部坳陷中 T_2 是一个区域性的地震强反射面, 其上的新近系和第四系基本没有遭受变形, 几乎处于初始沉积时的水平状态(图 2), 这与中国东部的其他新近纪伸展盆地大体一致^[1, 5, 17]。其下的晚白垩世泰州组、古新世阜宁组表现为自北向南增厚的楔形沉积, 这种特征在中国石油勘探和传统的地质文献中将其称为箕状坳陷^[4]。中白垩统浦口组和赤山组及其下的中生界和古生界为北厚南薄。在白垩系以下, 我们推断存在侏罗系、三叠系和二叠系。在剖面的北段为一个古坳陷, 剖面的中段为一古隆起(图 2); 从地震剖面上判断该深部隐伏构造为苏鲁造山带南缘前陆褶皱冲断带的组成部分, 古坳陷为挤压断层转折褶皱后翼向斜, 古隆起为挤压断层转折褶皱背斜, 因此在古坳陷也就是断层转折褶皱后翼的向斜部位沉积有较厚的早、中中生代地层, 而在褶皱背斜部位则受到剥蚀而形成浦口组和赤山组与下伏地层间的不整合。推测控制这个断层转折褶皱背斜发育的隐伏断层可能在晚白垩世一新近纪断陷伸展盆地发育阶段发生反转。

威海断层为一走向近东西、倾向北、向南凸出的弧形断层(图 1 和图 2), 控制了东北凹陷半地堑构造的发育。威海断层在剖面上由 3 段组成, 上段倾角 30° , 深度为 3.5 s 约 7 050 m, 倾角陡变为 10° 的中段; 在深 5.35 s 约 11 000 m 处, 陡转折为近水平的下段, 总体构成倾向北的断层系(图 2)。威海断层上盘向北的运动导致上盘地层沿活动轴面的方向, 也就是库仑剪切面方向, 发生崩塌, 受到剪切褶皱作用, 形成滚动背斜, 在上盘之上靠近断层一侧形成东北凹陷, 并与威海断层上段共同构成半地堑。

东北凹陷发育过程中同断陷期的生长地层连续发育。早发育的生长地层受到裂谷持续发育过程中造成的变形较多, 晚发育的地层受到的变形较少。前断陷伸展期的前生长地层经受了整个断陷

期的变形作用, 年龄最老的断陷期生长地层几乎经历了大部分断陷期的变形, 晚期生长地层只受到了少部分规模的变形; 后伸展期热沉降阶段的地层基本为初始沉积时的水平板状, 几乎没有遭受任何变形。因此, 断陷伸展期的沉积序列和生长地层的变形记录了半地堑发育的整个过程, 通过研究同断陷伸展期生长地层的沉积特征和变形特征可以定量地研究半地堑发育的几何学和运动学要素。

断陷伸展期沉积地层只分布于半地堑内部, 包括晚白垩世泰州组和古近系。泰州组在半地堑北部向上顶超, 在活动轴面 b 和固定轴面 b' 之间形成超失, 在白垩系和阜宁组上部之间形成沉积角度不整合 (图 2 和图 3)。这种角度不整合表示在这个不整合面上存在沉积缺失, 与剥蚀造成的不整合是不一样的, 一些学者往往将其看作是剥蚀造成的不整合^[4]。在上部断层转折点 A , 随着上盘顺断层向北的伸展运动, 初始活动轴面分离为活动轴面 a 和固定轴面 a' 。固定轴面 a' 在剖面上没有发生转折, 而是呈直线状穿过白垩系。在东北凹陷及其附近地区白垩系只分布在凹陷中, 显然其为断陷伸展期发育的生长地层。

东北凹陷半地堑中充填的地层主要是古近系阜宁组, 厚度变化很大, 在凹陷最深部厚 2 100 m 至北部凹陷的边缘厚度不足百米 (图 2)。根据阜宁组在该半地堑中的沉积特征, 可以将其分为上、下两部分 (在图 2 中以蓝色线条划分阜宁组的上部与下部), 分别讨论其记录的半地堑发育的运动学特征。阜宁组下部在半地堑中均有分

布, 厚度在半地堑的南北方向上差别较小; 阜宁组上部在半地堑的南部厚度巨大, 在北部厚度则很薄。阜宁组下部在活动轴面 b 和固定轴面 b' 之间, 与上覆的阜宁组上部之间为角度不整合接触 (图 2 和图 4), 其为阜宁组沿其下伏的白垩系顶超上超, 向南部超失, 同白垩系一样是由于沉积作用形成的不整合。

固定轴面 a' 穿过白垩系后发生转折形成生长轴面, 在生长轴面南侧的地层厚度大于生长轴面北侧的地层厚度。阜宁组上部位于半地堑南侧的深凹中, 而在北部的半地堑高处只有阜宁组的顶部存在, 缺失阜宁组中部。在半地堑深凹中, 活动轴面 a 以南的阜宁组上部地层总体厚度大于活动轴面 a 以北的厚度, 但是活动轴面 a 两侧阜宁组下部的厚度差别较小, 并向北有一定程度延伸, 然后变薄。沿活动轴面越靠上, 活动轴面北侧与南侧等厚的地层的长度越短。地层厚度变化处的连线就是生长轴面的位置。在生长轴面两侧, 阜宁组的厚度和产状都发生变化, 生长轴面以下, 阜宁组上部厚度大于生长轴面以上阜宁组上部的厚度; 生长轴面以上阜宁组上部地层基本呈水平状态, 而生长轴面以下阜宁组上部基本倾向南, 倾角为 16° (图 2)。生长轴面以上的阜宁组上部呈近水平状向北与倾角约 16° 的阜宁组下部角度不整合接触 (图 2 图 4), 表明阜宁组上部沉积时, 沉积物供给不充分, 处于沉积饥饿状态, 没有达到将完全半地堑充填的程度, 所以阜宁组向北上超, 形成上超

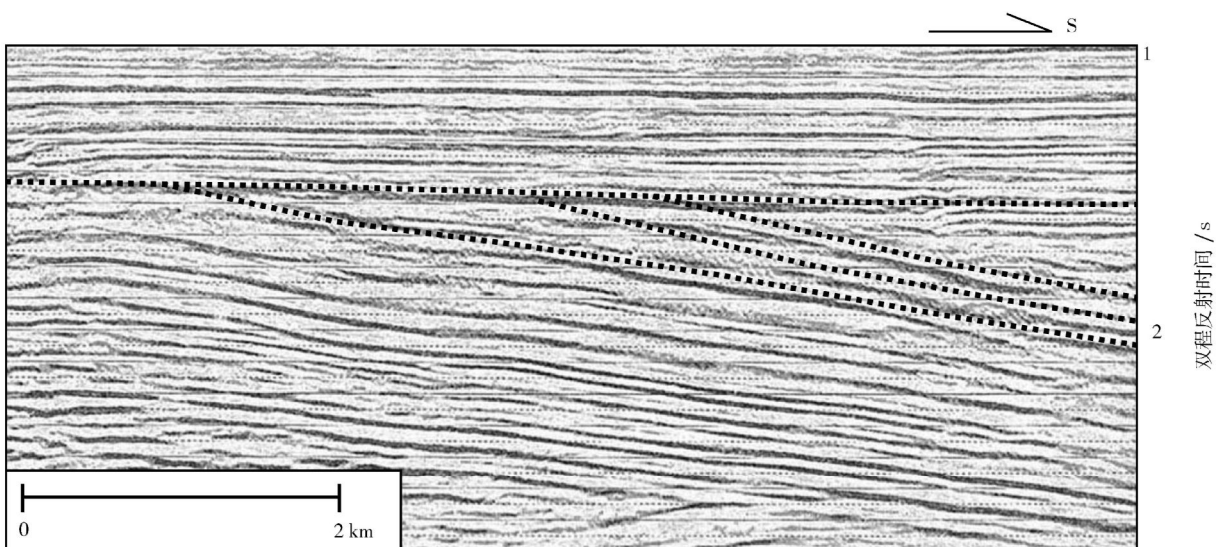


图 3 苏北-南黄海盆地北部坳陷东北凹陷中白垩系和上覆阜宁组地层之间的角度不整合 (位置见图 2)

Fig. 3 The angular unconformity between the Cretaceous and the Paleocene Funing Formation in the northeast sag of the north depression in the Subei-southern yellow sea basin. See Fig. 2 for location.

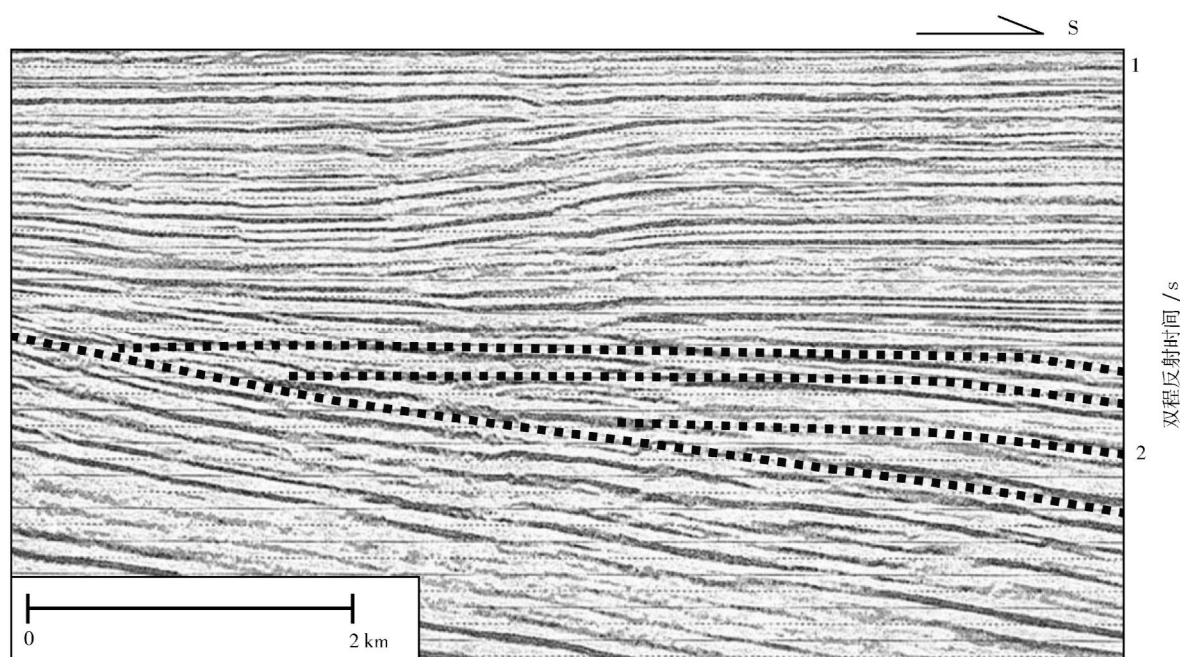


图 4 苏北-南黄海盆地北部坳陷东北坳中阜宁组内部的上超角度不整合 (位置见图 2)

Fig. 4 The onlap angular unconformity in the Paleocene Funing Formation in the northeast sag of the north depression in the Subei-southern Yellow Sea see Fig 2 for location

不整合。同样,该阜宁组内部的角度不整合接触与剥蚀无关。近水平的阜宁组地层表示其沉积以来,没有越过活动轴面发生剪切变形,倾斜的阜宁组地层表明其经受了沿轴面方向的剪切变形并向北运动,倾斜地层在水平方向上的长度就是其向北的运动量^[14]。在阜宁组顶部生长轴面的倾角发生了较大改变,表明沉积速率和由于伸展造成的半地堑的沉降速率之间的比值发生较大的变化,该比值明显增大。活动轴面、生长轴面和生长地层的层面构成生长三角(图 2)。

在阜宁组后期,虽然沉积速率和半地堑的沉降速率比增大,仍然没有将半地堑完全充填,几乎未变形的始新世戴南组和渐新世三垛组才将半地堑完全充填(图 2 图 5),但是戴南组和三垛组与下伏的阜宁组又有显著的不同,他们几乎均受到半地堑发育过程中的变形,都基本处于初始沉积时的近水平状态。表明是后断陷期沉积的地层,而不是同断陷期的生长地层。新第三系盐城组和第四系东台群为后断陷期热沉降阶段的沉积。

4.2 东北凹陷

根据威海断层的几何形态、已经压实的中、新生代地层厚度和地震剖面上观察到的库仑剪切方

向(轴面的方向),构建了东北凹陷半地堑发育的平衡正演几何学和运动学模型。图 5 的最后阶段出现了图 2 中所有构造和沉积要素,包括半地堑的几何特征、古近纪地层内部的角度不整合接触以及白垩系、阜宁组与上覆地层之间的角度不整合。图 2 中反射面的几何形态和图 5 之间的一致性表明,将南黄海盆地北部坳陷的东北凹陷解释作伸展断层转折褶皱是合理的。

平衡正演模型的每个阶段包括主要地层单元和与同断陷期被褶皱地层宽度记录的断层滑动距离。图 5 正演模型的第一个阶段描述了前白垩纪断层活动前有两处转折的正断层和初始活动轴面的潜在位置。第二阶段是白垩纪初期地壳伸展作用开始,断层活动,导致上盘向北运动,两个初始活动轴面 a、b 分别分离出固定轴面 a'、b'。对应的活动轴面和固定轴面之间的水平距离就是断层在这个阶段的错断距离。然而在这个阶段凹陷中没有沉积物充填,这个阶段的伸展作用发生在白垩纪初期,持续了较短的时间。第三阶段为白垩系充填之后的形态,在这个阶段断陷作用处于停滞状态,白垩系稳定地充填在半地堑之内,半地堑凹陷仍然是饥饿的,凹陷槽处于欠充填状态。第四个阶段为阜宁组下部沉积之后的形态。在这个阶段,裂谷的发展和沉积物的充填是同时发生的,这

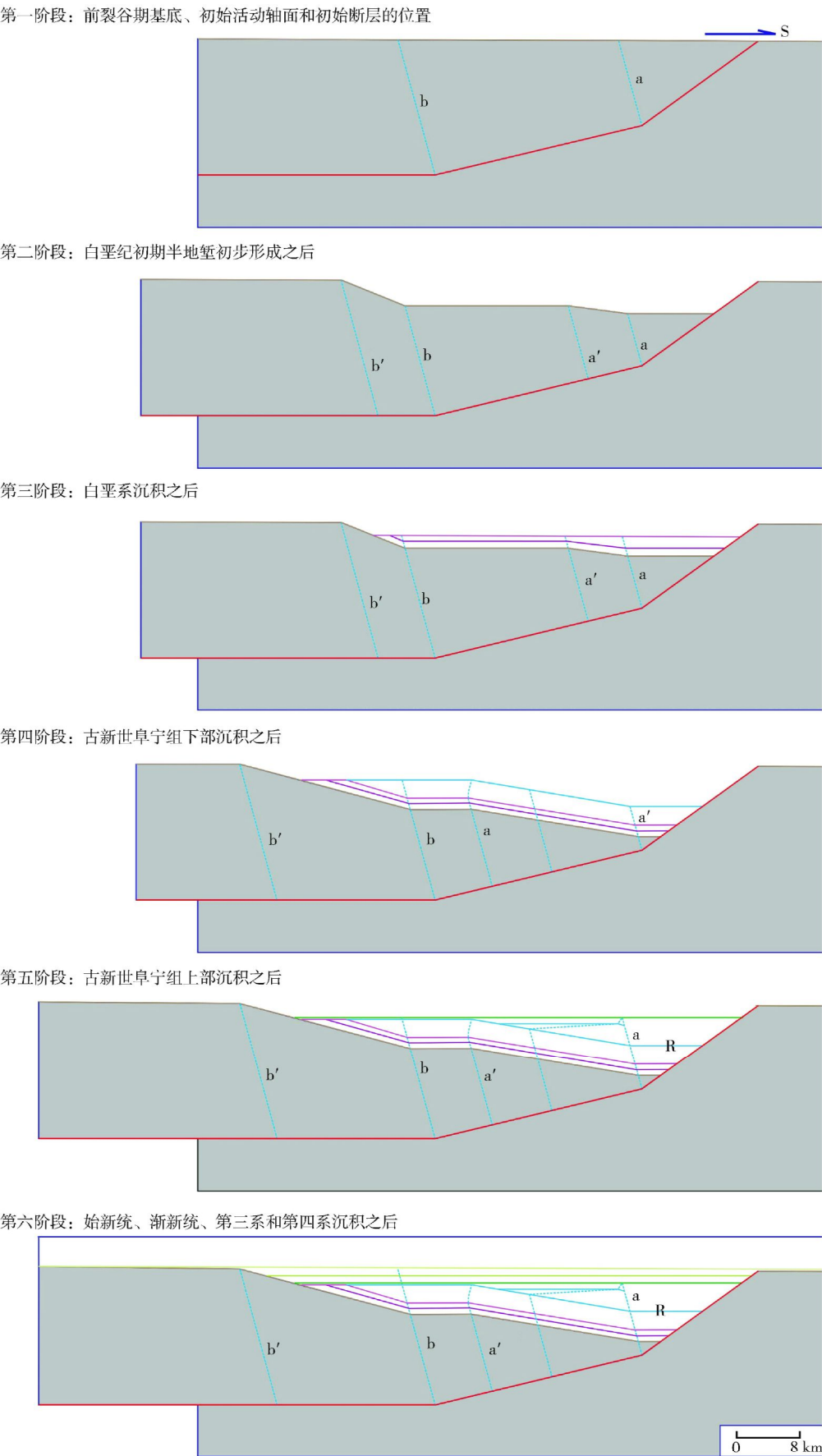


图 5 苏北-南黄海盆地北部坳陷东北凹陷发育的平衡正演运动学模型，
所依据的地质信息为图 3 中的地震剖面

Fig. 5 The balanced forward kinematic model of the northeast sag of the north depression in the Subei-southern Yellow Sea. It is built upon the geological data from the seismic profile in Fig. 3.

导致了阜宁组下部早期沉积的地层遭受的剪切褶皱作用宽度大于阜宁组下部晚期沉积的地层遭受褶皱的地层的宽度, 在地震剖面上和平衡正演模型上表现为固定轴面向上弯曲, 转为生长轴面。第五阶段为阜宁组上部沉积之后的形态, 阜宁组上部在凹陷槽的北部边缘分布厚度非常小, 在凹陷槽南部深凹处厚度非常大。在阜宁组上部沉积时期凹陷槽仍然处于欠充填状态, 在凹陷北侧阜宁组上部向阜宁组下部上超, 形成阜宁组内部的不整合, 导致生长轴面与阜宁组内部地层面相交 (地震反射面 R), 其上生长轴面清楚地分为两段, 下段倾角缓, 上段倾角陡, 表明沉积速率增大, 也就是生长指数 (沉积地层厚度与构造沉积的比值) 增大。该处的地层面、生长轴面和活动轴面构成完整的生长三角, 生长三角的底边, 也就是受到剪切褶皱的地层的长度就是伸展断层在这个阶段的伸展量。第六阶段为后断陷期的热沉降阶段, 始新世戴南组和渐新世三垛组将半地堑凹陷完全充填, 而其仍然保持原始沉积时的水平状态。新第三系和第四系呈水平状态, 是典型裂谷后热沉降的沉积特征。

通过以上的分析可以测量得到苏北-南黄海盆地东北凹陷在各个阶段的上盘沿两次转折的威海断层的滑动量。由于缺少各个地层精确的测年资料, 故采用有较大误差各组地层的生物地层年代估算东北凹陷的伸展量和伸展速率。东北凹陷中、新生代总的伸展量为 10 012 m, 白垩纪的伸展量为 3 512 m, 始新世的伸展量为 6 500 m, 这些各个阶段的伸展量表明东北凹陷的伸展主要发生在白垩纪初期和古近纪。取白垩纪的年龄从 99.6 Ma 到 65.5 Ma, 古新世的年龄从 65.5 Ma 到 55.8 Ma (2004 国际地层委员会), 东北凹陷整个发育过程中的平均伸展量速率为 0.225 mm/a, 白垩纪的平均伸展速率为 0.103 mm/a, 古新世的平均缩短速率为 0.670 mm/a。

5 讨论与结论

太平洋板块在中、新生代向欧亚大陆的俯冲直接导致了亚洲大陆东部边缘一系列白垩纪晚期至第三纪弧后断陷盆地的发育^[1]。倾角向深部逐渐变缓的正断层控制了这些断陷盆地的发育, 也控制其基本构造类型为滚动构造和半地堑。如果向下变缓的正断层, 由几段不同倾角的断层段构

成, 该构造就形成典型的伸展断层转折褶皱。如果向下变缓的正断层为弧形犁式正断层, 可以看作是无限多的直线状断层段组成, 同样为伸展断层转折褶皱, 或者称为滚动背斜。苏北-南黄海盆地北部凹陷的东北凹陷是典型的伸展断层转折褶皱, 从白垩纪开始发育, 至第三纪凹陷被完全充填而终止。断陷盆地发育过程中, 伸展断层转折褶皱上盘凹陷始终处于欠充填状态。同断陷期地层, 也就是生长地层精确记录了凹陷的发育过程和细节, 通过对其研究得到东北凹陷总的伸展量为 10 012 m, 白垩纪的伸展量为 3 512 m, 始新世的伸展量为 6 500 m, 整个发育过程中的平均伸展量速率 0.225 mm/a, 白垩纪的平均伸展速率为 0.103 mm/a, 古新世的平均缩短速率为 0.670 mm/a。显然这是千里岩断层右行走滑近南北向伸展运动分量。这些数值同中国东部的渤海湾盆地^[1]和苏北-南黄海盆地中的苏北盆地^[15-17]中单个凹陷的伸展速率具有相似性。

参 考 文 献

- 1 Allen M B, Macdonald D IM, Zhou Xun, et al. Early Cenozoic two-phase extension and late Cenozoic thermal subsidence and inversion of the Bohai basin, northern China [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 1997, 14(7/8): 951-972
- 2 郭令智, 施央申, 马瑞士. 西太平洋中、新生代活动大陆边缘和岛弧构造的形成与演化 [J]. *地质学报*, 1983, 37(1): 11-21
Guo Lingzhi, Shi Yangshen, Ma Ruishi. Formation and evolution of Mesozoic active continent margin and island arc tectonics in the western Pacific [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1983, 37(1): 11-21
- 3 Ren Jianye, Kensaku Tanaka, Li Sitian, et al. Late Mesozoic and Cenozoic rifting and its dynamic setting in Eastern China and adjacent areas [J]. *Tectonophysics*, 2002, 344(3-4): 175-205
- 4 陈安定. 苏北箕状断陷形成的动力学机制 [J]. *高校地质学报*, 2001, 7(4): 408-418
Chen Anding. Dynamic mechanism of formation of Dapitan subsidence, Northern Jiangsu [J]. *Geological Journal of China Universities*, 2001, 7(1): 408-418
- 5 钱基. 苏北盆地油气形成与分布——与渤海湾盆地比较研究 [J]. *石油学报*, 2001, 22(3): 12-16
Qian Ji. Oil and gas field formation and distribution of Subei basin—research compared [J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2001, 22(3): 12-16
- 6 郭令智, 施央申, 马瑞士. 论西太平洋弧后盆地区的基本特征和形成机理及其大地构造意义 [A]. 见: 李春昱, 郭令智. 板块构造基本问题 [C]. 北京: 地震出版社, 1986. 455-463

- Guo Lingzhi, Shi Yangshen, Ma Ruishi. On basic characteristics and formation mechanism of back arc basins in West Pacific Ocean and their implications on tectonics [A]. In Li Chunyu, Guo Lingzhi et al eds. Major contents on plate tectonics [C]. Beijing: Earthquake Press, 455–463.
- 7 Zhang K J. North and South China collision along the eastern and southern North China margins [J]. *Tectonophysics*, 1997, 270 (1–2): 145–156.
- 8 Yin A, Nie S Y. Development of the Tan-Lu fault as a transform system during collision of the North and South China blocks, east-central China [J]. *Tectonics*, 1993, 12: 801–813.
- 9 Gilder S A, Leloup P H, Courtillot V, et al. Tectonic evolution of the Tancheng-Lujiang (Tan-Lu) fault via middle Triassic to Early Cenozoic paleomagnetic data [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1999, 104: 15 365–15 390.
- 10 蔡乾忠. 论鲁东地体的形成机制及其归属 [J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1989, 9(1): 5–16.
- Cai Ganzhong. Formation mechanism of Ludong (Eastern Shandong province) terrane and its actual subordinateness [J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1989, 9(1): 5–16.
- 11 Cloos. Experimental analysis of Gulf Coast fracture patterns [J]. *AAPG Bull*, 1968, 52: 420–444.
- 12 Suppe. Principles of structural geology. Englewood Cliffs [J]. New Jersey: Prentice Hall, 1985, 537–550.
- 13 Shaw J, Hook S C, Sitohang E P. Extensional fault-bend folding and synrift deposition: an example from the central Sumatra basin, Indonesia [J]. *AAPG Bull*, 1997, 81(3): 367–379.
- 14 Xiao H, Suppe J. Origin of rollover [J]. *AAPG Bull*, 1992, 76: 509–525.
- 15 Suppe J. Geometry and kinematics of fault-bend folding [J]. *American Journal of science*, 1983, 283: 684–721.
- 16 Suppe J, George T C, Stephen C H. Rate of folding and faulting determined from growth strata [A]. In McClay K M. Thrust tectonics [C]. Chapman Hall, New York, 1992, 105–112.
- 17 李乃胜. 黄海三大盆地的构造演化 [J]. *海洋与湖沼*, 1995, 26(4): 355–362.
- Li Naisheng. Tectonic evolution of three basins in the Yellow Sea [J]. *Oceanologia Et Limnologia Sinica*, 1995, 26(4): 355–362.

(编辑 高 岩)

第四届油气成藏机理与油气资源评价国际学术研讨会 (第二号通知)

“第四届油气成藏机理与油气资源评价国际学术研讨会”第一号通知发出后,得到了国内许多单位和个人的热烈响应,报名踊跃,各油田领导提出一些好的意见和建议并准备亲自带队参加本次会议。受到邀请的美、英、俄、加、澳、韩等国的相关专家也决定与会并作专题报告。会议筹备小组认真讨论了反馈信息,并与主办单位协商,进一步确定了会议日程安排和其它事项,通知如下:

一、会议目的

交流油气成藏机理与油气资源评价最新研究成果,研讨油气成藏与油气资源评价的发展方向,更好地推动油气成藏机理和油气资源评价研究成果在油气勘探实践中的应用。

二、会议时间、地点和规模

会议时间: 2006年 10月 13日—16日(10月 12日报到)

会议地点: 北京昌平中国石油大学翠宫(外宾招待所)

会议规模: 120人左右,其中外国代表 10~20人。

三、会议主题

含油气盆地流体历史分析

岩性地层油气藏成因机理

叠合盆地油气成藏机理

海相碳酸盐岩油气成藏机理

非常规油气资源成藏机理

油气资源评价理论、方法、技术及应用

四、论文摘要和全文要求

论文摘要限在 A4纸 1页之内;全文限 8000字以内,论文格式按《地质学报》中文版要求;会后将组织优秀论文在核心期刊出版专集,版面费自理;论文(摘要和全文)邮寄、电子邮件均可。

论文摘要和全文截止期为 2006年 9月 15日

(高 岩 供稿)