

# 黄海三大盆地的构造演化\*

李 乃 胜

(中国科学院海洋研究所, 青岛 266071)

**提 要** 70 年代末至 80 年代中期, 中国地质矿产部和中国科学院所属单位对黄海进行了大量地球物理调查和钻探。根据多道反射地震资料, 浅地层剖面、重磁资料和钻探结果对黄海三大构造盆地进行地质构造学分析研究。结果表明, 黄海地区三大盆地自北往南形成时代逐渐变新, 构造活动性逐渐增强。

**关键词** 地质构造 沉积盆地 黄海

黄海位于西北太平洋活动大陆边缘的弧后地区, 与东海、日本海一起受到菲律宾海板块的影响。黄海内发育了三大构造盆地, 自北往南依次是北黄海盆地(简称北黄海); 南黄海南部盆地(简称南盆); 南黄海南部盆地(简称南盆)。自 60 年代以来, 中外地质学家对黄海进行了大量调查研究(秦蕴珊等, 1989; 金翔龙等, 1982)。70 年代末, 地质矿产部曾对 124°E 以西的南黄海海域进行了以油气勘探为目的的多道反射地震和重磁调查。1985 年, 中国科学院海洋研究所对南黄海西部海域进行了工程地质调查。迄今, 在南黄海两大断陷盆地内钻探油气探井 11 口。相比之下, 北黄海与南黄海东部海域调查资料较少。

在综合分析前人调查资料的基础上, 本文拟就黄海三大盆地的构造演化及其动力学机制进行探讨。

## 1 研究方法

根据 70 年代以来的多道反射地震调查和浅地层剖面调查结果, 结合黄海及其邻区的重磁测量资料及 11 口油气探井的有关钻探资料, 对黄海三大盆地的地质构造、地壳结构及其形成和发展予以探讨。

## 2 研究结果

**2.1 三大盆地的构造特征** 黄海三大盆地发育在中国大陆东缘与朝鲜半岛之间(图 1), 总体上位于西北太平洋边缘的洋陆壳过渡地带。三大盆地总体呈 NE 向雁行斜列, 单个盆地 NEE 向延伸, 盆地内主构造线呈 NEE 走向。

**2.1.1 盆地基底** 黄海发育在中朝准地台两大结晶基底之上。两大基底的分界线大致为: 西起郯庐断裂沿中国苏北的淮阴、响水口, NE 向延伸至海区的开山岛, 经黄海二井到达朝鲜半岛西面的白翎岛南侧, 再向东沿临津江地沟北侧的海洲—兔山—平康—高城—一线穿越朝鲜半岛。

北黄海发育在中朝准地台结晶变质基底之上。该结晶基底, 为一套古老的太古代—早元古代变质岩系(彭世福等, 1982)。此后, 震旦系地层在北黄海零星发育, 缺失整个古

\* 国家自然科学基金资助项目, 49176267 号。李乃胜, 男, 出生于 1957 年 7 月, 研究员。

收稿日期: 1991 年 7 月 30 日, 接受日期: 1994 年 3 月 29 日。

生界和下中生界地层。晚中生代,形成了北黄海断陷盆地(彭世福等,1982)。因此,北黄海盆地的基底是古老的前寒武纪地层。

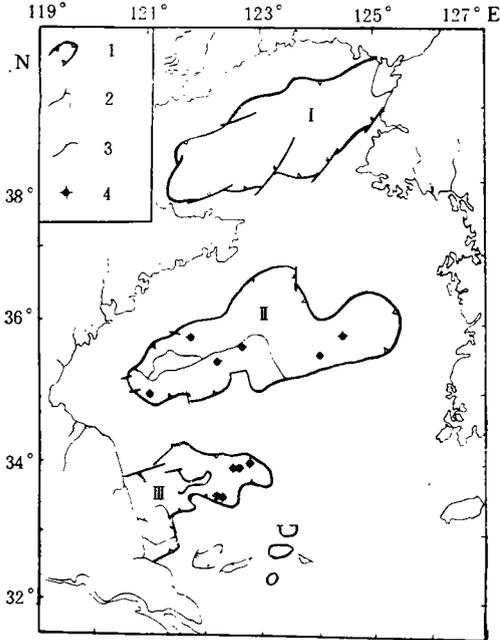


图1 黄海三大盆地分布图

Fig. 1 Three large basins in the Yellow Sea

I. 北黄海盆地; II. 南黄海北部盆地; III. 南黄海南部盆地。  
1. 盆地边界; 2. 二级单元分界; 3. 边界断裂; 4. 钻井。

南黄海北部盆地横跨中朝准地台和扬子准地台两大构造单元。扬子准地台是一个晚元古代扬子旋回形成的元古界结晶基底,8.5亿年左右的晋宁运动和7亿年左右的澄江运动使其最终固结。在结晶基底之上发育了一套古生代至早中生代海相碳酸盐地层(陈颐亨,1984)。晚中生代燕山运动期间,该区开始断裂下陷,形成盆地雏形。此后新生代又继承性活动,形成一个规模较大的中生代盆地(许薇龄,1982)。因此,北盆的基底是古生代至早中生代的海相地层。

南黄海南部盆地基本上是一个新生代盆地,其结晶基底为扬子准地台的变质岩系。其上除大片发育了古生代一早中生代海相地层外,还沉积了晚中生代的海陆交互相地层(陈颐亨,

1984)。因此,南盆的基底,确切地说应是晚中生代地层。

**2.1.2 盆地形成时代** 北黄海形成于晚中生代,由于迄今无钻孔资料证实,难以确定具体时间,但根据人工声学探测(庄杰枣等,1980),不整合覆盖于前寒武纪变质岩之上的中生代地层厚度较大。与陆区相邻的中生代盆地(如胶东半岛的胶莱盆地、朝鲜半岛的安洲盆地等)(彭世福等,1982)对比可知,北黄海形成于侏罗纪末,属于燕山运动期形成的断陷盆地。北部盆地形成于晚白垩纪。从图2a所示的反射地震剖面上可以看出,盆地北部的大明湖拗陷在结晶基底之上第一套沉积层是上白垩统千南群,其上的新生代地层基本上为连续沉积。因此,北部盆地是一个在晚白垩纪发育成形,新生代连续沉积的中新生代继承性盆地。

南部盆地形成时代略晚于北部盆地,如图2b所示,下第三系盐城群的底界为一不整合面。新生代地层覆盖在中生代及更老的基底层之上。所以说,南部盆地形成于中生代末,新生代初应该还是比较确切的。

**2.1.3 沉积层发育** 根据与相邻陆区中生代盆地沉积层对比可知,北黄海盆地内主要发育了侏罗纪末至白垩纪末的陆相地层,为一套河湖相碎屑岩和火山碎屑岩系(金翔龙等,1982)。至中生代末,盆地特征消失。在中生界之上,缺失第三纪地层。至第四纪,全区稳定下沉,接受了厚约150m的松散沉积,但无明显的沉积中心(庄杰枣等,1980)。第四纪地层水平覆盖在中生代地层之上,全区均匀一致,厚度变化很小。

南黄海两大盆地内发育了厚约 6 000—7 000m 的沉积层(俞印生, 1981)。但根据地震资料揭示,两盆地沉积发育特征又有所不同,具体表现在:

(1) 北部盆地在基底之上,发育了 1 000 多米厚的白垩系干南群,其沉积中心在北盆的北部,最厚达 1 600 m,向南逐渐变薄。证明北盆沉积中心是从北向南逐渐发展的。

(2) 两盆地相比,下第三系北厚南薄。从图 2 中可以看出,北盆下第三系呈北断南超的基状特征,在每一个次级凹陷内几乎都表现出北厚南薄趋势。总体上看,北盆下第三系厚度为 2 000—4 000m,而南盆则为 1 500—2 000m。所以,老第三纪时期,北盆较南盆活动性强。

(3) 上第三系南厚北薄。新第三纪地层在整个南黄海地区普遍发育,其中在南盆厚 1 600—2 000m,而北盆内仅厚 800—1 000m。上新世时期,南黄海地区盆地特征已逐渐消逝,代之而来的是两个沉积拗陷,沉积层厚度表现为南厚北薄。北盆沉积中心内上新统厚 500m,南盆则为 650m。

**2.1.4 构造特征** 黄海地区具有褶皱构造、断裂构造两大特征。后者又具 3 个不同形成时代的特征。

**2.1.4.1 褶皱构造** 黄海地区褶皱构造发育较差。在扬子准地台结晶基底之上,在南黄海地区发育了一个以中下三迭统海相碳酸盐地层为核部的大型复式向斜(陈颐亨, 1984)。向斜轴呈 NE 向延伸,两翼由古生代海相地层组成。向斜核部大致位于南黄海两大盆地之间的中部隆起区,为中生代印支期形成的褶皱构造。第三纪末和第四纪初,盆地特征逐渐消失,北东向主构造线逐渐为北西向所代替,在南黄海地区发育了走向 NW 的宽缓褶皱,暗示了该区构造应力场的转换。

**2.1.4.2 断裂构造** 黄海地区断裂构造非常发育,成为该区主要的构造形迹。按其形成时代可分为盆地前断裂、盆地断裂和盆地后断裂。

(1) 盆地前断裂 指在盆地形成以前,发生在中生代及其以前的断裂,按走向主要分为 NE 与 NW 向两组,多为划分构造单元的主干断裂,具有漫长的活动历史,断裂两盘落差巨大,按其切割深度,可分为岩石圈断裂和地壳断裂两大类,如分割中朝准地台和扬子准地台的响水口—海洲断裂和划分扬子准地台与福建岭南褶皱带的绍兴—木浦断

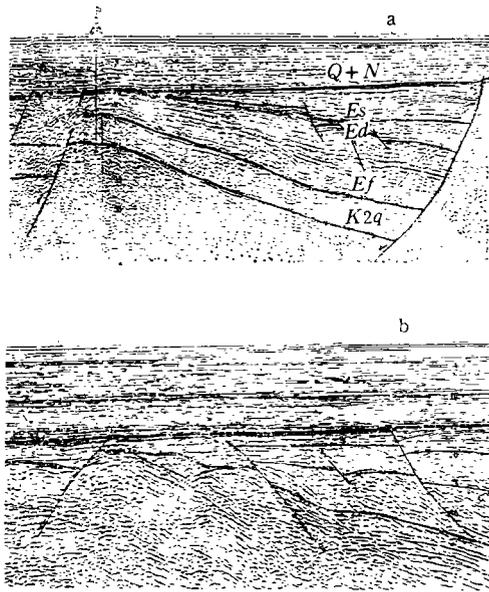


图 2 南黄海北部(a)、南部(b)盆地地震剖面<sup>1)</sup>  
Fig. 2 Seismic profiles across the Northern (a) and Southern (b) Basins of the South Yellow Sea

1) 地质矿产部海洋地质综合队,1983,苏北南黄海地质构造及含油气性研究报告。

裂,都为岩石圈断裂。

(2) 盆地断裂 指随着盆地的形成与发展在盆地内发育的一系列断裂构造(图3)。这类断裂主要活动期为白垩纪至老第三纪,表现出多方向、多级别、多序次等特点,构成了盆地的主要构造形迹。在北黄海,主要呈 NEE 向展布,而且多发育在盆地边缘。北盆内断裂以  $NE80^{\circ}$  为主,  $NW290^{\circ}$  次之。南盆以  $NW290^{\circ}$  方向最多,  $NE78^{\circ}$  次之。盆地内断裂表现出两大特点: 第一,几乎全为张裂性质,反映出当时的张性构造应力场; 第二,大多数断裂是随着盆地的产生而产生,随着盆地的发展而发展,最终也随着盆地的消亡而停止活动。因此,如图 4a 所示,表现出断层面上陡下缓,剖面上呈弧形弯曲; 上盘地层顺断层面旋转滑塌,形成类似“逆牵引”构造; 下降盘一侧地层厚度相对变大。说明此类断层是逐渐发展而形成的同生断层。

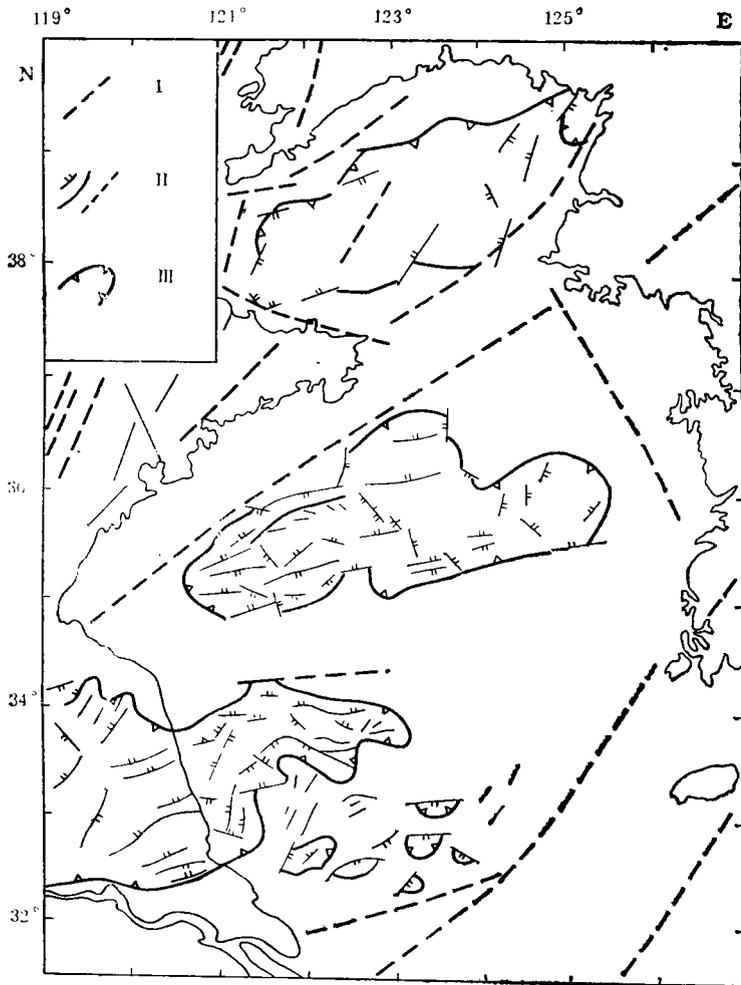


图 3 黄海三大盆地断裂分布图

Fig. 3 Faults developed in three large basins of the Yellow Sea  
I. 盆地前断裂; II. 盆地断裂; III. 盆地边界。

(3) 盆地后断裂 在老第三纪末,作为断陷盆地已基本消亡,在南黄海地区代之而来的是发育了两个沉积中心的区域性沉降,普遍接受了新第三系沉积。此时,由于区域构造应力场的变化,具有张裂性质的盆地断裂停止了活动,而发育了一类 NW 向的压性断裂。图 4b 就是一个典型的例子。地震资料已查明在北部盆地内起码有 3 条类似的逆断层。这类断层规模不大,断距较小。

**2.2 三大盆地的构造演化** 黄海地区由于其独特的大地构造位置,受到西侧郯庐断裂和东南侧菲律宾海板块的影响,形成了该区特有的构造演化史。

**2.2.1 构造发育阶段** 根据对黄海地区构造特征的分析可以看出,该区构造发育史可简要地分为 3 个阶段。

**2.2.1.1 前白垩纪地台发育阶段** 自太古代至侏罗纪,本区为地台体制下的构造活动阶段,主要是地台相对升降活动,表现为地层分布范围广,沉积环境与岩相变化不大。响水口—海洲断裂以北的中朝准地台,自震旦纪至侏罗纪中期,长期稳定抬升,遭受剥蚀。而该断裂以南的扬子准地台则长期稳定下沉,接受了厚约 5 000m 的海相碳酸盐沉积(陈颐亨,1984)。因此,该区在白垩纪以前基本上是一个稳定的构造发展阶段。

**2.2.1.2 白垩纪至老第三纪盆地发展阶段** 进入中生代晚期,太平洋板块对欧亚大陆作用加剧使太平洋边缘地区开始了板块体制下的盆地发育阶段。库拉板块的向北俯冲和菲律宾板块的形成发展,使黄海地区开始了弧后岩浆活动和断陷盆地活动,形成了黄海三大盆地。至老第三纪末,弧后张裂中心随着沟弧系向东南移动,黄海地区盆地特征逐渐消亡。

**2.2.1.3 新第三纪以来的沉陷挤压阶段** 进入中新世,盆地张裂特征消失以后,全区普遍稳定沉陷,遭受间歇性海水入侵,形成广泛的披盖式晚新生代沉积,并与东海连为一片。由于此时张裂中心已相继转移到东海盆地和冲绳海槽,黄海地区由张裂环境转入挤压阶段,发育了北西向的逆断层和轴向 NW 的舒缓褶皱,改变了前期以 NEE 向构造线为主的构造形迹。

**2.2.2 自北往南逐渐发展** 如前所述,黄海三大盆地呈现出自北往南逐渐发展的趋势,具体表现为以下几方面。

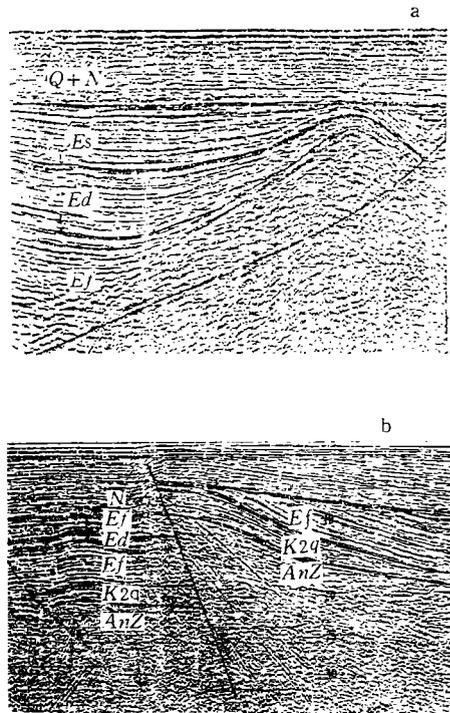


图 4 黄海盆地反射地震剖面<sup>1)</sup>  
Fig. 4 Seismic profiles in the Yellow Sea  
a. 同生断层; b. 新第三纪逆断层。

1) 地质矿产部海洋地质综合队,1983,苏北南黄海地质构造及含油气性研究报告。

**2.2.2.1 盆地基底逐渐变新** 北黄海为前寒武纪基底,南黄海北部盆地为古生代至早中生代基底,而南黄海南部盆地的基底则为晚中生代。

**2.2.2.2 形成时代逐渐变新** 北黄海形成于侏罗纪末至白垩纪初,北盆形成于晚白垩纪,南盆则形成于老第三纪初。

**2.2.2.3 沉积层自北往南发展** 北黄海充填了白垩纪沉积层。南黄海两盆地相比,下第三系北厚南薄,而上第三系南厚北薄,说明沉积中心逐渐南移。

**2.2.2.4 地震活动自北往南逐渐增强** 黄海地区地震活动比较频繁,自公元 780—1984 年,  $M_s \geq 4$  级以上的地震达 50 次之多(孙寿成等,1985);  $M_s < 4$  级的弱震和微震更加频繁,仅 1969—1973 年 4 年内就发生了 239 次之多。近几年内,黄海海域地震活动也比较强烈。从图 5 中可以看出,地震活动性明显地自北往南逐渐增强。在南黄海南部  $32^{\circ}\text{N}$ ,  $121^{\circ}\text{E}$ — $123^{\circ}\text{E}$  范围内,仅 1846—1984 短短 138 年内,  $N_s \geq 5$  级的地震就发生 28 次之多。

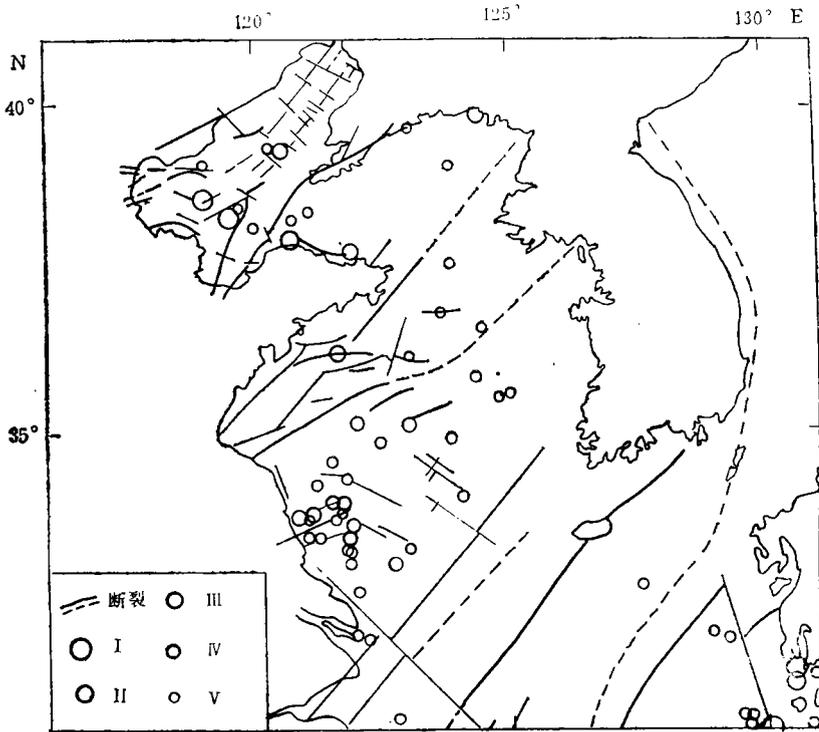


图 5 地震分布图(据秦蕴珊等,1989)

Fig. 5 Earthquake epicenter distribution in the Yellow Sea

1. 8—8.9 级; II. 7—7.9 级; III. 6—6.9 级; IV. 5—5.9 级; V. 4—4.9 级。

对比毗邻的东海盆地可知,南黄海两大沉积盆地,至渐新世末基本消亡,而东海陆架盆地在中新世仍强烈下陷,到中新世末东海陆架盆地基本上停止了活动,而其东南侧的冲绳海槽自上新世开始形成,至今仍在强烈活动。由此可知,这种盆地的发展更替与弧后拉张有明显的成因联系。

**2.2.3 构造演化** 进入中生代晚期,太平洋板块 NNW 向俯冲于欧亚大陆板块之下,对西太平洋陆缘地区产生了重要影响,特别是在  $42 \pm 0.14\text{Ma}$ ,太平洋板块运动方向由 NNW 转为 NWW,又诱发了一系列构造活动事件。其中菲律宾海板块的生成与发展是黄海盆地发展演化的主要动力学原因。研究表明 (Hide 等,1984; Uyeda 等,1972),在 60Ma 以前,库拉板块俯冲于古琉球—日本—千岛岛弧之下,60—45Ma,西菲律宾海生成,并以中央断裂为古扩张中心呈 NNE-SSW 向扩张;45—35Ma 期间扩张方向转为 N-S 向。30—17Ma,四国海盆发展成形。距今 17Ma 以来,菲律宾海板块作为一个整体 NW 向运动而俯冲于琉球岛弧之下。菲律宾海的这种发展演化模式无疑对黄海盆地的构造演化起了重要的控制作用。此外,郯庐断裂白垩纪以来活动方向的改变也对黄海盆地的构造格局产生了一定影响。

黄海盆地构造的演化见图 6。可以看出,白垩纪初期由于库拉板块的俯冲 (Uyeda 等,1972),在古弧后地区形成了拉张性质的断陷盆地,如日本海盆地、黄海盆地及一些陆相中生代盆地,由于此时郯庐断裂在开始张裂的基础上,表现出左旋活动的特点,因而东部沿海区仍有一个左旋力偶在起作用,使黄海盆地总体呈 NE 向雁行斜列。到白垩纪末,随着菲律宾海板块的产生,弧后拉张作用加剧,郯庐断裂也停止了左旋活动,逐渐转为因弧后拉张而诱导的右旋活动,更加剧了断陷盆地的形成发展,此时南黄海盆地迅速拓宽加深,发展成形。

随着沟弧系的逐渐后退和菲律宾海板块运动方向的改变,弧后拉张中心也逐渐向东南移动,至老第三纪末,黄海盆地基本上停止了拉张环境下的构造活动,而东海盆地则开始迅速发展。菲律宾海板块 NW 向俯冲又导致了弧后强烈的岩浆和构造活动,最终致使冲绳海槽这个现代裂谷盆地的形成并不断发展。

### 3 结论

由上述分析,对黄海三大盆地构造演化的结论可归结为两点:黄海三大盆地自北往南逐渐发展;菲律宾海板块的形成与发展及扩张俯冲方向的改变为黄海三大盆地发展演化的主要动力源。

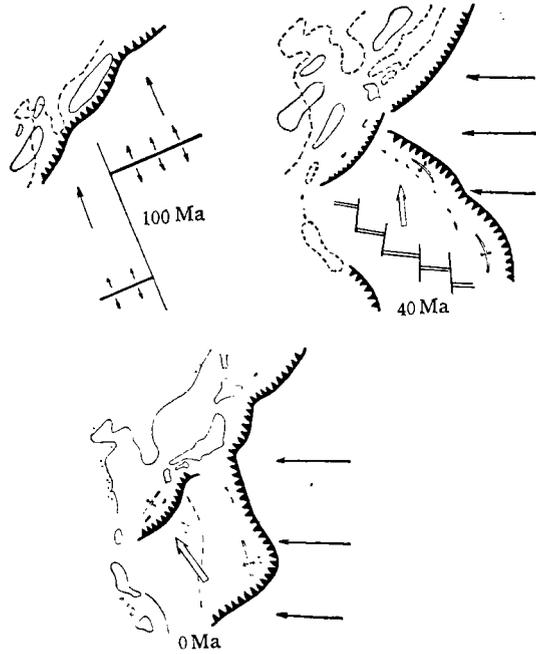


图 6 构造演化示意图

Fig. 6 A sketch map of tectonic evolution in the Yellow Sea

## 参 考 文 献

- 庄杰枣、朱宏庆,1980,中深层剖面仪及其效果,海洋科学,1: 46—50。
- 孙寿成、朱书俊,1985,南黄海区域地震重复周期,地震研究,8(5): 515—521。
- 许薇龄,1982,论南黄海区的两个新生代盆地,海洋地质研究,2(1): 66—77。
- 陈颐亨,1984,浅析南海海的找油气前景,海洋地质与第四纪地质,4(2): 49—56。
- 金翔龙、喻普之,1982,北黄海的构造轮廓,黄东海地质,科学出版社(北京),23—29。
- 俞印生,1981,南黄海盆地第三系沉积特征及其含油气性,海洋地质研究,1(1): 77—81。
- 秦蕴珊等,1989,黄海地质,海洋出版社(北京),256—285。
- 彭世福、郑光膺,1982,从朝鲜安州盆地的生油地质特征展望北黄海的成油远景,海洋地质研究,2(1): 24—34。
- Hilde, T. W. C. and Lee, C. -S., 1984, Origin and evolution of the west Philippine basin: A new interpretation, Tectonophysics, 120(1—4):85—104.
- Uyeda, S. and Zvi, B. -A., 1972, Origin and development of the Philippine Sea, *Nature Phys. Sci.* 240(104):176—178.

TECTONIC EVOLUTION OF THREE STRUCTURAL  
BASINS IN THE YELLOW SEA

Li Naisheng

*(Institute of Oceanology, Academia Sinica, Qingdao 266071)*

## ABSTRACT

The Yellow Sea developed three (from north to south) large structural basins, the North Yellow Sea basin, the northern basin of the South Yellow Sea and the southern basin of the South Yellow Sea. From since 1970s seismic data, submarine profile, gravity, geomagnetism and drilling investigations, it is known that the structural features of the three basins are characterized by gradual development from north to south: (1)Basements of basin become newer and newer southward; (2)Forming time of basins is later and later southward; (3)The sedimentary center gradually shifts southward; (4)Seismic activity strengthens from north to south. Back-arc extension is the dynamic mechanism of the three Yellow Sea basins. Their tectonic evolution is mainly controlled by the subduction of the Philippine Plate but is also influenced by the activity of the Tanlu Fault.

**Key words** Crustal structure Sedimentary basin The Yellow Sea