

北黄海盆地构造几何学研究新进展

李文勇^{1,2}, 李东旭¹, 王后金²

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 国土资源部广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

摘要: 北黄海盆地是发育于胶辽隆起背景之上的中、新生代沉积盆地。研究表明, 北黄海中、新生代沉积盆地的基底由古生界沉积岩层和前寒武纪变质岩系等组成, 盆地不同程度地发育于中新生代下构造层 (J_3-K_1)、中构造层 (E_2-E_3) 和上构造层 (N)。从油气资源和中、新生代地层发育情况出发, 将北黄海海域划分为辽东-海洋岛隆起区、北黄海盆地和胶北-刘公岛隆起区 3 个一级构造单元。其中北黄海盆地包括 6 个二级构造单元和 24 个三级构造单元; 盆地内褶皱、断裂构造十分发育, 褶皱构造可划分为区域挤压型、局部伴生型和披覆型 3 类, 断裂构造主要可见近 EW—NE 向、NW 向和 NNE 向 3 组, 其中近 EW—NE 向和 NNE 向断裂比较发育, 控制着盆地隆、坳分布格局和沉积特征。

关键词: 北黄海盆地; 构造几何学; 新进展

中图分类号: P54

文献标识码: A

北黄海是夹持于辽东半岛、胶东半岛和朝鲜半岛之间的陆表海, 自 20 世纪 60 年代, 我国开始对北黄海海域进行时断时续的调查与研究, 但限于技术方法、工作思路、调查研究程度等原因, 在该海域迄今尚未取得重大的油气突破, 对北黄海盆地的范围、沉积、地层、油气地质条件、构造特征、盆地类型及形成演化等均未进行系统深入的分析研究。为了寻找新的油气资源战略后备基地, 国家在强化陆地油气资源勘探开发的同时, 十分重视海域的调查研究和后备选区, 继南海、东海、渤海、南黄海等海区近 10 个含油气盆地中探明石油和天然气地质储量^[1]后, 地质学家们再一次考虑到北黄海油气远景^[2-9]。本文依据北黄海油气资源调查资料及区域地质资料等, 对北黄海盆地的构造层特征、构造单元划分、褶皱、断裂等构造几何学特征进行了较细致的研究, 为北黄海盆地今后的油气勘探提供了基本的构造依据。

1 构造层划分及其特征

构造层是在一定地区、经历了同一构造运动阶段、具有相同的构造发育历史和构造特征的一套地层的总和^[10], 具体表现为相同、相似或有联系的岩性、沉积相、地震相、古生物、岩石变形、变质作用等的一套组合, 其上、下界面通常为反映重要构造事件的区域性不整合

面。

北黄海盆地在漫长的地质年代中经历了多期区域性构造运动^[11-12], 形成多旋回的构造-沉积组合及多个不整合界面。依据地震剖面自下而上共识别 T_6 、 T_5 、 T_4 、 T_3 和 T_2 5 个主要的反射界面 (图 1), 经与朝鲜东部凹陷的钻井资料对比, 并结合区域构造演化分析, 可知这些反射界面是区域构造运动及其次级幕式运动的产物, 分别对应于上侏罗统的底界面——燕山构造运动 I ~ II 幕界面 (朝鲜称之为大宝运动^[13])、上侏罗统与下白垩统的分界面——燕山构造运动 III 幕界面 (朝鲜称之为载宁运动)、中生界与新生界的分界面——燕山构造运动 IV ~ V 幕界面 (朝鲜称之为鹤舞山运动)、始新统与渐新统的分界面——喜马拉雅构造运动 I 幕界面 (吴堡运动)、古近系与新近系的分界面——喜马拉雅构造运动 II 幕界面 (朝鲜称之为安州运动、三垛运动)。

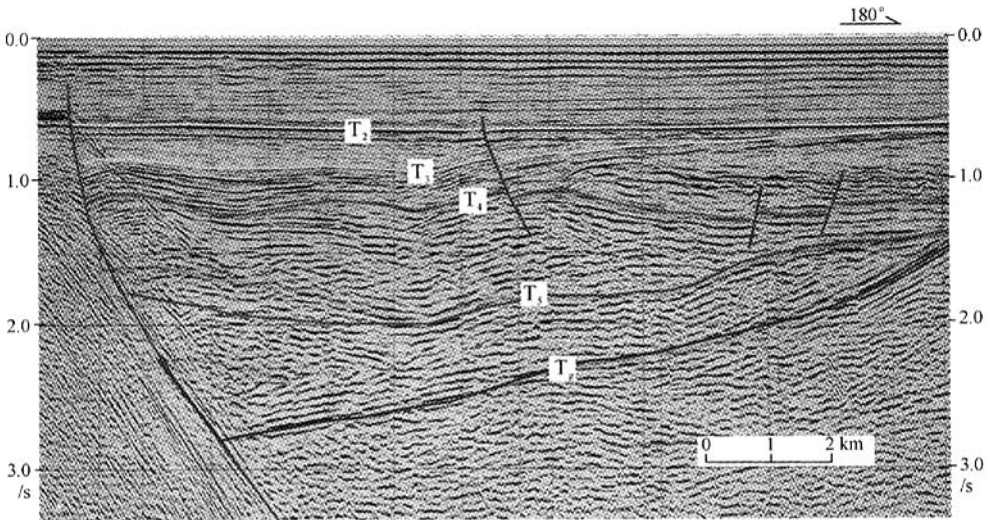


图 1 北黄海盆地构造层划分地震剖面 (BHH252 测线)

Fig.1 Seismic profile showing the tectonic layer division in the North Yellow Sea basin (line BHH252)

根据地震反射特征、地层接触关系、沉积充填类型、构造变形特征等, 以反映重大构造事件的区域性 T_2 、 T_4 、 T_6 不整合面为界, 将北黄海中、新生代盆地自下而上划分为下、中、上 3 个构造层, 中、下构造层又可分别细分为 2 个亚构造层 (表 1)。

1.1 盆地基底

指前侏罗纪的一套陆相、海陆交互相、碳酸盐台地相等未变质或弱变质的沉积岩系 (主要为古生界) 及其下的变质结晶岩系 (包括太古宇、元古宇), 相当于 T_6 界面以下的地层, 其岩性特征与整个华北地台近似。值得一提的是, 朝鲜东部凹陷的钻井显示, 上古生界除石炭系一二叠系外, 尚发育中—上泥盆统 (粘土岩、粉砂岩与砂岩互层)。盆地基底的主要构造特征是: 古生界发育宽缓褶皱, 后被多期构造运动复杂化, 发育不同规模、不同形式的断裂构造; 前寒武系遭受构造变动、长期抬升暴露而被剥蚀夷平, 构造形态主要以紧闭型褶皱为特征, 岩浆作用相对活跃。

1.2 下构造层

指 T_6 与 T_4 界面之间的一套层系, 与盆地基底呈角度不整合关系, 地层系统相当于上侏罗统和下白垩统, 为一套河流、湖泊、三角洲沉积岩系。该构造层的分布局限于凹陷部位或

表1 北黄海盆地重要不整合界面及构造层划分

Table 1 Main unconformities and tectonic layer division in the North Yellow Sea basin

| 地质时代 | | | 构造运动 | 不整合面 | 构造层 | | 沉积、构造特征 |
|------|------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|--------------------|
| 代 | 纪(世) | 年龄/Ma | | | | | |
| 新生代 | 新近纪 | N | 喜马拉雅运动(II) | T ₂ | 上构造层 | | 水平层状, 弱—未变形, 拗陷型沉积 |
| | 古近纪 | E ₃ | | 喜马拉雅运动(I) | T ₃ | 中构造层 | 上部亚构造层 |
| | | E ₂ | T ₄ | | 下部亚构造层 | | |
| | 中生代 | 白垩纪 | K ₁ | 燕山运动(IV—V) | T ₅ | 下构造层 | 上部亚构造层 |
| 侏罗纪 | | J ₃ | 燕山运动(III) | T ₆ | 下部亚构造层 | | |
| 前侏罗纪 | | AnJ | 燕山运动(I—II) | | 盆地基底 | | 宽缓褶皱、沉积期后断裂 |

南部凹陷群之凹陷部位, 厚度变化大, 0~4700m。根据地震剖面, 该构造层的发育演化明显受近EW—NE向断层活动控制, 并呈现全、半相间的构造面貌, 其构造变形主要表现为同沉积张性断裂、宽缓褶皱(中部拗陷)、局部紧闭型挤压褶皱与伴生逆断层(东部拗陷)等, 岩浆岩体较为少见。

根据次级不整合界面, 以T₅界面为界, 可将下构造层细分为下部、上部两个亚构造层。其中, 下部亚构造层在南部凹陷群缺失, 主要由黑色页岩、砂岩和粉砂岩组成, 是北黄海盆地最重要的生油层, 上部亚构造层以砂岩为主, 属于良好的储层^[3]。

1.3 中构造层

指T₄与T₂界面之间的一套层系, 与下构造层为角度不整合接触, 地层系统相当于始新统与渐新统, 为一套冲积扇、三角洲、湖泊沉积岩系。该构造层局限于拗陷部位或南部凹陷群之凹陷部位分布, 厚度为0~5600m, 以中部拗陷为最厚。以次级不整合界面T₃为界, 可将中构造层再分为下部、上部两个亚构造层。其中, 上部亚构造层分布局限, 厚度小; 下部亚构造层分布范围广, 厚度大, 黑色泥岩比较发育, 既是北黄海盆地又一重要的生油层, 又是下部储层的良好盖层。

该构造层明显受同沉积NNE向边界断裂控制, 尤其在中部、西部和南部凹陷群十分显著, 其构造变形的主要特征是: 控拗(凹)同沉积边界断裂发育, 拗陷或凹陷内新生断裂规模小、数量少, 反转构造比较常见, 岩浆岩体稀少。

1.4 上构造层

指T₂界面至海底之间的一套层系, 与中构造层为角度不整合接触, 地层系统相当于新近系, 为一套下部湖相—三角洲相、上部滨—浅海相的未固结—弱固结稳定沉积岩系。该构造层广泛分布于全区, 厚度稳定, 450~600m, 以披盖沉积为主, 下伏直接地层为中、下构造层(拗陷区)或盆地基底(隆起区)。其构造变形微弱, 多呈水平或近水平层状, 断裂构造和岩浆岩不发育。

2 构造单元划分及其特征

从中、新生代地层发育情况及油气资源角度出发，主要依据中生界和古近系的分布及厚度、断层的分割控制作用、 T_g 界面埋藏深度等因素，将北黄海划分为辽东—海洋岛隆起区、北黄海盆地和胶北—刘公岛隆起区 3 个一级构造单元，其中北黄海盆地又划分为 6 个二级构造单元和 24 个三级构造单元（图 2、图 3）。各构造单元的特征见表 2。

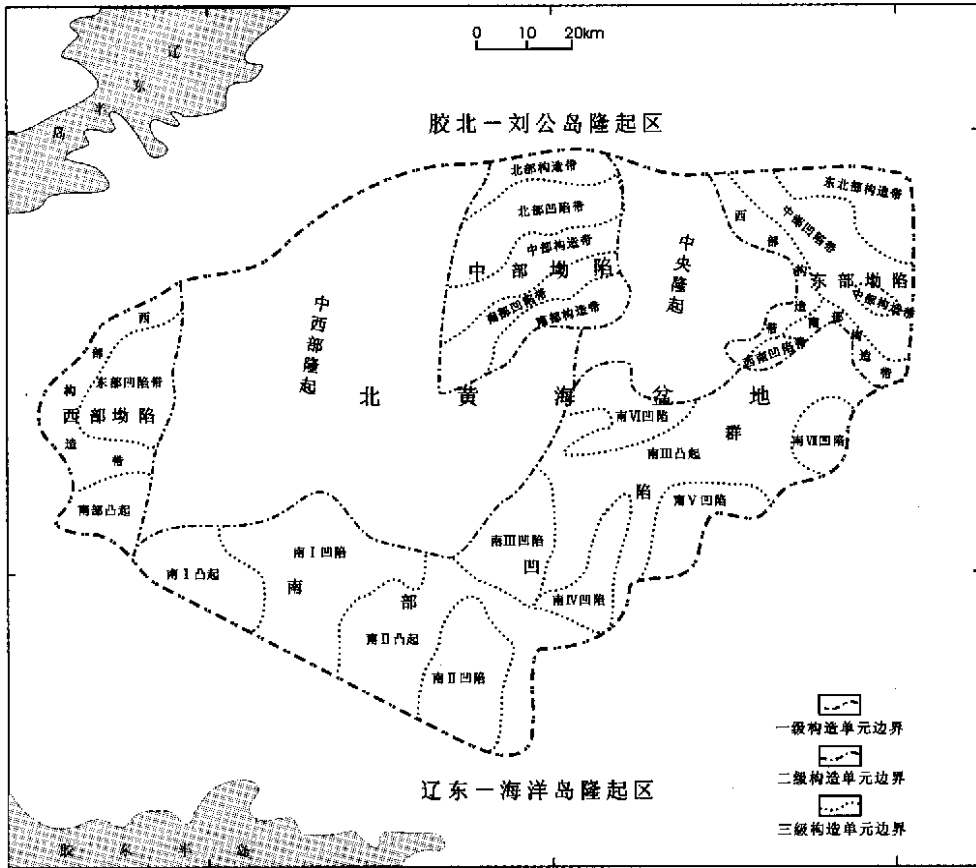


图 2 北黄海构造区划图

Fig.2 Tectonic divisions of the North Yellow Sea basin

3 褶皱构造特征

3.1 褶皱分布规律

北黄海盆地经受多期构造运动，地层变形强烈，褶皱构造十分发育（图 4）。褶皱的基本形态包括向斜、背斜或半背斜。平面上，褶皱轴向总体与断裂走向相协调，可见近 EW—NE 向、NW 向和 NNE 向 3 组方向。背斜与向斜多发育于坳陷或凹陷的内部，构成背斜构造带或凹陷带；半背斜多见于坳陷或凹陷的边界断裂旁侧，多构成坳陷边缘构造带的一部分。垂向上，下构造层（中生界）褶皱最为发育，类型丰富，规模不一；中构造层（古近系）褶

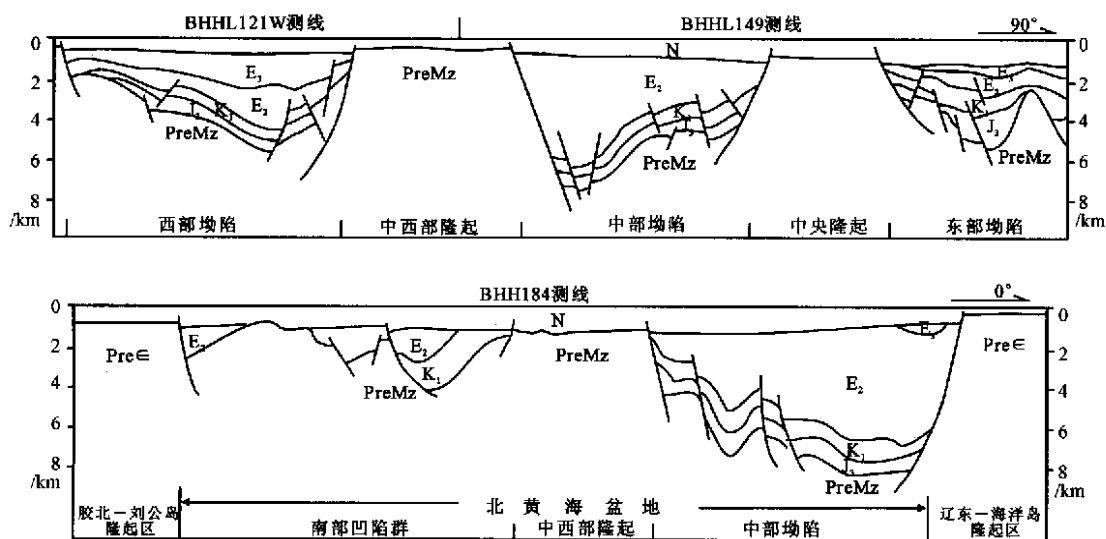


图3 北黄海盆地东西向(上)和南北向(下)地震地质剖面

Fig. 3 E-W (upper) and N-S (lower) seismic-geological profiles in the North Yellow Sea

N—新近系; E₃—渐新统; E₂—始新统; K₁—下白垩统; J₁—上侏罗统; PreMz—前中生界; PreЄ—前寒武系

皱数量相对较少,且以局部伴生型为特征;上构造层(新近系)褶皱不发育。

3.2 褶皱成因类型

根据褶皱的形成机制及力学性质等,可将北黄海盆地的褶皱构造划分为区域挤压型、局部伴生型和披覆型3类。

区域挤压型褶皱是指在区域性水平或近水平挤压应力场作用下所形成的褶皱,其规模较大,宽缓开阔。该类褶皱主要发育于中部拗陷和东部拗陷的下构造层(侏罗系—白垩系),整体表现为宽缓的背、向斜相间形态(图5-A),褶皱轴向在中部拗陷总体为NEE向(如S₄、S₅、S₆),在东部拗陷为NW向(如S₁)。该类褶皱是在晚侏罗世—早白垩世沉积之后,于晚白垩世在近南北向的区域挤压作用下形成的,属于沉积期后褶皱;由于挤压作用强度不大,因此在褶皱轴部及两翼很少见有逆断层发育。

局部伴生型褶皱是指在相对较高级断裂形成过程中由派生的局部挤压应力场作用下所形成的褶皱,其规模一般较小,常表现为位于断裂旁侧的单个独立存在的向斜、背斜或半背斜,一般为非对称结构(如S₂、S₇、S₈、S₁₂、S₁₆等)。该类褶皱在北黄海盆地全区发育,常与拗陷或拗陷边界断层相伴,并形成断鼻等局部构造形态。

根据褶皱形态、形成机制等特点,可将北黄海盆地的局部伴生型褶皱进一步划分为牵引褶皱、滚动背斜、补偿性挤压背斜、翘倾背斜4种。牵引褶皱在北黄海盆地比较常见,一般局限于紧靠断层的区域(如S₇、S₁₂等),在各种样式的正断层附近均可发育,断层上盘形成向斜,下盘形成背斜,两者相比,前者更为发育。滚动背斜多发育于铲式同沉积断层的上盘,属同沉积断层的派生产物。由于东部、中部和西部拗陷的基底断层大多形成较早,并且长期或多次活动,经持续拉张后倾角变缓,断面样式由平面状演变为铲式,有利于滚动褶皱的产生,因此该类褶皱主要见于东部拗陷、中部拗陷和西部拗陷(如S₃、S₉等),极少见于断面平面状、形成时间晚、陡倾角断层控制的南部拗陷群。补偿性挤压背斜是在相向倾斜的正断层的共同上盘,由于重力滑动而产生局部的侧向挤压应力,地层受力弯曲而形成的背斜

表 2 北黄海构造单元特征一览表

Table 2 Summary of the features of tectonic units of the North Yellow Sea region

| 构造单元 | | | 走向 | 面积 | | 主要构造线方向 | 沉积地层或隆起(区)基底 | 沉积厚度 | |
|-----------------------|-----------|--------|-------|------------------------------------|------------|------------------------------------|--|-------------|-------------------|
| 一级 | 二级 | 三级 | | /km ² | | | | /m | |
| 辽东—海洋岛隆起区 | | | NEE | > 50000 | | NNE | Є 与 AnЄ | 0 ~ 400 | |
| 北 黄 海 盆 地 | 东部 拗陷 | 东北构造带 | NW | 401 | 2035 | NW | N、E ₂₋₃ 、 J ₃ —K ₁ | 800 ~ 2000 | 600 ~ 8400 |
| | | 中部凹陷带 | NW | 722 | | NW、NE | | 2000 ~ 8400 | |
| | | 中部构造带 | NW | 81 | | NW | | 3000 ~ 4800 | |
| | | 西部构造带 | NW—NE | 286 | | NW、NE | | 600 ~ 1800 | |
| | | 西南凹陷带 | NE | 88 | | NE | | 1800 ~ 3400 | |
| | | 南部构造带 | NW | 457 | | NW | | 1000 ~ 6000 | |
| | 中央隆起 | | 近 SN | 1894 | | NE、NW | Є—O 与 AnЄ | 400 ~ 600 | |
| | 中部 拗陷 | 北部构造带 | NEE | 261 | 2120 | NE—NNE | N、E ₂₋₃ 、 J ₃ —K ₁ | 1200 ~ 3600 | 1000 ~ 8000 |
| | | 北部凹陷带 | NEE | 651 | | NE—NEE | | 3600 ~ 7200 | |
| | | 中部构造带 | NE | 503 | | NE—NNE | | 3200 ~ 7000 | |
| | | 南部凹陷带 | NE | 422 | | NE | | 3000 ~ 8000 | |
| | | 南部构造带 | NE | 283 | | NE、NW | | 1600 ~ 3400 | |
| | 中西部隆起 | | N—NNE | 6509 | | NE | Є—O 与 AnЄ | 200 ~ 800 | |
| | 西部 拗陷 | 西部构造带 | NNE | 589 | 1460 | NNE | N、E ₂₋₃ 、 J ₃ —K ₁ | 600 ~ 2000 | 500 ~ 4800 |
| | | 东部凹陷带 | NNE | 579 | | NNE | | 2000 ~ 4800 | |
| | | 南部凸起 | NNE | 292 | | NNE、近 EW | | 500 ~ 800 | |
| | 南部 凹陷群 | 南 I 凹陷 | 近 SN | 1279 | 7321 | NN—NEE | N、E ₂₋₃ 、K ₁ | 850 ~ 3600 | |
| | | 南 I 凸起 | | 441 | | | | 500 ~ 800 | |
| 南 II 凹陷 | | NNE | 614 | NNE、NW | | N、E ₂₋₃ 、K ₁ | | 750 ~ 2600 | |
| 南 II 凸起 | | | 1103 | | | 600 ~ 800 | | | |
| 南 III 凹陷 | | NNE | 512 | NNE、近 EW | | N、E ₂₋₃ 、K ₁ | | 1000 ~ 2800 | |
| 南 IV 凹陷 | | NNE | 339 | NNE、近 EW | | N、E ₃ | | 1000 ~ 2850 | |
| 南 V 凹陷 | | NE | 369 | NNE、近 EW | | N、K ₁ | | 800 ~ 1450 | |
| 南 III 凸起 | | | 2059 | | | 500 ~ 700 | | | |
| 南 VI 凹陷 | | NE | 385 | 近 EW、NNE、NW | | N、E ₂₋₃ 、K ₁ | | 1000 ~ 2600 | |
| 南 VII 凹陷 | 近 SN | 220 | | N、E ₂₋₃ 、K ₁ | 600 ~ 1250 | | | | |
| 胶北—刘公岛隆起区 | | | NE | > 40000 | | NE | AnЄ | 0 ~ 400 | |

构造，主要见于西部拗陷和南部凹陷群（如 F₅₃ 断层与 F₅₄ 断层之间发育的 S₁₁ 背斜等）（图 5-B）。翘倾背斜即翘倾式半背斜，在南部凹陷群尤为常见，翘倾端往往抬升遭受剥蚀，使地层沿断层倾向呈现由新变老的现象（如 S₁₉ 等）（图 5-C），在平面图上表现为半背斜的构造样式。

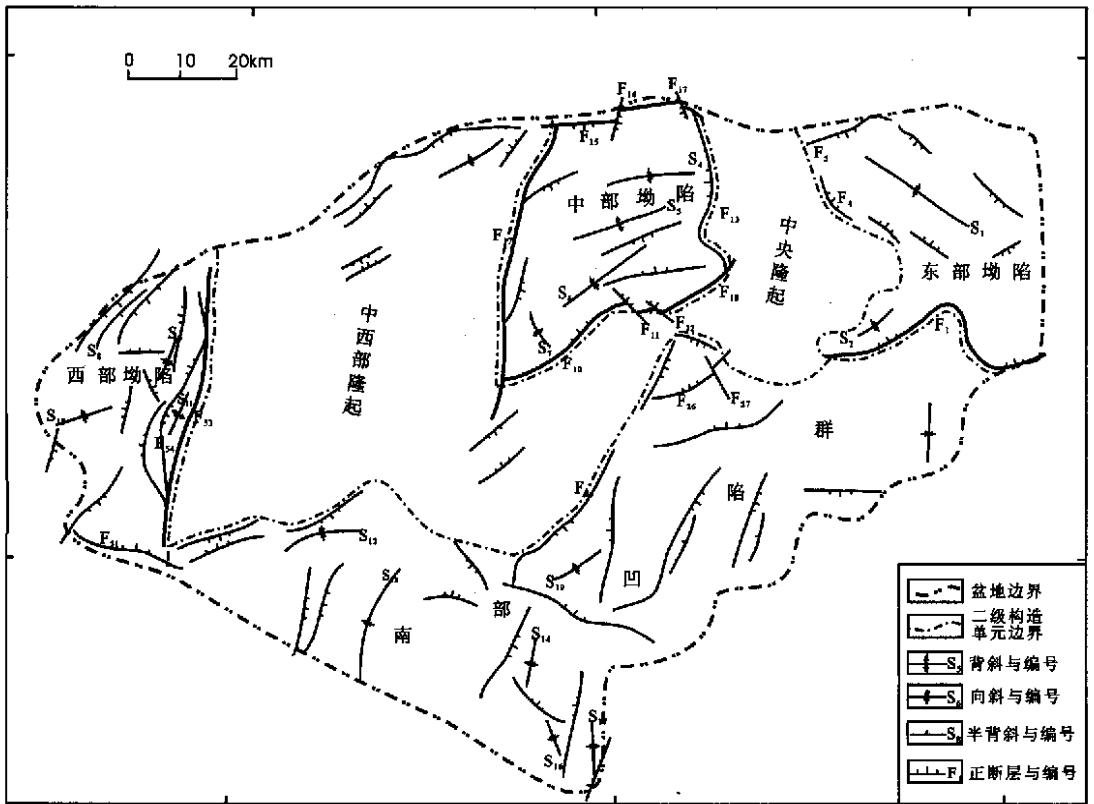


图4 北黄海盆地构造纲要图

Fig.4 Tectonic sketch map of the North Yellow Sea basin

披覆型褶皱是指由于基底隆起引起上覆地层弯曲变形并以披覆形式表现出来的褶皱构造。重力作用与基底隆起是披覆型褶皱形成的两个基本因素，因此，披覆型褶皱属于重力型褶皱的一种表现形式。该类褶皱在北黄海盆地东部坳陷比较发育，发育于古潜山之上的披覆型背斜比较常见（图5-D）。

4 断裂构造特征

4.1 断裂分布与成因类型

北黄海盆地历经燕山期和喜马拉雅期构造运动，形成了复杂的断裂系统。断裂的形成和发展对盆地的构造格局和沉积演化具有决定性作用，并促进或破坏油气聚集成藏^[14~15]。根据地震剖面和重磁资料，在北黄海盆地共解释出200余条断层（图4）。按断层展布方向，主要可划分为3组，即近EW—NE向、NW向和NNE向，其中近EW—NE向与NNE向断层较为发育，其次为NW向断层。按断层两盘相对位移方向，主要有正断层、逆断层和平移断层3种类型，以正断层为主，逆断层仅在中部、东部坳陷局部可见，平移断层多为NW向断层和NNE向断层。按照断层规模及其作用，可划分为一级断层、二级断层和三级断层等，一级断层常作为盆地边界或隆起与坳陷的边界，规模大，延伸远，向下切割基底；二级断层控制构造带与凹陷带的划分或凹陷与凸起的展布，断距较大，延伸较远；三级断层属于构造带、凹陷带或凸起与凹陷内发育的次级断层，发育时间短，规模小。

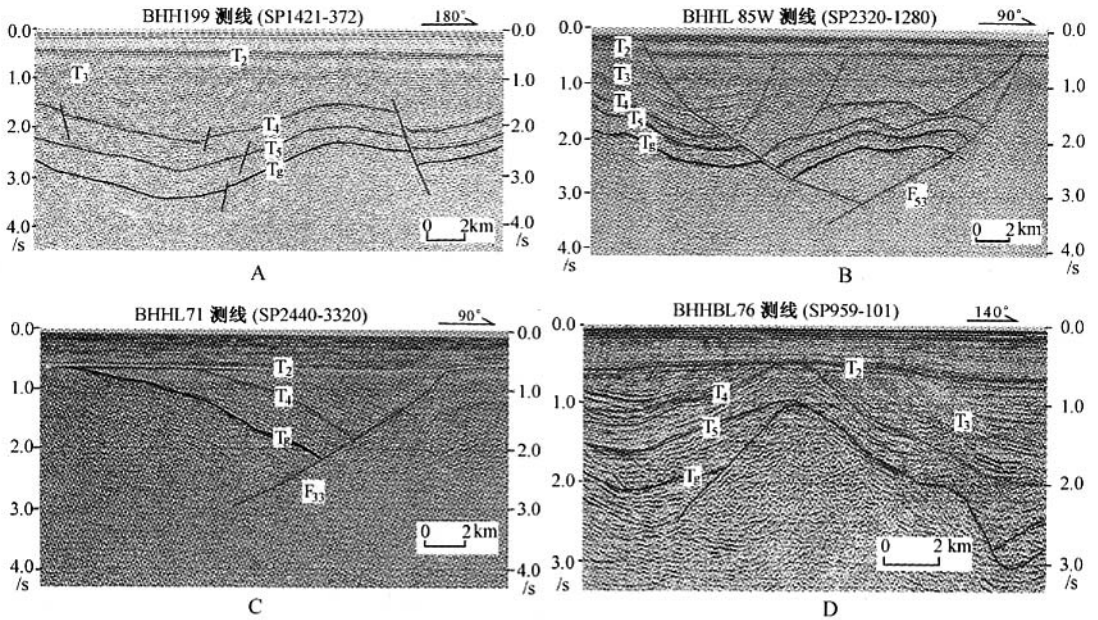


图 5 北黄海盆地褶皱构造地震剖面

Fig.5 Seismic profiles of folds in the North Yellow Sea basin

A—区域挤压型褶皱；B—补偿性挤压背斜；C—翘倾背斜；D—披覆型褶皱

根据断裂形成的力学性质或成因，可将北黄海盆地发育的断裂归纳为张性正断层、压性逆断层、正反转断层、传递断层和挤压背斜伴生的浅部张性冠状断层 5 种类型。

张性正断层为北黄海盆地最主要的断层类型，它是在区域引张应力作用下岩层拉伸减薄、破裂而形成的。根据断层形成与沉积作用的相对时间关系，可分为同沉积正断层和沉积期后正断层，前者长期或多期活动，一般发育早、规模大，控盆或控坳（凹）断层皆属此类，其主要形成期为晚侏罗世、早白垩世和始新世，展布方向主要为近 EW—NE 向和 NNE 向；后者形成相对较晚，规模通常较小，对沉积不起控制作用。

压性逆断层是在区域挤压应力场作用下岩层发生褶皱、错断、逆冲而形成的，如东部坳陷中部构造带，两条逆断层相向倾斜，使夹在其中的共同上盘断块向两侧逆冲，呈现拱起的构造形态。北黄海盆地自中生代以来发生过多期区域性挤压隆升，其中，晚白垩世—古新世和渐新世末由太平洋板块向欧亚板块发生的聚敛运动而引起的挤压作用十分强烈，并形成一些在地震剖面上可以辨识的逆断层。

正反转断层是指早期伸展构造体系转变为晚期挤压构造体系时，先存正断层转化而成的剖面上显示下正上逆的叠加或复合成因的断层。如东部坳陷 F_1 断层和中部坳陷 F_{10} 断层，中生代时期为典型的伸展构造体系中的同沉积张性正断层，在古近纪末遭受不同程度挤压而转变为逆断层或部分地段转变为逆断层（图 6）。

传递断层属于构造传递带的一种表现形式。伸展构造体系中的构造传递带是指为保持区域伸展应变守恒而产生的伸展变形构造的调节体系，其实质是保持断层位移在三维空间中守恒。其表现形式有凸起、走向斜坡、传递断层和撕裂断层等，其中，传递断层在北黄海盆地有所表现，它是连接基底主断层的一些横向、斜向断层，类似于板块构造系统中的转换断层，其运动性质受被传递的主干伸展断层的位态及伸展位移方式、位移量等因素影响，通常

具有一定程度的平移运动,如中部拗陷的 F_{11} 、 F_{12} 、 F_{15} 断层等(图4),其走向为NW或NNE向,是在盆地拉张断陷过程中配套形成的。

挤压背斜伴生的浅部张性冠状断层是指岩层受侧向挤压发生纵弯褶皱作用形成背斜构造,在中和面以上的背斜顶部及两翼岩层同时产生局部张性应力场,即岩层边拱弯边拉张,从而形成冠状或似冠状的正断层组合(图6)。该类断层属于挤压背斜的伴生构造,属于沉积期后断层,大多在早白垩世沉积之后形成,其切割浅、延伸短、断距小,与挤压褶皱轴线平行或近于平行,走向多为近EW—NE向。

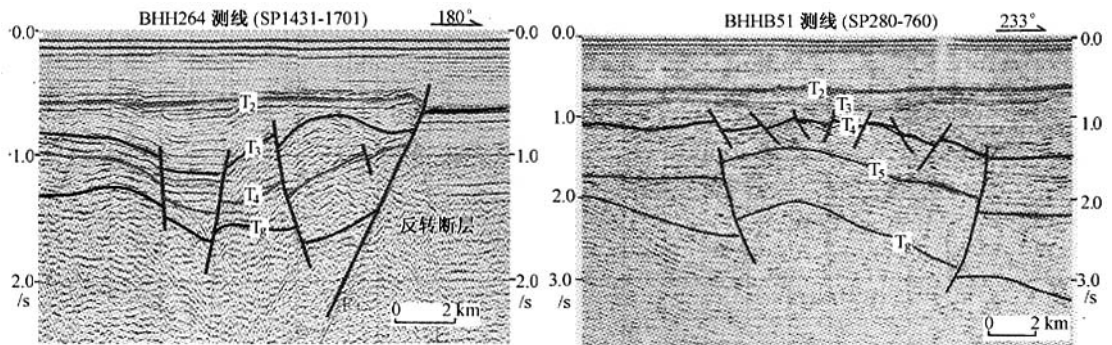


图6 正反转断层(左)与挤压背斜伴生的浅部张性冠状断层(右)地震剖面
Fig.6 Seismic profiles showing normal-inverse fault (left) and shallow tensional capped faults induced by compressive anticline (right)

4.2 断裂形成时期与活动期次

根据断裂成因、切割关系和控制沉积的特征等,同时结合区域构造演化史,认为北黄海盆地的3组断裂主要形成于3个地质时期,后期并发生多次再活动。

近EW—NE向断裂最为发育,形成最早,在地震剖面上多表现为正断层形式,但在后期发生不同程度的反转,表现出多期活动的特点。该组断裂规模大小不等,规模大者常切割多个构造层,常构成隆起与拗陷的边界,对盆地中、新生代沉积充填或剥蚀作用具有明显的控制作用,如 F_1 、 F_{10} 、 F_{15} 等断层。该组断裂形成于晚侏罗世—早白垩世,受控于库拉板块NNW向俯冲活动的影响,常被后期形成的NW向或NNE向断层切错(如 F_{10} 断层被 F_{17} 切错, F_{26} 断层被 F_{27} 切错等),或限制其他方向断层的发展(如 F_{10} 、 F_{35} 、 F_{51} 断层分别限制 F_{13} 、 F_{34} 、 F_{33} 断层的延展)。由于区域构造运动的影响,该组断裂在晚白垩世—古近纪和中中新世早期又经历多次挤压和拉张作用,多次构造反转是该组断裂多次活动的主要表现。

NW向断裂总体发育较差,主要分布于东部拗陷,规模相对较小,对控制隆起与拗陷的分布及形态影响不大,但对含油气局部构造的形成具有重要作用;在地震剖面上多表现为正断层形式,少数为逆断层,但在平面上多具有右行平移性质。该组断层形成于晚白垩世—古近纪早期(燕山末期—喜山早期),是太平洋板块俯冲方向的改变导致北黄海盆地的区域应力场背景由拉张变为NNW—SSE向挤压所致,由于该期构造活动相对较弱,因此它常被早期的近EW—NE向断层所限制(如东部拗陷的 F_1 断层分别限制多条NW向断层向南东方向延展)。至始新世—渐新世,该组断裂又发生微弱的张性活动。

NNE向断层在北黄海盆地的中西部比较发育,兼具平移断层和正断层特征;其规模较大,常成为拗陷或凹陷的东西边界,控制着拗陷或凹陷的空间展布和形态。该组断层形成于

始新世, 由于太平洋板块向东亚大陆作斜向减速俯冲, 东部陆缘区所受挤压应力减弱、松弛, 并产生强烈的伸展活动, 形成 NNE 向张性或张扭性断层。该组断裂常切错早期形成的近 EW—NE 向和 NW 向断层, 对始新世沉积起着明显的控制作用, 具有同沉积断层的性质, 如中部坳陷由于 NNE 向 F_{17} 断层的发育形成了厚达 5000m 的始新世沉积 (图 7), 西部坳陷和南部凹陷群之各凹陷的始新世沉积充填均被 NNE 向断裂所控制。

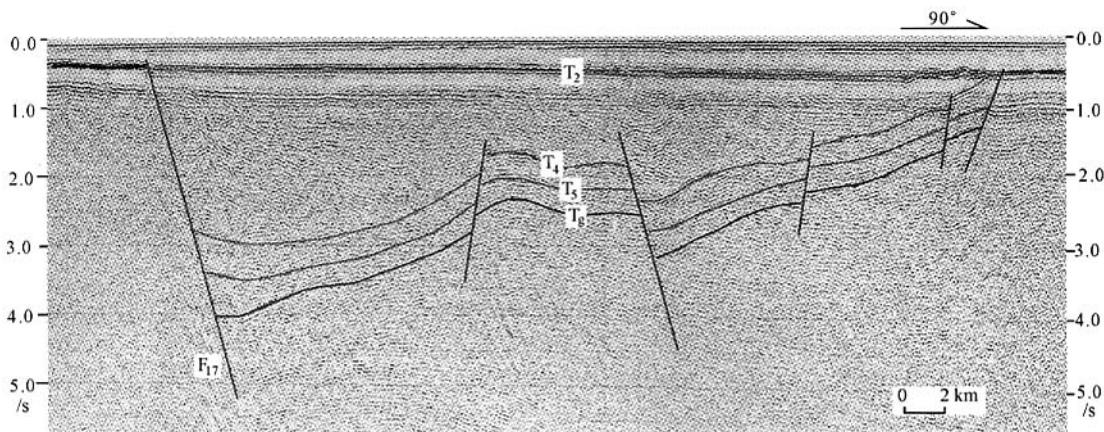


图 7 F_{17} 断层控制始新世沉积的地震剖面 (BHHL141 测线)

Fig.7 Seismic profile showing that fault F_{17} controls Eocene deposition (line BHHL141)

5 结论

(1) 研究表明, 北黄海盆地是发育于隆起背景之上的中、新生代沉积盆地。盆地基底由古生界沉积岩层和前寒武纪变质岩系等组成, 盆地不同程度地发育下构造层 (J_3-K_1)、中构造层 (E_2-E_3) 和上构造层 (N)。各构造层具有明显的不同特征。

(2) 从油气资源和中、新生代地层发育情况出发, 北黄海海域可划分为辽东—海洋岛隆起区、北黄海盆地和胶北—刘公岛隆起区 3 个一级构造单元, 其中北黄海盆地又包括 6 个二级构造单元和 24 个三级构造单元。北黄海盆地中部坳陷和东部坳陷面积较大, 发育中、新生代地层, 最大沉积厚度达 8000~8400m, 可作为今后油气勘探工作的重点。

(3) 北黄海盆地的褶皱构造比较发育, 可划分为区域挤压型、局部伴生型和披覆型 3 种成因类型, 其中局部伴生型褶皱又包括牵引褶皱、滚动背斜、补偿性挤压背斜、翘倾背斜 4 种。

(4) 北黄海盆地的断裂构造十分发育, 可归纳为张性正断层、压性逆断层、正反转断层、传递断层和挤压背斜伴生的浅部张性冠状断层 5 种成因类型。按照断裂的展布方向, 主要可见近 EW—NE 向、NW 向和 NNE 向 3 组。其中近 EW—NE 向断裂最为发育, 于晚侏罗世—早白垩世形成, 之后又经历多次挤压和拉张活动; NW 向断层总体发育较差, 形成于晚白垩世—古近纪早期, 主要分布于东部坳陷, 规模相对较小; NNE 向断层在盆地中西部比较发育, 于始新世形成, 兼具平移断层和正断层的特征, 规模较大, 常成为坳陷或凹陷的东西边界。

参 考 文 献

[1] 李德生. 中国含油气盆地构造学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2002. 15~29, 503~518.

- [2] 罗斌杰, 王春江, 董成默, 等. 朝鲜安州盆地原油地球化学特征 [J]. 石油学报, 1995, 16 (4): 40-47.
- [3] Massoud MS, Scott AC, Killops SD, et al. Oil source rock potential of the lacustrine Jurassic Sim Ujuu formation, West Korea Bay basin. Part I: Oil source rock correlation and environment of deposition [J]. Journal of Petroleum Geology, 1991, 14 (4): 365-386.
- [4] Massoud MS, Scott A C, Killops SD, et al. Oil Source rock potential of the lacustrine Jurassic Sim Ujuu formation, West Korea Bay Basin. Part II: Nature of the organic matter and hydrocarbon-generation history [J]. Journal of Petroleum Geology, 1993, 16 (3): 265-284.
- [5] Kim CS. 朝鲜周围海域的地震地层学和地质构造 [J]. 海洋地质译丛, 1992, (3): 1-8.
- [6] 李廷栋, 莫杰. 黄海地质构造与油气资源 [J]. 海洋地质动态, 2002, 18 (11): 4-7.
- [7] 冯志强, 姚永坚, 曾祥辉, 等. 对黄海中、古生界地质构造及油气远景的新认识 [J]. 中国海上油气, 2002, 16 (6): 367-373.
- [8] 赖万忠. 黄海海域沉积盆地与油气 [J]. 海洋地质动态, 2002, 18 (11): 13-16.
- [9] 龚建明, 温珍河, 陈建文. 北黄海盆地中生代地层的地质特征和油气潜力 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20 (2): 69-78.
- [10] Ingersoll RV, Busby CJ. Tectonics of Sedimentary Basins [M]. Cambridge: Blackwell, 1995, 142-151.
- [11] 蔡乾忠. 黄海含油气盆地地区地质与大地构造环境 [J]. 海洋地质动态, 2002, 18 (11): 8-12.
- [12] 李乃胜. 黄海三大盆地的构造演化 [J]. 海洋与湖泊, 1995, 26 (4): 354-362.
- [13] 蔡乾忠. 中国东部与朝鲜大地构造单元对应划分 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1995, 15 (1): 7-24.
- [14] 赵重远, 周立发. 成盆期后改造与中国含油气盆地地质特征 [J]. 石油与天然气地质, 2000, 21 (1): 7-10.
- [15] Halbouty MT. World's giant oil and gas fields, geological factors affecting their formation and basin classification, in geology of giant petroleum fields [J]. AAPG. 1990, 35 (1): 35-48.

NEW PROGRESS IN THE STUDY OF TECTONIC GEOMETRY OF THE NORTH YELLOW SEA BASIN

LI Wen-yong^{1,2}, LI Dong-xu¹, WANG Hou-jin²

(1. School of Earth Sciences and Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083;

2. Guangzhou Marine Geological Survey, Ministry of Land and Resources, Guangzhou 510760, Guangdong)

Abstract: The North Yellow Sea basin is a Meso-Cenozoic sedimentary basin developed in the setting of the Jiaoliao uplift. Study indicates that the basement of the Meso-Cenozoic North Yellow Sea basin consists of Paleozoic sedimentary rocks and Precambrian metamorphic rocks, and that the basin is developed to different degrees in the lower (J_3-K_1), middle (E_2-E_3) and upper (N) tectonic layers. Based on petroleum resources and Meso-Cenozoic strata, the North Yellow Sea region may be divided into three first-order tectonic units, namely, the Liaodong-Haiyangdao uplift area, North Yellow Sea basin and Jiabei-Liugongdao uplift area. Of these tectonic units, the North Yellow Sea basin includes six second-order tectonic units and 24 third-order tectonic units. Folds and faults are very well developed in the basin. The former may be divided into regional compressive folds, local associated folds and drape-like folds, and the latter mainly includes the nearly EW-NE set, NW set and NNE set, of which the nearly EW-NE and NNE sets of faults are better developed and control the distribution pattern of uplift and depression and sedimentary features.

Key words: North Yellow Sea basin; tectonic geometry; new progress