

东海盆地新生代沉积环境

王国纯 朱伟林

(中国海洋石油总公司 海洋石油勘探开发研究中心)

摘要 东海盆地是新生界为主的沉积盆地,根据地震和钻井资料分析,可划分为四套沉积层序:白垩统—古新统、始新统、渐新统—中新统和上新统—第四系。沉积环境经历了浅海、海陆交替相→海湾相→河湖交替相→平原河流相→浅海(开阔海)相的发育历程。

关键词 沉积环境 新生代 东海

第一作者简介 王国纯 男 48 岁 高级工程师 石油地质

前 言

东海是我国四大海域之一,西为我国东南大陆;东以琉球群岛至台湾岛与西太平洋的菲律宾海相邻;南以台湾岛南端鹅銮鼻至广东的南澳岛连线与南海相通,北以济州岛至长江口连线与黄海沟通。东海面积约 $77 \times 10^4 \text{km}^2$,其中大陆架面积约 $55 \times 10^4 \text{km}^2$,东海盆地面积为 $25 \times 10^4 \text{km}^2$,沉积岩厚度愈万米。东海盆地可以进一步分为七个次级单元:浙东拗陷(甬江、西湖、钓北凹陷),长江拗陷、台北拗陷(钱塘、椒江、丽水、闽江、福州凹陷)、沙佳屿等四个拗陷及虎皮礁、海礁、渔山等三个隆起(图 1)。东海沉积物源丰富,十几条河流自温暖湿润的江南大陆源源不断地注入其中,仅长江每年搬运沉积物数量就达 4.83 亿吨,为东海石油形成提供了大量的物质基础。东海不仅各种矿藏资源丰富,更以其特有的太平洋西岸大陆边缘地质、岛弧地质等吸引众多的中外专家、学者竞相进行调查研究。尽管东海盆地勘探程度还很低,但我国所钻十八口井普遍见到程度不同的油气显示,并获得单井日产超千吨的高产,已初步揭示了东海盆地潜在的含油气前景。

一、沉积构造层及岩性

1.沉积构造层

区域不整合是划分地震层序的主要标志,局部不整合是划分次一级层序的依据。据地震资料,东海盆地可划分为四大套沉积构造层。

第 I 构造层 ($T_0-T_1^0$) 时代为晚白垩世—古新世。这套沉积构造层只出现在台北拗陷及长江拗陷和海礁隆起上的一些残留凹陷中,表现为东断西超,最大沉积厚度达 8500m。该构造层速度为 4000—5000m/s,其底部为声波基底。

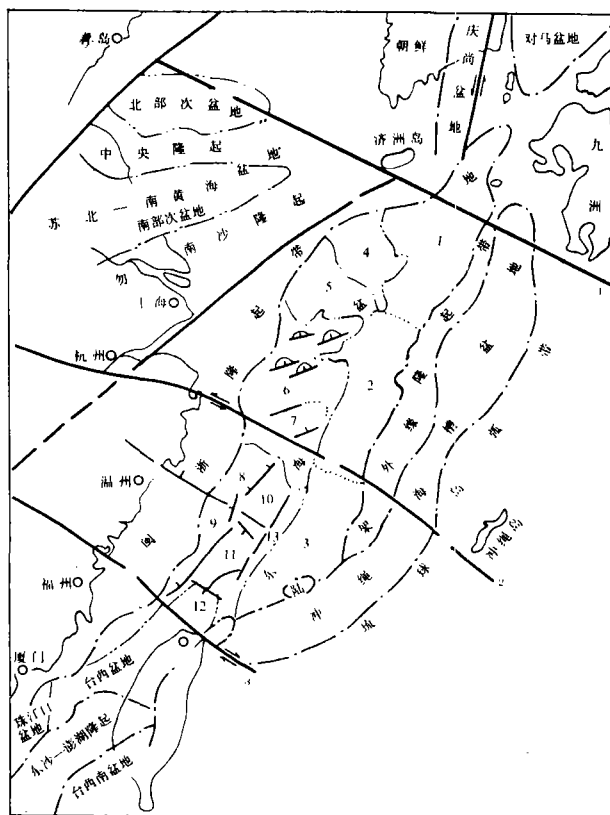
第 II 构造层 ($T_1^0-T_2^0$) 时代为始新世。这套沉积构造层在盆地各凹陷内均有分布,表现为断拗沉积,最大沉积厚度达 6000m。该层表现为沉降的东迁,西部带沉积厚约

1000m, 层速度为 2500—4000m/s, 与下伏构造层以角度不整合接触。

第Ⅲ构造层 ($T_3^0-T_1^0$) 时代为渐新世—中新世。这套沉积构造层在盆地内均有分布, 表现为拗陷沉积, 沉积最大厚度达 5000m, 该层层速度为 2300—3000m/s。与下伏构造层为角度不整合接触, 其顶部明显受剥蚀。

第Ⅳ构造层 (T_1^0 以上) 时代为上新世—第四纪。在盆地内均有分布, 最大沉积厚度达 2000m, 层速度小于 2300m/s, 与下伏层为角度不整合接触。

上述四套沉积构造层的划分是依据十几万公里的地震资料解释和钻井资料所确定。构造层内地震信息是区域上推断盆地内沉积环境的重要基础。



1. 福江凹陷 2. 西湖凹陷 3. 钓北凹陷 4. 虎皮礁隆起 5. 长江拗陷 6. 海礁隆起 7. 钱塘凹陷 8. 椒江凹陷
9. 丽水凹陷 10. 闽江凹陷 11. 福州凹陷 12. 彭佳屿拗陷 13. 渔山隆起
① 青岛—恶石岛断裂 ② 杭州湾—冲绳岛断裂 ③ 闽江口东断裂

图 1 东海盆地构造区划图

Fig. 1 Sketch map of tectonic divisions and setting of East China Sea Basin

2. 地层与岩性

白垩系 盆地南部钻井揭示厚 1082.6m, 下部为长石砂岩、粉砂岩、页岩; 中部以页岩为主, 并发育粉砂质页岩、粉砂岩, 少量长石砂岩; 上部为钙质长石砂岩、石灰岩、泥岩。基底为石英闪长岩。

古新统 盆地南部钻井揭示厚为 886m, 岩性上, 下部为褐灰—灰色泥岩夹灰白色粉砂、灰质砂岩和浅灰含砾砂岩、杂色角砾岩(近隆起边缘堆积); 中部是灰色泥岩、黑色碳质泥岩及煤层夹灰白色砂岩, 灰白色粉砂岩夹灰色泥岩、炭质泥岩及煤层; 上部为灰、灰绿色泥质砂岩、灰、灰绿色泥岩、黑色炭质泥岩不等厚互层夹煤。古新统下部钻遇生物礁(含海胆、苔藓虫、珊瑚等碎屑)。地层内具海生型介形虫 *Krithe* sp., *Xestoleberis* sp.等; 底栖有孔虫 *Silicogmilina californica*, *S. Plummerae*, *Bothysiphon Oujiangensis*等; 钙质超微化石 *Discoaster multiradiatus*等。沟鞭藻 *Deflandrea*等。孢粉以具孔类花粉占优势, 尤以三孔类花粉最发育, 杉粉属较丰富, 蕨类植物也有一定数量。

始新统 盆地南部钻遇最厚为 1696m, 下部为浅灰色泥岩与粉砂岩、砂岩互层与浅灰色砂质灰岩、白云岩, 向上为砂岩、砂砾岩夹少量浅灰色泥岩和黑色炭质页岩; 中部是浅灰色泥岩夹浅灰绿色薄层泥质粉砂岩; 上部发育多层砂质生物碎屑灰岩。在彭佳屿坳陷钻遇大套泥岩夹油页岩。该统砂岩地层中普遍见到指相矿物海绿石, 并呈层分布。生物礁较发育。岩芯中发现海生型介形虫, 多为新种 *Ambocythere* sp. nov., *Loxoconcha* sp. nov.等; 有孔虫以底栖类为主, 并有一定数量的浮游类 *Discocyclus* sp., *N. planulatus*, *Asterocyclus* sp.等; 钙质超微化石数量丰富, 类型多, 如 *R. umbilica*, *R. dictyoda*等; 沟鞭藻有 *Spiniferlites*, *Sentusidinium*等; 孢粉主要发育三沟、三孔沟类及松科等¹⁾。盆地北部钻井钻遇厚度为 1020m, 岩性为灰—深灰色泥岩、粉砂质泥岩与褐灰、浅灰色粉砂岩、砂岩薄互层, 并普遍含钙, 夹多层沥青质煤, 一些井中发现凝灰岩、安山岩夹层。岩芯中发现陆相淡水介形虫 *Sinocypris* sp., *Cyrinotus* sp.等; 底栖有孔虫 *Nonion* sp., *Discorbis* sp.等; 沟鞭藻 *P. multispinum*, *Tenua microcysta*等。孢粉 *Alnipollenites*, *Quercoidites*等。

渐新统 盆地西南部钻井揭示最大厚度为 1208m, 岩性为砂泥岩互层, 下部砂岩较粗。盆地北部钻井揭示厚度为 1200m, 主要岩性为浅灰、深灰、褐灰色泥岩、粉砂质泥岩及粉砂岩呈薄互层, 夹多层沥青质煤。下部夹多层泥晶灰岩。生物化石有淡水介形虫 *Chinocythere* sp., *Candoninella banqiaoensis*等; 有孔虫 *Haplophragmoides Carinatum*, *Elphidium* sp.等; 沟鞭藻 *Bohaidina*, *Filisphaeridium*等; 轮藻 *Tectochara meriani*, *Maedlerisphaera ulmensis*等; 孢粉以栎粉—榆粉为主, *Quercoidites*, *Ulmipollenites*等。

中新统 盆地北部钻井揭示下部厚度为 1054m, 岩性为绿灰、深灰色泥岩、砂岩频繁互层, 夹页岩及煤层。发现介形虫 *Berocypris substriata*, *Berocypris* sp.等; 轮藻 *charites molassica*, *Grambastichara* sp.等; 孢粉 *Quercoidites*, *Betulaceoipollenites*等。钻井揭示中新统上部厚度为 1300m, 岩性为砂泥岩互层, 普遍含煤层, 但盆地南部煤层不发育。南部有的井中钻遇黑色玄武岩。岩芯中发现有孔虫 *Bigenerina nodosaria*, *Ammonia* sp.等; 钙质超微化石 *Reticulofenestra pseudumbilica*, *D. Variabilis*等; 孢粉 *Liquidambaypollenites*, *Juglanspollenites*等。

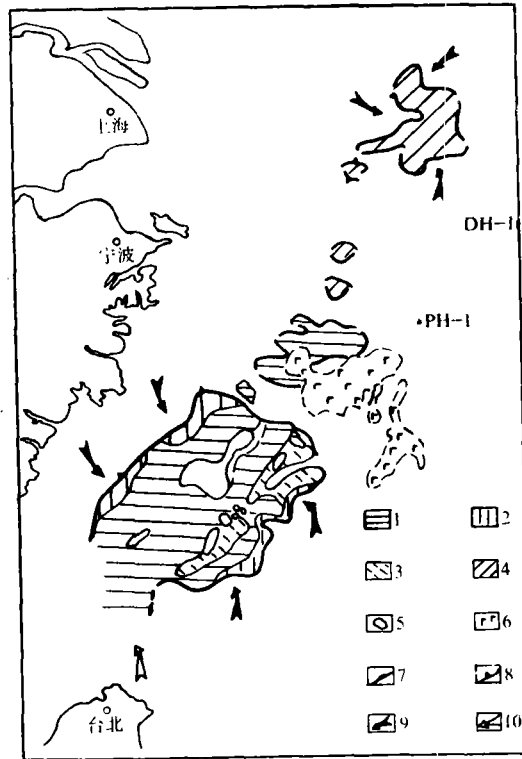
上新统一第四系 钻井揭示上新统厚 650m, 下部为砂砾岩, 上部为浅灰色泥岩、粉砂质泥岩。钻井揭示第四系厚度为 450m, 岩性为灰色、浅灰色粉砂质粘土与粘土质粉砂互层。

¹⁾ 潘祖荫等, 1988, 南黄海-东海盆地新生界划分对比, 海洋石油勘探开发研究中心报告

二、沉积环境

1.晚白垩世—古新世

晚白垩世—古新世，东海盆地只限于台北拗陷至长江拗陷这一北东方向雁行式箕状断陷，在这个拗陷带内，仍具有多凸多凹的地貌特征，有着各自不同的分隔与半分隔的沉积条件，根据钻井资料与地震地层学研究认为海水由东南方向进入，为浅海及海陆交互沉积环境（图 2）。



1.浅海相 2.滨海相 3.浅海盆地 4.海陆交互相 5.可能礁 6.玄武岩 7.超覆尖灭 8.剥蚀线
9.物源方向 10.海侵方向

图 2 晚白垩世—古新世沉积相

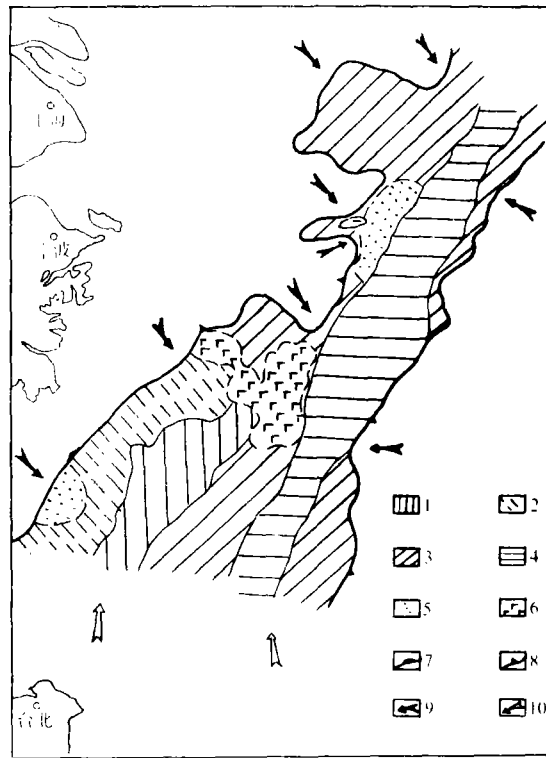
Fig. 2 Sedimentary facies of Cretaceous–Paleocene in East China Sea Basin

在盆地南部东西两侧为滨海偏砂相，地震反射特征较单一，为弱振幅反射。盆地中央是浅海砂泥岩相，地震反射为中—弱振幅、连续—断续，平行—亚平行构形，在盆地中央潜山带上及一些水下高潜山上发育生物礁及碳酸盐台地。盆地北部（长江拗陷）为海陆交互沉积环境，该拗陷与台北拗陷可能互相分隔互不相通，早期沉积环境稳定，以偏泥相为主，晚期为高能环境下的偏砂相沉积。

2.始新世

古新世末期的温东运动（瓠江运动）使得古新统及其下伏地层局部抬升受剥蚀，尤其在海礁隆起上极为明显，大部分地区剥蚀殆尽。

早始新世，海水沿古新世浅海及海湾继续北侵，使海域范围扩大，但其分布范围仍只局限于西带(台北坳陷至长江坳陷)。温东运动结束了盆地的分隔局面，如台北坳陷在晚白垩世—古新世时有群峰林立之景观，凹陷互不相通，至始新世早期，均已下沉于水下接受沉积。在盆地的东西两侧为滨海偏砂相，地震剖面为具超覆特征的空白反射，显然为近岸高能环境；盆地中央为浅海砂泥岩相沉积，表现为中—弱振幅连续反射，平行—亚平行构形，在高部位发育许多礁体及碳酸盐台地；盆地北部为海陆交替相环境，一般水体较浅，处于高能环境下，沉积物较粗。据分析认为海水仍由东南进侵。



1.浅海相 2.滨海相 3.海陆交互砂岩相 4.海陆交互泥岩相 5.水下三角洲相 6.玄武岩 7.超覆尖灭 8.剥蚀线
9.物源方向 10.海侵方向

图 3 中—晚始新世沉积相图

Fig. 3 Sedimentary facies of middle and late Eocene in East China Sea Basin

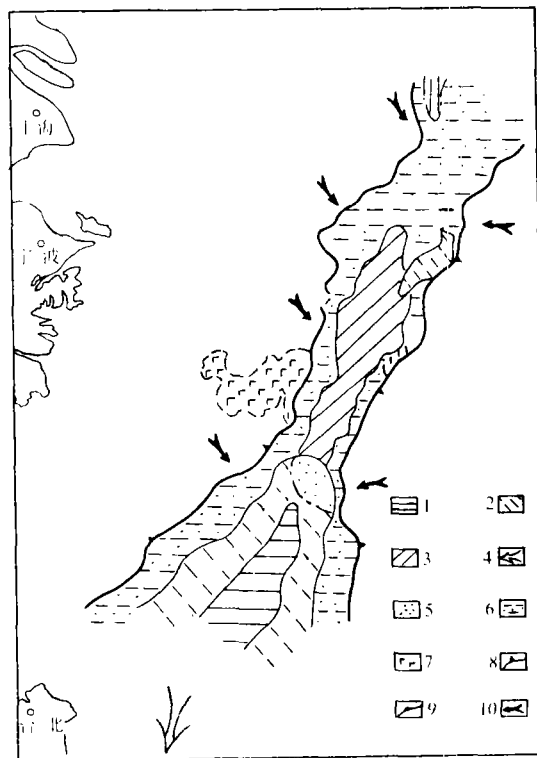
中—晚始新世是东海盆地沉积史上重要时期，盆地沉降中心东移至浙东坳陷，为快速沉

1 钱光华等，1984，东海盆地新生代岩相古地理研究，海洋石油勘探开发研究中心报告

降，其速度为 $0.3\text{mm}/\text{a}$ ，以渔山隆起为轴线，盆地东西两侧产生了翻转。盆地范围扩大，由原来的东西宽 100km ，发展到 $400\text{—}500\text{km}$ ，盆地南部地区全处于水下，台北拗陷与浙东拗陷的钓北凹陷为统一的水下整体（但沉积厚度上差别甚大）。盆地北部仍然为分隔状态，即在长江拗陷与浙东拗陷间存在一隆起，使得盆地北部东西两侧沉积环境各异，西湖凹陷为海陆交互深湖—半深湖泥岩相为主，长江拗陷以海陆交替砂泥岩相沉积为主。盆地南部西侧的台北拗陷为浅海砂泥岩相，三角洲发育；东侧钓北拗陷为海陆交替泥岩相沉积为主，边缘为砂泥岩相（图 3）。

3. 渐新世

始新世末期的钱塘运动（玉泉运动）使得盆地区域性抬升，特别是盆地西部尤为明显，这种抬升持续到中新世中期。因此渐新世的沉积范围只限于浙东拗陷（福江、西湖、钓北凹陷）、台北拗陷的局部（福州凹陷的东部）及彭佳屿拗陷。盆地的主要沉降中心仍然在东部（与中、晚始新世相同）。古生物资料反映当时为温暖湿润的亚热带、温带气候。盆地早期有过海侵，西湖凹陷为河湖交替相沉积，钓北凹陷为具海侵的湖相沉积（图 4）。彭佳屿拗陷仍为滨海—浅海相沉积。综合分析认为渐新世期间海水已从东南方向退出盆地。

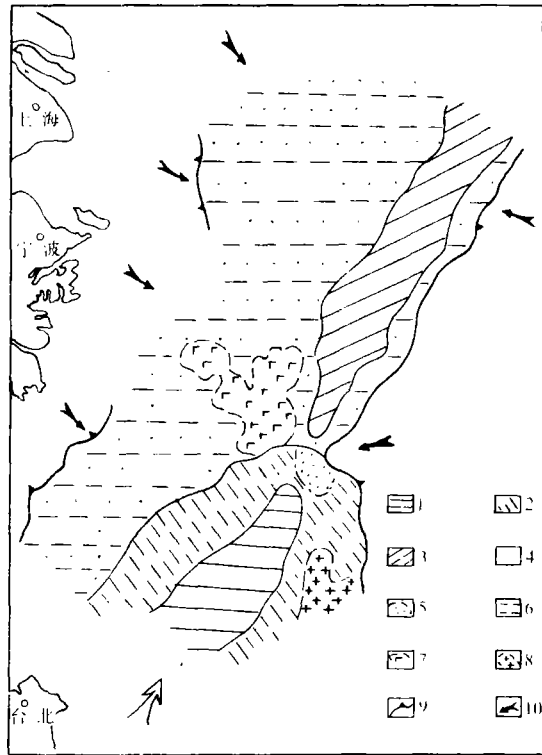


1. 浅海砂泥相 2. 海陆交互偏砂相 3. 浅湖砂泥相 4. 海退方向 5. 水下三角洲 6. 平原河流相 7. 玄武岩 8. 剥蚀相
9. 超覆尖灭 10. 物源方向

图 4 渐新世沉积相图

Fig. 4 Sedimentary facies of Oligocene in East China Sea Basin

随渐新世末期盆地整体抬升，到中新世早期，盆地又大幅度沉降（除盆地西南部外）。早中新世地层向东西两侧层层超覆，是始新世之后盆地发育的又一高峰。盆地北部为河湖交替相沉积，在凹陷中心部位为浅湖砂泥岩相，发育了丰富的透镜状河道砂体和滨浅湖砂体。盆地南部以湖泊沉积为主（图5），还常受海侵影响。中新世中期，盆地仍为温暖湿润气候条件，这时盆地西部均已为平原河流相，西湖—钓北凹陷已为一整体，发育河湖交互相，即为滨湖与平原河流、沼泽等环境交替出现。彭佳屿坳陷仍有滨浅海相发育。分析认为中新世海水仍可能从东北日本海及东南菲律宾海进侵，但均未到达西湖凹陷。晚中新世地层受东海运动（龙井运动）影响，使之区域性剥蚀，对残留地层分析认为属河湖交互相沉积。



1.海陆交替砂泥岩相 2.海陆交替偏砂 3.滨浅湖砂泥岩相 4.海侵方向 5.三角洲亚相 6.平原河流相 7.玄武岩
8.花岗岩 9.超覆尖灭 10.物源方向

图5 早中新世沉积相图

Fig. 5 Sedimentary facies of early Miocene in East China Sea Basin

4.上新世—第四纪

中新世末期的抬升、褶皱使得盆地上中新统受剥蚀，特别是盆地北部的西湖、福江凹陷内中央构造带剥蚀量达1600m。运动后的夷平作用使盆地地貌发生了很大变化，上新世构造运动、断裂运动、火山及岩浆活动相对平静，盆地整体东倾与冲绳海槽相通。沉积环境上从上新世的平原河流相逐渐发展到第四纪的开阔海沉积。

三、生储盖层条件与沉积环境

生油层

晚白垩系是盆地内可能的重要生油层.浅海相页岩、泥岩发育,单层泥岩厚度大,有机质丰富.主要分布于台北、长江及彭佳屿坳陷.

古新统是盆地内主要生油层.沉积环境为浅湖—海陆交替相,生物种类繁多,有机质丰富,单层泥岩厚度达 200—500m.主要分布在台北坳陷、彭佳屿及长江坳陷.

始新统是盆地内区域性主要生油层.这一时期是盆地发育极盛期,无论是沉降幅度还是沉积范围、规模之大都是空前绝后的.盆地南部主要发育浅海相;北部为湖泊沉积为主,气候条件温湿度适宜各种生物发育,种属多、数量大,有机质丰富.生油岩主要分布在浙东坳陷、彭佳屿坳陷和台北坳陷.

渐新统和中新统下部也是盆地内主要和有利生油层.当时沼泽淤泥和煤层丰富.钻探证实是西湖凹陷内主要生油气层.

储层

盆地内储集层发育,在盆地南部主要为滨浅海砂体;盆地东部为滨浅湖砂体、三角洲砂体;盆地北部主要发育河道砂体.另外,还发育有其它砂体,如冲积扇、水下扇及浊积体等^①,在台北坳陷还发育大量生物礁体.所有这些储集体都具有良好的储集性能.

盖层

钻井揭示盆地为砂泥岩互层的碎屑沉积物充填,从盆地边缘向中心,泥质岩类比率逐渐增高.据分析,河湖交替偏砂相中泥岩占 26—30%,泥岩最大单层厚 15—30m;河湖交替砂泥岩相中泥岩占 40—50%,泥岩单层最大厚度约 30m;浅湖砂泥岩相中泥岩占 50—65%,泥岩单层最大厚度为 15—25m.盆地内始新统最大泥岩单层厚可达 60—70m,这一厚度主要分布在盆地中、南部.总之,盆地内具有良好的盖层.

综上所述,通过钻井与地震资料综合分析研究,东海盆地各时期沉积环境对于形成有利生油层、储层、盖层及其组合是极为适宜的.东海盆地内钻井成功率高再次证明盆地的含油气潜力.分析研究使我们深信,东海盆地具备形成大型油气田的地质基础.

收稿日期: 1990 年 4 月 30 日

参 考 文 献

- (1) 周志武等, 1985, 东海地质调查的回顾与油气远景展望, 石油与天然气地质, 6卷, 1期, 1—13页
- (2) 王国纯, 1987, 东海盆地的形成与演化, 石油学报, 8卷, 4期, 18—25页
- (3) 王国纯, 1990, 东海盆地第三纪海陆分布与油气关系探讨, 东海海洋, 2期, 22—28页
- (4) Wang Guo Chun, 1990, Journal of Petroleum Geology, V.13, N.1, p.71—78

^①朱伟林, 1989, 东海盆地西湖、钓北凹陷沉积环境分析与勘探方向, 中国海洋石油总公司勘探会报告

Cenozoic Sedimentary Environment in East China Sea Basin

Wang Guochun Zhu Weilin

(China Offshore Oil Exploration and Development Research Center)

Abstract

East China Sea Basin is a large Cenozoic sedimentary basin developed in the eastern continental shelf area of China, with 250000km² of the area and over 12000 m of maximum thickness. Four depositional sequences have been interpreted in the basin, based on the study and analysis of seismic stratigraphy, drilling lithological and paleontologic data and so on. These sequences are sequence I late Cretaceous–Paleocene with the largest thickness of 85000m, distributed only in the west of the basin, sequence II Eocene with maximum thickness of 6000 m in the east and about 1000m in the west, sequence III Oligocene–Miocene with up to 5000m of largest thickness, and sequence IV Pliocene–Quaternary with sedimentary thickness of approximately 2000m. The boundaries between these sequences are all angle unconformity. These sequences are characterized by different evolution, lithology, paleontology and depositional environment. Sedimentary environments were analysed: Neritic facies and alternative marine and terrestrial facies appeared in the west of the basin with sea transgression from southeast in late Cretaceous–Paleocene. In Eocene neritic facies developed predominantly in the southwest of the basin, and in the east of Oligocene fluviolacustrine facies appeared and developed only in the basin alternative estuary and lake facies occurred in the east, and in Miocene fluviolacustrine facies developed dominantly with swamp subfacies, in the both south and north extremities some local areas were affected by sea water. From Pliocene to Quaternary sedimentary environment changed gradually from fluvial to littoral and neritic facies. The article indicates various assemblages of source rocks, reservoirs and sealing rocks formed by different sedimentary environments. Main source rocks are Paleocene in the west of the basin and Eocene in the east of it, and late Cretaceous is possible significant source rock and Oligocene and lower Miocene is favorable source rock in the east. Even though only a few wells have been drilled in the basin potential prospects have been shown already. It is believed with our confidence that there are geological conditions to form large oil and gas field in East China Sea Basin.