

渤海湾盆地构造体系与油气分布

徐守余, 严 科

(中国石油大学地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘 要: 渤海湾盆地发育雁列式、帚状等多种构造体系类型且空间分布复杂, 不同级序的构造体系控制了渤海湾盆地内油气聚集与分布, 将渤海湾盆地划分为济阳及黄骅帚状油气区、下辽河—渤海弧形油气区、冀中和东濮雁列式油气区 5 个大型油气区。各油气区的油气聚集量及油气分布规律存在较大差异, 其中济阳帚状油气区的油气资源最丰富, 而东濮雁列式油气区的油气探明储量最小。古近纪是渤海湾盆地构造演化的最重要时期, 与油气生成和成藏的关系最密切, 是渤海湾盆地烃源岩发育的鼎盛时期, 并发育多种油气藏类型和多套生储盖组合。新近纪发育以披覆构造油气藏为主的次生油气藏和良好的区域性盖层。渤海湾盆地复杂的构造演化形成多套生储盖组合, 具备形成大型油气区的基本地质条件。

关键词: 渤海湾盆地; 构造体系; 油气分布; 构造演化; 油气区

中图分类号: P618.130.2

文献标识码: A

渤海湾盆地位于中国东部渤海湾及其沿岸地区, 横跨辽、冀、京、津、鲁和豫 6 省市及渤海海域, 西侧以太行山隆起带为界, 北与燕山褶皱带接壤, 东以辽东隆起和胶东隆起为界, 东南为鲁西隆起, 是在太古宙结晶基底基础上发育起来的叠合盆地。据古近系地层分布状况, 划分为下辽河、黄骅、冀中、临清、济阳、渤中等拗陷和沧县、埕宁等隆起 (图 1), 再进一步划分若干凹陷和凸起。自 20 世纪 60 年代以来, 在盆地内先后找到一批地质储量超过亿吨的大油气田, 据 1999 年出版的《中国油气勘探》统计, 渤海湾盆地各油田年产原油约为中国当时年产原油的 2/5 左右^[1], 是中国重要的能源基地。研究渤海湾盆地构造体系及其与油气分布的关系对渤海湾盆地油气勘探与开发具有重要的指导意义。

1 渤海湾盆地构造体系类型及特征

构造体系是许多不同形态、不同性质、不同级别和不同序次, 但具有成生联系的各项结构要素所组成的构造带及其间所夹的岩块或地块组合而成的总体^[2]。构造运动和构造应力场形成的各种构造样式在空间和时间上的分布是有规律的、按一定序列排列组合在一起的, 从而可分辨构造体系。

收稿日期: 2005-02-01

基金项目: 中国石油天然气集团公司石油科技中青年创新基金 (04E7041) 及中国石油大学博士基金。

作者简介: 徐守余 (1968-), 江苏东台人, 博士, 副教授, 从事油气藏描述及油气田环境与灾害方面的教学和科研工作。电话: 0546-8391714, E-mail: xushouyu@mail.hdpu.edu.cn

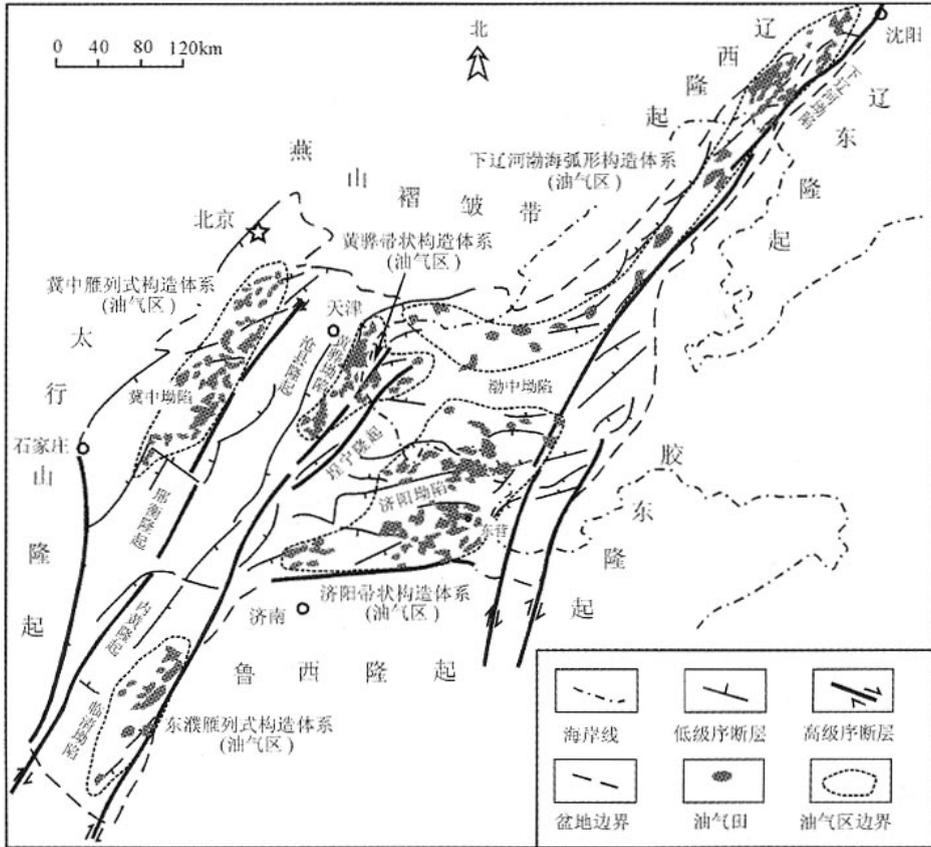


图 1 渤海湾盆地构造体系与油气田分布示意图

Fig.1 Sketch map of the structural system and oilfield distribution in the Bohai Gulf Basin

燕山运动晚期，渤海湾盆地受水平应力作用和边缘构造因素控制，产生一系列 NNE—NE 向展布、呈雁行排列的构造体系，大规模火山活动逐渐停止，地壳普遍抬升，未能接受古新世沉积。始新世末期发生的喜马拉雅运动使得渤海湾盆地表现为地壳的抬升，并使始新世地层受到一定程度的剥蚀和轻微褶皱。渐新世期间，渤海湾地区大范围整体沉降，盆地逐渐由分割转变为趋于统一，形成渤海湾大型陆相湖盆的雏形。盆地中发育多个次级凹陷和凸起、多条同沉积断层。

从整体上看，渤海湾盆地古近纪、新近纪构造虽以拉张为特征，但并未摆脱中生代左行雁列的基本格局^[3]，在中生代构造背景上叠合了新生代动力学特征，发育以下典型构造体系。

1.1 雁列式构造体系

渤海湾盆地内广泛发育了不同级序的雁列式构造体系，高级序的雁列式构造体系由大型隆起和拗陷组成，平面上为雁行排列（图 1），西边的冀中拗陷、临清拗陷，中间的黄骅拗陷、济阳拗陷，东边的渤中拗陷、下辽河拗陷。拗陷内均发育有一系列由凹陷和凸起组成的雁列式构造体系，如黄骅拗陷内西侧从南向北依次发育南皮、沧东、板桥和北塘凹陷；东侧依次发育盐山、歧口和南堡凹陷。渤海湾盆地内一系列断层也组成雁列式断裂构造体系，如太行山山前断裂、沧东断裂和兰聊断裂组成大型雁行断层体系。冀中拗陷东部的河西务、牛东、马西、河间和沧西断层组成次一级雁行断层系。凹陷内部的断裂及伴生构造组成低级序

的雁列体系，如东濮凹陷中央构造带由南向北发育马厂、徐集、桥口、文留和卫城等呈左行排列的次级断裂构造带，它们整体沿 NNE 向延伸，与凹陷两侧的边界断层近平行。更低级序的还发育了4级或5级断裂组成的雁列式构造体系。这些雁列式构造体系是不同级序的张扭应力场和压扭应力场组合作用的产物，控制了不同级别的油气区、油气聚集带、油田和油藏的形成与分布。

1.2 帚状构造体系

帚状构造体系是渤海湾盆地内又一种常见而重要的构造体系类型。该体系是不同级序旋扭应力场的产物，控制了区内不同级序油区、油气聚集带、油田和油藏的形成和分布。也控制地震活动区和油田地质灾害的形成和分布。最高级序帚状构造体系是由冀中拗陷、临清拗陷、济阳拗陷、黄骅拗陷和内黄隆起、埕宁隆起、邢衡隆起、沧县隆起组成的巨型帚状构造体系（图1），刘泽容等^[4-6]称之为冀鲁帚状构造体系，其西南端收敛，东北端散开。渤海湾盆地内还发育一系列低级序帚状断裂构造带，如临邑—商河断裂带由一组西南收敛、东北散开、向北凸出的帚状断裂组成（图2）。又如东营凹陷中央隆起带西段的现河庄断裂构造体系是一个东北端收敛、西南端发散的帚状断裂构造体系。帚状构造体系的发散端常是油气聚集的有利区带。

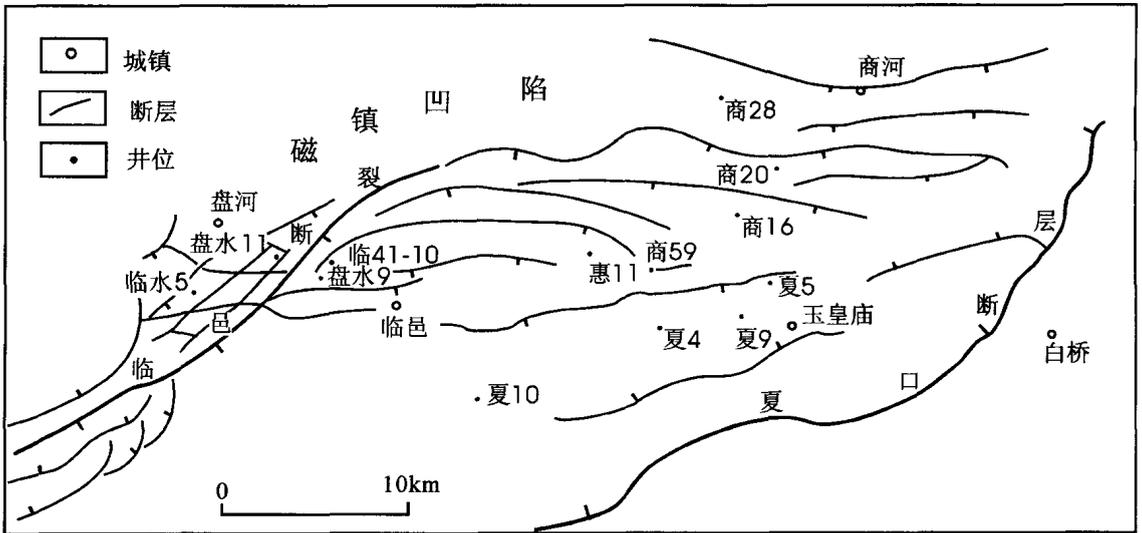


图2 临邑—商河帚状断裂体系

Fig.2 Linyi-Shanghe brush fault system

1.3 网状断裂构造体系

由两组共扼扭裂面成生发展起来的断裂构造体系。如滨南主断裂附近发育的网状断裂构造体系，一组为与主断裂近平行的顺扭向断裂，另一组为与主断裂近垂直的逆扭向断裂。再如临邑—商河帚状构造体系伴生的盘河网状断裂体系（图2），一组断层与主断裂近平行，而另一组与主断裂有较大夹角（50~60°），该断裂体系可能是临邑断裂曾发生右旋扭动而形成的。

2 渤海湾盆地油气分布规律及特征

渤海湾盆地是一个多凸多凹、凹凸相间排列、由多个箕状断陷组成的复杂断陷盆地,各断陷又自成独立的沉积体系、油气单元和构造演化动力学体系。渤海湾盆地各个时期沉积中心在横向上变迁,在同一地区形成不同的沉积相带叠置和多套生储盖组合。渤海湾盆地内大型断裂控制了箕状断陷的产生、发展和消亡,这就使渤海湾盆地具备了形成大型油气区的基本地质条件。

2.1 油气垂向分布规律

渤海湾盆地的油气垂向分布具有分层性。据渤海湾盆地的发展演化,可将渤海湾盆地油气垂向分布分成3个含油气层系,各含油气层系的规律概括如下。

(1) 断陷前含油气层系:具有新生古储的生储盖组合,以古潜山油气藏为主,油气富集程度高,产量高。如华北任丘、胜利桩西、大港千米桥等古潜山油田。

(2) 断陷期含油气层系:渤海湾盆地的主要含油气层系,具有自生自储的生储盖组合,油气资源量大,油气藏类型丰富,以构造型油气藏为主,还发育岩性、地层型油气藏。如胜坨油田古近系沙河街组油气藏等。

(3) 拗陷期含油气层系:具有下生上储的生储盖组合,以披覆构造、地层圈闭等次生油气藏为主,埋藏浅、油质重。如孤岛、孤东新近系馆陶组披覆构造油气藏等。

2.2 油气平面分布规律及特征

据现今油气田分布规律和控制因素,并考虑渤中拗陷南北构造体系及构造特征的差异,划分如下5个由扭动构造控制的大型油气区(图1)。

(1) 东濮雁列式油气区,位于渤海湾盆地的西南角,是应力相对集中的地区。该油气区窄而长,断层发育,生油洼陷面积小,生油持续时间短,资源量不足,受东濮凹陷雁列式构造体系的控制,形成NNE向展布的雁列式油区。该油气区整体动力学背景以直剪作用为主。因此,尽管东濮凹陷的烃源岩和储集层的质量均较好,但比较而言,在渤海湾盆地的几个大型油气区之中,该油气区的油气探明储量最少。

(2) 冀中雁列式油气区,该油气区西部与太行山隆起区直扭构造带相邻,直扭应力占主导地位,且生油洼陷面积小,生油条件和成藏条件差,整体呈NNE向展布。该油气区除古近系、新近系油气藏外,还是渤海湾盆地内古潜山油气储量最丰富的油气区,其中最著名的就是任丘古潜山油田。该油气区的探明储量在渤海湾盆地内仅比东濮雁列式油气区大,而比济阳帚状油气区少得多。

(3) 黄骅帚状油气区,该油气区位于渤海湾盆地的中部,旋扭应力不发育,油气生成和成藏条件均较济阳帚状油气区差。该区整体呈NE向展布,受沧县隆起和埕宁隆起所夹持,西南端收敛,东北端撒开。该油气区探明油气资源量在渤海湾盆地5个大型油气区中居中间。

(4) 济阳帚状油气区,该油气区是渤海湾盆地中应力相对适中的地区,旋扭应力发育导致生油区和多种圈闭发育。该油气区是渤海湾盆地中油气资源最丰富的油气区,聚集了渤海湾盆地目前探明储量约45%的油气。该油气区包括济阳拗陷和渤中拗陷的南部,整体呈NEE向展布,西南端收敛,东北端撒开。刘泽容等^[4-6]研究认为,地应力相对集中的帚状体系收敛端往往不利于油气聚集和保存,故位于该油气区收敛端的惠民凹陷的油气资源量较

少,而位于撒开端的东营凹陷和沾化凹陷,特别是靠近海域的撒开端,应力适中,生油洼陷面积大,生油岩厚度大,生油持续时间长,圈闭类型多,成藏条件优越,是油气资源量极为丰富的地区,从收敛端到撒开端油气探明储量逐渐增大。该油气区的撒开端发育胜坨、孤岛、孤东等一批亿吨级大油气田。

(5) 下辽河—渤海大型弧形油气区,该油气区延伸长度最大,从塘沽附近一直延续到沈阳附近。该油气区整体呈 NEE 向弧形分布,包括渤中坳陷的北部和下辽河坳陷。该油气区油气资源量较大,是渤海湾盆地中油气资源量仅次于济阳帚状油气区的大型油气区。

3 渤海湾盆地构造演化及其与油气的关系

渤海湾盆地经过多旋回的构造演化,本文重点讨论与油气分布紧密联系的中生代和新生代构造的演化及其对油气形成和分布的控制。

3.1 中生代及以前构造演化及其与油气的关系

早—中侏罗世,受库拉—太平洋板块向欧亚板块俯冲的影响,华北地区出现了 EW 向构造,渤海湾地区强烈抬升,仅形成小型的相互独立的盆地^[7]。中侏罗末期,构造运动强烈,郯庐断裂左旋挤压加剧^[8-9],产生了 NW—SE 向的挤压应力,在渤海湾盆地内产生大型凹陷和隆起的雏形,如冀中凹陷、埕宁隆起的雏形就是该时期产生的^[10]。随着太平洋板块向 NW 向俯冲的加剧,俯冲带后的华北地区地壳进一步活化,晚侏罗世断陷盆地由原先仅在盆地边缘或沿断裂附近分布逐渐向盆地纵深发展,盆地数量增多,面积明显扩大,上侏罗统普遍不整合于不同时代的基底地层之上,乐亭—南堡、济阳断陷东部等地发育受断裂影响较小的坳陷型盆地^[10],局部出现了暗色泥岩等烃源岩层系。晚白垩世华北地区整体抬升,大面积处于剥蚀状态,仅盆地东部存在零星沉积。

因古地理环境和构造运动的影响,该阶段渤海湾盆地内缺乏有效烃源岩,碎屑岩储集层仅在局部发育,但潜山储集层广泛发育,渤海湾盆地各大油气区均发现了潜山油气藏。

3.2 古近纪构造演化及其与油气的关系

新生代是渤海湾盆地的成盆期,在区域构造背景下,周边各板块间综合协调运动的结果使渤海湾盆地在东部走滑构造带和西部走滑构造带的右行走滑作用下形成拉分盆地,并形成了盆地内部强烈的拉张断陷。沉降带表现为由早到晚从周边向中心迁移,由西向东、由南向北迁移,最后集中到渤海海域。

古近纪是渤海湾盆地构造演化的最重要时期,渤海湾盆地现今的构造格局最早在古近纪形成并定型。在晚白垩世及古新世地壳拱张、断裂的基础上,始新世断裂活动进一步加强,发生了强大的区域性裂陷作用^[11],渤海湾盆地内各坳陷的原有块体进一步破碎,形成了凸起和凹陷错列的构造格局^[12]。该阶段早期(孔店组—沙河街组早期)盆地北部为潮湿气候带,有大量暗色泥岩、煤、油页岩沉积,盆地南部为干燥气候带,发育有大量石膏、盐岩沉积。始新世晚期(沙河街组中期)是渤海湾盆地断陷活动最强烈的阶段,盆地内部箕状断陷的边界断层活动加剧且活动强度不均,在盆地内部形成了许多被凸起分割的断陷湖盆沉积。沙河街组三段是渤海湾盆地的一套最重要的烃源岩系,以深灰色、褐灰色泥岩为主,上部有砂砾岩夹层,下部普遍发育烃源岩^[13],也是渤海湾盆地区域性标准层。沙河街组二段是一套粗碎屑砂岩、含砾砂岩与红色、绿色泥岩互层^[14],是渤海湾盆地重要的油气储集层。渐新世沙河街组一段沉积期,断陷活动再次加强,但远不及沙河街组三段沉积期的活动强度,

沙河街组一段为一套泥质岩夹油页岩、生物灰岩、碎屑灰岩与砂岩地层,生物碎屑岩广泛发育。该套地层岩性特征清楚、电性突出、分布普遍,是渤海湾盆地的岩性标准层。东营组断陷活动和断裂作用逐渐减弱。东营组为一套浅灰色、绿灰色的砂泥岩互层。东营运动使全区上升,结束了古近纪盆地发育的历史。

古近系发育优质的烃源岩和良好的储集层,是渤海湾盆地油气资源最丰富的层段,发育多套生储盖组合、多种圈闭和油气藏类型。

3.3 新近纪构造演化及其与油气的关系

新近纪,郯庐断裂除渤海海域表现为张扭性外,其它地区主要表现为压扭性。太行山山前断裂在古近纪末期的东营运动时期受挤压应力,断裂作用消失,古近系地层遭受一定的挤压变形和剥蚀。新近纪以来断裂活动日趋微弱,随着岩石圈均衡作用的发生,盆地裂陷阶段逐渐转变为整体下沉的拗陷时期,沉积了平缓的新近系地层,发育一套泛滥平原相沉积,该时期才形成真正的渤海湾盆地。新近系沉积之后,太平洋板块再次俯冲、挤压,郯庐断裂发生右行压扭作用,使全区结束古近纪、新近纪裂陷为主的演化时期而进入盆地整体拗陷阶段。该阶段晚期断裂活动微弱,浅湖相沉积发育,泥岩厚度较大,分布范围较广,形成了良好的区域性盖层。

渤海湾盆地新近系次生油气藏主要发育分布在基底隆起背景上发育的各类披覆构造上,以披覆构造油气藏为主,还有浅层岩性油气藏。

4 几点认识

(1) 渤海湾盆地新生代构造体系叠合在中生代构造背景上,发育雁列式、帚状、网状等多种构造体系类型,空间分布复杂,导致渤海湾盆地油气聚集与分布规律复杂。

(2) 渤海湾盆地现已发现的油气藏大多数与构造密切相关,渤海湾盆地内油气聚集与分布受渤海湾盆地不同级序的构造体系控制。据此,可分为济阳帚状油气区、下辽河—渤海弧形油气区、黄骅帚状油气区、冀中雁列式油气区和东濮雁列式油气区5个大型油气区。各油气区有不同的油气聚集和分布规律,油气聚集量也有较大差异。

(3) 渤海湾盆地经多旋回构造演化,其中古近纪是渤海湾盆地构造演化的最重要时期,也是渤海湾盆地烃源岩发育的鼎盛时期,与油气关系最密切,该阶段发育多种油气藏类型和多套生储盖组合。新近纪逐渐形成统一的渤海湾盆地,发育以披覆构造油气藏为主的次生油气藏和良好的区域性盖层。

参 考 文 献

- [1] 邱中建, 龚再生. 中国油气勘探 [M]. 北京: 石油工业出版社, 地质出版社, 1999. 1~50.
- [2] 李四光. 地质力学概论 (第二版) [M]. 北京: 地质出版社, 1999. 18.
- [3] 赵重远. 渤海湾盆地的构造格局及其演化 [J]. 石油学报, 1984, 5 (1): 1~18.
- [4] 刘泽容, 王孝陵, 吴乃苓, 等. 帚状构造体系形成机制及控油规律 [J]. 华东石油学院学报, 1982, 6 (3): 1~13.
- [5] 刘泽容, 楚泽涵, 王孝陵. 冀鲁帚状构造体系应力场的初步数学模拟 [J]. 石油与天然气地质, 1983, 4 (2): 181~191.
- [6] 徐守余, 刘泽容. 山东济阳帚状构造体系与油气聚集 [J]. 地质力学学报, 2001, 7 (2): 155~160.

- [7] 王同和, 王喜双, 韩宇春, 等. 华北克拉通构造演化与油气聚集 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 1~50.
- [8] 朱光. 郯庐断裂的脉动式伸展活动 [J]. 高校地质学报, 2000, 6 (3): 397~403.
- [9] 吴永平, 付立新, 杨池银, 等. 黄骅坳陷中生代构造演化对潜山油气成藏的影响 [J]. 石油学报, 2002, 23 (2): 16~20.
- [10] 陈嘉树. 济阳运动的特点及其对济阳坳陷的影响 [J]. 石油实验地质, 1993, 15 (1): 86~99.
- [11] 马杏垣, 刘和甫, 王维襄, 等. 中国东部中、新生代裂陷作用和伸展构造 [J]. 地质学报, 1983, 57 (1): 22~32.
- [12] 侯贵廷, 钱祥麟, 宋新民. 渤海湾盆地的形成机制 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 1998, 34 (4): 503~509.
- [13] 李德生. 渤海湾含油气盆地的地质和构造特征 [J]. 石油学报, 1980, 1 (1): 6~20.

STRUCTURAL SYSTEM AND HYDROCARBON DISTRIBUTION IN THE BOHAI GULF BASIN

XU Shou-yu, YAN Ke

(College of Earth Resources and Information, University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China)

Abstract: The Bohai Gulf basin is an important hydrocarbon base of China. In the basin many types of structural systems such as en-echelon and brush structural systems are developed and show a complex spatial distribution. The hydrocarbon accumulation and occurrence in the basin are controlled by different orders of the structural systems. Five hydrocarbon provinces, namely, the Jiyang and Huanghua brush hydrocarbon provinces, Lower Liaohe-Bohai arcuate hydrocarbon province and Jizhong and Dongpu en-echelon hydrocarbon provinces, may be distinguished in the Bohai Gulf basin. There are appreciable differences in hydrocarbon amounts and distribution characteristics between the five hydrocarbon provinces. Among these hydrocarbon provinces, the Jiyang brush hydrocarbon province contains the most abundant hydrocarbon resources and the Dongpu en-echelon hydrocarbon province has the smallest reserves. The Paleogene was the most important stage of structural evolution in the Bohai Gulf basin and is most closely related to hydrocarbon generation and accumulation formation. In the stage, the development of source rocks reached the culmination and many types of petroleum accumulation and several source-reservoir-seal combinations occurred. The Neogene witnessed the development of secondary petroleum accumulations dominated by drape anticline accumulations and good regional cap rocks in the basin. The complicated structural evolution of the Bohai Gulf basin brought about the formation of multiple source-reservoir-seal combinations. So the basin possesses basic geological conditions for the formation of large hydrocarbon regions.

Key words: Bohai Gulf basin; structural system; hydrocarbon distribution; structural evolution; hydrocarbon province