

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

渤海湾盆地构造对含油气系统的控制

戴俊生 李 理 陆克政 漆家福

(石油大学资源系, 山东东营, 257062)

内容提要 渤海湾盆地中每个拗陷构成一个大的成熟烃源岩分布区, 加上某些凸起的分割, 全盆地可划分出 13 个含油气系统。地堑和半地堑是新生代的基本构造样式, 半地堑内含油气系统沿斜坡向外扩展, 地堑中的含油气系统基本上限制在两边界断层之间或稍有扩展。盆地早第三纪经历了 3 个裂陷期, 均发育有烃源岩、储层和局部盖层, 形成的含油气系统存在着依次改造相互叠加组合的关系。晚第三纪—第四纪属于后裂陷阶段, 发育储层和盖层, 对早第三纪形成的含油气系统起着增强和改造的作用。构造迁移规律是由南向北、由西向东, 由盆地外围向中央。随之主力烃源岩分布、油气生成与运移和油气藏赋存层位也发生有规律变化。使含油气系统在平面上产生差异。

关键词 渤海湾盆地 构造作用 含油气系统

含油系统包含了烃源岩、储集层、盖层和圈闭等油气生成、运移和聚集所必需的要素^[1,2]。含油气系统的确定对盆地油气资源评价和油气勘探有着十分重要的指导意义。影响含油气系统的因素很多, 其中构造因素起着控制性的作用。渤海湾盆地位于华北板块的东部, 是一个中新世代的含油气沉积盆地, 构造单元确定着含油气系统的范围, 构造样式影响着含油气系统的展布, 构造活动的阶段性控制着含油气系统各要素的形成, 构造迁移导致了含油气系统的平面差异。

1 构造单元确定含油气系统的范围

根据早第三纪主力含油层系的展布、断层的分割控制作用和盆地的结构等, 通常把渤海湾盆地划分为 6 个拗陷、4 个隆起, 即冀中拗陷、临清拗陷、黄骅拗陷、济阳拗陷、下辽河拗陷、渤中拗陷; 沧县隆起、邢衡隆起、埕宁隆起和沙垒田隆起。进一步划分为 65 个凹陷和 38 个凸起。

依据成熟烃源岩和油气藏的分布范围, 可以确定含油气系统的平面范围。渤海湾盆地的主要烃源岩为下第三系, 它在各个拗陷内均广泛分布, 并整体进入成熟阶段。从早第三纪成熟烃源岩的最大平面范围看, 基本上分布在各个拗陷内并连片分布, 被隆起单元分割, 每个拗陷可构成一个大的成熟烃源岩分布区, 即冀中区、黄骅区、济阳区、临清区、下辽河区和渤中区。盆地内部的某些凸起构造单元对成熟烃源岩有分割作用, 从而使同一拗陷内存在不同的成熟烃源岩分布区。黄骅拗陷中的北大港—孔店凸起、临清拗陷中的武城—馆陶凸起、下辽河拗陷中的中央凸起、济阳拗陷中的陈家庄凸起等均起着分割成熟烃源岩的作用。

渤海湾盆地已发现的油气藏在垂向上占据了太古宙、古生代、中生代和第三纪各个层位。

在平面上分布于各个坳陷内,组成6个油区,即华北油区、大港油区、胜利油区、中原油区、下辽河油区和渤海油区。

综合考虑含油气系统的各个要素,可在渤海湾盆地中划分出6个大的含油气系统,分别位于各个坳陷中,受坳陷的控制。进一步考虑坳陷内某些凸起构造单元的分割作用,可划分出13个含油气系统(图1)。其中冀中坳陷内受牛驼镇凸起的分割,分出北部和南部两个含油气系统;黄骅坳陷内受北大港—孔店凸起的分割,分出南北两个含油气系统;临清坳陷内受马陵断层的分割,分出东濮和北部两个含油气系统;下辽河坳陷内受中央凸起的分割,分出西部、东部和大民屯3个含油气系统;济阳坳陷内受陈家庄凸起的分割,分出惠民—东营和车镇—沾化两个含油气系统;渤中坳陷内存在一个大的含油气系统,潍北凹陷包含一个含油气系统。

2 构造样式对含油气系统展布的影响

渤海湾盆地新生代在伸展和走滑两种活动体制下,发育了一系列的地堑和半地堑。盆地构造样式控制着沉积作用,控制着生储盖组合的发育,决定着油气运移的优势方向,决定着油气藏的类型和展布,进而影响着含油气系统的展布。

根据主控断层的形态和断陷的结构特征,可将渤海湾盆地新生代发育的地堑和半地堑划分为5种基本的构造样式类型(图2)。非旋转地

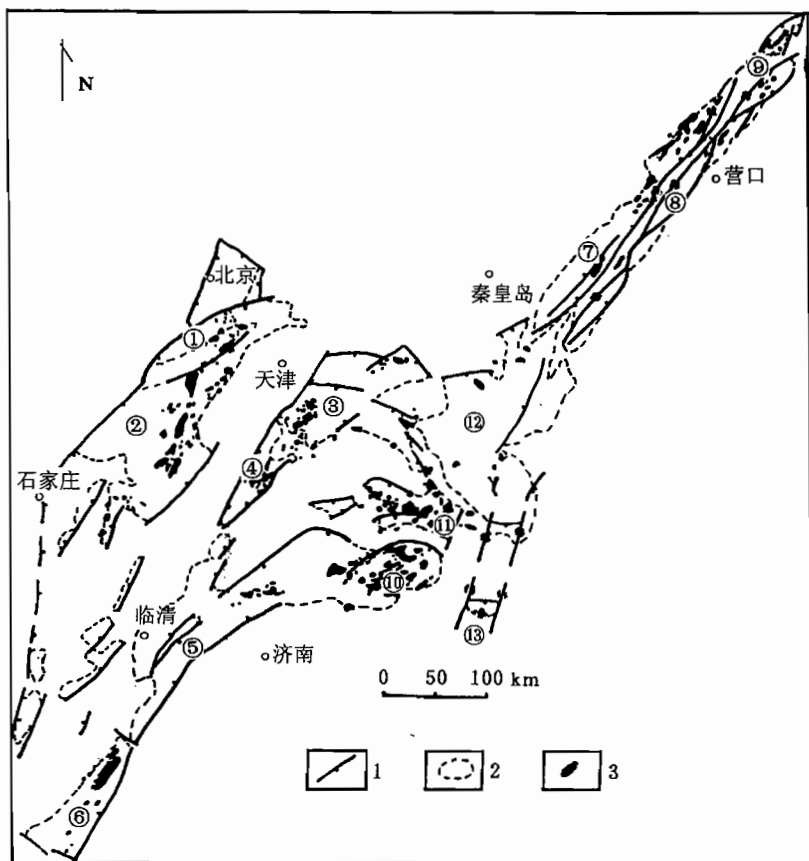


图1 渤海湾盆地含油气系统分布图

Fig. 1 The distribution of the petroleum systems in Bohai Bay basin

1—断层;2—下第三系底部成熟烃源岩分布范围;3—油气藏;①~⑬—含油气系统:①—冀中北部;②—冀中南部;③—黄骅北部;④—黄骅南部;⑤—临清北部;⑥—东濮;⑦—下辽河西部;⑧—下辽河东部;⑨—大民屯;⑩—惠民—东营;⑪—车镇—沾化;⑫—渤中;⑬—潍北

1—Fault;2—the scope of mature hydrocarbon source rocks at the bottom of Eocene;3—oil and gas pool;①~⑬—petroleum system:①—northern of Jizhong (central part of Hebei Province);②—southern of Jizhong;③—northern of Huanghua;④—southern of Huanghua;⑤—northern of Linqing;⑥—Dongpu;⑦—western of Xialiaohe (lower reach of Liaohe river);⑧—eastern of Xialiaohe;⑨—Damintun;⑩—Huimin—Dongying;⑪—Chezheng—Zhanhua;⑫—Bozhong (central Bohai Sea);⑬—Weibei (Northern of Weifang)

堑的两侧受板式正断层的控制,内部岩层呈水平状,其可以是伸展构造的初期样式,也可以是走滑构造的浅层样式,如下辽河东部凹陷沙二、沙三期(图 3b)。旋转半地堑受正断层的控制,内部沉积体呈楔形,沿断层倾向超覆尖灭,是伸展构造的初期样式,如惠民凹陷孔店早期(图 3a),多个旋转半地堑可组合成多米诺式半地堑系。滚动半地堑受铲式正断层控制,地堑基底呈弧形弯曲,是伸展构造中期的样式,如东濮凹陷沙二期、沙三期(图 3c)。复式半地堑受坡坪式正断层控制,主要凹陷靠近主控断层,次要凹陷远离主控断层,中间常隔以断坪隆起或中央构造带,是伸展构造晚期的样式,如惠民凹陷东营期至沙三期^[3,4]。走滑地堑指受走滑断层控制的地堑或被走滑断层强烈改造的地堑,常发育负花状构造,如下辽河东部凹陷东营期、沙一期。上述地堑和半地堑常被次级断层复杂化。

半地堑内含油气系统沿斜坡向外扩展。旋转半地堑发育在伸展盆地的早期,地形起伏较大,分割作用较强,持续时间较短,常常充填河流相为主的碎屑岩,生储盖组合的发育受到一定程度的限制。滚动半地堑发育在伸展盆地的中期,伸展活动强烈,盆地大幅度沉降,并有较稳定的沉降中心,出现深湖和半深湖环

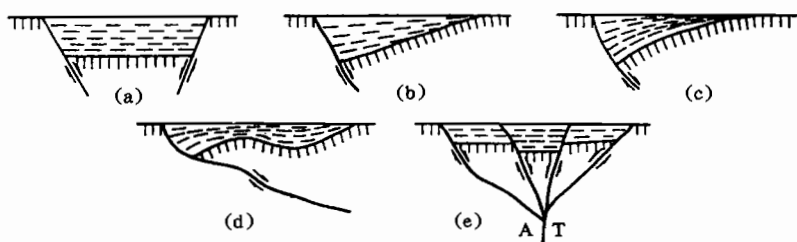


图 2 渤海湾盆地构造样式基本类型

Fig. 2 The basic types of structural style in Bohai Bay basin

a—非旋转地堑; b—旋转半地堑; c—滚动半地堑; d—复式半地堑; e—走滑地堑

a—Non-rotational graben; b—rotational half-graben; c—roller half-graben;

d—half-graben and ramp-sag; e—strike-slip graben

境,发育巨厚的暗色泥页岩,有利于生储盖组合的发育。复式半地堑发育在伸展盆地的晚期,伸展活动有所减弱,沉积速率有所减小,常常是补偿性盆地,晚期由于构造反转甚至遭受剥蚀,上部层序常保存不全,烃源岩和生储盖组合的发育程度介于滚动半地堑和旋转半地堑之间。半地堑中,基底断块掀斜旋转,其高部位被盖层包围,可形成潜山油气藏。盖层中可发育几乎所有类型的构造油气藏和地层岩性油气藏,其中滚动背斜油气藏主要发育在半地堑的陡侧,超覆不整合油气藏和岩性尖灭油气藏主要发育在半地堑的缓侧,底辟背斜油气藏主要发育在半地堑的中部,上盘断块油气藏主要发育在半地堑的两侧。半地堑中大部分油气背向边界主断层顺断层倾向运移,复式半地堑中的坡坪背斜是油气运移的优势指向,旋转半地堑和滚动半地堑中油气运移的优势指向是斜坡,油气可沿斜坡作长距离运移。因此,渤海湾盆地内半地堑中含油气系统沿斜坡向外扩展,其范围可大于早第三纪成熟烃源岩的最大分布范围。冀中含油气系统向东南方向扩展,黄骅北部含油气系统向东扩展,济阳含油气系统向南扩展,东濮含油气系统向西扩展,渤中含油气系统向西扩展。

地堑中的含油气系统基本上限制在两边界断层之间或稍有扩展。在渤海湾盆地,地堑是较好的生油断陷,内部充填了厚度较大的早第三纪烃源岩,发育良好的生储盖组合,油气藏的分布具有对称性,背斜油气藏发育在中部,而超覆不整合油气藏不甚发育,这是与半地堑的重要区别,油气运移指向两侧的断阶带和内带凸起。含油气系统的范围基本上是早第三纪成熟烃源岩分布的范围,如下辽河坳陷的东部和北部。

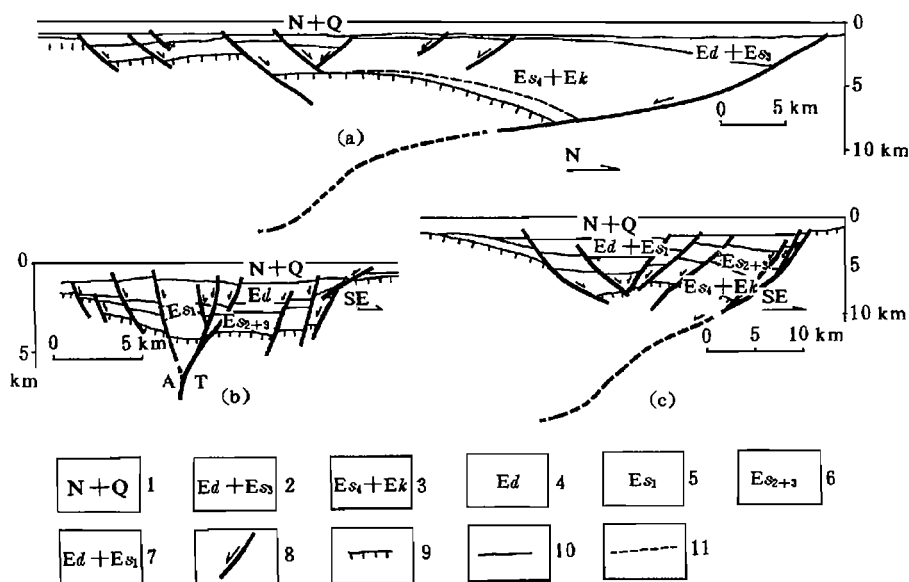


图3 惠民凹陷(a)、下辽河东部凹陷(b)、东濮凹陷(c)构造剖面图

Fig. 3 The structural profiles of Huimin sag(a), Xialiaohe (lower reach of Liaohe river) sag(b), Dongpu sag(c)

1—上第三系和第四系;2—东营组至沙三段;3—沙四段和孔店组;4—东营组;5—沙一段;6—沙二段和沙三段;7—东营组和沙一段;8—断层;9—前第三系;10—地层界线;11—孔店组内部层面

1—Neogene and Quaternary; 2—Eocene Dongying Formation to Shasan member; 3—Shashi member and Kongdian Formation; 4—Dongying Formation; 5—Shayi member; 6—Shashi and Shasan member; 7—Dongying Formation and Shayi member; 8—fault; 9—pre-Tertiary; 10—strata boundary line; 11—bedding surface in Kongdian Formation

3 构造作用的阶段性控制含油气系统各要素的形成

渤海湾盆地经历了早第三纪裂陷和晚第三纪—第四纪后裂陷两大阶段。在裂陷阶段,各坳陷内部都发育了良好的早第三纪烃源岩层、储集层和部分盖层。到裂陷阶段末期,作为主力烃源岩的沙三段(始新统上部)已经成熟,沙三段、沙四段(始新统中部)和孔店组(始新统下部和古新统)生成的油气可运移到自身圈闭的油气藏中。断裂作用使盆地基底岩层差异升降并旋转,其高部位可与早第三纪烃源岩接触,作为古潜山的太古宇、元古宇、古生界和中生界可俘获早第三纪的油气,形成古潜山油气藏。沙一段(渐新统下部)和东营组(渐新统上部)的烃源岩在裂陷阶段基本未成熟,但沙一段和东营组可构成储层和盖层。渤海湾盆地裂陷阶段形成的含油气系统分布在各个坳陷内部,某些凸起对它们有分割作用,这些含油气系统以沙三段、沙四段和孔店组为烃源岩层,早第三纪的砂层、砂体、礁灰岩等和太古宙的变质岩、中、新元古代与古生代的碳酸盐岩、中生代的碎屑岩和火山岩等为储集岩,早第三纪的泥页岩和致密灰岩为盖层,圈闭类型包括有背斜圈闭、潜山圈闭、盖层断块圈闭、地层圈闭和岩性圈闭等。

后裂陷阶段发育了可作为储层的馆陶组(中新统下部)和明化镇组(中新统上部)下部的粗碎屑岩和作为区域盖层的明化镇组泥页岩。由于缺少烃源岩,上第三系和第四系不能构成完整

的含油气系统。后裂陷阶段使沙三期和东营期的烃源岩部分进入成熟期,成熟地区主要位于渤海及外围,生成的油气可储集在早第三纪的储层中,也可运移到潜山圈闭中,还可向上运移到馆陶组和明化镇组中。后裂陷阶段还使沙三段、沙四段和孔店组继续或开始生油生气,并对裂陷阶段形成的含油气系统起着增强和改造的作用。

渤海湾盆地早第三纪经历了3个裂陷期,每个裂陷期均发育有烃源岩、储层和局部盖层。由于受油气生成和运移等因素的影响,各裂陷期含油气系统均存在很大差异。第一裂陷期(沙四期—孔店期)仅在济阳坳陷的部分地区可能形成规模较小的含油气系统,以孔店组为烃源岩,油气聚集在沙四段和孔店组中。第二裂陷期(沙三期—沙二期)形成的含油气系统可能分布在济阳坳陷、临清坳陷、冀中坳陷、黄骅坳陷、下辽河坳陷和渤中坳陷的部分地区,以孔店组、沙四段和部分沙三段为烃源岩,油气主要聚集在孔店组、沙四段和沙三段中,也可运移到前第三纪的潜山中。第三裂陷期(沙一期—东营期)形成的含油气系统规模相对较大,主要烃源岩是沙

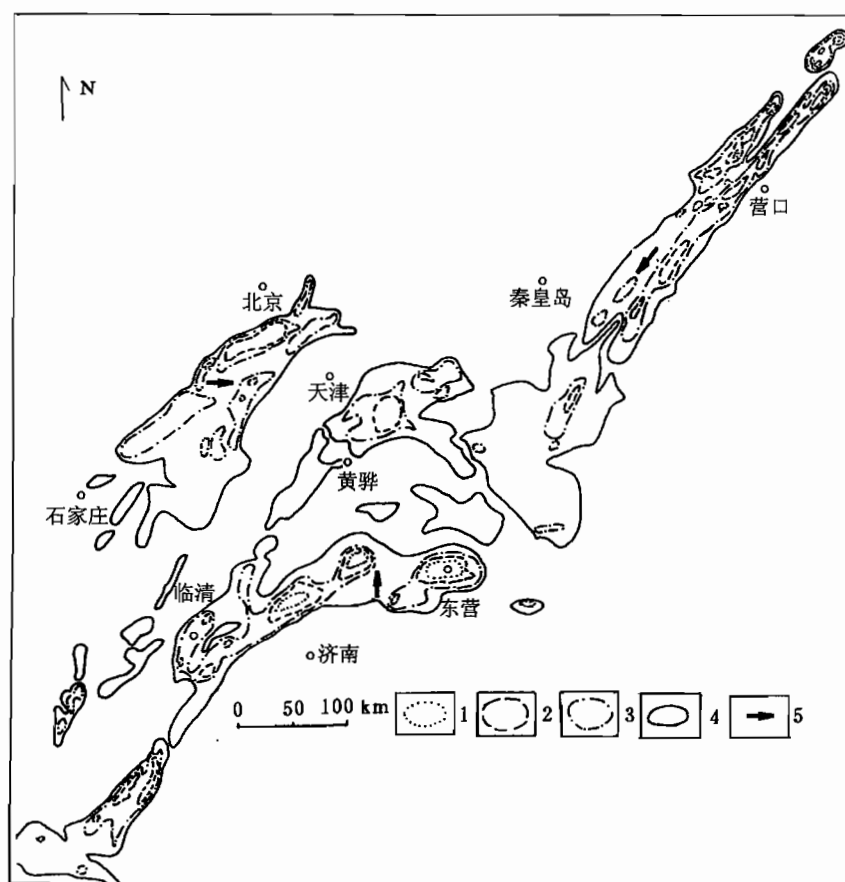


图4 渤海湾盆地第三系底成熟烃源岩分布图

Fig. 4 The distribution of mature hydrocarbon source rocks at the bottom of Eocene in Bohai Bay basin

1—沙四期末;2—沙二期末;3—东营期末;4—现今;5—构造迁移方向

1—End of E_{s4} ; 2—end of E_{s2} ; 3—end of E_d ; 4—now; 5—direction of tectonic migration

三段,其次是孔店组和沙四段,油气可聚集在下第三系中,也可运移到前第三纪的潜山中。3个裂陷期形成的含油气系统存在着依次改造,相互叠加的关系。

4 构造迁移导致含油气系统分布的平面差异

渤海湾盆地新生代裂陷作用的构造迁移规律是:由南向北、由西向东、由外围向中央裂陷作用由早到晚依次发生,其导致了盆地各地区各含油气系统组成要素在平面上的差异。

渤海湾盆地各含油气系统均以早第三纪为烃源岩层,其中以沙三段为主,但不同地区早第三纪烃源岩的分布也明显不同。外围地区的含油气系统中,孔店组和沙四段是重要烃源岩层,如临清地区、济阳地区南部、潍北地区、黄骅地区南部和下辽河地区,其中潍北和黄骅南部孔二段为主力烃源岩。盆地中央地区,如济阳地区北部、黄骅地区东部、渤中地区等的沙一段和东营组是重要烃源岩层。

从油气的生成与运移时期来讲,渤海湾盆地早第三纪烃源岩的成熟时期和油气运移时期主要发生在早第三纪晚期和晚第三纪,受构造迁移的影响各地区烃源岩的成熟和运移时期明显不同。盆地南部的济阳地区和北部的下辽河地区在沙四期末至早第三纪,部分烃源岩已开始成熟(图4),并发生油气运移。沙二期末到早第三纪,烃源岩的成熟地区和油气运移发生区已扩展到济阳地区南部、东濮地区、冀中地区北部、黄骅地区北部和下辽河的某些地区。到东营期末,早第三纪烃源岩成熟范围和油气运移地区进一步扩大,并波及渤中地区。晚第三纪、早第三纪烃源岩的成熟区在渤海及周围地区明显扩大,油气运移也主要集中在该区。

已发现的前第三纪油气藏主要集中在冀中地区,其次是济阳地区南部、黄骅地区及下辽河地区西部。以孔店组和沙四段为储层的油气藏主要发现在济阳地区、东濮地区、黄骅地区、冀中地区北部和下辽河地区。以沙三段、沙二段、沙一段和东营组为储层的油气藏在各个坳陷均有发现。新第三纪油气藏主要发现在渤中地区、济阳地区北部和黄骅地区东部。油气储集层位的这种变化主要受裂陷作用和构造迁移的控制。

参 考 文 献

- 1 Magoon L B. Identified petroleum systems within the United States. In: Magoon L B. ed. The petroleum systems—status of research and methods. U. S. Geological Survey Bulletin, 1992, 1007: 2~11.
- 2 Wu Huayuan, Liang Digang. Formation conditions of three oil fields in the Jizhong depression, China. In: Wager H C, Wagner L C, Wang F H, Wong F L. eds. Petroleum resources in China and related subjects. Circum-Pacific Council for Energy and Mineral Resources Earth Science Series, Houston, Texas, 1988, 10: 311~328.
- 3 漆家福, 张一伟, 陆克政, 杨桥. 渤海湾盆地新生代构造演化. 石油大学学报, 1995, 19, (88): 1~6.
- 4 Gibbs A D. Structural styles in basin formation. In: Tankard A T, Balkwill H R. eds. Extensional Tectonic of the North Atlantic Margins, AAPG Memoir, 1989, 46: 81~93.

The Control of Tectonism on the Petroleum Systems in the Bohai Bay Basin

Dai Junsheng, Li Li, Lu Kezheng and Qi Jiafu

(University of Petroleum, Dongying, Shandong, 257062)

Abstract

Thirteen petroleum systems are recognized in the Bohai Bay basin, considering that each de-

pression in it constitutes a big mature hydrocarbon source rock province and that some of them are segmented by rises. Grabens and half-grabens are basic structural styles in the Cenozoic. Petroleum systems in half-grabens extend along the slope, while petroleum systems in grabens are basically restricted between two boundary faults or extend slightly. In the Paleogene the Bohai Bay basin experienced 3 syn-rift stages, in which there occurred source rocks, reservoirs and local cap rocks. Petroleum systems formed in the 3 syn-rift stages are characterized by successive reworking and mutual superimposition and association. In the Neogene—Quaternary the post-rift reservoir and cap rocks were developed, thus strengthening and reworking the petroleum systems formed in the Eogene. The tectonic migration from south to north, from west to east and from outside to the center caused regular changes in distribution of major source rocks, petroleum formation and migration and horizons of petroleum occurrence, which further led to lateral differences of petroleum systems.

Key words: Bohai Bay basin; tectonism; petroleum system

作 者 简 介

戴俊生,男,1958年生。1982年于华东石油学院勘探系石油地质专业毕业,1987年在石油大学获石油地质与勘查专业硕士学位。现为石油大学石油资源科学系副教授,主要从事油区构造地质学的教学和科研工作。通讯地址:257062,山东东营石油大学资源系;电话:(0546) 8392423;电子信箱:mecad@hdpu.edu.cn。
