

文章编号:1673-5005(2007)05-0012-06

# 东营凹陷网毯式油气成藏体系油气运聚探讨

姜素华, 李涛, 姜雨

(中国海洋大学海洋地球科学学院, 山东青岛266100)

**摘要:**运用网毯式油气成藏体系的新理论,对东营凹陷中浅层的输导层及其油气运移特征、所对应的网毯输导体系中的油气成藏过程进行了分析。结果表明,对油气运移起重要作用的输导层主要有连通砂体和断层,连通砂体包括仓储层和其下与之相连的三角洲前缘砂体,断层对油气的输导作用不仅与断层的级别和类型有关,还与断层的幕式活动有关。根据其油气聚集的特征,可将该区油气藏划分成仓储层和聚集网层两大类9种油气藏类型。

**关键词:**东营凹陷;网毯式油气成藏体系;输导层;油气运聚;油气藏类型

**中图分类号:**TE 112 **文献标识码:**A

## Discussion on petroleum migrating and accumulating of meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system in Dongying depression

JIANG Su-hua, LI Tao, JIANG Yu

(College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, Shandong Province, China)

**Abstract:** By using the theory of meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system, the migration layer and its migration character, the course of oil and gas pool-forming of meshwork-carpet transport system of the middle-shallow layer in Dongying depression were analyzed. The results show that the migration layer contains faults and connected sandstones. Faults play an important role in the petroleum migration, and connected sandstones contain storage layer and delta-front sandstones. The transport ability of faults is associated with not only the size and type but also their activity. According to the character of hydrocarbon accumulation in storage layer and meshwork layer of accumulation, two types of storage layer and meshwork layer of accumulation are classified, which contain nine sub-types.

**Key words:** Dongying depression; meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system; migration layers; petroleum migration and accumulation; types of oil and gas pools

东营凹陷是济阳拗陷的富油气凹陷,前人已对其主要产油层系沙河街组的油源条件、油气运聚特征、成藏机理、成藏特征等进行了较为深入的研究,取得了许多新的认识和成果<sup>[1-4]</sup>。但是对该凹陷中浅层他源次生隐蔽油气藏的研究却相对薄弱,而其中关键问题之一就是油气运移研究还不够深入<sup>[5]</sup>。油气运移作为油气成藏中连接生烃与圈闭之间的“桥梁和纽带”,一直是石油地质领域研究的热点和难点<sup>[6-7]</sup>,在中浅层他源次生隐蔽油气藏的研究中显得尤为重要<sup>[8]</sup>。东营凹陷作为典型的陆相断陷湖盆,在不同发育阶段、不同层系、不同构造部

位发育不同类型的输导体系,而如何开展中浅层油气输导体系的研究是面临的一个新问题。因此,应用网毯式油气成藏体系的新理论<sup>[9]</sup>,结合层序地层学的研究成果,在明确东营凹陷的网毯式成藏体系正好发育在中浅层沙三段-明化镇组<sup>[10-12]</sup>的前提下,依据其网毯体系结构来研究网毯输导体系无疑是一种新途径。笔者通过研究网毯体系油气运移输导层的特征,从分析油气成藏的过程入手,依据网毯体系中油源通道网层、仓储层和油气聚集网的油气运移和聚集特征,来探讨东营凹陷中浅层油气成藏规律,这对指导中浅层他源型次生隐蔽油气藏的勘探具有重要的意义。

收稿日期:2007-02-12

基金项目:“十五”国家重大科技攻关项目(2003BA613A)

作者简介:姜素华(1963-),女(汉族),山东青岛人,高级工程师,博士,主要从事油气综合勘探的教学与科研工作。

### 1 输导层特征

东营凹陷网毯体系结构由油源通道网层、仓储层和油气聚集网层组成(图1),输导层主要由断层、毯状仓储层和三角洲前缘砂体组成,并由它们构成了中浅层的网毯输导体系,直接决定着中浅层油气的成藏与富集规律。网毯体系中油气运移输导层的基本类型与传统意义上的连通砂体、断层和不整合面有所不同。

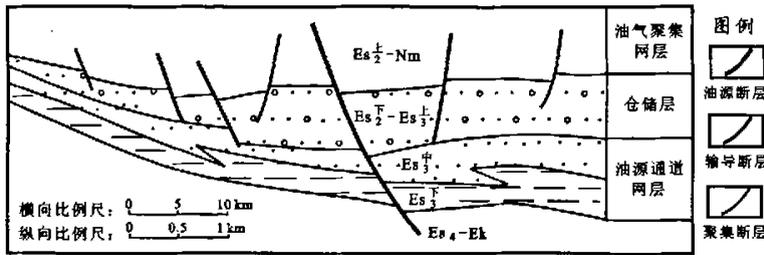


图1 东营凹陷网毯式油气成藏体系结构及断层模式

#### 1.1 断层输导层

东营凹陷网毯式成藏体系中,断层具有极其重要的作用,在精细构造研究的基础上,可将网毯式成藏体系中的断层分为油源断层、输导断层、聚集断层(图1)。

油源断层是由直接切穿生油岩的正断层构成,该类断层主要沿基底断层新活动。在断层的幕式活动期,油源断层主要起沟通油源的作用;如果油源断层断至仓储层,同样可作油气输导断层;如果油源断层断至浅层,在断层的幕式活动间隙期,就可起到聚集油气的作用。

输导断层指通过仓储层与生油岩沟通的正断层,输导断层主要为东营运动之后各运动期的产物或油源断层形成时伴生而成,该类断层不直接切割生油岩层,只是切割仓储层,而通过其他切割仓储层的油源断层间接地与生油岩连通,是一种间接的油源断层,但通过与仓储层的连通,它同样能起到连通油源的通道作用;如果它断至浅层,同样能聚集油气。

聚集断层特指与油气聚集有关的、间接或直接地与仓储层连通的小正断层,主要为发育在仓储层之上并与毯状仓储层连通的三、四级小断层,一般具有发育期短、活动强度小的特点。在断层的幕式活动期,这些开启的小断层,起到油源通道的作用,当断层不活动时,就起到聚集油气的作用。东营凹陷浅层油气分布最明显的特征之一是一断层断到哪里,油气就运移并聚集到哪里<sup>[6,8]</sup>。

由此可见,断层对油气的输导作用,不仅与断层

同。连通砂体包括仓储层和其下与之相连的三角洲前缘砂体,是网毯体系中的重要输导层;断层对油气的输导作用不仅与断层的级别和类型有关,还与断层的幕式活动有关;而不整合面的输导作用在网毯体系中不是十分明显,如在东营凹陷的网毯式成藏体系中,沙二上、下亚段之间尽管存在一个不整合面,但对油气运移所起的作用并不明显。

的级别和类型有关,还与断层的幕式活动密切相关。

#### 1.2 连通砂体输导层

##### 1.2.1 毯状仓储层

东营凹陷仓储层主要由沙三上亚段-沙二下亚段的砂砾岩层组成<sup>[11]</sup>,可以进一步细分为3套。通过分析仓储层油气显示结果和运移痕迹发现,仓储层中油气成藏区域、有油气运移痕迹和无油气运移痕迹区域在平面上的分布具有一定的规律<sup>[13]</sup>。结合仓储层的厚度研究发现,仓储层的厚度与油气的运移和聚集成藏关系密切。在东营凹陷的中东部,仓储层能否有效地输导油气,主要取决于仓储层的厚度,只有在仓储层达到一定的厚度时,才能起到输导油气的作用,成为有效的输导层。例如,东营凹陷仓储层3的厚度下限为50 m(图2)。

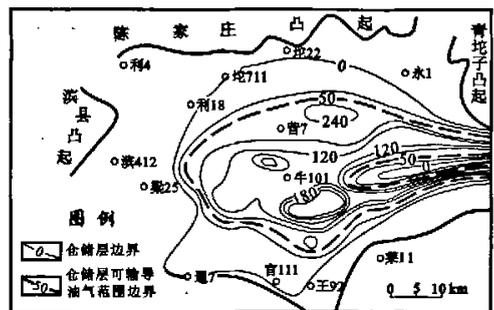


图2 东营凹陷仓储层3输导油气范围

##### 1.2.2 三角洲前缘砂体

在东营三角洲由东向西推进的沉积过程中,三角洲前缘砂体不断向湖盆中心延伸,这类砂体可直

接伸入到生油凹陷,与生油岩直接接触,而其顶部又与仓储层直接相连,因此可以直接向仓储层输导油气。东营凹陷三角洲前缘砂体主要发育于沙三中亚段,该输导体系以连通孔隙作为油气运移的主要通道空间,是网毯体系中油气向仓储层进行侧向运移的最独特的通道类型。在不考虑断层输导的情况下,三角洲前缘砂体只有与起输导作用的仓储层相连时,才能起输导油气的作用(图3)。

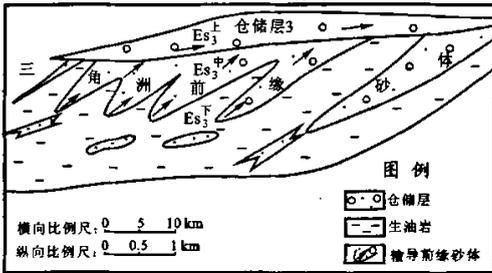


图3 网毯体系连通砂体输导油气模式

## 2 油气运移特征

油气运移特征包括油气运移的动力、方式和运

移路径<sup>[7]</sup>。在东营凹陷网毯式油气成藏体系中,不仅各网层和仓储层油气运移特征存在差别,而且在断层幕式活动期和间歇期也有所不同。

### 2.1 油源通道网层

(1)断层幕式活动期。油气主要通过断层进入仓储层,主要以断层的垂向运移方式为主。油气通过这种路径运移的主要动力为地震泵作用或超压作用,在这两种动力的作用下油气从生油岩中排出,进入开启的断层作垂向运移,并进入仓储层且储备到其中<sup>[14-15]</sup>。这个过程主要发生在油气大量生成期,且与断层的活动密切相关。

(2)断层幕式活动间歇期。油气主要通过三角洲前缘相的指状砂体进入仓储层,主要以砂体的侧向运移方式为主。由于仓储层与下部沙三中亚段三角洲前缘相的指状砂体相连,在排烃剩余压力和浮力的作用下,直接插入到沙三下亚段暗色泥岩中的砂体可以源源不断地向其输导油气。这个过程不仅发生在断层幕式活动的间歇期,而且可出现在断层的幕式活动期,它贯穿于油气生成的始终(图4中a段)。

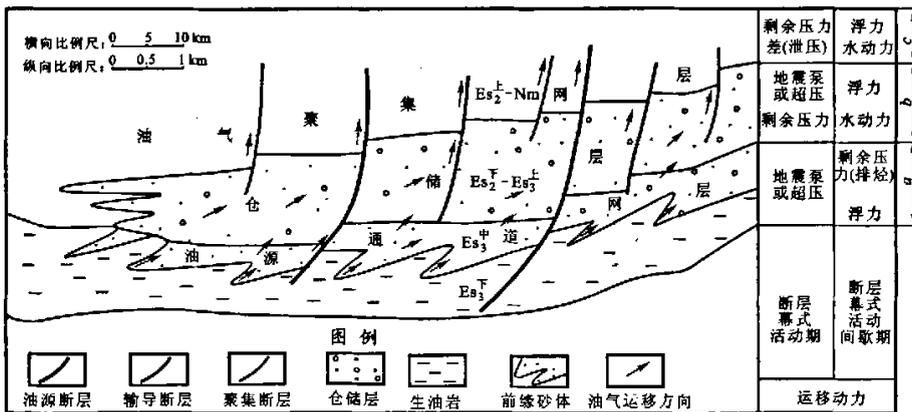


图4 东营凹陷网毯体系油气运移模式

### 2.2 仓储层

(1)断层幕式活动期。油气运移的动力主要有地震泵作用或超压作用以及剩余压力。由于运移的动力较大,导致对油气的输导能力很强,断层和仓储层共同构成油气输导体系。通过油气成藏物理模拟试验得知<sup>[16]</sup>,由油源断层和三角洲前缘砂体进入仓储层的油气首先在仓储层内部呈毯式以放射状方式运移,并暂时蓄积在仓储层中,当遇到上部聚集网层断裂开启时,一部分油气(大约1/3)就会从仓储层排出,进入聚集网层的圈闭中。

(2)断层幕式活动间歇期。油气在仓储层内的

运移动力主要为浮力和水动力。如果仓储层上部有封堵性较好的盖层或断面时,油气就无法继续向上运移,只能作横向的发散式运移,这种横向的发散式运移既包括被弯曲断面封闭的仓储层内部运移,也包括仓储层通过内部断层向另一侧仓储层的运移。通过运移,使得油气在仓储层中呈毯式分布,且油气在运移过程中,如遇到内部的非渗透性遮挡层或低幅度背斜,可形成仓储层内的隐蔽岩性油气藏或低幅度背斜构造油气藏(图4中b段)。

### 2.3 聚集网层

(1)断层幕式活动期。油气沿断面继续运移

的动力有两个:一是断层面本身比两侧具有高渗透性,也就是其排替压力要低于两侧;二是沿断面向上有势梯度。这两个动力可使聚集网层断层向上产生泄压,即剩余压力差。东营凹陷是一个断裂发育的地区,在聚集断裂网幕式活动期,沙二段以上的油气均是在剩余压力差的作用下通过断层或仓储层向上运移的,特别是沙一段、东营组及馆陶组油气主要是通过断层的垂向输导运移,并进入两侧低孔隙流体压力的砂体中聚集成藏,通常在聚集断裂网附近形成构造或岩性-构造油气藏。

(2)断层幕式活动间歇期。油气主要依靠浮力和水动力的作用,沿与仓储层相连的渗透层向上运移,通常在聚集网层的岩性圈闭中形成岩性或构造-岩性油气藏。这种通过仓储层的输导作用而发生的油气运移是不容忽视的,它对寻找上覆聚集网层的隐蔽油气藏意义重大(图4中c段)。

### 3 油气聚集与成藏

在网毯式油气成藏体系中,除了要考虑原生的油气成藏以外,还要注意他源次生油气成藏,后者主要有两种油气聚集成藏机制:一是原生油藏的破坏进入仓储层和聚集网层再成藏;二是生油岩的晚期排烃直接进入仓储层和聚集网层成藏。

由于东营凹陷沙一段和东营组的暗色泥岩段的埋深达不到生油门限的深度,因此,目前认为在沙二段以上形成的油气藏均为他源油气藏<sup>[6]</sup>。除了大部分(东辛和胜坨油田)靠油源断层与沙三段烃源岩沟通,形成一定规模的原生构造和岩性-构造油气藏外,还有相当一部分的油气藏,尤其是分散的他源隐蔽型油气藏,没有与油源断层直接接触的条件,其成藏条件一是能够通过断层与沙三段暗色泥岩或其中的透镜体油气藏相接触,待这种原生油气藏被破坏后,进入仓储层和聚集网层形成次生油气藏;二是生油岩的晚期排烃,依靠晚期生成的油气,直接进入

仓储层和聚集网层成藏。

#### 3.1 仓储层内的油气聚集

仓储层内的油气聚集包括生油岩早、晚期排烃输送上来的油气和后期原生油气藏遭破坏的油气再次聚集。早期在生油岩大量排烃时期,油气源充足,油源通道网层输导能力强,大量油气通过油源通道网层进入仓储层后,首先作横向发散式运移或短暂的停留,形成油毯;同时也可在仓储层中的圈闭中聚集形成各种类型的原生油气藏;后期的构造运动使得原生油气藏破坏或者仓储层中成毯状分布的油气平衡被打破<sup>[10]</sup>,油气在仓储层中发生运移后,遇到合适圈闭再次聚集形成次生油气藏。由于仓储层具有厚度大、分布广、连通空间好、可容油量大等特点,加上晚期生成的油气也可通过三角洲前缘砂体直接进入仓储层,仓储的油气完全可以满足在沙二段以上地层形成一定规模次生油气藏的需要。

#### 3.2 聚集网层的油气聚集

聚集网层的油气聚集主要是依靠断层的垂向输导和仓储层横向和侧向输导,把生油岩早、晚期排烃及后期遭破坏的原生油气藏输送上来的油气聚集成藏。在生油岩大量排烃时期,通过油源通道网层运移至仓储层中的油气在遇到上部聚集网层断层开启时,就会继续沿断层向上运移,在断层两侧圈闭中聚集形成他源构造和岩性-构造油气藏,同时通至浅层的油源断层也可直接将生油岩中的油气直接输送到浅层聚集形成原生的构造和岩性-构造油气藏;而在生油岩大量排烃的后期,主要靠接收仓储层中已仓储的油气,如后期构造运动打破原来仓储层中油气分布的平衡状态,导致其中的油气继续向上运移,进入聚集网层形成他源次生油气藏。

在东营凹陷浅层的网毯体系中,已发现了9种类型的油气藏(图5),结合其成藏动力特征和在仓储层、聚集网层的分布状况,总结出东营凹陷网毯式油气成藏体系的主要油气藏类型,见表1。

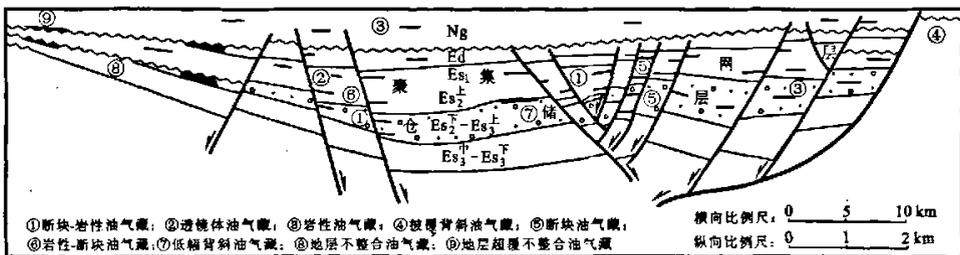


图5 东营凹陷网毯式油气成藏模式

表1 东营凹陷网毯式油气成藏体系主要油气藏类型

网毯成藏结构	动力特征	圈闭类型	油气藏类型	实例
聚集网层	运移成藏	岩性类	断块-岩性油气藏	河110沙二上
			透镜体油气藏	郑家西坡沙一、浅层气
			岩性油气藏	宁海北馆陶组
		构造类	披覆背斜油气藏	胜坨、广饶潜山上覆的馆陶组
			断块油气藏	营87断块沙二上、河31块东三段
			岩性-断块油气藏	王543块的沙二段
仓储层	成毯成藏	构造类	断块油气藏	现河庄油田河68块
			低幅背斜油气藏	营66-21井沙三上油藏、河80块
		岩性类	断块-岩性油气藏	王家岗油田的官114块、王3块
			岩性差异遮挡油气藏	永安油田
		地层类	地层不整合遮挡油气藏	金家、广饶凸起北坡的王92块
			地层超覆不整合油气藏	草桥北坡地区

### 4 结论

(1) 东营凹陷的中浅层油气输导体系正好对应于网毯输导体系,对网毯体系油气运移起重要作用的输导层主要有连通砂体和断层,连通砂体包括仓储层和其下与之相连的三角洲前缘砂体;断层对油气的输导作用不仅与断层的级别和类型有关,还与断层的幕式活动期次有关。

(2) 网毯式油气成藏体系有着特殊的油气运聚体系,东营凹陷网毯式油气成藏体系中不同的网层和仓储层油气运移特征存在着差别。油源通道网层油气的运移是以断层的幕式输导和三角洲前缘砂体的连续输导两种方式向仓储层输送油气;仓储层内油气运移的结果不仅可向聚集网层输送油气,而且可形成仓储层内的地层、构造和岩性油藏;聚集网层油气运移的最终结果就是形成上覆网层的各种构造与岩性油藏。

(3) 网毯式油气成藏体系可划分为仓储层和聚集网层两大类9种油气藏类型。除了地层类和岩性类的常见隐蔽油气藏外,在构造类油气藏中,还存在着隐蔽型的低幅背斜油气藏,预示着该体系具有巨大的勘探潜力。

#### 参考文献:

[1] 王秉海,钱凯.胜利油区地质研究与勘探实践[M].东营:石油大学出版社,1992:54-73.  
 [2] ZHANG Shan-wen, WANG Yong-shi, SHI Di-shi, et al. Fault-fracture mesh petroleum plays in the Jiyang super depression of the Bohai Bay Basin, Eastern China[J]. Marine and Petroleum Geology, 2004, 21: 651-668.  
 [3] 姜在兴,杨伟利,操应长.东营凹陷沙河街组三段-二段下亚段沉积层序及成因[J].石油与天然气地质, 2002, 23(2): 127-129.

JIANG Zai-xing, YANG Wei-li, CAO Ying-chang. Origin and sedimentary sequence of Es<sub>3</sub>-Es<sub>2</sub> in Shahejie formation of Dongying depression [J]. Oil and Gas Geology, 2002, 23(2): 127-129.

[4] 蒋有录,刘华,张乐,等.东营凹陷油气成藏期分析[J].石油与天然气地质,2003,24(3):215-218.  
 JIANG You-lu, LIU Hua, ZHANG Yue, et al. Analysis of petroleum accumulation phase in Dongying sag [J]. Oil and Gas Geology, 2003, 24(3): 215-218.  
 [5] 赖万忠.渤海湾盆地浅层油气勘探与主要勘探方向[J].中国海上油气(地质),2001,15(1):44-50.  
 LAI Wan-zhong. Shallow hydrocarbon exploration and its major targets in Bohai Bay Basin [J]. China Offshore Oil and Gas (Geology), 2001, 15(1): 44-50.  
 [6] 付广,吕延防,薛永超,等.油气运移通道及其对成藏的控制[J].海相油气地质,1999,4(3):24-28.  
 FU Guang, LÜ Yan-fang, XUE Yong-chao, et al. Pathway for oil-gas migration and its effect on the hydrocarbon accumulation [J]. Marine Origin Petroleum Geol, 1999, 4(3): 24-28.  
 [7] 李明诚.石油与天然气运移研究综述[J].石油勘探与开发,2000,27(4):3-9.  
 LI Ming-cheng. An overview of hydrocarbon migration research [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(4): 3-9.  
 [8] 李春光.试论东营凹陷油气二次成藏[J].复式油气田,1997(4):12-19.  
 LI Chun-guang. Discussion about secondary hydrocarbon accumulation in Dongying sag [J]. Multiple Oil-Gas Field, 1997(4): 12-19.  
 [9] 张善文,王永诗,石砥石,等.网毯式油气成藏体系——以济阳凹陷上第三系为例[J].石油勘探与开发,2003,30(1):1-9.  
 ZHANG Shan-wen, WANG Yong-shi, SHI Di-shi, et al. Meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system — taking Neogene of Jiyang depression as an example [J].

- Petroleum Exploration and Development, 2003, 30(1): 1-9.
- [10] 姜素华,查明,张善文. 网毯式油气成藏体系的动态平衡研究[J]. 石油大学学报:自然科学版, 2004, 28(4): 16-20.  
JIANG Su-hua, ZHA Ming, ZHANG Shan-wen. Dynamic balance analysis of meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2004, 28(4): 16-20.
- [11] 胡贤根,姜素华,高平. 东营凹陷网毯式成藏体系结构研究[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(4): 478-481.  
HU Xian-gen, JIANG Su-hua, GAO Ping. Structural study of meshwork-and carpet-like oil-gas-reservoir-forming system in Dongying[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2005, 40(4): 478-481.
- [12] 姜素华,张善文,王永诗,等. 网毯式油气成藏体系的仓储层定量评价探讨——以东营凹陷为例[J]. 油气地质与采收率, 2004, 11(3): 22-24.  
JIANG Su-hua, ZHANG Shan-wen, WANG Yong-shi, et al. Discussion of quantitative evaluation on the storage layer in meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system—taking Dongying sag as example[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2004, 11(3): 22-24.
- [13] 姜素华,姜雨,李涛. 用油气运移痕迹的统计结果确定仓储层厚度——以东营凹陷为例[J]. 油气地质与采收率, 2006, 13(1): 66-68.  
JIANG Su-hua, JIANG Yu, LI Tao. Estimating storage-layer thickness according to migrating trace study of hydrocarbon—taking Dongying depression as an example[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2006, 13(1): 66-68.
- [14] STEVEN Losh. Vertical and lateral fluid flow related to a large growth fault, south Eugene Island Block 330 Field, Offshore Louisiana[J]. AAPG Bulletin, 1999, 83(2): 244-276.
- [15] 华保钦. 构造应力场、地震泵和油气运移[J]. 沉积学报, 1995, 13(2): 78-85.  
HUA Bao-qin. Stress field, seismic pumping and oil-gas migration[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1995, 13(2): 78-85.
- [16] 曾溅辉,金之钧. 油气二次运移和聚集物理模拟[M]. 北京:石油工业出版社, 2000: 72-80.

(编辑 陈淑娟)

(上接第11页)

孔低渗型, II, 亚类储层为低孔低渗型, III 和 IV 类储层为特低孔特低渗型。

## 参考文献:

- [1] 蔡雄飞,王德辉,章泽军. 陆相残余盆地的主要类型、特点及研究方法[J]. 世界地质, 2004, 23(3): 222-226.  
CAI Xiong-fei, WANG De-hui, ZHANG Ze-jun. Types, features and studying method of continental relict basins[J]. Global Geology, 2004, 23(3): 222-226.
- [2] 王连进,叶加仁. 残余盆地特征及研究方法[J]. 天然气地球科学, 2000, 11(3): 8-12.  
WANG Lian-jin, YE Jia-ren. Characteristics and studying method of relict basins[J]. Natural Gas Geoscience, 2000, 11(3): 8-12.
- [3] 吴智平,李伟,任拥军,等. 济阳拗陷中生代盆地演化及其与新生代盆地叠合关系探讨[J]. 地质学报, 2003, 77(2): 280-286.  
WU Zhi-ping, LI Wei, Ren Yong-jun, et al. Basin evolution in the Mesozoic and Superposition of cenozoic basin in the area of the Jiyang depression[J]. Acta Geologica Sinica, 2003, 77(2): 280-286.
- [4] 陈纯芳,赵澄林,李会军. 板桥和歧北凹陷沙河街组深层碎屑岩储层物性特征及其影响因素[J]. 石油大学学报:自然科学版, 2002, 26(1): 4-7.  
CHEN Chun-fang, ZHAO Cheng-lin, LI Hui-jun. Physical properties of reservoir and influencing factors of deep burial clastic rocks in Banqiao-Qibei sag[J]. Journal of the University of Petroleum, China (Edition of Natural Science), 2002, 26(1): 4-7.
- [5] 李伟,吴智平,周瑶琪. 济阳拗陷中生代地层剥蚀厚度、原始厚度恢复及原型盆地研究[J]. 地质论评, 2005, 51(5): 507-516.  
LI Wei, WU Zhi-ping, ZHOU Yao-qi. Reconstruction of the Mesozoic strata and Mesozoic proto-type basin in the Jiyang depression[J]. Geological Review, 2005, 51(5): 507-516.
- [6] 吴孔友,查明,柳广弟. 准噶尔盆地二叠系不整合面及其油气运聚特征[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 53-57.  
WU Kong-you, ZHA Ming, LIU Guang-di. The unconformity surface in the Permian of Junggar Basin and the characters of oil-gas migration and accumulation[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(2): 53-57.
- [7] 应凤祥,王衍奇,王克玉,等. 中国油气储层研究图集(卷一):碎屑岩[M]. 北京:石油工业出版社, 1994: 38.

(编辑 刘艳荣)