

# 济阳拗陷油藏类型及属性分布有序性

郝雪峰,尹丽娟,林 璐

(中国石化胜利油田分公司 勘探开发研究院,山东 东营 257015)

**摘要:**中国东部古近系断陷盆地构造、沉积充填的连续性特征,控制了其圈闭类型、输导体系、成藏动力结构的连续性特征,形成了盆地内油藏连续分布、类型有序、纵向叠置、横向毗邻和复式富集的油气成藏模式。对济阳拗陷不同层次地质单元油藏分布序列进行分析,各凹陷、二级层序、大规模沉积体系内部油藏类型均呈现岩性油藏—构造油藏—地层油藏的有序分布特征。在宏观成藏地质要素及油藏类型分布表现出有序性的同时,含油饱和度、排驱压力、中值压力等油藏微观属性也表现出有序变化的特征,表现了与宏观地质规律的成因对应性。另外,盆地不同层次地质单元油藏分布序列也存在差异性,主要体现在某一类型油藏的缺失或各类型油藏在资源配比上的不均衡性。

**关键词:**成藏要素 油藏类型 油藏属性 有序分布 济阳拗陷

中图分类号:TE112.31

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2016)01-0008-06

## Ordered distribution of reservoir type and its attributes in Jiyang depression

Hao Xuefeng, Yin Lijuan, Lin Lu

(Research Institute of Exploration and Development, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City,  
Shandong Province, 257015, China)

**Abstract:** The structural evolution in Paleogene continental rift basin of east China and the successive sedimentary filling pattern control the trap type, the carrier system and the dynamic continuity of reservoiring, resulting in continuous reservoir distribution, ordered reservoir type and complicated hydrocarbon accumulation model characterized by vertical superposition and lateral adjacency. Through the analysis of reservoir distribution sequence of different levels of geologic unit, reservoir types in sags, second-order sequences and large-scale sedimentary systems usually distributed in an order as follows: lithologic reservoir—structural reservoir—stratigraphic reservoir. Corresponding to the macroscopic geological elements of reservoir-forming and the ordered reservoir types, the microscopic reservoir attributes, including oil-bearing saturability, displacement pressure and median pressure, show ordered-changing patterns accordingly. On the other hand, differences exist in reservoir distribution sequence for different levels of geologic unit of the basin, mainly include the absence of some kind of reservoir type and the unbalanced resources proportioning between different reservoir types.

**Key words:** reservoir-forming factors; reservoir types; reservoir attributes; ordered distribution; Jiyang depression

济阳拗陷在古近纪多期构造演化过程中,总体具有盆地结构完整、沉积充填样式丰富且油气运聚过程多期连续的特征<sup>[1-3]</sup>。从盆地地质要素的演化和分布看,构造活动造成盆地沉降沉积中心、物源体系、盆内古坡折地貌、沉积作用方式和沉积类型

发育有序变化,进而断陷盆地构造、沉积充填的连续性特征控制了成藏要素(如圈闭类型、输导体系类型)的有序性分布特征,最终决定了盆地不同类型油藏的分布规律。前人对济阳拗陷油藏的分布特征进行了总结和预测,如东营凹陷不同类型油藏

收稿日期:2015-11-03。

作者简介:郝雪峰(1971—),男,山东东营人,教授级高级工程师,博士,从事石油地质综合研究。联系电话:(0546)8715822, E-mail: sldzyxfhao@163.com。

基金项目:国家科技重大专项“渤海湾盆地精细勘探关键技术”(2011ZX05006-003)。

的“环带状”分布<sup>[4-5]</sup>、沾化凹陷受宏观构造格局控制的“网格状”油藏组合<sup>[6]</sup>等。随着勘探实践及研究的深入,对油藏预测精度的要求越来越高。开展油藏分布序列研究,不仅能深化现有油气成藏理论认识,而且能够实现对油藏的预测从可能性向必然性的转变,从而有效指导勘探实践。为此,笔者从成藏要素分布特征分析入手,综合考虑影响油藏分布的静态要素特征及其动态成藏过程,将要素、过程和表现形式作为一个系统来研究,进而明确不同地质单元油藏分布序列。

## 1 成藏要素分布有序性

### 1.1 储层类型

不同类型储层的发育和分布是控制断陷盆地油藏分布的一个重要因素,而碎屑岩储层在断陷盆地油藏中占主要地位。陆相断陷盆地沉积体系平面组合分布样式呈现有序展布的特征,表现为从盆地边缘向中心依次形成冲积扇发育环、席状砂—砂坝—河流相发育环、低位扇发育环和砂岩透镜体发育区<sup>[7-8]</sup>。

以济阳坳陷东营凹陷为例,在一个二级层序内,横向上从盆地边缘到洼陷中心典型沉积体系类型依次为:冲积扇体系—河流体系—三角洲平原体系—三角洲前缘体系—前三角洲滑塌体系—深水浊积体系。在纵向上,陆相断陷盆地典型二级层序内部或盆地整个断—拗层序地层沉积格架内,沉积体系类型变化由浅到深基本上也是同样顺序,符合Walther相律。

统计结果(图1)表明,东营凹陷不同沉积体系发育的油藏类型差异性明显,深水浊积体系和前三角洲滑塌体系中主要发育岩性油藏,三角洲前缘体系中主要发育构造-岩性和构造油藏,三角洲平原体系中主要发育构造油藏,河流体系中主要发育构

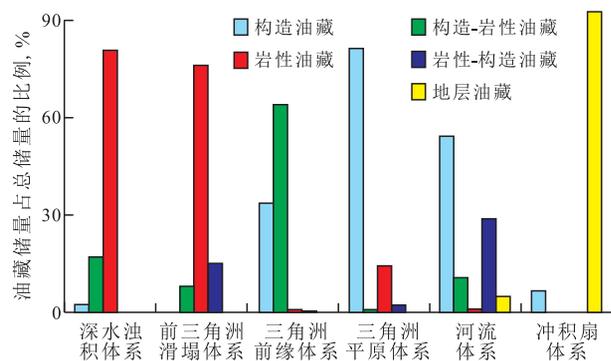


图1 东营凹陷沉积体系类型有序性与油藏类型序列

Fig.1 Distribution sequence of sedimentary types and reservoir types in Dongying sag

造和岩性-构造油藏,冲积扇体系中主要发育地层油藏。因此,洼陷中心到盆地边缘沉积体系分布的有序性控制了油藏类型分布序列<sup>[9-10]</sup>。

### 1.2 圈闭类型

圈闭是油藏发育的基本条件,圈闭类型决定了油藏类型,断陷盆地圈闭及其类型空间分布样式主要取决于构造带的发育,因此构造发育样式是控制断陷盆地油藏分布序列的最重要因素。

以东营凹陷为例,平面上,东营凹陷可划分为2个明显的构造环带:一个是以利津、民丰、牛庄洼陷为中心的东营东北部环带,自内向外依次为中央背斜带、洼陷边缘断裂坡折带及断裂伴生构造带(主要为逆牵引背斜和断裂鼻状构造)、凸起边缘的继承性鼻状构造带和潜山披覆构造带<sup>[11]</sup>,围绕洼陷呈现有规律的组合;另一个是以博兴洼陷为中心的环带,同前一环带相比,主要是缺少中央背斜带。

剖面上,构造带控制了圈闭类型:洼陷带发育岩性圈闭;缓坡带由内向外发育滚动背斜或断阶—反向断块—地层圈闭;陡坡带由内向外发育滚动背斜—地层圈闭、断块潜山或砂砾岩体岩性圈闭。因此,从洼陷中心到盆地边缘依次发育岩性圈闭、构造圈闭和地层圈闭,也可以认为,圈闭有序性分布控制了油藏类型分布的有序性。

### 1.3 输导体系类型

输导体系是指连接烃源岩与圈闭的运移通道所组成的输导网络,在一定程度上决定着油气能否在圈闭中聚集成藏及形成油藏的数量,即决定着油气运移方向、聚集成藏位置和油藏类型<sup>[12]</sup>。

断陷盆地不同阶段、不同构造部位发育不同类型的输导体系。济阳坳陷陡坡带以砂体—断裂输导体系中的“T”型输导体系为主,洼陷带以裂隙、砂体型输导体系为主<sup>[13]</sup>,缓坡带以砂体—断裂输导体系中的阶梯型输导体系为主,盆地边缘地层超剥带则以与不整合相关的输导体系为主<sup>[3,14]</sup>。

济阳坳陷的油藏类型与输导体系之间存在密切的成因联系,如断裂输导体系一般控制断块或滚动背斜圈闭,不整合输导体系控制地层型圈闭,裂隙—砂体输导体系一般控制岩性类圈闭等。因此,从洼陷中心到盆地边缘,输导体系裂隙—砂体—断裂—不整合的有序分布样式,控制了油藏类型由岩性—构造—地层的有序分布样式。

### 1.4 成藏动力类型

从成藏流体动力学角度,油气的聚集是油气运移过程中的一种特殊情况,利用流体势来描述油气的运移聚集更为方便,流体势反映水动力、浮力和

毛管压力对地下流体运动状态的共同作用,一般情况下包括位能、界面能、压能和动能<sup>[14-15]</sup>,油藏的形成是在多动力作用下进行的低势区控藏过程(图2)。

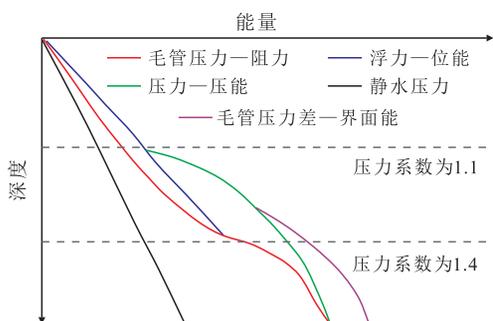


图2 断陷盆地成藏流体动力构成连续性

Fig.2 Reservoir-forming dynamic orderliness of downfaulted basin

盆地不同部位成藏动力主要类型有所不同,从洼陷中心到盆地边缘主要成藏动力类型依次为异常高压—毛管压力—浮力。在流体压力作用下,流体(包括水和油气)沿主要压降方向运移,即由高压区向低压区,压力在输导体系附近得以释放,尤其是断层易成为泄压通道,在适当条件下在断层两侧形成断块油藏;在毛管压力的作用下,高压泥岩中生成的油气由泥岩向孔隙半径增大的砂岩透镜体发育部位(常压区)运移,毛管压力差促使油气向岩性圈闭中运聚,形成岩性油藏;在浮力作用下,流体由高位能区向低位能区运移,也就是由盆地深部向浅部运移,在构造高点处(相对低位能处)聚集成藏,形成构造油藏<sup>[16]</sup>(图3)。

在盆地成藏动力演化方向上,即从盆地深部到浅部、从洼陷中心到盆地边缘,基本具有相同的演化趋势和类型序列,与油藏类型分布具有很好的对应关系,即在很大程度上成藏动力类型的有序性控制了油藏类型分布的有序性。

表1 东营凹陷不同类型油藏属性统计结果

Table1 Statistics of reservoir attributes in Dongying sag

油藏类型	含油饱和度,%		饱和度中值压力/MPa		排驱压力/MPa		压力系数	
	主要区间	平均值	主要区间	平均值	主要区间	平均值	主要区间	平均值
岩性	58~75	64	0.5~5	2.79	0.05~1	0.38	1.3~1.6	1.49
构造	50~70	60	0.1~0.5	0.42	0.01~0.12	0.08	0.9~1.16	1.02
地层	45~65	58	0.03~0.1	0.24	0.005~0.1	0.05	0.9~1	0.99

## 2.2 动阻力特征

排驱压力和饱和度中值压力是毛管压力曲线的2个关键参数,它表征了油藏储层的微观属性。通过对东营凹陷王家岗油田到胜坨油田不同区带、不同类型油藏的分析可知,在岩性油藏—构造油藏—地层油藏的油藏序列中,代表储层自身动力学属

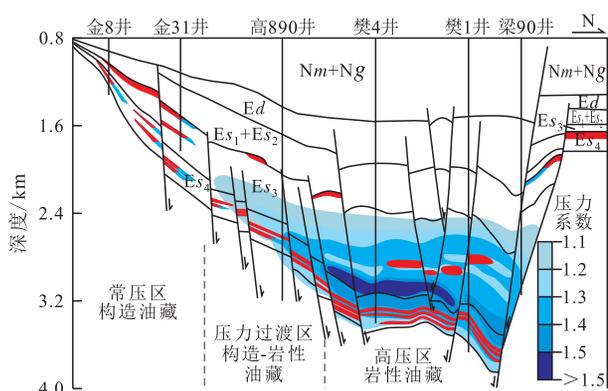


图3 东营凹陷南北向油藏剖面

Fig.3 Reservoir section of NS in Dongying sag

## 2 油藏属性分布有序性

油藏宏观属性包括油藏类型、油柱高度、油藏压力、油气比和温度等,微观属性包括含油饱和度和储层物性特征(排驱压力和饱和度中值压力)等。不同油藏属性的量化特征可以准确地反映油藏成藏动力的类型和定量关系,如果成藏要素的有序性控制了油藏类型及其分布的有序性是宏观规律,那么不同类型油藏属性的有序性变化则反映了其内在的微观动力学机理<sup>[17]</sup>。

### 2.1 油藏饱和度

油藏原始含油饱和度是油气充注的最终表现形式,前人研究认为,油水分布是驱动力和毛管压力平衡的结果,所以地下油、水饱和度受毛管压力、压力和浮力等因素的控制<sup>[18]</sup>。控制油藏原始含油饱和度的主要因素是油柱高度、储层物性、孔隙结构和流体性质等。对东营凹陷不同类型油藏含油饱和度统计结果(表1)表明,从岩性油藏—构造油藏—地层油藏含油饱和度呈现减小趋势,呈现有序变化特征,与油藏类型序列演化一致。

性的排驱压力、饱和度中值压力均呈减小趋势(表1),这表明储层动力学性质向较好的方向转变,这是由沉积类型和埋深等地质因素所决定的;另一方面,反映流体动力学环境属性的压力系数和含油饱和度呈减小趋势,这表明流体动力学环境有变好的趋势,这主要受生烃、高压幕式运移等地质作用的

影响<sup>[19-21]</sup>。总体看来,微观上的这种有序性特征在宏观地质要素上有较好的成因对应性。

油藏属性反映成藏要素综合作用的结果,从表1可以看出,不同类型油藏属性值呈现区间连续、均值有序的特点。

### 3 不同地质单元油藏分布有序性

盆地构造、沉积充填的连续性特征,控制了圈闭类型、输导体系、动力结构的连续性特征,形成了油藏连续分布、岩性—构造—地层油藏类型有序演化、空间上纵向叠置、横向毗邻且复式富集的油气成藏特征。断陷盆地油藏的有序性分布表现为:平面上油藏类型分布具有环带状特征,剖面上从洼陷

中心到盆地边缘依次发育岩性油藏—构造油藏—地层油藏,不同类型中间往往有过渡类型存在,但在不同地区、不同地质单元油藏分布序列存在差异。真正的规律与地质体的类型、尺度无关,可以在不同的级别发挥作用,笔者以不同凹陷、二级层序、大型沉积体系为例说明有序性规律的普遍性。

#### 3.1 凹陷

东营凹陷是一个形态完整、发育完善的大型箕状断陷,正向构造带、各类储集体发育。主要发育4个生油洼陷,从每一个洼陷中心向外,依次发育岩性油藏—构造—岩性油藏—岩性—构造油藏—构造油藏—地层油藏,油藏分布序列完整。

以牛庄洼陷为例,在南北向油藏剖面上(图4),从凸起边缘—洼陷中心—中央隆起依次发育地层

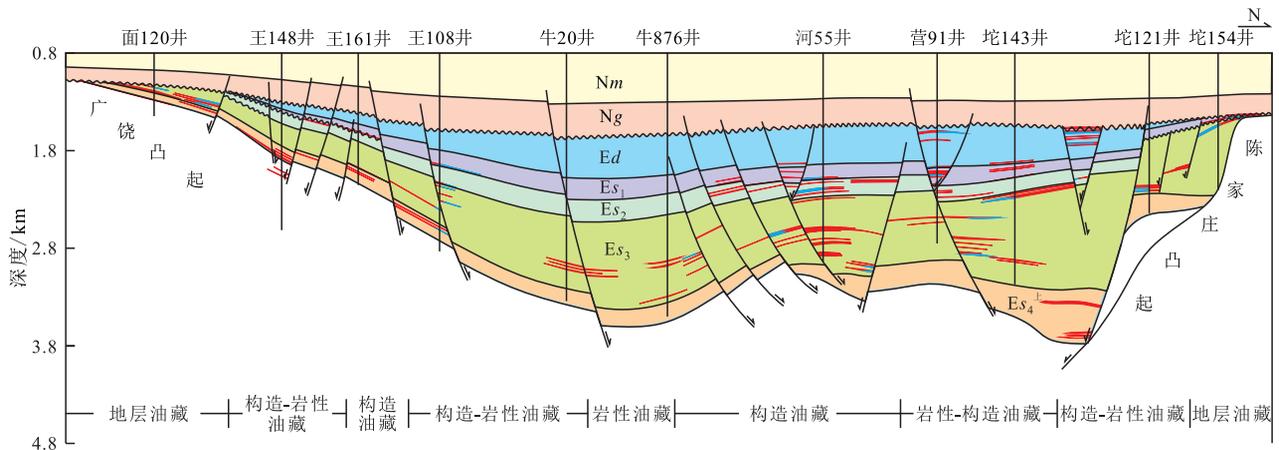


图4 东营凹陷油藏分布序列

Fig.4 Reservoir distribution sequence in Dongying sag

油藏—构造—岩性油藏—构造油藏—构造—岩性油藏—岩性油藏—构造油藏,这种侧向上的变化序列,在纵向上往往也发育。在东营凹陷油藏分布序列中,以构造油藏为主,其次是构造—岩性油藏、地层油藏和岩性油藏,这种不同类型油藏所占盆地资源比例,是盆地成藏要素匹配关系的量化体现。

相对东营凹陷,沾化凹陷构造形态比较破碎,但凹陷主体,以渤南洼陷为中心,在陈家庄凸起—罗家缓坡—渤南洼陷—埕东凸起南北向剖面上,依次发育地层油藏—构造油藏—构造—岩性油藏—岩性油藏—构造—岩性油藏—构造油藏,仍然体现了有序分布规律。在沾化凹陷的油藏分布序列中,以构造油藏为主,其次是构造—岩性油藏和岩性油藏。

在不同盆地油藏类型分布有序性统一规律中,所表现出的主力油藏类型差异特征,一方面是不同的凹陷地质条件差异性的体现,另一方面也指示了油

气勘探方向。

#### 3.2 二级层序

综合层序地层特征和沉积充填特征,将济阳坳陷古近系—新近系划分为孔店组—沙四段下亚段( $E_k—E_{s4}^{\text{下}}$ )、沙四段上亚段—沙二段下亚段( $E_{s4}^{\text{上}}—E_{s2}^{\text{下}}$ )、沙二段上亚段—东营组( $E_{s2}^{\text{上}}—E_d$ )和馆陶组—明化镇组( $N_g—N_m$ )4个二级层序来分析油藏分布序列。

以东营凹陷为例, $E_k—E_{s4}^{\text{下}}$ 二级层序内已发现油藏相对较少,主要发育地层油藏、构造油藏和构造—岩性油藏,油藏分布序列相对不完整; $E_{s4}^{\text{上}}—E_{s2}^{\text{下}}$ 二级层序内油藏富集,已探明石油地质储量大部分集中在该二级层序中,主要发育地层油藏、构造油藏、构造—岩性油藏和岩性油藏,油藏分布序列较完整; $E_{s2}^{\text{上}}—E_d$ 二级层序内主要发育构造油藏和地层油藏,油藏序列相对不完整; $N_g—N_m$ 二级层序

内以构造油藏、构造-岩性油藏和地层油藏为主,油藏分布序列不完整(图5)。

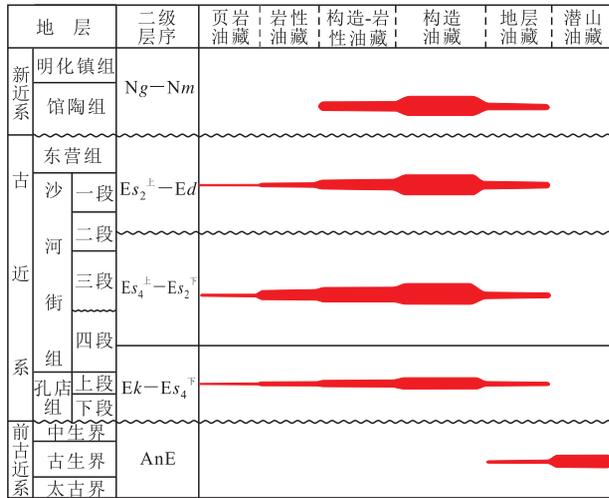


图5 东营凹陷二级层序油藏类型有序分布

Fig.5 Ordered distribution of reservoir types in second-order sequence in Dongying sag

二级层序内油藏有序性所表现出的差异,主要反映了不同二级层序与烃源岩空间关系(自源与它源含油气系统)的差异性所导致的结果。

### 3.3 沉积体系

济阳坳陷各凹陷大型沉积体系的发育受构造演化阶段控制,受控于湖盆沉积充填特征,平面分布上跨越不同构造带的沉积体系类型有限。大型沉积体系主要有河流、滩坝和三角洲等,以三角洲沉积体系为例对油藏分布样式进行分析。济阳坳陷不同类型三角洲沉积体系,均以三角洲平原亚相分流河道砂体、三角洲前缘亚相河口坝砂体储集物性最好,油藏类型均以构造油藏和构造-岩性油藏为主,而前三角洲滑塌浊积砂体主要发育岩性油藏,三角洲沉积体系的油藏分布序列为岩性油藏—构造-岩性油藏—构造油藏(图6),有序分布特征明显。东营凹陷沙四段上亚段滩坝砂体油藏类型也

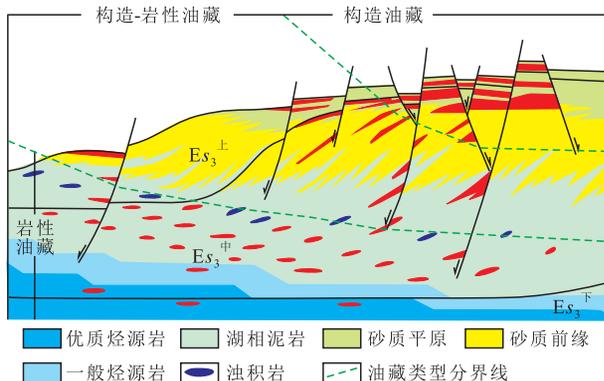


图6 济阳坳陷三角洲沉积体系油藏分布序列模式

Fig.6 Model for reservoir distribution sequence of deltaic depositional system in Jiyang depression

具有类似的有序分布特征。

## 4 结论

断陷盆地油藏类型平面分布常具有环带状特征,剖面上从洼陷中心到盆地边缘依次发育岩性油藏—构造油藏—地层油藏,不同类型中间常有过渡类型存在。总体上形成了油藏连续分布、类型有序、纵向叠置、横向毗邻、复式富集的油气成藏特征。

断陷盆地从洼陷中心到盆地边缘,在岩性—构造—地层的油藏类型序列中,代表油藏动力学属性的储层排驱压力、饱和度中值压力呈减小趋势,而反映流体动力学环境属性的油藏压力、含油饱和度等也呈现有序减小特征,反映微观尺度油藏属性的有序性特征在宏观成藏要素上具有较好的成因对应性。

济阳坳陷不同级别地质单元,凹陷、二级层序、大规模沉积体系内部油藏类型分布均呈有序演化特征,从洼陷中心到盆地边缘依次为:超压区受异常高压控制的岩性油藏,油气充满度高;过渡区受排驱压力差和浮力共同控制的构造-岩性油藏,油气充满度中等;常压区受浮力控制的构造、地层油藏,油气充满度相对较低。

断陷盆地地质单元油藏分布有序性特征存在普遍性。不同层次地质单元油藏分布有序性特征存在相似性,这是进行油气预测的基础。同一层次地质单元油藏分布有序性特征存在差异性,明确差异性的主控因素是进行预测的关键。

### 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.  
Wang Binghai, Qian Kai. Geological study and exploration practice in Shengli oilfield [M]. Dongying: The University of Petroleum Press, 1992.

[2] 路慎强,陈冠军,吴孔友,等.渤海湾盆地东营凹陷中央背斜带构造特征和演化机理[J].石油实验地质,2013,35(3):274-279.  
Lu Shengqiang, Chen Guanjun, Wu Kongyou, et al. Tectonic feature and evolution mechanism of central anticline belt of Dongying Sag, Bohai Bay Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2013, 35(3): 274-279.

[3] 王永诗,郝雪峰.断陷盆地油气成藏作用面及其石油地质意义——以济阳坳陷东营凹陷为例[J].油气地质与采收率,2013,20(1):1-5.  
Wang Yongshi, Hao Xuefeng. A brief analysis on reservoir-forming acting surface and its petroleum geological significance—case

- of Dongying sag, Jiyang depression[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2013, 20(1): 1-5
- [4] 刘兴材, 钱凯, 吴世祥. 东营凹陷油气场环对应分布论[J]. *石油与天然气地质*, 1996, 17(3): 185-189.
- Liu Xingcai, Qian Kai, Wu Shixiang. Theory of corresponding distribution of fields and oil-gas girdles in Dongying Depression[J]. *Oil & Gas Geology*, 1996, 17(3): 185-189.
- [5] 李丕龙. 富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向[J]. *石油实验地质*, 2001, 23(2): 146-148.
- Li Pilong. Zonary distribution of hydrocarbon in oil enriched rifted basins and exploration direction in the Huimin sag[J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2001, 23(2): 146-148.
- [6] 黄超. 济阳坳陷断层聚集带划分及断块油藏分布规律[J]. *特种油气藏*, 2013, 20(6): 59-62.
- Huang Chao. Division of fault gathering zone and distribution of fault block reservoirs in Jiyang depression[J]. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2013, 20(6): 59-62.
- [7] 冯有良. 东营凹陷下第三系层序地层格架及盆地充填模式[J]. *地球科学*, 1999, 24(6): 635-642.
- Feng Youliang. Lower Tertiary sequence stratigraphic framework and basin filling model in Dongying depression[J]. *Earth Science*, 1999, 24(6): 635-642.
- [8] 宋国奇, 王永诗, 程付启, 等. 济阳坳陷古近系二级层序界面厘定及其石油地质意义[J]. *油气地质与采收率*, 2014, 21(5): 1-7.
- Song Guoqi, Wang Yongshi, Cheng Fuqi, et al. Ascertaining secondary-order sequence of Palaeogene in Jiyang depression and its petroleum geological significance[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2014, 21(5): 1-7.
- [9] 郝雪峰. 陆相断陷盆地沉积相律与油藏类型序列类比分析[J]. *油气地质与采收率*, 2006, 13(5): 1-4.
- Hao Xuefeng. Analogy of the sedimentary facies rule & pool type succession in continental rifted basin[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2006, 13(5): 1-4.
- [10] 刘雅利, 王永诗, 郝雪峰, 等. 渤南洼陷油气分布有序性探讨[J]. *油气地质与采收率*, 2014, 21(4): 10-15.
- Liu Yali, Wang Yongshi, Hao Xuefeng, et al. A discussion on the continuance of hydrocarbon distribution in Bonan sag[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2014, 21(4): 10-15.
- [11] 李春光. 东营盆地油、气藏分布规律与成因探讨[J]. *石油勘探与开发*, 1991, 18(2): 19-24.
- Li Chunguang. A discussion on the formation and the distribution of oil and gas pool in Dongying basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 1991, 18(2): 19-24.
- [12] 郝雪峰, 陈汉林, 杨树锋, 等. 东营凹陷梁家楼油田有效输导体系研究[J]. *高校地质学报*, 2005, 11(1): 118-125.
- Hao Xuefeng, Chen Hanlin, Yang Shufeng, et al. Study on effective passage system in Liangjialou oilfield, Dongying depression[J]. *Geological Journal of China Universities*, 2005, 11(1): 118-125.
- [13] 张金功, 王定一, 邸世祥, 等. 异常超压带内开启泥岩裂隙的分布与油气初次运移[J]. *石油与天然气地质*, 1996, 17(1): 27-31.
- Zhang Jingong, Wang Dingyi, Di Shixiang, et al. Distribution of open fractures in abnormal overpressure mudstone and primary migration of hydrocarbon[J]. *Oil & Gas Geology*, 1996, 17(1): 27-31.
- [14] 宁方兴. 济阳坳陷地层油藏成藏机制与差异性[J]. *油气地质与采收率*, 2015, 22(3): 52-56.
- Ning Fangxing. Analysis on the reservoir-forming mechanism and difference of stratigraphic reservoir in Jiyang depression[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2015, 22(3): 52-56.
- [15] 庞雄奇, 李丕龙, 张善文, 等. 陆相断陷盆地相-势耦合控藏作用及其基本模式[J]. *石油与天然气地质*, 2007, 28(5): 641-652.
- Pang Xiongqi, Li Pilong, Zhang Shanwen, et al. Control of facies-potential coupling on hydrocarbon accumulation in continental faulted basins and its basic geological models[J]. *Oil & Gas Geology*, 2007, 28(5): 641-652.
- [16] 王永诗, 庞雄奇, 刘惠民, 等. 低势控藏特征与动力学机制及在油气勘探中的作用[J]. *地球科学——中国地质大学学报*, 2013, 38(1): 165-172.
- Wang Yongshi, Pang Xiongqi, Liu Huimin, et al. Characteristic and dynamics mechanism of low potential controlling on hydrocarbon accumulation[J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2013, 38(1): 165-172.
- [17] 郝雪峰, 尹丽娟. 油藏类型与属性的动力学涵义[J]. *油气地质与采收率*, 2013, 20(2): 1-4.
- Hao Xuefeng, Yin Lijuan. Discussion on dynamic implications of oil reservoir type and property[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2013, 20(2): 1-4.
- [18] 王允诚, 向阳, 邓礼正, 等. 油层物理学[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2006.
- Wang Yuncheng, Xiang Yang, Deng Lizheng, et al. *Reservoir physics* [M]. Chengdu: Sichuan Science & Technology Press, 2006.
- [19] 程付启, 王永诗, 宋国奇, 等. 断陷盆地压力系统及其成藏特征——以沾化凹陷孤南洼陷古近系为例[J]. *油气地质与采收率*, 2015, 22(1): 20-25.
- Cheng Fuqi, Wang Yongshi, Song Guoqi, et al. Pressure systems and their hydrocarbon accumulation characteristics in faulted basins: a case study of the Palaeogene in Gunan subsag of Zhanhua sag[J]. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2015, 22(1): 20-25.
- [20] 郝芳. 超压盆地生烃作用动力学与油气成藏机理[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- Hao Fang. Kinetics of hydrocarbon generation and mechanisms of petroleum accumulation in overpressured basins[M]. Beijing: Science Press, 2005.
- [21] 郝芳, 邹华耀, 杨旭升, 等. 油气幕式成藏及其驱动机制和识别标志[J]. *地质科学*, 2003, 38(3): 413-424.
- Hao Fang, Zou Huayao, Yang Xusheng, et al. Episodic petroleum accumulation, its driving mechanisms and distinguishing markers[J]. *Chinese Journal of Geology*, 2003, 38(3): 413-424.