文章编号:1673-5005(2019)05-0034-10

doi:10.3969/j.issn.1673-5005.2019.05.004

# 富油凹陷油气分布不均一性及主控因素

蒋有录1,苏圣民1,信凤龙1,谈玉明2,刘景东1

(1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院;山东青岛 266580; 2. 中国石化中原油田分公司,河南濮阳 457001)

摘要:以渤海湾盆地东濮凹陷和东营凹陷为例,对富油凹陷油气分布不均一性及主控因素进行研究。结果表明:富 油凹陷油气分布在平面上和纵向上具有较强的不均一性,东濮凹陷具有"北富南贫、纵向分布层系高度集中"的特 征,90%以上的已探明油气分布于凹陷北部,纵向上主要富集于古近系沙河街组,以沙三段和沙二段为主力层系,沙 一段以上未发现规模储量,而东营凹陷总体上具有"北富南贫、纵向富集层系多"的特征,沙河街组、东营组及新近系 均发现了规模储量。多种因素控制了富油凹陷不同地区及层系的油气分布差异:烃源条件的优劣从根本上控制了 富油凹陷不同地区的油气富集程度差异,东濮、东营凹陷北部地区的生烃条件远好于南部是造成两个凹陷油气分布 总体呈现"北富南贫"的根本原因;源岩与盖层及断层的配置关系控制了纵向油气富集层段,东濮凹陷沙河街组多套 盐膏岩盖层有效地限制了油气垂向运移,尤其是沙一段盐膏岩盖层对下伏层系油气的聚集起到了重要的封盖作用, 而东营凹陷缺乏沙一段盐膏岩盖层且晚期断层较发育,油气纵向多层系富集;成藏期构造背景和输导体系控制了油 气运移主要指向,有利储集砂体与构造脊的叠合控制了油气富集区。

关键词:东濮凹陷;油气分布;生烃条件;盐膏岩盖层;主控因素

中图分类号:TE 122.3 文献标志码:A

**引用格式:**蒋有录,苏圣民,信凤龙,等.富油凹陷油气分布不均一性及主控因素[J].中国石油大学学报(自然科学版),2019,43(5):34-43.

JIANG Youlu, SU Shengmin, XIN Fenglong, et al. Heterogeneity of hydrocarbon distribution and its main controlling factors in oil-rich depression [J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2019, 43(5):34-43.

# Heterogeneity of hydrocarbon distribution and its main controlling factors in oil-rich depression

JIANG Youlu<sup>1</sup>, SU Shengmin<sup>1</sup>, XIN Fenglong<sup>1</sup>, TAN Yuming<sup>2</sup>, LIU Jingdong<sup>1</sup>

School of Geosciences in China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, China;
 Zhongyuan Oil Company, SINOPEC, Puyang 457001, China)

**Abstract**: Taking the Dongpu depression and Dongying depression in the Bohai Bay Basin as an example, the heterogeneity in hydrocarbon distribution and its main controlling factors in oil-rich depression were systematically analyzed. The results show that the hydrocarbon distribution of oil-rich depressions is spatially highly heterogeneous. The distribution of hydrocarbon in the Dongpu depression is characterized by rich in the north and poor in the south and enrichment in layered concentration. More than 90% of the proven hydrocarbons are distributed in the northern part of the depression. Hydrocarbons are mainly concentrated vertically in the Shahejie Formation of the Paleogene, especially in the Es<sub>3</sub> and Es<sub>2</sub>, and no scale reserves are found above Es<sub>1</sub>. Similarly, the distribution of hydrocarbon in the Dongying depression is characterized by rich in the north and poor in the south and multi-layered enrichment. The Shahejie, Dongying Formations and the Neogene all have found large-scale reserves. Multiple factors control the distribution of hydrocarbon in different regions and layers of the depression. The hydrocarbon generation condition in the northern part are much better than that in the southern part of the Dongpu and Dongying depressions, which fundamentally controls the enrichment characteristics of " rich in the north and poor in the

收稿日期:2019-05-20

基金项目:"十三五"国家科技重大专项课题(2016ZX05006-003)

作者简介:蒋有录(1959-),男,教授,博士,博士生导师,研究方向为油气藏形成与分布规律。E-mail:jiangyl@upc.edu.en。

south" in those areas. Configuration of source rocks, caprocks and faults controls the vertical hydrocarbon enrichment. Multsets of gym-salt of the Dongpu depression effectively control the vertical migration of the fluid and thus result in the vertical enrichment of layered hydrocarbon. Especially the gym-salt cover of  $Es_1$  has an important sealing effect on the accumulation of hydrocarbon in the underlying layers, and the lack of gym-salt caprocks and later faults activity of the Dongying depression controls the hydrocarbon multilayer enrichment. The main direction of hydrocarbon migration is controlled by the tectonic setting and the transport system during the hydrocarbon charging periods, and the combination of favorable reservoir sandbodies and structural ridges control the hydrocarbon enrichment area.

Keywords: Dongpu depression; hydrocarbon distribution; hydrocarbon generation conditions; gypsum-salt rock; main controlling factors

同一盆地或同一含油气凹陷内部,油气的分布 在平面上和纵向上都具有一定的不均一性[1-2]。这 种不均一性具有层次性,不同尺度含油气地质单元 的油气分布不均一性特征及主控因素不同[14]。含 油气凹陷尺度的油气分布不均一性主要受生烃中 心、输导体系、封盖层、成藏期构造背景等多因素控 制,油气田一般分布在有效生烃区之内或其邻近地 区,输导体系和成藏期构造背景往往控制油气运移 聚集<sup>[1,3,5]</sup>。东濮凹陷和东营凹陷是渤海湾盆地典 型的富油凹陷,不同地区和不同层段的油气分布不 均一性显著,与渤海湾盆地其他凹陷明显不同的是, 两个凹陷南北两区的油气富集程度差异较大,且纵 向上油气富集层系也存在一定差异,东濮凹陷纵向 上油气富集层系高度集中,而东营凹陷纵向上油气 多层系富集。前人对东濮凹陷和东营凹陷油气成藏 条件与分布规律进行了大量研究[6-7],但对两个凹陷 南北两区的油气分布和纵向富集层系的悬殊差异以 及造成这种差异的主控因素的研究尚不够深入。笔 者以大量统计资料为基础,综合分析东濮、东营凹陷 不同地区和不同层系油气富集不均一性及其主控因 素,以期为该区及类似凹陷的油气勘探提供理论依 据。

### 1 地质背景

东濮凹陷位于渤海湾盆地西南部临清坳陷,呈 NNE 走向,北窄南宽,面积约5300 km<sup>2</sup>,是一个早期 呈东断西超、晚期双断式的箕状凹陷<sup>[8]</sup>。东濮凹陷 在北北东断裂的控制下,具有"南北分区、东西分 带"的构造特征。白庙-桥口-高平集为界以北为北 部地区,由东至西可划分为兰聊断裂陡坡带、前梨园 洼陷带、中央隆起带、海通集洼陷带和西部胡庆斜坡 带。白庙-桥口-高平集为界以南为南部地区(包括 白庙地区),主要发育东部的葛岗集洼陷和西部的 孟岗集洼陷,由于黄河、马厂和三春集断层对构造发 育的控制作用,又可划分出桥口-徐集构造带、唐庄

#### -马厂构造带和三春集-爪营构造带(图1)。

东营凹陷位于渤海湾盆地东南部济阳坳陷,为 近似等轴的"开阔型"凹陷,面积约5700 km<sup>2</sup>,为"北 断南超、北陡南缓"的箕状断陷盆地,可划分为北部 陡坡带、洼陷带、中央隆起带和南部缓坡带等构造单 元<sup>[9]</sup>。东营凹陷北部地区主要包括中央隆起带及 其以北的地区,由东向西可划分为民丰洼陷、中央隆 起带、利津洼陷和北部陡坡带。南部地区为中央隆 起带南部地区,主要包括牛庄洼陷、博兴洼陷和南部 缓坡带。

两个凹陷古近系-新近系自下而上发育孔店组 (Ek)、沙河街组四段(Es<sub>4</sub>)、三段(Es<sub>3</sub>)、二段(Es<sub>2</sub>)、 一段(Es<sub>1</sub>)、东营组(Ed)、馆陶组(Ng)和明化镇组 (Nm),其中沙三段、沙四段为主力烃源层系,最厚 可达3000 m。与东营凹陷等其他渤海湾盆地富油 凹陷不同的是,东濮凹陷古近系沙河街组发育湖泊 相含盐碎屑岩沉积体系,在北部地区形成多套盐膏 岩,盖层条件优越,发育多套生储盖组合<sup>[10]</sup>。

# 2 油气分布不均一性

东濮、东营凹陷不同地区和不同层系的油气分 布不均一性明显。平面上,两个凹陷南北两区的油 气探明储量相差较大(图2),东濮凹陷石油储量 94%和天然气储量93%富集于凹陷北部地区<sup>[11]</sup>,北 部和南部的石油、天然气储量丰度分别相差20倍和 17倍,东营凹陷北部地区油气探明储量占总探明储 量65%以上,呈现出明显的"北富南贫"分布格 局<sup>[9]</sup>。同时,东濮凹陷北部不同构造带的油气分布 不均一性明显,已探明油气主要分布于中央隆起带 和西部斜坡带,且中央隆起带的油气富集程度远高 于西部斜坡带,其中石油主要分布于文留、濮卫以及 胡状集地区,占石油探明总量的89%,天然气主要 分布于文留、濮城以及白庙地区,占凹陷内天然气探 明总量的82%。东营凹陷油气主要富集于凹陷北 部的中央隆起带和北部陡坡带,分别占石油探明总 量的20%和39%<sup>[9]</sup>。



图1 东濮凹陷构造单元划分及油气分布



纵向上,与东营凹陷等渤海湾盆地其他典型富 油凹陷相比,东濮凹陷含油气层段高度集中,油气主 要富集于沙河街组各段,尤其集中于沙二段和沙三 段,占探明储量 85% 以上,东营组及新近系未发现



规模储量,而东营凹陷沙河街组各段、东营组及新近 系均发现了规模储量,其中东营组和新近系探明储 量占13%以上<sup>[9]</sup>,与东濮凹陷油气纵向分布层段高 度集中的特征具有显著差异(图2和图3)。



图 2 东濮凹陷北部地区与南部地区不同层段探明油气储量

Fig. 2 Proven hydrocarbon reserves in the north and south of Dongpu depression

东濮凹陷沙河街组各层段油气富集程度及平面

分布差异显著。在已探明石油和天然气储量中,沙四

段分别占 2.8% 和 17.9%,石油主要分布于卫城、马 厂以及三春集地区,天然气主要分布于文留及卫城地 区;沙三段分别占 56.3% 和 51.9%,石油主要分布于 中央隆起带的文留、濮城、卫城、胡状集及马厂地区, 天然气主要分布于文留、濮城、卫城、刘庄、桥口及白 庙地区;沙二段分别占 36.8% 和 29.1%,油气主要分 布于文留和濮城地区;沙一段分别占 3.9% 和 1.1%, 油气主要分布于濮城地区。可见,90% 以上的石油和 80% 以上的天然气富集于沙三、沙二段,沙一段不超 过 4%,油气富集层段高度集中(图 2 和图 3)。



图 3 东濮凹陷与东营凹陷主要层系油气分布对比

Fig. 3 Distribution of oil and gas in main petroliferous layers of Dongpu depression and Dongying depression

# 3 油气分布不均一性的主控因素

#### 3.1 生烃条件差异控制"北富南贫"油气分布格局

东濮凹陷古近系主要发育前梨园、海通集、葛岗 集、孟岗集4个生烃洼陷,以沙三中、下亚段暗色泥 岩为主力烃源岩系<sup>[12]</sup>,东营凹陷主要发育利津、牛 庄、博兴和民丰4个生烃洼陷,沙四上和沙三下亚段 为主力烃源岩系<sup>[13]</sup>。

从东濮凹陷南北两个地区的烃源岩有机质丰度 和干酪根类型(图4)来看,北部地区的前梨园洼陷 和海通集洼陷烃源岩有机碳含量(TOC)平均值分别 为1.45%和0.9%,氯仿沥青"A"含量平均值分别 为0.164%和0.181%,生烃潜量平均值分别为3.7 和6.44 mg/g,干酪根类型均以 II<sub>2</sub>和 II<sub>1</sub>型为主,为 好—优质烃源岩。南部地区的孟岗集洼陷和葛岗集 洼陷烃源岩有机碳含量平均值分别为 0.26%、 0.28%,氯仿沥青"A"含量平均值分别为 0.025%、 0.029%,生烃潜量平均值分别为 0.32、0.35 mg/g, 有机质类型均以 II<sub>2</sub>型和 III型为主,为差—中等烃 源岩。东营凹陷南北烃源岩具有相似的差异性,以 利津和博兴洼陷为例,凹陷北部地区的利津洼陷烃 源岩 TOC 平均值为 3.72%,干酪根类型均以 I型为 主,为优质烃源岩,南部的博兴洼陷烃源岩 TOC 平 均值为 2.37%,干酪根类型以 I型和 II 型为主,为 好—优质烃源岩。烃源岩的有机质丰度和类型决定 了生烃潜力,东濮、东营凹陷的北部地区烃源岩质量

#### 优于南部地区,具有更高的生烃潜力,为生成大量油

气提供了物质基础。







根据实测烃源岩镜质体反射率及热演化史模拟 结果(图4),东濮凹陷主生烃期为古近纪东营组沉 积后期至抬升初期<sup>[14]</sup>,北部地区前梨园洼陷和海通 集洼陷烃源岩热演化程度高<sup>[13,15]</sup>,沙三段全部进入 生油阶段,其中沙三上亚段进入大量生烃阶段,沙三 中下亚段处于高成熟—过成熟阶段。南部地区的葛 岗集洼陷沙三中亚段进入生油高峰,镜质体反射率 *R*。值在1.3%以内。东营凹陷北部利津洼陷沙四段 和沙三段烃源岩现今全部进入生油阶段,*R*。为 0.7%~1.6%,处于成熟—高成熟阶段,而凹陷南部 博兴洼陷沙四段和沙三段烃源岩*R*。为0.5%~ 1.1%,主体处于生油阶段<sup>[16]</sup>。两个凹陷北部地区 各洼陷热演化程度比南部的高,加上南北两区主力 洼陷烃源岩厚度及质量的差异,造成南北地区生烃 强度差异悬殊(图5)。

东濮凹陷北部地区有效烃源岩分布范围大,在 海通集洼陷,沙三—沙四上总生油强度和生气强度 分别超过150×10<sup>6</sup> t/km<sup>2</sup>、60×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,前梨园洼 陷超过360×10<sup>6</sup> t/km<sup>2</sup>、110×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>;而南部洼 陷有效烃源岩分布范围局限,葛岗集洼陷沙三—沙 四上总生油强度和生气强度最高只有6×10<sup>6</sup> t/km<sup>2</sup>、 15×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,孟岗集洼陷沙三—沙四上总生油强 度和生气强度最高只有4×10<sup>6</sup> t/km<sup>2</sup>、10×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>/ km<sup>2</sup>(图5)。南北两个地区的生油强度相差近40 倍,生气强度相差近10倍。东营凹陷北部利津洼 陷仅沙三段源岩的生烃面积即可达1190 km<sup>2</sup>,生 烃强度最高可达18.4×10<sup>6</sup> t/km<sup>2</sup>,而凹陷南部博兴 洼陷沙三段生烃面积仅为788 km<sup>2</sup>,最大生烃强度 7.0×10<sup>6</sup> t/km<sup>2[13,17]</sup>。可见,东濮、东营凹陷北部地 区烃源岩生烃条件远好于南部地区,生烃条件的 差异从根本上控制了两个凹陷油气"北富南贫"分 布格局。



图 5 东濮凹陷烃源岩生烃强度与油气叠合图

#### Fig. 5 Hydrocarbon generation intensity and hydrocarbon distribution of source rocks in Dongpu depression

# 3.2 源岩与盖层及断层配置关系控制油气纵向富 集层位

东濮凹陷古近系沙河街组为湖泊相含盐碎屑岩 沉积体系,北部地区发育了5套盐膏层,包括沙一段 的 Es<sub>1</sub>盐、沙三上亚段的沙三1盐、沙三中亚段的沙 三2盐和沙三3盐,沙三下亚段的沙三4盐,盐岩分 布广泛,连续性好,以文留、濮城、卫城地区为厚度中 心,累积厚度可达950 m<sup>[11,18]</sup>。根据盐膏岩的分布 面积及对下伏储层中油气汇聚的封盖作用,将东濮 凹陷盐膏岩盖层划分为3个等级。纵向上,Es<sub>1</sub>盐 划分为一级盖层,沙三1~4盐划分为二级盖层,一 级、二级盐岩盖层下局部分布的盐岩划分为三级盖 层(图6)。

Es<sub>1</sub> 盐平面展布面积最大,达773 km<sup>2</sup>,几乎覆盖 了整个东濮凹陷北部地区。主干断层停止活动时间 早,在东营组沉积末期即停止活动<sup>[8]</sup>,断盖配置好(图 6)。一级塑性盐膏岩盖层不易被断层断开,具有良好 的断盖配置关系,其封盖能力强、连续性好,控制了 Es<sub>1</sub> 以下层系中的油气聚集成藏。Es<sub>1</sub> 盐对 Es<sub>2</sub> 油气 的聚集形成了直接的封盖,使 Es<sub>2</sub> 的油气汇聚在濮 城、文留地区,作为间接盖层对 Es<sub>3</sub>—Es<sub>4</sub> 等层系中油 气聚集起到了封盖作用,使东濮凹陷油气集中分布于 沙河街组,尤其是沙三、沙二段。

二级盖层平面展布面积中等,但同样可以作为

区域性盖层,其中沙三4盐岩盖层在户部寨-文留 之间对 Es<sub>4</sub>和 Es<sub>3</sub>下部的油气聚集成藏分别起到了 间接和直接的封盖作用,同样受其封盖作用,在文留 地区形成典型的"文留沙三4盐下气藏—文23 气 田"。沙三3盐主要分布在马寨、卫城、濮城地区, 对沙三3盐和沙三4盐之间地层中的油气聚集起到 了直接的封盖作用,从而在沙三下亚段聚集了丰富 的油气,特别是在濮城地区形成了大面积油气聚集。 沙三2盐从北部卫城地区开始向南到达八公桥地 区,该盐岩盖层对沙三中亚段的油气富集起到了决 定性作用,在其封盖作用下,中央隆起带东侧的濮 城一徐镇一线形成了大面积的油气富集。三级盐岩 盖层展布面积较小,一般作为局部盖层,对单个油气 藏起封盖作用(图6)。

盐膏岩具有极高的排驱压力<sup>[19]</sup>、大面积连续分 布和极强的封盖能力,有效地限制流体的垂向运移, 对各层油气起到了良好的封盖作用,决定了东濮凹 陷油气以侧向运移为主,纵向富集层系集中。Es<sub>1</sub> 盐、沙三段多套盐膏岩与断层配合形成了良好的封 盖条件,使得沙三段、沙四上烃源岩生成的油气主要 在本层系和上部沙二段富集,基本未进入沙一段以 上层系形成规模储量,这与渤海湾其他富油凹陷油 气纵向多层系富集特征具有显著差异。

东营凹陷盐膏岩主要发育在孔一段和沙四段,

共发育孔店组上段、沙四段下部一、二段和沙四段上 部4套盐膏层<sup>[20]</sup>,仅对孔店组和沙四段油气具有较 好的封盖作用。整体上,东营凹陷主要活动断层发 育时间长,活动强度大,断层在东营组—明化镇组沉 积期持续活动,活动速率在5~15 m/Ma之间,有利 于油气浅部运移<sup>[21]</sup>,使油气纵向上多层系富集。



图 6 东濮凹陷沙河街组不同级别盐岩盖层与油气分布模式

#### Fig. 6 Model of different levels of salt rock layer with hydrocarbon distribution in Dongpu depression

## 3.3 构造背景和输导体系控制不同构造带油气富 集差异

东濮凹陷主要成藏期为古近纪东营组沉积后期 至抬升初期<sup>[13]</sup>,此时已形成"两洼夹一隆、东陡西 斜"的构造格局[8]。受成藏期古构造背景控制,油 气自洼陷中心向周缘正向构造带运移,由于构造形 态的变化,造成油气运移流线在主力输导层构造等 高线凸面聚敛,在凹面发散<sup>[22]</sup>。中央隆起带构造主 体两侧斜坡带和西部胡庆斜坡带均位于流线集中的 区域(图7),且发育有可能形成优势运移路径的构 造脊[23],油气由东侧前梨园洼陷和西侧海通集洼陷 生成后,沿构造脊向构造高部位的中央隆起带和西 部斜坡带运移和聚集。中央隆起带的文留地区处于 东西两个富生烃洼陷之间,成为油气主要汇聚区。 文东地区为东侧前梨园洼陷供烃,油气自东向西向 中央隆起带运聚。文西地区为西侧海通集洼陷供 烃,油气自西向东沿构造脊向中央隆起带运聚成藏。 文中地区位于两洼油气运聚的指向区,以前梨园洼 陷供烃为主,存在部分海通集洼陷混合供烃区。胡 庆斜坡带原油主要由海通集洼陷自东向西单洼供 烃,油气富集程度次之。东部兰聊陡坡带构造活动 具有长期性和不均衡性,断层倾角大,横向范围窄. 以发散流运移为主,储盖条件和圈闭条件差<sup>[24-25]</sup>, 不利于油气大规模聚集。

输导体系的有效性决定油气二次运移路径,而 优势运移通道决定油气运移主要方向,油气总是沿 着输导性能最好的路径优先运聚<sup>[26]</sup>。东濮凹陷不 同构造带油气运移路径受构造背景和输导砂体的双 重控制。一方面受古构造控制,发育多个构造脊,另 一方面受沉积相控制,不同部位砂体厚度、孔渗性存 在差异<sup>[27]</sup>,构造脊与有利砂体的叠合形成优势运移 路径,并控制不同构造带的油气富集区(图7)。

在西部斜坡带胡庆地区,沙三段主要发育三角 洲前缘水下分流河道砂体,沙三中9—沙三下2砂 组、沙三下3~5砂组为主要输导组。以沙三中9— 沙三下2砂组为例,可划分出2~3个主要构造脊, 砂体厚度大,在石家集地区最大达120m,平均孔隙 度为15%~21%,平均渗透率为(6.8~214)×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>,多属于中孔中高渗储层,为有利储集砂体,构 造脊与有利储集砂体在刑庄构造、石家集构造和庆 祖集构造附近的叠合关系好,这些区块成为西部斜 坡带沙三中亚段的油气富集区(图7(a))。

在中央隆起带文留地区,沙三段主要发育重力 流、滨浅湖及三角洲前缘砂体,沙三中亚段以沙三中 10、中7、中5和中2砂组为主。以沙三中5砂组为 例,在文东、文西斜坡带发育有3~4个构造脊,其中 文东斜坡带砂体厚度最大达25m,平均孔隙度为 11%~24%,平均渗透率为(3.2~353)×10<sup>-3</sup> µm<sup>2</sup>, 孔渗性较好,构造脊与有利储集砂体的叠合性较好, 这些构造脊形成优势运移路径,在构造脊的高部位 区聚集了大量油气,而文西斜坡带虽然也发育构造 脊,但由于砂体厚度、孔隙度和渗透率较小,储集物 性不如文东斜坡带,与构造脊的叠合性差,较难形成 优势运移路径,因此油气聚集量少(图7(b))。 东营凹陷主成藏期为馆陶组沉积末期到明化镇 组沉积期<sup>[28]</sup>,此时构造格局基本定型,北部陡坡带、 中央隆起带和南部缓坡带形成明显的正向构造,其 中北部陡坡带为东西向弧形展布,南部为利津和民 丰洼陷供烃,中央隆起带为大型背斜构造,由利津、 民丰和牛庄洼陷供烃,为油气的主要汇聚区<sup>[9]</sup>。北 部陡坡带基底断层控制砂体展布,组成砂体-断层 复合输导体系,中央隆起带输导通道主要为砂体和 断层,组成网毯式输导体系,整体上两个构造带输导 条件好,油气富集程度高<sup>[29]</sup>。



Fig. 7 Structural ridges distribution vs sand body thickness and oil-gas distribution for sand group 9 of  $Es_3^{z}$  to sand group 2 of  $Es_3^{x}$  in Huqing area and sand group 5 of  $Es_3^{z}$  in Wenliu area in Dongpu depression

### 4 结 论

(1)富油凹陷不同地区及不同层系的油气分布 不均一性明显。东濮凹陷具有"北富南贫、纵向富集 层系集中"的特征,90%以上的油气富集于凹陷北部 的中央隆起带和西部斜坡带,纵向上油气富集于古近 系沙河街组,80%以上的油气富集于沙三、沙二段,沙 一段以上未发现规模储量。东营凹陷总体上具有"北 富南贫、纵向富集层系多"的特征,沙河街组、东营组 及新近系均发现了规模储量。两个凹陷油气在平面 上和纵向上的分布不均一性特征,在渤海湾盆地富油 凹陷中具有代表性。

(2) 烃源条件的差异是富油凹陷不同地区的油 气富集程度差异的根本原因。东濮、东营凹陷北部 地区的生烃条件远好于南部,造成两个凹陷油气分 布均具有"北富南贫"的特征。东濮凹陷生烃条件 南北差异性更为显著,北部洼陷为富生烃洼陷,生烃 条件远优于南部洼陷,而东营凹陷北部的利津洼陷 生烃条件远比南部的博兴洼陷好,使得北部油气更 为富集。

(3)源岩与盖层及断层的配置关系控制了纵向

油气富集层段,东濮凹陷北部地区古近系沙河街组 发育多套厚度较大、分布较广泛的盐膏岩盖层,加之 主成藏期后断层活动较弱,从而有效地限制了油气 大规模垂向运移,尤其沙一段盐岩盖层对下伏层系 油气聚集保存起到了重要的封盖作用,致使油气纵 向集中富集于沙一段以下的沙二—沙四段,而东营 凹陷缺乏沙一段盐膏岩盖层且晚期断层较发育,油 气纵向多层系油气富集。

(4)主成藏构造背景和输导体系控制了不同构 造带油气富集差异。东濮凹陷北部中央隆起带和西 部斜坡带在成藏期为正向构造带,有利于洼陷中生 成的油气向其运移聚集,高渗砂体与构造脊的叠合 控制了不同构造带油气聚集的规模和平面分布范 围。东营凹陷中央隆起带和北部陡坡带是油气最富 集区带,与成藏期处于有利的继承型发育的正向构 造背景及具有良好的输导体系有密切关系。

#### 参考文献:

[1] JIANG Youlu, LIU Hua, SONG Guoqi, et al. Differential hydrocarbon enrichment and its main controlling factors in depressions of the Bohai Bay Basin[J]. Acta Geologica Sinica(English Edition), 2017,91(5):1855-1872.

- [2] 赵文智,池英柳. 渤海湾盆地含油气层系区域分布规 律与主控因素[J]. 石油学报,2000,21(1):10-15.
  ZHAO Wenzhi, CHI Yingliu. Regional distribution regularity and its controlling factors of oil and gas bearing series in Bohai Bay Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2000, 21(1):10-15.
- [3] 蒋有录,卢浩,刘华,等. 渤海湾盆地饶阳凹陷新近系 油气富集特点与主控因素[J]. 石油学报,2011,32
   (5):791-796.

JIANG Youlu, LU Hao, LIU Hua, et al. Enrichment characteristics and major controlling factors of hydrocarbons in the Neogene of Raoyang Depression, Bohai Bay Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2011,32(5):791-796.

[4] 林承焰,谭丽娟,于翠玲.论油气分布的不均一性(1):非均质控油理论的由来[J].岩性油气藏,2007,19(2):16-21.

LIN Chengyan, TAN Lijuan, YU Cuiling. Research on the heterogeneous distribution of petroleum(I)[J]. Li-thologic Reservoirs, 2007,19(2):16-21.

[5] 胡见义,徐树宝,童晓光. 渤海湾盆地复式油气聚集区
 (带)的形成和分布[J]. 石油勘探与开发,1986(1):5-12.

HU Jianyi, XU Shubao, TONG Xiaoguang. Formation and distribution of complex petroleum accumulation zones in Bohaiwan Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 1986(1):5-12.

- [6] 谈玉明,徐田武,张云献,等. 东濮凹陷天然气富集规 律[J]. 断块油气田,2017,24(4):442-447.
  TAN Yuming, XU Tianwu, ZHANG Yunxian, et al. Gas accumulation regularity of Dongpu Depression[J]. Fault-Block Oil and Gas Field,2017,24(4):442-447.
- [7] 王永诗,郝雪峰,胡阳. 富油凹陷油气分布有序性与富 集差异性:以渤海湾盆地济阳坳陷东营凹陷为例[J]. 石油勘探与开发,2018,45(5):785-794.
  WANG Yongshi, HAO Xuefeng, HU Yang. Orderly distribution and differential enrichment of hydrocarbon in oilrich sags: a case study of Dongying Sag, Jiyang Depression, Bohai Bay Basin, East China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2018,45(5):785-794.
- [8] 陈书平,漆家福,王德仁,等.东濮凹陷断裂系统及变换构造[J].石油学报,2007,28(1):43-49.
  CHEN Shuping, QI Jiafu, WANG Deren, et al. Fault systems and transfer structures in Dongpu Sag[J]. Acta Petrolei Sinica, 2007,28(1):43-49.
- [9] 薛雁,吴智平,李伟,等.东营凹陷新生代盆地结构特 征及其控藏作用[J].大地构造与成矿学,2013,37 (2):206-212.

XUE Yan, WU Zhiping, LI Wei, et al. Cenozoic basin structure in the Dongying Sag and its control over reservoir[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2013, 37(2):206-212.

- [10] 高红灿,郑荣才,肖应凯,等. 渤海湾盆地东濮凹陷古 近系沙河街组盐岩成因:来自沉积学和地球化学的 证据[J]. 石油学报,2015,36(1):19-32.
  GAO Hongcan, ZHENG Rongcai, XIAO Yingkai, et al. Origin of the salt rock of Paleogene Shahejie Formation in Dongpu sag, Bohai Bay Basin: evidences from sedimentology and geochemistry [J]. Acta Petrolei Sinica, 2015,36(1):19-32.
- [11] 刘景东,蒋有录,谈玉明,等. 渤海湾盆地东濮凹陷膏 盐岩与油气的关系[J]. 沉积学报,2014,32(1):126-137.

LIU Jingdong, JIANG Youlu, TAN Yuming, et al. Relationship between gypsum-salt rock and oil-gas in Dongpu Depression of Bohai Gulf Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2014,32(1):126-137.

 [12] 刘景东,蒋有录.东濮凹陷北部地区古近系烃源岩热 演化特征及其主控因素[J].中国地质,2013,40(2): 498-507.

> LIU Jingdong, JIANG Youlu. Thermal evolution characteristics of Paleogene source rocks and their main controlling factors in northern part of Dongpu Depression [J]. Geology in China, 2013,40(2):498-507.

 [13] 蒋有录,卓勤功,谈玉明,等. 富油凹陷不同洼陷烃源 岩的热演化及生烃特征差异性[J]. 石油实验地质, 2009,31(5):500-505.

JIANG Youlu, ZHUO Qingong, TAN Yuming, et al. Diversity in the thermal evolution and hydrocarbon generation of source socks in different sub-depressions of rich oil depression [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2009,31(5):500-505.

- JIANG Youlu, FANG Lei, LIU Jingdong, et al. Hydrocarbon charge history of the Paleogene reservoir in the northern Dongpu Depression, Bohai Bay Basin, China
   J]. Petroleum Science, 2016,13(4);625-641.
- [15] 蒋有录,胡洪瑾,谈玉明,等.东濮凹陷北部地区古近 系油型气成因类型及分布特征[J].中国石油大学学 报(自然科学版),2017,41(3):42-48.

JIANG Youlu, HU Hongjin, TAN Yuming, et al. Genesis and distribution of Paleogene oil type gases in the northern Dongpu Depression [J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2017, 41(3):42-48.

[16] 王冰洁,罗胜元,陈艳红,等.东营凹陷博兴洼陷石油 生成、运移和聚集史数值模拟[J].石油与天然气地 质,2012,33(5):675-685,694.

WANG Bingjie, LUO Shengyuan, CHEN Yanhong, et al. Numerical simulation of hydrocarbon generation, migration and accumulation in the Boxing sag, Dongying Depression, Jiyang Subbasin [J]. Oil & Gas Geology, 2012,33(5):675-685,694.

[17] 王鑫,蒋有录,王永诗,等.济阳坳陷生烃洼陷沉降类
 型及其油气地质意义[J].特种油气藏,2017,24(2):
 24-29.

WANG Xin, JIANG Youlu, WANG Yongshi, et al. Settlement types of hydrocarbon-generating sub-depression in the Jiyang Depression and their geologic significance for hydrocarbon accumulation [J]. Special Oil & Gas Reservoirs,2017,24(2):24-29.

[18] 孙利,余光华,李建革,等.东濮凹陷膏盐岩沉积控制 因素及其对油气成藏的影响[J].油气地质与采收 率,2014,21(5):27-31.

> SUN Li, YU Guanghua, LI Jiange, et al. Controlling factors of gypsolith sedimentary and its impact on hydrocarbon reservoirs in Dongpu sag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014,21(5):27-31.

[19] 蒋有录. 渤海湾盆地盖层对天然气富集的影响初探 [J]. 地质论评,1999,45(1):26-31.

> JIANG Youlu. The influence of cap rocks on the accumulation and distribution of natural gas in the Bohai Bay Basin[J]. Geological Review, 1999, 45(1):26-31.

[20] 徐磊,操应长,王艳忠,等.东营凹陷古近系膏盐岩成 因模式及其与油气藏的关系[J].中国石油大学学报 (自然科学版),2008,32(3):30-35,39.

> XU Lei, CAO Yingchang, WANG Yanzhong, et al. Genetic model of salt-gypsum rock of Paleogene in Dongying depression and its relationship with hydrocarbon reservoir[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2008,32(3):30-35,39.

[21] 蒋有录,刘培,宋国奇,等. 渤海湾盆地新生代晚期断 层活动与新近系油气富集关系[J]. 石油与天然气地 质,2015,36(4):525-533.

> JIANG Youlu, LIU Pei, SONG Guoqi, et al. Late Cenozoic faulting activities and their influence upon hydrocarbon accumulations in the Neogene in Bohai Bay Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2015,36(4):525-533.

- [22] HINDLE A D. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model [J]. AAPG Bulletin, 1997,81(9):1451-1481.
- [23] 蒋有录,刘景东,李晓燕,等.根据构造脊和地球化学指标研究油气运移路径:以东濮凹陷濮卫地区为例
   [J].地球科学,2011,36(3):521-529.

JIANG Youlu, LIU Jingdong, LI Xiaoyan, et al. Actual

hydrocarbon migration paths based on ridge-like structures analysis and geochemical indicators tracking: a case study of Puwei area of Dongpu depression [J]. Earth Science, 2011,36(3):521-529.

 [24] 陈业全,陈发亮,杨小波.东濮断陷湖盆兰聊陡坡带 扇体形成机制及成藏规律研究[J].地球物理学进 展,2004,19(2):348-356.
 CHEN Yequan, CHEN Faliang, YANG Xiaobo. Re-

search on the origin of the deposit fans and their reservoir formation in Lanliao steep slope zone of Dongpu Depression[J]. Progress in Geophysics, 2004, 19 (2): 348-356.

- [25] 张立强,纪友亮,王声朗,等. 东濮凹陷陡坡带北部控 凹断裂样式及砂体充填模式[J]. 吉林大学学报(地 球科学版),2005,35(1):43-47. ZHANG Liqiang, JI Youliang, WANG Shenglang, et al. Sedimentary filling models and types of fault-bounded margin in actic region of the northeastern Dongpu Depression[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition),2005,35(1):43-47.
- [26] 侯平,欧阳华,王震,等.石油二次运移优势路径影响 因素及形成动力学条件[J].石油勘探与开发,2010, 37(1):57-62.

HOU Ping, OUYANG Hua, WANG Zhen, et al. Effect factors and dynamic conditions in the formation of preferable paths in oil secondary migration [J]. Petroleum Exploration and Development, 2010,37(1):57-62.

[27] 万涛,谈玉明,苏惠,等.东濮凹陷濮城地区沙三中亚 段古地貌与沉积相关系[J].中国地质,2014,41(1): 206-214.

> WAN Tao, TAN Yuming, SU Hui, et al. Palaeogeomorphology of Middle Es<sub>3</sub> Formation in Pucheng area of Dongpu depression and its relationship with sedimentary facies[J]. Geology in China, 2014,41(1):206-214.

- [28] 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):215-218,259.
   JIANG Youlu, LIU Hua, ZHANG Le, et al. Analysis of petroleum accumulation phase in Dongying sag[J].
   Oil & Gas Geology, 2003,24(3):215-218,259.
- [29] 姜素华,李涛,姜雨.东营凹陷网毯式油气成藏体系 油气运聚探讨[J].中国石油大学学报(自然科学 版),2007,31(5):12-17.

JIANG Suhua, LI Tao, JIANG Yu. Discussion on petroleum migrating and accumulating of meshwork-carpet type oil and gas pool-forming system in Dongying depression[J]. Journal of China University of Petroleum(Edition of Natural Science), 2007, 31(5); 12-17.

(编辑 修荣荣)