

刘曾勤. 东营凹陷南坡东段油气成藏模式及勘探潜力[J]. 海洋地质前沿, 2022, 38(7): 57-62.

LIU Zengqin. Petroleum accumulation mode and potential in the eastern section of the southern slope of Dongying Sag[J]. Marine Geology Frontiers, 2022, 38(7): 57-62.

# 东营凹陷南坡东段油气成藏模式及勘探潜力

刘曾勤<sup>1,2</sup>

(1 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 102206; 2 中国石油化工集团公司页岩油气勘探开发重点实验室, 北京 102206)

**摘要:** 东营凹陷油气资源丰富, 但油气分布差异大。东营凹陷南坡东段成藏及油气分布特征研究表明, 研究区内凸起带、斜坡带和缓坡带的沉积环境和构造条件差异大, 油气成藏模式不同。凸起带以不整合遮挡油藏为主, 斜坡带以构造油气藏为主并含少量小规模地层超覆油藏, 缓坡带以岩性油气藏为主。研究区内断层对油气运移、聚集和油气藏分布都有明显的控制作用。在断层发育区, 通过断层、不整合和砂体的三维输导体系, 油气可以发生长距离运移, 形成构造和不整合油气藏; 在断层稀少区, 油气以近源运移为主, 形成岩性油气藏。初步勘探开发结果显示, 岩性油气藏的地层压力高、产量好、前景大, 成藏模式为油田老区的“增储上产”指明了方向。

**关键词:** 东营凹陷; 成藏模式; 构造油气藏; 不整合遮挡油气藏; 岩性油气藏

中图分类号: P744.4; P618.13

文献标识码: A

DOI: 10.16028/j.1009-2722.2021.263

## 0 引言

在低油价背景下, 油气勘探出现重返大油气盆地的新浪潮<sup>[1-2]</sup>。大油气盆地拥有已证实的高质量烃源岩和成功的勘探模式, 可以极大地降低地质风险; 同时, 大油气盆地拥有完善的基础设施, 可以以较低的生产成本快速将已发现的油气藏实现商业化开发。渤海湾盆地是我国油气资源最丰富的地区之一, 经过 50 多年的开发生产, 老油田发展面临接替资源不足、“增储上产”形势严峻的问题。为了实现油田可持续发展, 需要重新审视油气成藏模式, 在效益勘探基础上争取实现勘探大突破<sup>[3-5]</sup>。

东营凹陷南部斜坡东段地区油气资源丰富, 发育构造、地层和岩性油气藏<sup>[6-9]</sup>。构造油气藏大多已被发现, 但由于构造、储层和油藏类型复杂, 地层和岩性油气藏的勘探工作进展十分缓慢。前人的研究侧重于层序、沉积、输导体系等方面的单要素

研究<sup>[7-13]</sup>, 缺乏对整个地区油气分布模式的综合研究, 很难解释不同油气藏的分布模式; 缺乏对东营凹陷南部地区油气不均衡分布的控制因素分析, 从而难以整体把握该区域的勘探潜力。因此, 本文在前人研究基础上, 基于研究区岩心、录井、测井和地震资料, 在区内不同构造部位开展油气成藏模式分析, 探讨油气分布规律, 以期为老油田后期的滚动勘探工作提供参考。

## 1 研究区概况

东营凹陷具有“北陡南缓、北断南超”的非对称构造特征<sup>[10]</sup>, 其南部斜坡带向东南抬起, 被纯化-草桥鼻状构造断裂带分割为东西两段<sup>[9,11]</sup>。研究区位于南部斜坡带东段(图 1), 是重要的含油气区带<sup>[8,14-15]</sup>, 以 NNE 向、EW 向断裂为主; 储层非常发育, 以碎屑砂岩为主, 局部含少量碳酸盐岩, 油气成藏类型众多<sup>[16]</sup>。研究区勘探程度较高, 早期以构造油气藏勘探为主, 现已逐步转向地层和岩性油气藏勘探领域。

东营凹陷南斜坡主要发育 2 套沉积建造, 即古近系断陷期多旋回河湖相沉积建造和新近系拗陷期冲积-河流相沉积建造(图 2)。综合钻井及地震

收稿日期: 2021-10-09

资助项目: 中石化基础前瞻项目“鄂尔多斯石炭-二叠系煤层成储机制及煤成气富集主控因素”(P21085-14)

作者简介: 刘曾勤(1985—), 男, 博士, 助理研究员, 主要从事非常规资源评价、层序地层、地震解释以及地质建模等方面的研究工作。E-mail: liuzengqin.syky@sinopec.com

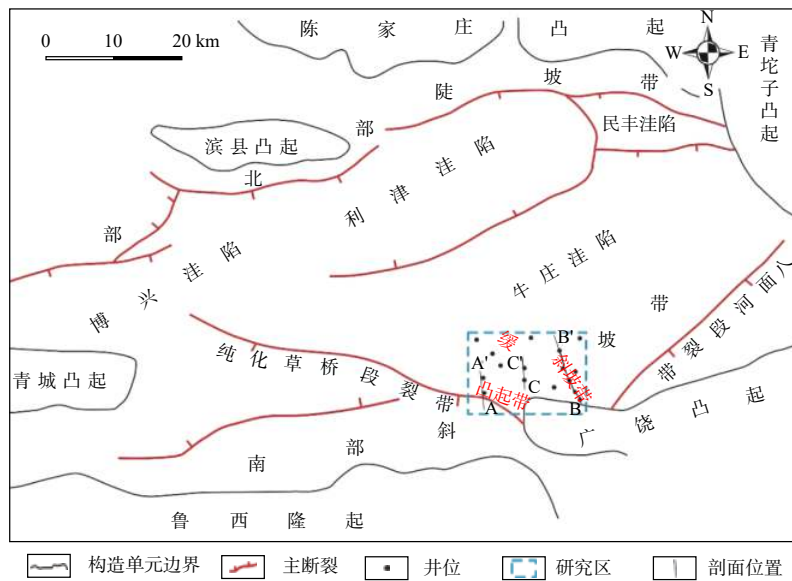


图1 东营凹陷研究区构造区划图<sup>[9]</sup>

Fig.1 Structural division of the study area in the Dongying Sag<sup>[9]</sup>

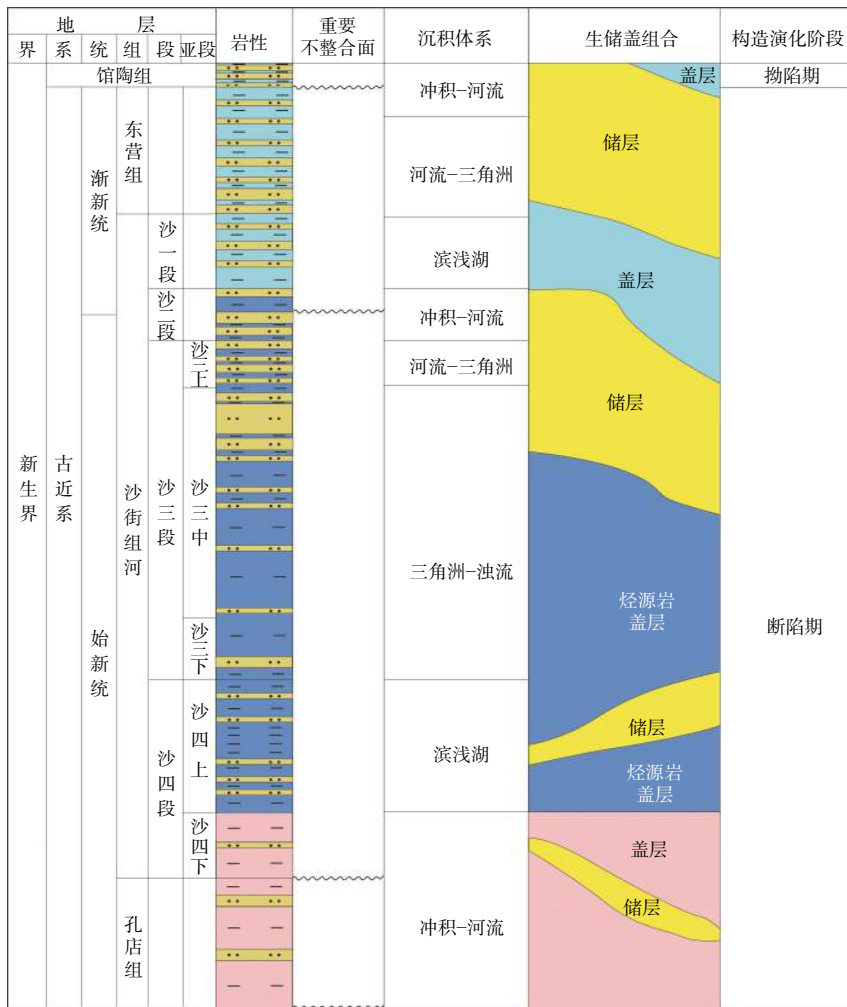


图2 东营凹陷南坡东段地层综合柱状图

Fig.2 Stratigraphic column of the eastern section of the southern slope of Dongying Sag

资料分析表明,该区域地层自下而上包括:古近系孔店组、沙河街组、东营组,新近系馆陶组、明化镇组和第四系平原组<sup>[11]</sup>。根据构造发育特征和地层充填序列,东营凹陷的形成演化过程分为断陷期和

拗陷期 2 个阶段, 研究区就是在这种背景下形成的复杂构造单元。东营凹陷古近纪为断陷期发育阶段, 以主断层持续活动和湖盆水深不断加大为主要特征。断陷期进一步划分了 4 个“幕式”沉积期, 分别对应于孔店组、沙四段、沙三段—沙二下亚段和沙二上亚段—东营组。每期“幕式”沉积后, 盆地普

遍经历了短暂的区域抬升, 使部分先期发育的地层遭受剥蚀, 形成区域不整合<sup>[17]</sup>, 有利于形成地层圈闭(图 2)。同时, 断陷期是深水沉积的有利时期, 发育浊积岩<sup>[18-19]</sup>, 为岩性油气藏发育奠定了良好的基础(图 2、3)。

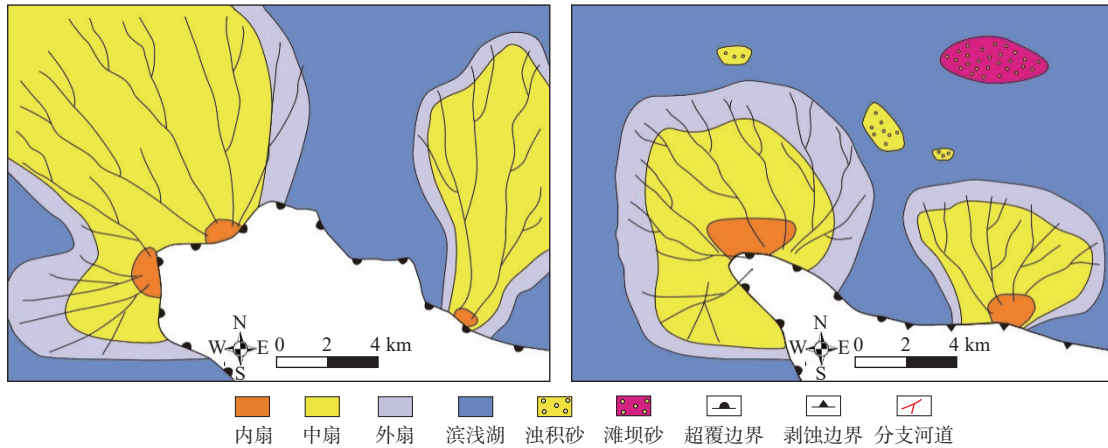


图 3 东营凹陷南坡东段研究区内孔店组(左)和沙河街组四段(右)沉积相图

Fig.3 Sedimentary facies of the Kongdian Formation (left) and the 4<sup>th</sup> Member of the Shahejie Formation (right) in the study area of the eastern section of the southern slope of Dongying Sag

## 2 油气成藏模式

研究区主要烃源岩发育在沙四上亚段和沙三下亚段, 油气来源主要来自北部牛庄洼陷, 其次为西北部的博兴洼陷, 生油条件好。孔店组和沙河街组储层类型多样, 厚度较大, 岩性以细砂-粉砂岩为主, 物性较好。盖层发育, 存在多套有效盖层, 如区域性的沙三下亚段—沙三中亚段泥岩、沙一段泥岩等盖层, 为研究区的油气遮挡起着重要作用。虽然研究区内断层和不整合分布广泛, 成藏条件好, 油藏类型丰富, 但研究区内凸起带、斜坡带和缓坡带沉积环境、构造条件差异大, 导致其油气成藏类型和分布差异大。

### 2.1 凸起带成藏模式

东营凹陷裂陷期产生了大量与基底活动相关的断阶构造。研究区内凸起带位于深大断裂形成的断阶构造高点附近, 以近源的粗粒冲积扇沉积为主。生成的油气沿着断层向上运移, 在断层上下盘构造高点形成构造油气藏(图 4)。构造油气藏大多已被发现, 是油田产量贡献的主力军, 目前处于开发中后期, 剩余潜力较小。

研究内发育多期次构造抬升活动, 形成了数量

多、分布广的不整合面, 最典型的的就是前新生界与古近系、东营组与馆陶组之间的不整合面。油气沿断层垂向运移时, 一部分油气沿不整合面侧向运移, 在不整合面之下的高点积聚成藏, 形成不整合遮挡油藏(图 4)。近年来, 研究区内凸起带地层油气藏勘探取得重大突破, 井 2 钻遇的地层油气藏初产超过 80 t/d, 日产量递减慢, 为低价油下油田效益开发提供了优质资源。

### 2.2 斜坡带成藏模式

斜坡带断层多, 形成断层、不整合面和输导性砂层的长距离油气输导网络。研究区内斜坡带沉积储层类型多, 主要以冲积扇和扇三角洲沉积为主。深洼油气沿着输导体系向上运移, 在断层附近形成了大量构造油气藏(图 5)。斜坡带构造油气藏资源丰富, 是油气开发的主阵地。

井 3 和井 5 在不整合面附近钻遇了小规模地层超覆油藏(图 5)。研究表明, 这种油气藏主要分布在湖盆斜坡周缘地区。在低位域时期, 随着水体缓慢变深, 可容空间逐渐变大, 形成了上超在斜坡上的沉积储层; 在湖侵体系域时期, 水体继续加深, 形成了退积的薄层泥岩覆盖在下伏储层上, 从而为超覆油藏形成提供了有利条件。但地层超覆油气藏的储层通常不连续, 连通性低, 开发难度大。

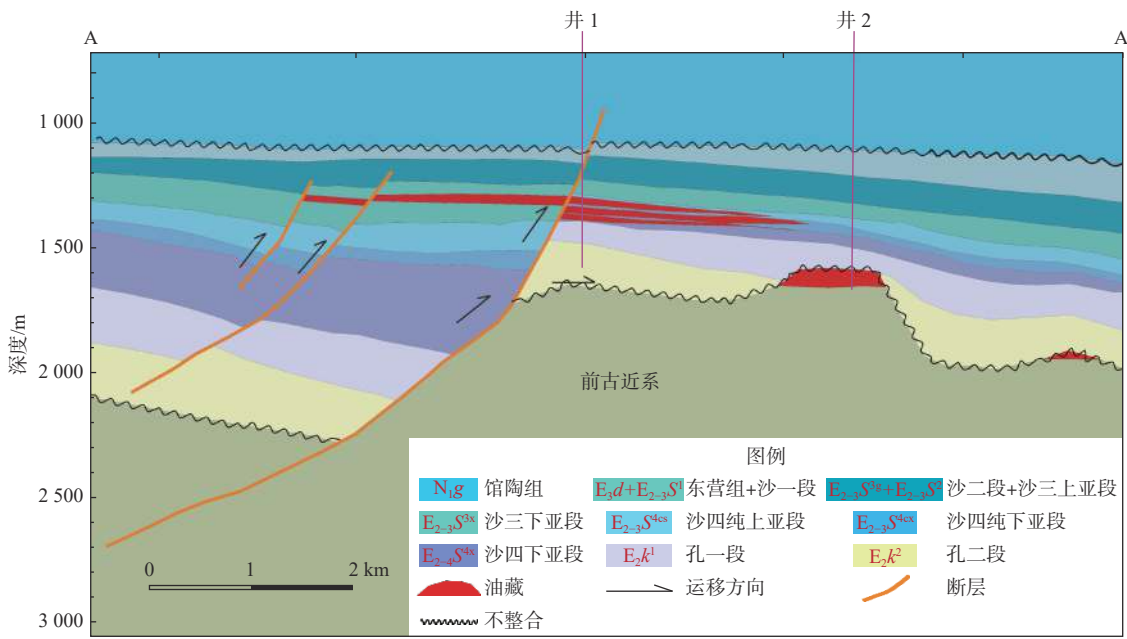


图4 东营凹陷南坡东段研究区内凸起带成藏模式

Fig.4 The mode of hydrocarbon accumulation in the uplift zone of the study area in the eastern section of the southern slope of Dongying Sag

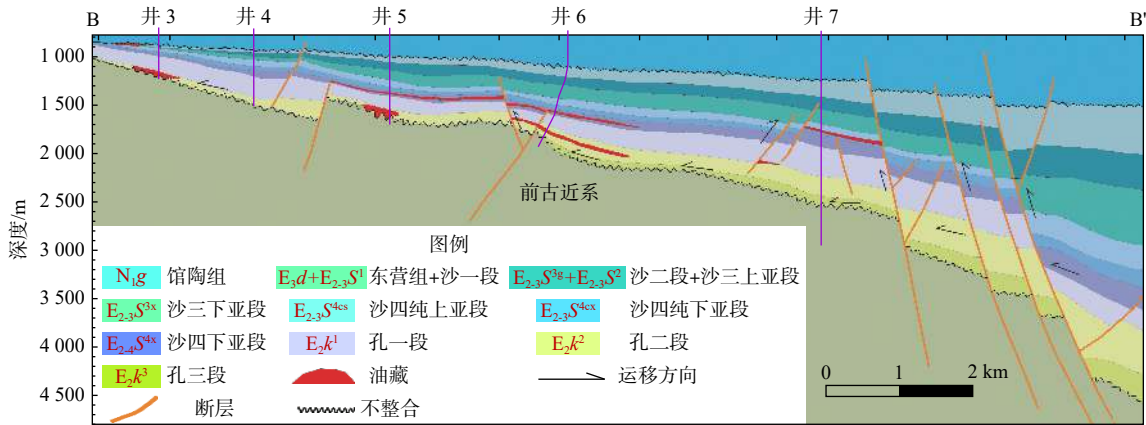


图5 东营凹陷南坡东段研究区内斜坡带成藏模式

Fig.5 The mode of hydrocarbon accumulation in the slope zone of the study area in the eastern section of the southern slope of Dongying Sag

### 2.3 缓坡带成藏模式

缓坡带位于凸起带的前缘, 储集层以滩坝砂和扇体滑塌浊积岩为主。研究区内缓坡带断层少, 生成的油气难以长距离运移。浊积岩和滩坝砂被烃源岩包裹, 生成的油气直接充注, 形成岩性油气藏, 主要分在沙三段和沙四段(图6)。井8和井9钻遇的岩性油气藏压力系数>1.2, 初产>100 t/d, 呈现“小而肥”的特点, 表明岩性油气藏具有良好的勘探前景。岩性油气藏由于隐蔽性强, 勘探程度低, 剩余潜力大, 已成为油田目前及将来一个主要的勘探阵地。由于本区浊积岩单层厚度大多<10 m, 仅通过地震资料难以有效地识别和描述, 需通过地质和地震综合分析增强储层预测能力。

### 3 油气分布

研究区内凸起带、斜坡带和缓坡带成藏模式分析表明: ①断层对油气运移、聚集和油气藏分布有明显的控制作用。在断层发育区, 通过断层、不整合和砂体的三维输导体系, 油气可以发生长距离运移, 形成构造和不整合油气藏; 在断层稀少区, 油气以近源运移为主, 形成岩性油气藏。②研究区内发育的冲积扇、扇三角洲、滩坝砂和浊积岩均为良好的油气储层, 为油气聚集提供有利条件。③研究区内发育多种类型的圈闭, 如在断层上下盘形成的构造圈闭、不整合面上下形成的地层不整合遮挡和地层超覆圈闭以及在缓坡带泥岩中形成的岩性圈闭

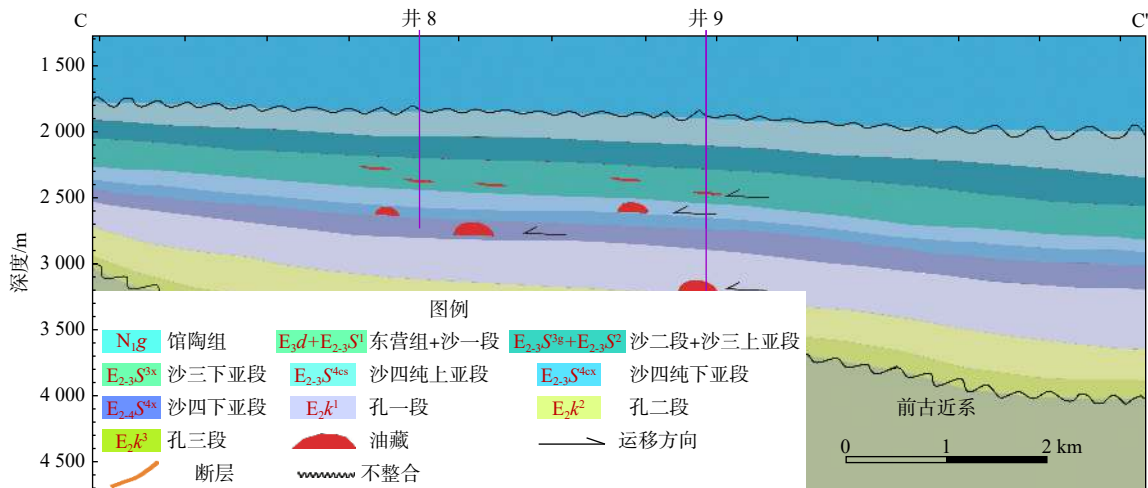


图 6 东营凹陷南坡东段研究区内缓坡带成藏模式

Fig.6 The mode of hydrocarbon accumulation in the gentle slope zone of the study area in the eastern section of the southern slope of Dongying Sag

等,为油气聚集提供了有利场所。

根据研究区内构造特征、储层分布、圈闭类型和钻探结果,将研究区在平面上分为构造油藏区、地层油藏区、岩性油藏区或岩性-构造油藏区(图 7)。构造油藏主要发育在断裂发育区,大多已被探明,

投入开发中,剩余潜力较小;地层油藏主要位于凸起带周缘,勘探已有突破,还可进一步挖潜;岩性油气藏主要在断层稀少区,位于扇体和扇三角洲的前缘地区,目前已有零星发现,今后可加大研究力度,提高勘探成功率,为稳油增效提供支撑。

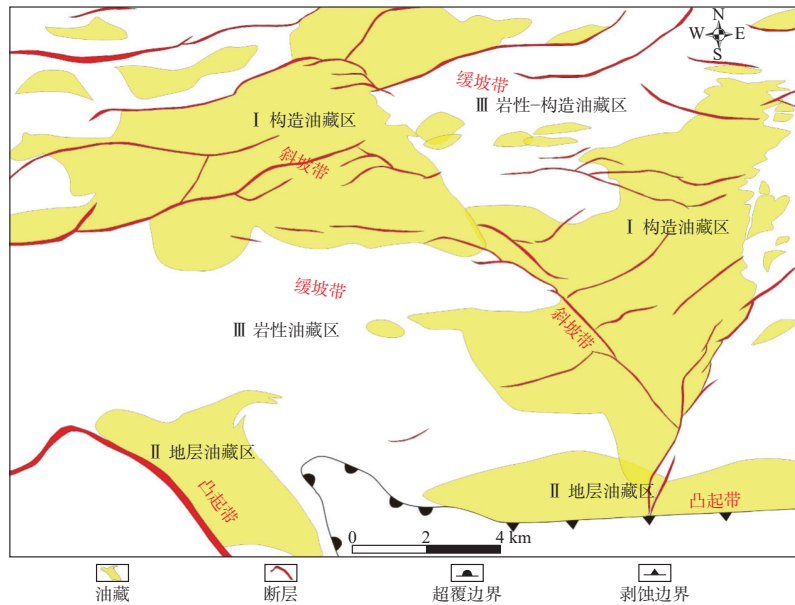


图 7 东营凹陷南坡东段研究区内油藏类型平面分布

Fig.7 The horizontal distribution of oil pools in the study area of the eastern section of the southern slope of Dongying Sag

### 4 结论

为寻求老油田后期的滚动勘探目标,分析并探讨了东营凹陷南部斜坡东段地区油气成藏模式及勘探潜力,主要结论如下:

(1)研究区内凸起带、斜坡带和缓坡带沉积环境、构造条件差异大,导致其油气成藏类型不同。

凸起带以不整合遮挡油藏为主,斜坡带以构造油气藏为主并含少量小规模地层超覆油藏,缓坡带以岩性油气藏为主。

(2)研究区内断层对油气运移、聚集和油气藏分布都有明显的控制作用。在断层发育区,通过断层、不整合和砂体的三维输导体系,油气可以发生长距离运移,形成构造和不整合油气藏;在断层稀少区,油气以近源运移为主,形成岩性油气藏。

(3)研究区平面分为构造油藏区、地层油藏区、岩性油藏区或岩性-构造油藏区。构造油藏大多已被探明,地层油藏已有突破,岩性油气藏可加大勘探力度,为稳油增效提供资源基础。

#### 参考文献:

- [1] STERNBACH C A. Super basin thinking: methods to explore and revitalize the world's greatest petroleum basins[J]. *AAPG Bulletin*, 2020, 104(12): 2463-2506.
- [2] FRYKLUND B, STARK P P. Super basins: new paradigm for oil and gas supply[J]. *AAPG Bulletin*, 2020, 104(12): 2507-2519.
- [3] 李鹭光,何海清,范土芝,等.中国石油油气勘探进展与上游业务发展战略[J]. *中国石油勘探*, 2020, 25(1): 1-10.
- [4] 胡素云,李建忠,王铜山,等.中国石油油气资源潜力分析与勘探选区思考[J]. *石油实验地质*, 2020, 42(5): 813-823.
- [5] 王建强,梁杰,陈建文,等.中国海域基岩油气藏特征及未来勘探方向[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2021, 41(6): 151-162.
- [6] 陈建文,杨长清,张莉,等.中国海域前新生代地层分布及其油气勘查方向[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 2022, 42(1): 1-25.
- [7] 尹太举,张昌民,李中超.东营凹陷滑塌浊积岩沉积特征及油气藏勘探技术[J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(1): 93-98.
- [8] 宋国奇,宁方兴,郝雪峰,等.骨架砂体输导能力量化评价:以东营凹陷南斜坡东段为例[J]. *油气地质与采收率*, 2012, 19(1): 4-10.
- [9] 赵琪.东营凹陷南斜坡王家岗地区沙三段沉积体系与储层特征研究[D].北京:中国地质大学(北京),2017.
- [10] 李明忠,李云伟,耿绍宇,等.东营凹陷南斜坡地层油藏成藏条件及分布规律[J]. *内蒙古石油化工*, 2007, 12: 356-361.
- [11] 雷裕红,罗晓容,张立宽,等.东营凹陷南斜坡东段沙河街组砂岩输导层连通性量化表征[J]. *石油学报*, 2013, 34(4): 692-700.
- [12] 高亮,孙波,王延章.渤海湾盆地东营凹陷南坡沙四上亚段滩坝沉积特征及控制因素[J]. *石油实验地质*, 2018, 40(5): 669-675.
- [13] 窦鲁星,侯加根,张莉,等.断陷湖盆同生断层发育区三角洲砂体分布模式[J]. *石油勘探与开发*, 2020, 47(3): 534-546.
- [14] 张伟忠,查明,张云银,等.东营凹陷新生代扭张构造样式及控藏规律[J]. *石油与天然气地质*, 2017, 38(6): 1052-1058.
- [15] 邱贻博,贾光华,刘晓峰,等.东营凹陷古近系构造转换及其对盆地控制作用[J]. *中国石油勘探*, 2020, 25(6): 50-57.
- [16] 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.
- [17] 宁方兴.东营凹陷乐安油田不整合结构与油气聚集[J]. *中国石油勘探*, 2008, 13(3): 18-22.
- [18] 张参,阳宏,王飞龙,等.渤中凹陷南洼东营组烃源岩有机地球化学特征[J]. *海洋地质前沿*, 2020, 36(11): 35-44.
- [19] 隋佳铨,林承焰,任丽华,等.基于地震沉积学方法的湖相浊积砂体识别:以东营凹陷牛2区块沙三中亚段为例[J]. *海洋地质前沿*, 2020, 36(2): 33-42.

## Petroleum accumulation mode and potential in the eastern section of the southern slope of Dongying Sag

LIU Zengqin<sup>1,2</sup>

(1 SINOPEC Petroleum Exploration and Production Research Institute, Beijing 102206, China;

2 SINOPEC Key Laboratory of Shale Oil/Gas Exploration and Production, Beijing 102206, China)

**Abstract:** The Dongying Sag is a rich reservoir, but the distribution of oil and gas is very uneven. The characteristics of oil accumulation and distribution in the eastern section of the southern slope of Dongying Sag are studied in detail. Results indicate that the uplift zone, slope zone, and gentle slope zone of the study area have diverse sedimentary environments and geological structures, thus different hydrocarbon accumulation modes exist. The uplift zone is dominated by stratigraphic oil pools overlain by unconformities; the slope zone dominated by structural pools with a small amount of stratigraphic oil pools overlapping on unconformities; and the gentle slope zone dominated by lithological oil pools. The faults in the study area have a key impact on the migration, accumulation, and distribution of petroleum pools. In the areas of dense faults, oil migrates over long distances to form structural and stratigraphic oil pools through 3-D conduit systems of faults, unconformities, and sand bodies. In the areas of sparse faults, oil migrates over very short distances to form lithological oil pools close to the source area. The preliminary exploration and development show that the lithological oil pools undergo high pressures, showing good production potential and direction of exploration for additional reserve and yield in a mature field.

**Key words:** Dongying Sag; accumulation mode; structural oil pool; stratigraphic oil pool overlain by unconformity; lithological oil pool