

The Geomodeling of Different Type of Delta in Bohai L Oilfield

Yufei Gao, Pangen Wang, Xu Liang, Chao Xie, Yan Nie, Chen Li

Cnooc Research Institution, Beijing
Email: gaoyf5@cnooc.com.cn

Received: Nov. 6th, 2019; accepted: Nov. 20th, 2019; published: Nov. 27th, 2019

Abstract

The main strata in L oilfield are Minghuazhen Formation and Shahejie Formation. Shallow water delta develops in Minghuazhen Formation and braided river delta develops in Shahejie Formation. Based on the analysis of sedimentary characteristics of two different types of delta, this paper studies the reservoir differences formed by them. Shallow water delta mainly forms lithologic reservoir, while Braided River Delta forms structural layered reservoirs. On this basis, different modeling methods are formed for the two types, deterministic modeling based on single sand body and stochastic modeling based on oil group, which characterize the spatial distribution of different types of delta.

Keywords

Shallow Water Delta, Braided River Delta, Depositional Character Correlation, Geomodeling

渤海L油田不同类型三角洲地质建模

高玉飞, 王盘根, 梁旭, 解超, 聂研, 李晨

中海石油研究总院有限责任公司, 北京
Email: gaoyf5@cnooc.com.cn

收稿日期: 2019年11月6日; 录用日期: 2019年11月20日; 发布日期: 2019年11月27日

摘要

L油田主力层系为浅层明化镇组和深层沙河街组, 明化镇组发育浅水三角洲而沙河街组发育辫状河三角洲, 本文通过对这两种不同类型三角洲沉积特征的分析, 研究了它们形成的油藏差异, 浅水三角洲主要形成岩性油藏, 而辫状河三角洲则形成构造层状油藏, 在此基础上针对两种类型分别形成了不同的建模

方法即基于单砂体的确定性建模和基于油组的随机建模，表征了不同类型三角洲的空间分布。

关键词

浅水三角洲，辫状河三角洲，沉积特征对比，地质建模

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

储层建模研究已经经历了近 30 年的发展历程[1] [2] [3] [4] [5]，如何建立符合地下地质情况的优质模型，为数值模拟提供坚实的物质基础，一直是地质建模人员孜孜不倦的追求。渤海海域大量发育浅水三角洲及辫状河三角洲沉积，这两种沉积类型具有明显的区别，且往往发育于不同的油田，对于它们的表征，前人也多有研究[6] [7] [8]，但是多以同一种建模方法采用层状油藏的模式建立地质模型，没有形成系统的对比及针对不同三角洲的相应的建模方法，尤其是在前期研究阶段由于井点资料匮乏，不确定性强，根据地质认识选择建模方法尤为重要。

目前，多层发育的油田将越来越多，而对于多套层系的一体化建模，却未见报道，在以往的地质建模中，也很少涉及。

本课题从基础的地质研究入手，系统总结不同类型的三角洲的异同，探讨其相应的建模方法。

2. L 油田不同类型三角洲特征分析

L 油田位于渤海海域南部、莱西构造带西部、垦东凸起东北部斜坡带，北临黄河口凹陷，南接青东凹陷主力含油层系为新近系明化镇组和古近系沙河街组，明化镇组发育浅水三角洲沉积，而沙河街组发育辫状河三角洲沉积，物源均来自于南部垦东凸起。

2.1. L 油田浅层明化镇组浅水三角洲沉积地质特征

2.1.1. 沉积相特征

根据岩心沉积构造特征以及分析化验和测井曲线等资料，结合区域沉积环境分析认为，L 油田明下段储层主要发育浅水三角洲沉积，根据前人的研究成果[9] [10]，渤海海域浅水三角洲普遍发育三角洲平原，三角洲前缘和前三角洲发育较少，主要沉积微相为水上分流河道以及分流间湾，由于水深较浅，且三角洲平原常年处于湖平面之上，因此其分流间湾沉积泥岩以红褐色为主，前三角洲发育泥岩则以灰绿色为主，因此在岩心上往往表现为杂色特征，而在测井曲线上则以平直型曲线为主。浅水三角洲的另一个典型特征是河道的分流，由于河道分流以后水动力减弱，因此沉积砂岩以细砂岩和中砂岩为主，GR 曲线为箱形、钟形和锯齿状；SP 曲线比较光滑，呈箱形、钟形与低幅锯齿形。

2.1.2. 储层发育特征

明下段砂地比约为 27%，油层主要集中在明下段 III、IV、V 油组，其中 III 和 V 油组砂地比较高，储层较发育。

为了进一步分析储层的发育情况，本次研究统计了各井上单油层分布的情况，根据油层厚度的划分

标准, 0~2 m 厚度的油层为薄油层, 2~5 m 厚度的油层为中厚油层, 5~15 m 厚度的油层为厚油层, 大于 15 m 厚度的油层为巨厚油层。对于本油田来说, 个数频率和厚度频率显示, 总体上以中 - 厚油层为主(2~5 m), 其中 4 井和 5 井以薄油层为主。

2.1.3. 储层砂描

基于以上地质分析, 进行了储层反演。选取密度作为区分砂泥岩的敏感参数, 获取了密度反演数据体。在地震可识别的厚度下, 多属性反演密度数据体与钻井上的砂泥对应关系较好。主要目的砂体在反演数据体基本可识别, 砂体的识别分辨率可以达到 3 m, 即 3 m 以上砂体都能识别, 该数据体满足了砂体精细刻画的要求(图 1), 可在反演密度数据体上开展砂体描述工作。

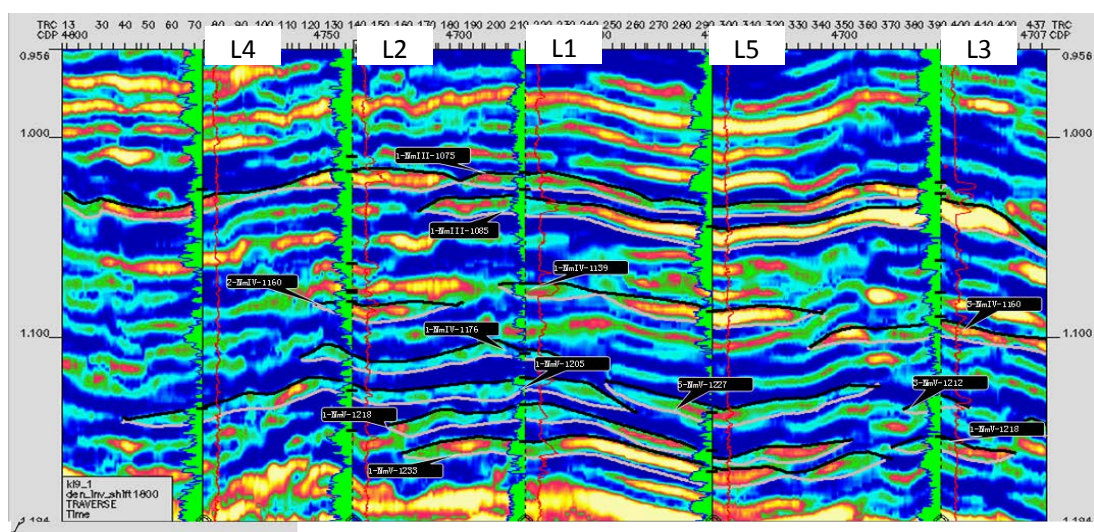


Figure 1. Multi attribute inversion density well connection profile of L oilfield

图 1. L 油田多属性反演密度连井线剖面

本文在密度数据体上进行砂体精细刻画。砂描确定砂体的主要原则有三个: 同相轴明显断开或结束的地方确定为描述砂体的边界; 两期砂体横向叠加的地方确定为砂体边界; 地震资料响应弱, 钻井证实储层的地方描述为砂体。

2.1.4. 油藏模式

L 油田明化镇组油气藏是在低幅构造背景下发育的受岩性、构造双重因素控制的构造 - 岩性油气藏和岩性油气藏, 每个含油、气砂体具有独立的流体系统, 具有“一砂一藏”的特点(图 2)。

2.2. L 油田深层沙河街组辫状河三角洲沉积地质特征

2.2.1. 沉积相特征

根据区域沉积研究成果, 结合测井曲线, 沙河街组储层位于辫状河三角洲前缘亚相, 主要发育水下分流河道微相, SP 曲线较光滑, 呈钟形、箱形和锯齿状, GR 曲线形态呈齿化箱形或钟形与箱形的复合形。

2.2.2. 储层发育特征

沙二段辫状河三角洲以大于 10 m 厚砂层为主, 平面上也是连片分布, 砂体连续性较好。

2.2.3. 油藏模式

沙河街组油藏为构造层状油藏(图 3)。

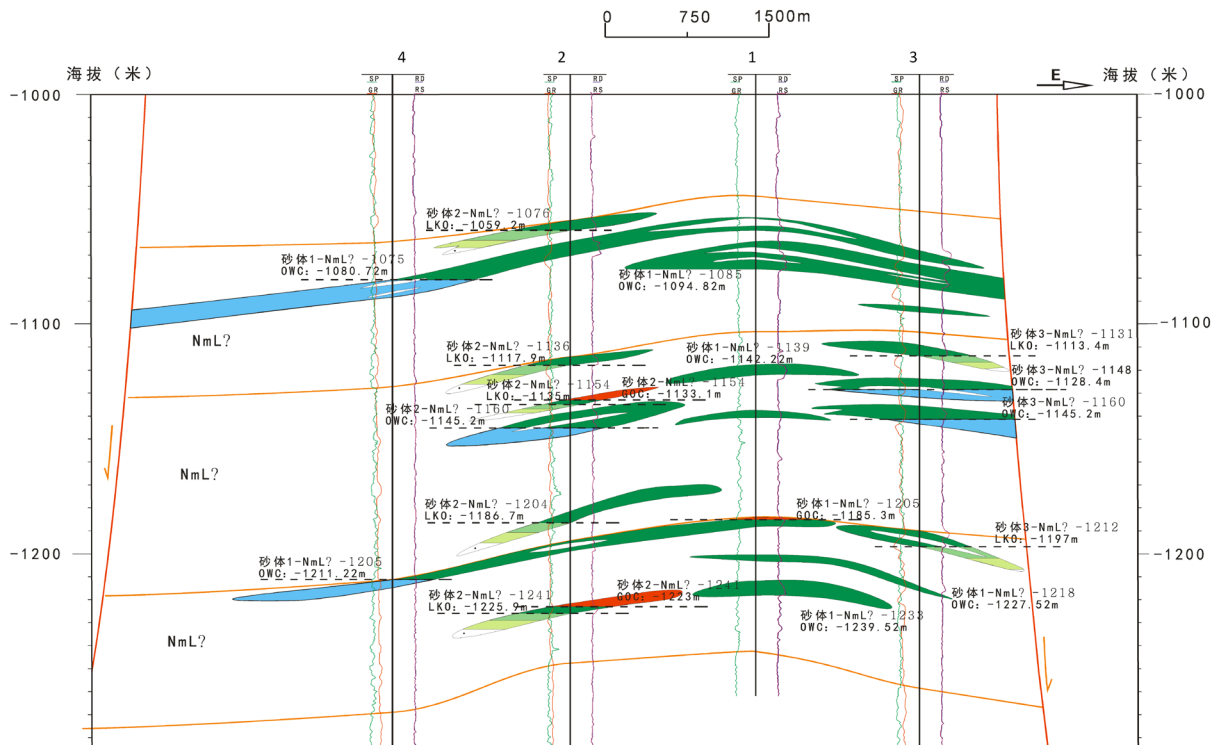


Figure 2. Oil reservoir profile of well 4-3 in L Oilfield
图 2. L 油田过 4-3 井油藏剖面图

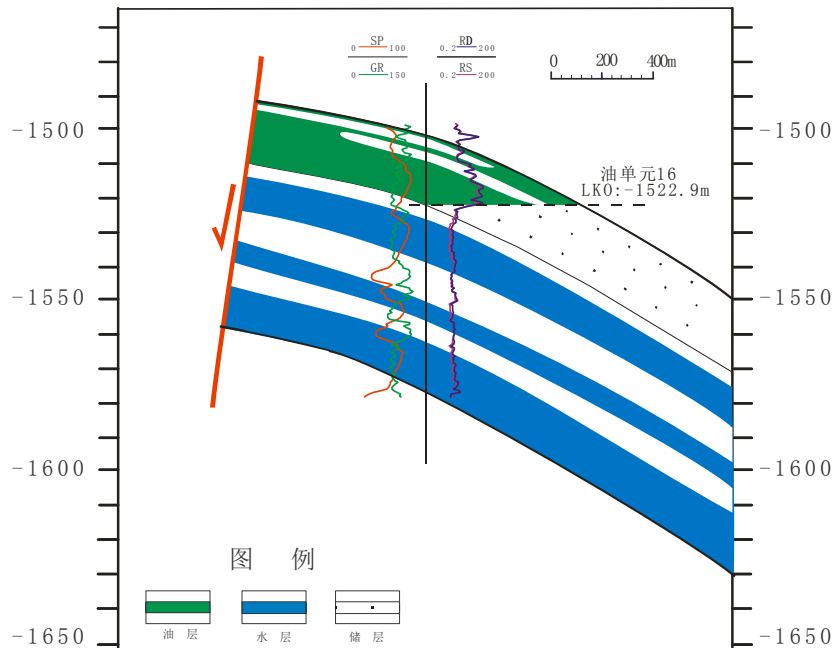


Figure 3. Oil reservoir profile of Shahejie in L oilfield
图 3. L 油田沙河街组油藏示意图

2.3. L 油田浅水三角洲和辫状河三角洲沉积的异同

综上所述，L 油田浅层浅水三角洲和深层辫状河三角洲的异同点主要包括岩性、砂地比、砂体厚度、

平面分布、油藏模式和储量计算方法等方面(表 1)。

Table 1. Statistical table of similarities and differences of shallow water delta and braided river delta deposits in L oilfield
表 1. 浅水三角洲和辫状河三角洲特征异同表

对比因素	特征说明	
	浅水三角洲	辫状河三角洲
岩性	岩屑长石砂岩为主 明下段浅水三角洲泥岩红褐色为主	岩屑长石砂岩为主 沙二段辫状河三角洲绿灰色为主
砂地比	明下段浅水三角洲平均 27%	沙二段辫状河三角洲平均 68%
砂体厚度	明下段浅水三角洲以 5 m 左右中等厚度砂层为主	沙二段辫状河三角洲以大于 10 m 厚砂层为主
平面分布	明下段浅水三角洲以浅水三角洲平原为主更接近曲流河沉积特点	沙二段辫状河三角洲以三角洲前缘为主平面呈朵页状分布
油藏模式	明下段浅水三角洲主要发育构造-岩性模式油藏	沙二段辫状河三角洲发育构造层状模式油藏
储量计算	明下段浅水三角洲通过砂描计算储量	沙二段辫状河三角洲通过层面构造计算储量

3. 不同类型三角洲建模方法研究

3.1. L 油田浅层地质模型

明下段浅水三角洲沉积, 采用以砂体顶底面为基础的单砂体建模方法。利用单砂体顶、底面建立地层模型, 砂体就是模型的主要构架, 以砂体为控制, 结合平面地震属性分析, 形成孔隙度、渗透率等属性模型。

3.1.1. 构造模型

模型采用网格大小 50 m × 50 m, 采用地震输入砂描砂体顶底面, 重新插值形成新的砂体顶底面作为输入数据进行层面建模(图 4)。

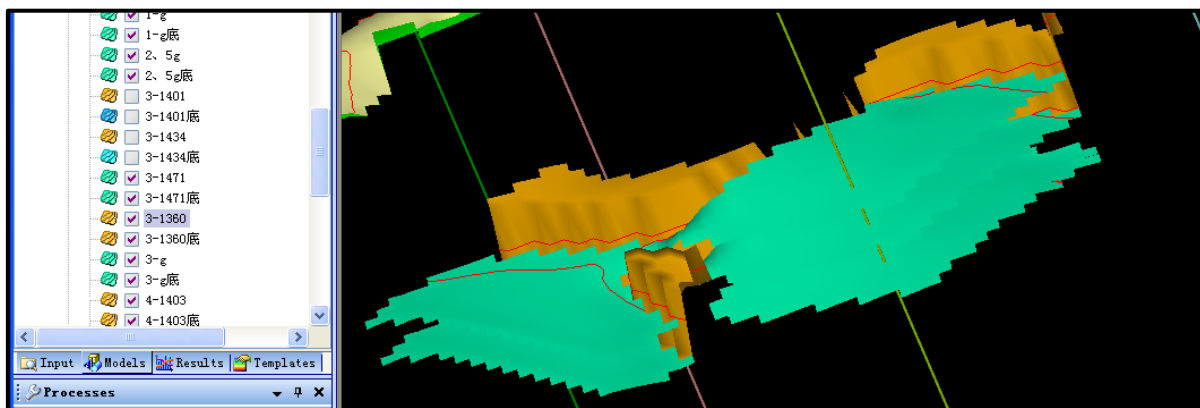


Figure 4. Structural modeling of single sand body in L Minghuazhen Formation

图 4. L 明化镇组单砂体构造建模

3.1.2. 属性模型

属性模拟采用基于单砂体相控确定性建模, 平面变程包含砂体的范围, 垂向变程通过变差函数分析得到, 一个砂体就是一个砂岩相模型, 在相控的基础上并采用地震属性协同模拟, 建立孔隙度模型(图 5)。

采用孔隙度下限值进行截断, 计算净毛比模型。

由于孔隙度与渗透率相关性较好，采用孔隙度作为第二变量进行协同模拟，建立渗透率模型。

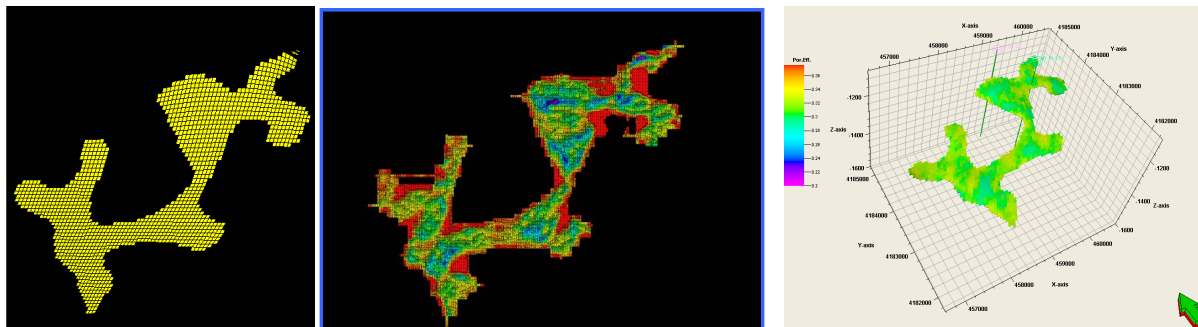


Figure 5. Schematic diagram of attribute model establishment of Minghuazhen Formation in shallow layer of L oilfield (left: lithofacies model, middle: seismic attribute, right: attribute model)

图 5. L 油田浅层明化镇组属性模型建立示意图(左: 岩相模型, 中: 地震属性, 右: 属性模型)

3.2. L 油田深层地质模型

沙二段辫状河三角洲沉积，采用层状构造模式建模。由于辫状河三角洲平面分布比较稳定，砂体多呈层状分布，以沙二段顶底面建立地层框架模型；为突出其空间分布特点，沿层细分切片，提取能够代表储层的地震属性，平面以地震属性为约束，结合纵向砂岩百分比，模拟相模型；在相控基础上完成孔隙度、渗透率等属性模型的建立。

3.2.1. 构造模型

平面网格大小 100 m × 100 m，采用油组构造层面建立构造框架模型，相对于浅层单砂体建模，范围大，构造平缓，但是储层的表征需依赖于属性模型的刻画。

3.2.2. 属性模型

通过沿层地震属性切片演绎，分析砂体的平面分布方向，结合区域沉积认识，发现沙二段辫状河三角洲物源方向为西南方向。因此，以平面属性及纵向砂地比为约束，相变程主方向为西南方向，平面变程根据区域认识及属性分布范围选择，完成沙二段辫状河三角洲岩相模型的建立(图 6)。

孔隙度、渗透率等属性模型在相模型的控制下，采用随机模拟方法建模(图 7)。主变程方向与相模型相同，平面变程根据区域沉积认识选择，垂向变程通过变差函数分析得到。

采用孔隙度 c 下限值进行截断，计算净毛比模型。

由于孔隙度与渗透率相关性较好，采用孔隙度作为第二变量进行协同模拟，建立渗透率模型。

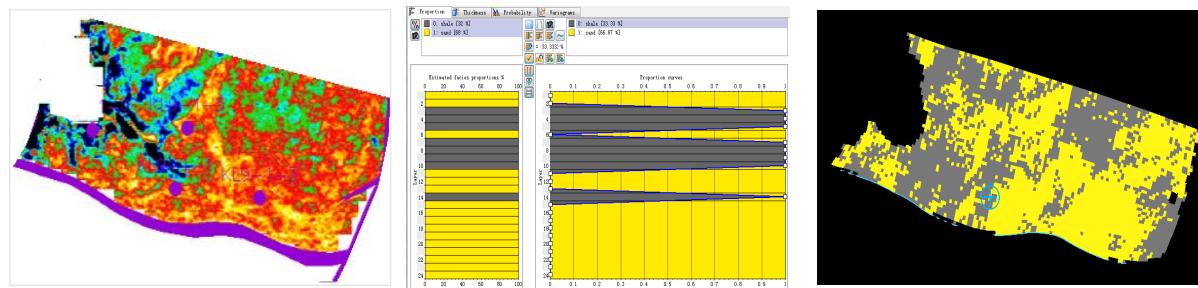


Figure 6. Establishment diagram of Shahejie Formation facies model in L oilfield (left: seismic attribute, middle: percentage of longitudinal sandstone, right: lithofacies model)

图 6. L 油田沙河街组相模型的建立示意图(左: 地震属性, 中: 纵向砂岩百分比, 右: 岩相模型)

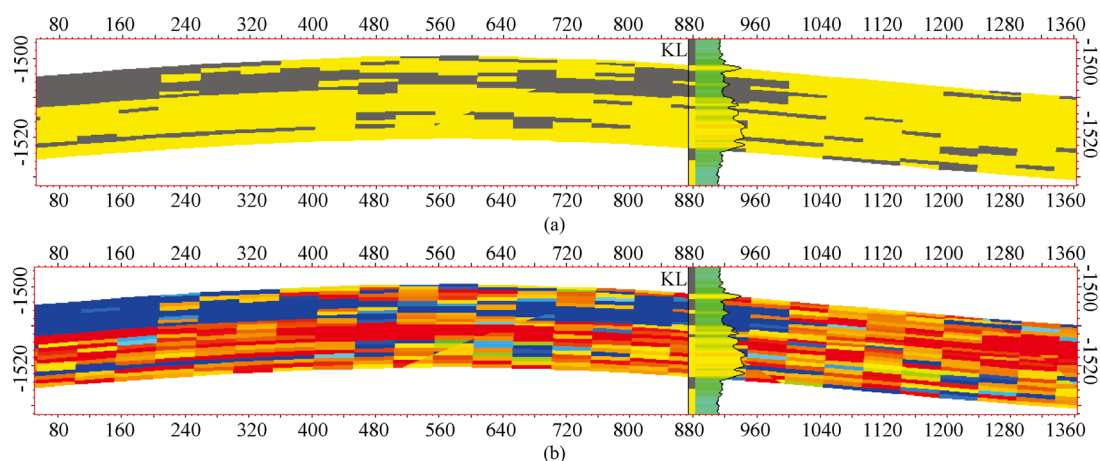


Figure 7. Schematic diagram of attribute model established by facies control of Shahejie Formation in L oilfield ((a) is the profile of facies model, (b) is the profile of attribute model)

图 7. L 油田沙河街组相控建立属性模型示意图((a)为相模型剖面图, (b)为属性模型剖面图)

4. 结论

1) L 油田浅层明化镇组发育浅水三角洲沉积, 以岩性油藏为主, 表现为“一砂一藏”的地质油藏特征, 可利用井震结合的储层反演技术精细雕刻砂体的空间展布, 因此采用基于单砂体顶底面的确定性地质建模方法表征砂体;

2) L 油田深层沙河街组发育辫状河三角洲, 以构造油藏为主, 表现为“层状模式”的地质油藏特征, 地震反演不能精细刻画砂体分布, 但是储层砂地比高, 可采用基于油组顶底面的随机建模方法表征砂体分布。

参考文献

- [1] 张岚, 黄凯, 张建民, 等. BZ 油田浅水三角洲地质建模研究[J]. 海洋石油, 2012, 32(3): 33-38.
- [2] 李振鹏, 欧银华, 刘洪洲, 等. 浅水三角洲储层剩余油控制因素及分布模式研究——以渤海海域歧口油田明下段地层为例[J]. 新疆石油天然气, 2019, 15(3): 41-57.
- [3] 孙立春, 余连勇, 柳永杰, 等. 三角洲沉积砂体骨架模型及储层属性地质模型的实现——以渤海某油田为例[J]. 中国海上油气, 2006, 18(3): 178-182.
- [4] 王德英, 于海波, 王启明, 等. 渤海海域湖盆萎缩期浅水三角洲岩性油气藏差异成藏模式[J]. 东北石油大学学报, 2018(3): 67-69.
- [5] 尹艳树, 张昌民, 李少华, 等. 一种基于沉积模式的多点地质统计学建模方法[J]. 地质论评, 2014, 60(1): 216-221.
- [6] 胡勇, 于兴河, 李胜利, 等. 应用地震正反演技术提高地质建模精度[J]. 石油勘探与开发, 2014, 41(2): 190-197.
- [7] 李龙, 张新涛, 徐春强, 等. 渤中凹陷西洼区新近系油气分布特征及“脊-断”联控成藏模式[J]. 中国海上油气, 2019(4): 10-13.
- [8] 赵汉卿, 陈存良, 陈晓明, 等. 垦利 10-4 油田沙三段成岩作用与油气充注耦合关系[J]. 断块油气田, 2018(4): 45-67.
- [9] 王威. 渤海南部渤中油田储层三维地质建模与油藏数值模拟一体化研究[D]: [博士学位论文]. 成都: 西南石油大学, 2013: 65-79.
- [10] 李康, 李少华, 王浩宇, 等. 多点地质统计学在三角洲相储层建模中的应用[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2014, 16(5): 53-55.