

埕岛油田东斜坡地区浊积砂体沉积特征研究

邢恩浩

中国石化胜利油田分公司海洋采油厂, 山东 东营

收稿日期: 2022年5月24日; 录用日期: 2022年6月23日; 发布日期: 2022年6月30日

摘要

胜利海域埕岛油田是胜利油田重要的油气聚集带。埕岛油田东斜坡地区东营组发育一套浊积岩, 是重要的油气储层类型。明确浊积砂体成因类型及沉积特征对于推动浊积岩油藏的勘探开发具有重要理论意义和实际价值。本文在前人研究成果的基础上, 以沉积学原理为指导, 选取东斜坡东营组浊积砂体为研究对象, 综合粒度分析、地质录井、钻井岩心等资料, 明确了洪水湖底扇和滑塌湖底扇两种成因的浊积砂体, 分析了研究区沉积相展布, 建立了沉积模式。结合相邻凹陷浊积岩油藏勘探开发情况进行了讨论。

关键词

埕岛油田, 东部斜坡带, 浊积砂体

Study on Sedimentary Characteristics of Turbidite Sand Body in East Slope Area of Chengdao Oilfield

Enhao Xing

Haiyang Oil Production Plant, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying Shandong

Received: May 24th, 2022; accepted: Jun. 23rd, 2022; published: Jun. 30th, 2022

Abstract

Chengdao Oilfield in Shengli sea area is one of the important oil and gas accumulation zones in Shengli Oilfield. A set of turbidites is developed in Dongying Formation in the east slope area of Chengdao Oilfield, which is one of the important oil and gas reservoir types. Clarifying the genetic types and sedimentary characteristics of turbidite sand body has important theoretical significance and practical value for promoting the exploration of turbidite reservoir. On the basis of previous research results, guided by the principle of sedimentology, this paper selects the turbidite

sand body of Dongying Formation on the east slope as the research object, integrates the data of particle size analysis, geological logging and drilling core, defines the turbidite sand bodies of flood lake bottom fan and collapse lake bottom fan, analyzes the distribution of sedimentary facies in the study area, and establishes the sedimentary model. The exploration of turbidite reservoir in adjacent sag is discussed.

Keywords

Chengdao Oilfield, East Slope Area, Turbidite Sand

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

1. 引言

浊积砂体是浊流沉积环境下沉积的一种储集体。是形成于深水环境的各种类型重力流沉积物及其形成的沉积岩的总和。足够的水深、足够的坡度角、充沛的物源、一定的触发机制是其形成的必要条件[1]。在构造断陷湖盆的陡坡带, 往往具备以上有利条件而形成浊流沉积的浊积砂体。浊积砂体成因类型多样[2] [3] [4], 明确砂体成因的主控因素, 已成为提高储层预测精度与深化砂体连通性认识亟待解决的问题。本文在前人研究成果的基础上[5]-[11], 以沉积学原理为指导, 综合粒度分析、地质录井、钻井岩心等资料, 明确了洪水湖底扇和滑塌湖底扇两种成因的浊积砂体, 分析了研究区沉积相展布, 建立了沉积模式。结合相邻凹陷浊积岩油藏勘探开发情况进行了讨论。

2. 地质概况

2.1. 构造背景

研究区域为埕岛东斜坡地区, 位于埕岛油田东北部, 渤海湾盆地南部的浅海海域, 区域构造上属于埕宁隆起带埕北低凸起的东南部, 为埕北低凸起东部向渤中凹陷延伸的斜坡部分[12] [13]。构造位置处于渤中凹陷、黄河口凹陷、埕北凹陷和沙南凹陷的交会处, 渤中坳陷, 东为黄河口坳陷, 南为桩东坳陷, 西为埕北坳陷(图 1)。

埕岛地区位于济阳坳陷和渤中坳陷的交接处, 是一个四周被生油凹陷环绕的大型潜山披覆构造带。燕山运动末期至喜山运动初期, 埕岛地区基底整体抬升, 开始了强烈的风化剥蚀, 使早期形成的基底大断裂大都成为隐伏断层或落差很大的断层。喜山运动初期开始了断陷活动, 由于郯庐旋转构造体系的影响, 形成走向的大断层, 控制了下第三系的沉积。下第三系沉积, 早期在潜山上升盘附近层层超覆。到下第三系沉积晚期, 埕岛地区全部被东营组覆盖。至喜山运动中期整个济阳坳陷抬起时, 埕岛地区也随之整体抬升, 形成上、下第三系较长时间的沉积间断, 致使东营组顶部遭受到部分剥蚀。至喜山运动中晚期, 整体下沉, 沉积了作为披覆盖层的上第三系。埕岛东部从沙河街组至东营组作为一个完整的上超层序向潜山主体高部位超覆和披覆沉积[14] [15]。

2.2. 地层划分

埕岛地区东斜坡构造的发育过程既渤海湾盆地构造发育的一般特点, 也同时有其特殊之处。研究区以太古界变质岩为基础, 发育有古生界、中生界和新生界三套沉积岩系, 其中包含厚度可达万米的凹陷

中心部位。

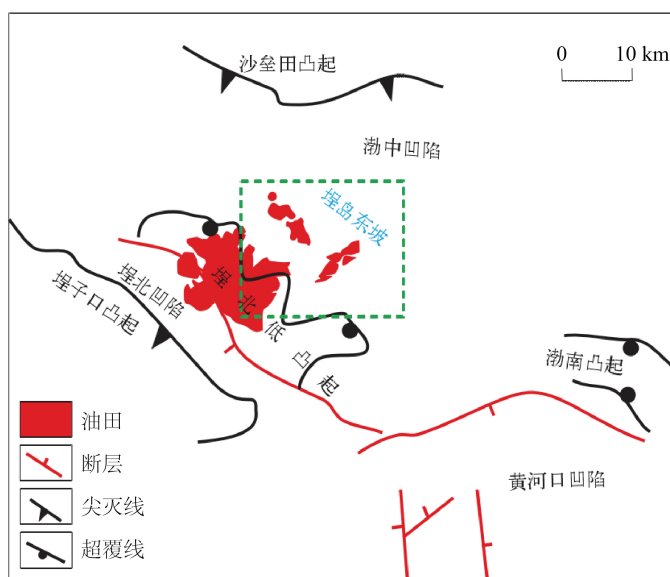


Figure 1. Structural location map of the study area
图 1. 研究区构造位置图

埭岛东斜坡古近系主要发育了东营组地层和沙河街组地层的一部分，它们与下面的地层呈角度不整合接触关系。沙河街组沙一、二段为滨浅湖相沉积，沙河街组沙三段为一暗色泥岩为主的半深湖-深湖相沉积，是该地区的生油主力层位。东营组下半部分的沉积相是半深湖-滨浅湖相沉积，由于在此环境中的水动力较弱，所以其中的深色泥岩较为发育，古生物可能较多，导致其有一定的生油能力；东营组中上部的沉积相是大型扇三角洲沉积，由于古河流在此入海，水流缓慢使得河沙运移至此，导致其中的砂岩比较发育，水动力变弱使得泥岩与砂岩交替沉积[16]，砂岩与泥岩呈薄互层关系(图 2)。

3. 浊积砂体沉积特征

3.1. 岩石学特征

埭岛油田东部斜坡带地区浊积砂体主要发育在东营组 6~10 小层(表 1)，岩石岩性主要以含砾砂岩、粗砂岩、中-细砂岩为主，成分主要为岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩(图 3)。其中岩石中石英含量在 26~48% 之间，平均含量达 40.5%；长石含量在 11~38% 之间，平均含量达 31.8%；沉积岩、岩浆岩以及变质岩岩屑均有发育。其中变质岩岩屑最多，岩浆岩岩屑次之，沉积岩岩屑最少，合计含量在 17~78% 之间，平均含量达 27.7%。反映出较低的成分成熟度。

通过薄片数据的统计分析，岩石中的碎屑颗粒分选中等及分选偏差的颗粒占到 90% 以上(图 4)，磨圆度次棱角状达到 60% 以上，部分为棱角状及次圆状(图 5)，总体上呈现出结构成熟度低的特征。较低的成分成熟度和结构成熟度共同反映出了近源沉积的特征。

3.2. 成因类型

根据浊积砂体的成因，划分出洪水湖底扇和滑塌湖底扇两种类型。

洪水湖底扇是断陷湖盆坡折带地区发育的一种特有的沉积体系。在暴雨期或洪水期时，山地区域的河流裹挟着碎屑物质出山口，并快速深入到湖平面以下堆积起来形成的一种沉积体系。东斜坡地区洪水

湖底扇则表现出在沉积物供给充足时期，洪水成因的重力流沉积特征[17][18]。

界	系	统	组	岩性特征	地震反射层	沉积环境	
新 生 界	新近系	更新统	平原组	Q	土黄、棕红粘土及砂土	T ₀	河流相
		上新世	明华镇组	Nm	棕红色泥岩夹黄色粉砂岩、泥质粉砂		
		中新统	馆陶组	Ngs	上部棕红色泥岩，灰绿色泥质砂岩，浅灰色棕褐色砂岩，下部灰白色含砾岩夹灰绿色泥岩，向下砂岩增加		
				Ngx	含砾砂岩，中、细砂岩夹浅灰棕红色泥质岩，砂岩含量大于80%		
	古近系	渐新统	东营组	Ed ₁	含砾砂岩与灰白/灰绿/浅灰色泥岩互层	T ₁	三角洲相
				Ed ₂	上部砂岩发育，为“胖砂岩”段，与灰白色/灰绿/浅灰色泥岩互层，砂岩更发育		
				Ed ₃	灰/深灰色泥岩夹透镜状砂岩		
			沙河街组	Es ₁₋₂	灰色泥岩/油泥岩油页岩互层，夹薄层白云岩/石灰岩，局部出现生物灰岩和砂岩		浅湖相 半深湖相 深湖相
				Es ₃	深灰、灰褐色灰质泥岩、泥岩、油页岩夹少量砂岩		
				Es ₄	上部灰色泥岩与灰白色砂岩互层，下部紫红色、灰色泥岩夹砂岩		
始新统							

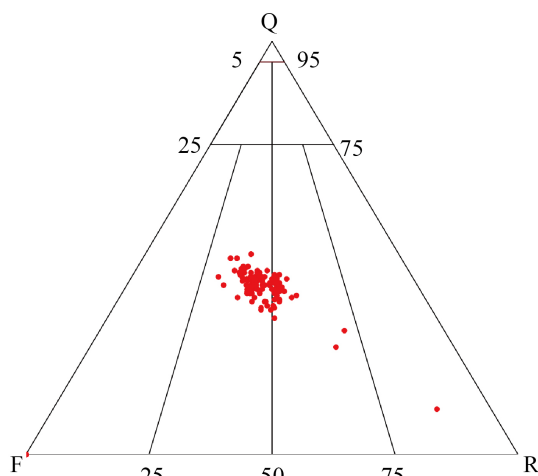
Figure 2. Stratigraphic division scheme of the study area

图 2. 研究区地层划分方案

Table 1. Sublayer division table

表 1. 小层划分表

组	砂组	小层号	小层数
东营组	1	1 ¹ , 1 ² , 1 ³ , 1 ⁴ , 1 ⁵ , 1 ⁶ , 1 ⁷ , 1 ⁸	8
	2	2 ¹ , 2 ² , 2 ³ , 2 ⁴ , 2 ⁵ , 2 ⁶ , 2 ⁷	7
	3	3 ¹ , 3 ² , 3 ³ , 3 ⁴ , 3 ⁵	5
	4	4 ¹ , 4 ² , 4 ³ , 4 ⁴ , 4 ⁵ , 4 ⁶ , 4 ⁷ , 4 ⁸ , 4 ⁹	9
	5		
	6	6 ¹ , 6 ² , 6 ³ , 6 ⁴ , 6 ⁵ , 6 ⁶ , 6 ⁷ , 6 ⁸ , 6 ⁹	9
	7	7 ¹ , 7 ² , 7 ³ , 7 ⁴ , 7 ⁵ , 7 ⁶	6
	8	8 ¹ , 8 ² , 8 ³ , 8 ⁴ , 8 ⁵ , 8 ⁶	6
	9	9 ¹ , 9 ² , 9 ³ , 9 ⁴ , 9 ⁵ , 9 ⁶ , 9 ⁷	7
	10	10 ¹ , 10 ² , 10 ³ , 10 ⁴ , 10 ⁵ , 10 ⁶	6
合计			63



I, 石英砂岩; II, 长石石英砂岩; III, 岩屑石英砂岩;
IV, 岩屑长石砂岩; V, 长石砂岩; VI, 岩屑砂岩; VII,
长石岩屑砂岩

Figure 3. Sandstone classification diagram

图 3. 砂岩三角分类图

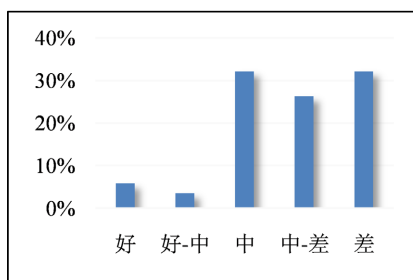


Figure 4. Sorting degree statistical chart

图 4. 分选度统计图

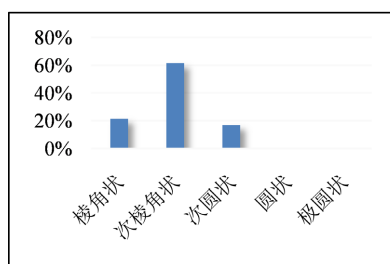


Figure 5. Roundness statistics

图 5. 磨圆度统计图

C-M 图上显示出 QR 段发育, PQ 段部分发育, 具有牵流和浊流的双重特征(图 6)。主要发育块状层理、平行层理等沉积构造, 反映了洪水湖底扇水下分流河道强水动力沉积环境。

滑塌湖底扇相较于洪水湖底扇, 重力流沉积的特征更为明显, 表现为砂砾岩、砂岩、泥岩组成的一套混杂堆积体。滑塌湖底扇沉积体系一般与斜坡带构造不稳定、基底断陷发育、同沉积断层的控制作用有关。C-M 图上显示出平行 C=M 基线分布(图 7), 为典型浊流沉积特征。

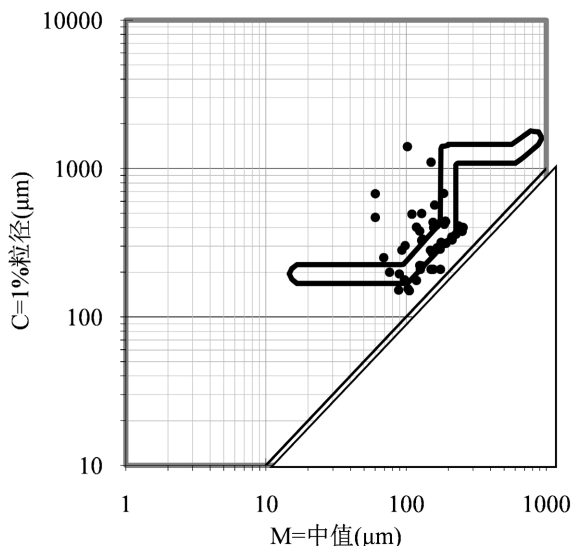


Figure 6. Flood sublacustrine fan C-M diagram

图 6. 洪水湖底扇 C-M 图

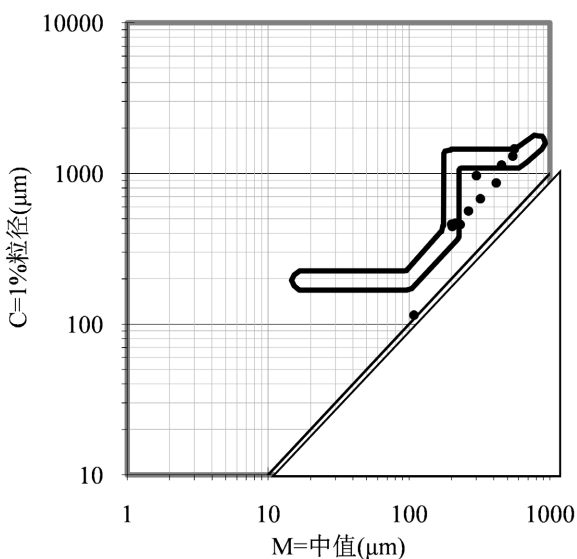


Figure 7. Slumping sublacustrine fan C-M diagram

图 7. 滑塌湖底扇 C-M 图

主要发育以反映浊流沉积特征的变形构造如球枕构造、火焰状构造、泥岩撕裂屑、鲍马序列等。该沉积构造是在砂质含量较高的部分，由于早先形成的沉积物在未固结成岩前发生二次搬运，在二次搬运过程中泥质组分抗剪切能力较差，砂质组分抗剪切能力强，从而在沿滑动面滑塌的过程中产生差异，泥质组分被撕裂成长条状，而砂质组分继续滑塌。而且在滑塌扇体中可见植物化石和碳屑，这也反映出了深水快速沉积的特征(图 8)。

3.3. 单井分析

埕北 32 井 3380~3409.5 m 取芯段主要为深灰色泥岩，反映出为深水，水动力条件较弱的低能环境，为深湖 - 半深湖相泥；

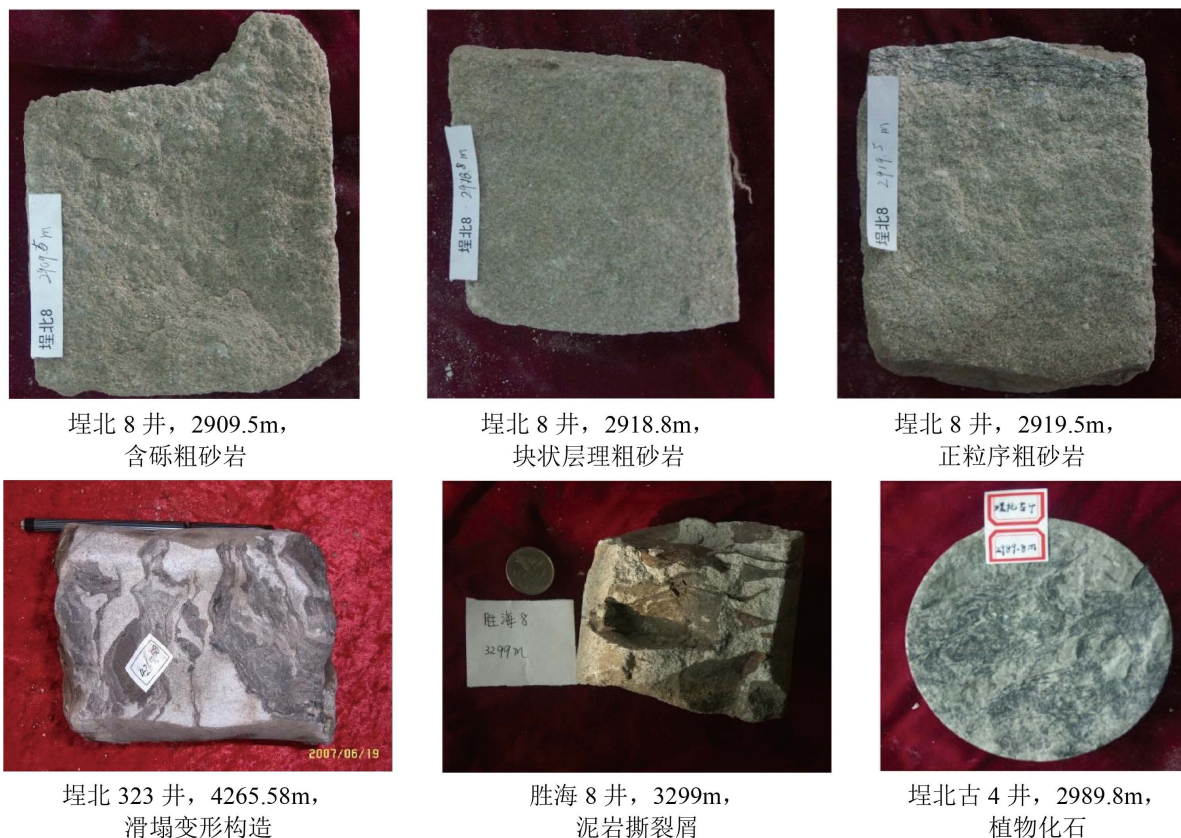


Figure 8. Sedimentary structure
图 8. 沉积构造

埕北 32 井 3409.5~3414.50 m 取芯段主要为黄色含砾砂岩，测井曲线表现为漏斗状，发育于两层湖相泥间，反映出为洪水湖底扇沉积；

埕北 32 井 3414.50~3429.50 m 取芯段主要为深灰色泥岩，反映出为深水，水动力条件较弱的低能环境，为深湖 - 半深湖相泥；

埕北 32 井 3429.50~3444.00 m 取芯段主要为黄色含砾砂岩夹泥岩层，测井曲线表现为钟型、齿型，反映出湖底扇在物源供给不稳定或不具备触发条件的时期，规模出现波动的沉积。

埕北 32 井 3444.00~3482.00 m 取芯段主要为厚层的深灰色泥岩，反映出水体长时间较为稳定，水动力条件较弱的低能环境，为深湖 - 半深湖相泥；

埕北 32 井 3482.00~3492.50 m 取芯段主要为厚层黄色含砾砂岩，测井曲线表现为漏斗状，反映出此时的湖底扇沉积物源供给较为充足，扇体规模相对较大(图 9)。

胜海 8 井 3171.00~3188.00m 取芯段主要为深灰色泥岩，反映了深水环境下水动力条件较弱的低能环境，为稳定的湖相泥沉积。

胜海 8 井 3188.00~3191.00m 取芯段主要为灰色细砾岩，岩层厚度较薄，较粗的岩性反映为滑塌湖底扇近端沉积。

胜海 8 井 3191.00~3201.50m 取芯段主要为灰色、深灰色泥岩夹灰色粉砂岩、泥质粉砂岩，岩性序列反映了扇体边缘与湖相泥的交互，为滑塌湖底扇远端沉积。

胜海 8 井 3201.50~3224.00m 取芯段主要为灰色中 - 细砾岩，该段厚度较大，反映为较大的滑塌堆积

体，自然电位显示为高幅，为滑塌湖底扇的主体部分。

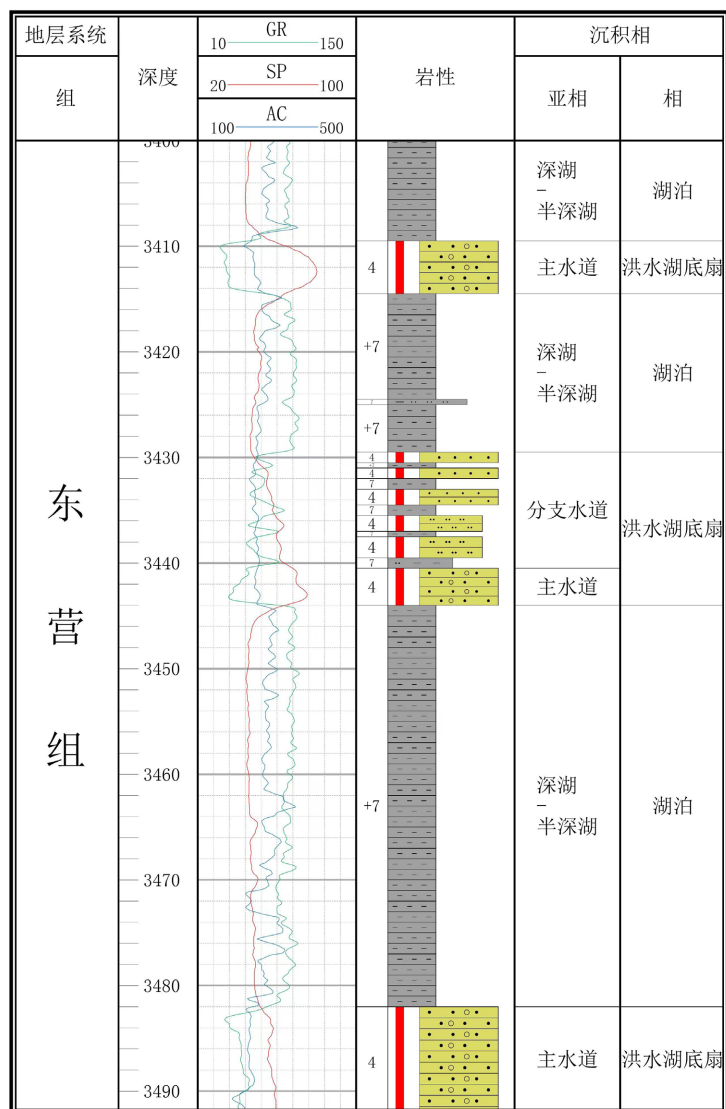


Figure 9. Sedimentation of well CB 32

图 9. 埕北 32 井单井沉积图

胜海 8 井 3224.00~3231.00 m 取芯段主要为深灰色泥岩，反映为湖相泥沉积。

胜海 8 井 3231.00~3238.00 m 取芯段主要为灰色钙质粉砂岩、灰色细砾岩，反映了滑塌湖底扇近端沉积。

胜海 8 井 3238.00~3273.00m 取芯段主要为两套深灰色泥岩夹灰色粉砂岩，远端细粒沉积与湖相泥交替出现，且砂体较薄，反映了滑塌湖底扇发育于湖相泥岩之中，滑塌砂体受制于物源供给和触发条件，相对孤立，没有固定连片(图 10)。

3.4. 连井分析

根据在研究区内布置的东西向与南北向连井剖面(图 11)，对研究区东营组地层开展沉积相展布分析。

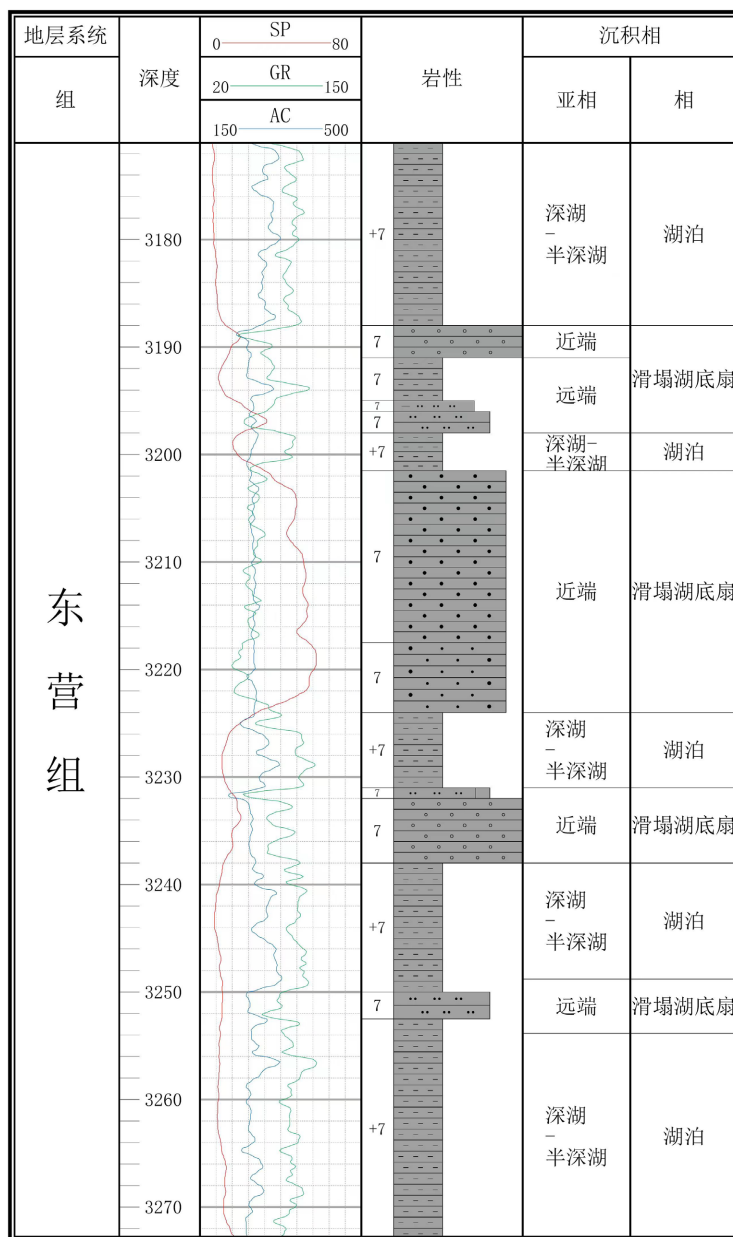


Figure 10. Sedimentation of well SH8

图 10. 胜海 8 井单井沉积图

通过埕北 811 - 埕北 812 - 埕北 84 - 埕北 81 井近东西向连井分析, 主要发育半深湖 - 深湖相泥岩沉积、早期洪水湖底扇、滑塌湖底扇, 晚期扇三角洲沉积。反映出东营组地层沉积时期整体呈湖退体系, 早期东营组湖平面快速上升, 物源供给速率高, 沿斜坡带物源充足, 碎屑物由洪水携带进入稳定水体, 由凸起向斜坡带内形成扇三角洲沉积, 并继续沿沟谷向深湖区内形成洪水湖底扇沉积。东营组上部为扇三角洲沉积环境, 东营组下部为湖相沉积环境, 浊积扇砂体相对孤立发育于湖相泥之中, 由坡折带向洼陷内延伸, 在第二坡折带处扇体发生滑塌, 形成位于更深水体之中的滑塌湖底扇。向洼陷中心发育滑塌湖底扇沉积, 与半深湖 - 深湖相泥岩呈频繁交互沉积, 具备良好的储层条件。在垂利物源方向, 浊积扇砂体孤立发育于湖相泥之中, 该剖面与斜坡带走向平行, 扇体沿该线发育, 但砂体之间延续性较差, 没有

形成有效联通，多期浊积扇体发育，砂体层层叠置。

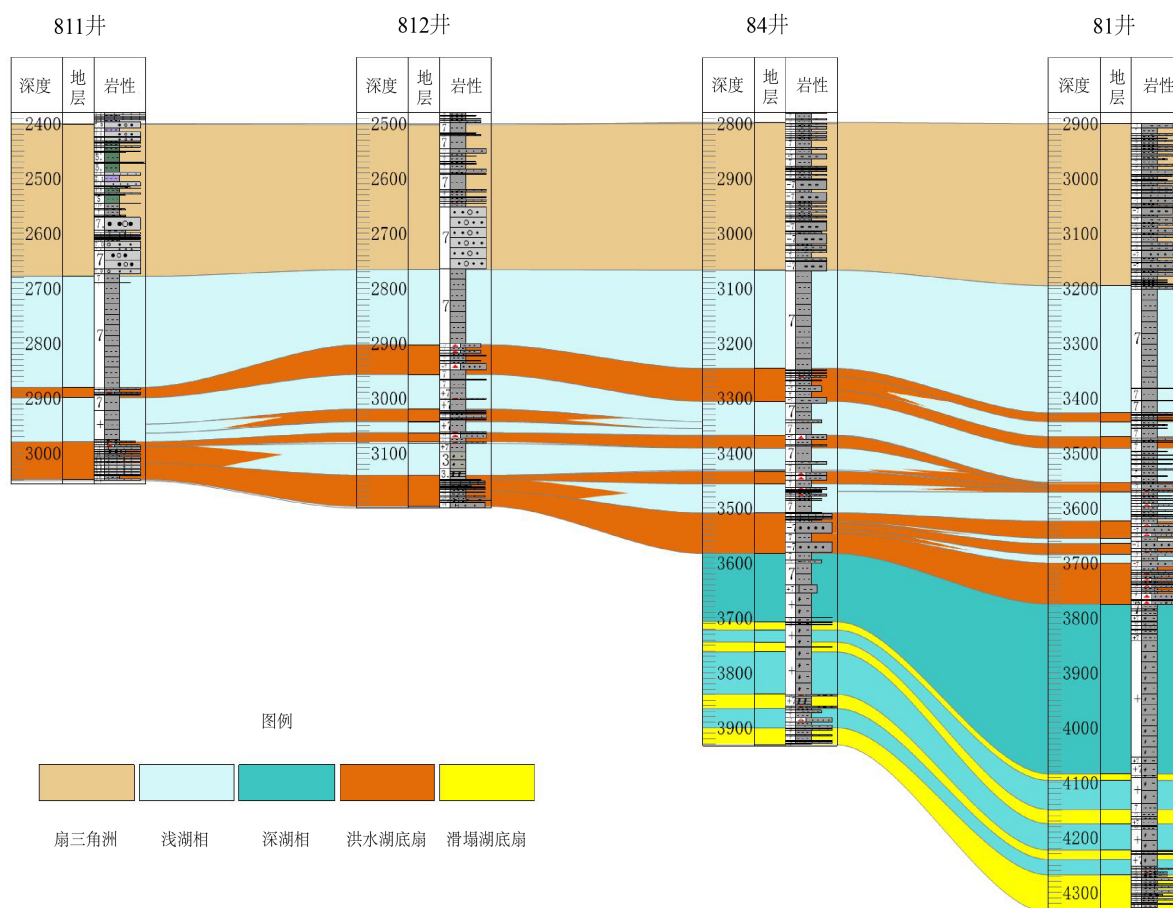


Figure 11. Sedimentary profile of CB 811-CB 812-CB 84-CB 81 connected well

图 11. 埕北 811 - 埕北 812 - 埕北 84 - 埕北 81 连井沉积剖面图

3.5. 平面分析

通过分析埕岛东斜坡地区东营组砂岩厚度分布特征，结合单井沉积特征及古地貌特征，综合分析埕岛东斜坡地区东营组沉积相在平面上的展布范围和分布规律(图 12)。按照古地貌特征将坡折带内由陡变缓的部位为坡折带的分界点，分为北西向的两个个坡折带和一个洼陷带，受埕北 30 断裂带控制的断阶带。

浊积扇砂体主要近埕北低凸起以及埕北 30 潜山物源区，分别沿斜坡带以及埕北 30 断裂带向洼陷中心展布。位于坡折带的浊积砂体在洪水期物源充足，发育规模相对较大；第二坡折带下发育滑塌湖底扇砂体，规模相对较小，呈舌状体。位于埕北 30 断裂带的浊积砂体收到断层构造控制作用，沿断阶带呈串珠状分布，并且由于物源供给不稳定，浊积扇砂体多期发育，层层叠置。

3.6. 沉积模式

在以上研究基础上，结合地质录井、钻井岩心、测井曲线、粒度分析等资料，明确了埕岛东斜坡地区研究层位主要发育洪水湖底扇和滑塌湖底扇两种沉积相类型。通过单井、连井、平面沉积相的分析，确定了沉积体系的展布规律，最终建立了沉积相模式(图 13、图 14)。

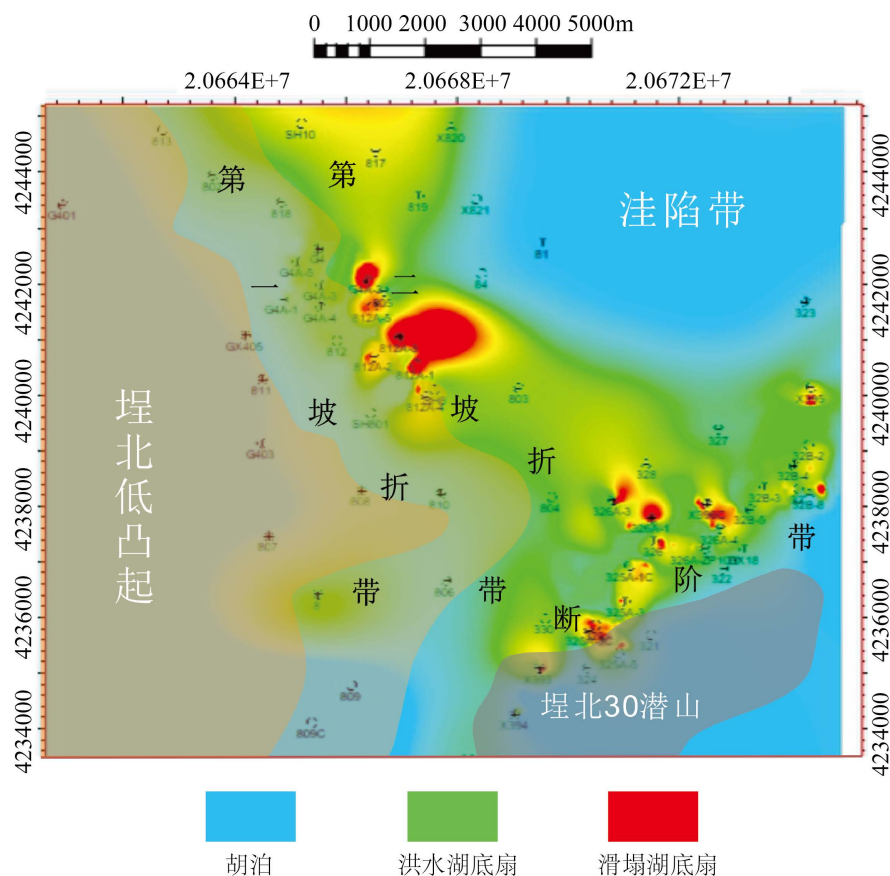


Figure 12. Sedimentary facies chart
图 12. 沉积相平面图

埕岛东斜坡地区整体受控于坡折带，较大的地形差，形成了重力流搬运的模式；并受到沟谷和湖平面变化的影响。在东营组地层发育早期，在湖盆内形成深湖-半深湖相沉积。埕岛凸起作为主要物源区，物源供给充足，沉积物在洪水作用下向深湖-半深湖快速搬运，当地形坡度减小、地形逐渐趋于平坦，沉积物堆积下来形成洪水湖底扇沉积。因此，在洪水湖底扇常呈条带状分布向湖内延伸，水道发育。在湖平面到达最高后，开始缓慢下降，湖底扇整体呈现进积。

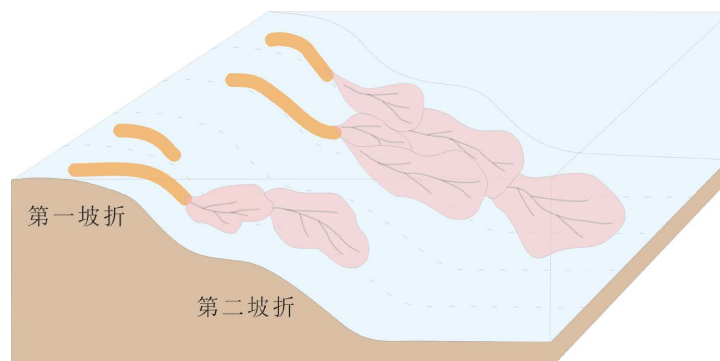


Figure 13. Sedimentary model of flood sublacustrine fan
图 13. 洪水湖底扇沉积模式

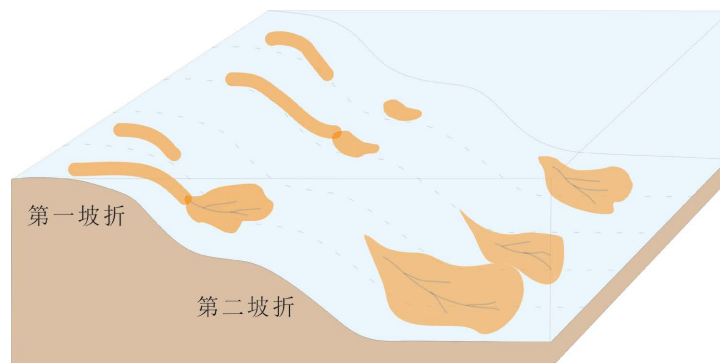


Figure 14. Depositional model of slumping sublacustrine fan

图 14. 滑塌湖底扇沉积模式

充足的沉积物在多期洪水的作用下会在斜坡带形成洪水湖底扇的叠置体，而洪水湖底扇在新的叠置体形成的撞击或地震、风暴等条件下，沿坡折带向湖底更深处产生滑动、滑塌作用，形成滑塌湖底扇。在第二坡折带及埕北 30 断裂带地区，受构造活动影响，已经形成的堆积体失稳发生滑塌作用，从而形成规模小，分布广，厚度较薄的滑塌湖底扇。滑塌湖底扇物源供给不稳定，形成条件受限，所以展布规律较差，往往呈舌状体。

4. 讨论分析

胜利滩海地区的油气勘探经历了早期的找构造圈闭的阶段，埕岛油田及周围地区的勘探进入了隐蔽油气藏为主要对象的阶段，勘探程度越来越高，难度不断加大，把寻找大型构造油藏为主的勘探思路转变为寻找隐蔽性油气藏的思路。

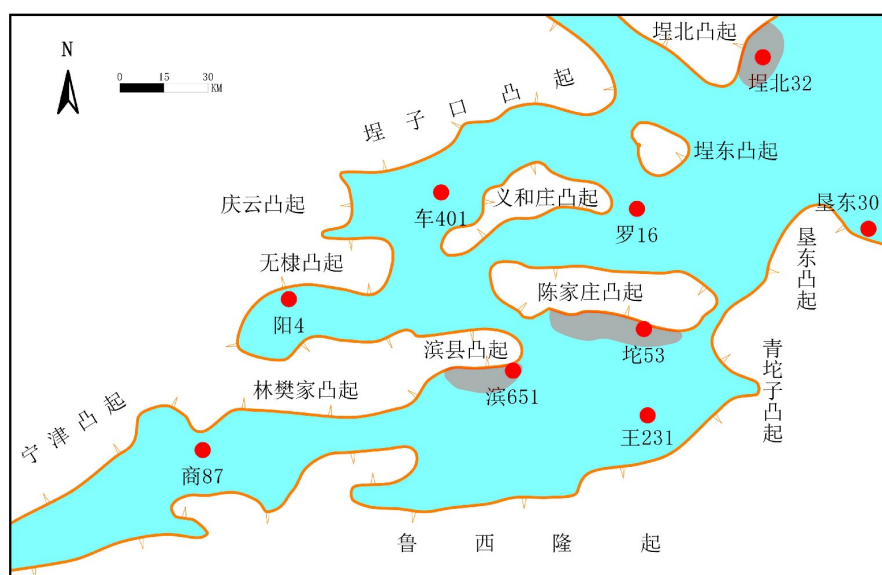


Figure 15. Schematic diagram of turbidite reservoir in Jiyang Depression

图 15. 济阳凹陷浊积油藏示意图

埕岛东斜坡地区第一坡折带、第二坡折带与洼陷带内已相继探明了浊积岩油藏；在济阳拗陷内，东营凹陷北部陡坡带以及滨县凸起南部斜坡带都发育有浊积砂体，并且对于浊积岩的勘探都取得了新进展，

TX726 井、BX441 井都获得了高产工业油流。随着更多的浊积岩油藏发现, 浊积岩油藏也越来越受到关注。浊积岩油藏的形成往往有着得天独厚的优势。在广泛的湖相沉积中, 浊积砂体夹在泥岩之间, 而暗色湖相泥岩、油泥岩, 有机质丰度高, 既是良好的烃源岩, 又是良好的盖层, 形成了较好的岩性封闭, 具有独特的生、储、盖配置关系, 使得油气得以聚集[19] [20]。

与其它地区相比, 埕岛东斜坡地区虽然与东营凹陷北部陡坡带以及滨县凸起南部斜坡带同位于济阳凹陷内, 但是埕岛东斜坡地区位于济阳凹陷边缘, 紧邻渤中凹陷, 与东营凹陷相比, 东营组地层沉积厚度较大, 浊积砂体埋藏深度相对较浅, 经历的成岩作用少。但相较于东营凹陷浊积扇砂体, 规模较小, 砂体建连通性较差。埕北 30 断裂带地区, 次级断层发育, 虽然封隔了砂体, 但是造成砂体难以连通形成规模(图 15)。

5. 结论

1) 东斜坡东营组湖相沉积中发育了一套浊积砂体。岩石岩性主要以含砾砂岩、粗砂岩、中-细砂岩为主, 成分主要为岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩。成分成熟度和结构成熟度低。

2) 浊积砂体有洪水湖底扇和滑塌湖底扇两种成因类型。分别为沉积物供给充足的洪水成因沉积和沉积物供给不足的垮塌成因沉积。

3) 洪水湖底扇呈条带状沿坡折带向洼陷延伸; 滑塌湖底扇在第二坡折带地区呈舌状体分布, 在断阶带地区成串珠状分布。

4) 东斜坡地区古地貌和构造格局, 对浊积砂体的发育位置和规模起到了明显的控制作用。

5) 东斜坡地区东营组浊积砂体是油气富集的有利相带, 生储盖配置优越, 应是未来勘探的重点关注地区。

参考文献

- [1] 姜辉. 浊流沉积的动力学机制与响应[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 428-435.
- [2] 鲜本忠, 王璐, 刘建平, 路智勇, 李宇志, 牛栓文, 朱永飞, 洪方浩. 东营凹陷东部始新世三角洲供给型重力流沉积特征与模式[J]. 中国石油大学学报: 自然科学版, 2016, 40(5): 10-21.
- [3] 鲜本忠, 安思奇, 施文华. 水下碎屑流沉积:深水沉积研究热点与进展[J]. 地质论评, 2014, 60(1): 39-51.
- [4] 赵约翰. 济阳拗陷埕岛东坡东营组重力流沉积特征及相模式[J]. 特种油气藏, 2017, 24(4): 24-31.
- [5] 常润峰. 埕岛油田东斜坡断阶带东营组储层预测研究[D]: [硕士学位论文]. 青岛: 中国石油大学(华东), 2013.
- [6] 高喜龙. 埕岛油田东斜坡地震资料特殊处理及储层预测[J]. 断块油气田, 2012, 19(1): 88-91.
- [7] 高喜龙. 埕岛东斜坡东营组层序地层特征及油气勘探方向[J]. 断块油气田, 2013(2): 140-144.
- [8] 袁向春, 钟建华, 高喜龙, 孙希瑞, 李照延. 埕岛东斜坡水下扇沉积特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(2): 146-151.
- [9] 时丕同, 高喜龙, 杨鹏飞, 于世娜, 武群虎. 渤海湾埕北低凸起东斜坡东营组储层特征及其控制因素[J]. 沉积与特提斯地质, 2009(3): 47-55.
- [10] 武群虎, 郝冉冉, 周红科, 刘少斌, 李洋. 埕岛东坡东营组高精度层序地层格架与储层预测[J]. 特种油气藏, 2019, 26(5): 1-7.
- [11] 王志伟, 张凯, 张本华, 武群虎, 刘少斌, 周红科, 张在振. 胜利海上油田下古生界潜山油藏储层描述与开发调整[J]. 断块油气田, 2022, 29(2): 178-182.
- [12] 卢明刚. 埕岛东部斜坡带古进系储层预测及综合评价[D]: [硕士学位论文]. 长沙: 中南大学, 2007.
- [13] 常润峰, 李竟好, 柳文秀, 曲全工, 周结学. 埕岛东斜坡地区浊积水下扇沉积模式及分布规律[J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(6): 31-33, 7.
- [14] 张在振, 李照延, 康海亮, 彭定亮, 周红科, 高若函. 埕岛油田古生界地层特征及其构造意义[J]. 现代地质, 2015, 29(6): 1377-1386.

- [15] 张在振, 张卫平, 李照延, 陆友明, 施明华, 王艳珍. 渤海湾盆地埋北低凸起潜山断裂特征及其控藏机制[J]. 海相油气地质, 2014, 19(2): 8-14.
- [16] 谢宗奎, 王志伟, 明玉坤, 王明, 张在振, 杨彬, 马自超, 孙士杰, 黄元俊. 渤海海域埋岛低凸起东部南区新生代断裂系统及油气分布的控制作用[J]. 地学前缘, 2021, 28(5): 413-420.
- [17] 谢宗奎, 王优杰, 蒋晓澜, 杨彬, 张在振, 牛明超, 罗阳, 刘文芳. 埋岛低凸起深水斜坡扇与滑塌扇砂体成因类型、沉积模式及分布规律[J]. 现代地质, 2020, 34(4): 757-768.
- [18] 谢宗奎. 陆相断陷盆地低凸起斜坡带层序划分及其沉积充填演化特征: 以埋岛东斜坡古近系为例[J]. 地学前缘, 2010, 17(4): 174-184.
- [19] 蒲秀刚, 赵贤正, 王家豪, 韩文中, 王华, 时战楠, 姜文亚, 张伟. 渤海湾盆地滨海地区古近系沙河街组一段滑塌型湖底扇储集层特征及主控因素[J]. 石油勘探与开发, 2020(4): 1-12.
- [20] 杨田, 操应长, 田景春. 浅谈陆相湖盆深水重力流沉积研究中的几点认识[J]. 沉积学报, 2021, 39(1): 88-111.