宛良伟,官大勇,李晓辉,等. 辽东湾地区沙二段差异富砂类型及地震响应特征[J].海洋地质前沿,2020,36(6):36-45.

辽东湾地区沙二段差异富砂类型及地震响应特征

宛良伟,官大勇,李晓辉,马正武,涂丹凤

(中海石油(中国)有限公司天津分公司渤海石油研究院,天津 300459)

摘 要:基于84 口探井資料和大连片三维地震资料探讨辽东湾地区沙二段砂体分布的时 空差异性,并总结典型的差异富砂类型及地震响应特征。研究表明,辽东湾地区沙二段不 同类型富砂带、不同体系域砂体分布和地震响应特征差异明显,具有"平面分带、纵向分 期"的特点。根据不同体系域砂体发育情况识别出早中晚三期富砂型、早晚两期富砂型、 早期富砂型、中期富砂型和晚期富砂型5种典型的差异富砂类型,并系统总结不同富砂类 型的地震响应特征。研究成果提高了辽东湾地区沙二段钻前储层预测的准确性,推动了旅 大 29-1 油田和多个含油气构造的发现,为渤海油田沙二段储层精细预测提供了有益借鉴。 关键词:沙二段;体系域;富砂类型;地震响应特征;辽东湾地区 中图分类号:P618.13;P736 文献标识码:A DOI:10.16028/j.1009-2722.2019.168

0 引言

沙二段是辽东湾地区重要的勘探层系之一, 目前已发现锦州 25-1、锦州 20-2 北等多个以沙二 段为主力含油气层系的大中型油气田。勘探实践 表明,辽东湾地区沙二段储集体埋藏深、相带变化 快,分布规律复杂,储层预测是钻前研究的关键内 容^[1]。长期以来,辽东湾地区沙二段油气勘探对 象主要为构造油气藏^[2-4],由于沙二段地层薄,厚 度介于 10~178.4 m,平均仅 78.8 m,储层预测 中通常将沙二段作为一套地层进行整体研究^[5-7], 研究内容以目标区富砂程度定性判断和砂体平面 分布范围刻画为主,难以准确把握砂体展布特征 及时空演化规律。同时,由于不同区块地震资料 采集处理时间跨度大,参数各不相同,资料品质参 差不齐,对于沙二段何种地震相富砂没有形成统

收稿日期:2019-08-08

一认识,对不同地震相砂体富集程度尚未开展系统研究,影响储层预测准确性。目前辽东湾地区 沙二段油气勘探已经进入地层岩性油气藏勘探与 构造油气藏勘探并重的阶段,传统储层预测思路 已经不能满足日益精细化的勘探研究需要。近两 年来,笔者利用 84 口探井资料及新处理完成的大 连片三维地震资料探讨辽东湾地区沙二段砂体分 布的时空差异性,并系统总结典型的差异富砂类 型及其地震响应特征,研究成果提高了辽东湾地 区沙二段钻前储层预测的精度,推动了旅大 29-1 油田和多个含油气构造的发现,为渤海油田沙二 段储层精细预测研究提供了有益借鉴。

1 区域地质背景

辽东湾坳陷位于渤海东北部海域,为渤海湾 盆地的一个次级单元^[8],面积 2.6×10⁴ km²,可 划分为"三凹三凸"共 6 个次级构造单元,分别为 辽西南凸起,辽西凹陷、辽西凸起、辽中凹陷、辽东 凸起和辽东凹陷(图 1),各构造单元均呈 NE—SW 向展布,且相互平行,形成凸凹相间的构造格局^[9]。 辽东湾地区古近纪构造演化可划分为 3 个阶段: ①孔店组-沙三段沉积期的伸展拉张裂陷阶段(裂

资助项目:国家"十三五"科技重大专项"渤海海域勘探新领域及 关键技术研究"(2016ZX05024003)

作者简介:宛良伟(1986一),男,硕士,工程师,主要从事油气勘探 综合研究工作. E-mail:yuanlw@cnooc.com.cn

陷I幕,65~38 Ma);②沙一、二段沉积期的盆地第 一裂后热沉降拗陷阶段(38~32.8 Ma);③东营组 (包括东三段、东二段、东一段)沉积期的再次裂陷 阶段(裂陷II幕,32.8~24.6 Ma)。孔店组-沙三段 沉积期,断裂活动强,湖泊分布比较局限,地层展布 受盆地形态控制,沉积厚度变化大,发育冲积扇、扇 三角洲、辫状河三角洲等储集体;沙一、二段沉积 期,断裂活动微弱,沉积范围明显扩大,湖盆以"水 浅面广"为特征,沉积厚度变化小,发育滩坝、辫状 河三角洲、扇三角洲等储集体;东营组东三段、东二 下段沉积时期,裂陷活动再次加强,湖盆扩大、加 深,整体为欠补偿环境,发育扇三角洲、辫状河三角 洲、曲流河三角洲、湖底扇等多种类型的储集体;东 二段、东一段沉积时期,断裂活动减弱,周缘及外源 的沉积物大量注入,形成过补偿沉积环境,储集体 类型以辫状河三角洲为主^[10-11]。



图1 辽东湾地区基础地质特征

Fig.1 Basic geological characteristics of Liaodong Bay area

2 沙二段砂体分布和地震响应的时 空差异性

沙二段沉积期,辽东湾地区砂体分布较广,根 据统计,101 口揭示沙二段的探井中,有 84 口探 井钻遇砂岩储层,但砂体厚度变化较大,砂体分布 特征和地震响应具有明显的时空差异性,总体表 现为"平面分带、纵向分期"的特点。

2.1 平面分带

沙二段沉积期,古地貌整体较为平缓,物源条 件从根本上控制了砂体的发育。根据物源体系的 差异,可以划分为区域物源富砂带和局部物源富 砂带,两者砂体发育规模,平面展布特征差异明显 (图 2),地震响应特征也有较大区别。

2.1.1 区域物源富砂带

区域物源富砂带位于辽东湾坳陷东西两侧。 西部为辽西凹陷西斜坡及洼陷带,物源来自燕山 褶皱带;东部主要为辽中凹陷东斜坡,物源来自胶 辽隆起。由于盆外区域物源规模大,可以长期持 续提供长距离搬运到盆地内部的远源粗碎屑物 质^[12],区域物源富砂带的砂体规模较大,平面上 呈席状叠合连片,横向分布稳定,表现出满坡富砂 甚至满洼含砂的特点。砂岩厚度较大,平均55 m, 最厚可达 138.5 m。地震剖面上一般表现为 2~3 根强轴形成的亚平行反射。

2.1.2 局部物源富砂带

局部物源富砂带主要分布在中央凸起南段、 辽西凸起裙边带和辽东南洼东部斜坡带,物源分 别来自中央凸起、辽西凸起和长兴岛凸起。相比 盆外区域物源,盆内局部物源面积较小,暴露剥蚀 时间短,供源能力较弱^[13],因此局部物源富砂带 砂体规模一般较小,平面上多呈朵叶状孤立分布, 横向变化很快。砂岩厚度较小,平均35.5 m,最 厚84.2 m。地震响应特征多样化,与古地貌背 景、砂体厚度和纵向分布位置等因素密切相关。



图 2 辽东湾地区沙二段富砂带类型及沉积模式 Fig.2 Sand-rich deposits of E₂s₂ in Liaodong Bay and depositional model

2.2 纵向分期

精细的陆相层序地层学分析是准确预测渤海 中深层储层的必要条件和前提条件^[14],在体系域 格架内,能够更好地对砂泥岩进行分期判别,有利 于储层预测^[15]。目前,辽东湾地区体系域分析主 要集中在埋藏较浅、地层厚度较大的东营组,对埋 藏较深、地层厚度较小的沙二段研究较少^[16-21]。 本次研究利用大量钻井资料和大连片三维地震资 料尝试对沙二层序进行体系域划分,认为一个完 整的沙二三级层序可以划分为低位、湖扩和高位 3个体系域,不同体系域沉积期物源供给强度和 古地貌特征变化较大,造成纵向上砂体分布及地 震响应特征存在明显差异。

2.2.1 低位域砂体

低位域沉积期,基准面处于快速下降至缓慢 上升期,受沙三末期区域构造抬升运动的影响,碎 屑物质的供应量明显大于可容纳空间。沉积作用 以进积为主,砂体往湖盆方向推进较远。砂体岩 性粗,以砾岩、砂砾岩和含砾砂岩为主,由于古地 貌起伏较大,砂体主要分布在古地貌低洼带(图 3a)。地震剖面上,陡坡带低位域砂体一般厚度较 大,表现为楔形杂乱反射。缓坡带低位域砂体厚 度变化较大,砂体厚度较小时,表现为不连续的弱 振幅反射或一根连续的强轴;砂体厚度较大时,顺 物源方向可见到前积反射,垂直物源方向可见到 丘形反射。

2.2.2 湖扩域砂体

湖扩域沉积期,基准面快速上升,沉积物供给 量小于可容纳空间,沉积作用以退积为主,砂体往 岸线方向退缩(图 3b)。区域物源周边由于盆外 大型水系的注入物源仍持续供应,砂体较发育,但 分布范围与低位、高位期相比明显变小。局部物 源周边湖扩域砂体发育程度与盆内凸起的地势高 低和剥蚀区面积大小有关。以辽西凸起为例,凸 起中南段地势较高、剥蚀区面积较大,裙边带发育 一系列近源扇体;凸起北段地势较低,随着基准面 快速上升,凸起大部分淹没于水下,形成北东向串 珠状分布的"链状岛",其物源供给能力较弱,周边 以富泥沉积为主,局部发育小型近源扇体和砂质







滩坝。湖扩域砂体岩性较细,以中-细砂为主,砂 体规模小,厚度薄且孤立分布,在地震剖面上反射 特征不明显。

2.2.3 高位域砂体

高位域沉积期,基准面处于缓慢上升至缓慢 下降期,沉积物供应增加,大于或略等于可容纳空 间。由于前期的填平补齐作用,古地貌更加平缓, 砂体向湖盆方向推进较远,横向上叠合连片(图 3c)。砂体厚度一般较小,岩性较细,砂岩中碳酸 盐岩含量明显升高,在陆源碎屑供给不足,较为平 缓的古地貌高部位常发育混合滩或生物滩沉积。 地震剖面上,高位域砂体与上覆沙一段富泥沉积 形成较大的波阻抗差,砂体顶面(T₄轴)表现为强 波峰特征,当碳酸盐岩含量较高或砂砾岩厚度较 大时,T₄轴振幅进一步增强。

3 沙二段差异富砂类型及地震响应 特征

根据不同体系域砂体发育情况,可识别出早 中晚三期富砂型(低位、湖扩、高位域均富砂)、早 晚两期富砂型(低位、高位域富砂)、早期富砂型 (低位域富砂)、晚期富砂型(高位域富砂)和中期 富砂型(湖扩域富砂)5种主要的差异富砂类型 (表1)。同一富砂带不同富砂类型、不同富砂带 相同富砂类型在砂岩厚度、含砂率、砂体分布特征 和地震响应等方面均存在明显差异。

3.1 区域物源富砂带

区域物源富砂带钻井较少,主要位于宽缓的 斜坡中下带和挂陷带,体系域发育相对完整,可识 别出早中晚三期富砂型和早晚两期富砂型2种富 砂类型。

3.1.1 早中晚三期富砂型

早中晚三期富砂型主要分布在斜坡带,一般 位于大型辫状河三角洲主体部位,低位期、湖扩 期和高位期均得到持续的物源供应,岩性组合 为厚层含砾砂岩夹薄层泥岩,砂岩厚度 28.0~ 138.5 m,平均 66.0 m,含砂率 34.0% ~ 92.4%,平均 63.1%。由于洼陷区沙二段上覆 沙一段地层和下伏沙三段地层一般均为富泥沉 积,因此沙二段顶面 T₄ 轴为强波峰,沙二段底 面 T₅ 轴为强波谷。沙二段内部反射特征与含 砂率有关,含砂率较高时,一般表现为两强峰夹 一宽波谷的特征(图 4,JZ19-2-A 井);含砂率较 低时,表现为辽东湾地区典型的"三轴反射"(图 4,JZ25-1-D 井)。

表1 辽东湾地区沙二段富砂类型及特征

Table 1 Sand-rich deposits of E2 s2 and their characteristics in Liaodong Bay area

富砂带	主要	富砂	典型	地层厚度/	砂岩厚度/	含砂率/	探井数/
类型	富砂类型	体系域	岩性组合	m	m	%	口
区域物 源富砂带	早中晚	低位域+湖扩域	0.0	48.5~178.4	$28.0 \sim 138.5$	34.0~92.4	18
	三期富砂型	富砂型 十高位域	0.0	平均 106.4	平均 66.0	平均 63.1	
	早晚		••• ••	35.9~127.0	25.5~86.7	27.2~79.9	12
	两期富砂型	低位域+高位域		平均 87.4	平均 43.5	平均 47.9	
局部物源富砂带	早中晚	低位域+湖扩域		65.4~150.0	34.6~84.2	29.4~81.0	12
	三期富砂型	十高位域		平均 109.1	平均 57.8	平均 54.5	
	早晚 两期富砂型	低位域+高位域	••• - •••	39.0~146.0	$10.4 \sim 65.5$	$20.4 \sim 62.8$	15
				平均 89.4	平均 38.2	平均 43.4	
	早期富砂型	低位域	-	22.0~133.0	6.8~52.3	$13.6 \sim 54.8$	13
				平均 73.7	平均 26.4	平均 38.3	
			-	13.6~74.0 平均	8.3~28.2	$30.2 \sim 97.6$	9
	晚期富砂型	高位域		42.4	平均 21.6	平均 52.1	
				21 5 ~ . 96 0	9 F a 17 F	17.0 - 45.4	5
	中期富砂型	湖扩域		21.5 ^{~~86.0} 平均 40.9	o.5~17.5 平均 14.4	T7.0~45.4 平均 30.8	
				, .	, .	, .	



(b)区域物源富砂带沙二段地震响应特征



Fig.4 Sand-rich deposits and their seismic responses of $E_2 s_2$ in depression belt with regional provenance

第36卷第6期

3.1.2 早晚两期富砂型

早晚两期富砂型主要分布在洼陷带及斜坡下 带,一般位于大型辫状河三角洲远端,发育低位期 和高位期两期砂体。湖扩域沉积时期,基准面上 升,可容纳空间增大,砂体往物源区方向退积,在 辫状河三角洲远端湖扩域一般为富泥沉积。砂岩 厚度 25.5~86.7 m,平均 43.5 m;含砂率 27.2% ~79.9%,平均47.9%。地震剖面上,低位域砂 体顶面为连续强振幅反射,湖扩域泥岩为连续强 波谷反射,高位域砂体顶面 T₄ 轴为连续的强波 峰反射,整体表现为两强峰夹一窄波谷的特征(图 4,JZ25-1-E 井)。

3.2 局部物源富砂带

局部物源富砂带钻井较多,可识别出早中晚 三期富砂型、早晚两期富砂型、早期富砂型、晚期 富砂型和中期富砂型5种差异富砂类型。

3.2.1 早中晚三期富砂型

早中晚三期富砂型主要分布在辽西凸起中南 段裙边带,一般位于近源扇体根部。砂岩厚度 34.6~84.2 m,平均 57.8 m;含砂率 29.4%~ 81.0%,平均54.5%。在陡坡带主要分布在断裂 坡折带下方,岩性组合为砂岩与泥岩互层,地震剖 面上表现为楔形杂乱反射(图 5, JZ25-1S-A 井)。 在缓坡带主要分布在优势输砂方向上的局部低洼 区,地震剖面上地层加厚特征明显,顺物源方向为 前积反射,垂直物源方向为丘形反射,代表湖扩域 砂体的波谷振幅较弱(图 6,LD28-1-B 井)。

3.2.2 早晚两期富砂型

早晚两期富砂型在三大局部物源区周边均有 分布,局部物源区面积较大时,一般位于近源扇体 远端,局部面积较小时主要位于近源扇体根部。 砂岩厚度 10.4~65.5 m,平均 38.2 m,含砂率 20.4%~62.8%,平均43.4%。地震剖面上,两





(b)局部物源陡坡带沙二段地震响应特征



Fig.5 Sand-rich deposits and seismic response characteristics of E2 S2 on the steep slope around local provenance



⁽b)局部物源缓坡带沙二段地震响应特征

图 6 局部物源缓坡带沙二段富砂类型及地震响应特征

Fig.6 Sand-rich deposits and seismic response characteristics of $E_2 s_2$ on the gentle slope surrounding local provenance

期富砂型反射特征与低位域砂体厚度有关。低位 域砂体厚度较小时,整体表现为两强峰夹一强波 谷的特征(图 5,JZ25-1S-B 井;图 6,LD29-1-A 井);低位域砂体厚度较大时,低位期砂体一般表 现为2根不连续的同相轴,高位域砂体顶面 T₄ 轴为连续强波峰,湖扩域为连续强波谷(图 6, LD29-1-B井)。

3.2.3 晚期富砂型

晚期富砂型主要分布在近源的局部高地,低 位期高地出露于水面,地层缺失,湖扩期大部分淹 没于水下成为水下低凸起,仍以富泥沉积为主,随 着前期的填平补齐作用,高位期局部高地不复存 在,发育富砂沉积。砂岩厚度 8.3~28.2 m,平均 21.6 m,含砂率 30.2%~97.6%,平均 52.1%。 地震剖面上,晚期富砂型以地层薄、T₄ 轴为强波 峰为特征(图 5,JZ25-1S-C 井)。需要指出的是, 局部高地往往发育薄层钙质粉砂岩或碳酸盐岩沉 积,T₄ 轴同样为强波峰反射,要注意区分。 3.2.4 中期富砂型

中期富砂型仅发育湖扩域砂体,砂体厚度 8.5~17.5 m,平均 14.4 m;含砂率 17.0%~ 45.4%,平均 30.8%。沉积相类型主要为砂质滩 坝沉积。属于这种类型的钻井较少,主要分布在 2个构造带,一是辽东南洼东部缓坡带旅大 28-29 构造区,基底为元古界潜山,湖扩期构造区为水下 低凸起,发育分布范围较广的滩坝沉积(图 6, LD28-1-A 井)。二是辽西凸起北段,湖扩期基准 面上升,形成一系列链状岛型水下低凸起,在凸起 缓坡带,受湖浪影响局部发育砂质滩坝(图 7, JZ25-1-A 井)。与其他富砂类型相比,中期富砂 型一般岩性较细,多为粉砂岩或细砂岩与泥岩不 等厚互层。由于砂岩厚度薄,在地震剖面上响应 特征不明显。

3.2.5 早期富砂型

早期富砂型仅发育低位域砂体,砂岩厚度 13.6~54.8 m,平均 38.3 m,含砂率 6.8%~ 52.3%,平均26.4%。主要分布在辽西凸起中北段"链状岛"型凸起周边,以锦州25-1油田北区最为典型,该区凸起面积很小,在沙二段沉积时期难以持续提供粗碎屑物质,具有隐性物源的特征[22-24],低位期凸起高部位暴露于水面并遭受剥

蚀,可以提供有效物源,在凸起裙边带沉积薄层砂体,湖扩期之后,随着基准面上升,凸起淹没于水下,不能提供有效物源,裙边带以富泥沉积为主 (图 7)。在地震剖面上,早期富砂型 T₄ 轴振幅较弱,而 T₅ 轴之上出现一根强轴。



(b) 隐性物源沙二段地震响应特征

图 7 隐性物源沙二段富砂类型及地震响应特征

Fig.7 Sand-rich deposits and seismic response characteristics of $E_2 s_2$ around recessive provenance

4 油气勘探意义

当前,辽东湾地区沙二段油气勘探已进入构 造油气藏勘探和岩性地层油气藏勘探并重的阶 段,传统储层预测思路已经越来越难以满足勘探 需要。本文基于大量探井资料和大连片三维地震 资料探讨辽东湾地区沙二段砂体分布的时空差异 性,并系统总结典型的差异富砂类型和地震响应 特征,为辽东湾地区沙二段储层预测从砂体平面 刻画走向时空演化分析、从定性判断走向半定量-定量预测提出一个可行的思路:①在区域研究基 础上,分析目标区源-汇耦合条件,定性判断目标 区是否具备砂体富集的地质条件;②基于连片三 维地震资料与相似构造展开类比,初步判定目标 区富砂类型,明确有利砂体时空分布位置和砂体 大致厚度;③在体系域格架内,运用地质-地球物 理一体化手段精细刻画有利砂体展布范围并实现 砂体厚度的半定量-定量预测。

近两年来,这种预测方法已在辽东湾地区沙 二段储层预测中得到广泛运用,大大提高了储层 预测的准确性,推动了旅大 29-1 油田和多个含油 气构造的发现,为渤海油田沙二段储层精细预测 研究提供了有益借鉴。

参考文献:

- [1] 汪利兵,赵春明,曹树春,等.渤海古近系辫状河三角洲储层 描述配套技术——以锦州 25-1 南油田沙河街组为例[J].重 庆科技学院学报(自然科学版),2011,13(3):65-69.
- [2] 刘廷海,王应斌,陈国童,等.辽东湾北区油气藏特征、主控 因素与成藏模式[J].中国海上油气,2007,19(6):372-376.
- [3] 徐长贵,周心怀,邓津辉.渤海锦州 25-1 大型轻质油气田的 发现与启示[J].中国石油勘探,2010,15(1):34-38.
- [4] 张中巧,王 军,李慧勇,等.地震地质综合解释技术在锦州
 20-A油藏早期评价中的应用[J].海洋地质前沿,2013,29
 (6):58-61.
- [5] 赖维成,徐长贵,于水,等.渤海海域地质-地球物理储层预 测技术及其应用[J].中国海上油气,2006,18(4):217-222.
- [6] 刘志刚,宋章强,郭 涛,等.渤海海域盆内低凸起周边近源 砂体形成条件及预测方法——以辽东湾 JZ-A 构造区沙一、 二段为例[J].海洋石油,2011,31(1):22-27.
- [7] 王 伟,吴 奎,何 京,等.锦州 25-1 油田优质储层地震响 应特征与定量预测[J].岩性油气藏,2018,30(3):100-111.
- [8] 漆家福,陈发景.辽东湾-下辽河裂陷盆地的构造样式[J].石 油与天然气地质,1992,13(3):272-283.
- [9] 朱筱敏,董艳蕾,杨俊生,等.辽东湾地区古近系层序地层格架与沉积体系分布[J].中国科学 D 辑:地球科学,2008,38 (增刊 I): 1-10.
- [10] 朱伟林,米立军,龚再升,等.渤海海域油气成藏与勘探 [M].北京:科学出版社,2009:1-77.
- [11] 董艳蕾,朱筱敏,李德江,等.渤海湾盆地辽东湾地区古近 系地震相研究[J].沉积学报,2007,25(4):554-563.
- [12] 杨仁超,李进步,樊爱萍,等.陆源沉积岩物源分析研究进 展与发展趋势[J].沉积学报,2013,31(1):99-107.
- [13] 杜晓峰,加东辉,王启明,等.盆内局部物源体系及其油气

勘探意义[J].中国海上油气,2017,29(4):19-27.

- [14] 徐长贵,赖维成.渤海古近系中深层储层预测技术及其应 用[J].中国海上油气,2005,17(4):231-236.
- [15] 徐春强,郭 涛,郑敬贵,等.基于多尺度资料的体系域划 分及其意义——以渤海海域沙垒田凸起东南部东二段为 例[J].海洋地质前沿,2014,30(5):15-21.
- [16] 李德江,朱筱敏,陈建庆,等.渤海湾盆地辽东湾地区古近 系层序地层学研究[J].西北大学学报(自然科学版), 2006,36(S1):153-159.
- [17] 肖 玲,张井涛,郑荣才,等.高分辨率层序地层学在隐蔽 油气藏中的应用—以辽东湾旅大地区古近系东营组为例 [J].地层学杂志,2013(3):369-376.
- [18] 李德江,朱筱敏,董艳蕾,等.辽东湾坳陷古近系沙河街组 层序地层分析[J].石油勘探与开发,2007,34(6):669-676.
- [19] 戴朝成,郑荣才,文华国,等.辽东湾盆地旅大地区古近系 层序-岩相古地理编图[J].岩性油气藏,2008,20(1):39-46.
- [20] 吴 奎,王 伟,邓 君,等.稀疏脉冲反演在辽东湾绥中 30-3构造沙二段储层预测中的应用[J].海洋地质前沿, 2013,29(3):46-52.
- [21] 徐 伟,黄晓波,刘 睿,等.辽东凹陷南洼斜坡型源-汇系
 统发育特征及控砂作用[J].中国海上油气,2017,29(4):
 76-84.
- [22] 赖维成,宋章强,周心怀,等."动态物源"控砂模式[J].石 油勘探与开发,2010,37(6):763-768.
- [23] 宋章强,杜晓峰,王启明,等.辽西低凸起北段源一汇系统 精细描述与油气勘探实践[J].地球科学,2017,42(11): 223-234.
- [24] 徐长贵.陆相断陷盆地源-汇时空耦合控砂原理:基本思想、概念体系及控砂模式[J].中国海上油气,2013,25(4): 1-21.

DIFFERENTIATED SAND-RICH DEPOSITS AND THEIR SEISMIC RESPONSES: A CASE FROM E₂s₂ IN LIAODONG BAY

WAN Liangwei, GUAN Dayong, LI Xiaohui, MA Zhengwu, TU Danfeng (Tianjin Branch of CNOOC(China) Ltd., Tianjin 300459, China)

Abstract: Based on the drilling data from 84 exploration wells and related 3D seismic data, this paper is contributed to the spatial and temporal distribution of various sand bodies in the $E_2 s_2$ of Liaodong Bay. Typical sand-rich deposits and their seismic response characteristics are summarized. The research suggests that the distribution of sand bodies and their seismic responses of $E_2 s_2$ are significantly different in different sand-rich belts and system domains. It is "zoning in the plane and staged with time". According to the development of sand bodies in different system domains, five sand-rich types were identified in the system tracts of LST, EST and HST, LST and HST, LST, EST and HST, and the typical seismic responding characteristics were systematically summarized. Exploration practice proves that this research results may improve the accuracy of pre-drilling reservoir prediction for $E_2 s_2$ in Liaodong Bay, and has contributed to the discovery of the LD29-1 Oilfield and other hydrocarbon-bearing structures in the Bohai Oilfield.

Key words: E₂s₂; system tract; sand rich types; seismic response characteristics; Liaodong Bay area