

引用格式:李守军,王德健,闫法堂,等.义北油田大43块沙四段滩坝砂体沉积微相及储层分布研究[J].山东科技大学学报(自然科学版),2018,37(3):1-10.

LI Shoujun, WANG Dejian, YAN Fatang, et al. Sedimentary microfacies and reservoir distribution of beach-bar sandbodies of the fourth member of Shahejie formation D43 block in Yibei oilfield[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology(Natural Science), 2018, 37(3):1-10.

义北油田大43块沙四段滩坝砂体沉积微相及储层分布研究

李守军¹,王德健¹,闫法堂²,杜维雷²,徐磊¹

(1. 山东科技大学 地球科学与工程学院,山东 青岛 266590; 2. 胜利油田石油开发中心,山东 东营 257000)

摘要:滩坝砂体是重要的油气储层,但目前对滩坝砂体的沉积微相划分和特征研究尚有不足。利用义北油田大43块沙四段岩芯、测井、录井和储层物性等资料,对滩坝砂体沉积微相和储层分布特征进行研究。首先基于地质相、测井相特征,提出适合本研究区的滩坝微相划分方案,即将滩坝相划分为坝亚相和滩亚相两种亚相,以及坝主体、坝侧缘、滩脊和滩席四种微相。然后在典型单井相、连井相分析基础上,提出平面相沉积特征和沉积相模式,结果显示研究区滩坝砂体较为发育,水体由西南向东北方向逐渐加深。最后通过对沙四段储层物性的研究,认为滩坝砂体中坝主体和滩脊的物性较好,是发育优质储层的有利相带。

关键词:义北油田;大43块;沙四段;滩坝砂体;沉积微相

中图分类号:TE121.3

文献标志码:A

文章编号:1672-3767(2018)03-0001-10

DOI: 10.16452/j.cnki.sdkjzk.2018.03.001

Sedimentary Microfacies and Reservoir Distribution of Beach-bar Sandbodies of the Fourth Member of Shahejie Formation D43 Block in Yibei Oilfield

LI Shoujun¹, WANG Dejian¹, YAN Fatang², DU Weilei², XU Lei¹

(1. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China; 2. Oil Development Center, Shengli Oilfield, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: Beach-bar sandbodies are important reservoir of oil and gas. However, there are still shortcomings in the study of the division of sedimentary microfacies and characteristics of the beach-bar sandbodies. In this paper, by using the data of core, logging, mud logging and reservoir physical properties of the fourth member of Shahejie formation in D43 block of Yibei oilfield, the microfacies characteristics and reservoir distribution of beach-bar sandbodies were studied. Firstly, a microfacies classification scheme of beach-bar suitable for the study area was proposed based on the analysis of the geological and logging characteristics. The beach-bar facies was divided into two subfacies, including bar subfacies which was further divided into dam body microfacies and bar margin microfacies, and the beach subfacies which was further divided into beach ridge and beach mat microfacies. Then, on the basis of typical single well phase and profile facies analysis, the plane facies sedimentary characteristics and sedimentary facies pattern were put forward, which indicated that the sandbodies of beach-bar in the study area were relatively devel-

收稿日期:2017-10-23

基金项目:国家自然科学基金项目(41602135)

作者简介:李守军(1962—),男,山东临朐人,教授,博士生导师,主要从事古生物地层学和油气地质学方面的研究工作。

E-mail: lishoujun@126.com

oped and waters deepened gradually from southwest to northeast. Finally, by studying the physical properties of the fourth member of Shahejie formation, it was found that with better physical properties, the dam body and beach ridge microfacies in beach-bar sandbodies are favorable facies belts for developing high quality reservoirs.

Key words: Yibei oilfield; D43 block; the fourth member of Shahejie formation; beach-bar sandbody; sedimentary microfacies

义北油田大43块位于济阳坳陷义和庄凸起东北部,北侧为郭局子洼陷,东部紧邻四扣洼陷,义东断裂沿东北方向横穿研究区(图1)。研究区古近系自上而下分为东营组、沙河街组和孔店组,其中沙河街组自上而下分为沙一段、沙二段、沙三段和沙四段^[1]。区内构造运动复杂,受断裂带和西南部凸起等影响,地层褶皱和断裂等较为发育,也常见超覆、剥蚀和尖灭等沉积现象。随着油气勘探和评价的深入,目的层沙四段的研究逐步得到重视^[2-4]。通过前期开发研究,表明沙四段主要发育滨浅湖滩坝相,物源来自西南方向。但对于大43块滩坝微相的分类及其沉积特征等方面的研究较少,对其分布特征认识不足,且前人对滩坝微相的分类方案并不适合本研究区,因此确立区域内滩坝微相的分类方案和特征识别成为亟待解决的问题。

研究区滩坝砂体主要分布在浅湖区,湖岸地形平坦,有利于滩坝的发育。由于滩坝砂体的物性和生储盖组合较好,且成分成熟度和结构成熟度较高,其赋存区常能形成一定规模的油气田^[5-6]。随着多种技术在油气勘探中的应用以及主要含油气盆地的勘探开发程度日益提高,滩坝砂体作为岩性圈闭储集层得到重视^[7-9]。

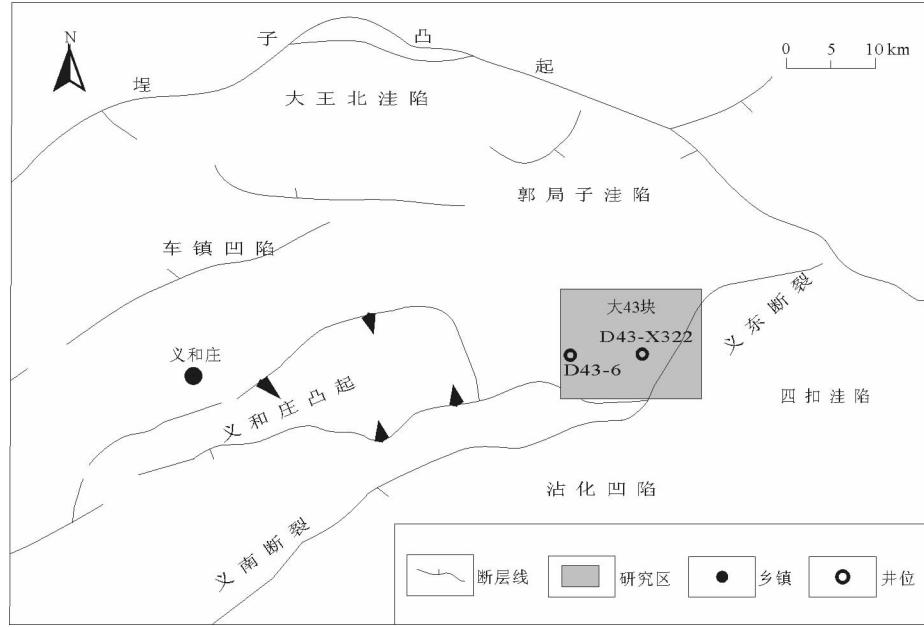


图1 研究区构造位置图

Fig. 1 Tectonic location map of the study area

1 研究区滩坝砂体的分类

目前对于不同区域滩坝砂体研究,沉积微相分类方案不同(表1)。曾发富等^[10]根据平方王油田滩坝相反粒序细粒沉积特征,将滩坝微相划分为滩主体、滩边缘、滩间、坝主体、坝侧缘和坝间六种微相类型,但滩边缘和滩间、坝侧缘和坝间这两类微相的划分较为模糊。蒋解梅等^[11]根据滩坝砂体垂向粒度变化,将滩坝沉积划分为滩坝主体、滩坝后缘、滩坝前缘、坝后湖湾和滨湖沉积等微相类型,而滩坝前缘与滩坝后缘、坝后湖湾等微相缺乏明确的划分方案。Cao等^[12]、王永诗等^[13]将滩坝微相单独划分为坝主体、坝侧缘、滩脊、滩席和滩间湾五种微相类型,而滩间湾微相与滩脊和滩席之间缺少明确区分。杨勇强等^[3]根据滩坝砂体沉积特征,将滩坝沉积微相划分为坝主体、坝侧缘、滩脊和滩脊间四种微相类型,而滩脊间的定义较为局限,

仅适用于描述滩亚相中滩脊之间的区域。通过上述分析,结合前期开发研究和地质资料分析,认为前人的滩坝微相分类方案不适用于本区域。

本次研究在岩性、测井和录井等资料分析基础上,对大43块沙四段地质相和测井相进行对比识别,显示区域内滩坝砂体较为发育(图2)。以D43-X331井为例,由图2可看出,沙四段三个砂组中,主要为细砂岩与泥岩的交互沉积,其中细砂岩较为发育,且沉积具有一定厚度,一砂组单砂体厚度相对较薄,泥质所占比例增加;二砂组和三砂组单砂体厚度较大,一般在3~13 m。根据岩芯观察、录井描述、测井数据分析、地震资料解释及邻区前人研究,将研究区滩坝相划分为坝亚相和滩亚相,其中坝亚相分为坝主体和坝侧缘微相,滩亚相分为滩脊和滩席微相(图2)。

2 滩坝微相的特征与识别

根据研究区滩坝微相的分类方案,结合测井资料折射出的地层岩性和沉积构造等方面信息特性,将测井与岩芯、录井和地震等资料结合,提高区域识别沉积相的精度^[14-15]。测井曲线中自然电位曲线(spontaneous potential, SP)主要用于分析地层岩性及沉积微相对比,而自然伽马曲线(gamma ray, GR)和电阻率曲线(RT)常用于识别地层中的砂泥层^[16]。测井曲线幅度和形态的变化,可反映地层沉积环境的演化和水动力条件等特征,还能反映沉积时能量的变化,因此利用曲线幅度和形态的差异可识别研究区滩坝微相^[17]。基于上述分析,通过滩坝砂体的岩性、粒度、

表1 滩坝微相分类方案对比

Tab. 1 Comparison of microfacies division schemes for beach and bar

分类方案	滩坝微相分类
曾发富等 ^[10]	滩主体、滩边缘、滩间、坝主体、坝侧缘、坝间
蒋解梅等 ^[11]	滩坝主体、滩坝后缘、滩坝前缘、坝后湖湾、滨湖沉积
Cao等 ^[12] 、王永诗等 ^[13]	坝主体、坝侧缘、滩脊、滩席、滩间湾
杨勇强等 ^[3]	坝主体、坝侧缘、滩脊、滩脊间
本次划分	坝主体、坝侧缘、滩脊、滩席

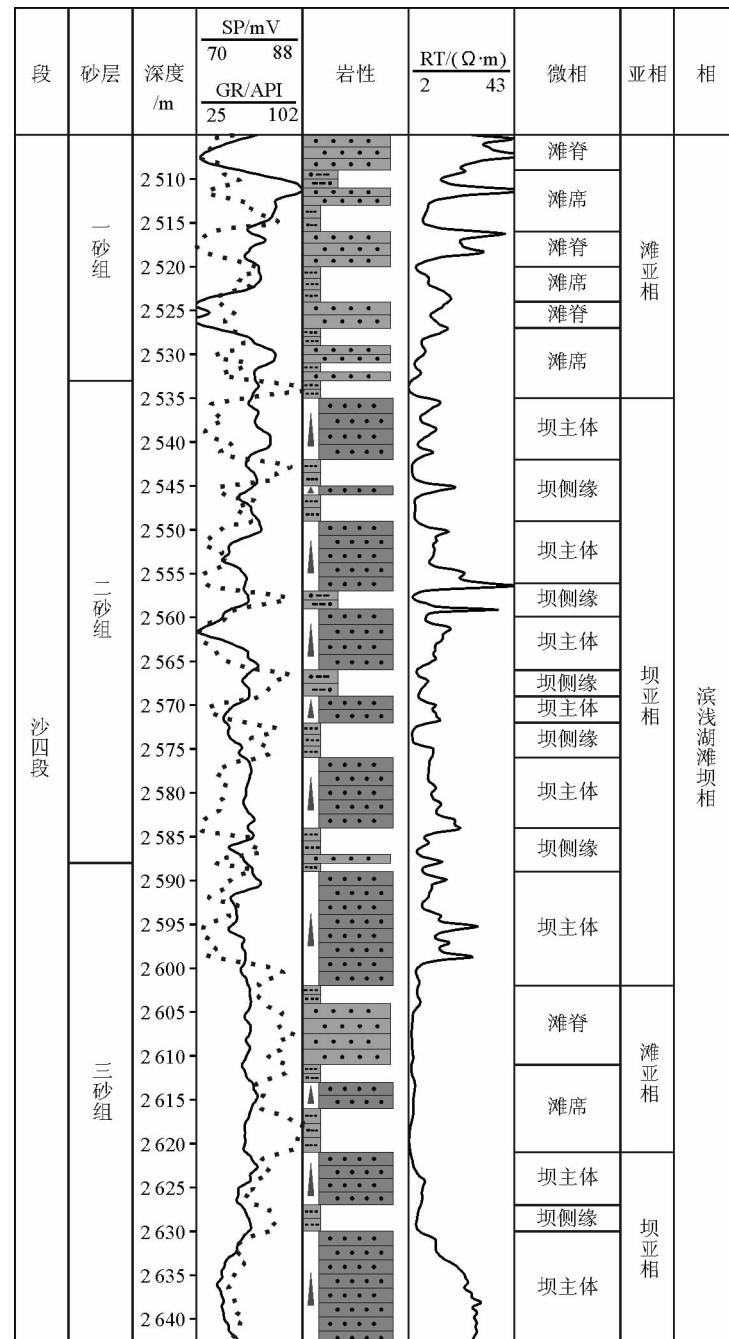


图2 D43-X331井单井沉积相分析柱状图

Fig. 2 The histogram of the single well sedimentary facies analysis in D43-X331

层理、古生物和测井曲线等方面对其沉积微相特征进行研究。

2.1 坝主体微相的识别

研究区内坝主体主要分布于滩坝砂体中心,沉积粒度较粗,单砂体厚度大,一般5~20 m,平均7 m。反映水动力条件较强,呈反粒序或复合反粒序,原生孔隙发育,多呈条带状或不规则椭圆状分布。岩性以中、细砂岩为主,少量含砾砂岩和粗砂岩,发育波状层理和平行层理等,常见生物遗迹,是研究区滩坝砂体中有效储层的主要发育区。自然伽马曲线呈低幅,自然电位曲线波动幅度较大,多为齿化漏斗形或齿化箱形,见少量钟形或漏斗形-箱形组合,反映沉积早期水动力条件不断增强,后期在物源供给充足的条件下,形成稳定水动力条件的水下砂体沉积(图3)。

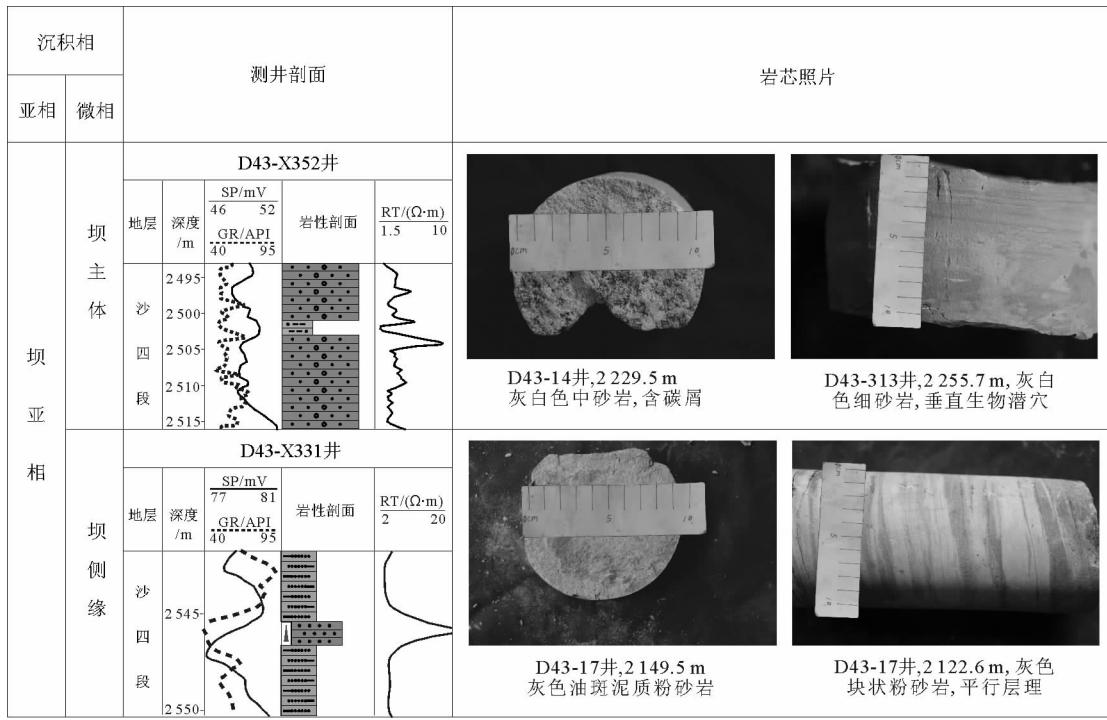


图3 坝亚相内各微相特征图

Fig. 3 Characteristics of microfacies in bar subspecies

2.2 坝侧缘微相的识别

坝侧缘主要分布在坝主体的外侧,是介于坝主体和其他微相之间的过渡相带。岩性以粉砂岩和泥质粉砂岩为主,少量细砂岩和粉砂质泥岩等细粒沉积,砂层厚度相对坝主体较薄,可见平行层理。自然伽马曲线呈中高幅,自然电位曲线呈中低幅,形态多呈漏斗形或微齿形。反映了沉积水动力条件的降低过程,且物源供给逐渐减少(图3)。

2.3 滩脊微相的识别

滩脊主要分布在湖盆近岸处,受湖浪和沿岸流等水动力作用形成的脊状或长条状砂体。该微相的岩性主要为细砂岩和粉砂岩,单砂体厚度小于5 m,发育平行层理和浪成交错层理等,常见垂直或倾斜的生物潜穴,砂层中烃源岩含量较高,是滩坝砂体中有效储层的重要发育区。其自然伽马曲线常呈中幅漏斗形或指形,自然电位曲线呈中高幅漏斗形或指形,反映砂岩与上下泥岩接触,无明显韵律(图4)。

2.4 滩席微相的识别

滩席是滩亚相的主体,主要分布于坝亚相和滩脊的外侧,面积较广,一般平行于岸线呈片状或席状分布。岩性以泥质粉砂岩和粉砂岩为主,常见薄层细砂岩,发育水平层理和波状层理,常见生物介壳、碳屑和植物碎

片等。自然伽马曲线常呈中高幅指形或微齿形,自然电位曲线呈中低幅指形或齿形,反映形成于较稳定的水动力条件,常对应粉砂岩和泥岩互层沉积(图4)。

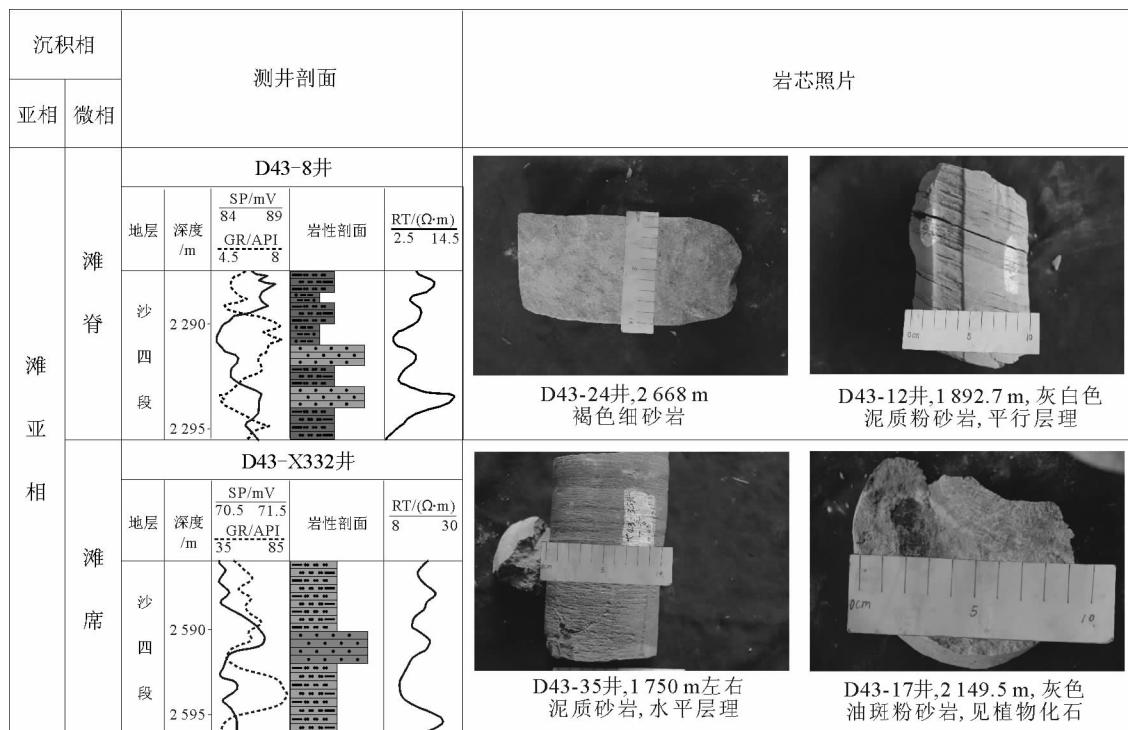


图4 滩亚相内各微相特征图

Fig. 4 Characteristics of microfacies in beach subfacies

3 滩坝微相展布特征

3.1 连井剖面沉积相展布

基于重点井滩坝微相特征研究,结合沙四段三个砂组的井震精细地层对比,对大43块西南—东北方向X332-X322-321井连井剖面沉积微相进行划分和对比(图5)。从剖面图可看出,区域内滩坝砂体发育,沿物源方向该区域地层沉积厚度逐渐减小。三砂组X332-X322井发育一定规模的滨浅湖泥,321井主要为坝亚相沉积,显示西南方向水体较深;二砂组滨浅湖泥主要发育于X332井附近,X322-321井中下部主要为坝亚相沉积,中上部为滩亚相沉积;一砂组下部为坝亚相沉积,上部发育碳酸盐岩滩,砂质含量降低,说明蒸发作用加强。

3.2 沉积相平面展布

在地质相和测井相分析基础上,结合连井剖面和砂体展布特征,绘制小层沉积微相平面图,以二砂组下部砂泥岩为例,对滩坝微相平面展布特征进行探讨(图6)。

研究区主要由西南方向义和庄凸起提供物源,在二砂组沉积早期,西南方地层超覆现象明显。该区域主要为滩坝亚相沉积。其中,滩亚相发育滩席和滩脊微相,坝亚相发育坝主体和坝侧缘微相,滨浅湖亚相发育滨浅湖泥微相。其中:滩席分布面积较广,岩性主要为粉砂岩和泥质粉砂岩,厚度一般为2~3 m;滩脊发育面积较小,岩性主要为细砂岩和粉砂岩,呈脊状或长条状零星的分布,区域内D43-X352、D43-X394C、D43-8、D43-X332井发育滩脊微相;坝亚相较为发育,且其分布具有一定规模,岩性主要为细砂岩和泥质粉砂岩,区域内D43-X382、D43-X392、D43-X390、D43-X320、D43-X322、D43-24、D43-X331、D43-X324、D43-17井发育坝主体及坝侧缘微相;滨浅湖亚相主要分布在北部,岩性主要为泥岩,区域内D43-X347、D43-X387、D40井发育滨浅湖泥微相,为湖盆较深处。

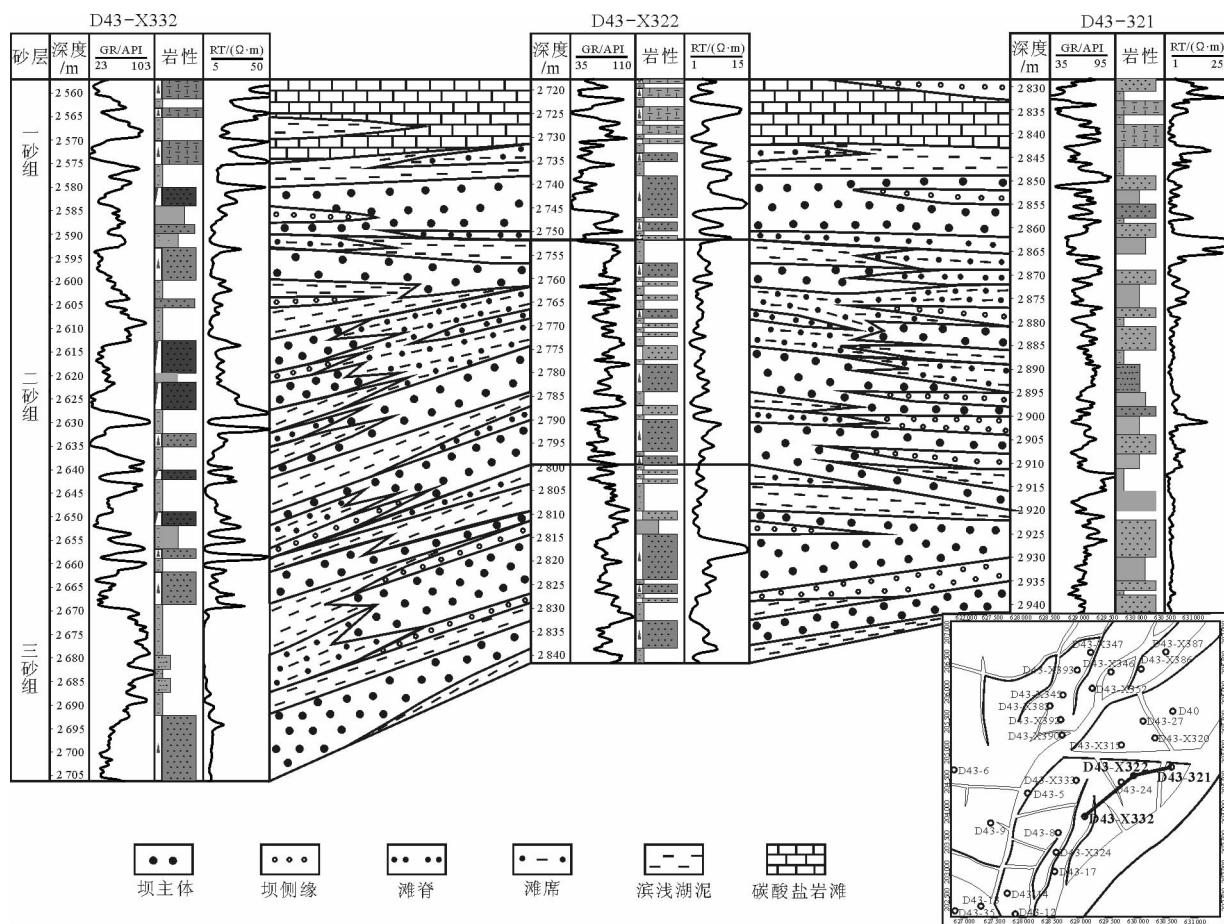


图 5 X332-X322-321 井沉积微相剖面

Fig. 5 Sedimentary microfacies profile of X332-X322-321 well

3.3 滩坝砂体的沉积模式

在上述滩坝微相特征及平面相展布研究基础上,结合物源方向分析,进一步了解沉积微相的空间组合及其分布特征^[18],建立扇三角洲-滩坝沉积模式(图 7)。

受古地形和物源供给条件的控制,义和庄凸起产生的沉积物经古潜山口运移至研究区。大 43 块沙四段沉积时期为断陷湖盆的扩张期,浅水面积不断扩大,湖岸线逐渐延伸,区域内主要发育滨浅湖滩坝相,滩坝砂体的分布和规模受湖浪和沿岸流等作用的影响。由冲积扇携带的碎屑物质入湖后呈扇形展开、卸载和沉积,在近岸处形成扇三角洲沉积。经过湖浪和沿岸流等侵蚀、搬运作用,使得经过淘洗的砂粒在研究区沉积下来,形成滩坝砂体。其中,滩席分布面积广,沉积厚度较薄;滩脊呈脊状或长条状,平行于岸线分布在滩亚相的中部;坝主体沉积常具有一定规模,发育于湖湾处,沉积厚度较大;坝侧缘主要分布在坝主体的外侧。受构造运动和地形等条件的影响,研究区砂体厚度以中部断裂处较厚,北部泥质含量较高,总体地貌呈西南高、东北低的特征(图 7)。研究区滩坝沉积模式的建立,直观地展现了滩坝各个微相的发育位置和特点,为储层预测和评价奠定了基础。

4 有利储层特征及分布

通过对研究区沙四段各个砂组储层物性研究,将沙四段储层综合评价标准分为三类(表 2)。以单井孔隙度、渗透率、油层厚度为主要分类指标,对各井进行综合评价。沙四段碎屑岩储层物性一般,孔隙度为 6%~18%,渗透率差别较大,但主要介于 0.1~14 mD,属于低孔、低渗储层。

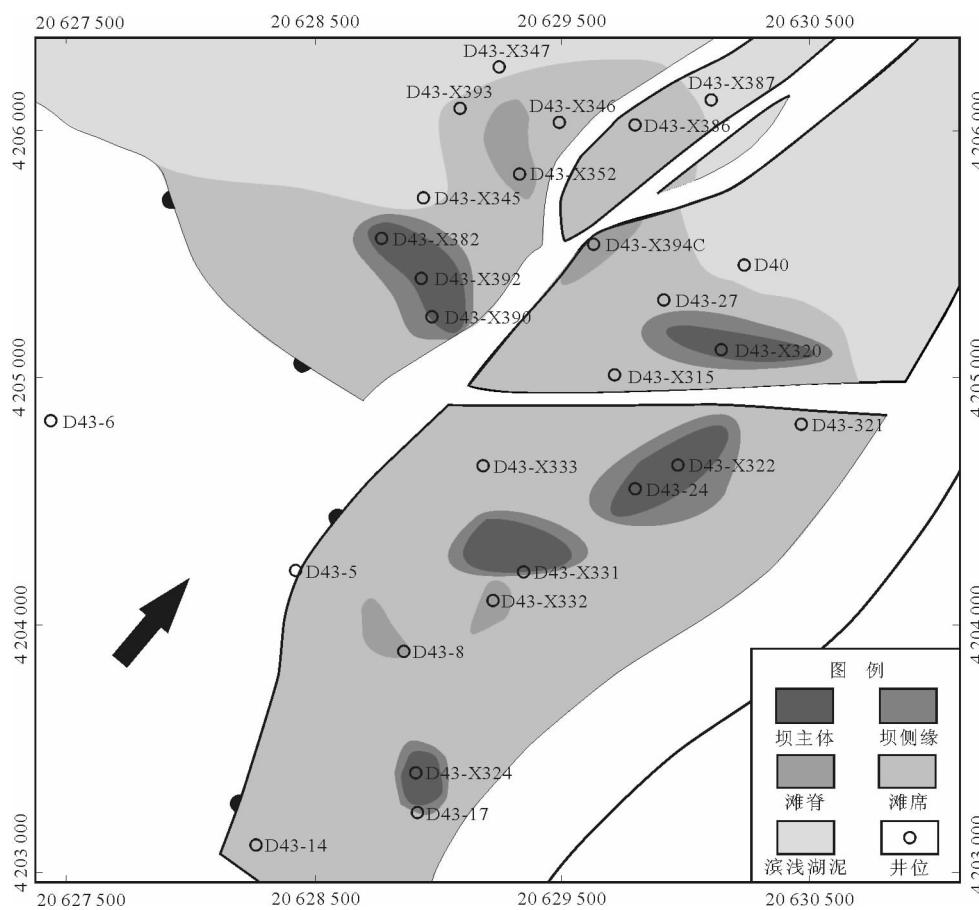


图 6 沙四段二砂组沉积微相平面展布特征

Fig. 6 Plane characteristics of sedimentary microfacies of the second sand formation in the fourth member of Shahejie formation

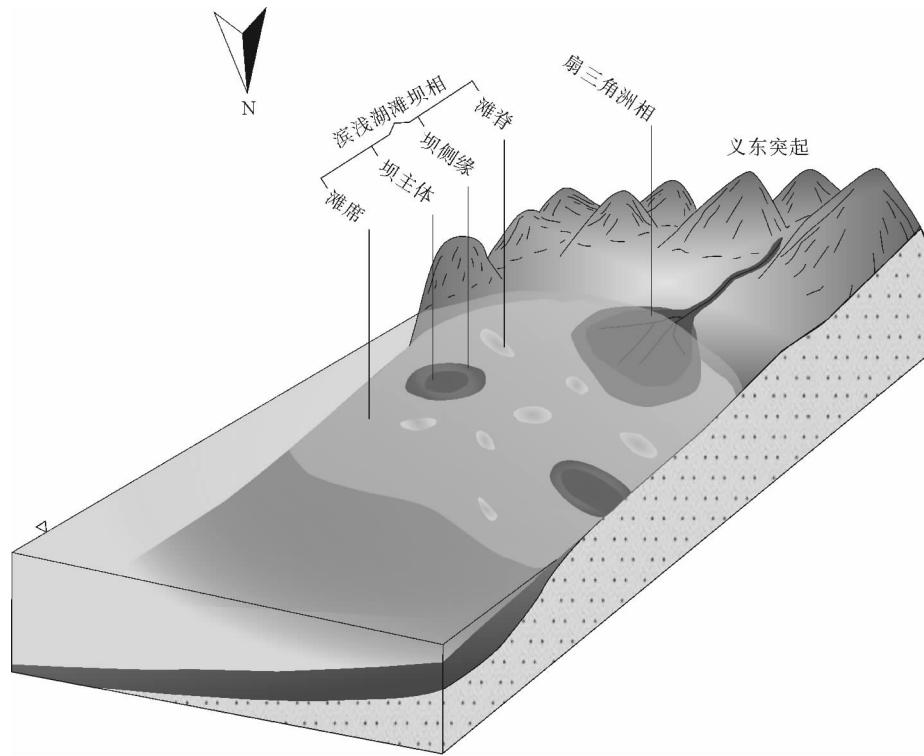


图 7 研究区沙四段滩坝砂体沉积模式

Fig. 7 Sedimentary model of beach-bar sandbody of the fourth member of Shahejie formation in the study area

表 2 研究区沙四段储层综合评价标准

Tab. 2 Reservoir comprehensive evaluation criteria for the four member of Shahejie formation in the study area

储层类型	油层厚度/m	孔隙度/%	渗透率/mD	含油饱和度/%
I类	>3	>14	>35	>80
II类	1.5~3	12~14	15~35	60~80
III类	<1.5	<12	<15	<60

对储层进行分类评价时,除了考虑孔隙度和渗透率等因素外,在指标出现异常时可结合砂层岩性、厚度和构造等因素分析^[19-20]。根据沙四段储层综合评价标准,以二砂组储层分类平面图为例,对沙四段各砂层组进行综合评价(图 8)。由图 8 可知,沙四段二砂组储层分布面积较大,主要发育在物源供给充足的滩坝发育区域,其中,D43-X390、D43-X331、D43-X332、D43-X324 井为 I 类储层;D43-X316 井为 II 类储层;D43-X393、D43-X346、D43-X352、D43-X386、D43-X394C、D43-27、D43-X320、D43-X315、D43-X322、D43-X333、D43-328、D43-17 井为 III 类储层。结合单井和连井剖面分析,认为本研究区滩坝砂体中物性较好的沉积相主要为坝主体和滩脊,以 I 类和 III 类储层居多,与沉积微相平面展布图(图 6)对比来看,储层发育较好区域与沉积砂体较厚的坝主体和滩脊微相的分布相吻合。

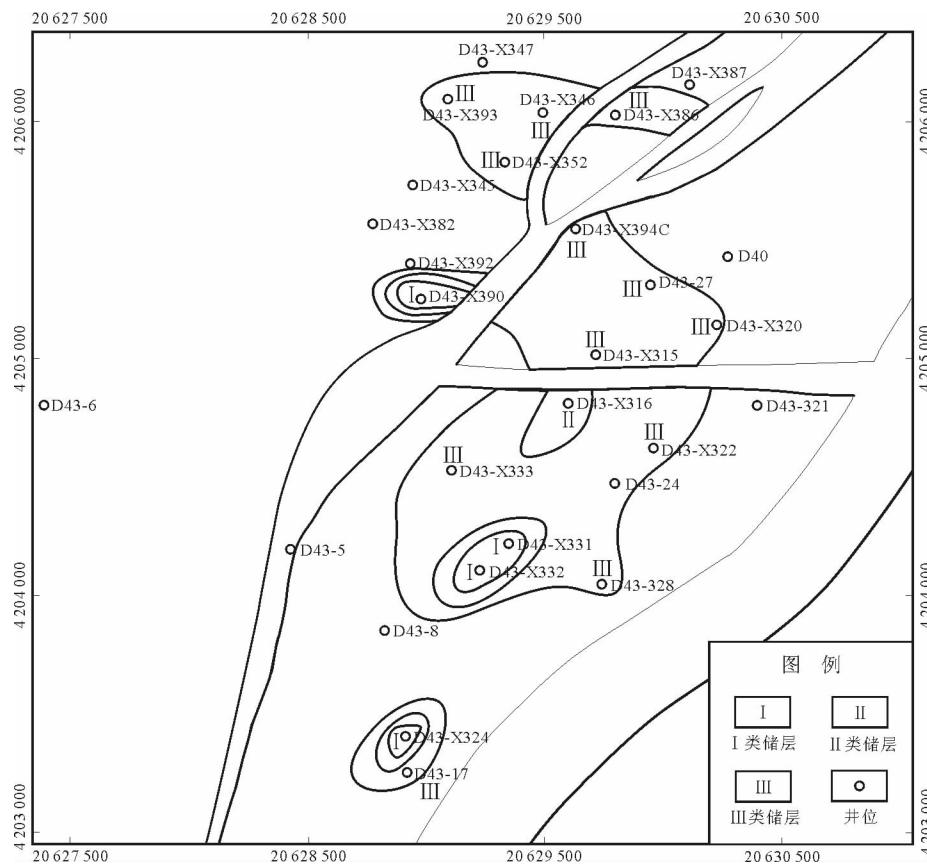


图 8 沙四段二砂组储层分类平面图

Fig. 8 Plane characteristics of reservoir classification of the second sand formation in the fourth member of Shahejie formation

5 结论

1) 在大 43 块沙四段地质相和测井相等特征分析基础上,认为前人的滩坝微相分类不适用于本区域,提

出适合本研究区的滩坝微相分类方案,将滩坝相划分为坝亚相和滩亚相,以及坝主体、坝侧缘、滩脊和滩席四种微相。并对滩坝各个微相的岩性、沉积粒度、沉积构造、古生物等地质相特征和测井相特征进行系统研究,将其作为研究区滩坝微相识别的依据。

2) 研究区滩坝沉积微相研究结果表明:在纵向上,滩坝砂体较为发育,其中坝亚相沉积厚度较大,由下而上沉积粒度逐渐变细,泥质含量增加,显示湖盆扩大引起的水体加深;在横向上,由沉积微相平面展布图可以看出,区域内滩坝砂体分布面积较广,中部砂体沉积厚度较大,北部水体较深,为滨浅湖泥。

3) 研究区沙四段滩坝沉积模式的建立,表明区域呈西南高、东北低的特征。来自西南方向的物源经过湖浪和沿岸流等作用,在浅水区形成滩坝砂体沉积。

4) 由大43块沙四段各个砂组储层物性研究发现,坝主体和滩脊物性较好,以Ⅰ类和Ⅲ类储层居多,是滩坝砂体中的优质储层。

参考文献:

- [1]田继军,姜在兴.东营凹陷沙河街组四段上亚段层序地层特征与沉积体系演化[J].地质学报,2009,83(6):836-846.
TIAN Jijun, JIANG Zaixing. Sequence stratigraphy characteristics and sedimentary system evolution of upper Es4 in the Dongying depression[J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(6): 836-846.
- [2]吴靖,姜在兴,童金环,等.东营凹陷古近系沙河街组四段上亚段细粒沉积岩沉积环境及控制因素[J].石油学报,2016,37(4):464-473.
WU Jing, JIANG Zaixing, TONG Jinhuan, et al. Sedimentary environment and control factors of fine-grained sedimentary rocks in the upper fourth member of Paleogene Shahejie formation, Dongying sag[J]. Acta Petrolei Sinica, 2016, 37(4): 464-473.
- [3]杨勇强,邱隆伟,姜在兴,等.陆相断陷湖盆滩坝沉积模式:以东营凹陷古近系沙四上亚段为例[J].石油学报,2011,32(3):417-423.
YANG Yongqiang, QIU Longwei, JIANG Zaixing, et al. A depositional pattern of beach bar in continental rift lake basins: A case study on the upper part of the fourth member of the Shahejie formation in the Dongying sag[J]. Acta Peterolei Sinica, 2011, 32(3): 417-423.
- [4]李守军,刘强,张明星,等.义北油田大43块沙四上亚段沉积微相研究[J].沉积与特提斯地质,2017,37(1):34-40.
LI Shoujun, LIU Qiang, ZHANG Mingxing, et al. Sedimentary microfacies in the upper submember of the fourth member of the Shahejie formation in the Yibei oil field, Shandong[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2017, 37(1): 34-40.
- [5]丁玉盛,周巨标,石先达,等.王龙庄油田阜宁组二段碳酸盐岩与碎屑岩混合沉积滩坝体系[J].山东科技大学学报(自然科学版),2015,34(2):58-63.
DING Yusheng, ZHOU Jubiao, SHI Xianda, et al. Beach bar system mixed carbonate and siliciclastic sediments in the second member of Funing formation in Wanglongzhuang oilfield[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology (Natural Science), 2015, 34(2): 58-63.
- [6]JIANG Z X, LIANG S Y, ZHANG Y F, et al. Sedimentary hydrodynamic study of sand bodies in the upper subsection of the 4th member of the Paleogene Shahejie formation in the eastern Dongying depression, China[J]. Petroleum Science, 2014, 11(2):189-199.
- [7]SCHWARTZ R K. Bedform texture and longshore bar development in response to combined storm wave and current dynamics in a nearshore helical flow system[J]. Journal of Coastal Research, 2012, 28(6):1512-1535.
- [8]陈杰.东营凹陷通王构造带孔店组地层型油藏的发现及成藏特征[J].山东科技大学学报(自然科学版),2014,33(1):27-32.
CHEN Jie. Discovery of stratigraphic reservoir and oil accumulation feature in Kongdian formation of Tongwang fault belt in Dongying sag[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology(Natural Science), 2014, 33(1): 27-32.
- [9]ZHANG J L, WANG B Q. Beach and bar deposits of the Palaeogene Dongying formation in the Hejian oilfield[J]. Scientia Geologica Sinica, 1995, 4(4):497-504.
- [10]曾发富,董春梅,宋浩生,等.滩坝相低渗透油藏储层非均质性与剩余油分布[J].石油大学学报(自然科学版),1998(6):39-45.
- [11]蒋解梅,王新征,李继山,等.东营凹陷沙四段滩坝砂微相划分与砂体横向预测:以王家岗油田王73井区为例[J].石油地

质与工程,2007,21(4):12-15.

JIANG Jiemei,WANG Xinzheng,LI Jishan,et al. Microfacies classification of shoal-bar sand and lateral prediction of sandbodies of the fourth member of Shahejie formation in Dongying depression[J]. Petroleum Geology and Engineering,2007,21(4):12-15.

[12] CAO Y C,WANG J,LIU H M,et al. Sedimentary characteristics and models of beach-bar sandbodies in the upper part of the fourth member of Paleogene in the south slope of Dongying depression[J]. Journal of China University of Petroleum,2009,33(6):5-10.

[13] 王永诗,刘惠民,高永进,等. 断陷湖盆滩坝砂体成因与成藏:以东营凹陷沙四上亚段为例[J]. 地学前缘,2012,19(1):100-107.

WANG Yongshi,LIU Huimin,GAO Yongjin,et al. Sandbody genesis and hydrocarbon accumulation mechanism of beach-bar reservoir in faulted-lacustrine-basins; A case study from the upper of the fourth member of Shahejie formation,Dongying sag[J]. Earth Science Frontiers,2012,19(1):100-107.

[14] 曹广华,胡亚华,张奇文,等. 利用测井资料识别沉积微相方法研究[J]. 科学技术与工程,2007,15(7):3674-3679.

CAO Guanghua,HU Yahua,ZHANG Qiwen,et al. Study on the method of identification of sedimentary microfacies using well logging data[J]. Science Technology and Engineering,2007,15(7):3674-3679.

[15] 常文会,赵永刚,卢松. 曲流河环境沉积微相和测井相特征分析[J]. 天然气工业,2010(2):48-51.

CHANG Wenhui,ZHAO Yonggang,LU Song. Features of sedimentary microfacies and electrofacies of meandering river deposits[J]. Natural Gas Industry,2010(2):48-51.

[16] 于民凤,程日辉,那晓红. 陆相盆地主要沉积微相的测井特征[J]. 世界地质,2005,24(2):182-187.

YU Minfeng,CHENG Rihui,NA Xiaohong. Logging characteristics of main sedimentary microfacies in continental basins [J]. Global Geology,2005,24(2):182-187.

[17] 肖波. 大王庄地区沙二段层序地层特征与滩坝发育的关系[J]. 矿物岩石,2017,37(3):55-60.

XIAO Bo. The relationship between sequence stratigraphy and beach bar sandstones of Palaeogene Sha 2 member in the Dawangzhuang area[J]. Journal of Mineralogy and Petrology,2017,37(3):55-60.

[18] 张顺存,邹妞妞,史基安,等. 准噶尔盆地玛北地区三叠系百口泉组沉积模式[J]. 石油与天然气地质,2015,36(4):640-650.

ZHANG Shuncun,ZOU Niuniu,SHI Ji'an,et al. Depositional model of the Triassic Baikouquan formation in Mabei area of Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology,2015,36(4):640-650.

[19] 梁则亮,张顺存,贾春明,等. 准噶尔盆地西北缘车拐地区三叠系储层特征研究[J]. 岩性油气藏,2012,24(3):15-20.

LIANG Zeliang,ZHANG Shuncun,JIA Chunming,et al. Characteristics of the Triassic reservoirs in Cheguai area, north-western margin of Junggar basin[J]. Lithologic Reservoirs,2012,24(3):15-20.

[20] 孙耀庭,刘雅利,巩建强,等. 济阳坳陷沾化凹陷沙四上亚段灰质滩坝储层评价[J]. 中国石油勘探,2016,21(5):62-69.

SUN Yaoting,LIU Yali,GONG Jianqiang,et al. Evaluation on limy beach-bar reservoirs in the upper part of the fourth member of Shahejie formation in Zhanhua sag,Jiyang depression[J]. China Petroleum Exploration,2016,21(5):62-69.

(责任编辑:高丽华)