



珠江口盆地 WCA 油田珠江组一段无障壁海岸相沉积特征研究

邓 玄¹,薛国庆¹,王继成¹,赵澄圣²,王 静²

(1. 中海石油(中国)有限公司湛江分公司,广东 湛江 524057;2. 武汉时代地智科技股份有限公司,湖北 武汉 430040)

摘要:珠江口盆地 WCA 油田海相砂体沉积规律认识不清,储层非均质性强,生产井开采效果差异大,制约了油气田的开发。基于岩心观察、测井、录井、地震等资料,在“井震结合”的基础上对研究区沉积特征和砂体展布进行分析,并对研究区无障壁海岸相进行分析总结。结果表明:研究区主要发育临滨亚相,包括临滨砂坝主体、砂坝侧缘、裂流沟槽、凹槽、临滨浅滩和临滨泥微相。自下而上水体变深,为一持续的海进过程,局部时段发生海退,砂体在“构造控砂”的背景下,受沿岸流和波浪的影响,在构造高点处平行岸线沉积。

关键词:沉积特征;临滨亚相;井震结合;构造控砂

中图分类号:TE321 **文献标志码:**A

Sedimentary characteristics of wave dominated shoreline facies without barrier of the first member of Zhujiang Formation of WCA Oilfield in Pearl River Mouth Basin

DENG Xuan¹, XUE Guoqing¹, WANG Jicheng¹, ZHAO Chengsheng², WANG Jing²

(1. Zhanjiang Branch of China National Offshore Oil Company Ltd., Zhanjiang 524057, China;

2. Wuhan Times GeoSmart Science & Technology Co. Ltd., Wuhan 430040, China)

Abstract: It is not clear that the marine sedimentary sandbody distribution and evolution law in Zhujiang Formation of WCA Oilfield in Pearl River Mouth Basin. The reservoir heterogeneity is much strong, and the waterflooding rule is unknown. So, these restrict the development of oil and gas fields. Based on coring observation, logging, seismic data, it was carried out studies on the sedimentary evolution and sand body distribution with the method of “well seismic union”. On the basis of fine depiction of sandbody, the characteristics of different microfacies sandbodies were analyzed and summarized. The result indicated that the area is mainly developed of the coastal subfacies, including the main body of the sand dam, the side edge of the sand dam, the fissure groove, the concave groove, the shallow beach and the coastal mud. From the bottom to top, the water depth becomes deeper. It appears as a continuous process of transgression, and regression occurs in local. Under the background of “structural control of sand”, the sandbody is deposited along the parallel shoreline at the structural high point under the influence of coastal currents and waves.

Key words: sedimentary characteristics; coastal subfacies; well seismic union; sand controlled by structure

珠江口盆地位于中国南海北部。古近系中新统珠江期随着海侵加剧,珠江口盆地隆起带开始发育碳酸盐台地,其后转变为广海陆棚沉积环境^[1],珠江组纵向上为一个持续海进的沉积层序,由二段潮流滨海相向一段滨海相、浅海相逐渐过渡。前人对于珠江组海相沉积研究较少,对砂体展布规律缺乏系统研究,且浅海相沉积储层非均质性强,生产井开

采效果差异大,制约了下步精细调整挖潜。为此,本次研究以沉积学为指导^[2-4],从岩心观察入手,结合测井、录井、地震等资料,系统研究了 WCA 油田珠

收稿日期:2019-04-22;改回日期:2019-06-05。

第一作者简介:邓玄(1984—),硕士,工程师,从事油气田开发地质和油藏描述研究工作。E-mail:dengxuan@cnooc.com.cn。

江组一段4油组海相储层沉积特征及相控砂体分布,为后续的开发调整提供基础依据和指导。

1 地质概况

WCA油田位于QH凸起上的中东部,是在基底隆起的基础上发育的低幅披覆背斜构造,构造完整平缓;两翼的倾角下陡上缓,2个高点,1井区轴向为北东向,2井区轴向为北北东向;断层不发育,主要集中在构造北部。珠江组纵向上为一个持续海进的沉积层序,水体逐渐向盆地边缘迁移,沉积体系不断后退。珠一段晚期海水加深,同时神狐隆起继续下沉,基本没于水下,障壁作用减小,波浪作用进一步加强,此时整个珠三坳陷由潮汐滨海向开阔的波浪滨海转换,形成区域性波浪为主的滨岸沉积^[5]。重矿物类型及ZTR指数表明WCA油田沉积物源主要来自于西北部。

目前已动用珠江组一段4油组、珠江组二段1,2油组。珠江组一段4油组分为4U、4M和4L砂组,4U和4M砂组为含油层,细分为4U-1、4U-2、4M-1、4M-2和4M-3共5个小层。4U砂组储层净厚4.3 m,孔隙度22.5%,渗透率 $95.2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;4M砂组储层净厚15.0 m,孔隙度24.7%,渗透率 $726.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,砂组间物性差异大。4U-1小层为低阻低渗层,4U-2小层以中高渗为主,层间差异大,储层非均质性强。

2 沉积相类型

2.1 沉积相标志

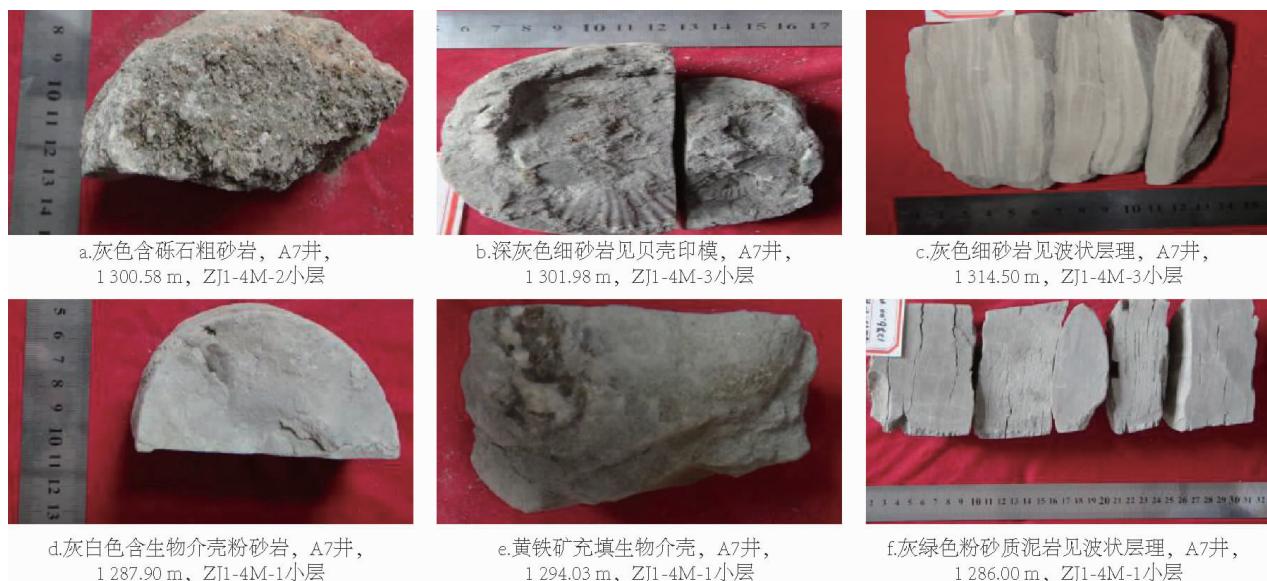


图1 珠江口盆地WCA油田ZJ1-4油组岩心沉积特征

(1) 岩性特征:目的层位泥岩颜色以浅灰色、灰色、灰绿色为主,反映浅水的弱还原沉积环境。砂层组砂岩中石英含量较高,为中等—高成熟度,符合滨海相沉积特征。在本地区4M砂层组地层中广泛发育海绿石胶结物,表现为衬边胶结于颗粒之间和充填于有孔虫体腔内,可以作为滨海环境的指相矿物,地层中局部可见黄铁矿。

(2) 结构特征:4M砂层组储层岩性主要为细砂岩和粉砂岩,细砂常为含粉细砂岩或粉砂质细砂岩;4U砂层组储层岩性主要为泥质粉砂岩和粉砂岩,自下而上储层粒度逐渐变细,表明沉积环境水体逐渐加深,水动力条件逐渐减弱。粒度概率曲线以两段式为主,由高斜率的跳跃和悬浮次总体组成,由于受波浪流与潮汐流双重作用,可见双跳跃组分,反映一种牵引流沉积环境。

(3) 构造特征:构造特征是岩心观察的重要内容,其中层理构造、层面构造、同生变形构造、生物成因构造能很好反映沉积环境,具有很好的指相作用。研究区主要沉积构造有:水平层理、波状层理、透镜状层理和块状层理,并且较多生物碎屑,少量生物扰动,少量生物钻孔。

综合岩石学特征、粒度结构特征、沉积构造分析岩心沉积相标志,并结合地震反射特征、测井曲线特征、砂体平面和剖面特征,对研究区进行沉积特征分析。ZJ1-4油组为无障壁浪控型滨岸沉积环境,主要发育临滨亚相,包括临滨砂坝主体、砂坝侧缘、裂流沟槽、凹槽、临滨浅滩和临滨泥微相。

2.2 沉积相特征

(1) 临滨砂坝: 粒度较粗, 见含砾石粗砂岩, 可见波状层理、贝壳印模等, 反映水动力较强, 水体较浅(见图1a、b、c)。粒度概率曲线显示为高、低截点两段式, 由高斜率的跳跃和悬浮次总体组成, 高截点两段式所占比例较高。砂坝主体自然伽马为高幅箱形或漏斗形, 平滑或微齿, 顶突变底渐变。砂坝侧缘、裂流沟槽、凹陷自然伽马为指形, 幅度较高, 整体呈中低幅漏斗形, 弱齿化。

(2) 临滨浅滩: 粒度较细, 多为粉砂岩, 可见生物介壳(见图1d、e)。粒度概率曲线为双跳跃两段式, 由具有两个跳跃组分次总体和悬浮次总体组成, 见冲刷的间断点; 跳跃次总体含量占优势。临滨浅滩自然伽马为中低幅指形, 微齿化, 顶底渐变, 整体表现为箱形。

(3) 临滨泥: 该微相多表现为灰色或灰绿色粉砂质泥岩, 可见水平层理和波状层理(图1f)。临滨泥自然伽马为中高幅指形, 微齿化, 顶底渐变或突变。

3 沉积相分布特征

3.1 纵向沉积特征

(1) 单井相分析: 对取心井A7井ZJ1-4油组进行岩心描述(见图2)。

4M-1层: 上部以灰绿色粉砂岩为主, 较为疏

松, 局部钙质胶结致密, 见生物遗迹和方解石结晶充填的生物骨架, 可见黄铁矿充填古生物介壳。自然伽马曲线为低幅箱形, 电阻率曲线呈低幅平直状, 粒度概率曲线表现为双跳跃两段式, 见冲刷间断点, 为临滨浅滩微相。

4M-2层: 上部为灰色油浸含泥粉砂岩, 自然伽马为低幅漏斗形, 电阻率为低幅度差, 为临滨砂坝侧缘微相。下部为钙质胶结含细砾粗砂岩, 细砾主要成分为石英, 分选、磨圆较好, 细砾呈条带状分布, 夹薄泥质条带和钙质夹层, 见双壳类化石印模。自然伽马曲线为中幅漏斗形, 电阻率曲线呈中幅度差, 垂向上为上细下粗的正旋回, 为临滨砂坝主体微相。底部岩性为灰绿色粉砂质泥岩, 见水平层理, 自然伽马低值, 为临滨泥微相。

(2) 纵向分布特征: 垂向上, 研究区主要发育临滨亚相, 表现为“砂包泥”的宏观特征。在4M砂组与4U砂组之间形成大范围海泛泥, 之后快速水退, 整体表现为海侵。

同时, 砂体沉积受构造控制, 构造高部位离海泛面相对较近, 水动力较强, 砂体堆积厚度较大; 构造低部位水动力相对较弱, 砂体粒度较细, 厚度较薄, 体现“构造控砂”的特征。从剖面上看, 顺物源方向储层分布较稳定, 井间连续性较好; 垂直物源方向井间连续性较差, 变化较大(见图3)。

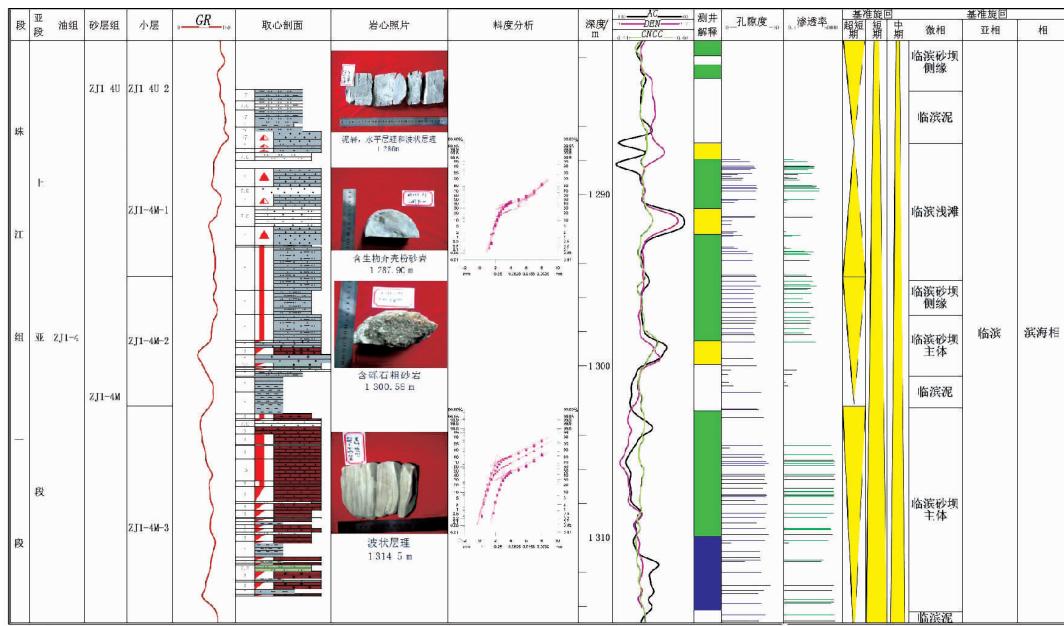


图2 珠江口盆地WCA油田A7井单井相图

3.2 平面沉积特征

(1) 地震相分析: 地震相反映了该地震单元所对应沉积物在平面上的分布特征, 并间接反映该地

震层序所对应沉积时期内沉积环境的变化。地震相分析是进行沉积相研究的一种强有力方法, 为沉积相研究提供丰富的地质信息, 通过“井震结合”能合

理预测砂体空间展布。

总体上,沿构造轴线方向,地层反射特征明显,横向连续性好,纵向上稳定,有较好的对比性,沉积砂体分布广泛,地震反射强度由下向上呈现出减弱趋势。

珠江组识别的沉积相地震反射特征清晰:临滨砂坝沉积粒度较粗,连续性好,呈披覆状分布,纵向

上较稳定,其地震反射特征表现为一套加积的中强振幅、中-强连续性、平行或亚平行反射,双向下伏。同相轴较连续,反映砂坝横向连续性较好,此外,可见单期砂坝及多期叠加砂坝沉积。临滨浅滩沉积粒度较细,连续性中等,其地震反射特征表现为一套加积的中弱振幅、中-弱连续性、平行或亚平行反射、纵向上不稳定(见图4)。

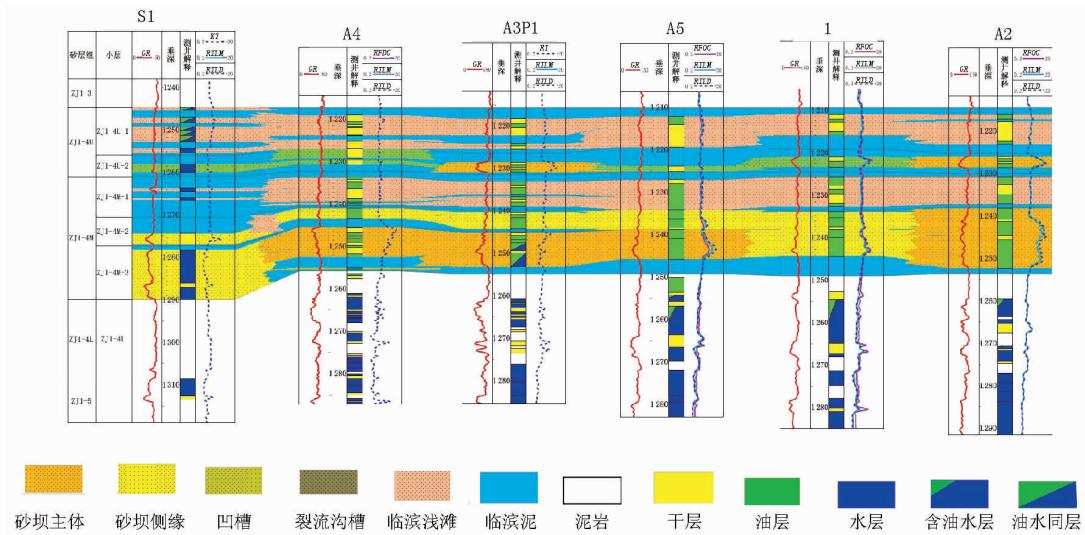


图3 珠江口盆地WCA油田南北向(垂直物源方向)连井剖面

序号	地震反射特征	对应优势地震微相	亚相
1	中-强振幅, 中强连续性, 平行或者亚平行反射, 双向下伏, 可见单期砂坝及多期砂坝叠加沉积	砂坝主体	
2	中等振幅, 中-强连续性, 亚平行反射, 纵向上不稳定, 与砂坝主体伴生	砂坝侧缘	
3	中-弱振幅, 中-弱连续性, 亚平行反射, 纵向上不稳定, 见期次浅滩与砂坝叠加沉积, 可见加积形态	浅滩	临滨
4	弱振幅, 弱连续性, 平行反射, 纵向上不稳定, 发育在砂坝与砂坝之间, 强连续轴上局部弱反射区域, 垂直于岸线	裂流沟槽	
5	弱振幅, 弱连续性, 平行反射, 纵向上不稳定, 发育在砂坝与砂坝之间, 强连续轴上局部弱反射区域, 平行于岸线方向	凹槽	

图4 文昌A油田ZJ1-4油组地震相特征

通过提取各小层地震属性,用于属性和平面相优选,根据属性相关性分析,优选与砂岩厚度相关性较好的均方根振幅、最小振幅、弧长特征属性,并进行三属性融合,用于微相划分见(图5(a)、图5(b))。以4U-2小层为例,建立过井地震剖面,在地震剖面图上圈定砂体边界,对应于平面图上微相边界,进一步得到平面微相展布(见图6)。

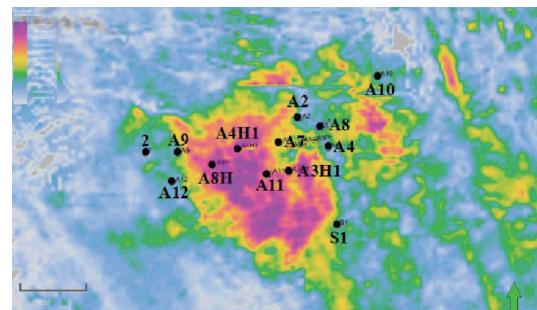


图5(a) ZJ1-4U-2小层优选地震属性

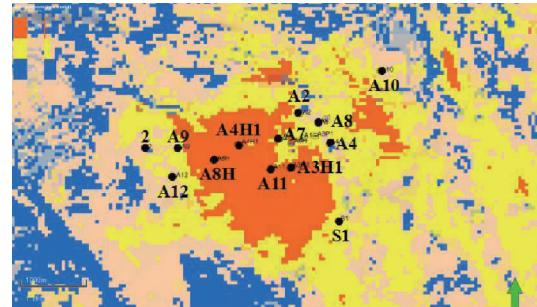


图5(b) ZJ1-4U-2小层地震相平面图

(2)平面相展布:在单井相和连井相分析的基础上,结合砂体厚度、地震属性及地震反射特征,开展小层沉积微相平面研究。随着盆地进一步沉降,海平面继续上升,研究区位于平均高潮线至浪基

面之间,波浪起控制作用,沉积物始终遭受着波浪的冲洗、扰动,该沉积时期广泛发育波浪滨岸环境的临滨沉积。砂体受构造控制,构造高部位离海泛面相对较近,水动力较强,砂体堆积厚度较大;构造低部位,水动力相对较弱,砂体粒度较细,厚度较薄,表现为“构造控砂”的特征。

4M-1 沉积时期:发生短暂海侵,水体进一步变深,沉积基准面处于频繁升降变化中,全区大面积

发育临滨浅滩(图7(a))。

4U-2 沉积时期:发生海退,基准面下降,水体变浅,临滨砂坝主体个数增多,裂流沟槽和凹槽较为发育,平面相变快(图7(b))。该层主要发育滩相,局部发育坝相,砂体整体从西南-北东方向推进。3个砂坝集中发育在构造高部位,呈现北西-南东方向条带状分布,砂坝间的凹槽,将砂坝分隔开,相控砂体展布是影响储层物性和开采特征差异的主要原因^[6]。

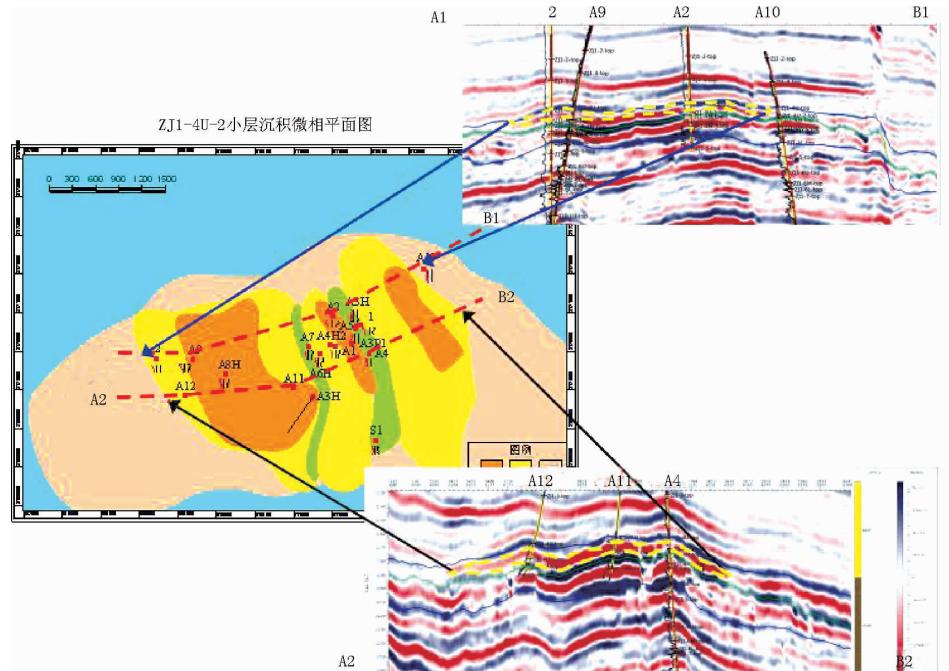


图6 ZJ1-4U-2小层“井震结合”指导沉积相研究

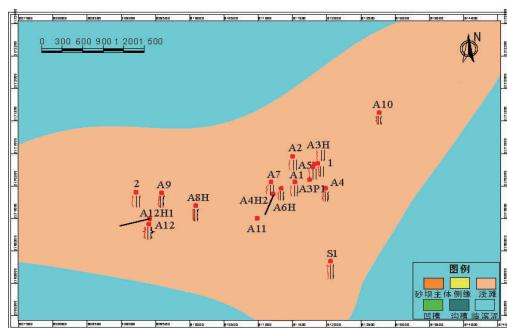


图7(a) ZJ1-4M-1小层沉积微相平面图

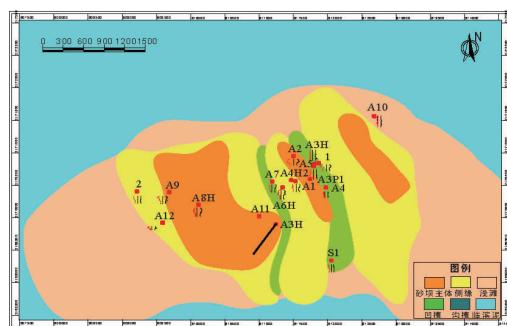


图7(b) ZJ1-4U-2小层沉积微相平面图

3.3 沉积演化模式

QH凸起海侵前为一个环水古岛环境,恩平组沉积末期发生海侵,水体向上依次变深,为一个持续的海进过程,局部时段发生海退,研究区在“构造控砂”的背景下,受多方向海洋潮汐和波浪流影响。

ZJ1-4油组自下而上水体变深,由4L的前滨相过渡为4M和4U的临滨相。4M砂组内4M-3小层发育上临滨亚相,以砂坝为主,砂坝厚度大,受沿岸流和波浪的影响,离岸搬运,在构造高点处平行岸线沉积,以中砂岩为主,储层物性好。之后水体加深,4M-2小层发育中临滨亚相,砂坝规模减小,局部可见裂流沟槽,颗粒变细,以中细砂岩为主。4M-1小层水体进一步加深,发育下临滨亚相,局部构造高部位聚砂能力减弱,以滩砂为主,砂岩粒度细,储层非均质性较强(见图8)。之后海泛面急剧变浅,砂组间广泛沉积海泛泥,4U砂组由底部的上临滨相向上过渡为下临滨亚相,水体总体向上变深。

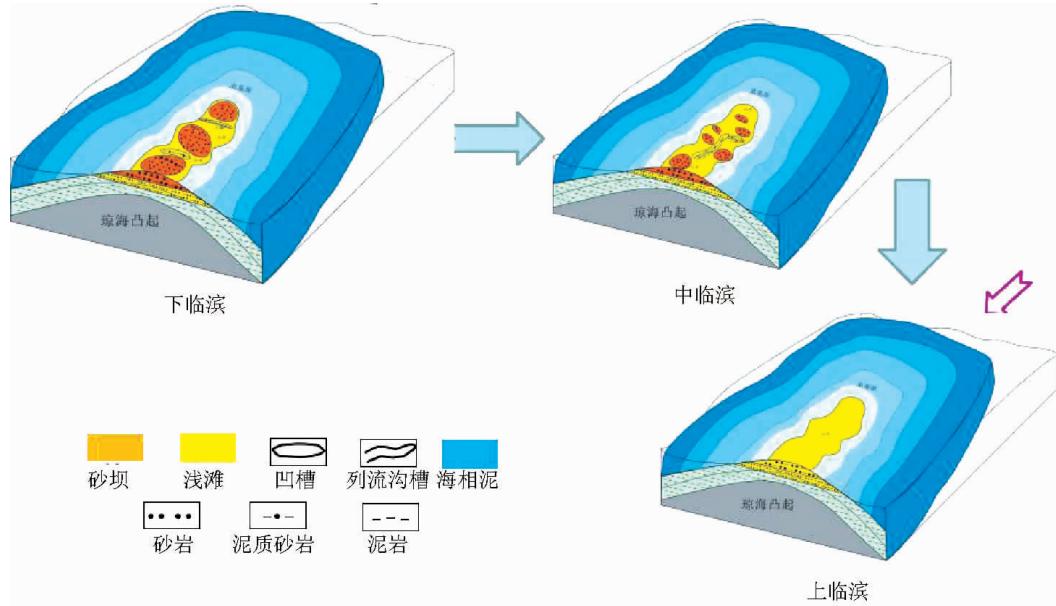


图8 珠江口盆地WCA油田ZJ1-4油组沉积演化模式

4 结论

通过“井震结合”对研究区进行沉积相和砂体展布研究,得到了砂体展布新认识:

ZJ1-4油组沉积体系为无障壁浪控型滨岸沉积环境,主要发育临滨亚相,包括临滨砂坝主体、砂坝侧缘、裂流沟槽、凹槽、临滨浅滩和临滨泥微相。自下而上水体变深,为一个持续的海进过程,局部层段发生海退,砂体在“构造控砂”的背景下,受沿岸流和波浪的影响,在构造高点处平行岸线沉积,相控砂体展布影响了储层非均质性和油田的开采效果。

参考文献:

[1] 雷霄,胡余,梁文锋,等.文昌19-1油田珠江组二段Ⅰ油组

沉积相研究[J].西南石油大学学报(自然科学版),2015,37(4):1-12.

- [2] 邓世彪,关平,张鹏飞.东营凹陷青南地区沙四上亚段物源沉积体系与滩坝分布[J].沉积学报,2017,35(3):561-575.
- [3] 陈峰,朱筱敏,葛家旺,等.珠江口盆地陆丰南地区文昌组层序地层及沉积体系研究[J].岩性油气藏,2016,28(4):67-77.
- [4] 于洲,丁振纯,吴东旭,等.鄂尔多斯盆地中东部奥陶系马家沟组沉积相演化模式研究[J].海相油气地质,2017,22(3):12-22.
- [5] 晁彩霞.文昌13-1油田珠江组地震沉积学及其应用研究[D].青岛:中国石油大学(华东),2013.
- [6] 余加松,纪友亮,刘君龙,等.L凹陷古近系文昌组储层物性控制因素研究[J].特种油气藏,2017,24(5):72-77.

(编辑 谢葵)