

渤海湾埕岛东部古近系层序地层及沉积特征研究

王绍忠¹ 周红科² 杨启浩²

(1.中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029; 2.胜利油田有限公司海洋采油厂,山东 东营 257237)

摘要:由于埕岛东部古近系油藏主要受岩性控制,油藏隐蔽性强,而层序地层学是确定隐蔽油气藏有利勘探区的一种最好方法,因此在该区开展层序地层学研究非常关键。目前该区带勘探程度低,沉积相带、砂体面貌认识不明,为加强该区块勘探开发,在国内外学者研究的基础上,根据基准面旋回级次的划分,在渤海湾埕岛油田东部古近系较大规模的地层旋回中,识别出构造基准面旋回和长期基准面旋回,将主力层系古近系东营组长期旋回又进一步划分为 4 个中期基准面旋回,建立了古近系东营组高分辨率层序地层格架。通过研究得出,东营组内部不同的层序(中期旋回)及同一层序的不同部分,在研究区的分布具有不同的特征,其总体的分布均遵循沉积物的体积分配原理。东营组旋回在不同时期沉积体系有所不同,在基准面上升期主要发育较深水湖—浊积扇沉积体系,基准面下降早期发育扇三角洲体系,中期以辫状河三角洲体系为主,晚期则以低弯度河流—冲积平原相体系覆盖全区。以上研究对分析该区油气分布规律及控制因素、指导该区的油气勘探部署有积极意义。

关键词:埕岛油田;古近系;层序地层学;旋回;沉积特征

中图分类号: P539.2; P534.61⁺1

文献标志码: A

文章编号: 1000-3657(2010)02-0404-10

胜利海上埕岛油田东部地区位于渤海湾西南部的浅海海域,区域构造位置处于埕岛潜山披覆构造带东北部,勘探面积近 300 km²。该区与渤中坳陷、郯庐断裂带紧邻(图 1)。由于其紧邻渤海湾盆地最大的富生油凹陷——渤中凹陷,因而具有形成大中型油气藏的基础。多年勘探已经证实,该区东营组具有一定的储油能力。

对埕岛东部古近系来说,虽然有些学者进行过层序地层学和沉积体系研究,但是研究程度不高。全区层序地层格架划分标准和划分方案不统一,对该地区的层序地层特征和层序模式研究不清楚;对沉积相带和砂体面貌尚认识不清,在甩开勘探上缺乏必要的地质依据。为进一步加强该区勘探开发,需要利用钻井、岩心、测井、三维地震剖面和分析化验资料,对古近纪地层展开系统的对比,特别是东营组为三角洲沉积,寻找正确的对比方法,精细划分对比地层,建立埕岛地区古近系高精度层序地层格架;根据地质、测井、

地震、地球化学、古生物等相标志的综合研究,对不同目标区不同层系建立沉积相模式,分析沉积体系主要类型和分布规律、纵向演变过程、沉积体系发育的主要控制因素,研究油气分布规律及控制因素,对指导该区的油气勘探部署有重要意义。

1 高分辨率层序地层学研究

1.1 高分辨率层序地层学与基准面

层序地层学是近年来从地震地层学基础上发展起来的一门新学科,是根据地震、钻井及露头资料,结合有关的沉积环境及岩相古地理解释,对地层层序格架进行综合解释的学科^[1]。目前主要有 3 种层序地层学理论和流派:Peter Vail 为代表的 Exxon 沉积层序理论, Galloway (1989)^[2] 成因地层学理论和 Cross (1994)^[3] 高分辨率层序地层,其共性均与事件地层学相关联,并且都是基于岩石地层旋回性以及相对地层格架的测定,主要差别在于旋回之间界面

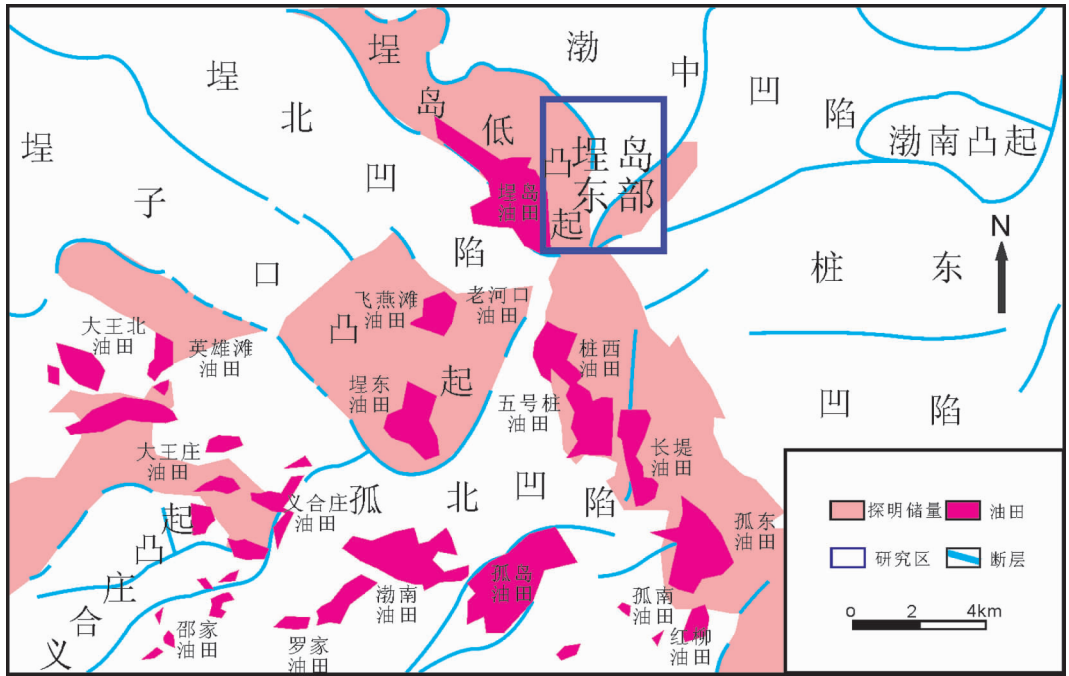


图 1 埕岛东部区域位置

Fig.1 Regional location of eastern Chengdao Oilfield

的厘定。国内外研究结果表明,层序地层学是确定隐蔽油气藏有利勘探区的一种最好方法。由于埕岛东部古近系油藏主要受岩性控制,因此开展层序地层学研究非常关键。

高分辨率层序地层学研究中,其核心内容是在基准面旋回变化时,由于可容空间与沉积物补给通量的变化,相同沉积体系域或相域中沉积物的保存程度、地层堆积样式、相序、相类型及岩石结构和组合类型也发生变化,其中基准面是变化的直接驱动机制^[4]。因此,识别地层记录中不同级次基准面旋回,进行高精度等时地层对比和建立高分辨率时间-地层格架的关键就是基准面。高分辨率层序地层所指的基准面,是 Cross 发展了 Wheeler 关于基准面的概念,指出基准面是一个相对于地表起伏的、连续的略向盆地倾斜的抽象势能面(图 2),反映地球表面沉积作用和侵蚀作用之间的不平衡程度。

1.2 基准面旋回的划分与识别

基准面虽然是动态的抽象势能面,但可容空间和沉积物补给通量可以通过沉积物体积分配所产生的沉积物保存程度、地层堆积样式、相序、相类型和岩石结构等参数构成的地层旋回加以确定,进而划分基准面旋回^[4]。基准面旋回是在相序分析的基础

上识别出来的。目前,对基准面旋回级次划分尚未形成统一标准,划法各异。邓宏文等^[5]按基准面旋回的结构和叠加特征,将基准面旋回划分为长周期、中周期、短周期,但对不同级别的旋回未作明确的时间周期限定;郑荣才等^[6]依据基准面的时限、界面类型和主要控制因素将基准面旋回划分为 6 个级次,即巨旋回、超长周期、长周期、中周期、短周期和超短周期。由于所选择的地质单元尺度不同,造成了划分上的差异。针对埕岛东部地区,本文以坚实的第一手资料为基础,在基准面旋回识别的基础上,提出本区高分辨率层序划分方案,将埕岛东部古近系较大规模的地层旋回划分为构造基准面(相当二级层序)、长期基准面(相当三级层序)和中期基准面(相当四级层序)。

地层记录中不同级次的地层旋回,记录了相应级次的基准面旋回。在每一级次的地层旋回内必然存在着能反映相应级次基准面旋回所经历时间的“痕迹”,如何根据一维钻井或露头剖面上的这些“痕迹”识别基准面旋回,是此技术的关键所在^[7,8]。在本次识别过程中综合考虑了以下因素:① 常规的地震层序的识别标志,如削蚀、上超、下超界面等;② 与长期基准面旋回上升到下降转换位置(最大可容纳空间)相对应的高振幅连续反射界面或一组反射;③

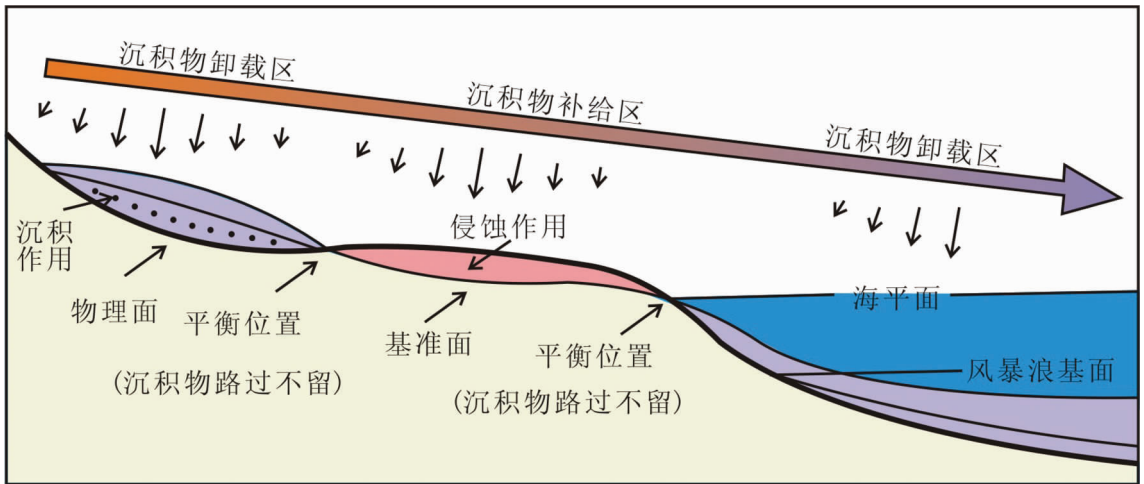


图 2 基准面、可容空间和反映可容空间与沉积物供给之间的地貌状态

Fig.2 Base level, accommodation and geomorphic feature reflecting the balance between accommodation and sediment supply

与区域相变可对比的地震反射特征(振幅、连续性、频率、地震相等);④与测井或岩心中可观察到的地层叠加样式变化可对比的地震反射几何形态的变化。

1.2.1 构造基准面旋回划分

构造基准面旋回的形成、发育、结束与不同时期的构造幕有关。因此,构造基准面旋回的界面应为与区域构造事件符合、反映构造应力场转换的不整合面^[6,9,10]。

埕岛东部地区在古近系共划分为 2 个构造基准面旋回,即沙四段—沙三段和沙二、沙一段—东营组构造基准面旋回(表 1)。它们分别控制着古近纪裂谷盆地构造、沉积演化阶段的形成。

1.2.2 长期基准面旋回划分

长期基准面旋回为构造基准面旋回内部的次一级旋回,它以区域性不整合面或局部不整合面为界^[6,9,10]。本区在两个构造基准面旋回内部可进一步划分出长期基准面旋回。其中沙四段—沙三段构造基准面旋回可划分为沙四下和沙四上—沙三段两个长期旋回,沙二、沙一段—东营组构造基准面旋回可进一步划分为沙二段—沙一段和东营组两个长期基准面旋回。

沙四下旋回:为紫红色、灰色泥岩夹砂岩,是盆地断陷初期阶段的产物。

沙四上—沙三段旋回:下部灰色泥岩与灰白色砂岩间互层,上部为深灰、灰褐色灰质泥岩、油页岩夹少量砂岩,为盆地断陷发育阶段的产物。

沙二段—沙一段旋回:为较干热(后期转为较潮湿)的气候条件下,较浅水、半闭塞、半咸水湖相环境中沉积的一套地层,岩性为灰色泥岩、油泥岩、油页岩互层,夹薄层白云岩、灰岩,局部地区有生物碎屑灰岩和砂岩。该旋回沉积末期盆地基底发生规模较小的抬升运动,湖盆范围收缩。

东营组旋回:其顶界面为新近系、古近系之间的区域分布的侵蚀不整合面(T1),底界面在盆地边缘以超覆不整合为界,在凹陷区东营组和沙一段表现为连续沉积。在地震剖面上表现为一组连续性好的强反射(图 3)。

东营组长期旋回基准面上升期,以较深水湖相泥质岩沉积为主,间歇性发育浊流水道、浊积扇沉积作用,沉积物以灰色、深灰色泥岩为主夹砂岩、砾状砂岩沉积。基准面下降期,以泥质岩与砂岩、含砾砂岩不等厚互层为特征,向上砂岩逐渐增多,单层厚度变大。至基准面下降晚期,三角洲—湖相沉积体系逐渐被低弯度河流—冲积平原相沉积体系所代替,堆积了一套以砂岩、含砾砂岩与灰绿色、棕红色泥质岩地层。

该旋回基准面上升向下降的转换位置是东营组最大可容纳空间形成时期。此时湖侵范围最广、湖泊水体最深,为最大湖泛密集段发育期,沉积物以层厚、质纯的深灰色泥质岩发育为特征,电性上表现为低电阻、高 GR 值,在 GR 曲线上为东营组 GR 曲线基值由低向高再由高向低变化的拐点处。

表 1 埕岛东部古近系简表及层序划分
Table 1 Simplified table and sequence classification of Paleogene System in east Chengdao Oilfield

地层				岩性特征	基准面旋回		西	东	超覆带	凹陷
系	统	组	段		构造	长期	CB11	CB20	(m)	(m)
古近系	渐新统	东营组	一段	含砾砂岩与灰白、灰绿、浅灰色泥岩互层,可划分为 I、II 砂层组	[构造旋回示意图]	[长期旋回示意图]	0~85	100~210	280~300	
			二段	包括 III、IV 砂层组, III 砂组上部为胖砂岩段, III 2 及 IV 砂组以灰色泥质岩为主夹中、薄层砂岩			110~200	200~370	350~550	
			三段	包括 V、VI 砂组,为灰、深灰色泥岩夹薄层、透镜状砂岩				0~22	180~360	
		沙河街组	一、二段	灰色泥岩、油泥岩和油页岩互层,夹薄层白云岩、灰岩,局部地区有生物灰岩和砂岩,沙二段薄层灰质砂岩与砂岩					50~250	
			三段	深灰、灰褐色灰质泥岩、油页岩夹少量砂岩					500	
			四段	上部灰色泥岩与灰白色砂岩间互层,下部为紫红色、灰色泥岩夹砂岩					200~400	
	始新统									

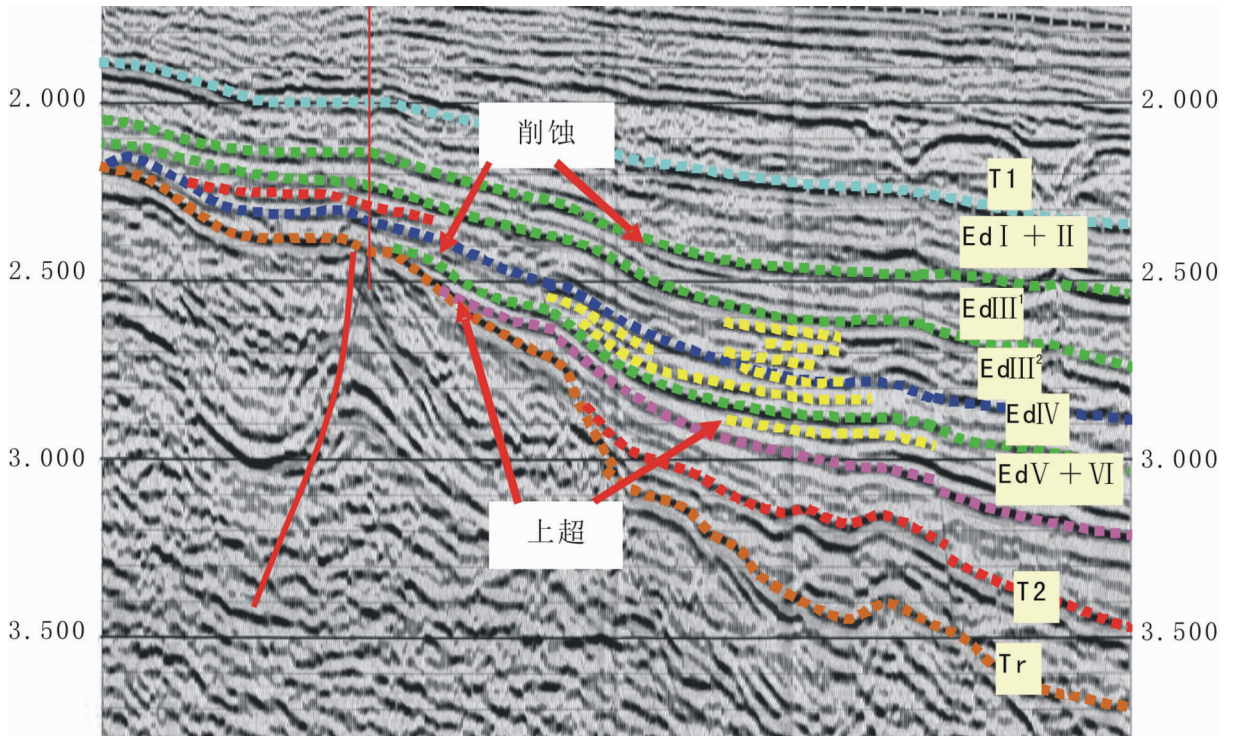


图 3 埕岛东部东西向层序分析剖面
Fig.3 Section of EW-trending sequence analysis for east Chengdao Oilfield

1.3 东营组高分辨率层序地层格架

根据高分辨率层序地层学原理与技术手段,通过钻井、测井和地震剖面资料的综合分析及东营组长期旋回内部界面(包括上超面、顶超面、下超面以及进积/退积转换面、洪泛面等)的识别,将东营组长期旋回又进一步划分为4个中期基准面旋回(即四级层序),自上而下命名为层序 S1、S2、S3、S4^[1]:

1.3.1 层序 S4

相当于 V+VI 砂组。为一不对称旋回,仅发育上升半旋回,胜海 8、801、埕北 8 等井沙一段发育薄层白云岩、泥质白云岩,向上逐渐为大套油泥岩、深灰色泥岩,反映水体逐渐加深,基准面上升。底界面为东营组和沙一段之间的超覆不整合面,地震剖面上表现为明显的上超特征;顶界面在地震剖面上表现为向斜坡上的上超特征,在钻井剖面上为一套浊积砂岩的底部界面。该层序主要以发育深灰色泥岩、油泥岩为主,砂岩不发育,仅局部夹薄层砂岩。

1.3.2 层序 S3

该层序上升半旋回大致相当于 IV 砂组,下降半旋回大致相当于 III₂ 砂组。底界面为层序 S4 的顶界面,顶界面在地震剖面上为一前积反射的顶超面,钻井剖面上为一套典型的进积序列的顶部界面。其内部在地震剖面上发育一下超面,钻/测井剖面上表现为退积与进积作用的转换面,为较厚层的深灰色泥岩发育层段,表现为最大洪泛面的特征,为该层序上升与下降半旋回的转换面,也是东营组长期旋回上升与下降半旋回的转换面。上升半旋回以发育深灰色泥岩夹砂岩、砾质砂岩为特征;下降半旋回下部主要为厚层暗色泥岩发育段,上部在研究区南部以发育扇三角洲砂岩、砾质砂岩与灰绿色泥岩互层为主,研究区北部主要为暗色泥岩夹砂岩、砾质砂岩。

1.3.3 层序 S2

该层序大致相当于 III₁ 砂组。底界面为层序 S3 的顶界面,在近凹陷中心部位表现为上超面;顶界面在地震剖面上也表现为顶超面特征,在钻井剖面上表现为一套瓣状三角洲厚层砂岩、含砾砂岩由进积、加积到退积的地层叠加样式的转换位置。

1.3.4 层序 S1

该层序大致相当于 I+II 砂组,如进一步细分,上升半旋回相当于 II 砂组,下降半旋回相当于 I 砂组。底界面为层序 S2 的顶界面,顶界面为新近系、古

近系之间的区域不整合面,地震剖面上为一削截面特征;钻井剖面上为一套厚层砂砾岩的底部界面。整体上以灰、灰绿色、棕红色泥岩夹砂质沉积为特征。上升与下降半旋回的转换位置为退积与进积地层叠加样式的转换处,为较厚层的灰、灰绿色洪泛平原泥岩发育的位置。

1.4 东营组高分辨率层序地层对比及空间分布特征

根据单井的高分辨率层序地层划分结果,通过井-震的相互标定,参考地震剖面上的层序划分及内部反射特征,建立了东营组高分辨率层序地层格架(图 4)。由对比格架可以看出,东营组内部不同的层序(中期旋回)及同一层序的不同部分,在研究区的分布具有不同的特征,其总体的分布均遵循沉积物的体积分配原理。

1.4.1 纵向上的分布特征

纵向上,由于各层序在东营组这一长期旋回内所处的地层位置的不同,各层序的对称性、地层发育程度、内部充填等也具有不同的特征。

层序 S4 由于位于东营组长期旋回上升期的底部,此时,构造活动不太发育,处于基底缓慢沉降阶段,因此层序对称性差,主要以发育上升半旋回为主,下降半旋回缺失或厚度较薄。

层序 S3 处于东营组长期旋回的中部,也处于其上升与下降半旋回的转换部位,因此层序对称性好,上升与下降半旋回均较发育。上升半旋回时期,由于构造活动增强,基底快速沉降,大量的沉积物被洪水流携带进入湖盆,形成以较深水湖相泥岩夹大量浊流的沉积特征。同时由于大量水流的进入,造成湖平面的快速上升,湖盆范围迅速扩大,形成最大洪泛期沉积。此后,构造活动减弱,基准面开始下降,湖盆进入充填阶段,形成一套以扇三角洲为主的沉积,由于地形的高差相对较大,在扇三角洲的前端可形成水下冲积扇体沉积。该层序整体表现为地层厚度大,沉积速率大。

层序 S2 由于整体上处于东营组长期旋回的下降中期,不对称特征开始明显,且以发育下降半旋回为主,由于处于盆地的充填期,碎屑物供给充足,沉积速率大,地层厚度大,且以沉积粗碎屑为主。

层序 S1 由于处于东营组长期旋回的后期,整体上该区演变为以低弯度河流相为主的沉积,此时,层序的对称性增强,上升与下降半旋回相对均较发育,地层厚度也较大。

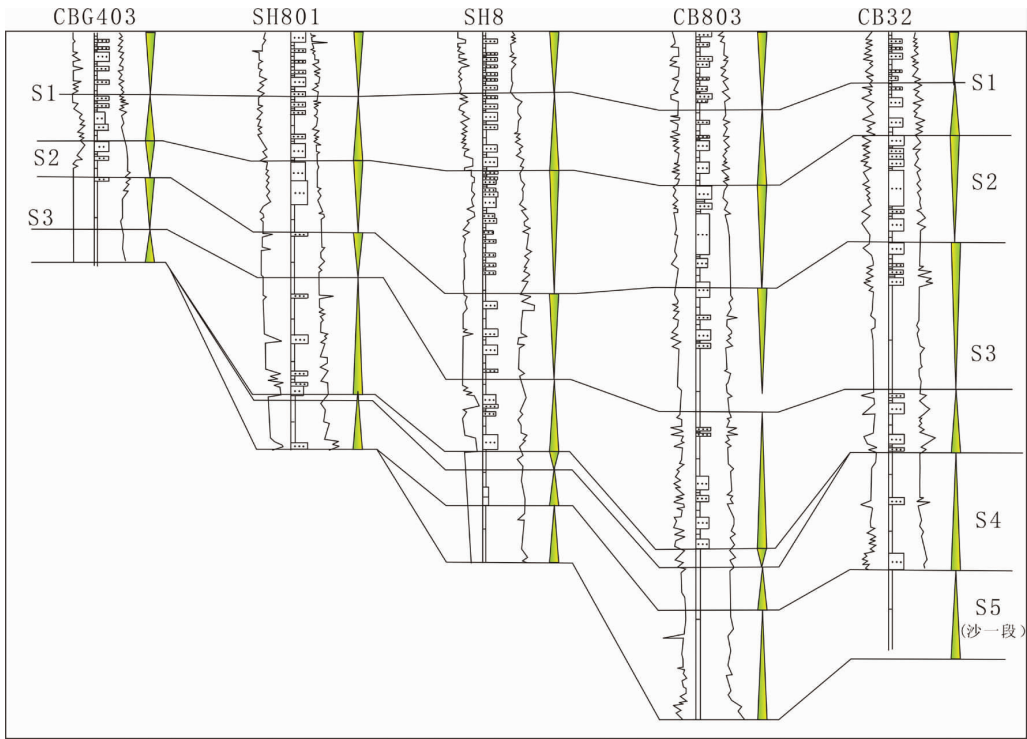


图 4 东营组层序地层对比剖面
Fig.4 Correlation section of Dongying Formation

1.4.2 横向上的分布特征

横向上,在不同的地理位置,东营组各层序具有不同的地层发育特征。

最下部的层序 S4 地层分布相对局限,表现为在斜坡的下部地层厚度相对较大,可达 200 m 左右,向斜坡上厚度逐渐超覆减薄,至埕北 23—埕北古 403 井一线到整个披覆构造主体,已缺失该层序沉积。

层序 S3 沉积范围扩大,但上升与下降半旋回的发育具有不同的特征。上升期,大量的粗碎屑物质沿沟谷被输送到相对低洼部位沉积,因此其沉积厚度在低洼部位相对较大,且粗碎屑沉积发育(如斜坡下部的埕北 803 井附近),而相对的高部位沉积厚度较薄乃至缺失,以发育细粒的泥质沉积为主(如埕北古 403 井、埕北 23 井、埕北 36 井附近);下降期,由于物源主要来自于南部,因此沿主物源方向、位于披覆构造南部的井虽由于地形的影响,地层厚度有大有小,但均主要以粗碎屑发育为特征,只是在斜坡下部的低洼部位,由于发生滑塌作用,形成浊积扇体粗碎屑沉积夹于厚层泥岩之中,地层厚度也相对较大。

层序 S2 由于处于进积充填阶段,普遍以发育下降半旋回为主,而近盆地中心的胜海 10 井一带发育

有上升半旋回沉积。

层序 S1 由于全区沉积已处于统一的体系之下,特征基本相同。

结合该区的层序研究,认为埕岛东部地区主力含油层序应在层序 S3。其顶界面为前积反射顶超面,钻井剖面上为一套进积序列的顶部界面,内部发育一下超面,钻/测井剖面上为退积与进积作用转换面,为厚层深灰色泥岩段,表现为最大洪泛面的特征,也是长期旋回上升与下降半旋回的转换面。研究认为,较大层序界面附近成藏有利,最大洪泛面在成藏中起到了重要的作用。

2 东营组主要沉积体系与沉积相构成

东营组长期旋回在基准面上升期主要发育较深水湖-浊积扇沉积体系,基准面下降早期发育扇三角洲体系,中期以辫状河三角洲体系为主,晚期则以低弯度河流-冲积平原相体系覆盖全区(图 5)。

2.1 主要沉积类型分布特征^[12,13]

2.1.1 较深水湖-浊积扇体系

该沉积体系根据其发育的古地貌背景的不同又可分为两种类型,即缓坡浊积扇和陡坡浊积扇。

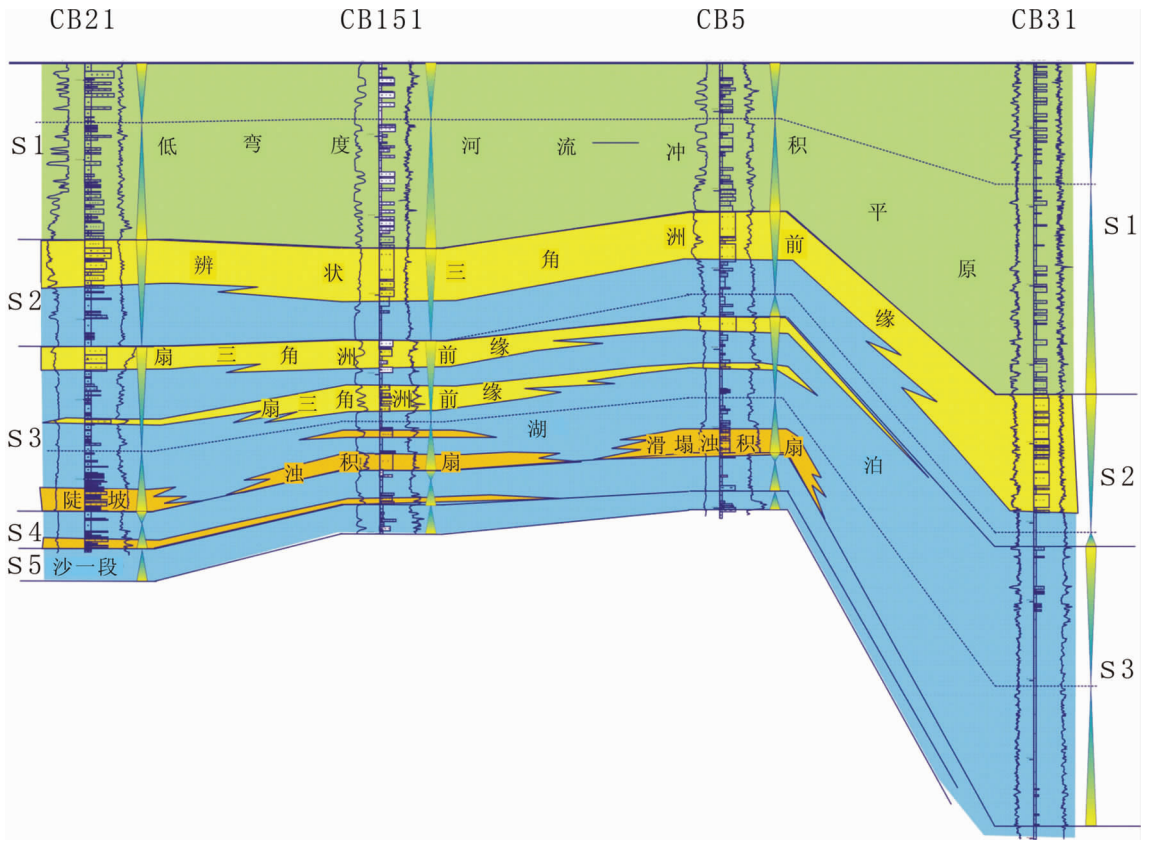


图5 埕北21-埕北151-埕北5-埕北31(近东西向)东营组沉积相对比剖面
 Fig.5 CB21-CB151-CB5-CB31 correlation section of Dongying Formation sedimentary facies

缓坡浊积扇主要发育在埕岛东部斜坡区，以砾状砂岩、砂岩为主，砂岩具块状结构，顶底与上覆、下伏较深水湖相泥岩突变接触，测井曲线为箱形特征，地震剖面上表现为沟谷部位的双向上超反射特征。位于盆地低洼处的浊积扇，表现为多个砂体的侧向叠置，扇体形态明显，主要由浊流水道和扇缘席状砂两部分组成，地震剖面上表现为较强振幅的前积反射或双向下超的透镜状反射特征。

陡坡浊积扇发育在研究区南部埕北断层的下降盘，主要呈单个扇体的形态，规模一般较小。钻井剖面上为夹于厚层较深水暗色湖相泥岩中的一套砂质沉积，顶、底突变接触，单层厚度一般不大，岩性以粗砂岩、细砂岩、粉砂岩为主，测井曲线上呈锯齿状箱形特征；地震剖面上多表现为单个同相轴的前积反射或透镜状反射特点。局部扇体由于坡度较陡，发生滑塌形成滑塌浊积透镜体，岩石粒度较细，以粉砂岩或泥质粉砂岩为主，顶底与较深水暗色泥岩突变接触；测井曲线上表现为齿状箱形，地震剖面上为透镜状。

2.1.2 扇三角洲(水下冲积扇)体系

扇三角洲为冲积扇入湖形成的粗碎屑沉积体。地震剖面上呈透镜状和前积反射特征，钻井剖面上为砾状砂岩、砂岩与灰绿色泥岩互层，岩心观察表明该扇三角洲主要由扇三角洲前缘辫状河道组成，特征为多个呈正韵律的河道垂向上相互切割叠置，发育大型槽状交错层理，河道间沉积以灰绿色的粉砂质泥岩和泥质粉砂岩为主，含大量的炭屑，具水平纹层。

2.1.3 辫状河三角洲体系

在本区指来自垦东凸起的辫状河入湖所形成的遍布全区的三角洲沉积体，层位上主要发育于层序S2的下降半旋回。钻/测井剖面上表现为厚层的砾岩、砾状砂岩、砂岩夹薄层泥质沉积，垂向上呈反韵律，表现为典型的进积—加积叠加样式；下部以河口坝沉积为主，而上部主要以辫状分流河道沉积为主；测井曲线上表现为漏斗形—箱形的组合特征；岩心剖面上辫状分流河道表现为多个砂体的垂向叠置，单个砂体呈正韵律，以发育大型槽状交错层理为

主。地震剖面上表现为较平缓的大型的叠瓦状前积反射结构,反映辫状河三角洲前缘的推进过程;横剖面上,具有多个透镜状侧向叠加反射结构,反映了辫状河三角洲不同朵叶体的侧向迁移叠置特征。

2.1.4 低弯度河—冲积平原体系

为一套遍布全区的砾状砂岩、砂岩与灰绿色、棕红色泥岩互层的沉积,发育低弯度河道和决口河道/决口扇砂体和冲积平原泥质沉积。低弯度河道在钻井剖面上呈典型的“泥包砂”结构;岩心剖面上表现为多个正韵律砂体的相互叠置,发育有大型的槽状交错层理、平行层理;测井曲线多呈箱形特征;地震剖面上为透镜状反射特征。决口河道/决口扇为典型的反韵律或块状沉积,岩性为泥质粉砂岩—粗砂岩均可出现,发育大型、小型交错层理;测井曲线上为漏斗形或齿状特征;地震剖面上显示为透镜状或叠瓦状反射特征。

2.2 主要层序沉积相构成分析

2.2.1 层序 S4

该层序处于东营组这一长期旋回的初始阶段,主要发育一套深灰色泥岩、油泥岩沉积,泥岩颜色虽深,但水体不一定太深,水体较静,应为湖水相对平静状态下的浅湖—较深湖沉积。砂体不发育,在埕北 32 井区附近发育物源可能来自于埕北 30 潜山的浊积砂体沉积,但推测其分布范围较局限。

2.2.2 层序 S3

在该层序基准面上升期(Ⅳ砂组沉积时期),主要受埕岛潜山自身物源影响,碎屑沉积物直接被搬运进入较深水湖区,形成较深水湖—浊积扇沉积体系。由于古地形特征的不同,形成的浊积扇体的特征也存在差异。研究区南部由于受埕北断层东南端断层活动影响,碎屑沉积物直接进入断层下降盘的较深水湖水体中而形成陡坡浊积扇。在研究区北部的缓坡背景上,发育有多条沟谷,碎屑沉积物沿沟谷被携带到斜坡下部的较深水区域中沉积而形成缓坡浊积扇体。

基准面下降期(Ⅲ2砂组沉积时期),斜坡上沟谷基本填平,研究区主要受来自南部埕东凸起的大规模的扇三角洲的影响。由于南部物源碎屑供应充足,扇三角洲扇体推进距离远,规模大,几乎覆盖大半个研究区。扇三角洲越过潜山后,在埕北 30 潜山西侧沟谷一带,由于地形相对低洼,同时,坡度较陡,前缘的沉积物沿沟谷被搬运至埕北 30 潜山北侧的

斜坡下部沉积,形成水下扇体。

2.2.3 层序 S2

该层序整体上处于东营组湖盆演化的收缩期,上升期仅在近凹陷中心部位有发育,主要为湖相泥质岩沉积。下降期物源来自于南部的垦东凸起的辫状河三角洲沉积体系覆盖整个研究区,粗碎屑沉积发育,研究区南部厚层含砾不等粒砂岩发育,北部沉积物粒度变细,以发育细砂岩、粉砂岩为特征;同时,砂层厚度也呈南厚北薄、东厚西薄的特征,反映了该辫状河三角洲体系的沉积特点受距物源区的远近及斜坡古地形的影响。

2.2.4 层序 S1

在东营组的晚期,由于东营组长期基准面的持续下降,该区已演变成为河流沉积。沉积物粒度较粗,河道化明显,表现为低弯度河流—冲积平原沉积体系。在该层序的基准面上升期,低弯度河道及决口河道/决口扇沉积发育,砂体厚度相对较大;下降期,河道相对不发育,以发育冲积平原泥岩为特征;在上升与下降的转换位置,即具有最大可容纳空间的位置,发育一套暗色的泛滥平原泥岩为主的沉积。

在东营组沉积之前,埕岛东部地区大的地貌单元是该区东营组沉积作用的主导控制因素。埕岛潜山为该区东营组下部的沉积提供了物源,沟谷地形为水下扇及滩坝的发育提供了条件,边界断层控制了陡坡浊积扇的发育,而下部开阔的斜坡则是缓坡浊积扇的主要发育区。作为该区主力含油层位,东营组 III2 砂组和 IV 砂组主要发育了水下扇和浊积扇两种沉积体系,同时,在构造沟谷的翼部还发育局部的滩坝砂体。

3 结论

(1)由于埕岛东部区块勘探程度低、沉积相带、砂体面貌认识不明,针对埕岛东部古近系岩性油藏特点,在该区进行了层序地层学研究及沉积特征研究。根据基准面旋回划分原则和识别标志,在渤海湾埕岛油田东部古近系较大规模的地层旋回中,划分为构造基准面旋回和长期基准面旋回,包括 2 个构造旋回,4 个长期基准面旋回。又进一步将古近系东营组长期旋回划分为 4 个中期基准面旋回,并建立了古近系东营组高分辨率层序地层格架。

(2)埕岛东部地区大的地貌单元是该区东营组沉积作用的主导控制因素。东营组长期旋回在不同

时期沉积体系有所不同,在基准面上升期主要发育较深水湖—浊积扇沉积体系,基准面下降早期发育扇三角洲体系,中期以辫状河三角洲体系为主,晚期则以低弯度河流—冲积平原相体系覆盖全区。

致谢:本论文撰写得到了胜利油田地质院、海洋采油厂领导、专家的大力帮助,在此表示诚挚谢意!

参考文献(References):

- [1] 池秋鄂, 龚福华. 层序地层学基础与应用[M]. 北京:地质出版社, 2001:9-40.
Chi Qiue, Gong Fuhua. Foundation and Application of Sequence Stratigraphy [M]. Beijing:Geological Publishing House, 2001:9-40 (in Chinese).
- [2] Galloway W E. Genetic stratigraphic sequence in basin analysis I: Architecture and genetics of flooding surface bounded depositional units [J]. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, 1989, 73, 73:125-142.
- [3] Cross T A. High resolution stratigraphic correlation from the perspective of base level cycles and sediment accommodation [C]// Proceeding of Northwestern European Sequence Stratigraphy Congress, 1994:105-123.
- [4] 何玉平, 刘招君, 杜江峰. 高分辨率层序地层学基准面旋回识别[J]. 世界地质, 2003, 22(1):21-25.
He Yuping, Liu Zhaojun, Du Jiangfeng. Recognition of base level cycle in high resolution sequence stratigraphy [J]. Global Geology, 2003, 22(1):21-25(in Chinese with English abstract).
- [5] 邓宏文, 王洪亮, 李熙吉. 层序地层基准面的识别、对比技术及应用[J]. 石油与天然气地质, 1996, 17(3):177-184.
Deng Hongwen, Wang Hongliang, Li Xiji. Identification and comparison and application of sequence formation base levels [J]. Oil and Gas Geology, 1996, 17 (3):177-184 (in Chinese with English abstract).
- [6] 郑荣才, 彭军, 吴朝容. 陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J]. 沉积学报, 2001, 19 (2):249-255.
Zheng Rongcai, Peng Jun, Wu Chaorong. The base level cycle classification and idea of research for centennial basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1996, 17 (3):177-184 (in Chinese with English abstract).
- [7] 陈景山, 彭军, 周彦, 等. 基准面旋回层序与油层单元划分关系[J]. 西南石油大学学报, 2007, 29(2):162-164.
Chen Jingshan, Peng Jun, Zhou Yan, et al. Relationship between base cycle sequence and formation unit classification [J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2007, 29(2):162-164(in Chinese with English abstract).
- [8] 车树立, 管守锐. 基准面识别技术在古地理分析中的应用——以柴达木盆地中生代地层为例[J]. 岩相古地理, 1999, 19(5):34-38.
Che Shuli, Guan Shourui. Applications of the identification techniques of base levels to palaeogeographic research:an example from the Mesozoic strata in the Qaidam Basin, Qinghai [J]. Sedimentary Facies and Palaeogeography, 1999, 19 (5):34-38. (in Chinese with English abstract).
- [9] 朱志军, 陈洪德, 侯明才, 等. 百色盆地东部坳陷北部陡坡带那读组层序特征及岩相古地理演化[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2008, 35(6):617-623.
Zhu Zhijun, Cheng Hongde, Hou Mingcai, et al. The sequence characteristics and evolution and sequence-based lithofacies and paleogeography in Nadu formation in the north scarp zone in the eastern depression of Baise basin, Guangxi, China [J]. Journal of Chengdu University of Technology (science & technology edition), 2008, 35(6):617-623(in Chinese with English abstract).
- [10] 苗顺德, 李秋芬, 欧阳诚. 黄骠坳陷古近系层序地层格架特征及模式研究[J]. 中国地质, 2008, 35(2):256-262.
Miao Shunde, Li Qiufen, Ouyang Cheng. Paleogene sequence stratigraphic framework and model in the Huanghua depression[J]. Geology in China, 2008, 35(2):256-262(in Chinese with English abstract).
- [11] 高喜龙, 李照延, 杨鹏飞, 等. 层序地层学在埕岛油田东斜坡隐蔽油气藏勘探中的应用[J]. 石油地球物理勘探, 2002, 37(增刊): 210-214.
Gao Xilong, Li Zhaoyan, Yang Pengfei, et al. The application of sequence stratigraphy for masking reservoir exploration at east slope Chengdao oilfield [J]. Oil Geophysical Prospecting, 2002, 37 (supp.):210-214(in Chinese with English abstract).
- [12] 倪超, 纪友亮. 饶阳凹陷古近系沙河街组层序地层分析及沉积体系研究[J]. 中国地质, 2006, 33(1):193-200.
Ni Chao, Ji Youliang. Sequence stratigraphy and sedimentary system of the Paleogene Shahejie Formation in the Raoyang subbasin[J]. Geology in China, 2006, 33(1):193-200 (in Chinese, with English abstract).
- [13] 靳松, 朱筱敏, 钟大康. 扇三角洲高分辨率层序地层对比及砂体分布规律[J]. 中国地质, 2006, 33(1):212-220.
Jin Song, Zhu Xiaomin, Zhong Dakang. High-resolution sequence stratigraphic correlation of fan deltas and distribution characteristics of sandbodies distribution characteristics of sandbodies [J]. Geology in China, 2006, 33(1):212-220(in Chinese with English abstract).

Sequence stratigraphy and sedimentary characteristics of Paleogene hydrocarbon reservoirs in eastern Chengdao offshore oilfield of Bohai Gulf

WANG Shao-zhong¹, ZHOU Hong-ke², YANG Qi-hao²

(1. *Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;*

2. *Offshore Oil Production Company of Shengli Oilfield, Sinopec, Dongying 257237, Shandong, China*)

Abstract: Paleogene ore accumulations in eastern Chengdao Oilfield are controlled by lithology and concealed at depth, and hence sequence stratigraphy seems to be the best means in search for beneficial exploration areas of concealed oil accumulations. Therefore, it is crucial to carry out the research on sequence stratigraphy in this area. In view of the low exploration extent and unclear sedimentary facies belt and sandstone characteristics of this area and with the purpose of accelerating the exploration work in this area, the authors carried out a study of sequence stratigraphy and sedimentary characteristics on the basis of previous research work both at home and abroad. First, tectonic base-level cycles and long-term base-level cycles were identified according to grade division of base-level cycles based on high precision sequence stratigraphy. Then the Paleogene Dongying Formation was further divided into four mid-term base-level cycles. High resolution sequence stratigraphic framework of Dongying formation was established. It can be seen that different sequences or different parts of the same sequence of Dongying Formation have different distribution characteristics, with the general distribution pattern following the principle of volume distribution of sediments. The sedimentary system of the Dongying Formation circles had different characteristics in different periods: deep lakes and turbidite fans were mainly developed during the rising of the base level, the fan-delta system was developed at the early base level descending stage, the braided river delta system was mainly developed at the middle stage, and the low-tortuous river and alluvial plain system covered the whole area at the late stage. The results obtained by the authors are of active significance in analyzing the oil-gas distribution and controlling factors and guiding oil-gas exploration arrangement in this area.

Key words: Chengdao oilfield; Paleogene; sequence stratigraphy; cycles; sedimentary characteristics

About the first author: WANG Shao-zhong, male, born in 1971, doctor candidate and senior engineer, engages in basin analysis and studies of sedimentology and sequence stratigraphy; E-mail: wsz1423001@163.com.