

文章编号: 1009-3850(2007)04-0039-07

孤北-桩海地区东营组层序地层对比及层序地层格架

林会喜¹, 田景春², 谭先锋², 孟万斌²,

林小兵², 张小兵², 聂永生²

(1. 胜利油田地质科学研究所, 山东 东营 257015; 2. 成都理工大学 沉积地质研究院, 四川 成都 610059)

摘要: 笔者通过大量的钻井岩芯观察、地震剖面解释、测井资料分析, 详细研究了东营组层序划分和特征, 共划分出了两个长期旋回, 4 个中期旋回。在层序划分的基础上, 进行了全区的地层对比, 各层序在不同地区发育程度不同是由于当时的古地理背景不同以及后期构造抬升剥蚀程度不同所造成的。分别建立了东西和南北向的层序地层格架模型, 不同时期各中期旋回在不同地区有不同的发育特征。

关键词: 孤北-桩海; 古近系; 东营组; 层序地层; 渤海湾

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

1 前言

孤北-桩海地区位于渤海湾盆地东南部济阳坳陷的沾化凹陷北部。北以埕北断层与埕北潜山相接, 西以孤西断层和埕子口凸起相邻, 东接垦东-青坨子凸起, 南以孤北断层和孤岛凸起接壤^[1~7] (图 1)。其区域构造背景和盆地发育演化的动力学背景完全受控于渤海湾盆地乃至西太平洋构造域整体演化的动力学特征。

该地区从勘探以来, 在各个层位均发现了工业油流, 东营组作为重要的产油层, 对石油勘探开发有着重要的作用, 因此, 对该地区东营组的研究有着重要的意义。本文在对东营组层序划分的基础上, 进行了全区的层序地层对比, 并建立了该地区的层序地层格架, 对该地区的油气勘探有重要的意义。

2 东营组层序划分及特征

在前人研究基础上^[5~10], 结合该区沉积构造活

动及其演化, 根据各级地震层序界面, 以及钻/测井剖面上转换面的识别, 将东营组进行层序划分。根据不同级次基准面旋回等时性和可对比的范围并结合研究的实际需要, 在基准面旋回划分中只划分到中期基准面旋回, 从而将东营组划分为两个长期和 4 个中期基准面旋回层序。本次研究层序的命名一律采用与传统的组、段名称大体一致的命名方案。将东营组两个长期旋回自上而下命名未 SQ₁, SQ₂, 4 个中期旋回自上而下命名为 Ed₁, Ed₂, Ed₃, Ed₄ (表 1)。其中 Ed₁ 层序发育对称旋回, 该层序在全区呈对称分布, 但由于其沉积后经历了古新近纪之间的剥蚀阶段, 高部位下降半旋回地层遭受剥蚀, 局部又表现出不对称的特征。Ed₂ 层序主要以发育下降半旋回为主, 上升半旋回缺失或不发育, 在盆地边缘只发育下降半旋回; Ed₃ 层序旋回对称明显, 全区均有分布; Ed₄ 层序在研究区主要发育上升半旋回, 部分井可以识别出下降半旋回。

收稿日期: 2005-04-15; 修改日期: 2005-11-04

第一作者简介: 林会喜, 1969 年生, 博士, 高级工程师, 主要从事石油地质学研究。

资助项目: 中石化重点攻关项目“孤北-桩海地区古近系控砂机理与勘探潜力分析”。

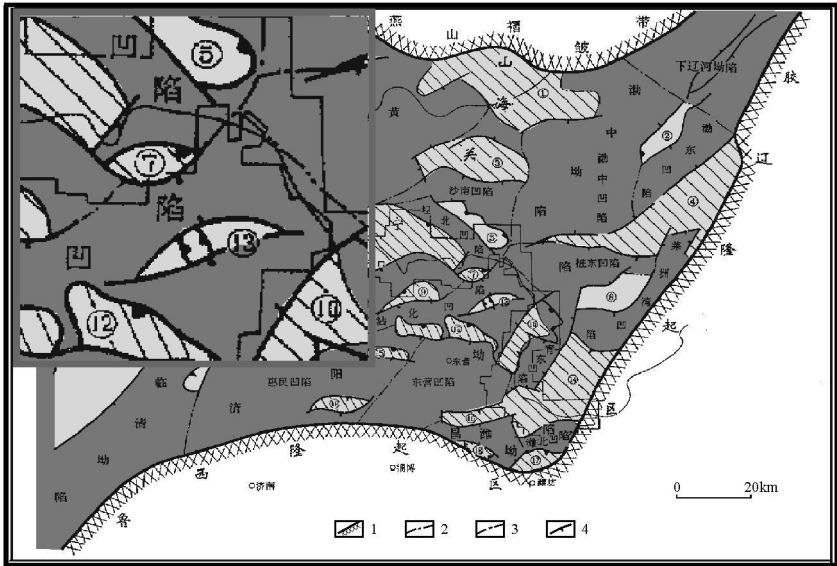


图 1 孤北-桩海地区区域构造位置图

1. 盆地边界; 2. 一级构造界线; 3. 二线构造界线; 4. 断层。①. 马背凸起; ②. 渤东潜山披覆构造; ③. 沙南凸起; ④. 渤南潜山披覆构造; ⑤. 堤北潜山披覆构造; ⑥. 堤子口凸起; ⑦. 堤东凸起; ⑧. 蓬北潜山披覆构造; ⑨. 义和庄凸起; ⑩. 昆东-青索子凸起; 11. 无棣凸起; 12. 陈家庄凸起; 13. 孤岛凸起; 14. 淮北凸起; 15. 滨县凸起; 16. 广饶凸起; 17. 淮县凸起; 18. 寿光凸起; 19. 青城凸起

Fig. 1 Tectonic setting of the Gubei-Zhuanghai region

1= basin boundary; 2= first-order tectonic boundary; 3= second-order tectonic boundary; 4= fault. ①= Maying uplift; ②= Eastern Bohai buried hill nappe structures; ③= Shanan uplift; ④= Southern Bohai buried hill nappe structures; ⑤= Chengbei buried hill nappe structures; ⑥= Chengzikou uplift; ⑦= Chengdong uplift; ⑧= Laibei buried hill nappe structures; ⑨= Yihezhuang uplift; ⑩= Kendong-Qingtuozi uplift; 11= Wudi uplift; 12= Chenjiazhuang uplift; 13= Gudao uplift; 14= Weibei uplift; 15= Binxian uplift; 16= Guangrao uplift; 17= Weixian uplift; 18= Shouguang uplift; 19= Qingcheng uplift

表 1 孤北-桩海地区古近系东营组层序划分

Table 1 Sequence division of the Palaeogene Dongying Formation in the Gubei-Zhuanghai region

年代地层	岩石地层			高分辨率层序划分		地质年代/Ma	层序平均延时/Ma
	组	段	砂层组	长期	中期		
N ₁				馆陶组		24.6	
E ₃	东营组	一段	I	SQ ₁	Ed ₁	32.8	2.05
		二段	II				
		三段	III ₁	SQ ₂	Ed ₂		
			III ₂				
			IV		Ed ₃		
			V				
			VI		Ed ₄		

注: 砂层组为油田实际工作中的概念, 根据岩性特征及其组合而将组中的段进一步细分

3 地震层序界面识别

依据合成记录这个井震标定桥梁, 将钻井层序划分方案通过合成记录标定到地震剖面上^[3,4], 并根据地震剖面上的反射特征进行适当调整, 最终对孤北-桩海地区东营组从上至下发育的层序界面 Ed-top(T₁), Ed₂-top, Ed₃-top, Ed₄-top, Es₁-top 共 5 套波组进行了标定。经过层位标定, 确定了孤北-桩海地

区东营组的各地震反射层位。

1. Ed-top(T₁) 波组

Ed-top(T₁) 波组为古近系与新近系之间的区域不整合面, 地震剖面上表现为一削截面特征(图 2, 图 3), 反映了东营组与馆陶组的不整合接触关系, 具中强振幅、连续性好的特征, 局部连续性较差。是沙河街组二段上一东营组超长期(二级)层序的顶界面。钻井揭示, 该反射层对应于砾岩、含砾砂岩沉

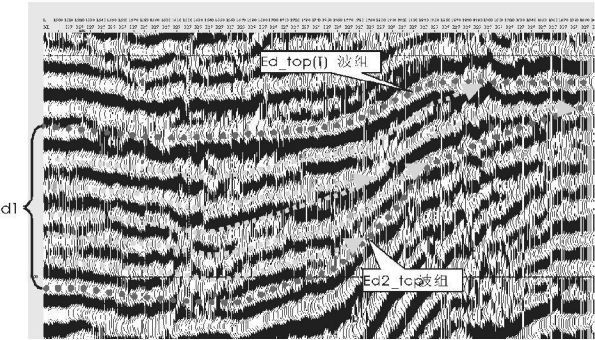


图2 Ed₂-top 波组上部上超反射结构(ZLP-crossline327 线)

Fig.2 Onlapped reflection configuration of the upper Ed₂-top composite waves

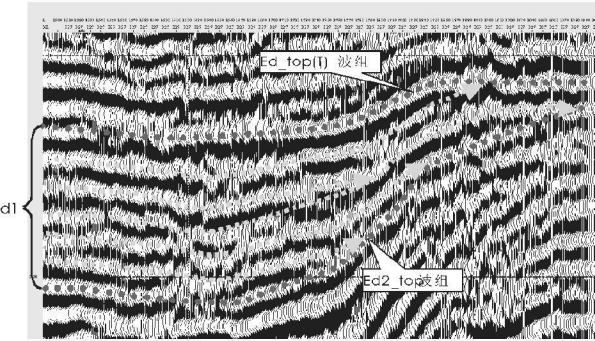


图3 Ed₂-top 波组上部上超反射结构(ZLP-crossline327 线)

Fig.3 Onlapped reflection configuration of the upper Ed₂-top composite waves

积。

2. Ed₂-top 波组

在地震剖面上表现为下部顶超、上部上超的反射特征(图 3, 图 4), 具有反射中强振幅、连续性较好的特点, 是东营组二段(相当 III₁ 砂组) 中期高分辨率层序(Ed₂) 的顶界面。

3. Ed₃-top 波组

在地震剖面上为波谷反射, 波组之上有上超和下超特征(图 4), 波组之下局部地区表现为一具前积反射的顶超面特征(图 5), 是东营组三段(相当 III₂, IV砂组) 中期高分辨率层序(Ed₃) 顶界面。

4. Ed₄-top 波组

在地震剖面上为向斜坡上的上超特征(图 5), 具有中强反射, 连续性好的特点, 局部地区连续性较差。是东营组四段(相当 V, VI砂组) 中期高分辨率层序(Ed₄) 的顶界面。

5. Es₁-top(T₂) 波组

Es₁ top(T₂) 波组为一个区域性不整合面, 地震

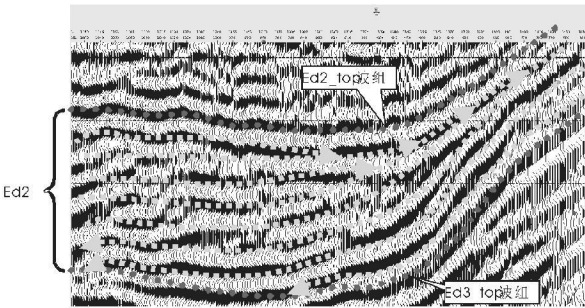


图4 Ed₂-top 波组下部顶超反射, Ed₃-top 波组下超反射结构

Fig.4 Toplapped reflection configuration of the lower Ed₂-top composite waves and downlapped reflection configuration of the Ed₃-top composite waves

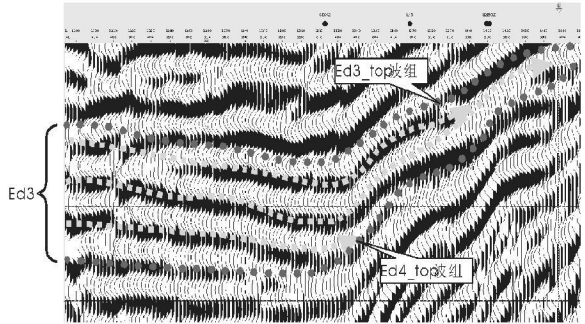


图5 Ed₃-top 波组下部顶超反射, Ed₄-top 波组上超反射结构(ZLP-crossline893 线)

Fig.5 Toplapped reflection configuration of the lower Ed₃-top composite waves and onlapped reflection configuration of the Ed₄-top composite waves

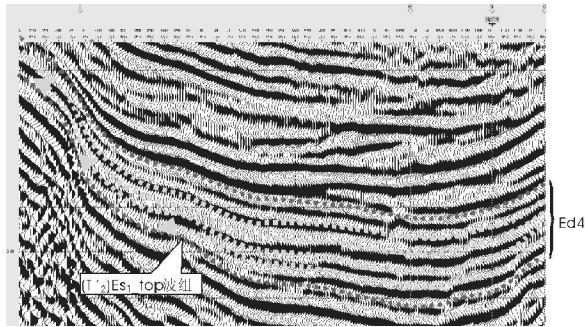


图6 (T₂') Es₁-top 波组之上上超反射结构(fyt-crossline893)

Fig.6 Onlapped reflection configuration above the (T₂') Es₁-top composite waves

剖面上表现为上超下削特征(图 6), 具有中强振幅, 连续性好的特点, 是沙河街组二段上——一段长期旋回层序的顶界面。

4 层序对比

在孤北-桩海地区东营组层序研究的基础上^[2], 选择南北向和东西向两条剖面进行层序对比(图7, 图8)。从剖面上看, 不同地层分区各层序发育的完整程度不一致。在埕北地区, 主要是埕北24, 埕北17, 这两口井靠近埕北低凸起。从剖面图上看, 埕北24离物源较近, 发育层序较厚, 而埕北17离物源相对较远层序发育相对较薄, 但总体上来说, 埕北凸起在东营组时期发育4个中期旋回, 在东营组四段时

期, 主要发育上升半旋回, 下降半旋回处于剥蚀状态, 东营组三段——一段阶段湖水变深, 但以下降半旋回为主, 说明水体处于较深, 总体上说埕北低凸起在东营组时期处于萎缩期。

在桩海地区, 该时期主要为深湖, 发育有4个中期旋回; 但在桩103地区, 可能是湖中央露出的小的砂岛, 导致在该地区东营组四段和三段缺失。

在南部的孤岛凸起附近, 孤岛凸起仍然处于收敛期, 凸起变小。从剖面上看, 孤北210在东营组四段时期主要发育上升半旋回, 下降半旋回不发育, 三

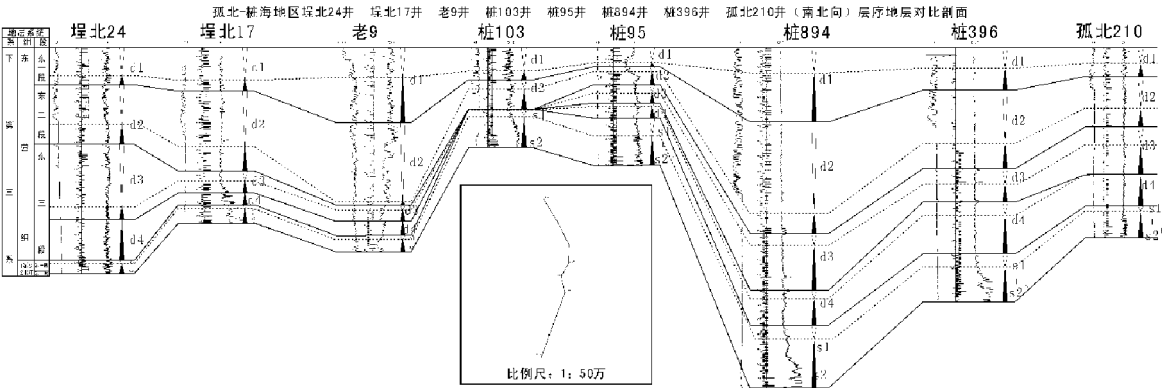


图7 东营组埕北24井-孤北210井南北向层序地层对比剖面

Fig. 7 N-S trending sequence stratigraphic sections through the Chengbei-24 well-Gubei-210 well in the Dongying Formation

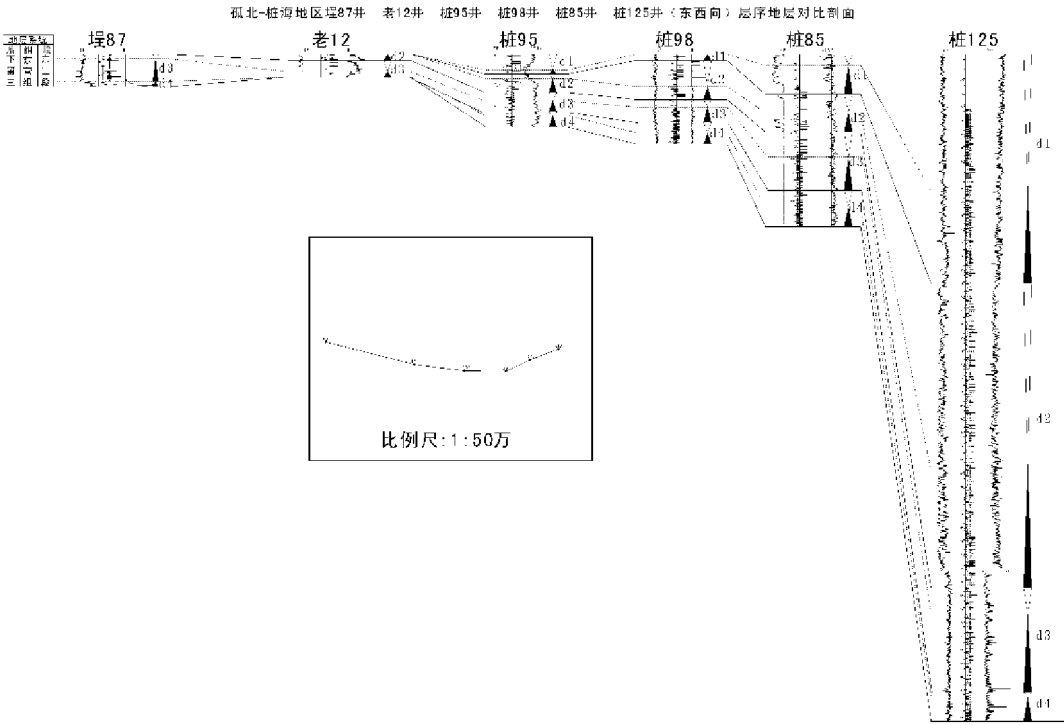


图8 东营组埕82井-桩125井东西向层序地层对比剖面

Fig. 8 E-W trending sequence stratigraphic sections through the Cheng-82 well-Zhuang-125 well in the Dongying Formation

段—一段时期上升半旋回和下降半旋回对称发育。

在西部的埕子口地区,由于凸起萎缩,四段和三段层序发育,后期可能由于抬升作用,使凸起扩大,使大部分井位只发育三段和四段,并且只有上升半旋回,不发育下降半旋回,下降半旋回时期处于剥蚀状态。从剖面上看,埕87井,具有这样的典型特征,埕87井在三段和四段时期的上升半旋回时期处于沉积阶段,可能发育一种三角洲。但到了二段时期一直到一段时期都处于剥蚀状态,没有沉积物保存。

东部的长堤凸起,东营组四段时期凸起范围比较大,但随后凸起逐渐消失,大部分井发育4个中期旋回,少数井位四段不发育。从剖面上看,桩125在四段时期由于凸起的影响,只发育上升半旋回,下降半旋回被剥蚀,而三段—一段凸起基本上消失,所以旋回发育很好,物源供给好,沉积厚度大。

5 层序地层格架

为了更好的揭示该地区东营组层序的发育,展布规律。本次研究分别建立了南北向和东西向的层序地层格架模型。

南北向地层格架(图9)从盆地的北缘的埕北低凸起边缘的埕北24,途经埕北17、老9,桩海地区的桩103、桩95、桩894、桩396,到最南缘的孤岛凸起附近的孤北210。从图5中可以看出,除了桩103地区外,东营组与下伏沙河街组均为整合接触,多数层序发育完整。在埕北凸起附近的埕北24井、埕北17井、老9井区,由于离凸起较近,并且受沙河街组一段时期的影响,水体比较浅,导致东营组四段时期下降半旋回被剥蚀掉。桩103井区,四段和三段都缺失,可能是该时期处于砂岛上,砂岛的面积应该不是很大。到了二段和一段时期,砂岛被淹没,但是层序发育的厚度仍然很薄(图3)。在桩95井区、桩894井区和桩396井区层序发育比较好,主要为湖泊沉积。在孤岛凸起附近,孤北210井区由于四段时期凸起发育,水体比较浅,只发育了上升半旋回,下降半旋回被剥蚀掉。

东西向剖面(图10)从研究区西缘的埕子口凸起附近的埕87,途经老12,桩海地区的桩95、桩98、桩85,再到长堤凸起附近的桩125。从图6可以清楚看出,埕87井区,继承了沙河街组时期凸起的形状,大部分东营组四段和三段层序都发育,但后期由于凸起扩大,导致大部分都缺失二段和一段层序。老12井区,与下伏地层呈不整合接触,主要是凸起的影响,四段时期处于暴露状态,随着水体变深,三段时期湖水淹没该井区,发育一些三角洲、滨浅湖沉积物。到了二

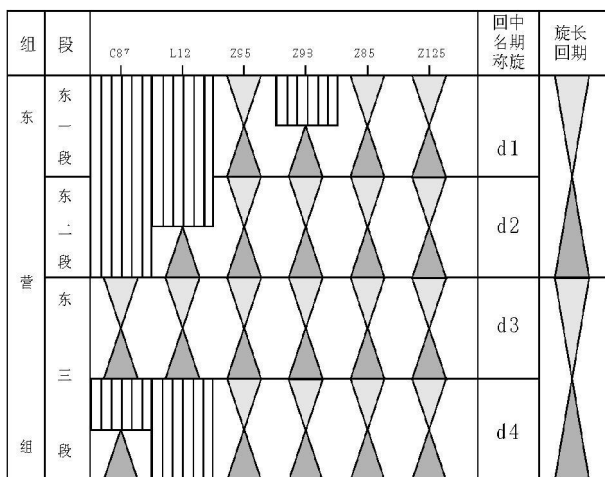


图9 孤北—桩海地区东营组南北向层序地层格架

Fig. 9 N-S-trending sequence stratigraphic framework of the Dongying Formation in the Gubei Zhuanghai region

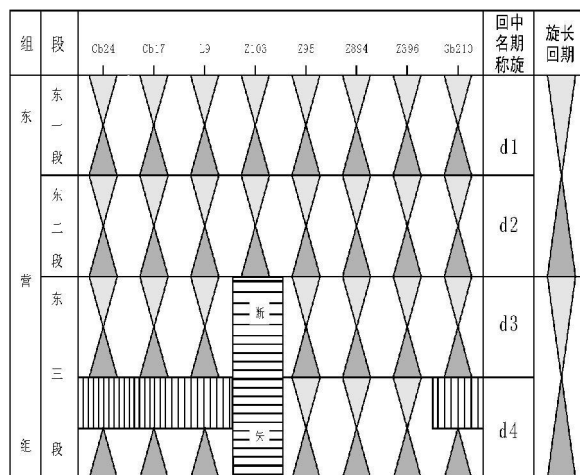


图10 孤北—桩海地区东营组东西向层序地层格架

Fig. 10 E-W-trending sequence stratigraphic framework of the Dongying Formation in the Gubei Zhuanghai region

段晚期和一段时期,湖水开始收缩,或者说是该地区抬升,总之,凸起扩大,使老12井区受到剥蚀。桩95、桩98、桩85、桩125井区,层序发育完整,跟下伏地层呈整合接触,说明该地区一直都接收沉积,没有沉积间断。但总体上水体是变浅的,一直到东营组一段时期,大部分为冲积扇—河流及洪泛平原。

总之,东营组分布范围更广,但同时北厚南薄的趋势更加明显。埕北凹陷、埕岛东坡东营组厚度大,孤北洼陷除四段主要由上升半旋回组成外,其余层序都发育较完整的上升和下降两个半旋回,旋回性明显。由于东营组层序发育于裂谷萎缩后期,旋回的非对称性明显,下降半旋回厚度明显大于上升半旋回。埕岛东坡四段旋回地层分布相对局限,表现为在斜坡

的下部地层厚度相对较大,可达200m左右,向斜坡上厚度逐渐超覆减薄;三段旋回由于受局部物源的影响,下降半旋回在南部斜坡部位的厚度要远大于北部的近洼陷中心部位。从跨越埕北凹陷东部和桩海地区北部的东西向对比剖面来看,在沙河街组三段沉积时期,桩海125井附近为明显隆起区,东西均向该隆起上超覆。东营组三段旋回下降期来自南部的物源对剖面东部较大,造成下降半旋回东部厚度大于西部。埕岛东坡三段旋回沉积范围扩大,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,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;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由于地形的影响,地层厚度有大有小,但主要以粗碎屑为特征,越过披覆构造以后,普遍以发育较细粒沉积,只是在斜坡下部的低洼部位,浊积扇体粗碎屑沉积夹于厚层泥岩之中,地层厚度相对较大;二段旋回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SH10井一带发育有上升半旋回沉积。一段旋回全区沉积已处于统一的体系之下,特征基本相同。

6 结 论

(1)通过众多钻井剖面、测井资料、地震剖面研究,在东营组中识别出两个长期旋回,4个中期旋回,

不同地层分区中各层序的物质构成不同。

(2)通过层序对比,4个中期旋回在不同地层分区,不同钻井中发育的完整程度不同,这是由于当时的古地理背景不同以及后期构造抬升剥蚀程度不同所造成的。

(3)在层序对比的基础上,建立了东营组层序地层格架,很好的揭示了不同层序的时空展布规律。

参考文献:

- [1] 于俊峰,夏斌,等. 济阳凹陷639剖面主干断层轨迹的恢复[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(1): 69—72.
- [2] 吴磊,徐怀民,等. 渤海湾盆地渤中凹陷古近系沉积体系演化及物源分析[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26(1): 81—88.
- [3] 胡少华,李秀珍,等. 塔里木盆地志留纪地层分布及其地震层序特征[J]. 石油地球物理勘探, 2005, 40(11): 11—18.
- [4] 丁咸宝,朱凤云. 地震层序区域追踪法在塔西南凹陷第三系地层划分中的应用[J]. 复试油气田, 2000, (1): 56—58.
- [5] 潘元林,张善文,肖焕钦,等. 济阳断陷盆地隐蔽油气藏勘探[M]. 北京:石油工业出版社, 2003.
- [6] 李阳. 沉积学研究对济阳断陷湖盆油气勘探开发的推动作用[J]. 沉积学报, 2004, 22(3): 400—407.
- [7] 潘元林,等. 大型陆相断陷盆地层序地层与隐蔽油气藏研究——以济阳凹陷为例[M]. 北京:石油工业出版社, 2004.
- [8] 鹿洪友,等. 层序地层学应用于陆相湖盆中隐蔽油气藏的成因解释[J]. 大地构造与成矿学, 2004, 28(2): 209—213.
- [9] 国景星. 冲积-河流相层序地层模式——以济阳凹陷新近纪为例[J]. 新疆地质, 2003, 21(4): 393—491.
- [10] 冯有良,等. 东营凹陷沙河街组三段层序低位域砂体沉积特征[J]. 地质论评, 2001, 47(3): 278—286.

Sequence stratigraphic correlation and framework in the Dongying Formation, Gubei-Zhuanghai region, Shandong

LIN Hui-xi¹, TIAN Jingchun², TAN Xian-feng², MENG Wan-bin², LIN Xiao-bing², ZHANG Xiao-bing², NIE Yong-sheng²

(1. Research Institute of Geological Sciences, Shengli Oil Field, Dongying 257015, Shandong, China; 2. Research Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China)

Abstract: The Dongying Formation sequences are divided into two long-term and four medium-term base-level cycles on the basis of cores, seismic sections and well logs. The stratigraphic correlation indicate that the differences in sequence development in different parts may be attributed to the differences of palaeogeographic settings and later tectonic uplifting and denudation in different parts.

Key words: Gubei-Zhuanghai region; Palaeogene; Dongying Formation; sequence stratigraphy; Bohai Gulf