

文章编号:1000-0550(2000)03-0376-08

东营凹陷中始新统上部—上始新统层序 地层模式及其石油地质意义^①

冯有良¹ 潘元林² 郑和荣²

1(中国地质大学 武汉 430074) 2(胜利石油管理局地质科学研究所 山东东营 257015)

摘要 通过识别沉积基准面旋回产生的层序界面,东营凹陷中始新统上部—上始新统可划分出四个层序。各层序具有相似的成因和体系域构成。其低位域(LST)发育辫状河、下切水道—浊积扇、扇三角洲、废弃型三角洲和水下扇。湖泊扩张体系域(EST)发育由深湖泥岩、油页岩、白云岩、滨浅湖组成的湖泊体系、破坏型三角洲及曲流河体系。湖泊萎缩体系域(RST)发育浅湖、河流三角洲体系及扇三角洲体系。由于同一层序在盆地发育的构造部位不同,可以表现出三种层序样式:A位于构造坡折带之下的深湖—三角洲环境层序样式,B位于构造坡折带之上的下切水道—浅湖环境层序样式和C位于湖域之外的河流—泛滥平原环境层序样式。并在综合研究的基础上建立了东营凹陷中始新统上部—上始新统层序的成因模式。指出在每个三角洲主朵体的前方同生断裂带及其靠近洼陷一侧是低位砂体的主要发育区,也是低位砂体油藏的富集区和寻找隐蔽油藏的主要方向。

关键词 东营凹陷 中始新统上部—上始新统 层序地层模式 油气聚集。

第一作者简介 冯有良 男 1963年12月出生 高级工程师 博士 含油气盆地分析及油气勘探。

中国分类号 P539.2 **文献标识码** A

1 引言

东营凹陷是渤海湾裂谷系大型宽缓的中、新生代张扭型半地堑伸展盆地。该凹陷位于济阳凹陷东隅,呈北东东走向面积5700 km²。凹陷的下第三系是典型的裂陷盆地沉积建造。中始新统上部—上始新统为盆地的裂陷伸展幕,也是该凹陷主要的生油含油层系。本文旨在以层序地层学的基本原理和分析方法为指导结合该凹陷构造、气候、和物源供给特点,以构造层序分析和基准面分析原理为手段应用高分辨率地震、测井曲线和岩相资料识别该套地层的层序地层界面,建立等时地层格架,研究各三级层序的体系域构成特征,建立层序地层模式,讨论其石油地质意义。

2 层序地层格架、体系域构成及层序样式

构造、气候和物源供给,通过对基准面(在湖泊内相当于湖平面)升降旋回的作用,实现了对层序地层发育的控制。对陆相断陷盆地而言,构造及气候对层序地层的形成有极为重要的意义^[1~12]。本区表现为盆地构造旋回控制构造层序的发育,构造幕及气候的二级旋回控制层序组的发育,构造活动期和气候的三级

旋回控制层序及界面的发育,米兰柯维奇气候旋回控制四级以上高频层序的发育。物源供给速率和可容空间的变化速率关系决定了体系域的特征。通过识别不同级别的不整合面及与之对应的整合,可建立该盆地中始新统上部—上始新统层序地层格架,进一步研究体系特征和层序样式。

2.1 层序地层格架

通过识别岩芯、测井曲线、地震剖面反映的层序界面所具有的不整合面及与之相当的界面可实现本区下第三系层序地层划分,建立等时地层格架(图1)。

凹陷下第三系裂陷旋回属于一个构造层序(TS1)。其内发育了三个构造幕及二级气候旋回分别对应了三个层序组(SS I、SS II、SS III)。中始新世晚期—晚始新世裂陷伸展幕对应于SS II层序组,它的底界面为沙四(E_{2s4})与沙三(E_{2s3})之间的不整合面 I SSB(42Ma),顶界面为沙二上(E_{3s2上})与沙二下(E_{2s2下})之间的不整合面 II SSR(38~36Ma),该层序组约4~6Ma。据其内发育的三个三级层序界面可划分出四个层序,它们分别是SS II A、SS II B、SS II C、和SS II D(图1,2)。

2.2 层序体系域构成分析

对湖相地层而言,一个完整的层序可划分成位于

^① 国家自然科学基金(批准号:49872045)资助

收稿日期:1999-03-04 收修改稿日期:1999-05-18

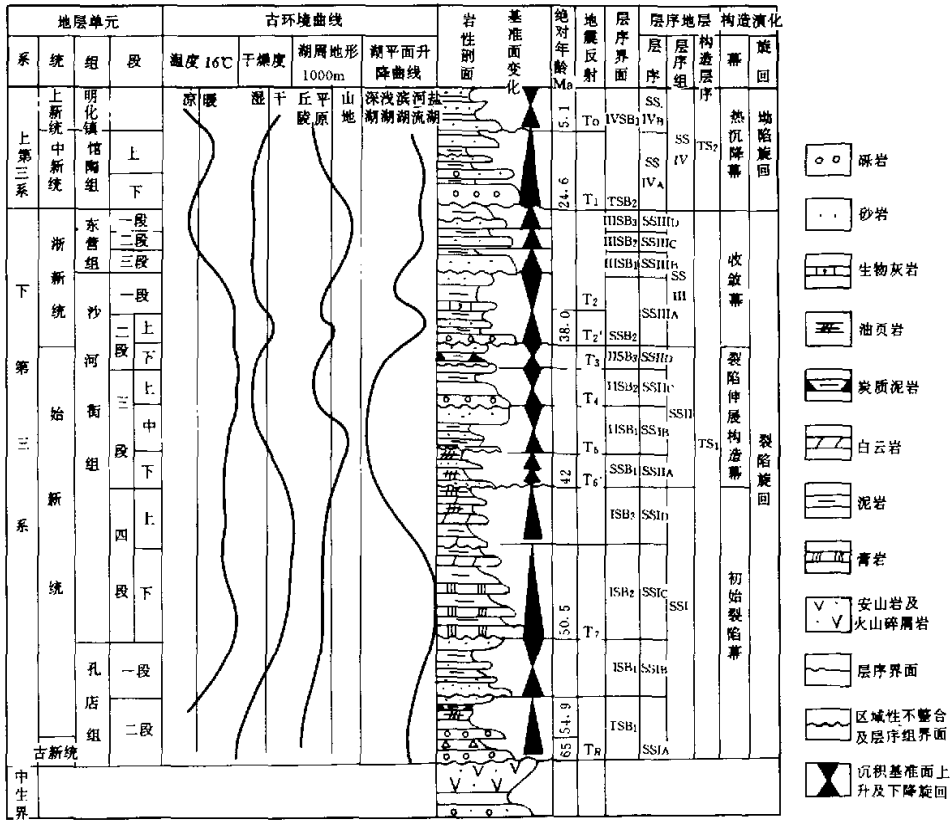


图1 东营凹陷第三系层序地层综合柱状图

Fig.1 The synthetic column map of Tertiary in Dongying depression

层序底界面和初始湖泛面之间的加积准层序组,它对应于低位域(Lowstand system tract),位于初始湖泛面与最大湖泛面之间的退积准层序组,它对应于湖泊扩张体系域(Expanding system tract)和最大湖泛面与层序顶界面之间的进积准层序组,它对应于湖泊萎缩体系域(Retreating system tract)。在不同的构造、气候和物源条件下其体系域构成特点各异。该凹陷中始新世晚期—上始新世处于盆地的裂陷伸展幕,气候极为湿润,物源供给充分,层序的发育主要受控于多期幕式断陷作用,四期较大规模断陷作用而导致的沉积基准面四次旋回形成了该期四个具有相同体系域构成特点的层序 SSII_A、SSII_B、SSII_C、SSII_D(图2)。

低位域(LST):由辫状河、下切水道—浊积扇、小型废弃三角洲、扇三角洲或水下扇组成。辫状河道发育在湖域以外的陆上,下切水道则发育在构造坡折带以上,小型废弃三角洲、扇三角洲或水下扇发育在构造坡折带内的斜坡区(低位楔),浊积扇(低位扇)则发育在构造坡折带以下的深湖区。对不同的层序而言,低

位域发育在不同的区域(图2、3、4)这是由于对不同的层序而言其作为构造坡折的同生断层发育的样式和活动的部位不同之故。湖泊扩张体系域(EST):由深湖泥岩、油页岩、深湖白云岩和滨浅湖相组成的湖泊体系域,其分布极为广泛。湖泊萎缩体系域(RST)则由巨厚的三角洲—滑塌浊积岩和扇三角洲体系域组成。由于沉积基准面的四级旋回,在每个层序的进积准层序组内可划分出四级层序(准层序)。对于不同的层序该体系域的主体在空间上也分布在不同的地区(图2、4)。总的趋势是从老到新其厚度中心自东向西推进,反映了三角洲四次自东向西大规模的进积。

2.3 层序样式

同一层序在湖泊不同的构造部位其体系域特征不同,这样就形成了在同一层序的不同部位具有不同的层序样式。按构造坡折和湖岸线可把一个层序在平面上分为三个区域,这三个区域分别属于三种层序样式(图5)。

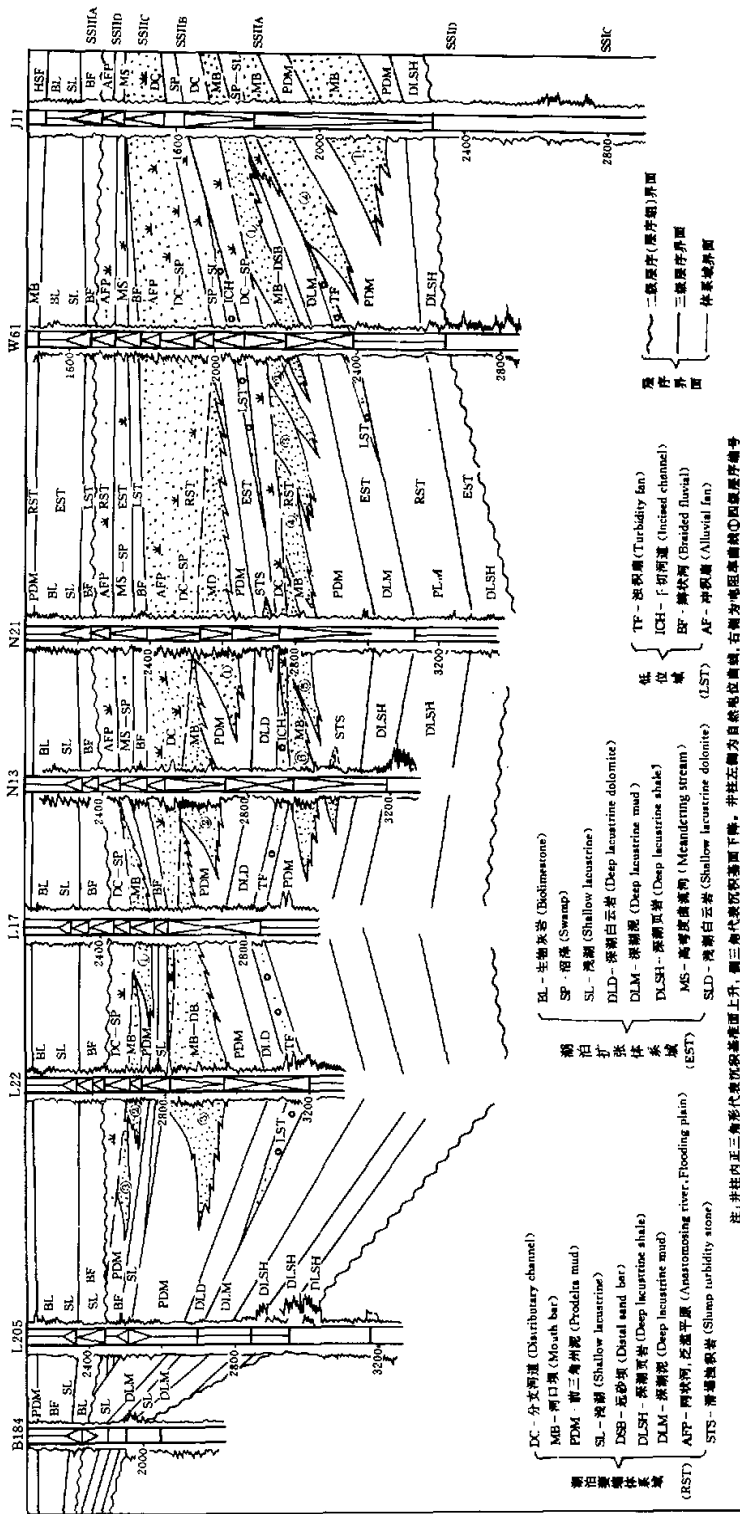


图 2 东营凹陷 93.6 测线(东西向)层序地层剖面
 Fig. 2 Sequence stratigraphy section of line 93.6 (East to West) in Dongying depression

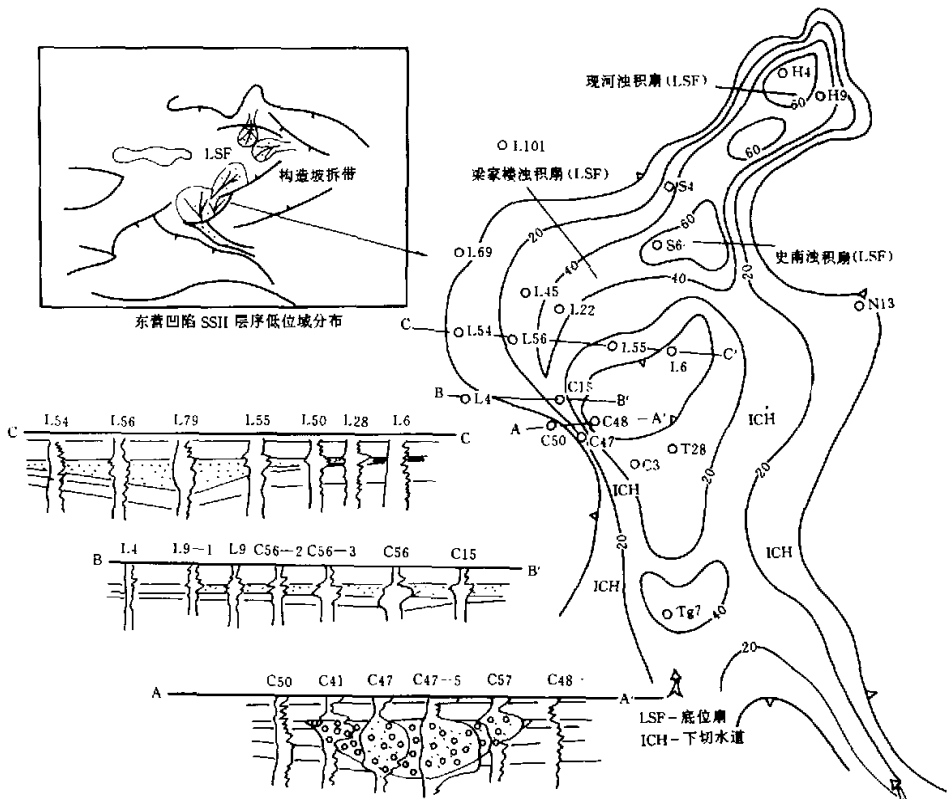


图3 东营凹陷 SSII C 层序低位域分布及典型低位砂体解剖

Fig.3 Lowstand system tract distribution and typical sand body analysis of sequence SSII C in Dongying depression

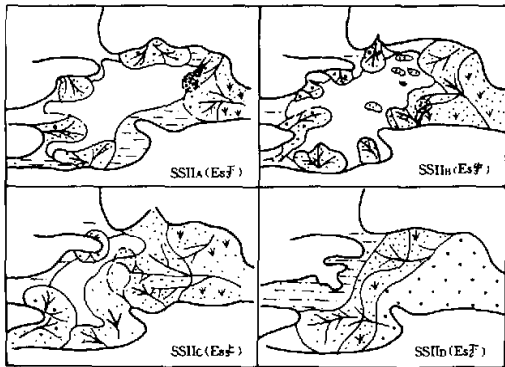


图4 东营凹陷中始新统上部—上始新统层序沉积体系分布图
Fig.4 Sequence sedimentary system distribution of upper part of middle Eocene series and upper Eocene series in Dongying depression

A、位于构造坡折带以下的深湖—三角洲环境的层序样式

该层序样式是东营凹陷晚始新世最典型的层序样式。它发育在构造坡折带以下的深湖区。其体系域构成特征表现为浊积扇(也可发育小型废弃三角洲、扇三角洲或水下扇)组成低位域,由深湖泥岩、深湖白云岩组成的湖泊体系构成湖泊扩张体系域。由三角洲、扇三角洲及其重力流沉积体系构成了湖泊萎缩体系域。

B、位于构造坡折带以上的下切水道——浅湖环境的层序样式

该层序样式发育在构造坡折带以上,其体系域构成特征是下切水道构成低位域(LST),由半深湖泥、油页岩和白云岩组成的湖泊体系或破坏型三角洲构成湖泊扩张体系域(EST),滨浅湖相组成的湖泊体系及三角洲体系构成层序的湖泊萎缩体系域(RST)。

C、河流—泛滥平原层序样式

该层序样式发育在湖域以外的区域。其体系域构成特点是辫状河组成层序的低位域(LST)曲流河构成

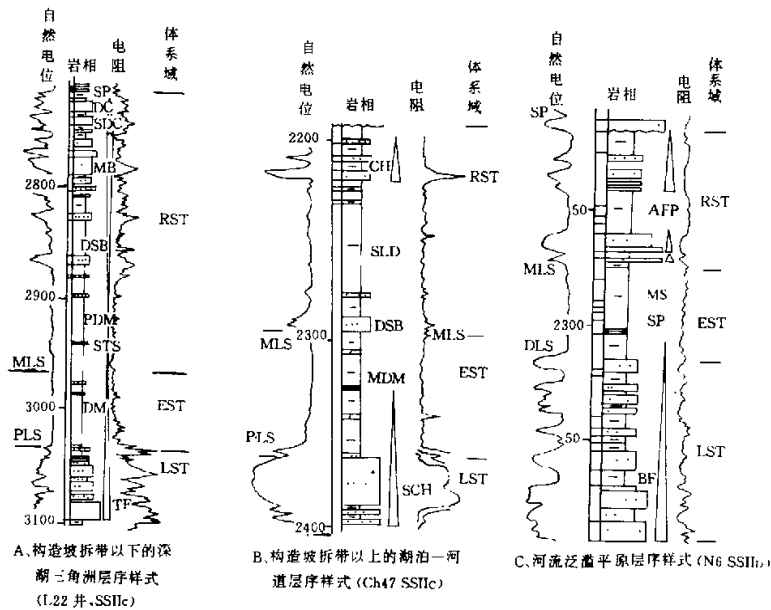


图5 东营凹陷中始新统上部—上始新统层序样式

Fig. 5 Sequence style of upper part of middle Eocene series and upper Eocene series in Dongying depression

层序的湖泊扩张体系域(EST),网状河—泛滥平原构成层序的湖泊萎缩体系域(RST)。

3 层序的成因模式

根据SSII层序组发育的三级层序主体及低位域的分布在空间上与不同部位的同生断层(构造坡折)的密切关系及其所表现的多个湖平面旋回,可以推断中始新统上部—上始新统发育的SSII层序组是湿润气候^[13]和较充分的物源供给条件下,断层多期幕式强烈伸展导致沉积基准面产生多个三级旋回形成的四期较大规模的三角洲自东向西进积(图2,4,SSII_A~SSII_D),每期三角洲进积就代表一个层序。

每期裂陷伸展作用在盆地的陡坡和缓坡均形成盆倾断裂带,它们彼此相连形成了多条弧形断层带。这些弧形断层带在层序形成过程中具有非常重要的意义。其作用相当于Van wagoner(1990)提出的滨线坡折,我们称之为构造坡折带。构造坡折带应为弧形张性断层的断面或断阶面,其坡度陡。构造坡折带之上为暴露地表或浅湖环境,之下为深湖环境(图6)。

在每期断陷作用和气候变化过程中,早期断陷活动形成构造坡折带,并产生新的可容空间,由于湖水体积是使有限的,断陷及掀斜作用使湖水发生再分配,向新生可容空间处聚集造成湖平面相对下降,盆地边缘暴露于水面之上,产生陆上剥蚀。河流入湖在构造坡

折带之上的地表或浅湖区形成一套具有顶平底凸形态的,下切特征明显的,下切水道沉积。如图3、AA剖面。构造坡折带内发育小型废弃三角洲、扇三角洲或水下扇(低位楔),构造坡折带之下深湖区形成一套沿弧形断层发育的具有典型鲍玛序列的含砾砂岩,即浊积扇体系如缓坡低位扇、轴向低位扇、陡坡低位扇等。它们构成了层序的低位体系域(LST),如SSII_B、SSII_C层序的低位域(图2,3,4,6,LST)。

在断陷宁静期,在气候等因素的作用下,断陷作用产生的可容空间能在短期内被湖水充满使沉积基准面(湖平面)迅速上升可容空间增大,湖域扩大,并恢复到湖泊断陷作用前的湖平面,发育一套分布广泛的以油页岩、灰质泥岩夹白云岩为主的湖泊沉积体系,同时河口向源区后退,并在远离构造坡折带的盆地边缘形成小型三角洲体系或三角洲受到湖浸破坏而产生的由沿岸砂坝和席状砂组成的湖泊体系,它们构成了湖泊扩张体系域(EST)(图6,EST)。

当湖平面达到最高,此时由于断陷作用使地貌变陡,大量碎屑被河流携入湖泊,迫使湖域萎缩,基准面(湖平面)保持不变或略有下降,沉积物供给速度大于新增可容空间的增长速率,发育了一套以前积作用为主的发育在缓坡、长轴方向的自西向东推进的三角洲体系或陡坡扇三角洲及滑塌浊积岩体系,构成了层序的湖泊萎缩体系域(RST)(图6,RST)。一个沉积基

准面旋回就形成一个三级层序,其层序成因模式如图6所示。另一次幕式断陷及气候旋回可形成与之类似的层序。在每个三级层序中,构造活动、气候和物源供给作用产生的沉积基准面四级旋回可产生若干四级层序(准层序),基本特征与三级层序相似。中始新统上部—上始新统四期断陷、气候和物源供给作用导致的四个沉积基准面旋回产生了四个相似的层序。

4 层序模式的石油地质意义

通过综合分析而建立的东营凹陷中始新统上部—上始新统层序地层模式,对油气勘探具有十分重要的指导意义。主要表现在以下几个方面:(1)层序界面是以不整和面及其与之相当的界面为界。因而,层序界面既是油气运移的通道,也是地层油气藏富集的部位。(2)作为构造坡折带的同生断层带内发育的小型废弃三角洲、扇三角洲或水下扇(低位楔),同生断层带以下发育的浊积扇(低位扇),同生断层带以上发育的下切水道都是良好的油气储层,同时它们分布在生油岩之中或通过不整和面、断面与主要生油岩沟通,湖泊扩张

体系域发育的深湖泥岩、油页岩夹白云岩既是极好的生油岩也是低位域砂体的良好盖层,这样就形成了极佳的生储组合。再经同生断层(构造坡折)的侧向封堵使低位砂体更具有良好的成藏条件。由于低位扇体和低位楔主要发育在构造坡折带及其以下地区,故作为构造坡折带的同生断裂带及其靠近洼陷一侧应是各种低位砂体油藏的主要富集部位,同生断裂带靠近洼陷边缘一侧应是各类下切水道油藏的发育区。(3)湖泊萎缩体系域(RST)发育的前三角洲泥岩厚度巨大,是好的生油岩,其内发育的滑塌浊积岩也可形成透镜状岩性油藏。三角洲平原和前缘亚相内发育的各类砂体也具有较好的储集性能,只要有良好的圈闭就能形成油藏。

5 结论

通过上述分析本文得出以下结论:

(1) 据沉积基准面旋回产生的三级层序界面,中始新统上部—上始新统可划分为四个层序。各层序具有相似的成因和体系域构成。其低位域(LST)发育

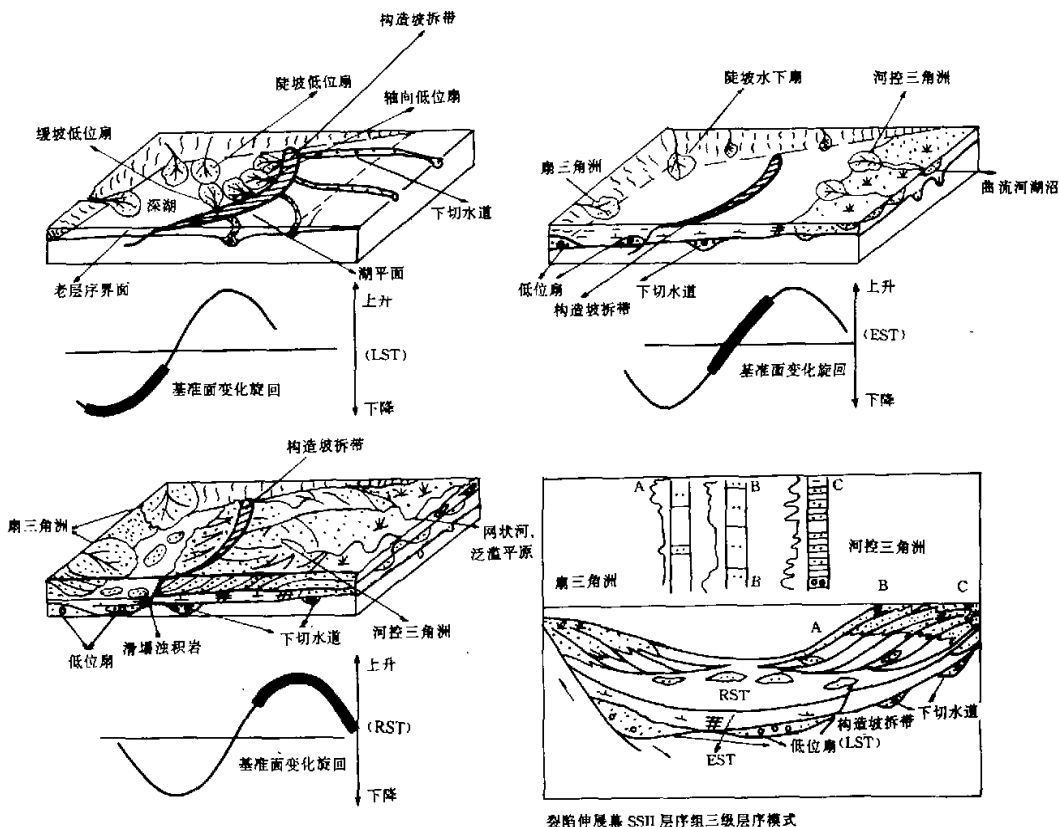


图6 东营凹陷中始新统上部—上晚始新统层序成因模式

Fig.6 Sequence genetic model of upper part of middle Eocene and upper Eocene in Dongying depression

辫状河、下切水道—浊积扇、小型废弃三角洲、扇三角洲或水下扇。湖泊扩张体系域(EST)发育由深湖泥岩、油页岩、深湖白云岩和滨浅湖相组成的湖泊体系、水下扇、破坏型三角洲和曲流河体系。湖泊萎缩体系域(RST)发育浅湖、河流三角洲及扇三角洲体系。

(2) 据层序发育的构造部位不同,可划分出三种层序样式:A位于构造坡折带之下的深湖—三角洲环境层序样式,B、位于构造坡折带之上的下切水道—浅湖环境层序样式和C、位于湖域之外的河流—泛滥平原环境层序样式。

(3) 层序的形成,主要受控于沉积基准面(湖平面)的三级升降旋回。沉积基准面下降形成以河道下切和浊积扇为特征的低位域。沉积基准面快速上升则发育以湖泊相的广泛分布为特征的湖扩张体系域。当基准面达到最高之后开始下降,沉积物供给充足,形成以三角洲为特征的湖泊萎缩体系域。在每个三角洲主朵体的前方作为构造坡折带的同生断层带及其靠近注陷一侧是低位砂体的主要发育区。也是低位砂体油藏的发育区和寻找隐蔽油藏的主要方向。

参 考 文 献

- 1 Van Wagoner J C, Mitchum R M, Campion K M, et al. Siliciclastic Sequence Stratigraphy in Well, Cores and Outcrops: Concept for High-Resolution Correlation of Time and Facies. AAPG Methods in Exploration series, 1990, (7):1~55
- 2 钱奕中,陈洪德,刘文均主编.层序地层学理论和研究方法[M].成都:四川科学技术出版社,1994.6~52
- 3 李思田,程守田,杨士恭等.鄂尔多斯盆地东北部层序地层及沉积体系分析[M].北京:地质出版社,1990.13~21
- 4 纪友亮,张世奇,陆相断陷湖盆层序地层学[M].北京:石油工业出版社,1996.1~74
- 5 Keith W. Shanley, Peter J. McCabe. Perspective on the Sequence Stratigraphy of Continental Strata[J]. AAPG Bulletin, 1994,78(4):544~568
- 6 Xie Xinrong, Jiao Yangquan. Tectono - Stratigraphic Analysis and Geodynamic Background of Mesozoic Songliao Basin[J]. Journal of China University of Geosciences, 1997,8(1):35~39
- 7 魏魁生,徐怀大,王淑芬.松辽盆地白垩系高分辨率层序地层格架[J].石油与天然气地质,1997,18(1):7~13
- 8 Lu Yongchao, Wu Fadong, Xie Xinrong, Chen Ping. Depositional Responding to Tectonic Evolution of East China Sea, Shelf Basin[J]. Journal of China University of Geoscience Vol. 8, No. 1, 1997,18(1):56~61
- 9 邓宏文.美国层序地层研究中的新学派—高分辨率层序地层学[J].石油与天然气地质,1995,16(1):89~97
- 10 徐怀大.陆相层序地层学研究中的某些问题[J].石油与天然气地质,1997,18(2):83~88
- 11 邓宏文,王洪亮.高分辨率层序地层对比在河流相中应用[J].石油与天然气地质,1997,18(2):90~95
- 12 解习农,葛立刚.琼东南盆地断陷期层序地层模式[J].地质科学,1997,32(1):47~55
- 13 姚益民,梁鸿德.中国油气区第三系[J].北京:石油工业出版社,1994.1~76

Sequence Stratigraphic Model and Its Petroleum Geological Significance of Upper Part of Middle Eocene Series and Upper Eocene Series in Dongying Depression

FENG You-liang¹ PAN Yuan-ling² ZHENG He-rong²

1(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

2(Geological Scientific Research Institute of Shengli Petroleum Administration Bureau, Dongying Shandong 257015)

Abstract

By identifying sequence boundary generated by base level cycle, the author have reloghized fied four sequences in upper part of middle Eocene series and upper Eocene series of Dongying depression. Every sequence has similar genesis and system tract trait. Lowstand system tract (LST) developed braided fluvial, incised channel - turbidity fans, fan deltas, abandoned deltas and subfan. Lacustrine expanding system tract (EST) developed lacustrine system, consisted of deep mudstone, oil shale, dolomite and shallow lacustrine, destroyed deltas and meandering streams. Lacustrine retreating system tract (RST) developed shallow lacustrine, fluvial - delta system, and fan delta system. Because sequence developed in different sites of the basin, the sequence shows three kinds of sequence style: A, deep lacustrine - delta environment sequence style distributing below structure break. B, incised channel - shallow lacustrine environment sequence style distributing upward structure break. C, fluvial - flooding plain sequence environment style distributing beyond lacustrine. Based on comprehensive research, this paper has built up

the genetic model of upper part of middle Eocene series and upper Eocene series in Dongying depression. The model indicates that sequence generation was controlled by third cycle of base level as a function of tectonic movement and climate. Because water volume of lake is finite, tilting and faulting redistributes the lake water toward increased accommodation space area, base level fell to generate lowstand system tract characterized by incised channel and turbidity fan. In the inactive epoch faulting of, base level, affected by climate, rise rapidly to generate lacustrine expanding system tract characterized by lacustrine facies spreading. When the lake level recovering to the situation before faulting, base level arrived at summit and began to fall, because faulting made topography steep, sedimentary supplied enough, lacustrine retreating system tract characterized by delta was generated. Depositing fault zones near depression parts in front of the main lobe of delta distribute mainly lowstand sands, which are the main accumulation zones of lowstand sand reservoir and prospecting direction for exploring shelter reservoir.

Key words Dongying depression Upper part of middle Eocene series and upper Eocene series sequence stratigraphic model oil and gas accumulation