

东营凹陷沙河街组三段一二段下亚段 沉积层序及成因

姜在兴, 杨伟利, 操应长

(石油大学石油资源科学系, 山东东营 257061)

摘要: 根据地震、岩性及电性等特征, 东营凹陷沙河街组三段一二段下亚段可划分为 3 个三级层序。底部层序(SS I)相当于沙河街组三段下亚段, 低位体系域不发育, 只发育湖侵体系域和高水位体系域, 受早期构造沉降和气候控制。中部层序(SS II)代表的是沙河街组三段中亚段沉积, 与底部层序具有类似特征。SSI, SSII均为 T-R 旋回的沉积。顶部层序(SS III)代表沙河街组三段上亚段-二段下亚段沉积, 发育低水位体系域、水侵体系域和高水位体系域, 是一完整的旋回。SS II是在构造活动相对较弱, 气候相对干旱、水体供应不足条件下形成的。

关键词: 沙河街组; 层序界面; 层序; 成因; 东营凹陷

第一作者简介: 男, 38 岁, 教授(博士生导师), 沉积学与层序地层学

中图分类号: P539.2

文献标识码: A

东营凹陷是济阳坳陷的一个次级构造单元, 是在印支构造运动的背景上发展起来的中、新生代断陷盆地, 下第三系主要发育孔店组、沙河街组和东营组, 其中沙河街组三段是该地区主要的生油岩层, 也是重要的储集层。

1 界面

1.1 层序

对于层序地层的划分, 不同学者提出了不同的划分方案^[1~2]。东营凹陷层序地层以不整合及相应的整合面作为层序边界。地震剖面上, 反射波的终止和消失现象通常反映地层的角度不整合和超覆不整合的接触关系。在层序界面之上主要呈现出上超和下切, 在层序界面之下出现削截、顶超等。从地震剖面上可以看出, 东营凹陷东部沙河街组三段中亚段与下亚段及上亚段均为顶超层序界面(图 1-a); 在梁家楼地区可以见到河流的下切(图 1-b), 缓坡带沙河街组三段下亚段与下伏地层为削截

接触关系(图 1-c)。

层序界面在岩性剖面上由岩石的颜色变化来反映, 当还原色向上变成氧化色时, 代表了准层序由加积-进积模式转变成加积模式。东营凹陷沙河街组二段上、下亚段在岩性上有明显的变化, 层序界面之下为代表还原-弱还原环境下的灰-浅灰色的泥岩、砂岩等, 界面之上为红色泥岩、灰白色砾岩、含砾砂岩等, 与下伏地层在岩相上呈突变接触。沙河街组三段下亚段为深灰色泥岩和油页岩, 其下伏地层为浅灰色泥岩、灰质泥岩、砂岩及火山岩等。沙河街组三段上亚段与中亚段之间也可以见到岩性由细粒沉积物突变为砂岩及含砾砂岩, 表明准层序由进积式转变为加积式。

层序界面在电性上表现为自然电位曲线突变为箱形、钟形和指形。

1.2 体系域

三级层序体系域界面的识别也可以从地震反射波的结构和岩性、准层序的叠加方式上来进行。



图 1 94 测线地震反射揭示的层序界面

Fig. 1 Sequence contacts revealed by seismic reflection with No. 94 seismic surveying line

体系域边界一方面可以与层序边界重合; 一方面又有自己的一些特征。在地震剖面上低水位体系域

表现为杂乱、弱连续的反射特征,沙河街组三段上亚段的底部地震反射连续性很差,多呈短轴弯曲等特征;湖侵体系域的地震反射同相轴的振幅和连续性都比较好,特别是“密集段”的反射,更是呈高振

幅、强连续的特征;沙河街组三段下亚段和中亚段的高水位体系域与湖侵体系域之间在地震反射上可以见到高振幅强连续的地震反射同相轴之上有明显的下超(图2)。

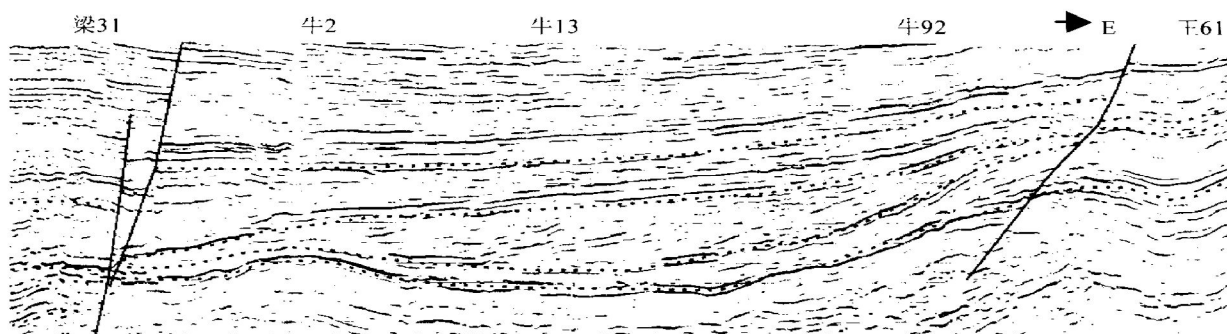


图2 东营凹陷东西向层序解释地震剖面

Fig. 2 Seismic profile interpreted by E-W sequence of Dongying depression

在岩性和电性上,盆地中部的沙河街组三段上亚段可以见到明显的由深灰色泥岩向灰色进积式砂岩、泥岩互层转变。

2 层序地层

根据以上层序边界的特征,东营凹陷下第三系沙河街组三段下亚段—二段下亚段可划分为3个三级层序,分别相当于沙河街组三段下亚段(SS I)、沙河街组三段中亚段(SS II)和沙河街组三段上亚段—二段下亚段(SS III)。SS I和SS II的低水位体系域不发育,只发育湖侵体系域和高水位体系域,可以认为是一个T-R旋回^[2];SS III发育有完整的从低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域的沉积旋回(图3)。

(1)SS I在盆地的中西部地区主要是深灰色的泥岩和油页岩沉积,在南部的缓坡带表现为上超。该层序在东营凹陷的东部发育有高位进积三角洲,在地震剖面上可以见到明显的前积反射,向下下超到“凝缩段”,对应于地震上的高振幅、强连续性的地震反射同相轴上,高位三角洲只发育在盆地东部地区,向西快速减薄。在该层序中见不到代表低水位体系的沉积,层序界面之下是深灰色泥岩、灰质泥岩以及砂岩等,层序界面之上直接覆盖代表深水欠补偿环境下的沉积物,湖水到达最大湖泛面后,盆地的大部分地区接受细粒沉积,在盆地的东部地区不仅有深水沉积,同时由于东营三角洲的推进,在王家岗一线还形成了三角洲的进积体,向西逐渐减薄,并形成沉积坡折。这套层序只发育湖侵和湖退体系域,低水位不发育,可以用T-R旋回的模

式来解释。并且在这套T-R旋回中,R体系是非常发育的。三角洲的进积占主导地位,可以称之为高位-进积体系域。

(2)SS II基本上代表的是沙河街组三段中亚段沉积,该套层序与下伏的第一套层序一样,低位域不发育,是一个T-R旋回。湖侵体系域发育较薄,并且向东逐渐减薄。到王家岗地区SS I形成的沉积坡折处,湖水到达最大湖泛后,湖盆接受了东营三角洲快速向西推进的沉积,在地震上表现为在SS I的沉积坡折以西,有大套的三角洲前积反射,向西一直推进到梁家楼地区。可能是由于三角洲的摆动,三角洲砂体在横向的分布非常不稳定,有的地区表现为大套的泥岩中夹砂体,有的地区则是典型的多期三角洲沉积的叠加,总体上代表了该层的高位-进积体系域。

(3)SS III代表的是沙河街组三段上亚段—二段下亚段的沉积,该套层序与下伏的两套层序有所不同,发育低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域,是一完整的旋回。低水位体系域分布在盆地的大部分地区,向盆地的边缘逐渐减薄消失,向东到王家岗地区低位体系域不发育,向西到滨南地区低水位体系域逐渐减薄消失,在南部斜坡上由于断层的存在快速消失。该套层序的湖侵体系域比较发育,岩性上的变化也比较大,在盆地的东部地区为粒度较粗的砂岩、泥岩沉积,西部的利津洼陷、博兴洼陷则为深灰色泥岩沉积。高水位体系域不再是在地震上表现明显的三角洲前积反射,而是一些相对较连续的反射,是一些三角洲前缘到三角洲平原的沉积。

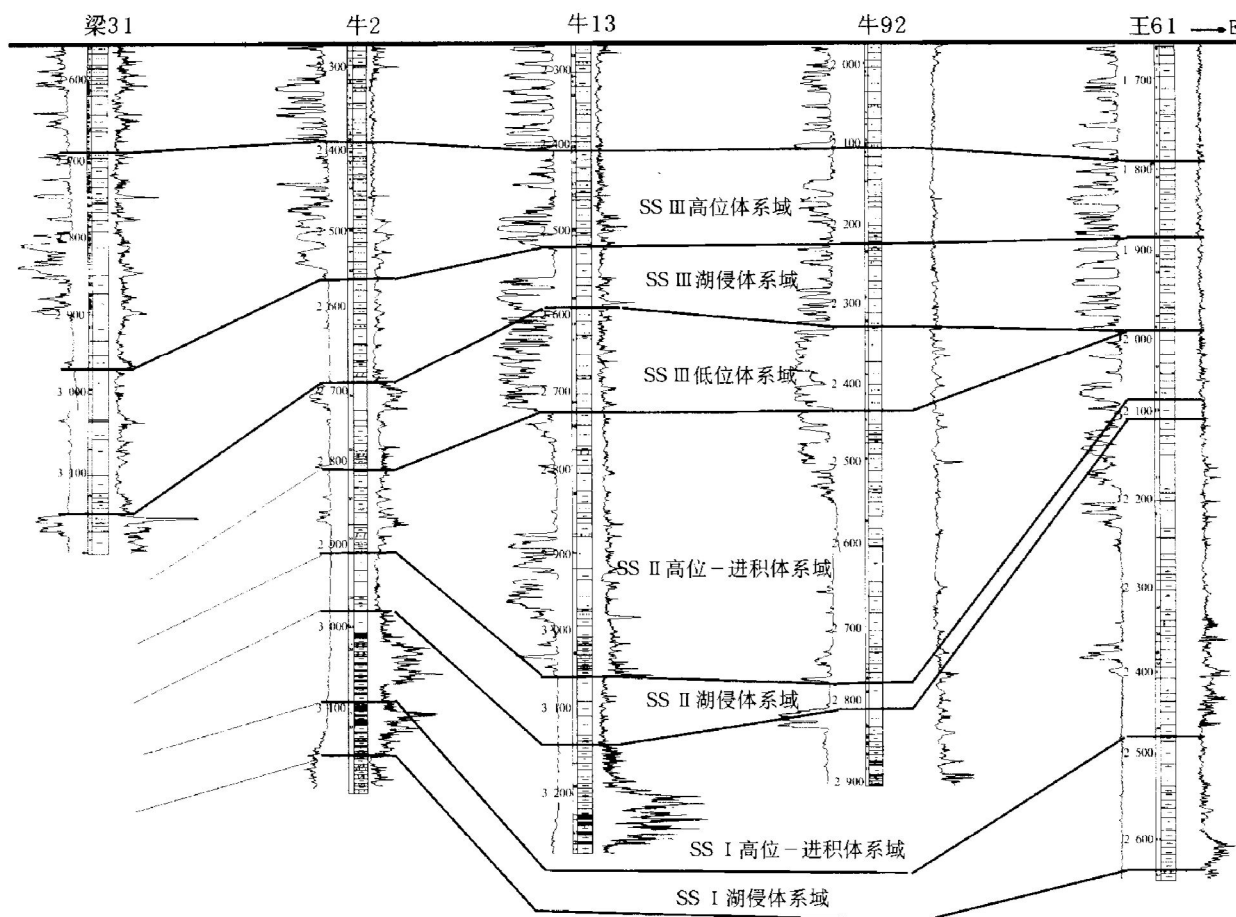


图3 东营凹陷东西向连井层序对比剖面

Fig.3 Correlation profile E-W combined-well sequences in Dongying depression

3 成因

在一个完整的二级层序中,发育的三级层序具有不同的特征。一种是下部的T-R旋回,一种是上部的低水位、湖侵到高水位体系域的沉积旋回。对于断陷湖盆中的T-R旋回,郭建华^[2]提出断陷盆地内三级T-R旋回是由于控制盆地格局的断裂系统的幕式性或阶段性活动所致。根据东营凹陷下第三系的沉积、构造特征,认为该层序类型的形成是由于构造活动、气候和沉积物供给在不同的时期所起的控制作用的转换形成的。东营凹陷是北断南超的箕状断陷盆地,其演化主要是受北部的陈南断层的控制,同时还发育一系列活动性较弱的断层,如胜北断层、滨南断层、八面河断层、石村断层等。这些断层在沙河街组三段沉积时期都比较活跃,并且是阵发性、期次性的,在某一个时期活动特别强,尔后逐渐减弱,之后又活动。东营凹陷SS I和SS II沉积形成的早期,主要受构造运动和气候的控制,断裂的幕式活动造成可容空间的快速增大,潮湿的气候提供了充足的水分,使

湖平面快速上升,形成湖侵体系;之后构造活动停止,沉积物供给成为主导因素,东营三角洲的快速推进填平,形成了最大湖泛面之上的高位-进积体系域。SS I与SS II之间的湖水后退并没有到达湖平面升降旋回正旋曲线的最低点,而是在湖平面退到该点之前,由于构造沉降,湖平面再次快速上升。SS III与SS I和SS II之间的不同,形成的原因可能是SS II沉积结束后,构造活动相对较弱,气候不再像下伏层序沉积时一样湿润,到SS III沉积时期湖平面持续下降,一直到达湖平面升降正旋曲线的最低点,从而形成了SS III低水位体系域的发育。

参 考 文 献

- 1 姜在兴. 层序地层学原理及应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996
- 2 郭建华, 宫少波, 吴东胜. 陆相断陷湖盆T-R旋回沉积层序与研究实例[J]. 沉积学报, 1998, 16(1): 8~15
- 3 纪友亮, 张士奇, 冷胜荣, 等. 层序地层学原理及层序成因机制模式[M]. 北京: 地质出版社, 1998
- 4 张振生, 黎英, 王冰. 冀中坳陷陆相地层层序地层学的应用[J]. 石油学报, 1997, 18(2): 26~34

(下转 153 页)

20 sequences. A comprehensive analysis of the distribution of source rocks and the characteristics of palaeocurrent etc. indicates that there are 3 resource areas in the upright fault depression. From Xinancun Formation to Dalianhe Formation, sediments from the deep lake facies might have migrated gradually to the sediment center, causing gradually change of layer position of hydrocarbon rocks which existed in the stage of strong faulted- depression and early stage of faulted- depression. Oil and gas accumulations in Yi- Shu graben are mainly distributed in lowstand system tracts while only small amount of the accumulations distributed in highstand system tracts.

Key words: sequence stratigraphy; deposition model; hydrocarbon rock; oil and gas accumulation; Yi- Shu Graben

(上接 129 页)

- 5 陈文学, 姜在兴, 鲜本忠, 等. 层序地层学与隐蔽圈闭预测 —— 以河南泌阳凹陷为例[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001
- 6 范代读, 邱桂强, 李从先, 等. 东营三角洲的古流向研究[J]. 石油学报, 2001, 20(1): 29~ 35
- 7 兰恒星, 李增学, 魏久传. 山东黄县早第三纪断陷盆地充填演

化动力学特征[J]. 煤田地质与勘探, 2000, 28(2): 6~ 11

- 8 郭金华, 张哲, 王柏轩. 内陆凹陷层序地层的关键界面及其有关问题 —— 以东营凹陷沙二段和沙三上亚段为例[J]. 地层学杂志, 2000, 24(1): 78~ 84
- 9 冯有良, 李思田, 解习农. 陆相断陷盆地层序形成动力学及层序地层模式[J]. 地学前缘, 2000, 7(3): 119~ 131

ORIGIN AND SEDIMENTARY SEQUENCE OF E_{s3} - E_{s2} IN SHAHEJIE FORMATION OF DONGYING DEPRESSION

Jiang Zaixing Yang Weili Cao Yingchang

(Petroleum Resource Department, Petroleum University (East China), Dongying)

Abstract: Member III- lower submember of Member II in Shahejie Formation of Dongying Depression can be divided into IIIthird- order sequences on the basis of seismic data, lithology and electric characteristics etc. The bottom of sequence (SSI) corresponds to the lower submember of Member III of Shahejie Formation, characterized by lowstand system tracts undeveloped, only lacustrine transgression system tracts and highstand system tracts developed, all of theses are controlled by the early tectonic subsidence and climate. Middle sequence (SS II) represents the mid- submember sedimentation of Member III in Shahejie Formation and has similar nature of the bottom sequence. SSI and SS II are all T- R cyclic sedimentation. Top sequence (SS III) representing sedimentation of the upper submember of Member III- lower submember of Member II in Shahejie Formation (forming Lowstand system tracts, water transgression system tracts and highstand system tracts) is a complete cycle. SSII was formed under the conditions of tectonic activity relatively weak, climate relatively dry and water supply insufficiently.

Key words: Shahejie Formation: sequence contact; sequence; origin; Dongying depression