

文章编号: 1000-0747(2003)03-0029-03

东营凹陷沙三段—沙一段层序地层与油气

张宗橚^{1,2}, 操应长³, 高永进², 姜在兴³

(1. 中国科学院兰州地质研究所; 2. 中国石化胜利油田有限公司; 3. 石油大学(华东))

基金项目: 国家“十五”重大科技攻关项目(2001BA605A09); 中国石化股份有限公司“十五”科技攻关项目(P01013)

摘要: 综合地震、测井、钻井等资料分析, 东营凹陷沙三段至沙一段可划分为4个三级层序。层序1(沙三下亚段)和层序2(沙三中亚段)为T-R型层序, 由湖进域(LTST)和湖退域(LRST)组成; 层序3(沙三上亚段—沙二下亚段)和层序4(沙二上亚段—沙一段)为四分层序, 由低位域、湖侵域、高位域和下降域组成。T-R层序的湖退域砂体发育, 也易形成油气藏; 湖进域砂体发育很少, 但砂体具有良好的成藏条件, 极易形成岩性油气藏。四分层序的层序界面附近砂体发育, 但砂体往往缺乏好的圈闭条件, 成藏概率较低。图3参10

关键词: 东营凹陷; T-R层序; 砂体; 层序地层; 油气

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

1 地层格架

在综合分析地震、录井、岩心、测井等资料的基础上, 将东营凹陷沙三段至沙一段划分为4个三级层序(见图1)。其中, 层序1和层序2为T-R型层序, 由湖进域(LTST)和湖退域(LRST)组成; 层序3和层序4为四分层序, 由低位域、湖侵域、高位域和下降域组成。

1.1 层序1

层序1对应沙三下亚段, 为东营凹陷深断陷期、潮湿气候条件下的沉积。层序底界面为沙四段与沙三段分界面, 界面上下均为灰色、深灰色泥岩、页岩夹碳酸盐岩, 沉积特征差异不明显, 在凹陷内部为假整合或整合接触, 在凹陷边缘地区为不整合接触或存在沉积间断面。层序1在凹陷中西部主要为深灰色泥岩、油页岩等, 在南斜坡地层上超; 东部发育进积式三角洲沉积, 在地震剖面上呈前积反射结构, 下超于T₆反射层(该地区T₆反射层是稳定的泥岩、油页岩)。

层序1沉积物具有下细上粗的湖进—湖退反旋回特征, 特别在凹陷东部明显, 缺乏低位相对稳定时期的粗碎屑沉积, 砂体相对不发育, 因此将其定义为T-R旋

回沉积。湖进域沉积对应T₆地震反射层, 一般厚30~50m, 是主力油源层系; 湖退域沉积期大部分地区仍为深水沉积, 东部广利和西部滨南地区发育砂、泥岩互层沉积, 主要为进积式三角洲砂体。

1.2 层序2

层序2对应沙三中亚段, 也是东营凹陷深断陷期、潮湿气候条件下的沉积。层序底界面为沙三下亚段与沙三中亚段的分界面, 在大部分地区为整合关系, 仅在凹陷边缘发育小规模的不整合面。层序2也具有下细上粗的反序结构特征, 沉积特征与层序1也相似。层序界面之上发育灰色泥岩、页岩, 是快速湖侵的产物, 厚度一般小于50m, 层序2上部湖退域为进积式三角洲沉积, 顶积层较不发育, 在地震剖面上具斜交前积式反射结构。

1.3 层序3

层序3对应沙三上亚段—沙二下亚段, 发育于断陷萎缩期, 是气候由潮湿逐渐向干旱转变条件下的沉积。凹陷边缘地区层序3底界面也是局部性不整合, 但不整合的分布范围比层序1和层序2扩大。

层序3具有粗—细—粗的完整旋回结构, 早期砂体发育, 特别在西部的梁家楼地区发育一套低位浊积扇, 与层序1、层序2的差异明显。层序3为经典的四分层序, 可分出低位域、湖侵域、高位域和下降域。层序3的湖侵范围有所减小, 沉积主要是一套薄的灰色泥岩、油泥岩; 高位域和下降域沉积为河流—三角洲—半深湖相, 三角洲向

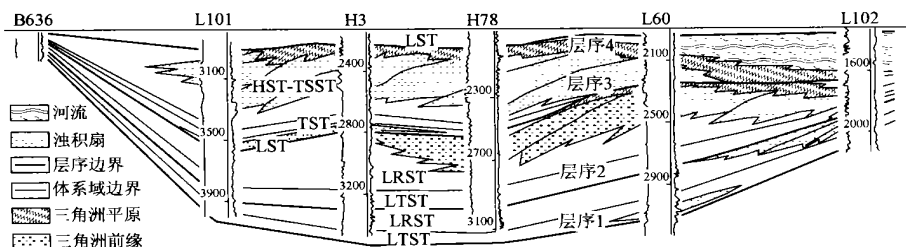


图1 东营凹陷沙三段东西向层序地层对比图

湖盆中心推进, 占据了东营凹陷面积的 2/3 以上^[1]。三角洲沉积可分为两期: 早期阶段湖平面相对稳定, 三角洲前积体发育平原相和河流相, 形成弱前积或加积式沉积序列, 在地震剖面上呈“S”形反射结构, 相当于高位域沉积; 晚期阶段湖平面快速下降, 三角洲具明显的前积式序列(前积体的平原相较不发育), 在地震剖面上呈斜交前积反射结构, 相当于下降域沉积。

1.4 层序 4

层序 4 对应沙二上亚段至沙一段, 底界面是渐新统与始新统的分界面, 在东营凹陷大部分地区为不整合面; 顶界面为东营组与沙一段的分界面, 是局部性不整合面, 与层序 1 的底界面特征相似。层序 4 为整体抬升后湖盆再次扩张同时气候由干旱向潮湿转变条件下的沉积, 从下至上总体呈现粗—细的正旋回, 发育低位域沉积, 不发育下降域沉积。层序 4 也是四分层序, 沙二上亚段基本对应低位域沉积, 主要为灰绿色、紫红色泥岩与灰色砂岩、砾岩互层; 沙一段基本对应于湖侵域和高位域沉积, 主要为灰色、褐灰色泥岩、油页岩及碳酸盐岩夹细砂岩, 砂体不发育。

2 层序的成因

经典层序地层学理论认为, 海平面升降是海相层序形成和发展的主控因素^[2]。多数学者提出, 构造运动、湖平面变化、沉积物供给和气候是控制陆相层序发育的因素^[3-8], 其中, 湖平面变化又是构造运动、沉积物供给、气候条件等因素的综合响应。

东营凹陷上述层序 1 和层序 2 沉积期是湖盆深陷期, 气候持续潮湿^[1], 边界断裂的活动具有幕式旋回性^[9,10](见图 2)。在一个旋回的断陷早期, 基岩沉降产生新的可容空间, 形成层序界面(见图 2a); 至断陷加速期, 湖盆可容空间的增加量大于沉积物供给量和外界水流入量, 湖平面下降, 岸线向湖盆中心推进, 形成新的层序界面(见图 2b); 到断陷活动减弱或停息期, 新增可容空间减小或为零, 大量外界水的流入使湖平面快速上升, 形成湖进域沉积(图 2c); 开始新的一幕构造沉降作用时, 在沉降加速的前期阶段, 湖盆新增可容空间量又大于沉积物供给量和外界水流入量, 湖平面再下降, 形成湖退域沉积(图 2b), 若陆源粗碎屑供给量充足, 将在湖盆边缘地区特别是斜坡带形成明显的前积沉积体, 如层序 2 湖退域的三角洲前积体。

东营凹陷层序 3 沉积早期, 河流穿越湖盆斜坡带, 在较深水区域形成低位扇沉积。如梁家楼地区的低位扇由多次浊流沉积叠加而成, 物源来自南部斜坡, 扇体面积达 180km², 最大厚度达 400m。随着大量外界水

流入盆地, 湖面上升, 湖盆扩张, 但扩张范围远小于层序 1、层序 2。层序 3 发育晚期, 气候由潮湿向干旱转变, 湖盆萎缩, 发育了高位域和下降域沉积。

层序 4 的沙二上亚段沉积期气候干旱, 湖泊水浅, 沉积范围局限, 发育了低位域; 沙一段沉积初期气候变为潮湿, 大量外界水流入湖盆, 湖面快速上升, 发育了湖侵域沉积; 沙一段沉积晚期气候变化不大, 且沉积物供给不充足, 基本保持广水深盆沉积状态, 因此下降域沉积发育少, 以高位域沉积为特征。

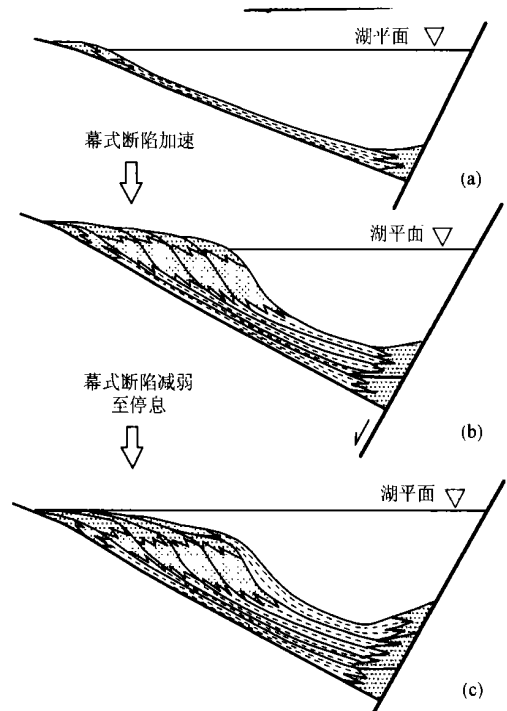


图 2 T-R 型层序形成模式图

总之, 在东营凹陷沙三段至沙一段的 4 个三级层序演化过程中, 构造运动是主控因素, 气候变化和沉积物供给量控制了层序内部结构和沉积特征。

3 层序与油气

为了解 T-R 层序和四分层序的层序地层与油气富集的关系, 划分了东营凹陷近 600 口井的层序地层, 并对上述 4 个三级层序及其体系域的厚度、砂体和油层的厚度、层数以及含砂率、含油率等进行统计与分析(见图 3)。

T-R 层序的湖退域的砂体和油层厚度明显高于湖进域。湖进域主要发育深湖相泥岩, 重力流成因的砂体常被泥岩包围, 形成油源充足的岩性圈闭, 易于成藏, 因此砂体和油层厚度虽然均较小但含油率高。湖退域的砂体相对发育, 油气富集程度与上覆层序类型关系密切。若上覆的是 T-R 层序的湖进域泥岩, 湖退

域砂体盖层封堵条件良好,也易于成藏,砂体含油率较高,如层序1湖退域砂体;若上覆为经典的四分序,即湖退域之上为低位域沉积或不整合面,特别是当低位域砂体发育时,湖退域砂体缺少良好的盖层封堵条件,将影响成藏。

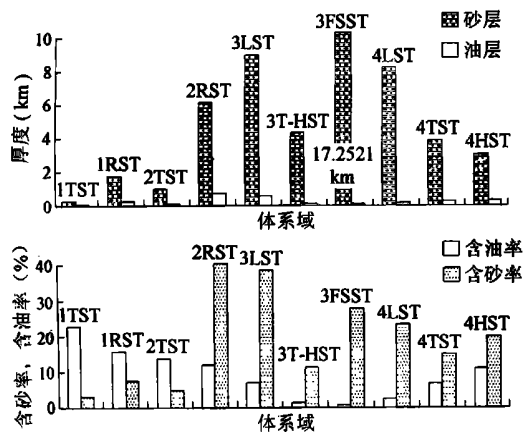


图3 层序1至层序4各体系域与油层、砂层厚度及含砂率、含油率关系图

四分序的低位域和下降域砂体发育,特别是层序3与层序4间界面附近砂体发育程度相对较高,但含油率较低。原因是二者实为区域性二级层序,之间的不整合规模大,尽管砂体发育,却难以形成良好的圈闭,特别是岩性或地层圈闭。另外,层序3形成于湖盆萎缩期,以浅水沉积为主,砂体发育但形成圈闭(特别是岩性圈闭)的条件较差;层序4形成于湖盆扩张期,深水相沉积发育而砂体发育很少,但其湖侵域和高位域的砂体极易成为良好的岩性圈闭,因此可具有较高的油气富集程度。

4 结论

层序地层在沉积物、气候、构造等因素综合作用下形成,层序地层的形成和演化过程控制着砂体和烃源岩的分布,也控制岩性圈闭的形成和分布。因此,正确建立层序地层格架,在此框架下进行砂体成因分布研究和预测,将有利于指导隐蔽性油气藏的勘探。

参考文献:

- [1] 王秉海,钱凯. 胜利油区地质研究与勘探实践[M]. 东营:石油大学出版社,1992. 34-54.
- [2] Van Wagoner J C, Mitchum R M, Campion K M, et al. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: concepts for high-resolution correlation of time and facies[A]. AAPG Methods in Exploration Series 7, 1990. 55.
- [3] 姜在兴,李华启,等. 层序地层学原理及应用[M]. 北京:石油工业出版社,1996. 48-56.

- [4] 纪友亮,张世奇,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. 148-152.
- [5] 朱筱敏. 层序地层学原理及应用[M]. 北京:石油工业出版社,1998. 108-146.
- [6] 薛良清. 层序地层学在湖相盆地中的应用探讨[J]. 石油勘探与开发,1990, 17(6): 29-34.
- [7] 张世奇,纪友亮,陆相断陷湖盆层序地层学模式探讨[J]. 石油勘探与开发,1996, 23(5): 20-23.
- [8] 薛良清. 论沉积层序级别的划分[J]. 石油勘探与开发,1998, 25(3): 10-14.
- [9] 解习农,程守田,陆永潮. 陆相盆地幕式构造旋回与层序构成[J]. 地球科学,1996, 21(1): 27-33.
- [10] 胡受权,郭文平,等. 断陷湖盆陆相层序中体系域四分性探讨[J]. 石油学报,2000, 21(1): 23-28.

第一作者简介:张宗霖(1965-),男,山东阳谷人,胜利油田高级工程师,从事油气田滚动勘探和开发的研究工作,现为中科院兰州地质研究所在职博士研究生。地址:山东省东营市,胜利油田有限公司开发管理部,邮政编码:257001。E-mail: zonglin@mail.slof.com

收稿日期:2003-01-10

(编辑、绘图 李建国)

Relationship between sequence stratigraphy and hydrocarbon accumulation in Es₃-Es₁ of the Shahejie Formation, Dongying Sag

ZHANG Zong-lin^{1,2}, CAO Ying-chang³, GAO Yong-jin², JIANG Zai-xing³ (1. Lanzhou Institute of Geology, CAS, Gansu 730000, P. R. China; 2. Shengli Oil Field Ltd. Co., Sinopec Shandong 257001, P. R. China; 3. University of Petroleum, Shandong 257062 P. R. China)

Abstract: On the integrated analyses of the seismic, well logging and well drilling data, Es₃-Es₁ in the Shahejie Formation of Dongying Sag can be divided into four 3rd order sequences. Sequence 1 (the lower part of Es₃) and Sequence 2 (the middle part of Es₃) are T-R sequences which are composed of lacustrine transgressive system tract (LTST) and lacustrine regressive system tract (LRST). Sequence 3 (the upper part of Es₃ to the lower part of Es₂) and Sequence 4 (the upper part of Es₂ to Es₁) can be divided into four tracts such as LST, TST, HST and FSST. The sandbodies of LRST in a T-R sequence were not only developed well, but also were easy to form reservoirs. The sandbodies of LTST developed poorly, but they were easy to form lithologic reservoirs. The sandbodies nearby the four tracts mentioned above developed well, but they have little possibility of forming reservoir because of the poor trapping conditions.

Key words: Dongying Sag; T-R sequence; sandbody; sequence stratigraphy; hydrocarbon