

高尚堡油田沙河街组三段二、三亚段储层 层序地层学研究

姚军辉 关晓东

林畅松

(地质矿产部石油地质研究所, 北京 100083) (中国地质大学, 北京 100083)

水进、水退控制的进积、退积以及加积等充填样式和它们在空间上的叠置方式, 是断陷湖盆层序划分的主要依据。因此, 幕式构造沉降作用引起的沉积基面变化是控制层序发育及其基本特征的根本原因, 沉积物供给和气候变化只是层序形成的外部条件。运用上述方法可将高尚堡油田沙河街组三段二、三亚段划分为 9 个副层序组和若干 1 个副层序, 极大地提高了地层划分和对比的精度。

关键词 高尚堡油田 沙河街组 储层 高分辨率 层序地层

第一作者简介 姚军辉 男 30 岁 工程师 石油地质

海相盆地中, 层序地层分析理论已较为成熟, 并得到广泛应用^[1]。在陆相湖盆中进行层序地层学研究仍处在不断的探索、完善过程中^[2~5]。由于海相盆地中相对海平面变化控制着层序发育的理论在陆相湖盆中无法直接应用, 以海进、海退和被动大陆边缘为背景划分的体系域显然也不能套用, 但沉积基面控制着沉积和侵蚀的分布, 即层序界面形成的基本原理是不变的。因此, 层序应是存在的, 而层序发育的直接影响因素和各级层序界面的地质含意应是研究的重点。

1 盆地充填的地层单元

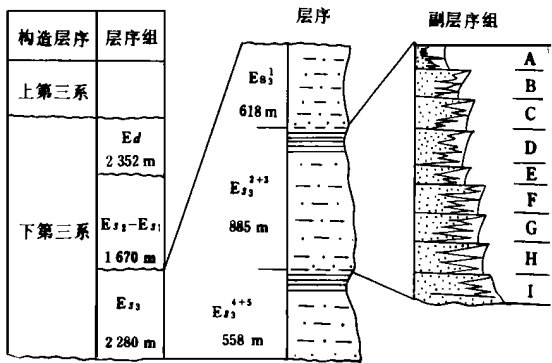


图 1 高尚堡油田地层格架图

高尚堡油田位于南堡凹陷北部, 是一个被断层复杂化的背斜, 呈 NW-SE 方向展布。该油田的重要目的层下第三系沙河街组三段可分为 5 个亚段 ($Es_3^1, Es_3^2, Es_3^3, Es_3^4, Es_3^5$ 下同), 其中 Es_3^{2+3} 段属于近岸沉积体系, 充填序列为辫状河-扇三角洲-浅湖相沉积, 储集岩为扇三角洲沉积 (图 1)。

南堡凹陷内第三系的盆地充填包括了两个由区域性构造不整合面所分隔的构造层序 (大体相当于巨层序)。下部构造层序由下第三系构成, 不整合于侏罗-白垩系之上, 厚逾 6 000 m, 包括湖泊、河流等沉积, 夹多层基性火山岩, 受

断陷作用控制, 主要分布于断陷盆地内。上部构造层序为上第三系, 厚度大于 2 000 m, 主要以冲积扇和河流沉积为主, 形成于盆地演化的拗陷阶段。上、下两个构造层序分别代表了早期裂陷和晚期拗陷两个构造演化阶段的盆地充填。

2 沙河街组三段二、三亚段(E_{s3}^{2+3}) 层序地层划分

前人曾将南堡凹陷下第三系沉积划分为上、中、下三个层序^{*}。它们分别为东营组、沙河街组二段-沙河街组一段、沙河街组三段, 并进一步将下层序划分为三个体系域: 即低水位体系域(E_{s3}^5)、湖进体系域($E_{s3}^4 \sim E_{s3}^2$)和湖退体系域(E_{s3}^1)。进一步的工作发现: (1) 这些地层单元中包括多个较大规模的湖进湖退旋回, 而不易简单地划分出低位、湖进-湖退体系域。(2) 这几个地层单元厚度都在 2 000 m 以上, 应该进一步划分出次一级的层序单元, 以适应开发区块储层精细研究的需要。(3) 研究区已有资料表明 E_{s3}^4 与 E_{s3}^3 之间、 E_{s3}^2 与 E_{s3}^1 之间存在两个层序界面, 据此可把沙河街组三段划分为三个层序, 分别为 E_{s3}^{4+5} 、 E_{s3}^{2+3} 和 E_{s3}^1 (图 1)。

2.1 E_{s3}^{2+3} 的顶、底界面特征

研究表明, E_{s3}^{2+3} 的底界面存在一个层序界面, 主要的依据有:

(1) E_{s3}^3 的底部砂体均为河道或分流河道充填, 具有明显的冲刷和切割现象, 并明显向湖泊中部推进, 代表位于低湖面阶段的碎屑体系。湖泊面积大规模收缩, 在整个 E_{s3}^{2+3} 中处于最低湖平面期。

(2) E_{s3}^4 是盆地广泛出现深水湖泊的演化时期, 以盆地内连续分布的暗色湖相泥岩和油页岩的发育为标志, 从 E_{s3}^4 上部以油页岩为主的深湖细碎屑沉积到 E_{s3}^3 底的河流和扇三角洲平原前沉积代表一种环境突变的沉积演化, E_{s3}^4 与 E_{s3}^3 之间的界面是一个沉积相由高位的深水至低位的陆地环境的突变面, 这个突变面在盆地范围内普遍存在。碎屑体系在这一时期是迅速推进至湖盆中部的, 而 E_{s3}^4 段的顶部灰黑色湖相泥岩和油页岩厚约 200~270 m, 应是一个高位的湖盆演化阶段, 从一个高位的湖泊阶段到一个低位河流阶段之间应存在一个层序界面, 推测在盆地边缘存在侵蚀不整合。

(3) E_{s3}^4 中上部是以暗黑色页岩为主, 处于相对深水的还原环境; 而 E_{s3}^3 底部以灰色、灰白色, 夹有紫色或杂色沉积物, 属氧化环境, 表明其间存在着环境的突变。

(4) E_{s3}^{2+3} 的顶界也存在一个层序界面。 E_{s3}^{2+3} 是一套充填湖泊的三角洲(扇三角洲)为主体的湖盆碎屑沉积, E_{s3}^2 的顶部为盆地内广泛分布的另一套湖相泥岩段, 相当于 E_{s3}^4 上部另一个湖泊高位阶段, E_{s3}^3 是高湖平面阶段后开始出现低湖面阶段的盆地充填, 而 E_{s3}^1 为河流相沉积, E_{s3}^1 与 E_{s3}^{2+3} 之间的界面是一层

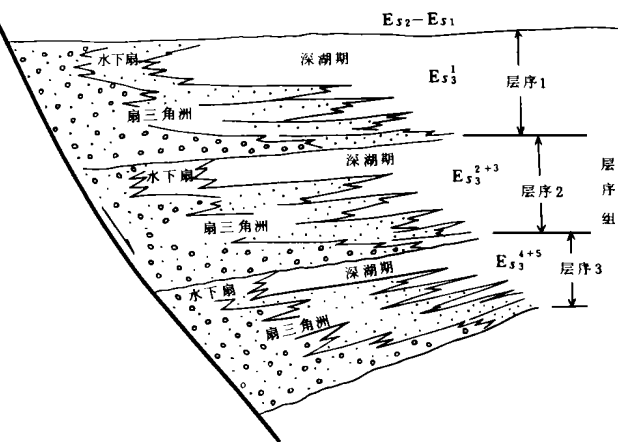


图 2 高尚堡油田沙河街组三段层序划分图

* 熊汉生, 薛叔浩. 冀东石油地质及勘探方向(科研报告). 1991

序界面(图 2)。

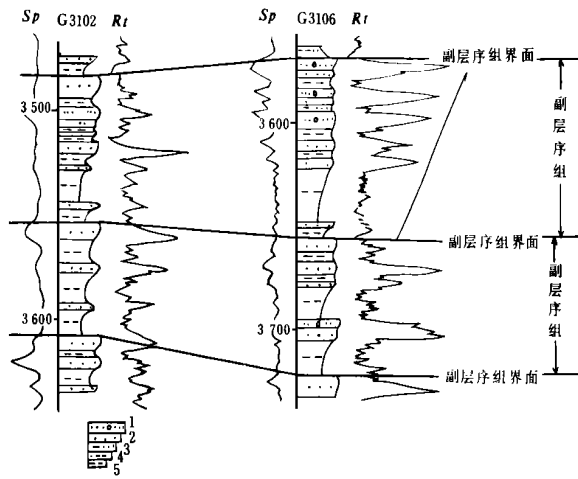


图 3 副层序组界面位置图

1- 砂砾岩; 2- 砂岩; 3- 泥质粉砂岩; 4- 粉砂质泥岩;
5- 泥岩; Sp - 自然电位; Rt - 电阻率

组的底部以较厚的砂岩为代表, 底面为冲刷面, 往往与层序界面一致。副层序组的叠置方式是剖面之间对比的重要标指。

现将研究区内副层序、副层序组特征归纳如下:

(1) 每一副层序组由 2~4 个副层序组成, 一般厚 80~110 m, 构成进积的或复合型的副层序组。每一副层序组的上部一般是一明显进积的副层序, 代表一次相对明显的湖退或碎屑体系的推进, 接着发生湖进。

(2) 每一个副层序组的界面放在湖退之后开始湖进的转化面上(图 3)。这是因为: 在湖盆充填中, 由于缺少指示水深的化石和灰岩层等标志, 往往难以确定不同充填阶段或次一级的最大湖进面。湖进的副层序组一般发育差, 不利于在横向上追索次一级的最大湖进面。当湖进的副层序不发育或缺失时(如在湖盆中部), 湖退后的第一次湖进事实上与较明显的湖进面合并, 不易识别(图 4)。相反, 由于碎屑体系的推进和衰退与湖退和湖进具有同步性, 碎屑体系推进和湖退后出现的第一次湖进面则相对容易对比, 这可能与盆地小、陆源碎屑多, 湖进、湖退速度快等原因有关。

(3) 每一地层单元基本上是由一个从湖进开始到最后湖退的次级旋回, 湖进体系不发育或发育很差, 较明显的湖进分布于地层单元的下部。这种结构反映出湖泊水面上升是较快的, 然后是碎屑体系逐渐充填, 这一特点可能在湖盆充填演化过程中具有普遍性。

2.2 副层序组和副层序的划分

副层序组或副层序是构成层序的基本单元。每个副层序组由一套有成因联系的副层序组成, 其垂向叠置方式有三类: 进积、退积和加积。进积的副层序组由进积作用形成, 在垂向上每个副层序内的砂岩所占比例向上增加, 泥岩所占比例减少。退积的副层序组因相对湖平面上升碎屑沉积物退积所形成, 在垂向上每个副层序内的砂岩所占比例向上减少, 泥岩所占比例增加, 其底界往往是层序内的最大湖泛面。加积的副层序组由退积作用向进积作用转变时形成, 湖平面升降与进积冲填作用在较长的时间内维持不变, 每个副层序内砂岩和泥岩所占比例大致相等。由退积作用向进积作用转变时, 相对湖平面下降, 河流发生下切冲刷。因此, 加积至进积副层序

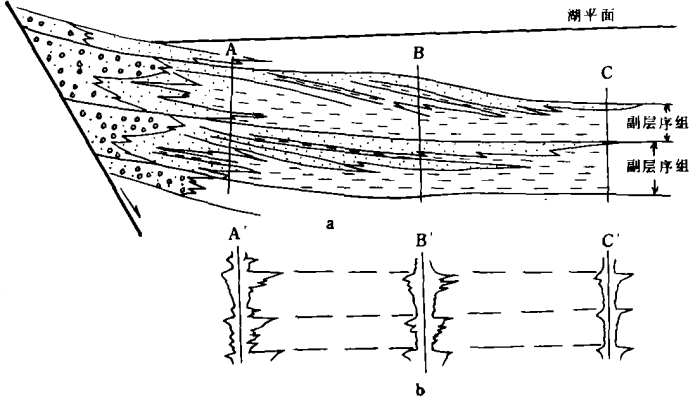


图 4 湖盆充填中副层序组的形成和对比示意图

a- 沉积相剖面; b- 理想的测井曲线特征和对比

(4) 每一副层序组大体与扇三角洲或湖泊三角洲的一次沉积事件有关,每一副层序可包括前三三角洲和浊积沉积、扇三角洲前缘砂和水下分流河道及扇三角洲的辫状河平原等沉积。

(5) 盆地充填过程中出现过多次湖泛和湖退。主要的湖泛面位于各副层序组的下部,这些湖泛面不直接作为地层单元(副层序组)的界面,但在对比过程中应作为重要的参考标志。当不发育水进的副层序时,其底界则是地层单元的界面;当发育水进副层序时,其下的第一个水进或最早水进的副层序的底界是副层序组的界面。因此在进行地层单元对比中应注意主要湖泛面的分布部位(图 3, 4)。

高尚堡油田 E_3^{2+3} 储层自下而上总体呈现一个由粗到细的正旋回沉积特征。据层序单元的划分原则,结合本区沉积特征将 E_3^{2+3} 划分为 9 个副层序组, 22~28 个副层序(图 5)。

这些副层序组在工区范围内多数是可以对比的,从而建立起研究区高分辨率层序地层格架,为高精度的储集层段砂体分布预测以及重塑古环境提供了地层对比基础。每一个副层序组都反映了自己独特的叠置方式和沉积成因类型。副层序组界面是个等时的界面,它穿过了处于盆地不同部位的各个相带,因此在横向上充填方式有明显差异,一般说来,扇三角平原相及浅湖相充填方式以加积为主,而前缘相则以进积式为主,据此可以预测有利的储集相带。

2.3 层序的控制因素

与海盆不同,在陆相盆地的充填过程中,构造沉降直接控制了湖平面的变化,对沉积体系和空间配置关系的影响更加直接,物源供应亦直接受构造活动的控制,因此陆相盆地中层序的成因受构造因素的控制是第一位的,气候是第二位的,另外,降水量影响湖平面的波动,也是造成湖泊扩张或收缩的控制因素。

3 结论

(1) 层序是由不整合及其相对应的整合面所限定的,这种界面一般代表了古构造运动面。断陷盆地构造升降的不均一性引起沉积基准面的变化,是层序形成的主要原因,如断块的掀斜等。

(2) 层序中沉积单元的概念不能照搬被动大陆边缘海相盆地中的层序模式,在陆相湖盆中,依据湖泛面或相应界面可进一步把层序划分为次一级的副层序组和副层序。主要湖泛面的变化是构造作用、气候等因素的函数。

(3) 据层序单元的划分原则,结合本区沉积特征将沙三段二、三亚段划分为 9 个副层序组

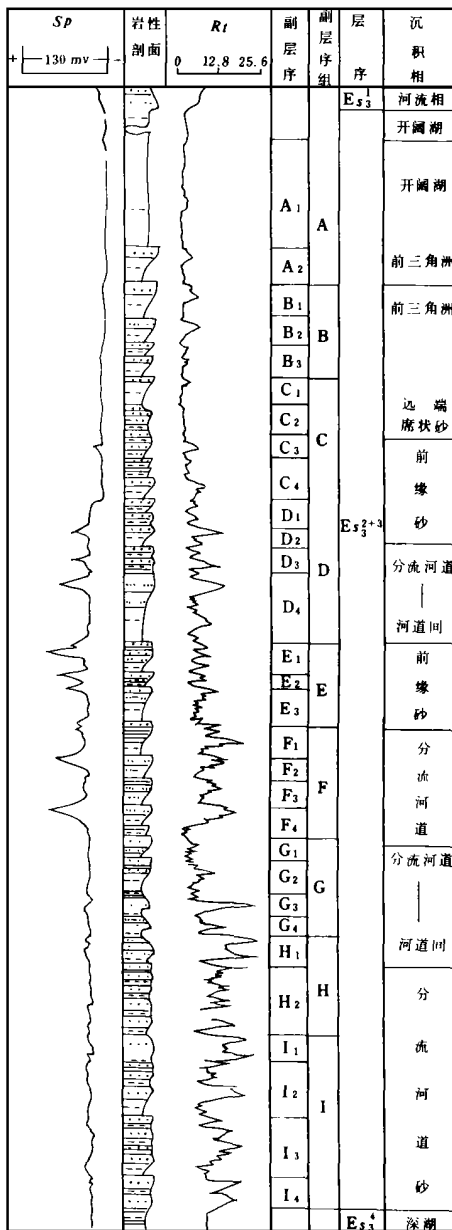


图 5 高尚堡油田沙河街组三段二、三亚段层序分析综合柱状图

和 22~28 个副层序, 这些地层单元在工区范围内多数是可以对比的, 从而建立起研究区高分辨率层序地层格架。

参 考 文 献

- 1 van Wagoner J C. 如何根据测井记录、岩芯和露头进行硅质碎屑岩层序地层学研究. 国外地质科技, 1993, (2): 1~26, (3): 13~37
- 2 李思田. 鄂尔多斯盆地东北部层序地层及沉积体系分析. 北京: 地质出版社, 1992. 12~27
- 3 Olsen P E. A 40-million-year lake record of Early Mesozoic orbital climatic forcing. Science, 1986, 23: 842~848
- 4 Ling Changsong, Yang Qi. Structural and depositional patterns of the Tertiary Baise Basin. Sediment, 1991, 13: 75~92
- 5 Galloway W E. Genetic stratigraphic sequence in basin analysis. AAPG Bull, 1989, 73(2): 125~142

STUDY ON SEQUENCE STRATIGRAPHY OF Es_3^{2+3} SUBMEMBERS IN GAOSHANGPU OILFIELDS

Yao Junhui Guan Xiaodong

(*Institute of Petroleum Geology, M GMR, Beijing*)

Lin Changsong

(*China University of Geosciences, Beijing*)

Abstract

The progradation, retrogradation, aggradation and their superimposition patterns are the main evidence for sequence classification of fault-depressed lake basin. The changes in base level caused by episodic subsidence is the basic cause in controlling the development and property of sequences, the source supplementation and climate changes is the external condition of the sequences. According to the mentioned above, the reservoirs of 2-3rd submembers of the third member of the Shahejie Formation in Gaoshangpu Oilfields could be divided into 9 subsequence groups and several subsequences. This could considerably improve the accuracy of stratigraphic classification and correlation.