

文章编号: 1001- 6112(2006)03- 0249- 04

基于河水位变化的层序地层模式

——以济阳拗陷孤东油田为例

董春梅

(中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061)

摘要: 对渤海湾盆地济阳拗陷沾化凹陷上第三系馆陶组上段的沉积地层开展了高分辨率层序地层学研究, 建立了层序地层格架模型和油藏精细地质模型, 为提高油气采收率奠定了基础。与已有的国内外层序地层划分方法不同, 文中依据沉积构造、岩性及颜色、粘土矿物类型和地球化学元素含量及其在垂向上的变化等特征所反映出的河水位的变化情况, 划分出河流洪泛期、丰水期和枯水期; 识别出洪泛期、丰水期和枯水期 3 种体系域类型, 分别发育漫积、侧积和慢积 3 种准层序组沉积类型。由此建立了洪泛期体系域、丰水期体系域辫状河、丰水期体系域曲流河和枯水期体系域 4 种河流相沉积模式。

关键词: 洪泛期; 丰水期; 枯水期; 漫积; 侧积; 慢积; 层序地层学; 济阳拗陷

中图分类号: TE121. 34

文献标识码: A

自 20 世纪 90 年代以来, 国内外学者对层序地层学进行了深入的研究^[1~5], 在已有的层序地层划分方法中, 都考虑了海平面或者湖平面的变化因素, 并把它作为划分层序地层的主要依据之一。在对河流相高分辨率层序地层学的研究中, 国内外学者主要参考了 Cross, Galloway, Vail 等人的层序地层划分模式。特别需要指出的是, 河流相层序地层的识别与划分对于陆相含油气盆地的油气勘探与开发具有重要的意义。本文以渤海湾盆地济阳拗陷沾化凹陷上第三系馆陶组上段的沉积地层为例, 对河流相地层开展了高分辨率层序地层学研究, 建立了 4 种河流相沉积模式, 该成果能够有效地应用于油田的勘探与开发中。

1 区域地质背景

孤东油田地处黄河入海口北侧的滩涂地带(图 1), 区域构造上位于济阳拗陷沾化凹陷的东北部桩西-孤东潜山披覆构造带的南端, 东南靠垦东-青坨子凸起, 西南为孤南凹陷, 西北为桩西洼陷, 东北与桩东洼陷相邻, 地层倾角平缓^[6~9]。

2 孤东油田馆陶组上段沉积特征及河水位变化

通过对孤东油田馆陶组上段沉积特征及沉积层序的研究, 结合古代及现代河流沉积过程及沉积

特征, 将河流的沉积过程分为洪泛期、丰水期及枯水期 3 个沉积时期。

洪泛(暴洪)沉积时期, 河水位迅速高涨(图 2), 水体能量急剧增加, 沉积物负载量增大, 物源丰富, 河道广阔, 较易形成心滩的雏形, 常形成具有辫状河沉积的特点。河水位的涨落不同于海平面的升降变化, 河流水体的变化不是单向的水进、水退, 而是古气候控制下的整体水位的上涨与下落。洪水期常常会引起河流水体暴涨, 在地质记录中会出现大小不等的洪水泛滥面, 形成洪水漫溢泛滥沉积, 简称漫积。洪水期河水的漫积作用方式占主导地位, 典型特征表现为红层以及决口扇沉积。

枯水期河水位降低(图 2), 水体沉积范围变小, 水体能量也随之变小, 物源供给量减少, 在地层



图 1 渤海湾盆地沾化凹陷孤东油田构造位置

Fig. 1 Structure location of the Gudong Oilfield in the Zhanhua Sag of the Bohaiwan Basin

收稿日期: 2006- 01- 09; 修订日期: 2006- 05- 13。

作者简介: 董春梅(1963—), 女(汉族), 山西孝义人, 博士、副教授、硕士生导师, 主要从事矿物学、岩石学、矿床学的教学与科研工作。

基金项目: 国家重点基础发展规划 973 项目(G1999022508)。

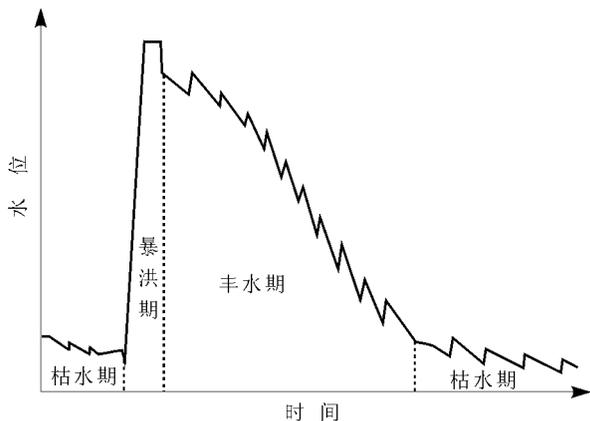


图 2 河流沉积的 3 个不同发育时期河水位变化情况

Fig. 2 Schematic diagram of the variance of river level at three different developmental stage

记录中发育大量的泥裂。该时期形成以单一、较窄河道沉积为特点的曲流河沉积,水体的作用方式以缓慢沉积为主,简称慢积,典型特征表现为泥裂暴露标志以及孤立状窄小砂体。

丰水沉积期代表的是一个介于洪泛(暴洪)期和枯水期之间的沉积时期,此时内河水位相对仍较高(图 2),河水能量相比洪泛期要小些,但能量仍然比较强。该时期河道内的沉积作用方式以侧向加积为主,简称侧积。洪水期带来的丰富的细粒沉积物在丰水期开始沉积,形成边滩以及心滩沉积。

3 河流相层序地层识别及划分

3.1 河流相层序地层识别原理

高分辨率层序地层学强调 3 个基本原理^[10-13]: 层序基准面原理、体积划分原理和相分异原理。层序基准面是一个总体上向海倾斜的、连续的波状起伏面,是一个随时间变化的抽象的等势面,在这个面之上发生侵蚀,在这个面之下发生沉积。以层序基准面代替水平面,是冲积河流沉积地层高分辨率层序地层学的关键。基准面随构造沉积、全球海面升降、沉积物供给、气候等营力因素而波动,是一个类似的势能面。

对于孤东油田馆陶组上段沉积而言,由于当时构造活动趋于平缓,且构造作用比较弱,因此其对于河流沉积地层内部的层序发育贡献相对较小,而气候因素则成为馆陶组上段层序地层形成的重要控制因素,气候的变化规律是研究区河流相高分辨率层序地层学研究的主要依据。其中,气候导致的河流水位的变化是划分体系域和建立沉积模式的最重要因素。

3.2 河流相层序地层识别标志

从河流 3 个沉积时期的沉积特征可以看出,不同的沉积时期有各自的沉积特征标志,通过这些沉积标志可以进行等时界面的识别。

3.2.1 生物化石标志

在层序研究过程中经常使用生物突然发育或突然灭亡的界面作为层序、体系域、准层序组或准层序的界面。孤东油田馆上段 4 砂层组的底部有一层厚约 10~20 cm 厚的黄河田螺化石,分布厚度比较稳定;测井曲线上呈高电阻响应,感应曲线特征明显,是一个很好的等时界面。该界面在区域上是一个很好的地层划分对比标志层。与孤东油田地质背景相似、地理位置相近的孤岛油田的馆上段 1+2 砂层组底部也有一层类似的化石层,也是很好的地层划分对比标志层。

3.2.2 地球化学及粘土矿物特征

在研究过程中,通过统计得出地球化学元素含量以及粘土矿物含量在垂向上的变化规律,并以此作为界面的识别标志进行等时划分对比。以孤东 7-43-125 井为例,通过泥岩的元素分析发现,馆上段 5 砂层组顶部的 Sr, Ca, Mn, Cr, Ca/Mg, Mn/Fe 显示明显的高峰值,是高分辨率层序地层界面。同样,以孤东 7-25-234 井为例,在 1 260, 1 300 m 存在明显的高岭石、绿泥石、伊/蒙混层粘土矿物相对含量变化界面,它是划分层序地层界面的参考依据。

4 基于河水位变化的层序地层划分

综合岩心、录井、测井、各种分析化验资料以及砂体数据(砂地比值、砂体的连通率、砂体形态及砂岩厚度等)将孤东油田馆上段自下而上依次划分为 3 种类型的体系域:洪泛期体系域、丰水期体系域和枯水期体系域。

4.1 洪泛期体系域

该体系域在岩心剖面上可以见到底面冲刷构造、泥砾等;砂体在纵向上叠置分布;岩性较粗,主要为粗砂岩,也可见含砾砂岩,发育红层。在该体系域中发育了 2 套漫积型准层序组,并根据砂体的旋回特征,在准层序组内又划分出 6 个漫积准层序。

4.2 丰水期体系域

在该体系域内岩性较洪泛期体系域的岩性细,主要为细砂岩、细粉砂岩,岩心观察中见到植物炭屑;砂体类型以边滩为主,发育少量心滩。该体系域中发育了 3 套侧积型准层序组,并依次划分出 6 个侧积准层序。

4.3 枯水期体系域

在该体系域的底部沉积了一套厚度约为 20 cm 的螺化石生物岩层, 纵向上表现为大套泥岩夹较薄层砂体。与其它井对比时发现, 在横向上砂体呈孤立状薄砂体存在, 该体系域内以慢积准层序组为特征。

5 基于河水位变化的层序地层模式

综合考虑气候、构造、河水位的变化过程、洪泛面的形成过程、堆积方式(主要为漫积、侧向加积、慢积等)、沉积特征(包括河流沉积过程中留下的暴露标志、沉积构造、动植物化石)等因素, 建立了河流相沉积的层序地层模式。

5.1 洪泛型(暴洪期)体系域内沉积模式

洪泛(暴洪)期代表的是一个在短期内河水暴涨、河水位迅速升高并溢出堤岸后形成大面积的漫滩和决口扇沉积的时期。在此时期沉积物供给量大, 河水流动速度快, 水体能量大, 沉积物负载量增大, 物源丰富, 河道非常广阔, 较易形成心滩的雏形(图3)。

5.2 丰水型体系域内沉积模式

丰水期代表的是一个河水水位相对较高的时期, 在此时期内河水能量相比洪泛期要小些, 但能量仍然比较强。从洪泛(暴洪)期向丰水期的转变过程也是降水量逐渐减少的过程, 相应的物源供给量也减少, 水位逐渐降低, 沉积范围逐渐减小。在这个时期的早期发育了以心滩沉积为特征的辫状河沉积, 在后期发育了以边滩沉积为特征的曲流河沉积(图4, 5)。

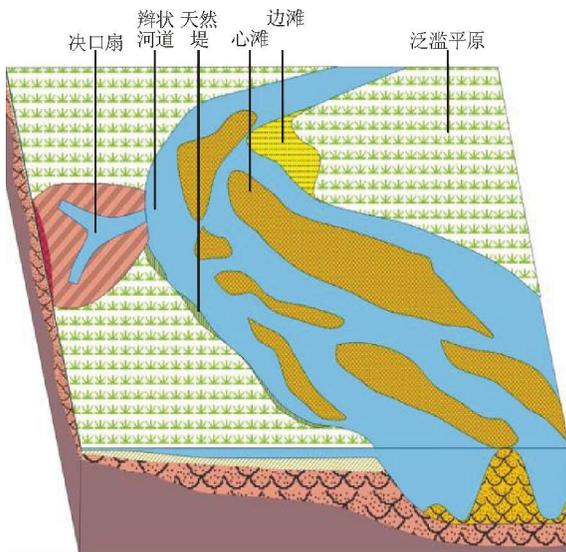


图3 洪泛期体系域沉积模式

Fig. 3 Facies model of flooding system tract

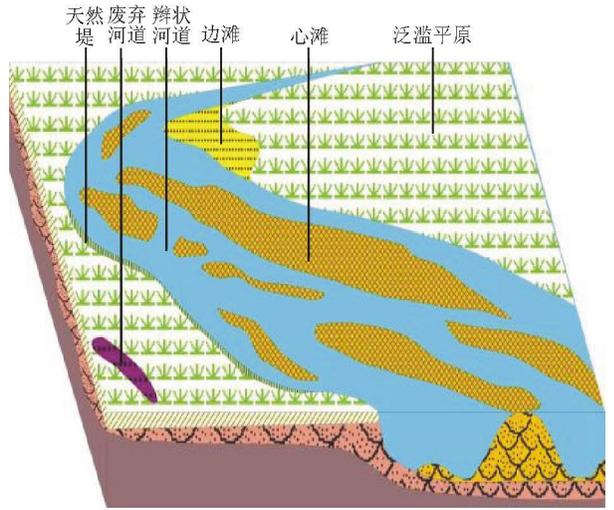


图4 丰水期体系域辫状河沉积模式

Fig. 4 Facies model of high water level system tract for braided stream

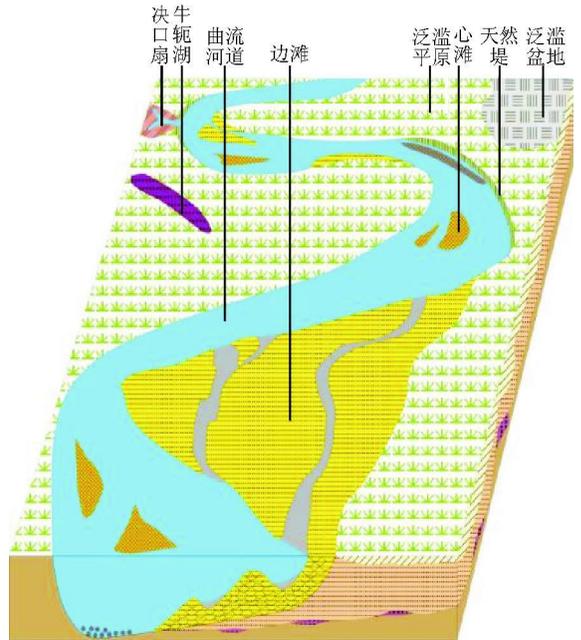


图5 丰水期体系域曲流河沉积模式

Fig. 5 Facies model of high water level system tract for meandering stream

5.3 枯水型体系域内沉积模式

枯水期代表的是一个河水水位很低的时期, 在此时期内河水能量低, 沉积范围小, 物源供给量少, 单一、较窄的河道沉积是该时期沉积的主要类型。

水浅流缓、单一、较窄河道是本时期的主要特征, 该时期在剖面上以发育小土豆状砂体、薄透镜状砂体为主, 横向连通性差; 在平面上以发育条带状砂体为主, 河道迁移速度较慢, 砂体叠置现象较少, 废弃河道沉积能保留下来(图6)。

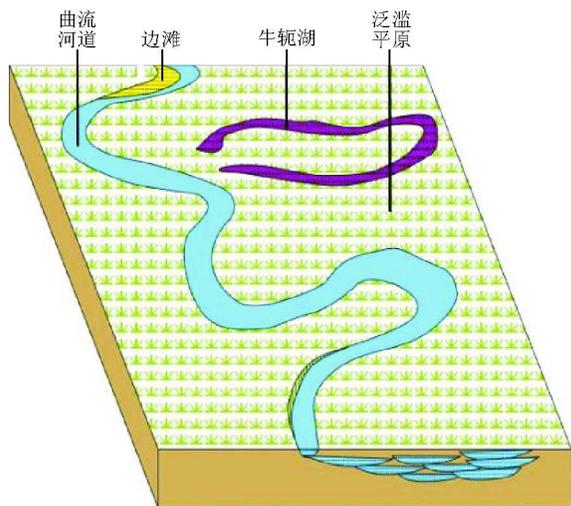


图 6 枯水期体系域沉积模式

Fig. 6 Facies model of low water level system tract

6 认识与结论

依据沉积构造、岩性及颜色特征、粘土矿物类型、地球化学元素含量及其在垂向上的变化等特征的综合分析认为：济阳拗陷沾化凹陷上第三系馆陶组上段的河流相沉积可以分为洪泛期、丰水期及枯水期 3 个时期。与已有的国内外层序地层划分方法不同，本文首次尝试性地提出了基于河水位变化的河流相层序地层划分方法，首次定义了河流相的三分体系域类型：洪泛期体系域、丰水期体系域和枯水期体系域。其中洪泛期体系域多发育典型的决口扇和红层洪泛沉积，以漫积为特征；丰水期体系域发育边滩和心滩砂体，以侧积为特征；枯水期体系域发育典型的单一、较窄的废弃河道沉积，以

慢积为特征。从而建立了基于河水位变化的层序地层模式，这是河流相层序地层学研究的一种新思路。

参加本文研究工作的还有冯伟光等硕士研究生。

参考文献：

- 1 Wright V P, Marriott S B. The sequence stratigraphy of fluvial depositional systems the role of floodplain sediment storage [J]. *Sedimentary Geology*, 1993, 86: 203~ 210
- 2 Shanley K W, McCabe P J. Perspectives on the sequence stratigraphy of continental strata [J]. *AGU Bulletin*, 1994, 78 (4): 544~ 568
- 3 张周良. 河流相地层的层序地层学与河流类型 [J]. *地质论评*, 1996, 42(增刊): 188~ 193
- 4 蒋小琼, 郭建华, 管宏林等. 塔里木盆地满西地区石炭系层序地层与沉积体系分析 [J]. *石油实验地质*, 2004, 26(4): 333~ 337
- 5 陈清华, 曾明, 章凤奇等. 河流相储层单一河道的识别及其对油田开发的意义 [J]. *油气地质与采收率*, 2004, 11(3): 13~ 15
- 6 陈宝宁, 王宝言, 李保等. 济阳拗陷陡坡带层序地层特征 [J]. *油气地质与采收率*, 2005, 12(6): 13~ 15
- 7 隋淑玲. 河流相储层三维流动单元模型建立——以孤岛油田为例 [J]. *油气地质与采收率*, 2005, 12(3): 12~ 15
- 8 董春梅, 宋春刚. 渤海湾盆地渤南油田沙三段沉积微相研究 [J]. *石油实验地质*, 2003, 25(4): 375~ 380
- 9 梁金萍, 国景星, 于洪洲. 冲积—河流相层序地层模式探讨及其在济阳拗陷的应用 [J]. *油气地质与采收率*, 2005, 12(1): 15~ 17
- 10 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(2): 89~ 97
- 11 刘建民, 李阳. 孤岛地区馆陶组河流沉积地层的高分辨率层序地层样式 [J]. *石油勘探与开发*, 2000, 27(6): 31~ 32
- 12 庞锦莲, 罗顺社, 高振中等. 渤南洼陷下第三系沙四段扇三角洲沉积特征 [J]. *油气地质与采收率*, 2004, 11(1): 7~ 9
- 13 董春梅, 林承焰, 侯连华等. 储集砂砾岩体成因、分布规律及形成条件探讨 [J]. *石油实验地质*, 1996, 18(3): 289~ 297

THE SEQUENCE STRATIGRAPHIC MODEL BASED ON THE VARIANCE OF RIVER LEVEL

—TAKE THE GUDONG OILFIELD IN THE JIYANG DEPRESSION AS AN EXAMPLE

Dong Chunmei

(College of Petroleum Geology and Geophysics, China University of Petroleum, Dongying, Shandong 257061, China)

Abstract: Taking the upper member of Guantao Formation of the Neogene in the Zhanhua Sag of the Jiyang Depression, the Bohaiwan Basin as an example, a study of the high-resolution sequence stratigraphy has been carried out. Based on the study, the paper presents a new principle and method for identifying sequence. Using the data from the sedimentary structure character, lithology, color of rocks, the changing of clay types and geochemistry elements enrichment which reflect the change of river level, mark off the flooding system tract, high water level system tract and low water level system tract. The corresponding deposition processes of parasequence sets are flooding deposition, lateral accretion and slow deposition. Based on three system tracts, the facies model of four river types are established.

Key words: flooding system tract; high water level system tract; low water level system tract; flooding deposition; lateral accretion; slow deposition; Sequence stratigraphy; the Jiyang Depression