

文章编号: 1009-3850(2006)03-0056-05

黄骅拗陷新近系馆陶组 III 段辫状河相 高分辨率层序分析

陈 蓉¹, 李 勇¹, 丘东洲², 肖敦清³, 武战国³,
张连雪³, 孙晓霞¹, 赵 瞻¹, 高玄⁴

(1. 成都理工大学 油气藏地质及开发工程国家重点实验室, 四川 成都 610059; 2. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 3. 大港油田, 天津 300280; 4. 太原师范学院, 山西 太原 030012)

摘要: 以高分辨率层序地层学理论为指导, 以野外露头、钻井岩心、测井及地震资料的综合研究为基础, 研究了黄骅拗陷新近系馆陶组 III 段的高分辨率层序地层特征, 识别出 1 个长期、两个中期和若干个短期基准面旋回层序。其中短期、中期旋回都可分为向上“变深”非对称型和向上“变深”复“变浅”对称型两类。深入探讨了不同结构类型和充填样式的各级次基准面旋回层序对储层的控制作用, 认为储集砂体主要发育于长期及中期基准面旋回上升的早期。

关键词: 黄骅拗陷; 新近系; 馆陶组; 高分辨率层序地层学; 渤海湾盆地

中图分类号: P539.2 文献标识码: A

1 前 言

黄骅拗陷新近系馆陶组是一套陆相碎屑岩沉积体, 厚 200~400m, 旋回性强, 自上而下依次划分为 3 个段, 其中馆 III 段具有典型的辫状河沉积特征^[1]。高分辨率层序地层学作为一种精确的层序地层分析方法, 是依据地层基准面旋回引起的岩石记录的改变, 通过钻井岩心和测井、地震等资料进行的高精度时间分辨率的地层单元划分和对比, 也是目前研究河流相沉积的一种行之有效的方法^[2~12]。本文通过对黄骅拗陷馆 III 段辫状河砂体不同级次基准面旋回的特征及叠加样式进行分析, 详细论述了不同类型的辫状河道在层序地层格架中的展布规律, 在此基础上分析预测了优质储层的成因和分布。

黄骅拗陷是在新生代发生和发展起来的一个陆缘内侧裂陷型陆相成油拗陷^[13], 位于渤海湾盆地中部, 其北缘为燕山隆起, 西侧以沧县隆起与冀中拗陷相隔, 东南缘以埕宁隆起与济阳拗陷相隔, 东北界伸向渤海湾, 整个拗陷大致呈 NE-SW 向。其构造发展演化可分为早期(古近纪)不均一的断陷阶段和晚期(新近纪—第四纪)统一均匀的热沉降阶段。在古近纪末期盆地曾经历过总体抬升, (馆 III 段就是在此后的热沉降初期沉积的一套辫状河沉积, 其下部为区域性广布的底砾岩, 中部为河道沉积的粗—细砂岩, 上部主要为粉砂岩、泥岩等细粒沉积物。

2 基准面旋回的识别与划分

2.1 界面识别及层序划分

收稿日期: 2005-11-19; 修改日期: 2006-04-04

第一作者简介: 陈蓉, 女, 23 岁, 硕士研究生, 主要从事沉积学与层序地层学研究。

资助项目: 四川省重点学科建设项目(编号 S2D0408)和大港油田重点科技项目资助。

层序界面的识别是划分层序和确定层序成因类型的重要依据,也是建立等时层序地层格架的基础。通过对野外露头、钻井岩心、测井及地震资料的综合分析,在馆Ⅱ段中识别出三类具不同成因特征、发育规模和识别标志的层序界面(表1)。其中在对三级层序界面识别时,大型复合砂体具有显著的标志性作用。大型复合砂体是反复侵蚀性叠置的砂体,具有很高的堆积密度和连接度,在地震剖面上表现为多条密集且连续分布的同向轴。根据对研究区37口井的大型复合砂体进行统计,发现其厚度大多在30~60m之间,最厚的达80m。

根据上述不同级别层序界面的识别标志和不同级次基准面旋回的地层响应特征,将研究区馆Ⅱ段划分为1个长期旋回、2个中期旋回(MSC1、MSC2)和5~8个短期基准面旋回层序(图1)。

2.2 短期旋回类型及沉积特征

短期旋回层序是高分辨率层序地层分析的基础,也是在钻井岩心、测井曲线中能识别的最小规模的沉积旋回,相当于Vail的V级层序。研究区的短期旋回厚度一般在一两米至十几米之间,据其旋回的对称性、岩性相叠加样式、沉积相组合规律等特征的不同,可将之分为向上“变深”非对称型和向上“变深”复“变浅”对称型两类(图2)。

1. 向上“变深”非对称型短期旋回(A型)

A型旋回形成于沉积物补给率远大于可容纳空间增长率到过补偿状态下,由于受到后期侵蚀冲刷作用的影响,其层序以仅保存基准面上半旋回的沉积记录为特征,下降半旋回表现为冲刷作用。按沉积序列的保存情况可细分为低可容纳空间(A₁)型和高中可容纳空间(A₂)型。A₁型只发育底部滞留-心滩微相,据其物质组成的不同又可细分为两类,一种是以砾岩为主,另一种是以含砾砂岩为主。以砾岩

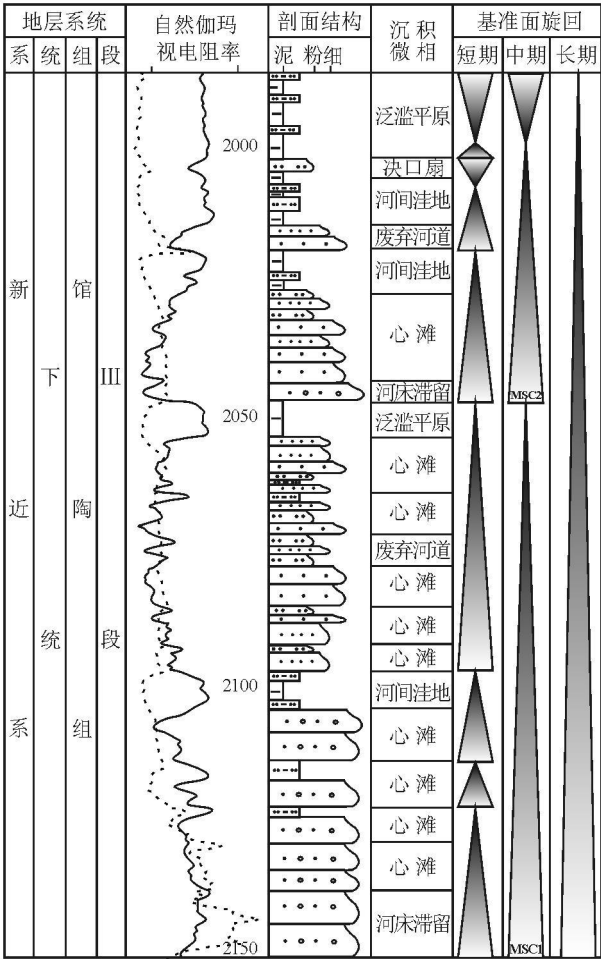


图1 联浅13井馆Ⅲ段高分辨率层综合柱状图
Fig.1 Generalized column of the high-resolution sequences in the 3rd member of the Guantao Fomation through the shallow Lian-13 well

为主的一般出现在馆Ⅲ的底部,以含砾砂岩为主的主要出现在馆Ⅲ的中下部。A₂型由底部滞留-心滩-废弃河道-泛滥平原微相组成(有时缺少泛滥平原微

表1 黄骅拗陷馆Ⅲ段高分辨率层序划分及其界面特征

Table 1 Division of the high-resolution sequences and characteristics of the boundaries in the 3rd member of the Guantao Formation, Huanghua depression

界面级别	成因	发育规模	主要识别标志	对应基准面旋回级次
Ⅱ级	同一构造演化阶段中受次级构造活动强度周期性变化引起的构造不整合面或相关整合面	全盆地范围内等时发育	大型侵蚀不整合面、假整合面、底砾岩、古土壤层,大型复合砂体,同一或相邻沉积体系的大套进积-退积组合的测井相转换面、突变面,地震剖面中的削蚀和超覆面	长期基准面旋回
Ⅳ级	受构造、气候波动和物源供给影响的沉积间断面或相关整合面	盆地次级单元(坳陷)范围内等时发育	较大规模的侵蚀冲刷面、古土壤层,岩性、岩相的突变面或渐变面,同一沉积体系中相似或相邻相序的进积-退积组合的测井相转换面、突变面	中期基准面旋回
V级	受气候波动和ΔS值变化控制的局部冲刷间断面、无沉积间断面和相关整合面	局部小区内基本等时发育	小型冲刷面、间歇暴露面、沉积间断面、相似岩性和岩相组合的分界面,进积-退积测井相组合的转换面、突变面	短期基准面旋回

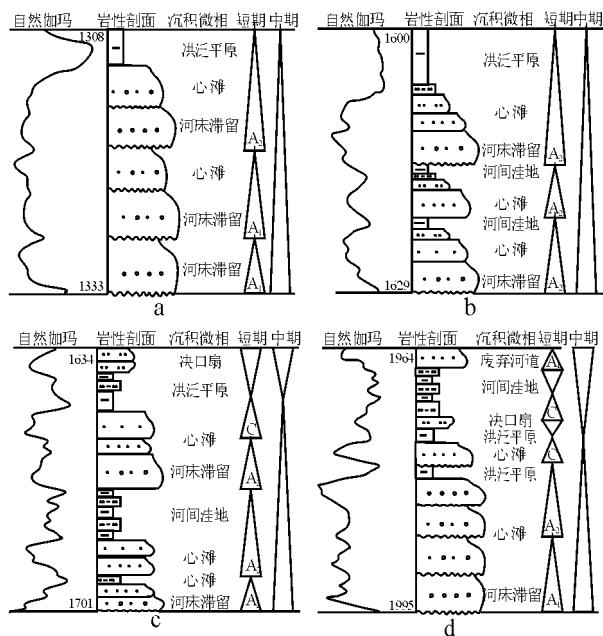


图2 馆III段短期和中期旋回类型

a. 孔82井; b. 羊8井; c. 岐130井; d. 联浅13井

Fig. 2 Types of the long-term and mid-term cyclic sequences in the 3rd member of the Guantao Formation, Huanghua depression

a. Kong-82 well; b. Yang-8 well; c. Qi-130 well; d. shallow Lian-13 well

相)。粒度组成为含砾砂岩—泥岩的正粒序。

2. 向上“变深”复“变浅”对称型短期旋回(C型)

C类旋回形成于沉积物供给率等于或略小于可容纳空间增长率的均衡或弱欠补偿状态下,其基准面上升半旋回和下降半旋回的沉积均在层序上保留。物质组成结构为含砾砂岩—泥岩—砂岩的向上变细复变粗的对称型,主要发育在馆III的中、上部。其层序上不同于A型的是:它底部的河道亚相砂体厚度变薄,粒度变细,主要为中细砂岩;废弃河道和泛滥平原微相更发育,层序内泥岩厚度加大,砂泥百分比减小;层序顶部出现反粒序的决口扇沉积。

2.3 中期旋回类型及沉积特征

研究区中期旋回层序相当于Vail的IV级层序,一般由3~5个短期旋回层序叠加组成,厚度在20多米到60多米之间。研究区的中期旋回层序结构类型也可分为向上“变深”非对称型和向上“变深”复“变浅”对称型两大类,但通过对构成该中期旋回层序的短期旋回结构类型和叠加样式分析,又可将其细分为4小类(图2)。

a类中期旋回为仅保存上升半旋回的向上“变深”非对称型旋回。主体由A₁型短期旋回构成,顶

部出现一个A₂型短期旋回。沉积上表现为多个河道砂体连续叠置,砂体粒度粗,砂体间很少出现泥岩夹层,下降半旋回在地层上表现为上部河道的冲刷。该类旋回地层一般为优质储层。

b类中期旋回也是向上“变深”非对称型旋回。它沉积时的可容纳空间比a类的大,能沉积并保存粉砂和泥等细Q粒沉积物,故其主体由多个A₂型短期旋回叠置而成。表现在地层上是由多个含砾砂岩向泥岩过渡的地层单元相叠加。下降半旋回在地层上仍表现为上部河道的冲刷作用。该类地层的储集性较好,但存在频繁的泥质隔层。

c类中期旋回为以上升半旋回为主的向上“变深”复“变浅”不完全对称型旋回。层序上升半旋回主要由A₁和A₂型短期旋回构成,下降半旋回由C型短期旋回构成。该类旋回地层的中下部储集性较好。

d类中期旋回也为不完全对称型旋回,与c类不同的是它的下降半旋回更发育,由C型和A型短期旋回共同构成。该类地层的顶底都具有较好的储集性。

2.4 长期旋回特征

整个馆III段可划分为一个长期基准面旋回层序,由MSC1和MSC2叠加组成,相当于Vail的II级层序。它以馆陶组与古近系的不整合面和馆II底部砾岩的底界面(分别相当于地震剖面中的T₁和T₁²反射层)为层序底、顶界面。该层序为一仅保存上升半旋回的非对称型旋回,由连续叠置的辫状河道砂(砾)岩—洪泛平原泥岩组成的向上“变深”型层序,层序顶界为大型冲刷面(图1),代表该长周期基准面旋回是一个先缓慢上升而后快速下降的过程。

3 优质储层在层序地层格架中的展布规律

层序地层格架中储集砂体发育的规律性及其在空间配置的有序性,为有利储集相带的预测及评价提供了可靠的地质依据。陆相地层的层序分析以中期旋回最具等时对比意义^[14],在应用高分辨率层序地层理论对地层进行对比时,通常选择以长期旋回层序界面为等时地层对比框架,以中期旋回为等时地层对比单元建立层序地层格架。据物源分析结果并结合地层厚度等值线图 and 砂岩百分含量图综合分析,表明该区主河道方向是SW—NE向,因此沿主河道方向,作孔82—羊8—岐130—联浅13井的联井剖面,并建立馆II的层序地层格架(图3)。

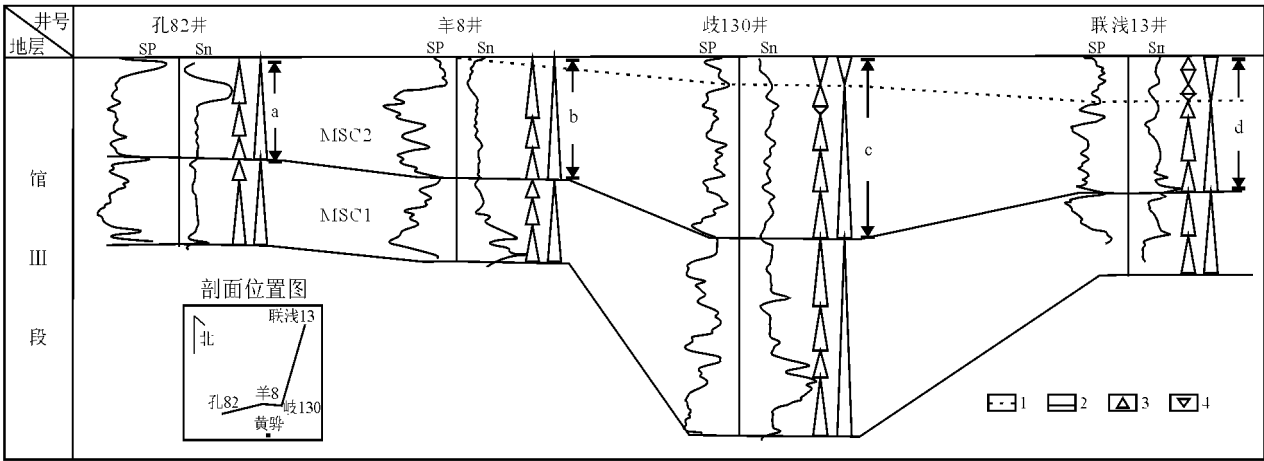


图3 黄骅拗陷馆Ⅲ段高分辨率层序对比剖面图

1. 洪泛面; 2. 中期旋回层序界面; 3. 上升半旋回; 4. 下降半旋回

Fig. 3 High-resolution sequence stratigraphic correlation of the 3rd member of the Guantao Formation, Huanghua depression
1=flooding surface; 2=mid-term cyclic sequence boundary; 3= rising semi-cycle; 4= falling semi-cycle

在MSC2层序中,平行主河道方向,依次出现a、b、c、d四类中期旋回,我们令其下部的河道砂体分别代表四种不同河道类型的沉积,即河道a'、b'、c'、d'。可看出伴随河道可容纳空间逐渐增大,沉积物供给量由过补偿状态逐渐向欠补偿状态转变,粒度逐渐变细,沉积厚度则是先增大后减小。河道a'的沉积物供给量处于过补偿状态,但可容纳空间不足,所以沉积厚度不大;而河道d'虽然可容纳空间很大,但沉积物供给量处于欠补偿状态,故有效可容纳空间很小,沉积厚度也不大。位于a'和d'之间的河道b'、c',可容纳空间和沉积物供给量都处于过渡状态,故其沉积厚度较大。

对砂体物性进行分析发现,MSC1下部主要是由砾岩构成,储集物性变化大,非均质性强,通常不是好的储层。而位于MSC2基准面上升初期的河道砂体储集物性好,侧向连通性好,分布广,是油气主要分布的层位。

同时,泥质夹层的数量与厚度对辫状河砂体的储层物性有较大影响。从河道a'到河道d',泥岩含量逐渐增加,泥质隔层出现得更加频繁,单层泥质隔层的厚度也逐渐增加(表2)。由此说明自河道a'到d',单位地层厚度内的砂体连通性逐渐变差,非均质性逐渐增强。

4 结 论

(1)运用高分辨率层序地层学的理论和研究方法,在黄骅拗陷馆Ⅲ段中识别出1个长期、2个中期和5~8个短期基准面旋回层序。

表2 不同河道泥岩隔层的特征

Table 2 Characteristics of mudstone barriers in different channels

河道	泥岩含量/%	泥质隔层出现的频率/次	单层泥质隔层平均厚度/m
a'	12.0	1.7	2.8
b'	20.0	3.6	3.3
c'	24.5	5.0	4.1
d'	38.0	6.5	4.9

(2)研究区短期、中期旋回都可分为向上“变深”非对称型和向上“变深”复“变浅”对称型两类。其中期旋回又可据构成它的短期旋回组合方式的变化细分为四小类。a类中期旋回层序地层除顶部是泥岩外其余部分都具有良好的储集性;b类的储集性较好,但有频繁的泥质隔层出现;c类只有中下部的储集性稍好;d类底部储集性较好,顶部次之。

(3)在整个研究区来看,储集砂体主要发育于MSC2层序的基准面上升初期,且平行于主河道方向沉积厚度先增大后减小,连通性逐渐变差,非均质性逐渐增强。

参考文献:

[1] 王德发,张服民.黄骅拗陷第三系沉积相及沉积环境[M].北京:地质出版社,1987.
[2] 邓宏文,王洪亮,李小孟.高分辨率层序地层对比在河流相中的应用[J].石油与天然气地质,1997,18(2):90-95.
[3] 邓宏文,徐长贵,王洪亮,陆东凹陷上侏罗统层序地层与生储盖组合[J].石油与天然气地质,1998,19(4):275-284.

[4] 邓宏文,王红亮,阎伟鹏,等.河流相层序地层构成模式探讨[J].沉积学报,2004,22(3):373-379.

[5] 郑荣才,吴朝容,叶茂才.浅谈陆相盆地高分辨率层序地层研究思路[J].成都理工学院学报,2000,27(3):241-244.

[6] 郑荣才,柯光明,文华国,等.高分辨率层序分析在河流相砂体等时对比中的应用[J].成都理工大学学报,2004,12(6):641-647.

[7] 郑荣才,尹世民,彭军.基准面旋回结构与叠加样式的沉积动力学分析[J].沉积学报,2000,18(3):369-375.

[8] 郑荣才,文华国,梁西文.鄂尔多斯盆地上古生界高分辨率层序地层分析[J].矿物岩石,2002,22(4):66-74.

[9] 丘东洲,付清平.川西坳陷南区侏罗系层序地层与油气[J].天然气工业,2000,20(4):5-10.

[10] 柳梅青,陈亦军,郑荣才.川西新场气田蓬莱镇组陆相地层高分辨率层序地层学研究[J].沉积学报,2000,18(1):50-56.

[11] 刘建民,李阳,关振良,等.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):31-44.

[12] 彭立才,杨慧珠.柴达木盆地大煤沟侏罗系剖面高分辨率含煤层序分析[J].西安石油学院学报,2002,17(1):6-11.

[13] 王战,孟庆任,等.黄骅坳陷地区地质构造演化与油气分布[M].北京:科学出版社,1999.

[14] 郑荣才,彭军,吴朝容.陆相盆地基准面旋回的级次划分和研究意义[J].沉积学报,2001,19(2):249-255.

High-resolution sequence stratigraphic analysis of the braided river facies in the 3rd member of the Neogene Guantao Formation, Huanghua depression

CHEN Rong¹, LI Yong¹, QIU Dong-zhou², XIAO Dun-qing³, WU Zhan-guo³, ZHANG Lian-xue², SUN Xiao-xia¹, ZHAO Zhan¹, GAO Xuan-yu⁴

(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China; 2. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 3. Dagang Oil Field, Tianjin 300280, China; 4. Taiyuan Teachers College, Taiyuan 030012, Shanxi, China)

Abstract: High-resolution sequence stratigraphy in the 3rd member of the Neogene Guantao Formation, Huanghua depression, Hebei is explored on the basis of outcrops, well logs and seismic data. One long-term, two mid-term and several short-term base-level cyclic sequences have been distinguished, of which the mid-term and short-term cycles are typical of the asymmetric “deepening-upward” sequences and symmetric “deepening-upward” and then “shallowing-upward” sequences. The reservoir bodies are developed mainly in the early stages of the long-term and mid-term base-level rise.

Key words: Huanghua depression; Neogene; Guantao Formation; high-resolution sequence stratigraphy; Bohai Gulf Basin