

文章编号: 1000-0550(2008)06-1014-07

# 辽河清水洼陷东营组高分辨率层序格架下沉积演化特征及有利区带预测

肖毅<sup>1</sup> 王红亮<sup>1</sup> 邓宏文<sup>1</sup> 龙国清<sup>2</sup> 郑文波<sup>1</sup> 单俊峰<sup>3</sup> 任晓华<sup>1</sup>

(1. 中国地质大学 北京 100083 2 中国石油勘探开发研究院 北京 100083 3 中国石油辽河油田公司 辽宁盘锦 124010)

**摘要** 根据地层基准面原理,通过对岩心、测井、地震资料的综合分析,将辽河清水洼陷东营组划分为 4 个 3 级地层旋回(层序);东三下、东三上、东二和东一层序;识别出 3 种类型的沉积体系:较深水湖—水下扇、浅湖—三角洲以及河流—泛滥平原体系;并在层序格架内分析了各旋回的沉积体系构成和储层砂体的发育情况。综合分析生、储、盖条件后认为,在纵向上,东三下和东三上旋回为研究区最有利的储集层段;在平面上,研究区的油气勘探应主要寻找洼陷中部的地下水扇砂体和洼陷北部、西部与构造及断层相配合的辫状三角洲或扇三角洲前缘砂体,主要储层砂体类型为前缘水下分支河道砂体、河口坝和席状砂。

**关键词** 清水洼陷 东营组 高分辨率层序地层 沉积体系 有利区带

**第一作者简介** 肖毅 男 1971 年出生 博士研究生 测井及层序地层 E-mail: xiao\_pincchi@126.com

**中图分类号** P512.2 P539.2 文献标识码 A

## 0 引言

国内外勘探实践证明,层序地层学分析技术是寻找地层岩性圈闭的有效手段<sup>[1]</sup>,尤其是以岩心、钻/测井、三维地震资料为基础的高分辨率层序地层理论与分析技术为三级层序内部不同沉积环境高频层序的构成模式研究和砂体分布精细预测提供了可能<sup>[2,3]</sup>。高分辨率层序地层学应用基准面原理,将层序地层学与沉积学理论与分析方法紧密结合,依据可容纳空间和 A/S 比值的变化趋势,在缺乏不整合发育的研究区、浅水湖盆或河流相为主的地层中,根据沉积作用的转换识别基准面旋回界面,依据基准面旋回变化过程中可容纳空间的变化导致的沉积物体系体积分配原理指导地层对比,避免了不同沉积环境地层对比的穿时性<sup>[3]</sup>。因此,高分辨率层序地层理论与分析技术在研究陆相湖盆三级层序内部不同沉积环境高频层序的构成模式,预测砂体精细分布,寻找地层岩性圈闭方面具有优越性<sup>[4,5]</sup>。

清水洼陷是辽河西部凹陷主要的生油洼陷,油气潜力巨大,是各种岩性地层油气藏发育的有利区域<sup>[6]</sup>。多年来,洼陷周边各种正向二级构造单元勘探已进入高成熟阶段,相对而言,洼陷本身勘探程度较低,勘探难度较大,而且由于地震资料不同年限分地区采集,品质不一,后期处理拼接等都给该区域研

究造成了一定的难度。本次采用高分辨率层序地层学理论和方法在该地区开展层序地层学研究,在等时地层格架内分析其沉积相带分布特征,研究岩性油气藏的分布规律和进行有利区带预测,从而加快该负向构造区油气勘探进程,对辽河油区的持续稳定发展具有重大意义。

## 1 地质概况

西部凹陷是下辽河拗陷最大的一个凹陷,位于渤海裂谷系东北角,北部接内蒙地轴,西接燕辽沉降带,东部为辽河裂谷中央凸起,南临辽东湾<sup>[7]</sup>(图 1)。凹陷陆上部分南北长 115 km 东西宽约 22 km 面积约 2 530 km<sup>2</sup>,呈北窄南宽的葫芦形。古近纪,西部凹陷发育了一系列的北东向断裂,其中以东侧的台安一大洼断裂活动最为强烈,是控制凹陷发育和地层沉积的主干断裂,凹陷西侧发育的多个次级断裂活动相对较弱,由此形成西部凹陷东陡西缓的典型箕状构造格局<sup>[8]</sup>。凹陷在短轴方向上分为三个构造带,即西部缓坡带、中央深陷带和东部陡坡带。

清水洼陷正是处于西部凹陷西南部的中央深陷带中,北临兴隆台构造南翼,南接鸳鸯沟洼陷,西与西斜坡相连,东到台安一大洼断裂南段。古近纪至新近纪,辽河盆地经历了初陷—裂陷、扩张、再陷和拗陷 4 个构造—沉积演化期,清水洼陷相应沉积了古近系沙

收稿日期: 2008-03-02 收修修改稿日期: 2008-05-20

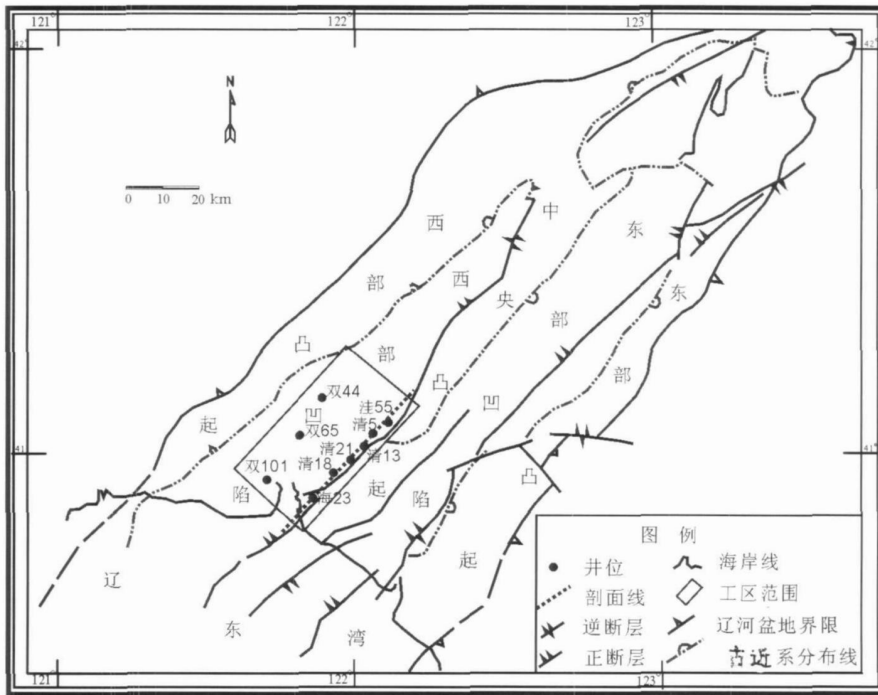


图 1 清水洼陷位置图

Fig 1 Location of Qingshui Sag

河街、东营组、新近系馆陶组、明化镇组和第四系。洼陷中烃源岩非常发育,厚度大,分布面积广,纵向上从沙四段到沙一段均有分布。其中沙四段暗色泥岩厚度一般 200~500 m,沙三段暗色泥岩最大厚度超过 1 600 m。烃源岩有机质丰度高,类型好,以 II<sub>A</sub>—II<sub>B</sub>型为主,少量 II 型和 III 型。据三次资评资料<sup>[9]</sup>,清水洼陷最大生油强度为 8400 万 t/km<sup>2</sup>,最大生气强度为 520 亿 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。东营组沉积视厚度 500~1 800 m 左右,岩性以灰绿、绿灰、灰色泥岩、砂质泥岩与浅灰、灰白色砂岩、长石砂岩、砂砾岩含砾砂岩间互为特征。

## 2 层序划分及特征

高分辨率层序地层学是以相互标定的岩心、测井和高分辨率地震资料为基础,结合沉积学理论和方法,通过分析地层记录中沉积物的保存程度、地层堆积样式、相序、相类型及岩石结构等的旋回变化,识别不同级次的基准面旋回,从而进行高分辨率的等时地层对比的理论和方法。不同级次的基准面旋回的识别方法不同。钻井剖面中期基准面旋回的确定标志主要依靠:地层剖面中的冲刷现象及其上覆的滞留沉积物;作为层序界面的滨岸上超的向下迁移;岩相类型或相组合在垂向剖面上的转换;砂、泥岩厚度旋回性变化;短期旋回的叠加样式分析<sup>[10]</sup>。

基于高分辨率层序地层学原理和方法,结合辽河西部凹陷古近系的沉积史和构造史,以钻测井、地震资料以及岩心观察为基础,利用 VSP 测井、合成记录进行井—震标定,并综合利用地震反射标志层及地震相等信息,在研究区东营组从下往上识别出 5 个中期基准面旋回(三级层序)界面 SB1、SB2、SB3、SB4、SB5 和 4 个较大规模的进积—退积转换面(即湖泛面)F1、F2、F3、F4(图 2)。

SB1 是东营组与沙河街组之间的界面,为一规模较大的不整合面。钻井剖面上表现为下部半深湖—深湖泥质沉积为主,上部三角洲前缘砂质沉积为主的特征;局部地区上、下均为泥质沉积,但泥岩颜色明显不同,下部深灰色,上部灰或浅灰色,反映水体突然变浅。测井曲线上表现为明显的突变特征。地震剖面上在斜坡部位表现出明显的下部削截、上部上超特征;洼陷区以整合接触为主,局部表现为上超特征。

SB2、SB3 和 SB4 均为东营组内部界面,属沉积作用转换面。钻测井剖面上或为三角洲前缘进积砂体顶部界面,或为河道或分流河道砂体的底部界面。地震剖面上整合接触为主,局部见上超反射特征。

SB5 为馆陶组与东营组之间的区域不整合面。钻测井剖面上特征明显,多为馆陶组厚层河道砂体的底部界面,电测曲线突变特征明显。在地震剖面

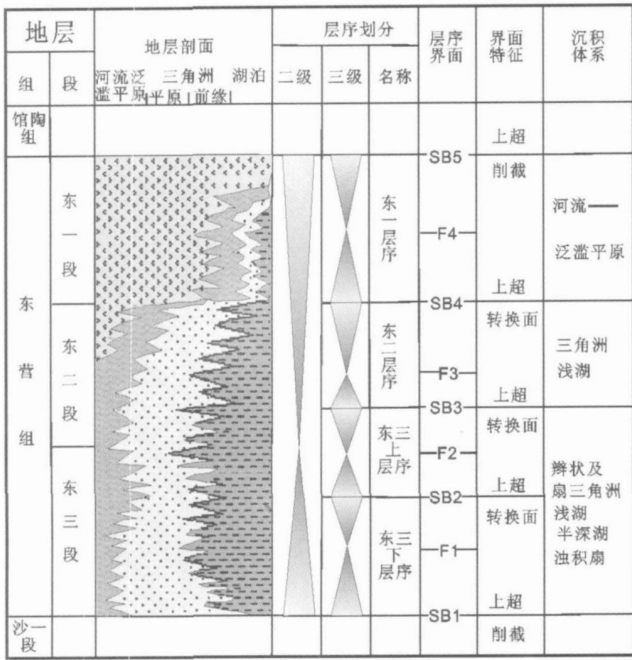


图 2 清水洼陷层序地层划分方案及充填特征

Fig 2 Sequence stratigraphic division and filling characteristics

上,在盆地边缘和斜坡带的不整合特征非常明显,突出表现为一个或两条强轴反射,界面之下削截特征明显,之上局部见上超反射特征。

F1、F2、F3和 F4为东营组内部较大规模的洪泛面。钻井剖面上多为相对较纯的泥岩段,GR曲线上一般为较大厚度的高值段;该界面退积与进积地层叠加样式转换特征明显。地震剖面上表现地震剖面上表现为最大上超面或较大规模的下超面特征,或为较明显的地震相界面。

根据以上识别出的界面将研究区东营组划分为4个三级层序,自下而上命名为东三下层序、东三上层序、东二层序和东一层序。

### 3 层序地层分析及沉积体系研究

西部凹陷经过沙河街组四段—三段张裂深陷和沙河街组二段—一段扩张构造运动,形成了西缓东陡、北窄南宽的箕状构造格局。东营组时期,盆地断裂活动进一步加剧,第三次大规模扩张,受构造运动控制,盆地西北部继续抬升,东南端倾没,造成西部凹陷北部及西侧斜坡抬升遭受剥蚀,沉降中心和沉积中心向工区东南移动。

综合研究区内地质、钻 测井、录井、岩心、地震相及属性等资料分析,可识别出该区不同旋回层序发育 3种类型的沉积体系,即较深水湖—水下扇、浅

湖—三角洲以及河流—泛滥平原体系。东三下层序分布受大洼断层影响,整体表现为工区近东南边界断裂部分为沉积中心,由于地形高差,四周物源向洼陷中心区汇聚,碎屑沉积体入湖形成扇三角洲、辫状三角洲和 水下扇,地层厚度大;东三上层序分布虽也受断裂影响,但断层对沉积控制作用减弱,地形变平缓;至东二层序时期,沉积中心向西南方向迁移,洼陷由四周供源变为由北东长轴方向供源,以发育大面积的河流—泛滥平原和河流三角洲为主,湖区向西南迁移,以滨浅湖为主;东一层序时期,沉积中心继续向西南海域迁移,研究区为大面积的河流—泛滥平原沉积,沉积中心已不受断裂控制。整个东营组沉积时期,受西北部构造抬升的影响,沉积中心自下而上由北向南方向迁移。

#### 3.1 东三下层序地层特征及沉积体系展布规律

东三下层序岩性主要为灰、深灰色泥岩夹厚层或薄层的细砂岩,部分为夹粉砂岩或砂砾岩、中粗砂岩,局部夹炭质泥岩薄层,边缘部位泥岩颜色变为灰绿色。沉积主要受洼陷东部大洼断层控制,断层根部沉积厚度大,往西部斜坡和北部地区地层逐渐超覆减薄,总体上地层东南厚西北薄。由于大洼断层分段活动,其北段和南段活动性较强,故以双 65—清 21井一线为界,发育两个沉积中心,沉积厚度均较大(图 3)。

基准面上升期,在研究区东侧控洼断层活动性较强的北段和南段根部发育近岸水下扇和半深湖沉积。水下扇为钻井剖面上夹于厚层较深水暗色湖相泥岩中的一套砂质沉积,伴随湖水的进退可形成进积或退积的序列,岩性以砾状砂岩、细砂岩、粉砂岩为主,与深灰色湖相泥岩互层,在测井曲线上呈锯齿状箱形或齿状特征,在地震剖面上为楔形或透镜状反射特点。在断层活动性较弱的中段发育较大规模的扇三角洲沉积,以前缘为主,钻井剖面上表现为单期或叠置的辫状分流河道厚层的砂砾岩、含砾砂岩、粗砂岩及中、细砂岩和河道间灰褐、浅灰色泥岩、粉砂质泥岩为主的特征,岩心观察单个河道呈正韵律,中下部槽状、块状或低角度交错层理,上部多发育波状交错层理,局部见炭化植物茎。扇三角洲前缘在测井曲线上自然电位幅度中等,多表现为箱形或漏斗形—箱形,齿化特征明显,在地震剖面上一般为边界断层下降盘发育,楔形特征明显,规模较大的扇三角洲可表现为较明显的前积特征。西部和北部缓坡发育 4个大型辫状三角洲,三角洲平原部分相对局限,以发育前缘为主。

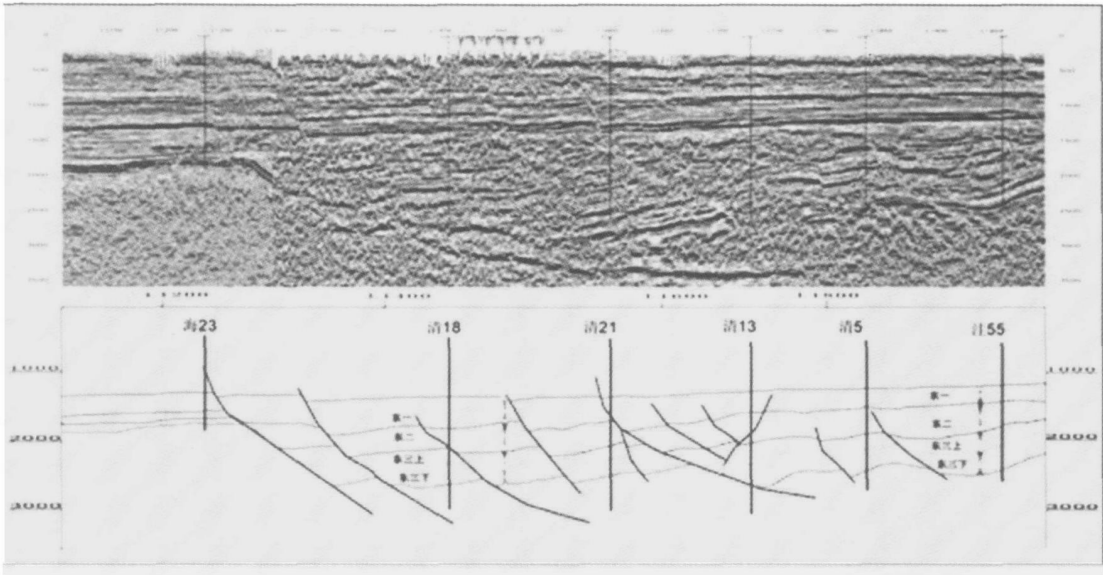


图 3 清水洼陷三维地震 Trace1550 地层格架

Fig. 3 3D seismic stratigraphic framework in Trace1550, Qingshui Sag

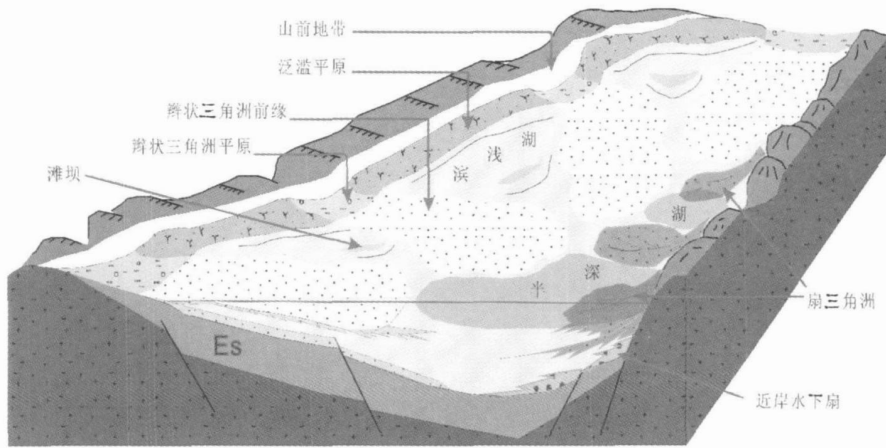


图 4 辽河清水洼陷东营组沉积模式图

Fig. 4 Depositional model of Dongying Formation in Qingshui Sag, Liaoh

基准面下降期具有与上升期相似的沉积特征,以辫状三角洲和扇三角洲为主,区别在于此时水下扇已演变为扇三角洲。大洼断层南端下降盘发育 4 个扇三角洲;西部斜坡和北部地区的辫状三角洲继承性发育,以前缘为主,发育分流河道、河口坝及席状砂微相(图 5)。分流河道岩性以含砾砂岩、中、细砂岩为主,表现为多期河道叠置,单个河道为粗砂岩—粉细砂岩的正韵律,发育有槽状交错层理、块状层理及粗细韵律层理,底部可含泥砾。河口坝为典型的反韵律特征,自下而上为泥质粉砂岩、粉砂岩、中、细砂岩、含砾粗砂岩,下部发育波状或波状交错层理,上部发育槽状层理。席状砂以细砂岩和粉砂岩为主,波状层理发

育,局部见有螺化石。前缘在测井曲线上多为箱形与漏斗形曲线组合为主,部分见钟形曲线特征,在地震剖面上多呈梭形蛰伏于地貌坡折带下方,规模较大的可呈楔形或低幅前积反射特征。由于基准面下降,湖盆收缩,三角洲往湖区进积明显,在洼陷中心区进一步汇聚。

### 3.2 东三上层序地层特征及沉积体系展布规律

东三上层序岩性主要为灰、深灰色泥岩夹厚层或薄层的细砂岩,部分夹粉砂岩或砂砾岩,局部夹炭质泥岩薄层,边缘部位泥岩颜色变为灰绿色。层序在缓坡部位多表现为下降半旋回的地层厚度明显大于上升半旋回,在陡坡部位上升半旋回地层厚度一般大于

下降半旋回, 洼陷中间部位一般对称性较好。东侧大洼断层继承性活动, 但强度已逐渐减弱。由于整体构造抬升, 东三下序时的两个沉积中心继承性发育, 但深洼中心已明显南移。区内大部分为滨浅湖—辫状三角洲体系沉积, 仅在东侧断层根部发育半深湖—扇三角洲体系沉积。

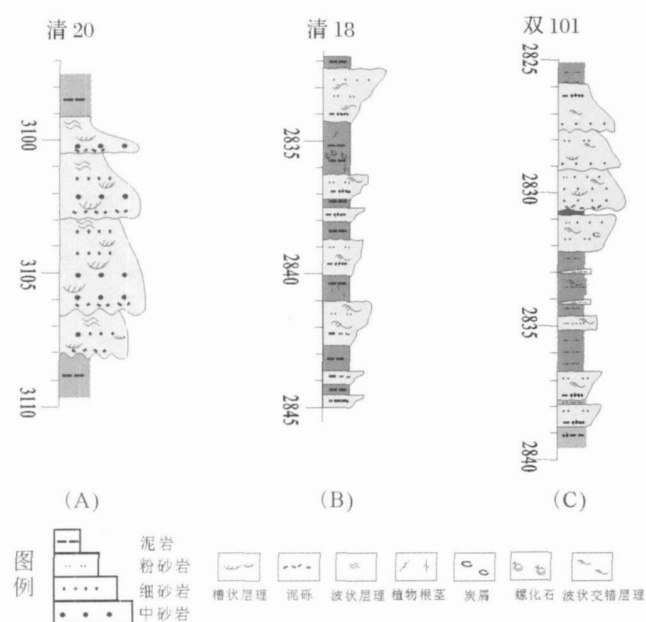


图 5 (A)、清 20 井辫状三角洲前缘叠置河道;  
(B)、清 18 井滩坝沉积;

(C)、双 101 井辫状三角洲前缘砂坝—河道沉积序列

Fig 5 (A) the superimposed channels in braided delta-front in Well Qing 20 (B) the beach and bar sedimentation in Well Qing 18 and (C) the bar sand-channel sedimentary succession in braided delta front in Well Shuang 101

基准面上升期, 湖域面积较大, 平面上具有广湖盆、浅水体特点, 属滨浅湖环境。在东侧大洼断层根部半深水湖区发育扇三角洲, 以前缘部分为主。西部、北部在平缓斜坡背景下, 以发育辫状三角洲为主, 平原部分有所增大。在平缓低凸起上发育滩坝砂体, 岩性为泥质粉砂岩和粉砂岩向上变为细砂岩, 呈明显的反韵律(图 5)。滩坝砂体在震剖面上通常不易识别, 主要以发育位置来判断, 常处于平缓低凸起部位, 有时呈较连续的弱反射特征, 在测井剖面上自然电位为低幅平滑或锯齿状, 电阻率中高值, 若为生物滩坝或生物碎屑滩坝, 则电阻率呈现极高值, 声波时差极低值。

基准面下降期, 总体上仍以发育辫状三角洲、扇三角洲及湖泊沉积为主。西北部构造抬升导致辫状

三角洲沉积大面积充填湖区, 研究区内平原部分所占比重已显著增大, 洼陷中心三角洲相互叠置。东南部陡坡扇三角洲沉积由于地形变缓, 开始发育扇三角洲平原, 但整体仍以前缘位为主。

### 3.3 东二序地层特征及沉积体系展布规律

东二序岩性特征南部主要为灰色泥岩夹薄层或中厚层细砂岩、粉砂岩, 部分井上部为灰色泥岩与粉砂岩互层; 北部为灰色、灰绿色泥岩夹薄层或中厚层的细砂岩、粉砂岩、砂砾岩。层序发育时控洼断层活动的影响依然存在, 表现在东侧断层根部沉积厚度较大。由于区域抬升, 洼陷演化进入断拗转换期, 层序结构不对称性明显, 下降半旋回的厚度均明显大于上升半旋回。由于整个西部凹陷西北部不断抬高, 沉积中心进一步南移(图 3)。

基准面上升期, 由于西北部持续抬升, 湖域面积明显往南部收缩, 大部分地区沉积辫状三角洲和泛滥平原相。由于此时地形平缓, 辫状三角洲平原部分已相当发育。在辫状三角洲之间发育较大面积的泛滥平原, 岩性以灰绿色泥岩为主, 夹薄层砂岩, 测井曲线上多呈锯齿状, 在震剖面上呈中等连续、中等振幅的亚平行反射结构。扇三角洲沉积已退缩至南部断层根部, 以前缘为主。

基准面下降期, 洼陷演化进入拗陷充填阶段, 东部断层已不再对沉积有控制作用, 西北部构造的持续抬升终止了洼陷东西两侧的短轴物源供给, 西部缓坡辫状三角洲沉积和东部陡坡扇三角洲沉积彻底消失, 代之以东北长轴方向物源的河流三角洲和泛滥平原沉积为主, 湖域已近乎退出研究区。

### 3.4 东一序地层特征及沉积体系展布规律

东一序主要为灰色、灰绿色泥岩夹薄层或中厚层细砂岩、砂砾岩, 或为中、厚层细砂岩、砂砾岩与灰色、灰绿色泥岩互层。洼陷中心部位层序结构以对称型为主, 向两侧一般表现为下降半旋回厚度明显大于上升半旋回的非对称层序结构。层序发育主要受宏观地貌的影响, 整体表现为洼陷中间厚, 向东西两侧减薄。受西部凹陷西北部构造抬升的影响, 湖域完全退出研究区, 代之以大面积的河流—泛滥平原沉积。

## 4 有利储集层预测

针对油源条件良好以及储集砂体发育的特点, 本区有利区带预测主要考虑有较好的构造背景, 具有沟通深部油源的断裂系统, 在此基础上对有利储集相带分布进行了预测。

清水洼陷是辽河西部凹陷主要的生油洼陷, 具有优越的烃源岩条件。除了发育沙四、沙三、沙二——等三套烃源岩, 具有生排烃时窗长的特点外, 东营组下部地层也具备一定的形成烃源岩的潜力。西部凹陷新近纪馆陶组和明化镇组沉积的稳定泥岩可以作为区域性盖层<sup>[11]</sup>; 东一段发育较广泛的泛滥平原泥岩由于横向分布稳定性差, 只可作为局部直接盖层。东营组发育有多种类型的砂体, 包括扇三角洲、辫状三角洲、水下扇、河道砂体等, 砂体厚度大, 分布范围广, 东营组砂泥比一般在 30% ~ 50%, 有利于形成良好的储盖组合。在东营组四个层序中, 东三下层序和东三上层序发育的储集砂体由于距离油源近, 为本区最有利勘探层系。

本区有利圈闭类型主要是断层—岩性圈闭和地层岩性圈闭。该区断裂发育, 既有洼陷两侧的边界断裂, 又有与边界断裂伴生的多条次级断裂。这些断裂体系具有早期开启和晚期封闭双重作用<sup>[11]</sup>, 不但沟通深部沙河街组有利烃源岩, 为油气垂向运移提供了良好条件, 而且在构造交汇部位易于形成断鼻、断块等局部构造, 与区内广泛展布的各种三角洲前缘相带砂体配合形成断裂—岩性圈闭。同时, 由于处于湖盆萎缩阶段, 三角洲充填特征明显, 其前缘相带由于砂岩含量高, 储集性能好, 本身就是良好的油气侧向运移通道, 与洼陷周边的各种地貌坡折配合, 极易发育上倾尖灭岩性油气藏。

## 5 结论

利用岩心、测井和三维地震资料, 在辽河清水洼陷开展东营组高分辨率层序地层学研究, 得到以下几点认识:

(1) 识别出 5 个层序界面和 4 个较大规模的洪泛面, 由此将东营组划分为 4 个三级层序。层序地层学分析表明, 东营组地层分布早期依然受控于边界断裂, 断陷特征明显; 晚期断层影响减弱, 洼陷拗陷充填特征突出, 同时, 由于西部凹陷整体西北部抬升, 洼陷东营组沉积中心由北向南部海域迁移。

(2) 通过层序地层格架内的沉积演化特征研究, 认定东营组早期存在半深湖, 湖盆中心发育水下扇, 周缘发育辫状三角洲和扇三角洲砂体, 晚期演化为河流三角洲和河流—泛滥平原沉积。

(3) 清水洼陷油源充足, 各种三角洲前缘前缘相带砂体和水下扇砂体发育, 易于形成岩性油气藏, 配合洼陷周缘丰富的断裂系统和局部构造, 可以形成各

种断层—岩性油气藏。纵向上, 东三下层序和东三上层序是勘探的有利层系; 平面上以各种前缘相带储层为最优。

## 参考文献 (References)

- 1 蔡希源, 李思田. 陆相盆地高精度层序地层学——隐蔽油气藏勘探基础、方法与实践 [M]. 北京: 地质出版社, 2003: 1-271 [Cai Xiyuan, Li Sitan. High Resolution Sequence Stratigraphy of Continental Basins: Basics, Method and Practice in Subtle Reservoir Exploration [M]. Beijing Geological Publishing House, 2003: 1-271]
- 2 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, 2004, 19 (2): 249-255 [Zheng Rongcai, Peng Jun, Wu Chaorong. Grade division of base level cycles of terrigenous basin and its implications [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2004, 19 (2): 249-255]
- 3 邓宏文, 王红亮, 王居峰, 等. 层序地层构成与层序控砂、控藏的自相似特征——以三角洲—浊积扇体系为例 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25 (5): 491-495 [Deng Hongwen, Wang Hongliang, Wang Jufeng, et al. Self-similarity of constitution of sequence stratigraphy and distribution of sand-bodies and lithologic reservoirs taking delta-turbidite fan system as an example [J]. Oil and Gas Geology, 2004, 25 (5): 491-495]
- 4 淡卫东, 张昌民, 尹太举, 等. 川西白马庙气田上侏罗统蓬莱镇组高分辨率层序地层对比 [J]. 沉积学报, 2007, 15 (5): 708-715 [Dan Weidong, Zhang Changmin, Yin Taiju, et al. High resolution sequence stratigraphic correlation of Penglaizhen Formation, Upper Jurassic of Bainaniao Gas Field, Western Sichuan [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2007, 15 (5): 708-715]
- 5 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 [Zheng Rongcai, Yin Shiming, Peng Jun. Sedimentary dynamic analysis of sequence structure and stacking pattern of base-level cycle [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2000, 18 (3): 369-375]
- 6 单俊峰, 陈振岩, 回雪峰. 辽河西部凹陷岩性油气藏展布特征及有利勘探区带选择 [J]. 石油地质, 2005, 4: 29-33 [Shan Junfeng, Chen Zhenyan, Hui Xuefeng. Distribution features of lithologic oil-gas reservoirs and choice for favorable exploration zone in western sags of Liahe Depression [J]. Petroleum Geology, 2005, 4: 29-33]
- 7 翟光明, 等. 中国石油地质志 卷 3 辽河油田 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1993: 1-550 [Zhai Guangming, et al. Petroleum Geology of China Vol. 3 Liahe Oilfield [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1993: 1-550]
- 8 孙洪斌, 张凤莲. 辽河断陷西部凹陷古近系砂岩储层 [J]. 古地理学报, 2002, 4 (3): 83-91 [Sun Hongbin, Zhang Fenglian. Sandstone reservoirs characteristics of the Paleogene in Western Depression of Liahe Rift [J]. Journal of Palaeogeography, 2002, 4 (3): 83-91]
- 9 单俊峰, 陈振岩, 回雪峰. 辽河拗陷西部凹陷坡洼过渡带岩性油气藏形成条件 [J]. 石油勘探与开发, 2005, 32 (6): 42-46 [Shan Junfeng, Chen Zhenyan, Hui Xuefeng. Forming conditions of lithologic reservoir in transition zone of western Liahe Depression [J]. Petroleum

- Exploration and Development 2005 32(6): 42-46]
- 10 邓宏文, 王宏亮. 层序地层地层基准面的识别、对比技术及应用 [J]. 石油与天然气地质, 1996 17(3): 177-183 [ Deng Hongwen Wang Hongliang. Identification and correlation techniques of sequence stratigraphic base levels and their application [ J. Oil and Gas Geology 1996 17(3): 177-183]
- 11 鲁卫华, 牛嘉玉, 冯有良, 等. 辽河西部凹陷南段隐蔽油气藏的形成条件与分布规律 [ J. 石油地质, 2007 3: 17-21 [ Lu Weihua Niu Jiayu Feng Youliang et al. Accumulation conditions and distribution regularity of subtle oil-gas reservoirs in the southern segment of western sag of Liahe Oilfield [ J. Petroleum Geology 2007 3: 17-21]

## Sedimentary Evolution in the Framework of High Resolution Sequences of Dongying Formation and Prediction of Favorable Zones in Qingshui Sag Liahe

XIAO Yi<sup>1</sup> WANG Hong-liang<sup>1</sup> DENG Hongwen<sup>1</sup> LONG Guo-qing<sup>2</sup>  
ZHENG Wen-bo<sup>1</sup> SHAN Jun-feng<sup>3</sup> REN Xiao-hua<sup>1</sup>

(1 China University of Geosciences Beijing 100083 2 Research Institute of Petroleum & Development Beijing 100083  
3 Liahe Oilfield Branch Company of CNPC Panjing Liaoning 124010)

**Abstract** On the principle of base-level cycling and through the integrated analysis of cores well logs and 3D seismic data we divided the Dongying Formation (Ed) in Qingshui Depression into 4 third-order sequences namely Lower Ed<sub>3</sub>, Upper Ed<sub>3</sub>, Ed<sub>2</sub> and Ed<sub>1</sub>, and recognized three types of sedimentary systems i.e. the semideep lacustrine subaqueous fan system the shallow lacustrine-delta system and the alluvial-floodplain system. On the basis of the sequence identification and the sedimentary system recognition we then studied the configuration of sedimentary systems and the development of reservoir sand-bodies in the sequential context. Finally after evaluating the oil-generation preservation and seal conditions we concluded that Lower Ed<sub>3</sub> and Upper Ed<sub>3</sub> sequences are the most favorable sections vertically and exploration targets are subwater fans and delta front sands mainly channel sands mouth bars and sheet sands.

**Key words** Qingshui Sag Dongying Formation high-resolution sequence stratigraphy sedimentary system favorable zones