

辽河西部凹陷古近系层序地层格架

谢玉华¹, 朱筱敏², 赵坤²

1. 中国地质大学(北京)能源学院, 北京 100083
2. 中国石油大学(北京)资源与信息学院, 北京 102249

摘要 随着油气勘探向纵深发展, 辽河西部凹陷油气勘探的难度越来越大, 现今的勘探面临着复杂的石油地质难题。为了加强西部凹陷的油气精细、立体勘探, 提高油气资源的探明率, 并借鉴冀东油田、吉林油田和胜利油田油气精细勘探的成果实例, 开展西部凹陷的油气精细勘探十分必要, 而层序地层格架的建立是油气精细勘探的基础, 因而具有十分重要的理论和实践意义。收集了辽河西部凹陷丰富的钻测井资料、地震资料及古生物资料, 通过对本区地震剖面上不整合面的识别、古生物化石的等时地层对比、测井曲线组合的突变面识别等, 进行层序边界的识别, 并运用层序地层学原理, 在本区古近系识别出 4 个二级层序和 11 个三级层序。在层序界面识别和层序单元划分基础上, 通过制作合成记录, 建立并震层序地层格架。层序格架内沉积层序整体分布规律为: 沉积中心向南迁移, 斜坡沉积厚度薄; 南厚北薄, 洼陷地层齐全; 凸起部位地层发育不全。

关键词 辽河西部凹陷; 层序边界; 古近系; 层序地层格架

中图分类号 P621+.6

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)06-0058-07

Sequence-stratigraphic Framework on Paleogene of the Liaohe Western Depression

XIE Yuhua¹, ZHU Xiaomin², ZHAO Kun²

1. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China
2. Faculty of Natural Resources and Information Technology, China University of Petroleum, Beijing 102249, China

Abstract With the development in depth of the oil and gas exploration, the exploration of the Liaohe western depression becomes more and more difficult, and serves as a complex challenge in view of petroleum geology. In order to undertake the fine and three-dimensional exploration of the oil and gas in the western depression and to increase the success rate of exploration, it is necessary to learn the successful exploration experience from Jidong oilfield, Jilin oilfield and Shengli oilfield, and to carry out detailed exploration of oil and gas in the western depression. The establishment of a sequence-stratigraphic framework is essential for the fine exploration of the oil, and of great theoretical and practical significance. Guided with the theory of sequence stratigraphy and based on well drilling, well logging, seismic and palaeophyte data in the interested districts, the paleogene can be divided into 4 second-order sequences and 11 third-order sequences on the basis of the identification of the sequence boundary which is made through unconformity surface recognition in the seismic section, isochronal formation comparison of the palaeontology fossil and mutation surface recognition of the well logging curves. According to the sequence boundary and the division of layer cells, and by using the synthetic seismogram, the sequence-stratigraphic framework of the west depression is established. Sedimentary sequence distribution law in the sequence-stratigraphic framework includes 5 aspects: migrated southward depocenter; thin slope sedimentary; large sedimentary thickness in the south and small sedimentary thickness in the north, a complete formation in the low-lying; and a not completed formation in the heave part.

Keywords Liaohe western depression; sequence stratigraphic boundary; paleogene; sequence-stratigraphic framework

收稿日期: 2009-11-06

作者简介: 谢玉华, 博士研究生, 研究方向为层序地层学及应用, 电子信箱: homeofheart@126.com; 朱筱敏(通信作者), 教授, 研究方向为沉积地质学、储层地质学、层序地层学和含油气盆地分析, 电子信箱: xmzhu@cup.edu.cn

辽河西部凹陷古近系是辽河油田的重要油气勘探领域之一。随着油气勘探向纵深发展,开展西部凹陷的油气精细勘探显得十分必要,而层序地层格架的建立是油气精细勘探的基础。辽河盆地西部凹陷不同地区层序地层学研究已取得了许多成果。任德兴等^[1]根据对地震、测井资料的综合研究,应用时频分析技术,在该地区古近纪同裂谷沉降超层序中识别出4个由扇三角洲—湖泊体系组成的层序,包括11个体系域。冯有良等^[2]基于构造层序分析方法,应用三维地震、测井、岩心资料对辽河西部凹陷古近系做了层序地层研究和地层岩性油气藏预测。古近系作为一个超层序组可以划分出4个超层序和8个三级层序。王凯^[3]对辽河西部凹陷西南部地区沙一、二段沉积体系及层序地层特征进行了研究,认为该区沙一、二段沉积体系为辫状河三角洲,并组成了一个完整的I型三级层序。鲁卫华等^[4]运用层序地层学的理论与方法。综合分析岩心、测井以及地震等资料,将辽河拗陷西部凹陷鸳鸯沟地区古近系裂陷期的沉积充填划分为4个超层序和8个三级层序。黄耀华等^[5]、吴振林等^[5-6]对辽河的层序地层格架进行了局部研究。虽然前人在本区进行了大量的层序地层学研究,但是层序地层学研究多是局部的,没有包括整个古近系和整个西部凹陷,导致油田勘探开发缺乏统一的地层划分方案。本研究以层序地层学理论为指导,以钻测井资料、地震资料和古生物资料为基础,结合区域构造运动,识别层序界面,建立本区古近系三级层序地层格架,并揭示层序格架内沉积层序的沉积分布规律。在优选的地震剖面上通过对地震反射终止关系的分析,进行三级及以上层序界面识别和层序级别的划分。在此基础上,通过制作合成记录,建立井震对应关系,依据沉积旋回特征,对过优选地震剖面的典型井进行层序划分,并通过分析典型井层序的岩电性特征与生物化石特征,建立不同级别层序单元特有的生物化石组合与岩电性旋回特征。以此为依据,开展所有典型井的三级层序划分对比工作,为利用地震资料开展西部凹陷全区层序单元及界面的追踪对比与闭合研究奠定基础。在典型井层序分析研究的基础上,通过开展西部凹陷过典型井的所有优选地震剖面的层序地层划分解释与层序单元及界面的追踪对比与闭合,并结合对全凹陷构造演化史与绝对地质年龄分析,完整、系统的建立西部凹陷层序格架,主要研究建立区域性地震层序地层格架骨干剖面、建立多井层序地层格架骨干剖面及建立综合性层序地层等时地层格架。

1 区域地质概况

辽河西部凹陷位于渤海湾东北角,为辽河盆地内最大的一个二级构造单元。凹陷内构造格局具有东西分带,南北分段的特征。其北邻大民屯凹陷,西接西部凸起,东靠中央凸起,向南延伸至辽东湾。总的地质、地形特点为东陡西缓,北高南低,北窄南宽,东断西超,为一向东南方向倾斜的狭长形箕状凹陷(图1)。古近纪为西部凹陷的主要发育时期,经历了拱张、初陷、深陷、再陷和萎缩等构造发展演化期,沉积了房身泡组、沙河街组和东营组^[7]。

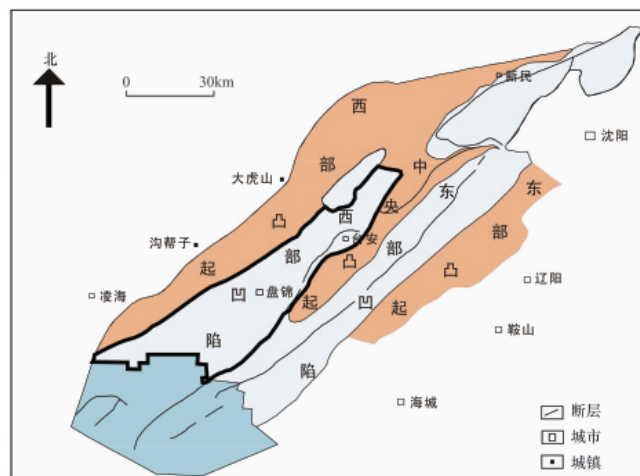


图1 辽河西部凹陷地理位置图

Fig. 1 The geography position of the Liaohe western depression

2 古近系层序地层格架的建立

2.1 古近系层序划分

辽河西部凹陷古近系自下而上沉积了沙河街组和东营组。通过对钻测井资料、地震资料以及古生物资料的详细研究,识别出层序界面,将本区古近系划分出4个二级层序和11个三级层序(图2)。根据合成记录,实现钻测井层序划分与地震剖面标定相结合,建立井震对应关系,实现了整个西部凹陷古近系层序地层划分的统一性。

2.2 古近系层序边界的识别及特征

陆相断陷盆地中二、三级层序常常是构造阶段性演化的直接产物。在盆地范围的地震剖面或连井剖面上,追踪对比这些层序单元的层序界面和最大湖扩期的泥质岩段的是建立盆地层序地层格架的基础。正确识别、划分和对比不同级别的层序界面是建立层序地层格架的关键。在辽河西部凹陷古近系层序划分中,综合钻测井资料、地震资料及古生物资料,以不整合、岩性岩相突变面等为标志,进行层序界面的识别。

2.2.1 地震资料上层序边界的识别

地震反射同相轴存在多种接触关系:上超、下超、削截和顶超。层序界面在地震剖面上的标识主要依据上超、下超、削截和顶超等地震反射终止关系。三级以上层序界面的识别主要是通过识别地震剖面上的不整合面或与之可对比的整合面来确定。地震剖面上不整合面主要依据地震反射同相轴的终止方式来确定。古近系地层中存在着明显的不整合接触关系(图3),根据不整合接触关系可以很好识别层序界面。

2.2.2 钻测井资料上识别层序界面

钻测井上层序界面通常表现为以下特征:① 岩性和颜色发生突变;② 电性发生明显变化;③ 沉积相类型发生变化,如图3所示。而研究区欢12井SQ4层序底界面的上下则表现为以下特征:① 岩性和颜色发生突变,底界面之下为深灰色泥岩,底界面之上为灰白色含砾砂岩;② 电性发生明显变

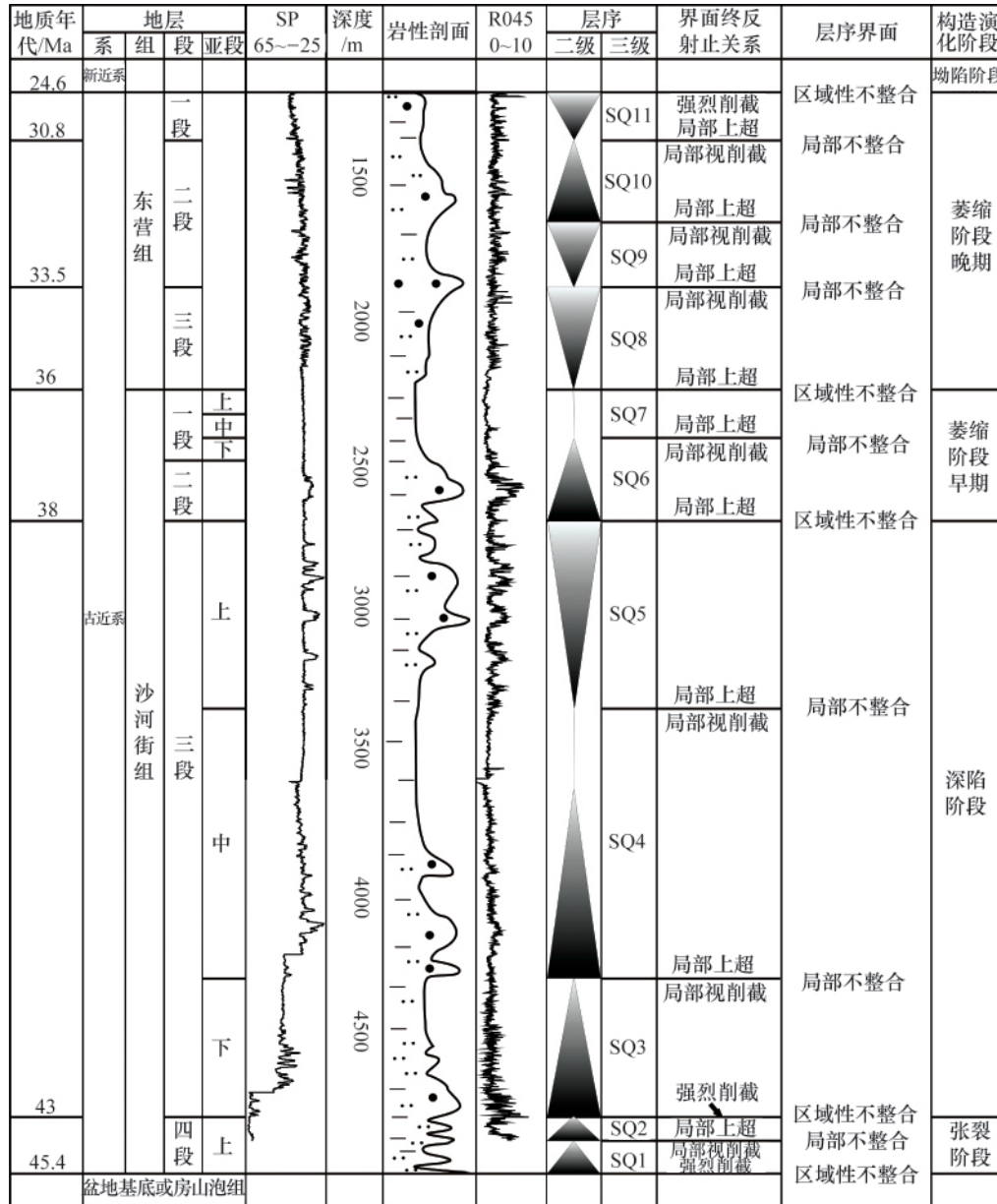


图2 辽河西部凹陷古近系层序划分

Fig. 2 Sequence-stratigraphic division of paleogene of the Liaohe western depression

注: SP: 自然电位; R045: 0.45m 电位电阻率

Notes: SP: natural potential; R045: 0.45 meters potential resistance

化, SQ4 层序底界面之下自然电位和电阻率值均较低, SQ4 层序底界面之上增大, 而且幅度较大; ③ 沉积相类型发生突变, SQ4 层序底界面之下沉积由深灰色泥岩组成, 其反映的沉积环境为深湖—半深湖环境, 而 SQ4 层序底界面之上的沉积则过渡为浅灰色砂砾岩, 反映的应该是扇三角洲, 如图 4 所示。

2.2.3 古生物资料上识别层序界面

生物化石组合或化石带在一定的时间尺度上具有等时性, 特征古生物的断带、特征古生物组合类型和含量的突变都可以为层序界面追踪提供依据。介形类是陆相盆地中分布

最广、数量最为丰富的一个生物种类。通过对辽河西部凹陷介形类组合分布情况研究, 在特定的地质年代分布有不同的介形类组合及介形类亚组合 (表 1), 为层序边界的识别提供了很好的依据。

2.3 层序地层格架的建立

研究区内界面识别的基础上, 在地震剖面和测井曲线上进行层序单元的划分, 单井层序和地震有很好的对应关系^[8-10], 地震剖面不仅可以反应单井层序地层, 也可以反应出井间地层状况。通过制作合成记录, 将关键井和地震剖面结合起来建立并震层序格架。

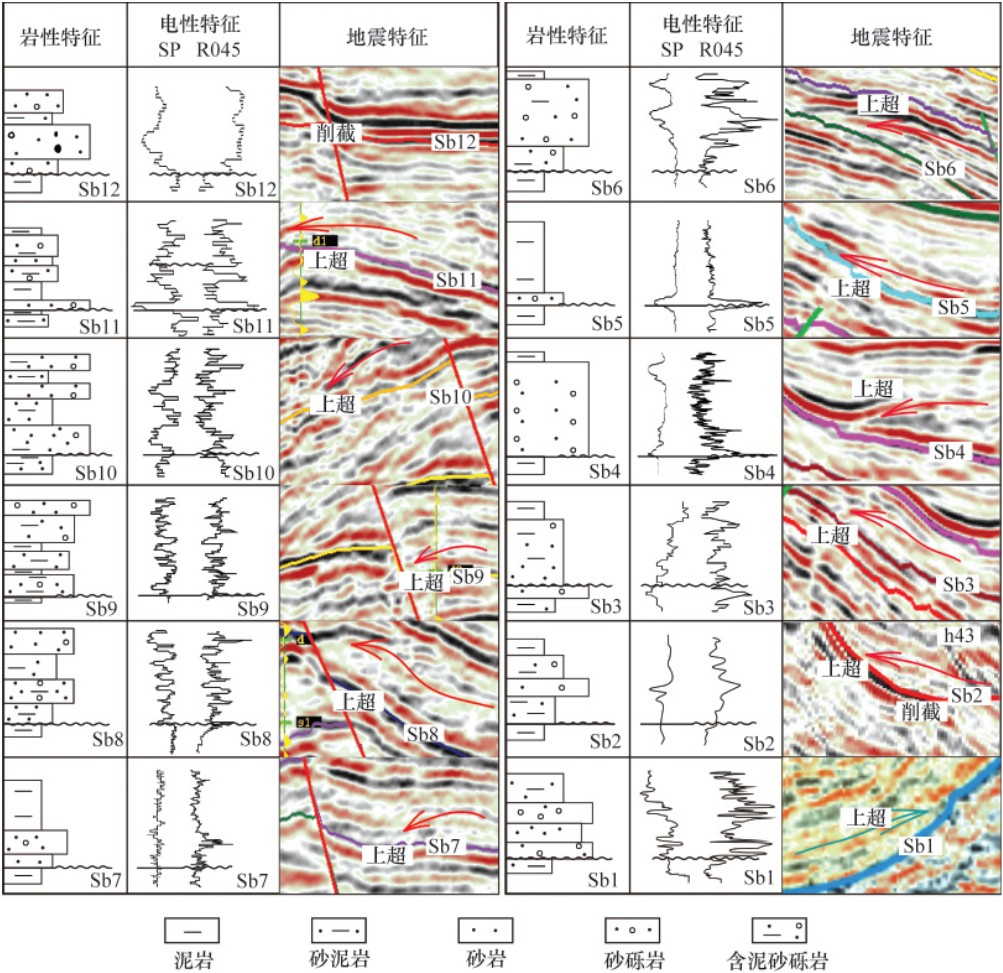


图 3 辽河西部凹陷古近系层序划分和层序界面特征及识别标志

Fig. 3 Sequence-stratigraphic division of paleogene of the Liaohe western depression and the characteristics and its recognition marks of the sequence stratigraphic boundary

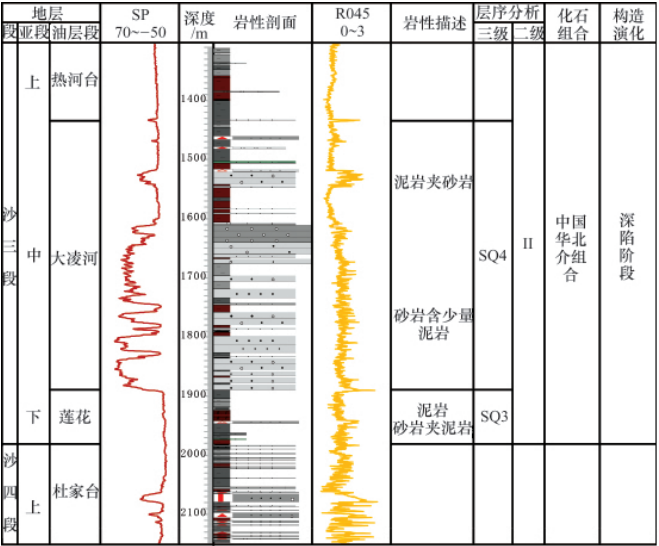


图 4 辽河西部凹陷欢 12 井层序综合分析

Fig. 4 General analysis of the Huan12 well of Liaohe western depression

3 层序格架内沉积层序的沉积分布规律

3.1 不同沉积层序分布特征

层序地层格架特征,主要表现在层序地层格架内各个沉积层序的分布规律^[11-12]。根据关键井层序的划分、连井剖面的分析和地震剖面层序单元的展布情况,可以得出古近系 11 个沉积层序的分布演化具有的基本特征(图 2)。

层序 SQ1 对应于沙四段上亚段下部,仅发育在盘山洼陷及其以北地区,凹陷南部的清水洼陷和西部斜坡带不发育。该层序厚度不大,北部最厚处约 200m。

层序 SQ2 对应于沙四段上亚段上部,其发育范围较广,凹陷内除清水洼陷与西部斜坡带的交界处外,都发育该层序。其厚度变化不大,一般 200m 左右。

层序 SQ3 是沙三段第一个层序,主要发育在凹陷南部,向北在盘山洼陷以南(line2009 附近)尖灭,西部斜坡带局部地区断缺。该套地层较厚,在清水洼陷最厚可达 700~800m。

层序 SQ4 是沙三段第二个层序,自南向北展布,在陈家洼陷北部(雷 39 井以北,line3210 附近)尖灭。自南向北厚度

表 1 辽河西部凹陷层序地层格架中介行类组合分布

Table 1 IL-line class combination distribution in the sequence-stratigraphic frame of the Liaohe western depression

地层	三级层序	介行类组合	介行类亚组合	典型井
东一段	SQ11			
东二段	SQ10	穹脊东营介组合	穹脊东营介-具角华花介亚组合	欢南 1、双 96、锦 3 井
	SQ9	穹脊东营介组合	指纹瓜星介-双球脊东营介亚组合	欢南 1、锦 3、双 96 井
东三段	SQ8	单峰华花介组合		欢南 1、双 96、欢 8 井
沙一、二段	SQ7 SQ6	惠民小豆介组合	李家广北介亚组合	杜 4、欢 8 井
		惠民小豆介组合	辛镇广北介亚组合	杜 4、海 19 井
		惠民小豆介组合	普通小豆介亚组合	杜 4、欢 8、欢 30 井
		椭圆拱星介组合		海 19、欢南 1 井
沙三段	SQ5	中国华北介组合		锦 3、欢 8、雷 1 井
	SQ4	中国华北介组合	惠东华北介亚组合	锦 3、欢 8 井
	SQ3	中国华北介组合	脊刺华北介亚组合	
沙四段	SQ2	光滑南星介组合		欢 8、欢 30、雷 1 井
	SQ1	光滑南星介组合		

减薄,南部最厚处约 1500m。此外,在北部牛心坨洼陷附近也有发育,位于西部凹陷东侧的走滑大断裂下盘,厚度可达 500m。

层序 SQ5 是沙三段第三个层序,在凹陷全区稳定发育,在凹陷中主要发育在陈家洼陷向南及北部的牛心坨洼陷内,边界处被上部沙二段削蚀。厚度一般在 600~900m。

层序 SQ6 对应于沙二段地层和沙一段下部。沙二段地层分布较局限,仅在凹陷南部发育。地层厚度自南向北逐渐减薄,在盘山洼陷附近为沙一段削蚀。厚度一般不超过 200m,清水洼陷内厚度可能达 300~400m。岩性在下部为深灰色泥岩夹灰黄色白云质灰岩、细砂岩,上部以灰褐色、灰黄色砂砾岩、中砂岩、细砂岩为主,夹薄层深灰色泥岩,总体向上为反旋回+正旋回。沙一段下部,凹陷内分布较广,最北端可到牛心坨洼陷以南,厚度一般为 100~300m。

层序 SQ7 对应于沙一段地层上部,分布范围及地层厚度与 SQ8 大致相当,但在高升地区遭受局部剥蚀。岩性以灰色泥岩夹灰白色细砂岩为主,总体向上为正旋回。

层序 SQ8 是东营组内第一个层序,主要发育在凹陷南部,最北在盘山洼陷被上部地层削蚀,厚度一般 100~300m。岩性以灰白色细砂岩与灰色泥岩互层为特征,旋回性为向上发育反旋回+正旋回。SP 曲线为漏斗状,R045 曲线以指状为主。

层序 SQ9 是东营组内第二个层序,分布范围较 SQ10 向北范围更大,在陈家洼陷被上部地层削蚀,厚度一般 100m 左右,清水洼陷附近较厚,可达 300m 以上。岩性为灰白色细砂岩与灰色、灰绿色泥岩互层,旋回性为向上发育反旋回+正旋回。SP 曲线以下部钟形、上部齿状为特征,R045 曲线以齿状为主。

层序 SQ10 是东营组内第三个层序,自南向北展布,在牛心坨洼陷走滑大断裂上盘北新近系削蚀,厚度 100~200m 左右,清水洼陷区略厚,可达 400m。岩性为灰白色细砂岩、不等

粒砂岩与灰绿色、灰色泥岩互层,旋回性为向上发育正旋回+反旋回。SP 曲线较平直,局部指状,R045 曲线以齿状为主,局部指状。

层序 SQ11 是东营组内第四个层序,分布范围及地层厚度基本等同于 SQ10。岩性以灰白色不等粒砂岩与灰绿色泥岩互层为特征,旋回性为向上发育反旋回+正旋回。SP 曲线总体较平直,多为微幅齿状,R045 曲线局部为齿化钟形。

3.2 沉积层序整体分布规律

3.2.1 沉积中心向南迁移,斜坡沉积厚度薄

整体上看,辽河西部凹陷古近系的沉积地层从老到新是向南迁移的,斜坡沉积厚度薄,南厚北薄。

沙四时期,由于主干断裂北段活动较强,所以最大沉积中心在北部牛心坨洼陷,最厚可达 1500m,由北向南沉积厚度逐渐变薄。沙三段沉积时期,主干断裂内部加强活动,在沙四段沉积基础上,基底大幅度沉陷,水域进一步扩大,沙三段地层无论从沉积分布范围还是沉积厚度上,都达到最大,沉积中心进一步南移。沙二段地层,分布较局限,仅在凹陷南部发育。地层厚度自南向北逐渐减薄,在盘山洼陷附近为沙一段削蚀。沙一段沉积期,本区进入稳定沉降期。东营组时期,也使本区沉积中心大幅度向南转移到盆地南端,沉降速度明显减慢,盆地的中部和北部大部分地区进而过补偿状态,沉积了巨厚的以灰绿色调为主的砂泥岩互层段。

3.2.2 南厚北薄,洼陷地层齐全

由于沉积中心向南迁移,西部凹陷的地层南厚北薄。在洼陷部分,地层比较齐全(图 5)。由图 5 可见,在洼陷内东营组和沙河街组各段都比较发育。洼陷带一般是各个时期的沉积中心或者沉积有利地区,洼陷带有利于沉积物的汇聚和沉积。从平行于 trace1078 的部分探井可以看出从南到北地层厚度比较确切的变化,比较靠南的双深 3 井附近的地层(东营组至沙四段)厚度达 3600 多米,而北边的雷 39 井附近的地层

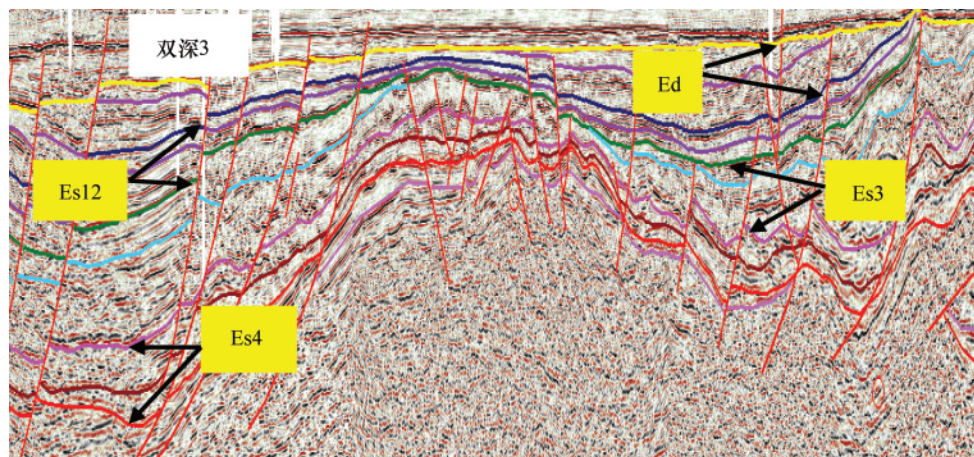


图 5 辽河西部凹陷层序地层格架 (trace1078 地震测线)

Fig. 5 The sequence-stratigraphic frame of the Liaohe western depression (trace1078 seismic line)

注: Ed: 东营组; Es12: 沙河街组 12 段; Es3: 沙河街组 3 段; Es4: 沙河街组 4 段

Notes: Ed: Dongying group; Es12: The 12th section of Shahejie group; Es4: The fourth section of Shahejie group

只有 1600 多米, 而且双深 3 井相同时期的地层比雷 39 井厚。

3.2.3 凸起部位地层发育不全

西部凹陷的凸起部位地层一般发育不全 (图 6)。由图 6 可

见, 凸起部位层序发育不全而且较薄, 只发育了沙一、二段和东二段的部分地层和沙三段的一部分地层。凸起部位不利于沉积物的沉积, 通常为附近的洼陷提供物源, 且易遭受剥蚀。

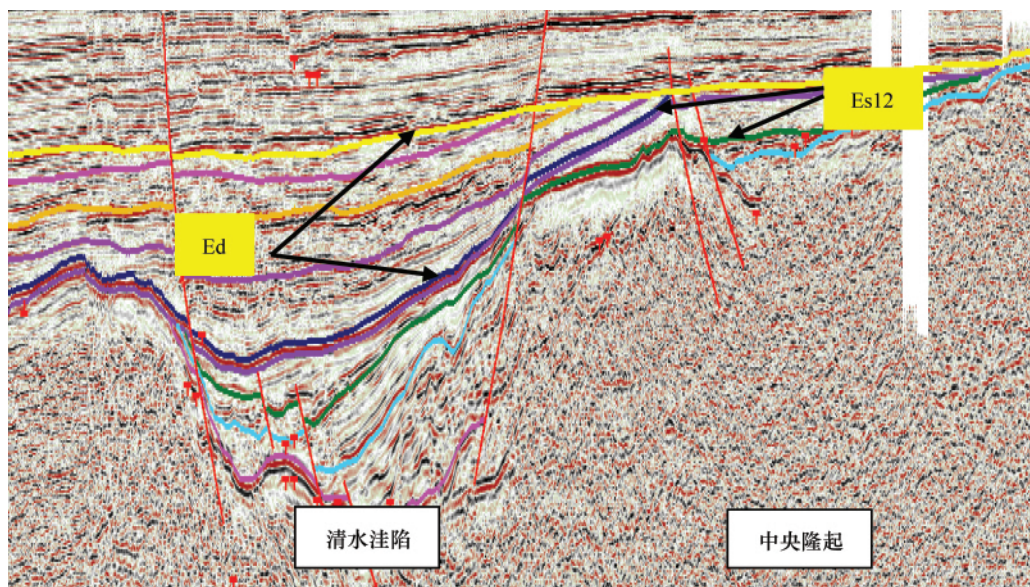


图 6 辽河西部凹陷层序地层格架 (trace1690 地震测线)

Fig. 6 The sequence-stratigraphic frame of the Liaohe western depression (trace1690 seismic line)

注: Ed: 东营组; Es12: 沙河街组 12 段

Notes: Ed: Dongying group; Es12: The 12th section of Shahejie group

3.3 辽河西部凹陷层序 8 发育演化模式

层序 8 的水生生物以浅水型的分子为主, 也有较多的较深水型分子, 如单峰华花介, 表明该时期湖泊以滨浅湖环境为主, 一些地区应该存在深湖—半深湖环境。从水生生物的平面分布看, 该时期湖泊只局限于西部凹陷南部, 凹陷以北及西斜坡的西边缘地区为三角洲水上平原到河流环境。在层

序边界面上、控盆控洼的同生断层的下降盘及盆缘部位主要沉积了扇三角洲相、三角洲相 (包括辫状河三角洲)、河流相 (包括辫状河) 等砂砾岩体沉积物^[13-16], 并且有的部位砂砾岩体的沉积物厚度很大。在凹陷南部, 主要沉积了以湖相泥岩等沉积为主的细粒沉积物。

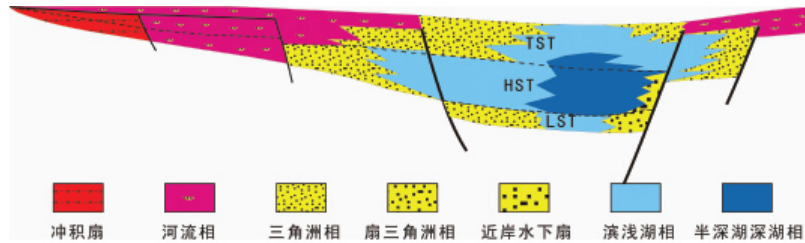


图 7 辽河西部凹陷层序 8 发育演化模式

Fig. 7 The mode of the development and evolution of the sequence 8 of the Liaohe western depression

注: TST: 高位体系域; HST: 海侵体系域; LST: 低位体系域

Notes: TST: Highstand systems tract; HST: Transgressive systems tract; LST: Low systems tract

4 结论

1) 结合辽河西部凹陷的钻测井资料、地震资料及古生物资料等, 将本区古近系地层划分为 4 个二级层序和 11 个三级层序。根据合成记录, 实现钻测井层序划分与地震剖面标定相结合, 建立井震对应关系, 实现了整个西部凹陷古近系层序地层划分的统一性。

2) 在辽河西部凹陷古近系层序划分中, 层序边界具有明显的特征: 地震剖面上主要是不整合接触关系的识别; 钻测井曲线上包括岩性和颜色发生突变、电性发生明显变化、沉积相类型发生变化; 古生物资料主要是生物化石组合或化石带在一定时间尺度上的等时性, 特征古生物的断带、特征古生物组合类型和含量的突变。在层序边界识别和层序单元划分基础之上, 建立了三级层序地层格架。

3) 研究区内古近系 11 个沉积层序的分布演化具有各自的特征, 层序地层格架内沉积层序整体分布规律为: 沉积中心向南迁移, 斜坡沉积厚度薄; 南厚北薄, 洼陷地层齐全; 凸起部位地层发育不全。

4) 辽河西部凹陷层序 8 发育演化模式: 该时期湖泊以滨浅湖环境为主, 存在深湖—半深湖环境, 湖泊相只局限于西部凹陷南部, 凹陷以北及西斜坡的西边缘地区为三角洲水上平原到河流环境; 在层序边界面上, 控盆控凹的同生断层的下降盘及盆缘部位主要沉积了扇三角洲相、三角洲相 (包括辫状河三角洲)、河流相 (包括辫状河) 等砂砾岩体沉积物, 凹陷南部主要沉积了以湖相泥岩沉积为主的细粒沉积物。

参考文献 (References)

- [1] 任德生, 刘立, 陈江, 等. 辽河拗陷西部凹陷曙北地区古近系层序地层格架[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 48-50.
Ren Desheng, Liu Li, Chen Jiang, et al. *Petroleum Exploration and Development*, 2004, 31(1): 48-50.
- [2] 冯有良, 鲁卫华, 门相勇. 辽河西部凹陷古近系层序地层与地层岩性油气藏预测[J]. 沉积学报, 2009, 27(1): 57-63.
Feng Youliang, Lu Weihua, Men Xiangyong. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(1): 57-63.
- [3] 王凯. 辽河西部凹陷西南部沙一、二段沉积体系与层序地层特征[J]. 特种油气藏, 2002, 9(5): 22-26.
Wang Kai. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2002, 9(5): 22-26.
- [4] 鲁卫华, 冯有良, 谢亚明, 等. 辽河拗陷西部凹陷鸳鸯沟地区层序地层划分与岩性圈闭预测[J]. 油气地质与采收率, 2008, 15(2): 49-53.

- Lu Weihua, Feng Youliang, Xie Yaming, et al. *Petroleum Geology and Recovery Efficiency*, 2008, 15(2): 49-53.
- [5] 黄耀华, 许小勇. 辽河油田西部凹陷油气藏分布规律及控制因素[J]. 资源与产业, 2007, 9(6): 56-59.
Huang Yaohua, Xu Xiaoyong. *Resources & Industries*, 2007, 9(6): 56-59.
- [6] 吴振林. 略论辽河西部凹陷油气藏类型及其分布规律[J]. 石油与天然气地质, 1982, 3(2): 149-156.
Wu Zhenlin. *Oil & Gas Geology*, 1982, 3(2): 149-156.
- [7] 吴朝容, 杜春彦. 辽河油田西部凹陷沙河街组远岸油积扇 [J]. 成都理工大学学报, 2001, 28(3): 267-272.
Wu Chaorong, Du Chunyan. *Journal of Chengdu University of Technology*, 2001, 28(3): 267-272.
- [8] 郑荣才, 吴朝容. 西部凹陷深层沙河街组生储盖组合的层序分析[J]. 成都理工大学学报, 1999, 26(4): 349-356.
Zheng Rongcai, Wu Chaorong. *Journal of Chengdu University of Technology*, 1999, 26(4): 349-356.
- [9] 于兴河, 张道建, 郜建军, 等. 辽河油田东、西部凹陷深层沙河街组沉积相模式[J]. 古地理学报, 1999, 1(3): 40-49.
Yu Xinghe, Zhang Daojian, Gao Jianjun, et al. *Journal of Palaeogeography*, 1999, 1(3): 40-49.
- [10] 胡受权, 郭文平, 刘树根, 等. 断陷湖盆陡坡带陆相层序地层学模式研究——以泌阳断陷双河—赵凹地区下第三系核三上段为例[J]. 长春科技大学学报, 1999, 29(2): 151-156.
Hu Shouquan, Guo Wenping, Liu Shugen, et al. *Journal of Changchun University of Science and Technology*, 1999, 29(2): 151-156.
- [11] 朱建伟, 刘招君, 董清水, 等. 松辽盆地层序地层格架及油气聚集规律[J]. 石油地球物理勘探, 2001, 36(3): 339-344.
Zhu Jianwei, Liu Zhaojun, Dong Qingshui, et al. *Oil Geophysical Prospecting*, 2001, 36(3): 339-344.
- [12] Andrew D. Miall: Architecture and sequence stratigraphy of Pleistocene-fluvial systems in the Malay Basin, based on seismic time-slice analysis[J]. *AAPG Bulletin*, 2002, 86(7): 1201-1216.
- [13] Shanmugam G, Bloch R B, Mitchell S M, et al. Basin-floor fans in the North Sea: Sequence stratigraphic models vs. sedimentary facies [J]. *AAPG Bulletin*, 1995, 79(4): 477-512.
- [14] Galloway W E. Genetic stratigraphic sequences in basin analysis II: Application to northwest Gulf of Mexico Cenozoic basin [J]. *AAPG Bulletin*, 1989, 73(2): 143-154.
- [15] Xue L, Galloway W E. High-resolution depositional framework of the Paleocene middle Wilcox strata, Texas coastal plain[J]. *AAPG Bulletin*, 1995, 79(2): 205-230.
- [16] Xue L, Galloway W E. Genetic sequence stratigraphic framework, depositional style, and hydrocarbon occurrence of the upper cretaceous QYN formations in the Songliao lacustrine basin, northeastern China[J]. *AAPG Bulletin*, 1993, 77(10): 1792-1808. (责任编辑 吴晓丽)