

准噶尔盆地车排子地区新近系沙湾组 层序地层格架分析

赵晓东¹, 向奎², 叶光辉³, 杨少春¹, 张世奇¹, 陈宁宁¹

1. 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东东营 257061
2. 中国石油天然气股份有限公司胜利油田分公司新疆勘探开发中心, 山东东营 257017
3. 中国石油化工股份有限公司青海油田分公司井下作业公司, 青海海西 816400

摘要 根据陆相地层层序在地震剖面 and 电测曲线上的识别标志、合成记录标志以及岩石类型组合特点等方面的特征, 将车排子地区新近系沙湾组划分出 1 个二级层序和 2 个三级层序。其中, 层序 I 为辫状河三角洲层序, 层序 II 为湖泊层序。又可以根据各层序的特点, 将其分为 3 个体系域: 低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域。针对研究区目的层段层序发育的特点, 在层序地层单元划分和对比的基础上, 结合构造背景和地层厚度的变化, 展示了该区层序东南部厚度较大, 发育完整, 厚度稳定; 西北部由于遭受剥蚀, 厚度较小, 层序发育不完整的格架特征。初步分析了层序与含油气性的关系, 预测了不同层序的勘探重点和目标, 认为层序 I 的低水位体系域和层序 II 的湖侵体系域为寻找岩性油气藏的有利部位。

关键词 车排子地区; 新近系沙湾组; 层序地层格架; 体系域; 岩性油气藏

中图分类号 TE122

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)12-0089-06

Sequence Stratigraphy Framework Analyses of the Neogene Shawan Formation in Chepaizi Area, Junggar Basin

ZHAO Xiaodong¹, XIANG Kui², YE Guanghui³, YANG Shaochun¹, ZHANG Shiqi¹, CHEN Ningning¹

1. College of Geo-resources and Informatuon, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong Province, China
2. Xinjiang Exploration and Development Center, Shengli Oilfield Company, China Petroleum & Chemical Corporation, Dongying 257017, Shandong Province, China
3. Underground Operators, Qinghai Oilfield Company, Petro China Company Limited, Haixi 816400, Qinghai Province, China

Abstract Based on the identification features of continental stratigraphic sequences on seismic profiles and wire-line logs, synthetic seismograms and the characteristics of lithologic combination, the Neogene Shawan formation is divided into one second-order sequence and two third-order sequences. The third-order sequence I is braided as a delta front sequence, while the sequence II is a lacustrine sequence. Each third-order sequence according to its characteristics can be divided into three system tracts: low stand, transgressive and high stand system tracts. Based on the identification and correlation of sequence stratigraphic unit, and according to the characteristics of the stratigraphic sequences, the tectonic evolution history and the variation of strata thickness, the sequence stratigraphy framework is shown to have a great, complete and stable thickness in the study area of south-east, and a thinner, incomplete one in the north-west. A preliminary analysis is made on the relationship between sequences and oil-gas exploration potentials, and exploration priorities and goals in each sequences are predicted. The favorable lithological reservoirs are found to be located mainly in the low stand system tracts of sequence I and in the transgressive system tracts of sequence II.

Keywords Chepaizi area; Neogene Shawan formation; sequence stratigraphy framework; systems tracts; reservoirs

收稿日期: 2010-02-05

作者简介: 赵晓东, 硕士研究生, 研究方向为油气地质和油藏描述, 电子信箱: zhaoxiaodong1984_1@126.com; 杨少春(通信作者), 教授, 研究方向为油藏描述与剩余油分布及测井地质学, 电子信箱: yangshaochun_2007@163.com

车排子地区新近系地层具有良好的油气源条件和勘探远景,其“埋藏深度浅、勘探效益高”,是中国石油化工集团公司的重点探区。研究区成藏特点为“多油源、多期次、多层系、多类型、多油品”,具有形成复式油气聚集带和形成规模油气田的有利条件,可以形成大型地层、岩性油气藏。目前该地区处于勘探开发中初期,井少、井距大、资料主要以地震数据为主;对研究区地层、岩性等隐蔽油气藏形成的主控因素尚不清楚,有必要以层序地层学理论^[1-6]为指导,建立车排子地区新近系沙湾组层序地层格架,研究不同时期的层序特征及其空间展布,揭示层序与含油气性的关系,为下一步隐蔽油气藏的勘探提供指导。

1 区域地质概况

车排子地区位于准噶尔盆地西北缘,构造区划上归属准噶尔类前陆盆地前隆—隆后斜坡带,是盆地西部隆起的次一级构造单元,凸起面积大且长期继承性隆升,为西部隆起的主体。该地区西北方向抬升邻近扎伊尔山,南部紧邻四棵凹,向东以红车断裂带与沙湾凹陷以及中拐凸起相接(图1)。



图1 车排子地区地理位置

Fig. 1 Regional location of Chepaizi area

车排子地区整体为三角形凸起,主体走向为北西—南东至东西向,是一个海西晚期形成且长期继承性发育的古凸起,凸起上大部分缺失二叠系、三叠系、侏罗系;白垩系、古近系、新近系超覆沉积在石炭系基岩之上。东邻昌吉凹陷、南靠四棵凹,具有双向供油的有利条件。

2 层序地层格架

层序划分和界面确定可首先在地震剖面上找不整合面及其对应的整合面,进行全区追踪对比;然后采用合成地震记录进行层位标定,建立地震反射与地层层位的对应关系,将地震剖面上的层序界面转到测井资料上,进行验证对比。

2.1 层序界面的识别标志与层序划分结果

1) 地震剖面的标志。层序界面一般为不整合面及其对应的整合面,可以在地震剖面上找到不整合面。地震反射结构

特征主要有:① 削顶或冲刷充填造成的不整合关系;② 地层沉积上超造成的不整合关系;③ 底超和顶超;④ 强振幅反射同相轴所显示的上下地层的截然差异等。在车排子地区沙湾组顶部和底部的地层中界面顶超和削蚀现象清楚可见(图2)。

2) 合成地震记录标志。在车排子地区的排字号单井中,主要等时界面在合成地震记录中,其层速度有高差异特征(图3)。

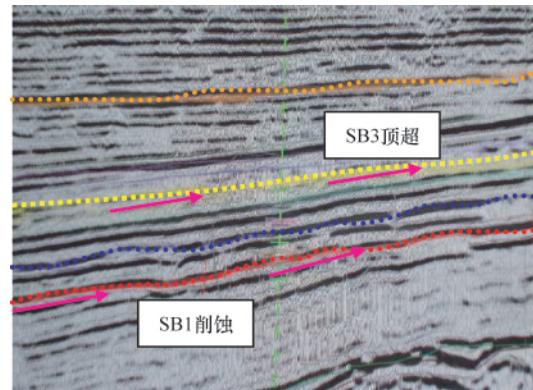


图2 地震剖面中主要层序反射特征

Fig. 2 Seismic reflection profiles of the main features of the sequence

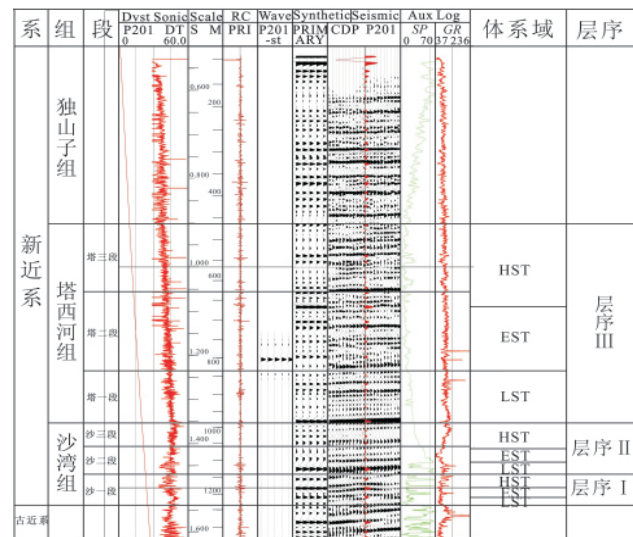
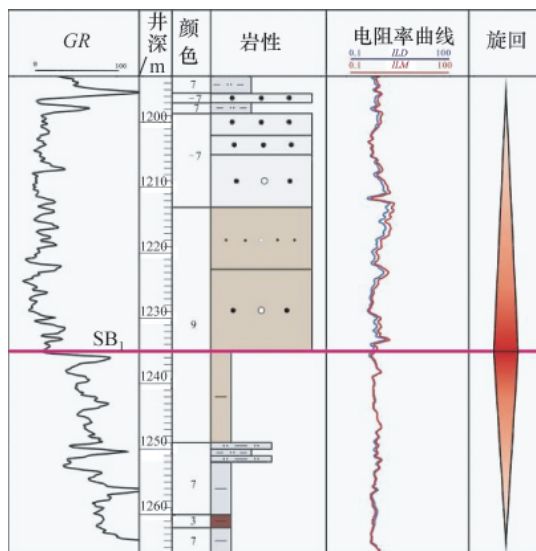


图3 排201井合成地震记录中层序界面特征

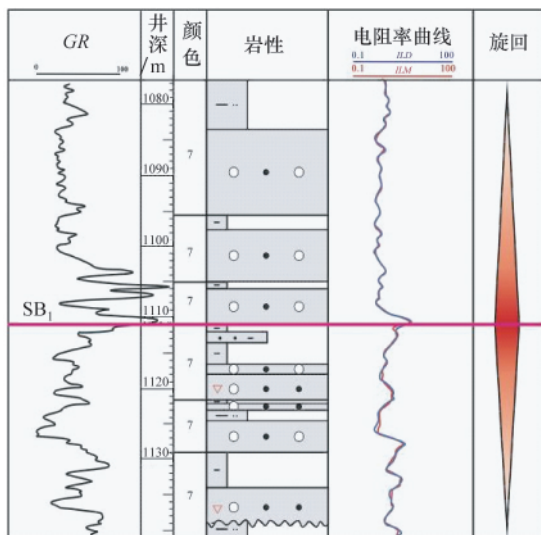
Fig. 3 Sequence boundary features of synthetic seismograms in Pai 201

3) 岩性标志。岩性的变化是很容易识别的现象,有的岩性变化只是反映了连续的沉积变化,而有些岩性的变化则是反映了重大的沉积环境条件的变化,而这种重大沉积和环境的变化在陆相地层中往往与大的构造运动相联系,因而这样的岩性突变界面就是层序界面。沙湾组泥岩或砂岩、砂砾岩与下伏古近系安集海河组泥岩或砂岩、砂砾岩等呈角度不整合接触,岩性界面明显;而沙湾组大套泥岩的开始与上覆塔

西河组粗粒岩之间也呈不整合接触, 呈现明显的岩性界面; 沙湾组内部的两套层序——沙湾组层序 I 和沙湾组层序 II 之间也存在明显的岩性突变(图 4)。



排 201 井



排 206 井

图 4 车排子地区层序 I 底界面岩性电性特征

Fig. 4 Electric and lithologic characteristics of SB1 in Chepaizi area

4) 电性标志。层序界面在电性上也有明显的特征, 除自然伽马曲线和深中感应测井曲线的绝对值有差异外, 其测井曲线的形态特征也有明显的变化。层序 I 底界面之下自然伽马曲线和深中感应测井曲线均为中高值, 界面之上自然伽马曲线和深中感应测井曲线均为低中值; 界面之上一般呈钟形、箱形组合, 界面之下则以漏斗型组合为特征, 曲线幅度多呈突变关系, 深中感应测井曲线变化尤其明显(图 4)。

根据上述标志, 将沙湾组划分为 2 个三级层序, 并对每个层序进行了体系域的划分。层序 I 大致对应沙湾组一段, 层

序 II 大致对应沙湾组二段和三段(图 5)。

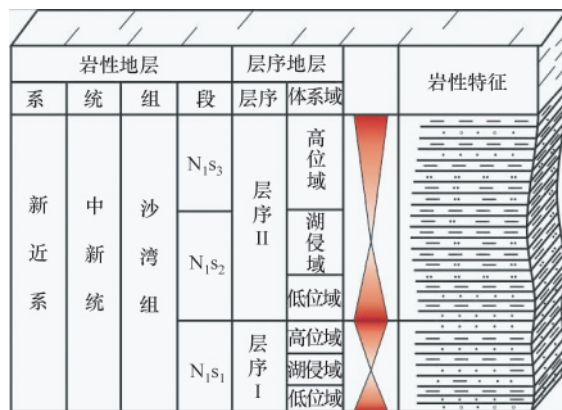


图 5 车排子地区沙湾组层序地层划分

Fig. 5 Sequence stratigraphic classification of Shawan Formation of Chepaizi area

2.2 体系域的划分及特征

体系域是一个连续的同期沉积体系的组合, 是构成三级层序的基本单位。层序中体系域是沉积构造等条件变化导致的可容空间的周期性形成的。据其在湖平面变化周期中的位置不同将层序划分为低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域。初次湖泛面和最大湖泛面是划分各体系域的界面。研究区层序 I 为辫状河三角洲相层序, 层序 II 主要为湖泊相层序, 每个层序可分为低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域。

1) 低水位体系域。在车排子地区湖泊相层序中, 低水位体系域形成于层序发育的早期, 位于层序的底部, 顶界为初始湖泛面, 底界是层序的底界面。低水位体系域发育于可容纳空间的快速减小至快速增大之前。在自然伽马和自然电位测井曲线上, 上、下界面处测井曲线发生突变(图 6)。

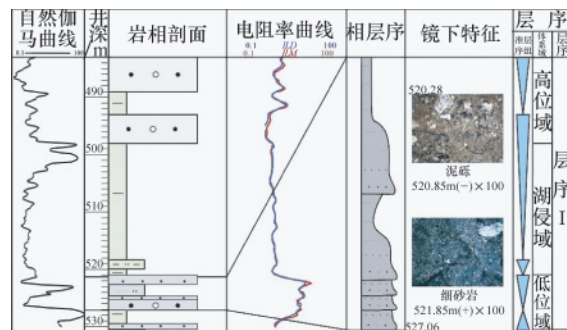


图 6 车排子地区排 602 井层序 I 低水位、湖侵域测井曲线和岩性综合特征

Fig. 6 Log and core characteristics in low stand and transgressive of SB1 in Chepaizi area

低水位体系域湖水范围较小,多分布于坡折带之下,湖盆和物源区高差大,洪水期洪水携带大量物质迅速入湖,在盆地边缘形成冲积扇或辫状河三角洲沉积体系。另外,前期沉积不久未固结的沉积物可沿斜坡滑塌,形成重力流沉积,在单井上表现为加积式准层序组。

2) 湖侵体系域。顶界是最大湖泛面,底界面为初始湖泛面,发育于可容纳空间增大至最大增长速率之间。随着可容纳空间的不断增大,盆地内的沉积物供应逐渐减少,沉积物几乎全部被保存在不断上超的岸线附近,准层序以退积型式叠加。这一时期湖泊最深,水体分布最广,厚层暗色泥岩是这一时期最主要的岩石类型。在自然伽马和自然电位测井曲线上,湖侵体系域呈齿状钟形显示(图6)。研究区层序 I 湖侵域沉积体系类型为辫状河三角洲沉积;层序 II 湖侵域沉积体系类型为滨浅湖沉积。

3) 高水位体系域。位于层序的最上部,顶界面为层序边界,底界面为最大湖泛面。高水位体系域发育于可容纳空间增长速率最大至增长停止或开始减小之间的时间段。随着可容纳空间增长速率的减小,准层序组将由退积型转变为进积型,沉积物不断向盆地进积。在自然伽马和自然电位测井曲线上,高水位体系域呈齿状柱形、齿状漏斗形显示。

3 层序展布特征

不同的古地形和盆地结构决定层序的结构类型,不同层序的结构类型决定着其生、储、盖的组合特点。车排子凸起沙湾组整体为单一向东南倾的前隆-隆后缓斜坡区,物源主要来自西北方向扎伊尔山。湖水范围及深度的差异导致层序 I 和层序 II 沉积特征不同,但属于同一时间段的沉积产物;以上因素使得各层序空间展布既有继承性,又各具特色。

3.1 层序 I 特征

该层序的底界面(SBN_{1s})为古近系和新近系的分界线,与地震剖面上的 TN_{1s} 反射波基本对应,顶界面为沙二段的底界面(SBN_{1s_2}),代表了这一时间段在本地区的沉积间断。层序 I ($NSQ1$)厚度沿斜坡变化较大,为东南厚西北薄的楔状地层变化,最大达 200m,一般厚 50~200m;表明沙湾组初始沉积时车排子凸起消失,昌吉和四棵树凹陷联合成统一的南部凹陷,车排子凸起成单一向东南倾的前隆-隆后缓斜坡区,湖扩地层沿斜坡上超尖灭,形成东南厚西北薄地层分布特征。

层序 I 主要发育在沙湾组的下部分,沉积相以辫状河三角洲相为主。自然电位和自然伽马曲线表现为微齿化的箱形、柱形和钟形组合,地震剖面上表现为相对弱振幅、低连续性、乱岗状及杂乱状反射特征。

1) 低水位体系域沉积期。对应沙一段的一砂组沉积期,以辫状河三角洲平原分流河道及前缘的水下分流河道砂砾岩沉积为主,从东至西,低位层序逐渐增多;岩性为大套的、呈层板状的灰色砾岩、含砾中粗砂岩、中细粒砂岩,间夹绿灰色粉砂岩、泥质粉砂岩和泥岩。垂向上,该低位粗碎屑体系通

常由 3~4 个准层序组成一个加积式或进积式的准层序组,对应 3~4 套辫状河三角洲水下分流河道砂体,横向较为稳定,对比性良好。向西至排 10 井一带,层序逐渐减少,只发育两个上升半旋回;向南至排 8、排 16 井一带,砂体厚度增大、层序增多。

2) 湖侵体系域沉积期。构造活动相对减弱,以辫状河及辫状河三角洲为主,最大湖泛面下部通常为向上泥岩厚度加大,砂泥比降低的退积式准层序组。最大湖侵面(HST/TST 分界面)常表现为退积式或加积式准层序组开始向进积式准层序组转变的位置,在测井曲线上表现为高自然伽马,为一段较纯的红色泥岩。

3) 高水位体系域沉积期。主要是辫状河三角洲沉积期和湖泊相沉积期的过渡时期,发育一套洪泛平原的棕红色泥岩及辫状河三角洲平原分流河道的砂体。一般具有 1~2 个下降半旋回,向南层序增多、砂体增多,至排 6 井区,以滨浅湖相沉积为主,砂体不太发育,岩性为灰色含细砾泥岩、粉砂质泥岩、粉砂岩、棕红色泥岩、泥质粉砂岩。在垂向上,每个准层序是由自下而上的细粗细的旋回组成湖进准层序。

3.2 层序 II 特征

该层序的底界面(SBN_{1s_2})为沙二段和沙一段的分界线,与地震剖面上的 TN_{1s_2} 反射波基本对应,顶界面为塔西河组的底界面(SBN_{1t}),其为持续逆冲后快速松弛形成的局部超覆不整合面。层序 II ($NSQ2$)厚度沿斜坡变化也较大,总体也为东南厚西北薄的楔状地层变化,厚度最大达 250m,一般厚度 150~250m。

层序 II 是由湖水大范围的扩大而形成的,地层发育较厚,主要是由辫状河三角洲和湖泊相沉积,其中以湖泊相沉积为主。岩性主要以绿灰色、黄灰色、灰色、杂色泥岩、砂质泥岩、灰色泥质粉砂岩为主,夹粉砂岩、砂岩,局部为互层。

1) 低水位体系域沉积期。层序 II 低水位体系域沉积期,车排子凸起进行了第二次抬升,湖盆发生大规模水退,沉积物供应量相对较大,发育了滨浅湖沉积。岩性为浅灰色、灰绿色泥岩、粉砂质泥岩和灰色或灰绿色砂岩、细砾岩、泥砾岩互层。自然伽马和自然电位曲线呈中、低幅菱形的齿状,指状或漏斗形组合,属典型的辫状河进入浅水湖盆形成的浅水三角洲沉积。

2) 湖侵体系域沉积期。层序 II 湖侵体系域沉积期,是沙湾组时期湖水范围最大时期,主要沉积了一套以灰色砂岩为主,其间夹褐红色泥岩,测井曲线显示,自然电位曲线为齿化箱型,属典型的浅水湖盆形成的滨浅湖沉积。其顶界面为最大湖泛面,岩性为红色泥岩,在测井曲线上表现为自然伽马高值,电阻率低值等特征。

3) 高水位体系域沉积期。层序 II 高水位体系域沉积期以一套褐红色泥岩夹灰色及褐红色砂岩、粉砂岩和泥质粉砂岩岩性为其特征,泥岩厚度大且分布稳定,属于滨浅湖沉积。自然电位曲线接近泥岩基线,自然伽马曲线微齿化,总体呈

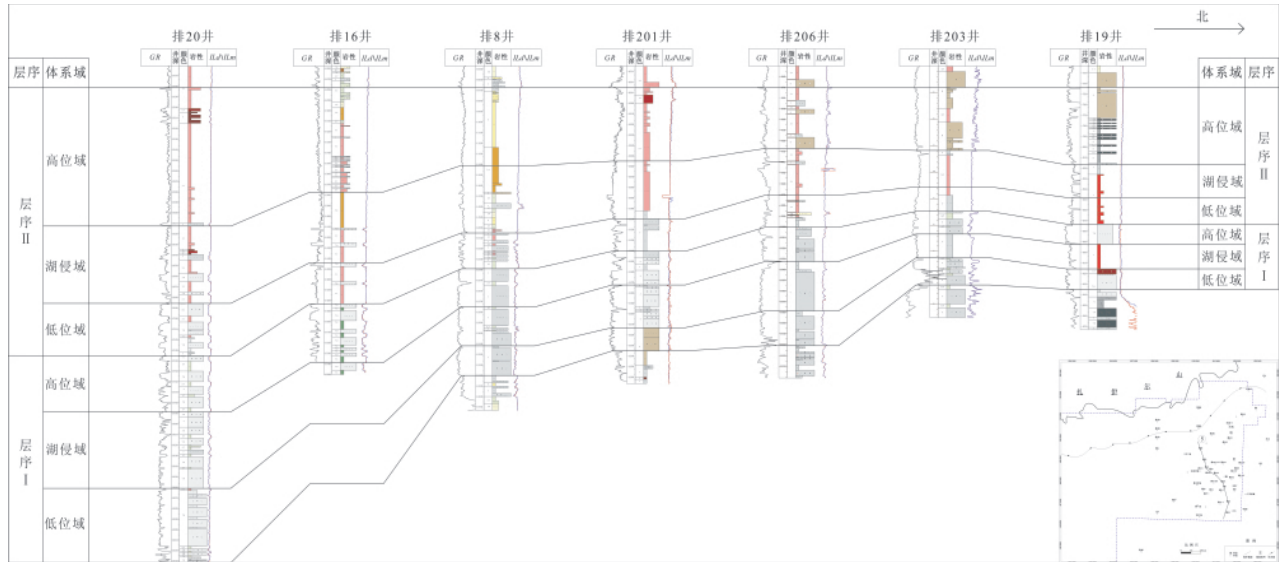
现以进积为主的沉积特征。

3.3 层序剖面特征

层序 I 和层序 II 在剖面上地层发育特征具有继承性,以

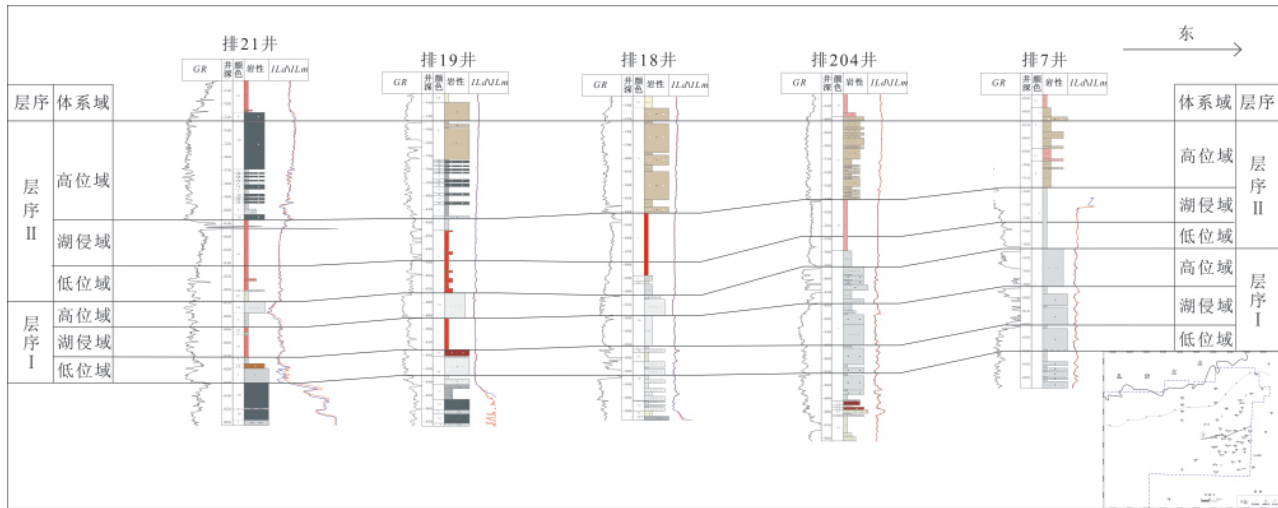
近南北向和近东西向剖面为例,分析车排子地区沙湾组连井层序的剖面特征(图 7)。

由图 7(a)可以看出,车排子地区新近系各层序和其体系



(a) 近南北向剖面

(a) Nearly north-south section profile



(b) 近东西向剖面

(b) Nearly east-west section profile

图 7 车排子地区沙湾组层序地层对比剖面图

Fig. 7 Sequence stratigraphical correlation of Shawan Formation in Cheoaizi aera

域厚度变化较大。车排子地区的构造特征决定了地层层序的分布特征,凸起长期继承性隆升,具有不平衡隆升特点,在西北部扎伊尔山前隆起最高,向东部、南部及东南部隆起幅度逐渐降低,东南角至奎屯—安集海一带逐渐隐伏消失;构造相对简单,为由东南向西北抬升的单斜;这决定了车排子地区地层厚度东南厚西北薄的特征。

由图 7(b)可以看出,车排子地区新近系层序 I、层序 II 和层序 III 在近东西向剖面中各体系域厚度变化不大,但也有层序 I 从东到西逐渐减薄,层序 II 从东到西逐渐增厚的趋

势。研究区内地层在近南北和近东西两个方向的厚度变化的不同跟沉积相在平面上的多变存在联系性。

4 层序与含油气性的关系

生、储、盖的分布与体系域的空间展布息息相关,层序界面部位更直接控制了油气成藏的最终位置。研究区本身不发育烃源岩,但油源条件好,主要原因是其紧邻多个生烃凹陷,且位于油气的有利指向区;同时油气可以沿湖侵体系内的退积砂体向边缘运移;顶部的湖侵泥岩是很好的封盖层。

车排子地区沙湾组油气条件主要受层序格架控制。工区南部(排 20 井区附近)层序 I 主要以砂岩、砂砾岩为主,夹薄层灰黑色泥岩,砂体百分含量高,是一套好的储集岩;上部泥岩较薄,盖层质量低,故形不成有效的油气藏。工区中北部(排 6 井区)层序 I 的低位域以中粗砂岩为主,是一套好的储

集层;上部被初次湖泛面所覆盖,形成垂向的遮挡层,湖侵域的大套泥岩形成有效盖层,利于形成正常式储盖的油气藏,该层序是研究区内沙湾组地层-岩性油气藏勘探的最有利的部位(图 8)。

层序 II 是车排子地区沙湾组湖盆范围最大时期的产物,

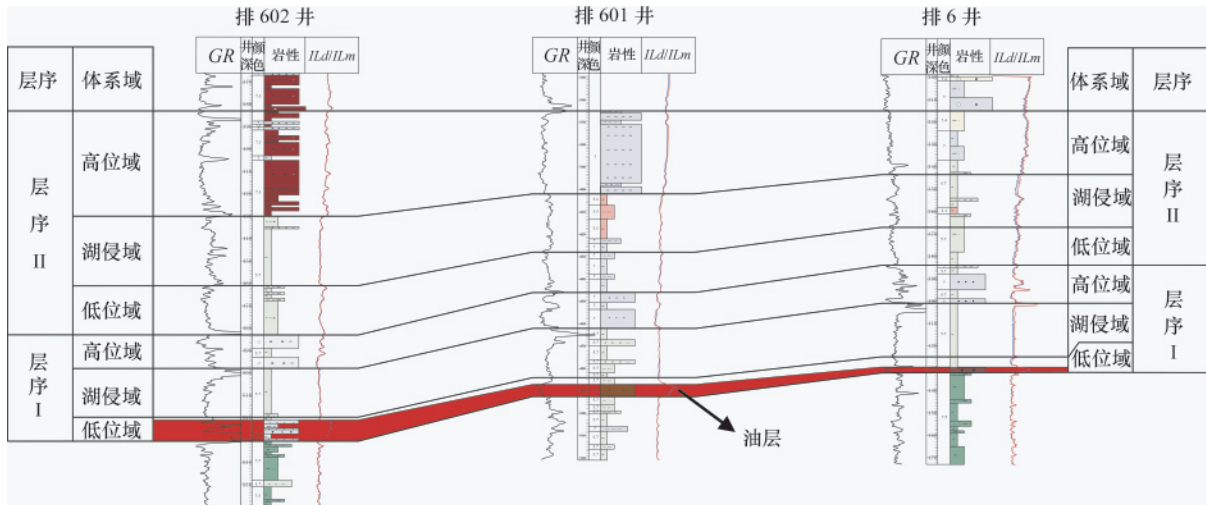


图 8 排 6 井区层序与含油性分布关系
Fig. 8 Sequence and hydrocarbon distribution of Pai 6

泥质含量普遍较高,储集条件差。湖侵域内稳定沉积的厚层滨浅湖泥岩是车排子地区重要的区域盖层之一。层序 II 为湖泊相层序,砂体连续性不好,若油源条件好,可形成透镜状岩性油气藏。经实际勘探证明,在排 2 井区和排 8 井区的层序 II 湖侵域都发现有高产油流。湖侵域内滩坝、砂坝砂体是该层系岩性油气藏的勘探重点。

5 结论

通过对车排子地区沙湾组层序地层综合分析研究,得出结论如下。

1) 研究区目的层可划分为 1 个二级层序、2 个三级层序。其中层序 I 为辫状河三角洲层序,层序 II 主要为湖泊相层序,每个层序可分为低水位体系域、湖侵体系域和高水位体系域。层序 I 的底界面(SBN_{1s})为古近系和新近系的分界线,与地震剖面上的 TN_{1s} 反射波基本对应;层序 II 的底界面(SBN_{1s2})为沙二段和沙一段的分界线,与地震剖面上的 TN_{1s2} 反射波基本对应;层序 II 的顶界面(SBN_{1t})为新近系中新统中内部不整合面——塔西河组的底界面,与地震剖面上的 TN_{1t} 反射波基本对应。

2) 在层序格架的基础上结合构造发育情况,展示了研究区层序的展布特征:东南部层序厚度较大,发育完整,厚度稳定;西北部层序由于遭受剥蚀,厚度较小,发育不完整。由东南至西北,层序厚度逐渐减薄,主要原因是车排子凸起为一东南倾的缓斜坡区,湖扩地层沿斜坡上超尖灭。

3) 对层序展布和含油气性的关系分析认为,在工区北部

(排 6 井区)层序 I 的低位域可以形成地层-岩性油气藏,勘探实例表明排 6、排 601、排 602 等井底部都产有工业油流;在工区中南部(排 2 井区、排 8 井区)层序 II 的湖侵域可以形成岩性油气藏。

参考文献 (References)

- [1] 纪友亮, 张世奇. 陆相断陷湖盆层序地层学 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1996: 17-29.
Ji Youliang, Zhang Shiqi. The sequence stratigraphy of terrestrial rift lacustrine basin[M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1996: 17-29.
- [2] 纪友亮, 张世奇. 层序地层学原理及层序成因机制模式 [M]. 北京: 地质出版社, 1998: 108-156.
Ji Youliang, Zhang Shiqi. Principles of sequence stratigraphy and sequence pattern formation mechanism [M]. Beijing: Geological Press, 1998: 108-156.
- [3] 顾家裕. 陆相湖盆层序地层学模式 [J]. 石油勘探与开发, 1995, 22(4): 12-17.
Gu Jiayu. Petroleum Exploration and Development, 1995, 22(4): 12-17.
- [4] 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.
Deng Hongwen. Oil and Gas Geology, 1995, 16(2): 89-97.
- [5] 张世奇, 纪友亮. 陆相断陷湖盆层序地层学模式探讨 [J]. 石油勘探与开发, 1996, 23(5): 23-28.
Ji Youliang, Zhang Shiqi. Petroleum Exploration and Development, 1996, 23(5): 23-28.
- [6] 胡宗全. 层序地层研究的新思路——构造-层序地层研究 [J]. 现代地质, 2004, 18(4): 549-554.
Hu Zongquan. Modern Geology, 2004, 18(4): 549-554.

(责任编辑 刘志远)