

文章编号: 0253-9985(2011)02-0214-08

海拉尔盆地乌尔逊凹陷北部高分辨率 层序地层与储层预测

秦雁群¹, 邓宏文¹, 侯秀林², 杨金秀¹, 季春辉¹, 刘璐³

(1. 中国地质大学 能源学院, 北京 100083; 2. 中国石油 勘探开发研究院, 北京 100083;
3. 中国石油 长庆录井公司, 陕西 西安 710018)

摘要: 海拉尔盆地乌尔逊凹陷北部断裂复杂, 沉积成因类型多, 油藏类型认识不清。应用高分辨率层序地层学原理和分析方法, 以岩心、测井、地震资料为基础, 通过研究区主要含油层段(南屯组二段、大磨拐河组一段)层序地层关键界面的识别与对比, 逐级控制, 建立了盆地高分辨率层序格架。研究表明, 乌尔逊凹陷北部苏131、苏102断块油藏产油层段跨越两个三级层序界面, 主要产油层段位于大磨拐河组一段三级层序底部, 主要储层为低位域滑塌浊积岩储集体, 而不是此前认为的南屯组二段三级层序顶部的扇三角洲前缘砂体。通过对研究区主要产油层段的层序地层位置重新厘定与对储集体成因类型详细分析, 提出了乌尔逊凹陷北部地区油藏类型应该为构造-岩性油气藏的新认识, 并分析了砂层组的时空展布特征, 为该油田深入开发与扩边提供了依据。

关键词: 基准面旋回; 高分辨率层序地层学; 南屯组; 大磨拐河组; 断块油藏; 乌尔逊凹陷; 海拉尔盆地

中图分类号: TE121.3

文献标识码: A

High resolution sequence stratigraphy and reservoir prediction of northern Wuerxun Sag, the Hailar Basin

Qin Yanqun¹, Deng Hongwen¹, Hou Xiulin², Yang Jinxiu¹, Ji Chunhui¹ and Liu Lu³

(1. School of Energy Resources, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
2. PetroChina Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Beijing 100083, China;
3. CNPC Changqing Logging Company, Xi'an, Shaanxi 710018, China)

Abstract: The reservoir types are unclear in the northern Wuerxun Sag, the Hailar Basin, due to the complex fractures and various sedimentary genetic types. Based on the core, seismic and logging data, a high resolution sequence framework was established through the identification and comparison of key boundaries of the main oil-bearing formations, i. e. the second member of Nantun Formation (K_1n^2) and the first member of Damoguaihe Formation (K_1d^1). The pay zones cross two third-order sequence boundaries in the Su 131 and Su 102 fault-block reservoirs. The main reservoir is the low-system-tract slumped turbidite located at the bottom of the third-order sequence instead of the fan-delta front sand body located at the top of third-order sequence. Based on redefinition of the sequence-stratigraphic position of the main pay zone and analysis of reservoir genetic types, it is proposed that the reservoir in the northern Wuerxun Sag is of structural-lithologic type. In addition, the temporal and spatial distribution of sand units is analyzed. These understandings lay a solid basis for further development and extension of the oilfield.

Key words: base level cycle, high resolution sequence stratigraphy, Nantun Formation, Damoguaihe Formation, fault-block reservoir, Wuerxun Sag, Hailar Basin

收稿日期: 2011-01-05。

第一作者简介: 秦雁群(1982—), 男, 博士研究生, 含油气盆地分析与层序地层学。

基金项目: 国家科技重大专项(2009ZX05009-002)。

高分辨率层序地层学的广泛应用不仅在于其能建立含油气盆地高精度的等时时间格架,而且它还可以建立起研究区地层形成和演化的系统概念,有利于进行地层描述与对比^[1-3]。在含油区块油藏层序地层位置的确定以及沉积成因类型的识别基础上,高分辨率层序地层学还可以在油田开发阶段对储层成因类型、分布规律乃至油藏成藏类型进行预测^[4-6]。前人对海拉尔盆地乌尔逊凹陷北部(乌北)层序地层研究多基于三级层序级别^[7],高分辨率层序地层研究成果较少。本文综合运用研究区钻井岩心、测井曲线、三维地震数据,以基准面旋回变化原理为基础,在区域层序地层格架约束下,建立了研究区高分辨率层序地层格架,并对层序地层格架内储集砂体分布进行了预测,为下一步油田开发提供依据。

1 区域地质概况

乌尔逊凹陷北部位于海拉尔盆地中南部,面

积约 950 km²,北东东走向,东西被巴彦山隆起与嵯岗隆起围限,内部构造单元主要包括扎和庙洼槽与乌北洼槽,中部被 NEE 向苏仁诺尔走滑构造带分割。研究区内构造特征复杂,主要发育东北向、北东向和北东东向构造,其中东北向构造最为发育,为北西断、南东超并被断裂复杂化的箕状凹陷^[8](图 1)。凹陷主要充填白垩系,从老到新依次为铜钵庙组、南屯组(裂陷期)、大磨拐河组(断-拗转换期)、伊敏组、青原岗组(拗陷期)。

2 区域层序地层学研究

层序地层研究不仅可以通过时间地层格架的建立对盆地充填地层分布样式进行预测,而且由于其对生、储、盖组合的控制作用,还有助于对油气成藏条件和成藏类型进行分析,如三级层序低位域扇体通常有利于岩性圈闭的形成,高位域三角洲砂体往往需要一定的构造圈闭背景才能发生油气聚集作用。因而重点区含油层系高分

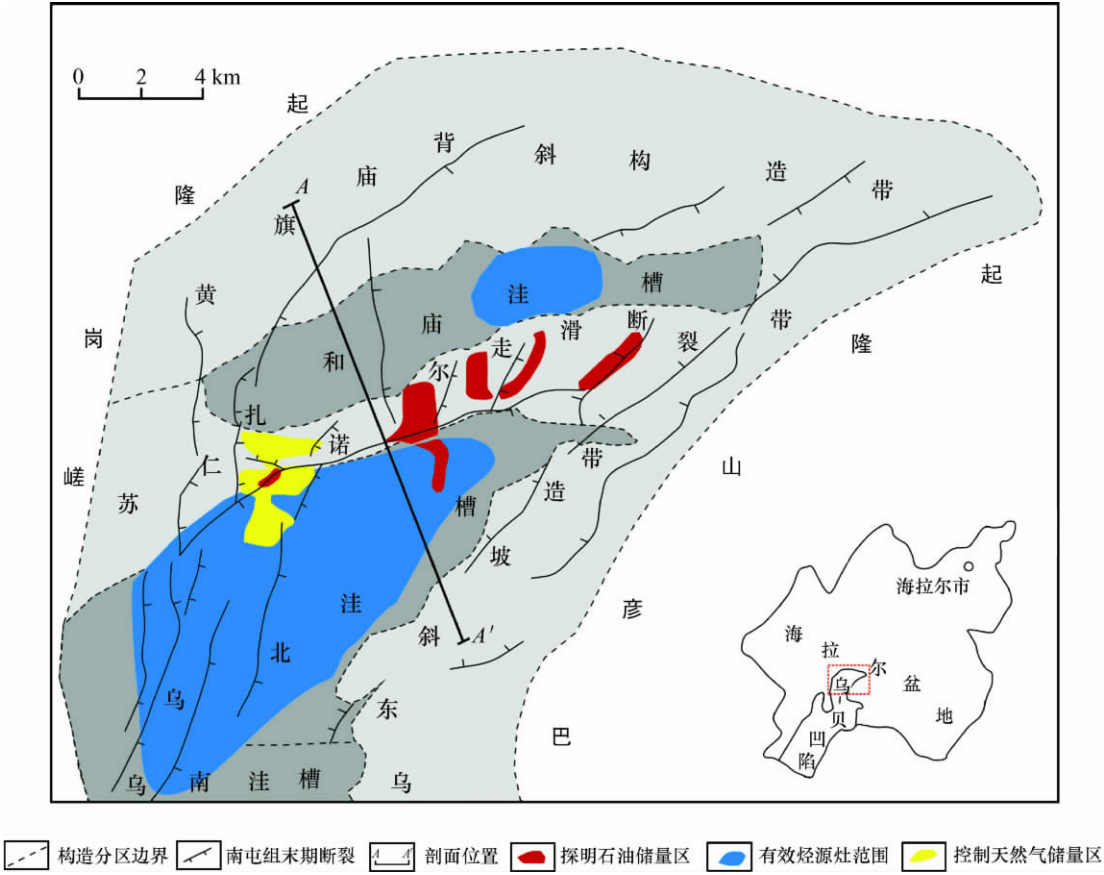


图 1 乌尔逊凹陷北部构造单元划分^[9-13]

Fig. 1 Division of structural units in the northern Wuerxun Sag^[9-13]

分辨率层序地层划分与对比首先要从区域入手,建立区域层序地层格架,并对层序地层构成进行研究。在此基础上,分析含油层系所处的层序地层位置以及储集体成因类型,从而达到正确认识油藏的成因类型,并对储层分布规律进行预测。

2.1 区域层序地层格架的建立

乌北地区裂陷期沉积地层充填主要受西部边界乌西控陷断裂、中部苏仁诺尔走滑构造带和南部巴彦塔拉构造转换带的联合控制^[4],研究区洼槽、隆起等次级构造单元的层序界面性质、分布范围与时空演化特征具有明显差异性,

受这些不同构造位置差异沉降速率、侵蚀速率以及沉积速率的不同,乌北地区边缘以及凹陷内隆升部位形成了不同级别的区域不整合面(如 T_3, T_2^2)及局部不整合面(如 T_2^3, T_2^1),这些界面具有三级层序边界特征(图2)。根据该区主要油气产层大磨拐河组一段与南屯组二段边界岩-电-震综合特征响应,将南二段、大一段各划分为一个三级层序SQn2与SQd1。层序边界从下向上分别命名为SB1,SB2,SB3,与该区地震反射标志层 T_2^3, T_2^2, T_2^1 基本相当,其中,SB2在构造低部位洼陷区与低位域的底超面一致。层序边界以及本次划分的最大湖泛面F1,F2特征见图2与表1。

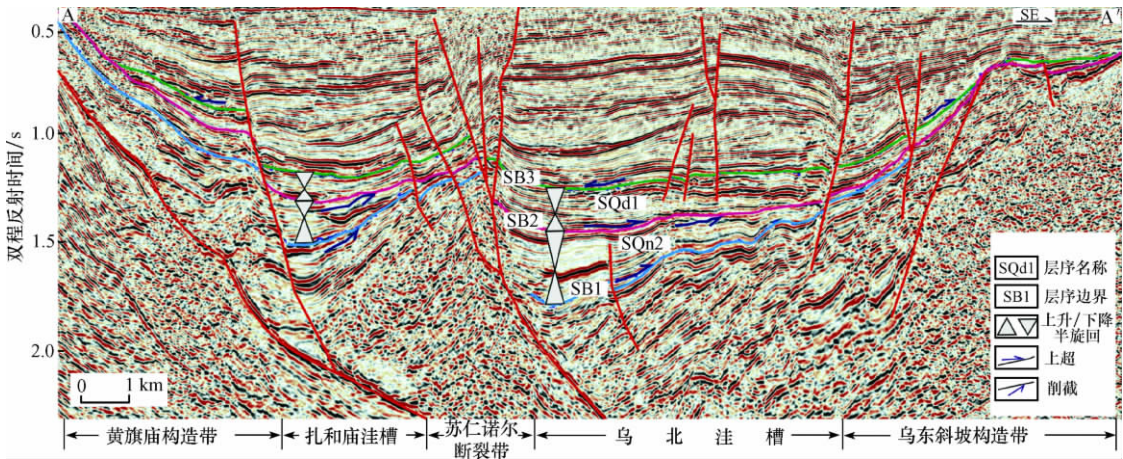


图2 乌尔逊凹陷北部区域层序地层格架(剖面位置见图1)

Fig.2 Regional sequence stratigraphic framework of the northern Wuerxun Sag

表1 乌北地区南二段、大一段层序界面特征

Table 1 Features of sequence boundaries of K_1n^2 and K_1d^1 in the northern Wuerxun Sag

界面名称	界面特征		沉积特征	测井特征	地震反射特征
SB1	局部不整合	上超 削截	界面之上主要以厚层粉砂岩,灰、灰黑色泥岩,夹煤层	突变、界面上为箱状的加积或退积样式	中-弱振幅丘状反射
F1	整合	下超	界面处为灰、灰黑色泥岩,界面上下为泥质粉砂、粉砂岩	GR 高值、退积与进积转换面	中弱反射,较连续
SB2	区域不整合	上超 削截	界面下多泥质粉砂、砂岩夹灰色、灰黑色泥岩,之上多为湖相泥质沉积,局部为浊积扇体的砂质沉积	突变、界面下为漏斗形,上为钟形	中振幅、连续-较连续反射
F2	整合	平行	界面处为较纯的泥岩段	GR 高值、退积与进积转换面	中强反射,连续
SB3	局部不整合	上超	界面之下为灰、黑色泥岩夹粉砂岩,靠近隆起部位岩性变粗,上部多为含煤层砂泥岩	突变、界面下为漏斗形,泥岩基线偏离	高振幅、强连续性反射

图2为过研究区各次级构造单元的层序地层格架,其中扎和庙洼槽结构为单断断阶式,自西向东依次为断阶带-洼槽带-斜坡带,洼槽沉降中心由层序SQn2地层沉积前北西边界向层序SQn2时期南东部迁移,边界面SB1受苏仁诺尔构造带影响较大。而乌北洼槽结构为单断断槽式,自西而东分布有断阶带-洼槽带-断鼻带-斜坡带,沉积-沉降中心在层序SQn2沉积期受苏仁诺尔走滑构造带控制而逐渐向南东边缘迁移,说明湖盆逐渐扩大的特征。在层序SQn2发育晚期,研究区受到挤压作用逐渐隆升,形成区域性不整合面,其上层序SQd1沉积地层厚度总体变化不大,发育稳定,说明这一时期断裂对沉积的控制作用不强,此时的沉降中心由盆地边缘逐渐向盆地中心迁移,反映了盆地逐渐萎缩的特征。

层序SQn2内主要发育扇三角洲-深湖沉积体系,岩性主要为灰、灰黑色泥岩夹厚层或薄层的粉砂岩,部分为细砂岩或中粗砂岩,局部夹薄层炭质泥岩。控洼断裂对地层沉积的控制作用强烈,沿乌西、苏仁诺尔断裂边界的陡坡带地层沉积厚度较大,向缓坡带逐渐超覆减薄,层序结构在不同的构造位置不对称性明显。而层序SQd1沉积期由于古地貌逐渐变缓,断裂控制沉积作用减小,凹陷以稳定充填特征为主。区内主要发育三角洲、浊积扇、深湖-半深湖沉积体系,岩性以大套的灰、灰黑色泥岩夹薄层的粉砂岩为主,低位域部分以中粗砂岩为主。层序结构在构造隆起部位变化较大,其他地区层序结构发育较为稳定(图2)。

2.2 油藏层序地层位置与成因类型分析

根据钻井油气显示,在区域层序地层格架控

制下,通过精细岩-电-震标定,可以确定研究区油藏层序地层位置。研究表明,南二段顶部油藏应分为两个部分,油藏上部储集层主要为滑塌浊积扇的浊积水道,以岩性油藏类型为主,对应于层序SQd1低位体系域,是该区主力圈闭;下部储集层为三角洲前缘的水下分支河道、席状砂等,这些砂体与该区构造圈闭配合可以形成构造-岩性圈闭,对应于层序SQn2高位体系域的顶部。这两套不同沉积体系形成的不同的油藏类型不应作为一套来处理。

其主力圈闭浊积砂体主要覆于层序界面SB2之上,岩性以中粗砂岩夹泥岩、粉砂质泥岩为主,自然伽马电性特征响应为中等幅度的齿化箱形、钟形、箱形组合及指形等。地震剖面上呈丘形、孤立的透镜体反射形态,内部具有波状、短波状或杂乱反射特征,中-低振幅频率,连续性一般(图3)。

根据密集钻井电性以及地震前积反射特征分析,浊积砂体的物源主要来自乌东斜坡带与黄旗庙背斜带两者之间的构造调节带。其形成与巴彦山隆起西侧、三角洲前积体远端断裂坡折有关(图3)。在层序SQd1形成早期,物源区由于可容纳空间较小,三角洲推进时在陆地部位侵蚀冲刷所携带的大量沉积物在三角洲前缘快速堆积,逐渐形成具有固定前缘斜坡并超覆前期地层之上的进积体。当其沉积厚度和坡度增大到稳定休止角的极限值时,受前缘堆积体自身重力、波浪等作用影响而失稳滑塌,在苏仁诺尔北东部断裂坡折的下方深洼处形成扇体。在基准面开始上升时,浊积扇沉积物在深湖-半深湖还原沉积环境下以透镜状保存下来。

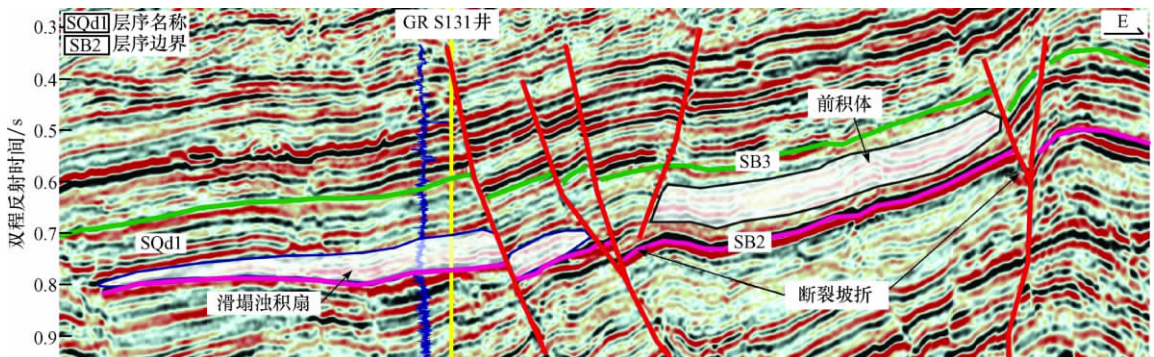


图3 乌北地区滑塌浊积扇井-震标定(Line 1122)

Fig. 3 Well-to-seismic calibration of slumped turbidite fans in the northern Wu'erxun Sag

3 乌北地区高分辨率层序地层分析

3.1 高分辨率基准面旋回界面识别

通过研究区不同构造位置的 8 口取心井的详细观察,分析该区主要储集体滑塌浊积扇与三角洲前缘岩相构成,进而识别高分辨率基准面旋回界面。滑塌浊积扇由浊积水道、浊积席状砂以及水道间组成。浊积水道岩性由细砂岩、粉砂岩、泥质粉砂岩组成,多呈正韵律,顶底与泥岩突变接

触;多发育块状层理、变形层理以及泥岩撕裂片、负荷模、液化构造等,厚度一般为 2~6 m。浊积席状砂岩性多为粉砂岩、泥质粉砂岩;与顶底泥岩突变接触,发育波状层理、变形层理及搅浑构造等,厚度一般小于 1.5 m。水道间主要以灰、灰黑色泥岩沉积为主,顶底突变,多发育水平层理。三角洲前缘亚相由水下分流河道、河口坝以及席状砂组成,多夹于较深水湖相泥质之中。岩性以细砂岩-粉砂岩-泥质粉砂岩为主,沉积构造包括块状层理、变形层理、平行层理等,砂岩底部含泥砾,常夹炭质纹层(图 4)。

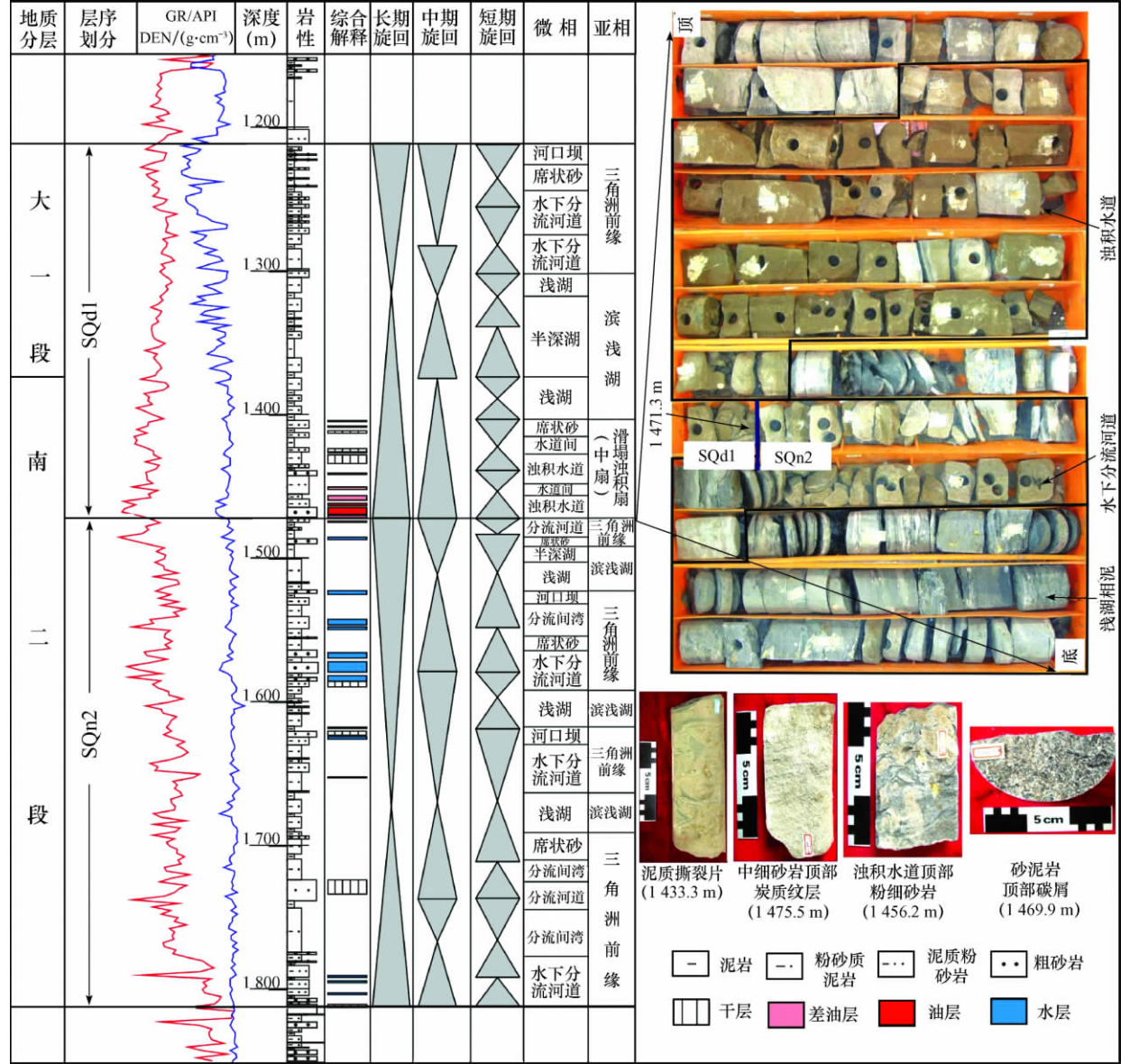


图 4 乌北地区高分辨率基准面旋回界面的识别(S131 井)

Fig. 4 Recognition of high resolution boundaries of base level cycles in the northern Wuerxun Sag(Well S131)

以苏 131 井为例,在区域层序格架内,即在长期基准面旋回约束下,根据泥岩颜色的变化以及泥岩厚度变化趋势,判断沉积物形成时的水深变化,再根据层序 SQd1 底部浊积水道-薄层浊积席状砂-水道间相序变化以及层序 SQn2 三角洲前缘水下分流河道-薄层席状砂-河口坝-半深湖相泥岩相序组合特征分析,结合测井曲线基线偏移以及叠加样式分析,运用地震剖面约束,岩-电-震精确标定,识别地层呈进积叠加样式向加积或退积叠加样式的转换位置 16 个以及地层呈退积叠加样式向加积或进积叠加样式的转换位置 13 个,这些短期成因地层单元的叠置反应了可容纳

空间变化/沉积物供给(A/S)比值变化趋势,正确的识别基准面旋回变化所导致的这种比值变化趋势是基准面旋回的精细划分与不同级次基准面旋回对比关键所在。

3.2 高分辨率基准面旋回对比

在区域层序地层格架内,运用长期旋回边界不整合面上、下地层在盆缘或隆起部位突变接触界面、地震强反射的构造界面以及分布稳定的泥岩隔层等作为不同级次的基准面旋回对比约束界面,进行研究区高分辨率基准面旋回对比^[15-18]。

图 5 是在各关键界面约束下,对乌北地区海

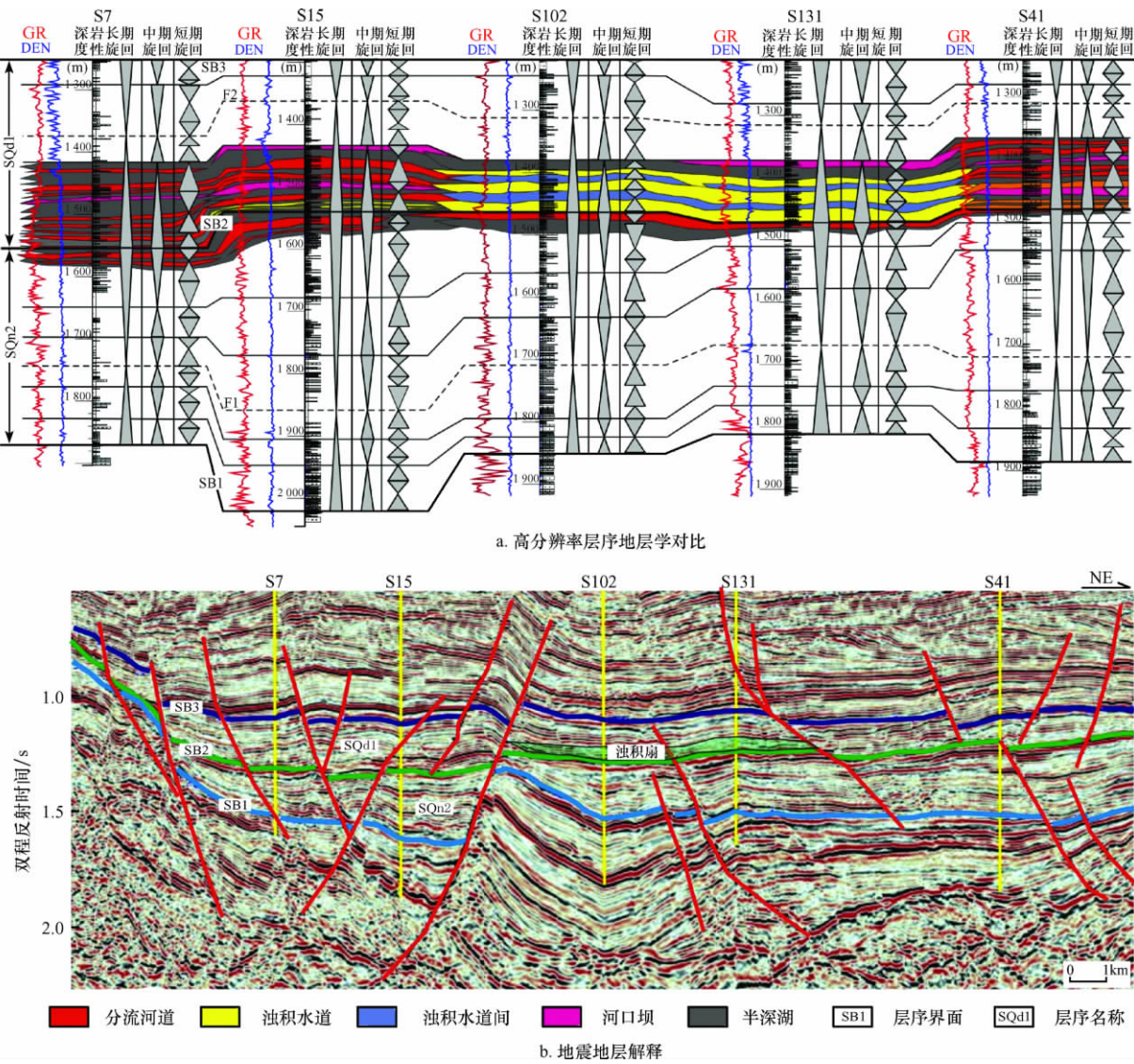


图 5 乌北地区南二段、大一段高分辨率层序地层对比与地震地层解释

Fig. 5 High resolution sequence - stratigraphic correlation and seismic stratigraphic interpretation of K_1n^2 and K_1d^1 in the northern Wuersun Sag

参 4 断块、苏 102 断块与苏 131 断块典型井的连井对比及地震解释剖面,对比结果显示,层序 SQn2 地层厚度受同生断裂影响较大,而层序 SQd1 地层厚度总体变化较小;中期基准面旋回各界面在全区具有较强的可对比性,而短期旋回受不同沉积体的物源体系、构造差异沉降以及古地貌等因素综合影响,只在局部具有可对比性;地震剖面清晰可见苏 131 断块滑塌浊积扇体,其发育明显与苏 131 断块东北部断裂坡折有关,通过短期基准面旋回划分,此套浊积扇体可以在苏 131 - 苏 102 断块间进行等时地层单元对比。原苏 131 断块的 I、II 油层组相当于苏 102 断块的 I 油层组,位于层序 SQd1 低位域的高部位,苏 131 断块的 III、IV 油层组相当于苏 102 断块的 II 油层组,位于层序 SQd1 低位域的低部位;苏 131 断块的 V 油层组相当于苏 102 断块的 III 油层组,位于层序 SQn2 高位体系域的顶部。

3.3 高分辨率层序地层格架内储集分布规律

通过乌北地区高分辨率层序地层格架的建立,可以看出油藏的分布与所处的层序地层位置密切相关,并受基准旋回变化控制。研究表明,有利储层浊积水道、水下分流河道发育位置主要出现在短期基准面旋回上升半旋回的早、中期以及下降半旋回的中、晚期。其平面展布规律则受到盆地古构造格局、边界条件、古水流体系等因素制约。在层序 SQd1 沉积时期,乌北洼槽深湖沉积以及扎和庙洼槽浅湖-半深湖沉积,明显受乌西断阶带以及苏仁诺尔走滑构造带等构造古地貌限制。物源供给主要经断裂坡折或断裂组合形成的构造调节带,从不同方向注入盆地,发育了不同规模大小的扇三角洲以及断裂坡折处的滑塌浊积扇沉积(图 6)。钻井剖面显示,中粗砂岩和粉砂岩是乌北地区油气储集的有利岩性。

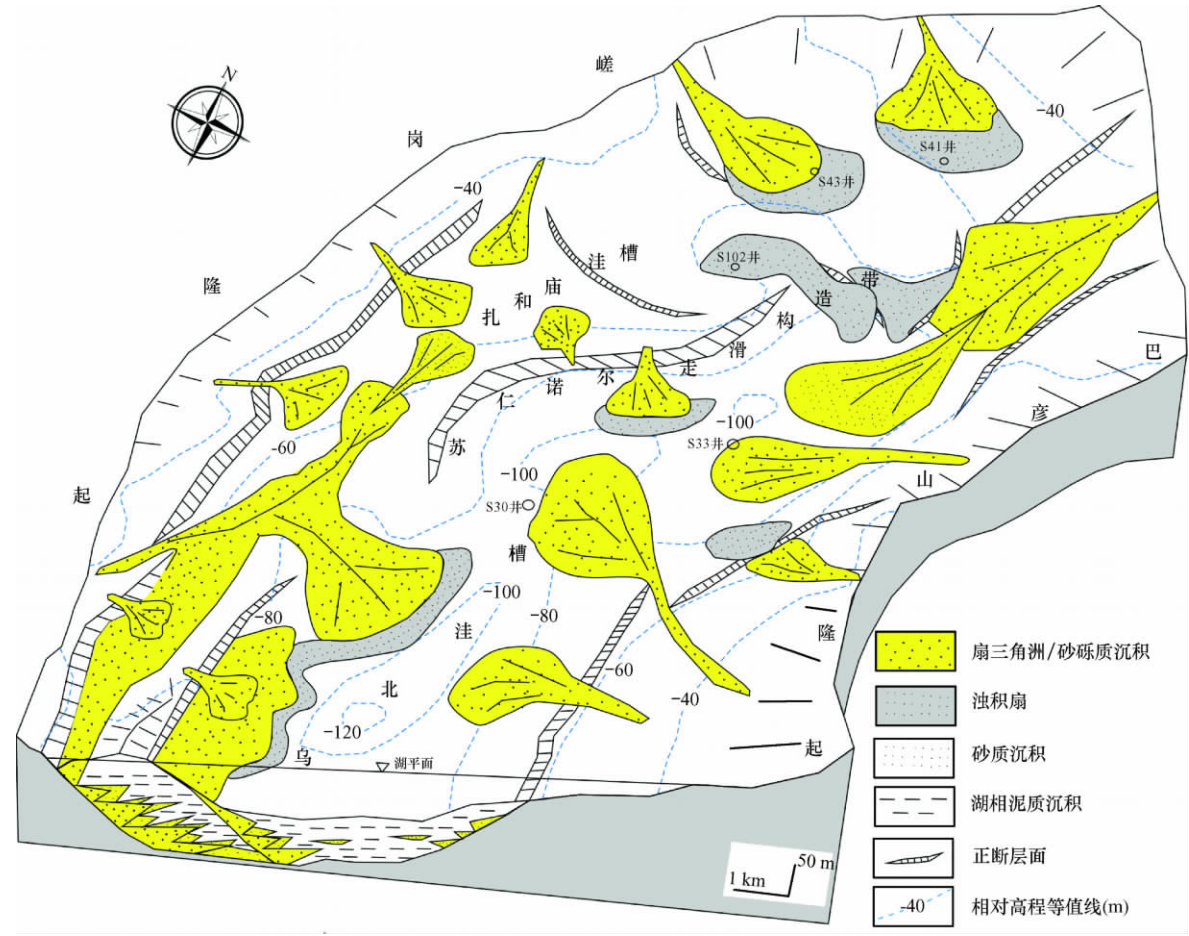


图 6 乌尔逊凹陷北部层序 SQd1 低位体系域晚期构造古地貌与沉积体系分布模式

Fig. 6 Distribution of tectonic palaeogeomorphology and depositional systems in the late lowstand system tract of sequence SQd1 in the northern Wu'erxun Sag

苏 131-102 断块层序 SQd1 低位体系域的浊积扇体发育在区域性不整合面之上,不整合面不仅是油气运移的重要通道之一,还可以改善油气储集空间及储集性能,根据钻井油气显示,这套浊积体是本区最有利的储集体。另外,这套砂体平面上位于两主力生油洼槽之间的苏仁诺尔走滑构造带之上,上部大一段泥岩层的有效封堵,可以形成砂岩透镜体和砂岩上倾尖灭等岩性油藏,应是下一步乌北地区油气勘探重点靶区。而不整合面之下的三角洲前缘砂体必须在断裂、岩性等有效封堵下才能成为有利储层。

4 结论

1) 乌北地区南二段、大一段可以划分为 2 个完整的长期基准面旋回、10 个中期基准面半旋回以及若干个短期基准面旋回。高分辨率层序地层分析表明,原根据地地质分层所划分的油层组为两套不同的沉积体系,应分为两个部分,上部滑塌浊积扇位于层序 SQd1 低位体系域,下部扇三角洲前缘位于层序 SQn2 高位体系域顶部。

2) 乌北地区苏 102 断块、苏 131 断块可以进行短期基准面旋回成因地层单元对比,位于层序 SQd1 低位体系域的滑塌浊积扇,地震相显示为透镜状,物源主要来自北东部三角洲前缘在断裂坡折处的滑塌,受上部泥岩、侧向断裂坡折有效封堵,形成构造-岩性油藏,应是下一步油气勘探的重点对象。

参 考 文 献

- [1] 姜在兴. 沉积体系及层序地层学研究现状及发展趋势 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 535-556.
Jiang Zaixing. Studies of depositional systems and sequence stratigraphy: the present and the future [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 535-556.
- [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, 2001, 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, 2001, 19(2): 249-255.
- [3] 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. A new school of thought in sequence stratigraphic studies in U. S. A.: high-resolution sequence stratigraphy [J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 89-97.
- [4] Lin Changsong, Zheng Herong, Ren Jianye, et al. The control of syn-depositional faulting on the Eocene sedimentary basin fills of the Dongying and Zhanhua sags, Bohai Bay Basin [J]. Science in China: Series D, 2004, 47(9): 769-782.
- [5] 林畅松. 沉积盆地的层序和沉积充填结构及过程响应 [J]. 沉积学报, 2009, 27(5): 849-862.
Lin changsong. Sequence and depositional architecture of sedimentary basin and process responses [J]. ACTA Sedimentologica Sinica, 2009, 27(5): 849-862.
- [6] 王起琮. 旋回层序地层的控制因素 [J]. 石油与天然气地质, 2009, 30(5): 648-656.
Wang Qicong. Controlling factors of cyclic sequence stratigraphy [J]. Oil & Gas Geology, 2009, 30(5): 648-656.
- [7] 张成, 李春柏, 楚美娟, 等. 乌尔逊凹陷下白垩统高频层序特征及其控制因素分析 [J]. 沉积学报, 2005, 23(4): 657-663.
Zhang Cheng, Li Chunbai, Chu Meijuan, et al. Analysis on characteristics and controls of high-frequency sequences of lower cretaceous series in Wuersun depression [J]. ACTA Sedimentologica Sinica, 2005, 23(4): 657-663.
- [8] 刘志宏, 任延广, 李春柏, 等. 海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷的构造特征及其对油气成藏的影响 [J]. 大地构造与成矿学, 2007, 31(2): 151-156.
Liu Zhihong, Ren Yanguang, Li Chunbai, et al. Structural features and their impacts on hydrocarbon accumulation in Wuersun-Beier depression in Hailaer basin [J]. Geotectonica Et Metallogenia, 2007, 31(2): 151-156.
- [9] 魏建设, 庞雄奇, 卢进才, 等. 乌尔逊-贝尔凹陷油气分布规律及其主控因素 [J]. 天然气工业, 2008, 28(9): 24-27.
Wei Jianshe, Pang Xiongqi, Lu Jincai, et al. Distribution patterns of oil and gas and their major controlling factors in Wuersun and Beier sags [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(9): 24-27.
- [10] 冯志强, 任延广, 张晓东, 等. 海拉尔盆地油气分布规律及下步勘探方向 [J]. 中国石油勘探, 2004, 9(4): 19-24.
Feng Zhiqiang, Ren Yanguang, Zhang Xiaodong, et al. Law of oil and gas distribution in Hailaer basin and orientation for exploration at next stage [J]. China Petroleum Exploration, 2004, 9(4): 19-24.
- [11] 李文学, 李建民, 谢朝阳. 海拉尔复杂断陷盆地油气勘探与开发 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2006: 1-112.
Li Wenxue, Li Jianming, Xie Zhaoyang. Oil and gas exploration and development of Hailaer complex fault basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2006: 1-112.
- [12] 吴河勇, 李子顺, 冯子辉, 等. 海拉尔盆地乌尔逊-贝尔凹陷构造特征与油气成藏过程分析 [J]. 石油学报, 2006, 27: 1-6.
Wu Heyong, Li Zishun, Feng Zihui, et al. Analysis on structural features and reservoir-forming process of Wuersun and Beier sags in Hailaer basin [J]. ACTA Petrolei Sinica, 2006, 27: 1-6.

- . Coal Geology & Exploration, 2004, 32(2): 48–50.
- [5] 余继峰, 李增学. 测井数据小波变换及其地质意义 □. 中国矿业大学学报, 2003, 32(3): 336–339.
Yu Jifeng, Li Zengxue. Wavelet transform of logging data and its geological significance □. Journal of China University of Mining & Technology, 2003, 32(3): 336–339.
- [6] 李霞, 范宜仁, 邓少贵. Morlet 小波在测井层序地层划分中的应用 □. 勘探地球物理进展, 2006, 29(6): 403.
Li Xia, Fan Yiren, Deng Shaogui. Application of Morlet wavelet in sequence stratigraphic division on well-logging data □. Progress in Exploration Geophysics, 2006, 29(6): 403.
- [7] 张顺存, 陈丽华, 周新艳, 等. 准噶尔盆地克百断裂下盘二叠系砂砾岩的沉积模式 □. 石油与天然气地质, 2009, 30(6): 740–746.
Zhang Shuncun, Chen Lihua, Zhou Xinyan, et al. Sedimentary model of the Permian sandy conglomerate in the footwall of the Kebai Fault, the Junggar Basin □. Oil & Gas Geology, 2009, 30(6): 740–746.
- [8] 赵伟, 姜在兴, 邱隆伟, 等. 小波分析划分层序单元的地质学理论基础、方法与应用 □. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 436–441.
Zhao Wei, Jiang Zaixing, Qiu Longwei, et al. Geological concept, method and application of sequence unit identification through wavelet analysis □. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 436–441.
- [9] 宋亮, 张营革, 苏朝光, 等. 断陷湖盆陡坡带砂砾岩体真构造恢复与内幕旋回划分——以车镇凹陷北带中浅层近岸扇体为例 □. 石油地球物理勘探, 2010, 45(S1): 119.
Song Liang, Zhang Yingge, Su Chaoguang. True structure recovery and internal cycle division in glutenite in the steep slope zone of faulting-depression basin—an example from the middle-shallow near-shore fans in the northern of Chechen Sag □. Oil Geophysical Prospecting, 2010, 45(S1): 119.

(编辑 高岩)

(上接第181页)

- [3] 蒋飞虎, 邓瑞健, 杨静, 等. 中原油气区中生代—古生代地层 □. 北京: 石油工业出版社, 2006: 12–21.
- [4] 徐永昌, 沈平, 刘文汇, 等. 未熟—低熟油的同位素组成特征及判识标志 □. 科学通报, 2001, 46(10): 867–872.
Xu Yongchang, Shen Ping, Liu Wenhui, et al. Isotopic composition characteristics and identification marks of unmaturing and low mature oil □. Chinese Science Bulletin, 2001, 46(10): 867–872.
- [5] 朱光有, 金强, 戴金星, 等. 东营凹陷沙四中段盐湖相烃源岩研究 □. 高校地质学报, 2004, 10(2): 257–266.
Zhu Guangyou, Jin Qiang, Dai Jinxing, et al. Investigation on the salt lake source rocks for Middle Shashi Column of Dongying Depression □. Geological Journal of China Universities, 2004, 10(2): 257–266.
- [6] 史继扬, 汪本善. 苏北盆地生油岩中甾、萜的地球化学特征和我国东部低成熟的生油岩与原油 □. 地球化学, 1985, 14(1): 80–88.
Shi Jiyang, Wang Benshan. Geochemical features of sterane and terpane in source rocks from the Subei Basin and immature crude oils and source rocks in the eastern part of China □. Geochimica, 1985, 14(1): 80–88.
- [7] 赵广珍, 张家政, 张源智, 等. 白音查干凹陷西洼低熟油特征及成藏规律 □. 石油勘探与开发, 2001, 28(5): 4–7.
Zhao Guangzhen, Zhang Jiazheng, Zhang Yuanzhi, et al. Characteristics and pool forming regularity of immature oil in western Baiyinchagan depression, Erlian basin. □. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(5): 4–7.

(编辑 李军)

(上接第221页)

- [3] 刘志文. 乌尔逊凹陷油气运移方向研究 □. 断块油气田, 2008, 15(5): 31–33.
Liu Zhiwen. Migration direction of oil and gas in Wuerxun depression □. Fault Block Oil & Gas Field, 2008, 15(5): 31–33.
- [4] 秦雁群, 邓宏文, 丁寒生. 乌尔逊—贝尔凹陷构造调节带特征、成因机制及其地质意义 □. 现代地质, 2009, 23(5): 872–879.
Qin Yanqun, Deng Hongwen, Ding Hansheng. Characteristic, geologic meaning and forming mechanisms of the structural accommodation zones in Wuerxun-Beier depression □. Geoscience, 2009, 23(5): 872–879.
- [5] Cross T A. Stratigraphic controls on reservoir attributes in continental strata □. Earth Science Frontiers, 2000, 7(4): 322–350.
- [6] 邓宏文. 高分辨率层序地层学应用中的问题探析 □. 古地理学报, 2009, 11(5): 471–480.
Deng Hongwen. Discussion on problems of applying high resolution sequence stratigraphy □. Journal of Palaeogeography, 2009, 11(5): 471–480.

(编辑 董立)