

文章编号: 1009-3850(2010) 01-0067-06

柴西乌南 绿草滩地区古近系 下干柴沟组下段储盖组合与勘探潜力

易定红, 王斌婷, 曹正林, 裴明利, 刘应如

(中国石化石油勘探开发研究院西北分院, 甘肃兰州 730020)

摘要: 运用层序地层学的理论和方法, 综合钻井、测井和三维地震资料, 在柴西乌南 绿草滩地区古近系下干柴沟组下段识别出两个层序界面, 将其划分为 1 个长期基准面旋回 (三级层序) LSC_1 和 4 个中期基准面旋回 (四级层序) MSC_1 、 MSC_2 、 MSC_3 和 MSC_4 。在等时地层格架约束下, 详细分析了研究区储集层、盖层及储盖组合的发育规律与基准面旋回的内在联系, 指出本区古近系下干柴沟组下段具有较大的油气勘探潜力。

关键词: 柴达木盆地; 下干柴沟组下段; 基准面旋回; 储盖组合; 勘探潜力

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

1 地质概况

乌南 绿草滩地区位于柴达木盆地西南部, 北临茫崖凹陷, 南达昆北断阶带, 西与扎哈泉凹陷相邻, 东与东柴山背斜相接, 工区面积约 488 km^2 (图 1)。晚白垩世末期的燕山运动 II 幕结束其断陷湖盆的演化历史而进入断拗湖盆的发育阶段^[1]。渐新世早期, 喜山运动 I 幕奠定了研究区由西南向东北倾斜的古地理背景。渐新世末期的喜山运动 II 幕使得研究区南部的昆仑山向北推挤, 在昆仑山前形成了强烈的褶皱带和逆掩断层带, 在研究区形成由东南向北西倾伏的乌南 绿草滩鼻状构造雏形, 并发育一系列的北西向、南北向和东西向逆断层。上新世末期的喜山运动 III 幕使得研究区乌南 绿草滩鼻状构造最终形成。

近年来的勘探表明, 乌南 绿草滩地区古近系下干柴沟组下段油气显示活跃。2007 年, 位于昆北断阶带的切 6 井在井深 $1743.10 \text{ m} \sim 1749.10 \text{ m}$ 的下干柴沟组下段上部发生自喷, 获日产 32 的高产工业油流, 充分说明了该地区下干柴沟组下段的油气勘

探潜力。本文在等时地层格架内, 研究古近系渐新统下干柴沟组下段的储盖组合, 并对下干柴沟组下段的勘探潜力进行初步分析, 期望能对该地区的油气勘探起到一定的指导作用。

2 层序地层格架

根据钻井、测井和三维地震资料综合分析, 结合已有的研究成果^[2~4], 在乌南 绿草滩地区古近系下干柴沟组下段识别出两个不整合面, 将其划分为 1 个长期基准面旋回 (三级层序) LSC_1 和 4 个中期基准面旋回 (四级层序) MSC_1 、 MSC_2 、 MSC_3 和 MSC_4 (图 2)。通过预探井的合成记录对区域三维地震剖面进行精细标定, 实现了古近系地震层序和测 (钻) 井层序地层的统一划分, 建立了研究区古近系下干柴沟组下段的层序地层格架。

3 沉积体系

乌南 绿草滩地区古近系沉积体系明显受到构造运动及古地貌的控制。根据岩心观察、测井及三维地震资料综合分析, 乌南地区古近系下干柴沟组

收稿日期: 2009-02-15 改回日期: 2009-09-04

作者简介: 易定红 (1975—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事层序地层学与石油地质学研究

资助项目: 中国石化青海油田公司科技攻关项目 (QHKT/JL-03-013)

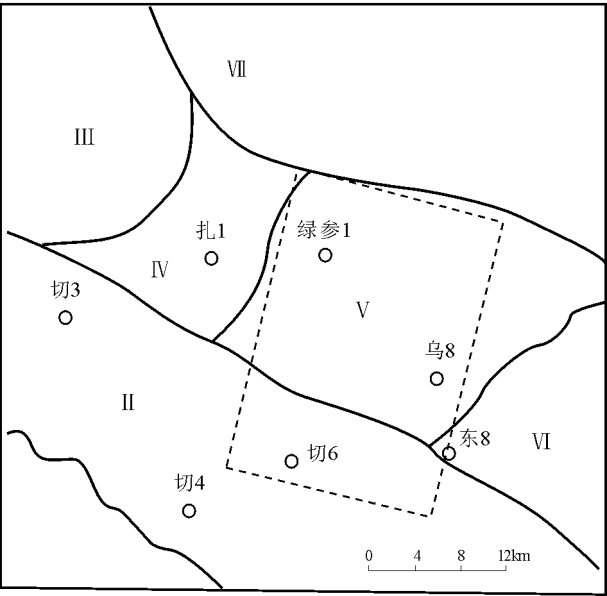


图 1 乌南 绿草滩地区构造位置图

II. 昆北断阶带; III. 铁木里克凸起; IV. 扎哈泉凹陷; V. 乌南 绿草滩断鼻; VI. 东柴山背斜; VII. 茫崖凹陷

Fig 1 Tectonic division of the Wunan-Lucaogan region
II = Northern Kunlun fault zone III = Tamarog uplift IV = Zhaqian depression V = Wunan-Lucaogan fault nose VI = Dongchaishan anticline VII = Mangnai depression

下段发育辫状河三角洲沉积体系和湖泊沉积体系 (图 2)。

3 1 辫状河三角洲沉积体系

辫状河三角洲沉积主要发育在 MSC₁旋回至 MSC₃旋回, 为辫状河三角洲前缘亚相。其中, 在 MSC₁旋回时, 研究区还同时发育辫状河三角洲平原亚相。平原亚相主要由辫状水道微相和泛滥平原微相构成, 辫状水道砂体单层厚度一般为 6~10m, 最大单砂层厚度大于 12m; 砂地比一般在 75%~85%之间, 岩性较粗, 为棕红色 灰色细砂岩、砂岩夹褐色 紫红色泥岩。辫状水道内部为由多层略呈正韵律的砂岩组成的叠合砂岩体, 冲刷现象明显, 发育大型交错层理和平行层理, 自然伽玛曲线上表现为中幅弱齿化的箱型、箱型 钟型组合。

前缘亚相主要发育分流水道微相和河口坝微相。分流水道砂体单层厚度一般小于 5m, 砂地比一般在 15%~45%之间, 为浅灰色粉砂岩、细砂岩夹灰色 紫红色 棕红色泥岩。分流水道内部为呈正韵律的砂岩组成的叠合砂岩体, 发育中小型交错层理, 自然伽玛曲线上表现为中 低幅齿化的箱型 钟型组合。河口坝砂主要为薄层、中薄层灰色 浅灰色粉砂岩, 对应的 GR与 SP测井曲线形态为漏斗型。

3 2 湖泊沉积体系

湖泊沉积主要发育在 MSC₄旋回, 为滨浅湖沉积环境, 主要发育泥坪微相。在绿参 1井区, MSC₂旋回的中晚期和 MSC₃旋回的中晚期均发育滨浅湖泥坪微相。

4 基准面旋回与生储盖组合分析

乌南 绿草滩地区古近系地层基准面旋回的周期性升降导致可容纳空间周期性的增加与减小, 使 LSC₁旋回沉积相的成因类型、几何形态、空间展布和内部结构变化, 并形成特定的生、储、盖空间组合^[5 6]。

4 1 基准面旋回与烃源岩

乌南 绿草滩地区 LSC₁旋回发育一套烃源岩 (图 2), 岩性为中厚层灰色 深灰色浅湖 半深湖相泥岩夹薄层褐色泥岩, 纵向上主要发育在 MSC₄上升半旋回的中晚期和下降半旋回。向南厚度逐渐减小, 在工区北面的绿参 1井为 170m; 乌 8井区约为 100m。

该套暗色泥岩的有机碳含量为 0.404%, 氯仿沥青 A含量为 800μg/g, 总烃含量为 300μg/g。生油层的母质类型是以腐泥为主的混合型, 热演化程度高, 均已经成熟, 且埋深都在 2500m以下, 生烃潜力大。

4 2 基准面旋回与储集层

乌南 绿草滩地区古近系 LSC₁旋回共发育了 4套储集层, 第一套储集层位于 MSC₁旋回; 第二套储集层在乌 3井以南地区位于 MSC₂旋回, 而在乌 3井及其以北地区则主要位于 MSC₂上升半旋回的早期; 第三套储集层的纵向分布与第二套储集层相似; 第四套储集层分布局限, 主要位于 MSC₄上升半旋回早期 (图 2)。

第一套储集层在乌 8井以南主要是辫状河三角洲平原主水道砂, 岩性主要为厚层、中厚层棕红色 / 杂色砂岩, 粗砂岩和含砾砂岩; 在乌 8井以北主要是辫状河三角洲前缘分流水道砂和河口砂坝砂, 岩性主要为中层 中厚层棕红色 灰色砂岩 细砂岩。该套储集层埋深一般在 5000~3470m之间, 压实强度大, 物性差。多年来的勘探实践表明, 该套储集层没有油气显示, 故不是本研究的主要目的层。

第二套储集层在乌 3井以南的乌南地区主要是辫状河三角洲前缘分流水道砂和河口砂坝砂, 发育在 MSC₂旋回的上升半旋回和下降半旋回; 在乌 3井以北的绿草滩地区, 其主要发育在 MSC₂旋回的上升半旋回的早期, 主要是辫状河三角洲前缘分流

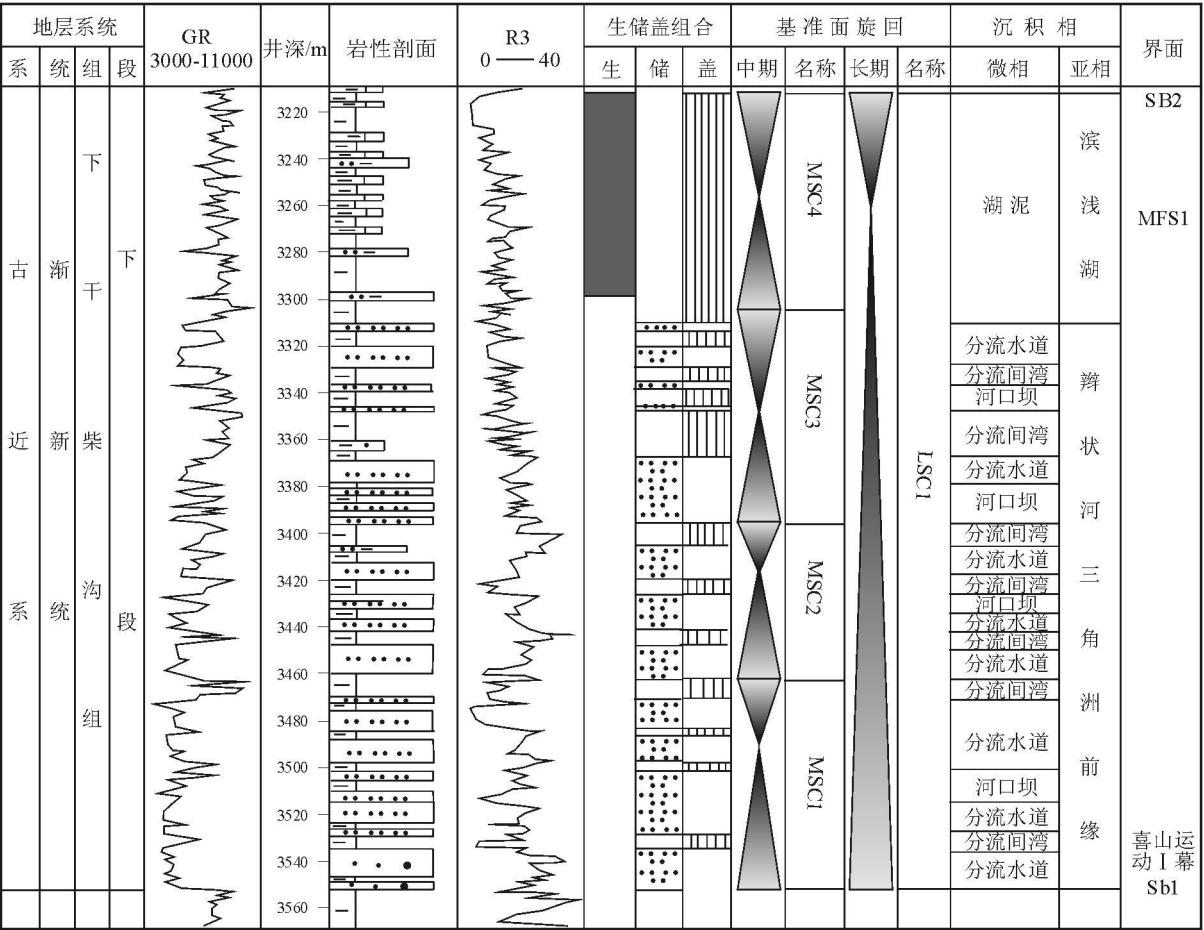


图 2 乌南 绿草滩地区下干柴沟组下段基准面旋回划分与生储盖组合综合柱状图

Fig 2 Column of the base level cycles and source-reservoir-seal associations in the lower member of the Xiaganchaigou Formation

水道砂,该套储集层的岩性主要为中层 中厚层浅灰色 灰色粉砂岩和砂岩。

第三套储集层岩性特征与第二套储集层相似,即在乌 3井以南地区位于 MSC3旋回,而在乌 3井及其以北地区则主要位于 MSC3 上升半旋回的早期。

第四套储集层主要为辫状河三角洲前缘分流水道砂和河口砂坝砂,分布范围局限,在乌南地区不发育,仅发育在绿草滩地区的 MSC4旋回的上升半旋回的早期。

由于 LSC1旋回没有在分流水道或河口坝发育层段取心,导致该地区 LSC1旋回储集层缺乏物性数据。绿草滩地区储集层埋深超过 4800m,自然电位异常不明显,物性相对较差;乌南地区储集层埋深一般为 3300~3900m,在储集层发育的层段,自然电位负异常明显,幅度大。由此可以看出,乌南地区 LSC1储集层的物性较好,绿草滩地区 LSC1 储集层埋深虽然较大,成岩作用较强,但是该地区在埋深

3500~5000m层段存在异常孔隙发育带,次生孔隙发育,有效地改善了储层的物性。

4.3 基准面旋回与盖层

研究区的 LSC1旋回共发育了 3套盖层。第一套盖层主要位于 MSC4旋回的上升半旋回的中晚期和下降半旋回,厚度一般为 40~160m,平均为 120m。岩性主要是灰色 浅灰色半深湖相泥岩和滨浅湖相泥岩,为 MSC4上升半旋回早期和 MSC3旋回发育的辫状水道砂和河口砂坝砂的区域性盖层。

第二套盖层和第三套盖层在乌南地区主要位于 MSC3旋回的上升半旋回与下降半旋回的转换处,累计厚度一般为 10~25m,平均为 11m。岩性主要是紫红色 灰色分流水道间泥岩和滨浅湖相泥岩,分别为下伏 MSC2上升半旋回早期和 MSC3上升半旋回早期发育的辫状水道砂和河口砂坝砂的局部盖层。而在绿草滩地区,第二套盖层则主要位于 MSC2上升半旋回的中晚期和下降半旋回。

第三套盖层则主要位于 MSC3上升半旋回的中

晚期和下降半旋回,厚度一般为 50~75 m,平均为 60 m。岩性主要是灰色、浅灰色滨浅湖相泥岩,为 MSC₂上升半旋回早期和 MSC₃上升半旋回早期发育的辫状水道砂和河口砂坝砂的局部性盖层。

4.4 基准面旋回与储盖组合

乌南绿草滩地区古近系可归为 3 套储盖组合。第一套储盖组合 (MSC₄ 储盖组合) 的储集层是 MSC₄ 上升半旋回早期和 MSC₃ 下降半旋回形成的辫状水道砂和河口砂坝砂,盖层是 MSC₄ 上升半旋回的中晚期和下降半旋回形成的中厚层灰色、浅灰色滨浅湖相泥岩,该套盖层同时也是生油岩,构成上下生储式储盖组合。

第二套储盖组合 (MSC₃ 储盖组合) 的储集层是 MSC₃ 上升半旋回和 MSC₂ 下降半旋回形成的辫状水道砂。盖层在乌南地区是位于 MSC₃ 上升半旋回至下降半旋回转换期形成的中层、中厚层浅灰色、紫红色分流间湾泥岩,在绿草滩地区其盖层是位于 MSC₃ 上升半旋回中晚期和下降半旋回形成的中层、中厚层浅灰色、灰色滨浅湖相泥岩,该套盖层不具备生油能力,构成旁生侧储式储盖组合。

第三套储盖组合 (MSC₂ 储盖组合) 的储集层是 MSC₂ 上升半旋回和 MSC₁ 旋回形成的辫状水道砂。在乌南地区,盖层是位于 MSC₂ 上升半旋回至下降半旋回转换处形成的中层状紫红色分流间湾泥岩;在绿草滩地区,盖层是位于 MSC₂ 上升半旋回中晚期和下降半旋回形成的中层状浅灰色、灰色滨浅湖相泥岩,该套盖层同样不具备生油能力,构成旁生侧储式储盖组合。

5 油气勘探潜力

乌南绿草滩地区古近系 LSC₁ 旋回有效储层厚度大。区内主要发育三组断层,即以昆北断层为代表的近东西向断层、以 X Ⅲ断层为代表的近北西向断层和以乌东断层为代表的近南北向断层。这三组断层均为逆断层,是喜马拉雅运动的产物 (图 3)。这些断层不但为油气运移提供了良好的通道,而且在一定程度上有效地改善了储层的物性。区域构造背景与沉积体系的有效配置,为形成构造岩性油藏和砂岩上倾尖灭油藏提供了有利条件 (图 4)。

5.1 资源潜力

乌南绿草滩地区西面与北面分别与扎哈泉凹陷和茫崖凹陷相邻,油源条件充足。第三次资源评估结果表明,柴达木盆地西部南区石油地质资源量为 4.20×10^8 t,剩余石油地质资源量为 2.95×10^8 t。

5.2 油气成藏与区域构造

勘探实践证明,乌南绿草滩地区的油气藏主要有两期成藏。第一期成藏发生于上新世中期的喜山运动 II 幕活动期,下干柴沟组下段和下干柴沟组上段烃源岩进入生烃门限,并开始排烃,但由于未达到生烃高峰,而且该时期各类构造刚具有雏形,圈闭幅度小,油气充注有限;第二期成藏发生在新世晚期的喜山运动 III 幕活动期,该时期上干柴沟组烃源岩进入生油门限,开始生烃并排烃,下干柴沟组下段和下干柴沟组上段烃源岩均已达到生烃高峰,油气发生大规模的运移和聚集,主要表现在:①在早期形成的油气藏中继续充注,增大储量;②在喜山运动 III 幕活动时期新生成的圈闭中充注;③油气沿着断层向背斜的高部位及浅层运移,形成次生气藏。

喜山运动 II 幕时研究区开始构造反转,处于压扭应力环境,逆断层开始发育。而当喜山运动 III 幕发生后,研究区最终形成由东南向西北方向倾伏的鼻状构造和一系列的逆断层,为油气运聚成藏奠定了有利的区域地质构造条件^[7,8]。

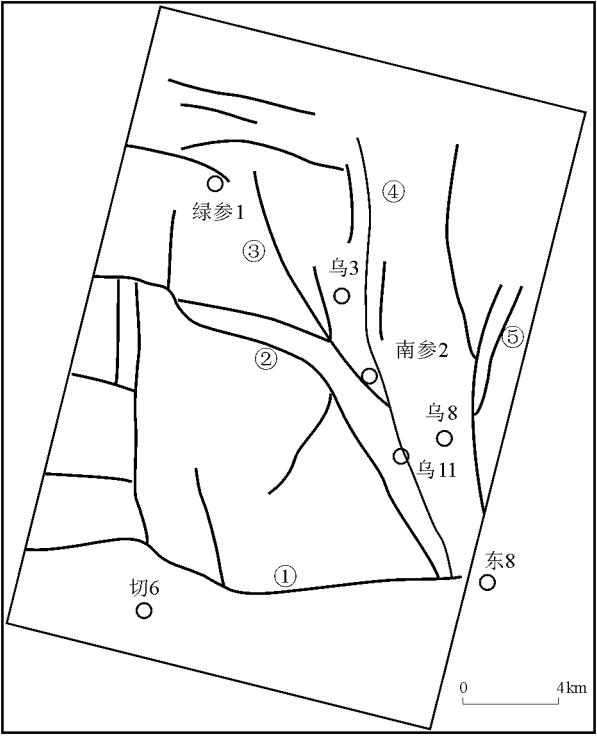


图 3 乌南绿草滩地区 LSC₁ 顶主要断层平面分布
①昆北断层;②Ⅷ号断层;③绿东断层;④乌南断层;⑤乌东断层
Fig. 3 Planar distribution of major faults at the top of LSC₁ in the Wunan-Lucaogan region
① = Northern Kunlun fault ② = VIII fault ③ = Eastern Lucaogan fault ④ = Wunan fault ⑤ = Wudong fault

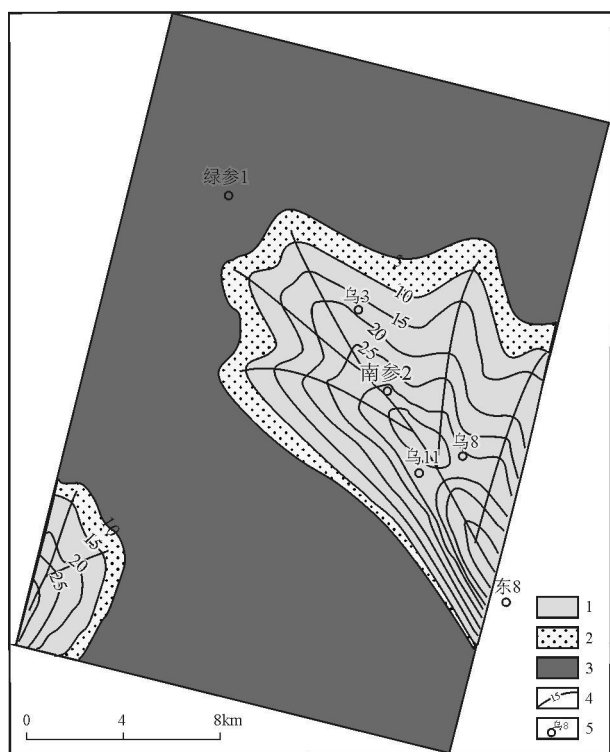


图4 乌南 绿草滩地区 MSC3 上升半旋回沉积体系平面分布

1 三角洲前缘分流水道; 2 三角洲前缘席状砂; 3 滨浅湖; 4 砂岩厚度; 5 井位

Fig 4 Planar distribution of the depositional systems in MSC3 rising semi-cycle deposits in the Wunan-Lucaogan region in the lower member of the Xiaganchaigou Formation
1 = delta front distributary channel; 2 = delta front sheet sandstones; 3 = littoral shallow lake; 4 = sandstone thickness; 5 = well site

5.3 储盖组合与勘探潜力

乌南 绿草滩地区古近系 LSC1 旋回 MSC3 储盖组合属上生下储式储盖组合, 该套储盖组合具有形成砂岩上倾尖灭油气藏的地质背景, 且储集层厚度大、物性好, 加之区域构造地质配置良好, 容易形成岩性油藏和构造岩性油藏。由于乌东断层和不整合面 SB1 以及微裂缝提供了油气垂向和侧向运移通道, 故该储盖组合及油气运聚成藏条件优越, 是岩性油藏和构造岩性油藏下一步勘探的主要目标。

研究区具有形成上述油气藏的有利勘探区在平面上主要位于乌 8 井东北辫状河三角洲前缘朵叶体区域。该区储层厚度由大变小, 物性略有变化, 具有形成构造岩性复合油气藏和构造背景上的岩性油

气藏的有利条件, 导油断层 (乌东断层) 横穿该区域, 油源充足, 盖层厚度大, 一般为 1000~1300m。埋深较浅, 一般为 3300~3800m。目前该区域虽为勘探薄弱区, 但是位于该区域上倾部位的乌 8 井在 LSC1 旋回中见到很好的油气显示。综合分析认为, 该区域是构造岩性复合油气藏和岩性油气藏的勘探有利区域。

6 结论

(1) 柴西乌南 绿草滩地区古近系下干柴沟组下段中识别出两个不整合面、1 个长期基准面旋回 LSC1 和 4 个中期基准面旋回 MSC1、MSC2、MSC3 和 MSC4。

(2) 研究区古近系 LSC1 旋回发育辫状河三角洲沉积体系和湖泊沉积体系, 有利储集体是位于 MSC3 旋回的辫状河三角洲前缘分流水道和河口砂坝砂。

(3) 研究区古近系发育 1 套烃源岩、4 套储集层、3 套盖层, 且以上生下储式储盖组合为主。

(4) 位于乌 8 井东北的辫状河三角洲前缘朵叶体区域为构造岩性复合油气藏和构造背景上的岩性油气藏勘探的有利区域。

参考文献:

- [1] 徐旺, 薛超, 邱世祺, 等. 中国石油地质志 (14)—青藏油气区 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1990.
- [2] 党玉琪, 尹成明, 赵东升. 柴达木盆地西部地区古近纪与新近纪沉积相 [J]. 古地理学报, 2004, 6(3): 297-306.
- [3] 邵文斌, 寿建峰. 柴达木盆地尕斯断陷古近系新近系的沉积演化规律与储集体分布 [J]. 石油大学学报 (自然科学版), 2003, 27(6): 12-16.
- [4] 邓宏文, T. A. Cross, 王洪亮, 等. 高分辨率层序地层学—原理及应用 [M]. 北京: 地质出版社, 2002.
- [5] 易定红, 石兰亭, 贾义蓉. 吉尔嘎朗图凹陷宝饶洼槽阿尔善组层序地层与隐蔽油藏 [J]. 岩性油气藏, 2007, 19(1): 68-72.
- [6] 易定红, 贾义蓉, 石兰亭. 宝饶洼槽下白垩统层序地层与生储盖组合 [J]. 新疆石油地质, 2005, 26(5): 540-543.
- [7] 刘震, 党玉琪, 李鹤永, 等. 柴达木盆地西部第三系油气晚期成藏特征 [J]. 西安石油大学学报 (自然科学版), 2007, 22(1): 1-6.
- [8] 易定红, 裴明利, 田光荣, 等. 饶阳凹陷大王庄地区古近系沙三段层序地层与成藏条件 [J]. 石油地质与工程, 2007, 21(5): 4-7.

Reservoir seal associations and hydrocarbon potential of the lower member of the Palaeogene Xiaganchaigou Formation in the Wunan-Lucaotan region, western Qaidam Basin, Qinghai

YIDing-hong, WANG Bin-ting, CAO Zheng-li, PEI Ming-li, LIU Ying-ru

(Northwestern Branch, Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Lanzhou 730020, Gansu, China)

Abstract The lower member of the Palaeogene Xiaganchaigou Formation in the Wunan-Lucaotan region, western Qaidam Basin, Qinghai comprises two sequence boundaries including one long-term base-level cycle (third-order sequence) LSC₁ and four medium-term base-level cycles (fourth-order sequence) MSC₁, MSC₂, MSC₃ and MSC₄ on the basis of cores, well logs and three-dimensional seismic data. The study of the reservoir seal associations shows that the lower member of the Xiaganchaigou Formation may be highly prospective for hydrocarbon exploration. The favourable reservoir rocks consist of distributary channel sandstones and channel-mouth bar sandstones on the braided delta front in MSC₃, where the composite tectonic-lithologic oil pools and lithologic oil pools are hosted.

Key words: Qaidam Basin, lower member of the Xiaganchaigou Formation, base-level cycle, reservoir seal association, hydrocarbon potential