

准噶尔盆地西缘春光油田地层-岩性油气藏特征

陈祥¹,王敏¹,王勇¹,丁洁莹²,翟京天¹

(1. 中国石化河南油田分公司,河南 南阳 473132; 2. 中山大学地球科学与地质工程学院,广东 广州 510275)

摘要:春光油田位于车排子凸起斜坡带上,构造较为简单,油气成藏类型以地层-岩性油气藏为主,属于源外成藏。新近系沙湾组、古近系和白垩系是主要的勘探层系。通过沉积特征研究,认为新近系沙湾组主要发育冲积扇、辫状河沉积,古近系、白垩系主要发育辫状河三角洲沉积。在明确该区地层沉积特征的基础上,开展了春光油田地层-岩性油气藏成藏条件研究。首先通过油源对比分析,认为东部昌吉凹陷和南部四棵树一凹陷均具有供烃能力,二叠系和侏罗系是主要的供烃层系。输导条件是春光油田油气成藏的主控因素。对不整合面、厚砂体和断层这3种输导要素进行了深入研究,认为春光油田存在一套高效的复式输导体系,并建立了该区的油气输导模式。分别对新近系沙湾组岩性油气藏和白垩系、古近系地层油气藏特征开展了研究,确定了各个层系油气成藏主控因素,并最终建立了春光油田油气成藏模式,有效的指导了春光油田地层-岩性油气藏勘探。

关键词:油-源对比;输导体系;成藏模式;地层-岩性油气藏;春光油田;准噶尔盆地

中图分类号:TE121.1

文献标识码:A

Reservoir-forming characteristics of stratigraphic and lithologic reservoir in Chunguang oilfield, western margin of Junggar Basin

Chen Xiang¹, Wang Ming¹, Wang Yong¹, Ding Jieying², Zhai Jingtian¹

(1. Henan Oilfield Company, SINOPEC, Nanyang, Henan 473132, China; 2. School of Earth Science and Geological Engineering, Sun Yat-Sen University, Guangzhou, Guangdong 510275, China)

Abstract: The Chunguang oilfield is located in a simple structure named Chepaizi slope zone in western margin of Junggar Basin, northwestern China. The reservoirs are mainly stratigraphic and lithologic type of outside hydrocarbon source. The Neogene Shawan Formation, Paleogene, and Cretaceous, are all the exploration targets. Analyses of depositional characteristics show that the Shawan Formation developed mainly alluvial fan and braided river depositional system, the Paleogene and the Cretaceous grew braided river delta sedimentary system. A study based on sedimentary features of the area had been carried out to answer questions concerning on reservoiring conditions. Analyses of oil-source correlation show that the Changji sag in the east and Sikeshou sag in the south of the area had the potential to provide hydrocarbon and their Jurassic and Permian formations were the major hydrocarbon-generating 'factories'. Migration pathways for hydrocarbon were regarded as the major controlling factor for the reservoiring of oil in the area. Three relevant elements had been thoroughly studied (unconformity, sand sheet and fault). The result indicates the existence of a highly efficient pathway system. A hydrocarbon migration pattern was established for the area based on the study. Reservoir features analyses of the area were used to determine the major controlling factors, establish of reservoiring model and guide the exploration.

Key words: oil-source correlation, migration pathway system, reservoiring model, stratigraphic and lithologic reservoir, Chunguang oilfield, Junggar Basin

1 地质概况

春光油田构造上隶属于准噶尔盆地西部隆起车排子凸起,车排子凸起是准噶尔盆地西部隆起的次一级构造单元,其西面和北面临近扎伊尔山,南面为四棵树

凹陷和伊林黑比尔根山,向东以红车断阶带与昌吉凹陷相接(图1)。车排子凸起现今整体上看为一三角形凸起,其主体走向为北西-南东至东西向。

春光油田地层由老至新分别为石炭系、侏罗系、白垩系、古近系、新近系和第四系,石炭系以上地层连片分布,并层层超覆于下伏地层之上,其中新近系沙湾

收稿日期:2014-06-05;修订日期:2015-05-15。

第一作者简介:陈祥(1962—),男,博士、教授级高级工程师,油气地质勘探。E-mail:cx_hn@sinopet.com。

基金项目:中国石化重大科技攻关项目(P12020)。

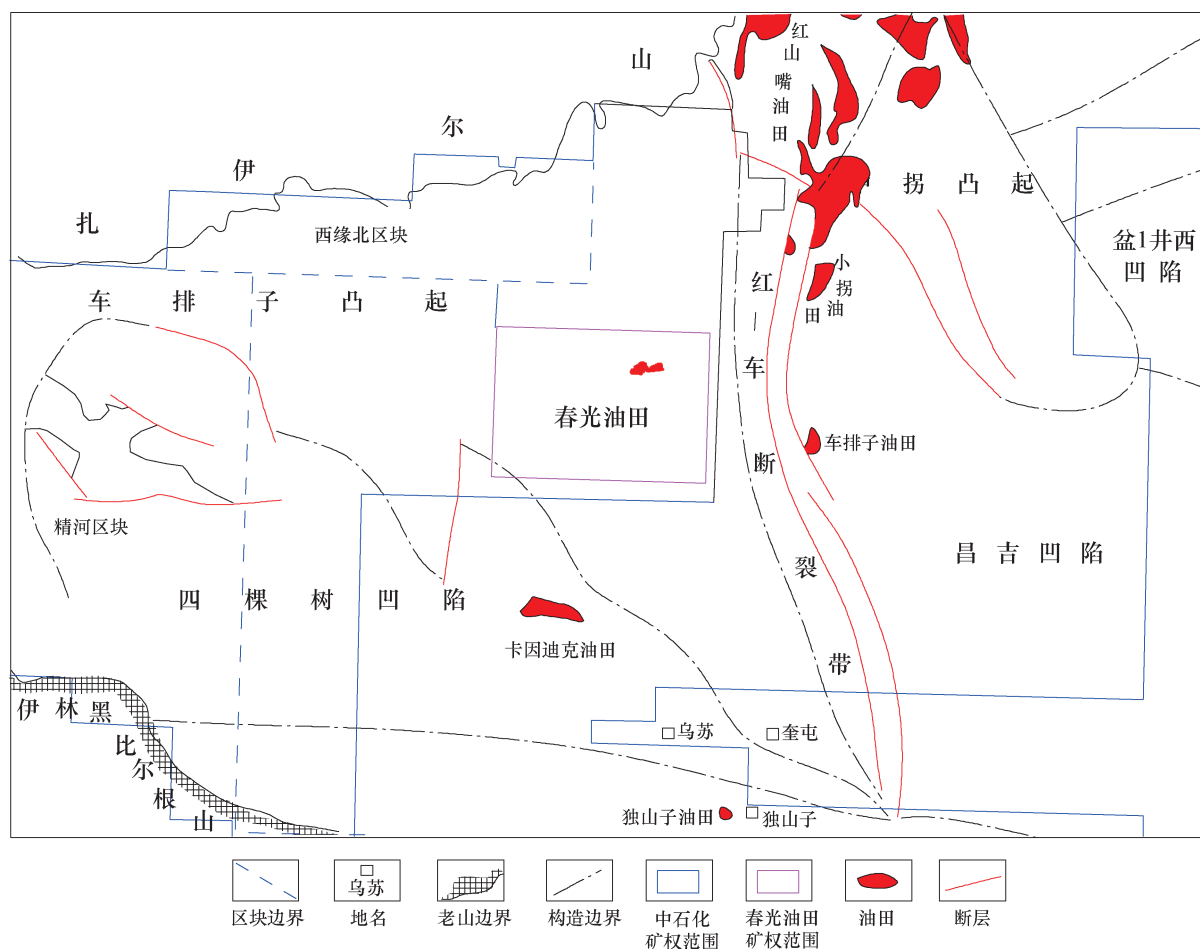


图1 车排子地区构造特征

Fig. 1 Features of structures in the Chepaizi slope zone

组、古近系和白垩系是主要的勘探层位。春光油田构造较为简单,总体表现为东南倾的单斜,构造圈闭不发育^[1-2],所以寻找岩性-地层油气藏是主要的勘探方向。

2 油气成藏条件

2.1 油源条件

通过生烃条件研究,认为准西缘昌吉凹陷和四棵树凹陷主要发育有二叠系风城组、下乌尔禾组,中下侏罗统、白垩系吐谷鲁群和古近系安集海河组5套烃源岩层系,其中二叠系烃源岩仅发育于昌吉凹陷^[3-5],古近系烃源岩目前还处于未成熟阶段。侏罗系烃源岩 C_{19} — C_{21} 三环萜分布呈下降型,姥植比较高,多大于2,伽马蜡烷指数多小于0.2; C_{29} 规则甾烷丰度较高, C_{27} — C_{29} 规则甾烷分布呈“V”型或“反L”型(图2a,b)。油源对比分析认为沙湾组轻质原油油源主要来自侏罗系烃源岩,但 C_{19} — C_{21} 三环萜丰度较侏罗系烃源岩低,伽马蜡烷、 C_{27} 规则甾烷相对含量比侏罗系烃源岩高,分析认为有白垩系源岩侵染(图2c,d)。结合

两者的排烃史,认为早期(古近纪之前)油气来自昌吉凹陷二叠系(单向供烃),晚期(古近纪之后)油气分别来自四棵树凹陷和昌吉凹陷侏罗系(双向供烃)。

2.2 沉积体系

春光油田主要发育冲积扇-河流和三角洲两套沉积体系。白垩系沉积时期,碎屑供给物较少,主要发育小型扇三角洲沉积,湖泊古隆起区发育滨浅湖滩坝沉积^[6-8];古近系沉积时期,湖泊扩张,主要发育辫状河三角洲和湖泊沉积;新近系沙湾组沉积时期,湖泊萎缩,主要发育冲积扇和辫状河沉积。其中辫状河河道、辫状河三角洲和扇三角洲前缘水下分流河道、滩坝沉积是形成岩性地层油藏的主要有利沉积相带,砂体发育并且储层物性较好。沙湾组辫状河储层平均孔隙度为34%,渗透率为 $2\,000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于特高孔、特高渗储层;白垩系和古近系三角洲前缘水下分流河道和滩坝砂体储层平均孔隙度为29.5%,渗透率为 $1\,070 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于高孔、高渗储层。

2.3 输导条件

春光油田油气来源于两个供烃凹陷,其中昌吉凹陷

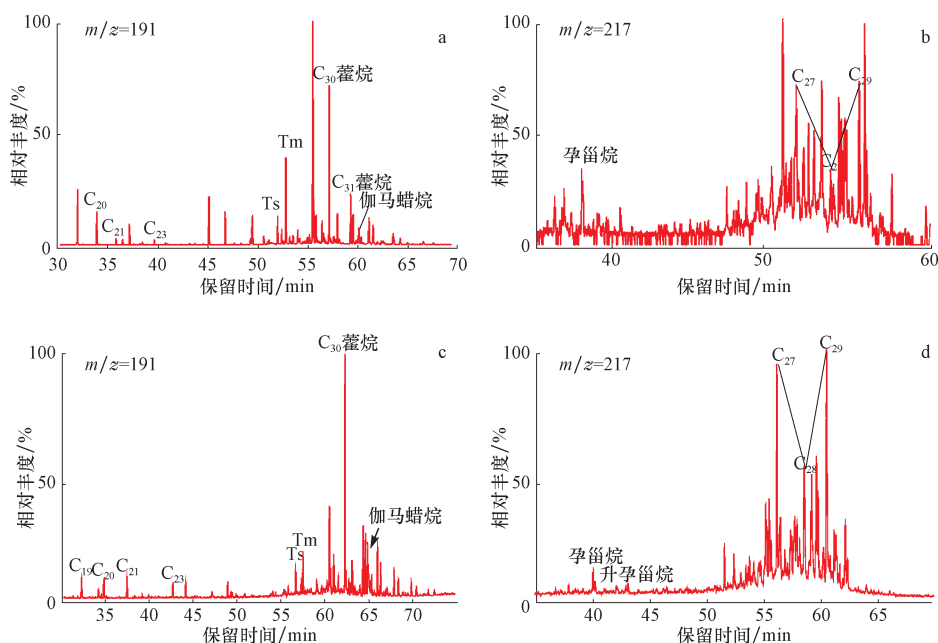


图2 春光油田原油与侏罗系源岩甾、萜烷质谱

Fig. 2 Steranes and terpanes mass chromatogram of crude and Jurassic source rocks in Chunguang oilfield

a, b. 四棵树凹陷乌苏煤矿野外露头八道湾组(J₁b)烃源岩; c, d. 春22井沙湾组一段2砂组(N₁s₁⁽²⁾)轻质原油

供烃距离 65 ~ 140 km, 四棵树凹陷供烃距离 40 ~ 70 km。因此油气运移至春光油田聚集成藏, 不仅需要充足的运移动力, 更需要良好的油气运移通道^[9-13]。综合分析认为, 不整合面、厚层砂岩、断层构成了该区油气长距离运移的复式输导体系。

不整合面是该区油气长距离运移的重要输导要素。春光油田发育多个区域性不整合面, 东部伸入昌吉凹陷, 西南部伸入四棵树凹陷, 为油气从凹陷向斜坡区长距离运移提供了必要条件。研究认为, 只有石炭系顶部不整合普遍发育三层结构(不整合面之上的底砾岩、不整合面之下的半风化岩石、风化粘土层)是双运移通道^[6]。露头和岩心观察表明, 石炭系不整合面上下油气显示丰富, 所以广泛发育的石炭系部顶不整合面为油气长距离运移提供了良好通道。而古近系底部不整合和白垩系底部不整合, 双运移通道的三层结构分布较为局限, 所以这两个不整合部只能作为油气短距离运移通道。

厚层砂岩是区内油气运移的重要输导要素。该区沙一段砂岩分布稳定、厚度大(10 ~ 100 m), 成岩作用弱, 为一套高孔、高渗储集层, 是油气横向运移的良好通道, 并与其东侧的红车大断裂及西南侧艾卡大断裂组合, 形成了该区优势的网状输导体系。

断裂是区内纵向油气运移成藏的主控因素。研究认为春光油田因红车西断裂和艾卡断裂伴生的小断裂是重要的油源断裂, 是油气纵向运移的主要通道。春光油田发育众多的喜马拉雅期扭张性小型正断层, 虽然断距和延伸都不大, 不是区域性油源断层, 但和其它

要素组合构成了该区有效的运移通道系统。

不整合面、厚层砂岩和断层这 3 种输导要素均不是单独起作用, 它们经过横向输导和纵向输导、区域输导和局部输导、远距离输导和近距离输导的有效配置和组合, 形成春光油田的复式输导体系(表 1), 是本区油气高效输导和有效成藏的主控因素。

3 油气藏类型

根据圈闭成因及其几何形态要素, 将春光油田目前发现的地层-岩性油藏分为 3 大类 6 种类型, 其中岩性油藏在各层系均有发育, 地层油藏主要发育在白垩系(表 2)。

3.1 岩性油藏

春光油田岩性油藏包括砂岩上倾尖灭油藏和砂岩透镜体油藏(图 3)。砂岩上倾尖灭油藏主要发育在沙一段辫状河河道、沙二段辫状河三角洲平原分流河道、古近系辫状河三角洲前缘水下分流河道, 油气主要通过厚层砂岩输导, 在砂岩上倾尖灭处聚集; 在部分地区, 上倾尖灭砂体与断层配置易形成断层-岩性油藏。砂岩透镜体油藏主要发育在滩坝沉积, 油气是通过断层从河道厚层砂体输导至目的层聚集成藏。

3.2 地层不整合油藏

地层不整合油藏主要发育在白垩系(图 4)。白垩系分为 5 个砂组, 1, 2, 3 砂组层层超覆在下伏地层之上, 4, 5 砂组部分被剥蚀, 3 砂组展布范围最大。1, 2, 3

表 1 春光油田油气输导模式
Table 1 Hydrocarbon migration pathways in Chunguang oilfield

示意图

名称	基于侏罗系烃源岩的沙湾组、古近系厚层砂岩横向复式输导体系	基于二叠、侏罗烃源岩的白垩系 - 古近系 - 沙湾组底部纵向复式输导体系	基于侏罗系烃源岩的沙湾组/石炭系不整合面横向复式输导体系
油源	侏罗系	二叠系、侏罗系	侏罗系
成藏期	新近纪—现今	白垩纪—新近纪—现今	新近纪—现今
油气充注方向	由东到西、由南到北	由东到西、由南到北、由下至上	由南到北
输导路径	断裂—沙一段、古近系厚层砂岩—圈闭（断裂—沙二段）	断裂—K/C 不整合—断层—圈闭	断裂—N ₁ s/C 不整合—圈闭
富集层位	沙一段、沙二段、古近系	白垩系、古近系、沙一段	沙一段西北部

表 2 春光油田主要油气藏类型
Table 2 Main types of hydrocarbon reservoirs in Chunguang oilfield

油气藏类型		主要分布层系
岩性油藏	砂岩上倾尖灭油藏	沙一段、沙二段、古近系
	砂岩透镜体油藏	古近系、白垩系
地层油藏	地层削蚀不整合油藏	白垩系
	地层超覆不整合油藏	白垩系
复合油藏	断层 - 岩性油藏	沙一段
	断层 - 地层油藏	白垩系

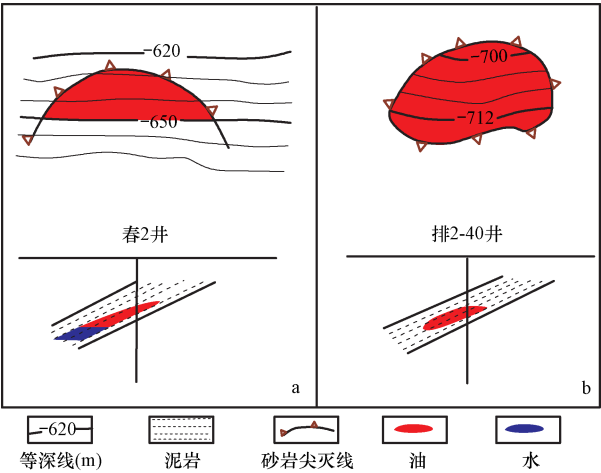


图 3 春光油田砂岩上倾尖灭油藏和砂岩透镜体油藏示意图
Fig. 3 Diagram showing pinchout reservoirs and sand lens reservoirs in Chunguang oilfield
a. 砂岩上倾尖灭油藏; b. 砂岩透镜体油藏

砂组易形成地层超覆油藏,或与断层配置形成断层 - 地层超覆油藏,4,5 砂组易形成地层剥蚀油藏,或与断层配置形成断层 - 地层剥蚀油藏。白垩系地层类油藏横向运移通道主要为不整合面,纵向运移通道主要为断层。

4 油气成藏特征及成藏模式

4.1 油气成藏特征

春光油田主要含油气层系分布在新近系沙一段、沙二段、古近系及白垩系,各层系具有不同的沉积特征和输导体系,其油气成藏特征也不尽相同^[14-16]。

新近系沙一段、沙二段岩性油藏分布在各砂组尖灭线附近,所以砂组尖灭线控制了沙湾组岩性油藏分布,因此,新近系沙一段、沙二段岩性油藏在平面上呈“带状”分布特征。

古近系顶部紧邻沙湾组底部厚层砂岩,盖层较薄,而且越往北,盖层越薄,所以古近系岩性油藏主要发育在春光油田南部,因此,古近系顶部盖层厚薄及封盖条件是古近系油气成藏的关键因素,其顶部的盖层分布决定了古近系油气藏在平面上的分布特征。

白垩系顶、底的不整合面既是本区油气横向运移的主要通道,又是白垩系地层油气藏成藏的主控因素。平面上白垩系油层沿超覆线(剥蚀线)成带状分布,纵向上白垩系油层叠合连片,因此,白垩系地层超覆线和剥蚀线控制了白垩系油藏平面上的分布。

4.2 油气成藏模式

综上所述,春光油田东部和西南部存在昌吉凹陷和四棵树凹陷 2 个生烃凹陷,二叠系和侏罗系的油气从东部和西南部 2 个方向进行充注。研究认为在燕山期和喜马拉雅期,春光油田受到 2~3 期油气充注,油气通过由不整合面、厚层砂岩和断层构成的复式输导体系运移至砂体尖灭带或地层尖灭带聚集成藏,并且形成多层系含油的成藏特征。其中春 23 沙湾组沟谷油藏的发现证明了石炭系顶部不整合面的长距离输导能力。

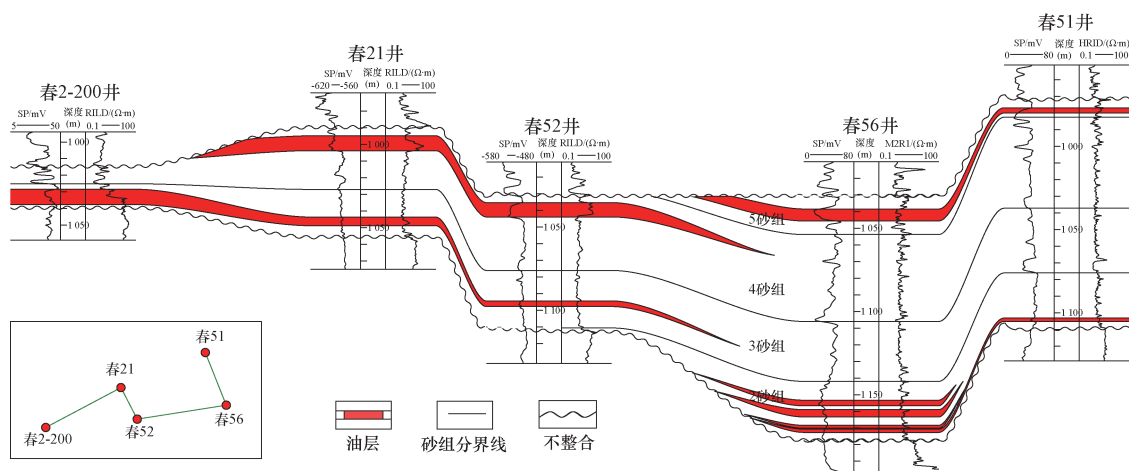


图4 春光油田过春2-200—春52—春56—春51井白垩系油藏剖面

fig. 4 Cretaceous reservoirs profiles acrossing well Chun 2-200, Chun 52, Chun 56 and Chun 51 in Chunguang oilfield

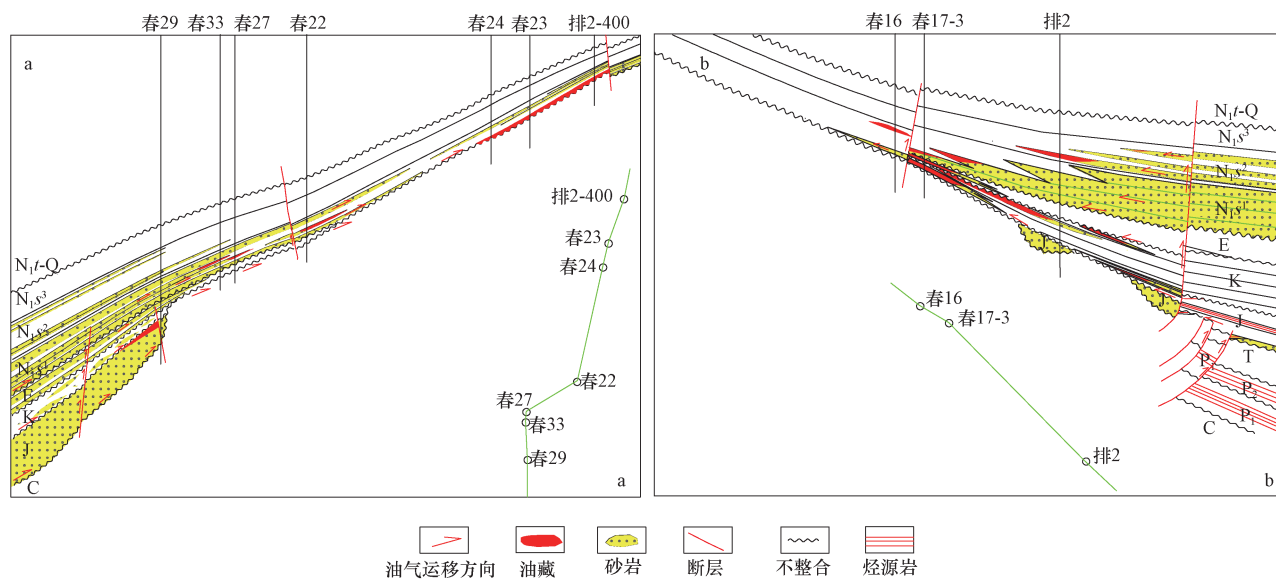


图5 春光油田油气成藏模式

Fig. 5 Reservoiring models of Chunguang oilfield

a. 四棵树凹陷油源油气成藏模式; b. 昌吉凹陷油源油气成藏模式

春23井区沙湾组沉积时期为冲积扇沉积,与东部和南部辫状河河道砂体之间有泥岩带阻隔,油气不能通过厚层砂岩输导,仅能通过石炭系顶部不整合面从昌吉凹陷和四棵树凹陷侏罗系烃源岩运移至春23井区聚集成藏(图5)。

在明确春光油田油气成藏特征的基础上,建立了春光油田“双向供烃,多期充注,复式输导,岩性成藏,立体富集”的油气成藏模式(图5)。

5 结论

1) 春光油田具有双源供烃特征,早期(古近纪之前)油气来自昌吉凹陷二叠系(单向供烃);后期(古近纪之后)油气分别来自四棵树凹陷侏罗系与昌吉凹陷侏罗系(双向供烃)。

2) 春光油田主要发育两大沉积体系,即沙湾组发育冲积扇-辫状河沉积体系,古近系、白垩系发育辫状河三角洲-湖泊沉积体系。

3) 不整合面、厚层砂岩和断层三者有效配置与组合,构成了春光油田油气长距离运移的“复式输导体系”。石炭系顶部不整合面是春光油田源外油气远距离横向运移的主要通道;板砂是本区沙湾组和西南部古近系油气横向运移的重要输导层;断层是白垩系、古近系和沙湾组的地层岩性油藏成藏的垂向运移通道。

4) 建立了春光油田油气成藏模式,具有“双向供烃、多期充注、复式输导、岩性成藏、立体富集”的成藏特征。

参考文献

- [1] 何登发,陈新发,况军,等. 准噶尔盆地车排子-莫索湾古隆起的

- 形成演化与成因机制[J]. 地学前缘, 2008, 15(4): 42-55.
- He Dengfa, Chen Xinfu, Kuang Jun, et al. Development and genetic mechanism of Chepaizi-Mosuowan uplift in Junggar basin[J]. Earth Science Frontiers, 2008, 15(4): 42-55.
- [2] 邢凤存, 陆永潮, 刘传虎, 等. 车排子地区构造-古地貌特征及其控砂机制[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 78-83, 106.
- Xing Fengcun, Lu Yongchao, Liu Chuanhu, et al. Structural-paleogeomorphologic features of Chepaizi area and mechanism of their control on sandbodies[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(1): 78-83, 106.
- [3] 沈扬, 李茂榕. 准噶尔盆地车排子凸起稀、稠油反序分布成因探讨[J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(1): 66-71.
- Shen Yang, Li Maorong. A discussion on the Genesis of light and heavy oil distribution of inverted sequences in the Chepaizi Uplift, the Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(1): 66-71.
- [4] 王振奇, 支东明, 张昌民, 等. 准噶尔盆地西北缘车排子地区新近系沙湾组油源探讨[J]. 中国科学: D 辑: 地球科学, 2008, 38(S2): 97-104.
- Wang Zhenji, Zhi Dongming, Zhang Changmin, et al. Oil source analysis of upper Tertiary, Shawan formation in Chepaizi area, northwest margin of Junggar basin[J]. Science in China (D), 2008, 38(S2): 97-104.
- [5] 张枝焕, 秦黎明, 李伟, 等. 准噶尔盆地腹部车莫古隆起南北两侧含油构造油源及烃源灶转移[J]. 中国地质, 2009, 36(4): 826-836.
- Zhang Zhihuan, Qin Liming, Li Wei, et al. The distribution of oil sources and the transformation of hydrocarbon kitchens in oil-bearing structural belts on northern and southern sides of the Chemo paleo-uplift within central Junggar basin[J]. Geology in China, 2009, 36(4): 826-836.
- [6] 雷振宇, 鲁兵, 蔚远江, 等. 准噶尔盆地西北缘构造演化与扇体形成和分布[J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(1): 86-91.
- Lei Zhenyu, Lu Bing, Yu Yuanjiang, et al. Tectonic evolution and development and distribution of fans on northwestern edge of Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(1): 86-91.
- [7] 杨勇, 陈世悦, 王桂萍, 等. 准噶尔盆地车排子地区古近系沉积相研究[J]. 油气地质与采收率, 2011, 18(3): 5-9.
- Yang Yong, Chen Shiyue, Wang Guiping, et al. Study on sedimentary facies of Paleogene in Chepaizi area, Junggar Basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2011, 18(3): 5-9.
- [8] 苏朝光, 仲维苹. 准噶尔盆地车排子凸起新近系沙湾组物源分析[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 648-655.
- Su Chaoguang, Zhong Weiping. An analysis on the provenance of the Neogene Shawan Formation in the Chepaizi Uplift of the Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 648-655.
- [9] 陈欢庆, 朱筱敏, 张琴, 等. 输导体系研究进展[J]. 地质论评, 2009, 55(2): 269-276.
- Chen Huanqing, Zhu Xiaomin, Zhang Qin, et al. Advances in pathway system research[J]. Geological Review, 2009, 55(2): 269-276.
- [10] 陈建平, 查明, 柳广弟, 等. 准噶尔盆地西北缘斜坡区不整合面在油气成藏中的作用[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2000, 24(4): 75-78.
- Chen Jianping, Zha Ming, Liu Guangdi, et al. Importance of unconformity in oil and gas accumulation in the north-western slope of junggar basin[J]. Journal of China University of Petroleum (edition of natural science), 2000, 24(4): 75-78.
- [11] 高长海, 查明. 不整合运移通道类型及输导油气特征[J]. 地质学报, 2008, 82(8): 1113-1120.
- Gao Changhai, Zha Ming. The types of unconformity migration passages and characteristics of hydrocarbon transport[J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(8): 1113-1120.
- [12] 董大伟, 李理, 刘建, 等. 准噶尔西缘车排子凸起东北部断层封闭性[J]. 石油与天然气地质, 2014, 35(5): 639-645.
- Dong Dawei, Li Li, Liu Jian, et al. Sealing ability of faults in north-eastern Chepaizi Uplift at western margin of Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2014, 35(5): 639-645.
- [13] 邹华耀, 郝芳, 张柏桥, 等. 准噶尔盆地流体输导格架及其对油气成藏与分布的控制[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2005, 30(5): 609-616.
- Zou Huayao, Hao Fang, Zhang Baiqiao, et al. Fluid-conduit framework and its control on petroleum accumulation in the junggar basin[J]. Earth Science-Journal of China University of Geosciences, 2005, 30(5): 609-616.
- [14] 匡立春, 吕焕通, 齐雪峰, 等. 准噶尔盆地岩性油气藏勘探成果和方向[J]. 石油勘探与开发, 2005, 32(6): 32-37, 65.
- Kuang Lichun, Lv Huantong, Qi Xuefeng, et al. Exploration and targets for lithologic reservoirs in Junggar Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development, 2005, 32(6): 32-37, 65.
- [15] 徐常胜, 杜社宽, 黄建良, 等. 车排子凸起沙湾组油藏特征与成藏主控因素[J]. 新疆石油地质, 2013, 34(3): 258-261.
- Xu Changsheng, Du Shekuan, Huang Jianliang, et al. Characteristics and key controlling factors for Oil-Gas accumulation of neogene shawwan reservoir in chepaizi swell, junggar basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2013, 34(3): 258-261.
- [16] 张善文, 林会喜, 沈扬. 准噶尔盆地车排子凸起新近系“网毯式”成藏机制剖析及其对盆地油气勘探的启示[J]. 地质论评, 2013, 59(3): 489-500.
- Zhang Shanwen, Lin Huixi, Shen Yang. Analysis on meshwork-carpet pool-forming mechanism of chepaizi uplift and Enlightenment on petroleum exploration of junggar basin[J]. Geological Review, 2013, 59(3): 489-500.

(编辑 董立)