

文章编号: 0253-9985(2011)03-0318-09

准噶尔盆地莫西庄油田成藏模式

毕研斌¹, 高山林¹, 朱允辉², 庞雯¹, 杨秋来², 陈继华¹

(1. 中国石化石油勘探开发研究院, 北京 100083)

(2. 中国石化西北油田分公司勘探开发研究院, 新疆乌鲁木齐 830011)

摘要: 在油水关系、断层发育状况和成藏背景综合分析的基础上, 探讨了准噶尔盆地莫西庄油田的成藏模式。分析认为, 莫西庄油田三工河组二段下亚段油砂段内油水关系正常, 不存在油水关系倒置的问题, 而是具有统一的油水系统。煤层发育段地震属性特征揭示, 早期解释的“大”断层为煤层反射所致, 三工河组不发育规模性断层, 不存在“一井一藏”的断层遮挡圈闭条件。三工河组二段上亚段和下亚段具有不同的成藏条件和油气分布特征, 三工河组二段上亚段油藏发育于底部的曲流河三角洲前缘水下分流河道砂体中, 有利含油部位平面上呈条带状分布。三工河组二段下亚段油藏发育于辫状河三角洲分流河道砂体中, 含油成片分布。综合分析认为, 莫西庄油田为一受构造和沉积微相双重控制、目前仍然处于地层掀斜后动态调整分配过程中的构造-岩性油气藏, 三工河组二段下亚段内部具有与上倾砂体产状一致、统一的倾斜油水界面。

关键词: 油水分布; 成藏模式; 沉积微相; 构造-岩性油气藏; 莫西庄油田; 准噶尔盆地

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

Hydrocarbon accumulation patterns of Moxizhuang oilfield, the Junggar Basin

Bi Yanbin¹, Gao Shanlin¹, Zhu Yunhui², Pang Wen¹, Yang Qiulai² and Chen Jihua¹

(1. SINOPEC Petroleum Exploration & Production Research Institute Beijing 100083, China; 2. Research Institute of Petroleum Exploration and Development SINOPEC Northwest Oilfield Branch Company, Urumqi Xinjiang 830011, China)

Abstract This paper discusses hydrocarbon accumulation patterns of Moxizhuang oilfield of the Junggar Basin based on a comprehensive analysis of oil-water relationship, fault occurrence and hydrocarbon accumulation background. The reservoir of $J_1s^{(2)}$ (the lower second member of the Jurassic Sangonghe Formation) in Moxizhuang oilfield has a uniform oil-water system with a normal instead of inverted oil-water relationship. Seismic attributes of intervals with well-developed coal beds reveals that the previously interpreted major faults are artifacts resulted from seismic reflection of the coal seams, and no large faults are developed in the Sangonghe Formation, no fault-sealing trap conditions exist. Hydrocarbon accumulation conditions and distribution characteristics are different in $J_1s^{(1)}$ (the upper second member of the Jurassic Sangonghe Formation) and $J_1s^{(2)}$ reservoirs. The $J_1s^{(1)}$ reservoirs are developed in underwater distributary channel sandbodies of meandering river deltaic front facies with the favorable reservoirs laterally being in strip distribution. In contrast, the $J_1s^{(2)}$ reservoirs are developed in distributary channel sandbodies of braided river delta facies with the favorable reservoirs laterally in continuous distribution. The Moxizhuang oilfield is a structural-lithologic reservoir that is controlled by both structure and sedimentary microfacies and is still in the post-tilting dynamic adjusting process. There exists a uniform oil-water contact in $J_1s^{(2)}$ with occurrence the same as that of the up-dipping sandbody.

Key words oil-water distribution, hydrocarbon accumulation pattern, sedimentary microfacies, structural-lithologic reservoir, Moxizhuang oilfield, Junggar Basin

收稿日期: 2011-01-07

第一作者简介: 毕研斌 (1966—), 男, 博士、高级工程师, 石油地质综合研究。

1 莫西庄油田概况

莫西庄油田位于准噶尔盆地中部地区(图 1),夹持于达巴松凸起、中拐凸起和莫索湾凸起之间。按照燕山期的构造区划,莫西庄位于早期车莫古隆起的北翼。据三工河组二段构造特征分析,莫西庄构造为一个自北东向南西倾伏的鼻状构造,构造高点位于庄 5 井东部。

莫西庄地区由新到老发育新近系、古近系、白垩系、侏罗系、三叠系、二叠系和石炭系等地层。其中,侏罗系自上而下由西山窑组、三工河组和八道湾组地层构成。三工河组为主要目的层段,厚度 450~ 650 m。根据旋回和岩性组合特征,该组可进一步划分为 3 段:下段(三工河组三段)以湖相灰色、深灰色泥岩为主夹粉砂岩沉积;中段(三工河组二段)发育一套辫状河三角洲体系形成的砾砂岩;上段(三工河组一段)以湖相深灰色泥岩为主夹薄层砂岩。

2002 年,庄 1 井在侏罗系三工河组试油获得工业油流。钻井揭示,莫西庄油田主要目的层为三工河组二段,依其内部发育的相对稳定泥岩段(俗称“泥脖子”)的顶界作为分层界面,可进一步将其划分为上亚段($J_3^{2(1)}$)和下亚段($J_3^{2(2)}$),含油层段以下亚段为主(图 2)。 $J_3^{2(1)}$ 为曲流河三角洲前缘沉积,剖面上表现为“泥包砂”的岩性组合特征,分流河道砂体分布于 $J_3^{2(1)}$ 的底部,厚度一般小于 15 m,岩性以灰色、浅褐灰色细砂岩、中

砂岩为主,极少量粗砂岩、砂砾岩,砂体横向连通性较差,含油段厚度多小于 10 m。 $J_3^{2(2)}$ 为辫状河三角洲前缘沉积,分流河道砂体十分发育,纵向上砂体迭置严重,多表现为切叠厚砂体的特征,砂体累计厚度 60~ 80 m,岩性以灰色、褐色中砂岩、粗砂岩为主,次为砂砾岩,少量细砂岩,物性较好,砂体横向连通性好,层内的油气运移及调整难以形成有效的遮挡,含油层段主要分布于下亚段上部(即“泥脖子”顶以下)约 40 m 的层段内。

几年来,莫西庄地区先后完钻了庄 1—庄 7 庄 101—庄 108 和庄 1—1 等多口探井和评价井,并已提交一定规模的探明储量。但至今,莫西庄油田仍处于试采评价阶段,未投入实质性开发,对该油田成藏模式的认识在一定程度上影响了进一步整体评价和开发进程。

自准噶尔盆地中部地区勘探以来,一些学者曾对其油气成藏模式进行过分析和探讨,其中带有影响性的观点认为:①莫西庄油田油水关系复杂,目的层段内“上水下油”、油水关系倒置,三工河组二段纵向上存在多套油水系统;②莫西庄油田内部断层发育,对油水分布起着分隔作用,形成断层遮挡型油气藏,甚至“一井一藏”。针对以上问题,笔者认为,对油水关系和断层发育特征的客观分析,是合理建立莫西庄油田成藏模式的关键问题。为此,本文从原始地质资料入手,进行地质和地球物理综合分析,探讨了莫西庄油田的成藏模式,以期对该油田的进一步评价和开发方案编制有一定的指导作用。

2 油水关系

长期以来,一些学者认为莫西庄油田油水关系复杂,“油水倒置”,主要是基于某些井(层)试油出水问题,其中最具代表性的是庄 101 井 7 号层。2003 年 5 月,庄 101 井测井解释 7 号层试油出水,折算日产水 124.6 m³(图 2)。这一试油结果一直影响着人们对莫西庄油田油水关系的分析,也影响着对莫西庄油田成藏模式的建立。

2.1 庄 101 井 7 号层为油水同层,而非纯水层

庄 101 井 7 号层射开井段为 4 333.6~

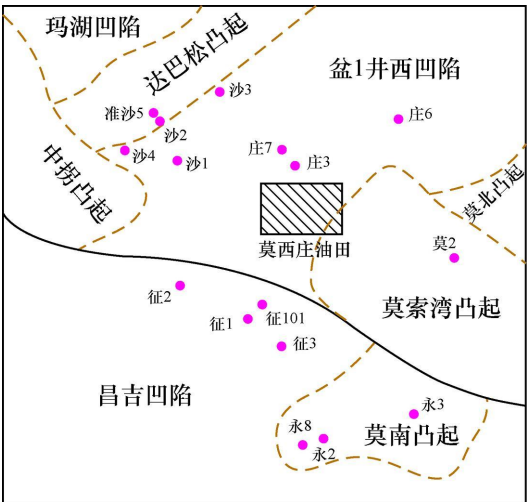


图 1 准噶尔盆地莫西庄油田位置示意图

Fig. 1 Location of Moxi Zhuang oilfield, the Junggar Basin

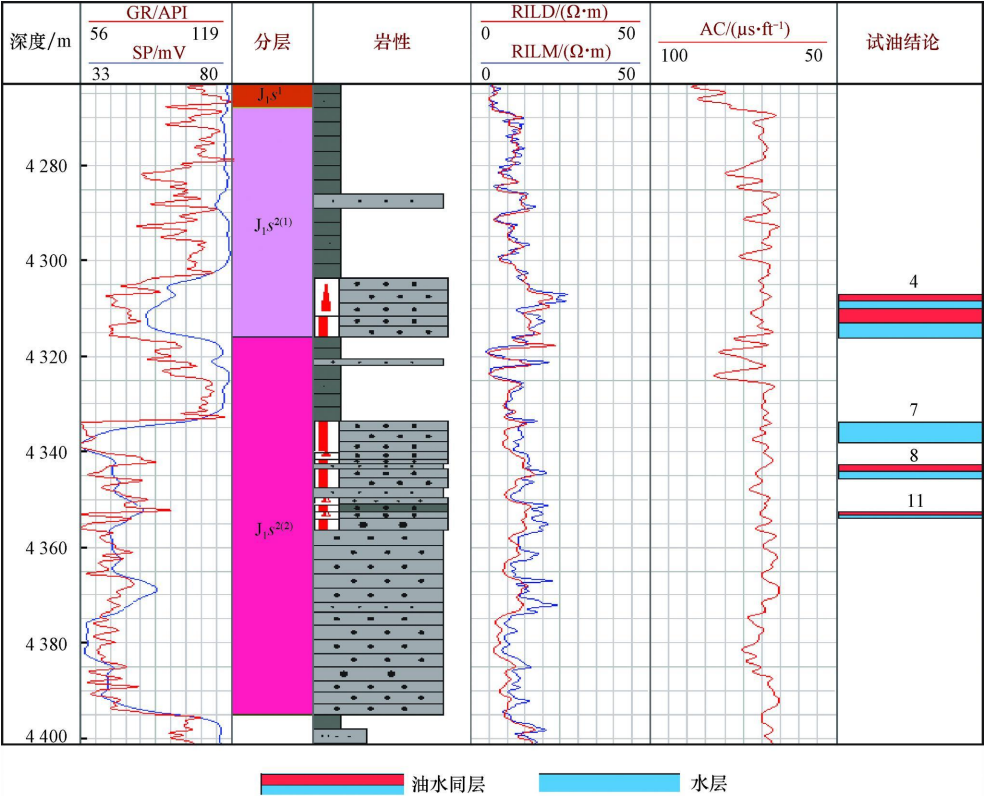


图 2 莫西庄油田庄 101 井测井曲线及试油成果

Fig. 2 Logs and production test results in Well Zhuang101, Moxizhuang oilfield

4 338.0 m, 射开厚度 4.4 m。岩性为浅黄灰色油浸粗砂岩、浅黄灰色油浸含砾粗砂岩。录井显示取心钻进过程中气测全烃 0.067 0% ~ 1.948 1%，岩心为浅黄灰色，出筒时含油不饱满，油浸呈斑状不均匀分布，含油部分滴水半珠状-珠状；荧光湿照斑状不均匀亮黄色，发光面积 50% ~ 70%，滴照淡黄色，干照金黄色；氯仿浸泡液乳黄色，荧光下浓乳黄色。测井解释结果平均孔隙度是 10.7%，渗透率为 $12.02 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ，含油饱和度为 21.6%（8号和 11号层含油饱和度分别为 34.2%和 31.8%），电测解释结论为含水油层。试油情况，连续抽汲排液达 89 h，日抽 144次，累计排出液 432.5 m³，扣除液垫量 4.25 m³，地层产水 428.25 m³，折算日产水 124.6 m³，含油气情况一直为油花，微量气。地层表皮系数为 -0.33 ~ -0.16，表明储层测试状态下不存在污染。地层水总矿化度为 25 719.94 mg/L，水型为 NaHCO₃ 型，判断为地层水。原油密度为 0.853 6 g/cm³，粘度为 8.86 mPa·s，凝固点 13.2℃，为正常原油。

综合以上钻井地质、油气显示、测井解释和试油气成果，101 井 7 号层为低含油饱和度的油水同层，而不是水层。

2.2 庄 101 井 7 号层出水非固井质量所致

庄 101 井测试 7 号层前，对下部的先试层 8 11 号层（两层合试）采用可捞式桥塞封堵，桥塞面 4 339.52 m，试压 20.9 MPa，40 min 下降 0.3 MPa，试压合格后上返测试 7 号层。产水的 7 号层深度处，第一界面胶结优级，第二界面胶结良好。在 8 号和 11 号合试层段处，第一界面和第二界面均与 7 号层属于同一固井质量级别，合试层试油为油水同层（日产油 10.04 m³，日产水 9.59 m³），且与 7 号层相隔仅 2.6 m。综合分析认为，该井段固井质量是合格的，没有发生窜槽。

2.3 庄 101 井 7 号层测试出水原因

既然庄 101 井 7 号层为油水同层，且不存在固井窜槽出水问题，那么是什么原因导致试油出水呢，分析如下。

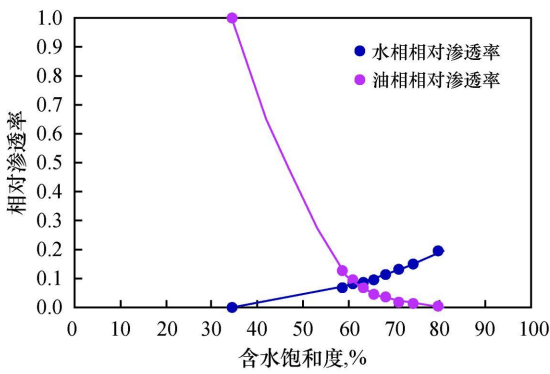


图 3 莫西庄油田庄 101 井三工河组二段下亚段油水相对渗透率曲线

Fig. 3 Oil/water relative permeability curve of J_1s_{22} in Well Zhuang101

根据相渗原理,当岩石中有两种以上流体共存时,其渗流能力取决于各自的有效渗透率(或称相渗透率),即岩石对其中某一种流体通过的能力。有效渗透率不仅与岩石本身性质有关,而且与其流体性质及数量比例有关。在具体分析时,一般以相对渗透率反映多相流体的相对渗流能力的大小,即某一种流体的有效渗透率与绝对渗透率的比值,通常以相对渗透率曲线的形式表示。

图 3 是庄 101 井 $J_1s_{22}^{(2)}$ 地层油水相对渗透率曲线。横轴表示含水饱和度,由左至右,含水饱和度增大(含油饱和度降低),纵轴表示油水两相流体的相对渗透率。从图 3 可以看出,当储层孔隙空间中存在自由流动的水和油两相流体时,随着含水饱和度增加(含油饱和度降低),水相渗透率缓慢增大,而油相渗透率急剧下降,当含水饱和度达到 80% 以上时(即含油饱和度接近 20% 时),油相渗透率接近 0 这说明含油饱和度低于某一下限时,只发生水相流动,而不发生油相流动。庄 101 井 7 号测井解释地层平均孔隙度为 10.7%,渗透率为 $12.02 \times 10^{-3} \mu m^2$,含油饱和度为 21.6%,表现为低孔、相对高渗、低含油饱和度的特征,含油饱和度接近油相流动时的下限(图 3),此时主要表现为水相渗流特征,而油相基本不流动。据此分析认为,7 号层试油出水是一种正常现象,而不是“油水关系倒置”。主要含油层系三工河组内部不存在纵向上多套油水系统的问题。

3 断层发育情况

3.1 莫西庄地区不发育规模性断层

图 4 为莫西庄地区的一种断层解释方案。图中显示出,工区内“发育”两条近于北东东-南西西向的大断层。图 5 是利用相关软件提取的西山窑组地层煤层部位的谐振能量。对比图 4 和图 5 不难看出,图 4 中的南部“大断层”与图 5 中煤层谐振能量所反映的煤层边界如出一辙;北部“大断层”与煤线的对应关系也清晰可见。因此,分析认为早期所解释的两条贯穿东西的“大断层”并不存在,是由于西山窑组煤层尖灭对下伏地层地震反射产生屏蔽影响所致,而在平面和剖面上产生的断层假象。因此,认为莫西庄油藏不具备规模性断层形成断层遮挡油气藏的地质条件。

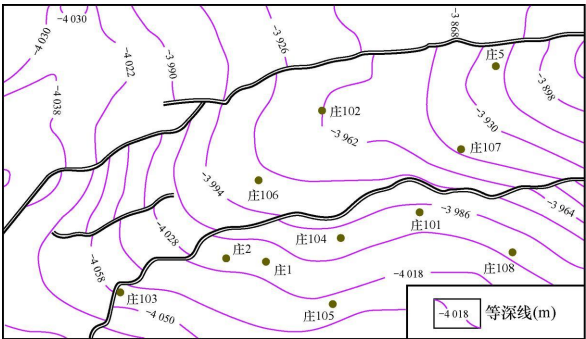


图 4 早期解释的断层方案

Fig 4 Previous fault interpretation in Moxizhuang region

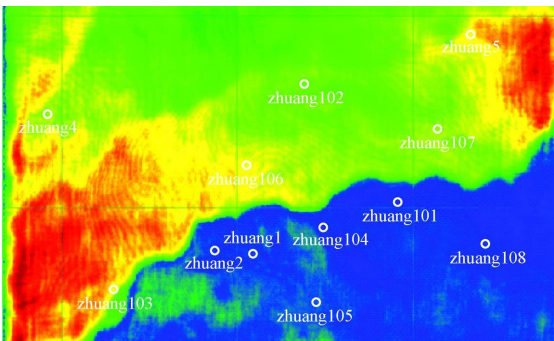


图 5 西山窑组煤层的谐振能量图

Fig. 5 Tuning energy distribution of coalbeds in the Xishanyao Formation

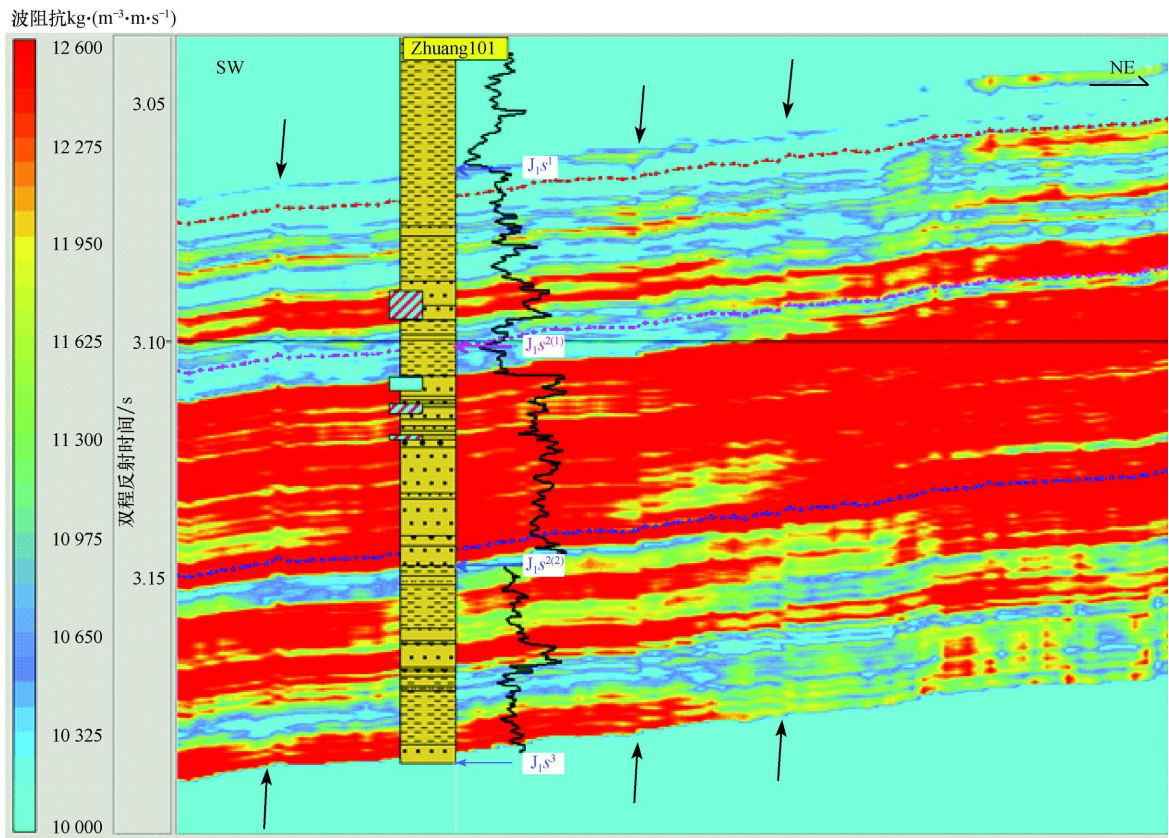


图 6 莫西庄油田过庄 101 井和庄 107 井连井波阻抗反演剖面

Fig 6 Impedance inversion profile across Well Zhuang101 and Well Zhuang107

3.2 莫西庄油藏发育小断距断层

图 6 为过庄 101 井和庄 107 井连井波阻抗反演剖面, 由于对反演地震数据体进行了 0.25 ms 加密采样, 因此在反演剖面中能够观察到多个“小断距”断层, 断层产状近于直立, 错动地震时间不到 2 ms, 折算断距仅 4 m 左右。基于 $J_1s^{2(2)}$ 段的辫状河三角洲河道砂体发育状况及迭置程度, 分析认为, 这种断距的断层可能对油气向上逸散产生一定的影响, 但很难改变断层两侧的砂体与砂体的对接关系, 因此无法改变油气沿砂体输导层向高部位运移的总趋势。

4 成藏模式

4.1 准噶尔盆地中部地区油气成藏背景

对于准噶尔盆地中部地区的构造演化特征、油气充注期次、车莫古隆起控藏作用、油气成藏主控因素及储层发育特征等问题, 许多学者进行过

广泛的研究和探讨^[1-12], 并形成了基本一致的认识。根据构造演化分析, 中、晚侏罗世时期, 受燕山运动扭压作用的影响, 在车排子—莫索湾一带逐渐隆升, 形成大致呈南西西—北东东走向的车莫古隆起, 古隆起的高点位于征沙村地区, 此时, 莫西庄地区位于古隆起的北翼低部位。该隆起位于盆 1 井西凹陷和昌吉凹陷之间, 是两个生烃凹陷重要的油气运移指向区。车莫古隆起形成后, 受车莫古隆起控制的构造圈闭、地层与岩性圈闭既开始了早期的古油气藏成藏过程。晚侏罗世末, 车莫古隆起强烈发育, 长期风化剥蚀使高部位的古油气藏遭受破坏。早白垩世至中新统沙湾组沉积以前, 随着车莫古隆起的埋藏、隐伏, 二叠系大规模生油, 油气通过各层次疏导体系向上运移, 继续在车莫古隆起圈闭中成藏^[13]。至新近纪, 受喜马拉雅运动的影响, 构造掀斜作用造成地层整体向南倾斜, 早期充注 (K—E) 的油气向构造高部位反向运移, 原生油气藏相应遭受破坏和调整, 在油气调整中受构造和岩性因素的影响, 形成后期调整逸散残留型岩性油气藏^[14]。

4.2 莫西庄油田油水分布特征

钻井显示和试油气结果表明, $J_1 s^{2(1)}$ 和 $J_1 s^{2(2)}$ 具有不同的油气分布特征。三工河组二段上亚段 ($J_1 s^{2(1)}$) 油气主要分布在底部 10 m 厚度范围内的三角洲分流河道砂体中, 有利含油部位在平面上呈条带状分布。鼻状构造高部位发育纯油层 (如庄 107 井和庄 106 井 $J_1 s^{2(1)}$ 油层), 低部位均为油水同层, 且厚度小, 初试产能较低, 一般在较短的时间里即停止试采。三工河组二段下亚段 ($J_1 s^{2(2)}$) 含油层段分布在该段上部 (即“泥脖子”顶以下) 约 40 m 的辫状河三角洲前缘分流河道砂体中内, 除局部泥岩夹层或相对致密砂岩层不具含油气特征外, 普遍具油气显示, 试油层段测试结果证实, 均为油水同层 (如前分析, 庄 101 井 7 号层亦为油水同层, 而不是纯水层), 含油饱和度普遍较低, 一般在 30% ~ 50% 之间。平面上油藏具连片分布特征。

图 7 为沿鼻状构造近轴线方向的连井剖面。

其中单井纵向位置已经海拔深度标定, 因此可以进行横向对比。图中黑色实线为三工河组二段上、下亚段分层界面 (即“泥脖子”顶), 兰色实线为下亚段的底界, 中间红色虚线是由钻井油气显示和测井电阻率特征所揭示的油水界面, 其上为“油砂”段, 其下为“水砂”段。由图中可以分析, 随着构造位置的抬升, 油水界面亦逐渐抬高, 呈现出与上、下亚段分层界面大致平行的倾斜油水界面。

4.3 莫西庄油田成藏模式

莫西庄油田成藏过程与准噶尔盆地中部 1 区块的构造演化背景、车莫古隆起的形成演化和消亡、地层的倒转掀斜及油气的反向调整过程密不可分。结合车莫古隆起对准中 1 区块的成藏控制作用和莫西庄油田油气水分布特征, 本文认为, 古隆起北翼地层向南掀斜后, 莫西庄三工河组油藏成藏过程包含了 3 个方面的油气调整(图 8)。

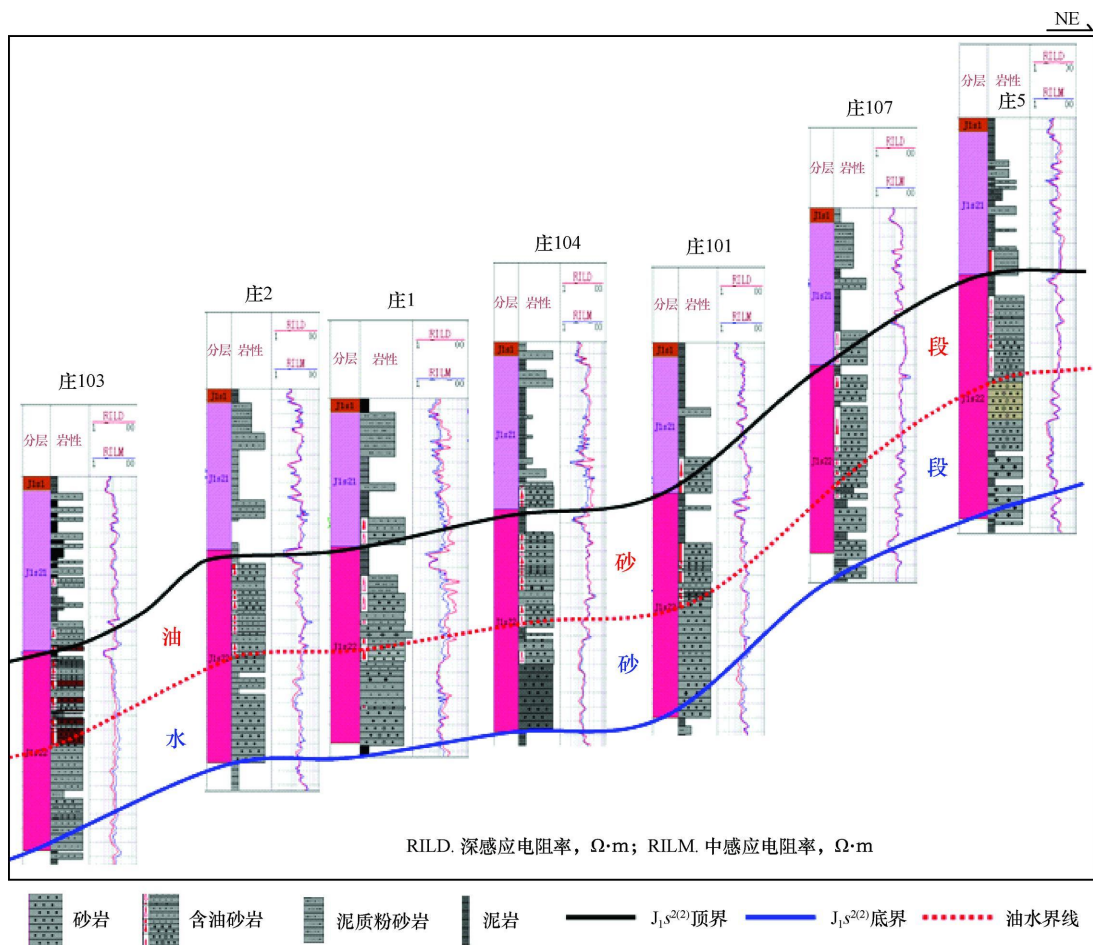


图 7 莫西庄油田过庄 103-庄 2-庄 1-庄 104-庄 101-庄 107-庄 5井连井剖面

Fig. 7 Profile across Zhuang103, Zhuang2, Zhuang1, Zhuang104, Zhuang101, Zhuang107, and Zhuang5 wells

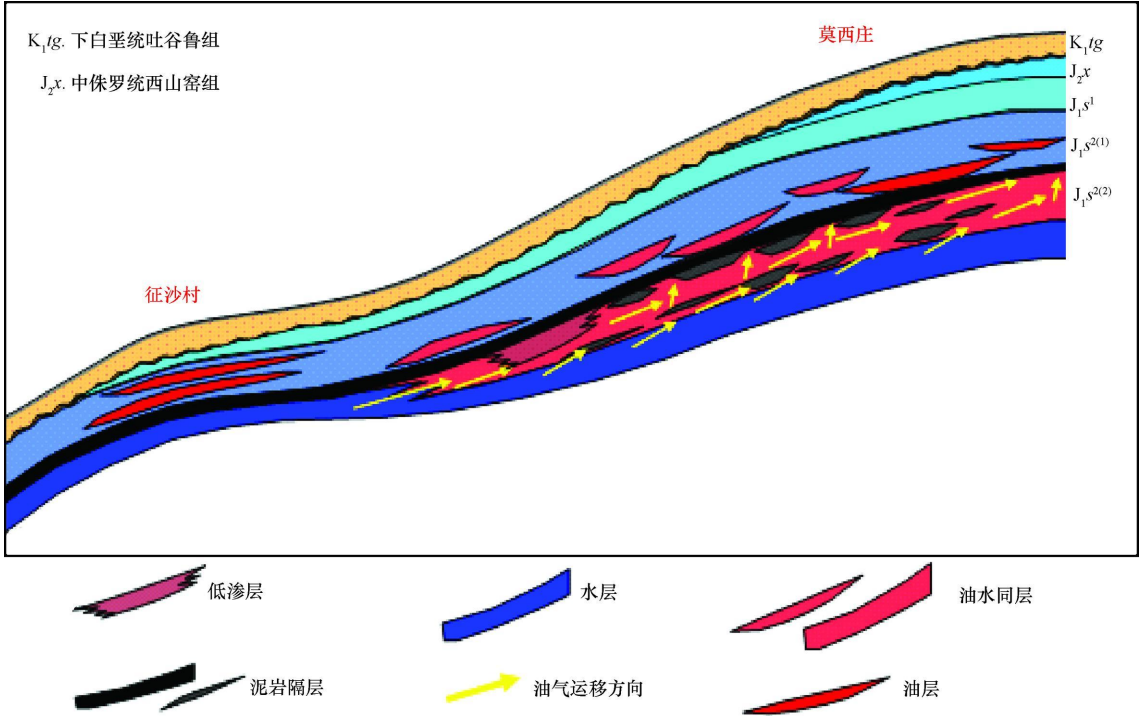


图 8 莫西庄油田成藏模式示意图

Fig. 8 Sketch map showing hydrocarbon accumulation patterns of Moxizhuang oilfield

1) 地层向南掀斜后,莫西庄地区早期已充注油气在流体势的作用下,向北部的构造高部位运移、散失调整。由于 $J_1s^{2(1)}$ 和 $J_1s^{2(2)}$ 含油层段砂体成因类型不同,因此,两者具有不同的调整特点。 $J_1s^{2(1)}$ 油藏发育于该层段下部的曲流河三角洲前缘水下分流河道砂体中,由于河间泥岩或者河道侧翼的致密砂岩在横向上起隔挡作用,在反向调整中,已充注的油气不易向构造上倾方向逸散,因此适于形成原生残留油气藏,有利含油气部位在平面上呈条带状分布。 $J_1s^{2(2)}$ 油藏发育于辫状河三角洲分流河道砂体中,横向连通性好,早期充注油气,在地层掀斜后,向北和北东构造高部位作运移、逸散调整,而形成残留油气藏。

2) 征沙村地区的油气向莫西庄地区“补充”充注、调整聚集。在车莫古隆起发育阶段,莫西庄地区处于古隆起的北翼相对低部位,喜马拉雅期地层反向掀斜过程中,莫西庄地区地层逐渐抬升并最终高于征沙村地区,而成为油气运移调整的指向区。此时,征沙村地区三工河组(主要是下亚段)早期充注油气沿砂体输导层向莫西庄地区三工河组不断“补充”充注,而征沙村地区油气富集程度则相应变差,这可能正是早期处于车莫古隆起高部位的征沙村地区 $J_1s^{2(2)}$ 层段具油气显示,但现今不

具有规模性油气聚集的原因所在。文献 [15] 根据含氮化合物参数比较,并参考原油成熟度和高分子量分布特征的差异研究后认为,中 1 区块现今油气主要运移方向是由南向北,即油气是从南部的征 1 井区向北部的沙 1 井区、庄 1 井区运移,从地化指标对比的角度也说明了这一调整运移过程的客观存在。由此分析,莫西庄现今 $J_1s^{2(2)}$ 油藏中既有该油藏早期充注、后期逸散残留的油气,又有来自于征沙村地区甚至以南更远地区的油气。

3) 油气水在纵向上的分异调整。储层中充注的油气(这里所指“充注的油气”即包括莫西庄地区地层掀斜前已充注的油气,也包括掀斜过程中来自于盆 1 井西凹陷二叠系高-过成熟油气和昌吉凹陷的侏罗系油气),在自身浮力作用下垂直向上覆地层中运移,即逐渐发生油气水分异。但对于莫西庄后期调整成藏过程而言(新近纪以后),这一分异过程时间晚、时间短,加之莫西庄早期充注油气不断向北部构造高部位运移、散失,以及征沙村地区油气向该地区不断“补充”充注,至今油气水未完成充分分异,致使含油目的层段主要为油水同层,含油饱和度较低,表现为非饱和油藏特征。

综合莫西庄地区区域成藏背景、储层发育特征、钻井油气显示、试油气结果、油气水分布特征

和断层发育特征,分析认为莫西庄油田三工河组油藏为一受鼻状构造和沉积微相双重控制的、由曲流河三角洲河道砂体 ($J_1s^{2(1)}$)和辫状河三角洲叠置河道砂体 ($J_1s^{2(2)}$)储集的、目前仍然处于地层掀斜后动态调整分配过程中的构造-岩性油气藏。在车莫古隆起北翼抬升、地层向南掀斜过程中,三工河组二段下亚段内逐渐形成与上倾砂体趋势一致的、统一的倾斜油水界面(图 8)。

5 结论

- 1) 庄 101 井 7 号层试油出水与油水两相介质共存时的相渗规律有关,莫西庄油田 $J_1s^{2(2)}$ 油砂段内不存在油水关系倒置的问题,油水关系正常,为统一的油水系统。
- 2) 莫西庄地区不发育规模性断层,早期解释的“大断层”是西山窑组煤层尖灭对下伏地层反射特征的影响而在平面和剖面上产生的断层假象,莫西庄三工河组二段油藏不具备形成断层遮挡油气藏的地质条件,亦即不具备“一井一藏”的成藏条件。
- 3) $J_1s^{2(1)}$ 油藏发育于底部的曲流河三角洲前缘水下分流河道砂体中,有利含油部位平面上呈条带状分布。 $J_1s^{2(2)}$ 油藏发育于辫状河三角洲分流河道砂体中,含油成片分布。综合分析认为,莫西庄油田为一受构造和沉积微相双重控制、目前仍然处于地层掀斜后动态调整分配过程中的构造-岩性油气藏,三工河组二段下亚段内部具有与上倾砂体产状一致、统一的倾斜油水界面。

参 考 文 献

[1] 尹伟,郑和荣,徐士林,等.准噶尔盆地中央坳陷带油气成藏过程分析[J].石油与天然气地质,2008,29(4): 444-452.
Yin Wei, Zheng Herong, Xu Shilin, et al. An analysis on the process of hydrocarbon accumulation in the central depression belt of the Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(4): 444-452.

[2] 蔡希源,刘传虎.准噶尔盆地腹部地区油气成藏的主控因素[J].石油学报,2005,26(5): 1-4.
Cai XiYuan, Liu ChuanHu. Main factors for controlling formation of oil-gas reservoir in central part of Junggar basin[J]. Acta Petroli Sinica, 2005, 26(5): 1-4.

[3] 何登发,翟光明,况军,等.准噶尔盆地古隆起的分布与基本特征[J].地质科学,2005,40(2): 248-262.
He Dengfa, Zhai Guangming, Kuang Jun, et al. Distribution

and tectonic features of Pale-uplifts in the Junggar basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2005, 40(2): 248-262.

[4] 贾庆素,尹伟,陈发景,等.准噶尔盆地中部车-莫古隆起控藏作用分析[J].石油与天然气地质,2007,28(2): 257-265.
Jia Qing su, Yin Wei, Chen Fajing, et al. The role of Che-Mo paleohigh in controlling hydrocarbon accumulation in central Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(2): 257-265.

[5] 张年富.准噶尔盆地腹部莫索湾地区油气成藏条件与成藏模式[J].石油勘探与开发,2000,27(3): 17-20.
Zhang Nianfu. Fluid compartment and hydrocarbon accumulation in Mosuowan area in central part of Junggar basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(3): 17-20.

[6] 吴金才,孟闲龙,王离迟,等.准噶尔盆地腹部隐蔽油气藏及勘探思路[J].石油与天然气地质,2004,25(6): 682-685.
Wu Jincai, Meng Xianlong, Wang Lichi, et al. Characteristics of subtle oil-gas reservoirs and exploration strategy in central Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 2004, 25(6): 682-685.

[7] 邹华耀,郝芳,张柏桥,等.准噶尔盆地腹部油气充注与再次运移研究[J].地质科学,2005,40(4): 499-509.
Zou Huayao, Hao Fang, Zhang Boqiao, et al. History of hydrocarbon filling and remigrating in hinterland of the Junggar basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2005, 40(4): 499-509.

[8] 张年富,张越迁,姚新玉,等.准噶尔盆地莫北凸起油气成藏条件与分布规律[J].新疆石油地质,2001,22(2): 103-106.
Zhang Nianfu, Zhang Yueqing, Yao Xinyu, et al. Formation condition and distribution regularity of oil-gas reservoir of Mobei arch in Junggar basin[J]. XJPG, 2001, 22(2): 103-106.

[9] 武恒志,孟闲龙,杨江峰.准噶尔盆地腹部车-莫古隆起区隐蔽油气藏形成条件与勘探技术[J].石油与天然气地质,2006,27(6): 779-785.
Wu Hengzhi, Meng Xianlong, Yang Jiangfeng. Formation conditions and prospecting technologies for subtle reservoirs in the Che-Mo paleohigh of central Junggar basin[J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(6): 779-785.

[10] 徐志诚.准噶尔盆地侏罗系地层和岩性油气藏形成条件及勘探前景[J].油气地质与采收率,2005,12(5): 27-29.
Xu Zhicheng. The formation condition and exploration prospect of stratigraphic and lithologic oil-gas reservoirs of Jurassic in Junggar basin[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2005, 12(5): 27-29.

[11] 陈轩,张昌民,张尚锋,等.准噶尔盆地红车断裂带岩性地层油气藏勘探新思路[J].石油与天然气地质,2010,31(4): 420-427.
Chen Xuan, Zhang Changmin, Zhang Shangfeng, et al. A new approach to the exploration of lithologic stratigraphic reservoirs in the Hong-Che fault belt in the Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 410-419.

[12] 高小康, 胡文宣, 曹剑, 等. 准噶尔盆地莫索湾—莫北地区油气运移方向和成藏体系 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(2): 250– 256.
Gao Xiaokang, Hu Wenxuan, Cao Jian et al. Study of hydrocarbon migration and accumulation in the Mosuowan-Mobei area in Junggar basin [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(2): 250– 256.

[13] 朱允辉, 王离迟, 张福顺. 永进地区隐蔽油气藏成藏主控因素 [J]. 天然气工业, 2008, 28(5): 28– 31.
Zhu Yunhui, Wang Lichi, Zhang Fushun. Main factors controlling hydrocarbon pooling in subtle reservoirs in Yongjin area in the Junggar basin [J]. Natural Gas Industry, 2008, 28(5): 28– 31.

[14] 张福顺, 余滢帆, 朱允辉, 等. 车—莫古隆起形成演化与油气分布 [J]. 中国西部油气地质, 2007, 3(1): 9– 16.
Zhang Fushun, Yu Yingfan, Zhu Yunhui et al. Tectonic Evolution of Chepaizi-Mosuoan Paleouplift and its hydrocarbon distribution [J]. West China Petroleum Sciences, 2007, 3(1): 9– 16.

[15] 韩立国, 张枝焕, 李伟. 准噶尔盆地中部 I 区块现今油气运移方向研究 [J]. 地球学报, 2006, 27(4): 335– 340.
Han Ligu, Zhang Zhihuan, Li Wei. An analysis of the present oil migration direction of block I in central Junggar Basin [J]. Acta Geoscientia Sinica, 2006, 27(4): 335– 340.

(编辑 董 立)

(上接第 317 页)

view, 2005, 51(4): 477– 480.

[4] Ma Yongsheng, Guo Xusheng, Guo Tonglou et al. The Puguang gas field—new giant discovery in the mature Sichuan basin, SW China [J]. AAPG Bulletin, 2007, 91(5): 627– 643.

[5] Zou Huayao, Hao Fang, Zhu Yangning et al. Source rocks for the giant Puguang gas field, Sichuan Basin: implication for petroleum exploration in marine sequences in South China [J]. Acta Geologica Sinica, 2008, 82(3): 477– 486.

[6] Zhang Yuanchun, Zou Huayao, Wang Cunwu et al. Reserve and pressure change of paleo-oil reservoir in Puguang area, Sichuan Basin [J]. Journal of China University of Geosciences, 2008, 19(6): 726– 738.

[7] Hao Fang, Guo Tonglou, Zhu Yangning et al. Evidence for multiple stages of oil cracking and thermochemical sulfate reduction in the Puguang gas field, Sichuan Basin, China [J]. AAPG Bulletin, 2008, 92(5): 611– 637.

[8] 朱扬明, 王积宝, 郝芳, 等. 川东宣汉地区天然气地球化学特征及成因 [J]. 地质科学, 2008, 43(3): 518– 532.
Zhu Yangning, Wang Jibao, Hao Fang et al. Geochemical characteristics and origin of natural gases from Xuanhan area, eastern Sichuan [J]. Chinese Journal of Geology (Scientia Geologica Sinica), 2008, 43(3): 518– 532.

[9] Prinzhofer A A, Huc A Y. Genetic and post-genetic molecular and isotopic fractionations in natural gases [J]. Chemical Geology, 1995, 126(3– 4): 218– 290.

[10] 郭彤楼. 川东北地区飞仙关组鲕滩储层成岩作用研究 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(5): 620– 631.
Guo Tonglong. Diagenesis of the Feixianguan oolitic shoal reservoirs in the northeastern Sichuan Basin—examples from Xuanhan-Daxin and Yuanba areas [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(5): 620– 631.

[11] 陈洪德, 钟怡江, 侯明才, 等. 川东北地区长兴组—飞仙关组碳酸盐岩台地层序充填结构及成藏效应 [J]. 石油与天然气地质, 2010, 30(5): 539– 547.

Chen Hongde, Zhong Yijiang, Hou Mingcai et al. Sequence styles and hydrocarbon accumulation effects of carbonate rock platform in the Changxing–Feixianguan formations in the northeastern Sichuan Basin [J]. Oil & Gas Geology, 2010, 30(5): 539– 547.

[12] 高林. 碳酸盐岩成岩史及其对储层的控制作用——以普光气田为例 [J]. 石油与天然气地质, 2008, 29(6): 733– 739.
Gao Lin. Diagenesis of carbonate rocks and their control over reservoirs—an example from the Puguang gas field [J]. Oil & Gas Geology, 2008, 29(6): 733– 739.

[13] 倪新锋, 陈洪德, 田景春, 等. 川东北地区长兴组—飞仙关组沉积格局及成藏控制意义 [J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(4): 458– 465.
Nixinfeng, Chen Hongde, Tian Jingchun et al. Sedimentary framework of Changxing–Feixianguan Formations and its control on reservoiring in northeastern Sichuan basin [J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(4): 458– 465.

[14] 马永生, 蔡勋育. 四川盆地川东北区二叠系—三叠系天然气勘探成果与前景展望 [J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(6): 741– 750.
Ma Yongsheng, Cai Xunyu. Exploration achievements and prospects of the Permian-Triassic natural gas in northeastern Sichuan basin [J]. Oil & Gas Geology, 2006, 27(6): 741– 750.

[15] 谢增业, 李剑, 单秀琴, 等. 川东北罗家寨飞仙关组气藏成藏过程及聚集效率 [J]. 石油与天然气地质, 2005, 26(6): 765– 769.
Xie Zengye, Li Jian, Shan Xiuqin et al. Reservoiring process and accumulation efficiency of Feixianguan Formation gas pool in Luojiazhai, northeastern Sichuan basin [J]. Oil & Gas Geology, 2005, 26(6): 765– 769.

(编辑 李 军)