

塔河油田十二区奥陶系油气分布规律及控制因素

阳生国¹,王顺玉¹,明爽¹,邵晓州¹,吴小华²,丁勇³,陈红⁴

(1 西南石油大学资源与环境学院; 2 四川石油地球物理勘探公司山地分公司)

(3 中国石化西北油田分公司勘探开发研究院; 4 中国石油川庆钻探工程公司井下作业公司)

摘要 塔河油田十二区奥陶系油藏为碳酸盐岩岩溶缝洞型油藏,油气水分布规律复杂。对原油的物理性质、平面及纵向上的分布特征、油水界面等的分析表明,区内主要为高黏度、含蜡、高含硫的超重质原油。平面上密度分布呈西部和东部低、中部高的特点;纵向上原油密度与深度关系不大。高产油区多沿主断裂带分布。油水界面不统一,但从东向西随中奥陶统顶面的降低而降低。认为该区油气分布不受现今构造位置高低的控制,而是受区域构造背景、断裂带的分布、储集层的发育程度、成藏演化过程以及不整合面等因素综合控制。

关键词 奥陶系;碳酸盐岩油藏;缝洞型油藏;油气分布特征;原油密度;控制因素;塔河油田

中图分类号:TE111.33

文献标识码:A

1 概况

塔河油田十二区位于塔河油田的西北部,在新疆维吾尔自治区库车县境内,构造上位于塔里木盆地沙雅隆起中段阿克库勒凸起轴部的西北翼(图1)。近几年来,塔河油田加大了对十二区勘探开发一体化的力度,部署的众多探井中有许多已获得了工业油流,特别是AD4井初期产能达到了500 t/d,表明十二区具有良好的开发前景,并成为塔河油田的主要勘探区块^[1-2]。

研究区中奥陶系揭示有中一下统鹰山组,中统一间房组,上统恰尔巴克组、良里塔格组和桑塔木组,其中一间房组和鹰山组为主要含油层系。上覆地层的分布由西南向东北分别是志留系下统、泥盆系上统和石炭系下统。阿克库勒凸起于加里东中—晚期形成凸起雏形,海西早期受区域性挤压抬升形成北东向大型鼻凸,凸起主体缺失志留系—泥盆系及中—上奥陶统,下奥陶统也受到不同程度的剥蚀,形成了大量的岩溶缝洞储集体^[3-4];海西晚期运动使该区再次抬升和暴露,形成了一系列近东西向的褶皱和断裂;印支期—燕山期该区构造运动相对较弱;喜



图1 塔河油田十二区位置图

马拉雅期北部强烈沉降,阿克库勒凸起最终定型。塔河十二区受区域多期构造运动的抬升作用,其奥陶系主要发育三期古岩溶作用,即加里东中期、海西早期和海西晚期古岩溶作用。

塔河油田十二区奥陶系油藏为加里东晚期—海西早期成藏并受海西早、晚期构造运动改造破坏后残留的古油藏。它经历了多期次的调整改造,加之储层分布的强非均匀性,储集空间的连通关系极为复

收稿日期:2011-07-19;改回日期:2011-09-01

基金项目:本文受四川省重点学科资助项目(编号:SDZ0414)和国家科技重大专项《塔里木盆地大型碳酸盐岩油气田勘探开发示范工程》(编号:2008ZX05049)资助

阳生国:1988年生,现为西南石油大学硕士研究生。主要从事石油地质、油气成藏等方面的研究。通讯地址:610500 四川省成都市新都区

杂,使得油、气、水的分布,尤其是油、水在平面上和纵向上的分布复杂多变^[4-5]。因此正确认识该区油气分布的规律及其主控因素,对该区油气勘探具有重要的指导意义。

2 油气平面分布特征

2.1 超重质油密度呈东西部低、中部高的特点

塔河油田奥陶系油藏的原油物理性质,平面上总体呈现西北部差、东南部好的特点,即原油密度在塔河油田具有向西北部变稠、向东南部变轻的特征^[6]。塔河十二区奥陶系油藏原油密度介于 $0.9543\sim 1.0565\text{ g/cm}^3$,平均 1.017 g/cm^3 ,属于超重质原油;原油动力黏度很大,如AD4井在 90°C 测试为 $45000\text{ mPa}\cdot\text{s}$,流动性能极差;凝固点介于 $8\sim 60^\circ\text{C}$,平均在 32°C ,说明该区油质重质组份含量高;平均含硫量为2.6%,平均含蜡量为5.9%;含盐量介于 $531\sim 55149\text{ mg/L}$ 之间,平均为 18794 mg/L 。总体而言,该区原油为高黏度、含蜡、高含硫的超重质原油。

在研究区内部,原油密度在平面上分布呈西部和东部低、中部高的分布趋势(图2)。西部的TK1201井原油密度最小,仅为 0.9603 g/cm^3 ,原油动力黏度测试

为 $2034\text{ mPa}\cdot\text{s}$ (20°C 时),原油物性较好,不用掺稀采油;TK1236井也不需要掺稀就能自喷生产,这说明该区的原油物性较好。

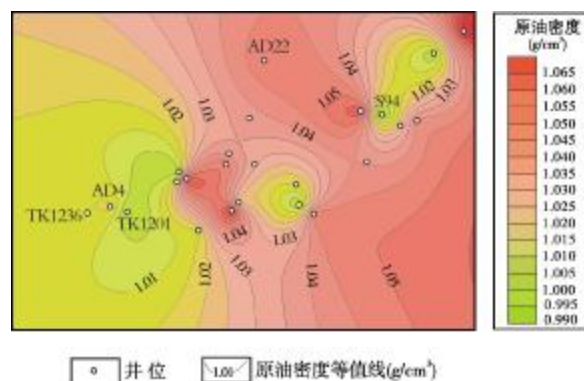


图2 塔河油田十二区原油密度分布图

2.2 整体含油,高产油区多分布于断裂带附近

塔河十二区油层的分布不受现今构造位置高低的控制,在中奥陶统顶面(T_4 面)直接见水的井,分布比较孤立,说明该区经历了整体成藏过程^[7]。从开采情况来看(图3),该区孤立水井少,整体含油与水井交互分布。高产井附近出现水井(如AD15井与TK1271井),水井附近出现高产井(如TK1222井与

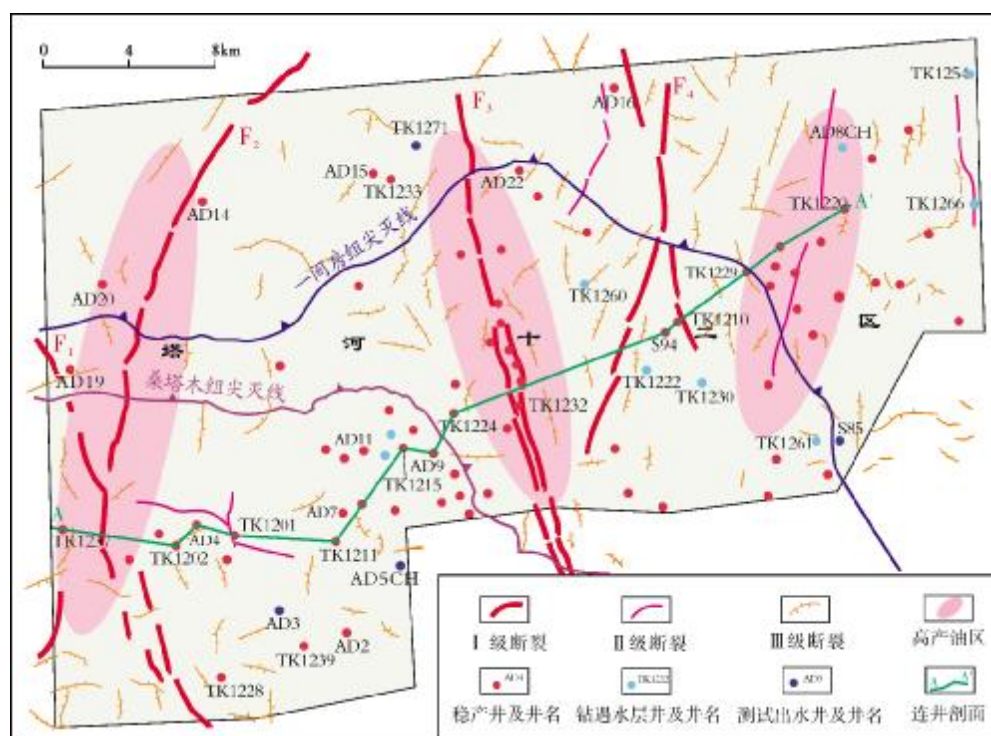


图3 塔河十二区开发成果示意图

底图为一间房组顶面构造。A—A'剖面见图5

S94 井)。部分地区水体活跃,油水关系较为复杂,但该区高产油区主要分布在 I 级和 II 级断裂附近,平均日产油水量达 100 t 以上的高产、特高产井也主要分布在断裂或尖灭线附近,这些现象均表明断裂带对油水等流体的分布起着较大的控制作用。

3 油气纵向分布特征

3.1 原油密度与埋深关系不大

对工区内 74 口井奥陶系油藏不同深度上原油密度平均值(图 4)的统计发现,原油密度与深度的关系很离散,总体上没什么规律可循。

3.2 无统一的油水界面,油水关系复杂

纵向上,研究区中、下奥陶统油气藏无统一的油水界面,但从东向西随着 T_7^4 面的降低,油水界面也逐渐降低(图 5)。除此以外,该区西南部油藏的厚度较大,如 AD4、TK1201、AD9 等井,而东北部油藏厚度

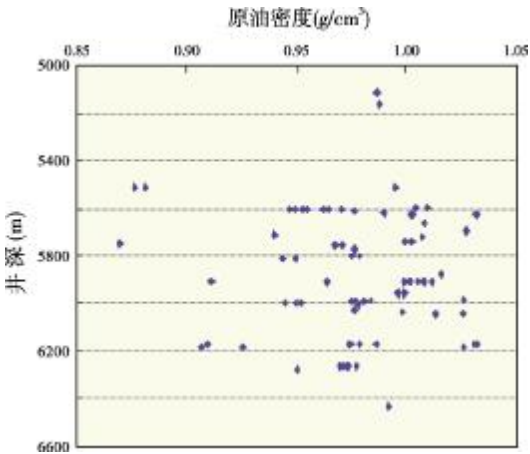


图 4 塔河十二区原油密度与埋深关系图

小,例如TK1210、TK1229 井,呈现出自西南向东北方向逐渐减薄的趋势。这些反映了该区油气纵向上的分布规律与区域构造背景及储层的发育情况有关,但由于受多期充注及混合改造等影响使得总体上油水关系复杂。

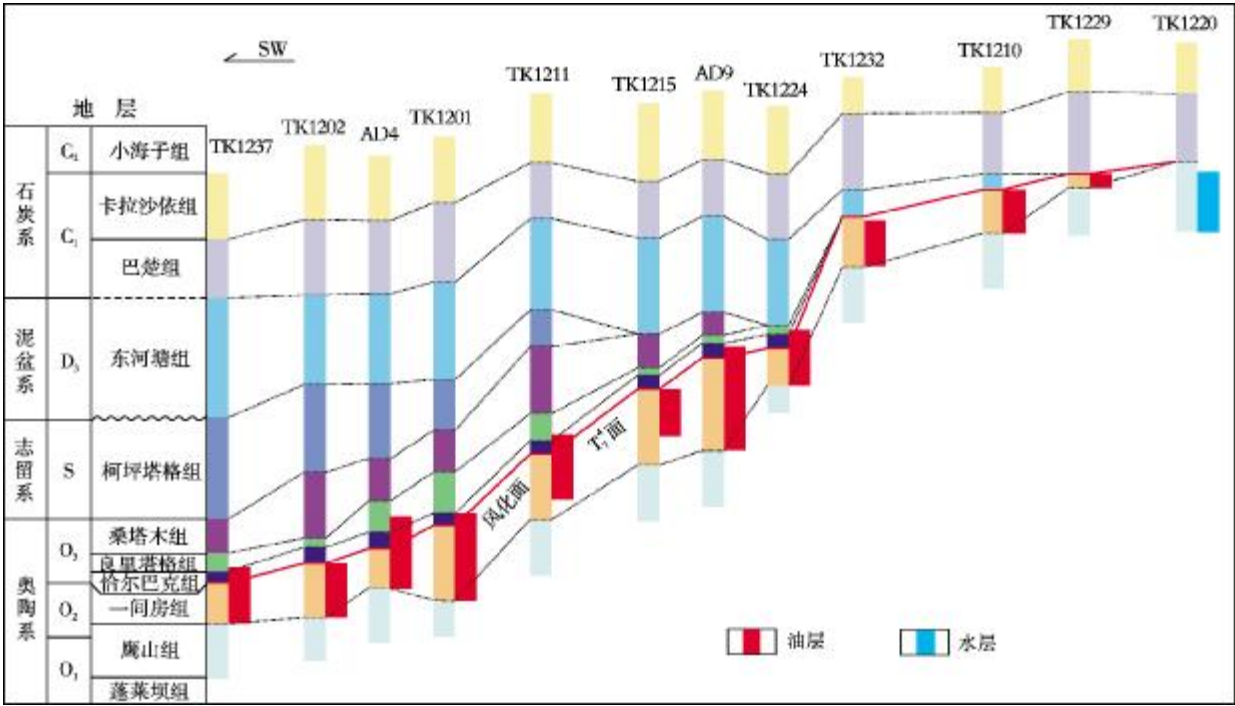


图 5 塔河十二区 TK1237 井—AD4 井—TK1224 井—TK1220 井连井剖面流体分布对比图
井位剖面按海拔高度拉平。A—A' 剖面位置见图 3

根据目前十二区完钻井测试资料,中、下奥陶统油层主要集中在中奥陶统顶面(T_7^4)之下 0~100 m (图 6),而测试水层距离 T_7^4 面深度的范围在 105~

290 m 范围内,因此可以初步判断十二区油层主要发育在距离 T_7^4 面深度 100 m 以内。也就是说,不整合面对油藏的纵向分布起着控制作用。

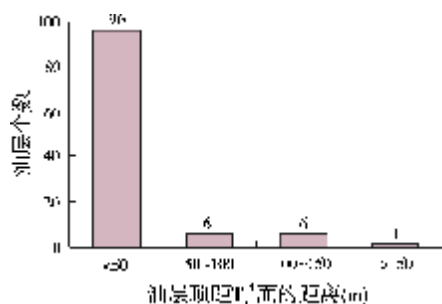


图6 塔河十二区油层距T₄面(中奥陶统顶面)的距离与数量

4 油气分布的主控因素

塔河十二区奥陶系油藏经历了多期次的油气充注与混合改造,油气水的分布不受现今构造位置高低的控制^[8],而是由储集体发育程度及连通性、断裂带的分布、区域构造背景、油气成藏演化过程以及不整合面等因素共同控制着奥陶系油气的分布。

4.1 区域构造背景对油气分布的控制作用

区域构造演化研究表明,阿克库勒凸起先后经历了加里东期、海西期、印支—燕山期及喜马拉雅期等多次构造运动^[9]。不同构造运动时期阿克库勒凸起的构造格局存在着一定的差异。海西早期运动之前,阿克库勒凸起大体上是一个北高南低的构造格局,但隆起幅度并不太大。加里东晚期—海西早期充

注的大量油气向古隆起高部位运移并聚集成藏,但受海西早期构造破坏作用严重。海西早期构造高部位奥陶系储层在直接裸露遭受岩溶改造及断裂作用的同时,早期形成的油藏遭到破坏,大部分沥青化。但在分布有上奥陶统桑塔木组等盖层的地区,由于保存条件较好,也可能残留有早期的重质油藏,如阿克库勒凸起中西部地区AD4—AD7井区,并在后期油气充注和改造的作用下,形成规模较大的重质油藏。

4.2 断裂对油气分布具有重要的控制作用

据有关区域构造研究资料,塔河十二区除继承发育加里东中—晚期北北东向、北北西向断裂外,还发育海西早期的北西向、北东向断裂和海西晚期的近东西向断裂^[8,10]。这些多期构造运动形成的断裂在三维空间上组成复杂的网状断裂系统,影响了岩溶缝洞型储集体空间在纵横向上的分布,从而控制着油气的分布。

根据十二区中—下奥陶统断裂的发育长度、纵向上断开的层位、断距大小等可将该区的断裂初步划分为三级(表1)。按照各类投产井在各级次断裂中所占比例进行分类(图7),可以明显发现中高产井主要沿Ⅰ级及Ⅱ级断裂分布。这说明油气大多富集于主断裂带附近,并且以Ⅰ级断裂附近最为富集,而酸压出水井和测试水层井则在主断裂带附近少见分布,它们多距主断裂带的距离较远。

表1 塔河油田十二区奥陶系油藏断裂初步分级表

断裂级别	断裂编号	展布特征	断层性质	断层走向	断层长度 (km)	断开层位	断 层 主要活动时期
Ⅰ	F ₁	直线展布	逆 断	NNW	18.7	一间房组—巴楚组	加里东期—海西期
	F ₂	直线展布	逆 断	NE	25.0	蓬莱坝组—巴楚组	
	F ₃	直线展布	逆 断	NNW	29.2		
	F ₄	直线展布	逆 断	NE	19.7		
Ⅱ		直线展布	逆 断	NW	4.6, 7.5	蓬莱坝组—巴楚组	加里东期—海西期
		直线展布	逆 断	NS	6.4		
		直线展布	逆 断	NE	5.4, 6.0, 6.2		
Ⅲ		直线展布	逆 断	NW	<4	一间房组—巴楚组	—
		直线展布	逆 断	NE	<4		
		直线展布	逆 断	NS	<4		
		直线展布	逆 断	EW	<4		

4.3 储层发育程度及连通性影响油气分布

塔河十二区奥陶系的油气分布总体上具有

“连片而不均匀”的特征,这主要受储层发育程度和连通性的控制。该区东北部储集体展布主要受控于海西早期岩溶作用和北东向断裂作用,一间

房组尖灭线以东以海西早期暴露岩溶作用为主,规模较大但局部充填严重。中—上奥陶统覆盖区,主要受控于加里东期岩溶及北东向和北西向断裂

作用,褶曲形态与断裂走向匹配较好,有利储集体大致沿断裂成条带状分布,故在桑塔木组覆盖区,流体相对活跃。

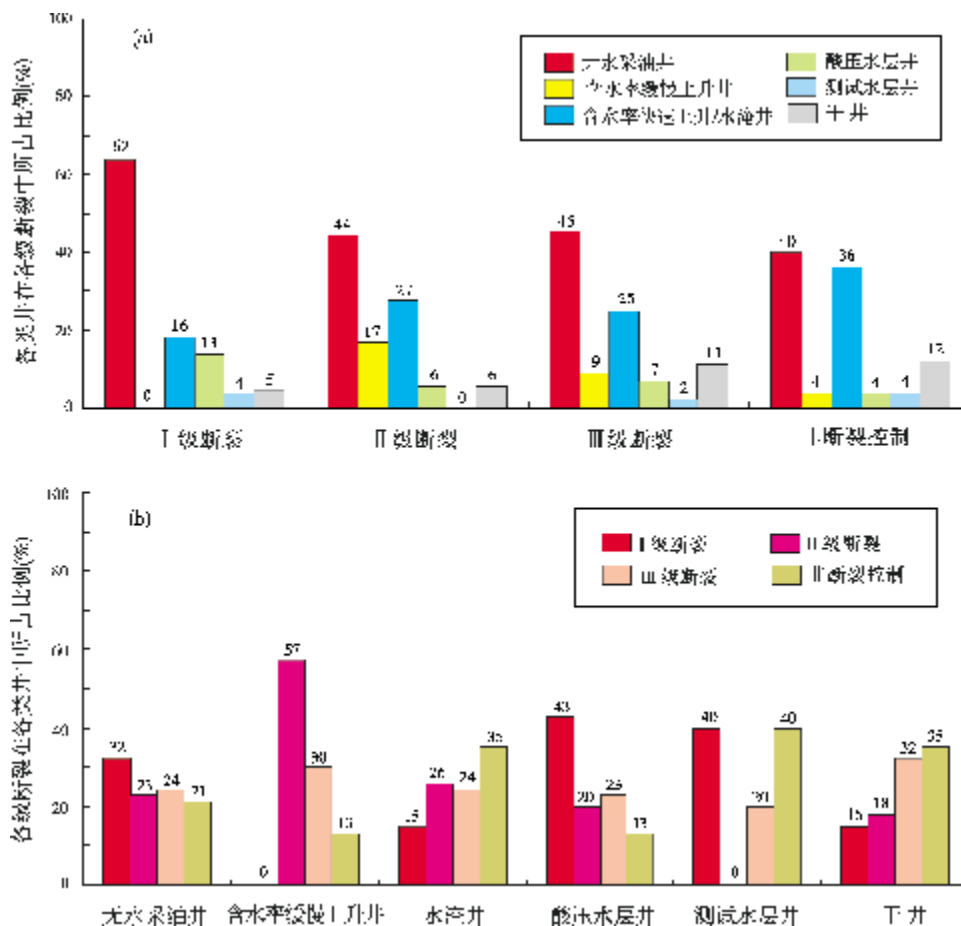


图7 塔河油田十二区油水井与断裂关系图

4.4 油气成藏与演化过程对油气分布的控制

塔河十二区奥陶系油藏是以加里东晚期—海西早期为主成藏期、并经后期调整改造的古重质油藏^[11]。早期成藏油气充注度高,表现为油气连片分布;后期成藏充注不足,水体活跃。

加里东中期—海西早期不同构造部位油气充注程度不同,多套储层(或局部小圈闭)纵向叠置、发育多套缝洞系统,使得该区奥陶系油藏没有统一的油水界面,从东向西油水界面逐渐降低。

受加里东中期—海西早期构造活动的影响,阿克库勒凸起西北部地区隆升逐渐加大,该区中—下奥陶统抬升较高,直接出露的北部地区,与南部上奥陶统桑塔木组覆盖区地形高差变大。在海西晚期,塔

河十二区所在部位再次隆升,局部地区中—下奥陶统出露地表,海西早期形成的洞穴系统遭受破坏,这样在北部下奥陶统直接暴露区,于加里东中期—海西早期形成的古油藏由于缺少了上奥陶统一志留系的覆盖,油气向稠油化、沥青化方向演化;而南部桑塔木组覆盖区由于保存条件较好,未被破坏或破坏程度较低,油藏则有可能保留下来,表现在原油密度分布上可看到在该区南部有相对轻质油的部分残留。因此,充注混合改造及调整程度是控制油气物理性质及平面变化的一个关键因素。

4.5 不整合面对油气分布的影响

海西早期强烈的构造运动使得塔河油田十二区奥陶系遭受严重剥蚀,所形成的不整合面控制了致

密碳酸盐岩中岩溶洞穴发育的强度和范围。在不整合面附近,断裂、裂缝(构造缝、风化缝)发育,彼此连通好,从而构成了有利于岩溶水汇集运移的复合系统;而远离不整合面的部位,断裂、裂缝欠发育,且彼此连通差,岩溶作用强度弱,岩溶储集体发育相对较少,规模相对较小。所以,不整合面控制着缝洞储集空间的纵向分布,从而影响了油气的分布。

5 结 论

(1)塔河十二区原油主要为高黏度、含蜡、高含硫的超重质油,原油密度平面上分布具有东部和西部低、中部高的特点。

(2)塔河十二区经历了整体成藏过程,断裂带附近油气水活动强烈也表明了断裂对油气分布的影响。

(3)奥陶系油藏纵向上的分布规律复杂,原油密度与埋深关系不大,无统一的油水界面等,但油水界面有自东向西随着 T_1^4 面(中奥陶统顶面)的降低而降低的趋势,油藏厚度具有自西南向东北方向逐渐减薄的特征。

(4)奥陶系油藏是以加里东晚期—海西早期为主成藏期、经历了后期油气充注及混合改造的古重质油藏,区域构造演化背景、断裂带的分布、储集体的发育程度、油气成藏的演化过程以及不整合面等

多种因素的综合作用,决定了该区奥陶系油气分布的复杂性。

参 考 文 献

- [1] 康玉柱. 中国海相油气田勘探实例之四:塔里木盆地塔河油田的发现与勘探[J]. 海相油气地质, 2005, 10(4): 31-38.
- [2] 李国政, 李兴威, 王辉. 塔河油田奥陶系油气藏形成的控制因素[J]. 海相油气地质, 2006, 11(3): 46-48.
- [3] 徐微, 陈冬梅, 赵文光, 等. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩油藏溶洞发育规律[J]. 海相油气地质, 2011, 16(2): 34-41.
- [4] 张希明, 朱建国, 李宗宇, 等. 塔河油田碳酸盐岩缝洞型油气藏的特征及缝洞单元划分[J]. 海相油气地质, 2007, 12(1): 21-24.
- [5] 王俊明, 肖建玲, 周宗良, 等. 碳酸盐岩潜山储层垂向分带及油气藏流体分布规律[J]. 新疆地质, 2003, 21(2): 210-213.
- [6] 丁勇. 塔河油田奥陶系原油高蜡成因[J]. 中国西部石油地质, 2005, 1(1): 85-88.
- [7] 温志新, 王红漫, 漆立新, 等. 塔河油田奥陶系缝洞型碳酸盐岩储层预测研究[J]. 地学前缘, 2008, 15(1): 94-100.
- [8] 云露, 蒋华山. 塔河油田成藏条件与富集规律[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(6): 768-775.
- [9] 刘其. 塔河油田奥陶系碳酸盐岩储层预测新进展[J]. 西部探矿工程, 2011, (6): 70-72.
- [10] 任爱军. 塔河油田托甫台区块缝洞型碳酸盐岩油藏开发技术研究[J]. 石油天然气学报, 2011, 33(6): 304-306.
- [11] 李素梅, 庞雄奇, 杨海军. 塔里木盆地海相油气源与混源成藏模式[J]. 地球科学 中国地质大学学报, 2010, 35(4): 663-672.

编辑:赵国宪

Hydrocarbon Distribution Rule and Controlling Factors of Ordovician Reservoir in Block 12 in Tahe Oilfield, Tarim Basin

Yang Shengguo, Wang Shunyu, Ming Shuang, Shao Xiaozhou, Wu Xiaohua, Ding Yong

Abstract: Ordovician reservoir is the karstified fractured/vuggy carbonate rock in Block 12 in Tahe Oilfield, in which oil, gas and water are distributed complexly in regularity. According to the analysis of the physical property of oil, the characteristics of hydrocarbon distribution in plane and vertical, and the oil-water interfaces, it is recognized that the oil is commonly overweight crude oil with high viscosity and high content of wax and sulfur. The oil density exhibits a distribution trend, in planar, of low values in the eastern and western parts and high values in the central part of this area but the oil density is little relative with depth in vertical. The oil-water interface is inconsistent and decreases with decreasing the Middle Ordovician top from east to west. The areas with high oil yield focuses along the main fault belts. It is shown that the hydrocarbon distribution is without the control of nowadays structural positions, instead of those factors such as the regional geological background, the distribution of fault belts, the development extent of reservoirs, the process of the hydrocarbon accumulation and unconformity.

Key words: Ordovician; Carbonate reservoir; Fracturing and caving reservoir; Hydrocarbon distribution characteristics; Oil density; Controlling factor; Tahe Oilfield; Tarim Basin

Yang Shengguo: male, Master degree in progress at the Faculty of Resources and Environment, Southwest Petroleum University, Xindu, Chengdu, 610500, China