

流体包裹体技术在春风油田特超稠油成藏研究中的应用

席伟军¹,张枝焕²,徐新宇³,史翠娥⁴

(1. 中国石化胜利油田分公司 新春采油厂, 山东 东营 257001; 2. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249;
3. 中国石油 海外勘探开发公司, 北京, 100034; 4. 中国石化胜利油田分公司 东胜公司, 山东 东营 257001)

摘要:春风油田位于准噶尔盆地西北缘车排子凸起上,稠油油藏具有埋藏浅、分布层位多、原油密度高、粘度大的特征,原油的生物标志化合物普遍降解严重,导致该区的油源对比及成藏研究成为难点。针对春风油田稠油储层开展了流体包裹体主成分生标特征、包裹体光学特性、产状特征、均一化温度及盐度等实验分析,同时进行了稠油油源对比、成藏期次及成藏演化分析,研究认为:(1)稠油主要来源于昌吉凹陷二叠系烃源岩,油气在该区聚集成藏前就已经遭受了轻微的生物降解作用,后期又继续遭受降解,部分井区还存在后期充注现象;(2)三叠纪末期,中、下二叠统烃源岩已进入生油高峰,生成的油气在车拐断裂带聚集成藏;白垩纪末期至古近纪的燕山-喜马拉雅早期的构造运动,导致车拐断裂带的油气藏遭受改造和破坏,油气向车排子凸起运移,并在侏罗系和白垩系储层中聚集成藏,但由于研究区地层埋深小,保存条件差,油气普遍遭受严重的生物降解作用而形成稠油;新近纪以来,构造运动导致车拐断裂带油气藏进一步调整改造,油气向车排子凸起运移,在春风油田的有利圈闭聚集成藏,后期又遭受生物降解形成现今的稠油油藏。

关键词:包裹体;油源对比;成藏演化;特超稠油;春风油田;准噶尔盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Application of fluid inclusion techniques to the study of super-heavy oil accumulation in Chunfeng oilfield, Junggar Basin

Xi Weijun¹, Zhang Zhihuan², Xu Xinyu³, Shi Cui'e⁴

(1. Xinchun Oil Plant, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257001, China; 2. State Key Laboratory of Petroleum Source and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China; 3. PetroChina International Exploration & Development Company, Beijing 100034, China; 4. Dongsheng Company, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong 257001, China)

Abstract: The Chunfeng oilfield is located in the Chepaizi uplift of the northwestern margin of Junggar Basin. The heavy oil reservoir is characterized by shallow burial, multiple oil-bearing layers, high oil density and viscosity. The biomarkers generally experienced strong degradation, making it hard to perform oil-source correlation and study of oil accumulation. In this paper, we used experimental methods to analyze fluid inclusion's composition, optical characteristics, occurrence features, homogenization temperature and salinity, performed oil-source correlation, and studied the accumulation period and process. The results show that the heavy oil was mainly sourced from the Permian source rocks in the Changji Depression, and the oil has experienced a slight biodegradation before accumulation and strong degradation later. Late charging also occurs in some wellblocks. At the end of Triassic, the Mid-Lower Permian source rocks had entered into peak oil generation and the oil generated from the Permian migrated to and accumulated in the Cheguai faulted belt. The tectonic movement during the end of Cretaceous to Paleogene destroyed and reconstructed the reservoir in the Cheguai faulted belt, and the hydrocarbons migrated to the Chepaizi uplift and accumulated in the Jurassic and Cretaceous reservoirs. Because of the poor preservation conditions, the oil commonly experienced strong biodegradation and was turned into heavy oil. Since the Neogene, the tectonic movement further adjusted the reservoirs in the Cheguai faulted belt, oil and gas migrated to Chepaizi uplift and accumulated in the favorable traps in Chunfeng oilfield and was biodegraded later into heavy oil reservoir.

Key words: fluid inclusion, oil-source correlation, accumulation evolution, super-heavy oil, Chunfeng oilfield, Junggar Basin

春风油田位于准噶尔盆地西北缘南端车排子凸起上,近几年中国石化胜利油田在该区域探明石油地质

储量 $8\,209 \times 10^4$ t,并实现了规模开发。该区稠油具有密度高,粘度较大,含蜡量低、原油酸值高的特点,属于

收稿日期:2013-12-20;修订日期:2014-05-20。

第一作者简介:席伟军(1985—),男,工程师,油气勘探与油气地球化学。E-mail:xiweijun.slyt@sinopec.com。

基金项目:国家科技重大专项(2011ZX05002-002,2011ZX05002-006)。

特超稠油油藏。前人对车排子地区成藏规律进行了一定的研究,认为车排子地区油藏具有多层位、多套油源、多期成藏的特征,成藏过程复杂^[1-5],但针对春风油田特超稠油的油源对比和成藏演化过程研究较少,由于该区原油普遍遭受微生物次生改造,大部分生物标志化合物遭受破坏,导致该区的稠油油源对比和成藏研究成为难点。前人根据有机包裹体均一化温度、产状和光学特性研究油气成藏的方法已经比较成熟^[6-14],因此本文通过有机流体包裹体实验分析,对春风油田的稠油油藏开展研究,分析稠油的油气来源和成藏期次,进一步结合烃源岩生排烃史和构造演化史探讨稠油的成藏过程和成藏模式。

1 样品及实验分析

春风油田位于准噶尔盆地西北缘南端车排子凸起上(图1),其南侧为四棵树凹陷,东南侧为昌吉凹陷。隆起主体部位大面积缺失二叠系(P)、三叠系(T),侏罗系(J)、白垩系(K)、新近系(N)超覆沉积于隆起基岩石炭系顶面之上,白垩系及石炭系构造层总体表现为东南倾单斜,新近系总体为近南倾的单斜。春风油田稠油具有原油密度大,粘度相对较高,含蜡量相对低,凝固点较低,酸值高的特点,20℃条件原油密度为0.95~1.00 g/cm³,50℃条件下原油粘度为3 000~

9 000 mPa·s,地层温度25~29℃,地层条件下,原油黏度达到40 000~90 000 mPa·s,排6井和排601区块井油层的地层水总矿化度为30 000~40 000 mg/L,水型为CaCl₂型。

稠油储层油砂样品采自春风油田排1井侏罗系,排602井、排103井、排21井白垩系、排19井、排601-平1井、排601-平4井新近系沙湾组。开展了流体包裹体的镜下产状鉴定、盐度、均一化温度测定和包裹体主成分分析。有机包裹体的镜下产状鉴定、盐度、均一化温度具体研究过程是:将磨制好的包裹体薄片(双面抛光、树脂粘结、无盖玻片)在普通透射白光下进行观察,了解包裹体的形态、大小、颜色、含量、分布、相态、相互关系等;将薄片放进无水乙醇中浸泡12 h,再用酒精冲洗干净,以便把包裹体薄片从载玻片上取下来;流体包裹体均一温度、冷冻温度(盐度)测试在核工业部北京地质研究院流体包裹体实验室完成。分析方法依据中华人民共和国核行业标准EJ/T 1105—1999《矿物流体包裹体温度的测定》。包裹体成分分析在中国石油大学油气资源与探测国家重点实验室和重质油国家重点实验室分析完成,根据包裹体成分分析实验流程,首先对稠油储层石英颗粒进行索氏抽提72 h后,再用盐酸试剂处理抽提后的颗粒,进一步除去储层颗粒中游离烃类,用荧光照射无荧光显示后,对石英颗粒进行破碎使包裹体中流体释放,然后用氯仿抽提,得出包裹体中的氯仿可溶成分,使用Thermo-Finnigan Trace-DSQ气相色谱质谱联用仪,采用GB/T 18606—2001分析标准对储层包裹体主成分进行GC/MS分析,获得相关参数。

2 包裹体类型和产状特征

春风油田侏罗系(J)、白垩系(K)、新近系沙湾组(N_{1s})砂岩储层中有机包裹体产状及光学特征见表1,该区稠油储层中有机包裹体主要有液态烃类包裹体(图2a)、气液态烃类包裹体(图2b,c)、气态烃类包裹体和含烃盐水包裹体等四类包裹体(表1)。液态烃类包裹体往往沿切穿石英、长石颗粒的微裂隙分布或者石英颗粒加大边微裂隙面成群、线状以及带状分布,形状不规则,呈棱角状,大小不一,从几微米至几十微米。气液烃类包裹体也较为发育,往往分布在石英、长石的微裂隙中,部分在石英或长石的次生加大边呈线状、带状以及群状分布,另外还有个别包裹体呈孤立状分布,形状规则,大小不一,从几微米至十几微米均有分布。沿石英颗粒加大边分布呈带状分布,单偏光下呈灰色、灰黄色及透明无色,显示环状的弱浅绿色荧光,形状较为规则,从几微米至几十微米均有分布。含烃盐水包

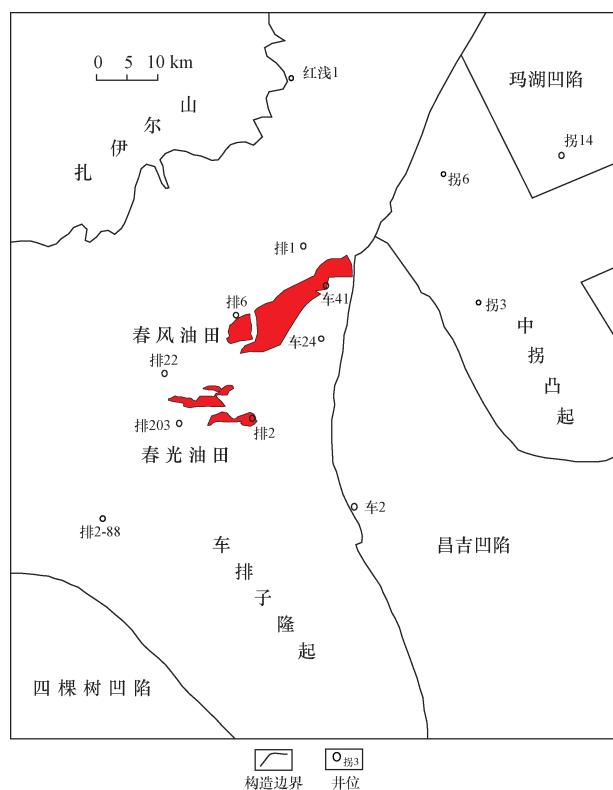


图1 春风油田构造位置

Fig. 1 Structure location of Chunfeng oilfield

表 1 春风油田包裹体特征
Table 1 Characteristics of hydrocarbon fluid inclusions in Chunfeng oilfield

井位	层位	深度/m	主要产状	包裹体类型	液态烃颜色	荧光颜色	盐度/%	均一化温度/℃
排 1	J	759.40	主要由于溶蚀成因而成孤立状分布于石英、长石颗粒内,另有部分包裹体沿切穿石英或长石颗粒的微裂隙成带分布	液烃~10%,气液烃~75%,气烃~15%	黄色、浅黄色	浅黄色、浅褐黄色及暗褐色	2.41~6.01	50~110 (存在大于190℃的气液烃包裹体)
排 602	K	569.00	包裹体均为沿切穿石英、长石颗粒的微裂隙成面状或带状分布	液烃~8%,气液烃~82%,气烃~10%	黄色、浅黄色及浅褐黄色	浅黄色、黄绿色及褐色、暗褐色	0.18~0.53	67~88 (存在大于160℃的气液烃包裹体)
排 103	K	470.90	主要由于溶蚀成因而成孤立状分布于石英、长石颗粒内,另有部分包裹体沿切穿石英或长石颗粒的微裂隙成带分布	液烃~15%,气液烃~80%,气烃~5%	黄色、浅黄色	浅黄色、浅褐黄色及暗褐色	5.86~6.16	61~68 (存在大于180℃的气液烃包裹体)
排 601-平 1	N _{1s}		包裹体均为沿切穿石英颗粒及其加大边的微裂隙成线状或成带分布	液烃~75%,气液烃~20%,气烃~5%	黄色、浅黄色及灰褐色	浅黄色、浅褐黄色及暗褐色	8.00~11.81	70~90
排 601-平 4	N _{1s}		包裹体均为沿切穿石英颗粒及其加大边的微裂隙成线状或成带分布	液烃~70%,气液烃~25%,气烃~5%	黄色、浅黄色及灰褐色	浅黄色、浅褐黄色及暗褐色	3.23~9.60	60~79
排 21	K	919.50	①成群分布于早期方解石胶结物内 ②另有部分为成孤立状分布于亮晶方解石胶结物中	①液烃~80%,气液烃~20% ②气烃为主	①灰褐色、深褐色		0.71~5.71	55~77
排 19	N _{1s}	916.45	①包裹体为成群或均匀分布于早期方解石充填物中 ②包裹体主要沿切穿石英或长石颗粒的微裂隙成线状或成带分布	①液烃 ②液烃~25%,气液烃~55%,气烃~20%	①灰褐色,深褐色 ②黄色,浅黄色	②浅黄色或绿色荧光	1.40~5.26	50~90

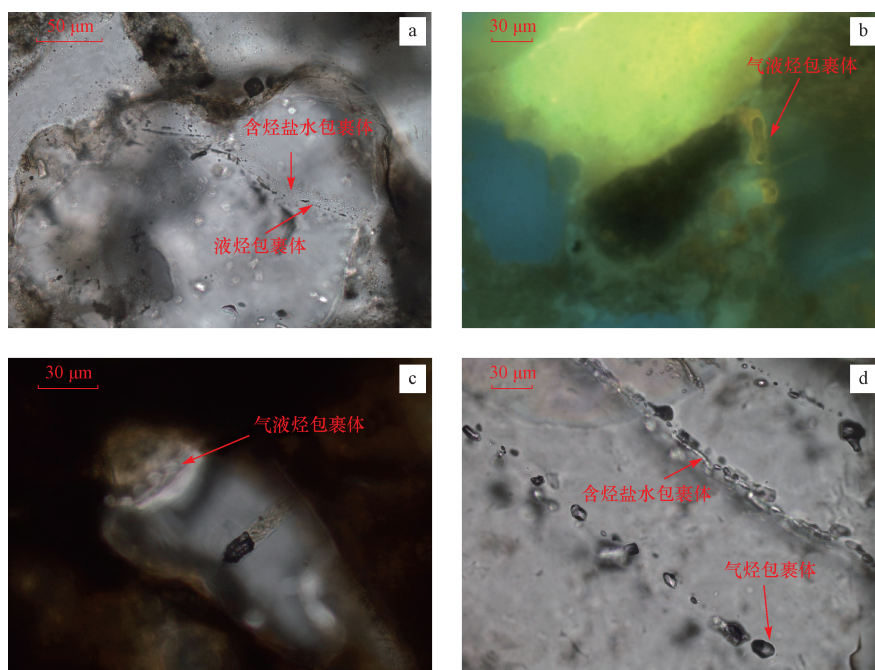


图2 春风油田储层有机流体包裹体电子显微照片

Fig. 2 Electron microscope photos of hydrocarbon fluid inclusion in Chunfeng oilfield

a. 排601-平4井, N_1s , 灰褐色含油含砾砂岩, 沿石英颗粒的微裂隙成带分布、呈灰褐色的液烃包裹体与呈透明无色的含烃盐水包裹体; b. 排1井, J, 井深759.4 m, 灰褐色油浸细砂岩, 沿石英颗粒加大边微裂隙面分布、呈浅黄-灰色的气液烃包裹体、显示强黄色荧光; c. 排602井, K_1tg , 井深569 m, 灰色油浸细砂岩, 沿长石颗粒的微裂隙分布、呈淡黄色-灰色的气液烃包裹体、显示浅绿黄色荧光; d. 排19井, N_1s , 井深916.45 m, 砂砾岩, 沿切穿石英颗粒的微裂隙成线状分布、呈灰色的气烃包裹体与呈浅灰色的含烃盐水包裹体

裹体常与沿裂隙分布的烃类包裹体有明显的共生关系, 分布于石英颗粒、长石颗粒的裂隙或者次生加大边上。

排1井侏罗系、排602井白垩系储层包裹体中以气液烃和气烃包裹体为主, 液烃包裹体含量较少, 而排601区块的排601-平1井、排601-平4井及南部的排19井新近系沙湾组储层包裹体多以液烃包裹体为主, 气液烃和气烃包裹体相对较少(表1), 这说明侏罗系、白垩系和新近系沙湾组储层稠油包裹体形成时的流体类型和充注时间等存在一定的差异。南部的排21井K储层和排19井 N_1s 稠油储层中还存在两期油气包裹体(表1), 说明该井区至少存在两期油气充注史。

侏罗系、白垩系油气包裹体主要在矿物的微裂隙及裂隙面分布(图2d), 具有偏光下呈褐色、深褐色、褐黄色, 荧光下为浅黄色、黑褐色以及褐黄色的特征, 存在稠油包裹体, 后期由于储层长石颗粒的溶解, 少量包裹体在长石的溶蚀面以及胶结物中呈孤立状分布。新近系沙湾组储层包裹体多为切穿石英颗粒的微裂隙分布, 液态烃类包裹体单偏光下呈褐色、深褐色、褐黄色、浅黄色或淡黄色分布; 因存在深褐色的液态稠油包裹体, 荧光显示较弱, 为浅黄色或淡黄色。

3 稠油成藏期次

根据前人研究结果, 同一期油气包裹体形成时伴

生的盐水包裹体盐度接近^[12-13], 根据车排子地区与烃类包裹体伴生的盐水包裹体分析(表1)表明, 侏罗系和白垩系储层中盐水包裹体的盐度小于6%, 而春风油田排601区块的排601-平1井沙湾组储层的含烃盐水包裹体的盐度都大于8%, 说明二者成藏期也存在差别。

通过与油气包裹体共生的盐水包裹体均一化温度分布范围可以确定成藏期次^[6,13], 车排子地区沙湾组储层中与油气包裹体伴生的盐水包裹体均一化温度主要分布在60~100℃(图3), 侏罗系和白垩系稠油储层均一化温度主要分布在50~90℃, 但是存在部分气

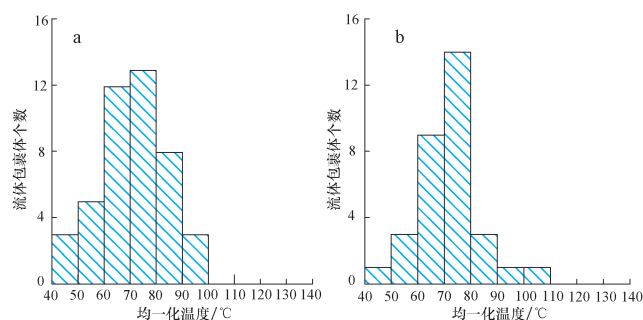


图3 春风油田沙湾组(a)与侏罗系、白垩系(b)

储层盐水包裹体均一化温度分布直方图

Fig. 3 Histogram of the homogenization temperature in Shawan Formation(a), Jurassic and Cretaceous(b) reservoir brine inclusions in Chunfeng oilfield

表 2 春风油田储层成岩作用的标志
Table 2 Diagenetic markers of reservoirs in Chunfeng oilfield

项目	层位	排 1 井	排 2 井	排 602 井	排 203 井	排 201 井
砂岩固结程度	N	疏松	疏松	疏松,局部致密	疏松	疏松较疏松
	K	疏松 - 中等	较疏松	较疏松	疏松	较疏松
	J	中等 - 致密				疏松
接触类型	N	孔隙式胶结	孔隙 - 基底式	孔隙式胶结	孔隙式胶结	孔隙式胶结
	K	孔隙式胶结	不接触为主	基底式、孔隙式胶结	孔隙式胶结	孔隙式胶结
	J	孔隙式胶结				孔隙式胶结
孔隙类型	N	原生孔隙	原生孔隙	原生孔隙	原生孔隙	原生孔隙
	K	原生孔隙	原生孔隙	原生孔隙	原生孔隙	原生孔隙
	J	原生孔隙,少量次生孔隙				原生孔隙
自生矿物	N	蒙皂石带,无序混层	蒙皂石带,无序混层	蒙皂石带,无序混层	蒙皂石带,无序混层	蒙皂石带,无序混层
	K	蒙皂石带,无序混层	蒙皂石带,无序混层	蒙皂石带,无序混层	蒙皂石带,无序混层	蒙皂石带,无序混层
	J	局部发育溶蚀				蒙皂石带,无序混层

液包裹体的均一化温度在 160 ℃ 以上(表 1);根据前人车排子地区包裹体研究结果,认为该区存在深部高温油气流体注入现象^[13,16]。春风油田排 601 区块的排 601 - 平 1 和排 601 - 平 4 井新近系沙湾组储层包裹体均一化温度主要分布在 60 ~ 80 ℃,以液烃包裹体为主,不存在大于 160 ℃ 以上均一化温度的气液包裹体,说明沙湾组和侏罗系、白垩系稠油充注时流体类型和环境存在一定的差别,为不同期次流体充注。

准噶尔盆地西北缘车排子地区地层的古地温较低^[15],基本上小于 70 ℃,有机质成熟度较低,镜质体反射率(R_o)值小于 0.4%,孢粉颜色为黄色;新近系、白垩系岩石比较疏松,固结程度较低,原生粒间孔隙发育,以孔隙胶结为主(表 2),石英一般未见次生加大边,局部发育次生加大边,长石的溶解也较少;侏罗系岩石局部半固结,胶结略显致密;砂岩和泥岩中富集蒙皂石,无序混层(表 2),蒙皂石层占 50%和 70%以上;砂岩局部可见少量自生高岭石、伊利石,多为它生,存在少量的陆源重矿物。整体而言,侏罗系、白垩系和新近系都属于成岩阶段早期。但是侏罗系成岩作用明显强于白垩系和新近系,侏罗系稠油包裹体一部分分布在石英颗粒的微裂隙面上,少量分布在溶蚀成因的长石颗粒中,表明油气是在侏罗系储层固结成岩发生溶蚀作用之后充注的。并且侏罗系储层孔隙富含油,气液包裹体较为发育,气体保存条件略好,生物降解的程度要弱,而白垩系储层深褐色液态烃类包裹体发育,储层孔隙中含有沥青,稠油降解要强一些,保存条件更差,但也发育气液包裹体,因此稠油充注时间为白垩纪之后古近纪时期最为合理;春风油田新近系沙湾组稠油的储层中,岩石胶结疏松,成岩作用很差,石英次生加大边现象很少,储层中油气包裹体也很少,油气包裹

体丰度 $GOI \leq 0.5\%$,且主要是液烃包裹体,说明油气充注时间较晚,认为在新近纪晚期到第四纪存在一期稠油的充注。

结合前人对该地区油气成藏研究结果^[17],结合包裹体的盐度、均一化温度、产状特征分析认为车排子地区春风油田的稠油至少存在两期充注,第一期为白垩纪到古近纪时期,第二期为新近纪以后的晚期成藏。

4 油源对比

春风油田的原油属于特超稠油,原油遭受严重的生物降解,油源对比难度较大,包裹体捕获的是油气保留了聚集时的特性,故可以用包裹主成分开展稠油的油源对比研究^[13,16]。

车排子凸起东部的昌吉凹陷主要分布有古近系安集海组,白垩系吐谷鲁群,中、下侏罗统,上三叠统湖沼相腐殖型烃源岩及二叠系湖相腐泥型烃源岩等两大类五套烃源岩,车排子凸起南部的四棵树凹陷主要发育古近系安集海组,白垩系吐谷鲁群和中、下侏罗统烃源岩。前人研究认为车排子地区的原油主要来源于昌吉凹陷二叠系风城组、下乌尔禾组和侏罗系^[1,5,18-19],其中二叠系风城组烃源岩三环萜烷(C_{20}, C_{21}, C_{23})呈上升型分布($C_{20} < C_{21} < C_{23}$),姥植比(Pr/Ph)小于 0.8,碳同位素较轻,一般 $\delta^{13}C < -30.0\%$, β -胡萝卜烷和伽马蜡烷含量较高;二叠系下乌尔禾组烃源岩三环萜烷(C_{20}, C_{21}, C_{23})呈山型分布($C_{20} < C_{21} > C_{23}$),一般 $1 < Pr/Ph < 1.5$,一般 $-29\% < \delta^{13}C < -31\%$,含 β -胡萝卜烷,伽马蜡烷含量中等;侏罗系煤系烃源岩三环萜烷

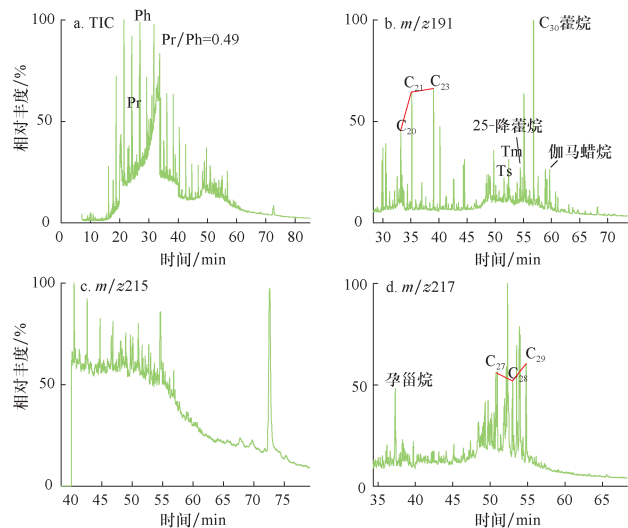


图 4 春风油田排 1 井侏罗系井深 757 m 砂岩包裹体主成分部分生标分布特征

Fig. 4 Distribution characteristic of biomarkers of the principal component of hydrocarbon fluid inclusions in the Jurassic in the Well Pai-1 (-757 m) in Chunfeng oilfield

含量较低,一般为下降型或山型分布,Pr/Ph > 2,碳同位素一般 $\delta^{13}\text{C} > -28\text{‰}$,伽马蜡烷含量很低,基本不含 β -胡萝卜素^[18-20]。

排 1 井侏罗系(图 4)、白垩系、排 602 白垩系、排 19 井新近系储层包裹体主成分中 Pr/Ph 值为 0.49 ~ 0.52,三环萜烷($\text{C}_{20}, \text{C}_{21}, \text{C}_{23}$)基本都呈上升型或山型,伽马蜡烷含量中等,可见 β -胡萝卜素(图 4c;表 3),这些特征与侏罗系烃源岩存在较大的差别,和二叠系风城组或乌尔禾组烃源岩较相似。另外排 1 井、排 601-平 1 井、排 602 井稠油储层沥青“A” $\delta^{13}\text{C}$ 值分别为 -30.5‰ , -30‰ , -30.5‰ ,与侏罗系源岩 $\delta^{13}\text{C}$ 值分布相差较大,与二叠系接近。因此,认为春风油田侏罗系、白垩系储层中的特超稠油主要来源于二叠系烃源岩,局部地区可能存在侏罗系后期生成的油气充注。

从排 1 井侏罗系和白垩系、排 602 井白垩系稠油

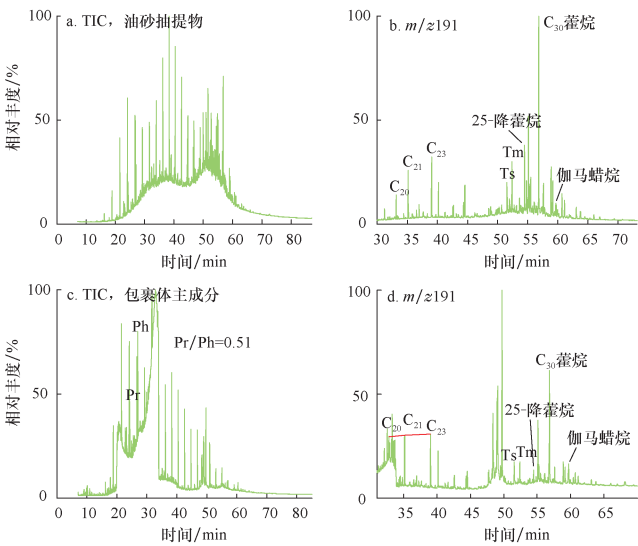


图 5 春风油田排 19 井沙湾组井深 920.2 m 抽提物(a,b)及包裹体主成分(c,d)部分生标分布特征

Fig. 5 Distribution characteristic of biomarkers of sandstone extraction content(a,b)and the principal component of hydrocarbon fluid inclusions(c,d)of Shawan Formation in the Well Pai-19 (902.2 m)in Chunfeng oilfield

储层包裹体主成分和游离烃生物标志化合物特征可以看出,包裹体主成分中可见“鼓包”现象和 25-降藿烷,甾、萜烷分布较完整,正构烷烃可见一定损失,说明在包裹体捕获时原油已经遭受轻微的生物降解,储层游离烃色质图中可见到明显的表征生物降解鼓包现象和较高含量的 25-降藿烷,甾、萜烷存在不同程度的降解,说明在聚集成藏后又遭受了严重的生物降解。在南部的排 19 井新近系沙湾组储层游离烃(图 5 a,b)和包裹体主成分中(图 5 c,d)都可见表征生物降解的 25-降藿烷,但是在游离烃中又见到了分布较完整的正构烷烃(图 5a),表现出后期充注现象。油砂抽提物沥青“A”碳同位素值为 -28.3‰ ,高于典型二叠系烃源岩的原油,而低于来源于侏罗系煤系烃源岩的原油,因此判断该类稠油早期充注的是来自昌吉凹陷二叠系的原油,后期又充注了侏罗系原油(表 3)。

表 3 包裹体主成分及油源分析

Table 3 Principal components of hydrocarbon fluid inclusions and oil-source correlation

井名	排 1	排 602	排 601 - 平 1	排 19	排 203		
层位	J	K ₁ tg	K ₁ tg	N ₁ s	N ₁ s		
原油及抽提物	全油碳同位素值/‰	- 30. 5	- 30. 5	- 30. 5	- 28. 3		
	密度(g · cm ⁻³ , 20 ℃)	0. 988 4	0. 945 0	0. 971 7	0. 947 0	0. 891 8	
	粘度(mPa · s, 50 ℃)	5 879. 00	592. 00	11 188. 00	6 392. 00	24. 57	
	Pr/Ph	0. 49	0. 50	0. 52	0. 50	0. 51	0. 52
包裹体主成分	三环萜烷分布	上升型	上升型	山型	山型	上升型	山型
	伽马蜡烷含量	中等	中等	中等	中等	中等	中等
	β - 胡萝卜烷含量	很高	中等	较低	较低	较低	较低
油源	二叠系风城组	二叠系风城组	二叠系风城组和 乌尔禾组混源	二叠系风城组和 乌尔禾组混源	早期来源二叠系, 后期充注侏罗系油气		

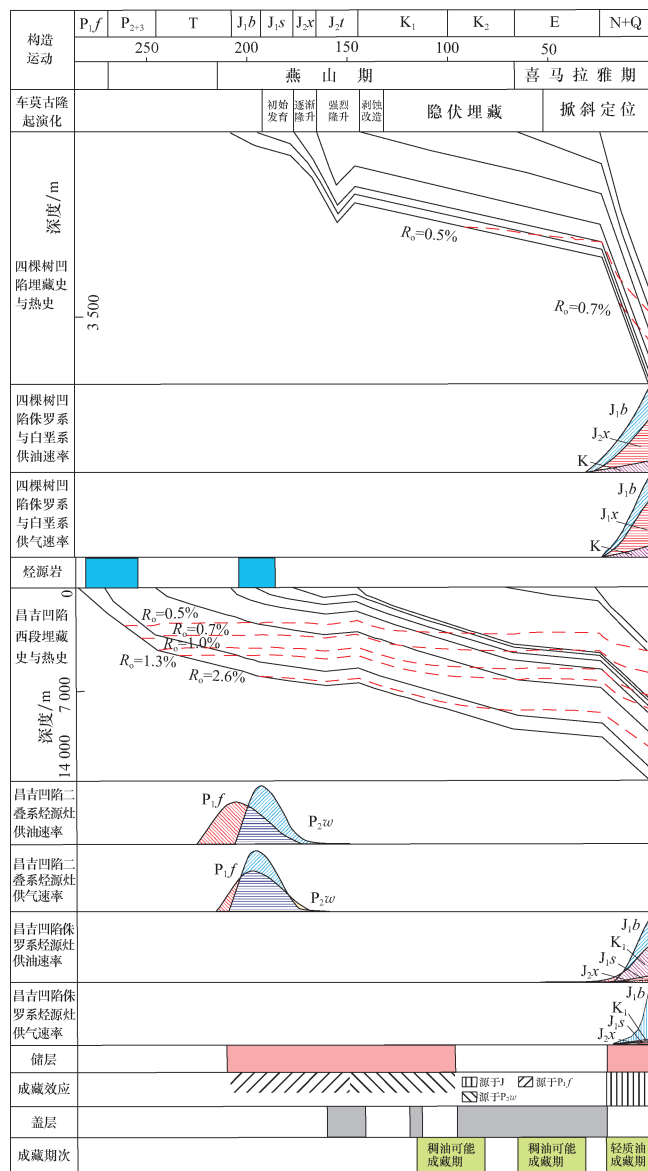


图6 春风油田车排子地区烃源灶叠置与复合模式

Fig. 6 Superimposition mode of kitchens in Chepaizi area, Chunfeng oilfield

5 成藏演化及成藏模式

晚三叠世到早侏罗世时期,昌吉凹陷中、下二叠统烃源灶已逐步进入供油高峰^[18],生成的油气在红车断裂带下盘储层聚集成藏(图6)。但由于印支期的断裂活动较强,红车断裂带下盘油气保存不利,中、晚侏罗世,中、下二叠统烃源岩供烃强度变弱,燕山期的构造运动导致油气藏进一步调整,油气通过不整合面、断层向车排子运移^[1,3,5,18],在春风油田侏罗系储层也可能聚集成藏。燕山运动到喜马拉雅运动的早期,车排子地区沉积厚度较薄,车拐断裂带下盘油气藏再次调整运移。

构造活动强烈由于断裂的开启性,调整过程中导致部分油气遭受一定的生物降解而稠化,油气调整运

移至红车断裂带的上盘^[21],在上盘及石炭系潜山带形成一定规模次生油气藏,部分油气沿侏罗系顶部的不整合面,运移到车排子凸起带的侏罗系和白垩系储层。由于地层发育较薄,油气运移过程中可能同时遭受生物降解稠化,聚集成藏后由于埋藏较浅,又进一步遭受微生物的降解作用,形成稠油油藏。新近纪以后,中下二叠统烃源灶供烃基本终止^[18]。车排子地区沉积了厚度较大新近系沙湾组和塔西河组(图7),沙湾组砂岩发育,成岩作用弱,储层物性较好。由于新近纪末期的晚期构造运动发生,红车断裂带的部分油藏进一步调整改造,先通过新近纪以来的层间断层,垂向运移,再沿上部的不整合面运移到车排子凸起带(图7),油气运移过程中也可能遭受一定的生物降解,聚集成藏后,由于新近系层位埋藏较浅,微生物活动频繁,油气又进一步遭受了严重降解。另外,古近纪以后,昌吉凹陷和四棵树凹陷侏罗系烃源岩开始生烃,生成的油气也会向车排子地区运移,因此车排子地区部分井区稠油油藏后期存在一定量的侏罗系轻质油后期充注的影响。

综合分析,春风油田稠油主要来源于东部昌吉凹陷二叠系烃源岩,属于远源供烃;油气主要通过几套区域性的不整合面和红车断裂带向车排子凸起上的春风油田运移,具备阶梯状输导、毯式运移的特征;春风油田的稠油油藏为早期二叠系生成的古油藏后期调整的结果,属于次生调整形成的油藏;原油运移到春风油田聚集后,后期遭受严重的生物降解导致变成特超稠油;部分井区遭受了后期侏罗系烃源岩生成的油气的后期充注。

6 结论

1) 通过包裹体主成分生物标志化合物开展油源对比分析可以判断春风油田的稠油主要东部昌吉凹陷二叠系烃源岩,油气在春风油田聚集成藏前就已经遭受了轻微的生物降解作用,成藏之后继续遭受降解,部分井区还存在后期充注现象。

2) 通过包裹体产状、均一化温度、盐度、成岩分析,该区稠油油藏至少存在两期充注,第一期为白垩纪到古近纪时期,第二期为新近纪以来的晚期成藏。

3) 综合分析春风油田稠油成藏特征认为,二叠系烃源岩生成的油气首先在红车断裂带聚集成藏,白垩纪到古近纪由于构造调整,油气调整运移至红车断裂带的上盘,在上盘及石炭系潜山带形成一定规模次生油气藏,一部分沿侏罗系顶部的不整合面,运移到车排子凸起带的侏罗系和白垩系储层成藏,由于埋藏较浅,油气遭受生物降解破坏;新近纪末期的晚期构造运动

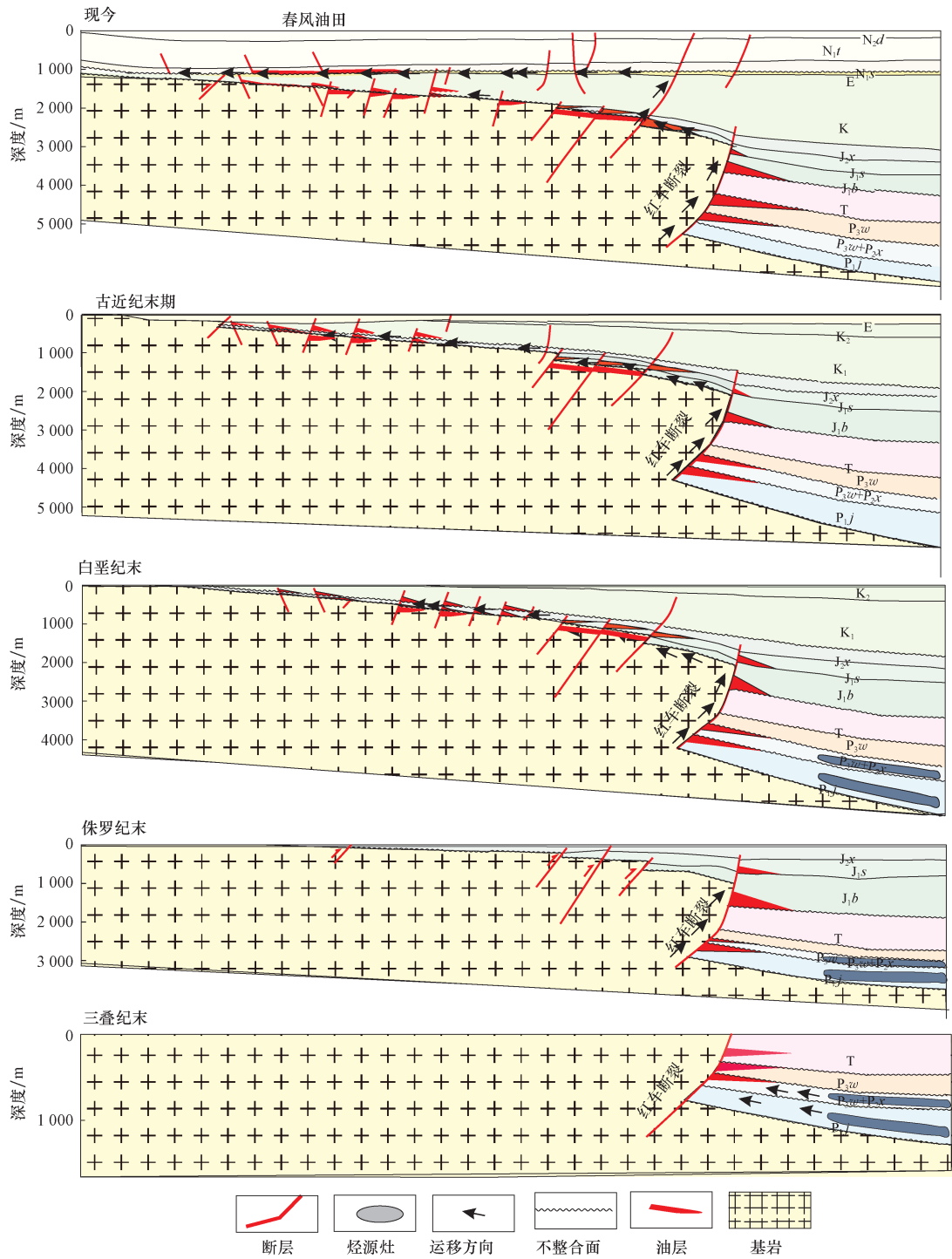


图7 春风油田成藏演化示意图
Fig. 7 Hydrocarbon accumulation evolution in the Chunfeng oilfield

发生,红车断裂带的部分油藏进一步调整改造,先通过新近纪以来的层间断层,垂向运移,再沿上部的不整合面运移到车排子凸起带,油气运移过程中也可能遭受一定的生物降解,聚集成藏后,由于新近系层位埋藏较浅,微生物活动频繁,油气又进一步遭受了严重降解,形成现今的稠油油藏。

参 考 文 献

[1] 宋传春,贺伦俊,马立群,等. 准噶尔盆地车排子凸起成藏特征

[J]. 新疆石油地质,2007,28(2):136-138.
Song Chuanchun, He Lunjun, Ma Liqun, et al. Characteristic of hydrocarbon accumulation of Chepaizi Swell in Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2007, 28(2): 136-138.
[2] 罗劲,庄新明,韩祥磊,等. 准噶尔盆地车排子凸起沙湾组成藏主控因素[J]. 新疆石油地质,2008,29(1):45-47.
Luo Jin, Zhuang Xinming, Han Xianglei, et al. Main factors controlling hydrocarbon accumulation in Neogene Shawan formation in Chepaizi Swell of Junggar Basin[J]. Xinjiang Petroleum Geology, 2008, 29(1): 45-47.

- [3] 靖辉,江洪,向奎.准噶尔盆地西缘车排子地区岩性油气藏成藏主控因素[J].石油实验地质,2007,29(4):377-383.
Jing Hui, Jiang Hong, Xiang Kui. Key factors to control formations condition of stratigraphic pools in Chepaizi Area, the West of the Junggar Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2007, 29(4): 377-383.
- [5] 胡宗全.准噶尔盆地西北缘车排子地区油气成藏模式[J].断块油气田,2004,11(1):12-15.
Hu Zongquan. Hydrocarbon reservoir formation model of Chepaizi Area in Northwest Edge of Junggar Basin[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2004, 11(1): 12-15.
- [6] 张铭杰,唐俊红,张同伟,等.流体包裹体在油气地质地球化学中的应用[J].地质论评,2004,50(4):397-406.
Zhang Mingjie, Tang Junhong, Zhang Tongwei, et al. Applications of fluid inclusions to petroleum and natural gas geology and geochemistry[J]. Geological Review, 2004, 50(4): 397-406.
- [7] Karlsen D A, Nedkvitne T, Larter S R, et al. Hydrocarbon composition of authigenic inclusions: application to elucidation of petroleum reservoir filling history[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1993, 57(15): 3641-3659.
- [8] Pan C C, Yang J Q, Fu J M, et al. Molecular correlation of free oil & inclusion oil of reservoir rocks in the Junggar Basin, China[J]. Organic Geochemistry, 2003, 34(3): 357-374.
- [9] 柳少波,顾家裕.包裹体在石油地质研究中的应用与问题讨论[J].石油与天然气地质,1997,18(4):326-331.
Liu Shaobo, Gu Jiayu. Application of inclusion in petroleum geological study and discussion[J]. Oil & Gas Geology, 1997, 18(4): 326-331.
- [10] 陈孔全,徐言岗,张文淮.松辽盆地南部有机包裹体特征及石油地质意义[J].石油与天然气地质,1995,16(2):138-147.
Chen Kongquan, Xu Yangang, Zhang Wenhui. Characteristics of organic inclusions in southern Songliao basin and their significance for petroleum geology[J]. Oil & Gas Geology, 1995, 16(2): 138-147.
- [11] 陶士振,刘德良,杨晓勇.塔里木盆地叶城凹陷成岩包裹体及其油气意义[J].石油学报,1998,19(3):38-45.
Tao Shizhen, Liu Deliang, Yang Xiaoyong. Diagenesis inclusion of Yechang depress, Tarim basin and their significance for oil and gas[J]. Acta Petrolei Sinica, 1998, 19(3): 38-45.
- [12] 卢焕章,郭迪江.流体包裹体研究的进展和方向[J].地质论评,2000,46(4):385-392.
Lu Huanzhang, Guo Dijiang. Progress and trends of researches on fluid inclusions[J]. Geological Review, 2000, 46(4): 385-392.
- [13] 曹剑,胡文宣,张义杰,等.准噶尔盆地红山嘴-车排子断裂带含油气流体活动特点地球化学研究[J].地质论评,2005,51(5):591-599.
Cao Jian, Hu Wenxuan, Zhang Yijie, et al. Geochemical analysis on petroleum fluid activity in the Hongshanzui-ChePaizi fault zone, the Junggar Basin[J]. Geological Review, 2005, 51(5): 591-599.
- [14] Goldstein R H, Regnolds T J. Sestematics of fluid Inclusion in diagenetic mineral[J]. SEPM Short Course, 1994, 3(10): 69-85.
- [15] 邱楠生,杨海波,王绪龙.准噶尔盆地构造-热演化特征[J].地质科学,2002,37(4):423-429.
Qiu Nansheng, Yang Haibo, Wang Xulong. Tectono-thermal evolution in the Junggar Basin[J]. Chinese Journal of Geology, 2002, 37(4): 423-429.
- [16] 李梅,金爱民,楼章华,等.准噶尔盆地地层流体特征与油气运聚成藏[J].石油与天然气地质,2012,33(4):607-615.
Li Mei, Jin Aimin, Lou Zhanghua, et al. Formation fluid characteristics and hydrocarbon migration and accumulation in Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2012, 33(4): 607-615.
- [17] 徐兴友.准噶尔盆地车排子地区油气成藏期次研究[J].石油天然气学报,2008,30(3):40-44.
Xu Xingyou. Study on pool-forming stages of oil in Chepaizi Area of Junggar Basin[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(3): 40-44.
- [18] 秦黎明.准噶尔盆地西部地区烃源灶的形成演化及其有效性[D].北京:中国石油大学(北京),2010.
Qin Liming. The formation, evolution and effectivity of the source kitchens in the Western Region of Junggar Basin[D]. Beijing: China University of Petroleum, Beijing, 2010.
- [19] 张枝焕,李伟,孟闲龙,等.准噶尔盆地车排子隆起西南部原油地球化学特征及油源分析[J].现代地质,2007,24(1):134-140.
Zhang Zhihuan, Li Wei, Meng Xianlong, et al. Petroleum geochemistry and oil-source analysis in the Southwest of Chepaizi Uplift, Junggar Basin[J]. Geoscience, 2007, 24(1): 134-140.
- [20] 刘洪军,张枝焕,秦黎明,等.准噶尔盆地车排子凸起带轻质油成藏机制[J].中国石油大学学报(自然科学版),2011,35(4):34-40.
Liu Hongjun, Zhang Zhihuan, Qin Limin, et al. Accumulation mechanism of light oils in Chepaizi uplift belt of Junggar Basin[J]. Journal of China University of Petroleum, 2011, 35(4): 34-40.
- [21] 张善文.准噶尔盆地哈拉阿拉特山地区风城组烃源岩的发现及石油地质意义[J].石油与天然气地质,2013,34(2):145-152.
Zhang Shanwen. Identification and its petroleum geologic significance of the Fengcheng Formation source rocks in Hala'alt area, the northern margin of Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(2): 145-152.
- [22] 任国选,侯读杰,史玉玲,等.准噶尔盆地西北缘红山嘴油田地层水特征与油气藏聚集关系[J].石油与天然气地质,2013,34(2):179-184.
Ren Guoxuan, Hou Dujie, Shi Yuling, et al. Relationship between formation water characteristics and hydrocarbon accumulation in Hongshanzui oilfield in the northwestern margin of the Junggar Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2013, 34(2): 179-184.

(编辑 张亚雄)