

DOI:10.19751/j.cnki.61-1149/p.2021.04.013

旬宜地区延长组长 7 致密油特征与富集主控因素

侯娟¹, 黄帅博¹, 柯思¹, 张茹²

(1. 河南油田分公司勘探开发研究院, 河南 南阳 473132; 2. 华北分公司第一采气厂, 陕西 榆林 719000)

摘要:利用岩心、测录井、分析化验及试油试采等资料,从岩石学特征、储集性能、流体性质、砂岩分布特征等入手,分析工区内致密油地质特征与富集主控因素。认为工区内延长组长 7 油层组油积砂岩发育,属致密储层,储集空间以小孔隙为主;原油性质好,为低密度、低黏度、低凝固点的轻质原油,具有低含硫、可流动性强等特点。同时,长 7 烃源岩分布广,厚度大,有机质丰度高,类型好, R_o 平均为 0.78%,已进入成熟阶段,为致密油形成提供了丰富的物质基础;长 7₁ 和长 7₂ 亚油层砂岩厚度大、分布广,是致密油富集的关键;断层的发育对致密油富集起破坏作用,良好的保存条件是该区致密油聚集成藏的必要条件。

关键词:延长组长 7;致密油;地质特征;主控因素

中图分类号: TE121

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2021)04-0171-09

Characteristics and Main Enrichment Controlling Factors of Chang 7 Tight Oil in Xunyi-Yijun Area, Ordos Basin

HOU Juan¹, HUANG Shuaibo¹, KE Si¹, ZHANG Ru²

(1. Petroleum Research Institute of Henan Oilfield Branch Company SINOPEC, Nanyang 473132, Henan, China;
2. No. 1 Nature Gas Production Factory, North China Company, SINOPEC, Yulin 719000, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the data of core, well logging and oil test, etc, this paper analyzed the characteristics of tight oil and the main enrichment controlling factors of Chang 7 member through the aspects of reservoir distribution, reservoir performance and fluid properties. It is concluded that the turbidite sand body is developed in Chang 7 member and the reservoir space is tight and mainly with small pores; the crude oil has the good properties of low density, low viscosity, low freezing point, low sulfur and strong fluidity. The Chang 7 source rock is rich in organic matter with the average R_o of 0.78%, which provides a rich material basis for the formation of tight oil. The sand bodies of the Chang 7₁ and Chang 7₂ sub oil formations are thick and widely distributed, in favour of the accumulation of tight oil. However, the development of faults may destroy the accumulation of tight oil. Good preservation condition is necessary for the accumulation of tight oil in this area.

Keywords: Chang 7 member of Yanchang Formation; tight oil; geological characteristics; main controlling factors

收稿日期: 2020-06-10; 修回日期: 2020-12-21

基金项目: 中国石化集团有限公司“旬宜区块三叠系延长组油气富集规律及增储领域研究”(P18053-4)。

作者简介: 侯娟(1985-)女, 硕士研究生, 工程师, 从事石油勘探研究工作。E-mail: sunnyruoshui@163.com。

近年来,中国在鄂尔多斯盆地、四川盆地及准噶尔盆地等陆续开展了致密油勘探开发示范区试验,并获得了较好的进展。鄂尔多斯盆地是中国致密油资源最丰富的盆地,其油气资源主要分布在湖盆中部延长组长 7 油层组,中国石油长庆油田公司先后发现了新安边、庆城、合水等多个致密砂岩油田,已提交了亿吨致密油,探明储量并率先实现了规模、效益开发(杨华等,2013;葛云锦等,2018),展现出该盆地具有巨大的致密油勘探潜力。结合前人研究成果,认为旬宜地区延长组长 7 期与庆城等地区具有相似的沉积背景,目前尚未对该区长 7 致密油特征与富集主控因素开展系统的研究。笔者基于分析化验、测录井与分析测试等资料,结合试油试采数据,开展区内长 7 致密油地质特征研究,分析致密油富集的主控因素,以期为该区长 7 致密油的勘探开发提供一定的地质依据。

1 地质概况

鄂尔多斯盆地中总体上呈东翼宽缓、西翼狭窄的不对称构造形态,可划分为伊盟隆起、天环向斜、晋西挠褶带、伊陕斜坡与渭北隆起等 6 个构造单元(图 1),是中国第二大含油气盆地。受印支运动影响,整个盆地在晚三叠世末被全面抬升、剥蚀,形成沟谷纵横、丘陵起伏的镶嵌不整合。

中生界上三叠统延长组是盆地主要含油层系,长 7 沉积期为深湖相沉积,水体较深,沉积了一套富含有机质的油页岩,为致密油藏的形成提供了丰富物质基础;其自上而下可划分为 3 个亚油组,其中,长 7₃ 期湖盆水体最深,沉积了组内最重要的一套优质烃源岩,该套优质烃源岩的发育为延长组油气藏的形成提供了良好的生烃基础;之后水体逐渐变浅,长 7₂ 至长 7₁ 沉积期,主要以半深湖-深湖相沉积为主,沉积了多期大面积分布的细砂岩,局部地区也发育薄层烃源岩。

旬宜地区地处盆地东南部,构造上位于伊陕斜坡与渭北隆起结合部位(图 1),总体上呈现出“南高北低、东高西低”的构造格局;受印支、燕山及喜山运动的影响,区内断裂较盆地主体区发育,断裂多呈北东向、北东-东西向和近东西向展布。晚三叠世长 7 沉积期,整个湖盆快速扩张,在南部形成大型湖泊,旬一宜地区位于沉积中心(刘池阳等,2020),发

育半深湖-深湖亚相沉积体系。研究区目前主力产层为延长组长 3 油层组;长 7 期主要发育浊流沉积,浊积水道发育,致密油主要富集于长 7₁ 和长 7₂ 亚油组。

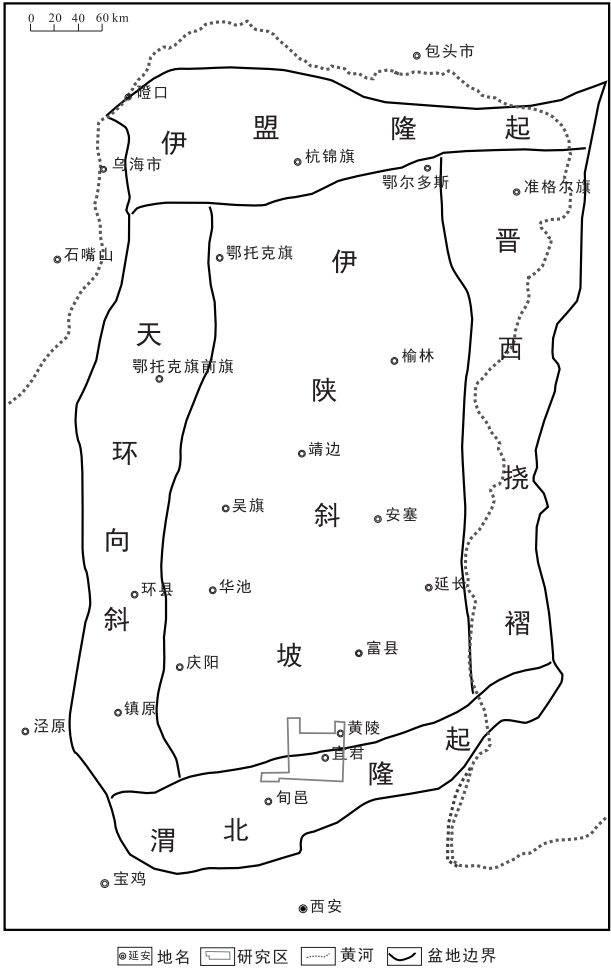


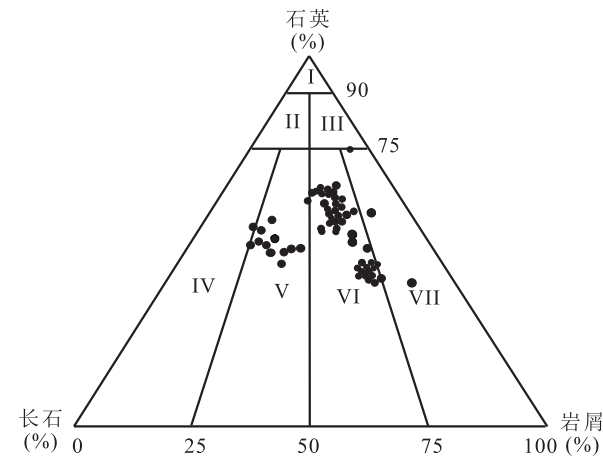
图 1 鄂尔多斯盆地构造区划分及研究区位置图
Fig. 1 Structure division of Ordos basin and location of the study area

2 致密油地质特征

2.1 岩石学特征

通过 10 口井 200 余块岩石薄片鉴定分析,长 7 段致密砂岩平均粒径一般为 0.10~0.25 mm,以块状细砂岩为主,岩石类型主要为长石质岩屑砂岩,少量的岩屑质长石砂岩、岩屑砂岩(图 2)。其中,石英含量为 39%~75%,平均为 51%;长石含量为 4%~38%,平均为 19%;岩屑含量为 11%~50%,平均为 29%,主要为沉积岩和变质岩岩屑;云母含量为 0~11%,平均为 4.1%。石英、长石和方解石含量一般

为 65%~86%,脆性指数较高。



I. 纯石英砂岩;II. 石英砂岩;III. 长石岩屑砂岩或岩屑质长石砂岩;IV. 长石砂岩;V. 岩屑质长石砂岩或;VI. 长石质岩屑砂岩;VII. 岩屑砂岩

图 2 旬宜地区延长组长 7 储层岩石类型三角图
Fig. 2 Triangle classification map of rock types in sandstones of Chang7 Member, Xunyi area, Ordos basin

旬宜地区长 7 油层组砂岩储层填隙物含量为 4%~40%,平均为 15%,其中黏土矿物含量为 0~35%,平均为 6%;胶结物含量为 2%~34%,平均为 9%。胶结物以方解石和白云石为主,其中方解石含量为 1%~24%,平均为 4.7%;白云石含量为 1%~29%,平均为 4.7%;分选中等,磨圆度以次棱角状为主,其次是棱角状,表明结构成熟度较低;颗粒呈线-点接触;胶结类型为孔隙式,胶结类型单一;纵向上,黏土和碳酸盐含量呈逐渐增加的趋势(表 1)。

2.2 砂岩物性特征

根据 400 个常规物性数据分析,长 7 段储层物性较差,孔隙主要在 6%~12%,平均为 7.7%;渗透率主要分布在 0.001~0.2 mD,平均为 0.15 mD,属

致密储层(图 3)。从长 7₁与长 7₂物性分布直方图可以看出(图 4),长 7₁孔隙度主要分布在 4%~10%,渗透率分布在 0.1~0.5 mD;而长 7₂储层孔隙度主要分布在 4%~12%,渗透率以小于 0.005 mD 为主;储层整体较致密,非均质性强,长 7₁储集砂体物性要略好于长 7₂亚油组(表 2)。

2.3 砂岩储集空间类型

综合分析 10 口井岩石薄片、铸体薄片及扫描电镜观察结果,认为研究区长 7 段砂岩储集空间类型主要有粒间孔、长石溶蚀孔、岩屑溶孔、晶间孔溶蚀及微孔隙等,孔隙半径多在 0.5~10 μm,7 面孔率多在 4%~8%,平均为 4.5%(图 5、图 6);颗粒间胶结物主要为次生石英晶体、片丝状伊利石、叶片状绿泥石集合,少量片状云母、方解石晶体。

2.4 砂岩平面分布特征

研究区长 7 油层组浊积砂岩发育,纵向上,长 7₁亚油组为多期浊积水道叠加,砂岩最发育(图 7)。第一支浊积砂体分布在工区西北部,延伸长度 20 km,砂体宽 1.5~8 km,单砂体厚度一般为 5~10 m,累计厚度一般为 10~20 m;第二支浊积砂体位于工区东南部,砂体延伸长度为 25 km,宽度为 1.5~10 km;第三支砂体主要分布在黄陵县城以西,规模较小;长 7₂亚油组砂岩发育规模较长 7₁小,仅在南部发育一支浊积砂体,东北局部发育孤立浊积砂(图 8)。

2.5 流体性质

旬宜地区长 7 致密砂岩紧邻优质烃源岩,具有优越的生油油源条件(刘池阳等,2020)(图 9)。通过对工区 11 口井油层原因取样分析发现,长 7 油层组原油密度较低,最大为 0.884 9 g/cm³,最小为 0.821 1 g/cm³,平均为 0.843 g/cm³;原油运动黏度为 7.36 mPa·s,凝固点为 21℃,初馏点为 66.0℃,为低黏度、低凝固点、低硫的轻质原油,具有低含硫、可流动性强等特点(表 3)。

表 1 旬宜地区延长组长 7 ₁ 和长 7 ₂ 油层组填隙物含量统计表									
Tab. 1 Statistical table of interstitial content in Chang7 ₁ and Chang7 ₂ of Yang Chang formation in Xun Yi area									
层位	填隙物(%)								
	黏土	方解石	白云石	铁方解石	铁白云石	自生黏土	硅质	菱铁矿	长英质
长 7 ₁	0—20 8.42	0—21 4.46	0—29 2.66	0—3 0.06	0—24 0.47	0—8 0.29	0—2 0.16	0—2 0.09	0—2 0.03
长 7 ₂	0—35 9.48	0—28 4.73	0—26 3.82	0—1 0.01	0—5 0.06	0—5 0.07	0—1 0.16	0—2 0.02	—

注: $\frac{\text{最小值}-\text{最大值}}{\text{平均值}}$ 。

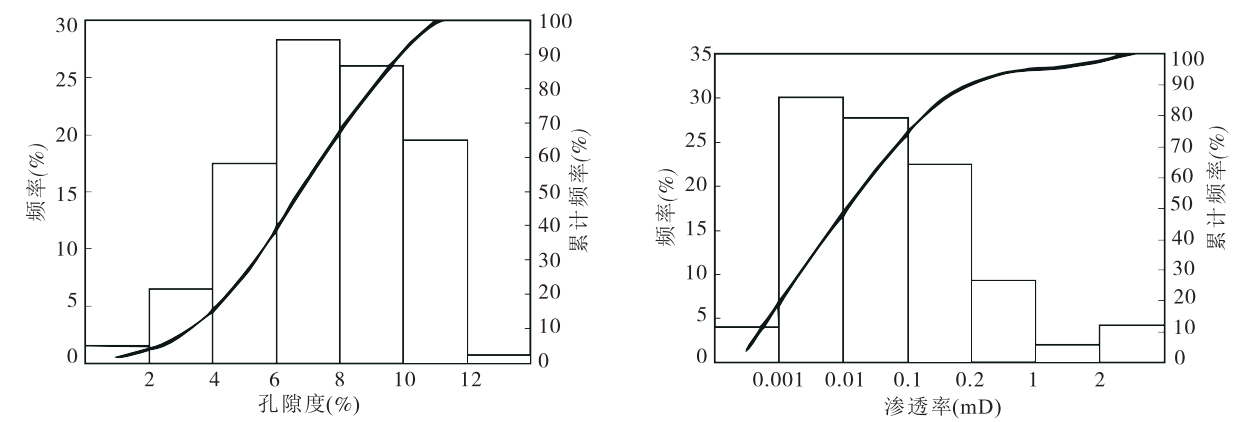


图3 旬宜地区延长组长7储层物性分布直方图

Fig. 3 Porosity and permeability distribution histogram of Chang7 in Xunyi area,Ordos Basin

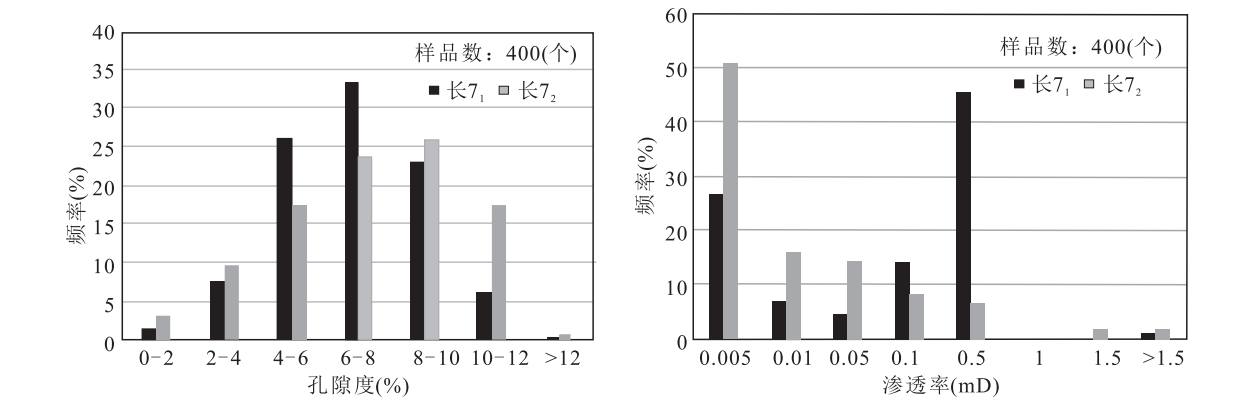


图4 旬宜地区延长组长7₁和长7₂物性分布图

Fig. 4 Porosity and permeability distribution of Chang7₁ and Chang7₂ in Xunyi area,Ordos Basin

表2 旬宜地区延长组长7储层物性统计表
Tab. 2 Physical property statistics of Chang 7 reservoir in Xunyi area

层位	孔隙度(%)			渗透率(mD)			样品数(个)	参照井(口)
	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值	平均值		
长7 ₁	13.84	1.00	8.2	0.416	0.007	0.15	264	11
长7 ₂	13.70	1.27	7.16	0.22	0.084	0.13	94	6

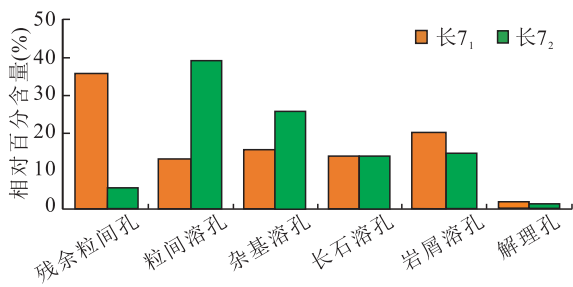


图5 旬宜地区延长组长7₁和长7₂孔隙类型分布直方图

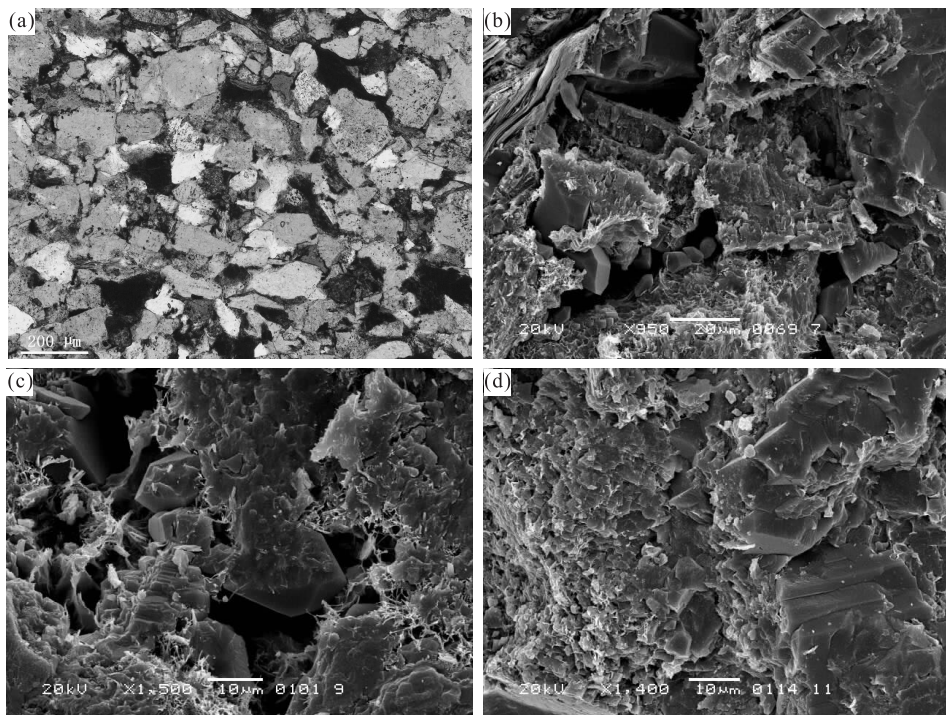
Fig. 5 Histogram of pore type distribution of Chang7₁ and Chang7₂ in Xunyi area,Ordos basin

通过对 W4、W10、W63 等 11 口井地层水分析统计，区内长 7 油层组地层水 pH 值为 6.4，总矿化度为 12.1~46.8 g/L，主要为 MgCl₂ 型地层水，其次为 CaCl₂ 型地层水。研究认为区内油藏封闭性较好，油藏具有相对较好的保存条件(刘福田等,2018)。

3 致密油形成主控因素

3.1 烃源岩控制致密油的分布

整个盆地延长组长 7 油层组沉积期为最大湖



a. 大孔隙, 半径一般大于 $20\text{ }\mu\text{m}$, 多为粒间孔、长石溶孔数量少; b. 中孔隙, 半径一般为 $10\sim 20\text{ }\mu\text{m}$, 多为粒间孔、溶石孔, 数量较少; c. 小孔隙, 半径一般为 $10\sim 2\text{ }\mu\text{m}$, 多为粒间孔、溶石孔、杂基孔多为这种孔隙; d. 微孔隙, 半径一般为 $2\sim 0.5\text{ }\mu\text{m}$, 多为微溶孔、晶间微孔、溶蚀微孔, 分布较丰富

图6 旬宜地区长7致密油储层储集空间类型与分布图

Fig. 6 Reservoir space type and distribution of Chang7 tight oil reservoir in Xunyi area Ordos basin

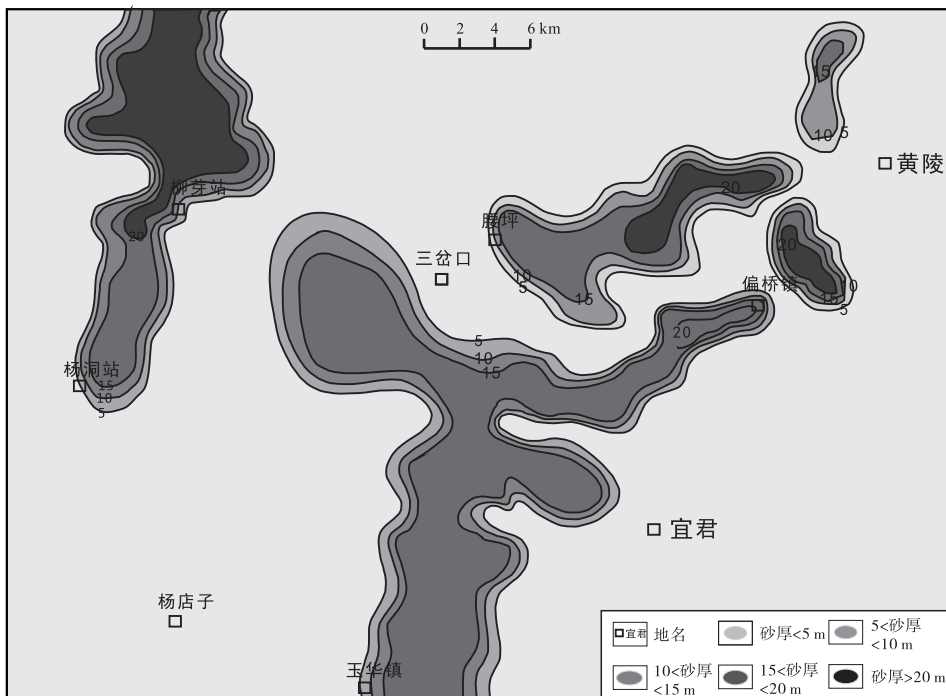


图 7 旬宜地区延长组长 7₁ 砂岩厚度等值线图

Fig. 7 Sandstone distribution of Chang7₁ in Xunyi area, Ordos basin

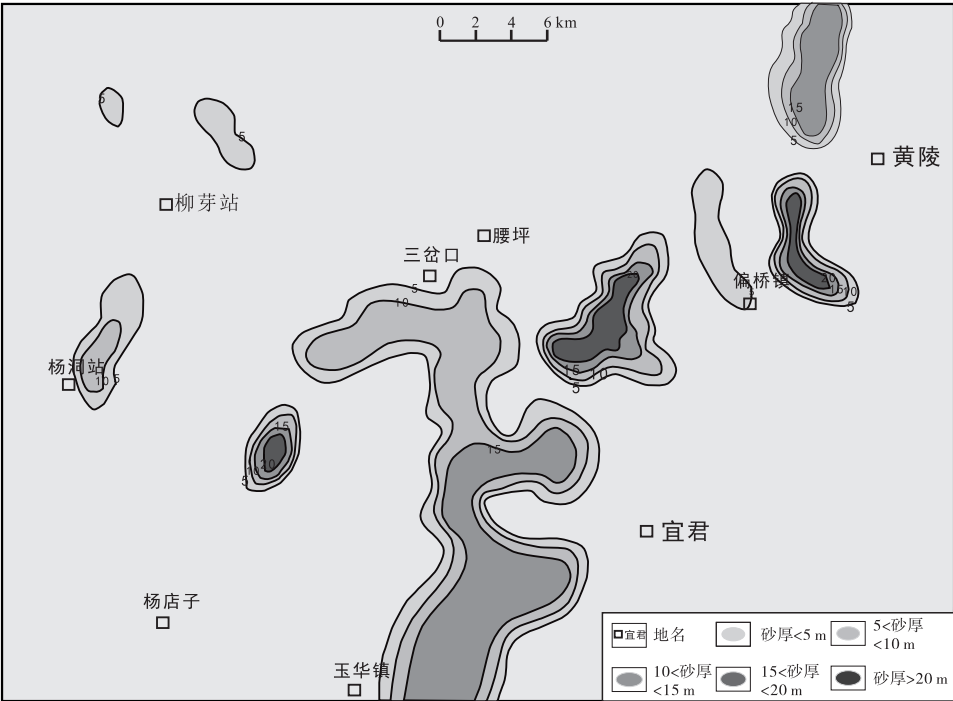


图 8 旬宜地区延长组长 7₂ 砂岩厚度等值线图

Fig. 8 Sandstone distribution of Chang7₂ in Xunyi area,Ordos basin

表 3 旬宜地区延长组长 7 油层组流体性质特征表

Tab. 3 Fluid property characteristics of Chang 7 reservoir group in Yanchang Formation, Xunyi area

井名	层位	原油密度 (g/cm ³)	黏度(mPa·s)		含蜡(%)	凝固点 (℃)	初馏点 (℃)	含硫 (%)	含水 (%)
			E50 条件黏度	V50 ℃运动黏度					
W 11	长 7 ₁	0.845 2	1.67	7.96	14.66	25	72.9	0.07	2.1
W15	长 7 ₃	0.821 1	1.57	7.04	14.84	28	65.3	0.07	24.65
W17	长 7 ₁	0.834	1.43	5.46	14.13	18	66.9	0.09	23.9
W22	长 7 ₃	0.829 8	1.44	5.65	14.65	26	65.8	0.07	50
W29	长 7 ₁	0.847 6	1.69	8.22	14.38	28	76.1	0.07	69.4
W30	长 7 ₂	0.855	1.85	9.93	14.56	0.06	103.6	0.06	0.7
W34	长 7 ₂	0.841 2	1.52	6.38	14.28	24	71.6	0.09	9.4
W36	长 7 ₁	0.829 7	1.36	4.73	12.98	20	47.8	0.09	0.2
W58	长 7 ₁	0.847 2	1.48	6.51	12.94	19	72.3	0.07	0.2
W63	长 7 ₁	0.826 1	1.35	4.55	13.83	17	48.8	0.09	0.2
W65	长 7 ₁	0.843 2	1.52	6.83	12.35	21	56.9	0.07	0.5

泛期,湖水分布范围广,沉积了一套分布广泛的富有有机质油页岩、暗色泥岩(高振东等,2008)。研究区 95 口探井均钻遇油页岩,纵向上,长 7₃ 张家滩页岩分布最稳定且厚度大,一般厚 20~30 m;长 7₂、长 7₁ 亚油组油页岩分布范围也较广,厚度分别在 10~15 m、5~10 m,是研究区 2 套较重要的烃源岩(图 9)。

分析化验数据显示,长 7 泥页岩总有机碳含量

为 0.36%~22.5%,平均为 5.9%,峰值为 2%~6%,为优质烃源岩。长 7₃ 页岩 TOC 主要为 4%~16%,平均为 6.9%;长 7₂ 烃源岩 TOC 主要为 1.5%~6%,最高大于 6%。干酪根显微组分观察显示,母质类型为腐殖型,壳质组主要为腐殖无定形体,含量为 63%~98%,平均为 85%;镜质组为正常镜质组,含量为 2%~32%,平均为 11.46%;有机质

类型Ⅱ1-Ⅱ2型,最高热解峰温为430~450℃,Ro值为0.7%~0.82%,平均为0.78%,处于生油高峰期,热演化程度适中,3套烃源岩均具有生烃能力,优越的烃源岩条件是致密油富集的物质基础(表4)。

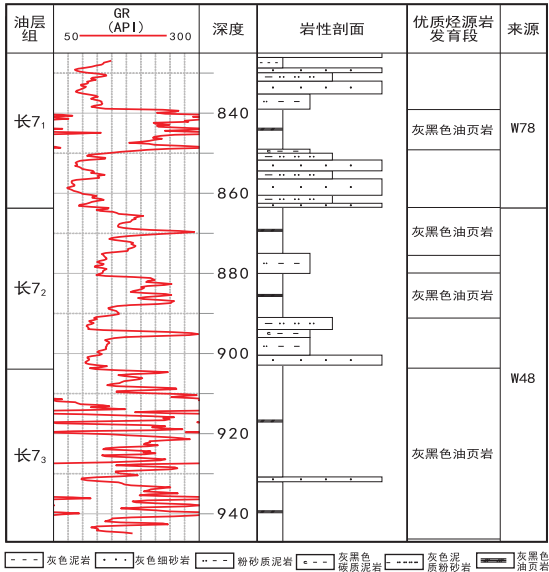


图 9 旬-宜地区优质烃源岩的纵向分布特征图

Fig. 9 Vertical distribution characteristics of high quality source rocks in Xunyi area

表 4 旬宜地区延长组长 7 段实测 Ro 统计表

Tab. 4 Statistical table of measured Ro in chang 7 section of Yanchang Formation in Xunyi area

井号	深度(m)	岩性	Ro(%)
Y2	964.9	黑灰色页岩	0.74
Y2	968.6	黑灰色含泥页岩	0.70
Y2	971.8	灰黑色页岩	0.73
Y2	976.4	灰黑色泥岩	0.79
Y2	979.9	灰黑色泥岩	0.80
Y2	983.6	灰色粉砂质泥岩	0.80
Y2	987.1	灰黑色泥岩	0.80
Y2	991.5	黑灰色油页岩	0.81
Y2	995.8	黑灰色油页岩	0.82
Y2	999.0	黑灰色油页岩	0.82
Y2	1 003.1	黑灰色油页岩	0.81
W48	820.5	灰黑色泥岩	0.78
W48	826.1	灰色泥岩	0.79
W22	1 123.4	深灰色泥岩	0.75
W22	1 160.6	深灰色泥岩	0.81
W22	1 205.3	凝灰质泥岩	0.65
W22	1 208.2	灰褐色泥岩	0.72
W2	1 219.3	灰色泥岩	0.73
WB36	641	黑色页岩	0.78

3.2 砂岩发育油气富集的关键

旬宜地区延长组长 7 浊积砂体发育,分布范围广,累计厚度可达 25 m(图 6),源储配置较好(图 9);已钻井证实,全区 95 口探井 95%以上钻井油气显示在油迹级以上,含油性较好,油气显示非常丰富;砂岩厚度越大,物性越好,油气显示越丰富,且试油效果好,表明砂岩发育的区域更容易油气聚集,有利于致密油藏的形成。

纵向上,长 7₁亚油组砂体最发育,油气显示最丰富,显示多在油迹级以上,试油试采效果最好,其次是长 7₂亚油组。但勘探实践显示,区内长 7 段致密油仅在局部聚集成藏,大部分油气显示好、物性较好的井压裂后仅出水,油水关系复杂,表明该区致密油富集还受其他因素的控制。

3.3 良好的保存条件控制致密油聚集成藏

旬宜地区位于陕北斜坡与渭北隆起的结合部位,构造活动较盆地主体活跃,导致断裂较盆地主体区发育。综合分析认为,断层的发育对长 7 致密油成藏起破坏作用,一是断层的发育对地层有泄压作用,导致剩余压力低,使保存条件变差;二是断层发育导致油气通过断层运移到上覆长 3 油层组,特别是工区东南部的区域大断层,又经喜山期的调整抬升,整个延长组埋深较浅,长 7 埋深普遍小于 1 000 m,导致保存条件差。

另外,统计研究区内 40 口井试油试采分析显示,研究区远离区域断层的北部井试油效果普遍较好,通过断层附近的钻井取心发现,垂直裂缝较发育且试油普遍产水,这些现象进一步证实长 7 在远离区域大断层的北部地区富集成藏,而紧邻区域大断层的东南部井区试油效果较差、保存条件差,断层对致密油藏起严重的破坏作用,导致其未成藏。

4 结论

(1)旬宜地区长 7 段储层致密,岩性主要为灰色长石岩屑砂岩,孔隙度平均为 7.7%,渗透率平均值为 0.29 mD,属致密储层。纵向上,长 7₁亚油组浊积砂岩最发育,物性最好;其次是长 7₂亚油组。

(2)旬宜地区长 7 原油性质好,地面原油密度为 0.843 g/cm³,50℃时黏度为 6.38 mPa·s,凝固点为 24℃,为低密度、低黏度、低凝固点的轻质原油,具有低含硫、可流动性强的特点。

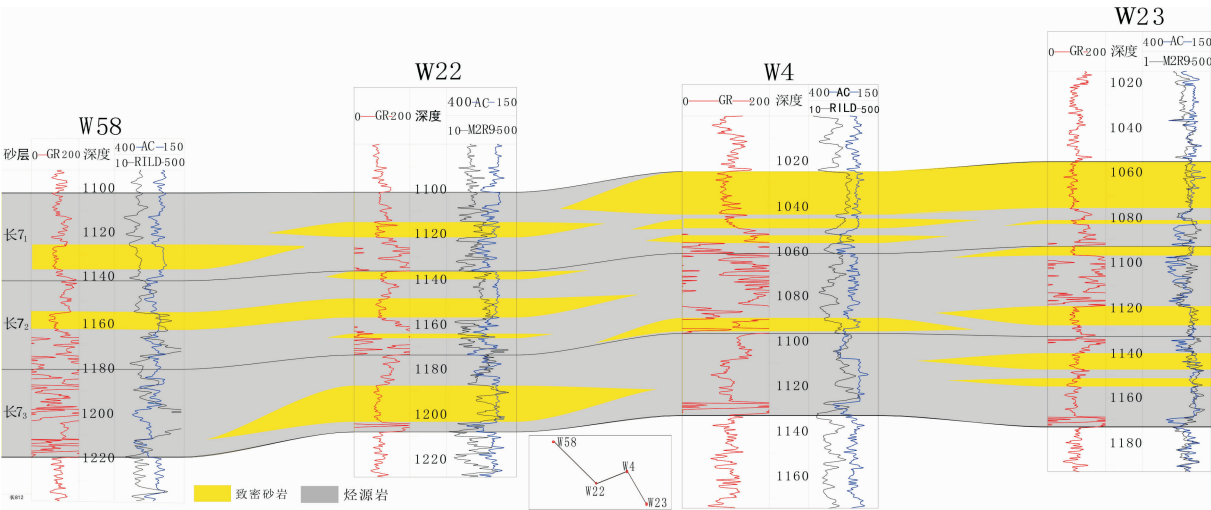


图 10 旬宜地区延长组长 7 致密油源储配置图

Fig. 10 Configuration diagram of source and reservoir within Chang 7oil layer of Yanchang Formation in Xunyi area

(3)区内发育的长 7 烃源岩厚度大,有机质丰度高,类型好且热演化程度适中,为致密油的形成提供了丰富的物质基础;长 7₁和长 7₂亚油组浊积砂岩发育,源储配置好,形成了良好的配置关系,是致密油富集的关键;断层的发育对研究区长 7 致密油的成藏起破坏作用。

参考文献(References):

郑民,李建忠,吴晓智,等. 致密储集层原油充注物理模拟—以准噶尔盆地吉木萨尔凹陷二叠系芦草沟组为例[J]. 石油勘探与开发,2013,46(5):219-227.

ZHENG Min, LI Jianzhong, WU Xiaozhi, et al. Physical modeling of oil charging in tight reservoirs: A case study of Permian Lucaogou Formation in Jimsar Sag, Junggar Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development,2013,46(5):219-227.

蒲秀刚,周立宏,韩文中,等. 细粒相沉积地质特征与致密油勘探—以渤海湾盆地沧东凹陷孔店组二段为例[J]. 石油勘探与开发,2016,43(1):1-10.

PU Xiugang,ZHOU Lihong,HAN Wenzhong,et al. Geological features of fine-grained facies sedimentation and tight oil exploration: A case from the second Member of Paleogene Kongdian Formation of Cangdong sag, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2016,43(1):1-10.

匡立春,唐勇,雷德文,等. 准噶尔盆地二叠系咸化湖相云质岩致密油形成条件与勘探潜力[J]. 石油勘探与开发, 2012,39(6):657-667.

KUANG Lichun,TANG Yong,LEI Dewen,et al. Formation conditions and exploration potential of tight oil in the Permian saline lacustrine dolomitic rock, Junggar Basin, NW China[J]. Petroleum Exploration and Development,2012,39(6):657-667.

杨华,李士祥,刘显杨,等. 鄂尔多斯盆地致密油、页岩油特征及资源潜力[J]. 石油学报,2013,34(1):1-11.

YANG Hua,LI Shixiang,LIU Xianyang,et al. Characteristics and resource prospects of tight oil and shale oil in Ordos Basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2013, 34 (1): 1-11.

葛云锦,任来义,贺永红,等. 鄂尔多斯盆地富县-甘泉地区三叠系延长组长 7 油层组致密油富集主控因素[J]. 石油与天然气地质,2018,39(6):1190-1199.

GE Yunjin,REN Laiyi,HE Yonghong,et al. Main factors controlling the tight oil enrichment in the 7th oil layer group of the Triassic Yanchang Formation in Fuxian-Ganquan area, ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2018,39(6):1190-1199.

姜呈馥,王香增,张丽霞,等. 鄂尔多斯盆地东南部延长组长 7 段陆相页岩气地质特征及勘探潜力评价[J]. 中国地质,2013,40(6):1880-1888.

JIANG Chengfu,WANG Xiangzeng,ZHANG Lixia,et al. Geological characteristics of shale and exploration potential of continental shale gas in 7th member of Yanchang Formation, southeast Ordos Basin[J]. Geology in China,2013,40(6):1880-1888.

白玉彬. 鄂尔多斯盆地长 7 致密油成藏机理与富集规律[M]. 西安:石油工业出版社.

BAI Yubin. Tight oil accumulation mechanisms and Enrich-

- ment rule of Chang 7 Member, Ordos Basin[M]. Xi'an: Petroleum Industry Press.
- 白云来, 马龙, 吴武军, 等. 鄂尔多斯盆地油页岩的主要地质特征及资源潜力[J]. 中国地质, 2009, 36(5): 1123-1137.
- BAI Yunlai, MA Long, WU Wujun, et al. Geological characteristics and resource potential of oil shale in Ordos basin[J]. Geology in China, 2009, 36(5): 1123-1137.
- 孙建博, 孙兵华, 赵谦平, 等. 鄂尔多斯盆地富县地区延长组长7湖相页岩油地质特征及勘探潜力评价[J]. 中国石油勘探, 2018, 23(6): 29-37.
- SUN Jianbo, SUN Binghua, ZHAO Qianping, et al. Geological characteristics and exploration potential evaluation of Chang 7 lacustrine shale oil in Yanchang Formation, Fuxian area, Ordos Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2018, 23(6): 29-37.
- 于京都, 郑民, 李鹏, 等. 鄂尔多斯盆地定边-庆阳地区长7段致密油烃源岩地质数据挖掘与评价[J]. 成都理工大学学报(自然科学版), 2017, 44(4): 478-488.
- YU Jingdu, ZHENG Min, LI Peng, et al. Geological data collection and assessment of tight oil source rock of Chang-7 from Dingbian to Qingyang region in Ordos Basin, China[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2017, 44(4): 478-488.
- 李凤杰, 王多云, 张庆龙, 等. 鄂尔多斯盆地陇东地区延长组沉积相特征与层序地层分析[J]. 沉积学报, 2006, 24(4): 549-554.
- LI Fengjie, WANG Duoyun, ZHANG Qinglong, et al. Sedimentary Facies Characteristic and Sequence Stratigraphy Analysis of Yanchang Formation in Longdong Area Ordos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2006, 24(4): 549-554.
- 昌燕, 刘人和, 拜文华, 等. 鄂尔多斯盆地南部三叠系油页岩地质特征及富集规律[J]. 非常规油气, 2012, 17(2): 74-78.
- CHANG Yan, LIU Renhe, BAI Wenhua, et al. Geologic Characteristic and Regular Pattern of Triassic Oil Shale South of Ordos Basin[J]. Unconventional Oil and Gas, 2012, 17(2): 74-78.
- 何崇康, 成良丙, 陈旭峰, 等. 鄂尔多斯盆地新安边油田长7致密油有效储层识别与甜点优选[J]. 石油实验地质, 2017, 06: 812-818.
- HE Chongkang, CHENG Liangbing, CHEN Xufeng, et al. Effective reservoir identification and "sweet spot" optimization of Chang 7 tight oil reservoir in Xin'anbian oil field, Ordos Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2017, 06: 812-818.
- 高振东, 赵靖舟, 曹青, 等. 鄂尔多斯盆地三叠系延长组油藏成藏年代分析[J]. 西北地质, 2008, 41(3): 92-98.
- GAO Zhengdong, ZHAO Jingzhou, CAO Qing, et al. Geochronal Analysis of Oil Accumulation in Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin[J]. Northwestern Geology, 2008, 41(3): 92-98.
- 李士祥, 牛小兵, 柳广弟, 等. 鄂尔多斯盆地延长组长7段页岩油形成富集机理[J]. 石油与天然气地质, 2020, 41(4): 719-729.
- LI Shixiang, NIU Xiaobing, LIU Guangdi, et al. Formation and accumulation mechanism of shale oil in the 7th member of Yanchang Formation, Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2020, 41(4): 719-729.
- 王永炜, 李荣西, 王震亮, 等. 鄂尔多斯盆地南部延长组长7段致密油成藏条件与富集主控因素[J]. 西北大学自然科学学报, 2019, 49(1): 144-154.
- WANG Yongwei, LI Rongxi, WANG Zhengliang, et al. Tight oil accumulation mechanism of Chang 7 interval in southern Ordos Basin[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2019, 49(1): 144-154.
- 刘池洋, 王建强, 邱欣卫, 等. 鄂尔多斯盆地延长期富烃坳陷形成的动力学环境与构造属性[J]. 岩石学报, 2020, 36(6): 1914-1930.
- LIU Chiyang, WANG Jianqiang, QIU Xinwei, et al. Geodynamic environment and tectonic attributes of the hydrocarbon-rich sag in Yanchang Period of Middle-Late Triassic, Ordos Basin[J]. Acta Petrologica Sinica, 2020, 36(6): 1914-1930.
- 刘福田, 李荣西, 左智峰, 等. 鄂尔多斯盆地南部地区上三叠统延长组长6段地层水成因及其油气意义[J]. 石油与天然气地质, 2018, 39(6): 1179-1189.
- LIU Futian, LI Rongxi, ZUO Zhifeng, et al. Genesis of formation water in the 6th member of the Upper Triassic Yanchang Formation in southern Ordos Basin and its petroleum significance[J]. Oil & Gas Geology, 2018, 39(6): 1179-1189.
- 朱瑾瑾, 符超峰, 杨海龙, 等. 鄂尔多斯盆地甘谷驿油区延长组长6储层综合评价[J]. 西北地质, 2019, 52(1): 166-175.
- ZHU Jinjin, FU Chaofeng, YANG Hailong, et al. Comprehensive Evaluation of Chang 6 Reservoir from Yanchang Formation in Ganguyi Oil Area, Ordos Basin[J]. Northwestern Geology, 2019, 52(1): 166-175.
- 付锁堂, 付金华, 牛小兵, 等. 庆城油田成藏条件及勘探开发关键技术[J]. 石油学报, 2020, 41(7): 777-795.
- FU Suotang, FU Jinhua, NIU Xiaobing, et al. Accumulation conditions and key exploration and development technologies in Qingcheng oilfield[J]. Acta Petrologica Sinica, 2020, 41(7): 777-795.