



鄂尔多斯盆地靖边油田大路沟区长 2 油藏成藏特征

孙连爽¹, 李艾峰¹, 王爱民¹, 艾兵权¹, 张 旭¹, 白玉彬²

1. 延长油田股份有限公司靖边采油厂, 陕西 榆林 718500;

2. 西安石油大学 地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065

摘 要: 综合利用烃源岩地球化学、薄片分析、常规物性、测井曲线、流体包裹体及试油等资料, 研究了鄂尔多斯盆地靖边油田大路沟区长 2 油藏油源条件、储层特征、成藏年代及油气富集规律。结果表明: 大路沟区发育长 7 优质烃源岩, 黑色页岩有机碳平均为 4.57%, 有机质类型为以生油为主的 I—II₁ 型, 并已达到大量生油阶段, 可为长 2 油藏的形成提供物质基础。长 2 油层组河道砂坝砂体储层物性较好, 面孔率平均高达 11.4%, 储油能力强。长 2 油藏类型为构造-岩性复合型, 具有油水界面; 矿物颗粒内流体包裹体均一温度揭示出油藏主要形成于早白垩世中晚期, 时间约为 115 Ma; 长 2 油藏分布和富集主要受圈闭发育位置与规模、储盖层有效配置及储层物性的综合控制。该研究可为靖边油田长 2 油藏的勘探部署提供地质依据。

关键词: 油藏; 富集规律; 延长组; 靖边油田; 鄂尔多斯盆地

ACCUMULATION CHARACTERISTICS OF CHANG-2 RESERVOIR IN DALUGOU AREA OF JINGBIAN OILFIELD, ORDOS BASIN

SUN Lian-shuang¹, LI Ai-feng¹, WANG Ai-min¹, AI Bing-quan¹, ZHANG Xu¹, BAI Yu-bin²

1. Jingbian Oil Production Plant, Yanchang Oilfield Co., Ltd., Yulin 718500, Shaanxi Province, China;

2. School of Earth Sciences and Engineering, Xi'an Shiyou University, Xi'an 710065, China

Abstract: The oil source conditions, reservoir characteristics, accumulation age and oil-gas enrichment rule of Chang-2 reservoir in Dalugou area of Jingbian Oilfield, Ordos Basin, are studied based on the data of source rock geochemistry, thin section analysis, general physical properties, logging curves, fluid inclusions and oil test. The results show that the Chang-7 high-quality source rocks are developed in Dalugou area, with 4.57% of average organic carbon content in black shale. The organic matter belongs to mainly oil-generating I—II₁ type, reaching the stage of massive oil generation, which can provide material basis for the formation of Chang-2 reservoir. The channel sandbar in Chang-2 oil layer formation has good reservoir physical property with the average apparent porosity as high as 11.4% and strong oil storage capacity. The Chang-2 reservoir type is structure-lithology compound with oil-water interface. The homogenization temperature of fluid inclusions in mineral particles reveals that the reservoir was mainly formed in the middle and late Early Cretaceous (about 115 Ma). The distribution and enrichment of Chang-2 reservoir are mainly under the integrated control of location and scale of trap development, effective configuration of reservoir-cap rocks and reservoir physical properties. The study can provide geological basis for the exploration and deployment of Chang-2 reservoir in Jingbian Oilfield.

Key words: reservoir; accumulation rule; Yanchang Formation; Jingbian Oilfield; Ordos Basin

收稿日期: 2021-09-08; 修回日期: 2021-11-02. 编辑: 黄欣.

基金项目: 陕西省自然科学基金研究计划项目“湖相富有机质页岩储集空间定量表征及含油性研究”(2017JM4014); 陕西省教育厅科研计划项目“鄂尔多斯盆地志丹地区长 9、长 10 致密油形成机理研究”(18JS090).

作者简介: 孙连爽(1983—), 女, 工程师, 主要从事油田开发工作, 通信地址 陕西省榆林市靖边县靖边采油厂, E-mail//61911322@qq.com

通信作者: 白玉彬(1981—), 男, 博士, 副教授, 主要从事致密油、页岩油形成机理与富集规律研究, 通信地址 陕西省西安市雁塔区电子二路 18 号, E-mail//baiyubin@xsyu.edu.cn

鄂尔多斯盆地是我国油气资源非常富集的大型含油气盆地,其中石油主要分布在上三叠统延长组,其次为下侏罗统延安组. 延长组细分为 10 个油层组长 1—长 10,其中长 2 为主力产油层之一,可进一步细分为 3 个油层亚组:长 2₁、长 2₂ 和长 2₃. 前人研究表明,长 2 时期主要发育辫状河沉积,河道砂坝为主要的储集体^[1-2]; 油源主要来自延长组湖盆中部地区长 7 优质烃源岩^[3-5],由于距离油源相对较远,供烃能力有限,故长 2 油藏具有低含油饱和度的特征^[6];长 2 油藏分布和富集主要受控于沉积相带、鼻状隆起构造、盖层分布、运移通道及侧向遮挡条件的综合影响和控制^[7-10],并以构造-岩性复合油藏为主. 随着延长组石油勘探的不断深入,在延长组湖盆东部的边缘地区发现长 7 优质烃源岩,油源对比揭示长 6 原油主要为本地烃源岩贡献^[11-12],长 2 原油亦是如此^[11]. 靖边油田主力勘探区块同样位于延长组最大湖泛面边部,长 2 油藏为主力产油层之一,但以往对长 2 油藏的油源及成藏特征缺少系统研究. 本文以大路沟长 2 油藏富集区为例,根据最新的地质及地球化学资料,从烃源岩条件、储层特征、成藏年代及富集规律等方面,总结长 2 油藏的成藏特征,以期为该区的石油勘探提供地质依据.

1 烃源岩特征

1.1 分布特征

鄂尔多斯盆地延长组烃源岩包括黑色页岩和暗色泥岩两种类型,以黑色页岩为主^[13]. 烃源岩在测井曲线上具有典型的“三高一低”特征^[14]:高电阻、高声波

时差、高伽马,低电位. 因而根据测井曲线可识别烃源岩纵向分布特征,通过统计研究区 36 口钻穿长 7 油层组测井资料,识别出黑色页岩厚度最大可达 10.3 m,最小为 3.8 m,平均为 6.5 m. 平面上,自东北至西南烃源岩厚度有逐渐增大的趋势(图 1).

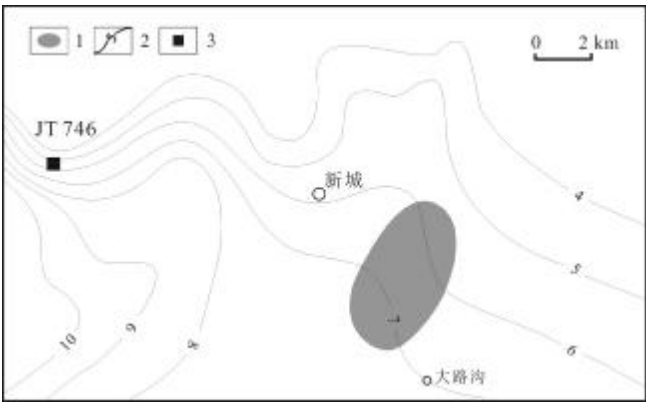


图 1 靖边油田大路沟区长 7 烃源岩分布及长 2 油藏分布图

Fig. 1 Distribution map of Chang-7 source rocks and Chang-2 reservoir in Dalugou area of Jingbian Oilfield

1—含油区(oil-bearing area); 2—等厚度线(thickness isopleth); 3—井位(well location)

1.2 地球化学特征

根据紧邻研究区的 JT746 井长 7 烃源岩地球化学测试资料(表 1),长 7 黑色页岩总有机碳含量(TOC)为 3.06%~6.81%,平均为 4.57%;生烃潜量(S_1+S_2)为 11.63×10^{-3} ~ 39.51×10^{-3} ,平均为 24.53×10^{-3} ;氯仿沥青“ A ”为 0.4034%~1.334%,平均为 0.6682%. 根据陆相烃源岩地球化学评价方法(SY/T 5735—1995),长 7 黑

表 1 靖边油田 JT746 井长 7 烃源岩地球化学数据表

Table 1 Geochemical data of Chang-7 source rocks in JT746 well, Jingbian Oilfield

深度/m	有机质丰度			有机质类型			有机质成熟度		
	TOC/%	(S_1+S_2)/ 10^{-3}	氯仿沥青“ A ”/%	腐泥组/%	镜质组/%	干酪根类型	$T_{max}/^{\circ}C$	$20RC_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$	$\alpha\alpha\alpha C_{29}20S/(20S+20R)$
2023.41	6.81	39.51	0.7717	84.7	15.3	II ₁	450	0.56	0.62
2027.18	4.63	23.92	0.5639	89.0	11.0	I	453	0.60	0.64
2033.29	3.06	11.63	0.3376	82.7	17.3	II ₁	450	0.61	0.65
2035.42	3.31	13.76	0.3677	90.3	9.7	I	450	0.61	0.60
2037.03	5.03	24.17	0.4034	89.3	10.7	I	450	0.52	0.63
2043.06	5.48	35.10	1.3338	87.0	13.0	II ₁	448	0.57	0.66
2043.86	3.65	23.61	0.8996	79.0	21.0	II ₁	450	0.62	0.67

色页岩达到最好烃源岩标准。

根据干酪根镜下鉴定结果,腐泥组占有绝对优势(79.0%~90.3%),平均为 86.0%,其次为镜质组(9.7%~21.0%),平均为 14.0%,基本无壳质组和惰质组。通过类型指数的计算,长 7 黑色页岩主要以 I—II₁ 型干酪根为主(表 1),反映其具有很强的生油能力。

最高热解峰温($T_{\max}$)是反映成熟度的有效和可靠指标,长 7 黑色页岩 $T_{\max}$ 值分布于 448~453 ℃,已达到生油高峰演化阶段。同时,生物标志化合物参数 $20RC_{29}\alpha\beta\beta/(\alpha\beta\beta+\alpha\alpha\alpha)$ 与 $\alpha\alpha\alpha C_{29}20S/(20S+20R)$ 值分别为 0.52~0.62 和 0.60~0.67,相当于镜质体反射率 0.8%~0.9%,反映长 7 烃源岩已达到大量生油阶段(表 1)。

因此,综合烃源岩分布特征、有机质丰度、类型和热演化程度,研究区长 7 黑色页岩为优质烃源岩。

2 储层物性与孔隙结构特征

2.1 长 2 储层物性特征

根据研究区 162 块长 2 储层岩心测试结果(图 2),长 2 储层孔隙度为 3.9%~20.8%,平均为 15.3%,中值为 15.9%;主要孔隙度分布范围在 12%~18%之间,渗透率最小值 $0.1\times 10^{-3} \mu m^2$,最大值 $125.4\times 10^{-3} \mu m^2$;主要渗透率分布范围在 1×10^{-3} ~ $100\times 10^{-3} \mu m^2$ 之间,平均 $25.01\times 10^{-3} \mu m^2$,中值为 $16.82\times 10^{-3} \mu m^2$ 。综合评价为低孔隙度、低渗透率储层^[15]。

2.2 长 2 储层孔隙结构特征

根据铸体薄片和扫描电镜观察结果,长 2 储层孔隙类型主要以残余粒间孔为主,视面孔率为 9.48%,其次为溶蚀孔隙,以长石和岩屑溶孔为主,总面孔率可达 11.4%(图 3),与储层物性分析结果一致。

铸体薄片孔径定量统计和高压压汞联合分析揭示,长 2 储层平均孔隙直径 30~80 μm ,最大孔喉半径平均值 9.62 μm (0.41~15.81 μm),中值喉道半径 0.74 μm (0.06~1.42 μm),平均喉道半径 3.25 μm (0.45~6.54 μm)。根据鄂尔多斯盆地中生界储层孔隙结构分类评价标准^[16],长 2 储层总体以中孔—中细喉型为主。

3 油藏特征

3.1 油藏分布特征及油藏类型

大路沟区长 2 油层埋深约 1 350~1 600 m,平均为

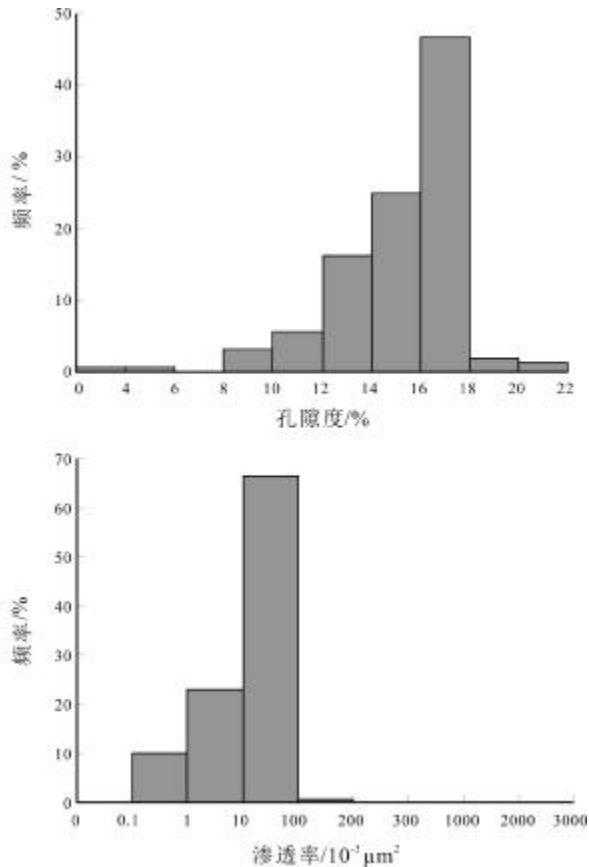


图 2 靖边油田大路沟区长 2 储层孔隙度与渗透率分布图
Fig. 2 Porosity and permeability distribution maps of Chang-2 reservoir in Dalugou area, Jingbian Oilfield

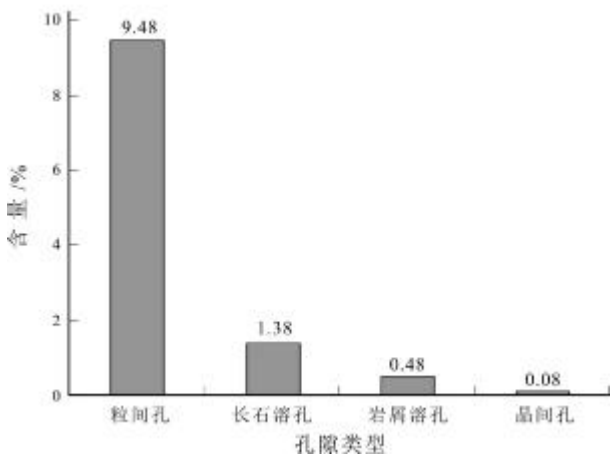


图 3 靖边油田大路沟区长 2 储层孔隙类型图
Fig. 3 Pore types of Chang-2 reservoir in Dalugou area, Jingbian Oilfield

1 456 m;现今原始地层压力为 11.7 MPa,换算压力系数为 0.85,显示出低压的特征;油层厚度平均为 16.5 m (3.4~31.8 m),主要分布在长 2₂ 油层亚组的河道砂体

中,长2油层平面连续性好,顺河道砂体展布方向分布,石油的富集主要受鼻状隆起构造、顶部盖层分布及侧向岩性遮挡条件的共同控制,油藏类型为岩性油藏或构造-岩性复合油藏为主(图4)。纵向上,长2油藏油水分异明显,在浮力驱动下,石油聚集于长2₁泥岩盖层之下,形成良好的储盖组合。

3.2 成藏年代

采集了两口井10块长2储层样品进行包裹体研究。长2储层矿物中主要有液态盐水包裹体和含液态烃包裹体两类(图5),主要分布在石英颗粒溶蚀微裂纹中,包裹体大小一般3~6 μm,气液比多分布于5%~20%。测定与烃类包裹体共生的盐水包裹体均一温度为70~130℃之间,呈连续单峰分布,主峰分布于90~110℃。

储层矿物中捕获的流体包裹体是古流体充注的直接证据。通过测定与烃类包裹体共生的盐水包裹体均一温度,再结合埋藏-热演化史图可确定包裹体捕获的具体时间^[17-18],该时间即为油气成藏时间。根据前人研究,鄂尔多斯盆地中生代晚期古地温梯度为3.3~4.5℃/hm,新生代以来降至2.8℃/hm^[19];剥蚀厚度根据陈瑞银等^[20]研究结果。通过PetroMod油气系统数值模拟软件,恢复了长2储层埋藏-热演化历史(图6),长2油藏的形成为一期连续成藏,时间约为115 Ma,

为早白垩世中晚期。

3.3 富集规律

储层条件是控制长2油藏分布和富集的重要因素之一。长2时期研究区发育辫状河沉积,河道砂坝多期叠置、纵向累计厚度可达70~90 m,砂地比平均为0.75%,为长2油藏提供了充足的储集空间(图4)。统计储层物性发现,孔隙度大于15%、渗透率大于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层含油级别多为油浸级以上;储层孔隙度小于15%、渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的储层多以干层或荧光级别为主;介于二者之间的储层含油级别以油迹—油斑级别为主。因此,储层含油性受到物性的控制作用明显,在浮力作用下,相对较大的孔喉连通系统中石油富集程度高。

盖层条件是控制长2油藏分布的另一重要因素。由于长2₃顶部泥岩盖层厚度平均不足10 m,盖层连续性差(钻遇率小于70%),石油通过盖层不发育处继续向上运移,故长2₃未能成藏。相比较而言,长2₁主要为河道沉积末期的河漫滩沉积,泥岩厚度平均约为30 m,为非常好的直接盖层。长2₂储层发育厚层河道砂体沉积,故长2₂与长2₁形成优质的储盖组合,石油聚集在长2₂顶部盖层之下(图4)。

圈闭是常规油气聚集成藏的重要条件^[21],也是长2聚集成藏的关键因素之一。垂向上有长2₁直接盖

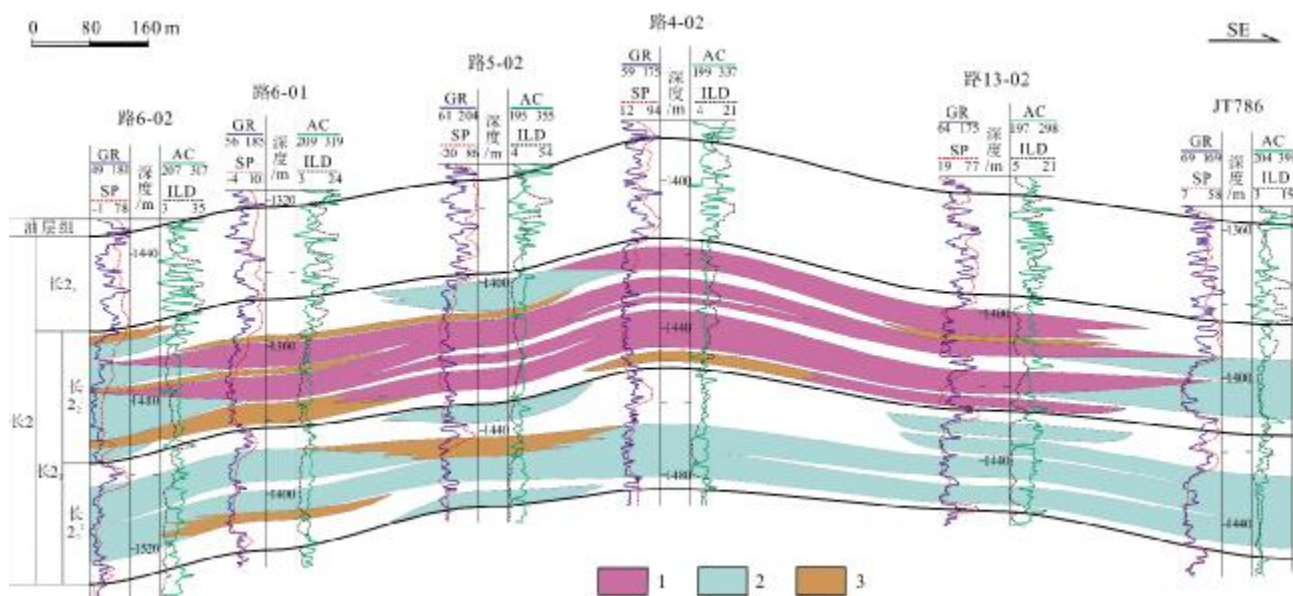


图4 靖边油田大路沟区长2油藏油水分布特征图

Fig. 4 Oil and water distribution characteristics of Chang-2 reservoir in Dalugou area, Jingbian Oilfield

1—油水同层(oil-water layer); 2—水层(water layer); 3—干层(dry layer)

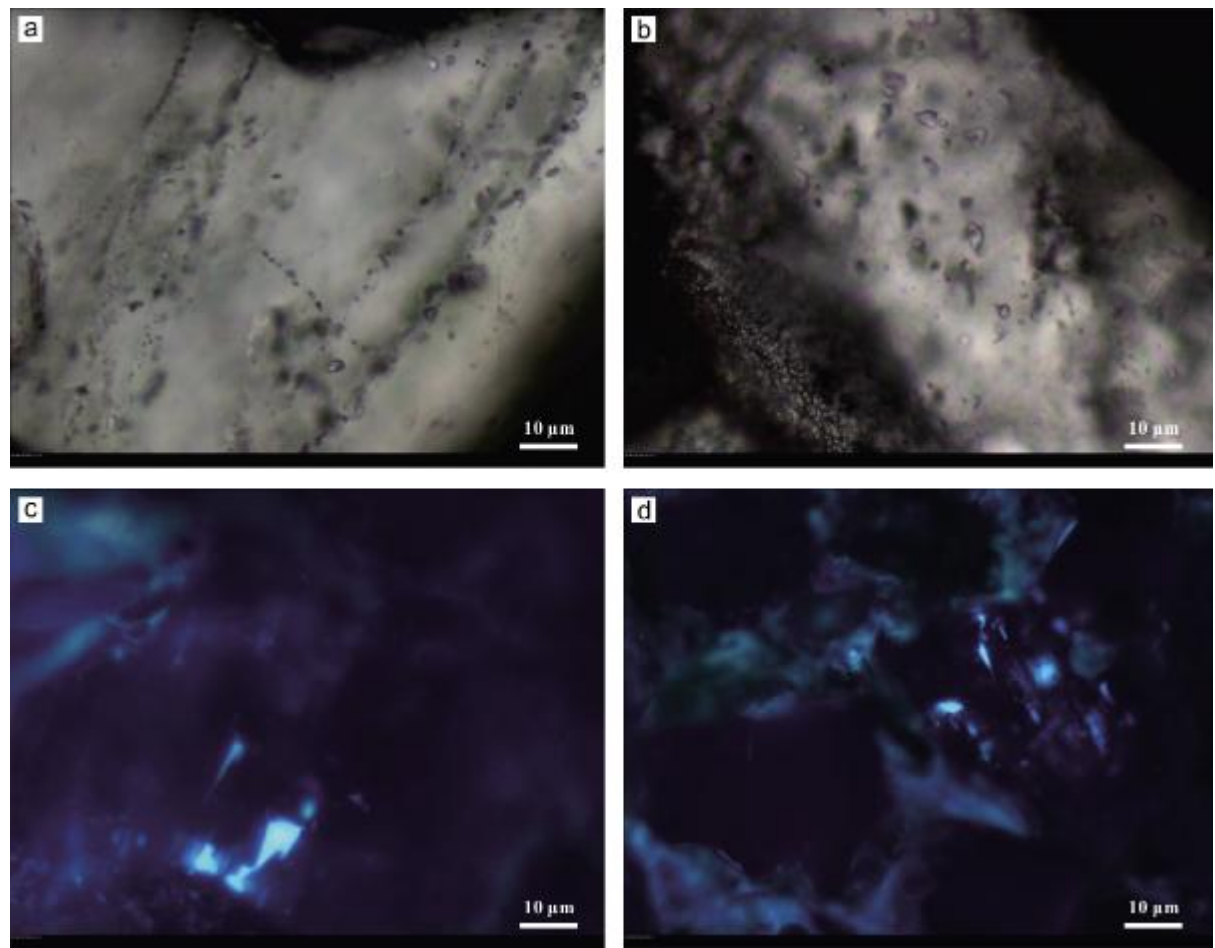


图 5 靖边油田大路沟区长 2 油藏典型流体包裹体微观特征

Fig. 5 Microphotographs of typical fluid inclusions in Chang-2 reservoir in Dalugou area, Jingbian Oilfield

a、b—液态盐水包裹体,单偏光, a 深度 1 437.93 m, b 深度 1 438.28 m (liquid saline inclusions under plane-polarized light); c、d—液体烃包裹体,荧光, c 深度 1 437.93 m, d 深度 1 438.28 m (liquid hydrocarbon inclusions under fluorescence microscope)

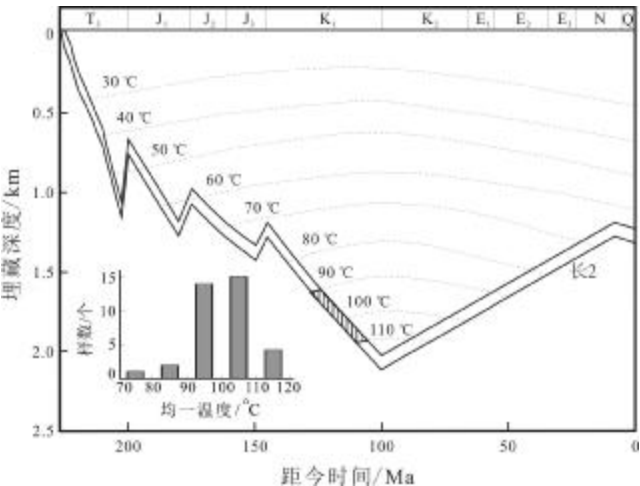


图 6 靖边油田大路沟区长 2 油层组埋藏-热演化历史与成藏时间

Fig. 6 Burial-thermal evolution history and accumulation time of Chang-2 oil-bearing formation in Dalugou area, Jingbian Oilfield

层封堵,侧向上的封堵条件主要为相变的河漫滩泥岩和长₂顶部盖层的弯曲变形形成的鼻状隆起构造,二者共同构成了油藏侧向运移的遮挡条件(图 4、图 7)。

综合长 2 储层、盖层及圈闭条件,分析认为圈闭条件是长 2 油藏能否形成的第一要素,在此条件下,有利的沉积相带及物性高值层段是长 2 油藏富集的重要原因。长 2 油藏的勘探,以寻找构造-岩性复合圈闭为首要目标,位于西北部的鼻状隆起区钻井较少,可作为下一步勘探的有利地区(图 7)。

4 结论

(1)大路沟区延长组长 7 黑色页岩分布面积广,有机质丰度高且类型好,已达到大量生油高峰期,形成优质烃源岩,可为长 2 油藏的形成提供油源基础。

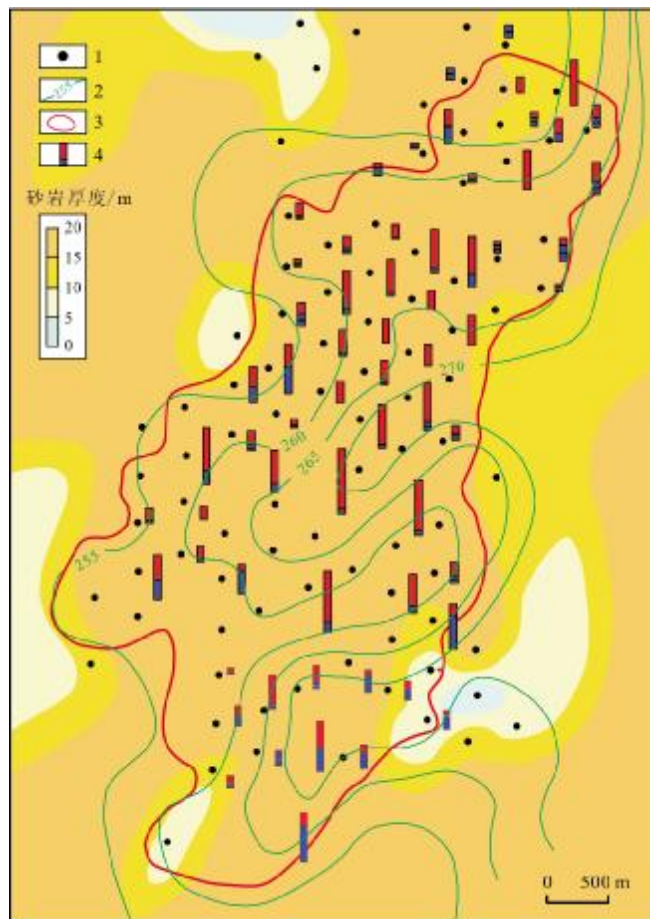


图7 靖边油田大路沟区长2油藏富集规律综合分析图

Fig. 7 Accumulation analysis of Chang-2 reservoir in Dalugou area, Jingbian Oilfield

1—井位(well location); 2—构造等高线(structure contour); 3—含油面积(oil-bearing area); 4—油水日产量(daily oil-water production)

(2)长2油藏为具有边-底水、受浮力驱动的常规构造-岩性复合油藏。通过流体包裹体方法,结合埋藏-热演化历史确定长2油藏形成期次为一期,时间约为115 Ma,为早白垩世中晚期。

(3)长2油藏分布和富集主要受控于鼻状隆起构造、侧向遮挡条件、盖层分布位置及储层连续性、储层物性特征等因素。下一步勘探的重点应立足于成藏主控因素的耦合地区,并以寻找有利圈闭为主的思路。

参考文献(References):

- [1]王建民,吴昌荣.陕北东部地区长2+3油层组远源砂质辫状河沉积特征[J].矿物岩石,2007,27(4):92-97.
Wang J M, Wu C R. Sedimentary characteristics of far-resource sand-braided river with low curvature channel for the Chang 2+3 oil reservoir in the east of Shaanxi Province[J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 2007, 27(4): 92-97.
- [2]袁广金,邢芬,高倩,等.鄂尔多斯盆地寺湾油田长2储层高含水低稳产特征与主控因素研究[J].西北地质,2017,50(4):200-208.
Yuan G J, Xing F, Gao Q, et al. Characteristics and main controlling factors of Chang 2 reservoir with low stable production and high water cut in the Xiasiwan Oilfield, Ordos Basin[J]. Northwestern Geology, 2017, 50(4): 200-208.
- [3]谢伟,王延锋,李红.鄂尔多斯盆地延长组长2油层组油气富集规律——以永宁油田任山区块为例[J].岩性油气藏,2017,29(5):36-45.
Xie W, Wang Y F, Li H. Geological controls on hydrocarbon accumulation of Chang 2 oil reservoir in Ordos Basin: A case from Renshan area, Yongning Oilfield[J]. Lithologic Reservoirs, 2017, 29(5): 36-45.
- [4]钟张起,焦涛,李军建,等.鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组藏主控因素及成藏模式[J].石油地质与工程,2016,30(3):28-31.
Zhong Z Q, Jiao T, Li J J, et al. Main control factors and accumulation model in Yanchang formation of Jiyuan region, Ordos Basin[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2016, 30(3): 28-31.
- [5]张卫刚,陈刚,郭望,等.鄂尔多斯盆地姬塬地区延长组下组合油源特征综合研究[J].西北地质,2020,53(4):140-152.
Zhang W G, Chen G, Guo W, et al. Comprehensive research of oil-source rock correlation of Lower Yanchang Formation in Jiyuan Field, Ordos Basin[J]. Northwestern Geology, 2020, 53(4): 140-152.
- [6]刘超威,陈世加,姚宜同,等.鄂尔多斯盆地姬塬地区长2油藏低含油饱和度成因[J].断块油气田,2015,22(3):305-308.
Liu C W, Chen S J, Yao Y T, et al. Causes of low oil saturation for Chang 2 reservoir in Jiyuan area of Ordos Basin[J]. Fault-block Oil and Gas Field, 2015, 22(3): 305-308.
- [7]赵靖舟,王永东,孟祥振,等.鄂尔多斯盆地陕北斜坡东部三叠系长2油藏分布规律[J].石油勘探与开发,2007,34(1):23-27.
Zhao J Z, Wang Y D, Meng X Z, et al. Law of petroleum accumulation and distribution in Triassic Chang 2 oil-bearing formation in eastern North Shaanxi Slope, Ordos Basin [J]. Petroleum Exploration and Development, 2007, 34(1): 23-27.
- [8]白玉彬,赵靖舟,章爱诚,等.蟠龙油田三叠系长2油组油气富集规律[J].西南石油大学学报(自然科学版),2010,32(4):67-71.
Bai Y B, Zhao J Z, Zhang A C, et al. Petroleum accumulation and distribution law of Chang 2 formation in Panlong Oilfield Ordos Basin [J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science and Technology Edition), 2010, 32(4): 67-71.
- [9]郑忠文,刘建朝,李荣西.微构造对低渗透油气成藏的控制作用——以鄂尔多斯盆地丰富川油田西区为例[J].西北地质,2015,48(4):234-242.
Zheng Z W, Liu J C, Li R X. Controls to oil accumulation in sandstone beds with low permeability by micro-structure: Example from western

- area of Fengfuchuan Oilfield in Northern Shaanxi[J]. *Northwestern Geology*, 2015, 48(4): 234-242.
- [10]冯顺彦, 张晓辉, 李成, 等. 鄂尔多斯盆地志靖-安塞地区长2油藏成藏主控因素分析[J]. *特种油气藏*, 2020, 27(4): 54-59.
- Feng S Y, Zhang X H, Li C, et al. Hydrocarbon accumulation main-controlling factor analysis of Chang 2 reservoir in Zhijing-Ansai of Ordos Basin[J]. *Special Oil and Gas Reservoirs*, 2020, 27(4): 54-59.
- [11]白玉彬, 罗静兰, 郝孝荣, 等. 鄂尔多斯盆地蟠龙油田延长组烃源岩地球化学特征[J]. *地质科技情报*, 2013, 32(4): 19-24.
- Bai Y B, Luo J L, Hao X R, et al. Geochemical characteristics of source rocks of Yanchang Formation in Panlong Oilfield, Ordos Basin[J]. *Geological Science and Technology Information*, 2013, 32(4): 19-24.
- [12]赵靖舟, 孟选刚, 韩载华. 近源成藏——来自鄂尔多斯盆地延长组湖盆东部“边缘”延长组6段原油的地球化学证据[J]. *石油学报*, 2020, 41(12): 1513-1526.
- Zhao J Z, Meng X G, Han Z H. Near-source hydrocarbon accumulation: Geochemical evidence of lacustrine crude oil from the Member 6 of Yanchang Formation, eastern margin of Ordos Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2020, 41(12): 1513-1526.
- [13]林森虎, 袁选俊, 杨智. 陆相页岩与泥岩特征对比及其意义——以鄂尔多斯盆地延长组7段为例[J]. *石油与天然气地质*, 2017, 38(3): 517-523.
- Lin S H, Yuan X J, Yang Z. Comparative study on lacustrine shale and mudstone and its significance: A case from the 7th member of Yanchang Formation in the Ordos Basin[J]. *Oil and Gas Geology*, 2017, 38(3): 517-523.
- [14]王贵文, 朱振宇, 朱广宇. 烃源岩测井识别与评价方法研究[J]. *石油勘探与开发*, 2002, 29(4): 50-52.
- Wang G W, Zhu Z Y, Zhu G Y. Logging identification and evaluation of Cambrian-Ordovician source rocks in syncline of Tarim Basin[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2002, 29(4): 50-52.
- [15]荀兆杰, 钟建华, 李勇, 等. 鄂尔多斯盆地靖边油田马宁区长2油层组储层特征研究[J]. *地质与资源*, 2016, 25(6): 550-557.
- Xun Z J, Zhong J H, Li Y, et al. Characteristics of the C-2 reservoir in Maning area of Ordos Basin[J]. *Geology and Resources*, 2016, 25(6): 550-557.
- [16]赵靖舟, 吴少波, 武富礼. 论低渗透储层的分类与评价标准——以鄂尔多斯盆地为例[J]. *岩性油气藏*, 2007, 19(3): 28-31, 53.
- Zhao J Z, Wu S B, Wu F L. The classification and evaluation criterion of low permeability reservoir: An example from Ordos Basin[J]. *Lithologic Reservoirs*, 2007, 19(3): 28-31, 53.
- [17]陶士振. 自生矿物序次是确定包裹体期次的根本依据[J]. *石油勘探与开发*, 2006, 33(2): 154-159.
- Tao S Z. Sequence of diagenetic authigenic mineral: The basis of timing the inclusions formation in sedimentary rocks[J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2006, 33(2): 154-160.
- [18]邵晓州, 李勇, 张文选, 等. 鄂尔多斯盆地陕北地区长8致密砂岩流体包裹体特征与石油成藏[J]. *中国地质*, 2020, <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20200623.1304.004.html>. (网络首发)
- Shao X Y, Li Y, Zhang W X, et al. The fluid inclusion characteristics and petroleum accumulation of Chang 8 tight sandstone in northern Shaanxi, Ordos Basin[J]. *Geology in China*, 2020. <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1167.P.20200623.1304.004.html>.
- [19]任战利. 鄂尔多斯盆地热演化史与油气关系的研究[J]. *石油学报*, 1996, 17(1): 17-24.
- Ren Z L. Research on the relations between geothermal history and oil-gas accumulation in the Ordos Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 1996, 17(1): 17-24.
- [20]陈瑞银, 罗晓容, 陈占坤, 等. 鄂尔多斯盆地埋藏演化史恢复[J]. *石油学报*, 2006, 27(2): 43-47.
- Chen R Y, Luo X R, Chen Z K, et al. Restoration of burial history of four periods in Ordos Basin[J]. *Acta Petrolei Sinica*, 2006, 27(2): 43-47.
- [21]王龙军, 雷华伟, 周升沧. 鄂尔多斯盆地靖边油田东坑大阳湾区延9油藏主控因素分析[J]. *地质与资源*, 2019, 28(4): 372-377.
- Wang L J, Lei H W, Zhou S L. Analysis on the main controlling factors of Y-9 reservoir in Jingbian Oilfield Ordos Basin[J]. *Geology and Resources*, 2019, 28(4): 372-377.