

DOI: 10.12401/j.nwg.2022033

鄂尔多斯盆地靖边油田沙洼沟地区 延安组延 9 油藏富集规律

张瑶瑶¹, 杨水胜², 刘宇琪², 刘秀蝉³, 王锋¹, 赵振华¹, 王爱民¹, 周升沧¹

(1. 延长油田股份有限公司靖边采油厂, 陕西 榆林 718500; 2. 延长油田股份有限公司勘探开发技术研究中心, 陕西 延安 716000; 3. 延安大学石油工程与环境工程学院, 陕西 延安 716000)

摘要: 基于储层基本特征、油藏分布及类型研究, 利用基本成藏地质条件与油藏分布相叠合的方法, 总结靖边沙洼沟延 9 油藏的油气富集规律。研究表明, 研究区延 9 储层属于中孔-低渗储层, 延 9 油藏类型为构造-岩性油藏, 延 9 油藏的分布和富集受多因素控制, 其中侏罗系古地貌对油藏的控制起先导作用, 深切河谷为油气运移提供重要通道, 有利相带和鼻状隆起构造为油气成藏提供了有利场所, 隔层的发育状况及有效的生储盖组合控制了油藏纵向分布层位和规模。综合分析认为, 在泥岩隔层不发育、分支河道砂体与构造隆起叠置部位是油气富集区, 为勘探的重点部位。

关键词: 储层; 油藏特征; 富集规律; 延 9; 靖边油田; 鄂尔多斯盆地

中图分类号: P618.13

文献标志码: A

文章编号: 1009-6248(2023)02-0213-12

Enrichment Enrichment Regularity of Y-9 Reservoir of Yan'an Formation in Shawagou Area of Jingbian Oilfield, Ordos Basin

ZHANG Yaoyao¹, YANG Shuisheng², LIU Yuqi², LIU Xiuchan³, WANG Feng¹, ZHAO Zhenhua¹,
WANG Aimin¹, ZHOU Shenglun¹

(1. Yanchang Oilfield Co. Ltd, Yulin 718500, Shaanxi, China; 2. Exploration and Development Research Institute, Yanchang Oilfield Co. Ltd, Yan'an 716000, Shaanxi, China; 3. College of Petroleum and Environmental Engineering, Yan'an University, Yan'an 716000, Shaanxi, China)

Abstract: Based on the study of reservoir characteristics, reservoir distribution and type, the oil and gas enrichment law of Y-9 reservoir in Shawagou Y-9 reservoir in Jingbian is summarized by using the method of superposition of basic reservoir forming geological conditions and reservoir distribution. The results show that Y-9 reservoir in the study area is a mesopore-low permeability reservoir, and Y-9 reservoir type is a tectonic-lithologic reservoir. Distribution and enrichment of Y-9 reservoir are controlled by various factors, including the Jurassic paleogeomorphology controls on reservoir play a leading role, provide important channels for hydrocarbon migration, deep valley favorable facies belt and nose-like uplift structure provides a favorable hydrocarbon

收稿日期: 2021-03-06; 修回日期: 2022-06-15; 责任编辑: 曹佰迪

基金项目: 国家示范工程项目“鄂尔多斯盆地大型低渗透岩性地层油气藏开发示范工程”(2011ZX05044), 中国博士后基金项目“鄂尔多斯盆地南部特低渗储层精细评价及地质模型研究”(200704201489)联合资助。

作者简介: 张瑶瑶(1987-), 男, 本科, 工程师, 从事油气地质勘查与开发。E-mail: 271083760@qq.com。

accumulation place, the development of interlayer condition and effective reservoir and caprock controls the vertical distribution and scale of reservoirs. Comprehensive analysis shows that the area where mudstone interlayer is not developed, sand body of branch channel and superimposed tectonic uplift is the oil and gas rich area, which is the key position for exploration.

Keywords: reservoirs; reservoir characteristics; enrichment law; Y-9; Jingbian oilfield; Ordos basin

鄂尔多斯盆地中生界地层集聚了大量的油气资源,其中,侏罗系延安组是主要的含油层系之一。晚三叠世末期,盆地受印支运动的影响整体抬升,造成延长组顶部遭受差异化剥蚀,继而形成了高低起伏的古地貌景观(郑忠文等,2015)。侏罗系延安组在此背景下不断沉积,形成了一套河流-三角洲、湖沼相煤系地层,纵向上具有砂岩、泥灰岩、页岩及煤层多岩性发育的特点,构成延安组多套油气储盖组合(侯伟,2014;王宝萍,2014)(图1)。关于鄂尔多斯盆地侏罗

系油藏成藏控制因素很多学者做过研究,宋凯等(2003)指出了油藏分布与古地貌形态、沉积环境和砂体展布特征存在密切的关系;赵俊兴等(2005)从沉积相类型和沉积体系的组合角度分析了影响油气成藏的因素;郭正权等(2001)从盆地演化、油源、古地貌及构造等多方面分析了侏罗系油藏成藏条件,对油藏与古地貌的组合模式做了明确的划分;李树同等(2011)在研究陇东地区的早侏罗古地貌基础上,提出了构造主导、岩性控制的构造+岩性的侏罗系油藏成

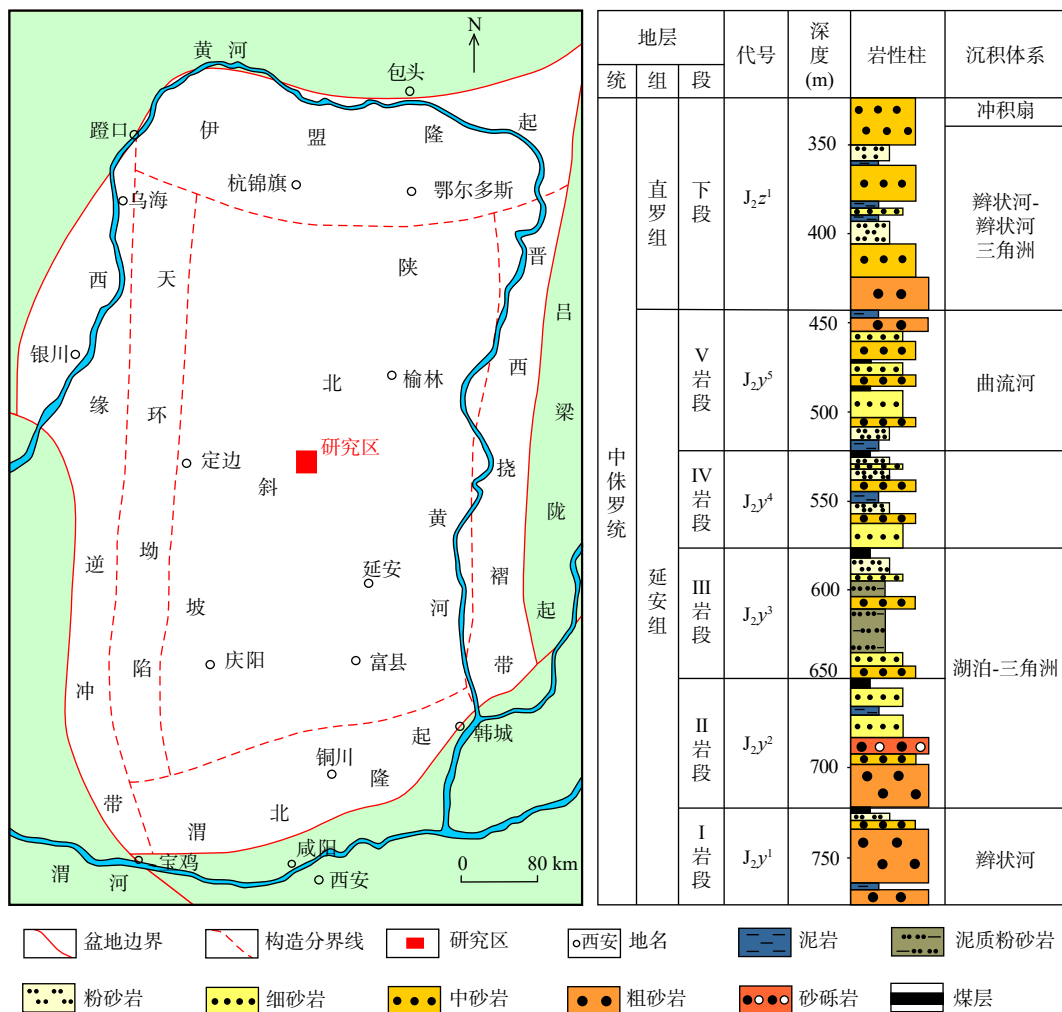


图1 研究区位置及侏罗系延安组综合柱状图

Fig. 1 Structural unit division of Ordos basin and location map of the study area

藏模式。可以看出研究的侧重点存在差异,但古地貌对侏罗系延安组油藏的分布与形成的控制具有一定的共识,受三叠系末期古地貌控制,与延长组相比具有油藏规模小,点散面广的分布特征,物性好,产量高,具隐蔽性,勘探难度大的特点,成藏主控因素尚不清,目前为止缺乏有效手段对侏罗系油藏进行准确预测(李永锋等,2020)。

靖边沙洼沟区块位于陕西省榆林市靖边县中山涧乡东南、新城乡的西南部,开发面积约为81.17 km²,构造处于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡中部,区域构造活动相对较弱,地层平缓,整体为向西倾斜的单斜构造(马强等,2009;王建民等,2018;冯顺彦等,2020)。延安组延9油层组为研究区主力开发层位,该层进一步可细分为3个亚层(延9₁、延9₂、延9₃),延9₂亚层又细分为延9₁¹小层和延9₂²小层,油藏主要分布在延9₂²砂层组中。目前,该区域相对勘探程度低,油层埋藏浅,驱动力小,开采难度大,对油藏的地质认识有限,缺乏系统性研究,尤其对其油气富集规律研究薄弱,研究程度无法满足目前开发的需求。鉴于此,笔者以靖边沙洼沟延9油层组为研究对象,在储层基本特征、油藏分布及类型研究的基础上,利用基本成藏地质条件与油藏分布相叠合的方法,总结研究区延9油藏的油气富集规律,为延9油藏勘探开发提供一定的参考意义。

1 储层基本特征

1.1 岩石学特征

通过对研究区内岩心、铸体薄片和电镜等资料进行分析,延9储层碎屑岩类型主要为灰绿色、灰色细粒长石砂岩和岩屑长石砂岩。主要矿物成分为石英,占总量的26.19%~92.47%,平均为56.7%;其次是长石,平均为30.9%。填隙物含量为3.0%~25%,平均为10.0%,主要为高岭石(2.25%)、绿泥石(2.06%)、伊利石(3.0%)、方解石(1.16%)、石英质(3.57%),其次可见长石质。碎屑颗粒砂岩的致密程度弱-中等、风化程度浅、分选性好,磨圆度以次圆为主,说明所受水动力较强。颗粒间多为线-曲线接触。胶结类型以孔隙-加大式为主。

1.2 物性特征

根据对研究区延9储层靖探804、靖探888井等5口井39个样品以及邻区相关化验分析资料表明,孔

隙度为8.6%~19.8%,平均为15.4%(图2)。主要渗透率为1.07~226.01 mD,平均为47.40 mD(图3)。根据盆地孔、渗分级标准,属中孔-低渗储层,储层物性较好。

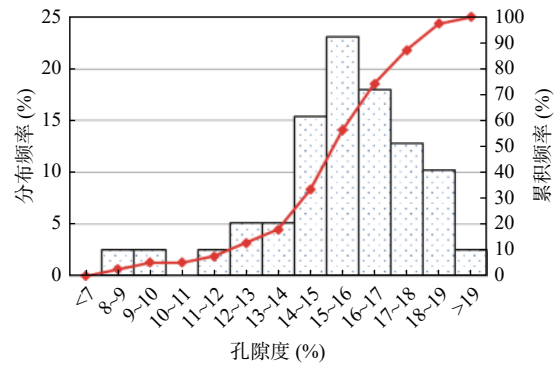


图2 孔隙度直方及累计频率图

Fig. 2 Histogram and cumulative frequency chart of porosity

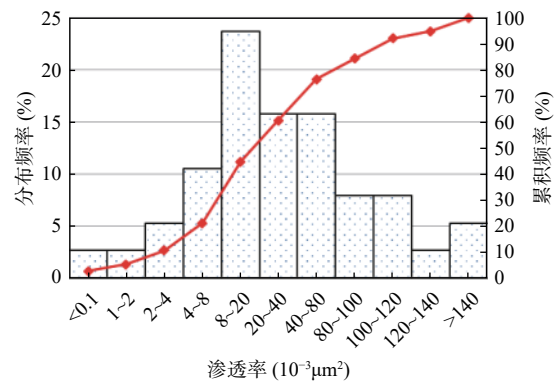


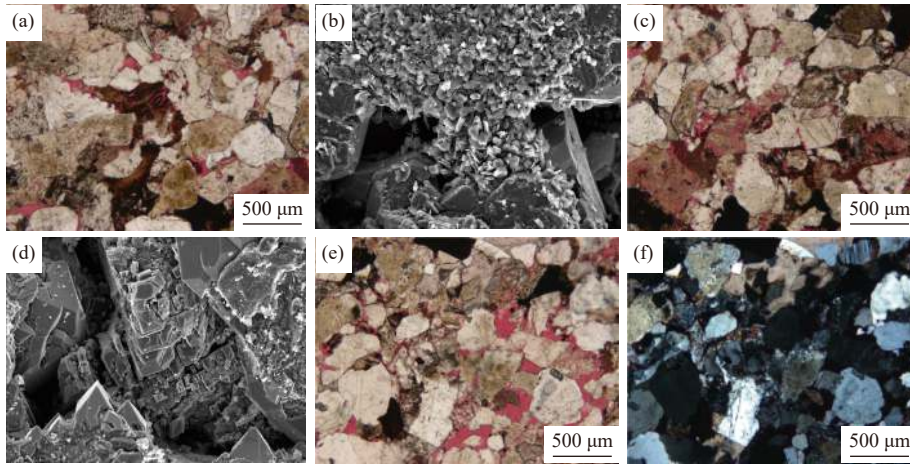
图3 渗透率直方及累计频率图

Fig. 3 Histogram & cumulative frequency of permeability

1.3 成岩作用及孔隙特征

通过对研究区延9储层的薄片、电镜等资料分析观察,认为该区主要存在压实作用、胶结作用、溶蚀作用3种成岩作用类型。压实作用主要表现颗粒排列紧密,以线接触、曲线接触为主(图4a);延9储层胶结作用主要表现石英质胶结,多表现石英次生加大现象,黏土矿物胶结(高岭石充填孔隙)以及碳酸盐胶结(图4b、图4f)。而溶蚀作用也表现出诸多类型,如石英、长石、岩屑等碎屑边缘的弱溶蚀(图4c、图4e);填隙物及少量石英次生加大边被溶蚀;长石、方解石等碎屑颗粒及胶结物内部或边缘产生溶蚀等。

成岩作用一定程度上决定了储层的孔隙特征。沙洼沟区延9储层面孔隙率一般为4%~15.0%,平均为



a.靖探 804 井, 1 380.48 m, 延 9, 颗粒排列紧密, 压实作用强, 铸体薄片单偏光; b.靖探 730 井, 1 185.87 m, 延 9, 黏土矿物胶结(高岭石充填孔隙), 扫描电镜; c.靖探 804 井, 1 380.48 m, 延 9, 溶蚀作用强烈, 铸体薄片单偏光; d.靖探 800 井, 1 220.43 m, 延 9, 原生粒间孔, 扫描电镜; e.靖探 804 井, 1 380.48 m, 延 9, 粒间、溶蚀孔发育, 铸体薄片单偏光; f.靖探 804 井, 1 380.48 m, 延 9, 石英质胶结, 石英次生加大现象, 铸体薄片正交偏光

图 4 研究区延安组延 9 储层显微镜下特征图

Fig. 4 Microscopic characteristics of Yan-9 reservoir of Yan'an Formation in the study area

9.9%, 孔隙类型主要有残余粒间孔、粒内孔、溶蚀孔 3 类(图 4d、图 4e)。粒间孔最为发育, 占到面孔率的 79.8%。其次为各类溶孔和粒内孔, 溶孔占面孔率的 17.9%, 溶孔以长石溶孔为主(图 5)。

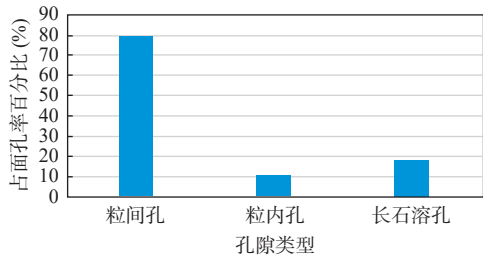


图 5 研究区延 9 储层孔隙类型直方图

Fig. 5 Histogram of pore type of Yan-9 reservoir in study area

根据研究区及邻区 5 井 39 块样品高压压汞分析结果(表 1), 延 9 油层组的储层的平均孔径平均值为 76.04 μm , 平均喉道半径为 4.13 μm , 属于中孔-粗喉型为主。排驱压力为 0.01~15.84 MPa, 平均为 4.18 MPa; 中值压力为 0.25~49.52 MPa, 平均为 18.01 MPa; 中值

半径为 0.015~2.94 μm , 平均为 0.58 μm , 分选系数平均为 1.59, 退汞效率平均为 20%。压汞数据反映出延 9 储层孔喉连通性较好, 孔隙结构较为简单。

2 油藏特征

2.1 温、压特征

根据沙洼沟区中 79-03 井、中 84-03 井、中 101-02 井等 7 口井压力测试资料得出: 延 9 油层原始地层压力为 10.56 MPa, 平均压力梯度为 0.89 MPa/100 m。平均地层温度为 41.86 $^{\circ}\text{C}$, 平均温度梯度为 3.26 $^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ 。属溶解气未饱和油藏, 为典型的弹性、溶解气驱构造-岩性油藏。

2.2 油藏分布特征及类型

靖边沙洼沟区延 9 油藏纵向上主要分布在延 9₂ 层中的延 9₂² 砂层中, 油层连续性好, 平面上西南区域油藏连片分布, 东北部呈孤立状分布, 总探明面积约为 9.92 km^2 ; 延 9¹ 油层连续性差, 油藏平面分布不连片,

表 1 研究区延 9 油层组储层孔隙结构特征表

Tab. 1 Characteristics of pore structure of Yan-9 reservoir formation in study area

| 区域 | 层位 | 孔隙度(%) | 渗透率(10^{-3}um^2) | 排驱压力(MPa) | 中值压力(MPa) | 中值半径(μm) | 分选系数 | 退汞效率(%) |
|-----|--------|-----------|-----------------------------|------------|------------|-----------------------|----------|-------------|
| 沙洼沟 | 延 9 范围 | 1.8~18.29 | 0.014~1.39 | 0.01~15.84 | 0.25~49.52 | 0.015~2.94 | 0.43~7.2 | 13.54~40.58 |
| | 延 9 平均 | 9.34 | 0.27 | 4.18 | 18.01 | 0.58 | 1.59 | 28 |

仅在工区东北部孤立分布, 总探明面积约为 0.57 km² (图 6)。沙洼沟区延安组延 9 油藏属于低渗油藏, 由于砂体展布和物性主要控制含油性, 且储层非均质性较强, 油水分异较明显, 油藏边、底水较发育(图 7)。研究区延 9 油层组内存在多套油水系统, 油水混储, 多为油水同层, 结合延 9 油层组构造特征、沉积特征及砂体展布规律、储层物性及孔隙结构特征等的综合

研究, 对油藏进行精细刻画, 延 9 油藏均分布在曲流河河道砂体上, 受带状砂体控制, 储集层(砂体)交错叠置, 油藏的分布也表现了交错叠置的特点。此外, 该区延 9 油藏发育的部位往往鼻状隆起较为发育, 构造高点往往油气显示较好, 可见鼻状隆起对油藏也具有一定的控制作用。因此, 该区延 9 油藏属构造-岩性油藏。

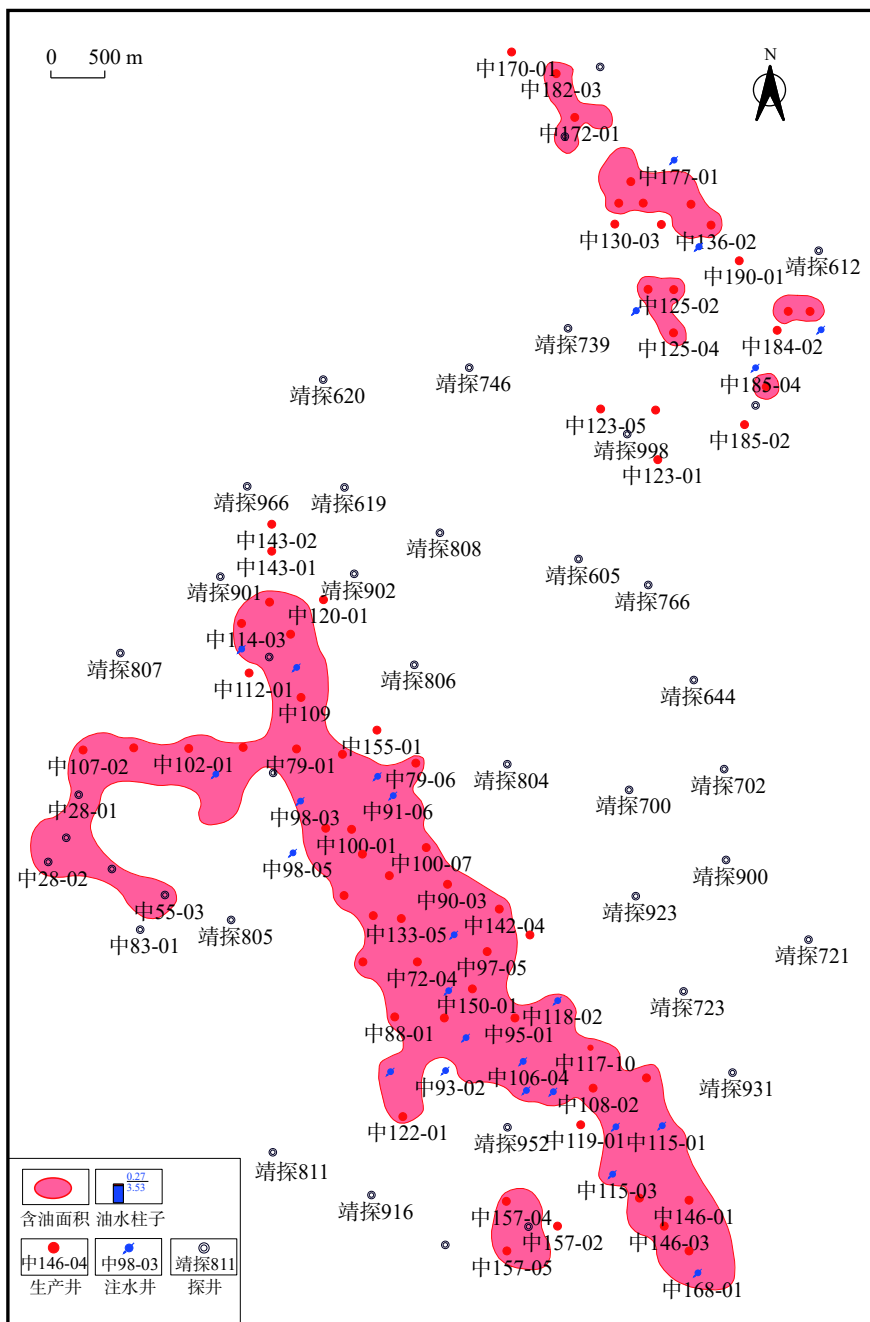


图 6 研究区延 9 油层组油藏平面分布图

Fig. 6 Reservoir plane distribution map of Y-9 oil formation in the study area

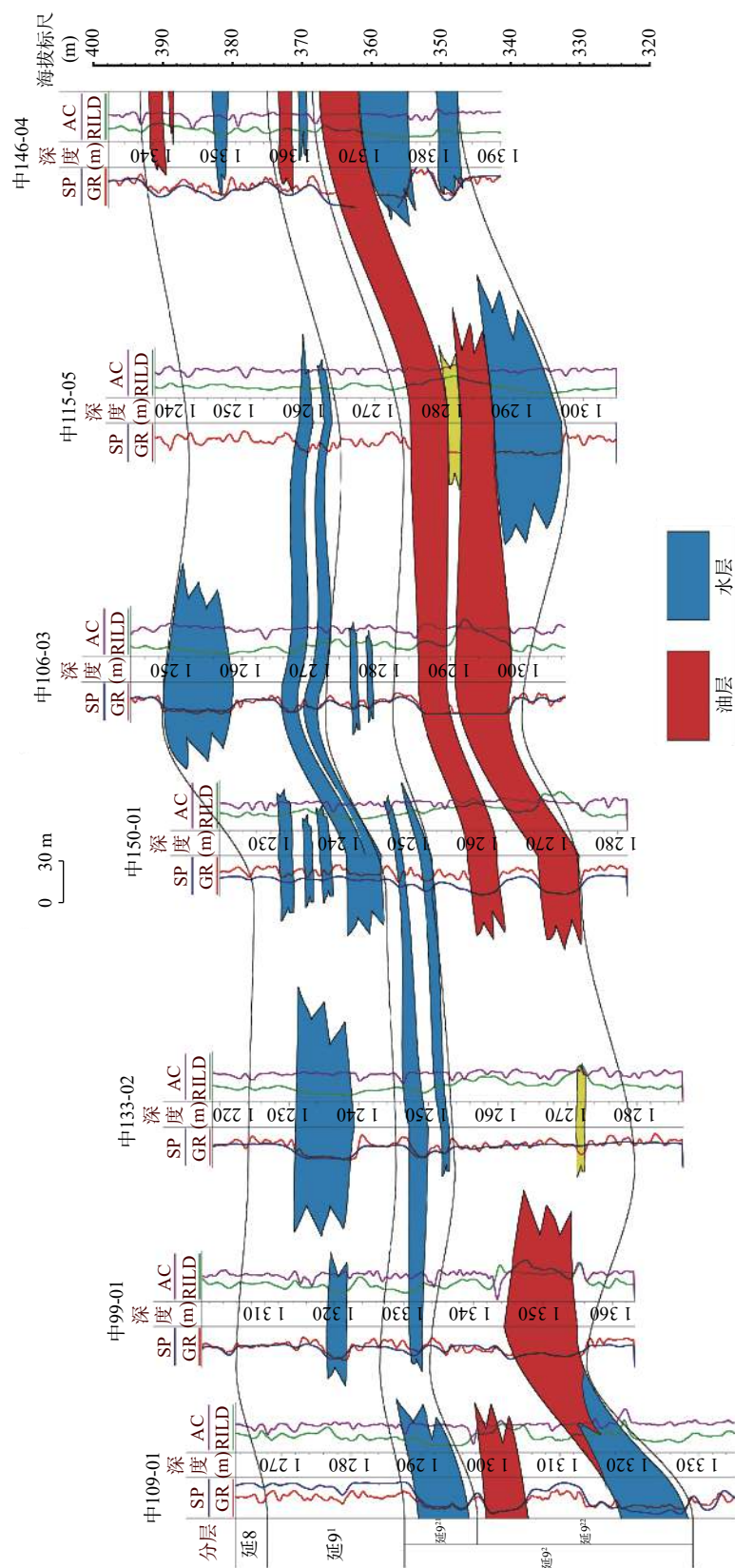


图7 研究区中109-01井~中146-04井延9油层组油藏剖面图

Fig. 7 Oil reservoir profile of Yan-9 reservoir in well 109-01~Zhong 146-04 in study area

3 富集规律

3.1 前侏罗系古地貌对油藏的控制

印支运动晚期剧烈的抬升隆起,盆地延长组受不同程度的剥蚀和河谷下切作用,塑造了区域角度不整合和起伏不平的古地形,早期侏罗系富县组和延10油层组在这样的构造背景下沉积,明显受控于古地貌形态,因此前侏罗纪古地貌是控制延安组下部延9油藏的基础(郭正权等,2008)。

古地貌对油藏的控制主要体现在2个方面:①平面上控制了沉积相及储集砂体的分布。②深切河谷为油气成藏提供了重要的运移通道,研究区正处于靠近古河道斜坡处(图8),研究表明,该区侏罗系延安组油气是因甘陕古河下切延长组,长7烃源岩经甘陕古河下切所形成的油气运移通道向上运移而来。因此,在甘陕古河河道附近的区域油源相对充足,更易形成有利的油气聚集带。盆地内甘陕一级河谷下切很深,使得延安组下部与延长组的长2和长3油层组接触,有些地区甚至下切到长4+5段。虽然长2和长3段并非主力生油层系,但侏罗系地层与延长组长段直接接触,这种接触缩短了油气沿着古河道侵蚀面以及河谷内充填的砂砾岩层进行侧向和垂向运移的距离(郭正权等,2001),在遇到延安组延9油层组合适圈闭时聚集成藏。

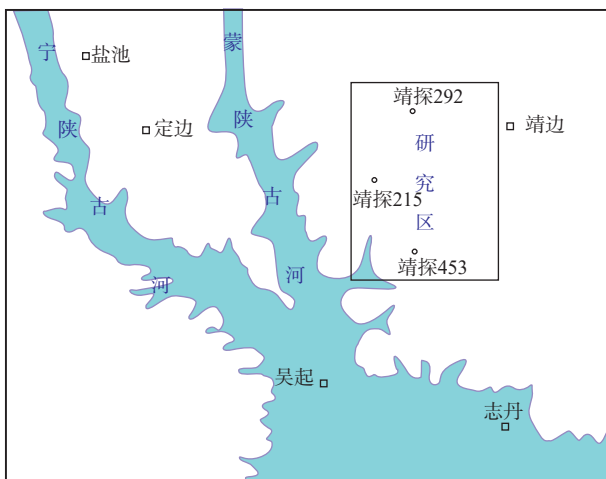


图8 研究区与侏罗系古河道位置关系图

Fig. 8 Location relationship between the study area and Jurassic ancient channel

3.2 生储盖组合及泥岩隔层对油藏的控制

前人研究表明,三叠系末期,鄂尔多斯盆地经历

了从发生、发展到消亡的整个演变过程(张刚等,2020),长7沉积期为湖盆地发育的鼎盛时期,在盆地内广泛沉积了一套深湖-半深湖为的暗色泥岩,沉积厚度大,有机质含量高,是中生界油藏形成的主要物质来源(白玉彬等,2012;董丽红等,2014;杨博,2014;杨水胜等,2021)。

研究区延9时期整体为曲流河沉积,河道砂体发育,岩性以中-细砂岩为主,储层孔、渗性较好。虽然成岩压实及其胶结作用较强烈,但是在绿泥石薄膜的保护作用下,使得储层中大量的粒间孔孔隙保护较好。此外,由于延安组在成岩过程中含有大量以,其后由于酸性水的加入,溶蚀的方解石产生了一定量次生溶孔,极好的改善了砂岩的储渗条件。其上部延8~延6主要为河流、浅湖沼泽相沉积的砂、泥岩夹煤线,其厚度为100m左右,为该油藏的重要封盖层,同时延9油层主要为曲流河河道沉积砂体,侧向上河道间细粒沉积物构成侧向封堵层。

油藏剖面(图7)及生储盖组合综合柱状图(图9)显示,油藏之所以主要富集在延9₂小层中,与储层与盖层规模及匹配有一定的关系,延9₂小层有效砂体发育,其上覆直接盖层厚度大,平均厚度在10m以上,有效的阻止了油气由向上运移。因此,“生、储、盖”在时间、空间的有效匹配,是形成油气运聚的重要因素之一,在纵向上控制油气的分布层位及规模。

延9油层组中的石油来源于盆地中心的长7烃源岩,那么由烃源岩排出的石油要穿过延长组才能够运移到延安组,这需要烃源岩与储层之间的疏导层保持畅通。因此,泥岩隔层势必会对运出的畅通性造成影响,笔者就以长2顶部泥岩为例进行分析。由于研究区大多并未钻遇至长2,通过对比邻区资料研究发现,在招安地区长2顶部泥岩发育,厚度为20~40m,原油在此处形成了有效遮挡,长2试油结果显示良好,正因为原油无法进一步向上运移,导致基本很少发现延9油藏,而在天赐湾北部情况刚好与之相反(图10)。

综上所述,长2油层组顶部泥岩发育情况对长2油层组和延9油层组的石油富集具有明显的相关性,长2油层组与延9油层组呈现互补成藏的关系。因此,可推测研究区长2顶部泥岩的发育情况并不理想,导致石油向上运移在延9油层组聚集。

3.3 沉积相及砂体展布对油藏的控制

沉积相对油气聚集的控制其实质上为沉积相对

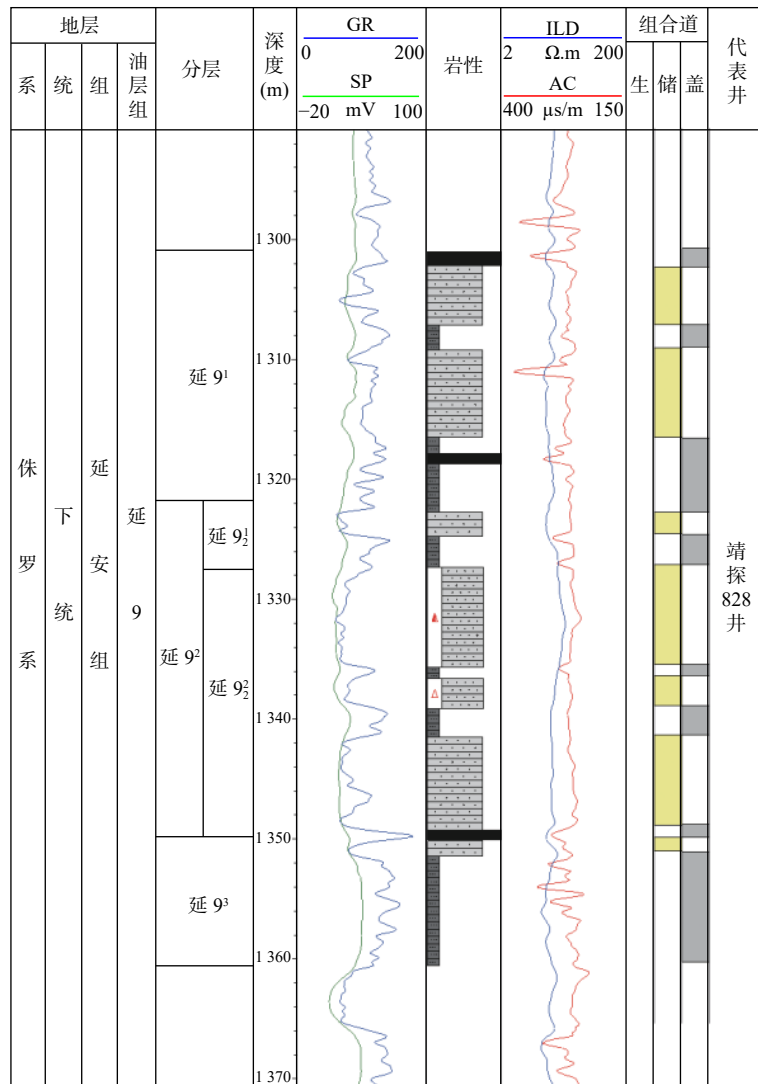


图9 研究区延9油层组生储盖综合柱状图(靖探828井)

Fig. 9 Comprehensive histogram of source rock, reservoir and cover of Yan-9 in the study area (Jingtān 828 well)

砂体类型及其孔渗性特征的控制(叶博等, 2014; 陈怡婷等, 2020)。研究区内延安组延9油层组为曲流河沉积, 发育河道沉积、天然堤、河漫滩等沉积微相。

以研究区主力油藏延 9_2^2 为例, 延 9_2^2 期共发育3条呈北西-南东向分流河道, 其中来源于靖探901井和中104-04井方向的河道在中102-05井部位汇合为一支, 河道呈条带状展布, 砂地比为0.3~0.8; 河道宽度约为0.6~1.9 km, 平均约为1.5 km(图11)。砂体发育情况与沉积相展布一致, 主要呈条带状展布的带状砂体, 厚度为5~20 m, 主河道砂体厚度均大于10 m。厚度最大处(> 20 m)分别位于98-02井、中142-01井、中93-01井、中137-02井、靖探700井、靖探721井、中130-01井、靖探739井、中138-01

井等井位中。侧翼间广泛发育河漫滩沉积, 以泥质粉砂岩、泥岩沉积物为主, 砂地比<0.1。

含油面积与砂体展布叠合特征(图12)显示, 油藏明显受沉积微相控制, 分支河道是油藏分布的主要部位, 油藏边界通常位于河道边缘部位, 砂体减薄甚至尖灭, 岩性变细、物性变差、泥质成分增多, 非均质性增强, 形成有效的岩性圈闭。延 9_2^2 砂层组中河道沉积的砂体粒度相对粗、厚度大, 物性最好, 有利于油气富集。

3.4 鼻状构造对油藏的控制

顶面构造特征显示, 延9段顶面构造局部发育近西排状的鼻隆构造, 这是侏罗系地层沉积后, 经过后期燕山运动改造和差异压实作用的结果(杨水胜等, 2021)。含油面积与砂体展布、顶面构造综合叠置图

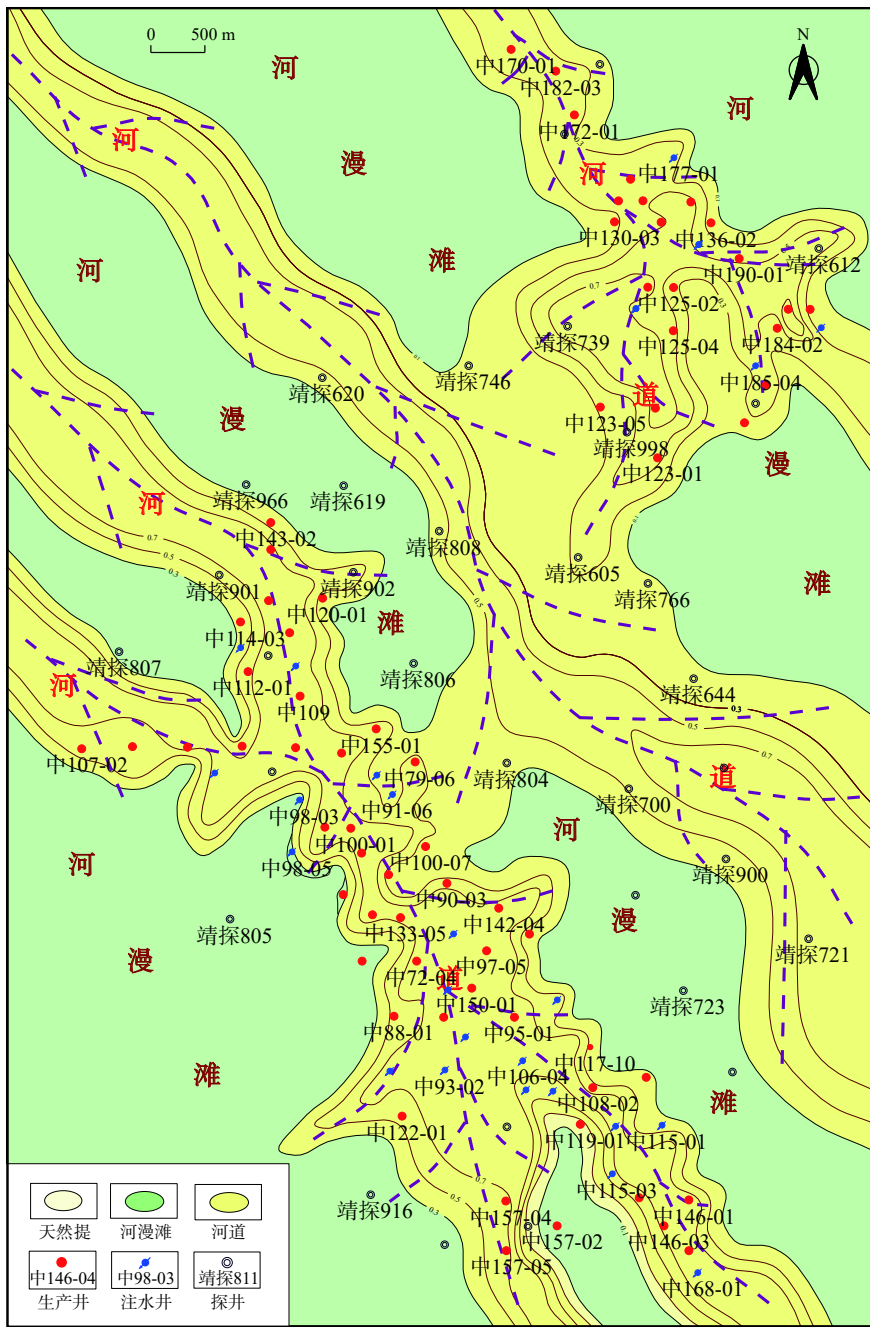


图 10 研究区延 9₂ 沉积相展布图

Fig. 10 Distribution of Yan 9₂ sedimentary facies in the study area

(图 12)显示,延 9₂ 油藏不仅分布在分支河道上,同时多集中在鼻状隆起部位,如研究区东北部的中 172 井区、中 173 井区以及西南部的中 100 井区、中 120 井区、中 150 井区等,且在同一岩性-构造油藏中,油气赋存于构造高部位,地层水位于构造低部位,油水分异明显。

综合以上研究认为,延 9 油藏的分布和富集受多因素控制,其中侏罗系古地貌对油藏的控制起先

导作用,有利相带和鼻状隆起构造为油气成藏提供了有利场所,隔层的发育状况及有效的生储盖组合是控制了延 9 油藏纵向分布层位和规模。长 7 烃源岩在大量排烃之后,油气先通过裂缝和叠置砂体一路在延长组向上运移,运移至不整合面处,油藏通过深切河谷快速由延长组运移至侏罗系地层,继续运移至延 9 地层,最终在合适圈闭形成油藏(图 13)。

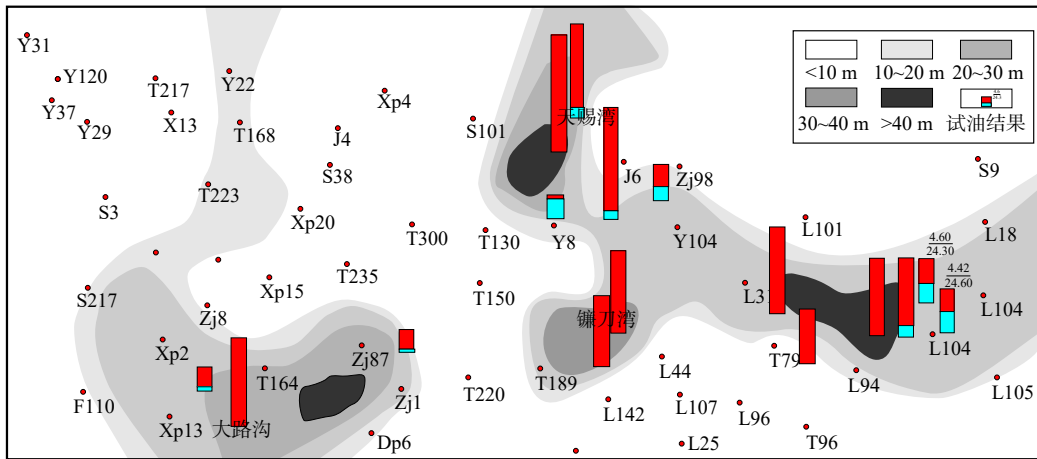


图 11 鄂尔多斯盆地招安地区长 2 顶部泥岩厚度与长 2 试油叠合图

Fig. 11 Overlap diagram of mudstone thickness at the top of Chang 2 and oil test of Chang 2 in Zhaoan area, Ordos Basin

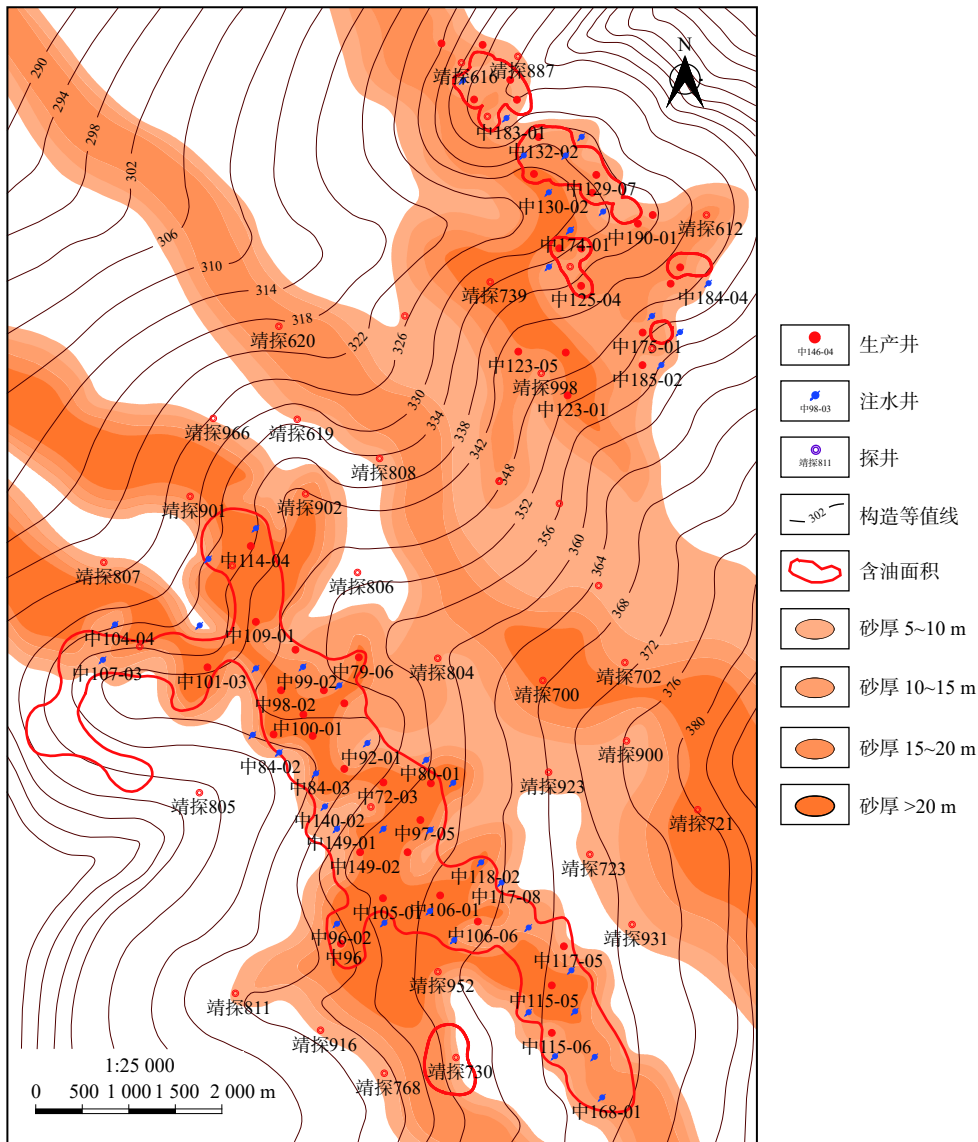


图 12 研究区延 $9_2^{2^2}$ 油藏含油面积、顶面构造及砂体分布叠合图

Fig. 12 Oil-bearing area, top-surface structure and sand-body distribution overlap of Yan $9_2^{2^2}$ reservoir in study area

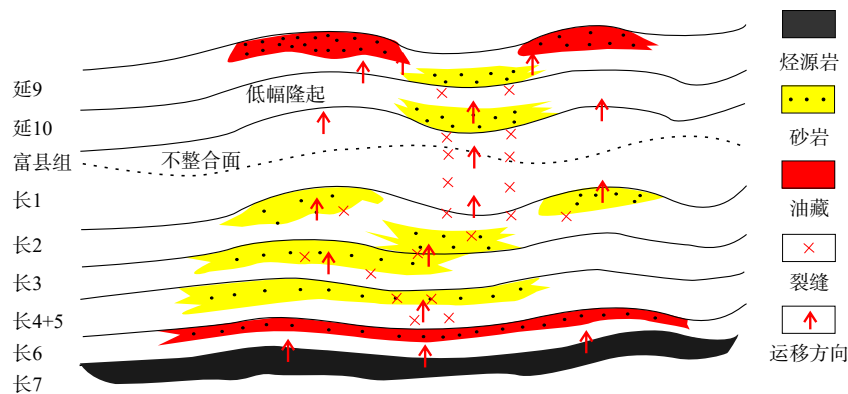


图13 研究区延安组延9油层成藏模式图

Fig. 13 Hydrocarbon accumulation pattern diagram of Yan-9 reservoir in Yan'an Formation in the study area

4 结论

(1)靖边沙洼沟区块延9储层物性较好,属于中孔-低渗储层,孔隙类型以粒间孔最为发育。延9油藏边、低水发育,油藏类型为构造-岩性油藏。

(2)靖边沙洼沟区块延9油藏分布和富集主要受控于古地貌、生储盖组合及泥岩隔层、沉积砂体、局部隆起构造等多重因素。古地貌控制起先导作用,其他因素控制着油藏分布区域和规模,综合分析认为,泥岩隔层不发育、分支河道与构造隆起叠置部位为油气富集区,是重点勘探部位。

参考文献(References):

- 白玉彬,赵靖舟,方朝强,等.优质烃源岩对鄂尔多斯盆地延长组石油聚集的控制作用[J].西安石油大学学报(自然科学版),2012,27(2):13-17.
- BAI Yubin, ZHAO Jingzhou, FANG Chaoqiang, et al. Control of high-quality source rocks on oil accumulation of Yanchang Formation in Ordos Basin[J]. Journal of Xi'an Shiyou University (Natural Science), 2012, 27(2): 13-17.
- 陈怡婷,刘洛夫,王梦尧,等.鄂尔多斯盆地西南部长6、长7储集层特征及控制因素[J].岩性油气藏,2020,32(1):51-65.
- CHEN Yiting, LIU Luofu, WANG Mengyao, et al. Characteristics and controlling factors of Chang-6 and Chang-7 reservoirs in southwestern Ordos Basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2020, 32(1): 51-65.
- 董丽红,安思谨,王变阳.鄂尔多斯盆地三叠系延长组长7、长9油页岩分布特征与油气富集关系[J].非常规油气,2014,1(1):17-21.

- DONG Lihong, AN Sijin, WANG Bianyang. Distribution characteristics and hydrocarbon enrichment relationship of Chang 7 and Chang 9 oil shale in Triassic Yanchang Formation, Ordos Basin[J]. Unconventional Oil and Gas, 2014, 1(1): 17-21.

- 冯顺彦,淡卫东,张晓辉,等.志靖-安塞地区长2油层组成藏条件及分布规律[J].成都理工大学学报(自然科学版),2020,47(4):451-459.

- FENG Shunyan, DAN Weidong, ZHANG Xiaohui, et al. Formation conditions and distribution of Chang 2 reservoir in Zhijing-Ansai area[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2020, 47(4): 451-459.

- 郭正权,潘令红,刘显阳,等.鄂尔多斯盆地侏罗系古地貌油田形成条件与分布规律[J].中国石油勘探,2001,6(4):20-27.

- GUO Zhengquan, PAN Linghong, LIU Xianyang, et al. Formation conditions and distribution of Jurassic palaeogeomorphic oilfields in Ordos Basin[J]. China Petroleum Exploration, 2001, 6(4): 20-27.

- 郭正权,张立荣,楚美娟,等.鄂尔多斯盆地南部前侏罗纪古地貌对延安组下部油藏的控制作用[J].古地理学报,2008,10(1):63-71.

- GUO Zhengquan, ZHANG Lirong, CHU Meijuan, et al. Control of palaeogeomorphology in the lower Part of Yan'an Formation in southern Ordos Basin[J]. Journal of Palaeogeography, 2008, 10(1): 63-71.

- 侯伟.姬塬油田铁边城区块侏罗系油藏成藏规律研究[D].西安:西安石油大学,2014.

- HOU Wei. Law of the Jurassic oil reservoirs in Tiebiancheng area of Jiyuan Oilfield[D]. Xi'an: Xi'an Shiyou University, 2014.

- 李树同,张海峰,王多云,等.聚油古地貌成因类型及其有利成藏条件分析——以鄂尔多斯盆地上里塬地区前侏罗纪古地貌为例[J].沉积学报,2011,29(5):962-969.

- LI Shutong, ZHANG Haifeng, WANG Duoyun, et al. Genetic types

- and favorable conditions of oil accumulation palaeogeomorphology: A case study of pre-Jurassic palaeogeomorphology in Shangliyuan area, Ordos Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2011, 29(5): 962-969.
- 李永锋, 代波, 怀海宁, 等. 安塞油田南部侏罗系古地貌与延安组油气成藏关系[J]. *桂林理工大学学报*, 2020, 40(3): 1-8.
- LI Yongfeng, DAI Bo, HUAI Haining, et al. Relationship between Jurassic Paleogeomorphology and Yan'an Formation Hydrocarbon Accumulation in Southern Ansai Oilfield[J]. *Journal of Guilin University of Technology*, 2020, 40(3): 1-8.
- 马强, 屈红军, 严耀祖, 等. 鄂尔多斯盆地伊陕斜坡中部长6油层组沉积微相及其含油性研究[J]. *沉积学报*, 2009, 27(03): 443-451.
- MA Qiang, QU Hongjun, YAN Yaozu, et al. Study on sedimentary microfacies and oil-bearing capacity of Zhongchang 6 reservoir in Yishan slope, Ordos Basin[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2009, 27(03): 443-451.
- 宋凯, 吕剑文, 凌升阶, 等. 鄂尔多斯盆地定边—吴旗地区前侏罗纪古地貌与油藏[J]. *古地理学报*, 2003, 5(4): 497-507.
- SONG Kai, LÜ Jianwen, LING Shengjie, et al. Palaeogeography and oil reservoirs of the pre-Jurassic in Dingbian-Wuqi area, Ordos Basin[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2003, 5(4): 497-507.
- 王宝萍. 靖边王渠则区延安组延9油藏分布特征及主控因素分析[D]. 西安: 西安石油大学, 2014.
- WANG Baoping. Distribution characteristics and controlling factors in Yan'an formation of reservoir of Yan 9 at Wang Quze eare in Jingbian [D]. Xi'an: Xi'an Shiyou University, 2014.
- 王建民, 张三. 鄂尔多斯盆地伊陕斜坡上的低幅度构造特征及成因探讨[J]. *地学前缘*, 2018, 25(2): 246-253.
- WANG Jianmin, ZHANG San. Characteristics and genesis of low-amplitude structures on Yishan Slope, Ordos Basin[J]. *Earth Science Frontiers*, 2018, 25(2): 246-253.
- 杨博. 志靖—安塞地区延长组长9油层组沉积相研究[D]. 西安: 西北大学, 2014.
- YANG Bo. Sedimentary Facies of Chang 9 Formation of Yanchang Formation in Zhijing-Ansai Area [D]. Xi'an: Northwest University, 2014.
- 杨水胜, 冷丹凤, 付国民, 等. 鄂尔多斯盆地中南部中侏罗统直罗组油源研究[J]. *中国科技论文*, 2021, 16(1): 27-37.
- YANG Shuisheng, LENG Danfeng, FU Guomin, et al. Study on the Oil Source of Zhiluo Formation of Middle Jurassic in the South-central Ordos Basin[J]. *China Science and Technology Paper*, 2021, 16(1): 27-37.
- 叶博, 梁晓伟, 李卫成, 等. 鄂尔多斯盆地陇东地区侏罗系油藏分布规律及成藏模式[J]. *新疆石油地质*, 2014, 35(6): 659-663.
- YE Bo, LIANG Xiaowei, LI Weicheng, et al. Distribution and accumulation model of Jurassic oil reservoirs in Longdong area, Ordos Basin[J]. *Xinjiang Petroleum Geology*, 2014, 35(6): 659-663.
- 张刚, 刘万明, 韩迎鹤, 等. 鄂尔多斯盆地定边油田樊学地区长4+5油层组储层特征及物性影响因素研究[J]. *西北地质*, 2020, 53(2): 213-222.
- ZHANG Gang, LIU Wanming, HAN Yingge, et al. Characteristics and Controlling Factors of the Reservoirs of 4+5th Member of Yanchang Formation in Formation in Fanxue area, Dingbian Oilfield, Ordos basin[J]. *Northwestern Geology*, 2020, 53(2): 213-222.
- 赵俊兴, 陈洪德, 杨华, 等. 鄂尔多斯中南部中下侏罗统储层成因类型与油气聚集关系[J]. *成都理工大学学报(自然科学版)*, 2005, 32(3): 246-252.
- ZHAO Junxing, CHEN Hongde, YANG Hua, et al. Genetic types and their relationship with oil-gas accumulation of the Lower and Middle Jurassic reservoirs in Ordos Basin, China[J]. *Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition)*, 2005, 32(3): 246-252.
- 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 Zhongwen, LIU Jianchao, LI Rongxi. 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.