

鄂尔多斯盆地马岭地区南部长 8 储层 油气成藏与富集规律

易 涛¹, 顿亚新¹, 胥翰文¹, 唐红南², 张少妮¹, 孙文钊¹, 石登王¹

(1. 长庆油田分公司第十二采油厂, 甘肃 庆阳 745000; 2. 长庆油田分公司第一采油厂, 陕西 延安 716009)

摘要:马岭地区南部上古生界油气资源潜力大,已成为鄂尔多斯盆地重要的勘探目标。基于地质特征与开发现状的研究基础,通过测试分析资料统计结果,分析该区长 8 油藏的油气富集规律。结果表明,该区长 8 油藏分布与长 7 烃源岩发育的厚度有关,储油砂体主体带清晰,油气聚集受储层物性和沉积相的控制,小范围内也可能受构造控制,其次还与孔隙结构和润湿性有关。

关键词:鄂尔多斯盆地;马岭地区;长 8 储层;油气成藏;砂体分析;构造特征

中图分类号:P618.13 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2023)05-0189-05

鄂尔多斯盆地油气资源丰富,是中国重要的石油生产基地,石油资源主要分布在盆地南部^[1-3]。根据侏罗系古地貌油藏油气成藏理论(烃源岩-储层-盖层组合构型),发现了马岭油藏。以三叠系延长组储层为主要目标,先后发现了安塞、华清、西峰、新安边油田等多个大型油田^[4-6]。勘探类型从常规油藏逐步发展为非常规致密油,开发层系逐步向下推进,油气采出产量不断攀升^[7-8]。该盆地目前年油气产量超过 70×10^6 t,主要勘探目标是三叠系延长组,其实测地质资源量为 12.85×10^9 t,年产量约 30×10^6 t^[9]。延长组从浅到深分为长 1 至长 10 共 10 个小层系,主要产油层由长 6 和长 8 油层组组成,与主要烃源层相邻^[10]。

近年来,在沉积演化、烃源岩特征、储层评价等方面取得了实质性进展,促进了三叠系延长组的油气勘探^[11-13]。目前,学者对马岭地区储层特征、油气分布及控制因素、流体性质等进行了一些研究。但由于低渗透性储层特有的属性,在油气藏形成条件、成藏过程和控制因素等方面认识不统一^[14-15]。针对马岭地区南部的地质特征及开发现状,基于岩

芯、测试分析等资料,开展了该区储层油气富集规律的研究。

1 区域地质背景

鄂尔多斯盆地位置上处于交汇区(东西构造带相互交汇),是一个大型的克拉通盆地。根据基底性质、地质演化历史和构造特征,将盆地划分为 6 个构造单元:西缘冲断构造带、天环坳陷、伊陕斜坡、晋西挠褶带、伊盟隆起和渭北隆起(图 1)^[16-17]。研究区地处盆地西南方向,整个研究区面积达 $2\,662\text{ km}^2$ 。构造上处于天环坳陷和伊陕斜坡过渡带。盆地各沉积层整体构造相对简单,中部断裂发育较少,整体以平缓的西倾单斜构造特征为主,东高西低。各沉积地层发育局部鼻状隆起,构造相对平缓^[18-19]。

延长组是三叠系最重要的产油层,优质烃源岩和厚砂岩大面积连续分布,形成了大规模的致密油藏和低渗透油藏^[20]。长 8 组油层为研究层段,该层厚度为 75~90 m,又进一步划分为长 8₁ 和长 8₂。

收稿日期:2022-10-04

基金项目:中国石油与天然气总公司中青年创新基金项目(99-07)。

作者简介:易涛(1988—),男,甘肃定西人,长庆油田分公司第十二采油厂,工程师,研究方向为油田增储建产;顿亚新(1987—),男,湖北荆州人,长庆油田分公司第十二采油厂,三级工程师,研究方向为油田勘探评价、增储建产;胥翰文(1986—),男,陕西西安人,长庆油田分公司第十二采油厂,油田开发工程师,研究方向为油田开发;唐红南(1983—),女,湖南衡阳人,长庆油田分公司第一采油厂,油气计量工程师,研究方向为油田开发、计量数据应用;张少妮(1987—),女,陕西宝鸡人,长庆油田分公司第十二采油厂,工程师,硕士,研究方向为矿产普查与勘探;孙文钊(1994—),男,陕西彬州人,长庆油田分公司第十二采油厂,油田开发工程师,硕士,研究方向为油田开发;石登王(1989—),男(壮族),广西来宾人,长庆油田分公司第十二采油厂,工程师,研究方向为油田开发。

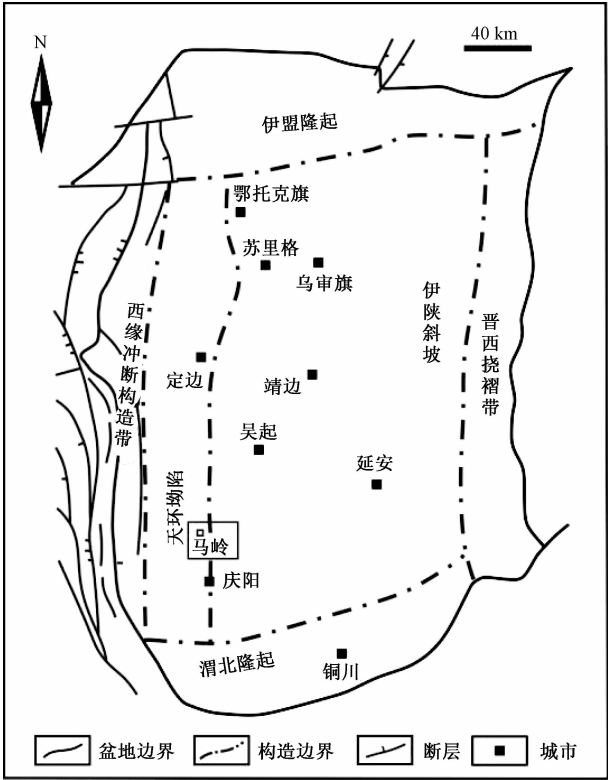


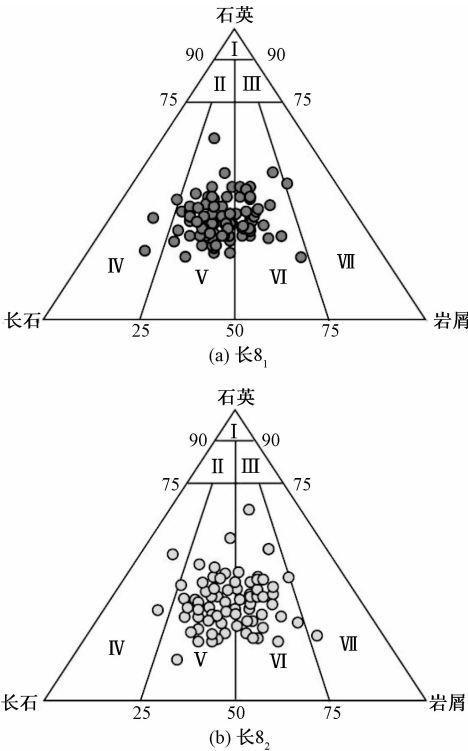
图 1 研究区位置

2 长 8 储层岩石学与物性特征

2.1 岩石学特征

2.1.1 岩性

从图 2 可知,研究区长 8₁油层组和长 8₂油层组的主要岩石类型相同,均是以岩屑长石砂岩(V)、长石岩屑砂岩(VI)占多数的分布趋势。



I 为石英砂岩; II 为长石石英砂岩; III 为岩屑长石砂岩; IV 为长石砂岩; V 为岩屑长石砂岩; VI 为长石岩屑砂岩; VII 为岩屑砂岩。

图 2 长 8 油层组岩性组分图

2.1.2 碎屑组分

表 1 显示云母在长 8₁、长 8₂油层组中矿物的含量占比最高,表明储层岩石的抗压实能力低,整体距离趋势上接近于物源方向。在岩屑成分中,含量最高的为变质岩岩屑。

表 1 长 8 油层组碎屑组分统计

层位	样品数	含量/%							
		石英类	长石类	火成岩岩屑	变质岩岩屑	沉积岩岩屑	云母	绿泥石	填隙物
长 8 ₁	155	29.86	30.15	8.35	10.85	1.88	6.15	1.53	11.23
长 8 ₂	68	29.14	30.58	8.24	10.71	1.92	5.11	1.48	12.82

2.1.3 填隙物

根据填隙物成分分布图(图 3)来看,填隙物整体含量较高,绿泥石、方解石、铁方解石占主要优势。

2.2 物性特征

研究区 218 块样品岩芯分析资料表明,该区长 8 储层孔隙度最大为 16.5%,最小为 1.14%,主要分布在 5.0%~12.5%。渗透率最大为 18.10 mD,最小为 0.01 mD,渗透率主要在 0.03~0.26 mD。物性的好坏直接影响油气在储层中的富集程度。同等条件下,储层物性越好,油气会优先富集。

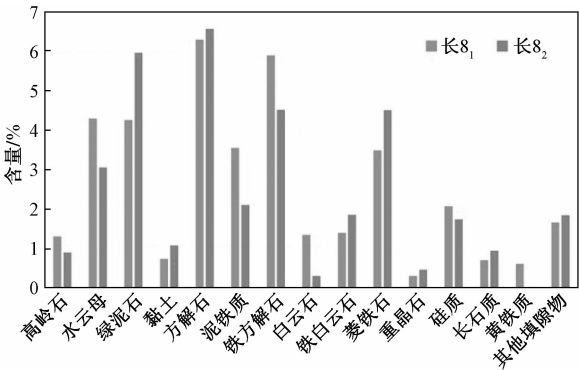


图 3 长 8 油层填隙物成分分布直方图

实验分析发现,长 8 储层岩芯的含油饱和度与实测孔隙度和渗透率成正相关性(图 4),说明研究区长 8 油藏在一定程度上会受储层物性的控制。

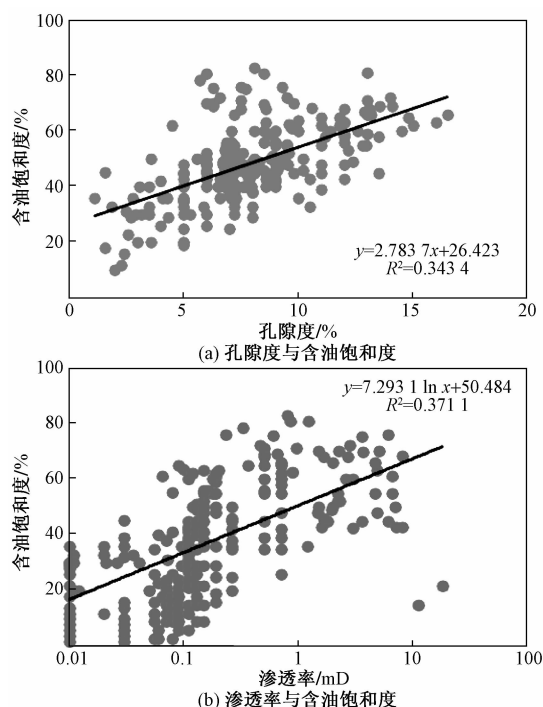


图 4 实测孔隙度、渗透率与含油饱和度的关系

3 成藏富集规律

3.1 源储配置关系

延长组长 8 油藏上、下均有油源岩,是典型的被油源岩“包裹”的油藏。在研究油气成藏富集时,长 7、长 9 烃源岩不仅对长 8 油藏富集提供充足的油源外,也对油气提供良好的封盖条件。长 7 油层组沉积期为最大湖泛期,湖水分布范围广,烃源岩有机质类型好,厚度为 20~60 m。利用测井资料识别优质烃源岩,研究其源储配置关系,为寻找致密油藏甜点分布区奠定了基础。该区区长 8 油层烃源岩厚度较大区域油藏发育,大部区域油页岩厚度大于 12 m,东北部油页岩厚度达 21 m,为该区成藏提高了物质基础。油页岩厚度较大区域,长 8 油藏更发育。烃源岩既是油藏富集充足的来源,又是良好的区域盖层。

3.2 储油砂体分析

研究区长 8 各小层砂体分布大面积呈网状分布,主体带分布明显,砂体展布方向摆动不定,表明该层沉积砂体并非为一期河流沉积砂体形成,为多期河道砂体叠置结果。两个大层砂体平面展布图中,大层河道砂体呈连片状分布,为不同时期各小

层沉积多期次砂体相互叠置的结果。不同期次形成的砂体在不同的沉积环境、水动力条件下,其颗粒分选、磨圆、岩石含量差异导致不同期次沉积砂体的物性均有差异。

由于不同期次沉积砂体物性的快速变化,砂体垂向展布上也不同。该区区长 8 油层组主要的沉积环境为三角洲前缘,砂体发育在水下分流河道处,但在岩芯观察时发现,有少数岩芯段发育滑塌揉皱重力构造。一般泥砾在块状砂岩的底部,而重力构造在块状砂岩顶部,说明存在一定的重力流扇体堆积。

3.3 油藏构造特征

该区区长 8 油藏构造形态为西倾平缓单斜,局部发育鼻状构造,在小范围内可能受构造控制,对油藏控制不明显,油藏主要受沉积相带和储层物性控制,油藏边界主要为岩性尖灭处或物性变化处,为典型的岩性油藏。区域内油藏主体分布在主砂带上,在临近分流间湾处,由于储层条件变差或形成岩性突变,砂体侧翼大面积分布的分流间湾遮挡油藏,是形成岩性圈闭的基本条件。在局部地区,油藏圈闭不仅有岩性圈闭,少数也受小幅度的鼻状隆起控制,形成构造圈闭。

3.4 储层微观因素

储层物性与含油饱和度关系图(图 4)表明,孔隙度、渗透率与含油饱和度相关系数较低,并且长 8 油层段内含油饱和度与孔渗变化存在不符的情况,即在孔渗较大的地区含油饱和度较小或孔渗较小含油饱和度较大。结合前人研究及该区储层特征,认为储层微观孔喉结构与润湿性也是影响油藏含油饱和度的因素。对此,以压汞实验反映孔喉参数和含油饱和度做相关性分析(图 5)。从图中可以明显看出,反映储层孔喉结构的参数(平均孔喉半径、排驱压力)与含油饱和度有一定的负相关性。排驱压力反应储层最大孔喉半径。结果显示储层最大孔喉半径越大,其含油饱和度越好。

不同的矿物组分对储层润湿性的影响也不同,对研究区黏土矿物与含油饱和度做相关性分析发现,黏土含量高,含油饱和度也相应高(图 6)。分析认为这主要是由于黏土矿物充填与孔隙中,使粒间孔减少,但黏土晶间孔发育,随着微孔增多,平均孔喉半径减小,并且与黏土有关的孔隙以亲油为主,提高了储层的储油能力,含油饱和度相对变高。

4 结论

1) 马岭地区南部延长组长 8 油藏上、下均有油

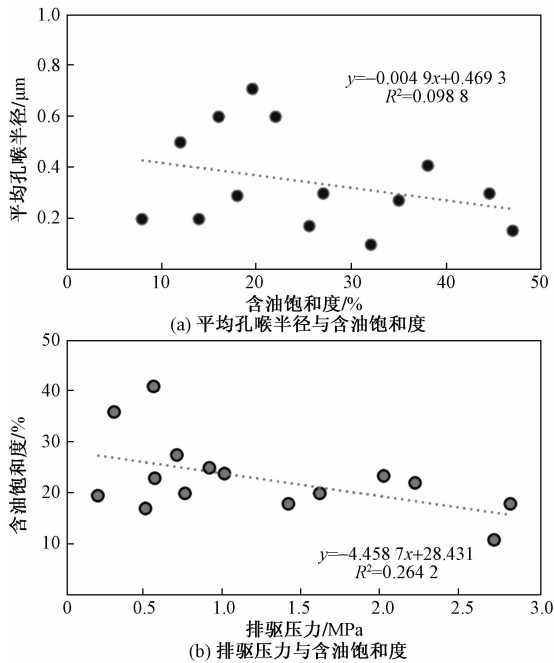


图 5 平均孔喉半径、排驱压力与含油饱和度关系

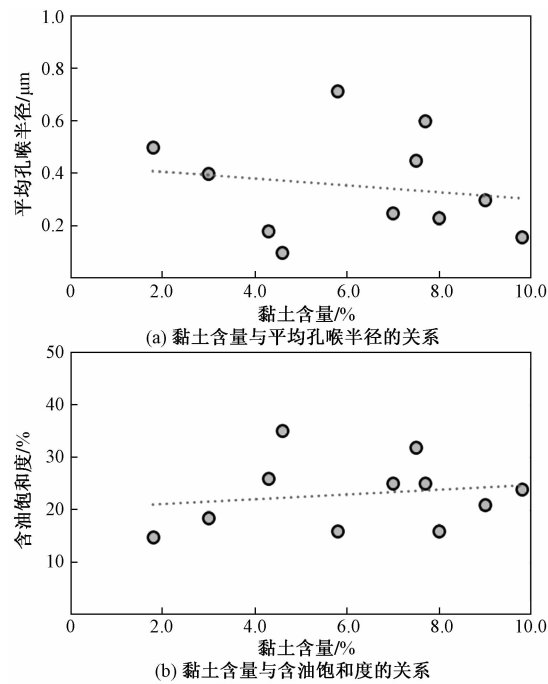


图 6 黏土含量与含油饱和度相关图

源岩,其分布特征与长 7 烃源岩发育厚度有关。

2)区内储油砂体主体带清晰,储层沉积成因多样导致其内部结构复杂。

3)长 8 油层段内含油饱和度变化明显,储层物性和沉积相控制着该区内的油气聚集程度,小范围内也可能与构造活动有关,同时孔隙结构和润湿性也是主要控制因素。

参考文献

[1] 王晓琳,张小莉,王祥,等.鄂尔多斯盆地枣园探区延长组长 7 段和长 9 段烃源岩评价及油源对比[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2022,52(3):840-854.

[2] 冯林杰,蒋裕强,武富礼,等.鄂尔多斯盆地延安西部地区马五₁(1+2)亚段正向低幅度构造成因及油气地质意义[J]. 天然气地球科学,2022,33(6):944-954.

[3] 唐玮玮,吴晓明,王为林,等.鄂尔多斯盆地环县北地区延长组长 7₂亚段重力流特征及油气地质意义[J]. 成都理工大学学报(自然科学版),2022,49(5):561-569,585.

[4] 周新平,邓秀芹,李士祥,等.鄂尔多斯盆地延长组下组合地层水特征及其油气地质意义[J]. 岩性油气藏,2021,33(1):109-120.

[5] 杨智,邹才能,吴松涛,等.从源控论到源储共生系统:论源岩层系油气地质理论认识及实践[J]. 地质学报,2021,95(3):618-631.

[6] 何海清,范士芝,郭绪杰,等.中国石油“十三五”油气勘探重大成果与“十四五”发展战略[J]. 中国石油勘探,2021,26(1):17-30.

[7] 付清萌,刘显凤,马占荣,等.鄂尔多斯盆地西缘早中侏罗世延安组孢粉化石特征及其古气候意义[J]. 西安石油大学学报(自然科学版),2022,37(5):1-9,20.

[8] 张家强,李士祥,李宏伟,等.鄂尔多斯盆地延长组 7 油层组湖盆远端重力流沉积与深水油气勘探:以城页水平井区长 7₃小层为例[J]. 石油学报,2021,42(5):570-587.

[9] 左洛滔,胡忠贵,张春林,等.克拉通盆地差异性构造活动对碳酸盐岩储集体的控制:以鄂尔多斯盆地马家沟组盐下储层为例[J]. 中国地质,2021,48(3):794-806.

[10] 郑登艳,王震亮,王联国,等.低幅度构造特征及其对油气成藏的控制作用:以鄂尔多斯盆地彭阳地区延安组为例[J]. 现代地质,2021,35(4):1114-1123.

[11] 任战利,祁凯,李进步,等.鄂尔多斯盆地热动力演化史及其对油气成藏与富集的控制作用[J]. 石油与天然气地质,2021,42(5):1030-1042.

[12] 王晓琳,张小莉,王祥,等.鄂尔多斯盆地中南部延长组长 8 致密储层特征和成岩作用[J]. 西北大学学报(自然科学版),2021,51(5):877-890.

[13] 陆雨诗,胡勇,侯云东,等.鄂尔多斯盆地西缘羊虎沟组微量元素地球化学特征及沉积环境指示意义[J]. 科学技术与工程,2021,21(28):11999-12009.

[14] 邵晓州,王苗苗,齐亚林,等.鄂尔多斯盆地盐池地区中生界断裂特征及其石油地质意义[J]. 中国石油勘探,2022,27(5):83-95.

[15] 雷倩倩,郭峰,彭晓霞,等.鄂尔多斯盆地安边地区长 8 段致密砂岩储层特征及分类评价[J]. 天然气地球科学,2021,32(11):1685-1696.

[16] 张益,卜向前,齐银,等.鄂尔多斯盆地姬塬油田长 7 段页岩油藏地质工程一体化油藏开发对策:以安 83 井区为例[J]. 中国石油勘探,2022,27(5):116-129.

[17] 朱俊章,朱明,史玉玲,等.珠一坳陷油气成藏组合划分及有利成藏组合预测[J]. 海洋地质前沿,2022,38(5):

67-75.

[18] 薛楠,吕修祥,朱光有,等. 油气成藏定位研究进展[J]. 天然气地球科学,2022,33(1):63-77.

[19] 庞雄奇,贾承造,宋岩,等. 全油气系统定量评价:方法原理与实际应用[J]. 石油学报,2022,43(6):727-759.

[20] 阴钰毅,姚志纯,郭小波,等. 鄂尔多斯盆地西缘二叠系隐伏构造特征及勘探意义[J]. 岩性油气藏,2022,34(4):79-88.

Accumulation and Enrichment Rule of Oil and Gas of Chang 8 Reservoir in the South of Maling Area, Ordos Basin

YI Tao¹, DUN Yaxin¹, XU Hanwen¹, TANG Hongnan², ZHANG Shaoni¹,
SUN Wenzhao¹, SHI Dengwang¹

(1. No. 12 Oil Production Plant, Changqing Oilfield Company, Qingyang 745000, Gansu, China;
2. No. 1 Oil Production Plant, Changqing Oilfield Company, Yan'an 716009, Shaanxi, China)

Abstract: The Upper Paleozoic oil and gas resources in the southern Maling Area have great potential, and it has become an important exploration target in the Ordos Basin. Based on the research of geological characteristics and development status, the oil and gas enrichment rule of Chang 8 Reservoir in this area is analyzed through the statistical results of test and analysis data. The results show that the distribution of Chang 8 Reservoir is related to the thickness of Chang 7 source rock, the main belt of oil storage sand body is clear, and oil and gas accumulation is controlled by reservoir physical properties and sedimentary facies, and also may be controlled by structure in a small scope, and then related to pore structure and wettability.

Keywords: Ordos Basin; Maling Area; Chang 8 Reservoir; hydrocarbon accumulation; sand body analysis; tectonic characteristics