

# Characteristics and Evaluation of Long 7 Reservoirs in Block W of Ordos Basin

Jianli Xi<sup>1,2</sup> Qian Wang<sup>3</sup>

1. School of Earth Science and Engineering, Xi'an Shiyou University - Shaanxi Key Laboratory of Oil and Gas Formation Geology, Xi'an, Shaanxi, 710065, China

2. Yanchang Oilfield Co., Ltd. Wuqi Oil Production Plant, Yan'an, Shaanxi, 717600, China

3. Yanchang Oilfield Exploration and Development Technology Research Center, Yan'an, Shaanxi, 717600, China

## Abstract

According to the research oil test effect of single well in the district long 7 oil layer, the good exploration and development prospect of long 7 tight oil is shown. This study according to the study area core sample observation, casting sheet, scanning electron microscopy, micron-CT experiment, high pressure mercury experiment, data summary, analysis and summarizes the W oil district 7 main rock types and pore development characteristics, the system studied the long 7 reservoir petrology, microscopic mineral composition, hole throat structure characteristics, and reservoir classification evaluation. Based on the existing research results, this study provides a basis for the later reservoir development by analyzing and studying the characteristics of the reservoir 7 of the district.

## Keywords

Ordos Basin; reservoir characteristics; reservoir physical property; reservoir classification

# 鄂尔多斯盆地 W 区块长 7 储层特征及评价

席建丽<sup>1,2</sup> 王倩<sup>3</sup>

1. 西安石油大学地球科学与工程学院 - 陕西省油气成藏地质学重点实验室, 中国·陕西 西安 710065

2. 延长油田股份有限公司吴起采油厂, 中国·陕西 延安 717600

3. 延长油田勘探开发技术研究中心, 中国·陕西 延安 717600

## 摘要

根据研究区长 7 油层单井试油效果, 显示了长 7 致密油较好的勘探开发前景。本次研究根据研究区的岩心样品进行观察描述、铸体薄片观察、扫描电镜观察、微米-CT 实验、高压压汞实验等技术手段, 进行资料整理汇总, 分析总结了 W 油区长 7 主要岩石类型及其孔隙发育特征, 系统研究了长 7 储层岩石学特征、微观矿物组成特征、孔喉结构特征, 并进行储层分类评价。本次研究立足已有研究成果, 通过深化地质研究, 分析研究区长 7 储层特征, 对后期油藏开发提供依据。

## 关键词

鄂尔多斯盆地; 储层特征; 储层物性; 储层分类

## 1 引言

根据研究区长 7 油层单井试油效果, 显示了长 7 致密油较好的勘探开发前景。但目前由于对储层特征研究认识不足, 制约了长 7 油藏开发。本次研究立足已有研究成果, 通过深化地质研究, 分析研究区长 7 储层特征, 对后期油藏开发提供依据。

## 2 区域地质概况

鄂尔多斯盆地是一个东宽西窄、东高西低的内陆拗陷

型盆地。前人对鄂尔多斯盆地已经做了大量的地质勘探研究工作, 认为三叠系延长组为盆地主要的含油层位, 其沉积时期为湖盆发育的全盛时期, 横向上处于由环县、吴起、志丹、正宁及庆阳所圈定的湖盆中心范围内<sup>[1]</sup>, 属半深湖—深湖相沉积环境。鄂尔多斯盆地三叠系地层依据岩性组合、电性等划为 10 个油层组, 其中长 7 油层组的油页岩和暗色泥岩烃源岩是已经被证实的延长组中下组合的主力烃源岩层, 其发育厚度大且范围广, 厚度最大可达 70m 以上<sup>[2]</sup>。任战利(2014)指出盆地长 7 致密油形成于早白垩世, 受中生代晚期构造热事件的控制, 具有晚期成藏的特点<sup>[3]</sup>。郭秋麟(2017)提出将盆地致密油划分为 A 类(经运移而聚集成藏, 运移动力为源储压差和浮力)和 B 类(运移动力以源储压差为主, 多属自生自储成藏型, 未经历二次运移)<sup>[4]</sup>。

【作者简介】席建丽(1997-), 女, 中国陕西延安人, 在读硕士, 助理工程师, 从事矿物学、岩石学、矿床学研究。

研究区处于鄂尔多斯盆地陕北斜坡带的吴起县境内，占地面积约 560km<sup>2</sup>。总体来说，构造简单，除边缘部分地区有某些褶曲外，绝大部分地区地层平缓，地层倾角基本保持 1° 左右，向西南倾斜，盆地基本上保持整体或部分升降运动的格局。基本构造特征是：来自地壳水平运动的盖层变形十分微弱，岩石圈垂向均衡调整的隆坳分异十分显著<sup>[5]</sup>。根据吴起油田的地层统层标准，并结合油田开发实际，将研究区长 7 油层组划分为长 7<sub>1</sub>、长 7<sub>2</sub>、长 7<sub>3</sub> 三个亚层。长 7 时期研究区处于志丹—靖边三角洲的侧翼，沉积相为三角洲前缘沉积，三角洲前缘亚相类型。

### 3 储层岩石学特征

长 7 段发育时期为湖盆的扩张期，湖盆范围达到最大，水体最深，岩性颜色主要呈现深灰、浅灰、灰绿、灰白，泥岩段呈现深灰色、灰黑色或黑色<sup>[6]</sup>。通过岩心观察，再结合铸体薄片分析，W 油区长 7 储层主要为浅灰 - 灰色长石砂岩和岩屑质长石砂岩。同时碎屑成分主要为长石和石英，并可见少量黑云母和岩屑。岩屑含量平均值为 12.2%，其中岩屑云母含量为最高，达到 31.1%，由于云母在压实作用下易于挤压变形而充填到孔隙中，因此云母含量高的砂岩其物性一般较差<sup>[7]</sup>。

W 油区长 7 储层填隙物成分主要为绿泥石、水云母、方解石、硅质、浊沸石等，根据统计绿泥石相对含量 5%、水云母相对含量 1.8%、方解石相对含量 4%、硅质相对含量 1.2%、浊沸石相对含量 0.6%。

### 4 致密储层微观孔隙特征

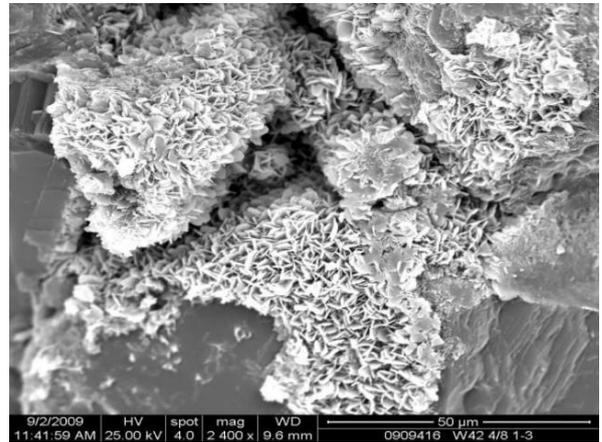
#### 4.1 储集空间类型特征

借助场发射扫描电镜、薄片观察与鉴定、图像分析以及阴极发光分析，对研究区长 7 段储层 84 件样品进行了研究，长 7 致密砂岩储层主要发育粒间孔和溶蚀粒间孔，少量岩屑、长石和胶结物溶孔。如图 1 所示。

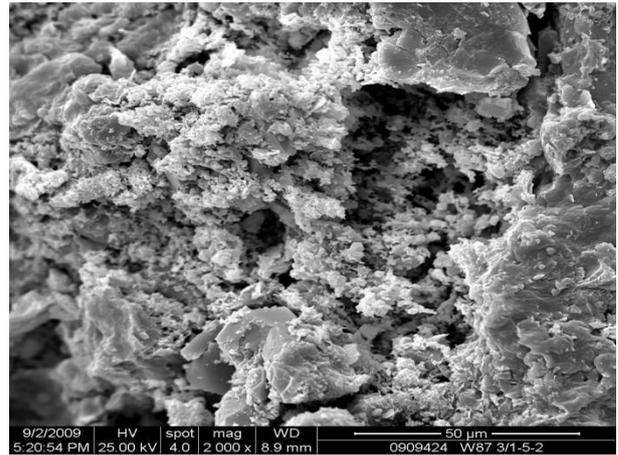
#### 4.2 孔喉结构特征

本次研究选择压汞法研究孔隙结构。根据岩样的压汞资料分析，图 2 为研究区 7 个样品的进汞—退汞曲线，其形态呈两段式结构，第二段较短且高度较高。长 7 段样品孔喉半径、体积较小，分选较差，歪度偏细，孔喉连通性较差。

长 7 储层的孔隙度分布呈小孔隙度、单峰型，孔隙度变化速率随着孔隙度的增加而降低。主峰的空间分布范围很窄，存在 1~48nm 的纳米孔隙。而浊积扇组岩样的孔径分布与长 7 组岩样有明显的差异，浊积扇岩样的孔体积变化率随着孔径的增加而逐渐降低，最大变化率出现在 (10nm~1 μm) 的孔喉半径范围，孔隙发育良好<sup>[8]</sup>。而在长 7 剖面中，其最大进汞饱和度仅为 70.36%，多为小孔喉，占 37.94%。



(a) W4 井, 2335.68~2235.80m, 粒间孔



(b) W8 井, 2495.00~2495.12, 溶蚀粒间孔

图 1 微观孔隙扫描图

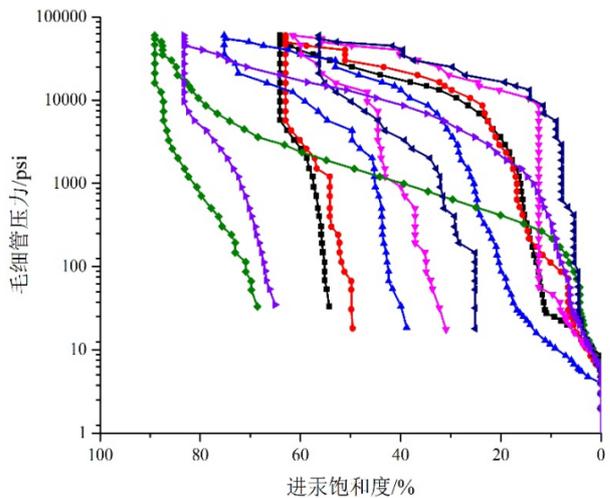


图 2 长 7 储层进汞—退汞曲线

#### 4.3 孔喉结构分级特征

由上述分析可知，研究区长 7 岩样的孔喉大小、分选优劣参差不齐，孔喉连通性也不均匀，储层中存在着多个孔喉组合。本次研究以长 7 致密储层为研究对象，依据毛细压力曲线的特点，将其划分为 5 类，每一类毛细压力曲线所对

应的孔隙结构和参数范围均不相同。参考以往的命名方式,根据孔喉从大到小的顺序,将这5种孔隙结构类型分别划分为:Ⅰ中孔喉型、Ⅱ中细孔喉型、Ⅲ细孔喉型、Ⅳ微细孔喉型、Ⅴ微孔喉型。研究区长7储层孔隙结构较差,主要发育Ⅲ细孔喉型和Ⅴ微孔喉型。

#### 4.4 储层连通性

对长7典型样品进行微米-CT实验发现,孔隙连通率达到了20.7%。孔隙半径主要分布于0.3~1.5 $\mu\text{m}$ 之间,孔隙半径大于0.53 $\mu\text{m}$ 的孔隙约占总孔隙数量的60%;在选定分析区域内共发育1548个喉道,喉道半径主要分布于0.13~1.2 $\mu\text{m}$ 之间,喉道半径大于0.28 $\mu\text{m}$ 的孔隙约占总喉道数量的80%;在选定分析区域孔隙配位数较高(平均为2.43),长7样品的配位数从0~8均有分布,大孔隙配位数较高,连通性较好。

#### 4.5 储层物性特征

长7岩心物性分析样品结果表明,从孔隙度的纵向分布看,长7<sub>1</sub>亚段平均孔隙度最高(平均孔隙度为3.96%),长7<sub>2</sub>亚段次之(平均孔隙度为2.16%),长7<sub>3</sub>亚段平均孔隙度最低(平均孔隙度为1.83%)。样品渗透率分析结果表明,长7<sub>2</sub>亚段渗透率最高(平均值为 $14.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ),其次为长7<sub>1</sub>亚段(平均值为 $0.709 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ),长7<sub>3</sub>亚段最低(平均值为 $0.083 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ )。

### 5 致密储层分级评价

在系统总结长7致密储层沉积微相类型、砂体厚度、有效厚度、孔隙度、渗透率资料的基础上,总结致密储层评价的综合预测系数,建立研究区长7段致密储层的分级评价标准,开展致密储层综合分级评价(Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ)级。

储层分级评价标准:前人研究认为,致密油储层厚度变化大,为5~200m,孔隙度变化大,为2%~15%,渗透率为0.0001~1.0mD<sup>[9]</sup>。可根据孔隙度、渗透率、基质覆压渗透率和含油饱和度和砂体厚度建立中国陆相致密油分级评价标准。

Ⅰ级:孔隙度>8%,渗透率>0.2mD,基质覆压渗透率>0.05mD,含油饱和度>70%,砂体厚度>15m。

Ⅱ级:孔隙度5%~8%,渗透率0.04~0.2mD,基质覆压渗透率0.02~0.05mD,含油饱和度50%~70%,砂体厚度10~15m。

Ⅲ级:孔隙度<5%,渗透率<0.04mD,基质覆压透

率<0.02mD,含油饱和度<50%,砂体厚度<10m。

再结合孔隙度大小对原油流动的影响,将致密油储层分为三类:Ⅰ类储层的孔隙度为7%~10%,Ⅱ类为4%~7%,Ⅲ类小于4%。研究区长7段致密储层中,基本不发育Ⅰ级储层,主要为Ⅱ级和Ⅲ级储层。

### 6 结论

①W油区长7储层岩石类型主要为浅灰-灰色长石砂岩和岩屑质长石砂岩。碎屑成分主要为长石和石英,并可见少量黑云母和岩屑。

②长7孔隙类型以纳米孔隙和微裂缝为主,孔喉主要以小孔喉为主。孔喉半径、体积较小,分选较差,歪度偏细,孔喉连通性较差,主要发育Ⅲ细孔喉型和Ⅴ微孔喉型。

③研究区长7<sub>1</sub>亚段平均孔隙度最高,长7<sub>2</sub>亚段次之,长7<sub>3</sub>亚段平均孔隙度最低。样品渗透率分析结果表明,长7<sub>2</sub>亚段渗透率最高,其次为长7<sub>1</sub>亚段,长7<sub>3</sub>亚段最低。

④论文将研究区长7储层分为三类:Ⅰ类储层的孔隙度为7%~10%,Ⅱ类为4%~7%,Ⅲ类小于4%。研究区基本不发育Ⅰ级储层,主要为Ⅱ级和Ⅲ级储层。

#### 参考文献

- [1] 姚泾利,邓秀芹,赵彦德,等.鄂尔多斯盆地延长组致密油特征[J].石油勘探与开发,2013,40(2):150-158.
- [2] 宋兴沛,刘洛夫,徐正建,等.鄂尔多斯盆地中西部长7段烃源岩及致密油潜力评价[J].新疆石油地质,2017,38(5):553-558.
- [3] 任战利,李文厚,梁宇,等.鄂尔多斯盆地东南部延长组致密油成藏条件及主控因素[J].石油与天然气地质,2014,35(2):190-198.
- [4] 郭秋麟,武娜,陈宁生,等.鄂尔多斯盆地延长组第7油层组致密油资源评价[J].石油学报,2017,38(6):658-665.
- [5] 刘池洋,王建强,张东东,等.鄂尔多斯盆地油气资源丰富的成因与赋存-成藏特点[J].石油与天然气地质,2021,42(5):1011-1029.
- [6] 鲁少杰.鄂尔多斯盆地延长油田致密油富集成藏主控因素[D].北京:中国石油大学(北京),2017.
- [7] 郑忠文.鄂尔多斯盆地西部延长组长8~长6段致密储层微观孔隙特征差异[J].科学技术与工程,2018(15):69-80.
- [8] 王乾右,杨威,刘聘,等.鄂尔多斯盆地西部延长组长8—长6段致密储层微观储集空间特征差异[C]//2018油气田勘探与开发国际会议(IFEDC 2018)论文集,2018.
- [9] 贾承造,邹才能,李建忠,等.中国致密油评价标准、主要类型、基本特征及资源前景[J].石油学报,2012(3):343-350.