

# Study on Characteristics of Yan 9 and Yan 10 Reservoirs in the Southwest of J County in Ordos Basin

Bao Zhang<sup>1</sup>, Zhangshun Chen<sup>1</sup>, Qiang Ding<sup>1</sup>, Longlong Li<sup>1</sup>, Yinghua Jia<sup>1</sup>, Na Li<sup>1</sup>, Wensi He<sup>1</sup>, Dongdong Wang<sup>2</sup>

<sup>1</sup>The Sixth Oil Production Plant of Changqing Oilfield Company, PetroChina, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>Beijing Huayou Mingxing Energy Technology Co. Ltd., Beijing

Email: zb01\_cq@petrochina.com.cn

Received: Aug. 27<sup>th</sup>, 2017; accepted: Dec. 24<sup>th</sup>, 2017; published: Feb. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Based on the analysis of characteristics of sandstones of Yan 9 and Yan 10 Reservoirs in the Southwest of J County, the result showed that the sandstones were mainly feldspathic sandstone and lithic feldspathic sandstone; it was mainly sedimentary rock debris. The total contents of interstitial minerals in sandstone were relatively less, and there was difference between easy interstitial materials; it was mainly in argillaceous, miscellaneous matters and cement, and calcite content was the highest among them. According to the scanning electron microscope and cast thin section analysis, it is considered that the main pore types are intergranular pores and intragranular dissolution pores. According to the analysis of mercury injection parameters, it shows that the pore structure of sandstone reservoirs in the study area is strongly heterogeneous, which is a medium porosity and medium-low permeability reservoir.

## Keywords

Ordos Basin, Pore Type, Pore Structure, Porosity, Permeability

---

# 鄂尔多斯盆地J县西南部地区延9和延10油层组储层特征研究

张博<sup>1</sup>, 陈章顺<sup>1</sup>, 丁强<sup>1</sup>, 李龙龙<sup>1</sup>, 贾银花<sup>1</sup>, 李娜<sup>1</sup>, 何汶懿<sup>1</sup>, 王冬冬<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中石油长庆油田分公司第六采油厂, 陕西 西安

<sup>2</sup>北京华油明信能源技术有限责任公司, 北京

作者简介: 张博(1982-), 男, 硕士, 工程师, 现主要从事油田开发地质、油藏工程等工作。

Email: zb01\_cq@petrochina.com.cn

收稿日期: 2017年8月27日; 录用日期: 2017年12月24日; 发布日期: 2018年2月15日

## 摘要

通过对鄂尔多斯盆地J县西南部地区延安组延9、延10油层组砂岩岩矿特征分析表明: 砂岩主要为长石砂岩和岩屑质长石砂岩; 岩屑以沉积岩岩屑为主; 砂岩中填隙物总含量相对较少, 各填隙物含量之间存在差异, 主要以泥质杂基和胶结物为主, 胶结物中方解石含量最高。扫描电镜及铸体薄片分析表明, 该区砂岩主要孔隙类型为粒间孔及粒内溶蚀孔隙。根据压汞参数分析, 区内砂岩储集层孔隙结构具有较强非均质性, 为中低孔、中渗储层。

## 关键词

鄂尔多斯盆地, 孔隙类型, 孔隙结构, 孔隙度, 渗透率

Copyright © 2018 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

J县西南部地区位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡的中部, 现已发现延安组延9油层组油藏, 主要受古地貌的控制, 同时受延9油层组顶部局部发育的小鼻状隆起构造和曲流河沉积环境下的储层特征影响[1] [2] [3] [4]。

基于沉积相研究, 利用岩心观察、岩石薄片、铸体薄片、扫描电镜、压汞法等手段, 对延9油层组储层特征展开研究, 通过分析储层岩石学特征、孔隙结构特征和物性特征, 为成藏有利区的科学预测提供依据。

## 2. 储层岩石学特征

通过对J县西南部地区的薄片观察, 延安组砂岩主要为细粒长石砂岩, 碎屑成分由长石、石英、岩屑组成, 填隙物总体含量低, 主要以泥质杂基和胶结物为主; 胶结类型以孔隙式为主, 岩性比较致密, 风化程度深; 颗粒粒径在100~300 μm之间, 以点-线式接触, 分选性中-好, 磨圆度以次圆-次棱角状为主, 石英次生加大常见, 主要发育粒间孔及粒内溶蚀孔隙。

## 2.1. 颗粒组成

从 J 县西南部地区延 9、延 10 油层组岩石矿物成分三角图(图 1)可以看出,储层砂岩主要为长石砂岩、岩屑质长石砂岩, 少量为长石质岩屑砂岩, 极少为长石岩屑石英砂岩和岩屑砂岩。

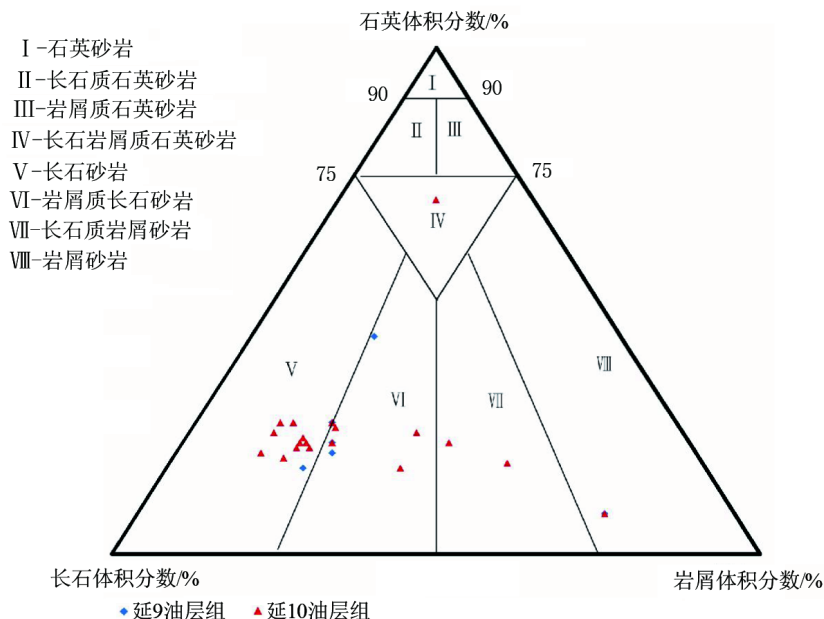


Figure 1. The triangulation of sandstone particles of Yan'an Formation in the southwest of J County  
图 1. J 县西南部地区延安组砂岩颗粒组成三角图

薄片分析表明, 各层砂岩颗粒含量相近, 延 9 油层组石英体积分数为 8%~43% (平均 22.7%); 延 10 油层组石英体积分数为 8%~70% (平均 23.0%)。碎屑颗粒中的长石以钾长石为主, 少量为斜长石, 延 9 油层组中, 长石体积分数为 20%~62% (平均 47.3%); 延 10 油层组中, 长石体积分数为 15%~67% (平均 49.3%)。岩屑以沉积岩岩屑为主, 其次为变质岩岩屑, 含量最少的为火成岩岩屑(图 2), 延 9 油层组岩屑体积分数为 4%~47% (平均 12.8%); 延 10 油层组岩屑体积分数为 4%~47% (平均 11.4%)。

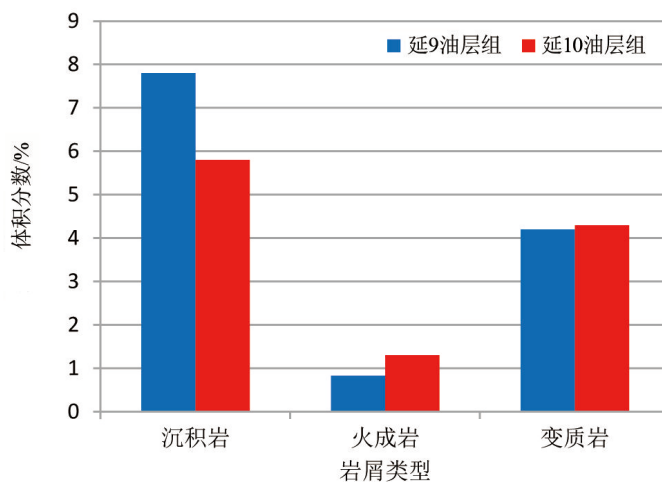


Figure 2. The histogram of sandstone cuttings combination of Yan'an Formation in the southwest of J County  
图 2. J 县西南部地区延安组砂岩岩屑组合

## 2.2. 填隙物和胶结特征

J 县西南部地区延 9、延 10 油层组砂岩中填隙物总含量相对较低, 填隙物各成分含量也存在差异。填隙物总体积分数为 9.3%~10.6%, 主要以泥质杂基和胶结物为主(图 3), 其中延 9 油层组不含泥质, 水云母体积分数为 0%~2% (平均 1%), 绿泥石体积分数为 0%~5% (平均 2.3%), 方解石体积分数为 1%~23% (平均 5.67%), 硅质体积分数为 0%~2% (平均 0.33%); 延 10 油层组泥质体积分数为 1%~2% (平均 0.45%), 水云母体积分数为 0%~23% (平均 1.73%), 绿泥石体积分数为 0%~7% (平均 1.68%), 方解石体积分数为 0%~25% (平均 6.23%), 硅质体积分数为 0%~2% (平均 0.55%)。

J 县西南部地区填隙物矿物类型主要有黏土矿物、碳酸盐矿物和自生硅酸盐矿物。其中, 黏土矿物有绿泥石、高岭石等; 碳酸盐矿物有方解石、铁白云石和白云石; 自生硅酸盐矿物有石英。区内延 9、延 10 油层组填隙物主要成分有方解石、绿泥石膜、水云母, 其次为高岭石(泥质)、硅质。其中, 延 9 油层组方解石体积分数为 5.67%, 绿泥石膜体积分数为 2.3%, 水云母体积分数为 1%; 延 10 油层组方解石体积分数为 6.23%, 绿泥石膜体积分数为 1.68%, 水云母体积分数为 1.73%。填隙物含量特别是胶结物含量对储层孔隙及渗透性影响很大。

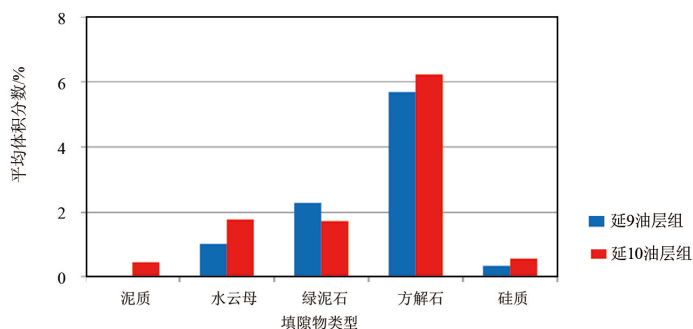


Figure 3. The histogram of sandstone filling volume fraction of Yan'an Formation in the southwest of J County  
图 3. J 县西南部地区延安组砂岩填隙物体积分数柱状图

## 3. 储层孔隙结构特征

### 3.1. 孔隙类型

延 9、延 10 油层组砂岩中主要有 4 种基本孔隙类型, 分别是粒间孔、溶蚀孔、微孔隙和裂隙, 其中前 3 种与岩石结构有关, 而裂隙可与其他任何孔隙类型共生。J 县西南部地区主要孔隙类型为粒间孔(图 4)及粒内溶蚀孔隙(图 5)。溶蚀孔隙中的孔隙和喉道大小以及孔隙空间的连通性决定了砂岩储集性能, 尽管裂隙很小, 但它有利于提高砂岩的渗透能力。

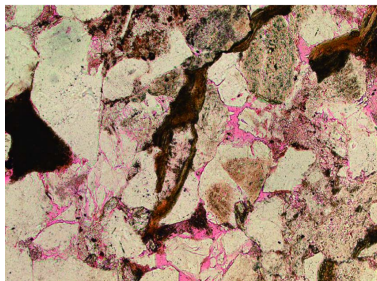
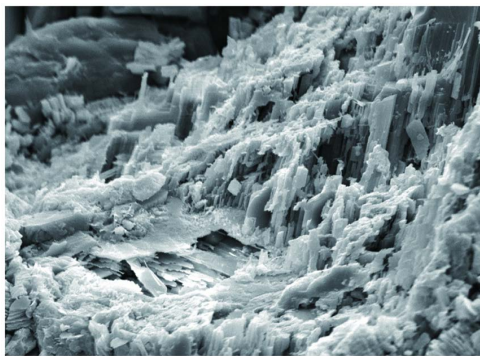


Figure 4. The intergranular pore at 1327.37 m of Well JT865 in Yan 9 Reservoir  
图 4. 粒间孔(JT865 井, 1327.37 m, 延 9 油层组)



**Figure 5.** The feldspar dissolution at 1063.27 m of Well JT629 of Yan 9 Reservoir  
**图 5.** 长石溶蚀(JT629 井, 1063.27 m, 延 9 油层组)

根据区内砂岩的铸体薄片及扫描电镜分析, 其孔隙组合类型主要有:

1) 残余粒间孔隙。该类孔隙分布差别较大, 一般具有较好的连通性, 主要由绿泥石膜胶结及石英和长石次生加大后的孔隙组成。在部分样品中, 绿泥石膜形成后, 也局部形成连通较差的残余粒间孔隙。该类孔隙组合是区内延安组砂岩储层的主要孔隙组合类型之一。

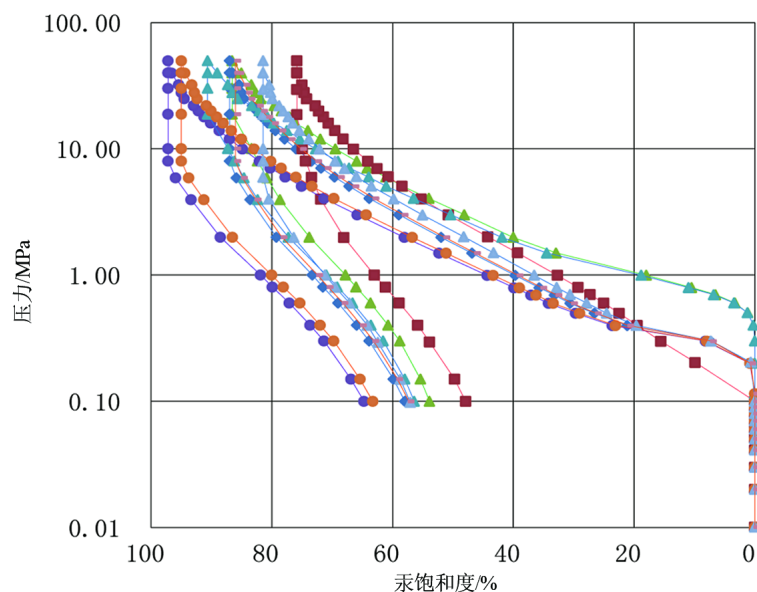
2) 溶孔 - 粒间孔隙、粒间孔 - 溶孔型。孔隙分布具有较强的非均质性, 具该类型孔隙组合的砂岩中, 孔隙连通性较好, 是区内砂岩储集层主要孔隙组合类型之一。

3) 溶孔 - 微孔型。在延 9、延 10 油层组砂岩中, 普遍发育长石、岩屑的溶蚀粒内微孔隙。

4) 复合型。由粒间残余孔、粒间溶蚀孔和粒内溶蚀孔等多种孔隙类型组合, 或由铸模孔、溶蚀填隙物内孔和晶间微孔等孔隙组合, 分布均匀, 具有良好的连通性。复合型也是区内常见的孔隙组合类型。

### 3.2. 孔隙和喉道特征

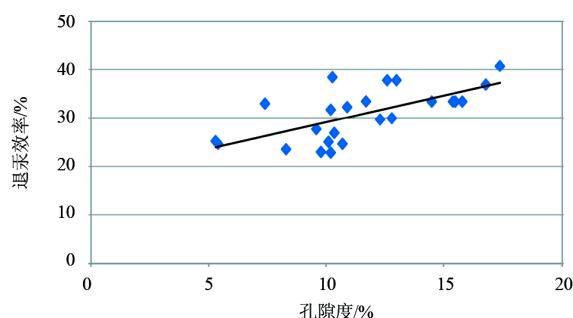
利用 J 县西南部地区 JT865 井等探井延 9 油层组密闭取心样品, 通过岩石压汞资料和毛细管压力曲线特征(图 6)分析, 总结了延 9 油层组孔喉特征。



**Figure 6.** The characteristics of the capillary pressure curve of Well JT865 in Yan 9 Reservoir  
**图 6.** JT865 井延 9 油层组毛细管压力曲线特征

JT865 井样品压汞测试表明, 储层排驱压力小, 范围在 0.15~0.65 MPa 之间(平均 0.35 MPa); 中值压力在 1.42~3.34 MPa 之间(平均 2.23 MPa); 孔隙度在 12.60%~16.80% 之间(平均 14.55%); 中值孔喉半径在 0.22~0.54  $\mu\text{m}$  之间(平均 0.36  $\mu\text{m}$ ); 最大进汞饱和度分布范围在 75.86%~97.21% 之间(平均 87.47%); 退汞效率分布范围为 22.84%~40.73% (平均 30.77%), 退汞效率高, 说明岩样的孔隙度高(图 7), 喉道半径较大, 且分选较好, 喉道分布较均匀; 喉道歪度范围在 -0.17~0.42 之间(平均 0.1316), 以粗歪度为主, 孔隙为粗孔径。

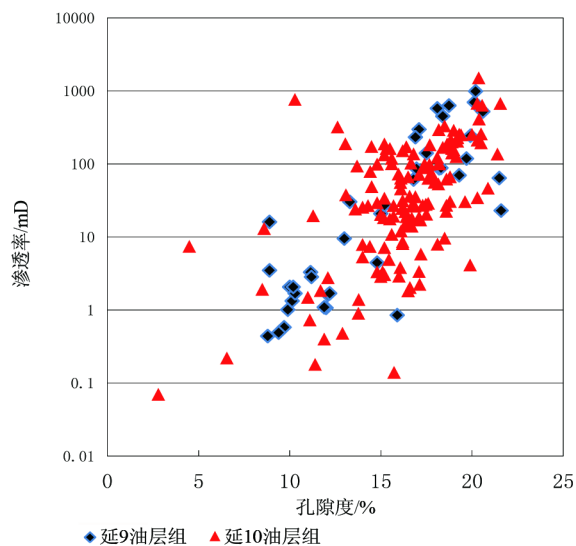
综合以上压汞参数分析, 延 9 油层组储层排驱压力和中值压力较小、中值半径与分选系数比较大, 具有较高的最大进汞饱和度和退汞效率, 反映其渗透率较大, 孔隙度较大。同时, 毛细管压力参数变化较大, 表明延 9 油层组砂岩孔隙结构具有较强非均质性。



**Figure 7.** The relationship between mercury removal efficiency and porosity of sandstone in Yan 9 Reservoir  
**图 7.** 延 9 油层组砂岩退汞效率与孔隙度关系图

#### 4. 储层物性特征

根据研究区延安组储层常规岩心样品的孔隙度、渗透率物性参数测定, J 县西南部地区延 9、延 10 油层组砂岩孔隙度最高为 21.6%, 最小为 2.8%, 集中分布于 14.99%~16.21%; 渗透率最高为 1503.21 mD, 最小为 0.07 mD, 集中分布于 101.70~147.83 mD, 属于中低孔、中渗储层。孔隙度与渗透率成指数关系, 在半对数图上成线性(图 8)。



**Figure 8.** The porosity and permeability relation diagram of sandstones in Yan 9 and Yan 10 Reservoirs in the southwest of J County  
**图 8.** J 县西南部地区延 9、延 10 油层组砂岩孔隙度 - 渗透率关系图

## 5. 结论

1) J 县西南部地区延 9、延 10 油层组砂岩主要为长石砂岩和岩屑质长石砂岩。岩屑以沉积岩岩屑为主。砂岩中填隙物总含量相对较少, 填隙物各成分含量存在差异, 主要以泥质杂基和胶结物为主, 胶结物中方解石含量最高。

2) 区内延 9、延 10 油层组砂岩主要孔隙类型为粒间孔及粒内溶蚀孔隙, 储集层孔隙结构具有较强的非均质性, 为中孔低、中渗储层。

## 参考文献 (References)

- [1] 艾娟, 张海. 靖边油田中山涧油区延安组延 9 沉积相研究[J]. 内蒙古石油化工, 2014, 24(14): 140-143.
- [2] 周冕, 时保宏. 中山涧油田延 9 储层成岩作用及对储层物性的影响[J]. 地下水, 2014, 36(4): 256-258.
- [3] 吴志宇, 赵虹, 李文厚, 等. 安塞油田中生界特低渗油藏地质特征与勘探实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2012: 5-36.
- [4] 许怀先, 陈丽华, 万玉金, 等. 石油地质实验测试技术与应用[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.

[编辑] 邓磊

**Hans** 汉斯

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2471-7185, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [jogt@hanspub.org](mailto:jogt@hanspub.org)