

# The Four Reservoir Relationships of Yan'an Formation in Huanjiang Oilfield and the Lower Limit of Oil Extraction

Ying Gao<sup>1</sup>, Fu Leng<sup>1</sup>, Xiujun Tang<sup>1</sup>, Tianxiang Luo<sup>1</sup>, Jun Mao<sup>2</sup>

<sup>1</sup>No. 7 Oil Production Plant, CNPC Changqing Oilfield Company, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>School of Resources and Environment, Yangtze University, Wuhan Hubei

Email: gaoying\_cq@petrochina.com.cn

Received: Mar. 14<sup>th</sup>, 2018; accepted: Apr. 30<sup>th</sup>, 2018; published: Aug. 15<sup>th</sup>, 2018

---

## Abstract

Based on the analysis of core data, physical properties and the 4 reservoir relationships and the main target formation of Yan'an Formation in Huanjiang Oilfield, it was shown that the reservoir characteristics in the study area were middle-low porosity and low permeability. Reservoir oil and gas properties were mainly controlled by lithology and reservoir physical properties. The sandstone with coarse grain size had good porosity and permeability and was often an effective reservoir for oil and gas enrichment. Based on interval transit-time and electrical resistivity, this paper uses the logging and interpretation conclusion relationship of the effective reservoir to determine the standard of electrical lower limit of effective reservoir in the research area. According to the model of porosity-sonic transit time, porosity-permeability, the lower limit of the effective reservoir physical property in the study area is calculated. Compared with the lower limit of effective reservoir and core test values, it indicates that both are obviously consistent and indicate that the physical property-electrical characteristic model conforms with the regional geological features. The research results provide an important basis for the exploitation and favorable area prediction in the study area.

## Keywords

Yan'an Formation, Middle-low Porosity and Low Permeability, Four-property Relation, Lower Limit Standard

---

# 环江油田延安组储层四性关系及出油下限研究

高英<sup>1</sup>, 冷福<sup>1</sup>, 唐秀军<sup>1</sup>, 罗天相<sup>1</sup>, 毛俊<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中石油长庆油田分公司第七采油厂, 陕西 西安

<sup>2</sup>长江大学资源与环境学院, 湖北 武汉

作者简介: 高英(1980-), 男, 工程师, 现主要从事油气田开发工作。

Email: gaoying\_cq@petrochina.com.cn

收稿日期: 2018年3月14日; 录用日期: 2018年4月30日; 发布日期: 2018年8月15日

## 摘要

通过对环江油田延安组主要目的层段岩心资料、物性特征及储层四性关系的分析研究表明: 研究区储层具有中-低孔、低渗特征; 储层含油气性主要受控于岩性和储层物性; 粒度较粗的砂岩孔渗性较好, 常成为油气富集的有效储集体。选取声波时差和电阻率等电性资料, 根据测井、有效储层解释结论确定了区内有效储层的电性下限, 并由孔隙度-声波时差、孔隙度-渗透率模型计算出研究区有效储层物性下限。通过对比有效储层下限值与岩心测试值, 二者具有明显的一致性, 表明储层物性-电性特征模型符合研究区地质特征, 为有利区的预测提供了重要依据。

## 关键词

延安组, 中-低孔、低渗, 四性关系, 下限标准

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. 地质概况

环江油田位于鄂尔多斯盆地的西南部, 天环坳陷中段, 紧邻西缘断裂带, 构造较为稳定[1]。区内主要研究层位包括有中侏罗统延安组的7、8、9、10油层组( $J_2y_7 \sim J_2y_{10}$ )共4套开发层系, 主要发育2种沉积模式,  $J_2y_7 \sim J_2y_9$ 发育三角洲平原亚相,  $J_2y_{10}$ 与下伏富县组发育以侵蚀充填为主的辫状河流相。优质储层主要分布于心滩和辫状河道微相较为发育的地区。

## 2. 储层“四性”特征及相互关系

### 2.1. “四性”特征

据矿物鉴定资料显示, 环江油田延安组储层岩石类型主要为岩屑石英砂岩、长石岩屑砂岩(图1)。石英体积分数约为70%左右; 长石体积分数为10%~20%; 岩屑体积分数较少, 约10%左右; 填隙物体积分数不足10%, 主要以水云母、高岭石为主。砂岩粒径主要分布范围为0.3~1.0 mm (平均1.9 mm), 分选中等-差; 磨圆主要为次圆-次棱角状; 颗粒以线、点-线接触为主; 胶结类型主要为孔隙式胶结、加大-孔隙胶结、孔隙-加大胶结。

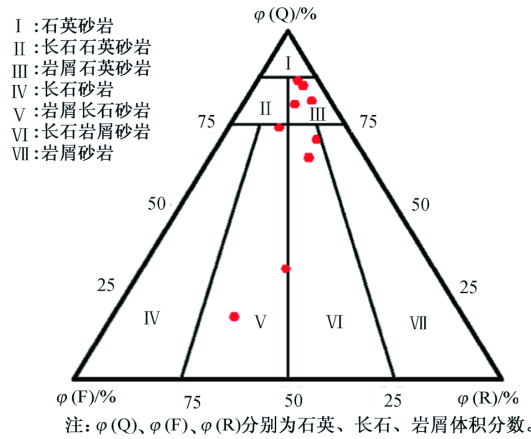


Figure 1. The classification of reservoir sandstone of Yan'an Formation in Huanjiang Oilfield  
 图 1. 环江油田延安组储集层砂岩成分分类图

### 2.2. 岩性与物性的关系

在储层“四性”关系研究过程中，岩性与物性的关系最为基础和重要，二者是影响储层储集性能的直接因素[2] [3] [4]。岩心资料分析结果表明，环江油田延安组目的层位主要发育中-细粒砂岩、粉砂岩，泥岩发育较少。不同孔隙度和渗透率的储层发育不同粒级的砂岩，随着砂岩粒度的增大，储层孔隙度、渗透率也逐渐变大。

### 2.3. 岩性与电性的关系

储层的电性是指所获得的反映地下地质情况的测井信息，通过对储层电性特征的研究可以实现对岩性、物性和含油性的综合认识[5] [6]。研究表明，砂、泥岩的电性特征在自然伽马曲线上有较好的响应，即随着岩石粒度的减小和泥质含量的增加，自然伽马总体呈增大趋势。环江油田 J<sub>2</sub>y<sub>7</sub>~J<sub>2</sub>y<sub>10</sub> 主要储层段内，中-细粒砂岩均具有较高电阻率、高声波时差和低自然伽马的电性特征。电阻率主要为 0~25 Ω·m，自然伽马为 0~160 API，声波时差为 190~260 μs/m (图 2)。

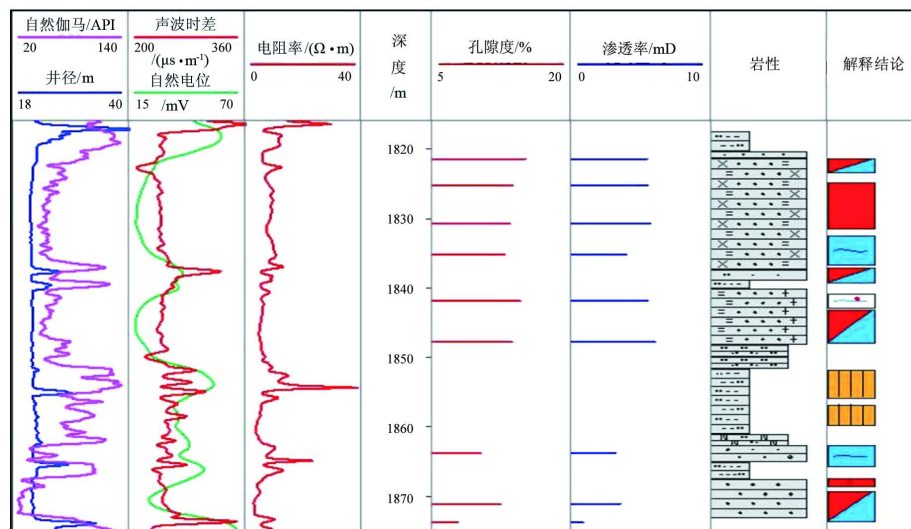


Figure 2. The diagram of 4 property relationship in J<sub>2</sub>y<sub>7</sub> of Huanjiang Oilfield  
 图 2. 环江油田 J<sub>2</sub>y<sub>7</sub> “四性”关系图

## 2.4. 岩性与含油性关系

不同岩性对应的油气显示有显著差别,中-细粒砂岩是主要的含油储集层,以自然电位曲线明显负异常,自然伽马低值为特征。含油砂岩电阻率通常较高,主要为油斑显示。储层解释结论反映出物性较好的中-细粒砂岩储层易于发育成规模较大的油藏,成为有利的生产层位。

泥岩、粉砂岩则以中等自然伽马、中-低负异常自然电位为特征;声波时差较高,电阻率相对较低。由于岩性颗粒较细,所以其有效孔隙度低,渗透性差,一般不含油。

## 2.5. 物性与含油性关系

储层含油性是油藏评价的重要内容,对于不同岩性、物性储层的含油级别,一般来讲,储层砂岩粒度越粗,物性越好,其含油级别也越高[2] [7] [8]。通过统计区内不同含油级别所对应的物性参数(图 3)可知,储层油气显示级别与储层物性特征存在一定的相关性,即物性较好的储层往往具有较高的含油级别。

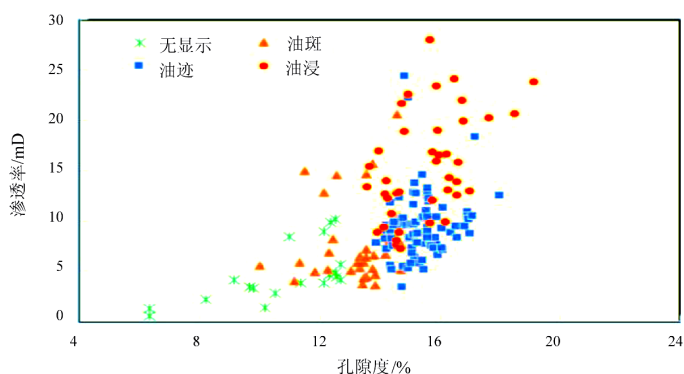


Figure 3. The relationship between physical properties and oil-bearing properties of  $J_2Y_7$  in Huanjiang Oilfield  
图 3. 环江油田  $J_2Y_7$  储层物性与含油性关系图

## 3. 储层物性参数模型

### 3.1. 孔隙度测井解释模型

以研究区  $J_2Y_7$  为例,通过储层岩电资料的分析,绘制孔隙度-声波时差交会图(图 4)。由图 4 可知,区内延安组储层孔隙度与声波时差存在良好的响应关系,可利用声波时差对孔隙度进行测井化解释,建立孔隙度测井解释模型。

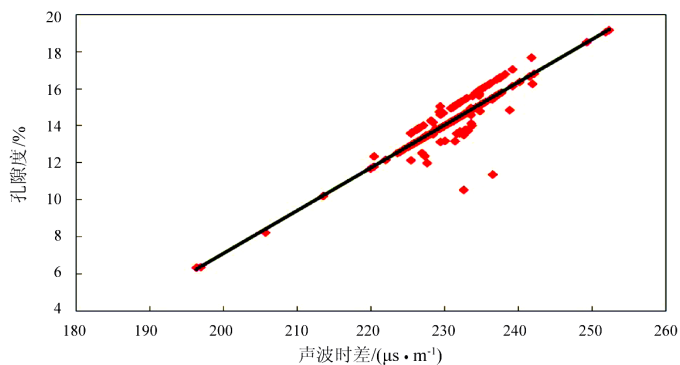


Figure 4. The intersection diagram of porosity and interval transit-time of  $J_2Y_7$  in Huanjiang Oilfield  
图 4. 环江油田  $J_2Y_7$  孔隙度-声波时差交会图

$$\phi = 0.2309\Delta t - 39.115 \quad R = 0.8463 \quad (1)$$

式中： $\phi$  为孔隙度，%； $\Delta t$  为声波时差， $\mu\text{s}/\text{m}$ ； $R$  为相关系数，1。

### 3.2. 渗透率测井解释模型

影响储层渗透率的主要因素包括孔喉半径和岩石颗粒间孔隙的连通性，孔喉半径主要取决于岩石颗粒分选、磨圆及平均粒度大小，孔隙连通性则受控于胶结物的性质和含量。通常受成岩及成岩后作用影响较小的储层，其渗透率和孔隙度具有良好的相关性，通过对研究区  $J_{2y_7}$  储层孔、渗关系的研究分析作出渗透率-孔隙度交会图，发现二者具有较好的相关性(图 5)，通过回归分析得到：

$$K = 0.16e^{0.2732\phi} \quad R = 0.7879 \quad (2)$$

式中： $K$  为渗透率， $\text{mD}$ 。

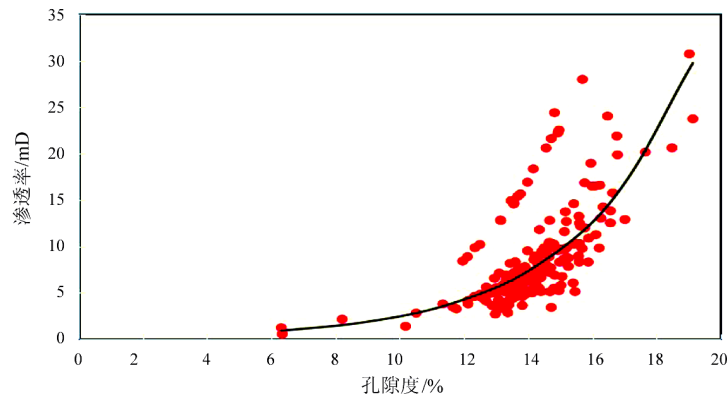


Figure 5. The intersection diagram of porosity and permeability of  $J_{2y_7}$  in Huanjiang Oilfield  
图 5. 环江油田  $J_{2y_7}$  渗透率-孔隙度交会图

## 4. 储层出油下限的确定

储层出油下限主要指 2 个方面，物性下限和电性下限。

电性的下限标准可确定有效储层，即利用测井、取心资料及储层解释相结合的方式，建立油层、水层和干层判别标准，对有效储层进行划分[2]。选取环江油田  $J_{2y_7}$  的测井数据及所对应层段储层解释结论，绘制电阻率-声波时差关系图(图 6)，获得有效储层的电性下限，声波时差  $\geq 223 \mu\text{s}/\text{m}$ ，电阻率  $\geq 6 \Omega \cdot \text{m}$ 。

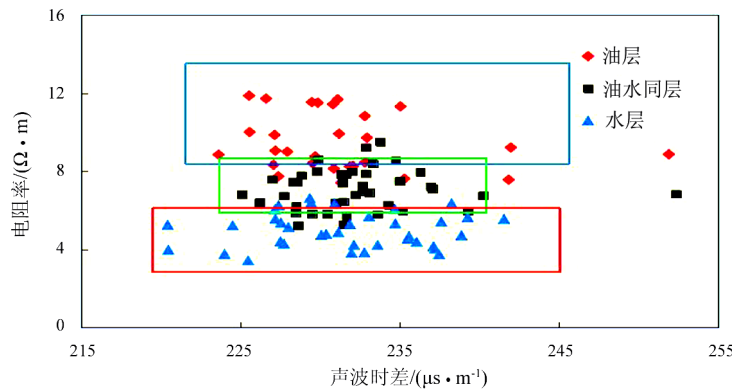


Figure 6. The relationship between the resistivity and interval transit-time of  $J_{2y_7}$  in Huanjiang Oilfield  
图 6. 环江油田  $J_{2y_7}$  电阻率-声波时差关系图

储层物性下限的确定一般采用经验统计法、压汞参数法、交会图法和测试法[9] [10] [11]。该次研究采用储层物性、电性交会图法确定物性下限。根据式(1),通过储层声波时差下限来确定储层孔隙度下限,进而由式(2)求解渗透率下限,得出储层物性下限为孔隙度  $\geq 12.7\%$ ,渗透率  $\geq 5.1$  mD。通过对区内  $J_2y_7$  有效储层孔、渗参数统计,孔隙度多大于  $12.3\%$ ,渗透率基本大于  $4.9$  mD。故模型计算所获得的物性下限与实测结果较为符合,反映出模型具有一定的可靠性,适用于研究区的地质条件。

## 5. 结论

1) 环江油田储层四性特征明显,测井曲线能有效识别不同岩性,确定物性相对较好的储层;储层含油性主要受岩性和储层物性的控制,粒度较粗的砂岩孔隙度、渗透率较高,可作为良好的储集体。

2) 通过电阻率、声波时差及储层解释结论确定了电性下限为声波时差  $\geq 223$   $\mu\text{s}/\text{m}$ ,电阻率  $\geq 6$   $\Omega\cdot\text{m}$ ;通过孔隙度和渗透率测井解释模型确定了物性下限为孔隙度  $\geq 12.7\%$ ,渗透率  $\geq 5.1$  mD。

## 参考文献

- [1] 刘爱平,刘玉梅,董晓伟,等.板桥油气田沙一下油层下限标准研究及应用[J].中国石油和化工标准与质量,2014,34(6):175-176.
- [2] 岳绍飞,刘杰,马丽娜,等.福山凹陷流沙港组三段储层四性关系及有效厚度下限标准[J].油气地质与采收率,2013,20(4):42-45+113-114.
- [3] 李金铸,刘琮,卢春辉,等.东庄储层四性关系研究[J].油气田地面工程,2011,30(4):24-25.
- [4] 魏君,王英华,展翅飞,等.马厂油田X复杂断块“四性”关系研究[J].长江大学学报(自科版),2014,11(13):13-15+4.
- [5] 彭川.利用“四性”关系识别涇河17井区长8储层[J].河南科技,2015(5):121-123.
- [6] 邢长林,英亚歌.鄂尔多斯盆地陇东地区长8段储层特征与储层四性关系研究[J].石油地质与工程,2012,26(4):42-46+6.
- [7] 陈西洋,师学耀.富县钳二区长7、长8储层四性关系及有效厚度下限标准研究[J].地下水,2015,37(5):268-270.
- [8] 于建青,陈立军,吉亚军.子北油田毛家河区延长组储层四性关系研究[J].石油地质与工程,2014,28(2):67-69.
- [9] 姜航,庞雄奇,施和生,等.基于毛细管力的有效储层物性下限判别[J].地质论评,2014,60(4):869-876.
- [10] 宋秋花.高邮凹陷阜宁组储层特征研究[D]:[硕士学位论文].青岛:中国石油大学学报(华东),2009.
- [11] 张安达,潘会芳.致密储层物性下限确定新方法及其应用[J].断块油气田,2014,21(5):623-626.

[编辑] 邓磊

### 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)