

# 吴起油田长官庙油区长9探井油水层预测

柯西勇

桂林理工大学地球科学学院, 广西 桂林

收稿日期: 2024年2月26日; 录用日期: 2024年4月17日; 发布日期: 2024年4月25日

## 摘要

延长组地层发育时间长, 为油气资源提供了良好的生油、聚集及储存场所, 但该区块储集层有很强的非均质性, 物性差, 地层结构复杂。长9作为含油层之一, 为了更准确地探明落实该区长9含油层位和储层特点, 设计最大井深2400 m的探井, 依据该区一些井位的录井和测井资料, 进行地层标志层对比和油水层划分, 预测吴起油田长官庙油区长9油层探井, 储层岩性主要是暗色泥岩、页岩夹灰色粉-细砂岩, 总厚度为80~130 m; 长9<sup>1</sup>、长9<sup>2</sup>、长9<sup>3</sup>深度为2220.9~2262.2 m、2262.2~2299.9 m、2299.9~2337.8 m; 出水水井段为2235~2240 m和2230~2235 m。

## 关键词

吴起油田长官庙油区, 延长组, 长9储层, 油水层

# Oil-Water Reservoir Prediction of Chang 9 Exploration Well in Zhangguanmiao Oil Area of Wuqi Oilfield

Xiyong Ke

School of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi

Received: Feb. 26<sup>th</sup>, 2024; accepted: Apr. 17<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 25<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

The long development time of Yanchang Formation provides a good place for oil generation, accumulation and storage of oil and gas resources, but the reservoir in this block has strong heterogeneity, poor physical property and complex formation structure. Chang 9 is one of the oil-bearing reservoirs. In order to more accurately identify and implement the characteristics of Chang 9 oil-bearing reservoirs and reservoirs in this area, an exploration well with a maximum well depth

of 2400 m was designed. Based on the logging and logging data of some well locations in this area, marker formation correlation and oil-water layer division were conducted to predict the exploration well of Chang 9 oil layer in Changmiao oil area of Wuqi Oilfield. The reservoir lithology is mainly dark mudstone, shale mixed with gray silt-fine sandstone, with a total thickness of 80~130 m; Chang 9<sup>1</sup>, Chang 9<sup>2</sup>, Chang 9<sup>3</sup> are 2220.9~2262.2 m, 2262.2~2299.9 m, 2299.9~2337.8 m in depth; It is predicted that the oil-well interval is 2235~2240 m and 2230~2235 m.

## Keywords

Wuqi Oil Field Zhangguan Miao Oil Area, Yanchang Formation, Chang 9 Oil-Bearing Formation, Oil-Water Layer

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

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



Open Access

## 1. 研究背景及研究现状

我国的油气资源稀缺,为了开采出更多的资源进行了许多研究。作为鄂尔多斯盆地吴起油田长官庙油区储层之一的长9储层,也有必要进行相应的研究。探井钻井地质设计能帮助找到油气圈闭,确认有开采价值的油气并了解油层数量、深度、厚度,弄清目的层的岩性和物性,评价产油气能力,分析原油性质,扩大油气钻探,进一步促进油气开发。

在20世纪末期在塔里木盆地、四川盆地的勘探中超深井越来越多。2008年以后年完数量超越百口,其中有亚洲最深井-塔深1井深度达到8408米。说明我国钻井技术已经日益成熟,但与美国仍有差距[1]。探井地质中的不确定性主要是地层压力、地层状态、地层岩性、地层分层深度和完井深度的不确定性[2],探井不仅可以获得研究区地质情况在不同开发层位可以采用滞后注水开发与同步注水开发来提升开采效率[3],而水平探井地质设计优化主要体现在造斜点和靶点、油层组细分小层及录井三个方面[4]。因此油气探井的目的主要有对研究区目的层探测、开采油气、辅助开采油气等目的。鄂尔多斯盆地三叠系延长组的沉积体系比较复杂,依据沉积旋回,结合岩石结构、沉积构造和电性特征将长9分为长9<sup>1</sup>、长9<sup>2</sup>、长9<sup>3</sup>,厚度在100-120米之间的三个亚油层[5]。由于长9储层有着非均质性强、低孔隙度、低渗透率的特点油气开采难度大,那么就要求进行科学、准确的地质设计,使得钻井工作高效进行,以便于提高油气资源开采的经济效益[6]。

## 2. 区域概况

吴起油田长官庙油区位于陕西省吴起县长官庙镇(如图1)。其大地坐标 X: 36491190.5 - 36505758.9, Y: 4059524.0 - 4075892.5,东西宽约13.6 km,南北长约16.6 km,区域面积约225.7 km<sup>2</sup>。该区地形复杂,沟壑纵横,平均海拔在1300 m到1600 m之间。当地昼夜温差大,四季分明,处于大陆性干旱或半干旱气候以致其降雨量低。

该区构造位置属于鄂尔多斯盆地次级构造单元陕北斜坡的西部。陕北斜坡发育于早白垩世,自东向西倾斜发育,地层倾角和坡降小,形成了一系列的低幅度鼻状隆起构造,再与沉积的砂体结合造就了油气聚集的有利区。长9储层有一定的延续性,总的来看构造特征表现为“东高、西低”,储层分布主要受沉积相发育影响。岩石类型主要为长石砂岩和岩屑砂岩,属于特低孔、特低渗孔隙储层。储层内是油水混储[5]。尽管吴起油田的产量已经突破200万吨,但由于该区地表环境复杂、气候恶劣,地层非均质性强,导致

勘探钻井技术尚未发展成熟，产油率与国外相比仍有差距，这表明该区块仍有深入研究的必要[7]。

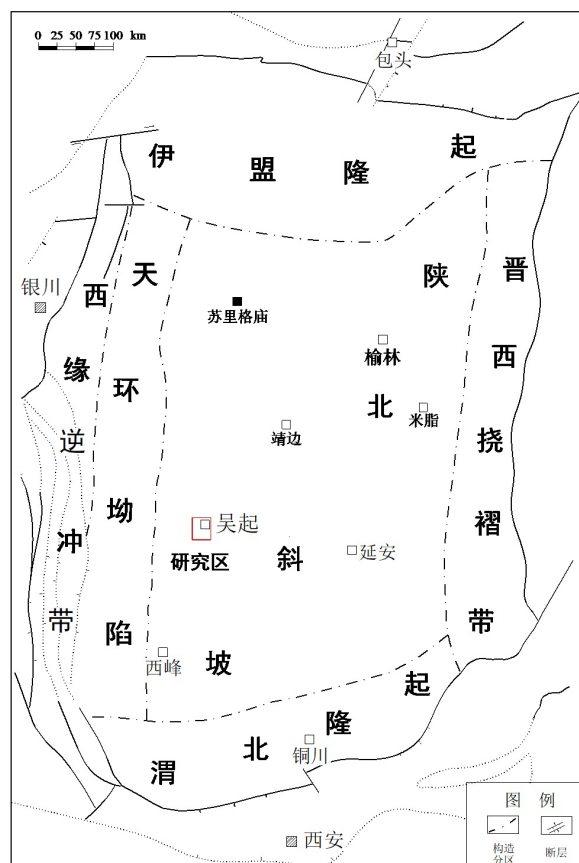


Figure 1. Structural location map of the study area

图 1. 研究区构造位置图

### 3. 研究剖面选取

由于沉积层在同一构造环境下具有一定的延续性[8] [9], 在吴起油田长官庙油区相近的顶面构造值选取了曾 7~38-257 连井的录井、测井资料, 参考长 9 油层组主要为三角洲前缘亚相沉积, 沉积微相主要发育水下分流河道、河口坝、分流间湾、席状砂等, 以水下分流河道沉积和分流间湾沉积最为发育。研究区水下分流河道沉积微相, 电测曲线特征表现为箱状、钟状以及反漏斗型, 河道侧翼则呈指状, 自然电位曲线形态, 负偏幅度较大。自然伽马曲线幅度较低, 齿化较少, 视电阻率幅度起伏不大, 微电极曲线差异明显。河口坝位于自然电位曲线负偏最大幅度的下方, 曲线幅度低于其上部的分流河道, 高于下部的席状砂或远砂坝, 以漏斗形或台阶状漏斗形为主, 构成识别三角洲的重要标志。自然伽马曲线向下幅度升高, 微电极向上差异增大。席状砂在测井曲线上所表现的形态特征为 SP 和 GR 曲线表现为指形或齿形。分流间湾沉积微相在测井曲线上表现为自然电位曲线和自然伽马曲线形态呈低幅度微齿状或线状[10]。作出曾 7~38-257 连井地层对比图(如图 2)可以得出该区剖面连线比较平滑, 三个亚层长 9<sup>1</sup>、长 9<sup>2</sup>、长 9<sup>3</sup> 的平均厚度为 39.2 m、37.8 m、37.9 m, 19-13 井长 9 地层三个亚层位置为 2300.8~2341.4 m、2341.4~2379.5 m、2379.5~2416.8 m; 21-32-2 井长 9 地层三个亚层位置为 2260~2299.5 m、2299.5~2339.2 m、2239.2~2374 m。吴起油田长官庙油区西邻天环凹陷, 东靠陕北斜坡有良好的生油条件[11]。从顶面构造图(图 3)所示 19-13 井处于鼻状构造位置有利于油气聚集。

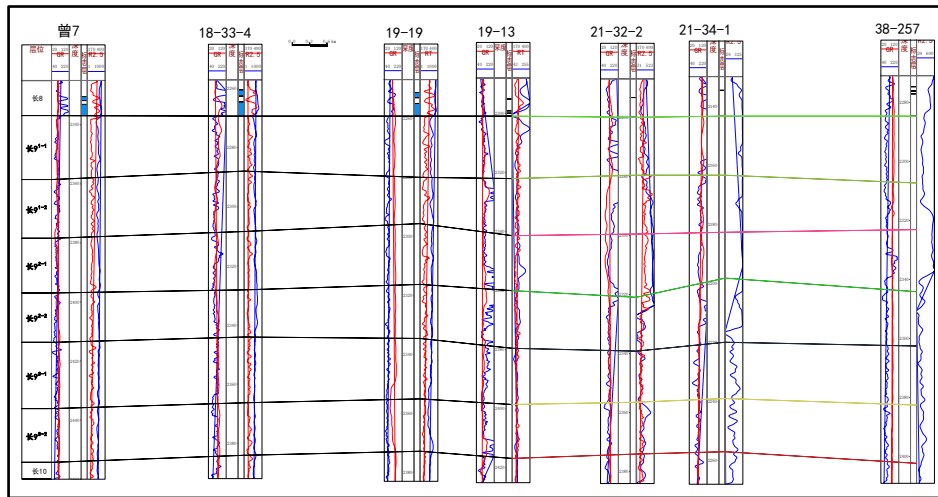


Figure 2. Stratigraphic correlation map from 7 to 38-257  
图 2. 曾 7~38-257 地层对比图

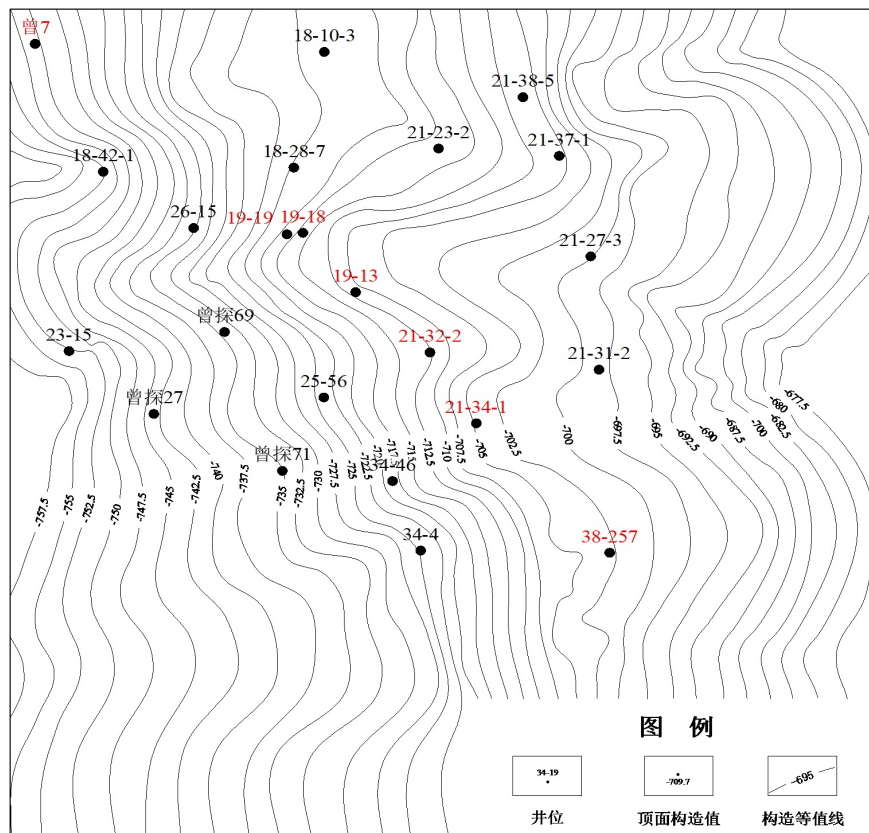


Figure 3. Structure diagram of the top surface of some well locations in this area  
图 3. 该区部分井位顶面构造图

## 4. 设计井地质设计

### 4.1. 预测设计井油水层的原因和方法

长官庙地区延长组长 9 油层组油藏叠合含油面积为 71.86 km<sup>2</sup>，石油地质储量为 1880.23 × 10<sup>4</sup> t，有

良好的圈闭形态及成藏条件及巨大的油气资源开采价值。但该区长 9 三个油层组的平均砂体厚度为 38.3 m, 平均孔隙度为 6.3%, 平均渗透率为  $0.26 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 其孔隙度和渗透率偏低[12]。因此我们要探明该区长 9 层位油藏的性质, 探井准确地查明目的层及油水层的位置不仅能降低探井的成本, 同时对后期油气资源进一步的确认、开采及提升采收效率都有重要意义[13]。

选择日产油量达 3.5 t 的 19-13 井附近井位稀疏的地方对储集油气资源有利的鼻状构造, 再利用曾 7~38-257 连井的连井剖面提供的录井、测井及地质数据作图划分目的层长 9 地层三个含油亚层并作出地层对比图, 以此来预测设计井的三个亚层位置, 作出油藏剖面图, 以此来预测设计井的的油水层位置。

## 4.2. 设计井参数

设计井基本参数如下表 1 所示。

**Table 1.** Basic parameters of design well

**表 1.** 设计井基本参数表

井号	探 1 井
井位坐标	横坐标: 3643568, 纵坐标: 4064229
构造位置	吴起西南部隆起带
地理位置	陕西省延安市吴起县长官庙镇西南部隆起
设计井类别	探井
设计井设计深度	2400 m
设计井目的层位	延长组长 9 层
设计设计井原因	进一步落实和探明研究区长 9 层含油边界和油藏特征

## 4.3. 设计井划分地层剖面和预计油水位置

### 4.3.1. 利用同剖面地层剖面图划分地层剖面

设计井目的层位是上三叠统延长组长 9 油层组, 长 9<sup>1</sup>、长 9<sup>2</sup>、长 9<sup>3</sup> 三个油层亚组, 电阻率、自然伽马、波时差曲线整体表现为齿状或块状起伏, 具体测井曲线(如图 4)层对比图所示。标志层包括“张家滩页岩”和“李家畔页岩” [5]。

张家滩页岩(T3y3): 位于长 7 底部, 测井曲线表现为声波时差块状中 - 高值, 自然伽马呈块状高值, 高电阻。

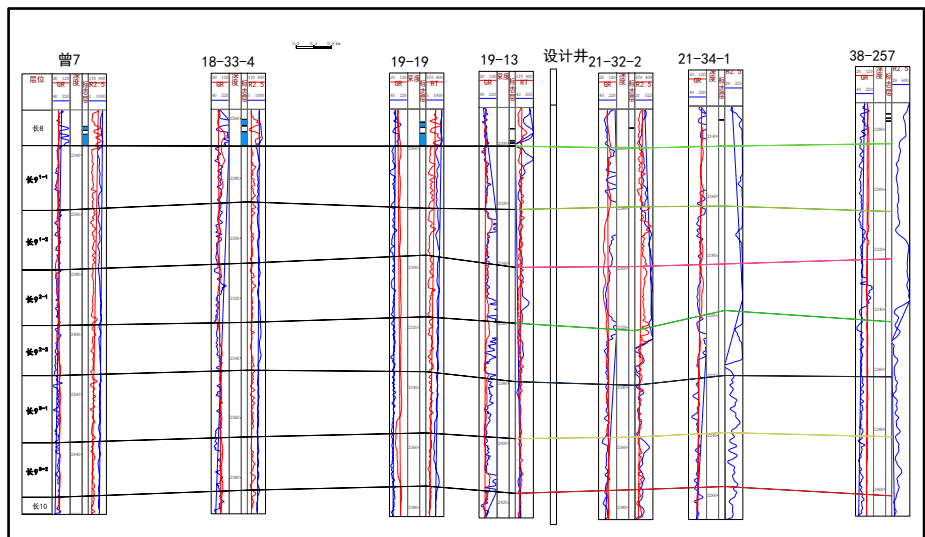
李家畔页岩(T3y2): 位于长 8 底部, 测井曲线表现为高声波时差高、高伽马、中高电阻。

在设计井附近拉一条剖面作出地层对比图, 可以看出该地层的长 9 顶底厚度并对其进行层位划分, 其层位预测详情可见表 2 地层划分表。

**Table 2.** Stratigraphic division

**表 2.** 地层划分表

系	统	组	油层组	地层位置(m)	岩性描述	标志层
三叠系	上统	延长组	长 9 <sup>1</sup>	2220.9-2262.2	深灰色、黑色泥岩或粉砂质泥岩与灰色灰绿色细砂岩和粉砂岩互层	T3y2、T3y3
			长 9 <sup>2</sup>	2262.2-2299.9		
			长 9 <sup>3</sup>	2299.9-2337.8		

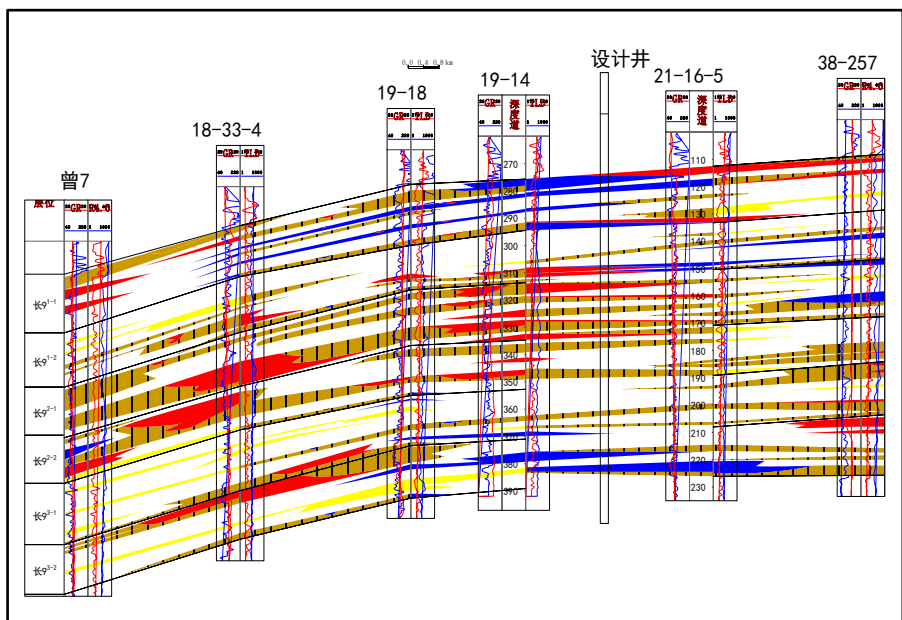


**Figure 4.** Formation correlation diagram with design well Zeng 7-38-257  
**图 4.** 含设计井曾 7~38-257 地层对比图

**4.3.1. 利用同剖面油藏剖面图预测油水位置**

**Table 3.** Oil and water position prediction table  
**表 3.** 油水位置预测表

系	统	组	油层组	深度(m)	厚度(m)	预测油水显示
三叠系	上统	延长组	长 9 <sup>1</sup>	2220.9~2262.2	31.6-47	2235~2240 m 和 2230~2235 m。
			长 9 <sup>2</sup>	2262.2~2299.9	30.2-44.9	
			长 9 <sup>3</sup>	2299.9~2337.8	30.3-47.9	



**Figure 5.** Reservoir profile with design well Zeng 7-38-257  
**图 5.** 含设计井曾 7~38-257 油藏剖面图

曾 7~38-257 井位油藏剖面可以得出整个剖面各个层位连通性一般且厚度较低, 18-33-4 井与 19-14 井出油段最多, 其中 19-14 井 2310~2315 m 出油明显。依据邻井的油水层位置推测设计井长 9 层位含油水情况。由油藏剖面图可以利用已知 19-14 井与 21-16-5 井的解释结论位置取算数平均值预测设计井的油水位置。取其中连层最为平滑的 2310 m 附近作设计井出油位置预测, 具体油显示位置为 2235~2240 m, 水显示位置为 2230~2235 m (表 3, 图 5)。

#### 4.4. 设计井平面图

设计井坐标为 X: 36493568, Y: 4064229, 具体位置如图 6 所示。

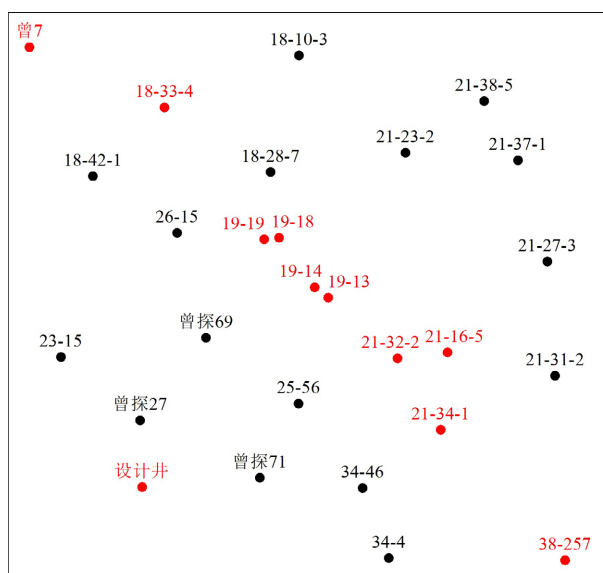


Figure 6. Design well plan  
图 6. 设计井平面图

## 5. 结论

- 1) 以生油量最大的 19-13 井作参照, 在有利于油气储集的鼻状构造区选择设计井的坐标为 X: 36493568, Y: 4064229, 以附近井位生油层最大深度不超过 2400 m 确定最大井深为 2400 m。
- 2) 利用储层标志层特点所作地层对比结果表明吴起油田长官庙油区长 9 油层设计井储层岩性主要是暗色泥岩、页岩夹灰色粉-细砂岩, 总厚度为 80~130 m。
- 3) 利用长 9<sup>1</sup>、长 9<sup>2</sup>、长 9<sup>3</sup> 沉积微相特征划分研究剖面三个亚层并作出地层对比, 预测设计井长 9<sup>1</sup>、长 9<sup>2</sup>、长 9<sup>3</sup> 深度为 2220.9~2262.2 m、2262.2~2299.9 m、2299.9~2337.8 m。
- 4) 利用相邻 19-14 井与 21-16-5 井油水层位置取算数平均值, 取其中连层最为平滑的 2310 m 附近, 预测出设计井油水井段为 2235~2240 m 和 2230~2235 m。

## 参考文献

- [1] 闫光庆, 张金成. 中国石化超深井钻井技术现状与发展建议[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(2): 1-6.
- [2] 王关清, 陈元顿, 周煜辉. 深探井和超深探井钻井的难点分析和对策探讨[J]. 石油钻采工艺, 1998(1): 1-7, 17-104. <https://doi.org/10.13639/j.odpt.1998.01.001>
- [3] 王永卓, 王春瑞, 万心一. 大庆外围低渗透油田探井与开发井之间产能关系探讨[J]. 大庆石油地质与开发, 1999(5): 2-4+52.

- [4] 王许艳. 水平探井钻井地质设计的优化[J]. 石化技术, 2015, 22(3): 174+196.
- [5] 赵妮霞. 吴起油田长 9 油藏分布特征研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安石油大学, 2013.
- [6] 段玉良, 陈立军, 刘绍光, 等. 吴起油田曾岔-长官庙地区长 9 储层四性关系研究[J]. 化学工程与装备, 2016(2): 55-57.
- [7] 王君. 长官庙油田稳产方案研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安石油大学, 2012.
- [8] Tarter, S.R., Bowler, B.F.J., *et al.* (1996) Molecular Indicators of Secondary Oil Migration Distance. *Nature*, **383**, 593-597. <https://doi.org/10.1038/383593a0>
- [9] Hunt, J.M. (1990) Generation and Migration of Petroleum Form Abnormally Pressured Fluid Compartment. *AAPG Bulletin*, **74**, 1-12. <https://doi.org/10.1306/0C9B21EB-1710-11D7-8645000102C1865D>
- [10] 李鹏飞. 吴起油田铁边城地区长 6 沉积微相和储层特征研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安石油大学, 2016.
- [11] 马金花. 试论吴起油田长 9 油藏分布的特征[J]. 石化技术, 2019, 26(9): 141+144.
- [12] 魏超. 延长油田河庄区长 2 储层特征研究[D]: [硕士学位论文]. 西安: 西安石油大学, 2015.
- [13] 高德利. 油气钻井技术展望[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2003(1): 29-32+7.