

# 陕北斜坡东部李家岔探区高含水油藏成因分析

时保宏<sup>1,2</sup> 赵靖舟<sup>2</sup> 孟祥振<sup>3</sup> 罗然昊<sup>3</sup>

(1. 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069; 2. 西安石油大学油气资源学院, 陕西 西安 710065;  
3. 延长油田股份公司, 陕西 延安 717200)

**摘要:** 本文通过 101 口井的试油和产量数据统计分析, 总结了陕北斜坡东部李家岔探区油藏含水率的平面和纵向变化规律, 并探讨了其高含水原因。研究区含水率有北部高、南部低, 中间低、东西高的特征; 含水率在纵向上有从下往上变低的趋势。通过烃源岩条件、物性条件及与相邻油田的对比分析, 认为油源不足是李家岔探区油藏高含水的最主要原因, 运移条件差是高含水的重要原因, 低孔、低渗的储层条件也是高含水的原因之一。

**关键词:** 特低渗透油藏; 含水率; 延长组; 李家岔

**中图分类号:** TE122. **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2007)03-0445-05

李家岔探区面积约 1200 km<sup>2</sup>, 隶属于延长油田股份公司子北采油厂, 位于陕西省子长县东北部, 区域构造上位于鄂尔多斯盆地陕北斜坡二级构造带。该探区的勘探工作始于 20 世纪 80 年代, 理 2、理 3、理 4、理 78、理 79、理 80 等探井在三叠系延长组长 2 段、长 4+5 段、长 6 段等发现含油显示, 但由于地面条件差, 交通不便, 勘探工作未能进一步突破。2000 年起加大了对该区的勘探开发力度, 相继在长 2 段和长 6 段发现了工业油流。然而, 李家岔探区与相邻安塞油田、蟠龙油田和子长油田相比, 明显具有高含水特征。笔者通过 101 口井的试油和产量数据统计分析, 总结陕北斜坡东部李家岔探区含水率的平面和纵向变化规律, 并进行其高含水原因的探讨, 以期能为该探区的下部勘探工作提供一定的指导作用。

## 1 李家岔探区含水分布特征

### 1.1 含水率平面分布特征

根据延长组长 6 段 70 口探井试油数据的统计分析, 其含水率有北部高、南部低, 中间低、东西高的特征(图 1)。低含水率分布在理 840—理 810—理 132—理 138—理 156—理 152—理 853 一线, 含水率值在 22.1%~46.8%。向该区东部缓慢增大, 含水率值主要在 60%~80%; 但向其西部和南部含水率较大, 含水率值在 60%~90%, 有些井只出水, 如理 813、理 323、理 328、理 831、理 310、理 134 等。

与长 6 段相比, 长 4+5 段试油数据较少, 且在平面上分

布不均匀, 从仅有的 11 口井数据分析, 长 4+5 段其总体含水率比长 6 段高, 长 6 平均含水率为 68.96%, 长 4+5 平均含水率为 81.33%。其平面分布也同样具有北部高、南部相对较低的特点。

目前长 2 段试油的井数量较少, 只有 19 口, 且分布比较集中, 主要分布在长 2 已探明储量区块内。根据长 2 段 19 口探井试油数据的统计分析, 在其分布区范围内具有中间低、南北高的特征。低含水率分布在理 3—理 130—理 124 井含水率值为 39.80%~45.30%。向其北部和南部含水率增大, 含水率值在 70%以上, 且其含水率高的部位在两个鼻状隆起上。

### 1.2 李家岔含水纵向分布特征

李家岔探区勘探实践证明, 延长组长 6 段和长 2 段是该区油气的主要富集层位, 但同时具有多层位含油的特点。除长 6 段和长 2 段外, 在长 4+5 段和长 3 段目前也发现了较好的油气显示。

根据本区 101 口井试油结果统计(表 1~2), 长 4+5 段含水率最高, 平均值为 81.33%; 其次为长 6 段, 平均值为 68.96%; 长 2 段最低, 平均值为 64.46%。含水率在纵向上有从下往上变低的趋势。在长 6 段内部也同样具有从下往上变低的趋势。

## 2 李家岔探区高含水原因分析

李家岔探区与相邻安塞油田、蟠龙油田和子长油田相

收稿日期: 2007-04-07; 改回日期: 2007-05-15

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973)项目(2003CB214607)、教育部长江学者和创新团队发展计划项目(IRT0559)资助。

作者简介: 时保宏, 男, 1971 年生, 博士生, 主要从事油气成藏地质学及天然气地球化学方面的研究工作; E-mail: bh.sh@163.com。

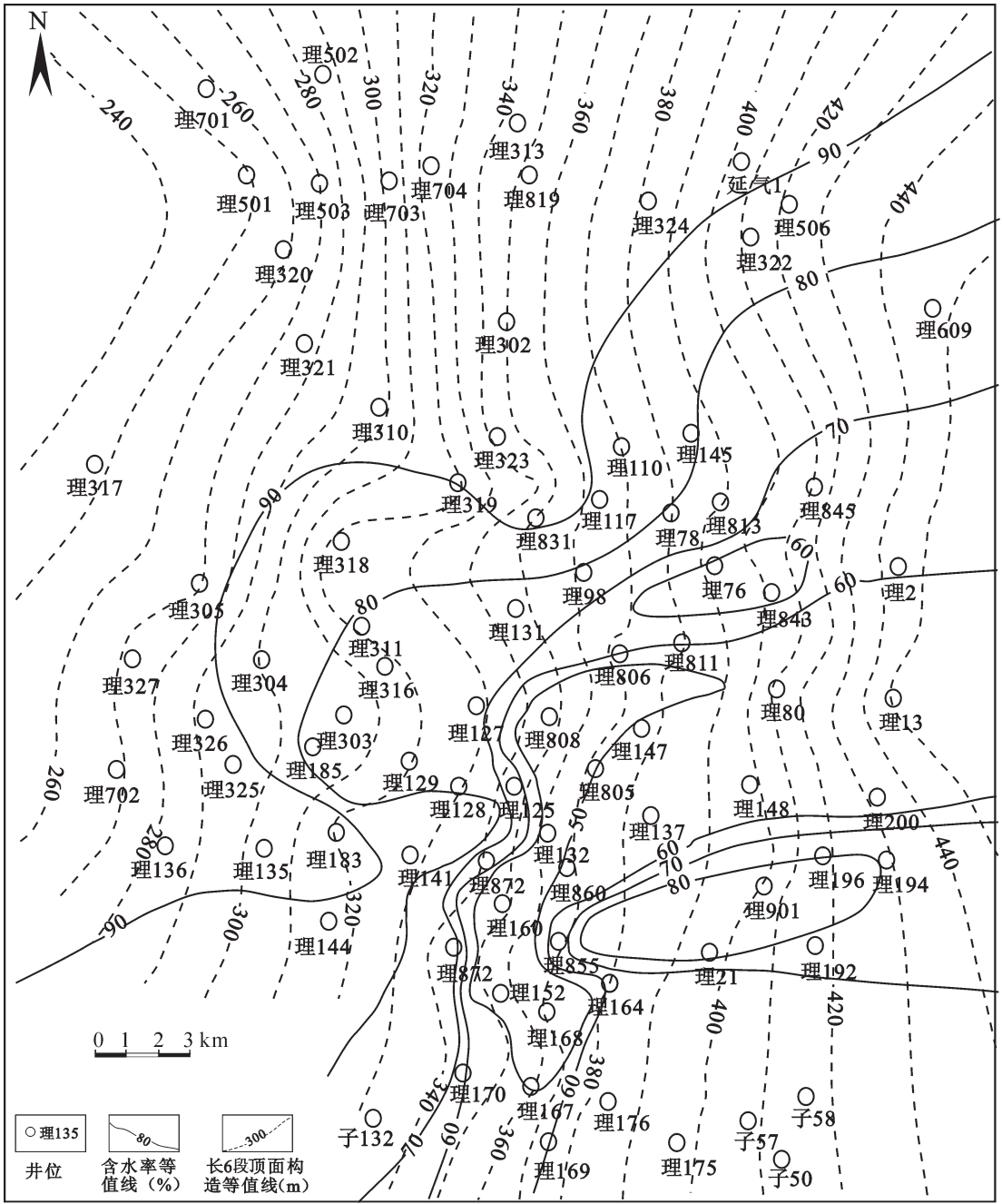


图1 李家岔探区延长组长6段含水率平面分布

Fig.1 Water content distribution in the Chang-6 section of the Yanchang Formation in the Lijiacha oil prospect

比,明显具有高含水特征。研究该区高含水原因,对于了解该区油气成藏特征和富集规律具有重要意义。通过烃源岩条件、物性条件及与相邻油田的对比分析,认为油源不足是李家岔探区高含水的最主要原因,低孔、低渗的储层条件也是李家岔探区高含水的原因之一。

2.1 油源不足是油田高含水的主要原因

油源不足是油田高含水的主要原因,主要证据有:

2.1.1 研究区内烃源岩条件相对较差

鄂尔多斯盆地是在古生代沉积基础上形成和发展起来的中生代大型内陆拗陷型盆地<sup>[1-4]</sup>,晚三叠世延长期是盆地湖泊发育的全盛时期,延长组长7期湖盆范围最大、水体最深,发育半深湖—深湖相沉积,岩性以深灰、灰黑色泥页岩、油页岩为主,富含有机质,为盆地的主要生油层段<sup>[5-9]</sup>。区域资料统计,长7沉积的暗色泥岩发育,厚度大,主要生油化学指标均

表 1 不同油层组产液量和含水率变化

Table 1 Variation of water content and oil production in different pay sets

层位	产油量 (吨/月)	产水量 (吨/月)	产液量 (吨/月)	含水率 (%)
长 2	3.11	5.64	8.75	64.46
长 3	2.23	4.38	6.61	66.31
长 4+5	1.65	7.21	8.86	81.33
长 6	2.06	5.28	7.33	68.96

表 2 长 6 油层组不同亚组产液量和含水率变化

Table 2 Variation of water content and oil production in different oil subsets of the Chang-6 pay set

层位	产油量 (吨/月)	产水量 (吨/月)	产液量 (吨/月)	含水率 (%)
长 6	2.06	5.28	7.33	68.96
长 6 <sup>1</sup>	2.19	5.12	7.31	66.93
长 6 <sup>2</sup>	1.26	5.39	6.66	80.53
长 6 <sup>3</sup>	0.03	14.08	14.10	99.81

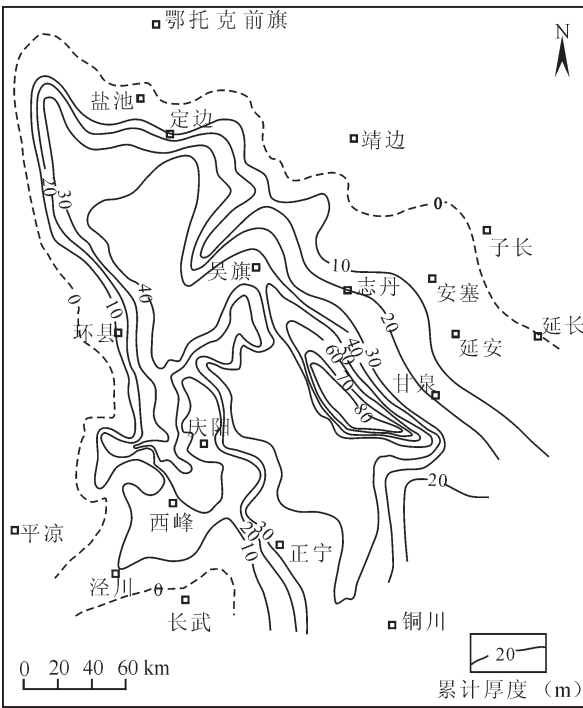


图 2 鄂尔多斯盆地延长组长 7 段优质油源岩分布

Fig. 2 Distribution of Chang 7 high-quality source rocks in the Yanchang Formation of the Ordos basin

达到好的生油岩级别,是鄂尔多斯盆地中生界最主要生油岩。但从图 2 可以看出,从湖盆中央的吴旗到志丹,再到安塞和子长,长 7 段烃源岩是逐渐变薄的,同时烃源岩的质量也逐渐变差。

在研究区中部的理 305、理 79 和理 76 井在长 7 段均钻遇约 10 m 的黑页岩,但在研究区北部的理 817 和 819 井在

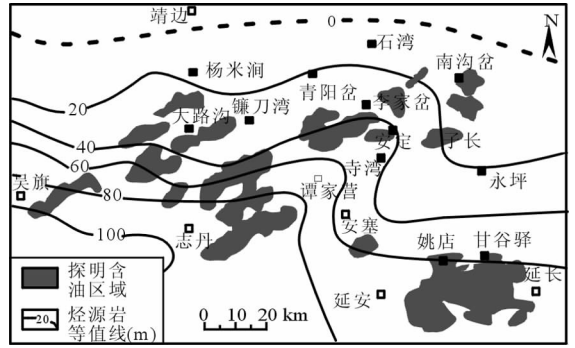


图 3 陕北斜坡东部长 6 段油藏平面分布示意图

Fig.3 Distribution of the Chang-6 oil reservoir in the east of the eastern Shaanxi slope

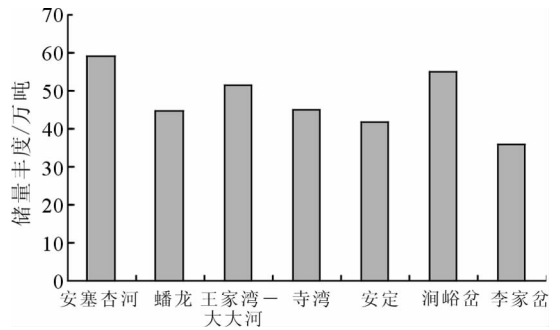


图 4 不同地区储量丰度对比

Fig.4 Contrast of reserves in different petroleum-bearing areas

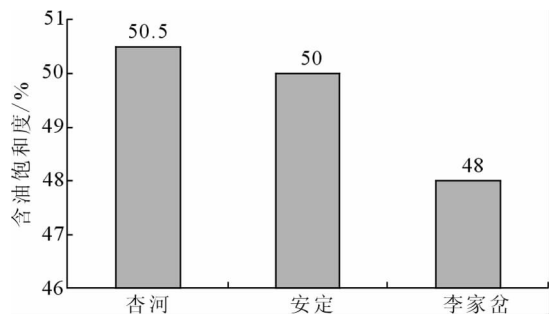


图 5 不同地区含油饱和度对比

Fig.5 Contrast of oil saturations in different petroleum-bearing areas

长 7 段地层未发现黑页岩,这也说明长 7 段的优质烃源岩在研究区内最多 10 m 左右,并在研究区的北部已经消失。

据研究区烃源岩评价和油源对比结果,李家岔探区延长组长 6 段、长 2 段油层原油主要来自长 7 段,但长 7 层段泥岩的有机质类型一般,以 II 2 型(偏腐泥-腐殖型有机质)为主;所以这种烃源岩层较薄,类型中等,且分布局限的现状,决定了该区生烃量相对较少。从图 3 也可以看出,油藏的形成数量和规模与烃源岩具有很好的相关性,生油拗陷边缘是油藏形

成与分布最集中的区域。在志丹地区烃源岩厚,油藏个数多、规模大,向烃源岩厚度变薄的方向,油藏个数减少、规模也变小。据沉积相分析<sup>[10]</sup>,从志丹—子长属于安塞—子长三角洲,各类砂体十分发育,所以这种现象主要是由油源条件决定的。

### 2.1.2 储量丰度相对较低

与邻区相比(图4),研究区探明储量区地质储量丰度较低。位于较好生油区的安塞储量丰度最高,达 $59.2 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ ,位于北部的李家岔探区长6段和长4+5段探明储量区的储量丰度只有 $35.8 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ 。从南向北,储量丰度有变低的趋势,与烃源岩质量和分布具有相同的趋势也说明,研究区油藏高含水可能是油源不足造成的。

### 2.1.3 原始含油饱和度相对较低

与邻区相比,长6段油层组的原始含油饱和度安塞杏河区最高,达50.5%,其次为子长油田安定区为50%,位于李家岔探区长6段和长4+5段探明储量区的含油饱和度最低为48%(图5)。从南向北,含油饱和度有变低的趋势,与烃源岩质量和分布具有相同的趋势,这也说明研究区油藏高含水可能是油源不足造成的。

## 2.2 运移条件差是油田高含水的重要原因

据烃源岩评价和油源对比结果,该区原油可能主要来自研究区西南部烃源灶。所以该区油藏的形成要靠西南部油源经较长距离的侧向运移。但由于延长组的储层(尤其长6段)主要为低孔、特低渗储层,各油层组为整合接触,无不整合存在,且地层倾角小,造成油气运移的通道和动力条件均较差。所以原油只能以较低的压力进入圈闭,油水替换不彻底形成高含水油藏。

## 2.3 低孔、低渗的储层条件也是油田高含水的原因之一

研究区除长2段油层组储层主要以低孔、低渗储层为主外,其余储层以低孔、特低渗储层为主。而且孔喉半径小,排驱压力高,不利于油水在储层中渗流,加之地层较平缓,所以油水分离较差。

## 3 结 论

(1)陕北斜坡东部李家岔探区含水率在平面上具有北部高、南部低,中间低、东西高的特征;纵向上有从下往上变低的趋势。

(2)通过烃源岩条件、运移条件、物性条件及与相邻油田的对比分析,认为油源不足是李家岔探区高含水的最主要原因,运移条件差是高含水的重要原因,低孔、特低渗的储层条件也是高含水的原因之一。

## 参考文献(Referencec):

[1] 刘池洋,赵红格,桂小军,等.鄂尔多斯盆地演化-改造的时空坐标及其成藏(矿)响应[J].地质学报,2006,80(5):617-637.  
Liu Chiyang, Zhao Hongge, Gui Xiaojun, et al. Space-time coordinats of the evolution and reformation and mineralization

response in Ordos basin[J].Acta Geologica Sinica, 2006, 80(5):617-637(in Chinese with English abstract).

[2] 刘池洋,赵红格,王锋,等.鄂尔多斯盆地西缘(部)中生代构造属性[J].地质学报,2005,79(6):738-747.  
Liu Chiyang, Zhao Hongge, Wang Feng, et al. Mesozoic structure attribute in the west (margin) of Ordos basin [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(5):738-747(in Chinese with English abstract).

[3] 杨俊杰.鄂尔多斯盆地构造演化与油气分布规律[M].北京:石油工业出版社,2002.  
Yang Junjie. Tectonic Evolution and Oil-gas Reservoirs Distribution in Ordos Basin [M]. Beijing:Petroleum Industry Press, 2002(in Chinese with English abstract).

[4] 张岳桥,廖昌珍.晚中生代-新生代构造体制转换与鄂尔多斯盆地改造[J].中国地质,2006,33(1):28-40.  
Zhang Yueqiao, Liao Changzhen. Transition of the Late Mesozoic-Cenozoic tectonic regimes and modification of the Ordos basin[J]. Geology in China, 2006, 33(1):28-40 (in Chinese with English abstract).

[5] 喻建,宋江海,向惠.鄂尔多斯盆地中生界隐蔽性油气藏成藏规律[J].天然气工业,2004,24(12):35-37.  
Yu Jian, Song Jianghai, Xiang Hui. Subtle reservoir formation law of Mesozoic in Ordos basin [J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(12): 35-37 (in Chinese with English abstract).

[6] 杨华,付金华,喻建,等.陕北地区大型三角洲油藏富集规律及勘探技术应用[J].石油学报,2003,24(3):7-9.  
Yang Hua, Fu Jinhua, Yu Jian, et al. Oil reservoir enrichment patterns of large delta systems and application of exploration techniques in Shanbei area [J]. Acta Petrolei Sinica, 2003, 24(3):7-9 (in Chinese with English abstract).

[7] 杨华,张文正.论鄂尔多斯盆地长7段优质油源岩在低渗透油气成藏富集中的主导作用:地质地球化学特征[J].地球化学,2005,34(2):147-154.  
Yang Hua, Zhang Wenzheng. Leading effect of the Seventh Member high-quality source rock of Yanchang Formation in Ordos Basin during the enrichment of low-penetrating oil-gas accumulation:Geology and geochemistry [J]. Geochimica, 2005, 34 (2):147-154(in Chinese with English abstract).

[8] 李书恒,李亮,陈永春,等.鄂尔多斯盆地志靖地区长6段油藏特征与勘探潜力分析[J].油气地质与采收率,2004,11(1):30-32.  
Li Shuheng, Li Liang, Chen Yongchun, et al. Analysis on reservoir characteristics and exploration potential of Chang6 member in Zhijing area of Eerduosi Basin[J]. Oil & Gas Recovery Technology, 2004, 11(1):30-32(in Chinese with English abstract).

[9] 武富礼,李文厚,席胜利,等.鄂尔多斯盆地上三叠统延长组三角洲沉积及演化[J].古地理学报,2004,6(3):307-314.  
Wu Fuli, Li Wenhou, Xi Shengli, et al. Delta sediments and evolution of the Yanchang Formation of Upper Triassic in Ordos Basin [J]. Journal of Palaeogeography, 2004, 6 (3):307-314 (in Chinese with English abstract).

[10] 赵靖舟.子北油田长6油组砂体分布与相带展布[J].西安石油学院学报(自然科学版),1998,13(1):11-14.

Zhao Jingzhou. Distribution of sand bodies and lithofacies belts of Chang 6 oil bearing formation in Zibei Oilfield, Eerduosi basin [J].

Journal of Xi'an Petroleum Institute, 1998, 13 (1):11-14 (in Chinese with English abstract).

## Analysis of the genesis of the water-rich oil reservoir in the Lijiacha prospect area in the east of the northern Shaanxi slope

SHI Bao-hong<sup>1,2</sup>, ZHAO Jing-zhou<sup>2</sup>, MENG Xiang-zhen<sup>3</sup>, LUO Ran-hao<sup>3</sup>

(1. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710065, Shaanxi, China;

2. School of Petroleum Resources, Xi'an Petroleum University, Xi'an 710065, Shaanxi China;

3. Yanchang Petroleum Corporation, Yan'an 717208, Shaanxi, China)

**Abstract:** On the basis of the statistic analysis of the oil tests and data of production of 110 wells in the study area, the paper summarizes the areal and vertical variations of oil content in the Lijiacha prospect area in the east of the northern Shaanxi slope and discusses the cause of the high water content. The water content in the study area is high in the north, low in the south, low in the center and high in the east and west and vertically has the trend of becoming low from the base upward. According to the source rock and physical conditions and a comparative study of these conditions with neighboring areas, the authors think that: the lack of hydrocarbon is the most important cause for the high water content in the oil reservoir of the Lijiacha prospect area, the poor migration conditions are an important cause and the low-porosity and -permeability reservoir conditions are also one of the causes for the high water content.

**Key words:** very low-permeability reservoir; water content; Yanchang Formation; Lijiacha

---

**About the first author:** SHI Bao-hong, male, born in 1971, Ph.D candidate, mainly engages in petroleum geology study; E-mail: bh.sh@163.com.