

The Optimization of Well Pattern Development in Block X5-8 of Fuyu Oilfield

Meilong Fu¹, Qian Huang¹, Yunlong Wang², Xiaoqin Liu², Zhaoguang Pan², Jie Wen²

¹School of Petroleum Engineering, Yangtze University, Wuhan Hubei

²Fuyu Oil Production Plant, Jilin Oilfield Company, PetroChina, Songyuan Jilin

Email: 805817751@qq.com

Received: May 30th, 2016; accepted: Oct. 7th, 2016; published: Dec. 15th, 2016

Copyright © 2016 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

Abstract

Since 1962, the development of Block X5-8 of Fuyu Oilfield has gone through the dissolved gas flooding, waterflooding and three times of larger adjustment. In October 2012, the oil well was more efficient in single direction and less efficient in multiple directions. The average daily oil production was 0.6 t/d in single well, and the water content was 95.8%. In the middle and later periods of water flooding, remaining oil distribution of the reservoir was complex; the effect of oil production was poor; water content was high with low recovery percent of reserves. The single sand body fine description was used as theoretical basis for understanding the distribution of remaining oil; the single well and dual well development well patterns, the method of infilling of injection wells in different well patterns and ways of perforation in injection wells are optimized and chosen; the injection intensity in old and new wells is reduced for implementing the policy of low intensity injection, by which the effect of oil well direction is changed and control of single sand body is improved to promote the effect of waterflooding.

Keywords

Fuyu Oilfield, Block X5-8, Single Sand Body, Fine Characterization, Optimization of Well Pattern Development, Technological Policy of Water Injection

扶余油田西5-8区块井网开发方式的优化

付美龙¹, 黄 倩¹, 王云龙², 刘小芹², 潘兆光², 文 杰²

¹长江大学石油工程学院, 湖北 武汉

²中石油吉林油田分公司扶余采油厂, 吉林 松原

作者简介: 付美龙(1967-), 男, 博士, 教授, 主要从事油田化学和提高原油采收率方面的教学和科研工作。

Email: 805817751@qq.com

收稿日期: 2016年5月30日; 录用日期: 2016年10月7日; 发布日期: 2016年12月15日

摘 要

扶余油田西5-8区块从1962年开发至今经历了溶解气驱、注水开发和3次较大调整, 到2012年10月油井单向受效多, 多向受效井少, 平均单井日产油0.6 t, 含水率达到95.8%; 注水开发的中后期, 油层剩余油分布复杂, 后期注水开发效果差、含水率高、采出程度低。单砂体精细刻画为理论依据, 了解油层剩余油分布情况, 从单、双注水井开发井网方式、不同井网的水井加密方式以及水井射孔方式进行优化选择, 并且降低新、老井注水强度, 实施低强度注水政策, 可使得油井受效方向发生变化, 单砂体控制状况得到改善从而提高注水开发效果。

关键词

扶余油田, 西5-8区块, 单砂体, 精细刻画, 井网开发方式优化, 注水技术政策

1. 扶余油田西 5-8 区块开发概况

扶余油田西 5-8 区块从 1962 年 10 月投入开发到 2012 年 10 月区块经历 3 次大规模加密调整。在 1962 年 10 月以溶解气驱方式全面投入开发, 初期产量高, 随后地层压力迅速下降, 产量递减; 1973~1982 年为注水开发阶段, 产液量和注水量快速增长, 但注水沿东西向裂缝推进, 导致油井暴性水淹, 区块开始出现大幅度降产; 1983~1994 年开采对象向中低渗透层转变, 含水率上升较快, 导致油田产量下降; 1995~2004 年进行二次调整再稳产阶段, 注水、地面系统等问题日益突出, 导致含水率上升加快, 产量递减加大; 2005 年至今为三次调整阶段, 其中 2005~2007 年产量上升, 2008 年产量又开始下降, 主要由于已进入高含水开发阶段, 综合含水率高。

2. 单砂体精细刻画划分

单砂体指自身在垂向上和平面上都是连续的, 但与上、下砂体间有泥岩或不渗透夹层分隔的砂体[1]。而单砂体划分实质是对分流河道与水下分流河道形成的复合河道砂体进行单一期次河道砂体识别, 查明单砂体间的接触关系, 可从垂向和平面两个方向逐步认识复合砂体的内部非均质特征, 从而最终明确单一期次河道单砂体的空间展布及连通关系[2][3]。对西 5-8 区块内 353 口井进行了单砂体划分, 共划分 40 个单砂体, 每个小层划分 2 个单砂体, 其中扶余油层单砂体平均厚度 2.6 m。因此, 单砂体精细刻画划分的成果为复杂的剩余油分布找到了理论根据[4]。

3. 不同井网和射孔开发方式的优化

3.1. 井网方式的优化

扶余油田西 5-8 试验区块，调整前水井平均分注 5.6 段，按隔层厚度 $\geq 2\text{ m}$ 划分层段，应划分成 7.6 段，利用 1 口注水井，无法细分到位。通过研究，采用双水井点，分上下砂组进行细分注水。以 X+9-9.2 井为例，原划分 5 段注水，若按隔层厚度 $\geq 2\text{ m}$ 划分注水层段，可以划分成 8 段(图 1)。西 5-8 区块调整后，平均每口井分成 3.7 段，两水井合计 7.4 段(图 2)，满足了精细分层、精细控制的注水开发需求[5]。

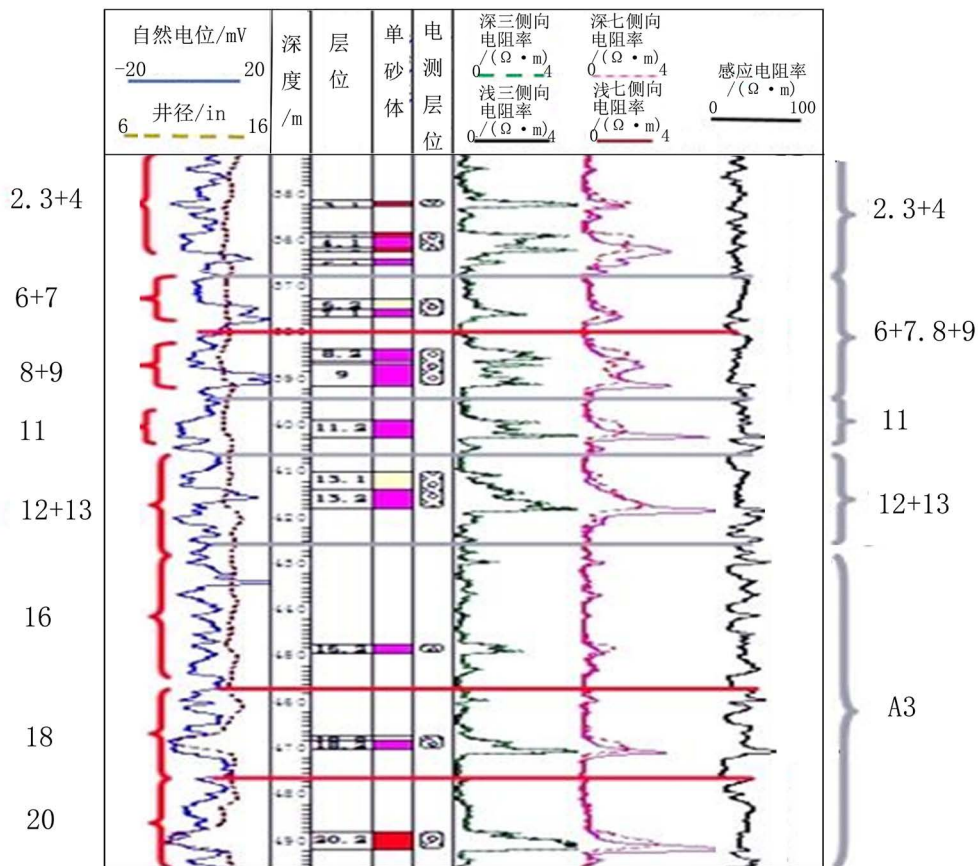


Figure 1. Division of injection interval Well X+9-9.2

图 1. X+9-9.2 注水层段划分情况图

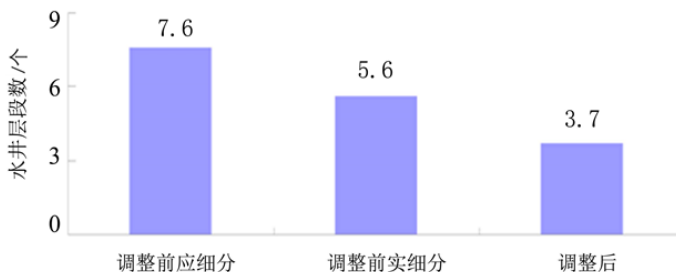


Figure 2. The statistics of interval division of injection well both before and after the adjustment in Block X5-8

图 2. 西 5-8 区块调整前后水井层段划分状况统计图

3.2. 水井加密方式的优化

开发方案中 200 m 井网与 100 m 井网对比结果：① 单向受效井多、多向受效井少[6]；② 地面井网完善地下井网不完善。例如 X+13-7.2 水井，从地面上看井网是完善的，但从单砂体上看井网不是完善的。北侧 X+13-8.4 油井、X13-7.4 油井、X+13-7 油井与 X+13-7.2 水井在单砂体上是不连通的，但东侧加密新水井 XS+13-5.2 后，北侧油井 X13-7.4、X+13-7 能够受到南侧水井的水驱控制(图 3)，提高了储量控制程度。

调整后井网，油井控制方向增加，统计 38 口可对比老井，调整前油井多以 1~2 个受效方向为主，调整后 1~2 个受效方向油井数在减少，3~4 个受效方向的油井数在增加(图 4)，调整前后油井的受效方向发生了显著变化。单砂体由无注水控制到有注水控制，由原来以 1~2 个注水控制方向为主，现在主要以 3~4 个注水控制方向为主(图 5)，储量控制程度增加，效果更加明显。

3.3. 水井射孔方式优化

3.3.1. 水井射孔投注方式

扶余油田储层沉积韵律多以正韵律为主，其底部经过多年注水冲刷后，剩余油主要分布在正韵律的顶部，而下部水淹重，形成了无效水循环通道，表明了隔夹层对层内剩余油具有控制作用。以此为指导的 XS+13-5.2 创新水井射孔投注方式，即以结构界面或薄的隔夹层作为遮挡避射(图 6)，实施单砂体精细注水，避开了注水优势通道，达到了有效部位的靶向驱替[6]。通过分析西 5-8 区块中 I~V 组砂体厚度与射开厚度对比及占砂厚百分比可以得到，I~V 组砂体射开厚度平均在 4~6 m 之间(图 7)，I~V 组砂体射开厚度占砂厚的百分比呈增加趋势(图 8)，说明下部剩余油总体好于上部，与认识是相一致的。

3.3.2. 水井避射效果

选取 6 口井吸水剖面认识新水井避射效果，包括转注井排、非转注井排各选 3 口井，测出 5 口井(1 口套返未测)，2 口井污染严重不可用，另外 3 口井可用。监测结果显示：① 结构界面及薄泥夹层具有遮挡作用，能够起到控制吸水剖面的作用；② 吸水剖面与转注井排、非转注井排关系不大(表 1)；③ XS+13-9.1 井 II 段无遮挡避射(结构界面)，IV 段有遮挡避射(0.4 m 薄泥夹层)，避射部位均不吸水(图 9)；④ XS++15-6.1 井 II 段有遮挡(0.2 m 薄夹层)，吸水剖面显示避射部位不吸水(图 10)；⑤ XS+15-6.2 井 II 段无遮挡避射(结构界面)，吸水剖面显示避射部位不吸水(图 11)。

3.3.3. 油井动态效果

通过对比调整前后 38 口老井情况可知含水率下降 1.9% (表 2)；调整前后单井对比，有 65.8% 的井含水率下降。调整前后，分级为 $\Delta F < -5$ (其中 ΔF 表示油井含水率增长幅度)含水率下降相对最大值为 7.5%，说明避开注水优势通道的投注方式是可行的。

4. 注水技术政策研究

实施低强度注水政策可防止水淹水窜现象过早发生，确保试验效果持续发挥。在注水井点增加后，必须降低注水强度，特别是老井、高压区块的注水强度要大幅度降低[7]。由于新水井避射后射开厚度相对较薄，平均为 3.7 m (图 12)。在注水方案制定方面要注意两点：一要采取最低配注量，即每段配注最好不超过 5 m³；二要采取层间轮注方式，进一步降低注水强度，同时老井要大幅度降低注水强度，这样才能保证良好开发效果的需要[8]。

调整前后注水效果对比，调整前老井按 22 t 标定，每年按 10% 递减，至 2015 年 1 月，若未进行调整，井口日产油应为 18 t。目前实际井口产量为 24 t，38 口老井产量日增油为 6 t。

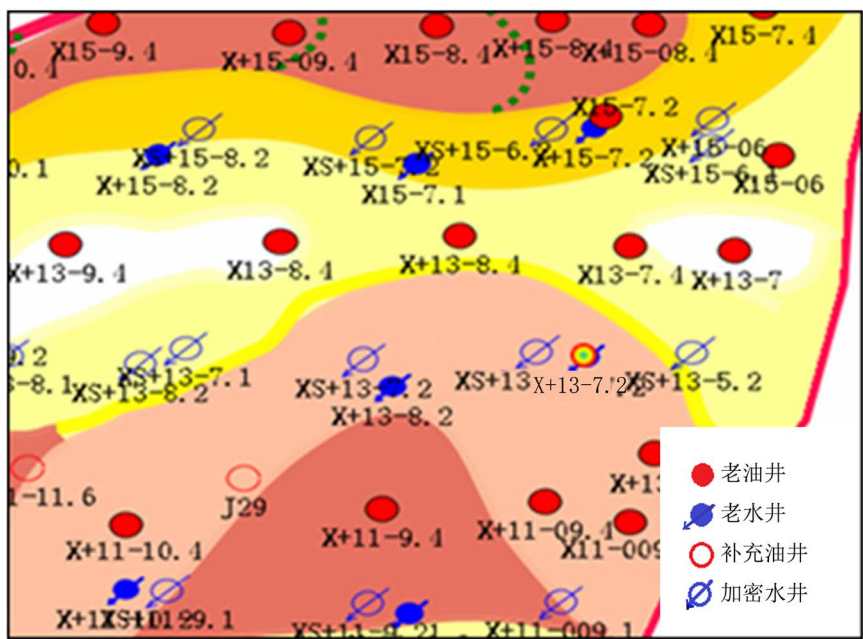


Figure 3. The local connection of wells in the well pattern
图 3. 井网局部油井连通图

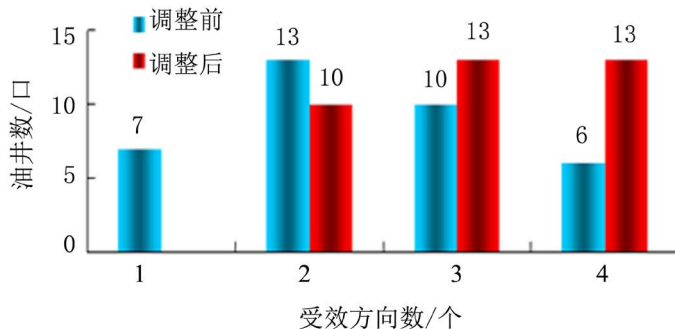


Figure 4. The change of well control direction both before and after the adjustment in Block 5-8
图 4. 西 5-8 区块调整前后油井控制方向变化图

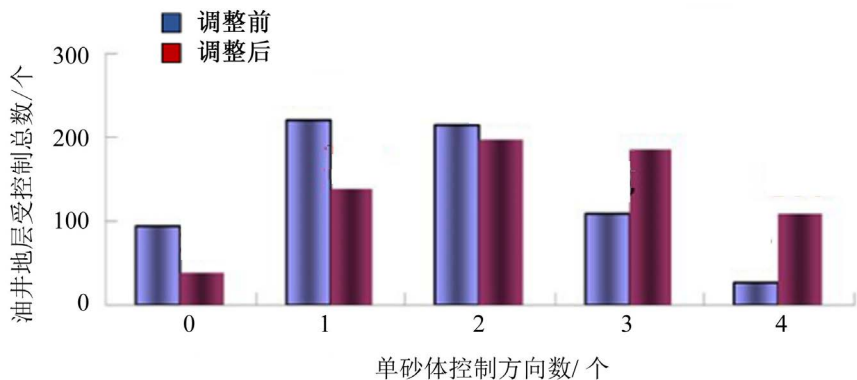


Figure 5. The change of single well control direction both before and after the adjustment in Block 5-8
图 5. 西 5-8 区块调整前后单砂体控制方向变化图

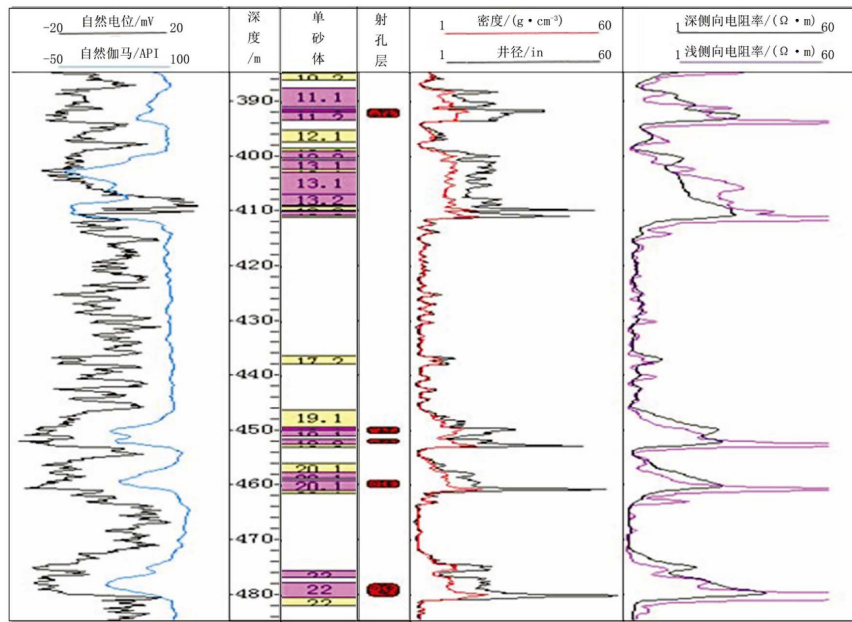


Figure 6. The perforating location of Well XS+13-5.2

图 6. XS+13-5.2 射孔部位展示图

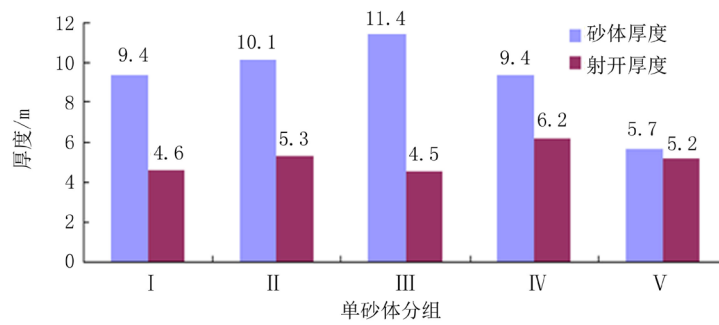


Figure 7. The contrast between sand thickness and perforation thickness of each sand group in Block X5-8

图 7. 西 5-8 区块各砂组砂厚与射厚对比图

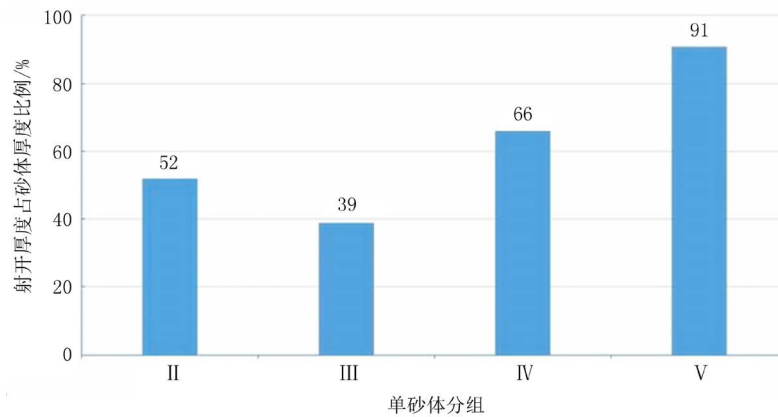


Figure 8. The contrast of perforating thickness of sand thickness percentage of each sand group in Block X5-8

图 8. 西 5-8 区块各砂组射厚占砂厚百分比对比图

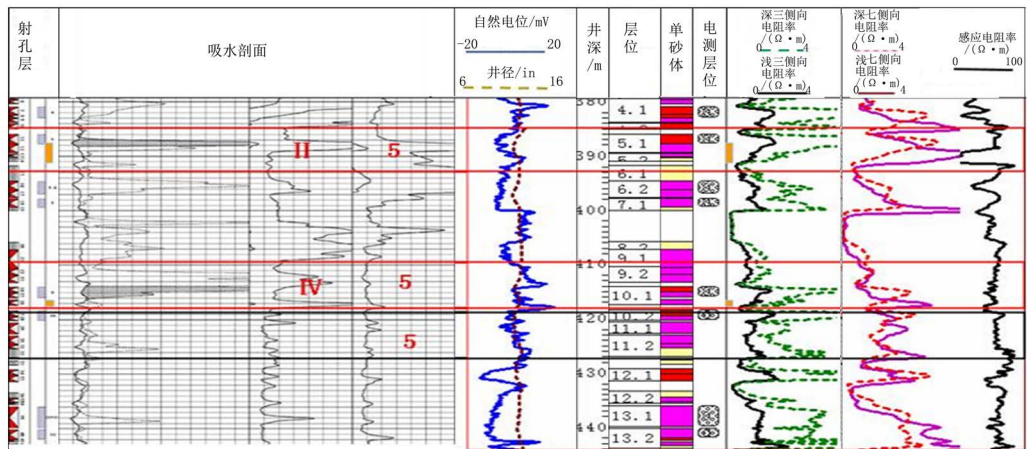


Figure 9. The contrast of perforating avoided effect between the absorption profile and electric logging curve in Well XS+13-9.1

图 9. XS+13-9.1 井吸水剖面、电测曲线对比避射效果图

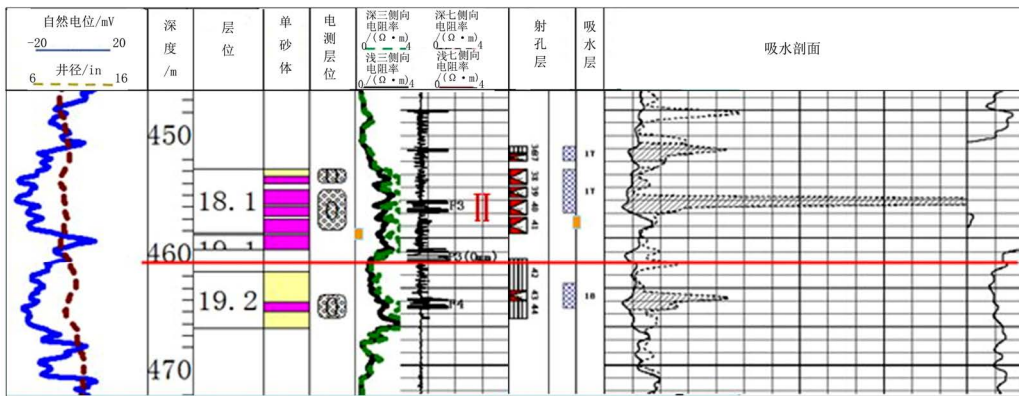


Figure 10. The contrast of perforating avoided effect between the electric logging curve and absorption profile in Well XS+15-6.1

图 10. XS+15-6.1 井电测曲线、吸水剖面对比避射效果图

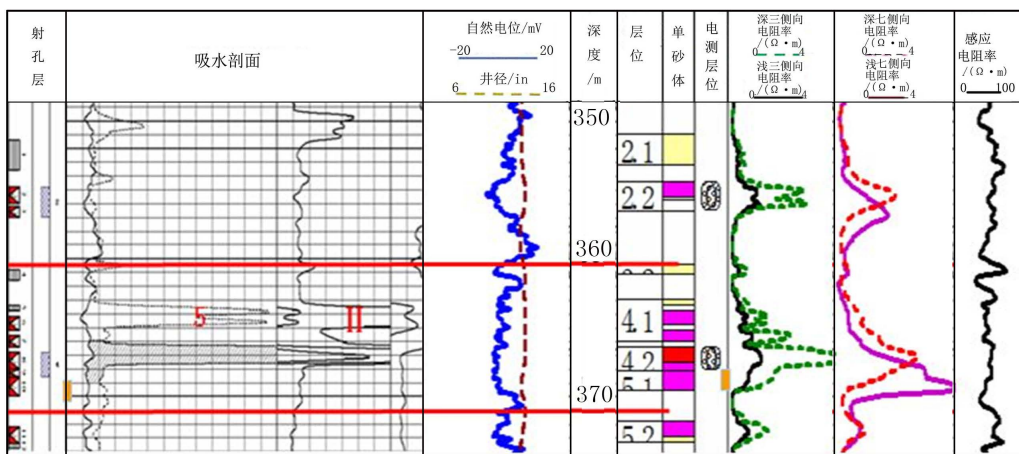


Figure 11. The contrast of perforating avoided effect between the absorption profile and electric logging curve in Well XS+15-6.2

图 11. XS+15-6.2 井吸水剖面、电测曲线对比避射效果图

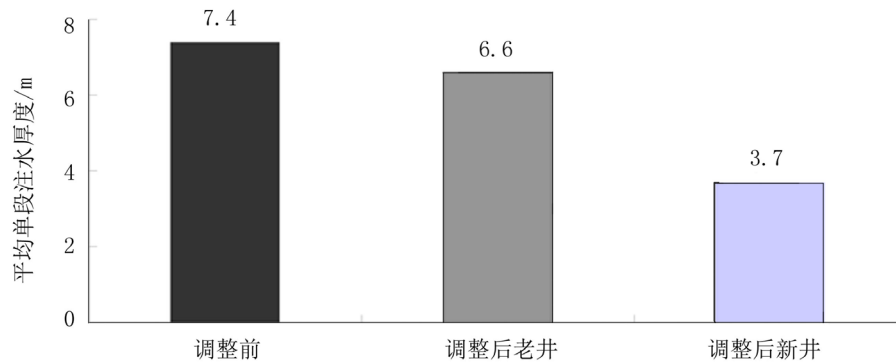


Figure 12. The statistics of average injection thickness of single interval in the new and old wells both before and after the adjustment in Block X5-8

图 12. 西 5-8 区块调整前后新老井平均单段注水厚度统计图

Table 1. The statistics of absorption profile in perforation avoided water well in Block X5-8

表 1. 西 5-8 区块避射水井吸水剖面统计表

井排	井号	有价值的层段数	有配注层段数	结构界面		薄泥夹层		结论
				数量/个	吸水结果	数量/个	吸水结果	
老水井	XS+13-10.1	2	2	1	吸水	1	吸水	污染严重无法下结论
老水井	XS+13-9.1	3	3	1	吸水	2	1 段吸 1 段不吸	避射部位不吸水
新水井	XS+15-6.2	3	1	1	吸水			避射部位不吸水
新水井	XS+15-6.1	2	1	1	吸水			避射部位不吸水
新水井	X+15-06	2	2	2	1 段吸 1 段不吸			污染严重无法下结论
合计		12	9	6		3		

Table 2. The variation of water cut in single well both before and after the adjustment

表 2. 调整前后单井含水变化情况

分级	井数/口	调整前(2013 年 8 月)			调整后(2015 年 9 月)		
		液量/(t·d ⁻¹)	油量/(t·d ⁻¹)	含水率/%	液量/(t·d ⁻¹)	油量/(t·d ⁻¹)	含水率/%
$\Delta F \geq 0$	13	8.6	0.6	92.5	10.4	0.5	95.5
$-1 \leq \Delta F < 0$	5	14.5	0.4	97.2	15	0.5	96.9
$-2 \leq \Delta F < -1$	4	14.2	0.9	93.9	14	1	92.9
$-5 \leq \Delta F < -2$	5	8.4	0.4	94.8	8.6	0.8	90.8
$\Delta F < -5$	11	13.2	0.4	96.6	10	1.1	89.1
平均		11.3	0.55	95.1	11.1	0.75	93.2

5. 结论

1) 扶余油田采用双水井点, 分上下砂组注水进行细分。西 5-8 区块调整后, 平均每口井分成 3.7 段, 两水井合计 7.4 段, 满足了精细分层、精细控制的注水开发需求。

2) 调整后井网, 油井控制方向增加, 单砂体由无注水控制到有注水控制, 由原来以 1~2 个注水控制方向为主, 现在主要以 3~4 个注水控制方向为主, 储量控制程度增加。

3) 扶余油田以结构界面或薄的隔夹层作为遮挡避射,起到控制吸水剖面的作用。实施单砂体精细注水,避开了注水优势通道,实现了有效部位的靶向驱替,与转注井排、非转注井排关系不大。

4) 采取最低配注量,即每段配注最好不超过 5 m^3 ;采取层间轮注方式,进一步降低注水强度,同时老井要大幅度降低注水强度,可以达到良好开发效果。

参考文献 (References)

- [1] 张庆国, 鲍志东, 宋新民, 等. 扶余油田扶余油层储集层单砂体划分及成因分析[J]. 石油勘探与开发, 2008, 35(2): 157-173.
- [2] 焦艳丽. 大庆油田萨北开发区储层沉积模式研究[D]: [硕士学位论文]. 杭州: 浙江大学, 2012.
- [3] 何宇航, 于开春. 分流平原相复合砂体单一河道识别及效果分析[J]. 大庆石油地质与开发, 2005, 24(2): 17-19.
- [4] 张庆国, 鲍志东, 郭雅君, 等. 扶余油田扶余油层的浅水三角洲沉积特征及模式[J]. 大庆石油学院学报, 2007, 31(3): 5-7.
- [5] 周银邦, 吴胜和, 岳大力, 等. 地下密井网识别废弃河道方法在萨北油田的应用[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2008, 30(4): 33-36.
- [6] 刘树龙. 水驱油田精细注水结构调整稳产措施研究与探讨[J]. 中国科技博览, 2010(33): 68.
- [7] 白喜俊, 王延斌, 常毓文, 等. 高含水油田面临的形势及对策[J]. 中国国土资源经济, 2009(11): 19-21.
- [8] 赵红兵. 三角洲前缘韵律层特高含水期剩余油分布及调整[J]. 特种油气藏, 2006, 13(2): 58-60.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

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

期刊邮箱: jogt@hanspub.org