

利用监测资料指导评价 X 示范区精细措施挖潜

王海涛,张尚红

中国石油大庆油田有限责任公司测试技术服务分公司 黑龙江大庆 163513

通讯作者:Email:dlts_wanghai tao@petrochina.com.cn

引用:王海涛,张尚红. 利用监测资料指导评价 X 示范区精细措施挖潜[J]. 油气井测试,2019,28(5):53-61.

Cite: WANG Haitao,ZHANG Shanghong. Guidance and evaluation of fine potential exploitation in X demonstration area by monitoring Data [J]. Well Testing, 2019,28(5):53-61.

摘要 大庆油田杏南开发区进入特高含水期,油层非均质性严重,控水挖潜措施效果变差。统计杏 X 示范区 544 井次注、产剖面资料,分析 424 井次油水井措施,形成了一套水驱精细挖潜调整思路。研究结果发现,监测资料可以评价油井转注、油水井补孔,水井细分、调剖、酸化、测调,以及油水井对应压裂等措施效果,评价油水井动用状况;利用注、产剖面对应测试资料,能够发现低含水层及低含水方向潜力层;调整注采系统及注采结构,指导特高含水期水驱控递减、控含水措施。监测资料对试验区开发调整各阶段措施的适应性分析,可为特高含水期水驱精细挖潜和高效开发提供有力依据和成功经验。

关键词 杏南开发区;统计分析;动态监测;精细挖潜;动用状况;注采结构

中图分类号:TE353 **文献标识码**:B **DOI**:10.19680/j.cnki.1004-4388.2019.05.009

Guidance and evaluation of fine potential exploitation in X demonstration area by monitoring data

WANG Haitao,ZHANG Shanghong

Well Testing Technology Service Branch,PetroChina Daqing Oilfield Co., Ltd., Daqing,Heilongjiang 163513,China

Abstract: Xingnan development zone of Daqing Oilfield has entered extremely high water cut stage, with serious reservoir heterogeneity and poor effect of water control and potential tapping measures. A set of ideas for fine potential tapping and adjustment of water flooding was formed by going over the injection and production profile data of 544 wells in Xing X demonstration area and analyzing the oil and water well measures of 424 wells. The results show that the monitoring data can evaluate the effect of measures such as converting production well to injection well, remedial perforation of oil and water well, water well subdivision, profile control, acidification, adjustment of testing, and oil and water well fracturing can be evaluated so as to evaluate the production status of oil and water wells. The low water content and potential layers with low water content can be found based on the corresponding testing data of injection and production profiles, thus adjustment of injection-production system and injection-production structure can guide water drive control decline and water cut control measures in ultra-high water cut stage. The adaptability analysis of monitoring data to various stages of development adjustment measures in the test area can provide strong basis and successful experience for fine tapping potential and efficient development of water flooding in ultra-high water cut period.

Keywords: Xingnan development Zone; statistical analysis; dynamic monitoring; fine tapping potential; utilization status; injection-production structure

20 世纪 50 年代,国内油田开始注水开发,目前国内各大油田均已陆续进入特高含水开发阶段,剩余油分布零散,水驱控制程度变差,纷纷展开水驱挖潜技术攻关^[1-3]。大庆油田杏南开发区也已全面进入特高含水期,层系井网多、开采对象复杂、油层非均质性严重,控水挖潜措施效果逐渐变差。但宏观上看,虽然整体采出程度达到 45% 以上,综合含水 93% 以上,地下剩余地质储量依然较大,达 $1.4 \times$

10^4 t。为有效挖掘剩余潜力,提高最终采收率,必须要加快特高含水期水驱精细挖潜技术攻关步伐。隋金巍^[4]针对监测资料在改善特高含水开发区北三西区开发效果中发挥的作用,进行了分析总结,以 4 口单井措施调整为例,从注采系统调整、注采结构调整两方面评价了补孔、细分、压裂,3 种常规挖潜措施的效果,对监测资料在挖掘剩余油方面发挥的作用进行了分析阐述。随着注水开发的进行,稳

产后进一步控递减、控含水也十分重要,注水开发区精细挖潜仍然存在着很大的空间。本文在统计分析大量注、产剖面资料的基础上,更全面的分析了油井转注,油水井补孔,水井细分、调剖、酸化、测调,以及油水井对应压裂等措施;评价了油、水井动用状况;并利用注、产剖面对应测试资料,发现低含水层及低含水方向。在注采系统、注采结构调整的同时,为特高含水期,水驱控递减、控含水措施调整提供技术支撑,形成了一套水驱精细挖潜调整思路。以杏X示范区为例,该示范区4套井网交叉开采,共有油水井351口,其中油井229口,水井122口。示范区共完成油井措施91井次,水井措施333井次。累计测静压283井次;产出剖面120井次,注入剖面424井次。

1 测试资料在示范区的应用

三次加密调整后,示范区存在单井产量低、综合含水高、开发效益差的问题,主要由4套井网同时

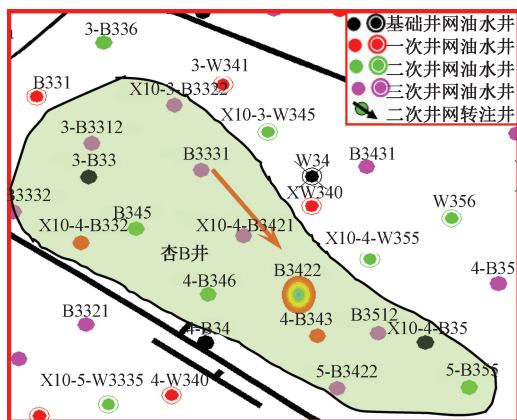
开采,使层系井网相互交叉,射孔对应性差,注采井距不均衡;注水井纵向上厚油层与薄差油层相间分布,层段内射孔井段长,层间差异较大,层间干扰严重等两方面原因造成^[5]。

1.1 指导评价注采系统调整措施

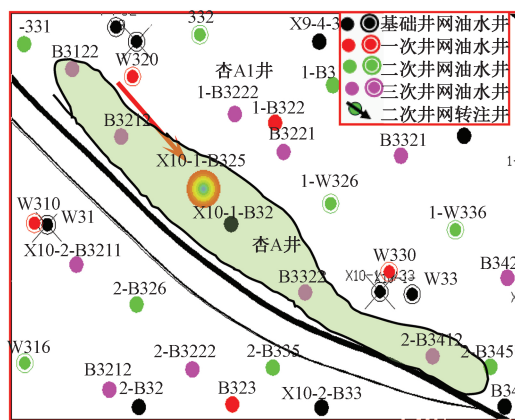
针对层系井网相互交叉、射孔对应性差、注采井距不均衡的问题,开展精细注采系统调整,逐井、逐层分析单砂体的注采关系和动用状况^[6]。通过油井转注降低油水井数比完善平面注采关系,通过油水井补孔完善单砂体注采关系,缩小注采井距,降低渗流阻力,提高水驱开发效果^[7]。

1.1.1 评价油井转注效果

由于三次加密调整时只布油井,使得示范区整体上油水井数比为1.95:1,其中二三次井网的油水井数比为2.09:1,相对较高,且在断层附近油井相对集中,对这样注采矛盾突出的5个井组实施油井转注^[8-9]。图1所示的两个井组中标注区域内均为油井。



a. 杏B井组井位图



b. 杏A井组井位图

图1 油井转注井组井位图

Fig.1 Location chart of oil well transferring to water injection well

待转注油井单井产量低、含水高。以图1b中井组为例,该井组油井在断层附近集中,注水开发效果不好。从井史上看,杏A井含水一直维持在92%以上,相对较高。2012年11月对该井进行40臂井径测试,检查无套变情况下,同年12月对该井进行转注。连通油井杏A1井,在杏A井转注前后分别进行产出剖面测试。利用监测信息平台,对比测试前后产出剖面结果如图2所示,发现产液层位增加,产液由 $10.2\text{ m}^3/\text{d}$ 增加到 $17.1\text{ m}^3/\text{d}$;含水由79.2%变为82.3%;产油由 $2.12\text{ m}^3/\text{d}$ 增加到 $3.02\text{ m}^3/\text{d}$,驱替余油能力增强。

1.1.2 检查油、水井补孔效果

通过油水井补孔,缩小薄、差油层注采井距,完善注采关系,提高单井产能,控制产量递减和含水

上升。示范区共实施油、水井补孔措施101井次。按照产液层位有效厚度级别统计发现(表1),油井补孔后,产液量都大幅度增加,含水降低。

以B7井组为例,该井组由一口油井以及周围三口连通注水井组成。油井B7井产液量为 $11.7\text{ m}^3/\text{d}$,产液量低,全井12小层,只有4层产液。从图3上看,油井B7与周围3口连通水井的射孔对应性差,且注入端有吸水但采出端未射孔的层位较多,应通过补孔措施来完善注采关系^[10]。

对油井B7井、水井B7-2井对应补孔,且对水井加强注水。措施前后对比B7井产出剖面成果发现,产液层位增加,产液量增加,如图4所示。通过油、水井措施调整井网综合利用,达到了完善注采关系的目的。

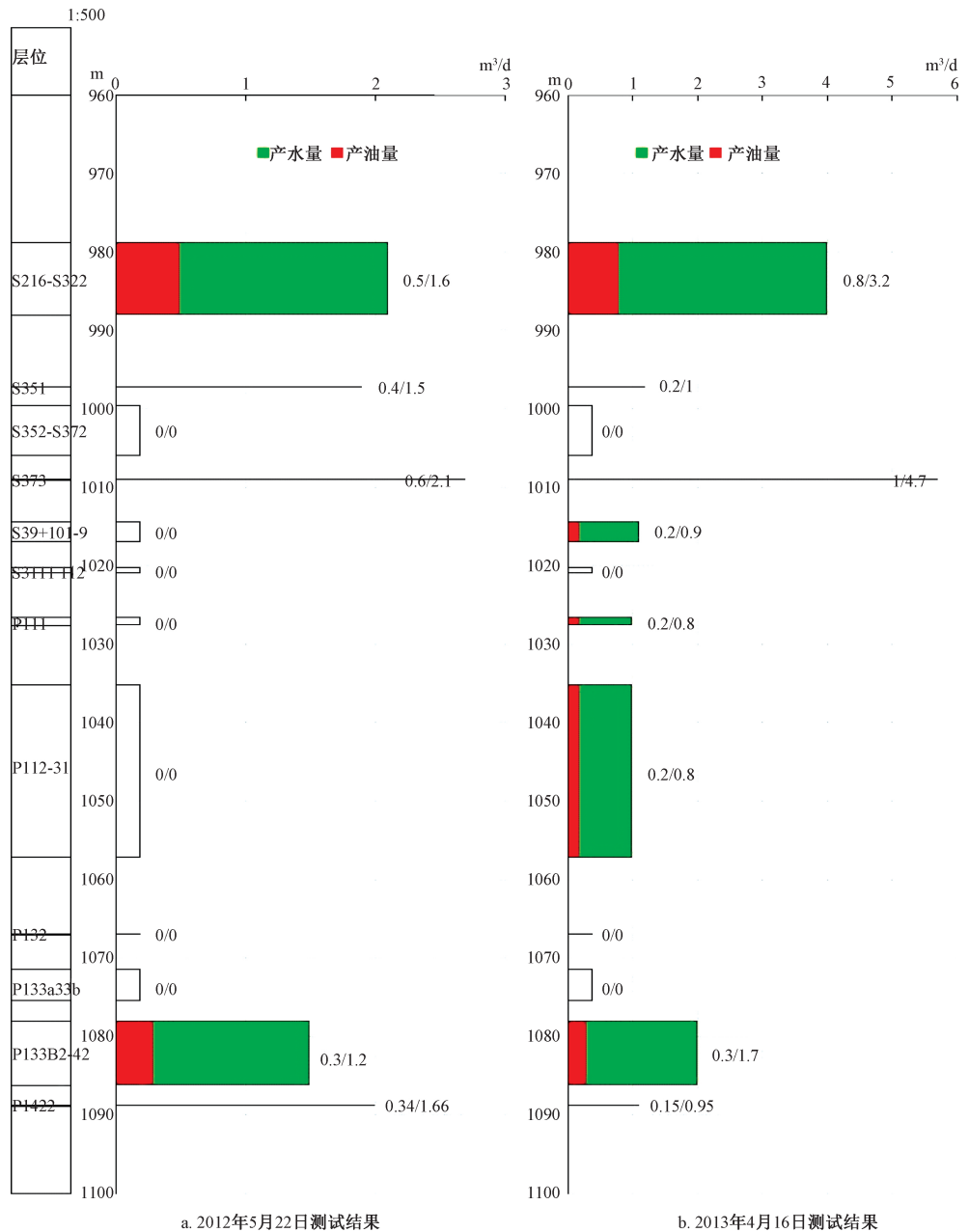


图 2 杏 A1 井产出剖面测试对比

Fig.2 Comparison of production profile of Well Xing A1

表 1 示范区油井补孔前后产液含水变化

井号	射开砂岩厚度/ m	射开有效厚度/ m	补孔前		补开砂岩 厚度/m	补开有效 厚度/m	补孔后	
			产液/ (m ³ ·d ⁻¹)	含水/ %			产液 /(m ³ ·d ⁻¹)	含水/ %
B1	16.8	2.6	6.0	97.7	22.2	1.5	8.1	94.1
B2	6.5	0.9	17.0	94.0	9.5	4.0	30.1	89.4
B3	14.6	0.6	11.5	95.8	11.8	4.7	22.8	90.2
B4	24.1	3.7	11.0	92.0	6.7	1.2	11.2	80.2
B5	18.3	0.4	3.9	95.8	11.0	2.8	16.6	90.2
B6	15.2	0.9	8.6	95.7	4.8	0.6	24.2	94.5
B7	11.4	1.3	11.7	93.5	15.5	7.6	22.4	92.2
B8	14.6	2.2	9.1	94.1	1.7	0.4	15.9	89.2
B9	21.4	4.1	12.9	94.2	8.8	1.5	20.5	89.4
B10	26.6	3.4	7.9	94.3	9.6	5.5	38.8	88.9

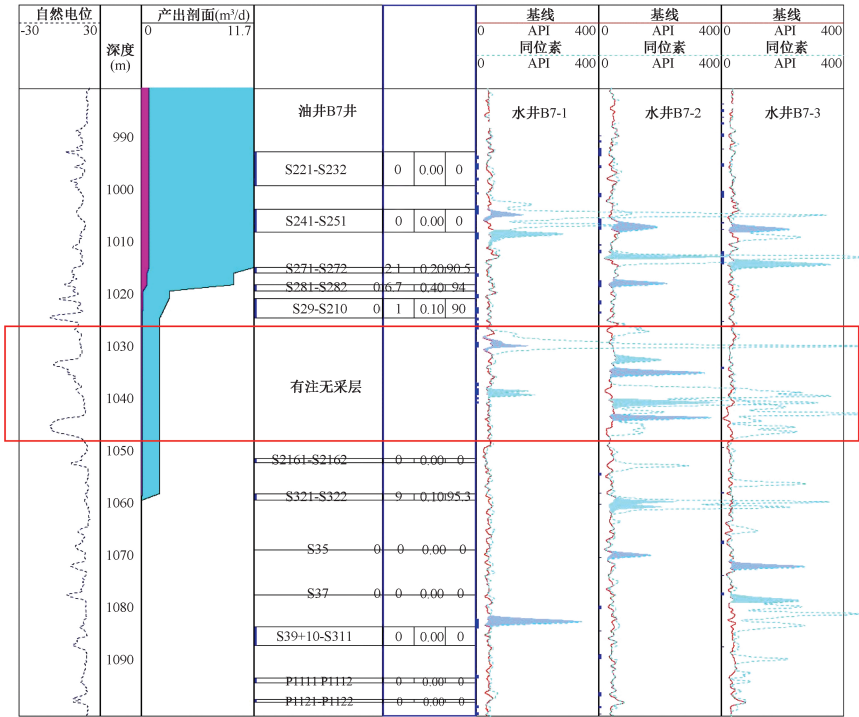


图 3 B7 井产出剖面与 3 口连通注水井同位素测试纵向对比图

Fig.3 Longitudinal comparisons of isotope test profiles of Well B7 and three connected water injection wells

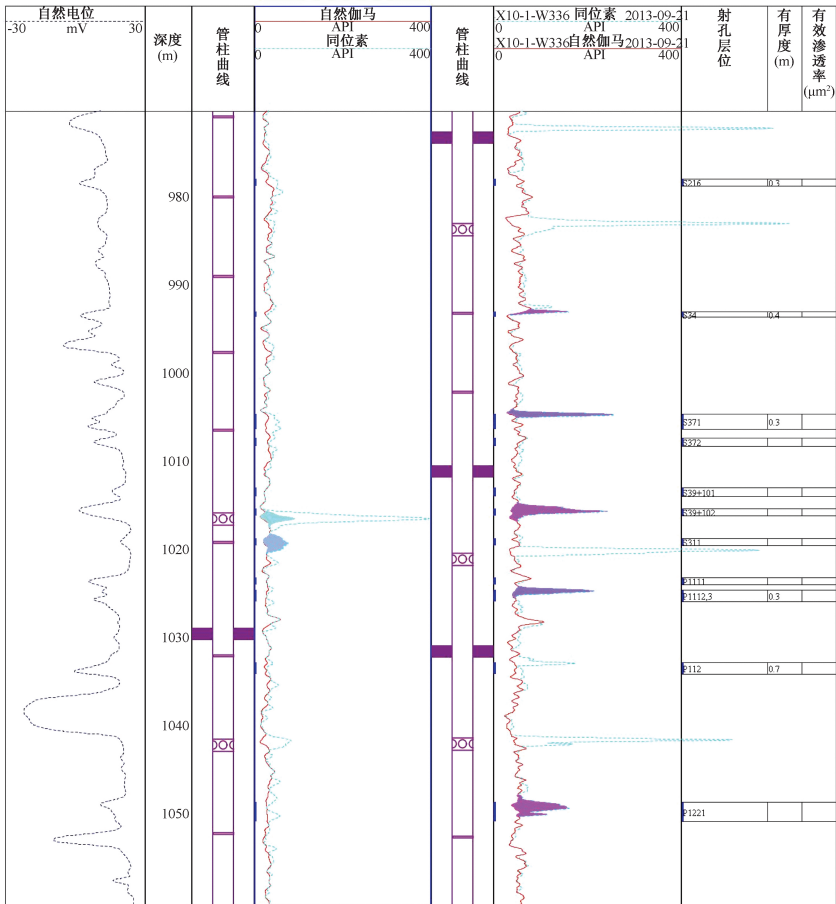


图 4 C 井细分前后同位素对比

Fig.4 Isotope comparison before and after subdivision in Well C

1.2 评价注采结构调整措施及动用情况

精细注采结构调整是特高含水期实现控含水、控递减的重要手段。针对示范区主力油层地层压力水平低、油层动用差异大、薄差层动用厚度比例低等问题,在精细注采系统调整基础上,通过应用薄隔层细分工艺技术,结合调剖、酸化等措施,调整

层间矛盾,提高油层动用厚度^[11-13]。

1.2.1 评价水井细分效果

示范区开发近 5 年来,共进行水井细分 138 井次,措施前后有同位素资料的井有 82 井次(表 2)。注水井细分后,吸水砂岩厚度增加 103.4 m,有效厚度增加 39.0 m,吸水层数增加 86 层,动用状况提高。

表 2 示范区 82 口细分井措施前后吸水变化

Table 2 Water injection profile changes of 82 subdivided wells in demonstration area before and after taking measures										
措施	井次	措施前			措施后			差值		
		吸水砂岩厚度/m	吸水有效厚度/m	吸水层数	吸水砂岩厚度/m	吸水有效厚度/m	吸水层数	吸水砂岩厚度/m	吸水有效厚度/m	吸水层数
细分	82	769.7	259.6	824	873.1	298.6	910	103.4	39	86

以 C 井为例,从该井同位素测试结果图 4 中发现,细分前井段为两级配注,多数层位都在第一级配水器之上,11 个小层只有 2 个层位吸水,油层动用程度较低。细分后,采用三级三段注水,配水器位置上提。从措施后同位素结果上看,S34、S371、P1112、3、P1 221 开始吸水,有效提高了油层动用厚度,细分措施效果明显。

1.2.2 评价水井调剖效果

注水井浅调剖,作为细分调整的补充手段,能够有效调整由于井况、隔层限制或动用好、差油层相间分布不能细分调整井的层间矛盾^[14]。统计示范区 12 口井同位素资料见表 3,调剖措施前后,12 口井总吸水砂岩厚度增加 8.0 m,吸水有效厚度增加 10.7 m,吸水层数增加 21 个。

表 3 示范区 12 口水井调剖前后吸水情况对比

Table 3 Comparison of water injection profile before and after profile adjustment of 12 wells in demonstration area										
井号	调剖前					调剖后				
	注入压 力/MPa	日注入量/ (m ³ ·d ⁻¹)	吸水砂岩 厚度/m	吸水有效厚 度/m	吸水 层数	注入压 力/MPa	日注入量/ (m ³ ·d ⁻¹)	吸水砂岩 厚度/m	吸水有效厚 度/m	吸水 层数
D1	11.5	104	11.9	8.1	7	11.5	103	12.6	8.6	8
D2	10.2	96	13.2	7.0	8	10.3	95	18.9	11.1	8
D3	8.5	68	8.7	1.4	5	11.0	75	12.5	2.9	11
D4	10.5	68	9.5	0.6	7	11.1	60	11.0	1.0	7
D5	11.0	78	16.3	3.2	9	11.9	44	5.9	1.5	7
D6	11.7	90	15.7	13.1	9	11.1	120	31.1	16.8	21
D7	12.0	111	7.5	2.2	6	12.2	35	7.3	1.2	5
D8	8.0	33	7.7	2.6	8	11.2	45	6.2	1.4	7
D9	10.4	33	2.7	0	3	11.4	18	2.8	0.8	4
D10	10.0	72	12.2	2.3	11	11.2	64	8.5	3.1	9
D11	10.9	61	8.4	1.3	4	11.7	57	13.0	2.8	16
D12	9.8	76	13.4	10.5	4	12.3	92	13.4	10.5	4
合计	-	-	127.5	48.7	79	-	-	135.5	59.4	100

以 D7 为例,该井调剖前同位素测试,吸水层位为有效厚度大的高渗透地层,薄差层不吸水,层段内矛盾突出。同时,该井隔层条件差细分困难,应对其进行调剖措施^[15]。措施后发现,有效厚度 0.8 m 的 S212 层不再吸水;有效厚度 0.3 m、0.2 m 层位吸水量减少;表外储层 S24 层、S210 层,开始动用,纵向上剖面更加均匀,达到缓解层内矛盾,使薄差层得到动用的目的。

1.2.3 评价水井酸化效果

通过油井压力恢复资料分析,能够发现近井地

带污染井^[16]。然后,再通过酸化解堵,改善地层的渗流能力。

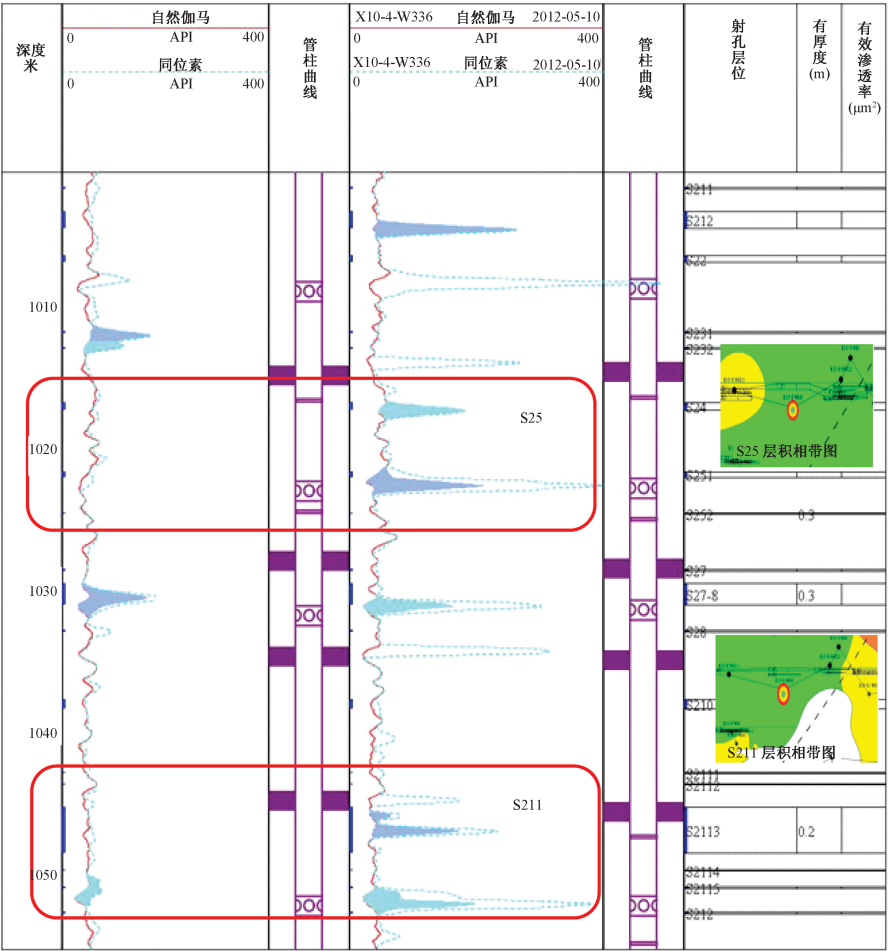
统计示范区 14 口酸化水井,措施前后注入压力和水量的变化(表 4)。其中 E2、E3、E4、E6、E7、E8 井措施后注入量增加。

以 E8 井为例,该井射开砂岩厚度 26.2 m,有效厚度 2.4 m,为改善注水效果对该井 1、2、5 层段进行酸化,增注 20 m³/d。对比酸化前后同位素成果发现(图 5),吸水层位增加,酸化措施效果好。

表 4 示范区 14 口水井酸化前后注入压力和水量变化表

Table 4 Changes of injection pressure and water volume before and after acidification of 14 water wells in demonstration area

井号	砂岩厚度/ m	有效厚度/ m	措施前		措施后		差值	
			压力/ MPa	注入量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	压力/ MPa	注入量/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)	压力/ MPa	注入/ ($\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$)
E1	38.9	11.5	11.3	50	11.3	34	0	-16
E2	25.0	10.3	11.6	72	11.2	86	-0.4	14
E3	13.9	4.8	10.5	40	11.2	68	0.7	28
E4	15.8	0.8	12.4	20	11.0	42	-1.4	22
E5	21.3	3.7	11.6	44	11.6	41	0	-3
E6	44.2	8.4	11.8	33	11.7	60	-0.1	27
E7	20.8	5.0	10.1	48	11.5	60	1.4	12
E8	26.2	2.4	12.5	16	12.5	20	0	4
E9	27.7	10.1	11.7	55	11.5	46	-0.2	-9
E10	35.7	10.6	11.0	82	11.6	72	0.6	-10
E11	24.3	11.6	11.7	73	11.7	65	0	-8
E12	35.3	10.2	11.8	48	11.8	40	0	-8
E13	35.8	15.2	11.6	30	11.6	30	0	0
E14	25.4	11.2	11.4	79	11.4	82	0	-3



a. E8井酸化前测试结果

b. E8井酸化后测试结果

图 5 E8 井酸化前后同位素测试对比图

Fig.5 Isotope testing comparison of Well E8 before and after acidification

1.3 诊断挖掘低含水层及低含水方向

随着油水井补孔、水井细分的进行,井网综合

利用和精细分层潜力变小,及时将精细挖潜思路转

为加大平面调整力度优化平面注采强度,根据剩余

油分布特点,开展逐井、逐层的剩余油状况研究,有针对性的调整挖潜。

1.3.1 测调控含水效果分析

应用产液剖面、油井静压资料,对示范区油水井产液、含水、流压进行排查,找出平面上具有调整潜力的井组^[17]。对示范区 31 口测调井按照厚度级别,统计措施前后动用层数比例、砂岩厚度比例、有效厚度比例发现,调整后各类地层动用状况都有所

提高,合计提高砂岩厚度动用比例 6.44%,有效厚度动用比例 7.13%,调整效果好(表 5)。

以油井 F 井为例,产出剖面测试中,该井全井含水 86.2%,有 3 个产液层段含水高于全井含水,达到较高含水级别。因此,应对 F 井周围水井控制注水,达到最终 F 井控水、增油的效果。水井调整后,从 F 井产出剖面测试成果表上看(表 6),产液增加,含水降低,累计增加产油 2.04 m³/d,达到了控水增油的效果。

表 5 示范区 31 口水井测调前后动用状况对比
Table 5 Comparisons of 31 water wells before and after testing adjustment in demonstration area

有效级别	统计井数	射孔情况			措施前动用情况			措施后动用情况			差值		
		层数	砂岩厚/	有效厚/	层数	砂岩厚/	有效厚/	层数	砂岩厚/	有效厚/	层数	砂岩厚/	有效厚/
			m	m		m	m		m	m		m	m
(2,10]	31	8	24.8	20.7	25.00	26.21	26.09	37.50	39.11	40.58	12.50	12.90	14.49
(1,2]		40	73.3	55.8	42.50	38.06	39.78	45.00	42.56	43.01	2.50	4.50	3.23
(0.5,1]		148	170.2	108.9	45.95	47.41	46.56	53.38	54.41	54.82	7.43	7.00	8.26
(0,0.5]		273	228.1	93.4	38.10	42.44	39.08	44.69	49.28	45.61	6.59	6.84	6.53
表外		393	273.9	0.0	26.21	28.92	-	31.30	34.61	-	5.09	5.69	-

表 6 水井控制注水后 F 井产出剖面测试成果表
Table 6 Production profile testing results of Well F after controlling water injection

层位	射开厚度/ m	有效厚度/ m	水井控制注水前油井			层位	水井控制注水后油井		
			产液量/ (m ³ ·d ⁻¹)	含水/ %	产油量/ (m ³ ·d ⁻¹)		产液量/ (m ³ ·d ⁻¹)	含水/ %	产油量/ (m ³ ·d ⁻¹)
S2102-111	2.1	0.2	0	0	0	S2111	0	0	0
S2112-115	3.3	0.3	3.1	87.1	0.40	S2112-114	3.5	77.1	0.80
						S2115	1.5	73.3	0.40
S2121-13	1.8		0	0	0	S2121	0	0	0
						S2122-13	1.6	75.0	0.40
S2161-162	1.3	0.7	2	85.0	0.30	S2161-162	2.7	81.5	0.50
S31-2	1		0	0	0	S31-2	0	0	0
S351-52	1	0.4	5.2	90.4	0.50	S351-52	5.7	86.0	0.80
S371-72	2.1		0	0	0	S371-72	0	0	0
P111-21a	1.9	0.2	0	0	0	P111-21a	4.1	87.6	0.51
P1312-32	1.5		2.2	92.4	0.17	P1312-32	0	0	0
P1421-422	2					P1421-422	0	0	0
合计	-	-	12.5	86.2	1.37	-	19.1	82.1	3.41

1.3.2 测调提低含水效果分析

G 井组位于断层附近,剩余油富集区域^[18]。该油井周围有四口连通注水井,其中三口位于该采油井的北部,只有一口注水井 G4 位于油井 G 井南部靠近断层一侧。对比四口注水井的同位素测试结果发现,从图 6 上看,G4 井 P1111、P1112、P121a 层不吸水,其他三口井 P111 号、P112 号都有相应的小层吸水,使该井南部没有来水方向,造成了 G 井在平面上的开发矛盾,水井能量供给不充足,驱替剩余油能不强。

G4 井提水后 P1111、P1112、P121a 都有吸水显示,在平面上优化了中心油井的的注采强度,完善了注采关系。从油井 G 的生产数据上看,产液量由

13.6 m³/d,上升到 16 m³/d,增加了 2.4 m³/d,综合含水 92.1%保持不变,调整效果好。

1.3.3 配套精细压裂挖掘低含水层

以往普通压裂纵向上只能划分为 4 段,对于小层多的井,经常出现压裂层段内各层物性差异大的问题,导致压裂程度不一,压裂规模不易控制,压裂效果不好。而精细控制压裂,纵向上最多可以分为 12 段进行压裂,很大程度上缓解了压裂层位差异大的问题。以 H 井为例,2013 年 9 月对其分 12 个层段精细压裂,11 月油井 H1 井对应压裂,井组对应压裂层位见表 6。由于井况原因,H2 井 2014 年 3 月实施压裂。

从图 7 中看出,水井压裂前,吸水层位 7 个,压

裂后吸水层位为 13 个,压裂措施达到改善地层的效果,吸水层位、吸水厚度均增加。统计井组内油水

井生产数据,发现产液、产油、流压增加,含水降低并维持在较好水平,开采效果好。

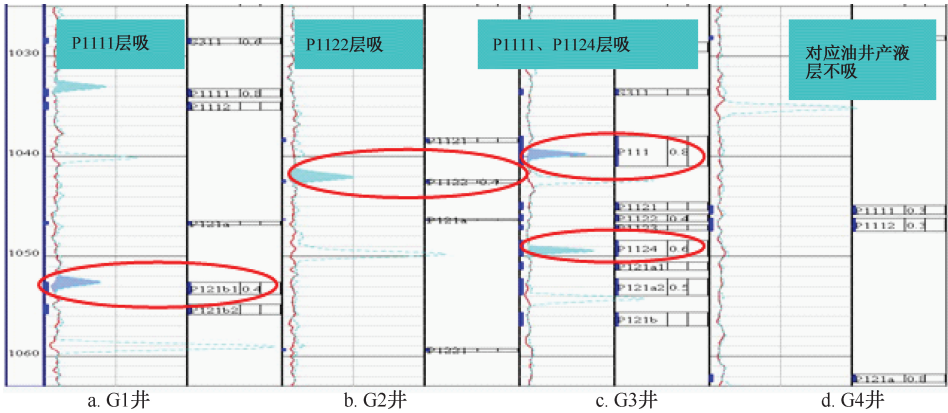


图 6 各井同位素解释结果
Fig.6 Interpretation results of isotopes for different wells

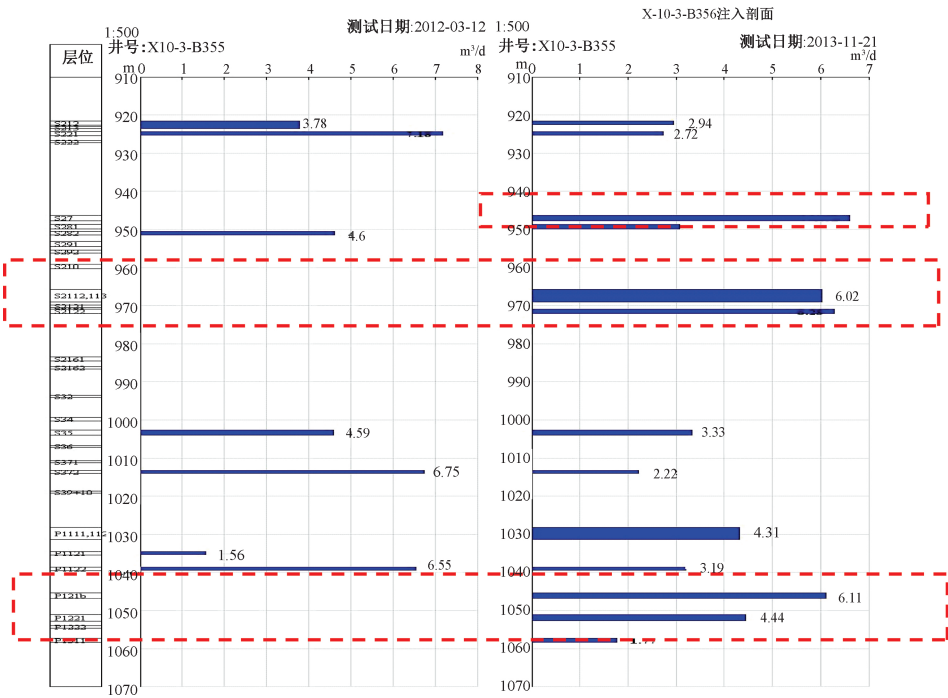


图 7 H 井压裂前后同位素测试吸水层位柱状图
Fig.7 Column diagram of water absorption location for isotope testing before and after fracturing in Well H

2 结论

- (1) 利用监测资料可以评价油水井转注、补孔、细分、调剖、酸化、压裂、测调等各类措施效果,发现低含水层及低含水方向,评价油、水井动用情况,为 X 示范区高效开发提供有力依据。
- (2) 监测资料在水驱精细挖潜示范区开发调整的各个阶段充分发挥了重要作用,同时形成了一套注水开发区措施调整工作思路。
- (3) 由于近年来各采油厂积累了大量的油水井监测资料,下一步可尝试应用大数据方法对大量监

测资料进行总结提升,提高资料使用效率,进一步深化资料应用。

致谢:感谢大庆油田测试技术服务分公司同意本文公开发表;感谢解释评价中心动态管理室的技术支持;感谢资料绘解人员提供大量测试井数据。

参考文献

[1] 张雪峰,韩光艳,吕洪亮. 水驱精细挖潜示范区路径探索与模式创新——以大庆油田杏六区东部为例[J]. 中国石油企业,2018(11):62-69.

ZHANG Xuefeng, HAN Guangyan, LYU Hongliang. Path exploration and mode innovation of water drive fine

- potential tapping demonstration area—Taking the Eastern part of Xing6 area of Daqing Oilfield as an example [J]. China Petroleum Enterprise, 2018(11):62-69.
- [2] 于珊珊,江涛,李其瑞,等. 高含水开发后期天然水驱砂岩油藏提高采收率技术研究[J]. 油气井测试,2016,25(5):9-11.
YU Shanshan, JIANG Tao, LI Qirui, et al. Research on improving oil recovery technology for sandstone reservoir by natural gas drive at late development of high water cut [J]. Well Testing, 2016,25(5):9-11.
- [3] 陈沛麟. 辽河油田安12块高含水期挖潜措施研究[D]. 大庆:东北石油大学,2018.
CHEN Peilin. Study on the potential tapping measures of water cut period at An 12 block of Liaohe oilfield [D]. Daqing: Northeast petroleum university, 2018.
- [4] 隋金巍. 应用测试资料评价北三西水驱示范区开发效果[J]. 内蒙古石油化工,2012,38(17):145-147.
SUI Jinwei. Evaluation of the development effect for Beisanxi water drive demonstration zone by using the test data [J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2012,38(17):145-147.
- [5] 刘慧. 监测资料在示范区的开发应用[J]. 化工管理,2016(28):213.
LIU Hui. Development and application of monitoring data in demonstration areas [J]. Chemical Enterprise Management, 2016(28):213.
- [6] 方艳君,刘端齐,王天智,等. 喇萨杏油田注采系统适应性评价及调整方式研究[J]. 大庆石油地质与开发,2007,26(3):72-74.
FANG Yanjun, LIU Duanqi, WANG Tianzhi, et al. Research on adaptability evaluation and adjustment mode of injection production system of Lasaxing Oilfield [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2007,26(3):72-74.
- [7] 白庆丽. 油层注采系统调整方法[J]. 油气田地面工程,2007,26(5):32-33.
BAI Qingli. Adjustment of reservoir injection-production system [J]. Oil-Gasfield Surface Engineering, 2007,26(5):32-33.
- [8] 计秉玉. 油藏工程理论与方法研究文集[M]. 石油工业出版社,2004:30.
- [9] 王中敏. 新肇油田注采系统井区注采比调整研究[J]. 长江大学学报(自然科学版),2014,11(8):71-72.
WANG Zhongmin. Adjustment of injection-production ratio for the injection-production system in Xinzhaioilfield [J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2014,11(8):71-72.
- [10] 李震,许思勇,王谦,等. 利用产出剖面测井确定剩余油饱和度[J]. 测井技术,2016,40(3):372-376.
LI Zhen, XU Siyong, WANG Qian, et al. Determining production layer remaining oil saturation by production profile data [J]. Well Logging Technology, 2016,40(3):372-376.
- [11] 彭文江,葛永胜,翟爱卫. 油田监测资料的应用[J]. 化工管理,2016(26):173.
PENG Wenjiang, GE Yongsheng, ZHAI Aiwei. Application of field monitoring data [J]. Chemical Enterprise Management, 2016(26):173.
- [12] 李桂军,刘慧,闪俊梅,等. 五参数吸水剖面测井资料解释方法分析与研究[J]. 石油仪器,2006,20(4):57-59.
LI Guijun, LIU Hui, SHAN Junmei, et al. Analysis and research on interpretation methods of logging data of water absorption profile with five parameters [J]. Petroleum Instruments, 2006,20(4):57-59.
- [13] 王海平. 示踪相关与电磁流量组合测井技术在低渗透油田中的应用[J]. 内蒙古石油化工,2011,37(8):308-310.
WANG Haiping. Application of tracer correlation and electromagnetic combined logging in low permeability oil fields [J]. Inner Mongolia Petrochemical Industry, 2011,37(8):308-310.
- [14] 徐海霞,陈小凯,吕孝明,等. 动态监测技术在超深油藏调剖调驱中的应用[J]. 油气井测试,2017,26(6):37-40.
XU Haixia, CHEN Xiaokai, LYU Xiaoming, et al. Application of dynamic monitoring technology in the deep profile control process of extra-deep heavy oil reservoir [J]. Well Testing, 2017,26(6):37-40.
- [15] 陈继超,李维平,杨明滔. 油藏调驱效果试井评价方法研究[J]. 油气井测试,2013,22(4):21-25.
CHEN Jichao, LI Weiping, YANG Mingtao. Well test interpretation method for reservoir displacement effect [J]. Well Testing, 2013,22(4):21-25.
- [16] 林加恩. 油气井试井资料的价值及作用[J]. 油气井测试,2016,25(4):38-40,43.
LIN Jia'en. Value and function of oil & gas well testing data [J]. Well Testing, 2016,25(4):38-40,43.
- [17] 张秋平,李阳,杨薇. 注入剖面示踪相关流量测井[J]. 石油化工应用,2011,30(6):27-30.
ZHANG Qiuping, LI Yang, YANG Wei. Injection profile logging tracer relative flow rate [J]. Petrochemical Industry Application, 2011,30(6):27-30.
- [18] 赵宇芳,刘继霞,张国杰,等. 剩余油监测技术及适用性评价[J]. 油气井测试,2013,22(3):25-27,30.
ZHAO Yufang, LIU Jixia, ZHANG Guojie, et al. Residual oil monitoring technology and applicability evaluation [J]. Well Testing, 2013,22(3):25-27,30.

编辑 刘振庆

第一作者简介:王海涛,男,1984年出生,工程师,2008年毕业于西安石油大学勘查技术与工程专业,目前从事生产测井资料录取、验收等工作。电话:0459-4591274,18604598373; Email:dlts_wanghai tao@petrochina.com.cn。通信地址:黑龙江省大庆市红岗区采油五厂测试技术服务分公司第五大队,邮政编码:163513。