

长庆油田长停井生产测井组合找漏技术

张金海¹,王中涛¹,谢海波²,李桂山²,曹娟²,刘怡辰¹

- 1. 中国石油集团测井有限公司地质研究院 陕西西安 710000
- 2. 中国石油集团测井有限公司长庆分公司 陕西西安 710200

通讯作者:Email:4608810@qq.com
项目支持:陕西省重点研发计划项目“鄂尔多斯盆地低渗透油藏剩余油测井评价技术与应用”(2021GY-113)

引用:张金海,王中涛,谢海波,等.长庆油田长停井生产测井组合找漏技术[J].油气井测试,2021,30(5):61-67.
Cite: ZHANG Jinhai, WANG Zhongtao, XIE Haibo, et al. Leak detection technology of production logging combination for long-term shutdown well in Changqing Oilfield [J]. Well Testing, 2021,30(5):61-67.

摘要 为进一步开发长停井地层剩余油,治理套损高含水井,对长庆油田 3 100 余口长停井现状进行调研,并在 Z277 示范区块采用不同生产测井组合技术进行找漏。通过传统井径测井技术找到套损部位,将长停井进行临时改注作业,打破井筒内流压平衡,产生负压流体,结合流量、井温、噪声等测井手段,对明确出水点的井进行封堵。结果表明,X 井改造后恢复生产,日产油量 2.0 t。用组合找漏技术对该区块多口井重复验证,平均产量达到 1.97 t/d。该技术应用于长停套损井综合治理,能有效找出套管漏失出水点,经济效益显著,具有推广价值。
关键词 高含水井;套损井;长停井;生产测井;找漏;综合治理;老井挖潜;剩余可采储量
中图分类号:TE358 **文献标识码**:B **DOI**:10.19680/j.cnki.1004-4388.2021.05.011

Leak detection technology of production logging combination for long-term shutdown well in Changqing Oilfield

ZHANG Jinhai¹, WANG Zhongtao¹, XIE Haibo², LI Guishan², CAO Juan², LIU Yichen¹

- 1. Geological research Institute, China Petroleum Logging Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710000, China
- 2. Changqing Branch, China Petroleum Logging Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710200, China

Abstract: In order to further develop the remaining oil of long-term shutdown well and control the casing damage of high-water cut wells, the current situation of more than 3 100 long-term shutdown wells in Changqing Oilfield is investigated, and different production logging combination technologies are used to find leakage position in Z277 demonstration block. The casing damage position is found through the traditional caliper logging technology, and the long-term shutdown well is temporarily changed to injector, to break the balance of flow pressure in the wellbore and produce negative pressure fluid. In combination with flow, well temperature, noise, and other logging means, clear water outlet point of the well is blocked. The results show that the production of Well X is resumed after reconstruction, and the daily oil production is 2.0 t. The combined leak detection technology is used to repeatedly verify multiple wells in this block, and the average production is 1.97 t/d. This technology is applied to the comprehensive treatment of long-term shutdown wells with casing damaged, which can effectively find out the water leakage point of casing, with remarkable economic benefits and popularization value.
Keywords: high water cut well; casing damage well; long shutdown well; production logging; leak detection; comprehensive management; old well production potential tapping; remaining recoverable reserves

随着油田开发时间的延长,油水井受固井质量变差、腐蚀等影响,不同程度的套损现象不可避免^[1-2],在生产过程中受多种因素(如油套管材质、工艺改造等)影响,长期使用的套管容易出现穿孔漏失现象^[3]。国内外学者在套管修复、封堵效果等方面展开相关研究^[4-5]。叶翠莲等^[6]对套管磨损剩

余强度做了有限元分析。石岩等^[7]对浅层套管漏失井监测与治理进行了相关研究。周生福等^[8]对井筒封隔器工具等影响因素和对策进行了相关研究。温曹轩等^[9]、吴宏杰等^[10]、谢荣华等^[11],以及刘子平等^[12]分别就固井质量及超声波技术对套管受损性和井筒完整性评价做了相关研究。在光纤

石油测井上,殷凤磊^[13]、金鑫^[14]、肖勇^[15]针对光纤传感技术开展了相关套损研究。套损找漏技术在正常生产井中应用较多,在长期关停状态套损井中应用较少,且该类关停套损井大部分是由于高含水原因导致,原层仍具有丰富的剩余油待挖潜。针对此类关停套损井治理,常用的套管找漏测井手段无法达到测试目的。如何精准检测油水井套损部位,是高效治理套损井的前提^[16]。

本文以长停套损井为研究目标,该类套损井主要特点是:油井液量和含水出现迅速增长,含盐迅速下降(含盐变化情况视周边对应水井注入水质而定),井筒液面上升较快,最后导致油井关停,原层剩余油未被有效挖潜。长停井不同于正常生产油水井之处在于由于长期关停,其井筒液面处于静止状态,即井筒压力与地层压力基本持平,井筒流体与地层流体没有产生压差流体(即负压流体),导致常规找漏测井技术在关停状态下无法达到测试目的。为此,改变常规测试技术和测试思路,通过油井临时改注,使井筒和地层产生一定数值的压力差,结合不同井况,综合运用生产测井组合找漏技术,最终实现长停套损井的有效治理,不仅使这些长停井等闲置资源得到充分利用,还填补了生产测井组合找漏技术在长停套损井治理领域的技术空白。

1 现有找漏技术局限性

长庆油田平均每年新增套损井 200 余口,包含关停的上千口井目前共有 3 100 余口套损井,如图 1 所示,对应采油厂的部分采油区套损井分布情况如图 2 所示。

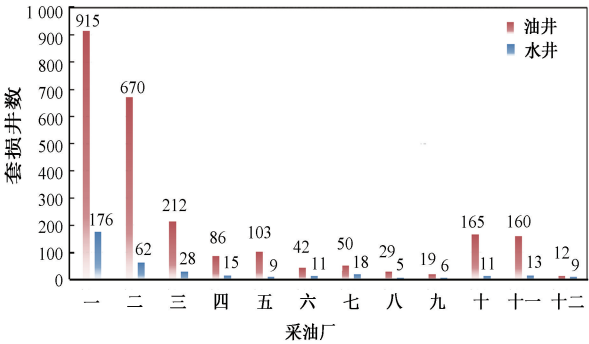


图 1 长庆油田套损井分布情况图
Fig. 1 Distribution of casing damaged wells in Changqing Oilfield

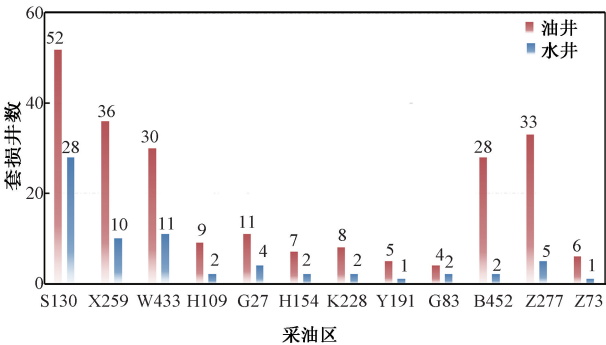


图 2 各采油厂部分采油区套损井分布情况图
Fig. 2 Distribution of casing damaged wells in some oil production areas of each oil production plant

套损出水井不仅对油田发展造成危害,使油井产能损失,造成资源闲置浪费,同时也打破了注采平衡关系,严重影响区块的整体开发,开展精细找水综合评价研究势在必行。而综合评价套损出水井需要明确出水位置。通常情况下,井筒流体为负压时(图 3a),可以采用流量测井、井温测井等技术手段检测漏失情况,明确出水点。

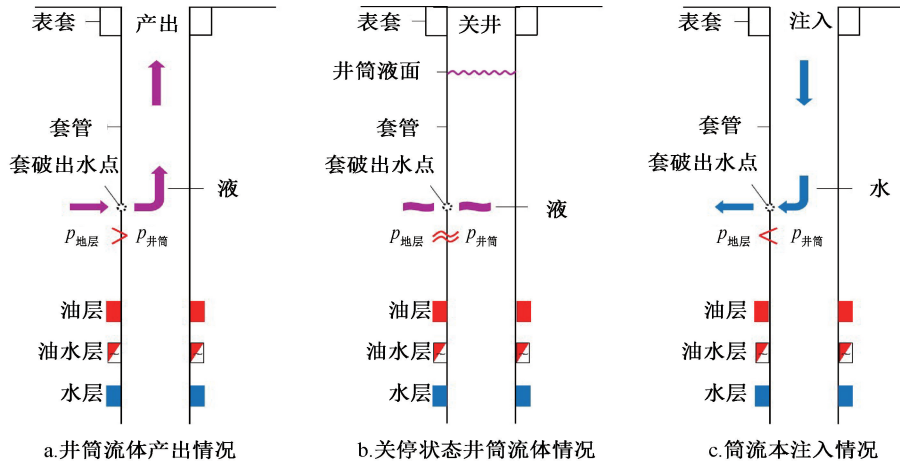


图 3 套破井井筒流体状态示意图
Fig. 3 Schematic diagram of wellbore fluid state of casing damaged well

而长停套损井的井筒压力 $p_{\text{井筒}}$ 和地层压力 $p_{\text{地层}}$ 持平(图 3b),此时井筒液面处于静止状态,单一的测井手段已经无法检测出流量漏失变化情况,导致检测手段难以实施。

针对以上情况套损井的治理诊断,通过油井临时改注,使井筒流体流动起来(图 3c),形成负压状态下常规化套破出水井找漏技术,进而有效应用套管组合测井系列,使达到测试目的。该技术可准确判识套破点出水状况,能为套损井提供精确可靠井筒信息,显著提升套损井治理诊断效果。

2 低渗透油藏组合找漏技术

生产井套管损坏是国内外油田普遍存在的重大工程问题^[17]。国内针对套损井出水研究侧重预防、治理技术,对诊断技术研究相对不足。诊断技术主要包括井下工具、井下电视、地下管道探头摄像、工程测井、铅模印记等^[18]。

2.1 工程测井

工程测井主要运用多臂井径仪 MIT(Multi-Finger Imaging Tool)和 MTT(Magnetic Thickness Tool)完成,通过测量臂和电磁效应来研究套管内径和壁厚的变化情况。以单根管柱的平均腐蚀量相对于标准壁厚的百分比描述金属腐蚀程度,腐蚀超过标准壁厚的 90% 定义为穿孔^[19-20]。测井中定义腐蚀或穿孔级别 D_0 。划分标准如下:轻微腐蚀, $D_0 \leq 20\%$; 腐蚀较严重, $20\% < D_0 \leq 40\%$; 腐蚀严重, $40\% < D_0 \leq 85\%$; 腐蚀非常严重, $85\% < D_0 \leq 90\%$; 穿孔, $D_0 > 90\%$ 。

2.2 流量测井

流量测井系列主要包括同位素测井、涡轮流量计测井、氧活化测井等。

放射性同位素测井将放射性同位素以一定的方式吸附或结合于固相载体的物质上,再与水配置成一定浓度的活化悬浮液注入井内,井壁上附着的载体带有放射性同位素,测井仪探测器通过检测这些同位素释放的信号,以某种差值的形式反应给地面系统,这种差值的大小就反映了地层的吸水能力^[21]。

涡轮流量计在流量测井中应用较多,是一种速度式流量计。利用悬置于流体中带叶片的转子或叶轮感受流体的平均流速而推导出被测流体的瞬时流量和累计流量,转子响应与流速关系^[22]。

氧活化测井主要通过井下中子发生器产生 14 Mev 的高能中子来活化水中的氧,被活化后的氧原子处于不稳定状态,释放出具有强穿透能力的高能

快中子和伽玛射线,可穿过油管、套管甚至水泥环,通过对伽玛射线时间谱的测量来反映油管内、环套空间、套管外含氧物质的流动状况,通过管子参数进一步算出水流量。

2.3 井温测井

井温测井主要是通过温度曲线的异常来反应地层流体或井筒流体温度变化情况。其原理是在原始状态下,地层温度与深度的关系基本成线性变化,斜率即为地温梯度。当井筒内有流体变化时,原始地层温度受到干扰而形成井温异常。

2.4 噪声测井

其原理为井内液体或气体运动时,由于摩擦作用可以产生具有特征频谱的声音^[23]。当井眼内湍流通过阻流位置时将产生压力降,流体的动能在阻流部位转换成热能和声能,因此在阻流位置附近可探测到噪声。噪声强度的大小随着流体流速变化而变化,通常,流速变化可以发生在流体产出口、泄漏口、注水位置、窜槽或套管缩径等处。噪声测井仪通过对井筒内流体流动而产生的自然声场的测量,并研究其频率和幅度特征,同时结合井筒管柱、射孔位置等相关信息,就可以确定地质参数和井筒的工程状况。

长庆油田套损井出水点甄别困难,主要有两种情况:(1)破损位置不一定是出水位置,套损井管壁普遍存在腐蚀、结垢等情况,单独使用传统工程测井很难明确出水点具体位置,且封隔器卡封找漏封密封性差,现场施工效率低、成功率低。(2)井筒流压平衡状态下,单一的常规测井方法均无法检测出流量漏失变化情况,出水点位置难以确定。通过在长庆油田的实践,提出综合运用套管组合测井技术判断套损井出水点的综合诊断技术,运用工程测井(通过套管内径的变化、壁厚的变化评价套管损伤)、流量测井(通过套管破损处的流量变化来评价破损位置)、井温测井(通过套管破损处的井筒流体温度变化来评价破损位置)、噪声测井(通过套管破损处的声场变化来评价破损位置)等组合技术寻找出水点位置,设计出不同条件下的关停套损井找漏测井方案。

3 实例应用

X 井是长庆油田 Z277 区块一口采油井,套管外径为 139.7 mm,套管内径为 124.3 mm,套管壁厚为 7.7 mm。该井于 2011 年 7 月完钻,12 月投产延 10 层,射孔段为 1 977.0~1 979.0 m(测试过程中遇

阻,射孔段未测到),固井质量合格。投产初期日产液 4 m³,日产油 1.7 t,含水 57.9%;2017 年 12 月含水率突然升至 100%,含盐量由 80 000 mg/L 降至 8 000 mg/L 左右,井筒动液面从 1 400 m 上升至 400 m 左右,初步怀疑套破导致高含水;2018 年 4 月

在 1 864.0 m 处下 Y221-114 封隔器进行隔采,隔采未见效;2018 年 9 月该井因高含水停井,停井前该井日产液 5.6 m³,日产油 0 t,含水 100%,井口压力 21 MPa,累产油 2 700 t,累产水 3 600 m³,该井生产数据如图 4 所示。

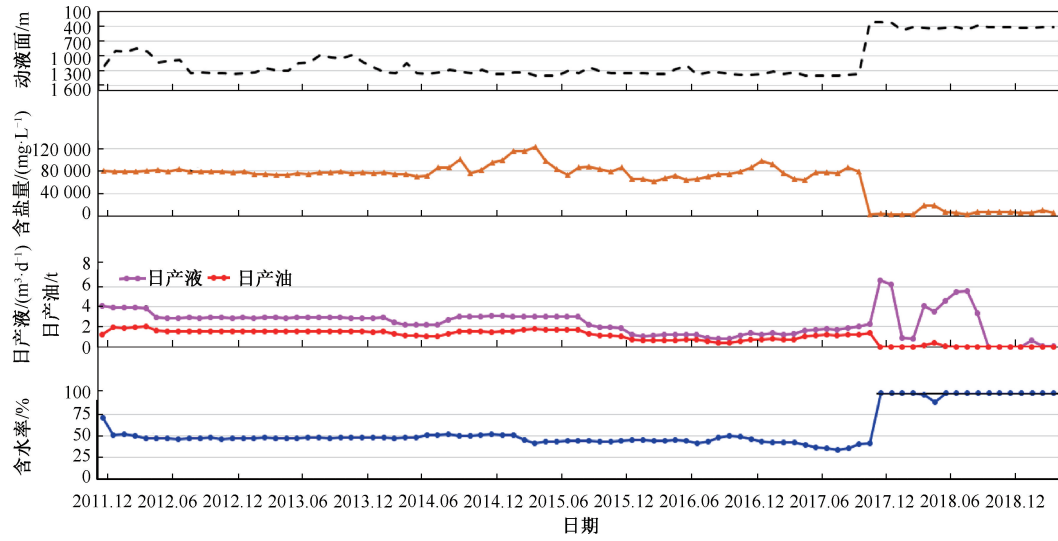


图 4 X 井延 10 层生产数据曲线图(措施前)
Fig. 4 Production data of formation Yan10 in Well X (Before taking measures)

从该井生产数据分析可知,受水淹影响本井产油量下降明显,短时变化显著,产油量由 1.3 t/d 降至 0 t/d。分析认为原层仍有较大复产潜力,2019 年 3 月 20 日对该井实施工程测井(MIT+MTT),并在 1 400.0~1 480.0 m 井段存在多处套损现象,且计算的 D₀ 值均大于 90%,属于穿孔级别。

由于该井停井时间较长,井筒液面长期处于平衡状态,常规的流量、井温和噪声测井在此条件

下无法进行测量。将该井临时转注,使井筒压力与地层压力形成负压状态,进而使流体流动起来,达到测试条件。2019 年 4 月 3 日对该井进行井温测井。从井温测井曲线上看(图 5),该井仅在 1 444.0~1 448.3 m 井段井温和微差曲线变化明显,且在 1 447.2 m 附近变化幅度达到峰值,呈“负异常”,说明该位置存在热交换,可能存在套破现象。

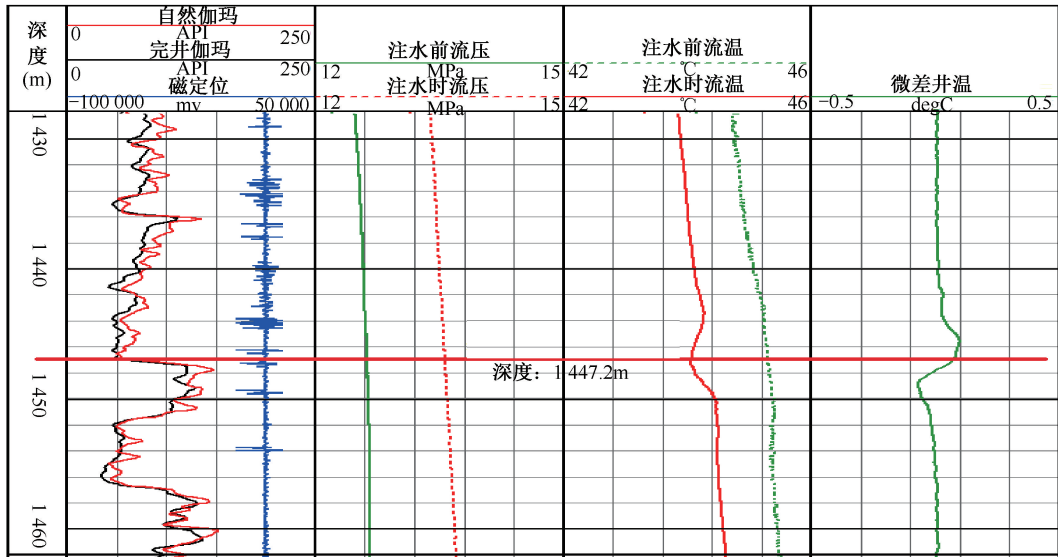


图 5 X 井 1 430.0~1 460.0 m 井段井温测井解释成果图
Fig. 5 Interpretation results of well temperature logging of 1 430.0~1 460.0 m in Well X

为进一步验证该结论,2019 年 4 月 8 日对该井进行噪声测井,从噪声测井曲线上看(图 6),该井仅

在 1 447.2 m 附近噪声信号最强,进一步确定 1 447.2 m 为该井的出水泄漏点。

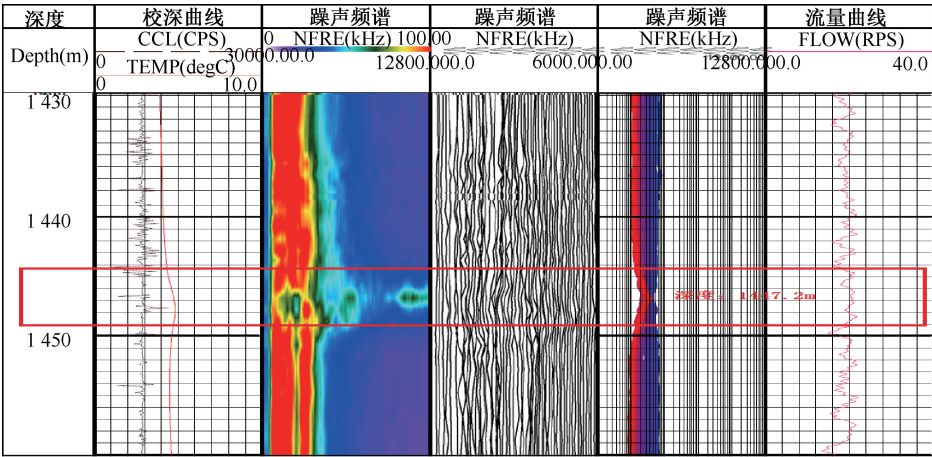


图 6 X 井 1 439.0~1 452.0 m 井段噪声解释成果图

Fig. 6 Noise interpretation results of 1 439.0-1 452.0 m in Well X

根据以上测试结果,最终确定 X 井 1 447.2 m 为该井的出水点位置。通过工艺封堵措施后,该井含水、动液面下降,恢复正常生产产能,产油量由 0 t/d 恢复至目前的 2.0 t/d,含水率由 100%降至 33%,如图 7 所示。

和 B 井进行实例应用。A 井、B 井在停产前日产油量均在 1.0 t 以上,含水 40%~60%。高含水后,油井短时产能丢失迅速,通过液量、含盐、动液面变化情况,判断为套破高含水所致。A 井和 B 井基本信息见表 1,3 井次测试应用效果统计见表 2。

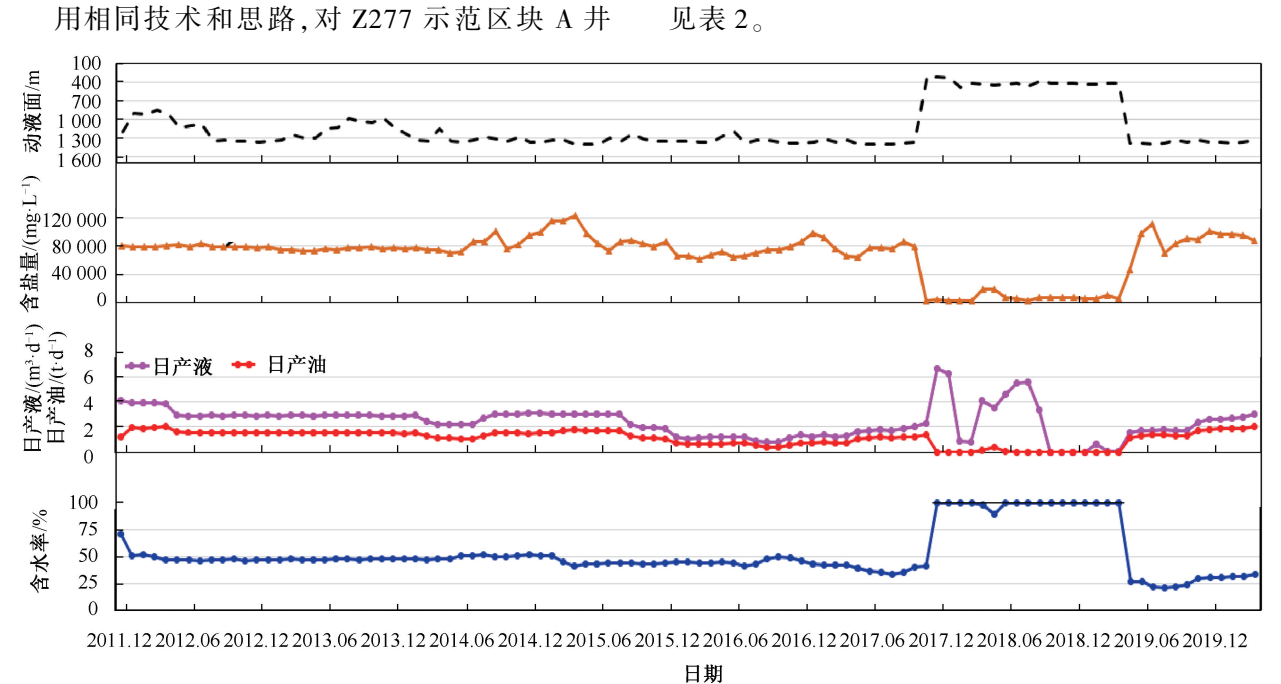


图 7 X 井延 10 层生产数据图(措施后)

Fig. 7 Production data of formation Yan10 in Well X (After taking measures)

表 1 Z277 区块 A 井和 B 井基本信息参数表

Table 1 Basic information parameters of Well A and Well B in Z277 block

井号	套管相关尺寸/mm			投产时间	生产层位	射孔段/ m	固井质量	累计产量	
	外径	内径	壁厚					油/t	水/m ³
A	139.7	124.26	7.72	2010.09	延 9	1 878.0~1 882.0	合格	7 475	5 792
B	139.7	124.26	7.72	2009.08	延 8	1 886.0~1 888.0	合格	9 512	4 679

表 2 套损井出水判别测井技术应用效果表

Table 2 Application effect of water production identification logging technology in casing damaged wells

井号	基础测试	测试技术	措施前			漏点位置/m	措施后			堵水是否有效
			产液/m ³	产油/t	含水/%		产液/m ³	产油/t	含水/%	
X	三参数+工程测井 (伽玛+压力+磁定位)	井温 噪声	5.6	0	100	1 447.2	3.0	2.0	33.3	有效
A	三参数+工程测井 (伽玛+压力+磁定位)	井温	9.2	0	100	1 074.0~1 076.0	7.5	2.6	65.3	有效
B	三参数+工程测井 (伽玛+压力+磁定位)	井温 流量测井	3.8	0	100	1 341.0~1 344.0	2.2	1.3	40.9	有效

从上述测试技术可看出,三参数测井(伽玛+压力+磁定位)和工程测井(MIT+MTT)是关停套损井找漏测试的基础,每口井井况不同,采取的测井组合系列也不同。根据不同井况,设计以下组合测井方案:(1)三参数+工程测井+井温测井+噪声测井。适用井筒工具较少,且井口压力较大,大注水量相对困难情况下的井。(2)三参数+工程测井+井温测井。适用于井筒同位素沾污严重,井筒水质较差情况下的井。(3)三参数+工程测井+井温测井+流量测井(同位素测井、涡轮流量测井、氧活化测井三种流量测井视具体井况选择)。适用于井筒水质较好,在井口压力不大、注水量大的井。(4)其他设计。潜在技术(如光纤测井、井下电视测井等)。适用于上述组合测井不适应,且光纤的高昂测试成本后期能挽回的井。

4 结论

(1)生产测井组合找漏技术在长庆油田 Z277 示范区块进行长停套损井综合治理,能有效找出套管漏失出水点位置,应用效果显著,具有推广意义。

(2)该组合技术相对常规单一找漏技术来说成本较高,在适应性论证方面,需注意:①选井上,选取的目标井应遵循回报大于投入的原则。②井筒流体压差界限值达不到测井仪器启动排量界限值时,即井筒流体压差不足的井,该组合技术适应性较差。③在技术组合系列上,要根据不同井况具体分析,综合考虑确定最终具有结合性的组合测井方案。

(3)可视化测井技术是未来发展的趋势,在技术完善及成本投入方面是今后的主要研究方向。

致谢:感谢中国石油集团测井有限公司及相关单位同意本文公开发表;感谢各位领导和同事给予的支持和帮助。

参考文献

[1] 万禧煌,许峰,于伟强,等.渤海油田噪声-流量测井与 PEAK 工具组合找漏堵漏技术[J]. 油气井测试,2020,

29(4):73-78.

WAN Xihuang, XU Feng, YU Weiqiang, et al. Combination of noise-flow logging with PEAK tools for leakage detection and plugging in Bohai Oilfield [J]. Well Testing, 2020,29(4):73-78.

[2] 张洪,李得信,杨西娟,等.套损检测技术在青海油田的应用[J]. 测井技术,2012,36(1):56-67.

ZHANG Hong, LI Dexin, YANG Xijuan, et al. The casing damage detection technology in Qinghai Oilfield [J]. Well Logging Technology, 2012,36(1):56-67.

[3] 王晓华.注入井套管找漏测井方法适用性分析[J]. 石油天然气学报,2014,36(12):113-116.

WANG Xiaohua. Applicability analysis of logging method of leakage locating in injection casings [J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2014,36(12):113-116.

[4] RODRÍGUEZ V, GUERRERO H, ALCOCER S M, et al. Rehabilitation of heavily damaged beam-column connections with CFRP wrapping and SFRM casing [J]. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 2021,145(4):106721.

[5] 葛嵩,卢详国,刘进祥,等.无机地质聚合物凝胶封堵效果和储层适应性研究[J]. 油气藏评价与开发,2018,8(3):51-54.

GE Song, LU Xiangguo, LIU Jinxiang, et al. Study on plugging effect and reservoir adaptability of inorganic geopolymer gel [J]. Reservoir Evaluation and Development, 2018,8(3):51-54.

[6] 叶翠莲,乔智国,李腾飞,等.磨损套管剩余强度有限元分析[J]. 油气井测试,2020,29(3):6-10.

YE Cuilian, QIAO Zhiguo, LI Tengfei, et al. Finite element analysis of residual strength of worn casing [J]. Well Testing, 2020,29(3):6-10.

[7] 石岩,陈金峰,左虎,等.浅层套管漏失井监测与治理技术[J]. 油气井测试,2019,28(3):55-60.

SHI Yan, CHEN Jinfeng, ZUO Hu, et al. Monitoring and treatment technology for shallow casing leakage well [J]. Well Testing, 2019,28(3):55-60.

[8] 周生福,崔龙兵,刘练,等.顺北油田三高油气井完井测试封隔器影响因素及对策[J]. 油气井测试,2019,28(3):37-41.

ZHOU Shengfu, CUI Longbing, LIU Lian, et al. Influencing factors of completion test packer and countermeasure for 3-high oil and gas well in Shunbei Oilfield [J]. Well

- Testing, 2019,28(3):37-41.
- [9] 温曹轩,陈美杰,吴羿君,等. 固井水泥石巴西劈裂强度尺寸效应试验[J]. 长江大学学报(自然科学版),2019,16(7):95-99.
- WEN Caoxuan, CHEN Meijie, WU Yijun, et al. Experiment on size effect of brazilian splitting strength of cementing cement[J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2019,16(7):95-99.
- [10] 吴宏杰,朱克华,王军,等. 大位移井易漏失地层固井技术研究[J]. 长江大学学报(自然科学版),2018,15(15):47-49,58.
- WU Hongjie, ZHU Kehua, WANG Jun, et al. Study on cementing technology of easy-leaking formations in extended reach wells [J]. Journal of Yangtze University (Natural Science Edition), 2018,15(15):47-49,58.
- [11] 谢荣华,刘继生,李晓伟. 固井质量评价技术发展及其对油田开发的影响[J]. 测井技术,2019,43(4):339-343.
- XIE Ronghua, LIU Jisheng, LI Xiaowei. Cementing quality evaluation technology and its influence on oilfield development[J]. Well Logging Technology, 2019,43(4):339-343.
- [12] 刘子平,屈玲,姚梦麟. 油气井井筒泄漏超声波检测技术及应用[J]. 测井技术,2018,42(4):453-459.
- LIU Ziping, QU Ling, YAO Menglin. Application and technology of ultrasonic inspection and measurement for well leak detection [J]. Well Logging Technology, 2018,42(4):453-459.
- [13] 殷凤磊. 基于光纤传感技术的套管应变及管外压力的在线监测技术[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2010.
- YIN Fenglei. The on-line monitoring technology for the casing outside pressure and the casing strain based on the fiber-optic sensing technology [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2010.
- [14] 金鑫. 基于光纤传感器的油井套损监测系统研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2008.
- JIN Xin. Study on well casing damage monitoring system based-on optical fiber sensor [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2008.
- [15] 肖勇. 套管损坏机理、检测方法和套损预测研究[D]. 大庆:大庆石油学院,2007.
- XIAO Yong. Study on the mechanism, inspection and prediction of casing damage [D]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2007.
- [16] 耿青. 测井技术在套损井修复及报废中的应用[J]. 测井技术,2019,43(3):329-332.
- GENG Qing. Application of logging technology in repairing and abandoning damaged casing wells [J]. Well Logging Technology, 2019,43(3):329-332.
- [17] 吕秀梅,刘继生. 大庆油田套损检测技术优选研究[J]. 测井技术,2016,40(6):755-764.
- LYU Xiumei, LIU Jisheng. On optimal selection of casing damage detection technology in Daqing Oilfield [J]. Well Logging Technology, 2016,40(6):755-764.
- [18] 王陶,杨胜来,朱卫红,等. 塔里木油田油水井套损规律及对策[J]. 石油勘探与开发,2011,38(3):352-361.
- WANG Tao, YANG Shenglai, ZHU Weihong, et al. Law and countermeasures for the casing damage of oil production wells and water injection wells in Tarim Oilfield [J]. Petroleum Exploration and Development, 2011,38(3):352-361.
- [19] 张金海,贾建涛,桂鹏飞,等. 连续相关流量测井技术在低渗透油田的应用[J]. 测井技术,2019,43(5):469-473.
- ZHANG Jinhai, JIA Jiantao, GUI Pengfei, et al. Research and application of continuous cross-correlation flow logging technology in low permeability Oilfield [J]. Well Logging Technology, 2019,43(5):469-473.
- [20] 吕祥鸿,闫亚丽,王悦. 某区块油井套管腐蚀破坏机理及防护措施研究[J]. 焊管,2019,42(1):10-16.
- LYU Xianghong, YAN Yali, WANG Yue. Study on corrosion failure mechanism and protective measures of oil well casing [J]. Welded Pipe and Tube, 2019,42(1):10-16.
- [21] 陈文,张强,金洪,等. 川东北气矿井下管柱腐蚀评价及缓蚀剂防腐研究[J]. 石油与天然气化工,2012,41(2):196-199.
- CHEN Wen, ZHANG Qiang, JIN Hong, et al. Evaluation of downhole tube corrosion and research on corrosion inhibitor in northeastern Sichuan gas district [J]. Chemical Engineering of Oil & Gas, 2012,41(2):196-199.
- [22] 郭海敏. 生产测井导论[M]. 北京:石油工业出版社,2003:130-139.
- [23] 宋秋菊,李国红,刘闯,等. NST 噪声测井塔里木油田的应用[J]. 测井技术,2019,43(5):484-487.
- SONG Qiujia, LI Guohong, LIU Chuang, et al. Application of NST noise logging in Tarim Oilfield [J]. Well Logging Technology, 2019,43(5):484-487.

编辑 苏璇

第一作者简介:张金海,男,1986年出生,硕士,工程师,2014年毕业于长江大学地球探测与信息技术专业,主要从事油藏测井评价等方面的研究工作。电话:029-86024919; Email: 4608810@qq.com。通信地址:陕西省西安市高新技术开发区锦业二路丈八五路50号,邮政编码:710000。