

·油气钻采工程·

水平井高压水射流泡沫酸洗工艺应用

付继彤

(中国石化胜利油田分公司 孤岛采油厂, 山东 东营 257231)

摘要:新投产水平井普遍采用裸眼筛管方式完井,但裸眼筛管容易被钻井泥浆污染堵塞。为解除泥浆污染,通常采用皮碗封隔器酸洗—氮气混排工艺,该工艺存在酸洗不彻底、皮碗封隔器胶皮易脱落等缺陷。高压水射流泡沫酸洗工艺通过节流管柱产生高能量脉冲射流,可以有效解除全筛管段的泥饼和泥浆污染,较好地改善近井地带渗流状况。将该工艺应用于孤岛油田16口井,截至2015年6月底,排出泥浆及地层污物是传统酸洗混排工艺的2~3倍,热采井平均注汽压力下降1 MPa以上,单井增油量为2 t以上,增产效果显著。同时该工艺正洗可以实现管外充填防砂,有效保护筛管及管外地层。

关键词:水平井 裸眼筛管 酸洗混排 高压水射流 消泡剂 洗井阀

中图分类号:TE252.9

文献标识码:A

文章编号:1009-9603(2015)05-0123-04

Application of foamed acid washing technology by high pressure water jet in horizontal well

Fu Jitong

(Gudao Oil Production Plant, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying City, Shandong Province, 257231, China)

Abstract: The screen in open hole, a commonly used new horizontal well completion method, is easy to be polluted and sealed by drilling mud. Foamed acid washing is often used in the cleaning process with a cup-type packer and nitrogen-enriched mixed gas emission, which has the disadvantage of washing unthoroughly and easily falling off the rubber on the cup-type packer. The jet can be produced at high energy pulse through the throttling pipe string for the foam acid washing technology by high pressure water jet. It can effectively remove mud cake and mud pollution in the whole screen section and the flow condition near wellbore can be thoroughly improved. This technology has been applied in 16 wells of Gudao oilfield. By the end of June 2015, two to three times of mud and formation pollutants were drained compared to those by traditional acid washing and mixed gas emission. For the steam injection thermal recovery wells, the steam injection pressure decreased more than 1 MPa. The incremental oil of single well was more than 2 tons. The technology has significant production effect. At the same time, the technology can achieve sand control effect by filling outside tube when the conventional well-flushing is used. It can effectively protect the screen in the open hole and the formation outside the tube.

Key words: horizontal well; screen in open hole; acid washing and mixed gas emission; high pressure water jet; defoamer; well flushing valve

近年来,孤岛油田在特稠油、薄层稠油等区块大量采用水平井开发方式,其中2013—2014年每年投产的水平井都在50口以上,且呈逐年增多的趋势。由于储层胶结疏松,新井投产时需实施防砂处理才能保证油井的正常生产。裸眼筛管防砂完井具有完善程度高、泄油面积大和渗流阻力小的优

点,目前新投产水平井普遍采用该完井方式(占85%以上)。该防砂工艺采用管外封隔器、分级箍、盲板(或免钻塞工具)以及泥饼清洗器、补偿器等一系列特殊完井工具,实现储层顶部注水泥固井、储层段下入完井筛管(一种精密滤砂管)完井。由于储层自钻开至投入生产期间均浸泡在钻井液中,且

收稿日期:2015-07-02。

作者简介:付继彤(1962—),男,山东沂水人,高级工程师,博士,从事采油工程技术研究。联系电话:18561216521, E-mail: fujitong.slyt@sinopec.com。

投产时不再进行射孔作业,钻井泥饼及钻井液的污染对油井生产状况影响较大^[1]。

为清除钻井泥饼及消除钻井液污染,充分释放储层产能,通常采用皮碗封隔器酸洗工艺,施工时在筛管段使用2个皮碗封隔器,反洗井时使油套环形空间的酸液转向流经筛管外环形空间,通过冲洗、浸泡而达到清除泥饼和疏通储层的目的。但实际施工时由于筛管段较长,而筛管外泥饼、泥浆形成的阻力较大,酸洗液存在“绕流”现象^[2],即绕过筛管外环形空间而回流至筛管内,形成“S”型短路,造成局部泥饼得不到处理或处理不彻底,同时处理底部段因热冲击大易损伤^[3],从而影响产能。

由于水平井造斜率大,在皮碗封隔器上提过程中,受到完井工具接头和套管接箍等处的卡顿作用,皮碗封隔器胶皮易于脱落而形成井下落物,据统计封隔器完好率不足10%,对下一步的作业措施产生一定的不利影响^[4]。从生产的需要出发,摒弃水平井酸洗工艺,引进高压水射流泡沫酸洗工艺。

1 工艺装置组成及原理

水平井高压水射流装置(图1)采用的是内外管连接,外管由转换工具、高压水射流管柱和水平井清洗转换器组成,底部接水平井泥饼清洗器专用插管(表1)。转换工具可实现液流转向,使反洗井时的气、液混合物由油套环形空间进入高压内管与高压水射流管柱之间的小环形空间;水平井清洗转换器则密封高压内管与高压水射流管柱的环形空间,从而使气、液混合物自高压水射流管柱上均匀分布的节流孔高速喷出,形成径向高压水射流,消除泥

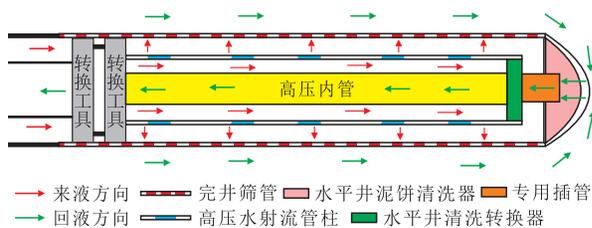


图1 高压水射流装置结构

Fig.1 Structure of high pressure water jet equipment

表1 高压水射流装置中的工具规格

Table1 Tool specifications for each part of the high pressure water jet equipment

工具	最大外径/mm	内径/mm	密封压力/MPa
转换工具	112	60	35
高压水射流管柱	107	75	35
水平井清洗转换器	107	60	35
高压内管	60	50	35

饼和钻井液形成的污染,射流后形成的泥、细砂等污染物则通过水平井泥饼清洗器、专用插管、自高压内管和油管返出地面。

针对水平井近井地带的堵塞,通过高压水射流泡沫酸洗工艺,将近井地带泥饼、泥浆和粉细砂与重油混合物形成泡沫液返排,彻底改善近井地带渗流状况^[5]。施工时首先根据完井筛管长度,下入高压水射流管柱,确认打开泥饼清洗器后,采用压风机或氮气车与水泥车共同作业,高排量(1.5 m³/min)反洗井液流通过转换工具进入内外管夹壁腔,经过高压水射流解堵工具产生高冲击力、高能量的脉冲射流,冲击筛管内壁,然后通过筛管,以及筛管与泥饼的环空,将泥浆带上地面,可以有效消除全筛管段的泥饼和泥浆污染。对防砂筛管、钻井泥饼及近井地带进行清洗疏通,疏通油流通道,达到解堵、增产的目的。高压脉冲水射流泡沫解堵工艺的优点是:①全井段均匀布酸,使全筛管段都达到解堵目的^[6];②压力高,可实现深部解堵,提高油层渗透性;③高压脉冲射流对地层多次脉冲冲洗和氮气泡沫共同作用,将近井地带溶蚀的泥饼、泥浆和粉细砂与油混合物以及残酸形成泡沫返排出地面,避免了对油层造成二次污染^[7]。同时射流冲击力随泵压和排量的增加而增大,现场应用时增加排量效率会更高。根据井段长度设计不同的酸液量。

2 工艺配套改进

2.1 返出液处理系统

高压水射流施工排量大、返出泡沫液量大、返出快,普通作业施工的12 m³循环池难以满足要求,易造成泡沫液漫出池外形成环境污染^[8]。为此,研制了配套的返出液处理系统,其运行流程是:①解堵液(油田水+氮气)经机组加速(1.5 m³/min)加压(压力为5~18 MPa)后注入井内进行高压水射流解堵;②对所排出的带泡沫污物经消泡器进行第1次消泡后,进入旋流气液分离装置进行气、液、固相分离和2次消泡;③分离后的污水泵入大罐,运送至污水处理站集中处理。使用时根据井场实际确定摆放位置后,拉运返出液处理系统到井场,转运立罐到井场指定位置。回收装置及立罐到位后,组装、连接管线,进行清洁处理,防止药剂系统堵塞。根据施工情况调节药剂排量和回收水泵启停,原则上循环池内液面不超过1/2,最终将废液回收至立罐。

2.2 消泡剂筛选评价实验

返出液处理系统设计了三级消泡设备,可以实

现废液的彻底消泡回收。但消泡剂使用量大,需要进行筛选及浓度优化评价实验。主要实验仪器包括BS4202S电子天平、称量瓶、分液漏斗、量筒及其他玻璃器皿。实验用剂及药剂包括高温发泡剂、HBXP-10油溶性消泡剂(现场)和水溶性消泡剂SH(现场)。参照Q/SH 1020 1967—2008高温发泡剂通用技术条件^[9]、Q/SH 1020 2194—2013原油消泡剂通用技术条件^[10]和GB/T 26527—2011有机硅消泡剂中的实验方法及技术要求^[11]进行评价。配制质量分数为0.5%的高温发泡剂200 mL,发泡后滴加一定质量分数的消泡剂0.25 mL,记录消泡体积及速度。在现场应用的发泡剂中,水溶性消泡剂消泡速度快、消泡彻底,且稀释5%后仍具有较好的消泡效果(表2)。按质量分数为5%配制水溶液,经现场验证消泡完全,效果良好,单井节约该项费用1万元以上。

表2 消泡剂评价结果
Table2 Evaluation results of defoamer

消泡剂	外观	泡沫体积/mL		消泡率, %	消泡速度	
		加药前	加药后			
HBXP-10油溶性	均匀黄色液体	150	30	80		
水	100%原液	均匀乳白色液体	150	0	100	快
溶	10%原液	均匀液体	150	0	100	快
性	5%原液	均匀液体	150	0	100	快
SH	1%原液	均匀液体	150	5	100	慢

2.3 泥饼清洗器改进

原水平井泥饼清洗器为针对下皮碗封隔器酸洗而设计,将其应用于高压水射流泡沫酸洗工艺,在结构和功能方面存在一定的缺陷^[12],具体表现在:①目前水平井泥饼清洗器为单级密封弹簧式单流阀,施工时无法确认洗井阀是否打开;②洗井阀通径较小(约35 cm左右),大排量施工时限制了液流的排出,从而影响返排效果;③无法实施管外充填防砂,在粉细砂岩油藏应用时存在一定局限性。

针对以上问题,研制了新型洗井阀(图2),设计两级开关总成,靠耐高温的板簧关闭密封孔,两级密封孔和酸洗孔分开,酸洗径向孔始终处于敞开状态。它依靠服务器推开两级开关总成连通酸洗径向孔,收回服务器两级开关总成分别关闭密封孔。

该泥饼清洗器能够根据反洗井时压力变化情况确认洗井阀是否打开。洗井阀服务器插入到泥

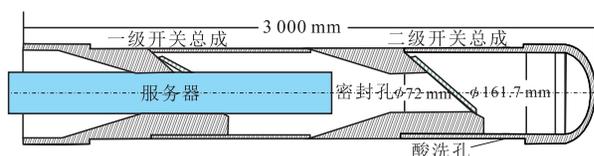


图2 新型洗井阀结构

Fig.2 Structure of the new well flushing valve

饼清洗器前开泵反循环,实现管内洗井;继续下入管柱,当进入泥饼清洗器双级开关总成之间时,洗井通道关闭,出口排量明显减小,泵压上涨;当通过泥饼清洗器第二级开关总成时,进行管外洗井,出口排量明显增加,泵压下降。泥饼清洗器工具总长为3.0 m左右,洗井阀服务器长度为2.7 m,可上下活动2.0 m,确保密封孔全打开,作业队调节管柱长度的余地大。改进后洗井阀通径较大,为62 cm,可以提高施工排量。该洗井阀与高压水射流工具配套设计,反洗井可进行水平井高压水射流管外解堵,正挤可实现管外充填防砂^[13]。

3 现场试验及应用

截至2015年6月底,现场试验16口井。现场应用情况与传统下皮碗封隔器酸洗工艺进行对比,高压水射流泡沫酸洗工艺的效果明显,表现在:①排出废液量增多。排出的泥浆、泥砂污物是传统酸洗混排量的2~3倍,由于高压水射流对泥饼和储层的冲刷作用强、施工排量大,近井地带粉细砂可随返出液携带至地面,视储层胶结出砂情况每口井排出粉细砂1~2 m³不等。②热采井注汽压力明显下降。对比同区块投产水平井,应用高压水射流工艺的井平均注汽压力下降1 MPa以上,这说明平均分布的射流管柱及较强的物理解堵作用对泥饼的清洗和对储层的疏通效果更好,扩大了吸汽剖面。③油井产液量和产量增加。对比同是垦53区块的2口井KXK53P3和KXK53P4井,采用了高压水射流泡沫酸洗工艺的KXK53P4井比采用下皮碗封隔器酸洗工艺的KXK53P3井的产液量高7 t,产油量高2 t,说明其水平段储层得到了更好的利用。

典型井例南3-平409,该井是新井投产,生产层位为Ng3^s,完井滤砂管长度为135 m,实施高压水射流泡沫酸洗工艺,再进行管外充填防砂施工,延长生产周期。施工工序为:①下酸化、防砂一次管柱;②均匀布酸;③高压水射流、氮气泡沫返排洗井;现场排出大量泥浆及泥砂2 m³。④管外砾石充填,挤压充填0.4~0.8 mm石英砂20 t。该井投产后日产液量为17.7 t/d,到2015年7月16日已累积产油1300 t。

4 结论

高压水射流泡沫酸洗工艺能彻底消除附着在水平段筛管表面的泥饼和泥质堵塞;在全井段均匀

分布射流口,能产生高能脉冲水流,实现均匀清洗,将近井地带泥浆、泥饼、泥质与稠油混合物高效排出,消除全筛管段的堵塞,彻底改善近井地带渗流状况。

研制了新型的返出液处理系统,它主要由多个大型立罐和三级消泡设备组成,使用后可以满足大排量的要求,井场环保整洁;进行多种起泡剂和消泡剂优选评价,最终选出高效廉价起泡剂和消泡剂,使用量降低80%以上,大大降低了施工费用;针对目前的水平井泥饼清洗器存在的一些缺陷,对其进行了改进,应用之后实现下入一次管柱即可完成射流解堵和砾石充填防砂2项工艺,具有明显的节约创效价值。

参考文献:

- [1] 尹俊禄,赵丁楠,东甲山,等.底水油藏水平井水淹规律影响因素[J].油气地质与采收率,2012,19(4):90-92.
Yin Junlu, Zhao Dingnan, Dong Jiashan, et al. Numerical simulation on factors affecting flooding mechanism of bottom-water reservoir in horizontal wells[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(4): 90-92.
- [2] 曲占庆,赵英杰,温庆志,等.水平井整体压裂裂缝参数优化设计[J].油气地质与采收率,2012,19(4):106-110.
Qu Zhanqing, Zhao Yingjie, Wen Qingzhi, et al. Fracture parameters optimization in integral fracturing of horizontal well[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(4): 106-110.
- [3] 陈刚,林良彪,王威,等.元坝地区须家河组砂岩成岩作用与孔隙演化[J].石油实验地质,2014,36(4):405-410.
Chen Gang, Lin Liangbiao, Wang Wei, et al. Diagenesis and porosity evolution of sandstones in Xujiahe Formation, Yuanba area[J]. Petroleum Geology & Experiment, 2014, 36(4): 405-410.
- [4] 宋勇.胜利油区整装油藏特高含水期水平井提高采收率技术[J].油气地质与采收率,2015,22(3):119-123.
Song Yong. EOR technology for the horizontal wells at extra-high water cut stage in integrated oil reservoirs of Shengli oilfield[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(3): 119-123.
- [5] 冯其红,李尚,韩晓冬,等.稠油油藏边水推进规律物理模拟实验[J].油气地质与采收率,2014,21(5):81-83.
Feng Qihong, Li Shang, Han Xiaodong, et al. Physical experiment on edge water drive law of offshore heavy oil reservoir[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(5): 81-83.
- [6] 李霜,董波,孔方清,等.元坝气田超深水平井防漏型乳化酸解卡技术[J].石油钻探技术,2015,43(3):44-49.
Li Shuang, Dong Bo, Kong Fangqing, et al. New technology for stuck drill pipe using mud loss-proof emulsified acid implemented in a ultra-deep horizontal well in the Yuanba Gas Field[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2015, 43(3): 44-49.
- [7] 任广磊,周涌沂,陈奎,等.大牛地气田大98井区水平井开发技术政策研究[J].油气地质与采收率,2014,21(5):90-93.
Ren Guanglei, Zhou Yongyi, Chen Kui, et al. Research on horizontal well development technology policy of Da98 well area in Daniudi gas field[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2014, 21(5): 90-93.
- [8] 张广卿,刘伟,李敬,等.泡沫封堵能力影响因素实验研究[J].油气地质与采收率,2012,19(2):44-46.
Zhang Guangqing, Liu Wei, Li Jing, et al. Experimental study on the factors influencing the blocking ability of foam[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2012, 19(2): 44-46.
- [9] 胜利石油管理局油气采输专业标准化委员会.Q/SH 1020 1967—2008 高温粘土稳定剂通用技术条件[S].中国石化集团胜利石油管理局,2008.
Standard Committee for oil and gas production and transportation of Shengli Petroleum Administration Bureau. Q/SH 1020 1967-2008 General technical specification for high temperature clay stabilizer[S]. Shengli Petroleum Administration Bureau of China Petrochemical Group, 2008.
- [10] 胜利石油管理局油气采输专业标准化委员会.Q/SH 1020 2194—2013 原油消泡剂通用技术条件[S].中国石化集团胜利石油管理局,2013.
Standard Committee for oil and gas production and transportation of Shengli Petroleum Administration Bureau. Q/SH 1020 2194-2013 General technical specification for crude oil defoamer[S]. Shengli Petroleum Administration Bureau of China Petrochemical Group, 2013.
- [11] 中国国家标准化管理委员会.GB/T 26527—2011 有机硅消泡剂[S].北京:中国标准出版社,2011.
Standardization Administration of the People's Republic of China. GB/T 26527-2011 Organic silicon defoamer[S]. Beijing: China Standard Press, 2011.
- [12] 刘红磊,韩倩,李颖,等.彭水区块水平井清水连续加砂压裂技术[J].石油钻探技术,2015,43(1):13-19.
Liu Honglei, Han Qian, Li Ying, et al. Water fracturing with continuous sand for horizontal wells in the Pengshui Block[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2015, 43(1): 13-19.
- [13] 刘华.临南洼陷南坡沙三段沉积充填的差异性[J].油气地质与采收率,2015,22(3):57-61.
Liu Hua. Sedimentary filling diversity in the third member of Shahejie Formation in south part of Linnan subsag[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2015, 22(3): 57-61.

编辑 刘北羿