

水平井压裂工艺技术现状及展望

冯小飞 王建琳

延长油田股份有限公司质量监督中心 陕西 延安 716000

摘要:现阶段, 延长油田开发中有很大部分都是属于低渗透油气藏, 其渗透率低, 渗透阻力大, 所以, 为了提高经济效益, 实现油田稳产增产, 水平井裂压工艺被广泛应用于各大油田。虽然水平井裂压工艺已经被普遍应用, 但在水平井分段裂压施工过程中还存在一定的技术局限性以及设备滞后性, 导致目前我国水平井分段裂压技术发展缓慢。基于此, 阐述了现阶段我国水平井分段裂压技术现状, 以及面临的问题、不足, 并对今后水平井裂压工艺的发展趋势进行了分析。

关键词: 水平井压裂; 工艺技术; 现状; 展望

1 水平井压裂工艺概述

水平井是指具有一定角度的井, 共斜角能接近90度左右, 在水平方向上, 井身有一定的延伸。压裂工艺是指采用一定的施工技术, 使井筒周围地层产生一定数量的裂缝。通常压裂工艺用在油田开采, 或是天然气等开采方面。对比水平井压裂造缝的特点, 能分为横向裂缝, 纵向裂缝以及水平裂缝。井筒和最小主应力之间的作用力决定裂缝的形成。当井筒和最小主应力产生平行的位置状态, 得到的裂缝就是横向裂缝。若两者处于垂直的关系, 得到的裂缝就是纵向裂缝。除这两种位置关系之外, 得到的裂缝统称为水平裂缝。根据裂缝类型, 能制定油田开采计划^[1]。油田开采工艺对油田开采效率有直接影响, 合适的油田开采工艺能提高油田开采率。水平井压裂技术包括化学隔离分段压裂以及水力喷射等多种压裂工艺, 根据所要开采油田的实际情况, 制定合理的开采方案。

2 水平井压裂技术现状

2.1 液体胶塞分段隔离压裂

该压裂技术常应用于套管井, 其工艺流程为: 射开首段预改造层段, 再进行油管压裂, 压裂完成后用砂子和液体胶塞对已压裂井段进行隔离; 再射开下一压裂层段, 继续进行油管压裂, 再用同样的方法进行隔离和进行下一改造层段的压裂, 依次完成所有与改造层段。压裂施工结束后, 进行冲砂、冲胶塞, 并采取合层排液求产。此种压裂方法的施工安全性高, 但作业周期长、施工工序繁琐、综合成本高, 同时为达到良好的隔离效果使用的液体胶塞胶联度高, 不易破胶对所位于的隔离层段伤害大, 同时在求产前需要冲砂、冲胶塞, 影响改造效果, 因此, 该技术20世纪90年代后没有得到推广应用。

2.2 双封隔器分段上提压裂

该技术在压裂前能将所有待改造层段射开, 再将带有导压喷砂封隔器的节流压差压裂管柱下入井中^[2]。从井底最尾端地层开始坐封压裂, 再由井底到井口方向依次上提到座封预改造层段, 重复相同的压裂施工流程, 一趟管柱完成所有压裂层段的改造。该技术具有可控性强、目的性强、压裂效果好等特点, 但同时易解封过程中因砂卡而不能解封, 造成井下事故; 或出现解封上提过程中出现胶筒磨损或压裂层位吐砂造成座封不严而重新起下管柱等问题。

2.3 限流分段压裂

限流法分段压裂是一种完井压裂技术, 其机理是通过控制泵注排量来调节射孔处孔眼摩阻带动井底压力来达到各改造层段的破裂压力, 来完成压裂改造, 泵注排量、孔眼摩阻以及井底压力成正向变化关系。该项技术具有不用下井下工具, 施工安全性高, 时间短, 等优势。但如果需要实现多层多段同时压裂, 则当排量足够大时可带动井眼压力达到最大破裂压力改造层, 则可一次性完成所有压裂层段的压裂改造。但因为各改造层的岩性差异, 以及对地面泵注设备能力限制等问题, 并不能保证每个改造层位都能实现裂缝启裂和延伸的均衡, 甚至会造成一些破裂压力较高的层段不能压开, 从而不能实现改造效果^[3]。

2.4 桥塞射孔联作

泵送射孔-桥塞联作技术是综合了水力泵送、桥塞座封、多级分簇射孔等多项技术。通过一次下井, 既能实现座封桥塞, 又能实现多级分簇射孔, 而且能实现带压作业。该工艺通过光套管压裂, 适合进行大排量、大规模施工。多簇射孔的应用能更加易形成复杂裂缝, 提高储层的改造效果。该工艺可实现全通径、无极限施工,

可保证套管完整性。连续油管工具集成了喷砂射孔器,采用喷砂射孔进行压裂施工可作为防范措施,有效避免滑套无法打开状况发生。

2.5 水力喷砂射孔+环空加砂压裂工艺(TDY)

水力喷射环空加砂多簇压裂工艺技术采用双喷射器进行两簇射孔压裂,上下喷射器间隔20m,喷射器采用四个6.3mm的喷孔。压裂作业时,首先座封底部封隔器,再进行喷砂射孔,射孔完成后从油套环空进行加砂压裂,油管进行补液,压后放喷,之后上提管柱进行下一层段施工,重复上述步骤完成多段压裂。水力喷射环空加砂多簇压裂工艺在施工过程中安全性高,能用一趟管柱在水平井中快速、精准地压开多条裂缝,施工简便、快捷^[4]。

3 目前国内外水平井压裂工艺技术现状

3.1 机械封堵逐层压裂的分段压裂技术

机械封堵逐层压裂的分段压裂技术主要是利用封隔器,在封隔器的作用下对水平井段进行分层分段压裂。在压裂具体施工中会根据油层纵向分布的特点以及施工排量的需要,用封隔器把压裂目的层封隔成不同的层段,再依次逐层进行分段压裂。水平井压裂层段能是独立的,也能是多个压裂段共同组成,封隔层段是为了能实现不同层段的单独裂压,同时又能保证生产需要时实现多层段的压裂。在实际施工中当水平井某一层段出现目的层被两个封隔器夹在中间,这种现象被称为双封隔器单卡分层压裂。

当多个目的层被夹在两个封隔器中间时,就要求配套限流法压裂技术、堵球法等多种压裂技术相结合进行压裂施工。在实际水平井压裂施工中如果层段数量较多,且个层段纵向间距比较大,使压裂施工现场排量受限,就需要通过对封隔器分层段压裂管柱进行限流、封堵炮眼法手段进行逐层压裂施工^[5]。

3.2 化学隔离分段压裂

这项具体技术大部分在套管井情况下使用,可从本质上处理套管产生变形后导致的封隔器难以正常施工等常见问题。因工序较为繁琐,且作业周期很长,所以这项技术并未得到普及与发展。然在不同技术方法都得到快速进步与发展时,出现了一个新型的技术措施,也就是自破胶液体胶塞水平井分段压裂。这项技术是指先在射孔中下入压力管柱,直至到达最端部地层,再采用水力喷射的方法开始射孔压裂,之后注入自破胶液体;完成胶塞后,对压力管柱进行上提,使其到达第二层,采用一致的方法来射孔压裂;采用该方法持续循环,到整个地层都被压开为止。

这项技术关键特性为使用胶塞时会承受一定压差的

影响,表现出出色的抵抗温度作用的能力,可对成胶时间进行调整,而且可能实现自动破胶,限制破胶具体时间,也不会出现太多的残渣,基本不会造成伤害,在实现压裂目标基础上达到预期封堵目标与良好的分段压裂效果^[1]。

3.3 水力喷射加砂分段压裂

该技术将隔离、射孔和压裂充分结合到仪器,利用专门的喷射工具从套管以及岩石内穿过,得到孔眼,再采用射流的方法使通道压力升高,再于环空内通过流体的泵入使环空压力得以增大,通过压力的叠加使地层被完全压开。这项技术的基本原理将伯努利方程为依据,在喷射工具作用下使流体产生动能,以较高的速度通过冲击形成通道;在裂缝产生以后,速度较高的流动物质将被输送到裂隙与孔道内,孔道如同射流泵,受到射流持续作用,流动物质将持续不断的被输入地层,促使裂缝发生延伸,起到防止超压的作用。以上过程实际上是一个将水动力学作用作为核心的水力封隔,无需采用其它方式。将管柱开始拖动以后,把喷嘴放到下个要实施改造的部位,能将所有需进行改造的井段依次压开^[2]。该技术的优势包括:

3.3.1 无需采用机具就能进行自动隔离,无论是裸眼还是套管完井,都能采用这项技术措施;

3.3.2 一次管柱就能完成对多个层段的压裂,除了周期很短,而且还能减小对其它层造成的伤害及影响;

3.3.3 能使喷射压裂实现定向,保证造缝的准确性;

通过喷射压裂能减小地层的破裂压力,将破裂压力相对较高的地层顺利压开,保证压裂施工质量;

3.3.4 通过对该工艺方法的应用能有效减少压井的次数,并减小对储层造成的伤害,程序简单可行,可带来更大的经济效益;

3.3.5 有着很高的安全性,用一趟管柱即可在水平井内进行准确且快速的压缝,另外采用水力喷射工具能和常规油管连接后入井,亦可和直径较大的连续油管联合使用,提高施工的便捷性^[3]。

3.4 环空封隔工艺

将封隔器下到离井底最近的第一个改造层的设计位置,再通过油管进行加压坐封,完成坐封后从油套环空进行压裂施工,完成该层泵注程序后,通过油管打压剪断销钉实现解封,再洗井,洗净后上提管柱,再重复坐封压裂再次上提射孔压裂,实现分层压裂。该工艺所需下井工具较少,出现砂卡现象的处理也比较易,且液体流动容积大、摩阻小、施工压力低等优点,但对套管和固井质量要求较高,易因套管或固井质量问题造成井壁

坍塌,同时对套管寿命有一定影响,还需不断地改进和完善,该工艺主要应用于浅层水平井,不适用与高压改造层位。

4 水平井压裂工艺技术发展趋势

4.1 改进技术监测仪器

在地震波微弱的情况下,仪器能通过裂缝对地震波进行收集和分析,这样能得出和裂缝相关的监测结果。这种技术进而发展为井下微地震监测技术,通过收集到的数据,结合开采特点,能对裂缝的特点进行分析。对于裂缝的高度以及长度等参数,都能根据监测仪器得出,对于裂缝所处的层,也能分析出来,方便进行开采工作^[4]。对于定点多级封隔器的发展,使用分段改造技术。传统的技术不能实现多种油气的增产,技术改进之后,封隔器能抵抗较高的压力,使管柱结构更具有稳定性。该技术使用范围广,但在发展上仍需要对遇油膨胀时间的改进。降低遇油膨胀时间,能提高开采经济效益,同时技术的发展会使理论知识不断发展,提高油田开采技术的发展。

4.2 提高压裂技术的管理

压裂技术在不断改进和完善过程中也对管理控制技术,成为影响发展的因素。一般在施工控制技术,由于施工管理控制技术不严格,导致断裂发生质量问题或造成安全隐患。它能为建筑和建筑设备的管理技术,管理水平的提高通过材料的选择来改善。用于施工设备的管理,根据装置温度或适于需要保存的存储管理,施工过程中的维修和保养湿度。对于材料的选择,选择低污染,低摩擦,携砂能力强,适应压裂液和砂岩地层,避免因材料不符合所造成的压裂施工质量问题^[5]。对于压裂和水平井压裂掌握相关的理论知识和实际操作技能人员的培训。

4.3 分段压裂技术的改进

在油气开采中,水平井压裂技术具有很好的优势,能更好地提升开采效果,更好对石油资源进行开发。随着社会不断发展,对于石油资源需求量在不断增加,所以需要不断对水平井开采技术进行改进,才能更好地促进对油气资源进行开采。在水平井压裂工艺优化中,其中对分段压裂技术的改进是重要一部分。

连续油管压裂技术是一种新的开采技术,安全性能比较好,能很好地提高油气开采效益。而且这种技术操作流程比较简单,能在减少对油层的伤害,能提升石油开采量。另外在水平井压裂技术发展中,通过对高性能压裂液的使用,能很好地降低压裂过程中对地层伤害。随着压裂液技术的发展,以后压裂液将会向低污染方向进行发展,从而更好地降低对地层伤害,推动油气资源开采的可持续进行^[1]。

4.4 选取合适油井、利用合适技术挖掘疑难井

在油田开采过程中经常会勘探出新油田、新能源,而这也是解决目前我国石油困乏的主要手段;另外一方面,对于比较难开采的老油井来说,如果选择比较合理的科学的计划,并考虑其压裂周期,就能达到改造油层、提高油田产能的目标。在油田开采过程中经常会遇到套变井的困难,这样就会导致压裂技术实施出现阻碍,但是我们不能忽视套变井所具备的潜力,特别是最近几年出现的打铅印、测量井径等方面,能实现比较准确的识别套变井,但是在具体套变范围、损害程度、结构变化等方面还不能确定,所以日后的工作应该从改善套变井的方向入手,从而综合利用套变井,为挖掘疑难井提供基础条件。

结语

总之,面对今后更多的非常规油气资源开发,仅依靠现有技术是远远不够的,今后还需要对现有水平井压裂分段技术进行创新研究,实现油气开采的高效、低成本的可持续发展。

参考文献

- [1]张宏伟.水平井分段压裂裸眼封隔器研制及应用[J].石油矿场机械,2019,48(5).
- [2]秦德威.煤层气分段压裂压缩式裸眼封隔器技术与应用[J].长江大学学报:自然科学版,2019(8):43~48.
- [3]雷林,张龙胜,熊炜,等.武隆区块常压页岩气水平井分段压裂技术[J].石油钻探技术,2019(1).
- [4]刘合,刘伟,王素玲,等.水平井体积压裂套管失效机制研究现状及趋势初探[J].中国石油大学学报(自然科学版),2020,44(06):53-62.