

◀ 钻井完井 ▶

doi:10.3969/j.issn.1001-0890.2014.01.014

液压扶正器在胜利油田非常规油井固井中的应用

马明新, 杨海波, 徐 鑫

(中石化胜利石油工程有限公司钻井工艺研究院, 山东东营 257017)

摘 要:为提高胜利油田非常规油气区块水平井水平段的固井质量和压裂效果, 针对该类水平井水平段应用常规刚性扶正器时套管下入困难、居中差等问题, 研制开发了内置滑套式、易下入、能撑开防止退、扶正力强且满足非常规油气区块高压压裂的 $\phi 139.7$ mm 液压扶正器。采用双级球座+液压扶正器套管组合、投球胀封的方式, 同时对液压扶正器管串的下入摩阻、固井质量进行了分析。该液压扶正器在胜利油田非常规油气区块进行了现场应用, 结果表明, 带液压扶正器完井管串的下入摩阻小于带刚性扶正器完井管串的下入摩阻, 提高了水平段的固井质量, 可为非常规油气井固井提供技术支持。

关键词: 液压扶正器 非常规油气 水平井 固井 完井 胜利油田

中图分类号: TE925⁺.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0890(2014)01-0071-04

Application of Hydraulic Centralizer in Unconventional Oil Well Cementing of Shengli Oilfield

Ma Mingxin, Yang Haibo, Xu Xin

(Drilling Technology Drilling Technology Research Institute, Sinopec Shengli Oilfield Service Corporation, Dongying, Shandong, 257017, China)

Abstract: To resolve difficulties and poor centralization in running casing with conventional rigid centralizers, improve the cementing quality and guarantee fracture effect in long horizontal well of unconventional well, the $\phi 139.7$ mm hydraulic centralizer had been developed which, different from the domestic lamination core and small size centralizer, features easy running, self-locking, high centralizing strength, and could meet the high pressure fracturing demands of unconventional well. It had been applied in unconventional block of Shengli Oilfield by the mode of double ball seat+hydraulic centralizer string and ball dropping expansion technique, the friction of hydraulic centralizer on drill string and cementing quality were analyzed, which proved that friction on hydraulic centralizer string was completely below that on rigid centralizer string, hydraulic centralizer could greatly improve cementing quality of horizontal section, and it provided strong technical support for unconventional well cementing.

Key words: hydraulic centralizer; unconventional oil and gas; horizontal well; well cementing; well completion; Shengli Oilfield

目前,胜利油田部署在非常规油气区块的水平井大多采用套管射孔压裂的完井方式^[1-4]。为提高水平段固井质量、保证压裂效果,水平段一般采用扶正器扶正套管,以提高顶替效率^[5]。然而,常规刚性扶正器存在尺寸大、下入困难、套管居中差等问题^[6],严重影响了非常规油气区块水平井的固井质量^[7-9]。针对上述问题,研制开发了内置滑套式、易下入、撑开防止退、扶正力强、能满足非常规油气区块高压压裂的液压扶正器^[10]。为了说明其施工工艺及现场应用效果,笔者首先阐述了液压扶正器的结构原理,介绍了其固井施工工艺;同时结合胜利油田非常规油气区块的固井技术措施,介绍了该扶正器的现场应用情况,并对液压扶正器管串的安放方式、下入摩阻、固井质量进行了详细分析。

1 液压扶正器工作原理及施工工艺

1.1 工作原理及技术优势

液压扶正器主要由中心管、液缸、活塞、止退环、剪切销钉和扶正片等部件组成^[10]。当压力达到设定

收稿日期:2013-05-07;改回日期:2013-12-19。

作者简介: 马明新(1986—),男,山东临朐人,2008年毕业于中国石油大学(华东)材料科学与工程专业,2011年获中国石油大学(华东)油气井工程专业硕士学位,主要从事固井工具研发工作。

联系方式: (0546)8771563, mamingxinupc@163.com。

基金项目: 国家科技重大专项“断块油田特高含水期提高水驱采收率技术”(编号:2011ZX05011-003)、“低渗油气田完井关键技术”(编号:2011ZX05022-006)及“胜利油田薄互层低渗透油田开发示范工程”(编号:2011ZX05051)资助。

值(12~14 MPa)时,剪断剪切销钉,液缸推动活塞挤压扶正片,在活塞和扶正片顶帽的作用下,扶正片撑开变形,达到扶正套管的目的。活塞上带有止退机构,防止推动块回退,保证扶正片的撑开效果。

φ139.7 mm 液压扶正器的最大外径 185.0 mm,最小通径 121.0 mm,长度 1.95 m,打开压力 12~14 MPa,撑开后最大外径 255.0 mm,撑开后单个扶正器扶正力大于 7.8 kN^[11]。地面试验结果表明,1 只液压扶正器能够支撑 2 根套管至少离地 25 mm,能起到明显的扶正效果^[12]。

相对于国内常规刚性扶正器及其他结构的扶正器,液压扶正器具有以下技术优势:1)最大外径比常规刚性扶正器 φ210.0 mm 小,有利于下入;2)液缸为内置滑套式,可以避免液缸被卡提前打开,下入更安全;3)胀封完成后进液孔可自行关闭,试验承压可达 105 MPa 无渗漏,满足非常规油气区块高压压裂施工;4)扶正片采用超强弹簧钢,采用 6 片扶正片,弹簧片变形均匀、扶正力大,膨胀后最大外径达 255.0 mm,利于套管居中;5)膨胀过程中止退机构能防止回退,利于工具膨胀动作;6)膨胀后过流面积大,适合于致密砂岩、砂砾岩、页岩以及掉块比较严重的地层,利于固井作业。

1.2 固井管串

地面试验中,1 只液压扶正器能够支撑 2 根套管至少离地 25 mm,而 1 只液压扶正器对 3 根套管进行支撑时,由于套管的挠性,套管串中间贴地 1~2 m,因此为保证扶正效果,建议每 2 根套管上放 1 只液压扶正器。建议固井管串结构为:引鞋+旋流套管+浮箍 2 套+双级球座 1 套+套管+液压扶正器组合(水平段每 2 根套管上放 1 只液压扶正器)+套管串到井口。

1.3 施工工艺

1) 根据完井管串结构连接液压扶正器与套管组合,按照相关规范进行下套管作业,控制好下放速度,严禁猛提猛放,在轻微遇阻情况下可缓慢上下活动管柱(不建议旋转管柱,必须旋转管柱时旋转扭矩不超过套管接箍额定扭矩的 20%),保证完井管串顺利下入。

2) 下套管过程中,每 30 根(或少于 30 根)套管灌一次钻井液,进入水平段前要灌满钻井液,下到水平段中部再灌满一次,下到位后还需灌满钻井液。

3) 下完套管后,慢慢开泵循环,观察循环压力变化情况,循环压力稳定后大排量循环 1~2 周,将

井底沉砂循环清洗干净,防止投球过程中发生憋堵情况。

4) 根据球座位置和泵排量计算送球到位的总液量和时间,井口投球,送球过程中控制泵压,使其低于 10 MPa,如果是电动泵,预计离到位还有 6 m³时将泵排量降至 0.8 m³/min 左右,等待缓慢起压;如果不是电动泵,预计离到位还有 3 m³时换固井泵车送球。

5) 将球送到位以后,首先加压至 14~16 MPa,憋压 3 min 使液压扶正器液缸充分进液,胀封液压扶正器,胀封过程中要准确控制泵压与憋压时间,不得直接憋通球座。

6) 压力无变化后加压至 18~20 MPa,缓慢憋压至球座憋通,建立循环后大排量洗井,然后进行固井施工。

2 非常规油气区块的固井技术措施

针对非常规油气区块水平井固井中存在的问题,分别在通井、钻井液、液压扶正器和水泥浆等方面采取了相应措施,以改善该类水平井的固井质量。

1) 通井措施。采用近钻头双扶正器钻具组合进行通井,通井过程中要对起钻遇阻(卡钻)井段、缩径段和井眼曲率变化大的井段反复划眼或进行短起下,使井眼连续、光滑、便于顺利下入套管串。通井到底后,彻底循环洗井,清除井内岩屑,洗井时间不少于 2 个循环周。

2) 钻井液措施。通井、下套管和固井过程中要保持钻井液性能稳定。套管下到底后,调整好钻井液性能,然后根据井下情况逐步提高排量循环 1~2 周洗井,待井底沉砂循环清洗干净后再投球。固井前循环 1~2 周,将钻井液黏度调整为 50~60 s,以提高顶替效率,降低固井顶替压力。

3) 液压扶正器的安放方式。为提高水平段的固井质量,防止油气水窜,需要安放液压扶正器实现井下长水平段套管居中,提高固井质量。推荐在水平段每 2 根套管安放 1 只液压扶正器,也可以视实际压裂情况在局部射孔段位置增减液压扶正器数量,施工过程中要严格遵守液压扶正器施工规范。

4) 水泥浆。非常规水平井固井时,油基钻井液存在油膜,影响水泥环胶结质量,为此采用高效前置液冲洗井壁,降低油膜对固井质量的影响;采用紊流顶替以提高顶替效率;油层上部采用低密度漂珠水泥浆降低固井后期顶替压力,油层段采用塑性微膨

胀水泥提高固井一、二界面的胶结质量,同时将水泥浆返至井口,封固全井段。为降低固井顶替后期的压力,做好水泥浆、前置液和钻井液的配伍性试验,防止发生增稠现象。

5) 固井后憋压候凝。固井碰压后采用环空憋压候凝措施,并保证足够的候凝时间(36~48 h),同时尽量避免在测固井声幅之前替换套管内钻井液,防止由于套管内静液柱压力变化、套管变形而破坏套管外水泥胶结质量。

3 在非常规油气区块的应用

截至目前,液压扶正器已在胜利油田非常规油气区块现场应用 18 口井,共下入扶正器 319 只,固井成功率 100%。其中,在 2012 年的非常规油气大会战中,先后在 8 口井应用液压扶正器 242 只,应用液压扶正器后,水平段一界面固井质量均在优良以上,二界面均在合格以上,非常规油气区块水平井水平段的固井质量得到了明显改善;而在应用液压扶正器之前,该区块水平井水平段固井质量普遍比较差,固井合格率仅为 60% 左右。下面以 Y227-1HF 井为例,介绍固井施工过程和水平段的固井质量。

3.1 Y227-1HF 井概况

Y227 区块目的层为东营沙河街组沙 4 段,构造位置位于济阳坳陷东营凹陷北部陡坡构造带 Y227 井砂砾岩体较高部位,含油面积 1.5 km²,地质储量 270×10⁴ t,属于致密砂砾岩储层,采用 $\phi 139.7$ mm 套管固井泵送桥塞多级分段压裂技术。

Y227-1HF 井井深 4 591.00 m,垂深 3 608.26 m,水平段长 1 032.00 m,技术套管下深 3 560.00 m,造斜点井深 2 816.00 m,最大井斜点井深 4 070.78 m,最大井斜角 80.65°;完钻钻井液密度 1.5 kg/L,漏斗黏度 70 s。Y227-1HF 井的井身结构如图 1 所示。

3.2 液压扶正器固井管串及安放方式

为保证两射孔点之间的固井质量,防止压裂时层间互窜,保证压裂效果,考虑综合完井成本,采用液压扶正器集中扶正两射孔点之间的套管串。整个水平段共设计 11 个射孔点,每个射孔点上下 10 m 内不安放液压扶正器,每两个射孔点之间按“2 根套管+1 只液压扶正器”的原则进行安放,总共下入 35 只液压扶正器。

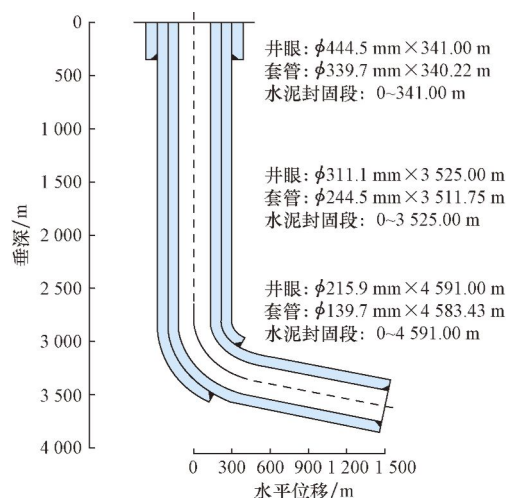


图 1 Y227-1HF 井井身结构

Fig. 1 Casing program of Well Y227-1HF

固井管串结构:引鞋×0.20 m+旋流套管×10.00 m+短套管 1 根+浮箍×0.34 m+套管 1 根+浮箍×0.34 m+双级球座×0.42 m+液压扶正器与套管组合+套管串至井口。

3.3 液压扶正器管串下入摩阻分析

Y227-1HF 井固井施工顺利,整个水平段下套管摩阻比较稳定,下完套管后摩阻在 260 kN 左右,与通井摩阻 200 kN 相比增大了。图 2 为 Y227-1HF 井的管串下入摩阻曲线,由图 2 可知,随着井深增加,下入摩阻基本呈线性增大,管串最终下入摩阻 260 kN,井口剩余悬重 520 kN,完井管串可以顺利下入。

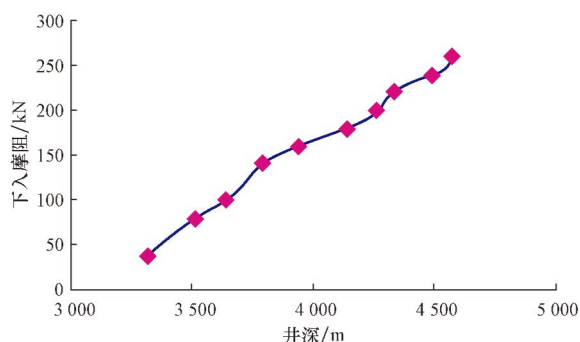


图 2 Y227-1HF 井的管串下入摩阻曲线

Fig. 2 Drag curve on drill string of Well Y227-1HF

3.4 Y227-1HF 井的固井质量

Y227-1HF 井固井后憋压候凝,电测结果如图 3 所示(图中红色椭圆标志为液压扶正器下入位置)。固井质量评价结果为:水平段固井质量一界面全优,二界面优良;液压扶正器位置处固井效果最为

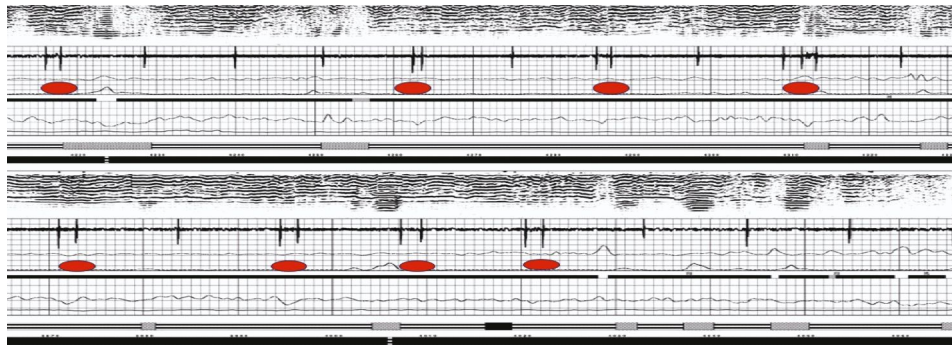


图3 Y227-1HF井电测结果

Fig.3 Cementing quality of Well Y227-1HF

明显;水平段总体固井质量评价为优良,合格率达到100%。现场应用表明,液压扶正器使水平段的固井质量得到了非常明显的改善。

4 结论及建议

1) 对于技术套管下至A靶点的三开井眼,液压扶正器完井管串下入摩阻小于刚性扶正器完井管串,仅比通井摩阻大60 kN左右。

2) 液压扶正器在胜利油田非常规油气区块成功应用,管串下入顺利、胀封稳定、后期固井施工正常,固井成功率达到100%,证明该工具稳定、可靠。

3) 液压扶正器是提高水平井固井质量的有效手段,然而改善水平井固井质量的因素是多方面的,只有在固井工艺、固井工具等方面共同改进、相互配合,才能真正地解决水平井固井的难题。

参 考 文 献

References

- [1] 马永生,冯建辉,牟泽辉,等. 中国石化非常规油气资源潜力及勘探进展[J]. 中国工程科学,2012,14(6):22-30.
Ma Yongsheng, Feng Jianhui, Mu Zehui, et al. The potential and exploring progress of unconventional hydrocarbon resources in SIN-OPEC[J]. Engineering Sciences, 2012, 14(6): 22-30.
- [2] U S Department of Energy. Review of emerging resources; U S shale gas and shale oil plays[R]. Washington: U S Energy Information Administration, 2011.
- [3] 包书景. 非常规油气资源展示良好开发前景[J]. 中国石化, 2008(10):29-30.
Bao Shujing. Fine exploring prospect of unconventional hydrocarbon resources[J]. Sinopec Monthly, 2008(10): 29-30.
- [4] 吴月先,钟水清,徐永高,等. 中国水平井技术实力现状及发展趋势[J]. 石油矿场机械,2008,37(3):33-36.
Wu Yuexian, Zhong Shuiqing, Xu Yonggao, et al. Present condition of horizontal well technique strength and its development trend in China[J]. Oil Field Equipment, 2008, 37(3): 33-36.
- [5] 张俊杰. 提高侧钻井固井质量井下工具研制及应用[D]. 青岛: 中国石油大学(华东)石油工程学院,2010.
Zhang Junjie. The development and application of down-hole tools to improve the cementing quality of sidetracked wells [D]. Qingdao: China University of Petroleum (Huadong), School of Petroleum Engineering, 2010.
- [6] 冯福平,艾池,彭万勇,等. 套管偏心对水平井顶替效果的影响[J]. 石油钻采工艺,2011,33(3):12-16.
Feng Fuping, Ai Chi, Peng Wanyong, et al. Effect of casing eccentricity on displacement in horizontal well[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2011, 33(3): 12-16.
- [7] 丁士东,张卫东. 国内外防气窜固井技术[J]. 石油钻探技术, 2002,30(5):35-38.
Ding Shidong, Zhang Weidong. Domestic & overseas cementing techniques of gas-channeling prevention[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2002, 30(5): 35-38.
- [8] 张国仿. 提高水平井固井质量工艺技术[J]. 江汉石油职工大学学报,2002,15(3):20-22.
Zhang Guofang. On the improvement of cementing-quality technology in horizontal wells[J]. Journal of Jiangnan Petroleum University of Staff and Workers, 2002, 15(3): 20-22.
- [9] 李宗田. 水平井压裂技术现状与展望[J]. 石油钻采工艺,2009, 31(6):13-18.
Li Zongtian. Prospect of horizontal well fracturing technology [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2009, 31(6): 13-18.
- [10] 徐鑫,魏新芳,王书峰. 水平井固井液压扶正器的研究与应用[J]. 石油钻采工艺,2012,34(2):102-103.
Xu Xin, Wei Xinfang, Wang Shufeng. Research and application of hydraulic centralizer for horizontal well cementing[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2012, 34(2): 102-103.
- [11] 舒中选,陈德东,郑严,等. 常用套管扶正器扶正力及其变形关系的探讨[J]. 石油钻探技术,2003,31(5):82-84.
Shu Zhongxuan, Chen Dedong, Zheng Yan, et al. Investigation of relationship between stability force and deformation for common casing stabilizers[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2003, 31(5): 82-84.
- [12] 付建红,黄贵生,杨志彬,等. 水平井套管扶正器合理安放位置计算[J]. 西南石油大学学报:自然科学版,2008,30(6):89-91,172.
Fu Jianhong, Huang Guisheng, Yang Zhibin, et al. Optimal spacing for casing centralizers in horizontal well[J]. Journal of Southwest Petroleum University: Science & Technology Edition, 2008, 30(6): 89-91, 172.