

小井眼修井工艺技术应用

罗亚魁

(辽河油田勘探局辽河工程技术分公司 辽宁 盘锦 124010)

DOI:10.12238/jpm.v3i3.4750

[摘要]小套管井的油层套管内径通常为 $\Phi 85.7$ mm, 常规的修井工艺技术及工具无法完成小套管大修作业和日常维护。针对小套管井的特点, 自主研发和引进了配套的修井工艺技术及系列修井工具。通过现场试验, 解决了一系列技术难点, 形成了一套实用有效的小套管井大修工艺技术。该项技术经多次现场应用, 取得了良好的效果。

[关键词]小井眼井; 修井; 工艺技术; 应用

Application of slim hole workover technology

Luo Yakui

(Liaohe engineering technology branch of Liaohe Oilfield Exploration Bureau, Liaoning Panjin 124010)

[Abstract] the inner diameter of reservoir casing in small casing well is usually $\Phi 85.7$ mm, the conventional workover technology and tools cannot complete the overhaul and daily maintenance of small casing wells. According to the characteristics of small casing wells, we have independently developed and introduced supporting workover technology and a series of workover tools. Through field tests, a series of technical difficulties have been solved, and a set of practical and effective overhaul technology for small cased wells has been formed. The technology has been applied on site for many times and achieved good results.

[Key words] slim hole; Workover; Process technology; application

1 小套管井的类型、特点及大修领域

随着油田开发到中、后期, 油、水井套管损坏严重, 使增产、增注措施无法进行。打更新井, 又造成大量的成本投入。因此, 国内、外各大油田普遍采用大修和侧钻两种方法。就是在大套管内下入衬管或防砂管完井, 从而形成了小套管井。

1.1 小套管井类型

根据小套管的形成, 主要是在 $\Phi 139.7$ mm 套管中下入 $\Phi 101.6$ mm 套管(内径 $\Phi 85.7$ mm)或下入 $\Phi 114.3$ mm 防砂管(内径 $\Phi 100.3$ mm)。因此, 主要有 $\Phi 85.7$ mm 和 $\Phi 100.3$ mm 两种类型。

1.2 小套管井特点

(1) 内径小。限制了大修作业钻具、工具的寸尺, 强度难以保证, 常规的工具下不进去, 根据常规材料缩小的工具不能保证材料强度。

(2) 位移大。因为在侧钻过程中开窗, 造成水平位移大。使在大修钻进过程中, 钻具在上部旋转, 下部不动的问题出现。

(3) 管壁薄。小套管的管壁只有 $6.6\sim 7.0$ mm, 远远小于常规套管的壁厚, 所以损坏经常出现。

(4) 环空小。因为小套管与大套管之间的环空很小, 固井质量难以保证。

1.3 小套管井大修领域

(1) 下小套管。包括下小套管、固井、钻灰塞等。

(2) 小套管内大修。磨修、套铣、打捞、堵水、挤灰等

2 小套管井大修工艺技术

2.1 小套管井专用修井钻具

根据小套管的内径小、位移很大的特点, 为了解决传动动力问题, 我们研制了专用小钻杆和小螺杆钻具。

2.1.1 专用小钻杆

(1) 生产工艺。先生产母扣接头, 母扣接头采用 NC23 钻杆扣, 外径为 $\Phi 78$ mm; 内径为 $\Phi 40$ mm; 公扣接头采用 NC23 钻杆扣, 外径为 $\Phi 78$ mm; 内径为 $\Phi 40$ mm; 钻杆本体外径为 $\Phi 60$ mm; 内径为 $\Phi 40$ mm; 接头与本体采用高温摩擦焊接。

(2) 尺寸性能。钻杆接头外径为 $\Phi 78$ mm; 钻杆本体

外径为 $\Phi 60$ mm; 本体内径为 $\Phi 40$ mm, 实验拉力为 800KN; 工作拉力为 650KN。

(3) 主要特点。该钻杆的主要特点是: 外径尺寸小、强度高, 可以代替普通钻杆施工, 满足小套管井的各种修井作业。

(4) 拉力实验情况。在派普钻具公司材料实验室对焊接部分和丝扣部分进行拉力实验。一次冲击拉伸 800KN 焊接部分无断裂、丝扣无脱扣; 拉伸 750KN, 持续 5 分钟焊接部分无断裂、丝扣无脱扣, 卸开丝扣发现丝扣完整无损坏, 从而证明焊接和丝扣的设计是合理的, 如果设定安全系数为 1.3 则工作拉力可以达到 650KN。

(5) 应用领域。在内径为 $\Phi 85.7$ mm、 $\Phi 100.3$ mm 的套管内应用。进行冲砂、打捞、磨套铣等施工。可以降低环空液体上返的阻力, 提高管柱的抗拉强度, 防止卡钻事故的发生。

在套管补贴井和套管变形井中应用, 代替普通钻杆进行修井作业。

2.1.2 小螺杆钻具

(1) 结构。有上接头、筒体、定子、转子、旁通阀、螺杆、万向轴节和下接头组成。接头采用非标准 NC23 钻杆扣, 外径为 $\Phi 78$ mm; 转速 200 转/min, 扭矩可达到 60kN.m, 可承受最高钻压 30 kN。

(2) 工作原理: 该螺杆钻具转子下接专用磨鞋或铣锥, 与专用钻杆连接下入井内, 地面依靠泥浆泵以一定的压力向钻具内泵入液体, 通过定子内腔, 推动螺杆沿定子轴线旋转, 螺杆与转子通过万向轴节连接, 转子随螺杆和万向轴节的旋转方向高速旋转, 带动磨鞋或铣锥转动, 达到将井筒内的水泥、砂磨碎, 修复鱼顶、修复套管的目的。

(3) 主要特点: 该螺杆钻具的主要特点: 外径尺寸小、强度高, 转速高, 扭矩大, 适合小套管井的磨铣作业。

2.2 小套管井专用修井工具

2.2.1 系列磨鞋

分为空心磨鞋和平底磨鞋两种。

(1) 结构尺寸: 由接头、本体、鞋牙和水眼组成。接头

采用非标 NC23 钻杆扣, 外径为 $\Phi 78\text{mm}$; 空心磨鞋外径为 $\Phi 78\text{mm}$, 内径为 $\Phi 30\text{mm}$; 鞋牙采用高效钨钢粒, 从而增加了磨鞋的耐磨强度。如 (图 1、图 2) 所示



图 1 空心磨鞋



图 2 平底磨鞋

(2) 主要特点: 该磨鞋的主要特点: 外径尺寸小、强度高, 可以代替普通磨鞋施工, 满足小套管井的磨铣作业。

2.2.2 系列铣锥

分为普通铣锥和钻绞式铣锥两种。

(1) 结构尺寸: 有接头、本体、鞋牙和水眼组成。接头采用非标 NC23 钻杆扣, 外径为 $\Phi 78\text{mm}$; 钻绞式铣锥外径为 $\Phi 78\text{mm}$, 顶部加工成球形铣鞋, 有利于套管修复。鞋牙采用高效钨钢粒, 从而增加了耐磨强度。如 (图 3、图 4) 所示



图 3 普通铣锥



图 4 钻绞式铣锥体

(2) 主要特点: 该铣锥的主要特点: 外径尺寸小、强度高, 可以代替普通铣锥施工, 满足小套管井的磨铣作业。

2.2.3 短鱼头打捞筒

(1) 主要结构: 主要由上接头、筒体、弹簧、卡瓦座、卡瓦、引鞋等组成。许用拉力 450kN, 接头螺纹 NC23 钻杆扣。如 (图 6)

(2) 工作原理: 当工具引鞋进入落鱼后, 下放钻具落鱼将卡瓦上推, 压缩弹簧, 使卡瓦脱离筒体锥孔上行并逐渐分开, 落鱼进入卡瓦, 此时卡瓦在弹簧力作用下, 将鱼顶抱住, 上提钻具, 在卡瓦夹紧力作用下, 筒体上行, 卡瓦、筒体内外锥面贴合, 产生径向夹紧力, 将落鱼卡住, 提钻即可捞出。

(3) 主要特点: 外径尺寸小、强度高, 可以通过更换卡瓦来打捞 $\Phi 16\text{mm}$ - $\Phi 50\text{mm}$ 的管、杆类落物。适合小套管井的打捞作业。

2.2.4 小套管可捞式桥塞 (型号 QSA)

机械卡堵水是利用封隔器及其配套的控制工具来封堵高含水产水层, 以解决油井各油层间的干扰或调整注水的平面驱油方向, 提高注入水驱油效率, 增加产油量, 减小出水量。由于国内各油田 $\Phi 85.7\text{mm}$ 小套管井较少, 配套的井下工具较少。

因此, 我们与厂家合作开发了小套管可捞式桥塞, 对其性能进行检测, 并在现场进行了应用。

(1) 结构: 外径 68mm, 长度 666mm, 工作压差 50 MPa, 工作温度 120~175 °C, 适用 $\Phi 85.7\text{mm}$ 套管, 解封头 $\Phi 29\text{mm}$, 解封力 1~2 t, 液压工具 (ZF) $\Phi 68\text{mm}$, 坐封压力 9~11MPa。如 (图 5) 所示

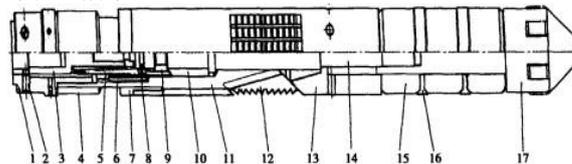


图 5 小套管可捞式桥塞结构

1-锁定接头; 2-坐封剪钉; 3-连接头; 4-防砂皮碗; 5-解封头; 6-开口锁环; 7-限位套; 8-解封剪钉; 9-锁块; 10-锁套; 11-卡瓦锥体; 12-卡瓦; 13-卡瓦筒; 14-芯轴; 15-胶筒; 16-隔环; 17-密封胶

(2) 工作原理

坐封: 用油管将可捞式桥塞送到井下设计位置, 在地面用泵车向油管加压, 迫使坐封工具的活塞与芯轴产生相对运动, 推动桥塞卡瓦咬紧套管内壁, 压缩桥塞胶筒密封油套环空, 同时桥塞内部结构自锁, 拉断张力环, 坐封工具随油管起出井口, 桥塞卡封在井下设计位置。

解封: 用油管下入专门解封工具, 抓住桥塞解封套, 上提油管, 解除桥塞自锁, 胶筒收缩, 卡瓦退回卡瓦筒, 桥塞解封, 其总成随油管起至地面。

2.3 小套管固井工艺

小套管井内修井的钻具通常采用上车床车接箍的办法, 这样虽然解决了接箍外径大的问题, 但接箍抗拉、抗扭强度明显降低。因此, 我们采用专用钻具, 既减小了接箍外径尺寸, 又提高了接箍抗拉、抗扭强度。

2.3.1 修井液工艺

改善井内流体, 使用性能好的修井液。钻水泥塞是小套管内施工难点之一。钻碎的水泥含有极硬的固体颗粒直径 1~10 微米, 高含钙质, 易使修井泥浆钙化, 发涩, 使循环液动切力大大增加, 促使循环过程中的液体上返的阻力变大, 泵压极高。为此需要改善循环液性能, 降低循环过程中的液体流动损失。具体配方为: 每方清水里加入 5Kg 烧碱+20Kg 纯碱+10Kg 铁洛盐。碱类起到了软化和活性作用, 与分散剂一起共同降低了液体的动切力, 起到活性润滑效果。

2.3.2 钻具组合

复合钻具组合提高环空流体上返速度。 $\Phi 139.7\text{mm}$ 套管与 $\Phi 101.6\text{mm}$ 套管组成的复合套管, 可采用 $\Phi 73\text{mm}$ 内平钻杆+ $\Phi 60\text{mm}$ 非标钻杆的组合。施工时可降低排量, 保证环空液体上返速度在 0.6m/s, 排量在 400L 左右。而同时泵压会下降 3~5MPa。这种钻具组合同样使用与大井眼的悬挂套管组合井中, 保证环空液体上返速度。

小套管内下衬管固井, 不仅施工难度大, 而且质量不易保证, CLB 测试曲线差。由于环空间隙小, 只有通过改变固井施工工艺来改善固井质量。长期以来人们通过各种途径想改变这种现状, 使水泥浆在环空内程紊流均匀齐头上升的理想状态。然而成功率很低, 由于衬管在套管里并不居中, 环空间隙为一面大一面小情况, 水泥浆在环空上升过程中, 间隙大的一侧受到的摩擦阻力小于环空间隙小的一侧, 所以会成偏尖流型上升, 这使得另一侧就没有水泥浆存在, 仍为水环。通常的办法有加装套管扶正器, 使用旋流扶正器来降低偏尖水泥浆。环空间隙过小, 导致扶正器很难加工和安装, 旋流扶正器更加加大了水泥浆在环空上返的摩擦阻力, 使固井施工泵压更高。

如果水泥浆在上升过程中套管可以转动, 这便产生了横向的切力, 使水泥浆在做上升运动的同时, 还做沿环空的圆周运动, 由于环空间隙很小, 环空水泥浆受到衬管的摩擦力会很大, 所以横向的运动趋势很强, 这种横向的圆周运动则可以杜绝水泥浆在环空的偏尖上升流型。

2.3.3 悬挂器技术

以往采用的悬挂器大多采用正反接头悬挂,而且在固井施工中为了安全起见是先解挂后靠胶环密封注水泥。我们目前采用的悬挂器下井后依然连接套管,并且可以提着套管旋转。在上提的过程中悬挂器可承受较高压力。水泥浆靠胶塞顶替,顶替到位后碰压,这时将钻具下放加钻压 50-80kN,将悬挂器剪断销钉推至可剪断位置,再次碰压,压力达到 15Mpa,将销钉剪断。正打清水循环洗井,洗出多余灰浆。

2.3.4 高压压问题的解决

小套管固井泵压高是技术人员亟待解决的问题,而且非常危险。高压作用下水泥浆会瞬间失水凝固,在顶胶塞时凝固的水泥会卡住胶塞,使泵压瞬间升高,形成碰压的假象,因此,我们必须根据顶替量计算出胶塞是否顶到位。为了避免出现胶塞提前卡死的事,除了尽量保证环空无任何障碍物以外,可以通过优选水泥浆体系来降低施工过程中泵压,提高施工安全系数。针对小套管环空间隙小、水泥浆流动阻力大、施工泵压高、水泥环薄等问题,我们通过现场实验,总结出固井用系列添加剂。

适合地层的高温缓凝剂:葡庚糖酸钠和葡萄糖酸钙。当温度达到 220℃时在 2~3h 之内可保持流动状态。稠化时间易于控制,改善水泥浆流动性,增强水泥强度,缩短终凝时间等优点,很适合在深井高温地层使用。加入添加剂的水泥抗压强度高比纯水泥还高。

分散润滑剂:丙烯酸-丙烯酰胺,其特点:可使水泥浆得到较好的分散性能,悬浮性比较好,降失水并耐高温。水泥浆中加入丙烯酸-丙烯酰胺可有效地降低水泥浆的失水,可以减弱和拆散水泥颗粒之间的成团连接,改变水花产物的性状,降低内摩擦阻力破坏胶凝,降低塑性粘度。不大于 35mPa·S,屈服值为 0.05-2Pa。在固井过程中水泥浆容易形成紊流上升。同时在水泥浆中加入少量的柴油、W/O 乳化剂可使水泥浆有较好的润滑效果,降低施工中泵压。

2.3.5 固井水泥浆

水泥浆配方为:1 方密度为 1.85g/cm³ 的水泥浆加入 6~7Kg 葡庚糖酸钠+2~3Kg 丙烯酸-丙烯酰胺+2~3L 柴油+1~2L W/O 乳化剂初始稠化时间会有 45min 延长至 192min 至 248min,固井时的泵压可降低 6~7MPa。

衬管外壁的清洁与否同样决定着固井电测质量,因为衬管外壁如果挂着一层泥浆或者原油这在电测时会很明白的留下变密度的曲线变化。所以固井前需要用活性很强的前置液顶替洗井,前置液后在打清水顶替然后打入水泥浆,打入水泥浆也应先注入密度低的水泥浆后注入正常设计的水泥浆。

2.4 技术创新点

(1) 小套管专用钻具,解决了小套管内打捞、挤灰、磨铣和修套等修井作业;

(2) 小套管专用打捞工具、磨铣工具和桥塞实现了小套管内堵水、打捞和磨铣等修井作业;

(3) 小套管固井工艺的研制,彻底解决了小套管固井过程中施工泵压高,固井质量差的问题,同时消除了由于井深,地层温度高,水泥提前凝固的问题。

3 现场应用情况

该套工艺通过在现场实验,取得明显效果,大大缩短了修井周期,降低了作业成本。该项技术已经成熟,在油田修井行业具有较大的推广空间。经过近 3 年的研究与试验,累计应用 21 井次,实现产值 420 万元,利润 108 万元。

典型井例:

(1) 欢 2-23-9 井:该井为 Φ101.6mm 套管,施工过程中发现在 2365.8m 处套管损坏严重,打铅印验证变形直径为 Φ50mm,针对井内情况,我们采用专用钻杆、专用高效钻绞式铣锥进行组合,上接扶正器,采取小钻压、高转速进行磨铣,仅用 32 小时便修套成功,比常规方法提前了至少 50 多小时,大大提高了修井工序质量。

(2) 可携式桥塞在锦 2-4-311c 井及齐 2-8-3111c 井中应用,堵水前,锦 2-4-311c 井平均日产液 8t,含水 90%;齐 2-8-3111c 井平均日产液 6t,含水 95%;堵水后,锦 2-4-311c 井平均日产液 9t,含水 10%,齐 2-8-3111c 井平均日产液 5t,含水 5%。堵水取得明显效果。

(3) 在锦 2-4-306 井进行小套管固井,该井套管为:Φ139.7mm 套管,井底深度:2640m,地层温度:120℃,悬挂器深度:1400m,下入 Φ101.6mm 衬管固井,长度 1240m。由于该井较深,地层温度高,我们采用高温油井水泥,在固井过程中加入高温缓凝剂、分散润滑剂和乳化剂,固井一次成功。2010 年,采用同样工艺施工 3 口井,成功率 100%。

(4) 该项技术在欢 2-7-5011 井试用,该井下入 Φ101.6mm 套管固井,在固井过程中因小套管井段较长,在顶替灰浆过程中因泵压过高(23.0MPa)无法继续顶替。导致 2380.0m 至阻流环形成 256.6m 灰塞,候凝 24 小时后钻灰塞。我们采用专用钻杆、专用高效磨鞋与螺杆钻具进行组合,仅用 96 小时便钻灰塞至阻留环,比常规方法提前了至少 48 小时,大大缩短了修井周期。

4 结论

(1) 通过对小套管井修井工艺技术的应用研究,解决了小井眼井下落物打捞、钻灰塞、机械卡堵水及套管修复等技术难题。

(2) 自行研制相关配套井下工具,如小尺寸井下打捞工具、小桥塞,成功地在小井眼井筒中进行了修井作业。

(3) 小套管固井工艺的研制,彻底解决了小套管固井过程中施工泵压高,固井质量差的问题,同时消除了由于井深,地层温度高,水泥提前凝固的问题,大大提高了小套管固井的成功率。

[参考文献]

[1]王军.小井眼修井工艺技术应用[J].建筑工程技术与设计.2017,(24).

[2]付建华,骆进,李朝阳.国内水平井修井工艺技术现状[J].钻采工艺.2008,(6).91-93.