

# 套管外补贴技术及其在惠州油田的应用分析

张伟国, 艾 飞

(中海石油有限公司深圳分公司钻完井部, 广东 深圳 518067)

**摘要:**针对海洋油田长时间开发后出现的套管完整性问题,考虑到传统的修补措施如跨越式封隔器等无法满足后期作业对井眼尺寸的要求的现状,提出了套管外补贴技术。介绍了套管外补贴的原理及在惠州油田 HZ19-3-6 和 HZ26-1-16 井的应用情况。结果表明,修复后的套管能保持原有强度且产生永久密封,具有不“牺牲”井眼尺寸等优点。针对作业过程中出现的复杂情况进行了深入分析,对海洋油田套管完整性的修复工作具有实践和理论指导意义,同时也给水井、地热井套管的修复提供借鉴和启示。

**关键词:**套管完整性;套管外补贴;回接;惠州油田

**中图分类号:**TE256      **文献标识码:**B      **文章编号:**1672-7429(2015)04-0030-04

**Application Analysis on External Casing Patch in Huizhou Oilfield/ZHANG Wei-guo, AI Fei** (Drilling & Completion Department of CNOOC Ltd., Shenzhen, Shenzhen Guangdong 518067, China)

**Abstract:** Aiming at the casing integrity after long period of production, as for the traditional remedial measures, such as with straddle packer, cannot meet the post-operation requirements for borehole size, external casing patch technology was proposed. The paper introduces the principles of the external casing patch and the application in HZ19-3-6 and HZ26-1-16 of Huizhou oilfield. The results show that the repaired casing can maintain the original strength and produce permanent seal with the advantages of remaining borehole size. The analysis is made on the complicated situations in operation process, which has practical and theoretical guiding significance for the repair work of marine oil casing integrity and provide reference and inspiration to casing repair of water well and geothermal well.

**Key words:** casing integrity; external casing patch; tie back; Huizhou oilfield

## 0 引言

惠州油田的前身 CACT 是由 CNOOC、Agip、Chevron 和 Texaco 四家公司出资的合作油田,作为中国海洋石油第一批对外合作的油田,经过 20 多年的开发,很多老井因为套管完整性问题不得不停产待修。这些存在完整性问题的套管不仅包括生产套管,也包括技术套管和隔水管。以 HZ26-1 平台 20 口井为例,存在各类套管完整性问题的油井多达 7 口。这不仅给油田稳产增产带来压力,而且存在井控、溢油等安全隐患。目前主流解决方法有 2 种:一是跨越式封割器法,将破损套管部位通过上下 2 个封隔器隔开,中间用油管连接来实现对破损套管的隔离,这种措施修补效果受胶皮寿命影响较大,而且会牺牲井眼尺寸,这给电潜泵的下入尺寸和深度带来诸多限制,影响了油井产量;另一种是膨胀管法,用液压或者机械力的方法使管材发生永久变形,从而达到增加套管内径的目的,但同时存在壁厚不均

等缺陷。

笔者调研 Logan 公司的外补贴产品,结合惠州油田实际,设计了套管外补贴下入程序。将破损套管切割回收,下套管外补贴和新套管组合来回接割口,可实现套管第一次下入时的工作状态。这种套管外补贴措施能保证原套管的强度和永久密封,保留了原套管的尺寸,对今后的作业无不良影响,而且还可以实现多层套管补贴。近年来,该技术有成功应用在国外海上老油田的案例,在国内尚无公开报道,惠州油田应用可属首例。

## 1 套管外补贴技术概况

### 1.1 套管外补贴结构

套管补接器由抓捞机构及密封机构 2 大机构组成。结构如图 1 所示。

抓捞机构:篮式卡瓦打捞筒,主要由顶部接头、筒体、篮式卡瓦、控制环、引鞋等组成。

收稿日期:2014-07-04; 修回日期:2015-02-07

作者简介:张伟国,男,汉族,1979 年生,高级工程师,主要从事钻完井设计工作,广东省深圳市南山区工业二路 1 号海洋石油大厦 B 座 2F, zhangwg@cnooc.com.cn。

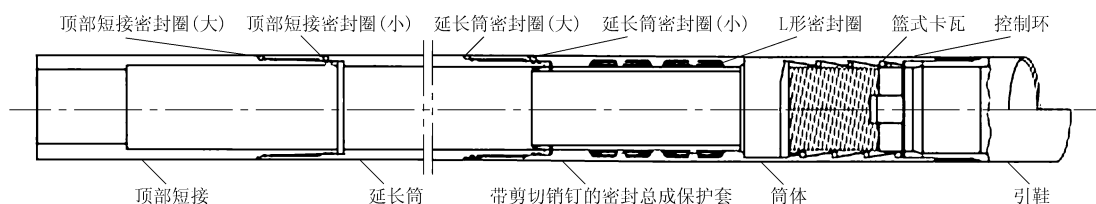


图 1 套管补贴内部结构示意图

密封机构:由 4 个 L 形密封组成(根据压力等级)。有 2 个正向密封,2 个反向密封,反向密封盘根未工作时,其唇边被衬套保护着,以免被“落鱼”损伤唇边。当井下套管推走衬套后,4 个密封盘根的唇边露出来紧紧贴在井下套管外壁起到封隔作用。

### 1.2 套管外补贴作业工序

完成套管完整性检测、临时弃井等前期准备工作后,套管补贴作业按以下工序进行(如图 2 所示)。

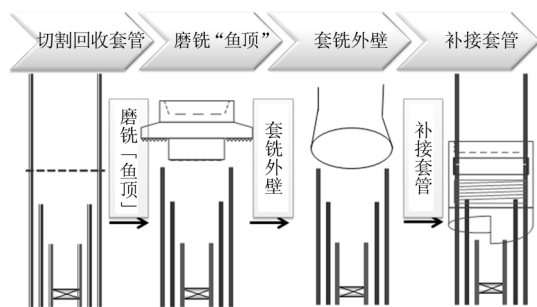


图 2 套管补贴作业工序

(1)切割回收套管。根据试压结果和套管表,确定切割深度(推荐割点距离上接箍 3 m 左右)。

(2)磨铣“鱼顶”。根据回收上来的套管割口情况,磨铣“鱼顶”,消除顶部毛刺。

(3)套铣外壁。消除外壁毛刺,模拟补贴下入情况。

(4)补接套管。将套铣筒换成套管外补贴,缓慢旋转下入,进入后禁止继续下压。

### 1.3 套管外补贴工作原理

当带着新套管的套管外补贴下放到井下套管顶部时,慢慢旋转下放钻柱,使井下待补贴套管通过引鞋进入卡瓦。停止转动钻具,缓慢下压,通过补贴打捞卡瓦。井下套管通过卡瓦后,继续上行推开密封上的衬套,并使其顶着上接头,则密封盘根唇全部张开,完成抓捞。

完成抓捞之后,上提管柱,卡瓦咬住井下套管,筒体上行使卡瓦与筒体的螺旋锥面贴合。上提负荷

越大,卡瓦咬井下套管越紧。同时,4 个密封盘根封住套管与筒体空间。最后状态如图 3 所示。

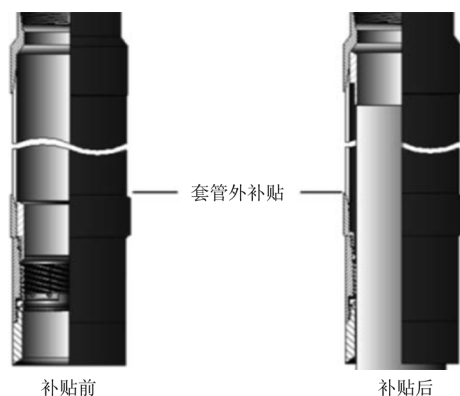


图 3 套管外补贴前后示意图

如果施工需要释放脱手被抓住的井下套管,只要大力下击,然后慢慢右旋,上提管柱,即可脱手工具。下击的目的是使卡瓦螺旋面脱离筒体螺旋锥面。右旋的目的是利用卡瓦与井下套管之摩擦力使卡瓦始终处于胀大状态,便于退出井下套管。

## 2 套管外补贴在惠州油田的应用

### 2.1 套管外补贴在 HZ19-3-6 井的应用

破损原因:WST-1 套管材质存在缺陷。

破损情况:9 5/8 in (Ø244.5 mm) 套管 540 ~ 548 和 918 ~ 922 m。

临时弃井:分别在 1500 和 2500 m 处下 2 个风暴阀作为安全屏障,并在风暴阀上方垫稠浆。

#### 2.1.1 作业工序

(1)下 Ø300 mm 水力割刀到 960 m,转速 80 ~ 120 r/min,排量 500 ~ 560 L/min,观察到泵压下降 70%,判断套管已经割断。

(2)拆防喷器及井口,下 Ø220 mm 套管捞矛回收割口以上套管。

(3)下 Ø276.2 mm 领眼磨鞋套磨铣套管割口 10 ~ 30 cm(磨铣深度根据回收套管底部割口),参数如下:转速 80 ~ 120 r/min,钻压 7 ~ 35 MPa,排

量 1900 ~ 3800 L/min。

(4) 下 (Ø311.2 mm × Ø298.5 mm) 套铣筒套铣环空 2 m, 参数如下: 钻压 7 ~ 21 MPa, 排量 1500 ~ 3000 L/min, 转速 30 ~ 60 r/min, 上下活动直到无阻挂。

(5) 组合新套管和 Ø290 mm 套管外补贴, 下到待回接套管顶部 3 m 位置, 缓慢右转, 根据深度和扭矩变化, 判断引鞋进入套管。停止转动, 缓慢下放钻具直到有钻压显示。继续下压 21 ~ 28 MPa 剪切销钉, 观察到指重表很快归零。继续缓慢下放 1.2 m 左右, 下压 175 MPa, 直到有钻压显示, 过提 175 MPa。

(6) 试压 10.3 MPa/15 min, 合格。

(7) 保持 175 MPa 预张力坐卡瓦, 割套管, 装井口, 回收风暴阀。

### 2.1.2 复杂情况及应对措施

尽管最终补贴成功, 但是作业中仍然遇到以下几个方面的困难。

(1) 测井显示套管割点环空有异物, 怀疑是上返水泥, 担心套管切割后无法回收。措施: 查询原始固井数据, 不可能上返到该高度, 回收回来套管外壁也没发现水泥。

(2) 起出部分受损套管, 发现套管下部破损严重, 而且呈螺旋状 (如图 4 所示)。措施: 将捞矛加长 7 m, 尽可能深的插入套管, 将二根套管一起甩, 最后全部回收。



图 4 成螺旋状破裂的套管

(3) 切割如图 3 所示破损套管单根时, 易发生

碎片晃动、崩裂等安全隐患。措施: 在割口附近打安全卡瓦, 并用麻绳捆绑 10 cm, 有效防止碎片晃动。

(4) 打磨割口产生的金属碎末落入风暴阀内阀, 导致回收难度加大。建议: 临时弃井方案可改为, 下面打水泥塞, 上面坐可钻式桥塞, 并垫细砂在桥塞上方, 钻前循环干净即可。

### 2.1.3 补贴效果

补贴套管后又进行了重新射孔, 日产油量从关停前的 500 桶变成为 3200 桶, 稳产半年, 环空压力无异常。

### 2.2 套管外补贴在 HZ26-1-16 井的应用

破损原因: 油井生产超过设计年限, 地层 CO<sub>2</sub> 含量偏高。

破损情况: Ø508 mm 隔水管 40 ~ 56.8 m 段严重腐蚀, 导致相同位置的 Ø339.8 和 244.5 mm 套管均被海水击穿。

临时弃井: 在 200 m 打水泥塞, 在 250 m 坐可钻式桥塞, 并在桥塞上方垫细砂。

#### 2.2.1 作业工序

(1) 依次检测、切割回收 Ø508 mm 隔水管、Ø339.8 和 244.5 mm 套管。

(2) 磨铣 Ø508 mm 隔水导管“鱼顶”→潜水打磨 Ø508 mm 隔水导管外壁→补接 Ø508 mm 隔水导管、试压 1.38 MPa/15 min→安装 Ø508 mm 井口。

(3) 磨铣 Ø339.8 mm 套管“鱼顶”→套铣 Ø339.8 mm 套管外壁→补接 Ø339.8 mm 套管、试压 3.45 MPa/10 min→Ø339.8 mm × Ø508 mm 环空注水泥→安装 Ø339.8 mm 井口。

(4) 磨铣 Ø244.5 mm 套管“鱼顶”→套铣 Ø244.5 mm 套管外壁→补接 Ø244.5 mm 套管、试压 10.3 MPa/15 min→安装 Ø244.5 mm 井口。

#### 2.2.2 复杂问题及应对措施

除了 2.1 提及存在的问题外, 最大的挑战来自于 Ø508 mm 隔水管补贴成功后需要承受采油树及井口的重力, 不同于其他套管补接后处于拉伸状态, 从 2 个方面采取措施。

(1) 选用将原设计内径加厚到 480 mm, 提高承压能力。受力如图 5 所示。

最薄弱部位的内径  $ID = 480$  mm, 外径  $OD = 513.8$  mm, 则最薄弱位置的截面积:

$$S = \frac{\pi(OD^2 - ID^2)}{4} = 0.021659 \text{ m}^2$$

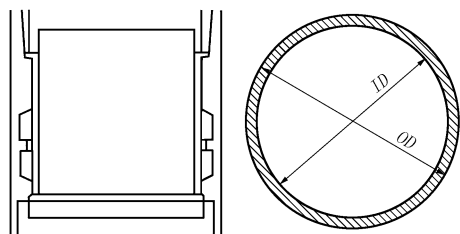


图5 隔水管补贴完成后示意图

采油树及井口等装置质量按照 200 t,  $\sigma_s = F/S = 200 \times 1000 \times 9.8/0.021659 = 90.49 \text{ MPa}$ , 参考采用材质 AISI1018, 即常见的 20 钢抗拉强度  $\sigma_b = 600 \text{ MPa}$ , 屈服强度  $\sigma_s = 450 \text{ MPa}$ ; 参考采用材质 AISI4140,  $\sigma_b = 1080 \text{ MPa}$ , 屈服强度  $\sigma_s = 930 \text{ MPa}$ ; 参考采用材质 AISI4340,  $\sigma_b = 1500 \text{ MPa}$ , 屈服强度  $\sigma_s = 1200 \text{ MPa}$ 。安全系数分别达到了 5、10、12 倍左右, 完全满足负载要求。

(2) 在  $\varnothing 508$  与 339.8 mm 环空之间注入水泥, 最大可防止  $\varnothing 508 \text{ mm}$  隔水管的晃动, 且不影响后期该井的弃置。

### 2.2.3 补贴效果

补贴套管后又进行了重新射孔, 日产油量从关停前的 200 桶变成为 2100 桶, 稳产 3 个月, 环空压力无异常。

## 3 结论与建议

套管外补贴在惠州油田的成功应用, 为海洋石油类似套管问题修复工作提供了实践支持。通过对作业过程出现的复杂情况进行深入分析, 得出如下结论及建议。

(1) 该套管外补贴一般适用于套管外无水泥封固的情况, 因此作业前, 测井不仅要确定套管破损位置, 也要密切关注环空外水泥返高情况。如果遇到套管外有水泥的情况, 理论上也可以进行套铣后进行补贴, 但需要做套铣和其他方案的经济性比对。

(2) 临时弃井方式建议采用下部打水泥塞, 上部坐可钻式桥塞, 并在桥塞顶部垫细砂和稠浆, 这种弃井方式在实践中被证实高效可行。

(3) 切割后补贴前的割口打磨和套铣作业缺一不可。打磨是为了将割口修成  $45^\circ$  斜坡, 套铣是为了模拟补贴下入工况。如果不达标建议重复操作至满足条件为止。

(4) 补贴完成后套管处于受拉状态可以让补贴密封更好, 这一点经历了时间的考验。截止发稿时, 该套管补贴技术在胜利油田和中海油陆丰油田均获得成功应用。

纵观全球, 对于补贴完成后需要承重的隔水管套管补贴而言, 跟踪 Logan 公司出货的 20 余套补贴应用情况, 还没有文字记载成功的案例。因此, 对于补贴完成后需要承重的补贴可靠性, 还需要接受海涌、海生物等各种恶劣海洋环境及时间的挑战!

## 参考文献:

- [1] Logan High pressure Type L Casing Patches Operation Manual [Z]. 2012.
- [2] 董星亮, 曹式敬, 等. 海洋钻井手册 [M]. 北京: 石油工业出版社 2011: 683 - 685.
- [3] Q/HS 2025—2010, 海洋石油弃井规范 [S].
- [4] B. Poedjono, G. Akinniranye, G. Conran, et al. Minimizing the Risk of Well Collisions in Land and Offshore Drilling [R]. SPE/IADC 108279, 2007.
- [5] 姜伟. 渤海绥中 36-1 油田生产套管修复技术 [J]. 中国海上油气, 2004, 16(6): 45 - 48.
- [6] 薛培强, 王俊明, 鲍连云, 等. 打通道技术及膨胀管补贴技术的现场应用 [J]. 油气井测试, 2009, (2): 44 - 47, 77.
- [7] 马超军. 实体膨胀管补贴技术的研究与应用 [J]. 油气藏评价与开发, 2012, (1): 60 - 63, 77.
- [8] 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, (3): 352 - 361.
- [9] 何增燕, 吴丽华, 雷利婧, 等. 套损井研究及修复 [J]. 特种油气藏, 2004, (4): 70 - 73, 127.
- [10] 肖进东, 苏文红. 吐哈油田膨胀管套管补贴技术应用 [J]. 中国新技术新产品, 2012, (20): 117 - 118.