

扭矩环在国内海上油田的首次应用

谢荣斌¹ 崔国杰¹ 陈松茂² 张涛² 夏天成¹

1. 中海石油(中国)有限公司天津分公司, 天津 300452;

2. 中海油田服务股份有限公司, 天津 300452

摘要: $\Phi 177.8$ mm 尾管作业风险高,早已是钻井行业公认的难题,直到近几年旋转下尾管技术逐渐趋于成熟,才使尾管下入的成功率得到较大提高。而普通套管扣抗扭强度难以满足旋转下尾管作业要求,若使用高扭矩套管则费用昂贵,大幅度增加作业成本。介绍了扭矩环的结构特点、工作原理及使用优势,并在实验室验证了扭矩环多项参数的合理性。为节省成本,首次在国内海上油田引入了扭矩环,且在垦利某油田三口大位移井作业中得到了成功应用。扭矩环不仅解决了常规套管扣无法满足旋转下尾管技术的问题,而且节省近 60% 的套管成本,为现场安全、高效完成作业提供了有力保障,也为渤海油田的降本增效开发做出了贡献,具有良好的应用前景,值得进一步推广应用。

关键词: 扭矩环;大位移井;旋转下尾管;降本增效

DOI:10.3969/j.issn.1006-5539.2019.02.014

The Application of Torque Ring in Domestic Offshore Oilfield for the First Time

Xie Rongbin¹, Cui Guojie¹, Chen Songmao², Zhang Tao², Xia Tiancheng¹

1. Tianjin Branch of CNOOC Ltd., Tianjin, 300452, China;

2. China Oilfield Services Limited, Tianjin, 300452, China

Abstract: The high risk of RIH $\Phi 177.8$ mm liner has long been recognized as a difficult problem in the drilling industry. Until recent years, the development of rotating liner running technology improves the success rate of RIH to target depth. However, the torsion strength of common casing thread cannot meet the requirements of rotating liner while RIH operation. If high torque resistant casing is used, the operation cost will be greatly increased. This paper introduces the structure, working principle and advantages of torque ring, and verifies the rationality of several parameters of torque ring in the laboratory. To save operating costs, the torque ring is introduced into the domestic offshore oilfield for the first time, and has been successfully applied to three extended-reach wells in Kenli oilfield, which achieved satisfying results. The torque ring not only solves the problem that common casing thread cannot meet requirements of rotating liner while RIH operation, but also saves nearly 60% of the casing costs, and provides a powerful guarantee for the safe and efficient operation on site, which contributes to reduce the cost and improve the

收稿日期:2018-11-06

基金项目:“十二五”863 计划海洋技术领域重大专项“海上大位移井钻完井关键技术开发与集成”(2012 AA 091501)

作者简介:谢荣斌(1984-),男,甘肃平凉人,工程师,学士,主要从事海上钻完井技术研究工作。

benefit for Bohai oilfield. It has a good application prospect and deserves further promotion.

Keywords: Torque ring; Extended-reach well; Rotating the liner while RIH; Reduce the cost and improve the benefit

0 前言

大位移井是钻井行业难题,作业风险高^[1],尤其下Φ 177.8 mm 尾管作业难度大。一旦出现阻卡,处理手段有限,发生尾管下不到位的概率很高^[2]。直到近几年随着旋转下尾管技术不断趋于成熟,才使得尾管下入成功率得到较大提高^[3]。而普通套管扣的抗扭强度难以满足旋转下尾管作业要求,石油行业一般使用的都是高抗扭套管,但高抗扭套管费用昂贵,大幅度增加了作业成本。为此,提出使用“扭矩环+普通套管”代替高抗扭套管的新思路。

扭矩环是一种能显著提高常规套管扣抗扭强度的工具,早在 2010 年,国外威德福石油公司就在印尼 FG-8 井中开始将扭矩环配合旋转下尾管技术而使用,并取得了成功^[4]。截止目前,国内海上各大油田还未使用过。2016 年,渤海垦利某油田布置了三口大位移井,平均井深超过 4 500 m,Φ 215.9 mm 井眼超过 900 m,且该区块地质构造复杂^[5],地层容易坍塌,井壁稳定性差,井下复杂情况多,Φ 177.8 mm 尾管作业下入难度特别大^[6]。为此,采用旋转下尾管技术,引入扭矩环,解决了常规套管扣无法满足旋转下尾管技术的难题,首次在国内海上油田取得应用成功。

1 扭矩环的结构特点及工作原理

1.1 结构特点

扭矩环结构见图 1,为一个圆环状的止动环,由 API 系列 L-80 材质的钢材加工而成。其主要性能参数见表 1。



图 1 扭矩环结构示意图

1.2 工作原理

同规格情况下常规 API 系列螺纹的连接扭矩是 Bear、Vam 等特殊扣的一半左右,见表 2。连接扭矩过大会导致 API 螺纹失效的主要原因是母扣管体胀大而出现

滑扣^[7]。扭矩环就是安装在套管接箍两端公扣间隙处,当丝扣连接达到规定扭矩后,接箍两端的公扣与扭矩环相接触,从而起到金属密封螺纹止动台阶的作用^[8],可阻止螺纹进一步旋入,防止接箍胀大导致螺纹滑脱。它不仅增强了 BTC 扣型的上扣扭矩,提高了抗扭强度,而且也增强了密封能力,实现在大斜度井或大位移井中的套管或尾管的旋转下入^[9]。

表 1 适合 Φ 177.8 mm 尾管(磅级 43.15 kg/m, L 80 材质, BTC 扣型)扭矩环的主要参数

磅级 / (kg·m ⁻¹)	内径 / mm	外径 / mm	高度 / m
43.15	158.4	170.6	22.5
最大上扣扭 矩 /(kN·m)	最大抗压 / t	最大抗内压 / MPa	最大抗外 压 /MPa
35.4	306.6	56.28	48.41

表 2 不同螺纹扣型扭矩对比

扣型	规格	最小上 扣扭矩 /(kN·m)	推荐上 扣扭矩 /(kN·m)	最大上 扣扭矩 /(kN·m)
BTC	Φ 177.8 mm 43.15(kg·m ⁻¹) L 80	8.10	9.45	11.20
Vam	Φ 177.8 mm 43.15(kg·m ⁻¹) L 80	18.16	20.05	21.94
Bear	Φ 177.8 mm 43.15(kg·m ⁻¹) L 80	21.75	23.38	25.02

使用扭矩环时,可提前用专用工具将扭矩环安装在 Φ 177.8 mm 尾管内。安装完之后的配合示意图见图 2,扭矩环距离双母接箍端面 115.8 mm,尾管△符号距离公扣端面 114.5 mm,见图 2~3,当扭矩上至△符号,再继续上扣时,扭矩环就会起到止动的作用,限制公扣继续前进,从而提高 BTC 扣的上扣扭矩及抗扭强度^[10]。具体数据见表 3。

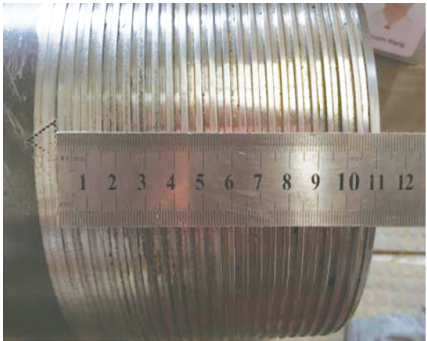


图 2 △符号距离公扣端面示意图

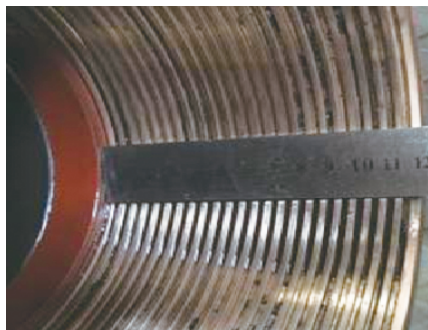


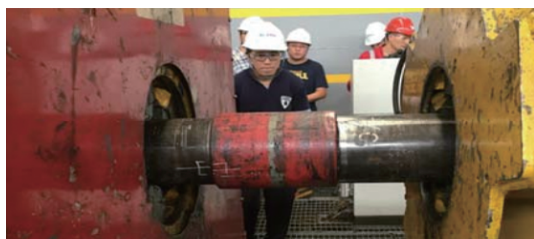
图3 扭矩环距离双母接箍端面示意图

表3 扭矩环与 BTC 尾管配合使用相关数据

尾管外径 /mm	尾管内径 /mm	壁厚 /mm	△距离公扣端面高度 /mm
177.8	157.07	10.36	114.5
双母接箍外径 /mm	双母接箍通径 /mm	双母接箍长度 /mm	母接箍端面至扭矩环高度 /mm
194.46	153.9	254.8	115.8
最大上扣扭矩 /(kN·m)	接箍最大抗拉载荷 /t	最小上扣扭矩 /(kN·m)	推荐上扣扭矩 /(kN·m)
35.4	338.38	15.59	25.45



a) 连接两根套管



b) 用上扣机给套管上扣

图4 实验室测试扭矩环

经地面试验测试结果证明:设置合适的扭矩环,API 系列 BTC 扣型螺纹的抗扭能力能够达到同规格气密封螺纹的抗扭能力^[12]。以安装止动环的 $\Phi 177.8$ mm 套管为例,其抗扭强度可达到 $33.80 \text{ kN} \cdot \text{m}$,较不安装扭矩环的螺纹最大紧扣扭矩 $11.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$ 提高 2.01 倍,并且反复拆卸多次,螺纹外观没有磨损,见图 5~6。

2.2 使用优势

1) 安装简易,不影响作业时效。扭矩环在现场使用过程中,可以不占用井口,提前在甲板完成安装,提高作业效率,见图 7。

2) 替代高扭矩套管,大幅度降低作业成本。目前,海上常用高抗扭套管费用大概为 $10\ 660$ 元/根,而扭矩

2 扭矩环实验测试及使用优势

2.1 实验测试

在实验室,准备带 BTC 双母接箍的 $\Phi 177.8$ mm 短套管至少两根, $\Phi 177.8$ mm、 43.15 kg/m 、L 80 扭矩环若干,上扣机^[11](能显示并记录上扣扭矩曲线);游标卡尺、卷尺、通径规等工具。然后用上扣机给带有扭矩环的套管上扣,提升扭矩至 $33.75 \text{ kN} \cdot \text{m}$,见图 4。

环价格为 $1\ 520$ 元/个,普通套管费用为 $2\ 770$ 元/根。综合来看“扭矩环+普通套管”单根费用为 $4\ 290$ 元/根,与高抗扭套管相比较可节省套管费用将近 60%。

3) 减少采办流程,缩短供货周期。目前,使用高抗扭套管的采办流程是现场根据作业需要做好计划,然后通知采办部门,采办部门委托厂家进行加工,加工完成之后运送到码头仓库,装船送往现场。采办流程繁琐且周期长,容易造成因物料供应不及时而影响现场作业的问题。而扭矩环则只需要现场通知厂家准备好后,随固井配件一起送往现场即可。

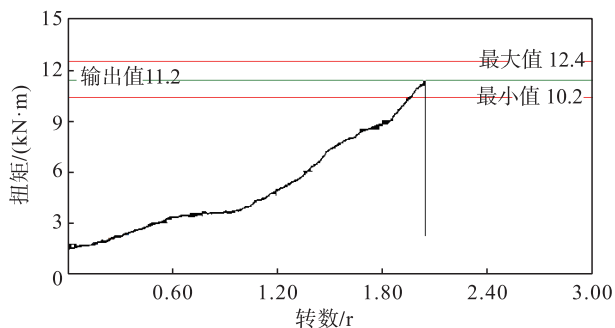


图5 不安装扭矩环的最大上扣扭矩值

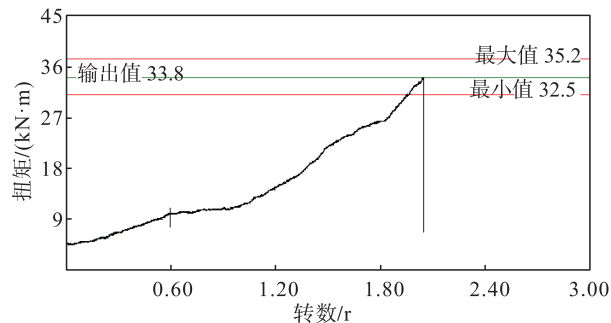


图6 安装扭矩环后最大上扣扭矩值



a) 专用工具侧面图



b) 专用工具正面图

图 7 使用专用工具安装扭矩环

表 4 垦利某油田三口大位移井尾管下入情况统计

井名	完钻井深 /m	水平位移 /m	最大井斜角 /(°)	尾管长度 /m	旋转情况	下入情况
A 1	4 742	3 924. 67	70. 42	935	旋转解阻 3 段	下至设计位置
A 2	4 788	3 930. 15	73. 06	981	旋转 3 h	下至设计位置
A 3	4 226	3 310. 37	66	1 005	正常下入	下至设计位置

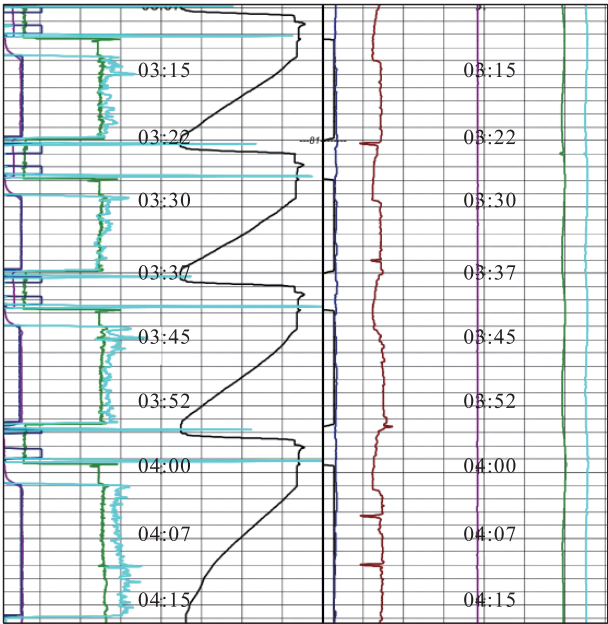


图 8 A 2 井旋转下尾管录井曲线图

“扭矩环+普通套管”代替高抗扭套管在垦利某油田大位移井作业中成功实施,不仅缩短了采办周期、提高了作业效率,而且井下安全得到了保障,应用效果显著。据

3 扭矩环在海上油田的首次应用

2016 年,垦利某油田布置了三口大位移井,平均井深超过 4 500 m, Φ 215. 9 mm 井眼长度均超过 900 m,且该区域深层沙河街组煤层发育^[13],煤矸石容易掉块,井壁稳定性差^[14-17], Φ 177. 8 mm 尾管作业难度大,决定采用旋转下尾管技术^[18-19],为降低作业成本,引入了扭矩环,代替价格昂贵的高抗扭尾管,三口井尾管均下至设计位置,见表 4。

该三口井下 Φ 177. 8 mm 尾管作业过程中,A 1 井出现了三个遇阻点,遇阻超过 10 t,提活尾管后,依然通不过,决定旋转下入,设置顶驱整停扭矩为 28 kN·m,顶驱转速 10~15 r/min,排量 400~500 L/min,控制大钩下放速度 0. 05 m/s 以内,扭矩波动在 22~25 kN·m,泵压 2. 5~3 MPa,通过遇阻点。A 2 井由于煤层较多,下入过程中连续出现遇阻情况,旋转下入了 3 h,最高扭矩上涨至 30 kN·m 见图 8,接近扭矩环的试验最高扭矩值 33. 75 kN·m,为安全考虑,起出了尾管,通井之后,再次下入尾管,顺利下至设计位置。A 3 井下入过程中,遇阻均未超过 10 t,未旋转管串,下入至设计位置。

统计,在这三口大位移井作业过程中由于该技术的应用,共节省费用约 180 万元,取得良好的经济效益,见表 5。

表 5 使用“扭矩环+普通套管”节省套管费用统计

井名	完钻井深 /m	尾管长度 /m	尾管根数 /根	节约成本 /万元
A 1	4 742	935	88	57. 6
A 2	4 788	981	94	60. 04
A 3	4 226	1 005	96	61. 31

4 结论

1)“扭矩环+普通套管”可以替代高抗扭套管使用在旋转下尾管作业中,可有效节省作业成本。

2)随着渤海油田持续发展,调整加密井增加,大位移井将越来越多,扭矩环为渤海油田今后大位移井作业提供了重要技术手段和安全保障,也为降本增效开发做出贡献,具有良好的应用前景,值得进一步推广应用。

参考文献:

[1] 姜 伟,蒋世全. 大位移井钻井技术研究与应[J]. 中国

- 海上油气, 2001, 13(6): 15-23.
- Jiang Wei, Jiang Shiquan. Research and Application of Extended Reach Drilling Technology [J]. China Offshore Oil and Gas, 2001, 13(6): 15-23.
- [2] 宋秀英, 赵庆, 姚军. 大位移井下套管技术[J]. 钻采工艺, 2000, 23(4): 15-19.
- Song Xiuying, Zhao Qing, Yao Jun, et al. Casing Running Technology for Extended Reach Well [J]. Drilling & Production Technology, 2000, 23(4): 15-19.
- [3] 阮臣良, 王小勇, 张瑞, 等. 大斜度井旋转尾管下入关键技术[J]. 石油钻探技术, 2016, 44(4): 52-57.
- Ruan Chenliang, Wang Xiaoyong, Zhang Rui, et al. Key Techniques of Rotating Liners Running in High Angle Wells [J]. Petroleum Drilling Techniques, 2016, 44(4): 52-57.
- [4] Ma Lanrong, Wang Deguo, Guo Zhaohui, et al. Research and Practice of Rotating Technique for Liner Hanger [J]. Open Petroleum Engineering Journal, 2012, 5: 88-97.
- [5] 赵国祥, 杨波, 王清斌, 等. 莱州湾凹陷垦利6构造区沙河街组异常孔隙成因[J]. 大庆石油地质与开发, 2015, 34(1): 42-45.
- Zhao Guoxiang, Yang Bo, Wang Qingbin, et al. Genesis of the Abnormal Pores in Shahejie Formation in Kenli No. 6 Structural Area of Laizhou Bay Sag [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2015, 34(1): 42-45.
- [6] 马兰荣, 马开华, 郭朝辉, 等. 旋转尾管悬挂器的研制与应用[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(4): 103-106.
- Ma Lanrong, Ma Kaihua, Guo Chaohui, et al. Development and Application of Rotary Liner Hanger [J]. Drilling Petroleum Techniques, 2011, 39(4): 103-106.
- [7] 席江军, 侯冠中, 许迪, 等. 177.8 mm 尾管旋转下入技术在渤海深井的应用[J]. 石油工业技术监督, 2016, 32(12): 7-10.
- Xi Jiangjun, Hou Guanzhong, Xu Di, et al. Application of Rotary Tail-Pipe($\phi 177.8$ mm) Entering Well Technology in Bohai Oilfield [J]. Technology Supervision in Petroleum Industry, 2016, 32(12): 7-10.
- [8] 李淑涛, 王东胜. 一种高抗扭矩套管螺纹的研制[J]. 中国海洋平台, 2016, 31(1): 96-100.
- Li Shutao, Wang Dongsheng. The Design and Development of a High Anti-Torque Casing Thread [J]. China Offshore Platform, 2016, 31(1): 96-100.
- [9] 范白涛, 赵少伟, 李凡, 等. 渤海浅部复杂地层大位移井钻井工艺研究与实践[J]. 中国海上油气, 2013, 25(3): 50-52.
- Fan Baitao, Zhao Shaowei, Li Fan, et al. Research and Application of ERW Drilling Technology for Shallow Complicated Formation in Bohai Oilfield [J]. China Offshore Oil and Gas, 2013, 25(3): 50-52.
- [10] 陈智, 张炎, 于东兵, 等. 套管接箍定位器弹簧刚度计算方法探讨[J]. 石油矿场机械, 2015, 44(10): 50-52.
- Chen Zhi, Zhang Yan, Yu Dongbing, et al. Discussion on Calculation Method of Casing Collar Locator Spring Stiffness [J]. Oil Field Equipment, 2015, 44(10): 50-52.
- [11] 蒲玲霞, 马自江, 王海岩, 等. 连续旋转大扭矩旋扣机及在检测中的应用[J]. 石油矿场机械, 2009, 38(7): 80-83.
- Pu Lingxia, Ma Zijiang, Wang Haiyan, et al. Continuous Large Torque Spinner and Test Application [J]. Oil Field Equipment, 2009, 38(7): 80-83.
- [12] 孙啸. N 80 油套管钢腐蚀规律的实验研究及分析[J]. 天然气与石油, 2008, 26(4): 27-29.
- Sun Xiao. Research and Analysis on Corrosion Rate of N 80 Bushing Steel [J]. Natural Gas and Oil, 2008, 26(4): 27-29.
- [13] 王建立, 丁冬, 刘少峰, 等. 垦利 M 构造煤层录测井识别方法[J]. 录井工程, 2016, 27(3): 43-47.
- Wang Jianli, Ding Dong, Liu Shaofeng, et al. Mud Logging & Well logging Identification Method for M Structure Coal Seam in Kenli Oilfield [J]. Mud Logging Engineering, 2016, 27(3): 43-47.
- [14] 屈平, 申瑞臣, 杨恒林, 等. 节理煤层井壁稳定性的评价模型[J]. 石油学报, 2009, 30(3): 455-459.
- Qu Ping, Shen Ruichen, Yang Henglin, et al. Evaluation Model of Wellbore Stability in Coal Seam [J]. Acta Petrolei Sinica, 2009, 30(3): 455-459.
- [15] 谢范章. 毕节岔河勘探区 6-3 号煤层坍塌原因分析及处理措施[J]. 西部探矿工程, 2013, 25(8): 112-117.
- Xie Fanzhang. Analysis and Treatment of Coal Seam Collapse of No. 6-3 in Bijiehe Exploration Area [J]. West-China Exploration Engineering, 2013, 25(8): 112-117.
- [16] 成之祥. 大位移井不同井斜角度下岩屑运移规律研究[J]. 能源与节能, 2016, (3): 189-190.
- Cheng Zhixiang. Study on the Cuttings Migration Rule in Large Displacement Well Under Different Deviation Angle [J]. Energy and Energy Conservation, 2016, (3): 189-190.
- [17] 管中, 谭强, 黄熠, 等. 海上复杂压力体系油田钻井安全密度窗口研究[J]. 天然气与石油, 2015, 33(5): 52-55.
- Guan Shen, Tan Qiang, Huang Yi, et al. Study on Safe Drilling Density Window in Offshore Oilfield with Complex Pressure System [J]. Natural Gas and Oil, 2015, 33(5): 52-55.
- [18] 邵明仁, 范白涛, 魏刚, 等. 薄壁尾管液压脱手装置的研制及应用[J]. 中国海上油气, 2008, 20(6): 395-397.
- Shao Mingren, Fan Baitao, Wei Gang, et al. Development and Application of Thin Walled Liner Hydraulic Releasing Device [J]. China Offshore Oil and Gas, 2008, 20(6): 395-397.
- [19] 孙泽秋, 代红涛, 魏钊, 等. 基于新型封隔式回接装置的尾管回接关键技术[J]. 天然气与石油, 2018, 36(2): 68-71.
- Sun Zeqiu, Dai Hongtao, Wei Zhao, et al. The Liner Tieback Key Technology Based on New-Type Packer-Attached Tieback Assembly [J]. Natural Gas and Oil, 2018, 36(2): 68-71.