

非旋转护箍在腰青 33 - 2HF 井水平段小井眼应用

刘建立, 张建龙, 高炳堂

(中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101)

摘要:水平井钻井的最大难题是如何降低钻井摩阻。目前降低摩阻的工具主要有轴承短节、低扭矩钻杆、DSTR 短节、振荡减阻器等,而对非旋转钻杆护箍降低摩阻作用的研究较少。与非旋转钻杆护箍相比,其它各种工具均具有一定局限性,主要表现在接头和短节使用太多会降低钻具安全性,容易形成键槽等。腰青 33 - 2HF 井水平段钻进时采用非旋转钻杆护箍,大大降低了钻具与井眼的摩阻,使钻速提高了 40.40%,钻井周期缩短 57.79%,为水平井钻井提供了很好的借鉴。

关键词:非旋转钻杆护箍;长水平段;水平井;降低摩阻;扭矩;工具

中图分类号:P634.7;TE243 **文献标识码:**B **文章编号:**1672 - 7428(2016)08 - 0024 - 05

Application of Non-rotational Drill Pipe Protector in Horizontal Slimhole of Yaoqing 33 - 2HF Well/LIU Jian-li, ZHANG Jian-long, GAO Bing-tang (SINOPEC Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing 100101, China)

Abstract: How to reduce drilling friction is the most difficult problem in horizontal drilling. Main tools for friction reducing are bearing sub, low-torque drill pipe, DSTR nipple joint, oscillating drag reduction device, only a few research on non-rotational drill pipe protector for friction reducing has been conducted. Comparing with non-rotational drill pipe protector, the other tools have some limitations, mainly in lower safety for too many subs or joints and key seats creating. Non-rotational drill pipe protector was used in the horizontal section drilling of Yaoqing 33 - 2HF, the friction between drilling tool and borehole was greatly reduced, so that drilling speed increased by 40.40% and the drilling cycle was shorten 57.79%, which provides reference for long horizontal well operation in the future.

Key words: non-rotational drill pipe protector; long horizontal section; horizontal well; friction reducing; torque; tools

0 引言

水平井钻井最大难题是摩阻扭矩影响正常钻井。随着井段的延伸,摩阻扭矩影响钻井问题越来越突出,有时甚至出现加压困难、钻具提起后很难下放到底的情况。国内外很多专家开展了防摩减扭技术研究及应用,有些技术应用取得了比较明显的效果,但也有很多防摩减扭技术应用效果不明显。目前常用的降低摩阻工具有轴承短节、低扭矩钻杆、轴承短节(DPBS)、DSTR 短节、振荡减阻器等,非旋转钻杆护箍的降低摩阻作用研究较少。轴承短节是在钻杆接头之间连接一个带有轴承的短节,转动的轴承将滑动摩擦转换为滚动摩擦,可以使扭矩降低 25%,但如果在钻具组合中使用的接头太多,存在一定的安全隐患。低扭矩钻杆由钢棒车铣而成,相当于钻杆本体带有 3 个螺旋扶正器的钻杆,这种工具

在刚开始下入时,由于螺旋扶正器的搅动,可以破坏长水平段沉积的岩屑床,将井底沉积的岩屑床搅动并被钻井液带走,能够起到较好的降低摩阻及扭矩作用,但岩屑床清理干净后,螺旋扶正器容易吃入地层,产生新的键槽,带来更加复杂的情况。DSTR 短节(减摩接头)是一种带有防摩套的接头。接头本体与钻具连接在一起,外套与本体之间能够产生相对运动,在本体与防摩外套间使用防摩套连接,可以使钻具与井壁间的摩擦阻力降低 20% ~ 40%,达到较好的降低长水平段水平井摩阻的作用。但是在长水平段水平井水平段钻井期间,由于防摩接头使用后减少了钻具与井壁之间的环空间隙,如果防摩接头使用不当,使用后不但不能减少钻井不同工况条件的摩阻及扭矩,反而会增加钻井摩阻或扭矩,DSTR 短节与非旋转钻杆护箍最大的不同在于

收稿日期:2015 - 12 - 03; 修回日期:2016 - 06 - 12

基金项目:中国石油化工股份有限公司项目“长水平段水平井钻完井技术研究”(编号:34500000 - 12 - ZC0607 - 0070)、“涪陵页岩气水平井提速降本钻井技术研究”(编号:10010099 - 14 - FW0403 - 0001)

作者简介:刘建立,男,汉族,1966 年生,副主任,高级工程师,硕士,石油工程专业,长期从事钻井工程研究及信息管理工作,北京市朝阳区北辰东路 8 号,liujl.sripe@sinopec.com。

DSTR 短节直接连接到钻具组合上,降低了钻具的整体刚度,而非旋转钻杆护箍套在钻具外面,不影响钻具的整体刚性,避免了接头使用数量过多引起的钻具强度变化。非旋转钻杆护箍使用后提高了钻具居中度,减少了钻具与套管接触面积,降低钻井摩擦阻。

振荡减阻器是通过一定的结构水力引导结构使钻井液产生钻具的纵向往复振荡。将钻具与下井壁之间的静摩擦转化为动摩擦。由于物体之间的动摩擦系数远远小于静摩擦系数,使用振荡器后,钻具与下井壁之间的摩擦阻力大大降低。振荡减阻器的最大缺点是:如果安放位置使用不当或者使用参数不合适,容易引起钻头的过早损坏。

非旋转钻杆护箍套在钻具外面,不影响钻具的整体刚性,避免了接头使用数量过多引起的复杂情况出现,护箍使用后使钻具居中度提高,减少了钻具与套管接触面积,降低钻井摩擦阻。

腰青 33-2HF 井在水平段钻井期间使用了非旋转钻杆护箍,取得了明显的防摩减扭效果,钻井周期也明显缩短。该井防摩减扭工具的成功应用为长水平段水平井及大位移井解决摩擦阻问题提供了参考。

1 非旋转钻杆护箍工作原理及技术性能

非旋转钻杆护箍(NRDPP)结构如图 1 所示。

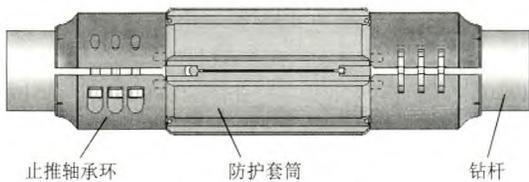


图 1 非旋转钻杆护箍结构

NRDPP 由 3 部分组成:中心活页式橡胶(或塑料)套筒和 2 个活页式止推轴承环。2 个轴承环的形状相同,但方向相反。套筒有内表面带槽和不带槽 2 种。套筒位于两轴承环之间,其间有足够的间隙允许套筒自由旋转。

止推轴承环由金属材料组成,不同厂家生产的止推轴承环组成材料不同。国内很多厂家生产的止推轴承环由不锈钢材料组成,中国石化德州大陆架公司生产的止推轴承环由铝质材料组成,使用铝质材料的好处是一旦出现意外情况非旋转钻杆护箍落入井内,铝质材料的止推轴承环可以很方便被磨碎

随钻井液带出,而不锈钢材料的止推轴承环则很难被清理干净。

止推轴承环为活页式结构,由两瓣式止推轴承环组成,其一端固定,另一端可以打开。非旋转钻杆护箍连接在钻杆本体上的钻杆接头上方,其内径比钻杆外径稍大,钻杆在套筒内可以自由旋转,钻井液在滑套与钻杆间的存在起到良好的润滑作用,钻井液进入套筒与钻杆间的环空间隙后在钻杆的四周形成润滑膜,同时,钻杆与套筒间的相对运动产生水力举升力,把钻杆外表面和非旋转钻杆护箍套筒内表面有效地分开,将钻杆“浮托”在护箍中,使钻杆与套筒间的摩擦力显著降低,摩擦系数仅是钢材之间摩擦系数的 1/10。

非旋转钻杆护箍对水平方向的轴向力反应不敏感,要损坏非旋转钻井护箍必须具有较大的轴向拉力。

非旋转钻杆护箍(防摩套)安装在钻具的外部,使用后不影响钻具的整体刚度,可以提高钻具的可靠性及钻具的承压、抗扭能力。但是在粗糙不平的裸眼段使用时存在一定的安全隐患,由于防摩套外壁与粗糙不平的裸眼段及套管鞋处硬度差异较大的井壁接触比较多,在钻具活动过程中,粗糙不平的井壁容易引起防摩套与井壁的过多碰撞及摩擦而造成防摩套的脱落。

非旋转钻杆护箍如果使用不当,可能达不到最佳减摩降扭效果。如果钻井护箍进入了裸眼地层,由于裸眼段井眼扩大率各处不一样,同时井壁不规则,套在钻杆外部的非旋转钻杆护箍外壁容易在不规则的裸眼中井径变化处遇阻,为此,尽量不要让非旋转钻杆护箍进入裸眼地层。

非旋转钻杆护箍一般安装在离钻杆接头 0.61 m 处。由于在 50° 以上井眼钻具更容易贴近下井壁,要达到较好的减摩降扭效果,应尽可能减少非旋转钻井护箍的使用数量,必须保证使用钻井护箍后,使用防摩降扭接头井段钻杆不接触套管。

非旋转钻杆护箍外形尺寸数据如表 1 所示。

表 1 非旋转钻杆护箍外形尺寸及性能参数

外形尺寸/ in	最大 外径/ mm	保护套 内径/ mm	卡箍 内径/ mm	长 度/ mm	耐 温/ ℃	抗压 强度/ MPa	抗拉 强度/ MPa	撕裂强 度/(kN· m ⁻¹)
3½	139.70	92.70	88.9	488				
5	184.15	130.20	127.0	497	140	315	287	154~170
5½	196.85	142.88	139.7	508				

2 非旋转钻杆护箍在腰青 33-2HF 井应用

2.1 腰青 33-2 井概况

腰青 33-2HF 井是中国石化东北油气分公司部署在长岭断县大情字隆起带 DB33 井区的一口开发水平井,目的层为青山口组,自上而下地质分层情况为第四系、第三系、明水组、四方台组、嫩江组、姚家组、青山口组。

该井设计井深为 3056.48 m,垂深 2259 m,水平段长 607.17 m。

该井采用三开井身结构,钻头程序为 $\varnothing 311.2 \text{ mm} \times 250 \text{ m} + \varnothing 215.9 \text{ mm} \times 2440 \text{ m} + \varnothing 152.4 \text{ mm} \times 3056.48 \text{ m}$ 。采用的钻井液为聚合物防水钻井液体系。

该井三开采用 $\varnothing 152.4 \text{ mm}$ 小井眼钻井,钻井期间使用了非旋转钻杆护箍防摩减扭工具,钻井摩阻、扭矩明显降低,仅用 1 只 PDC 钻头就钻完整个 576.66 m 长的水平段。

2.2 应用分析

腰青 33-2HF 井为三开结构井,三开钻井前 7 in ($\varnothing 177.8 \text{ mm}$) 套管下入到 A 点。非旋转钻杆护箍在三开水平段钻井时应用。通过分析,A 点前套管内使用非旋转钻杆护箍可以使扭矩明显降低(见图 2)。

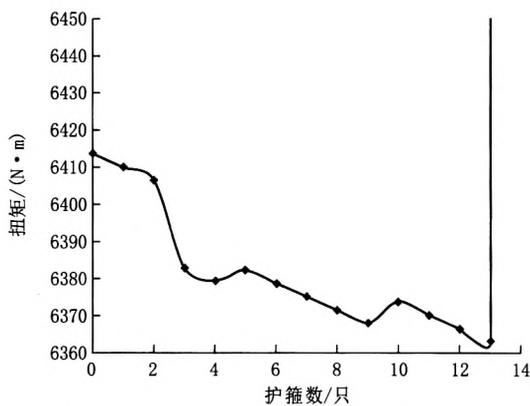


图 2 腰青 33-2HF 井水平段非旋转钻杆护箍数量与扭矩关系

从图 2 看出,随着非旋转钻杆护箍数量的增加,扭矩不断减小,钻杆护箍数量达到 13 只后扭矩降低到最小,再增加护箍数量,扭矩增加呈直线上升趋势。这是因为钻杆护箍通过减少钻杆与井壁接触面积降低摩阻的同时也会由于护箍处环空间隙减小而增加钻井摩阻及扭矩,使用数量需经过优化分析才能确定。

腰青 33-2HF 井非旋转钻杆护箍应用钻具结

构如图 3 所示。

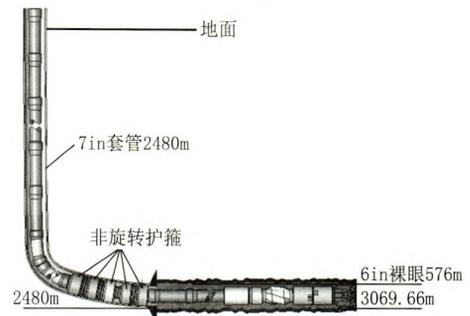


图 3 腰青 33-2HF 井使用非旋转钻杆护箍后钻具结构

非旋转钻杆护箍安放时应根据每趟钻进尺情况确定不同位置,确保钻至井底时护箍依然在套管内。

三开下部钻具主要为 $3\frac{1}{2}$ in 钻杆,钻具尺寸小,易弯曲。在大井斜段,钻具在重力作用下主要贴近下井壁,在施加钻压后易形成屈曲变形而自锁(如图 4 所示)。

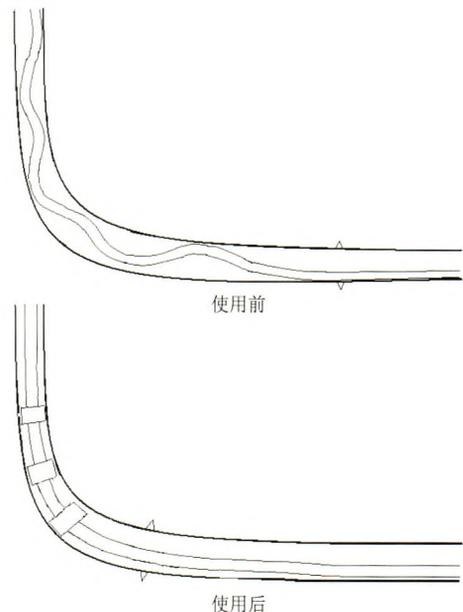


图 4 水平井使用减摩抗扭工具前后井底钻具状态

大部分钻具贴近下井壁,增大了钻具与井壁的接触面积,从而增加钻具与井壁之间的摩擦阻力。水平段钻井时,虽然套管封固了靶点之前的所有裸眼井段,但在套管内,大部分井眼为斜井段,钻具与套管之间的摩擦系数远远小于钻具与裸眼地层之间的摩擦系数,由于钻具的抗弯曲强度低,钻具在上部推力、摩阻的共同作用下易发生弯曲变形,随着上部推力的增加,钻具的弯曲作用加大,弯曲的钻具使钻具直接与井壁接触,有时甚至还发生多次弯曲,与井壁直接接触的多次弯曲一方面使钻压施加到井壁

上,不能有效将钻压传递到钻头,另一方面也增加了整个系统的摩擦阻力。

腰青33-2HF井二开套管下至2480 m。按照软件分析,钻至井深2519 m时扭矩达到5076.30 N·m(分析条件与使用非旋转钻杆护箍时相同),而2519 m裸眼段长只有39 m,裸眼段产生的摩阻、扭矩相当小(使用非旋转钻杆护箍后扭矩实际只有3484.4 N·m),大部分摩阻及扭矩是钻具在套管内产生的。如果钻具不发生弯曲变形,钻具与套管接触面积小,旋转钻井产生的扭矩应该很小,正是由于3½ in钻杆在大斜度井眼产生弯曲变形,增大了钻具与套管接触面积,才大大增大了钻井期间摩阻及扭矩(2519 m处扭矩增大45.69%)。

使用非旋转钻杆护箍可以将大井斜段弯曲的钻具扶正到井眼的中间(图4),减少钻具与井眼之间的接触面积,理顺工具使用井段及下部钻具,减少整个系统的摩擦阻力,方便钻压的有效传递,从而提高钻井速度。

腰青33-2HF井水平段钻井期间,在套管内使用了5只中国石化石油工程技术研究院生产的非旋转钻杆护箍。

非旋转钻杆护箍使用后,在防止钻杆磨损套管的同时,有效减少了大斜度井段放置前后井段钻杆与套管的连接,减少了钻具与套管之间的接触面积,同时在防摩接头与钻杆之间形成的摩擦副作用下,改变了钻杆与套管之间的摩擦方式,从而大大减少了钻杆与套管之间的摩阻及扭矩。

在套管内45°以上井段,井斜度小,钻具提起、下放比较方便,可以不使用非旋转钻杆护箍;在45°以下井段,钻具在重力作用下更容易贴近下井壁,3½ in钻具由于柔性大,比5 in钻具更容易贴近下井壁,非旋转钻杆护箍在50°~90°的套管内使用效果比较好。非旋转钻杆护箍使用数量可以采用式(1)进行分析。

$$N = \frac{H - h_i - L_c + l}{\alpha L_p + L_t} \quad (1)$$

式中: H —井深,m; h_i —造斜点上部井深,m; L_c —钻铤总长度,m; l —行程进尺,m; α —系数,井斜全角变化率 $>2^\circ/30$ m时, $\alpha = 2$;井斜全角变化率 $<2^\circ/30$ m时, $\alpha = 3$; L_p —单根钻杆长度,m; L_t —装置长度,m。

腰青33-2HF井三开防摩减扭工具(非旋转钻

杆护箍)使用井段为2502~3069.66 m。三开使用1只钻头钻完整个水平段,工具应用井段平均钻井速度达到6.29 m/h(其中2502~2820 m达到8.05 m/h,2852~3069.66 m平均钻速达到6.73 m/h),与同井队钻井的邻井YQ33-1HF井相比,水平段钻速提高40.40%,钻井周期比设计周期缩短57.79%。

整个应用井段扭矩保持在5000~5700 N·m,摩阻只有10~30 kN。防摩接头使用期间摩阻、扭矩明显降低。同井队施工的YQ33-1HF井与YQ33-2HF井相距1.06 km,完钻井深比YQ33-2HF井低(YQ33-1HF井完钻井深2989 m,YQ33-2HF井完钻井深3069.66 m),钻井扭矩一般在7000~8000 N·m,经常出现扭矩超过10000 N·m的情况。YQ33-2HF井使用防摩降扭工具后平均扭矩比YQ33-1HF降低2000 N·m,水平段钻井速度得到明显提高,到完钻时的3030~3069 m井段平均钻速还达到11.63 m/h。

同井队施工的腰青33-1HF井与腰青33-2HF井相距1.06 km,使用井身结构相同,均使用套管封固入靶点前井段,但采用常规钻井,钻井时扭矩均在7000 N·m以上,经常出现扭矩超过设置上限15000 N·m,憋停转盘影响正常钻井情况,邻近的腰登5HF井水平段钻井时也没有使用非旋转钻杆护箍,水平段钻井期间正常钻进扭矩达到18~20 kN·m,经常出现扭矩太高憋停转盘情况,严重时接完单根后钻头无法接触井底。

腰青33-2HF井三开使用非旋转钻杆护箍后扭矩变化是未使用时软件分析数据如图5所示。

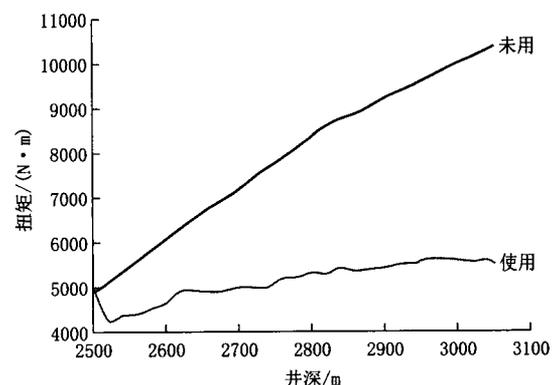


图5 腰青33-2HF井三开未用与使用非旋转钻杆护箍扭矩变化情况

腰青33-2HF井从2502 m开始使用非旋转钻杆护箍,从图可以看出,随着井段的延长,未使用非旋转钻杆护箍时钻井扭矩不断增大,到3060 m扭矩

增大到 $10380 \text{ N} \cdot \text{m}$; 使用非旋转钻杆护箍后, 钻井扭矩明显降低。开始钻进时扭矩降低幅度比较小, 随着水平段的延长, 非旋转钻杆护箍逐渐移动到 45° 以下大井斜段。使用非旋转钻杆护箍后扭矩得到明显的减小, 这进一步证明了非旋转钻杆护箍使下部钻具居中, 减少钻具与井壁接触面积, 能够起到良好的降低扭矩或摩阻的作用。

腰青 33-2HF 井水平段一趟钻完设计井深, 非旋转钻杆护箍纯钻 90.25 h, 工具出井后除表面有轻微的腐蚀外未见明显的磨损, 可以继续使用。

同区域的腰登 8HF 井水平段长达到 1400.21 m, 水平段 4259 ~ 5129.01 m 钻井期间在入靶前也使用了防摩接头, 水平段钻井时摩阻及扭矩也得到了明显降低。使用防摩接头前经常出现扭矩超过 $18000 \text{ N} \cdot \text{m}$ 憋停转盘情况, 使用防摩接头后扭矩保持在 $7000 \sim 8000 \text{ N} \cdot \text{m}$, 平均钻速达到 2.44 m/h, 比邻井速度提高 88.68%, 水平段后期的 4945 ~ 5129.01 m 钻速甚至高达 5 m/h。

邻井腰登 5HF 井结构与腰登 8HF 井相似, 水平段钻进时采用常规技术, 钻至水平段 810 m, 钻进时扭矩经常达到 $18000 \sim 20000 \text{ N} \cdot \text{m}$, 出现了接完单根无法送钻到底的情况或憋停转盘情况。

3 结论和认识

在小井眼大井斜段或者水平段钻井时使用非旋转钻杆护箍可以有效降低钻井摩阻及扭矩、提高水平井钻井速度。通过腰青 33-2HF 井非旋转钻杆

护箍的成功应用, 形成如下认识。

(1) 在小井眼大井斜段使用非旋转钻杆护箍可以有效减少下部钻具与井壁的直接接触, 减少钻具与井壁接触面积, 降低钻井摩阻。

(2) 大井斜段非旋转钻杆护箍的使用可以有效防止钻具弯曲, 有效传递钻压, 提高钻井速度。

(3) 从腰青 33-2HF 井防摩降扭工具应用来看, 非旋转钻杆护箍可以在保护套管磨损的同时提高小井眼水平段钻井速度, 值得在长水平段水平井钻井期间推广应用。

参考文献:

- [1] 秦永和, 付胜利, 高德利. 大位移井摩阻扭矩力学分析新模型[J]. 天然气工业, 2006, 26(11): 77-79, 177.
- [2] 苏义脑, 窦修荣, 王家进. 减摩工具及其应用[J]. 石油钻采工艺, 2005, 27(2): 78-80, 85.
- [3] 石崇东, 党克军, 张军, 等. 水力振荡器在苏 36-8-18H 井的应用[J]. 石油机械, 2012, 40(3): 35-38.
- [4] 王俊良, 陈洪亮, 刘永峰. 大位移井钻具组合设计及摩阻扭矩分析[J]. 钻采工艺, 2012, 35(1): 24-26, 68, 9.
- [5] 易浩, 唐波, 练章华, 等. 考虑接头的钻柱摩阻扭矩分析[J]. 西南石油学院学报, 2006, 28(4): 85-89, 106.
- [6] 秦永和, 付胜利, 高德利. 大位移井摩阻扭矩力学分析新模型[J]. 天然气工业, 2006, 26(11): 77-79, 177.
- [7] 张建龙. 涪陵地区二开定向井段钻井提速技术研究[R]. 北京: 中石化工程院, 2015.
- [8] 王斌斌, 张杨. 钻杆防磨保护套在水平井水平段中的仿真分析[J]. 石油机械, 2006, 34(1): 33-35.
- [9] 朱炳坤, 邓德鹏. 在水平井眼中存在下凹初弯曲钻柱的屈曲分析[J]. 石油机械, 2007, 35(8): 18-21.