

Application of Hydraulic Oscillator in the Speed-Up and Efficiency Enhancement of Medium-Deep Directional Well Drilling

Bo Chen¹, Xian Zhang¹, Song Liu²

¹Anhui Branch, Sinopec Oilfield Service Jiangsu Corporation, Tianchang Anhui

²East Sichuan Drilling Company of CCDC, Chongqing

Email: chenb.jsyt@sinopec.com

Received: Mar. 9th, 2016; accepted: Apr. 12th, 2016; published: Jun. 15th, 2016

Copyright © 2016 by authors, Yangtze University and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

With the continuous deepening of oilfield exploration, more and more medium-deep directional wells and large displacement wells were drilled in the eastern Jiangsu-Anhui Oil Region. In order to solve the problems, such as supporting pressure in directional sections, serious drill pipe sticking, instability of tool in drilling with PDC bit and the ineffective transmission of WOB and so on, a hydraulic oscillator was used to improve the penetration rate of these wells. The principle, composition and the working principle of hydraulic oscillator were analyzed, and it was successfully applied in Wells H159-7, HX161 and HX162. Application shows that the static friction of drilling tool being turned into the dynamic friction by using the hydraulic oscillator is beneficial for solving the problems stated above. It provides reference for solving the problem of speed-up in directional well drilling, the drilling efficiency is raised with the increase of sliding footage.

Keywords

Axial Oscillation, Drilling Pressure, Frictional Resistance of Large Displacement Well, ROP

水力振荡器在中深定向井提速提效中的应用

陈波¹, 张弦¹, 刘松²

¹中石化江苏工程公司安徽分公司, 安徽 天长

²中石油川庆钻探川东钻探公司, 重庆

作者简介: 陈波(1971-), 男, 高级工程师, 现从事钻井技术管理与新技术研究与应用工作。

Email: chenb.jsyt@sinopec.com

收稿日期: 2016年3月9日; 录用日期: 2016年4月12日; 发布日期: 2016年6月15日

摘要

随着勘探开发的不断深入, 东部老油田苏皖油区中深定向井、大位移井越来越多。针对中深定向井、大位移井中常见的定向段托压、黏卡严重, 使用PDC钻头钻进时工具难以稳定, 钻压无法真实有效传递等问题, 开展了使用水力振荡器提高机械钻速的研究。对水力振荡器技术原理、组成、工作原理进行了分析, 在H159-7、HX161、HX162等井成功应用。实践表明, 利用水力振荡器将钻具的静摩擦变为动摩擦, 可以有利于解决中深定向井、大位移井中定向段托压情况和钻压不能有效传递的问题。为破解中深定向井提速难题提供了借鉴, 经济效益也随着滑动进尺的增加而逐步提高。

关键词

轴向振荡, 钻压, 大位移井摩阻, 机械钻速

1. 引言

苏皖油区位于东部老油田, 是典型的复杂小断块油田, 表现出“小碎贫散”的地质特征。苏皖水网地区受地面条件限制, 钻井深度大, 井斜角大。在钻进过程中, 无论是旋转钻井还是滑动钻井, 钻具与井壁的摩阻都会对机械钻速产生较大的影响, 其中滑动钻井方式摩阻的影响尤为突出。特别是在中深井、大位移井中, 钻具在井筒中的托压现象更为严重, 表现出定向工具面难以稳定、机械钻速慢、钻头磨损大等现象。因为钻压不能有效加载到钻头上, 严重时还会造成弯曲井眼, 影响井身质量和钻井目的的完成。如何有效减轻托压现象, 使钻压有效传递到钻头, 就成为提高这类型井机械钻速的关键[1]。利用水力振荡器的水力脉冲, 在钻具上产生轴线振荡力, 不仅可以将滑动钻进时钻具与井壁的静摩擦变为动摩擦, 减轻摩阻[2], 还可以减小井下扭转, 减轻横向振动, 并在一定程度上延长了钻柱、螺杆钻具和PDC钻头的寿命[3]。

2. 水力振荡器的技术原理

在常规直井和小斜度定向井中, 无论是普通转盘钻井、复合钻井还是定向滑动钻井方式, 都是依靠钻具下部钻铤的重量向钻头提供钻压, 进行破碎和剪切地层岩石实施钻进, 一般能起到较好效果。但是在在大斜度定向井、大位移井和水平井钻进过程中, 由于钻铤重量沿井眼方向的分量随着井斜角的增大而减小, 导致能够有效施加到钻头上的钻压很小。如果只是为了达到设计要求的钻压数值, 在不改变钻具组合的情况下简单下压钻具, 只会加大钻具的弯曲变形, 最终由于钻柱的自锁无法正常施工[4]。同时,

还会因为钻具重量的下压导致钻铤重量在井壁方向的压力分量加大，从而增大钻具与井壁的摩阻以及钻井转盘机械效率的损失。

由于钻铤重量在井眼方向的分量随着井斜角的增大而减小，那么改变钻铤与井壁间的摩擦阻力就成为在大斜度定向井中有效传递钻压的重点。水力振荡器的作用就是减少钻铤与井壁间的摩擦阻力。水力脉冲轴向振荡钻井技术是将钻井液产生压力脉冲的液压能转化为机械能[5]，通过自身产生的纵向振动，使连接振荡器的钻具在井眼方向产生纵向的往复运动，这样钻具与井壁之间的摩擦力就由静摩擦变成动摩擦，摩擦阻力得到有效减小，特别是在滑动定向钻进过程中，可以有效地减少因井眼轨迹而产生的钻具拖拉现象，保证有效钻进[6]。水力振荡器正是利用了这一基本原理，将钻柱与井壁的静摩擦力转化为动摩擦力，从而减小了下部钻具与井壁的摩阻，改善了钻压的有效传递。

3. 水力振荡器的研究

3.1. 水力振荡器的组成

水力振荡器由马达动力部分、万向轴、流量阀系统、加压减震装置等 4 部分组成，见图 1。加压减震装置由下接头、花链体、缸筒、活塞等组成，见图 2。

3.2. 水力振荡器的工作原理

水力振荡器的动力单元是一个马达，马达下端固定有阀片，钻井液通过马达时，驱动阀片转动，两个阀门分开时，截面积为最大，重合时流体通过工具的截面积为最小。马达作用于震荡开关阀产生压力

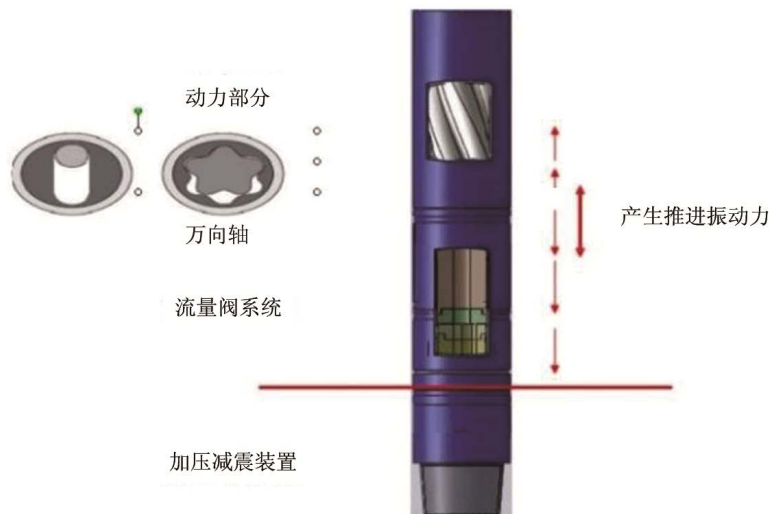


Figure 1. Composition diagram of hydraulic oscillator
图 1. 水力振荡器组成示意图



Figure 2. Composition diagram of compression damping device
图 2. 加压减震装置组成示意图

脉冲，截面积周期性变化导致上游压力同步的周期变化形成轴向振荡[7]。当这种轴向振荡作用在加压减震装置上时，由于脉冲压力周期性变化，加压减震装置的活塞就在液力的周期变化作用下做轴向往复运动，也就使与之连接的井下钻具在轴向上做往复运动[7]-[9]。

加压减震装置将钻头与该工具以上的钻柱隔离开，既能防止钻柱产生的振动冲击载荷对钻头造成破坏，还能保持钻压平稳。同时也防止钻头振动导致钻柱谐振及疲劳失效。

4. 水力振荡器在现场的应用

通过施工对比，水力振荡器在滑动钻进过程中取得了很好的提速效果。在托压严重井段使用效果明显，表现为托压现象减轻，滑动钻进过程中钻压有回落现象，泵压也有明显变化。

4.1. 水力振荡器在 H159-7 井中的应用

4.1.1. 钻具组合

H159-7 井轨道设计为 5 段制(直 - 增 - 稳 - 降 - 稳)轨道，后期滑动降斜托压严重，严重影响了施工速度和井下安全。因此优化 H159-7 井钻具组合： $\varnothing 215.9$ mm PDC 钻头 + $\varnothing 156$ mm 单弯螺杆(1.25°) + $\varnothing 212$ mm 稳定器 + 定向接头 + $\varnothing 159$ mm 无磁钻铤 + $\varnothing 165$ mm 螺旋钻铤 + $\varnothing 165$ mm 水力振荡器 + $\varnothing 159$ mm 无磁钻铤 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆 $\times 17$ + $\varnothing 159$ mm 随钻震击器 + $\varnothing 127$ mm 加重钻杆。在下部钻具组合中加入水力振荡器，水力振荡器在钻具组合中可以在 MWD (随钻测量)工具的上、下位置安装，位置比较自由。

4.1.2. 钻进参数

H159-7 井在使用水力振荡器井段与使用常规钻具时钻进参数基本相同，钻压 40~80 kN，转盘转速 70 r/min，泵压 14~15 MPa，进尺 313.4 m。

4.1.3. 使用情况对比

在 H159-7 井中使用水力振荡器的钻井情况与在 H159-7 井中未使用水力振荡器的钻井情况分别见表 1、表 2。可以看出，使用水力振荡器后钻时减小，滑动钻进机械钻速由 1.62 m/h 提高到 1.82 m/h，提高了 12.35%，全井机械钻速由 8.76 m/h 提高到 10.73 m/h，提高了 22.49%。钻井周期比邻井 H159-5 井减少了 53 h。

4.2. 水力振荡器在 HX161 井中的应用

HX161 井是一口重点探井，完钻井深 3514 m，最大井斜 39.43°，具有井身深、井斜大、裸眼段长的特点，使用水力振荡器的情况如表 3 所示，进尺 101 m，钻进时间 1124 min。HX161 井滑动钻进机械钻速为 5.39 m/h，全井机械钻速为 9.32 m/h。与邻井 HX160 井未使用水力振荡器相比，邻井 HX160 井滑动钻进机械钻速为 3.32 m/h，全井机械钻速 7.42 m/h。可以看出，使用水力振荡器后，滑动钻进井段机械钻速提高 62.35%，全井机械钻速提高 25.61%。

4.3. 水力振荡器在其他油田的应用

国内最早应用水力振荡器的是川庆苏平 36-8-18H 井，取得了良好的效果。2013 年 $\varnothing 6.75$ in 水力振荡器在榆 37-2H 井的 $\varnothing 8.5$ in 水平段成功应用，有效改善了钻井过程中钻压传递效果，如图 3 所示，与邻井段未使用水力振荡器相比，滑动钻速增加 181%，平均机械钻速提高至 3.14 m/h。

5. 水力振荡器在应用过程中的效益分析

以 $\varnothing 215.9$ mm 井眼为例，所使用的水力振荡器外径为 165 mm，合同租赁费为 575 元/h，从入井口计

Table 1. Well H159-7drilling (with hydraulic oscillator)**表 1.** H159-7 井(使用水力振荡器)钻井情况

井深/m	钻时/(min·m ⁻¹)	定向长度/m
2369.47	41.42	7
2288.00	30.00	6
2212.00	30.00	7
2162.00	38.30	6
2056.00	22.00	5

Table 2. Well H159-5 drilling (without hydraulic oscillator)**表 2.** H159-5 井(未使用水力振荡器)钻井情况

井深/m	钻时/(min·m ⁻¹)	定向长度/m
2391.33	41.43	7
2275.78	32.50	6
2227.64	48.33	6
2150.80	26.67	6
2070.00	34.00	5

Table 3. The use of hydraulic oscillator in Well H161**表 3.** HX161 井水力振荡器使用情况

滑动钻进井段/m	滑动钻进段长/m	时间/min	钻时/(min·m ⁻¹)
1500.29~1508.29	8	111	13.88
1585.57~1589.57	4	26	6.50
1632.93~1639.93	7	31	4.43
1708.74~1715.74	7	93	13.29
1860.25~1867.25	7	68	9.71
2021.26~2028.26	7	60	8.57
2030.70~2037.70	7	65	9.29
2097.00~2104.00	7	57	8.14
2191.74~2198.74	7	103	14.71
2220.14~2224.14	4	24	6.00
2515.59~2522.59	7	71	10.14
2544.02~2550.02	6	36	6.00
2572.53~2579.53	7	98	14.00
2591.48~2598.48	7	122	17.43
2610.44~2617.44	7	116	16.57
2714.62~2716.62	2	43	21.50
合计	101	1124	11.13

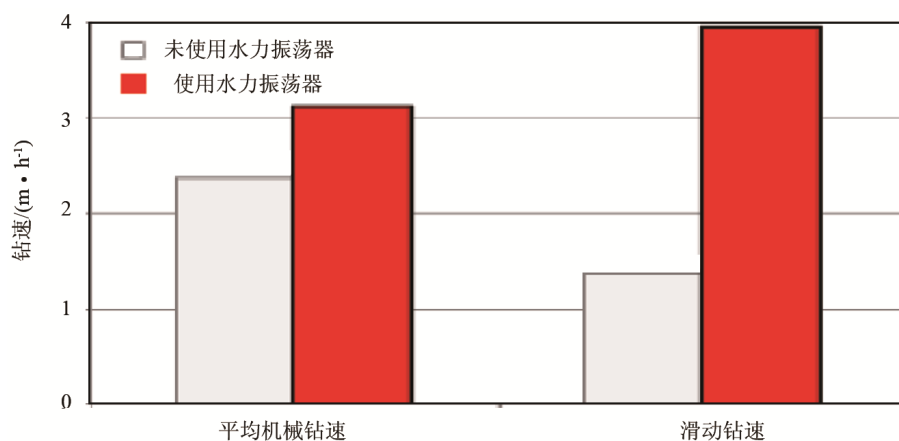


Figure 3. Comparison of ROP and sliding drilling speed before and after using the hydraulic oscillator

图 3. 使用水力振荡器前后机械钻速和滑动钻速对比

Table 4. Benefit analysis of hydraulic oscillator

表 4. 水力振荡器使用效益分析

井号	井深/m	机械钻速/(m·h ⁻¹)	邻井钻速/(m·h ⁻¹)	钻速提高百分比/%	使用成本/万元	效益预估/万元
HX161井	3514	5.39	3.32	62.35	20.24	-16.38
HX162井	3655	5.56	3.32	67.47	5.58	-4.58

注 1: 邻井是指 HX160 井。

注 2: HX161 井设备累计入井 14.67 d, 滑动井段长 101 m; HX162 井入井 4.04 d, 滑动钻进 25 m。

算, 出井口结束。使用该设备后提高了滑动钻进的机械钻速, 缩短了钻进时间, 节约了钻井周期。所节约的周期费用减去租赁设备成本, 得出使用该设备产生的经济效益。以 HX161 井、HX162 井为例, 水力振荡器使用效益分析如表 4 所示。工具每日租赁费用为 1.38 万元, 钻机费用约每日 8 万元(0.33 万元/h)。HX161 井按机械钻速提高 62.35% 计算, 每日需节约 4.18 h, 每日滑动钻进最少需要 6.7 h 才能持平, 机械钻速为 5.39 m/h, 即平均每日滑动 36.11 m 以上可以盈利。HX162 井按机械钻速提高 67.47% 计算, 每日滑动钻进最少需要 6.19 h 才能持平, 机械钻速为 5.56 m/h, 即平均每日滑动钻进 34.42 m 以上可以盈利。

从数据分析可以看出, 在常规井中使用水力振荡器经济效益不理想。主要原因是由于井身结构的特点, 滑动钻进进尺较少, 而通常水力振荡器都是伴随定向钻具组合一起入井, 导致工具的使用成本高于提高机械钻速缩短钻井周期产生的经济效益。但使用该工具能防止钻头振动导致钻柱谐振及疲劳失效, 能很好地保护钻头、螺杆等工具, 同时也能提高井眼质量。

6. 结论与认识

1) 在苏皖油区大斜度中深定向井中, 采取常规钻具组合实施定向井施工, 下部钻具托压现象明显, 制约了该类井机械钻速的提高。

2) 水力脉冲轴向振荡钻井技术是将下部钻具与井壁之间的摩擦力由静摩擦变成动摩擦, 从而使摩擦阻力得到有效减小, 特别是在滑动定向钻进过程中, 可以有效地减少因井眼轨迹而产生的钻具拖拉现象, 保证有效钻进。

3) 近几年在苏皖油区中深定向井中的应用实践证明, 水力振荡器应用时托压明显减轻, 能有效传递钻压, 滑动钻进过程中钻压有回落现象, 泵压也有明显变化。

4) 水力振荡器的租赁成本较高, 必须要结合地层与轨道设计的特点使用, 如果滑动钻进进尺少, 经济效益就不明显。随着租赁费用降低和滑动进尺增加, 使用该工具性价比会逐渐显现。

5) 水力振荡器在使用过程中能缓解托压现象, 对钻头、螺杆、钻具可以起到保护作用, 同时也能让轨迹更圆滑, 提高井眼轨迹质量。

参考文献 (References)

- [1] 陶兴华. 提高深井钻井速度的有效技术方法[J]. 石油钻采工艺, 2001, 23(5): 4-8.
- [2] 田峥, 楼一珊, 刘新锋, 等. 新疆准格尔盆地三台地区钻井提速研究[J]. 长江大学学报(自科版), 2010, 7(1): 194-196.
- [3] 王敏生, 王智锋, 李作会, 等. 水力脉冲式钻井工具的研制与应用[J]. 石油机械, 2006, 34(5): 27-28.
- [4] 付加胜, 李根生, 史怀忠, 等. 井下振动减摩技术研究进展[J]. 石油机械, 2012, 40(10): 6-10.
- [5] 李博, 王羽曦, 孙则鑫, 等. 178 型水力振荡器研制与应用[J]. 石油矿场机械, 2013, 42(8): 55-57.
- [6] 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.
- [7] 丁培积, 陈天成, 刘嘉铭, 等. 水平井水力加压工具及其应用[J]. 石油钻探技术, 1995, 23(3): 41-43.
- [8] 陶兴华. 液动射流式冲击器工作数学模型建立[J]. 石油钻探技术, 2005, 33(1): 44-47.
- [9] 杨顺辉, 陶兴华, 殷琨, 等. 计算流体动力学在冲击器设计和模拟中的应用[J]. 石油钻探技术, 2008, 36(5): 40-42.

再次投稿您将享受以下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>