

AG - Itator 水力振荡器及其在我国的试验应用

张 隽¹, 张金成², 王甲昌²

(1. 中国石油大学(北京)石油工程学院, 北京 102200; 2. 中国石化石油工程技术研究院, 北京 100101)

摘要: 在非常规油气藏三维井眼轨迹水平井钻进过程中, 托压效应严重制约着钻井提速。水力振荡器能通过产生轴向振动减小钻具与井壁之间的摩阻, 显著减小托压效应, 从而达到钻井提速的目的。介绍了 AG - Itator 水力振荡器的工作原理、性能以及在我国多个地区的试验应用效果。试验应用表明, 使用 AG - Itator 水力振荡器能够显著提高机械钻速, 进而缩短钻井周期, 是非常规油气藏三维井眼轨迹水平井钻井提速的一种有效手段, 值得推广应用。

关键词: AG - Itator; 水力振荡器; 托压效应; 水平井; 钻井提速

中图分类号: TE921⁺.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 - 7428(2015)07 - 0054 - 04

Experimental Application of AG - Itator Hydraulic Oscillator in China/ZHANG Cui¹, ZHANG Jin-cheng², WANG Jia-chang² (1. Petroleum Engineering in China University of Petroleum, Beijing 102200, China; 2. Sinopec Research Institute of Petroleum Engineering, Beijing 100101, China)

Abstract: In the drilling process of horizontal well with three-dimensional trajectory of unconventional reservoirs, the drilling speed is seriously restricted by the backing pressure effect. Hydraulic oscillator can generate axial vibration to reduce the friction between string and hole and significantly reduce the backing pressure influence so as to achieve the fast drilling. This paper introduces the working principles and performance of AG - Itator hydraulic oscillator as well as the test application effects in a variety of areas of China. It is showed that by the application of AG - Itator hydraulic oscillator, ROP can be significantly increased with shortened drilling cycle, which is an effective method to increase drilling speed for horizontal well with three-dimensional trajectory of unconventional reservoirs and is worth popularization and application.

Key words: AG - Itator; hydraulic oscillator; backing pressure effect; horizontal well; drilling speed increase

0 引言

进入 21 世纪后, 受益于新的理论与技术的推动, 非常规油气资源的勘探开发不断获得重大突破。目前我国非常规油气资源的勘探开发得到了高度重视。长水平段水平井是开发非常规油气资源的有效手段, 近年来我国已经完成了几百口非常规油气藏水平井。在三维轨迹长水平段水平井的钻进过程中, 由于井眼轨迹复杂、摩阻较大等原因, 容易引起严重的托压效应, 从而导致工具面难以摆放、粘卡、机械钻速低等问题, 甚至难以钻达设计井深, 给施工带来严重的困难^[1]。

托压效应易产生在钻井定向过程中。由于井眼轨迹以及各种阻力的原因使得钻具加压后, 压力很难传递到钻头, 在钻压不断增加的前提下, 钻头的位置不变、没有进尺, 泵压不升高、不憋泵, 在钻压继续增加时可能会突然憋泵。定向井段托压一方面影响正常的定向施工, 另一方面如操作不当易产生卡钻。

托压效应是制约三维轨迹水平井钻井提速的一个普遍性问题, 因此亟需试验应用新型的井下工具来减小托压效应。AG - Itator 水力振荡器就是引进应用的一项关键工具, 在苏里格气田、塔里木油田、涪陵页岩气田等地区进行了试验应用, 取得了明显的提速效果, 已成为三维轨迹水平井减小托压效应、提高机械钻速的有效手段。

1 AG - Itator 水力振荡器

1.1 AG - Itator 水力振荡器的结构原理

AG - Itator 水力振荡器是美国国民油井华高公司(NOV)研发的水平井提速提效工具, 由振荡系统、动力部分、脉冲系统 3 部分组成^[2] (如图 1 所示)。动力部分是一个 1: 2 的螺杆马达, 脉冲系统是由动力部分驱动的一系列的阀组, 振荡系统是一个碟簧驱动的振动工具。



图 1 AG - Itator 水力振荡器结构示意图

工具的脉冲系统包含一个振荡阀组和一个固定阀组,振荡阀组连接在螺杆马达转子的下端,固定阀组固定在接头的端部。由于螺杆马达为 1: 2 的定转子比,振荡阀组作近线性的前后扫动,振荡阀组在固定盘上方扫动的过程中会周期性地对流动道产生限制,引起过流面积发生变化,从而产生压力脉冲^[3](如图 2 所示)。

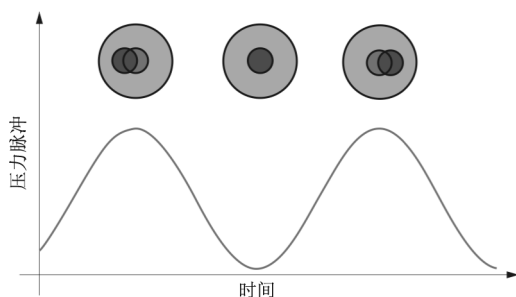


图 2 阀组变化与压力脉冲关系图

振荡系统有一个对外密封的心轴,密封心轴外围轴向安装弹簧,心轴在压力脉冲作用下,上下运动压缩弹簧,从而带动工具产生轴向振动。通常将 AG - Itator 水力振荡器连接在导向底部钻具组合的导向马达之上,将钻井液的能量转化为高速旋转的机械能,再通过压力控制系统,把机械能转化为压力脉冲,带动钻具振动,将钻具与井壁之间的静摩擦转变为动摩擦,从而减小托压效应。AG - Itator 水力振荡器工作时的振动频率为 15 ~ 20 Hz,振幅为 3.18 ~ 9.53 mm 左右,在此振动下,钻具的滑移摩擦可以减小 75% ~ 80%^[4],只需施加大约常规钻进 60% 左右的地面钻压便可获得与不带该工具时相当的机械钻速。

1.2 AG - Itator 水力振荡器的使用性能

(1) 减少托压效应。AG - Itator 水力振荡器以一定的频率和幅度带动井下钻具产生轴向振动,使静摩擦转变为动摩擦,减小了钻具与井壁之间的摩擦,能够有效地传递钻压,减小托压效应,从而提高机械钻速。

(2) 更好地控制工具面。有效的钻压传递,使得在造斜段和稳斜段能够更好地控制工具面,更容

易形成平滑井眼。

(3) 减少钻头损坏。钻进过程中可减少钻具的横向振动和扭转振动,且 AG - Itator 水力振荡器产生的轴向振动频率低、振幅小,振动较为温和,减少了钻具的疲劳破坏,可延长钻柱和钻头的使用寿命,降低钻井成本。

(4) 减少粘卡的发生。AG - Itator 水力振荡器在钻进过程中与钻柱保持振动状态,减少了粘卡现象的发生。

(5) AG - Itator 水力振荡器对绝大多数 MWD 没有干扰。由于在钻进过程中,水力振荡器振动频率与 MWD 信号传输频率不同,不会影响 MWD 的信号传输,所以 AG - Itator 水力振荡器可以与绝大多数 MWD 系统配合使用^[5]。

2 AG - Itator 水力振荡器的试验应用

2011 年 4 月—2014 年 11 月,有 3 种规格的 AG - Itator 水力振荡器在我国多个油气区块进行了试验应用,根据 NOV 提供的资料,在此期间共应用了 188 井次,总进尺 126921 m,总纯钻时间 10603 h,取得了良好的应用效果。具体应用情况见表 1。

表 1 AG - Itator 水力振荡器在我国的应用情况

规格/ in	应用 井次	钻进时间/ h	进尺/ m	平均机械钻速/ ($m \cdot s^{-1}$)
4.75	46	3666	13733	3.75
6.75	74	4445	58415	13.14
8	68	2492	54773	21.98
合计	188	10603	126921	11.97

2.1 在长水平段水平井苏 5 - 3 - 16H1 井的试验应用

在苏里格气田普遍采用长水平段水平井,定向钻进施工中经常出现严重的托压、粘卡现象,尤其在滑动钻进过程中,无法保证给钻头施加真实、有效的钻压。为此引进了 $\varnothing 120$ mm AG - Itator 水力振荡器,在部分井进行了试验应用,取得了显著的提速提效效果。其中在苏 5 - 3 - 16H1 井的 $\varnothing 152.4$ mm 水平段井眼成功应用,创造了国内陆上最长水平段 2606 m 的记录。

苏5-3-16H1井位于苏里格气田苏5区块,地处鄂尔多斯盆地伊陕斜坡。该井设计井深6183 m,水平段长2500 m。为解决摩阻、扭矩过大及严重托压问题,该井从水平段1909 m起使用AG-Itator水力振荡器。

钻具组合:Ø152.4 mm钻头+Ø127 mm螺杆+回压凡尔+Ø148 mm扶正器+MWD接头+Ø120 mm无磁钻铤+接头+Ø101.6 mm加重钻杆+Ø101.6 mm钻杆+Ø120 mm水力振荡器(距钻头600 m)+Ø101.6 mm钻杆+Ø101.6 mm加重钻杆+Ø101.6 mm钻杆。

使用AG-Itator水力振荡器后,钻进井段平均机械钻速达到12.61 m/h,滑动机械钻速达到4.01 m/h,与邻井段未使用AG-Itator水力振荡器相比,滑动机械钻速提高100%,平均机械钻速提高91%(见图3)。

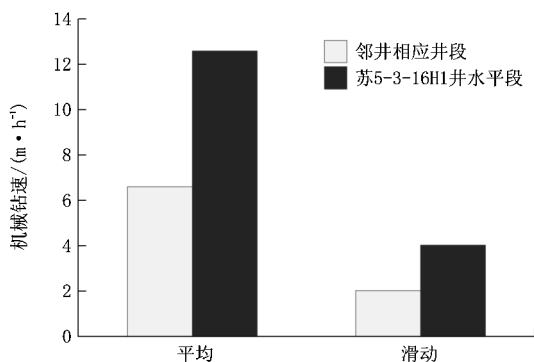


图3 苏5-3-16H1井使用水力振荡器效果与邻井对比图

2.2 在超深水平井中古5-H2井的试验应用

中古5-H2井位于塔里木油田塔中区块,地处塔克拉玛干大沙漠腹地。该井最后的完钻井深为7810 m,垂深为6306.2 m,水平段长为1358 m。由于超深和水平段超长、水平段井眼小、地质条件复杂,水平段施工易托压、扭矩过大,导致钻井速度低、定向困难,施工难度很大,常规钻进难以钻达设计井深^[6]。该井在Ø168.3 mm水平段井眼施工中使用Ø120 mm AG-Itator水力振荡器,两趟钻共完成728 m的进尺,顺利完成水平段施工。

井深达到7082 m时,由于扭矩过大,托压问题严重,开始使用AG-Itator水力振荡器,钻具组合为:Ø168.3 mm钻头+Ø127 mm导向马达+Ø120 mm浮阀+Ø120 mm无磁钻杆+高温MWD+Ø88.9 mm无磁钻杆+Ø101.6 mm钻杆+Ø120 mm水力振

荡器+Ø101.6 mm钻杆+Ø101.6 mm加重钻杆+Ø101.6 mm钻杆(水力振荡器距离MWD仪器620 m)。

使用AG-Itator水力振荡器后,钻压传递和滑动钻进时工具面稳定性方面的效果都非常明显,平均机械钻速达到5.24 m/h,滑动机械钻速达到2.4 m/h,与该井使用AG-Itator水力振荡器前的机械钻速相比分别提高了32%和135%(见图4)。

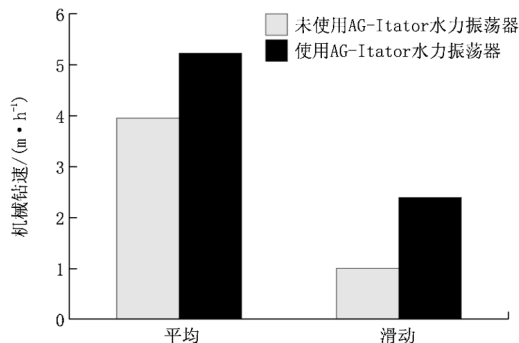


图4 中古5-H2井使用水力振荡器前后效果对比图

2.3 在涪陵页岩气田的试验应用

涪陵页岩气田是我国第一个投入商业开发的大型页岩气田,主要采用丛式井平台长水平段水平井开发^[7]。该区块水平井在二开Ø311.2 mm井眼开始定向至井斜50°左右,三开采用Ø215.9 mm井眼定向钻进。定向井段软硬地层交错、夹层多、岩性变化大,定向、复合钻造斜率变化大,三维井定向井段和水平段进尺占全井总进尺的70%以上。由于三维井偏移距大,造成Ø311.2 mm井眼稳斜段长、扭方位工作量大,二开后期摩阻扭矩大,定向施工困难;另外由于标志层、目的层及地层倾角不明确,并且要穿越2个不同层位,长水平段的轨迹控制难度大。针对上述定向难题,现场试验应用水力振荡器,有效解决了摩阻大、托压严重等问题,试验井钻井速度都有了较大幅度提高。

焦页42平台是部署在川东南涪陵焦石坝区块的页岩气开发井组,Ø203和172 mm AG-Itator水力振荡器在焦页42-1HF、焦页42-2HF两口井的二开和三开定向段进行了试验应用。使用AG-Itator水力振荡器后,机械钻速得到了明显提高。焦页42-2HF的二开定向段平均机械钻速达到8.73 m/h,较2013年同期施工井的3.15 m/h提高了177.14%,较2014年同期施工井的6.93 m/h提高了27.42%;焦页42-1HF的三开定向段平均机械

钻速达到 10.79 m/h,较 2013 年同期施工井的 3.29 m/h 提高了 227.96%,较 2014 年同期施工井的 6.70 m/h 提高了 61.04%;三开水平段平均机械钻

速达到 21.54 m/h,较 2013 年同期施工井的 6.19 m/h 提高了 247.98%,较 2014 年同期施工井的 11.53 m/h 提高了 86.82%(见表 2)。

表 2 AG-Itator 水力振荡器在焦页 42 平台的现场应用效果

井号	井段	使用井段/m	进尺/m	平均机械钻速/ ($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)	未使用振荡器同井段机械钻速/($\text{m} \cdot \text{h}^{-1}$)	
					2013 年	2014 年
焦页 42-2HF	二开定向段	1593.24~2497.17	903.93	8.73	3.15	6.93
焦页 42-1HF	三开定向段	2644.00~3000.00	356.00	10.79	3.29	6.70
焦页 42-1HF	三开水平段	3000.00~3818.60	818.60	21.54	6.19	11.53

2.4 水力振荡器现场使用中的注意事项

(1)水力振荡器井下安放位置要考虑井下定向仪器抗振性能,轴向振动能量过高易造成井下定向仪器故障导致无信号。在某井试验中,由于水力振荡器距离钻头位置较近(不足 200 m),先后两次入井均在使用较短时间后造成仪器内部连接部件故障后仪器无信号^[8]。

(2)水力振荡器在高密度钻井液条件下应用,要合理选择振荡阀组,避免因设备能力限制导致工具潜力不能正常发挥。在某井试验中,受设备及钻井液密度高的影响,排量较小,也取得了一定的应用效果,但若采用更高的排量,有望获得更好的试验效果。

(3)在长水平段水平井中使用水力振荡器,若钻井设备条件许可,基于水力振荡器的工作原理及性能,可在钻具组合上串接 2 个振荡器,以进一步提升大位移井和长水平段水平井长度的延伸能力。

3 结论

(1)AG-Itator 水力振荡器采用螺杆马达驱动振荡阀组近线性前后扫动,改变工具过流面积产生压力脉冲,驱动振动系统产生轴向温和振动,带动钻具轴向振动,可有效降低钻具与井壁之间的滑移摩擦。

(2)AG-Itator 水力振荡器具有减小托压效应、

减少钻头损坏、减少粘卡现象发生等优异性能,并且可与大多数 MWD 配合使用。

(3)根据在苏里格气田、塔里木油田和涪陵页岩气田的试验应用数据分析,AG-Itator 水力振荡器应用效果明显,机械钻速得到显著提高,是提高大位移井、长水平段水平井钻井延伸能力的有效手段。

(4)建议在复杂结构水平井中推广应用,并加快水力振荡器国产化,同时深入开展施工工艺技术研究。

参考文献:

- [1] 易先中,等.复杂结构井中钻柱托压效应的研究进展[J].石油机械,2013,41(5):100-104.
- [2] 刘志坚,等.Ø172mm 水力振荡器在川西中浅水平井的应用[J].天然气技术与经济,2012,6(6):37-39.
- [3] 丁培积,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.
- [4] 李博,等.Ø178 型水力振荡器研制与应用[J].石油矿场机械,2013,42(8):55-57.
- [5] 胥豪,等.水力振荡器在新场气田新沙 21-28H 井的应用[J].天然气工业,2013,33(3):64-67.
- [6] 周洪林,等.中古 5-2H 井井眼轨迹控制研究[J].石油钻采工艺,2014,36(4):38-42.
- [7] 王坤,等.涪陵焦石坝地区水力振荡器在页岩气井应用评价[J].辽宁化工,2014,43(12):1579-1581.
- [8] 石崇东,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.