

自激振荡式冲击钻井工具在大港油田的应用

许京国, 尤 军, 陶瑞东, 张建荣, 柳耀泉, 杨 静

(中国石油渤海钻探工程有限公司第三钻井公司, 天津 300280)

摘 要:为进一步提高中深井、硬地层钻井速度,大港油田在段六拔、孔南等 4 个区块 8 口井的部分井段应用了自激振荡式冲击钻井工具进行钻井试验。现场施工表明,该工具性能稳定,质量可靠,应用井段机械钻速提高了 14.2%~132.63%。这表明应用自激振荡式冲击钻井工具基本能够满足提高钻井速度的要求,但为了充分发挥该工具的提速性能,应分析该工具的最佳适用条件。

关键词:自激振荡 冲击钻井 钻井工具 机械钻速 大港油田

中图分类号:TE921⁺.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0890(2013)04-0116-04

Application of Self-Oscillating Impact Drilling Tool in Dagang Oilfield

Xu Jingguo, You Jun, Tao Ruidong, Zhang Jianrong, Liu Yaoquan, Yang Jing

(No. 3 Drilling Company, Bohai Drilling and Exploration Company, CNPC, Tianjin, 300280, China)

Abstract: In order to further improve the drilling speed in hard formation of medium deep wells in Dagang Oilfield, the self-oscillation impact drilling tool was used in 8 wells in 4 blocks including Duanliubo, Kongnan 4, etc. The test results show that the tool, stable in performance, and reliable in quality, increased the ROP by 14.20%–132.63%. This showed that the application of the self-oscillation impact drilling tool could basically meet the requirement of improving ROP, but in order to take full advantage of the tool, the best applicable conditions of the tool should be further investigated.

Key words: self-oscillation; impact drilling; drilling tool; rate of penetration; Dagang Oilfield

经过几十年的开发,目前大港陆上油田大多数已经进入高含水和高采出程度的开发后期,稳产压力越来越大,要使油田得以持续稳定发展,勘探开发深部坚硬地层油气藏将是未来增储上产的关键,但是对于下部地层,特别是深部坚硬地层,钻井速度非常低。统计分析大港油田 2008—2010 年 20 口 4 500 m 以深深井,平均机械钻速仅为 2.24 m/h,严重制约了大港油田深层油气勘探开发进度。在钻井过程中,地层硬度和钻井难度随着井深的增加呈指数形式增加,提高硬地层钻速是世界公认的难题之一^[1]。实践表明,在不提高地面设备能力的前提下,合理利用水力能量或以水力能量驱动井下工具进行破岩、辅助破岩,是当前提高深部地层钻井速度最可行的途径之一^[2-4]。在提高深层的钻井速度方面,目前发展的钻井技术主要有:冲击钻井技术、超

高压喷射钻井技术^[5-8]、粒子射流钻井技术^[9]、脉冲空化射流钻井技术^[10]等。但是这些技术在实际应用中均存在一定的缺陷或者受到一定的限制,如超高压喷射钻井技术需要高压钻井泵,粒子射流钻井技术设备复杂投资大。自激振荡式冲击钻井工具综合了脉冲钻井^[11]和冲击振动钻井^[12]两类技术的优势,通过改善井底岩石的受力状态,强化清洗井底,提高机械钻速。为此,大港油田试验应用了自激振

收稿日期:2012-11-30;改回日期:2013-06-21。

作者简介:许京国(1967—),男,河北唐县人,1990年毕业于石油大学(华东)钻井工程专业,2001年获石油大学(北京)油气井工程专业工程硕士学位,高级工程师,现从事钻井技术管理工作。

联系方式:(022)25927647, xujg@cnpc.com.cn。

基金项目:中国石油科技攻关项目“重大钻井技术集成配套与装备现场试验”(编号:2011D-4406-08)部分研究内容。

振荡式冲击钻井工具,以提高深层钻井速度。

1 自激振荡式冲击钻井工具

1.1 基本结构

自激振荡式冲击钻井工具主要由冲击传递杆、壳体、自激振荡器、钻柱联接短节等零部件构成(见图 1),自激振荡器由下喷嘴套、下喷嘴套密封、下喷

嘴、二级振荡腔、一级振荡腔、中喷嘴、上喷嘴密封、上喷嘴构成。冲击传递杆和壳体下端的配合段加工成多边形,以传递钻头扭矩。由于水力元件的耐冲蚀性能决定着工具的有效工作寿命,因此,水力振荡器的入口、出口以及钻头驱动杆顶端等受钻井液固相及砂粒冲刷强烈的部位,选用硬质合金等耐磨材料,或采用局部淬火、氮化、激光熔覆等表面强化技术,提高耐冲蚀性能。

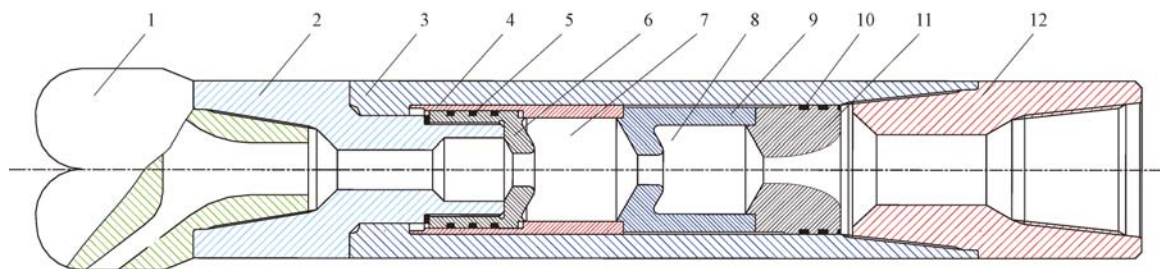


图 1 自激振荡式冲击钻井工具基本结构

Fig. 1 Structure of self-oscillations impact drilling tool

1. 钻头;2. 冲击传递杆;3. 壳体;4. 下喷嘴套;5. 下喷嘴套密封;6. 下喷嘴;7. 二级振荡腔;
8. 一级振荡腔;9. 中喷嘴;10. 上喷嘴密封;11. 上喷嘴;12. 钻柱联接短节

1.2 工作原理及特点

自激振荡式冲击钻井工具安装在钻头和钻铤之间,钻井液高速流经自激振荡器,产生的水力脉冲作用于冲击传递杆,产生低幅高频机械冲击力、并传递至钻头,对钻头施加 5~20 kN、频率约 40 Hz 的冲击力,提高钻头破岩效果。同时,钻井液高速流经自激振荡器所产生的水力脉冲再向下传递,经钻头水眼喷出,形成脉冲射流作用于井底,强化井底清洗,改善井底岩石的受力状况,降低岩石强度。

该工具综合了水力脉冲钻井和冲击振动钻井的优势,水力自激振荡器位于该工具上部,钻井液通过一级、二级振荡腔,产生的脉冲水力能量直接转化为作用于钻头的周期性冲击载荷,使钻头在旋转的同时还具有振动效应,而且水力脉冲向下传播至井底,改善了井底岩石的受力状态和净化井底,钻头的振动效应和井底的水力脉冲二者联合作用,提高了钻头的破岩效率。该工具由于采用水力脉冲效应直接诱发机械振动,没有旋转冲击钻井技术中普遍采用的冲击锤等中间机构,结构大大简化,其可靠性和安全性提高,制造和使用成本降低。

1.3 使用条件

自激振荡式冲击钻井工具适用于钻进直井段。

因自激振荡式冲击钻井工具产生的冲击力具有“小振幅、高频率”的特点,可以消除 PDC 钻头黏滑和自锁现象,可有效减缓 PDC 钻头切削齿因黏滑和自锁造成的先期损坏,延长 PDC 钻头使用寿命;对于牙轮钻头,相当于在原有功能的基础上,在轴向上辅助增加了“小振幅、高频率”的脉动冲击力,从而提高了其破岩效率。因此,该工具适于与 PDC 钻头和牙轮钻头配合使用。该工具的压力损耗约 0.5~1.0 MPa,免维护使用寿命超过 200 h。

2 现场应用

2011—2012 年,自激振荡式冲击钻井工具在大港油田段六拨、孔南等 4 个不同区块 8 口井的部分井段进行了现场应用,应用井段的机械钻速提高 14.2%~132.63%(见表 1),该工具性能稳定,质量可靠,能够满足现场应用的要求。笔者以 2 口井为例介绍该工具的应用情况。

2.1 小 3-33-1 井

大港油田小 3-33-1 井 1 757.00~3 338.00 m 井段(地层为东营组,沙河街组沙 1 段、沙 3 段,孔店组孔 1 段)应用自激振荡式冲击钻井工具提速,钻具组合: $\phi 215.9$ mm PDC 钻头 $\times 0.30$ m + $\phi 177.8$ mm 自激振荡式冲击钻井工具 $\times 1.23$ m + $\phi 165.0$ mm

表 1 自激振荡式冲击钻井工具应用井与邻井对比情况

Table 1 Comparison of well using self-oscillation impact drilling tool and offset wells

井号	类别	井段/m	层位	转速/(r·min ⁻¹)	排量/(L·s ⁻¹)	钻压/kN	机械钻速/(m·h ⁻¹)
孔南 8 井	应用井	2 503.00~2 965.00	沙 3 段	60	30	40~60	7.69
孔南 6 井	对比井	2 503.00~2 965.00		65	28	40	5.79
孔南 8 井	应用井	2 965.00~3 480.00	孔 1 段	60	30	60	7.14
孔南 6 井	对比井	2 965.00~3 480.00		65	28	40~60	6.25
孔南 8 井	应用井	3 480.00~3 900.00	孔 2 段	60	30	60	5.71
孔南 6 井	对比井	3 480.00~3 900.00		65	28	60	4.92
板深 19-64 井	应用井	1 926.00~2 126.00	东营组	65	30	40	9.46
板深 14-65 井	对比井	1 878.00~2 260.00		50 ^①	30	50	9.7
板深 19-64 井	应用井	2 127.00~2 601.00	沙 1 段	65	30	40~60	9.45
板深 14-65 井	对比井	2 271.00~2 555.00		50 ^①	30	40	9.00
板深 19-64 井	应用井	2 602.00~2 672.00	沙 2 段	65	30	40~60	7.75
板深 14-65 井	对比井	2 673.00~2 845.00		50 ^①	30	40~60	7.12
小 3-33-1 井	应用井	1 757.00~3 338.00	沙河街组	60	32	40	10.40
小 6-27-1 井	对比井	1 915.00~2 69.00	孔店组	70 ^①	32	60	8.54
女 23-7 井	应用井	1 674.00~1 955.00	东营组	60	30	40	16.30
女 18 井	对比井	1 605.00~1 919.00	沙河街组	60	30	60	10.70
女 23-7 井	应用井	1 956.00~1 977.00	东营组	60	30	20	5.30
女 29-5 井	对比井	1 607.00~1 856.00	沙河街组	60 ^①	30	40	4.49
女 79-8 井	应用井	800.00~1 125.00	明化镇	60	32	40	24.46
女 79 井	对比井	800.00~1 125.00		60	30	40~60	20.02
女 79-8 井	应用井	1 200.00~1 325.00	馆陶组	60	30	50	16.32
女 79 井	对比井	1 200.00~1 325.00		60	30	40~60	13.29
段 40-37-1 井	应用井	2 900.00~3 307.00	沙河街组	60	30	50	14.33
段 40-37-1 井	对比井	2 689.00~3 626.00	孔 1 段	60 ^①	30	60	6.16
段 38-37	应用井	3 270.00~3 550.00	孔 1 段	60	30	80	5.60
段 38-37	对比井	3 255.00~3 269.00		65	32	60	2.73
房 25-52 井	应用井	2 225.00~2 751.00	东营组	60	32	60	12.66
房 25-48 井	对比井	2 225.00~2 751.00		60	32	60	8.40

注:① 该井在该井段使用了螺杆钻具。

浮阀+411×4A10 接头+ $\phi 165.0$ mm 无磁钻铤×9.15 m+ $\phi 165.0$ mm 钻铤×9.10 m+ $\phi 214.0$ mm 稳定器+4A11×410 接头+ $\phi 127.0$ mm 加重钻杆×168.06 m+钻杆。钻井参数:钻压 40~60 kN,转速 60 r/min,排量 32 L/s,泵压 12~14 MPa。所用钻井液密度为 1.18~1.30 kg/L。1 757.00~3 338.00 m 井段地层岩性以泥岩、细砂岩为主,夹有石膏质泥岩、泥质粉砂岩。自激振荡式冲击钻井工具入井 2 次,入井时间共计 253 h,纯钻时间 152 h,钻头进尺 1 581.00 m,平均机械钻速 10.4 m/h。按照钻头类型相同、地层相同、井深相近的可比原则,与邻井小

6-27-1 井相比机械钻速提高 21.78%。自激振荡式冲击钻井工具和钻头出井后,工具结构完整、外表面未见损伤,钻头切削齿轻微磨损。

2.2 段 40-37-1 井

段 40-37-1 井 2 589.00~3 307.00 m 井段(地层为沙河街组沙 3 段,孔店组孔 1 段)应用自激振荡式冲击钻井工具提速,钻具组合: $\phi 215.9$ mm PDC 钻头×0.35 m+ $\phi 177.8$ mm 自激振荡式冲击钻井工具×1.23 m+4A11×410 接头×1.15 m+ $\phi 165.0$ mm 浮阀×0.5 m+411×4A10 接头×0.92 m+

$\phi 165.0$ mm 无磁钻铤 $\times 9.16$ m + $\phi 165.0$ mm 钻铤 $\times 9.35$ m + $\phi 14.0$ mm 稳定器 $\times 1.70$ m + $\phi 165.0$ mm 钻铤 $\times 45.18$ m + 4A11 $\times 410$ 接头 $\times 1.15$ m + $\phi 127.0$ mm 加重钻杆 $\times 148.39$ m + 钻杆。钻井参数: 钻压 40~60 kN, 转速 60 r/min, 排量 30 L/s, 泵压 12~16 MPa。所用钻井液密度为 1.25~1.30 kg/L。2 589.00~3 307.00 m 井段地层岩性为泥岩、砂岩、砂质泥岩和泥质砂岩。自激振荡式冲击钻井工具入井 1 次, 入井时间 140 h, 纯钻时间 54.4 h, 平均机械钻速 14.33 m/h。按照钻头类型相同、地层相同、井深相近的可比原则, 与邻井 38-38 井相比, 机械钻速提高 132.63%。工具和钻头出井后, 工具结构完整、未见损伤, 钻头只有微量磨损, 新度 99% 左右。

3 结论及建议

1) 大港油田中深层井段应用自激振荡式冲击钻井工具施工后, 机械钻速得到一定的提高, 但机械钻速提高幅度差别较大, 应该分析其原因, 以充分发挥该工具的提速性能。

2) 自激振荡式冲击钻井工具目前只能在直井段使用, 限制了其应用推广范围, 建议开发适用于斜井段的同类工具。

参 考 文 献

References

- [1] 伍开松, 古剑飞, 况雨春, 等. 粒子冲击钻井技术述评[J]. 西南石油大学学报, 2008, 33(2): 142-146.
Wu Kaisong, Gu Jianfei, Kuang Yuchun, et al. Comment on particle impact drilling technology[J]. Journal of Southwest Petroleum University, 2008, 33(2): 142-146.
- [2] 沈忠厚. 水射流理论与技术[M]. 东营: 石油大学出版社, 1998.
Shen Zhonghou. Water jet theory and technology[M]. Dongying: Petroleum University Press, 1998.
- [3] 倪红坚, 杜玉昆, 王瑞和. 井底岩屑磨料脉冲射流室内实验研究[J]. 石油钻采工艺, 2008, 30(5): 25-28.
Ni Hongjian, Du Yukun, Wang Ruihe. Study on the lab experiment of pulsed abrasive water jet using bottom hole cuttings[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2008, 30(5): 25-28.
- [4] 李根生, 沈忠厚. 充分利用水力能量 提高深井钻井速度[J]. 石油钻探技术, 2002, 30(6): 1-3.
Li Gensheng, Shen Zhonghou. Effective hydraulic ways promise higher penetration rate for deep drilling[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2002, 30(6): 1-3.
- [5] 李根生, 沈忠厚, 徐依吉, 等. 超高压射流辅助钻井技术研究进展[J]. 石油钻探技术, 2005, 33(5): 20-23.
Li Gensheng, Shen Zhonghou, Xu Yiji, et al. Advances in basic study on ultra-high pressure water jet assisted drilling[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2005, 33(5): 20-23.
- [6] 赵国顺, 郭宝玉, 蒋金宝. 巴麦地区钻井难点分析与提速关键技术[J]. 石油钻探技术, 2011, 39(6): 11-14.
Zhao Guoshun, Guo Baoyu, Jiang Jinbao. Drilling difficulty analysis and key technology for increasing penetration rate in Bamai Area[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2011, 39(6): 11-14.
- [7] 王甲昌, 张金成, 赵国顺, 等. 35 MPa 高压喷射钻井技术实践[J]. 石油钻探技术, 2012, 40(6): 22-26.
Wang Jiachang, Zhang Jincheng, Zhao Guoshun, et al. Practice of 35 MPa high pressure jet drilling[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2012, 40(6): 22-26.
- [8] 蒋金宝. 大排量超高压喷射钻井技术[J]. 断块油气田, 2013, 20(1): 104-107.
Jiang Jinbao. Super-high pressure jet drilling technology with high discharge[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2013, 20(1): 104-107.
- [9] 徐依吉, 赵红香, 孙伟良, 等. 粒子冲击钻井发展现状及技术关键[J]. 钻采工艺, 2010, 33(5): 35-38.
Xu Yiji, Zhao Hongxiang, Sun Weiliang, et al. Current situation and prospect of particle impact drilling technology[J]. Drilling & Production Technology, 2010, 33(5): 35-38.
- [10] 史怀忠, 李根生, 张浩, 等. 塔河油田深井脉冲空化射流钻井试验研究[J]. 石油钻探技术, 2013, 41(3): 85-88.
Shi Huaizhong, Li Gensheng, Zhang Hao, et al. Experimental study on hydraulic pulsed and cavitating jet drilling technique in deep wells of Tahe Oilfield[J]. Petroleum Drilling Techniques, 2013, 41(3): 85-88.
- [11] 倪红坚, 杜玉昆, 马琳, 等. 环空流体吸入式自激振荡脉冲射流调制元件结构优选研究[J]. 水动力学研究与进展: A 辑, 2011, 26(4): 487-493.
Ni Hongjian, Du Yukun, Ma Lin, et al. Study on structure optimization of self-excited pulsed jet with suck-in annulus fluids[J]. Chinese Journal of Hydrodynamics, 2011, 26(4): 487-493.
- [12] 倪红坚, 韩来聚, 马清明, 等. 水力脉冲诱发井下振动钻井工具研究[J]. 石油钻采工艺, 2006, 28(2): 15-17, 20.
Ni Hongjian, Han Laiju, Ma Qingming, et al. Study on down-hole vibration drilling tool induced by hydropulse[J]. Oil Drilling & Production Technology, 2006, 28(2): 15-17, 20.

[编辑 刘文臣]