

多维冲击钻井提速技术在新疆油田的应用

严 康¹, 李长城¹, 张 媛², 辛小亮², 田山川², 曹光福²

(1.长江大学石油工程学院,湖北 武汉 430100; 2.中国石油新疆油田分公司勘探事业部,新疆 克拉玛依 834000)

摘要:为克服新疆油田重点探井二叠系地层岩石可钻性差、含砾地层严重粘滑振动,石炭系地层岩性致密、硬度高、研磨性强等难点,利用多维冲击振动结构实现大体积破岩、有效控制扭矩波动、抑制钻头粘滑振动,缩短钻井周期、降低钻井事故发生率。现场应用表明,多维冲击钻井技术能在可钻性差、深部硬岩地层实现高效破岩、钻井提速,有效地控制了钻井成本,值得在适宜地层进一步推广应用。

关键词:多维冲击钻井;提速;新疆油田

中图分类号:TE921 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)11-0034-03

Increase of Drilling Rate with Multi-dimensional Impact Drilling Technology in Xinjiang Oilfield/YAN Kang¹, LI Chang-cheng¹, ZHANG Yuan², XIN Xiao-liang², TIAN Shan-chuan², CAO Guang-fu² (1.College of Petroleum Engineering, Yangtze University, Wuhan Hubei 430100, China; 2.Exploration Division of Xinjiang Oilfield Company, PetroChina, Karamay Xinjiang 834000, China)

Abstract: In order to overcome drilling difficulties such as the poor drillability and the severe stick-slip vibration in the bouldery formation of the Permian system, as well as the tight, hard and abrasive formation in the Carboniferous system in Xinjiang Oilfield, a multi-dimensional impact tool was used to achieve volumetric rock-crushing, effective control of torque fluctuations, suppression of stick-slip vibration; thus, cutting short of the drilling duration, and reduction of the drilling incidents. The field application shows that the multi-dimensional impact drilling technology can achieve high efficient rock breaking, and increase drilling rates in formation of poor drillability and deep hard rock formation, effectively reducing the drilling cost. It is worthy of further promotion and application in suitable formations.

Key words: multi-dimensional impact drilling; ROP enhancement; Xinjiang Oilfield

0 引言

在钻井工程中,钻井提速是永恒的主题,不仅是高效开发油气藏、安全钻井、提高单井产量和钻探效益的迫切需要,同时也是提升我国钻井工程技术服务核心竞争力的迫切需要。目前,国内广泛应用的钻井提速方法主要在钻进工具、钻井液体系和钻进参数优选上,其中钻进工具有钻头和钻柱。钻头提速上主要是通过优选与地层岩石相匹配的钻头,钻柱上通过安装稳定器、减震器、震击器等各种辅助钻井工具以提高钻进过程的稳定和缩短处理复杂的时间。在破岩和清岩上,脉冲式工作状态是最为有效的方式之一。地层岩石在轴向冲击力和径向扭转力下共同作用时,井底形成不连续和不均匀压力分布,致使岩石破碎所需能量比单一作用力显著降低。

为提高新疆油田探井机械钻速整体水平,缩短

钻井周期,降低施工成本,采用“井下动力钻具”和“破岩辅助工具”组合钻进是经济、有效的提速提效技术。通过现场实际来评价多维冲击钻井工具在提速增效上的应用前景,从而加快发展新疆油田提速技术。

1 多维冲击钻井技术

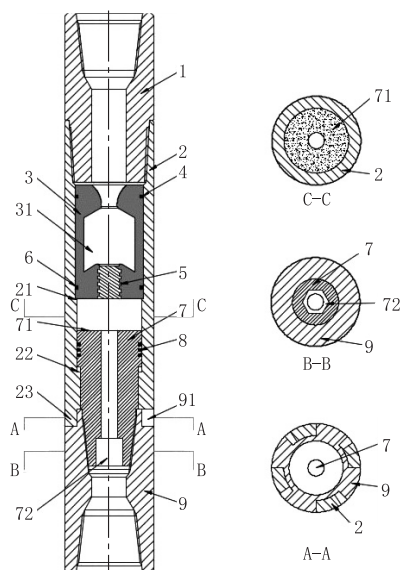
1.1 工作原理

多维冲击工具结构如图 1 所示。该工具主要由自激振荡式脉冲发生器、轴扭冲击发生机构、冲击传递机构组成^[1-2]。自激振荡式脉冲发生器位于该工具上部,当流体流入其腔室时,通过压力的振荡与反馈,将连续恒压高速流体转变成具有一定压力波动的流体后继续下行,进入轴扭冲击发生机构上部的腔室,对流入压力的波动进一步放大,在近钻头附近

收稿日期:2018-04-23; 修回日期:2018-07-20

作者简介:严康,男,汉族,1992 年生,长江大学在读硕士研究生,研究方向为钻井工艺与技术,湖北省武汉市蔡甸区蔡甸街大学路 111 号,3106726977@qq.com。

形成周期性压力波动,产生的压力波动直接作用于冲击杆端面,通过转换机构产生轴向和扭转两向冲击力,并通过杆的运动将冲击力传递至钻头,多维冲击井底岩石^[3-4]。与此同时,流体继续向下传递,通过钻头水眼喷出,形成脉冲射流。



1—上接头;2—套筒;21—限位台阶;22—限位凸起;23—套筒花键;3—水力元件;4、6、8—密封;5—膛线面;7—砧子;71—粗糙表面;72—工装孔;9—下接头;91—下接头花键槽

图 1 多维冲击工具结构示意图

1.2 技术优势

多维冲击钻井提速工具,其突出特点是联合了轴向与扭转方向的冲击^[5-6],利用多维冲击振动实现高效破岩、钻井提速,其主要特点如下:

(1)在机械冲击和水力脉冲共同作用下,可降低岩石强度^[4]。

(2)在轴向冲击^[7]增加 PDC 钻头切削齿“吃”入地层深度的同时,扭转冲击^[8-10]强化扭转载荷传递,增加了岩石的破碎体积。

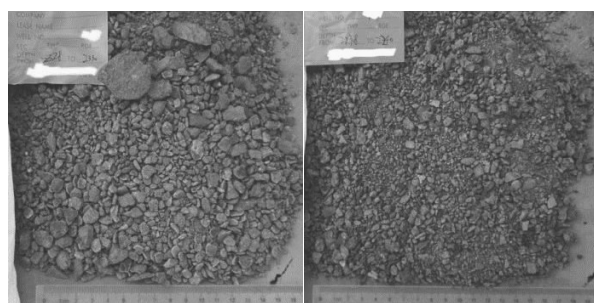
(3)冲击载荷可抑制或减缓 PDC 钻头在破岩过程中的粘滑现象^[11],降低钻头泥包概率,延长了钻头使用寿命。

(4)多维冲击工具可与普通 PDC 钻头和螺杆钻具配合使用。

1.3 提速原理

(1)冲击振动大体积破岩,提高破岩效率^[7]。

轴向冲击增加了钻头切削齿侵入地层深度,扭转冲击强化了扭转载荷传递,增大岩石破碎体积。观察同型号尺寸的 PDC 钻头所钻出的岩屑(未经筛网处理),在轴扭冲击共同作用下岩屑形状规则且尺寸较大(见图 2),表明联合冲击改变了 PDC 钻头的切削破岩方式,使得岩石以大体积破碎为主。



(a) 试验井段

(b) 对比井段

图 2 试验井段与对比井段返出岩屑外观

(2)有效控制扭矩波动,释放钻井参数,提高破岩能量^[12]。

扭转冲击能够增强扭矩传递,增大了 PDC 切削齿径向破岩能力,减少了底部钻具扭矩突变,有效地保护了钻头,并在一定程度上更好地释放了钻压。扭矩波动曲线(图 3)表明,试验井段扭矩波动在 90 A 附近小幅度波动,且钻压水平较高。而对比井段扭矩突变较多,对钻具损害较大,且无法维持高钻压水平钻进,制约了机械钻速的提高。

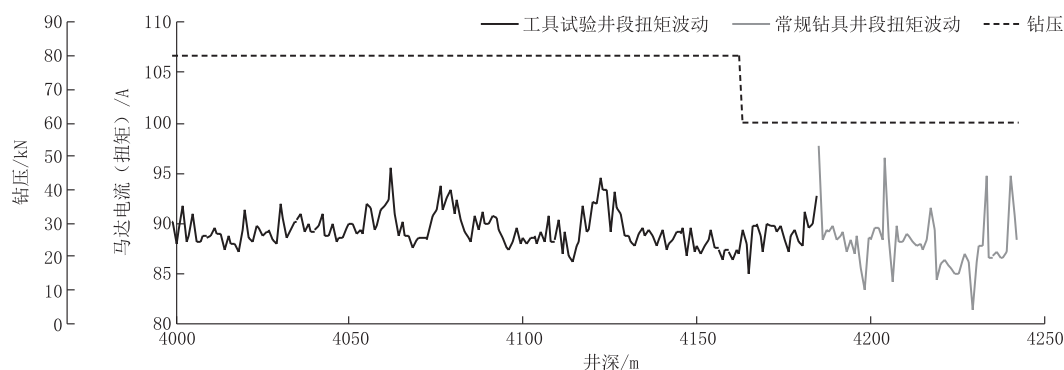


图 3 试验井段与对比井段扭矩波动

(3)抑制粘滑振动,降低能量浪费,保护钻头,延长进尺^[13]。

试验井段钻头石炭系进尺总计 445 m,钻头出井后切削齿基本完好,相邻井段钻头石炭系进尺 83 m,由于钻速低且扭矩波动剧烈,出井后钻头磨损严重(见图 4)。



(a) 试验井段所用钻头 (b) 对比井段所用钻头
图 4 试验井段所用钻头与对比井段所用钻头出井外观

2 现场实际应用

多维冲击器在新疆多个油田钻井中应用(参见表 1~3),主要应用地层为三叠系小泉沟群、二叠系梧桐沟组和石炭系,其中小泉沟群及梧桐沟组地层岩性以褐色泥岩、灰色砂砾岩为主,石炭系以凝灰岩、安山岩为主,地层埋藏深且岩石坚硬。通过应用多维冲击器,使得地层平均提速 69.7%,其中三叠系小泉沟群及以上地层机械钻速平均提高 59.1%,二叠系梧桐沟组机械钻速平均提高 87.9%,石炭系机械钻速平均提高 81.45%。

表 1 DX 区块多维冲击器应用情况

井号	地层	钻头直径/mm	使用井段/m	进尺/m	钻速/(m·h ⁻¹)	提速/%
M5	T ₂₋₃ xq	215.90	3302~3640	338	7.18	176.9
	P ₃ wt	215.90	3656~3733	77	4.56	118.6
	C	215.90	3734~3830 3834~4183	445	4.42	80.3
M7	K ₁ tg、T ₂₋₃ xq	311.15	365~2330	1965	18.3	44.1
DX503	T ₃ b	215.90	3156~3233	77	6.33	86.4
	T ₁ b	215.90	3457~3485	28	4.75	86.4
	P ₃ wt	215.90	3485~3628	143	3.88	116.9
	C	215.90	3628~3760	132	2.69	60.6

表 2 XY 区块多维冲击器应用情况

井号	地层	钻头直径/mm	使用井段/m	进尺/m	钻速/(m·h ⁻¹)	提速/%
D12	T ₃ b	215.90	3496~4033.6	537.6	8.20	115.6
	T ₂ k ₁	215.90	4033.6~4085.4	51.8	1.45	28.3
D14	T ₃ b	311.15	3330.4~3568	237.6	2.68	35.5
	T ₃ b-P ₂ w	215.90	3568~3921.8	353.8	5.31	96.7

表 3 XY 区块常规钻井数据

井号	地层	钻头直径/mm	使用井段/m	进尺/m	钻速/(m·h ⁻¹)
T ₃ b		311.15	3203.3~3309.6	106.3	2.54
		311.15	3309.6~3470	160.4	1.98
D13		215.90	3470~3786.4	316.4	2.42
		215.90	3786.4~3999	212.4	2.70
		215.90	4001.3~4132.4	131.1	1.39
		215.90	4132.3~4207	47.7	1.04

M5 井在三开段使用 3DXC-245 和 3DXC-178 型多维冲击工具(表 1),3DXC-245 型入井一次,总进尺 338 m,纯钻时间 47.08 h,机械钻速 7.2 m/h;3DXC-178 型入井 2 次,使用钻头 1 只,总进尺 522 m,纯钻时间 117.56 h,机械钻速 4.4 m/h。在坚硬地层破岩钻进过程中,以较小钻压下(60~105 kN)实现了机械钻速的较大幅度提高,在小泉沟群平均提速 176.9%,在梧桐沟组平均提速 118.6%,在石炭系平均提速 80.3%。M5 井通过在三开段梧桐沟组和石炭系地层应用多维冲击钻井提速工具,成功避免在梧桐沟组褐色泥岩地层发生坍塌掉块和石炭系粘附卡钻。M5 井实际钻井周期 84.7 d,按设计周期 85 d 及时完成。

DX503 井在三开段使用多维冲击工具,与同井同地层常规钻进井段对比提速 208.4%;与同区块邻井相比,在小泉沟群平均提速 86.4%,在梧桐沟组平均提速 116.9%,在石炭系平均提速 60.6%。

M7 井在二开全井段使用多维冲击钻井技术,平均机械钻速 18.3 m/h,同比 M5 井在二开井段使用成熟自激振荡式钻井技术平均机械钻速 19.1 m/h 略微有所降低。M7 井实际钻井周期 57.7 d,由于在二开段初期发生井漏复杂,较设计周期 50 d 晚 7.7 d。

D12 井在三开段,D14 井在二开、三开段使用多维冲击工具(表 2),D12 井三开段同比 D13 井(表 3)三开段提速 168.4%,D14 井三开段同比 D13 井三开段提速 110.8%,D14 井二开段同比 D13 井二开段提速 35.3%。其中 D12 井实际周期 78.1 d,较设计工期提前 4 d 完井;D14 井实际周期 74.6 d,较设计工期提前 8.4 d 完井;D13 井实际周期 107.8 d,较设计周期 75 d 晚 32.8 d,除复杂耗时的 5 d,三开段钻速明显低于设计。

(下转第 44 页)

距的增加,水射流碎岩的体积、冲孔深度和碎岩效果呈先增大后减小的趋势,存在着最优靶距,当喷嘴到岩石表面的距离超过最优靶距时,破岩体积、冲孔深度和破岩效果大幅下降。

(3)采用蜗轮蜗杆控制的伸缩式水力开采钻具,可以实现随着水力破碎半径的逐渐增加,水枪及时伸出,从而保证合适的靶距,以实现增加单孔采矿区域,提高开采效率的目的。

参考文献:

- [1] 李夕兵,周健,王少锋,等.深部固体资源开采评述与探索[J].中国有色金属学报,2017,27(6):1236-1262.
- [2] 王运敏.金属矿采矿工业面临的机遇和挑战及技术对策[J].现代矿业,2011,27(1):1-14.
- [3] 李夕兵,周健,王少锋,等.深部固体资源开采评述与探索[J].中国有色金属学报,2017,27(6):1236-1262.
- [4] 张海军,陈宗林,陈怀利.深部开采面临的技术问题及对策[J].铜业工程,2010,(1):25-28.
- [5] 胡社荣,彭纪超,黄灿,等.千米以上深矿井开采研究现状与进展[J].中国矿业,2011,20(7):105-110.
- [6] 曹新元,王家枢,马建明,等.我国大宗矿产贫矿资源利用现状、问题与对策[J].中国矿业,2007,(1):5-9,13.
- [7] 甘经超,王淑秋.我国贫矿的选矿现状及发展方向[J].矿业快报,2011,(S1):112-119.
- [8] 陈晨.钻孔水力开采工艺——开采地下矿产的新方法[J].世界

地质,1998,(4):86-88.

- [9] 陈晨,张祖培.钻孔水力开采技术[J].中国矿业,1998,(6):40-43.
- [10] 陈晨,孙友宏.油页岩开采模式[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(10):26-29.
- [11] 汤凤林,Чихоткин В.Ф.,蒋国盛,等.加强钻孔水力开采技术研究,拓宽探矿工程创新发展空间[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(9):1-8.
- [12] 王瑞和,倪红坚.高压水射流破岩钻孔过程的理论研究[J].石油大学学报(自然科学版),2003,(4):44-47,148.
- [13] 陈树亮,黄炳香,徐杰,等.高压水射流冲孔基本规律的实验研究[J].煤矿开采,2017,22(4):1-3,38.
- [14] 李倩.高压水射流在松软煤层中钻深长孔的实验研究[D].重庆:重庆大学,2008.
- [15] 倪红坚,王瑞和,葛洪魁.高压水射流破岩的数值模拟分析[J].岩石力学与工程学报,2004,(4):550-554.
- [16] 黄小波,卢义玉,夏彬伟,等.淹没射流旋转切割技术在突出煤层掘进中的应用[J].煤炭科学技术,2012,40(3):70-73,117.
- [17] 刘佳亮,司鹤,张宏.淹没状态下高压水射流破岩效率分析[J].中国安全科学学报,2012,22(11):23-29.
- [18] 陈晨,赵嵩颖,李刚,等.一种基于弹簧夹头控制伸缩水枪:中国,CN104018839A[P].2014-06-21.
- [19] 王彧佼,陈晨,高帅,等.棘爪机构伸缩式钻孔水力开采装置的设计与试验[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(11):60-65.
- [20] 陈晨,李刚,高帅,等.一种用于钻孔水力开采的电控单动伸缩钻具:中国,CN104018838A[P].2014-06-21.

(上接第36页)

3 结语

(1)多维冲击钻井提速工具有效地结合了轴向冲击和扭转冲击,实现了多维高效破岩,从而提高了机械钻速。

(2)PDC钻头在配合多维冲击钻井工具破岩的过程中得到了高效利用,能提高钻头的施工作业寿命。

(3)通过对多维冲击钻井工具辅助破岩机理的研究,在结构上进行不断优化,是多维冲击钻井技术未来的研究方向和实现钻井提速的重要途径。

参考文献:

- [1] 倪红坚.一种多维冲击钻井工具:中国,CN201611232670.1[P].2016-12-28.
- [2] 倪红坚.一种多维冲击器:中国,CN201611232677.3[P].2016-12-28.
- [3] 雷鹏,倪红坚,王瑞和,等.自激振荡式旋冲工具在深井超深井

中的试验应用[J].石油钻探技术,2013,41(6):40-43.

- [4] 鄢松意,陶瑞东,陈建华,等.自激振荡式旋转冲击钻井工具在大港板深19-64井的应用[J].石油钻采工艺,2012,34(6):114-116.
- [5] 郑军辉,付堂兵,李保伦,等.多维冲击钻井技术在准葛尔盆地的应用[J].化学工程与装备,2017,(7):71-72.
- [6] 石晓刚,郑义平,张抒夏,等.多维冲击工具在新疆油田中佳7井的应用[J].新疆石油科技,2018,28(2):16-17.
- [7] 陶兴华.冲击旋转钻井破岩特点分析[J].钻采工艺,1996,19(3):1-3.
- [8] 孙起昱,张雨生,李少海,等.钻头扭转冲击器在元坝10井的试验[J].石油钻探技术,2010,38(6):84-87.
- [9] 杨先伦,宋建伟,何世明,等.扭转冲击破岩效果影响因素评价[J].石油矿场机械,2014,43(9):4-8.
- [10] 李思琪,闫铁,李玮,等.PDC钻头扭转冲击破岩机理及试验分析[J].长江大学学报(自科版),2015,12(2):48-51,65.
- [11] 卢玲玲,何东升,张伟东,等.扭转冲击器研究及应用[J].石油矿场机械,2015,44(6):82-85.
- [12] 韩飞,黄印国,秦建兵,等.衡转矩钻井工具在长庆油田的应用[J].石油矿场机械,2016,45(3):83-85.
- [13] 牟海维,王瑛,韩春杰.钻柱的粘滑振动规律分析[J].石油机械,2011,39(3):67-69.