

# 液力衡扭旋冲提速工具及其在达深 16 井的应用

李秋杰, 王春华, 李玉海, 万发明, 李欢欢  
(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院, 黑龙江 大庆 163413)

**摘要:**大庆油田深部地层岩石坚硬、研磨性强,运用常规手段钻进,单只钻头进尺少、寿命短且机械钻速较低。应用液力衡扭矩提速工具,有效解决了这些问题,显著提高了机械钻速和单只钻头的进尺。通过达深 16 井的现场试验证明,该工具能够使钻头的破岩方式在剪切的基础上附加机械冲击和高压水力脉冲,有效提高 PDC 钻头剪切岩层的效率,为深井提速提供了一种有效的手段。

**关键词:**液力衡扭旋冲提速工具;机械冲击;水力脉冲;达深 16 井

**中图分类号:**TE921<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2015)01-0031-03

**Application of Hydraulic Constant Torque Rotary Percussion Tool in Dashen16 Well of Daqing Oilfield/LI Qiu-jie, WANG Chun-hua, LI Yu-hai, WAN Fa-ming, LI Huan-huan** (Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling and Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163413, China)

**Abstract:** Due to the hard and strong abrasive rocks in deep formation of Daqing oil field, the use of conventional drilling method with single bit means low run footage, short bit life and low ROP; these are effectively improved by the application of hydraulic constant torque rotary percussion tool. The field tests in Dashen 16 well prove that by the use of hydraulic constant torque rotary percussion tool, the rock breaking mode of bit can be attached with mechanical impact and high pressure hydraulic pulse on the basis of shearing, and the shearing efficiency of PDC bit can be greatly improved, which is an effective means to improve ROP of deep well drilling.

**Key words:** hydraulic constant torque rotary percussion tool; mechanical percussion; hydraulic pulse; Dashen16 well

## 1 概述

大庆油田达深区块 3000 ~ 4500 m 井段为营城组、沙河子组,该层位岩石坚硬,研磨性强,应用常规钻井手段存在以下不足。

(1)使用牙轮钻进营城组 600 m 井段需牙轮钻头 8 ~ 12 只,平均单只钻头进尺 60.83 m,机械钻速 1.26 m/h,个别井段单只钻头进尺不足 15 m,机械钻速 0.6 ~ 0.8 m/h,钻头使用效率非常低。

(2)使用螺杆进行复合钻进只在泉头组以上地层应用,登娄库组以下地层应用较少,而且由于螺杆钻具在深井中寿命低,使用效果不理想。

(3)应用气体钻井技术在提速和发现储层上可取得较好的效果,但还存在一些问题需要解决,如地层出水引起的泥包卡钻问题、气液转换后井壁稳定问题等,气体钻井整体提速效果还不是十分明显。

近年来,通过应用各种新型钻井工具及优化钻井参数等方式,有效地提高了该区块深部地层的钻井效率。其中,液力衡扭旋冲提速工具与其专用

PDC 钻头在大庆油田达深 16 井成功应用,取得了良好的提速效果。施工层位营城组—沙河子组,总进尺 1360 m,平均机械钻速 4.86 m/h,而邻井平均机械钻速仅为 1.1 m/h,提速效果显著。因其施工风险低、操作简单等特点,可以广泛应用于深井提速施工。

## 2 液力衡扭旋冲提速工具结构原理及特点

### 2.1 工作原理

液力衡扭旋冲工具是一种提速工具,它将钻井液的流体能量转化为 PDC 钻头剪切方向上的机械冲击,改变了普通 PDC 钻头的破岩方式,减缓了钻头的磨损速度,提高了钻头的破岩效率,进而提高了机械钻速。

#### 2.1.1 液力衡扭旋冲提速工具结构(见图 1)

工具通过本体传递钻机基础动力,动力系统通过钻井液的流体能量产生旋转动力,冲击系统产生高频机械冲击。

收稿日期:2014-05-12;修回日期:2014-12-15

基金项目:中国石油天然气集团公司重大科技专项“重大工程关键技术装备研究与应用”之课题四“高效破岩工具”(编号:2013A-B4)

作者简介:李秋杰,男,汉族,1983年生,工程师,从事井下工具的研制开发工作,黑龙江省大庆市红岗区八百垅,chinadrill@126.com。

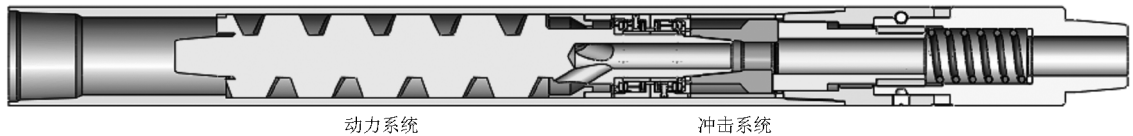


图1 液力衡扭旋冲提速工具基本结构

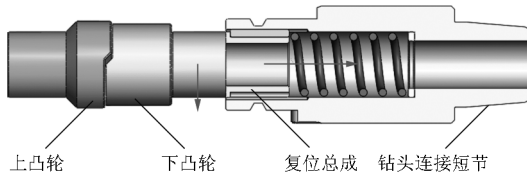


图2 液力衡扭旋冲提速工具冲击工作原理

工具冲击总成主要由凸轮组(上凸轮、下凸轮)、复位总成、钻头连接短节组成(见图2),动力系统带动上凸轮旋转,与下凸轮接触后产生顺时针方向及垂直向下的冲击力(如图中箭头所示方向)。顺势针方向产生的高频冲击直接作用于钻头,实现了PDC钻头的复合切削。垂直向下的冲击力通过复位机构释放,并回到初始状态,完成一次冲击及复位动作。通过顺时针方向附加的高频冲击,大大缩短了剪切岩石时的“蓄能”过程,减少了钻头的不规则弹跳,缓解了常规PDC钻进时扭矩的大范围波动,实现了“衡扭矩”钻进。

### 2.1.2 工具连接方式

液力衡扭旋冲提速工具连接在钻铤与双母接头之间,无需重新配置钻具组合。

### 2.1.3 工具的基本参数

Ø178 mm型液力衡扭旋冲提速工具规格参数如下:适用井眼尺寸为 $8\frac{1}{2}$  in(Ø215.9 mm),使用排量30~34 L/s,冲击频率45 Hz,上部扣型NC46,下部扣型NC46,总质量270 kg,适合钻头Ø215.9 mm。

## 2.2 工具的技术特点

(1) 提供额外的周向高频冲击力,消除粘滑现象,辅助PDC钻头剪切岩层。

液力衡扭旋冲提速工具内部的高频冲击机构带动PDC钻头在圆周方向实现高频冲击运动,可有效减少粘滑现象,提高破岩效率,减少反冲扭力;这种高频冲击力能够在较硬地层钻进时预先形成岩石裂纹和预破碎,改善了PDC钻头的切削环境,达到辅助PDC钻头剪切岩层的作用。

(2) 提高PDC钻头的适用性和耐久性。

针对液动冲击特殊研制了高效PDC钻头,采用优质抗冲击PDC复合片,并设计了适合冲击钻进的

冠部曲线及翼型,配合液力衡扭旋冲提速工具使用,使原来只能用牙轮钻头钻进的深部地层实现了PDC钻头钻进,提高了机械钻速、使用寿命和安全性。

(3) 纯机械结构,适用温度高。

工具内部为纯机械零件结构,无电子元件,适应温度高,可满足深层高温的钻井工况要求。

(4) 现场操作简单可行、安全可靠。

液力衡扭旋冲提速工具配合特殊高效PDC钻头现场应用简单,对现场条件要求较少,无需额外的设备,现场使用工艺安全可靠。

## 3 现场应用

达深16井是大庆油田安达地区的一口预探井,设计井深4300 m,后加深至4400 m。其中2966~3331 m为营城组,主要岩性上部以酸性流纹岩、火山角砾岩为主,下部为安山岩;3331~4400 m完钻为沙河子组,顶部岩性为砂砾岩,中、下部以砂泥互层为主。

### 3.1 达深16井液力衡扭旋冲提速工具施工情况

#### 3.1.1 钻具组合

采用钟摆钻具组合,具体如下:Ø215.9 mm钻头×0.25 m+Ø178 mm液力衡扭旋冲提速工具×1.66 m+Ø165 mm箭型止回阀×1.00 m+Ø165 mm钻铤×18.28 m+Ø214 mm螺旋稳定器×1.59 m+Ø165 mm钻铤×227.87 m+Ø127 mm钻杆。

#### 3.1.2 施工参数选择

根据液力衡扭旋冲提速工具施工方式及井深质量要求,采取以下钻井参数:钻压80~120 kN,转数70 r/min,扭矩9~18 kN·m,排量31 L/s,泵压13~15 MPa;泥浆体系为水基,密度1.18~1.30 g/cm<sup>3</sup>,粘度55~65 s, pH值9.5。

#### 3.1.3 施工情况

达深16井在三开3040~4400 m井段使用液力衡扭旋冲提速工具进行提速施工,进尺1360 m,平均机械钻速4.86 m/h,具体情况见表1。

### 3.2 邻井常规方式钻进情况

表 1 液力衡扭旋冲提速工具施工情况

层位	井深/m	机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	平均机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	单趟钻进尺/m	纯钻时间/h
营城组—沙河子	3040.75 ~ 3618.02	5.26		577.27	109.80
沙河子	3620.68 ~ 3708.43	2.33	4.86	87.75	37.62
沙河子	3708.43 ~ 4283.17	6.92		574.74	83.16
沙河子	4283.17 ~ 4400.00	2.38		116.83	48.99

大庆油田达深区块营城组—沙河子组岩石坚硬,可钻性差,对钻头磨损严重,采用常规手段进行钻进,平均机械钻速仅为 1.83 m/h(见表 2)。

### 3.3 应用效果评价

#### 3.3.1 机械钻速

由表 1、表 2 可以看出达深 16 井液力衡扭旋冲提速工具施工井段机械钻速为 4.86 m/h,而邻井

表 2 邻井常规手段钻进情况统计

井号	地层层位	井段/m	分层机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	平均机械钻速/(m·h <sup>-1</sup> )	进尺/m	纯钻时间/h	使用钻头数量/只	单只钻头平均进尺/m
汪深 101	营城组	2995.38 ~ 3266.93	2.68	2.68	271.55	101.51	4	67.9
汪深 102	营城组	3026.05 ~ 3197.54	1.12	1.06	171.49	152.76	2	79.2
	沙河子	3197.54 ~ 3422.00	1.02		224.46	219.14	3	
宋深 102	营城组	2928.47 ~ 3297.58	1.72	1.65	369.11	214.21	5	68.6
	沙河子	3297.58 ~ 3340.00	1.18		42.42	35.95	1	
达深 12	营城组	2985.28 ~ 3460.00	2.00	2.00	474.72	237.14	4	118.7
达深 8	营城组	3056.07 ~ 3417.00	1.15	1.15	360.93	312.84	9	40.1
达深 15	沙河子	3004.96 ~ 3960.00	1.73	1.73	955.04	551.76	4	238.8
达深 10	营城组	3096.59 ~ 3286.20	1.56	1.36	171.61	110.00	1	151.7
	沙河子	3286.20 ~ 3400.00	1.16		131.80	113.62	1	
达深 9	营城组	3111.00 ~ 3403.39	6.77	3.22	292.39	43.16	3	131.3
	沙河子	3403.39 ~ 4030.32	2.59		626.93	242.27	4	
达深 6	营城组	3033.78 ~ 3537.84	2.30	1.63	504.06	219.58	4	117.6
	沙河子	3544.24 ~ 3981.00	1.22		436.76	358.00	4	
达深 2	营城组	3064.50 ~ 3793.00	3.62	2.71	728.50	201.50	2	197.1
	沙河子	3793.00 ~ 4050.00	1.59		257.00	161.83	3	
达深 4	营城组	3097.22 ~ 3343.78	2.27	2.14	246.56	108.75	2	94.7
	沙河子	3348.84 ~ 3481.14	1.84		132.30	68.25	2	
达深 3	营城组	3202.60 ~ 3552.40	1.99	2.00	349.80	175.58	4	98.2
	沙河子	3556.21 ~ 3894.00	2.00		337.79	168.58	3	
达深 11	营城组	2872.47 ~ 3366.82	1.85	1.61	494.35	267.00	2	213.4
	沙河子	3366.82 ~ 3725.96	1.36		359.14	264.75	2	
达深 13	营城组	2804.58 ~ 3027.00	1.71	1.85	222.42	130.25	1	106.5
	沙河子	3032.86 ~ 3556.00	1.91		523.14	273.75	6	
达深 302	营城组	3100.30 ~ 3404.31	1.94	1.74	304.01	156.75	3	81.8
	沙河子	3413.23 ~ 3600.00	1.49		186.77	125.25	3	
总计		平均钻速		1.83		单只钻头进尺		112.00

采用普通手段钻进此井段时平均机械钻速为 1.83 m/h,由此可得比邻井同层位同深度平均机械钻速提高了 3.03 m/h,即提高了 166%。

在庆深气田首次实现单只 PDC 钻头在营城组—沙河子组进尺最长 577.27 m,平均机械钻速最高,达 5.26 m/h;沙河子组单只 PDC 钻头进尺最长 574.74 m,平均机械钻速最高达 6.92 m/h。创下了达深区块此深度下机械钻速和单只钻头进尺的最高记录。

#### 3.3.2 施工周期

达深 16 井 2968 ~ 4300 m 设计施工时间 53 d,

若由 3040 m 开始计算,约为 52 d。该井由 4300 m 加深至 4400 m,加深的 100 m 按 6 d 计算,共需 52 + 6 = 58 d,而应用液力衡扭旋冲提速工具的实际施工时间为 20 d,比设计提前 38 d 完钻。

### 4 结论及建议

(1) 现场试验表明,液力衡扭旋冲提速工具可有效地将钻井液的流体能量转换成高频的机械冲击并作用于钻头,从而辅助 PDC 剪切岩石,提高破岩效率。

(下转第 37 页)

配制:把 PHP 加入清水中搅拌 5 ~ 10 min,在加入润滑剂搅均即可。钻孔较浅可不加润滑剂。

性能要求:密度 1.02 ~ 1.05 g/cm<sup>3</sup>;粘度 16 ~ 18 s; pH 值 7 ~ 8;岩粉沉降,在 100 mL 无固相冲洗液中加 5 g 岩粉,搅匀后静放 2 min,大部分岩粉沉淀即可。

使用注意事项:(1)聚丙烯酰胺无固相冲洗液要搅拌均匀,不能有块状,否则易造成糊水龙头情况;(2)由于岩粉吸附 PHP,要定期补充 PHP;(3)定期清理水源箱,严禁造成岩粉恶性循环;(4)钻进破碎层时,应及时加大 PHP 浓度。

## 6 结语

在东鞍山矿区施工中,分别在 ZK - 16、ZK - 17、ZK - 19、ZK - 22、ZK - 24 孔等坍塌破碎钻孔使用了聚丙烯酰胺无固相冲洗液及普通冲洗液,均取得了效果,但聚丙烯酰胺无固相冲洗液效果更佳,施工更顺利,圆满完成了钻探施工任务。到目前为止,东鞍山矿区使用聚丙烯酰胺无固相冲洗液已完成 40 余个钻孔施工任务,进尺 43000 余米,孔优秀率 90% 以上,为探明东鞍山铁矿做出了巨大贡献,取得了良好的经济

效益和社会效益。

## 参考文献:

- [1] 刘建平,陈洪俊.聚丙烯酰胺+切削膏堵漏材料的工程应用及效果[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):31-33.
- [2] 刘志军,肖勇,李志芳.聚丙烯酰胺的现状及发展的思考[J].江西化工,2003,(2):44-45.
- [3] 王文臣,郭凤贵,张相起.聚丙烯酰胺在小口径钻孔护壁堵漏浆液中的应用[J].地质与勘探,1980,(4).
- [4] 邹绍新.聚丙烯酰胺无固相冲洗液在复杂地层钻进中的应用[J].地质与勘探,1981,(1).
- [5] 全志刚.PVA 无固相冲洗液在吉林珲春松林油页岩矿区水敏地层中的应用[J].吉林地质,2007,26(1):80-82.
- [6] 代国忠,张亚兴,赖文辉,等.PVM 聚合物型无固相钻井液研究与应用[J].地质与勘探,2010,29(6):1127-1132.
- [7] 张卫军,冯丹涛,黄龙铺铜矿绳索取芯低固相泥浆应用[J].西部探矿工程,2011,(2):79,81.
- [8] 孙宗席.甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(12):32-35.
- [9] 王扶志,张志强,宋小军.地质工程钻探工艺与技术[M].北京:地质出版社,2010.
- [10] 孙平贺,杨昌杰,张绍和,等.无固相聚合物钻井液在香格里拉普朗铜矿区复杂地层钻进中的试验与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):10-13.

(上接第 33 页)

(2)从本井施工效果看,液力衡扭旋冲提速工具与 PDC 配合提速效果非常显著,且能大幅度节约钻井成本。与邻井 15 口井平均机械钻速相比提高了 166%;施工周期方面缩短了 38 d;节约了大量钻井成本,提高了钻机使用效率,加快了勘探开发速度。

(3)根据液力衡扭旋冲提速工具的工作原理,采用中等钻压、低转速,钻速较快且工作稳定,对控制井身质量、携带岩屑起到了较好的作用。

(4)液力衡扭旋冲提速工具为深井提速提供了一个有效的技术手段,建议在达深地区大力推广该工具,并在其他区块进行探索应用。

## 参考文献:

- [1] 张晓东,易发全,张强,等.PDC 钻头与岩石相互作用规律试验研

究[J].江汉石油学院学报,2003,25(S1):64-65.

- [2] 高航献,瞿佳,曾鹏晖.元坝地区钻井提速探索与实践[J].石油钻探技术,2010,38(4).
- [3] 蒋宏伟,刘永盛,翟应虎,等.旋冲钻井破岩力学模型的研究[J].石油钻探技术,2006,34(1):13-15.
- [4] 孙明光,张云连,马德坤.适合多夹层地层 PDC 钻头设计及应用[J].石油学报,2001,22(5):95-99.
- [5] 马清明.水力脉冲诱发井下振动钻井技术[J].石油钻探技术,2005,33(1):12-14.
- [6] 索忠伟,尹慧博,张海平,等.旋冲钻井技术在内蒙古意 1 井的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(3):18-20,24.
- [7] 郭元恒,何世明,宋建伟,等.TorkBuster 扭力冲击器在元坝地区提高钻速中的应用[J].天然气技术与经济,2012,6(3):52-54.
- [8] 李秋杰,王玉玺,李欢欢.扭力冲击器在大庆油田肇深 17 井的试验应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(4):44-47.