

# 单球投入式扩眼器及其扩眼技术在渤海油田的应用

朱国宁<sup>1</sup>, 和鹏飞<sup>1</sup>, 葛文臣<sup>1</sup>, 侯冠中<sup>2</sup>, 王 宁<sup>1</sup>

(1. 中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 天津 300452; 2. 中海石油(中国)天津分公司, 天津 300452)

**摘要:**随着渤海油田开发的深入,深井、大位移井等高难度井作业大量增加,为保证安全,在井内下入尾管或者完井时下入防砂筛管等成为必然要求。但这类作业一般处于井的深部井段,实施困难较大,为保证尾管、筛管的顺利下入,利用扩眼器将实际井眼扩大成为解决问题的主要技术措施。介绍了单球投入式扩眼器的结构组成及工作原理,并通过实例阐述了该扩眼器在随钻扩眼、钻后扩眼(倒划扩眼、下划扩眼)的应用情况,对扩眼器在不同工作模式下的使用效果进行了分析。

**关键词:**钻井;扩眼;单球投入式扩眼器;渤海油田

**中图分类号:**TE242 **文献标识码:**B **文章编号:**1672 - 7428(2015)12 - 0076 - 03

**Application of Landed Single-ball Reamer and Reaming Technology in Bohai Oilfield/ZHU Guo-ning<sup>1</sup>, HE Peng-fei<sup>1</sup>, GE Wen-chen<sup>1</sup>, HOU Guan-zhong<sup>2</sup>, WANG Ning<sup>1</sup>** (1. CNOOC EnerTech-Drilling&Production Co., Tianjin 300452, China; 2. Tianjin Branch of CNOOC Ltd., Tianjin 300452, China)

**Abstract:** Along with the development of Bohai oilfield, deep wells, extended-reach wells and some other high difficulty wells operation are greatly increasing. It is an inevitable requirement to run liner into the well or land sand screen after well completion. But this operation is generally carried out in deep well section with great difficulty, reaming becomes the main technical measure. The paper introduces the landed single ball reamer about its structure composition and working principle, elaborates the application in reaming while drilling and reaming after drilling (back reaming and underreaming) with example and analyzes the application effects in different operation models.

**Key words:** well drilling; reaming; landed single ball reamer; Bohai oilfield

渤海油田钻井作业中 95% 以上的常规定向井、大斜度井利用马达钻具实现,大多数水平井与大位移井利用上部地层马达钻具、下部地层旋转导向钻具的方式完成。2013 年渤海油田共完成钻井近 300 口,其中 37% 为常规定向井、7% 为大斜度井、45% 为水平井、11% 为直井。由于旋转导向工具的工作特性,形成的井眼较为规整,尤其在深部可钻性较差的地层钻进扩眼率较小,在深井、大位移井等需要下入尾管结构的井中,规整的井眼对于尾管下入并非有利,为保证尾管、筛管的顺利下入,渤海油田引入了扩眼技术用以解决此类问题。

目前以史密斯公司生产的犀牛系列扩眼工具占据主要市场,具有较多的应用案例,使用面积较为广泛。国内在中原油田、塔河油田等深井、复杂地层井作业中分别应用了胜利油田和塔河钻井院研制的水力扩眼装置。

## 1 单球投入式扩眼器的结构原理

### 1.1 结构组成

单球投入式扩眼器(以下简称扩眼器)主要分为本体总成、传动总成和扩眼总成 3 部分,如图 1 所示。其中,本体总成主要是容纳传动总成及扩眼总成,同时实现与其他钻具的组合;传动总成是控制扩眼器工作的传动开关;扩眼总成是扩眼作业的主体部分。

### 1.2 工作原理简述

此类型扩眼器采用三刀翼组合、同心分布,利用钻具内液力压差控制刀翼的伸出和收回。正常非扩眼段或者工序作业时,扩眼器未投球激活,刀翼处于收缩状态,对钻井作业不产生其他影响。使用过程中在地面井口钻具内投入激活球,利用泥浆泵小泵冲泵送球到位,然后憋压、剪切活塞销钉,打开旁通水眼流道,激活扩眼器切削块。保持液力压差 5.5 MPa 时,扩眼器刀翼完全伸出,进入扩眼状态。

收稿日期:2015 - 06 - 10; 修回日期:2015 - 11 - 24

作者简介:朱国宁(1985 - ),男,汉族,1985 年生,工程师,主要从事海洋石油钻井技术监督与管理工,天津市塘沽区海油大厦 B 座 A306, zhugn@cnooc.com.cn。



图 1 单球投入式扩眼器结构示意图

## 2 扩眼器的应用分析

### 2.1 应用范围

扩眼器的使用目的就是实现井径的扩大,主要应用于渤海油田以下几个方面的作业。

(1)受限扩孔:由于上部井眼及窗口尺寸的限制<sup>[1-2]</sup>,大尺寸钻具无法下入井内,只能采用扩眼器对下部井眼进行扩眼作业,实现井眼达到所需井径,也可提高固井质量<sup>[3]</sup>。

(2)非常规套管程序:为满足非常规套管程序的需求,出现下部井眼的裸眼直径大于上级套管内径的现象,因此需使用扩眼器对下部井段进行扩眼作业<sup>[4]</sup>。

(3)优化管柱入井:在大斜度井、水平井的三开、四开中,存在较长裸眼井段时,尾管及筛管的下入作业面临极大的困难,因此通过扩眼作业保证尾管、筛管的顺利下入<sup>[5-6]</sup>。

(4)清除键槽:在钻进过程中,对易于形成键槽的井段,扩眼器不断地切削、修整井壁,破坏键槽,减少出现键槽卡钻的风险<sup>[7-8]</sup>。

扩眼器的工作模式主要分为:随钻扩眼、倒划扩眼、钻后单独扩孔。

### 2.2 现场应用

#### 2.2.1 随钻扩眼

以 I38H 井为例。该井为一口水平井,设计井深 3643 m,垂深 1155 m,水平段长 844 m,水垂比达到 2.47。该井四开水平段设计为  $\varnothing 152.4$  mm 井眼,下入  $\varnothing 114.3$  mm 筛管简易防砂,为保证筛管的顺利下入,通过论证分析,决定将  $\varnothing 152.4$  mm 井眼扩至  $\varnothing 177.8$  mm 井眼。

钻具组合: $\varnothing 152.4$  mm PDC 钻头 + 旋转导向工具 +  $\varnothing 120.65$  mm 随钻测井工具 +  $\varnothing 120.65$  mm MWD +  $\varnothing 120.65$  mm 非磁钻铤 +  $\varnothing 120.65$  mm 浮阀接头 + 犀牛扩眼器 +  $\varnothing 120.65$  mm 随钻震击器 +  $\varnothing 88.9$  mm 加重钻杆 +  $\varnothing 88.9$  mm 钻杆若干 + 变扣

接头 +  $\varnothing 139.7$  mm 钻杆若干。

扩眼器加放在旋转导向工具上部(单流阀以上,震击器以下,保证激活球可通过上部钻具内径),在钻开水泥塞扩眼器到达套管鞋 5 m,投球激活扩眼器。I38H 井选用犀牛系列扩眼器 5625 型号(最大扩眼  $\varnothing 177.8$  mm)进行扩眼作业,工作排量为 900 L/min。扩眼齿距钻头 30 m。

随钻扩眼钻进参数:钻压 30 ~ 50 kN,排量 1200 ~ 1300 L/min(80% 分配到扩眼器),转速 90 ~ 110 r/min。

#### 2.2.2 倒划扩眼

以某 37 井为例。该井同样为水平井,设计井深 3723 m,垂深 1154 m,水垂比达到 2.43,三开  $\varnothing 215.9$  mm 井眼稳斜着陆。其  $\varnothing 215.9$  mm 井眼裸眼段长达 950 m,且稳斜角  $80^\circ$  左右,着陆段方位从  $192^\circ$  增至  $221^\circ$ ,下入  $\varnothing 177.8$  mm 尾管的难度极大。为保障下尾管作业顺利,决定采用扩眼技术将本井的三开  $\varnothing 215.9$  mm 井眼扩至  $\varnothing 241.3$  mm 井眼。在旋转导向工具组合上下入扩眼工具,三开中完短起下钻后,再投球激活扩眼器,进行倒划扩眼扩眼作业。37 井选用犀牛系列扩眼器 8000 型号(最大扩眼  $\varnothing 241.3$  mm),工作排量 1600 ~ 2000 L/min。

钻具组合: $\varnothing 215.9$  mm PDC 钻头 + 旋转导向工具 +  $\varnothing 171.45$  mm 随钻测井工具 +  $\varnothing 171.45$  mm MWD +  $\varnothing 171.45$  mm 非磁钻铤 +  $\varnothing 171.45$  mm 浮阀接头 + 犀牛扩眼器 +  $\varnothing 127$  mm 加重钻杆 1 柱 +  $\varnothing 165.1$  mm 随钻震击器 +  $\varnothing 127$  mm 加重钻杆 1 柱 +  $\varnothing 127$  mm 钻杆若干 + 变扣接头 +  $\varnothing 139.7$  mm 若干。

倒划扩眼参数:钻压 10 ~ 30 kN,排量 1600 ~ 2000 L/min,转速 60 ~ 120 r/min。扩眼速度在 0.02 m/s 左右。

#### 2.2.3 单独扩眼

以 B5H 井为例。该井设计为水平井,设计井深 3600 m,井底垂深 2533.84 m。二开  $\varnothing 311.15$  mm 井

眼着陆,着陆点 2928 m,井斜 88.48°。三开水平段  $\varnothing 215.9$  mm 井眼至 3600 m,设计下  $\varnothing 177.8$  mm 尾管至 3591 m。三开裸眼长度达 672 m,尾管下入长度 663 m。

下入  $\varnothing 177.8$  mm 尾管作业过程中出现严重的阻、卡问题,导致尾管无法下入。决定起出尾管,进行扩眼通井作业。

B5H 井选用犀牛系列扩眼器 8000 型号(最大扩眼  $\varnothing 241.3$  mm),工作排量 1600 ~ 2000 L/min。

钻具组合为: $\varnothing 215.9$  mm 牙轮钻头 +  $\varnothing 212.725$  mm STB +  $\varnothing 203.2$  mm 犀牛扩眼器 +  $\varnothing 165.1$  mm 浮阀接头 +  $\varnothing 165.1$  mm 钻铤 1 根 +  $\varnothing 212.725$  mm 扶正器 +  $\varnothing 165.1$  mm DC  $\times 5$  根 +  $\varnothing 165.1$  mm 随钻震击器 +  $\varnothing 127$  mm HWDP  $\times 14$  根。

扩眼参数:钻压 20 ~ 50 kN,排量 2000 ~ 2200 L/min,转速 90 r/min。

### 3 结论及建议

(1)工具的选择:扩眼器的扩眼尺寸可达本体尺寸的 125%,合理选用扩眼器尺寸对扩眼作业难度及稳定性都具有较大影响。

(2)随钻扩眼:对于作业井段较长、地层较软的扩眼作业,随钻扩眼可以更节省时间。但是随钻作业时扩眼器一般要与 MWD、旋转导向工具系统等配合使用由此导致扩眼器以下的钻具长度较长。

(3)倒划扩眼:如果在随钻扩眼时扭矩较大,或者设计阶段利用软件模拟测算随钻扩眼扭矩较大,无法保证钻具安全,则采用倒划扩眼模式,将钻进和

扩眼分开进行,避免扭矩复合。

(4)单独扩眼:钻后单独扩眼时,可以通过简化钻具达到缩短导眼、增加扩眼段长度的目的。单独扩眼钻具组合简单,工作程序简单,参数易于控制。但钻后单独扩眼时,在使用旧牙轮钻头为引导工具时,需控制扩眼速度降低侧钻风险,同时单独扩眼也会产生更大的震动,对钻具和扩眼器都具有风险,尤其是对扩眼器的刀翼寿命影响较大。

(5)对于后续作业困难、易出现异常情况的井,如易缩径的井、长裸眼段井等,在设计时应考虑进行扩眼作业,避免后期作业时复杂情况的出现。扩眼作业虽然会影响机械钻速,但相对于异常情况出现甚至事故的发生,扩眼器的使用是必要的。

### 参考文献:

- [1] 闫永宏,王进全,黄悦华,等.扩张式随钻扩眼工具技术现状与发展建议[J].石油机械,2011,(10):162-165.
- [2] 杨保健,付建民,马英文,等. $\varnothing 508$  mm 隔水导管开窗侧钻技术[J].石油钻采工艺,2014,36(4):50-53.
- [3] 李明朝,蔡文军,王卫,等.胜利扩孔技术在小井眼扩孔中的应用[J].西部探矿工程,2014,26(5):49-51.
- [4] 和鹏飞,孔志刚.Power Drive Xceed 指向式旋转导向系统在渤海某油田的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(11):45-48.
- [5] 祝效华,朱虎军,司念亭,等.扩眼器在定向造斜段的应用可行性研究[J].海洋石油,2008,28(4):96-98.
- [6] 于小龙,刘贵远,左凯,等.新型随钻液压扩眼器的研制[J].石油机械,2010,38(7):14-16.
- [7] 吴吉元,韩秀玲,杨华,等.双扩眼器井底小井眼消除技术[J].石油机械,2015(4):73-76,104.