

渤海浅部疏松地层旋转导向轨迹控制关键技术

孙晓飞, 和鹏飞, 韩东东, 张玉强

(中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司, 天津 300452)

摘要: 旋转导向工具在渤海油田应用较为广泛,但长期以来由于旋转导向工具在渤海浅部地层的造斜率不稳定,不能完全满足轨迹控制要求,因此一般是上部采用螺杆马达钻具,中途起钻更换旋转导向钻具。但螺杆马达钻具一方面滑动定向时效较低,另一方面起钻更换为旋转导向钻具需耗时12~15 h。若能直接采用旋转导向工具,取消中间的起钻换钻具步骤,作业效率将大幅度提高。通过定向井轨迹优化、旋转导向工具对比优选、钻井液性能优化等技术措施,成功地在渤海浅部疏松地层实现了旋转导向控制轨迹技术,大幅提高了作业效率。

关键词: 定向钻井;浅部地层;旋转导向工具;造斜率;渤海油田

中图分类号: TE243 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2017)08-0033-04

Key Technology of Drilling Trajectory Control by Rotary Steering in the Shallow Unconsolidated Formation of Bohai/SUN Xiao-fei, HE Peng-fei, HAN Dong-dong, ZHANG Yu-qiang (CNOOC EnerTech-Drilling & Production Co., Tianjin 300452, China)

Abstract: Rotary steering tools are widely used in Bohai oilfield. Because of the instable built-up rate, screw motor drilling tools are generally adopted at the shallow formation drilling, and then rotary steering drilling tools are used instead. When with the screw motor drilling tools, slide steering efficiency is low; on the other hand, it will take 12~15h to trip out for the drilling tools replacement. If the rotary steering drilling tools are used from the very beginning without tripping out for drilling tools replacement, the operation efficiency will be greatly improved. By the technical measures of directional well trajectory optimization, selecting rotary steering tools by comparison and drilling fluid performance optimization, rotary steering drilling technology has been successfully applied in the shallow unconsolidated formation of Bohai.

Key words: directional drilling; shallow part of Bohai; rotary steering drilling; build-up rate; Bohai oilfield

渤海油田上部地层较为疏松,尤其在平原组以及明化镇组上部井段,长期以来由于地层压实强度低、可钻性强,旋转导向钻具造斜率不能满足井眼轨迹控制要求而导致轨迹失控、防碰风险增强而只能使用螺杆马达钻具,比如2007年3月在渤海某A23井中进行了斯伦贝谢PD900-X5工具的试用;试用段235~276 m,设计轨迹增斜,实际使用无增斜效果且出现了13.3°到11.3°的井斜降低情况,根本无法满足作业要求。但是随着渤海油田丛式井的深入开发,浅部地层采用螺杆马达的技术局限性开始凸显,一方面是井眼轨迹复杂化使在上部井段井斜角达到了50°以上,导致螺杆马达滑动较为困难,另一方面随着低原油价格行情的持续,钻井开发降本增效要求加深,采用螺杆马达的总体时效低于旋转导向^[1-5]。因此在渤海上部地层开始就采用旋转导向钻具的技术需要呈现必然性。

1 技术要点

为突破旋转导向在松散地层造斜率不足的使用“瓶颈”,从旋转导向工具选择、井眼轨迹优化、钻井液性能优化等诸多方面进行了改进:在工具方面,比较遴选造斜能力强且对井壁强度要求较低的工具,减少对井壁强度的依赖;轨迹方面,利用地层趋势,合理进行轨迹设计;钻井液方面,结合作业需要,针对性加强封堵润滑等性能。通过对以上方面的改进和研究,针对浅部地层增强旋转导向工具造斜能力的实践取得了很好的效果,形成了一套技术体系。

1.1 旋转导向工具的优选

按工作原理,目前现场应用的旋转导向工具可分为推靠式和指向式两种。

(1) 推靠式工具是以推靠的方式在钻头附近直接给钻头提供侧向力。推靠偏置机构(即“巴掌”)安装在靠近钻头位置,其后串接一个或多个钻柱稳定器。在旋转导向过程中,偏置工具的偏心产生的

收稿日期:2016-11-11

作者简介:孙晓飞,男,汉族,1982年生,中海油监督中心钻井总监、钻井技术中心主任,石油工程专业,天津市滨海新区中新生态城悦馨苑4-301, sunxf2@cnooc.com.cn。

钻头侧向力起主要导向作用。由于此类旋转导向造斜全部由“巴掌”推井壁的反作用力提供,但侧推“巴掌”的作用面积小,推靠式时产生的压强大,因此对井壁要求较高。

(2)指向式工具是通过近钻头处钻柱的弯曲使钻头指向井眼轨迹控制方向。指向偏置机构位于钻具内部,通过钻具内置的两个圆盘的偏心导致钻柱发生弯曲,使钻头处的轴线与井眼轴线偏离,获得造斜趋势,从而达到造斜作用。由于该类工具的造斜,主要靠内部机构的偏置来完成,井壁不提供造斜力只提供钻具的支持力,因而对井壁要求较低。

近年来,斯伦贝谢公司新一代旋转导向工具 Power Drive Xceed 在渤海应用较多,由于其没有任何零件支撑井壁,使旋转导向对井壁支撑力的依赖

性降到最低。该工具通过调节涡轮发电机负载电流改变涡轮发电机绕组回路阻抗,以使携带高强度永磁铁的涡轮叶片与工具内的扭矩线圈耦合产生电磁转矩和加速度,进而使旋转换向阀保持一个相对于井壁固定的工具面角,最终实现控制轴在受控状态下的运动状态改变。其组成主要有:动力产生模块、传感器模块、电子控制元件和导向系统。

2种旋转导向工具的工作原理决定了工具本身对井壁强度的依赖程度。根据渤海地区上部地层松散成岩性差,无法对旋转导向工具提供井壁支撑力的特点,对斯伦贝谢、哈里巴顿、贝克休斯和威德福4家主要的旋转导向服务厂商进行产品对比(见表1),结合相应工具在渤海使用的成熟程度,最终选定了斯伦贝谢的 Power Drive Xceed 旋转导向工具。

表1 旋转导向工具及厂家比选

序号	厂商名称	产品名称	作用原理	作用部位	优势方面	弱势方面	其它方面	结论评价
1	斯伦贝谢	Power Drive Xceed	指向式	内部凸轴	井壁依赖小		配套服务全	推荐
2	斯伦贝谢	Power Drive X5	推靠式	侧推“巴掌”		对井壁依赖大	配套服务全	不推荐
3	哈里巴顿	Geo-pilot	指向式	内部凸轴	设计独特	本体过大		不推荐
4	贝克休斯	Auto-trak	推靠式	侧推“巴掌”	设计独特	对井壁依赖大	配套服务全	备选
5	威德福	Revolution RSS	指向式	内部凸轴	井壁依赖小	应用较少		不推荐

1.2 定向井轨迹的优化

在轨迹设计方面,充分考虑到地层的自然趋势和地层的可钻性,在适当利用的基础上进行轨迹的合理设计。以渤中地层岩性为例(见表2),其中的泥岩含量较多,比较松散,浅部地层的可钻性非常好。

表2 渤中某地区地层及岩性简介

序号	层位名称	岩性描述	可钻性
1	平原组	粘土及粉砂互层,未成岩	非常好
2	明化镇	泥岩夹薄层泥质粉砂岩、粉砂岩及细砂岩	很好
3	馆陶组	泥岩与细砂岩、含砾细砂岩互层	好
4	东一段	泥岩与细砂岩互层,局部见灰质细砂岩	差
5	东二上	泥岩与粉砂岩、细砂岩互层	一般
6	东二下	厚层泥岩夹细砂岩	差
7	东三段	厚层泥岩	差
8	沙一段	泥岩夹泥质粉砂岩与白云岩	差
9	沙二段	泥岩与细砂岩互层	一般

根据该区块的实钻结果显示,主要特征表现为以下几点。

(1)由于上部地层松散,可钻性由好到差,旋转钻进时据统计结果800~1000m前为降斜,后续为微增趋势。

(2)在浅部对旋转导向造斜力要求较高,60%~70%以上的力进行造斜可以达到3°/30m的全角变化率,随着井深加深,需要的造斜力会越来越小。

(3)实钻过程中需要时刻注意轨迹的变化,上部井段降斜,实钻中井眼轨迹可适当低于设计井眼轨迹;下部井段增斜规律,轨迹会逐渐追上设计。这样设计利用了井斜变化的趋势,利于更好地控制轨迹。

1.3 钻井液思路优化

1.3.1 打破常规思路

以前使用马达在浅部地层造斜时,由于马达的造斜率较高,因此对于海水开路钻进或者海水膨润土浆的要求并不高。在使用旋转导向在浅部地层造斜时,由于地层松软,海水对地层的冲刷力过大,因此使用旋转导向工具时要根据造斜的效果进行调整,打破传统思维,可以提前转入闭路或者提前转化钻井液,提高造斜率。

1.3.2 保证润滑性及韧性泥饼

(1)加入润滑剂降低滤饼摩擦系数。采用“以液体润滑剂为主的液、固体润滑剂组合”的润滑方法(PF-BLA B+PF-GRA+PF-LUBE)。

(2)严格控制滤失量及滤饼厚度。一般进入斜井段后控制 API 滤失量在 5 mL 以内,同时应控制滤饼薄而坚韧。

(3)严格控制钻井液的含砂量。

1.3.3 井眼净化技术、防止泥球出现

渤中该区块上部井段垂深 750 m 之前为粘软泥岩,极易起泥球,造成环空憋压,对旋转导向工具的造斜能力产生影响,膨润土浆控制粘度 30 s 左右,每 2 柱扫稠膨润土浆 6 m³ 携砂,每柱倒划眼一遍。采用 PF-PAC HV 和 PF-XC H 干粉护胶结束后,补充 PF-PLH 胶液,循环均匀后调整钻井液性能,密度 1.14~1.15 g/cm³,失水量 <5 mL,粘度前期控制在 50~60 s,YP>11 Pa,PF-HAS 含量维持井浆中 7~10 kg/m³,后期视返砂情况及钻井参数及时调整。补充胶液时维持井浆中 PLH 含量在 4~6 kg/m³。中完倒划眼起钻时,防止钻井液粘度快速上涨,及时补充胶液,维持钻井液粘度在 65 s 以下。

1.4 细化操作

(1)浅层造斜及稳斜段,地层松散,钻速相对快,需要通过钻井参数控制(较低排量和较高钻压)加高百分比造斜力来保证造斜率,通过倒划眼提高排量保证携砂,同时注意稳斜扭方位中造斜率低于理论计算值的问题。

(2)反扭扭方位段,通过实钻经验分析,旋转导向反扭扭方位时可以在稳斜段将方位控制适当超前,工具面先靠下一些,造出降斜的趋势,再逐步调节,这一段主要扭方位造斜率相对比较低,需要 80%~90%的造斜力方能满足要求。

(3)规避 ZOE 工作盲区,在轨迹设计阶段,必须严格检查并优化轨迹避开 ZOE 工作盲区。若设计井眼轨迹距离 Xceed ZOE 的范围相对较近,为了避免工具误入 ZOE 区域,在轨迹控制上有意让井斜超前,右扭方位放缓。随着地层胶结逐渐变好,一般都能满足轨迹造斜要求,后续钻进期间需要注意造斜力的变化,避免较大或者过小的全角变化率。

(4)对于浅部地层钻进,通常使用海水膨润土浆钻进,期间要注意钻井液粘度的变化,每次扫稠塞清洁井眼后,要注意将稠浆放掉一部分,避免粘度过高,固相过高造成憋压,频繁的憋压会影响工具的造斜率。

(5)对不均质地层影响造斜效果的井段,应根据邻井地质录井及测井资料,准确掌握岩性变化情

况,提前预留轨迹调整空间,避免剧烈全角变化率。

2 应用效果

2.1 浅部防碰风险控制更加精确

得益于近钻头井斜数据和 MWD 数据等的辅助,旋转导向工具的精确控制能力得以很好的发挥。旋转导向的测量盲区仅 2 m 左右,相较马达钻具的 30 m 盲区有了根本性的改善,真正做到了精确控制井轨迹,对丛式井防碰起到了显著的积极作用,作业安全性大幅提高。随着油田开发进入后期,新布井均置于丛式井间,因此目前很多井浅部存在严重的防碰风险。浅部疏松地层旋转导向造斜技术的成功应用、对井眼轨迹的精确控制,将大大减小浅层防碰风险,提高钻井作业的安全性。

2.2 简化作业步骤,提高作业时效

到目前为止,浅部疏松地层旋转导向造斜技术已应用了 16 口井。与之前作业相比,新工艺主要差别在于二开钻进过程中少一趟起下钻,从而大大缩短了钻进时间,在钻进过程中,一趟钻平均钻速明显高于两趟钻,以渤中该油田应用为例,一趟钻比两趟钻平均每口井节省 39 h 左右(表 3)。由此可见,一趟钻技术相对于传统钻进模式有明显的提效作用。

表 3 渤中某油田应用实例

方式	井名	13% in (Ø340 mm) 管鞋/m	二开 12¼ in (Ø311 mm) 着陆斜深/m	总进 尺/ m	钻进至 着陆耗 时/h
一趟钻	B2H	410	1761	1351	37
	B5H	431	1590	1159	38.75
	B7H	410	1618	1208	34
	B18H	413	1868	1455	48
两趟钻	B4H	410	2170	1760	78.75
	B15H	390	2187	1797	78.25

从整体时效分析,采用新工艺井相比之前模式井,平均每口井节省 15 h 左右;其整井的平均钻速也普遍高于常规两趟钻钻速,应用新工艺的 6 口井的平均钻速为 36.86 m/h,常规井的平均钻速为 25.17 m/h,平均钻速增加了 11.69 m/h。可见,新工艺相对于传统钻进模式提效明显(参见图 1)。

3 结语

针对目前作业的技术局限,在结合现场实际的基础上对原有作业模式进行了突破创新,打破了旋转导向在浅部疏松地层的应用“瓶颈”,确立了

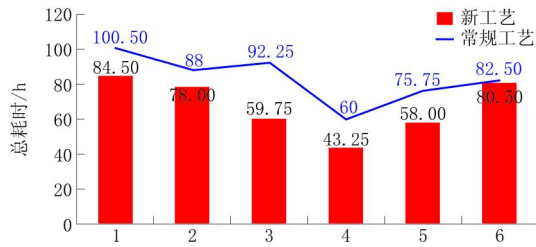


图1 新工艺井与常规工艺模式井的作业总耗时对比
(从入井至中完出井的总时间)

浅部松散地层旋转导向造斜关键技术。经过实际应用,该技术取得了良好的效果,具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 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.
 [2] 刘鹏飞,和鹏飞,李凡,等. Power Drive Archer 型旋转导向系统在绥中油田应用[J]. 石油矿场机械,2014,43(6):65-68.
 [3] 侯冠中,席江军,和鹏飞,等. 单筒双井占位钻具技术研究及在渤海油田的应用[J]. 石油钻探技术,2016,44(2):70-75.
 [4] 和鹏飞. 辽东湾某油田大斜度井清除岩屑床技术的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):35-37.
 [5] 刘鹏飞,和鹏飞,李凡,等. 欠位移水平井 C33H 井裸眼悬空侧钻技术[J]. 石油钻采工艺,2014,36(1):44-47.
 [6] 刘鹏飞,刘小刚,李凡,等. 钻完井区域化管理模式在渤海油田的实践与应用[J]. 石油工业技术监督,2014,30(9):18-20.
 [7] 侯冠中,和鹏飞,郑超,等. 渤海 I27H 井饱 406.4 mm 大尺寸井眼对扣打捞技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(10):35-37.
 [8] 牟炯,和鹏飞,侯冠中,等. 浅部大位移超长水平段 I38H 井轨迹控制技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(2):57-59.
 [9] 和鹏飞,吕广,程福旺,等. 加密丛式调整井轨迹防碰质量控制研究[J]. 石油工业技术监督,2016,32(6):20-23.

(上接第 32 页)

是现场比较常用的两种确定卡点位置的方法,这两种方法各有优缺点可以结合使用。

(3)定向孔与直孔相比孔内情况更加复杂,直孔卡点计算公式,以及征兆、预防和处理方式不能够完全适用于定向孔钻探中,因此应加强定向孔卡点计算、卡钻事故处理方式的研究,从而更好地指导定向孔钻探。

参考文献:

[1] 王达,李艺,周红军,等. 我国地质钻探现状和发展前景分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(4):1-9.
 [2] 李继文,王平,张志强,等. 钻探工作中常见孔内事故的预防和处理[J]. 吉林地质,2010,29(4):129-231.
 [3] 赵春波. 影响卡钻因素的系统分析[J]. 新疆石油科技,1998,8(2):1-8.
 [4] 李粤南. 深部孔段卡、埋钻事故防治对策的探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(9):2-5.
 [5] 张林强. 井下卡钻分析及处理[J]. 海洋石油,2007,27(3):112

-115.
 [6] 黄河福,吴德麟,王少英,等. 测卡松口系统在处理卡钻事故中的应用[J]. 石油钻探技术,1997,25(3):48-51.
 [7] 张景良,魏群涛,吴思琼. CQY-I 型测卡松扣仪研制及应用[J]. 石油矿场机械,2007,36(10):82-84.
 [8] 宋德军. 管柱卡点计算[J]. 油气井测试,2008,17(1):15-18.
 [9] 冉津津,李长健,唐义祥,等. 油水井测卡点技术研究与应用[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),35(5):134-137.
 [10] 况雨春,熊威,张立民,等. 大斜度井修井作业卡点预测数值模拟方法[J]. 石油机械(油气田开发工程),2014,42(4):57-62.
 [11] 赵金洲,张桂林. 钻井工程技术手册(第二版)[M]. 北京:中国石化出版社,2014:113-120.
 [12] 刘东明. 井下被卡管柱的卡点公式计算法优化探讨[J]. 中国海上油气,2004,16(1):47-50.
 [13] 孙连忠,臧艳彬,高德利,等. 复杂结构井钻柱解卡参数分析[J]. 石油机械,2014,42(3):19-23.
 [14] 郭凤,刘合,张劲. 卡点计算的有限元分析[J]. 机械工程学报,2007,43(1):158-163.
 [15] 周劲辉,高德利,宇新. 钻柱卡点预测实验[J]. 实验力学,2010,25(5):575-579.