

松辽地区油气勘探优快钻井技术思路

任杭洲¹, 李翔²

(1. 中原油田钻井二公司, 河南 濮阳 457001; 2. 中国地质大学(武汉), 湖北 武汉 430074)

摘要:吉林松辽地区的腰英台、秦家屯十屋、八屋区块以及梨树断陷、长岭断陷的外围中深探井和伏龙泉浅层气井是中石化东北地区的重点区块。自勘探开发以来钻井提速面临重重困难, 2010年是中原油田钻井队伍进入该市场以来的提速年, 以提速为目标, 大胆创新, 通过大量的邻井调研分析, 针对不同井的特点分别制定了不同的钻井提速措施。在成熟的钻井模式下通过不断地、连续地优化钻头选型, 强化钻井参数, 推广大功率高温螺杆复合钻进技术, 细致的单井钻井方案优选, 挖掘提速潜力, 创出了有史以来最好的钻探成绩。详细介绍了松辽地区油气勘探优快钻井技术方案及具体措施。

关键词: 油气勘探; 钻井技术; 优快措施; 提速思路; 松辽地区

中图分类号: TE242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2011)10-0015-04

Optimized and Fast Drilling Technology for Oil and Gas Exploration in Songliao Area/REN Hang-zhou¹, LI Xiang²

(1. No. 2 Drilling Company of Zhongyuan Oilfield, Puyang Henan 457001, China; 2. China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074, China)

Abstract: The medium exploration wells of Yaoyingtai, Qinjiatunbawu, Qinjiatunshiwu block and surrounding Lishu fault depression and Changling fault depression of Songliao area in Jilin are important in China Petroleum & Chemical Corporation of northeast area, as well as shallow gas well of Fulongquan. Different efficiency improvement measures were respectively made according to the characteristics of each well. Through constant bit optimization, enhancing drilling parameters, adopting high power and high temperature composite screw drilling technology, designing detailed single well drilling schemes and developing efficiency potential, the best drilling record was obtained. The paper introduced the optimized and fast drilling technical schemes and the specific measures in Songliao area.

Key words: oil and gas exploration; drilling technology; optimized and fast drilling measure; thought of efficiency improvement; Songliao area

1 概述

吉林地区的腰英台、秦家屯十屋、八屋区块以及梨树断陷、长岭断陷的外围中深探井和伏龙泉浅层气井是中国石化东北油气分公司勘探开发的重点区块。松辽腰英台深层天然气储层具有埋藏深、地温高、储层致密、储层类型多样、非均质性强等特点, 钻井提速面临的主要因素是压力系统复杂、钻遇地层多、岩性变化大、地层研磨性强、可钻性级值高等; 而秦家屯地区及梨树断陷的浅井和中深探井制约钻井速度的主要难点一是地层易斜, 过去使用钟摆钻具轻压吊打的方式, 通过牺牲速度来保井身质量; 二是地层易垮塌和缩径, 造成起下钻困难; 三是下部地层可钻级别高, 研磨性强。伏龙泉构造是东北油气分公司浅层气开发的主战区, 该区块存在浅层气, 多次发生强烈井涌, 成为钻探的禁区。该区块的井具有设计周期短, 小井眼结构, 易井喷的特点。因此, 解

决制约钻井速度的“瓶颈”技术, 缩短钻井周期, 加快该地区的勘探开发步伐, 对东北油气分公司乃至整个石化集团公司的增储上产都具有十分重要的战略意义。

2 松辽地区优快技术思路

2.1 秦家屯地区浅井优快方案

2.1.1 改变钻井方式, 防斜打快

秦家屯地区地层软硬交错、倾角大, 易导致井斜, 过去一般使用塔式或钟摆钻具组合, 采取轻压吊打的方式保证井身质量, 从而严重影响了钻井进度。为此尝试全井使用螺杆驱动加转盘钻的复合钻井方式, 对于不含砾岩的井段使用高效 PDC 钻头 + 螺杆钻具的钟摆钻具组合, 达到既保证井身质量又提高钻井速度的目的。此外选择合适的井尝试使用充氮气欠平衡负压钻井方式, 试验使用液动锤、扭力冲击

收稿日期: 2011-04-17; 修回日期: 2011-07-29

作者简介: 任杭洲(1973-), 男(汉族), 山东桓台人, 中原油田钻井二公司吉林项目部副经理、工程师, 钻井工程专业, 从事钻井技术工作, 河南省濮阳市北环路40号, huojw2008@163.com。

器等新型钻井工具。

2.1.2 加强钻头选型

钻头是钻井生产的重要工具,并且是影响钻井速度的决定性因素。不同类型的钻头适应不同的地层,这就是钻头的选型问题。过去在该地区使用的钻头型号比较单一,尤其是 PDC 钻头。我们根据不同地层特性引进多种型号的 PDC 和牙轮钻头,优选出适合该地区地层的钻头序列,达到提速的目的。

秦家屯地区浅井提速钻头优选整体思路:

(1)用一只四刀翼 PDC 钻头(PDC 钻头设计以追求最高机械钻速为宗旨)配合动力钻具复合钻进,穿至登楼库中上部地层或钻穿,再用一只或两只牙轮钻头高转速大钻压完成 2100 m 进尺。

(2)优选井位尝试使用一只 PDC 钻头完成整口井 2100 m 进尺。

2.1.3 多种途径改善井眼条件

(1)工程技术方面:根据设备状况,尽可能的使用高泵压、大排量,加快钻井速度,保证井眼规则;坚持“短起下钻”清砂,直井每钻进 150~200 m 短起下一次,并且长短结合;使用小弯度螺杆(0.75°~1°)的复合钻井方式适当增加井径扩大率,同时控制井斜。

(2)钻井液工艺方面:使用优质钻井液处理剂,改善钻井液的流变性,增强钻井液的携砂性能。通过加入钾盐离子、小阳离子等两性离子抑制地层缩径并防塌。

2.1.4 优化钻进参数

地层跳钻造成频繁断钻具一直是制约钻压和转速的矛盾问题,根据本地区机械钻速对转速敏感的特点,根据目前使用的钻具情况,通过转速钻压共振公式计算,尝试使用转速 90 r/min(增加 25 r/min)、钻压 200 kN 的钻井参数钻进。钻进中途加强钻具的探伤工作,钻铤工作时间 \geq 200 h 探伤一次。

2.1.5 优化措施实施情况

秦家屯地区 9 口浅井提速试验取得重大突破,钻井周期由 30 天降至 15 天以内,个别 2000 m 以浅的井限在了 10 天以内。二开 PDC 钻头平均机械钻速达到 18.46 m/h,同比提高了 42%;牙轮钻头平均机械钻速达到 4.04 m/h,同比提高了 30.32%;各项钻井经济技术指标创该地区最高水平。

2.2 腰英台地区优快方案

2.2.1 钻井难点分析

腰英台深井设计井深 4500~5000 m,具有钻井周期长、井底温度高、压力系统复杂、钻遇地层多、岩

性变化大等特点。主要钻遇地层为第四系、第三系的泰康组、白垩系的明水组、四方台组、嫩江组、姚家组、青山口组、泉头组、登娄库组、营城组、沙河子组。深井提速方面主要影响因素有:根据实钻资料分析,该地区地层岩性复杂,富含砾石,地层可钻级值高,钻探难度高,全井平均机械钻速在 1.7~2.5 m/h,青山口及以下地层多次试验应用国产 PDC 钻头,但没有取得实质性的突破,如腰深 4 井二开进入青山口组后,先后进行了 7 次 PDC 钻头试验,机械钻速平均仅为 1.09 m/h,使用情况不理想,进尺、使用时间、机械钻速基本接近和低于牙轮钻头,火山岩地层单只牙轮钻头进尺 25~50 m,纯钻时间 15~40 h,钻速极低,深井大尺寸井眼动力钻具因高温等条件的限制,而使其应用受到极大的制约,使得复合钻进技术实施困难,机械钻速提高难度较大。同时要求钻井液首先应具备强抗温能力,腰英台地区地温梯度在 3.5~3.7 °C/100 m,井底温度一般在 150 °C 左右,钻井液高温稳定性是关键;其次是强抑制能力,满足井壁稳定的需要;第三是强抗污染能力,气田天然气组分高含 CO₂,一般都在 20% 以上,解决 CO₂ 侵等深井钻遇地层条件;同时火山岩裂缝发育,以较高角度倾斜缝为主,预探井钻遇的大部分是以垂直裂缝为主,裂缝面规则,缝宽一般 0.1~2 mm,裂缝密度平均为 10 条/m,裂缝开启度较好,基本未充填,裂缝走向杂乱,对钻井液密度极敏感,极易发生井塌(腰深 5 井最大掉块直径达到 8 mm),特别是在欠平衡钻进时尤为严重。使用常规钻井液已难以满足腰英台地区钻井工程的要求。

2.2.2 优选钻头,推广复合钻进

2.2.2.1 应用钻头优选技术

2.2.2.1.1 PDC 钻头的选择

青山口及青山口以下地层,更广泛的试用不同厂家、不同类型的国产 PDC 钻头,并调研东北地区国外 PDC 钻头的试验应用情况,优选国外 PDC 钻头序列;二开青山口及青山口以下地层 PDC 钻头设计应注重高抗冲击性和研磨性,钻头运动稳定性,较大的复合片倾角,钻头中心部抗冲击能力,小尺寸复合片,备齿保护设计等因素。目的:青山口以下地层特性极其复杂,钻头钻遇环境复杂,高抗冲击、抗研磨的钻头才能保持较长的使用寿命,维持一定的机械钻速,减少起下钻时间,从而达到提高效率的目的。

从实际使用情况看,该区块地层青山口组适合使用 HC407ZX 和 HC505ZX 等系列的 PDC 钻头,青山口以下的泉头组地层适合使用 13 或 16 mm 混合

复合片多刀翼钻头,这样才能有效切入地层和抵抗地层的复杂运动冲击。腰深5井在3142~3369 m井段使用一只HC505ZX系列的PDC钻头,探索应用了复合钻进技术,进尺227 m,机械钻速1.58 m/h,由于井下扭矩一直波动较大,出现了掉块、别钻头、开泵困难等复杂情况,被迫终止。该只钻头的使用,说明在泉头组硬质泥岩和砂砾互层的地层特性情况下,进口钻头在设计、材质方面能够承受较高转速,保持较长的使用寿命。在该区块推广复合钻进是一个方向。

2.2.2.1.2 牙轮钻头的改进

腰平11井是东北局在长深气田部署的一口水平井,设计井深4657.66 m,实际井深4668 m,设计垂深3770 m,设计井底位移1100 m,实际井底位移1099.79 m,设计水平段位移543 m,实际水平段长542.8 m,圆满地达到了设计要求。腰平11井三开所钻地层为火成岩,地层研磨性很强,对钻头的磨损相当严重。根据我们施工完成的腰平3井经验,三开使用江钻MD系列钻头效果很好,主要是MD537HX、MD617HX,但在腰平11井这两种型号的钻头使用效果很不理想,3775~4252 m井段,共使用江汉产的牙轮钻头14只,平均使用时间17.46 h,平均进尺34 m,最短的一只HJT617GL,仅用2 h,外径磨小2 mm。主要损坏部位是牙轮的“巴掌”部分,牙轮“巴掌”磨小后,导致牙轮轴承密封失效、损坏。解决办法是加强“巴掌”的保径,采用加布金刚石保径齿来延缓“巴掌”的磨损,从而延长钻头的使用时间。改进钻头的型号为MD537HDPX,已在腰平11井试用,使用井段4432~4500 m,进尺68 m,纯钻时间32 h,机械钻速2.12 m/h,比改进前纯钻时间延长10 h,使用效果良好。

2.2.2.1.3 水平井动力钻具的选择

腰平11井在水平段钻进使用5LZ-172螺杆,转速150~160 r/min,因转速过高加速了钻头“巴掌”的磨损,随后采用了功率大、转速低的5级7LZ-172的螺杆,它的转速为110~120 r/min,转速降低后可以延长钻头使用时间,每分钟少转40转,原来钻头使用20 h的话,转速降低后可以延长5~7 h。通过使用对比,平均机械钻速没有大的差别,钻头的纯钻进时间增加了18%,单只钻头的进尺增加了15 m左右。

2.2.2.2 试验应用动力钻具和复合钻进技术

(1)引进适应高转速的PDC钻头和长寿命、低压降、低转速、抗高温、大功率的螺杆动力钻具,采用

相应的工艺技术措施,通过提高转速来提高机械钻速。高转速、砂砾岩对钻头提出更高的抗研磨、抗冲击要求。

(2)根据钻头和螺杆特性及实际加压力降情况,优化钻进参数、水力参数,试验应用本地区深井、极硬地层、含砾层双驱复合钻进模式,收集各类参数和数据,为进一步推广积累经验。

(3)引进使用适合深层气井深部井段的孕镶金刚石钻头,配合螺杆或高速涡轮钻具作为泉头组、登娄库、营城组钻头的选择和应用类型。

(4)研究应用大钻杆或复合钻杆配合新型加长组合喷嘴、侧喷嘴,解决深部大井眼井段压耗高、单泵钻进不能有效清岩,破岩效率低等问题,减少沿程压耗,发挥水力能量,有效提高机械钻速。

2.2.3 优快措施实施情况

安全优质高速完成了腰深5井、梨1井、腰深9井的钻探任务。腰深5井全井安全无事故,平均机械钻速2.27 m/h,创腰英台气田深直井机械钻速最高记录,与邻井相比,提高17.6%;钻井周期175天,对比邻井节约30~46天,周期缩短率14.6%。腰深9井设计井深4770 m,实际完钻井深4465 m,钻井周期159天,平均机械钻速2.01 m/h,钻井周期创同区块同井深井最短周期记录。同比腰深7井(完钻井深4386 m)缩短周期13天,多施工进尺79 m。二开段4140 m的施工,周期106天,对比腰深4井节约周期32天,周期缩短26%。

2.3 伏龙泉浅层气井钻井技术思路

2.3.1 钻井难点分析

该区块设计周期短,钻井周期设计一般为6~8天,属于9 $\frac{1}{2}$ in + 6 in钻头两开结构井,该区块起钻时拔活塞现象极为严重,抽吸井喷风险大,该区块去年施工的两口井均发生了井喷事故;泉头组二段以下地层存在多个漏失段;上部地层钻头泥包严重等。在实际施工过程中存在4大钻井风险:

(1)小井眼钻井悬重小,起钻遇卡无有效下压力,容易卡钻;

(2)钻进中采用扶正器钟摆钻具组合,起钻时拔活塞现象严重,泥浆无法回灌,常常是起一柱或两柱就要接方钻杆正灌泥浆一次,加上井浅、环空容积小、少量的抽吸原因造成的气体侵入,也能诱发井喷;

(3)环空间隙小,下钻时泥浆被大量压入管内,到底开泵易发生堵水眼,这样起钻会造成不能及时正循环灌浆,间接引起井喷;

(4)整个井段存在多个漏失段,给井下带来无

法预计的安全风险。

2.3.2 优化施工方案

(1)重新设计 PDC 钻头。F2-30 井使用了 4 种不同的 PDC 钻头,全井机械钻速只有 8 m/h(设计机械钻速 14 m/h),钻头泥包现象频繁。所以,着重从 PDC 钻头的流道,刀翼数,复合片及切削倾角等方面做了较大的改动。

(2)针对拔活塞现象和下套管开泵困难的现象,增大了钻头尺寸,比设计钻头大 3.6 mm(设计 152.4 mm 钻头);专门加工了 $\varnothing 152 \times 300$ mm 钻柱扶正器。在防控井斜的情况下,有效减轻上述复杂情况。

(3)优化泥浆性能。钻进时采用 1.20 ~ 1.22 g/cm³,起钻加重至 1.25 g/cm³,马式漏斗粘度控制在 50 s 左右,避免井漏和井喷的发生。

(4)优化钻井参数,排量由 15 L/s 提高到 20 L/s,转盘转速由 90 r/min 提高到 110 r/min。

(5)确定了短程起下钻的井段和单根划眼措施,改善起钻井筒环境。

(6)制定全井的技术操作措施,确保井控安全。

2.3.3 优快措施实施情况

F2-30 井是我公司在伏龙泉区块施工的第一口浅层气井,完钻井深 1153 m。由于采用小井眼施工方案,极有发生井喷的风险,历时 15.5 天才完成该井的施工。虽被评为优质工程,但该井的机械钻速较低,钻井周期较长。针对第一口井的成功经验和遇到的问题,在第二口井(F2-18 井)的施工中,严格按照制定的方案施工,钻井周期、机械钻速同比第一口井有了大幅度的提高。完钻井深 1180 m,钻井周期由 15.5 天缩短为 9.5 天,缩短率 63.2%,机械钻速由 8 m/h 提高到 14.13 m/h,提高 76.62%。F2-12 井是我公司施工的第三口井,仅用 7.5 天完成设计井深 1200 m,平均机械钻速 16 m/h,钻井周

期又缩短了 2 天时间,缩短率 20.7%,平均机械钻速提高了 13.2%,全井正常施工。

3 认识和体会

(1)松辽盆地吉林地区浅井提速,应把 PDC 钻头优选和钻井参数优化技术作为重点,综合考虑各种配套技术的实施应用,如防斜、井壁稳定技术等,减少复杂时效,实现整体周期提速是主要目标。

(2)深层气井营城组火成岩以上地层,PDC 钻头基本可以突破。但各井之间,相同地层岩性却变化极大,应用效果存在较大差距。

(3)深层气井虽然应用了国内液动冲击器、国外高速涡轮配合孕镶金刚石钻头复合钻进、国外扭力冲击器等技术,但没有达到效果,新工艺实质性地提速突破面临“瓶颈”。

(4)各井段的钻头优选技术依然是区块提速的重要突破点。

(5)国产牙轮钻头的轴承和保径与国外产品存在较大差距,还不能满足该地区水平井的要求,增加了起下钻次数,延长了钻井周期。

(6)深层气井下部地层,可钻级别高、研磨性强、岩性变化快。应推广使用低转速(50 ~ 80 r/min)、大扭矩螺杆钻具。

参考文献:

- [1] 孔凡军,周英操,张书瑞,等.松辽盆地北部深层天然气勘探钻井技术[J].中国石油勘探,2004,(4).
- [2] 潘起峰,高德利,孙书贞,等.PDC 钻头选型新方法[J].石油学报,2005,(3).
- [3] 李文明,陈绍云,刘永贵.优快钻井配套技术在希 50-54 井应用实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(6).
- [4] 季细星,苏义脑.新型钻直井的钻具组合及油田试验结果分析[J].石油钻采工艺,1996,(1).
- [5] 贾国庆,刘炳运.钻井技术水平再上新台阶[N].中国石化报,2008-02-19.

我国自主研发成功深水随钻取样器可钻取 3000 m 水深海底样品

国土资源网消息(2011-10-17) 近日,北京探矿工程研究所金刚石钻头技术研发中心成功研制出深水随钻取样器,即将在动力定位钻探船上用于 3000m 水深的海底取样。这是我国首次研制具有独立知识产权的深海取样钻具。

据了解,《深水随钻取样器设计和制造技术研究》为国家重大专项《大型油气田及煤层气开发》的子课题。深水随钻取样器针对海洋环境以及深水工程勘察船体作业的特殊性专门研制,包括压入活塞式取样器、超前伸缩式取样器、射流式揽簧取心器,能够满足在 3000 m 水深、蒲福 7 级风、有效波高 3 m 和海流为 2.5 节的条件下实施取样作业的要求。

为保证取样时效和成果,项目组对取样技术进行了多项创新性研究。为节约采样时间,项目组利用绳索取心技术和钻具模块化设计,实现了在地层发生变化时不提钻杆即可更换相应内筒取样器;为减轻船体晃动和升沉作用对取样工作的影响,采用压入活塞式取样器,快速压入软土层,采样仅需 1-2s;针对软硬交互地层,采用超前伸缩式取样器,通过钻具离合动作,带动内管旋转或压入,实现软土层的压入和硬地层的回转取心;对于破碎硬地层,则采用射流式揽簧取心器,利用高速射流的管壁附壁效应产生一定的负压,将破碎岩心向上托浮,同时采用揽簧技术提高回收率。