

大庆深层涡轮钻井匹配钻头相关技术研究与应用

孙妍, 冯殿勇, 刘永贵, 陈绍云

(中石油大庆钻探工程公司, 黑龙江 大庆 163413)

摘要:为提高大庆深层致密砂砾岩气藏勘探效益,缩短钻井周期,降低钻井投资,开展了深层涡轮钻井提速技术研究。首先,依据涡轮钻井技术的工作原理,进行优选匹配钻头等相关技术的研究,通过先导性试验,确定了匹配钻头;其次,综合考虑现场施工条件,开展钻具组合等配套技术的研究。最终形成了大庆深层涡轮钻井的提速技术,并在达深15井成功实施,创造了庆深气田提速新纪录,为深层天然气藏的勘探开发提供了新的技术手段。

关键词:涡轮钻具;钻头优选;提速技术;达深15井

中图分类号:TE242 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2014)12-0020-04

Research on the Matching Bit Technology for Deep Well Turbodrilling in Daqing and the Application/SUN Yan, FENG Dian-yong, LIU Yong-gui, CHEN Shao-yun (Daqing Drilling Engineering Technology Research Institute, Daqing Heilongjiang 163413, China)

Abstract: In order to improve the exploration benefit of deep compacted sandstone gas reservoir, shorten the drilling cycle and lower the drilling investment in Daqing, the research has been carried out on drilling speed increase for turbodrilling technology. Firstly, based on the working principle of turbodrilling, the matching bit optimization is studied, the matching bit is determined by the pilot test; then considering the site construction conditions, the matching technologies of BHA is studied to form the improved drilling technology for deep well turbodrilling in Daqing, this technology has been proved successful in Dashen well 15, and a new record of ROP in Qingshen gas field generated, which provided new technical means for the drilling and exploration of deep natural gas reservoir.

Key words: turbodrill; bit optimization; improved ROP technology; Dashen well 15

0 引言

大庆油田通过对钻头优选和气体钻井等提速技术的研究与应用,使深层钻井提速取得了一定的效果。PDC钻头的适用范围扩展至登四段,气体钻井综合提速5倍以上。但仍然存在常规牙轮钻头单只进尺少、螺杆钻具寿命短、气体钻井使用层位受出水限制等一系列问题。近年来,国外采用先进的涡轮钻具与高速牙轮钻头、PDC钻头、天然金刚石钻头及配套钻井技术,提高了机械钻速,缩短了建井周期,降低了钻井成本。目前国外采用涡轮钻具钻井,一般能节约钻时40%~50%,节约钻井成本约1/3。国内在新疆、中原、四川等地开展涡轮钻具配合牙轮、PDC钻头提速试验,机械钻速得到了一定的提高,但普遍存在着匹配钻头性能无法满足涡轮钻具需求,提速优势未能充分发挥等缺点^[1-4]。因此,通过螺杆与涡轮钻具性能对比分析,开展涡轮钻具配合高效钻头的技术攻关与现场试验,将有助于大庆深层提速再上新台阶。

1 匹配钻头优选

由国内外涡轮钻具试验情况可知,与涡轮钻具相匹配的钻头主要有牙轮钻头、PDC钻头、孕镶金刚石钻头3种。而牙轮钻头与PDC钻头主要与低速涡轮钻具相匹配,转速通常为300~500 r/min。孕镶金刚石钻头主要与高速涡轮钻具相匹配,转速通常为800~1200 r/min^[3]。因此为了充分验证涡轮钻井的提速效果,实现提速提效目标,大庆油田首先在徐深41井、方13井开展了先导性试验,取得了宝贵的现场经验。

1.1 徐深41井涡轮钻井试验

2009年8月,在徐深41井试验了 $\varnothing 215.9$ mm S281孕镶金刚石钻头+ $\varnothing 177.8$ mm俄罗斯2TC III-178T涡轮钻具。试验层位于营城组,井段4414.11~4424.50 m,累计进尺10.39 m;钻进参数:钻压80~110 kN,转盘转速15~20 r/min,排量28~32 L/s,泵压17~18.5 MPa,扭矩7.6~9.2 kN·m;纯钻9.98 h,机械钻速1.04 m/h,涡轮钻具使用21.98 h,井下工作温度170℃左右。

收稿日期:2014-04-03;修回日期:2014-08-05

作者简介:孙妍(1987-),女(汉族),黑龙江佳木斯人,中石油大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院助理工程师,钻井工程专业,从事钻井工程的设计工作,黑龙江省大庆市八百垅钻井工程技术研究院,sunyan@cnpc.com.cn。

徐深41井是大庆油田第一口涡轮钻进试验井,由于该孕镶金刚石钻头金刚石颗粒抗研磨和耐高温能力无法满足涡轮钻进需求,保径材料在高转速条件下存在前期破坏的问题,未能达到预期提速试验目的。

1.2 方13井涡轮钻井试验

2010年在方13井试验了由北京佐邦公司从俄罗斯引进的涡轮钻具配合SMD537X(牙轮)、M1665SR(PDC)钻头提速现场试验,试验情况见表1。

表1 方13井涡轮钻井试验基本情况

序号	井段/m	进尺/m	纯钻时间/h	机械钻速/(m·h ⁻¹)	层位	钻头		
						尺寸/mm	类型	喷嘴/mm
1	2330.00~2456.85	126.85	24.40	5.19	宝一段	215.9	SMD537X	18+18+15.5
2	2456.85~2662.22	205.37	40.00	5.13			SMD537X	18+18+15.5
3	2662.22~2782.93	120.71	24.05	5.02			SMD537X	18+18+18
4	2782.93~2870.12	87.19	20.96	4.16			M1665SR	11×6
合计		540.12	109.41	4.94				

从涡轮钻具使用上看,钻进中安全稳定、寿命长、承受钻压大,在适合层位利用其高转速可以达到一定的提速目的,但高转速涡轮驱动牙轮造成牙轮寿命下降,起出的第二只SMD537X钻头两轮烧死,并造成1号轮自壳体断裂。试验表明,SMD537X钻头还是不能适应涡轮的高转速,虽钻速有所提高,但单只钻头进尺较少,行程钻速并不高,综合提速效果不明显。

1.3 达深15井涡轮试验

针对徐深41井及方13井试验情况,结合大庆油田钻井实际,重点从钻头金刚石颗粒和保径材质出发,通过深层岩石力学试验,得出大庆深部地层岩石岩性变化大,泉头组至基底岩性分别为粉砂-砂岩与泥岩互层、含砾砂泥岩、火成岩、变质岩,地质沉积时期主要经历拗陷期、裂陷期两个地质构造时期,抗压强度由13.79 MPa变化至317.17 MPa,因此重点解决单只钻头钻进多套层位,钻头金刚石材质的、布齿,以及保径材料等要满足岩性变化的需求等一系列问题,并开展了如下技术研究。

1.3.1 金刚石颗粒优选试验

为了达到试验要求,对国内外现有金刚石材质的开展了抗研磨、热稳定、抗冲击室内评价实验。从金刚石颗粒的形状、大小、分选进行优选,针对不同的地层和实际情况选择不同的金刚石颗粒。

立方体金刚石颗粒抗研磨性强,抗冲击性中等。圆形金刚石颗粒抗冲击性强,抗研磨性中等。不规则多棱金刚石颗粒具有抗冲击性和抗研磨性的双重功效。新型高强度GHI孕镶齿采用独特的晶体布置方式,确保金刚石颗粒比常规的分布更均匀。这种更坚实的GHI齿寿命更长,更长时间保持自身形状,从而长时间的保持高钻速钻进。这种特殊的GHI齿与砂轮相似,钻头每转动一圈只切入非常小的深度。钻进过程中通过粘和材料磨掉后新的金刚

石又暴露出来,形成了不断自锐的过程。史密斯公司根据用户要求生产的GHI齿利用不同的粘和材料和金刚石来匹配所钻的地层和使用的动力工具。因为GHI齿允许更大的面部排泄容积,新的动力金刚石孕镶钻头在各种地层中都能钻得更快,这样也扩大了这些钻头的适用范围。

通过室内实验发现,GHI齿在抗研磨性、热稳定性、抗冲击性等方面均优于常规金刚石颗粒,因此金刚石材质的选用GHI材料(图1),这样可以使钻头具有更强的耐磨性,切削齿可以保持更长时间的锋利,可以增加进尺,提高钻井速度。

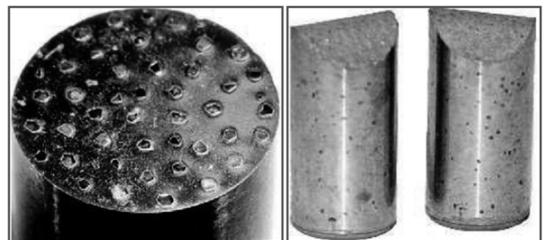


图1 孕镶金刚石钻头GHI柱状齿

1.3.2 特殊保径技术

同时运用PX特色技术在保径块上放置热稳定金刚石(TSP)嵌入片(见图2),最大限度地进行保径,保持井眼尺寸,延长钻头的寿命,同时,增加进尺,减少起钻次数。

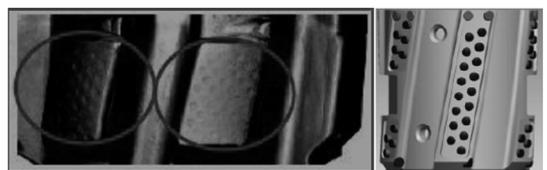


图2 嵌入热稳定金刚石复合片保径

增加了涡轮套筒的使用,从而降低钻具振动和避免螺旋井眼出现。

1.3.3 钻头型号的优选

根据上述优选实验,结合国内外生产厂家钻头应用情况,确定了以 K705STBPXXC 为主要钻头, K507STBPXXC 为备用的钻头使用方案,主要考虑因素有以下 2 点:(1)K705 比 K507“攻击”性强,“吃入”地层更容易,机械钻速更容易得到保障;(2)达深 15 井埋深相对较浅,岩石硬度在 206.85 MPa,因此选用 K705 钻头。

2 钻具组合、钻井参数优选及相关设备配套

2.1 钻具组合、钻井参数优选

涡轮钻具的性能、寿命,合理的钻头选型以及与地层的耦合作用是影响复合钻进技术经济效益的重要因素。涡轮复合钻井过程受力复杂,不仅存在纵向振动、横向振动,还存在扭转振动,这 3 种振动相互耦合。考虑到现场施工条件,确定了如下 3 条钻具优选原则。

(1) 涡轮钻具压耗大,大尺寸钻具的使用将进一步提升泵的负荷,从而增加现场施工难度,因此钻具组合中采用 $\varnothing 159$ mm 钻铤;

(2) 考虑到地层硬度大、对涡轮输出功率要求高的问题,采用了双级 ZTSSH-178T 涡轮 + PDC 支撑节(较常规支撑节寿命提高 1 倍)的组合方式;

(3) 涡轮钻具总长约 26 m,无法采用满眼钻具组合,钟摆钻具在原井斜超过 3° ,转速为 900 r/min,钻压加至 70 kN 时,呈现出微增斜作用,因此采用光钻铤钻具组合。

根据上述原则,优选出了适合大庆深层地质特点的钻具组合及钻井参数(以达深 16 号井为例;井段 2879.40~3607.52 m,排量 30~32 L/s,泵压 19~25 MPa,钻压 30~80 kN,转盘转速 20~25 r/min,粘度 50~70 s,密度 1.10~1.15 g/cm³,层位泉头组~营城组,岩性为泥岩、砂岩、火山角砾岩、熔岩和砂砾岩)。

钻具组合: $\varnothing 215.9$ mm K705STBPXXC 钻头 \times 0.5 m + $\varnothing 178$ mm SUB(431/431) + $\varnothing 178$ mm 支撑节 $\times 2.33$ m + $\varnothing 178$ mm 涡轮钻具 $\times 7.58$ m + $\varnothing 178$ mm 涡轮钻具 $\times 7.58$ m + $\varnothing 178$ mm SUB(521/410) + $\varnothing 159$ mm DC $\times 108$ m + $\varnothing 159$ mm 投入式止回阀 + $\varnothing 127$ mm HWDP $\times 135$ m + $\varnothing 127$ mm DP。

2.2 相关设备配套及技术措施

(1) 由于涡轮钻具要求排量 ≤ 28 L/s,且本身压降可达到 4~6 MPa,应用于 3500~4500 m 井深时泵压可达到 20~28 MPa,因此需对井队循环系统进行升级配套,从而满足高排量高压条件下钻井需求;

(2) 涡轮钻具对泥浆性能要求较高,因此必须

保证三级固控设备使用效率,以提高工具寿命;

(3) 坚持应用钻杆过滤器,保证无杂物进入涡轮钻具内部,以提高工具可靠性;

(4) 由于涡轮钻具的转速高、冲击力强,因此钻头的前期造形和磨合至关重要。先用 10~30 kN 低钻压钻进 0.5 m 形成与钻头底面吻合的井底,然后增大排量、正常钻压钻进,以提高钻头寿命。

3 现场试验情况

2011 年 5 月,在达深 15 井登三段至沙河子组地层,采用 $\varnothing 215.9$ mm K705 孕镶金刚石钻头 + $\varnothing 178$ mm 俄罗斯高速涡轮塔式钻具组合进行了现场应用,具体试验情况见表 2、表 3。

表 2 达深 15 井涡轮钻具试验情况

钻次	井段/m	进尺 /m	纯钻 时/h	机械钻速 /(m·h ⁻¹)	试验 层位
第一趟	2879.40~2881.13	1.73	5.11	0.34	登三段
第二趟	2881.13~3004.96	123.83	81.00	1.53	登三段
第三趟	3004.96~3607.52	602.56	255.34	2.36	登三段~ 沙河子组
总计	2879.40~3607.52	728.12	341.45	2.13	登三段~ 沙河子组

表 3 达深 15 井涡轮钻具试验施工参数

钻头参数		钻井参数	
厂家	美国史密斯公司	排量/(L·s ⁻¹)	28~32
直径	215.9 mm	泵压/MPa	16~18
型号	K705STBPXXC	钻压/kN	40~80
水眼	17 mm \times 6	转盘转速/(r·min ⁻¹)	15~20
适应转速	600~1000r/min	钻井液粘度/s	50~70
		钻井液密度/(g·cm ⁻³)	1.05~1.15

4 取得的效果

涡轮钻具配合孕镶金刚石钻头的钻井工艺在达深 15 井的试验与该区块邻井相比,提速效果明显。

4.1 机械钻速提高

统计该区块 10 口邻井(表 4),登三段~营城组平均机械钻速为 1.6 m/h,而本井该段平均机械钻速为 2.13 m/h,平均机械钻速提高了 33%。其中,本井登娄库组和营城组平均钻速分别为 2.01 和 2.27 m/h,该区邻井登娄库组和营城组平均机械钻速分别为 1.54 和 1.87 m/h,机械钻速分别提高了 31% 和 21%。

表 4 达深 15 井涡轮钻井试验基本情况

层位	平均钻速/(m·h ⁻¹)		钻速提高 /%
	达深 15 井	本区邻井(10 口)	
登娄库组	2.01	1.54	31
营城组	2.27	1.87	21
总平均	2.13	1.60	32

4.2 钻进周期缩短

试验井段 2879.40 ~ 3607.52 m, 累计进尺 728.12 m, 耗时 19.56 d。如果用常规牙轮钻进不配合涡轮钻井技术在登娄库组及营城组需要约 6 只牙轮钻头, 进尺时间约为 18.96 d, 每趟起下钻换钻头需要用时约 24 h, 约 6 d, 共计约 25 d。因此, 用涡轮钻井匹配钻头技术比常规钻井方式节省约 5.44 d 时间。如果扣除涡轮试验中由于钻具刺漏而多起的一趟钻 1 d, 则可以节省约 6.44 d。

4.3 钻头寿命长

涡轮钻具配合孕镶金刚石钻头在大庆深层登三段~营城组~沙河子地层钻进, 实现了单只钻头进尺 728.12 m 的新纪录。

5 结论

(1) 首次应用涡轮钻具配合孕镶金刚石钻头在

大庆深层登三段~营城组~沙河子地层进行涡轮钻井试验, 实现了单只钻头进尺 728.12 m, 初步形成了一套大庆深层涡轮钻井提速技术。

(2) 该项提速技术同比邻井平均机械钻速提高 32%, 相同井段同比节约钻进时间 6.44 d, 达到了提速的目的。

参考文献:

- [1] 冯定. 涡轮钻具复合钻进技术[J]. 石油钻采工艺, 2007, 29(3): 19-21.
- [2] 常领. TM-175 新型涡轮钻具在大北 19-17 井的试验与应用[J]. 西部探矿工程, 2007(5): 42-45.
- [3] 成海, 郑卫建, 夏彬, 等. 国内外涡轮钻具钻井技术及其发展趋势[J]. 石油矿场机械, 2008, 37(4): 28-31.
- [4] 李文飞, 周延军, 陈明, 等. 涡轮钻具复合钻井技术及其在塔河油田的应用[J]. 西部探矿工程, 2010(5): 41-44.
- [5] 张建龙, 李元闯, 胡雪梅, 等. 图深 1 井涡轮钻井技术应用分析[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(9): 20-22.

第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会第一号通知

由中国地质学会探矿工程专业委员会主办, 中矿资源勘探股份有限公司、北京中资环钻探有限公司承办的“第十八届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会”, 将于 2015 年 8 月在黑龙江省哈尔滨市举行。会议的主题: 支撑找矿突破、推进科技进步, 以支撑服务找矿突破战略行动为核心, 充分依靠科技创新对找矿突破的引领和支撑作用, 推广应用一批新型技术装备和方法技术, 研发创新深部找矿、复杂地层找矿及科学钻探的新理论、新技术、新方法和新仪器设备, 提高我国地质调查和资源发现能力。

会议议题

- 1、深部岩心钻探技术、设备
- 2、页岩气勘探与开发技术、设备
- 3、煤层气勘探与开采技术、设备
- 4、钻探新设备、新仪器、新材料
- 5、科学钻探技术
- 6、工程勘察与基础工程施工技术
- 7、地质灾害防治与地质环境治理技术
- 8、地下水及地热资源勘探与开采技术
- 9、工程管理与安全生产

会议时间及地点: 2015 年 8 月中下旬, 黑龙江省哈尔滨市

会议主办单位: 中国地质学会探矿工程专业委员会

会议承办单位: 中矿资源勘探股份有限公司; 北京中资环钻探有限公司

顾问委员会

主任: 李世忠

副主任: 赵国隆

委员: (以姓氏笔划为序)

左汝强 李砚藻 邢新田 汤凤林 张阿根 殷 琨 陈星庆
赵国隆 鄢泰宁 彭振斌

学术委员会:

主任: 高德利

副主任: 张金昌 何远信 孙友宏 蒋国盛

委员: (以姓氏笔划为序)

王 达 王振福 王 伟 王 平 石智军 孙友宏 孙 健
冉恒谦 刘晓阳 齐如明 李粤南 何远信 张富兰 张 伟
张 敏 张金昌 张梅芳 张阳明 杨晓奇 陈礼仪 侯凤辰

郭公民 高德利 夏柏如 隋旺华 蒋国盛 燕建龙 赵杰伟 姜德英

组织委员会:

主任: 王 达

副主任: 叶建良 王平卫 刘跳民

委员: (以姓氏笔划为序)

习 辉 王学龙 王平卫 叶建良 兰晓林 田 潮 甘行平
李生红 李 江 李明祥 李道鹏 白聚波 刘跃进 刘国平
刘宝林 刘 庆 刘跳民 宋 军 陈昌富 余立新 杨建林
朱恒银 郑黎明 段建宝 胡时友 黄 震 贾中芳 张佳文
张宝河 张玉池 秦训松 徐宝东

秘书长: 张林霞

会议组织形式

1. 会议交流: 研讨会设主会场主题报告、分会场专题报告、专题报告与讨论、产品展示、产品图片展示。

大会特邀学术报告: 由大会学术委员会提名并邀请, 每人报告 30 分钟。

大会专题学术报告与讨论: 每人 20 分钟。

分组学术报告与讨论: 每人 15 分钟。

2. 现场参观: 组织到松辽盆地松科二井施工现场参观学习。

会议论文征集

论文题目可根据大会主题和议题自由选定。会议论文应是未经发表过的最新成果。学术委员会将组织专家对所提交的论文进行审查, 通过审查的论文将以论文集形式正式出版。论文篇幅应控制在 5000 字以内, 以电子文档(Word 格式)提交至大会秘书处。

论文全文截止时间: 2015 年 3 月 30 日

论文请按时通过电子邮件同时提交到“zlx2096827@126.com”, 并通过电话或短信通知联系人, 以便确认是否传送给成功。

会议联系人

会议秘书处: 中国地质学会探矿工程专业委员会秘书处

联系人: 张林霞(邮箱: zlx2096827@126.com)

电 话: 0316-2096827(传真) 13932678655

地 址: 河北省廊坊市金光道 77 号探工学会(邮编: 065000)

会议通知及回执请到: www.cniet.com 网站下载。