

# 钻井技术

## 论文集

ZUANJIJISHU  
LUNWENJI

——中国石化石油工程西南公司湖南钻井分公司  
深井钻井10周年论文汇编  
鲁小辉◎主编

石油工业出版社

# 钻井技术论文集

——中国石化石油工程西南公司湖南钻井分公司  
深井钻井 10 周年论文汇编

鲁小辉 主编

石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书主要概括了中国石化石油工程西南公司湖南钻井分公司（原中南四普）在塔河油田钻井 10 年来的技术成果，包含了在钻井技术、钻井液、钻井设备以及安全生产方面取得的进步。对钻井过程遇到的一些问题，作了详细分析，提出解决措施。

本书适合从事钻井及相关工作的管理人员、技术人员和相关科研院校人员参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

钻井技术论文集：中国石化石油工程西南公司湖南钻井分公司深井钻井 10 周年论文汇编/鲁小辉主编. —北京：石油工业出版社，2009. 3

ISBN 978 - 7 - 5021 - 7022 - 6

- I. 钻…
- II. 鲁…
- III. 油气钻井 - 技术 - 文集
- IV. TE 242 - 53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 023806 号

---

出版发行：石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址：www. petropub. com. cn

发行部：(010) 64523620

经 销：全国新华书店

印 刷：中国石油报社印刷厂

---

2009 年 3 月第 1 版 2009 年 3 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本：1/16 印张：15.5

字数：394 千字 印数：1—1000 册

---

定价：60.00 元

(如出现印装质量问题，我社发行部负责调换)

版权所有，翻印必究

《钻井技术论文集——中国石化石油工程西南公司  
湖南钻井分公司深井钻井 10 周年论文汇编》

编 委 会

主 任：鲁小辉

副主任：刘 建 王利中 杨先国 王凤春

委 员（按姓氏笔画排序）：

丁 红 文红阳 朱 江 许家国

杜晓群 张立群 张 瑜 张生召

何畅言 熊 宇 潘茂华 戴志军

主 编：鲁小辉

副主编：杨先国 王凤春

总审核：杨先国 张立群

## 序

塔河油田是中国石油化工股份有限公司所属第二大油田，也是中国石化增储上产的主要油田，目前年产量已达到  $650 \times 10^4 \text{t}$ 。塔河油田储层埋藏深，地质情况复杂，给勘探和开发带来了许多技术难题，但同时也为深井钻井技术的发展积累了丰富的经验。

中国石化石油工程西南公司湖南钻井分公司（原中南石油局第四普查勘探大队）作为塔河油田一支重要的钻井施工队伍，在塔河油田已施工了 10 年，付出了艰辛的努力，克服了许多困难，解决了许多技术难题，取得了丰硕的成果，为塔河油田增储上产做出了巨大的贡献。本论文集的出版就是一个见证。

本论文集汇集了湖南钻井分公司广大技术人员的辛勤劳动，体现了他们实践、反思、再实践到再反思的思维过程，展现了湖南钻井技术人员的自信和睿智、坚韧和自强，反映了湖南钻井技术人员对钻井事业的热爱和追求。

本论文集总结了钻井及相关技术的现场施工经验和新技术、新工艺、新材料的应用研究。优快钻井技术和复合钻进技术在塔河油田的成功应用，大大加快了钻井速度，提高了井眼质量，缩短了钻井周期；颗粒分布分析从微观上分析了固相对钻井液性能的影响，为钻井液性能调整提供了量化处理的依据。这些新技术、新工艺对钻井施工尤其是对塔河油田钻井施工具有很好的借鉴作用。湖南钻井分公司在广大技术人员的共同努力下，一定会获得更大的科技进步，为塔河油田增储上产再立新功。



2008 年 12 月

# 前 言

历时十年，昔日的新星公司中南石油局第四普查勘探大队变成了现在的中国石化石油工程西南公司湖南钻井分公司，由于单位名称更迭，书中名称使用当时名称，存在不一致的地方，希望大家谅解。

湖南钻井分公司从 1997 年进疆到现在经历了风风雨雨，实现了从无到有，从小到大的发展壮大，钻井技术也得到了质的飞跃。自从 2003 年完成了优快钻井项目后，单井钻井周期缩短一半，创造了多项纪录。2003 年施工的 TK211 井，只用了 48 天完钻，创造了集团公司同类井最快纪录，接着施工的 TK650 井，打破了 TK211 井的纪录，再次创造了新的纪录。2007 年采用复合钻进技术后，机械钻速进一步提高，钻井周期得到了进一步的缩短。同时在多年的施工过程实现多次第一，在塔河油田施工了第一口锻铣 5in 无接箍套管，施工了塔河油田第一口双台阶水平井等。钻井液技术也得到了质的飞跃，使用了不同的钻井液体系，首先在塔河油田利用颗粒分析来研究钻井液性能的变化及颗粒对钻井液性能的影响，首先在塔河油田使用阳离子乳液聚合物钻井液，并获得成功。这些成绩的取得得益于公司领导的英明指导和广大员工的辛勤努力。

酝酿已久的论文集终于能够与石油界的领导、前辈、同事、朋友们见面了，心中既欣喜又忐忑。在几代领导的关心支持和指导下，湖南钻井分公司的年青一代工程技术人员终于能够独立担纲各工区现场钻井工程技术等各方面的工作，而且还取得了比较可观的成绩！在此之际，向原中南四普、原中南石油局、原中南分公司、现在的西南石油局、西南分公司和西南工程公司的新老领导表示衷心感谢。这里还要特别感谢湖南钻井分公司的总工程师、钻井高级工程师安本清，从 1997 年新毕业生分配到单位开始，安总就引导工程技术人员积极编写生产技术总结报告和生产总结论文，在这样的总体思想指导下，今天的湖南钻井分公司把生产总结提高到了很高的认识水平，最终每年形成一批有较高认识水平和理论深度的应用与研究论文，这将会成为湖南钻井分公司成长和发展的源泉。最后对湖南钻井分公司的领导同事，尤其是在一线从事生产技术和管理工作生产骨干表示深切的感谢，有了大家在一线精心组织生产，精细收集所有生产技术资料，最终才能形成这本技术文集。由于作者水平有限，书中疏漏及不妥之处在所难免，还望读者不吝赐教。最后感谢石油工业出版社的各位领导同行，论文集的出版各位费心费力，湖南钻井分公司全体员工对此深表感谢！

编 者

2008 年 8 月 12 日

# 目 录

塔河油田复合钻进技术应用效果分析与评价 .....	杨先国	丁 红	谭 晔	钟金华 ( 1 )
塔河油田 5in 无接箍套管磨铣过程分析 .....	赵庆新	杨先国	张志军	( 22 )
塔河油田快速蠕变盐层扩孔技术探讨 .....	张 俊	王凤春	刘文辉	( 36 )
套铣打捞一体化施工在套管内卡钻事故处理中的应用 .....	朱 江	鲁小辉	彭志斌	谢和军 ( 43 )
涉外钻井管理 .....	王利中	潘茂华	文红阳	( 50 )
钻具组合在井斜控制中的应用分析 .....	潘茂华	朱 江	刘文辉	( 54 )
提高松滋油田谢凤桥区块机械钻速的探讨 .....	张 瑜	肖方强	杨继毅	赵修林 ( 59 )
TK253X 井与 TP7—1X 井降斜对比分析 .....	贾永超	许家国	杨先国	肖 臣 ( 65 )
PDC 钻头选型量化分析在 TP7—1X 井二叠系以下地层的应用 .....	刘 建	杨先国	叶道平	( 72 )
防碰扫描计算在现场中的应用 .....	刁富剑	杨先国	陈 文	刘德泉 ( 82 )
高浓度硫化氢定容性油气藏压井工艺 .....	张 扬	杜晓群	杨先国	潘清平 ( 87 )
浅谈川西地区深井钻井提速工艺 .....	戴志军	何畅言	赵修林	张湘华 ( 94 )
塔河油田简化井身结构盐下井施工 .....	朱 江	李昌寨	张 俊	王琪林 ( 101 )
塔河油田 AD 区块和 12 区块施工浅谈 .....	张生召	张 建	肖玉琰	杨建平 ( 106 )
塔河油田 T750C 井磨铣套管技术 .....	文红阳	屈 凯	金照华	南小方 ( 119 )
大斜度井段钻具遇阻卡原因分析与处理方案 .....	杨先国	彭晋军	毛卫平	( 123 )
定向准备工作对定向井施工效率的影响 .....	李 强	罗 宋	杨先国	曹 彪 ( 131 )
颗粒分析与钻井液性能的关系 .....	杜晓群	刘 建	王凤春	杨先国 ( 138 )
聚合物钻井液体系优选与现场应用 .....	刘江红	伏松柏	宋志明	( 142 )
从都护 1 井套管卡钻事故谈高密度钻井液的后期维护 .....	张立群	伏松柏	王凤春	梁 敏 ( 152 )
AD8CH 井磨铣套管钻井液及磨铣后钻井液转型技术 .....	宋志明	周继岭	王凤春	丁志平 ( 158 )
塔河油田盐下井承压堵漏工艺可行性分析 .....	邹柒庚	李 立	韩向辉	( 164 )
浅谈塔河油田水平井钻井液技术难点及对策 .....	雷云海	丁 红	张志军	( 171 )
起下钻井眼不畅原因分析与处理对策探讨 .....	王凤春	张 瑜	雷云海	( 178 )
浅谈碱度对钻井液性能的影响 .....	鲁小辉	许家国	王凤春	( 182 )
防 PDC 钻头泥包的认识 .....	王凤春	刘江红	周壮竹	( 186 )
欠饱和盐水钻井液体系转型技术与风险分析 .....	李 强	王凤春	齐湘波	( 190 )
塔河油田 S112—3 井承压堵漏技术 .....	伏松柏	王金达	王凤春	韩向辉 ( 194 )

塔河油田 T750C 井钻井液施工工艺 .....	周继岭	彭 军	张 扬	(198)
塔河油田艾丁区块钻井液施工浅谈 .....	李 立	王凤春	肖玉珖	王金达 (204)
塔河油田奥陶系水平井钻井液技术工艺探讨 .....	成增寿	沈伟宏	潘茂华	(208)
塔河油田盐下井钻井液技术探讨 .....	张立群	李 立	成增寿	王凤春 (212)
大古 1 井二开钻井液技术 .....	王金达	肖 军	鲍春田	(217)
钻井现场燃油耗损分析 .....	余 亮	熊 宇	肖 军	唐怀胜 (228)
ZJ70L 钻机带式刹车系统改造 .....	鲍春田	熊 宇	张峰青	何 健 (233)
气动鼠洞钳设计 .....	肖 军	陈瑞雪	张茂盛	张业贵 (236)



# 塔河油田复合钻进技术应用效果分析与评价

杨先国 丁红 谭晔 钟金华

**摘 要** 复合钻进技术是目前国际国内石油钻井行业应用非常成熟的一项石油钻井新技术,此技术极大提高了部分钻进井段的机械钻速。但该技术应用对螺杆、钻头等多方面要求较高,这里我们通过分析工区六口井使用复合钻进技术的过程,对比邻井机械钻速与综合经济成本状况,最终对该项新技术在工区的使用推广进行综合评价。

**关键词** 复合钻进 螺杆 PDC

## 一、复合钻进在工区的发展过程

中南四普新疆工区(以下简称新疆工区)在2003年推行了优快钻井项目后,工区的整体钻井技术、钻井液技术和管理水平得到了很大的提高。但随着项目运行成熟以后,尤其是在工区所属的西北分公司对钻井工程提出了更加严格的要求以后,我们又重新面临新的挑战。就工区来看,2003年开始,塔河油田所属的西北分公司开始实行高精度靶区的油井开发,以往5000m左右井深段长井斜要求 $15^{\circ}$ 左右的现在要求控制不得超过 $3^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。这样最直接的后果就是在很大部分井段均要求使用低钻压低转速钻进,以确保井斜得到有效控制。另一方面,工区开发力度不断加强,塔河主力中心区的钻井施工任务不断减少,我们不断走向塔河边缘构造进行钻井工程施工。新的钻井区块给我们带来了机遇的同时也带来了挑战,我们只有通过不断推广使用新的技术成果,才能最终保持我们良好的施工业绩。就新疆工区内部来看,新疆工区在推广了优快钻井技术项目后现场技术和管理水平得到了很大的提高,主要是在PDC钻头的现场使用、优质钻井液技术、钻井现场管理等方面取得了长足的进步。与此同时,工区也在与外部单位,主要是与中石化其他各大油田钻井单位的学习与交流中感觉到区别与差异。新疆工区需要不断加大对新技术新成果的应用推广力度,以争取与在塔河施工的兄弟单位看齐。

综合上述原因,工区指挥所在经过全面的技术与市场应用调研后,把工区技术推广应用的方向锁定在了复合钻进技术上。因为要想在塔河及周边构造上部地层取得更高的机械钻速,必须解决常规钻井技术方案的防斜与打快的矛盾,也就是要在不增加钻压的前提下提高切削效率,解决方向倾向于提高钻头的旋转速度(虽然能够通过调整钻具组合的方式适当提高钻压以提高机械钻速,但一方面钻压增长非常有限,另一方面不同的钻具组合有不同的风险,尤其是在目前机械钻速已相对非常高的前提下通过调整钻具组合的方式提高机械钻速的能力非常有限)。在下部井段我们面临着机械钻速进一步提高的问题,由于工区目前已经成功地在 $6\frac{1}{2}\sim 12\frac{1}{2}$ in井径范围内推广了PDC钻头,提高了机械钻速的同时也极大地提高了钻头的井下连续钻进时间,这为螺杆在井下连续使用创造了条件。

鉴于上述内外部环境及我们所具备的相关条件,最终经工区分析认为有必要也有条件进行复合钻进技术应用推广,为了确保推广效果,工区决定对其进行立项分析,主要解决如下几方面的问题:

- (1) 复合钻进技术在塔河及周边不同构造的不同井段的使用, 包括钻头选型、钻具组合、井身质量控制方法、生产计划制订与过程实施。
- (2) 复合钻进技术推广所需要的钻井液技术性能指标范围。
- (3) 相同构造相同井段针对复合钻进与常规钻进状况下的机械钻速、经济综合指标对比。
- (4) 复合钻进技术在塔河及周边构造不同地层段的适应性分析, 适应与不适层段使用的综合经济状况对比。

2006 年新疆工区全面开展推广 2005 年试运用复合钻进技术, 在实钻过程中也取得了较好的综合经济效益。这里将本着求真务实的态度对其在工区的应用过程与成果进行全面真实的分析, 以利于该应用成果在其他工区进行应用推广。

## 二、复合钻井技术被较好地应用于套管变形井中

沙 106—2 井是由中南四普 70859ZN 井队施工的一口五级结构盐下井, 该井在下入 9 $\frac{1}{2}$ in+10 $\frac{3}{4}$ in 复合盐层套管时由于多方面原因造成盐上套管变形, 钻具在扫水泥塞和附件时有明显遇阻卡现象。如图 1 为钻具在套管内壁摩擦的痕迹显示。

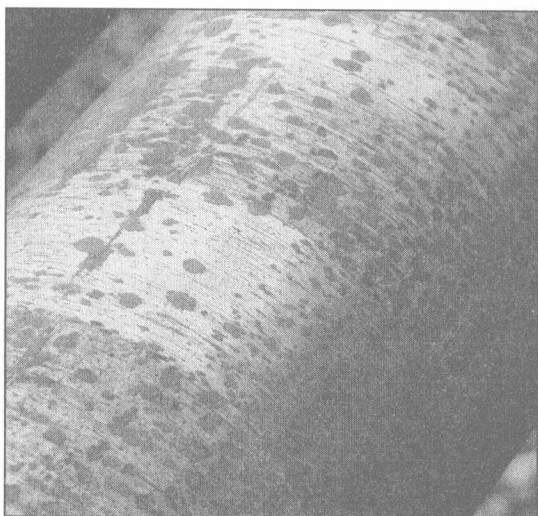


图 1 钻杆在变形套管内摩擦环槽图

现场扫水泥塞过程中发生钻具遇卡无法打开转盘的情况, 后来通过减少入井钻铤的数量最终扫完水泥塞。指挥所通过分析认为必须组织螺杆并更换钻铤为加重钻杆, 一则减小钻具的刚性, 另则减少钻具在井内的转动来避免造成钻具异常。通过邻井沙 106—1 井使用螺杆加 PDC 成功完成四开施工的经验, 最后我们确定了螺杆加 PDC 钻头的方案来进行该井段施工。

如图 2 为沙 106—1 井四开钻时曲线:

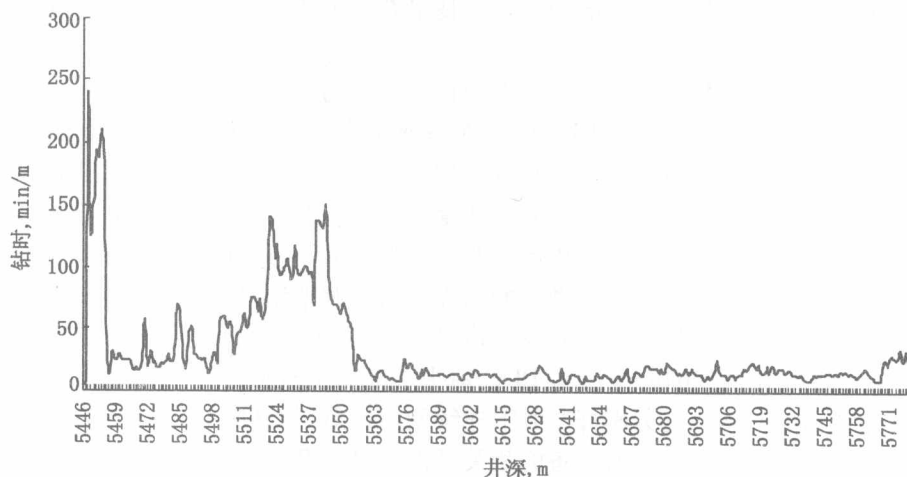


图 2 沙 106—1 井四开钻时曲线图

沙 106—1 井四开井段钻遇岩层性质如表 1 所示：

表 1 沙 106—1 井四开井段钻遇岩层岩性表

井深, m	岩层岩性
5424~5469	棕褐色泥岩, 偶夹灰色泥岩
5469~5471	灰白色石膏岩
5471~5478	棕褐色泥岩
5478~5482	灰色泥岩。泥岩不具吸水性和可塑性
5482~5486	浅黄灰色泥晶灰岩
5486~5487	浅黄灰色泥灰岩。油气显示 2: 气测异常层
5487~5495	灰色泥岩
5495~5496	浅黄灰色泥质灰岩。油气显示 3: 气测异常层
5496~5498	棕褐色泥岩
5498~5527	深灰、灰色泥岩、灰质泥岩
5527~5529	黄灰色泥灰岩
5529~5542	深灰色(褐色)泥岩、灰质泥岩
5542~5572	褐灰、灰色泥岩、灰质泥岩
5572~5574	黄灰色泥晶灰岩
5574~5582	灰色泥岩
5582~5583	黄灰色泥质灰岩
5583~5598	灰色泥岩。O <sub>3s</sub> 上部/下部
5598~5603	黄灰色泥质灰岩(夹泥岩)
5603~5609	灰色泥岩
5609~5611	黄灰色泥晶灰岩
5611~5613	灰色泥岩、黄灰色灰岩
5613~5615	灰色泥岩
5615~5623	浅黄灰色泥质灰岩夹灰色泥岩薄层
5623~5632	黄灰色泥晶灰岩
5632~5642	灰色泥岩夹浅黄灰色泥质灰岩
5642~5645	灰色泥岩
5645~5660	浅黄灰色泥质灰岩与灰色泥岩略等厚互层。5657~5659m 具有油气显示 4: 油迹
5660~5661	黄灰色泥晶灰岩
5661~5667	棕褐色泥岩夹灰色泥岩。该层很特征
5667~5679	浅棕色泥质、泥晶灰岩, 局部夹棕褐色灰质泥岩
5679~5691	褐灰色泥质、泥晶灰岩, 局部夹灰色灰质泥岩
5691~5694	浅棕色泥质、泥晶灰岩
5694~5775	黄灰色泥质、泥晶灰岩
5775~5785	红棕色灰质泥岩

注：井段 5414.0~5478.0m 为巴楚组下泥岩段。井段 5154.0~5478.0m 为石炭系下统巴楚组。C<sub>1b</sub> 底界：5478.0m。井段 5478.0~5667.0m 为奥陶系上统桑塔木组。O<sub>3s</sub> 底界：5667.0m。井段 5667.0~5775.0m 为奥陶系上统良里塔格组。O<sub>3l</sub> 底界：5775.0m。

沙 106—1 井钻头使用情况如表 4 所示, 该井在 5454~5518m 段重新下入 ST915 型 PDC 钻头, 钻时相对较高。该井段主要有两套层系, 即石炭系的下泥岩段, 中上奥陶的桑塔木组, 前者为纯泥岩, 后者为灰质泥岩和灰岩。通过分析在新疆用过的各 PDC 钻头厂家产品, 并参考邻井施工所采用的 PDC 钻头型号, 我们最终选用了与沙 106—1 井同型号的两只钻头来进行该井段施工, 一只深圳产的 PDC 钻头用于上部纯泥岩钻进, 一只四川产的 PDC 钻头用于灰质泥岩和灰岩的钻进。该井在出现套管变形的情况下, 采用几乎完全拷贝沙 106—1 井的作业方案在该井进行复合钻进应用, 却取得了较沙 106—1 井更好的实钻效果。通过有效的组织和现场规范化操作, 该井四开以一只螺杆和一新一旧两只 PDC 钻头成功完成该井段施工, 平均机械钻速 2.53m/h, 最高钻时为 58min/m, 有效提高全井生产效率的情况下, 成功避免了钻具事故的发生。图 3 为该井钻时与声波时差曲线对比图。

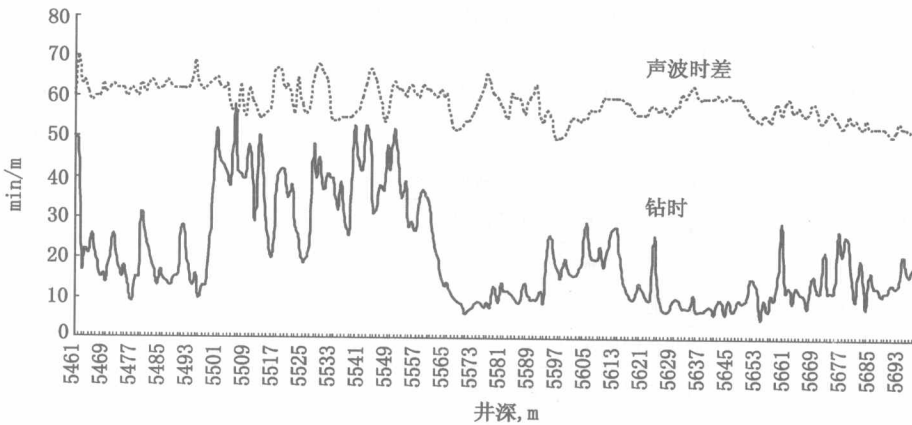


图 3 沙 106—2 井钻时与声波时差曲线对比图

使用的两只钻头情况如表 2、表 3 所示:

表 2 沙 106—2 井四开使用 PDC 钻头 1# 情况表

1# 钻头使用情况			
钻进井段	5461.03~5560.32m	进尺	99.29m
纯钻时间	59min20s	机械钻速	1.67m/h
钻井参数			
钻压	40~50kN	转速	螺杆 + 30r/min
排量	20~23L/s	泵压	14MPa

磨损情况描述

该钻头出井后整体磨损轻微, 刀翼背部及内锥处牙齿完全无磨损; 肩部约 60% 的齿有轻微磨损, 出现了龟裂及缺角现象; 钻头胎体无刮痕现象, 保径完好无磨损。磨损描述代码为 I<sub>1</sub>O<sub>1</sub>G<sub>1</sub>L<sub>s</sub>R<sub>FM</sub>

钻头使用分析

本钻头钻遇地层为可钻性较差的 C<sub>1</sub>b<sup>2-1</sup>、O<sub>3s</sub> 地层, 岩性以泥岩及灰岩为主, 机械钻速较低, 因本钻头适用于泥岩地层钻进是本次起钻的主要原因, 从返出岩屑及机械钻速降低判断地层已进入灰岩段

表 3 沙 106—2 井四开使用 PDC 钻头 2# 情况表

2# 钻头使用情况			
钻进井段	5560.32~5697.00m	进尺	136.68m
纯钻时间	34min	机械钻速	4.02m/h
钻井参数			
钻压	60~80kN	转速	螺杆 + 28r/min
排量	23.5L/s	泵压	14MPa
磨损情况描述			
该钻头出井后基本磨损，牙齿完好，刀翼无刮痕，钻头本体完好无磨损，保径完好，起出后新度约为 98%，磨损描述代码为 I <sub>0</sub> O <sub>0</sub> G <sub>1</sub> O <sub>NO</sub>			
钻头使用分析			
本钻头钻遇地层为 O <sub>3S</sub> 、O <sub>31</sub> 、O <sub>3q</sub> 的泥岩及灰岩，因本钻头入井配合了螺杆钻具钻进，转速较高，选择了合适的钻压及排量等钻井参数的基础上，机械钻速比邻井相对较高，因泥岩及灰岩硬度不高，加上井底干净，基本上没有给钻头造成磨损，钻头起出后水眼干净无泥包现象，钻达四开设计完钻地层哈尔巴克组顶部，四开结束			

地层分段情况如下：

5461.03~5499m，层位 C<sub>1</sub>b，岩性：棕褐色泥岩；

5499~5590m，层位 O<sub>3</sub>s，岩性：灰色泥晶灰岩、灰色泥灰岩、灰色灰质泥岩、灰色含泥质灰岩；

5590~5693.5m，层位 O<sub>31</sub>，岩性：黄灰色砂屑泥晶石灰岩、灰色泥晶石灰岩；

5693.5~5697m，层位 O<sub>3q</sub>，岩性：褐色灰质泥岩。

对比分析认为 1# 钻头对泥岩有很好的适应性，而钻遇石灰岩可能会有明显受损；2# 钻头则在石灰岩和灰质泥岩中有较好的表现，泥岩中钻进可能机械钻速会偏低。如果在 5500m 前后起出 1# 钻头，1# 钻头的磨损还会下降，1# 钻头机械钻速会提高，但 2# 钻头在这一段施工时的钻时有可能比使用 1# 钻头时高。两口井四开钻头使用如表 4 所示。

表 4 沙 106—1 井和沙 106—2 井四开钻井对比表

井号	钻头编号	钻头型号	钻进井段		钻头进尺 m	机械钻速 m	单只成本 元	施工周期 d	备注
			m	m					
S106—2	20	HJT537G	5457.71	5461.03	3.32	0.29	6250	8.0625	钻头一新 一旧
	21	ST915	5461.03	5560.32	99.29	1.67	30000		
	22	DM764D	5560.32	5697	136.68	4.02	110000		
S106—1	20	HA617	5445	5454.42	9.42	0.36	6250	1.7083	
	21	ST915	5454.42	5518.65	64.23	1.35	140000	3.2775	
	22	ST915	5518.65	5538.65	20	0.47		2.8680	
	23	DM764D	5538.65	5767.86	229.21	2.50	140000	6.1667	
	24	HA137	5767.86	5779.1	11.24	1.80	6250	1.493	

钻头及周期成本对比情况来看，沙 106—1 井四开进尺 334.1m，使用两只螺杆两只新 PDC 钻头，施工 15.51d，钻头与两只螺杆成本 44.85 万元直接成本，按日消耗 4 万元（不

计钻头螺杆费用) 计算米进尺成本 3199 元/m; 沙 106—2 井四开进尺 239.29m, 周期 8.06d, 钻头与两只螺杆成本 14.625 万元直接成本, 按日消耗 4 万元 (不计钻头螺杆费用) 计算米进尺成本 1958.5 元/m, 单位米进尺成本仅为沙 106—1 井的 61.22%, 开次节约成本约为 60 万元。

上述成效的取得, 主要得益于生产技术部门对邻井施工情况精确的分析总结, 进而制订出更为合理的施工方案, 井队在施工现场精心组织操作生产, 最终成功实现该井经济与社会效益的双重收益。

沙 106—1 井在井深 5518~5548m 段钻时均超过 70min, 另外在 5499~5556m 段钻时超过 30min, 针对地层岩性来分析, 5498~5527m 开始出现灰质泥岩结构, 钻头出现明显磨损, 继而钻速变慢; 5542~5572m 褐灰、灰色泥岩、灰质泥岩, 随后即没有出现非灰岩和灰质泥岩。对此我们分析认为 5499~5556m 段为灰岩和灰质泥岩、泥岩夹层, 该层中的灰质结构在使用 ST915 型钻头时会出现钻头前期磨损后造成钻速下降, 但其中的泥岩结构会造成 DM764D 型钻头机械钻速下降的现象, 最高的时候可能出现超过一百分钟的钻时 (事实在后来的施工过程中来看, 可能是由于钻井液或其他方面的原因造成该型号的钻头在此井段机械钻速下降, TP7—1X 井在石炭系卡拉沙依组泥岩段未使用复合钻进也取得了较高的机械钻速, 钻时不超过 30min)。因此我们制订方案的时候就计划使用 ST915 型 PDC 钻头完成该井桑塔木前的井段钻进施工, DM764D 型钻头完成四开其他进尺。从实际使用效果来看该方案是可行的。

### 三、在新区块小规模推广效果良好

2005 年底工区先后接手了两口雅克构造的高压气井 YK12 井、YK13 井。考虑到这两口井钻遇地层特点, 尤其是这几口井有大段的适合 PDC 钻头钻进的不含砾地层, 工区指挥所在做这一轮井生产计划时决定在 YK12 井、YK13 井三开 8½in 井眼实施复合钻进。

当时为 YK12 和 YK13 井收集到的邻井资料是 YK5H 井、YK7H 井和 YK9 井, 这几口井施工时间差别很大, 钻头的使用不同的井也受到不同的限定 (部分井为甲方供给钻头, 且各井施工阶段各厂家钻头质量状况不一)。

表 5 YK5H 井部分井段钻头使用记录表

型号	尺寸 mm	井段 m	钻速 m/h	进尺 m	钻压 kN	转速 r/min	排量 L/s	泵压 MPa	水眼组合
HAT127	311.1	-1742.47	20.02	1134.47	50~200	60~90	46	16	16+11.2×2
DS104	311.1	-4500	8.24	2757.43	40~100	90	46~37	20	14×5
HJ517G	215.9	-4540.73	1.73	40.73	60~80	60	28	19	14+10×2
FM286C	215.984	-4961.08	8.06	420.35	60~80	90	28	17	16×2+14×2

YK5H 井 12¼in 和 8½in 井眼使用的进口 PDC 钻头, 我们没有认识, 但总体使用效果还算不错, 结合我们在塔河油田施工经历来看, 卡普沙良地层以上地层的可钻性是很好的, 而这两只 PDC 钻头也证实了这种分析。

YK7H 井 12¼in 井眼使用的 DBS 公司生产的 FS2563 型 PDC 钻头, 该钻头钻至卡普沙良群舒善河组地层段, 机械钻速达到 2.37m, 也说明其可钻性与上面的分析是一致的。

表 6 YK7H 井部分井段钻头使用记录表

型号	尺寸 mm	井段 m	钻速 m/h	进尺 m	纯钻 h; min	钻压 kN	转速 r/min	排量 L/s	泵压 MPa
HAT127	311.15	600.00~909.03	57.07	309.3	5: 25	240	80	50	11~12
Fs2563BG	311.15	909.03~2174.16	12.69	1265.13	99: 40	20~40	100~110	50	15~16
Fs2563BG	311.15	2174.16~2547.69	7.06	373.53	52: 55	60~80	100~110	50~52	15~17
Fs2563BG	311.15	2547.69~4500.00	12.76	1952.31	153: 00	70~80	100~110	40~45	19~20
Fs2563BG	311.15	4500.00~5140.00	2.37	640	269: 40	60~120	90~100	36~45	19~20
HJ517G	215.9	5140.00~5232.41	0.96	92.41	96: 25	180~230	70~80	21	16~17
HJ517G	215.9	5232.41~5383.40	1.17	150.99	128: 57	160~200	70	21	16

表 7 YK9 井部分井段钻头使用记录表

型号	尺寸 mm	进尺 m	井段 m	钻遇 地层	纯钻时 h: min	钻速 m/h	钻压 kN	转速 r/min	排量 L/s	泵压 MPa
H126	311.15	128.09	598~726.09	N <sub>2</sub> k	3: 40	34.93	180	85	52	7
FS2563BG	311.15	3175.91	726.09~3902	N <sub>2</sub> k N <sub>1</sub> J	207: 00	15.34	40~100	70~120	42~55	7~17
HAT127	215.9	86	3902~3988	N <sub>1</sub> J	35: 00	2.46	160~180	60~70	23~25	7
F665	215.9	89.61	3988~4077.61	N <sub>1</sub> J	35: 10	2.55	40~60	80~85	23~25	7~12
FS2565N	215.9	1256.39	4077.61~5334	N <sub>1</sub> J、J <sub>1</sub>	228: 20	5.50	40~70	75~85	23~26	15

YK9 井 12¼in 井眼使用的 DBS 公司生产的 FS2563BG 型 PDC 钻头, 该钻头钻至吉迪克组部分地层段, 机械钻速达到 15.34m; FS2565N 型 8½in 钻头完成了所有卡普沙良群的钻进, 进入侏罗系地层, 机械钻速高达 5.5m/h, 说明卡普沙良群地层含砾和硬脆性岩性的几率不大, 地层可钻性较好。

通过对上述三口井的地层分段和钻头使用情况分析, 我们认为在我们施工的 YK12 井和 YK13 井可钻性应该还是有保障的。而在我们施工经历来看, 8½in 井眼复合钻进在沙 106—2 井得到很好的推广, 可以考虑在该井身段进一步推广; 上部 12¼in 井眼虽然进行复合钻进对钻头损伤更小, 但其对排量要求更大, 螺杆的使用可能会降低排量, 造成泥包和返砂困难, 会影响机械钻速的提高。

YK 构造我们施工的两口井三开井段 4000~5411m 段覆盖吉迪克至三叠系段, 其中还包括我们在塔河基本没有钻遇的卡普沙良群舒善河组地层, 从上面三口井施工情况来看, 这部分地层可钻性较好, 可以使用 PDC 钻头进行钻进, 但由于上述三口井中所使用的 FS 系列 PDC 钻头抗冲击效果和钻夹层能力较强, 要进行复合钻进, 要么选择抗冲击效果和钻高硬夹层能力更强的钻头, 以提高复合钻进过程中钻遇夹层能力。

考虑到 DBS 公司的钻头实钻效果很好, 工区在做施工方案的时候首先 DBS 公司 FS 系列钢体钻头, 但由于公司体制方面的问题, 该公司只做钻头销售, 不对钻头使用效果承诺。而我们考虑到复合钻进过程中钻头的磨损速度会远高于常规钻进, 尤其是复合钻进过程中螺杆转速在最低排量下最低转速仍远高于常规钻进过程中的转盘低速挡转速, 这会在 PDC 钻头钻遇夹层时骤然加速钻头的磨损, 从而在很短的时间和进尺范围内造成钻头的损坏乃至报废。鉴于此, 我们在做生产方案时严格要求 PDC 钻头厂家必须要对施工过程中钻头的使用进行质量保证, 这主要是希望厂家在做钻头选型的时候能够更加科学合理, 兼顾钻头切削能

力以提高机械钻速的同时也充分考虑钻头的抗冲击能力。最后我们选择了一家 PDC 钻头厂家以一只钻头的费用完成所有井段钻进施工，并在完成进尺后对该钻头进行修复。虽然如此，我们对复合钻进效果仍然没有足够的把握，当时两口井施工进度非常相近，我们本希望能先在其中一口井进行试运行，在确定效果后再在另一口井同时推广使用或者进行方案调整后再推广。由于两口井施工进度太近，我们先把所需要使用的螺杆放到两口井井场，确定首先使用的井使用效果后再确定另一口井使用复合钻进方案，两个井队的复合钻进方案准备，包括人员培训等工作都提前准备到位。

实际施工过程中，YK13 井首先使用复合钻进，前期效果很好，YK12 井随后跟进使用相同施工方案。最后 YK13 井使用效果明显，复合钻进进尺 920m，螺杆入井纯钻 144.17h，取得了机械钻速 6.39m/h 的好成绩，而工区邻井相同井段取得的最高机械钻速在 5m/h 以内，机械钻速提高超过了 20%。YK12 井由于螺杆的原因，复合钻进使用效果相对差一些，螺杆入井使用超过 70h，机械钻速和 YK13 井相当。两口井三开使用钻头数据表分别如下：

表 8 YK13 井三开钻头使用记录表

钻头编号	型号	外径 mm	钻遇地层	井段 m	钻进进尺 m	纯钻时间 h	机械钻速 m/h	钻压 kN	转速 r/min	排量 L/s	立管压力 MPa
4	HAT127	215.9	N <sub>ij</sub>	4056	56	32.5	1.72	140	72	31	17
5	DS751AB	215.9	N <sub>ij</sub> ~K <sub>1b</sub>	4976.8	920.8	144.17	6.39	60	45	31	17
6	DS751AB	215.9	K <sub>1b</sub> 、K <sub>1s</sub> 、K <sub>1y</sub>	5378	401.2	69.92	5.74	80	95	31	17
7	取心 PDC	215.9	J	5386.68	8.68	4	2.17	60	60	29	17
7a	取心 PDC	215.9	J、T <sub>3h</sub>	5392.5	5.82	6.67	0.87	60	64	31	18
5a	DS751AB	215.9	E <sub>3</sub>	5411.05	18.55	15.5	1.20	80	95	26	19

表 9 YK12 井三开钻头使用记录表

钻头编号	型号	外径 mm	水眼, mm			磨损情况		井段 m	钻进进尺 m	纯钻时间 h	机械钻速 m/h	钻压 kN	转速 r/min	排量 L/s	立管压力 MPa
			1	2	3	牙齿	轴承								
5	HAT127	215.9	33	33	33	I2O1	E	扫水泥塞	—	—	—	50~130	60	35	18
6	HJ517G	215.9	33	33	33	I2O2	E	4035.80	35.80	38.00	0.94	30~140	80	35	20
7	DS751AB	215.9	18×2+16×5			I3O3	X	4405.69	369.89	70.67	5.23	30~40	45+螺杆	32	21
8	DS752AB	215.9	18×2+16×6			I2O2	X	5364.00	958.31	321.00	2.99	40~80	75~95	30	21

两口井与同构造的邻井 YK10 井三开施工对比如下：

表 10 YK12 井、YK13 井和其邻井 YK10 井施工对比表

井号	YK10 井	YK12 井	YK13 井	YK12 井较 YK10 井提高	YK13 井较 YK10 井提高
三开井段, m	3905~5363	4000~5364	4000~5411.05		
进尺, m	1458	1364	1411.05		
总施工天数, d	28.14	22.33	21.5	YK10 取心 2 回次	YK13 取心 3 回次
纯钻时间, h	446.5	429.67	272.76		
机械钻速, m/h	3.27	3.31	5.17	1.22%	58.10%



从对比的情况来看,如果复合钻进应用得好,可以实现 PDC 钻头的进一步提高机械钻速,但要是用得不好,会造成因螺杆寿命终结使 PDC 钻头中途起下钻,钻头的加剧磨损也是可能的。

如图 4 所示,从直观来看, YK12 井和 YK13 井都比 YK10 井进度快很多,但是从进度曲线来看, YK12 井在使用螺杆施工阶段与 YK13 井进度基本相当,之所以造成进度下降是因为螺杆出现故障起钻出现第一个折线,造成两口井进度直接发生约 2~3d 的进度滞后。而随后的 YK12 井没有使用螺杆下入新的 DS751PDC 钻头, YK12 井的机械钻速在相同井段比 YK13 井相近。而 YK10 井之所以造成进度滞后,主要原因是在于 YK10 井所选用的 FS2565 型 PDC,其切削能力较 DS751 型 PDC 钻头要差一些所致。另一个原因从 YK12 井与 YK10 井在 5200m 井深附近钻进施工进度情况来看,两口井进度基本一致,但当时 YK12 井钻井液质量较差,造成该井多次发生井下复杂情况,机械钻速也明显受到影响,由此看来, YK10 井钻井液现场施工质量也是造成该井施工进度受阻的主要原因之一。

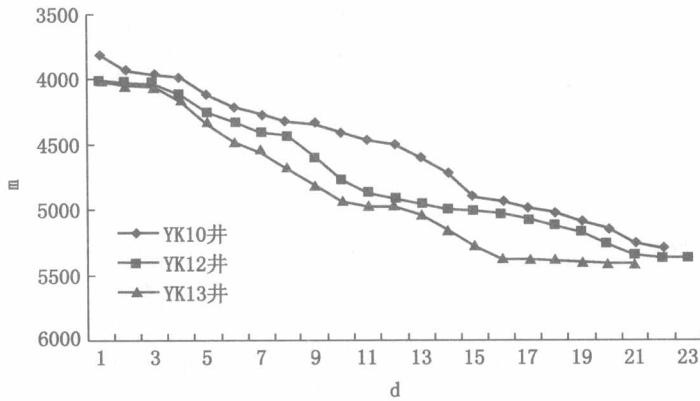


图 4 YK10 井、YK12 井和 YK13 井三开进度图

复合钻进过程中另外一个问题就是井斜控制,塔河油田施工井身质量要求已经远远超过行业标准要求,甚至达到了苛刻的标准。在非复合钻进施工井段,我们均采用钟摆钻具组合加单点自浮方式进行井斜监测,井深超过 4500m 后井段均采用单趟起钻投多点的方式进行井斜监测。但复合钻进施工过程中存在的问题就是单点循环会造成螺杆无功转动,白白损耗螺杆的旋转寿命;而且一旦发生自浮单点测斜仪无法上浮的时候无法采用反循环方式把测斜仪循环至井口。而从我们施工单点测斜过程来看,4000m 以下几乎每两口井都有自浮式测斜仪无法自动上浮的问题;按照设计和新方案实施的要求,我们必须在复合钻进到底后每 50~100m 就要测一个点以确定我们的钻具组合的防斜效果,如果井斜没有增长,我们就必须按照设计要求每 200~300m 对井斜进行一回次的监测,以最终保证井身质量满足设计要求。如何解决这个问题,我们在充分调研了国内测斜工具的设计应用情况的基础上,打听到亚洲陆地第一深井塔深一井在 5000m 以下井段使用的是一种机械式井斜测量装置。该装置在井下停泵一定时间产生一个井斜测量结果的脉冲波,该脉冲波信号经钻井液循环带至井口,钻井液循环井口上安装一个检测装置,检测到脉冲波信号后通过检波仪器将其转化为数字信号,最终显示和打印出一条波动曲线,通过数曲线上的波峰值确定井斜范围,由于所有信号发生与检测为一维数据,最终取得的是井斜数据,没有方位数据。但我们需要首先确定的是井斜变化情况,在井斜未超设计的前提下不需要方位数据,可有效监测到井斜和变化、