

# 城探1井工程设计优化与钻井实践

袁后国

(大庆钻探工程公司钻井工程技术研究院,黑龙江 大庆 163413)

**摘要:**城探1井是大庆塔东区块的首口超7000 m超深井;通过邻井资料分析,优化井身结构、钻具组合、钻井液体系,优选建立了适合古城区块的钻头序列;使用国产液动旋冲工具攻克了塔东 $\varnothing 241.3$  mm井眼的“黑被子”地层提速难题;大幅提高了机械钻速,缩短了钻井周期,为塔东古城区块树立了新标杆。

**关键词:**超深井;钻井;井身结构;钻具组合;钻井液;液动旋冲工具;城探1井

**中图分类号:**TE242;P634.5 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2017)08-0045-06

**Engineering Drilling Design Optimization and Drilling Practice of Well Chengtan-1/YUAN Hou-guo** (Drilling Engineering Technology Research Institute of Daqing Drilling & Exploration Engineering Corporation, Daqing Heilongjiang 163413, China)

**Abstract:** Well Chengtan-1 is the first ultra-deep well over 7000m in Tadong block of Daqing oilfield. Through analyzing the data of the adjacent wells and optimizing the wellbore structure, BHA and drilling fluid system, a bit series suitable for Gucheng block was established. Using China-made hydraulic rotary tools, the difficult drilling speed improvement in “black quilt” formation of Tadong, where a  $\varnothing 241.3$ mm hole was located, was solved and the drilling cycle was shortened by higher ROP.

**Key words:** ultra-deep well; drilling; well structure; BHA; drilling fluid; hydraulic rotary tools; well Chengtan-1

城探1井是一口部署在大庆塔东探区古城低凸起台缘带的风险探井,设计井深7150 m,为该探区沙漠腹地首口超7000 m的超深井。其钻探目的是为了探索古城地区寒武系丘滩体储层含油气性,实现古城地区新层系的突破。

## 1 城探1井基本情况与难点分析

城探1井位于大庆塔东探区古城区块,西南距参考8井约6.9 km,西距参考7井约11.0 km,东南距参考4井14.6 km。本井设计井深7150 m,实钻井深7280 m。构造位置:古城低凸起。目的层位:寒武系,兼探中下奥陶统一间房组、鹰山组、蓬莱坝组。

本井碳酸盐岩井段长,裂缝发育,井底温度、压力高,使钻井施工风险升高,主要有以下难点:

- (1)地表地层疏松,钻表层时易发生圆井窜漏;
- (2)上中部井段裸眼段长,地层成岩差、井壁不稳定、泥岩易吸水膨胀;
- (3)却尔却克组地层可钻性差,研磨性强,机械钻速低;

(4)寒武系存在盐水层且井底温度高,钻井液易起泡;

(5)长封固段的套管一次性下入对钻机负荷要求高;

(6)由于探井深度大,预测井底温度、压力高,给安全钻井以及测井、固井、测试等作业带来很大难度。

## 2 钻井工程设计优化

### 2.1 井身结构优化设计

古城低凸起是在上寒武统-下奥陶统台地边缘相带基础上发育的一个鼻状隆起。已钻探井7口(参考1、2、3、4、6、7、8),其中参考1、2、3井受车尔臣大断裂影响,钻遇冲断构造带地层,地层变形严重,岩性变化大;而参考4、6、7、8井与城探1井构造相似,借鉴意义大。

通过对邻井钻井资料包括已钻井的地质特点、钻井速度、井身结构、地层压力/温度、复杂情况以及适用技术进行认真分析,借鉴参考8井的塔标II结构,四开采用5 $\frac{1}{2}$  in+4 in混合钻具,降低四开钻杆

收稿日期:2016-11-10;修回日期:2017-06-07

作者简介:袁后国,男,汉族,1982年生,石油工程专业,从事钻井工程设计工作,黑龙江省大庆市红岗区八百垅钻井工程技术研究院,1270414327@qq.com。

循环压耗。设计各层套管下深如下:

一开  $\text{Ø}365.1 \text{ mm}$  套管下至  $800 \text{ m}$  封固上部疏松地层,加固井口;

二开  $\text{Ø}273.1 \text{ mm}$  套管下至却尔却克组顶部,封固上部水层和易垮塌地层,为三开井控做准备;

三开采用  $\text{Ø}241.3 \text{ mm}$  井眼专打却尔却克组来提速, $\text{Ø}200.0 \text{ mm}$  套管下至吐木休克组,分隔压力梯度低的下部地层,四开采用相对低密度专打;

四开  $\text{Ø}168.3 \text{ mm}$  钻头钻至设计井深,下  $\text{Ø}139.7 \text{ mm}$  尾管固井。若油气显示良好,必要时, $\text{Ø}200.0 \text{ mm}$  套管回接至井口。

## 2.2 钻具组合优化设计

非易斜井段采用单螺扶或双螺扶钟摆钻具组合,既能控制井斜,又起到了修整井壁的作用,减少了岩屑上返的阻力,保持环空畅通,可有效降低起下钻阻卡显示和环空憋漏等复杂情况。

下部易斜井段,严格测斜,测斜不成功不得继续钻进。若井斜角、水平位移超过设计值时,要减压钻进或采用钟摆钻具纠斜钻进,每钻进  $20 \sim 30 \text{ m}$  测斜一次。若钟摆钻具组合纠斜效果不好,可以用弯螺杆纠斜,但要注意“狗腿度”不要超过设计范围。利用 LANDMARK 软件进行各开次钻具组合校核。

二开设计的钻具组合为: $\text{Ø}333.4 \text{ mm}$  钻头  $\times 0.30 \text{ m} + \text{Ø}244.5 \text{ mm}$  螺杆  $\times 9.10 \text{ m} + \text{Ø}228.6 \text{ mm}$  无磁钻铤  $\times 9.00 \text{ m} + \text{Ø}228.6 \text{ mm}$  钻铤  $\times 9.00 \text{ m} + \text{Ø}333.0 \text{ mm}$  稳定器  $\times 1.50 \text{ m} + \text{Ø}228.6 \text{ mm}$  钻铤  $\times 9.00 \text{ m} + \text{Ø}333.0 \text{ mm}$  稳定器  $\times 1.50 \text{ m} + \text{Ø}228.6 \text{ mm}$  钻铤  $\times 27.00 \text{ m} + \text{Ø}203.0 \text{ mm}$  钻铤  $\times 126.00 \text{ m} + \text{Ø}203.0 \text{ mm}$  随钻震击器  $\times 7.24 \text{ m} + \text{Ø}203.0 \text{ mm}$  钻铤  $\times 27.00 \text{ m} + \text{Ø}139.7 \text{ mm}$  加重钻杆  $\times 135.00 \text{ m} + \text{Ø}139.7 \text{ mm}$  钻杆,校核图见图 1。

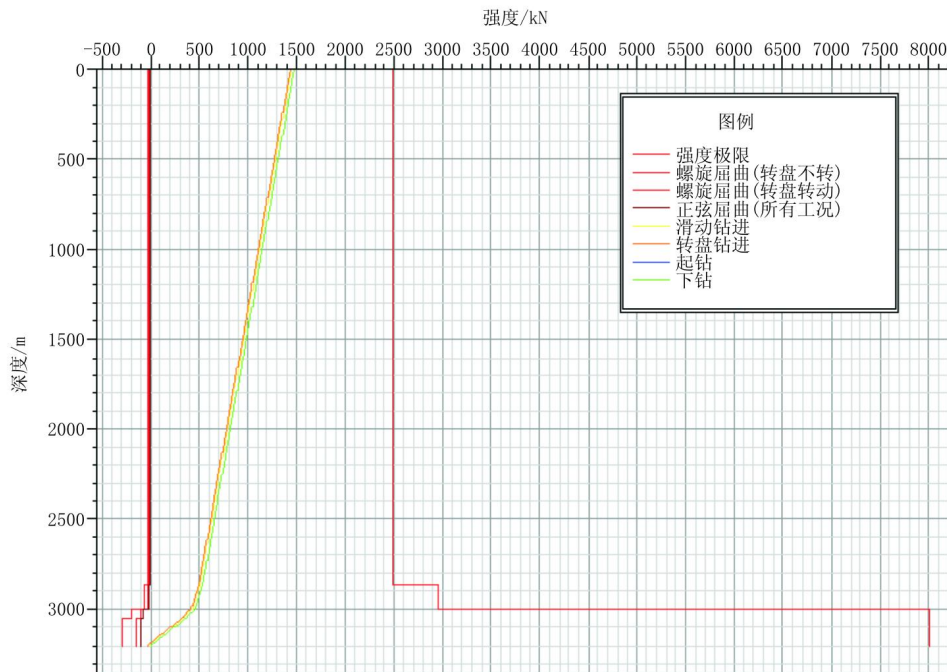


图 1 二开钻具组合校核

三开设计的钻具组合为: $\text{Ø}241.3 \text{ mm}$  钻头  $\times 0.30 \text{ m} + \text{Ø}172.0 \text{ mm}$  螺杆  $\times 7.20 \text{ m} + \text{Ø}165.0 \text{ mm}$  浮阀  $\times 0.80 \text{ m} + \text{Ø}165.0 \text{ mm}$  无磁钻铤  $\times 9.00 \text{ m} + \text{Ø}165.0 \text{ mm}$  钻铤  $\times 9.00 \text{ m} + \text{Ø}240.0 \text{ mm}$  稳定器  $\times 1.50 \text{ m} + \text{Ø}165.0 \text{ mm}$  钻铤  $\times 9.00 \text{ m} + \text{Ø}240.0 \text{ mm}$  稳定器  $\times 1.50 \text{ m} + \text{Ø}165.0 \text{ mm}$  钻铤  $\times 207.00 \text{ m} + \text{Ø}165.0 \text{ mm}$  随钻震击器  $\times 6.52 \text{ m} + \text{Ø}165.0 \text{ mm}$  钻铤  $\times 27.00 \text{ m} + \text{Ø}139.7 \text{ mm}$  加重钻杆  $\times 135.00 \text{ m} +$

$\text{Ø}139.7 \text{ mm}$  钻杆,校核图见图 2。

四开设计的钻具组合为: $\text{Ø}168.3 \text{ mm}$  钻头  $\times 0.30 \text{ m} + \text{Ø}127.0 \text{ mm}$  浮阀  $\times 0.50 \text{ m} + \text{Ø}127.0 \text{ mm}$  钻铤  $\times 153.00 \text{ m} + \text{Ø}121.0 \text{ mm}$  随钻震击器  $\times 4.50 \text{ m} + \text{Ø}127.0 \text{ mm}$  钻铤  $\times 27.00 \text{ m} + \text{Ø}101.6 \text{ mm}$  加重钻杆  $\times 135.00 \text{ m} + \text{Ø}101.6 \text{ mm}$  斜坡钻杆  $\times 4129.70 \text{ m} + \text{Ø}139.7 \text{ mm}$  斜坡钻杆,校核图见图 3。

## 2.3 钻头优化设计

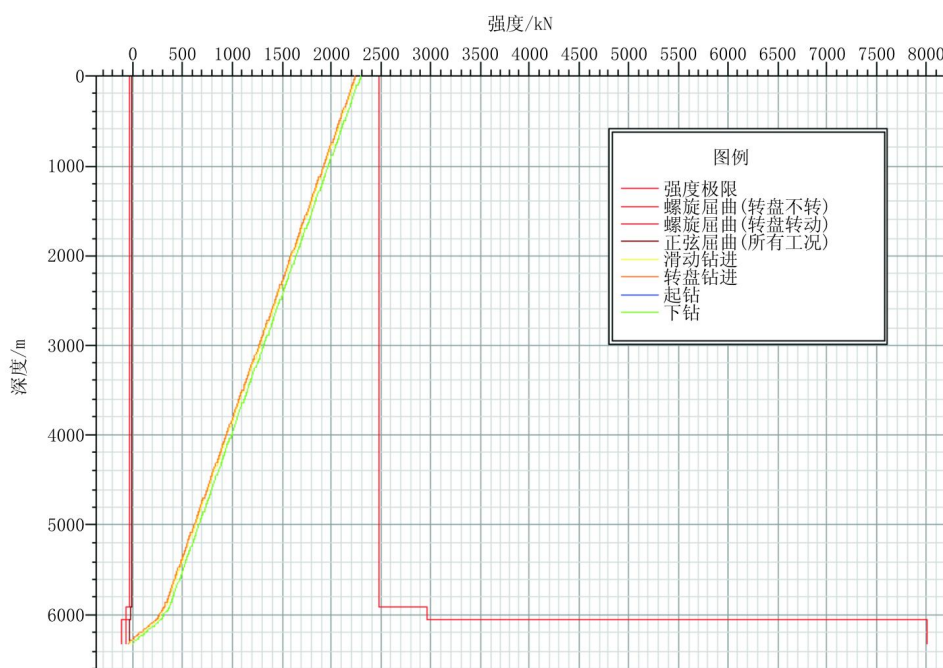


图 2 三开钻具组合校核

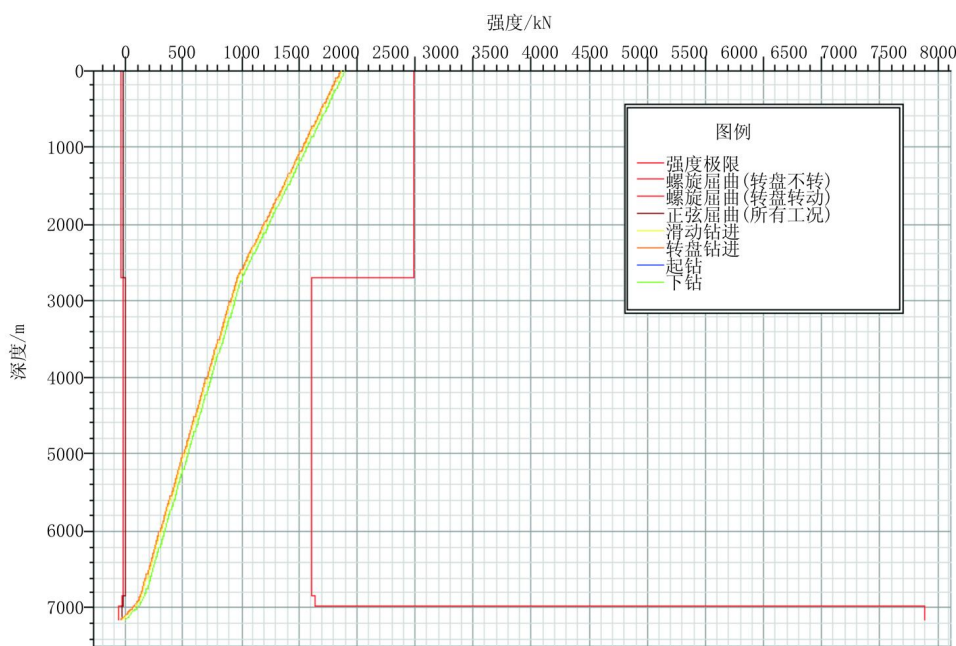


图 3 四开钻具组合校核

目前塔东区块已钻井数量有限,迄今共钻不到 40 口井,且多为 2005 年以前的井,应用钻头型号繁多,单钻头进尺少,部分井单井用钻头超过 70 只,划眼用钻头超过 10%,钻头失效严重,所以开展钻头优化设计需求迫切。

借鉴大庆深层钻头优化经验,根据塔东新近完成的参考 6、参考 7 和参考 8 井等 3 口井钻头的应用

效果,优选进尺与机械钻速较好的钻头(见图 4)进行城探 1 井钻头设计。主要思路:优先使用 PDC 钻头,在砾岩层和“黑被子”地层配合使用牙轮钻头;提高上部地层钻进排量,增大钻井液上返速度和水功率,减少二次破岩,预防钻头泥包,提高机械钻速。重点强化钻头保径和使用寿命,建立古城区块钻头应用序列,提高钻井速度。

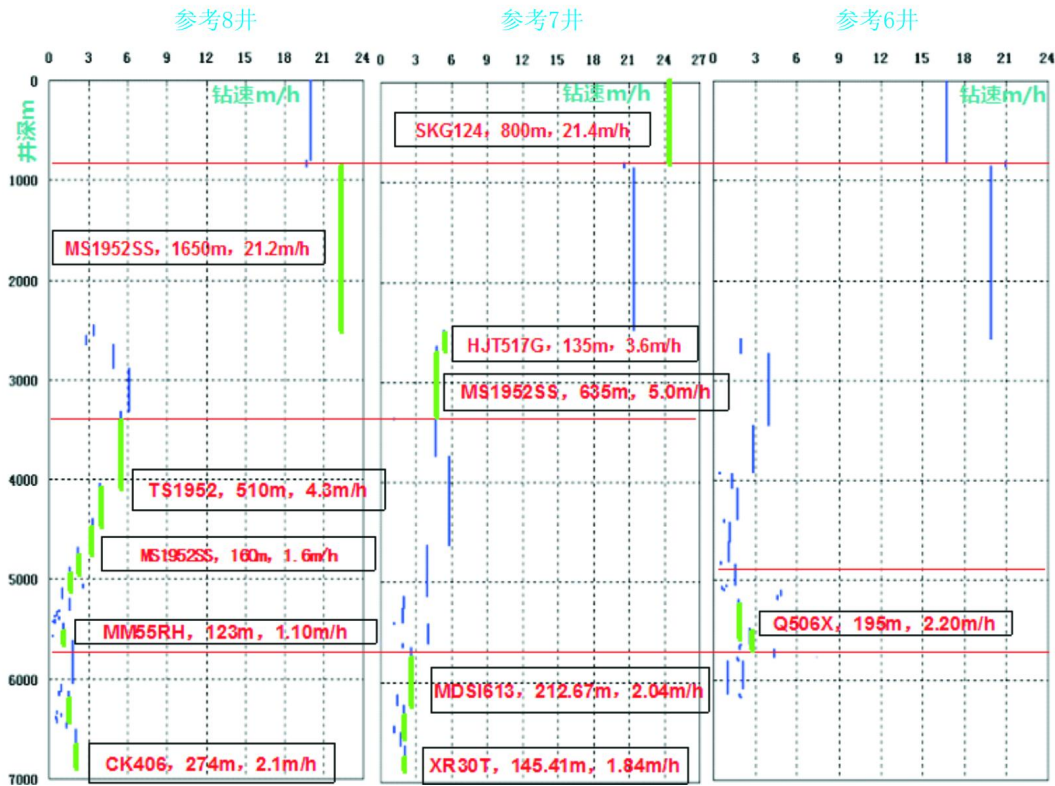


图4 邻井钻头优选

### 2.4 却尔却克组提速优化设计

奥陶系上统却尔却克组存在一套厚层黑色泥岩(俗称“黑被子”),硅泥质胶结,岩性极硬,研磨性较强,呈层性较好,横向总地层厚度分布稳定,参考6、

参考7和参考8井证实为大段的灰色粉砂岩夹灰色粉砂质泥岩,纵向上可分3大段,中下段钻速突然变慢(见图5)。

鉴于扭力冲击器在邻井却尔却克组“黑被子”

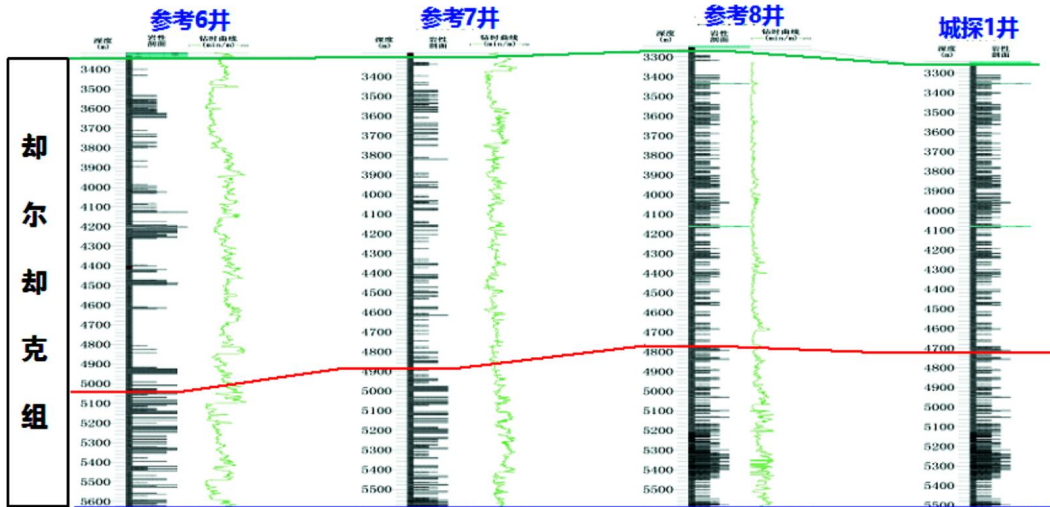


图5 “黑被子”地层分析

地层已有应用,能很好地攻克“黑被子”地层;城探1井却尔却克组选用类似扭力冲击器具的国产液动旋冲工具提速。

吐木休克组-鹰山组地层有裂缝、地层压力低,

容易漏失,宜用常规钻具钻进,以防漏堵漏为主,便于处理井下复杂。

通过邻井资料分析,对比本井却尔却克组岩性,设计推荐城探1井液动旋冲工具应用井段4200~



5500 m。

## 2.5 四开钻井液设计优化

磺化防塌钻井液体系在邻井区块已经取得较好的应用效果,城探 1 井四开继续选用磺化防塌钻井液体系。

根据邻井参考 7 井 C1-1 层测试求产曲线,参考 7 井实测最高静温 181.42 °C,地温梯度 2.75 °C/100 m;据此推算出城探 1 井井底地温为 196.6 °C。

因此,针对四开钻井液体系,在 210 °C 条件下开展耐温、抑制能力等性能评价,结果见图 6。

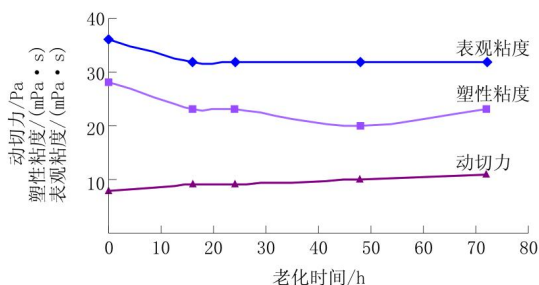


图 6 钻井液性能评价

体系随高温热滚时间的延长,表观粘度、塑性粘度及动切力等性能参数变化幅度较小,说明高温热滚前后体系性能稳定,具有较强的抗温能力,抗温达 210 °C;一次和二次滚动回收率分别在 90% 和 80% 以上,抑制防塌能力突出。

全井钻井液体系如下:

一开:第四系—第三系,选用膨润土—聚合物钻井液体系,密度 1.10 ~ 1.15 g/cm<sup>3</sup>;

二开:却尔却克组,选用聚合物—KCl 聚磺钻井液体系,密度 1.10 ~ 1.25 g/cm<sup>3</sup>;

三开:土木休克组,选用 KCl 聚磺钻井液体系,密度 1.20 ~ 1.30 g/cm<sup>3</sup>;

四开:寒武系,选用磺化防塌钻井液体系,密度 1.10 ~ 1.20 g/cm<sup>3</sup>。

施工过程中应注意:(1)在保证钻井安全的前提下,尽量采用密度下限,充分保护油气层;(2)目的层井段采用磺化防塌钻井液;(3)加重材料选用石灰石;(4)目的层堵漏采用可酸溶材料;(5)调整好钻井液性能,清除有害固相。

## 2.6 钻机选型

该井设计井深 7150 m,最大套管质量为 Ø200.0 mm 套管(0 ~ 5513 m)重 285.739 t;最大钻具质量为 Ø241.3 mm 井眼 5½ in 钻杆段重 211.809 t。

按照钻机钻深能力,应该选择 90 或者 70 型加

强型钻机。而采用 70D 型钻机则需要考虑提升能力问题:下 Ø200.0 mm 套管,考虑浮重提升余量为 135 t,可能存在一定的风险。

调研临近区块使用 ZJ70D 型钻机下大吨位套管的情况,10¾ in 套管一次性下入质量达到 630 t。若钻井施工与下套管过程正常,选用 ZJ70D 型钻机能满足要求。

## 3 现场施工情况

### 3.1 井身结构

优化后的井身结构设计较适应实际情况,与钻井现场实际井身结构基本符合。

Ø365.1 mm 套管下至 807.58 m;Ø273.1 mm 套管下至奥陶系却尔却克组顶部 3209 m;Ø200.0 mm 尾管下至鹰山组顶部(3000.68 ~ 6310.5 m);Ø168.3 mm 钻头加深钻至井深 7280 m。

### 3.2 实钻钻头与周期

在城探 1 井实钻过程中使用了螺杆、液动旋冲工具配合 PDC 钻头钻进,在提高机械钻速降低周期方面取得了显著的效果(见图 7)。城探 1 井实钻钻头 27 只,较参考 8 井全井实钻钻头 40 只,节省 13 只钻头。

经过优化设计、应用提速措施,以及高效的组织施工,在加深钻进 130 m 的情况下,全井钻井周期仍未超设计;较邻井参考 8 井更是节约 40 余天(如图 8 所示)。

### 3.3 液动旋冲工具应用

参考 8 井与本井却尔却克组井段均为 Ø241.3 mm 井眼;参考 8 井使用进口阿特拉扭力冲击器提速,本井采用国产液动旋冲工具提速。提速结果:城探 1 井提速井段(4357 ~ 5490 m)平均机械钻速 2.66 m/h,相较参考 8 井的 1.87 m/h,钻速提升 42.30%,提速效果优异(参见表 1)。

### 3.4 钻井作业过程中的钻机负荷

经过针对性设计的重难点提示,现场操作人员精细施工,钻机负荷最大的三开钻进及三完下套管作业过程未出现任何事故,顺利完成施工。

## 4 结论

(1)城探 1 井提速效果明显,原因包括其井身结构优化设计,钻井液性能以及施工技术,均符合塔东区块的地质和勘探要求,为日后塔东区块钻井

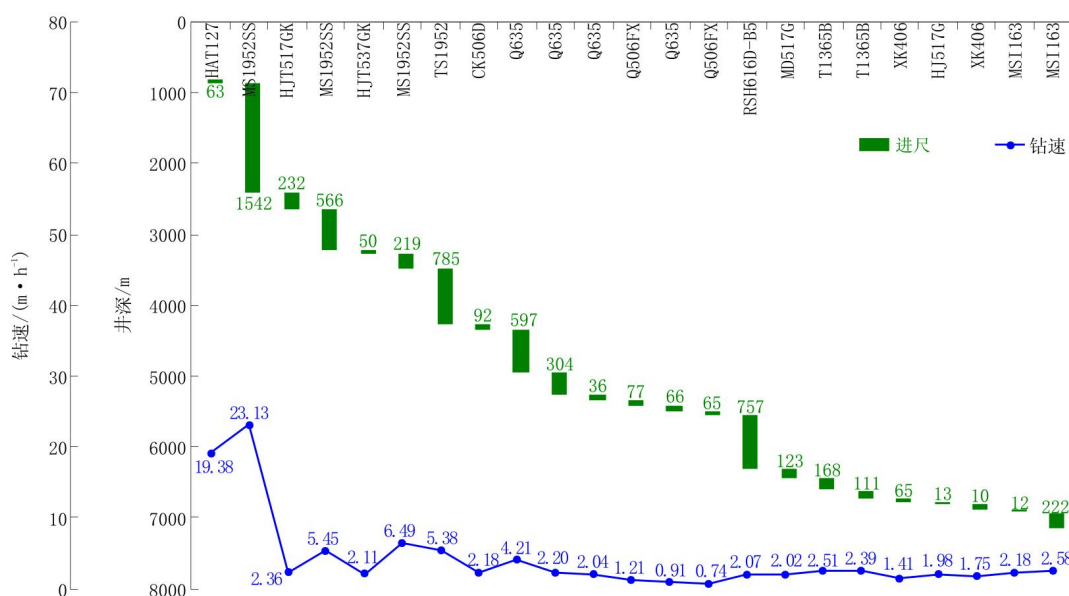


图7 城探1井实钻钻头一览

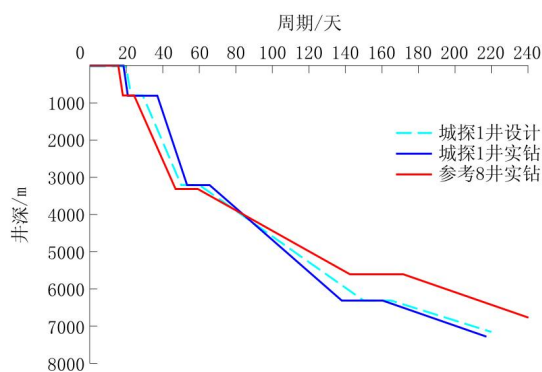


图8 城探1井钻井周期对比

表1 城探1井液动旋冲工具使用对比

井号	钻头	钻进井段/ m	进尺/ m	纯钻时 间/h	机械钻速/ (m·h <sup>-1</sup> )
参考 8井	U416M	4675~4875	200.00	89.00	2.24
	MT1355CS	4875~5055	180.00	114.50	1.57
全井平均机械钻速					1.87
城探 1井	Q635	4357~4954	597.00	142.75	4.18
	Q635	4954~5258	304.00	137.90	2.20
	Q635	5258~5347	89.00	43.60	2.04
	Q635	5423.66~5490	66.34	73.30	0.91
全井平均机械钻速					2.66

注:城探1井相较古城8井却却克组动力钻具提速42.30%。

设计施工提供了参考。

(2)城探1井三开“黑被子”地层采用国产液动旋冲工具提速,攻克了塔东Ø241.3mm井眼同类

动力钻具提速效果差的难题,既提高了钻速又降低了成本。

(3)优选邻井高效钻头,以PDC提速为主的思路,建立了塔东古城区块钻头序列,应用良好。

(4)70D型钻机负荷可以满足本井三开钻进及下套管作业要求。

参考文献:

- [1] 李文明,李欢欢,李义.古城7井工程钻井设计优化与钻井实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):23-28.
- [2] 张惠良,王招明,张荣虎,等.塔里木盆地志留系优质储层控制因素与勘探方向选择[J].中国石油勘探,2004,9(5):21-25.
- [3] 张怀文,马玉佼.TorkBuster扭力冲击器应用研究分析[J].辽宁化工,2012,41(8):841-843.
- [4] 胡九珍,刘树根,冉启贵,等.塔东地区寒武系一下奥陶统成岩作用特征及对优质储层形成的影响[J].成都理工大学学报:自然科学版,2009,36(2):138-146.
- [5] 李建军.城探1井抗高温钻井液技术研究与应[J].西部探矿工程,2016,28(10):64-66.
- [6] 迟家俊.塔东古城区块钻井提速配套技术及应用[J].西部探矿工程,2016,28(1):20-23.
- [7] 徐永辉,陈琳琳,高大勇,等.塔东古城地区钻头优选及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(9):52-55.
- [8] 刘永贵,张洋,赵秀良,等.大庆油田塔东古城7井钻井液技术研究与应摘要[C]//2013年全国天然气学术年会论文集.云南昆明,2013.