

浅析塔河油田水平井测井工艺

尹 贝, 罗 荣, 崔 光

(中国石化 西北油田分公司 工程监督中心, 新疆 轮台 841600)

摘要:通过对塔河油田 2014-2015 年水平井测井失败原因分析, 确定了湿接头对接、仪器故障、仪器遇阻 3 个技术难点, 列举了施工中常见的影响因素; 从测井作业前井眼和施工的精细准备、改善水平井测井施工工艺、控制测井过程中因人为造成的误操作 3 方面着手, 总结出一套行之有效的施工工艺和配套方案。结合顺南地区高温高压井的施工难点, 提出了针对性的解决措施, 取得了良好的应用效果。

关键词: 钻具输送; 存储式; 测井; 顺南; 塔河油田

中图分类号: TE35

文献标识码: A

Logging techniques for horizontal wells in the Tahe Oil Field

Yin Bei, Luo Rong, Cui Guang

(Engineering Supervision Center, SINOPEC Northwest Company, Luntai, Xinjiang 841600, China)

Abstract: Reasons for logging failures in horizontal wells in the Tahe Oil Field during year 2014-2015 were discussed. There are three main problems: wet joint docking, instrument failure, and instrument blocked. Some common influencing factors in construction were listed. A set of effective construction technique and solution was proposed, including hole and construction preparation before logging, technical improvement of horizontal well logging, and avoiding accidents caused by error operation. Some corresponding solving measures were put forward in view of high temperature and high pressure in Shunnan area, and achieved good application effects.

Key words: tool conveying; memory-type logging; Shunnan area; Tahe Oil Field

近年来,塔河油田为节约开发成本,提高开发效益,老井开窗侧钻和直改斜井越来越多,水平井测井工艺作为水平井、大斜度井、复杂井测井施工的特殊工艺,为取全取准目的层各项资料,提供储层评价所必须的参数,其重要性不言而喻。本文通过分析 2014-2015 年影响水平井测井成功率的主要因素,提出了一套测井施工中行之有效的配套措施,并结合顺南地区四开、五开测井施工难点,针对电缆无法施工的复杂井,通过水平井测井工艺,辅以配套的井控工艺措施,顺利完成了顺南 401 井五开标准、顺南 7 井四开标准测井施工任务,为下一步顺南地区高温高压水平井测井施工奠定基础。

1 水平井测井施工难点分析

塔河油田水平井测井作业受井深、井底温度

压力高、测量井段长、井况复杂等因素的影响,施工难度大,井控风险高。例如顺南地区四开井底温度均超过 165℃,部分井底压力在 135~142 MPa 之间,温度和压力都接近或超过了常规仪器的性能指标;塔河工区内部分超深、超长水平井的井底温度也在 150℃左右,测量井段在 2 000~2 500 m 之间。据此,我们对 2014-2015 年度塔河油田水平井测井失败原因进行统计分析,总结了影响水平井测井一次成功率的主要因素(表 1)。

通过对表 1 分析可知,影响水平井测井的难点主要概括为:湿接头对接、仪器故障、仪器遇阻。针对上述施工难点,工区内通过梳理测井过程中常见的影响因素,并提出针对性措施,改善施工中的不足,提高水平井测井一次成功率。

表 1 2014-2015 年水平井测井影响因素

Table 1 Impacting factors of horizontal well logging in year 2014-2015 次数

年份	一次未成功井次	对接失败	仪器未释放	仪器故障	遇阻/摩擦太大	井底高温高压影响	绞车故障	仪器落井	井队误操作
2014-2015	30	6	1	6	10	2	1	3	1

1.1 泥浆不干净导致无法对接

目前,塔河油田泥浆中的杂物主要包括开窗侧钻时产生的铁屑、钻具水眼内壁防腐涂层、地层返出稠油、岩屑、水泥块和固井附件等。影响湿接头对接的原因主要表现为 3 方面:一是仪器下放过程中因井内压差导致泥浆中的杂物从公头外壳循环水眼进入;二是循环泥浆时通过钻具或油管水眼进入公头并堆积在公针处;三是钻井液中的固相物质阻塞公头水眼,无法正常建立循环。

1.2 仪器故障导致无法获得或取全测井资料

近两年,部分井因井况原因或测井仪器故障,导致无法获取或取全测井资料,为考虑井下风险和缩短钻井周期,大部分井被迫选择免测,主要测井曲线无法获得。主要表现为以下 5 个方面:

(1)对于开窗侧钻井,井内大量的铁屑扎坏声波探头皮囊和双侧向探头皮囊,或井径仪器的伸缩弹簧卡有铁屑影响井径臂的自由收缩,导致数据测量错误。

(2)钻具下放过程中遇阻或活动钻具时,钻具的压力直接作用于仪器串上,导致井下仪器变形、损坏。

(3)在高温高压水平井或大斜度井施工时,仪器长时间在高温环境下工作,仪器性能不能满足要求。

(4)因仪器密封面受损或高压井施工前没有对仪器进行高压试验,仪器耐压性能不满足施工要求,导致仪器灌肠。

(5)施工队伍对仪器保养检查不到位,导致施工中仪器出现故障。

1.3 遇阻导致二次循环通井

钻具输送测井时,经常会出现因井况原因或后期处理不当,造成仪器下放困难,不得不重新下钻通井,延误工期。据统计,工区内每次水平井测井因不满足要求而重新通井的损失时间约为 35~40 h。在工区内主要有 4 种表现形式:

(1)部分井在钻进过程中形成大肚子、拐点台阶或“S”型井眼轨迹等,这种井眼一旦形成,仅靠测井前的一次通井很难改善,受仪器抗压能力限制等因素影响,极易造成仪器下放遇阻,上提遇卡。

(2)测井前井眼准备过程中,没有对阻、卡井段进行重点处理,造成起下钻时摩阻偏大,不满足测井接井要求,需要重新通井。

(3)对于开窗侧钻井,因仪器的刚性强度远小于钻具,仪器无法通过造斜率大(开窗点)的井段。

(4)井底尘砂堵塞水眼,无法建立循环,导致

存储式仪器无法释放。

2 具体配套技术措施

通过对近两年来影响水平井测井的要因分析,工区内从测井作业前井眼和施工的精细准备、改善水平井测井施工工艺、控制测井过程中因人为造成的误操作三方面着手,总结出一套行之有效的施工工艺和配套方案,从根本上解决工区内超深、超高温水平井测井技术难题。

2.1 测井作业前的精细准备

2.1.1 优化钻井液循环

为了清除钻井液中影响对接的有害固相,工区内通过多年的摸索,总结出了一套针对不同井型的钻井液循环措施,有效地提高了湿接头对接成功率。对碎屑岩水平井或大斜度井、套管井,钻具下至井底,使用高粘切钻井液循环 1 周后,替换为正常钻进时的钻井液循环 2 周以上;对奥陶系侧钻井、水平井或大斜度井,在完成上述过程后,还应起钻至造斜点位置,再循环 1~2 周。两种类型的井循环后起钻的标准为固控设备上无岩屑、水泥块或固井附件等影响湿接头对接的固相返出^[1]。

钻具输送测井时,在仪器下至对接深度后,应再次开泵循环顶通水眼,且泵压应为 5~8 MPa,防止损坏公针,造成对接失败。如果选择在裸眼段对接且对接深度距套管鞋超过 1 000 m 时,下钻中途应再次循环顶通一次;如果湿接头对接失败,可尝试通过加压(泵压不超过 8 MPa)的方式冲洗公针,排出公针上堆积的固相后再次对接。

2.1.2 车间仪器温度性能试验

目前,塔河油田使用的常规仪器性能 j 指标均为 170 °C/140 MPa,高温小井眼仪器的性能指标为 260 °C/172.4 MPa,温度和压力指标均满足大部分主体区块内的施工要求。但对于井深超过 6 800 m、井底温度超过 140 °C 的水平井施工时,为确保仪器性能的可靠性,需在测井前通过高温烘箱试验,模拟井下温度环境和施工时间,确保仪器能在测井过程中正常工作。建议对塔河主体区块,可加温至 145 °C 保持 3~5 h 仪器工作稳定时间;而对于顺南区块四开、五开测井时,首选抗高温仪器,加温至 175 °C 并保持 8~10 h 仪器工作稳定时间方可施工。

2.1.3 优化仪器串组合方式

为了保证仪器串能顺利通过造斜率大的井段,目前国内外油田普遍使用下列公式计算仪器串的最大刚性长度,确定仪器间配接柔性短节的数量^[2]:

$$L=2[(R+Bit)^2-(R+OD)^2]^{1/2}$$

式中: R 为井眼曲率半径($R=5\ 729.66/B$, B 为每100 m井斜变化率),单位为m, Bit 为钻头尺寸,单位为m, OD 为最大仪器外径,单位为m。

仪器串组合中声系、柔性短节等是仪器串受力脆弱部位,在计算柔性短节数量时,应考虑仪器本身的柔性,尽量少用柔性短节,同时放射性仪器应配接到仪器串弱点上端,确保放射性源安全。同时,通过在仪器串底部加装导向胶锥,利用仪器自身的重力和速度,可提高仪器通过狗腿度大的井段的成功率。

2.2 改善水平井测井施工工艺

2.2.1 设计可变水眼式公头外壳

针对因钻井液不干净导致湿接头对接失败的情况,工区内自主研发了可变水眼式公头外壳(图1),通过在公接头固定器的第一连接部上套设单向过滤结构,能够有效防止钻井液中的杂质进入公头外壳内部。即使有杂质进入,也可以通过单向过滤结构去除杂质,从而保证湿接头的有效对接,提高钻具输送测井一次成功率。同时,通过在第二连接部的环槽上套设2个相互扣合的半圆形螺套,还可实现对公接头固定器的快速连接和拆卸。目前该工艺已完成研发进入现场测试阶段,取得了良好的应用效果。

2.2.2 引入无电缆存储式测井方式作为补充手段

塔河油田水平井钻具输送测井时,经常会遇到2个问题:一是钻具和套管环空间隙不满足施工要求;二是对于存在溢流的井,钻具输送测井施工风险太大,不利于对井口的控制。例如对于部分三开制老井在7 in(1 in=25.4 mm,下同)套管上开窗侧钻,内径为152.5 mm,其钻具组合上部为4 in钻具,其接箍外径为139.7 mm,环空间隙不满足操作规程大于36 mm要求。工区内从2011年开始引入存储式测井技术,并于2014年开始全面推广。存储式测井技术通过在地面设定仪器起始工作时间和断电压力后,测井仪器悬挂在专用保护套内随钻具一起入井,

到达井底后,通过投球利用泥浆泵加压释放仪器,由自带电池供电开始工作并随钻具上提记录测井信息。目前工区内使用的存储式测井仪器性能指标为175℃/137 MPa,可满足塔河主体区块内水平井测井要求。相对钻具输送测井工艺流程简单,可随时通过循环钻井液、转动钻具的方式处理钻具遇阻、卡等复杂情况,也可第一时间按照钻井井控操作流程实施关井压井作业。但对于顺南区块部分高温高压气井,井底温度远远超过仪器的理论上限,若采用现有的工艺施工,存在无法取全资料或者仪器受高温高压损坏的实际困难,且在车间也无法通过高温烘箱进行温度性能试验。

2.3 控制人为误操作

水平井测井施工时,经常会发生以下2种情况:一是下钻过程中遇阻吨位过大,易造成仪器变形、损坏;二是上测时仪器遇卡,易使仪器带腿部分拉断落井。2014-2015年共发生过2起井径腿拉断落井和1起因井队活动钻具导致仪器损坏事故。造成此类事故的原因是钻机提升系统精度过低,等绞车司机观察到明显遇阻卡情况后,再通知司钻处理,已出现仪器因过度挤压或拉伸而造成损坏。针对上述情况,工区内通过使用远程张力面板和以企标的形式,严格控制施工中因钻测双方人员失误导致仪器落井造成的巨大的经济损失。

为避免失误,要求:(1)对钻测双方进行严格技术交底,包括下放测井过程中遇阻吨位、上提遇卡时拉力、接卸钻具坐吊卡时吊卡下放高度、遇到井况不好、造斜率大的井段及仪器快到井底时下放速度等关键控制点;(2)在钻台面安装远程张力面板,将测井绞车中井下张力、深度等关键参数传到钻台,可大大提高司钻人员获取井下仪器遇阻卡信息的速度,为及时处理异常情况提供依据。同时,测井操作工程师也应时刻观察井下张力变化,发现遇阻情况时及时通知井口坐岗人员,停止下放钻具。

3 顺南地区水平井测井工艺可行性分析

钻具输送测井和存储式测井工艺在顺南地区

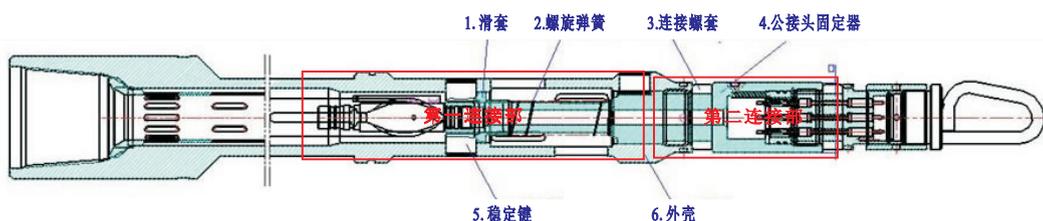


图1 可变水眼式公头外壳结构

Fig.1 Structure of wet connector with variable hydrophthalma

存在 3 个典型问题:一是目前工区内各施工单位所使用的存储式和常规仪器均不耐高温,无法进行四开、五开高温、高压测井施工;二是该地区井内高含天然气,部分井含有硫化氢,使带有橡胶部件的仪器或配件严重气侵,测量完成后,仪器损失严重;三是顺南地区的井属于高压气井,井控风险较高,当钻具与电缆同时存在时会影响防喷器对井口的控制。

顺南地区钻井平均井深 7 000 m,四开、五开钻具输送测井施工时间约为 45~50 h。仪器和水平井辅助工具长时间处于高温、高压、高含天然气的井筒环境下,对其性能提出严峻的考验。针对该地区井况复杂的井,无法采用电缆施工时,通过优选仪器组合和性能优异的密封件、形成配套的井控工艺措施等方式,确保钻具输送测井的顺利施工。

(1) 首选抗高温仪器。目前,工区储备了 LOGIQ 高温小井眼仪器和胜利伟业制造的高温仪器,基本满足目前该地区钻具输送测井需要。

(2) 优选“O”型密封圈。通过对不同型号密封圈进行比较,确定在顺南地区使用耐温指标达到 320 ℃ 的全氟橡胶“O”型密封圈,并且每次在仪器入井前,全部进行更换。同时,在仪器组合、连接处润滑脂可使用硅脂代替黄油,避免高温条件下黄油液化,钻井液侵入密封圈,造成仪器灌肠。

(3) 在仪器起下钻过程中,井口仅有钻具存在,一旦出现溢流险情,可按照钻井井控操作流程进行关井压井作业。针对该地区存在高风险井控的井,在起下仪器过程中,应分段顶通循环,保证公头外壳水眼畅通,防止水眼堵塞给后续压井作业带来困难。当仪器处于测井过程中时,电缆和钻具是同时存在的,工区内通过开展一系列试验,证实了当电缆处于绷紧状态时,可以通过关闭环形防喷器,实现对电缆和钻具的同时密封,并能在一定压力条件下进行平推压井作业。如果关闭环形防喷器后不能控制井口,可以利用工区内自主研发的快速固定电缆装置(图 2)将电缆剪断后快速固定在钻具本体上抢接防喷单根实施压井作业;如果上述情况安全作业时间均不满足要求,必要时也可以通过关闭剪切全封一体化闸板防喷器剪断钻具后进行后续故障处理。

4 应用实例分析

顺南 7 井四开中完井井深 7 020 m,管鞋深度 6 367.64 m,泥浆密度 1.9 g/cm³,黏度 67 s,测量井段 6 075~7 020 m。该井因套管变形,回填后于 6 088 m 开窗侧钻,最大井斜 5.9°。由于该井四开钻进过程

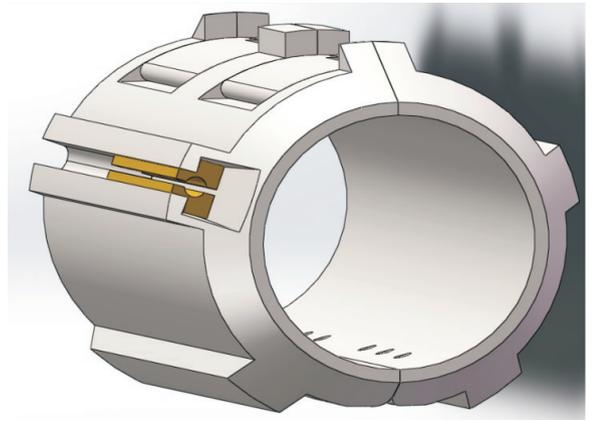


图 2 快速固定电缆装置示意

Fig.2 A device to fix cables fast

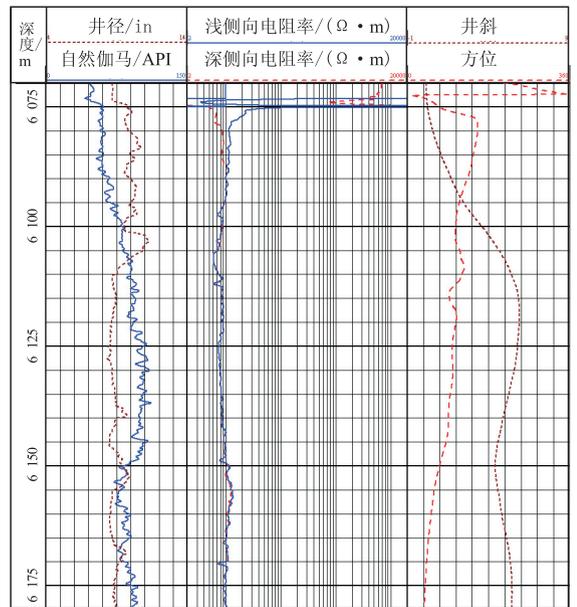


图 3 顺南 7 井四开标准曲线

Fig.3 Standard curves of fourth spudding in well Shunnan7

中起下钻遇阻吨位大、全烃后效显示好需节流循环排后效、全井方位变化大、井底温度高达 180 ℃ 和井底压力高达 130 MPa,结合这些复杂井况和仪器参数指标等因素,为确保测井的顺利施工,采用了高温小井眼仪器钻具传输测井。第一趟施工过程中,受井内高温高压影响,双侧向电子线路、探头、井径线路、防灌短节灌肠。后第二趟施工时使用抗高温仪器钻具输送顺利施工完成测井作业。四开标准测井曲线如图 3 所示。

5 结论和建议

(1) 通过对 2014-2015 年塔河油田影响水平井测井的因素进行分析,从测井前井眼和施工的精准备、改善测井施工工艺、控制测井过程中因人

(下转第 65 页)

技术,而选择有效的排水采气工艺技术,是延长气井生产周期、提高采收率的关键^[1-2]。2014年选择积液井 YK11 井做指导性试验,10月24日下涡流工具,11月11日投用一体化排液,即井下涡流装置和井口脉冲排液配合实现排液采气,延长了自喷期。截止2015年6月7日,累计增油270 t,增气 $236 \times 10^4 \text{ m}^3$ 。目前该井油压3.5 MPa,日产油1.57 t,日产气 $1 \times 10^4 \text{ m}^3$ (图1)。

2.5 低压流程建设

随着气田进入开发后期,低压流程的建设改造显得尤为重要,是油气深度挖潜的有效手段之一,更是一种趋势使然。因雅克拉区块地面集输管网压力在7.0 MPa,造成各单井的废弃压力较高和油气资源的浪费。为了深入挖潜区块潜力,提高油气采收率,YK13井低压流程于2014年3月12日建成投运,负责雅东区块低压井油气的回收处理。目前雅东区块低压井有YK11、YK19井,截止2015年

6月7日,2口井累计增压天然气 $1\ 357 \times 10^4 \text{ m}^3$,累计回收油4 678 t吨,收益创效182.5万元。

3 结语

通过上述增产措施研究和效果评价,确定了雅克拉凝析气田后续措施挖潜的方向。继续深化气井潜力调查,优化措施结构,在地层格架对比,细分开发小层和砂体划分的基础上,结合剩余油饱和度测井进行小层对比,深挖储层动用及改造潜力,继续深入挖潜剩余油等主要增产措施,适度引进有效排液采气试验,拓展增产新方向。

参考文献:

- [1] 文军红,刘雄伟.雅克拉一大涝坝凝析气田开发理论与实践[M].北京:中国石化出版社,2012:16-28.
- [2] 刘凤贤.伏龙泉气田动态分析及措施挖潜研究[J].化工管理,2015,36(11):99.

(编辑 叶德燎)

(上接第62页)

为造成的误操作3方面改善目前水平井测井工艺的不足,从而提高水平井测井一次成功率。

(2)针对顺南地区四开、五开测井时电缆无法施工的项目,建议使用高温小井眼或抗高温仪器钻具输送测井,并提前做好测井应急预案和井控演练。

(3)对井深超过6 800 m或井底温度超过140℃的水平井测井施工前,必须要在车间进行高温烘箱试验和仪器耐压试验,确保其性能满足施工要求。

(4)存储式测井因工艺流程简单,风险系数低、异常处理手段丰富等因素开始在塔河油田逐渐普及。建议一方面加强仪器的维护保养,更换部分

高温元器件,提前做好耐温耐压试验;另一方面,对存储式仪器进行高温高压性能改造,以满足顺南地区测井需求。

参考文献:

- [1] 蒋建平,罗荣,崔光.超深、超长水平井测井工艺技术研究与应用[J].中外能源,2013,18(11):41-45.
- [2] 肖世匡.水平井测井工艺在江汉油田的应用研究[J].石油天然气学报:江汉石油学院学报,2010,32(2):104-105.
- [3] 蒋建平,罗荣,崔光,等.塔河油田裸眼井测井作业井控工艺探讨[J].测井技术,2014,38(5):634-637.
- [4] 罗荣,李双林,罗军.超深侧钻水平井测井工艺在塔河油田的应用[J].测井技术,2012,36(3):301-303.

(编辑 叶德燎)