

文章编号: 1673—2677(2011) 03—0025—04

MGT 导向技术在 SAGD 双水平中的应用及研制

陈若铭¹, 陈 勇¹, 罗 维¹, 尹邦国², 唐 亮¹, 陈森强¹

(1 西部钻探钻井工程技术研究院, 新疆 克拉玛依 834000

2 新疆油田公司, 克拉玛依 834000)

摘 要: SAGD 双水平井的施工对井眼轨道的精确测量和层间位置的准确计算提出了很高的要求, 磁导向技术就是解决这一需求的核心。它是利用测量的磁场信号来确定正钻井相对于参考井距离和方位的一种导向技术。本文主要阐述了用于 SAGD 双水平井钻井作业的 MGT 导向技术应用理论、操作参数、技术特点等; 分析了 MGT 技术在风城油田的现场应用情况; 最后针对克拉玛依钻井工艺研究院正在研制的磁导向技术进行了简单的介绍。

关键词: SAGD 双水平井; 磁导向; MGT

中图分类号: TE271

文献标识码: A

蒸汽辅助重力泄油技术 (SAGD 采油技术) 可将采收率提高至 60% 左右, 比常规水平井蒸汽吞吐开采采收率高出约 30%^[1]。SAGD 双水平井实施方法如下: 就是在靠近油藏底部位置钻一对水平段平行的水平井, 上部水平井注蒸汽, 注入的蒸汽向上超覆在地层中形成蒸汽腔并不断向上面及侧面扩展, 与原油发生热交换, 加热的原油和蒸汽冷凝水靠重力作用泄流到下部的生产水平井中, 再用举升的办法进行生产。该技术的实施关键在于如何精确地控制两口水平井的水平段, 既要获得固定的空间距离, 又要整体控制在储层砂体内延伸。这就对井眼轨道的精确测量和层间位置的准确计算提出了很高的要求, 磁定位导向技术就是解决这一需求的核心。

磁定位指的是利用测量的磁场信号来确定正钻井相对于参考井距离和方位的一种导向技术。它是通过在参考井中布置一个人工磁场源, 人为地控制该磁场源产生的磁场的几何分布, 频率范围以及强度。该项技术已在石油钻井中得到了广泛的

应用, 包括用于引导救援井的前进方向、蒸汽辅助重力泄油中双水平井的平行作业、水平井与直井的对穿作业。

当前国外主要形成了 MGT、RMRS、SW、MAGTRac、PWT 等几种磁导向技术, 而如今在 SAGD 双水平井作业中应用最普遍、最成功的当属 MGT 导向技术^[2, 3]。

1 MGT 导向技术

1.1 发展情况

上世纪 80 年代, 艾伯特石油技术研究所 (AOSTRA) 进行了蒸汽辅助重力泄油 (SAGD) 的试验。研究人员在艾伯特的一个地下试验基地钻成了世界上的第一对 SAGD 双水平井, 但是这对双水平井是从地下的矿井井筒开始钻的, 从地表开始钻双水平井的技术在那个年代还不成熟。直到 1993 年, 从地表开始钻双水平井的技术才发展起来, 在 1993 年 6 月, Amoco Canada 公司利用 MGT 技术在

收稿日期: 2011-03-16

作者简介: 陈若铭 (1961-), 男, 毕业于石油大学石油与天然气工程专业, 硕士, 现任西部钻探克拉玛依钻井工艺研究院院长, 主要负责科研项目的管理及科研攻关工作。

艾伯特北部的 Wolf lake 油田从地表开始钻成了世界上第一对 SAGD 双水平井。根据相关文献,此后,陆续有 150 多对这样的 SAGD 双水平井在艾伯特省、萨斯其万省、怀俄明州、加利福尼亚州、委内瑞拉被钻成功。如今,世界各大稠油油田越来越多地利用这一磁导向技术开始钻 SAGD 双水平井。

1.2 误差分析

对于 SAGD 采油技术,两口平行水平井水平段之间的间距控制的特别严格。如果两口井靠的太近,蒸汽就会在注气井和生产井之间形成短路效应;如果两口井离的太远,蒸汽就不能充分地加热沥青质,从而不能形成有效的重力泄油。对于一般

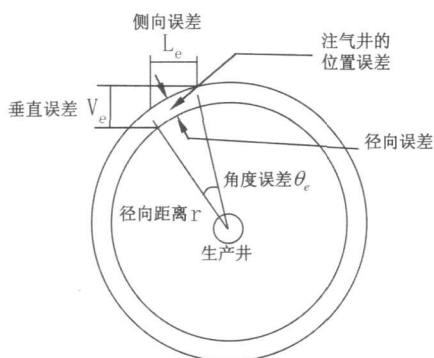


图 1 MGT 测量误差分析示意图

因为磁场强度与测量距离 r 的立方是成反比关系,限制了 MGT 系统的最远测量距离。增加磁场发射源的磁场强度,利用同样的探测仪器将会探测到更远的距离。

1.3 MGT 的技术缺陷

MGT 系统在 SAGD 双水平井的钻井作业中已得到了成功的商业化应用。它已被证明为一种稳定、可靠、有效的测量技术。但该技术主要存在以下缺陷:(1)定向时,需要将磁场发射源下入参考井中;(2)探管距离钻头大约有 17m。

由于该探测系统进行测量时,并不需要完全的无磁环境,非磁钻铤与钻头的间距减少会使探管更靠近钻头,同时结合 ABI 传感器,将会极大地提高 MGT 的导向能力。

2 MGT 应用的案例分析

2009 年 8 月由克拉玛依钻井工艺研究院承担了风城油田重 37 井区 SAGD 先导试验水平井组 HFW 208 的施工,采用了哈里伯顿的 MGT 磁定位导向实现 SAGD 成对水平井井眼轨迹的精确控制,完成了两口井水平段的平行钻进作业。

的 SAGD 钻井方案,双水平井水平段之间的间距通常要求控制在 4~10m 之间,而利用常规的井眼测量技术,如 MWD、EMS 陀螺仪等均不能满足测量精度的要求,而磁导向技术能使误差控制在设计要求以内,完全满足 SAGD 钻井技术的要求。

MGT 系统误差分为两部分,即径向误差和弧长误差,见图 1 和图 2。径向误差是两井距离的实际距离误差,通常较小。另一误差就是正钻井相对于参考井的弧长误差,或者称为角度误差,此误差在位置测量过程中显得不是那么重要。对于两井间距少于 10m 时,绝对的测量距离误差少于 2cm,而弧长误差达到了 20cm。

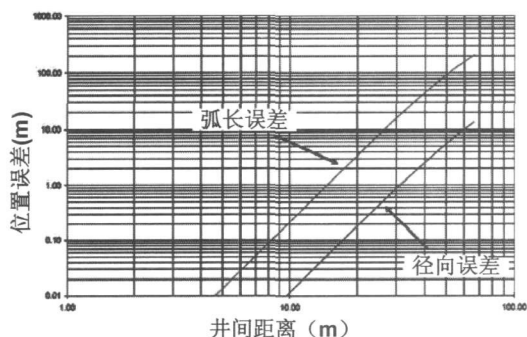


图 2 MGT 径向误差和弧长误差比较

HFW 208 井组是风城油田重 37 井区的 SAGD 双水平井组,生产井(P井)采用 MWD 技术控制井眼轨迹施工,注气井(I井)采用 MGT 导向技术进行轨迹控制钻进。设计要求轨迹距靶心垂向误差不超过 ± 1.0 m,平面上水平段轨迹靶心误差不超过 ± 2.0 m,两井间距为 5m。该井组的主要施工工艺如下:

(1)利用 MWD 技术进行下部生产井眼(P井)的轨迹测量和控制。

(2)P井完钻后,水平段下入 $\Phi 177.8$ mm 完井管串,并将原钻机移至上部注气井(I井)井口位置,进行钻进作业。

(3)利用小修钻机将 $\Phi 73$ mm 的油管串下入 P 井,为下入 MGT 磁场发射源作准备。采用泵压车的水力打压将磁场发射源泵入水平段的油管内,通过电缆线为磁场发射源供电,每隔 10m 设置一个靶点(记为靶点 #、2#、3#、...)。

(4)利用泵压将磁场发射源下入到 P 井的 1# 靶点,开始 I 井水平段的钻进作业,钻完一单根,利用 I 井中的探测系统进行磁场和加速度的测量,根据磁场定位软件计算出磁场源与探测器之间的距

离和方位, 引导注气井的钻井。

(5)再次利用泵压将磁场发射源下入到 2#靶点, 引导注气井眼水平段的钻进, 完成位置测量和轨迹的控制。

(6)重复上述过程, 直至完成注气井水平段的钻进。

图 3~ 图 5 分别为该井组垂直剖面图、水平投影

影图及两井中心距图, 由此可见, 采用 MGT 磁导向轨迹控制技术, 注气井和生产井的井眼轨迹走向基本一致, 两井水平段井眼垂向距离最大为 5.9m, 误差为 0.9m; 垂向最小距离为 4.8m, 误差为 0.2m, 垂向间距平均为 5.12m, 误差为 0.12m, 水平投影图上 IP 井轨迹基本吻合, 该井组完全达到了施工设计的要求, 满足设计精度。

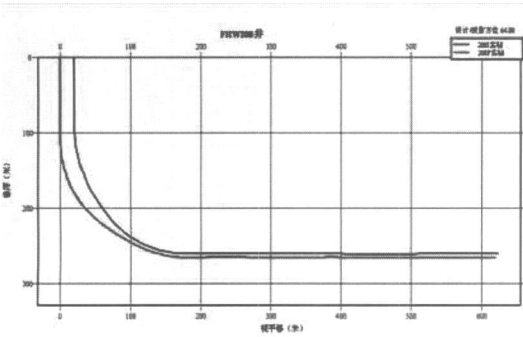


图 3 FHW 208 井组垂直剖面对比图

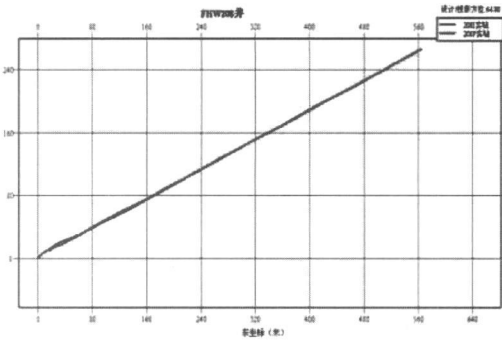


图 4 FHW 208 井组水平投影图

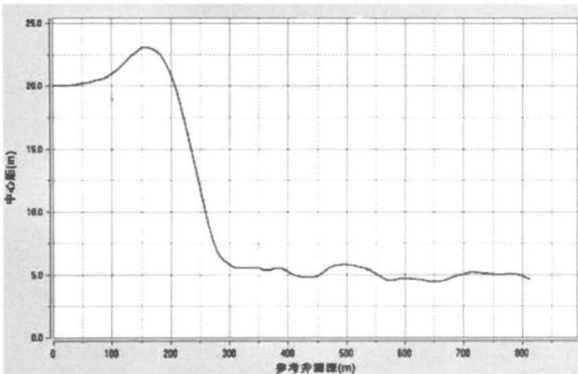


图 5 两井中心距图

测量定位装置, 在国内仍然是一片空白。该核心技术及设备都被国外的几个大公司所垄断, 使用成本非常高。

所以, 开展“成对水平井磁定位系统的研制”, 并形成自主知识产权的技术和产品, 对于解决国内稠油资源开发对 SAGD 水平井的迫切要求, 提高新疆油田超稠油油藏开发效率和动用程度都具有非常重要的意义。

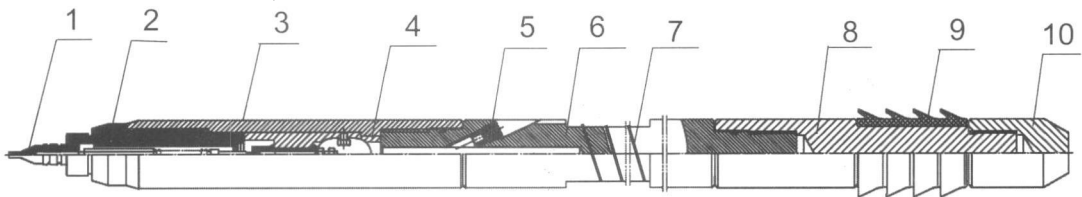
该项技术的主要研究内容包括: (1)精确磁场发射源研制; (2)三轴磁场探测仪研制; (3)三维空间磁场定位模型建立及软件设计; (4)信号传输系统研究。

3.1 磁场发射源

如图 6 所示, 磁场发射源由电缆引头、上部接头、导电筒外套、导电筒、插针接头、磁芯、漆包线、胶塞座、胶塞、引导件等组成。

3 磁导向技术研究

SAGD 双水平钻井技术是一项钻井新工艺, 涉及到许多新的钻井工艺和设备, 起关键作用的磁场



1. 电缆引头 2 上部接头 3 导电筒外套 4 导电筒 5. 插针接头
6 磁芯 7. 漆包线 8 胶塞座 9 胶塞 10 引导件

图 6 磁场发射源结构示意图

利用电缆线为磁场发生源通直流电 5~10 安培, 就会在磁场发射源周围产生可供磁场探管探测的有效磁场。

3.2 磁定位模型及其软件编制

磁定位模型的正确建立是系统研制成功与否的关键, 根据磁场源发射器的几何形状, 载流强度,

线圈尺寸建立了空间磁场分布关系模型, 由该关系模型反演推导磁场源与探测器之间的距离和方位, 即建立磁定位的解析模型。根据建立的解析模型, 编制三维空间磁场信号的采集和分析软件, 如图 7 所示。根据测得的磁场强度计算出场源相对于磁场探测器的距离及其方位。

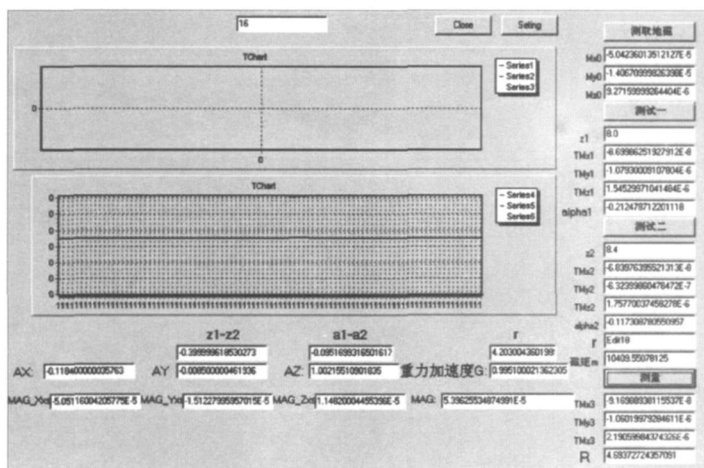


图 7 磁场信号采集与分析软件

3.3 信号传输系统研究

信号传输系统研究的主要工作就是: 通过磁场探测器检测磁场发射源产生的磁场信号, 由模数 (A/D) 转换器转换为数字信号进行编码处理, 然后由传输系统传到地面进行数据分析。系统采集软件对输入的信号进行滤波降噪、检测识别、解码并进行显示和存储等处理工作。

3.4 室内测试

在空旷的环境下选择 20m × 20m 的地面测试空间, 电缆线一端与磁场发射源连接, 另一端与恒流源连接, 将磁场发射源插入 $\Phi 73\text{mm}$ 的油管内, 固

定磁场探测系统在测试空间的边缘位置, 磁场发射源和磁场探测系统要求基本平行布置。当进行磁场发射源的水平方向测量时, 拖动磁场发射源在管柱内穿行。当进行磁场发射源相对于探测系统的横向方向测试时, 可以人为推动管柱的方式将磁场发射源相对于磁场探测系统前后移动。给磁场发射源供直流

电 5~10 安培, 进行距离的测量。同时对比磁场发射源与探测点之间的测试距离 (软件计算距离) 与二者之间的实际距离 (用皮尺量出), 计算其相对误差 (图 8)。

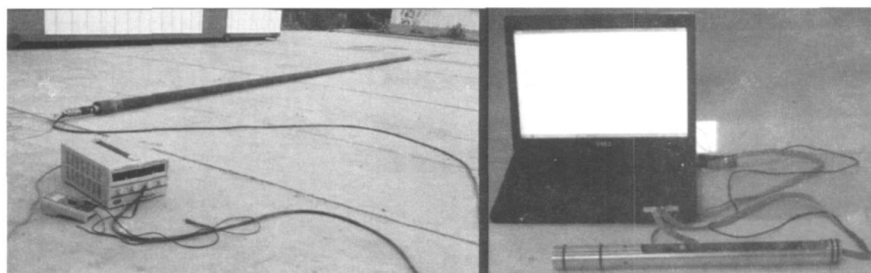


图 8 磁定位系统的测试

目前, 我院已完成磁场发射源和磁场探管的样机试制, 初步进行了系统距离和精度的室内测试。

将磁场发射源放入油管内的探测距离达到 12m, 测量误差控制在 5% 以内。(下转第 37 页)

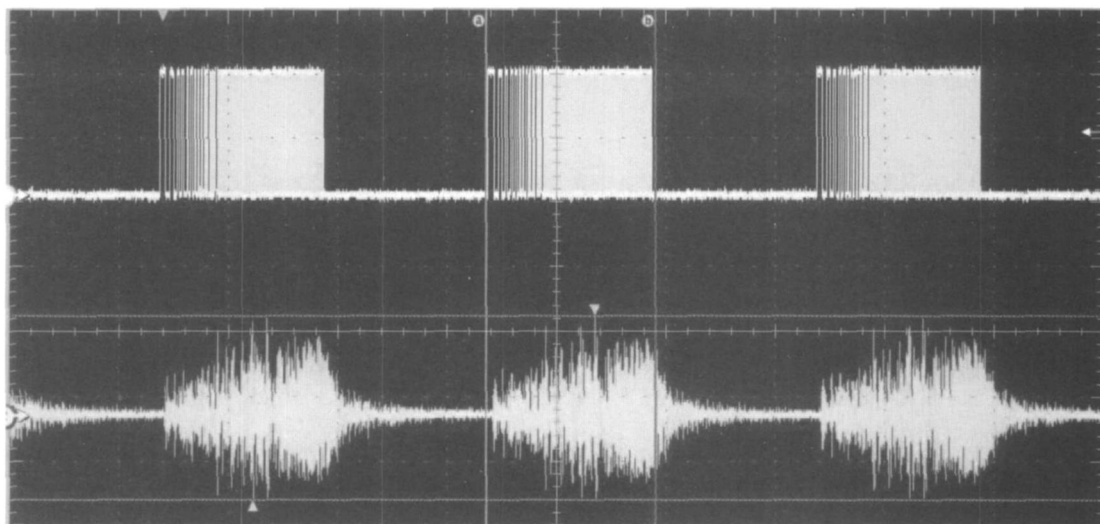


图 15 发射信号波形和接收信号波形

7 结论

研究应力波井筒数据传输主要目的是为了解决在欠平衡钻井等多相流(特别是气体钻井)状态下的井下数据传输问题,及时将井下数据传输到地面,为钻井工程控制提供必要数据。通过对钻杆应力波传输特性、压电元件与钻杆的耦合规律、数据处理及通讯等技术的研究分析,从理论分析、仿真实验及室内实验和现场试验等方面证明了应力波

井筒数据传输技术是很有希望的。

参考文献:

- [1] 刘修善, 杨国春, 涂玉林, 等. 我国电磁随钻测量技术研究进展 [J]. 石油钻采工艺, 2008, 30(5): 2-5
- [2] 李志刚, 管志川, 王以法. 随钻声波遥测及其关键问题分析 [J]. 石油矿场机械, 2008, 37(9): 6-9
- [3] 王礼立. 应力波基础. 北京: 国防工业出版社, 2005

(上接第 28 页)

4 结论

(1) SAGD 双水平井的施工对井眼轨道的精确测量和层间位置的准确计算提出了很高的要求。利用常规的井眼测量技术,如 MWD、EMS 陀螺仪等均不能满足测量精度的要求。

(2) 通过实践证明, MGT 导向技术能实现 SAGD 双水平井轨迹的精确控制,能够满足工程施工的要求。

(3) 磁导向是利用测量的磁场信号来确定正钻井相对于参考井距离和方位的一种导向技术,是在传统井眼轨迹测量、控制技术基础上的延伸与发展,具有广阔的应用前景。

(4) 我院已完成磁场发射源和磁场探管的样机试制,初步进行了系统距离和精度的室内测试,测试效果较好。

参考文献:

- [1] 万仁溥, 罗英俊. 采油技术手册第八分册 [M]. 北京: 石油工业出版社, 1999
- [2] Kuckes A F. New Electromagnetic Surveying/Ranging Method for Drilling Parallel Horizontal Twin Wells SPE27466 1994
- [3] Tracy L Grills P. Eng. Magnetic Ranging Technologies for Drilling Steam Assisted Gravity Drainage Well Pairs and Unique Well Geometries - A Comparison of Technologies SPE79005, 2002

some suggestions and cautions are put forward for practical application.

Key Words: DFT; FFT; Time series

UNDERBALANCED DRILLING/COMPLETION IN WHOLE PROCESS/ *Yiming, Chen ruoming, Yang gang, et al. Drilling Engineering Technology Research Institute of Western Drilling Engineering Co. Ltd/Xinjiang ShiYou TianRan Qi, 2011, 7(3):19~6*

Abstract: This paper explains the significance of carrying out underbalanced drilling/completion technology in whole process from the perspective of reservoir protection, introduces the key equipment to carry out the whole process underbalanced drilling/completion technology from the technology point of view, and provides a realization of drilling, tripping, logging, completing and other working conditions, to maintain the wellbore being in underbalanced condition. It introduces the detection and protection effect that was obtained from the application of this technology in Karamay gas field of Xinjiang. Some suggestions are made about practicing and spreading this technology in oil filed in the final part.

Key Words: Whole process; Underbalanced drilling; Down - hole deployment valve; Logging with pressure; Completion

APPLICATION OF MAGNETIC GUIDANCE TECHNOLOGY IN SAGD DOUBLE HORIZONTAL WELL AND DEVELOPMENT/ *Chen Ruo ming; Chen Yong; Luo Wei et al. Xibu Drilling Engineering Company Limited Drilling Technology Research Institute XinJiang Kelamay 834000/Xinjiang ShiYou TianRan Qi, 2011, 7(3):25~4*

Abstract: Very high requirement is raised by well trajectory precision measurement and accurate calculation of interlayer position during SAGD double horizontal well construction, and the Magnetic Guidance technology is the core. Measurement of the magnetic field signal is used to determine relative distance and azimuth from the drilling well to the reference well. This paper mainly elaborated MGT orienting technology application theory, operation parameters and technical features in SAGD double horizontal well drilling operation; MGT technology application is analysed in the Feng Chen oil field; Finally, Magnetic Guidance technology is introduced in Karamay Drilling Technology Research Institute.

Key Words: SAGD double horizontalwell; Magnetic orientation; MGT

STRESS WAVE BOREHOLE DATA TRANSMISSION TECHNOLOGY OVERVIEW/ *Luowei, Yanghong, Xing pengyun, et al. Xibu Drilling Engineering Company Limited Drilling Technology Research Institute, Xinjiang Karamay 834000/Xinjiang ShiYou TianRan Qi, 2011, 7(3):29~9*

Abstract: Oil and gas exploration and drilling industry proceed unremitting research on LWD data transmission technology for long - time, and mud pulse, electromagnetic wave, acoustic and other wireless data transmission technology were produced. Various transmission technology has its own limitations. This article elaborated the key technology that uses stress waves through the drill string downhole data real - time transmission in the drilling process. The stress wave propagation characteristics in the drill string, signal transmitting and receiving, digital communication and strong background noise weak signal detection by chaotic oscillator and other aspects of the research results and Karamay Drilling Technology Research Institute Research on stress wave MWD were also introduced in the paper.

Key Words: Stress wave; Borehole; Data transmission; Detection while drilling

CONTROLLING AND COMPREHENDING ON DUAL HORIZONTAL WELL SAGD CYCLIC WARM - UP PHASE/ *Liu Ming, Deng Qin, Yang Wenxue, et al. The Windy oilfield of Xinjiang Oilfield Company 834000/Xinjiang ShiYou TianRan Qi, 2011, 7(3):38~4*

Abstract: The Windy oilfield, which is located in Northwestern margin of Zhunger Basin is extremely rich in extra - heavy oil resources in ultra - shallow, and this reservoir has the characteristics of high abundance of reserves ($519.6 \times 10^4 \text{ t/km}^2$), shallow hidden and low formation temperature. The nature of crude oil with high viscosity (50°C 时 $13768 \text{ mPa} \cdot \text{s}$) and high solidifying point. The reservoir by means of steam huff and puff, it's difficult to exploit, and recovery is relatively low. The Steam - Assisted Gravity Drainage method is an