

有缆智能测调工艺在 7" 大斜度尾管井中的应用

张中平

中海石油(中国)有限公司天津分公司 天津 300450

摘要: 注水是保证地层能量的有效方式,随着油田开发,大斜度井甚至水平注水的数量井在增加。有缆智能注水已经在 9-5/8" 套管井中广泛应用,7" 尾管井受限于尺寸和注入量的要求,一直没有合适的工具。本文所示大通径防砂技术和有缆智能测调工艺技术想结合,为 7" 尾管井的智能注水工艺提供了新的思路,并在实际作业中应用,取得良好的效果,为以后同类型的注水井提供的新的方法,改变了 7" 尾管井无法实现有缆测调精细化、智能化注水的现状。

关键字: 7" 尾管井; 大通径; 智能注水

Application of wireline intelligent metering technology in 7" highly deviated liner well

Zhongping Zhang

CNOOC (China) Co., Ltd. Tianjin Branch, Tianjin 300450, China

Abstract: Water injection is an effective method for maintaining reservoir energy. With the development of oil fields, the number of highly deviated and even horizontal water injection wells is increasing. Intelligent cable-controlled water injection has been widely applied in 9-5/8" casing wells, but for 7" tailpipe wells, suitable tools have been lacking due to size and injection requirements. This paper proposes a new approach by combining large-diameter sand control technology with intelligent cable-controlled measurement and adjustment process technology, providing a new solution for intelligent water injection in 7" tailpipe wells. The proposed approach has been successfully applied in practical operations, achieving favorable results. It offers a new method for similar water injection wells in the future and addresses the current limitations of the lack of cable-controlled fine-tuning and intelligent water injection in 7" tailpipe wells.

Keywords: 7" liner well; A large diameter; Intelligent water flooding

随着油田勘探开发的深入,大位移、大斜度注水井越来越多,因为井深的增加多采用 7" 尾管方式完井,为保证注入量并减少井数,采用套管射孔分层注入的居多,注入量也较大。另外随着数字化油田的快速发展以及分层注水高效测调技术的不断探索,油藏对精细化、智能化注水的要求越来越高。现有常规的注水工艺,大多数受到井斜大的限制,无法现实钢丝作业投捞或者电缆进行测调,需要更换管柱来满足油藏注水调整的需求,工期和费用较高。只有永置液控管线和永置电缆智能测调注水工艺突破了井斜限制,但相比而言,前者却受到了注水层数的限制,且测调精度相对较低,而后者当前只有 9-5/8" 套管井配套的工艺技术。针对目前渤海油田 7" 尾管大位移、大斜度注水井,亟需技术的突破来满足精细化、智能化注水要求。本文采用大通径防砂技术和现有的智能注水工艺相结合,实现了 7" 尾管通过电缆进行测调从而实现智能注水的的工艺。

一、7" 尾管大通径防砂管柱技术

1.1 技术背景

目前渤海湾常用的 7" 尾管防砂方式多采用机械防砂,又分为优质筛管简易防砂和砾石充填防砂 2 种方式。均下入顶部封隔器和隔离封隔器,顶部封隔器目前有 3.25"、3.88"、4" 三种尺寸,隔离封隔器通径分别有 3.25" 和 3.88" 二种尺寸。大位移井射孔段较长,注水量较大,常规通径无法下入大通径的油管注水工具,无法满足注水量大的注入要求。想要实现注水量和智能调控都满足,必须保证防砂管柱通径足够大,为智能注水管柱增加选择的空间。

1.2 技术思路

将原有 4-1/2" 优质筛管和盲管(内径 4.0") 变更为 5" (内径 4.409"), 增加筛盲管内径。采用改进版 4.25" 大通径顶部封隔器+4.25" 大通径隔离封隔器,使得整个防砂管柱通径达到 4.25", 最大限度提高注水管柱的内通径。筛盲管和防砂封隔器内径尺寸增大,整体管柱抗力学性能增强,环空洗井通道变大,可降低同等注水量情况下地面注入泵的输出功率,增大洗井注入量,增强洗井效果,降低管柱腐蚀、结垢风险,同时为管柱切割打捞提供便利,降低作业难度。

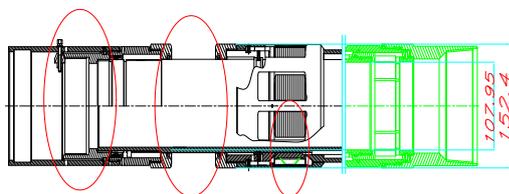


图 1 改进型顶部封隔器

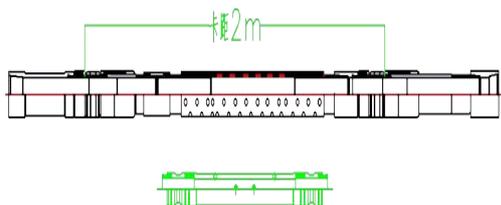


图 2 改进型隔离封隔器

二、7" 尾管井有缆智能测调注水

2.1 技术背景

由于大斜度井无法实现钢丝或者电缆作业，普通配水器无法实现调配。目前常用大斜度智能注水方式有无缆智能测调技术、液压管线智能测调技术及有缆智能测调技术。无线智能测调技术采用脉冲信号进行调配，无法实时反馈测调后数据，分层层数也受到限制，置入的电池电量有限，待电量耗尽后需要连续油管更换或者起管柱更换，增加作业成本。液压管线智能测调技术每一个配水器都需要一根控制管线进行控制，耽误作业时效并有较大作业风险，调控反馈也不够精确。9-5/8" 套管井有缆智能测调注水技术已经得到广泛应用，之前一直受限于 7" 尾管井下入的防砂管柱通径小，不能既满足注水量又能满足智能测调的需求。随着开发的中后期大斜度井和侧钻井越来越多，7" 尾管井的数量比例在增加，急需一套可以应用于该井型的智能测调注水工艺。

2.2 技术思路

分层配注管柱采用 2-7/8" NU 油管，配套专用的有缆测调智能配水器和可穿越电缆定位密封及油管接箍。

有缆测调配水器主要上接头及螺环组件、下接头及螺环组件、上下外护管、中接头、过流通道、差压式流量计组件、电路板组件、水嘴调节组件等组成。随着注水管柱一并下入专用测调电缆，将下入的各层配水器与地面控制器进行连接，一方面可以为井下配水器供电，另一方面作为监控端实时接收与监控井下工作筒采集的分注动态数据，在线、高效测控井下分注测调工作筒的水嘴开度。具有井下分注数据采集、实时监测、分层注水量自动调控、在线验封等功能。分层调

配精度高，且突破了井斜和分注层数的限制。

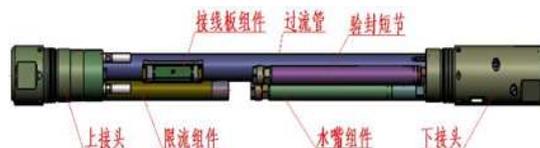


图 3 智能配水器结构图



图 4 智能配水器开关状态演示图

技术参数：

- 最大外径：φ95mm；
- 全井最大注入量：1500m³/d；
- 单层最大注水量：500m³/d；
- 优选压差流量计；
- 本体耐压 60MPa，耐高温 120℃。

技术特点：

- 集传感器、微控制器、驱动执行机构于一体；
- 地面在线直读井下参数，实时测调；
- 水嘴采用三通结构设计，增大分层注水量；
- 水嘴开度无级调整；
- 可调水嘴平衡压结构设计。

为防止防砂段电缆遇阻、遇卡，防砂段 2-7/8" NU 油管配套特殊接箍，电缆由特殊接箍通道内穿过，并利用橡胶棒压紧。



图 5 油管、特殊接箍、电缆装配示意图

定位和插入密封采用特制结构可以穿越电缆，既要保证密封效果，又要防止下入过程中磕碰破损。

名称	最大外径	密封数量	连接扣型	耐压差等级	耐温等级
插入密封	108.3	4组8块	2-7/8in (2-3/8in)	35MPa	150°C
定位密封	112	4组8块	2-7/8in (2-3/8in)	35MPa	150°C

表 1 定位和插入密封数据表

3. 现场应用情况

井的基本情况简介:

- 为一口 7" 尾管大斜度定向注水井, 井深 3098m, 最大井斜 70.32° @2761m;
- 采用 4.25" 大口径防砂管柱;
- 采用有缆智能测调注水工艺技术, 分 2 层注水;
- 下入井下安全阀进行和过电缆封隔器进行安全控制。

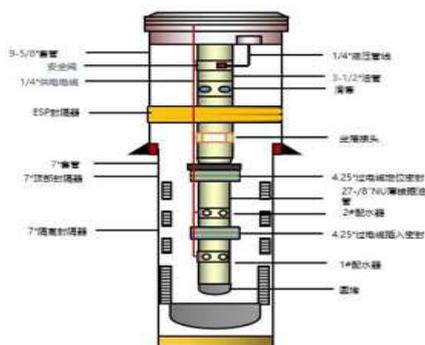


图 6 应用井生产管柱图

完井结束后, 现场测调顺利完成, 满足了油藏分层配注要求。实现了有缆智能分注工艺技术在 7" 尾管井应用的技术突破。

防砂段	层位	产量	配注量	配注量
		m ³ /d	m ³ /d	m ³ /d
1	I	7.1	7.1	20
2	II2	46.8	46.8	30
合计		53.9	53.9	50

表 2 油藏配注要求



图 7 现场分层调试结果

三、结语

目前水驱油仍然是油田开发的主要驱油方式, 随着渤海部分油田已经开发的中后期, 注水决定了整个油田能量的补充, 对于注水精细化和数字化提出更高要求, 只有随着开发的进行随时进行针对性的调整, 才能利于整个油田的开发, 提高整体的采收率。

大斜度井穿目的层位较多, 井深较大常采用 7" 尾管的开采方式, 面临射孔段长的情况, 注入量也有较大, 7" 尾管井的通畅局限了防砂管柱的内通畅, 在保证防砂效果的同时, 如何增加防砂管柱的内通畅, 成为了满足大注入量的关键。

本文对比了永置液控管线和永置电缆智能测调注水工艺, 从作业安全和可操作性上后者更具有推广价值, 在将防砂管柱的内通畅从原来 3.25" 增加至 4.25", 可以有足够的内径通过 2-7/8" NU 油管专用接箍, 也可以在定位和插入密封实现电缆穿越, 从而实现一根电缆控制分注部分的所有智能配水器。

永置电缆智能测调注水工艺在现场进行了组装、入井和调试和实验, 满足了 7" 尾管注水井细分层系精细化注水工具的产业化需求, 能到完成油层要求的分层配注要求。实现了有缆智能分注工艺技术在 7" 尾管井中应用的技术突破, 也打破了智能注水工艺 7" 尾管大位移、大斜度注水井受井斜和层数的限制。

参考文献:

[1] 王东 渤海油田分层注水技术研究现状及发展方向[J]. 中国海上油气. 2022(04)

[2] 佟音. 大庆油田缆控分层注水技术研究及应用[J]. 石油科技论坛.2022(01)

[3] 王明杰. 海上小井眼大通径一次多层压裂充填工具研究[J]. 石油矿场机械.2021(03)

[4] 李楠 海上油田智能精细分层注水技术研究与应用[J]. 石油和石化设备.2022(04)

[5] 徐兴安 海上油田注水井智能监测与控制技术研究[J]. 当代化工.2020 (07)

[6] 赵志佳 小井眼大通径多层砾石充填防砂工具及配套技术应用[J]. 技术研究.2021 (05)