

富满油田超深井温度梯度测试不稳定校正方法

苟柱银¹, 田新建¹, 卢刚¹, 段胜才¹, 孙振玮¹, 杨惠娟²

1. 中国石油塔里木油田分公司哈得采油气管理区 新疆库车 841000

2. 河北省廊坊市开发区华泰油田新技术有限公司 河北廊坊 065000

项目支持: 塔里木油田分公司哈得采油气管理区“2021年深大断裂控制断控储层油柱高度计算服务”(850821080143)

引用: 苟柱银, 田新建, 卢刚, 等. 富满油田超深井温度梯度测试不稳定校正方法[J]. 油气井测试, 2025, 34(5): 73-78.

Cite: GOU Zhuyin, TIAN Xinjian, LU Gang, et al. Unstable correction method for temperature gradient testing in ultra-deep wells of Fuman oilfield[J]. Well Testing, 2025, 34(5): 73-78.

摘要 为提高塔里木富满油田超深井油气藏温度测试精度, 通过实例总结了不同类型压力计、不同测试工艺、不同地层流体以及流、静温测试对温度的影响, 分析了不同情形下停点温度变化量的差异性, 提出了温度过深补偿测试方法, 实现了测试现场根据温度的变化趋势及时调整深度对温度变化量进行补偿, 形成较稳定的温度梯度。温度过深补偿测试方法已在现场成功应用十几口井, 所测温度梯度基本稳定, 提高了每个停点温度精度, 得到了较好的效果。该方法对分析深井井筒相态分布具有实用价值, 对富满油田精准开发具有重要意义。

关键词 富满油田; 超深井; 试井工艺; 温度梯度; 温度变化量; 深度补偿; 井筒相态

中图分类号: TE353 **文献标识码**: B **DOI**: 10.19680/j.cnki.1004-4388.2025.05.011

Unstable correction method for temperature gradient testing in ultra-deep wells of Fuman oilfield

GOU Zhuyin¹, TIAN Xinjian¹, LU Gang¹, DUAN Shengcai¹, SUN Zhenwei¹, YANG Huijuan²

1. Had Oil and Gas Production Management Area, Tarim Oilfield Company, PetroChina, Korla, Xinjiang 841000, China

2. Langfang Development Zone Huatai Oilfield New Technology Co., Ltd., Langfang, Hebei 065000, China

Abstract: To enhance the accuracy of temperature testing in ultra-deep wells within the Fuman oilfield of the Tarim basin, by analyzing practical cases, the influences of various factors on the tested temperature were summarized. These factors include different types of pressure gauges, well testing technologies, formation fluids, flowing temperature measurement, and static temperature measurement. In addition, the variations in temperature change at different depth intervals were analyzed, and an over-depth compensation method for temperature testing was proposed. This method enables real-time compensation for temperature fluctuations during field operations by dynamically adjusting depth based on observed temperature trends, thereby facilitating the establishment of a more stable temperature gradient. This over-depth compensation technique has been successfully applied in over ten wells on site, where the measured temperature gradients remained stable and the temperature accuracy of each depth point was improved, achieving favorable results. This method is of practical value for analyzing the phase behavior within the deep wellbore and is of significant importance for the precise development of the Fuman oilfield.

Keywords: Fuman oilfield; ultra-deep well; well testing technology; temperature gradient; temperature variation; depth compensation; wellbore phase behavior

塔里木富满油田产油层主要分布在奥陶系, 受断裂控制储层沿断裂方向十分发育, 呈“板状体”, 根据局部发育程度, 一般呈块状、漏斗状、线状, 奥陶系缝洞型碳酸盐岩储层^[1-3]岩性以灰岩为主, 储集空间类型多为“溶洞、孔洞和裂缝”^[4], 储层埋藏深度在7 000 m以上, 属超深井高温、高压油气藏, 油藏投入开发后, 为保障油气井长期稳产、高产, 油藏工程师需运用多种手段对油气藏进行管理, 其中

试井^[5-6]是较为常用的一种管理工具, 通过试井录取的压力、温度资料可解决油气藏生产中的许多问题, 随着试井技术的发展, 流、静温资料应用也越来越多, 比如利用流、静温梯度曲线判断产气层, 静温曲线判断油套损^[7-8], 产层流温上升判断水体活跃程度^[9-11]等, 目前油层中部流、静温差被广泛用于计算缝洞型碳酸盐岩油藏油柱高度^[12], 因此流、静温梯度测试及温度分析精度显得非常重要, 由于奥陶

系储层埋藏深,压力、温度高,试井工艺也受到一定限制,高温压力计内部电路保温模式以及压力计托筒热传导效率下降等多因素影响,导致温度梯度不稳定,若想获得比较稳定的温度梯度,必须延长梯度停点时间,但延长梯度停点时间可能出现夜间作业以及钢丝磨损井口防喷盒盘根引发井口刺漏发生井喷风险,故超深井梯度测试必须控制停点时间和停点间隔,既要保证井控安全,又要录取好温度梯度,针对这一问题,哈得采油气管理区油藏工程师为配合生产,提高温度录取精度,率先对大量历史温度测试资料进行分析,总结出了不同类型压力计、不同工艺、不同井流物、流静温测试情形下温度变化量的差异性,给出了温度梯度测试温度过深补偿操作方法,通过验证,在不延长每个温度梯度停点时间的情形下,实现了测试温度梯度的稳定。

1 超深井温度测试影响因素分析

压力计类型不同、测试工艺不同、井流出物不同、流温与静温测试类型不同,均会对温度测试产生影响。温度稳定程度一般用温度变化量表示。压力计停点测温时,每分钟温度的变化量越大,温度稳定速度越慢,变化量越小,温度稳定速度越快。

1.1 不同类型压力计对温度的影响

图1给出了同一种托筒(原托筒)、同一种井流物(原油)情形下,两种不同类型压力计所测静温梯度对比图。

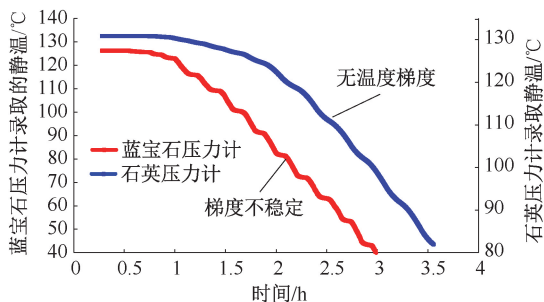


图1 蓝宝石与石英压力计静温梯度曲线图

Fig. 1 Static temperature gradient curve of sapphire and quartz pressure gauges

由图中看出,蓝宝石压力计录取的温度梯度不稳定,石英压力计录取的温度梯度像一条“波浪”曲线,基本看不到温度梯度,很明显,蓝宝石压力计所测温度梯度温度变化量小,稳定速度快,石英压力计温度梯度温度变化量大,温度稳定速度慢,

石英压力计温度稳定速度较慢的原因是由于为了适应高温(大于160℃)井测试,在工艺制造时,电路板温度传感器部分做了温度保护,影响了热传导速率所致。

1.2 不同工艺对温度的影响

以蓝宝石压力计为基础,分析压力计托筒制造工艺对温度的影响。图2(a)为压力计原托筒示意图,该托筒在侧面开圆形传压、传热孔,该托筒的特点是作业强度好,导热性能差;图2(b)为改进I型新压力计托筒,侧面矩形槽尺寸较大,增加流体导热能力,该托筒强度变差,震击作业容易变形;图2(c)为改进II型压力计托筒,侧面、两端开孔、内径加大,增加了流体导压、导热能力,同时增强了托筒强度。

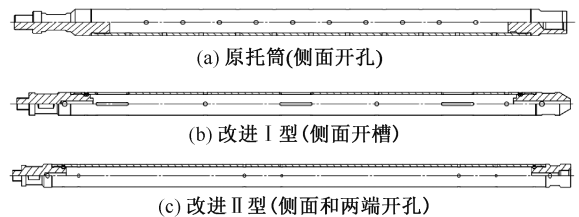


图2 压力计托筒示意图

Fig. 2 Schematic diagram of pressure gauge housing

图3给出了采用三种压力计托筒所测温度梯度对应的曲线图。由图3中看出,原托筒、改进I型、改进II型压力计托筒所测流温梯度均不稳定,上提测梯度,温度梯度呈下降形态,相比较,改进I型压力计托筒所测温度梯度(红色曲线)稳定情况较好,其原因是I型压力计托筒侧面开槽尺寸大,筒内外流体置换速度快,故温度梯度相对稳定,但没有从根本上解决温度梯度不稳定的问题。

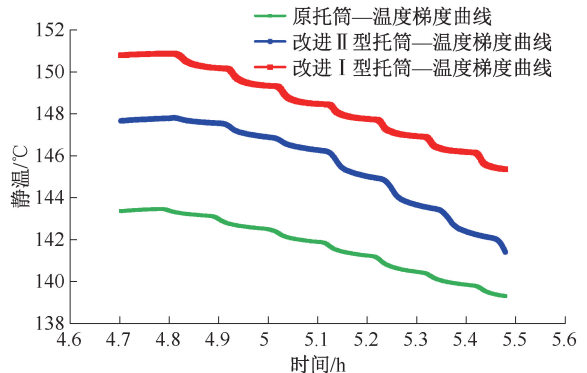


图3 三种压力计托筒的温度梯度曲线图

Fig. 3 Temperature gradient curves of the three pressure gauge housing

为进一步分析不同工艺下温度稳定速度,图4给出了同一种井流物(原油)、不同工艺(三种规格

托筒)温度变化量对比分析柱状图。由图4中看出,三种停点间隔对比,当停点间隔为50 m时,平均温度变化量为 $0.033\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,停点温度稳定速度最快;当停点间隔为100 m时,平均温度变化量为 $0.049\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,停点温度稳定速度较快;当停点间隔为500~1 000 m时,平均温度变化量为 $0.103\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,温度稳定速度较慢。三种工艺对比,当停点间隔为50 m时,原托筒、改进II型、改进I型温度变化量分别为 0.036 、 0.028 、 $0.036\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;当停点间隔为100 m时,原托筒、改进II型、改进I型温度变化量分别为 0.051 、 0.055 、 $0.040\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,两种情形温度变化量均相差不大;当停点间隔为500~1 000 m时,原托筒、改进II型、改进I型温度变化量分别为 0.145 、 0.111 、 $0.053\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,相比较,改进I型托筒(红色柱)温度稳定速度较快,温度变化量为 $0.053\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,图4与图3分析结果相吻合。

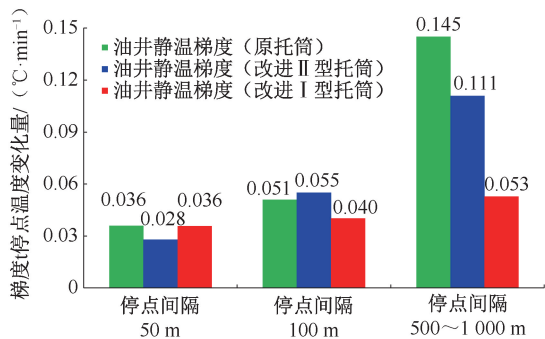


图4 同一种井流体、不同工艺、不同梯度停点间隔温度变化量对比柱状图

Fig. 4 Comparison chart of temperature variation for the same fluid under different processes and with different gradient stop-point intervals

由以上分析得出,三种压力计托筒对温度测试均有影响,改进I型托筒温度稳定速度最快,但由于强度较差,易发生变形,故改进II型托筒应用较多。

1.3 不同井流体对温度的影响

图5给出了相同工艺下、不同井流体温度变化量对比分析柱状图。由图中看出,压力计托筒为改进II型,在不同井流体(气、油、水)情形下,气井静温梯度温度稳定速度较慢,停点间隔50 m、100 m、500~1 000 m时对应的温度变化量分别为 0.047 、 0.053 、 $0.135\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;水井静温梯度温度稳定速度较快,停点间隔50 m、100 m、500~1 000 m时对应的温度变化量分别为 0.017 、 0.024 、 $0.032\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;油井静温梯度温度稳定速度介于气、水井流体之间。

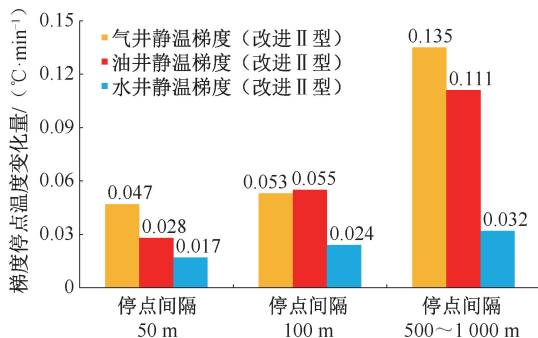


图5 不同井流体、不同梯度停点间隔的温度变化量对比柱状图

Fig. 5 Comparison chart of temperature variation for different fluids and different gradient stop intervals

在不同停点间隔情形下,停点间隔为50 m时,气、油、水的温度变化量分别为 0.047 、 0.028 、 $0.017\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;停点间隔为100 m时,气、油、水的温度变化量分别为 0.053 、 0.055 、 $0.024\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;停点间隔为500~1 000 m时,气、油、水的温度变化量分别为 0.135 、 0.111 、 $0.032\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,由此看出,测点间隔越小,不同井流体温度变化量越小,温度稳定速度越快。

1.4 流、静温测试对温度的影响

图6给出了相同工艺、相同井流体情形下,流、静温梯度测试时温度变化量对比分析柱状图。由图中看出,油井静温梯度温度变化量较大,停点间隔分别为50 m、100 m、500~1 000 m时,对应的温度变化量分别为 0.036 、 0.051 、 $0.145\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;静温稳定速度较慢;油井流温梯度温度变化量较小,停点间隔分别为50 m、100 m、500~1 000 m时,对应的温度变化量分别为 0.016 、 0.020 、 $0.064\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;流温稳定速度较快。

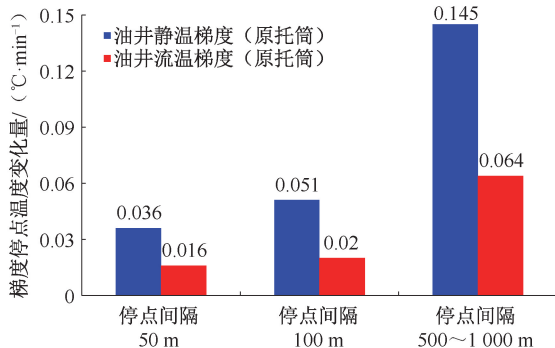


图6 流、静温梯度测试时温度变化量对比柱状图

Fig. 6 Comparison chart of temperature variation in flow and static temperature gradient test

由此可见,除了不同类型压力计影响温度稳定速度外,温度稳定速度还受到试井工艺、测试类型

等因素影响,加上人为读值误差,可能导致所测温度或温度梯度出现偏差。

2 温度过深补偿测试方法

温度过深补偿测试方法是测试现场根据温度的变化趋势通过调整深度的方法对温度变化量进行补偿,使梯度停点的温度变化快速稳定,形成较稳定的梯度。不同类型压力计、不同工艺、不同井流体、流静温测试对温度的影响,均可通过温度过深补偿测试进行校正。

2.1 基本原理

测压力、温度梯度分下放测试和上提测试两种,在下放过程中测温度梯度时,停点温度未稳呈上升形态,在上提过程测温度梯度时,停点温度未稳呈下降形态。温度过深补偿测试是指下放过程测梯度时,下过设计停点一段距离,然后再上提到设计停点测温;上提过程停点测梯度,则上提过设计停点一段距离,然后再下放到设计停点测压、测温,从而实现温度不稳定的补偿作用。对于梯度测试停点间隔 50 m 和 100 m 两种情况,由于温度不稳定变化量较小,故过深补偿深度较小;对梯度测试停点间隔为 500~1 000 m 时,温度变化量较大,过深补偿深度也随之加深。

图 7 为正常测试流温、流压梯度曲线图,图中 V_T 为停点温度变化量。图 8 为过深补偿测试流温、流压梯度曲线图,图中 H 为上提温度补偿深度。理论上,停点温度变化量 V_T 除以每米平均温度梯度 G 值就是过深补偿深度 H 。

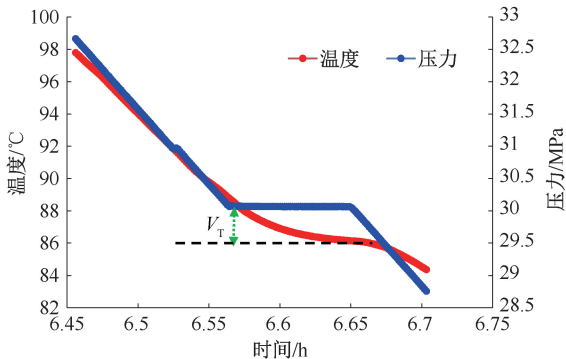


图 7 流温、流压梯度曲线图(无深度补偿测试)

Fig. 7 Flow temperature and flow pressure gradient curve diagram (without depth compensation test)

2.2 补偿深度计算

以图 4 统计结果为基础,压力计托筒选择改进 I 型和改进 II 型,富满油田主要产油,井流体选择原油,压力计选择蓝宝石压力计,测试类型选择静

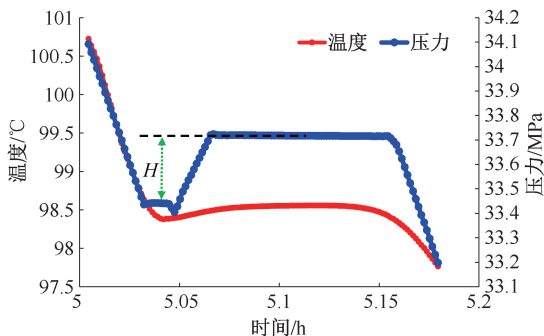


图 8 流温、流压梯度曲线图(深度补偿测试)

Fig. 8 Flow temperature and flow pressure gradient curve graph (depth compensation test)

温梯度,平均静温梯度 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{m}$;富满油田梯度测试设计停点一般为 50 m、100 m、500 m、1 000 m,首先计算停点间隔分别为 50 m、100 m、500~1 000 m 情况下的停点平均温度变化量,然后梯度停点 10 min,计算出停点时间温度总变化量,再根据温度变化量以及平均静温梯度计算出温度补偿深度。

(1) 不同停点间隔各自的平均温度变化量 V_T :

$$V_T = (V_{T1} + V_{T2})/2 \quad (1)$$

式中: V_T 为两种托筒梯度测试时温度变化量平均值, $^{\circ}\text{C}/\text{min}$; V_{T1} 为改进 I 型托筒梯度测试时温度变化量, $^{\circ}\text{C}/\text{min}$; V_{T2} 为改进 II 型托筒梯度测试时温度变化量, $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 。

经计算,当停点间隔 50 m 时, V_T 为 $0.032\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;停点间隔 100 m 时, V_T 为 $0.048\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;停点间隔 500~1 000 m 时; V_T 为 $0.082\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$;

(2) 停点时间 t_G 为 10 min 时温度总变化量 V_{TG}

$$V_{TG} = V_T \times t_G \quad (2)$$

式中: V_{TG} 为停点 10 min 温度总变化量, $^{\circ}\text{C}$; t_G 为梯度停点时间,min。

经计算,当停点间隔 50 m 时, V_{TG} 为 $0.32\text{ }^{\circ}\text{C}$;停点间隔 100 m 时, V_{TG} 为 $0.48\text{ }^{\circ}\text{C}$;停点间隔 500~1 000 m 时, V_{TG} 为 $0.82\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 根据停点温度总变化量 V_{TG} 及平均静温梯度 G ,计算补偿深度 H

$$H = V_{TG}/G \quad (3)$$

式中: V_{TG} 为停点时间 10 min 时温度总变化量, $^{\circ}\text{C}$; G 为平均静温梯度, $^{\circ}\text{C}/\text{m}$; H 为补偿深度,m。

经计算,当停点间隔 50 m 时,补偿深度为 17.78 m,停点间隔 100 m 时,补偿深度为 26.67 m,停点间隔 500~1 000 m 时,补偿深度为 45.56 m。

表 1 给出了计算过程数据表,由以上计算和表 1 可以看出,当停点间隔分别为 50 m、100 m、

500~1 000 m时,补偿深度分别为 17.78 m、26.67 m、45.56 m,在实际测试时为了施工作业的简单化,停点间隔分别为 50 m、100 m、500~1 000 m时补偿深

度分别取值 20 m、30 m 和 50 m,实验现场应用证明,通过 20 m、30 m 和 50 m 深度补偿测试,流、静温梯度测试均录取了较稳定的温度梯度。

表 1 补偿深度计算数据表

Table 1 Compensation depth calculation data table

停点间隔 /m	工艺 选取	平均每分钟温度变 化量/($^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$)	停点 10 min 温度 总量/ $^{\circ}\text{C}$	平均静温梯度 /($^{\circ}\text{C}\cdot\text{m}^{-1}$)	计算补偿深度 /m	现场作业补偿 深度/m
50	改进 I 型和 改进 II 型	0.032	0.32	0.018	17.78	20
100		0.048	0.48		26.67	30
500~1 000	0.082	0.82	45.56		50	

3 现场应用

富满油田现场采用温度过深补偿测试方法对十几口井流、静温梯度测试,所测温度梯度基本稳定,提高了每个停点温度精度,得到了较好的效果。

FY303-H2 是一口自喷油井,于 2023 年 1 月 15 日进行了一次流温、流压梯度测试,下井压力计为蓝宝石系列,装入改进 II 型托筒内,图 9 给出了该井的实测压力、温度曲线,由图中看出,温度(流温)梯度梯度不稳定,停点间隔 500 m 时,计算温度变化量为 $0.114\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,温度稳定速度慢,呈下降趋势。

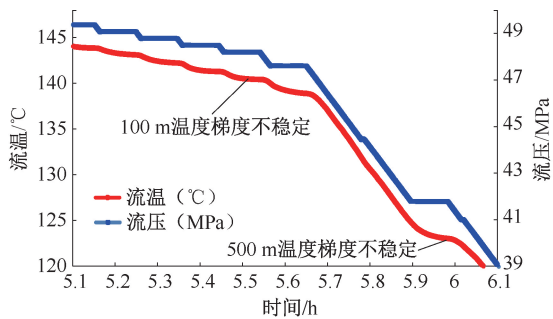


图 9 FY303-H2 井压力、温度梯度曲线图(无深度补偿)

Fig. 9 FY303-H2 well pressure and temperature gradient curve (without depth compensation)

2023 年 9 月 5 日该井进行了第二次流温、流压梯度测试,下井压力计为同系列蓝宝石压力计,装入改进 II 型托筒内,图 10 给出了该井的实测压力、温度曲线,由图中看出,在 50 m、100 m 停点间隔时,补偿深度 20 m,在 500~1 000 m 停点范围,补偿深度为 50 m,采用温度过深补偿测试技术,取到了比较稳定的温度梯度,停点间隔 500 m 时,计算温度变化量为 $0.007\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,温度稳定速度快,温度梯度平稳。

富满油田现场采用温度过深补偿测试方法对十几口井流、静温梯度测试(见表 2)。

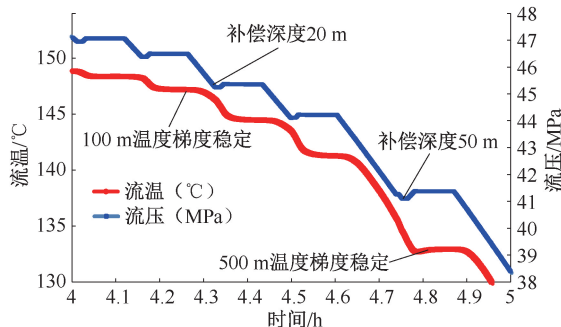


图 10 FY303-H2 井压力、温度梯度曲线图(深度补偿测试)

Fig. 10 FY303-H2 well pressure and temperature gradient curve (depth compensation)

表 2 其它井温度深补偿后温度变化量统计表

Table 2 Statistical table of temperature change after deep temperature compensation for other wells

井号	测试 深度 /m	井底流 体性质	温度变化量/($^{\circ}\text{C}\cdot\text{min}^{-1}$)		
			测点间隔 /50 m	测点间隔 /100 m	测点间隔 /1 000 m
FY303-H8	6 300	油	-0.000 5	-0.01	0.01
YUKE202-H2	6 450	水	-0.007 5	-0.013 5	-0.000 5
MANS501-H3	6 200	油	0.010 43	0.007 5	0.009
MANS501H	6 100	油	-0.002	0.002 5	0.005
FY303-H2	6 600	油	0.006 5	0.006	0.009 5
HD25-H8	6 400	油、水	0.003	0.002 5	0.008 5

由表 2 可见,最快温度变化量 $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,最慢温度变化量 $0.000\ 5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$,与正常梯度测试相比,温度变化量大致缩小了 10 倍左右,温度精度大幅度提高,得到了较好的效果。

4 结论

(1)富满油田现场采用温度过深补偿测试方法对十几口井流、静温梯度测试,所测温度梯度基本稳定,提高了每个停点温度精度,得到了较好的效果。

(2)不同类型压力计、不同工艺、不同井流物、流静温测试对温度的影响,均可通过温度过深补偿

测试进行校正。

(3) 采用温度过深补偿测试方法提高每个停点精准温度数据,对研究油气藏油柱高度具有较大实用价值。

(4) 尽管针对不同井流物、不同测试工艺下,补偿深度会出现调整,增加个别井的施工时间,但该方法的广泛应用,仍对精准开发富满油田具有重要意义。

致谢:感谢廊坊开发区华泰油田新技术有限公司苑趁来工程师提供的技术支持。

参考文献

- [1] 江同文,邓兴梁,曹鹏,等.塔里木盆地富满断控破碎体油藏储集类型特征与注水替油效果[J].石油与天然气地质,2024,45(2):542-552.
JIANG Tongwen, DENG Xingliang, CAO Peng, et al. Storage space types and water-flooding efficiency for fault-controlled fractured oil reservoirs in Fuman oilfield, Tarim basin[J]. Oil & Gas Geology, 2024, 45(2): 542-552.
- [2] 江同文,孙贺东,邓兴梁.缝洞型碳酸盐岩气藏动态描述技术[M].北京:石油工业出版社,2018:1-18.
- [3] 陈叔阳,何云峰,王立鑫,等.塔里木盆地顺北1号断裂带奥陶系碳酸盐岩储层结构表征及三维地质建模[J].岩性油气藏,2024,36(2):124-135.
CHEN Shuyang, HE Yunfeng, WANG Lixin, et al. Architecture characterization and 3D geological modeling of ordovician carbonate reservoirs in Shunbei No. 1 fault zone, Tarim basin[J]. Lithologic Reservoirs, 2024, 36(2): 124-135.
- [4] 陈方方,段新国,袁玉春,等.塔里木油田缝洞型碳酸盐岩油藏开发特征[J].成都理工大学学报(自然科学版),2012,39(6):606-610.
CHEN Fangfang, DUAN Xinguo, YUAN Yuchun, et al. Tarim oilfield fractured-vuggy carbonate rock oil pool production decline law energy evaluation[J]. Journal of Chengdu University of Technology (Science & Technology Edition), 2012, 39(6): 606-610.
- [5] 王玮琪,管英柱,张金发,等.不稳定试井技术研究进展及发展趋势[J].特种油气藏,2024,31(4):19-26.
WANG Weiqi, GUAN Yingzhu, ZHANG Jinfa, et al. Research progress and development tendency of transient well testing technology[J]. Special Oil & Gas Reservoirs, 2024, 31(4): 19-26.
- [6] 苟柱银,刘毅石,田新建,等.塔里木油田超深井压恢曲线异常分析及解决对策[J].油气井测试,2024,33(5):67-72.
GOU Zhuyin, LIU Yishi, TIAN Xinjian, et al. Analysis and solution on abnormal pressure build-up curves of ultra-deep

wells in Tarim oilfield[J]. Well Testing, 2024, 33(5): 67-72.

- [7] 王陶,杨胜来,朱卫红,等.塔里木油田油水井套损规律及对策[J].石油勘探与开发,2011,38(3):352-361.
WANG Tao, YANG Shenglai, ZHU Weihong, et al. Law and countermeasures for the casing damage of oil production wells and water injection wells in Tarim oilfield[J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(3): 352-361.
- [8] 王陶,陈军,荣宁,等.利用静温梯度曲线变化规律快速准确查找套损段[J].新疆石油天然气,2006,2(1):45-49.
WANG Tao, CHEN Jun, Rong Ning, et al. Finding out the location of casing destroyed fast and exactly by using the rule of static temperature gradient[J]. Xinjiang Oil & Gas, 2006, 2(1): 45-49.
- [9] 陶诗平,冯曦,肖世洪.应用不稳定试井分析方法识别气藏早期水侵[J].天然气工业,2003,23(4):68-70.
TAO Shiping, FENG Xi, XIAO Shihong. Using transient testing to identify early water invasion of gas reservoirs[J]. Natural Gas Industry, 2003, 23(4): 68-70.
- [10] 刘俊丰,李金龙,温中林,等.有水气藏水体活跃程度评价新方法[J].云南化工,2019,46(7):119-122.
LIU Junfeng, LI Jinlong, WEN Zhonglin, et al. A new method for evaluating the activity of water bodies in water reservoirs[J]. Yunnan Chemical Technology, 2019, 46(7): 119-122.
- [11] 王利刚.缝洞型油藏水侵预警信号特征浅析[J].石化技术,2021,28(1):104-106.
WANG Ligang. Analysis of early warning signal characteristics of water invasion in fractured vuggy reservoir[J]. Petrochemical Industry Technology, 2021, 28(1): 104-106.
- [12] 刘勇,袁晓满,卢中沅,等.深层油藏传热模型及油柱高度计算[J].西南石油大学学报(自然科学版),2024,46(4):107-114.
LIU Yong, YUAN Xiaoman, LU Zhongyuan, et al. Heat transfer model of deep reservoir and calculation of oil column height[J]. Journal of Southwest Petroleum University (Science & Technology Edition), 2024, 46(4): 107-114.

编辑 吴志力

第一作者简介:苟柱银,男,1978年出生,高级工程师,本科,2003年毕业于西南石油学院石油工程专业,现主要从事采油气工程、油气井测井试井管理工作。电话:13999026416,Email:gzy-tlm@petrochina.com.cn。通信地址:新疆库尔勒市塔里木油田分公司哈得采油气管理区,邮政编码:841000。