

利用温压剖面测试技术指导注汽井靶向注汽及效益分析

王 磊 (胜利油田分公司油藏动态监测中心, 山东 东营 257000)

摘 要: 水平井分布式温压剖面测试技术包括水平井整体动用状况评价和水平井找水两部分。该技术贯穿于稠油油藏蒸汽吞吐每个开发周期, 评价水平井整体动用状况, 评价注汽位置的合理性, 指导找堵水措施及剩余油挖潜等工作提供重要依据, 支撑油田的效益开发。本文通过总结近两年来在胜利油田稠油水平井开发中温压剖面测试技术的应用状况, 总结出一套指导注汽井靶向注汽的科学方法, 具有一定的推广价值和经济效益。

关键词: 温压剖面; 稠油水平井; 靶向注汽; 效益分析

0 引言

稠油水平井经过多轮次的吞吐开发, 水平段各部位的动用情况等数据指标都需要有效的监测手段来指导下步开发。近年来, 我们开始在水平井油藏开发单元开展水平井温压剖面测试, 重点解决由于注汽受效不均、物性不同而导致的层间动用不均衡。通过温压剖面测试, 分析压力变化产生的温度变化曲线, 分析注汽受效层、出液层, 调整配注器位置, 实现水平井靶向注汽, 提高注汽开发效果, 提高投入产出比, 具有广泛的应用价值和经济效益。

1 温压剖面测试工艺开展现状

1.1 工艺简介

目前常用的温压剖面测试工艺主要有随油管单探头测试、分布式光纤测温技术(DTS)与随油管多探头测试技术三种。其中, 随油管单探头测试技术需要仪器随油管下入油层水平段, 每下一根油管进行停点测试, 直至水平段末端, 分析获取一条连续的温度和压力曲线, 这种方法成本较低, 但只能获得一条温度压力曲线。分布式光纤测温技术(DTS)传播的信号是光脉冲信号, 光缆既是传输介质又是传感单元, 这种测试工艺能够获取多条同一时间的温度压力数据, 但成本昂贵。随油管多探头测试技术需要随油管一次下入多支温度压力测试仪, 获取多条不同时间连续的温度压力曲线, 可以清晰的看大温度压力随深度、时间的变化离差, 且成本较低。

综上所述, 我们多采用随油管多探头测试技术。在稠油水平井转周注汽前, 将事先编程好的多支测试仪连接筛管均匀布置在油管上, 另外在水平段的脚跟、脚尖的位置各布置一支温度压力测试仪, 这样, 所有仪器随油管下入水平油层段进行温度压力剖面测试。通过分析软件得到多支仪器同一时间的水平段温度与深度相对应的温度压力剖面测井曲线。

这种工艺只需配合作业队将测试仪器按照编号顺序, 均匀布置在整个水平油层段即可, 现场操作简单。同时有专门配套的油管接箍工具, 测试仪器通过配套工具安装在1米的筛管上, 实现仪器和油管的安全连接, 确保油管输送仪器安全可靠, 最后一根筛管底部安装丝堵, 避免仪器落井, 工艺安全性高。另外, 由于多探头温压剖面测试工艺是一次下入多支测试仪进入水平段测试, 测取静止至少8小时的井内温度压力数据, 有效避免移动管柱所产生的温度影响, 因此测试数据更精准。最后一次测得多条曲线信息量大, 解释结果分析时更能够比较准确的反应储层动用情况, 因此分析解释结果更准确。

1.2 效果评价

2019年, 某开发单位共进行温压剖面测试8井次, 根据温压剖面测试调整注汽管柱及注汽阀位置8井次, 阶段增油1285吨, 某水平井排水期缩短6天, 油汽比由0.19增加到0.36, 应用效果非常好。

2020年, 某开发单位共进行温压剖面测试10井次, 其中按解释结论调整注汽管柱及注汽阀位置9井次, 阶段增油978吨, 某水平井排水期缩短8天, 油汽比由0.15增加到0.22, 同样获得了良好的增产效果。

2 资料分析及解释应用

开展温压剖面资料分析工作, 首先要综合分析影响资料的几大因素: 注汽质量、上一周期注汽位置、上一周期生产情况、钻井轨迹、储层的物性数据以及含油饱和度等。

一般来说, 同等地层物性条件下, 地层注汽效果与配注器的位置有关系, 靠近配注器的层段注汽效果好。如果上一周期产油量高, 则主产层在本周注汽位置设计的时候可以考虑在这个位置加入配注器。如果上一周期含水高, 则本周注汽要避开上周主产层, 如果是明显的水淹层, 最好在注汽前先进行堵水调剖。

对于一口井,如果储层钻遇好,那么可直接结合储层物性数据分析温压剖面曲线,如果储层钻遇不好,钻井轨迹靠近储层设计深度的顶界或底界、轨迹靠近或接近盖层,那么无论这个位置的储层物性有多好,在这个地方放置配注器,注汽效果都不会很好的。对于含油饱和度,无论什么时候,含油饱和度高的油层段都是配注器布置设计时要重点考虑的位置。物性数据这方面,在温压剖面曲线上,温度高、曲线正异常恢复的油层一定是渗透率高、上周注汽受效好、油层动用程度高的位置;温度高、温度曲线无离差或者负异常恢复,说明这段油层上周注汽受效差、油层动用程度低;温度低、温度曲线正异常说明该段油层渗透率好,是下一周期配注器位置要考虑的主要点;温度低、温度曲线无离差,说明这段油层物性差。

2.1 认清历史注汽位置,寻找注汽关键点

根据温压剖面测试解释结果,开发单位要根据井况、区块油藏地质构造、生产情况等调整注汽管柱配注器位置和配注方式,实现稠油水平井靶向注汽,提升注汽效能。

在配注方式上,多点注汽效果优于单点注汽。所以尽量选用多点注汽方式。在配注器位置的选择上,其普遍直径(外径 108mm,内径 89mm)大于油管直径,如果因为井身结构、井况原因遇阻,到最后只能选择单点配注。注汽的位置选择最关键的位置。

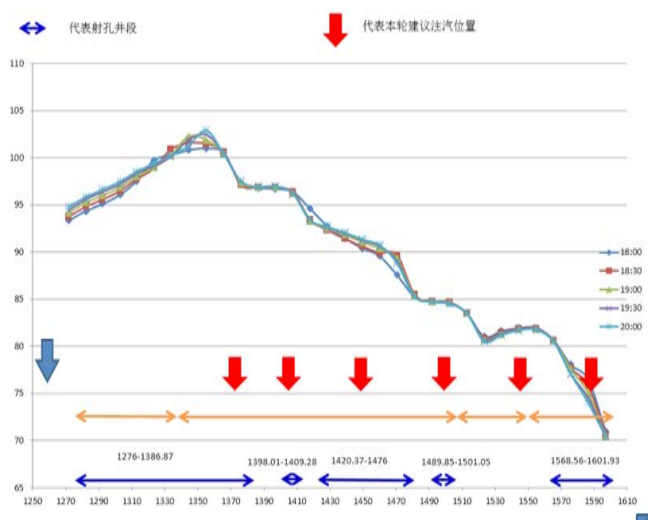


图 1 某井温压剖面测试曲线

从测试实例可以看出,如果上一周期生产情况非常好,那么设计下一周期配注器位置的时候主产层的位置就要重点考虑,兼顾加强上周期注汽收效差、动用程度低的低温区油层位置。

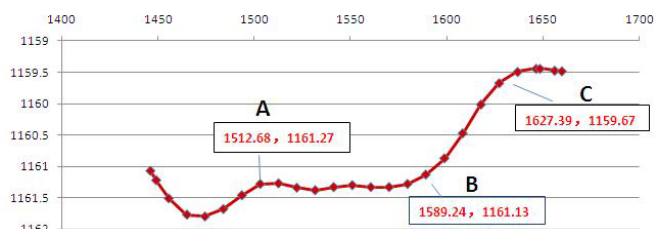


图 2 某井井深轨迹曲线

2.2 摸清钻井轨迹,掌握温度变化趋势

在某井测试井例中,我们在测前用 80℃水洗井,如图 B 点深度 1589.24 米、垂深 1161.13 米,如图 C 点深度 1627.39 米、垂深 1159.67 米,井深轨迹存在 2 米的垂深差,井深轨迹脚尖位置上翘 2 米,此处形成末端上翘结构,洗井时未收洗井液的影响,类似死水区。

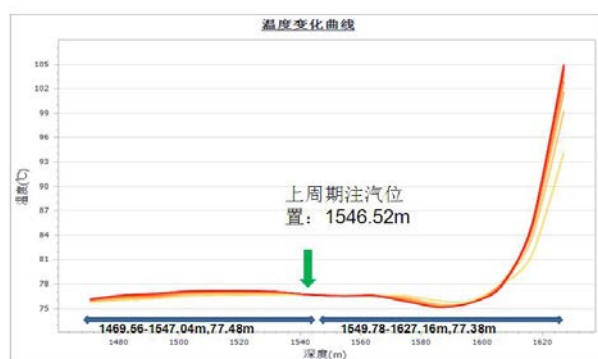


图 3 某井温压剖面测试曲线

可以看到,油层原始井温 100℃左右,洗井水温 80℃,相差较大,在 1600 米位置发生了温度陡升。

2.3 在冷采井中应用温压剖面技术

某井为冷采井,在测试前高含水。我们先用油管将温压剖面仪器下入油层水平段,目的测取生产后的静止的温度压力剖面曲线。下泵生产 48 小时。测取生产过程中的压力正向激动的温度压力剖面曲线。之后停井,测取压力反向激动的温度剖面曲线和压力恢复曲线。

本次测试下入两支压力计,测试结果在压力计误差范围内,压力趋势完全一致。采用 1 号仪器数据,深度 1642.51 米,油层静压 13.8Mpa,流压 10.37Mpa,生产压差 3.43Mpa。

开井后,前部和后部温度呈上升趋势且温差较大,说明这两部分为主力出液,中部温度先下降后上升,受临近井段影响相对出液少(一般认为,地层流体流入井筒时,由于摩擦效应等影响,会使井筒温度升高)。

井底温度恢复阶段,中部温度(1732-1758)变化不大为微动层,前后段温度变化明显,为主动层。

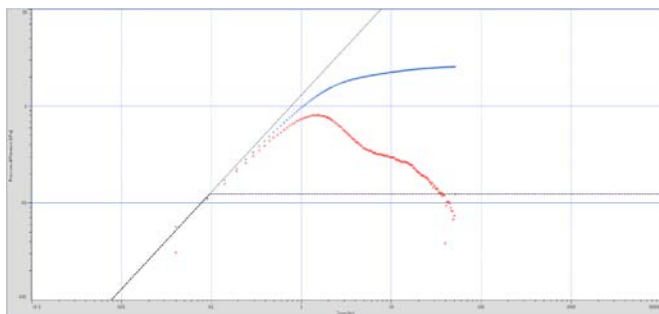


图4 某井关井压力恢复曲线

从关井压力恢复曲线分析,该井已进入径向流动段,表皮系数为正,近井存在一定污染,边界反应明显为恒压边界影响,可认为是受到了边底水的入侵,建议查询该井相邻油水层情况进行评价。

解释结论:从初期静态温度曲线到起泵抽正向激动再到关井反向激动来看:主动段为1758–1801m,次动段为1685–1732m。该两段为主要的产液层段,建议封堵调剖,中段动用程度差或者基本不动用。

3 几点认识

3.1 靶向注汽助力稠油开发

通过对多口温压剖面测试井的效果追踪,我们发现注汽点的位置和注汽方式对于稠油水平井的开发生产是非常重要的。通过有目的的、有方向的向地层注汽,实现了水平井靶向注汽,提高了注汽开发效果。

3.2 重新进行储层物性评价

热采水平井井段长,经过长时间的开发,近井地带会存在堵塞,地层物性发生变化,吸汽能力差异较大导致储层动用不均衡。

3.3 开展水平井找水工艺

对于高含水热采水平井,通过常规温压剖面测试既可以找到主力出水层;对于冷采水平井,通过对地层增加压力激动(生产抽吸或者地层打水加压)的方式,测取地层温度剖面曲线,从而分析出出动层、次动层、未动层。

3.4 连续跟踪测试的必要性

通过连续跟踪测试,获取更多的油层温度数据资料,不断验证和完善解释方法,掌握油层温度变化规律,通过有目的的、有效的注汽方式,解决油层动用不均衡的矛盾,提高注采开发效果。

3.5 开展冷采水平井生产状态下的温压剖面测试

通过测试,可以一次获得静止温度压力、生产温度压力、关井温度压力三个阶段的数据,分析主力出液层,能够进行压力恢复曲线分析,开展地层评价,定性分析主力出液层。

3.6 继续提升温压剖面资料解释符合率

水平井温压剖面虽然工艺并不复杂,但由于各区块开发形势不同、地质结构千差万别,影响温压剖面资料解释符合率评价的因素有很多,本周期的注汽情况(注汽量、注汽速度、注汽压力)、配套工艺措施(泡沫氮气、ANS调剖等)、原始资料现场录取质量、资料解释人员油藏认知及地质知识储备、资料综合分析等,只有全方位综合考虑这些影响因素,才能够提高资料解释符合率,指导和优化注汽方案,实现水平井靶向注汽,提高开发效果。因此对于资料的应用实践,还需要进一步积累,进行大数据的综合分析,提升资料解释符合率。

4 效益评价

4.1 经济效益

随油管多探头式温压剖面测试技术为注蒸汽水平井实现靶向注汽提供了第一手资料,对于稠油油田开发单位来说,同样能避免无效注汽,带来可观的经济效益。在大力推广温压剖面工艺后,我们对比了之前的开发指标。2021年8–12月,共开展温压剖面测试62井次。查阅开发指标,以2021年平均单井周期增油378.75吨计算,注汽有效率由66.7%上升到81%,预期增油创收效益为1813.3万元。同时,开发单位根据温压剖面测试资料精准选择靶向注汽点位,能够有效提升注汽质量、节约注汽成本。

4.2 社会效益

大力推广温压剖面测试技术,为稠油油田的精细开发、精细注汽提供了理论支持与精准数据支撑,便于实施靶向注汽,避免了无效施工、无效注汽,节约了能源,提升了能源利用率,提高了劳动生产率、同时,提升了动态监测专业化服务的质量与效益,树立了良好的口碑,打造了过硬的品牌,为实现专业化单位与开发单位“目标同向”打下了坚实的基础。

参考文献:

- [1] 刘智雄. 温压剖面测试在涪陵页岩气田产气剖面测试中的应用[J]. 江汉石油职工大学学报, 2018, 31(04): 26–28.
- [2] 刘杨, 王洪峰, 凌涛, 王小培, 黄扬明, 董晨, 连欣. 超深超高压超高温气井钢丝投捞测试技术研究——以克深气田为例[C]//2017油气田勘探与开发国际会议(IFEDC2017)论文集, 2017: 143–150.
- [3] 段胜男, 张骏, 王宁博, 潘勇, 马勇, 芦志伟, 努尔买买提, 阮宏镁. 光纤温压测试技术在SAGD生产调控中的应用[C]//2016油气田勘探与开发国际会议(2016IFEDC)论文集(上册), 2016: 475–482.