

光纤油井压力温度监测系统

Optic Fiber Pressure and Temperature Monitoring system for Oil Field

摘要

本文介绍了油井压力监测的重要意义以及光纤测井的优越性，详细的介绍了光纤测井的每个环节及要注意的问题，并在胜利油田成功的运用光纤技术测得某注水井的温度压力信息，解决了密封的问题，这对将来大规模应用光纤技术到油井监测中提供了参考以及经验，为提高油田油井的采收率，了解井下具体参数提供了真实的数据依据。

关键词 油井监测 光纤测井 压力温度 光纤传感

Abstracts: This paper introduced the vital significance of oil well pressure monitoring as well as the superiority of optic fiber oil well logging, detailed discuss each link in actual oil well logging operation. We implement optic fiber pressure&temperature logging on-filed experiment at Shengli oil field and obtain one water-injection well's temperature& pressure information. We has solved the sealing problem during this experiment. This provide the reference as well as the experience to the future large-scale application for optic fiber logging. It also does benefit to improve oil well's extracting ratio and grasp down well concrete parameters.

Keywords: Oil well monitoring, Optic fiber logging, pressure and temperature, sensing

1. 引言

在油田的开采过程中，人们需要知道在产液或注水过程中有关井内流体的特性与状态的详细资料，如井下压力、温度等信息，实现油藏压力温度监测可以达到如下目的^[1]：

(1) 减少修井作业。监测系统可以减少因测量油藏压力所需要的修井作业次数，这样也就减少了原油泄漏对人员和环境所造成的危害。

(2) 减少关井次数。减少关井次数的直接效益是增加原油累计产量。

(3) 测量井底流压。实时测量井底流压可以使油田管理人员及时地控制因开采造成的油藏压力的下降；还可以控制原油的收缩率。

(4) 确定表皮系数。井底压力数据可以使工作人员在油田开发的早期就确定那些是有表皮伤害的油井，及早地采取油藏增产措施。

(5) 确定油藏的分隔。实时的井底压力数据和大量的油藏压力数据可以使我们及时地发现油藏的分隔现象，以便在油藏压力降低到泡点压力之前优化开发井位。

(6) 发现问题油井。实时的油藏压力数据可以使问题油井发生严重事故之前就得到处理，这样可以节省大量的开支。

测井的可靠性和准确性是至关重要的因素。传统的电子类传感器无法在井下恶劣的环境诸如高温、高压、腐蚀、地磁地电干扰下工作，而光纤传感器可以克服这些困难，其对电磁干扰不敏感而且能承受极端条件，包括高温、高压（几十兆帕以上）以及强烈的冲击与振动，可以高精度地测量井筒和井场环境参数。

而且，光纤传感器横截面积小，外形短，在井筒中占据空间极小，在油田的开采中有着广泛的应用前景。

实现实时在线监测油井井下的温度和压强变化，对于优化采油生产、提高采收率具有重大意义。国际上目前已经有了 0~170℃ 传感器应用到石油采油场的案例^{[2][3]}，但 0~200℃ 的传感器尚处于研发阶段。目前国内的研究主要有基于白光干涉的 FP 型传感器^{[4][5][6]}，但这种传感器的解调精度不高，重复性比较差；另外基于光纤光栅的压力传感器也有研究^[7]，但目前主要处于实验室研究阶段，传感器易折易断，无法适应井下恶劣环境。

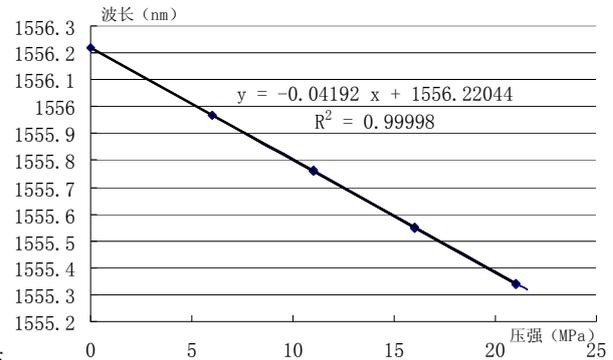
2. 光纤测井系统

2.1 光纤传感器



图 1 传感器照片

测井的传感器采用的是山东微感光电子有限公司制作的光纤光栅传感器（如图 1 所示），该传感器采用双光栅结构，其中一只光栅用来测压力，在传感器设计中采用机械结构对传感器进行压力增敏，使之具有较高的压力响应灵敏度；另一只光栅用来测量温度，并与机械结构结合有效的对压力进行了温度补偿，



对零点漂移也有了很好的抑制。该传感器能长期工作

图 2 传感器压力响应曲线

在 0~170℃ 的温度范围内，在 0~60MPa 的压力范围内的测量精度为满量程的 0.1%（图 2 为传感器的压力响应曲线）。传感器采用全不锈钢封装，耐腐蚀，适用于油田油井的高复杂环境。在井下无需供电的情况下能长期正常工作，不受电磁干扰。该传感器可串联，最大串联量为四只，一根光缆即可实现信号的传输。



图 3 传感器现场连接图

2.2 光缆车

油井的井下温度压力监测，由耐高温的铠装光缆为传感器提供光源并把传感信号返回到地面解调系统，传感器与光缆的连接要注意压力密封，以防油井压力进入光缆内部（图三为现场连接好的传感器与光缆图）。为了增加光缆的使用寿命，我们采用的是直径为 6mm，壁厚为 1mm 的铠装光缆，并将光缆装配到特制的绞车上（如图 4 所示），绞车用来控制光缆卷起及放开，并控制前端传感器的下井速度。传感器升降的速度由安装在绞车前端的深度编码器实时测量，并记录传感器下井的深度，以便随时控制传感器并通过解调仪了解相应深度的井下温度压力等信息。



图 4 光缆及绞车



图 5 下井支架

在下井的过程中，由于采用的铠装光缆的壁厚较厚，且光缆是绕放在光缆车上，采用的光纤传感器尺寸、重量都很小，无法保证光缆是伸直的，这样光缆容易弯曲，甚至会产生死结，对光缆造成伤害，威胁到整个光纤测井的顺利进行，因此，在光缆安装传感器的底部或者传感器的上部，固定加重物，加重物的重量要足以使悬空时能把光缆拉直，这里要注意的问题是加重物的固定一定要牢固，下井的过程中难免会跟井壁有碰撞，滑落后滞留井中会给石油开采带来严重危害。传感器及重物通过由滑轮组成的下井支架（如图 5 所示）经油井井口密封阀垂直下到油井中。在光缆绞车上光缆出纤连接解调仪的一端安装一个光纤旋转接头，这样在光缆的下井过程中也能检测，即可以检测下井的过程量，与传感器的深度结合可以很方便的得到从井口到井底整个井中的温度压力分布情况。

2.3 测井原理

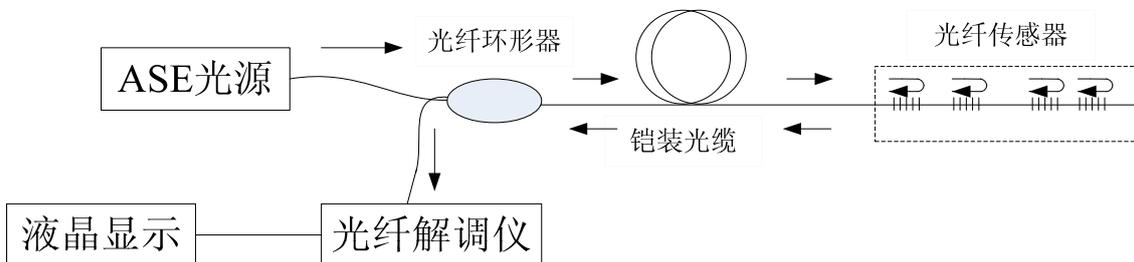


图 6 测井系统光路图

整个传感过程的光路图如图 6 所示，由宽带光源 ASE 发出的宽带光经光纤环形器后，再经过光纤旋转接头进入到光缆中，然后经光缆传输到传感器中，由传感器的光栅反射回井下温度压力信息的单一波长的光（不同的光栅的反射波长不同），这些光顺着光缆反向传输，经旋转接头、光纤环形器后到达光纤解调仪（解调仪采用的是山东微感光电子有限公司生产的），解调仪将解调的结果通过数字信号传输到液晶

显示器上显示出来，如果进行长时间检测，通过设置预置，还可实现高低温以及高低压力声音报警，为及时采取相应措施，保障油田利益提供参考。

3 现场数据

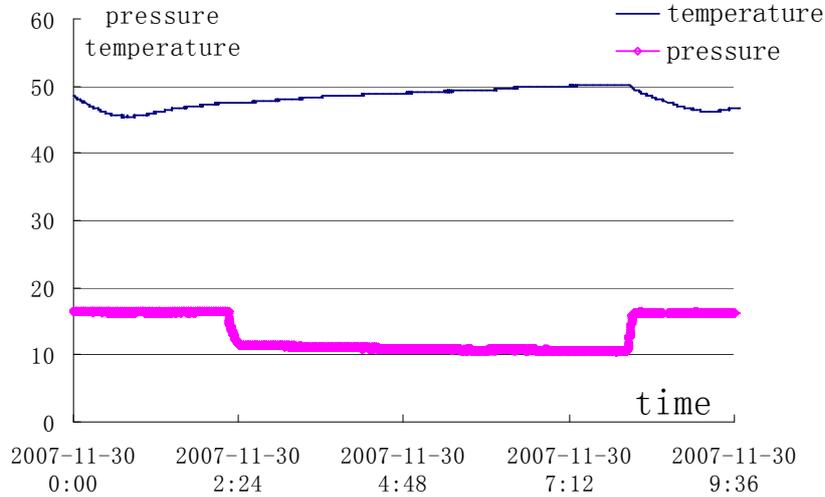


图5 传感器在油井中的测量数据

2007年11月底，与胜利油田采油研究院的浅海所合作，对胜利油田某注水井进行了现场测量，测井仪器设备以及安装措施按上述方式进行，传感器的下井速度控制在800m/h左右，传感器到达井中的最大深度大约为1100m，传感器在井中停留数十小时，测量所得温度压力数据曲线如图5所示，由温度曲线看出，井中的温度值并不稳定，一直在变化，但是压力相对稳定，其中压力凹陷处为打开井口井盖时，地面注水压强降低的情况。

4. 结论

光纤测井目前在国内外都受到了普遍的关注，世界上也只有美国一家公司成功实施光纤测井，国内更是空白，本文详细的阐述了光纤测井的基本结构与方式，并成功的在胜利油田某注水井实现光纤测井。这对今后继续开展光纤测井研究以及推广光纤测井技术具有重要意义。