

伊拉克米桑油田油井出砂监测研究

张欣 (中海油安全技术服务有限公司, 天津 300450)

摘要: 目前, 伊拉克米桑油田面临的出砂问题日益严重, 过度防砂会影响生产效率, 过度出砂会损坏井下地面开采设备。油井适度出砂生产技术, 是将产出液中的含砂量控制在一定的范围内, 可以降低原油开采成本、提高开发效率, 提高油井产能。为实现适度出砂生产, 需要实时监测油井的出砂状况。提出了一种用于油井出砂实时监测的评价系统。利用这套系统, 在伊拉克米桑油田某区块进行了出砂实时监测, 得到了反映油井出砂信息的振动信号特征频率, 证明了出砂监测系统监测油井出砂的可行性, 对进一步研究油井出砂监测系统具有重要的指导意义。

关键词: 适度出砂; 实时监测; 采集系统; 时频分析

0 引言

伊拉克米桑油田面临的出砂问题日益严重, 油井大量出砂会严重损坏井下及地面生产设备, 为地面除砂带来困难; 过度防砂会影响蚯蚓洞的形成, 影响油井生产效率。适度出砂技术是有限度防砂与出砂结合而确定的最优生产策略, 集成了出砂生产与防砂生产两种生产方式的优点, 该技术可以有效提高油田的开采效率, 降低开发成本。通过对油井出砂特征的研究, 提出了一套基于高频振动的油井出砂监测系统, 经过室内出砂模拟实验, 得到了砂粒撞击管壁产生振动信号的频率特征, 以及出砂监测信号与出砂特征之间的对应关系。出砂监测设备在伊拉克米桑油田进行了监测实验, 实验效果理想, 验证了出砂振动频率及出砂监测设备的可行性。

1 油井出砂监测系统

1.1 出砂监测原理

出砂监测是指在不改变油井生产流程、不破坏生产工序的前提下进行出砂监测, 监测系统主要包括压电式加速度传感器、采集仪和计算机。砂粒随原油在管道中流动, 撞击管壁产生振动信号, 高频振动信号由粘贴在弯管处的传感器接收, 经滤波放大并转化为电信号, 之后经过采集仪滤波处理, 并将模拟信号转换为数字信号传送到计算机, 由计算机中的信号处理软件进行处理, 实现振动信号的监测。

1.2 压电式加速度传感器

出砂监测系统主要由加速度传感器, 信号采集仪, 信号采集软件组成。传感器选择高频压电式加速度传感器, 其优点主要有: 低阻抗输出, 抗干扰能力强, 安装方便, 灵敏度高, 信噪比高, 体积小, 工作频率范围大, 测量结果稳定可靠等。

1.3 信号采集仪

根据需要, 研发了集成了高速采集卡的 8 通道 24 位振动信号采集仪, 包括电荷放大、滤波以及数据采集三部分组成。该采集系统具有以下优点: 多通道, 计算机控制, 可以数字波形显示; 每个通道均具有通用的电荷放大器、抗混滤波功能; 高速采集, 采样频率可达 40kHz; 体积小、质量轻、操作简易、稳定可靠等。

1.4 信号采集软件

与采集仪相适应, 开发了多通道的信号数据采集分析软件, 软件主要包括以下功能: ①信号的滤波, 监测软件集成了多种滤波器及背底噪声消除算法, 可以消除工频、环境噪声、流体撞击等引起的干扰; ②时域谱显示, 出砂监测时采集时域信号并实时显示信号随时间的变化, 方便直接; ③频域谱显示, 通过对时域谱的快速傅里叶变换, 能够实时显示出信号的频域谱图形, 得到出砂信号的频域信息; ④功率谱显示, 将信号的频段分为三部分, 可以观察特征频率段内信号的功率谱随时间变化的特征。另外, 还有 RMS 谱的显示, 小波变换的显示, 采集设置、滤波器设置、功率谱设置、消除背底设置等功能。

2 高频振动信号时频分析

信号的时频表示是指利用时间和频率的综合函数对信号进行表示, 是非平稳信号处理的一个分支, 是利用时间与频率的联合函数来表示非平稳信号并对其进行分析和处理的方法。砂粒撞击管道产生的振动信号为一种非平稳信号。

振动信号的时域分析是对时域信号的波形进行分析和处理, 包括对时程波形进行计算平均值、均方值、方差等特征值的操作。

信号的频域处理是一种建立在傅里叶变化基础上的时频变化处理方法, 又称为频谱分析, 包括功率谱密度分析和幅值谱分析。

3 出砂监测室内实验

三相流出砂监测系统包括出砂监测循环系统和出砂监测信号采集处理系统两部分。出砂监测循环系统用以提供循环动力、循环路径, 模拟现场实际, 保证在不同工况下完成携砂流体的循环; 出砂监测信号采集处理系统用以采集砂粒撞击振动信号, 完成信号的滤波放大及数模转换等处理, 并分析监测信号与出砂参数之间的关系。

在含水率 100%, 80%, 砂粒粒径由 80 目到 325 目, 含砂量由 0-0.09%, 出砂速度由 2.15m/s 到 3.39m/s, 流体粘度为 335cp、181cp、132cp、105cp, 出砂监测实验

中,根据采集数据,可以得到,不同条件下的功率谱值 P 与 Q 、 D^2 、 v^3 、 η 、 $\ln \mu$ 的关系,根据回归方程,计算得到出砂监测功率谱模型:

$$P=2800Q+7.9 \times 10^9 D^2+6.1 \times 10^3 D+35.67v^3+12.47v^2+17.61v+1021 \eta-180 \ln \mu+13 \quad (\text{式 } 1)$$

式中, P 为功率谱值, m^2/s^3 ; Q 为含砂量, %; D 代表砂粒粒径, m ; v 代表砂粒撞击速度, m/s ; μ 为流体粘度, $MPa \cdot s$; η 代表流体含水率。

4 出砂监测现场试验

伊拉克米桑油田有一口井存在出砂问题,设为 1 号井,另一口井没有出砂问题,设为 2 号井。据了解,生产管道内径 6 英寸,流体速度 $1.75m/s$,生产井含水率 27%,流体粘度 $162MPa \cdot s$,1 号井出砂量 0.0415%,出砂粒径集中在 $180 \mu m$,出砂量 $0.0264kg/s$ 。

选择存在出砂问题的 1 号井与不存在出砂问题的 2 号井为监测井,两井生产管道上分别粘帖压电加速度传感器。砂粒撞击传感器产生的振动信号经电缆传到采集仪,经过采集仪处理后传输给计算机,对比两口井的监测结果,以验证系统的可行性。

4.1 出砂监测信号时域谱分析

由时域图(图 1a)可以看出,1 井信号经常出现峰值,最大幅值能达到 0.05;2 井信号较平稳,最大幅值为 0.015,说明 1 井砂粒撞击生产管道产生的振动信号被传感器接收,引起信号波动。与 1 井存在出砂问题的实际相吻合。

4.2 出砂监测信号频域谱分析

由频域图(图 1b)可以看出,1 井信号在 $10000Hz-15000Hz$ 频率段内出现特征频率,且信号频率明显高于 2 井,最大幅值能达到 4;2 井信号较平稳,最大幅值为 2,说明 1 井砂粒撞击生产管道产生的振动信号被传感器接收,特征频段为 $10000Hz-15000Hz$,与 1 井存在出砂问题的实际相吻合。

4.3 出砂监测信号功率谱分析

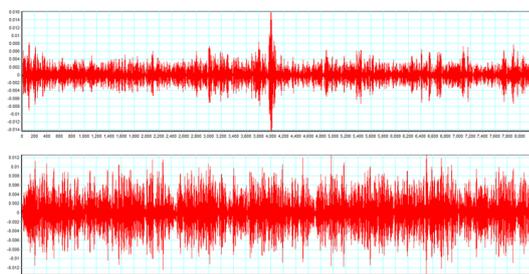


图 1a 出砂监测时域图形

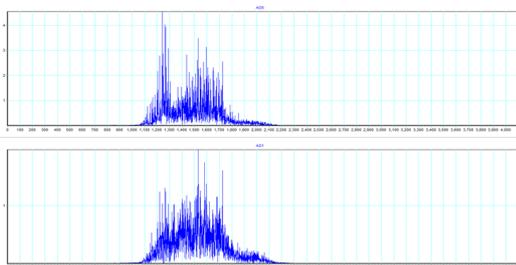


图 1b 出砂监测频域图形

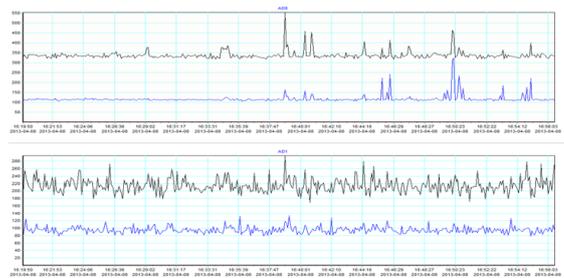


图 1c 出砂监测功率谱图形

图 1 出砂监测采集图形(上为 1 井,下为 2 井)

由功率图(图 1c)可以看出,1 井信号峰值较多,最大幅值能达到 550;2 井信号较平稳,最大幅值为 280,说明 1 井砂粒撞击生产管道产生的振动信号被传感器接收,引起信号波动。与 1 井存在出砂问题的实际相吻合。

4.4 出砂监测模型验证

将含砂量 $Q=0.0415$, $D=1.8 \times 10^{-4}m$, $v=1.75m/s$, $\eta=0.87$, $\mu=162MPa \cdot s$, 带入(1)式,得到 $P=541.72m^2/s^3$, 所得结果与现场监测数据基本吻合,初步验证了实验室得到的出砂监测模型系,以及系统在现场试验中的可行性。

5 结论

①从出砂监测的时域图、频域图、功率谱图中,可以明显看到出砂井与无砂井出砂信号之间的差别,证实了出砂监测设备能够适应生产现场的实际应用;②出砂特征频率段主要集中在 $11000-13000Hz$ 之间,验证了室内试验出砂监测结果,为选择传感器、确定采样频率提供了依据;③为后续确定出砂监测信号特征与出砂量、出砂速度等出砂参数之间的对应关系奠定了基础,对出砂监测系统的完善具有指导意义。

参考文献:

- [1] 唐洪明,王春华,白蓉,等.适度出砂对储层物性影响的室内评价方法研究[J].西南石油大学学报(自然科学版),2008,30(2):94-96.
- [2] 刘洲,王刚,陈亚妮,等.疏松砂岩稠油油田适度出砂技术研究[J].内江科技,2012(5):98-99.
- [3] 刘刚,刘澎涛,等.基于振动的非植入稠油油井出砂监测系统室内研究[J].石油矿场机械,2013,42(9):51-55.
- [4] 刘刚,刘澎涛,杨全枝,等.小波包变换在油井出砂信号特征识别中的应用[J].石油机械,2013,41(9):80-83.
- [5] 杨西侠,柯晶.信号分析与处理[M].北京:机械工业出版社,2007.
- [6] 胡丽莹,肖蓬.快速傅里叶变换在频谱分析中的应用[J].福建师范大学学报(自然科学版),2011,27(4):27-30.
- [7] 刘刚,刘澎涛,韩金良,等.油井出砂高频振动信号采集监测系统[J].油气地质与采收率,2013,20(6):108-110.

作者简介:

张欣(1990-),女,山东聊城人,2014年毕业于中国石油大学(华东)油气井工程专业,工学硕士,工程师,现从事安全技术服务工作。