

声发射信号的激光检测和分析

姜晓玉,徐志洪

(南京理工大学理学院,江苏南京 210014)

摘要:泄漏信号可以看成一种声发射源,通过传感器对它进行采集和分析可以获取泄漏的特点。提出采用激光传感器(激光测振仪)和信号采集系统,通过非接触方式采集用来模拟压力容器的易拉罐的泄漏信号,对采集到的信号进行短时傅立叶变换得到泄漏的特征。实验结果表明激光传感器对泄漏信号进行检测是可行的。

关键词:压力容器;声发射;激光传感器;非接触检测;短时傅立叶变换

中图分类号: TB123 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5322(2013)01-0026-03

随着国民经济的发展,生活和生产中使用的压力容器和管道越来越多,在长期使用过程中会发生泄漏的状况,泄漏不仅会造成环境污染,而且会造成重大伤亡和经济损失。目前,用声发射检测技术检测压力容器和压力管道的泄漏的论文报道越来越多,声发射检漏成为行业里的一个热点。泄漏信号有它的特殊性,它属于应力波,但它自身没有能量释放,近年来,人们也把它划为声发射源,称为其他声发射源。传统的声发射检测操作是把压电式传感器通过耦合剂耦合在被测物体的表面,耦合剂涂抹需均匀且不能太厚,它存在诸如噪声和其他故障的干扰大,高温、化工、辐射等恶劣环境不容易布置,会损坏传感器,传感器布置费时等缺点。激光传感器通过非接触方式测量信号,可进行极高或极低温度、放射性环境、化工环境下的检测,且布置方便。本文将进行一种激光传感器对模拟压力容器进行非接触检测,并进行信号分析的实验。

1 声发射检漏的机理

在泄漏的整个过程容器和管道壁作为波导,自身没有能量释放,但由于泄漏点处产生管内管外压强差,此时在管道泄漏处,流体产生了多相湍射流,这种湍射流不仅打乱管内流体的正常性流动,而且在其与管道壁及周边环境介质作用过程

中对外辐射能量,由此管道壁上产生了高频的应力波,并沿着管道壁向漏点两侧传播,此应力波中带着相关泄漏点的信息。

通过在管道表面布置声发射传感器,检测到反映泄漏信息的声发射信号,但当传播距离的不同会影响检测到的声发射信号的特征。这是因为泄漏时会引起管壁振动,其形式有3种:横振、纵振和圆环振动,但由于泄漏过程中,传播的介质即管壁存在阻尼影响,使仅有某频率部分的应力波能远距离传播,这些应力波是因为与管道的振型产生了共振^[1]。根据这些特征信息的变化,实现对泄漏的检测和泄漏点的定位。

2 模拟压力容器泄漏试验

选用常见的没开启的充满可乐的易拉罐来模拟的压力容器,在罐的外壁上用细针开个小孔,让可乐泄漏。实验仪器采用 Polytec 公司的单点多普勒激光测振传感器和 DH5939 高速动态信号采集分析仪^[2]。

实验过程中,为避免罐体发生晃动,实验前,将易拉罐固定在实验平台上,并连接好检测设备。采样频率设为 1 kHz。实验测试现场见图 1。实验时,罐壁因刺了小孔,有液体喷出,发生泄漏,激光头发出的激光束打在罐壁上,采集系统采集到由泄漏产生的应力波。

收稿日期:2013-02-04

作者简介:姜晓玉(1981-),女,江苏姜堰人,助理实验师,硕士生,主要研究方向为工程结构振动。

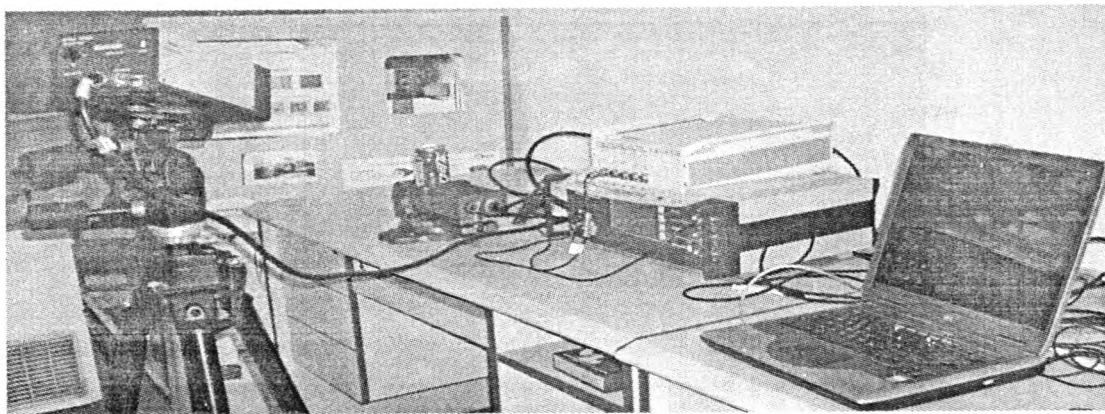


图1 模拟压力容器泄漏实验测试现场

Fig. 1 Experiment environment of the simulated pressure vessel

为了能够直观的区分出泄漏信号,做了一个对比实验,用一个充满可乐的完好易拉罐,在没有任何泄漏的情况下,使用同样的检测系统进行检测,此时测得信号主要是来自环境的噪声。而对于开了小孔的泄漏易拉罐,检测系统除了采集到环境噪声还采集到了泄漏信号。采集结束后,得到两种信号时域波形图,如图2所示。

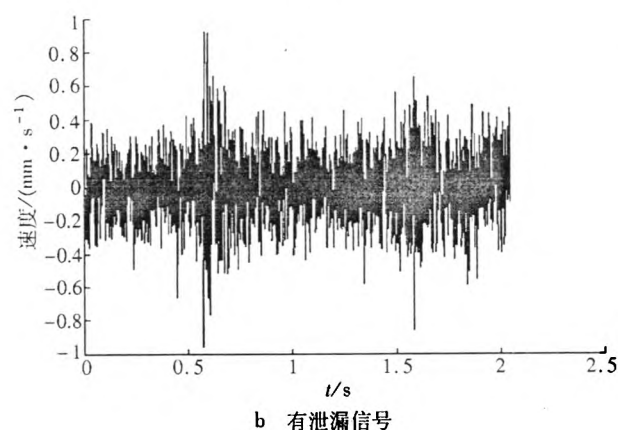
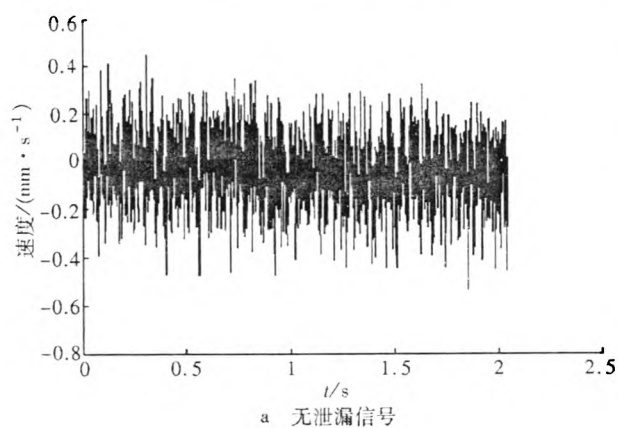


图2 时域波形图

Fig. 2 Time domain waveform

从两个图中可以发现:图2a的振动幅度是较均匀的,而图2b的振幅不均匀,在0.6 s和1.6 s附近幅度较大,它是由泄漏引起的。

3 实验结果与分析

采用 Matlab 工具对采集的信号进行短时傅立叶变换(STFT)。短时傅立叶变换是一种常用的时频分析方法,它能够反映信号的频率特性,同时反映信号频率随时间变化的特性,其思想是将非平稳的长数据分割为交叠的短数据段,每段可认为是平稳的,然后对每段进行傅立叶分析。短时傅立叶变换可表达为^[3]:

$$S(t, f) = \int x(\tau) w(\tau - t) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \quad (1)$$

其中 t 代表时间, f 代表分析频率, $w(n)$ 代表分析选用的窗函数。为了便于计算机分析,写成离散形式:

$$S(n, k) = \sum_{m=n}^{n+N-1} x(m) w(m - n) e^{-j\frac{2\pi}{N}mk} \quad (2)$$

其中 n 代表时间, k 代表分析频率。实验中采用汉明窗进行分析,窗口长选为 1 024。汉明窗数学表达式为:

$$w(n) = 0.54 - 0.46 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) \quad (3)$$

其中 $n = 0, 1, 2, \dots, N-1, N = 1\,024$ 。短时傅立叶变换的结果见图3。

图3a是对没有泄漏的易拉罐信号作短时傅立叶变换结果。整个测试中 390 Hz 谱线一直存在,这是易拉罐的自然频率。图3b是泄漏的易拉罐信号作短时傅立叶变换结果,在整个测试时间内 200 Hz 和 300 Hz 附近出现了谱线,且在 0.6 s

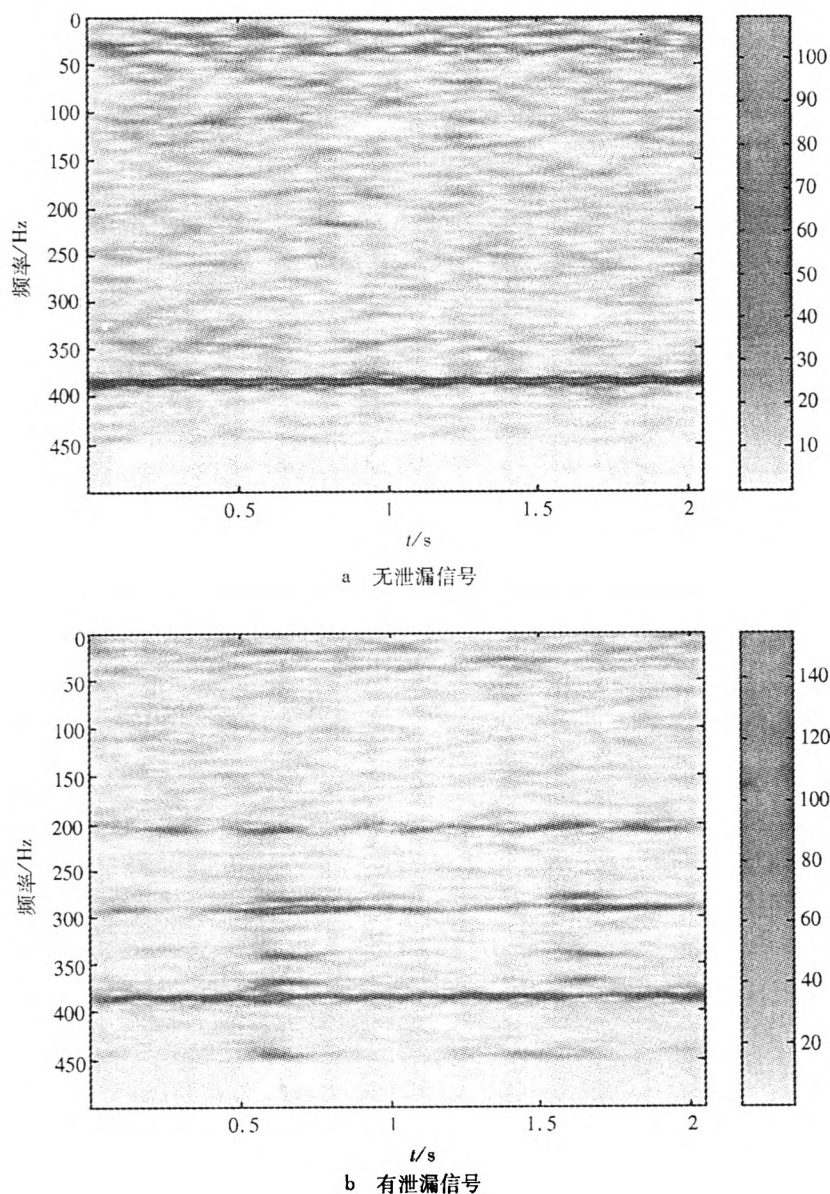


图 3 短时傅立叶变换结果

Fig.3 Result of STFT

和 1.6 s 附近的谱线更为丰富,这些是由泄漏产生的,强度是随时间变化的。

时域波形和短时傅立叶变换都能够反映泄漏信息,且能从短时傅立叶变换结果中观察到泄漏随时间的变化。实验证实,使用激光多普勒测振传感器对压力容器的泄漏造成的声发射信号的非接触式测量方法是可行的。

4 结论

将激光多普勒测振装置应用于声发射信号的检测是一种较新的实验手段,它实现了非接触式检测,安装便利,精度高,能进行高温或低温、高压等恶劣环境的声发射检测,对被检对象的形状要求低。在这些方面,激光传感器相较其它类型的传感器有着较大的优势。

(下转第 51 页)

Simultaneous Determination of Alkali and Alkali Oxides in Kushen Recipe Granule with HPLC

WANG Li-cong, LI Song

(1. Department of Chemical Engineering, Jiangyin Polytechnic College, Jiangyin Jiangsu 214405, China;
2. Jiangyin Tianjiang Pharmaceutical Co., Ltd., Jiangyin Jiangsu 214434, China)

Abstract: Objective: To develop a RP-HPLC method for simultaneous determination of Matrine and Oxymatrine. Methods: Using high performance liquid chromatography, amino-bonded silica gel as a filling agent; Acetonitrile-ethanol-3% phosphate solution (80:10:10) for the mobile phase; Detection wavelength of 220 nm. Results: regression equations for Matrine $Y = 499.4122X - 8.0701$, $R = 0.9999$, linear range from 0.158 ~ 1.58 μg . Oxymatrine regression equation for $Y = 557.1524X - 15.5688$, $R = 0.9999$, linear range 0.1686 ~ 1.686 μg . Kushen recipe granules of Matrine and Oxymatrine in the total amount of the average content of 4.60%, the recovery rate between in 98% and 103%, RSD of 1.52%. Conclusion: The method could determine Matrine and Oxymatrine in Kushen recipe granule.

Keywords: Kushen recipe granules; HPLC; Matrine; Oxymatrine

(责任编辑:沈建新)

(上接第28页)

参考文献:

- [1] 袁朝庆,庞鑫峰,刘燕.管道泄漏检测技术现状及展望[J].大庆石油学院学报,2006,30(2):76-79.
- [2] 姜晓玉.声发射信号的激光检测和分析[D].南京:南京理工大学,2012.
- [3] 张贤达.现代信号处理[M].2版.北京:清华大学出版社,2002.

AE Signal Detection of Laser and Analysis

JIANG Xiao-yu, XU Zhi-hong

(College of Science, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing Jiangsu 210014, China)

Abstract: Leakage signal can be thought as one kind of Acoustic Emission (AE) signal. Leakage feature can be found by acquisition and analysis of this signal. This article proposed a non-contacting method, using laser sensor (also called laser vibration meter) and signal acquisition equipment, to acquire the signal of leakage of a zip-top to simulate the pressure vessel. Short Time Fourier Transform (STFT) of the acquired signal was then conducted to get the feature of the leakage signal. Experiment results show that it is feasible to detect leakage of pressure vessel using Laser sensor.

Keywords: pressure vessels; Acoustic Emission (AE); Laser sensor; contactless detection; Short Time Fourier Transform (STFT)

(责任编辑:张振华)