

文章编号: 1673-9469(2010)04-0078-04

通过声发射实现对钢瓶的检测

马永辉, 刘康, 杨大志

(四川理工学院 机械工程学院, 四川 自贡 643000)

摘要:通过对 CNG 钢瓶无损检测常用方法特点的对比, 显出声发射检测在在线式 CNG 钢瓶无损检测中相对于其他方法的优越性, 并对声发射检测在在线式 CNG 钢瓶快速检测应用时所注意的问题和特点进行了描述, 提出改善方法, 然后在这些理论的基础上搭建一个简易的信号采集、分析处理系统, 对信号进行采集和频域范围的分析与小波除噪。从结果中可以看出明显的信号与处理效果, 从而说明声发射检测对于实现在线式 CNG 钢瓶快速检测具有可行性。

关键词: CNG 气瓶; 快速检测; 声发射; 信号分析

中图分类号: TQ050

文献标识码: A

Achieved through acoustic emission detection of the cylinder

MA Yong-hui, LIU Kang, YANG Da-zhi

(College of Mechanical Engineering, Sichuan University of Science & Engineering, Sichuan Zigong 643000, China)

Abstract: The paper introduced some methods about CNG steel cylinder non-destructive inspection, and appeared the superiority of the sofar shoot the examination on the CNG steel cylinder non-destructive inspection. At the same time, the paper described some questions need to pay attention and characteristics in the applications of rapid detection of on-line CNG steel cylinder and put up some improvements methods; the author establish system of a simple data acquisition, analysis and processing. By using the system, the user not only can realize signal acquisitions and the frequency range of analysis but also can realize wavelet denoising. The results show that rapid detection of on-line CNG steel cylinder is the feasible.

Key words: CNG cylinder; rapid detection; acoustic emission; signal analysis

CNG 气瓶在使用过程中时有爆炸事故产生, 严重威胁着人们的生命财产安全, 通过事故分析主要为钢瓶质量缺陷所致, 而对于使用过程中的质量缺陷通常是依据相应法定标准对 CNG 钢瓶作定期检测, 每 2 年检验一次^[1], 但是气瓶在拉伸应力和湿硫化氢的共同作用下, 可能导致气瓶在下次检验之前就破坏。因此, 如果在每次加气过程中对 CNG 钢瓶进行在线式的缺陷快速检测, 就可以在很短的周期内发现气瓶内在缺陷, 降低不安全事故的发生。

1 钢瓶检测

1.1 钢瓶检测步骤

钢瓶检测通常是针对不同的环境条件采用合

适的方法对钢瓶所处状态的信息进行采集, 再针对这些信息通过合适的分析方法进行分析, 进而确定钢瓶的状态即内部结构异常或缺陷的程度。

1.2 钢瓶检测方法

要对钢瓶做到快速检测, 显然不能采用传统的水压试验方法, 而应该引入效率更高的超声、磁粉及声发射等多种无损检测技术。无损检测技术^[2]是一门新兴的综合性应用科学, 它是在不破坏和损坏被检测对象的前提下, 利用材料内部结构异常或缺陷存在所引起的对热、光、声、电以及磁等反应的变化, 来探测各种工程材料、零部件和结构件等内部和表面缺陷, 并对缺陷的类型、性质、数量、形状、位置、尺寸、分布及其变化做出判断和评价。最常用的无损检测方法有超声波检测

收稿日期: 2010-08-22

基金项目: 四川理工学院 CNG 加气站气瓶在线式缺陷快速检测关键技术研究项目, GK200909

作者简介: 马永辉(1985-), 男, 河北邯郸人, 硕士研究生, 从事机械设计及理论研究。

法、磁粉检测法、渗透检测法、管材涡流检测法、射线检测法、声发射检测法等。

超声波检测^[3]是利用超声波在介质中传播时产生衰减,遇到界面会产生发射的性质来检测缺陷的无损检测方法。该方法具有高灵敏度、指向性好、穿透能力强以及检测速度快等优点。超声波探伤仪体积小,重量轻,便于携带和操作,对人无伤害。但是超声波检测无法检测到与表面和近表面延伸方向平行于表面的缺陷,表面粗糙以及形状复杂的试件也无法检测,对缺陷的定性、定量表征常常不准确,适合测量压力容器的厚度。

磁粉检测^[4]是基于缺陷处漏磁场与磁粉的相互作用而显示铁磁性材料在表面和近表面缺陷的无损检测方法。磁粉检测只能发现表面和近表面裂纹缺陷,而且检测时需要表面打磨,仅适合压力容器在停产时的检测。

渗透法检测^[5]是将渗透液渗入工件表面开口缺陷中,用去除剂清除多余渗透液后,再用显像剂表示出缺陷,只能检测零件表面开口的缺陷,而且对零件和环境有污染。

管材涡流检测^[6]是基于电磁感应原理来揭示导电材料表面和近表面缺陷的无损检测方法,对于表面和近表面缺陷有较高的灵敏度,可对大小不同的缺陷进行评价,能在高温状态下进行探伤,可用于异形材和小零件的检测,但只能检测导电材料,常常难以判断缺陷的种类。

射线检测^[7]是基于被检测件对入射线的不同吸收来检测零件内部缺陷的无损检测方法。检测对象不受零件材料、形状的限制,但射线的辐射可对人体造成伤害。

声发射检测^[8]是指借助受应力材料中局部能量的快速释放的瞬态弹性波进行检测的动态无损检测方法。它对缺陷的变化极为敏感,可以检测到微米数量级的显微裂纹发生、扩展的相关信息,检测灵敏度很高,比较适合在线式的检测。

2 声发射技术

由于受钢瓶检测环境与检测条件的限制,声发射检测方法与其它无损检测方法比较而言,声发射检测可以实现整体和大范围的快速检测,能实现连续的在线检测,可用于复杂的检测环境,检测形状复杂的构件,几乎不受材料的限制。声发射技术是一种动态无损检测技术,高压气瓶在加压的过程中完成检测,涉及声发射源,波的传播,

声电转换,信号处理,数据分析等几个步骤,钢瓶内部有缺陷,在外部压力的作用下会产生声波,被布置在表面的传感器接收转换成电信号,再经过信号处理系统的分析与处理得出钢瓶缺陷的状态,其基本原理如图1所示。

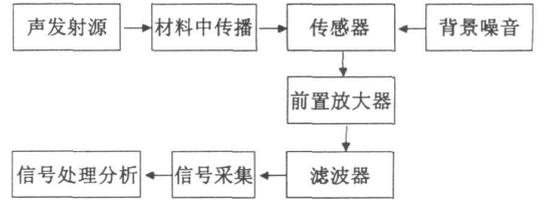


图1 声发射检测原理图

Fig.1 Schematic of acoustic emission testing

3 声发射在钢瓶中的检测

对钢制气瓶而言,气瓶瓶壁材料在加压时产生应变并储存应力应变能,若产生变形或有缺陷扩展,则变形或缺陷处会以弹性波形式释放出应力应变能,该弹性波即为声发射信号。声发射信号来自缺陷本身,因此,通过专门的声发射传感器和仪器,可采集和分析声发射信号,从而检出缺陷的位置和参数,判断缺陷的活性和严重性。对缺陷的程度进行预判,及时对钢瓶状态进行评估。

3.1 信号采集

信号的采集一般是利用信号预处理装置,传感器,多通道声发射仪等设备配合来实现,其中信号预处理装置包括前置放大器、滤波器,前置放大器可以实现阻抗匹配,提高信噪比与对微弱信号检测的抗干扰能力。传感器将钢瓶的振动信号转化成电信号,多通道声发射仪完成对电信号的记录与显示。检测时传感器应均匀布置在钢瓶表面,可用磁性夹等进行固定,在传感器与钢瓶的接触面涂抹耦合剂以减少摩擦,如图2所示。

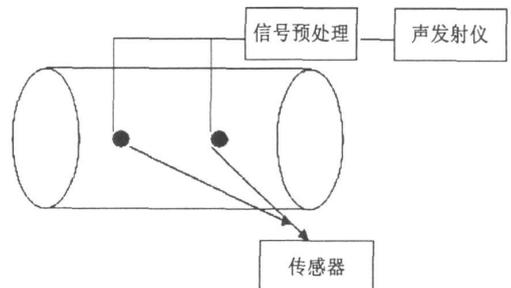


图2 信号采集示意图

Fig.2 Schematic diagram of signal acquisition

3.2 除噪

由于检测时所处环境的复杂性,采集到的信号中掺杂着许多的背景噪音,这些干扰信号严重影响声发射检测的准确性,因此需要除去这些噪音,采取的除噪的方法如下:

1)选择合适的工作频率,典型的声发射波的频率范围是 100kHz ~ 400kHz,利用滤波器在这个范围内设置检测频率窗口,抑制机器噪声。

2)调整适合的阈值电压值,低的阈值电压对除噪起不到作用,高的阈值电压又会滤掉有用的信号,为了得到更多的有用信号,一般采取折中的办法,采用阈值为 35dB ~ 55dB 的中灵敏度,最常用阈值为 40dB。

3)对于一些常见的非缺陷干扰信号如电磁干扰,机械振动,结构摩擦等,可以通过分析信号特征对信号进行区分。如电磁干扰信号主要来自声发射仪器系统内部,不同通道的电子噪音信号是互不相关的,所以不会形成稳定的声发射源。机械振动信号中心频率远低于一般缺陷信号的频率范围 100kHz ~ 400kHz,可以根据其频率特性来排除。结构摩擦信号不满足 Kaiser 效应,即在第二次加压时仍有大量声发射信号产生。

也可通过声发射信号的特征参数的分布规律来区分⁹,声发射信号的特征参数包括幅度,能量,振铃计数,持续时间,上升时间,均方根电压,频率等如图 3 所示。

在这些特征参数中声发射信号的能量,振铃计数,上升时间与其它参数有明显的差异。

4)利用小波分析的方法进行除噪,小波分析可以由给定的小波基对采集到的波形在其低频范围内进行多尺度的分解,将高频的信号变为零(干扰信号主要集中在高频信号中),然后再将所有的低频信号反向合成就可以达到对干扰信号的剔除¹⁰。

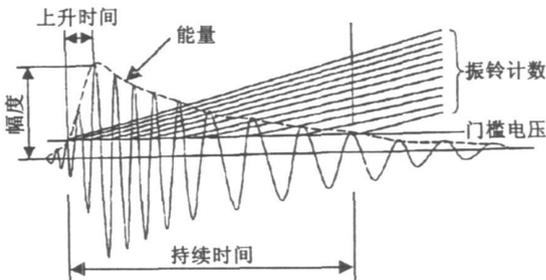


图3 声发射信号特征参数

Fig. 3 Characteristic parameters of acoustic emission signals

3.3 信号分析处理

采集到信号后,需要对采集到的信号进行分析,以确定信号的各项特征。目前常用的分析方法有频谱分析技术、人工神经网络识别和小波分析法。这些方法各有各的特点,针对不同的情况应用不同的方法可以对信号进行处理和分析,以下为各种方法的简介。

频谱分析是一种传统的分析方法,主要利用傅立叶变换把信号从时域映射到频域加以分析,在频域中研究声发射信号的各种特征,如对声发射信号在时域分析中的幅值特性,频域分析中的相位谱显示,幅值谱分析及功率谱显示来对信号进行分析。

人工神经网络技术是一种既能并行处理数据又能完成非线性映射的方法,它有自组织,自适应和自学习的能力,具有很高的容错性和鲁棒性,因此可以很好解决声发射检测中存在的噪声干扰,但是它的应用都是针对一个具体的对象,缺乏普遍指导意义,在其网络结构上也缺乏对声发射信号的针对性,所以还需要很深入的研究,但是它已经成为声发射检测中信号处理的重要方法之一。

小波分析有同时在时域和频域表征信号局部特征的能力,能够刻画某个局部时间段信号的频谱信息,又可以描述某一频谱信息对应的时域信息,这对于分析含有瞬态现象的声发射信号比较适合。在信号处理方面主要是利用其信噪分离和时频变化特性来提取声发射信号的特征,从而识别出声发射源。

3.4 钢瓶状态确定

疲劳破坏是钢瓶最主要的破坏方式,约占失效结构的百分之九十以上。根据断裂力学的知识,在弹性固体中,裂纹在扩展时受裂纹尖端的应力强度因子控制,当应力强度因子到达临界值时,裂纹会快速扩展,声发射一些特征参数如振铃总计数与应力强度因子有一定的关系,将两种方法进行结合可以预测裂纹扩展情况进而去预测钢瓶的寿命,确定钢瓶的状态。

4 声发射检测钢瓶实例

将传感器涂抹耦合剂后均匀固定在钢瓶上,对钢瓶进行加压,采用 NI 公司的 6251 信号采集卡对钢瓶

加压时产生的信号进行两声道的采集, 采集软件为 LabVIEW, 经过信号预处理可采集到明显的钢瓶缺陷产生的信号, 得到的信号如图 4 所示。

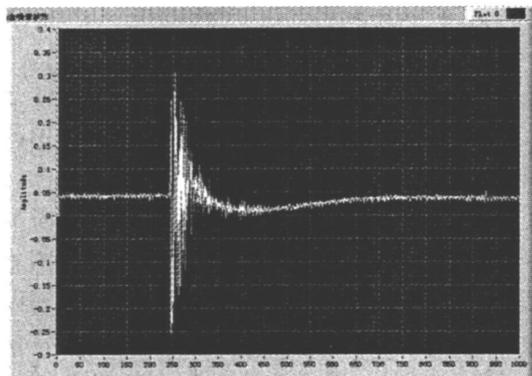


图4 采集到的声发射信号
Fig.4 AE signals collected

将采集到的信号用改进的 bartlett 法进行功率谱 psd 分析, 得到时频信号在频域范围内的特征, 结果如图 5 所示。

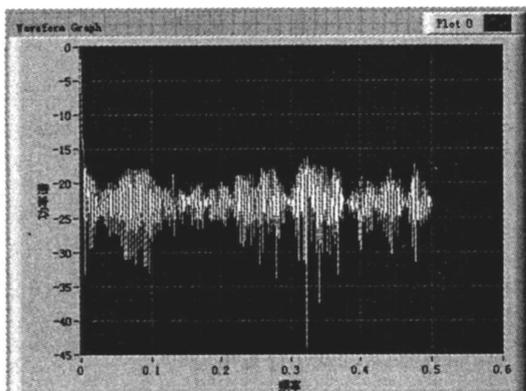


图5 声发射信号的功率谱分析
Fig.5 Breaking the power of acoustic emission signal analysis

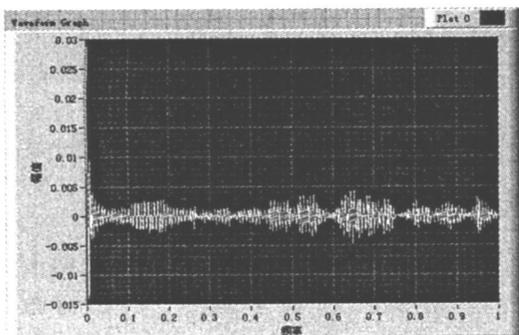


图6 声发射信号的频谱特性图
Fig.6 The spectrum of acoustic emission signals map

对信号进行快速傅立叶变换得到信号的频谱信息, 其频谱特性如图 6 所示。

根据以上信号特征对信号进行小波除噪可以得到如下信号(如图 7 所示)。

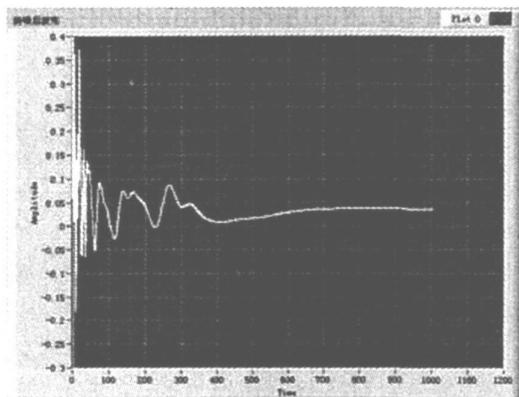


图7 声发射信号小波处理后的波形
Fig.7 AE signal waveform after wavelet

5 结语

利用声发射的原理可以对钢瓶在加气过程中进行声发射信号采集, 处理, 分析得到钢瓶缺陷与声发射信号特征之间的关系, 继而对钢瓶缺陷的状态与钢瓶的寿命进行判断与预估, 预测缺陷裂纹的扩张情况, 并应用到 CNG 加气站的实时加气过程中。

参考文献:

- [1] GB 17258—1998 汽车用压缩天然气钢瓶[S].
- [2] 林立华. 压力容器无损检测技术[J]. 通用机械, 2008(5): 54—56.
- [3] 陈文革, 魏劲松. 超声无损检测的应用研究与进展[J]. 无损探伤, 2001(4): 1—3.
- [4] 姚力, 胡学知, 范吕慧. 压力容器无损检测—磁粉检测技术[J]. 无损检测, 2004, 26(6): 302—306.
- [5] 胡学知, 邱杨. 压力容器无损检测—渗透检测技术[J]. 无损检测, 2004, 26(7): 359—363.
- [6] 罗雄彪, 陈铁群. 超声无损检测的发展趋势[J]. 无损检测, 2005, 27(3): 148—152.
- [7] 李衍. 压力容器无损检测—射线检测技术[J]. 无损检测, 2004, 26(2): 82—88.
- [8] 沈功田, 李金海. 压力容器无损检测—声发射检测技术[J]. 无损检测, 2004, 26(9): 457—463.
- [9] 姚力. 几种典型声发射信号的特征参数分布分析[J]. 无损探伤, 2004, 28(2): 19—22.
- [10] 高成. MATLAB 小波分析与应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2007. (责任编辑 刘存英)