



加热器内部泄漏故障的实验研究

张 晓¹, 李录平¹, 陈腊民², 饶洪德¹

(1. 长沙理工大学 能源与动力工程学院, 湖南 长沙 410076; 2. 株洲华银火力发电有限公司, 湖南 株洲 412005)

摘 要: 高压加热器内部泄漏故障是火电厂回热系统主要故障之一, 针对加热器的泄漏故障进行实验研究, 设计并搭建高加泄漏模拟实验台。通过实验研究和数据处理, 找出不同工况下泄漏声发射信号的最大能量值、最大频率值以及平均频率 3 个参数在发生泄漏故障时的变化规律。以期准确提供泄漏相关参数的特征, 这将有利于故障的早期诊断和排除。

关 键 词: 高压加热器; 泄漏故障; 声发射技术; 高加模拟实验台

中图分类号: TK264.9

文献标识码: A

引 言

高加的内部泄漏故障是火电厂常见故障之一, 在高加运行中, 常出现的事故是管束漏泄, 进而使水位升高, 直接后果会导致高加解列和汽轮机进水。高压加热器一旦满水, 除能发出水位信号外, 还将使端差增大, 出口水温增加。严重时, 汽侧压力出现摆动, 并可能导致抽气管道和加热器壳体的振动, 设备损坏等, 严重影响正常运行。由此, 及早并准确检测到微小泄漏的发生是十分必要的。

历年来, 已研究出多种检测泄漏的方法, 主要有压力梯度法、负压波法, 系统辨识法以及神经网络法等。其中压力梯度法多数情况下至少需要安装一只压力传感器在站外, 容易受到破坏; 负压波法具有很快的响应速度和较高的定位精度, 但对于较小的泄漏或已经发生的泄漏效果不佳; 系统辨识法仅适用于小泄漏量; 神经网络法实时性好, 具有较强的抗恶劣环境和抗噪声干扰能力, 但技术尚不成熟^[1]。而声发射检测技术是一种动态无损检测技术, 这是声发射检测同其它检测技术的根本区别^[2]。高加运行在高温高压的环境中, 对检测技术的要求很高。而声发射检测对被检测件的接近程度要求不高, 因此适用于其它方法难以或无法接近情

况下的检测, 如高低温、核辐射、易燃易爆及剧毒等。

本研究将利用声发射检测技术对高加泄漏信号进行检测与分析。首先, 设计与搭建了加热器模拟实验台, 然后, 采用 PAC 公司的 PCI-2 声发射检测仪器进行了数据采集、信号处理等研究。

1 模拟实验台的设计与搭建

1.1 设计理念

换热器的结构与原理极其复杂, 为方便研究, 本工作着重点放在换热和泄漏的模拟上。换热的模拟是水与蒸汽之间的换热; 泄漏的模拟可以通过调节进水的压力并与进汽的压力, 形成一定的压差, 使水管发生泄漏。通过外接声发射传感器、前置放大器以及声发射检测仪器等可测得模拟泄漏信号, 进而进行分析处理。具体系统如图 1 所示。

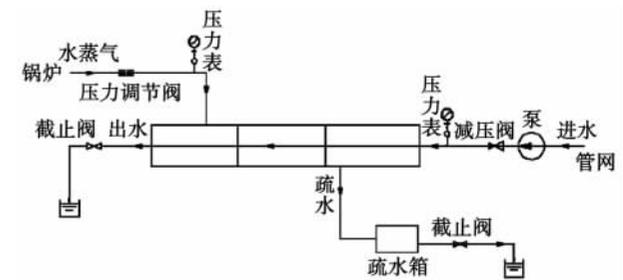


图 1 换热器原理简图

1.2 实验台功能设计

实验台的主要功能是模拟换热器泄漏的环境, 具体包括以下几点:

(1) 蒸汽与水的换热过程模拟: 主要是利用蒸汽与水的换热过程模拟换热器的效果。蒸汽与水的换热过程一般都采用逆向流动的对流换热方式, 并增加折流板增强传热效果。设计采取汽水逆向流动

收稿日期: 2010-01-05; 修订日期: 2010-02-01

作者简介: 张 晓 (1984-), 女, 山西运城人, 长沙理工大学硕士研究生。

的方式,还添加了半圆形折流板,对蒸汽与水的换热过程进行模拟。

(2) 泄漏故障的模拟: 换热器管道泄漏故障的主要原因是管道出现裂纹或漏孔,设计了具有泄漏的换热管,来模拟泄漏。

(3) 泄漏信号传播特性模拟: 换热管道中流体的泄漏,其主要的特征是在泄漏处形成多相湍射流,这一射流不但使流体的正常流动发生紊乱,而且与管道相互作用,在管壁上产生高频应力波。流体输送管道管壁是弹性体,泄漏发生时,流体受压力喷射而诱发应力波并在管道内传播,实验中采用 20 号碳钢管道,水的流速设计为 10 ~ 20 m/s,使水流的雷诺数与电厂实际运行时水流雷诺数基本相似,可以对信号传播特性进行模拟^[3]。

(4) 泄漏信号参数与流量关系特性模拟: 在实际生产过程中,根据水位的变化来判断换热管道泄漏与否,即根据流量的变化来判断的。在实验中,可以用检测装置采集泄漏信号,利用流量计监测流量,分析泄漏信号,定性得出泄漏信号参数与流量关系特性。

1.3 实验台的结构设计

实验台由如下几个部分组成: 汽源、水源、换热器本体、疏水和仪表。汽源部分主要由实验室已有小型锅炉提供蒸汽,其参数为: 温度 170 ℃,压力 0.7 MPa。水源部分为水泵升压后的自来水,水压为 0.5 ~ 0.7 MPa。换热器本体是由外壳和换热管道及折流板组成的。疏水部分是由疏水管道和储水罐组成。仪表部分对工质的参数进行监控,在换热管道和蒸汽的入口分别装有压力表和流量计。

1.4 实验台的运行流程

蒸汽从小型电加热锅炉中被引出后流入换热器的壳体,同时,一定压力的常温水经过水泵打入换热管道,本实验在换热管道上人工钻凿了一个漏孔,当常温水流经管道时,由于水的压力大于外界蒸汽的压力,水在漏孔处便可形成射流状态的泄漏工况。进行实验时,安装两个声发射传感器于壳体上,连接通道线、前置放大器和装有检测软件的 PC 机。开启实验台和检测软件,在定位界面观察到两个通道信号线接近重合时,可判断泄漏故障发生且处于稳定泄漏状态,此时可采集一段时间的泄漏声发射信号以便后期处理信号之用。本实验需要采集不同压差下和不同传感器间距下的泄漏声发射信号,一方面需要通过调节进水阀门控制调节进水压力,与蒸汽压力形成不同压力差,获得不同压差下的泄漏声发射信号;另一方面,需要调节两传感器的间距,获

得不同传感器间距下的泄漏声发射信号。

2 声发射信号特征的定义式及其意义

声发射信号的分析和处理方法主要有特征参数法、频谱分析法等,本研究主要采取特征参数法对信号进行处理。众所周知,对信号的分析主要分析能量值以及频率值。本研究将对泄漏声发射信号的最大能量值、最大频率值以及平均频率 3 个参数值进行分析。

最大能量值指的是系统在某个特定状态下,从开始采集到采集结束这个过程中,声发射信号的最大能量值。

最大频率值的含义类似最大能量值。

平均频率值是指整个声发射信号检测过程中信号的频率平均值,它是由 AE 振铃计数和持续时间衍生出来,其实时计算能决定平均频率值(average frequency = (AE counts) / (duration))。

3 基于声发射技术的实验研究

3.1 声发射检测的基本原理

声发射检测技术,是利用在材料表面上的压电陶瓷探头将材料内声发射源产生的弹性波转变为电信号,然后用电子设备将电信号进行放大和处理,使之特性化,并予以显示和记录,从而获得材料内声发射源的特征参数,通过分析检验过程中声发射仪器所得的各种参数,即可知道材料内部的缺陷情况,如果用多通道声发射检测系统,还可以确定声发射源即缺陷的具体部位。

实验中,从加热器内部管道漏点声发射源发出的声音信号以弹性波的形式向四周传播,经过耦合剂从加热器内部传播到传感器变成电信号,由传感器拾取。传感器拾取的声发射信号经前置放大后,输入到声发射仪器,并进行放大、A/D 转换与数据采集,数据导出,信号分析,最后将数据显示输出。具体测试系统图如图 2 所示。

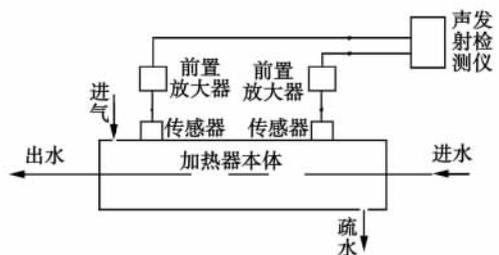


图 2 加热器泄漏故障检测系统

3.2 加热器内部泄漏故障实验方案设计

在换热管道上人工钻凿直径为 2 mm 的漏孔来模拟泄漏故障的发生。安装声发射传感器在筒体上,连接前置放大器和采集卡以及检测软件。

通过调节汽水压差与两声发射传感器之间的距离,测得不同压差下的泄漏信号图以及波形分析图。实验中采用的数据采集分析软件是美国 PAC 公司的 PCI-2 声发射仪。

3.3 实验结论与分析

在整个实验研究中,影响声发射特征参数的因素主要是两传感器之间的距离和汽水压差。故处理数据方面,分别会确定其中一个影响因素,来分析泄漏声发射信号的特征参数与另外一个影响因素的变化关系。首先,固定两传感器之间的距离,研究声发射信号的特征参数与压差之间的关系。同时,为了总结出泄漏信号的特征参数的变化关系,分别列出了不同距离下,声发射信号的几个参数与压力差的变化曲线。

3.3.1 泄漏声发射信号的波形与频谱特性

图 3 为压差 0.40 MPa 情况下,两传感器相距 500 mm 时采集到得声发射信号的波形图和频谱图。通过类似大量的图形分析,得出泄漏信号的特征频率为 30 ~ 40 kHz 之间,该频率下频谱图有较突出尖峰值出现。

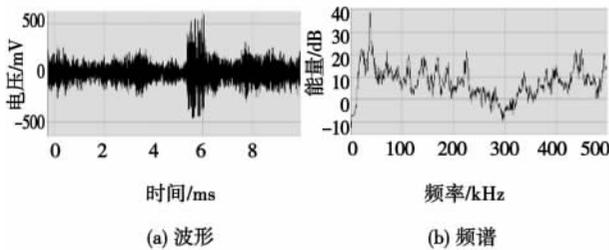


图 3 泄漏声发射信号

3.3.2 泄漏信号特征参数随工质压差的变化关系

如图 4 ~ 图 7 所示,两传感器相距分别为 300、400、800 和 900 mm 时,声发射信号的最大能量、最大频率(×100)、平均频率(×100)的 3 个特征参数在不同压差下变化曲线。其中,横坐标表示的是压力(MPa),纵坐标表示的是上述 3 个特征参数。图中可以看出,泄漏声发射信号的最大能量值和最大频率值都呈增长趋势,其中,最大能量值较最大频率值的增长更为明显。而平均频率则呈减小趋势。

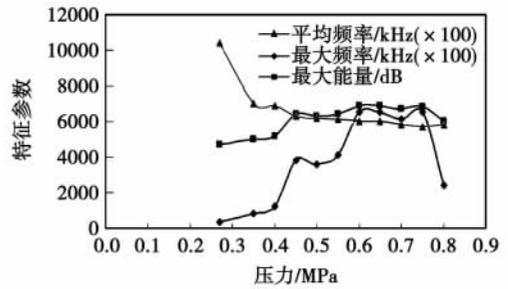


图 4 两声发射传感器相距 300 mm 时,特征参数变化曲线

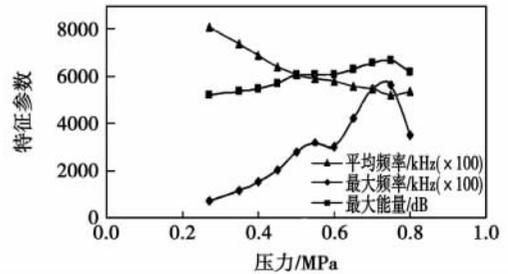


图 5 两声发射传感器相距 400 mm 时,特征参数变化曲线

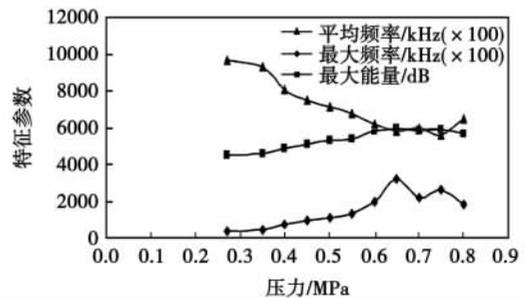


图 6 两声发射传感器相距 800 mm 时,特征参数变化曲线

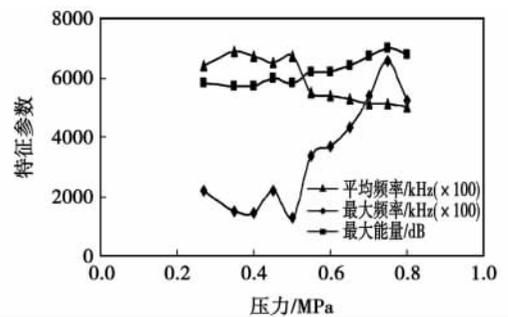


图 7 两声发射传感器相距 900 mm 时,特征参数变化曲线

3.3.3 泄漏信号特征参数传播特性

如图 8 ~ 图 10 所示,固定两传感器间距,测试

不同压力差 0.35、0.55、0.80 MPa 下,声发射信号的最大能量、最大频率 × 100、平均频率 × 100 的 3 个特征参数随压力变化曲线。其中,横坐标表示的是距离(mm),纵坐标表示的是上述 3 个特征参数。

在实验中,整个换热管长度为 1 400 mm,模拟的泄漏点位于管道的中间位置。图中,泄漏信号最大能量值呈上抛物线状,且在 700 mm 处达到最小值;最大频率值则无明显变化;整个泄漏管道的平均频率值呈类似正弦波曲线。

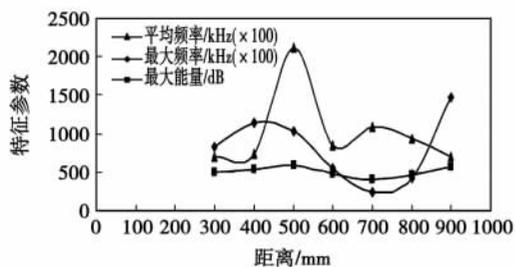


图 8 压差为 0.35 MPa 时,特征参数变化曲线

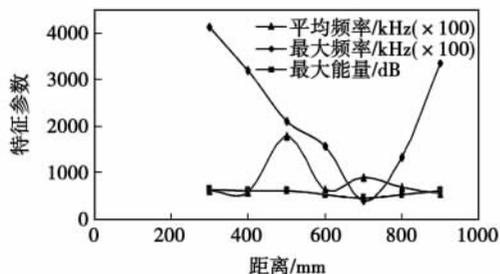


图 9 压差为 0.55 MPa 时,特征参数变化曲线

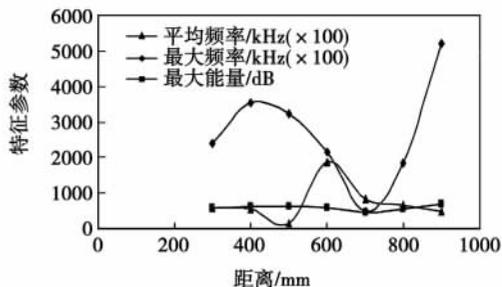


图 10 压差为 0.80 MPa 时,特征参数变化曲线

4 结 论

通过设计和搭建加热器泄漏模拟实验台,并进行了实验研究,得到结论如下:

(1) 在不同压差下,泄漏声发射信号的最大能量值和最大频率值都呈增长趋势,其中,最大能量值较最大频率值的增长更为明显。而平均频率则呈减小趋势。

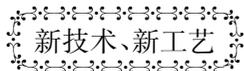
(2) 泄漏声发射信号的传播特性,泄漏信号最大能量值呈上抛物线状,且在泄漏点处为相对小值;平均频率值呈类似正弦波曲线。

泄漏信号的相关特征为高加在线泄漏检测具有重要的实际工程意义。

参考文献:

[1] 潘 霞. 管道泄漏检测综合实验系统开发 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2006.
 [2] 龙飞飞. 新型声发射监测系统与定位技术研究 [D]. 大庆: 大庆石油学院, 2002.
 [3] 蔡锡琮. 高压给水加热器 [M]. 北京: 水利电力出版社, 2005.

(编辑 陈 滨)



用生物柴油作为燃气轮机的燃料

据《ASME Journal of Engineering for Gas Turbines and Power》2010 年 1 月号报道,为了研究在 SGT-100 燃气轮机的世界第一流的 DLE(干式低排放)燃烧系统中使用生物柴油作为可替换燃料驱动工业燃气轮机的可行性,进行了大气和高压试验台试验。

在相同的条件下,完成了针对矿物柴油的试验,以便提供用来评定生物柴油作为一种可替换燃料的参考依据。

在大气压力试验台试验中,根据单燃烧室测量的点火概率确定了燃气轮机点火的可能性。在不同的空气辅助压力下,研究了在各种空气温度下的贫燃和熄灭极限。点火试验结果揭示,在空气质量流量和空气燃料比的整个范围内能实现可靠的点火。

在高压试验台试验中,针对不同的燃烧室空气入口压力、温度、燃烧室壁面压力降和火焰温度,测量了排放和燃烧动态特性。这些高压试验台试验结果表明,与矿物柴油比较,生物柴油产生较少的 NO_x 排放。

这些试验结果指出,在使用生物柴油作为可替换燃料时,在不需要做较大修改的情况下就可以使用 Siemens 的干式低排放燃烧系统。

(吉桂明 摘译)

A multi-turn annulus tube was used for measuring the parameters of a gas-liquid two-phase flow, and the pressure difference fluctuation signals at both inside and outside of the riser section of the annulus tube along the horizontal direction were analyzed. A non-dimensional analytic method was used to obtain the characteristic value related to the mean square root of the pressure difference fluctuation signals and a model governing the relationship between the characteristic value in question and the volumetric gas content. On this basis, an experiment was performed. By making use of the excellent nonlinear mapping and strong generalization capacity of a supportive vector machine, a model for softly measuring the gas content was established based on the least square supportive vector machine and corresponding systematic configuration and algorithm were given. In the light of the specific feature that it is difficult to choose parameters by using the LS-SVM method, the genetic algorithm was used to perform optimization to enhance the precision of the soft measurement. The simulation and practical operation results show that the model for soft measurement of the gas content in a gas-liquid two-phase flow based on the LS-SVM has a relatively high estimation precision and generalization capacity, thus providing a new simple and reliable method for measuring a gas content in a gas-liquid two-phase flow. **Key words:** soft measurement, least square supportive vector machine, genetic algorithm, two phase flow, pressure difference fluctuation signal, gas content

加热器内部泄漏故障的实验研究 = **Experimental Study of Inner Leakage Accidents of a Heater** [刊, 汉] ZHANG Xiao, LI Lu-ping, RAO Hong-de (College of Energy Source and Power Engineering, Changsha University of Science and Technology, Changsha, China, Post Code: 410076) , CHEN La-min (Zhuzhou Huayin Thermal Power Generation Co. Ltd. , Zhuzhou, China, Post Code: 412005) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011, 26(1) . - 63 ~ 66

Inner leakage accidents in HP heaters constitute the main accidents occurring to the recuperation system of a thermal power plant. An experimental study was performed of the leakage accidents of a heater and a HP heater leakage simulation test stand was designed and set up. Through an experimental study and data processing, the law governing the variation of three parameters, namely, the maximum energy value, maximum frequency value and average frequency of the leakage sound transmission signals under different operating conditions, was identified when any leakage accident occurs in hopes of accurately providing relevant parameter characteristics of the leakage. This will be helpful for the early diagnosis and elimination of the above-mentioned accidents. **Key words:** HP heater, leakage accident, sound transmission technology, HP heater simulation test stand

截短过热器分隔屏治理再热汽欠温的数值模拟 = **Numerical Simulation of a Remedy of an Excessively Low Reheated Steam Temperature by Cutting Short the Partition Platens of a Superheater** [刊, 汉] YAN Lin-bo, HE Bo-shu, PEI Xiao-hui, et al(College of Electromechanical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing, China, Post Code: 100044) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power. - 2011, 26(1) . - 67 ~ 72

During the actual operation of No. 1 pulverized coal-fired boiler in the first phase of a power plant (2 × 600 MW) , the following problems existed for a long time, namely, an excessively low secondary steam (reheated steam) temperature, an excessively large amount of superheater desuperheating water and an excessively large steam temperature deviation between the left and right side of the horizontal flue gas duct at the inlet. These problems brought a-