

钢壳体动态声发射检测技术的应用

中南大学 孙东洪

中国三江航天集团江北厂 高庆臣

摘要 简要介绍了声发射检测技术检测原理和技术特点,结合声发射检测技术在某型号钢壳体检测中的应用,通过对壳体加压过程和壳体缺陷扩展和断裂瞬间等的监视,证明声发射是一种很有发展的测试技术。

关键词 声发射 特征参数 信号分析

1 引言

由于钢壳体在制造的工艺过程中可能导致材料产生缺陷,因此采用一种有效的无损检测技术进行测试就显得尤为重要。长期以来,各行业都是采用常规的探伤方法,如:磁粉、超声波、射线等测试技术进行检测,这些都只是静态的和工序后的检测手段,不能在动态加载情况下对缺陷的产生和发展状况进行检测。随着声学测试技术的发展和声发射检测技术的工业应用,为钢壳体动态加载情况下对缺陷的检测提供了可能。

2 声发射技术特点及原理

声发射检测技术(Acoustic Emission,简称AE)是六十年代开始逐步成熟的一种新兴的动态无损检测方法,声发射检测方法在许多方面不同于其它常规无损检测,其优点主要表现为:

a. 可检测缺陷扩展的趋势,对缺陷进行定位并判断缺陷的危害性。这是声发射检测与其它检测技术的根本区别,具有实时、在线的特性;

b. 声发射检测技术是一种整体检测技术。通过按一定阵列布置少量固定不动的传感器,声发射仪就可获得被检对象中声源在检测过程中的一切活动信息;

c. 对在役压力容器定期检验,声发射检验方法可以缩短检验的停产时间或者不需要停产,检测效率高;

d. 缩减开支。使用声发射进行检测,在很大程度上缩减维护费用。通常利用声发射检测所花费的时间为常规检测的1/5左右。提高了经济效益,同时也减轻了检测人员的劳动强度。

物体在受到形变或外界作用时,因迅速释放弹性能量而产生瞬态应力波,它在整个工件中传播,被传感器接收,声波信号由放大器放大后经A/D转换,通过计算机的软件处理,研究人员可对声发射源特征参数进行分析和研究,推断出材料或结构内部活动缺陷的位置、状态变化程度和发展趋势。还可将辅助信息(例如载荷)和以上数据综合分析考虑,图1为声发射检测原理图。

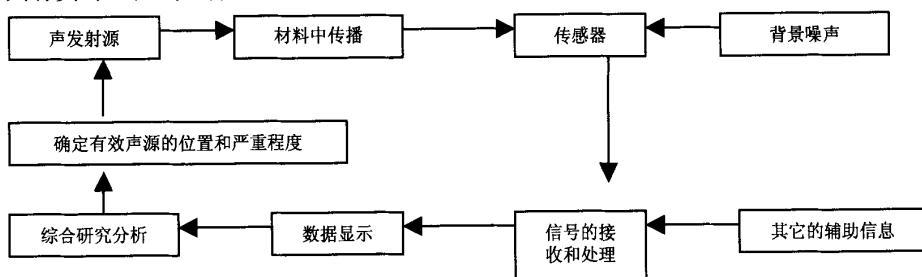


图1 声发射检测原理图

3 钢壳体动态声发射检测技术的应用

自2004年开始,声发射检测技术应用于某型号钢壳体的加载动态检测,收集了大量的检测数据,通

过特征参数分析,可对壳体在加压过程中进行实时的监控,并可对钢壳体的整体性能及动态缺陷的存在发展情况进行评估。

3.1 传感器的布局

在布局传感器之前,应先测试工件的声速衰减情况,声发射信号从 100dB 衰减到 40dB 所传播的距离就是传感器布局的最大间距,结合工件形状和外形尺寸的实际情况,采用 10 个传感器进行检测,如图 2 所示为某型号壳体的展开图。

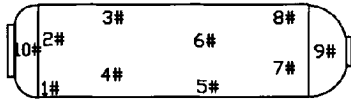


图 2 壳体（展开）传感器布局图

3.2 校准

为了得到完整的、有效的声发射检测数据,必须确保检测方案、传感器的安装、前放连接、设备性能、环境噪声等方面符合检测要求,因此必须在检测前对检测系统进行校准。校准项目通常有传感器的校准、前置放大器的校准、钢件的声传播特性等。校准时可以采用模拟声发射信号来观察设备的反应情况,如信号幅度的大小、振铃计数的多少等现象。

3.3 加压

采用水直接加压法,根据 GB/T18182-2000 规定的范围内进行加压,加压速率为 0.2 MPa/min,正常检测情况下,在达到要求的压力时,应保压 2min。

3.4 数据分析

以某型号钢壳体声发射检测的结果为例,说明声发射检测在检测壳体时的一些优点,整个加压过程为:加压-2MPa 保压检测-升压检测-爆破。

数据采集结束后,通过对检测数据的分析,可以了解信号的发生位置、幅度大小、分布情况、变化趋势等,进而了解被检产品的内部质量。一般来说可从以下几个参数来分析。

声发射事件计数:声发射事件计数可以反映声发射事件的总量,也可反映声发射事件的频度,主要用于声发射源的活动性和定位集中性评价。

振铃计数:振铃计数是超过门槛信号的振荡次数,它常用于反映突发声发射和连续声发射两类信号,又能反映信号强度和频度,广泛用于声发射活动性评价。但同时注意相同的信号在门槛不同时振铃计数会不同,门槛值越高,振铃计数越少。

幅度:幅度是事件信号的最大振幅,通常用 dB 数表示,幅度是声发射信号的重要参数,它不受门槛

的限制,直接与事件大小相联系,常用于波源的类型鉴别,强度及衰减的测量。

其它还有平均信号电平、能量计数等。平均信号电平是采样时间内信号电平的均值,常用 dB 数表示,用于背景噪声水平的测量;能量计数是事件信号包络线下的面积,它可反映事件的相对能量和强度,对门槛、工作频率不敏感。下面从定位、振铃计数、幅度等方面进行分析。

3.4.1 定位分析

如图 3 所示,声发射事件的定位图横坐标是发动机壳体轴向方向,起点是封头处的第一条焊缝,纵坐标是壳体的长度方向,纵坐标是壳体圆周方向的展开,图中的点表示为声发射事件,阿拉伯数字表示为传感器的位置和编号,从图上可以大概确定声发射信号源在壳体展开图上的分布和信号聚集区,如图中的 (4500, 1000) 附近区域的声发射事件比较密集,表明该区域的性能比较差,壳体的该部位强度相对比较薄弱。

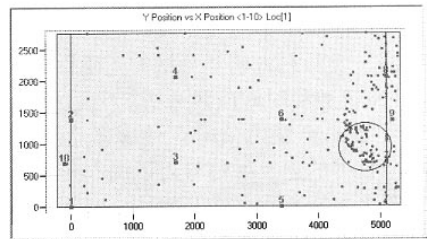


图 3 声发射产生的位置图

3.4.2 声发射信号的幅度和时间分析

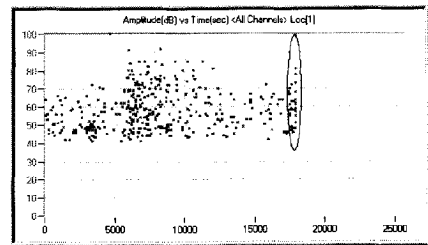


图 4 声发射信号发生的时间和幅度

幅度和时间检测情况如图 4 所示,横坐标是水压时间,纵坐标是信号幅度,从图上可以读出信号发生时间。在保压 2min 期间,无高幅度的声发射事件产生,表明该区间产品性能较稳定。一般情况下,材料的塑性变形、裂纹缺陷的扩展幅度比较高,从图 4 得出信号幅度和随时间的分布分析得出:在开始加压时,由于壳体和支撑架等的摩擦,噪声信号的幅度比

较小,随着压力的增大,声发射事件主要是由壳体弹性变形和塑性变形引起的,随着壳体承受压力的不断增大,钢壳体材料内部的微小缺陷出现应力急剧释放过程,缺陷迅速扩展,最终导致壳体破裂。

3.4.3 平均信号电平和时间曲线分析

如图5所示,横坐标表示为时间,纵坐标表示为各个传感器通道接受到的声发射信号的平均值。

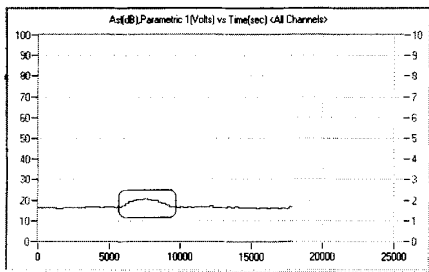


图5 平均信号电平和时间曲线

从平均信号电平和时间曲线上可以得出壳体在加压过程中是否存在泄漏和摩擦等干扰。在方框的时间段内,平均信号电平的值比较高,说明该时间段内有水的泄漏,实验已证明了分析的正确性。

3.4.4 振铃记数和曲线分析

振铃记数是声发射信号在传感器上引起振动的次数,一个较强的声发射信号可以引起传感器多次的振动。从图7可以看出,在开始加压时间段内声发射事件的次数比较少,之后逐渐增多,峰值后增量减少,最后突然急剧增加,其图中的曲线特性与图6的材料应力—应变图能较好地吻合。

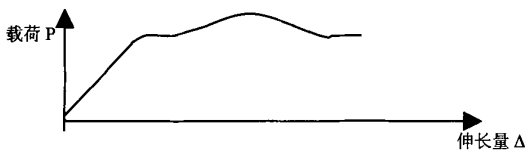


图6 应力—应变图

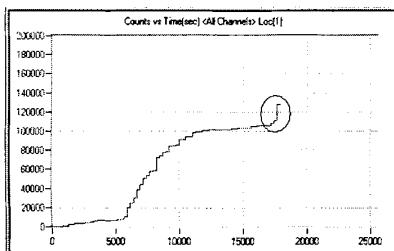


图7 信号电平和时间曲线

图7中在5200s前的声发射事件的振铃次数较少,低于20000个,说明钢壳体的状态稳定;在5200s

至11500s期间的声发射事件的振铃次数渐渐增多,从20000个增加到100000个,表明钢壳体开始出现弹性变形和塑性变形;在11500s至17200s期间,由于弹性变形和塑性变形的结束,使钢壳体的振铃次数增量较少,低于105000个;在17500s时,由于钢壳体内部缺陷的开裂,导致瞬间声发射事件引起的振铃记数剧增(圆圈内表示的部分),振铃记数达到130000个。

4 结论及展望

通过对某型号钢壳体声发射检测技术的应用,可以看出:声发射检测技术可以发现钢壳体的强度薄弱区域,壳体在加压过程中的材料力学性能变化,可以监视壳体在加压过程中是否有泄露,还可以检测到壳体的缺陷的扩展和断裂的瞬间,是其它无损检测方法所不能替代的一种新的检测技术方法,可以弥补其它常规检测方法的不足。声发射检测技术可以应用在:材料的表征(塑性变形、断裂力学实验、疲劳实验、环境裂纹、相变复合材料的断裂);运行(主要用于有重大事故隐患的结构关键部位早期破坏预报)及工艺过程(焊接裂纹、铸造、热处理、电镀过程等)的监控;压力容器等构件的完整性的评价(新制品的验收检测、在役定期检测和运行及工艺过程的连续控制)。应用声发射检测技术对钢壳体的检测,是声发射检测技术对新制结构构件完整性评价的一个实例。声发射检测技术在航空航天行业会有一个广阔的发展前景,但是,作为一种新技术,没有相应成熟的检测标准,噪声信号的鉴别还有一定的困难,动态缺陷分析还不是很准确等,许多问题处在摸索阶段,有待于进一步研究。

参考文献

- 1 GB/T18182-2000. 金属压力容器声发射检测及结果评价方法. 北京: 中国标准出版社, 2000
- 2 沈功田, 周裕峰, 段庆儒, 李邦宪. 现场压力容器检验的声发射源
- 3 袁振明. 我国声发射技术近期研究和应用的进展
- 4 沈功田, 李邦宪, 王勇. 声发射技术在压力容器检测方面的应用进展. 第十届全国声发射会议论文集, 2004
- 5 李光海, 王伟雄. 带保温层压力容器的声发射检测. 第九届全国声发射会议论文集, 2001
- 6 袁振明, 马羽宽, 何泽云编. 声发射技术及起应用

作者简介

孙东洪(1962-),男,湖北人,高级工程师,在读硕士;研究方向:机械制造及检测技术。



钢壳体动态声发射检测技术的应用

作者: [孙东洪](#), [高庆臣](#)
 作者单位: [孙东洪\(中南大学\)](#), [高庆臣\(中国三江航天集团江北厂\)](#)
 刊名: [航天制造技术](#)
 英文刊名: [AEROSPACE MANUFACTURING TECHNOLOGY](#)
 年, 卷(期): 2006, ""(2)
 引用次数: 0次

参考文献(6条)

1. GB/T 18182-2000. [金属压力容器声发射检测及结果评价方法](#) 2000
2. [沈功田](#), [周裕峰](#), [段庆儒](#), [李邦宪](#) [现场压力容器检验的声发射源](#)
3. [袁振明](#) [我国声发射技术近期研究和应用的进展](#)
4. [沈功田](#), [李邦宪](#), [王勇](#) [声发射技术在压力容器检测方面的应用进展](#) 2004
5. [李光海](#), [王伟雄](#) [带保温层压力容器的声发射检测](#) 2001
6. [袁振明](#), [马羽宽](#), [何泽云](#) [声发射技术及起应用](#)

相似文献(10条)

1. 会议论文 [姚力](#) [几种典型声发射信号的特征参数分布分析](#) 2003
 本文针对几种典型缺陷类型声发射源,进行了声发射信号特征参数的采集和统计,并对其声发射特征参数分布规律进行了分析讨论。
2. 期刊论文 [毛汉颖](#), [成建国](#), [黄振峰](#) [基于BP神经网络的金属裂纹声发射信号特征参数的提取](#) -[机械设计](#)2010, 27(2)
 金属裂纹声发射信号特征提取是根据其进行故障诊断的关键,提出了BP神经网络和模式识别相结合的提取金属材料疲劳声发射信号特征的新方法,并利用美国PAC公司SAMOS声发射检测系统采集到声发射的各种参数,应用该方法选择出一些对分类识别最有效的特征参数;并采用可分离性判据进一步验证其正确性。
3. 期刊论文 [姚力](#) [几种典型声发射信号的特征参数分布分析](#) -[无损探伤](#)2004, 28(2)
 针对几种典型缺陷类型的声发射源,进行了声发射信号特征参数的采集和统计,并对其声发射特征参数分布规律进行了分析讨论。
4. 期刊论文 [穆雷](#), [魏杰](#), [李郝林](#), [廖志宏](#) [声发射\(AE\)技术及其特征参数在机械工程领域的研究应用](#) -[精密制造与自动化](#)2005, ""(3)
 机械加工过程中含有丰富的声发射(AE)信号,利用这种信号对切、磨、钻等机械加工过程实行在线监测并通过选取适当的特征参数进行分析从而达到提高机械加工的自动化程度,提高产品质量,实验表明是完全可行的。
5. 会议论文 [蒋仕良](#) [波导杆对声发射信号的影响](#) 2004
 当采用声发射技术检测温度较高的设备,不能直接将常温探头耦合上去进行检测,如果全部采用高温探头则成本很高。这时,可采用波导杆技术来解决此问题。了解所应用的波导杆的声学特征是正确的声发射检测的前提。本文将介绍在实际应用中的波导杆的声学特性。
6. 会议论文 [陶纪南](#), [张克利](#) [岩石破坏过程声发射特征参数的研究](#) 1996
 提出岩石声发射特征参数的表达形式和岩石声发射特征参数随时间的表达规律。岩石声发射特征参数应根据声发射脉冲和按频率展开的振幅谱都不连续的特点定义事件频度和声发射能率。
7. 期刊论文 [夏展宏](#), [刘时风](#) [32通道声发射特征参数的实时提取](#) -[现场可编程门阵列的设计](#) -[无损检测](#)2003, 25(8)
 采用硬件描述语言VHDL(very-high-speed integrated circuit hardware description language)设计出现场可编程门阵列(FPGA)芯片,实时提取32通道的声发射信号的两个特征参数(到达时间和声发射振铃计数),以实现声发射源定位以及强度评价。
8. 会议论文 [梁志刚](#), [吴艳红](#), [蒋旭鑫](#), [霍宏发](#), [秦学军](#), [钟方平](#), [陈花玲](#) [声发射信号特征参数分析方法及在镁铝合金中的应用](#) 2009
 介绍了声发射信号特征参数及简单参数分析方法。用声发射监测了镁铝合金的拉伸过程,对比分析了拉伸特性曲线和声发射分布图随时间变化规律,发现声发射事件计数、幅值能很好地反映拉伸的小同阶段。对信号参数进行关联分析,事件计数和能量关联在时间上的分布能很好地区分拉伸过程中的声源,也能很好的区分拉伸的不同阶段。
9. 会议论文 [姚力](#) [16Mn钢疲劳断裂的声发射信号的检测](#) 2003
 本文针对16Mn钢预制疲劳裂纹,在采用三点弯曲试件进行疲劳扩展速率测定时,采用线定位方法,采集了以声发射特征参数表征的声发射源信号,并对其统计分布规律进行了分析讨论。
10. 期刊论文 [邓艾东](#), [赵力](#), [包永强](#) [基于模糊熵的转子碰摩声发射信号的识别](#) -[机械工程学报](#)2010, 46(3)
 利用模糊熵理论来度量转子碰摩声发射信号的特征参数相对于不同碰摩状态识别模式的不确定度。根据碰摩声发射信号的特点,选用平均信号电平、幅度、幅度动态范围以及小波包分解信号前四个节点重构信号的能量值作为声发射信号识别的特征参数,由训练样本确定各特征参数针对不同碰摩类别的基于高斯形式的隶属度函数,并由隶属函数得到特征参数与类别之间的模糊关系矩阵。由于各特征参数对于声发射信号识别的有效性不同,因此在计算模糊关系矩阵时引入有效度系数,提出一种利用模糊熵定义有效度系数的方法。结合该系数得到修正的模糊关系矩阵并计算综合评价模糊集合,选择隶属度最大的类别作为识别结果。在转子试验台上采集的不同碰摩状态的声发射信号进行验证,试验结果表明,模糊综合评价方法是一种有效的声发射识别手段,并可以利用参数有效性的差异来提高识别效率。

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_htgy200602013.aspx

下载时间: 2010年5月28日