

## 声发射检测技术在机电行业中的广泛应用

更新日期: 2013-09-02

**声发射检测**原理从声发射源发射的弹性波最终传播到达材料的表面,引起可以用声发射传声发射检测的原理传感器探测的表面位移,这些探测器将材料的机械振动转换为电信号,然后再被放大、处理和记录。固体材料中内应力的变化产生声发射信号,在材料加工、处理和使用过程中有很多因素能引起内应力的变化,如位错运动、孪生、裂纹萌生与扩展、断裂、无扩散型相变、磁畴壁运动、热胀冷缩、外加负荷的变化等等。人们根据观察到的声发射信号进行分析与推断以了解材料产生声发射的机制。

材料中由于能量从局部源快速释放而产生瞬态弹性波的现象称为声发射 (acoustic emission, 简称 AE)。声发射是一种常见的物理现象,如地震波、岩石破碎、金属开裂和折断铅芯等。各种材料声发射信号的频率范围很宽,声发射信号幅度的变化范围也很大,以致于有些声发射信号人耳可以听到,而有些声发射信号人耳听不到。许多材料的声发射信号强度很弱,需要借助专门的检测仪器才能检测出来。材料在应力作用下的变形与开裂是结构失效的重要机制。这种直接与变形和断裂机制有关的源,称为声发射源。用仪器探测、记录、分析声发射信号和利用声发射信号推断声发射源的技术称为声发射检测 (acoustic emission testing 简称 AET) 技术。

AET 技术在五十年代就开始应用于材料研究。在六十年代开始应用于无损检测领域。我国则于七十年代开始应用 AET 技术。AET 技术已应用的领域有:材料及力学方面的研究;汽车工业(汽车所有部件);土木工程(桥梁、岩石、混凝土及水工建筑物安全性检测等);航空航天(机身各部件、引擎、卫星太阳能板等);大型变压器局部放电检测;环境试验;核反应堆;模态测试;一般工业(管路、轴承、压力容器、球罐等);焊接质量检测与监控;吊车等空架结构检测;质量管理(配合自动化生产线进行在线质量控制)等。AET 技术作为无损检测的一种手段,其主要目的是:①确定声发射源的部位;②分析声发射源的性质;③确定声发射发生的时间或载荷;④按照有关的声发射标准评定声发射源的严重性。另一方面,声发射检测技术也有一定的缺点和不足:声发射检测需要在特定荷载条件下进行,声发射检测目前只能给出声发射源的部位、活度和强度,不能给出声发射源处缺陷的性质和大小,对超标声发射源,需要使用其它常规无损检测方法(如:超声检测、射线检测、磁粉检测、渗透检测等)进行局部复检,以精确确定缺陷的性质、位置和大小。

现行标准、规范中规定的产品质量(尤其是内部质量)要求,在很多情况下是根据常规无损检测方法确定的。按常规无损检测方法,只能检测、显示静态的宏观缺陷[也称不连续性或不完整性,如裂纹、夹渣(杂)、气(缩)孔、未融合、未焊透等]。现行的一般做法是,按照标准、规范和标书文件的要求,对检出的缺陷进行定位、定量、定性(定性的方法目前尚不成熟,超声检测定性尤差)和等级评定,以确定是否合格和验收。这种静态的检测评定方法更多评价的是产品制造工艺和质量控制的水平,而对于产品的安全性和可靠性往往没有多少直接关系;事实上,只有扩展的、尺寸增大的和最终导致破坏的不完整性(如裂纹的萌生和扩展)才认为是危险的。

AET 技术具有以下特点(优点),在很多情况下与其它无损检测方法相比这些特点表明了它的优越性。

1.声发射法适用于实时动态监控检测，且只显示和记录扩展的缺陷，这意味着与缺陷尺寸无关。而是显示正在扩展的最危险缺陷。这样，应用声发射检验方法时可以对缺陷不按尺寸分类，而按其危险程度分类。按这样分类，构件在承载时可能出现工件中应力较小的部位尺寸大的缺陷不划为危险缺陷，而应力集中的部位按规范和标准要求允许存在的缺陷因扩展而被判为危险缺陷。声发射法的这一特点原则上可以按新的方式确定缺陷的危险性。因此，在压力管道、压力容器、起重机械等产品的荷载试验工程中，若使用声发射检测仪器进行实时监控检测，既可弥补常规无损检测方法的不足，也可提高试验的安全性和可靠性。同时利用分析软件可对以后的运行安全做出评估。

2.AET 技术对扩展的缺陷具有很高的灵敏度。其灵敏度大大高于其它方法，例如，声发射法能在工作条件下检测出零点几毫米数量级的裂纹增量，而传统的无损检测方法则无法实现。

3.声发射法的特点是整体性。用一个或若干个固定安装在物体表面上的声发射传感器可以检验整个物体。缺陷定位时不需要使传感器在被检物体表面扫描（而是利用软件分析获得），因此，检验及其结果与表面状态和加工质量无关。假如难以接触被检物体表面或不可能完全接触时，整体性特别有用。例如：绝热管道、容器、蜗壳；埋入地下的物体和形状复杂的构件；检验大型的和较长物体的焊缝时（如：桥机梁、高架门机等），这种特性更明显。

4.声发射法一个重要特性是能进行不同工艺过程和材料性能及状态变化过程的检测。声发射法还提供了讨论有关物体材料的应力—应变状态的变化。所以，AET 技术是探测焊接接头焊后延迟裂纹的一种理想手段。同样，象引水压力钢管的凑合节环焊缝，由于拘束度很大，在焊后冷却过程中，焊接造成的拉应力和冷缩产生的拉应力，可能会使应力集中系数较大的缺陷（如：未融合、不规则的夹渣、咬边等）萌生裂纹，这是不允许存在的。为了找出和避免这种隐患，用 AET 监测也是比较理想的手段。

5.对于大多数无损检测方法来说，缺陷的形状和大小、所处位置和方向都是很重要的，因为这些缺陷特性参数直接关系到缺陷漏检率。而对声发射法来说，缺陷所处位置和方向并不重要，换句话说，缺陷所处位置和方向并不影响声发射的检测效果。

6.声发射法受材料的性能和组织的影响要小些。例如：材料的不均匀性对射线照相和超声波检测影响很大，而对声发射法则无关紧要。因此，声发射法的使用范围较宽（按材料）。例如，可以成功地用以检测复合材料，而用其它无损检测方法则很困难或者不可能。

7.使用声发射法比较简单，现场声发射检测监控与试验同步进行，不会因使用了声发射检测而延长试验工期。检测费用也较低，特别是对于大型构件整体检测，其检测费用远低于射线或超声检测费用。且可以实时地进行检测和结果评定。

声发射可以检测缺陷、确定缺陷位置和评价结构的危险程度（安全性）。与其它常规无损检测方法相结合，使用声发射法将会取得最佳效果。

我国的水利水电工程金属结构、机电设备方面也已开始应用声发射检测技术，并取得良好效果。如：1999 年水利部质检中心对湘江大源渡航电枢纽工程的液压启闭机油缸荷载试验进行了声发射监控检测和安全评定，对油缸缸底吊耳和活塞杆吊耳采用 ZG310-570 材料制造的可行性和安全性进行了比较科学的实验鉴定。在 2001 年 1 月和 3 月，水利部质检中心受中国长江三峡工程开发总公司的委托，由质检中心无损检测专业室和清华大学无损检测技术工程中心的技术

人员组成检测组，先后对三峡水利枢纽工程左岸厂房 1#、3#水轮发电机组座环和蜗壳在充水升压和保压阶段进行了声发射监控检测。监控检测取得了良好的效果。特别是 1#水轮发电机组座环和蜗壳，通过声发射实时监测，发现了蜗壳 03 管节与大舌板对接焊缝的咬边在充水升压和保压阶段萌生、扩展的裂纹。这是常规无损检测方法所不能发现的。该裂纹做的磁粉检测显示的磁痕。

可以预计，在我国水利水电工程上，使用**声发射检测技术**对金属结构、机电设备进行检测和安全评定将得到进一步的广泛应用，所发挥的社会经济效益将愈来愈显著。