

ICS 19.100  
J 04



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 26644—2011

---

## 无损检测 声发射检测 总则

Non-destructive testing—Acoustic emission testing—General principle

2011-06-16 发布

2012-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

GB/T 26644—2011

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用重新起草法修改采用 EN 13554:2002《无损检测 声发射 总则》(英文版)。

本标准由全国无损检测标准化技术委员会(SAC/TC 56)归口。

本标准起草单位:中国特种设备检测研究院、爱德森(厦门)电子有限公司、广州声华科技有限公司、北京科海恒生科技有限公司、北京航空航天大学、上海泰司检测科技有限公司、上海材料研究所。

本标准主要起草人:沈功田、吴占稳、林俊明、夏舞艳、刘时风、段庆儒、李丽菲、金宇飞。

## 无损检测 声发射检测 总则

### 1 范围

本标准规定了对应力作用下的结构、部件及不同材料进行声发射检测的一般原则。

本标准及有关具体产品、设备、材料声发射检测标准或书面作业指导书的制定提供指南。除有特殊规定外,本标准的内容为最低要求。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证(ISO 9712)

GB/T 12604.4 无损检测 术语 声发射检测(ISO 12716)

GB/T 20737 无损检测 通用术语和定义(ISO/TS 18173)

### 3 术语和定义

GB/T 12604.4 和 GB/T 20737 界定的术语和定义适用于本文件。

### 4 人员资格

采用本标准进行检测的人员应按 GB/T 9445 的要求或有关主管部门的规定取得相应无损检测人员资格鉴定机构颁发或认可的声发射检测等级资格证书,从事相应资格等级规定的检测工作。

### 5 方法概要

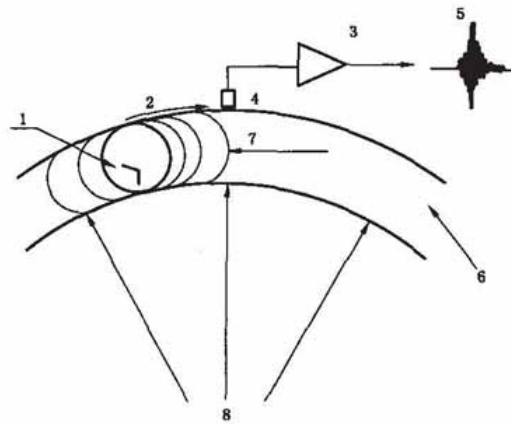
#### 5.1 声发射现象

材料中局域源能量快速释放而产生瞬态弹性波的现象称为声发射。

在加载或苛刻环境下,材料内部发生诸如裂纹生长、局部塑性变形、腐蚀和相变等变化通常可产生弹性波的发射,这些波包含了材料内部行为的信息。

采用合适的传感器可探测到这些弹性波。传感器将材料表面的机械振动转变为电信号,电信号经适当的仪器处理,可以对声发射源进行探测、定性和定位。图 1 是声发射检测原理的示意图。

GB/T 26644—2011



说明：

- 1——不连续生长；
- 2——表面波；
- 3——前置放大器；
- 4——声发射传感器；
- 5——输出信号；
- 6——组成材料的截面视图；
- 7——波形包络；
- 8——加载载荷。

图 1 声发射检测原理示意图

## 5.2 特点

声发射检测的特点及优点：

- 一种监测材料对载荷动态响应的被动探测方法；
- 可用于对各种不同材料，如钢铁、有色金属、非金属、复合材料等的检测与监测；
- 声发射源检测距离依赖于材料特性和声发射传感器特性，最远可检测到数十米甚至更远距离的声发射源；
- 可对被检件进行 100% 监测；
- 对材料结构内缺陷的扩展和变化比已存在的静态缺陷更敏感；
- 可对应力作用下不连续的生长进行动态实时监测；
- 可在设备运行状态下进行结构监测；
- 可预防结构的破坏性失效和控制加载的影响；
- 通过远距离安装的传感器可确定结构中扩展不连续的位置。

只要结构或部件的材料受到足够的应力作用，声发射方法就可以应用。

与其他大多数无损检测方法相比，声发射是由导致结构退化的不同源机制使材料自身释放能量，其他无损检测方法是在静态条件下检测已存在的几何不连续。

声发射是在一定激励下，指出材料逐步退化过程的存在及其位置的方法。

## 5.3 局限性

声发射检测的局限性：

2

GB/T 26644—2011

- 不发生扩展的不连续通常不产生声发射信号,但泄漏或腐蚀的检测可通过检测泄漏噪声信号或腐蚀物断裂信号间接检测泄漏或腐蚀情况,此时不连续并未扩展;
  - 重复加载至相同应力水平时,不能识别仍然具有活性的不连续(即 Kaiser 效应);
  - 对噪声敏感。
- 在声发射检测前,检查潜在噪声源非常重要。应排除噪声源,或采取措施确保其不影响声发射检测的效果。

## 6 声发射检测方法的应用

### 6.1 检测时机

检测时机选择:

- 制造过程检测,包括最终验证试验;
- 投入使用后的在役检测;
- 运行过程中的在线检测和监测。

### 6.2 适用检测对象

可适用的检测对象:

- 承压设备;
- 常压储罐;
- 结构;
- 零部件;
- 机械设备。

上述举例主要涉及金属材料,此方法也适用于复合材料、陶瓷及混凝土等其他材料。

## 7 检测系统

### 7.1 检测仪器

声发射检测仪器应满足有关方法标准规定的要求,并应定期进行性能校准。

### 7.2 声发射传感器

#### 7.2.1 概述

信号探测是声发射检测中最重要的一环,因为传感器的任何问题(耦合不良、不正确的安装、频率选择不当、电缆不匹配等)均将影响检测和最终结果。

#### 7.2.2 声发射传感器的选择

传感器通常是谐振型的,即某一频率响应占主导。有多种不同谐振响应频率的传感器。

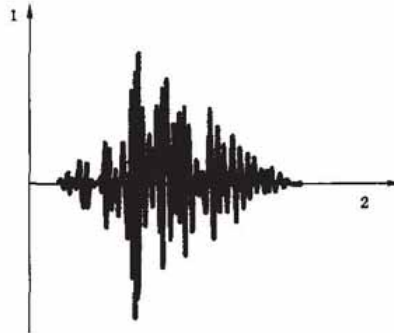
传感器及其谐振频率的选择应考虑如下因素:

- 检测目的;
- 执行检测标准或相关规定的要求;
- 结构或部件的类型和形状;
- 结构或部件的工作温度和表面状况(保温层、油漆、涂层、表面腐蚀等);
- 环境;

GB/T 26644—2011

- 材质特性；
- 背景噪声；
- 衰减；
- 材料厚度。

传感器接收的信号波形受到材料内部波的多条路径传播和多种模式的影响。图 2 是典型的突发型声发射信号。



说明：

- 1——幅值；
- 2——时间。

图 2 传感器输出的突发型声发射信号波形

### 7.2.3 传感器的安装

应使用声耦合剂、夹具或粘接剂将传感器固定于被检构件的表面。特殊条件下，声发射传感器应安装在波导杆上。安装传感器的表面部位应清理干净、平整，以确保声发射波的传播和可重复性。

使用铅芯折断模拟源和/或其他方法验证传感器的安装情况。

### 7.2.4 耦合剂

可使用不同的耦合剂，但其类型应与被检材质相匹配，如：

- 水溶性胶；
- 试剂相溶性胶；
- 油；
- 油脂；
- 石腊；
- 粘接剂等。

### 7.3 信号调理

信号调理包括声发射信号的传输、放大、滤波和信号特征的抽取。滤波频率应与传感器响应相匹配。

前置放大器将来自传感器的信号转换成低阻抗信号，以便通过同轴电缆使信号经长距离传输后到达信号主处理器和分析系统。

系统放大器对信号进行再次放大(可达 60 dB, 即放大 1 000 倍), 同时, 采用带通滤波剔除噪声信

号。通常,系统主机为前置放大器供电。

系统分析一般为对声发射信号特征进行提取,如给出信号的到达时间、峰值幅度、上升时间、持续时间、能量、计数及频率等。

#### 7.4 设置

突发型信号的采集门槛设置和系统实时显示特征设置需与实际检测对象和检测条件相适应,应考虑如下因素:

- 声波的衰减;
- 背景噪声。

### 8 检测

#### 8.1 总则

下列因素主要适用于声发射源的探测和定位,声发射检测应至少包括如下几个方面:

- 资料审查;
- 检测系统准备;
- 现场准备;
- 数据采集和在线分析;
- 结果表述;
- 检测后的验证。

#### 8.2 资料审查

为了检测的准备、实施和结果解释,应事先了解如下信息:

- 被检构件的类型及结构特征;
- 被检件的材质特性(化学成分、力学性能、声发射特性);
- 被检件的使用和操作记录;
- 被检件的加载史;
- 被监测的区域;
- 载荷类型和加载程序;
- 检测现场的环境条件和应遵守的安全规程;
- 干扰噪声的来源(机械、电子、过程噪声等);
- 上次检测的结果;
- 已识别缺陷的类型、尺寸和位置。

对检测结果的解释通常需要参考相关试验建立的数据库。对于声发射特性不了解的材料,应制备相同材质和相同制造方法的试样,在尽可能接近构件受载特征和不连续产生的条件下,进行试样加载过程的声发射检测分析试验,以获得材料损伤过程的声发射特性。

#### 8.3 检测系统准备

用于声发射检测和数据分析解释的系统应根据书面操作规程进行校准,以确保下列步骤的执行:

- 传感器的校准;
- 声发射检测系统的校准;
- 所有测试设备正常工作的验证;
- 传感器阵列布置方案的确定。

## GB/T 26644—2011

测试和校准结果(包括必要的照片、图表或图像、计算及表格等)应形成书面文件,且文件中应注明用于传感器及声发射系统校准的仪器型号、工作原理及所使用的程序步骤。任何不符合相关规定的特征应加以纠正或在文件中说明。

检测期间,每隔一定时间间隔或出现故障时均应进行在线校准。

## 8.4 现场准备

声发射检测前,应进行如下工作:

- 对被检件进行全面宏观检查,排除可能引起噪音源的因素;
- 进行衰减和背景噪声测量,以确定传感器最大间距;
- 进行声速测量;
- 确定传感器的安装部位和进行表面处理;
- 安装传感器和记录其编号;
- 进行传感器耦合校准、声发射检测系统校准;
- 利用模拟声发射源(如,断铅或其他方法)对构件中有代表性的部位进行定位校准;
- 传感器耦合后,应检查每一通道的背景噪声,以确保其能够探测到来自所有可能的声发射源的信号;在进行检测前,采取必要的机械隔离、声隔离或电子隔离措施,排除潜在噪音源的干扰;
- 确定保证声发射检测人员与被检构件加载人员之间的联系方式。

## 8.5 数据采集和在线分析

当构件加载时,采集声发射数据,应依据实际需求设定在线分析的方式和方法。

声发射系统应至少能保证对检测所必需相关参数的采集和存储,并且能够实现:

- 数据实时显示和分析;
- 检测后的数据回放和分析;
- 信号辨别;
- 活性源或区域的定位。

在检测前,应选择具有代表性的时间周期,进行背景噪声测量。这一测量对于区分辨别伪信号是十分重要的。找到所有可能的噪音源,例如泵或阀的异常响动、支柱的移动、下雨等,测量其频率和幅度范围,并将其消除。因为噪声源的存在可掩盖检测过程中来自被检构件的声发射信号。

在整个声发射检测期间,尤其在最初的低应力情况下,应进行周期性噪声检测。在达到最大检测载荷之前,尽可能消除这些噪声。

进行检测时,应记录尽可能多的信息,如数据突然上升或信号幅度增加、检测中断、背景噪音突然增加或其他检测干扰。

在载荷可控的检测中,应对加载期间被检构件的声发射活性进行连续监测,宜同时对载荷等外界参数进行监测,当声发射活性快速增加时,应考虑中断加载或降低载荷。

根据应用情况,为保证对被检构件的实时监测,应实时显示声发射信号参数列表、声发射源定位图和部分声发射信号相关图,相关图一般包括时间里成图、柱状图、点状图和线图。

应在适当的时间间隔内,进行声发射检测系统的性能校准,至少应在检测前和检测后,和/或检测设备部件更换时进行一次校准;在整个检测过程中,检测系统的操作条件应保持不变;偏差及纠正措施均应写入报告。

## 8.6 结果表述

声发射源的重要信息应至少包括下列相关图的显示:

- 时间和载荷与突发型声发射事件计数或计数率的相关图;



- 时间和载荷与突发型声发射信号能量或幅值的相关图；
- 时间和载荷与连续型声发射信号能量或均方根电压值的相关图。

更专业的结果标书包括：

- 源或区域的定位；
- 声发射信号特征参数；
- 波形的时域和频域分析；
- 过程变化；
- 费利西蒂比分析；
- 模式识别分析；
- 源的等级划分。

### 8.7 检测后的验证

检测后应及时对系统性能进行再次验证,并记录异常情况,以便在声发射数据分析中加以考虑,验证内容包括:

- 每一个声发射通道的灵敏度校准；
- 声发射检测系统校准；
- 利用模拟源,如断铅或电子脉冲声发射信号发生器等其他方法,对声发射源位置的校准。

## 9 数据分析

### 9.1 概述

数据分析是为了辨识声发射源并划分源的等级。

声发射发生的时间和相对应的载荷以及定位,提供了声发射源的相关可靠信息。

相关信息应以易理解的方式表述。

根据实际应用,定位类型可以是线性定位、平面定位、柱面定位、球面定位或三维定位。

采用声发射模拟源可有助于被检构件上声发射源位置的确定。

### 9.2 源的评价

源的评价准则应在执行文件中列出,或通过签署书面协议或合同来规定。

可接受声发射源的评价准则应考虑多方面的影响因素,例如:

- a) 声发射源活性,即声发射信号随着载荷(激励或时间)的增加情况;
- b) 保载期间的声发射源活性;
- c) 突发型声发射信号和施加载荷之间的相互关系;
- d) 活性声发射源的频率特征;
- e) 声发射源的空间聚集;
- f) 结构特征(如:修理、焊接、接管等)与声发射源的对应特征。

### 9.3 等级划分

对于已辨别的声发射源,其等级划分方法及随后复检要求应在检测工艺规程中规定。

声发射源的典型等级有:

- a) 不相关;
- b) 需进行常规无损检测方法复检;
- c) 临界活性。

## GB/T 26644—2011

声发射源等级评价可由更具体的产品声发射检测方法标准或最终由声发射 3 级检测人员确定。建立在大量数据基础上的专业软件可对确定的定位区域自动评价和分级。

声发射源的复检,应采用其他无损检测方法进行。这些检测可与声发射检测同时进行,或在其之后进行。

## 9.4 数据回放分析

数据回放分析可用于确定声发射源活动的时间,进行必要的的数据过滤,以及为报告提供最终输出。

## 10 书面检测工艺流程

进行任何的声发射检测都应建立书面检测工艺流程,这一文件应列出编号和日期,并得到合同各方的同意。

书面检测工艺流程应至少包括下列内容:

- 被检构件的名称和描述;
- 执行标准、规范和相关规定文件的目录;
- 检测人员应具备的资格;
- 加载(激励)类型及施加方法;
- 加载程序;
- 被检区域;
- 传感器位置;
- 传感器的固定和耦合方式;
- 检测系统的描述;
- 现场系统校准和数据采集设置;
- 衰减测量;
- 背景噪声水平和排除干扰噪声的方法;
- 测量的参数和分析程序;
- 检测记录及报告的格式;
- 源的等级划分和复检准则。

## 11 检测报告

检测报告应至少包括下列信息:

- 现场和用户信息;
- 被检构件的信息;
- 执行标准、规范和相关规定文件;
- 执行的工艺流程,包括测试的目的和目标;
- 检测系统设备的描述,尤其是传感器的频率和灵敏度;
- 现场检测条件;
- 传感器灵敏度的现场校准结果;
- 加载程序;
- 衰减测量结果;
- 实施的分析类型;
- 检测结果;

GB/T 26644—2011

- 结果解释,包括在被检构件的展开图上标出所有声发射源的位置和相对严重性;
  - 声发射源的等级划分;
  - 复检建议;
  - 检测人员的姓名、资格和签名;
  - 检测的地点、日期和时间;
  - 偏离书面检测工艺规程的内容。
-