

中华人民共和国行业标准

NB/T 47013.9—2012 (JB/T 4730.9)

承压设备无损检测 第 9 部分：声发射检测

Nondestructive testing of pressure equipments—
Part 9: Acoustic emission testing



2012-01-04 发布

2012-03-01 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 一般要求	2
5 检测方法	3
6 结果评价与分级	6
7 声发射定位源的验证	8
8 记录和报告	8
附录 A (规范性附录) 声发射系统性能要求	10
附录 B (资料性附录) 传感器布置示意图	12

前 言

本部分为 NB/T 47013《承压设备无损检测》的第 9 部分：声发射检测。

本部分附录 A 为规范性附录，附录 B 为资料性附录。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (SAC/TC 262) 提出并归口。

本部分起草单位：中国特种设备检测研究院、大庆石油学院、合肥通用机械研究院、武汉市锅炉压力容器检验所、上海材料研究所、北京声华兴业科技有限公司、北京科海恒生科技有限公司、中石化天津分公司机械研究所、航天材料工艺性能检测和失效分析中心、南京市锅炉压力容器检验研究院、河北省锅炉压力容器监督检验院、江西省锅炉压力容器检验检测研究院、安徽华夏高科技开发有限责任公司、河北金铎检测技术有限公司。

本部分起草人：沈功田、李邦宪、戴光、关卫和、霍臻、金宇飞、李光海、吴占稳、刘时风、段庆儒、蒋仕良、刘哲军、蒋俊、耿会坡、王笑梅、刘伟成、李寰、袁海江。

本部分由全国锅炉压力容器标准化技术委员会 (SAC/TC 262) 负责解释。

引 言

自 1986 年至今,中国特种设备检测研究院一直致力于将声发射这一无损检测新技术引入到特种设备安全检验领域,课题组组织全国十多个单位承担完成了国家科技攻关与支撑计划项目、原劳动部和国家质检总局等资助的一系列课题,系统开展了各种压力容器、压力管道等承压类特种设备的声发射检测与评价技术研究及设备研制,取得了 7 项科研成果,实现了承压设备声发射检测整体性技术突破。

①1986 年~1989 年,原劳动部课题“声发射技术在在用压力容器检验中的应用研究”;

②1992 年~1995 年,“八五”国家重点科技攻关课题“在役压力容器危险性缺陷声发射检测监测评估技术研究及设备研制”;

③1996 年~2001 年,“九五”国家重点科技攻关课题“压力管道缺陷检测监测关键技术研究”;

④2000 年~2002 年,“九五”国家重点科技攻关课题“锅炉管道安全检测仪器的开发”——“多通道数字化声发射检测分析系统的研制”;

⑤2001 年~2006 年,“十五”国家重点科技攻关课题“压力容器在线检测监测关键技术研究”;

⑥2006 年~2009 年,国家自然科学基金重点资助项目“流体管网泄漏检测的新方法与关键技术研究”;

⑦2006 年~2009 年,“十一五”国家科技支撑计划课题“埋地燃气管道泄漏点定位检测技术研究及设备研制”。

本部分中的一些关键技术参数主要采用了上述项目的科研成果和现场数千台承压类特种设备的现场声发射检测经验、检测数据分析和声发射定位源的复验结果。

承压设备无损检测

第9部分：声发射检测

1 范围

NB/T 47013 的本部分规定了金属材料承压设备的声发射检测方法和结果分级与评价。本部分适用于在制和在用金属承压设备活性缺陷的声发射检测与监测。本部分不适用于泄漏声发射检测和监测。

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 12604.4	无损检测 术语 声发射检测
GB/T 19800	无损检测 声发射检测 换能器的一级校准
GB/T 19801	无损检测 声发射检测 声发射传感器的二级校准
GB/T 20737	无损检测 通用术语和定义
JB/T 4730.1	承压设备无损检测 第1部分：通用要求
JB/T 4730.2	承压设备无损检测 第2部分：射线检测
JB/T 4730.3	承压设备无损检测 第3部分：超声检测
JB/T 4730.4	承压设备无损检测 第4部分：磁粉检测
JB/T 4730.5	承压设备无损检测 第5部分：渗透检测
JB/T 4730.6	承压设备无损检测 第6部分：涡流检测
NB/T 47013.7	承压设备无损检测 第7部分：目视检测
NB/T 47013.8	承压设备无损检测 第8部分：泄漏检测
NB/T 47013.10	承压设备无损检测 第10部分：衍射时差法超声检测

3 术语和定义

GB/T 12604.4、GB/T 20737 和 JB/T 4730.1 界定的以及下列术语和定义适用于本部分。

3.1

声发射源 acoustic emission source

材料中能量快速释放而产生瞬态弹性波的物理源点或部位。

3.2

声发射定位源 acoustic emission location source

通过分析声发射数据确定的被检件上声发射源的位置。

注：常见的几种源定位方法包括区域定位、计算定位和连续信号定位。

3.3

活性 activity

声发射源的事件数随加载过程或时间变化的程度。

3.4

强度 **intensity**

声发射源的事件所释放的平均弹性能。

3.5

活性缺陷 **active defect**

因载荷作用而产生瞬态弹性波释放的缺陷。

4 一般要求

4.1 概述

声发射检测的一般要求应符合 JB/T 4730.1 的有关规定外,还应符合 4.1~4.6 的规定。

4.2 声发射检测系统

声发射检测系统应包括传感器、前置放大器、系统主机、显示和存储等单元。检测系统的性能应符合附录 A 的要求。

4.3 压力指示装置

检测时被检件上应有压力指示装置,并在有效校准期内,其最大量程应在最高试验压力的 1.5 倍~3 倍的范围。

4.4 系统校准

声发射传感器、前置放大器和系统主机每年至少进行一次校准。声发射传感器的校准按 GB/T 19800 和 GB/T 19801 的要求进行,其他部件的校准按仪器制造商规定的方法进行,其结果不得低于本部分附录 A 的要求。仪器使用单位应制定校准作业指导书,校准结果应有相应记录和报告。

4.5 工艺规程

4.5.1 应按 JB/T 4730.1 的要求制定声发射检测通用工艺规程,检测工艺规程应至少包括如下内容:

- a) 适用范围;
- b) 引用法规、标准;
- c) 检测人员资格;
- d) 检测仪器设备:耦合剂、传感器、传感器夹具、信号线、前置放大器、电缆线、仪器主机、检测数据采集和分析软件等;
- e) 被检件的信息:几何形状与尺寸、材质、设计与运行参数;
- f) 检测覆盖范围及传感器阵列确定;
- g) 被检件表面状态及传感器安装方式;
- h) 加压程序及检测时机;
- i) 灵敏度测量、衰减测量和定位校准;
- j) 检测过程 and 数据分析解释;
- k) 检测结果的评定;
- l) 检测记录、报告和资料存档;
- m) 编制、审核和批准人员;
- n) 编制日期。

4.5.2 对于每台承压设备的声发射检测,应按照通用检测工艺规程制定声发射检测方案或声发射检测工艺卡。

4.6 安全要求

本部分没有完全列出进行检测时所有的安全要求,使用本部分的用户有义务在检测前建立适当的的安全和健康准则。

检测过程中的安全要求如下:

- a) 检测时被检件的壁温应比其材料的脆性转变温度至少高 30℃;
- b) 检测人员应根据检测地点的要求穿戴防护工作服和佩戴有关防护设备;
- c) 如有要求,使用的电子仪器应具有防爆功能;
- d) 在进行气压试验检测时,应制定特别的安全措施;
- e) 在线检测时,应避免安全阀过早或突然开启引起的危险后果,尤其是被检件内储存有毒或易燃、易爆等危害性介质时。

5 检测方法

5.1 检测前的准备

5.1.1 资料审查

资料审查应包括下列内容:

- a) 设备制造文件资料:产品合格证、质量证明文件、竣工图等;
- b) 设备运行记录资料:开停车情况、运行参数、工作介质、载荷变化情况以及运行中出现的异常情况;
- c) 检验资料:历次检验报告;
- d) 其他资料:修理和改造的文件资料等。

5.1.2 现场勘察

在勘察现场时,应找出所有可能出现的噪声源,如脚手架的摩擦、内部或外部附件的移动、电磁干扰、机械振动和流体流动等。应设法尽可能排除这些噪声源。

5.1.3 检测条件确定

根据现场情况确定检测条件,建立声发射检测人员和加压控制人员的联络方式。

5.1.4 传感器阵列的确定

根据被检件几何尺寸的大小以及检测的目的,确定传感器布置的阵列。如无特殊要求,相邻传感器之间的间距应尽量接近。

附录 B 给出了部分型式承压设备的声发射传感器布置示意图。

5.1.5 确定加压程序

根据声发射检测的目的和承压设备的实际条件,确定加压程序。

5.2 传感器的安装

传感器的安装应满足如下要求:

- a) 按照确定的传感器阵列在被检件上确定传感器安装的具体位置。整体检测时,传感器的安装部位尽量远离人孔、接管、法兰、支座、支柱、垫板和焊缝部位;局部检测时,被检测部位应尽量位于传感器阵列中间;
- b) 对传感器的安装部位进行表面处理,使其表面平整并露出金属光泽;如表面有光滑致密的保护层,也可予以保留,但应测量保护层对声发射信号的衰减;
- c) 在传感器的安装部位涂上耦合剂,耦合剂应采用声耦合性能良好的材料,推荐采用真空脂、

- 凡士林、黄油等材料,选用耦合剂的使用温度等级应与被检件表面温度相匹配;
- d) 将传感器压在被检件的表面,使传感器与被检件表面达到良好的声耦合状态;
 - e) 采用磁夹具、胶带纸或其他方式将传感器牢固固定在被检件上,并保持传感器与被检件和固定装置的绝缘;
 - f) 对于低温或高温承压设备的声发射检测,可以采用声发射波导(杆)来改善传感器的耦合温度,但应测量波导杆对声发射信号衰减和定位特性的影响。

5.3 声发射检测系统的调试

5.3.1 概述

将已安装的传感器与前置放大器和系统主机用电缆线连接,开机预热至系统稳定工作状态,对声发射检测系统进行初步工作参数设置,然后按 5.3.2~5.3.6 的要求依次对系统进行调试。

5.3.2 模拟源

用模拟源来测试检测灵敏度和校准定位。模拟源应能重复发出弹性波。可以采用声发射信号发生器作为模拟源,也可以采用 $\phi 0.3\text{mm}$ 、硬度为 2H 的铅笔芯折断信号作为模拟源。铅芯伸出长度约为 2.5mm,与被检件表面的夹角为 30° 左右,离传感器中心 $(100 \pm 5)\text{mm}$ 处折断。其响应幅度值应取三次以上响应的平均值。

5.3.3 通道灵敏度测试

在检测开始之前和结束之后应进行通道灵敏度的测试。要求对每一个通道进行模拟源声发射幅度值响应测试,每个通道响应的幅度值与所有通道的平均幅度值之差应不大于 $\pm 4\text{dB}$ 。如系统主机有自动传感器测试功能,检测结束后可采用该功能进行通道灵敏度测试。

5.3.4 衰减测量

应进行与声发射检测条件相同的衰减测量。衰减测量应选择远离人孔和接管等结构不连续的部位,使用模拟源进行测量。如果已有检测条件相同的衰减特性数据,可不再进行衰减特性测量,但应把该衰减特性数据在本次检验记录和报告中注明。

5.3.5 定位校准

采用计算定位时,在被检件上传感器阵列的任何部位,声发射模拟源产生的弹性波至少能被该定位阵列中的传感器收到,并得到唯一定位结果,定位部位与理论位置的偏差不得超过该传感器阵列中最大传感器间距 5%。

采用区域定位时,声发射模拟源产生的弹性波应至少能被该区域内的一个传感器接收到。

5.3.6 背景噪声测量

通过降低阈值电压来测量每个通道的背景噪声,设定每个通道的阈值电压至少大于背景噪声 6dB,然后对整个检测系统进行背景噪声测量,在制的承压设备和停产进行声发射检测的承压设备背景噪声测量应不少于 5min,进行在线检测的承压设备背景噪声测量应不少于 15min。如果背景噪声接近或大于所被检件材料活性缺陷产生的声发射信号强度,应设法消除背景噪声的干扰,否则不宜进行声发射检测。

5.4 检测

5.4.1 加压程序

5.4.1.1 概述

应根据被检件相关法规、标准和(或)合同的要求来确定声发射检测最高试验压力和加压程序。升压速度一般不应大于 $0.5\text{MPa}/\text{min}$ 。保压时间一般应不小于 10min,如果在保压期间出现持续的声

发射信号且数量较多时,可适当延长保压时间直到声发射信号收敛为止;如果保压的5min内无声发射信号出现,也可提前终止保压。

5.4.1.2 在制承压设备的加压程序

对于在制承压设备的检测,一般在进行耐压试验时同时进行,试验压力为耐压试验压力。

图1给出了在制承压设备的加压程序。声发射检测应在达到承压设备设计压力(或公称压力或额定工作压力)的50%前开始进行,并至少在压力分别达到设计压力 P_D 和最高试验压力 P_{T1} 时进行保压。如果声发射数据指示可能有活性缺陷存在或不确定,应从设计压力开始进行第二次加压检测,第二次加压检测的最高试验压力 P_{T2} 应不超过第一次加压的最高试验压力,建议 P_{T2} 为 $97\%P_{T1}$ 。

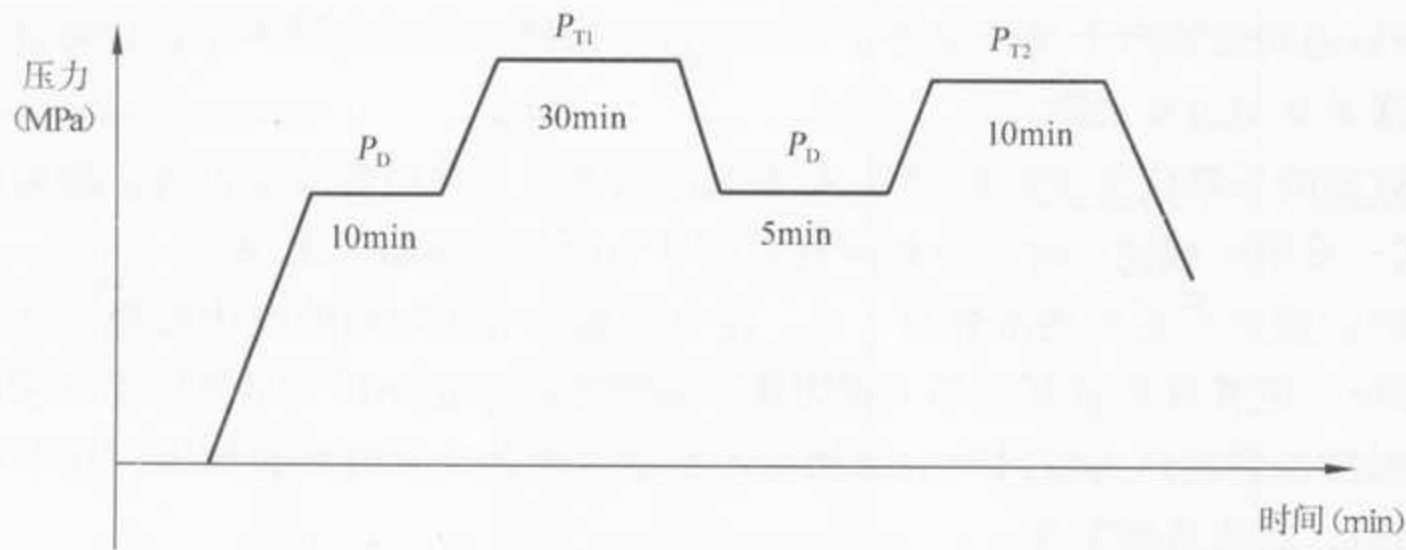


图1 在制承压设备的加压程序

5.4.1.3 在用承压设备的加压程序

对于在用承压设备的检测,一般试验压力不小于最高工作压力的1.1倍。对于承压设备的在线检测和监测,当工艺条件限制声发射检测所要求的试验压力时,其试验压力也应不低于最高工作压力,并在检测前一个月将操作压力至少降低15%,以满足检测时的加压循环需要。

图2给出了在用承压设备的加压程序。声发射检测在达到承压设备最高工作压力的50%前开始进行,并至少在压力分别达到最高工作压力 P_W 和最高试验压力 P_{T1} 时进行保压。如果声发射数据指示可能有活性缺陷存在或不确定,应从最高工作压力开始进行第二次加压检测,第二次加压检测的最高试验压力 P_{T2} 应不超过第一次加压的最高试验压力,建议 P_{T2} 为 $97\%P_{T1}$ 。

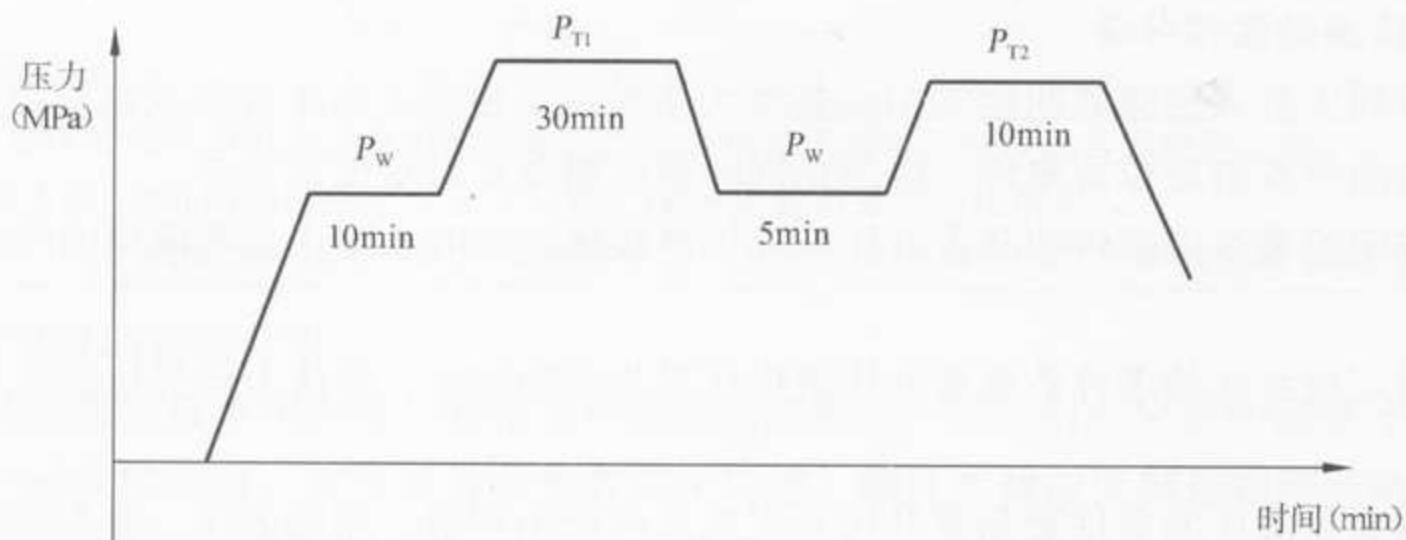


图2 在用承压设备的加压程序

5.4.2 检测过程中的噪声

加压过程中,应注意下列因素可能产生影响检测结果的噪声:

- a) 介质的注入;
- b) 加压速率过高;
- c) 外部机械振动;
- d) 内部构件、工装、脚手架等的移动或受压爆裂;
- e) 电磁干扰;
- f) 风、雨、冰雹等的干扰;
- g) 泄漏。

检测过程中如遇到强噪声干扰,应停止加压并暂停检测,排除强噪声干扰后再进行检测。

5.4.3 检测数据采集与过程观察

5.4.3.1 检测数据的采集应至少采集附录 A 中规定的参数。采用时差定位时,应采集有声发射信号到达时间数据,采用区域定位时,应有声发射信号到达各传感器的次序。

5.4.3.2 检测时应观察声发射撞击数和(或)定位源随压力或时间的变化趋势,对于声发射定位源集中出现的部位,应查看是否有外部干扰因素,如存在应停止加压并尽量排除干扰因素。

5.4.3.3 声发射撞击数随压力或时间的增加呈快速增加时,应及时停止加压,在未查出声发射撞击数增加的原因时,禁止继续加压。

5.5 检测数据分析

5.5.1 从检测数据中标识出检测过程中出现的噪声数据,并在检测记录中注明。

5.5.2 利用软件滤波或数据图形显示分析的方法,从检测数据中分离出非相关声发射信号,并在检测记录中注明。

5.5.3 根据检测数据确定相关声发射定位源的位置。对结构复杂区域的声发射定位源还应通过定位校准的方法确定其位置。定位校准采用模拟源方法,若得到的定位显示与检测数据中的声发射定位源部位显示一致,则该模拟源的位置为检测到的声发射定位源部位。

6 结果评价与分级

6.1 概述

声发射定位源的等级根据声发射定位源的活性和强度来综合评价,评价方法是先确定声发射定位源的活性等级和强度等级,然后再确定声发射定位源的综合等级。

6.2 声发射定位源的活性分级

以传感器阵列中最大传感器间距的 10% 长度为边长或直径划定出正方形或圆形评定区域,落在同一评定区域内的声发射定位源事件,认为是同一源区的声发射定位源事件。

如果声发射定位源区的事件数随着升压或保压呈快速增加时,则认为该部位的声发射定位源具有超强活性。

如果声发射定位源区的事件数随着升压或保压呈连续增加时,则认为该部位的声发射定位源具有强活性。

如果声发射定位源区的事件数随着升压或保压呈间断出现时,则按表 1、表 2 进行分级。对于进行两次加压循环,声发射定位源的活性等级划分方法详见表 1;对于进行一次加压循环,声发射定位源的活性等级划分方法详见表 2。

表1 两次加压循环声发射定位源的活性等级划分

活性等级	第一次加压循环		第二次加压循环	
	升压	保压	升压	保压
弱活性	×			
弱活性		×		
弱活性			×	
弱活性				×
中活性	×	×		
中活性			×	×
中活性	×		×	
中活性		×	×	
中活性	×			×
强活性		×		×
强活性	×	×	×	
强活性	×	×		×
强活性	×		×	×
强活性		×	×	×
超强活性	×	×	×	×

注1: ×表示加压或保压阶段有声发射定位源; 空白表示加压或保压阶段无声发射定位源。
注2: 停止加压后 1min 内的信号记入升压信号, 1min 后的信号为保压信号。
注3: 如果同一升压或保压阶段源区内声发射事件数较多时, 可根据实际情况将该源的活性等级适当提高。

表2 一次加压循环声发射定位源的活性等级划分

活性等级	升压	保压
中活性	×	
强活性		×
超强活性	×	×

注1: ×表示加压或保压阶段有声发射定位源; 空白表示加压或保压阶段无声发射定位源。
注2: 停止加压后 1min 内的信号记入升压信号, 1min 后的信号为保压信号。
注3: 如果同一升压或保压阶段源区内声发射事件数较多时, 可根据实际情况将该源的活性等级适当提高。

6.3 声发射定位源的强度分级

声发射定位源的强度可用能量、幅度或计数参数来表示。声发射定位源的强度计算取声发射定位源区中前 5 个最大的能量、幅度或计数参数的平均值, 幅度参数应根据衰减测量结果加以修正。声发射定位源的强度分级参考表 3 进行。表 3 中的 a 、 b 值应由试验来确定。表 4 是 Q345R 钢采用幅度参数划分声发射定位源的强度的推荐值。

表3 声发射定位源的强度等级划分

强度等级	声发射定位源强度 Q
低强度	$Q < a$
中强度	$a \leq Q \leq b$
高强度	$Q > b$

表4 Q345R 钢采用幅度参数进行声发射定位源的强度等级划分

强度等级	幅度 Q , dB
低强度	$Q < 60\text{dB}$
中强度	$60\text{dB} \leq Q \leq 80\text{dB}$
高强度	$Q > 80\text{dB}$

注：表4中的数据是经衰减修正后的数据。传感器输出 $1\mu\text{V}$ 为 0dB 。

6.4 声发射定位源的综合分级

声发射定位源的综合分级按表5进行。

表5 声发射定位源的综合等级划分

强度等级	活性等级			
	超强活性	强活性	中活性	弱活性
高强度	IV	IV	III	II
中强度	IV	III	II	I
低强度	III	III	II	I

7 声发射定位源的验证

7.1 I级声发射定位源，不需要进行验证。

7.2 II级声发射定位源，可根据被检件的使用情况和声发射定位源部位的实际结构来确定是否需要进行验证。

7.3 III级或IV级声发射定位源，应进行验证。

声发射定位源的验证应按 JB/T 4730.2~4730.6、NB/T 47013.7~47013.8、NB/T 47013.10 所规定的检测方法进行表面和（或）内部缺陷检测。

8 记录和报告

8.1 记录

8.1.1 应按检测工艺规程的要求记录检测数据或信息，并按相关法规、标准和（或）合同要求保存所有记录。

8.1.2 检测时如遇不可排除因素的噪声干扰，如人为干扰、风、雨和泄漏等，应如实记录，并在检测结果中注明。

8.2 报告

声发射检测报告至少应包括以下内容:

- a) 设备名称、编号、制造单位、设计压力、温度、介质、最高工作压力、材料牌号、公称壁厚和几何尺寸;
- b) 加载史和缺陷情况;
- c) 执行与参考标准;
- d) 检测方式、仪器型号、耦合剂、传感器型号及固定方式;
- e) 各通道灵敏度测试结果;
- f) 各通道门槛和系统增益的设置值;
- g) 背景噪声的测定值;
- h) 衰减测量结果;
- i) 传感器布置示意图及声发射定位源位置示意图;
- j) 源部位校准记录;
- k) 检测软件名及数据文件名;
- l) 加压程序图;
- m) 声发射定位源定位图及必要的关联图;
- n) 检测结果分析、源的综合等级划分结果及数据图;
- o) 结论;
- p) 检测人员、报告编写人和审核人签字及资格证书编号;
- q) 检测日期。

附录 A
(规范性附录)
声发射系统性能要求

A.1 传感器

传感器的响应频率推荐在 100kHz ~ 400kHz 范围内,其灵敏度不小于 60dB[表面波声场校准,相对于 $1V/(m \cdot s^{-1})$]或 -77dB[纵波声场校准,相对于 $1V/\mu\text{bar}$]。当选用其他频带范围内的传感器时,应考虑灵敏度的变化,以确保所选频带范围内有足够的接收灵敏度。应能屏蔽无线电波或电磁噪声干扰。传感器在响应频率和工作温度范围内灵敏度变化应不大于 3dB。传感器与被检件表面之间应保持电绝缘。

A.2 信号线

传感器到前置放大器之间的信号电缆长度应不超过 2m,且能够屏蔽电磁干扰。

A.3 信号电缆

前置放大器到系统主机之间的信号电缆应能屏蔽电磁噪声干扰。信号电缆衰减损失应小于 1dB/30m。信号电缆长度不宜超过 150m。

A.4 耦合剂

耦合剂应能在试验期间内保持良好的声耦合效果。应根据设备壁温选用无气泡、黏度适宜的耦合剂。可选用真空脂、凡士林及黄油。

检测奥氏体不锈钢、钛和镍合金时,耦合剂中氯化物、氟化物离子含量应满足相关法规和标准的要求,采用粘接方法固定时,粘接剂中的氯、氟离子含量和硫含量应满足相关法规和标准的要求。

A.5 前置放大器

前置放大器短路噪声有效值电压不大于 $7\mu\text{V}$ 。在工作频率和工作温度范围内,前置放大器的频率响应变化不超过 3dB。前置放大器的频率响应应与传感器的频率响应相匹配,其增益应与系统主机的增益设置相匹配,通常为 40dB 或 34dB。如果前置放大器采用差分电路其共模噪声抑制应不低于 40dB。

A.6 滤波器

放置在前置放大器和系统主机处理器内的滤波器的频率响应应与传感器的频率响应相匹配。

A.7 系统主机

A.7.1 声发射系统主机应有覆盖检验区域的足够通道数,应至少能实时显示和存储声发射信号参数(包括到达时间、门槛、幅度、振铃计数、能量、上升时间、持续时间、撞击数),宜具有接收和记录压力、温度等外部电信号的功能。

A.7.2 各个通道的独立采样频率应不低于传感器响应频率中心点频率的 10 倍。

- A.7.3 阈值精度应控制在 $\pm 1\text{dB}$ 的范围内。
- A.7.4 声发射信号计数测量值的精度应在 $\pm 5\%$ 范围内。
- A.7.5 从信号撞击开始算起 10s 之内,声发射系统应对每个通道具有采集、处理、记录和显示不少于每秒 20 个声发射撞击信号的短时处理能力;当连续监测时,声发射系统对每个通道在采集、处理、记录和显示过程中应具有处理不少于每秒 10 个声发射撞击信号的能力。当出现大量数据以致发生堵塞情况,系统应能发出报警信号。
- A.7.6 峰值幅度测量值的精度应在 $\pm 2\text{dB}$ 范围内,同时要满足信号不失真的动态范围不低于 65dB。
- A.7.7 能量测量值的精度应在 $\pm 5\%$ 范围内。
- A.7.8 时差定位声发射检测系统,每个通道的上升时间、持续时间和到达时间的分辨率应不大于 $0.25\mu\text{s}$,精度应在 $\pm 1\mu\text{s}$ 范围内,各通道之间的误差应不大于平均值的 $\pm 3\mu\text{s}$ 。
- A.7.9 系统测量外接参数电压值的精度应不低于满量程的 2%。
- A.7.10 声发射采集软件应能实时显示声发射信号参数、声发射信号参数之间和参数随压力或时间的关联图,以及声发射定位源的线定位和平面定位图,实时显示的滞后时间应不超过 5s。
- A.7.11 声发射分析软件应能回放原始声发射检测数据,并能根据重新设定的条件对声发射检测数据进行滤波、定位、关联和识别等分析处理。

附录 B
(资料性附录)
传感器布置示意图

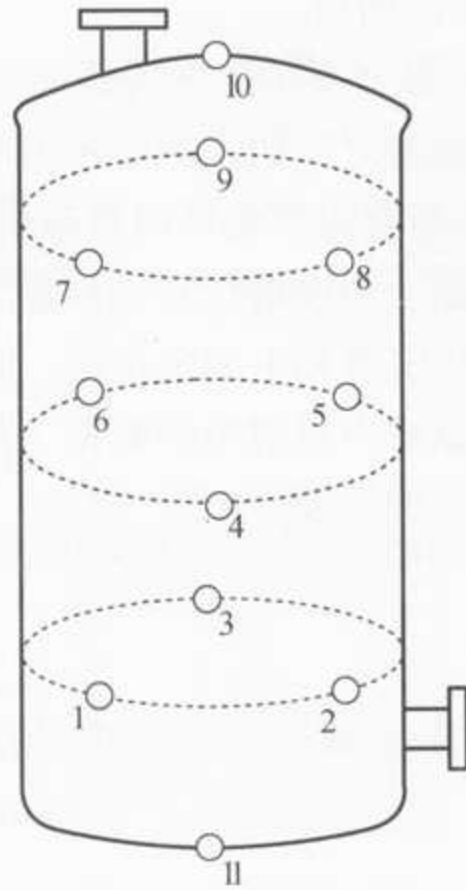


图 B.1 圆筒形容器传感器布置示意图

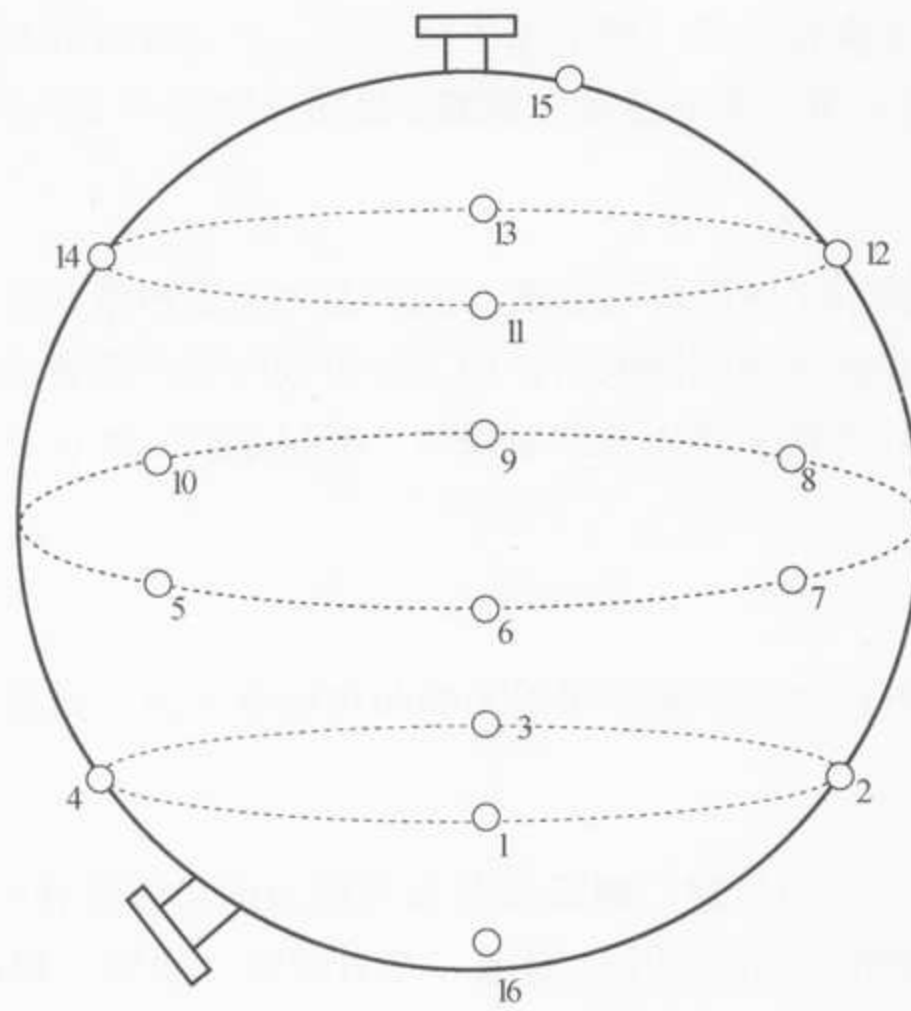


图 B.2 球形容器传感器布置示意图

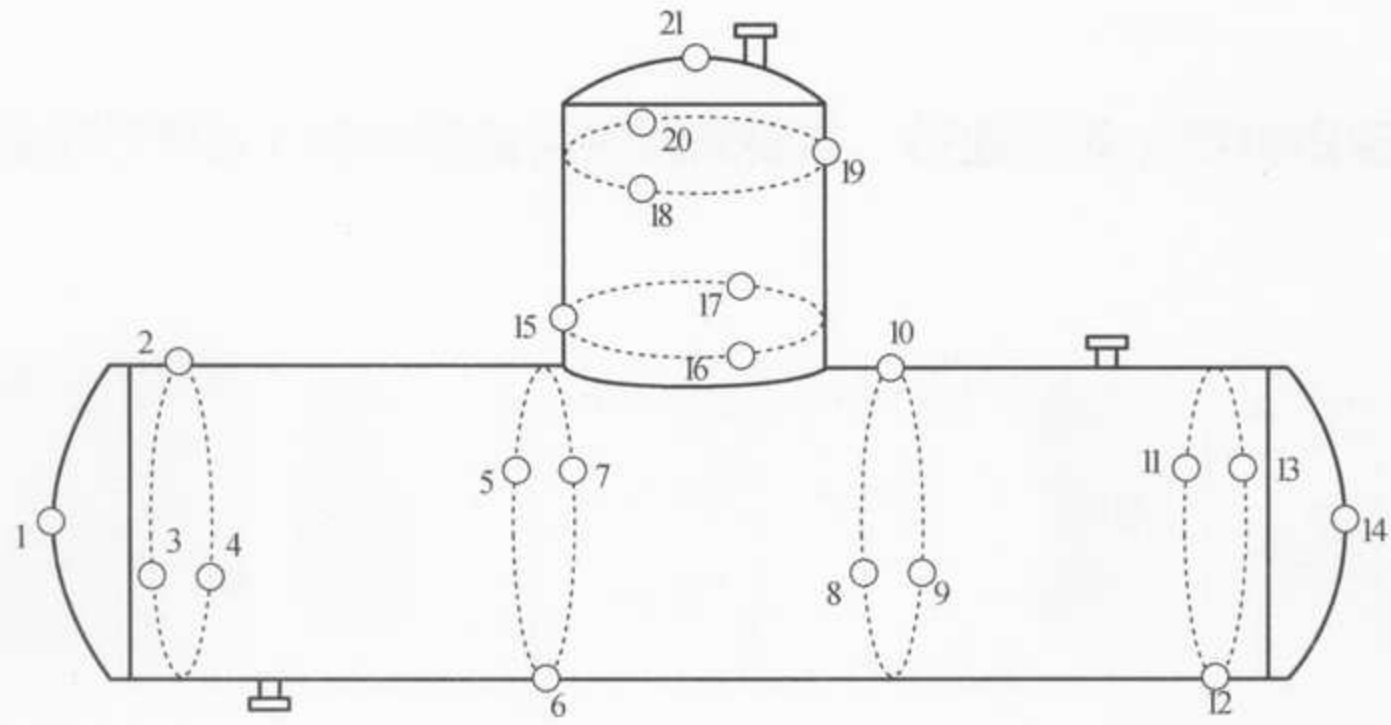


图 B.3 钢制组合式容器传感器布置示意图

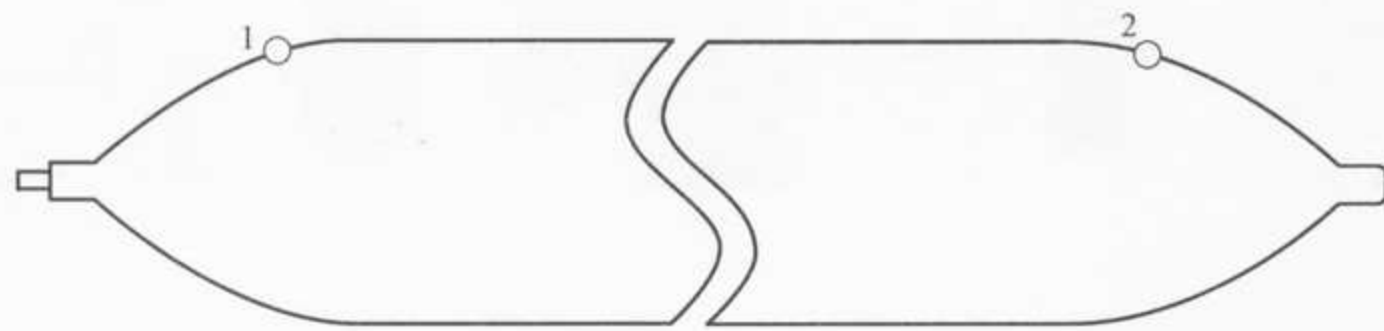


图 B.4 气瓶传感器布置示意图

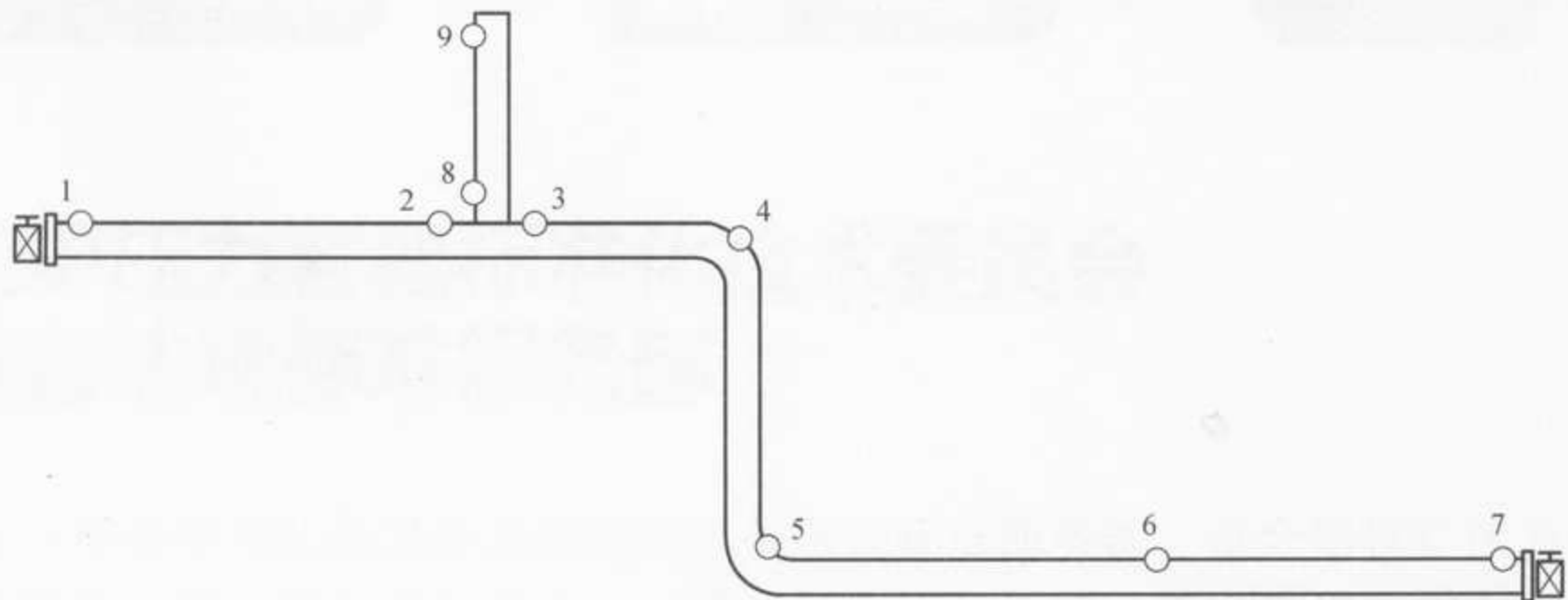


图 B.5 管道传感器布置示意图