

ICS 23.020.30
J 74



中华人民共和国国家标准

GB/T 18182—2000

金属压力容器声发射检测 及结果评价方法

Acoustic emission examination and
evaluation of metallic pressure vessels

2000-08-28 发布

2001-05-01 实施

国家质量技术监督局 发布

GB/T 18182—2000

目 次

前言	1
1 范围	1
2 引用标准	1
3 定义	1
4 方法提要	1
5 人员资格	1
6 检测系统	2
7 检测程序	2
8 检测结果评价	3
9 检测结果的评定	5
10 报告	5
附录 A(标准的附录) 声发射系统性能要求	6
附录 B(提示的附录) 有缺陷声发射源的评定	7

GB/T 18182—2000

前 言

本标准在技术内容上参考了美国机械工程师协会 ASME 规范第五卷第十二章《金属压力容器耐压试验过程中的声发射检测》(1992 年版)、美国材料与试验协会 ASTM 标准 E569—85《构件加载过程中的声发射检测》(1985 年版)中的有关内容。

本标准附录 A 是标准的附录。

本标准附录 B 是提示的附录。

本标准由国家质量技术监督局锅炉压力容器检测研究中心提出。

本标准由全国压力容器标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:国家质量技术监督局锅炉压力容器检测研究中心、清华大学、机械部合肥通用机械研究所、航天总公司 703 所、冶金部安全环保科学研究院、大庆石油学院。

本标准起草人:李邦宪、沈功田、段庆儒、刘其志、刘时风、关卫和、金周庚、朱润祥、戴光。

本标准委托国家质量技术监督局锅炉压力容器检测研究中心负责解释。

中华人民共和国国家标准

金属压力容器声发射检测 及结果评价方法

GB/T 18182--2000

Acoustic emission examination and
evaluation of metallic pressure vessels

1 范围

本标准规定了金属压力容器在压力试验时的声发射检测及结果评价方法。

本标准适用于金属压力容器及压力管道的声发射检测。其他金属构件也可参照执行。

2 引用标准

下列标准所包含的条文,通过在本标准中引用而构成本标准的条文。本标准出版时,所示版本均为有效。所有标准都会被修订,使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

GB/T 12604.4—1990 无损检测术语 声发射检测

JB 4730—1994 压力容器无损检测

3 定义

本标准采用下列定义。

3.1 活度 activity

声发射源的事件数随着加压过程或时间变化的程度。

3.2 强度 intensity

声发射源的事件所释放的平均弹性能。

3.3 声发射撞击数 AE Hits

声发射信号超过预置阈值的次数。

4 方法提要

4.1 声发射检测的主要目的是检测由金属压力容器或压力管道的器壁、焊缝、装配的零部件等表面及内部缺陷产生的声发射源,并确定声发射源的部位及划分综合等级。

4.2 金属压力容器或压力管道的声发射检测在加压过程中进行,加压过程一般包括升压、保压过程。在被检容器表面布置声发射换能器,接收来自活动缺陷部位的声波并转换成电信号,经过检测系统鉴别处理、显示、记录和分析声源的位置及声发射特性参数。

4.3 检测出的声发射源应根据源的综合等级划分结果决定是否采用其他无损检测方法复验。

5 人员资格

5.1 从事声发射检测的检验人员要求掌握一定的声发射检测知识,具有现场检验经验,并掌握一定的

国家质量技术监督局 2000-08-28 批准

2001-05-01 实施

压力容器知识。

5.2 声发射检测人员应按规定取得国家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验工作。

6 检测系统

声发射检测系统应包括换能器、前置放大器、主放大器、处理器和记录显示装置等。检测系统的性能应符合附录 A(标准的附录)的要求。

6.1 换能器

换能器的谐振频率范围推荐在 100~400 kHz 之间,当选用宽带换能器(100 kHz~1 MHz)或高频带换能器(>400 kHz)时,应考虑灵敏度降低的因素,以确保高频带范围内有足够的接收灵敏度。

6.2 前置放大器

前置放大器的频率响应应与换能器的频率响应相匹配,其增益推荐采用 40 dB。

6.3 仪器

声发射仪器应有实时显示和记录功能,应有覆盖检验区域的足够通道数,应至少能记录超过系统检测阈值的撞击数、幅度、计数或能量参数。采用时差定位方法时应能记录信号的到达时间。

7 检测程序

7.1 资料审查

资料审查应包括下列内容:

- 产品合格证、质量证明书、竣工图。
- 运行记录,开停车记录,有关运行参数,介质成分,载荷变化情况,以及运行中出现的异常情况等资料。
- 检验资料、历次检验报告和记录。
- 有关修理和改造的文件。

7.2 技术准备

检测开始前,应作好以下准备工作:

- 现场勘察,找出所有可能出现的噪声源,如电磁干扰、振动、摩擦和流体流动等。应对这些噪声源设法予以排除。
- 确定加压程序。
- 建立声发射检测人员和加载人员的联络方式。
- 确定换能器阵列。
- 换能器应直接耦合在容器或管道的表面或与容器或管道构成整体的波导杆上,并保证声耦合良好。
- 设定检测条件。

7.3 校准

7.3.1 模拟源

用模拟源校准检测灵敏度。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 $\phi 0.5$ mm,硬度为 HB 的铅笔芯折断信号作为模拟源。铅芯伸出长度约为 2.5 mm,与容器或管道表面夹角为 30°左右。其响应幅度值应取三次以上响应平均值。

7.3.2 处理器校准

检测前应对信号处理器进行校准,检查每个通道是否正常。

7.3.3 通道灵敏度校准

在检测开始之前和结束之后应进行通道灵敏度的校准。要求对每一个通道进行模拟源声发射幅度

GB/T 18182—2000

值响应校准。模拟源距换能器 100 mm 内,每个通道响应的幅度值与所有通道的平均幅度值之差要求不大于 4 dB。

7.3.4 衰减测量

应进行与声发射检测条件相同的衰减特性测量。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,但要求把该衰减特性数据移植到本次检验报告中。

7.3.5 定位校准

在被检测区域阵列的任何部位,声发射模拟源产生的信号至少能被该时差定位阵列收到,并得到唯一定位结果,区域定位时至少能被该区域换能器接收到。

7.3.6 声发射源部位校准

需进一步确认的声发射源都应通过校准来确定声发射源部位。校准方法是在容器或管道器壁上某位置发射一个模拟源,若得到的定位显示与检测到的声发射源部位显示一致,则该模拟源的位置为检测到的声发射源部位的位置。

7.4 检测

7.4.1 检测时应观察声发射撞击数随载荷或时间的变化趋势,声发射撞击数随载荷或时间的增加呈快速增加时,应及时停止加载,在未查出声发射撞击数增加的原因时,禁止继续加压。

7.4.2 检测中如遇到强噪声干扰时,应暂停检测,排除强噪声干扰后再进行检测。

7.4.3 加压程序

7.4.3.1 应根据有关规范与用户协商确定最高试验压力和加压程序。升压速度一般不应大于 0.5 MPa/min。保压时间一般应不小于 10 min。

7.4.3.2 新制造压力容器或压力管道和在役压力容器或压力管道检测,一般应进行两次加压循环过程,第二次加压循环最高试验压力 p_{T0} 应不超过第一次加压循环的最高试验压力 p_T ,建议 p_{T0} 为 97% p_T 。

7.4.3.3 在役压力容器或压力管道检测,一般试验压力不小于最大操作压力的 1.1 倍;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大操作压力,并在检测前一个月将最大操作压力至少降低 15%,以满足检测时的加压循环需要。应尽可能进行两次加压循环。

7.4.4 背景噪声

7.4.4.1 加载检测前,应进行背景噪声的测量,建议检测背景噪声的时间不少于 15 min。如果背景噪声大于所设定的阈值时,应设法消除背景噪声的干扰或中止检测。

7.4.4.2 加压过程中,应注意下列因素对检测结果的影响:

- 介质注入容器或管道;
- 加载速率过高;
- 机械振动;
- 电磁干扰;
- 天气情况,如风、雨的干扰;
- 泄漏。

7.5 检测记录

7.5.1 检测记录的主要内容按第 10 章列出的内容进行。

7.5.2 检测记录和声发射数据应至少保存 7 年。

7.5.3 检测时如遇不可排除因素的噪声干扰,如风、雨和泄漏等应如实记录,并在检测报告中注明。

8 检测结果评价

8.1 声发射源的等级按源的活度和强度划分。

划分方法是先确定源的活度等级和强度等级,然后再确定源的综合等级。

8.2 源的活度划分

GB/T 18182--2000

如果源区的事件数随着升压或保压早快速增加时,则认为该部位的源具有强活性。

如果源区的事件数随着升压或保压呈连续增加时,则认为该部位的源具有活性。

如果源区的事件数随着升压或保压呈间断出现时,如果进行两次加压循环,源的活度等级划分方法详见表 1;对于进行一次加压循环,源的活度等级划分方法详见表 2。

表 1 两次加压循环源的活度等级划分

	第一次加压循环		第二次加压循环	
	升压	保压	升压	保压
非活性	○	×	×	×
非活性	×	○	×	×
非活性	×	×	○	×
非活性	×	×	×	○
弱活性	○	○	×	×
弱活性	×	×	○	○
弱活性	○	×	○	×
弱活性	×	○	○	×
弱活性	○	×	×	○
活性	×	○	×	○
活性	○	○	○	×
活性	○	○	×	○
活性	○	×	○	○
活性	×	○	○	○
强活性	○	○	○	○

注: ○表示加压或保压阶段有声发射源; ×表示加压或保压阶段无声发射源。

表 2 一次加压循环源的活度等级划分

	升压	保压
非活性	×	×
弱活性	○	×
活性	×	○
强活性	○	○

注: ○表示加压或保压阶段有声发射源; ×表示加压或保压阶段无声发射源。

8.3 源的强度划分

源的强度 Q 可用能量、幅度或计数参数来表示。源的强度计算取源区前 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 7.3.4 条加以修正)。源的强度划分参考表 3 进行。表 3 中的 a 、 b 值由试验来确定,表 4 是 16 MnR 钢采用幅度参数划分源的强度的推荐值。

表 3 源的强度划分

源的强度级别	源强度
弱强度	$Q < a$
中强度	$a \leq Q \leq b$
高强度	$Q > b$

GB/T 18182—2000

表 4 16 MnR 钢采用幅度参数划分源的强度

源的强度级别	幅度
弱强度	$Q < 60 \text{ dB}$
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。换能器输出 $1 \mu\text{V}$ 为 0 dB。

8.4 源的综合等级划分

源的综合等级划分按表 5 进行。

表 5 源的综合等级划分

	强活性	活性	弱活性	非活性
高强度	F	E	D	B
中强度	E	D	C	A
弱强度	D	C	B	A

9 检测结果的评定

9.1 A 级声发射源不需要复验, B、C 级声发射源由检验人员决定是否复验, 其他级别的声发射源应采用常规无损检测方法进行复验。

9.2 经过常规无损检测方法复验确定的缺陷可按附录 B(提示的附录)进行评定, 也可采用其他有效方法进行评定。

10 报告

声发射检测报告应具备下列内容:

——产品名称、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。

——加载史和缺陷情况。

——执行、参考标准。

——检测方式、仪器型号、耦合剂、换能器型号及固定方式。

——检测日期。

——各通道灵敏度校准结果。

——阈值、增益的设置值。

——背景噪声的测定值。

——衰减特性。

——换能器布置示意图及声发射源位置示意图。

——源部位校准记录。

——检测软件名及数据文件名。

——加压程序图。

——检测结果分析、源的综合等级划分结果及数据图。

——结论。

——检测日期、参加检测人员、报告人签字和资格证书编号。

附录 A
(标准的附录)
声发射系统性能要求

A1 换能器

换能器的谐振频率推荐在 100~400 kHz 范围内,其灵敏度不小于 60 dB[相对于 $1 \text{ V}/(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$]。应能屏蔽无线电波或电磁噪声干扰。换能器在检测带宽和使用温度范围灵敏度变化应不大于 3 dB。换能器与被检容器表面之间应保持电绝缘。

A2 信号线

换能器到前置放大器之间的信号电缆长度应不超过 2 m,且能够屏蔽电磁干扰。

A3 信号电缆

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 1 dB/30 m。信号电缆长度建议不超过 150 m。

A4 耦合剂

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

A5 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 3 dB。

A6 滤波器

放置在前置放大器和处理器内的滤波器的频率响应应与换能器的频率响应一致。

A7 主放大器

主放大器的增益应是线性的。在 $0\sim 50^\circ\text{C}$ 温度范围内其线性变化应控制在 3 dB 之内。

A8 处理器

A8.1 处理器是一些信号处理电路。能够对来自诸换能器的信号进行采集、处理,并能输出每个通道的计数、幅度及到达时间等参数。

A8.2 仪器的阈值精度应控制在 $\pm 2 \text{ dB}$ 范围内。

A8.3 处理器内的计数电路对越过阈值的声发射信号计数测量值的精度应控制在 $\pm 5\%$ 范围。

A8.4 从信号撞击开始算起 10 s 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。

A8.5 处理器内的幅度测量电路测量峰值幅度值的精度为 $\pm 2 \text{ dB}$ 。

A8.6 处理器内的能量测量电路测量信号能量值的精度为 $\pm 5\%$,同时要满足信号能量的动态范围不

GB/T 18182—2000

低于 40 dB。

A8.7 系统测量外接参数电压值的精度为满量程的 2%。

附录 B

(提示的附录)

有缺陷声发射源的评定

有缺陷声发射源的评定是根据声发射源的综合等级和缺陷的严重性级别确定有缺陷声发射源的严重度。缺陷严重性级别根据表 B1 和表 B2 确定。有缺陷声发射源的严重度根据表 B3 确定。

表 B1 圆形缺陷严重性级别划分

缺陷严重性级别	10×10			10×20		10×30
	$t \leq 10$	$10 < t \leq 15$	$15 < t \leq 25$	$25 < t \leq 50$	$50 < t \leq 100$	$t > 100$
I	3~6	6~9	9~12	12~15	15~18	18~21
II	7~9	10~12	13~15	16~18	19~21	22~24
III	10~12	13~15	16~18	19~21	22~24	25~27
IV	缺陷点数大于 III 级或缺陷长径大于 $1/2t$ 者					
注						
1 圆形缺陷尺寸换算成点数, 以及不计点数的缺陷尺寸要求, 请参考 JB 4730—1994 规定。						
2 母材厚度 t 不同时, 取薄的厚度值。						

表 B2 非圆形缺陷严重性级别划分

缺陷严重性级别		缺陷尺寸				缺陷位置
一般压力容器	有特殊要求的压力容器	裂纹	未熔合	未焊透	条状夹渣	
II	IV	—	$H \leq 0.1t$ 且 $H \leq 2 \text{ mm}$ $L \leq t$	$H \leq 0.15t$ 且 $H \leq 3 \text{ mm}$ $L \leq 2t$	$H \leq 0.2t$ 且 $H \leq 4 \text{ mm}$ $L \leq 3t$	球壳对接焊缝、圆筒体纵焊缝, 以及与封头连接的环焊缝
II	IV	—	$H \leq 0.15t$ 且 $H \leq 3 \text{ mm}$ $L \leq 2t$	$H \leq 0.2t$ 且 $H \leq 4 \text{ mm}$ $L \leq 4t$	$H \leq 0.25t$ 且 $H \leq 5 \text{ mm}$ $L \leq 6t$	圆筒体环焊缝
V		一般压力容器大于 II 级, 特殊压力容器大于 IV 级者				—
VI		裂纹	—	—	—	—
注: 表中 H 是指缺陷在板厚方向的尺寸, 亦称缺陷自身高度; L 是指缺陷长度; t 是指母材厚度。						

表 B3 有缺陷声发射源严重度级别的评定

缺陷严重性级别	VI	V	IV	III	II	I
F	很严重	很严重	很严重	严重	严重	不严重
E	很严重	很严重	严重	严重	不严重	不严重
D	很严重	严重	严重	不严重	不严重	不严重
C	很严重	严重	不严重	不严重	不严重	不严重
B	严重	不严重	不严重	不严重	不严重	不严重