

ICS 19.100

J 04

备案号:

# JB

## 中华人民共和国机械行业标准

JB/T 10764—2007

---

### 无损检测 常压金属储罐 声发射检测及评价方法

Non-destructive testing — Acoustic emission testing and evaluation  
of atmospheric pressure metal storage tanks

2007-08-01 发布

2008-01-01 实施

---

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

## 目 次

前言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 检测方法概要.....	2
5 检测目的及作用.....	2
5.1 概述.....	2
5.2 罐体的检测.....	2
5.3 储罐底板的在线检测.....	3
5.4 充压.....	3
5.5 复检.....	3
5.6 背景噪声.....	3
6 人员要求.....	3
7 检测仪器.....	3
8 检测仪器的校准和验证.....	4
9 检测工艺规程.....	4
9.1 检测前的准备.....	4
9.2 AE检测压力.....	5
9.3 检测加载过程.....	5
9.4 安全要求.....	7
9.5 环境要求.....	7
9.6 背景噪声.....	7
9.7 供电要求.....	7
9.8 传感器安装.....	7
9.9 数据采集.....	9
10 检测结果及评价.....	9
11 检测报告.....	11
12 检测准确程度和偏差.....	11
附录A（规范性附录） 声发射系统性能要求.....	12
A.1 传感器.....	12
A.2 信号线.....	12
A.3 耦合剂.....	12
A.4 前置放大器.....	12
A.5 供电信号电缆.....	12
A.6 供电.....	12
A.7 信号处理器.....	12
附录B（资料性附录） 传感器布置指南.....	14
B.1 罐体的检测.....	14
B.2 罐底板的检测.....	14

附录C (资料性附录) 检测报告格式 .....	15
图 1 检测仪器的特征框图 .....	4
图 2 新制造储罐的加压程序 .....	6
图 3 在用储罐的加压程序 .....	6
表 1 罐体的AE检测压力 .....	5
表 2 罐底板基于时差定位分析的声发射源的分级 .....	10
表 3 罐底板基于区域定位分析的声发射源的分级 .....	10
表 4 储罐维修优先顺序划分 .....	11

## 前 言

请注意本标准的某些内容有可能涉及专利。本标准的发布机构不应承担识别这些专利的责任。

本标准非等效ASTM E1930-02《液态低压和常压金属储罐声发射检测及评价方法》。

本标准的附录A为规范性附录，附录B和附录C为资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

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中心、大庆石油学院、北京科海恒生科技有限公司、中石化股份有限公司镇海分公司、浙江特种设备检测中心、江西省锅炉压力容器检验检测研究院、山东省莱芜市特种设备监督检验所、中石化股份有限公司广州分公司、河北大学、北京声华兴业科技有限公司、北京工业大学。

本标准主要起草人：沈功田、戴光、李光海、王勇、段庆儒、李帮宪、董绍平、徐成裕、徐彦廷、胡智、刘伟成、于勤农、麦郁穗、蒋利军、黄源、张万岭、刘时风、闫河、张亦良。

本标准是首次制定。

# 无损检测 常压金属储罐声发射检测及评价方法

## 1 范围

本标准适用于工作介质为气体或液体、工作压力为常压或小于0.1MPa的低压的新制造和在用地上金属立式储罐罐体与罐底板的声发射（AE）检测与评价。

在进行检测时，本标准需要对储罐进行加载使其所受的最终载荷大于正常使用的压力。对于在用储罐的检测，通常采用所贮存的工作介质直接进行加载以在线的方式进行检测，而不需要将储罐排空或清洗。

储罐罐体的检测是通过AE源定位技术来探测和确定有意义的AE源部位，然后通过采用其它无损检测方法来确定AE源的性质和意义。

储罐底板的检测是通过探测到的有效AE信号的分析来对罐底板遭受腐蚀的程度进行评价。

在检测过程中，如有泄漏发生，本标准也可以及时发现，但泄漏检测不是本标准的主要目的。

本标准没有完全列出进行检测时所有的安全要求，使用本标准的用户有义务在检测前建立适当的安全和健康准则。本标准第9.4条给出了一些特殊的安全注意事项。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

GB/T 9445 无损检测 人员资格鉴定与认证（GB/T 9445—2005，ISO 9712:1999，IDT）

GB/T 12604.4 无损检测 术语 声发射检测（GB/T 12604.4—2005，ISO 12716:2001，IDT）

GB/T 18182 金属压力容器声发射检测及结果评价方法

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 10765 无损检测 常压金属储罐漏磁检测方法

## 3 术语和定义

GB/T 12604.4 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

### 3.1

**声发射活度** AE activity

检测期间声发射信号随着载荷或时间增加变化的程度。

### 3.2

**最大操作压力** Maximum operating pressure

在进行AE检测前的6个月内，储罐经受的最大操作压力。此压力包括最高操作液位、最大的温度变化范围、最大的液体静压和（或）气体压力等。

### 3.3

**信号强度** Signal strength

储罐罐体的检测时，校正AE信号的测量区域。

## 4 检测方法概要

4.1 罐体的声发射检测，是通过安装在罐体上的声发射传感器阵列来探测罐体母材和焊缝的表面与内部缺陷开裂及扩展产生的声发射源，并确定声发射源的部位及划分综合等级。

4.2 储罐底板的声发射在线检测，是通过安装在罐壁下部的声发射传感器阵列来探测罐底板由于腐蚀和泄漏产生的声发射信号，并对检测结果划分综合等级。

4.3 储罐罐体的声发射检测需在加载过程中进行，加载过程一般包括增加载荷和保持载荷的过程，加载采用直接充液提高液位水平的方式、直接充气增加气压的方式或者两者结合的方式。在被检储罐罐体表面布置声发射传感器，接收来自活动缺陷或者底板腐蚀产生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。

4.4 罐体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它无损检测方法复查。

## 5 检测目的及作用

### 5.1 概述

本标准的目的是用来评价常压储罐的结构完整性。

### 5.2 罐体的检测

#### 5.2.1 声发射源

##### 5.2.1.1 概述

对罐体进行的声发射检测能够探测到在加压过程中由应力增加导致的缺陷开裂部位，这些部位包括壁板、罐壁与垫板和接管相连接的角焊缝、罐壁与加强板相连接的环焊缝等。这种部位可能出现潜在的声发射源如下。

##### 5.2.1.2 母材和焊缝区

- a) 裂纹；
- b) 腐蚀的影响，包括腐蚀产物的开裂和局部屈服变形；
- c) 应力腐蚀开裂；
- d) 一定的物理变化，包括屈服和位错；
- e) 脆化；
- f) 蚀坑或沟槽。

##### 5.2.1.3 焊缝区

- a) 未熔合；
- b) 未焊透；
- c) 咬边；
- d) 孔洞和气孔；
- e) 夹渣；
- f) 污染物。

##### 5.2.1.4 母材

- a) 夹层。

##### 5.2.1.5 脆性衬里

- a) 开裂；
- b) 缺口；
- c) 夹渣。

注：并非所有的这些典型的源在现场检测中能遇到，一些源仅在实验室内才能被探测到。

### 5.2.2 非应力区

在非应力区中的缺陷或非活动的缺陷（在施加载荷的条件下，这些缺陷对结构没有影响）不产生AE。这些位置包括顶板，平台、楼梯及旋梯相联接的焊缝等。

### 5.2.3 应力区中的非活动缺陷

在应力区中的一些缺陷在受压期间不产生声发射。通常这意味着这些缺陷具有比检测应力更高的应力抵抗能力。

### 5.3 储罐底板的在线检测

对储罐底板进行的声发射检测可以发现罐底板由于泄漏和腐蚀产生的声发射信号。

当底板存在泄漏时，介质流过泄漏孔时会产生湍流流动噪声，当介质夹带颗粒状杂质时，会使信号更丰富。若泄漏通道暂时受到碎渣阻塞时，“水击”效应也会产生噪声。通过安装在罐底板外圆周附近的传感器接收这些信号，并进行分析处理，对泄漏进行定位。

若罐底板腐蚀较为严重或存在腐蚀薄弱区时，腐蚀过程会断续地产生声发射信号，通过接收和分析这些信号，就能确定和评价罐底板的腐蚀状况。

### 5.4 充压

以一定速率进行充压，使该速率导致液体流动所引起的AE活度最小，并使储罐的变形与施加载荷相一致。在充压过程中应适当设置一些保压过程，以在无充压噪声的条件下评价受载结构所产生的AE活度。

### 5.5 复检

对于储罐罐体，由AE探测到的源应采用其它的无损检测方法进行复检。

### 5.6 背景噪声

额外的噪声也许使采集的AE数据失真或使其无效。检测人员必须清楚常见的背景噪声源，这些噪声源包括高充压速率（可测量的流动噪声）、物体和储罐的机械撞击（碰撞、磨擦、磨损）、电磁干扰（EMI）（马达、焊机、起重机和射频干扰（RFI）（广播设施、对讲机）、管道或软管连接处的泄漏、壁板的泄漏、空中悬浮物、昆虫、降雨雪、冰雹、大风、加热器、喷淋器、搅拌机、液位探测仪及其它储罐内部的构件、储罐内的化学反应、气泡的运动等。如果背景噪声不能消除或得以控制，则本检测方法不能使用。

## 6 人员要求

采用本标准进行检测的人员应按GB/T 9445的要求或储罐安全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。

## 7 检测仪器

7.1 本测试方法所需检测仪器的基本特征如图1所示，对仪器性能的详细要求详见附录A。

7.2 AE传感器被用来探测由缺陷产生的应力波。传感器必须和储罐的壁板紧密接触以确保足够的声耦合。传感器可用磁夹具、胶带或其它机械装置进行固定。

7.3 前放可与传感器进行一体化封装，也可以单独封装。如果采用独立的前放，传感器与前放之间的信号线不应超过2m。信号线过长，会引起不可接受的信号衰减，并且会增加电磁干扰和射频干扰。

7.4 信号电缆的长度（前放到信号主处理器之间的电缆）引起的信号衰减不应超过3dB。如采用更长的电缆，需安装信号转发器以尽量减小信号的衰减。

7.5 信号应采用计算机系统进行处理，该计算机系统应具有多个独立的通道，且均具有滤波、测量、模数转换、显示和储存的功能。单个信号处理器应具有足够的速度和能力来独立地处理同时来自各个传感器的数据。应使用打印机来提供检验结果的硬拷贝。

7.6 应具有可以以不同的格式显示所处理数据的一个可视监控器。显示格式可由设备操作者来选择。

7.7 应采用诸如磁盘等的数据贮存装置来提供数据的重放和存档。

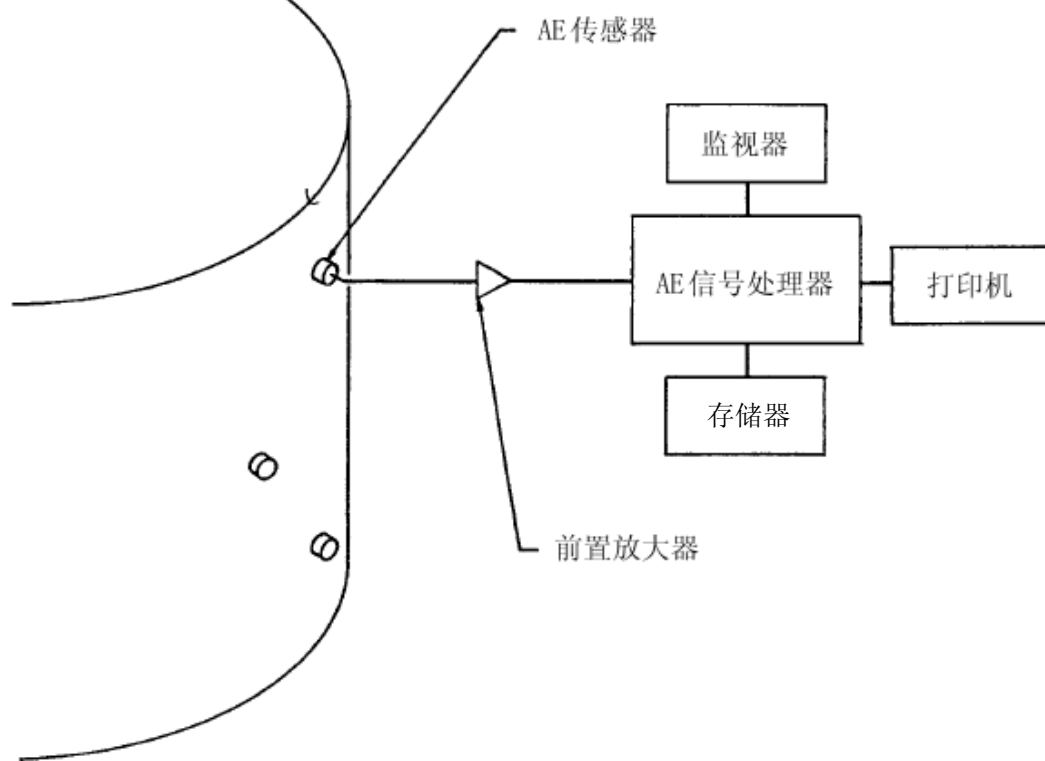


图1 检测仪器的特征框图

## 8 检测仪器的校准和验证

8.1 每年应对传感器、前放、信号处理器及 AE 信号发生器进行一次校准和验证。应对设备进行调整以符合仪器制造商的规范要求。

8.2 如果对信号处理器运行的状态表示怀疑，任何时候都可以对其进行常规的电子评价。进行评价时应使用 AE 信号发生器。每一个信号处理器通道对 AE 信号发生器输出的峰值幅度读数误差应在  $\pm 2\text{dB}$  内。

8.3 系统性能验证必须在每次检测前进行，在检测后宜进行复核。

8.3.1 性能验证是利用机械装置在距离每一传感器规定的距离诱发应力波，并使所诱发的应力波进入储罐的壁板。所诱发的应力波类似于裂纹产生的声发射，并以相同的方式激励传感器。性能验证是检查整个检测系统的性能（包括耦合剂）。

8.3.2 应采用断铅笔芯来验证系统的性能。断铅笔芯至少距离传感器 10cm，对于所有的传感器平均峰值幅度的变化不应超过  $\pm 4\text{dB}$ 。

8.3.3 当采用计算定位时，相邻的传感器应探测到超过检测门槛幅度值的断铅信号。应确认定位精度在传感器间距的 5% 之内。

8.4 功能验证。在检测前或后，应采用敲击方法验证仪器所有通道是否处于正常运行状态。通过更换无响应的通道或低灵敏度的通道，保证检测数据的有效性。

## 9 检测工艺流程

### 9.1 检测前的准备

在安装检测仪器进行检测之前，检测人员应通过资料审查和现场实地考察获取如下信息：



- 审核设计文件，重点审阅图纸，以详细了解储罐几何尺寸、接管位置和材料厚度等信息。
- 审核制造文件资料，重点了解被检储罐材料的特性、衬里或内部涂层的情况、储罐安装制造过程中检验的情况等。
- 审核储罐的运行记录，重点了解检验前 6 个月内储罐运行的详细信息，这些信息应包括所贮液体的类型，最大液位水平、操作温度变化范围、叠加的静水压力或气压的大小、可能发生的过载或异常情况。
- 审核历次检验记录及报告等资料，重点记录上次检验发现的问题。
- 审核有关修理或改造的记录与文件。
- 进行现场实地考察，根据工艺运行状况，找出所有可能出现的噪声源，并设法排除。
- 制定检测方案，包括液位升高及稳定程序，传感器布置阵列，检测条件等。

## 9.2 AE 检测压力

### 9.2.1 罐体的 AE 检测压力

罐体的AE检测压力取决于是对新储罐进行水压验证试验时的AE检测或是对在用储罐进行的AE检测。表1给出了满足本检测程序所需要的AE检测压力。

表1 罐体的 AE 检测压力

序号	检测条件和状态	检测压力
1	按设计规范标准要求对新罐进行水压验证试验	按照有关设计规范、试验方法或规程的要求，先将水加注到最高设计液位，然后增加叠加的液压和（或）气压。
2	不需要水压试验的新罐	先将水加注到最高设计液位，然后增加叠加的液压和（或）气压达到最大的设计压力。如无最大的设计压力，可采用最大操作压力。
3	操作和叠加压之和小于0.002MPa的在用储罐	充液到最高操作液位105%的水平，然后施加正常的叠加液体或气体压力。
4	操作和叠加压之和在0.002Mpa到0.04MPa之间的在用储罐	充液到最高操作液位105%的水平，然后施加检测前6个月内曾经出现的最大叠加液体或气体压力。
5	操作和叠加压之和大于0.04MPa的在用储罐	充液到最高操作液位105%的水平，然后施加检测前6个月内曾经出现的最大叠加液体或气体压力的基础上再加0.004MPa。
<p>注 1：如果试验采用液体介质的比重小于实际工作液体介质的比重，AE检测时充液到最高液位之后，还需要施加额外的液压或气压以载荷达到过载5%的程度。</p> <p>注 2：如果试验采用液体介质的比重大于实际工作液体介质的比重，AE检测时的最高液位水平以使储罐底板达到过载5%的程度为准，而且应至少等于最大操作压力。</p> <p>注 3：某些情况下，储罐不允许充液到超过最大操作液位5%的水平。对于这种情况，2%的过载也是可以接受的。本方法不适用于低于2%过载的情况。</p> <p>注 4：修理后储罐的检测压力与上述压力一致。</p>		

### 9.2.2 储罐底板的 AE 在线检测的液位和要求

一般情况下，储罐底板的AE在线检测液位宜位于最高操作液位的85%到105%之间。特殊情况下，检测液位应至少高于传感器安装位置的1m以上。检测前，应稳定保持该液位静置2h以上，然后进行至少2h的AE检测。检测时关闭进出口阀门及其它干扰源，如搅拌器、加热设施等。

## 9.3 检测加载过程

### 9.3.1 罐体应力的产生方式

通常储罐罐体的应力由液体净水压力和叠加的液压和（或）气压所产生。对于某些在用储罐，除液压和气压使罐体产生应力之外，温度的影响也可以产生应力。在这种情况下，检验员和业主必须就因温度的变化而引起的应力变化方面达成一致。检测加载时所用液体的温度必须高于凝固点且低于沸点。检测加载时，内外压力叠加不得超过设计压力。

### 9.3.2 储罐的加压程序

AE最终检测压力由9.2来确定。在给储罐加压时，非常重要的一点是使进液的接管位于液体之内，从而尽可能降低流体飞溅所产生的噪声。有时充液时产生的噪音太大会导致采集到的声发射信号无效。

图2给出了新制造储罐的加压程序。最初10min为进行背景噪声监测，在确定了低水平的背景噪声可接受之后，在充压过程中进行AE监测。AE监测在至少达到AE检测压力的10%以上开始进行，并在压力分别达到AE检测压力的50%、80%、90%、100%时进行保压。如果检测包括叠加压力，应在进行100%的AE检测压力保压之前施加该压力。在检测期间，增加压力的速率在2min之内不得超过AE检测压力的10%。在50%、80%、90%检测压力的保压时间为10min，最终在100%压力下保压时间为30min。如果声发射数据指示有缺陷，或不确定，应从AE检测压力的80%到100%的范围内进行二次加载检测，保压过程和时间与第一次加压时相同。

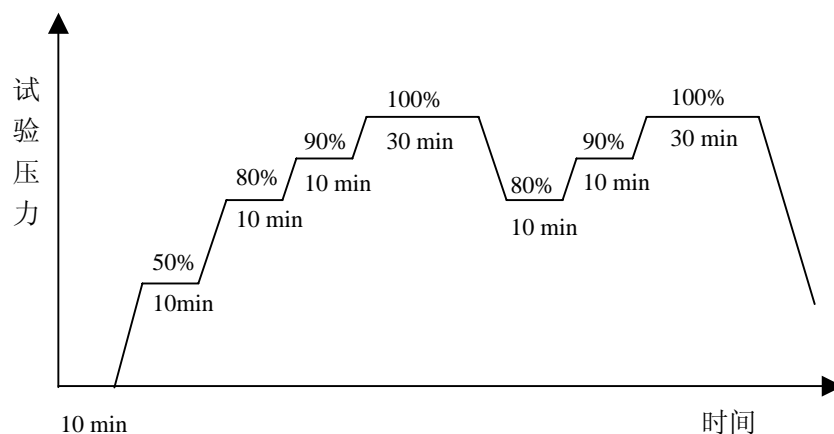


图2 新制造储罐的加压程序

图3给出了在用储罐的加压程序。最初10min为进行背景噪声监测，在确定了低水平的背景噪声可接受之后，在充压过程中进行AE监测。充压的范围为AE检测压力的80%到100%。在检测期间，增加压力的速率在2min之内不得超过AE检测压力的10%。分别在85%和95%检测压力下进行保压，时间为10min，在100%压力下进行保压，时间为30min。如果AE检测的目的是为了评价储罐的修理，而且声发射数据指示拟修理的区域有缺陷或不确定，应从AE检测压力的85%到100%的范围内进行二次加载检测，保压过程和时间与第一次加压时相同。

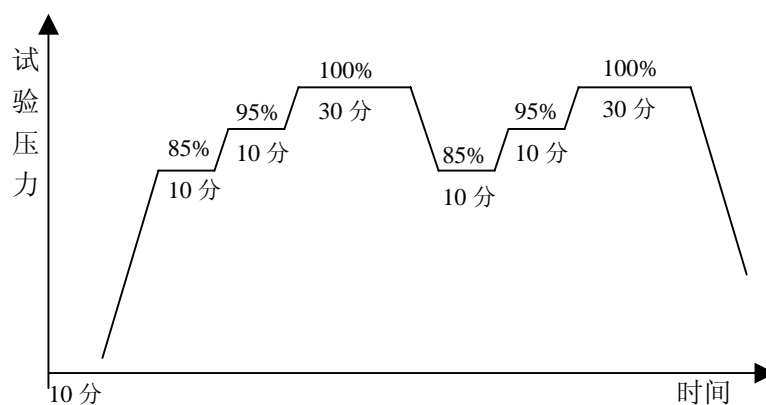


图3 在用储罐的加压程序

### 9.3.3 需要的充液时间

当计划对一个大的储罐进行检测时，业主提供给检测人员满足9.3.2加压程序要求的足够检测时间是非常重要的。这一时间应根据检测期间充入储罐的液体和流速来估计。

### 9.3.4 液位测量

在整个AE检测过程中，应对液位进行监测。大多数情况下，现有的监测系统是可以直接使用的。在AE检测过程中，如果所使用的液体的比重与储罐工作时所使用的液体不同，为了精确地测量液位，需要重新标定液位测量仪。

### 9.3.5 充液的开始及停止

根据保压的需要来制定充压的开始和停止工艺。用户应审核这些工艺并了解一些不可避免的情况可能会发生。

### 9.3.6 保压时间误差

保压时间误差为是0到+2min。

### 9.3.7 在线检测

当采用在线的方式对储罐进行AE检测时，业主应使检测人员清楚了解可能影响AE数据采集的情况。这些情况应包括罐内蒸汽或气体的喷头、搅拌机或液浸式泵、在液体中悬浮固体物的运动、化学反应、或充液过程中出现的其他干扰等。

## 9.4 安全要求

检测过程中应满足如下安全需求。

检测时的环境温度不应低于储罐材料的脆性转变温度。

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。

如有要求，使用的电子仪器应具有防爆功能。

采取措施防止储罐的外溢。应考虑液体溢出所带来的后果。

在进行气压检测时，应制定特别的安全措施。这种措施应包括安全阀和快速泄放阀的使用及在加压期间进行额外的声发射监测。这一额外的AE监测应与本标准所规定的声发射检测分开进行，并且应提供实时的失效报警信号。如果所观察到的声发射信号具有如下特征，则应停止加压并卸载。

计数或信号强度与载荷的关系曲线偏离了线性关系应当引起注意。如果AE计数或信号强度率随着载荷的增加快速增长，则应将储罐卸载，然后终止AE检测或对AE源进行评价以决定继续加载检测是否安全。快速（指数）增长的计数率或信号强度的出现表明即将发生不可控制的、连续的破坏。

应特别关注诸如人孔、阀门、盲法兰等螺栓或丝扣连接的部位。对这些部位在检测前应进行检查以确保螺栓或其它附件牢固、能承受足够的检测压力和适当的扭矩，不存在严重的腐蚀或其它变形。

在完成检测后对储罐排空时，必需采取适当的措施防止对储罐产生额外的真空载荷。

小心操作以避免突然的或不希望的安全阀的过早的释放所产生的后果。这一点对于检测储罐内储存有潜在的危害性介质尤其重要。

## 9.5 环境要求

如果检测时的气温低于0℃，应注意消除在检测期间结冰可能引起的声发射。

## 9.6 背景噪声

在监测期间，收集有效的声发射信号是非常重要的。为了达到此目的，背景噪声必须降到最小。对于背景噪声源已在5.6中进行了描述。

检测人员应能熟悉和识别所有由于加载引起的潜在声源。

现场的经验表明应特别对电子背景噪声源给予关注。例如，发动机、电闸齿轮、螺线管等往往引起电磁干扰（EMI）。不好的动力供电，尤其是接地不良也能够产生电磁干扰。通过使用示波器或绘图仪可以从电磁干扰中识别出射频干扰（RFI）。通过使用屏蔽传感器和窄带滤波器可以控制RFI和EMI。通过采用稳压器可以控制电源产生的EMI。

## 9.7 供电要求

在检测现场需要一个满足AE仪器要求的稳定且接地良好的电源。

## 9.8 传感器安装

### 9.8.1 基本要求

按照检测方案设定的位置布置传感器，在传感器表面和储罐罐体金属表面之间使用耦合剂，并确保耦合充分。为了防止脱离以及由风引起电缆移动而产生额外的噪声，应对所有信号线进行约束。

对于带夹层（或保温层）的储罐，从外部进行AE检测可使用波导杆或将须安装传感器部位的夹层（或保温层）挖孔以使传感器能直接与储罐罐体表面接触。固定传感器最合适的方法是采用磁夹具加合适的耦合剂或采用热融胶。当采用热融胶时，由于胶为声耦合剂，胶层应尽量薄以减少信号的损失。固定传感器的第三种方法是利用胶带和在传感器表面与储罐罐体表面之间使用适当的耦合剂。但是，这种方法的可靠性较低，尤其当传感器需要长时间安装在储罐上时。对具有保温层或夹层的储罐完成检测后，应将所有传感器部位被挖掉的保温层或夹层恢复，防止水或其它的杂质进入保温层或夹层内。

### 9.8.2 表面接触

用传感器表面直接耦合到储罐罐体表面上的方式来安装传感器，必须保证传感器所接触的储罐罐体表面清洁无杂质，以使耦合良好。储罐罐体表面上的喷漆或涂层、几何不连续或表面粗糙度会引起信号的损失。这些情况引起的信号损失程度可以按8.3条规定的方法来测定。在一定情况下，必需将金属表面的锈蚀、油漆等去除以降低信号的损失。

### 9.8.3 传感器的位置

对于罐体进行的检测，传感器位置的布置首先考虑的是必须能探测诸如高应力区、几何不连续、接管、人孔、补强板及附件焊缝等部位的结构缺陷。应特别注意避免大开口部位对声信号的屏蔽和补偿角焊缝对声信号的衰减。传感器的布置应确保对罐体完整覆盖，其间距不超过9.8.4中规定的距离。附录B给出了传感器的布置指南。

对于罐底板进行的检测，传感器宜布置在距底板高0.1m~0.5m范围内的壁板上，而且要确保高于储罐内固体沉积物的高度，尽量采取同一高度，间距尽量保持均等，并成闭合环状分布。

### 9.8.4 传感器的间距

9.8.4.1 对于采用区域定位的罐体检测，区域半径需按9.8.5中规定所测定的衰减特性来确定。对于同类的储罐，不需要对每台都进行区域定位半径的测量，但应至少测量两个具有代表性的储罐，而且这两个储罐的油漆、衬里、几何尺寸、设计及加压率等都是相同的。如果怀疑储罐的内部或外部存在严重腐蚀，则应单独测定该储罐的区域定位半径。在大多数情况下，检测前业主应提供储罐存在的可疑情况。

9.8.4.2 对于采用计算定位的罐体检测，最大允许传感器间距需按9.8.5中规定所测定的衰减特性来确定。对于同类的储罐，不需要对每台都进行最大允许传感器间距的测量，但应至少测量两个具有代表性的储罐，而且这两个储罐的油漆、衬里、几何尺寸、设计及加压率等都是相同的。如果怀疑储罐的内部或外部存在严重腐蚀，则应单独测定该储罐的最大允许传感器间距。在大多数情况下，检验前用户应提供储罐存在的可疑情况，具体要求可参考附录B。

### 9.8.5 衰减特性

9.8.5.1 对于罐体的检测，为了确定传感器的空间距离，必需测定具有代表性储罐的衰减特性。测量应在低于液面下的储罐罐体的圆柱部位进行，且必需远离端部、人孔、接管、加热盘管等。进行衰减测量安装传感器的方式应与进行检测时一致。

9.8.5.2 对于无保温层的储罐，先安装一个传感器，接着从传感器的位置开始画出一条线，然后在传感器附近及这条线上分别距传感器0.5m、1.0m、1.5m、2.0m、3.0m、4.0m、6.0m、9.0m、12.0m及后面每间隔3.0m处折断0.3mm<sub>2H</sub>（或0.5mm<sub>HB</sub>）的铅芯进行测量。断铅芯时，铅芯和储罐罐体表面成大约30°的夹角，铅芯长度约为3mm左右。在每一点断铅5次，记录五次的幅值并计算平均值，最后绘出断铅点到传感器的距离与峰值曲线并找出区域半径。区域半径是断铅信号不能被探测的距离。对于区域定位方法，最大的传感器间距是区域半径的1.5倍。对于计算定位方法，最大传感器间距等于区域半径。这些数据应为检测记录的一部分。

9.8.5.3 对于有保温层的储罐，为了确定区域半径或最大传感器间距，需要去除保温层或在9.8.5.2条规定的距离上挖洞。

### 9.8.6 源定位

采用区域定位方法可实现最低程度的源定位。这种方法是利用来自每个区域中传感器的活性来指示源的大体位置。

通过计算定位法可实现较精确的源定位，这种方法需要布置更多的传感器来覆盖整个监测区域，通过测量同一声发射信号到达各个通道的时间来精确计算出声发射源的位置。

## 9.9 数据采集

### 9.9.1 基本要求

对储罐按设计好的加载程序进行加压，对每个升压和保压阶段进行声发射监测和数据采集。检测过程中，检测人员必需及时识别出现的噪声并将其消除或降到最小的程度，如果背景噪声太大，应停止检测。

### 9.9.2 检测记录

在数据采集过程中，检测人员应作好检测记录，内容至少包括：检测状态设置文件名称、检测数据文件名称、检测过程中升压与保压等不同阶段的时间、储罐充压时操作参数的设置、采集过程中所发生的泄漏或其它事件冲击产生的声发射信号、检验前及检测后系统的性能验证的数据文件等。

### 9.9.3 声发射源

#### 9.9.3.1 概述

对储罐罐体进行的 AE 检测是采集罐体上缺陷开裂和裂纹扩展产生的声发射信号，对罐底板的 AE 检测是采集泄漏或腐蚀产生的声发射信号，除这些声发射源外，在检测过程中还有可能遇到如下声发射源。

#### 9.9.3.2 泄漏

由于泄漏引起的噪声信号量大且幅值高，需要停止检测对泄漏部位进行密封处理。泄漏有可能发生在储罐的壁板上，但更常见的是发生在损坏的阀门或密封垫处。

#### 9.9.3.3 物体移动

储罐壁板与保温层等储罐部件之间的移动可产生伪声发射信号。一般这些发射是零星的，能够通过检测后的分析加以识别和过滤。

#### 9.9.3.4 风和振动

目视检测传感器、电缆、及其它硬件被牢固固定而不受风或振动的影响而引起移动。隔离储罐和 AE 硬件使之免受不可控制噪声源的干扰。

#### 9.9.3.5 外部噪声

雨、冰雹、雪、被风吹起的砂粒、空中软管、泄漏、冲击波等均可产生不可控制的外部噪声。通过采取适当的声隔离措施来最大限度地减小这些因素的影响。在一定的情况下，有必要推迟检测直到这些不可控制噪声源消失。

#### 9.9.3.6 内部腐蚀

在对碳钢储罐进行加压时，内部腐蚀可以引起声发射。对于新的或刚进行喷砂处理的储罐，这一现象尤其突出。在整个检测期间，声发射信号表现出一个稳定的数据流。可采用在水中加入腐蚀抑制剂来控制这一问题。

#### 9.9.3.7 夹套的热膨胀

已发现某些类型的夹套，尤其是那种带有滑动膨胀节的外加热盘管夹套，当环境温度变化时将会产生声发射。太阳直接照射产生的问题更严重。这类发射为具有长持续时间的不连续的突发型声发射信号。为了克服这类问题，需要在一个温度可控的环境下或者是在温度相对稳定的时间（例如：早晨或晚上）进行检测。

#### 9.9.3.8 充液速率

液体进入储罐的流动可产生很高的背景噪声。可通过调整充液速率来消除这种噪声。

## 10 检测结果及评价

10.1 对于罐体进行的 AE 检测，其检测结果的分析及评价应采用 GB/T 18182 规定的方法，对发现的有意义声发射源性质的进一步确定应采用 JB/T 4730.2、JB/T 4730.3、JB/T 4730.4 和 JB/T 4730.5 规定的射线、超声、磁粉或渗透方法。

10.2 对于罐底板进行的 AE 在线检测，其检测结果可以采用声发射源的时差定位分析及分级方法，也可采用声发射源的区域定位分析及分级方法，如对同一个储罐的检测同时采用两种分级方法，则同一评定区域应取较大的级别。

a) 罐底板声发射源的时差定位分析及分级

对罐底板以不大于直径10%的长度划定出正方形或圆形评定区域，对评定区域内定位相对较集中的所有定位集团进行局部放大分析并计算出每小时出现的定位事件数E。

根据罐底板的时差定位情况，对每个评定区域的有效声发射源级别按表2进行分级。

表2 罐底板基于时差定位分析的声发射源的分级

源级别	评定区域内每小时出现的定位事件数E	评定区域的腐蚀状态评价
I	$E \leq C$	无局部腐蚀迹象
II	$C < E \leq 10C$	存在轻微局部腐蚀迹象
III	$10C < E \leq 100C$	存在明显局部腐蚀迹象
IV	$100C < E \leq 1000C$	存在较严重局部腐蚀迹象
V	$E > 1000C$	存在严重局部腐蚀迹象

表中的C值需通过采用相同的检测仪器与设置工作参数，对相同规格和运行条件的储罐进行一定数量的检测实验和开罐验证实验来取得。

b) 罐底板声发射源的区域定位分析及分级

计算出各独立通道有效检测时间每小时出现的撞击数H。

根据罐底板的区域定位情况，对每个通道区域的声发射源级别按表3进行分级。

表3 罐底板基于区域定位分析的声发射源的分级

源级别	每个通道每小时出现的撞击数H	评定区域的腐蚀状态评价
I	$H \leq K$	无局部腐蚀迹象
II	$K < H \leq 10K$	存在轻微局部腐蚀迹象
III	$10K < H \leq 100K$	存在明显局部腐蚀迹象
IV	$100K < H \leq 1000K$	存在较严重局部腐蚀迹象
V	$H > 1000K$	存在严重局部腐蚀迹象

表中的K值需通过采用相同的检测仪器与设置工作参数，对相同规格和运行条件的储罐进行一定数量的检测实验和开罐验证实验来取得。

c) 对储罐的维修建议

根据储罐底板腐蚀状态等级制定被检储罐维修计划。维修计划的优先顺序见表4。需开罐检修的储罐底板，可采用JB/T 10765对储罐底板进行漏磁快速扫查检测。

表4 储罐维修优先顺序划分

储罐底板腐蚀状态等级	腐蚀状况	维修/处理建议
I	非常微少	不需维修
II	少量	近期不需考虑维修
III	中等	考虑维修
IV	动态	优先考虑维修
V	高动态	最优先考虑维修

## 11 检测报告

声发射检测报告应至少包括如下内容：

- a) 产品名称、编号、制造单位、安装单位；
- b) 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；
- c) 加载史和缺陷情况；
- d) 执行标准、参考标准；
- e) 检测方式、仪器型号、耦合剂、传感器型号及固定方式；
- f) 检测日期；
- g) 各通道灵敏度校准结果；
- h) 阈值、增益的设置值；
- i) 背景噪声的测定值；
- j) 衰减特性测定；
- k) 传感器布置示意图及声发射源位置示意图；
- l) 源部位校准记录；
- m) 检测软件名称、检测设置文件名称及数据文件名称；
- n) 加压程序图；
- o) 检测结果分析、源的综合等级划分结果及 AE 信号数据图；
- p) 结论；
- q) 检测日期、参加检测人员名单、报告编制和审核人签字。

## 12 检测准确程度和偏差

12.1 本检测方法结果的准确程度将受到背景噪声、材质的变化、以前的加载史、仪器的标定、贮存介质、储罐壁板的表面防护等许多外部因素的影响。

12.2 本检测方法的结果将确定储罐的结构目前是否完整，或者需要采用其它的无损检测方法来进行进一步检测。总之，这种方法的偏差导致后续采用其它无损检测方法检测的区域大于实际具有有意义缺陷的区域。

**附 录 A**  
(规范性附录)  
**声发射系统性能要求**

**A. 1 传感器**

A. 1.1 对于储罐罐体的检测AE传感器的谐振频率应在(100~200) kHz的范围内,对于立式储罐罐底板的检测AE传感器的谐振频率应在(30~60) kHz的范围内。

A. 1.2 传感器在上述规定的响应频率范围内,峰值灵敏度应大于-77dB(参照1V/ $\mu$  bar,由面对面的超声测试确定)。在规定的频带和使用温度的范围内,传感器的灵敏度变化不应大于3dB。

A. 1.3 传感器应通过适当的设计或差分元件设计来屏蔽电磁干扰。

A. 1.4 传感器与被检容器表面之间应保持电绝缘。

A. 1.5 传感器对不同的方向均应有响应,并且对峰值响应的变化不应超过2dB。

**A. 2 信号线**

A. 2.1 在上述规定的响应频率范围内,连接传感器和前置放大器的信号线不应导致传感器峰值电压的衰减大于3dB(典型的信号线长度为2m)。前放传感器一体式结构满足此要求,他们是特有内置很短的信号线。

A. 2.2 信号线应进行屏蔽以防止电磁干扰。标准的低噪音同轴电缆可满足要求。

**A. 3 耦合剂**

耦合剂应能在检测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、粘度适宜的耦合剂。可选用真空脂/凡士林及黄油。

**A. 4 前置放大器**

A. 4.1 在上述规定的响应频率范围内,前放的均方根电压(rms)短路噪声电平不应大于5微伏。

A. 4.2 在上述规定的响应频率范围内及所使用的温度范围内,前放的增益变化不应超过 $\pm 1$ dB。

A. 4.3 前放应进行屏蔽以防止电磁干扰。

A. 4.4 差分设计的前放应具有最小值为40 dB的通用模式转换。

A. 4.5 前放应有一个带通滤波器,在上述规定的频率范围之外该带通滤波器具有最小为每倍程18dB的信号衰减值。值得注意的是晶体的响应特性提供了额外的滤波器,这如同信号调理器中的带通滤波器一样。

A. 4.6 鼓励采用前放与传感器一体化结构的装置。

**A. 5 供电信号电缆**

供电信号电缆用于为前放提供电及将放大信号传送给主处理器,供电信号电缆应进行屏蔽以防止电磁干扰。供电信号电缆的长度应控制在信号衰减小于3dB的范围。(当使用标准同轴电缆时,为了避免过大的信号衰减,推荐最大长度为300m)。

**A. 6 供电**

应使用稳定和接地良好的电源以满足仪器制造商对信号处理器的供电要求。

**A. 7 信号处理器**



- A. 7.1 处理器是一些信号处理电路。能够对来自各个传感器的信号进行采集、处理，并能至少输出每个通道的计数、幅度、持续时间、上升时间、能量及到达时间等参数。
- A. 7.2 在4到40℃的温度范围内，电路增益应稳定在±1dB内。
- A. 7.3 阈值应精确到±1dB。
- A. 7.4 信号强度的测量应以每一通道为基础进行，对于一个幅度值高于分析阈值25dB、持续时间为1ms、频率为150kHz的正弦脉，所得到的信号强度值应具有1%分辨率。可用的动态范围不应小于35dB。
- A. 7.5 在上述规定的频率范围和4到40℃的温度范围内，峰值幅度应具有不小于60dB的可用的动态范围，且其分辨率为1dB。在稳定测试温度范围之外，允许峰值探测精度的变化不应大于±2dB。幅度值以dB表示，必需参照一个系统（传感器或前放）输出的固定增益。
- A. 7.6 撞击持续时间应精确到±1μs，应通过从第一个穿过阈值到最后一个穿过阈值的信号来测量或通过整流线性电压时间信号的包络来测量。撞击持续时间不应包括一个撞击事件结束的撞击定义时间。
- A. 7.7 当采用区域定位时，撞击到达时间应进行整体记录，每一通道的精度在1ms之内。
- A. 7.8 系统每一通道的延迟时间不应大于200μs。
- A. 7.9 撞击定义时间应为400μs。
- A. 7.10 仪器应具有立式储罐底板定位的数据采集、显示与分析软件。

**附 录 B**  
(资料性附录)  
**传感器布置指南**

**B.1 罐体的检测**

**B.1.1** 首先按9.8.5的要求确定传感器之间的最大间距，然后将传感器按环状分布在储罐壁板上进行设置。一般第一圈设在壁板的底部或靠近底部，各圈传感器之间的垂直距离按9.8.5的要求确定。

**B.1.2** 相邻圈上的传感器应均匀错开布置，这种方式布置采用相同数量的通道可以覆盖更大范围的储罐壳体，尤其对于大尺寸的储罐可以减少需要的通道数。

**B.1.3** 如有可能，应在诸如人孔等大直径的开孔附近布置额外的传感器。当采用区域定位方法时，有补强板的人孔周围应布置两个传感器，其中一个放在补强板上，另一个放在人孔对面的壁板上。

**B.1.4** 对于有通风口的储罐，不能充液到罐顶，液位以上的部分也不能加压，所以没有必要在罐顶上布置传感器。

**B.2 罐底板的检测**

传感器的间距不宜大于13m。建议5000m<sup>3</sup>以下储罐每圈安装4~8个传感器；(5000~20000)m<sup>3</sup>储罐安装8~12个传感器；20000m<sup>3</sup>以上储罐安装12个以上传感器。

附 录 C  
(资料性附录)  
检测报告格式

检测机构标示	声发射检测报告												编 号					
使用单位													储罐编号					
制造/安装单位				工作温度	℃					工作介质								
设计压力/液位	MPa/m	材质			公称容积				几何尺寸									
操作压力/液位	MPa/m	公称壁厚						mm	制造日期									
加载史																		
缺陷情况																		
执行标准																		
检测方式				仪器型号				检测频率										
传感器型号			耦合剂			固定方式				检验日期								
传感器灵敏度标定	模拟源						传感器的平均灵敏度: dB最大: dB最小: dB											
	传感器编号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	灵敏度dB																	
	传感器编号	18	19	20	21	22	23	24										
	灵敏度dB																	
背景噪声	< dB	门槛电平	dB		增益	dB		模拟源										
信号衰减记录	最大探头间距		mm			衰减测量探头号												
	模拟源距离(m)		0.1	0.5	1.0	2	3	4	5									
	信号幅度(dB)																	
探头布置平面展开图:																		

定位校准记录:						
校准阵列探头号						
校准结果						
检测软件名称						
检测设置文件名称						
数据文件名称						

加载程序图:

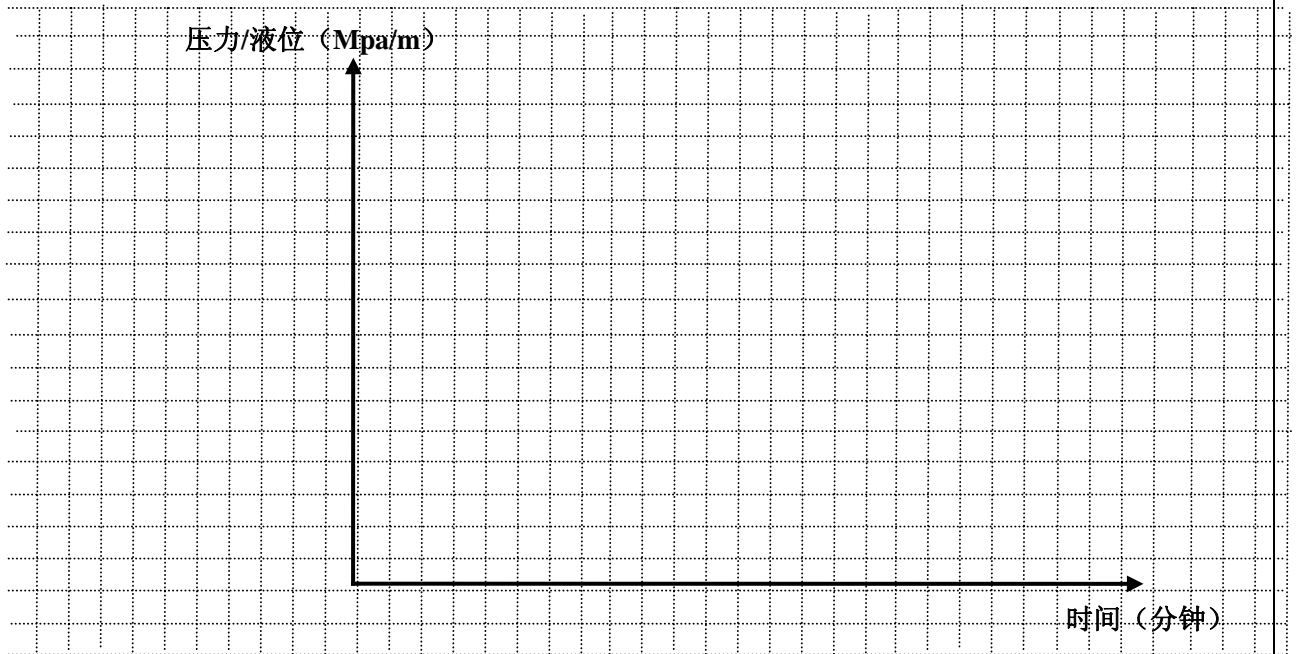


图1. 加载程序图 (P-T)

图2 探头部位实图

图 3 升压（充液）数据及定位图

图 4 保压（液位）数据及定位图

检测结果:

检测评定结论:

检测人员:

年 月 日

检测:

年 月 日

审核:

年 月 日