

# 大型常压储罐底板的声发射在线检测

李 磊 贵彦斌 牛广旭 (甘肃省特种设备检验检测研究院, 甘肃 兰州 730000)

**摘要:** 本文针对利用声发射检测技术, 对常压储罐底板进行在线检测的方法进行了详细的论述。从储罐底板产生声发射信号源的分析, 到检测过程中检测压力的确定、传感器的布置、系统灵敏度的校正、源信号衰减测量、数据采集的要求, 到最后信号分析的方法, 都进行了详细阐述。

**关键词:** 声发射; 储罐底板; 信号分析

## 1 概述

常压储罐是石油化工生产中广泛使用的储存设备, 在炼油行业中用来储存各种原料油、半成品油、成品油、芳烃产品及液化气等。储罐底板由钢板铺设焊接而成, 其外表面与基础接触, 容易受潮, 内表面又经常接触油品中的沉积的水分和杂质, 所以底板容易受到腐蚀。在长时间的使用过程中, 罐底板由于腐蚀形成穿孔, 存储介质泄露造成经济损失或者安全事故。由于储罐的使用特性, 很难清罐检修, 因此需要一种能够在线对储罐底板进行检测的办法, 综合分析各种检测手段, 声发射技术最适合对储罐底板进行在线检测<sup>[1]</sup>。

## 2 声发射检测原理

声发射是一种动态无损检测方法。声发射是指伴随固体材料中因裂缝扩展、塑性变形或相变等引起应变能快速释放而产生的应力波现象, 利用接收声发射信号研究材料、动态评价结构的完整性称为声发射检测技术。材料的范性形变、马氏体相变、裂纹扩展、应力腐蚀以及焊接过程产生裂纹和飞溅等, 都有声发射现象, 检测到声发射信号, 就可以连续监视材料内部变化的整个过程。

## 3 储罐底板声发射信号分析<sup>[2]</sup>

对立式储罐罐底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。

当罐底存在泄漏时, 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限制时, “水击”效应也会产生噪声。通过安装在罐底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; 同时液位增高时, 罐底严重腐蚀部位的变形、腐蚀物开裂与剥落和防腐层的脱落等都会产生丰富的声发射信号。通过接收和分析这些信号, 就能确定和评价罐底的腐蚀状况。

## 4 检测方法概述

对立式储罐罐底进行的声发射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。

### 4.1 声发射检测压力

依据标准《无损检测 常压金属储罐声发射检测及评价方法》中对于储罐底板声发射检测压力的要求, 检测压力从最高操作液位或最高操作压力的 85%~105% 均可作为储罐罐底的 AE 检测压力, 正常情况下, 我们通常选取最高操作液位的 85% 做为声发射检测压力。

### 4.2 传感器的选择和布置<sup>[3]</sup>

对于储罐底板声发射检测, 传感器频率选择范围为在 30~60kHz, 根据检测经验, 选择中心频率为 40kHz, 工作频域 15~70kHz 的传感器, 其前置放大器增益为 40dB, 带通频率为 20~1.2MHz。

依据标准《无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法》中对于储罐底板声发射检测传感器布置的要求, 传感器应布置在距底板高 0.1~0.5m 范围内的壁板上, 尽量采取同一高度, 间距尽量保持均等。当在低液位条件下进行声发射底板腐蚀检测, 液位高度至少高于传感器高度 2m, 即液位必须大于 2.5m。建议 20000m<sup>3</sup> 以上储罐安装 12 个以上传感器; 5000~20000m<sup>3</sup> 储罐安装 8~12 个传感器; 5000m<sup>3</sup> 以下储罐每圈安装 5~8 个传感器。传感器间距最好不超过 10m。

### 4.3 系统灵敏度校准

由于在声发射系统中, 声耦合效果的影响以及采集通道和传感器响应等因素影响, 会产生一定的误差, 因此有必要在检测开始和结束之前进行系统灵敏度的校准。要求对每一个传感器进行模拟源声发射幅度值响应校准。模拟源距传感器 10cm, 通道读出幅度值与平均幅度之差要求不大于 4dB。

### 4.4 衰减测量

为了确保检测灵敏度和确定传感器的间距, 需进行衰减特性的测量。在进行衰减特性测量时要求与实际的声发射检测条件相同。如果已有相同曲率、相同材料牌号和相同材料厚度的衰减特性数据, 可不再进行衰减特性测量, 但要求把该衰减特性数值移植到本次检验报告中。

### 4.5 数据采集

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。罐底板检测, 在 85% 液位下, 持续进行 3~5h 的数据采集。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程度, 如果背景噪声太大, 应停止检测。

### 4.6 信号分析

采用 BP 神经网络进行声发射源信号的模式识别, 根据 BP 神经网络的特性及罐底不同性质的声发射信号的特点, 对每一个声发射撞击选取其原始波形的 7 个特征参数作为神经网络的输入向量, 即信号的上升时间、峰值计数、平均信号电平、信号均方电压、持续时间、幅度和能量。根据对罐底声发射源和干扰噪声的分析, 以裂纹、泄漏、腐蚀、机械噪声和电磁噪声这 5 种声源作为神经网络的输出。

小波变换具有多分辨率分析的特点<sup>[4]</sup>，其在时域程频域 t 都具有表征信号局部特征的能力，因此，利用小波变换把声发射信号分解到不同的频段，提取表征信号特征频带，并利用特征频带对信号进行重构。如选择重构信号的频谱信息作为声发射信号的特征向量。

从典受声发射信号库中抽取了腐蚀信号、泄漏信号和电磁噪声信号的波形及频谱，对其采用小波特征频谱分析方法根据信号的特征及频率范围，确定其特征频带，并根据特征频带对声发射信号进行重构。通过对重构信号进行分析，可确定这几种罐底声发射信号的频谱主要分布在 20~100kHz 的频率范围内。在该范围内，以 5kHz 为间隔，取 16 个频谱构成特征向量。

由于声发射的原始波形参数能够反映相当一部分声发射信号的特征，因此保留了平均信号电平、信号均方电压、幅度和能量，与频谱信号一同作为 BP 神经网络的输入向量，以典型信号库中的信号作为培训样本，对储罐的原始声发射罐底检测数据进行分析及模式识别，根据模式识别结果，在去除掉原始数据文件中的大量由于干扰噪声所形成的声发射事件后，可以得到新的罐底检测数据文件。通过对该数据文件进行重放，就能够得到新的定位结果图。

#### 4.7 罐底结构的完整性评价

采用神经网络对罐底声发射检测数据进行模式识别后，即可根据声发射源的性质及单位时间内罐底声发射信号的频度和活动度等参数，通过对储罐声发射在线检测实

验获得的有效数据进行分析后，根据罐底声发射源的性质、单位时间内 (1h) 罐底声发射事件数、声发射总幅度计数、能量释放率等参数，并在考虑储罐直径、高度、检测液位等参数影响的基础上，对储罐底板结构的完整性进行评价。

#### 5 结束语

根据罐底腐蚀状况的声发射检测结果，石油化工企业可以根据储罐底板结构盼完整性评价结果列出维修计划，使企业可以更有效地对有限的维修资源进行合理调配。储罐声发射在线检测与评价技术的研究，为超役设备的延寿和最佳检修决策提供了先进的安全技术保障，对于大型石化储罐的安全稳定运行，减少和避免环境污染具有重要意义。

#### 参考文献：

- [1] 赵彦修, 田红岩, 陈彦泽, 王金龙. 在役常压储罐的无损检测技术 [J]. 无损检测, 2020,42(09).
- [2] 王光卿, 毕海胜. 基于声发射的储罐底板钢点蚀特征 [J]. 油气储运, 2018,37(12).
- [3] 张俊, 赵建平. 储罐底板声发射检测中传感器布置方法研究 [J]. 中国安全科学学报, 2015,25(08).
- [4] 孙琼琼, 赵亚东, 刘见向. 小波去噪在压力容器声发射检测中的应用 [J]. 化工装备技术, 2021,42(01).

#### 作者简介：

李磊 (1984-), 男, 汉族, 甘肃武威人, 工程师, 主要研究方向: 特种设备检验检测。

(上接第 239 页)

#### 2.3 切实加大危化品的安全宣传、教育和培训力度

缺乏对危化品危害的认知极大地增加了危化品泄露事件的增加。因此，相关知识的普及非常重要。首先，化工企业技术工作人员的安全意识需要提高。化工农企业需要定期的进行大规模的人员安全意识培训活动，明确各部门的工作职责，确保每位成员都能够掌握一定的安全防范意识以及危害发生时的应急处理知识。其次，需要提高危化品使用地相关人员的安全防范意识。公安机关的危化品管理机构积极的到各大场所进行危化品基础知识的演讲，明确讲解危化品的危害性以及处理危化品的紧急措施，建立数据库，监测各地危化品的流向。组织各地实现危化品的安全有效保藏。

#### 2.4 制定严格的工艺规程，设置泄露处置预案

危险化学品生产、运输以及保藏过程中的不恰当操作均能造成不可预估的后果，因此需要对危化品的生产、运输、保藏等步骤制定明确的工艺流程，规范各阶段的实际操作，减少技术人员随机操作情况的发生，与此同时，加大对工艺管理的强度，及时处理意外情况的发生。企业和地方政府应当制定危化品泄露处置预案，当发生危化品泄露事故时，各部门能够及时的配合工作，降低事故产生造成的危害。

#### 3 结论

总而言之，在当今社会发展过程中，很多地方难免会

用到一些具有易燃易爆特性的危化品，因此，危险化学品工厂的场所日益增多。然而，在过去几年内，危化品泄露的事件明显增多，在一定程度上，危化品的泄露极易造成环境、经济的损失，更严重的是造成人类生命的消亡。因此，危化品的管理工作一定要落实。分析危化品泄露可能产生的原因，从不同角度健全危化品管理的制度，积极地预防危化品泄露事件的发生。

#### 参考文献：

- [1] 宋宁, 郑园. 危险化学品泄漏事故现场危险区域的划分方法 [J]. 科学技术创新, 2021(02):177-178.
- [2] 詹水芬, 王明超, 陈学民, 蒋文新. 非溶解性危险化学品在内河中的泄漏扩散规律 [J]. 化工环保, 2020,40(06):657-662.
- [3] 詹水芬, 王明超, 陈学民, 蒋文新. 内河非溶解性危险化学品泄漏扩散过程影响因素 [J]. 化工环保, 2020,40(05):538-545.
- [4] 冀学刚. 危险化学品生产装置和储存设施模拟事故影响分析 [J]. 化工管理, 2020(16):126-128.
- [5] 张祝启. 危险化学品泄漏事故的应急处置 [J]. 化工管理, 2020(14):71-72.
- [6] 刘韬. 危险化学品泄漏事故堵漏技术与应用探究 [J]. 广东化工, 2020,47(08):83-84.
- [7] 赵吉祥. 腐蚀性化学品的危险特性和泄漏事故的消防应急处置分析 [J]. 今日消防, 2020,5(04):38-39.