

# 声发射技术在探测储罐底板泄漏位置中的应用

徐彦廷,王亚东,刘富君,姚舜刚  
(浙江省特种设备检验中心,杭州 310020)

董绍平,梁利君,吴庆洋,谢水海,谈平庆  
(中国石化镇海炼油化工股份有限公司,宁波 315207)

**摘要:**对两台已存在泄漏的立式常压储罐进行了声发射监测,目的是找出罐底板的泄漏位置,以指导检修工作。对其中一台储罐的监测是在充水试验条件下进行的,另一台则是在渗漏过程中的在线监测,不同的监测方式均得到了较满意的检测效果。

**关键词:**声发射;罐底板;泄漏

中图分类号: TG115.28 文献标识码: A 文章编号: 1000-6656(2007)09-0506-03

## Application of AE Technology on Detecting the Leakage Location of Storage Tank Floor

XU Yan-ting, WANG Ya-dong, LIU Fu-jun, YAO Shun-gang  
(Zhejiang Provincial Special Equipment Inspection Center, Hangzhou 310020, China)

DONG Shao-ping, LIANG Li-jun, WU Qing-yang, XIE Shui-hai, TAN Ping-qing  
(Sinopec Zhenhai Refining & Chemical Co. Ltd., Ningbo 315207, China)

**Abstract:** Two vertical atmospheric storage tanks with leakage were detected by AET to locate the leakage sites on the floors, and in turn to make the repair more effective. One of two storage tanks was monitored using water as the test liquid instead of working medium, and another one was monitored in service during the leakage. Two different modes of detection were satisfactory. Present work was very helpful for achieving experiences on AE inspection in field.

**Keywords:** Acoustic emission; Storage tank floors; Leakage

储罐底板的声发射检测是一种在线、高效、经济的方法。该技术可对达到或接近检验周期的储罐进行不停工、不倒罐条件下的快速在线检测,对罐底板的腐蚀状况和是否存在泄漏及泄漏的位置作出评价。笔者采用声发射技术对两台已存在泄漏的常压储罐进行了不同方式的监测。

## 1 储罐的现场检测

### 1.1 两台储罐的基本情况

两台储罐材料均为 Q235 钢。

510 号罐尺寸为  $\phi 1\ 1000\ \text{mm} \times 12\ 600\ \text{mm}$ , 底

板厚 8 mm, 容积为 1 000 m<sup>3</sup>, 内浮顶罐, 操作介质为精制油。1992 年 7 月投用。曾因底板的边缘板严重腐蚀, 在检修中作了全部贴板处理。

503 号罐尺寸为  $\phi 22\ 000\ \text{mm} \times 13\ 600\ \text{mm}$ , 底板厚 8 mm, 容积为 5 000 m<sup>3</sup>, 拱顶罐, 操作介质为柴油, 1978 年投用。2004 年 6 月发现底板处出现微量渗漏, 于是决定进行声发射在线监测, 以确定泄漏的位置。

### 1.2 检测仪器

检测仪器为美国 PAC 公司的 DiSP-56 声发射仪。传感器型号为 R3I-AST; 频率范围为 30~60 kHz。

## 2 检测过程

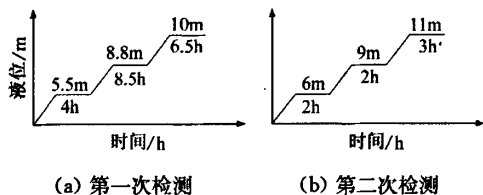
### 2.1 510 号罐底板的声发射检测

#### 2.1.1 检测过程和结果

收稿日期: 2006-08-16

作者简介: 徐彦廷(1965—), 男, 硕士, 副教授, 从事声发射技术及漏磁检测技术的研究与应用。

510号罐分别于2004年11月和2005年5月由于渗油进行了两次声发射检测。两次检测均在充水条件下进行,均采用8个R3I-AST传感器,在距罐底板200mm的罐壁外表面圆周线上均布,且传感器的位置及参数设置也完全相同。检测前在距各传感器100mm处进行铅笔芯折断信号的标定。试验液位曲线见图1。为了获得较全面的检测数据,第一次检测基本是全程监测,其检测的部分声源定位见图2和3。第二次检测时,主要加载阶段的声源定位见图4和5。



(a) 第一次检测 (b) 第二次检测

图1 试验液位曲线

图6为根据图2~5汇总出的两次声发射检测的有效声源位置,以及经验证的实际泄漏(或撕裂)位置(图中的 $L_1$ ,  $L_2$ 和 $L_3$ )。图中红、橙、紫、蓝分别代表声源的集中度依次由高向低。

第一次声发射检测共出现7处有效声源,对其中心相对较活跃的4处(1~4号)声源区域进行了重点真空查漏,最终在与4号声源相距约0.5m的底

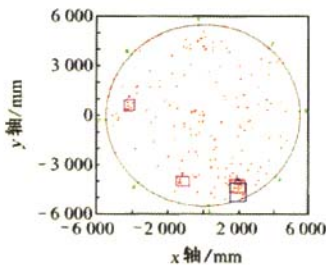
板焊缝处找到了泄漏点 $L_1$ ,并进行了修补。未对其他声源位置的区域进行复验。由第二次检测的结果可知,所出现的泄漏点 $L_3$ 距1号和7号声源均2m左右,故认为第一次检测的结果具有一定的预测作用。

在第二次声发射检测过程中仍未见底板出现泄漏,但检测到3处声源位置(8~10号)。对该3处进行真空查漏,最终发现2处由于撕裂造成的泄漏点,其中泄漏点 $L_3$ 与较活跃的10号声源仅相距约1m。泄漏点 $L_2$ 在检测的定位图上未形成明显的显示。8号声源实际上与第一次检测得到的1号声源为同一位置,在该区域内发现了一处冒泡。

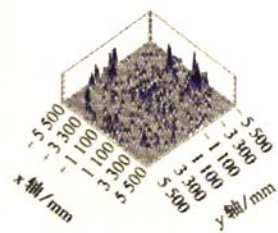
### 2.2.2 检测结果分析

从前后两次检测的结果可见,声源定位结果与实际泄漏位置大部分吻合(有1处未显示),但存在不同程度的误差。尽管在有些声源较强(如2号等)处未发现泄漏,但由于未对这些区域的下表面腐蚀情况进行常规方法的复验,因此对这些部位仍应引起注意。

此外,从第一次的全程监测结果看,不同液位阶段的定位情况并不完全重合,稳定时间的长短对监测有一定影响。在数据的事后分析和处理中发现,检测参数的选择对检测结果的可靠性很关键。不同尺寸和介质的储罐,其波速取值对定位有较大影响。因此,需要不断研究和积累经验,以确定合适的检测

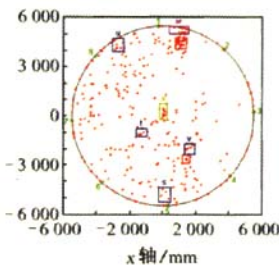


(a) 二维图

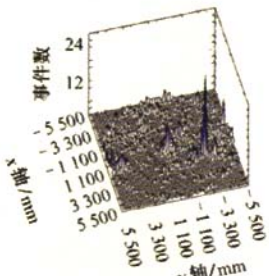


(b) 三维图

图2 510号罐第一次检测时(5.5 m, 0~3.5 h)的声源定位图

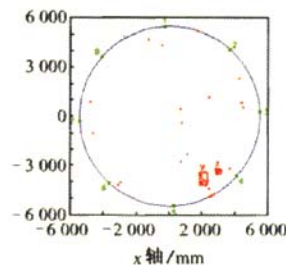


(a) 二维图

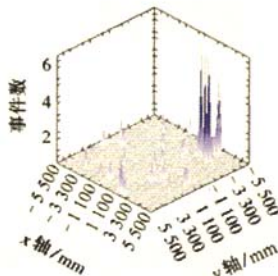


(b) 三维图

图3 510号罐第一次检测时(8.8 m, 8.5~10.5 h)的声源定位图

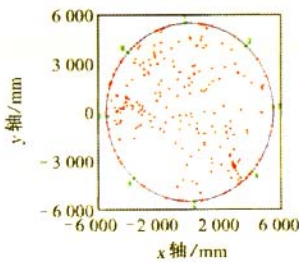


(a) 二维图

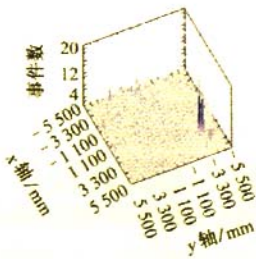


(b) 三维图

图4 510号罐第一次检测时(9 m, 0~2 h)的声源定位图

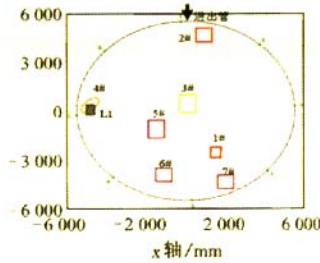


(a) 二维图

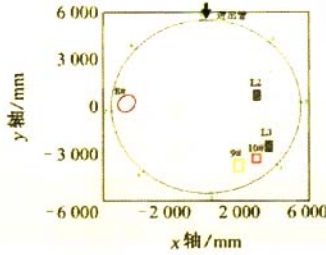


(b) 三维图

图5 510号罐第二次检测时(11 m, 0~3 h)的声源定位图

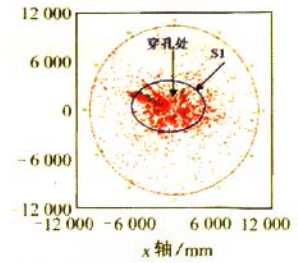


(a) 第一次检测

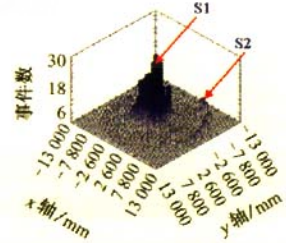


(b) 第二次检测

图6 510号罐声源位置及实际泄漏(或撕裂)位置汇总图



(a) 二维图



(b) 三维图

图7 503号罐的声发射在线监测结果

条件、检测参数和检测时机等。

## 2.2 503号柴油罐的声发射监测

检测时由于503号罐已出现渗漏,故未进行升液位和保持液位等操作,仅在当时的液位下进行监测,监测完成后立即倒罐。

503号罐的在线监测结果见图7。由图可见,该罐主要出现了两处集中定位声源。其中位于中部偏左(方向为西)区域的声源S1面积较大,较集中,呈一定的辐射状;而位于6号传感器附近的S2声源也有一定的显示(这也是外观发现的微小渗漏位置),但不太明显。根据检测结果,认为中心区域为薄弱区,有明显的腐蚀或泄漏迹象。

经开罐检修发现,在底板中心偏左(西)1 m处存在1处腐蚀穿孔,中部区域的底板下表面存在较多的湖状(麻坑)腐蚀,有的腐蚀坑深度已达1/2壁厚以上,底板变形也很大。同时也找到了声源S2处的微漏点。

## 3 结论

与压力容器的声发射检测相比,大型常压立式储罐罐底的声发射检测在声源定位方法上有所不同,声源产生的机理更为复杂。

(1) 检测难度大。由于储罐直径通常较大(最

大可达100 m以上),而传感器只能安放在罐底板的外伸边缘或罐壁下部的外表面上,所以声源信号要到达传感器,需传播很长距离。为了减少信号传播过程中的衰减,只能降低检测的频率,但同时也使更多的噪声信号混入了检测数据中,增加了检测数据分析的难度;此外,采集参数的选择、储罐介质的性质(主要决定声波的传播速度)、储罐的结构(如底板上的加热管和支撑等对定位的影响)和检测的环境条件等都可能影响检测结果的可靠性,其难度要远高于压力容器的声发射检测。

(2) 在用于评价罐底板的腐蚀时,虽定位精度有一定的局限性,但定位结果仍具有一定的参考价值,虽然检测不可避免地会受到噪声和信号衰减等影响而出现伪定位或声源定位不准的现象,但根据统计规律,泄漏和严重腐蚀区的声源位置通常会更集中地显示在定位图中。

(3) 对已出现泄漏的储罐,采用声发射在线实时检测技术可确定泄漏的近似位置,有助于更迅速地找到泄漏点,提高检修的效率。另一方面,当泄漏点为非腐蚀性穿孔型泄漏时(如撕裂型),底板上无一定高度的液位作用时,泄漏点往往会闭合,开罐真空查漏时很难找到泄漏位置,而借助于声发射技术确定泄漏的近似区域往往是有效的。

# 声发射技术在探测储罐底板泄漏位置中的应用

作者: [徐彦廷](#), [王亚东](#), [刘富君](#), [姚舜刚](#), [董绍平](#), [梁利君](#), [吴庆洋](#), [谢水海](#), [谈平庆](#),  
[XU Yan-ting](#), [WANG Ya-dong](#), [LIU Fu-jun](#), [YAO Shun-gang](#), [DONG Shao-ping](#),  
[LIANG Li-jun](#), [WU Qing-yang](#), [XIE Shui-hai](#), [TAN Ping-qing](#)

作者单位: [徐彦廷,王亚东,刘富君,姚舜刚,XU Yan-ting,WANG Ya-dong,LIU Fu-jun,YAO Shun-gang\(浙江省特种设备检验中心,杭州,310020\)](#), [董绍平,梁利君,吴庆洋,谢水海,谈平庆,DONG Shao-ping,LIANG Li-jun,WU Qing-yang,XIE Shui-hai,TAN Ping-qing\(中国石化镇海炼化化工股份有限公司,宁波,315207\)](#)

刊名: [无损检测](#) **ISTIC PKU**

英文刊名: [NONDESTRUCTIVE TESTING](#)

年,卷(期): 2007, 29(9)

引用次数: 0次

## 相似文献(10条)

### 1. 会议论文 [熊敏](#), [林明春](#), [康叶伟](#) [储罐罐底板声发射在线检测技术研究](#) 2008

石油储罐长年在自然环境和液位变化条件下运行,受到多种不利因素影响,不可避免地受到各种损伤。特别是环境中的化学腐蚀和电化学腐蚀所引发的腐蚀穿孔、裂纹扩展以及破裂等,使介质泄漏,引起严重的灾害和环境污染,给国家财产造成巨大的损失。储罐罐底是储罐中最易出现腐蚀泄漏的部位,因此如何更好的诊断储罐罐底板的腐蚀泄漏情况对石油储罐的安全运行意义重大。本文分析了储罐罐底板容易发生腐蚀泄漏的原因。提出了基于声发射原理的储罐在线检测方法:分析了声发射信号的形成原理,并将声发射原理应用于大型金属储罐罐底板在线检测技术。

### 2. 会议论文 [徐彦廷](#), [王亚东](#), [刘富君](#), [姚舜刚](#), [梁利君](#), [董绍平](#), [吴庆洋](#), [戚汝强](#), [谈平庆](#) [声发射技术在探测储罐罐底板泄漏位置中的不同应用](#) 2006

对2台已发生泄漏的在用常压立式储罐进行了声发射监测,目的是找出罐底板的泄漏位置,以指导检修工作。对其中一台储罐的监测是在充水试验条件下进行的,另一台则为在渗漏过程中的在线监测,不同的监测方式均得到了较满意的检测效果,取得了有意义的实际检测经验。

### 3. 学位论文 [刘富君](#) [立式储罐的状态监测及剩余寿命分析技术研究](#) 2001

该文针对现场立式储罐声发射检测的实际情况,选择以罐底板的腐蚀和泄漏为研究对象,开展立式储罐的声发射状态检测与寿命预测技术研究,以期实现对立式储罐状态的动态检测和科学管理。开展立式储罐泄漏的声发射检测技术研究,主要是通过对立式储罐泄漏过程声发射检测数据的分析,采用流体力学的知识研究罐底有效活动声源产生的机理及研究有效活动声源的特征,并通过实验室研究和现场模拟实验研究验证了立式储罐声发射检测技术的可行性、可靠性及有效活动声源的变化规律;开展立式储罐腐蚀的声发射检测技术研究,主要是通过对真实腐蚀罐底板以及对带有焊缝罐底板声发射检测数据的分析,研究腐蚀过程触发信号与定位源信号各特征参量的分布范围和它们之间的区别及声源信号的变化规律。这些对指导实际立式储罐罐底的声发射检测具有重要的意义。该文提出采用灰色关联分析方法和数理统计方法两种方法,对所得实验数据进行立式储罐剩余寿命的预测。通过对处理结果的分析,最终得出采用灰色关联分析的方法对储罐剩余寿命的预测优于数理统计的方法,并根据实验室模拟储罐和现场立式储罐的声发射检测,首次制定了立式储罐声发射检测及完整性评价方法标准。

### 4. 会议论文 [沈功田](#), [戴光](#) [无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法](#) 2006

本文详细介绍了无损检测常压金属储罐声发射检测及评价方法,本标准适用于新制造和在用地上金属储罐罐体与罐底板的声发射(AE)检测与评价。

### 5. 期刊论文 [李伟](#), [戴光](#), [张颖](#), [龙飞飞](#) [地上立式金属储罐腐蚀损伤的实验](#) -大庆石油学院学报2003, 27(1)

研究了模拟立式储罐罐底在不同开压、保压阶段的声发射特性,分析了声源信号特征参量的取值范围及变化趋势,提出了立式储罐的完整性检测与评价方法。结果表明,声发射信号是由腐蚀产生的产物以及板材本身存在的缺陷发生开裂扩展而产生的;比较撞击信号与定位源信号各特征参量分布,可确定信号参量的范围;对于带有焊缝的储罐罐底,焊接质量越低,产生的声信号越多,声发射定位点分布走向与罐底板焊缝走向一致。

### 6. 学位论文 [张莹](#) [炼厂油品储罐的不停产检测技术研究](#) 2005

针对目前储罐检测及管理中存在的问题,该文选定开展立式储罐的声发射状态检测的技术研究,结合现代科学技术及管理方法,以期实现对立式储罐状态的动态检测和科学管理。这将有助于炼厂综合效益和管理水平的提高,同时在降低检测、维修费用,减少环境污染,提高设备的安全性方面,具有重要的意义和应用价值。

开展立式储罐泄漏的声发射检测技术研究,主要是通过对立式储罐泄漏过程声发射检测数据的分析,采用流体力学的知识研究罐底有效活动声源产生的机理及研究有效活动声源的特征,并通过实验室研究和现场模拟实验研究验证了立式储罐声发射检测技术的可行性、可靠性及有效活动声源的变化规律;开展立式储罐腐蚀的声发射检测技术研究,主要是通过对真实腐蚀罐底板以及对带有焊缝罐底板声发射检测数据的分析,研究腐蚀过程触发信号与定位源信号各特征参量的分布范围和它们之间的区别及声源信号的变化规律。这些对指导实际立式储罐罐底的声发射检测具有重要的意义。

### 7. 期刊论文 [王云鹤](#), [郭小联](#), [刘富君](#) [常压储罐声发射及漏磁检测技术](#) -无损探伤2009, 33(1)

在我国,常压储罐没有纳入特种设备的管理,不是强制检验的对象,与压力容器等领域的检测技术手段相比,我国在常压储罐方面的检测技术水平与发达国家的差距很大。经验表明,储罐罐底下表面的严重腐蚀是造成罐底板强度下降甚至穿孔泄漏的主要原因。本文系统分析了无损检测技术在常压储罐中的发展现状,重点介绍了声发射检测技术、漏磁检测技术的原理、仪器使用状况以及在常压储罐中的应用情况。对使用中存在的问题进行探讨,并提出一套储罐综合检测与评价的流程。

### 8. 会议论文 [刘富君](#), [徐彦廷](#), [丁守宝](#), [王亚东](#), [郭小联](#) [常压储罐无损检测技术](#) 2008

在我国,常压储罐没有纳入特种设备的管理,不是强制检验的对象,与压力容器等领域的检测技术手段相比,我国在常压储罐方面的检测技术水平与发达国家的差距很大。经验表明,储罐罐底下表面的严重腐蚀是造成罐底板强度下降甚至穿孔泄漏的主要原因。本文系统分析了无损检测技术在常压储罐中的发展现状,重点介绍了声发射检测技术、漏磁检测技术的原理、仪器使用状况以及在常压储罐中的应用情况。对使用中存在的问题进行探讨,并提出一套储罐综合检测与评价的流程。

### 9. 期刊论文 [王勇](#), [沈功田](#), [李邦宪](#), [闫河](#), [WANG Yong](#), [SHEN Gong-tian](#), [LI Bang-xian](#), [YAN He](#) [压力容器无损检测—大型常压储罐的无损检测技术](#) -无损检测2005, 27(9)

常压储罐在原油、化学危险品的储存和输送过程中起着重要作用,目前我国拥有的5 000 m<sup>3</sup>以上储罐就有2万多台。在使用过程中,罐底腐蚀泄漏是引起储罐失效的主要原因,对储罐进行相关的检验可以了解储罐的使用状况,预防储罐失效。简要介绍无损检测技术在储罐检验中的应用,尤其对声发射和罐底板漏磁扫描技术检测储罐泄漏和腐蚀进行了重点介绍,并提出了相关的检测工艺要求。

## 10. 学位论文 [孙立瑛 声发射储罐及管道在线检测技术研究](#) 2006

大型储罐及管道是石化行业中油品储存和运输的重要设施，一旦发生事故，极易引起火灾和爆炸，并造成严重的环境污染。研究先进的无损检测技术，对于保障石油储运设施的安全稳定运行，减少和避免环境污染具有重要意义。本文主要对基于声发射方法的大型金属储罐底板和管道在线检测技术进行了研究。

本文首先分析了声发射现象产生的机理及声发射检测的基本原理，并对不同模态的声发射波的传播和衰减特性进行了研究。通过对无载荷和水载作用下钢板中声发射波的传播特性分析，确定了大型常压金属储罐内罐底有效声发射源的传播路径，并以此为依据，对罐底检测声发射传感器的频率及传感器的布置方案进行了研究，实现了罐底声发射信号的采集与定位。

针对非检测区域的噪声干扰问题，提出了基于双传感器组的传感器优化布置方案，对罐底声发射检测过程中声源的方向进行识别，有效屏蔽了来自非检测区域的干扰声源信号。通过对容积3000 m<sup>3</sup>的固定顶煤油储罐的现场检测实验，验证了该方法的有效性。

本文采用BP神经网络对罐底声发射信号进行模式识别，消除了机械噪声和电磁噪声的干扰。通过提取声发射信号在不同小波分解频带上的特征系数，构造BP神经网络学习样本集的特征向量，优化了神经网络模式识别的性能，提高了神经网络对罐底腐蚀、裂纹扩展和泄漏等不同性质的声发射源的判别能力，使基于声发射在线检测技术的储罐底板结构完整性评价结果更加精确。

在声发射管道检测方面，本文首先对管道腐蚀裂纹声发射信号的检测及定位技术进行了研究，并提出了相应的定位补偿方法。采用声发射参数对管道在加载过程中裂纹“开裂前兆-开裂-扩展-快速断裂”的全过程进行解释，弥补了根据常规力学方法在管道裂纹扩展速率预测方面的不足。

研究了管道泄漏声发射信号参数随压力、泄漏孔径大小、信号传播距离等的变化规律，并首次把Hilbert-Huang时频分析方法引入到声发射信号分析与特征提取的研究领域。将管道泄漏声发射信号分解为多个固有模式函数，通过提取包含有效声发射特征的IMF分量进行信号重构，提高了管道泄漏点的定位精度。验证了HHT变换是表征声发射信号的非平稳特征及参数提取的有效工具。

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_wsjc200709004.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_wsjc200709004.aspx)

下载时间: 2010年5月27日