

一种储罐声发射检测现场噪声排查方法 及其应用

顾建宏

摘要: 立式常压储罐声发射检测过程中, 现场噪声对评价结果的准确性具有重大的影响。在常见的现场噪声认识基础上, 提出一种声发射信号监测与现场勘测相结合的噪声排查流程。结合现场检测案例说明该方法的有效性, 并得出几种噪声时频域特性, 为声发射技术在储罐检测中的应用打下基础。

关键词: 储罐; 声发射; 噪声

A Noise Recognition Method and its Application in Acoustic Emission Test on Storage Tank

Gu Jianhong

Abstract: In the process of atmospheric metal storage tank acoustic emission detection, noise has a significant influence to the estimate accuracy of the tank quality. Based on the understanding of different varieties of probable noise, a noise detection process combining AE signal monitoring and site survey is proposed. Three on-site test cases have illustrated the effectiveness of the method. Characteristic of several noises has been gained, providing basis for the application of acoustic emission technology in tank test.

Key words: Storage Tank; Acoustic Emission; Noise

0 引言

地面立式常压金属储罐主要用于存储化工原料和产品, 是石化行业中必不可少的重要设备之一。储罐在长期使用过程中受到自然环境及内部介质不利因素的影响, 各部位均会受到不同的损伤。为了保证储罐的安全性, 需要对储罐进行检测维护。声发射技术作为一种无损检测方式, 相比于定期开罐检查的方法, 具有在线、高效、经济的巨大优势, 逐渐受到石化检测行业的普遍关注, 得到了越来越多的应用^[1]。然而, 由于声发射技术对材料具有较高的灵敏度, 对外界环境噪声十分敏感, 只能适用于背景噪声小的工况条件。而储罐现场工况复杂, 在检测过程中不可避免地受到各种噪声的干扰, 影响对储罐评价的准确性^[2]。

本文在储罐声发射检测过程中的常见噪声的研究基础上, 提出一种基于现场声发射监测的噪声排查流程。将该方法应用于三个现场储罐检测实例, 找出了几种噪声的特性, 为储罐声发射在线检测提供借鉴。

1 常见的噪声源

通过长期的储罐声发射在线检测经验积累, 人们对现场可能出现的噪声有了比较充分的了解。Lackner G 等^[3]在 25 届声发射会议上介绍了如何在储罐检测过程中获取可靠声发射数据的方法。张涛等^[4]通过长期在线监测发现, 白天相比于晚上采集的声发射信号数量更多, 且波动更剧烈, 表明白天采集的信号中含有大量的噪声。储罐检测中常见的噪声分类如下^[4,5]:

1.1 环境噪声

环境噪声包括温度、风沙、雨雪等天气因素引起的噪声。如气温较高时，太阳照射局部罐体，罐体由于受热不均产生热应力，从而产生应力波；太阳照射还会引起罐内液体受热不均导致的液体流动，与罐壁、油管、加热管等设施摩擦产生噪声；对于拱顶储罐，由于内外温差的原因，罐顶形成液滴，液滴滴落至液面会产生滴落噪声。风力较大时，储罐的附加结构如保温层、人梯、标牌、信号线与罐体撞击会产生机械噪音。沙土、雨雪等撞击储罐也会产生撞击信号。

1.2 机械噪声

除了环境因素，其他原因产生的机械噪声包括：盘管在工作状态下，内部介质的流动噪声；氮气保护装置产生大量的连续型干扰信号；管道阀门长期在使用条件下，无法判断是否存在内漏以及介质流动情况，也会对检测信号造成干扰；附近的振动噪声（人员走动、汽车经过、机器开动）等。

1.3 电磁噪声

电磁干扰噪声主要来自储罐、设备以及周围的环境。有些储罐罐体装有电磁液位计，具有一定的电磁环境；设备的主机、信号线、前置放大器在工作时会产生一些自激信号，这主要取决于不同厂家设备的可靠性；采用具有接地功能的三相接口可以避免对地电磁干扰；检测过程中如果附近有马达、焊机、起重机或者广播设施、对讲机等，也会造成一定的电磁干扰。

2. 现场噪声排查原理及流程

声发射技术用于储罐质量评级的主要依据是声发射活性与储罐腐蚀、泄漏严重性之间的对应关系^[6]，根据检测的声发射撞击数和事件数判定储罐内部状况。若在检测过程中有噪声信号混杂在正常的缺陷信号中，会导致储罐评级误差。为了保证声发射数据的准确性，一般在对储罐进行声发射检测之前会进行现场勘查，观察储罐情况和现场环境，排除可能的噪声源^[7]。然而，由于储罐结构复杂、对储罐信息了解不全面、噪声来源广泛等一系列客观因素，很难通过现场勘测彻底排查噪声。如果不能及时排除噪声源，将会造成采集的数据因噪声干扰过大导致后续分析困难，甚至数据失效。因此，在人工现场勘测的基础上，可以进一步使用声发射技术进行现场噪声排查，将大大提高声发射数据的有效性。

2.1 原理

储罐声发射检测的有效声发射源主要包括腐蚀和泄漏，腐蚀过程中的电化学反应、腐蚀减薄区在液体载荷的作用下变形、腐蚀层脱落和开裂、泄漏存在时介质流过泄漏孔等都会产生声发射信号。由于噪声产生声发射信号的机理与腐蚀、泄漏不同，因此声发射信号特征也会有所差别。在对噪声特性不了解的情况下，通过将现场采集的信号与实验室采集的典型腐蚀、泄漏信号进行声发射特征对比，结合各种信号分析方法，则声发射特征与腐蚀、泄漏不同的信号则是噪声引起的。根据异常信号的特征再进行现场勘测，能够更加有效地找出噪声源并排除。

2.2 排查流程

声发射信号分析方法包括参数分析法和波形分析法。常用的声发射参数包括幅值、能量、持续

时间等，分析方法包括历程图分析、相关图分析等；波形分析法主要分析信号的时域波形和频谱。此外，定位分析可以在一定程度上反映噪声源的位置。

结合以上几种信号分析方法，制定基于声发射的噪声排查流程如下：

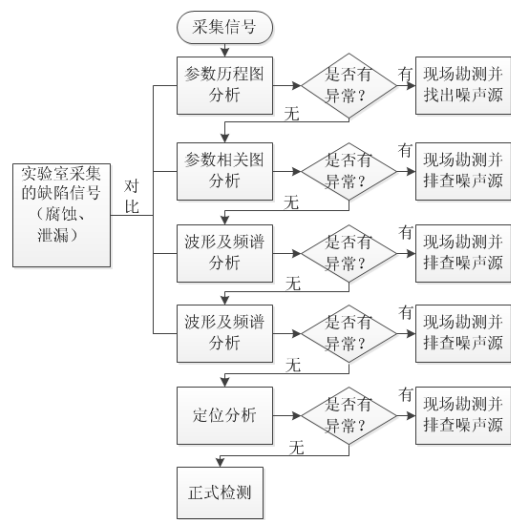


图1 现场噪声排查流程

3. 现场应用

首先在实验室储罐模型上采集典型的腐蚀、泄漏声发射信号，在此基础上，使用上述流程对三个储罐检测的噪声源进行排查。储罐的基本情况如表 1 所示，检测仪器均为美国 PAC 公司生产的 SAMOS 系统，传感器型号为 DP3I，工作频率范围为 20~220kHz，前放增益为 40dB。

表 1 储罐基本参数

储罐编号	容积/m ³	材质	存储介质	建造日期/年
1#	100	碳钢	浓硫酸	2011
2#	600	碳钢	甲醇	2002
3#	5000	碳钢	石油	2005

3.1 电磁液位计噪声

图 2（a）、（b）分别为实验室采集的信号幅值历程图和 1#储罐现场采集信号，可以看出，两者具有很大的差别。腐蚀信号是连续产生的，在 40~90dB 区间均有分布，并且 40~60dB 区间信号比较密集，超过 60dB 的信号很少且分散。这与腐蚀过程的声发射源机制具有密切的联系^[8]，低幅值信号主要由气泡破裂、腐蚀生成物摩擦产生，信号发生的频率高；高幅值信号主要由表面钝化膜破裂和腐蚀生成物脱落剥离产生，发生的频率低。

1#储罐现场采集的信号幅值历程图中，信号只有 87dB、88dB 两种幅值，明显不符合腐蚀信号的特征。此外，信号的撞击计数率很高，信号几乎连续产生。据此推测储罐附近有持续产生高能干扰噪声的装置，经过现场排查，发现罐顶有一雷达液位计，其以脉冲微波方式向液面发射脉冲信号。脉冲信号的幅值固定，能量较高，发射周期短，导致声发射传感器不断接收到高幅值信号，无法接收正常的声发射信号，产生了“通道堵塞”的现象。

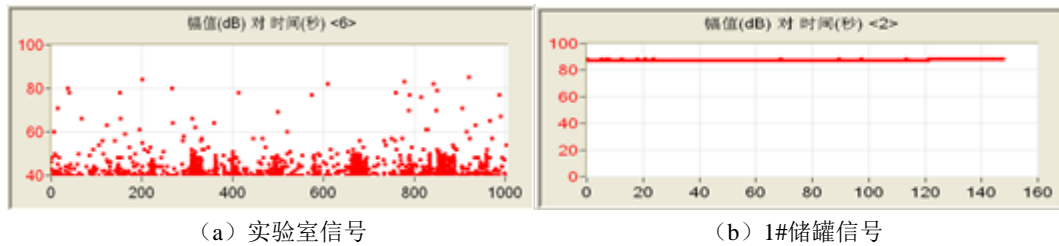


图 2 幅值历程图

由于雷达液位计发射的是单一频率的电磁波信号^[9]，因此其波形比较规律，频率集中；实验室信号的波形是具有一定突发性的不平稳信号，频率范围较宽，如图 3 所示。由于两种信号产生的机理不同，其波形和频谱差别很大，从波形及频谱图中可以识别出噪声信号。

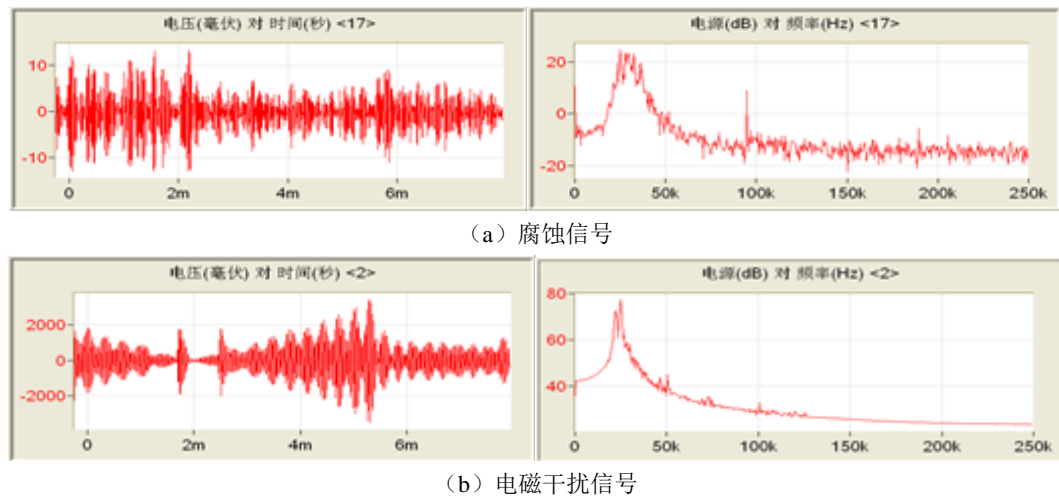


图 3 波形及频谱图

3.2 电机振动噪声

图 4 为 2#储罐检测信号的幅值历程图，幅值主要分布在 40~62dB 的范围，符合实验室采集的腐蚀声发射信号特征。

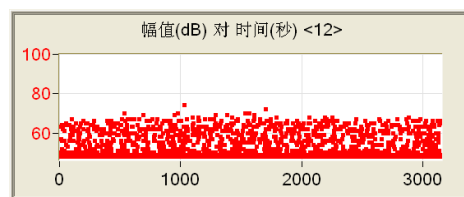


图 4 2#储罐幅值历程图

对信号进一步进行相关分析，图 5 (a) 为持续时间-能量相关分析图，对比实验室信号相关图 (图 5 (b))，发现有明显不符合腐蚀信号特征的异常信号。腐蚀信号的持续时间和能量具有较好的线性关系，能量越高的信号持续时间越长，而现场采集的信号在能量为 100 附近区间出现了一些持续时间较短的信号 (B 处)。

分别提取图 5 (a) 中 A 处和 B 处信号的波形及频谱，如图 6 所示。对比图 3 (b) 的腐蚀信号，可以看出 A 处信号具有腐蚀信号特征，具有一定的突发性，频率分布在 20~50kHz；B 处信号的波形形状规则，频率单一。根据其频率分布特点，推测其附近有固定频率的噪声干扰 (电磁、振动)。通过现场排查发现，在储罐附近有一电机操作，其产生的振动通过地面传播至储罐，从而产生较多的

噪声信号。

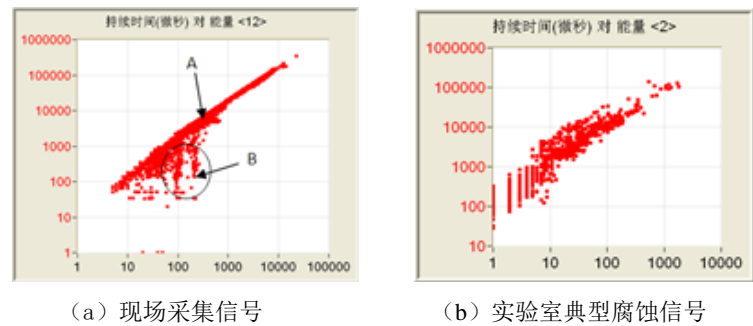


图5 持续时间-能量相关图

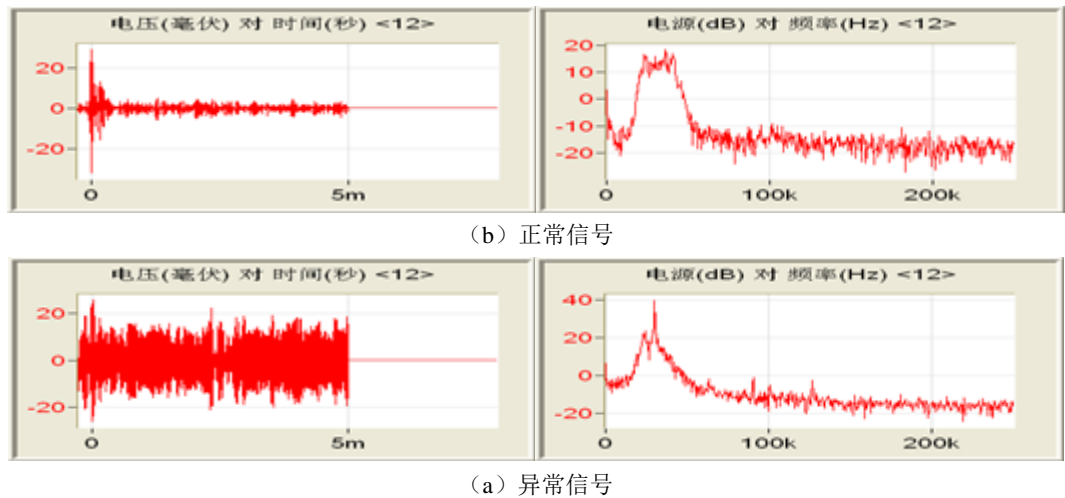


图6 储罐的信号波形及频谱

3.3 管道介质流动噪声

图7为3#储罐声发射监测信号的幅值历程图，与图2所示的实验室采集的信号有所不同。分析现场采集的信号，从活性上看，在不同时间段活性差异较大，有些时刻信号活性很强，有些时刻却没有信号产生；从幅值上看，高幅值信号也很密集，这些特征均与腐蚀机理不符，推测有噪声干扰。在对信号进行波形和频谱分析时发现，现场采集的信号波形和频谱（图8）与腐蚀信号十分相似，从而排除是电磁干扰和振动噪声的可能性。

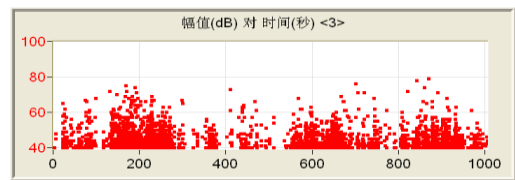


图7 3#储罐幅值历程图

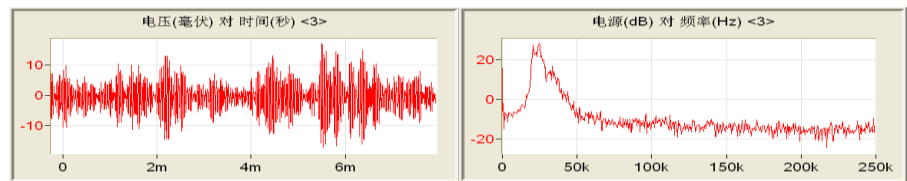


图8 3#储罐信号波形及频谱

由于无法确定噪声的特性，根据定位图找出声源的大致位置，如图 9 所示，可以看出在 3#和 4#传感器之间的区域事件密度最高。对储罐该部位进行现场勘查，发现在 3#和 4#传感器中间位置储罐有一管道，推测声发射信号可能是从管道内传出。

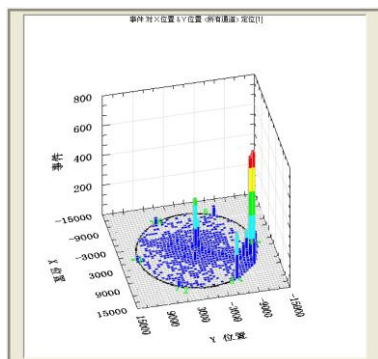
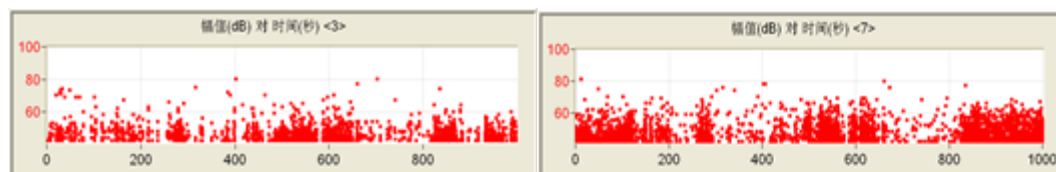


图 9 3#储罐底板定位图

为了验证上述猜测，在管壁处另外布置 7#传感器，再次采集数据并实时监测，发现 7#传感器的撞击计数率远远超过其他通道。将 7#通道的幅值历程图与 1~6#通道进行对比（图 10），可以看出，各通道信号的活性规律相同，说明各传感器接收到的信号均由同一声源产生的。另外 7#通道的信号幅值明显超过其他通道，根据信号衰减原理，7#传感器更靠近声源，可以推断 1#~6#通道采集的信号是从管道传来的介质流动信号。



(a) 3#通道

(b) 7#通道

图 10 3#储罐的幅值历程图

4 结论

本文给出了声发射数据分析结合现场勘测的储罐噪声排查方法，有效地找出噪声源，保证检测数据的准确性。不同的噪声产生机理不同，从而具有不同的时频特征。其中，电磁、振动噪声的频率单一，可以根据波形及频谱特征识别，介质流动噪声与腐蚀、泄漏信号的波形、频谱特性比较相似，需要结合信号产生的机理进行识别，对检测人员的要求更高。为了防止噪声的漏查，需要使用各种分析方法对现场采集的信号进行分析。需要说明的是，本方法只适用于对噪声特征了解不充分的情况下，随着经验的积累，可以直接根据信号的特征进行噪声识别。

[参考文献] (References)

- [1]关卫和, 沈纯厚, 陶元宏, 等.大型立式储罐在线声发射检测与安全性评估 [J].压力容器, 2005, 22 (1): 40-44.
- [2]戴光, 李善春, 李伟.储罐的声发射在线检测技术与研究进展 [J].压力容器, 2005, 22 (3): 33-35.
- [3]LACKNER G, TSCHELIESNIG P. Acoustic Emission Testing on Flat Bottomed Storage Tanks: How to Condense Acquired Data to a Reliable Statement Regarding Floor Condition, 25th European Conference on Acoustic Emission Testing,

Prague, Czech Republic, 2002.

[4]张涛.储罐声发射罐底腐蚀检测数据采集环节的若干问题研究 [D].天津: 天津大学, 2010.

[5]Li Z W, YUYAMA, SHIGENORI. Investigation on AE signal/noise processing in corrosion damage evaluation of tank bottom, J. of AcousticEmission,2005,23:233.

[6]Cole P T, Gautrey S N, Development History of the Tankpactm AE Tank Floor Corrosion Test, Journal of NDT, 2002, 7 (9) .

[7]JB/T 10764—2007 无损检测——常压金属储罐声发射检测及评价方法.

[8]李伟, 方江涛, 秦洋, 等.低碳钢点蚀过程声发射监测实验 [J].大庆石油学院学报, 2007, 31 (4): 59-62.

[9]刘冰.雷达液位计的测量原理与应用 [J].广州化工, 2012, 40 (21): 125-127.