

油罐声发射检测信号数据库研究及应用

陈 涛^{1†} 刘丽川¹ 方卫红¹ 巨平勇² 杨金林¹ 何 旺¹

(1 后勤工程学院 重庆 401311)
(2 73539 部队 四川夹江 614100)

摘要 分析了油罐声发射检测技术特点和弱点, 基于对检测影响因素的分析研究提出了油罐声发射信号特征数据库系统。采用盐水腐蚀真实罐底板, 模拟油罐腐蚀。以 Matlab 软件为基础, 提取全波形文件中被识别为腐蚀类别的特定帧信号, 选取合适的自适应阈值电压得到信号特征参数, 将全波形信号和信号特征参数入库。根据数据库特征参数训练支持向量机分类器, 应用到实际油罐检测中并与开罐检测结果作对比, 达到预期油罐分类效果。

关键词 数据库, 油罐, 声发射, 矩阵实验室

中图分类号: TE82, O4

文献标识码: B

文章编号: 1000-310X(2013)02-0152-08

Research and application of acoustic emission monitoring signal database system for oil tank

CHEN Tao¹ LIU Lichuan¹ FANG Weihong¹ JU Pingyong² YANG Jinlin¹ HE Wang¹

(1 Logistical Engineering University, Chongqing 401311, China)
(2 NO.73539 Army Force, Jiajiang 614100, China)

Abstract Characteristics and weaknesses of acoustic emission monitoring are discussed in the paper. Acoustic emission monitoring signal database system of Oil Tank is put forward based on the analysis and research of effect on monitoring. Extract the identified as corrosion specific frame signals from full waveform files based on Matlab software by using the saltwater rust the true tank bottom. While the limen is confirmed the corresponding parameters are caught, those parameters and full waveform files are stored in DB system. Parameters from DB system are trained Support Vector math machine which is used evaluating oil tank. By Comparison with tank bottom testing, DB system achieve the desired classification results.

Key words Database, Oil tank, Acoustic emission monitoring, Matlab

1 引言

油库油罐本身作为一种特种设备, 其存储介质的易燃易爆和毒性, 使得油罐检测规程要求非常严格。传统的开罐检测需腾空油料, 清洗油罐, 又与

油库储油任务冲突, 所以有着在线检测功能的声发射检测技术成为油罐检测研究热点。

声发射是一种来自于材料内部由于突然释放应变能而形成的弹性应力波, 流动声源和腐蚀声源均可视为一种广义声发射波^[1]。声发射检测技术通

2012-06-14 收稿; 2013-01-28 定稿

作者简介: 陈涛 (1988-), 男, 四川绵阳人, 硕士研究生, 研究方向: 油库设备设施新技术。

刘丽川 (1960-), 女, 教授, 博士生导师。方卫红 (1972-), 男, 副教授。

巨平勇 (1964-), 男, 工程师。杨金林 (1977-), 男, 博士研究生。何旺 (1984-), 男, 博士研究生。

[†] 通讯作者: 陈涛, E-mail: 279261889@qq.com

过分析研究采集到的声发射波对设备状态做出评估预测。2003 年有学者对油罐底板声发射检测做了相关实验,取得了比较好的实验效果^[2],之后大量学者对声发射检测作了研究,在分类特定频率范围内的声信号能力上有了提高。

声发射检测技术与其他领域的发展共同攀升是必然趋势。从油罐声发射检测现场实验可知,油罐状态从声信号反映的特征很复杂,声发射检测所得 AE 信号幅度动态范围宽,频率范围广,产生地方多,而且采集所得声发射信号量很大。现场油罐底板检测相对于实验室的检测背景情况复杂,干扰因素较多,应力波在罐底板材,储存介质和焊缝中的传播速度不一样,现场检测中应力波的传播路径不确定而导致声速的不确定问题;现场检测同一事件声信号到达不同传感器的时间和强度不一样造成的时差混乱问题;现场检测环境噪声排除等,这些因素都会造成分析结果的不确定性。

目前声发射检测存在的瓶颈是如何获得典型信号并找出其特征规律;如何将具备典型信号特征的实际声发射信号从海量背景信号中提取出来;如何将实验室的成果运用到现场声发射检测并提高检测结果的可靠性;声波模式研究及声源定位的准确性和特定模式声信号的识别能力等。

油罐声发射检测需要基础科学的研究作为支撑,目前,缺少可靠方法对比和改进大量前期的油罐声发射检测信号的分析研究工作如小波分析、小波包分析和神经网络训练方法。各国对于声发射检测技术的科学经验和科学数据都有积累,早在 1999 年日本对于油罐底采用声发射检测技术后就建立了相应的数据库^[3]。我国油罐声发射领域数据库尚不完善,甚至缺乏完整统一的数据库。

数据库技术几乎已经用于各个行业^[4],为大量信息的管理和分析带来了极大的方便,油罐声发射信号数据库的建立让海量的声信号存储、管理、提取和分析变得方便;还可以将影响信号的各种因素和声信号系统联系起来;根据各影响因素拟定合理的计算方法对数据库中的存储信号进行分析研究,对油罐做出合理的状态评估。数据量繁杂,数据来源多,数据格式差异大,缺乏较为统一的标准,将会造成数据库系统的开发移植性差^[5],构建符合实际动态声发射检测基础数据库成为了声发射检测技术的重要任务。为此笔者拟基于如何获得典型

信号并找出其特征规律这一问题,设计声发射模拟试验,分析研究建立油罐声发射信号特征数据库系统。

2 声发射实验设计

液体燃料在存储过程中直接与储罐接触造成金属材料、涂料、橡胶的腐蚀、烧蚀或溶胀等破坏,称为液体燃料对储罐腐蚀。按照腐蚀作用的机理,腐蚀可分为化学腐蚀及电化学腐蚀两类。化学腐蚀是指金属与介质(如干燥空气中的氧、无水石油产品中的硫等)通过直接化学作用而产生的腐蚀,例如铁在高温下的腐蚀,贮油容器受含硫石油产品的腐蚀等。化学腐蚀服从于多相反应纯化学动力学的基本规律,在腐蚀时没有电流产生。电化学腐蚀是指金属在有电解质(如水)存在条件下或与其他物质接触中引起电位差而产生的腐蚀现象,例如管道在潮湿空气中生锈、发动机排气系统在有水分凝结时的腐蚀等。电化学腐蚀服从电化学动力学规律,在腐蚀时常有电流产生^[6]。

储油罐中罐底板上表面一般都做有防腐层处理,随着时间的推移防腐层破损,上表面会与罐底水和罐底杂质接触,罐底水为电解液,因此上表面绝大多数为电化学腐蚀;底板直接与罐基础接触,腐蚀情况复杂,电解腐蚀,土壤腐蚀等情况均可能发生,但绝大多数底板下表面腐蚀也是电化学腐蚀。因此,用电解液腐蚀模拟油罐底板腐蚀,采集到的声信号为油罐底板腐蚀模拟信号。图 1 为腐蚀试验装置,图 2 为不同采集模式的探头布置图。

3 试验结果分析

3.1 试验定位原理

声发射检测技术原理如图 3 所示。

如图所示油罐底板产生的缺陷信号在很小的时差(由声源和探头的距离差和应力波波速决定)内被不同探头接收到,可以根据传感器接收到的时间差对信号源进行定位。

3.2 实验结果定位

将采集到的信号导入基于 Matlab 编写的 Guide 中,如图 4。

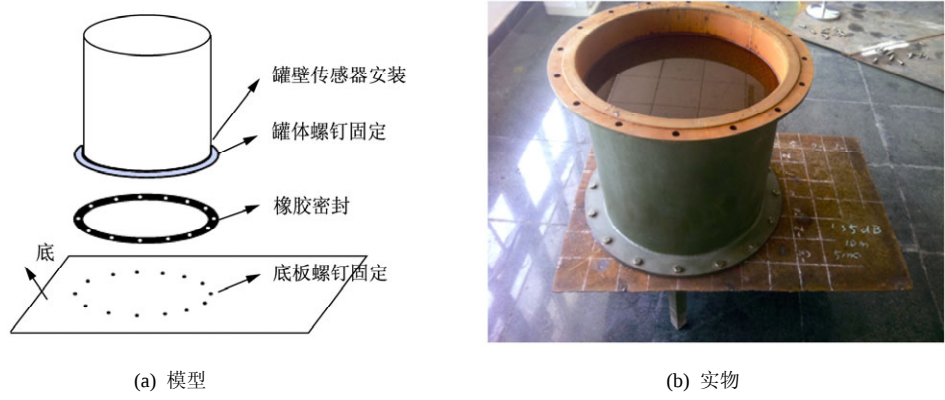


图1 盐水腐蚀实验装置

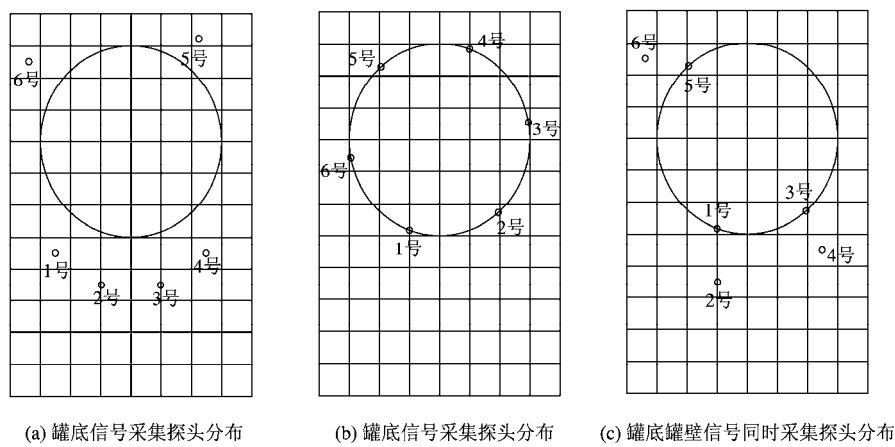


图2 盐水腐蚀试验探头布置图

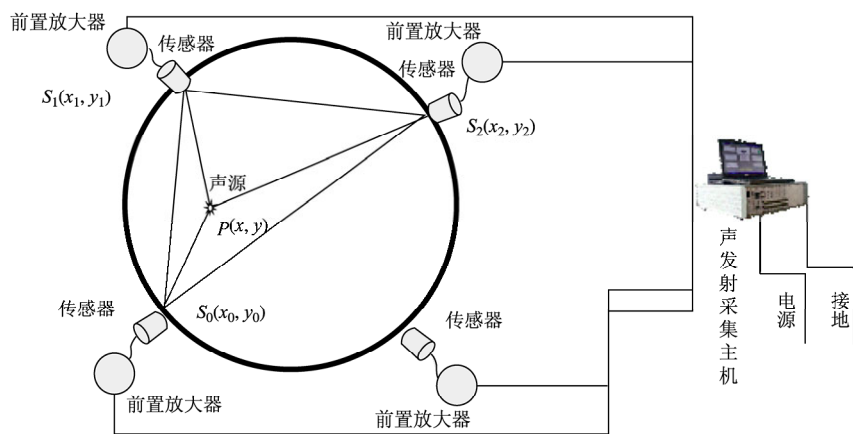


图3 声发射检测技术原理图

设定好探头布置位置，结合定位算法对信号试验采集得到的信号进行定位，如图4右边部分所示为一腐蚀声源的定位结果。对部分盐水腐蚀实验的定位效果如图5所示。

如图所示能够定位且定位结果在罐内的信号为实验所得腐蚀信号，其相关联的数帧数据反应图中的波源信号为该全波形文件的104到109帧信号。将其存入数据库中。

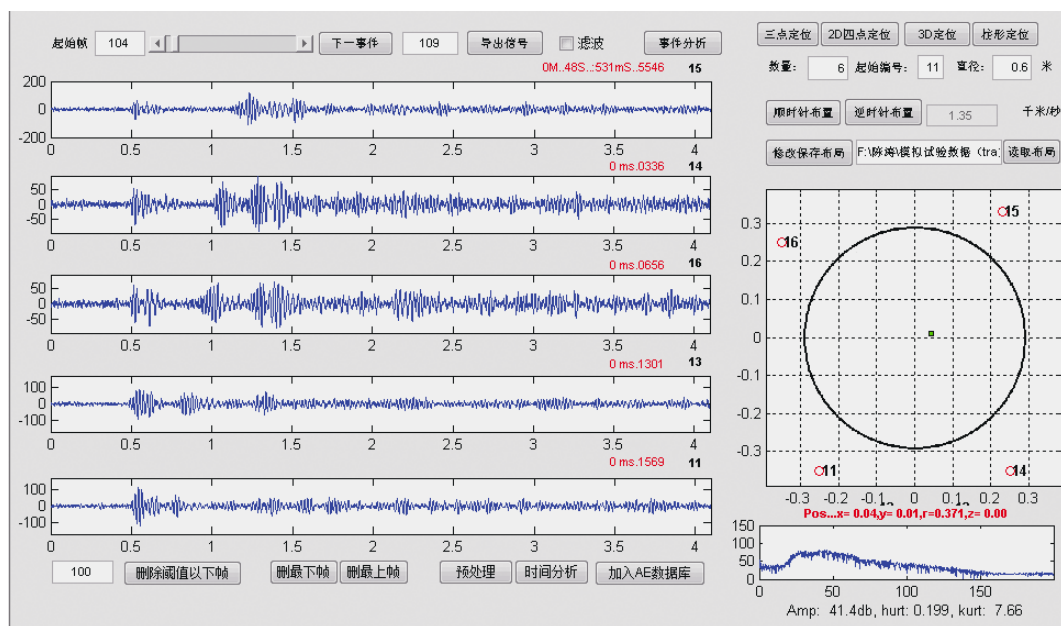


图 4 Matlab 全波形信号分析界面

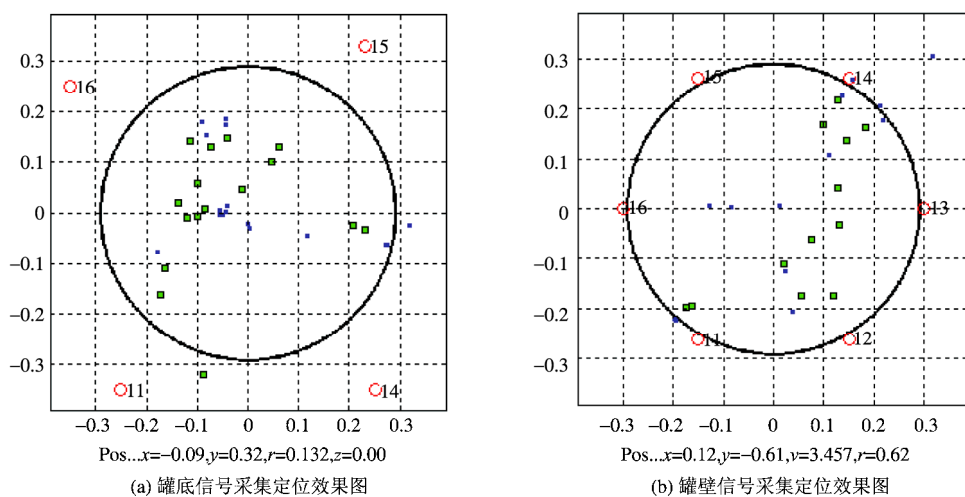


图 5 部分盐水腐蚀模拟试验定位图

4 声发射信号数据库

4.1 声信号特征参数

如图 6 所示, 声信号阈值电压的选择影响信号特征参数值, 依据聚类思想选取自适应阈值电压值^[7], 如图 7。

4.2 数据库设计

根据不同的全波形信号选取合理的阈值电压后, 得到其特征参数: 阈值电压、幅值、事件上升时间、事件持续时间、事件撞击数、事件能量表达式 1、事件能量表达式 2、事件 Skewness 指数、事件 Kurtosis 指数。这样数据库中就存储了全波形信

号及其信号特征参数。

图 4 中所示波源信号相关联的 6 帧全波形信号在数据库中如图 8 所示。

5 数据库应用

5.1 同类信号数学分类模型

同类型数据有相同的数学规律, 根据所得同类型数据特征参数, 训练支持向量机^[8]数学模型。采用数据库自身样本为训练集和测试集, 试验选取最优分类特征为阈值电压、幅值、事件能量表达式 2 和事件 Kurtosis 指数。

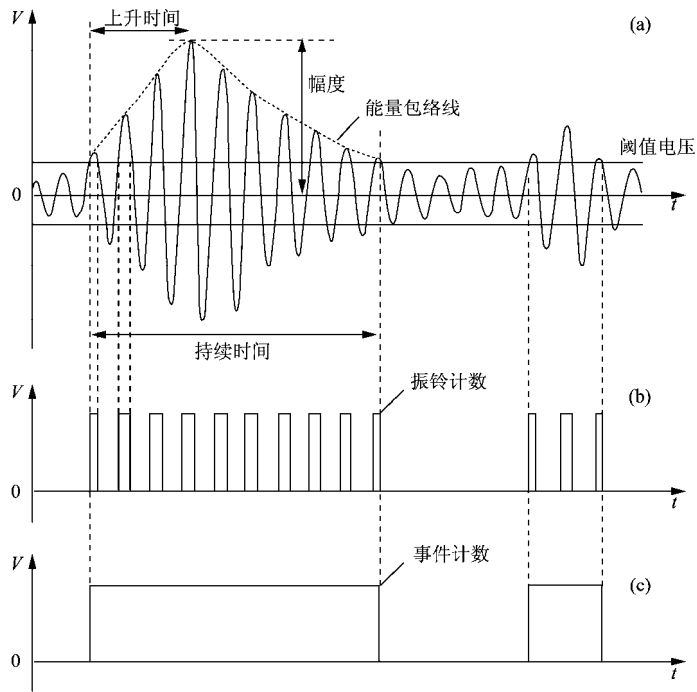


图 6 声信号特征参数示意图

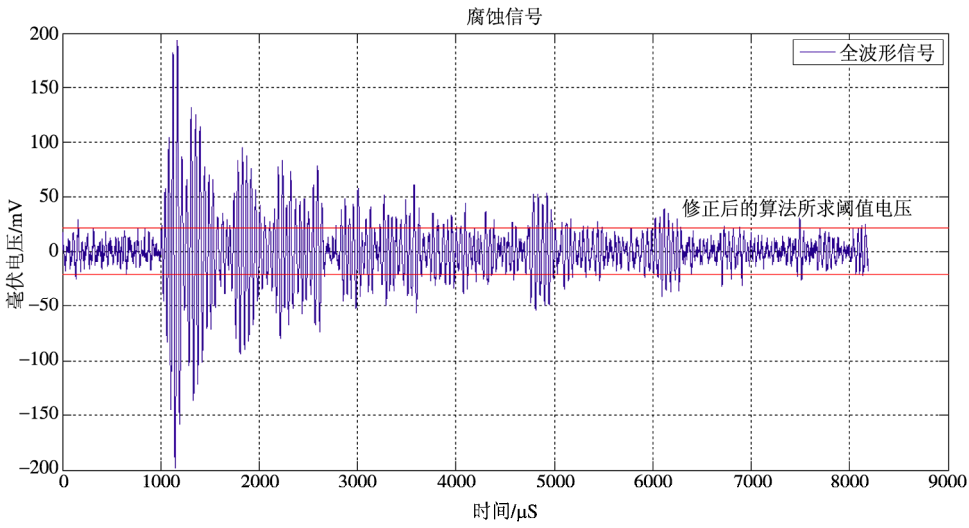


图 7 自适应阈值电压示意图

5.2 现场分类应用

(1) 试验对象，如表 1 所示。

(2) 声信号定位分析

对全波形文件中各帧信号计算阈值电压，提取最优分类特征参数，利用支持向量机训练的数学分类模型识别、分类现场检测全波形信号中的腐蚀信号，并对识别出的信号进行定位，定位结

果如图 9。

(3) 开罐检测对比

利用漏磁扫查和超声复验的方法进行检测。使用便携式漏磁检测仪对油罐底板进行扫查，检测缺陷的位置，以超声波测厚仪进行缺陷程度复核。

开罐检测油罐底板缺陷分布图如图 10。

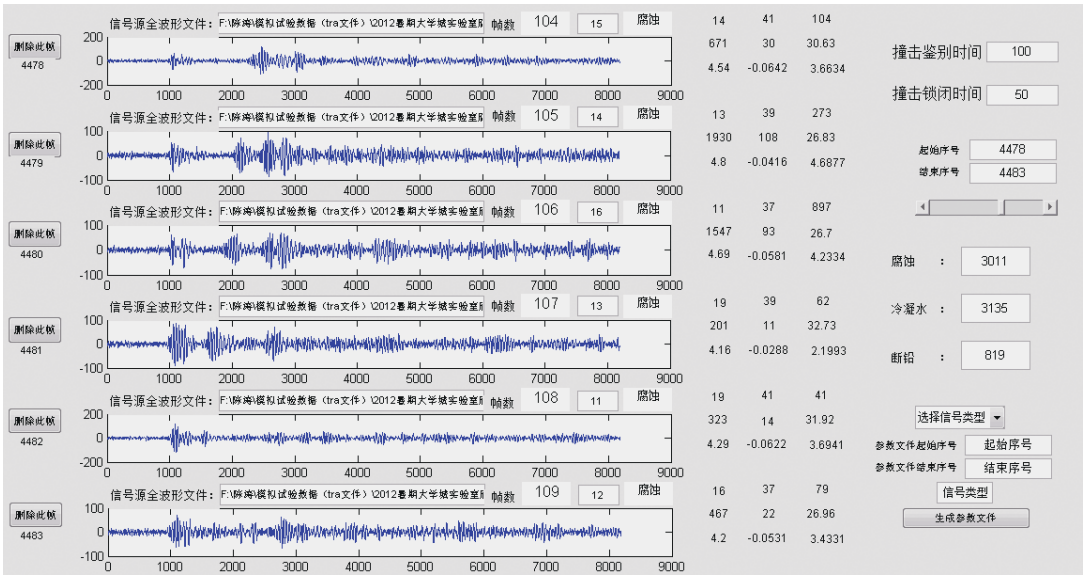


图 8 数据库 GUI 界面

表 1 被检油罐基本情况

油库	油罐类型	罐号	盛装介质	直径 (m)	静压检测时的液位 (mm)
北方某库	覆土罐	1	93#汽油	18.5	3763
		2	90#汽油	18.5	303
		3	93#汽油	18.5	1055
		4	90#汽油	18.5	771

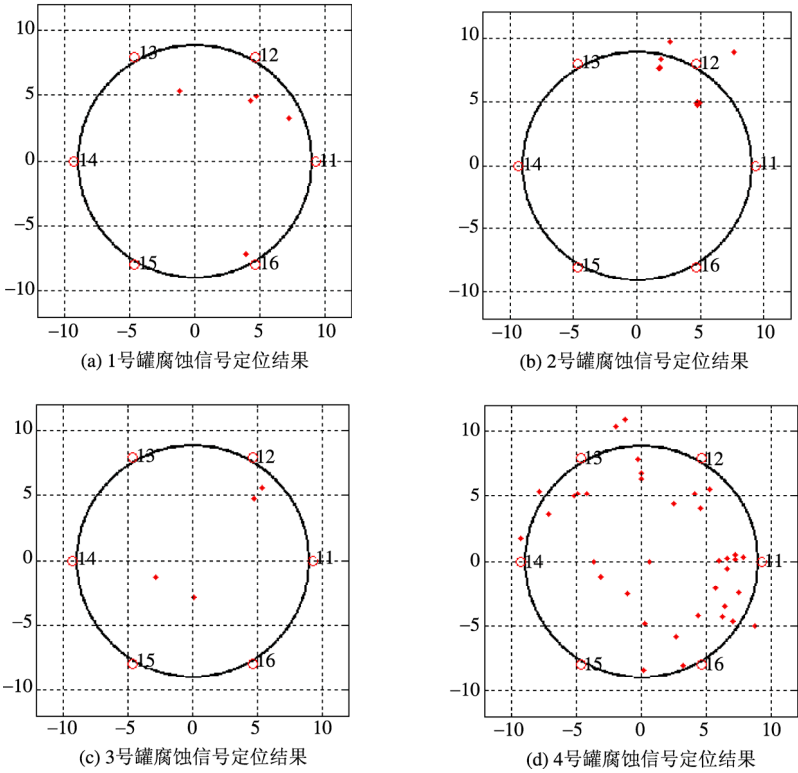


图 9 试验油库罐底腐蚀信号定位效果图

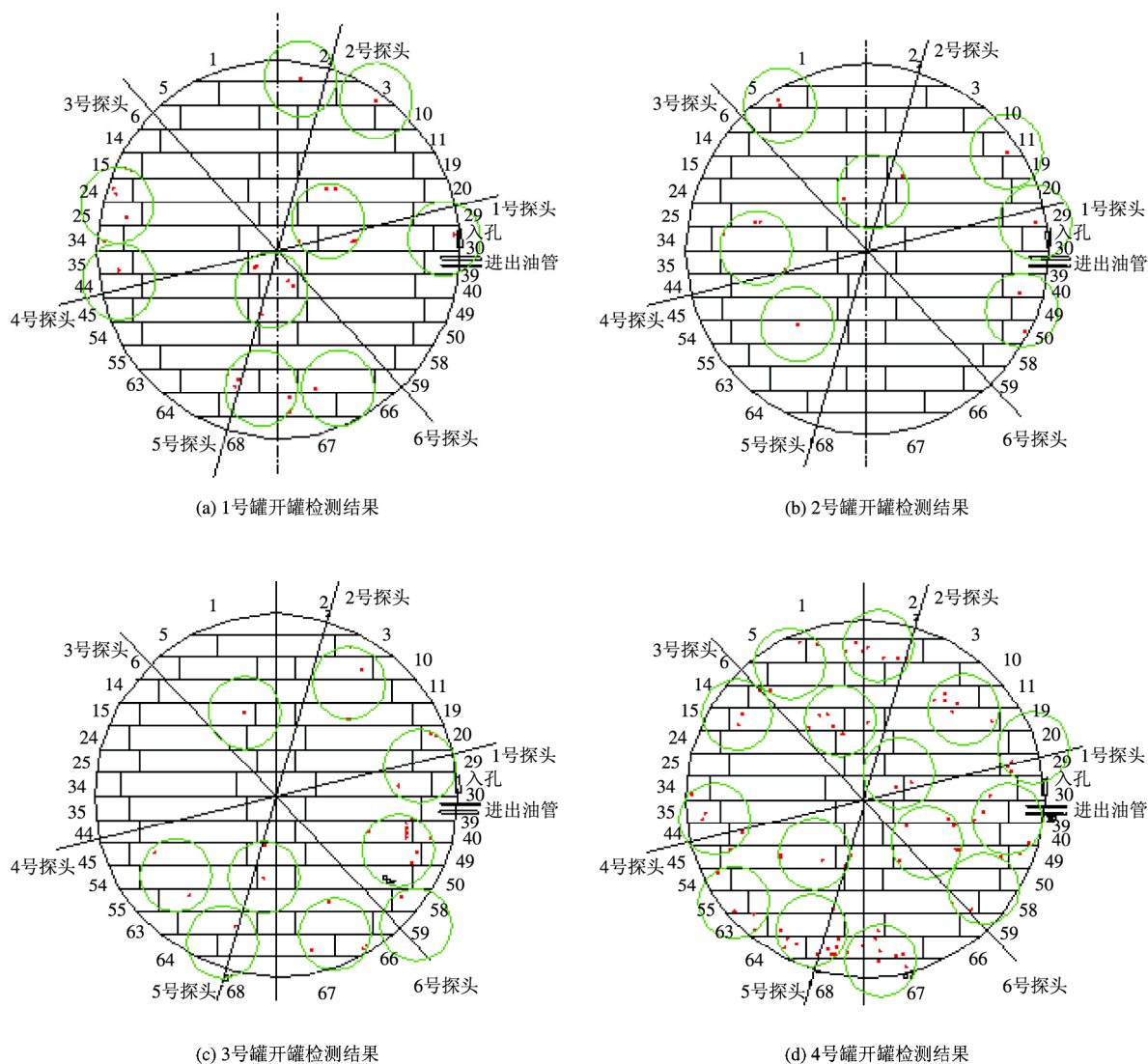


图 10 开罐检测结果图

可以看出, 腐蚀信号提取定位的结果与开罐检测油罐底板情况等级基本一致。依托油罐声发射检测信号特征数据库的腐蚀信号的特征提取定位能够对油罐等级评价提供评判依据, 对油罐的开罐检测具备一定的积极的作用。

6 结论

本文对声音全波形文件的数据库存储做了数据库设计, 为了保持信号的完整性, 全波形文件的数据库导入是有必要的, 这将是信号研究的基石; 就油罐检测而言, 信号特征的分析 and 提取是重点和难点, 判定油罐状态应依据信号的分类和同类信号

特征分析和提取。

在实际检测背景下受其他噪声的影响, 使得到的现场数据其特征很复杂。油罐声发射检测信号特征数据库的建立使得海量信号的分类分析, 信号的特征研究清晰化, 缺陷信号特征的判别标准和方法起了补充和改进作用。在油罐声发射检测技术方面有一定的积极意义。

参考文献

- [1] 从蕊, 戴光, 张颖, 李伟. 立式油罐底板腐蚀的声发射在线检测技术及应用[J]. 化工机械, 2008, 35(1): 43-45.
- [2] 刘富君, 郑津洋, 戴光. 立式储罐罐底腐蚀状态声发射检测的实验研究[J]. 压力容器, 2003, 20(1): 12-15, 23.
- [3] 燕林. 用于油罐底板腐蚀探伤的 AE 法的规范化[J]. 石油化工与防

- 护, 2005, 22: 64.
- [4] 张俊玲. 数据库原理与应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [5] 刘馨蕊, 马洪滨, 赵鸿迪. 金属矿山生产信息管理系统数据库建设[J]. 金属矿山, 2009, 11: 566-570, 596.
- [6] 刘治中. 液体燃料的性质及应用[M]. 北京: 中国石化出版社, 2000.
- [7] 陈家川. 基于声发射技术的储罐地板安全评价方法研究[D]. 重庆: 后勤工程学院, 2012.
- [8] 张学工. 关于统计学习理论与支持向量机[J]. 自动化学报, 2000, 26(1): 32-42.

《噪声控制工程学》简介

由方丹群、张斌、孙家麒、卢伟健等编著的《噪声控制工程学》一书即将在科学出版社出版, 全书包括一个绪论和十六章, 三个附录, 总共 150 万字, 是本学科领域的一部巨著。该书不仅是作者近 50 年来科研成果的结晶, 也是近半个世纪国内外噪声控制工程学的概括总结。它的出版, 必将对噪声控制工程学的学科建设和我国的噪声控制事业环境保护事业起到重要的推动作用。

该书在绪论中叙述了噪声控制工程学的诞生和发展, 给出噪声控制工程学的发展史以及学科发展现状和展望。第一章系统讲述了噪声控制的基础理论——振动与声波; 第二章全面介绍了人的听觉生理与噪声评价; 第三章根据作者的调查和研究资料结合国内外状况分别介绍了噪声与振动的生理效应与危害, 用大量事实证明, 噪声振动伤害已成定论; 第四章介绍了当代噪声与振动测量系统及相关的测量技术; 第五章详细的叙述了噪声源的分类和特点, 为从声源控制噪声提供理论依据; 第六章介绍了噪声控制的原则与常规控制技术的一般方法, 并包括声景观的介绍; 第七章集中介绍了噪声源识别技术与原理, 其中有些是当前最新发展并正在成为“热门”的技术, 以及正在完善中的技术; 第八章介绍了噪声预测与评价技术, 特别讨论了城市噪声地图的原理和技术, 以及世界多国和中国噪声地图的成果和状况; 第九章是在第五章的基础上从产品结构优化, 材料选型, 新的设

计理念等方面叙述声源降噪技术与方法; 第十章介绍了吸声的理论和计算方法, 以及各种吸声材料和吸声结构, 特别介绍了微穿孔板吸声结构的理论和应用; 第十一章介绍了隔声原理, 方法和计算, 给出了各种隔声材料和构件; 第十二章介绍了各种消声器的原理, 结构, 理论计算和设计方法, 并给出应用范例。特别以大量篇幅介绍了微穿孔板消声器和小孔喷注消声器的理论, 实验和在诸多方面的应用实例; 第十三章介绍了振动控制的一般原理和常规技术, 其中主要讨论介绍隔振技术; 第十四章讨论了为保障在特殊环境下的个体或群体应采用的听力保护技术; 第十五章介绍了有关噪声测量、控制和管理方面的国家规范、标准及方法; 第十六章介绍了国内有代表性的 20 个噪声和振动控制工程实例。

《噪声控制工程学》一书建立了噪声控制工程学学科理论, 给出了噪声发生、传播、评价、测量、生理心理病理效应、标准规范以及各类噪声控制工程技术方法, 以及噪声源识别, 噪声源控制, 噪声控制工程化、产业化的具体内容, 完成了噪声控制工程学学科体系的建立。本书具有较高的科学性、综合性、新颖性、权威性, 是将“噪声控制”发展到“噪声控制工程学”的一部完整、系统的著作, 同时也是一本非常实用的工具书。

(中国科学院声学研究所 程明昆)