

# 输气管道泄漏连续声发射信号的定位技术研究

周杨飞\*

(广州特种承压设备检测研究院, 广东 广州 510663)

**摘要:**对输气管道因泄漏产生的声发射信号进行分析,采用低频传感器进行泄漏声发射试验,分别采用断铅方法和阀门开启方法来模拟常规信号和管道泄漏信号,根据声发射结果得到定位图、波形图和频谱图,确认采用声发射装置可以较精确地定位到轻微的管道泄漏点,明确了工程上利用声发射检测管道泄漏的可行性。

**关键词:**输气管道;泄漏;声发射;定位

**中图分类号:**TB52

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-4320(2018)09-0184-04

**DOI:**10.16606/j.cnki.issn 0253-4320.2018.09.041

## Location technology for continuous acoustic emission source of gas pipeline leakage

ZHOU Yang-fei\*

(Guangzhou Special Pressure Equipment Inspection and Research Institute, Guangzhou 510663, China)

**Abstract:** In this paper, the acoustic emission signals generated by gas pipeline leakage are analyzed. Low-frequency sensor is used to perform test for leak acoustic emission, the broken pencil method and open valve method are separately used to simulate the normal signal and the pipeline leakage signal, and location drawing, waveform chart and spectrogram are obtained according to acoustic emission results. It is confirmed that the use of acoustic emission devices can help to locate accurately a slight pipeline leak point, which verifies the feasibility of utilizing acoustic emission to detect pipeline leak.

**Key words:** gas pipeline; leakage; acoustic emission; location

长期以来,压力管道在使用和监管环节存在着法律法规不完善、多头管理和监管不到位等问题,使得压力管道的历史遗留问题 and 安全隐患较多。由于管道老化、不可避免的腐蚀及自然或人为损坏等因素,极易造成管道泄漏事故。然而,传统无损检测方法很难对输气管道进行精确泄漏定位检测,目前国内输气管道检测的技术较为落后,没有能够快速判定输气管道泄漏部位的技术和方法。

### 1 压力管道泄漏检测的研究现状

传统压力管道泄漏检测的对象均为管道中的介质,根据介质的特性,分析泄漏的大概位置。但由于压力管道的特殊性,管道发生泄漏后,管道内的介质一般并不会沿着垂直方向上升到地面,而是从地质较疏松的位置冒出来,因此上述的检测方法无法准确定位管道泄漏点。因此,目前国内压力管道检测的技术较为落后,没有能够快速判定输气管道泄漏部位的技术和方法,一旦管道发生泄漏,往往需采用

大规模开挖等方法来进行定位检漏,浪费大量的人力、物力和时间来寻找泄漏破损点。

对于管道泄漏的检测和定位,声发射检测手段是新兴的检测技术,目前,国内外很多的专家学者都进行了类似的研究,如张虹<sup>[1]</sup>进行了管道腐蚀及泄漏的声发射检测技术研究;潘碧霞<sup>[2]</sup>进行了管道泄漏的声发射检测与定位技术研究;沈功田等<sup>[3]</sup>进行了基于声波的管道泄漏点定位检测仪的开发;Majid等<sup>[4]</sup>进行输液管道泄漏检测研究;潘碧霞等<sup>[5]</sup>进行了管道泄漏声发射信号的传播特性研究;焦阳等<sup>[6]</sup>进行了泄漏声发射传感器的标定研究;焦敬品等<sup>[7]</sup>进行了管道声发射泄漏检测技术研究进展的探讨;谭兴强<sup>[8]</sup>进行了管道泄漏声发射检测系统的研究;兰川<sup>[9]</sup>进行了管道泄漏声发射内检测装置研究;梁伟等<sup>[10]</sup>进行了声发射检测技术在管道泄漏信号识别中的应用研究;郝永梅等<sup>[11]</sup>进行了压力管道泄漏声发射实验信号识别与分析。

上述研究的内容大多是基于传统的突发型信号

收稿日期:2018-02-06;修回日期:2018-07-06

基金项目:广州市质监局科技项目(2015KJ22)

作者简介:周杨飞(1983-),男,硕士,高级工程师,研究方向为特种设备检验检测及评价,通讯联系人,50321843@qq.com。

在压力管道中的检测为出发点,但是实际上,输气管道中的泄漏声发射信号均为连续型信号,检测的过程和方法与突发型信号相差很大。本项目采用模拟泄漏的声发射信号的方法,对管道泄漏信号进行检测分析,为工程上进行管道泄漏检测提供理论分析。

## 2 试验过程

### 2.1 泄漏声发射设备及参数设置

实验采用美国 PAC 公司的 AEwin 声发射检测系统,如图 1 所示。



图 1 声发射试验设备

### 2.2 试验装置

为了对比泄漏信号和普通的声发射信号的差异,选取一条管道作为试验对象,突变信号采用断铅方式来模拟声发射信号,泄漏信号采用管道阀门开启来模拟泄漏情况,对泄漏点进行采集和定位,试验装置采用我院空压管道系统,管道材质为 304 不锈钢,规格为  $\Phi 57 \times 3$  mm,内部介质为压缩空气,工作压力为 3.00 MPa,管道的结构为 90°弯曲,在距离管道转弯处约 15 cm 处有阀门,可通过打开阀门来模拟不同泄漏量的声发射信号。

### 2.3 试验过程

#### 2.3.1 试验参数设置

##### (1) 传感器位置布置

为了测试泄漏点声信号在输气管道中的衰减规律,因此在管道上共布置 10 个传感器,在泄漏源左右两侧各布置 5 个,每隔 1 m 设置一个传感器,为了能更好地检测到泄漏信号,传感器的频率选用

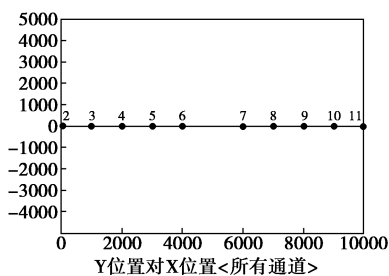


图 2 泄漏声发射检测的传感器位置

31 kHz 的低频传感器,以最左边的传感器为原点,传感器坐标及布置图如图 2 所示。

##### (2) 声发射仪参数设置

将所有的通道数据线连接完成后,进行声发射仪的参数设置,将阈值设置为 60 dB,将前置放大器增益设置为 40 dB,传感器选择 2~11 号通道。

#### 2.3.2 声发射衰减测量

本试验在上述管道上进行,传感器布置如图 2 所示,采用  $\Phi 0.5$  mm,硬度为 HB 的铅笔芯模拟声发射源进行断铅,由传感器接受信号,可以在软件系统上读出各参数衰减结果,通过 5 组传感器的采集,得到各个通道的信号幅值,试验所得衰减曲线如图 3 所示。

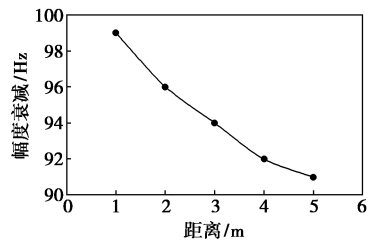


图 3 距离-幅度衰减曲线

#### 2.3.3 断铅方法模拟突发型声发射试验

首先,采用“断铅”方法来模拟突发型声发射信号的采集和定位,在管道上安装 10 个探头,在模拟泄漏源阀门左右各安装 5 个定位方式采用线性的柱面定位,探头的频率采用 31 kHz,每个探头的间距为 1 m,采用“断铅”的方式模拟声发射信号,断铅位置选在阀门泄漏源处,坐标为(5 000,0),在 6 号传感器和 7 号传感器中间。经采集信号后,定位图如图 4 所示。

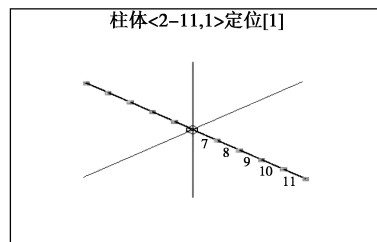


图 4 用“断铅”方法模拟突发型声发射信号的定位图

对该信号点进行分析,得到该定位点坐标为(4 935,0),误差较小,定位精确。根据图 5 和图 6 结果所示,6 号和 7 号传感器接收到的信号波形较为疏松,符合突发型信号特征,而且通过功率谱图可以看出,信号峰值频率在 33 kHz 左右处,也符合采用的传感器频率采集范围。

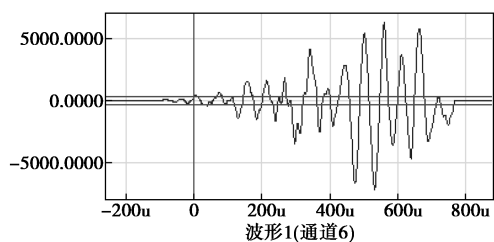


图 5 6 号和 7 号传感器接收信号波形图

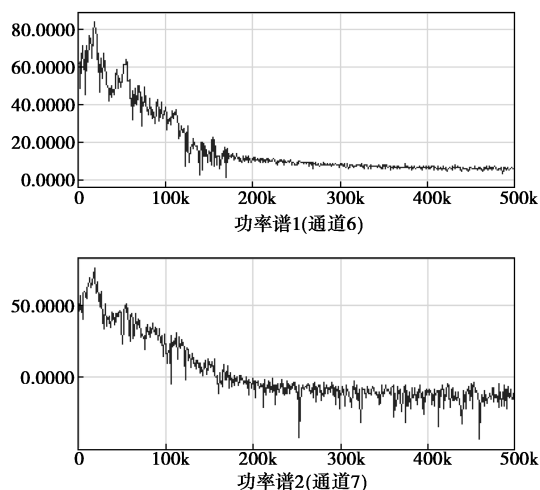


图 6 6 号和 7 号传感器功率谱图

### 2.3.4 用管道阀门开启来模拟泄漏声发射试验

采用管道阀门开启来模拟泄漏情况,对泄漏点进行采集和定位,传感器布置与突发信号一致,泄漏点坐标为(5 000,0),在模拟泄漏信号时,通过阀门开启来控制泄漏量,分别对轻微泄漏和严重泄漏进行信号采集。

#### (1) 模拟轻微泄漏声发射试验

将阀门轻微开启,模拟管道轻微泄漏时,采集到的信号如图 7 所示,定位点坐标为(4 816,0),定位点较准确,说明该方法适用于泄漏定位检测;同时在检测中发现,除了 6#传感器和 7#传感器之间的泄漏孔定位点外,还在 9#传感器和 10#传感器之间,以及 10#传感器和 11#传感器之间出现了伪信号定位点。

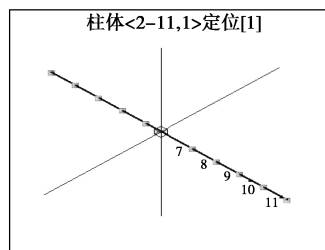


图 7 模拟轻微泄漏声发射信号的定位图

经分析,由于泄漏信号属于连续型声发射信号,

在管道不断的泄漏过程中,会引起管道本体其他部位的振动,该振动的产生对声发射信号源的定位精度有一定的影响,但由于只是轻微泄漏,振动幅度较小,所以影响也较小。同时,由于泄漏过程的振动会导致管道其他部位也产生振动,因此才出现了定位图中的其他 2 个泄漏定位点,经核对,这 2 个定位点为伪泄漏定位点。

对定位点的波形图进行分析,发现管道泄漏信号为连续型声发射信号,其波形图与常规突发型的声发射信号的差异很大,波形较为致密平缓。连续型信号波形图如图 8 和图 9 所示。

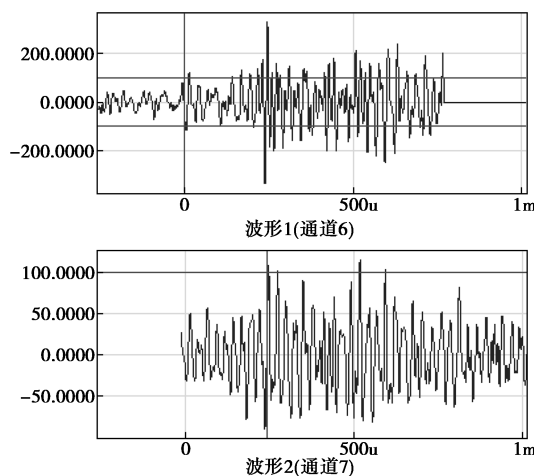


图 8 6 号和 7 号传感器接收信号波形图

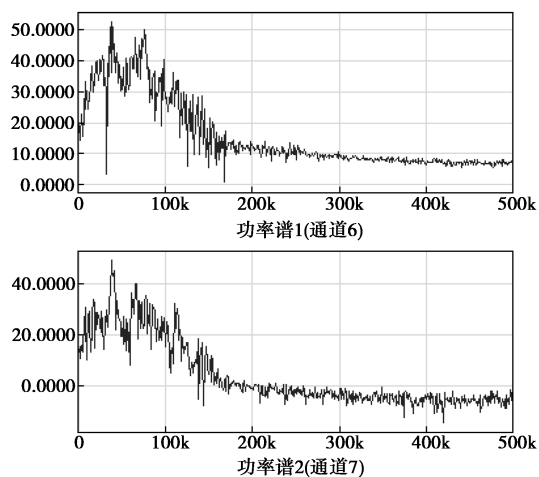


图 9 6 号和 7 号传感器功率谱图

#### (2) 模拟严重泄漏声发射试验

将阀门开启较大,模拟管道严重泄漏时,采集到的信号如图 10~图 12 所示,在 5#传感器和 6#传感器之间、7#传感器和 8#传感器之间、9#传感器和 10#传感器之间、10#传感器和 11#传感器之间均出现了信号定位点,而在实际的泄漏位置 6#传感器和 7#传

传感器之间却未接收到定位信号。

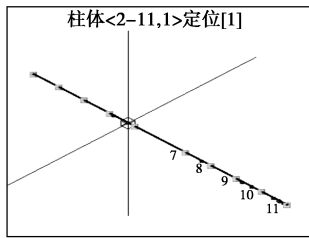


图 10 模拟严重泄漏声发射信号的定位图

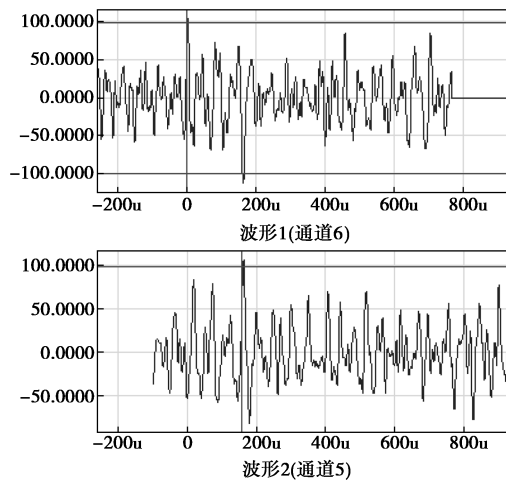


图 11 5号和6号传感器接收信号波形图

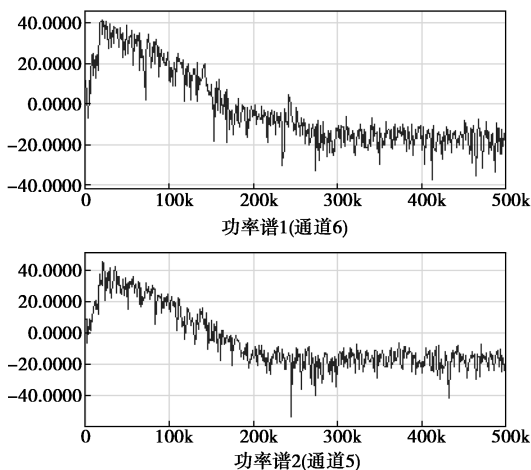


图 12 5号和6号传感器功率谱图

经分析,由于阀门开启较大时,管道系统泄漏严重,导致管道系统多处发生了振动现象,振动源的分布较广,导致泄漏定位点不准,且伪泄漏信号较多的情况,影响真正的泄漏信号源的采集及定位。

### 3 结论

(1)采用柱面定位的方式,能采集到管道模拟

的突发型和连续型声发射信号,且定位准确,说明柱面定位方式适用于管道的声发射检测。

(2)通过“断铅”信号模拟突发型的声发射信号得到距离-幅度衰减曲线,发现采用 31 kHz 等低频率的传感器可有效地增大检测距离,因此在进行管道泄漏检测时,应尽量选用低频率的传感器。

(3)对于存在轻微泄漏的管道,可较精确地定位到泄漏点,且有明显的连续型声发射信号的特征,但由于泄漏产生的振动等原因,也出现了其他的泄漏定位点。

(4)对于存在严重泄漏的管道,由于管道系统多处发生振动现象,振动源的分布较广,因此泄漏定位点不准确,且伪泄漏信号较多。因此,对于严重泄漏的管道,可以将声发射作为管道系统是否存在泄漏的筛查方式,但是不能形成精确定位。

(5)试验结果表明,在工程上,可以通过声发射来定位轻微的管道泄漏;但是,对于严重泄漏的管道,声发射方式仅仅可作为是否存在泄漏的筛查方式。

### 参考文献

- [1] 张虹.管道腐蚀及泄漏的声发射检测技术研究[D].天津:天津大学,2007.
- [2] 潘碧霞.管道泄漏的声发射检测与定位技术研究[D].北京:中国石油大学,2013.
- [3] 沈功田,刘时风,王玮.基于声波的管道泄漏点定位检测仪的开发[J].无损检测,2010,32(1):53-56.
- [4] Majid A, Mehrdad S B. Leak detection in water-filled plastic pipes through the application of tuned [J]. Applied Acoustics, 2010, 7(1):634-639.
- [5] 潘碧霞,徐长航,曹国梁,等.管道泄漏声发射信号的传播特性[J].油气储运,2013,3(10):1141-1145.
- [6] 焦阳,杨庆新,沈功田,等.泄漏声发射传感器的标定研究[J].无损检测,2007,29(3):139-141.
- [7] 焦敬品,何存富,吴斌,等.管道声发射泄漏检测技术研究进展[J].无损检测,2003,25(10):519-523.
- [8] 谭兴强.管道泄漏声发射检测系统的研究[D].重庆:重庆大学,2006.
- [9] 兰川.管道泄漏声发射内检测装置研究[D].西安:西安石油大学,2015.
- [10] 梁伟,张来斌,王朝晖.声发射检测技术在管道泄漏信号识别中的应用[J].科学技术与工程,2007,7(8):1598-1601.
- [11] 郝永梅,王凯全,章昌顺,等.压力管道泄漏声发射实验信号识别与分析[J].江苏工业学院学报,2009,21(1):53-56. ■