

自动化仪表在油气管道泄漏检测中的应用分析

刘 伟 (中石化石油工程设计有限公司, 山东 东营 257000)

摘 要: 油气管道泄漏检测技术是通过对管道运行工况的连续监测来实现管道泄漏快速定位的。目前, 国内外应用广泛、较为成熟的泄漏检测技术主要有: 流量分析法、负压波检测法、声波检测法以及声学振动相结合的方法。本文主要介绍了各种油气管道泄漏检测技术的原理和优缺点, 并针对应用做出了相关阐述。

关键词: 自动化仪表; 油气管道; 泄漏检测

0 引言

油气管道是重要的能源运输通道, 保障油气管道安全运行, 降低油气管道泄漏造成的事故发生率, 对于国家能源安全、经济社会稳定发展都具有重要意义。油气管道泄漏检测是石油和天然气行业的重要技术难题, 当前对于油气管道泄漏检测的技术主要包括基于压力、流量和温度等参数的监测方法和基于声学、光学、红外等方法的检测技术。目前在国内油气管道行业, 基于压力和流量监测技术应用最为广泛, 但是对于泄漏点准确定位仍然是一个难题。尤其是当前随着国内油气管道建设规模不断扩大, 一旦发生泄漏造成的后果往往会非常严重, 所以需要研发出更加快速、准确的泄漏检测方法。

1 泄漏检测技术的应用现状

管道泄漏是管道运输中最常见的安全隐患之一, 管道泄漏造成的危害极大, 不仅会导致环境污染和能源浪费, 还可能引发火灾和爆炸等重大事故。因此, 提高对管道泄漏的检测技术水平是保障油气管道安全、提高油气管道运输效率和降低成本的重要措施。目前国内外关于油气管道泄漏检测技术有多种, 包括基于流量、压力、温度等物理量的传统方法。基于噪声、电磁辐射、声波反射、光反射等物理量的方法。基于声学原理和信号处理技术的方法基于人工智能技术和专家系统技术的方法等。这些方法各有其优点和不足之处, 各种方法在油气管道泄漏检测中也各有应用。

2 流量分析法

2.1 原理

流量分析法是通过对管道内的流体进行取样分析, 采用体积或质量流量来判断流体的流动状态, 进而判断管道是否存在泄漏。在油气管道发生泄漏时, 流体流量会发生变化, 并且这种变化是明显的。因此, 通过测量流体流量的变化可以判断管道是否

发生了泄漏。

2.2 系统配置

系统由流量分析仪、信号采集模块、现场通讯模块组成, 流量分析仪是整个系统的核心, 用于测量流体的流量。通过采集管道沿线的压力、温度、流量等数据, 经数字信号处理后, 进行数据显示、数据存储和数据分析。信号采集模块: 包括压力传感器和温度传感器, 用于采集管道沿线压力、温度等信号。现场通讯模块: 采用 RS485 总线或 TCP/IP 通讯方式与监控计算机进行数据交换。现场通讯模块: 由通讯卡或 PLC 与上位机进行数据交换。监控计算机用于对数据的实时监测和存储, 并通过报表打印功能输出各种报警信息。

2.3 仪表选择

流量分析法的主要技术原理是通过对管道中流体的流量进行测量, 根据流体的实际质量守恒原理, 确定出流体的质量和密度, 再根据所得到的数据, 利用公式进行计算, 从而得出泄漏点的位置和大小。这种方法在实际应用中是比较广泛的, 但是这种方法也存在着一定的缺陷, 由于管道中的流体会产生一定程度的摩擦和振动, 从而影响到仪表测量精度。同时, 在实际应用中, 管道泄漏会导致测量数据出现偏差, 使仪表的可靠性受到影响。

2.4 优缺点

流量分析法具有精度高、应用范围广等优点, 如图 1 所示。它是基于压力与流量之间存在一定的函数关系, 即压力与流量之间存在一定的线性关系。因此, 可以通过计算流体在不同压力和流量下的体积或质量来实现泄漏检测。此外, 通过对流体进行取样分析也可以实现泄漏检测。但在实际应用中, 由于各种因素的影响, 测量结果也会受到一定的干扰。如: 当管道中的流体温度和压力发生变化时, 就会导致流体体积

发生变化,从而影响测量结果。此外,由于泄漏发生在管道的某处,而测量点距离泄漏点较远,这也会导致测量结果出现偏差。

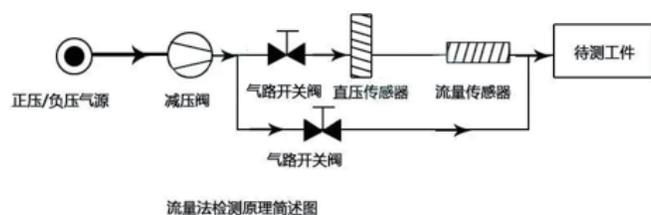


图1 流量分析检测原理

3 负压波检测法

3.1 原理

负压波检测法是目前应用最为广泛的管道泄漏检测方法。其基本原理是,利用管道内压力波动产生的负压波传播速度和方向发生变化,通过对信号进行分析来确定管道泄漏点的位置。如图2所示。负压波检测法主要包括两种方法:基于声音传播理论和基于声波互相关理论。其中,基于声音传播理论的方法是利用信号分析系统采集声音信号,并对采集到的信号进行分析处理,判断管道是否存在泄漏点。基于声波互相关理论的方法是通过检测流体中不同位置处的声波到达时间来判断是否存在泄漏。

3.2 系统配置

系统配置包括了泄漏点、漏气点、压力波动点、距离压力波动点最近的点、压力波动点最近的、泄漏管段长度等。

3.3 仪表选择

油气管道泄漏检测系统由上位机、现场采集设备和执行机构组成,上位机通过采集设备的输入输出接口将采集到的数据传输至现场采集设备,再由现场采集设备将数据进行处理后传输至上位机。在管道正常运行时,管网中各点压力和流量保持恒定;当管道发生泄漏时,管网中的压力会产生波动,从而在管壁上产生负压波,通过仪器仪表对负压波进行实时监测和记录,利用负压波检测原理就可以确定管道泄漏位置。

3.4 优缺点分析

负压波检测法优点:①负压波检测法在管道压力发生波动时,不需要其他设备,仅需采集负压波信号,即可实现泄漏点检测,应用范围广;②负压波检测法对管道压力、流量变化不敏感,能够在较大范围内进行泄漏点的定位;③负压波检测法具有较高的精度,

对小范围泄漏点能够实现精确定位;④负压波检测法对管道内流体温度、压力变化不敏感。

缺点:①管道长度越长、压力越高,检测精度就越低;②受管道管径、管材和外界环境因素的影响较大;③负压波检测法对声音传播速度有要求,如果管道上安装了水击探测器,则要求传播速度低于1.5m/s。在实际应用中,一般根据现场环境选择负压波检测法中的第一种方法。这种方法适合用于距离较近、压力较高的情况下进行泄漏点定位。对于距离较远、压力较低的情况下,则需要使用第二种方法。

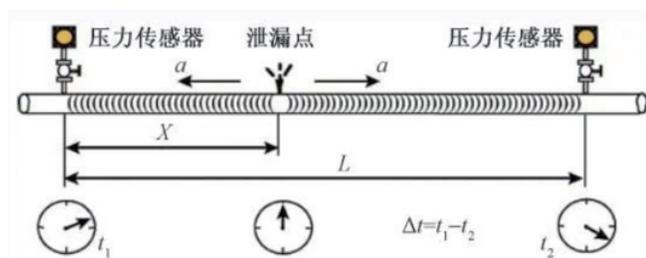


图2 定向负压波检测原理

4 声波检测法

4.1 原理

声波检测法是基于声波的传播特性和油气管道泄漏时产生的压波,通过对管壁进行无损检测,来判断是否有泄漏。该方法是利用声波在介质中传播时,遇到不同介质界面时发生反射、折射或透射等现象,产生声压或振幅的变化。通过接收和记录声波信号并进行处理,即可得到管壁的损伤和缺陷信息。

4.2 系统配置

声波检测法系统配置包括声学检测设备,如检漏仪、高分辨率的声纳和多通道的计算机传输介质,如声音信号的传输和放大设备。数据采集、处理、存储、显示和记录设备。其中,声压检测仪应是在管道外壁安装,检测精度高,灵敏度高,易于使用,安装简单,操作方便,高分辨率声纳是通过接收管道泄漏点发出的声波信号,并转换为电信号进行处理。

4.3 仪表选择

计算机应能显示声压检测仪所采集的声压数据。在油气输送管道上安装高分辨率声纳时,应在管道外壁周围设置传感器,以使声波信号通过时能够被记录下来。超声测距仪的安装应牢固,并保证在任何情况下都能工作。声波检测法的应用有以下几种:一是在油气管道运行初期,主要用于预防泄漏;二是在管道

运行后期,主要用于分析管道的腐蚀情况、判断是否有泄漏以及定位泄漏点位置;三是在油气管道大修时,用于管道缺陷检测。

4.4 优缺点分析

声波检测法具有如下优点:一是该方法可以通过现场试验来验证,不需要对管道进行改造,对现场施工影响小;二是该方法具有很高的灵敏度,其理论灵敏度可达10-2m/s;三是可以与其它检测方法配合使用,如流量分析法、负压波检测法等。声波检测法存在以下缺点:一是不同介质界面会导致声波传播时发生折射或透射现象;二是不同介质界面会导致声波振幅变化存在差异;三是在较低频率下检测信号的信噪比较低,特别是对于噪声和其他干扰源较多的情况;四是声波法对噪声较为敏感。

5 声学振动相结合的方法

5.1 原理

声学振动相结合的方法是目目前管道泄漏检测中应用最广泛的方法。该方法通过声学传感器(如检漏仪)监测管道泄漏过程中的振动,通过振动信号分析,判断是否存在泄漏,则振动信号会发生明显变化。

5.2 系统配置

在管道泄漏检测中,主要有声学检测方法和振动检测方法两种。在这两种方法中,又分为被动检测和主动检测两种。被动检测就是使用管道外壁安装的设备,进行连续的、不间断的实时泄漏声信号采集,并记录到管道泄漏数据库中。通过对这些数据进行分析,判断是否有泄漏发生。被动式泄漏检测系统配置包括采集端、信号采集器、现场总线(RS-485)。主动式泄漏检测就是采用多种仪器仪表,包括声音传感器、压力变送器、开关量输入/输出(I/O)模块等,通过对管道运行状况的监视和报警,从而发现可能存在的泄漏点。声音传感器:通过声波反射原理来进行泄漏声信号采集,并通过声音传感器将这些数据发送到计算机,从而记录并存储在数据库中。压力变送器:将管道的压力信号转换成电信号,再通过计算机传到监控计算机上进行分析、显示、存储和打印。流量变送器:测量并记录流量信号。开关量输入/输出(I/O)模块:将开关量输入信号转换为4~20mA标准信号。

5.3 仪表选择

油气管道中,压力流是流体流动的主要形式,它会产生一系列的物理变化和化学变化。对于油气管道,

由于在其周围有压力流体存在,所以当介质中存在微小的泄漏时,会使气体产生压力变化和振动,这种压力变化和振动可以被检测到。因此,根据这一原理,可以利用泄漏声信号和振动信号的关系进行泄漏检测。当管道中有微小的泄漏时,在管道周围会形成一系列的压力梯度(由管道振动产生),在这一过程中,如果检测到了这种压力梯度,则可以判断为该管道有泄漏发生,当这种压力梯度达到一定程度时,可以通过安装在管道上的检测仪表对泄漏进行定位。

5.4 优缺点分析

在现场实际应用中,该方法可实现对管道泄漏位置的快速定位和准确判断。虽然上述几种方法各有优劣,但基于声学检测原理的管道泄漏检测技术是目前最常用的一种。其优点在于:①可以实现对管道不同位置的快速定位;②可以对泄漏点进行精确定位;③可以实现对泄漏点的准确判断。

现场使用过程中需要注意以下几个问题:①声学传感器的安装位置应尽量远离阀门、法兰等容易产生振动的地方,以避免产生干扰;②尽可能避免传感器和被测介质直接接触,以避免其受腐蚀或磨损;③当声学传感器与被测介质紧密接触时,应注意采取有效的防腐措施。

6 总结

在当前复杂多变的管道环境中,油气管道安全运行面临着巨大挑战,而管道泄漏检测技术能够及时准确地对油气管道泄漏情况进行分析,进而实现对管道泄漏情况的实时监测,因此确保油气管道安全运行的关键手段。随着自动化技术的发展,自动化仪表在油气管道泄漏检测中的应用日益广泛,为实现管道安全运行提供了保障。自动化仪表通过对油气管道压力、流量和温度等参数的测量,可以快速准确地确定管道的泄漏情况,并进行报警。另外,自动化仪表还能够在管网泄漏初期就进行及时定位和预警,从而降低事故损失和安全风险。

参考文献:

- [1] 王风云. 自动化仪表中的计量检测技术分析[J]. 集成电路应用, 2023,40(09):57-59.
- [2] 郭颖. 基于数据驱动的管道泄漏检测与定位技术研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2021.
- [3] 闫龙, 赵江会. 自动化仪表在油气管道泄漏检测中的实践[J]. 化工管理, 2020(07):95+97.