

浅谈输气管道超声导波检测技术

刘 超

(江西省检验检测认证总院特种设备检验检测研究院萍乡检测分院, 江西 萍乡 337000)

摘要: 输油输气管道是新时代我国实现远距离资源运输的重要方式, 为我国各地区的油气使用效率提供保障。超声导波检测技术是目前常用的输气管道检测方式之一, 具有检测质量高、成本低、应用性强等优点, 因而被广泛使用。针对超声导波检测技术在输气管道检测工作中的应用难点和解决措施, 需要相关人员加以重视和研究。为输气管道安全性和稳定性提供更好的保障。

关键词: 输气管道; 超声导波; 无损检测; 天然气

输气管道是运输天然气的主要途径, 由于天然气具有一定危险性, 因此如果输气管道存在质量问题, 如管道壁腐蚀、损坏、穿孔等就会导致天然气大面积泄露从而引发安全隐患和环境污染问题。针对输气管道进行质量和气密性检测是保障管道使用质量的关键。超声导波检测技术具有较好的检测质量, 同时使用超声导波检测技术对于输气管道不会造成损伤, 因此超声导波检测技术也成为行业常用的检测方式。

1 输气管道内检测技术

1.1 原理

常见输气管道检测技术分为内检测技术和外检测技术两种, 外检测是指对埋地管道的指定部位进行开挖, 对外表防腐层和输气管道外表存在的损伤进行检测。而内检测技术是指对输气管道内部进行检测, 根据输气管道实际情况分析出管道材料的实际使用寿命、状态和强度等。由于天然气通过管道内部运输, 因此在运输过程中会对管道内部造成腐蚀, 因而针对输气管道内部的检测具有更好的应用价值。输气管道内部常见缺陷主要包括裂纹、腐蚀和几何形状异常三种, 而内部检测能够有效探明各个部位的实际情况, 从而判定是否产生缺陷和损伤。因此针对输气管道而言, 开展有效的内部检测是确保输气管道质量和使用安全稳定性的关键保障^[1]。

目前我国市场环境中针对输气管道无损检测常用的检测技术包括超声导波检测技术、射线检测技术、涡流检测技术、热成像显示检测技术和漏磁检测技术等多种, 而常见输气管道的长度往往较长, 传统逐点扫描检测的效率低, 而超声导波检测技术的原理是利用介质自身导波特性来传播声波, 采用机械应力导波向管道结构内部进行传播, 根据管道横截面变化情况反射不同反射波, 通过传感器接收后加以分析就能

够探明具体出现横截面变化情况的部位。同时还能够通过反射波计算出横截面的具体变化幅度。超声导波具有传播距离长、随传播衰减小等特点, 因而超声导波检测技术也被广泛应用于检测和扫查长距离管道结构, 成为目前长距离输气管道常用的检测技术。传统超声波检测技术只能对单一检测点进行检测, 而超声导波检测技术在被检测物体表面选取固定点, 由固定点向管道内部和外部同时发射声波导波信号进行检测, 因此超声导波检测技术与传统超声波检测技术相比, 具有更好的时效性和检测质量^[2]。

1.2 操作方法

采用超声导波检测技术前需要操作人员准备检测所需各项设备仪器, 包括超声导波检测仪器、传感器装置、接收器等, 根据具体情况选择适合探头型号, 常见超声导波接收方式有压电式、电磁式和脉冲激光式3种, 根据实际情况选择即可。确定所有设备仪器后, 统一对设备仪器进行性能调试, 对仪器的水平线性和垂直线性进行测定。将时基线刻度按照需求调节成水平距离、深度或声程等不同参数。开始检测前对输气管道进行清管处理, 确保管道内部没有其他杂质后开始检测。在超声导波检测仪上设定好检测声速和检测距离, 发出导波后观察电脑显示器上的图像情况。在实际检测中需要重复几次检测, 将发射声波强度、声速进行适当调整, 避免出现误差^[3]。

2 超声导波检测技术在输气管道内的应用

2.1 应用难点和解决措施

超声导波检测技术在输气管道中的应用主要包括对管道缺陷、管道损伤、管内气压和安全性等不同方面进行检测, 而由于输气管道的位置特殊、结构复杂, 因此对于超声导波检测技术的应用具有比较高的要求, 同时超声导波检测技术在实际检测应用中也存在

一些难点问题，针对超声导波检测技术应用中常见的难点问题，下文将展开论述并提出解决措施以供参考。

2.1.1 控制探头

探头设备是直接影响检测质量的关键，探头在超声导波检测中主要负责发射和接收超声导波。因而探头的性能直接影响声波导波的特性，影响声波导波的检测性能。我国市场环境中超声导波检测常用的探头种类较多，例如直探头、斜探头、变角探头、轮式探头等，能够应用于不同的检测环境中并起到应有效果。例如直探头主要用于发射和接收纵波，斜探头主要用来发射和接收横波，多用于检测管径在32mm以下、管壁较薄的直管道；变角探头能够发射和接收纵波和横波，同时还能够将发射超声导波聚焦，多用于检测存在夹角的输气管道；声波导波双晶探头具有较强的表面缺陷检测能力，因此多用于检测输气管道的表面缺陷；水浸式探头能够调节探头，从而与检测面形成夹角，利用倾斜超声导波进行检测。因而水浸式探头多应用于自动化检测系统中。在实际检测中，需要工作人员结合实际需求和使用情况选择适合的探头类型加以使用，以确保检测质量和精确度。在实际检测中探头装置容易受到外界干扰，导致实际检测精确度下降，针对此类问题需要检测人员提高对探头精度的重视，将外部干扰因素排查后再进行检测，并在每次检测前对探头各项参数进行调节，以确保检测质量^[4]。

2.1.2 匀速运动检测器

超声导波检测技术能够对运动速度加以精确检测，因而能够实现对输气管道进行有效监控。采用超声导波检测技术能够以输气管道周围4m~7m的距离为标准，检测在该区域内的所有物体运动。一旦当超声导波运动检测器检测到运动时，电路输出端就会及时响应，并自动报警亮起红色LED警报灯，从而指示存在障碍物或入侵者。超声导波检测技术进行匀速运动检测时的原理是利用发射信号与接收信号之间存在的时间差进行分析计算，从而得到检测物体的实际速度。由于物体保持匀速状态，因此根据发射信号与接收信号之间存在的时间差，加上发射声波的声速即可计算出检测对象的实际运动速度。

2.1.3 检测管内气压

超声导波检测技术能够对输气管道内的气压值进行检测，气压是影响输气管道质量和稳定性关键，一旦气压过高就会导致输气管道损坏，而通过超声导波检测技术检测管内气压具有较好的精确度，能够有效降低人力成本和时间成本。通过超声导波检测技术

检测管内气压主要原理是建立压力数学模型，通过超声导波发射声波从而实现精确检测。超声导波检测管内气压的原理是通过声波导波对输气管道内部的回波幅值以及压力值进行检测，检测完成后筛选所测量的回波幅值以及压力值，并通过相应公式计算获得输气管道内部的回波幅值以及压力值。将筛选的回波幅值以及压力值建立回波幅值-压力模型，并根据所建立的模型输入实际的回波幅值，通过模型计算出输气管道的实际压力值。目前我国科技水平发展速度非常快，针对超声导波检测技术的应用也得到高速发展，部分研究人员在利用超声导波检测技术检测输气管道内部气压时，将人工智能技术和BP神经网络进行联合使用，利用BP神经网络建立输气管道的回波幅值-压力模型，并根据实际数据对建立的模型进行误差修正，通过测量管道的回波幅值计算出输气管道的实际压力值。采用超声导波检测技术对输气管道内部气压进行检测，不仅具有较好时效性和检测质量，同时能够在不损伤输气管道的前提下开展检测故障，因此超声导波检测技术也成为目前检测输气管道内部气压常用的模式之一^[5]。

2.1.4 信号数据稳传输

超声导波检测技术在实际应用中往往存在信号数据稳定性不足的情况，而导致超声导波信号不稳定的原因主要包括以下几点：

2.1.4.1 声媒质不均匀

超声导波检测技术通过发射声波导波信号进行检测，而声波导波信号需要通过声媒质进行传播，因此如果在实际使用中，输气管道内部存在声媒质不均匀、管道环境恶劣等情况时，就会导致声波导波信号无法正常发射和传播，进而导致声波导波信号出现不稳定。

2.1.4.2 谐振器故障

谐振器是超声导波检测的核心部件，其稳定性对于声波导波信号的质量有着决定性的影响。谐振器的运行原理是通过产生特定频率的震荡来产生稳定信号，而当谐振器存在故障时，就会导致声波导波信号的发射出现不稳定现象。因此谐振器故障也是超声导波检测技术在实际应用中常见的问题之一。

2.1.4.3 电源质量差

电源自身稳定性是保证声波导波信号发射稳定性的重要因素之一，而当电源质量差或电源本身存在故障现象时，就会导致声波导波信号出现不稳定。

2.1.4.4 发射电极老化

超声导波检测设备的发射电极是声波导波信号的

主要发射源，因此发射电极对于检测信号的影响也比较大。如果当发射电极存在老化、故障等异常现象时，就会导致声波导波信号的发射出现不稳定。

针对上述几类问题，需要相关人员给予针对性处理，以此来提高声波导波信号的发射质量，确保信号数据稳定传输。例如如果输气管道内的声媒介质量存在问题，则可以将声媒介加以更换，或调整声媒质的浓度予以改善。如果谐振器设备出现故障现象时，则需要及时对谐振器故障进行排查，并更换其他谐振器设备进行使用，避免影响检测效率；如果是设备电源端或发射电极出现质量问题，则需要更换电源或调整电源质量、更换新的发射电极加以解决，确保超声导波检测信号的稳定性，以此来提高超声导波检测质量和精确度。

2.2 可行性分析

2.2.1 信息获取更丰富

采用超声导波检测技术能够在实际检测中获取更丰富的信息，从而提高检测质量和精确度。在输气管道的检测工作中，检测灵敏度是检测技术的要求重点，而超声导波检测技术在实际应用中具有非常高的灵敏度，检测截面损失率甚至达到2%，因而对于输气管道中一些细小磨损和形变均能够通过超声导波检测技术进行有效检测。同时利用超声导波检测技术不仅能够对输气管道内的形变和缝隙进行检测，还能够对输气管道内部存在的缺陷进行有效评估。输气管道在实际使用中需要长时间、大量输送天然气体，因而使用强度高，长期受到天然气冲刷、腐蚀等因素的影响，导致输气管道会出现变薄、穿孔、渗漏等缺陷，而一旦出现上述缺陷就会严重损害输气管道的正常使用质量和安全稳定性。而使用超声导波检测技术能够对输气管道内部缺陷进行检测。准确发现输气管道内部存在缺陷，同时还能够提高缺陷检出率，这对于保证输气管道质量及后续维护保养工作的开展均能够起到一定的积极影响。

2.2.2 适用范围更广

超声导波检测技术的适用范围较广，能够满足各类使用情况的不同需求。例如针对输气管道的表面缺陷、内部缺陷、焊缝腐蚀程度、自身强度、磨损情况等均能够通过超声导波检测技术进行检测，同时超声导波检测技术具有无损特性，不会对检测输气管道造成损伤，因而对于各类型输气管道均能够起到有效检测。例如一些埋地管道、位于海平面以下的输气管道，在实际检测中由于输气管道的位置较为特殊，因而检

测开展难度大，采用传统检测技术无法在远距离进行有效检测，而采用超声导波检测技术时能够直接通过发射超声导波进行检测，因而不需要将输气管道挖出，对于此类检测难度较大的输气管道也能够起到较好的检测效果。

2.2.3 无需停机减少成本

采用超声导波检测技术直接通过图像分析起到检测效果，因而整体检测所需时间短、人本低，对于长距离输气管道进行检测时，能够自主调节检测距离和声速，因此不需要经过多次重复检测，能够一次性对较长距离内的输气管道进行检测。同时超声导波检测技术的检测结果具有可视化、定量化特性，检测人员能够直接通过图像直观了解到管道具体情况，检测数据通过计算机设备加以分析和处理，因而采集数据还具有易操作、易传递和易存储等优点。通过应用超声导波检测技术能够实现远程、自动化检测，可通过网络进行远程数据传输。因而不需要额外停机，能够有效降低输气管道检测的时间和人力成本支出。

3 结束语

综上所述，超声导波检测技术是目前长距离输气管道检测工作中常用的检测技术，与其他检测技术相比，超声导波检测技术具有更广的适用范围，同时还能够起到降低检测成本、丰富采集信息数据等效果，因而将超声导波检测技术应用于输气管道检测工作中，能够有效提高检测质量和精确度，从而为输气管道的正常工作和安全稳定提供更好的保障。

参考文献：

- [1] 罗嵘,孙杰,王振等.超声导波-电磁超声组合技术在油气管道的腐蚀检测应用[J].无损探伤,2023,47(05):42-44+48.
- [2] 王晓娟,杨帆,等.面向超声导波检测的管道腐蚀建模及仿真实现[J].仪器仪表学报,2023,44(05):71-80.
- [3] 姚文胜,王锋淮,叶宇峰等.基于磁致伸缩超声导波B扫成像技术的大直径管道腐蚀检测[J].轻工机械,2023,41(02):99-104.
- [4] 唐若笠,张尚煜,伍文君.基于一维卷积神经网络的超声导波管道裂纹识别方法[J].振动与冲击,2023,42(05):183-189.
- [5] 武麒麟.超声导波检测技术在天然气净化厂管道检测中的应用[J].硫酸工业,2022(02):45-50.

作者简介：

刘超(1991-)，男，汉族，江西萍乡人，本科，研究方向：特种设备检验。