

论无损检测技术在天然气管道中的应用

钟国春（西南油气田分公司重庆气矿，重庆 400707）

摘要：随着天然气在我国的应用范围越来越广，天然气管道的总里程也越来越多，项目规模的扩大，运行风险也在增加。其中，管道的腐蚀、焊缝等缺陷成了管道运营商和技术人员关注的焦点，为了能够及时地掌握管道的运行状况，及时地修复管道中的缺陷，提升管道的本质安全水平，需要利用科学可靠的无损检测技术来分析管道中的缺陷，及时地对其进行修复，以确保管道的长期稳定运行。基于此，本文对无损检测技术在天然气管道中的应用进行探讨。

关键词：天然气管道；无损检测技术；应用

0 引言

随着天然气行业的不断发展，管道的长度也在不断增加，但由于各种原因，管道在使用过程中可能会出现泄漏现象，对管道的安全运行造成极大的影响。因此，在具体操作过程中，要选择适当的无损检测技术，准确找出泄漏的原因，并采取更加科学的防护措施，避免对天然气管道造成更大的危害，确保各项生产活动的顺利进行。

1 无损检测技术概述

无损检测技术是通过在不损害被检测对象的前提下，采用物理、化学或工程技术方法，利用各种不同的检测仪器对被测对象进行检验，以判断其内部或表面是否存在缺陷、裂纹、分层、变形及其他缺陷的一种检测方法^[1]。该方法在不破坏被测对象的前提下，为全面检测结构缺陷提供了一条新的途径。另外，无损检测技术也可以用于对产品质量进行监控，以避免因产品质量低劣而引起的不良后果。无损检测技术主要分为常规无损检测技术和新型无损检测技术。常规无损检测技术有射线检测、超声检测、磁粉检测、渗透检测等，适用于管道内外表面和内壁缺陷的识别与评价，是一种传统的检验手段。无损检测技术在国内外管道建设中都有广泛应用，随着无损检测技术的不断发展与成熟，其在管道检验中的地位越来越重要。

2 天然气管道中常用的无损检测技术

2.1 电磁超声检测技术

超声检测也是天然气管道内检测的一种常用手段，因其检测精度高、适用范围广、环境复杂等特点，近年来已成为天然气管道检测领域的研究热点。声波按频率分类，频率超过 20kHz 的机械波被称为超声，超声按振动方向与传播方向的异同，可分为纵波、横波、板波^[2]。

由于横波仅能通过固体介质，但纵波的穿透能力较强，所以通常用纵波作为超声探头。超声波检测器主要由一组与管壁垂直的超声探头构成，探头首先接收由内管壁反射的一次回波，其次接收反射的二次回波，最后接收由外管壁或缺陷点反射的回波。利用回波信号之间的时差，就能计算出管道实际壁厚，并能对缺陷进行精确定位。自 20 世纪 70 年代以来，我国首次将超声检测技术应用到管道检测领域，经过数十年的发展，超声检测技术在检测精度、定位精度、数据处理能力等方面都有了很大的提高。当前，在国外，比较先进的超声波检测器大多采用一支多节的形式，由检测单元、控制单元、数据处理单元及电源和驱动器部分组成，满足不同直径管道的检测要求，检测范围可以达到数十公里甚至数百公里。

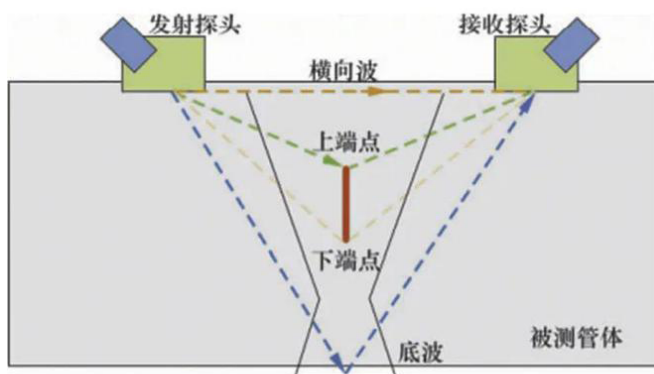


图1 电磁超声检测技术原理

2.2 漏磁检测技术

漏磁检测是一种常用的无损检测方法，利用管道（铁磁材料）的高磁导率特性，通过前、后励磁使管道充分磁化，达到饱和或近饱和状态，在没有缺陷的情况下，磁力线与管道内壁平行^[3]。当存在缺陷时，

磁力线会产生变形,使得一部分磁力线从管道表面漏出,形成漏磁。同时,利用该检测器所携带的磁性敏感材料,对漏磁信号进行检测,以获取是否存在缺陷及特征。当前,典型的漏磁检测器主要由以下三部分组成:信号产生及检测部分、控制记录部分、动力部分。信号产生及检测部分主要由磁元件和检测探头构成,磁元件在管道内部形成磁场,检测探头检测管壁的磁信号。控制记录部分控制测量过程,存储测量数据。动力部分主要是对检测系统进行供电,以确保系统的正常运行。漏磁检测技术可以对管道中的腐蚀、裂缝等进行检测,但是对小尺寸管道存在着退磁困难、易产生磁污染等问题。

2.3 磁记忆检测技术

磁记忆检测技术是一种无须外加磁化装置、不受防腐绝缘层影响的无源检测方法。在地磁场作用下,铁磁油气管线受内介质与外部载荷共同作用,其内部磁畴会发生不可逆重定向,从而被磁化,形成自漏磁场。在管道中普遍存在宏观和微观缺陷的情况下,局部应力集中会导致漏磁场发生急剧变化。同时,还可以根据法线分量梯度上出现的峰值来判断是否有缺陷。磁记忆检测技术是一种能够对设备或部件进行早期诊断的新方法,可以有效预防事故发生,对保障天然气管道安全运行具有重要意义。

2.4 智能爬行器检测技术



图2 智能爬行器

智能爬行器检测技术是一种基于无损检测原理,能够进行视频观测的仪器设备,通过深入管道内部,检测管道蠕动过程中,管壁的腐蚀情况,机械损伤程度,以及相应部位,为预测和判断提供依据^[4]。同时,利用检测器上的磁铁,对经过的管道进行磁化,记录各缺陷处的磁通渗漏情况,进而分析管道的损伤情况。

该方法适用于弯头较小、接头较大的情况,能较准确地判断出泄漏点的位置,并能根据管道的状态对泄漏点进行预测。但由于天然气管道投资巨大,经过长时间的运行后,对整个天然气管道的完整性检测往往采取整体检测的方式。

2.5 压差泄漏检测技术

当天然气管道发生泄漏时,泄漏端口附近受到的压力会逐渐增加,从而使通过该管道的压力下降。利用压差泄漏检测技术,可以全面检测正在运行的管线。对于整个天然气管道来说,泄漏将使管线上游流量缓慢增加,下游压力逐渐降低。压力损失以泄漏点为最大值,然后逐渐向外扩散。当然,这种方法也有其不足之处,如不能准确的定位渗漏位置,一旦泄漏发生,无法及时处理。

2.6 远场涡流检测技术

远场涡流检测是一种基于远场涡流效应的新型管道检测技术,除了具有常规涡流检测的优势外,还具有不需要磁饱和等辅助手段的特点,可直接检测管道中的裂纹、蚀坑和磨蚀减薄等缺陷。探头由1个励磁线圈和1个接收线圈构成,其中励磁线圈通过低频交流电发射,而接收线圈位于远场区,距离励磁线圈2-3倍的管内径^[5]。接收线圈产生感应电动势,感应电势值及该电势与励磁电流之间的相位差随两线圈之间距离的变化关系曲线,被称为信号—距离特性曲线。在励磁线圈附近的管壁处,产生的环向涡电流会迅速向外扩散,同时产生幅值衰减和相位滞后,而到达管壁处的电磁场又会向外扩散,由于管壁处的电场衰减速率远小于直接耦合区,在管壁处又会产生涡流,涡流通过管壁处向内扩散,产生幅值衰减和相位滞后,从而产生远场区的接收信号。

2.7 压波传播速度检测技术

在天然气无损检测技术中,还可以利用压波传播速度对压力波动进行检测。这一位置的确定,主要是根据管道中气体流动方向的波速来确定。根据与其相关的速度,如果某一区域的流速突然增大,另一区域的流速突然减小,则说明该区域的流体密度将会降低,此时该区域很可能已经发生了泄漏。结合现代网络技术与压波传播速度检测技术,利用计算机技术进行记录,找出波峰的位置,该位置极有可能就是管道渗漏位置。

2.8 自动定位检测技术

近几年来,随着天然气管道工程的发展,计算机

技术在管道工程中得到了广泛的应用。自动定位检测技术的基本原理是采集测试数据,通过分析和处理得到的数据,为测试结果提供科学依据。目前,国际上普遍采用的方法是根据天然气管道的实际状况,采用模拟法,然后以直观图像为依据,进行管道检修。

3 无损检测技术在天然气管道中应用的质量控制

3.1 运行测径板

测径板主要是用来测量管道的变形情况,对几何检测工具的通过能力进行评估,在清管工作完成之后,通过测径板来测定管道最小内径,并判断能否发送几何检测器。在经过测径板后,如果只有很小的边缘变形,或者测得的管道内径远远大于检测器的通过直径值,就可以不经过几何检测器而直接进行漏磁检测器;如果测量板的边缘严重变形,就不能直接用运行检测器进行检测,而是要用几何检测仪进行检测^[6]。

3.2 运行几何检测器

几何检测器由金属挂架和用于支撑的橡胶质皮碗组成,在管道存在变形的情况下,它具有较强的柔韧性,通过能力较漏磁检测器强得多,通常用于管道变形的测量,变形检测器的传感器用于测量管壁的变化情况,几何检测器可以通过几何检测工具准确的测量管径变形程度,同时根据测距装置对缺陷位置进行定位。检测器自带数据模块,可以精确地记录各点的测量数据,为准确定位缺陷位置提供数据支持。此外,检测器还可以通过对数据的分析,确定影响漏磁检测器运行的管段,在完成换管后,再运行检测器。

3.3 运行检测器

在变形检测器运行完毕之后,管道运营者可以根据实际情况来决定是否要运行漏磁检测器。漏磁检测器具备检测金属腐蚀、环焊缝缺陷等多种缺陷的能力。通过对测量数据的分析,就能够精确地定位出管道中存在的缺陷,并根据缺陷的情况来对其进行修复。因为漏磁检测器的通过能力比较差,所以一般情况下,都是在完成变形检测、管道通过能力评估之后才开始运行。在运行过程中,一定要做好运行跟踪工作,检测单位需要安排专门的跟踪人员对检测器进行全程跟踪,确保检测器能够及时发送和接收。与此同时,跟踪人员要做好标记盒的设置,确保测量数据的准确性,为制定维修策略提供准确的数据。

3.4 生成漏磁检测报告及开挖验证

通常情况下,在检测单位的数据处理中心对漏磁检测数据进行分析,在检测结束之后,现场工程师会

将原始数据发送到数据处理中心,检测单位的工作人员会利用大数据来分析检测数据,从而判断出缺陷点的数量和类型^[7]。与此同时,为了对检测数据的精确度进行复审,检测单位会选择出相应的缺陷点,对测量数据的精确度进行验证,并以复核结果为依据,出具一份完整的检测报告,为管道运营商的缺陷治理提供一份指导性文件。

4 结束语

综上所述,为了有效地解决天然气管道中存在的问题,需要在实际工作中加强对检测技术的科学应用,将先进的检测方法和泄漏原因相结合,再结合组合的技术方案,快速地找出管道中的渗漏位置,为解决渗漏提供可靠的信息保障。天然气管道的无损检测技术是一项复杂的系统工程,不同的无损检测方法有其各自的特点,需要根据天然气管道建设和运行特点,科学选择无损检测方法。在实际工程中,应该结合多种检测方法的优点,合理确定检测工艺和参数,综合运用多种检测技术,并将各种技术有机地结合起来,达到提高检测效率、降低成本、保障质量和安全运行的目的。

参考文献:

- [1] 袁伟.无损检测技术在天然气管道中的运用[J].工程技术研究,2021,6(5):119-120.
- [2] 李健,郝星,广芮好.无损检测技术在天然气管道的运用发展现状和作用[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(1):62-63+66.
- [3] 南宇.天然气长输管道焊接质量的无损检测技术分析[J].中国石油和化工标准与质量,2020,40(12):47-48.
- [4] 鲍明显,王磊,齐昌超,等.浅谈适用于天然气站场管道的无损检测技术[J].石油化工应用,2020,39(9):1-5.
- [5] 强敏娜,张良,王永乐,等.在用压力管道裂纹检验中无损检测技术分析[J].山西化工,2022,43(1):160-161+166.
- [6] 武利明.天然气长输管道焊接质量的无损检测技术研究[J].中国化工贸易,2022(22):124-126.
- [7] 边缘海.天然气长输管道焊接质量的无损检测技术初探[J].建筑工程技术与设计,2021(13):1585.

作者简介:

钟国春(1968-),男,汉族,四川金堂人,本科,高级工程师,研究方向:管道运行。