

天然气长输管道裂纹的无损检测方法探讨

喻 勇 (江西省天然气管道有限公司, 江西 南昌 330096)

摘要: 在我国随着经济发展越来越迅速, 天然气的使用也越来越广泛, 天然气管道也架设的越来越多, 管道内的气压不断的增大, 一系列的问题便随之而来, 所以天然气管道安全问题也越来越受到相关企业的关注。天然气的管道裂纹无损检测是目前研究的方向, 因为在管道腐蚀无损检测技术的完善后人们也发现了更多的管道裂纹的产生方式, 本文主要研究 X 射线技术、电磁超声检测、磁致伸缩导波检测和磁记忆检测技术, 这几项检测方法都是先进和优秀的。

关键词: 天然气; 管道裂纹; 无损检测

0 引言

近几年来, 中国能源结构调整, 天然气的地位日益拔高, 在天然气安全受到更多关注的今天, 我们需要明确的是管道的建立就避免不了困难, 但是我们在保证它在一定程度内能都正常使用, 减少它的耗损, 就算是很好了。天然气的主要裂纹有: 氢致裂纹、应力腐蚀裂纹、疲劳裂纹等。这些裂纹大多都沿着管道纵向分布, 当天然气内部压力过大, 很容易造成管道开裂。对于这些潜在的隐患我们该如何去解决?

1 常见的天然气管道裂纹检测方法

1.1 电磁超声检测方法

电磁超声检测方法基于磁场和涡流的交互作用, 利用电磁超声探头产生并接收超声导波, 是一种非接触式的检测方法。如果在靠近被测管道表面的线圈内通以高频电流, 就会在管道的表面感应出频率相同的涡流。如果同时在被测管道的表面再加上一个恒定的磁场, 那么该磁场和涡流互相作用, 在管道的表面就会又产生一个频率相同的力, 也就是洛伦兹力。洛伦兹力可以引起被测管道材料的晶格振动, 并且在管壁内部激发出超声波。电磁超声波通过电磁感应在被测金属材料中直接产生, 检测的时候不需使用耦合介质, 所以适用于对于天然气管道的缺陷检测。电磁场求解是电磁超声检测方法的基础, 建立与求解电磁场模型有很大的复杂性, 对于电磁超声无损检测技术的发展形成制约, 所以, 怎样识别裂纹并且更精确地量化几何参数是电磁超声检测技术所要研究的重点。除此之外, 由于受到天然气管道表面质量影响, 电磁超声检测器的检测灵敏度和能量转换效率等都有待提高。

1.2 超声波检测方法

这种方法是目前最受欢迎的裂纹检测方法之

一, 并且国外对于这类方法的研究有很多年的历史。但是天然气管道和石油管道的传输介质不相同, 因为缺少合适的液体耦合条件, 在石油管道的检测中有较好效果的超声波检测方法很难直接的运用到对天然气管道的检测中。为了解决这一难题, 英国天然气公司提出了轮胎式换能器的设想, 也就是把超声波探头安装到充满耦合剂的轮胎里, 让管壁的内表面与轮胎进行接触, 这样在输气管道的检测中就不需要再额外的使用耦合剂了。但是, 由于轮胎的尺寸太大, 所以限制了它沿着管道的圆周方向所安装的数量, 直接造成了安装检测探头数量少而导致检测器的严重漏检现象, 而且检测器的清晰度也很低。

1.3 漏磁检测方法

这类检测方法在油气管道的检测中是最常用而且也是应用最早的一种方法, 目前为止, 已经有多种较为成熟的管道腐蚀缺陷漏磁检测器。但是由于管道表面裂纹形态各异并且形成机理较复杂, 所以对于裂纹的检测及量化难度较大。根据漏磁检测的原理, 只有当外加磁场方向最大限度地与被检测缺陷正交的时候, 才能够激出最大的漏磁场。所以, 可以分别的选择轴向和周向磁化方式来检测周向和轴向的裂纹。轴向磁化检测器对周向的裂纹以及管壁的腐蚀缺陷能够达到很好的检测效果, 并且能够在一定的准确范围内实现对于这些缺陷的量化, 但是对于轴向和其他类型的裂纹缺陷的检测方法研究还有待提高和深入。

1.4 涡流检测方法

常规的涡流检测方法对于导电金属构件的表面以及近表面裂纹检测的灵敏度很高。但是由于趋肤效应的存在, 涡流的渗透能力低下, 很难满足对于管壁较厚的天然气管道管壁内部以及内外表面的

裂纹检测的需要。近些年来, 围绕着对天然气管道裂纹的检测, 人们在 RFEC (远场涡流) 检测技术等方面也开展了许多研究。RFEC 是能够穿透管壁的一种低频涡流。它的检测探头由两个和管道同轴的螺线管线圈构成, 其中一个是检测线圈, 另一个是激励线圈。常规涡流的检测线圈紧靠着激励线圈, 而 RFEC 的检测线圈在距离激励线圈 2-3 倍的管内径外的远场区。因为激励源的频率一般很低, 所以, RFEC 理论上并不存在趋肤效应, 并且对于管道内外表面的裂纹有相同的检测灵敏度, 可以有效的克服常规涡流检测方法的局限性。

1.5 X 射线技术检测长输管道裂纹

长输管道焊口多, 管道距离长, 输送的压力大, 对其进行无损检测 X 射线技术是较为普遍的, 我们要说的是, 在实际中影响 X 射线检测的因素其实包括管道的直径、曝光的原因, 影响较小。再则, 为了减小射线对人体的危害, 一般都采用自动或者半自动的 X 射线管道爬行器来进行检测, 在进行检测的时候, 管道必须要满足一些条件才能使用 X 射线, 环焊缝余高数值要小于 2.0, 黑度范围要在 1.5-4.0 之间。而且测件表面和 X 射源距离 L 应该满足相应的公式。另外在对于 X 射线对管道进行检测还有以下几个重要因素:

1.5.1 选择胶片

在检测中普遍使用的是低曝光、短焦距的透照, 这种情况下对于底片要求过高, 所以应该选择恰当的胶片保证检测精度。

1.5.2 散射线

检测过程, 地表的散射线对于胶片的影响和管道高度成反比。如果在检测过程中防护措施不当, 就会导致灰雾状态严重, 此时可以利用 1mm 厚的铅板对管道进行散射线保护, 能够很好解决问题。

1.5.3 径向精度和轴向精

如果沿径向和轴向的射线源和检测器的自身原因, 都会导致在检测的底片上出现一些不均匀的黑度, 而轴向因素则是对监测器的一种考验, 要在检测之前对监测器进行检修和更换, 最好的是让固定射线源的地方能够上下左右自由调节, 这样能够降低误差, 检测效果更好。在上述的几个要点中充分的说明了, X 射线的检测技术是要向着更智能化和多功能化的方向发展, 要提高这项技术的实用性和全面性, 需要更多的人去研究它。

1.6 磁致伸缩导波检测

磁致伸缩是铁磁性材料的固有特性。磁致伸缩

效应包括正磁致伸缩效应和逆磁致伸缩效应。铁磁体在外磁场作用下, 通过磁化导致尺寸大小发生变化是磁致伸缩正效应; 在外加恒定磁场作用下, 铁磁性材料由于受应力的作用会发生形变, 在形变瞬间, 其内部磁场强度会发生变化, 这种物理现象称为磁致伸缩逆效应。根据铁磁性材料的磁致伸缩效应, 铁磁性钢管在外加交变磁场的作用下, 其外形尺寸会发生变化从而在管道中产生弹性波; 反过来, 弹性波传播会造成磁场扰动, 介质中的磁场发生变化, 磁场周围的通电螺线管因此产生感应电压。导波遇到钢管中的裂纹、腐蚀等介质不连续的地方时会发生反射、折射和波形转换等物理现象, 检测缺陷回波信号就可以得到钢管的健康状况。磁致伸缩检测方法的优点是非接触且对于管道的表面粗糙度的要求并不高, 再则能够一次检测出管道内外表面的实际缺陷信息和距离长达 300mm 的单项检测方向, 也可以用它测量大口径管道。但是在操作时, 需要提供一个交变磁场和静态偏置磁场, 这两个磁场在管道中作用会产生导波, 但是导波会在传播途中被材料吸收, 最终会导致信号的衰弱。在这点上需要连续周期性的对磁场进行激励, 以便于得到一个稳定的导波信号。只有导波信号的良好接受才能更好的检测, 在这里也推荐使用 DDS 信号源 AD9850 和模拟乘法器 AD633 来接受得到激励的导波信号。行激励, 以便于得到一个稳定的导波信号。只有导波信号的良好接受才能更好的检测, 在这里也推荐使用 DDS 信号源 AD9850 和模拟乘法器 AD633 来接受得到激励的导波信号。

1.7 磁记忆检测技术

管道自身产生的应力是天然气管道破裂的又一个主要原因, 而这项磁记忆检测便是可以检测管道内部和外部的应力分布, 来进行一个早期的防护。磁记忆检测技术又简称 MMT。它的原理是铁磁材料在受到工作压力, 工作载荷和地球磁场的共同作用时在应力的集中区内会发生一种具有磁致伸缩性质的磁畴组织定向不可逆的移动, 这种状态会慢慢积累保留下来, 这也与最大应力有关。而磁记忆检测便是沿着管道表面的探测器散射磁场的法向分量, 再通过对金属的其他特性分析, 找到应力的集中区域, 从而对集中区域进行检测。磁记忆检测无需采取主动励磁装置, 而是利用管道工作过程中自磁化现象能以高准确度确定检测对象上以应力和变形集中区为标志的最高危险区域的检测方法。再有一点, 磁记忆检测更是能够判断金属的使

使用寿命,能够给检测人员一个警示,以便于及早的更换管道。但是虽然磁记忆检测技术非常灵敏与方便,但是它受到了管道的地理位置和环境因素的影响。这是今后科研工作者对这种检测技术改善研究的方向

2 开展管道裂纹的检测技术研究的必要性

管道裂纹的无损检测技术是发达国家所竞相研制的一种高新技术,经过几十年的精心研究,天然气长输管道裂纹的无损检测技术不断地进步、逐渐地完善。目前,国外已经研究出多种管道腐蚀缺陷检测器。我国的石油天然气管道局在2001年启动了大口径油气长输管道腐蚀缺陷检测系统的研制项目,并且通过和清华大学等多个单位进行联合攻关,成功的研制出国内首套油气管道腐蚀缺陷清晰度的检测器,成功打破了国外对我国技术的封锁,实现油气管道腐蚀检测技术国产化,对国内油气长输管道的发展起到一定的促进作用,同时也对我国参与国际竞争起到重要的推动作用。

但是,天然气长输管道的裂纹检测仍然是无损检测领域的一个技术难点,我国虽然掌握了管道腐蚀的检测技术,但在裂纹检测技术的研究方面还处在初步阶段,仍缺乏支撑裂纹检测器研制的合理方法和技术。所以,深入分析我国现有的研究工作基础,挖掘长输管道裂纹无损检测技术所研究的难点和重点,结合着我国天然气管道的施工特点和制造材质,深入探析有自主知识产权的天然气管道裂纹的无损检测技术,并且研究裂纹缺陷的定量评价方法等,都具有深远的经济价值和战略意义。

3 管道裂纹检测技术的研究方向

人们在不断完善原有的裂纹检测技术的同时,还在对新的裂纹无损检测方法做进步地探索研究,包括磁致伸缩、激光超声以及裂纹缺陷的定量化方法等。近些年来,伴随着数字信号处理技术的不断进步与发展,天然气长输管道的裂纹检测等技术的研究取得了很大的进步。

3.1 磁致伸缩检测技术的研究

铁磁性材料固有的特性就是磁致伸缩,利用磁致伸缩以及其逆效应,可以分别在铁磁体内激发并接收超声导波。大量研究结果表明,即使被检管道的表面和检测探头之间有着较大气隙,磁致伸缩传感器也可以发射或检测导波,并且裂纹顶部的磁致伸缩效应还极其强烈。正因为有很好的传播特性,且对管道的内外表面缺陷有着一样的检测灵敏度。因此,近些年来,磁致伸缩检测方法在对管道的裂

纹识别和快速检测等方面的研究应用越来越受到国内外无损检测检测学者的重视。

3.2 激光超声检测技术的研究

此类检测技术是近几年刚刚发展起来的一项检测技术,它是通过把被调制过强度的脉冲激光束照射在被测件的表面产生超声波,通过改变实验的参数,激光超声源可以发出横波、纵波和表面波等多种导波。因为超声信号既可以有激光的激励产生,又能够利用光学方法进行检测,所能够实现快速扫描成像和完全非接触检测。

除此之外,运用锁模激光器能够很容易的获得与激光脉冲的宽度非常相近的超声脉冲,它的频带远远宽于常规的换能器产生的超声。所以,由于超声衍射方法所形成的检测技术,对被测件的表面以及近表面的微小的裂纹都较敏感,检测的准确度也比其他的检测方法高。

3.3 裂纹缺陷定量化方法的研究

对于裂纹的精确量化是天然气管道寿命评估和检修的基础。因为上述检测方法大都存在着信号量化和识别困难、分辨率低以及检测信号弱等问题,所以,在对检测方法的研究过程中,很多人把注意力更多地集中到对裂纹检测信号的量化解释和分析处理上。

目前,对于裂纹检测信号的定量化方法主要有神经网络法、小波分析法、频域分析法以及时域波形分析法等等。这些方法大都针对特定的情况下对于单个裂纹的评估,较少的考虑相互关联的多个裂纹对与检测信号的影响,并且对于其他影响因素的研究也不多。所以,实际的检测数据和标准的裂纹理论的分析结果间存在着较大的偏差。

4 结语

世界上近85%的石油和全部的天然气都是由长输管道进行输送。全球已经建成的240多万千米的管道中,输气管道大约占到60%,其中大约有一半已经趋于老化,因为裂纹而引发的恶性安全事故经常发生,每年因为管道污染、停输、漏气等造成数亿元的经济损失。因此,对于天然气长输管道裂纹的无损检测方法的研究分析十分有必要,值得引起相关专家的重视。

参考文献:

- [1] 王疆戈.世界油气管道现状[J].中国石化,2008(07).
- [2] 刘镇清.超声无损检测的若干新进展[J].无损检测,2000,22(9):403-405.