无损检测技术在压力管道检验中的应用分析

Analysis and Application of Nondestructive Testing Technology in Pressure Pipeline Inspection

陈国华

Guohua Chen

宁夏特种设备检验检测院中卫分院
中国·宁夏 中卫 755000
Ningxia Special Equipment Inspection and Testing
Institute Zhongwei Branch,
Zhongwei, Ningxia, 755000, China

【摘要】石油化工在国民经济的发展中占据着重要的地位,压力管道是石油化工生产装置中使用最广泛的特种设备。压力管道的检验工作关系到整个生产装置的安全生产和正常运行,论文通过对无损检测技术的研究,特别是针对压力管道检验中各类缺陷的检测应用进行重点分析,明确了检测技术在实际检测中应注意的问题,阐述了无损检测技术在压力管道检验中的重要作用。

【Abstract】Petrochemical industry plays an important role in the development of national economy. Pressure pipeline is the most widely used special equipment in petrochemical production units. The inspection work of pressure pipeline is related to the safety production and normal operation of the whole production device. For many years, the pipeline safety accidents caused by manufacturing quality and corrosion failure have caused a lot of economic losses and even taken many lives. In this paper, through the description of the characteristics of nondestructive testing technology, especially the application of various defects in the inspection of pressure pipeline, the problems that should be paid attention to in the actual inspection are clarified, which embodies the important significance of nondestructive testing technology in the inspection of pressure pipeline.

【关键词】无损检测技术;压力管道;检测;应用

【Keywords】nondestructive testing technology; pressure pipeline; testing; application

【DOI】10.36012/etr.v1i4.721

1 引言

压力管道是工业装置中应用范围较为广泛的一种特种设备。由于管件的生产应用包含生产制造、安装施工、焊接质量控制、使用维护和运行管理多个环节,所以压力管道整体质量水平很难控制,特别是压力管道的使用条件十分苛刻(如承受高温高压、输送腐蚀性介质等),压力管道的检验工作就显得尤为重要,某个环节出现问题可能都会影响企业的安全生产和运转周期。

适时、合理、正确地使用无损检测技术,可以直接或间接避免压力管道事故的发生。在压力管道的制造、安装特别是使用的环节,应用各类无损检测技术,促进和完善压力管道的检验工作,保障企业的安全生产^[1]。

2 压力管道检验的相关无损检测技术

压力管道检验首先需要根据设备的安装制造状况和失效模式进行综合分析,明确检测对象和检测特点,特别是了解使用环境中可能产生的各种缺陷形式,选择可靠有效的检测方法。

2.1 目视检测

目视检测主要就是用眼睛观察的方法进行检查,操作简单,易于实施。目视检测是无损检测领域中最早采用的检测方法,也是压力管道检验中最基本的检测方法。

压力管道的安装质量和使用过程中可能产生的缺陷和问题很大程度上是可以通过目视检测发现的,是所有无损检测项目中最直接有效的检测技术。目视检测广泛应用于管件的

生产制造、现场安装和在役检验过程,如在管道的安装位置、管道的结构是否合理、管道的支吊架安装结构、主要承压焊缝表面成型及表面缺陷、膨胀节的结构和外观缺陷、蠕胀测点的位移、安全附件的完好程度等方面的应用。

2.2 磁粉检测和渗透检测

对于压力管道检验而言,表面检测的主要对象是管件最薄弱的环节——焊缝,如对接环焊缝、接管角焊缝等。

磁粉检测只能对铁磁性材料进行检测,可以检测出焊缝表面及近表面缺陷。渗透检测可用于检测任何材料的表面开口型缺陷。

2.3 射线检测

射线检测是压力管道检测中应用最广泛的检测技术,主要用于检测焊缝的埋藏缺陷。对于小径管的焊缝而言,其埋藏缺陷的超声检测难度较大,特别是使用于极温(高温或低温)及腐蚀性介质环境下的奥氏体材料管道、小径管道,一般都采用射线检测技术。

射线检测技术在压力管道检测中的应用,可以发现绝大多数类型的缺陷,特别是管道根部最容易出现的缺欠及缺陷,如对咬边、未焊满、内凹、未焊缝等缺陷有很高的检出率。

2.4 超声检测和壁厚测定

超声检测技术也是应用于焊缝埋藏缺陷的检测技术,多用于细晶材料及壁厚较大的管道焊缝的检测。

壁厚测定是超声检测技术的具体应用项目,也是压力管道最为重要的检测项目之一。通过对管道元件(如管子、弯头)进行超声检测,可得到管道的壁厚损失状况(平均腐蚀状况和局部腐蚀状况),进而确定其腐蚀状况和使用寿命。

2.5 衍射时差法超声检测(TOFD)

衍射时差法超声检测是一种基于惠更斯原理的缺陷尖端衍射技术,其特点是灵敏度高、缺陷检出率高、可记录。TOFD技术主要用于检测壁厚不小于12mm的压力管道焊缝,一般采用一收一发两只探头。

TOFD技术比超声或射线检测的可靠性要高得多,根据1979年M.G.Silk公布的TOFD技术对缺陷高度尺寸测量试验的数据,TOFD测量裂纹的高度是很准确的,精度可以达到0.3mm。一般来说,TOFD技术测量深度和高度的精度可以达到1.0mm,对裂纹高度扩展检测的测量精度高达0.1mm,长度的测量精度可达到5.0mm(受缺陷特征、测量工具误差等因素影响)。

2.6 X射线数字成像检测(DR)

目前应用于压力管道检验中的X射线数字成像检测技术一般是基于线阵列或面板探测器的直接数字化射线成像检

测技术,其机理是:用平板状探测器代替底片,捕捉到透过材料或工件的射线,通过一系列转换形成数字化的图像,在显示器屏幕上直接观察。

2.7 导波检测

导波采用机械应力波沿着连续结构传播,能量随着传播距离的增大而衰减,传播过程中脉冲充斥整个检测方向和板材厚度,导波传输过程中遇到缺陷时会在缺陷处产生反射波,因此,可通过探头接收到的返回信号(反射波)来判断缺陷的大小。钢板结构的任何变化,无论是表面的还是内部的,都会产生反射信号,因此导波可以检测出表面的腐蚀状况或机械损伤引起的金属缺损情况,形成直观的图像显示。

3 主要无损检测技术的应用分析

3.1 磁粉检测和渗透检测

压力管道表面检测十分重要,一般来说,在役压力管道表面及近表面缺陷的危害程度较内部缺陷要大。如果表面和近表面缺陷能够及时发现处理,对于压力管道的安全使用十分有利。一般情况下,磁粉检测针对SCC、SOHIC和裂纹敏感材料,渗透检测针对CLSCC、PTA和针孔腐蚀材料。对于铁磁性材料而言,应优先选择磁粉检测,但值得注意的是,对于气孔缺陷而言,磁粉检测并没有渗透检测的灵敏度高,特别是深孔缺陷,在应用过程中应根据具体情况进行选择。

3.2 射线检测和超声检测

对压力管道埋藏缺陷的检测,射线检测的可靠性总体要高于超声检测。但在实际安装条件和使用条件下,有许多部位和特殊管道无法进行射线检测,或射线检测发现危害缺陷的能力受限,此时应选择超声检测。超声检测是定期检验中十分重要的检测手段,结合超声波测厚、TOFD、PAUT/C、导波、电磁超声等技术能够解决很多实际问题。

3.3 衍射时差法超声检测(TOFD)

TOFD检测技术是可记录的成像检测技术,也是先进的自动或半自动检测技术,具有明显的优点。如TOFD技术在管道焊缝中的应用可提高超声检测(UT)对根部缺陷难以定量、定性的检测能力,可对根部成型类缺陷(内凹、错过、焊道跑偏等)进行有效检测,对根部未焊透、开口裂纹进行准确定量。在实际检测应用中,将TOFD和PAUT同时运用,可实现全厚度、无盲区、全覆盖检测。在压力管道检验检测中,对缺陷进行定性定量检测,建议采用这种复合检测技术,可最大程度对检测对象进行准确检测。

3.4 X射线数字成像检测(DR)

DR检测技术主要应用于带绝热层压力管道的管道内部

有异物或堵塞的情况,如冷库低温管道的检测、在线不拆除保温条件下的管道检测、炉管堵塞状况检测等。

实际检测中应注意管内介质会对检测结果造成很大影响,应对介质的特性、管内形态及分布、压力等情况进行模拟试验,对检测灵敏度、缺陷几何尺寸测量、几何不清晰度等进行试验研究。保温层的厚度和材料也会影响清晰度导致灵敏度下降,几何放大导致缺陷变形放大。另外用黑度对比试块对缺陷高度测量时应考虑焊缝余高影响及试块放置位置影响。

3.5 超声导波

压力管道使用过程中存在的一个重大风险就是局部腐蚀。局部腐蚀会导致管道强度不足,引发破裂或穿孔泄漏等情况,最快捷的检测方法就是利用超声导波技术。超声导波一般分为高频导波和低频导波,高频导波具有较高的检测灵敏度,但是检测距离较短;低频导波检测距离较长,但是检测灵敏度较低。二者在检测应用时需要相互结合,才能最大限度地发挥作用。

超声导波检测技术是一种半定量检测技术,在发现缺陷

信号后还需要通过目视、超声检测、超声 C 扫描等其它检测方法进行确认。在实际检测中,还应针对具体检测管道制作检测试件来确定检测灵敏度,以保证检测结果的可靠性。

另外,导波检测技术也适用于缺陷检测特别是高温管道的缺陷检测,在实际应用中已有很多成功的案例和经验。

4 结语

通过对压力管道检验相关的无损检测技术的特点进行分析对比,明确了各检测技术应用于压力管道检测时的检测能力、检测灵敏度、适用范围。在实际检测工作中应根据检测对象进行综合分析,制订最优的检测方案,将各项无损检测技术的优点最大程度地发挥。适时、合理、准确地应用各项无损检测技术,可以有效控制压力管道的焊接质量、及时发现使用过程中产生的缺陷和问题,从而为广大石油化工企业的安全生产和经济效益的增长提供保障。

参考文献

[1]钱志平.无损检测技术在压力管道检验中的运用[J].化工设计通讯,2018,44(4):107.