

# 压力管道及压力容器中无损检测技术的应用探讨

严为箭\*

伊泰新疆能源有限公司, 新疆 830000

**摘要:** 压力容器是指盛装气体或者液体, 承载一定压力的密闭设备。有些压力容器盛装危险介质、高温、高压运行工况复杂, 在实际生产生活运行中, 如果设备存在缺陷, 或者在运行过程期间出现操作不当情况, 会出现缺陷, 引起泄露, 甚至会引发设备故障, 造成巨大经济损失, 以及人员伤亡。针对压力容器, 可以采取无损检测技术对其使用状况进行检测, 及时发现问题, 采取相应措施对问题进行处理, 排除隐患, 避免造成更加严重的后果。

**关键词:** 压力管道; 压力容器; 无损检测技术; 应用

## 一、引言

无损检测是指在对检测对象不造成损坏的基础上, 通过对合理的技术进行应用完成相应的检测作业, 掌握检测对象存在的缺陷, 进而对检测结果进行分析和评价。压力容器的运行环境恶劣, 在长期运行下设备会存在不同的损伤模式, 如腐蚀减薄、环境开裂、材质劣化等, 这会导致压力容器在运行期间出现严重安全隐患。因此, 要采取合理的措施对压力容器在运行期间存在的缺陷问题进行检查, 保证压力容器在运行时的安全性。

## 二、无损检测技术概述

所谓无损检测技术就是在不影响被检测对象性能, 不对其造成损坏的基础上, 对检测对象性能进行检测, 在检测时可以采用化学手段, 也可以采用物理手段, 使用相关的仪器设备, 按照相关规定的技术要求, 实现对检测对象表面及内部的性质、结构、缺陷、状态等各项内容的全面检测, 检测结果能够准确体现被检测对象的性能<sup>[1]</sup>。在现代工业快速发展的今天, 无损检测技术水平, 可以体现一个国家的工业发展水平, 同时, 在对无损检测技术进行应用时, 要注重不同无损检测技术的优缺点, 依据实际情况, 最终选取合理的检测方案, 确保无损检测技术在压力容器检验中作用能够得到精准高效地发挥, 完成相应的检测工作。

## 三、压力容器制造特征

### (一) 种结构存在复杂性

随着压力容器在不同领域的使用越来越广泛, 压力容器的结构也越来越多样化。在不同领域中压力容器的结构各不相同, 同一领域, 因使用环境、功能需要在结构设计和工艺要求等因素, 压力容器的结构也不一样。一般的压力容器均有筒体、封头、支座、法兰和安全附件等部件, 有些容器设计有入孔、夹层、内部冷却管和搅拌器等。

### (二) 有着很高的安全要求

压力容器是在高温、高压、腐蚀的环境中工作, 盛装的介质是易燃、易爆、有毒的有害气体或液体。因此对其安全性的要求极为严格, 稍不注意, 就会产生安全隐患, 后果将不堪设想。在压力容器的设计、制造、安装、使用过程中, 每一个环节都与安全息息相关, 压力容器设计、制造、安装、使用单位应从管理上采取有效的措施, 事前预防, 将安全放在第一位, 避免灾难性事故的发生。

### (三) 压力容器制造专业化

压力容器的制造单位应取得特种设备制造许可证, 并按照批准的范围进行制造。在制造过程中, 应该严格按照法规和安全技术规范的要求执行。当压力容器被应用到具体行业时, 还应该符合行业标准的要求, 这就要求从事压力容器设计和制造人员具有丰富的理论知识和较高的专业技术技能水平, 同时还要熟悉安全法规, 从多方面、多角度考虑, 从而设计和制造出安全系数高、质量可靠的产品。

\*通讯作者: 严为箭, 1970年3月, 男, 汉族, 江西萍乡人, 就职于伊泰新疆能源有限公司, 中级工程师, 本科学历。研究方向: 设备制造, 维修及管理工作。

#### 四、压力管道的影响因素及压力管道无损检测技术的概念

##### (一) 压力管道的影响因素

在现阶段的工业生产中, 压力管道的应用范围较为广泛, 而在其具体的应用过程中, 还存在一些难以避免的安全问题, 一旦出现不合理或者不及时的控制, 就容易导致安全事故的发生。根据实践研究结果显示, 一般有两个主要因素会导致压力管道出现安全事故。

1. 压力管道自身就有一定的质量缺陷存在, 因而一直带有安全隐患<sup>[1]</sup>。
2. 操作压力管道的人员在实际操作期间出现不正当的操作, 以至于压力管道出现了非正常的运行模式。

压力管道一旦发生安全事故就没有办法稳定运行, 从而直接影响安全生产, 这就要求相关工作人员必须具备足够的专业素养, 切实保证压力管道的安全, 以此来保证持续正常运行。

##### (二) 压力管道无损检测技术的概念

正常情况下, 应用在压力管道中的无损检测技术都采用的是具有科学性的仪器或者先进的专用设备, 从而对压力管道的安全性进行检测, 同时针对其检测过程中的准确度也有比较严格的要求, 并且要最大限度地降低对压力管道的损坏, 在此基础上来完成对压力管道的制造材料、焊接质量、结构和使用情况的检验工作。而无损检测技术对于压力管道的检验而言, 存在一定的优势, 比如其在检测过程中不会影响压力管道主要结构, 并且检测结果的精确度较高, 能够很好地保障其安全稳定地运行。这也证明了无损检测技术在压力管道的检测中有着举足轻重的作用。但是, 无损检测技术所涉及的技术内容比较多, 因此必须在明确压力管道的使用介质、结构、制造工艺、使用参数条件和制造材料等具体内容的基础上, 对无损检测技术进行合理选择。

#### 五、压力管道及压力容器无损检测技术的应用探讨

##### (一) 超声波检测方法

在对超声波检测方法应用前, 为了确保最终检测结果的合理性, 要对超声波检测方法进行全面学习和研究。超声波检测方法在实际应用期间的原理与超声波的在工件中的传播特性有关。对于金属材料的压力容器, 超声波检测常用的频率主要集中在0.5~10 MHz, 能量高, 在传播过程中能量损失小, 传播距离大, 穿透性好, 而且超声波方向性好, 在材料中能够沿着指定方向快速传播。在压力容器检测中对超声波检测技术进行应用, 若压力容器内部结构存在缺陷, 超声波会与缺陷相互作用, 改变传播方向或特征发生反射, 此时, 根据接收反射波的特征, 就能够对压力容器存在的缺陷进行判断和评估, 并且, 能够依据超声波在传播时发生反射的位置, 对缺陷位置进行判断<sup>[1]</sup>。

超声波检测在压力容器检验中主要适用于检测焊接接头、锻件、铸件的埋藏缺陷等, 以及在使用过程中无法对压力容器进行内部检验时, 可从外部用超声波进行检测。该检测方法还具有灵敏度高、检测成本低、现场使用方便, 对检测人员及环境无害等优点。但是, 也存在一定缺点, 无法对复杂工件进行检测, 常用A型脉冲反射法检测结果显示不直观, 结果不可记录, 而且对检测人员的能力和和经验要求都有着较高要求。

##### (二) 磁粉检测技术

磁粉检测技术是无损检测技术中较为常规的技术之一, 也是压力管道无损检测中主要使用的方法之一。在压力管道检测中应用磁粉检测技术, 所涉及的内容主要是针对探伤的效果。在磁粉进行探伤的期间, 其压力管道结构的不连续性, 并由此引起其周围的磁感线也随之发生相关的变化。而漏磁场也会在扭曲变形后进一步形成, 这样就会导致磁粉被吸附, 同时其会以各不相同的形态展示出来。工作人员可以直接对相关的磁痕进行观察, 从而准确判断出所存在缺陷的形状大小及位置等信息。此外, 由于磁粉检测技术操作简单方便, 成本低廉, 并且利用此技术对管道进行检测只需要小范围的检测就可以对整体质量情况进行评估, 同时具备较强的适应性, 因此可以有效提高检测效率。

##### (三) 射线检测方法

该检测方法在实际应用期间的原理就是利用射线穿透工件, 射线在穿透过程中会因工件本身吸收和散射使强度减弱。如果压力容器局部存在缺陷, 构成缺陷的物质的衰减系数和容器本身材料的衰减系数存在差异, 这样就会导致射线强度存在差异, 这也就是判断压力容器是否存在缺陷的依据。出现这种明显差异, 工件后方的X光感光胶片感光程度将会发生显著改变, 通过处理后, 缺陷部分和正常部分的影像也会存在明显差异, 主要表现为黑度上存在差异。对比度不同形成的影像能够帮助检测人员判断工件缺陷信息。这一检测方法的应用范围十分广泛, 主要应用在压力容器制造时的焊接接头检测, 以及定期检验过程中用超声波无法对缺陷进行定性的情况下, 用射线辅助进行检测验证。射

线检测的主要优点就是检测效果直观,而且方便记录,可以更好地完成对压力容器中夹渣、气孔等各种不同类型缺陷的检测<sup>[4]</sup>。其缺点就是对面积类型的缺陷的检测效果差,如果在检测时,照相角度不合理,容易出现漏检问题,以及检测厚度受到射线穿透力的限制,而且检测的速度较慢,对检测人员及检测周边的环境有伤害,需要采取相应的防护措施。

#### (四) 渗透检测方法

该检测方法主要是对毛细作用原理进行应用,将渗透剂涂抹在压力容器表面,涂抹的渗透剂能够逐渐渗透到压力容器表面的裂缝缺陷中,去除表面多余的渗透剂后,经过干燥后,利用显像剂涂抹在工件表面,在毛细作用下显像剂将渗入缺陷中的渗透剂重新渗回表面,进而完成对压力容器上存在的各项缺陷的精准显示。可见,通过对渗透检测方法进行应用,能够完成对压力容器内外表面的焊缝、冷裂纹、延迟裂纹等各种不同类型的开口缺陷,而且能够进一步检测压力容器的基材表面和热影响区域处存在的开口缺陷,例如,能够完成对应力腐蚀、晶间腐蚀等各种不同焊缝缺陷情况的检测。渗透检测具有成本低、结果直观、操作简单,既可以检测磁性材料,也可以检测非磁性材料。但是,如果压力容器表面因外来因素造成开口堵塞,则渗透检测就难以检出。

#### (五) TOFD检测方法

TOFD是近年来发展的一项可以指导实际工程应用的无损检测技术,基本原理是将1对尺寸大小、相位角度以及收发频率相同的纵波探头放置在待检测的焊缝两侧,其中1个探头发射超声波脉冲,另1个探头接收脉冲。如果焊缝表面或内部没有缺陷,则会接收到表面直通波信号(LW)和底面回波信号(BW);如果有缺陷,则还会接收到缺陷上部和下部产生的衍射波。根据纵波在焊缝中的传播速度以及探头接收到不同回波的时间差,可以准确地计算出焊缝内缺陷的埋藏深度;同时,由于TOFD选取的探头角度一般为45°,60°,70°,在实际应用中缺陷深度的差值( $d_{\max}-d_{\min}$ )一般不会超过10%,因此可满足多数场合的应用要求。

### 六、结束语

在压力管道及压力容器检验中应用无损检验技术对于问题的排查和解决都有较为重要的意义。在生产过程中要尽最大的努力避免发生安全事故,尤其是主要依赖于压力管道生产的企业,更要把其安全运行放在重点监控位置,在保证运行效率的情况下还要保证其运行环境安全稳定,如此才能够最大限度地减少安全隐患。

#### 参考文献:

- [1]褚宏宇.压力容器、管道在定期检验中的常见问题[J].化工设计通讯,2020,46(03):103+107.
- [2]应仙明.无损检测技术在锅炉压力管道检验中的应用分析[J].科学技术创新,2019(29):186-187.
- [3]王敬东.无损检测技术在锅炉压力容器检验技术中的应用探讨[J].科学技术创新,2019(16):174-175.
- [4]利观宝.TOFD超声成像检测技术在压力容器检验中的应用研究[J].黑龙江科学,2018,9(24):64-65.