

# 锅炉压力容器检测中超声波探伤技术的应用研究

刘雪峰

荆门宏图特种飞行器制造有限公司 湖北 荆门 448000

**摘要:** 锅炉压力容器属于一种压力密闭设备,对设备完整性、制造质量的要求都非常高,所以在使用锅炉压力容器前都必须进行探伤检测,以及时发现容器的损伤及缺陷,然后进行维修,从而保证和提高锅炉压力容器的使用安全性及使用价值。而超声波探伤技术的应用则能够快速找到锅炉压力容器的缺陷,并探测出产生缺陷的原因,以便于相关工作人员快速修补缺陷,保证容器正常使用,由此可见超声波探伤技术的重要性。

**关键词:** 超声波探伤技术; 锅炉压力容器; 检测

## 1 锅炉压力容器的定义和功能

锅炉压力容器是指用于储存或生产高压蒸汽或其他压缩气体的设备。它们通常由金属材料制成,具有较大的体积和厚实的壁厚,以承受高压力和高温环境下的工作。锅炉压力容器广泛应用于化工、电力、石油炼制、制药、食品加工等行业,承担着储存和输送高压流体的重要任务。

锅炉压力容器具有以下几个主要功能:(1)储存和输送压缩气体或液体:锅炉压力容器能够安全地储存和输送高压的蒸汽、气体或液体。在工业生产过程中,压力容器可以储存用于燃烧和发电的蒸汽,以及制造工艺所需的压缩气体和化学物质。对于能源行业来说,锅炉压力容器是连接锅炉和涡轮发电机组的重要设备,确保高温高压蒸汽在转化为电力的过程中的安全储存和输送。(2)承受高温和高压环境:锅炉压力容器工作在高温高压环境下,需要能够承受巨大的压力和温度。其壁厚及材质的选择需要考虑到工作条件,以确保容器的结构安全和稳定。同时,锅炉容器需要经过严格的设计和制造,保证其强度和可靠性,以防止压力或温度超过容器的承受能力。(3)控制和调节流体的压力和温度:锅炉压力容器通常配备有各种控制设备,如安全阀、压力表、温度计等,用于监测和调节压力和温度。这些设备保证了容器内压力和温度在安全范围内稳定控制,防止过压和过温,从而保护设备和生产过程的安全性<sup>[1]</sup>。

(4)对工艺流程提供稳定的压力和温度条件:锅炉压力容器对于工业生产过程中的各种工艺流程起到了重要的作用。通过提供稳定的压力和温度条件,它保证了工艺流程的正常进行,提高了生产效率和产品质量。

## 2 超声波探伤技术的原理和优势

超声波探伤技术是一种常用的非破坏性检测方法,利用超声波在物质中传播和反射的原理来检测材料内部

的缺陷和异物。其工作原理基于超声波在材料中传播时发生的声能的吸收、散射和反射,通过分析和解释超声波的反射和散射信号,可以确定材料内部的缺陷位置、形状和尺寸。

超声波探伤技术的优势主要体现在以下几个方面:

(1)高灵敏度和高准确性:超声波可以探测到极小的缺陷和异物,具有相对较高的灵敏度和准确性。它能够检测到微小的裂纹、气孔、夹杂物以及结构的变化,帮助及早发现和解决问题。(2)非破坏性检测:超声波探伤技术是一种非破坏性检测方法,不需要对被检测材料进行破坏性的取样或处理。它可以在不损坏或影响材料完整性的情况下对其进行检测,减少了检测过程对材料的影响。(3)残留应力分析:超声波探伤技术可以通过分析材料中的残余应力来评估材料的强度和稳定性。通过监测超声波的反射和散射信号,可以获取材料中的应力信息,有助于预测材料的疲劳寿命和性能。(4)适用范围广:超声波探伤技术适用于各种不同材料的检测,包括金属、塑料、陶瓷等。它可以应用于各种行业,如航空航天、汽车制造、石油化工、建筑等,对于检测不同材料的缺陷和异物都具有良好的适应性<sup>[2]</sup>。

## 3 影响超声波探伤检测质量的因素

### 3.1 仪器的影响

在超声波探伤检测技术应用的过程中,仪器本身的问题会对检测质量造成重要的影响。目前,我们可以看到这种影响主要体现在两个方面:首先,仪器的规格和理论值之间存在不相符的情况,这导致了实际探测结果与理论之间的误差增大。这可能是由于制造过程中存在工艺偏差或规格不准确引起的。其次,仪器在使用过程中的持续性问题会影响信号的传输和回收。如果仪器不稳定,可能会导致探测结果的可靠性下降。例如,信号的传输质量可能会受到仪器本身内部引起的噪声或干扰

的影响。

### 3.2 工作条件的影响

工作条件对于超声波探测技术的利用结果也有着一定的影响。在实际工作的过程中发现,超声波信号的传播会受到非均匀介质的影响,同时也会受到其他场强,比如电场、磁场等的影响,所以在进行超声波探伤检测技术利用的时候,必须要保证检测环境的稳定性和唯一性,这样才会获得更加真实可靠的检测数据,进而分析出具有更高可信度的检测结果。

## 4 锅炉压力容器检测中超声波探伤技术的应用实施

### 4.1 设备选择与校准

锅炉压力容器是重要的工业设备,其安全运行对工业生产的稳定性和可靠性具有至关重要的影响。超声波探伤技术作为一种常用的非破坏性检测方法,在锅炉压力容器检测中发挥着重要作用。首先,在锅炉压力容器的超声波探测中,一项重要的任务是选择合适的设备。选择设备时,需要考虑到容器的尺寸、材料以及所需检测的缺陷类型和大小等因素。常见的超声波探测设备有超声波探头、脉冲回波探头、多通道探头等。在选择设备时,要根据具体的检测要求和容器的特点,选择最合适的设备。其次,在超声波探测之前,设备需要经过严格的校准,以确保其准确性和可靠性。校准过程包括对设备进行基准校准、信号幅度校准和时间校准等。基准校准是将设备的响应与标准样品进行比较,确定设备的灵敏度和响应范围。信号幅度校准是调整设备的灵敏度和增益,以保证检测到的信号在可接受范围内。时间校准是校准设备的传输和接收时间,以确保回波信号的准确性。在进行锅炉压力容器的超声波探测时,还需要进行探头的归零和阻尼校准。归零校准是将探头显示的零点与无缺陷区域的信号响应相匹配,以消除设备和传感器的零点漂移<sup>[3]</sup>。阻尼校准是调整探头的阻尼以优化信号的传输和接收,并保证检测到的信号稳定且清晰。通过选择合适的设备和进行准确的校准,超声波探测技术在锅炉压力容器的检测中能够提供准确、可靠的结果。

### 4.2 探头布置与扫描方式

在锅炉压力容器的超声波探测中,探头的布置和扫描方式是非常重要的环节。合理的探头布置和扫描方式可以保证对容器内部各个区域进行全面、高效的检测。首先,探头的布置需要考虑到容器的几何形状和壁厚,以及需要检测的缺陷位置。通常情况下,探头的布置应遵循对称布置、最短路径和最佳探测范围等原则。对于圆柱形容器,常用的布置方式包括在上下两个相对的侧面各安装一个探头,以及在上下两个侧面呈对角线布置

探头。对于球形容器,可以选择在球面上均匀分布多个探头。通过合理的布置,可以最大限度地检测到容器内部的缺陷。其次,扫描方式是指探头在容器表面的移动方式。常见的扫描方式有直线扫描、螺旋扫描、网格扫描等。直线扫描是指沿着一条直线方向移动探头,适用于检测较小的容器或较小面积的缺陷。螺旋扫描是指探头按螺旋形状移动,可以对整个容器表面进行全面覆盖,适用于较大的容器或大面积的缺陷。网格扫描则是根据设定的网格布局,按照规律的路径进行扫描,适用于需要精确定位缺陷位置的情况。

### 4.3 检测参数设置与优化

在锅炉压力容器的超声波探测中,合理设置和优化检测参数可以提高检测的准确性和可靠性,确保对缺陷的有效检测和评估。首先,对于超声波探测中的传播路径,根据容器的形状和结构特点进行优化。传播路径的选择应使超声波信号能够尽可能地穿透容器并达到检测目标。通常情况下,可以通过调整超声波的入射角度、多次反射等方式来优化传播路径。若容器表面有涂层或腐蚀层,还需要根据其特性和厚度进行参数调整,以避免信号衰减和虚假信号的产生。其次,检测的灵敏度是一个重要的参数。通过调整探头的增益和阈值设置,提高对细小缺陷的探测灵敏度。增益设置是调整接收信号的放大程度,可以使较小的信号能够被准确检测到。阈值设置是指设定超声波信号的最小强度,超过该强度的信号才被视为有效信号。合理设置增益和阈值可以平衡对细小缺陷的检测和对噪音的抑制。还要根据具体的检测需求和缺陷类型,选择合适的超声波模式和频率。常用的超声波模式包括脉冲回波模式和连续波模式,分别适用于不同类型的缺陷检测。频率选择应根据缺陷的大小和深度,在灵敏度和分辨率之间进行权衡。最后,在实施超声波探测之前,要进行合理的校准和标定,以确保检测的准确性和可靠性。校准是设定探头的基准值、零点和灵敏度,标定是通过已知缺陷进行检测验证和比对,来验证探测结果的准确性。

### 4.4 波形分析、缺陷识别与定位

在锅炉压力容器的超声波探测中,波形分析、缺陷识别与定位是非常重要的步骤。通过对超声波信号的解释,可以确定缺陷的类型、尺寸和位置,提供有力的依据进行后续的修复和维护工作。首先,波形分析是指对接收到的超声波信号进行频谱分析、幅值分析和时间分析等。频谱分析可以通过分析信号的频率特征,判断缺陷的类型,如腐蚀、裂纹、夹杂物等。幅值分析可以确定缺陷的大小和深度,通过检测信号的强度变化

来评估缺陷的程度。时间分析可以分析信号的传播时间和回波的时间延迟,确定缺陷的位置和深度。其次,缺陷识别是根据波形分析的结果,通过与已知缺陷样本库比对,确定检测到的缺陷的类型和特征。通过建立缺陷数据库和专家系统,可以实现自动化的缺陷识别和分类。缺陷识别的准确性对于后续的修复和维护工作具有重要意义。最后,缺陷定位是确定缺陷所在位置的过程。通过分析回波信号的时间延迟和振幅变化,可以确定缺陷相对于传播路径的位置。结合探头布置和扫描方式,可以确定缺陷的具体位置和方向,为后续的维修操作提供指导<sup>[4]</sup>。

## 5 影响超声波探伤技术应用效果的因素及优化措施

### 5.1 影响因素分析

超声波探伤技术在应用过程中受到多种因素的影响,可以从以下几个方面分析:(1)缺陷性质和特征:不同类型的缺陷对超声波信号的传播和反射有不同的影响。例如,裂纹缺陷的形状、方向和尺寸等会影响信号的强度和回波特征。因此,对不同类型的缺陷,需要设计相应的超声波探测方案和参数设置。(2)材料特性:不同材料具有不同的超声波传播特性,如声速、衰减和散射等。材料的密度、硬度和组织结构等也会影响超声波信号的传播和反射。因此,在应用超声波探伤技术时,需要了解被测材料的性质,并根据其特点选择合适的检测参数和方法。(3)探头和仪器性能:超声波探测中使用的探头和仪器的性能直接影响检测效果。探头的频率、形状、发射和接收特性等会影响信号的分辨率和灵敏度。而仪器的灵敏度、增益调节范围和数据处理算法等也会影响探测的准确性。(4)表面条件和耦合介质:被测物体的表面条件和探头与被测物体的接触情况对超声波的传播和检测效果有重要影响。表面粗糙度、涂层、氧化层和杂质等会导致信号的衰减和散射。耦合介质(如胶液、水、油等)的质量和方式也会影响超声波信号的传播和接收,进而影响检测效果。(5)操作人员的经验和技能:超声波探伤技术的应用效果还与操作人员的经验和技能有很大关系。操作人员需要熟悉探测设备的操作和参数设置,具备解读和分析波形的能力,

以及对异常信号的判断和处理能力。

### 5.2 优化措施探讨

超声波探伤技术在应用过程中,可以受到多种因素的影响,从而影响其应用效果。合理选择和调整超声波的频率、增益、发射角度等参数,可以提高检测的准确性和可靠性。根据被测材料的特性和缺陷的特点,优化探测参数,以达到最佳的信号强度和分辨率。合理选择和设计探头,可以改善信号的传播和接收。选择具有适当频率和波束角度的探头,可以提高信号的分辨率,并减少对噪声的干扰。探头的材料和形状也可优化,以适应不同材料和形状的被测物体。耦合介质是指探头与被测物体之间的介质,用于传播超声波信号。合理选择和施加耦合介质,可以改善信号的传播和接收。选择具有适当黏度和导音性的耦合介质,以确保超声波信号的传导效果。准确的标定和校准是确保超声波探测结果可靠性的关键。进行标定和校准可以消除仪器和探头的误差,保证检测和评估的准确性。标定和校准的过程应遵循相关的标准和规范,并确保其定期进行。通过培训和实践,提高操作人员的专业素质和技能水平,可以提高探测的准确性和可靠性。

### 结束语

总而言之,超声波探伤技术在锅炉压力容器检测中具有广泛应用和重要价值。然而,其应用效果受到诸多因素的影响。通过综合应用各项优化措施,可以提高超声波探伤技术在锅炉压力容器检测中的准确性和可靠性,从而保障锅炉压力容器的安全运行。未来的研究还应关注更先进的检测技术和方法,以达到更高水平的应用。

### 参考文献

- [1]李勤超.超声波探伤技术在锅炉压力容器检测中的应用[J].内燃机与配件,2018(16):226-227.
- [2]刘莹.超声波探伤技术在锅炉压力容器检测中的应用讨论[J].科技创新导报,2018(8):121-122.
- [3]褚宏宇.超声波探伤技术在锅炉压力容器检测中的应用探讨[J].中国化工贸易,2021(1):109-110.
- [4]邵彩元.无损检测技术应用于锅炉压力容器检验的技术研究[J].中国设备工程,2018(2):71-72.