

# 压力容器检验中TOFD超声成像检测技术进展研究

邵虎跃

江苏省特种设备安全监督检验研究院 江苏泰州 225300

**摘要:** 压力容器在检验时所处环境较为恶劣, 如果压力容器出现安全问题或受到外界因素的影响, 则会引发严重的安全事故, 给工作人员造成严重伤害, 也会导致经济损失加大, 因此在压力容器检验需要采取必要措施进行管理。TOFD超声成像检测技术能够实现对压力容器的有效检验, 是当下最佳检验方法。基于此, 本文主要探究TOFD超声成像检测技术的概念, 分析影响检测的结果的三项固有因素以及技术应用的优势与不足, 并对压力容器检验中TOFD超声成像检测技术的应用进行深入探索, 以此为技术使用提供参考意见。

**关键词:** 压力容器检验; TOFD; 超声成像检测技术

化工行业在生产过程中, 压力容器是其核心设备, 受到外部环境因素的影响, 很容易引发各项安全事故, 因此检测技术的精准性要求更高。压力容器在使用过程中面临着高压、易爆的生产环境, 在出现安全问题后, 不仅会造成企业严重的经济损失, 甚至会对工作人员产生巨大威胁。为了避免压力容器在使用过程中出现安全问题, 就应当定期检测其实际运行状态, 如果在检测过程中发现设备问题, 则应当第一时间对其进行处理, 实现对压力容器的全面检验, 并保障设备在运行过程中的稳定性与安全性, 促进化工企业的可持续发展。

## 一、TOFD超声成像检测技术

我国社会经济的快速发展, 各项新型技术也逐渐被研发出来, 在我国主流领域中起到了重要的影响作用。其中TOFD超声成像检测技术在检测领域中, 得到了广泛应用。与传统超声检测技术相比, 超声检测技术能够应用纵波在固体内部传播最快的特点, 反映出缺陷部位的衍射能量。在获取衍射能量之后, 超声检测效果更加准确。在压力容器检验中应用此项技术, 不仅能够使得压力容器的检测效率明显提高, 同时也能够保障最终的检验质量, 使得压力容器的安全性与稳定性得到全面保障。

压力容器在化工生产中涉及到多个领域, 包括工业、民用与军用, 尤其是在石油化工领域的应用更为广泛, 占据了压力容器用量的50%<sup>[1]</sup>。为了确保压力容器使用的安全性, 检测技术的合理使用具有重要意义, 超声成像技术作为当下的新型技术, 在检测过程中无论是检测效率还是检测质量, 都极具优势。首先, 超声成像检测技术能够对多个压力容器进行检验, 定义多个指标, 同时在高效检验的基础上, 保障最终检验结果的准确性。其次, 超声成像技术属于现代化的高科技技术, 能够将计

算机有成像技术相融合, 进而全方位联合检测压力容器。此外, 超声成像检测技术也能地实现自动化与智能化作业, 使得作业难度明显降低, 检测工作质量得以保障, 为压力容器检验工作的开展奠定良好基础。

## 二、影响检测结果的固有因素

### 1. 盲区

TOFD超声成像检测技术在实际检测过程中可能会存在盲区, 结合不同盲区位置可以将其分别分为上表面盲区与下表面盲区, 因此在检验过程中应当重视盲区的划分与处理。对于上表面盲区, 影像其主要因素包括直通波脉冲持续时间、频率以及探头带宽等, 为了有效控制其影响面积, 在具体检验过程中可以适当减小探头的间距, 使其频率提高, 又或者使用窄脉冲宽频带等控制盲区面积。而对于下表面盲区, 影响其的主要因素包括底面发射波或者轴偏离, 由底面反射波所形成的下表面盲区, 可以通过提高探头的中心间距来缩小盲区范围, 而对于轴偏离所产生的下表面盲区, 可以通过补充平行扫描实现对盲区范围的有效处理<sup>[2]</sup>。

### 2. 测量误差

TOFD超声成像检测技术所应用的超声波, 在理论上其测量精度能够实现0.1倍波长, 但在实际检测过程中, 由于受到多项因素的影响, 很容易造成测量的误差, 进而导致最终的测量精度难以得到保障。测量物质会对测量结果产生直接影响, 为了保障策略的精准的检测需求, 这时就需要采取针对性以及可靠的控制措施, 对误差进行处理, 确保误差在合理范围之内。TOFD超声成像检测技术在检测过程中出现误差的主要影响因素包括探头中心距、轴偏移、声速传输时间。因此在复查缺陷时, 要尽量采用同种探头以及检测位置, 避免出现误差情况。

除此之外,也可以通过加大科技研发,引进先进的测量设备,实现对数值的全面测量与测算,找到最符合实际情况的数值,尽全力缩小误差,使得检测效率提高。

### 3. 38°角

通过大量实验发现TOFD超声成像检测技术在检测过程中,如果入射角为38度,裂纹下尖端的衍射波会出现较大幅度的下降,如果出射角在45度至80度之间时,TOFD衍射信号受到探头角度的影响,则会明显降低。因此为了保证衍射信号在应用过程中的强度,在实际运行过程中,应优先选择45度至70度的探头,进而减少对检测结果所产生的影响<sup>[3]</sup>。在此过程中声速也会出现扩散,如果入射角为38度时,入射波所产生的波幅明显降低,甚至会比噪声幅值更低,而这时就会存在漏检的情况,使得最终检验结果的精准度难以保证,而在实际检测过程中,则可以通过对探头中心距的合理控制,或使用不同角度的探头来有效避免漏检情况的发生。

## 三、TOFD在压力容器检验中的优势与不足

### 1. 使用TOFD的优势

压力容器在用的过程中受到状态与材质等多项因素的影响,所以对探头内部镜片大小的选择以及注射角度的选择存在一定差异,因此要合理调整各项影响因素,并合理规避在检测过程中的各项盲区,如果无法避免盲区,则可通过不同方式或手段,尽全力的缩小上下表面盲区的范围,随后再次检测压力容器中的缺陷。根据TOFD检测原理可以发现,在检测过程中,首先要掌握压力容器表面所产生的缺陷,而后在应用超声波所产生的衍射信号源,对其缺陷进行逐一确定,这是TOFD超声成像检测技术更为先进的地方,也是此项检测技术最具优势的地方。同时峰值是其主要测量方法,6db法能够测量压力容器缺陷所反射出的反向波长长度与高度,在判断器高度时,主要结合压力容器上下表面两端所产生的波长传输时间差进行测量,同时在判断长度时,也可以采用同种方式,此种方法在计算多长时准确性更高。如果超声波检测路径为锯齿状时,这时检测效率就会降低,准确度也难以保障。TOFD超声波在两次平行扫查焊接缝隙时,也能够实现对数据的存储,同时也能够通过对数据的对比,探究数据的可靠性与准确度,进而使得最终数据与压力容器之间更加吻合,减少不合格情况<sup>[4]</sup>。

### 2. 使用TOFD的劣势

TOFD超声波检测技术在应用过程中会受到38度盲区以及测量误差的影响,进而导致最终的准确度与检测效率内得到保障,同时也会提升检测的难度。当检测

物体主要为粗晶体材料或某一种特殊材料时,就需要借助多种仪器设备,降低特殊材料对TOFD超声波检测技术的干扰,但这也会在一定程度上加大检测成本。在对目标压力容器进行检验时,横向检验与纵向检验相比,准确度更高,而这一情况也会直接影响最终的检测结果,漏检率随之提升。同时需要对目标压力容器各种缺陷类型进行定性,也需要采取多种验证手段,对TOFD超声波检测技术所得出的检测结果再次进行验证,使得检测活动的成本明显增加。

## 四、TOFD超声成像检测技术的实际应用

### 1. 设备调整与校准

TOFD超声成像检测技术在检验压力容器过程中,虽然所采用的检测技术手段并不是以波幅法为主,但在检测过程中其灵敏度会直接影响增益效果。因此针对这种情况,在具体实现检测过程中,应采取科学有效的检验措施,适当调整其增益。合理利用B扫描技术效果,分析压力容器的各项缺陷,一般情况下在检验压力容器过程中,TOFD技术能够利用其工作探头进行检验,而在检验时也具有其特定的增益标准,具体标准内容包括:表面波波高应当在满屏高的40%与90%之间,而后才可进行后续的检验。除此之外,由于受到不同材料介质的影响,在具体声波传播过程中,速度也会出现差异性变化,因此针对此种现象,为了保障TOFD超声成像检测技术的具体应用效果,务必要在检测前调整与校准相关设备,保障超声成像检测技术的效果。

### 2. 压力容器检验

在对压力容器进行检验时,TOFD超声成像检测技术的应用需要按照具体方法,对设备进行检测。工作探头在发射检测过程中,在焊接两侧的接缝上会分别放置接收工作探头。首先在操作过程中,B扫描技术需要沿着焊接接缝进行扫描,而在实际扫描过程中,接收探头能够同时观察两个超声波信号<sup>[6]</sup>。在这种情况下,发射工作探头与脉冲信号之间的声程最短,接收工作探头与两个脉冲信号之间声程最长。在这种检测情况下,焊接接缝以及其他影响区域并不会出现检测缺陷问题。除此之外,超声波信号可以作为具体参考对象,在实际检测过程中,如果焊接接缝时间出现问题,同时并没有出现裂纹等缺陷现象,那么其缺陷问题可能出现在容器表面。

TOFD超声成像检测技术过程中也应当注意,由于超声波在发生过程中会存在诸多能量的情况,会形成反射作用,同时也会有小部分能量存在,并位于缺陷的上端或下端。在此种情况下,则会形成相应比例的反射波,

而这些信号需要在接收工作探头检验后才能够被发现。而在B扫描这一过程中,无法有效测量缺陷位置或者探头的中心线位置,所以在扫描完成焊接接缝以后,要根据具体实际情况,对其进行有效结合。而针对已经出现缺陷的位置,可以采取针对性的D扫描模式,再次对缺陷加以扫描,保障最终的扫描效果。在完成扫描以后,也需要妥善保存与检测有关的数据与材料,从根本上确保数据分析过程中的有效性。

### 3. 数据分析

检验压力容器时,可使用TOFD超声成像检测技术对其进行全面检测,通过对技术的合理使用,能够尽快掌握缺陷情况与实际尺寸,并做好最终的数据分析。而在具体操作过程中,需要针对实际情况对缺陷进行定性分析,在完成定性分析以后,通过缺陷成像了解其具体形状,同时也能够确定缺陷的具体性质。这样不仅能够针对压力容器的缺陷提出针对性的处理方式,同时也能够保障最终检测数据分析的准确性。在应用TOFD超声成像检测技术时,也要有效落实定量分析,确定缺陷的具体尺寸与位置,保障相关数据信息的准确性。通过合理应用数据信息,不仅能够为TOFD超声成像检测技术的使用提供可靠数据支持,同时也能够保障压力容器检测结果最终的准确性。

在确定缺陷高度时,需要在上下端衍射信号的时间差中获取大部分缺陷的信息。而且在确定缺陷长度过程中,主要是结合缺陷成像的长度得出,而且缺陷深度则与表面波或缺陷上端衍射信号之间所产生的时间差而来<sup>[6]</sup>。在采用D扫描时,所产生的信号能够确定缺陷与探头中间线之间的位置距离,有效确保数据获取的准确性。在完成对数据的分析以后,也需要按照相关标准,评价缺陷的危害性,这样不仅能够为后续解决容器问题奠定有利条件,同时也能够实现在压力容器检验中,保障TOFD超声成像检测技术的有效应用。

### 4. 调整检测内容

在应用TOFD超声成像检测技术时,主要是利用横向纵坡的技术,结合镜面反射原理,实现对压力容器的

全面检测。而在实际检验过程中可以发现,此项技术也会影响到实际增益水平,使其灵敏性明显降低。因此相关工作人员务必要采取针对性的处理措施,对增益水平加以调整,以此保障TOFD超声成像检测技术的实际检测质量。而在检测压力容器缺陷时,可以将TOFD超声成像检测技术与B扫描充分融合。除此之外,此项检测技术能够保证压力容器的稳定运行,作为稳定性技术,能够实现对具体缺陷问题的分析,为压力容器检验奠定良好基础。而在实际检验过程中,要时刻注意压力容器的实际状态,并对其应用材料进行更新,并针对不同压力容器适当更换检测力度,避免单一的检测标准影响检测结果。

### 五、结束语

总而言之,当前化工行业对压力容器的工作要求较高,为了保障压力容器始终处于平稳的工作状态,就需要系统检测其焊接质量,及时发现各种存在的各项缺陷,并针对性的采取处理方法。而TOFD超声成像检测技术在检验压力容器过程中,能够及时发现对应的缺陷位置,同时也能够保障最终缺陷的检出率,使得检验水平明显提升。

### 参考文献:

- [1]支紫喬.TOFD超声成像检测技术在压力容器检验中的应用研究[J].中国金属通报,2019(10):164-165.
- [2]贾伯早.TOFD超声成像检测技术在压力容器检验中的应用[J].化工管理,2019(1):27-27.
- [3]王伟.解析TOFD超声检测技术在压力容器检验中的应用[J].中国石油和化工标准与质量,2019,39(24):53-54.
- [4]支紫喬.TOFD超声成像检测技术在压力容器检验中的应用研究[J].中国金属通报,2019(10):164-165.
- [5]周红兰,张玲.关于压力容器无损检测技术的应用分析[J].化工管理,2020(5):157-157.
- [6]涂飞鹏,乐洪甜.压力容器检验中TOFD超声成像检测技术应用分析[J].中国金属通报,2019(5):154-156.