

浅谈超声波探伤法在石油机械结构中的选择及应用

郭江保

中海油能源发展股份有限公司工程技术分公司 天津 300452

【摘要】在此次研究中,对超声波的概念、特点等有关内容进行了理论分析,阐述了超声波检测技术应用于常用石油机械结构上面的应用,结合理论原理及相关标准要求,对探头频率、尺寸的选择,及检测方法的正确选用做出了实际应用探讨与分析,以提高超声波检测的准确率及覆盖面。

【关键词】超声波方法;石油机械结构;无损检测;探头

较之于其他机械设备,石油机械结构在安全性方面提出了较高要求。要想确保石油机械结构的有效性,开展无损检测工作的重要性逐渐突显出来。长期以来,选择使用传统检测方式,很难确保检测的精准性,超声波方法被应用于石油机械结构检测以后,可以不断提高无损检测的精准性。由此可见,深入研究并分析超声波方法进行石油机械结构的无损检测具有一定的现实意义。

一、超声波概述

(一) 定义

所谓超声波,具体指的是频率超过 20kHz 的声波,因其频率相对较高,所以穿透性的特征更明显。综合考虑超声波优势与特点,在更多的实践与生产过程中得到了广泛应用,特别是石油机械结构无损检测方面^[1]。

(二) 无损检测中超声波的应用特点

由于超声波频率高、波长短,因此决定了超声波具有一些重要的特性,是其能够广泛应用于无损检测,其优势可通过四方面表现出来:第一,超声波具有束射特性,即超声波的能量在一定的范围内传播和良好的方向性,致使超声波能量高和集中;第二,超声波具有反射特性、折射和波型转换特性,从而为各种检测方法和不同的换能器的研制提供了物理基础;第三,超声波具有传播特性,这是超声波的最大特点,其传播距离可达数米,从而为厚工件的检测提供了依据,是其他无损检测无法比拟的;第四,超声波检测灵敏度高,可达 $\lambda/2$,而且频率越高,灵敏度越高。在这种情况下,相关工作人员即可借助反射状况对界面加以确定,对石油机械结构的状态做出合理判断。

(三) 基本类型

超声波是非常窄的一种单脉冲信号,根据质点的振动方向分类根据波动传播时介质质点的振动方向相对于波的传播方向的不同,可将波动划分为纵波(压缩波或疏密波)、横波(剪切波)、表面波和板波等,且均可在工业无损检测探伤中应用。其中,纵波能够在任何弹性介质当中正常传播,最主要的原因纵波发生和接收相对容易,所以实际应用的范围也较为广泛^[2]。

但是,液体与气体并不具备剪切弹性,所以在其内部仅能够通过纵波而无法实现横波的传播,横波仅局限在固体传播中。在表面波探伤的过程中,仅能够对与工件表面距离是两波长深度范围内存在的缺陷发现,所以只能够在表面探伤中使用。而在板状介质当中,能够通过的弹性波被称作板波,包含了诸多类型,而板波通常是兰姆波。由此可见,类型不同的波,其实际传播的速度也存在一定能够差异。以钢为例,纵波传播的速度超过横波的 1.8 倍,而表面波的传播速度则是横波传播速度 0.9 倍。但仍需注意的是,类型不同的超声波,根据传播速度性质不同的情况,均可应用于探伤作业中^[3]。

二、超声波方法在石油机械结构无损检测中的应用

根据以上对超声波定义、应用于无损检测中的特点、基本类型的研究与分析可知,超声波方法具有明显的优势,特别是在石油机械结构无损检测过程中,效果显著且具有较高的推广应用价值。为此,以下将通过超声波信号、无损检测及放大器的使用三个方面展开分析。

(一) 超声波信号

通过对超声波方法的合理使用实施石油机械结构无损检测作业,可深入分析超声波信号,以了解机械结构的具体状态。所以说,在检测方面,探头的选择重要性不容小觑。

探头种类繁多,结构型式也各有不同,实际检测中我们需要根据被检对象的形状、材料、技术要求和缺陷可能出现的位置来选择合适的探头。探头的选择包括探头的型式、频率、带宽、晶片尺寸和横波斜探头 K 值等,以下列举几种常见探头的常用场景及对频率、晶片的选择。

超声波探伤仪直探头:进行垂直探伤用的单晶片探头,主要用于纵波探伤,检测与检测面平行或近似平行的缺陷(如锻件、钢板中的夹层、折叠等缺陷)。

超声波探伤仪小角度直探头:进行小角度纵波探伤用的单晶片探头,主要为了弥补直探头在带有锥度的石油机械结构中检测存在的漏检区域(如 NC 扣端面),常与直探头配合使用。

超声波探伤仪斜探头:进行斜射探伤用的探头,主要用于

横波探伤,检测与检测面垂直或成一定角度的缺陷(如焊缝中未焊透、裂纹、未熔合等缺陷)。斜探头的声束与探头表面倾斜,因此可用于检测声束无法到达的部位。当需要进行小角度的纵波进行检测或在横波衰减过大的情况下可以使用纵波斜探头进行检测,利用纵波穿透能力强的特点进行斜入射纵波检测。需要注意的是,此时工件中既有纵波也有横波的存在,需要避免横波反射所带来的干扰,可利用纵波和横波波速不同加以识别。

超声波探伤仪表面波探头:用于发射和接收表面波的探头。表面波是沿工件表面传播的波,幅值随表面下的深度迅速减少,传播速度是横波的0.9倍,质点的振动轨迹为椭圆。表面波探头在被检工件的表面和近表面产生表面波。型号中通常会列明有机玻璃斜块的倾斜角(入射角)。

超声波探伤仪双晶探头:装有两个晶片的探头,一个作为发射器,另一个作为接收器。又称分割式探头、或者联合双探头。相对直探头而言,双晶直探头具有更好的近表面缺陷检出能力;对于粗糙或者弯曲的检测面,具有更好的耦合效果,但是双晶探头检测深度并不高,所以针对检测要求较厚的工件,还需增加其他检测方式。

在对石油机械结构进行超声检测前,还需要对探头的频率进行选择。超声探头频率的选择对检测结果影响也非常大,当前常用的超声波探头频率在0.4-10MHz。较高的检测频率有利于发现更小的缺陷,提高缺陷的分辨力同时声束指向性更好,但高的检测频率会增加近场区长度,增强声波的衰减。一般而言,探头频率的选择可以这样考虑:对于小缺陷、晶粒较细、厚度不大的工件,宜选择较高频率;对于大厚度工件、晶粒粗大、高衰减材料,选择较低频率。对于频率选择原则,在ASTM A388/388M-19标准中9.2也有提到:在钢锻件超声检验标准操作中,直射波检验宜采用标称频率为2.25MHz的探头;但是,对于粗晶粒奥氏体材料和长距离探测最好采用1MHz频率;在很多情况下,检验粗晶粒奥氏体材料,甚至可能要采用0.4MHz频率。

最后是对探头晶片尺寸的选择。探头晶片的大小对声束指向性,近场区长度、近距离扫查范围和远距离缺陷检出能力有较大影响。晶片尺寸越大,探头的半扩散角越小声束指向性越好,未扩散区的扫查范围越大,超声波能力越集中,但近场区长度会增大,远距离扫查范围相对也会变小^[4]。

在对选超声波探伤仪探头的情况下,信号本身穿透能力和频率就可以全面优化。在石油机械结构无损检测的过程中,合理应用正确的超声探头可不断提高检测工作的质量与效果。

(二) 无损检测

第一,无损检测系统。一般来讲,无损检测系统的重要基

础就是计算机技术,借助 GPIB 电缆、信号发生器、数字示波器的有效连接,即可构建石油机械结构超声检测系统。其中,合理连接功率放大器和波发生换能器,数字示波器需要和波接收换能器进行连接。在实际试验过程中,石油机械结构样本能够在波接收换能器与波发生换能器的作用下成功传送信号并抵达计算机。在计算机分析信号的基础上,可以对机械结构的问题形成深入了解,不断提高无损检测工作的质量与效果。

第二,确定裂纹的宽度。通过无损检测,若发现机械结构产生裂纹,最重要的就是要对裂纹宽度加以确定,并合理判断其影响机械结构性能的程度^[5]。在这种情况下,要选择使用 A 扫描方法对裂纹进行检测。在这种情况下,工作人员能够对检测装置进行移动,在变换位置的时候,如果检测装置遇到裂纹,能够立即将波信号反射回来,直到裂纹消失,信号就会停止反射。结合以上基本原理,就能够明确裂纹宽度。但仍需注意的是,对裂缝位置产生反射波亦或是在机械结构边缘产生反射波的正确判断十分关键,尽量规避检测结果不准确情况的发生。

第三,确定裂纹的位置。在对裂纹问题进行解决的过程中,不仅要确定裂纹的宽度进行判断,同样要确定裂纹的具体位置。发射换能器和接收换能器形成的波都是横波,而横波最明显的特点就是可以通过固体完成传播,能够增强传播的效果。为此,可在无损检测中合理引入这一方法。借助横波探伤的方法即可准确确定裂纹的具体位置,在实际应用的过程中,在横波遇到缺陷亦或是裂纹的情况下,即可向计算机传送与缺陷相关的数据信息,以保证工作人员实时了解情况。这样一来,借助横波所反映的数据信息,相关工作人员就能够对裂纹位置进行确定,进一步优化机械结构的无损检测工作的质量与水平。通常情况下,可借助铝合金、A3 钢管,将其当做基本介质,结合横波与以上两种介质所具备的基本特点,实际传播的速度每秒可分别达到 3080 米、3230 米。而在传播完成信号的基础上,即可结合计算机接收反射波时间做出系统分析与判断,根据横波传播的实际速度,对裂纹的具体位置加以确定。

(三) 放大器使用

将超声波方法应用于石油机械结构无损检测的过程中,合理引入放大器,可以将超声波的信号放大。一般情况下,如果超声波信号未经放大处理,那么实际的识别难度会明显增大^[6]。通过对多功能信号放大器的运用,即可有效放大超声波的信号,进一步优化石油机械结构检测工作的质量与效率,并不断提高无损检测的精准程度。作为相关工作人员在实践作业中,也必须熟练了解信号放大器基本性能与具体的使用技巧,以不断优化并提升无损检测的精准性与效果。需要注意的是,在对放大器进行使用的过程中,应严格按照技术标准和规定要求进行,只有这样,才能够充分发挥放大器的功能与价值,为石油机械结构无损检测的开展提供必要的保障。

结束语:

综上所述,在石油机械结构的无损检测过程中,科学合理地引入超声波方法,不仅可以有效提高检测的准确性,同样能够全面优化检测工作的质量与效率。较之于传统的检测方法,

超声波无损检测方法的优点十分明显。在这种情况下,石油机械生产使用等多个领域应予必要的关注与重视,结合实际情况,科学合理地采用超声波探伤方法,以不断促进石油机械结构无损检测工作的全面可持续发展,为超声波方法的推广应用奠定坚实的基础。

参考文献:

- [1] 程小妹,许晶,张琴,等.用超声波方法进行石油机械结构的无损检测[J].石油仪器,2009(4):41-42+45+101-102.
- [2] 詹仕有.浅谈机械焊接结构的无损检测技术[J].建筑工程技术与设计,2017(19):378-378.
- [3] 朱国庆.浅析起重机械安全检验中无损检测技术的运用[J].市场周刊,2018(4):206.
- [4] 郑晖,林树青主编.超声检测.北京:中国劳动社会保障出版社.2008年5月第2版.
- [5] 曹雄兵.超声波、渗透无损检测技术在矿山机械设备上的应用[J].河北农机,2016(7):39-39,40.
- [6] 劳振鹏,黄市生,黎梓恒,等.一种应用于模具行业的超声波无损检测设备[J].科技视界,2018(17):123-124.