

# 金属材料超声无损检测技术应用分析

祖梦雪 陈一亮 张钊源 吕显威

山东省特种设备检验研究院有限公司 山东 济南 250000

**【摘要】**：我国正处在快速发展阶段，科学技术创新和社会经济发展水平都在不断提升，航天领域、生产领域、机械制造领域等发展的重要领域都需要符合标准的金属材料，可见对金属材料质量进行严格要求具有重要意义。超声无损检测技术可对金属材料内部缺失、质量问题展开针对性检测，能够确保金属材料在应用中具备良好的材料结构安全性能。

**【关键词】**：金属材料；超声无损检测技术；实际运用

## Application Analysis of Ultrasonic Nondestructive Testing Technology for Metal Materials

Mengxue Zu, Yiliang Chen, Zhaoyuan Zhang, Xianwei LV

Shandong special equipment inspection and Research Institute Co., Ltd., Shandong Jinan 250000

**Abstract:** China is in the stage of rapid development. The level of scientific and technological innovation and socio-economic development are constantly improving. Important areas of development such as aerospace, production and machinery manufacturing need standard metal materials. It can be seen that strict requirements on the quality of metal materials are of great significance. Ultrasonic nondestructive testing technology can detect the internal defects and quality problems of metal materials, which can ensure that metal materials have good material structure safety performance in application.

**Keywords:** metal materials; Ultrasonic nondestructive testing technology; Practical application

现阶段，金属的应用已经涉及各行业，金属材料的品质也关乎生产企业产品质量水平。为此，如何对金属材料的质量进行有效管控成为重要课题。超声无损检测技术特殊的检测手段可有效解决人们的顾虑，使超声无损检测成为当前金属材料质量检测的有效手段。对于超声无损检测技术而言，其检测技术主要运用在有关设备制造与产品维修环节，用于检验设备内部结构受损程度与部件材料属性。等待产品生产后，还会进一步检验产品投入应用的磨损情况、腐蚀情况等，从而明确产品性能的优劣水平。现如今，我国对金属材料超声无损检测技术给予了高度重视，进一步促进了此项技术创新发展。

## 1 超声无损检测技术与检验方法概述

### 1.1 超声无损检测技术概述

超声无损检测技术源于上世纪中叶<sup>[1]</sup>，自身有一定的成像作用，且向着数字化、智能化方向前进，目前，超声检测技术已将信息技术、传感技术等作为主要载体。现如今，超声无损检测技术已经引起人们的高度重视，随着超声技术水平日益提升，超声无损检测技术也将以高科技水平所展现。

超声无损检测技术的运作原理根据波类型分析，具体为脉冲波方法、连续波方法，连续波方法也涵盖谐振方法与透射方法两个部分。

### 1.2 检验方法

#### 1.2.1 脉冲反射方法

脉冲反射方法主要以超声作为导体<sup>[2]</sup>，通过超声脉冲对不同介质展开反射原理，从而实施检验。另外，在其中发挥对光

信号接收与发射功能的是换能器设备，随后把接收的信号通过荧光屏展示。如若检测工作进行有序，荧光屏会显示始波、底波；而出现故障问题时，屏幕上会显示陷波，表示为F。陷波在其中的位置由缺陷声程所决定，能够进一步探测出试件中故障出现的具体位置。陷波在其中的高度，直接关乎于缺陷面对光束的反射面积，从而对试件中的故障程度进行判断。因故障的影响，使部分声能参与反应，导致原有底波位置下降，而当截面超过声速截面的缺陷时，所有声能都会参加反射，促使荧光屏只显示始波（T）和陷波（F）。

#### 1.2.2 脉冲透射方法

脉冲透射方法就是把接收与发射的感发仪器分别装置在被检测时试件两侧，确保两个接收仪器的声轴保持相同平行器上，同时使感发起与试件保持通信顺畅，从而支持借助超声波对试件展开穿透检验<sup>[3]</sup>，进一步观察试件变化情况，对试件的质量进行合理判定。如若试件显示没有故障信息，荧光屏会出现初始波（T）和一定波动回波脉冲B。而存在小范围的故障问题，声波传播受缺陷信息的影响，促使接收的信号回波幅度降低。当试件缺陷面积超过声束截面的情况下，荧光屏会显示起始脉冲T，没有回波信息。

#### 1.2.3 共振方法

共振方法主要依照试样某种共振性能，如若声波在特定范围内传播，试样样品的厚度常常是超声波半波长的数倍，由于反射波和入射波波位相同<sup>[4]</sup>，能够产生共振现象，需要根据相邻波位差将有关试件厚度计算出来。主要表现在以下两个方面，一方面，如若时间内部有明显故障与厚度变化的情况，会

使试件共振频率增强,从而合理计算厚度。另一方面,如若试件存在严重的故障或者时间自身厚度出现变化,还会使共振现象消失后发生偏移。为此,实验过程中,通常运用此现象展开复合材料中胶合质量检验、材料焊接技术质量检验等。

## 2 超声无损检验的不足

### 2.1 材料的影响

现阶段,在金属材料焊接检验方面还没有形成相对成熟的技术,虽然超声无损检验技术的优势作用显著<sup>[5]</sup>,但是还有一定的缺陷。进一步了解超声无损检验技术的不足,能够让工作者了解超声无损检验技术在金属材料焊接中的运用情况,从而制定完善的检验方案。此项技术的运用原理就是运用固体回声,依照回声情况,合理判定故障缺陷。但是对于结构复杂、形状不规则的金属材料,借助超声无损检验技术容易做出错误判定,影响后期修复、生产等环节。超声无损检验技术的运用,对于金属材料的材质、晶体等有着较高的要求,部分材料应用超声检验技术无法判断其缺陷问题,但是在检验过程中无法了解实际损伤情况,就难以制定完善的解决对策。

### 2.2 检验方式的影响

超声无损检测技术在面积检验与体积检验中有明显差异,根据相关研究表明<sup>[6]</sup>,体积检验率相较于面积检验率明显较低,可见在面积检验方面,超声无损检验技术有一定的不足。但是,当面积体的裂缝隐藏比较少,或者存在融合不完全的情况,超声无损检测的运用也会受此影响。

### 2.3 人为的影响

超声波无损检验技术在记录方面有一定的不足,其检验结果难以真实记录。超声无损检验技术的结果受人为影响,检验工作者的综合能力、专业知识等都会影响检验结果,导致检验结果的精准性降低。

## 3 金属材料检验面临的问题

在超声无损检验技术运用中,金属材料检验面临的问题具体体现在试件残损精准取证与新材料定位、应用等方面,而检验技术也贯穿于常规环境、检验流程、不同特殊环境之中,最初只是对金属材料缺陷的检测<sup>[7]</sup>,随后发展到对新材料检验定义,使金属材料的利用效率不断提升。当前,超声无损检验技术在工业领域中,利用率已经超过 50%。其功能主要体现在金属材料缺损检验方面,但是关于材料缺损的原因分析精准性不足。

## 4 金属材料超声无损检验技术的运用

在检验金属材料焊接缺陷时,因焊缝和检验面形成一定角度,需利用超声波依照一定角度射入工件之内,此种方法也被称作为横波斜探头方法(详情见图一)。现阶段,金属材料焊接缺陷经常使用此方法进行检验,主要是始脉冲和低脉冲之间

是否存在伤脉冲,从而判断焊接缺陷问题。在发现焊接缺陷后,可利用荧光屏的高度明确焊接缺陷位置、大小,具体应用方法如下。

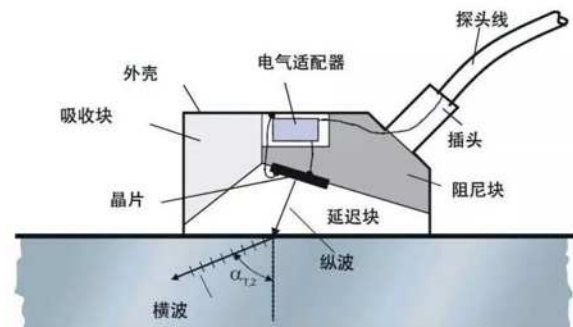


图1 横波斜探头方法

### 4.1 检验条件的选取

因焊接缺陷一般和射入声束有一定夹角,出于对缺陷发射波的指向性特点加以考量,此频率一般选取 2-5MHz<sup>[8]</sup>,对于厚度比较高的金属材料因衰减比较明显,可选取频率较低的材料。探头射入角的选取应保证可以扫查整个截面,使声束中心线和检查探查面保持垂直。现阶段,经常应用的耦合剂主要包括机油、甘油、润滑油等材料,根据耦合效果,浆糊的运用价值较为显著。

### 4.2 整修探测面

为了确保检验的有效率,需把探测面的油垢、锈蚀、氧化物等污渍清除干净,并用砂轮进行深坑打磨,适当调整宽度,需依照金属材料的厚度与探头射入角加以明确。

### 4.3 探头摄入点与斜探头 K 值

探头射入点一般因制造偏差与磨损问题,导致实际入射点和标记部位有一定差异,为此,需对入射点加以测量。斜探头 K 值和入射点的精准性对焊接缺陷定位精度有较大影响,但是也因制造工艺、磨损问题,会使实际值出现偏差,为此,上述两个指标在测试中都要加以检验。

### 4.4 调整时间基线

时间基线的调整主要为零点校正、调整扫描速度,在横波检验中,为了更好的定位需把声波在材料中传播速度减掉,同时将探头射入点当作成零点,减掉声程即为零点矫正。扫描速度调整可以和零点校正同时展开,具体包括以下几点:(1)调整声程:调整后时间基线和声程保持正比关系,是把入射点当作标准块零点,因反射槽的反射,会出现多次回波,在测量范围之内依照回波的相应刻度,进而标记出测量声程。(2)调整水平距离:依照基线客户和反射波水平的正比例关系进行适当调整。(3)深度调整:因基线刻度和反射波深度  $h$  存在

正比关系,所以需借助反射波实施调整。

#### 4.5 绘制 DAC 曲线

因焊接缺陷的大小并不相同,所以声程与回波幅度也有明显差异。超声无损检验过程中是依照回波波幅高度判断是否存在缺陷。为此,应依照回波波幅加以校正,一般是制作距离-波幅曲线图(DAC曲线)。在《钢焊缝手工超声波探伤方法与探伤结果分级》中强调<sup>[9]</sup>,利用3×40横通孔测试块进行DAC曲线图绘制。在测试期间,需将探伤调整到最大范围,并依照深度与水平距离,对比例极限加以调整。依照材料的厚度与曲线选取适当的对比测试块,测试块中的深度等同于测试深度。为了强化测试效果的精准性,需找寻最大放射波高,将其当作面板中的辅助标志,进行衰减分段曲线的绘制。

#### 4.6 验证敏感度

超声无损检验探测焊缝与表面外观符合标准后,还要对敏感度进行验证查看,例如表面耦合损失、材料衰减和检验结果不相符,需进行敏感度检验。将探测速度控制在每秒15厘米左右,相邻探头移动距离至少要保证10%重叠位置。如若利用纵向探测方式,需将探头垂直于焊缝中心线进行探查,在探头移动期间,应左右移动10°~15°。

为了明确焊接缺陷的具体位置与形状,应对波形缺陷信号加以观察,一般运用多种探测方式。例如,通过左右查看,明确缺陷的实际长度,前后左右扫查确立缺陷的最高回波,通过定点移动,进一步判定缺陷形状。反射波幅大于定量时,说明存在缺陷,应该进一步确立缺陷的位置、最大反射波幅区域、长度等。在调整时间基线水平长度距离时,可根据显示屏明确最大反射波的水平距离。

#### 参考文献:

- [1] 李昊明,赵慧.金属材料超声无损检测技术应用研究[J].价值工程,2020,39(15):247-248.
- [2] 邵占雷.金属材料焊接中超声无损检测技术的应用[J].工程建设(重庆),2020,3(4):115-116.
- [3] 龚俊.超声波无损检测技术在武冈市饮水工程中的应用分析[J].湖南水利水电,2020(5):94-95,98.
- [4] 王明元.金属材料焊接中超声无损检测技术的应用分析[J].工程建设(重庆),2020,3(10):121-123.
- [5] 解勇,肖飞.超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用研究[J].世界有色金属,2020(11):132-133.
- [6] 沈伟,袁笑,何亚翔.金属材料焊接中超声无损检测技术的应用[J].中国金属通报,2020(13):104-105.
- [7] 苏晓勇.金属材料焊接中超声无损检测技术的有效应用探析[J].中国金属通报,2021(15):170-171.
- [8] 王曼娜.超声无损检测技术在金属材料焊接中的应用研究[J].中国金属通报,2020(8):114-115.
- [9] 冉林康.金属材料焊接中超声无损检测技术的应用研究[J].内燃机与配件,2020,0(3):191-192.

针对大于定量的信号,则需要准确辨别是否存在缺陷特点,针对疑似缺陷信号,应注重动态波形且根据焊接工艺加以判断,如若难以做出正确判断,需结合其他检验方式辅助判定。依照GB16287-647标准,焊接质量不符合标准的,需即刻返修处理,针对外观缺陷的返修时间相对较短,可通过弹弧气刨把内部缺陷刨除,为了避免裂缝进一步扩大,还要增加刨削的深度,并将切削深度有效清除,通过打磨才能进行焊接,做好相应的复检工作,通常情况下,一条焊缝只允许2次返修。

#### 5 现阶段研究成果

在长期研究与实践中,超声无损检验技术已经取得一定成效,并研发出电磁超声检验设备、声场发射检验设备等,实现高效技术检验。通过长期实践研究,我国制定有关技术的长期规范性检验平台、一体化超声检验等,在检验技术有效性持续改善中,实现对检验结果精准性、可靠性的管控。现如今,超声无损检验技术的运用,已经能够支持多个测试系统同时运作配合,为工业产品的验收、超声检验的安全性、可靠性以及检验环节标准性、规范性展开科学规划,从而使超声无损检验技术在金属材料中合理运用,满足相应的标准要求。

#### 6 结语

综上所述,超声无损检验技术的运用,可强化对金属材料等不可再生资源的利用效率,对促进我国经济发展起到不可忽视的作用,随着科学技术水平提升,信息技术运用更加普遍,超声无损检验技术的检验优势更加显著。超声无损检验技术的应用,可使我国工业领域材料检验技术水平提升,为促进整体领域的发展奠定良好基础。为此,在日后的研究中,还要提高对此类技术的重视程度,给予有关人才、政策、资源的支持,使超声无损检验技术的运用范围不断扩大。