

超声波探伤在建筑钢结构检测中的应用研究

杨权

钦州市建筑工程质量检测中心有限公司

摘要:当建筑钢结构在工业和民用建筑中的应用越来越频繁时,整个行业对其安全性和可靠性的要求越来越高,而超声波探伤技术作为一种非破坏性检测技术,被广泛应用于建筑钢结构的缺陷检测和评估中。该技术通过超声波的穿透和反射来检测钢结构中的缺陷和疵点,可以实现高精度的检测和评估,本文对超声波探伤在建筑钢结构检测中的应用进行了深入的研究和分析。

关键词:超声波;探伤;钢结构;检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.02.042

20世纪80年代末期,中国开始引进超声波探伤技术,主要将其应用于核电站、石化等高端工业领域,随着国内经济的快速发展,建筑钢结构的应用越来越广泛,对材料质量和安全性的要求也越来越高,超声波探伤技术便慢慢在建筑钢结构的检测中崭露头角。在过去的几十年里,我国超声波探伤技术在建筑钢结构检测领域得到了快速发展,目前国内超声波探伤技术已广泛应用于建筑钢结构的质量检测、缺陷检测和安全评估等方面,主要包括对焊缝质量检测、材料内部缺陷检测、板材厚度测量等部位进行检测。某些国内厂家生产的超声波探伤设备已经达到国际先进水平,例如宁波泰科、上海崇明、北京方泰等公司,总体来说我国超声波探伤技术在建筑钢结构检测应用方面的发展非常迅速,当前的年复合增长率达到了7.5%左右,而且超声波探伤技术在建筑钢结构检测中的应用比例也在逐年提高。

一、建筑钢结构超声波探伤原理

建筑钢结构超声波探伤是利用超声波在不同材质中传播速度不同的特性,通过检测超声波在材料中的传播速度和反射声波的时间和强度等参数,来确定材料中存在的缺陷。建筑钢结构超声波探伤通常采用的是纵波或横波,在超声波探伤中,发射器会向被检测材料中发射一束高频超声波,如果超声波遇到材料内部的缺陷或异物时就会产生反射,并被探测器接收到这些反射波,详细测量其时间、强度等参数。根据超声波在材料中传播的速度和反射波的时间差,可以计算出缺陷的深度和大小,如超声波在材料中传播时会因为材料的密度、弹性模量、泊松比等物理特性而发生衰减和散射,强度也会随着传播距离的增加而减弱。

二、超声波探伤在建筑钢结构检测中的现状

(一) 超声波穿透深度受限

超声波的穿透深度与频率、探测器和被检测材料等因素有关,超声波的频率越高,穿透深度越浅,能够检

测出较小的缺陷;频率越低,穿透深度越大,能够检测出较大的缺陷。在进行超声波探测时,需要根据被检测材料的厚度和缺陷类型选择适当的频率和探测器,以达到最佳的探测效果。对于一些厚度较大的材料,如钢板、厚钢管等,超声波可能无法完全穿透到被检测物体的内部,导致一些缺陷难以检测出来。这时需要采用其他的检测技术,如X射线检测、磁粉探伤等来辅助检测,超声波探测技术的探头尺寸也会影响其穿透深度,一般来说探头尺寸越大,穿透深度越浅^[1];反之,探头尺寸越小,穿透深度越大,因此在进行超声波探测时,也需要选择合适的探头尺寸,以达到最佳的探测效果。

(二) 对结构复杂性要求高

当前的超声波探测技术无法在一些结构较为复杂或具有异形结构的部位中进行探测作业,需要采用其他的探测技术来辅助。在复杂结构的探测中,超声波的传播路径可能会被阻隔或分散,导致检测信号变弱或消失,例如在梁、柱等构件的连接处或受力集中的部位,超声波可能会被反射、散射或折射,从而难以检测出其中的缺陷,这就需要结合其他的检测技术,如X射线检测、磁粉探伤等来辅助检测。在一些结构复杂、空间狭小或高度限制的部位,超声波探测技术也可能难以发挥其作用,例如在深度较大的水下构件、狭窄的管道内部或高层建筑的高空处,就需要特殊的探测设备和技术来应对。

(三) 探测精度受环境因素影响

超声波探测技术对环境的要求较高,在高温环境下,超声波传播速度会增加,导致检测结果产生误差;在湿度较高的环境下,超声波可能会被湿度影响而变弱,导致探测精度下降。噪声也是超声波探测中的一个问题,在工业环境中噪声源很多,如机器振动、风吹声等,这些噪声可能会干扰探测信号,导致检测精度下降,为了保证探测精度,可以采用隔声罩、增加耦合剂等方法来降低噪声对探测的干扰^[2]。另外超声波探测技术的探测精度也与探头的质量和性能有关,探头的频率、尺寸、材质等因素会直接影响探测精度和探测深度,为了提高探测精度需要选择适合的探头,同时对探头进行维护和保养定期检查和更换探头。

三、超声波探伤在建筑钢结构检测中的应用

(一) 对接焊缝探伤

1. 气孔

当超声波探测器向焊缝表面或内部发出超声波时,如果有气孔存在超声波将被反射或折射,从而形成一个回波。根据回波的时间、强度和频率等信息,可以对气

孔的位置、大小和形状进行定量和定位，因此要参考不同深度和尺寸的气孔选择合适的探头，比如焊接材料中的气孔通常是球形或椭圆形，通过探头检测气孔的回波强度、反射率、信号幅度等参数，从而确定气孔的大小和深度。

2. 夹渣

夹渣是指在焊接过程中由于焊接材料中存在异物而形成的缺陷之一，它会影响焊接接头的质量，导致焊接接头出现裂纹等问题。为了检测夹渣通常使用超声波探测器进行操作，当超声波探测器向焊缝表面或内部发出超声波时，如果有夹渣存在超声波将被反射或折射，从而形成一个回波。根据回波的时间、强度和频率反射率、信号幅度等参数，可以对夹渣的位置、大小和形状进行定量和定位。在实际应用中，为了避免夹渣产生，需要选择优质的焊材，并在进行焊接前对工件表面进行清洁。在焊接时严格控制电流、电压、速度等参数。

3. 未焊透和未融合

未焊透指的是焊接过程中没有将母材焊接透，导致焊缝内部存在间隙；而未融合则指的是焊接过程中没有将母材和填充材料完全熔合在一起^[3]。这两种缺陷都会影响焊接质量，容易导致焊缝裂纹、强度下降等问题，超声波探伤技术在检测未焊透和未融合缺陷时有着很高的检测精度和灵敏度，未焊透和未融合缺陷都会导致焊接部位的声波反射强度发生变化，通过探头在焊缝表面或内部移动，可以将缺陷的位置和形态可视化呈现出来。

4. 裂纹

裂纹会导致建筑钢结构的强度和稳定性下降，甚至可能引发安全事故，超声波探测技术可以通过利用超声波的穿透性，快速、准确地检测出被检测物体内部的裂纹，从而实现对建筑结构的安全评估。根据声波的反射原理，当超声波遇到被检测物体内部的裂纹时，其会产生声波反射，并形成明显的声波图像。通过分析声波图像的特征和变化，可以快速、准确地确定裂纹的位置、深度、长度、形态等参数。

(二) 对T型缝进行探伤

1. 直接法

在超声波探伤中采用直接法进行T型缝探测，需要考虑探头的尺寸、形状等因素，由于T型缝的通常比较窄，而探头的尺寸较大，因此在探测过程中容易产生超声波的散射和反射，导致探测结果不准确或出现假象缺陷。因此需要采用合适的探头和探测参数，实现超声波的有效传播和反射以获得准确、可靠的检测结果，一般而言，探头尺寸越小探测精度就越高。为此，可以选择高频率的探头来进行探测，同时由于超声波的频率越高，穿透深度就越浅，因此需要根据具体情况选择合适的超声波频率，还需要注意探头的形状，以确保其能够贴合T型缝表面进行探测。在进行直接法探测时，也要充分考虑超声波的传播和反射问题。鉴于超声波的传播

和反射与材料的声学特性有关，要针对被探测材料的特性选择合适的探测角度和方向，以确保探测结果准确可靠^[4]。为了获得更好的探测效果，还可以采用多个探头进行扫描，实现全面、高效的检测，在探测过程中需要注意探头与被探测物体的耦合方式，以确保超声波能够有效地传播和反射，从而实现准确、可靠的检测结果。

2. 间接法

间接法是通过探头与T型缝之间的耦合介质（如水、油、气体等）实现超声波的传播，从而达到对T型缝内部缺陷进行探测的目的。该方法可以避免直接法探头直接接触T型缝表面的问题，减小了超声波的散射和反射，提高了探测的准确性和可靠性。同时由于探头的尺寸和形状可以自由选择，因此可以针对不同尺寸和深度的T型缝进行探测，提高了探测的灵活性和适用性。探头的角度和位置也需要根据具体情况进行调整，以获得准确、可靠的检测结果。在进行间接法探测时，需要注意耦合介质的选择和使用，以保证传播介质的良好接触和稳定性，超声波传播的速度和能量也会受到介质的影响，因此需要对介质的物理性质进行充分了解和掌握。此外，探测时还需要考虑到T型缝的材料、尺寸、深度等因素，根据不同情况进行调整 and 选择探测参数，以提高探测精度和效率。

3. 模拟法

模拟法是一种利用模拟信号传播的方式来检测缝内缺陷的方法，该方法适用于各种形状和大小的T型缝，可以模拟实际缝的情况，包括缝的尺寸、形状、深度等因素，从而提高探测准确性和可靠性。在进行模拟法探测时，需要使用专用的模拟器和探头，探头需要选择合适的尺寸和频率，以适应不同尺寸和深度的T型缝。在实际应用中可以采用以下具体方法进行模拟法探测：首先，根据被探测物体的材料、厚度等特性选择合适的发生器和探头；然后，将模拟信号传入T型缝内，观察反射信号并对其进行分析；最后，根据探测结果对缝内的缺陷进行评估和修复。在模拟法探测中还需要注意模拟器和探头的调试和维护，以保证探测结果的准确性和可靠性。

4. 影像法

在进行影像法探测时，需要使用特定的超声波探测设备和计算机，将T型缝的超声信号转换成数字信号，再通过计算机处理成图像。该图像通常包括缝内的缺陷、缝的尺寸、形状和深度等信息，可以帮助操作人员直观地了解T型缝内部的缺陷情况，这种操作方法还可以通过各种图像处理技术来提高检测精度和效率，如图像增强、噪声滤除、边缘检测等。影像法可以直观地显示出缝内的缺陷，操作人员不需要具备专业的技术知识就能快速地判断缝内的缺陷情况，还具有较高的检测精度和可靠性，可以检测出肉眼不可见的微小缺陷，并通过计算机处理来实现自动化检测和数据分析提高检测效率。

（三）有垫板超声波探伤技术

1. 直接接触垫板探伤技术

直接接触垫板探伤技术是一种常用的超声波探伤技术，其操作简单无需复杂的设备和操作，因此得到广泛的应用。该技术通过将超声波探头直接放置在垫板上，实现对焊缝表面缺陷的快速检测，由于超声波无法穿透垫板，因此该技术无法检测到焊缝内部的缺陷。但是该技术具有较高的灵敏度和准确度，能够检测出非常细小的缺陷。此外该技术无需使用耦合液或气体，操作方便不会对环境产生污染。在使用直接接触垫板探伤技术时，还要选择合适的超声波探头和频率，以适应不同尺寸和深度的焊缝，同时要注意探头的尺寸和形状，以保证探测精度和可靠性。然而该技术也存在一定的局限性无法穿透垫板进行探测，因此只能检测到焊缝表面缺陷，难以检测到焊缝内部的缺陷^[5]。

2. 间接接触垫板探伤技术

间接接触垫板探测技术在建筑钢结构检测中是一种常用的方法，该技术的应用通常需要先在被检测物体表面涂抹耦合液或涂覆耦合胶膜，然后将超声波探头放置在耦合液或胶膜上进行探测。在探测过程中，超声波会被耦合液或胶膜传递至被检测物体内部，然后反射回探头产生声波信号，通过接收、放大、过滤、处理声波信号，可以识别出被检测物体内部的缺陷位置和形态等信息，使用间接接触垫板探测技术检测建筑钢结构时，需要首先选择适当的探头和耦合液或胶膜，然后把探头放置在耦合液或胶膜上，通过涂抹、喷洒等方式将耦合液或胶膜均匀地涂覆在被检测部位上。再让探头在被检测部位表面或内部移动，通过接收反射回来的声波信号形成声波图像，进而分析、判断被检测物体内部的缺陷。该技术操作简单，能够适用于各种不同的焊缝类型，在实际的探测中，耦合液或气体的选择也非常关键，耦合液可以通过液体的介电常数来传递超声波，使其穿透垫板但同时也需要考虑其对被检测物体的影响，充入气体可以避免这些问题，但是需要考虑其对超声波传播的影响，同时也需要对气体压力进行控制。

3. 固定垫板探伤技术

固定垫板探测技术是将垫板固定在被探测物体上，使探头直接接触垫板进行探测，该技术通过将探测器与固定垫板放置在被检测物体的表面，再利用超声波探测器向被检测物体发出超声波信号，通过反射波的幅值、时间、形状等特征，来判断被检测物体内部的缺陷情况。固定垫板探测技术具体操作包括以下几个步骤：首先，选择合适的探测器和固定垫板，根据被检测物体的材质和尺寸确定探测器和固定垫板的规格；其次，将探测器与固定垫板通过导线连接，并将其放置在被检测物体的表面，通过调整固定垫板的位置和角度，使得超声波信号能够准确地传递到被检测物体内部；然后，使用超声波探测器向被检测物体发出超声波信号，通过检测信号的反射波，来确定被检测物体内部的缺陷情况；

最后，根据实际情况进行分析和判断，对缺陷进行定性和定量评估。在国内固定垫板探测技术已经得到广泛应用。据相关数据统计，固定垫板探测技术已经成为我国建筑钢结构检测领域中最常用的一种探测方法，其应用范围涵盖了工业、交通、建筑等多个领域。

4. 空气耦合垫板探伤技术

空气耦合垫板探伤技术需要将探头与空气耦合器相连，并通过空气耦合器将超声波信号传输到垫板上，再通过垫板传递至被探测物体内部进行检测。该技术在钢结构检测中可以检测到不同类型的焊缝缺陷，如未焊透、未融合、裂纹、夹杂等，与传统的直接接触垫板探测技术相比，空气耦合垫板探测技术能够更好的避免液体或胶体耦合液带来的污染和对环境的影响，也可以有效地适应不同形状、材质和表面粗糙度的被探测物体。此外由于探头与被探测物体之间不需要直接接触，因此可以避免杂质的干扰和损坏探头的风险。但是空气耦合垫板探测技术也存在一些局限性，例如其对温度、湿度等环境因素的影响较大，需要进行相应的控制和校准，在探头与被探测物体之间的传递过程中，空气耦合也会产生损失，降低探测的灵敏度和准确度。因此，在应用该技术进行建筑钢结构检测时，需要结合实际情况进行合理的选择和优化。

结束语

总的来说，超声波探伤技术在建筑钢结构检测中已经取得了显著的进展，通过超声波探测器发出超声波信号，通过检测反射波来确定被检测物体内部的缺陷和裂纹等问题，实现了对建筑钢结构材料质量和安全性的评估。在国内超声波探测技术已经成为建筑钢结构检测领域中最常用的一种探测方法，其应用范围涵盖了工业、交通、建筑等多个领域。据相关数据统计目前国内钢结构检测市场的规模已经超过了40亿元，其中超声波探测技术占据了约60%的市场份额，成为建筑钢结构检测领域的主流技术。未来随着建筑钢结构技术的不断发展，超声波探测技术也将不断完善，国内一些企业已经在研制更加高效、高灵敏度的探测器和传感器，综上所述，超声波探测技术在建筑钢结构检测中的应用已经得到了广泛的认可和应用，未来的发展前景十分广阔。

参考文献

- [1] 吴少聪. 超声波探伤在大型场馆屋面钢结构焊缝检测中的应用[J]. 江西建材, 2022, (09): 83-85.
- [2] 卜青青. 超声波探伤技术在建筑钢结构检测中的应用[J]. 中华建设, 2022, (01): 138-139.
- [3] 艾维. 超声波探伤技术在建筑钢结构检测中的应用[J]. 江西建材, 2020, (05): 28+30.
- [4] 韩军. 超声波探伤在钢结构检测中的应用分析[J]. 设备管理与维修, 2020, (04): 160-161.
- [5] 刘磊. 超声波无损检测技术在建筑钢结构焊缝检测中的应用[J]. 门窗, 2019, (21): 60+63.