

钢结构无损检测中超声波探伤问题及解决方案探索

●何玉瑞



[摘要] 超声波探伤技术作为钢板对接焊缝无损检测的重要方法,广泛应用于钢结构工程的质量控制中。本文系统阐述了超声波探伤的基本原理、设备要求及检测步骤,重点分析了影响检测精度的关键问题,包括灵敏度设定、扫描路径覆盖和缺陷评定方法。结合《钢结构焊接规范》(GBT50661-2011)的要求,深入探讨了常见缺陷的检测特征及报告编制的重要性,并提出优化检测效率和可靠性的实践建议。本文展望了超声波探伤技术在智能化、规范化和适应性方面的未来发展方向,为提高钢结构焊缝的检测质量和工程安全提供了理论支持和实践参考。

[关键词] 钢结构;超声波探伤;钢板对接;无损检测;检测规程

钢结构因其高强度和良好的耐久性广泛应用于桥梁、建筑和船舶等领域,其焊缝质量直接决定了钢结构的安全性和可靠性。在焊接过程中,由于工艺限制或材料特性,焊缝区域可能出现裂纹、未熔合、气孔等缺陷,这些缺陷不仅会降低焊缝的力学性能,还可能引发安全隐患。因此,焊缝的无损检测是钢结构工程质量控制中的核心环节。超声波探伤技术凭借其高灵敏度和适用范围广的特点,已成为钢板对接焊缝质量检测的主要手段。与其他无损检测技术相比,超声波探伤能够精确定位和评估焊缝的内部缺陷,尤其是对厚板、异形结构和复杂焊缝的检测。《钢结构焊接规范》(GBT50661-2011)简称《焊接规范》为该技术的应用提供了标准化指导。本文基于规范要求,结合实践经验,系统分析了超声波探伤的关键步骤、常见问题和解决方案,并展望其未来发展方向。

Q 钢板对接焊缝超声波探伤的基本方法

(一)检测原理与设备要求

超声波探伤的检测原理基于声波在介质中传播的特性,尤其是当声波遇到缺陷界面时,其反射和衰减特性会发生显著变化。钢板对接焊缝通常会出现裂纹、未熔合、气孔等缺陷,这些缺陷会导致声波传播方向偏移、能量衰减或反射强度增加。超声波探伤通过探头发射声波并接收回波信号,将缺陷信息转化为电子信号显示在屏幕上,供检测人员分析。纵波和横波是钢板焊缝检测的主要声波形式,其中

纵波用于深入检测材料内部缺陷,而横波则对表面及浅层缺陷表现更为敏感。

设备的选择直接影响检测精度和可靠性。超声波探伤仪需符合《焊接规范》的要求,具有灵敏度可调、缺陷波形放大和信号记录功能。探头是核心部件,常见斜探头角度为 45° 、 60° 和 70° ,可用于不同深度和角度缺陷的检测,直探头则主要检测表面及近表面缺陷。耦合剂在检测过程中起到桥接声波与材料的作用,能有效减少空气干扰,提高声波传输效率。通过优化仪器参数设置与探头选型,探伤设备能够最大限度地还原缺陷特征,为后续缺陷评估提供可靠数据支持。

(二)检测步骤

钢板对接焊缝的超声波检测过程包括设备校准、准备工作、探头操作及缺陷评估等环节。设备校准是检测的首要步骤,包含以下流程:(1)探头前沿的调校。将标准试块(如IIW试块)置于探头下,调整探头前沿的位置和参数,确保探头与试块的接触面一致性良好。同时,使回波信号在屏幕上的位置与标准试块的参考信号一致,从而保证检测数据的准确性。(2)探头角度校准。利用试块上的 45° 、 60° 或 70° 斜面,验证探头发射角度与规范设定值一致性,避免检测时偏离目标区域。(3)灵敏度标定。根据焊缝厚度和检测需求,调节灵敏度曲线,使标准回波信号达到规范要求的幅值,并记录灵敏度值以供后续对比。

准备工作包括焊缝表面的清理操作,尤其是去除氧化皮

和杂质。探头操作需结合实际情况,采用斜探头或直探头对焊缝区域进行全面扫描。检测人员需手持探头均匀涂布耦合剂,通过缓慢而稳健的移动,确保声波覆盖焊缝根部、焊趾等关键区域。在实际操作中,探头操作的重点包括:(1)耦合剂涂布均匀,避免气泡影响声波传播。(2)回波实时分析。根据波形特征判断缺陷类型裂纹,其通常呈现尖锐高幅值回波,未熔合则表现为连续但低幅值波形。(3)通过严格的校准、操作和实时分析,为后续超声波探伤缺陷评定提供可靠数据。

Q 钢结构无损检测中超声波探伤需要注意的问题

(一)检测灵敏度与分辨率

灵敏度的合理设置对超声波探伤结果的准确性至关重要。灵敏度过低可能导致小缺陷漏检,而过高的灵敏度又容易引入伪缺陷信号,干扰缺陷评估。在实际操作中,灵敏度通常根据焊缝厚度及缺陷类型进行调整。薄板焊缝需要更高的灵敏度以识别较小的缺陷,而厚板则需要兼顾穿透能力和分辨率。声波频率是影响检测分辨率的重要因素,高频声波具有更高的分辨率,但其穿透能力较低,适用于较薄钢板或表面缺陷;低频声波穿透能力强,但分辨率较低,更适合厚板或深层缺陷的检测。检测过程中还需关注环境因素对灵敏度的影响,如湿度或温度变化可能引起声波衰减或反射特性改变。设备校准的稳定性和探头操作的规范性是保证灵敏度设定的有效必要条件。通过优化灵敏度和分辨率,检测人员能够更高效地识别缺陷,为焊缝质量评定提供可靠依据。

(二)扫描路径的覆盖率

扫描路径设计是超声波探伤中影响缺陷识别率的重要因素。由于焊缝及热影响区内的缺陷分布具有随机性,探头的扫描路径必须能够全面覆盖检测区域,尤其是焊缝根部和焊趾等缺陷高发区域。实际操作中,探头的移动速度需保持均匀且适中,过快可能导致信号遗漏,过慢则会增加操作时间和人员疲劳,影响检测效率。探头与焊缝表面的耦合状态需要始终保持良好,以确保声波信号的稳定性和可靠性。异形焊缝或多层焊接区域的检测路径需进行特殊设计。这类复杂结构中,声波传播可能因多次反射或折射而失真,增加了缺陷定位的难度。结合实际检测需求,可以通过多角度探头操作和分层扫描来提高覆盖率和信号质量。确保扫描路径的全面性,不仅能有效降低漏检率,还能为缺陷特征分析提供更完整的数据支持。

(三)缺陷评定依据

超声波探伤的最终目标是对焊缝内缺陷进行科学评定。依据《焊接规范》的要求,评定内容包括位置、尺寸和类型三方面:(1)位置评定。利用回波信号的时间延迟和探头轨

迹,计算缺陷在焊缝中的深度和相对位置,焊缝根部裂纹常伴随时间延迟较短的尖锐高幅值回波,位置多集中于焊缝底部区域;气孔位置则分布随机,回波延迟中等且幅值较低。

(2)尺寸评定。通过分析回波信号的幅值和持续时间,结合定位曲线计算缺陷尺寸。裂纹的长度可通过高幅值信号的时间跨度测定,而气孔的大小通常依据孤立低幅值波形的范围估算。实际操作中需考虑焊缝厚度、声波衰减及环境干扰等因素,确保评估结果符合质量控制标准。(3)类型评定。依据回波特征和规范经验判断缺陷类型。例如,裂纹:高幅值尖锐波峰,常分布于焊缝根部或焊趾区域;未熔合:波形连续但幅值较低,集中在焊缝上下层交界处;气孔:孤立低幅值波形,分布在焊缝中心或熔池区域。结合位置、尺寸及类型综合分析,评定结果直接决定焊缝的安全性和是否需修复处理。

(四)环境与操作条件

超声波探伤的结果易受环境和操作条件的影响,因此在实际检测中需格外注意检测环境及操作的规范性。湿度、温度和电磁干扰是常见的环境因素,这些因素可能导致声波信号衰减、噪声增多或检测设备稳定性下降。为了减少环境对检测结果的干扰,建议在干燥、无强磁场的环境下进行探伤操作,必要时可采取遮挡或屏蔽措施,降低环境噪声对信号的影响。操作条件的规范性直接影响检测精度。探头操作需符合规范要求,操作人员应持证上岗,并熟练掌握探头角度调整和声波入射路径的选择。探头与焊缝表面的接触需保持稳定,避免因耦合剂不足或探头抖动引发信号失真。在检测过程中,探头的移动速度需均匀适中,过快可能导致信号遗漏,过慢则会延长检测时间,增加劳动强度。设备维护和校准也是确保操作条件符合要求的重要环节。探伤仪器应定期进行性能检测和维护,以保证其灵敏度和稳定性符合规范要求。操作人员在使用仪器前需充分了解设备性能及其适用范围,避免因操作失误导致检测结果不准确。通过优化环境条件和操作规范,超声波探伤能够在实际应用中发挥更大的技术优势,保障钢结构焊缝的检测质量和工程安全。

Q 钢结构无损检测中超声波探伤的缺陷检测、评定与记录

(一)常见缺陷特征分析

钢板对接焊缝中,缺陷类型多种多样,不同缺陷对焊缝性能的影响各不相同,超声波探伤通过回波特征对缺陷类型进行区分和分析。裂纹是最为危险的缺陷之一,通常表现为尖锐、强反射的波峰,其特征在于反射信号幅值高且集中。裂纹的形态和方向对焊缝力学性能的削弱较大,尤其是贯穿焊缝的裂纹会对结构强度构成直接威胁。未熔合常出现在焊缝根部或层间区域,由于焊接时热输入不足或焊接

工艺不当,导致母材与焊缝金属未完全熔合。在超声波检测中,未熔合表现为连续但不均匀的反射信号,幅度较低且分布在焊缝特定区域。气孔是另一类常见缺陷,通常由焊接过程中产生的气体未能完全排出所致,其波形特征为多个孤立的低幅度回波,回波间无明显衰减,通常集中在焊缝中部或熔池区域。这些缺陷的准确识别依赖于探伤人员对波形特征的经验判断,同时结合焊缝的具体位置和环境条件综合分析。裂纹、未熔合和气孔在对接焊缝中的分布规律及形态特征已在行业中积累了较多数据,通过系统的检测和归类,技术人员能够更准确地评估缺陷对焊缝性能的影响。

(二)缺陷记录与报告

缺陷记录与报告是超声波探伤的核心环节,既是检测工作的总结,也是后续处理和修复的重要依据。根据《焊接规范》的要求,探伤记录需详细描述缺陷的具体信息,包括缺陷的位置、深度、波幅、长度以及其他必要的特征参数。缺陷的位置通常以焊缝的起始点为基准,通过回波信号的时间延迟计算出缺陷的深度和在焊缝宽度方向的具体分布。深度信息直接关系缺陷对焊缝性能的影响,而长度则是判断缺陷严重程度的重要参数之一。

检测记录的完整性和准确性至关重要。除了缺陷信息外,报告中还需包括检测设备的型号、灵敏度设置、探头类型以及检测方法等参数,以便后续验证检测结果的可靠性。操作人员的签名及资质信息需明确标注,以确保报告的依据性。在实际操作中,采用电子记录方式可以显著提高记录效率,并支持后续的数据分析与保存。报告的输出形式需要符合规范要求,确保数据直观且易于解读。常用的缺陷图表和定位示意图可以帮助工程技术人员快速理解焊缝缺陷的分布及其影响。完整、规范的检测记录和报告不仅能为工程决策提供依据,还为钢结构的长期安全性评估奠定了数据基础。

Q 对超声波探伤的理解与展望

超声波探伤是钢板对接焊缝检测中的核心技术,凭借其高灵敏度和适用性,在实际检测中发挥了不可替代的作用。通过超声波探伤,不仅能够识别焊缝内常见缺陷,还可基于波形特征评估缺陷对焊缝力学性能的影响。在实际应用

中,检测操作需注重探头角度的选择和扫描路径的覆盖性对焊缝根部的裂纹检测,应优先选用45°斜探头,配合精细的多角度扫描,确保信号覆盖焊缝全区域。检测灵敏度的调整需结合具体工况,如薄板检测应适当提高灵敏度以避免小缺陷漏检,厚板则需兼顾穿透能力和分辨率。

基于《焊接规范》的技术标准,可细化特殊焊缝区域的操作要求,并通过引入人工智能技术实现缺陷识别和数据处理自动化。借助AI实时分析回波信号,可更高效地判断缺陷位置和类型,从而优化检测结果。未来,超声波探伤技术应进一步规范化和智能化,并在钢结构工程中持续发挥重要作用,为焊缝质量控制和工程安全提供强有力的支持。

Q 结束语

超声波探伤技术以其高效性和精准性,成为钢板对接焊缝无损检测的重要方法。在检测过程中,通过合理设定灵敏度、优化扫描路径设计以及严格按照规范评定缺陷类型和尺寸,可有效提高检测结果的可靠性。检测记录和报告的规范化操作为焊缝质量控制提供了全面依据,同时也为工程安全的长期评估奠定了数据基础。未来,超声波探伤技术的发展将以智能化和适应性为核心方向,引入人工智能和自动化技术,提高缺陷识别效率和数据处理能力。针对复杂结构和恶劣环境的特殊检测需求,优化设备性能与技术标准将成为技术进步的关键。通过不断的技术创新和规范化操作,超声波探伤将在保障钢结构安全性和延长使用寿命方面发挥更大作用,为工程质量控制提供坚实支撑。

参考文献

- [1]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.
- [2]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.
- [3]邹凡.钢结构无损检测中超声波探伤技术的应用[J].工程设计与设计,2019(02):13-14.

作者简介:

何玉瑞(1989—),男,汉族,甘肃武威人,本科,工程师,宁夏利伟建设工程质量检测有限公司,研究方向:建筑工程检测。