

基于超声波的道路与桥梁工程检测

韦瑞福

广西壮族自治区建筑科学研究设计院 广西 南宁 530221

摘要: 基于超声波的道路与桥梁工程检测技术, 凭借其无损、高效及精准的特性, 在现代基础设施维护中发挥着关键作用。该技术通过发射超声波并接收其反射信号, 有效评估道路与桥梁的内部结构完整性、材料性质及潜在缺陷。本文深入探讨了超声波检测在道路与桥梁工程中的应用原理、实践方法及显著优势, 旨在为提升工程结构安全性、延长使用寿命提供科学依据与技术支持, 推动无损检测技术的进一步发展。

关键词: 超声波; 道路; 桥梁; 检测

引言: 随着交通基础设施建设的不断推进, 道路与桥梁的安全性和耐久性成为社会各界关注的焦点。传统的检测方法往往存在效率低、精度差或需破坏结构等弊端, 难以满足现代工程维护的需求。超声波检测技术作为一种先进的无损检测方法, 以其独特的优势在道路与桥梁工程检测中展现出巨大潜力。该技术不仅能准确识别结构内部缺陷, 还能高效评估材料性能, 为工程结构的健康监测与维护提供了强有力的技术支持。

1 超声波检测技术原理

1.1 超声波特性

超声波是一种频率高于人耳能听到的频率(20Hz~20KHz)的声波, 通常其频率范围在20KHz以上, 典型应用中的超声波频率大约在2MHz到10MHz之间。超声波具有一系列独特的物理特性, 这些特性使其在无损检测领域得到了广泛应用。超声波在传播过程中具有良好的方向性, 能量易于集中, 这使得它能够以较高的精度对特定区域进行检测。超声波能够在多种介质中传播, 包括气体、液体和固体, 且可传播足够远的距离。这种穿透能力使得超声波能够深入材料内部, 检测其内部结构和缺陷。当超声波遇到不同介质的界面或材料内部的缺陷时, 会发生反射和折射现象。这些现象是超声波检测的基础, 通过检测反射和折射的超声波信号, 可以判断材料内部的结构和缺陷情况^[1]。超声波可以传递很强的能量, 这种能量在传播过程中会与介质发生相互作用, 携带有关介质状态的信息。当足够强的超声波在液体等介质中传播时, 会产生空化效应等现象, 这在某些特定应用中具有重要意义。

1.2 检测基本原理

超声波检测的基本原理是利用超声波在材料中的传播特性, 通过检测设备发射和接收超声波信号, 对材料内部的结构和缺陷进行检测和评估。具体来说, 超声波

检测的基本原理包括以下几个方面: (1) 声源产生超声波。检测设备中的声源(如压电换能器)在电场的作用下产生机械振动, 从而发射出超声波。这些超声波以一定的频率和波形进入被检测材料; (2) 超声波在材料中传播。超声波在材料中传播时, 会与材料内部的结构和缺陷发生相互作用。如果材料内部存在缺陷(如裂纹、气孔等), 超声波在传播过程中会遇到声阻抗不同的界面, 从而发生反射、折射等现象; (3) 接收和分析超声波信号。检测设备中的接收换能器将反射或透射回来的超声波信号转换为电信号, 并进行分析处理。通过分析超声波信号的幅度、频率、相位等特征参数, 可以判断材料内部是否存在缺陷以及缺陷的位置、大小、形状等信息; (4) 评估材料质量。根据接收和分析的超声波信号结果, 对材料的质量进行评估。如果材料内部存在缺陷, 可以进一步确定缺陷的性质和严重程度, 从而为后续的修复或处理提供依据。

2 超声波检测在道路工程中的应用

2.1 路面结构检测

路面作为道路的直接承载层, 其结构的完整性和稳定性直接关系到道路的使用寿命和行车安全。超声波检测通过其独特的物理特性, 为路面结构检测提供了高效、准确的手段。在路面结构检测中, 超声波检测主要用于探测路面各层之间的界面情况、厚度变化以及内部缺陷。通过向路面发射超声波, 并接收其反射波信号, 检测人员可以分析出路面各层的厚度、材料性质以及是否存在脱空、松散等缺陷。例如, 当超声波遇到不同材料的界面时, 会发生反射, 通过测量反射波的时间差, 可以精确计算出各层的厚度。如果路面内部存在裂缝、空洞等缺陷, 超声波在传播过程中会发生散射或衰减, 这些变化都会被接收设备捕捉到, 并通过数据分析软件进行处理, 从而准确判断缺陷的位置、大小和性质^[2]。超

声波检测还具有非破坏性、快速高效的特点。它不需要对路面进行破坏性的取样或开挖,只需在路面表面布置测点,即可进行快速检测。这不仅大大节省了检测时间和成本,还避免了因检测而对路面造成的二次损害。因此超声波检测技术在路面结构检测中得到了广泛应用,为道路养护和维修提供了重要的技术支持。

2.2 路基压实度检测

路基作为道路的基础,其压实度直接关系到道路的承载能力和稳定性。在路基压实度检测中,超声波检测主要通过测量超声波在路基材料中的传播速度来间接反映路基的压实度。一般来说,路基材料的压实度越高,其密度越大,超声波在其中的传播速度也越快。因此通过测量超声波在路基中的传播速度,并与标准值进行比较,可以判断路基的压实度是否满足设计要求。超声波检测路基压实度具有操作简便、快速准确的特点。检测人员只需将超声波换能器放置在路基表面,即可进行测量。同时由于超声波检测不受路基材料种类和含水率的影响,因此其检测结果更加准确可靠。超声波检测还可以对路基进行连续检测,及时发现压实度不足的区域,为路基施工质量的控制提供了有力保障。

3 超声波检测在桥梁工程中的应用

超声波检测技术作为一种高效、精准的无损检测方法,在桥梁工程中发挥着至关重要的作用。它不仅能够评估桥梁结构的完整性,还能及时发现潜在的安全隐患,为桥梁的维护和管理提供科学依据。

3.1 混凝土桥梁检测

混凝土是桥梁工程中常用的建筑材料,其内部结构的完整性和密实性直接关系到桥梁的安全性和耐久性。超声波检测技术在混凝土桥梁检测中具有广泛的应用,主要体现在以下几个方面:(1)内部缺陷检测。超声波能够穿透混凝土材料,并在遇到内部缺陷(如空洞、裂缝、不密实区等)时发生反射、散射或能量衰减。通过分析超声波的传播特性,可以准确判断混凝土内部缺陷的位置、大小和性质。这对于及时发现并修复混凝土桥梁的潜在病害具有重要意义;(2)混凝土强度评估。超声波在混凝土中的传播速度与混凝土的强度密切相关。通过测量超声波在混凝土中的传播速度,并结合相关经验公式,可以间接评估混凝土的强度。这种方法具有非破坏性、快速高效的特点,适用于大规模混凝土结构的强度检测;(3)结构厚度测量。超声波检测还可以用于测量混凝土桥梁的结构厚度,如桥面板、腹板等部位的厚度。通过精确测量结构厚度,可以评估桥梁的承载能力和耐久性,为桥梁的维护和管理提供重要依据。

3.2 钢结构桥梁检测

钢结构桥梁具有重量轻、强度高、施工速度快等优点,在现代桥梁工程中得到了广泛应用。然而钢结构桥梁在长期使用过程中容易受到腐蚀、疲劳等因素的影响,导致结构性能下降。超声波检测技术在钢结构桥梁检测中同样具有重要的作用:焊缝是钢结构桥梁中的关键部位,其质量直接影响到桥梁的整体安全性。超声波检测可以穿透焊缝材料,检测焊缝内部是否存在裂纹、未焊透、夹渣等缺陷。通过精确测量缺陷的位置和大小,可以评估焊缝的质量等级,为焊缝的修复和加固提供科学依据。螺栓连接是钢结构桥梁中常用的连接方式之一,超声波检测可以检测螺栓的紧固程度以及螺栓孔周围的缺陷情况。通过测量超声波在螺栓和螺栓孔中的传播特性,可以判断螺栓是否松动或存在裂纹等缺陷,确保螺栓连接的可靠性^[3]。钢材在冶炼和轧制过程中可能产生内部缺陷,如夹杂物、气孔等。这些缺陷会降低钢材的强度和韧性,影响桥梁的安全性。超声波检测可以穿透钢材材料,检测其内部是否存在缺陷,并评估缺陷对钢材性能的影响程度。

3.3 索力与预应力检测

在桥梁工程中,索结构和预应力混凝土结构是常见的结构形式。这些结构中的索力和预应力状态直接影响到桥梁的承载能力和变形性能。超声波检测技术在索力与预应力检测中也具有独特的应用价值:对于斜拉桥、悬索桥等索结构桥梁,索力的准确测量是评估桥梁安全性的重要指标之一。超声波检测技术可以通过测量索的振动频率或超声波在索中的传播速度来间接测量索力。这种方法具有非破坏性、实时性强的特点,适用于长期监测索力的变化情况。预应力混凝土结构在长期使用过程中,由于材料老化、锚具松动等原因,可能导致预应力损失。超声波检测可以通过测量超声波在预应力筋中的传播速度或衰减情况来评估预应力损失的程度。这对于及时发现并修复预应力损失问题具有重要意义,可以确保桥梁的长期安全性和耐久性。锚固系统是预应力混凝土结构中的关键部位之一,超声波检测可以检测锚固系统的完整性以及预应力筋与锚具之间的粘结性能。通过精确测量锚固系统的各项参数,可以评估锚固系统的可靠性,为桥梁的维护和管理提供重要依据。

4 超声波检测技术在道路与桥梁工程应用中的优势

超声波检测技术作为一种先进的无损检测方法,在道路与桥梁工程中展现出了显著的优势。其独特的检测原理和技术特点,使得它在保障工程结构安全、提高检测效率以及确保检测结果准确性方面发挥了重要作用。

4.1 无损检测特性

超声波检测技术的核心优势之一在于其无损检测特性。在道路与桥梁工程中,结构的安全性和耐久性至关重要,而传统的检测方法往往需要对结构进行破坏性取样或开挖,这不仅增加了检测成本,还可能对结构造成二次损害。超声波检测技术则完全避免了这一问题,它利用超声波在材料中的传播特性,通过接收和分析反射波或透射波的信号,来评估结构的内部状况,而无需对结构进行任何破坏。保护结构完整性;超声波检测可以在不破坏道路或桥梁结构的前提下,对其内部缺陷、材料性质以及结构完整性进行全面检测。这对于保护工程结构的完整性和延长其使用寿命具有重要意义。实时监控与评估;由于超声波检测的无损性,它可以对道路与桥梁工程进行实时监控和评估。在工程施工过程中,可以定期对关键部位进行检测,及时发现并处理潜在的安全隐患;在工程使用阶段,也可以定期进行检测,评估结构的健康状况,为工程的维护和管理提供科学依据。

4.2 高效快速检测

超声波检测技术的另一个显著优势是高效快速检测。在道路与桥梁工程中,检测效率直接影响到工程的进度和成本。超声波检测技术通过其独特的检测原理和先进的设备,实现了对结构的高效快速检测。超声波检测设备可以对道路或桥梁结构进行快速扫描,并实时生成检测图像。这些图像可以直观地展示结构的内部状况,使检测人员能够迅速判断是否存在缺陷以及缺陷的位置和大小。随着科技的不断发展,超声波检测设备越来越趋向于自动化和智能化。一些先进的设备可以自动识别缺陷、分析数据并生成检测报告,大大提高了检测效率和准确性。超声波检测技术适用于大面积检测,如道路路面、桥梁桥面板等。通过合理的测点布置和扫描方式,可以快速完成对整个结构的检测,为工程的全面评估提供有力支持。

4.3 检测结果准确性高

超声波检测技术的第三大优势是检测结果准确性高。在道路与桥梁工程中,检测结果的准确性直接关系

到工程的安全性和可靠性。超声波检测技术通过其精确的检测原理和高灵敏度的设备,确保了检测结果的准确性。超声波检测技术具有高分辨率和灵敏度,能够检测到微小的缺陷和变化。这使得它能够准确判断道路或桥梁结构的内部状况,为工程的维护和管理提供精确的数据支持^[4]。超声波检测不仅可以检测结构的缺陷情况,还可以分析材料的性质、厚度、密度等多个参数。这些参数的综合分析可以更全面地评估结构的健康状况,提高检测结果的准确性。超声波检测技术的检测结果具有良好的可重复性和可比性。在不同的时间、地点和条件下进行的检测,其结果可以相互比较和分析,为工程的长期监测和评估提供可靠的数据支持。超声波检测设备通常配备有强大的数据处理和分析软件,可以对检测数据进行深入处理和分析。通过数据对比、趋势分析等方法,可以更准确地判断结构的健康状况和预测其使用寿命。

结束语

基于超声波的道路与桥梁工程检测技术,凭借其无损、高效、精准的特性,已成为现代基础设施维护中不可或缺的重要手段。它不仅为工程结构的健康监测与评估提供科学依据,还有效保障道路与桥梁的安全性和耐久性。随着科技的不断进步,超声波检测技术将不断优化与创新,为交通基础设施的可持续发展贡献更大力量,助力构建更加安全、可靠的交通网络。

参考文献

- [1]商峰,周虎.基于早龄期超声测试的堆石混凝土工程质量检测[J].建筑材料学报,2022,25(2):214-220.
- [2]辛崇飞.建筑工程水泥与混凝土施工材料检测的重要性及方法探微[J].工业建筑,2022,52(3):293.
- [3]周明丽.近红外高光谱成像的建筑材料缺陷自动检测系统[J].自动化技术与应用,2024,43(07):30-34. DOI:10.20033/j.1003-7241.(2024)07-0030-05.
- [4]官显金,庞铁军,赵一帆.弹性波CT法与超声法在桥墩混凝土质量无损检测中的应用研究[J].广东土木与建筑,2024,31(07):115-118. DOI:10.19731/j.gdtmyjz.2024.07.030.