

道路桥梁检测中无损检测技术的应用分析

信喜武

山东省交通工程监理咨询有限公司 山东 济南 250100

摘要：现阶段，城市规模和市政配套得到了进一步完善与提升，无损检测技术在市政桥梁工程质量控制中的应用也得到了长足的发展。通过深入分析无损检测技术在道路桥梁检测中的应用，无损检测技术，如光纤传感、探地雷达、超声波检测及图像技术等，凭借其高精度、非破坏性、实时性和高效性等特点，在桥梁结构健康监测、病害检测、应力应变分析等方面发挥了重要作用。这些技术不仅提高了检测的准确性和效率，还确保了道路桥梁的安全性和耐久性，为工程维护和管理提供了重要技术支持。

关键词：道路桥梁检测；无损检测技术；应用

引言：道路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分，其安全性和耐久性直接关系到人们的出行安全和经济发展。随着交通量的不断增加和桥梁使用年限的延长，桥梁结构的损伤和病害问题日益凸显。无损检测技术作为一种非破坏性、高效且精确的检测手段，在道路桥梁检测中得到了广泛应用。本文旨在探讨无损检测技术在道路桥梁检测中的优势及具体应用，以此为桥梁的安全评估和维护管理提供参考。

1 无损检测技术概述

无损检测技术（Non-Destructive Testing, NDT）是一种在不破坏被检测对象使用性能、内部结构或外观的前提下，利用材料内部结构异常或缺陷存在引起的物理量变化（如声、光、电、磁等）来检查或测试其内部和表面缺陷，以及某些物理性能、组织状态和化学成分的技术。该技术是现代工业生产和质量控制中不可或缺的重要手段，广泛应用于航空航天、汽车制造、石油化工、核能、电力、建筑、冶金、船舶、兵器等各个领域。第一，无损检测技术的核心优势在于其非破坏性，这意味着检测过程不会对被检测对象造成任何损害，保证了产品的完整性和使用性能。同时，无损检测还具有全面性，可以对被检测对象进行100%的全面检测，避免了破坏性检测可能带来的漏检问题，无损检测还具有全程性，不仅可对制造用原材料进行检测，还可对各中间工艺环节直至最终产成品进行全程检测。这种检测方式不仅提高了检测效率，还确保了产品质量的稳定性和可靠性。第二，无损检测技术的方法多种多样，包括射线探伤（RT）、超声波探伤（UT）、磁粉探伤（MT）、涡流探伤（ECT）、液体渗透探伤（PT）等^[1]。每种方法都有其独特的原理、适用范围和优缺点，在实际应用中需要根据被检测对象的材料、形状、尺寸、缺陷类型以及检

测要求等因素来选择合适的方法。随着科学技术的不断进步，无损检测技术也在不断发展和完善，与现代计算机技术、数字化技术、图像处理技术、人工智能技术等相结合，形成了更加高效、准确、智能化的检测手段。

2 无损检测技术在道路桥梁检测中的优势

无损检测技术在道路桥梁检测中展现出了诸多显著优势，这些优势不仅提升了检测的准确性和效率，还确保了道路桥梁结构的完整性和安全性。（1）无损检测技术能够最大限度地减少对道路桥梁结构的破坏。在传统的检测方法中，如钻芯取样等，往往会对结构造成一定的损伤，甚至影响其使用寿命。而无损检测技术，如超声波检测、光纤传感检测等，则可以在不破坏结构的前提下，深入检测其内部状态，确保道路桥梁的结构性能不受影响。（2）无损检测技术能够确保道路交通的顺畅。在进行道路桥梁检测时，传统的检测方法往往需要封闭道路或限制交通，给人们的出行带来不便。而无损检测技术则可以在不影响交通的情况下进行检测，大大降低了检测工作对交通的影响。同时，检测过程简便，数据处理便捷，降低了检测工作量，提高了检测效率。（3）无损检测技术具有较高的检测精度。通过光、电、磁等科技手段，无损检测技术能够准确地检测出道路桥梁内部构件的基本状态和缺陷情况，为后续的维护和修复工作提供了有力的数据支持。这种高精度的检测能力，有助于及时发现并消除潜在的安全隐患，确保道路桥梁的安全运行。

3 无损检测技术在道路桥梁检测中的应用

3.1 频谱分析技术的应用

频谱分析技术是通过分析频谱特性来检测道路桥梁结构状态的技术。其基本原理是利用声波在不同介质中传播速度的差异，通过施加外力（如敲击）在桥梁结构

上,产生不同频率的瑞雷波面,这些波面在结构中传播时会受到结构特性的影响,如介质厚度、均匀性、层间接触情况等。通过在检测区域设置传感器,可以捕捉到这些波面的传播特性,进而分析出结构的实际状况。在具体应用中,频谱分析技术能够深入检测道路桥梁的隐蔽缺陷。例如,通过调整敲击力度或更换不同材料的敲击工具,可以产生不同频率的应力波,这些应力波在结构中的传播情况能够反映出结构的完整性和性能。如果结构中存在裂缝、空洞等缺陷,应力波在传播过程中会发生反射、折射等现象,导致接收到的信号发生变化^[2]。通过对这些信号进行分析,可以准确地定位缺陷的位置和大小,为后续的修复工作提供重要依据。除此之外,频谱分析技术还具有实时性强的特点。在检测过程中,可以实时采集和分析数据,及时发现并处理潜在的安全隐患。同时,该技术还可以与计算机技术和数据处理技术相结合,实现自动化、智能化的检测和分析过程,提高检测效率和准确性。

3.2 图像技术的应用

无损检测技术在道路桥梁检测中的应用广泛而深入,其中图像技术作为一种直观、高效的检测手段,扮演着至关重要的角色。

3.2.1 激光全息图像摄影技术

激光全息图像摄影技术利用激光的相干性和衍射性,通过全息记录的方式获取道路桥梁表面的三维图像信息。这种技术能够捕捉到细微的裂纹、变形等缺陷,并通过图像处理和分析,精确评估缺陷的尺寸、形状和位置。其优势在于检测结果直观、精确,为后续的维修和加固工作提供了可靠依据。

3.2.2 红外成像技术

红外成像技术则是基于物体表面温度分布的差异来检测道路桥梁内部的热异常。由于不同材料和缺陷的热传导性能不同,在热激励下会产生不同的温度分布。红外成像仪能够捕捉这些细微的温度变化,并以图像的形式展现出来。通过对红外图像的分析,可以准确地判断道路桥梁内部是否存在空洞、裂缝等缺陷,以及缺陷的具体位置和严重程度。这种技术特别适用于夜间或低温环境下的检测,能够有效避免日光干扰,提高检测精度。

3.2.3 数字图像处理与深度学习

随着计算机技术的发展,数字图像处理算法和深度学习技术在图像检测中得到了广泛应用。通过对图像进行增强、滤波、分割和特征提取等处理,可以进一步提高缺陷检测的准确性和效率。特别是深度学习技术,如卷积神经网络(CNN)等,能够自动学习和识别图像中

的复杂特征,实现对道路桥梁缺陷的智能检测和分类。这种技术的应用不仅提高了检测速度,还降低了人为误差的影响。

3.3 超声波检测技术的应用

超声波检测技术基于超声波在物体内部传播时遇到不同介质界面会产生反射、折射等现象的原理。在道路桥梁检测中,超声波检测仪发射高频超声波脉冲,这些脉冲在结构材料中传播并遇到缺陷(如裂缝、空洞等)时发生反射,反射波被接收器接收并转化为电信号进行处理。通过分析反射波的传播时间、波形变化等参数,可以判断缺陷的位置、大小和性质。另外,超声波检测技术在道路桥梁检测中具有广泛的应用范围,包括桥梁桩基、梁板、墩台等关键部位的检测。非破坏性:超声波检测不会对道路桥梁结构造成损伤,保证了检测的安全性和可靠性。高精度:超声波检测技术能够精确检测出路桥结构内部的微小缺陷,提高了检测的准确性。全面性:通过多测点、多角度的检测,可以全面了解路桥结构的整体状况,避免遗漏重要缺陷。实时性:检测过程快速,数据处理及时,能够迅速反馈检测结果,为维修和加固工作提供及时指导^[3]。在桥梁桩基检测中,超声波透射法被广泛应用。通过在桩内预埋检测管,将发射探头和接收探头置于声测管中,利用超声波脉冲在桩体混凝土中的传播特性来检测桩身完整性。通过测量超声波脉冲的传播时间、接收波幅等参数,可以判断桩身是否存在缺陷及其位置和性质。这种方法不仅提高了检测效率,还确保了桩基工程的施工质量。

3.4 激光技术的应用

无损检测技术在道路桥梁检测中的应用中,激光技术以其高精度、非接触性和实时性等特点,成为了一种重要的检测手段。

3.4.1 激光测距与定位

激光测距仪是激光技术在道路桥梁检测中的基础应用之一。通过发射激光束并测量其反射回来的时间,可以精确计算出激光源与反射面之间的距离。在道路桥梁检测中,激光测距仪可用于测量桥梁各部位的尺寸、跨度、高度等参数,确保桥梁结构的准确性。此外,激光定位技术还可以帮助检测人员快速定位桥梁上的关键检测点,提高检测效率。

3.4.2 激光扫描与三维建模

激光扫描技术利用激光束对道路桥梁表面进行快速扫描,获取大量的点云数据。这些数据经过处理后,可以生成高精度的三维模型。三维模型不仅可以直观地展示桥梁的结构形态,还可以进行量化分析,如测量裂缝

长度、宽度、深度等参数。激光扫描技术为道路桥梁的检测、评估和维护提供了重要的数据支持。

3.4.3 激光全息无损检测

激光全息无损检测技术是一种利用激光全息原理进行物体表面或内部缺陷检测的高级技术。通过记录物体表面的激光干涉图样，并在物体存在缺陷时分析图样变化，从而判断缺陷的性质和位置。在道路桥梁检测中，激光全息无损检测技术可用于检测桥梁结构中的微小裂纹、空洞等缺陷，提高检测的灵敏度和准确性。

3.4.4 激光测振与模态分析

激光测振技术利用激光束照射在桥梁结构上，通过测量结构振动引起的激光光斑位移来评估结构的动态性能，可以获取桥梁的振动频率、阻尼比等参数，为桥梁的模态分析和健康监测提供重要依据。通过模态分析，可以了解桥梁结构的振动特性和动力响应，评估其承载能力和安全性。

3.5 探地雷达检测技术的应用

探地雷达 (Ground Penetrating Radar, GPR) 利用天线发射和接收高频电磁波来探测介质内部物质特性和分布规律。当发射天线向地下发送高频电磁脉冲时，这些电磁波会在不同介质界面发生反射或折射。地下介质的电性差异决定了反射波的强度和传播速度。接收天线捕获这些反射回来的电磁波，并将其转换为可分析的数据。通过对这些数据进行处理，可以构建地下结构的图像，从而揭示地下物体的位置和特性。另外，探地雷达检测技术在道路桥梁检测中的应用范围广泛，包括但不限于以下几个方面：道路厚度检测：通过探地雷达可以准确测量道路面层的厚度，评估其是否符合设计要求。道路基层密实性检测：探地雷达能够检测道路基层的密实程度，发现潜在的空洞、脱空等缺陷。桥梁结构检测：对桥梁的桩基、梁板、墩台等关键部位进行探地雷达检测，可以评估其结构完整性和安全性。病害检测：如裂缝、沉降、空洞等病害的精确检测和定位，为后续的维修和加固工作提供重要依据。

3.6 光纤传感检测技术的应用

光纤传感技术是一种基于光纤传输原理和光学传感器的测量与监测技术，它利用光纤作为传感元件，通过检测光信号在光纤中的传播、干涉、散射等特性，实现

对环境参数、物理量和化学指标等的精确检测与监测。在道路桥梁检测中，光纤传感检测技术的应用具有高灵敏度与高精度：光纤传感技术能够捕捉到微小的光信号变化，从而实现道路桥梁结构内部应力、应变等参数的精确测量，为结构的健康监测提供可靠数据。抗电磁干扰能力强：光纤传感元件不受电磁场的影响，能够在复杂电磁环境中稳定工作，特别适用于道路桥梁等存在大量电气设备的场景。长距离传输与分布式监测：光纤传感技术可以实现长距离的信号传输，并且能够实现对整个桥梁结构的分布式监测，提高监测的全面性和实时性。耐久性与稳定性：光纤传感元件具有良好的耐久性和稳定性，能够在恶劣的环境条件下长期工作，保证监测数据的连续性和准确性。在实际应用中，光纤传感检测技术被广泛应用于桥梁的应力监测、裂缝检测、温度测量以及振动分析等方面^[4]。例如，通过在桥梁的关键部位布置光纤传感器，可以实时监测桥梁结构的应力变化，及时发现并预警潜在的结构损伤，还可以与其他无损检测技术相结合，形成多参数、多尺度的综合监测体系，为道路桥梁的安全运营提供更加全面的保障。

结语

总之，无损检测技术在道路桥梁检测中的应用展现了其独特的优势和广阔的前景。通过高精度、非破坏性的检测手段，无损检测技术能够及时发现并评估桥梁结构的潜在问题，为桥梁的安全运营和有效维护提供了重要保障。随着技术的不断进步和创新，无损检测技术将在道路桥梁检测领域发挥更加重要的作用，推动交通基础设施的安全性和耐久性迈向新的高度。

参考文献

- [1]付苗苗,沈红伟.激光测距无损检测机器人电机转矩控制[J].激光杂志,2020,41(10):121-124.
- [2]张荣华,史可宇,何家俊,高鹏程.平纹编织碳纤维复合材料的块均质化建模及其涡流无损检测[J].天津工业大学学报,2020,39(05):61-66.
- [3]张诚.地板辐射采暖施工质量无损检测鉴定方法的研究[J].住宅与房地产,2020(30):222-224.
- [4]马超.无损检测技术及应用[J].影像科学与光化学,2020,38(01):46-51.