

道路桥梁隧道检测中的无损检测技术

张宇恒

宁波市市政设施中心 浙江 宁波 315000

摘要：无损检测技术以其独特的非破坏性特点，在道路桥梁隧道等市政基础设施的检测中发挥着日益重要的作用。该技术通过高精度的检测和评估，能够及时发现潜在的安全隐患，为维护和修复工作提供有力依据，从而显著提升市政设施的安全性和维护效率。本文深入探讨了无损检测技术在道路、桥梁及隧道等领域的广泛应用，详细剖析了多种无损检测方法的原理及实践效果，同时也客观评述了这些技术的优势与局限，旨在为相关领域的研究和实践提供有价值的参考。

关键词：无损检测技术；道路桥梁隧道；结构检测；安全性评估

引言

在市政基础设施迅猛发展的时代背景下，道路、桥梁和隧道的安全稳定至关重要。无损检测技术，作为一种前沿的非破坏性评估手段，正逐渐崭露头角。它能够在确保结构不受损害的基础上，深入细致地审视市政设施的每一个角落。通过这项技术，我们可以更加精确地掌握设施的健康状况，及时发现并解决潜在的安全隐患。本文旨在深入剖析无损检测技术在道路、桥梁和隧道检测中的具体应用，以期为行业内的实践与创新点亮一盏明灯。

1 道路桥梁隧道检测的重要性

道路桥梁隧道检测的重要性不容忽视，它是确保这些关键市政设施安全性和稳定性的基础。在现代社会中，道路桥梁隧道扮演着举足轻重的角色，它们像人体的血管一样，维系着整个社会的正常运转。由于这些结构长期暴露在自然环境中，并承受着繁重的交通载荷，因此不可避免地会受到各种因素的影响，从而导致性能下降或损伤。专业的检测工作是对这些市政设施进行全面“体检”的过程，通过运用先进的无损检测技术，我们能够深入探测结构内部，发现那些肉眼难以察觉的微小裂缝、锈蚀或其他形式的损伤；这些损伤在初期可能并不明显，但如果不及时发现和处理，就有可能逐渐扩大，最终威胁到整个结构的安全性。检测过程中，技术人员会运用各种高精度的仪器和设备，对道路桥梁隧道的各个关键部位进行细致的检查。这些数据不仅反映了结构的当前状态，还能用于预测其未来的使用寿命和性能变化趋势；通过这样的科学评估，我们可以更加合理地安排维护和修复工作，确保市政设施始终保持在最佳状态。另外，检测工作还为后续的维护和修复提供了有力的支持。当发现结构存在问题时，我们可以根据检测

结果来制定针对性的解决方案，从而有效地延长设施的使用寿命，提高其运行效率；这不仅节约了资源，还保障了公众的出行安全^[1]。

2 无损检测技术概述

2.1 无损检测技术的定义与特点

无损检测技术，顾名思义，是一种能够在不破坏或损伤被检测对象的前提下，通过对其施加特定的外部激励并仔细分析其响应，进而准确评估结构内部状态和性能的方法。这种技术的核心优势在于其非破坏性，它允许我们在不损害材料或产品的情况下，获取关于其内部结构和特性的关键信息。传统的破坏性检测方法，如切割、钻孔或取样，虽然可以提供直接的材料性能数据，但这种方法会永久性地改变或破坏被测试的对象。相比之下，无损检测技术通过非接触或轻微接触的方式，利用材料对声、光、电磁等物理量的反应，来间接评估其内部结构和性能。并且，无损检测技术还具有高效、准确的特点。随着技术的进步，现代无损检测设备能够迅速收集和分析大量数据，从而提供关于材料内部缺陷、结构异常或其他性能特征的详细信息；这些信息对于预防潜在的故障、确保产品质量以及指导维护和修复工作至关重要。

2.2 常见无损检测技术种类介绍

(1) 超声检测：超声波检测是一种利用高频声波在材料中传播的特性来检测其内部结构和缺陷的方法。当超声波在材料中传播时，如果遇到裂纹、气孔或其他不连续处，声波会发生反射、折射或散射；通过分析这些声波信号，我们可以确定材料内部的缺陷位置、大小和性质；超声波检测广泛应用于金属、陶瓷、复合材料等多种材料的内部质量检测。(2) 雷达检测：雷达检测技术，又称为地面穿透雷达（GPR）技术，主要通过发射

高频电磁波并接收其反射信号来探测结构内部的异常。这种技术特别适用于探测混凝土、土壤、岩石等介质中的空洞、裂缝或其他隐蔽结构；GPR设备能够生成高分辨率的图像，帮助工程师准确识别和定位结构内部的问题。（3）回弹检测：回弹检测是一种通过测量物体表面的回弹硬度来间接评估其内部质量的方法。这种方法基于的原理是，材料的硬度与其内部结构和强度密切相关；通过使用特制的回弹仪在物体表面进行多次测量，我们可以得到一个平均回弹值，从而推断出材料的内部质量；这种方法简单、快速且成本较低，广泛应用于混凝土、金属等材料的硬度检测和质量控制。除了上述三种方法外，无损检测技术还包括射线检测、涡流检测、磁粉检测等多种方法，每种方法都有其特定的应用场景和优势。总的来说，无损检测技术在确保工程安全和产品质量方面发挥着至关重要的作用；随着科技的进步，我们期待这些技术能变得更加精确、高效和智能化，为各种行业和领域提供更强大的支持^[2]。

3 无损检测技术在道路检测中的应用

3.1 对道路路面结构完整性的检测

在道路工程中，路面结构的完整性对于确保道路的安全和持久性至关重要；无损检测技术在这方面发挥着关键作用。（1）路面厚度与均匀性评估：利用超声波检测技术，可以通过测量声波在路面材料中的传播时间来计算路面的厚度；这种方法不仅快速而且精度高，能够有效地评估路面的均匀性，及时发现施工过程中的问题，如局部过薄或过厚区域。（2）裂缝检测：裂缝是路面破损的初级形式，若及时发现并处理，可能会引发更严重的损坏；通过高分辨率的地面穿透雷达（GPR）技术，可以精确地探测到路面下的裂缝，并确定其位置、深度和宽度；这种无损检测方法比传统的目视检查更为准确和高效。（3）脱空和空洞检测：路面下的脱空和空洞是导致路面塌陷的潜在风险，GPR和其他电磁无损检测技术能够识别这些隐蔽的缺陷，为维修工作提供准确的目标定位；这些无损检测方法的应用不仅提高了道路检测的效率和准确性，而且有助于及时修复潜在的安全隐患，延长道路的使用寿命。

3.2 对道路材料性能的检测

除了路面结构的完整性，道路材料的性能也是决定道路质量和使用寿命的关键因素；无损检测技术在这方面同样表现出色。（1）混凝土强度评估：利用超声回弹综合法，可以通过测量混凝土表面的回弹值和超声波在混凝土中的传播速度来综合评估其抗压强度；这种方法无需取样，即可快速得到混凝土的强度信息，对于新建

道路的质量控制和旧路维修前的性能评估都非常有用。

（2）沥青密实度检测：沥青路面的密实度直接影响其防水性能和耐久性，通过核子密度仪等无损检测设备，可以快速准确地测量沥青路面的密实度，为施工质量的控制提供有力支持。（3）材料内部缺陷探测：红外热像技术等无损检测方法可以用于探测道路材料内部的缺陷，如混凝土中的气孔、沥青中的杂质等；这些缺陷可能会影响材料的性能和耐久性，及时发现并处理对于确保道路质量至关重要^[3]。

4 无损检测技术在桥梁检测中的应用

4.1 桥梁结构缺陷检测

桥梁在长期使用过程中，由于受到环境、荷载等多种因素的影响，可能会出现各种结构缺陷，如裂缝、锈蚀等；这些缺陷如果不及时发现和处理，将会对桥梁的安全性和稳定性构成严重威胁。第一，裂缝检测：裂缝是桥梁结构中最常见的缺陷，无损检测技术，特别是超声波检测和雷达检测，在这方面具有显著优势；超声波检测通过声波在材料中的传播特性来识别裂缝的位置和大小，而雷达检测则能精确探测到裂缝的深度和走向；这些技术为维修人员提供了准确的裂缝信息，有助于及时采取补救措施。第二，锈蚀检测：锈蚀是桥梁结构中另一个常见的问题，特别是在潮湿环境中；锈蚀会导致钢材性能下降，进而影响桥梁的整体稳定性；无损检测技术中的磁粉检测和涡流检测等方法，能够有效识别钢材表面的锈蚀情况，为后续的防腐处理提供有力支持。

4.2 桥梁承载能力评估

桥梁的承载能力是其安全性和稳定性的关键指标，无损检测技术在这方面也发挥着重要作用。第一，关键截面应力分析：通过对桥梁关键截面的无损检测，如使用超声波测量应力波传播速度，可以评估截面的应力状态和分布情况；这有助于判断桥梁在荷载作用下的变形和受力情况，进而评估其承载能力。第二，材料性能评估：桥梁的承载能力与其材料的性能密切相关，无损检测技术可以评估桥梁材料的强度、硬度等性能指标，如通过回弹法测量混凝土强度；这些数据为桥梁承载能力的评估提供了重要依据^[4]。

4.3 对桥梁关键部位的检测

桥梁的关键部位，如桥墩、桥面铺装、伸缩缝等，是桥梁结构中的重要组成部分；这些部位的状况直接影响到桥梁的整体性能。（1）桥墩检测：桥墩是桥梁的主要承重结构，无损检测技术可以检测桥墩内部的缺陷、裂缝以及混凝土的强度等，确保其处于良好的工作状态；例如，使用超声波或雷达检测技术对桥墩进行全面

扫描,及时发现并处理潜在问题。(2)桥面铺装检测:桥面铺装层直接承受车辆荷载和自然环境的作用,其性能状况对桥梁的安全性和舒适性至关重要;无损检测技术可以评估铺装的厚度、均匀性以及是否存在脱空、裂缝等问题;这有助于及时修复损坏区域,保持桥面平整度和防水性能。(3)伸缩缝检测:伸缩缝是桥梁结构中的重要部分,用于适应桥梁因温度变化而产生的伸缩变形;无损检测技术可以检测伸缩缝的密封性能和结构完整性,确保其正常工作并防止水分和杂物侵入桥梁内部。

5 无损检测技术在隧道检测中的应用

5.1 隧道衬砌质量检测

隧道衬砌作为隧道结构的关键部分,其质量对隧道的整体安全性和稳定性有着直接的影响;无损检测技术在隧道衬砌质量检测中发挥着核心作用。(1)厚度与均匀性评估:通过超声波检测技术,可以对隧道衬砌的厚度进行精确测量;这种技术利用声波在材料中的传播速度和反射原理,能够准确地评估衬砌的厚度是否符合设计要求;同时还可以检测衬砌的均匀性,确保施工质量。(2)裂缝检测:裂缝是隧道衬砌中常见的质量问题,利用高分辨率的地面穿透雷达(GPR)或其他类似的电磁无损检测技术,可以有效地探测到衬砌中的裂缝,并确定其位置、长度和深度;这对于及时发现并修复裂缝,防止水分渗透和结构失稳具有重要意义。还可以采用回弹法、超声回弹综合法等无损检测方法,通过测量衬砌表面的回弹值和超声波传播速度,综合评估衬砌的强度和重量;这些方法无需破坏衬砌结构,即可快速得到质量评估结果,为隧道的维护和管理提供有力支持^[5]。

5.2 隧道围岩状况检测

隧道围岩的稳定性对于隧道的整体结构安全至关重要,无损检测技术在这方面也展现出了其独特的优势。(1)松动和裂缝检测:通过地质雷达等无损检测设备,可以对隧道围岩进行全面的扫描和探测;这些设备能够准确地识别出围岩中的松动区域和裂缝,为维修人员提供精确的定位信息。(2)稳定性评估:结合地质勘察和钻孔取心等传统方法,无损检测技术还可以对隧道围岩的稳定性进行综合评估;通过分析围岩的地质构造、岩

性、裂缝发育情况以及完整性等指标,可以为隧道的加固和支护提供科学依据;这些无损检测方法的应用不仅提高了隧道检测的效率和准确性,而且有助于及时发现并处理围岩中的安全隐患,确保隧道的稳定运行。

5.3 隧道渗水等病害检测

渗水等病害是隧道运营过程中需要重点关注的问题,无损检测技术在这方面也发挥着重要作用。(1)渗水病害定位:利用红外热成像技术等无损检测方法,可以准确地发现隧道中的渗水病害;这些技术通过检测隧道壁面的温度变化,能够迅速定位渗水部位,为后续的治理工作提供有力支持。(2)病害范围评估:通过GPR等电磁无损检测技术,还可以对渗水病害的范围进行精确评估;这有助于确定治理方案和修复计划,确保隧道的安全运营。并且无损检测技术还可以用于评估隧道内其他类型的病害,如剥落、腐蚀等。这些技术的应用为隧道的维护和管理提供了全面的技术支持。

结语

无损检测技术正日益成为道路桥梁隧道安全保障的守护神。其精确而全面的检测能力,使得我们能够迅速识别和应对潜在的安全风险,从而大大增强了市政基础设施的稳固与安全。随着科技的不断进步,无损检测技术也在持续革新与完善,我们有理由相信,这项技术将在不久的将来展现出更加卓越的性能。它将继续守护着我们的市政动脉,确保公众出行更加安心、顺畅,为构建安全、高效的市政环境贡献力量。

参考文献

- [1]许丹.道路桥梁检测中的无损检测技术探讨[J].工程与建设.2022,36(3)57-59.
- [2]张帅.无损检测技术在道路桥梁检测中的应用研究[J].交通世界(下旬刊).2021,(6)128-129.
- [3]陈林海.道路桥梁检测中无损检测技术的应用分析[J].工程建设与设计.2020,(15)81-83.
- [4]巩亚琦.道路桥梁检测中的无损检测技术运用研究[J].河南科技.2020,(17)33-35.
- [5]胡定宋.道路桥梁隧道检测中的无损检测技术[J].建材与装饰,2023,19(32):37-39.