

# 无损检测技术在道路桥梁工程中的应用

陈建刚

杭州恒正工程检测有限公司 浙江 杭州 310000

**摘要:** 无损检测技术,如同道路桥梁工程的“守护神”,在确保其安全与持久性方面发挥着举足轻重的作用。本文深入剖析了无损检测技术的核心原理及独特优势,揭示了其在结构健康监测、缺陷精准识别与全面评估中的不可或缺性。同时,细致描绘了多种检测方法在工程实践中的生动应用,并展望了其融合创新、智能化发展的辉煌未来。

**关键词:** 无损检测技术;道路桥梁工程;结构健康监测;缺陷识别;应用

## 引言

在交通网络日益繁密的当下,道路桥梁工程的安全与耐久性已然成为公众瞩目的焦点。无损检测技术,以其独特的非破坏性特质,能够深入剖析道路桥梁的内部状态,而无需对其造成任何损伤。本文致力于探索这一技术在工程实践中的广泛应用,期望通过深入剖析与讨论,为相关领域的研究者和实践者提供有价值的参考与启示,共同推动道路桥梁工程向更高标准迈进。

### 1 无损检测技术的重要性

无损检测技术是道路桥梁工程中的一项革命性技术,它利用声、光、电、磁等物理原理,对结构进行非破坏性检测,深入剖析其内部状态。相较于传统的破坏性检测方法,无损检测不仅避免了因检测而造成的结构损伤,更在检测效率和准确性上实现了质的飞跃。在道路桥梁工程中,结构的安全性和耐久性至关重要。然而,随着时间的推移,各种自然和人为因素都可能对结构造成损伤,如裂缝、空洞、锈蚀等。这些损伤如果未能及时发现和处理,将严重威胁到道路桥梁的安全使用。无损检测技术的出现,为及时发现这些潜在的安全隐患提供了有力手段。此外,无损检测技术还能对结构的剩余寿命进行评估,为维修加固策略的制定提供科学依据。通过对结构内部状态的全面了解,工程师可以更加精准地判断结构的当前状态和未来发展趋势,从而制定出更加合理、经济的维修加固方案。总之,无损检测技术在道路桥梁工程中的重要性不言而喻。它不仅能够保障结构的安全性和耐久性,还能提高检测效率和准确性,为道路桥梁工程的可持续发展提供坚实的技术支撑<sup>[1]</sup>。

### 2 无损检测技术的应用

#### 2.1 超声波检测

超声波检测,作为无损检测技术中的重要分支,在道路桥梁工程中发挥着不可或缺的作用。这一方法利用超声波在固体材料中传播的特性,通过对波形的分析,

来推断结构内部的健康状态。在道路桥梁工程中,混凝土是构成结构主体的关键材料。然而,混凝土在浇筑、养护和使用过程中,可能会因为各种原因产生空洞、裂缝等缺陷。这些缺陷不仅影响结构的美观性,更可能威胁到其安全性和耐久性。超声波检测正是为了发现和定位这些缺陷而诞生的。当超声波在混凝土中传播时,如果遇到空洞或裂缝,波形会发生明显的变化。检测人员通过分析这些变化,可以准确地判断出缺陷的位置、大小和形状。这种非破坏性的检测方法,不仅避免了传统方法中对结构造成的损伤,而且大大提高了检测的效率和准确性。除了混凝土缺陷检测外,超声波检测还广泛应用于钢筋锈蚀和断裂情况的评估。在道路桥梁工程中,钢筋是承受拉力的主要构件。然而,由于环境侵蚀和使用年限的影响,钢筋可能会发生锈蚀和断裂。这些情况如果未能及时发现和处理,将对结构的安全性构成严重威胁。超声波检测能够通过分析对钢筋中超声波传播速度的分析,来推断其锈蚀和断裂情况。当钢筋发生锈蚀时,其截面面积会减小,导致超声波传播速度增加;而当钢筋发生断裂时,超声波将无法继续传播。通过对这些信号的分析和处理,检测人员可以及时了解钢筋的健康状况,为维修和加固决策提供有力支持。

#### 2.2 雷达检测技术

雷达检测技术,作为一种高效、准确的非破坏性检测方法,在道路桥梁工程中发挥着越来越重要的作用。该技术利用高频电磁波在结构中的反射和传播特性,能够深入探测结构内部的异常,为工程质量评估和维护管理提供有力支持。雷达检测技术的原理是向道路桥梁结构发射高频电磁波,当电磁波遇到结构内部的界面、裂缝、空洞等异常时,会产生反射信号。通过接收并分析这些反射信号,可以准确判断结构内部的缺陷位置、大小和性质。由于雷达波具有较强的穿透力,因此该技术特别适用于检测道路桥梁的深层缺陷,如路基下沉、

桥梁墩台裂缝等。在实际应用中,雷达检测技术展现出了显著的优势。首先,它具有高穿透力,能够探测到结构内部较深处的缺陷,克服了传统表面检测方法的局限性。其次,雷达检测技术具有高分辨率,能够清晰识别出微小的裂缝和空洞,为精准评估工程质量提供了有力保障。此外,该技术还具有快速、高效的特点,可以在较短时间内完成大面积的检测任务,提高了工程检测的效率。在道路桥梁工程中,雷达检测技术广泛应用于各个阶段。在施工阶段,该技术可以用于检测路基、桥墩等结构的质量,及时发现并处理潜在的缺陷,确保工程质量和安全性。在运营阶段,雷达检测技术可以用于定期检测道路桥梁的结构状况,及时发现并修复损伤,延长工程的使用寿命。此外,在加固和改造工程中,该技术还可以用于评估加固效果和检测新旧结构之间的连接质量。需要注意的是,虽然雷达检测技术具有诸多优点,但在实际应用中也存在一定的局限性。例如,对于某些特殊材料或复杂结构,雷达波的反射和传播特性可能会受到影响,导致检测结果的准确性降低。因此,在使用雷达检测技术时,需要根据具体情况选择合适的方法和设备,并结合其他检测方法进行综合判断。

### 2.3 红外热像检测

红外热像检测,作为一种先进的无损检测技术,通过捕捉物体表面发出的红外辐射能量,生成热图像来揭示其内部状态。在道路桥梁工程中,这项技术以其独特的优势,正逐渐成为保障结构安全的重要手段。红外热像检测的基本原理是,任何高于绝对零度的物体都会发出红外辐射。当道路桥梁结构内部存在缺陷或损伤时,这些区域的热传导性能会发生变化,导致表面温度分布异常。红外热像仪能够精确测量这些微小的温度差异,并将其转化为可视化的热图像。通过对热图像的分析,工程师可以直观地识别出结构中的潜在问题。在道路桥梁工程中,红外热像检测具有广泛的应用场景。首先,它可以用于桥梁支座的检测。支座是桥梁的重要承重部件,其性能直接影响桥梁的安全性和稳定性。通过红外热像检测,可以及时发现支座内部的缺陷和损伤,如橡胶老化、钢板锈蚀等,从而及时进行维修和更换,避免安全事故的发生。其次,红外热像检测在桥梁伸缩缝的检测中也具有显著优势。伸缩缝是桥梁的重要组成部分,用于适应桥梁因温度变化、交通荷载等因素引起的伸缩变形。然而,由于长期承受复杂的应力作用和环境侵蚀,伸缩缝容易出现开裂、脱落等故障。红外热像检测可以快速准确地识别出这些故障区域,为维修工作提供有力支持。此外,红外热像检测还可以应用于道路桥

梁的混凝土结构检测。混凝土结构在长期使用过程中,可能会出现裂缝、空洞等缺陷。这些缺陷不仅会影响结构的承载能力,还可能成为水分和有害物质的侵入通道,加速结构的劣化。红外热像检测能够通过检测混凝土结构表面温度分布的测量和分析,揭示出这些隐蔽的缺陷,为结构的维修和加固提供科学依据<sup>[2]</sup>。

### 2.4 磁粉检测与渗透检测

在道路桥梁工程中,金属构件承载着至关重要的结构作用。然而,金属构件在使用过程中可能会因为各种因素产生表面或近表面的缺陷,如裂纹、气孔等。这些缺陷如果不及时发现和处理,将对结构的安全性构成严重威胁。为了有效检测这些缺陷,工程师们常常采用磁粉检测和渗透检测这两种无损检测方法。磁粉检测是一种利用磁场和磁粉的相互作用来检测金属构件表面或近表面缺陷的方法。当金属构件被磁化后,如果其表面或近表面存在缺陷,就会在缺陷处形成漏磁场。此时,将磁粉撒在构件表面,磁粉就会被漏磁场吸引并聚集在缺陷处,从而形成明显的磁粉堆积。通过观察磁粉的分布情况,检测人员就可以准确地判断出缺陷的位置、大小和形状。磁粉检测具有灵敏度高、检测速度快等优点,特别适用于检测铁磁性材料的表面或近表面缺陷。与磁粉检测不同,渗透检测则是利用渗透剂的毛细作用来检测金属构件表面的开口缺陷。在进行渗透检测时,检测人员首先需要将渗透剂涂抹在构件表面。由于渗透剂具有良好的渗透性,它能够沿着表面开口缺陷渗入到构件内部。然后,检测人员使用清洗剂将构件表面的多余渗透剂去除,并涂抹上显像剂。显像剂能够将渗入到缺陷中的渗透剂吸附出来,并在构件表面形成明显的显示。通过观察这些显示,检测人员就可以判断出缺陷的位置和大小。渗透检测适用于各种非多孔性材料的表面开口缺陷检测,具有操作简单、成本低廉等优点。磁粉检测和渗透检测虽然原理不同,但都是无损检测方法中的重要手段。它们能够在不破坏金属构件的前提下,有效地检测出表面或近表面的缺陷,为道路桥梁工程的安全使用提供了有力保障。在实际应用中,检测人员需要根据构件的材质、形状和检测要求等因素,选择合适的检测方法,并严格按照操作规程进行检测。只有这样,才能确保检测结果的准确性和可靠性,为道路桥梁工程的安全和稳固提供坚实的技术支撑。

### 2.5 激光扫描与三维建模

随着科技的飞速发展,激光扫描与三维建模技术已经逐渐成为道路桥梁工程检测领域的新星。这项技术通过非接触的方式,能够迅速且精确地获取道路桥梁表面

的三维数据,为工程师们提供全面、细致的结构信息,极大地推动了工程检测的准确性和效率。激光扫描技术的核心是激光测距原理,通过向目标发射激光束并接收其反射回来的光信号,可以精确测量出激光发射器与目标之间的距离。在道路桥梁工程中,激光扫描仪被安装在合适的位置,对桥梁或道路表面进行逐点扫描,从而获取其表面的三维坐标数据。这些数据不仅包含了结构的几何形态,还能够反映出微小的变形和表面损伤情况。获取了这些原始数据后,接下来的关键步骤就是通过三维建模软件对其进行处理和分析。这些软件具有强大的数据处理能力和直观的可视化效果,能够将扫描得到的点云数据转换成三维模型,并对其进行测量、分析、比较等操作。通过这些操作,工程师们可以更加直观地了解道路桥梁的结构特点、变形趋势以及潜在的安全隐患。激光扫描与三维建模技术的优势在于其非接触性、高精度和高效率。传统的检测方法往往需要人工接触结构表面进行测量,不仅效率低下,而且容易对结构造成二次损伤。而激光扫描技术则可以在不接触结构的情况下获取精确的数据,大大提高了检测效率的同时,也保证了结构的安全性。此外,三维建模技术还能够将扫描结果以直观的三维形式呈现出来,使得工程师们能够更加清晰地了解结构的整体情况和局部细节。在道路桥梁工程的实际应用中,激光扫描与三维建模技术被广泛应用于结构检测、变形监测、损伤评估等多个方面。例如,在桥梁检测中,可以通过对桥梁表面的扫描和分析,了解桥梁的承载能力、变形情况以及潜在的裂缝等问题;在道路检测中,可以利用这项技术快速识别路面的破损、坑洼等问题,为及时维修提供准确的数据支持<sup>[1]</sup>。

### 3 未来展望

随着科技的不断突破与创新,无损检测技术在道路桥梁工程中的应用前景愈发广阔。我们可以预见,未来的无损检测技术将朝着更高精度、更快速度、更智能化的方向迈进,为道路桥梁工程的安全与稳定提供更为坚实的支撑。首先,精度方面,随着传感器技术、图像

处理技术等不断进步,无损检测设备的分辨率和灵敏度将得到大幅提升。这意味着,未来的无损检测技术能够更准确地捕捉道路桥梁工程中的微小缺陷和损伤,为维修和加固提供更为精确的指导。其次,速度方面,新型无损检测方法将不断涌现,实现快速、高效的检测。例如,基于机器学习和深度学习的自动化检测技术,可以实现对大量数据的快速处理和分析,显著提高检测效率。这将有助于缩短工程维修周期,降低维修成本,提高道路桥梁的通行效率。最后,智能化方面,无损检测技术与大数据、人工智能等技术的深度融合将成为必然趋势。通过构建智能化的检测系统和平台,可以实现对道路桥梁工程的实时监测、智能诊断和预警。这将使工程管理者能够及时发现潜在的安全隐患,采取有效措施进行预防和维护,从而确保道路桥梁工程的安全性和耐久性。总之,未来无损检测技术的发展将为道路桥梁工程带来革命性的变革。我们期待着这些先进技术能够早日应用于实际工程中,为交通基础设施的安全和稳定运行贡献更大的力量。

### 结语

纵观全文,无损检测技术为道路桥梁工程的安全与稳固构筑了坚实的防线。本文系统阐述了其在结构健康监测、缺陷识别与评估中的广泛应用与显著成效。展望未来,随着科技的不断突破与创新,无损检测技术将如同智慧的守护者,以更精准、更高效的姿态,为道路桥梁工程的长远发展保驾护航,共绘交通建设的宏伟蓝图。

### 参考文献

- [1]郑元凯.无损检测技术在桥梁道路工程中的应用研究[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2022(12):3-4.
- [2]王国花.无损检测技术在道路桥梁工程中的应用[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2021(5):2-5.
- [3]刘琳,吴顺.关于无损检测技术在道路桥梁工程中的应用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2022(3):4-5.