

The Application of Intelligent Nondestructive Testing Technology in Steel Structure Bridge Testing

Yafei Liu

Quzhou City Highway Port and Transportation Management Center, Zhejiang Province, Quzhou, Zhejiang, 324000, China

Abstract

With the continuous development of social economy, steel structure bridge, as an important part of transportation infrastructure, undertakes an important transportation mission. However, the long-term influence of natural environment and traffic load, the safety and reliability of steel structure bridge are increasingly prominent. Therefore, the development of advanced detection technologies to ensure the safety and sustainability of bridges has become an important challenge in the engineering field today, and this paper aims to explore the potential and application of this technology in bridge detection.

Keywords

intelligence; nondestructive testing technology; steel structure bridge testing

智能化无损检测技术在钢结构桥梁检测中的运用

刘亚非

浙江省衢州市公路港航与运输管理中心, 中国·浙江 衢州 324000

摘要

随着社会经济的不断发展, 钢结构桥梁作为交通基础设施的重要组成部分, 承担着重要的交通运输使命。然而, 长期受到自然环境和交通负荷的影响, 钢结构桥梁的安全性和可靠性问题日益突出。因此, 开发先进的检测技术来确保桥梁的安全性和可持续性成为当今工程领域的一个重要挑战, 论文旨在探讨这一技术在桥梁检测中的潜力和应用。

关键词

智能化; 无损检测技术; 钢结构桥梁检测

1 引言

钢结构桥梁是现代交通基础设施的重要组成部分, 扮演着连接城市和地区、促进经济发展的关键角色。然而, 由于长期的自然环境侵蚀和日益增加的交通负荷, 钢结构桥梁的安全性和可靠性问题日益突出。桥梁的损坏或失效不仅会威胁到人们的生命安全, 还会对社会经济活动产生严重影响。因此, 确保钢结构桥梁的安全性和可持续性成为工程领域的一个紧迫挑战。论文还将探讨智能化无损检测技术在未来的发展趋势, 包括自动化分析方法、传感器技术的创新、无人机和机器人的应用等。这些新兴技术将进一步提高桥梁检测的精度和效率, 有望为保障钢结构桥梁的安全性和可靠性提供更为可行的解决方案。

2 智能化无损检测技术概述

2.1 超声波检测

超声波检测是一种广泛应用于桥梁检测领域的非破坏性检测技术。它利用超声波在材料中传播的原理, 通过测量声波的传播速度和反射时间来检测材料内部的缺陷或异物。对于钢结构桥梁而言, 超声波检测可用于识别裂纹、腐蚀、变形等问题。这一技术的优势在于其高精度和高灵敏度。超声波可以穿透材料并检测其内部的缺陷, 因此可以发现即使是微小的问题。此外, 现代超声波检测设备通常配备有高分辨率的传感器和数据记录功能, 可以实时捕捉和存储检测结果, 为后续分析提供了有力的支持。

2.2 磁粉检测

磁粉检测是一种广泛用于检测表面裂纹和疲劳损伤的技术。它利用磁粉在磁场作用下集聚在裂纹或缺陷处的原理来检测问题区域。在钢结构桥梁检测中, 这一技术通常涉及在被检测区域表面涂覆磁粉, 然后通过施加磁场观察磁粉的集聚情况。磁粉检测的优点之一是其适用于复杂的表面几何形状, 因为它不依赖于传统的直接视觉检查。此外, 磁粉检

【作者简介】刘亚非(1986-), 男, 中国山东济南人, 硕士, 工程师, 从事桥梁检测新技术、道路桥梁智慧管养、复杂桥梁结构的精细化分析研究。

测可以在相对短的时间内快速检测大面积，因此适用于大型钢结构桥梁。

2.3 红外热像检测

红外热像检测技术利用物体发出的红外辐射来创建热像，从而揭示材料的温度分布和热特性。在钢结构桥梁的检测中，红外热像检测可以用于发现潜在的热问题，如电路过热、绝缘故障等。这一技术的优势在于其非接触性和高效性。通过使用红外热像仪，工程师可以在不接触物体的情况下迅速获取温度数据，从而识别可能的问题区域。此外，红外热像检测还具有全天候性能，因此可以在不同天气条件下进行检测^[1]。

3 智能化无损检测技术在钢结构桥梁检测中的应用

3.1 裂纹检测

裂纹是钢结构桥梁中最常见的问题之一，可能导致结构的严重损害和危险（如图1所示）。传统的裂纹检测方法通常需要人工目视检查，这不仅费时费力，而且可能会忽略微小的裂纹。然而，智能化无损检测技术如超声波检测和磁粉检测可以高效地识别裂纹，无需直接接触结构表面。超声波检测通过发射超声波并监测其传播路径中的反射来检测裂纹。这种方法可以检测到裂纹的深度、位置和大小，使工程师能够更好地了解问题的严重程度。此外，现代超声波检测设备配备了高分辨率传感器和数据分析功能，可以实时生成可视化的裂纹图像，有助于快速决策和维修计划的制定。磁粉检测则利用磁场和磁粉颗粒在裂纹处的集聚来识别问题区域。这种方法在检测表面裂纹方面非常有效，尤其适用于大型桥梁的检测。磁粉检测可以快速识别出裂纹的位置和走向，为及时采取修复措施提供了有力的支持。



图1 钢结构桥梁裂纹

3.2 腐蚀检测

腐蚀是钢结构桥梁的另一个常见问题，通常由气候条件和环境因素引起。腐蚀可能会导致钢材的质量下降，最终影响桥梁的结构完整性。传统的腐蚀检测方法通常需要对结构进行视觉检查，这可能在早期腐蚀阶段难以发现问题。智能化无损检测技术如红外热像检测可以识别腐蚀问题。红外热像检测通过测量物体的表面温度来检测异常热区，因为腐蚀通常会导致局部温度升高。这种方法的优势在于其非接触性，可以远程检测桥梁表面的温度变化，从而及早发现潜在的腐蚀问题。此外，无人机配备了各种传感器，如激光雷达和多光谱摄像头，可以在桥梁表面上进行详细的巡检，捕捉到微小的腐蚀斑点。这些数据可以进一步用于评估腐蚀的严重性，并帮助制定维修计划。

3.3 疲劳损伤检测

疲劳损伤是由于重复的载荷作用而导致的材料疲劳和裂纹形成的一种问题。在钢结构桥梁中，这种损伤可能由交通负荷和震动引起。传统的检测方法通常依赖于定期的目视检查和结构健康监测，但这些方法不能提供足够的详细信息。智能化无损检测技术可以更准确地检测疲劳损伤，其中超声波检测在此方面的应用特别突出。超声波检测可以检测材料中的微小变形和裂纹，因此能够及早发现潜在的疲劳问题。此外，高分辨率的超声波检测设备还可以捕捉到裂纹的形态和分布，有助于工程师更全面地了解问题的本质，如图2所示。



图2 智能化无损检测技术

4 智能化无损检测技术的挑战与限制

4.1 技术挑战

复杂结构的适用性：一些桥梁具有复杂的几何形状和结构特征，这可能会使智能化无损检测技术的应用变得更加复杂。例如，对于具有曲线、拱桥或复杂焊接结构的桥梁，传统的无损检测技术可能无法提供足够的精确度和覆盖范围。因此，需要不断改进和定制化技术以适应各种不同类型的桥梁。

材料和环境变异：不同地区的桥梁使用不同类型的钢材，而且受到不同的气候和环境条件的影响。这种材料和环

境的变异性可能会对无损检测技术的准确性产生影响。例如,高温、高湿度或极端寒冷的气候可能会影响传感器的性能,从而降低检测的准确性。

数据解释和分析: 智能化无损检测技术通常生成大量的数据,需要高级的数据解释和分析技能才能从中提取有用的信息。这可能需要专业知识和经验,以确保对检测结果的正确理解和解释。因此,培训和教育工作也是一个重要的挑战。

4.2 数据隐私和安全问题

数据隐私: 在数据驱动的智能无损检测中,大量的传感器数据和图像数据被收集和处理。保护这些数据的隐私和机密性是一个重要问题。特别是在涉及敏感基础设施如桥梁时,泄漏数据可能会导致安全漏洞。因此,制定严格的数据隐私政策和安全措施至关重要。

数据存储和传输安全: 大规模数据的存储和传输需要高度安全的系统,以防止数据泄露和恶意攻击。确保数据在传输和存储过程中的加密和安全性是一项具有挑战性的任务,需要采取适当的技术和策略来应对潜在威胁^[2]。

4.3 成本和资源限制

技术成本: 获取、维护和升级智能化无损检测技术所需的硬件和软件设备可能需要相当大的资金投入。这包括传感器、数据存储设备、分析工具和培训成本。对于一些小型或资金有限的机构和地区来说,这些成本可能会成为一项限制因素。

人力资源: 运用智能化无损检测技术需要具备专业知识和技能的人员,包括工程师、技术人员和数据分析师。招聘和培训这些人员需要时间和资源。此外,确保他们保持最新技术知识和技能也需要定期投入。

5 技术发展趋势

5.1 基于人工智能的自动化分析方法

人工智能(AI)在智能化无损检测技术中的应用已经成为一个重要的趋势。AI算法可以用于自动分析和解释传感器数据、图像和视频,从而更快速、准确地检测和评估桥梁的结构状况。以下是一些与AI相关的发展趋势:

深度学习技术: 深度学习算法,特别是卷积神经网络(CNN)和循环神经网络(RNN),已经被广泛用于图像和视频数据的分析。这些技术可以帮助识别和定位裂纹、腐蚀和其他缺陷,提高了检测的精度。

自动报警系统: AI可以用于开发自动报警系统,当检测到潜在问题时,可以及时通知相关人员采取行动。这有助于减少人为错误和提高响应速度。

预测性维护: AI还可以用于分析历史数据并预测桥梁

结构的未来性能。这使得维护团队可以制定更有效的维护计划,以延长桥梁的寿命和降低维护成本。

5.2 传感器技术的创新

传感器技术在智能化无损检测中起着至关重要的作用,随着技术的不断创新,传感器的性能和功能也在不断提升。以下是一些与传感器技术相关的发展趋势:

多模态传感器: 将不同类型的传感器集成到一个系统中,如超声波、磁粉、红外热像和激光扫描传感器,可以提供更全面的检测信息。多模态传感器系统可以同时检测多种问题,提高检测的准确性。

微型化和便携式传感器: 微型传感器技术的发展使得更小型、便携式的设备可以在难以访问的区域进行检测。这对于大型桥梁的检测和高空操作具有重要意义。

无线传感器网络: 无线传感器网络的使用可以帮助实现对大范围桥梁的实时监测。这些传感器可以自动收集和传输数据,提供更广泛的覆盖范围^[3]。

5.3 无人机和机器人在桥梁检测中的应用

无人机和机器人技术在桥梁检测中的应用越来越受欢迎,因为它们可以提供更广泛、更快速和更安全的检测方式。以下是相关的发展趋势:

高性能无人机: 现代无人机配备了高分辨率的摄像头、激光雷达和其他传感器,可以在空中对桥梁进行详细的巡检。它们可以覆盖大面积,快速捕捉图像和数据。

机器人技术: 一些特殊设计的机器人可以在桥梁表面行走和执行检测任务,如机器人臂可以用于探测桥梁下部结构。这些机器人可以进入狭窄和危险的区域,减少人员的风险。

自主导航系统: 自主导航技术的发展使无人机和机器人能够自动完成检测任务,无需人为干预。这提高了操作的效率和可重复性。

6 结语

综上所述,智能化无损检测技术在钢结构桥梁检测中的运用是一个充满希望的领域,它将继续为我们的基础设施安全和可持续性做出积极贡献。通过不懈努力和持续创新,我们可以确保桥梁继续承担其关键作用,连接城市、连接人们,并促进社会的繁荣和进步。

参考文献

- [1] 陈正泰.浅析钢结构桥梁检测中的智能化无损检测技术[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4):4.
- [2] 安斌.智能化无损检测技术在钢结构桥梁中的应用[J].今日自动化,2018(2):2.
- [3] 廖晨惠,朱曦.论无损检测技术在钢结构桥梁中的应用[J].科学与财富,2020(14):349.