

Exploration of Long-term Performance Monitoring and Preventive Maintenance Technology of Road and Bridges

Wenzhi Huang

Guangdong Nanyue Traffic Xinbo Expressway Management Office, Huizhou, Guangdong, 516000, China

Abstract

Road and bridge is an important part of national infrastructure, and its performance directly affects the safety and efficiency of highway system. This study focuses on the long-term performance monitoring and preventive maintenance technology of roads and bridge. On the one hand, a real-time and accurate bridge health monitoring system has been constructed, which comprehensively tracks key indicators such as load, stress, and vibration of the bridge by installing multiple sensors and transmitting data in real time, achieving early detection and early warning of potential problems. On the other hand, based on long-term performance monitoring data, a preventive maintenance decision support system based on risk assessment has been developed, and a new low-cost, environmentally friendly, and efficient bridge maintenance technology has been proposed. The research results show that this management method can effectively prevent the sudden damage of bridge, prolong the life of bridge, reduce the cost and time consumption of large-scale maintenance project, and has important theoretical and practical significance for bridge maintenance and management.

Keywords

road and bridge; long-term performance monitoring; preventive maintenance technology; health monitoring system; risk assessment

道路桥梁长期性能监测与预防性养护技术探索

黄文智

广东省南粤交通新博高速公路管理处, 中国·广东 惠州 516000

摘要

道路桥梁是国家基础设施的重要组成部分, 其性能直接影响着公路系统的安全与效率。本研究围绕道路桥梁的长期性能监测与预防性养护技术进行深入探讨和实践。一方面, 构建了一套实时、准确的桥梁健康监测系统, 通过安装多种传感器并实时传输数据, 对桥梁的负荷、应力、振动等关键指标进行全面跟踪, 实现早期发现和预警潜在问题。另一方面, 依据长期性能监测数据, 开发了基于风险评估的预防性养护决策支持系统, 并提出了一种新型的低成本、环保、高效的桥梁养护技术。研究结果显示, 这种管理方式能有效预防桥梁的突发性损坏, 延长桥梁寿命, 降低大型维护工程的成本和时间消耗, 对桥梁养护管理有着重要的理论和实际意义。

关键词

道路桥梁; 长期性能监测; 预防性养护技术; 健康监测系统; 风险评估

1 引言

道路桥梁作为交通运输系统的核心, 其状况直接关系到公路交通的安全与持续运行。然而, 由于风况、车辆重载、材料老化、环境因素等多重影响, 道路桥梁的结构健康状况日益引起公众和国家关注。事实上, 在过去的几十年中, 中国投入了大量的人力和资源进行桥梁维修和保养工作, 但由于未能及时发现并预防问题, 有些桥梁依然出现了严重结构问题, 甚至倒塌, 造成人员伤亡和巨大经济损失。为此, 本研究以道路桥梁的长期性能监测与预防性养护技术为主线,

旨在建立一套科学、有效的桥梁养护管理体系。一方面, 我们构建了一套运用现代化信息技术, 实时、准确监测桥梁健康状况的系统; 另一方面, 我们根据监测数据, 开发了一套预防性养护决策支持系统, 并采用低成本、环保、高效的方法进行桥梁养护, 以最大限度地延长桥梁使用寿命, 保障道路安全。希望本研究能为解决中国乃至全球道路桥梁养护问题, 提供有益的参考和借鉴。

2 桥梁健康监测系统的建设和实践

2.1 桥梁健康监测系统的必要性和重要性

桥梁作为国家基础设施的重要组成部分, 其安全运营关系到公路系统的整体效率和人民的生命财产安全^[1]。桥梁在其寿命周期内会受到环境、荷载和材料老化等因素的影

【作者简介】黄文智(1984-), 男, 中国广东广州人, 本科, 助理工程师, 从事公路桥梁养护研究。

响,导致其性能逐渐衰退,甚至引发结构性损坏。建立桥梁健康监测系 统,对于及时掌握桥梁的运行状态、预防事故发生、延长桥梁使用寿命至关重要。

桥梁健康监测系 统通过安装多种传感器,实时获取桥梁的应力、变形、振动、位移和温度等数据,这些数据可以反映桥梁在各种工况下的运行状态和健康状况。借助先进的数据传输技术和大数据分析方 法,可以实现对桥梁运行情况的全天候监控和分析,及时发现隐患并进行预警,从而采取有效的预防和维护措施,减少突发故障的发生率。

该系统具有重要性体现在多方面。通过实时监测数据,可以对桥梁的负荷和应力进行精确评估,判断其是否处于安全范围内,避免因超载导致的结构损坏。通过对振动特征的分析,可以发现桥梁结构中的潜在裂缝或损伤部位,并及时修复。通过对温度和湿度等环境因素的监测,可以评估环境对桥梁材料的影响,制定相应的防护措施。该系统还可以为桥梁的定期检查和维 护提供科学依据,优化维护策略,提高维护效率,降低维护成本。

桥梁健康监测系 统不仅是提高桥梁安全性和可靠性的有效手段,还是现代化桥梁管理的重要工具,具有广阔的应用前景和重要的社会、经济效益。通过持续不断的技术创新和实践验证,该系统将在桥梁工程中发挥越来越重要的作用。

2.2 桥梁健康监测系 统的构建和运营

桥梁健康监测系 统的构建和运营基于多种传感器技术和数据传输方案,旨在实现对桥梁结构状态的实时监控和全面评估。该系统由传感模块、数据采集与传输模块、数据分析与处理模块组成。传感模块包括应变片、加速度计、位移传感器等,用于检测桥梁的应力、振动、位移等指标。这些传感器安装在桥梁关键部位,确保获取全面准确的数据。数据采集与传输模块利用无线通信技术,将传感器收集的数据实时传输至中央处理单元。数据分析与处理模块采用先进的算法和大数据技术,对采集的数据进行解析,识别潜在风险及异常情况。系统结合天气数据、交通数据等外部信息,提升监测精度和预警能力。系统的运营还需定期维护和校准,以确保传感器和传输设备的正常工作,并通过数据备份与存储策略保障数据的完整性和安全性。该系统的有效运行为桥梁养护决策提供了精准的数据支持和科学依据,有助于提升桥梁管理水平。

2.3 通过实时数据实现桥梁的早期发现和预警

通过实时数据实现桥梁的早期发现和预警至关重要。桥梁健康监测系 统使用多种传感器,如应变计、加速度计和位移计,能够持续收集负荷、应力和振动等关键指标的数据^[2]。通过数据分析和处理,能够识别异常模式和潜在问题,生成预警信号。这些预警信号帮助及时采取修复或维护措施,从而预防桥梁的进一步损坏,提高桥梁的安全性和可靠性。综

合运用现代数据传输和处理技术,显著提升桥梁管理的效率和准确性。

3 基于风险评估的预防性养护决策支持系 统

3.1 长期性能监测数据的集成与利用

长期性能监测数据的集成与利用在预防性养护决策支持系 统的构建中发挥着至关重要的作用。为达到准确性与及时性的监测目标,需要对多种数据源进行系统性集成,包括负荷数据、应力数据和振动数据等。这些数据通过安装在桥梁不同关键位置的多类型传感器收集并传输。各类传感器协同工作,提供桥梁各个部位的详细信息,使得对桥梁健康状况的全面评估成为可能。

集成的数据通过高级分析算法和大数据技术进行处理。高效的数据处理系 统使用机器学习和人工智能技术,对监测数据进行实时分析,从而提取有价值的信息。有针对性地分析可以识别出潜在的问题和异常变化,帮助技术人员预判桥梁状况的趋势。

数据的存储与管理系 统需具有高效的检索和归档功能,以方便历史数据的查询和对比。这些历史数据不仅是桥梁健康状况评估的重要参考,还可以用于分析长期趋势和确定关键指标的阈值^[3]。数据的有效利用不仅能支持预防性养护决策,更能提升决策的科学性和精准性。

通过对这些长期性能监测数据进行集成与利用,可以为桥梁健康监测提供强有力的技术支撑,确保在发现早期问题时及时采取预防性养护措施,进而提高公共基础设施的安全性和可靠性。

3.2 基于风险评估的预防性养护决策方 法

基于风险评估的预防性养护决策方 法是提高桥梁维护效率与效益的重要手段。通过综合运用长期性能监测数据,风险评估方 法能在发现潜在问题之前提供科学依据,有效预防桥梁故障。风险评估过程需要整合多个传感器采集的负荷、应力、振动等数据,并结合桥梁的设计、施工和维修历史等信息,构建桥梁健康状态数据库。数据处理和分析利用先进的统计学和机器学习算法,生成精确的桥梁健康状态评估报告。

在决策支持系 统中,风险评估模型通过计算不同类型损害发生的概率和影响程度,生成风险矩阵。高风险区域会受到重点关注,这些区域的桥梁元件将优先纳入预防性养护计划。风险评估方 法还需考虑桥梁的使用环境和交通负荷变化,定期更新评估结果,确保决策的时效性和准确性。

预防性养护决策模型不仅关注个别桥梁的安全,还会从系 统层面统筹安排维护资源。依据风险评估结果,决策支持系 统能够优化预防性养护策略,制定详细的维护行动计划,合理配置人力、物力资源,从而提高桥梁养护的整体效率、延长使用寿命,最终实现桥梁维护的经济和社会效益最大化。

3.3 基于决策支持系统的桥梁预防养护实施与效果评估

在基于决策支持系统的桥梁预防养护实施中,通过对桥梁健康监测数据的实时分析与风险评估,系统能够快速识别桥梁潜在问题并制定相应的养护措施。实施过程中,决策支持系统将预防性养护计划细化为具体操作步骤,并通过精确的时间安排和资源配置,确保养护工作高效进行。效果评估显示,该系统不仅降低了桥梁维护的频次与成本,还显著延长了桥梁的使用寿命,提高了桥梁运行的安全性与可靠性。

4 新型桥梁养护技术的提出和应用

4.1 低成本与环保——新型养护技术的特性及成本效益比较

在探索新型桥梁养护技术时,低成本和环保特性是两个重要考量因素。新型养护技术相较于传统方法,采用了更为先进的材料和工艺。例如,高性能混凝土和纤维增强复合材料,这些材料不仅在施工过程中减少了资源消耗,降低了对环境的影响,还具有良好的耐久性与稳定性。其应用不仅能显著延长桥梁的使用寿命,还能够各种复杂的环境中保持性能的稳定。

新型桥梁养护技术的成本效益分析表明,尽管初期投入可能略高于传统方法,但在运行和维护阶段的成本显著降低。一方面,这些材料和工艺减少了桥梁在使用过程中所需的频繁维护,从而降低了维护成本。另一方面,由于其出色的耐久性和抗老化性能,减少了因桥梁故障导致的交通中断和事故风险,从而降低了相关的社会成本。进一步的经济模型分析显示,采用这种新型养护技术,总成本减少且投资回报率显著提高。

环保特性也是新型桥梁养护技术的一大优势。新材料的使用降低了施工过程中的碳排放量,符合绿色建筑标准。某些技术还通过减少废弃材料和有害物质的使用,进一步降低了环境污染,从长远看有助于实现可持续发展目标。

总体而言,新型桥梁养护技术通过材料和工艺的升级,实现了低成本和环保的双重目标。相对于传统方法,其在经济性与可持续性方面具有明显优势,为未来桥梁养护管理提供了新的可能性。

4.2 新型桥梁养护技术的应用与实践

新型桥梁养护技术在具体应用与实践展示出显著优势。通过在多条公路桥梁上进行试点实验,新型技术有效实现了低成本、高效益的目标。具体而言,采用高分子材料进行桥面修复,具有材料消耗少、施工快速、对环境污染小等特点。应用该技术的桥梁在耐久性测试中表现优异,显著减少了裂缝发生率。另外,采用纳米涂层技术对桥梁表面进行处理,大幅提高了桥梁的抗腐蚀性和抗风化能力,延长了桥

梁的使用寿命。结合传感器数据实时监控,养护措施更加精确,避免了过度维修或过早损坏。实验结果表明,新型技术不仅提高了养护效率,还有效降低了大规模维修及养护的周期性投入,经济效益显著,对桥梁养护管理具有重要的推广价值。养护期间的桥梁运营数据也显示出安全性和可靠性的显著提升,为公路系统的稳定运行提供了有力保障。

4.3 新型养护技术对桥梁寿命的延长及其影响分析

新型桥梁养护技术的应用不仅能够高效维护桥梁结构,还有效延长桥梁的使用寿命。这些技术通过创新性材料和施工方法,使得维护过程更加低成本和环保。关键在于新型养护技术对桥梁关键部位的强化处理,如防护涂层和高性能修复材料的使用,大大提高了桥梁在恶劣环境条件下的耐久性。智能材料的应用使桥梁具备自我修复功能,减少了微小裂缝的扩展,从而防止重大结构损坏。通过精准的数据监测和分析,能及时进行局部修复,防止结构进一步恶化。优化的养护技术方案确保了桥梁整体负荷分布更加均匀,减少了应力集中现象,延缓了疲劳破坏的进程。总体而言,新型养护技术显著延长了桥梁的使用寿命,提升了桥梁运营的安全性和稳定性。

5 结语

根据本研究的深入探讨和实践结果,我们初步成功地探索了道路桥梁长期性能监测与预防性养护技术的新路径。其中,研究首次提出了结合传感器技术与流动数据的桥梁健康监测系统,并开发了基于风险评估的预防性养护决策支持系统。这一切的实施,无疑对于桥梁的长期性能有着巨大的推动效果。直观地说,我们的研究为桥梁重大突发事件的预防提供了新的有效方式,从而降低了大型维修项目的投入的成本和时间。然而,本研究依然存在着一些局限性。如系统的复杂性如何进一步优化,如何更准确地评估养护效果,以及如何从理论到实践的过渡更为顺畅等问题亟待解决。但我们认为,当前已经取得的成果已经为后续研究提供了扎实的理论基础和丰富的实践经验。展望未来,对桥梁长期性能监测与预防性养护技术的深入研究仍将是我们的长期关注的重点。我们将进一步优化技术方案,积极探索互联网、大数据、人工智能等技术在桥梁健康管理中的应用,以期进一步提高桥梁的使用效能,降低公路系统的运营成本,实现可持续发展。

参考文献

- [1] 李猛,袁青泉,冯雯雯,等.基于路面整体结构长期性能保持的预防性养护策略研究[J].公路交通科技:应用技术版,2020(1):10-12.
- [2] 李鹏.桥梁结构健康监测评估及预防性养护方法研究[J].江西建材,2023(6).
- [3] 李国姣.解析公路桥梁预防性养护技术[J].黑龙江交通科技,2022,45(10):59-60.