

现代道路桥梁建设中的智能化监控技术研究

李 满

湖北省路桥集团有限公司, 湖北 武汉 430051

[摘要] 随着科技的快速发展,道路桥梁工程施工监控技术面临着日益严峻的挑战。传统的监控方法已无法满足现代施工需求,特别是在提高施工安全性和效率方面。文中重点探讨了桥梁工程中的智能化监控技术,该系统结合了先进的传感器和大数据技术,能够实时监控施工现场,及时预警潜在风险,并提高施工效率,同时为决策提供有力的数据支持。通过这一系统,旨在解决施工现场管理中的难题,从而提升施工过程的安全性和效率。

[关键词] 现代道路桥梁建设; 智能化; 监控技术; 技术应用

DOI: 10.33142/ect.v3i3.15681

中图分类号: U4

文献标识码: A

Research on Intelligent Monitoring Technology in Modern Road and Bridge Construction

LI Man

Hubei Road & Bridge Group Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430051, China

Abstract: With the rapid development of technology, the construction monitoring technology of road and bridge engineering is facing increasingly severe challenges. Traditional monitoring methods are no longer able to meet modern construction needs, especially in improving construction safety and efficiency. The article focuses on the intelligent monitoring technology in bridge engineering, which combines advanced sensors and big data technology to monitor the construction site in real time, warn potential risks in a timely manner, improve construction efficiency, and provide strong data support for decision-making. Through this system, the aim is to solve the difficulties in construction site management, thereby improving the safety and efficiency of the construction process.

Keywords: modern road and bridge construction; intelligentization; monitoring technology; technical application

引言

随着城市化进程的加快以及交通需求的不断上升,道路桥梁作为交通基础设施的重要组成部分,承载着日益增加的交通流量及复杂多变的环境条件。在传统的桥梁建设与维护过程中,人工巡检及定期检测往往被依赖,然而这种方式存在效率低下、反应迟缓、精度不高等不足,无法满足现代交通建设对安全性、经济性及可持续性的高标准要求。随着信息技术的迅猛发展,智能化监控技术逐渐成为解决这些问题的重要手段。通过传感器、无线通信、数据分析及人工智能等前沿技术的利用,智能化监控系统能够实时、精准地监测桥梁的健康状况,评估其结构性能,预测潜在的风险,并为维护决策提供科学依据。桥梁管理的效率不仅显著提高,且桥梁的使用寿命得到了有效延长,维护成本也大大降低,同时交通安全性与可持续性得到了提升。本文将重点探讨智能化监控技术在现代道路桥梁建设中的应用,涉及桥梁结构健康监测、环境及交通负荷监控、安全预警与故障诊断等方面,分析当前技术面临的挑战,并展望未来的发展方向,旨在为智能化技术在桥梁建设中的应用推广提供理论支持与技术保障。

1 智能化技术对桥梁建设与维护的重要性

智能化技术在桥梁建设与维护中发挥着至关重要的作用。随着社会经济的持续发展及交通需求的不断增加,

桥梁作为关键基础设施,不仅要承受巨大的交通负荷,还需应对复杂多变的环境因素。传统的桥梁建设与维护方式大多依赖人工检查与经验判断,这种方法存在一定的局限性,比如监测数据的实时性较差、信息处理能力不足,导致潜在的桥梁安全隐患难以及时发现。智能化技术的应用,尤其是传感器技术、物联网、大数据分析及人工智能等技术的结合,为桥梁提供了更加精准、高效和实时的监控手段。桥梁的结构健康、荷载状况以及环境变化等因素,能够通过这些先进技术得以持续监控,潜在风险能够得到及时的预警,并为桥梁的设计、施工、运营及维护提供了科学依据。桥梁建设效率不仅得到了提升,建设成本也得到了降低,且桥梁的使用寿命有效延长,安全性显著提高。在维护阶段,精确健康管理可以通过智能化监控技术实现,使得维护工作更加具有针对性,减少了不必要的维修费用,同时避免了潜在的安全隐患。引入智能化技术,不仅为桥梁建设与维护提供了强有力的技术支持,还推动了桥梁管理工作向更加科学、系统和智能化的方向发展,进而促进了桥梁行业的现代化进程。

2 传统监控技术的局限性

传统的桥梁监控技术在多个方面存在显著的局限性,主要体现在数据采集、分析处理、实时性以及维护成本等方面。传统监控手段往往依赖人工巡检及有限的监控设备,

检查过程繁琐且容易受到人为因素的干扰,桥梁结构中的问题或潜在风险难以及时被识别。此外,监测数据的采集通常依赖单一传感器或检测方法,无法全面且持续地监测桥梁的各项参数,如荷载变化、结构变形与环境因素等,监测的精度与全面性因此受到限制^[1]。传统监控设备在数据传输与处理能力方面较为薄弱,信息传递延迟较长,导致实时性不足,快速响应或预警难以做到。另一个缺点是,缺乏系统性与集成性的传统技术,往往无法有效整合来自不同传感器的数据进行分析,影响了数据的全面性与可靠性,进而增加了后期维护及数据处理的成本。

3 道路桥梁建设中的常见问题与挑战

在道路桥梁建设中,面临的问题和挑战既多样又复杂。地质条件的变化与环境因素常常对桥梁的稳定性与耐久性造成影响,特别是在不稳定的土壤和极端气候条件下,桥梁基础处理与结构设计尤为具有挑战性。此外,桥梁的设计与施工过程中,结构的复杂性及对交通负荷的高承载要求,使得在有限的时间与预算内,如何平衡设计质量、施工水平与成本成为一项艰巨任务。随着交通量不断增长,桥梁所需承受的荷载越来越大,对其耐久性与安全性提出了更高的要求,尤其是在老旧桥梁的维护与修复过程中,承载能力的评估与使用寿命的延长成为关键问题。与此同时,桥梁施工中常常面临技术性难题,如高空作业、特殊结构施工及对精度要求极高的施工工艺等,这些因素可能引发施工过程中的安全风险与质量问题。此外,由于桥梁建设往往需要在交通繁忙的区域进行,施工期间的交通管制及安全管理也带来了额外的挑战。

4 智能化监控技术在道路桥梁建设中的应用

4.1 桥梁结构健康监测

桥梁结构健康监测在智能化监控技术的应用中占据着至关重要的地位,特别是在保障道路桥梁的安全性、耐久性及长期稳定运营方面,具有重要的作用。随着桥梁规模的不断扩大及交通负荷的日益增加,传统的人工检测方法已无法满足现代桥梁管理对实时性、精准性和全面性的要求。通过在桥梁关键位置安装多种传感器,如应变计、加速度计、位移传感器、温湿度传感器等,智能化监控技术能够实时捕捉桥梁在不同负荷条件下的反应,监测的物理参数包括桥梁的位移、振动、应力及温度变化等。这些数据通过无线通信技术传输至中央数据平台,经过高效分析与处理,桥梁健康状况的精确评估报告得以生成。通过持续的监测,桥梁结构中可能出现的异常现象,如材料疲劳、裂缝扩展、腐蚀、沉降等问题,能够及时被识别出来,为后续的维修与加固提供了科学依据。智能化监控不仅能实时反馈桥梁的运行状态,还能通过数据趋势分析、历史数据对比及算法预测等方法,帮助工程师准确评估桥梁的生命周期及潜在风险。尤其适用于高交通流量或复杂环境中的桥梁,这项技术确保其在服役期间始终处于最佳状态,

防止因未及时发现隐患而引发突发性安全事故^[2]。更为重要的是,通过长期积累的数据,智能化监控技术为桥梁的预防性维护与加固计划提供了有力支持,从而降低了维护成本、提高了效率并延长了桥梁的使用寿命。

4.2 环境与交通负荷监控

环境与交通负荷监控是智能化监控技术在道路桥梁建设中的关键应用,旨在通过实时采集与分析数据,全面评估并预测桥梁在不同环境条件及交通荷载下的表现。环境因素,如温度、湿度、风速、降水量及地震等自然灾害,均会对桥梁的结构性能产生重要影响。例如,温度变化可能导致桥梁的膨胀或收缩,湿度波动会加速材料的腐蚀,而极端天气条件可能增加桥梁的风荷载及冰雪荷载,从而威胁桥梁的安全性。环境监测传感器,如气象传感器、温湿度传感器、风速计、地震仪等,被布设在桥梁周围,通过智能化系统实时收集并传输这些环境数据,进行动态分析,从而能够及时识别可能影响桥梁稳定性的异常变化。与此同时,交通负荷监控主要侧重于实时监测过桥车辆的重量、流量、速度及行驶状态等信息。这一监控过程通常依赖安装在桥梁上的传感器,如称重传感器、车辆识别系统及视频监控系统,捕捉经过桥梁的每一辆车辆数据,并通过智能分析系统对交通负荷进行评估。特别是在交通密度较高的区域,桥梁的交通负荷监控不仅帮助识别高负荷或超载的车辆,还能根据实时的交通流量与负荷情况调整桥梁的维护策略,避免过度磨损或损害。对于重型车辆或不规则荷载的监控,智能系统提供更加精确的检测,并能及时发出警报,防止因超载导致的桥梁损坏。通过整合环境与交通负荷的实时监控数据,全面的决策支持为桥梁管理人员提供,帮助他们更好地了解桥梁在不同环境条件与交通负荷下的工作状态。这一系统不仅提升了桥梁的运行安全性,还优化了维修计划,延长了桥梁的使用寿命。

4.3 安全预警与故障诊断

安全预警与故障诊断是智能化监控技术在道路桥梁建设中的重要应用,旨在通过实时数据采集与智能分析,及时识别桥梁潜在的安全风险与结构性问题,从而提供早期预警,确保桥梁安全运营。传统的桥梁监测依赖人工巡检及定期维护,存在一定的滞后性与局限性,而智能化监控系统则通过在桥梁关键部位布置传感器,实时监控振动、位移、应力、温度等多项数据,持续跟踪桥梁的健康状态。通过对这些数据的即时分析与对比,智能系统能够在桥梁出现异常时,迅速发出预警信号,如裂缝扩展、过度变形或材料疲劳等问题,从而及时提示管理人员采取相应的措施。此外,故障诊断功能结合人工智能算法,使得系统能够更为准确地分析桥梁故障的根源。例如,当桥梁出现异常时,智能系统不仅能发出警报,还能利用数据模式识别与机器学习技术,定位问题的具体位置与性质,明确是否由交通超载、环境因素变化或结构老化等因素引起。此过

程显著提高了故障检测的精度与效率,微小裂缝或潜在隐患能够比传统人工检查更早被发现,从而避免因问题积累而引发严重安全事故^[3]。根据故障的严重程度与发展趋势,智能化监控系统还能自动生成维护建议或修复方案,为工程师提供科学依据,优化维修决策。

4.4 智能化监控与养护管理

智能化监控与养护管理在道路桥梁建设中的应用,结合了先进的传感技术、大数据分析 with 人工智能算法,旨在实现桥梁的精准监控与科学养护。传统的养护管理方式依赖于定期检查及人工评估,但这种方式常常容易受到主观判断与滞后反应的影响,可能导致桥梁健康状况未能及时发现或修复。通过在桥梁的关键部位安装传感器,智能化监控系统能够实时采集包括应力、变形、振动、温度、湿度等多项数据,确保桥梁得以动态监测,利用这些数据为养护管理提供可靠的科学依据。桥梁的健康状况不仅不能被实时反馈,还能通过数据挖掘与分析,预测其长期发展趋势,从而提前识别潜在的风险因素。该预测性维护模式可在问题发生之前发出预警,及时提醒维护人员采取修复措施,从而避免突发性故障的发生。通过对历史数据的积累与分析,智能系统能够识别常见的桥梁损伤模式及其变化规律,从而优化养护计划,合理安排维修时机与预算,避免不必要的养护支出与资源浪费。此外,借助云平台与物联网技术,智能化监控与养护管理系统能够实现信息共享与协同,使得桥梁管理人员能够随时随地获取桥梁健康状况及相关数据,为决策提供实时支持。由此,养护工作得以更加精确,人工干预减少,工作效率提升,桥梁的长期安全运营得以确保。

4.5 桥梁维护与修复中的智能化监控技术

智能化监控与养护管理在道路桥梁建设中的作用日益重要。传统的桥梁养护管理多依赖人工检查和定期巡检,这种方式效率低下,且难以发现一些隐蔽性问题。与之相比,智能化监控技术通过实时采集桥梁结构健康、环境变化及交通负荷等多维度数据,能够迅速识别潜在的损伤和异常情况。通过在桥梁关键位置布设传感器、摄像头等设备,采集位移、应力、温度、振动等关键信息,再借助云平台进行大数据处理与分析,桥梁健康状态的实时评估得以实现,结构变化趋势与潜在故障风险也能够被及时识别。这些实时数据不仅帮助工程师迅速发现问题并采取修复措施,还能根据实际需求合理制定养护计划。通过长期积累与分析桥梁健康数据,预测性维护得以进行,提前识别需要维修或更换的部位,从而优化养护周期,降低维修成本,避免突发性故障的发生。此外,智能化监控系统与其他城市基础设施管理系统进行联动,桥梁养护与交通、环境监控等系统的数据整合得以实现,信息共享与资源优化在多维度层面上得到了提升。这种系统不仅提升了桥梁管

理的效率,还促进了整体城市基础设施的协调发展。

5 智能化监控技术的未来发展方向

智能化监控技术的未来发展将着重于提升系统的精度、实时性、智能化水平以及可持续性。随着人工智能、大数据、云计算与物联网技术的不断进步,智能监控系统将愈加精准与高效。未来的桥梁监控将不再仅限于单一的物理参数监测,而是通过多源数据融合,综合考虑环境变化、交通流量、气候条件等多个因素,桥梁的整体健康状态将被全面评估。随着传感器技术和数据处理能力的提升,传感器将变得更加精密且耐用,能够实时捕捉桥梁微小的结构变化,从而确保潜在风险能够尽早发现。此外,深度学习技术的应用将在故障预测与诊断中发挥更大作用。通过对大量历史数据的分析,智能监控系统将能够根据桥梁的使用情况与外部环境,精确预测结构的老化、损坏及故障趋势,进而实现从预警到维修的无缝衔接^[4]。随着 5G 技术的普及,更高的传输速率与更低的延迟将使得智能监控系统能够提高数据传输的速度与稳定性,确保监控信息的实时传输与处理。同时,自动化养护与远程控制方面的突破将减少人工干预与巡检频率,从而降低运营成本,提高工作效率。更为关键的是,未来的智能监控系统将更加关注绿色发展与可持续性,能效优化与能源管理将成为系统设计中的重要考虑因素。

6 结语

智能化监控技术在现代道路桥梁建设中极大地提高了施工与管理的效率与安全性。通过结合先进的传感器技术、物联网以及大数据分析等手段,桥梁的结构健康、环境变化及交通负荷不仅被实时跟踪,潜在风险也能够提前识别,从而显著增强了工程的安全性与施工效率。尽管在系统稳定性、数据处理能力及成本等方面仍存在一定挑战,随着技术的不断革新与成熟,智能化监控技术无疑将成为未来桥梁建设与维护的重要工具。可以预见,随着这些技术的不断进步,智能化监控将在道路桥梁领域发挥更加关键的作用,推动行业向更加可持续的方向发展。

【参考文献】

- [1] 史淑芳. 桥梁工程施工现场的智能化监控技术[J]. 汽车画刊, 2024(8): 227-229.
 - [2] 温溟. 智能化监控系统在架桥机安全管理中的应用研究[J]. 模具制造, 2024, 24(8): 234-236.
 - [3] 曹文, 陈舜东, 周高旗. 基于 BIM 的桥梁转体智能化实时可视监控系统关键技术研究[J]. 施工技术(中英文), 2023, 52(11): 33-37.
 - [4] 汪际洲. 基于物联网的电力智能化监控技术探索[J]. 中国宽带, 2024, 20(12): 114-116.
- 作者简介: 李满(1989.4.11—), 女, 现职称路桥中级, 籍贯: 湖北省丹江口市。