

公路桥梁养护中信息化监控技术的应用

徐佳力

广西柳州市投资控股集团有限公司

摘要：随着公路桥梁建设发展愈发快速，桥梁养护也面临着越来越多的挑战。传统的养护方法在处理这些问题上存在局限性，而信息化监控技术为桥梁养护带来了新的可能。本论文主要探讨了信息化监控技术在公路桥梁养护中的应用及其优化策略，旨在为提高我国桥梁养护工作的水平提供参考和借鉴。

关键词：桥梁养护；信息化监控；应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2023.02.066

随着中国经济的快速发展和交通基础设施建设的不断推进，公路桥梁在国家基础设施中扮演着越来越重要的角色。然而，在众多桥梁建设项目中，不仅存在设计、施工和材料等方面的挑战，而且还面临着养护工作的巨大压力。由于传统养护方法的局限性以及现代化、信息化技术在桥梁养护领域的应用不足，导致桥梁安全事故频发。因此，如何运用先进的信息化监控技术，提高桥梁养护的科学管理水平，确保桥梁的安全、稳定和可持续使用，已成为公路桥梁建设和管理领域亟待解决的重要问题。

一、公路桥梁养护技术的重要性及发展概况

近年来，我国公路桥梁养护技术得到了显著的提升，取得了世界领先水平。公路桥梁养护技术对于保障桥梁安全和延长使用寿命具有重要作用。桥梁在使用过程中会受到各种不利因素的影响，如自然环境、交通荷载和材料老化等，这些因素可能导致桥梁结构损伤、性能下降甚至失效。通过对桥梁进行定期的检测、评估和养护，可以及时发现并修复结构缺陷，防止事故的发生，保证桥梁的安全运行^[1]。此外，公路桥梁养护技术有助于降低养护成本和提高养护效益。适时的养护措施可以减少桥梁的维修次数和维修费用，从而降低整体养护成本。同时，通过对养护过程进行科学管理和技术创新，可以提高养护工作的效率和质量，使得投入的资源得到更好的利用。

公路桥梁养护技术经历了从传统的人工巡检到现代化的信息化监控技术的演变过程。早期的桥梁养护主要依赖于人工巡检和经验判断，这种方法具有一定的局限性，如检测结果受主观因素影响较大、信息获取和处理能力有限等。随着科技的发展，尤其是计算机技术、传感技术和通信技术的飞速进步，使得信息化监控技术在公路桥梁养护中得到了广泛应用。同时，信息化监控技术也为公路工程、建筑工程等领域提供了更高精度的数据支持，有助于推动桥梁养护技术的持续发展和创新。

二、路桥桥梁养护问题现状与传统方法的局限性

（一）常见的桥梁养护问题

公路桥梁在使用过程中可能遇到多种养护问题，其中常见的包括结构裂缝、钢筋锈蚀、混凝土剥落、病害扩展以及桥面板变形等。这些问题可能是由于材料老化、环境腐蚀、过重荷载、设计缺陷、施工质量等多种因素引起的。高速公路桥梁建设环境复杂，很多时候养护过程中获取到的监测信息无法为养护提供有力的数据支撑，导致最终养护效果无法达到预期目标。因此，对于这些养护问题的及时发现和处理显得尤为重要。

（二）传统养护方法及其局限性

传统的桥梁养护方法主要依赖于人工巡检、经验判断以及简单的仪器设备来进行，这些方法的局限性是显而易见的。人工巡检的结果受主观因素影响较大，容易出现疏漏和误判，例如，巡检人员可能会因为疲劳、注意力不集中或对某些病害的了解不足等原因忽视了存在的问题。此外，人工巡检将耗费大量人力和时间，并非高效率的选择^[2]。

同时，传统方法在监测数据的收集、传输和处理环节中存在着人工干预和数据误差等问题，而这些问题很可能会影响监控结果，从而影响养护决策的制定。传统的养护方法也无法结合桥梁建设的全周期提出合理的养护方案，这使得桥梁养护很难实现全周期的精确管理。另外，传统养护方法难以充分发挥数据的作用，缺乏科学决策和精准养护的手段。在高速公路桥梁建设环境复杂的情况下，养护过程中获取到的监测信息无法为养护提供有力的数据支撑，导致最终养护效果不及预期，而这无法满足现代养护的需求和要求，如果长期采取这样的方式，则会影响桥梁的正常使用和安全^[3]。

三、信息化监控技术在公路桥梁养护中的应用

（一）信息监控技术在桥梁结构监测中的应用

在应力和应变监测方面，通过对高精度应力和应变传感器的采用，可以更加准确地获取桥梁结构在不同荷载下的应力分布，充分了解桥梁的结构内部应变情况。这使得工程师能够及时发现潜在的结构问题，提前采取措施，避免更严重的结构损伤。并且，使用信息化监控技术，工程师能够在桥梁表面和内部对于裂变和位移的情况进行全面监测。通过对裂缝的宽度、深度和扩展速度的实时监控，能够对裂缝的发展趋势进行预测，从而根据现存问题针对性地制定养护计划。通过位移监测技术，可以精确地测量桥梁的沉降、水平位移等数据，为桥梁稳定性评估提供更为可靠的依据。

在实际应用中，传感器子系统是桥梁健康监测系统的核心，它负责收集桥梁环境荷载、结构应力、应变、

位移变化和局部构件损伤或病害等信息。根据监测内容的分类,分别选择适合的传感器类型。例如,环境温度和湿度监测可采用温湿度传感器;车辆荷载监测可采用称重传感器;结构温度、位移、应变和振动监测则可分别选用温度传感器、位移传感器、应变计和加速度计。

在腐蚀、温度和湿度监测方面,信息化监控技术同样具有显著优势。例如,钢筋腐蚀监测技术可以实时监测桥梁内部的钢筋腐蚀情况,及时发现腐蚀问题,从而降低桥梁结构的安全隐患。同时,温度和湿度监测技术还可以帮助工程师了解桥梁在各种环境条件下的性能变化情况,为养护工作提供有力支持。

(二) 信息化监控技术在桥梁养护决策支持中的应用

在损伤评估与养护方案优化方面,实时采集的数据可帮助工程师更加精确地判断桥梁结构的状况。通过对这些数据进行深入地分析,工程师能够确定桥梁结构上的薄弱点和风险区域,从而制定更加高效有用的养护方案。借助海量实时监测数据,相关管理人员能够更科学、精确地调整养护资源,确保关键部位得到及时的维护^[4]。在养护过程中,通过对数据进行跟踪分析,管理者能够发现潜在的问题,从而不断优化养护策略,提升养护工作的整体效益。

数据采集与传输子系统在实际决策应用中也起到不可小觑的作用,主要包括数据采集软件、采集设备、传输设备以及其他附属设备等,其主要职责是对采集到的桥梁相关数据按照一定的规则进行换算、判别、过滤、统计等处理,将处理过的数字信号转变成相应的物理量和特征值。在实际应用中,决策人员根据桥梁的特点和所处环境,选择合适的数据采集和传输方案,针对不同类型的传感器,选择相应的数据采集设备,以确保采集到的数据具有准确性和稳定性。

信息化监控技术对于养护方案的实施效果监控同样具有积极影响。通过对实施结果的评估,可以对已经完成的养护工作进行反馈与改进,从而为桥梁养护提供持续优化的动力。此外,实时数据的共享与传播也有助于养护团队之间的沟通与协作,实现整个养护过程的顺畅与高效。

(三) 桥梁健康监测系統应用实践

为了进一步阐述公路桥梁信息化监控养护系统的实际应用,本节将介绍一个成功应用于某公路桥梁的健康监测系统。该桥梁是一座重要的城市交通枢纽,承担着大量的车辆和人员流动任务。为确保桥梁的安全和稳定运行,当地政府决定采用信息化监控养护系统对桥梁进行实时监测和定期养护。

在本案例中,监测系统采用了一系列高精度传感器,包括应变计、加速度计、位移计、温度计和湿度计等,分布在桥梁的关键部位,用以监测桥梁的各种工况。这些传感器实时采集桥梁的环境、作用、结构响应

和结构变化等相关数据。数据采集与传输子系统采用了有线和无线传输方式相结合的方案,以满足不同类型传感器和采集设备的需求,保证数据的实时性和可靠性。数据处理与管理子系统对采集到的数据进行预处理,如去除噪声、滤波、归一化等,以提高数据质量。同时,系统应用了先进的异常值检测算法,识别并剔除异常数据,确保分析结果的准确性^[5]。数据处理过程中,利用大数据技术、云计算等先进技术,提高数据处理能力,实现快速的数据分析。软件子系统则通过先进的数据分析模型和算法,对处理后的数据进行深入挖掘,以识别潜在的安全隐患和性能衰减趋势。通过机器学习、深度学习等方法,系统自动发现与结构健康有关的关键特征和规律,为桥梁养护决策提供有力支持。同时,系统还能够基于历史数据和实时监测数据,进行预测分析,评估桥梁在未来一段时间内的安全状况,为养护工作提供预警信息。

在本案例中,桥梁健康监测系統成功地实现了对桥梁结构的全方位、实时监测。通过系统对桥梁健康状况的持续评估,桥梁养护部门能够对养护任务进行合理安排,及时采取必要的维修措施。实践证明,采用信息化监控技术的桥梁养护工作,大大提高了桥梁的使用寿命和安全性能,降低了养护成本和社会风险。此外,桥梁健康监测系統还与其他交通基础设施管理系统实现了融合和互联互通。例如,与道路管理、交通运输、应急响应等相关部门的系统联动,协同完成桥梁养护任务。这种跨部门的信息共享和资源整合,为政府及相关部门提供了有力的决策支持,提高了整个交通基础设施的管理水平。

四、公路桥梁信息化监控养护系统应用的优化

(一) 数据采集与处理的优化

高精度传感器的选择与布局至关重要。选择高精度传感器有助于更准确地捕捉桥梁状态变化,确保在不同环境条件下稳定工作。在传感器布局过程中,对关键部位进行详细分析,使传感器能够覆盖到桥梁结构的各个方面。运用专业的建模工具和分析方法,例如有限元分析(FEA),以便为桥梁养护工作提供全面、准确的数据支持。在数据传输方面,可以根据桥址环境、监测规模、传感器及采集设备类型来选择合适的传输方式,如有线传输和无线传输。有线传输通常具有较高的稳定性和实时性,但布线成本和维护成本较高;无线传输具有布线简便、成本较低的优点,但可能受到环境干扰影响。在实际应用中,可以灵活选择有线、无线或它们的组合方式,以实现最佳传输效果。例如,在桥梁较密集、布线较方便的地区,可以采用有线传输;而在桥梁较分散、布线困难的地区,可以采用无线传输。

其次,数据预处理与异常值处理对数据质量具有重要影响。引入先进的预处理方法,如去除噪声、滤波、归一化等操作,确保数据的质量。运用异常值检

测算法,例如基于统计学的Grubbs检验、基于聚类的K-means算法等,识别并剔除因传感器故障、环境干扰等原因产生的异常数据,从而提高数据的准确性。针对数据传输方式的优化,根据实际应用场景,选择合适的的数据传输方式。有线传输和无线传输各有优缺点。在有线传输方面,选择具有高带宽、远传输距离、高稳定性和强抗干扰能力的光纤传输。在无线传输方面,选择适宜的无线通信网络,满足实时性、稳定性和覆盖范围的要求。针对具体场景,灵活选择有线、无线或它们的组合方式,实现最佳传输效果。

同时,可以尝试在数据处理环节引入大数据技术、云计算等先进技术以提高数据处理能力。例如,利用分布式计算框架如Hadoop和Spark,实现大规模数据的快速处理。还可以运用机器学习、深度学习等方法对数据进行分析,例如通过回归分析、神经网络等技术,挖掘出更多潜在的关联信息,为桥梁养护决策提供有力支持。

(二) 模型与算法的优化

对数据进行特征工程,挖掘出更多具体特征,从而提高模型的预测能力。在特征提取阶段,可以采用时域特征、频域特征、时频域特征等多种方法,对原始数据进行深入分析。例如,通过小波变换、傅里叶变换等技术,可以从不同角度挖掘桥梁结构数据中的潜在信息。针对具体问题,运用特征选择算法筛选出对预测结果影响较大的特征,如过滤法、包裹法、嵌入法等。通过这些方法,降低模型的复杂度,提高计算效率,可以帮助决策者找到更具判别能力的特征,使模型更加简洁高效。

在选择适用的机器学习或深度学习算法时,需要充分考虑算法的特点和适用范围。例如,对于线性问题,可以选择线性回归或支持向量机;对于非线性问题,可以选择神经网络、随机森林等算法。通过对算法进行参数调优,可以进一步提高模型的预测性能。利用网格搜索、随机搜索、贝叶斯优化等方法进行参数调优,从而找到最佳参数组合。此外,采用交叉验证、模型融合等方法可以降低过拟合风险,提高模型的泛化能力,以助于得到一个对实际问题更具适应性的模型。

对模型结果进行解释与验证是确保模型有效性的关键。通过对模型进行敏感性分析、特征重要性分析等,可以增强模型的可解释性,帮助决策人员理解模型的工作原理。例如,通过分析模型中各特征的权重,可以了解到哪些因素对桥梁结构的安全性影响较大。对于深度学习模型,可以采用梯度权重类激活映射(Grad-CAM)等方法进行可视化解释。定期对模型进行验证与更新,确保模型在不断变化的实际应用场景中保持高效稳定的预测性能。

(三) 系统集成与互联互通

建立桥梁养护信息平台是提高桥梁养护工作效率的基础。信息平台需整合各种传感器采集的数据、处理后

的分析结果、养护建议等信息,为决策者提供全面、准确、实时的桥梁养护信息。平台应设计友好的用户界面,支持多种数据展示形式,如图表、地图等,以便于用户直观地了解桥梁的健康状况。此外,平台应支持权限管理,确保信息安全。对接各级养护管理部门,实现信息共享,提高决策效率。为实现此目标,可以采用模块化设计,确保系统可扩展性和可维护性。

与其他交通基础设施管理系统的融合是实现公路桥梁信息化监控养护系统优化的关键。通过实现数据共享、资源整合、信息互通,提高整个交通基础设施的管理水平。例如,桥梁养护信息平台可以与道路管理、交通运输、应急响应等相关部门的系统进行联动,协同完成桥梁养护任务。这可以通过构建统一的数据交换和信息共享平台,实现跨部门、跨系统的数据整合。

同时,跨部门的信息共享可以为政府及相关部门提供有力的决策支持,提高公共服务水平。这需要各部门共同遵循一致的数据标准和格式,降低数据整合难度。在政策层面,推动相关部门加强合作,实现数据资源的有序共享和利用。此外,信息平台还应支持移动端接入,方便工作人员随时随地获取桥梁养护信息,提高工作效率。

结束语

信息化监控技术是一种基于计算机技术、传感技术和通信技术的现代化养护手段。这种技术通过将桥梁的运行状态进行实时监测,收集各种关键数据,进而对桥梁的健康状况进行评估和预测,具有高度自动化、实时性强和数据精确性高的特点。信息化监控技术能够利用自动化设备和系统完成数据的采集、处理和传输,减少了人工巡检的工作量,提高了养护工作的效率。通过此技术,相关人员能够实时监测桥梁的运行状态,及时发现和处理潜在问题,大大提高了对桥梁安全的保障程度。同时,通过高精度传感器和先进的数据处理算法,信息化监控技术可以提供准确、可靠的监测数据,为养护决策提供科学依据,抓住桥梁动态管理中的各种关键节点,实现远程监测和管理,大大提高了养护工作的灵活性和提升了养护人员应对突发状况的能力。

参考文献

- [1]程浩,汪开喜.桥梁信息化监测在公路桥梁养护中的应用——以董铺水库大桥为例[J].中国建设信息化,2022(18):64-66.
- [2]杨航.信息化监控技术在公路桥梁养护中的应用[J].数据通信,2022(02):52-54.
- [3]杨志坚.信息化监控技术在公路桥梁养护中的应用[J].西部交通科技,2019,(08):94-96.
- [4]代传清.高速公路桥梁养护管理问题研究[J].科技创新与应用,2020(22):195-196.
- [5]牛少庚.高速公路桥梁养护管理中的技术问题析[J].居业,2018(05):154-155.