

公路桥梁智能检测技术与装备研究进展

李安源

山东泰和城建发展有限公司 山东 淄博 256410

摘要:公路桥梁是交通运输的重要组成部分,其安全性和可靠性对保障道路交通的畅通和安全至关重要。随着科技的发展和智能化技术的应用,公路桥梁智能检测技术和装备不断得到提升和完善,为桥梁的检测与维护管理工作提供了有力的支持。

关键词:公路桥梁;智能检测;技能

1 公路桥梁智能检测技术概述

公路桥梁是国家基础设施建设中非常重要的一环,但长期的使用和外界环境的影响可能导致桥梁出现损坏和安全隐患。为了及时探测和评估桥梁的结构状况,智能检测技术应运而生。公路桥梁智能检测技术是指利用先进的传感器技术、数据处理与分析方法以及智能算法,对桥梁结构进行实时、无损和高效的监测与评估。相比传统的人工巡查方法,智能检测技术具有自动化、高精度、全面性和实时性等优势。公路桥梁智能检测技术主要包括以下方面:(1)光学传感器技术:利用激光扫描仪和激光测距仪进行桥梁结构的三维形状测量,能够高精度获取桥梁的几何形态信息。(2)声学传感器技术:借助声速检测技术和声发射检测技术,对桥梁结构进行声波传播和声发射信号检测,以评估结构的完整性和损伤情况。(3)电子传感器技术:通过钢筋腐蚀检测技术和应变传感器技术,对桥梁的钢筋腐蚀程度和受力情况进行监测,及时发现结构的腐蚀和变形问题。公路桥梁智能检测技术的数据处理与分析方法也日趋成熟^[1]。利用大数据处理方法,对大量的监测数据进行预处理、存储和管理,为后续的数据分析和评估提供基础。而信号处理方法包括时频分析和模式识别算法,可以对监测数据进行特征提取和异常检测,以辅助工程师快速准确地评估桥梁结构的健康状况。

2 公路桥梁智能检测装备研究进展

2.1 光学传感器技术

公路桥梁智能检测装备是在光学传感器技术方面取得了显著进展。光学传感器技术以其高精度、快速测量和无接触测量的特点,在桥梁结构监测领域得到广泛应用。激光扫描仪是一种常见的光学传感器设备。它通过发射激光束并接收反射光,通过扫描整个桥梁结构,可以在短时间内获取桥梁的三维形状和表面细节信息。激光扫描仪具有高精度、高分辨率和无接触测量的特点,

可以快速、准确地获取桥梁的几何形态数据。该设备对于监测桥梁的变形、沉降和裂缝等问题具有重要意义。激光测距仪是另一种光学传感器设备,可以用于测量目标物与设备之间的距离。在桥梁智能检测中,激光测距仪常用于监测桥梁的变形情况。它可以通过测量变形点与参考点之间的距离变化,来评估桥梁的结构稳定性和变化趋势。激光测距仪的应用可以提供高精度的变形数据,为桥梁的健康状况评估和维护提供重要依据。同时,随着光学传感器技术的发展,还出现了一些基于光学原理的特殊传感器设备^[2]。例如,光纤传感器可以通过在桥梁内部布设光纤,利用光纤的光学信号传输特性,实现对桥梁的温度、应变等参数的监测。这种设备具有高灵敏度、低干扰和多点监测的特点,可以实现对桥梁结构的全面、连续的监测。

2.2 声学传感器技术

声学传感器技术在公路桥梁智能检测装备的研究中也取得了显著的进展。声学传感器技术能够通过声波信号的传播和检测,实现对桥梁结构的评估和监测。声速检测技术是声学传感器技术的一个重要应用。它通过测量声波在材料中传播的速度,来判断材料的完整性和损伤程度。在桥梁监测中,声速检测技术可以输送声波信号到桥梁结构中,然后通过检测声波的传播时间和路径来计算声速。借助这一技术,可以及时发现桥梁结构的裂缝、空洞和松动等损伤情况,为维护 and 修复提供重要的参考依据。声发射检测技术也是声学传感器技术的重要应用之一。它通过监测材料中产生的声波信号,来判断材料是否破坏或存在潜在的问题。在桥梁监测中,声发射检测技术可以用于监测桥梁结构的破裂、断裂和应变等情况。通过分析声发射信号的能量和频率等特征参数,可以准确地评估桥梁结构的损伤程度,帮助工程师及时采取维修和加固措施。随着声学传感器技术的发展,还出现了一些基于声学原理的特殊传感器设备^[3]。例

如, 超声波检测设备可以利用超声波在材料中传播的特性, 对桥梁的内部结构进行检测。这种设备可以使用超声波的反射和散射信号, 实现对材料的厚度、裂纹和缺陷的探测。通过将声学传感器技术应用于桥梁监测装备中, 可以实现对桥梁结构的全面、准确的监测和评估。

2.3 电子传感器技术

电子传感器技术在公路桥梁智能检测装备的研究中也取得了显著的进展。电子传感器技术利用电磁、电学和电子技术原理, 通过测量物理量的变化来实现桥梁结构的监测和评估。钢筋腐蚀检测技术是电子传感器技术在公路桥梁中的一个典型应用。钢筋腐蚀是桥梁结构常见的问题之一, 它会导致桥梁的强度和承载能力下降。电子传感器技术可以通过电导率或电阻率的测量来评估钢筋的腐蚀程度。比如, 通过在桥梁中布置电阻式传感器, 测量钢筋周围介质的电阻变化, 可以判断钢筋的腐蚀程度和位置。这种检测技术可以帮助工程师及早发现并修复腐蚀问题, 提高桥梁的使用寿命和安全性。应变传感器技术是另一个常用的电子传感器技术。通过将应变传感器安装在桥梁的关键部位, 可以监测和记录桥梁结构的变形情况。应变传感器可以通过电子设备将物理量转化为电信号, 并输出给监测系统进行分析 and 处理^[4]。通过分析应变传感器输出的数据, 可以对桥梁的受力状况进行实时、准确的监测, 有助于早期发现桥梁的变形和破损问题, 为维护和加固提供科学依据。电子传感器技术还包括布设在桥梁上的温度传感器、湿度传感器等, 用于监测桥梁材料的温度和湿度变化, 以及气象传感器等, 用于监测桥梁周围环境的变化。这些传感器设备可以为桥梁的维护和管理提供重要的参考数据。

3 公路桥梁智能检测数据处理与分析方法

3.1 大数据处理方法

公路桥梁智能检测装备所产生的数据量庞大, 需要采用适当的大数据处理方法进行高效的数据分析。(1) 数据预处理: 在进行数据分析之前, 需要对原始数据进行预处理, 包括数据清洗、数据转换和数据归一化等。数据清洗可以去除异常值和噪声数据, 确保数据的准确性和完整性; 数据转换可以将原始数据转化为适合分析的形式, 如进行数据平滑或离散化等; 数据归一化可以使得不同尺度的数据具有可比性, 便于后续的分析 and 建。(2) 数据挖掘与机器学习: 数据挖掘和机器学习技术可以利用大数据中的隐藏信息, 发现数据之间的模式和关联性。通过使用聚类、分类和回归等算法, 可以对桥梁的结构参数和健康状况进行预测和分类。这些方法可以帮助工程师及时发现桥梁的潜在问题, 并采取相

应的措施进行修复和维护^[1]。(3) 数据可视化: 数据可视化是将大数据转化为图表、图像或动态图的过程, 以便更直观地展示数据的特征和趋势。通过数据可视化, 工程师可以轻松地观察桥梁数据的变化情况, 并及时发现异常。常用的数据可视化工具包括表格、柱状图、折线图、热点图等, 这些图形可以帮助工程师更好地理解和分析大数据集。(4) 数据联合分析: 在桥梁智能检测中, 不同的传感器设备可能产生的数据类型和格式各异。数据联合分析可以将来自不同传感器设备的数据进行整合和分析。

3.2 信号处理方法

公路桥梁智能检测装备所获取的数据需要经过信号处理方法进行处理和分析, 从而提取有用的信息和特征。(1) 滤波: 滤波是信号处理中常用的一种方法, 用于去除信号中的噪声和干扰。根据信号的特性, 可以选择低通、高通、带通或带阻滤波器进行滤波, 以提高信号的质量和准确性。(2) 频谱分析: 频谱分析是对信号在频域上的特性进行分析的方法。通过将信号转换为频谱图或功率谱, 可以观察信号的频率成分和能量分布, 以识别信号中的特征频率和周期性变化。(3) 小波变换: 小波变换是一种时频分析方法, 可以将信号表示为频域和时间域的双重变换。通过小波变换, 可以获取信号在不同频率和时间尺度上的特征信息, 从而更精细地分析和描述信号的特性。(4) 相位分析: 相位分析是通过分析信号的相位信息来研究信号的时序性和相位关系。相位分析可以用于检测信号的周期性变化、相位差异以及信号之间的相互影响^[2]。(5) 自适应滤波: 自适应滤波是一种根据信号特性和噪声特征自动调整滤波参数的方法。通过采用自适应滤波, 可以有效地消除信号中的噪声和干扰, 并保留信号的有效成分。

4 公路桥梁智能检测与维护管理系统

4.1 系统框架设计

公路桥梁智能检测与维护管理系统的设计包括以下几个主要的模块和组件, 构成了系统的整体框架:

(1) 数据采集模块: 该模块负责从各种传感器设备中获取桥梁的结构参数、环境条件和监测数据。包括声学传感器、电子传感器、测量仪器等。数据采集模块能够实时、准确地采集桥梁的各种数据, 并进行数据预处理和清洗, 确保数据的准确性和可靠性。(2) 数据传输与存储模块: 该模块负责将采集得到的数据通过网络传输到存储设备。采用高速、可靠的网络通信技术, 确保大量数据的及时传输和存储。同时, 该模块负责对存储的数据进行分类、组织和管理, 方便后续的数据处理和

分析。(3) 数据处理与分析模块: 该模块利用信号处理、数据挖掘、机器学习等技术, 对桥梁的采集数据进行处理、分析和建模。通过对数据进行特征提取、异常检测、预测和分类等算法, 得到桥梁的健康状况评估结果, 并及时发出预警和建议。(4) 可视化展示与报告模块: 该模块通过图表、曲线和地图等方式, 将处理分析得到的数据以直观、易懂的方式展示给工程师和管理人员。同时, 该模块还能够生成各类报告和统计分析结果, 供决策人员参考。(5) 维护管理与决策支持模块: 该模块根据数据处理与分析的结果, 提供桥梁维护和管理的决策支持。包括确定维修措施、制定维护计划、预测桥梁寿命等。该模块还能够实现对维修工作的进度管理和任务分配等功能, 确保维护工作的高效进行^[3]。

4.2 数据集成与共享

通过数据集成与共享, 可以将来自不同传感器设备和监测系统的数据进行整合, 形成全面、准确的桥梁健康数据集, 为维护管理决策提供有力的支持。数据集成是将来自不同来源的数据进行整合的过程。在公路桥梁的智能检测中, 不同传感器设备和监测系统所产生的数据可能具有不同的格式、类型和时序。数据集成需要对数据进行统一的格式转换、标准化处理和时间对齐, 以确保数据的一致性和可比性。同时, 数据集成还需要处理不同数据源之间的数据冲突和重复, 以避免数据重复利用和冲突引起的误判。数据共享是将整合后的数据提供给相关的部门和人员使用的过程。在公路桥梁智能检测与维护管理系统中, 不同的部门和人员可能需要使用桥梁健康数据进行维护、管理和决策。数据共享可以通过多种方式实现, 包括数据接口、数据平台和数据共享协议等^[4]。通过合理的数据共享机制, 可以实现桥梁智能检测数据的高效传递和共享, 提高数据的利用率和维护效果。数据集成与共享的实现需要考虑数据安全和隐私保护。

4.3 桥梁维护管理模型与决策支持

公路桥梁智能检测与维护管理系统中的桥梁维护管理模型与决策支持是为了帮助工程师和管理人员做出合理、科学的维护决策, 优化维护计划, 延长桥梁的使用

寿命。桥梁维护管理模型是根据桥梁的结构特点、历史维护纪录和现场检测数据等综合信息, 建立起来的可靠模型。该模型可以对桥梁的健康状况进行评估和预测, 包括结构损伤程度、承载能力、剩余寿命等参数。同时, 该模型还可以对不同维护策略的效果进行模拟和优化, 为维护决策提供科学依据。决策支持系统通过集成桥梁维护管理模型与多源数据, 为工程师和管理人员提供决策支持。通过该系统, 可以进行多方面的决策, 包括维护紧急性判断、维护策略选择、维修措施安排、资源优化配置等。系统中的算法和模型可以分析和预测不同维护策略的成本效益、风险和维修效果, 帮助用户做出最佳的决策^[1]。维护计划优化是根据桥梁维护管理模型和决策支持系统的结果, 通过综合考虑多个因素, 确定合理的维护时机、维护频率、维护方法和维护资源配置等。维护计划优化可以在保证桥梁安全性和功能性的前提下, 充分利用现有资源, 降低维护成本, 达到最优的维护效果。

结束语

公路桥梁智能检测技术与装备的研究取得了显著的进展, 为桥梁的检测与维护管理工作提供了强有力的支持。然而, 公路桥梁智能检测技术与装备仍面临一些挑战, 如数据处理与分析的复杂性、传感器的可靠性和使用寿命等。未来的研究应进一步加强对智能检测技术与装备的研究和应用, 以满足不断增长的桥梁维护需求, 提升桥梁的安全性和可靠性。

参考文献

- [1]周广东,李爱群.大跨桥梁监测无线传感网络节点布置方法研究[J].振动工程学报,2019(04).
- [2]吉林,丁华平,沈庆宏.基于无线传感器网络的桥梁结构健康监测[J].南京大学学报:自然科学版,2019(01).
- [3]李惠,周文松,欧进萍,等.大型桥梁结构智能健康监测系统集成技术研究[J].土木工程学报,2020(02).
- [4]朱善美.基于BIM技术和测量机器人的桥梁工程测量方法研究[J].安徽建筑,2020,27(04):176-177+179.