

智能化监测技术在市政道路桥梁中的应用与发展

黄升

进贤县城发建筑有限公司, 江西南昌, 360124;

摘要: 随着城市化进程的加速, 市政道路桥梁的安全运行对于城市的稳定发展至关重要。智能化监测技术作为现代科技的重要成果, 为市政道路桥梁的安全管理和维护提供了新的手段。本文首先探讨了智能化监测技术在市政道路桥梁中的应用现状, 分析了其在桥梁结构健康监测、道路性能评估和灾害预警等方面的应用。接着, 详细介绍了智能化监测技术的关键技术, 包括传感器技术、数据传输技术和数据分析技术。进一步, 本文提出了智能化监测技术的发展趋势, 如多技术融合、大数据应用和人工智能技术的引入。同时, 讨论了智能化监测技术在应用过程中面临的挑战与对策, 如数据安全、技术标准和成本控制。最后, 总结了智能化监测技术在市政道路桥梁中的综合效益, 指出其对提高道路桥梁安全性和耐久性的重要作用。

关键词: 智能化监测; 市政道路; 桥梁; 应用; 发展

DOI: 10.69979/3029-2727.25.09.091

引言

市政道路桥梁作为城市基础设施的重要组成部分, 其安全运行直接关系到城市的正常运转和居民的日常生活。随着城市化进程的加速, 道路桥梁的数量和规模不断增加, 其安全管理的难度也日益增大。传统的监测手段已经难以满足现代城市管理的需求, 智能化监测技术应运而生。智能化监测技术通过实时采集和分析道路桥梁的运行数据, 能够及时发现潜在的安全隐患, 为道路桥梁的维护和管理提供科学依据。本文将探讨智能化监测技术在市政道路桥梁中的应用现状、关键技术、发展趋势以及面临的挑战与对策, 为市政道路桥梁的安全管理提供参考。

1 智能化监测技术在市政道路桥梁中的应用现状

1.1 桥梁结构健康监测

智能化监测技术在桥梁结构健康监测中发挥着重要作用。通过在桥梁关键部位安装各种传感器, 如应变传感器、位移传感器和加速度传感器等, 可以实时监测桥梁的应力、变形和振动状态。这些数据经过分析处理后, 能够准确反映桥梁的结构健康状况, 及时发现潜在的安全隐患。例如, 在大型桥梁的长期监测中, 通过分析传感器数据, 可以提前发现桥梁的疲劳损伤和结构变形, 为桥梁的维护和加固提供科学依据。这种监测方式不仅提高了桥梁管理的科学性和有效性, 还减少了因桥梁故障导致的交通中断和维修成本, 提升了桥梁的使用寿命和安全性。

1.2 道路性能评估

智能化监测技术同样适用于道路性能的评估。通过在道路表面和内部安装传感器, 可以实时监测道路的平整度、承载能力和抗滑性能等关键指标。这些数据对于评估道路的使用性能和预测其使用寿命至关重要。例如, 通过监测道路的平整度变化, 可以及时发现道路的病害, 如裂缝和沉降, 从而采取相应的维修措施, 延长道路的使用寿命。此外, 智能化监测技术还可以评估道路的排水性能和耐久性, 为道路的维护和修复提供全面的数据支持, 确保道路在各种环境条件下的安全和稳定运行。

1.3 灾害预警与应急响应

智能化监测技术在灾害预警和应急响应方面也具有显著优势。通过实时监测环境因素, 如降雨量、风速和地震活动等, 结合道路桥梁的结构健康数据, 可以提前预警可能发生的灾害, 如洪水冲刷、风灾破坏和地震损伤等。在灾害发生时, 智能化监测系统能够快速提供桥梁和道路的受损情况, 为应急响应和救援工作提供重要支持。例如, 在暴雨天气中, 通过监测道路的积水深度和桥梁的冲刷情况, 可以及时采取交通管制和抢险措施, 减少灾害对交通的影响, 保障居民的生命财产安全。

2 智能化监测技术的关键技术

2.1 传感器技术

传感器是智能化监测系统的核心部件, 其性能直接影响监测数据的准确性和可靠性。现代传感器技术不断发展, 出现了多种适用于道路桥梁监测的传感器, 如光纤传感器、无线传感器和智能传感器等。光纤传感器具

有抗电磁干扰、高精度和长距离传输等优点，适用于桥梁的应变和位移监测。无线传感器网络则具有安装方便、灵活性高和易于扩展等优点，适用于道路桥梁的分布式监测。智能传感器则集成了数据采集、处理和传输功能，能够实现自动化的监测和预警。这些传感器技术的不断发展和应用，为智能化监测系统提供了更加多样化和高效的数据采集手段，提高了监测系统的整体性能和可靠性。

2.2 数据传输技术

数据传输技术确保监测数据能够及时、准确地从传感器传输到数据处理中心。随着无线通信技术的发展，如 4G、5G 和 NB-IoT 等，数据传输的实时性和稳定性得到了显著提升。无线通信技术不仅减少了布线的复杂性和成本，还提高了监测系统的灵活性和可扩展性。此外，卫星通信技术也为偏远地区的道路桥梁监测提供了数据传输解决方案。数据传输技术的不断进步，使得监测数据能够在更广泛的范围内进行共享和分析，为道路桥梁的远程监控和管理提供了技术支持，进一步提升了监测系统的实用性和经济效益。

2.3 数据分析技术

数据分析技术是智能化监测系统的关键环节，通过先进的算法和模型对监测数据进行分析处理，提取有价值的信息。现代数据分析技术包括数据挖掘、机器学习和人工智能等。数据挖掘技术可以从大量监测数据中发现潜在的模式和规律，为桥梁和道路的健康评估提供依据。机器学习算法则能够自动学习数据中的特征，实现对桥梁和道路状态的智能诊断。人工智能技术，如深度学习和神经网络，进一步提高了数据分析的准确性和效率，能够实现对复杂结构的实时监测和预警。数据分析技术的不断创新和应用，为智能化监测系统提供了更加精准和高效的数据处理能力，提升了监测系统的智能化水平和预警能力。

3 智能化监测技术的发展趋势

3.1 多技术融合

智能化监测技术的发展趋势之一是多技术融合。将传感器技术、数据传输技术、数据分析技术和地理信息系统（GIS）等技术相结合，可以实现对道路桥梁的全方位、多层次监测。例如，通过将传感器数据与 GIS 技术相结合，可以直观地展示道路桥梁的健康状态分布图，为管理和决策提供可视化支持。同时，融合多种监测技术可以提高监测系统的可靠性和准确性，减少单一技术的局限性。多技术融合不仅提升了监测系统的功能和性能，还为道路桥梁的综合管理和决策提供了更加全面和

科学的数据支持，推动了智能化监测技术向更加高效和智能化的方向发展。

3.2 大数据应用

随着监测数据量的不断增加，大数据技术在智能化监测中的应用日益重要。大数据技术可以处理海量、多源、异构的监测数据，通过数据挖掘和分析，提取有价值的信息。例如，通过对历史监测数据和实时监测数据的分析，可以建立道路桥梁的健康评估模型，预测其未来的性能变化。大数据技术还可以实现对监测数据的实时分析和处理，提高监测系统的响应速度和预警能力。大数据应用不仅提高了监测数据的处理效率和准确性，还为道路桥梁的长期管理和维护提供了更加科学和前瞻性的决策依据，促进了智能化监测技术的深度发展和应用。

3.3 人工智能技术的引入

人工智能技术，特别是深度学习和神经网络，正在改变智能化监测的方式。人工智能技术可以自动学习监测数据中的特征，实现对道路桥梁状态的智能诊断和预测。例如，通过训练神经网络模型，可以识别桥梁结构的损伤模式，提前预警潜在的安全隐患。人工智能技术还可以实现对监测数据的自动化处理和分析，减少人工干预，提高监测效率和准确性。人工智能技术的引入不仅提升了监测系统的智能化水平和预警能力，还为道路桥梁的安全管理和维护提供了更加高效和精准的技术支持，推动了智能化监测技术向更加智能化和自动化的方向发展。

4 智能化监测技术在应用过程中面临的挑战与对策

4.1 数据安全与隐私保护

智能化监测过程中会产生大量涉及道路桥梁结构核心参数、交通流量等数据，这些数据若被篡改或泄露，可能影响设施安全或侵犯隐私。挑战主要体现在传输与存储环节的安全漏洞，以及缺乏完善的数据安全管理机制。对策方面，需建立全流程数据安全体系，传输时采用加密技术防止数据被窃取，存储时划分数据等级并设置访问权限；同时制定数据安全管理规范，明确数据采集、使用、销毁等环节的操作标准，定期开展安全审计与风险评估。

4.2 技术标准与规范

目前智能化监测技术应用缺乏统一的技术标准，不同厂商的传感器、数据传输协议、分析模型存在差异，导致数据难以互通共享，形成“信息孤岛”，影响监测

系统的兼容性和扩展性。此外，监测指标、预警阈值等缺乏统一规范，导致评估结果缺乏可比性。对策上，需由行业主管部门牵头，联合科研机构、企业制定统一标准，明确传感器性能参数、数据传输接口、分析评估方法等要求；同时建立标准更新机制，结合技术发展及时优化规范，保障技术应用的统一性。

4.3 成本控制与效益评估

智能化监测系统的前期设备采购、安装调试以及后期运维均需较高成本，部分中小城市因资金有限难以大规模应用，且缺乏科学的效益评估体系，难以量化技术带来的长期收益。挑战在于平衡成本投入与效益产出。对策方面，可推广“按需监测”模式，针对重点设施、关键部位优先部署监测设备，降低初始投入；同时建立综合效益评估模型，从安全提升、养护成本节约、通行效率改善等维度量化收益，为资金投入提供决策依据，吸引社会资本参与。

5 智能化监测技术在市政道路桥梁中的综合效益

5.1 提高道路桥梁的安全性

智能化监测技术通过实时、精准的监测，改变了传统“事后补救”的安全管理模式，实现了安全隐患的“早发现、早处置”。通过对结构参数的持续监测，能够及时捕捉微小病害的发展趋势，在隐患恶化前发出预警并指导养护，有效避免坍塌、路面塌陷等安全事故发生。同时，灾害预警功能可提前规避自然灾害对设施的冲击，保障通行人员与车辆安全。此外，监测数据为应急处置提供精准依据，提升突发情况下的应急响应效率，进一步强化道路桥梁的安全保障能力。

5.2 提升道路桥梁的耐久性

该技术通过掌握道路桥梁结构性能的动态变化，为精细化养护提供科学依据，避免传统养护中过度养护或养护不足的问题，从而延长设施使用寿命。实时监测能够精准定位病害位置和程度，使养护作业更具针对性，减少因盲目养护对结构造成的二次损伤。同时，通过分析结构性能衰减规律，可优化养护时机和方案，在病害初期进行干预，延缓结构老化速度。长期来看，基于监测数据的全生命周期养护管理，能最大限度发挥道路桥梁的使用潜力，提升其耐久性。结合养护效果反馈持续优化策略，进一步强化结构抗损能力。

5.3 优化道路桥梁的管理决策

智能化监测产生的海量数据经过分析后，可为道路桥梁管理提供全面、客观的决策依据，改变传统依赖经验判断的管理模式。通过对监测数据的分析，能够精准掌握不同路段、桥梁的性能状况，科学制定养护计划和资金分配方案，提高管理效率。同时，交通流量、通行状态等监测数据可为道路规划、改扩建工程提供参考，使规划更贴合实际需求。此外，长期监测数据形成的数据库，可支撑管理部门开展趋势分析，为行业政策制定、技术升级等宏观决策提供数据支撑。

6 总结

智能化监测技术在市政道路桥梁中的应用与发展对于提高道路桥梁的安全性和耐久性具有重要意义。通过分析智能化监测技术在市政道路桥梁中的应用现状，探讨了其在桥梁结构健康监测、道路性能评估和灾害预警等方面的应用。进一步，介绍了智能化监测技术的关键技术，包括传感器技术、数据传输技术和数据分析技术。同时，提出了智能化监测技术的发展趋势，如多技术融合、大数据应用和人工智能技术的引入。此外，讨论了智能化监测技术在应用过程中面临的挑战与对策，如数据安全、技术标准和成本控制。智能化监测技术的综合效益显著，能够提高道路桥梁的安全性，提升其耐久性，并优化管理决策。未来，随着技术的不断进步和应用，智能化监测技术将在市政道路桥梁的安全管理中发挥更大的作用，为城市的可持续发展提供有力支持。

参考文献

- [1] 范才国. 智能化监测技术在道路桥梁工程施工质量监督中的应用 [C] // 重庆市大数据和人工智能产业协会, 西南大学, 重庆工商大学, 重庆建筑编辑部. 人工智能与经济发展学术研讨会论文集. 江西省兴国县城镇发展服务中心; , 2025: 123-126.
- [2] 刘海斌. 基于物联网的智能化道路桥梁监测与维护系统研究 [J]. 交通科技与管理, 2024, 5 (10) : 17-19.
- [3] 刘进. 桥梁工程中的智能化监测与维护系统研究 [J]. 中国高新科技, 2024, (08) : 69-71.
- [4] 林燕紫. 隧道智能化施工及监测的研究现状综述 [J]. 建筑技术开发, 2025, 52 (08) : 73-76.
- [5] 王成, 王砚柱. 智能化监测系统在市政桥梁大体积混凝土温度及应力监测中的应用研究 [J]. 新城建科技, 2025, 34 (01) : 129-131.