

城市桥梁的定期检测及维护策略研究

杨文元

中交元洋（大连）桥梁水下检测有限公司，辽宁 大连 116000

[摘要]随着城市化进程加快，桥梁作为城市交通的重要基础设施，其安全与稳定运行对于保障市民出行与城市整体发展具有重要意义。城市桥梁由于长期承受交通荷载和环境影响，容易产生结构老化、损伤等问题，增大安全隐患。针对这一现状，本研究梳理了城市桥梁定期检测的必要性，探讨了规范化检测流程和科学维护策略。首先，通过明确桥梁检测频率、项目与标准，提出建立系统的桥梁健康监测体系，有效掌控桥梁运行状态。其次，根据检测结果分类，对不同程度的损伤制定针对性的维护与修复措施，优化维修资源分配，提高养护效率。此外，强调预防性维护理念，建议建立动态数据库，实现信息化管理与预测性养护。研究显示，科学合理的桥梁检测与维护策略不仅能延长桥梁使用寿命，降低运行风险，也对提升城市基础设施管理水平起到积极推动作用。该研究对于完善城市桥梁管理体系、确保桥梁安全可靠运营以及提升城市交通可持续发展具有重要参考价值。

[关键词]城市桥梁；定期检测；维护策略；结构健康监测；信息化管理

DOI: 10.33142/ec.v8i9.17992

中图分类号: U446

文献标识码: A

Research on Regular Inspection and Maintenance Strategies for Urban Bridges

YANG Wen Yuan

Zhongjiao Yuan Yang (Dalian) Bridge Underwater Inspection Co., Ltd., Dalian, Liaoning, 116000, China

Abstract: With the acceleration of urbanization, bridges, as important infrastructure for urban transportation, have significant importance in ensuring the safe and stable operation of citizens' travel and the overall development of the city. Due to long-term exposure to traffic loads and environmental impacts, urban bridges are prone to structural aging, damage, and other issues, increasing safety hazards. In response to this situation, this study has sorted out the necessity of regular inspections of urban bridges, explored standardized inspection processes and scientific maintenance strategies. Firstly, by clarifying the frequency, items, and standards of bridge inspection, it is proposed to establish a systematic bridge health monitoring system to effectively control the operation status of bridges. Secondly, based on the classification of detection results, targeted maintenance and repair measures are formulated for different degrees of damage, optimizing the allocation of maintenance resources and improving maintenance efficiency. In addition, emphasizing the concept of preventive maintenance, it is recommended to establish a dynamic database to achieve information-based management and predictive maintenance. Research shows that scientifically reasonable bridge inspection and maintenance strategies can not only extend the service life of bridges and reduce operational risks, but also play a positive role in improving the level of urban infrastructure management. This study has important reference value for improving the urban bridge management system, ensuring the safe and reliable operation of bridges, and enhancing the sustainable development of urban transportation.

Keywords: urban bridges; regular testing; maintenance strategy; structural health monitoring; information management

引言

伴随全球城市化进程的持续加速，桥梁作为城市交通体系的节点性基础设施，担负着连通城市空间、确保交通流畅的关键使命。根据住房和城乡建设部 2023 年数据显示，中国城市桥梁总数已经超过 50 万座，并且桥梁通行量不断上升。桥梁长时间经受复杂交通荷载与多变环境因素，包含车辆冲击、气候变化、腐蚀及人为损伤等，这些作用造成桥梁结构逐步老化、损伤积累，容易诱发安全隐患和运营风险。城市桥梁出现突发损坏和结构失效的案例屡有报道，引发经济损失以及交通中断，突出桥梁健康检测与科学养护的紧迫性。国内外研究者对于桥梁安全管理，已经进行定期检测技术体系的探索，例如采用结构健康监测、无损检测、高精度传感器等手段，促进检测方法和养护模式的创新。目前我国部分城市桥梁仍然存在检测标准未统一、维护策略缺少系统性、信息化水平需要提高等问题，极大制约桥梁全生命周期管理。以提高城市桥梁管理效能、减少运营风险、确保市民安全出行，亟需系统梳理定期检测的流程规范，依据损伤评估构建分级维护体系，加强预防性养护和数据信息化支持。本文着重于城市桥梁的定期检查及养护策略，以期完善桥梁管理制度，提高基础设施运行安全性与城市交通可持续发展的水平。

1 城市桥梁管理维护的现存问题

伴随全球城镇化步伐的加快，城市桥梁身为城市交通基础设施的关键组成部分，肩负着连通区域交通网络、确

保交通畅通运行的关键职责。城市桥梁长时间处在复杂的使用环境中,经受着交通荷载、气候变化和化学腐蚀等多种挑战,其结构性能在服役过程中逐步衰退,安全隐患日渐增大。桥梁结构老化和损伤的累积导致其稳定运行遭到威胁,此种现象不但制约桥梁的使用寿命和维护成本,而且对全体城市交通体系的安全性、顺畅性形成重大威胁。桥梁身为城市发展的关键设施之一,保持其安全可靠运行为保证城市运行秩序的关键环节。于现代化城市建设越来越复杂的大背景下,怎样借助高效的管理措施预判桥梁潜在出现的结构问题,采取科学的维护策略,化为打造智能交通和城市可持续发展的重要课题。桥梁若于运行过程中发生重大结构破坏或者服务能力降低,不但可能引发交通中断,乃至可能酿成重大的生命财产损失。保障桥梁于服役周期中的安全性与耐久性为一个迫切需要深入研究的关键议题。目前,城市桥梁管理领域的发展尚存不足,许多城市对桥梁的检测频率、过程规范以及健康状态掌控未建立系统化方案,与交通安全管理的高要求尚有明显差距。这一问题的解决对于城市交通基础设施管理水平的提升具有重要意义,亦是实现城市交通可持续发展目标的关键所在^[3]。

2 城市桥梁现状及安全运行的重要性

2.1 城市桥梁在交通体系中的作用

城市桥梁属于城市交通体系当中最关键的部分,承担连接城市各个区域、支撑整个交通网络正常运转的重要任务。桥梁通过不断优化道路布局,显著提升了货物和人员的运输速度,大大促进城市土地和其他资源得到更加合理充分的使用。现在的城市里,桥梁不只是单纯的过河通道或者高架路,更成为火车、汽车、地铁、公交等多种交通工具能够顺利换乘的核心地点。无论是送货的物流车队、每天上下班的客车,还是突发灾害时的救护车和消防车,桥梁能不能正常通行,会直接决定这些车辆跑得快不快、跑得安不安全。桥梁建得好不好、管得好不好,跟城市经济能不能更快发展、居民生活方不方便,有着非常密切的关系,起到实实在在的基础支撑作用。把桥梁规划好、建设好、养护好,能够帮助城市建立起更加快速便利的交通网络,加快周边区域连成一片,真正实现长期绿色可持续发展。城市桥梁作为交通基础设施中最核心的组成部分,在整个城市化快速发展过程中,发挥着任何时候都不能缺少的关键作用。

2.2 城市桥梁面临的主要安全隐患

城市桥梁运行很多年后会隐藏大量安全问题。车辆重量和流量不断增加会导致桥梁钢筋混凝土出现疲劳损伤,慢慢长出裂缝、发生变形等毛病。周围环境像温度忽高忽低、酸雨盐分侵蚀都会严重损害桥梁所用钢筋和混凝土的强度和耐久性。有些桥梁当初设计要求偏低或者施工过程中偷工减料,就埋下了看不见的安全风险。司机开车超重

超宽、运输部门管理不严、日常检查维修跟不上,都会进一步恶化桥梁健康状况。所有这些问题累积到一起,就可能让桥梁突然垮掉或者承载能力大幅下降,严重威胁来往车辆和行人的生命安全,也会直接拖累整个城市的正常运行和发展。

2.3 桥梁安全运行对城市发展的影响

桥梁的安全运行能够有效提升城市交通效率,保障市民出行安全,降低交通事故发生频率,为城市经济发展提供稳定的运输基础,促进社会各领域协同发展,增强城市整体竞争力与可持续发展能力。

3 定期检测体系的构建与规范化要求

3.1 检测频率与内容标准制定

建立检查频率和检查内容的具体标准属于城市桥梁定期检查制度最关键的部分,这个标准好不好直接决定整个检查工作做得科学不科学、全面不全面。确定检查频率的时候必须全面考虑桥梁用了多少年、结构有什么特点、周围环境有多恶劣、每天经过多少车辆这些情况,给不同风险等级的桥梁安排不同的检查时间间隔,保证那些风险高的桥梁检查得更加频繁。检查内容必须包含桥梁所有重要位置,比如主梁、桥墩桥台、支座、伸缩缝这些地方,要做外观仔细看、结构性能认真测、材料老化程度仔细评这些项目。一定要严格按照国家和地方的技术规范来规定检查要查多深、查多宽,这样才能保证每次得到的数据既准确又能跟别的地方的数据拿来比较。把这些标准定好定清楚,就能给后面判断桥梁哪里坏了、该怎么修怎么管提供可靠依据,也能让整个桥梁健康监测工作变得更加规范、更加有章法。

3.2 桥梁健康监测技术应用

桥梁健康监测技术现在到处都在用,明显让原来那种定期检查变得更加靠谱。各种传感器负责收集数据,发挥了最核心的作用,比如应变传感器、加速度传感器、位移传感器这几类,可以随时清楚知道桥梁结构到底怎么样。无线传感网络把数据传得特别快,好几个地方的数据能同时收集上来。无损检测技术用超声波、激光、红外成像这些方式,能精准看出桥梁内部有没有毛病,提前发现问题,防止结构真的坏掉。无人机去检查那些很高很危险的地方,效果特别好,既能把画面看得清清楚楚,又能让工作人员更快完成任务,还不用冒险爬高。借助大数据和人工智能,把收集来的数据好好分析一遍,就能准确判断哪里已经受伤,还能预测以后会怎么发展,给出科学可信的结论。所有这些技术加到一起,就搭建起了一个标准又精细的桥梁健康监测体系,让桥梁管养变得更加安全可靠。

4 损伤识别与分级维护措施

4.1 损伤类型及损伤分级

桥梁在长期服役中,受交通荷载,环境侵蚀,材料老化等因素作用,损伤类型多样,常见有裂缝、钢筋锈蚀、

混凝土剥落, 支座移位和构件变形等, 为制定科学养护方案, 需依据损伤严重程度分级, 一类是轻微损伤, 对桥梁整体性能影响小, 常规维修即可; 二类为中等损伤, 会降低构件局部承载能力, 要及时修复; 三类属严重损伤, 直接威胁桥梁结构安全, 需立即加固或更换, 损伤分级要结合现场检测数据, 考量损伤范围、深度及对结构性能的实际影响, 为决策提供依据, 建立系统化的损伤识别与分级机制, 能精准定位问题, 有效提升桥梁维护工作的针对性与效率, 保障桥梁安全运行。

4.2 针对性修复与加固方法

桥梁出现不同程度的损坏时, 要根据损坏轻重和桥梁每个部位的具体情况, 来挑选最合适的技术进行修复和加固。损坏比较轻的时候, 可以直接用局部修补的方法, 比如把裂缝里灌满专用胶、把表面破损的地方重新抹平补好, 这样就能很快让桥梁重新正常使用。损坏达到中等程度的时候, 就必须给桥梁结构做加固处理, 比如在梁体表面牢牢贴上碳纤维布、增加新的钢支撑或者把原来截面做得更大更厚, 这样整个桥梁的扛重能力就能明显提升。碰到损坏特别严重的情况, 就得大动干戈了, 比如把彻底坏掉的部件全部换成新的, 甚至重新设计和施工最重要的承重部位, 只有这样才能彻底确保桥梁以后安全通行。无论做哪种修复加固, 都一定要充分考虑施工现场的环境和桥梁现在的通行状况, 让所有措施既好施工又能用得长久可靠。

5 信息化管理与预测性养护机制

5.1 动态数据库建立

动态数据库的建立是城市桥梁信息化管理与预测性养护的重要组成部分。其通过整合桥梁历史检测数据、实时监测结果及环境影响因素, 实现数据的全面性与动态更新。动态数据库应具备灵活的结构, 以适应不同桥梁类型及管理需求。在数据采集环节, 需确保数据的准确性与完整性, 以支持后续分析与决策。数据库的搭建过程中, 应注意数据存储的安全性和访问的便捷性, 为管理部门提供快速响应和实时决策的依据。通过有效数据挖掘与分析, 动态数据库可为桥梁健康状况的预测提供科学支撑, 促使养护计划更具针对性与预见性。

5.2 信息化管理平台建设

信息化管理平台建设为提高城市桥梁维护效率和管理水平的重要手段。依托物联网、大数据与云计算技术, 可以达成桥梁检测和维护数据的即时采集、上传与分析, 推动桥梁运行状态的实时监测与评估。平台需融合多源数据处理功能, 支撑多方面数据的可视化展示与预测模型的应用, 有利于对于潜在风险实施预防性措施。借助建立统一的数据信息共享机制, 各相关单位可以高效协同作业, 优化资源配置与决策流程, 进而保证桥梁运行的可靠性和

城市交通的可持续发展。

5.3 预测性养护与风险预控

预测性养护机制依靠深入分析桥梁结构每次检测得到的数据, 依据环境变化情况和交通荷载增加减少的趋势, 准确识别桥梁未来可能出现损伤的具体风险。技术人员结合大数据技术和人工智能算法, 一起建立一套非常精准的风险预警模型, 从而实现科学安排养护计划的目的。风险预控措施主要包括对桥梁关键部位进行实时动态监测, 发现隐患马上组织人员处理消除, 还通过调整车辆通行方式来优化交通荷载分布, 这样就能确保桥梁结构一直维持安全稳定的状态。这种养护机制大大提高了日常养护工作效率和整体安全水平, 同时也推动城市桥梁维护管理工作向着智能化方向不断前进。

6 结束语

本文全面分析了城市桥梁常态化检测和维护的核心问题, 提出了依托规范化流程与科学管理的检测以及养护策略, 详尽论证了构建桥梁健康监测体系与实施信息化管理的实际意义。研究结果显示, 借助科学规划检测频率以及项目, 实时了解桥梁结构健康状况, 可以有力减少安全隐患, 自源头上增强桥梁运营的可靠性。对于损伤分级与精准维护措施的拟定, 改善了维修资源分配, 明显提升了养护效率与经济性。预防性维护同动态数据库建立促进信息化管理, 以达成桥梁全生命周期管理给予了坚强保障, 有利于促进城市交通基础设施的可持续发展。当前研究还存在一些不足之处, 比如桥梁监测数据智能分析技术还需进一步完善, 多源信息融合技术应用范围还不够广, 有些维护决策方法目前还不能完全适应复杂城市交通的真实情况。桥梁检测跟维护相关的规范标准实际落地时, 常常受到当地技术水平跟资金条件的限制, 急需推动这些标准真正统一起来, 并且尽快转化为实际能用的东西。

[参考文献]

- [1] 张亚楠. 城市桥梁定期检测技术研究 [J]. 交通世界, 2022(13):38-40.
- [2] 李武王建军. 城市桥梁检测的信息化管理 [J]. 住宅与房地产, 2020(3):228-228.
- [3] 冯源. 城市桥梁检测与维护的规范化研究 [J]. 中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术, 2020(7):87.
- [4] 张泽茜何广华. 海洋平台设备定期智能检测及维护保养 [J]. 船舶物资与市场, 2022, 30(7):65-67.
- [5] 尤泽萌, 葛颂, 张风丽, 贺江, 王华洁. 海洋平台设备定期智能化检测及维护保养措施研究 [J]. 自动化应用, 2023, 64(1):66-68.

作者简介: 杨文元 (1997.10—), 性别: 男, 民族汉, 籍贯: 山西省晋中市人, 研究生学历, 道路桥隧。