

# 市政道路桥梁养护管理技术要点研究

关维敏

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要:**随着我国城镇化进程的持续推进,市政道路桥梁作为城市交通基础设施的核心组成部分,其安全运营状况直接关系到公众出行安全与城市经济发展。当前,部分城市道路桥梁因建设年代较早、交通荷载不断增大以及自然环境侵蚀等因素,出现了不同程度的结构病害与功能退化。本文围绕市政道路桥梁养护管理的关键技术要点展开系统研究,首先分析了裂缝、钢筋锈蚀、支座变形等常见病害类型及其成因机理;其次梳理了日常巡查、定期检测与特殊检测相结合的养护管理体系框架;然后重点探讨了裂缝修补、碳纤维加固、体外预应力加固等维修加固技术的适用条件与施工工艺要点;最后从信息化管理和预防性养护两个维度提出了优化对策建议,以期为市政道路桥梁的安全运营与全寿命周期管理提供理论参考与技术支持。

**关键词:**市政道路;桥梁养护;病害检测;维修加固;预防性养护

## 引言

市政道路桥梁是城市交通网络的骨架,承担着连接各功能区域、保障人员和物资畅通的重要职能。近年来,我国城市基础设施投资力度不断加大,道路桥梁建设里程持续增长,一大批新建桥梁相继投入使用,为城市经济社会发展提供了有力支撑。然而,伴随服役年限的延长,大量早期建成的道路桥梁逐渐进入病害高发期,养护管理的压力与日俱增。尤其是部分桥梁存在设计标准偏低、施工质量参差不齐、超载车辆频繁通行等问题,导致结构性能加速退化,安全隐患日益凸显<sup>[1]</sup>。传统的“重建设、轻养护”理念已难以适应新时期基础设施管理的要求,养护管理的科学化、精细化与规范化成为行业发展的迫切需求。本文立足于市政道路桥梁养护管理的实际需求,从病害分析、检测技术、维修加固与管理优化四个维度系统梳理技术要点,旨在为相关工作提供系统性的技术参考。

## 1 市政道路桥梁常见病害及成因分析

### 1.1 结构裂缝

裂缝是市政道路桥梁中最为普遍的病害形式,其产生原因涵盖材料、荷载与环境等多个方面。从材料层面看,混凝土的水化热收缩、骨料膨胀及水泥用量超标等因素均可能导致早期收缩裂缝的形成,这类裂缝通常在混凝土浇筑后数日内出现,宽度较小但分布范围较广。从荷载角度分析,车辆超载和疲劳荷载的反复作用会使梁板受力区域产生弯曲裂缝或剪切裂缝,裂缝宽度超过容许限值后,水分和有害介质将沿裂缝侵入结构内部,加速钢筋锈蚀进程,显著削弱结构的承载能力与耐久性。此外,温度应力与基础不均匀沉降同样是引发结构

性裂缝的重要因素。温度变化引起的热胀冷缩效应在结构约束部位产生显著的拉应力,尤其在伸缩缝附近及桥台与路基衔接部位更为突出。地基不均匀沉降则会引起支座的偏位与脱空,使上部结构承受额外的弯曲应力。对于裂缝的识别与评估,养护管理人员需结合裂缝的分布形态、宽度变化及发展趋势进行综合判断,区分结构性裂缝与非结构性裂缝,进而确定相应的处治方案与技术措施。

### 1.2 钢筋锈蚀与混凝土碳化

钢筋锈蚀是影响市政道路桥梁耐久性与安全性的核心问题之一,其隐蔽性强、危害性大。混凝土碳化是钢筋锈蚀的主要诱因,当大气中的二氧化碳通过混凝土孔隙向内部渗透,使混凝土碱度降低至临界值以下时,钢筋表面的钝化膜遭到破坏,随即进入活化腐蚀状态。氯离子侵蚀是另一重要的腐蚀诱因,尤其在冬季使用融雪剂的北方城市和沿海地区,氯离子渗入混凝土内部后可引发严重的电化学腐蚀<sup>[2]</sup>。锈蚀产物体积膨胀会导致混凝土保护层开裂甚至剥落,进而加剧腐蚀发展,形成恶性循环。因此,在养护管理中需高度重视混凝土保护层厚度、密实度等耐久性指标的定期检测与评估,对碳化深度超标的结构应及时采取防护措施。

### 1.3 支座与伸缩装置病害

支座是连接桥梁上部结构与下部结构的重要传力构件,承担着将上部荷载传递至墩台以及适应结构变形的双重功能,其工作状态直接影响桥梁的受力分布与变形协调。常见支座病害包括板式橡胶支座老化开裂、剪切变形超限、四氟板磨损脱落、盆式支座钢件锈蚀及聚四氟乙烯滑板磨损等。支座病害不仅改变桥梁的传力路

径,影响结构内力分布的均匀性,还可能引起主梁附加应力的产生。伸缩装置病害则主要表现为锚固混凝土碎裂、型钢断裂或变形、橡胶条脱落与老化、伸缩功能失效等。伸缩装置的失效将直接影响桥面行车的平顺性与舒适性,同时雨水和杂物从缝隙渗入还会加速主梁端部结构的腐蚀损伤。上述病害的成因多与设计选型不当、材料性能退化、施工质量缺陷及日常维护不到位等因素密切相关。因此,需建立完善的支座与伸缩装置定期检查制度,结合日常巡视与专项检测手段及时掌握构件的工作状态。对已出现明显病害且影响结构安全的构件应及时更换或维修,同时在新建设计时充分考虑可维护性与可更换性,为后续养护管理创造便利条件,确保桥梁始终处于安全可控的运营状态。

## 2 养护管理体系与检测技术

### 2.1 日常巡查与定期检测制度

市政道路桥梁养护管理体系由日常巡查、经常性检查、定期检测和特殊检测四个层级构成,各层级之间相互衔接、逐级深入,形成完整的桥梁技术状况评估体系。日常巡查以外观巡视为主,由养护人员按照规定频次对桥面系、上部结构和下部结构进行目视检查,重点排查新增裂缝、渗水痕迹、构件变形及附属设施损坏等异常现象,并做好详细的巡查记录。经常性检查通常按月度或季度执行,在巡查的基础上对重点部位进行近距离观察,评估病害的发展趋势,为后续养护方案的制定提供基础数据。定期检测则需委托具有相应资质的专业检测机构承担,一般要求每三年进行一次全面检测,检测内容涵盖结构几何参数测量、混凝土强度与碳化深度测定、钢筋锈蚀状况检测、基础冲刷与沉降观测以及荷载试验等综合评定。对于技术状况等级评定为三类及以下的桥梁,应适当缩短检测周期,必要时开展特殊检测以查明病害成因。所有检测数据应及时录入桥梁管理信息系统,建立完整的技术状况档案,为制定科学合理的养护维修方案提供准确的数据支撑。

### 2.2 无损检测技术应用

无损检测技术因其不破坏结构完整性、检测速度快、适用范围广等优势,在桥梁养护检测中得到广泛应用。超声波检测法利用声波在混凝土中传播时的参数变化来评判内部密度与缺陷状况,对空洞、裂缝具有较高的识别精度。回弹法通过测量回弹值推算混凝土表面硬度,间接评估抗压强度,适用于大面积快速普查。探地雷达法则通过发射高频电磁波探测混凝土内部钢筋分布、保护层厚度及空洞等缺陷。近年来,光纤传感技术、无人机巡检、三维激光扫描及红外热成像等新型检

测手段逐步推广应用。光纤传感器可实现对应变、温度等参数的长期实时监测<sup>[1]</sup>。无人机巡检系统搭载高清相机和红外传感器,可对桥梁高空构件进行快速全方位拍摄,解决了传统检测难以到达部位的检查难题。这些新技术的应用大幅提升了检测的自动化水平和数据采集效率。

## 3 维修加固关键技术

### 3.1 裂缝修补技术

裂缝修补是市政道路桥梁维修加固中最为基础且最为常见的技术措施,合理选择修补方法对于恢复结构整体性和耐久性具有重要意义。根据裂缝的宽度、深度及活动状态不同,可采取表面封闭法、低压注浆法和高压注浆法等不同的修补工艺。对于宽度小于0.2毫米的微细裂缝,通常采用表面涂刷环氧树脂封闭胶或渗透型防水剂的方式进行封闭处理,其主要目的是阻止水分及有害介质通过裂缝侵入混凝土内部,延缓结构性能的进一步退化。对于宽度在0.2至0.5毫米之间的静止裂缝,宜采用低压注浆法,利用低压注入设备将低粘度环氧树脂浆液通过预埋注浆嘴注入裂缝内部,浆液在毛细作用下渗透填充裂缝空间,固化后实现裂缝的深层粘合修复,有效恢复截面整体性。对于宽度大于0.5毫米的活动性裂缝,则应选用具有柔性和弹性的聚氨酯类注浆材料进行填充,以适应裂缝因温度变化或荷载波动而产生的后续变形需求。裂缝修补施工完成后,应严格进行质量验收,通过取芯法或超声波法检测修补效果,确保注浆饱满度、粘结强度与耐久性均满足相关规范要求。

### 3.2 碳纤维加固技术

碳纤维复合材料加固技术凭借其高比强度、施工便捷、耐腐蚀、不增加结构自重等突出优势,已成为市政道路桥梁结构补强的重要技术手段。该技术通过在混凝土构件受拉区表面粘贴碳纤维布或碳纤维板,利用高性能环氧树脂结构胶将碳纤维增强材料与混凝土基体牢固粘结,形成共同受力的复合截面,从而有效提高构件的抗弯、抗剪承载能力以及刚度与延性,同时基本不增加原结构的自重负担。加固施工过程中,混凝土基面处理是影响加固效果的关键环节,其施工质量直接决定了碳纤维材料与混凝土之间的粘结性能。施工人员需对混凝土表面进行充分打磨处理,清除浮浆、油污及疏松层,对局部缺陷进行修复找平,并确保粘贴面的平整度与清洁度满足规范要求。底胶涂刷后,依次进行找平处理和浸渍树脂的涂刷,再将碳纤维材料贴合于构件表面,使用专用滚筒沿纤维方向反复滚压以排除气泡,确保纤维布与混凝土之间充分浸润。碳纤维布的层数、幅宽、搭接长度及胶层厚度等参数均需严格按照设计要求执行。

该技术特别适用于净空受限、不容许大幅增加结构自重以及工期紧张的加固改造场景。

### 3.3 体外预应力加固技术

体外预应力加固技术是一种主动加固方法,通过在桥梁结构外部布置预应力钢束并对原结构施加额外的预应力,从而主动改善结构的应力分布状态、有效闭合既有裂缝、提高截面承载能力并控制结构变形。该技术适用于多种工况,涵盖简支梁和连续梁的抗弯加固、腹板的抗剪加固、连续箱梁跨中下挠的恢复控制以及拱桥承载能力的整体提升等。与体内预应力技术相比,体外预应力具有钢束布置灵活、可检测可更换、施工期间对原结构干扰小等显著优势,非常便于在桥梁运营期间进行维护管理。体外预应力加固的主要施工流程包括转向装置与锚固块的制作安装、体外钢束的穿束与定位、预应力的分级张拉以及锚具的防腐保护等<sup>[4]</sup>。在预应力张拉过程中,需严格按照设计张拉顺序分级施加预应力,并同步监测结构的变形与应变响应,确保各阶段的结构安全。同时,应关注锚固区和转向区的局部受力状况,必要时进行局部加强处理,确保加固体系的可靠性和耐久性。

## 4 养护管理优化对策

### 4.1 信息化管理平台建设

信息化管理是实现市政道路桥梁养护管理现代化的重要技术路径。构建集数据采集、存储、分析与决策于一体的桥梁养护管理信息平台,能够实现桥梁技术状况的动态跟踪与科学评估。平台应包含桥梁基本信息档案、巡检检测记录、病害数据库、维修加固方案库、养护计划编排及决策支持等核心功能模块。借助大数据分析机器学习算法,可建立桥梁技术状况退化预测模型,为养护资金的合理配置和养护时机的科学确定提供量化依据。平台还应开发配套的移动巡检终端,支持一线养护人员通过智能终端实时上传巡检数据与影像资料,同步接收维修任务指令,形成从问题发现、任务派发到验收反馈的全流程闭环管理体系,有效提升养护管理的规范化水平。

### 4.2 预防性养护策略实施

预防性养护是一种以全寿命周期成本最优为目标的养护理念,其核心是在结构性能尚未明显劣化或病害尚

处初期阶段时,及时采取技术措施延缓病害发展、延长桥梁使用寿命。研究与实践表明,每投入一元预防性养护费用可节省后续数元甚至十余元的维修费用,经济效益显著。市政道路桥梁预防性养护的主要措施包括桥面防水层适时更新、伸缩缝密封材料定期更换、橡胶支座润滑维护、混凝土表面防护涂层施工以及排水系统疏通等。实施预防性养护需以技术状况评定结果为依据,结合交通量水平、环境条件及结构类型等因素,制定差异化的养护计划。同时应建立养护效果后评价机制,通过长期监测与数据对比验证措施的实际效果,持续优化养护策略与技术标准,推动养护管理向精细化方向发展。

## 5 结语

市政道路桥梁养护管理是一项涉及病害检测诊断、维修加固实施与管理决策优化的系统性工程,贯穿于桥梁从建成投入使用到退役拆除的全生命周期。本文从病害分析、检测技术、维修加固与管理优化四个维度对养护管理技术要点进行了系统梳理与深入分析。研究表明,构建日常巡查与定期检测相结合的多层次养护检测制度是保障桥梁安全运营的基础,而裂缝修补、碳纤维加固、体外预应力加固等维修加固技术的合理选用与规范施工则是恢复和提升结构承载能力的关键所在。面向未来,市政道路桥梁养护管理应朝着信息化、智能化和预防性方向持续迈进,充分发挥桥梁健康监测系统与信息管理平台的技术优势,推动养护决策由经验驱动向数据驱动转变,不断提升全寿命周期管理的科学化与精细化水平,切实保障城市交通基础设施的安全运行与高效畅通。

## 参考文献

- [1]李小明,王建华.碳纤维复合材料加固混凝土桥梁技术研究进展[J].土木工程学报,2021,54(3):15-26.
- [2]陈宝春,黄福云,李碧雄.体外预应力加固桥梁技术研究与应用[J].中国公路学报,2021,34(5):1-12.
- [3]赵君黎,李万恒.城市桥梁养护管理智能化技术应用研究[J].桥梁建设,2022,52(4):95-103.
- [4]王宗林,张洪涛.基于全寿命周期的桥梁养护决策优化方法研究[J].公路交通科技,2023,40(7):76-85.