

# 市政道路桥梁的结构安全性评估与维护管理策略

吴顺意

江西国亚建设有限公司, 江西南昌, 330000;

**摘要:** 市政道路桥梁是城市交通体系的关键组成, 其结构安全直接维系公众出行安全与城市功能运转。当前, 多数桥梁随服役时间延长, 叠加交通荷载增加、环境侵蚀等因素, 结构性能持续衰减, 安全隐患逐步显现。安全性评估与科学维护成为基础设施管理的核心任务。本文结合市政桥梁服役特点, 系统梳理结构安全的主要影响因素, 构建涵盖指标、技术、等级的多维度评估体系。在此基础上, 针对现存管理问题, 提出全生命周期视角下的维护策略, 配套完善保障体系。研究成果可为提升桥梁安全保障能力、延长服役寿命提供支撑, 推动城市基础设施运维提质增效。

**关键词:** 市政道路桥梁; 结构安全性评估; 维护管理策略; 服役性能

**DOI:** 10. 64216/3104-9664. 25. 02. 016

## 引言

市政道路桥梁作为城市交通的“动脉”, 支撑着日常人流与物流的高效运转, 其安全稳定是城市正常运行的基本保障。近年来, 城市化进程推动桥梁建设规模不断扩大, 但早期建成的桥梁已逐步进入老化阶段。车辆超载、极端天气频发、建筑材料自然老化等问题相互叠加, 导致桥梁结构安全风险日益突出。传统评估方式依赖人工经验, 维护管理多处于“事后补救”状态, 难以满足现代城市对基础设施安全的高标准要求。

## 1 市政道路桥梁结构安全的影响因素分析

### 1.1 内在因素: 材料与设计问题

内在结构因素是影响桥梁安全的基础环节, 主要体现在材料衰减与设计局限两方面。混凝土碳化是常见问题, 空气中的二氧化碳渗透到混凝土内部, 与碱性物质发生反应, 降低混凝土的保护性能, 进而引发钢筋锈蚀。钢筋锈蚀后体积膨胀, 会导致混凝土出现裂缝, 直接削弱桥梁的承载基础。早期桥梁设计多依据当时的交通量与荷载标准, 随着当前货运车辆载重增加、交通流量攀升, 许多桥梁的设计承载力已无法匹配实际使用需求, 存在先天结构局限。

### 1.2 外在因素: 交通荷载影响

外在荷载因素是加剧桥梁结构损伤的主要诱因, 集中表现为交通压力与使用损耗。城市经济发展带动货运量大幅增长, 部分货运车辆为追求效益违规超载, 远超桥梁设计荷载。超载车辆通行时, 会使桥梁结构产生过大应力, 加速疲劳损伤积累, 缩短结构使用寿命。日常

交通流量持续攀升, 特别是在早晚高峰时段, 桥梁关键部位如梁体、支座等长期处于高负荷运行状态, 无法得到充分“休息”, 导致结构性能逐步下降。

### 1.3 环境因素: 侵蚀与扰动

环境侵蚀因素涵盖自然作用与人为影响, 对桥梁结构的劣化起到加速作用。自然因素中, 雨水、高湿度环境会使混凝土长期处于湿润状态, 为化学侵蚀提供条件。温度变化引发的热胀冷缩, 会在桥梁结构内部产生应力, 反复作用后形成温度裂缝。在北方地区, 冬季融雪剂的广泛使用, 其含有的氯离子会渗透到混凝土内部, 加速钢筋锈蚀。工业集中区域的废气中含有二氧化硫等腐蚀性气体, 与雨水结合形成酸雨, 对桥梁表面和内部结构造成双重侵蚀。人为影响方面, 桥梁周边的地铁施工、管线开挖等工程, 可能改变地基应力分布, 对桥梁基础造成扰动。

## 2 市政道路桥梁结构安全性评估体系构建

### 2.1 评估指标: 覆盖核心要素

评估指标体系的构建需实现多维度覆盖, 确保核心安全要素无遗漏。结构承载能力是首要核心指标, 需结合桥梁类型如梁桥、拱桥、斜拉桥等, 明确不同结构的承载阈值标准。通过结构力学计算与荷载试验, 判断桥梁在设计荷载及极限荷载下的受力状态, 确保承载能力满足使用要求。结构耐久性反映桥梁长期安全的关键指标, 需重点考量混凝土强度衰减、钢筋锈蚀程度、支座老化状况等, 结合环境条件预测剩余使用寿命。此外, 功能性指标不可或缺, 需关注桥面平整度、排水系统有效性、护栏防撞等级、照明设施完好度等, 这些指标直

接关系到通行安全与使用体验，共同构成全面的评估指标体系。

## 2.2 评估技术：传统与智能融合

评估技术方法需实现传统手段与智能技术的融合应用，提升评估精准度与效率。外观检查作为传统基础方法，通过专业人员现场观察桥梁表面裂缝、剥落、变形等情况，快速判断基础安全状况，适用于大范围初步排查。无损检测技术如超声波检测、回弹法、雷达探测等，可在不损伤结构的前提下，深入检测混凝土内部缺陷、钢筋分布及锈蚀情况。智能技术的引入是评估体系的重要升级，结构健康监测系统通过在桥梁关键部位布设传感器，实时采集应力、位移、振动等数据，实现 24 小时动态监测。

## 2.3 评估等级：明确风险层级

评估等级划分需清晰明确风险层级，为后续处置提供方向。依据综合评估结果，可将桥梁安全等级划分为安全、预警、危险三个核心层级。安全等级表示桥梁结构性能良好，承载能力、耐久性及功能性均满足要求，仅需按常规进行养护。预警等级意味着桥梁存在轻微缺陷或性能衰减，暂不影响正常通行，但需加强监测与检查频率，制定针对性干预措施。危险等级则表明桥梁结构存在严重安全隐患，承载能力不足或关键部位受损，可能危及通行安全，需立即采取限行、封闭等措施，启动维修或加固工程。针对不同等级需制定差异化的评估周期，建立评估结果与维护措施的直接联动机制，确保风险得到及时处置。

# 3 市政道路桥梁维护管理的现存问题解析

## 3.1 管理机制：责任与协同问题

管理机制不完善是当前维护管理中的突出问题，集中表现为责任划分模糊与协同效率不足。在部分城市，市政道路桥梁管理涉及住建、交通、城管等多个部门，存在多头管理现象。各部门职责界定不清晰，出现问题时易相互推诿，导致维护工作落实不到位。评估与维护环节的衔接存在断层，评估单位完成安全评估后，结果信息传递滞后，维护单位无法及时获取准确数据，影响维护方案的制定效率。跨部门协同机制的缺失更为明显，在应对桥梁突发安全事件时，各部门往往各自为战，缺乏统一指挥与高效配合，应急处置资源无法快速整合，延误最佳处置时机，加剧安全风险。

## 3.2 资源配置：资金与技术欠缺

资源配置不足严重制约维护管理工作的开展，主要

体现在资金投入与技术支撑两方面。维护资金投入缺乏稳定性，多数地区依赖财政拨款，受财政收支波动影响较大，存在“重建设、轻养护”的倾向。资金投入的周期性波动导致常态化养护工作难以保障，许多桥梁只能在出现明显问题时进行维修，错过预防性养护的最佳时机。技术支撑方面，专业维护技术人员储备不足，尤其是掌握智能监测、无损检测等先进技术的人才稀缺，现有人员的核心技术操作能力有待提升。先进的维护设备与监测仪器价格较高，配置覆盖率较低，部分基层单位仍依赖传统工具开展工作，无法满足精准维护的需求，制约了管理效能的提升。

## 3.3 管理模式：被动与预判不足

多数维护管理工作遵循“出现问题再修复”的模式，缺乏主动预防性养护意识。这种被动模式不仅维修成本更高，还可能因隐患积累引发严重安全事故。对桥梁全生命周期的动态管理重视不足，从设计、建设到运营、报废的各阶段信息割裂，无法形成完整的管理链条，难以根据桥梁服役阶段特点提前规避潜在风险。信息化管理水平较低是另一突出问题，维护数据多以纸质档案或简单电子表格形式存储，数据整合与共享难度大。无法通过数据分析挖掘桥梁性能变化规律，导致维护决策缺乏科学依据，预判能力薄弱，难以适应现代桥梁管理的需求。

# 4 基于全生命周期的桥梁维护管理优化策略

## 4.1 前期预防：筑牢安全基础

前期预防策略是全生命周期管理的关键，旨在从源头筑牢桥梁安全基础。需建立桥梁建设与维护的衔接机制，将运维需求提前融入设计阶段。设计方案不仅要满足当前交通需求，还应考虑未来荷载增长与环境变化，预留维护空间，选用耐久性强的材料与结构形式。推行常态化巡检制度是预防工作的重要内容，明确桥面、桥墩、支座等不同部位的巡检频率与标准，配备专业巡检人员，采用“人工+无人机”的联合巡检方式，确保隐患早发现。实施预防性养护措施，针对巡检发现的轻微裂缝、表层剥落等小缺陷，及时采取修补、加固等干预手段，避免缺陷进一步发展，延缓结构劣化速度，降低后期维修成本。

## 4.2 中期管控：提升维护效能

中期管控策略聚焦于精准施策，提升维护工作的效能与质量。依据安全性评估结果，针对不同安全等级的桥梁制定差异化的专项维护方案。对预警等级桥梁重点

开展局部加固工程,对安全等级桥梁做好日常养护,避免资源浪费。引入模块化维护技术是提升效率的有效手段,将桥梁部分构件如支座、伸缩缝等标准化、模块化生产,维修时直接更换,缩短施工周期,减少对交通的影响。建立维护全过程质量监督体系,从维护方案设计、材料采购到施工过程、竣工验收,每个环节都明确质量标准与监督责任人。通过现场巡查、第三方检测等方式,确保养护措施落地见效,避免“带病维护”情况的发生。

#### 4.3 后期保障:完善更新机制

后期保障策略核心是完善桥梁退出与更新机制,确保服役末期安全。对达到设计服役年限的桥梁,需组织专业团队进行全面系统的安全评估,结合结构性能、使用需求等因素,科学判定继续使用、加固改造或拆除重建方案。对可继续使用的桥梁,缩短评估与巡检周期;对无加固价值的桥梁,及时启动拆除重建程序,避免安全风险。建立桥梁档案动态更新系统,运用信息化手段记录桥梁从建设到运营的全生命周期数据,包括设计参数、施工记录、维护历史、评估结果等,为后期决策提供完整数据支撑。结合城市发展规划与交通网络优化需求,提前布局老旧桥梁的升级改造计划,确保桥梁功能与城市发展相匹配。

### 5 市政道路桥梁安全与维护的保障体系建设

#### 5.1 制度保障:健全法规标准

制度保障是桥梁安全与维护管理的重要支撑,需健全法规与标准体系。完善市政道路桥梁安全管理相关法规,明确住建、交通、城管等各部门的管理职责与权限,避免多头管理与责任推诿。法规中需明确桥梁安全评估、维护养护、应急处置等各环节的工作要求,以及相关主体的法律责任,确保管理工作有法可依。制定细化的技术标准,包括安全性评估标准、维护技术规范、材料选用标准等,统一评估与维护的操作流程。针对不同类型、不同服役年限的桥梁,制定差异化的标准要求,提升标准的适用性。建立考核问责机制,将桥梁安全管理成效纳入相关部门及负责人的绩效评价体系,对工作不力、失职渎职导致安全事故的,严肃追究责任。

#### 5.2 技术保障:创新与人才培养

技术保障需强化技术创新与人才培养,提升管理的技术水平。加大对桥梁安全领域的技术研发投入,鼓励科研机构与企业合作,开发适用于市政桥梁的智能监测

技术、新型加固材料、高效维护设备等。重点推动结构健康监测系统的国产化与普及化,降低应用成本。建立校企合作人才培养机制,针对桥梁维护管理的专业需求,在高校设置相关专业方向,定向培养掌握智能监测、无损检测、结构分析等技术的专业人才。加强对现有从业人员的培训,定期组织技术交流与实操演练,提升其对先进技术与设备的操作能力。

#### 5.3 资金保障:构建多元投入

资金保障需构建多元投入机制,确保维护资金稳定充足。将桥梁维护资金纳入地方财政预算,并建立稳定的增长机制,根据桥梁数量、服役状况及物价水平,合理核定预算额度,保障常态化养护需求。探索引入社会资本参与桥梁养护与运营管理,通过特许经营、PPP等模式,吸引社会资金投入桥梁维护领域,减轻财政压力。鼓励保险机制参与,推广桥梁安全保险,通过保险资金分担重大维修与事故损失风险。

### 6 结论

市政道路桥梁的结构安全性评估与维护管理是保障城市交通安全、提升基础设施运维水平的核心内容。本文研究表明,桥梁结构安全受内在材料设计、外在交通荷载、环境侵蚀等多方面因素综合影响,这些因素相互作用,共同决定桥梁的服役性能与安全状态。构建涵盖指标体系、技术方法、等级划分的多维度安全性评估体系,是精准识别安全风险的关键手段,能够为维护管理提供科学依据。当前维护管理中存在的机制、资源、模式问题,制约了安全保障能力的提升,亟需通过全生命周期管理策略与完善的保障体系加以解决。

#### 参考文献

- [1] 俞克雄. 绿色施工技术在市政道路桥梁建设中的应用与发展[J]. 居业, 2025, (06): 74-76.
- [2] 费玥. 新建市政道路下穿既有高速铁路桥梁的影响与分析[J]. 交通科技与管理, 2025, 6(01): 22-24.
- [3] 雷鸣洲. 市政道路桥梁结构加固设计方法研究[J]. 现代工程科技, 2025, 4(03): 65-68.
- [4] 亓文杰, 张立同. 市政道路桥梁结构加固设计方法[J]. 运输经理世界, 2024, (22): 101-103.
- [5] 黄君鹏. 市政道路与管线下穿影响既有高铁桥梁的数值分析[J]. 四川水泥, 2023, (11): 267-270.