

# 高速公路桥梁结构定期检测与养护策略研究

董建静

山东高速东营发展有限公司 山东 东营 257091

**摘要:** 本文研究了高速公路桥梁结构的定期检测与养护策略, 针对梁桥、拱桥、斜拉桥等主流结构类型, 分析了其受力特点与易损部位。提出了定期检测的原则、目标、内容、方法及周期, 探讨了常见病害类型及其成因, 制定了基于检测结果与病害等级的差异化养护策略。强调智能化养护管理平台的搭建与预防性养护技术的应用, 旨在延长桥梁使用寿命, 降低全生命周期运营成本, 保障行车安全。

**关键词:** 高速公路; 桥梁结构; 定期检测; 养护策略

引言: 随着交通量的持续增长和重载车辆的增多, 高速公路桥梁作为路网的关键节点, 其结构安全与稳定性日益受到重视。桥梁结构在长期运营过程中, 受自然环境、荷载作用及施工质量等多重因素影响, 易产生各种病害, 威胁行车安全。因此, 建立科学、系统的定期检测与养护策略, 对于保障桥梁结构安全、延长使用寿命、降低运营成本具有重要意义。

## 1 高速公路桥梁结构概述及检测养护现状

### 1.1 高速公路桥梁结构核心类型与功能

(1) 梁桥、拱桥、斜拉桥等主流结构类型特征: 梁桥结构简单、施工便捷, 适配中短跨径; 拱桥受力合理、造型美观, 多用于景观与大跨场景; 斜拉桥跨径大、刚度强, 适配复杂地形, 各类型均需贴合高速通行需求设计。(2) 高速公路桥梁在路网中的核心作用与运营要求: 是路网连通的关键节点, 承担跨江河、越山谷的通行功能, 要求具备高强度、高稳定性, 满足全天候、大流量通行需求, 保障通行效率与安全性。(3) 不同结构类型桥梁的受力特点与易损部位: 梁桥主梁受弯易出现裂缝, 拱桥拱圈受压易破损, 斜拉桥拉索易锈蚀、锚固区易损坏, 均需针对性关注易损部位防护<sup>[1]</sup>。

### 1.2 高速公路桥梁结构定期检测与养护的必要性

(1) 保障行车安全, 防范结构安全事故的核心意义: 定期检测可及时发现结构隐患, 避免桥梁坍塌等安全事故, 守护驾乘人员生命财产安全, 是交通运营的底线要求。(2) 延长桥梁使用寿命, 降低全生命周期运营成本: 科学养护可减缓结构老化, 减少大修、重建投入, 实现桥梁资源高效利用, 降低长期运营成本。(3) 适应交通量增长与重载车辆通行的现实需求: 随着交通量提升和重载车辆增多, 桥梁负荷加大, 检测养护可确保结构适配负荷变化, 避免过度损耗。

### 1.3 我国高速公路桥梁检测与养护的现状和问题

(1) 当前检测与养护工作的开展现状: 多数桥梁已建立定期检测机制, 基本实现全覆盖, 但区域间开展水平不均衡, 部分偏远路段工作落实不到位。(2) 检测技术、养护管理中的突出问题: 传统检测效率低、精度不足, 智能化技术应用不广泛; 养护管理体系不完善, 责任落实不清晰, 资金投入不均衡。(3) 现有工作与行业规范的差距分析: 部分检测养护流程不规范, 数据记录不完整, 养护措施针对性不足, 与行业现行规范要求存在差距, 难以充分满足结构安全保障需求。

## 2 高速公路桥梁结构定期检测体系构建

### 2.1 定期检测的原则与核心目标

(1) 检测工作的“安全优先、全面覆盖、动态监测”原则: 安全优先为核心准则, 优先排查梁体裂缝、桥墩沉降等影响行车安全的重大隐患, 杜绝安全事故发生; 全面覆盖需涵盖桥梁上部、下部结构及附属设施, 无遗漏检测区域; 动态监测要求根据桥梁服役状态、交通负荷变化, 实时调整检测重点, 实现全周期跟踪管控。(2) 短期与长期检测目标的设定的要求: 短期目标聚焦隐患排查与应急处置, 及时发现并管控即时安全风险, 保障桥梁正常通行; 长期目标聚焦结构健康管控, 跟踪结构老化规律, 积累检测数据, 为养护决策提供科学支撑, 延长桥梁服役年限, 契合全生命周期管理要求。(3) 检测工作与养护决策的衔接要点: 建立检测数据与养护措施联动机制, 将检测结果分类分级, 对应制定日常养护、专项维修、大修加固等差异化方案; 确保检测数据及时反馈至养护管理部门, 为养护资金分配、施工计划制定提供精准依据, 实现检测与养护协同推进。

### 2.2 定期检测的内容与范围

(1) 上部结构检测: 重点检测梁体裂缝宽度、分布及发展趋势, 混凝土剥落、露筋情况, 桥面铺装破损、坑槽、积水及平整度问题, 伸缩缝老化、渗漏、堵塞等

隐患, 防范上部结构承载力下降, 保障通行平稳性。

(2) 下部结构检测: 检查桥墩桥台裂缝、倾斜、沉降量, 基础冲刷深度、混凝土腐蚀、钢筋露筋等问题, 重点排查水下基础破损、淘空情况, 避免下部结构失稳, 确保桥梁整体结构安全。(3) 附属设施检测: 检测护栏破损、松动、变形及防护能力不足等问题, 排查排水系统堵塞、渗漏及排水不畅情况, 检查标志标线模糊、缺失、错位等问题, 保障通行辅助功能完好<sup>[2]</sup>。

### 2.3 定期检测的方法与技术应用

(1) 传统检测方法的应用场景: 适用于日常巡检及中小跨径桥梁检测, 目视检查可快速排查明显隐患, 人工量测精准获取裂缝宽度、结构变形等基础数据, 成本低、操作便捷, 作为检测工作的基础手段, 保障日常巡检全覆盖。(2) 现代无损检测技术的应用: 超声波检测可精准排查混凝土内部裂缝、空洞等隐蔽缺陷, 红外热成像技术可快速识别结构渗漏、钢筋锈蚀等问题, 无需破坏桥梁结构, 检测精度高, 适用于重点桥梁关键部位检测。(3) 智能化检测技术的实践应用: 无人机可实现大跨径、高落差桥梁的全方位检测, 规避人工高空作业风险; 物联网监测可实时采集结构应力、沉降、振动等数据, 实现隐患提前预警, 大幅提升检测效率与智能化水平。

### 2.4 定期检测周期的确定与优化

(1) 影响检测周期的核心因素: 不同结构类型桥梁受力特点不同, 检测周期需差异化设定; 服役年限越长, 结构老化速度越快, 检测周期需相应缩短; 此外, 交通量、重载比例、所处环境(沿海、多雨地区)也会加速结构损耗, 影响检测周期设定。(2) 不同类型桥梁检测周期的合理设定: 中短跨径梁桥每年开展1次日常巡检、每3-5年开展1次全面检测; 大跨径拱桥、斜拉桥每6个月开展1次日常巡检、每2-3年开展1次全面检测; 老旧桥梁(服役超20年)每1年开展1次全面检测, 强化隐患排查<sup>[3]</sup>。(3) 检测周期的动态调整机制与实施路径: 建立检测结果评估机制, 若发现重大隐患或结构性能明显下降, 立即缩短检测周期; 结合桥梁养护效果、交通量变化等因素, 每年对检测周期进行评估调整, 形成“检测-评估-调整”闭环管理, 确保检测工作贴合桥梁实际状态。

## 3 高速公路桥梁结构常见病害分析及成因探究

### 3.1 高速公路桥梁结构常见病害类型

(1) 混凝土结构病害: 裂缝多因受力不均、温度变化产生, 易加速结构破损; 混凝土剥落、碳化会降低强度, 钢筋锈蚀会削弱承载能力, 均为桥梁常见且影响较

大的病害。(2) 钢结构病害: 多发生在斜拉桥拉索、钢箱梁等部位, 锈蚀源于环境侵蚀, 焊缝开裂、螺栓松动多由荷载冲击导致, 易引发结构连接失效。(3) 支座与伸缩缝病害: 支座老化、破损会影响桥梁受力传导, 伸缩缝破损、位移易导致桥面颠簸, 还会引发雨水渗漏, 加剧其他部位病害。

### 3.2 病害产生的自然环境因素分析

(1) 温度变化、雨雪冰冻对结构的侵蚀作用: 温度骤升骤降会使结构产生热胀冷缩, 引发裂缝; 雨雪冰冻会冻融结构表层, 破坏材料性能, 长期侵蚀会加剧结构老化。(2) 大气腐蚀、盐雾侵蚀对材料性能的影响: 大气中的有害气体腐蚀混凝土和钢结构, 沿海地区盐雾会加速钢筋锈蚀、钢结构损坏, 降低结构耐久性。(3) 地质灾害对桥梁基础的破坏: 地基沉降会导致桥梁结构变形、裂缝, 水流冲刷会淘空桥梁基础, 降低基础承载力, 严重时引发结构失稳<sup>[4]</sup>。

### 3.3 病害产生的人为与运营因素分析

(1) 重载车辆通行、交通量激增带来的荷载冲击: 重载车辆超出桥梁设计荷载, 会加剧结构磨损和疲劳, 交通量激增会使结构长期处于高负荷状态, 加速病害产生。(2) 施工质量缺陷的遗留影响: 施工阶段材料劣质、工艺不达标, 会导致结构先天强度不足, 后期易出现裂缝、剥落等病害, 且难以根治。(3) 检测不及时、养护不到位导致的病害恶化: 未及时检测会使隐患未被发现, 养护不及时或措施不当, 会导致轻微病害逐步发展, 最终影响桥梁结构安全。

## 4 高速公路桥梁结构针对性养护策略制定与实施

### 4.1 养护策略制定的原则与核心思路

(1) “预防为主、防治结合、养修并重”的核心原则: 以预防为首要任务, 通过日常养护减少病害产生, 针对已出现的病害做到早发现、早治理, 兼顾日常养护与维修加固, 避免小病害发展为重大隐患, 实现桥梁结构长期稳定。(2) 基于检测结果与病害等级的差异化养护思路: 结合定期检测数据, 根据病害轻微、一般、严重、危急四级等级, 分类制定养护方案, 轻微病害侧重日常巡检管控, 一般病害实施专项维修, 严重及危急病害立即停工处置、专项加固, 确保养护措施精准高效。

(3) 经济性与安全性兼顾的养护方案设计要点: 在保障结构安全的前提下, 优化养护方案, 合理分配养护资金, 优先采用低成本、高成效的养护技术, 避免过度养护造成浪费, 同时杜绝为节约成本而降低养护标准, 实现安全与效益的平衡。

### 4.2 不同类型病害的针对性养护技术

(1) 混凝土结构病害的修复与加固技术: 针对裂缝采用灌浆、封缝处理, 剥落部位进行修补、重新浇筑, 碳化区域做防腐处理; 钢筋锈蚀需除锈、涂刷防腐涂层, 严重时采用外包钢板、粘贴碳纤维布等方式加固, 恢复结构承载能力。(2) 钢结构病害的除锈、防腐与加固技术: 采用喷砂、手工打磨等方式彻底除锈, 涂刷防腐涂料或热镀锌处理, 阻断腐蚀路径; 焊缝开裂部位进行补焊、探伤检测, 螺栓松动及时紧固、更换, 对受损钢结构采用加固件补强, 保障连接可靠性。(3) 支座、伸缩缝及附属设施的养护与更换技术: 定期对支座清洁、润滑, 老化破损支座及时更换, 确保受力传导顺畅; 伸缩缝清理杂物、修补破损, 严重时整体更换, 防止雨水渗漏; 定期检修护栏、排水系统和标志标线, 及时更换破损部件, 保障辅助功能完好<sup>[5]</sup>。

#### 4.3 养护实施流程与质量控制

(1) 养护方案的编制、审批与实施步骤: 结合桥梁检测结果、病害等级及服役状态, 编制专项养护方案, 明确养护内容、技术标准、施工周期、资金预算及责任分工; 方案经专业审核、分级审批通过后, 组织具备资质的专业施工队伍进场, 严格按照方案分步推进养护作业, 做好施工各环节记录, 确保流程规范有序。(2) 养护过程中的质量控制要点与措施: 建立全流程质量管理体系, 对养护材料进行严格检验, 杜绝不合格材料进场; 施工过程中加强现场监管, 规范施工工艺, 对灌浆、补焊等关键工序实行全程旁站监督; 养护完成后, 按照行业标准进行全面验收, 验收合格后方可投入使用, 确保护养质量达标。(3) 养护施工的安全管理与交通组织方案: 制定完善的安全管理制度, 对施工人员进行安全培训和技术交底, 配备齐全安全防护设施; 合理规划施工区域, 设置明显警示标志、防护围栏, 实行交通分流或临时封闭措施, 安排专人疏导交通, 避免养护施工影响高速公路通行安全, 最大限度减少交通拥堵。

#### 4.4 智能化养护模式的构建与应用

(1) 智能化养护管理平台的搭建与功能设计: 整合桥梁检测数据、病害信息、养护记录、资金使用等各类

资源, 搭建一体化智能化养护管理平台, 实现各类数据实时更新、便捷查询与精准分析; 平台具备隐患自动预警、养护计划自动生成、施工进度实时管控、养护效果评估等功能, 大幅提升养护管理的智能化、高效化水平。(2) 大数据、物联网在养护决策中的应用: 在桥梁关键部位安装物联网监测设备, 实时采集结构应力、沉降、振动、温度等数据; 通过大数据技术分析挖掘数据背后的病害发展规律, 预判结构安全风险, 为养护方案优化、养护周期调整、资金分配等决策提供科学依据, 实现精准养护、科学养护。(3) 预防性养护技术的推广与实践: 加大预防性养护技术和材料的推广应用力度, 对未出现明显病害但存在潜在风险的桥梁部位, 提前采取防护措施, 如混凝土表面涂覆防护涂层、钢结构定期防腐维护、桥面铺设抗老化铺装层等, 减缓结构老化速度, 降低病害发生率, 从源头减少养护成本, 延长桥梁服役年限。

#### 结束语

本文通过对高速公路桥梁结构定期检测与养护策略的深入研究, 提出了针对性的检测方法 with 养护技术, 强调了智能化养护管理的重要性。未来, 随着技术的不断进步和管理的日益完善, 高速公路桥梁的检测与养护将更加精准、高效。通过实施科学的养护策略, 可以显著提升桥梁结构的安全性与耐久性, 为公众提供更加安全、便捷的出行环境, 促进交通事业的可持续发展。

#### 参考文献

- [1] 焦阳. 公路桥梁荷载试验检测在桥梁养护中的作用和对策[J]. 建筑技术开发, 2022, 49(2): 109-111.
- [2] 王毅. 高速公路桥梁与隧道养护管理的现状与对策浅析[J]. 四川建材, 2021, 13(1): 153-154.
- [3] 陈小均. 公路桥梁荷载试验检测在桥梁养护中的作用和对策[J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44(5): 214-215.
- [4] 王杰. 高速公路桥梁施工管理、养护及加固维修技术分析[J]. 居舍, 2020, 7(28): 61-62.
- [5] 罗永锋. 高速公路桥梁施工管理、养护与加固维修技术[J]. 绿色环保建材, 2022, 10(6): 110-111.