

# 城市道路桥梁大修工程病害处置技术与耐久性提升策略

陈鑫 孟阳

北京磐石建设监理有限责任公司 北京 100000

**摘要:** 城市道路桥梁在长期使用中会出现多种病害,严重影响结构稳定性与耐久性。本文系统梳理道路与桥梁常见病害类型,分析环境、材料、设计、施工及运营维护等因素对耐久性的影响机制,提出材料优化、结构设计改进、施工工艺提升、运营维护强化及环境适应性提升等策略,通过高性能材料选用、结构受力优化、精细化施工控制等措施,实现病害精准处置与耐久性提升,为城市道路桥梁全寿命周期维护提供理论支撑与技术指导。

**关键词:** 城市道路桥梁;病害处置技术;耐久性提升;全寿命周期;材料优化

引言:城市道路桥梁作为交通网络的核心节点,安全性和耐久性直接关系到城市运行效率与居民生活质量。随着使用年限增长,车辆荷载、自然环境侵蚀及材料老化等因素导致结构病害频发,传统修复方式难以满足全寿命周期耐久性需求。科学分类病害类型、优化处置技术体系、强化耐久性设计,已成为当前城市基础设施维护的关键课题。

## 1 城市道路桥梁常见病害分类

### 1.1 道路工程常见病害

道路工程在长期使用中,受车辆荷载、自然环境等因素影响,会出现多种病害,大致分为结构性病害与功能性病害,两者影响程度和表现形式不同却相互关联<sup>[1]</sup>。结构性病害威胁道路整体稳定性和承载能力,源于道路基础不均匀沉降、基层材料性能退化及面层结构受损等。路基长期承受车辆重复荷载,压实度不足会引发不均匀沉降,进而导致路面沉降、坑槽;基层材料抗冲刷能力差,在雨水渗透和车辆碾压作用下,容易发生板体脱落、唧浆,削弱基层对面层的支撑作用;面层抗裂性能不佳,在温度变化和车辆荷载反复作用下,会产生各类裂缝。常见的道路病害包括纵横向裂缝、网裂、龟裂及沉陷、车辙变形,各类裂缝多伴随散落和支缝,龟裂裂块小且变形明显,车辙变形多分布在交通流量集中区域,影响正常行车。

### 1.2 桥梁工程常见病害

桥梁病害呈三维空间分布,按结构体系可分为上部结构损伤、下部结构缺陷及附属设施失效三类,有助于全面系统认识病害,为处置工作提供清晰思路。上部结构病害主要表现为梁体纵横向开裂、局部破损露筋且遭渗水侵蚀、钢结构锈蚀,部分梁体还会因外力刮蹭出现损伤,这些问题都会影响结构稳定性、加速结构劣化、降低钢材强度。下部结构病害主要体现在桥台与盖梁渗

水侵蚀、局部破损露筋,直接威胁下部结构安全。附属结构病害形式多样,支座易出现脱空、老化、轻微鼓包、剪切变形及钢盆锈蚀等问题,影响桥梁受力传递;桥面铺装普遍存在网裂、车辙、麻面及裂缝等问题,通道桥墩顶桥面铺装还会出现横向开裂,干扰行车平稳性;伸缩缝问题较为突出,端部伸入护栏背后会导致水流直冲桥下,加速结构腐蚀,橡胶条易老化失效,还会出现错台现象,混凝土锚固区破损也较为常见,影响伸缩功能与行车舒适性。

## 2 城市道路桥梁大修工程病害处置技术

### 2.1 道路病害处置技术

道路病害处置需结合病害位置与成因,分层分类实施针对性修复,这是确保修复效果、提高道路使用性能的关键前提。表层病害处置技术聚焦路面材料功能退化问题,针对车辙、坑槽、松散等病害,采用铣刨重铺、薄层罩面或微表处技术,恢复路面平整度与抗滑性能。对于裂缝类病害,依据裂缝宽度选用灌缝处理或开槽贴缝工艺,通过高分子密封材料阻断水分渗透路径。基层及底基层病害处置技术侧重结构承载力恢复,针对基层反射裂缝、唧浆等问题,采用局部挖补、注浆加固或铺设应力吸收层等方式,增强层间粘结性能,抑制病害向上扩展。路基病害处置需结合地质条件与病害特征,对沉降、翻浆等病害采用换填处理、设置排水盲沟或土工格栅加固等措施,改善路基水稳定性与力学性能。特殊路段病害处置需针对交通荷载复杂的特点,优化材料配比、增设抗车辙剂或采用复合式路面结构,提升路面抗变形能力。

### 2.2 桥梁病害处置技术

桥梁病害处置需建立结构体系化修复思维,从整体结构角度出发,综合考虑各部件之间的相互影响,才能实现有效修复。上部结构病害处置涵盖梁体裂缝修补、

混凝土碳化修复及预应力损失补偿等关键环节,通过压力灌浆、碳纤维布加固或体外预应力张拉等技术,恢复结构耐久性与承载能力<sup>[2]</sup>。下部结构病害处置聚焦桥墩、基础等隐蔽部位,针对冲刷、锈蚀等病害采用抛石防护、外包混凝土或阴极保护等措施,增强结构抗环境侵蚀能力。附属结构病害处置重点解决伸缩缝堵塞、支座老化等问题,采用新型模数式伸缩装置或高阻尼橡胶支座,提升结构适应变形能力。连接部位病害处置针对铰缝脱落、节点锈蚀等薄弱环节,通过环氧砂浆修补、焊接加固或高强螺栓更换等工艺,恢复结构整体性。

### 2.3 病害处置技术选用原则

病害处置技术选用需遵循针对性、兼容性、经济性与可操作性四项核心原则。针对性原则要求技术方案紧密贴合病害类型与发展阶段,精准施策,避免过度修复或修复不足。兼容性原则强调新材料、新工艺与传统结构的适配性,保障修复层与原结构协同变形,防止因材料差异产生二次病害。经济性原则通过全寿命周期成本分析,优化技术组合,在确保修复效果的基础上,有效控制工程造价。可操作性原则注重施工工艺的现场适用性,优先选用机械化程度高、环境影响小且易于操作的技术方案,夜间施工时合理安排车行道铣刨、病害处理等工序,设置交通标志并安排专人疏导,保障施工效率与质量可控。

## 3 城市道路桥梁耐久性影响因素分析

### 3.1 环境因素

环境侵蚀是导致结构耐久性衰减的核心诱因,作用过程复杂且持续,对城市道路桥梁耐久性构成长期威胁。气候条件变化多端且影响深远,冻融循环通过水分相变产生的体积膨胀应力,加速混凝土表层剥落与内部微裂缝扩展;干湿交替环境促使氯离子在混凝土孔隙中迁移聚集,破坏钢筋钝化膜并引发电化学腐蚀。化学侵蚀与生物侵蚀协同作用,进一步加剧结构劣化。工业废气中的二氧化硫与混凝土中的氢氧化钙反应生成石膏,引发硫酸盐侵蚀破坏;沿海地区盐雾环境中的氯离子可渗透至结构内部,降低钢筋锈蚀临界氯离子浓度阈值。

### 3.2 道路病害影响因素

道路病害的产生是长期运营过程中多重因素协同作用的结果,核心与路面服役状态、交通荷载及材料性能衰减密切相关,直接影响道路结构耐久性。路面超期服役是首要诱因,长期使用导致沥青材料性能持续衰减,逐渐变硬变脆,抗裂、抗疲劳能力大幅下降;城市交通量长期处于饱和状态,车辆荷载反复作用于面层,导致面层产生疲劳破坏,初期形成细微裂缝,未及时处置会

持续发育形成网裂、龟裂。特殊路段交通工况会加剧病害发展,交通拥堵路段、灯控路口、弯道及公交站台等区域,车辆频繁低速启停,对路面的剪切作用明显加剧,导致沥青混合料稳定性下降,逐渐形成车辙变形。沥青面层老化引发的温度应力,会导致路面出现温缩裂缝,低温性能与抗疲劳性能的持续衰减会进一步加剧裂缝扩展,纵向裂缝主要源于交通渠化带来的剪切破坏,各类裂缝相互交错,进一步削弱道路结构完整性。

### 3.3 桥梁病害影响因素

桥梁病害分布具有明显的结构针对性,上部结构、下部结构、支座及桥面系的病害成因各有侧重,均与结构设计适配性、施工质量及运营维护密切相关,直接制约桥梁结构耐久性。上部结构病害主要体现为外边梁梁底渗水侵蚀、锈胀开裂、破损露筋,部分桥梁湿接缝渗水、剥落露筋等,核心成因包括主梁翼缘预制护栏及挂板处渗水长期侵蚀梁体,日常局部维修时表面清理不彻底、环氧砂浆粘接效果差且未止水,导致病害反复发展;桥面防水层局部失效引发湿接缝渗水,长期侵蚀下出现破损锈蚀;箱梁在温度收缩徐变作用下局部开裂,部分梁底遭桥下通行车辆刮蹭,预制挂板连接薄弱受水流侵蚀易破损掉落<sup>[3]</sup>。下部结构病害集中在桥台、盖梁渗水侵蚀、锈胀开裂,主要原因是伸缩缝橡胶条老化失效且未弯起、桥面连续处防水失效,导致渗水冲刷侵蚀下部结构。支座脱空、老化开裂源于支座局部承压不均及橡胶支座长期运营后的自然老化。桥面系中,桥面铺装的网裂、车辙等病害,源于沥青老化、粘层失效,工字梁及T梁间活载不均匀变形,以及桥面连续处负弯矩反复作用;伸缩缝病害源于橡胶条在长期使用及缝间积砂作用下老化失效,支座承压不均引发错台,进而导致锚固区破损。

### 3.4 施工因素

施工工艺质量控制是耐久性保障的关键环节,施工过程中的每一个环节都可能对结构的耐久性产生重要影响,必须严格控制施工质量。施工环节的疏忽可能为结构耐久性埋下隐患,需高度重视。混凝土浇筑过程中振捣不密实会形成蜂窝麻面,为有害物质侵入提供通道;养护温度与湿度控制不当影响水泥水化反应进程,导致强度发展不足或收缩裂缝产生。钢筋施工环节的质量控制同样关键,关乎结构整体稳定性。钢筋焊接质量缺陷引发应力集中,成为腐蚀起始点;预应力张拉工艺偏差改变结构内力分布,加速疲劳损伤发展。

### 3.5 运营维护因素

定期检测与预防性养护可显著延长结构使用寿命,有效的运营维护是保障城市道路桥梁耐久性的重要后续措

施。交通荷载管理方面,超限车辆通行频率与轴载分布影响结构疲劳损伤速率,需通过动态称重系统实施精准管控,为交通管理部门提供准确数据以限制超限车辆通行。排水系统维护不及时导致桥面积水,加速铺装层破坏与钢筋锈蚀;伸缩缝清理不彻底引发梁体端部撞击,造成结构附加损伤,定期维护清理可减少病害、延长寿命。防腐涂层修复周期过长会使基层暴露于侵蚀环境,缩短结构服役时间,需根据实际情况制定合理修复周期并及时修复。

#### 4 城市道路桥梁大修工程耐久性提升策略

##### 4.1 材料优化策略

高性能修补材料选用需兼顾力学性能与环境适应性,选择合适的修补材料是提高结构耐久性的重要基础,必须综合考虑多方面因素。优先采用抗氯离子渗透、抗碳化能力强的聚合物改性水泥基材料,粘结强度与弹性模量与原结构匹配度高,可有效抑制界面剥离。材料改性及适配性优化通过纳米掺合料调控混凝土孔隙结构,降低有害物质迁移速率;针对不同侵蚀环境定制化调整钢筋防腐涂层成分,提升涂层与基材的附着力。材料防护性能强化聚焦表面防护层功能升级,采用具有自修复功能的渗透结晶型防水涂料,通过结晶反应封堵微裂缝,延长防护层使用寿命。

##### 4.2 结构设计优化策略

结构受力合理性优化通过有限元分析校核关键截面应力分布,借助先进的计算分析手段,能够更精准地优化结构设计,提高结构的耐久性。对超载车辆作用区域增设纵向加劲肋,改善局部应力集中现象。防护结构设计完善重点强化排水系统,增设桥面径流截留设施,减少雨水对结构表面的冲刷;对沿海桥梁增设阴极保护系统,通过电化学作用抑制钢筋锈蚀。结构适配性调整针对旧桥改造需求,采用轻质高强复合材料替换部分混凝土构件,降低结构自重对基础的长期影响。

##### 4.3 施工工艺改进策略

精细化施工控制通过智能张拉设备实现预应力精准施加,避免人为操作误差导致结构内力重分布;采用智能化施工设备和先进的监测技术,是提高施工质量、保障结构耐久性的重要手段。采用三维激光扫描技术监测混凝土浇筑密实度,确保修补层无缺陷<sup>[4]</sup>。施工衔接工艺优化聚焦新旧材料界面处理,对接触面进行喷砂粗糙化

处理并涂刷界面剂,增强层间粘结性能。防护施工工艺升级采用无溶剂型防腐涂料喷涂技术,减少挥发性有机物排放,通过高压无气喷涂设备提高涂层均匀性。

##### 4.4 运营维护强化策略

常态化巡检机制建立依托物联网传感器网络,实时采集结构应变、裂缝宽度等参数,利用现代信息技术建立常态化巡检机制,能够及时发现结构病害,为预防性维护提供依据。结合大数据分析预测病害发展趋势。预防性维护措施落实包括定期清理伸缩缝杂物、补涂防腐涂层等,在病害初期阶段介入处理。维护技术与设备升级引入机器人爬壁检测系统,替代人工完成高空危险区域巡检;采用高压水射流清洗技术替代传统机械打磨,减少对结构表面的二次损伤。

##### 4.5 环境适应性提升策略

腐蚀性环境应对措施针对化工区桥梁,增设耐酸碱腐蚀的玻璃钢防护罩,隔离有害气体与结构表面接触。极端天气防护强化通过增设融雪剂自动喷洒装置,减少冬季除冰盐对混凝土的侵蚀;对台风多发区域桥梁优化抗风设计,降低风致振动损伤风险。城市复杂环境适配调整针对高湿度隧道环境,采用防潮型装饰材料,抑制霉菌滋生对结构耐久性的影响。

#### 结束语

城市道路桥梁耐久性提升需以病害机理研究为基础,通过材料创新、设计优化、工艺改进及管理升级形成系统性解决方案。实践中需强化多学科协同,将结构健康监测数据与修复技术深度融合,推动修复策略从被动处置向主动预防转变。加强标准规范与技术创新联动,提升施工过程精细化水平,确保修复措施与既有结构协同工作,最终实现城市道路桥梁安全、耐久、经济的综合目标。

#### 参考文献

- [1]陈森.道路桥梁的常见病害与养护方法[J].工程技术研究,2022,7(13):151-153.
- [2]刘飞.市政道路桥梁工程的常见病害与施工处理技术[J].运输经理世界,2022(13):106-108.
- [3]曾广海.市政道路桥梁工程施工中常见病害与处治技术[J].中国房地产业,2022(9):204-206.
- [4]席尚斌.浅谈市政道路养护管理中的路面病害分析与对策[J].工程质量,2022,40(9):73-76.