

道路桥梁施工技术管理及道路桥梁养护措施

杨 浩

山西晋通公路工程监理有限公司 山西 晋城 048000

摘 要：道路桥梁作为交通网络核心载体，其施工质量与养护水平直接影响服役效能。本文聚焦施工技术管理核心架构及养护措施实施体系，阐述前期调研、基础管控、质量保障等施工要点，细化日常养护、检测诊断、靶向修复等养护方法，构建全生命周期协同模式，通过技术衔接与需求引导机制，实现施工与养护深度融合，为提升工程耐久性、降低维护成本提供坚实技术支持。

关键词：道路桥梁；施工技术管理；养护措施

引言：道路桥梁承载着人员与物资运输的重要功能，其安全稳定运行对交通畅通至关重要。施工阶段的技术管控决定工程先天质量，运营期的科学养护延长服役寿命，两者的协同发展更是实现全生命周期效益最大化的关键。当前工程实践中，技术与养护脱节问题时有发生，亟需构建系统的管理与养护体系，保障工程长期安全。

1 道路桥梁施工技术管理的核心架构

1.1 施工技术的前期调研与方案设计

道路桥梁施工的前期调研需聚焦地质、环境与交通三要素的精细化分析。(1) 地质勘探：应综合钻探取样、物探测试及原位试验，精准测定土层承载力、岩石风化程度及地下水位，为桩基选型、地基加固提供依据。(2) 环境评估：需结合生态敏感区分布，明确红线外植被保护范围，制定扬尘控制、噪音降噪及废水循环利用方案，避免对自然保护区、饮用水源地造成不可逆影响。(3) 交通流量预测：需运用动态分析法，结合人口增长、产业规划及公共交通数据，推算未来10-20年车流量趋势，确保道路横断面、交叉口满足通行需求。方案设计需整合多源数据，通过BIM模型优化路线线形、桥梁跨径及结构形式，采用有限元软件验证承载力，材料选型注重耐久性与成本平衡，如选用C50以上高强度混凝土、耐候钢等，施工工艺规划需细化分项工程衔接节点，明确设备配置与安全防护措施，最终通过前期调研与方案设计，提升工程耐久性，降低全生命周期维护成本，为后期养护奠定基础。

1.2 基础工程施工技术的精准管控

基础工程施工技术精准管控需深化全流程细节控制与动态优化，地基处理应结合地质数据精细化选型，如软土地基采用CFG桩或水泥搅拌桩加固，提高承载力并控制沉降；岩石地基通过锚杆加固或注浆技术增强整体稳定性，避免局部塌陷。桩基施工需强化垂直度监测，采

用测斜仪实时追踪成孔轨迹，偏差控制在0.5%以内；钢筋笼定位采用超声波定位技术确保精准入孔，混凝土灌注实施连续作业并控制坍落度在18-22厘米，避免断桩或缩颈缺陷。混凝土浇筑注重骨料级配优化，碎石粒径控制在5-25毫米，水灰比严格控制在0.4-0.5，分层振捣采用插入式振捣器，每层厚度不超过30厘米，确保密实度均匀^[1]。基坑开挖同步开展边坡稳定性监测，运用位移传感器追踪变形趋势，动态调整支护参数，如支撑间距加密或增加锚索长度，配合井点降水控制地下水位，防范边坡失稳风险，最终实现基础结构耐久性与安全性双提升。

1.3 主体结构施工技术的质量保障

主体结构施工技术的质量保障需深化全链条精细化管理，材料选控环节，砂石骨料需严格筛选含泥量 $\leq 1\%$ 的优质骨料，确保粒径级配连续；水泥采用P·O42.5以上标号，外加剂掺量通过试验确定最佳配比，保障混凝土工作性能稳定。钢筋进场需核验生产批号与力学性能报告，重点检测抗拉强度、延伸率，避免锈蚀、裂纹等缺陷材料流入现场。工艺执行中，模板支护采用高强度钢材定制，几何尺寸偏差控制在 ± 2 毫米以内，接缝处粘贴3毫米厚密封胶条防漏浆；混凝土浇筑采用分层推进法，每层厚度严格控制在30-50厘米，振捣棒插入间距不超过作用半径1.5倍，确保密实度均匀无蜂窝。过程监测通过埋设应变片实时追踪应力变化，每2小时用回弹仪抽测混凝土强度，及时识别离析、蜂窝等隐患。施工人员定期开展模板安装、混凝土振捣等技能比武，强化规范操作意识，形成从材料到成品的闭环质量管控体系，最终实现结构耐久性与安全性双提升。

1.4 施工技术的动态调整与风险规避

施工技术的动态调整需紧扣现场实时反馈与环境变量。地质条件突变时，可迅速切换加固方案，如软弱土

层从浅层换填转为深层碎石桩, 确保地基承载力稳定。材料性能波动需通过高频检测与动态配比优化应对, 例如混凝土骨料含泥量超标时, 调整砂率并增配减水剂, 保障浇筑密实度。天气变化影响施工进度时, 可灵活调整工序优先级, 如高温季节优先完成沥青摊铺, 避免低温开裂风险。风险规避需构建多维度监测网络: 通过位移传感器、裂缝计等设备实时追踪结构状态, 结合专家经验库快速识别隐患, 制定针对性措施, 如边坡失稳前增设锚索支护、限制重载车辆通行^[2]。动态调整与风险规避的深度融合, 能显著提升施工适应性, 降低质量缺陷与安全事故发生率, 保障道路桥梁建设全周期安全高效, 延长工程使用寿命, 减少后期养护成本。

2 道路桥梁养护措施的实施体系

2.1 道路桥梁日常养护的基础流程

道路桥梁日常养护需建立标准化基础流程, 形成“巡查-清洁-检测-维护-记录”的闭环管理体系。巡查环节应制定周期性计划, 重点检查桥面铺装层、伸缩缝、排水系统及桥墩支座等关键部位, 识别裂缝、剥落、积水等早期病害。清洁作业需根据季节调整, 夏季清除淤泥杂草防止堵塞, 冬季清除积雪冰凌避免冻融破坏, 同时保持桥体表面无杂物附着。检测环节采用无损检测技术, 如超声波探伤仪核查内部钢筋锈蚀情况, 激光测距仪监测结构变形趋势, 确保问题早发现。维护措施需针对性实施, 如裂缝采用环氧树脂注浆修补, 钢构件涂刷防腐涂料延缓锈蚀, 排水管疏通避免积水渗透。每项操作需详细记录时间、位置、处理方式及效果, 形成养护档案, 为后续养护决策提供数据支撑, 最终实现桥梁长期安全运行与耐久性提升。

2.2 结构性能的定期检测与状态诊断

结构性能定期检测需构建多维度科学化诊断体系, 实现结构健康状态动态追踪。外观检查采用高精度仪器量化损伤, 如裂缝宽度仪精准测量裂缝发展速率, 钢尺配合读数显微镜记录剥落面积变化, 确保表观病害可量化评估。无损检测技术组合应用提升隐蔽缺陷检出率, 红外热成像可探测混凝土内部空鼓位置, 地质雷达通过电磁波反射识别钢筋锈蚀区域, 两者互补避免漏检。荷载试验通过模拟实际荷载验证承载能力, 静载试验测量桥梁加载后挠度变化, 动载试验采集行车振动下的应变数据, 对比设计值评估结构安全裕度。状态诊断融合检测数据与历史档案, 运用有限元模型模拟结构退化路径, 结合机器学习算法预测潜在风险点。诊断结果生成分级预警清单, 轻度损伤实施表面封闭处理, 严重病害启动加固方案设计, 全程数据录入数字化平台形成可追溯档

案, 为养护决策提供精准依据, 保障结构全生命周期安全可控。

2.3 常见病害的靶向修复与养护技术

针对道路桥梁常见病害, 需采用精准修复技术提升养护效能; 混凝土裂缝根据宽度分级处理, 细裂纹采用低压灌缝胶注入, 确保胶体渗透深度; 宽裂缝先开槽嵌填弹性密封胶, 外贴碳纤维布增强抗裂性能。钢筋锈蚀需先铲除锈蚀层, 喷涂阻锈剂后用环氧砂浆修补, 外层加涂硅烷浸渍剂形成保护膜。桥面铺装层剥落区域需凿除松动部分, 铺设高粘结性沥青混合料, 表面喷洒乳化沥青增强层间粘结。支座老化变形时, 采用液压千斤顶顶升梁体, 更换橡胶支座或调整钢板位置, 确保受力均匀^[3]。排水系统堵塞需疏通泄水孔, 安装防堵滤网防止杂物堆积。每种修复操作需记录病害位置、修复材料、施工参数及后续监测要求, 形成靶向修复档案, 实现病害精准治理与结构性能长效维持, 最终保障道路桥梁安全运行与耐久性提升。

2.4 特殊环境下的养护强化策略

特殊环境下需采取针对性养护强化策略以应对环境挑战, 高温地区沥青路面易软化变形, 需采用改性沥青提升耐热性, 或增设路面洒水装置降低表面温度, 延缓老化。严寒区域混凝土结构易受冻融破坏, 应掺入引气剂提高抗冻性, 并在冬季前涂刷防冻涂料形成保护层。沿海盐雾腐蚀环境需加强钢结构防腐处理, 定期喷涂锌铝涂层或环氧富锌漆, 延长使用寿命。地震带区域桥梁需增设橡胶隔震支座, 削弱地震波传递, 同时定期开展动力特性检测, 评估结构抗震性能。暴雨季节需重点维护排水系统, 清理泄水孔杂物, 安装防倒灌装置避免桥面积水渗透。每种策略需结合环境特性制定实施细则, 记录环境参数、材料性能及处理效果, 形成动态养护档案, 最终实现特殊环境下道路桥梁的长期安全运行与性能稳定。

3 道路桥梁施工技术管理与养护的融合发展路径

3.1 施工与养护的技术衔接机制构建

施工与养护技术衔接需从设计源头贯穿至全生命周期。设计阶段应前置养护需求, 如预设结构健康监测传感器接口、规划维护通道尺寸, 确保后期检测设备可顺利安装, 维修人员能便捷到达关键部位。施工阶段需严格遵循设计预留的养护接口规范, 例如混凝土浇筑时预留测缝位置, 钢结构安装时预留防腐涂层补涂空间, 避免后期养护时二次破坏结构。养护阶段应反向反馈设计优化, 通过日常检测数据识别设计缺陷, 如排水系统易堵塞部位可反馈至设计端优化管径或坡度, 支座频繁老

化区域可推动材料升级或结构改进。三阶段需建立信息共享平台,实时更新施工记录、养护日志与性能数据,形成动态调整机制。通过设计、施工、养护的深度协同,实现技术衔接无缝化,最终提升道路桥梁全生命周期管理效能与安全储备。

3.2 养护需求对施工技术的前置引导

养护需求应作为施工技术优化的前置导向,贯穿项目全周期;施工材料选择需优先考虑耐久性能,如混凝土掺入聚丙烯纤维提升抗裂性,或采用耐腐蚀钢筋延缓锈蚀进程,直接响应后期养护中裂缝修补、锈蚀治理的高频需求。结构设计需预留维护空间,如桥墩设置检修平台、箱梁预留检测通道,确保养护人员能便捷开展日常巡查与病害处理。施工工艺应同步适配养护目标,例如混凝土浇筑时采用二次振捣工艺减少初始微裂缝,降低后期养护修复成本;沥青路面施工时控制摊铺温度与压实度,延缓车辙、松散等病害出现周期^[4]。通过养护需求反推施工参数调整,如排水管径根据养护中积水频率优化,支座选型依据养护中震损记录升级,最终实现施工与养护的双向赋能,延长结构健康寿命,降低全生命周期维护成本。

3.3 施工技术成果向养护转化的方法

施工技术成果向养护转化需构建“研发-实践-反馈”动态闭环。施工阶段积累的新型混凝土抗裂系数、钢结构防腐涂层耐久性等参数,应分类归档至养护数据库,形成可查询的技术参考库。例如,施工期埋设的光纤传感器持续采集的结构应力、温度变化数据,可通过数据分析模型反推养护周期内的潜在病害风险,如裂缝扩展速率或腐蚀发展阶段,实现养护时机精准把控。养护阶段可复用施工工艺创新,如高性能混凝土修复材料在裂缝修补中的标准化应用,或预制桥梁构件的快速连接技术,提升养护效率。同时,建立施工与养护团队的技术共享平台,通过定期案例研讨会、操作视频共享等方式,将施工中的工艺优化、材料改进等成果转化为养护操作规范,形成技术迭代链条,最终实现施工与养护的技术协同,延长结构使用寿命,降低全生命周期维护成本。

3.4 全生命周期的技术与养护协同模式

道路桥梁全生命周期技术与养护协同,需覆盖“设计-施工-运营-养护”全阶段。设计阶段应前瞻考量养护需求,预留检测通道、优化结构可维护性,规避后期养护盲区。施工阶段需积累混凝土强度发展曲线、钢结构应力监测值等技术参数与健康数据,构建养护基础数据库。运营期依托健康监测系统实时追踪结构状态,结合裂缝扩展速率等数据动态调整养护策略,优化修补时机以降低病害恶化风险。养护阶段通过病害分析反哺设计与施工,如针对桥面铺装破损,反推设计材料选型或施工压实工艺的改进方向。通过技术参数与养护需求双向流动,构建“设计预存数据、施工积累经验、养护反馈优化”的闭环,最大化技术效能,延长桥梁安全服役年限,降低全周期维护成本,形成可持续的技术-养护协同生态。

结束语:未来,需深化技术创新驱动,聚焦高耐久性复合材料研发、智能传感器部署及AI病害预警系统开发,强化施工与养护数据互联互通,构建全生命周期数字孪生平台。通过实时监测数据反哺设计优化,动态调整施工参数,形成“研发-应用-验证-迭代”闭环,确保道路桥梁在复杂环境与长期荷载下保持安全稳定,为交通事业高质量发展提供长效支撑。

参考文献:

- [1]李晓彤.道路桥梁施工技术管理及道路桥梁养护措施[J].中国科技期刊数据库工业A,2022(9):139-142.
- [2]范海荣.探讨道路桥梁施工技术管理及道路桥梁养护措施[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(6):96-99.
- [3]贾松涛.道路桥梁施工技术及道路桥梁养护措施探讨[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2023(4):140-143.
- [4]彭传林.市政道路桥梁养护管理现状及改进措施探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2025(10):130-133.