

4.3 造价审核信息化水平不足

当前部分市政建设单位的造价审核仍依赖纸质图纸与人工计算,信息化程度偏低,审核周期长且准确性不足。传统模式下的数据孤岛现象导致审核环节脱节,信息传递滞后、重复录入现象频发,难以支撑大型工程的动态造价控制。为提升审核效率,应加快建设造价管理信息化平台,整合设计、施工、监理、审计等多方数据,实现资料共享与实时校核。BIM(建筑信息模型)与GIS(地理信息系统)技术的融合,可实现工程量的自动提取与三维可视化对比,辅助审核人员发现异常成本点。人工智能与大数据技术在造价分析中也发挥重要作用,通过算法比对同类项目的单方造价与定额差异,可实现智能预警与风险识别。建立基于云端的数据协同系统,不仅提高审核透明度与科学性,还为后期项目审计、绩效评价提供可追溯的数据基础,从根本上提升造价审核的现代化与精细化水平。

5 造价合规性控制的体系构建与实践路径

5.1 建立全过程造价合规管理机制

市政工程造价合规管理是一项系统性、动态化的全过程工作,应贯穿项目立项、设计、施工与竣工结算等各阶段。立项阶段需明确项目投资限额、资金来源及使用方向,确保预算目标与财政约束相匹配。设计阶段实行概算动态跟踪,对比初步设计与施工图预算的差异,及时修正投资控制指标。施工阶段重点在于强化变更与签证管理,通过严格审批流程防止不合理变更造成预算失控。竣工阶段应实施结算复核与绩效评估,对造价偏差进行原因分析与问责,形成闭环反馈。以“事前预防—事中控制—事后审计”的三维管理模式为框架,可实现从预算编制到结算审计的全周期风险防控。尤其对于政府投资项目,应引入第三方独立造价审核机制,以防范内部操作不规范、利益输送等问题,提升资金管理的公正性与透明度。全过程造价合规体系的建立,标志着市政工程投资管理从“静态核算”向“动态管控”的转变。

5.2 强化造价审核的法规依据与责任追溯

造价审核的合规性离不开完善的法规支持与责任体系构建。依据《政府投资条例》《建设工程造价管理规定》等政策文件,造价审核单位及注册造价工程师需对审核结论的准确性与合法性承担相应法律责任。应建立标准化的造价审核文件归档与审批制度,确保工程量核减、单价调整及结算复核等过程均具备可追溯性和数据证据链。对于存在的违法违规行,如虚报工程量、串通报价、篡改单价或滥用取费标准,应依法追责并纳入造价信用管理体系,形成“违规可查、责任可究”的合规监管机制。通过法规约束与责任明晰,不仅能提高造价审核的严肃性与公信力,还能倒逼各参建主

体规范操作,减少行政干预和道德风险。同时,应建立行业黑名单制度,将严重违规单位列入公开监管范围,从制度层面实现“以法促廉、以责促控”的管理目标。

5.3 信息化技术在合规审核中的应用

随着信息化建设的推进,造价合规审核逐步迈向数字化与智能化阶段。借助大数据与人工智能技术,审核系统可通过对历年项目造价、定额参数及市场价格的多维比对,识别异常取值与潜在风险环节,实现风险预警与动态管控。基于区块链技术的造价文件管理系统可有效防止数据篡改,确保合同、变更、结算等文档版本的完整可追溯。BIM(建筑信息模型)与GIS(地理信息系统)的结合,为造价审核提供三维可视化分析支持,可实现工程量自动提取、成本分布对比与数据联动复核。云计算与移动终端技术的应用,使各级监管部门能够实时共享造价数据,打通设计、施工与审计环节的信息壁垒。通过智能算法识别定额偏差、材料单价异常等问题,审核人员可快速定位风险点并生成分析报告,大幅提高审核效率与准确度。信息化技术的深度应用,不仅提升了造价审核的透明度与时效性,也为政府部门实施全过程、全链条监管提供了强有力的技术支撑。

6 结语

市政工程概预算审核是保障工程投资合理性与资金合规使用的重要基础。面对建设规模扩大、材料价格波动与政策环境变化,传统的静态审核模式已无法满足精细化管理需求。应通过完善审核制度、强化法规执行与推广信息化审核手段,构建全过程、全要素的造价合规控制体系。研究表明,科学的审核机制可有效降低投资偏差、提高资金使用绩效,并为城市基础设施建设提供可靠的经济保障。未来,应进一步深化BIM与大数据在造价审核中的融合应用,形成以数据驱动的智慧造价管理模式,实现从“事后审核”向“实时监管”的转变,推动市政工程造价管理向规范化、智能化与高质量方向发展。

参考文献

- [1] 张周红.市政工程预算审核中常见问题及应对措施[J].中国住宅设施,2024,(10):61-63.
- [2] 李杰柯.市政工程造价超概预算的原因与控制研究[J].居舍,2021,(07):174-176.
- [3] 张宝.对如何加强市政工程造价中概预算管控的思考[J].福建建设科技,2016,(05):94-95.
- [4] 孙湘平.浅析市政工程预算审核中易遇到的问题及其处理方法[J].河南建材,2010,(03):137-138.
- [5] 吕涛.政府投资市政给排水工程项目中的造价控制探究[J].建筑与预算,2025,(02):40-42.

Selection of Repairable Maintenance Technology and Long-term Service Performance Monitoring for Bridge Bearing of Highway

Jianhui An

Xinjiang Jiaotou Maintenance Group Co., Ltd., Wulumuqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract

As pivotal components in highway bridge structures, bearings serve as critical connectors between upper and lower elements, with their performance directly determining load coordination and operational safety. During prolonged service, bearings are susceptible to performance degradation and structural damage caused by vehicle loads, thermal deformation, material aging, and environmental erosion, leading to abnormal beam stress and restricted expansion/contraction. This study establishes a systematic repairable maintenance framework through a closed-loop approach encompassing "fault identification—performance evaluation—technical selection—monitoring feedback." The system incorporates multiple techniques including elastic bearing replacement, polyurethane grouting repair, sliding plate interface renewal, and rubber composite layer replacement. Integrated with IoT monitoring technology, it enables real-time detection of bearing strain, temperature, and displacement. Engineering validation demonstrates that this system significantly extends bearing lifespan, enhances bridge safety and durability, and provides scientific evidence and practical demonstration for highway bridge maintenance.

Keywords

Bridge bearings; Damage repair; Maintenance technology; Performance monitoring; Long-term service

公路桥梁支座病害修复性养护技术选型与长期服役性能监测

安建辉

新疆交投养护集团有限责任公司, 中国·新疆乌鲁木齐 830000

摘要

支座是公路桥梁结构中承上启下的关键构件, 其性能直接关系到桥梁的受力协调与运行安全。长期服役过程中, 受车辆荷载、温度变形、材料老化及环境侵蚀影响, 支座易出现性能退化与结构病害, 导致梁体受力异常和伸缩受限。本文基于“病害识别—性能评估—技术选型—监测反馈”的闭环思路, 构建了系统化修复性养护技术体系, 涵盖弹性支座更换、聚氨酯灌注修复、滑板界面更新与橡胶复合层置换等手段, 并结合物联网监测技术, 实现支座应变、温度与位移的动态感知。工程验证表明, 该体系可显著延长支座寿命, 提升桥梁安全性与耐久性, 为公路桥梁养护提供科学依据与示范。

关键词

桥梁支座; 病害修复; 养护技术; 性能监测; 长期服役

1 引言

支座作为桥梁上部结构与下部结构的连接关键部件, 其主要功能是传递荷载、适应变形并保证结构受力均衡。长期运行中, 支座易因橡胶老化、钢板锈蚀、聚四氟乙烯 (PTFE) 磨损、混凝土基座沉降等因素引发多种病害。这些病害不仅影响支座的变形协调能力, 还可能导致梁体受力偏移、伸缩受阻、桥面开裂等问题。

传统的支座维修往往以被动修复为主, 缺乏针对性和系统性。随着交通量增大与结构复杂度提升, 支座养护管理

逐渐向科学化、数字化方向发展。近年来, 结构健康监测 (SHM)、物联网 (IoT) 和大数据技术的应用为桥梁支座状态监测与养护策略优化提供了新的技术路径。本文围绕公路桥梁支座病害的形成机理、修复性养护技术选型及服役性能长期监测体系展开研究, 旨在探索一套适应现代公路桥梁运行需求的综合养护与监测系统, 为实现桥梁结构的长寿命、安全化管理提供参考。

2 公路桥梁支座病害类型与成因分析

2.1 支座结构与工作机理概述

桥梁支座作为上部结构与下部结构之间的关键连接部件, 主要承担竖向荷载传递、水平位移协调及转角调节等功能。按结构形式与受力特征可分为橡胶支座、盆式支座、球

【作者简介】安建辉 (1975—), 男, 中国河南郑州人, 本科, 高级工程师, 从事公路工程、运营与养护研究。

形支座和滑动支座等类型。橡胶支座依靠橡胶层的弹性变形实现竖向承载与水平转动,具有结构简单、适应性强的特点;盆式支座通过橡胶块与钢板的组合结构提供竖向承载力,并依靠不锈钢滑板实现微量转动与位移协调;球形支座利用球面滑动副实现多向自由转动,适用于大跨度桥梁。支座在长期受力与环境作用下,其性能可能因疲劳、摩擦或老化而退化。当支座失去弹性或转动受限时,会造成梁体内力重新分布,导致墩顶约束增强、梁端抬升或裂缝扩展,从而影响结构整体安全与耐久性^[1]。

2.2 支座常见病害类型

支座在服役过程中常出现多种形式的结构性与功能性病害。橡胶老化与龟裂是最常见问题之一,长期受紫外线照射、氧化反应及温度循环影响,橡胶表层发生硬化、剥落与裂纹扩展,弹性模量显著下降,导致支座转动协调性减弱。钢制支座在湿热环境及含氯离子侵蚀下易发生锈蚀与膨胀变形,局部厚度变化会引起梁体受力不均甚至产生抬升。滑动界面磨损与污染亦属关键病害,PTFE板磨损后摩擦系数升高,造成梁体伸缩受阻;若砂尘杂质进入滑面,将加剧磨损并影响滑移顺畅性^[2]。

2.3 病害形成的主要机制

支座病害的形成通常是多种内外因素耦合作用的结果。从结构材料角度看,长期荷载作用下橡胶及金属部件会产生累积疲劳损伤;高温、湿度及盐雾环境导致橡胶链结构断裂与钢件腐蚀失稳。交通荷载的频繁冲击与车辆重载化趋势加剧了支座局部应力集中,使剪切与拉压交替作用下的损伤发展加快。同时,设计与安装偏差如支座中心偏移、预留位移不足、支承面不平等,往往在运营期放大病害效应。运维环节中检测频率不足、排水不畅及防护层老化也会促进病害扩展。典型桥梁病害调查显示,约60%的支座损伤与材料老化及环境侵蚀有关,30%源于设计安装误差,10%则与维护管理缺失直接相关,表明支座寿命的延长需在设计、施工与养护三环节协同控制^[3]。

3 支座病害检测与性能评估技术体系

3.1 现场检测与病害识别方法

桥梁支座的病害检测是开展修复与养护工作的基础环节,其科学性与精度直接影响评估结果的可靠性。现场检测主要分为外观检查、无损检测与结构响应测试三个层面。外观检查利用高清摄像设备及无人机航拍技术对支座表面进行全面扫描,可快速识别裂纹、剥落、变形及锈蚀等外显性病害。无损检测采用超声波、红外热成像及激光测距等方法,对内部橡胶脱层、金属构件疲劳裂纹及空鼓现象进行定量分析。结构响应测试则通过在关键节点布设应变计、位移计与温度传感器,实时监测梁体转角、竖向位移及热响应特征,综合反映支座的受力协调能力与变形规律。多源检测结果经数据融合处理后,可形成支座结构健康的初步判定,为后续

退化评估与风险预测提供高可信度的基础数据支撑。

3.2 性能退化评估模型构建

在检测数据的基础上,建立科学的性能退化评估模型是实现支座健康状态量化分析的关键。采用模糊综合评价与层次分析法(AHP)构建多指标评估体系,选取承载能力、滑动性能、转动性能、耐久性及环境适应性五大核心参数作为评价维度。通过归一化处理与权重分配,计算支座综合健康指数(HI),其取值范围为0~1,当HI<0.6时判定为性能异常状态,应立即采取修复性养护措施。该模型可结合历史监测数据与材料老化特征,实现对支座性能退化趋势的动态跟踪与预测。研究表明,该方法能有效反映支座由初期损伤至功能衰减的全过程,具有较高的实用性与工程可操作性,为桥梁健康管理提供量化决策依据^[4]。

3.3 寿命预测与风险评估

支座寿命预测是制定科学养护计划与优化资源配置的关键环节。本文采用Weibull分布模型与退化方程相结合的方式,对支座材料老化速率与荷载循环次数进行拟合分析,推算剩余使用寿命及可靠度变化趋势。模型引入环境影响系数与应力集中参数,可反映温湿度变化及交通荷载对寿命衰减的耦合效应。风险评估方面,通过概率统计与结构可靠度理论,计算支座在不同服役阶段的失效概率,并将结果划分为安全、可控与高风险三级等级。

4 支座修复性养护技术选型与应用

4.1 修复技术选型原则

支座修复技术的选型是保障桥梁安全性与经济性的关键环节,应遵循“安全性优先、经济性兼顾、可操作性保障”的综合原则。在技术路径确定过程中,应结合支座的结构形式、受力特征、病害类型及运营条件进行系统评估。对于橡胶类支座的龟裂及剪切变形,应优先考虑材料替换或表层再生技术,以恢复其弹性性能与变形能力;对于滑动支座因摩擦副磨损造成的功能退化,应选用新型低摩擦材料并优化润滑系统;而钢结构支座出现锈蚀、裂纹或焊缝疲劳时,则需采用表面除锈、防腐涂层重建及局部加固等综合修复措施。技术选型过程中还应考虑交通导改、顶升空间及施工环境的限制,确保修复施工的可操作性与安全性。通过科学的选型原则与合理的技术组合,可实现支座修复过程的高效性与可持续性^[5]。

4.2 常用修复技术分析

橡胶支座的更换与再生修复是目前最常见的技术之一。对于老化严重或失效支座,采用低位同步顶升技术进行整体更换,可有效避免梁体受力不均问题。新型抗老化复合橡胶支座在耐压性、抗剪性及环境适应性方面均优于传统类型,对轻度龟裂区域可采用聚氨酯树脂浸渍修复,恢复表层完整性并提升耐久性能。针对滑动界面磨损问题,可通过安装新型超低摩擦PTFE板或施加硅酮润滑膜恢复滑移性能,使摩