

公路桥梁工程管理与养护策略研究

罗志能

新兴县公路事务中心, 广东 云浮 527400

DOI:10.61369/UAID.2025010029

摘要： 本文围绕公路桥梁工程展开，阐述了管理体系现存问题，包括部门协同差、信息化不足等，介绍了标准化管理体系建设要点。还涉及多种养护技术，如微表处、雾封层等，以及灾毁应对、检测技术、维修养护方法和全寿命周期管理关键技术体系等内容。

关键词： 公路桥梁工程；管理体系；养护技术

Research on Management and Maintenance Strategy of Highway Bridge Engineering

Luo Zhineng

Xinxing County Road Affairs Center, Yunfu, Guangdong 527400

Abstract： This paper focuses on highway bridge engineering, discussing existing issues in the management system, such as poor departmental coordination and insufficient informatization. It introduces key points for building a standardized management system. The paper also covers various maintenance techniques, including micro-surfacing and fog sealing, as well as disaster response, inspection technology, repair and maintenance methods, and key technologies for full lifecycle management.

Keywords： highway bridge engineering; management system; maintenance technology

引言

公路桥梁工程作为交通基础设施的关键部分，其管理与养护至关重要。2019年颁布的《交通强国建设纲要》强调了加强交通基础设施建设与养护的重要性，为公路桥梁工程管理与养护提供了政策依据。当前公路桥梁工程管理体系虽已成型，但存在诸多问题，如部门协同效率低、信息化程度不足等。同时，工程涉及的标准化管理体系建设、预防性养护技术选择、日常养护技术策略制定、灾毁工程应对以及维修养护技术应用等方面都面临挑战。这些问题的解决需要构建全寿命周期管理的关键技术体系，朝着智慧管养平台方向发展，关注相关技术趋势，以提升管理与养护效能，保障公路桥梁的安全与稳定。

一、公路桥梁工程管理体系构建

（一）管理体系现状与问题分析

公路桥梁工程管理体系在长期发展中已形成一定模式，但仍存在诸多问题。在现行管理机制下，部门协同效率低是突出问题之一。各部门职责划分不够清晰明确，导致在工程建设、维护等过程中出现相互推诿、衔接不畅的情况，严重影响工程进度和质量^[1]。同时，信息化程度不足也是制约管理体系发展的关键因素。信息传递不及时、不准确，数据共享困难，无法实现对工程全方位、实时的监控和管理。这不仅增加了管理成本，也使得决策缺乏科学依据，难以应对工程中出现的各种复杂情况，不利于公路桥梁工程管理体系的高效运行。

（二）标准化管理体系建设

公路桥梁工程标准化管理体系建设需从多方面着手。在组织架构上，应明确各部门职责，形成高效协作的管理团队，确保工

程各环节有序推进^[2]。技术标准方面，要依据行业规范和工程实际需求，制定详细、严格的技术指标，涵盖设计、施工、材料选用等各个领域，为工程质量提供技术保障。质量监控环节，建立完善的质量检测和评估机制，对工程全过程进行动态监测，及时发现并解决质量问题，确保公路桥梁工程符合标准化要求，实现高质量建设和可持续发展。

二、公路日常养护技术策略

（一）预防性养护技术应用

微表处技术适用于路面病害较轻的情况，如轻度车辙、表面松散等，它能够快速恢复路面的平整度和抗滑性能，提高路面的防水性。该技术施工速度快，对交通影响较小，且具有较好的耐久性^[3]。雾封层技术则主要用于路面老化、轻微裂缝等病害的预防和处理，它可以有效地封闭路面孔隙，防止水分和空气进入，

延缓路面病害的发展。雾封层施工相对简单，成本较低，但耐久性可能不如微表处。在经济性指标方面，需综合考虑材料成本、施工成本、使用寿命以及对交通的影响等因素。不同的预防性养护技术在不同的应用场景下各有优劣，需根据实际情况进行选择。

（二）路面状况评估与决策系统

公路日常养护技术策略中的路面状况评估与决策系统至关重要。基于自动化检测设备建立 PCI（路面损坏状况指数）、RQI（路面行驶质量指数）评价模型是关键步骤。通过自动化检测设备获取路面数据，利用先进算法和模型对数据进行分析处理，准确计算 PCI 和 RQI 值，从而全面评估路面损坏状况和行驶质量^[4]。同时，需建立养护优先级判定标准，综合考虑 PCI、RQI 以及交通流量、道路重要性等多方面因素。对于 PCI 和 RQI 值较低且交通流量大、道路重要性高的路段，应给予较高的养护优先级，确保有限的养护资源能够合理分配，有效提升公路路面的养护效果和使用性能。

三、大修工程与灾毁重建技术

（一）路面大修关键技术

1. 旧路面再生利用技术

冷再生和热再生工艺在旧路面再生利用技术中具有重要作用。冷再生工艺是一种环保且经济的路面修复方法，通过对旧路面材料的铣刨、破碎和添加适量的稳定剂等操作，重新形成具有一定强度和稳定性的路面结构层^[5]。其优点包括减少新材料的使用，降低成本，同时对环境的影响较小。热再生工艺则是利用加热设备对旧路面进行加热软化，然后添加新的沥青结合料等材料，经搅拌、摊铺和压实等工序，恢复路面的使用性能。热再生工艺能够较好地恢复路面的平整度和抗滑性能，提高路面的耐久性。两种工艺在不同的工程条件下各有优劣，需根据实际情况合理选择应用。

2. 大修工程质量管理体系

公路路面大修工程质量管理体系需涵盖多方面内容。从材料性能角度，要严格控制原材料质量，确保其符合工程设计要求，对材料的强度、耐久性等关键指标进行检测^[6]。在施工工艺方面，需规范施工流程，包括路面基层处理、摊铺、压实等环节，施工人员应具备专业技能和资质，严格按照工艺标准操作。验收标准也是重要组成部分，明确各项质量指标的验收规范，如路面平整度、厚度、压实度等，通过严格的验收程序确保大修工程质量达到预期目标，为公路的安全使用提供保障。

（二）灾毁工程恢复策略

1. 灾毁类型与应急响应机制

公路桥梁在其服役过程中可能遭受多种灾毁类型，如滑坡、水毁等。针对这些灾毁类型，需建立分级响应预案。对于滑坡灾害，应首先进行详细的地质勘察，了解滑坡的规模、成因及发展趋势，根据勘察结果制定相应的应急处理措施和长期修复方案。在水毁方面，要迅速评估水毁程度，对桥梁基础、墩柱、上部结

构等关键部位进行检查。对于轻微水毁，及时进行局部修复和防护加固；对于严重水毁，需制定系统的重建计划，确保桥梁结构安全和使用功能恢复。同时，在应急响应过程中，要充分考虑交通疏导和安全保障措施，避免因灾毁导致交通瘫痪和事故发生^[7]。

2. 生态恢复与结构加固技术

在灾毁工程恢复中，需研发兼顾安全与环境的重建技术方案。对于结构加固，应采用先进技术评估损伤程度，精准确定加固部位与方法，如碳纤维加固法增强结构承载能力^[8]。同时，注重生态恢复，选择适宜的植物进行边坡防护和周边环境绿化，既能稳固土壤防止水土流失，又能美化环境。在重建过程中，充分考虑工程与周边生态系统的协调性，避免对生态环境造成二次破坏，实现工程安全与生态保护的有机统一。

四、桥梁维修养护专项研究

（一）桥梁结构检测评估

1. 无损检测技术应用

雷达探测和声波检测等无损检测技术在桥梁结构检测评估中具有重要应用。雷达探测技术可穿透混凝土结构，检测内部钢筋锈蚀、空洞等隐蔽病害，通过发射高频电磁波并接收反射波来分析结构内部情况，为桥梁维修养护提供关键信息^[9]。声波检测技术则利用声波在介质中的传播特性，对桥梁结构的完整性进行评估。例如，通过测量声波传播速度和衰减情况，可判断结构中是否存在裂缝、疏松等缺陷。这些新技术的应用提高了隐蔽病害识别的准确性和效率，有助于及时发现桥梁结构的潜在问题，为合理制定维修养护策略提供科学依据。

2. 承载力评估模型构建

建立基于检测数据的桥梁剩余寿命预测数学模型，需综合考虑多方面因素。以桥梁结构检测评估所获取的数据为基础，构建合理的承载力评估模型。此模型应涵盖结构材料特性、受力状态、环境影响等关键要素。通过对结构材料性能的分析，了解其随时间和使用条件的变化规律。考虑桥梁在实际运营中的受力情况，包括车辆荷载、风荷载等多种荷载形式及其组合效应。同时，环境因素如温度、湿度、腐蚀介质等对桥梁结构的长期影响不可忽视。基于这些因素的综合考量，运用合适的数学方法和理论，构建能够准确反映桥梁剩余寿命的预测模型，为桥梁维修养护提供科学依据^[10]。

（二）维修加固技术体系

1. 典型病害处治技术

裂缝修复技术是桥梁维修养护的关键。对于微小裂缝，可采用表面封闭法，使用环氧树脂等材料填充裂缝，防止水分和空气侵入，避免裂缝进一步扩展。对于较宽裂缝，则需采用压力灌注法，将修补材料在一定压力下注入裂缝内部，确保填充密实。支座更换技术也至关重要。在更换支座前，需精确测量原支座的各项参数，选择合适的新支座。更换过程中要注意对桥梁结构的支撑和保护，避免因支座更换导致桥梁结构受力不均。碳纤维加固

技术是一种有效的加固方法。它通过将碳纤维布粘贴在桥梁结构表面,利用碳纤维的高强度特性提高结构的承载能力,粘贴过程需保证碳纤维布与结构表面紧密贴合,确保加固效果。

2. 加固方案优选方法

在桥梁维修养护的加固方案优选中,需综合考虑多方面因素。从技术角度,要评估不同加固技术对桥梁结构性能提升的效果,如增强承载能力、改善耐久性等。同时,要考虑施工的可行性和难度,包括对交通的影响、施工环境的要求等。经济方面也是关键因素,计算不同方案的直接成本和间接成本,包括材料、人工、设备以及可能造成的交通延误损失等。通过建立数学模型,将技术指标和经济指标量化,利用多目标决策方法,对各个加固方案进行综合评价,从而选出技术可行且经济合理的最优方案,以实现桥梁维修加固的最佳效果。

(三) 智慧养护管理系统

1. 健康监测系统构建

构建包含传感器网络、数据传输、预警分析的智能监测体系。传感器网络需合理布局各类传感器,如应变传感器、位移传感器等,精准获取桥梁结构的关键数据。数据传输要确保稳定高效,可采用无线传输技术,将采集的数据实时传输至监测中心。预警分析是核心环节,通过建立数据分析模型,对传输的数据进行深度挖掘,识别异常数据和潜在的安全隐患。当监测数据超出设定阈值时,系统能及时发出预警信息,以便养护人员采取相应措施,保障桥梁的安全运营。

2. 预防性养护决策模型

预防性养护决策模型在桥梁养护中至关重要。该模型需综合

考虑多方面因素,如桥梁的结构特点、使用年限、交通流量、环境条件等。通过对大量桥梁数据的收集与分析,包括结构检测数据、材料性能数据、过往维修记录等,利用先进的数据分析技术,构建起能准确反映桥梁状态的评估指标体系。基于此体系,结合桥梁实际运营状况和潜在风险,运用数学模型和算法,制定出科学合理的预防性养护策略。这些策略包括养护措施的类型、实施时间、养护周期等,同时还要考虑资源的合理调配,以确保在有限的资源条件下,实现桥梁养护效果的最大化,延长桥梁的使用寿命,保障桥梁的安全运营。

五、总结

公路桥梁工程管理与养护需构建全寿命周期管理的关键技术体系。在此基础上,应朝着基于 BIM+GIS 的智慧管养平台方向建设,充分利用其优势实现更高效的管理与养护。标准化作业流程和动态化决策机制至关重要,它们是提升养护效能的核心,能确保养护工作的科学性和及时性。同时,智能检测装备与绿色修复材料的技术发展趋势值得关注。智能检测装备可提高检测的准确性和效率,绿色修复材料则符合环保要求,有利于可持续发展。这些方面相互关联、相互促进,共同为公路桥梁工程的管理与养护提供更完善的策略和方法,保障公路桥梁的安全与稳定,延长其使用寿命。

参考文献

- [1] 朱师专. 基于 ISM 的农村公路养护管理影响因素研究 [D]. 江西: 华东交通大学, 2022.
- [2] 张风德. 中日桥梁养护技术比较研究 [D]. 江苏: 南京工业大学, 2015.
- [3] 古传威. 高速公路养护管理发展关键点分析 [J]. 运输经理世界, 2022, (28): 122-124.
- [4] 崔凯. 高速公路养护管理发展研究关键点 [J]. 四川建材, 2021, 47(12): 67-68+77.
- [5] 林芝萍. NS 公路桥梁工程施工风险管理研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2022.
- [6] 田国威. 高速公路养护管理现状及发展方向 [J]. 运输经理世界, 2020, (07): 50-51.
- [7] 郭冰花. 高速公路养护管理现状及发展趋势 [J]. 城市建筑, 2019, 16(09): 175-176.
- [8] 曾斌. 高速公路养护管理现状及发展方向探索 [J]. 四川水泥, 2017, (09): 164.
- [9] 段星星. 我国高速公路养护管理现状及发展趋势探讨 [J]. 科技资讯, 2017, 15(17): 80-81.
- [10] 蒋飞鹏. 我国高速公路养护管理现状及发展趋势 [J]. 住宅与房地产, 2017, (15): 218+243.