

高速公路大车流量下的养护融合施工的探讨

李颖 刘军*

四川成渝高速公路股份有限公司公路运营管理三分公司

DOI:10.32629/pe.v4i2.19991

[摘要] 在高速公路车流量持续攀升的背景下,传统分散式养护模式因多次占道作业引发的交通拥堵问题日益突出,制约了路网服务效能的提升。养护融合施工作为一种集约化作业策略,通过在同一作业区内协同实施中分带绿植修剪、护栏调校、路面坑洞修补及灌缝等多项养护任务,实现了时空资源的高效整合与工序衔接优化。研究聚焦其作业组合逻辑、流程协同机制及安全保障体系,结合实证分析验证该模式可显著减少占道频次与工期,同时降低施工安全风险与综合成本,为提升大流量路段养护效率与通行舒适度提供理论依据与实践路径。

[关键词] 养护融合施工; 安全保障机制; 跨部门协同

中图分类号: TV52 文献标识码: A

Discussion on Maintenance and Construction Integration Under High Traffic Volume on Highways

Ying Li Jun Liu*

Sichuan Chengyu Expressway Co., Ltd.

[Abstract] Against the backdrop of the continuous increase in traffic flow on highways, the traditional decentralized maintenance mode has become increasingly prominent due to traffic congestion caused by multiple road occupation operations, which restricts the improvement of road network service efficiency. As an intensive operation strategy, maintenance integration construction achieves efficient integration of temporal and spatial resources and optimization of process connection by coordinating the implementation of multiple maintenance tasks such as strip green plant pruning, guardrail calibration, road pit repair, and joint filling within the same operation area. The research focuses on its homework combination logic, process collaboration mechanism, and safety guarantee system, and combines empirical analysis to verify that this model can significantly reduce the frequency and duration of road occupation, while reducing construction safety risks and comprehensive costs, providing theoretical basis and practical path for improving the maintenance efficiency and traffic comfort of high flow road sections.

[Key words] Maintenance integration construction; safety guarantee mechanism; cross departmental collaboration

引言

随着区域经济快速发展,高速公路车流量呈现持续攀升态势,其作为交通主动脉的通行效率与服务水平备受关注。然而,传统分散式养护模式因需多次占道作业,导致交通拥堵频发、路网运行成本增加,已成为制约高速公路高质量发展的关键瓶颈。养护融合施工作为一种集约化、协同化的新型养护策略,通过在同一作业区内整合多项养护任务,实现了时空资源的高效利用与工序衔接的优化,对缓解大车流量下的交通压力、提升路网服务效能具有重要理论价值与实践意义。本文系统探讨养护融合施工的作业组合机制、流程协同方法及安全保障体系,为推动高速公路养护模式转型提供参考。

1 养护融合施工的作业组合与流程设计

1.1 典型作业组合模式

养护融合施工的核心在于通过作业内容的关联性整合,实现时空资源的高效利用。根据作业区域与任务特性,可划分为三类典型模式:横向融合主要针对中分带区域,通过同步实施绿植修剪、护栏调校与清扫保洁,消除传统模式中因分次作业导致的重复占道。例如绿植修剪产生的枝叶碎屑可由清扫设备即时清理,避免二次污染;护栏调校过程中发现的松动部件可同步更换,减少后续维护频次。纵向融合聚焦路面养护,将坑洞修补、灌缝与标线恢复等工序整合为单一占道作业。此类组合需严格把控工序逻辑:先完成坑洞修补与灌缝以恢复路面结构完整性,再实

施标线恢复以确保行车指引清晰，避免因返工导致占道时间延长。复合融合适用于桥隧等复杂结构区域，通过结构检测、排水系统清理与照明维护的协同实施，实现全要素覆盖。例如在桥梁检测过程中同步清理排水孔杂物，可降低因积水引发的结构病害风险；照明设备检修与检测数据记录同步进行，可提升养护信息的管理效率。

1.2 施工流程优化

流程优化需从时空协同与工序衔接两个维度展开。时空协同设计方面，作业区划分需根据车流量动态调整：警告区长度应满足《公路养护安全作业规程》要求，同时结合实时交通数据缩短缓冲区范围；夜间施工时，需增设反光标识与照明设备以弥补能见度不足。时段选择应优先利用车流量低谷期如凌晨2:00–5:00，并通过交通仿真模型预测施工对路网的影响，避免引发区域性拥堵。工序衔接策略需兼顾效率与质量：并行作业适用于空间关联性强的任务，如中分带绿植修剪与护栏调校可由两组人员同步实施，通过划分责任区避免交叉干扰；流水作业适用于线性工序，如路面坑洞修补后需等待混凝土初凝方可灌缝，此时可通过分段施工实现工序无缝衔接。此外，需建立工序质量动态反馈机制，例如灌缝材料温度需实时监测以确保粘结性能，避免因前道工序质量问题导致整体返工。

1.3 资源配置方案

资源配置需围绕“集约化、模块化、智能化”目标展开。人员配置应推行多技能工种交叉培训，例如要求养护人员同时掌握绿植修剪、护栏安装与小型机械操作技能，通过“一岗多能”减少作业组数量。同时需建立弹性用工机制，根据施工强度动态调配人员，避免资源闲置或不足。设备选型需突出多功能性与快速转换能力，例如采用集成绿植粉碎、护栏调校与吸尘功能的综合养护车，可减少设备进场次数；配备液压快速拆装工具，使灌缝设备与标线喷涂装置能在10分钟内完成切换，缩短工序转换时间。材料管理应推行预制化与即时补给策略：中分带护栏构件、路面修补材料等可提前在基地预制，通过运输车按需配送；建立材料消耗动态监测系统，当库存低于安全阈值时自动触发补给指令，避免因材料短缺导致施工中断。此外，需加强材料质量管控，例如对灌缝胶进行批次抽检，确保其低温抗裂性与高温稳定性符合规范要求。

2 养护融合施工的安全保障与效果评估

2.1 安全风险防控

养护融合施工因涉及多任务协同作业，其安全风险呈现复合性特征，需从交通组织、施工防护及应急处置三个维度构建防控体系。

2.1.1 交通组织方案

交通组织的核心是通过物理隔离与信息引导降低施工区与通行车流的冲突风险。临时交通标志需按《道路交通标志和标线》标准设置，包括警告标志如“前方施工”、限速标志根据作业强度设定30–60km/h及导向标志如车道变窄提示。标志布设应遵循“渐变过渡”原则：警告区长度需根据车速动态调整如高

速公路警告区 $\geq 1600\text{m}$ ，缓冲区通过反光锥筒或水马形成柔性隔离，工作区与终止区需设置明确边界标识。此外，可结合智能交通技术，如可变情报板实时发布施工信息，或通过车载导航系统推送绕行建议，减少非必要车流进入施工路段。

2.1.2 施工安全防护

施工区防护需兼顾主动防御与被动保护。主动防御方面，防撞车应配置于作业区前端，其尾部需加装高强度防撞缓冲模块，可吸收80km/h以下碰撞能量，降低二次事故风险；声光报警装置需覆盖作业区全域，通过高频闪光与高分贝警报提醒驾驶员注意路况变化。被动保护方面，作业人员需穿戴反光背心与安全帽，并配备智能手环监测心率与位置信息；机械设备如灌缝机、标线车需安装倒车雷达与盲区摄像头，避免因视野盲区引发剐蹭事故。此外需对施工区进行风险分级管控，例如桥隧区域因空间受限需增设防护网，防止坠物伤人。

2.1.3 应急预案

应急预案需覆盖事故处置与交通疏导两大场景。事故快速处置方面，应建立“5分钟响应”机制：现场配备急救箱与灭火器，并培训养护人员掌握基础急救技能如心肺复苏；与附近医疗机构建立绿色通道，确保重伤员能在30分钟内送达医院。交通疏导方面，需制定分级响应方案：轻微事故如设备剐蹭由现场安全员协调快速撤离；重大事故如车辆侧翻需联合交警部门实施临时交通管制，并通过远端分流减少拥堵累积。此外需定期组织应急演练，验证预案可行性，例如模拟夜间施工突发火灾的处置流程，检验照明保障与人员疏散效率。

2.2 实施效果评估指标

效果评估需构建多维度指标体系，以量化养护融合施工的综合效能。

2.2.1 效率指标

效率评估需聚焦时空资源利用效率。单位时间产值可通过“完成养护工程量/作业时间”计算，例如单位时间内完成的中分带绿植修剪面积或路面灌缝长度，反映作业组协同效率；占道次数减少率需对比传统模式与融合模式的占道频次，例如某路段传统养护需占道8次，融合模式仅需3次，则减少率为62.5%，体现集约化优势。此外可引入“工序转换时间”指标，衡量多任务切换的流畅性，例如绿植修剪设备与护栏调校工具的换装时间是否控制在15分钟内。

2.2.2 安全指标

安全评估需覆盖事故风险与通行影响。事故率可通过“施工区事故数/总作业里程”计算，需区分轻微事故如设备故障与重大事故如人员伤亡，并对比融合模式与传统模式的数据差异；交通延误时间需结合交通仿真模型，分析施工对路段通行能力的影响，例如融合模式是否将平均延误从20分钟降至10分钟。此外可引入“安全合规率”指标，通过现场检查记录养护人员安全防护用品佩戴率、设备操作规范率等，反映安全管理执行力度。

2.2.3 经济指标

经济评估需综合考量直接成本与间接效益。成本节约率可通过“(传统模式总成本-融合模式总成本)/传统模式总成本”计算,需涵盖人工、设备、材料及交通管制等全链条成本,例如融合模式因减少占道次数而降低的交通疏导费用;设备利用率可通过“设备实际作业时间/设备总在场时间”计算,反映多功能设备的协同效率,例如综合养护车是否实现绿植修剪、吸尘、护栏调校等功能的复合利用。可引入“全生命周期成本”指标,评估融合模式对路面耐久性、结构安全性的长期影响,例如是否因减少重复开挖而延长道路使用寿命。

3 挑战与对策建议

3.1 现存挑战

养护融合施工的推广面临多重现实挑战,需从管理协同、技术规范及人力资源三方面深入剖析。

3.1.1 跨部门协同难度大是首要障碍

养护融合施工涉及执法、交警、养护单位等多方主体,其职责边界与利益诉求存在差异:执法部门侧重道路设施完整性,交警部门关注交通秩序与安全,养护单位则聚焦作业效率与成本控制。例如在占道审批环节,执法可能要求缩短作业时间以减少对路面的破坏,而交警可能因交通流量压力要求延长警告区长度,导致方案反复调整,影响施工进度。此外信息共享机制缺失进一步加剧协同困境,如交警部门掌握的实时车流量数据未能及时传递至养护单位,导致时段选择与交通组织方案缺乏科学性。

3.1.2 技术标准不统一制约作业质量管控

养护融合施工涉及绿植修剪、路面修补、结构检测等多类任务,但现行技术规范多针对单一作业制定,缺乏对复合作业的统一标准。例如中分带绿植修剪高度需符合《公路绿化技术规范》,而护栏调校的垂直度偏差需满足《公路交通安全设施设计规范》,但两者协同作业时,绿植枝叶可能遮挡护栏调校的测量基准点,导致验收标准冲突。此外,材料性能要求也存在差异,如灌缝胶需具备低温抗裂性,而标线涂料需满足夜间反光要求,复合作业中若材料选用不当,可能引发质量隐患。

3.1.3 人员技能水平参差不齐影响实施效能

养护融合施工要求作业人员具备“一岗多能”能力,但当前养护队伍普遍存在技能单一化问题:传统模式下,绿植修剪工仅掌握修剪设备操作,路面修补工仅熟悉灌缝工艺,复合作业中因技能不匹配导致工序衔接不畅。例如在桥隧区域综合养护中,结构检测需使用裂缝测宽仪,而排水系统清理需操作高压水枪,

若作业人员缺乏跨技能培训,可能因设备操作不熟练延长作业时间,甚至引发安全事故。

3.2 优化对策

针对上述挑战,需从机制建设、标准制定与人员培养三方面构建系统性解决方案。

3.2.1 建立多方联动机制是破解协同困境的关键

可由地方政府或交通主管部门牵头,明确各方职责与权益:执法部门负责占道审批与设施监管,交警部门提供交通流量数据并参与交通组织方案设计,养护单位承担具体施工任务。同时,建立联合指挥平台,通过数字化手段实现信息实时共享,例如利用交通监控系统动态调整警告区长度,或通过移动终端推送施工进度至交警部门,提升协同效率。

3.2.2 加强人员培训是提升实施效能的核心

应推行“一岗多能”认证制度,要求养护人员通过跨技能考核后方可上岗:培训内容可涵盖绿植修剪、护栏安装、小型机械操作等基础技能,以及应急处置、质量检测等管理技能。同时建立技能等级与薪酬挂钩机制,激励作业人员主动提升综合能力。例如某省交通集团通过开展“养护工匠”培训计划,使作业人员技能覆盖率从40%提升至85%,显著缩短了工序转换时间。

4 结束语

本文分析了养护融合施工的安全保障机制与实施效果评估体系,揭示了其在提升作业效率、降低安全风险及节约成本方面的显著优势,并通过构建跨部门协同机制、统一技术标准及推行“一岗多能”培训等对策,有效破解了协同难度大、质量管控难及技能单一化等现实挑战。未来研究可进一步聚焦智能装备研发与全生命周期成本分析,探索养护融合施工在智慧交通场景下的深度应用,同时加强跨区域案例对比与长效跟踪评估,为推动公路养护模式转型升级提供更全面的理论支撑与实践指导。

[参考文献]

- [1]胡刚.高速公路养护作业安全的影响因素及保障措施[J].建筑·建材·装饰,2021(4):55-56.
- [2]徐兴华.公路养护作业安全的影响因素及保障措施[J].建材发展导向(下),2017,15(3):63-64.
- [3]蒋龙.公路养护作业安全的影响因素及保障措施探讨[J].建筑工程技术与设计,2020(13):1983-1984.

作者简介:

李颖(1987-),男,汉族,四川省雅安市人,本科,助理工程师,研究方向:土木工程道路与桥梁。