

高速公路养护机械化与高效管理

张皓程

河南省公路工程局集团有限公司 河南 郑州 450052

摘要: 本文围绕高速公路养护机械化的核心价值与落地路径展开系统研究,梳理其在作业标准化、通行干扰控制、安全风险防控等维度的显著优势,明确路面日常养护、路基附属设施养护、专项养护三大核心应用场景的技术特征,深入剖析当前养护管理中设备配置失衡、运维体系粗放、人员能力适配性不足等现实问题,从设备全周期管理、精细化机制搭建、人员能力升级三个维度提出可落地的优化策略,可为国内高速公路养护机械化体系的提质升级提供专业参考,助力现代化公路养护体系的高效构建。

关键词: 高速公路; 养护机械化; 养护管理; 作业效率; 精细化运维

引言: 随着国内高速公路路网规模持续扩大,传统依赖人工的养护模式已无法适配高流量、高可靠性的通行要求,养护机械化作为现代化公路运维的核心支撑技术,其普及程度与应用水平直接决定路网的服役寿命与通行品质。当前国内多数路段的机械化养护仍停留在设备简单替代人工的初级阶段,尚未形成配套的精细化管理体系,无法充分发挥机械化作业的核心效能。本文结合高速公路养护全流程的作业特征与现存痛点,系统梳理养护机械化的应用逻辑与优化路径,为构建适配现代路网需求的高效养护体系提供实操层面的技术指引。

1 高速公路养护机械化的核心优势

养护机械化是依托专业养护机械设备替代传统人工操作,完成高速公路各类养护作业的现代化作业模式,相较于传统人工养护,在作业质量、作业效率、安全保障、成本管控等多个维度具备显著优势,是现代化高速公路养护工作的基础支撑。(1) 机械化作业能够实现养护工作的标准化、规范化。各类专业养护设备的作业参数、作业流程固定可控,可有效规避人工操作中存在的随意性、差异性问题,让路面修补、清扫、压实、切割等常规作业达到统一的质量标准,大幅降低养护作业瑕疵出现的概率,提升整体养护质量。(2) 机械化作业可大幅提升养护工作效率,各类大型、专用养护设备可一次性完成大范围、高强度的作业任务,短时间内完成路面清理、病害处置、设施维保等工作,有效缩短占道作业时长,最大限度减少养护工作对高速公路正常通行的干扰。(3) 养护机械化能够显著降低作业安全风险。高速公路车流量大、车速快,人工露天作业存在极高的安全隐患,而机械化作业可减少现场人工投入,多数设备可实现自动化、半自动化操作,工作人员可在相对安全

的区域完成设备操控与监管,有效规避现场作业的安全事故。此外,长期来看,机械化作业能够优化养护人力配置,减少重复性、高强度的人工劳动,降低人工成本消耗,同时通过精准作业减少材料浪费,实现养护资源的合理利用^[1]。

2 高速公路养护机械化的主要应用领域

2.1 路面日常养护机械化应用

路面日常养护是高速公路全生命周期运维中频次最高、覆盖范围最广的基础性作业场景,也是养护机械化应用落地最成熟的核心领域,直接决定路面通行品质与服役寿命。(1) 常规路面清扫作业依托干式清扫车、负压吸尘车、高压冲洗车组成的成套机械化作业编队,可一次性完成路面落叶、落石、遗撒泥沙、轮胎带起的油污等各类杂物的高效清理,针对隧道内壁、护栏底部等人工难以触及的隐蔽区域,还可通过搭载伸缩臂的专用冲洗设备完成深度清洁,彻底消除路面杂物引发的车辆打滑、轮胎爆胎等安全隐患,成套清扫设备作业效率是传统人工清扫的 15 倍以上,且可在低车流时段快速完成作业,大幅压缩占道时长。(2) 针对路面高频出现的细微裂缝、小型坑槽等早期病害,可采用路面开槽机、恒温灌缝机、小型沥青摊铺机、振动压实机组成的小型机械化作业单元开展精准处置,设备可根据病害的实际宽度、深度动态调整作业参数,精准控制开槽深度、灌缝胶注入量与沥青摊铺厚度,确保修补部位与原路面的粘接强度、平整度完全匹配,避免传统人工修补易出现的粘接不牢、早期脱落问题,有效延缓路面病害的扩散速度,大幅延长路面整体的大中修间隔周期^[2]。

2.2 路基与附属设施养护机械化应用

路基与附属设施是支撑高速公路长期稳定运行的结构性基础,涵盖路基本体、边坡防护、护栏标识、排水系统等多个关键模块,这类场景工况复杂、作业点位分散,机械化作业的全覆盖落地,是保障路网结构稳定、通行秩序规范的核心支撑。(1)路基养护作业中,通过精准控制的小型挖掘机、自动找平平地机、高频振动压路机组成的成套设备组,可高效完成路基不均匀沉降处治、边坡溜方修整、缺损部位土方回填等作业,依托设备自带的压实度实时检测模块,可将路基回填压实度精准控制在设计标准范围内,彻底规避传统人工夯实易出现的压实不均隐患,从根源上保障路基结构的长期稳定性。(2)边坡养护依托履带式绿篱修剪机、坡面清扫机器人开展作业,可在不占用主路通行空间的前提下,精准完成高陡边坡的植被修剪、落石与堆积杂物清理,避免植被过度生长遮挡交通标识、堵塞横向排水通道。配套的高压水射流清洗设备可高效清除护栏、防撞板、交通标识表面的顽固污渍与反光层老化附着物,小型随车吊装设备可快速完成破损护栏、标识标牌的更换维保,全流程作业效率较传统人工模式提升8倍以上,大幅降低高空、临边作业的安全风险。

2.3 专项养护机械化应用

路基与附属设施是支撑高速公路长期稳定运行的结构性基础,涵盖路基本体、边坡防护、护栏标识、排水系统等多个关键模块,这类场景工况复杂、作业点位分散,机械化作业的全面落地,是保障路网结构稳定、通行秩序规范的核心支撑。(1)路基养护作业中,通过精准调控的小型挖掘机、自动找平平地机、高频振动压路机组成的成套设备组,可高效完成路基不均匀沉降处治、边坡溜方修整、缺损部位土方回填等作业,依托设备搭载的实时状态检测模块,可将路基回填压实度精准控制在设计标准范围内,规避传统人工夯实易出现的压实不均隐患,从根源上保障路基结构的长期稳定性。(2)边坡养护依托履带式绿篱修剪机、坡面清扫专用设备开展作业,可在不占用主路通行空间的前提下,精准完成高陡边坡的植被修剪、落石与堆积杂物清理,避免植被过度生长遮挡交通标识、堵塞横向排水通道。配套的高压水射流清洗设备可高效清除护栏、防撞板、交通标识表面的顽固污渍与反光层老化附着物,小型随车吊装设备可快速完成破损护栏、标识标牌的更换维保,全流程作业衔接顺畅,大幅降低高空、临边作业的安全风险,全面提升附属设施养护的规范性与整体效率。

3 高速公路养护管理核心内容与现存问题

3.1 养护管理的核心内容

高速公路高效养护管理以统筹养护资源、规范作业流程、保障养护质量、控制作业风险为核心目标,涵盖设备管理、人员管理、作业流程管理、养护质量管控、资源调配管理等多个核心模块。设备管理主要针对各类养护机械设备的采购、调配、使用、维保、存放进行全周期管控,保障设备完好率与使用率;人员管理聚焦养护作业人员、设备操作人员的技能管控、岗位分工、安全管理,提升团队专业素养;作业流程管理是对日常养护、专项养护、应急养护的作业步骤、作业标准、作业时序进行规范,确保养护工作有序推进;质量与安全管理贯穿养护作业全程,对作业成果、现场安全、通行保障进行全面管控,确保养护工作达标、作业安全可控^[3]。

3.2 机械设备管理存在的问题

现阶段部分高速公路养护工作中,机械设备管理存在精细化不足的问题,制约了机械化养护价值的充分发挥。一方面,设备配置缺乏科学性,存在设备种类配比失衡、新旧设备混用、专用设备配备不足的情况,部分精细化养护作业仍需人工辅助,机械化作业覆盖率不足。另一方面,设备运维体系不完善,缺乏常态化的设备检修、保养、维护机制,设备长期高强度作业后易出现零部件老化、性能下降等问题,故障发生率较高,不仅影响养护作业进度,还会降低作业精度。同时,设备调配不合理,存在区域设备闲置、紧缺区域设备不足的资源浪费问题,设备整体利用率偏低。

3.3 养护运维管理存在的问题

在整体养护管理层面,普遍存在管理模式粗放、协同性不足、标准化程度欠缺的问题。首先,养护作业分工不够细化,岗位权责划分模糊,日常养护、病害处置、设备运维等工作衔接不畅,易出现工作重叠、责任空缺的情况,影响养护效率。其次,人员专业水平参差不齐,部分设备操作人员缺乏系统的专业培训,对新型养护设备的操作规范、参数调整、故障处理掌握不足,无法充分发挥机械设备的作业性能,导致机械化作业质量达不到预期。此外,养护质量管控机制不完善,缺乏全过程的作业监督、成果验收机制,部分养护作业存在重进度、轻质量的问题,养护成果的耐久性不足^[4]。

4 高速公路养护机械化与高效管理优化策略

4.1 优化机械设备配置与运维体系

优化机械设备配置与运维体系,是支撑高速公路养护机械化高效落地的核心基础,直接决定全链条养护作业的适配性与运行可靠性。需结合所辖路段的路况

特征、地形条件与养护作业实际需求,梳理各类养护场景对应的设备适配方案,针对日常常态化养护、季节性专项养护、突发路况应急养护三类核心场景,合理配比通用基础设备与场景专属专用设备、规模化作业设备与边角精细化设备,补齐高陡边坡、长大隧道等特殊工况的养护设备短板,消除机械化作业的覆盖盲区,实现全路段全场景养护作业的机械化适配。同步搭建覆盖设备全生命周期的闭环管理体系,建立标准化动态电子设备台账,完整记录设备溯源信息、运行状态、历次检修记录、故障处置详情等全维度数据。制定分级分类的设备维保制度,要求作业前后完成核心部件的基础排查与及时维护,按周期开展整机深度保养,及时更换性能衰减的老化零部件。同时搭建跨工区的设备动态调度机制,统筹区域内分散的养护设备资源,实现闲置设备共享、应急资源快速调配,有效提升设备整体利用效率。

4.2 完善精细化养护管理机制

完善精细化养护管理机制,是高速公路机械化养护落地见效的核心制度保障,可从流程层面消除作业随意性,实现全链条养护质量的稳定可控。需全面推行精细化、标准化的养护管理模式,细化各岗位、各作业环节的权责划分,明确日常巡检、病害处置、设备运维、质量验收等全流程各岗位的工作内容与责任边界,打通不同环节间的衔接壁垒,构建权责清晰的养护闭环管理体系。统一全品类机械化养护作业标准,针对不同设备类型、不同养护项目制定专属标准化作业流程,明确操作规范、工艺要求与验收基准,让所有机械化作业均有明确依据,彻底规避人工操作差异带来的质量波动。同步建立覆盖全流程的养护监督与验收机制,对作业前期准备、现场规范操作、后期成果核验进行全链条管控,对不达标的作业内容及时督促整改,全面保障机械化养护工作的规范性与落地实效。

4.3 强化人员专业能力建设

强化人员专业能力建设,是保障机械化养护与高效管理体系真正落地的核心底层支撑,直接决定专业设备的效能释放与管理机制的执行质量。

需建立分层分类的常态化技能培训与岗位考核体系,针对一线设备操作人员,开展全品类养护设备的专项实操培训,覆盖设备规范操作技巧、作业参数动态调节、日常保养及常见故障快速排查等核心技能,重点强化新型智能化养护设备的适配操作能力,确保操作人员精准把控设备性能边界,最大化释放机械设备的作业优势。针对养护管理人员,开展精细化运维管理、作业流程全链路管控、养护成果质量核验、跨区域资源统筹调配等专项培训,全面提升管理人员的统筹协调与精细化管控能力。同步建立常态化岗位考核机制,将作业质量达标率、设备完好率、现场安全管控成效纳入考核指标,倒逼全岗位人员持续提升专业素养,打造专业化、规范化的养护运维团队^[5]。

结束语

高速公路养护机械化的落地升级绝非单一设备的简单叠加,而是技术装备、管理机制、人员能力三者深度协同的系统性工程。在智慧路网建设的大背景下,持续推动养护机械化向标准化、精细化方向迭代,既能从源头上压缩占道作业时长、降低现场安全风险,也能在全生命周期维度大幅提升养护质量和稳定性,延长路网整体服役寿命,最终实现高速公路养护从“被动抢修”向“主动健康管理”的核心转型,为公众提供更安全、更顺畅的高品质通行环境。

参考文献

- [1] 杨民. 高速公路养护工程设计与管理的集成: 面向性能的维护策略 [J]. 时代汽车, 2026, (10): 169-171.
- [2] 龙亮, 湛良传, 陈炼, 等. 高速公路智能化养护与装备探索 [J]. 建筑机械, 2026, (5): 12-15.
- [3] 许昕宜. 高速公路运营管理中的安全隐患排查与治理 [J]. 低碳世界, 2026, 16(5): 143-145.
- [4] 万鹏恺. 浅析高速公路沥青路面机械化养护技术 [J]. 中文科技期刊数据库 (文摘版) 工程技术, 2024, (6): 034-037.
- [5] 杨明立. 高速公路机械化养护的策略分析 [J]. 中文科技期刊数据库 (全文版) 工程技术, 2024, (12): 186-189.