

# 高速公路养护施工安全管理方法研究

王建军

山东省高速养护集团有限公司 山东 济南 250000

**摘要:** 随着高速公路通车里程的持续增长,养护施工安全管理工作愈发关键。本文深入剖析高速公路养护施工在人员、设备、环境和管理层面存在的安全风险及成因,梳理国内现行管理模式并指出其精细化管控不足、信息化应用滞后等问题。进而构建涵盖全流程安全框架、关键技术应用、协同管理机制及标准化建设的管理方法体系。经实证研究验证,该体系能显著降低事故率、提升施工效率,增强社会满意度。

**关键词:** 高速公路; 养护施工; 安全管理方法

引言: 高速公路作为国家交通大动脉,其安全畅通至关重要。随着使用年限增长,高速公路病害频发,养护施工需求日益增多。然而,养护施工区域与动态交通流相互交织,使得施工安全风险剧增,人员伤亡、设备损坏等事故时有发生。传统管理模式在应对复杂施工场景时,逐渐暴露出管控粗放、响应滞后等弊端。因此,深入探究高速公路养护施工安全管理方法,构建科学有效的管理体系,成为保障施工安全、提升通行效率的迫切需求。

## 1 高速公路养护施工安全风险分析

### 1.1 养护施工安全风险分类

(1) 人员风险: 部分作业人员存在操作不规范问题,如未按流程设置安全警示标志、违规横穿车流;安全意识不足现象普遍,作业时不穿戴反光背心、擅自离岗,增加自身及他人安全隐患。(2) 设备风险: 养护机械长期高负荷运转易出现故障,如压路机刹车失灵、铣刨机刀片断裂;部分操作人员违规操作设备,如无证驾驶、超范围使用机械,引发设备损坏或安全事故。(3) 环境风险: 暴雨、大雾等恶劣天气降低能见度,影响作业视线与机械操控;夜间作业照明不足,易导致人员误操作;交通流量大时,车辆加塞、减速不及时,易与施工区域发生碰撞。(4) 管理风险: 现场监管缺失,管理人员未定期巡查施工区域;应急预案不完善,面对突发事件如车辆闯入施工区,无法快速有效处置,扩大事故影响<sup>[1]</sup>。

### 1.2 风险成因分析

(1) 动态交通与静态施工的冲突: 高速公路车流持续流动,施工区域固定,车辆驾驶员难以及时察觉施工区域,易引发交通事故。(2) 多工种协同作业的复杂性: 养护施工涉及机械操作、交通引导、路面修补等多工种,各工种间沟通不畅、配合不当,易出现操作失误。(3) 安全管理制度执行不到位: 虽制定安全管理制度,但未

严格落实,如未定期开展安全培训、未对违规行为严肃处理,导致制度流于形式。

### 1.3 典型事故案例分析

(1) 2023年某高速养护事故: 施工人员未设置临时警示标志,一辆轿车闯入施工区,造成1名施工人员重伤。直接原因是人员操作不规范,未按要求设置警示;间接原因是现场监管缺失,管理人员未及时检查安全措施落实情况。(2) 2024年某高速夜间养护事故: 夜间作业照明设备故障,铣刨机操作人员误判路面高度,导致机械侧翻,砸坏过往车辆。直接原因是设备故障、夜间照明不足;间接原因是应急预案不完善,未提前准备备用照明设备,事故发生后处置缓慢。

## 2 高速公路养护施工安全管理现状与问题

### 2.1 国内现行管理模式

(1) 分时段养护: 结合交通流量规律实施差异化作业,如在夜间22:00至次日6:00车流量较少时段开展路面铣刨、摊铺等大型作业;同步采取交通管制措施,通过设置临时限速标志、引导车辆单幅双向通行、启用移动护栏隔离施工区域等方式,减少施工对正常交通的干扰。(2) 安全防护设施配置: 严格按照规范配备安全防护设施,在施工区域起点500米处设置前方施工警示标志,200米处设置减速让行标志,100米处设置道路变窄标志;施工区域内使用反光锥、水马、隔离墩形成物理隔离带,同时配备应急照明车、爆闪警示灯,确保夜间及恶劣天气下作业区域可见性。(3) 人员培训与考核机制: 建立常态化培训体系,新入职人员需完成不少于40学时的安全理论培训,内容涵盖操作规程、风险识别、应急处置等;定期组织实操考核,考核合格后方可上岗作业,且每季度开展1次复训,强化作业人员安全意识与操作技能,同时将培训考核结果与岗位绩效挂钩,倒逼人员重视安全培训。

## 2.2 现有管理存在的问题

(1) 安全管控精细化不足: 部分施工区域划分模糊, 未根据作业类型(如桥梁养护、隧道维修)细化防护范围, 存在防护区域过大导致交通资源浪费, 或防护区域过小引发安全隐患的情况; 对作业人员动态管控不到位, 难以实时掌握人员在施工区域内的位置, 增加人员误闯危险区域的风险。(2) 信息化技术应用滞后: 多数地区仍依赖人工巡查管控, 缺乏实时监测与预警系统, 无法及时获取施工区域内交通流量变化、设备运行状态、天气突变等信息; 未推广应用智能穿戴设备(如定位手环、智能安全帽), 难以对人员违规操作、设备故障等情况进行自动预警, 导致风险处置存在滞后性<sup>[2]</sup>。(3) 应急响应机制不完善: 应急预案针对性不足, 未结合不同事故类型(如车辆闯入、机械故障、人员受伤)制定专项处置流程; 应急物资储备分散, 部分施工点未按标准配备急救箱、破拆工具、备用照明设备等, 且未定期开展应急演练, 导致事故发生时, 救援人员操作不熟练、物资调配不及时, 延长事故处置时间。(4) 跨部门协同效率低: 养护施工涉及交通、养护、路政、交警等多个部门, 各部门间信息共享不及时, 如交通部门未及时将交通管制信息同步给养护单位, 导致施工计划与交通疏导衔接不畅; 协同处置机制不健全, 事故发生时, 各部门职责划分不清晰, 易出现推诿扯皮现象, 影响应急处置效率。

## 3 高速公路养护施工安全管理方法体系构建

### 3.1 全流程安全管理框架

(1) 施工前: 风险评估与预案制定: 引入BIM技术搭建三维施工模型, 模拟不同作业场景下的交通流变化、施工区域布局及潜在风险点, 如桥梁养护中支座更换的高空作业风险、隧道维修的通风安全隐患等; 结合模拟结果开展风险评估, 划分高、中、低风险等级, 针对高风险环节制定专项应急预案, 明确应急组织架构、处置流程及物资调配方案, 同时组织施工人员进行预案交底, 确保关键岗位人员熟悉应急响应步骤。(2) 施工中: 动态监控与实时调整: 在施工区域布设物联网传感器, 实时采集交通流量、路面温度、设备运行参数(如压路机振动频率、铣刨机转速)等数据, 通过云端平台整合分析, 当检测到交通流量突增、设备参数异常时, 自动推送预警信息至现场管理人员; 利用无人机开展高频次巡查, 重点检查安全防护设施完整性、人员是否违规操作, 发现问题立即通过移动端反馈, 及时调整施工方案, 如临时缩减作业区域、增派交通引导人员, 保障施工与交通通行安全。(3) 施工后: 效果评估与经验反馈: 借助大数据分析工具, 对施工过程中的安全指标(如违规操

作次数、预警处置效率、事故发生率)进行统计, 对比行业标准与前期目标, 评估安全管理效果; 梳理施工中的典型案例, 如成功处置的车辆闯入事件、设备故障应急处理案例等, 提炼可复制的经验, 同时分析管理漏洞, 形成《安全管理改进报告》, 用于优化后续养护施工的流程设计与风险管控措施<sup>[3]</sup>。

### 3.2 关键技术应用

(1) 智能交通管控技术: 在施工路段上下游布设可变情报板, 实时显示“前方施工、限速60km/h”“车道缩减、请提前并道”等动态信息, 引导车辆有序通行; 推广使用智能锥桶, 内置GPS定位与声光报警功能, 当锥桶被车辆碰撞或移位时, 立即触发声光警示并向管理人员发送位置信息, 同时联动周边监控设备抓拍违规车辆, 有效避免因锥桶移位导致的防护失效问题。(2) 人员定位与行为监测系统: 为施工人员配备内置RFID芯片的智能安全帽, 在施工区域设置定位基站, 实时追踪人员位置, 当人员靠近高风险区域(如机械作业半径内、临边路段)时, 安全帽自动发出语音提醒; 利用AI视频分析技术对施工区域监控画面进行实时识别, 检测人员未穿戴反光背心、擅自离岗等违规行为, 识别准确率达95%以上, 发现违规后立即推送预警至管理平台, 便于及时制止纠正<sup>[4]</sup>。(3) 机械安全联锁装置: 在养护机械上安装防误操作联锁装置, 如压路机需确认操作人员系好安全带、作业区域无人员时才能启动; 铣刨机设置刀片转速与行进速度联动控制功能, 当转速异常时自动降低行进速度并报警; 同时为机械配备故障诊断系统, 实时监测发动机、液压系统等关键部件状态, 提前预判故障风险, 如发现液压油泄漏隐患时, 立即停机并提示维修, 减少因设备故障引发的安全事故。

### 3.3 协同管理机制

(1) 政府-企业-第三方协同监管模式: 政府交通主管部门负责制定养护施工安全监管细则, 定期开展合规性检查; 养护施工企业落实安全生产主体责任, 建立内部安全管理体系, 及时上报施工进度与安全状况; 引入第三方专业机构, 对施工安全管理进行独立评估, 重点检查安全制度执行、技术应用效果等, 形成“政府监管、企业自管、第三方督管”的三重监管格局, 避免监管盲区<sup>[5]</sup>。(2) 多部门联动应急响应流程: 建立交通、养护、路政、交警、医疗等部门的联动机制, 明确各部门在事故应急中的职责, 如交警负责现场交通疏导与事故调查, 路政部门协助设置临时防护设施, 医疗单位提供紧急救援; 制定联动响应流程, 当发生事故时, 养护单位第一时间通过统一应急平台上报信息, 平台自动通知相关部

门启动响应,实现“信息共享、快速联动、高效处置”,如2024年某高速养护事故中,通过该机制实现15分钟内医疗人员到场、30分钟内恢复半幅通行。

### 3.4 标准化与制度化建设

(1) 制定养护施工安全操作规程:以《公路养护安全作业规程》为核心依据,结合不同养护作业类型(如路面修补、桥梁加固、隧道维护)制定专项安全操作规程,明确作业流程、安全防护要求、设备操作规范等细节,如路面铣刨作业需按“布设警示标志→隔离作业区域→启动设备→分层铣刨”的流程操作,同时标注禁止事项,如严禁在未隔离区域启动大型机械、严禁夜间无照明作业等,确保操作规程具有针对性与可操作性。(2) 建立安全信用评价体系:对养护施工单位开展动态安全信用评分,评价指标包括安全培训覆盖率、违规操作整改率、事故发生率、技术应用合规性等,采用百分制按月评分;根据评分结果划分信用等级(A、B、C、D四级),对A级单位在项目招标中给予优先推荐,对C、D级单位采取约谈、限期整改、暂停投标资格等惩戒措施,通过信用约束倒逼施工单位重视安全管理,提升整体养护施工安全水平。

## 4 实证研究—以高速公路养护项目为例

### 4.1 项目概况与安全管理需求

项目背景:2024年某省G3011高速K120-K150段养护项目,该路段运营超8年,路面出现裂缝、车辙等病害,需开展铣刨重铺、病害修补作业。施工范围:涉及30公里双向四车道,包含5座桥梁、2处隧道养护。交通流量特征:日均车流量1.2万辆,高峰时段(7:00-9:00、17:00-19:00)车流量占比40%,以货车、私家车为主,夜间车流量虽降至3000辆,但大型货车占比提升至60%,安全管控难度大,需重点防范车辆闯入、机械碰撞风险。

### 4.2 安全管理方法应用实践

(1) 风险评估工具应用:采用LEC法对作业环节打分,如桥梁支座更换作业(L=3、E=6、C=40),风险值180,判定为高风险,针对性增设防护网、配备专职安

全员。(2) 智能监控系统部署效果:布设12套物联网交通传感器、8台AI监控摄像头,实时监测车流与人员操作,累计预警车流突增15次、人员违规靠近机械32次,均及时处置。(3) 应急演练与处置案例:项目开展2次车辆闯入应急演练,事故响应时间从18分钟缩短至8分钟;实战中处置1起货车刚蹭隔离墩事件,按预案快速疏导车流,未造成拥堵。

### 4.3 实施效果分析

(1) 事故率对比:实施前该路段同类养护年均发生3起安全事故,本项目全程零事故,事故率下降100%。(2) 施工效率与成本变化:智能监控减少人工巡查成本30%,分时段施工避开高峰,作业效率提升25%,提前5天完工。(3) 社会满意度调查:通过线上问卷收集1200条反馈,89%车主认可交通引导清晰,78%认为施工对通行影响小,满意度较往期项目提升22%。

### 结束语

高速公路养护施工安全管理是一项复杂且长期的系统工程。本研究通过系统剖析安全风险、梳理现存问题,构建了涵盖全流程、多技术、强协同的管理方法体系。实证研究表明,该体系能有效降低事故发生率,提升施工效率与社会满意度。未来,随着新技术不断涌现,需持续优化管理方法,强化创新应用,以适应日益复杂的养护施工场景,为高速公路安全畅通提供坚实保障。

### 参考文献

- [1]陈斯文.高速公路养护施工安全管理[J].交通科技与管理,2021,(23):178-179.
- [2]郑海军.高速公路养护施工安全管理方法研究[J].运输经理世界,2020,(11):148-149.
- [3]杨鹏,赵发燕.高速公路养护施工的安全管理方法研究[J].黑龙江交通科技,2020,43(11):132-133.
- [4]张健.高速公路养护施工安全管理要点探究[J].大众标准化,2020,2(05):91-95.
- [5]周伟.高速公路养护施工安全管理问题探究[J].黑龙江交通科技,2020,43(08):201-206.