

高速公路改扩建期间养护与施工交织段安全管理对策研究

邵亚宗¹ 毛伟华²

1. 河南省中工设计研究院集团股份有限公司 河南 郑州 450000

2. 焦作市新时代高速公路有限公司 河南 焦作 454000

摘要:随着我国经济社会的快速发展和交通需求的持续增长,早期建设的高速公路已难以满足当前通行能力和服务水平要求,大规模的改扩建工程成为提升路网效能的重要手段。然而,在改扩建过程中,既有道路仍需维持正常运营,导致养护作业与施工作业在同一空间、同一时间段内高度交织,形成复杂的“养护—施工交织段”。该区域安全风险显著升高,交通事故频发,严重威胁司乘人员、作业人员及设备安全。本文在系统分析高速公路改扩建期间养护与施工交织段典型特征与安全风险的基础上,深入剖析现有安全管理中存在的问题,并从组织管理、技术保障、智能监控、应急响应及协同机制等维度,提出一套系统化、可操作的安全管理对策体系。研究成果可为类似工程提供理论支撑与实践指导,助力实现“保通保畅、安全高效”的改扩建目标。

关键词:高速公路;改扩建;养护作业;施工作业;交织段;安全管理

引言

截至2024年底,我国高速公路总里程突破18万公里居世界首位,但大量早期建设的高速公路因设计等问题逐渐成为区域交通瓶颈。为提升通行能力等,对既有高速公路实施改扩建成为国家“十四五”综合交通运输发展规划重点任务之一。改扩建工程多采用“边通车、边施工”模式,在此背景下,既有道路日常养护(如路面修补等)与改扩建施工(如路基拓宽等)在同一路段、时间窗口交叉进行,形成“养护—施工交织段”。交织段作业类型多元、空间布局紧凑等特点,易引发多重安全风险叠加效应,施工压缩通行断面、养护作业的突发性等加剧交通流不稳定,近年来多起重大的事故发生在改扩建交织段,暴露出安全管理短板。因此,科学识别交织段安全风险等,构建有效安全管理对策体系,成为保障工程实施与公众出行安全的关键。

1 养护与施工交织段的特征与安全风险分析

1.1 交织段的典型特征

高速公路改扩建期间的养护与施工交织段呈现出高度复杂的空间与时间耦合特性。首先,在空间上,养护作业与施工作业常常共用或相邻使用同一行车道甚至硬路肩,作业区边界模糊,安全缓冲距离被严重压缩,导致车辆通行空间受限,驾驶员操作容错率大幅降低。其次,在时间维度上,改扩建施工通常按照长期计划推进,而日常养护则包含大量计划外、短周期甚至应急性的任务,二者在时间安排上缺乏有效协调,容易造成作业冲突或资源挤占。此外,交织段的交通组织极为复杂,频繁的车道变换、限速调整、临时封闭等措施显著

增加了驾驶认知负荷,易诱发误判或操作失误。与此同时,参与交织段管理的主体众多,包括建设单位、多个施工单位、养护单位、监理方以及交警、路政等监管机构,各方职责交叉、信息传递链条长,协调成本高。最后,交织段环境干扰强烈,大型施工机械产生的噪声、振动与扬尘,与养护作业所使用的照明、警示设备相互叠加,不仅影响作业人员的感知判断,也对过往车辆的行驶安全构成潜在威胁。

1.2 主要安全风险类型

在上述复杂特征的综合作用下,交织段面临多重安全风险。其中,交通冲突风险最为突出。由于作业区布设不规范或引导标识不清,加之驾驶员注意力分散,车辆误入施工或养护区域的事件时有发生;同时,频繁的车道变换导致变道冲突频发,追尾、刮擦等事故概率显著上升。视距受限亦是重要诱因,施工围挡、大型机械设备或临时堆放的材料常遮挡驾驶员视线,使其无法提前预判前方路况变化。对于作业人员而言,安全风险同样严峻。在开放交通环境下作业,若缺乏有效的物理隔离措施,极易被失控或误入车辆撞击;多台机械设备在狭小空间内协同作业,也增加了碰撞、碾压等机械伤害的可能性;而在桥梁拼接、机电安装等高空或带电作业中,若防护不到位,则可能发生高处坠落或触电事故。此外,施工材料或设备若随意堆放,侵占行车道或应急车道,不仅阻碍正常通行,更可能在紧急情况下阻断救援通道。设备与临时设施本身也存在安全隐患,例如围挡稳固性不足、警示灯具失效等,均可能在恶劣天气或车辆冲击下失效,进而引发次生事故^[1]。最后,应急管理

能力薄弱进一步放大了风险。交织段空间受限，一旦发生事故，救援车辆难以快速抵达；而多单位间缺乏高效的应急联动机制，信息传递滞后，往往延误最佳处置时机，导致事故后果扩大。

2 当前安全管理存在的主要问题

尽管各方高度重视交织段安全，但在实践中仍存在诸多深层次问题。首先，组织协调机制普遍不健全。多数项目未设立统一的交织段安全管理指挥机构，导致建设、施工、养护、交警等单位各自为政，信息壁垒严重，难以形成管理合力。养护计划与施工计划往往独立编制，缺乏统筹协调，临时性养护作业的审批流程冗长且缺乏灵活性，难以适应交织段动态变化的实际需求。其次，安全防护标准存在不统一现象。现行《公路养护安全作业规程》（JTGH30）与《公路工程施工安全技术规范》（JTGF90）在作业区布控长度、警示等级、隔离措施等方面要求不尽相同，现场执行时常出现标准冲突或选择性执行，造成管理混乱。部分小型养护单位安全投入不足，防护装备简陋，人员安全培训流于形式，安全意识淡薄。第三，动态监控手段明显滞后。目前仍主要依赖人工巡查，难以实现对交织段全时段、全覆盖的实时监控。视频监控普遍存在覆盖盲区，且缺乏智能分析功能，无法自动识别入侵、异常停车等高风险行为。同时，尚未建立基于BIM与GIS融合的数字化管理平台，作业状态无法可视化，决策支持能力弱。第四，应急预案的针对性和可操作性不足。许多预案直接套用通用模板，未充分考虑交织段“多作业、窄空间、高流量”的独特风险特征，导致在真实事故中难以有效指导行动。应急演练也多流于形式，缺乏实战检验，各参与方协同配合能力不足。最后，对驾驶员的行为引导严重不足。导航软件、可变情报板等信息发布渠道未能与现场作业计划有效联动，无法及时向公众推送交织段路况及绕行建议。部分路段的警示标识设置不规范，反光性能差或位置不合理，尤其在夜间或恶劣天气条件下可视性极低，难以起到有效预警作用。

3 高速公路改扩建期间交织段安全管理对策体系构建

基于前述分析，本文提出“五维一体”安全管理对策体系，涵盖组织、制度、技术、应急与协同五个维度，旨在系统性破解交织段安全管理难题。

3.1 强化组织保障，建立一体化指挥机制

为打破多头管理、信息孤岛的困局，必须首先强化组织保障。建议由项目建设单位牵头，联合施工单位、养护单位、监理单位、高速交警、路政执法及运营单位，共同成立“交织段安全管理联合指挥部”。该指

挥部应实行实体化运作，集中办公，明确各方职责边界与协作流程，确保指令统一、响应迅速^[2]。在此基础上，全面推行“作业计划日清日结”制度，要求所有养护与施工活动必须提前24小时向指挥部提交详细作业方案，包括作业时间、精确位置、作业范围、拟采取的安全防护措施及负责人信息等，未经联合审批不得擅自进场作业。同时，在每个高风险交织段配置1至2名专职安全协调员，该人员需同时熟悉养护与施工相关安全规范，具备较强的现场沟通与应急处置能力，负责日常巡查、协调各单位作业衔接，并对违规行为进行即时纠正。

3.2 推进标准融合，统一安全作业规范

标准的不统一是现场管理混乱的根源。因此，亟需在国家现行规范基础上，制定专门适用于改扩建交织段的《安全作业专项指南》。该指南应明确交织段特有的、更为严格的安全要求，例如规定最小上游缓冲区长度不得少于150米，强制要求在作业区与开放车道之间设置刚性物理隔离（如混凝土护栏或经认证的移动式防撞桶），并对夜间或低能见度条件下的作业提出更高标准，如必须配备主动发光标志与高频率闪烁的警示灯具。为确保人员素质达标，应实施作业人员“双准入”制度，即所有进入交织段的人员，无论来自施工还是养护单位，都必须通过涵盖双方安全知识的综合培训与考核，持双证方可上岗。此外，还应建立一套科学的安全信用评价体系，对各参建单位的安全绩效进行月度量化评分，并将评分结果与工程款支付、合同续签等直接挂钩，以此形成有效的激励与约束机制。

3.3 应用智能技术，提升动态监控能力

科技是提升安全管理效能的关键驱动力。应着力构建“空天地”一体化的智能监控网络。在地面层面，部署高清球型摄像机与毫米波雷达，实现对车流量、车速、车型及异常事件的全天候、全气候精准感知；在空中层面，利用无人机进行定期或按需巡航，通过AI算法自动识别作业区标志缺失、违规堆放、人员未佩戴安全装备等隐患；在天基层面，积极与主流导航服务商（如高德、百度）合作，接入其API接口，实时获取用户端反馈的路况异常信息，形成闭环管理。更进一步，应构建基于BIM（建筑信息模型）与IoT（物联网）技术的数字孪生平台，将施工进度模型与养护地理信息系统（GIS）数据深度融合，动态、直观地展示交织段内所有作业单元的实时状态、位置及责任人，为远程调度、风险预警和决策支持提供强大工具^[3]。同时，大力推广智能穿戴设备与智能工程机械，如为作业人员配备带有电子围栏功能的定位手环，一旦其进入高危区域即自动报警；为

大型施工机械加装集超声波与AI视觉于一体的防碰撞系统,有效预防机械伤害事故。

3.4 优化应急预案,强化应急处置能力

应急预案的生命力在于其针对性与可操作性。针对交织段特点,应制定分级分类的精细化应急预案。预案应明确界定不同级别事件(如重大伤亡事故、局部严重拥堵、设备故障等)的启动条件、响应流程、责任主体及资源调配方案。为确保救援通道畅通,应在交织段沿线每5公里左右合理设置一个应急物资储备点,形成“15分钟应急圈”,确保拖车、灭火器、急救包等关键物资能够快速调用。更重要的是,应急演练必须摒弃“走过场”的形式主义,定期组织无脚本、多单位参与的实战化联合演练,重点检验信息传递的时效性、应急通道的保障能力、伤员转运的效率以及跨部门协同的默契度,通过不断复盘总结,持续优化应急响应流程。

3.5 加强多方协同,构建共治共享格局

安全管理绝非一家之事,必须构建政府、企业、公众共同参与的共治共享格局。首要任务是建立一个高效的信息共享平台,例如开发专用的“交织段安全APP”,向所有参建单位实时推送经审批的作业计划、临时交通管制信息、恶劣天气预警等关键数据,确保各方信息对称。其次,必须强化对社会公众的出行引导。应深化与高德、百度等导航平台的合作,将交织段的详细施工信息、推荐绕行路线等精准嵌入导航语音提示中;同时,充分利用ETC门架系统的车辆轨迹数据,对即将驶入高风险交织段的车辆,通过车载终端或手机APP推送定制化的安全提醒^[4]。最后,可引入独立的第三方专业安全评估机构,每季度对交织段的安全管理体系进行一次全面审计,从客观、专业的角度出具诊断报告与改进建议,为项目持续改进提供外部智力支持。

4 实施保障与政策建议

为确保上述对策体系能够真正落地见效,必须配套强有力的实施保障措施。在资金层面,应在改扩建工程的总体概算中单独列支“交织段安全管理专项经费”,

并明确规定其比例不低于建安工程费的1.5%,以保障智能设备采购、硬质隔离设施投入、人员培训等必要支出。在法规层面,建议国家交通运输主管部门适时修订《公路养护工程管理办法》,增设“改扩建期间养护作业特别规定”专章,为交织段安全管理提供上位法依据。在创新激励层面,应对积极应用智能监控、移动硬隔离等新技术、新工艺的单位,在信用评价、评优评先等方面给予政策倾斜或直接的资金补贴,激发市场创新活力。在人才支撑层面,应在交通类高等院校的相关专业中,增设“交通工程安全管理”或“智慧工地安全”等培养方向,系统性地培养既懂工程技术又精通安全管理的复合型人才,为行业长远发展奠定基础。

5 结语

高速公路改扩建期间的养护与施工交织段是安全管理的“高危地带”,其风险具有系统性、动态性与耦合性特征。本文通过深入剖析交织段的运行特征与安全短板,构建了以“组织一体化、标准统一化、监控智能化、应急精准化、协同社会化”为核心的“五维一体”安全管理对策体系。该体系强调源头治理、过程管控与科技赋能相结合,不仅可有效降低交织段事故率,也为未来大规模基础设施更新改造提供了可复制、可推广的安全管理范式。后续研究可进一步聚焦于交织段交通流仿真建模、驾驶员行为心理分析、以及基于大数据的风险预测预警模型构建,以实现从“被动应对”向“主动防控”的根本转变。

参考文献

- [1] 庞世华.高速公路改扩建不封闭交通施工模式下的路桥养护管理[J].交通企业管理,2020,35(06):65-67.
- [2] 彭文件,马康.高速公路改扩建施工期间交通组织方案研究[J].交通科技,2025,(05):40-45.
- [3] 张栋良.高速公路改扩建施工期间的交通安全管理与优化研究[J].建筑机械,2025,(08):150-153+162.
- [4] 于潇舸.高速公路改扩建施工安全防护与控制分析[J].汽车画刊,2025,(06):233-235.