

高速公路改扩建工程交通组织方案优化

郑富琛¹ 梁梦瑶²

1. 山东省路桥集团（烟台）基础设施建设有限公司 山东 烟台 264035

2. 山东省路桥集团有限公司 山东 济南 250100

摘要：高速公路改扩建期间，施工活动大幅压缩通行资源，交通供需矛盾突出，易引发拥堵与安全隐患，交通组织优化成为保障工程有序推进与路网顺畅运行的关键。本文结合改扩建工程交通流构成及变化规律，分析交通流与施工作业的双向耦合影响，从分流、通行组织、引导标识、施工时序协同四个维度提出针对性优化措施，配套完善组织、技术、人员保障体系，实现施工安全、工程进度与通行效率的动态平衡，为高速公路改扩建工程交通组织实践提供可行的技术参考，全文围绕核心需求构建系统优化框架，兼顾实用性 with 科学性。

关键词：高速公路；改扩建工程；交通组织；交通流特征；优化措施

引言：随着交通运输需求持续增长，既有高速公路通行能力已难以匹配实际出行需求，改扩建工程成为提升路网服务水平的重要举措。但改扩建施工需占用主线车道，导致通行资源缩减，交通流运行状态发生显著变化，人车冲突、车流交织等问题频发，不仅影响施工进度与安全，还会加剧区域路网拥堵。在此背景下，开展交通组织方案优化研究，梳理施工期间交通流特征，破解交通供需失衡难题，通过科学的优化措施与保障体系，维持路网通行秩序，对推动改扩建工程高效实施、保障公众出行安全具有重要的现实意义。

1 交通组织优化的核心目标与原则

1.1 交通组织优化目标

高速公路改扩建工程施工期间，道路通行资源大幅缩减，交通供需矛盾极为突出。交通组织优化的根本目标在于最大限度降低施工活动对既有路网通行能力的冲击，维持主线交通流的连续运转^[1]。具体而言，需在确保施工安全与工程进度之间寻求平衡点，使施工区域及上下游路段的交通延误维持在可控范围内。优化目标还包括减少车辆在瓶颈区段的排队溢出概率，降低因施工引发的二次事故风险，保障沿线居民与过路车辆的基本通行需求得到满足。各阶段交通组织方案应针对不同施工工况作出动态响应，使通行效率在全生命周期内保持相对稳定。

1.2 交通组织优化原则

交通组织方案的制定与调整须遵循安全性与通行效率兼顾的基本准则。安全层面要求施工区与行车道之间设置可靠的物理隔离，使社会车辆与施工作业面完全分离，降低人车冲突的发生概率。效率层面强调车道资源的精细化分配，依据不同时段交通流量特征灵活调整车

道功能，避免出现单方向严重拥堵而对向车道空闲的失衡局面。方案设计还应充分考虑施工分期与交通转换的衔接关系，每一次交通组织变更都应有清晰的过渡逻辑，使驾驶员能够在较短适应期内掌握通行规则。经济性原则要求在满足上述两项前提下，尽量减少临时工程设施的投入规模，降低方案实施与后期拆除的综合成本。各原则之间并非孤立存在，而是在方案编制过程中相互约束、相互支撑，共同构成优化决策的完整依据。

2 高速公路改扩建工程交通流特征分析

2.1 改扩建期间交通流构成分析

改扩建施工启动后，既有路段的车辆构成会发生明显变化。小型客车依然是主线交通流的主要组成部分，但大型货车与危险品运输车辆在施工期间的行驶意愿及路线选择均出现显著调整^[2]。部分货运车辆因施工工期的不确定性，被迫选择绕行平行国省干线及其他替代道路，这一现象直接导致平行路网的货运车辆占比上升，而施工路段的货车比例则有所下降。与此同时，施工车辆与材料运输车辆成为新增的交通流组成部分，这类车辆大多集中在夜间或平峰时段进出施工区域，对主线正常交通运行形成间歇性干扰。值得注意的是，非机动车辆与行人虽不属于高速公路的常规交通参与者，但在沿线村镇出入口及临时便道区域，仍会出现一定程度的人车混行现象，给交通安全带来潜在压力。

2.2 改扩建路段交通流变化规律分析

施工导致车道数量减少，使得路段通行能力急剧下降，交通流在时间与空间两个维度均呈现出全新的分布特征。在时间维度上，高峰时段的交通拥堵由原本的常态化拥堵转变为严重的溢出型排队，排队长度可向上游延伸数公里；而平峰时段的车流则能够较为顺畅地通过

施工瓶颈区域,呈现出明显的潮汐式波动特征。在空间维度上,拥堵现象首先出现在施工过渡段的渐变区域,随后逐步向上游收费站或互通枢纽扩散,形成多级瓶颈串联的拥堵格局。在节假日及恶劣天气条件下,交通流的波动性会进一步加剧,原本能够顺畅通行的平峰车流,也可能因各类因素叠加而出现局部交通瘫痪。此外,车辆速度分布也发生明显变化,由正常通行状态下的正态分布,转变为受施工区间约束的双峰分布,即施工区内车辆低速行驶、施工区外车辆相对自由行驶的双重状态。

2.3 交通流与改扩建施工的相互影响分析

施工作业与交通流之间存在密切的双向耦合关系,二者相互影响、相互制约。一方面,施工作业面占用车道、设置隔离设施及临时导改标志,会直接压缩有效通行宽度,迫使车辆减速、变道或绕行,而频繁的变速与车流交织行为,又会进一步降低路段的实际通行效率。另一方面,高密度的交通流对施工进度形成刚性约束,当主线车辆排队长度超过预设阈值时,施工单位往往需要缩减作业面或暂停部分施工工序,以释放更多通行空间,这种交通对施工的反向制约作用,在半幅双向通行方案中表现得尤为突出。同时,车流中重型车辆的频繁制动与启动,会加重路面局部损伤;而施工产生的扬尘与噪声,会影响驾驶员的注意力集中程度,增加车辆追尾、偏离车道等交通事故的发生风险。上述两种因素相互交织,使得改扩建路段的交通运行状态远比正常路段更为复杂,任何单方面的优化措施,都难以脱离另一方的制约而发挥实效。

3 高速公路改扩建工程交通组织优化措施

3.1 施工区域交通分流优化

改扩建施工占用主线车道后,剩余通行空间难以承载原有交通流量,因此交通分流成为缓解主线通行压力的关键手段^[9]。分流路线的选择,应以平行国省干线及路网中等级相近的替代道路为依托,通过科学测算替代道路的通行容量与剩余通行空间,明确其可承接的分流车辆规模。分流节点应设置在施工区域上游一定距离处,确保车辆在进入施工瓶颈区之前完成路径转换,避免分流行为与主线车流在渐变段内产生交织冲突,保障交通运行秩序。分流点的标志引导需预留足够的提前量,确保驾驶员在高速行驶状态下,能够清晰辨识绕行方向,顺利完成路线切换。针对货运车辆,需单独规划专用绕行通道,避免重型车辆驶入等级较低的替代道路,造成路面损坏或通行受阻。此外,分流方案应结合施工进度的推进进行动态调整,每一次施工断面的变化,都可能需要重新分配分流比例与分流路线,确保分流效果持续有效。

3.2 施工路段通行组织优化

施工路段的通行组织是交通组织方案的核心内容,涵盖车道功能划分、超车段落设置、会车港湾布设等多个关键层面。在半幅双向通行模式下,单向车道数量减少,对向车流的会车问题成为制约通行效率的主要瓶颈,合理设置超车段落与会车港湾,能够有效化解这一矛盾。超车段落的长度与间距,需根据路段设计速度与交通量大小进行精准计算,确保车辆能够在安全距离内完成超车动作。会车港湾的位置应避开上下坡与弯道路段,优先选择在驾驶员视野开阔、路面平整的直线段设置,保障会车安全。考虑到大型车辆与小型车辆的行驶特性差异,在车道分配上应作出针对性安排:靠右侧车道优先分配给行驶速度较慢的货运车辆,左侧车道留给速度较快的小型客车,以此减少不同车型之间的速度差干扰,提升通行效率。同时,施工车辆的出入时间应与主线交通低谷时段相匹配,避免施工车辆与社会车辆在高峰时段共用通行空间,减少交通冲突。

3.3 交通引导与标识系统优化

清晰、连贯的交通引导与标识系统,是保障改扩建路段行车秩序、减少交通事故的基础。临时标志的设置应遵循“从远到近、从概略到具体”的信息传递逻辑,在驾驶员接近施工区域之前,便逐级传递车道收窄、速度限制、路线变更等关键信息,为驾驶员预留充足的判断与操作时间。标志版面的尺寸与反光等级,需满足夜间及低能见度条件下的识认需求,文字内容应简洁明了、通俗易懂,避免信息过载导致驾驶员判断失误。临时标线的施划应与既有标线形成明显的视觉区分,便于驾驶员快速辨别有效通行车道与禁止驶入区域,引导车辆规范行驶。施工区渐变段内的导向设施,应采用渐变过渡的方式布置,引导车辆平顺完成变道动作,避免在短距离内强迫车辆急剧变道,减少车流交织冲突。此外,沿线可变信息标志的合理布设,能够实现交通信息的实时发布,将前方拥堵状况、施工进度及建议绕行路线直接推送给驾驶员,帮助驾驶员合理选择行驶路径,提升路网通行效率。

3.4 施工时序与交通组织协同优化

施工工序的安排与交通组织方案之间存在紧密的耦合关系,二者的协同配合程度,直接决定了改扩建路段的整体运行状态。施工分期应与交通转换节点精准匹配,每一期施工完成后,需预留充足的时间窗口,用于交通组织模式的切换与标识系统的更新,避免在新旧方案交替期间出现指引空白,确保交通运行平稳过渡。对于跨线桥拆除、拼接段路面摊铺等关键工序,应尽量安排在

交通量较低的时段实施,缩短交通中断的持续时间,最大限度降低对公众出行的影响。施工进度超前或滞后,都会对既有交通组织方案产生冲击,因此需建立施工进度与交通组织的联动调整机制,当实际施工节奏偏离计划时,交通组织方案能够迅速作出响应性修正,确保二者始终保持协同一致。各参建单位之间的信息共享与协调配合,是实现施工时序与交通组织协同优化的组织保障,任何一方的工序变动,都应及时通知交通管理部门,以便及时调整交通组织方案,避免出现交通混乱。

4 交通组织优化的保障措施

4.1 组织保障

交通组织优化方案的落地执行依赖于健全的组织架构与明确的责任分工。项目管理层应设立专门的交通组织协调小组,由建设单位、施工单位、监理单位与交通管理部门共同参与,形成多方联动的决策机制^[4]。各参与方的职责边界须在方案编制阶段便予以清晰划定,避免因权责不清导致指令传递延误。定期召开交通组织专题会议,频率不低于每周1次,遇重大工序转换时加密至每日1次,对施工进度与交通运行状态进行联合研判,及时发现方案执行中的偏差并作出调整。交通管理部门应在施工区域增派执勤力量,每公里施工段配置不少于2名专职交通协管员,强化对主线与匝道关键节点的现场管控。各参建单位之间需建立信息共享渠道,施工进度的任何变动都应第一时间传达到交通组织管理方,以便对方案作出响应性修正。

4.2 技术保障

技术层面的支撑是交通组织方案从纸面走向实践的关键环节。施工区域应部署流量监测设备与视频监控系统,对主线车流密度、车速分布与排队长度进行全天候采集,为方案动态调整提供数据支撑。可变信息标志与车路协同设备的应用能够将前方路况信息实时推送至驾驶员终端,引导车辆主动选择最优路径。临时交通设施的设计应经过严格的计算与校核,渐变段长度、导流岛尺寸与隔离护栏强度均须满足相关技术标准的要求。夜间及低能见度条件下,反光标志与主动发光设施的布设密度应适当增大,确保驾驶员在各种光照条件下均能准确获取通行指引。施工便道与临时出入口的技术方案需经过专项

论证,避免因设计缺陷引发二次拥堵或安全隐患。

4.3 人员保障

交通组织方案的有效执行最终依赖于一线人员的专业素质与执行能力。现场交通疏导人员须经过系统培训,培训时长不少于24学时,考核合格后方可上岗,熟练掌握改扩建路段的通行规则与应急处置流程,能够在突发状况下迅速作出正确判断。施工车辆驾驶员应接受专项安全教育,了解社会车辆的行驶特性与避让要求,减少因操作不当引发的交通冲突。交通协管员的排班应与交通流量的峰谷特征相匹配,在早晚高峰与节假日等车流密集时段增派人手,平峰时段则可适当缩减配置以节约人力成本^[5]。所有参与交通组织的人员均应配备统一的反光背心与通讯设备,确保在紧急情况下能够快速联络与协调。定期组织应急演练,使各类人员在面对交通事故、恶劣天气与设备故障等突发场景时具备从容应对的能力,从而为交通组织方案的稳定运行提供坚实的人力基础。

结束语

高速公路改扩建工程交通组织方案的优化,是一项涉及多因素耦合的系统工程,需要从交通流特征研判、分流与通行组织设计、引导标识完善以及施工时序协调等多个层面协同推进。组织保障、技术保障与人员保障三大支撑体系为方案的落地执行提供了坚实基础。各参建方应在方案实施过程中保持动态沟通与信息共享,根据施工进度与交通运行状态的变化及时作出响应性调整,确保改扩建路段在全生命周期内维持安全、高效、有序的通行状态。

参考文献

- [1]杨涵明,李志涛.高速公路改扩建工程交通组织设计研究[J].运输经理世界,2025(7):16-18.
- [2]王辉.高速公路改扩建工程交通组织方案[J].工程建设与设计,2021(10):63-65.
- [3]华正良.高速公路改扩建工程交通组织设计方法[J].交通世界,2023(23):79-81.
- [4]袁慧声.高速公路改扩建工程交通组织设计研究[J].运输经理世界,2023(22):16-18.
- [5]马亚坤.高速公路改扩建工程交通组织实例分析[J].交通世界(上旬刊),2021(10):65-66.