

高速公路服务区出入口布设对主线交通流干扰分析

胡 颀

湖北交投巴楚建设管理有限公司 湖北 恩施 444300

【摘要】：为解决高速公路服务区出入口布设与主线交通流的干扰问题，深入探究其干扰机理与影响因素。从几何线形、间距布局、交通组织及安全设施等方面，构建系统优化方案与动态管控策略，并结合仿真与实测验证效果。研究形成的应用规范与保障机制，实现全流程闭环管理，为降低出入口干扰、提升主线通行效率与行车安全提供科学支撑，助力高速公路服务区高效运行。

【关键词】：高速公路服务区；出入口布设；交通流干扰

DOI:10.12417/2705-0998.26.04.019

引言

高速公路服务区作为路网关键服务节点，其出入口布设直接影响主线交通流的连续稳定。随着交通量持续增长，出入口布设不合理引发的车速骤变、车流交织、局部拥堵等问题日益凸显，成为制约主线通行能力与行车安全的核心瓶颈。现有设计标准和管控措施难以适配复杂交通场景，亟需明确干扰本质，提出针对性优化方案，为工程实践提供理论依据与技术参考，推动高速公路整体运行效率提升。

1 高速公路服务区出入口布设对主线交通流的干扰机理与影响因素

1.1 出入口布设与主线交通流的干扰机理

高速公路服务区出入口作为主线车流与服务区间转换的关键节点，其运行状态直接打破主线交通流的连续性。车辆在分流区减速驶入、合流区加速汇入的过程，会形成与主线直行车辆速度不匹配的运行区段，造成局部车流压缩、排队与速度波动。出入口布设形式决定车流交汇轨迹，不合理的线形与过渡段长度会加剧速度差与冲突概率，形成潜在交通瓶颈。这种速度与密度的突变会沿主线向上游传播，降低整体通行能力，同时提升行车风险。

1.2 影响出入口干扰强度的关键因素

出入口布设参数是决定干扰程度的核心条件，匝道长度、渐变段宽度、出入口间距均会对主线车流产生显著作用。间距不足会压缩车辆变换车道、调整车速的安全空间，导致短距离内多次车道切换，加剧车流紊动。交通量条件同样具有重要影响，高峰时段主线流量接近饱和状态时，出入口汇入分流行为更容易引发拥堵，干扰效应被进一步放大^[1]。道路线形、限速标准以及车道数配置也会改变车流运行特性，与布设参数共同作用，最终决定服务区出入口对主线交通流的干扰强度与影响范围。

2 服务区出入口布设优化方案设计与干扰缓解技术

2.1 出入口几何线形优化设计

服务区出入口几何线形直接决定车辆进出主线的运行轨

迹与速度变化特征，是降低交通流干扰的基础条件。减速车道与加速车道的长度设置需匹配主线设计速度与车辆加减速特性，保证驶入驶出车辆能够在充分过渡区段内完成速度调整，减少与主线直行车流的速度差。渐变段的线形指标与宽度变化率应遵循连续平顺原则，避免车道宽度突变或线形急剧转折引发车辆行驶轨迹偏移，降低因车道变换不顺畅造成的车流紊动。

出入口平面线形与纵断面线形相互配合，可提升车辆进出服务区的行驶稳定性。平面曲率半径设置需满足车辆在目标车速下的安全转向需求，避免过小半径导致车速骤降。纵坡坡度与坡长控制在合理范围，防止车辆在上坡路段加速困难或下坡路段速度失控，维持合流与分流区段车速稳定。出入口与主线衔接部位的超高、加宽过渡段应平滑延伸，保证行车舒适性与轨迹连续性，削弱线形突变对主线车流的扰动。匝道平面布置形式与转向角度直接影响车道变换行为，采用合理的分流角与合流角能够减少车辆强行变道、急打方向等危险操作。出入口位置宜选在主线线形条件良好、视野开阔路段，避开曲线末端、纵坡变坡点等易产生视线遮挡区域，提升驾驶员对出入口的识别能力与预判时间，降低因临时变道、紧急减速带来的交通流扰动。

2.2 出入口间距与布局形式优化

出入口间距是控制主线交通干扰程度的核心参数，间距设置不足会导致车辆在短距离内连续完成分流、合流行为，加剧多股车流交织冲突。合理的出入口间距能够为车辆提供充足的车道变换与速度调节空间，降低交织区长度与冲突点密度，提升主线车流运行有序性^[2]。间距控制需综合考虑主线设计速度、交通量等级、车道数量以及服务区功能规模，在不同交通需求场景下采用差异化的间距控制标准。

分离式出入口布局可有效降低合流与分流行为的相互干扰，将驶入车流与驶出车流在空间上分离，避免两股转换车流在同一断面集中交织。分离式布局下，分流匝道与合流匝道分别布置在主线不同断面位置，通过拉长纵向距离减少车流交叉，使主线车流与进出服务区车流各自保持相对稳定的运行状

态。这种布局形式适用于交通流量较大、服务功能完善的服务区，能够显著降低主线局部车流波动。

出入口相对主线的横向偏移距离与车道衔接方式，同样影响车流干扰程度。横向偏移合理可减少匝道车辆对主线车道的直接侵占，配合车道数渐变设计，能够降低主线直行车辆的避让频率。在多车道高速公路中，出入口宜与外侧车道衔接，减少对内层快速车流的影响，通过功能分区明确各车道行驶属性，实现快慢分离、进出有序，从空间布局上弱化出入口对主线交通流的干扰。

2.3 交通组织与管控措施优化

交通组织方案通过对车流路径的引导与管控，规范车辆在出入口区域的行驶行为，降低无序变道与紧急制动带来的负面影响。出入口区域车道功能划分清晰，可减少车流交叉冲突，通过设置专用减速车道、加速车道与辅助车道，为进出服务区车辆提供独立运行空间，避免与主线直行车流争夺道路资源。车道功能标识与行驶规则需保持一致性，使驾驶员形成稳定行驶预期，降低操作随机性带来的车流扰动。

限速控制与速度协调是缓解出入口干扰的重要手段。在分流区上游设置分级限速，引导车辆平稳降低行驶速度，避免集中减速造成车流压缩。加速车道末端采用合理的合流控制策略，使汇入车辆速度与主线车速相匹配，减少因速度悬殊引发的强行合流。速度协调控制可降低车流间的相对加速度，提升车流稳定性，减少局部拥堵向上游传播的范围。

车道控制与渠化措施能够固定车辆行驶轨迹，降低交织程度。利用标线、导流岛、护栏等设施对出入口区域进行渠化，明确车辆行驶路径，限制随意变道与违规穿插。在交织长度较大、冲突点较多的区段，采用强制性车道隔离措施，引导车辆按照预设路径行驶，减少无序驾驶行为对主线交通流的持续干扰，提升路段整体通行能力^[3]。

2.4 交通安全设施配置优化

交通安全设施在出入口区域发挥视线引导、风险提示与行为规范作用，可有效降低因识别不及时、操作失误引发的交通流扰动。标志设置位置、尺寸与信息量需满足驾驶员快速识别需求，在出入口上游合理布设预告标志、指示标志，提前告知车道变化与行驶要求，为驾驶员预留充足反应时间。标志版面内容简洁直观，避免信息过载导致判断延迟，减少因临时调整行驶路线带来的车流波动。

标线设施对车流轨迹具有持续引导作用，出入口区域减速标线、导向箭头、车道边缘线等需清晰连续，强化车道功能界定。振动标线等防滑警示设施可提醒驾驶员进入过渡区段，提升减速行为的主动性。标线材料与反光性能满足夜间及恶劣天气下的视认需求，保证全天候行驶引导效果，降低因视线不良引发的行驶混乱。

视线诱导与防护设施可提升出入口区域行车安全性与行驶秩序。轮廓标、诱导标等设施能够明确道路边界与线形变化，减少车辆偏离正常行驶轨迹。防撞设施与缓冲设施可降低意外事件对主线车流的冲击，避免局部事故快速扩散形成大范围拥堵。通过系统化配置交通安全设施，构建连续、可靠的行车诱导体系，从安全保障角度削弱出入口对主线交通流的干扰。

2.5 基于交通流特性的动态优化策略

不同交通量水平下，出入口对主线交通流的干扰程度呈现显著差异，动态优化策略以实时交通流状态为核心导向，通过灵活调整管控方式适配交通需求变化，提升系统适应能力。在低流量状态下，以保障车辆进出服务区的便捷性为核心目标，弱化过度管控措施，维持主线车流自由运行状态，减少不必要的车速约束与车道限制，让转换车流与主线车流自然衔接。随着交通量逐步增长，车流密度上升导致冲突风险加剧，此时需逐步强化交通组织与限速管控力度，通过精细化引导减少车流交织频率与冲突范围，延缓车流由自由流状态向饱和流状态的转化进程，维持交通流稳定性。

主线交通流密度、速度、车道占有率及车头时距变异系数等关键运行参数，共同构成动态优化的核心调控依据。依托路侧感知设备与智能监测系统，实时采集出入口上下游一定范围内的交通流指标数据，通过数据建模分析精准判断干扰强度等级与影响扩散范围，进而动态调整限速值区间、车道使用权限及信号协调方案。在交通流接近饱和状态时，启动主动管控模式，采取均衡车流分布、限制集中汇入、引导错峰进出等针对性措施，避免局部车流过度聚集引发交通流崩溃，有效遏制拥堵向上游蔓延，保障主线基本通行效率与行车安全。动态优化策略与几何设计、交通组织、安全设施相互配合，形成多维度协同优化体系。在固定设计方案基础上，通过动态调控适应交通需求时空变化，使服务区出入口始终处于与主线交通流相协调的运行状态。这种协同优化模式能够持续降低出入口布设对主线交通流的干扰，提升高速公路整体运行效率与服务水平^[4]。

3 出入口布设优化效果验证与应用规范构建

3.1 优化效果验证体系构建

高速公路服务区出入口布设优化效果的验证体系，依托交通流微观仿真平台与实地监测数据整合建立，通过多维度指标量化干扰缓解程度与运行效率提升幅度。仿真验证以主线关键路段的交通流参数变化为核心依据，聚焦车速稳定性、车头时距分布、通行能力利用率以及交通冲突指数等核心指标，对比分析优化前后出入口衔接区段的交通运行状态差异。数据采集覆盖平峰、高峰及极端交通流量等多种场景，确保验证结果的全面性与可靠性。

结合实地监测手段，对布设优化后的服务区出入口进行长期跟踪观测，获取出入口区域车辆运行轨迹、车道占用时长以

及驾驶员行为特征等动态数据。构建时空关联分析模型,解析优化措施对主线交通流的扰动传播规律,明确干扰衰减系数与影响半径变化。通过仿真与实测数据的交叉验证,形成定性与定量相结合的效果评估框架,为优化方案的科学性提供有力支撑。

3.2 应用规范编制原则与框架

应用规范的编制以高速公路路网运行效率与安全保障为核心目标,遵循适应性、系统性与可操作性原则。规范内容紧密结合前文提出的几何线形优化、间距布局设计、交通组织管控及安全设施配置等优化技术,形成完整的技术体系。明确不同等级高速公路、不同交通量场景下服务区出入口布设的技术要求与控制指标,建立适配不同区域特征的差异化布设标准。

规范框架涵盖规划设计、施工建设、运营管理及维护更新全流程,构建闭环管理体系。在规划设计阶段,明确出入口布设的前提条件与核心参数取值范围;在施工建设阶段,细化几何线形、结构构造及设施安装的技术规范;在运营管理阶段,制定交通组织、限速管控及应急处置的操作准则;在维护更新阶段,提出定期检测、评估调整及优化改造的实施要求。通过全流程规范,确保优化成果在工程实践中落地见效。

3.3 规范实施保障机制

规范实施保障机制围绕技术指导、监督管理与推广应用三

个维度建立,保障出入口布设优化措施的有效落地。依托专业技术咨询与培训体系,提升规划设计、施工管理及运营维护人员对规范内容的理解与执行能力,确保规范要求贯穿于工程项目的全生命周期。建立常态化监督检查机制,对服务区出入口布设的设计方案、施工过程及运行状态进行定期评估,及时发现并纠正实施过程中的偏差。

搭建规范应用反馈平台,收集不同地区、不同类型高速公路的实践数据,形成规范优化迭代机制。根据交通发展新形势与技术进步新成果,适时修订完善规范内容,保持规范的时效性与先进性。加强跨区域技术交流与合作,推广成功应用案例,促进规范体系的统一化与标准化,推动高速公路服务区出入口布设技术的规范化发展,全面提升路网整体运行质量^[5]。

4 结语

本研究系统剖析服务区出入口对主线交通流的干扰机理与影响因素,从多维度提出优化缓解技术体系,经验证证实其有效性。构建的应用规范与实施保障机制,实现技术优化到落地的全流程覆盖,为工程实践提供可操作标准。后续可结合更多区域实践数据完善规范体系,持续优化管控策略,促进服务区与主线交通流协同高效运行,助力高速公路交通服务水平提升。

参考文献:

- [1] 王莉(文/供图),卢忠明(文/供图),刘俊(文/供图),马盼盼(文/供图),张梦利(文/供图).高速公路新型服务区与景区交通的开放融合方法[J].中国公路,2024(19):28-32.
- [2] 赵锴,张腾.基于高速公路服务区增设出入口重要度的综合评价模型[J].交通工程,2025,25(2):84-9096.
- [3] 蔡庆荣.福建省高速公路服务区出入口收费站规划与设计[J].交通世界,2025(22):70-73.
- [4] 邹小阳.亚热带岩溶区高速公路水土保持措施布设研究[J].水利技术监督,2025(8):124-129.
- [5] 文中秋.山区高速公路互通式立交与服务区合设方案研究[J].中国水运,2025(13):146-149.