

城市快速路交织区通行能力提升的交通工程优化策略

文 / 叶凯峰 宁波市交通规划设计研究院有限公司

杜时洋 浙江高专建筑设计研究院有限公司

孟浩阳 宁波壹道交通设计有限公司

刘 焘 宁波壹道交通设计有限公司

摘要：在快速路交织区，交通通行能力是评估该区域运行效率的重要指标。交织区通常是多个道路或车道交汇的区域，交通流在此发生复杂的互动与变化，因此进行交通通行能力特性分析十分重要。城市快速路交织区的通行能力受到多种因素的综合影响。合理的道路设计、交通流量管理、信号控制、驾驶员行为以及突发事件的应对，都会直接影响交织区的通行效率。通过精细化的交通管理与智能化的技术手段，可以优化交织区的通行能力，减少拥堵，提高交通安全性和流畅度。

关键词：快速路交织区；通行能力；改善策略

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.16.004

引言

交织区作为快速路系统中的重要组成部分，通常是车流密集、车道交汇的区域，交通通行能力的优化对于减少拥堵、提高交通流动性和保障行车安全至关重要。快速路交织区的通行能力受多种因素的影响，其中包括车辆的跟驰行为、交通流的特性以及车辆在交织区内的换道行为。本文结合城市快速路交织区通行能力提升的交通工程优化策略进行分析，以供参考。

一、快速路交织区交通通行能力特性分析

（一）交织区跟驰特性分析

跟驰特性指的是在快速路交织区内，后续车辆根据前方车辆的速度和位置调整行驶速度与车距的行为。在交织区，车辆通常会面临较高的密度和较频繁的车速波动，因此跟驰车辆需要更加敏感地响应前车的变化，尤其在加速、减速或变道时。交织区的道路设计、车道宽度和交通信号系统等都对跟驰特性有直接影响。车辆的类型（如小型轿车、大型卡车、公交车等）和其动态响应特性（如加速、刹车能力）会影响跟驰过程。例如，较大的车辆需要较长的跟车距离，而小型车辆可能更加灵活，可以较紧凑地跟随前车。在交织区的高交通密度下，跟驰行为容易受到限制，因为车辆的间距缩小，增加了交通事故和交通延误的风险。在低密度情况下，车辆的跟驰特性更为灵活，通行效率较高。

（二）交织区交通流特性分析

交通流特性分析涉及对交织区内车流的整体运行状况进行评估，包括车流的分布、速度、密度等。交织区由于车道交汇，车流密度通常较大。在密度较高的情况下，交通流的稳定性会降低，容易发生交通拥堵。因此，在分析交通流特性时，需要特别关注车流密度的变化以及如何合理分配车道使用。交织区内的车速常常受到多种因素影响，在交织区设计时需要平衡车速和流量，以避免产生交通瓶颈。在交织区，交通流通常呈现较强的波动性，尤其是车辆频繁变道时，交通流的波动加剧。例如，变道行为、速

度变化等都会引起流量的不稳定，导致局部拥堵。在交织区，由于车流密集，容易发生交通事故，进而影响整体的交通流特性。事故发生时，车辆需要减速或变道，造成交通流的不连续性和不稳定性，进一步加剧了拥堵。

（三）交织区换道特性分析

换道特性是交织区交通通行能力分析中的一个重要因素，车辆的换道行为对交织区内的通行效率有着直接的影响。在交织区，车辆通常需要根据道路标识、交通信号或者前方的车道变换情况进行换道。换道行为受到交通流、车速、车道宽度以及车辆类型等多重因素的影响。换道需求的高频次会导致交通流的不连续性，增加交通延误。换道时机的选择至关重要，过早或过晚的换道都会增加交通的波动性，并且可能导致交通事故的发生。换道的安全性分析需要考虑车辆与车辆之间的距离、相对速度以及道路的可视性等因素。频繁的换道行为不仅会引起车速的不稳定，还会对其他车辆造成影响。在交织区，换道过于频繁可能导致交通流的中断和车速的下降，从而影响整体的交通通行能力。

二、城市快速路交织区通行能力影响因素

（一）交通流量影响因素

交织区的交通密度直接影响通行能力。当车流密度过高时，车辆之间的间距缩小，行驶速度降低，通行能力降低。高密度的车流容易引发拥堵，增加交通延误。交织区的通行能力通常在高峰时段受到极大考验，车辆数量急剧增加导致拥堵。低峰时段交通流量减少，通行能力相对较高。交织区车道的数量和宽度对交通流量具有直接影响。车道数量不足会限制交通流的分布，增加车辆间的竞争压力，进而影响通行能力。宽度较窄的车道可能增加换道难度，降低通行效率。交织区的设计长度和布局会影响交通流的稳定性。较短的交织区通常导致车辆在进入交织区时迅速拥堵，较长的交织区则能更平稳地引导车辆流动。交通标线、导向标志、交通信号等设施的布局和设计对交织区通行能力有直接影响。

（二）交通信号与控制影响因素

交织区附近的交通信号灯设置和信号周期安排对通行能力有显著影响。频繁的红绿灯切换或不合理的信号周期会增加等待时间，降低流量效率。通过智能交通系统（ITS）对交织区的车流进行动态调度，及时调整信号周期，能够有效提高交织区的通行能力。合理的流量控制能够防止交通瓶颈的形成。车辆的种类和尺寸对交织区的通行能力有影响。大型货车和公交车通常占据更多空间，影响其他车辆的通行，导致车道利用率降低。小型轿车的灵活性较高，能够更好地适应交织区的交通流。交织区内的车辆速度波动较大，较低的车速会增加通过该区域的时间，进而降低通行能力。此外，频繁的换道行为也会导致交通流的波动，使得车辆之间的间距不均匀，增加拥堵的可能性。

（三）驾驶员行为影响因素

交织区内的车辆跟驰特性会影响车流的稳定性。较小的跟车距离和不规范的跟车行为会导致交通流的不连续性，增加事故风险，进一步降低通行能力。驾驶员频繁的换道操作会影响交通流的连续性，导致交通拥堵和通行速度的降低。在交织区内，车辆如果没有良好的换道预判，会产生更多的交通波动，影响整体通行效率。恶劣天气条件（如雨、雪、雾霾等）会降低驾驶员的视距和反应时间，进而影响交通流的稳定性。在不良天气情况下，车辆需要保持更大的车距，速度也会相应降低，造成通行能力下降。路面质量（如坑洞、积水、路面湿滑等）也会影响交通流的顺畅性。路面不平整或损坏会导致车辆行驶不平稳，降低通行速度，从而影响交织区的通行能力。

（四）交通事故与突发事件影响因素

交织区内发生交通事故时，车辆需要减速或停车，导致交通流断裂。尤其是在交织区这种复杂的区域，交通事故可能导致局部车道的封闭，造成大范围的拥堵。如道路封闭、修路、施工等突发事件也会影响交织区的通行能力。车辆无法通过某一车道或需要绕行，导致其他车道的压力增加，从而降低了交织区的通行能力。采用智能交通管理系统，能够实时监控交织区的交通流，并根据流量情况调整信号灯周期或实施车道管理，有助于提高交织区的通行能力。合理的交通管制措施（如限速、车道分配、交通导流等）能够引导车辆流动，减少交织区的拥堵和通行瓶颈。

（五）交通需求与流向影响因素

交织区附近区域的交通需求变化直接影响交织区的通行能力。例如，某一方向的交通需求增加，可能会导致交织区某一车道或交汇点的交通流量急剧增大，造成局部瓶颈。合理的流向分配能够使车辆根据不同的目的地选择合适的车道和路径，避免流向过于集中的现象，从而提高通行效率。

三、城市快速路交织区通行能力提升的交通工程优化策略

（一）交织区设计优化

对于交织区的交叉口进行科学设计，避免交通流的

冲突点。例如，增加车道数量，合理安排分车道的流量，减少同方向车道的交汇，提高车辆的通行能力。对于一些交通流量较大的交织区，可以考虑建设立交桥或隧道，从而实现不同交通流的上下立交，避免交通信号灯的制约，提高通行能力。通过改造部分交叉口为环形交叉口，可以减少交通冲突点，提高通行效率。

（二）交通信号控制与智能化管理

智能交通系统（ITS）在交通信号控制中的应用可以显著提高交通流量的管理效率，尤其在交织区这样的复杂交叉路口。采用传感器（如地磁传感器、摄像头、雷达传感器等）实时监测路口的交通流量。通过收集和分析这些数据，系统可以识别出交通流量的高峰期与低谷期，并动态调整信号灯的配时方案。根据不同的交通状况，系统能自动调整红绿灯的时间。例如，当某一方向的交通流量较大时，绿灯的持续时间会适当延长，而流量较小的方向则相应缩短红灯时间，避免交通堵塞。智能系统能够针对特定路段的需求，优化交通信号周期和分配。例如，在上下班高峰期，系统会优先确保主干道的畅通，而次干道的信号周期可能相对缩短。这样能够减少车流的等待时间，并提升整体通行效率。基于历史流量数据与实时情况，ITS可以预判并调整信号灯配时，在突发交通流量增加时，及时调整信号灯来避免交通事故或交通拥堵的发生。智能交通信号控制不仅提高了交通效率，还能减少能源浪费，降低污染，优化城市交通的整体管理水平。

（三）车道和车辆调度优化

车道和车辆调度的优化同样是提升交织区交通流量的关键因素。根据实时交通流量数据和历史趋势，合理配置车道数量，尤其是在交通高峰期。例如，通过动态调整左转车道、右转车道或直行车道的数量，确保车辆可以顺畅通行，而不会因为车道不够而产生拥堵。在特定的交织区，设置专门的左转车道、右转车道或直行车道，减少车道间的交错冲突。专用车道的设计可以有效避免不同方向车辆在交叉口的争抢，减少交通瓶颈和不必要的延误。通过车道指示标志、提前的交通提示和智能交通信息系统，引导驾驶员选择合适的车道。系统通过实时的交通数据，可以根据路况推荐最佳行驶路线，减少驾驶员在交织区的车道变换，从而提高车道的使用效率。智能交通系统能够根据实际需求，灵活调整车道的使用。例如，某一时间段直行车道的需求量大，系统可以通过智能化管理临时调整车道的划分，确保交通流量的平稳和流畅。通过ITS的实时信息发布平台，向驾驶员提供交通流量信息、事故或道路施工的实时动态，帮助他们选择合适的行车路线，减少不必要的拥堵和交通瓶颈。

（四）路网结构优化

在高峰时段，优化快速路周围的辅助道路，提供更多分流通道是缓解交通拥堵的有效方法。通过合理设置进出口、优化路网结构，可以有效疏导过多的交通流量，从而避免路段的交通瓶颈。通过改造交叉口、增加多层次、



图1 交通智能信号控制系统

多方向的快速路互通节点，提升车辆分流能力。增加路段的连接性，合理设计进出口布局，避免车辆在交叉口和入口处拥堵，减少交通积压。在高峰时段，可以通过车道限速、限行措施等方式来调控车流量。比如，限制某些时段的非必要车辆进入城市核心区域，或者通过交通管制手段，指定特定时段仅限公交车或高占用车辆通行。设立高峰时段交通管制区，例如采用繁忙路段的部分道路封闭、调流等手段，减少交通瓶颈的产生。建设快速公交系统（BRT），专用车道让公交车不受交通堵塞的影响，提升通行效率。优化公共交通路线，例如根据需求调整公交线路、增加发车频率，让市民在高峰时段能够更便捷地使用公共交通系统。鼓励共享单车和步行，通过提供便利的步行道和自行车道，使得人们更愿意选择步行或骑行，减轻交通流量。

（五）智能交通系统（ITS）与大数据应用

智能交通系统（ITS）和大数据技术的结合，能够极大提升交通管理和资源调度的效率。利用实时交通监测系统，对交通流量进行动态分析，预测交通瓶颈和拥堵区域。通过高效的预判，可以及时发布交通提示，引导驾驶员选择更通畅的路线。通过大数据技术，结合历史数据和实时数据，分析交通流量和拥堵模式，从而提前预测高峰期和拥堵路段的情况。基于大数据分析，交通管理部门可以优化交通信号灯控制、动态调整车道分配，确保高流量路段的交通通行能力。当发生突发事件时，通过数据分析和预测，可以实时调整交通管控措施，迅速疏导车流，减少交通堵塞的时间。利用智能停车管理系统，不仅可以提高停车资源的使用效率，还能减少因找车位而增加的交通压力。通过传感器和车主App的结合，帮助车主快速找到空闲停车位，减少无谓的车辆徘徊。设置高占用车道，如公交专用道、拼车专用车道，能够有效鼓励市民选择公共交通和拼车，减少单一车辆的使用，缓解交通拥堵。鼓励拼车和公共交通使用，例如通过制定政策、提供奖励等措施，促进更多人使用共享出行方式，从而减少私家车的数量。

（六）多模式交通整合

在交织区和交通繁忙的路段设置公共交通优先通道，例如公交专用道或快速公交系统（BRT）。通过给予公共交通工具优先通行权，减少公交车在高峰期的延误，提高公共交通的吸引力，鼓励更多市民选择公共交通出行。在交通交织区和核心地带建设换乘枢纽，提供便捷的换乘服务，允许乘客在车流量较大的区域停车，并快速换乘公共交通。比如，设立停车换乘（P+R）站点，驾驶员可以将汽车停在这些区域，乘坐轨道交通、公交车等进入市区，缓解快速路的交通压力。在交织区周围进行定期的交通安全宣传与教育，提醒驾驶员遵守交通规则、注意交通信号，减少因违规或不文明驾驶行为造成的交通事故和拥堵。

结语

城市快速路交织区（即多个高速公路或城市快速路交叉的区域）是城市交通网络中的重要节点，但由于其特殊的交通流量、交叉结构和瓶颈问题，往往会导致交通拥堵、通行能力低下。因此，提升城市快速路交织区的通行能力是缓解交通压力、提高交通效率的重要任务。通过以上策略的综合应用，可以有效提升城市快速路交织区的通行能力，缓解交通拥堵问题，提高城市交通的整体效率。

参考文献

- [1] 徐秀云, 赵晓寅, 林丽珍, 吕一帆. 城市快速路交织区通行能力分析仿真[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2018(25).
- [2] 汪代俊. 拐角铺互通交织区通行能力验算及改造方案探究[J]. 中国公路, 2022(09).
- [3] 刘立英, 李新刚, 贾斌. 基于元胞自动机模型的交织区通行能力特性分析[J]. 交通信息与安全, 2013(03).
- [4] 冯星宇, 周晨静, 荣建, 刘小明. 快速路交织区通行能力分析对比研究[J]. 道路交通与安全, 2015(06).