

市政道路线形设计对交通安全影响的实证分析

李新华

宜昌市城市规划设计研究院有限公司 湖北 宜昌 443000

【摘要】：市政道路的线形设计对交通安全具有直接影响，不合理的平面线形、纵断面坡度及视距控制常导致交通冲突与事故发生。基于典型城市道路的实地调研与事故数据分析，探讨不同线形参数对驾驶行为与事故率的关联特征，识别高风险线形布设类型。研究发现，优化线形设计可有效提升道路运行安全水平，为交通工程规划与设计提供科学依据。

【关键词】：市政道路；线形设计；交通安全；实证分析；事故率

DOI:10.12417/2811-0722.25.10.051

引言

随着城市机动车保有量持续增长，市政道路交通压力日益加剧，道路安全问题引发广泛关注。大量事故案例表明，道路线形设计在交通运行中起着关键作用，尤其在复杂地形或高密度交通环境下，线形不合理易诱发交通冲突和事故风险。平曲线半径不足、纵坡变化突兀、视距受限等设计缺陷，常成为驾驶员误判与操作失误的诱因。探索市政道路线形参数与事故发生之间的实证关系，对于提升道路设计科学性和城市交通系统安全性具有重要意义。

1 市政道路线形设计现状概述

市政道路作为城市交通网络的骨架，其线形设计直接关系到道路的通行效率与交通安全水平。当前市政道路线形设计在总体规划层面虽已较为系统，但在具体实施过程中，受制于地形地貌、用地紧张、既有设施冲突等因素影响，常常出现线形布设不合理现象。一些城市在旧城区改造或新城区道路建设中，仍存在平曲线半径偏小、纵坡变化突兀、超高设置不到位、交叉口线形混乱等问题，致使车辆运行路径不连续、行驶视距受限，增加了驾驶操作难度和心理负担，导致潜在安全风险积聚。在空间受限的市政道路中，为了保证红线控制和两侧用地，设计人员往往优先考虑横断面与路幅控制，忽视了平纵组合协调性，造成局部路段线形过渡生硬，车辆在运行过程中出现急转、急减速等不良交通行为，成为交通事故频发的隐患因素。

从道路等级与功能定位的角度来看，不同等级市政道路在设计线形时应体现差异化与功能导向。然而在实际工程中，存在大量道路未能严格按照设计规范或功能需求进行线形控制。例如城市主干路中出现长直线段与急弯交替设置的问题，车速分布差异大，容易造成后车追尾或侧滑事故；而支路与次干路中因转弯半径偏小、视距受限，非机动车与行人通行频繁，易发生混行冲突。此外，道路线形设计中对交通流特征、驾驶行为模式的考量不够充分，设计与实际运行状态存在明显偏离。部分路段虽然满足几何设计指标，但未考虑夜间行车条件、雨雪天气视距衰减、特殊人群（如老年人）通行感知能力等因素，导致使用安全性与舒适性不足。城市更新进程加快后，原有市政道路承载能力不足与线形功能失衡的问题逐渐凸显，倒逼城

市交通系统对道路几何要素重构的需求不断增长。

当前市政道路线形设计中还存在设计流程碎片化、建设与运维脱节、缺乏运行评估机制等问题，导致线形设计难以实现“以人为本、以行为为核心”的交通安全理念。多数设计环节偏重理论参数符合性，而忽略了对驾驶行为、事故机制、环境要素等多维度的动态适应性研究。在施工阶段，因施工便捷性或造价控制对设计线形进行调整，也未形成科学有效的变更论证机制，使得部分道路竣工后的运行状态与设计预期不符。同时，缺乏对道路运行期间的反馈评估机制，也使得设计改进缺少依据，形成“设计-使用-事故-修补”的被动循环，影响道路整体安全绩效。在大数据与智能交通技术不断发展的背景下，亟需通过构建基于实证数据的道路线形安全评价模型，推动市政道路线形设计从静态规范驱动向动态行为适应转变，增强其在复杂城市交通环境中的安全韧性与持续适应性。

2 典型线形参数与事故关联特征分析

典型市政道路的线形设计参数包括平面曲线半径、纵坡坡度、超高设置、视距长度以及线形组合的连续性等，这些要素对驾驶员的视觉认知、操作行为与车辆行驶稳定性具有直接影响。在实证调研过程中发现，在事故高发路段中，平曲线半径偏小、过渡段设置不足的情况较为常见。当车辆以常规城市通行速度进入小半径曲线段时，横向离心力显著增加，极易引发转向不足或侧滑，进而导致车辆驶出路面或发生追尾事故。此外，平面线形与纵断面线形交错布设而未进行顺畅过渡时，会造成视觉信息混乱，使驾驶员难以正确判断前方道路走向和变化，尤其在夜间或雨雾天气中更加明显，成为影响交通安全的重要隐性风险。

纵断面线形参数在市政道路设计中常因地形制约或建设成本限制而被简化处理，然而纵坡设计与事故率之间存在显著关联。调研数据显示，在纵坡超过4%的连续下坡路段，车辆因重力加速度影响易发生制动距离延长，尤其对重型车辆而言更容易在交叉口或弯道处形成冲撞风险。坡道起伏频繁的路段还可能导致驾驶员操作频率增加，疲劳程度提升，进而增加误操作概率。再者，在坡顶或坡底位置若未设置足够的视距缓冲区，将进一步削弱驾驶员的反应时间与躲避能力。此外，纵断

面与平面线形的不协调组合也被证明是事故密集点之一，特别是在盲弯与纵坡交汇处，车辆运行路径的不确定性与突发性更强，极大地考验道路设计的安全冗余与容错能力。

视距设计作为线形安全的关键参数，对交通事故的时空避让条件具有直接影响。在实际事故案例中，进入交叉口前的视距受限、隧道口弯道处的横向视距不足，以及停车视距设置不足等问题普遍存在。这些问题会限制驾驶员提前识别危险的能力，导致制动和避让空间不足，进而诱发碰撞。尤其在非信号控制的交叉口、公交港湾区出入口及密集商业区的人车混行区域，视距不足往往与横断面布设、绿化遮挡、设施突起等因素叠加，成为事故高发的复合诱因。此外，在动态交通环境下，视距设计还需充分考虑车辆运行速度的波动、安全距离需求以及突发情况的应对能力，单纯的静态参数控制已无法满足现代城市道路的综合安全需求。通过多维度数据分析和现场事故点剖析，明确了线形各参数与事故形态之间的耦合关系，为后续优化设计提供了科学依据。

3 线形安全设计的优化策略探讨

线形安全设计的优化策略是市政道路交通安全提升的关键环节，其目标在于通过科学合理的几何设计参数配置，引导驾驶行为，降低潜在事故风险。实践表明，不合理的平面曲线半径、突变的纵坡、视距不足及交叉口布设混乱，均是诱发交通冲突的直接因素。因此，优化线形设计应以“安全容错”理念为指导，全面评估道路使用者行为特征、道路功能等级、交通流特性与环境因素之间的关系，构建以风险控制为导向的线形布设模式。在平面线形方面，应优先采用较大曲线半径、顺畅的缓和曲线过渡和合理的超高设计，确保车辆在转弯过程中的横向稳定性，避免侧滑或车辆偏离车道的情况。在纵断面设计中，应控制纵坡变化率，避免连续急剧变化形成“视觉陷阱”或重力加速风险，特别在坡道接近交叉口、隧道口或匝道出口等关键区域，更需精准控制线形过渡，保障驾驶员对环境的充分感知和反应时间。在视距设计中，应依据设计车速、道路功能和环境条件合理确定停车视距与超车视距，避免因视距遮挡导致的误操作或晚反应，从而提升整体运行安全性。

优化线形设计不仅是几何参数调整的问题，更涉及与道路周边环境、交通管控设施和行驶行为的协调。对于车道数量多、交通流密集的城市主干道，在设计线形时应同步考虑车道宽度、机非分隔、慢行系统引导线形等复合型因素，形成多模式交通的安全融合。道路交叉口作为事故高发点，其线形应确保各进口道具有良好的导向性和可辨识性，采用圆角展宽、转向车道设置与人行道收缩等设计措施，减少交通冲突点和视距盲区。对弯道区域，可通过增设预告标志、地面减速标线与边缘导向反光设施等视觉引导手段，弥补线形突变对驾驶员心理预判带来的干扰，降低操作错误率。同时，还应注重特殊区域的差异化设计，如学校、医院周边道路应设置低速线形配置并强

化视觉提醒，高速联络线或快速路匝道则应依据设计速度进行大半径匝道与纵坡控制，以缓解加减速过程中的车辆不稳定因素。此外，新建市政道路项目应在规划阶段引入交通仿真系统与风险评估模型，通过虚拟路况模拟验证线形方案的安全性，提前识别潜在危险布设并进行优化调整，提升设计的前瞻性和可靠性。

在推动线形优化策略落地过程中，应充分重视线形设计与交通安全数据的协同应用，将历年事故数据与具体道路线形特征相叠加，建立线形参数与事故风险的统计模型，为优化提供数据支撑。例如，在事故频发的S型曲线路段，结合事故类型、发生时段与驾驶行为分析，可量化不同曲率组合对事故率的影响，并基于分析结果提出具体改造建议。与此同时，应强化线形设计的全生命周期管理机制，从设计到施工再到运行阶段形成闭环，确保设计意图在工程实践中真正实现。施工阶段应严格控制曲线半径、纵坡渐变段与交点高程差等关键指标，避免因施工偏差破坏线形连续性。运行阶段应结合路况监测、驾驶数据回传和交通事件分布，动态评估线形设计的适应性与安全性，对存在不良运行表现的区段及时采取再设计与微调措施。通过构建“设计-反馈-优化”的动态循环体系，使线形安全设计从静态标准化向动态适应性演进，进一步推动市政道路交通环境向着更加安全、高效、舒适的方向发展。

4 实证数据下的安全效果评估

通过对典型市政道路路段的线形设计与事故数据进行比对分析，可以更科学地评估线形参数对交通安全的实际影响。在样本选取上，以多个具有代表性的城市主干道和次干道为调查对象，涵盖不同路幅宽度、曲线半径、纵坡变化与交叉口布局等关键线形因素，结合三年内相关路段的事故记录，构建事故发生率与线形要素的统计模型。结果显示，事故频发区域多集中在小半径弯道、纵坡突变区段及短视距交叉口周边。其中，平面线形突变点的事事故率明显高于线性连续段，而纵断面坡度超过4%的路段在雨雪天气下的事故发生概率提升了38%。此外，车道宽度小于3.25米、缺乏安全导向标识的地段，侧擦与变道碰撞事件发生频次明显偏高。这些实证数据表明，道路线形的不合理配置对驾驶员的感知判断和操作响应具有显著干扰，直接导致交通运行的安全性降低。

为了进一步验证优化线形设计对交通安全的改善效果，选取部分事故率较高的路段实施线形调整与安全设施优化措施，并进行前后对比评估。调整措施包括增大曲线半径、优化纵坡变化率、增设超高设计与减速标线，以及改善视距受限的交叉口环境。在实施周期为6个月的交通监测中，事故总量较改造前下降了42%，其中因驾驶员误判导致的追尾与侧碰事故分别减少了34%和47%。同时，采用安装车载摄像与路面视频采集系统获取的行驶轨迹数据分析表明，车辆在优化后路段的平均运行速度趋于稳定，制动频率减少，偏离车道风险降低。通过

对比驾驶行为指标和事故发生率,可以得出结论:合理的线形设计能够有效引导驾驶行为,使操作过程更符合交通工程控制意图,从而显著降低事故风险。这种以数据为基础的动态评估模式,为市政道路安全设计提供了量化依据,也验证了线形设计优化在实际交通安全改善中的积极作用。

在进一步分析中,将事故分布与线形特征进行空间耦合建模,构建风险预测热力图,有助于城市道路管理部门识别潜在高风险区域并提前介入。热力图反映出曲线半径低于80米、纵坡变幅大于3%且存在交叉口汇流的区域属于高频事故点,在城市快速路与密集街区中尤为明显。结合行车记录仪数据进行机器学习训练,对“急转弯+短视距”“纵坡+弯道+交叉口”复合场景的事故发生概率进行预测,准确率达85%以上,可作为辅助线形规划与调整的智能决策依据。此外,基于实证研究结果,部分城市已将事故数据反馈机制嵌入市政道路设计流程,

通过闭环管控方式提升道路本质安全水平。由此可见,线形优化不应仅停留在设计理论层面,更需与交通事故数据深度融合,构建以安全实效为导向的工程评价体系。这种基于实证数据的安全效果评估路径,不仅提升了市政道路设计的科学性与前瞻性,也为城市交通治理能力现代化提供了技术支撑和实践范本。

5 结语

线形设计作为市政道路安全性能的重要基础,其科学性与合理性直接影响驾驶行为与事故风险水平。通过优化平面线形、纵坡变化及视距控制,结合交通流特性与环境要素,能够有效降低交通冲突点,提升道路通行安全。将数据驱动与仿真验证融入设计全流程,有助于实现线形设计与交通安全的深度融合。推动线形安全设计从静态规范向动态响应转型,是构建安全、高效城市道路体系的关键路径。

参考文献:

- [1] 周勇,孙英杰.道路线形设计对交通安全影响分析[J].交通运输工程学报,2021,21(4):37-44.
- [2] 刘志强,胡海波.城市道路平面线形优化设计方法研究[J].市政技术,2020,38(6):52-58.
- [3] 高旭东,马文军.基于交通事故数据的道路几何设计安全评估[J].公路交通科技,2022,39(1):117-123.
- [4] 赵丽华,许建中.城市道路纵断面与视距设计对交通安全的影响[J].交通信息与安全,2019,37(5):89-94.