

城镇化地区公路项目的特点及设计对策

祁浩

(天津市市政工程设计研究总院有限公司西青分公司, 天津市 300000)

摘要: 面向城镇化地区公路兼具通道、街道属性后产生的开口过密、横向冲突与排水衔接等问题, 提炼设计策略, 研究综合用地与交通数据按 0.5 ~ 1.0 km 划分单元完成场景分型, 构建“规范约束、运行安全、实施环境”指标体系, 据此开展平纵组合与速度协调校核、横断面交通分离与慢行连续优化, 并对交叉口群、出入口与合成坡度排水进行一体化组织, 减少冲突点与积水风险, 提升运行效率与慢行安全, 可在不显著增加用地与造价的前提下提升城镇化地区公路安全与服务水平, 为类似项目提供依据。

关键词: 城镇化地区; 公路设计; 场景分型; 平纵组合; 交通分离

中图分类号: U412.36; TU997

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)07-0209-04

Characteristics and Design Countermeasures of Highway Projects in Urbanized Areas

QI Hao

(Tianjin Municipal Engineering Design and Research Institute Co., Ltd., Xiqing Branch, Tianjin 300000, China)

Abstract: In response to the problems such as overly dense openings, lateral conflicts and drainage connections that arise when highways in urbanized areas possess both passage and street attributes, the design strategies are refined. The comprehensive land use and traffic data are studied and divided into units of 0.5~1.0 km to complete the scene classification, and an index system of "normative constraints, operational safety and implementation environment" is constructed. On this basis, the check of horizontal and vertical combination and speed coordination, as well as the optimization of cross-sectional traffic separation and slow-traffic continuity are carried out. And the drainage of intersection groups, entrances and exits, and synthetic slopes is integrated to reduce the risks of conflict points and waterlogging and to improve the operational efficiency and the slow-traffic safety, which can enhance the safety and service level of highways in urbanized areas without a significant increase in land use and construction cost, thus providing a reference for similar projects.

Keywords: urbanized areas; highway design; scene classification; horizontal and vertical combination; traffic separation

0 引言

在新型城镇化持续推进的背景下, 大量既有国省干线和快速路逐步由郊区走廊演变为“穿城而过”的城市边界道路, 其一方面承担区域通道交通功能, 另一方面又要服务周边居住、商业与公共服务设施的短途出行, 出现了出入口过密、横向穿越频繁、慢行空间受挤压等突出问题。近年来围绕平纵组合线形、安全评价和视觉仿真的研究逐渐增多, 但多集中于山区或高速公路路段, 对城镇化地区这一兼具“通道+街道”属性的复合场景关注有限, 对用地冲突、节点群组织与市政排水衔接等问题缺乏成体系的解决

方案^[1]。参考既有平纵组合线形研究中关于合成坡度、三维视距和驾驶员视线特征的分析思路, 可将其拓展应用于城镇化地区公路项目, 以形成从场景识别到方案评估的完整闭环^[2-3]。基于此, 研究以城镇化地区公路为研究对象, 从场景分型与指标构建入手, 提出线形组织与断面优化、节点衔接与排水治理、仿真评估与安全提升等设计要点, 力图在不显著增加占地和造价的前提下, 提升道路系统的安全性与运行效率, 为类似项目设计提供可复制的方法。

1 场景分型与指标构建

1.1 用地冲突与功能协同

城镇化走廊的主要矛盾体现在区域通道交通对连续性和速度的要求, 与沿线建设用地对可达性和过街需求的要求之间的冲突^[4]。通过叠加土地利用

收稿日期: 2026-01-20

作者简介: 祁浩(1991—), 男, 学士, 高级工程师, 从事道路设计工作。

现状图、控规地块分布和兴趣点(POI)数据,并结合早晚高峰出行调查,可将沿线按每0.5~1.0 km划分为若干分析单元,对居住人口密度、对道路的正向门店长度比例、学校与医院等敏感设施数量进行定量统计,进而将走廊划分为四类典型场景:以快速通过为主的穿城通道段,以交通转换与集散为主的组团边缘段,以生活性出行为主的镇村密集段,以及以生态廊道保护为主的控制段。不同场景在主路设计速度、出入口间距、慢行设施完整性、噪声与污染控制等方面的目标值存在显著差异,通过建立“通道功能权重—生活功能权重”的二维坐标,可以直观判定某一分析单元应优先保障的功能方向,为后续交通分离、辅道设置和交叉口整合提供依据。

1.2 规范约束与目标体系

在完成场景分型后,需要在现行规范框架内构建适应城镇化地区特点的多层次目标体系。上位层为强制性控制指标,包括路线级别、设计速度、最小平曲线半径、最大纵坡、路基宽度、合成纵横坡下限、视距与结构净空等,其取值必须满足现行国家及行业规范要求^[5];中位层为性能指标,重点反映运行状态和安全水平,如高峰小时服务水平、冲突点密度、交通事故率、夜间平均照度、噪声敏感点达标率等;底层为实施性与环境指标,包括拆迁量、占地规模、市政管线迁改工作量及沿线景观完整性等^[6]。针对四类典型场景,可给出一组指标推荐区间,并通过层次分析法确定权重:穿城通道段以通行能力与长途行车安全为主,镇村密集段则提高行人过街安全权重,组团边缘段强调换乘效率和接驳条件,生态控制段则对排水与景观连续性提出更高要求。通过将强制性指标“硬约束化”、性能与环境指标“目标化”,可在方案比选阶段避免片面追求单一目标。

1.3 数据组织与参数标定

城镇化地区公路设计高度依赖多源数据的整合与参数标定。首先,通过布设路段断面流量调查点与GPS浮动车采集点,获取全天速度—流量关系及不同车种占比;其次,利用无人机航拍和街景图像识别技术,提取出入口位置、横向停车带布设情况以及行人聚集区长度;再次,将这些数据统一投影到50 m分辨率的轴线带状网格内,形成“空间单元—交通特征—用地属性”的基础数据库^[4]。在此基础上,通过回归分析建立自由流速度与场景类型、出入口密度、横向压缩程度之间的函数关系,为不同路段的目标运行速度与推荐设计速度提供量化依据;同时,依据

既有事故统计数据标定冲突密度阈值,如当非信控路段的行人横穿冲突大于每小时6次、侧向交织冲突大于每小时10次时,则将该单元识别为高风险区,必须通过立体过街、辅路分流或降速管控等措施进行干预。这种以数据为基础的参数标定,使后续设计方案的优化不再仅依靠经验判断。

2 线形组织与断面优化

2.1 平纵组合与速度协调

城镇化地区公路往往兼有原有通道段和新增街道段,多点限速、频繁减速带、局部抬高路面等做法易造成车速波动和尾随追尾风险。为此,在总体设计阶段应采用“目标运行速度—设计速度—控制速度”三层联动的速度协调策略^[7]:首先通过前述数据标定结果确定各场景的目标运行速度区间,如穿城通道段推荐70~80 km/h、镇村密集段推荐40~50 km/h;其次,根据路线功能定位和交叉口形式确定设计速度,并保证相邻场景设计速度差不超过20 km/h;最后,在平纵组合上采用缓和过渡的速度控制手段,例如在降速过渡区布设长半径平曲线与小纵坡叠加的“平缓平台”,通过200~300 m长度的匀减速区引导驾驶员自然减速,而不依赖突兀的标志或减速带^[8]。在平凸、平凹及直凹组合路段,应优先满足连续视距和合成坡度要求,避免在短距离内出现多次纵坡反复和小半径平曲线叠加,防止驾驶员产生错觉或频繁制动。

2.2 断面配置与交通分离

横断面是城镇化地区公路实现交通分离与功能集成的关键载体,应在有限的红线宽度内兼顾主路通行、集散交通与慢行系统^[9]。根据场景类型与交通需求,可形成若干组合型断面模式,并通过推荐指标进行控制。

在具体设计中,对穿城通道段建议采用“主路+辅路+慢行系统”分离结构,主路以控制出入口、保持车流连续为主,辅路承担沿线地块的接入与停车需求,见图1;组团边缘段则通过局部拓宽形成公交港湾与右转加速车道,减少在主线上停车与变道行为;镇村密集段优先保障行人安全,可适度压缩中央分隔带宽度,为慢行道和等候空间腾挪宽度;生态控制段重视边坡与绿带连续性,在断面内预留雨水花园或开放排水沟,以实现绿灰基础设施协同。通过断面组合的差异化设计,可以在不改变线路等级的前提下,有效降低机非混行与横向冲突。

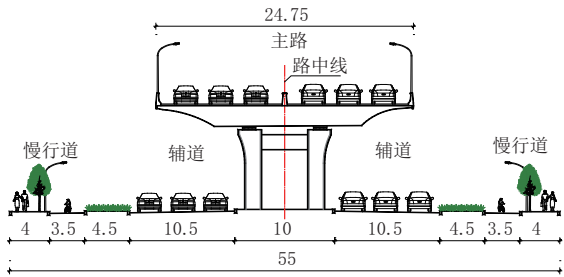


图1 “主路+辅路+慢行系统”分离结构图(单位:m)

2.3 线形过渡优化与视觉负荷控制

城镇化走廊的线形问题往往是场景切换导致的速度期望断裂与三维视距缺口叠加出现,设计时应先用浮动车与断面流量数据构建分段运行速度剖面,将速度突变点与出入口、交叉口群、曲线组边界一一对齐,再把过渡段作为独立设计对象进行精细化控制,一方面以目标运行速度为主线,限制相邻线形单元的速度落差与连续制动需求,通过增大平曲线半径、延长缓和段、优化竖曲线参数使减速过程在空间上可预见且可恢复;另一方面把平面与纵断面从并行设计转为耦合校核,重点排查平曲线叠加凸形竖曲线、临近隧道或挡墙的遮挡组合,因为这类组合容易在驾驶员视线方向形成隐蔽的视距盲区。针对盲区应基于三维几何关系计算停车视距与交叉口视距的实际可用长度,同步调整竖曲线半径、侧向净距与边坡整形。视觉负荷控制需要把驾驶任务从临界状态拉回稳定区,可采用三维场景仿真检查驾驶视域内的信息密度与视线转移频率,合并重复标志、统一照明节奏、保持护栏与绿化的连续导向,避免在短距离内出现路侧构筑物与标志突变造成的视觉跳变从而降低误判与紧急操作概率并提升线形一致性。

2.4 慢行空间整合与安全保障设计

慢行系统在城镇化地区的核心矛盾是连续性被多开口与多车道断面切割,导致行人与非机动车被迫在车流缝隙中完成多次决策,设计应以连续通达为底线,把慢行空间从附属设施提升为与主路同等的功能单元,路段上通过物理隔离或带状缓冲明确路权边界,在公交站点、学校医院等吸引源周边优先形成不断链的步行与骑行通道,并通过过街等待区与无障碍坡道保证弱势群体可达;节点上应将冲突控制前置到几何布局阶段,采用交叉口后退式过街、行人庇护岛、角岛控速等方式缩短暴露时间并降低转弯速度,同时用抬升过街与清晰导向标线提升让行一致性避免把慢行流线引入长距离混行编织区。

出入口治理是慢行安全的关键抓手,设计应配合地块内部路网连通与共享出入口减少直接接入主线的开口数量与冲突点密度,并为必要的转向交通设置专用转向车道以降低速度差。方案比选阶段宜将微观仿真输出的轨迹导入冲突分析工具,以TTC、PET等替代指标识别车人冲突热点,针对热点迭代调整过街位置、信号相位与隔离形式形成可量化的安全改进闭环,使慢行空间在不显著增加用地的条件下实现连续、可理解、可预期的安全运行。

3 节点衔接与排水治理

3.1 交叉口群与出入口控制

沿线地块开发往往伴随大量未经统筹的开口和支路接入,使得原本为通道功能服务的公路退化为“长街式”道路。为避免这种情况,应将线路按0.8~1.5 km划分为若干节点控制单元,对单元内的平面交叉口、重要出入口及公交站点进行整体梳理:一类是与城市主干路或快速路的互通节点,宜采用立体交叉或信号控制的菱形、单点互通形式,并通过加减速车道实现主线车流与匝道车流的平滑过渡;二类是与次干路或组团道路的交叉口,可采用右进右出+掉头或局部辅路系统,将左转需求集中到少量节点解决;三类是分散的地块出入口,应通过整合、并联或后退接入辅路,将间距控制在200 m以上,避免在短距离内形成多处减速区^[10]。对于难以避免的交叉口群,可通过统一的信号配时与协调控制,实现绿波带运行,并在仿真阶段对不同行人过街方式(地面横断、地道或天桥)下的延误与冲突情况进行对比,以确定最优节点组织方案。

3.2 合成坡度与汇排连续

城镇化地区的地面大多为硬化铺装,短时暴雨容易在路面及交叉口积水,影响通行甚至引发行车事故,因此在路线设计阶段需同步考虑合成坡度与市政排水系统的衔接。对于超高过渡段及平曲线外侧,应优先保证纵横坡合成值不低于0.5%,在交叉口范围内则不宜采用过大的凸形竖曲线,以防中部形成“水盆”效应^[11]。通过纵断面设计可计算不同竖曲线半径、纵坡与路拱横坡组合下的排水不畅长度,并与单元内的雨水口布设间距相匹配;当计算得到的排水不畅长度超过规范推荐值的80%时,应及时调整竖曲线半径或增加雨水口数量。结合周边市政雨水管网资料,可将沿线划分为若干汇水分区,通过“路面一边沟/雨水口一支管—干管”的多级系统建

立汇流路径,确保在两年一遇及以上重现期的暴雨条件下,路面关键控制点(如公交港湾、人行通道入口)不会出现超过10 cm的积水^[12]。

3.3 过渡段处理与细部构造

在穿城通道段与镇村密集段之间往往存在若干功能和线形过渡段,如果处理不当,会出现限速标志突变、护栏形式频繁变化和横断面突然收放等问题,给驾驶员带来强烈的不适感。过渡段应遵循“线形先行、设施跟随”的原则:首先通过平纵线形渐变和视线引导设施,使驾驶员在数百米的距离内逐步感知场景变化,例如适度减小平曲线半径、增加路侧绿化和建筑界面的封闭感;随后再引入减速标线、警示标志和声纹带等设施,以加强心理减速效果。在细部构造方面,应注意防撞护栏与人行防护栏的连续衔接,避免在过街口形成“残缺护栏”^[13];在人行横道前后设置抬升平台时,需兼顾排水与无障碍通行,平台长度和坡度与相邻路段纵坡保持平顺;在公交港湾与非机动车道交叉处,则应通过颜色或材料变化明确使用权边界,防止车辆长期占用慢行空间。通过对过渡段的精细化设计,可以在不增加额外控制设施的情况下,显著降低驾驶员操作负荷和突发冲突概率。

3.4 节点景观协同与市政设施衔接

城镇化公路的节点区域往往叠加交叉口、公交站、过街集散与多类开口,景观与市政设施如果分专业各做各的,最容易在视距三角、慢行连续性、排水路径和运维检修上出现硬冲突^[14],设计应以节点影响区为单元建立一套可校核的协同流程,先用交叉口视距与行人等候空间确定不可占用的安全控制面,再按设施带的布置逻辑完成标志标线、照明灯柱、护栏、树池与无障碍坡道的序列化落位避免杆件与乔木进入视距敏感区,同时保证人行道与设施带的连续通达和互不干扰。地下工程以管线综合为主线按雨污分流、给水燃气、电力通信的走廊化排布预留检修净距与井位,井盖优先避开车道轮迹带与过街等待区,节点范围的管线标高与检查井布置需与路口竖向一体推演,减少反复抬落导致的积水洼点。在排水与景观一体化上节点应把道路径流组织成可解释的汇流路径,通过路缘石开口将径流导入下沉绿地、植被浅沟或雨水花园,采用可维护的前置沉砂与溢流口,超标雨量再衔接市政雨水管网,做到小雨就地滞渗、暴雨快速外排^[15],并将公交港湾、地道出入口等低点作为10 cm积水控制点进行校核。方案

落地阶段宜用三维协同模型做管线与景观构筑物碰撞检查,把树根隔离、基坑开挖与管线保护、照明配电与信号管线预埋同步纳入节点详设清单,最终以设施可达性、视距合格率、径流削减与运维可进入性作为验收指标,避免景观好看但后期难维护、难排水的节点失效。

4 结 语

研究针对城镇化地区公路由通道向通道、街道复合功能转化所引发的开口过密、横向冲突突出与排水衔接不畅等问题,提出以0.5~1.0 km单元的场景分型为抓手构建规范约束、运行安全、实施环境多维指标体系,并据此形成线形与速度协调校核、横断面交通分离与慢行连续优化、交叉口群与出入口一体化组织以及合成坡度与汇排连续控制等优化方式,开展迭代比选,形成适配四类典型场景的指标建议与控制策略,为在用地与造价约束下提升城镇化地区公路安全性、运行效率与慢行保障水平提供了可复制的技术路径。

参考文献:

- [1] 何弘,范安军.铁索桥改公路桥项目中桥梁设计要点分析[J].运输经理世界,2023(30):107-109.
- [2] 樊欣.公路市政化改造设计要点分析——以宿州市G311项目为例[J].安徽建筑,2024,31(6):147-148.
- [3] 王丽萍.高速公路建设项目设计阶段造价控制要点[J].人民交通,2023(8):48-50.
- [4] 赵响响,刘文涛.高速公路路基填筑施工技术要点[C]//2025智慧设计与建造经验交流会论文集,2025.
- [5] 李海,卢建.公路工程路线与路基的设计原则和设计要点[J].汽车周刊,2025(7):238-240.
- [6] 杨林.公路项目路线布设及路基设计要点探讨[J].交通科技与管理,2023(6):180-182.
- [7] 庞帅.复杂地形下山区公路设计要点分析[J].工程设计与施工,2024,6(7):7-9.
- [8] 师晓鸽.改扩建公路路基路面设计要点研究[J].工程技术,2024(3):100.
- [9] 严晓莎.公路工程路线设计要点及思路探究[J].艺术与设计(电子版),2024(2):231-233.
- [10] 杨亮.山区公路桥梁工程设计要点研究[J].建筑工程技术与设计,2021(9):1195.
- [11] 张智勇.公路兼市政道路设计要点分析[J].石材,2025(4):70-72.
- [12] 于春华.高速公路改扩建工程中路线设计的要点[J].汽车周刊,2025(3):212-214.
- [13] 胡标.公路项目环境选线原则下的路线设计要点分析[J].交通科技与管理,2023(12):57-59.
- [14] 徐华兵.公路交叉口视距受限时的交通设施设计要点[J].交通世界,2025(36):10-12.
- [15] 王欣悦,孙哲.基于海绵城市理念的市政道路排水设计研究[J].工程建设与设计,2026(1):126-128.