

改扩建道路路线及路面路基的设计研究

何长城

杭州余杭交通设计有限公司 浙江 杭州 311100

摘要: 随着城市化进程的加速与交通需求的持续增长,改扩建道路成为提升交通通行能力、优化城市路网结构的关键举措。本文聚焦于改扩建道路路线及路面路基的设计研究,深入剖析路线规划中地形地貌、交通流量等因素的影响,探讨路面路基在材料选择、结构优化、施工工艺等方面的设计要点,旨在通过科学合理的设计,确保改扩建道路的安全性、舒适性与耐久性,满足日益增长的交通需求。

关键词: 改扩建道路;路线;路面;路基;设计

引言:随着城市化进程的加速与交通流量的持续增长,既有道路的通行能力与服务质量逐渐难以满足需求,改扩建工程成为提升道路性能的关键举措。然而,改扩建道路设计面临诸多挑战,不仅要精准把握路线规划,确保与区域路网及交通功能适配,还需妥善处理既有路面路基问题,保障工程质量。此外,环保与可持续发展理念深入人心,如何在设计中实现生态保护、资源节约,亦是亟待解决的重要课题。

1 改扩建道路路线设计理论与优化方法

1.1 路线设计基本原则

(1) 符合规划要求与交通功能定位:需严格遵循区域路网总体规划,明确道路为农村道路的功能属性,匹配设计速度(一般30-40km/h)、车道数(多为双向两车道)等核心指标。同时结合农村现状交通流量(含农用车辆、行人混行特征),保障道路通行能力与周边村庄、农田地块交通需求相适配,避免功能定位与实际使用脱节。(2) 最小化征地拆迁与环境影响:优先利用既有道路红线资源,通过优化线形减少新增用地规模;避开文物古迹、生态敏感区等重点区域,对途经的林地、水体采取避让或防护措施。在设计中同步核算征地拆迁成本,通过局部方案调整降低社会矛盾与经济投入。

1.2 既有道路路线评价与问题诊断

(1) 路线平纵线形适应性分析:针对平面线形,重点核查圆曲线半径、缓和曲线长度是否满足现行规范,检验视距是否达标(如停车视距、会车视距);纵断面需评估坡度大小、坡长是否符合设计速度要求,检查超高设置与排水需求的匹配性,判断既有线形能否适应改扩建后交通量增长。(2) 交通组织与安全性评估:分析交叉口、交织区的通行效率,排查出入口与主线衔接是否顺畅,评估车辆转向、变道时的冲突风险;通过历史事故数据统计,识别事故多发路段的设计缺陷(如急弯接

陡坡、视距遮挡),为后续优化提供依据。

1.3 改扩建路线优化设计方法

(1) 平面线形调整:对车道宽度不足路段进行单侧或双侧加宽,保障车辆通行空间;针对曲率过大的急弯,采用截弯取直方案改善线形指标;在穿越城镇密集区等特殊路段,通过局部改线避开建筑密集区,减少拆迁量。(2) 纵断面优化:结合地形条件计算填挖土方量,通过调整坡高、坡长实现填挖平衡,降低工程成本;对连续上坡路段,根据货车通行需求增设爬坡车道,分离快慢车流,提升道路通行安全性与效率。(3) 横断面设计:根据道路功能与交通组成,选择整体式扩建(在既有道路两侧同步加宽)或分离式扩建(新建车道与既有车道分离布设);在城镇路段增设非机动车道与人行道,完善慢行交通系统,提升道路综合服务能力^[1]。

2 改扩建道路路基设计与施工技术

2.1 既有路基状况评估与病害分析

(1) 路基强度与稳定性检测:采用落锤式弯沉仪(FWD)检测路基顶面弯沉值,结合土基顶面回弹模量 E_0 测试(检测需考虑季节影响系数 K_1 为1.3),判断路基整体承载能力;通过承载比(CBR)试验测定路基土抗剪强度,评估抗变形能力。同时结合地质勘察数据,分析路基土层分布、压实度等指标,对 E_0 值低于40MPa或弯沉值大于247(1/100mm)的路段,明确需换填处理。(2) 常见病害类型及成因:沉降病害多因既有路基压实度不足、软土地基未处理,或砂石/水泥路面长期受荷载累积作用导致;裂缝病害中,纵向裂缝与边坡排水不畅、土体侧向位移相关,横向裂缝多由温度变化及新旧路基差异沉降引发;边坡失稳源于坡率过陡(土质边坡超1:1.5、石质边坡超1:0.75)、雨水渗透,或挡墙基础未达地勘要求。

2.2 新旧路基拼接设计

(1) 拼接方式选择:单侧拼接适用于单侧有拓展空

间的村道路段,减少对“边施工、边通车”的干扰;双侧拼接用于需拓宽至5-6.5m路基的路段,按“先单侧后另一侧”顺序施工;对老路过窄路段,采用全挖全填替代拼接,同步满足压实标准。(2)拼接界面处理技术:沿既有路基边坡开挖台阶,宽度不小于1.0m,挡墙背后填料分层压实,层厚不大于30cm;大型压路机盲区采用小型机具压实,压实厚度 $\leq 15\text{cm}$,宕渣粒径控制在5cm以内;重点路段铺设土工格栅增强咬合,减少差异沉降。(3)差异沉降控制标准与预测方法:四级公路路基顶面差异沉降控制在30mm以内,采用分层总和法结合现场监测预测。对拼宽路段,通过控制新路基压实度(上路床 $\geq 95\%$ 、下路堤 $\geq 92\%$)实现沉降协调^[2]。

2.3 特殊路基处理技术

(1)软土地基处理:浅层软土(厚度 $< 3\text{m}$)采用清渣换填,深度穿透软土层至路槽下80cm;中深层软土采用塑料排水板结合堆载预压;涵洞基础处地基承载力需 $\geq 120\text{KPa}$,管桩处理路段需对称加密桩体。(2)特殊区域路基加固:农田及沟渠路段增设M7.5浆砌块石挡墙,基础需补充地勘数据优化设计;沿河路段强化排水系统,采用C25砼边沟(净宽0.4-0.6m)配合D300/D400钢筋砼管排水,避免雨水浸泡路基。

2.4 施工控制与监测

(1)动态沉降观测与信息化施工:在路基关键断面及涵洞两侧布设沉降观测点,施工期每3天观测1次,通车后每月1次,沉降速率超5mm/d暂停施工。建立监测平台,实时上传沉降、压实度数据,联动调整施工参数。(2)质量验收标准与风险防控:压实度按重型击实标准验收,上路床 $\geq 95\%$ 、下路堤 $\geq 92\%$;基层养生期不少于7d,养生期间限制车速 $\leq 30\text{km/h}$ 。制定防汛预案,雨季加强边沟排水(确保边沟顶低于路肩1-2cm),雨水口2m范围内设收水面,防范路基失稳。

3 改扩建道路路面设计与再生利用技术

3.1 既有路面结构性能评价

(1)路面损坏状况指数(PCI)与结构强度检测:依据《公路技术状况评定标准》(JTG5211-2024),通过PCI评价体系实地调查路面纵横向裂缝、龟裂、松散等病害,按损坏程度与密度计算PCI值,划分优(≥ 90)、良(80-89)、中(70-79)、次(60-69)、差(< 60)五个等级,明确路面破损程度;采用落锤式弯沉仪(FWD)检测路面结构强度,获取不同深度层位弯沉数据,结合设计弯沉值(如本项目68(1/100mm)),判断基层、底基层承载能力是否满足改扩建要求,为后续设计提供依据^[3]。(2)旧沥青路面材料性能分析:取样检测旧沥青混

合料级配组成,通过筛分试验判断骨料分布是否符合AC-13C、AC-20C级配要求,评估是否需调整新料级配;采用抽提试验测定油石比,分析沥青含量合理性;通过延度、针入度、软化点检测沥青老化程度,若老化严重(如25°C针入度低于10(0.1mm)),需在再生时补充A-70沥青或添加RA系列再生剂,保障再生材料性能。

3.2 路面改扩建设计方法

(1)加铺层结构设计:根据既有路面结构强度与交通荷载预测,采用弹性层状体系理论计算加铺层厚度,普通路段病害处理后直接加铺路面结构,一般穿村路段需要铣刨原面层后重新加铺路面结构;面层加铺需要注重层间粘结处理,在旧路面表面喷洒PC-3型乳化沥青粘层油(用量0.3-0.6L/m²),避免加铺层与旧路面剥离。(2)反射裂缝防治技术:在旧路面与加铺层之间铺设宽30cm防裂贴,或采用橡胶沥青应力吸收层(厚度2-3cm);也可铺设土工合成材料,其性能需满足相关规范,有效延缓反射裂缝产生与扩展,延长路面使用寿命^[4]。

3.3 旧路面材料再生利用技术

(1)厂拌热再生工艺应用:采用厂拌热再生,将旧路面铣刨料(RAP)运至拌合站,破碎筛分后与新矿料、A-70沥青、RA系列再生剂按比例混合(RAP掺加比例控制在10%左右),适用于本项目小交通量农村公路;施工中控制RAP加热温度110-130°C,再生混合料出料温度比普通热拌沥青混合料高5-10°C。(2)冷再生基层的应用:本项目优先采用厂拌热再生,若需冷再生,可选用水泥冷再生(水泥掺量3%-5%)或泡沫沥青冷再生(泡沫沥青膨胀率 ≥ 10 倍),前者适用于交通量中等路段,后者适合气候寒冷地区,施工中需严格控制含水率与压实度。(3)再生材料性能评价与经济性分析:性能评价检测再生混合料马歇尔稳定度($\geq 5\text{kN}$)、空隙率(3%-6%)等指标;经济性分析显示,旧料再生可减少30%-40%原材料采购成本,降低铣刨料外运与填埋费用,契合本项目“绿色施工”理念,兼具经济与环保效益。

4 改扩建道路环保与可持续发展设计

4.1 安全设施优化与景观融合设计

(1)主动防护设施升级:优先采用新型波形梁护栏,选用Q235低碳钢材,通过热浸镀锌工艺提升防腐性能,使用寿命延长至15年以上;对急弯、陡坡路段,增设附着式轮廓标,采用高反光率微棱镜材料,夜间可视距离提升至300米,同时配套设置减速震荡标线,通过路面凹凸结构产生振动提醒,降低车速过快引发的事故风险。对临崖路段,采用柔性防护网,利用钢丝绳网的缓冲吸能特性,有效拦截坠物,保护行人与车辆安全,构建“护

栏-轮廓标-标线-防护网”多层主动防护体系,实现安全防护与耐用性提升的双重目标。(2)被动防护设施与景观协调:在道路出入口、学校区域等重点路段,设置防撞墩与隔离护栏,防撞墩采用环保橡胶材料,可回收利用率达90%,避免传统混凝土墩的资源浪费;同步优化景观协调性,隔离护栏表面采用仿木纹喷涂工艺,搭配沿线植被色彩,在互通立交、公交站点等节点,将防护设施与景观花箱结合,选用本地花卉品种,避免大面积同质化设施,提升道路与周边环境的视觉统一性^[5]。

4.2 智能交安系统与节能技术应用

(1)智能监测设备集成:在事故高发路段,安装毫米波雷达测速仪与视频监控系统,设备采用太阳能供电,搭配锂电池储能,减少传统电网供电的线路铺设成本;通过5G信号传输数据,实时推送超速、逆行等违规信息至交管平台,响应时间缩短至10秒内。对隧道、长下坡路段,设置智能应急照明系统,采用LED节能灯具,能耗较传统高压钠灯降低60%,同时根据车流量自动调节亮度,避免能源浪费。此外,回收旧交安设施中的可用部件,如完好的反光膜、传感器模块,经检测修复后重新投入使用,实现资源循环利用,旧设施回收利用率不低于85%。(2)低碳型交安技术推广:选用水性反光涂料替代传统溶剂型涂料,VOCs排放量降低70%,减少对空气环境的污染;推广模块化交通标志,标志板采用铝合金轻质材料,现场组装式安装,减少现场焊接作业的能耗与粉尘污染;采用可降解警示带,替代塑料警示带,使用后3个月内自然降解,避免白色污染,符合环保要求。

4.3 全生命周期成本分析

(1)初期投资与长期维护成本对比:从全生命周期视角核算成本,初期投资需综合考虑智能交安设施、环保材料应用等的增量成本,虽然环保型交安设计会使初期投资增加8%-12%,但长期维护成本可降低25%-35%。例如,新型波形梁护栏相较于传统护栏,后期无需频繁

除锈维护,养护费用大幅减少;智能应急照明系统的LED灯具寿命达5万小时,较传统灯具延长4倍,能减少更换频次与费用,降低长期运维成本。(2)改扩建工程的社会效益评价:社会效益体现在提升道路通行安全性,减少交通事故发生率,保障居民出行安全;智能交安系统实时监测路况,帮助交管部门快速处置突发情况,缩短道路拥堵时间,提升通行效率;环保型交安材料的应用减少环境污染,降低对周边居民生活的影响;模块化设施的推广为道路养护提供便捷方案,推动区域交通设施绿色升级。同时,改扩建工程可带动交安设施生产、安装等相关产业就业,促进交通领域技术创新,具有显著的社会综合效益。

结束语

改扩建道路路线及路面路基设计研究意义重大,通过科学规划路线、精准评估既有状况并优化设计,可有效提升道路通行能力与安全性。同时,注重生态保护与资源循环利用,采用环保技术与材料,能降低工程对环境的影响。全生命周期成本分析显示,此类设计虽初期投入稍增,但长期效益显著。未来,应持续探索创新,推动改扩建道路设计向更高效、绿色、可持续方向发展。

参考文献

- [1]孙朋帅.道路改扩建工程路线与路基路面设计要点分析[J].工程建设与设计,2022(12):116-118.
- [2]姚怡彤.公路工程中改扩建公路路线以及路面路基设计的探析[J].甘肃科技,2020,36(09):100-101.
- [3]郭鹏辉,郑勋.改扩建道路的路线及路基路面设计策略分析[J].工程建设与设计,2022(16):74-76.
- [4]梅庆立.改扩建道路的路线及路基路面设计策略分析[J].电脑高手,2021(4):251-252.
- [5]蒋飞虎.改扩建道路的路线及路基路面设计策略分析[J].数码-移动生活,2021(9):388.