

# 基于绿色交通的市政道路改造策略研究

李川<sup>1</sup>, 吕严伟<sup>2</sup>, 袁成太<sup>1</sup>, 周进<sup>2</sup>, 刘阳<sup>2</sup>

<sup>1</sup>中建新越建设工程有限公司, 广东 广州

<sup>2</sup>中建新疆建工(集团)有限公司, 新疆 乌鲁木齐

收稿日期: 2026年5月22日; 录用日期: 2026年6月14日; 发布日期: 2026年6月25日

## 摘要

以某市XX主干道为对象, 本研究构建面向绿色交通的道路改造体系, 涵盖路权重构、低碳设施升级与智慧化管理, 并建立以通行效率、碳排放、出行体验为核心的量化评估。改造在断面上统一拓宽非机动车道至3米并设置缓冲与隔离, 实施早高峰专用公交道与受保护式骑行过街, 设施侧配置直流快充与交流慢充、太阳能LED照明与暖拌再生路面, 管理侧部署自适应信号、公交优先与占用治理。实测表明, 早高峰旅行时间由15分钟降至12分钟, 降低20%; 道路CO<sub>2</sub>排放强度由120降至90克每公里每标准小汽车单位, 降低25%; 非机动车道满意度由60分升至78分, 提升30%。结果验证了以公交和慢行优先为骨架的综合策略可在既有主干道条件下显著压降延误与排放并改善出行体验, 具备可复制推广价值。

## 关键词

绿色交通, 市政道路改造, 路权重构, 自适应信号控制, 低碳设施

# Research on Municipal Road Reconstruction Strategy Based on Green Transportation

Chuan Li<sup>1</sup>, Yanwei Lyu<sup>2</sup>, Chengtai Yuan<sup>1</sup>, Jin Zhou<sup>2</sup>, Yang Liu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zhongxin Jianyue Construction Engineering Co., Ltd., Guangzhou Guangdong

<sup>2</sup>Zhongjian Xinjiang Construction Engineering (Group) Co., Ltd., Urumqi Xinjiang

Received: May 22, 2026; accepted: June 14, 2026; published: June 25, 2026

## Abstract

Taking XX main road in a city as the object, this study constructs a road reconstruction system for green transportation, covering road right reconstruction, low-carbon facilities upgrading and intelligent management, and establishes a quantitative evaluation with traffic efficiency, carbon emissions and travel experience as the core. In the reconstruction, the non-motor vehicle lane is

uniformly widened to 3m on the cross section, and the buffer and isolation are set, and the bus lane dedicated to the morning rush hour and the protected riding crossing street are implemented. The facility side is equipped with DC fast charging and AC slow charging, solar LED lighting and warm mixed recycled pavement, and the management side is equipped with adaptive signals, bus priority and occupation control. The actual measurement shows that the travel time in the morning rush hour is reduced from 15 minutes to 12 minutes, a decrease of 20%; Road CO<sub>2</sub> emission intensity is reduced from 120 to 90 grams per kilometer per standard car unit, a decrease of 25%; The satisfaction of non-motor vehicle lanes increased from 60 points to 78 points, an increase of 30%. The results show that the comprehensive strategy based on bus and slow-moving priority can significantly reduce the pressure drop delay and emission and improve the travel experience under the existing main road conditions, and has the value of replication and promotion.

## Keywords

Green Transportation, Municipal Road Reconstruction, Reconstruction of Road Rights, Adaptive Signal Control, Low-Carbon Facilities

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

在碳达峰碳中和目标驱动下，交通领域低碳转型由增量建设转向存量道路的绿色化改造。受用地与需求叠加影响，城市主干道普遍存在机非结构失衡、交叉口组织不优、路侧干扰突出与慢行断点多等问题，导致延误、启停与低速运行叠加推高排放强度。面对公交与慢行的路权不足以及设施与管理碎片化的现实，亟需以系统工程思维重构道路功能与运营机制[1]。本研究以某市 1.5 公里主干道为例，提出慢行与公交协同优先的断面重构，叠加低碳照明与路面、充电补能体系，以及多源感知驱动的自适应信号与占用治理，构建效率、碳排放与体验三维评价闭环。研究的意义在于为存量道路提供可落地、可量化、可迭代的绿色改造路径，促进方式转移与交通能源协同降碳。

## 2. 市政道路绿色交通改造的现状与理论基础

### 2.1. 某市 XX 主干道绿色交通改造现状分析

以某市 XX 主干道为对象，路段全长 1.5 km，双向 6 车道、近端接入 5 处信号化交叉口，沿线用地以居住与商业混合为主，早高峰机动车流量为 800 pcu/h，非机动车流量为 200 辆/h，公交 4 条、平均发车间隔 6 min，流量在学校与商业节点呈峰值集聚，空间分布特征见图 1，基础指标见表 1。改造前机非结构失衡与通行组织不优叠加导致碳强度偏高，车队延误、起停频繁和低速运行共同推高 CO<sub>2</sub> 排放强度至 120 g/(km·pcu)，其中货运与网约车比例偏高、交叉口绿信比配置不足、路侧停车干扰显著是主要成因。慢行系统暴露出断点多、连续性差与路权被侵占等问题，现状非机动车道有效宽度 1.5 m 且被占用率达 30%，人行道净宽常被临停与摊点压缩，行穿线缺少避让缓冲区与照明盲点明显，亟需通过路权重构、公交换乘便捷化与慢行品质提升来回应核心需求[2]。

### 2.2. 绿色交通改造的理论与技术支撑

绿色交通内涵概括为低排放、高效率、人性化，以用地 - 交通协同与需求管理为主线，采用 TOD 引

导公共交通走廊与混合开发,抑制小汽车弹性并促使方式转移,配套慢行优先的连续步行-骑行网络、路口优先与宜人微环境,构建以公共交通和慢行为骨架的可达体系[3]。

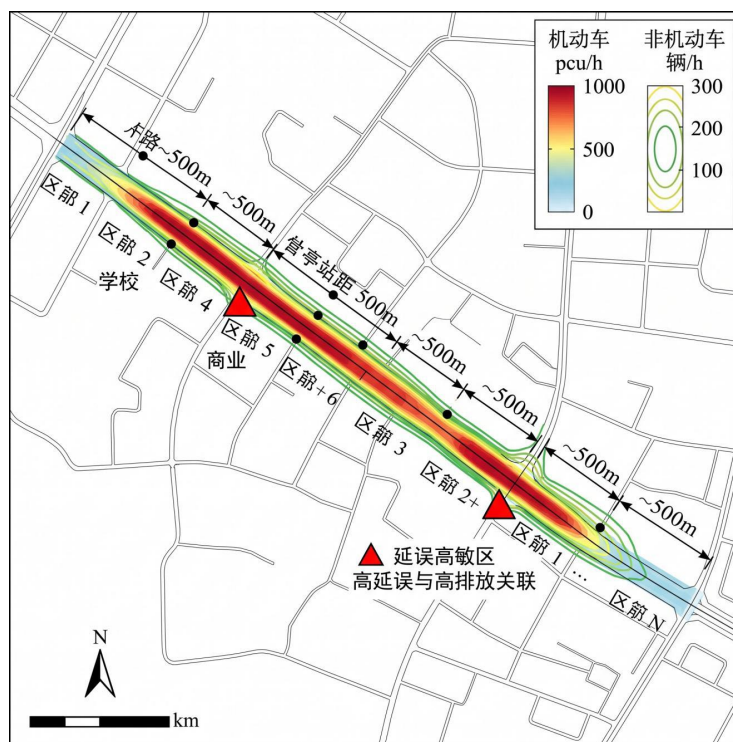


Figure 1. Heat map of morning peak traffic flow on XX Arterial Road in City X  
图 1. 某市 XX 主干道早高峰交通流量热力图

Table 1. Statistics of traffic status indicators of XX Arterial Road in City X before renovation  
表 1. 某市 XX 主干道改造前交通现状指标统计

指标	数值	单位	统计口径	备注
路段长度	1.5	km	中桩计距	主干道路段
车道数	6	lane	双向合计	双向各 3 车道
信号化交叉口数量	5	个	路段两端及沿线	含 2 处 T 型交叉口
早高峰机动车流量	800	pcu/h	路段平均	7:30~9:00
早高峰非机动车流量	200	veh/h	路段平均	7:30~9:00
公交线路数	4	line	覆盖本段	平均发车间隔 6 min
平均运行速度	22	km/h	早高峰路段平均	含路侧干扰
CO <sub>2</sub> 排放强度	120	g/(km·pcu)	模型核算	机动出行口径
非机动车道有效宽度	1.5	m	典型断面	单侧设置
非机动车道被占用率	30	%	早高峰抽样	违停与作业占用
人行道净宽	2.0	m	典型断面	局部小于 2 m
路侧停车位密度	35	位/km	法定与非正规	干扰显著

技术支撑上,需部署多源感知与边缘计算驱动的自适应信号控制、公交优先与绿波协调,建设 AI 占

用识别与出行引导服务，同时以分布式光伏-LED 路灯、直流快充与有序充电落地能源侧低碳化，并以时空数据底座、道路侧单元与 V2X 及配网容量与峰谷电价机制为前置条件，为定量约束与评估引入道路碳排放强度，公式如下[4]。

$$I_c = \frac{\sum_{i=1}^m N_i \cdot EF_i}{L \cdot Q_{pcu}}$$

其中， $I_c$  为 CO<sub>2</sub> 排放强度，单位 g·km<sup>-1</sup>·pcu<sup>-1</sup>； $N_i$  为第  $i$  类车辆数，单位 veh； $EF_i$  为排放因子，单位 g·km<sup>-1</sup>； $L$  为路段长度，单位 km； $Q_{pcu}$  为折算交通量，单位 pcu。

### 3. 基于绿色交通的市政道路改造策略制定

#### 3.1. 道路功能分区优化策略

基于路权优先与连续性原则，针对改造前主干道机动车流量 800 pcu/h、非机动车流量 200 辆/h 与非机动车道被占用率 30% 的失衡，提出以慢行与公交协同为核心的功能分区重构，横断面自外至内依次为人行道、非机动车道、缓冲带、机非分隔设施、公交专用道与混合车道，实施早高峰定时专用公交道策略，专用道宽度 3.5 m，常规机动车道宽度 3.25 m，非机动车道全线统一拓宽至 3 m 并设置 0.5 m 安全缓冲带与连续物理隔离，交织段通过导流岛与渐变段控制以确保各功能带连续与识别清晰[5]。

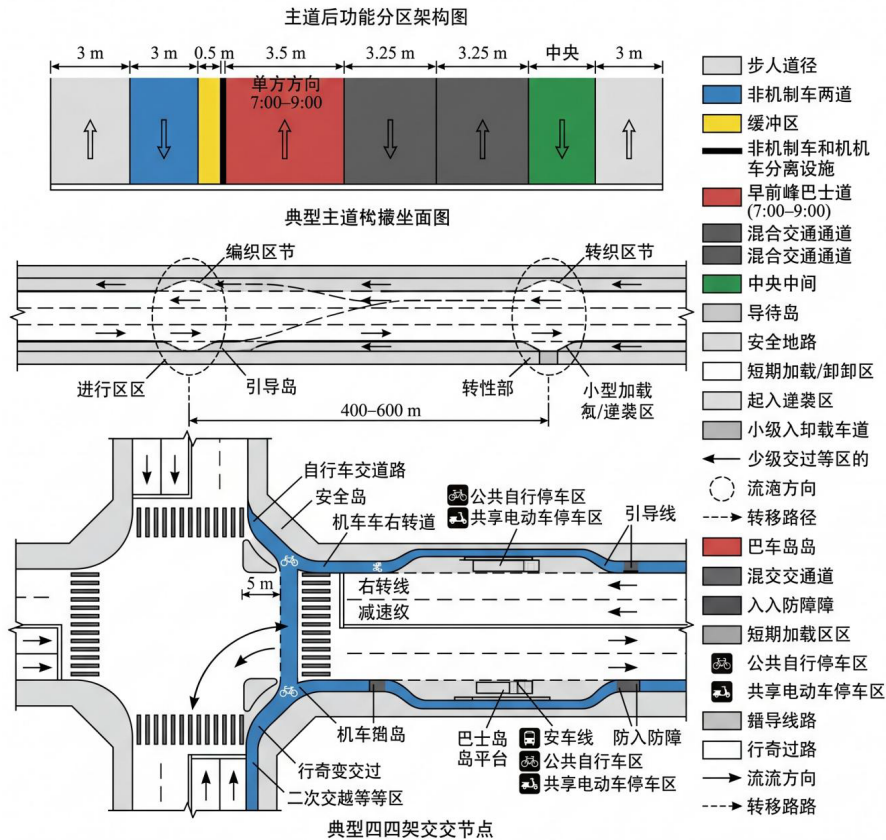


Figure 2. Functional zoning architecture of XX Arterial Road in City X after renovation  
图 2. 某市 XX 主干道改造后功能分区架构图

非机动车系统在断面与节点同步优化，路段连续段采用彩色铺装与线性隔离桩形成独立路权，交叉

口采用受保护式自行车过街几何,通过角隅安全岛与让行线将自行车横过位置与机动车右转脱开 5 m,设置右转入口道与提前减速段以降低冲突,公交系统沿高峰主要流向设置路侧专用道,并与港湾式或半港湾式停靠区衔接,停靠区采用岛式站台与人行横过通道一体化设计,站台后侧布设微出行停车与换乘节点并与人行道无障碍连通,将公交站点与公共自行车桩位及共享电单车停放区组合为复合换乘单元,节点间距控制在 400 m 至 600 m,沿线渠化配以连续车道标线与专用标志以支撑专用道时段化运行,见图 2。

为提升运行弹性与可维护性,分区实施分阶段落地,先行完成非机动车道拓宽与隔离设施布设并同步完成人行道缘石顺接与盲道连续改造,随后启用早高峰专用公交道时段 7:00~9:00 并在瓶颈路段设置可变导向车道与可转化借道区,以兼顾非高峰通行需求,沿线路缘设置短时装卸带与即停即走带,并以时段化与电子标识约束以避免对非机动车道与人行道侵占,交叉口设置行人安全岛与二次过街等候区并配置高摩擦铺装与高显著性标线以提高夜雨条件可视性,同时在站台周边增设防侵入护栏与缓冲区并对树池与排水口进行同步迁改与加固,以实现慢行连续性与公交效率及道路安全的协同提升[6]。

### 3.2. 低碳化交通设施升级策略

本节以全寿命期减碳为导向,围绕电动化补能、绿色照明与低能耗路面提出系统化升级路径,充电设施按 10 台 per km 在道路两侧与公交站点周边布设结合 1.5 km 长度总量配置 15 台,其中直流快充 120 kW 9 台,交流慢充 7 kW 6 台,统一 OCPP 接入与分时功率调度供电侧设置 10/0.4 kV 双变压器配电房 2 × 800 kVA,并预留 20%冗余 0.4 kV 环网四回馈线分区供电配置。

照明系统实施百分百替换太阳能 LED 灯具。采用全截止配光单灯功率 60 W 配套光伏组件 180 Wp 与电池 12.8 V 100 Ah,具备 22:00 至 5:00 自适应调光至 50%,与人来灯亮并接入 NB IoT 监测。沿线两侧按 30 m 间距布设共计 100 套,在交叉口及站台加密设置过充过放温控与防雷保护,统一接入路侧设备管理平台,灯杆预留检修口并与管线隔离提升运维与安全[7]。

Table 2. Parameter table for low-carbon facility upgrade scheme of XX Arterial Road in City X

表 2. 某市 XX 主干道低碳设施升级方案参数表

设施类别	升级目标	数量与密度	关键技术参数	供能与接入	布设间距与点位	安全与运维要点	碳减排要点
充电桩 DC 快充	构建干线 枢纽快充 网络提升 补能效率	9 台 6 台 per km	120 kW 单枪或 双枪 500 V 250 A 液冷可选防护 IP54 计量级 0.5 级	10/0.4 kV 配电房 2 × 800 kVA 0.4 kV 环网分时功率调度 OCPP 接入	约 150 m 设组 靠近公交站与 停车带每组 2~3 台	AFCI 漏保接地 电阻 $\leq 4 \Omega$ 直流绝缘监测 定期校表	有序充电削峰 预留车棚光伏 接口充电效率 $\geq 93\%$
充电桩 AC 慢充	覆盖长时 停车满足 夜间与驻留 补能	6 台 4 台 per km	7 kW 单枪 230 V 32 A 防护 IP54 RFID 或移 动支付	0.4 kV 支线接入分 表计量负荷控制分 时电价联动	靠近社会停车 位与 P+R 每组 2 台	过温过载与 接地保护电缆 防护桩位视频 监控	引导谷段充电 提升可再生 电力消纳比例
太阳能 路灯	100%替换 降低运营 电耗与 光污染	100 套 67 套 per km	LED 60 W 光通量 $\geq$ 7500 lm 光伏 180 Wp 电池 12.8 V 100 Ah 智 能调光	离网系统光伏控制 器防雷接地 NB IoT 接入平台	两侧间距 30 m 交叉口与站台 加密	过充过放与温 控防雷等级 I 年度巡检更换 易损件	全截止配光 减少溢散光零 网供电
低能耗 沥青路面	降低施工与 运营阶段 能耗与材料 消耗	面积 31,500 m <sup>2</sup> 厚度 10 cm	暖拌添加剂 0.7%拌合 温度 130℃~140℃ RAP 30% SBS 4.8%	拌和站低氮燃烧自 动计量与温控数据 上云	全线主车道与 非机动车道分 三段组织施工	夜间错峰导改 与防护粉尘 噪声控制温度 与含油率抽检	降低拌合温度 与新料用量 延长寿命降全 寿命碳强度

路面采用全线低能耗沥青工艺,以暖拌为核心拌合温度,较热拌降低 25℃至 30℃,并掺配 30%再生

料与 4.8% SBS 改性胶结料。非机动车道段优先采用橡胶改性提升耐久性，配合低粘度添加剂 0.7%与定量雾封缩短施工窗口与减少能耗。施工期分三段，夜间错峰实施保留双向各一车道，设置粉尘监测与喷淋抑尘。完工后将能耗与材料台账接入道路碳管理系统，低碳设施升级方案参数见表 2。

### 3.3. 智慧化绿色交通管理策略

本节提出面向案例道路的智慧化绿色交通管理策略，采用路侧边缘与云端协同的闭环结构，路侧雷达与视频实现车流与非机动车流多源采集，微波与地磁补充检测空驶率与排队长度，车路协同单元接入相位占用、车速与车头时距，数据经消息总线汇聚至道路级控制器，触发滚动优化与事件驱动联动。目标在公交优先与慢行优先的约束下，压降延误并抑制怠速排放，同时通过降级运行、就地手动接管与白名单放行机制保障容错与应急[8]。

基于实时流量的智能信号配时采用预测控制思想，以队列与排放代理量构建目标函数，优化变量为相位绿灯时长与相位序列，在满足周期与冲突约束以及最小绿与行人清空要求的条件下进行滚动求解，公交检测到站时触发动态延绿与插入优先，行人拥挤时触发慢行保护绿并缩短机动车相位，结合边缘预测与短时到达率估计抑制相位抖动，公式如下：

$$\min_{\{g_p\}} J = \sum_{p=1}^P (\alpha q_p + \beta e_p)$$

其中， $J$ 为优化目标， $g_p$ 为相位绿灯时长， $P$ 为相位数量， $q_p$ 为预测时域内相位对应的平均排队长度， $e_p$ 为基于启停频次与速度曲线计算的排放代理量， $\alpha$ 与 $\beta$ 为权重系数

非机动车道占用监测预警采用边缘视觉与深度学习模型识别违停与借道行驶，目标检测与轨迹分析融合时间阈值与空间占比，超过阈值时通过路侧屏推送警示并联动交管指令，对持续占用触发抓拍与执法派单，同时将占用信息回灌至信号控制器，在存在大幅占用时抑制右转放行并延长行人保护时段以维护慢行安全[9]。

绿色出行诱导通过一体化移动端与路侧信息发布实现多模式路径与时空诱导，向用户实时推送公交到站与剩余载荷、自行车与步行通行成本以及碳减排对比，并叠加充电桩可用率与价格信息以引导分时错峰，平台采用匿名标识与端到端加密保护隐私，延迟与可用性由服务等级协议约束，开发接口向公交运营与能源运营开放以实现协同调度与激励闭环[10]。

## 4. 市政道路绿色交通改造效果评估与推广

### 4.1. 改造效果量化评估指标体系构建

为客观表征改造成效，构建交通效率、碳排放、出行体验三维评估体系，选取通行时间减少率、CO<sub>2</sub>排放降低率、非机动车道满意度为核心指标，评估边界为 1.5 km 路段与早高峰，基准取改造前同周同窗均值，数据来自路侧感知、运营平台与问卷，经异常剔除与时空配准[11]。

量化口径上，通行时间减少率以旅行时间差占基准比例计，CO<sub>2</sub>排放降低率由道路碳强度模型对延误与启停代理量变化折算，满意度依据 Likert 五级问卷经一致性检验后线性映射至 0 至 100，并对三项实施标准化、方向一致化与缺测值插补。

在此基础上形成综合评估得分用于阶段对比与策略迭代，权重设置为交通效率 30%、碳排放 40%、出行体验 30%，综合得分计算如下：

$$S = 0.30E + 0.40C + 0.30X$$

其中， $S$ 为综合评估得分，范围 0~100； $E$ 为通行时间减少率得分； $C$ 为 CO<sub>2</sub>排放降低率得分； $X$ 为非

机动车道满意度得分；

实施层面结合基准评估与月度复核，多源交叉校验保障数据质量，并以阈值触发将低分项反馈至路权优化、信号控制与设施运维的闭环治理。

## 4.2. 改造前后关键指标对比分析

本节基于 3.1 构建的评估边界与口径，对 1.5 km 路段早高峰同窗数据进行改造前后对比，数据来源于路侧感知与运营平台并经异常剔除、时空配准与标准化处理，结果以绝对值与相对变化同步呈现以增强可比性，参见表 3。

**Table 3.** Comparison table of key indicators before and after renovation of XX Arterial Road in City X

**表 3.** 某市 XX 主干道改造前后关键指标对比表

指标	改造前	改造后	变化幅度	单位	评价口径
旅行时间	15	12	-20%	min	早高峰 7:30~9:00, 1.5 km 路段 平均单次过段时间
CO <sub>2</sub> 排放强度	120	90	-25%	g/(km·pcu)	道路碳强度模型, 机动出行口径
非机动车道满意度	60	78	+30%	score	Likert 五级量表换算 0~100

从通行效率维度看，旅行时间由 15 min 降至 12 min，减少 20%，与早高峰专用公交道、绿信自适应与渠化优化的协同效应吻合；从碳强度维度看，CO<sub>2</sub> 排放强度由 120 g/(km·pcu) 降至 90 g/(km·pcu)，减少 25%，与延误压降、启停抑制及有序充电等供需侧联动相关；从体验维度看，非机动车道满意度由 60 分提升至 78 分，增幅 30%，反映断面拓宽、连续隔离与保护过街的综合作用[12]。

综合分析表明，改善在学校与商业节点更为显著，显示断面重构与交叉口保护几何对冲突削减的贡献；同时，非高峰阶段的时段化专用道与可变导向设置保障了通行弹性，后续需通过占用治理闭环、站台周界精细化运维与滚动信号策略持续固化成效。

## 4.3. 改造策略优化建议与推广价值

针对充电桩使用率仅 40%，识别信息不可达、价格感知不足与占位干扰为主因，提出“信息引导 + 价格激励 + 秩序保障”：一体化平台发布可用率与分时电价并支持一键充电；执行峰谷差价与首充券、“充电减免停车费”，并以电子围栏和视频执法治理占位，运维 KPI 聚焦利用率、接入时长、完好率[13]。

供给侧同步优化可达性：在商业与学校节点微调点位、完善步行引导与照明，统一 OCPP 与支付接口并实现互认，联合社区停车场共享泊位与夜间预约锁桩，叠加周末差价及碳积分返还，塑造“高峰让利、离峰引流”的负荷转移[14]。

推广层面，案例在路权重构、时段化公交优先、受保护式骑行过街、自适应信号与占用治理、暖拌再生路面与太阳能 LED 及“效率 - 碳 - 体验”评估闭环方面具可复制性，建议按“断面先行 - 信号滚动 - 设施分期”与“交通 - 能源 - 城管 - 执法 - 运营”联动推进，并引入 EMaaS 与按效付费以降低门槛并扩大利益[15]。

## 5. 结语

本文在既有主干道上集成路权重构、低碳设施与智慧管控，显著降低旅行时间与碳强度并提升慢行体验，证明公交与慢行优先的综合策略可在受限空间内取得协同收益。实践表明，时段化专用道、受保护式过街与滚动配时是关键抓手，太阳能照明与暖拌再生路面可带来全寿命期减碳。后续将围绕充电利

用率提升、占用治理闭环与跨部门联动深化机制，并开展走廊级与网络级推广评估。

## 参考文献

- [1] 张兰怡, 翁大维, 温晓娟, 张煌帆, 胡喜生, 曾泽群. 绿色发展转型背景下交通节能减碳路径[J]. 环境科学, 2025, 46(12): 7566-7576.
- [2] 熊启奎, 罗礼英. 绿色城市交通技术专利信息检索与技术分析[J]. 中国科技信息, 2025(23): 15-17.
- [3] 滕怀杰, 樊建文. 市政基础设施建设与可持续发展策略研究[J]. 智慧中国, 2025(6): 82-83.
- [4] 吴建新. 绿色交通理念下交通运输经济可持续发展的路径选择[J]. 山东交通科技, 2025(z1): 76-78.
- [5] 王冬冬. 城市道路建设规划与城市公共交通流量优化研究[J]. 人民公交, 2025(12): 32-34.
- [6] 吴海玲, 吴旗韬, 沈堪海, 廖开怀, 李苑君. 基于道路走航式监测的城市道路碳排放时空分布特征[J]. 环境污染与防治, 2025, 47(6): 143-149.
- [7] 韩利堃. 绿色交通理念下交通运输行业的可持续发展路径解析[J]. 营销界, 2025(12): 100-102.
- [8] 赵一新, 付凌峰, 刘鸿儒. 低碳导向的未来城市交通设施空间转型规划方法[J]. 西部人居环境学刊, 2025, 40(3): 9-15.
- [9] 林育坤. 可持续发展视角下的市政管理策略[J]. 今日财富, 2025(7): 43-45.
- [10] 易宣辰, 金友良. 智慧交通对绿色经济增长的影响研究[J]. 财经理论与实践, 2024, 45(4): 153-160.
- [11] 董俊杰, 李鹏, 魏艳萍, 王涵. 基于 LCA 的不同路面结构建设期碳排放和能耗评价研究[J]. 材料导报, 2025, 39(S1): 138-142.
- [12] 方雷, 万晴朗, 杨妍冰, 许定如, 吴其韦, 黄剑华. 广州市非机动车通行空间优化拓展实践[J]. 城市交通, 2026, 24(1): 24-31.
- [13] 邓一凌, 周蕾, 陈梦微, 高昂. 情景分析在城市低碳交通规划中的应用及启示——以波士顿、伦敦、纽约为例[J]. 现代城市研究, 2024(8): 126-132.
- [14] 许冰, 来逢波. 交通运输结构优化与城市绿色转型: 来自地铁扩建的证据[J]. 浙江工商大学学报, 2024(1): 97-109.
- [15] 孙嘉旒. 低碳经济背景下公路运输经济发展策略分析[J]. 中国储运, 2025(7): 111-112.