

低碳背景下城市道路景观更新实践

丁 珺

[上海市市政工程设计科学研究所有限公司, 上海市 200092]

摘要: 在全球气候变化与我国“双碳”战略背景下,为应对高负荷交通廊道生态功能退化、碳排集中与人文关怀缺失的系统性问题,以上海市龙吴路(华泾路至华展东路)绿化生态景观提升项目为例,探讨高负荷道路生态低碳的创新模式与实践路径。采用案例研究方法,通过构建高功效植物群落、整合雾森降尘与声景掩蔽等针对性技术,并以六大主题花园为功能载体,实现了生态、低碳与人文目标的系统性整合。监测表明:项目年固碳量提升约272倍,植物与鸟类多样性显著增加,噪音与PM2.5分别降低6~10 dB和15%~25%,同时形成集科普、健康与社区活动于一体的复合空间。所总结的创新经验与可推广范式,为同类道路的绿色更新与低碳转型提供了具体的实践参考与理论依据。

关键词: 低碳景观;道路景观;生态修复;碳汇;生物多样性

中图分类号: U418.9

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)07-0213-05

Practice of Urban Road Landscape Renewal under Background of Low Carbon

DING Jun

[Shanghai Municipal Engineering Design Scientific Research Department Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Against the backdrop of global climate change and the “dual-carbon” strategy in China, to tackle the systematical problems of ecological functional degradation, concentrated carbon emissions and insufficient humanistic care in high-load transportation corridors, and taking the Shanghai Longwu Road ((Hujing Road - East Huazhan Road) Ecological Greening and Landscape Upgrading Project as an example, the innovative models and practical paths for ecological low-carbon development of high-load roads are discussed. By using the case study method, through the targeted technologies of building high-efficiency plant communities, and integrating fog forest dust suppression and soundscape masking, and taking six major theme gardens as the functional carriers, the systematic integration of ecological, low-carbon and humanistic goals has been achieved. The monitoring shows that the annual fixed carbon content of the project is increased by about 272 times, the plants and bird diversity increase significantly, and the noise and PM2.5 are reduced by 6~10 dB and 15%~25% respectively. At the same time, a composite space integrating science popularization, health and community activities is formed. The summarized innovative experience and generalizable paradigm provide the detailed practical reference and theoretical basis for green renewal and low-carbon transformation of similar roads.

Keywords: low-carbon landscape; road landscape; ecological restoration; carbon sink; biodiversity

0 引言

城市生态系统的脆弱性随着全球气候变化的加剧和城市化进程的加速而愈加突出。道路作为城市空间的骨架,其绿化系统不仅是景观组成部分,更是连接生态斑块、调节微气候、缓解环境污染的关键载体。

近年来,国内有关道路景观的研究快速发展,学

者们从多个维度进行了有益探索。何硕^[1]以工程项目为例,探索城市更新背景下低维护、高效益的道路绿化植物配置模式。陈荻^[2]提出了将“景观绿化”“城市家具”等要素细化落实到不同类型街道中的方法。张蓉蓉^[3]以低碳理念为先导,提出快速路绿化可行性对策。劳淑玲^[4]借助GIS与遥感技术开展碳汇量化评估,深入剖析植物群落、地形设计、养护管理对碳汇能力的作用机制。孙虎等^[5]结合具体工程,提出引导低碳出行的道路空间更新、增加碳汇的雨水花园建设、促进节能减排的城市家具建造、引导低碳生活的智慧设施的低碳设计策略。王景^[6]则系

收稿日期: 2026-01-05

作者简介: 丁珺(1992—),女,学士,工程师,从事景观设计工作。

统阐述了从材料选择、植物配置到养护管理的低碳景观策略。王晶懋等^[7]创新性地提出6大要素的低碳设计工具箱,系统探究城市绿地空间的碳汇功能提升与减排路径优化。张俊杰等^[8]从固碳释氧、改善小气候、净化空气、降噪、提高空气负离子浓度、抑菌杀菌以及支持生物多样性等多方面生态效益的角度,论述了道路绿地与街旁游园在改善城市生态环境方面的重要作用。徐安祺等^[9]通过连续监测场地内PM2.5的质量浓度、群落微气候因子及植物结构因子,发现在植物配置模式中,“乔灌草-乔灌”多层种植模式的消减作用最强。仇云云等^[10]基于景观生态学与海绵城市建设理论,系统构建功能优化、景观融合、教育展示与文化遗产四维协调框架下景观化海绵城市道路的设计策略。林俊^[11]提出生态基底构建、活动空间打造、地域文化展示、服务设施配套、低碳环境塑造5个维度的道路景观设计要点。崔明峰^[12]等结合实例探讨了低碳思维和智慧融合的旅游型道路的景观设计应用。郁珊珊^[13]提出城市道路“交通-景观-生态”功能核心价值体系。孙晓珂^[14]等构想道路线性景观的模块化设计。

综上所述,这些研究显著拓展了道路景观在生态、海绵、低碳、智慧及人文等方面的内涵与实践路径。然而,既有成果多侧重于某一特定维度或一般性城市道路,针对高负荷、高污染交通廊道这一特殊且普遍存在的城市空间类型,往往技术堆砌而协同不足,缺乏将生态修复、低碳转型与人文关怀三者深度耦合的系统性研究范式与整合性技术路径,同时也缺乏全周期成效评估体系。

城市高负荷交通廊道承载着重载交通,普遍面临噪音、扬尘与尾气污染严重、生态基底破碎、碳排集中且与社区生活割裂等系统性困境。龙吴路项目通过科学评估与功能重构,探索出一条“生态化、低碳化、人文化”的道路更新路径,对类似城市交通通道的生态修复具有重要示范价值。同时通过全周期评估,弥补了该领域在实证研究与集成创新方面的空白。

1 工程概况

1.1 项目区位与现状问题

龙吴路(华泾路—华展东路)位于上海市徐汇区华泾镇,总长约0.89 km。是连接徐汇与闵行的重要交通干道,也是闵行吴泾片区重载车辆进入外环的必经道路^[15]。日均车流量超3万辆,其中重载货车占比达35%以上。长期重载交通导致噪音峰值超

75 dB,扬尘与尾气污染严重。道路绿化及沿线绿地多以“大乔木+地被”为主,结构单一,植物种类仅30种,均为“常规绿化用树”,导致其生态功能薄弱,在碳汇、生物多样性支持及景观季相方面均存在明显不足。同时龙吴路两边多为居住区及学校,周边居民绿地缺乏休闲与生态教育功能。

1.2 项目目标与定位

龙吴路(华泾路—华展东路)道路绿化生态景观提升项目围绕双碳目标,推进生态文明建设,在解决现状噪音、灰尘、尾气等环境问题的同时,通过沿路绿化碳汇提升抵消交通碳排放,实现道路区段减碳排放。

项目以“生态优化、功能复合、景观提质、人文适配”为核心目标,提出构建“生态绿谷、低碳道路、人文街区”三位一体的更新愿景。以六大主题花园为物理空间载体,系统性整合生态、低碳与人文技术策略,并通过全周期监测实现闭环优化。

2 设计策略与实践路径

2.1 生态修复与低碳转型的基底融合

项目将生态修复作为低碳转型的物理基底,通过“筛选—构建—强化”三步,实现功能融合。

2.1.1 高功效植物群落构建

植物设计聚焦“低碳、降噪、滞尘、观赏、生态、适生”六大功能,筛选乡土、高碳汇、强抗逆(滞尘、降噪)植物,形成多维价值体系。构建“乔木—灌木—草花—地被—观赏草”五层植物群落。尽可能的保留原始树种,优先选择乡土品种+广适性品种,避免难养护、高成本问题,确保群落长期稳定。根据场地生境质量和局部景观布局,通过查找上海城市绿化的高功效植物数据库,优选高碳汇、强大气净化和宜降噪的植物种类,并分析上海典型动物的生境需求和动植物关系,选择蜜源、鸟嗜(丰果)、筑巢等功能植物,构建适应不同应用场景的高功效植物配置。新增“特殊生境+生态净化”植物种类,如肾蕨(耐阴,填补林下阴暗区域)、木贼(耐湿,用于雨水花园区域)、花叶芦竹(净化水体)、兰花三七(固土防流失),让群落从“仅绿化”升级为“兼具生态修复”功能;同时多种类搭配吸引昆虫、鸟类,提升生物多样性。

2.1.2 碳汇功能系统强化

摒弃单纯追求乔木碳储量的静态思维,转向培育高生长活力的复合群落。通过筛选高碳汇乡土植物,如广玉兰、栎树、悬铃木、无患子、水杉、榉树等,优化群落结构,打造复层和自然演替的植物群落,提

高植物多样性,提升单位绿地碳储量。同时,结合土壤改良与有机质添加,增强土壤碳汇能力(见图1)。

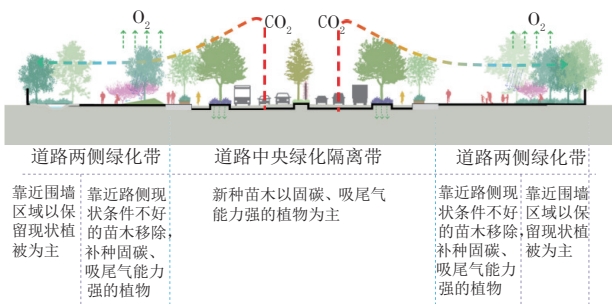


图1 减碳去污示意图

2.1.3 海绵系统集成

在场地内通过雨水花园、旱溪、植草沟、透水铺装与调蓄池构建“渗、滞、蓄、净、用、排”系统。园路雨水及部分绿化雨水通过转输型植草沟收集后流入旱溪,经植物净化后汇入雨水花园,再通过调蓄模块及回用系统将雨水进行浇洒灌溉、雾森降尘、路面清洗等方面的循环使用,实现了水资源从“收集—净化—再利用”的闭环,增强了海绵城市的总和效益。

2.2 专项技术整合:针对性的环境问题治理

针对龙吴路重载交通带来的高浓度扬尘(PM2.5/PM10)与持续性高强度噪音(峰值>75 dB)两大核心环境顽疾,项目超越了传统绿化手段,创新性地整合了工程、生物与数字技术,设计了主动干预与被动消纳相结合的系统化治理方案。

2.2.1 降尘净化系统:雾森技术与植物协同

项目构建了“空间滞尘—主动降尘”的两级净化系统(见图2)。

(1)植物立体滞尘层:优选滞尘能力强的乡土物种,通过构建复层植物群落,形成立体绿网。乔木(如香樟、女贞)冠层拦截大颗粒物;灌木(如海桐、八角金盘)和密植的绿篱(如红叶石楠)降低近地面风速,吸附中细颗粒;叶面多绒毛或能分泌黏液的草本与地被植物(如兰花三七、麦冬)则负责最后的吸附固定。

(2)智慧雾森降尘系统:针对道路扬尘的创新性主动治理措施,是在道路中央隔离带的栏杆上及人行行道树分支点以上设置高频超声雾化喷头;在沿线两侧绿地内结合活动空间布置雾森。其水源直接来自于道路两边绿地内的雨水调蓄池内,实现了水资源的循环利用。

2.2.1 降噪隔音系统:地形、植物与声景的融合

项目采用“阻、吸、掩”三重策略,系统性缓解交通噪音(见图3)。

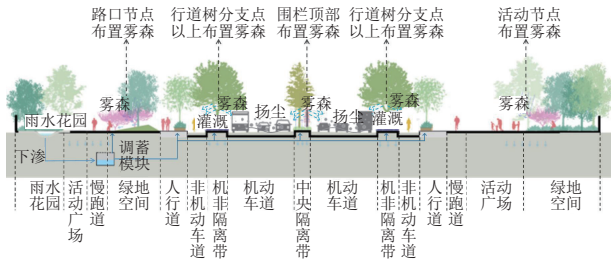


图2 降尘净化示意图

(1)地形阻隔与植物吸声:最主要的物理降噪手段。在中央隔离带绿化、机非隔离带绿化及行道树连接带绿化上增加小乔和攀援植月季,同时替换灌木品种。在临近道路侧,人工塑造微地形,形成高度在1.5~2.5 m的土坡,地形上密植常绿乔灌木组合,构成一道绿色声屏障。波在传播过程中遇到地形和密实植被时,一部分被反射,一部分被植物叶片、枝条的振动和空气摩擦转化为热能消耗,有效衰减中低频噪音。

(2)生态声景营造:引入基于健康城市理念的声景设计,在道路周边区,使用者更倾向自然声与社会声的混合环境,可在节点区域适度引入音乐,并通过声屏障或绿化缓冲带控制人工声扩散范围^[16]。在绿地内部,尤其是疗愈花园、净秘花园等需要静谧氛围的区域,创新性引入隐蔽式环境音响系统。该系统在特定时段播放经精心设计的自然声景,如鸟叫声、风吹树叶和风声^[17]。这种“声景掩蔽”技术并非直接消除噪音,而是通过提高令人愉悦的背景声级,降低人们对交通噪音的主观注意力和烦躁感,从心理感知层面提升环境的静谧度与舒适性。

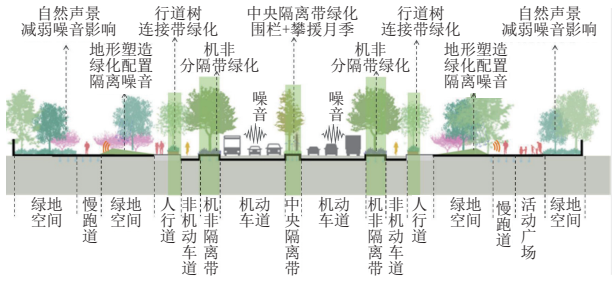


图3 降噪隔音示意图

2.3 功能融合:以人文关怀为导向的六大主题花园

项目以六大主题花园为载体(见图4),构建了多层次植物群落、海绵设施系统与生物友好空间,实现了碳汇提升、微气候调节、生物多样性支持等多维生态效益。不仅是对城市景观的美学提升,更是将其转化为可感知、可使用的民生福祉,实现“关怀”的具体化。

净秘花园:通过吸附、降噪能力较强植物的种植

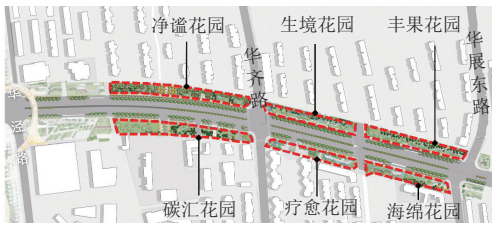


图4 六大主题花园分布图

及噪音屏障的构建,营造干净、安静的生态游憩环境。

生境花园:以地形阻隔和厚实植物群落为主要降噪手段,通过多样生境的构建,为它们提供食物、水源和庇护所,营造昆虫友好的生态环境。

丰果花园:通过丰果植物的种植,营造鸟类友好的生态环境。

海绵花园:通过雨水系统的构建,为场地用水提供可持续水源保障,并营造绿色海绵生态环境及教育科普自然课堂。

疗愈花园:通过疗愈类植物的种植和自然声景,营造健康友好的生态环境。

碳汇花园:通过碳汇能力较强植物的种植,提升场地碳汇能力,营造低碳道路的生态环境。图5为六大主题花园建成实景图。



图5 六大主题花园建成图

3 实施成效与评估分析

3.1 生态效益显著提升

3.1.1 生物多样性承载力显著增强

改造最直观的成效是生物多样性的极大丰富。植物物种从30种增加至100种,构建了层次完整、类型丰富的“乔木—灌木—草花—地被—观赏草”复合群落。这种立体的生境结构为各类动物提供了更优

越的栖息条件。记录到的鸟类物种从7种增加到10种,并首次观测到国家二级保护动物红隼。同时,鸟类居留类型趋于多样,群落结构从少数优势种主导转向更为均衡,标志着生态系统稳定性与复杂性的整体提升。

3.1.2 碳汇功能:从静态储存到动态高效的转型

改造后,绿地年固碳总量激增约272倍,每年超过525万kg。项目成功地将绿地从依赖少数大乔木的“静态碳库”,转变为由高活力、高生长量的复合植物群落驱动的“高效碳汇系统”,具备长期、可持续的固碳潜力。

3.1.3 小气候与大气环境得到系统性改善

项目对区域微气候与空气质量产生了积极的调节作用。监测表明,改造后绿地内部的空气湿度得到普遍提升,平均增幅超过7%,其中与海绵设施结合紧密的区域效果尤为显著,形成了更为湿润舒适的小环境。在温度调节方面,密集的植被覆盖有效缓解了热岛效应,植被郁闭度高的区域日间温度有明显降低。

在大气净化方面,绿地生态系统服务功能全方位提升。年释氧总量增加12.77%,持续补充城市氧气;作为空气质量重要指标的空气负离子浓度整体提升39.33%,显著增强了环境的清新感与健康效益;植被的滞尘能力也得到加强,整体提升近10%,有效吸附并减少了道路扬尘污染。

3.2 环境质量改善评估

降尘效果:改造后,通过植物群落的滞尘效应与雾森系统的间歇性运行,主要地块的PM2.5与PM10实时浓度较开放道路平均降低15%~25%。雨水回用系统保障了雾森的水源,实现了“以废治废”的生态循环。

降噪效果:监测数据显示,经过地形与植物屏障后,进入绿地内部10~15m处的噪音衰减量可达6~10dB。在疗愈花园等应用了声景掩蔽技术的区域,使得环境“更为安静、舒适”,客观噪音值仍然存在,但心理声学设计具有一定有效性。堆叠地形不仅发挥了降噪功能,也创造了丰富的景观空间和生物栖息微环境。

3.3 社会与民生价值凸显

3.3.1 营造自然课堂和沉浸式科普系统,提升公众生态素养

项目突破传统绿化的观赏局限,主动为城市野生动物营造生存空间,将绿地变为生动的自然课堂。

通过设置人造鸟窝、昆虫旅馆、本杰士堆、生态饮水点(鸟浴盆)等生物友好设施(见图6),不仅直接提升了鸟类与昆虫的栖息适宜性,更将这些设施转化为直观的科普载体。

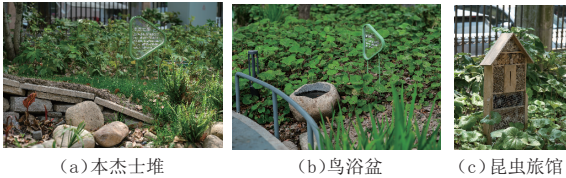


图6 生物友好设施建成图

同时场地内设计了一整套标识牌系统和科普互动装置(见图7),以图文并茂、扫码延伸阅读的形式,解读碳汇植物、海绵原理、鸟类、昆虫等知识。关键的生态技术节点,如光伏储能设备、雨水调蓄池,其运行状态和数据通过可视化显示屏实时公开,将低碳、海绵等抽象概念转化为可视、易懂的实例,将项目本身变为生动的低碳生态课堂。



图7 互动科普设施建成图

3.3.2 融入智慧低碳技术,彰显可持续运营理念

项目在细节中融入的智慧低碳技术,不仅保障了运营效能,更向社会传达了先进的可持续生活理念。例如,部分景观照明与监测设备电力来源于科普廊架上的光伏系统,海绵花园的科普光伏廊架(见图8)。



图8 科普光伏廊架建成图

雾森系统、灌溉系统优先使用收集的雨水,这些举措都向公众生动展示了资源循环利用与精细化管理的可能性。这些看不见的技术与看得见的景观相结合,使项目本身成为一个展示绿色科技、倡导低碳生活的示范窗口。

3.3.3 赋能社区健康生活,促进社会连接

六大主题花园的差异化设计,精准回应了多元化的民生需求。同时贯通的慢行步道串联花园与居住区,促进了低碳出行、邻里社交与社区认同,体现了绿色基础设施的社会连接价值。

4 挑战与优化建议

4.1 面临的挑战与局限性

部分区域因乔木优化导致短期碳储量下降;为保留开阔空间,滞尘能力有所下降,在冬季植物休眠期,绿色声屏障的效果会减弱;新引种植物适应性需长期跟踪,部分品种存活率与生长势有待观察;雾森系统与声景系统的长期运行和维护需要持续的能耗与资金投入,同时将低碳认知转化为广泛的低碳生活实践,仍需加强引导。

4.2 优化建议

为确保龙吴路项目生态、社会与低碳效益的长期稳定与持续提升,针对当前实践中的挑战与潜在优化空间,提出以下系统性建议。

(1)实施分区分级养护:不同区域养护标准和重点养护对象不同,如碳汇花园加强乔木培育,疗愈花园边缘补植高滞尘植物,生境花园保留落叶层与水源点等。

(2)建立动态监测机制:开展物种适应性跟踪与生态功能季度评估,形成“监测—评估—调整”闭环,确保道路绿道的生态效益与使用价值长期稳定发挥。

(3)构建智慧化、闭环化的资源管理技术体系:建立“海绵—雾森”智能联动机制,通过物联网传感器实时监测雨水调蓄池水位、空气质量(PM2.5/PM10)及气象数据,实现雾森系统的按需启停、精准启停,在保障抑尘效果的同时优化水资源与电能消耗。

(4)深化社区共建共治的长效参与机制:为巩固社会效益,建议将社区参与从“活动参与层”深化至“共同治理层”。

5 结 语

龙吴路(华泾路—华展东路)道路绿化生态景观提升项目从对环境本身,到使用者和管理者等多角度出发,是一次将低碳技术、生态理念与民生需求深度融合的成功实践。

本项目不仅是一场景观美化工程,更是一次在
(下转第 222 页)