

道路绿化生态景观提升关键技术

——以上海市徐汇区龙吴路(外环至华展东路)道路绿化为例

金 玮

上海徐汇园林发展有限公司, 上海

收稿日期: 2024年5月31日; 录用日期: 2024年6月20日; 发布日期: 2024年6月28日

摘 要

道路绿化生态景观设计是基于强调道路绿化的生态功能的理念而形成的新兴景观设计。本文基于上海市徐汇区龙吴路(外环至华展东路)道路绿化生态景观提升项目案例, 研究道路绿化生态景观提升的关键技术, 从设计理念到生态功能体现的生态绿谷中主要植物群落配置、高碳汇植物应用、雾森等生态友好设计细节以及环境监测等科技应用方法, 详细总结该道路生态景观设计项目涉及的技术关键, 指出结合绿化工程本底进行植物群落配置、高碳汇植物应用、形象节点、公共休闲空间、人造鸟窝等生态友好设计细节以及雾森和环境监测等新兴设备和系统引进是生态景观设计技术关键, 旨在通过系统化改造提升, 打造上海等超大城市道路绿化的生态、景观、功能和社会价值的综合提升样板, 为道路绿化生态景观设计项目提供技术借鉴。

关键词

城市道路绿化, 生态景观, 高固碳植物, 科技赋能, 人民城市

Key Technologies for Road Greening Ecological Landscape Enhancement

—Taking the Road Greening along Longwu Road (from the Outer Ring to Huazhan East Road) in Xuhui District, Shanghai as an Example

Wei Jin

Shanghai Xuhui Garden Development Co., Ltd., Shanghai

Received: May 31st, 2024; accepted: Jun. 20th, 2024; published: Jun. 28th, 2024

Abstract

Road greening ecological landscape design is an emerging landscape design concept that empha-

sizes the ecological functions of road greening. In this article, based on the road greening ecological landscape enhancement project case along Longwu Road (from the Outer Ring to Huazhan East Road) in Xuhui District, Shanghai, we explored the key technologies for enhancing the ecological landscape of road greening. We delved into the design concept, the configuration of the main plant communities in the ecological green valley that reflects ecological functions, the application of high carbon sequestration plants, ecologically friendly design details such as fog forests, and the application of environmental monitoring technologies. The article provides a detailed summary of the technical keys for the road ecological landscape design project. The results point out that the key to ecological landscape design technology includes the configuration of plant communities based on the background of greening projects, the application of high carbon sequestration plants, the design details of iconic nodes, public leisure spaces, artificial birdhouses, and other ecologically friendly elements, as well as the introduction of emerging equipment and systems such as fog forests and environmental monitoring. Aiming to create a comprehensive improvement model for the ecological, landscape, functional, and social values of road greening in megacities like Shanghai through systematic transformation and enhancement. It may serve as a technical reference for road greening ecological landscape design projects.

Keywords

Urban Road Greening, Ecological Landscape, High Carbon Sequestration Plants, Technology Empowerment, People-Oriented City

Copyright © 2024 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

随着城市化进程的加快,城市生态环境问题日益凸显[1]。道路绿化既是城市化过程,但其作为城市生态系统的重要组成部分,又对于改善城市环境、提升居民生活质量具有重要意义,肩负着更多的生态功能[2]。龙吴路为上海城区主干道,作为连接徐汇区和闵行区的重要交通走廊,其道路绿化生态景观提升项目具有重要的实践意义。然而,该路段存在重载车辆噪音、工程车辆灰尘、大车流量的碳排放及尾气排放等问题。同时,其绿地本身也存在景观风貌欠佳、服务功能缺失、生态基底待提升等问题。因此,本项目以道路拓宽为契机,对龙吴路及其沿线绿带空间进行系统化改造,旨在提升区域步道串联、空间衔接及功能互补,形成连贯贯通的公共绿地空间系统。通过系统化改造提升,解决现状环境问题,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。同时,打造生态海绵的绿地空间,兼顾生物多样性、智慧管养系统构建,并响应人民城市建设理念,融合服务功能,创建美丽街区,完善 15 分钟生活圈相关公共空间的构建,力为城市道路绿化提供生物多样性提升的生态景观设计样板。

2. 工程概况

本项目位于徐汇区华泾镇范围内,北起外环高架,南至华展路,全长约 1.3 公里。设计研究范围内涉及绿地总面积约 5.94 公顷,项目实施范围为全路段的道路绿化及地铁 23 号线借地范围以外的两侧绿化带,实施范围面积约 4.74 公顷。

3. 设计概念与策略

本项目率先提出了“绿谷缤纷道”的设计概念,以生态绿谷为灵感,在起伏的地形中嵌入变化的活

动空间，通过健身步道串联场地，提升生态环境品质，创造宜人的户外活动空间。设计中采取了保持生态绿化景观的三大策略：生态绿谷、缤纷生活和科技赋能。

4. 生态绿谷的生态功能体现

通过综合的生态设计策略，可提升道路绿化的多功能性特别是其生态功能。比如基于声学原理，利用植被作为自然屏障，通过吸收和散射声波来降低噪声污染，通过增加植被的密度和层次，提高降噪效果；利用景观生态学中的空间异质性原理[3]，将自然和人工元素创造出更加宜居的环境，通过地形塑造和绿化配置形成物理屏障，减少噪音对休闲活动场地的影响；环境心理学研究表明[4]，可通过改善声环境来提升居民的心理健康和幸福感，比如在绿地中增加声景音箱，根据噪音分贝监测情况智能播放自然声景音乐(图 1)。

项目中雾森降尘系统的应用体现了可持续设计原则，通过增加空气湿度来降低粉尘，同时为植物提供必要的水分，减少灌溉需求。植物群落配置则通过种植不同高度和类型的乔木以及灌木层，增加生物多样性，提高生态系统的稳定性和自我维持能力。

通过上述理论和方法的综合应用，项目较传统绿化项目显著提升道路绿化的生态功能，为城市居民创造更加健康和舒适的生活环境。



Figure 1. Noise reduction design
图 1. 降噪设计

科学选配植物群落，力争做到低碳友好。选择高固碳种植类型包括常绿落叶乔、灌和草的种植搭配，综合考虑固碳、净化及美观因素，多选用固碳能力强的植物品种(图 2)，比如银杏、悬铃木、乌桕和巨紫荆，这些植物不仅能够提供遮荫和美观，还能通过光合作用吸收二氧化碳，减少大气中的温室气体含量[5]。同时，为提升绿地景观风貌、服务功能和生态基底，对进场植物类群进行目标性优化。本项目区域植物配置做了以下调整，区域内部悬铃木行道树可保留利用，两侧绿化现状基底条件尚可，靠近围墙区域以保留现状植被为主；道路中央绿化隔离带，新种苗木以固碳、吸尾气能力强的植物为主；靠近路侧现状条件不好的苗木去掉，补种固碳、吸尾气能力强的植物。由于雪松台风天有倒伏现象，除一些衰弱老化的雪松及树型较差乔木需移除外，以保留利用为主，保留乔木 669 棵。树种选择以固碳能力强的植物为主，如栎树、香樟、悬铃木等，新增乔木 1238 棵。





Figure 2. Plant species with high carbon sequestration capacity
图 2. 固碳能力较强的植物种类

为最大限度地抵消龙吴路项目涉及道路路段交通碳排放量，以实现区段低碳道路的建设目标，主要利用原有林木的保留及高固碳能力植物的种植，利用植物的碳汇固碳释氧功能。据美国景观效益评价 Pathfinder 系统数据，该段绿化月固碳量约 14.27 t/月，年平均碳汇密度为 36.12 t/hm² (表 1)。高于普通绿地 10~20 t/hm² 碳汇密度的高值[6]。然而，龙吴路为主干路，且道路由原来的双向 4 车道拓宽为双向 6 车道后，交通量增大，两侧绿化面积相对减少，测算道路交通月碳排放量约 85.21 吨[7] (表 2)。因此，道路绿化碳汇无法平衡碳排放量，只能通过尽可能提高绿化碳汇，达到道路减碳效果，努力实现比常规绿化减碳效果提升 180%以上。

Table 1. The average monthly carbon storage of road traffic for this project section
表 1. 该项目段道路交通月均固碳量

植物类群	数量	年固碳量均值 (kg)	项目建成 50 年总固碳量 (kg)	项目建成年均固碳量 (kg)	月固碳量 (kg/月)
保留常绿乔木(棵)	455.00	46.87	1066306.00	21326.12	1777.18
保留落叶乔木(棵)	214.00	51.48	550807.00	11016.14	918.01
草坪(m ²)	14895.40	0.79	591337.00	11826.74	985.56
常绿灌木(m ²)	16118.90	2.17	1748383.00	34967.66	2913.97
落叶灌木(m ²)	10737.70	2.70	1451940.00	29038.80	2419.90
常绿乔木(棵)	153.00	46.87	358561.00	7171.22	597.60
落叶乔木(棵)	1085.00	51.48	2792615.00	55852.30	4654.36
合计	——	202.36	8559949.00	171198.98	14266.58
设计场地年平均 碳汇密度(t/ha)			36.12		

备注：数据来源：植物工程量包含设计植物量和场地现状植物数量；计算工具：在估算方法上利用美国景观效益评价系统 Pathfinder [8]；Pathfinder 系统中的基础数据来源于美国林业局，该系统的数据包括世界各地的范围，有提供关于项目具体位置和所包含植被具体信息的选项，在使用时不需要进行本土化参数修正。

Table 2. Average monthly carbon emissions from road traffic for this project section [9]
表 2. 该项目段道路交通月均碳排放量[9]

高峰小时交通量 /pcu	高峰小时系数	新能源车辆比例 [10]	龙吴路长度 /km	碳排放量/kg·km ⁻¹	月碳排放量 /kg·月 ⁻¹
4046	0.4	0.2	1.3	0.27	85208.76

备注：龙吴路长度：约 1.3 公里，由测量得到；月碳排放量 = 高峰小时交通量/高峰小时系数 * (1 - 新能源车辆比例) * 公里数 * 每公里碳排放量 * 每月 30 天。

5. 缤纷生活与生态友好设计

通过绿化品质提升、形象节点提升、串联健身步道和点缀功能场地(图 3),提升绿地的服务功能和景观风貌,同时,融入海绵理念和生物友好设施,增强绿地的生态服务功能,在生活和生态等方面全方位升级绿地综合服务功能,为此,本项目做了以下提升和设计:



Figure 3. Imagery nodes and embellishment functions in the field
图 3. 形象节点和点缀功能现场

在提升绿化品质方面,项目采取了多层次的植被配置策略,通过增加乔木、灌木和地被植物,不仅丰富了植物种类,还构建了更加立体和稳定的绿化结构。这种多样化的植被配置有助于提高生态系统服务功能,比如增强碳固定能力、改善空气质量、提供生物多样性的栖息地,同时也增强了景观的美感和观赏性。

形象节点的设计着重于创造具有强烈视觉冲击力和文化象征意义的地标,例如在龙吴路外环路路口设置的精神堡垒,以及公交站和政府入口的景观塑造。这些节点不仅提升了区域的识别度,也成为了社区居民的聚集点和城市文化的象征。

功能融合设计中的健康步道穿行于生态绿谷之中,这种设计旨在促进居民的身体健康和社交互动,同时通过串联城市中的绿色空间和绿带,增强了绿地的连通性。步道的设计考虑到了不同年龄段和活动类型的需求,如慢跑道、休闲运动场地等,提供了多样化的活动空间。

在特定功能场地的设计上,项目充分考虑了场地周边的环境和使用者的需求。例如,在龙吴路外环桥下空间,设计了慢跑道和休闲运动场地,并融入声景播放等元素,旨在创造一个充满活力且具有吸引力的公共空间。靠近居住区的东侧绿带中,通过设置休闲藤架和声景播放设施,为居民提供了一个宜人的休闲和交流场所。西侧绿带的设计则更加关注老年人和邻近中学学生的需求。为老年人设计的颐趣空间包括了老年运动设施和休闲座椅,而中学附近的溪谷绿源功能节点则包含了雨水花园科普展示和生态科普学堂,这些设计旨在提供环境教育和生态体验的机会。

整体而言,项目通过精心设计的绿化配置和功能场地,不仅提升了城市的生态和景观价值,还促进了社区居民的身体健康和社会互动,充分展现“以人为本”的缤纷生活设计理念。

而生态友好设计是一种综合性设计方法,它强调在景观设计中融入生态原则,以促进生物多样性并增强生态系统服务。在海绵城市理念的指导下,该设计策略通过地形调整和透水铺装等技术手段,有效管理雨水径流,减少城市洪水风险,并提高雨水的资源化利用。海绵城市理念的核心在于模拟自然水循环过程,通过自然和人工相结合的方法,增强城市地表的吸水、蓄水、渗水和净水能力。具体实施时,利用地形调整创建低洼绿地,如旱溪和雨水花园,这些设施不仅能够收集和储存雨水,还能通过植物和土壤的自然过滤作用净化水质。

此外,通过储水模块和回用系统的设置,收集到的雨水可以用于浇洒灌溉、雾森景观等(图 4),这不

仅节约了水资源，还增加了景观的美观性和环境的舒适度。这种循环利用雨水的方式，体现了可持续发展的设计理念，同时也减少了对市政供水系统的依赖。



Figure 4. Dust suppression design and fogging system
图 4. 用于降尘的雾森装置和环境检测系统

生物友好设施的设计进一步增强了生态友好设计的理念。通过配置人造鸟窝、昆虫旅馆等，为城市野生动物提供栖息地和繁殖场所，有助于恢复和保护城市生物多样性。这些设施不仅对野生动物有益，也为城市居民提供了亲近自然和生态教育的机会。

6. 科技赋能

项目中采用的智能灌溉系统和智能环境响应系统，是绿色基础设施和智慧城市理念的体现，它们利用先进的技术手段提高绿化植被的管理效率和环境质量的智能控制水平。通过天气监测装置和环境监测装置，实现绿化自动浇水和环境质量的智能调控。

其中智能灌溉系统设计，为天气监测 + 智能灌溉系统，使用天气监测装置，如雨量传感器和湿度传感器，收集实时气象数据，实时监测气温、日照、降雨等天气情况，以分析植物所需的浇水时间和水量(图 5)，从而实现精准灌溉。精准灌溉不仅可以节约水资源，还能防止过度灌溉导致的水体污染和土壤侵蚀，同时确保植物健康生长。然后，再通过水肥一体化智能灌溉系统，完成场地中绿化的自动浇水作业，节省人力投入，提升用水效率。



Figure 5. Integrated weather monitoring and smart irrigation system
图 5. 天气监测和智能灌溉系统

而智能环境响应系统设计，环境监测 + 智能响应系统，使用环境监测装置，如空气质量传感器和噪音监测器，实时监测和评估环境质量。24 小时监测场地内部的噪声、扬尘及 pm2.5 等数据信息。根据相

关数据情况,智能开闭景观音响播放声景音乐进行环境降噪,智能开闭雾森系统进行净化降尘,改善龙吴路的局部环境质量。

可见,项目中绿化植被采用的智能灌溉系统和智能环境响应系统,不仅提升了绿化管理的效率和精确度,还通过智能化手段增强了城市环境的舒适度和健康性,体现了生态友好和技术创新的设计理念。

7. 结论

设计理念是设计项目的灵魂[11]。本道路绿化工程项目率先以“绿谷缤纷道”为设计概念,采取生态绿谷、缤纷生活和科技赋能三大策略,保证项目整体设计方向,形成了独特的设计特色和优势。

生态绿谷,本项目设计的核心部分,相比其他项目设计更加注重生态保护和自然元素的融入,基于原有植物引进适宜的植物类群、力争做到低碳友好,融入海绵理念和生物友好设施。该层设计在项目实施后,可使用声学 and 空气动力学模型模拟不同绿化配置对降噪和降尘的效果。对声环境和空气质量可以进行监测,以评估设计的有效性。还可组建包括声学、生态学、城市规划、环境心理学等领域专家的团队,共同进行项目设计效益的后评估[12]。这种生态优先的方法能够提供更好的生物多样性,增强城市的生态弹性,并为居民提供更加自然和健康的环境。

缤纷生活和生物友好,则可能意味着在设计中融入丰富的文化元素和生活功能,如休闲设施、艺术装置和社区活动空间,比其他项目更加注重提升居民的生活质量和社区的活力。以绿化品质提升、串联健身步道等打通友邻空间为重点考虑,在提升绿地的服务功能和景观风貌的同时融入海绵理念和设计生物友好设施。既服务于民又充分考虑设计生态友好,利于城市生物多样性功能提升[13]。提供多样化的功能和活动,满足不同居民的需求,增强社区的凝聚力,提升居民的幸福感和获得感;同时,生态友好设计通过融入海绵城市理念和生物友好设施,不仅提升了城市的生态功能和景观价值,还促进了人与自然的和谐共生。这种设计理念体现了对生态系统完整性和连续性的认识,以及对城市生态网络构建的重视,是实现城市可持续发展的重要途径。

科技赋能,紧跟信息化的时代脚步[14]。物联网等智能调控环境监测和响应系统的引入体现了整套生态景观设计的时代感。这些系统可以根据监测到的数据自动调节,比如调整灌溉量、开启雾化系统以改善空气质量或减少噪音污染,为居民创造一个更加舒适和健康的生活环境。此外,这些智能系统的应用还体现了对城市生态过程的深入理解和模拟。它们能够模拟自然生态系统中水和营养物质的循环过程,通过智能化管理减少对环境的负面影响,同时提高生态系统服务的功能。从理论角度来看,智能灌溉和环境响应系统的使用,不仅提高了绿化植被管理的自动化和智能化水平,还体现了生态工程和景观生态学的原理。它们通过技术手段增强了城市绿化系统的适应性和韧性,有助于构建可持续和抗干扰的城市生态系统。

总之,在正确的、先进的和以人为本的设计理念前提下,辅以具体的降噪设计、降尘设计和减碳去污等设计技术环节,采用先进科技智能技术,最终以舒适缤纷休闲空间为最终目的。这样,既营造了亲民生活公共空间,又提升了道路绿化的生态功能,打破了传统以景观为主的设计思路[15],为上海等超大城市道路绿化生态景观提升提供有益的参考和借鉴。

参考文献

- [1] 杨刚,王勇,许洁,等.城市公园生境类型对鸟类群落的影响[J].生态学报,2015,35(12):4186-4195.
- [2] 吴银玲.道路绿地设计的景观生态补偿[J].孝感学院学报,2009,29(6):81-83.
- [3] 傅伯杰,陈利顶,马克明.景观生态学原理及应用[M].北京:科学出版社,2011.
- [4] 姜少凯,梁进龙.环境心理学的学科发展与研究现状[J].心理技术与应用,2014(1):7-10.

-
- [5] 郭丹, 赵天宏, 兆伟, 等. CO₂和O₃体积分数升高对银杏希尔反应活力和叶绿体ATP酶活性的影响[J]. 生态环境, 2007, 16(5): 1406-1410.
- [6] 许信旺, 方金生, 张永兰. 园林绿地固碳能力分析与研究进展[J]. 安徽农业科学, 2017, 45(26): 58-62.
- [7] 祝凌波. 龙昊路道路改建要点分析及对策措施[J]. 中国市政工程, 2021(2): 4.
- [8] <https://climatepositivedesign.com/pathfinder/>
- [9] 上海碳交易网相关数据[EB/OL]. <http://www.tanjiaoyi.com/>, 2022-12-27.
- [10] 上海交警发布[EB/OL]. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_21742320, 2022-12-27.
- [11] 朱懿妮, 朱海雄, 程昊, 等. 岳阳市居住街坊修建性详细规划中绿地系统规划深度控制策略[J]. 规划师, 2020, 36(4): 29-34.
- [12] 韩亚洁, 许大为. 我国声景观研究现状与展望——基于科学知识图谱分析[J]. 中国城市林业, 2023, 21(4): 120-126.
- [13] 齐占涛. 城市园林绿地道路规划中植物景观布局设计研究[J]. 中国建筑金属结构, 2023, 22(10): 111-113.
- [14] 陈露菁. 智能科技在住宅区景观设计中的创新应用[J]. 居舍, 2023(19): 116-119.
- [15] 胡帅敏. 对构建城市绿地系统游憩规划设计指标体系的思考[J]. 现代园艺, 2013(10): 174.