

城市绿道植物群落组成结构优化导向下的生态效益综合评价及应用策略研究

何玉会¹ 王春梅² 王莹¹ 肖晗¹

1. 长春建筑学院, 吉林 长春 130607

2. 吉林省鸿园园林景观设计工程有限公司, 吉林 长春 136000

摘要: 城市绿道在改善城市生态环境和提升居民生活质量方面具有重要作用。本文通过研究城市绿道植物群落的组成结构优化, 探讨其对生态效益的提升作用。研究表明, 通过选择本土植物、增加植物多样性和合理分布植物种群, 能够显著提高绿道的碳吸存、水分调节、空气净化等生态功能。优化后的植物群落不仅增强了绿道的生态稳定性, 还有效改善了城市环境质量。基于研究结果, 本文提出了针对不同生态效益需求的植物群落优化策略, 并分析了其实施的可行性。研究表明, 植物群落优化为城市绿道的可持续发展提供了有力支持。

关键词: 城市绿道; 植物群落; 生态效益; 优化策略; 可持续发展

引言

城市绿道是指在城市中由绿地、植被和道路等元素构成的一种生态网络, 它不仅具有美化环境、促进市民身心健康的作用, 还对改善城市生态环境、调节气候、净化空气等方面发挥着不可替代的功能。随着城市化进程的加快, 城市绿道在全球范围内的建设与发展逐渐成为提升城市生态质量的关键措施之一。城市绿道通过植物群落的配置, 不仅能为生物提供栖息地, 还能在缓解城市热岛效应、改善水资源管理、增强碳汇功能等方面发挥重要作用。

1 研究方法

1.1 研究区域与对象选择

本研究选择的研究区域位于中国某城市的绿道系统, 该区域具有代表性的城市绿道景观和植物群落特征^[1]。选择该区域的主要标准为其绿道网络较为完善, 绿道覆盖了城市不同类型的生态环境, 涵盖了城市公园、城市滨水带、绿化带等不同类型的绿道空间。该区域的植物群落种类繁多, 包括本土植物和引入植物, 植物分布结构复杂, 能够充分反映城市绿道植

物群落的典型特征。研究区域还具备一定的生态效益背景, 既有优良的生态服务功能, 也存在生态环境改善的潜力。这为本研究提供了丰富的研究对象, 有助于全面评估植物群落的生态效益^[2]。

通过选择具有代表性的区域, 本研究能够在多样化的绿道生态系统中探索植物群落结构优化对生态效益的作用, 从而为其他城市绿道规划提供科学依据。研究对象的选择也考虑到了不同植物群落类型对生态效益的影响, 包括绿道沿线的乔木、灌木、草本植物等多个层次的植被, 旨在从多个角度评估植物群落的优化空间^[3]。

1.2 数据收集

数据收集是本研究的重要环节, 涉及植物种类的调查和生态效益的量化评估。在植物种类调查方面, 首先通过实地考察和文献查阅确定了调查的植物种类列表, 调查范围包括绿道两侧的植物群落, 特别关注绿道的主要植物类型。对各类植物的种类、数量、密度等基本信息进行详细记录, 并对植物的生态特征(如适

应性、耐旱性、抗污染能力等)进行分类整理。

在生态效益量化指标方面,本研究选取了几个关键指标,包括物种多样性指数、碳存储能力、水分调节能力等。物种多样性指数通过 Shannon-Wiener 指数计算,评估植物群落的物种多样性及其均匀性,反映植物群落的稳定性。碳存储能力的测定基于不同植物类型的生物量和碳固定量,通过测量植物的生长量与碳吸收能力,计算绿道系统的碳储量。水分调节能力的量化主要通过监测土壤湿度变化和植物蒸腾作用,评估植物群落对水分的调节能力。

数据的收集过程采用了定期监测和长期调查相结合的方法。每个季度对研究区域的植物群落进行系统调查,采集生长数据,观察植物的生态变化,并通过遥感数据和现场采样的结合,确保数据的准确性和代表性。

1.3 数据分析方法

为了有效分析收集到的数据,本研究采用了多种统计分析方法。使用回归分析法探讨植物群落结构与生态效益之间的关系。回归分析能够揭示植物群落特征(如植物种类、密度等)与生态效益指标(如碳存储量、物种多样性等)之间的定量关系,从而为植物群落优化提供数据支持。

本研究使用相关性分析法来评估各个生态效益指标之间的相互关系。例如,碳存储能力与水分调节能力之间是否存在显著的相关性,这有助于理解植物群落在多重生态效益上的协同作用。相关性分析还可以揭示不同植物群落在提升生态效益方面的优势和不足。

为了进一步深入分析植物群落对生态效益的贡献,本研究还采用因子分析方法。因子分析能够通过提取主要的生态效益因子,减少数据的维度,帮助我们识别影响绿道生态效益的关键因素。通过因子分析,本研究能够更清晰地理解哪些植物群落特征对生态效益的提升起到了决定性作用,从而为绿道植物群落的优化提供有力依据^[4]。

1.4 生态效益评价模型

在生态效益评价方面,本研究构建了一个综合性的生态效益评价模型,旨在全面量化植物群落的生态效益。该模型包含了多个指标的计算和加权,能够综合考虑植物群落的碳吸存能力、生物多样性、温度调节能力、空气净化作用等多个维度。模型的核心思想是通过计算各个生态效益指标的加权平均值,得到一个综合的生态效益得分。

在计算方法上,模型首先对每个指标进行标准化处理,消除不同指标间的量纲差异。然后,基于主成分分析(PCA)方法,将多个生态效益指标合并成若干个主成分,进一步提炼出最具代表性的生态效益因子。依据加权系数将各个主成分整合,计算出最终的生态效益得分。这个过程能够充分反映植物群落在生态服务功能中的综合表现。

该模型的应用场景主要集中在城市绿道植物群落优化和生态效益评估领域。通过使用该模型,决策者可以科学地评估不同植物群落结构对生态效益的影响,从而制定合理的绿道植物配置方案,以提高绿道的整体生态效益^[5]。

2 结果与分析

2.1 植物群落组成结构分析

在本研究中,研究区域的植物群落由乔木、灌木和草本植物三大类组成,每类植物在空间上的分布和数量存在显著差异。通过对植物种类、数量及分布特征的调查,发现该区域植物群落呈现出较高的物种丰富度,具有典型的城市绿道植物群落特征。具体来说,乔木类植物主要集中在绿道的核心区域,其数量占据了总植物种类的 60%以上,这些植物主要以耐阴、耐干旱的本土树种为主,如柳树、白蜡树等。灌木类植物分布较为均匀,覆盖了绿道的中间部分,种类繁多,包含一些具有较高观赏价值和生态价值的品种,如紫薇、栾树等。草本植物则集中在绿道的边缘区域,主要起到固土和

美化环境的作用。

物种丰富度的分析结果显示，绿道植物群落的物种多样性指数（Shannon-Wiener 指数）为 3.5，属于中等水平，表明该区域植物群落的生态系统具有较好的多样性和稳定性。不同植物群落在空间上的分布呈现出一定的梯度性，尤其是乔木植物在绿道中形成了显著的层次结构。灌木和草本植物则更多地集中在绿道的开阔地带，为绿道生态系统的稳定性和生态功能的提升提供了基础支持。

表 1 研究区域植物群落组成与数量

植物类别	主要植物种类	数量（株）	比例（%）
乔木	柳树、白蜡树等	1200	60
灌木	紫薇、栾树等	500	25
草本	薯蓣、紫菀等	300	15

从表 1 可以看出，乔木植物在该区域的数量占据主导地位，植物群落以乔木为主，灌木和草本植物为辅。这种植物组合有助于维持绿道的稳定性和生态多样性，同时也为周围环境提供了多重生态效益。

2.2 生态效益的定量评估

为了定量评估植物群落的生态效益，本研究通过多种生态效益指标，如空气净化能力、温度调节功能、碳存储能力等，分别对不同植物群落的贡献进行了分析。结果表明，乔木植物群落在碳储存方面的贡献最大，其单位面积的碳吸收能力为每年 8 吨，而灌木和草本植物则在水分调节和温度调节方面表现突出。灌木类植物通过增加土壤的有机质含量，显著提升了土壤的水分保持能力，而草本植物则在降低土壤温度方面起到了关键作用。

植物群落的生态效益还体现在空气净化上。通过对绿道区域内的植物群落的空气净化能力进行评估，发现乔木植物对二氧化碳的吸

收能力较强，而草本植物则对颗粒物（如 PM_{2.5}）的吸附作用显著。灌木植物在空气中有害气体的降解方面表现突出，对 NO₂ 和 SO₂ 的吸收能力较强。

表 2 不同植物群落类型的生态效益贡献

植物类别	空气净化（g/m ² ）	温度调节（℃）	碳存储能力（kg/m ² ）	水分调节（L/天）
乔木	5.0	-2.5	0.08	0.5
灌木	3.2	-1.8	0.05	1.0
草本	2.5	-1.0	0.03	1.2

表 2 显示了不同植物群落在生态效益方面的不同贡献，乔木植物在碳储存和温度调节方面的效果最为显著，灌木和草本植物则在水分调节和空气净化方面的作用更为突出。这些结果表明，合理的植物群落配置可以在不同生态效益上实现优势互补。

2.3 植物群落优化的生态效益提升作用

通过优化植物群落结构，可以显著提升绿道的整体生态效益。针对当前绿道植物群落存在的单一性和局部生态功能不足的情况，本研究提出了优化策略，即增加多样性，引入适应性强的本土植物，增加不同层次植物的配比。通过优化后的植物群落，整体的生态效益提升了约 15%，尤其在碳吸收、水土保持和空气净化方面的提升最为明显。

优化后的植物群落通过提升物种多样性和增强生态功能，提高了绿道的稳定性和抗干扰能力，进一步优化了城市绿道的生态服务功能。优化策略还考虑了不同植物种类在不同生态效益指标上的优势，提出了最适宜的植物组合方案，以最大化绿道的综合生态效益。

2.4 研究区域生态效益现状与问题

当前研究区域的生态效益在一定程度上

得到了保障,但也存在一些问题。部分区域植物群落的多样性不足,造成了生态功能单一,尤其是在水分调节和温度调节方面的作用较弱。部分植物种类过于集中,导致生态系统的稳定性较差,易受外界环境变化的影响。绿道管理缺乏长期规划和动态调整机制,导致绿道生态效益未能得到最大化。为此,本文提出了进一步优化植物群落的建议,包括引入更多适应性强的本土植物、增加不同植物层次的多样性,以及建立科学的绿道植物群落管理体系,定期评估植物群落的生态效益,确保其长期的生态效益提升。通过这些优化措施,可以有效提高城市绿道的整体生态功能,提升其在碳储存、水分调节、空气净化等方面的贡献,进一步推动城市可持续发展。

3 优化策略与应用

3.1 优化植物群落结构的原则

在植物群落优化过程中,首先应坚持选择本土植物的原则。本土植物适应性强,能够更好地适应当地的气候、土壤及生态环境,有助于维持植物群落的稳定性与生态平衡。应增加植物多样性。高物种多样性的植物群落能够提高生态系统的自我调节能力,增强抵抗外界干扰的能力,进而提升生态效益。合理分布植物种群也是优化植物群落结构的关键。通过科学规划植物分布,确保植物种类、数量与功能的合理布局,能有效提高绿道的多重生态功能,满足碳存储、水分调节、空气净化等生态需求。

3.2 具体优化策略

针对不同生态效益需求,本研究提出了以下几种具体的优化策略。在碳吸存方面,增加乔木植物的比例,特别是一些具有高碳储存能力的本土树种,如橡树、松树等,这些植物能有效提升绿道的碳吸存能力。为了增强水分调节能力,可以增加一些具有良好根系系统的灌木类植物,它们能有效提高土壤的水分保持能力。通过在绿道边缘种植草本植物,能够进一

步降低土壤温度,减少城市热岛效应。

在植物配置的布局上,推荐通过合理分层、分区的方式进行植物种类的配置。例如,可以在绿道的中心区域种植较高的乔木植物,边缘区域则适宜种植灌木和草本植物,形成丰富的植物层次结构,这样既能增加绿道的美观性,也能提高其生态效益。通过这种分层配置的策略,可以在满足不同生态需求的同时,增加绿道的生物多样性和生态稳定性。

表 3 优化植物群落结构后生态效益的提升

指标	优化前 值	优化后 值	增长幅度(%)
碳吸存能力	0.05	0.08	60%
水分调节能力	1.0	1.5	50%
空气净化能力	3.5	4.2	20%
物种多样性	3.2	3.8	18.8%

从表 3 可以看出,优化植物群落结构后,各项生态效益指标均有显著提升,尤其在碳吸存和水分调节能力方面,提升幅度较为显著,进一步验证了植物群落优化的效果。这表明,植物群落结构的优化能够显著提高城市绿道的生态服务功能。

3.3 策略实施的可行性分析

考虑到研究区域的生态环境和实际情况,本研究对提出的优化策略进行了可行性分析。选用本土植物作为优化植物群落的核心策略是可行的,因为本土植物具有较强的适应性,能够在现有生态环境中快速生长并发挥效能。增加植物多样性和分层种植的策略在实施时并不需要大规模的资源投入,且可以通过逐步引入新植物种类和改变植物配置,减少对现有生态系统的干扰。

优化策略的实施仍面临一些挑战。例如,绿道的现有植物种类较为单一,如何平衡新种

植植物与现有植物的融合，避免物种间的竞争，仍需在实践中进行细致规划和调整。为了确保策略的顺利实施，建议在实施过程中加强监测与调整，根据植物生长情况和生态效益的反馈，动态优化植物配置，确保植物群落的稳定性和生态功能的持续提升。

3.4 城市绿道建设与管理的政策建议

基于本研究的优化策略和可行性分析，提出以下政策建议。政府应在城市绿道建设初期就明确植物群落优化的目标，注重本土植物的选择和植物多样性的提升。城市绿道的建设和管理应注重长期规划，确保植物群落结构的动态调整和生态效益的持续提高。在实际管理中，可以根据不同季节和气候变化，调整绿道植物的配置，以适应环境的变化。

表 4 优化策略实施后的预期效果与政策建议

策略	预期效果	政策建议
本土植物选择	提升植物适应性，增强生态稳定性	强化本土植物保护与引入政策
增加植物多样性	提高生态多样性，增强生态功能	规划植物多样性提升项目

植物分层种植	提高绿道美观度，优化生态效益	在绿道建设中推广分层种植模式
--------	----------------	----------------

从表 4 可以看出，优化策略的实施不仅有助于提升生态效益，还为政策制定提供了有力的支持。通过加强本土植物选择和提升植物多样性，能够显著增强城市绿道的生态服务功能，为城市可持续发展贡献更多力量。

结论

本研究通过对城市绿道植物群落结构的优化分析，揭示了植物群落优化对提升生态效益的显著作用。优化植物群落结构，特别是增加植物种类多样性、选择适应性强的本土植物，并合理配置植物层次，显著提升了绿道的碳吸存能力、水分调节、空气净化及温度调节等生态功能。研究表明，优化后的植物群落不仅增强了绿道的生态稳定性，还提升了其对城市气候调节和环境保护的作用，特别在减少城市热岛效应和改善空气质量方面表现突出。通过合理配置不同植物种类，绿道在实现生态多样性和服务功能的同时，也为市民提供了更优质的环境。总的来说，植物群落的优化为城市绿道的可持续发展提供了理论支持和实践指导，未来的绿道建设应更加注重植物配置的科学性，以最大化生态效益。

参考文献

- [1] 聂志勇, 胡佳辉, 龚莉芸, 等. 基于低碳生态理念下的城市绿道系统研究[J]. 建筑与文化, 2024, (12): 260-262.
- [2] 黄玉梅, 徐卫超, 曾倩, 等. 城市绿道生态系统大型土壤动物群落特征研究[J]. 长江流域资源与环境, 2024, 33 (03): 561-571.
- [3] 李若昕, 王玮, 张婷婷. 公园城市绿道植物景观的特色风貌营造[J]. 工业设计, 2024, (01): 60-63.
- [4] 李大鹏, 李子龙, 陈燕. 城市绿道植物群落结构对微气候的影响研究[J]. 长沙大学学报, 2023, 37 (02): 54-59.

[5]戴蕾,李梦媛,蒋维乐.植物群落设计重塑城市绿道生境的应用与挑战——以西安市为例[J].现代园艺,2023,46(02):159-162.

作者信息:何玉会(1978-),女,汉,吉林长春人,副教授,研究方向为景观生态与修复。

基金项目:吉林省教育厅科学研究项目资助,项目名称:长春市城市绿道植物群落组成结构与生态效益评价研究,项目编号:JJKH20241680KJ