

低碳导向下公园绿地设计与优化方法 ——以呼和浩特市小草公园为例

Low-Carbon Oriented Design and Optimization Methods for Park Green Spaces: A Case Study of Xiaocao Park in Hohhot

吴小辉¹ 张 波² 格日勒³ 张国华^{1*} 董秀明¹
WU Xiaohui¹ ZHANG Bo² Gerile³ ZHANG Guohua^{1*} DONG Xiuming¹

(1. 内蒙古工业大学建筑学院, 呼和浩特 010051; 2. 蒙草生态环境(集团)股份有限公司, 呼和浩特 010010; 3. 西安建筑科技大学建筑学院, 西安 710055)

(1. School of Architecture, Inner Mongolia University of Technology, Hohhot, Inner Mongolia Autonomous Region, China, 010051; 2. Mongolian Grassland Ecological Environment (Group) Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia Autonomous Region, China, 010010; 3. School of Architecture, Xi'an University of Architecture and Technology, Xi'an, Shaanxi, China, 710055)

文章编号: 1000-0283(2025)07-0049-09
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2025. 07. 0049. 006
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2025-01-05
修回日期: 2025-03-11

摘 要

城市公园绿地低碳设计与优化方法的探索是中国“十四五”时期城市公共空间建设与更新的重要议题,是实现“双碳”目标、推动城市可持续发展的关键。结合低碳公园设计要素和植物生态特征,以呼和浩特市小草公园为例进行低碳设计和高固碳植物群落优化应用。基于城市公园“设计—建设—维护管理—优化”的全生命周期,提出碳排放设计策略。基于树种的固碳能力和生境条件,提出乔—灌—草型、乔—草型、灌—草型和地被型4种高固碳植物群落模式及其优化方案,并针对小草公园的疏林草地、休闲活动、雨水花园、观赏草海和步道沿线种植区进行应用,探索城市低碳公园绿地设计与优化途径。为呼和浩特市公园绿地低碳设计及高固碳植物群落优化提供实施方案,为“双碳”目标实现和城市可持续发展提供了理论与实践支撑。

关键词

公园绿地; 低碳设计; 植物群落; 优化模式; 植物固碳

Abstract

The exploration of low-carbon design and optimization methods for urban park green spaces is a critical issue in China's urban public space construction and renewal during the "14th Five-Year Plan" period. It is also essential for achieving the goals of carbon peaking and carbon neutrality, as well as promoting sustainable urban development. By integrating low-carbon park design elements and the ecological characteristics of plants, this paper takes Xiaocao Park in Hohhot City as a case study to apply low-carbon design and optimize plant communities with high carbon sequestration capacity. Based on the full life cycle of urban park design, construction, maintenance, and management, strategies are proposed to address carbon emissions through design optimization. Based on the carbon sequestration capacity of tree species and their habitat conditions, four high carbon sequestration plant community patterns and optimization strategies are proposed: tree - shrub - grass, tree - grass, shrub - grass, and groundcover types. These patterns are applied to various areas of Xiaocao Park, including the sparsely forested grassland, recreational activities, rain garden, ornamental grass sea, and pathway planting areas, to explore design and optimization approaches for low-carbon urban park green spaces. This study presents implementation strategies for low-carbon design and high-carbon sequestration plant community optimization in Hohhot's park green spaces, providing both theoretical and practical support for achieving the "dual carbon" goals and promoting urban sustainable development.

Keywords

urban park green space; low-carbon design; plant community; optimization pattern; carbon sequestration by plant

吴小辉

1988年生/女/内蒙古集宁人/博士/讲师/
注册规划师/研究方向为风景园林规划设计与生态修复

张 波

1984年生/女/内蒙古呼和浩特人/高级工程师/
研究方向为风景园林规划设计与实践应用

张国华

1988年生/男/福建龙岩人/硕士/工程师/
注册规划师/研究方向为城市社区规划与更新

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: 793312012@qq.com

基金项目:

内蒙古自治区自然科学基金面上项目“内蒙古中部乡村聚落形态影响要素及评价体系研究”(编号: 2023LHMS05037)

城市公园绿地作为城市生态系统的重要组成部分,是城市中关键的碳汇区域,对于推动低碳城市建设具有显著影响^[1-4]。由于城市建成区土地资源有限,单纯依靠增加绿地规模以提高固碳面临诸多限制。因此,绿地提质增效成为切实可行的路径^[5]。在实现城市园林绿地低碳可持续发展的过程中,低碳公园的设计与优化扮演着关键角色^[6]。目前,城市公园绿地低碳相关研究多集中于碳汇碳排量^[7-9]、碳绩效评估^[10-11]以及低碳设计与营建策略^[12-13]等方面。已有研究表明城市公园的建造、种植、维护管理和更新优化等环节均间接影响城市碳排^[14],通过优化这些环节可实现低碳可持续发展^[15]。此外,城市公园中优化植物配置和群落结构能够直接提升公园碳汇能力^[16-17],且对碳汇的贡献存在差异^[2,18]。尽管公园绿地低碳设计已成为研究与实践的热点,但现有研究多集中于通用性策略,缺乏针对地域气候和场地环境的差异化

研究^[19],特别是在内蒙古地区。呼和浩特市作为中国北方草原城市的代表,其生态环境脆弱敏感^[20],城市公园绿地植物群落单一,碳汇效益低下。现有研究多关注该地区城市绿地的固碳量与植物固碳效率^[21-22]。综合考虑公园绿地的固碳效益、生境条件和景观功能而提出低碳设计策略与植物群落优化模式的研究较少。

在“十四五”期间,作为实现碳达峰目标的关键窗口期,城市公园在减少碳排放和增强碳汇效益方面的需求日益迫切。因此,针对内蒙古地区草原城市公园的低碳效益提质设计与增效优化研究显得尤为重要。本研究以呼和浩特市小草公园为例,尝试通过使用低碳节能材料、优化建设与维护管理以降低碳排放,同时通过提高绿地植物多样性、优化植物群落结构等方式提升公园绿地的固碳效益,提出适宜的低碳设计策略与植物群落优化方案。

1 城市公园低碳设计要素与框架

低碳导向下的公园设计应整合场地设计要素,贯穿“设计—建设—维护管理—优化”的全生命周期过程^[6,23],以全面提升固碳效益并降低碳排放^[24-27]。在公园绿地建设阶段,碳排放主要来源于材料生产与化石燃料燃烧,具体包括材料生产、材料与土方运输以及材料施工等过程。在管理养护阶段,灌溉产生的碳排放占比超过64%,修剪作业占比约9%~19%^[28]。基于此,系统梳理城市公园低碳设计要素,并提出低碳设计框架(表1)。在公园的设计、建设、维护管理和优化过程中,采用高固碳植物、低碳建植方式以及低碳维护管理策略,提升城市公园绿地固碳能力的同时降低碳排放^[27]。

2 城市公园低碳设计策略

2.1 研究区概况

以内蒙古呼和浩特市建成区为研究区

表1 城市公园低碳设计要素与框架
Tab. 1 Low-carbon design elements and design framework for urban parks

碳排放阶段 Carbon emission stage	低碳设计要素 Low-carbon design element	碳排放环节 Carbon emission link	低碳设计策略 Low-carbon design strategy
建造阶段	场地整理	土方挖填与运输	保留原有地形优于改变地形;土方平衡优于土方外运
	竖向设计	土方挖填与运输	自然地形优于人工地形
	植物	运输、修剪、挖填、栽植、灌溉、施肥、施药等	本土苗木优于外来苗木;幼苗优于成苗;混播优于栽种;集中分布优于分散分布;群落组合优于单一物种;自然形态植物优于造型植物
	水体	土方挖填、运输与施工	自然水系优于人工水系梳理;雨水收集优于市政排水;本地材料优于外地材料
	人工建设设施(建构筑物、道路、景观小品等)	材料、运输与施工	天然材料优于人工材料;本土材料优于外来材料;环保节能可循环材料优于传统材料;耐久性材料优于非耐久性材料
维护与管理	植物	灌溉、修剪、施肥、施药、补植等	粗放管理优于精细化管理;智能与节能喷灌优于传统喷灌;自然形态植物优于造型植物;补植本土苗木优于外来苗木
	水体	补水、维护	雨水收集优于市政补水;季节性水体优于四季景观水体;自然演替优于人工干预
	人工建设设施	清洁、翻新、更换等	粗放管理优于精细化管理;智能控制系统管理优于传统管理;环保节能材料优于非环保材料
	其他设施(照明、环卫、健身、灌溉等)	运输与施工	环保节能材料优于非环保材料;智能化设施优于传统设施;可再生能源设施优于传统能源设施

域。以小草公园为研究对象,探索公园低碳设计策略和高固碳植物群落优化模式。呼和浩特市属温带大陆性半干旱季风气候。四季分明,春季少雨,夏季炎热,秋季低温,冬季寒冷。日照充足,降雨量少,昼夜温差较大。年平均气温为 $-4\sim 9^{\circ}\text{C}$ ^[20]。小草公园占地面积约 17 hm^2 ,于2021年底建成。东临丝绸之路大道,西南邻草原丝绸之路文化公园,北靠学苑东街。

2.2 城市公园低碳设计策略

2.2.1 提升固碳效益

良好的土壤条件能够促进植物碳汇效益,增强土壤的碳储存能力。植物生长时间越长、根系越发达,土壤的碳储存越高。小草公园的设计采用最小干预原则,通过保留部分场地的原有植被和土壤,保障了场地原生土壤的碳储存能力,同时维持高树龄植物的碳汇功能^[29]。小草公园绿地在原有植物种类的基础上增加了2种乔木、3种灌木和34种地被植物,选用植物均属于呼和浩特市本土植物。如榆树(*Ulmus pumila*)、黑杨(*Populus nigra*)、北葱(*Allium schoenoprasum*)、山韭(*Allium senescens*)、碱茅(*Puccinellia distans*)、野菊(*Chrysanthemum indicum*)等耐旱和耐寒植物,本土植物具有较强的适应性,能提供本地动物(尤其是传粉者和食草动物)所需的生境和食物链支持,可促进公园绿地生态系统平衡,因此其碳汇能力具有长期稳定性。小草公园中设计雨水花园区。通过地形竖向设计实现雨水收集,形成季节性湿地生境。湿地植物种植考虑本地植物多样性的提高,选用黄菖蒲(*Iris pseudacorus*)、芡苳草(*Neotrinia splendens*)、花叶芦竹(*Arundo donax*)、鸢尾(*Iris tectorum*)等本土植物,保障了植物与土壤的碳汇能力。

2.2.2 减少碳排放

(1) 用地布局。增加小草公园与周边区域的空间联系。减少物理屏障,提升居民进入公园的便利性,增加公园的使用率,最终减少交通出行带来的碳排放;结合风廊和生物走廊使公园与周边自然景观斑块形成生态网络。这不仅有助于改善局部气候条件,还为动植物提供迁徙路径与栖息地,进而提高城市公园绿地的生物多样性。

(2) 竖向与植物。小草公园内通过竖向设计实现土石方平衡和雨水收集,减少建设过程中土方运输和市政排水产生的碳排放。采用本土植物,且植物种植主要采用混播的方式,使植物的种植、繁育和维护均可在本地完成,减少了长距离运输、种植过程人机投入、特殊种植条件维护、高养护成本与资源消耗等,有效降低公园绿地全生命周期的碳足迹。在维护管理方面,为了减少小草公园管理过程造成的碳排放,采用节能型灌溉措施,如节能喷灌与滴灌,避免灌溉过程产生的水车油耗^[28];遵循植物生长与演替规律,采用粗放式植被修剪与施肥管理,尽量减少杀虫剂的使用^[4,26]。目前小草公园中增加了苜蓿(*Medicago sativa*)、碎米荠(*Cardamine occulta*)、荔枝草(*Salvia plebeia*)、月见草(*Oenothera biennis*)、繁缕(*Stellaria media*)、蕨麻(*Argentina anserina*)、委陵菜(*Potentilla chinensis*)、翻白草(*Potentilla discolor*)、滇苦菜(*Picris divaricata*)、中华苦苣菜(*Ixeris chinensis*)、白茅(*Imperata cylindrica*)等19种自生草本植物,提高了植物多样性,间接提升公园绿地植物的固碳能力。

(3) 铺装与设施。小草公园设计尽可能减少硬质铺装的面积,设计沙坑、裸地等场地,以满足市民多样的活动需求;减少传统硬质铺装材料的使用,如水泥和沥青。采

用碎石、陶粒、原木等低碳可持续材料铺设道路与广场,降低公园铺装材料产生的碳排放,增加雨水渗透^[30],促进土壤水分和空气的流通,从而提升土壤的碳储存能力。通过引入智能化管理系统对小草公园进行实时监控与管理,并采用太阳能照明灯具、垃圾桶、健身器材等可再生能源设施,不仅降低了管道开挖、电缆铺设等基础设施建设的成本,还能显著减少电力消耗,降低绿地日常养护费用,进一步减轻碳排放负担。

3 研究区现状分析

呼和浩特市小草公园共分为6个功能分区,分别为疏林草地区、休闲活动区、雨水花园区、观赏草海区、活力运动区和步道沿线区(图1)。在实地调查前,预先在卫星地图上划定调研区域,在平面图上绘制 $50\text{ m}\times 50\text{ m}$ 的方格网,在网格交汇点附近选取样方进行调研分析。样方覆盖小草公园各功能分区中的特色种植区。采用生物量法计算各功能分区样方的固碳量。疏林草地区以草地和乔木为主,主要种植银白杨(*Populus alba*)、榉树(*Zelkova serrata*)和黑麦草(*Lolium perenne*),植物种类较少,固碳量为 $0.9\text{ t}\cdot\text{hm}^2$ 。休闲活动区以草地和部分乔灌木为主,植被垂直层次结构简单,主要种植油松(*Pinus tabulaeformis*)、圆柏(*Juniperus chinensis*)等,固碳量为 $0.7\text{ t}\cdot\text{hm}^2$ 。雨水花园区以草地为主,湿地区由黄菖蒲、鸢尾、花叶芦竹等组成,固碳量为 $0.3\text{ t}\cdot\text{hm}^2$ 。观赏草海区以混播草花为主,主要种植紫菀(*Aster tataricus*)、萱草(*Hemerocallis fulva*)、野菊等,地被植物种类较多,固碳量为 $0.3\text{ t}\cdot\text{hm}^2$ 。活力运动区以草地为主,包括岩石、沙地等娱乐场地,固碳量为 $0.1\text{ t}\cdot\text{hm}^2$ 。步道沿线区多为草地,以黑麦草为主,种植植物单一,缺少乔灌木,自生地被植物丰富,固碳量为

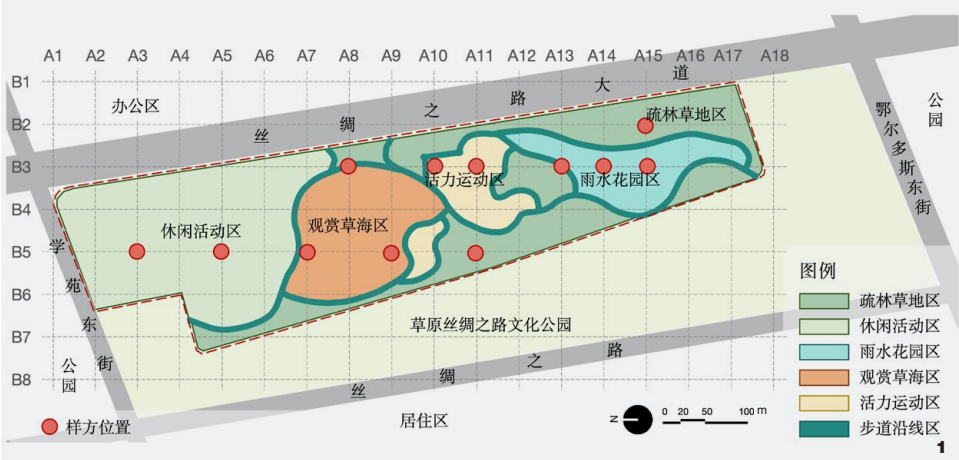


图1 小草公园功能分区与调查样方
Fig. 1 Functional zoning and survey quadrats in Xiaocao Park

0.2 t·hm²。总体而言，目前小草公园在“设计—建设—维护管理”方面基本实现了低碳排，但植物固碳效益较低。存在高固碳植物运用较少、乔灌木覆盖度低、植物群落层次结构单一等问题，以上因素严重限制了公园绿地的固碳效益^[31]。

4 城市公园高固碳植物群落优化

4.1 高固碳植物种类

基于呼和浩特市气候条件，筛选出公园适宜的高固碳植物种类（表2）。植被类型固碳能力为落叶乔木>灌木>常绿乔木>草本。其中不同植物种类的固碳能力由高到低分别

为连翘 (*Forsythia suspensa*)、国槐 (*Sophora japonica*)、新疆杨 (*Populus alba* var. *pyramidalis*)、紫丁香 (*Syringa oblata*)、油松、叉子圆柏 (*Juniperus sabina*)、圆柏、芍药 (*Paeonia lactiflora*)、萱草、垂柳 (*Salix babylonica*)、侧柏 (*Platycladus orientalis*)、云杉 (*Picea asperata*)、早熟禾 (*Poa annua*) 等^[22]。

4.2 高固碳植物群落优化模式

针对小草公园的现有植物群落层次结构和冬季景观问题，总结适宜的高固碳植物群落模式，包括乔—灌—草型、乔—草型、灌—草型及地被型。固碳效益由高到低为乔—灌—草型>乔—草型>灌—草型>地被

型。乔—灌—草型和乔—草型可提高公园冬季景观效果；灌—草型和地被型接近草原植被原型，碳排放较低，景观视线开阔；乔—草型、灌—草型和地被型的层次结构更适宜西北气候条件。基于地形条件和植物生境条件的分析，结合已有研究，将生境区划分为坡地生境、洼地生境、阳生生境、半阳生生境和阴生生境5种生境类型。微地形生境对乔灌层影响较小，主要影响地被层。坡地生境优先选择根系发达、固土固碳能力强的植物，如胡杨、新疆杨、油松、樟子松等，结合草本植物（如蓝茅芽、八宝景天）增强地表覆盖。洼地生境选择耐湿植物，如垂柳、黄菖蒲、鸢尾、芦苇、东方香蒲等。阳生生境选择耐旱、喜阳的植物，如白桦、国槐、白蜡、侧柏、云杉等，采用密植方式，减少水分蒸发，保持土壤湿度。半阳生生境选择耐半阴的植物，如糖槭 (*Acer saccharum*)、垂柳、华北落叶松、油松、萱草、蓝茅芽等。阴生生境选择耐阴植物，如侧柏、云杉、垂盆草、东方香蒲等。根据生境条件和植物群落结构，提出适宜呼和浩特地区的高固碳植物群落优化模式（表3）。公园绿地植物群落优化应兼顾其固碳能力与景观功能^[40]，选择适宜场地条件的植物种类、植被类型、层次结构和覆盖度（表4）。

表2 适宜地方环境的高固碳植物^[22,32-39]
Tab. 2 High carbon sequestering plants suitable for local environment

生活型 Life form	高固碳植物 High carbon sequestering plant
常绿乔木	樟子松 (<i>Pinus sylvestris</i> var. <i>mongolica</i>)、华北落叶松 (<i>Larix principis-rupprechtii</i>)、油松、侧柏、云杉
落叶乔木	白桦 (<i>Betula platyphylla</i>)、胡杨 (<i>Populus euphratica</i>)、国槐、新疆杨、垂柳、白蜡 (<i>Fraxinus chinensis</i>)
常绿灌木	叉子圆柏、圆柏、胶东卫矛 (<i>Euonymus kiautschovicus</i>)
落叶灌木	连翘、紫丁香、紫叶小檗 (<i>Berberis thunbergii</i> var. <i>atropurpurea</i>)、黄刺玫 (<i>Rosa xanthina</i>)
草本花卉	芍药、萱草、黄菖蒲、常夏石竹 (<i>Dianthus plumarius</i>)、紫甘蓝 (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>capitata</i> f. <i>rubra</i>)、蓝茅芽 (<i>Festuca ovina</i>)、垂盆草 (<i>Sedum sarmentosum</i>)、八宝景天 (<i>Hylotelephium spectabile</i>)、金鸡菊 (<i>Coreopsis tinctoria</i>)、东方香蒲 (<i>Typha orientalis</i>)、芦苇 (<i>Phragmites australis</i>)

表3 高固碳植物群落优化模式
Tab. 3 Optimization pattern for high carbon sequestering plant communities

植物群落模式 Plant community pattern	植物结构层 Plant stratification	生境条件 Habitat condition	适宜植物 Suitable plant
乔—灌—草型	乔灌层	—	落叶乔木：白桦、国槐、白蜡、糖槭、国槐、白蜡、胡杨、新疆杨、垂柳。 常绿乔木：华北落叶松、油松、樟子松、侧柏、云杉、油杉。 常绿灌木：紫叶小檗、叉子圆柏、圆柏、胶东卫矛、火棘 (<i>Pyracantha fortuneana</i>)。 落叶灌木：连翘、重瓣榆叶梅 (<i>Amygdalus triloba f. multiplex</i>)、黄刺玫
	地被层	各生境类型	见“地被型”各生境类型适宜植物
乔—草型	乔木层	—	落叶乔木：白桦、国槐、白蜡、糖槭、国槐、白蜡、胡杨、新疆杨、垂柳。 常绿乔木：华北落叶松、油松、樟子松、侧柏、云杉、油杉
	地被层	各生境类型	见“地被型”各生境类型适宜植物
灌—草型	灌木层	阳生生境	落叶灌木：黄刺玫、连翘。常绿灌木：叉子圆柏
		半阳生生境	落叶灌木：胶东卫矛、紫丁香。常绿灌木：叉子圆柏、圆柏
	地被层	各生境类型	见“地被型”各生境类型适宜植物
地被型	地被层	阳生生境	结构层：金鸡菊、野菊。地被层：蓝羊茅、八宝景天、垂盆草
		半阳生生境	结构层：萱草、芍药。地被层：八宝景天、常夏石竹、紫甘蓝、垂盆草
		阴生生境	结构层：东方香蒲。地被层：萱草、蓝羊茅、垂盆草
		洼地生境	结构层：东方香蒲、黄菖蒲、芦苇。地被层：鸢尾
		坡地生境	结构层：金鸡菊、野菊。地被层：蓝羊茅、八宝景天、常夏石竹、垂盆草

4.3 高固碳植物群落优化应用

以不影响市民活动为前提，以提高固碳效益和景观效果为目标，针对小草公园各分区现状问题，根据场地地形和生境条件进行植物群落优化应用。其中活力运动区的市民活动需求较大，不宜作为优化区。最终选择疏林草地区、休闲活动区、雨水花园区、观赏草海区和步道沿线区进行植物群落优化，采用生物量法估算优化后各功能分区样方的固碳量。

4.3.1 疏林草地种植区

疏林草地区现状主要为乔—草型，植物种类较少，乔木主要为银白杨和部分桦树，地被以黑麦草为主。疏林草地区是公园中碳汇相对较高的区域，但乔木覆盖面积较小，植物种类单一，导致片区整体固碳量偏低。将桦树替换为固碳能力高的国槐和油松，同时在灌木层丛植叉子圆柏、圆柏等，地被层增加早熟禾的种植，提高植物群落的丰富度。在靠近游园路一侧也可种植部分紫叶小檗、

连翘和萱草，进一步提升灌木层和地被层的植物景观效果。优化后的植物群落可提高公园的绿地率和植物固碳效益（图2，表5）。

4.3.2 休闲活动种植区

休闲活动区现状主要为草地景观和疏林草地景观。草地中乔木和灌木种植密度低且胸径小，草地植物种类单一，休闲活动区具有较高的植物固碳优化空间。在靠近城市道路一侧提高油松和圆柏的种植密度，在景观需求较高的区域提高西府海棠的种植密度，增加国槐、新疆杨、白桦和华北落叶松等高固碳乔木，灌木层增加连翘或紫丁香，以提高景观效果，地被层增加野菊、萱草等本土植物，采用混播的方式进行种植，提高植物覆盖率（图3，表6）。

4.3.3 雨水花园种植区

雨水花园主要通过地形高程差异收集场

表4 高固碳植物群落优化原则
Tab. 4 Principles for designing high carbon sequestering plant communities

植物群落指标 Plant community indicator	植物群落特征 Plant community characteristic
植物种类	以保持原有景观空间为前提，优先选择高固碳、高观赏性的植物种类
植被类型	采用常绿阔叶与落叶乔灌木混种的方式
层次结构	固碳效益由高到低为乔—灌—草型>乔—草型>灌—草型>地被型
覆盖度	覆盖度保持在40%~70%，部分达到85%以上

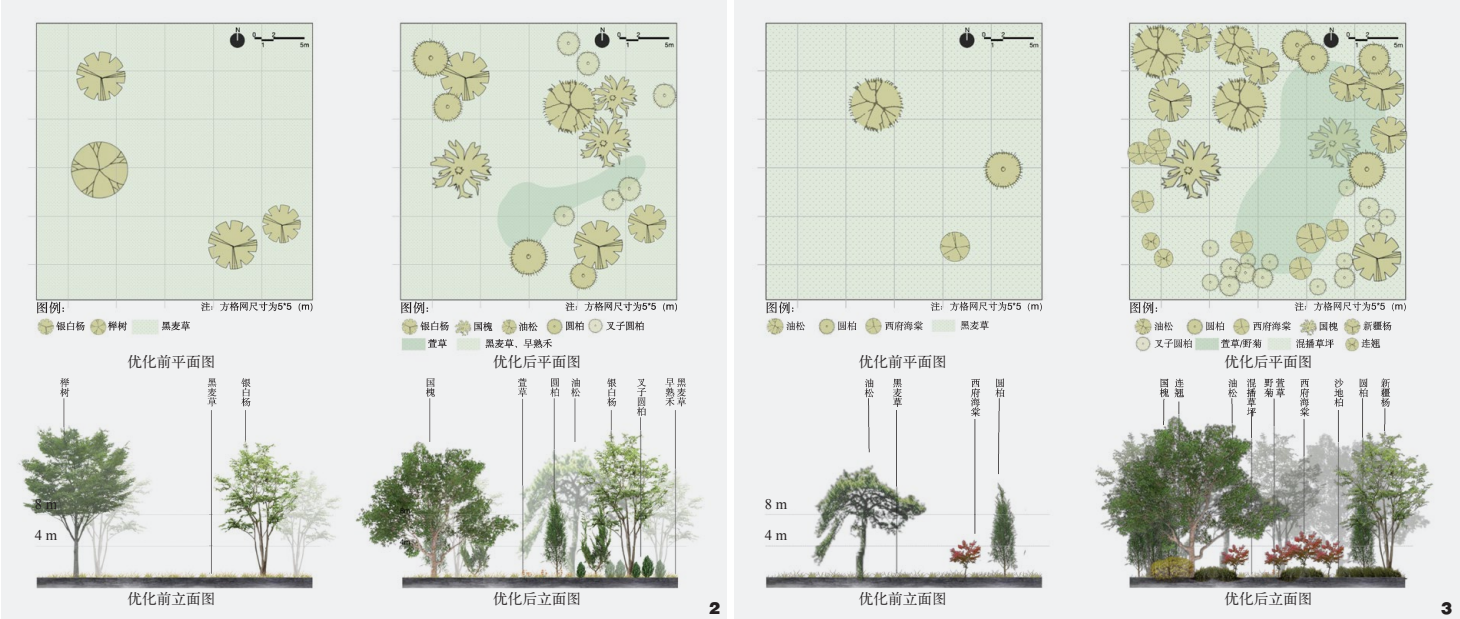


图2 疏林草地种植区植物群落优化
Fig. 2 Sparsely forested grassland planting area plant community optimization

图3 休闲活动种植区植物群落优化
Fig. 3 Recreational activity planting area plant community optimization

地雨水形成湿地，所以雨水花园种植区具有季节性特征，在夏季固碳与景观效果达到最高峰，冬季则相反。区域植物以黄菖蒲、鸢尾和花叶芦竹为主，自生本土植物较多，如繁缕、蕨麻、委陵菜等。由于缺少乔木，其固碳效益较低。雨水花园种植区临近儿童活

动区，且为仅有的湿地区，其观赏性和植物多样性要求均较高。针对其现有植被固碳力较低的问题，补充国槐和垂柳，增加乔木层植物以提高固碳效益和景观效果。地被植物层保留现有的植物，增加芦苇或东方香蒲以提高固碳量，靠近活动区增加常夏石竹，提高季节性景观效果（图4，表7）。

表5 疏林草地种植区植物群落优化 Tab. 5 Sparsely forested grassland planting area plant community optimization		
优化项目 Optimization item	优化前 Before optimization	优化后 After optimization
功能	观赏型	高固碳、观赏型
植物	银白杨、榉树—黑麦草	银白杨、国槐、油松；叉子圆柏、圆柏等；黑麦草、萱草、早熟禾
群落模式	乔—草型	乔—灌—草型
固碳量/(t·hm ⁻²)	0.9	3.1

表6 休闲活动种植区植物群落优化 Tab. 6 Recreational activity planting area plant community optimization		
优化项目 Optimization item	优化前 Before optimization	优化后 After optimization
功能	游憩型	高固碳、游憩型
植物	油松、圆柏、西府海棠—黑麦草、蒲公英	油松、西府海棠、国槐、新疆杨等；圆柏、叉子圆柏、连翘、紫丁香；野菊、萱草+混播草坪
群落模式	乔—草型	乔—灌—草型
固碳量/(t·hm ⁻²)	0.7	3.9

4.3.4 观赏草海种植区

观赏草海区由于地形变化，其生境类型丰富且地被植物种类多样，具有紫菀、萱草、蒲公英、北葱、垂盆草、山韭、常夏石竹、穗花婆婆纳、马鞭草、野菊、狼尾草、芡芡草等混播草花，具有较高的观赏性，但目前地被层植物群落整体固碳能力较差。根据地形和生境条件，在靠近道路区域增植观赏价值高且固碳能力强的叉子圆柏、圆柏、连翘、黄刺玫、紫丁香、西府海棠、紫叶小檗等，通过提升灌木层覆盖度以增强固碳效益。核

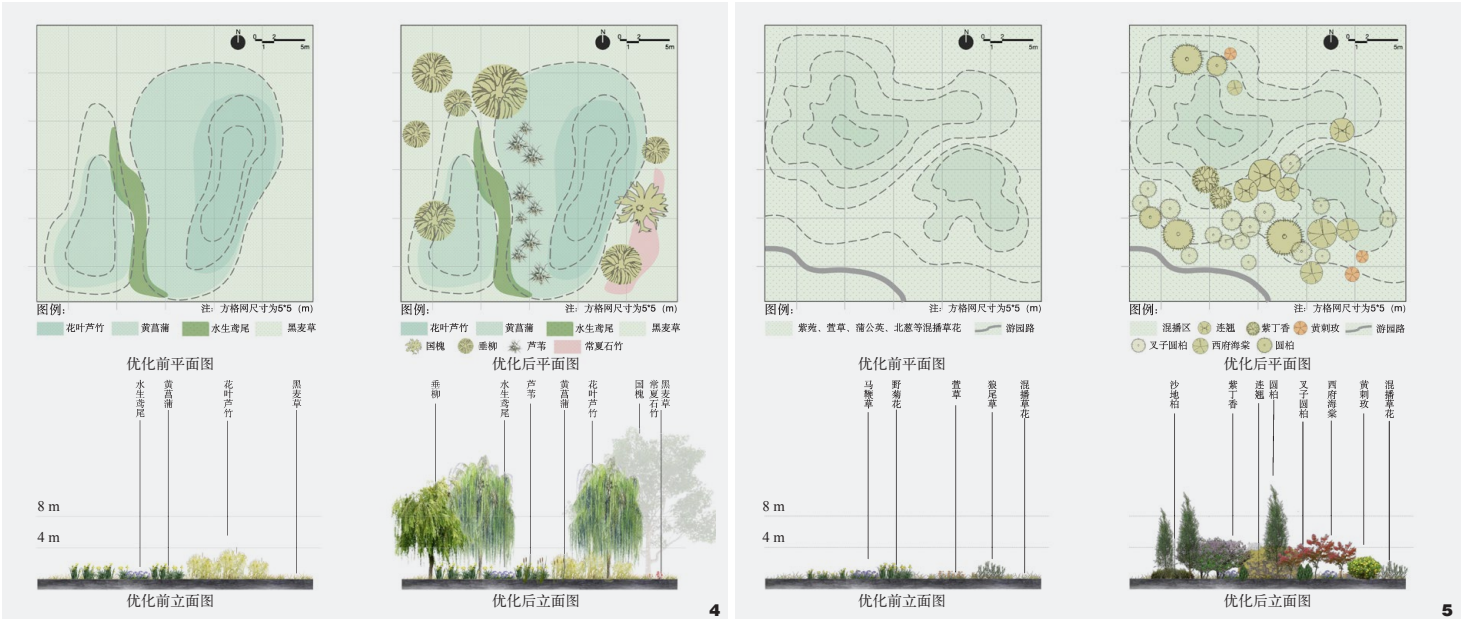


图4 雨水花园种植区植物群落优化
Fig. 4 Rain garden planting area plant community optimization

图5 观赏草海种植区植物群落优化
Fig. 5 Ornamental grass sea planting area plant community optimization

心观赏区不进行优化，保持原有的景观效果（图5，表8）。

4.3.5 步道沿线种植区

休闲步道区缺少乔灌木层，现仅有以黑麦草为主的地被植物，整体固碳量低。优化时尽量保留原有的自生地被植物，在视觉开阔的区域，采用“乔—草”模式，补充国槐、新疆杨、白蜡几种植物，增加碳汇的同时，不遮挡原有的观景区。其他区域可在灌木层增加连翘、紫丁香、黄刺玫等；在活动场地周边可增加叉子圆柏，起到围合空间的作用；道路两侧地被植物带增加萱草和早熟禾。提高休闲步道区域的绿化率，增加步道沿线植物景观效果，同时提升固碳效益（图6，表9）。

5 结语

基于城市公园绿地的低碳排和植物高碳汇功能，以呼和浩特市小草公园为典型案例，

系统探讨了低碳导向下草原城市公园绿地的设计与优化方法。研究创新点在于通过对建成公园绿地的植物景观固碳现状调查和文

献研究，提出适宜的高固碳植物种类，为呼和浩特市绿地植物配置提供了科学依据；综合植物生境条件、固碳能力和景观价值，提

表7 雨水花园种植区植物群落优化
Tab. 7 Rain garden planting area plant community optimization

优化项目 Optimization item	优化前 Before optimization	优化后 After optimization
功能	观赏型	高固碳、观赏型
植物	黄菖蒲、鸢尾、花叶芦竹、黑麦草	国槐、垂柳；黄菖蒲、鸢尾、芦苇、东方香蒲、常夏石竹、黑麦草等
群落模式	地被型	乔—草型
固碳量/ (t·hm ⁻²)	0.3	2.2

表8 观赏草海种植区植物群落优化
Tab. 8 Ornamental grass sea planting area plant community optimization

优化项目 Optimization item	优化前 Before optimization	优化后 After optimization
功能	观赏型	高固碳、观赏型
植物	紫菀、萱草、野菊、狼尾草等	叉子圆柏、圆柏、连翘、黄刺玫、紫丁香等；紫菀、萱草、野菊、狼尾草等
群落模式	地被型	灌—草型
固碳量/ (t·hm ⁻²)	0.3	1.4

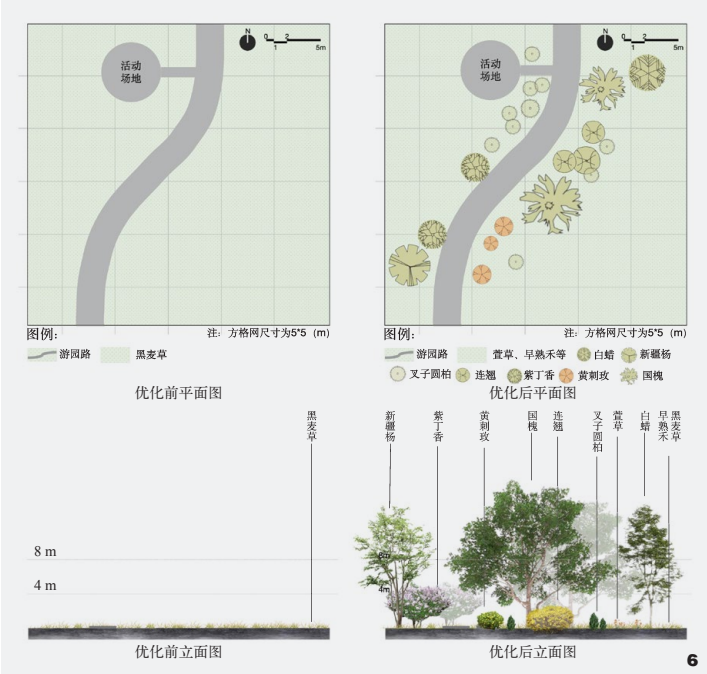


图6 步道沿线种植区植物群落优化
Fig. 6 Plant community optimization along the pathway planting area

表9 步道沿线种植区植物群落优化
Tab. 9 Plant community optimization along the pathway planting area

优化项目 Optimization item	优化前 Before optimization	优化后 After optimization
功能	基础型	高固碳、观赏型
植物	黑麦草	国槐、新疆杨、白蜡、连翘、紫丁香、黄荆等；萱草、早熟禾、黑麦草
群落模式	地被型	乔—草型或乔—灌—草型
固碳量/($t \cdot hm^{-2}$)	0.2	3.6

出了高固碳植物群落模式，并将其应用于小草公园的5个功能分区中进行植物群落优化设计。研究不仅为呼和浩特地区低碳城市绿地设计与建设提供了参考依据，还在应对气候变化和推进可持续发展方面作出了有益的探索。

注：文中图表均由作者绘制。

参考文献

[1] 李树华. 共生、循环——低碳经济社会背景下城市园林绿地建设的基本思路[J]. 中国园林, 2010, 26(06): 19-22.

[2] GODDARD M A, DOUGILL A J, BENTON T G. Scaling Up from Gardens: Biodiversity Conservation in Urban Environments[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2010, 25(02): 90-98.

[3] 王晶懋, 齐佳乐, 韩都, 等. 基于全生命周期的城市小尺度绿地碳平衡[J]. 风景园林, 2022, 29(12): 100-105.

[4] 王晶懋, 姚盈羽, 刘晖, 等. 应对气候变化的城市公园绿地低碳景观提质增效方法——以西安白马河公园为例[J]. 中国城市林业, 2023, 21(02): 35-43.

[5] LIU M X, LI Y. Numerical Analysis and Calculation of Urban Landscape Spatial Pattern[C]// 2nd International Conference on Intelligent Design and Innovative Technology (ICIDIT 2023). Atlantis Press, 2023: 113-119.

[6] 杨阳, 赵红红. 低碳园林相关理论研究的现状与思考[J]. 风景园林, 2015(02): 112-117.

[7] 李威, 黄玫, 张远东, 等. 中国国家森林公园碳储量及固碳速率的时空动态[J]. 应用生态学报, 2021, 32(03): 799-809.

[8] HU C G, LIU G Y, SU P, et al. Research on Carbon-neutral Calculation Model of Urban Parks Based on Life-Cycle Assessment: A Case Study from Beijing, China[J]. International Journal of Low-Carbon Technologies, 2024, 19: 1432-1444.

[9] BAE J, RYU Y. Land Use and Land Cover Changes Explain Spatial and Temporal Variations of the Soil Organic Carbon Stocks in a Constructed Urban Park[J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 136: 57-67.

[10] JAMIRSAH N, SAID I, JAAFAR B, et al. Carbon Footprint of Built Features and Planting Works During Construction, Maintenance and Renewal Stages at Urban Parks in Petaling Jaya, Selangor[J]. Pertanika Journal of Science and Technology, 2021, 29(01): 387-406.

[11] 王敏, 石乔莎. 城市高密度地区绿色碳汇效能评价指标体系及实证研究——以上海市黄浦区为例[J]. 中国园林, 2016, 32(08): 18-24.

[12] 李惊, 吴佳鸣, 汪文清. 碳中和目标下的风景园林规划设计策略[J]. 风景园林, 2022, 29(05): 45-51.

[13] 嵇雨桐, 林添烽, 刘恋, 等. 城市公园绿地碳汇能力影响因素的网状荟萃 (Meta) 分析[J]. 风景园林, 2025, 32(01): 23-31.

[14] STROHBACH M W, ARNOLD E, HAASE D. The Carbon Footprint of Urban Green Space—A Life Cycle Approach[J]. Landscape and Urban Planning, 2012, 104(02): 220-229.

[15] 刘长松. 气候变化背景下风景园林的功能定位及应对策略[J]. 风景园林, 2020, 27(12): 75-79.

[16] WANG J, LI Y, FANG L, et al. Positive Effect of the Low Carbon Plant and Soil Optimization Design Pattern for Bioretention Facilities in Semi-Arid Northern China[J]. Fresenius Environmental Bulletin, 2022, 31(12): 11435-11448.

[17] Fu C G H. Study on Ecological Approach of Urban Green Space Based on Low Carbon Idea[J]. Advanced Materials Research, 2014, 955: 4025-4028.

[18] WANG Y, CHANG Q, LI X. Promoting Sustainable Carbon Sequestration of Plants in Urban Greenspace by Planting Design: A Case Study in Parks of Beijing[J]. Urban Forestry & Urban Greening, 2021, 64(02): 127291.

[19] 王雪伊, 李惊, 吴佳鸣, 等. “双碳”目标下国内碳中和园林相关研究与展望[J]. 北京规划建设, 2023(04): 102-106.

[20] 苏日罕, 郭思亮, 王永芳, 等. 1982-2020年内蒙古地区极端气候变化及其对植被的影响[J]. 生态学报, 2023, 43(01): 419-431.

[21] 唐琳. 城市园林绿化植物固碳效益研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2019.

[22] 郝鑫杰, 李素英, 王继伟, 等. 呼和浩特市13种绿化植物固碳释氧效率的比较研究[J]. 西北植物学报, 2017, 37(06): 1196-1204.

[23] 胡永红. 城市特殊生境绿化技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2020.

[24] 舒也, 包志毅. 低碳园林理念下的城市植物景观规划设计问题与对策[J]. 景观设计,

- 2019(01): 14-19.
- [25] 包志毅, 马婕婷. 试论低碳植物景观设计和营造[J]. 中国园林, 2011, 27(01): 7-10.
- [26] 王贞, 万敏. 低碳风景园林营造的功能特点及要则探讨[J]. 中国园林, 2010, 26(06): 35-38.
- [27] 宋雁, 杨骏. 基于全生命周期的城市滨水空间更新低碳设计研究——以四川省仪陇县嘉陵江为例[J]. 园林, 2023, 40(12): 58-64.
- [28] 黄柳菁, 张颖, 邓一荣, 等. 城市绿地的碳足迹核算和评估——以广州市为例[J]. 林业资源管理, 2017(02): 65-73.
- [29] YANG B, LEE D. Urban Green Space Arrangement for an Optimal Landscape Planning Strategy for Runoff Reduction[J]. Land, 2021, 10(09): 897.
- [30] FU D R, RAO H H, HUANG Y Z. Low Carbon Development Mode for Urban Landscape Planning and Construction[J]. Advanced Materials Research, 2012, 524(02): 2372-2376.
- [31] XI C, WANG D, CAO S J. Impacts of Trees-Grass Area Ratio on Thermal Environment, Energy Saving, and Carbon Benefits[J]. Urban Climate, 2023, 47: 101393.
- [32] 黄晓琼, 辛存林, 胡中民, 等. 内蒙古森林生态系统碳储量及其空间分布[J]. 植物生态学报, 2016, 40(04): 327-340.
- [33] 司婧. 北方几种杨树人工林固碳增汇技术研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [34] 张娇, 李海明, 施拥军, 等. 30种平原绿化乔木树种光合固碳特性分析[J]. 西南林业大学学报, 2012, 32(06): 6-12.
- [35] 王罕, 赵民, 郭若妍, 等. 关中地区74种立体绿化适宜植物固碳释氧能力研究[J]. 建筑节能(中英文), 2024, 52(09): 107-113.
- [36] 郝晴, 马锦义, 邵海燕, 等. 不同生活型园林植物固碳能力统计分析[J]. 江苏林业科技, 2020, 47(02): 44-47.
- [37] 陈吉龙, 何蕾, 温兆飞, 等. 辽河三角洲河口芦苇沼泽湿地植被固碳潜力[J]. 生态学报, 2017, 37(16): 5402-5410.
- [38] 王艳芳, 刘领, 李志超, 等. 豫西黄土丘陵区不同林龄栎类和侧柏人工林碳、氮储量[J]. 应用生态学报, 2018, 29(01): 25-32.
- [39] 李馨. 天津常见水生植物固碳释氧能力与活力度评价[D]. 天津: 南开大学, 2015.
- [40] 依兰, 王洪成. 城市公园植物群落的固碳效益核算及其优化探讨[J]. 景观设计, 2019(03): 36-43.

《园林》学刊征集2026年专题学术主持人

一、学术主持人要求

- 1、专题学术主持人需为风景园林及相关领域的优秀学者, 具有前沿视角、国际化视野, 对其研究领域有独到见解和有分量的学术成果。
- 2、学术主持人具有较强的学术召集能力, 能够组织联络该研究领域国内外优秀学者撰稿, 能够积极配合编辑部组稿。
- 3、申请同一专题的联合学术主持人不宜超过两位, 欢迎跨院校、跨国学者联合组稿。欢迎学术主持人申报一个或多个专题组稿方案。

二、专题组稿要求

- 1、每个专题以6~8篇学术论文为宜(稿件格式规范可参考《园林》投稿指南)。
- 2、专题学术主持人以组稿为主, 并完成自撰稿1篇。
- 3、专题文章鼓励第一作者具有副教授、副研究员等副高级及以上职称, 在本领域有一定知名度和权威性, 对其研究领域有独到见解和有创新学术成果。
- 4、作者构成鼓励跨单位、跨地域(建议同一单位、作者文章不超2篇)。

三、申报程序

- 1、有意申请担任学术主持人的专家, 请下载附表1撰写专题组稿方案, 并发送至编辑部邮箱: LA899@VIP.163.com, 邮件主题为“2026专题学术主持人+姓名+选题名称”。
- 2、编辑部收到组稿方案后, 将组织专家进行评估遴选, 遴选结果预计在2025年8月1日以前通过电话或邮件予以回复。
- 3、编辑部开通“热点专题”投稿通道, 并协同学术主持人组织专家外审。作者需根据外审专家和编辑部意见对稿件内容进行修改完善, 稿件若未通过审核, 则不能刊用。

