

“双碳”目标背景下上海植物园北区扩建项目 低碳实施路径研究

Study on the Low-carbon Implementation Path of the North District Expansion Project of Shanghai Botanical Garden Under the Background of the “Double Carbon” Goal

王铁飞
WANG Tiefei

(上海市公共绿地建设事务中心, 上海 201199)
(Shanghai Public Green Space Construction Affairs Center, Shanghai, China, 201199)

文章编号: 1000-0283(2022)05-0111-007
DOI: 10.12193/j.laing.2022.05.0111.014
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2021-07-16
修回日期: 2022-03-30

摘要

碳达峰、碳中和的“双碳”目标已成为中国重要战略目标,同时,低碳城市建设也是国家“十四五”规划中的一项重要战略措施。在城市项目的建设规划中怎样有效控制能源消耗及碳排放是研究重点,而低碳理念观测和技术应用将是今后城市建设领域技术发展的重要遵循。植物园作为较为特殊的公园绿地类型,具有科研、科普和游憩的综合功能,在其设计、建设和管理过程中应更加注重低碳技术的实施。以上海植物园北区扩建项目为例,通过梳理分析项目在设计 and 建设全过程以及排水、建筑、道路、植物、土壤等核心要素所实施的低碳技术及其效应。其中,海绵城市措施使得北区雨水年径流总量控制率由60.5%上升至83.8%,有效降低了区域市政管网运行能耗,地源热泵和框架结构应用使得北区附属建筑运行能耗大大降低,而绿道型游路和功能型植物的设计应用则有效降低绿地后期维护过程的能耗。研究总结了植物园类型绿地在海绵城市、绿色建筑、绿道游路、功能植物等方面具备实施性的具体低碳措施,可为其他类型的低碳城市绿化建设项目参考。

关键词

碳达峰; 碳中和; 植物园; 低碳效应; 海绵城市

Abstract

The “double carbon” goals of carbon peaking and carbon neutralization have become essential national strategic goals. At the same time, the construction of low-carbon cities is also a crucial strategic priority in the national 14th five-year plan. In the construction planning of urban projects, how to effectively control energy consumption and carbon emission is the focus of significant research. Low-carbon concept observation and technology application will be an essential guide for technological development in the field of urban construction future. As a particular type of green park space, the botanical garden has the comprehensive functions of scientific research, popular science, and recreation. Therefore, in its design, construction, and management process, the research should pay more attention to implementing low-carbon technology. Taking the north district expansion project of Shanghai Botanical Garden as an example, this study analyzes the low-carbon technologies and effects implemented by the project in the whole process of design and construction and the core elements such as drainage, buildings, roads, plants, and soil. Among them, the sponge city measures have increased the total annual rainwater runoff control rate in the north district from 60.5% to 83.8%, which has effectively reduced the energy consumption of the regional municipal pipe network operation, the application of ground source heat pumps and frame structures has dramatically reduced the operating energy consumption of the auxiliary buildings in the north district. In contrast, the design and application of greenway-type roads and functional plants have effectively reduced the green area’s energy consumption during the later maintenance process. This paper summarizes the specific low-carbon measures that have implemented botanical garden types of green spaces in sponge cities, green buildings, greenway-type roads, functional plants, etc. These can reference other kinds of low-carbon urban greening construction projects.

Keywords

carbon peaking; carbon neutrality; botanical garden; low-carbon effect; sponge city

王铁飞
1979年生/男/浙江绍兴人/硕士/工程师/
研究方向为公共绿地规划建设管理

随着人类社会的发展,科技进步和生活方式的改变,社会活动需要消耗大量能源,随之排放温室气体,污染全球环境。中国在联合国大会上承诺,碳排放年总量在2030年前某一个时期将达到最高值,即碳达峰^[1,2],在此基础上,到2060年前,中国通过增加绿地系统、控制能耗等方式中和碳排放量,进而达到碳中和^[3]。

低碳城市建设的规划将减少碳排放量的目标落实到土地集约利用、绿色交通、绿色建筑、生态景观营造及市政工程建设等方面^[4]。宏观层面,生态绿地可以固碳,减少二氧化碳的含量,进而影响气候变化。推动低碳城市建设就是将低碳理念推行至城市建设中,增加绿地面积,优化绿色基础设施,完善绿道建设,加强绿色建筑技术,促进绿地系统的碳汇作用,有利于减少城市的热岛现象,实现低碳效应^[5,7]。微观层面,在项目的建设期、运营期、后期维护管理期会产生能源消耗和碳排放,而在这些阶段实施有效措施可减少碳排放的大量产生^[8]:如规划建设期,科学合理布局,低强度开发,充分利用可再生资源,选择环保可回收施工材料及施工工艺;运营期,及时根据人流量进行合理部署,减少能源消耗、废弃物排放;维护管理期,提高废物处理方式及效率,加强土壤、植物、水体的维护,及时更新延长项目生命周期^[9]。

上海植物园是一个多功能植物园,既是植物科学研究中心,又是可供游览休闲的公园绿地。上海植物园历史较长,基础设施较为陈旧,南区已进行部分更新改造,北区空间布局关系不清晰,整体交通动线不明确,布局的不合理造成空间资源的浪费。北区现有设备设施陈旧,大部分不属于节能设施,设备运行时能源消耗量大;尚未有灌

溉系统,灌溉水源为自南区接入的自来水,由于水压低采用人工皮管灌溉,无组织排水,整体雨水排污系统不完整,对环境造成一定影响。因此,上海植物园北区需要应用低碳技术整治扩建,营造可持续发展的植物园环境。

1 上海植物园北区扩建项目

1.1 项目现状

上海植物园北区内部现状水系位于中部,东西向,宽4~8m,与外界水系不连通;内部沟通不畅,多处断头,水质浑浊。北区用地南界为张家塘港,河口宽度28m,为市属河道,与黄浦江相连,水位变化大,堤顶标高6m。一墙到顶的直立式挡墙将植物园南、北区与自然水体隔开,同时影响了亲水效果和景观效果。

上海植物园北侧的市政干道罗城路拟根据规划进行拓宽,道路红线由现在的8m向南拓宽为24m,原4号门也将作为地铁客源的主要出入口。因此,上海植物园的北侧用地边界将向南平移,北区的入口及部分区域景观将受到影响。

1.2 项目范围

上海植物园北区原为植物园生产区,改扩建工程将基于南区专类园分区展示,使北区功能布局更合理,同时通过引种驯化丰富植物品种,增加植物园的主题性和趣味性。

北区改扩建工程范围为上海植物园张家塘港以北规划xh293-08地块,罗城路和上海市园林科学规划研究院以南、潘家塘河以东、张家塘港以北、龙吴路以西。改造范围面积约22hm²,其中17hm²为原生产区,5hm²为徐家桥潘家塘宅基地(图1)。

1.3 项目方案

延续南区自然山水园的布局特点,北区采用堆土地形、自然水体,结合南区的道路形成完整的路网,优化园区内基础设施。北区通过视线的高差营造景观两轴(图2)。其中一轴为北区主入口广场,经宿根花卉园、观赏草园、缤纷花桥及连接南区的主道路构成主轴线,具有视觉景观效果,且使植物园南区和北区具有连续性。另一轴为景观展示轴,从北区制高点到岩石园、展览温室,再到中心湖,形成视线开阔的景观轴线。结合景观与功能划分为5大片区(图3),分别为北部入口管理服务区、专类植物展示区、科普体验区、沿河景观区、生产服务区。

2 低碳技术路径

城市建设项目的低碳技术多应用在雨污排水系统、建筑材料、交通方式、水体水质、地下管廊等方面^[10],而城市绿地建设项目应以全周期节约能源,减少排放及增加植物碳汇为主要低碳实施路径。结合上海植物园北区项目现状及设计方案,综合考虑项目中低碳技术的可行性,具体实施的低碳技术分别为海绵城市措施、绿色建筑技术、绿道型游路系统、功能型植物应用及其他辅助生态技术措施。

2.1 海绵城市措施

海绵城市措施核心理念主要基于低影响开发(Low Impact Development),是一种通过分散、小规模和自然的源头处理方式解决城市场地开发时应对暴雨径流和污染能力不足等问题,也是一种基于自然的解决方案。海绵城市的设计和应用,有效减少了城市灰色基础设施的建设和负荷,也

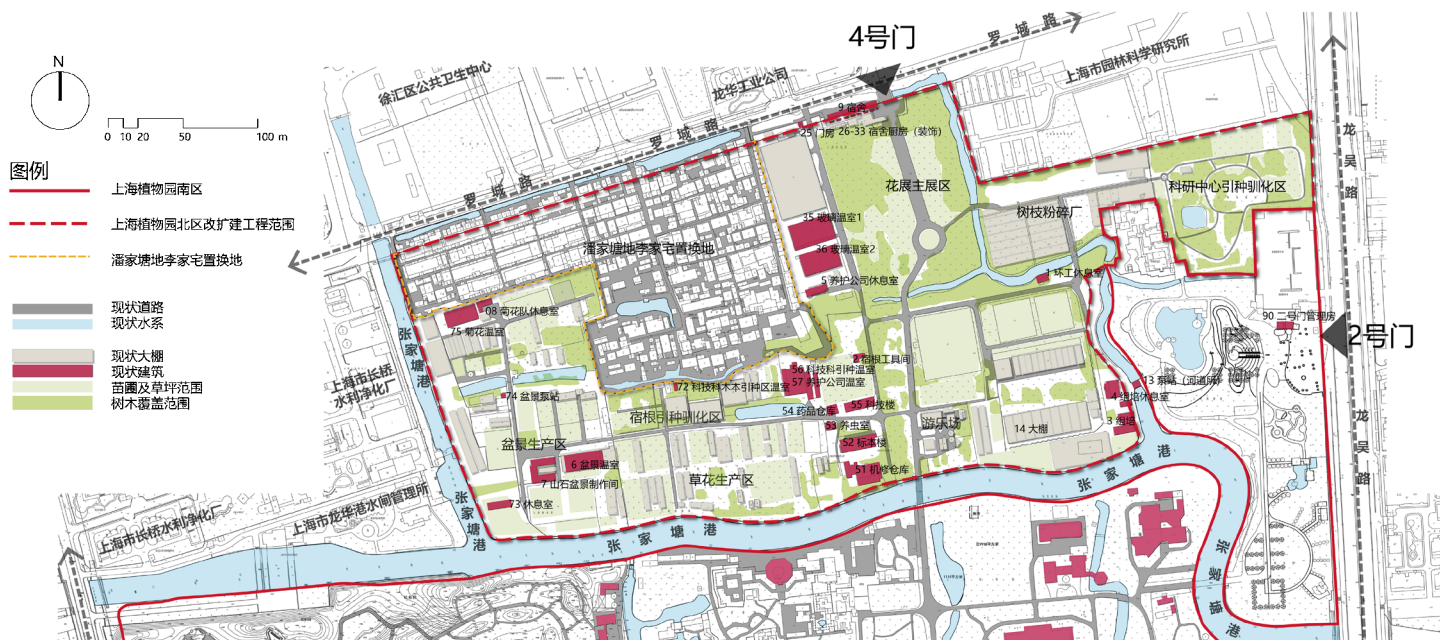


图1 上海植物园北区扩建项目范围
Fig. 1 Scope of the north district expansion project of Shanghai Botanical Garden

有助于城市雨水循环利用，同时可改善区域水体污染状况，这些措施涉及基础设施减少、城市用水减少和污染物削减三方面，均在一定程度上减少区域的碳排放。因此，在国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》中也明确将建设海绵城市作为碳达峰的途径之一。

本次植物园北区扩建场地项目主要采用的是调蓄削峰海绵城市措施^[1]，增加可以有效快速排水及雨水净化的透水性铺装面积；进一步优化调整园区水系，使具有一定调蓄容积功能的景观和水系相结合。

为了改善超常规降雨时的排水情况，避免暴雨造成的积水，设计采取如下措施：潘家塘作为弹性水体，在主入口处广场、沿罗城路一侧的生态停车场等硬质区域均采用透水性强的材料以降低径流系数、减少径流量；园区内预留3%~5%的生态基础设施用地，设置下凹绿地，用于净化地表径流污

染，并对雨水进行回收利用，补充园内的灌溉、景观用水；除了利用园区内景观水体调蓄削峰外，还充分利用园区内的公共绿地、壕沟等场所，发挥遭遇超标准暴雨时的临时性调蓄作用，进一步削减暴雨的峰值流量，增强抗风险能力。

经统计，植物园北区一年重现期总雨量为7 340.6 m³，基于传统设计园区雨水年径流总量控制率为60.5%。植物园北区种植

区153 676 m²，园路及铺装场地35 731 m²，建筑占地约3 801 m²，水体29 236 m²，合计渗/蓄水量4 441 m³。实施透水铺装与水体调蓄相结合的海绵城市措施后，植物园北区铺装区域的雨水年径流总量控制率达到67.8%，而水体区域的雨水年径流总量控制率达到99.7%，总体上雨水年径流总量控制率均值为83.75%，面源污染消减率为76.8%，各类设施和下垫面渗/蓄水量见表1。

表1 上海植物园北区各类设施和下垫面的渗/蓄水量
Tab.1 Infiltration and storage capacity of various facilities and underlying surface in the north area of Shanghai Botanical Garden

内容 Content	功能 Function	规模/m ² Scale	渗/蓄水量/m ³ Infiltration and storage capacity	SS去除率/% Removal rate of suspended solid
种植区	渗	153 676.0	4 310.6	70.0
透水路面	渗	25 011.7	619.0	80.0
不透水路面	滞	10 719.3	35.4	-
建筑	滞	3 801.0	12.5	-
水体	蓄	29 236.0	2 923.0	80.0
合计	-	-	7 901.1	76.8

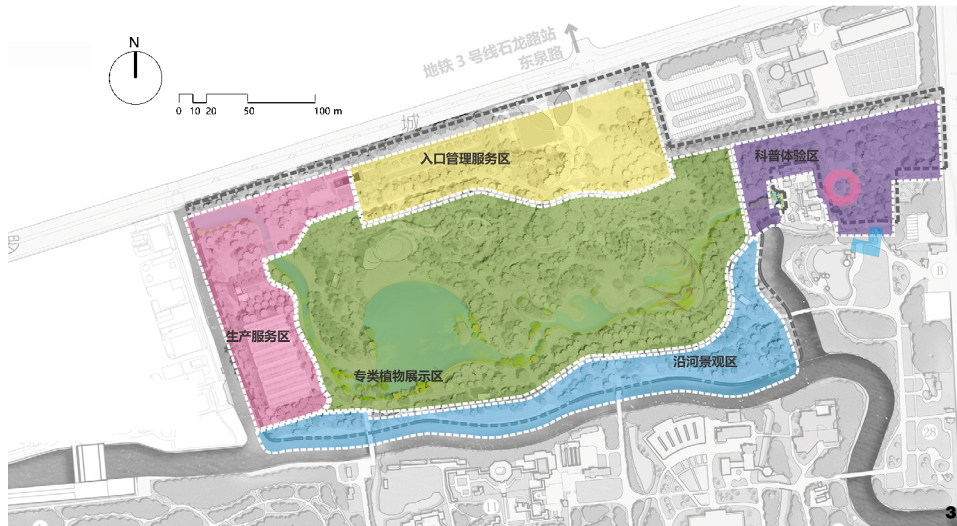
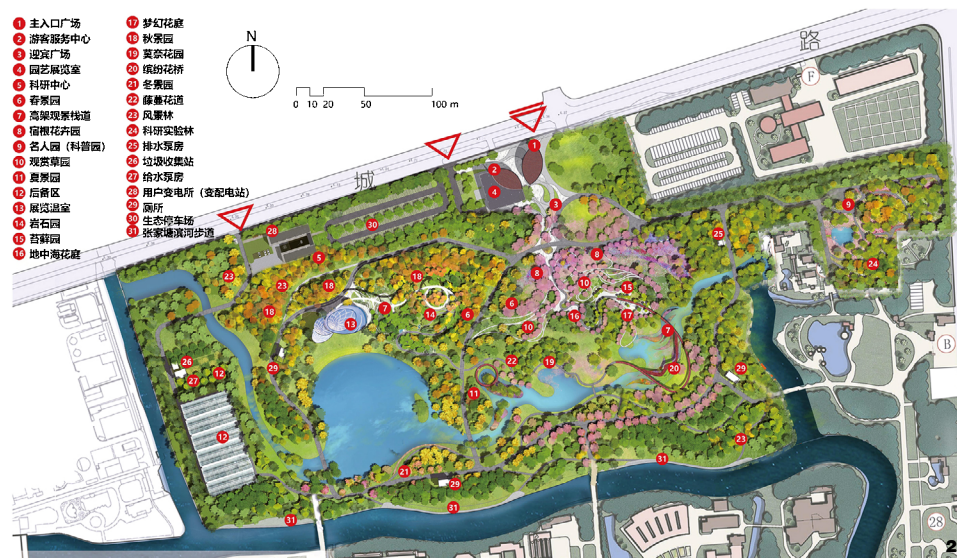


图2 上海植物园北区扩建项目总平面图
Fig. 2 General layout of the north district expansion project of Shanghai Botanical Garden

图3 上海植物园北区扩建项目功能分区图
Fig. 3 Functional zoning diagram of the north district expansion project of Shanghai Botanical Garden

2.2 绿色建筑技术

目前，中国作为全球建设规模最大的国家，建筑行业碳排放占比较大，且仍处于上升发展期。因此，应大力倡导通过应用节能环保材料、框架结构、装配式材料、地热利用等节材、节地和节能手段来推广绿色建筑技术，大大降低建筑建设和使用过程中的碳排放。在国务院印发《2030年前碳达峰行动

方案》中，也提出通过新型建筑工业化、装配式建筑、钢结构住宅以及建材循环利用等手段强化建筑绿色设计和绿色施工管理。

本项目新建建筑共9栋(图4)，分为游憩建筑、服务建筑和管理建筑。其中，服务建筑和管理建筑均采用节能环保的材料，符合绿色建筑要求。新建建筑总面积7 149 m²，其中地上建筑面积5 249 m²，地下建筑面积

1 900 m²，包括温室地下设备锅炉房200 m²、主入口建筑地下室1 500 m²以及排水泵房地下部分200 m²。

因上海地区冬冷夏热的特点，上海植物园北区主入口建筑与科研中心建筑设计为框架结构，建筑系数及外墙保温体系如表2、表3，并在建筑内合理设置室内温度设计标准及新风系统。空调能源采用地源热泵，有效减少能源消耗^[12]。在植物园北区附属管理建筑设计与建设过程中，除注重环保材料以及材料的传热性能外，也在建筑施工过程中落实低碳技术，包括墙体施工节能技术、门窗安装节能施工技术、保温屋面节能施工技术

2.3 绿道型游路系统

公园绿地游路系统是游客参观游览的重要路径，同时也是公园绿地内较为分散的硬质下垫面空间。传统游路设计主要考虑游览体验，较少考虑游路系统对于区域雨水下渗、植物景观及生物多样性等方面的影响。公园绿地场地开发建设中游路系统的设计和营建是场地建设过程中碳排放管控的重要方面。如利用透水生态材料、自然坡度设计等均可促进游路系统建设和使用的低碳措施。而植物园作为较为特殊的公园绿地类型，其植物保育功能则要求更为低碳。

本项目游路系统主要分为三级，均采用生态绿道设计理念(图5)。一级园路为主园路，是北区的主干道路，也是园内的游览车道，环状设置贯穿全园，北接主入口与生产后勤出口，南部则通过原跨张家塘港桥梁与南区主园路相连。道路设计纵坡小于3%^[13]，转弯半径大于6 m，采用彩色透水沥青作为路面主材，道路两侧为花岗岩路缘石，路面略高于两边绿化地坪标高，便于排水。双侧

有卵石盖板排水沟且双向纵坡，坡度1.5%，收集路面雨水，连接最近的排水沟或雨水口。二级园路连接主园路与各个专类园之间的道路，是引导游人到各专类园及景观功能区的步行道，道路宽度为2~3m。路面采用透水混凝土、陶瓷透水砖、仿石PC砖等新型环保材料。三级园路分散在专类园区内及其他景区内部的游步道，方便游人通达和近距离的观赏，道路宽度为1.5m，路面结合园艺展示的风格主题自由搭配，选择防腐木、青石汀步、瓜子片、砖瓦等材料。

2.4 功能型植物应用

公园绿地植物碳库是城市基础设施中唯一的碳库，适应性强且生长良好的乡土植物应用，结构稳定且功能高效的近自然或半自然植物群落构建是提升城市公园绿地碳汇能力的重要举措。因而，在公园绿地建设时，应注重保留原有生长良好的植被，尤其是木本植物的保护，以及不同景观区域的高碳汇乡土树种的应用与近自然型植物群落的建设。本项目主要大量应用华东地区樟



图4 上海植物园北区扩建项目新建建筑分布图
Fig. 4 Distribution of new buildings in the north district expansion project of Shanghai Botanical Garden

科、壳斗科、榆科等地带性乡土树种作为骨干树种(表4)，以及背景林地、湖岸带、河岸带植物群落的构建等。

北区原为上海植物园生产区，植物大多以苗圃式方式种植，景观性种植较少。景观

植物多分布于南北向主路两侧及现状水系周边，经现场踏勘，保留现状长势、树形良好的苗木，移植至与种植设计主题相符合的区域作为景观树，移除形态较差、不具备保留价值的苗木。

表2 建筑系数
Tab. 2 Building coefficient

建筑名称 Building name	建筑朝向 Building orientation	建筑类型 Building type	体形系数 Figure coefficient	建筑层数 Number of building floors	外表面积/m ² Surface area	建筑总面积/m ² Total building area
入口建筑	北偏西15.1°	甲	0.49	2	2 853	5 824
科研中心	西偏南27.5°	甲	0.57	2	3 454	6 060

表3 建筑热工设计指标
Tab. 3 Building thermal design index

建筑名称 Building name	围护结构部位 Enclosure structure position	主要保温材料 Main thermal insulation materials		厚度/mm Thickness	传热系数/(w/m ² k) Heat transfer coefficient	
		名称 Name	导热系数/(w/m ² k) Thermal conductivity		设计值 Design value	规范限值 Specification limits
入口建筑	屋面	挤塑聚苯板	0.030	50.0	0.49	0.50
	墙体	岩棉板	0.045	45.0	0.75	0.80
科研中心	屋面	挤塑聚苯板	0.030	50.0	0.49	0.50
	墙体	岩棉板	0.045	45.0	0.75	0.80



图5 上海植物园北区扩建项目游路系统
Fig. 5 Sightseeing road system of the north district expansion project of Shanghai Botanical Garden

为保证植物园中花境四季的观赏效果,宿根花卉园及观赏草园植物按不同品种不同养护需求归类,其中长效品种为多年生木本草本花卉,每年有30%的更换养护量(大棚计算面积需预留两个温室内的更换养护量);防高温、防寒品种需在养护期内搬至大棚内遮阴或者保温;一二年生时令品种每年保证替换4次。

水生植物尤为重要。黄婆庙河区域的水系及缤纷花桥处水域为湿地净化展示区,上游结合地形构建溪流,利用卵石、填料对水体进行初级过滤,水陆缓冲带选择耐水淹的陆生植物,滨水带种植挺水植物;同时缤纷花桥水域的观赏性水生植物,选择不同的主体物种和基调物种,增加生物多样性,增添游客探索的趣味,同时净化水质;温室南部中心地带的大水面为湖泊水质涵养区,作为植物园北区的中心集中大水面,岸边植被以疏林草地为主,以突显大水面开

阔的景观并倒影展览温室;水系中心为深潭区,水温较低,不易受表层扰动影响,起到维持水质的作用,湖面种植睡莲,美化景观,湖心设一处景观喷泉。在生态护岸上种植挺水植物,对水位变动带的水土保持有重要作用。

2.5 其他生态技术

绿化建设项目上的新材料、新技术和新工艺等“三新”技术的应用均可不同程度降低绿化建设项目的碳排放或提升碳汇能力,属于低碳生态技术。本项目进一步强化生态基础设施建设理念,以“三新”技术为切入点,为植物园的整体环境提供更好的生命支撑系统,降低后期管理、养护成本,有效降低项目建设过程和后续管理中的碳排放。

上海植物园北区展示植物丰富度高,种植有大量的珍惜、名贵植物,所需生境复杂,

且对土壤条件较普通公园绿地更为严格。在满足《绿化种植土壤》(CJ/T340-2016)等规范标准及相关要求的基础上,需根据特殊品种的生长条件适当调整土壤肥力;根据酸性植物对酸碱度的要求调节pH值^[14-16],保证植物根系的健康生长;为有效延长色叶植物变色时间,或增加开花的花量,生态基础设施主要的实施内容除了土壤改良,还包括水生生态、自动喷灌系统、智能温室管理系统、智能照明控制等智能化系统。

3 结论与讨论

碳达峰、碳中和作为国家重要战略目标,成为城市建设各行各业关注和践行的技术发展方向,其低碳技术的应用理念在城市建设发展中一直有所体现。绿化建设行业本身作为城市绿色基础设施的建设者,更应注重设计、建设和管理过程中低碳理念的贯彻和技术应用。植物园是公园绿地的特殊类型,具有科学研究、引种驯化、植物保护以及观赏、游憩、科普的综合性功能,其中的专类园更是属于专业特征较明显的主题园,因此植物园建设项目有更大的空间及更丰富的要素去结合低碳理念和技术,也应更注重“双碳”目标背景下的低碳技术实施。

上海植物园北区扩建项目在突出园艺展示水平的基础上遵循“低强度开发”原则,在场地、建筑、游路、材料等方面均应用了低碳技术,以达到“节约能耗,减少排放”的目的。海绵城市是项目低碳开发最重要的一部分内容,本项目主要应用调蓄削峰措施,调整了水系,将场地内铺装改为透水铺装,使其具有调蓄容积功能。北区新建的9栋建筑使用了保温材料,建筑内空调暖通等也都应用了能耗低效率高的先进设备,满足绿色建筑的要求。园区内组

表4 上海植物园北区扩建项目的高碳汇乡土树种应用

Tab. 4 Application of native tree species with high carbon sinks in the north area of Shanghai Botanical Garden

序号 No.	中文名 Chinese name	拉丁文名 Latin name	科名 Family name	属名 Generic name
1	浙江楠	<i>Phoebe chekiangensis</i>	樟科	桢楠属
2	红楠	<i>Machilus thunbergii</i>	樟科	桢楠属
3	舟山新木姜子	<i>Neolitsea sericea</i>	樟科	新木姜子属
4	黄樟	<i>Cinnamomum porrectum</i>	樟科	樟属
5	苦槠	<i>Castanopsis sclerophylla</i>	壳斗科	锥属
6	青冈栎	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	壳斗科	青冈属
7	朴树	<i>Celtis sinensis</i>	榆科	朴属
8	榔榆	<i>Ulmus parvilia</i>	榆科	榆树
9	椴木石楠	<i>Photinia davidsoniae</i>	蔷薇科	石楠属
10	黄檀	<i>Dalbergia hupeana</i>	蝶形花科	黄檀属
11	乌桕	<i>Sapium sebiferum</i>	大戟科	乌桕属
12	无患子	<i>Sapindus mukurossi</i>	无患子科	无患子属
13	毛泡桐	<i>Paulownia tomentosa</i>	玄参科	泡桐属
14	丝棉木	<i>Euonymus maackii</i>	卫矛科	卫矛属
15	苦楝	<i>Melia azedarach</i>	楝科	楝属
16	黄连木	<i>Pistacia chinensis</i>	漆树科	黄连木属
17	落羽杉	<i>Taxodium distichum</i>	杉科	杉属

表5 公园设计与建设过程主要要素的低碳措施

Tab. 5 Low-carbon measures of main factors in park design and construction process

序号 No.	要素 Factor	低碳措施 Low-carbon measures
1	地形	海绵设计、自然坡度集水排水、下凹式绿地
2	园路及铺装场地	透水性铺装、循环材料
3	种植	高碳汇乡土树种、原生植被保育、近自然植物群落、水体修复湿地、土壤改良
4	建筑物、构筑物	环保材料、装配式框架、节能施工、生态护岸、地热利用
5	给水排水	再生水利用、地表生态设施
6	电气	智能化控制照明、节能灯具、自然照明设计

织绿道系统,除了铺装的材料改用透水混凝土、透水砖等材料外,在排水沟和雨水口的设计上也独具匠心。应用水生植物净化水质,维持水生态平衡,对土壤进行改良以适应更多珍贵植物品种。另外,还应用智能化系统,使照明、喷灌、温室管理等方面更节能。上述低碳技术也为一般城市

公园主要要素的设计与建设过程中的低碳化提供范式,包括地形、园路及铺装场地、种植、建筑物及构筑物等关键设计与建设要素(表5),本项目在公园给水排水和电气等要素设计与建设方面的低碳措施有待进一步探讨。

注:文中图片均由作者绘制。

参考文献

- [1] 胡鞍钢. 中国实现2030年前碳达峰目标及主要途径[J/OL]. 北京工业大学学报(社会科学版): 1-15. [2021-02-04]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.4558.G.20210125.0947.002.html>.
- [2] 刘亮俊,李鹏飞,秦志浩. 碳中和背景下绿色装配式建筑发展前景展望[J]. 绿色环保建材,2021(06): 132-133.
- [3] 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.
- [4] ALBRECHT J, HAMELS S. The Financial Barrier for Renovation Investments Towards a Carbon Neutral Building Stock – An Assessment for the Flemish Region in Belgium[J]. Energy & Buildings, 2021: 248.
- [5] 吴羽柔,张双璐,江练鑫. 我国建筑碳排放现状及碳中和路径探讨[J]. 重庆建筑,2021,20(S1): 66-68.
- [6] 张浪. “双碳”目标下的风景园林使命担当[J]. 园林,2022,39(01): 2-3.
- [7] 徐丽华,陈婷,张瑞华. 低碳园林研究综述及研究热点分析[J]. 园林,2022,39(01): 10-17.
- [8] 郭汉麟,邹宏. 园林建设中“低碳理念”的实践途径[J]. 江西农业,2019(02): 62.
- [9] 李婧,张晓婉. 城市修补理论在上海老公园改造中的应用[J]. 中国园林,2019,35(06): 67-71.
- [10] 唐庆. 钦州市林湖森林公园植物园规划研究[D]. 南宁: 广西大学,2017.
- [11] AMEER B, KRARTI M. Design of Carbon-Neutral Residential Communities in Kuwait[J]. Journal of Solar Energy Engineering, 2017, 139(3): 031008.
- [12] 朱韵舟. 基于低碳理念的研发园区规划及绿色建筑设计的[D]. 南京: 东南大学,2016.
- [13] 李永红,杨倩. 杭州西溪湿地植物园——基于有机更新和生态修复的设计[J]. 中国园林,2010,26(07): 31-35.
- [14] 胡永红. 专类园在植物园中的地位和对上海辰山植物园专类园设置的启示[J]. 中国园林,2006(07): 50-55.
- [15] 罗玉兰,张冬梅,张浪,等. 基于“双碳”目标的城市绿化树种筛选及配置研究——以上海世博公园为例[J]. 园林,2022,39(01): 25-32.
- [16] 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.