

基于城市搬迁地的公园绿地建设项目综合效益评价研究

——以上海世博公园为例

Research on Comprehensive Benefit Evaluation of Park Green Space Construction Project Based on Urban Relocation: A Case Study of Shanghai Expo Park

仲启铨 张浪 张桂莲*
ZHONG Qicheng ZHANG Lang ZHANG Guilian*

基金项目:

上海市科委科技创新行动计划课题“上海市‘四化’生态网络空间综合评价与质量提升关键技术研究及集成示范”(编号: 19DZ1203301)

自然资源部大都市区国土空间生态修复工程技术创新和中央高校基本科研业务费专项资金资助“大都市郊区新城生态廊道系统构建关键技术研究”(编号: CXZX2021A04)

文章编号: 1000-0283 (2021) 10-0002-09

DOI: 10.12193/j.laig.2021.10.0002.001

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2021-06-15

修回日期: 2021-06-30

仲启铨

1986年生/男/山东日照人/博士/上海市园林科学规划研究院、上海城市困难立地绿化工程技术研究中心高级工程师, 城市困难立地生态园林国家林业局重点实验室综合部副主任/研究方向为城市绿地系统构建和质量评估研究(上海 200232)

张浪

1964年生/男/安徽人/博士/教授级高级工程师, 博士生导师/上海领军人才, 享受国务院特殊津贴专家/上海市园林科学规划研究院院长, 上海城市困难立地绿化工程技术研究中心主任, 城市困难立地生态园林国家林业局重点实验室主任/研究方向为生态园林规划设计与技术研究/本刊主编(上海 200232)

张桂莲

1976年生/女/山西太原人/博士/上海市园林科学规划研究院碳汇中心主任, 上海城市困难立地绿化工程技术研究中心、城市困难立地生态园林国家林业局重点实验室高级工程师/研究方向为林业碳汇计量监测、城市绿地生态网络研究(上海 200232)

*通信作者 (Author for correspondence)

E-mail: 371209698@qq.com

摘要

基于城市搬迁地开展园林绿化项目建设是解决城市高密度区可用绿化空间不足的重要途径。构建基于城市搬迁地的园林绿化项目效益评估指标体系, 以上海世博公园为例, 在公园建成后第8年(2018年), 从环境、社会、经济和景观4个方面对该场地尺度绿化项目产生的多重效益进行系统性综合评价。结果表明: 世博公园在应对气候变化、降低土壤污染、增加生物多样性以及园林植物景观的色彩与季相方面的单项效益较为突出; 在水文调控、净化空气、缓解热岛效应、休闲游憩和可达性方面的单项效益仍具一定提升空间。世博公园的综合效益指数为70.98, 评估结果为良, 反映出这一基于城市搬迁地建设的公园绿地具有良好的可持续性, 基本达到项目规划设计的预期效果。其中, 评价结果从大到小依次为: 景观效益(94.62)、环境效益(73.23)、社会效益(60.00)、经济效益(39.60)。研究可为基于城市搬迁地的园林绿化项目建设成效评估提供借鉴, 用于针对性地优化其单项效益和综合效益, 从而促进此类项目的可持续发展。

关键词

城市搬迁地; 公园绿地; 综合效益评价; 世博公园

Abstract

The construction of landscaping projects based on urban relocation sites is an important means to solve the shortage of available green space in high-density urban areas. A multi-index evaluation system for the comprehensive benefits of landscaping projects based on urban relocation sites is constructed. In the 8th year after the construction of World Expo Park in Shanghai, From the aspects the environment, society, economy, and landscape benefits, the multiple benefits produced are systematically and comprehensively evaluated. The results show that the Expo Park has more outstanding individual benefits in coping with climate change, reducing soil pollution, increasing biodiversity and the rich color and seasonal appearance of the plant landscape; There is still room for improvement in individual benefits in hydrological control, air purification, heat island effect mitigation, leisure and recreation, and accessibility. Expo Park's comprehensive benefit index is 70.98. The evaluation result is at the good level, reflecting that this park's green space based on urban relocation sites has good sustainability and achieves the expected effects of the project planning and design. Among the four aspects, the landscape benefit evaluation result is the highest at 94.62; the environmental benefit is the second at 73.23; the social use is followed closely with the evaluation result at 60.00; the economic benefit is relatively low, at only 39.60. The research can provide a reference for evaluating the construction effectiveness of landscape projects based on urban relocation sites, so as to improve the individual and comprehensive benefits and promote the sustainable development of such Projects.

Key words

relocation area; park green space; comprehensive benefit evaluation; Expo Park

城市化带来经济繁荣的同时,也带来一系列“城市病”,如水资源短缺、环境污染严重、热岛效应加剧,严重制约了城市的可持续发展^[1]。随着中央城市工作会议提出“转变城市发展方式,完善城市治理体系,提高城市治理能力,着力解决城市病等突出问题”的指导思想,“城市生态修复”已成为加强生态建设、解决城市病的重要任务。就城市生态“再修复”而言,由于常规的绿化技术及配套措施难以满足特殊立地条件需求,以城市搬迁地为代表的城市困难立地已成为城市生态修复和园林绿化建设的主要载体^[2]。特别是在土地稀缺、人口集中、经济发达的城市高密度地区,基于城市搬迁地开展园林绿化工程建设是解决现有绿色生态空间规模和效益短板的重要手段,如上海世博会绿地、武汉园博园等^[3]。

城市园林绿化对于改善城市生态环境,提升市民生活质量,提高城市综合竞争力具有重要作用^[4]。在城市高质量发展和精细化管理的时代背景下,国土绿化在确保总量的基础上,更加开始注重品质提升。以上海为例,为实现2035“生态之城”的建设目标,上海市政府提出加快绿化建设,突出彩化、珍贵化和效益化。其中,效益化是统筹生态效益、社会效益和经济效益相协调,实现城市绿化高质量可持续发展的核心目标^[5]。对于基于城市搬迁地的园林绿化项目而言,其建设目标在于通过在城市特殊立地条件下开展生态修复和绿化建设,持续改善城市生态条件,保障健康人居环境,为居民创造景色宜人、适合休闲的绿色生态空间,从而实现多重效益^[6-7]。开展针对性评估,分析已建成项目的不足及其内在原因,不仅反映项目的可持续性和改进优化方向,还可为后续同类项目的规划、设计和管养提供参考。

园林绿化项目的效益评估较早为20世纪60年代兴起的使用后评估(Post Occupancy Evaluation, POE),从使用者的视角出发,多针对项目的设计目标,在评价内容和标准上往往带有主观性^[8]。随着可持续发展理念的深入人心,以生态系统服务理论为基础的生态系统服务价值评估(Ecosystem Service Evaluation)和景观绩效评价(Landscape Performance Assessment)越来越多被用于园林绿化项目评价。前者多从供给、调节、文化三大服务出发,通过生态经济学或环境经济学方法价值化项目产生的效益和产品,多用于城市或区域尺度绿地系统的综合评估,价值量化方法复杂多样、存在不确定性^[9-10];后者则多从环境、社会、经济三大效益入手,着重在场地尺度上对绿化项目可持续性的度量,以案例报告形式罗列评价结果,常缺乏度量

上的一致性和可比性^[11-13]。目前,对于基于城市搬迁地园林绿化项目的效益开展量化评估的研究和实践并不多见。针对该类园林绿化项目的特点和建设目标,筛选指标构建综合评估指标体系,借鉴目前较为成熟的方法对所选单项效益指标进行量化评估,并基于相关标准和原则统一度量,进而通过加权求和方式得到综合性的效益评价结果,有助于整体把握和深入剖析此类项目的建设成效和可持续性,实现不同项目之间的横向比较^[14-15]。

鉴于此,文章基于大量查阅的国内外文献资料,以园林绿化项目建成后所能发挥的生态系统服务为基础,借鉴景观绩效评价的方法,同时补充涉及生态修复和景观营造的评价内容,从环境、社会、经济和景观4个方面构建了基于城市搬迁地的园林绿化建设效益多指标评估体系,并以上海世博公园为例,在该项目建成8年后(2018年),对这一场地尺度园林绿化项目产生的多重效益进行系统性综合评价,以期提出一种可对这类项目的建设成效进行科学评价的方法。

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区概况

世博公园地处上海市浦东新区上钢街道,位于黄浦江东岸与浦明路之间,南临园区新建浦明路,西至倪家浜,北望卢浦大桥,占地面积约23 hm²。世博公园是具有生态风景、科教文化、户外观演等功能的上海市中心城区的大型公园绿地。原址分布有上钢三厂、船舶修理厂、居民住宅和道路等。2010年,因上海世博会建设需要,对原有的工厂、住区和建筑进行搬迁,平整场地后用作园林绿化,是典型的基于城市搬迁地的园林绿化项目^[16]。

1.2 指标体系构建

对国内外园林绿化和生态修复项目效益或者绩效评估中的实用性指标进行整理归纳,以典型性、简明性、独立性、易于量化等原则,筛选使用频率高、代表性强的指标并建立待选指标库。在此基础上,结合中国城市生态建设和城市搬迁地园林绿化项目特点,以及对生态环境、风景园林、城乡规划、社会科学、生态经济学等相关学科和园林工程领域建设施工专家的意见征询和问卷调查,进一步筛选和调整指标,最终建立包含环境、社会、经济和景观效益4大类型、16个项目、21个指标的评估指标体系(表1)。

表1 基于搬迁地的公园绿地建设项目效益评估指标体系

类型	一级权重	项目	二级权重	指标	三级权重	综合权重	
环境效益 (A)	0.338	水文调控 (A1)	0.120	调节水量 (A11)	0.6	0.0243	
				净化水质 (A12)	0.4	0.0162	
		应对气候变化 (A2)	0.255		植被固碳 (A21)	0.4	0.0345
					降低碳排放 (A22)	0.6	0.0517
		净化大气 (A3)	0.265		提供负离子 (A31)	0.3	0.0269
					滞纳PM2.5 (A32)	0.7	0.0627
		调节小气候 (A4)	0.245		缓解热岛效应 (A41)	1	0.0828
		改良土壤 (A5)	0.078		改善土壤质量 (A51)	0.5	0.0132
					降低土壤污染 (A52)	0.5	0.0132
		生物多样性 (A6)	0.037		木本植物比例 (A61)	0.6	0.0075
					增加物种丰富度 (A62)	0.4	0.0050
		社会效益 (B)	0.393	休闲游憩 (B1)	0.462	休闲游憩价值 (B11)	1
绿地可达性 (B2)	0.416			周边居民可达性 (B21)	1	0.1635	
科普宣教 (B3)	0.122			科普教育价值 (B31)	1	0.0479	
经济效益 (C)	0.051	直接经济收益 (C1)	0.264	年净财务收益 (C11)	1	0.0135	
		园林产品供给 (C2)	0.164	园林产品供给量 (C21)	1	0.0084	
		地产增值 (C3)	0.267	周边地产增值程度 (C31)	1	0.0136	
		增加就业 (C4)	0.305	新增就业岗位数量 (C41)	1	0.0156	
景观效益 (D)	0.218	绿化覆盖率 (D1)	0.634	绿化用地比例 (D11)	1	0.1382	
		植被群落结构 (D2)	0.269	乔灌木配置状况 (D21)	1	0.0586	
		植被色彩和季相 (D3)	0.097	彩化树种比例和季相变化 (D31)	1	0.0211	

1.3 评估方法

1.3.1 指标权重设置

(1) 采用层次分析法构造判断综合评价矩阵，在确定不同层次各因素之间的权重时，邀请前述学科领域和园林工程建设领域的专家，将各指标两两相互比较，按照其重要性进行打分。

(2) 使用偏离一致性指标、平均一致性指标对判断矩阵进行一致性检验。为了确保结论的合理性与可靠性，对各个判断矩阵进行一致性检验，用 CR (Consistency Ratio) 一致性比例进行判断。 $CR=C I / R I$ ，其中 $C I$ (Consistency Index) 为一致性指标， $C I=(\lambda \max -n) / (n-1)$ ， $R I$ (Random Index) 为平均随机一致性指标。当 $CR < 0.1$ 时，判断矩阵具有满意的一致性，否则要重新调整矩阵元素值，直到 CR 的值满意为止。

(3) 根据重要性打分结果对评估指标进行层次单排序和总层次排序。

(4) 计算不同效益评价指标的权重分值，计算见公式(1)。

$$B_i = \sum_{j=1}^{m,n} a_j b_{ij} \quad (1)$$

式中， B_i 为评估指标的权重分值，其值越高该评估指标越重要， a_j 为层次总排序所得到的权重值， b_{ij} 为与 a_j 对应的 B 层次单排序得到的权重值， i 和 j 为分别代表矩阵 $m \times n$ 的标度。

1.3.2 指标计算/评价和标准化赋值

研究涉及的效益指标包括定性、定量和半定量指标。指标计算/评估方法包括直接观测或调研、生态模型法、市场价值法、访谈法、问卷调查法等，具体方法如表2所示。其中，定量化评价指标均为正向指标，以园林绿化的相关国家/行业标准，以及对上海绿林地已有研究成果为主要参考。对于具有明确控制要求或理想值的指标，将相应的值设为参照基数，以实测值除以参照基数并乘以100，获得赋值(范围为0~100)，其中超过理想值的，赋值100。对于无明确理想值的指标，以

表2 不同效益指标的计算公式或评估方法

指标	计算/评估方法	方法类别	参数说明
调节水量/净化水质	$G_{调} = 10 \times A \times (P - E - C)$	定量	$G_{调}$ 为植被年调节水量, 单位: $m^3 \cdot a^{-1}$; P 为年降水量, 单位: $mm \cdot a^{-1}$; E 为植被年蒸散量, 单位: $mm \cdot a^{-1}$; C 为地表径流量, 单位: $mm \cdot a^{-1}$; A 为植被面积, 单位: hm^2
植被固碳	$G_{碳} = 1.63 \times R_{碳} \times A \times B_{植被}$	定量	$G_{碳}$ 为植被年固碳量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $R_{碳}$ 为二氧化碳中碳质量分数, 取27.27%; $B_{植被}$ 为植被单位面积净生产力, 单位: $t \cdot hm^{-2} \cdot a^{-1}$
降低碳排放	评估项目的可再生能源、雨水(中水)利用、低碳材料使用和废弃物分类和资源化水平	定性	通过现场调研, 结合资料收集, 进行等级评价
提供负离子	$G_{负离子} = 365 \times 24 \times 6 \times 10^{10} \times Q_{负离子} \times A \times \frac{H}{L}$	定量	$G_{负离子}$ 为植被年提供负离子数量, 单位: $个 \cdot a^{-1}$; 负离子为植被提供负离子能力, 单位: $个 \cdot cm^{-3}$; H 为植被高度, 单位: m ; L 为负离子寿命
滞纳PM _{2.5}	$G_{PM_{2.5}} = 10 \times A \times Q_{PM_{2.5}} \times n \times LAI$	定量	$G_{PM_{2.5}}$ 为植被年滞纳PM _{2.5} 量, 单位: $t \cdot a^{-1}$; $Q_{PM_{2.5}}$ 为单位叶面积滞纳PM _{2.5} 量, 单位: $g \cdot m^{-2}$; n 为年洗脱次数, 单位: 次; LAI 为叶面积指数
缓解热岛效应	$W_{温} = \frac{A \times H}{14.4 \times 4} \times (T_{外} - T_{内}) \times t \times m$	定量	$W_{温}$ 为植被降温折合耗电量, 单位: Kwh ; $T_{外}$ 、 $T_{内}$ 分别为绿地植被内外温度, 单位: $^{\circ}C$; t 为年均使用空调时间, 单位为 d ; m 为空调调温 $1^{\circ}C$ 每日所需耗电量, 单位: $Kwh \cdot ^{\circ}C^{-1} \cdot d^{-1}$
土壤基本质量	现场采样和测定绿化土壤主控指标, 并对比相关标准中的控制要求	半定量	绿化土壤主控指标的技术要求参见行业标准《绿化种植土壤》(CJ/T 340-2016)
土壤污染状况	现场采样和测定土壤特征性污染指标, 并对比相关标准中的控制要求	半定量	土壤污染风险管制值, 参见国家标准《土壤环境质量: 建设用地土壤污染风险管控标准(试行)》(GB 36600-2018)
本地木本植物比例	通过现场植被调查, 调查新建绿地项目中本地木本植物的比例	定量	通过现场划定典型样方或样线进行植物调查, 获得木本植物使用比例实测数据; 本地木本植物的定义参照《园林城市系列评价标准》
物种丰富度	评估新建绿地项目内存在的高等植物、鸟类、两爬类等的丰富度和珍稀濒危程度	半定量	通过划定典型样方或样线开展现场调查, 也可参照有关设计资料和生物多样性爱好者的观测资料和数据, 进行评价
休闲游憩价值	$U_{游憩} = C \times \alpha \times (T_1 + T_2) + P$	定量	$U_{游憩}$ 为游憩价值量(元 $\cdot a^{-1}$); 为年游客量(人次 $\cdot a^{-1}$); 为年人均时薪(元 $\cdot h^{-1}$); 为出行时间(h); 为游览时间(h); 为门票收入(元 $\cdot a^{-1}$)。对于非收费的绿地或者公园, 门票参考该地区代表性收费公园的平均值
周边居民可达性	调查新建绿地到最近大型居民区的直线距离	半定量	采用最小邻近距离法计算直线距离, 进行等级评价, 单位: m
科普宣教价值	调查在项目内开展科普宣教活动的年均人次	半定量	通过访谈法, 进行等级评价, 单位: 人次 $\cdot a^{-1}$
新增就业岗位数量	调查项目建成后, 运营管理所增加的就业人数	半定量	通过访谈法, 进行等级评价, 单位: 人次 $\cdot a^{-1}$
年净财务收益	调查新建绿地项目的年度直接财务盈利情况	半定量	参照项目年度财务报表评估净利润水平, 进行等级评价, 单位: 元 $\cdot a^{-1}$
园林产品供给量	调查产出相关园林产品的用地面积, 以及单位面积年产量	半定量	采用实地调研和访谈, 获得实际数据, 并进行等级评价, 单位: $t \cdot a^{-1}$
周边地产增值	调查新建绿地对周边房产的增值情况	半定量	根据权威房产交易平台数据, 评估新建绿地对周边二手房价格的影响, 并进行等级评价, 单位: 万元 $\cdot m^{-2}$
绿化用地比例	$R_P = (A_{乔木} + A_{灌木} + A_{地被}) / A_{陆地}$	定量	R_P 为绿化用地比例; $A_{植被}$ 为乔木面积; $A_{灌木}$ 为灌木面积; $A_{地被}$ 为地被面积; A 为公园陆地总面积; 采用遥感影像判读方法, 调查绿化用地比例, 单位: %
乔灌木配置状况	绿地植被乔灌木垂直和水平配置状况	定性	采用问卷调查法, 了解使用者对植被群落乔灌木垂直和水平结构配置的等级评价
彩化树种比例和季相变化	彩化树种比例和季相变化	定性	采用问卷调查法, 了解使用者对彩化树种使用情况与绿地植被季相变化的等级评价

该地区或同一气候带下其他地区已有同类评价结果的平均值为参照基数，对其进行赋分：高于平均值40%为最优，得分100分；高于平均值30%为优，得分90~99分；高于平均值20%为良好，得分80~89分；高于平均值10%为一般，定为70~89分；位于平均值上下浮动10%为合格，得分60~69分；位于平均值10%以下的为不合格，得分0~59分^[17-18]。

对于定性或者半定量的评价指标，采用德尔菲法或问卷调查法进行赋分，邀请相关领域专家和公园绿地的实际使用者，依据不同指标的定性或者半定量评估结果，进行等级划分和赋分：极好发挥此项效益，等级为强，得分100；较好发挥此项效益，等级为较强，得分80；此项效益发挥处于中等水平，得分60；此项效益较弱，得分40；此项效益很弱，得分20；完全无此项效益，得分0。必要时得分可取10、30、50、70、90，对同一指标的赋分进行频率统计，采用出现频次最高的得分，若某一得分频次相同，则组织重新打分。

1.3.3 多指标综合评价

根据单项效益指标的权重分值和量化赋分结果，加权求和得到改绿化项目的综合效益指数评价指数 (CEI)，计算公式见公式 (2) (3)。

$$S_j = \sum_{i=1}^n (N_i * W_i) \quad (2)$$

$$CEI = \sum_{j=1}^m (S_j * W_j) \quad (3)$$

式中， S_j 为一级评估指标的分值， N_i 为二级评估指标的赋值， W_i 为二级评估指标权重分值， W_j 为一级评估指标权重分值。数值越高，则项目的综合效益越强，其中80分以上为优；70~80为良；60~69为中；60以下为差。

1.3.4 数据来源

数据来源主要包括对世博公园的现场调研，植被群落结构和生态功能的调查分析，上海市和同一气候带下其他城市绿林地相关研究成果，上海市和浦东新区统计年鉴、文件资料和相关网站、规划设计文本，以及通过遥感影像解译和计算得到的结果等。少量难以直接获取的数据通过问卷调查和访谈咨询获得。评估年份为2018年。

2 结果与分析

2.1 环境效益评价结果

(1) 水文调控。根据上海市气象局的数据，2018年度的降

水量为1 651.50 mm·a⁻¹。根据2014年森林资源清查数据，结合对世博植被的现场调查，世博公园主要群落类型为阔叶混、针阔混和樟木，优势树种为香樟、池杉、落羽杉、银杏、榔榆、朴树和玉兰等。参照前期研究成果，选取硬阔、阔叶混和针阔混年蒸散量的平均值694.30 mm·a⁻¹^[19]，地表径流取70.88 mm·a⁻¹。世博公园内绿化面积约为16.1 hm²，计算得到植被年水文调节量和净化水质量为142 697.52 m³·a⁻¹。

(2) 应对气候变化。根据前期研究，世博公园主要绿化树种的年平均单株生产力约为43.32 kg·a⁻¹，树木平均密度约为243株·ha⁻¹^[6]。因地被植物生长量远低于乔灌木，且修剪移除频繁，认为其无明显固碳能力^[20]。按照世博公园乔木：灌木：地被5：2.5：4.5的配比^[21]，换算得到单位面积植被的净生产力为6.58 t·hm⁻²·a⁻¹，计算整个公园植被年度固碳量为47.09 t·a⁻¹。根据现场走访和资料调研，世博公园使用了水环境、热环境、生态修复系统、废弃物管理与处置系统等绿化生态技术，在降低碳排放方面作用显著。

(3) 净化大气。参照前期研究成果，选取硬阔、阔叶混、针阔混提供负离子能力的平均值1 471个·m³^[19]，植被高度取平均值8 m，负离子寿命取值为10 min，计算得到世博公园植被的负氧离子年产量为7.09×10¹⁹个。在滞纳PM_{2.5}方面，参考Zhang等和韩玉洁等对上海市主要绿化树种PM_{2.5}滞纳能力的研究成果^[22-23]，阔叶混、针阔混和樟木的年单位面积PM_{2.5}滞纳量平均值为0.00215 t·a⁻¹，则整个公园植被全年的PM_{2.5}滞纳量为0.035 t·a⁻¹。

(4) 调节小气候。基于前期研究成果，选取硬阔、阔叶混、针阔混降温能力的平均值0.84℃^[19]，植被高度取平均值8 m，空调调温1℃每日所需的耗电量取1 Kwh·℃⁻¹·d⁻¹，空调年使用时间取值70天，计算得到世博公园植被降低气温年节省费量为174.38万Kwh·a⁻¹。

(5) 改良土壤。根据2018年对世博公园64个样点的土壤采样和测试分析，世博公园土壤平均pH值为8.0，EC值为0.15 ms·cm⁻¹，有机质含量为25 g·kg⁻¹，质地为粉(砂)壤土，土壤入渗率>15 mm/h。除pH仍略高外，其他主控指标均达标。7种重金属污染物As、Cd、六价Cr、Cu、Pb、Hg和Ni含量均大幅低于第二类用地管制值，场地已无重金属污染风险。

(6) 生物多样性。结合现场调研、资料调研和访谈，世博公园内的本地木本植物使用比例为85%，超过国家生态园林城市80%的考核标准；整个公园绿化采用了近千种园林园艺乔木、

灌木和草本植物, 显著提升了该地区的植物丰富度; 世博公园濒临黄浦江, 植被茂密丰富, 内部错落有致的乔灌木群落和带状的滨水岸线可以为小鸊鷉、黑水鸡、夜鹭、棕背伯劳、戴胜、乌灰鸫等野生林鸟和水鸟提供良好的生境。

2.2 社会效益评价结果

(1) 休闲游憩。结合旅行费用法 (Travel Cost Method, TCM) 和门票收入计算休闲游憩价值。根据《2018年上海市绿化市容年鉴》^[24], 世博公园全年游客人数为507 233人; 根据上海统计年鉴, 2018年上海全市职工平均月薪为36.52元·人⁻¹·h⁻¹; 根据宋晴等的研究成果, 上海市公园游客平均出行时间T₁约为0.5 h, 平均游览时间T₂约为1.5 h; 门票收入参考上海植物园门票价格 (15元), 计算得到世博公园的年度休闲游憩价值为4 465.62万元。

(2) 绿地可达性。根据实地调研, 距世博公园最近的大型社区为浦东新区上钢新村街道, 二者直线距离超过1 000 m, 周边居民步行前往的可达性较差。世博公园临近地铁8号线, 周边有多个公交站点, 乘坐公共交通可较为便捷地抵达该公园。

(3) 科普教育。根据现场调研和访谈, 世博公园官方组织的科普教育活动较少, 但不定期会有社会团体组织的观鸟、科普宣教、自然研学等相关活动, 参与人员数量尚可。

2.3 经济效益评价结果

(1) 直接经济收益。除不定期作为文化体育活动举办场地, 收取场地租金以外, 世博公园作为浦东新区区属公益性公园绿地, 无门票直接收入, 每年需投入一定成本用于绿化的建设和养护管理, 自主盈利水平较弱。

(2) 园林产品供给。世博公园为区属公益性公园绿地, 无苗木、花卉或者其他园林产品产出, 此项效益为零。

(3) 地产增值。公园绿地的开发建设一般将明显改善周边居民的生活环境。世博公园地处上海市黄浦滨江和内环以内, 根据安居客网站上海各片区二手房交易价格, 与同地段同类型房产相比, 世博公园对周边房产价值的作用并不突出, 这可能是因为世博公园离大型居民区的距离较远, 且周边老旧小区相对较多。

(4) 增加就业。根据现场调研和访谈, 世博公园建成后, 增加了约30个管理、保洁和保安等固定岗位, 增加就业岗位数量一般。

2.4 景观效益评价结果

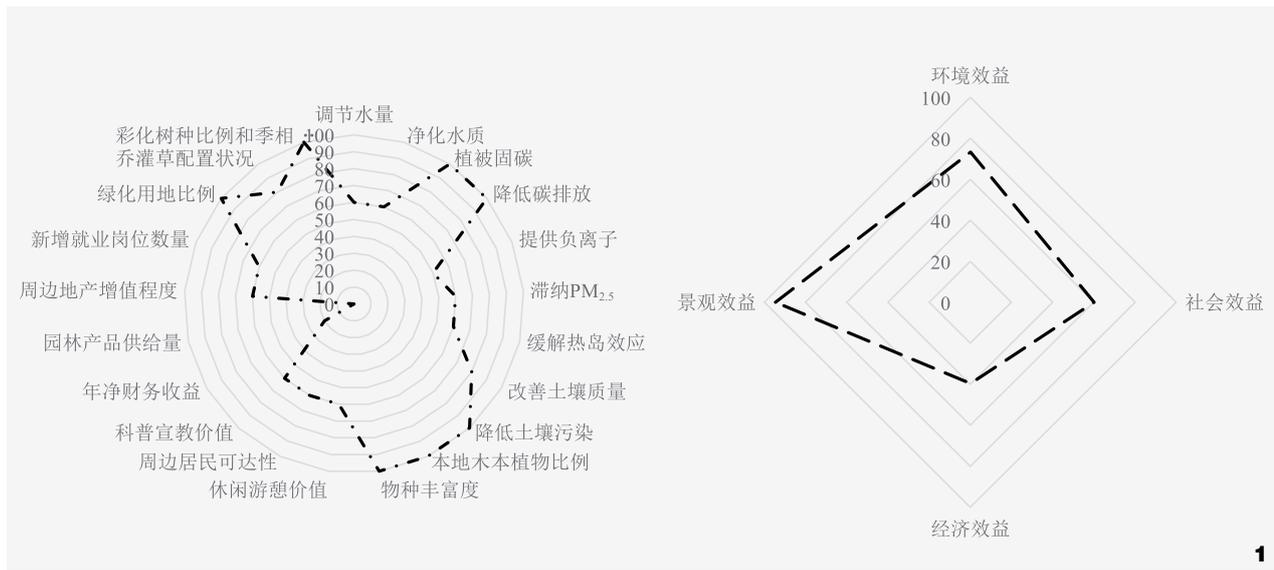
(1) 绿化覆盖率。采用2018年度2 m分辨率的高分2号遥感影像, 对世博公园中的植被、水体和不透水面进行人工目视解释, 得到该公园的绿化覆盖率 (含景观水体) 约为70%, 满足了《公园设计规范》(GB51192-2016) 中65%的设计标准^[25], 具有较高的植被覆盖水平。

(2) 植被群落结构。根据现场调研和问卷调查, 世博公园内植被层次较为分明, 乔灌木面积配置合理、错落有致, 受访者普遍认为该公园具有较为丰富的园林植物物种数量和多样化的植被群落结构。

(3) 植被色彩和季相。根据现场调研和问卷调查, 世博公园在进行植被设计时较好地考虑了季相变化, 将不同形、色、香、味的植物合理地配置在一起, 组成了三时有花、四时有景的园林风光, 形成了富有特色、观赏价值高的城市绿化景观。

表3 定量指标计算与量化赋分结果

编号	指标	单位	效益实测 / 计算结果	参照基数 ^[19,23-27]	赋分
A11	调节水量	m ³ ·a ⁻¹	142 697.52	137 491.18	60
A12	净化水质	m ³ ·a ⁻¹	142 697.52	137 491.18	60
A21	植被固碳	t·a ⁻¹	47.09	26.98	100
A31	提供负氧离子	个·a ⁻¹	7.09 × 10 ¹⁹	8.09 × 10 ¹⁹	50
A32	滞纳PM2.5	t·a ⁻¹	0.041	0.042	60
A41	缓解热岛效应	万Kwh·a ⁻¹	174.38	170.79	60
A61	本地木本植物比例	%	85	80	100
B11	休闲游憩价值	万元·a ⁻¹	4 465.62	5 438.18	60
D11	绿化用地比例	%	70	65	100



1. 2018年上海世博公园单项效益(左图)和4大类效益(右图)评估结果

2.5 单项指标赋分结果

在9项定量指标中(表3, 图1), 世博公园得分为满分的有3项指标: 分别为植被固碳、本地木本植物比例以及绿化用地比例。世博公园植被在水文调控、缓解热岛效应、滞纳PM_{2.5}和休闲游憩价值方面产生的效益较为一般, 具有较大的提升空间。

表4 定性/半定量指标评估与量化赋分结果

编号	指标	效益评价结果	赋分
A22	降低碳排放	强	100
A51	改善土壤质量	较强	80
A52	降低土壤污染	强	100
A62	物种丰富度	强	100
B21	周边居民可达性	一般	60
B31	科普宣教价值	一般	60
C41	新增就业岗位数量	一般	60
C11	年净财务收益	弱	20
C21	园林产品供给量	无	0
C31	周边地产增值程度	一般	60
D21	乔灌木配置状况	较强	80
D31	彩色树种比例和季相变化	强	100

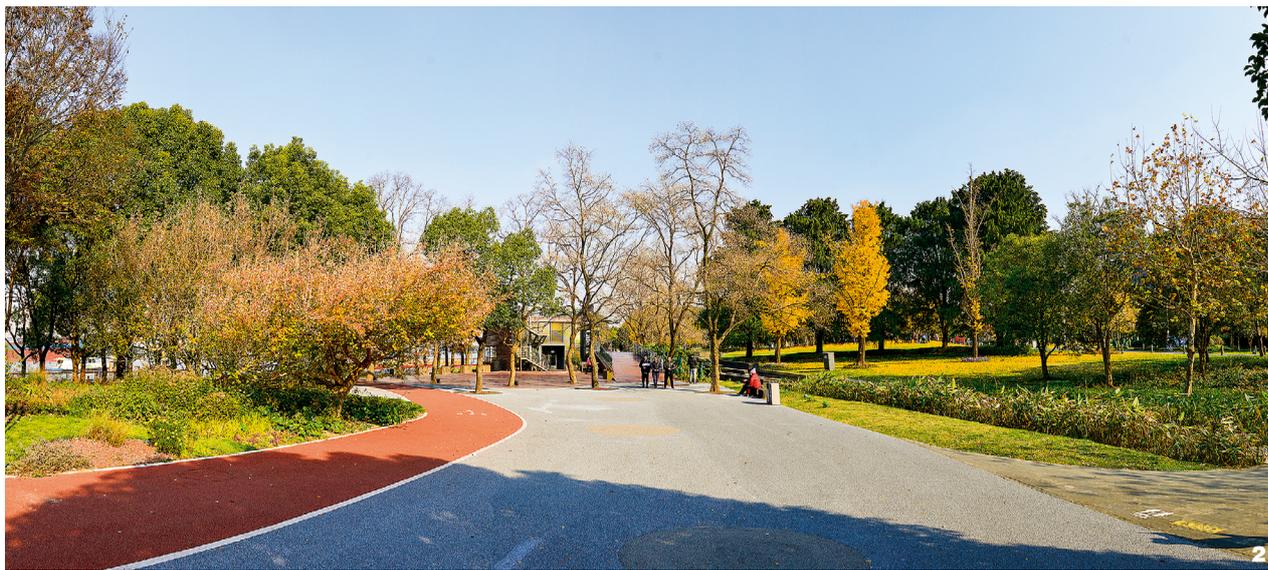
在12项定性/半定量指标中(表4, 图1), 世博公园得分为满分的有4项指标, 分别是降低碳排放量、降低土壤污染、物种丰富度以及彩化树种比例和季相变化。世博公园在周边居民可达性、科普宣教价值、新增就业岗位数量等方面的社会效益有待进一步提升。世博公园在经济效益所属几个指标方面所能发挥的作用比较有限。

2.6 综合效益评估结果

依据参与评价的21项指标的量化赋分结果(表3、表4), 结合表1对不同指标的权重分值, 进行加权计算获取世博公园的综合效益指数。结果表明, 在这一基于典型城市搬迁地的公园绿地项目建成约8年后, 世博公园的综合效益指数(CI)为70.98, 评估结果为良, 具有相对良好的可持续性, 基本达到了公园的规划设计预期。其中, 景观效益评价结果最高, 为94.62; 环境效益其次, 为73.23; 紧随其后的是社会效益, 评价结果为60.00; 世博公园的经济效益相对较低, 评价结果仅为39.60, 这反映了作为其地区级公益性城市公园的属性。

3 结论与讨论

随着中国大中型城市中心城区可用于绿化的新增建设用地



2. 上海世博公园景观 (汤春梅 摄)

资源日渐稀缺,大量公园绿地和造林绿化项目依托城市搬迁地等城市困难立地建设实施。科学、定量评价这类项目的建设成效及其可持续性,对于促进其质量的稳步提升和效益的持续发挥具有重要意义^[28]。本文构建了基于城市搬迁地的园林绿化项目效益多指标评估体系,采用定量和定性相结合的方法,对世博公园在建成8年后产生的环境、社会、经济和景观效益进行了系统性评价。该公园在应对气候变化、降低土壤污染、增加生物多样性以及园林植物景观的色彩与季相方面的单项效益较为突出(图2),而在水文调控、净化空气、缓解热岛效应、休闲游憩和居民可达性方面的单项效益仍具一定提升空间,这主要与其优势群落类型、所处地理位置、建设年限和绿地类别属性有关。世博公园的综合效益指数为70.98,评估结果为良,反映出这一基于城市搬迁地建设的公园绿地具有良好的可持续性,基本达到了项目规划设计的预期效果。对于不以经济效益为目标的世博公园,城市建设部门和公园管理者可参考本文对单项效益指标的评价结果,积极采取针对性措施,进一步提升公园的环境效益和社会效益。本文提出的方法能定量且准确地为基于搬迁地的园林绿化项目的成效评估提供理论依据和数据支持,对城市园林绿化相关工作和研究具有一定的参考价值。

目前针对基于城市搬迁地、棕地等困难立地建设的园林绿化或生态修复项目的系统性综合效益评估还处于起步阶段,仅有为数不多棕地绿化、土地整理复垦和矿山修复类项目的相关研究^[6,18,29-31],构建的指标体系和综合效益评价方法仍有待进一步研究和探讨。本文在构建指标体系时,除常用绿地的评价指标之外,还充分考虑了其作为城市开放空间的建设目标和生态修复类项目的属性特征,增加了改善土壤质量、降低土壤污染、缓解热岛效应、绿地可达性和园林景观效果方面的指标,同时考虑了公园的运营管养成本。在单项效益评估中,本文借鉴了生态系统服务价值和景观绩效评估的优点,采用定量与定性、客观与主观并重的思路,建立了结合参照基数、专家知识和使用者意见的标准化量化赋分方法,有助于统一不同效益指标的度量,提升评估结果的信度效率和可比较水平^[32]。在单项效益量化赋分的基础上提出的综合效益指数,避免了传统上生态系统服务价值计算的不确定性和景观绩效评价结果的列表化展示,能够用综合性的、整体性的评价结论直观地反映基于城市搬迁地园林绿化项目的建设成效和可持续发展水平,从而更好地辅助城市高密度地区城市绿化建设和管理^[15]。

需要指出的是,随着基于城市搬迁地园林绿化项目的逐

渐增多,不同项目的设计目标、场地条件和功能定位可能存在较大差别。因此,本文所提出的指标体系在应用于其他类似项目时,需要根据实际情况酌情调整。同时,对于这类项目绿化植被环境效益的测算,目前仅根据优势植被类型来选取相关参数,对于其生态系统稳定性和质量的考虑不足。事实上,随着公园建成年限的增加和绿化植物的不断生长,世博公园所能发挥的环境、社会效益预期均会稳步增加^[12]。另外,尽管本文构建的评价方法目标明确、科学可信,但部分数据获取仍需专业人员参与,评价过程稍显复杂。后续如何结合高质量城市园林绿化的实践需求,简化、固化评价程序和技术方法还需进一步研究。▲

参考文献

- [1] 吕永龙,曹祥会,王尘辰. 实现城市可持续发展的系统转型[J]. 生态学报, 2018, 39(4): 1125-1134.
- [2] 张浪. 谈新时期城市困难立地绿化[J]. 园林, 2018(01): 1-7.
- [3] 陈平,张浪,李跃忠,等. 基于园林绿化用途城市搬迁地土壤质量评价的思考[J]. 园林, 2019(08): 78-82.
- [4] 胡运骅,王丽琼,肖强华. 上海城市绿化综合效益试析[J]. 中国园林, 2002(04): 28-30.
- [5] 郑思俊,李晓策,张浪. 新时期上海城市绿化“四化”建设思考[J]. 园林, 2019, 32(01): 35-38.
- [6] Zhong Q, Zhang L, Zhu Y, et al. A Conceptual Framework for Ex Ante Valuation of Ecosystem Services of Brownfield Greening from a Systematic Perspective[J]. *Ecosystem Health and Sustainability*, 2020, 6(1): 1743206.
- [7] 张浪,朱义,薛建辉,等. 转型期园林绿化的城市困难立地类型划分研究[J]. 现代城市研究, 2017(09): 114-118.
- [8] 王植栋,原青哲,叶宇,等. 城市综合体立体绿化的使用后评价研究——以上海金虹桥国际中心为例[J]. 建筑技艺, 2020, 26(10):103-106.
- [9] 魏云龙,蔡建国. 杭州市绿地生态系统服务功能价值评估及可持续性发展研究[J]. 浙江农林大学学报, 2017, 34(4): 695-703.
- [10] 张起,吴群,彭建超,等. 城市绿地生态系统服务价值估算及功能评价——以南京市为例[J]. 生态科学, 2019, 38(4): 142-149.
- [11] 罗毅,李明翰,段诗乐,等. 已建成项目的景观绩效: 美国风景园林基金会公布的指标及方法对比[J]. 风景园林, 2015(1): 52-69.
- [12] 唐慧超,洪泉,徐斌. 浙江青山湖国家森林公园环湖绿道1期景观绩效评价[J]. 浙江农林大学学报, 2020, 37(6): 1177-1185.
- [13] Luo Y, Mendenhall A, Hempel C, et al. Assessing Baseline Conditions: A Collaborative Effort to Advance Landscape Performance Research[J]. *Socio-Ecological Practice Research*, 2021: 1-16.
- [14] 王立帅,徐诗文,林浩文,等. 城市湿地公园建成后综合绩效评估——以广州大观湿地为例[J]. 生态学报, 2019, 39(16): 6001-6016.
- [15] 刘喆,欧小杨,郑曦. 基于循证导向的景观绩效评价体系,在线平台的构建与实证研究[J]. 南方建筑, 2020(3): 12-18.
- [16] 张冬梅,张浪,有祥亮,等. 气候障碍因子对城市绿化适生树种选择的影响[J]. 中国园林, 2020, 36(5): 94-98.
- [17] 周绍光,孙金彦,凡莉,等. 资源枯竭型城市的工矿废弃地复垦利用综合效益评价——以黄石市七约山矿区为例[J]. 国土资源遥感, 2015, 27(3): 161-166.
- [18] 王炜,杨晓东,曾辉,等. 土地整理综合效益评价指标与方法[J]. 农业工程学报, 2005(10): 70-73.
- [19] 仲启铨,张桂莲,崔心红. 崇明三岛森林生态系统服务价值动态评估[J]. 中国城市林业, 2018, 016(004): 22-27.
- [20] 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.
- [21] 李静,张浪,朱祥明. 上海世博公园植物景观设计构思剖析[J]. 中国园林, 2007, 23(6): 58-61.
- [22] Zhang X, Lyu J, Han Y, et al. Effects of the Leaf Functional Traits of Coniferous and Broadleaved Trees in Subtropical Monsoon Regions on PM2.5 Dry Deposition Velocities[J]. *Environmental Pollution*, 2020, 265: 114845.
- [23] 韩玉洁,李琦,王兵,等. 上海市森林生态连通与生态系统服务研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2018.
- [24] 上海市绿化和市容管理局. 2018年上海市绿化市容行业年鉴[M]. 上海: 学林出版社, 2018.
- [25] 住房和城乡建设部. 公园设计规范(GB51192-2016)[S]. 北京: 国家市场监督管理总局, 2016.
- [26] 张桂莲,郝瑞军,郑思俊,等. 上海市森林生态系统服务价值评估[J]. 园林科技, 2016, 139(1): 5-9.
- [27] 住房和城乡建设部. 园林城市评价标准(建城[2016]235号)[S]. 北京: 国家市场监督管理总局, 2016.
- [28] 覃事妮. 论园林项目后评估的现实意义[J]. 林业建设, 2005(02): 38-40.
- [29] 祁舒翔,冯潇. 棕地美国博会绩效评价模型构建[J]. 北京规划建设, 2018(04): 82-85.
- [30] 潘叶,张燕. 矿山废弃地生态修复效益评价研究——以南京幕府山为例[J]. 中国水土保持, 2016(5): 61-65.
- [31] 王壮壮,王浩,冯晓明,等. 重点脆弱生态区生态恢复综合效益评估指标体系[J]. 生态学报, 2019, 39(20): 7356-7366.
- [32] 福斯特·恩杜比斯,希瑟·惠伊洛,芭芭拉·多伊奇,等. 景观绩效: 过去、现状及未来[J]. 风景园林, 2015(01): 40-51.