

碳中和视角下社区小微空间的自然教育营造策略研究

Research on the Natural Education Construction Strategy of Small and Micro Community Space from the Perspective of Carbon Neutrality

李圆圆 李欣悦 罗绍钰

LI Yuanyuan LI Xinyue LUO Shaoyu

(西南大学园艺园林学院, 重庆 400715)

(College of Horticulture and Landscape Architecture, Southwest University, Chongqing, China, 400715)

文章编号: 1000-0283(2024)10-0033-07

DOI: 10. 12193/j. laing. 2024. 10. 0033. 004

中图分类号: TU986

文献标志码: A

收稿日期: 2024-06-15

修回日期: 2024-08-25

摘要

高密度、复杂地形条件下的社区小微空间承载了多元的生态空间属性和丰富的自然教育价值。以碳绩效优化以及不同表征指数与碳绩效的相关性为切入点, 从社区小微空间的全生命周期视角, 通过公众参与式科普路径, 对空间碳汇、碳排、碳绩效进行详细量化, 发现材料生产与运输、绿地运营维护管理两个过程的碳源是碳排放的主要来源; 结合景观指数评估与碳绩效进行多元分析, 发现小微空间中郁闭度与碳绩效关系显著; 结合多个社区小微空间的自然教育营造实践, 提出在“植物设计—材料运输—场地施工—运营管理”整个过程中, 应以减排、增汇为重点进行社区小微空间的自然营造策略, 旨在促进绿色低碳社区的可持续发展, 强化人与环境的有机链接。

关键词

碳中和; 社区小微空间; 自然教育; 营造策略

Abstract

The small and micro community spaces under the conditions of high density and complex terrain carry diverse ecological space attributes and rich natural education value. Based on the optimization of carbon performance and the correlation between different representation indices and carbon performance, this paper quantifies the spatial carbon sink, carbon emission, and carbon performance in detail from the perspective of the whole life cycle of small and micro spaces in the community, and through the path of public participatory science popularization, and finds that the carbon sources in the two processes of material production and transportation, and green space operation, maintenance and management are the primary sources of carbon emissions. Furthermore, multivariate analysis was carried out by combining landscape index evaluation and carbon performance, and it was found that there was a significant relationship between canopy density and carbon performance in small and micro spaces. Combined with the practice of nature education and construction of small and micro spaces in multiple communities, it is proposed that in the whole process of “plant design, material transportation, site construction, operation and management”, the natural construction strategy of community small and micro spaces focusing on emission reduction and increase of sinks should be adopted to promote the sustainable development of green and low-carbon communities and strengthen the organic connection between people and the environment.

Keywords

carbon neutral; small and micro community space; nature education; building strategy

李圆圆

1981年生/女/重庆人/硕士/高级工程师/研究方向为儿童友好城市、社区营造、自然环境教育

李欣悦

2002年生/女/江西南昌人/本科/研究方向为社区碳中和、儿童友好社区

罗绍钰

2001年生/女/四川广汉人/本科/研究方向为社区营造、自然环境教育

碳中和自提出以来, 一直是各界学者的研究重点。2020年, 中国明确提出2030年碳达峰与2060年碳中和的目标。党的二十大报告提出“积极稳妥推进碳达峰碳中和”^[1]; 2023年3月, 重庆市发改委等部门联合印发了《重庆市城乡建设领域碳达峰实施方案》,

基金项目:

重庆市教育委员会重点教学改革研究项目“自然教育理念融入参与式园林设计类实验课程的方法研究”(编号: 222039); 重庆市教育委员会高校一流本科社会实践课程“园林设计B”; 重庆市大学生创新训练项目“碳中和视角下的社区小微空间营造策略”(编号: S202310635120)

明确了在2030年之前实现城乡建设领域碳排放达峰的目标,并提倡开展绿色低碳社区建设^[2]。可见无论是国家层面还是地方层面对于推动绿色低碳发展都给予了高度重视并积极采取了多样的举措。

在碳中和的宏大战略下,自然营造成为推动绿色低碳发展的关键路径,尤其在小微空间内展现出独特的价值。小微空间作为城市公共空间的基石,不仅是居民生活与交往的重要场所,也承担着减排增汇、促进生态平衡的责任。通过这些空间中实施低碳设计、生态材料应用和生物多样性保护等自然营造措施,不仅能有效减少碳排放,还能提升社区自给自足能力和居民生活质量。同时,小微空间也是开展自然教育的理想场所,自然营造的过程本身就是一次生动的环境教育,能够增强居民的环保意识和对自然的认知。因此,碳中和与自然教育营造在小微空间中的结合,既符合可持续发展的要求,也适应城市精细化管理的趋势,是推动社区绿色转型、实现人与自然和谐共生的有效途径。

1 研究现状

1.1 碳中和绩效相关研究

目前,国内外对于碳中和评估体系的研究并不少,国内外大多着眼于大尺度的碳评估,例如城市层面、森林层面,亦或特定事物尺度的碳评估,例如植物层面、建筑层面。但是也可以看出,国内外都缺乏对微观小尺度场景碳评估体系的研究。通过在知网中以“碳中和评估”“碳绩效”等主题进行检索,发现生命周期评估(Life Cycle Assessment, LCA)已成为评估碳绩效的常用研究方法。冀媛媛等^[3]利用景观全生命周期碳源和碳汇量化比较模型,得出天津仕林苑居住区景

观需在近30年时方可达到碳源碳汇平衡。Strohbach等^[4]运用碳足迹的方法评估绿地设计与管理过程中的碳排放和碳吸收动态,在整个生命周期内进行量化分析。Newberry等^[5]通过整合建筑能源模型和生命周期分析工具,对生态自建社区住宅的建筑外壳方案进行碳评估。综合现有研究可见,LCA理论的运用广泛,该方法得到的研究结果客观但需要搜集获取大量的数据,其研究对象适宜为中小尺度空间或产品。基于此,本文以全生命周期视角结合微空间的营造,对其碳绩效进行测算与分析。

1.2 微空间自然教育营造相关研究

近年来,社区小微空间受到学者们的普遍关注,通过社区花园营造引导公众参与、开展自然教育和可持续运营等成为该方向研究的关键议题。自然教育是助力场所赋能的有效方式,自然教育活动可赋予居民自发营造的权利,进而实现社区的自我更新^[6]。集合景观化、多元化、共治化和可持续性在内的设计、施工及运营策略,是紧密结合自然教育的有效实践模式^[7]。街区型和住区型社区花园在营造与运营管理上的差异,有利于在不同场域下实现城市的能源可持续、社区睦邻友好和自然教育^[8]。社区微空间的花园从社区营造和多元共治的视角出发,为未来的社区空间发展和深入开展自然教育提供方法、策略和机制^[9]。

社区小微空间是提升社区公众参与性,拉近人与自然关系的公共空间,可以提供多种环境、社会、经济和健康利益^[10]。然而目前从小微空间营造视角探讨如何将自然教育与实现碳中和这一重大战略关联的研究还存在不足,有待通过评估和实践,需要进一步探索和总结。

2 基于碳中和的公众调研评估

2.1 公众社区调研

为更科学有效地开展社区自然营造、进一步发挥社区小微空间的生态效益,应以提高公众对碳中和的科普认知为基础,推深走实社区自然教育实践。公众参与到实地踏勘、数据测量、问卷调查等准备工作中,深入了解社区小微空间营造的全生命周期碳排放要素及阶段、碳绩效评估方式等,进而全面理解碳中和理念与公众生活环境的紧密关系,为具体的营造方案提供参考依据,更为碳中和推广、公众参与自然营造打下群众基础。因此,研究团队进驻重庆市北碚区斑竹村、泉外园、奔月路三个老旧社区,与社区管理方、后勤维护方、社区居民及儿童、施工部门等共同深入调研,最终在三个社区中各选取9处代表性小微空间作为研究的对象(图1)。

2.2 调研方法与路径

在调研过程中,首先强调固碳增汇、降温减排两大碳影响路径的溯源,具体体现在总体空间和植物配置两个层面中的5个指标,即通过绿地面积、空间可达性(用路网密度表示)、连通性(用连通性指数表示)、植物丰富度和郁闭度研究其对碳中和效益的影响机制。其次进行景观指数评价,主要通过实地测量小微空间的硬质面积、绿地面积、15 m半径范围内的非样点微空间数量及微空间与具体连接道路的长度等测算确定。再次对景观全生命周期进行评估,社区小微空间碳排放评估需考虑材料生产运输、施工种植、运营与维护三个阶段^[11],其中材料生产与运输阶段包含硬质材料生产、硬质材料运输、植物材料运输三类指标;场地施工与种植阶段含垃圾外运、地形塑造、植物栽植

三类；绿地运营与维护阶段含植物修剪、取水灌溉、肥料养护、灯具能耗4类指标的评估，所有指标的计算方法参考杨云峰等^[11]构建的碳中和评估体系，并将其计算结果量化为CO₂数值。

2.3 结果分析

以全生命周期的视角对上述小微空间的碳汇、碳排（图2）及碳绩效（表1）进行详细量化，可发现材料生产与运输阶段、绿地运营维护管理两个阶段的碳源是碳排放的主要来源。景观指数中的郁闭度也将对碳汇产生显著的正向影响正向影响，营造过程中应优先考虑该因素的调整。分析结果显示，奔月路社区绿地面积占比和物种丰富度更突出，原因在于其绿化规划设计及后期管理维护工作更佳；斑竹村社区路网密度更高，因其有更多的人为干扰措施；就年净碳中和量而言，只有泉外园社区整体上实现了碳中和的正值，斑竹村和奔月路社区在实现全面碳中和目标上还有很大的提升空间。相关调研结果为后续营造提供参考依据。

3 社区小微空间自然教育营造实践

自然教育营造是目的、是方法，更是过程，这个过程既推动物理空间的建设，也促进人与自然之间共生桥梁的建立、人与社区情感依恋的凝练，是通过公众多方参与协作恢复和提升环境生态功能的必经之路，从而实现自然教育。践行碳中和视角下社区小微空间的自然教育营造，主要体现在植被设计、运输施工、公众宣传等方面。

3.1 植被设计是增加碳汇的关键因子

郁闭度的改变对于小微空间碳汇影响最为显著，以重庆为例，大多社区的郁闭度处于较高标准，这是重庆特殊气候造成的，高郁闭度有助于社区夏季隔绝燥热空气，恒定昼夜温差。然而，过密种植也会导致树木生长受限、病虫害增加等问题。社区植被是具有负反馈作用的生态系统，并且具有多种生态功能^[12]，合理的乔灌木搭配能够提升社区生态环境，平衡社区空间碳汇碳排。通过调整植物种植搭配、树冠大小等因素控制郁闭度，确保植物充分利用空间，提高光合作用效率，从而增加碳的吸收和储存能力。营造小微空间过程中可以根据既有植物品种及配置现状提出增补、疏减、更新三种策略。植被单一的空间应增补乔灌木，提升植物景观层次丰富度；过密种植的空间应疏减杂灌木和乔木枝



图1 社区小微空间调研对象
Fig. 1 Community small and micro space research objects

表1 代表性社区小微空间的碳绩效计算
Tab. 1 Carbon performance calculation of small and micro spaces in representative communities

小微空间 Small and micro space	绿地面积 占比 /% Proportion of green space area	路网密度 Road network density	连通性 Connec- tivity	物种丰 富度 Species richness	郁闭度 /% Canopy densit	土壤碳汇 / (kg/50y) Soil carbon sink	植被碳汇 / (kg/50y) Vegetation carbon sink	材料生产与运输 碳排 /kg Material production and transportation carbon emissions	场地施工与种 植碳排 /kg Site construc- tion and plant- ing carbon emissions	绿地运营与维护 碳排 /kg Green space operation and maintenance carbon emissions	年净碳中 和 /kg Annual net carbon neutrality	
斑竹村 社区	A1	82.35	0.27	0.27	11	28	3.08	63.64	133.85	0.44	90.44	-158.01
	A2	65.57	0.57	0.67	6	95	12.00	229.20	127.10	4.13	81.28	28.69
	A3	52.17	0.54	0.74	4	90	1.06	1 061.14	204.05	4.66	223.34	630.16
	A4	58.33	0.92	0.37	1	86	0.71	1 086.08	104.99	14.73	143.93	823.15
	A5	1.57	0.28	0.32	1	21	0.08	729.32	1 034.52	5.81	277.66	-588.59
	A6	2.89	0.17	0.83	2	12	0.23	228.59	1 552.33	7.83	141.23	-1 472.56
	A7	62.50	0.36	0.23	3	25	0.93	17.23	124.43	0.18	7.05	-113.50
	A8	1.40	0.24	0.57	1	7	0.10	14.45	1 436.39	0.74	0.90	-1423.48
	A9	84.21	0.52	0.35	8	90	3.71	1 454.44	166.03	22.89	247.00	1 022.24
泉外园 社区	B1	2.45	0.14	0.14	4	51	0.12	3 617.86	975.57	22.78	2.70	2 616.93
	B2	23.89	0.22	0.34	1	98	1.63	2 283.09	1 366.37	15.63	1.95	900.77
	B3	28.48	0.26	0.29	1	97	0.91	3 859.66	357.19	151.60	75.13	3 276.65
	B4	33.85	0.35	0.46	3	20	0.56	89.30	349.02	7.97	72.24	-339.37
	B5	12.23	0.12	0.53	5	50	0.59	831.17	996.53	24.64	77.20	-266.61
	B6	34.43	0.12	0.43	3	10	0.94	509.77	152.89	24.38	71.88	261.55
	B7	16.82	0.19	0.54	4	35	0.52	59.90	518.61	4.36	9.51	-472.06
	B8	45.26	0.27	0.22	6	70	2.37	89.03	79.31	6.84	213.26	-208.01
	B9	25.00	0.25	0.12	6	20	2.89	181.33	229.79	13.37	281.35	-340.29
奔月路 社区	C1	50.26	0.33	0.61	5	70	30.54	1 358.36	605.18	12.47	41.30	729.95
	C2	66.93	0.18	0.77	12	60	100.75	207.10	129.87	42.11	79.03	56.84
	C3	45.45	0.40	0.44	4	40	7.30	10.88	172.66	0.23	35.84	-190.55
	C4	63.64	0.42	0.51	8	65	2.16	46.26	243.29	2.35	4.84	-202.07
	C5	50.00	0.13	0.6	4	15	1.57	9.94	501.60	2.26	1.47	-493.82
	C6	43.10	0.21	0.31	2	40	1.40	366.72	60.42	13.20	4.28	290.22
	C7	93.64	0.28	0.4	13	20	1.79	3.56	38.98	0.18	1.94	-35.75
	C8	30.77	0.30	0.18	6	60	0.78	289.62	558.94	6.64	36.45	-311.63
	C9	36.40	0.25	0.95	8	60	2.24	530.20	1 247.40	7.20	5.01	-727.17

干，保障植物健康生长；以及结合场地建设更新适宜生长的地被植物。及时预判空间运营维护的动态变化，明确适宜低管养又兼具观赏价值的植物名录。植物规格不宜选择过大，尽可能降低运输产生的碳排，同时给予植物充分的生长时间，便于居民和儿童观察其自然变化(图3)。此外鼓励再野化的乡土植物生境培育及发展，挖掘植物的文化内涵和药用价值，以提高社区的生物多样性、丰富自

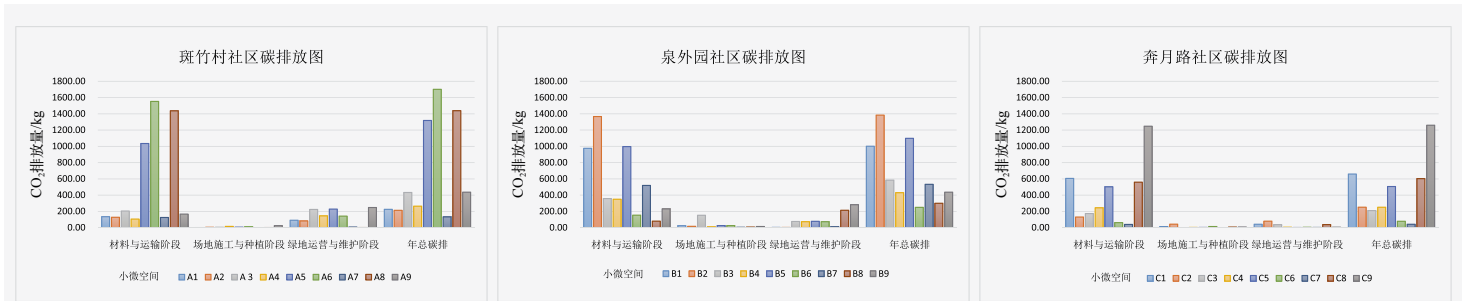
然教育素材。学苑小区闲置绿地中，摒弃园林植物种植，梳理在地性植物并制作为标本，以低介入的形式激活绿地自然教育价值。

3.2 运输和施工是减少碳排的关键环节

3.2.1 材料运输

材料的碳排放量主要产生于生产和运输阶段，小微空间的材料生产和运输在建造初期消耗较大，而在后期改造过程中，通常可

以减少这方面的碳排放。在小微空间自然营造中优先选择废弃材料进行再利用或者选择低结构、开放式的在地性材料，使生态干扰最小化并保障使用安全。其次还应充分踏勘现场，评估就地取材的适用性，减少材料运输过程中的能源、资源消耗和污染。在人工化相对显著或人工废弃的小微空间中，应大量利用基址中既有的工程材料和自然要素，设计为道路、花坛、座位、装饰宣传物等。



2



图2 代表性社区小微空间的碳排放量
Fig. 2 Carbon emission in the small and micro spaces of representative communities

图3 迷你花园植物配置
Fig. 3 Mini garden plant configuration



图4 就近搜集的废弃塑料筐
Fig. 4 Waste plastic baskets collected nearby

图5 就近运输种植土
Fig. 5 Transport the planting soil nearby



也可采用废弃塑料筐进行组合设计，融入自然与生活的关系，激发创造力和责任心。

例如故事花园搜集市政绿化工人遗弃的塑料花箱和附近菜摊废弃的塑料框(图4)，瓜子花园的志愿者们利用手推车运输附近场地整治的土壤填充花箱(图5)，树下花园的路基建设使用场地中清理出的碎石等，均体现了因地制宜、零废弃的策略。

3.2.2 场地施工

场地施工中，针对小微空间的营造活动，结合自然教育，可以避免使用电力、燃料等机械性设备的使用，既能够融合自然教育，提高儿童参与度，又能节约人力物力的过度投入。

尊重自然地形的设计。地形的自然变化将带动儿童更多肢体活动与延展，如冒险、

挑战、刺激和更多意想不到的乐趣^[13]。在设计过程中因地制宜，充分尊重空间的自然地形，突出基址的原生特点，挖掘本有的自然元素价值，避免对地形等自然条件进行过度改造导致不必要的碳排放。

例如，在斑竹村小游园改造中，保留原有自然裸坡，为植物的自然演替预留一定的空间；在原有坡地基础上增设滑梯和汀步，减少施工机械的碳足迹使用和对原地形的破坏(图6)。坡地挑战区的轻介入手法，为儿童提供运动、观察和学习的机会，有利于儿童在攀爬时亲近泥土、触摸根系和树干，观察自然滑坡现象、思考植物固土的原理，并结合挡土墙的“地下生物彩绘”观察和思考动植物与地形的关系。

结合自然教育，加入手工创意环节。植物科普、园艺互动等为自然教育的主要途径^[14]，

而社区作为非正式教育的就近性场所^[15]，通过社区花园的营造全过程，让公众共同参与植物种养、园林施工、昆虫旅馆制作、装饰小品创作等自然营造环节，体验推动碳中和理念的公众教育和落地实践。这既可以减少因场地改造所造成的机械碳排，又能为自然教育提供场地和机会，培养儿童动手能力。

例如，在树下花园中的场地准备环节，清理垃圾并进行分类，保留原有碎石和建筑垃圾制作路基(图7)；人工拔除杂草、近距离转运调配相应空间的材料、土壤和植物，以最大限度减少资源浪费和施工能源消耗；在路径制作环节，儿童带来自己收藏的卵石、贝壳、玻璃弹珠和废弃塑料瓶盖镶嵌在水泥汀步中，汀步是保障通行功能下对土地自然性影响最小的路径形式之一，而建造



图6 坡地挑战区
Fig. 6 Slope challenge area

图7 树下花园用地碎石制作路基
Fig. 7 Under Tree Garden makes the roadbed with site gravel

图8 巴巴花园汀步制作
Fig. 8 Making stepping stones in Baba Garden



图9 用树枝制作芳香园昆虫旅馆
Fig. 9 Make an aromatic garden insect hotel with tree branches

图10 儿童使用废弃玩具设计故事花箱
Fig. 10 Children use discarded toys to design story boxes



过程建立了童年成长记忆与自然场景的关联性(图8);在种植和修剪环节,人工完成搬运、种植、铺草皮、修枝整形等,利用修剪的树桩制作坐凳、树枝制作装饰小品、切片绘制花园铭牌等,此外还搜集废弃的木板制作昆虫旅馆(图9),用树皮、苔藓等进行装饰。丰富的营造内容让公众体会到劳动的艰辛与乐趣,更让碳中和的自然营造方法深入人心。在故事花园中,儿童利用旧玩具设计出属于自己的故事花箱(图10)。

3.3 理念宣传和公众参与是低碳运营管理的关键保障

社区的运营管理碳排主要由植物修剪、取水灌溉所使用的机械工具所导致。在小微空间的自然营造中,应更加注重利用自然资源和居民互动结合的方式进行管理,以减少碳排,同时丰富自然教育内容。

(1) 理念宣传。在故事花园建造初期,通过垃圾分类科普游戏、社区花园桌游等形式多样的互动体验活动,深入浅出的引导过

程增强了公众对低碳环保和自然教育的认知。此外,通过设计社区花园营造手册和自然教育植物卡牌、开展自然教育艺术工坊系列课程等,有效传播社区花园的自然营造方法,促进公众开展自然观察、生态知识学习、自然艺术创造等自然教育行为。充分激活社区空间的自然教育价值,以多元、互动和寓教于乐的方式,为公众提供丰富的自然学习体验和知识普及机会,进一步加深其对零废弃理念的了解。鼓励人们主动参与环保活动中,同时也促进了社群的交流和合作。

(2) 儿童实践参与。在后期运营维护中,大学生志愿者和社区公众团队共同成为了社区花园的“守护者”,开展植物认养、环境维护等工作。社区居委会志愿者被安排对树下花园每月浇水1~2次,避免多浇多施产生的碳排。例如,在故事花园营造的蚯蚓塔,可将落叶等生物废弃物回收处理,转化为绿化有机肥就地处理,有利于增加土壤中的有机碳含量,实现资源循环利用;幼儿园组以班级为单位成立维护小组,同绿化环卫工人一起进行巴巴花园的杂草清除、病虫害观察等维护工作,保障植物健康生长进而增强植物的碳吸收能力。整个社区小微空间后期维护过程是公众参与碳中和自然营造最重要的闭环,也是培育稳定的自然教育社群的

关键，不仅保障社区生态的可持续性发展，还增强了社区归属感和邻里认同感，使社区小微空间真正成为自然教育实践场所，实现生态教育和社会凝聚力的双提升。

4 策略总结

重庆社区空间因山地地形制约，出现路径不通畅、场地多细碎、堡坎坡崖随处可见的现状问题，冠大阴浓的市树黄葛树，更以顽强的精神诠释了社区立体空间中自然与城市共生的智慧。在城市更新的时代，机遇与挑战并存，应激活自然全要素，聚焦重庆山地社区小微空间的碳中和可持续发展，坚持“植物设计—材料运输—施工—运营”全过程的碳中和策略，为在地特色的社区自然教育提供传播和体验的环境。

(1) 优化植物设计有效增加碳汇。保留原有大树，正确看待在地性野生植物，配植粗管养的乔灌木竖向复层结构，通过补植、移栽等方式对空间郁闭度和光照通风进行调整，促进植物的光合作用，提高植物碳汇。

(2) 就地取材激活自然要素。材料选择应优先考虑低碳、可持续利用的材料，就地取材，减少运输过程中的碳排放，并通过环保材料激发儿童的创造力和想象力；可结合透水铺装和雨水花园，实现雨水自然渗透和蓄积，减少径流污染，将立体空间的排水路径可视化、景观化，提高水资源利用率和自然科普价值，利于提升社区生态环境质量。

(3) 低影响建设实现低碳共创。重庆社区小微空间的自然要素相对单一，但特色突出。应尽量保留坡地、堡坎的基址优势，挖掘其自然教育价值，设计立体绿化、坡地挑战设施等，增进自然接触和竖向空间碳汇，避免大改大建；采取低影响的“轻举措”，鼓励以手工的方式将可循环利用的材料进行

再创作，以此丰富空间中的景观元素，减少营建过程中机械的使用，进而降低其运行所产生的碳排放，在共筑小微空间新生态的同时，有利于儿童更近距离地接触自然环境，培养低碳环保意识。

(4) 倡导公众参与实现低碳共治。举办相关的宣传和体验活动，采取自然营造工作坊、小楼长议事会、花园营造研讨会等多样的形式，增加趣味性与可参与性，采取低影响的“轻举措”，从而推动公众对碳中和自然营造的认同和践行。合理安排小微空间浇水、修枝等维护工作的频率，设置堆肥箱或集水装置，通过定期、长期开展园艺活动，鼓励居民、儿童以自治的方式维护小微空间长效发展，进一步增强社区凝聚力，培养儿童对自然环境的责任感。

5 结语

社区小微空间是居民、儿童在日常生活中亲近自然、探索自然最熟悉的场所，低碳的自然营造在自然教育中扮演着举足轻重的角色。从空间自然教育的可供性支持，到公众参与的自然教育活动，营造碳中和理念下社区小微空间的发展场景。全生命周期的社区小微空间碳绩效分析，进一步指导更新营造的全过程实践，有助于实现公共空间更新、社区治理与低碳环保之间的平衡。

未来，社区小微空间的碳中和与自然教育营造还可进一步利用数字化赋能，通过智能植物养护系统，实时监测空间碳绩效、植物的生长状态等，自动调节灌溉、施肥和光照等条件，实现精准管理。此外建立长效管理机制，形成“社区+”的运营发展模式，与社区自治团体、公益机构、学校、政府部门、家庭等联动构建多元参与体系，组织开展小微空间运营、维护、监测和评

估，确保小微空间自然营造效果的持久性和稳定性。

注：文中图表均由作者自绘/摄。

参考文献

[1] 盛玉雷. 积极稳妥推进碳达峰碳中和[N]. 人民日报, 2022-11-17(007).

[2] 2030年前重庆城乡建设领域碳排放将达到峰值[J]. 建筑技术, 2023, 54(05): 622.

[3] 冀媛媛, 罗杰威, 王婷, 等. 基于低碳理念的景观全生命周期碳源和碳汇量化探究——以天津仕林苑居住区为例[J]. 中国园林, 2020, 36(08): 68-72.

[4] STROHBACH M W, ARNOLD E, HAASED. The Carbon Footprint of Urban Green Space: A Life Cycle Approach[J]. Landscape and Urban Planning, 2012, 104(2): 220-229.

[5] NEWBERRY P, HARPER P, NOEMAN J. Carbon Assessment of Building Shell Options for Eco Self-build Community Housing Through the Integration of Building Energy Modelling and Life Cycle Analysis Tools[J]. Journal of Building Engineering, 2023, 70.

[6] 汤辉, 黄婉诗, 郭意. 可持续导向下的城市口袋公园设计策略研究——以广州初心田园为例[J]. 园林, 2022, 39(11): 20-27.

[7] 周晨, 黄逸涵, 周湛曦. 基于自然教育的社区花园营造——以湖南农业大学“娃娃菜园”为例[J]. 中国园林, 2019, 35(12): 12-16.

[8] 刘悦来, 尹科雯, 魏闻, 等. 高密度中心城区社区花园实践探索——以上海创智农园和百草园为例[J]. 风景园林, 2017(9): 16-22.

[9] 侯晓蕾. 基于社区营造和多元共治的北京老城社区公共空间景观微更新——以北京老城区微花园为例[J]. 中国园林, 2019, 35(12): 23-27.

[10] 刘悦来, 许俊丽, 尹科雯. 高密度城市社区公共空间参与式营造——以社区花园为例[J]. 风景园林, 2019(6): 13-17.

[11] 杨云峰, 余春华. 植被空间类型对城市绿地碳中和绩效的影响[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2024, 48(2): 209-218.

[12] 刘经洋, 王晓慧, 相连宏. 社区环境不同植被类型的生态效应[J]. 林业科技情报, 2002(02): 146-148.

[13] 王霞, 刘孝仪. 自然式儿童游戏场设计——以英国小学为例[J]. 中国园林, 2015, 31(01): 46-50.

[14] 晏海, 董丽. 北京植物园植物教育功能现状与拓展[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(01): 219-222.

[15] 侯凯. 基于非正式教育理念的城市社区开放空间更新设计研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2024.