研究论文

基于绿色空间供给潜力的城市公园优化研究*

李 荷[1,2] 陈明坤[1,3] 毕凌岚[2]

1 成都市公园城市建设发展研究院 成都 610036

2 西南交通大学建筑学院 成都 611756

3 清华大学建筑学院 北京 10003

摘要：如何将高密度建成环境内具有一定生境特征的绿色空间转化为城市公园，是集约利用城市空间、平衡空间约束和需求增长、提升人居环境的关键。以成都市青羊区为例，设定现状公园、修正后公园和优化后公园 3 种情景，构建基于生态供给和社会支撑两个维度，数量、质量和可达性 3 个方面的评估框架，展开对比性评估和耦合协调度分析。结果表明：现状公园在生态供给维度上量、质失均，社会支撑维度上均衡性和公平性不足，呈现出失调衰退的协调发展特征；将全域范围内具有一定生境特征的绿色空间转化为城市公园，能有效提升城市公园体系的生态供给和社会支撑特征，并显著优化耦合协调特征。因此，为有效优化城市公园及体系，需兼顾绿色空间的供给潜力，在提升现状绿色空间多维供给水平基础上，兼顾生态特征按需配置进行公园建设，并辅以精细管养耦合公园参与的治理管控模式。

关键词：城市绿色空间；供给潜力；生态供给；社会支撑；耦合协调度

DOI：10.12169/zgcsly.2024.02.26.0002

Urban Park Optimization Based on Green Space Supply Potential

Li He[1,2] Chen Mingkun[1,3] Bi Linglan[2]

(1. Chengdu Park City Construction & Development Research Institute, Chengdu 610036, China; 2. School of Architecture, Southwest Jiaotong University, Chengdu 611756, China; 3. School of Architecture, Tsinghua University, Beijing10003, China)

Abstract: How to transform green spaces with certain habitat characteristics in high-density built environments into urban parks is the key to intensively utilizing limited urban space, balancing spatial constraints and demand growth, and improving high-quality living environments. With Qingyang District in Chengdu City as the study case, this study sets three scenarios of current parks, modified parks, and optimized parks, to construct an evaluation framework based on the two dimensions of ecological supply and social support and the three aspects of quantity, quality, and accessibility. Then comparative evaluation and coupling coordination analysis are conducted. The research results show that the current parks exhibit uneven quantity and quality in ecological supply, insufficient balance and equality in social support, and a imbalanced and declined coordination of development. To effectively optimize urban park and its systems, it is necessary to take into account the supply potential of green spaces. On the basis of improving the multidimensional supply level of current green spaces, park construction should be carried out according to ecological characteristics and needs, supplemented by a governance model that involves

收稿日期：2024-02-26

* 基金项目：国家自然科学基金（52308080）；（52278079）；博士后基金项目（2022M712638）

第一作者：李荷（1988- ），女，博士，助理研究员，研究方向为城乡生态规划及高密度建成环境生态优化。E-mail：819680524@qq.com

通信作者：陈明坤（1972- ），男，博士生，正高级工程师，研究方向为公园城市研究。E-mail：cmk700@qq.com

fine management coupled with park participation.

Keywords: urban green space; supply potential; ecological supply; social support; coupling coordination

我国高密度建设、高人口聚集和高强度开发的公园城市，在新时期的空间优化目标聚焦于打造安全韧性、绿色低碳的美好环境，形成“人-城-境-业”高度协调的现代化城市形态。更加美好的城市人居环境成为社会共识和高品质发展的迫切需求，亟需借助“高生态景观质量-高社会经济功能”支撑的城市公园，推动空间集约化和高质量发展。传统城市公园空间均等化的营建方式严重影响优质生态产品的高效供给以及美好人居环境需求的精准满足。在城市更新阶段，如何集约利用有限的城市空间，引导绿色空间转化为城市公园、优化城市公园体系、提升城市空间品质和整体竞争力[1]，成为亟需突破的重要命题。

当前国内外相关研究中，城市绿色空间被界定为“城市环境内存在植物覆被的空间”[2]，包括城镇开发边界范围内正式和非正式绿色空间[3]，呈现出分散、独立、重复的特征[4]，具有空间层次性和系统性[5]，可划分为自然化、半自然半人工化和人工化绿色空间 3 类[6]。自然存留和人工干预所形成的绿色空间通常具有一定的生境特征[7]，提供多种生态服务功能[8]，支撑城市生态子系统的稳定性[4]。城市公园被定义为向公众开放，以游憩为主要功能，有较为完善的设施，兼具生态、美化等作用的绿地空间，是多种城市问题（如社会融合、雨洪调控和健康促进等）的解决方案，以创造优美的绿色自然环境为基本任务，集生态供给和社会支撑特征于一体。Byrne 等[9]强调将绿色空间以城市公园的形式整合进城市空间，为不同用户群体提供足量高质的绿色生态空间。Akpinar[10]认为进入城市内以城市公园为主的自然空间的可能性，是居民户外活动最强大的驱动力，居民逃离“拥挤”的消极空间寻求自然空间的生活方式展现出对城市自然的积极偏好[11]。国内外对绿色空间供给潜力的研究聚焦于以下 3 个方面：一是绿色空间质量和分布格局影响生态供给特征，研究者普遍认为大尺度、高质量的绿色空间具有较优的生境特征[4]，且位于景观格局中关键位置的绿色空间生态连通性较优，提供生态服务的能力更强[12]；二是城市路网与绿色空间格局、环境品质等影响社会支撑特征[13-14]，较优的环境品质和较高的可达性可显著提升居民对绿色空间的使用频率和参与可能性[15-16]，是影响社会生态供给潜力的关键[17]；三是对于绿色空间供给潜力的综合性评估，刘艳艳和王宏泽[18]初步构建数量、质量和可达性的评价体系，王春晓等[19]结合公园绿地的供需特征，利用耦合协调理论，从“空间公平-社会公平-社会正义”3 个维度，分析了资源供需和配置公平性特征。在优化生态供给特征的基础上提升社会支撑特征，转化潜力绿色空间为公园，有助于从整体层面优化城市公园的空间布局。

较多研究者将城市绿色空间等同于城市公园，虽然肯定了生态供给潜力，以及促进社会公平正义的可行性，但对其生态特征以及转化为公园的潜力及路径认知不清，难以从集约利用土地和财政资源并满足居民需求的角度[2,20]提供科学高效的优化策略。基于此，研究将全域绿色空间作为转化为公园的最大潜力空间，分情景解析街道尺度生态供给和社会支撑之间的耦合协调关系，探讨既存绿色空间转化为公园的可能性、策略和模式，为推进公园城市更新优化并建设“两型社会”提供科学参考。

1　研究区概况

成都市青羊区已经完全纳入成都市公园城市的建设范围（图 1），七普人口约为 95.5 万，14 个街道的总面积约 67.78 km^2。发展建设特征与成都主城区圈层特征相一致，一环以内为高密度开发且有待更新的老城区，一环到三环间是伴随城市增量发展高强度建设开发的新城建设区，三环外为逐渐进行“退二进三”推进改善性住房的未来发展区，现状绿色空间的布局与不同圈层内的建设模式密切相关。已明确提出结合城市更新，满足公众多层次、多类型的休闲游憩需求，打造“布局均衡、类型多样、功能丰富、特色鲜明”的城市公园体系优化路径。青羊区计划至 2035 年，人均公园绿地面积不低于 16 $m^2 \cdot 人^{-1}$，公园绿地服务半径覆盖率不低于 96%。

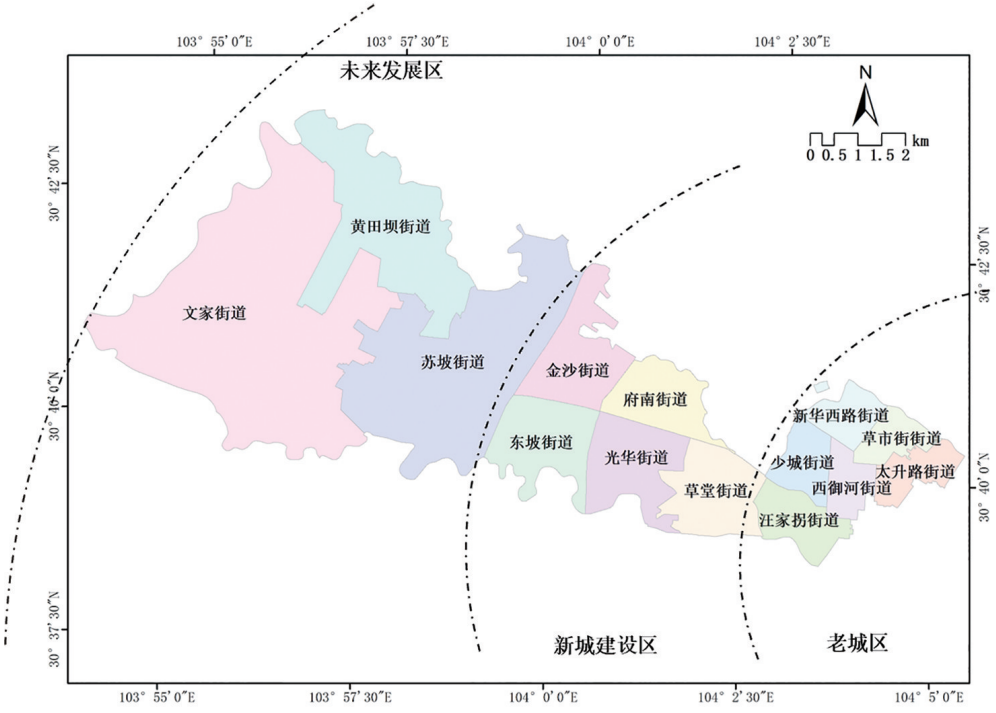


图 1 研究区所在区位、各街道分区

2 研究方法

2.1 数据来源与处理

研究数据包括 2020 年研究区路网、建筑轮廓等矢量数据，七普人口、Landsat 8 OLI 遥感影像和相关规划数据等。数据预处理基于 ArcGIS10.6 软件平台，解译城市建筑轮廓图获取居住区分布图，结合建筑物栋数、高度和底面积，以及空间配置总人口，获取各居住区人口分布；结合遥感影像和实地踏勘数据，人工修正 FROM-GLC 数据，提取和整合具有生境特征（规则设定为栅格最短边 ≥30 m，Area ≥0.09 hm^2，具有乔、灌、草等绿色覆被）的绿色空间（不包含封闭式居住区内绿色空间）[21]；根据《成都市公园城市绿地系统规划（2019—2035）》，修正后获取现状公园范围，空间叠加和提取反演获得现状公园、修正后公园以及优化后公园 3 种情景下的支撑数据（表 1）；利用 Fragstats4.2 软件计算景观格局指数，匹配绿色空间的规模特征（表 2），利用两步移动搜索法（2SFCA），测度各居住区的绿色空间供需比和可达性指数[22]。

表 1 3 种情景的社会生态特征分析的数据来源

情景	生态供给	社会支撑	数据支撑
现状公园	现状公园范围内具有生境特征的绿色空间	现状公园范围内其他空间	现状公园的用地范围,绿色空间数据
修正后公园	与现状公园一致	绿色空间占比 65%以外的空间	
优化后公园	全域范围内具有生境特征的绿色空间	绿色空间占比 65%以外的空间	绿色空间数据

注:《公园设计规范 GB51192-2016》中规定绿色空间占比不得低于 65%。

表 2 不同规模绿色空间服务的半径和人口规模

绿色空间规模/hm^2	对应公园类型	服务人口规模/万人	服务半径/m
>10.0	综合公园	>10.0	≥1 200
5.0~10.0	居住区公园 社区公园	5.0~10.0	800~1 000
1.0~5.0		1.5~2.5	500
0.2~1.0	游园	0.5~1.2	300

注:匹配公园性质及居民日常需求,结合《城市绿地规划标准 GB/T51346-2019》的分级设置要求,可达性服务半径取下限。

2.2　构建评估指标框架

匹配 3 种情景，构建街道尺度生态供给与社会支撑两个方面，数量、质量和可达性 3 个维度的评估指标框架（表 3）；对比分析利用熵权法获得的数量指数和质量指数、通过 2SFCA 获得的可达性指数，以及 3 个维度的耦合协调指数（图 2）。

表 3　社会生态供给潜力指标框架

维度			子指标	公式	影响特征
生态供给方面	数量维度		绿色空间数量	$NG = \sum_{i=1}^{n} 1$	正向
			绿色空间面积	$GA = \sum_{i=1}^{n} a_i$ a_i 为斑块 i 的面积	正向
			人均绿色空间	$A = GA/P$ GA 为绿色空间总面积，P 为人口总数	正向
			绿色空间覆盖率	$C = GA/CA$ CA 为研究区面积	正向
	质量维度	斑块特征	斑块密度	$PD = \frac{N}{A} \times (10000)\ (100)$ N 为景观中的斑块总数，A 为景观总面积（m^2）	正向
			最大斑块指数	$LPI = \frac{max(a_{ij})}{A} \times 100$	正向
		形状特征	景观形状指数	$LSI = 0.25E/\sqrt{A}$ E 为景观中所有斑块边界的总长度，A 为景观总面积（m^2）	正向
			面积加权平均斑块面积	$AREA_MN = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left[X_{ij}\left(\frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}\right)\right]$	正向
			平均斑块形状指数	$SHAPE_MN = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} X_{ij}}{N}$	负向
		空间分布特征	分割度	$DIVISION = \left[1 - \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left(\frac{a_{ij}}{A}\right)2\right]$	负向
			有效粒度尺寸	$MESH = \frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}^2}{A}$	正向
			分离度	$SPLIT = \frac{A2}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}2}$ a_{ij} 为斑块 ij 的面积（m^2），A 为景观总面积（m^2）	负向
			聚合度	$AI = \left[\sum_{i=1}^{m}\left(\frac{g_{ii}}{max \rightarrow g_{ii}}\right) p_i\right] \times 100$ g_{ii} 是指像素之间的相似连接数，$max \rightarrow g_{ii}$ 是指像素之间的最大相似连接数，p_i 为某类斑块所构成的景观比例	正向
社会支撑方面	可达性维度		供需比	$R_j = S_j / \sum_{i \in \{d_{ij} \le d_o\}}^{k} D_i$ S_j 为绿色空间供给点的服务能力，D_i 为需求点的规模	
			可达性指数	$A_i = \sum_{i \in \{d_{ij} \le d_o\}}^{m} R_j \times f(d_{ij})$ $f(d_{ij})$ 为考虑空间摩擦的距离衰减所数	

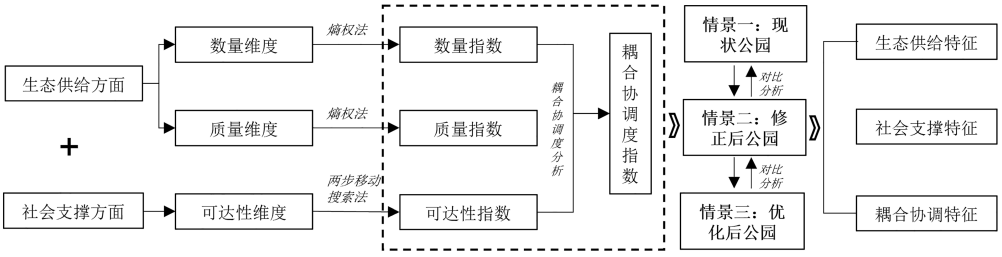


图 2　评估路线图

2.3 利用熵权法计算生态供给方面的指数值

熵权法的权重大小由指标传递给决策者的信息量所决定[23]。客观赋权生态供给方面各项指标，根据极差标准化处理后样本信息的变异性确定权重系数，计算对应指标的熵权[24]，并获得综合指标[25]。

2.4 利用耦合协调度方法解析耦合协调特征

耦合协调分析源自工程物理学，泛指耦合两个或两个以上相互作用的系统之间的协同关系，评估协同作用的强弱，衡量发展变化过程中系统内各要素的关联或一致程度，测度系统整体从无序到有序的具体过程[26]。计算 3 种情景下街道尺度的数量、质量和可达性之间的耦合协调度，对比分析相互影响、作用和协调发展程度。计算公式如下：

指标之间的耦合协调度

$$C = \left[\frac{\prod_{i=1}^{n} U_i}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} U_i \right)^n} \right]^{\frac{1}{n}} \quad (1)$$

指标之间的协调指数

$$T = \sum_{i=1}^{n} w_i \times U_i, \ \sum_{i=1}^{n} w_i = 1 \quad (2)$$

指标之间的协调发展度

$$D = \sqrt{C \times T} = \sqrt{\left[\frac{\prod_{i=1}^{n} U_i}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} U_i \right)^n} \right]^{\frac{1}{n}} \times \sum_{i=1}^{n} w_i U_i} \quad (3)$$

式（1）~（3）中：n 为子系统个数；U_i 为各个子系统标准化值；w_i 为第 i 个子系统的权重。在本研究中数量、质量和可达性 3 个维度重要性一致，权重相同。

3 结果与分析

根据匹配不同开发特征的建设空间对生态服务功能的需求特征，现状公园情景呈现出生态供给和社会支撑均不足的整体特征，修正与优化情景呈现较优的提升促进作用（图 3），但各类情景下街道尺度的耦合协调特征差异性明显。

3.1 生态供给呈现量质失均

匹配城市开发强度和人口分布，现状公园及其内部绿色空间呈现总量不足且空间错位的供需关系。现状公园占全域总面积的 8.9%，其内部绿色空间占比为 62%（低于《公园设计规范 GB51192-2016》中所规范的下限 65%），人均公园面积不足 6.0 $m^2 \cdot 人^{-1}$（低于 2021 年我国城市人均公园绿地面积 14.8 $m^2 \cdot 人^{-1}$）。高强度开发的街道空间存在较大缺口，具有大型绿色基础设施（如城市综合公园、城市环城生态区等）的街道人均公园绿地量较优，但存在居住区公园不足的现实困境。全域绿色空间占比为 33.4%，人均绿色空间高达 23.9 $m^2 \cdot 人^{-1}$，表明城市绿色空间具有较大的供给潜力，但多集中在尚未高强度开发的未来发展区，尚未形成一定的生境特征，而高强度开发的建成环境内绿色空间占比较低，潜力有限。

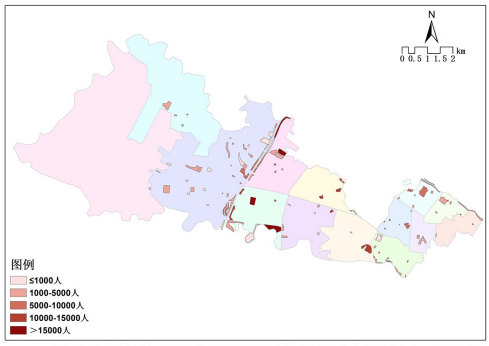
根据分析结果，现状公园数量不足、分布不均、街道尺度均衡度不足（图 4），加之内部绿色空间的整体性生态质量相对较低、离散性较高且生态连通性较差，难以支撑高密度建成环境内的生态需求，占比低的特征进一步加剧了区域尺度上的量质不均衡，造成街道尺度生态供给水平不足。全域绿色空间的介入为城市公园的增量提质和区域生态格局优化提供可能性，特别是对生态质量具有较高需求的高密度建设老城区和快速发展区具有更高的潜力特征。

3.2 社会支撑的均衡性和公平性不足

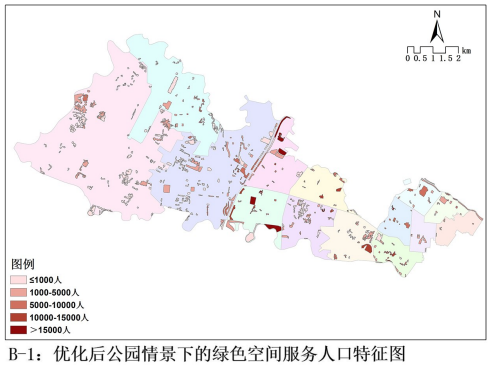
街道尺度居住区的公园供需比以及各社区到达公园的可达性指数（图 5）表明，老旧社区空间得益于社区公园和小型游园的建设，可达性指数较均衡，但高密度和高容积率开发的新城建设区内，可达性指数较低，社会支撑相对不足。整体而言，现已展开的公园城市建设和城市更新工作，尚未有效解决城市绿色空间在社会支撑方面均衡性和公平性不足的现实问题，居住区附近公园建设的滞后性难以平衡城市高强度开发空间的需求特征。因此，全域范围内绿色空间的转化与补充，将较大提升老旧城区和新城建设区的可达性特征，提高街道空间的社会支撑特征。

3.3 街道尺度耦合协调特征差异明显

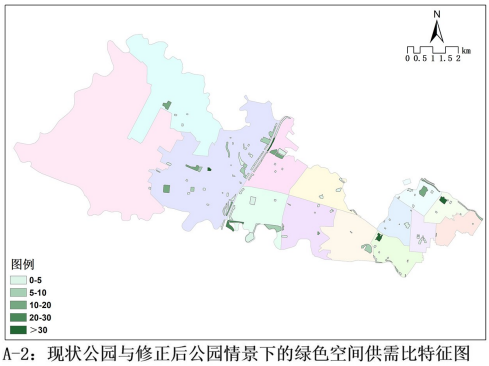
对比分析 3 种情景下的耦合协调度（图 6），整体呈现出协调特征相对较好的耦合协调度（C）特征和失调衰退类的协调发展度（D）特征，但



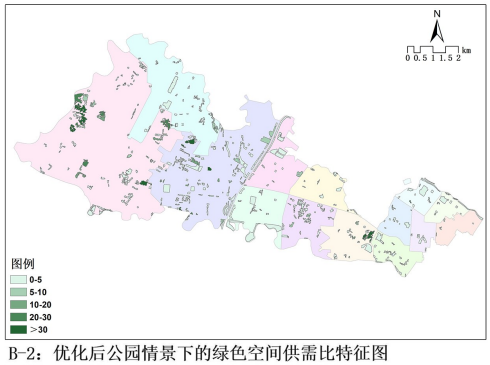
A-1：现状公园与修正后公园情景下的绿色空间服务人口特征图



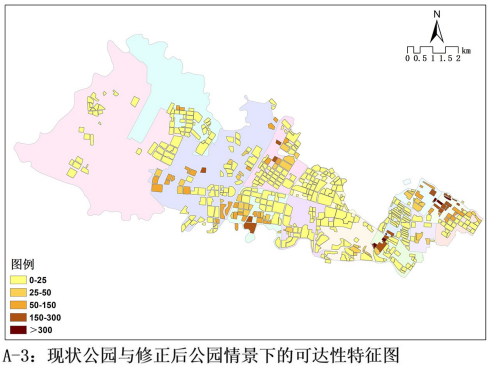
B-1：优化后公园情景下的绿色空间服务人口特征图



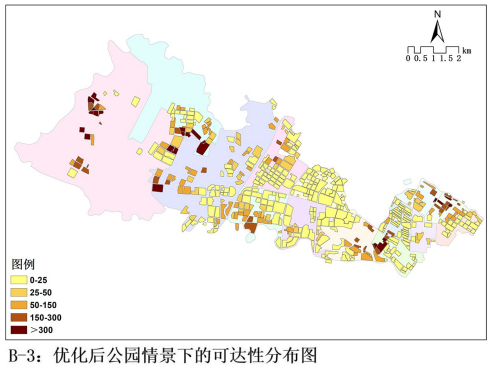
A-2：现状公园与修正后公园情景下的绿色空间供需比特征图



B-2：优化后公园情景下的绿色空间供需比特征图



A-3：现状公园与修正后公园情景下的可达性特征图



B-3：优化后公园情景下的可达性分布图

图 3　3 种情景下绿色空间的服务人口、供需比及可达性特征

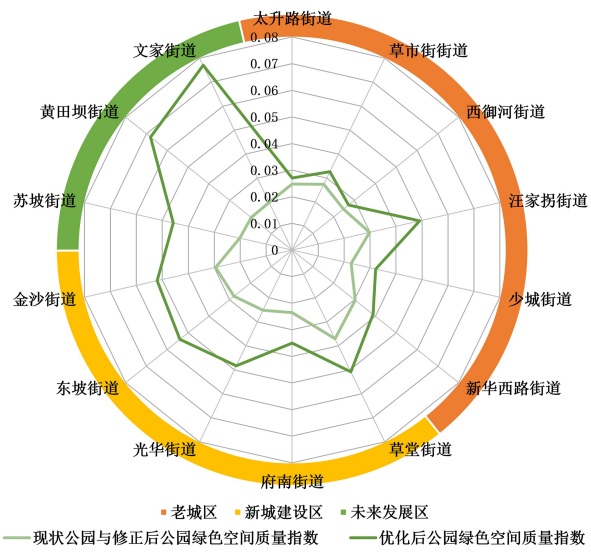
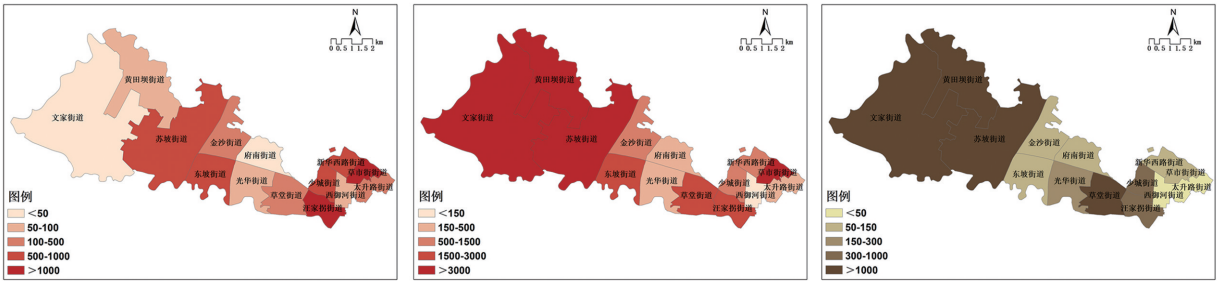


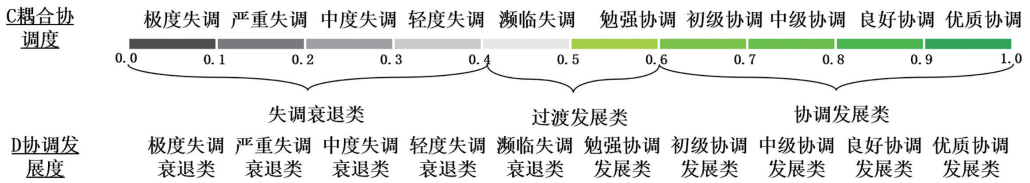
图 4　各街道生态质量指数对比

失调衰退的街道老城区居多，街道尺度的耦合协调度差异特征较为明显。这说明基于现状公园的生态供给特征调整内部空间配置有助于优化和提升各街道的耦合协调度；将全域范围内具有一定生境特征的绿色空间全部转化为公园有助于促成整体更优的协调关系和发展特征，呈现出相对良好的耦合度特征，并趋向更强的发展度特征。老城区内具有转化为城市公园的潜力绿色空间相对不足，说明合理调整现状公园的内部空间配置有助于提升协调特征；新城建设区在修正后公园情景和优化后公园情景下较大提升了协调度特征，但在发展度上的优化有限；未来发展区内转化为城市公园的潜力绿色空间相对充足，并在协调度和发展度上均呈现出较高的提升。因此合理利用



A： 现状公园及修正后公园　　B： 优化后公园　　C： 增长潜力

图 5　各街道可达性指数对比分析



各街道		情景一：现状公园		情景二：修正后公园		情景三：优化后公园	
		C	D	C	D	C	D
老城区（一环内）	太升路街道	0.42	0.13	0.66	0.18	0.00	0.00
	草市街街道	0.28	0.31	0.39	0.38	0.57	0.30
	西御河街道	0.81	0.15	0.98	0.19	0.00	0.00
	汪家拐街道	0.44	0.36	0.64	0.40	0.74	0.32
	少城街道	0.41	0.24	0.67	0.26	0.84	0.24
新城建设区（一环—三环）	新华西路街道	0.53	0.29	0.68	0.35	0.93	0.27
	草堂街道	0.78	0.28	0.60	0.30	0.87	0.33
	府南街道	0.72	0.15	0.86	0.17	0.58	0.16
	光华街道	0.79	0.16	0.91	0.21	0.97	0.22
	东坡街道	0.62	0.31	0.67	0.40	0.83	0.30
	金沙街道	0.88	0.28	0.79	0.37	0.94	0.28
未来发展区（三环外）	黄田坝街道	0.59	0.18	0.57	0.19	0.58	0.53
	苏坡街道	0.85	0.40	0.88	0.51	0.77	0.54
	文家街道	0.00	0.00	0.00	0.00	0.69	0.60

图 6　3 种情景下耦合协调度指数

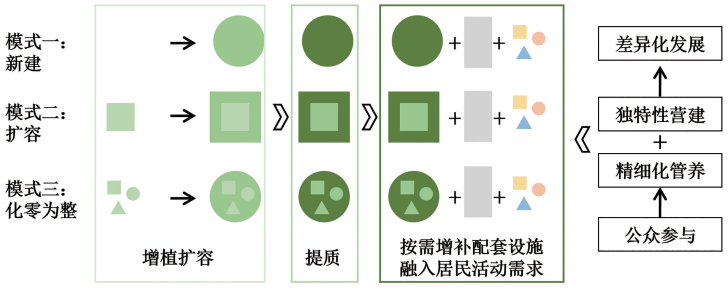


图 7　绿色空间转化为公园的模式示意

现状绿色空间补充城市公园、调整空间配置，有助于提升现状公园在生态和社会维度的均衡性，提升耦合协调度的整体性特征。

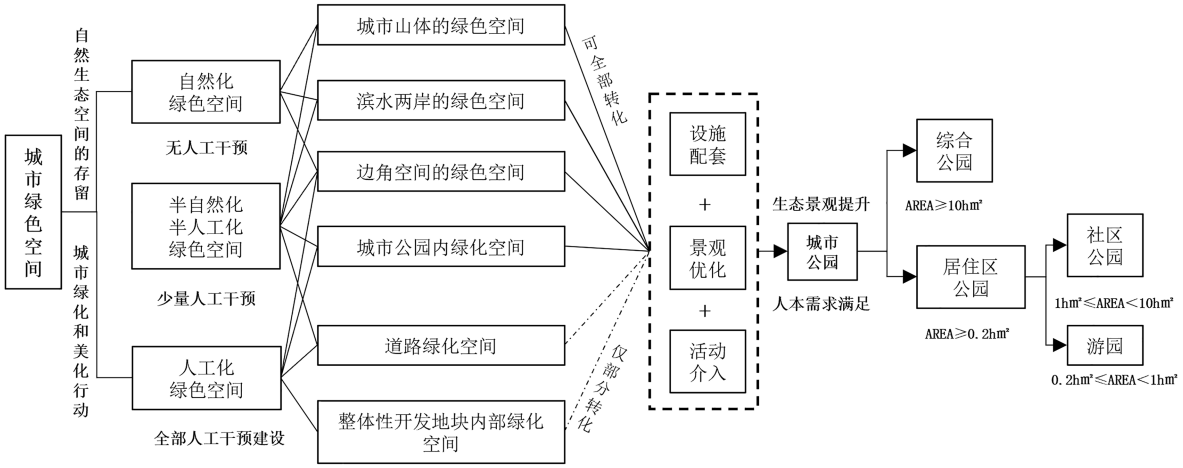
4　优化策略

不同于国外城市公园化片区将城市中如缓冲绿地、都市森林等自然生态空间纳入城市公园体系的建设模式，我国城市公园建设以公园绿地为主要对象，缺少对其他自然生态空间的考量[27]。有限的城市绿地难以满足居民高品质的生活需求，加之现状公园重景观美学体验轻生态服务功能，具有生境特征的绿色空间配比偏少，难以形成合理的耦合协调特征。因此，需统筹考虑城市开发建设整体情况，以及全域范围内绿色空间转化为城市公园的潜力特征，兼顾生态供给和社会支撑特征之间的协调关系，整体性优化城市公园及其体系。

4.1　分区施策：增强绿色空间的多维供给

生态供给特征反映了城市生态本底和生态服

务的绩效特征。对比各指标权重可知，面积、形态和空间分布特征直接影响生态供给，空间分布和可达性特征间接影响社会支撑特征。通过新建、扩容和化零为整 3 种增量扩容模式化解绿色空间不均的供给短板问题：聚焦现状公园以及区域生态基础设施相关的空间，增加具有生境特征的绿色空间比例，使其空间占比不低于 65%，如扩容清水河、江安河和摸底河等河流水系两岸，以及环城生态带等区域性生态基础设施的绿色空间等；增量扩容老城区与快速发展区内的小微绿地，将破碎和微小的绿色空间转化为尺度较大且完整的绿色生境空间，以提升空间均衡性和转化为城市公园的生态潜力特征；结合未来发展区的开发时序调整开发强度，存留保育生境质量相对较高以及在景观生态格局中较为关键的绿色空间，结合新建绿色空间提升均衡性，通过生态补偿建设等措施，对开发建设所占用的绿色空间进行就近新建或扩容（图 7~8）。



注：结合《城市绿地规划标准GB/T 51346-2019 》中关于公园绿地的分级设置构建综合公园、社区公园和游园 3 类公园。

图 8　绿色空间转化为城市公园路径

结合提质和强化连通性的方式提升绿色空间的生境特征：通过优化和调整绿色空间形态、内部构成组分，有效整合美学特征和生态供给特征[28]，精细化提升绿色空间的生态质量特征；强化线性绿带、城市绿道和道路两旁绿化空间等，串联建成环境内的绿色空间斑块，重点提升小尺度绿色空间、城市级公园与生态基础设施之间的生态连通性，形成连通、完善和稳定的生态格局，有效提升绿色空间的生态供给潜力。

4.2　兼顾生态特征：按需配置进行公园建设

针对老城区与新城建设区内具有小尺度生境斑块的边角空间或小微绿色空间，在保持生态特征的基础上提升质量，并结合居民健康及交往需求，增配居民的健身设施和社会交往设施，转化为社区公园或游园；针对未来发展区内尺度较大的生境斑块，在城市开发建设过程中予以保留和生态提升，优化生态特征，增补和完善游憩娱乐设施，转化为郊野公园或综合公园。

对于转化为城市公园的绿色空间，结合生态感知的双向需求，精细化设计和美化提升公园整体景观特征[29]，细化公园类型，如观鸟型、植被多样性认知型以及特色文化感知型等，植入契合公园生态文化特征的配套设施，例如将清水河沿岸部分鸟类聚居活动丰富的滨水绿地打造为观鸟专类公园，为居民提供参与观鸟和爱鸟教育等活动的空间载体。进一步强化生态感知，按需配置设施配套，支撑居民多元化社会活动的介入，促进各类型公园的独特性和差异化发展（图 9）。

4.3　精细管养：耦合公众参与治理管控

一是强化精细管养，即借助适度人工干预，在关键生境斑块与居民活动开敞空间之间设置适度的生态缓冲性空间，减少公共活动空间对于绿色生境空间的消极影响，有针对性地弱化居民活动对关键生境空间内其他生物活动的影响，严格规定在不同类型空间中可开展的活动类型，形成差异化的管控措施；二是提升公众



图 9　现状绿色空间转化为城市公园治理示意图

参与治理管控，即在绿色空间转化为城市公园的设计、建设和后续治理维护的全过程，匹配城市居民日常性活动需求，精细化打造公园内功能复合和景观感知独特的社会支撑性空间，融入居民对生态和美学的多元需求，进行生态保育和景观营建，策划多种形式的参与活动，吸引居民在公园景观营建、特征表达、空间维护和治理等方面的参与互动。

5　结论

传统模式下城市公园的选址和建设，较少关注绿色空间所形成的生境特征，以及所具有的生态供给和社会支撑特征，导致成都市青羊区虽拥有相对充裕的绿色空间，但现状公园及体系呈现生态供给量质失均、社会支撑均衡不足的问题。3 种不同情景下生态供给特征与社会支撑特征之间的协同关系折射出绿色空间转化为城市公园的可行性。因此，通过匹配居民的多元需求、保育和提升生态与景观特征、增补匹配社会支撑需求的配套设施，并辅以精细管养耦合公园参与的治理管控模式等策略，科学引导具有一定生境特征的绿色空间转化为城市公园，有助于提高城市公园体系在生态供给和社会支撑的全域公平，为高密度建成环境生境空间的保护性开发以及科学补充城市公园提供参考，为保育提升生态景观特征并高效集约利用现状城市空间提供双赢的解决路径。

参考文献

[1] 刘志强，宋佳，余慧，等.基于动态计量模型的我国公园绿地面积与城市人口互动关系[J].中国城市林业，2021，19(5)：22-27.

[2] KABISCH N，HAASE D.Green spaces of European cities revisited for 1990-2006[J].Landscape and Urban Planning，2013，110：113-122.

[3] SIKORSKI P，GAWRYSZEWSKA B，SIKORSKA D，et al. The value of doing nothing-How informal green spaces can provide comparable ecosystem services to cultivated urban parks[J]. Ecosystem Services，2021，50：101339.

[4]刘晖,曹朔,陈宇.城市绿色空间生境样方构成与形态要素:以西安为例[J].风景园林,2021,28(6):70-75.

[5]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(2):90-98.

[6]李荷,杨培峰.城市自然生态空间的价值评估及规划启示[J].城市环境与城市生态,2014,27(5):39-43.

[7]张紫菀,贺坤,钱迪飞,等.基于生物栖息地的城市生境花园营建[J].中国城市林业,2021,19(3):90-94.

[8]PLANCHUELO G,VON DER LIPPE M,KOWARIK I.Untangling the role of urban ecosystems as habitats for endangered plant species[J].Landscape and Urban Planning,2019,189:320-334.

[9]BYRNE J,SIPE N,SEARLE G.Green around the gills? The challenge of density for urban greenspace planning in SEQ[J].Australian Planner,2010,47(3):162-177.

[10]AKPINAR A.How is quality of urban green spaces associated with physical activity andhealth?[J].Urban Forestry & Urban Greening,2016,16:76-83.

[11]VENTER Z S,BARTON D N,GUNDERSEN V,et al.Back to nature:Norwegians sustain increased recreational use of urban green space months after the COVID-19 outbreak[J].Landscape and Urban Planning,2021,214:104175.

[12]张明丽,崔易翀,达良俊.杭州不同城市生境杂草群落分布格局及其成因[J].华东师范大学学报(自然科学版),2021(2):120-131.

[13]EDWARDS N,HOOPER P.The park physical activity questionnaire (Park-PAQ):a reliable measurement tool for park-based and total physical activity[J].Health & Place,2023,83:103085.

[14]韩姝尧,何荣晓,王菲,等.海口市中心城区绿色开放空间公平性评价[J].中国城市林业,2022,20(6):133-138.

[15]AKPINAR A,CANKURT M.How are characteristics of urban green space related to levels of physical activity:Examining the links[J].Indoor and Built Environment,2017,26(8):1091-1101.

[16]SALLIS J F,BAUMAN A,PRATT M.Environmental and policy interventions to promote physical activity[J].American Journal of Preventive Medicine,1998,15(4):379-397.

[17]HAALAND C,VAN DEN BOSCH C K.Challenges and strategies for urban green-space planning in cities undergoing densification:a review[J].Urban Forestry & Urban Greening,2015,14(4):760-771.

[18]刘艳艳,王泽宏.城市公园供给社会公平研究:以广州市中心城区为例[J].中国园林,2020,36(9):82-86.

[19]王春晓,黄舒语,邓孟婷,等.供需耦合协调视角下高密度城市公园绿地公平性研究:以深圳龙华区为例[J].中国园林,2023,39(1):79-84.

[20]ORDÓÑEZ C,THRELFALL C G,KENDAL D,et al.Urban forest governance and decision-making:a systematic review and synthesis of the perspectives of municipal managers[J].Landscape and Urban Planning,2019,189:166-180.

[21]李荷.韧性营建:高密度建成环境内生态空间优化研究[D].重庆:重庆大学,2020.

[22]包瑞清,亚历克西斯·阿里亚斯·贝当古.综合性公园公共交通可达性及规划配置均衡性[J].风景园林,2022,29(6):103-108.

[23]李方正,李雄,钱云,等.山地城市附属绿地开放适宜性评价研究[J].风景园林,2016,23(4):110-115.

[24]陈岚,成国强,廖晨阳,等.成都市武侯区城市公园可达性分析[J].中国城市林业,2022,20(2):30-35.

[25]程启月.评测指标权重确定的结构熵权法[J].系统工程理论与实践,2010,30(7):1225-1228.

[26]吴隽宇,朱榴奕.生态系统环境-文化服务耦合视角下的珠江河口区生态功能分区[J].风景园林,2023,30(1):85-93.

[27]郝钰,贺旭生,刘宁京,等.城市公园体系建设与实践的国际经验:以伦敦、东京、多伦多为例[J].中国园林,2021,37(增刊1):34-39.

[28]刘喆,潘瑞琦,李昊冉,等.基于植被群落特征的大型公共绿地环境效益制图方法[J].风景园林,2022,29(10):67-73.

[29]李大同,王耀武,张婧远.基于体验过程的公园品质概念框架构建及其应用路径[J].风景园林,2023,30(3):105-112.