

DOI: 10.5846/stxb202004120864

肖华斌,何心雨,王玥,王洁宁,姜芊孜.城市绿地与居民健康福祉相关性研究进展——基于生态系统服务供需匹配视角.生态学报,2021,41(12): 5045-5053.

Xiao H B, He X Y, Wang Y, Wang J N, Jiang Q Z. Research progress on the correlation between urban green space and residents' physical and mental well-being from a perspective of matching ecosystem services supply and demand. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(12): 5045-5053.

城市绿地与居民健康福祉相关性研究进展 ——基于生态系统服务供需匹配视角

肖华斌*, 何心雨, 王 玥, 王洁宁, 姜芊孜

山东建筑大学, 建筑城规学院, 济南 250101

摘要:城市绿地耦合了生态系统服务与人类福祉, 兼顾公平与效率的城市绿地空间格局, 是提升人居环境和改善民生的重要途径。在厘清相关概念内涵的基础上, 基于 Citespace 软件对城市绿地生态系统服务与健康福祉及其相近概念进行关键词共现图谱与聚类分析, 可以发现: 研究集聚性强、各集群下研究领域重叠度高, 研究尺度逐渐精细化, 城市绿地与建成环境、休闲性体力活动与健康空间分异成为近几年研究热点。从供给侧: 城市绿地生态系统服务类型及其估测方法, 需求侧: 居民健康福祉需求测度方法及时空表达, 供需匹配: 城市绿地生态系统服务供需匹配方法与空间公平, 提升与调控: 城市绿地时空结构优化与高效服务 4 个方面系统地综述了绿地生态系统服务与居民健康相关性研究, 并指出目前城市绿地生态系统服务供需研究在研究内容、研究逻辑、研究方法及研究结果等方面还需进一步深化与提升。未来研究应重点关注城市绿地生态系统服务空间特征关系与居民健康需求层级的供需匹配程度, 通过耦合新数据环境下精细化、规范性居民健康时空行为空间研究, 总结供需平衡状态下多维度城市绿地高效服务的空间形态、功能结构与要素组织, 并将其应用到城市绿地空间格局研究与绿地系统规划实践中, 拓展人居环境优化提质的理论与方法。

关键词:城市绿地; 健康福祉; 生态系统服务; 供需匹配; 研究进展

Research progress on the correlation between urban green space and residents' physical and mental well-being from a perspective of matching ecosystem services supply and demand

XIAO Huabin*, HE Xinyu, WANG Yue, WANG Jiening, JIANG Qianzi

School of Architecture and Urban Planning, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China

Abstract: Urban green space couples with urban ecosystem services and human well-being. The pattern of urban green space which takes fairness and efficiency into account is an important method to enhance the human settlements environment and improve people's livelihood. On the basis of clarifying the relevant concepts and connotations, based on Citespace software, keyword co-emerging network analysis and cluster analysis of urban green space ecosystem services, residents' health and human well-being and their similar concepts can be found; The research clusters are highly concentrated, the research fields under each cluster have a high degree of overlap, and the research scale is also more refined. The differentiation of urban green space and the urban built environment and leisure physical activity and health spatial has become the research hot spots in recent years. In this paper, the correlation research between urban green space ecosystem services and residents' health is systematically summarized from the following four aspects: 1) Supply side, which mainly

基金项目: 山东省自然科学基金(ZR2019MEE048); 山东省高等学校青创科技支持计划(2020KJG004); 国家自然科学基金(51808320, 51908332)

收稿日期: 2020-04-12; 修订日期: 2020-12-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xiaohuabin@foxmail.com

includes the types of urban green space ecosystem services as well as their evaluation and measurement methods; 2) demand side, that is, the measurement methods of urban residents' health and human well-being needs and their temporal and spatial expression; 3) the matching of supply and demand, relating to the matching method of supply and demand of urban green space ecosystem services and spatial equity; 4) and the promotion and regulation, including optimization of spatial and temporal structure of urban green space and efficient service. It is pointed out that the existing research on the supply and demand matching of urban green space ecosystem services needs to be further deepened and improved in terms of research content, research logic, research methods and results. Future research needs to pay more attention to the spatial characteristics of urban green space ecosystem services and the matching degree of supply and demand at the level of residents' health needs. The spatial form, functional structure and element organization of multidimensional urban green space efficient service under the equilibrium state of supply and demand are summarized through the coupling with refined and normative research of residents' health temporal and spatial behaviors in the context of new data environment. At the same time, it is applied to the research of the spatial pattern of urban green space and the practice of urban green space system planning for expanding the theory and methods of optimization and improvement the quality of human settlements environment.

Key Words: urban green space; physical and mental well-being; ecosystem services; supply-demand matching; research progress

习近平总书记在十九大报告中指出:“中国特色社会主义进入新时代,我国社会主要矛盾已经转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾”。中央城市工作会议也明确提出:“坚持以人为本,不断提升城市环境质量、人民生活质量,城市工作要把创造优良人居环境作为中心目标”。中国城市正面临着快速改变的城市环境和生活方式带来的众多健康挑战,城市健康环境发展的不充分、不平衡现象尤为突出^[1]。居民健康福祉与城市人居环境质量密切相关,探讨以居民健康为导向的城市人居环境规划与调控,是满足居民日益增长的健康需求,改善不充分、不平衡发展的关键。

城市绿地是城市生态系统中一类重要的多功能组分,发挥着重要的生态、休闲、娱乐等功能,能够改善城市居民生理及心理健康状况、缓解工作压力、增强幸福感^[2]。同时城市绿地也是城市绿色基础设施和公共服务设施的重要组成部分,其提供的服务具有准公共产品的特性,能够影响城市居民体力活动多样性,满足居民多层次需求。然而,国内外快速城市化地区普遍存在着城市绿地破碎化现象,导致其服务能力不断降低,引发生态系统服务(Ecosystem Services, ES)供需总量失衡、空间与类型不匹配等问题^[3-4]。现行的城市绿地评价过分强调“数量”达标^[5],绿地系统规划依赖经验主义,依据规划而建设的城市绿地系统无法充分发挥其自身效益。因此,在存量规划背景下,特别是在高密度中心城区,供需平衡与效率提升为目标的城市绿地空间分布格局与高效服务模式研究,是解决城市绿地供需矛盾,促进城市居民健康环境的有效途径。

1 城市绿地与健康福祉

城市绿地作为一种重要的公共资源及公共服务设施,可为城市提供多样化生态系统服务^[6]。生态系统服务指人类从生态系统所获得的直接或间接收益和福祉,是人类生存发展所必须的环境依托^[7],从提供生态产品和服务、促进有益的健康行为两方面,提升城市居民身心健康水平^[8]。多项研究表明,城市绿地与公共健康高度正相关,并且其相关性表现在生理、心理和社会健康3个维度^[8]。城市绿地在优化空气质量、降低疾病发病率、调节大气温湿度等方面有显著的作用^[9]。同时城市绿地作为居民健康活动的理想选择,可提供丰富的自然感知,具有缓解疲劳、愉悦身心等积极作用^[10],可有效增加户外体力活动的频率与时长^[11]。城市绿地与居民空间分布差异直接影响其健康服务的效能发挥,居民步行范围内可达的城市绿地是促进居民健康的关键因素^[12-13]。匹配城市绿地供需空间并优化城市绿地系统结构,是缓解这一问题的有效手段^[2]。

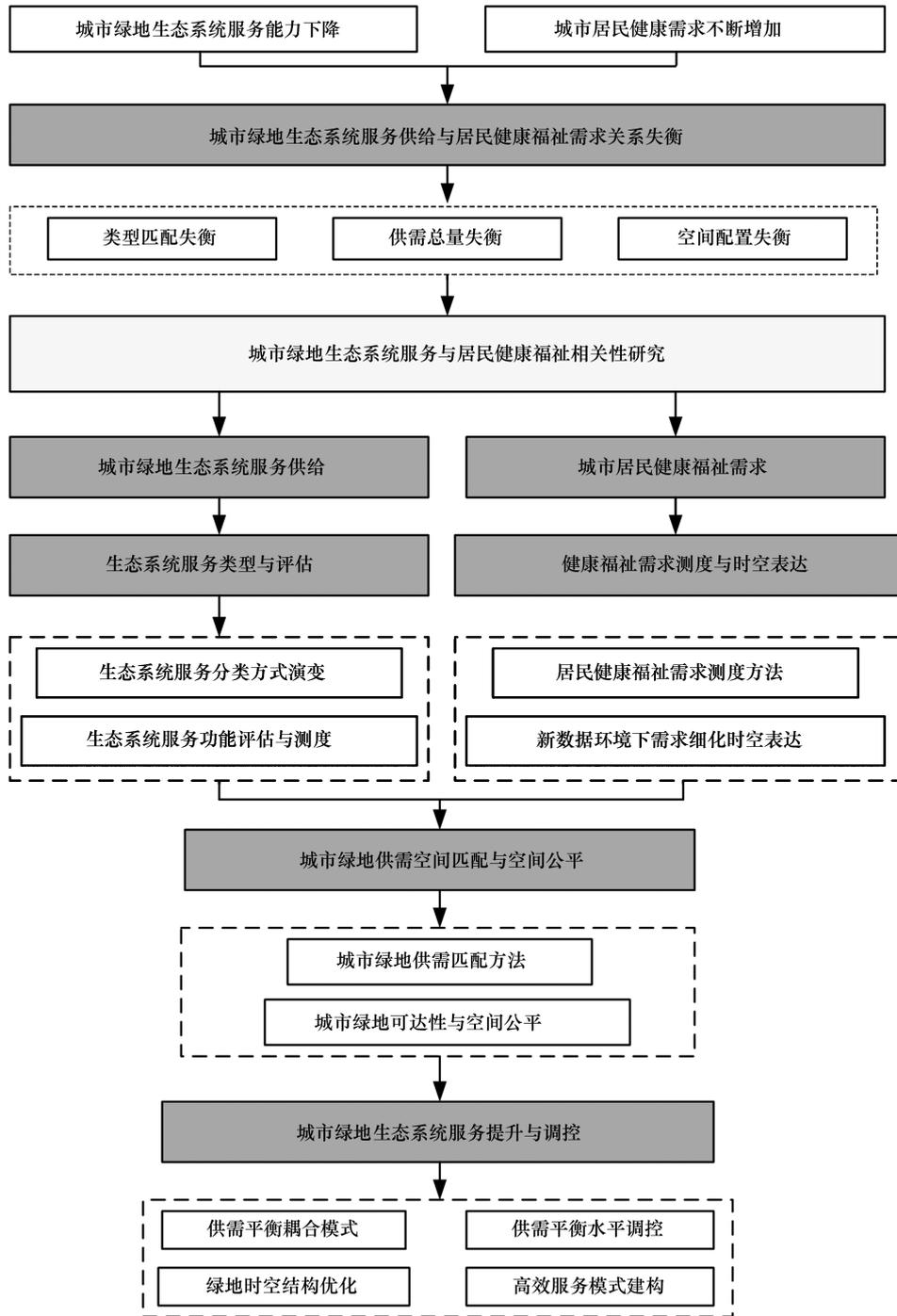


图 2 基于生态系统服务供需匹配的城市绿地与居民健康研究框架

Fig.2 Research framework of urban green space and resident health based on supply and demand matching of ecosystem services

2 城市绿地生态系统服务类型与评估研究

2.1 生态系统服务分类方式演变

随着对生态环境效益与高品质人居环境诉求的日益增长,人们对城市绿地的生态系统服务功能要求越来越高^[5]。由于生态系统结构的复杂性和功能的多样性,ES 的分类方式及其演变过程也复杂多样^[6,20]。千年生态系统评估项目将 ES 分为供给服务、调节服务、文化服务和支持服务 4 类。基于 ES 自身特征可将其归为

13 和 17 类^[21]。在厘清 ES 供需间传输及变化过程(即 ES 流动)的基础上,根据空间特征和传播方向可以将其归纳为原位服务和非原位服务两大类,其中非原位服务又包含全方位服务和方向性服务,方向性服务由流动方向服务和使用者迁移服务组成(图 3)^[13,22,23]。生态系统服务流的产生非常复杂,大多数生态系统服务从产生到实现的过程包含供给区、连接区和需求区 3 个区域^[24]。其中,生态系统服务供给区(service-providing area, SPA)是进行生态系统服务形成和变化机制研究的基本单元,能够提供产品或服务^[25]。基于生态系统的土地覆被和土地利用类型,局地气候调节、空气质量调节等调节服务供给区多集中于森林、水体、绿地、草原和湿地等,粮食、淡水等供给服务主要由农业、森林和水库等提供,休闲与旅游、景观美学等文化服务供给区多为城市绿地、海滩和休闲设施区等^[26]。作为服务供给区的城市绿地主要包括公园绿地、防护绿地、广场用地、附属绿地和其他绿地等,其中公园绿地、防护绿地、广场用地和其他用地分别对应休闲游憩、日常防护、景观风貌和生态保护培育的主导功能,附属绿地的主导功能主要取决于所属用地地块的功能和服务需求^[27-29]。

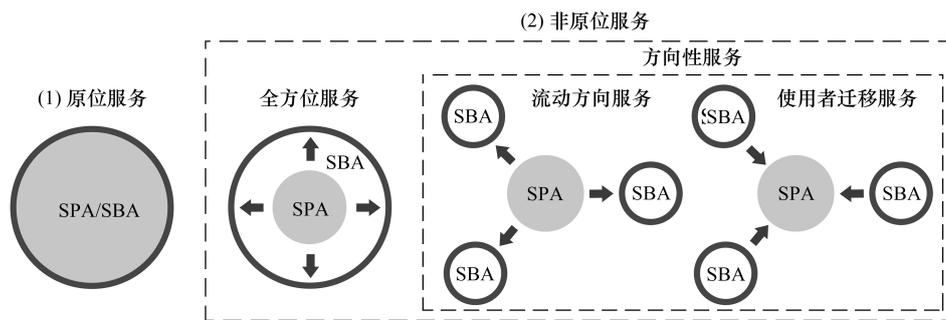


图 3 服务供给区(SPA)与服务受益区(SBA)之间的空间特征关系

Fig.3 Spatial characteristic relationship between service supply area and service benefit area of ecosystem services

2.2 生态系统服务功能评估与测度

生态系统服务的功能评估和测度需要集合调查、统计和模拟等多元的研究方法,当前国内外的评估方法主要有观测指标分析、模型模拟和专家判别与公共参与^[7,30-31]。观测指标分析运用广泛,其准确性和实用性主要表现于生态系统服务相对量的表征;模型模拟在考虑生态系统服务内在机制方面已经相对成熟,但难以避免参数的不确定性和误差^[30];专家判别与公共参与主要针对生态系统服务的无形和非物质特征,可作为补充手段^[7,20]。生态系统服务制图是指利用生态系统服务评价方法对对特定时空尺度上生态系统服务进行量化的过程,相关方法为决策者评价不同尺度下生态系统服务提供了直观形象的参考依据。生态系统服务流是测度生态系统服务的实际供给的方法,主要包括:(1)利用空间分布式模型对生态系统服务的供给与需求、传递路径及传递过程进行量化分析与制图分析;(2)对生态系统服务从生产到消费过程中,受益方所接受到的生态系统服务量的评估^[32]。

3 城市居民健康福祉需求测度与时空表达研究

3.1 居民健康福祉需求测度方法

针对未来城市面临的健康挑战,居民需要通过对城市绿地生态系统服务的消费不断满足和提升自身健康福祉^[33]。城市绿地通过提供优化环境质量、创造交往空间、增进自然感知等一系列生态系统服务,满足居民健康需求^[34],包括感官需求、活动需求与情感需求等。城市居民健康需求作为其对绿地生态系统服务需求的重要类别,其测度研究少有针对性展开,集中在生态系统服务需求测度上。生态系统服务需求是生态系统服务流的效力发生环节与终点环节^[20],根据生态系统服务消费方式可以划分为竞争性需求和非竞争性需求,竞争性需求强调城市居民在使用生态系统服务时对其的占据或消耗性,非竞争性需求在消费时极少消耗生态系统服务产品本身。城市生态系统服务需求测度研究主要包括需求总量测度和需求类别测度两方面,在进行需

求总量测度时,城市绿地被视为提供各类与健康相关的生态系统服务的整体,研究城市居民人口密度^[35]、可达范围^[36]等需求主体分布与行为,或综合其社会经济特征构建评价体系^[37],作为需求范围及程度测度及空间表达的依据。城市居民对生态系统服务需求偏好具有空间差异^[38],诸多研究通过问卷调查、访谈、监测等途径调查获取居民意愿^[39],并基于被调查者地理位置进行空间制图。此外,部分研究将城市环境问题视为对生态系统服务的需求,通过分析现状热岛强度^[40]、污染物扩散等生态环境状况,确定生态系统服务需求类别及空间分布。

3.2 新数据环境下需求细化时空表达

通信技术发展带来海量实时的多元精细化空间数据流^[41],为健康导向下城市居民分布、行为及意愿偏好测度带来新方法(表1)。基于手机信令,空间化表达城市居民昼夜分布^[42]或识别到达就近绿地的频次^[43],通过可穿戴设备监测被调查者在绿地空间目光聚集与情绪变化,相比传统的人口统计及实地调查数据更海量、精细化,可实现城市尺度下精细单元统计分析与时空表达^[41]。

表1 新数据环境下居民健康需求测度方法及表达

Table 1 Measurement method and expression of resident health needs in the new data environment

需求测度 Demand measure	测度方法 Measure method	研究尺度 Research scale	时空表达 Spatio-temporal expression
需求范围与程度测度 Scope and extent of demand	依据建设用地或居住用地位置确定需求范围	街区(社区)、建筑	需求范围
	依据统计年鉴中人口密度确定需求程度	街区(社区)	需求范围与分层级需求程度
	依据兴趣点类别及密度推算需求程度	街区(社区)、地块、网格	需求范围与分层级需求程度
	基于手机信令(人口密度)确定需求程度	街区(社区)、地块	需求范围与分层级需求程度
需求类别测度 Demand category	问卷调查或访谈	城市建成区、单一公园	需求类别及各类别排序或权重
	基于开放数据的使用者行为研究	城市建成区、公园绿地	需求类别与各类别对应空间
	基于社交网络的使用者评价研究	公园绿地、单一公园或风景名胜胜区	需求类别及对应词频排序或权重、现有不足

4 城市绿地供需空间匹配与空间公平研究

4.1 城市绿地供需匹配方法

效率和公平是体现城市绿地供需匹配的两个重要指标,城市绿地供需空间分布及相关性影响着其生态系统服务效率^[20]。作为提升城市绿地生态系统服务效率的有效手段,权衡分析为遴选与优化生态系统服务类型、辨析生态系统服务内在机制、提高城市绿地生态系统服务水平与推进科学高效的决策提供了一种综合有效的方法^[44,45]。生态系统服务间关系包含权衡、协同和兼容三种类型^[46],权衡和协同普遍存在于支持服务与文化服务之间,以及调节服务与文化服务之间^[7]。情景分析与多目标分析是生态系统服务权衡决策的有效手段^[30]。城市绿地分布的公平性从属于环境正义和社会正义范畴,对于城市居民健康福祉具有重要意义^[47]。作为生态系统服务流动的起点和终点,供给和需求的不匹配会导致城市绿地空间分布不均衡等社会公平问题。为了实现城市绿地发展和利用的最佳状态,即达到供需平衡的状态,城市绿地需要与居民健康需求相匹配,实现供需耦合^[5,20,48]。城市绿地供给与居民健康需求匹配分为总量匹配和类别匹配两种,其研究方法有基于过程的模型评估法,基于土地利用/土地覆盖的供需关系矩阵法,基于野外调查数据和统计学方法预测供给,以及基于公众参与和问卷调查法预测需求^[48]。可达性作为评价城市绿地对居民服务功能的一个指标,可以衡量城市绿地空间布局的合理性和公平性^[49-51]。

4.2 城市绿地可达性与空间公平

国外学者主要从居民满意度、服务社会分异和空间公平等角度关注城市绿地布局的空间公平性问题,对于可达性和公平性的研究较为成熟^[50],现如今不仅局限于研究质量的公平性,而且开始研究与生态系统服务相关的、影响居民健康福祉利益的环境要素。国内对于绿地公平性的研究已经步入了定量分析的阶段,如采用地理信息系统网络分析与缓冲分析方法^[52]、因子空间叠置分析方法^[36]或基尼系数和洛伦兹曲线的方法^[53]定量测度不同类型城市绿地的公平性程度。研究表明,城市公园等城市绿地的可达性与公平性呈显著相关,且空间公平性与到城市居民的生活环境和健康质量有直接关系。

5 城市绿地生态系统服务提升与调控研究

针对城市生态系统服务供需失衡这一根本性矛盾,在生态系统服务供需平衡体系下探讨城市绿地的规划设计和生态安全格局构建显得极具现实意义^[3]。生态系统服务的供给和需求都存在着一定的尺度效应^[54],从强调城市绿地供给转向多尺度各类供需主体平衡,基于供需主体功能结构与运行机制研究得到城市绿地各尺度供需平衡耦合模式,有助于实现城市用地优化。其次,依据城市绿地规模、空间特征、时空结构与供需时序分析,优化城市绿地时空结构,能够构建合理的城市绿地景观安全格局。

功能提升可以通过优化生态系统服务供需机制、提高景观异质性和增加城市绿地类型丰富度来实现^[3]。通过合理评估城市绿地供需阈值效应,增强服务供给与可达性,优化城市绿地景观要素配置,能够有效进行城市绿地供需平衡水平调控。西方国家通过绿色空间指数评估促进城市绿地建设,如通过增加屋顶绿化、墙体绿化等多种其他类型绿地,以缓解旧城区域不透水地表面积较大、建筑密度较高等带来的一系列城市问题^[55]。国内则是通过空间形态重构提升生态系统服务效能,如通过植被覆盖率更高的缓冲带、低影响开发技术等措施提高雨洪调节、水质净化等调节服务^[1],通过景观材质的选择、滨水驳岸的设计提高滨水美学、住区健康等文化服务^[56],通过生态背景林功能优化构筑绿色屏障,复合景观、防护、生态隔离功能,同时优化植被配置。此外,依据城市绿地生态系统供需平衡视角,立足于满足城市与场地尺度的绿地高效服务时空组织结构,在城市尺度上,引入绿色容积率等绿地容量指标调控用地容量,通过调节城乡土地利用影响城乡空间生态绩效^[57],从而实现城市绿地生态系统服务功能强弱的合理“控制”。其次,基于空间效能视角建构城市绿地廊道与生态网络,将城市空间“融合”于绿色自然空间,能够打破城乡界线,有效“连接”并提升城乡整体绿地生态系统服务效率^[3,58]。在场地尺度上,通过灰、绿色基础设施相结合,形成协同共生、循环再生的基础设施支撑体系,可以维持城市生态服务功能的完整性及生命活力^[59]。同时可以通过提高植被覆盖率、优化植被配置以及调控城市绿地热舒适度等提升城市绿地单一类别生态系统服务^[56],构建高效的城市绿地韧性空间与组织模式。在城市绿地内部的设计中,可以通过优化植被配置以及调控城市绿地热舒适度等提升城市绿地单一类别生态系统服务,如乔灌草型较于草地型,更丰富的植物群落结构有更好的降温效果,且在绿地增湿效果上,乔木型优于草地型^[60]。

6 结论与展望

近年来国内外对城市绿地(绿色空间、蓝绿空间、生态空间等)生态系统服务促进人类福祉,尤其是健康福祉方面研究日益增多。对城市绿地服务供给与居民健康福祉需求的研究主要集中在:宏观层面探讨城市绿地供需总量匹配、服务范围 and 空间可达性、社会公平和社会正义等方面;微观层面讨论调节环境舒适度、降低疾病发病率以及提升居民幸福感等方面。在当前社会发展不平衡不充分新背景下,面对居民健康需求日益增长、人居环境优化提质的新要求,城市绿地生态系统服务供需研究在理论框架、研究方法及技术途径等方面需进一步深化与提升。随着学科交叉与新数据出现,研究理论从较单一的风景园林学转向整合景观生态学、生态经济学、城乡规划学和城市社会学等相关学科的交叉融通发展,研究对象从宏观尺度的城市绿地供需平衡(数量和空间)转向微观尺度公园绿地生态系统服务需求偏好,但目前研究还存在四方面不足:(1)研究内容

多集中评估城市绿地生态系统服务价值总量,城市居民(使用主体)需求视角下的特定类别生态系统服务研究较少;(2)研究逻辑以数量-人口、空间-公平等整体的城市绿地供需平衡为主,未能厘清供给类型与需求类别对应的耦合模式;(3)研究方法大多采用依赖统计数据定量分析的程序性理论模型,以新数据为主体的精细化、规范性时空行为空间研究方法还未形成;(4)研究结果停留在对供需平衡目标下城市绿地优化策略探讨层面,缺乏对城市绿地高效服务组织模式在绿地系统规划中应用的实践总结。

今后研究应在明确城市绿地生态系统服务空间特征关系与居民健康需求层级的供需匹配基础上,整合多源数据环境下供需测度方法和空间表达。同时在明确城市绿地生态系统服务间的权衡关系的前提下,对多目标生态系统服务供需平衡情景进行模拟,总结多维度城市绿地高效服务的空间形态、功能结构与要素组织,并应用城市绿地空间格局研究与绿地系统规划实践中,拓展人居环境优化提质的理论与方法。

参考文献 (References):

- [1] 吴良镛. 规划建设健康城市是提高城市宜居性的关键. 科学通报, 2018, 63(11): 985-985.
- [2] 王俊帝, 刘志强, 邵大伟, 余慧. 基于 CiteSpace 的国外城市绿地研究进展的知识图谱分析. 中国园林, 2018, 34(4): 5-11.
- [3] 王云才, 申佳可, 彭震伟, 象伟宁. 适应城市增长的绿色基础设施生态系统服务优化. 中国园林, 2018, 34(10): 45-49.
- [4] Stessens P, Khan A Z, Huysmans M, Canters F. Analysing urban green space accessibility and quality: a GIS-based model as spatial decision support for urban ecosystem services in Brussels. *Ecosystem Services*, 2017, 28: 328-340.
- [5] 刘颂, 杨莹. 生态系统服务供需平衡视角下的城市绿地系统规划策略探讨. 中国城市林业, 2018, 16(2): 1-4.
- [6] 韩依纹, 戴菲. 城市绿色空间的生态系统服务功能研究进展: 指标、方法与评估框架. 中国园林, 2018, 34(10): 55-60.
- [7] 毛齐正, 黄甘霖, 邬建国. 城市生态系统服务研究综述. 应用生态学报, 2015, 26(4): 1023-1033.
- [8] 姚亚男, 李树华. 基于公共健康的城市绿色空间相关研究现状. 中国园林, 2018, 34(1): 118-124.
- [9] 戴菲, 陈明, 朱晟伟, 陈宏, 傅凡. 街区尺度不同绿化覆盖率对 PM₁₀、PM_{2.5} 的消减研究——以武汉主城区为例. 中国园林, 2018, 34(3): 105-110.
- [10] Hazer M, Formica M K, Dieterlen S, Morley C P. The relationship between self-reported exposure to greenspace and human stress in Baltimore, MD. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 169: 47-56.
- [11] 王兰, 张雅兰, 邱明, 王敏. 以体力活动多样性为导向的城市绿地空间设计优化策略. 中国园林, 2019, 35(1): 56-61.
- [12] Sugiyama T, Carver A, Koohsari M J, Veitch J. Advantages of public green spaces in enhancing population health. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 178: 12-17.
- [13] 肖华斌, 盛硕, 安淇, 施俊婕. 供给-需求匹配视角下城市绿色基础设施空间分异识别及优化策略研究——以济南西部新城为例. 中国园林, 2019, 35(11): 65-69.
- [14] Brown G, Schebella M F, Weber D. Using participatory GIS to measure physical activity and urban park benefits. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 121: 34-44.
- [15] Xiao H, Sheng S, Ren Z, et al. Does the Culture Service Supply of Green Spaces Match the Demand of Residents in a New District? A Perspective from China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2020, 29: 3395-3407.
- [16] Samuelsson K, Giusti M, Peterson G D, Legeby A, Brandt S A, Barthel S. Impact of environment on people's everyday experiences in Stockholm. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 171: 7-17.
- [17] 孙斌栋, 阎宏, 张婷麟. 社区建成环境对健康的影响——基于居民个体超重的实证研究. 地理学报, 2016, 71(10): 1721-1730.
- [18] 王兰, 蒋希冀, 孙文尧, 赵晓菁, 唐健. 城市建成环境对呼吸健康的影响及规划策略——以上海市某城区为例. 城市规划, 2018, 42(6): 15-22.
- [19] 马妍, 马琦伟, 李苗裔, 于沛洋. 基于社区生活圈尺度的城市绿色基础设施空间分布与居民就医行为关系研究——以福州市中心城区为例. 风景园林, 2018, 25(8): 36-40.
- [20] 马琳, 刘浩, 彭建, 吴健生. 生态系统服务供给和需求研究进展. 地理学报, 2017, 72(7): 1277-1289.
- [21] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [22] Fisher B, Turner R K, Morling P. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics*, 2009, 68(3): 643-653.
- [23] 肖玉, 谢高地, 鲁春霞, 徐洁. 基于供需关系的生态系统服务空间流动研究进展. 生态学报, 2016, 36(10): 3096-3102.
- [24] 刘慧敏, 刘绿怡, 任嘉衍, 卞子元, 丁圣彦. 生态系统服务流定量化研究进展. 应用生态学报, 2017, 28(8): 2723-2730.
- [25] Luck G W, Daily G C, Ehrlich P R. Population diversity and ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution*, 2003, 18(7): 331-336.

- [26] Burkhard B, Kandziora M, Hou Y, Müller F. Ecosystem service potentials, flows and demands-concepts for spatial localisation, indication and quantification. *Landscape Online*, 2014, 34: 1-32.
- [27] 文增. 城市广场设计. 沈阳: 辽宁美术出版社, 2005.
- [28] 金云峰, 周聪惠. 城市绿地系统规划要素组织架构研究. *城市规划学刊*, 2013, (3): 86-92.
- [29] 周聪惠, 金云峰. “精细化”理念下的城市绿地复合型分类框架建构与规划应用. *城市发展研究*, 2014, 21(11): 118-124.
- [30] 彭建, 胡晓旭, 赵明月, 刘焱序, 田璐. 生态系统服务权衡研究进展: 从认知到决策. *地理学报*, 2017, 72(6): 960-973.
- [31] 吴远翔, 王瀚宇, 金华, 潘晓钰. 城市绿色基础设施的生态服务评估模型研究. *城市建筑*, 2018, (33): 31-34.
- [32] 王嘉丽, 周伟奇. 生态系统服务流研究进展. *生态学报*, 2019, 39(12): 4213-4222.
- [33] 刘文平. 景观服务及其空间流动: 连接风景园林与人类福祉的纽带. *风景园林*, 2018, 25(3): 100-104.
- [34] 彭慧蕴, 谭少华. 城市公园环境的恢复性效应影响机制研究——以重庆为例. *中国园林*, 2018, 34(9): 5-9.
- [35] Lee G, Hong I. Measuring spatial accessibility in the context of spatial disparity between demand and supply of urban park service. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 119: 85-90.
- [36] 凌自苇, 曾辉. 不同级别居住区的公园可达性——以深圳市宝安区为例. *中国园林*, 2014, 30(8): 59-62.
- [37] 戚荣昊, 杨航, 王思玲, 谢琪熠, 王亚军. 基于百度 POI 数据的城市公园绿地评估与规划研究. *中国园林*, 2018, 34(3): 32-37.
- [38] Costanza R, Fisher B, Ali S, Beer C, Bond L, Boumans R, Danigelis N L, Dickinson J, Elliott C, Farley J, Gayer D E, Glenn L M, Hudspeth T, Mahoney D, McCahill L, McIntosh B, Reed B, Rizvi S A T. Quality of life: an approach integrating opportunities, human needs, and subjective well-being. *Ecological Economics*, 2007, 61(2/3): 267-276.
- [39] Meerow S, Newell J P. Spatial planning for multifunctional green infrastructure: growing resilience in Detroit. *Landscape and Urban Planning*, 2017, 159: 62-75.
- [40] 岳晓蕾, 林箐, 杨宇翀. 城市绿地对热岛效应缓解作用研究——以保定市中心城区为例. *风景园林*, 2018, 25(10): 66-70.
- [41] 龙瀛, 吴康, 王江浩, 刘行健. 大模型: 城市和区域研究的新范式. *城市规划学刊*, 2014, (6): 52-60.
- [42] Xiao Y, Wang D, Fang J. Exploring the disparities in park access through mobile phone data: evidence from Shanghai, China. *Landscape and Urban Planning*, 2019, 181: 80-91.
- [43] 方家, 刘颂, 王德, 张月朋. 基于手机信令数据的上海城市公园供需服务分析. *风景园林*, 2017, 24(11): 35-40.
- [44] Lu N, Fu B J, Jin T T, Chang R Y. Trade-off analyses of multiple ecosystem services by plantations along a precipitation gradient across Loess Plateau landscapes. *Landscape Ecology*, 2014, 29(10): 1697-1708.
- [45] 赵文武, 刘月, 冯强, 王亚萍, 杨思琪. 人地系统耦合框架下的生态系统服务. *地理科学进展*, 2018, 37(1): 139-151.
- [46] Willemen L, Hein L, van Mensvoort M E F, Verburg P H. Space for people, plants, and livestock? Quantifying interactions among multiple landscape functions in a Dutch rural region. *Ecological Indicators*, 2010, 10(1): 62-73.
- [47] 周详, 张晓刚, 何龙斌, 曾辉. 面向行为尺度的城市绿地格局公平性评价及其优化策略——以深圳市为例. *北京大学学报: 自然科学版*, 2013, 49(5): 892-898.
- [48] 景永才, 陈利顶, 孙然好. 基于生态系统服务供需的城市群生态安全格局构建框架. *生态学报*, 2018, 38(12): 4121-4131.
- [49] 俞孔坚, 段铁武, 李迪华, 彭晋福. 景观可达性作为衡量城市绿地系统功能指标的评价方法与案例. *城市规划*, 1999, 23(8): 8-11.
- [50] van Herzele A, Wiedemann T. A monitoring tool for the provision of accessible and attractive urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, 2003, 63(2): 109-126.
- [51] 肖华斌, 袁奇峰, 徐会军. 基于可达性和服务面积的公园绿地空间分布研究. *规划师*, 2009, 25(2): 83-88.
- [52] 江海燕, 周春山, 肖荣波. 广州公园绿地的空间差异及社会公平研究. *城市规划*, 2010, 34(4): 43-48.
- [53] 唐子来, 顾姝. 上海市中心城区公共绿地分布的社会绩效评价: 从地域公平到社会公平. *城市规划学刊*, 2015, (2): 48-56.
- [54] 张伟, 杰克·艾亨, 刘晓明. 生态系统服务评估在美国城市绿色基础设施建设中的应用进展评述. *风景园林*, 2017, 24(2): 101-108.
- [55] 汪洁琼, 唐楚虹, 颜文涛. 江南圩田的法与式: 生态系统服务与空间形态增效. *风景园林*, 2018, 25(1): 38-44.
- [56] 李双成, 张才玉, 刘金龙, 朱文博, 马程, 王珏. 生态系统服务权衡与协同研究进展及地理学研究议题. *地理研究*, 2013, 32(8): 1379-1390.
- [57] 颜文涛, 黄欣, 邹锦. 融合生态系统服务的城乡土地利用规划: 概念框架与实施途径. *风景园林*, 2017, 24(1): 45-51.
- [58] 刘滨谊, 吴敏. 基于空间效能的城市绿地生态网络空间系统及其评价指标. *中国园林*, 2014, 30(8): 46-50.
- [59] 李锋, 王如松, 赵丹. 基于生态系统服务的城市生态基础设施: 现状、问题与展望. *生态学报*, 2014, 34(1): 190-200.
- [60] 高吉喜, 宋婷, 张彪, 韩永伟, 高馨婷, 冯朝阳. 北京城市绿地群落结构对降温增湿功能的影响. *资源科学*, 2016, 38(6): 1028-1038.