

生态系统服务优化导向下城市绿色基础设施构建研究*——以济南市西部新城为例

Research on the Construction of Green Infrastructure under the Guidance of Ecosystem Service Optimization: A Case Study of Jinan Western New District

肖华斌 施俊婕 盛硕 刘莹 XIAO Huabin, SHI Junjie, SHENG Shuo, LIU Ying

摘要 绿色基础设施作为提升人居环境质量的重要手段,可为城乡居民提供多样化生态系统服务。快速城镇化进程不仅会引起绿色基础设施数量减少、布局不均,还会导致其内在的生态系统服务功能降低以及结构失衡。传统的绿色基础设施构建方法重点考虑生态空间的管制途径,忽视了各类生态系统服务的功能优化和结构平衡。在识别了济南市西部新城绿色基础设施供给、支持、调节、文化4类生态系统服务源的基础上,基于“结构—过程—功能—服务”评估框架,构建维持4类生态系统服务流的关键格局。同时,考虑建成区内部及城郊地区生态系统服务的核心功能差异,赋予其不同权重,重点提升城市建成区内部破碎斑块的文化、调节功能,维持城郊地区大面积生态斑块的供给、支持和调节功能,构建底线、适宜、理想3层级安全水平下的绿色基础设施。

Abstract As an important method to improve the quality of human settlements, green infrastructure can provide diversified ecosystem services for urban and rural residents. The rapid urbanization process will not only lead to less green infrastructure and unbalanced layout, but also lead to the reduction of intrinsic ecosystem services and the structural imbalance. The traditional construction methods of green infrastructure mainly consider the regulatory pathways of ecological space, ignoring the functional optimization and structural balance of various ecosystem services. In this study, on the basis of identifying the supply, support, regulation and culture ecosystem service sources of green infrastructure in Jinan Western New District, the key pattern of maintaining the four types of ecosystem service flow is constructed based on the evaluation framework of "structure-process-function-service". At the same time, considering the differences of core functions of ecosystem services in the urban and suburban areas, we give them different weights, focusing on promoting the culture and regulation function of broken patches in urban built-up areas and maintaining the supply, support and regulation function of large ecological areas in suburban areas. The integrated green infrastructure is constructed under the three-level protection level of bottom line, satisfactory and ideal.

关键词 绿色基础设施 | 生态系统服务 | 功能优化 | 安全格局 | 济南市西部新城

Keywords Green infrastructure | Ecosystem service | Function optimization | Security pattern | Jinan Western New District

文章编号 1673-8985 (2019) 01-0045-06 中图分类号 TU981 文献标志码 A

DOI 10.11982/j. sup. 20190108

作者简介

肖华斌

山东建筑大学建筑城规学院

副教授,博士,硕士生导师

施俊婕

山东建筑大学建筑城规学院

硕士研究生

盛硕

山东建筑大学建筑城规学院

硕士研究生

刘莹

山东建筑大学建筑城规学院

硕士研究生

快速城镇化进程下,我国城市人口日益增加,根据中国工程院《中国特色新型城镇化发展战略》研究,2033年我国城市人口将会达到9.75亿^[1]。城市无序扩张导致一系列生态环境问题,如城市热岛效应、灰霾雾霾天气、城市河流黑臭水体、城市内涝、生境破碎化等频发。作为城市中承担生态功能的重要空间载体,城市绿色基础设施是维持城市生态系统稳态、缓

解城市生态问题的重要途径^[2]。相比传统的绿地系统概念,绿色基础设施更广泛地包含一切可以为城市提供供给、调节、支持、文化等生态系统服务的林地、农田、水域等自然生态系统,它既是城市复合生态系统的一部分,也是城市基础设施的重要构成^[3]。绿色基础设施发挥的生态系统服务功能在促进社会经济发展、改善生态环境质量、提升人居环境品质方面皆有体

*基金项目:国家自然科学基金“城市新区低碳生态化空间规划途径整合研究”(编号51408342)、教育部人文社会科学研究基金“基于城市政体和政策网络理论的制度性生态空间冲突机制及多元治理策略研究”(编号14YJCZH166)、华南理工大学亚热带建筑科学国家重点实验室开放研究基金“新型城镇化背景下山东半岛城市群空间增长模拟及政策管理工具研究”(编号2016ZB11)、济南市哲学社会科学规划重点项目“济南市南部山区制度性生态空间冲突机制与多元治理策略研究”(编号JNSK18B15)资助。

现。以生态系统服务提升为切入点构建和优化城市绿色基础设施,是精明管理城市绿色基础设施、维持城市生态系统稳态、优化人居环境质量的重要手段。

1 绿色基础设施与生态系统服务

1.1 绿色基础设施的生态系统服务功能

绿色基础设施 (Green Infrastructure, GI) 通常定义为一种可以保存自然生态系统的功能及价值,并为人类提供一系列生态系统服务的相互关联的绿地空间网络^[4]。绿色基础设施核心特征包括3方面:组分上由绿色空间组成,形态上表现为互相联系的网络系统,可为城市提供多重生态服务功能^[5]。因此,许多研究者将绿色基础设施看作生态途径下城市空间规划的一种策略。

提供多样化生态系统服务是城市绿色基础设施发挥其生态价值和社会效益的途径。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,包含水源涵养、固碳、遗产保护、美学感知、身心健康等一系列正向效益。部分城市通过构建绿色网络系统,将绿色基础设施作为游憩和文化遗产保护的载体^[6]。同时,城市绿色基础设施可明显提高人居环境舒适程度,如通过降低周边气温^[7]、净化空气污染物^[8]来实现小气候调节,减少哮喘等疾病的发生^[9]。

1.2 生态系统服务功能的权衡与协同

生态系统服务产生、分配及被需求主体所使用的过程通过生态流来实现^[10],城市绿色基础设施格局破碎化会导致生态流中断,降低其服务能力,引起生态系统服务供需总量失衡、空间不匹配、类型不匹配等问题^[11],普遍存在于快速城市化地区^[12-13]。不同类别生态系统服务流的关键格局及过程不同,追求某些生态系统服务可能导致绿色基础设施整体服务能力降低^[14],即生态系统服务间的权衡。基于此,生态系统服务可划分为不同聚类 (ES Bundles),聚类内生态系统服务价值具有共现特征,关键源、核心廊道多具有空间一致性^[15]。

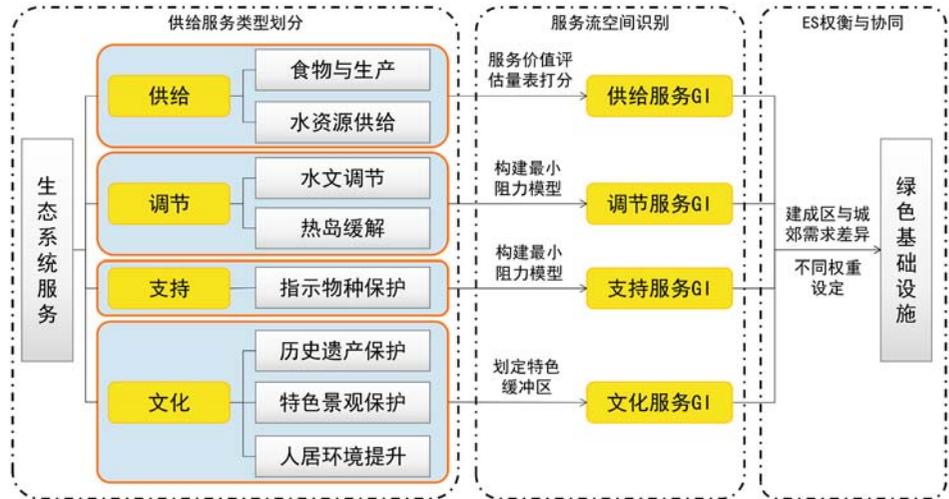


图1 基于生态系统服务优化的GI构建途径
资料来源:笔者自绘。

表1 生态系统服务类型选取与相应构建途径

生态系统服务类型		安全格局识别与构建途径
供给	食物与生产	生态系统供给服务价值评估量表打分
	水资源供给	生态系统供给服务价值评估量表打分
调节	水文调节	主要水系、水库为源, 保护滨水洼地与林、草地
	热岛缓解	冷岛为源, 构建阻力模型模拟冷空气流动
支持	黑嘴鸥栖息地保护	滨水林地来源, 构建阻力模型模拟活动范围
	黄鼬栖息地保护	林地来源, 保护源周边非建设用地
文化	历史遗产保护	参照上位规划确定安全格局划定范围
	特色景观保护	保护特色山体、湿地及周边缓冲区
	人居环境提升	保留城市内部绿地、公园, 提升其生态价值

资料来源:笔者自制。

许多研究发现,生态系统服务供给、支持、需求、文化内部虽存在部分权衡关系,但满足城市居民需求的部分功能发挥的关键格局具有空间一致性,供给服务和其他类别服务间以权衡关系为主,即供给效益高的绿色基础设施调节、文化及支持效益会相对较低;而调节服务高的地区往往具有较高的生态系统服务类型多样性^[16-17]。

2 基于生态系统服务优化的绿色基础设施构建途径

绿色基础设施构建的核心步骤为识别生态系统服务发挥的关键源地与源地间重要连接,主要有4种模式:垂直过程叠加、水平过程模拟、基于网络分析的图论分析以及几何形态学分析^[18]。景观安全格局途径结合水平及垂直生态过程分析,是目前绿色基础设施构

建中应用较为广泛的方法^[19]。然而,该方法下的生态因子选择,权重叠加赋值具有不确定性,现有研究生态因子广泛包含了地质灾害、水文调节、动植物栖息地、文化遗产保护等多方面,但并未考虑诸多因子间权衡或协同关系,忽视了各类生态系统服务的功能优化和结构平衡。

本文从供给、支持、调节、文化4类生态系统服务功能出发,选取类别内与城市生态、人类活动息息相关的表征因子,在识别其各自生态系统服务源的基础上,基于景观生态安全格局理论,构建维持4类生态系统服务流的关键格局。同时,考虑建成区内部及城郊地区生态系统服务核心功能差异,分别赋予其不同权重,提升城市建成区内部破碎斑块的文化、调节功能,维持城郊地区大面积生态斑块的供给、支持和调节功能 (图1,表1)。

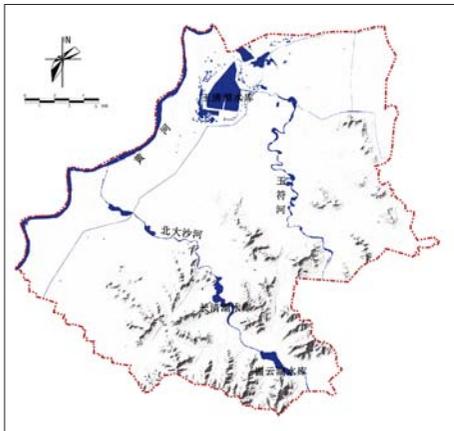


图2 西部新城水系分布图
资料来源:笔者自绘。

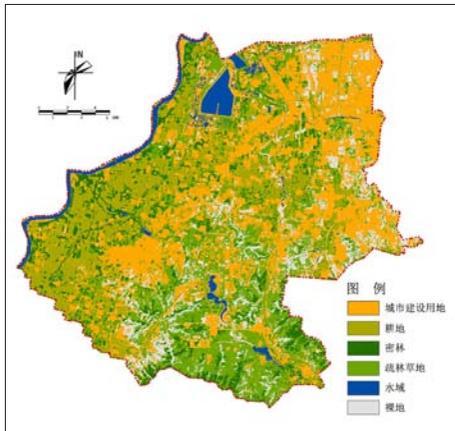


图3 西部新城土地利用现状图
资料来源:笔者自绘。

表2 水文调节安全格局划定依据

格局等级	底线	满意	理想
格局范围	水库、河流、坑塘等现状蓄水及周边河漫滩、湿地滩涂地带	底线范围外低洼地带及周边非建设用地	满意格局外100 m以内区域

资料来源:笔者自制。

3 济南市西部新城区域概况与数据来源

济南市西部新城(以下简称“西部新城”)位于济南市西北部,总面积约450 km²。区域内有黄河、玉符河等多条自然水系及玉清湖水库、崮潭湖水库2处水库(图2)。地势南高北低,北部地势平坦,以城市建设用地为主,南部丘陵地区坡度较大,植被覆盖度较高。西部新城人文景观以历史文物为主,受城市建设、人为破坏等影响,大部分人文景观破坏较为严重。2002年起,西部新城城市建设用地面积持续扩张,生态空间被不同程度地侵占,城市生态风险持续上升。

本文采取landsat8 OLI_TIRS第35条带第122列中云量少、植被情况明显的数字卫星影像作为数据源。基于ENVI 5.1软件,在选择纯度较高、分离性好的训练样本基础上,利用最大似然法将遥感影像分为城市建设用地、耕地、密林、疏林草地、水域及裸地6类(图3),可满足生态系统服务源识别、绿色基础设施构建及优化的需求。

4 单一生态系统服务类型的西部新城绿色基础设施

本文从供给、支持、调节、文化4个方面,选取各类别内与城市生态稳态、居民福祉提升紧密相关的生态系统服务作为代表,依据景观生态学中“生态系统结构—过程—功能—服务”理论,模拟西部新城供给、支持、调节和文化4类生态系统服务流的空间,判别对各生态系统服务流具有关键意义的景观元素、空间位置及空间联系,构建生态系统服务功能优化导向下的绿色基础设施,并划分为底线(严格控制)、满意(弹性控制)、理想(结合用地适宜性评价有条件开发)3层次的GI格局。

4.1 供给服务优化导向下的绿色基础设施

西部新城内大型绿色斑块主要分布于城市近郊,其中林地、灌草地很少承担物料生产、畜牧等功能,整体供给服务能力较弱。除黄河和玉清湖水库承担饮用水供给蓄存功能外,大部分生态空间并非济南市物料及水资源核心供给区。供给服务功能流受人为管理、运输等因素影响较大,模拟较为困难。因此,进行供给服务关键格局识别时,采用谢高地对生态系统供给服务价值量评估量表^[20]进行评估。识别5 hm²以上的农田、水域为生态源

地(图4),划定其为底线格局,划定林地为满足格局,疏林草地等其他生态要素占据的空间为理想格局。同时依照对黄河干流、玉清湖水库2处一级水源保护区周围200 m内区域进行严格建设控制,得到多层次供给服务优化导向下的绿色基础设施(图5)。

4.2 调节服务优化导向下的绿色基础设施

水文调节、热岛缓解与维持城市生态系统平衡、提升城市环境舒适度息息相关。分别识别2类功能生态源地(图6),构建调节服务优化导向下的绿色基础设施。在水文调节服务方面,识别区域内主要河道、水库为生态源地,沿河周边林地、草地为潜在调蓄区,结合研究区域高程、坡度及用地现状,多层次调节服务优化导向下的绿色基础设施(表2)。由于研究区域内南水北调干渠以输送清洁水源为主,在构建水文调节安全格局时不考虑其调蓄功能。

由西部新城夏季地表温度反演结果分析得出(图7),研究区域内平均地表温度为32.2℃,极高与极低温差达到26.4℃。强热岛空间集中分布在工业聚集区,研究区域内水域、植被覆盖区域温度较低,形成冷岛空间。热岛效应缓解格局构建以冷岛空间为生态源地,依照不同用地类型对空气流动阻滞程度确定阻力系数,建立冷空气流动最小累积阻力模型。从底线、满意、理想3个层面构建满足热岛效应缓解需求的安全格局,同时保留城市建成区内部绿色斑块,以调节城市小气候(图8)。

4.3 支持服务优化导向下的绿色基础设施

绿色基础设施破碎度增加、连接度降低、边缘效应变化等干扰都会影响到其支持服务,导致生物多样性降低。通过选择敏感性指示物种,构建其安全格局,可作为支持服务优化导向下的绿色基础设施的构建依据。

本文选取东方白鹤和黄鹌作为指示物种(表3),将识别出的连贯的农田、灌草丛片区、大面积水域湿地作为生态源地(图9),以及滩涂、林地及自然灌草丛为主边缘区。边缘区宽度划定参照朱强等人对景观规划中生态廊

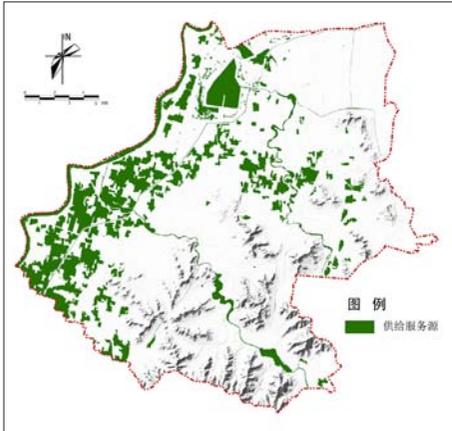


图4 供给服务生态源地识别
资料来源:笔者自绘。

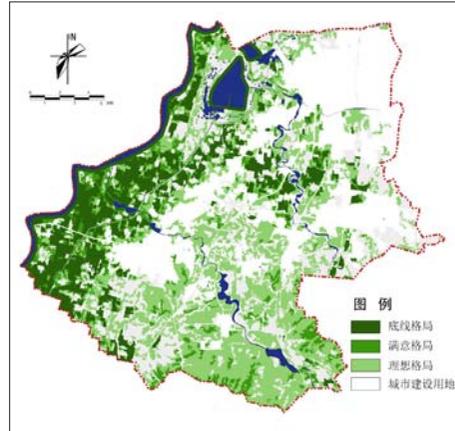


图5 供给服务优化导向下的绿色基础设施
资料来源:笔者自绘。

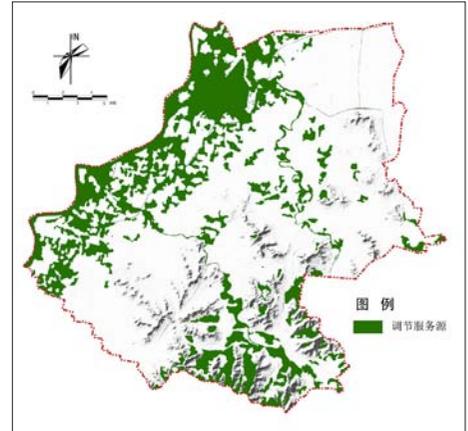


图6 调节服务生态源地识别
资料来源:笔者自绘。

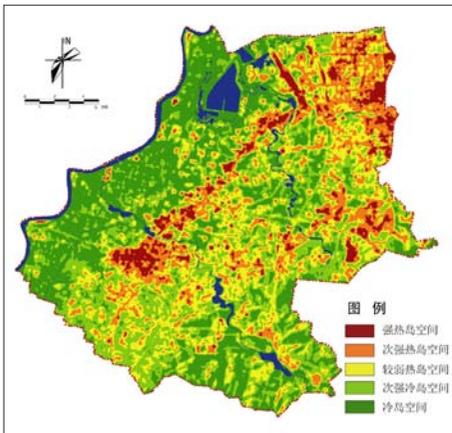


图7 热岛强度空间分布识别
资料来源:笔者自绘。

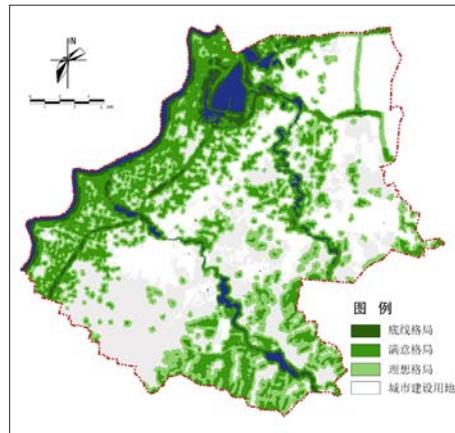


图8 调节服务优化导向下的绿色基础设施
资料来源:笔者自绘。

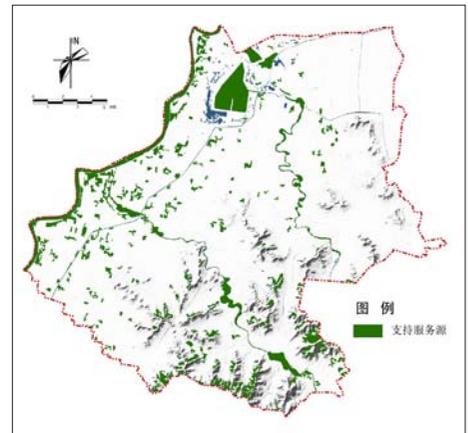


图9 支持服务生态源地识别
资料来源:笔者自绘。

表3 指示物种特征及栖息地保护需求

物种类别	保护等级	指示物种生存需求
东方白鹤	国家一级重点保护动物	常在水边或草地与沼泽地上觅食,繁殖期在有稀疏树木或小块丛林的开阔草原、农田沼泽地带活动
黄鼬	省级重点保护动物	主要分布在林地及林缘、植被状况较好的灌草丛、湿地滩涂等,也常出没于村庄附近

资料来源:笔者自制。

道宽度^[21]的研究,侧重对大规模城市建成区500 m以外地带的保护,突出郊野地区的生态功能,消减人类活动及边缘效应带来的干扰。

东方白鹤觅食时在水边灌草丛有较高的依赖性,在识别其源地(距离大型水库、坑塘等200 m内的林地与灌草丛)的基础上,基于最小累积阻力模型,模拟不同的土地利用类型对其从源向外扩散过程中产生的阻力,确定安全格局。针对黄鼬栖息地保护需求,具体构建底线、满意、理想3个层级栖息地保护格局标

准。等权重叠加2种指示物种栖息地保护格局,得到西部新城支持服务优化导向下的绿色基础设施(图10)。

4.4 文化服务优化导向下的绿色基础设施

保护西部新城的历史遗产、特色景观是发挥绿色基础设施生态系统文化服务的重要条件。识别研究区域内历史遗产、山体、湿地、城市绿地等要素的文化服务源地(图11),以满足历史遗产保护、特色景观保护、人居环境提

升的文化服务安全格局目标(表4,图12)。

5 生态系统服务优化导向下西部新城绿色基础设施构建

绿色基础设施在空间分布、规模面积、功能质量等方面存在城乡范围内区域差异^[22],城市建成区内部绿色斑块破碎度高,生态风险大,以发挥游憩、美学及小气候调节等调节和文化功能为主;而城郊区域绿色网络连接度高,斑块面积大,可以发挥生态保育、粮食生产、水文调节等生态系统供给和支持服务功能。结合单一类型生态系统服务类型的绿色基础设施格局,对西部新城城市建成区内部、城郊地带赋予不同的权重(表5),满足城市建成区内部对文化和调节功能的需求,突出城郊地带供给和支持功能。

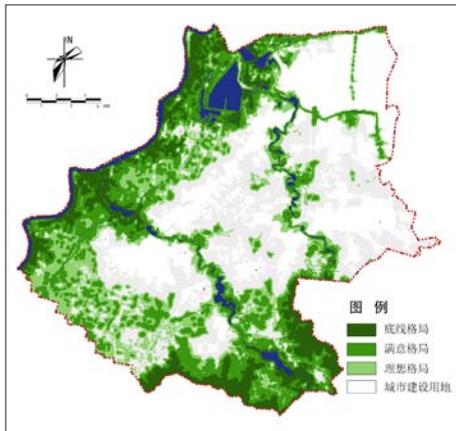


图10 支持服务优化导向下的绿色基础设施
资料来源:笔者自绘。



图11 文化服务生态源地识别
资料来源:笔者自绘。

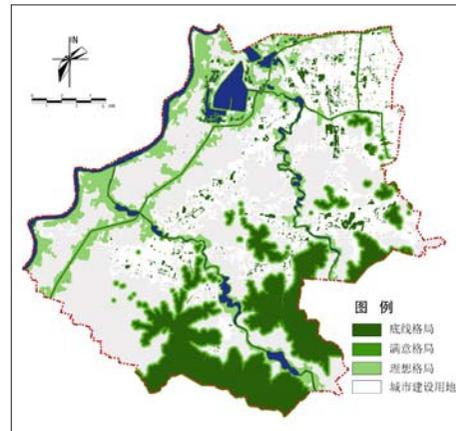


图12 文化服务优化导向下的绿色基础设施
资料来源:笔者自绘。

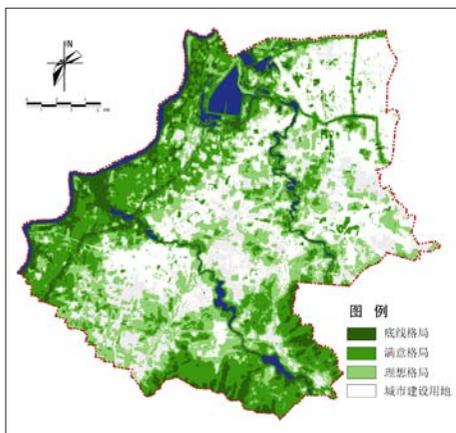


图13 生态系统服务优化导向下西部新城绿色基础设施
资料来源:笔者自绘。

叠加单一生态系统服务优化导向的绿色基础设施,整合破碎斑块、孔洞,以增加生态系统稳定性,易于规划控制。构建3层级安全水平的绿色基础设施格局,其中底线格局面积52.11 km²,占总面积的11.9%;适宜格局(包含底线格局)面积168.59 km²,占总面积的38.5%;理想格局(包含适宜格局)面积286.38 km²,占总面积的65.4%(图13)。将具有底线安全水平的绿色基础设施作为西部新城绿色骨架及城市扩张刚性底线,具有理想安全水平的绿色基础设施作为城市发展弹性边界,维持区域生态系统安全,为城市居民提供生态系统服务。西部新城生态系统服务源地集中于西北侧沿黄地带、南侧丘陵地带及北大沙河、玉符河生态廊道周边。结合生态系统服务优化导向下的绿色基础设施,沿黄河、北大沙

表4 文化服务安全格局保护目标与景观特征

保护目标	保护要素	景观特征
历史遗产保护	兴福寺	济南特色小型庙宇建筑,建筑规格较高,大殿和后殿都为庑殿顶的建筑形式
	古城遗址(祝阿故城遗址)	面积约2万 m ² ,文化堆积厚约2 m,主要为商周时期遗存,保存较好
	殷士儋墓	明朝大学士殷士儋墓,封土高4.5 m,山东省文物保护单位
	东三里遗址	济南市市级文物保护单位
	真相院释迦舍利地宫	市级重点文物保护单位,目前仅存该塔地宫
特色景观保护	龙兴寺丈九佛造像	济南市市级文物保护单位,现仅存佛殿,殿内供奉释迦牟尼,俗称“丈九佛”
	丘陵景观	高程100 m以上山体,有较高的美学价值,可选择交通便利且不承担核心生态功能的区域进行景观改造
	湿地景观	河道、大型水库及其周边湿地滩涂,具有较高的美学和教育价值,但生态系统较为脆弱,不宜进行过多人工干扰
人居环境优化	城市建成区内绿色空间	具有潜在的休闲游憩价值,周边人口聚集,是发挥文化服务的重要承载空间

资料来源:笔者自制。

表5 城市建成区内部、城郊地带单因子格局权重赋值

生态系统服务类别	城市建成区内部	城郊地带
供给	0.10	0.25
支持	0.20	0.30
调节	0.30	0.30
文化	0.40	0.15

资料来源:笔者自制。

河及玉符河构建3条生态廊道,划定农林供给服务区、湿地支持服务区、城市文化服务区和丘陵调节服务区为重点保护片区。

6 结语

绿色基础设施是城市增长刚性控制、弹性精明管理的重要手段,其功能主要通过提供生

态系统服务来体现。生态系统服务产生机制多样,各类服务间逻辑关系复杂,将生态系统服务功能纳入城市绿色基础设施构建尚处于探索阶段。本文尝试从供给、需求、支持、文化4类生态系统服务出发,构建其各自功能发挥的安全格局。在进行绿色基础设施构建时,分别对建成区内部空间、城郊地带进行因子叠加,突

出建成区内部破碎绿地的人居环境优化、历史遗存保护的功能,保护城郊地带耕地、水域的生产和调节功能,为济南市西部新城划定城市增长边界、优化生态空间提供依据。[16]

参考文献 References

- [1] 吴唯佳,赵亮,武廷海,等. 人居环境的优化提质问题[J]. 人类居住, 2016 (4) :48-54.
WU Weijia, ZHAO Liang, WU Tinghai, et al. The problems of improving the quality of human living environment[J]. Human Settlements, 2016(4): 48-54.
- [2] 李开然. 绿色基础设施:概念、理论及实践[J]. 中国园林, 2009 (10) :88-90.
LI Kairan. Green infrastructure: concept, theory and practice[J]. Chinese Landscape Architecture, 2009(10): 88-90.
- [3] 徐聃崎,李锋,韩宝龙. 城市生态基础设施管理研究进展[J]. 生态学报, 2016 (11) :3146-3155.
XU Chongqi, LI Feng, HAN Baolong. Progress in research on urban ecological infrastructure management[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016(11) : 3146-3155.
- [4] 贝内迪克特·马克·A,麦克马洪·爱德华·T. 绿色基础设施:连接景观与社区[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 2010.
BENEDICT M E, MCMAHON E T. Green infrastructure: linking landscapes and communities[M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.
- [5] ALBERT C, VON H C. Implications of applying the green infrastructure concept in landscape planning for ecosystem services in peri-urban areas: an expert survey and case study[J]. 2017, 32(3): 216-227.
- [6] 李迪华. 绿道作为国家与地方战略——从国家生态基础设施、京杭大运河国家生态与遗产廊道到连接城乡的生态网络[J]. 风景园林, 2012 (3) : 49-54.
LI Dihua. Greenway as national and local strategies: from national ecological infrastructure, china grand canal heritage and ecological corridor to urban-rural ecological network[J]. Landscape Architecture, 2012(3):49-54.
- [7] ZHANG Y, MURRAY A T, TURNER B L. Optimizing green space locations to reduce daytime and nighttime urban heat island effects in Phoenix, Arizona[J]. Landscape And Urban Planning, 2017, 165:162-171.
- [8] BARO F, HAASE D, GOMEZ-BAGGETHUN E, et al. Mismatches between ecosystem services supply and demand in urban areas: a quantitative assessment in five European cities[J]. Ecological Indicators, 2015, 55: 146-158.
- [9] LOVASI G S, O'NEIL-DUNNE J P M, LU J W T, et al. Urban tree canopy and asthma, wheeze, rhinitis, and allergic sensitization to tree pollen in a new york city birth cohort[J]. Environmental Health Perspectives, 2013, 121(4): 494-500.
- [10] JOHNSON G W, BAGSTAD K J, SNAPP R R, et al. Service path attribution networks (SPANs): spatially quantifying the flow of ecosystem services from landscapes to people[M] //TANIAR D, GERVASI O, MURGANTE B, et al. Lecture Notes in Computer Science. Berlin: Springer Nature, 2010:238.
- [11] 王云才,申佳可,彭震伟,等. 适应城市增长的绿色基础设施生态系统服务优化[J]. 中国园林, 2018 (10) :45-49.
WANG Yuncai, SHEN Jiak, PENG Zhenwei, et al. The optimization of green infrastructure ecosystem services adapted to urban growth[J]. Chinese Landscape Architecture, 2018(10): 45-49.
- [12] STESENS P, KHAN A Z, HUYSMANS M, et al. Analysing urban green space accessibility and quality: a GIS-based model as spatial decision support for urban ecosystem services in Brussels[J]. Ecosystem Services, 2017, 28(SIC): 328-340.
- [13] 方家,刘颂,王德,等. 基于手机信令数据的上海城市公园供需服务分析[J]. 风景园林, 2017 (11) : 35-40.
FANG Jia, LIU Song, WANG De, et al. Supply-demand service analysis of park in Shanghai by mobile phone signaling data[J]. Landscape Architecture, 2017(11): 35-40.
- [14] BENNETT E M, PETERSON G D, GORDON L J. Understanding relationships among multiple ecosystem services[J]. Ecology letters, 2009, 12(12): 1394-1404.
- [15] AMENT J M, MOORE C A, HERBST M, et al. Cultural ecosystem services in protected areas: understanding bundles, trade-offs, and synergies[J]. Conservation Letters, 2017, 10(4): 440-450.
- [16] TURNER K G, ODGAARD M V, BOCHER P K, et al. Bundling ecosystem services in Denmark: trade-offs and synergies in a cultural landscape[J]. Landscape and Urban Planning, 2014, 125(SI): 89-104.
- [17] RAUDSEPP-HEARNE C, PETERSON G D, BENNETT E M. Ecosystem service bundles for analyzing tradeoffs in diverse landscapes[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2010, 107(11): 5242-5247.
- [18] 裴丹. 绿色基础设施构建方法研究述评[J]. 城市规划, 2012 (5) :84-90.
PEI Dan. Review of green infrastructure planning methods[J]. City Planning Review, 2012(5): 84-90.
- [19] 俞孔坚,李迪华,潮洛蒙. 城市生态基础设施建设的十大景观战略[J]. 规划师, 2001 (6) :9-13, 17.
YU Kongjian, LI Dihua, CHAO Luomeng. Ten landscape strategies to build urban ecological infrastructure[J]. Planners, 2001(6): 9-13, 17.
- [20] 谢高地,张彩霞,张雷明,等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015 (8) :1243-1254.
XIE Gaodi, ZHANG Caixia, ZHANG Leiming, et al. Improvement of ecosystem service value method based on the equivalent factor of unit area value[J]. Journal of Natural Resources, 2015(8): 1243-1254.
- [21] 朱强,俞孔坚,李迪华. 景观规划中的生态廊道宽度[J]. 生态学报, 2005, 25 (9) :2406-2412.
ZHU Qiang, YU Kongjian, LI Dihua. The width of ecological corridor in landscape planning[J]. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(9): 2406-2412.
- [22] 安超,沈清基. 基于空间利用生态绩效的绿色基础设施网络构建方法[J]. 风景园林, 2013 (2) :22-31.
AN Chao, SHEN Qingji. Method of constructing network of green infrastructure based on ecological performance of space utilization[J]. Landscape Architecture, 2013(2): 22-31.