

城市生态空间受损识别与评价研究 ——以北京海淀北部新区、亦庄新城为例

Research on Identification and Evaluation of Urban Damaged Ecological Space: Taking Beijing Haidian North New Area and Yizhuang New City as Examples

牛 萌¹ 刘 华^{2*} 穆晓红¹
NIU Meng¹ LIU Hua^{2*} MU Xiaohong¹

(1. 中国城市建设研究院有限公司, 北京 100120; 2. 中国城市规划设计研究院, 北京 100044)
(1. China Urban Construction Design & Research Institute Co., LTD., Beijing, China, 100120; 2. China Academy of Urban Planning & Design, Beijing, China, 100044)

文章编号: 1000-0283(2024)01-0048-10
DOI: 10. 12193 / j. laing. 2024. 01. 0048. 006
中图分类号: TU986
文献标志码: A
收稿日期: 2023-10-31
修回日期: 2023-12-04

摘 要

识别城市受损生态空间是构建城市绿色基础设施, 实施城市生态修复的关键环节。现有研究集中在宏观尺度的城市生态安全格局构建及微观层面的生态修复技术, 而对城区尺度受损生态空间的辨析及精准识别研究较少。以海淀北部新区和亦庄新城为研究案例, 通过建设期十余年的数据系统研究组团式和集中式城市生态空间动态变化情况, 建立城市受损生态空间识别评价体系并识别评价受损生态空间。结果表明不同空间结构的城市生态空间受损情况有所差异, 生态廊道中河流沿岸的生态空间受损最严重; 而城市受损生态斑块多集中在高级别道路交叉口区域。因此, 城市生态空间优化提升的重点应与城市空间结构特点结合, 保障组团间或城市外围环城绿带, 同时增加内部生态斑块的生物多样性和连接度。

关键词

城市生态空间; 受损; 海淀北部新区; 亦庄新城; 识别与评价

Abstract

Identifying the damaged urban ecological space is the key link of implementing urban ecological restoration and building urban green infrastructure. The existing research focuses on the construction of urban ecological security patterns at the macro scale and the ecological restoration technology at the micro level, while the research on the discrimination and accurate identification of damaged ecological space in cities and districts is less. Taking Haidian Northern New Area and Yizhuang New City as research cases, through the data system of more than ten years' construction period to study the dynamic changes of urban ecological space in clusters and centralized cities, the identification and evaluation system of urban damaged ecological space was established and the damaged ecological space was identified. The results showed that the damage of urban ecological corridors was more serious than that of ecological patches, especially along rivers; The damaged ecological patches in the city are mostly concentrated in the high-class road intersection area and the green space of a single forest type. Therefore, the focus of urban ecological space optimization and improvement should fully reserve the ecological space around rivers and important urban traffic corridors, ensure the connectivity of urban corridors and increase the plant diversity of green space.

Keywords

urban ecological space; damaged; Haidian North New Area; Yi Zhuang New City; identification and evaluation

牛 萌

1984年生/女/河南郑州人/硕士/高级工程师/研究方向为风景园林

刘 华

1984年生/男/江苏盐城人/硕士/高级工程师/研究方向为风景园林

穆晓红

1988年生/女/河北邯郸人/硕士/工程师/研究方向为生态学

*通信作者 (Author for correspondence)
E-mail: 306216102@qq.com

基金项目:
国家“十三五”重点研发计划项目“京津冀城市群生态安全保障技术”(编号: 2016YFC0503003)

市生态空间受损识别与评价成为城市生态修复和人居环境提升的重要基础工作。

城市生态空间不同于国土空间尺度的生态空间，其包括了城市内人工营造的、自然的及半自然的生态空间^[1]。现有城市生态空间的研究内容主要集中在城市生态空间识别、生态空间格局评价及构建、生态空间规划及修复技术等领域^[2]，这些研究在尺度上多聚焦在市域层面，以城市生态空间识别研究为主^[3]，少有涉及受损生态空间的识别与评价；而一些涉及受损生态空间识别的研究则聚焦于具体生态修复项目，如城市内的矿山、河流等，其方法缺少普适性。因此如何构建一个精确识别城市尺度受损生态空间及评估体系，直观反映城市集中建设区内的生态空间受损情况，成为一个亟待解决的科学问题。

文章以北京海淀北部新区和亦庄新城两个不同空间格局的城市化区域为研究对象，构建城市尺度的生态空间受损识别评价体系，分析城市建设过程中生态空间动态变化过程及受损生态空间分布，进而精准识别城市生态空间受损部位及受损程度，并基于城市空间结构模式提出优化建议和改善措施，以期为城市生态修复目标制定、修复措施选择等核心内容提供技术支撑。

1 研究区概况及研究方法

1.1 研究区概况

城市空间结构模式主要包括集中式、组团式和带状式等^[4]。研究区域聚焦北京城市化区域，选取海淀北部新区与北京亦庄新城这两块相对独立的城市集中建设区域作为组团式和集中式城市空间模式的典型代表，其集中建设过程基本集中在近二十年。这两片城市建设区都在规划之初提出了生态空间的目标及规划策略，因此识别该区域的生态空

间受损情况可对比评价研究区的规划实施情况，分析不同城市空间类型生态空间受损的特异性。

海淀北部新区与亦庄新城分别位于北京市的西北部和东南部，都属于城市空间的边缘区域，在北京市城市空间拓展过程中承担着产业转移、生态保障、储备用地等作用。海淀北部新区位于海淀区北部山后地区，占全区总面积的51%，是首都西北部绿色生态屏障的重要组成。北京市政府2010年批复的详细规划中指出，以“一心、一带、多组团”为空间布局，形成典型的组团式空间结构模式。海淀北部新区总面积226 km²，其中建设用地为69 km²，其余70%的面积为蓝绿空间，突出体现了集约用地、生态宜居、环境优美的规划特点^[5]。自2004年海淀区正式提出将北部地区作为海淀新区，至今已开发建设17年，因此本研究选取2004年影像数据作为其建设开发基准年进行研究。

亦庄新城是北京重要的城市组团结构，2005年1月，北京城市总体规划（2004-2020）出台，以北京经济技术开发区为核心向外扩展，规划为北京亦庄新城，因此本研究选取2004年影像数据作为其集中建设基准年进

行研究。2019年11月北京市政府批复了《亦庄新城规划（国土空间规划）（2017年-2035年）》，规划总面积225 km²，建设用地规模133.4 km²，规划构建“一带一廊、四主八副、水贯绿城”的绿色空间结构^[6]。随着新城建设面积不断扩大，其在空间组织模式上呈现出典型的集中式布局特征。

1.2 数据及来源

研究数据主要包括研究区土地利用数据、水质检测数据、规划图纸等（表1）。基于城市尺度选取高精度2.5 m的spot5高分遥感影像，且选取城市集中开发建设前、城市集中开发建设中及城市开发建设平稳阶段等多期影像图用于分析城市开发建设全过程生态空间的动态变化过程。

1.3 技术路线

城市受损生态空间的识别有别于区域尺度生态空间受损识别，需耦合生态空间、社会发展和经济效益等多重城市建设因素，并提高遥感数据精度及分析网格密度保障识别的精准性。分析识别城市生态空间并通过中心度判定其重要性；通过叠加城市用地格栅

表1 研究区主要数据及来源
Tab. 1 Main data and sources of the study area

数据类型 Data type	数据及资料来源 Data and sources	
土地利用 数据	海淀北部新区	海淀北部新区2004年、2009年、2019年三期2.5 m高分影像图
	亦庄新城	亦庄新城2004年、2011年、2019年三期2.5 m高分影像图
水质数据	海淀北部新区	南沙河、东埠头排洪渠、三星庄后河2020年同一月份水质检测报告及抽样点检测报告
	亦庄新城	凉水河、新凤河、通惠河灌渠2020年同一月份水质检测报告及抽样点检测报告
规划资料	海淀北部新区	《海淀北部地区控制性详细规划》（北京市海淀区人民政府官网 http://www.bjhd.gov.cn/ ）
	亦庄新城	《亦庄新城规划（国土空间规划）（2017年-2035年）》（北京经济技术开发区官网 http://kfqgw.beijing.gov.cn/ ）

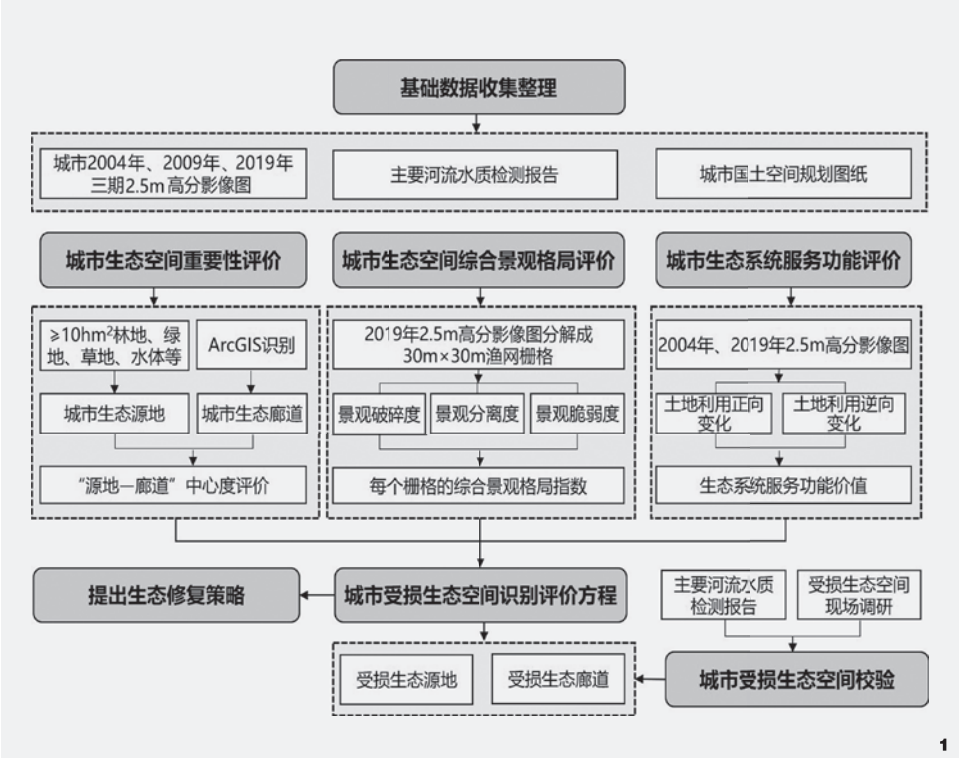


图1 城市生态受损空间识别评价体系
Fig. 1 Spatial identification and evaluation system of urban ecological damage

景观破碎度、分离度和脆弱度来反映人类活动对城市生态空间的干扰情况，表征社会发展与生态空间的关系；通过城市下垫面变化所产生的生态服务价值变量反映城市生态功能的变化，最终综合评价城市生态空间的受损程度，进而推演受损城市生态空间成因，指导生态修复策略（图1）。

2 城市受损生态空间评价方法

2.1 城市生态空间重要性评价

2.1.1 城市重要生态空间识别

将研究范围各期卫星影像图中的林地、城市绿地、草地、水体作为生态源地要素，基于《城市绿地分类标准》（CJJ/T85-2017）中提出的城市综合公园最小面积，将面积大

于10 hm²的生态空间作识别为生态源地。

基于影像图先识别生态源地，并在此基础上运用最小累积阻力模型识别生态斑块之间可形成的生态廊道^[7]。根据不同下垫面类型进行电阻力赋值^[8]（表2），人类影响越大、植被覆盖度越低的地方阻力值越大。

2.1.2 城市生态网络重要性评价

生态源地和廊道的重要性评价可以通过中心度（ P_{de} ）来表征^[9]，运用ArcGIS工具包调用circuitscape程序，量化分析生态源地和最小成本路径维持廊道网络体系整体连通性方面的重要性。

2.2 城市生态空间综合景观格局评价

城市生态空间综合景观格局评价参照王国玉等^[10]的景观格局评价方法，评价要素由景观破碎度、景观分离度、景观脆弱度组成。综合景观格局指数（ E_j ）用以表征城市建设开发情况与生态环境本底的相互作用强度及趋势^[11]，计算见公式（1）。

$$E_j = (C_j k_1 + F_j k_2) U_j A_j / A \quad (1)$$

景观破碎度（ C_j ）用于衡量生态环境受到人为活动侵蚀的程度，计算见公式（2）。

$$C_j = n_j / A_j \quad (2)$$

景观分离度（ F_j ）用于衡量同一景观类型斑块分布的离散程度，斑块分离度越高，抵御风险的能力越小，景观安全性越低，计算见公式（3）。

$$F_j = \sqrt{n_j / A} / 2A_j \quad (3)$$

景观脆弱度（ U_j ）则用于比较不同景观类型遭受外界干扰超出自身的调节能力而表现出对干扰的敏感程度，脆弱度越大表面景观受外界干扰程度越大（表3）。

式中， n_j 表示景观类型j的斑块数量； A_j 表示景观j的面积； k_1 、 k_2 分别表示景观破碎

表2 阻力值详表
Tab. 2 See table for resistance values

下垫面类型 Underlying surface type	阻力值 Resistance value
水域、乔木林	1
灌木林	10
草地、园地	30
耕地	50
裸地、农用设施	90
道路、建筑	100

度和景观分离度的权重，参考相关文献及经验地区试算校核^[11]，取值0.6、0.4；**A**表示单位栅格的总面积。

2.3 城市生态服务功能变化评价

2.3.1 土地利用类型转化

基于城市建设期始、末土地利用数据开展土地利用类型转化分析，形成土地利用类型生态服务价值差值变化矩阵。生态服务价值低的土地利用类型向生态服务价值高的土地利用类型转换为正向转化，反之则为逆向转化。

2.3.2 生态系统服务价值核算

计算不同土地利用类型转化下的生态系统服务价值差额(ΔI)，采用Z-score标准化方法处理，用于衡量城市生态系统功能变化情况。以谢高地等^[12]对中国生态系统服务价值

评估的当量因子法为基础，参考李双成等^[13]提出的京津冀地区不同陆地生态系统单位面积生态系统服务价值表，对北京市生态系统服务价值进行核算，并对单位面积生态系统服务价值量进行校正。以2015年北京市5类主要农作物单类总产量和平均收购价格为基准，计算得出北京市一个标准当量因子的生态系统服务价值量为1 705.49元/hm²，校正后的生态系统服务价值见表4。

2.4 城市生态受损空间识别方法

根据城市生态空间受损评价指数结果，将城市生态空间受损状态分为生态良好、生态维持、中等受损、严重受损4种类型。城市生态空间的受损评价方法参照王国玉等^[14]研究的城市群受损空间评价方法，计算得出城市生态空间受损评价指数，见公式(4)。

$$U_{de} = \left(\frac{\sum_{i=1}^n E_i \Delta_{ii}}{n} \times 0.6 + \frac{n}{m} \times 0.4 \right) \times P_{de} \quad (4)$$

式中，*U_{de}*为城市生态空间受损评价指数，*m*为生态斑块或生态廊道中栅格总数量，*n*为生态斑块或生态廊道中发生土地利用变化的栅格数量，0.6、0.4为经验常数，*E_i*为景观综合格局指数，Δ_{*ii*}为土地利用变化生态服务差值，*P_{de}*为生态源地或廊道的重要性指数。

3 结果与分析

3.1 生态空间识别与重要性分析

3.1.1 识别结果

综合海淀北部新区和亦庄新城的三期高分影像图生态源地识别结果，两个研究区内的生态源地数量均呈现先上升后下降的趋势。海淀北部新区2004年筛选出生态源地5处，2009年有14处，2019年有9处；亦庄新

表3 不同景观类型景观脆弱度权重值
Tab. 3 Weight value of landscape vulnerability of different landscape types

景观类型 Landscape type	园地 Garden plot	耕地 Arable land	裸地 Bare land	建筑用地 Con-struction	水域 Water	草地 Grass land	乔木林 Arboreal fores	灌木林 Shrub-bery
权重值	0.15	0.12	0.01	0.08	0.22	0.14	0.13	0.15

表4 校正后的不同土地利用类型单位面积生态系统服务价值（单位：元/hm²）
Tab. 4 Corrected ecosystem service value per unit area of different land types

生态系统服务价值 Value of ecosystem services		耕地 Arable land	林地 Woodland	草地 Grassland	水域 Water	裸地 Bare land
供给服务	食物生产	1 884.57	430.64	397.948	1 364.39	0
	原料生产	417.845	989.18	585.552	392.263	0
	水资源供给	-2 225.7	511.65	324.043	14 138.5	0
调节服务	气体调节	1 517.89	3 253.2	2 057.96	1 313.23	34.1098
	气候调节	793.053	9 734.1	5 440.51	3 905.57	0
	净化环境	230.241	2 852.4	1 796.45	9 465.47	170.549
	水文调节	2 549.71	6 370	3 985.16	174 369	51.1647
支持服务	土壤保持	886.855	3 961	2 507.07	1 586.11	34.1098
	维持养分循环	264.351	302.72	193.289	119.384	0
	生物多样性	289.933	3 607.1	2 279.67	4 349	34.1098
文化服务	美学景观	127.912	1 581.8	1 006.24	3 223.38	17.0549

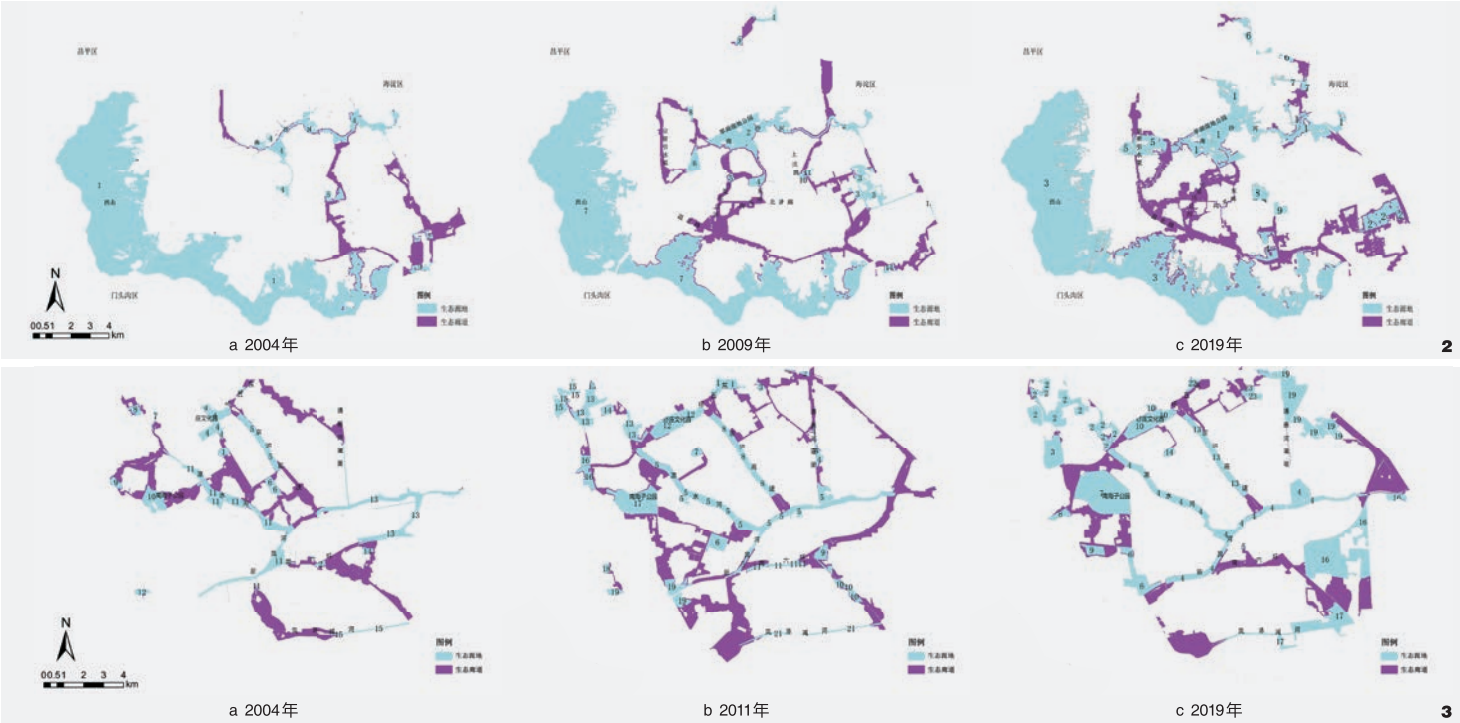


图2 海淀北部新区生态源地及生态廊道分布
Fig. 2 Distribution of ecological sources and ecological corridors in Haidian North New Area

图3 亦庄新城生态源地及生态廊道分布
Fig. 3 Distribution of ecological sources and ecological corridors in Yizhuang New City

城2004年筛选出生态源地15处，2011年源地有21处，2019年源地有17处（图2）。

根据三期数据所提取的源地，海淀北部新区内的生态源地面积有所增加；较为重要的源地主要集中在西部，主要为西山一带的凤凰岭风景区、阳台山自然风景区和鹫峰国家森林公园。其他主要的源地还有中部的南沙河和翠湖湿地公园等。亦庄新城内的源地主要集中在中部和西北部，为凉水河沿岸绿带、京沪高速沿线绿带以及东五环周边的城市公园。2011年至2019年研究区域南部生态环境改善，2019年南部出现面积大而且完整的源地斑块（图3）。

整体来看，海淀北部新区的生态廊道面积持续增加，结构趋于清晰。2004年廊道的类型主要为穿越城市斑块的带状绿地与公路

旁的植被绿化带；2009年廊道网络初见雏形；2019年海淀北部新区西侧生态廊道网络化增强，京密引水渠原来不连续的廊道空间已形成完整廊道，东侧沿G7京新高速也形成了生态廊道，基本与京密引水渠形成一个外围环形廊道。

亦庄新城生态廊道呈现从中心到外围的变化特征，2004年生态廊道主要分布在中部和北部，京沪高速与凉水河之间，南六环与风港减河之间，以带状绿地为主。2011年随着生态源地的增多，廊道网络逐渐完善，尤其是南海子公园周边的生态廊道网络逐渐成型；2019年随着源地面积的增加和连片建设，部分生态廊道被生态源地取代，因此较2011年有所减少，而围绕城市外围的环城绿带已初步成型。

3.1.2 重要性分析与评价

根据源地中心度评价结果，海淀北部新区较为重要的源地主要集中在西部，即西山一带的一系列风景区和森林公园。源地整体的空间分布状态体现为西部、中部生态源地的中心度高于北部、东部。亦庄新城中部和西部的生态源地中心度较高，具体为凉水河沿岸绿带、京沪高速沿线绿带及东五环周边的城市公园；南部生态源地中心度较低（图4）。

根据廊道中心度评价结果，海淀北部新区的廊道较窄，且在斑块破碎度较高的地区出现了“夹点”。京密引水渠中部与三星庄后河相连两条廊道连接了西山与南沙河，廊道中心度最高。亦庄新城内最北侧与最东侧的五环、京津高速沿线的廊道中心度较高，但

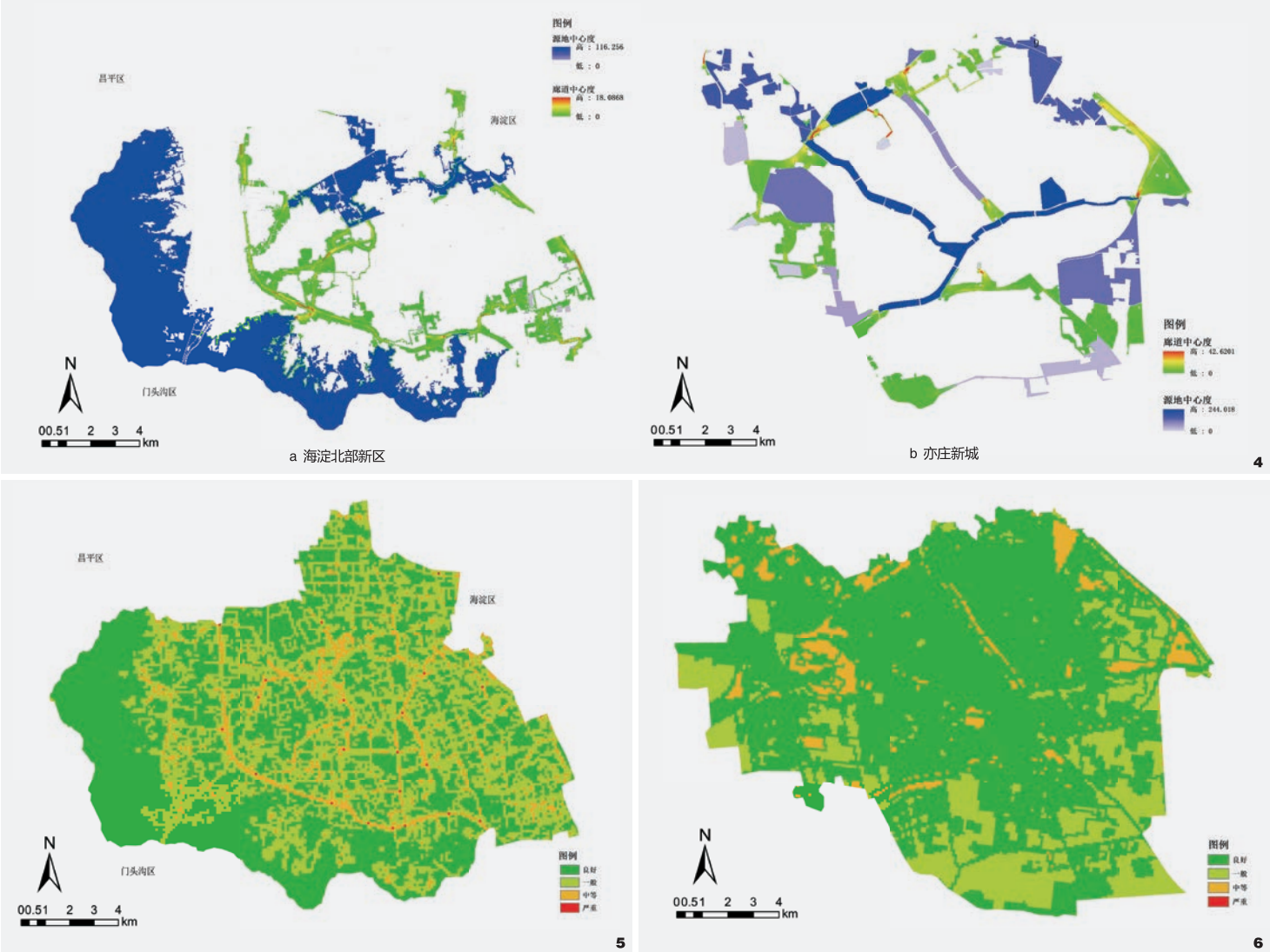


图4 “源地—廊道”中心度评价
Fig. 4 Evaluation on the centrality of "source - corridor"

图6 亦庄新城综合景观格局评价
Fig. 6 Comprehensive landscape pattern evaluation of Yizhuang New City

图5 海淀北部新区综合景观格局评价
Fig. 5 Evaluation of comprehensive landscape pattern in Haidian North New Area

廊道空间较窄，阻力值大。

3.2 综合景观格局评价

将研究区土地利用情况按照5 m×5 m的渔网栅格进行划分，分别计算每个栅格的综合景观格局指数，最终得出研究范围的综合景观格局指数情况。基于2019年高分影像图分析评价结果可知，海淀北部新区综合景观

格局指数高于亦庄新城，表明海淀北部新区人类与环境作用关系剧烈，生态环境面临的压力更大，由于近十年为集中建设期几个片区组团的建设同步开展，人类活动对生态环境的影响也呈现均质化，整个区域的景观格局受城市建设扰动呈现退化趋势（图5）。亦庄新城的综合景观格局指数相对较低，景观格局整体良好，城市开发建设主要集中在

2004-2011年，而2011后城市建设强度降低，城市建设区域趋于稳定，因此人类活动对生态环境的干扰程度影响较小。仅在南五环清水湖附近和西南部南六环附近呈现较高的干扰程度，旺兴湖公园附近及凉水河与通惠河灌区交界区域受到人类干扰较大，其他区域呈现出一一般向好的趋势（图6）。

分析结果可知，海淀北部新区蓝绿空间

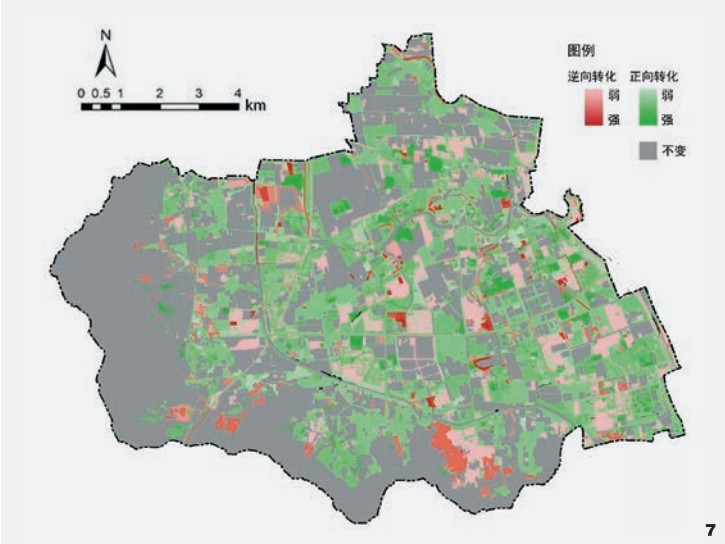


图7 海淀北部新区土地利用转化图
Fig. 7 Landuse change map in Haidian North New Area



图8 亦庄新城土地利用转化图
Fig. 8 Landuse change map of Yizhuang New City

面积要大于亦庄新城，而其受干扰程度则亦大于亦庄新城。从新城建设历程分析可见，亦庄新城于1992年开始建设，1992-2003年是建设相对集中的十年，但建设范围集中对周围生态环境干扰较小。自2004年至2019年，规划范围虽然由45.6 km²扩展到225 km²，但城市建设用地变化小，景观格局相对稳定。而海淀北部新区于2008年开始建设，2009-2019年是建设相对集中的十年，大量的村庄拆迁、土地出让、园区建设同步开展，用地类型相对杂乱、破碎，用地变化大，景观格局处于不断变化中，因此评价结果为受人类干扰较大。

3.3 城市生态服务功能变化分析

综合分析海淀北部和亦庄新城2004年至2019年的土地利用变化状况，海淀北部新区有31.25%的土地发生了正向转化，亦庄新城有37.31%的土地发生了正向转化，两个区域发生正向转化的比例均高于逆向转化，整体

城市生态服务功能发展向好，一定程度上践行了生态宜居和绿色生态示范区的规划定位。在正向转化中，耕地转化为林地、草地，建设用地转化为草地的比例均大于2%，城市生态服务功能向好趋势明显。其中，海淀北部新区有9.36%的耕地、1.59%的草地、18.53%的建设用地和1.77%的裸地发生正向转化，建设用地转化为草地的占比最高，为15.89%；耕地转林地的占比次之，为7%（图7）。亦庄新城有23.56%的耕地、3.00%的草地、7.31%的建设用地和3.44%的裸地发生正向转化，耕地转化为草地的占比最高，为17.99%；耕地转化为林地的占比次之，为5.22%（图8）。

此外两个区域均有土地逆向转化，海淀北部地区有10.79%的土地发生了逆向转化，亦庄新城有5.12%的土地发生了逆向转化，且耕地向建设用地的转化比例均较高，分别为9.81%和4.08%，表明两个典型城市片区在开发建设过程中，对耕地的开发利用远高于其他土地类型。

3.4 城市生态空间受损评价

3.4.1 生态源地受损情况评价

将以上分析结果带入城市受损生态空间评价方程，得到生态空间受损识别结果（表5）。海淀北部新区西部生态源地为主要受损严重区域，分布在西部白虎涧自然风景区—北京香山公园一带（图9）。中东部地区翠湖湿地到南沙河区域生态状态一般，虽受城市发展影响，但生态空间状态维持较好。亦庄新城受损的生态源地主要为凉水河区域，且受损严重，凉水河支流、新凤河到凉水河路南端绿地斑块出现中等受损现象（图10）。

3.4.2 生态廊道受损情况评价

从海淀北部新区受损生态廊道评价结果来看，京密引水渠北段与南沙河交汇处呈现严重受损，中段中关村科技园区段有部分区域严重受损，G7高速北沙河至南沙河段也存在严重受损现象，在北清路以北上庄路附近存在生态廊道中度受损现象（表6）。

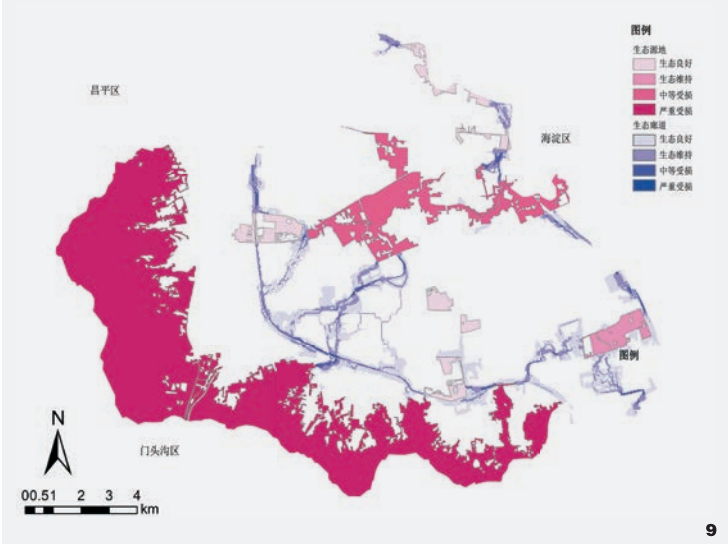


图9 海淀北部受损生态空间识别结果
Fig. 9 Identification results of damaged ecological space in in Haidian North New Area



图10 亦庄新城受损生态空间识别结果
Fig. 10 Identification results of damaged ecological space in Yizhuang New City

从亦庄新城受损生态廊道评价结果来看，南五环大羊坊北桥、南五环与凉水河交叉北侧、清水湖至博大公园、亦庄火车站附近出现严重受损；南六环马驹桥附近呈现中等受损。整体来看，亦庄新城生态廊道生态维持良好，局部区域有中等至严重受损特

征，整体呈现良好趋势。

4 城市生态空间格局优化提升策略

4.1 组团式城市生态格局优化

海淀北部新区位于整个北京市的西北部，不仅是海淀区重要的绿色基础设施更承

担着首都西北部生态屏障的重要功能，因此其生态格局优化一方面需要建立自身的生态网络与外部城市生态空间的有机联系。同时组团式的城市结构为城市内部生态空间网络的构建奠定了结构性基础，应加强组团内部及组团之间的生态空间联系^[15]。尤其在穿越

表5 生态源地受损占比情况
Tab. 5 The proportion of ecological source damaged

受损状况 Damaged condition	生态良好 Good ecological condition	生态维持 Ecological mainte-nance	中等受损 Moderately damaged	严重受损 Severely damaged
海淀北部地区面积/hm ²	421.11	162.993	867.419	5 174.81
海淀北部地区比例/%	6.36	2.46	13.09	78.09
亦庄新城面积/hm ²	2 194.42	445.741	143.88	554.264
亦庄新城比例/%	65.73	13.35	4.31	16.61

表6 生态廊道受损占比情况
Tab. 6 The proportion of ecological corridor damaged

受损状况 Damage condition	生态良好 Good ecological condition	生态维持 Ecological mainte-nance	中等受损 Moder-ately damaged	严重受损 Severely damaged
海淀北部地区面积/hm ²	16 904	5 230	1 186	116
海淀北部地区比例/%	72.13	22.32	5.06	0.49
亦庄新城面积/hm ²	71 579	17 536	2 424	111
亦庄新城比例/%	78.11	19.13	2.64	0.12

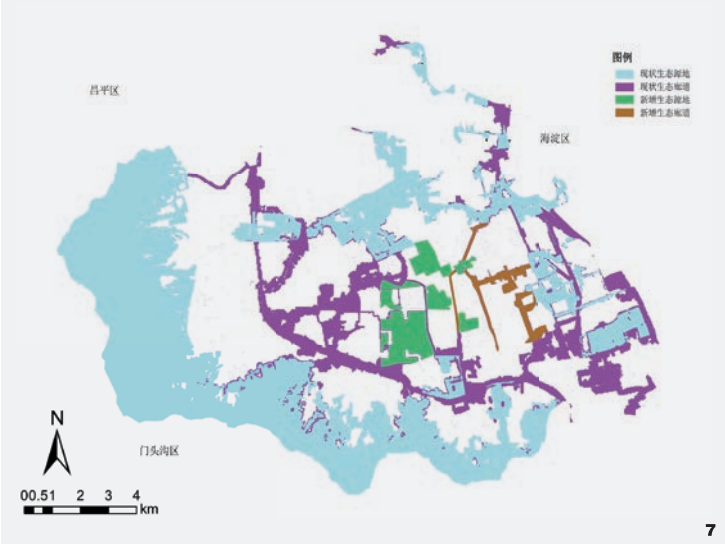


图11 海淀北部新区生态空间格局优化
Fig. 11 Optimization of ecological spatial pattern in Hai Dian North New Area



图12 亦庄新城生态空间格局优化
Fig. 12 Optimization of ecological spatial pattern of Yizhuang New City

多个组团的重要河流及交通廊道沿线如南沙河、京密引水渠、六环路等生态敏感区，应划定河流全段蓝线和生态控制线，上游要充分预留生态空间，保护河流自然形态，扩大源头河流生态控制范围，提高生物多样性。中下游城市段应结合河流两侧绿地建设控制开发强度，逐步恢复河流的自然形态和驳岸岸线^[16]，而在组团内部则应构建各组团的绿色隔离带或绿色廊道，如上庄路两侧宽约100 m的绿带是永丰产业组团和生态科学园组团之间的隔离绿带，充足的绿带宽度一方面保证了组团建设有序发展，另一方面构建了城市内部生态网络，增强城市生态系统的稳定性(图11)。

城市生态系统不仅要保障充足合理的生态空间，更要提升生态空间的效益。海淀北部新区有70%的绿色空间，然而大部分绿色空间仅以单一树种的造林形式实现，生态效益低。应最大程度保留生态空间原有生境，或通过适度人工干预营造多样化的生境来提

高绿地的生态效益。通过增加乡土植物种类、丰富植物群落类型来优化原有单一树种的防护林地，构建健康的城市生态系统^[17]。

4.2 集中式城市生态格局优化

集中式城市生态空间格局以“环城绿带+分散式公园绿地”为主，环城绿带用于控制城市建设空间的进一步扩张，分散式公园则成为城市内主要的生态源地^[18]，而在各生态源地之间则应构建带状绿地或绿色通道，形成链接生态源地的生态廊道。根据对亦庄新城生态空间受损情况的分析，其城市建设基本落实了规划的“一带一廊、四主八副”的绿色空间结构，但其廊道预留宽度不足导致其受损生态空间主要集中在外部京津高速环城绿带及内部凉水河、新风河河流两侧生态廊道。

对于环城绿带应在规划阶段预留充分的生态空间，包括城市周边的快速路、高速路、河流等环城绿带，尽量保留生态空间的

原始生境或营造近自然的植物群落，保障其生物多样性与生态稳定性^[19]。环城绿带应具备一定的宽度，保证城市建设区与生态空间之间的过渡，避免出现先开发再修复的问题。

而城市内部的分散式公园由于规划实施情况较好且斑块面积较大，呈现的生态状况良好，受损情况较少。其生态空间优化的重点在于增补关键连接廊道，改善生态源地之间的连通性，尤其是被城市道路“寸断”的河流、绿带等生态空间，要建立连接点，整合破碎化的分散斑块，避免形成生态孤岛^[20]，建立生态源地与环城绿带之间的连通廊道(图12)。

5 结语

总体上看，城市生态空间的受损情况与城市开发建设强度和规划落地情况紧密相关，从以上两个研究区域可见，城市建设较重视大型绿地斑块的建设，而城市生态廊道空间存在规划与实施情况差距较大的问

题，尤其在高密度建设区，城市建设用地与城市生态廊道用地交叉度较高，廊道的宽度和连通性不足直接导致生态空间受损较多，破碎化程度也相应提升。而城市大型斑块虽然建设实施情况较好，但也存在斑块内同质化程度高，植被多样性较低，以及斑块之间连通性较弱等问题。组团式城市开发建设受各组团建设强度影响较明显，容易出现组团之间生态空间受损差异较大的问题，而集中式城市格局则呈现“一荣俱荣、一损俱损”的情况，且集中式城市格局的斑块建设优于廊道建设，因此受损生态空间多集中在廊道空间。

注：文中图表均由作者绘制。

参考文献

[1] 王甫园. 城市生态空间研究进展与展望[J]. 地理科学进展, 2017, 36(2): 207-218.

[2] YANG J, BAEK S. Research on the Urban Ecological Space Changes under Modern Passive Industrialization Case Study of Zhengzhou City in China[J]. Architectural Research, 2021, 23(2): 29-37.

[3] HONG W Y, JIANG R R, YANG C Y, et al. Establishing an Ecological Vulnerability Assessment Indicator System for Spatial Recognition and Management of Ecologically Vulnerable Areas in Highly Urbanized Regions: A Case Study of Shenzhen, China[J]. Ecological Indicators, 2016(69): 540-547.

[4] 林凯旋. 从混沌到秩序当代大城市都市区空间结构的转型与重组[D]. 武汉: 华中科技大学, 2019.

[5] 徐春财. 海淀北部: 正在全力建设生态科技新区[J]. 中关村, 2012(04): 56-57.

[6] 北京经济技术开发区. 《亦庄新城规划(国土空间规划)(2017-2035)》[EB/OL]. [2019-12-21][2022-8-20]. http://kfqgw.beijing.gov.cn/zwgk/fq/zfxxgk/fdzdgknr/ghxx/ghxx/202011/t20201123_2569721.html

[7] 宋利利, 秦明周. 整合电路理论的生态廊道及其重要性识别[J]. 应用生态学报, 2016, 27(10): 9.

[8] 王慧. 县域生态安全格局关键地段识别研究[D]. 北京: 中国矿业大学, 2018.

[9] 潘竞虎, 王云. 基于CVOR和电路理论的讨赖河流域生态安全评价及生态格局优化[J]. 生态学报, 2021, 41(7): 2582-2595.

[10] 王国玉, 白伟岚, 熊筱, 等. 京津冀城市群生态空间受损识别研究[J]. 城市规划, 2021, 45(08): 9-19.

[11] 王云才, 吕东, 彭震伟, 等. 基于生态网络规划的生态红线划定研究——以安徽省宣城市南漪湖地区为例[J]. 城市规划学刊, 2015(03): 28-35.

[12] 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): 12.

[13] 李双成. 生态系统服务地理学[M]. 北京: 科学出版社, 2014.

[14] 王国玉, 白伟岚, 穆晓红, 等. 一种城市群生态空间受损识别方法: CN201910598917.9[P]. 2020-5-26.

[15] 王海燕. 基于紧凑型的多中心组团式城市发展策略研究[D]. 长沙: 中南大学, 2009.

[16] 龙宏, 王纪武. 基于空间途径的城市生态安全格局规划[J]. 城市规划学刊, 2009, 184(06): 99-104.

[17] 王爽, 唐婉, 张英杰, 等. 北京市四季青镇城市防护林树种选择与群落配置[J]. 北京林业大学学报, 2010, 32(S1): 115-119.

[18] 姜文婷. 北京亦庄新城: 面向职住平衡的开发区转型发展研究[D]. 北京: 清华大学, 2014.

[19] 汤西子, 邢忠. 融合城市边缘区半自然环境保护的环城绿带建设研究[J]. 风景园林, 2021, 28(02): 90-95.

[20] 宫聪. 绿色基础设施导向的城市公共空间系统规划研究[D]. 南京: 东南大学, 2018.