

北京城市绿地系统景观多样性分析

吴丽娟 周 亮 王新杰 李俊清

(北京林业大学资源与环境学院)

摘要:城市绿地系统景观多样性是城市景观生态系统研究的重要内容. 运用景观生态学的原理, 在 GIS 支持下对北京五环内城市绿地景观斑块的等级与分布、空间结构的度量进行了研究和分析, 并对该市的城市绿地景观按城市梯度进行了综合评价. 研究表明, 北京五环内城市绿地斑块 18 470 个, 绿地面积 11 023.29 hm^2 , 斑块数以面积小于 3 000 m^2 的中小型斑块为主, 占总数的 72%, 绿地面积以面积大于 3 000 m^2 的大中型和大型斑块为主, 占总面积的 86.64%; 北京五环内城市绿地斑块密度为 167.6 个/ km^2 , 边缘密度为 2.58 m/hm^2 , 景观多样性指数为 1.32, 均匀度为 0.82; 城市绿地景观格局沿城市梯度呈一定的规律性变化, 总体表现为人类活动干扰增强, 绿地景观破碎化加剧, 景观多样性降低, 分布较为均匀, 整体绿地景观受面积影响较大; 主要景观类型之间景观特征差异明显, 随着人类干扰的增强, 景观类型斑块边缘密度加大, 破碎化严重. 平均斑块面积公园绿地最高, 斑块密度附属绿地最高, 斑块形状附属绿地最为复杂, 斑块的聚集程度以公园绿地最高.

关键词:城市绿地, 景观多样性, 北京

中图分类号:X176 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2007)02-0088-06

WU Li-juan; ZHOU Liang; WANG Xin-jie; LI Jun-qing. **Landscape diversity of urban greenland system in Beijing.** *Journal of Beijing Forestry University* (2007) **29**(2) 88-93 [Ch, 9 ref.] College of Natural Resources & Environment, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

Landscape diversity of urban greenland system is a key matter of the study of landscape ecosystem in a city. By using landscape ecology theory, under the support of GIS, the rank, distribution and space structural measurement of urban greenland patches within the 5th ring road of Beijing were analyzed, and an integrated evaluation of the urban greenland landscape along the city gradient was carried out. The results show that there are 18 470 patches of green space within the 5th ring road, covering an area of 11 023.29 hm^2 . 72% of the patches are middle and small size. However, 86.64% of the total area is made up of middle-large and large patches, whose areas are more than 3 000 m^2 . The patch density is 167.6 ones/ km^2 , edge density is 2.58 m/hm^2 , landscape diversity index is 1.32 and landscape evenness index is 0.82. The urban greenland landscape structure shows regular difference with the urban gradient. Overall, it manifests that with increasing human activity disturbance, accelerating landscape fragmentation and less landscape diversity, the whole landscape is controlled by a few landscapes. Acreage exerts a great impact on the whole landscape, which is well-distributed. Landscape characteristics vary greatly among the major types of landscape. With increasing human disturbance, the edge density of landscape genre is growing and fragmentating. The average patch area of the park green space is the highest, while the affiliated green space has the highest patch density and the highest complexity. Still, the park green space has the highest assembly degree.

Key words urban greenland, landscape diversity, Beijing

景观多样性(landscape diversity)是指由不同类型的景观要素或生态系统构成的景观在空间结构、功能机制和时间动态方面的多样性或变异性^[1], 根

据其研究内容可分为斑块多样性、类型多样性和格局多样性 3 种类型. 斑块多样性是指景观中斑块的数量、大小、斑块形状的多样性和复杂性; 类型多样

收稿日期: 2006-03-22

<http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目: 北京市教育委员会共建项目(XK100220555).

第一作者: 吴丽娟, 博士. 主要研究方向: 恢复生态学. 电话: 010-62337704 Email: wulijuan@bjfu.edu.cn 地址: 100083 北京林业大学资源与环境学院.

责任作者: 李俊清, 教授. 主要研究方向: 生物多样性保护、恢复生态学. 电话: 010-62338100 Email: lijq@bjfu.edu.cn 地址: 同上.

性是指景观类型的丰富度和复杂度；格局多样性是指景观类型空间分布的多样性及各类型之间以及斑块与斑块之间的空间关系和功能联系^[1]。

城市绿地是城市景观要素之一，城市植被是一种特殊景观类型，在城市景观中处于重要的地位，具有其独特的结构和功能。城市绿地系统是一个由各类城市绿地相互联系组合而成的城市绿色环境体系，是一个高度人为干扰形成的景观，具有高度的空间异质性，景观要素间的流动复杂，而且景观变化迅速^[2]。在遥感和GIS技术的支持下，对城市绿地系统的分析与度量有了定量的认识，从原来的定性描述发展到定量分析的模型预测，通过运用各种定量指标，分析城市绿地的景观空间分布格局^[3-4]。城市绿地景观多样性分析不仅是了解城市绿地景观现状的基础资料，更是完善城市绿地景观规划的重要依据^[5]。为了揭示城市绿地景观格局特征的现状和破碎化程度，本文以北京五环内城市绿地景观为对象，对城市绿地景观组分的数量特征进行分析，阐明各个景观组分间的特征差异，评价景观破碎化程度，进而揭示各个组分在整个景观中地位和作用的差异，并为生物多样性保护研究奠定基础。

1 研究区域概况

首都北京是有着3 000多年建城史和800多年建都史的历史文化名城和世界著名古都，也是有着1 300多万人口的综合性特大城市。北京市五环以内面积为652.2 km²，北京五环内城市绿地类型主要是公园绿地、附属绿地和少量的生产绿地和防护绿地，大型绿地主要集中在2环内和城市西北部。

2 研究方法

2.1 景观要素分类

本研究选用的是2004年6月2日的SOPT5卫星影像，经加拿大PCI Geomatica软件处理，由全色2.5 m和多光谱10 m图像融合而成，比例尺为1:50 000。在ArcGIS支持下，对北京五环内城市绿地进行手工解译勾绘，赋予每一绿地斑块相关属性，并用Spatial Analyst将矢量数据转换成栅格数据，景观粒度为5 m×5 m，提取绿地最小面积为25 m²。然后通过GIS统计分析功能和FRAGSTATS景观指数计算软件，对勾绘的绿地斑块求面积，划分面积等级，统计不同面积等级绿地斑块数量，并进行景观指数计算。

北京城市结构为“圈层+放射状”网络结构，城市被环路分割，形成“同心圈层”，即2环内、2~3环、3~4环、4~5环，本文尝试从北京五环内的4个

圈层来研究城市绿地景观类型的空间分布格局，并探讨这4个圈层绿地景观结构与人类活动的关系。

按照国家《城市绿地系统分类标准》(CJJ/T85—2002)^[6]和北京五环内城市绿地实际情况，根据研究目的，将北京五环内城市绿地分为公园绿地、附属绿地(居住区、单位、公共设施)、道路和堤岸绿地(道路、街头、河渠堤岸)、其他绿地(3种绿地以外的绿地)。

为了更准确地反映城市绿地特征，根据北京城市绿地特点，参考上海城市绿地景观格局研究^[7]，将绿地面积划分为小型斑块(<500 m²)、中型斑块(500~3000 m²)、中大型斑块(3 000~10 000 m²)、大型斑块(>10 000 m²)。

2.2 景观格局指数

根据北京城市绿地景观特征运用下列景观特征指数分析北京城市绿地景观结构特征，以研究景观结构与人类活动的关系。

2.2.1 斑块平均面积

用来描述景观粒度，在一定意义上揭示景观破碎化程度，包括整个景观的斑块平均面积(MPS)和单一景观类型的斑块平均面积(MPSi)。

MPS = A / N * 10^6 (1)

式中，A为景观中所有斑块的总面积(m²)，N为斑块总数。

2.2.2 斑块密度PD

反映景观的破碎化程度，同时反映景观空间异质性程度。PD值愈大，破碎化程度愈大，空间异质性程度愈大^[8]。单位为斑块数/km²。

PD = N / A (2)

2.2.3 周长-面积比分维数PAFRAC

主要是定量描述其核心面积的大小及其边界线的曲折性，其中周长-面积比分维数值越大，景观形状越复杂。

PAFRAC = (2N * sum_{i=1}^m sum_{j=1}^n ln P_ij^2 - 2 * (sum_{i=1}^m sum_{j=1}^n ln P_ij)^2) / (N * sum_{i=1}^m sum_{j=1}^n ln P_ij * ln a_ij - sum_{i=1}^m sum_{j=1}^n ln P_ij * sum_{i=1}^m sum_{j=1}^n ln a_ij) (3)

式中，P_{ij}为第i景观类型第j个斑块周长，a_{ij}为第i景观类型第j个斑块面积，m为景观类型总数，n为景观斑块总数。

2.2.4 边缘密度ED

用于揭示景观或类型被边界分割的程度，是景观破碎化程度的直接反应，边界密度越高，反映景观破碎度越高。同时边界密度越大，表明景观(类型)的边缘效应显著，开放性强，易于同周围斑块的物质

能量流通. 单位: m/hm^2 .

$$ED = \frac{E}{A} 10^6 \tag{4}$$

式中, E 为景观中所有斑块边界总长度(m).

2.2.5 聚集度指数 AI

反映景观组分可能的最大邻近度. 景观中的同类型斑块被最大程度的离散分布时, 其聚集度为 0; 景观中的同类型斑块被聚合成一个单独的、结构紧凑的斑块时, 聚集度为 100.

$$AI = \left[\frac{g_{ii}}{\max \rightarrow g_{ii}} \right] \times 100 \tag{5}$$

式中, g_{ii} 为景观类型 i 的斑块之间的邻接数量, $\max \rightarrow g_{ii}$ 为景观类型 i 的斑块之间的最大邻接数值.

2.2.6 Shannon 多样性指数 $SHDI$

反映景观要素的多少及各景观要素所占比例的变化.

$$SHDI = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \tag{6}$$

式中, P_i 为第 i 种景观类型在景观里的面积比例.

2.2.7 Shannon 均匀度指数 $SHEI$

描述景观中不同景观类型的分配均匀程度.

$$SHEI = \frac{- \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i}{\ln m} \tag{7}$$

2.2.8 景观连接度指数 $COHESION$

也称景观导度指数, 是测量景观类型的空间连接度的指数, 值越大, 说明景观的空间连通性越高.

$$COHESION = \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij}}{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n p_{ij} \sqrt{a_{ij}}} \right] \left(1 - \frac{1}{\sqrt{A}} \right) \times 100 \tag{8}$$

3 结果与分析

3.1 城市绿地系统景观斑块组成和分布

统计结果表明, 北京城市绿地景观共有 18 470 个斑块, 总面积 $11\,023.29\text{ hm}^2$, 北京五环内绿化覆盖率为 17%, 其中 2 环内和 2~3 环之间绿化覆盖率均达 23% 以上, 而 3~4 环之间仅为 13%.

3.1.1 4 个圈层绿地景观斑块组成

从表 1 可知, 在北京城市绿地系统中, 2 环内绿地斑块数占总斑块数的 19.42%, 斑块面积却只占绿地总面积的 13.47%, 而 4~5 环绿地斑块数占总斑块数的 32.28%, 斑块面积占绿地总面积的 47.17%. 2 环内由于人为活动干扰严重, 绿地斑块破碎化严重; 斑块平均面积沿距城中心由近至远呈递增趋势.

表 1 北京五环内绿地系统景观斑块分布

TABLE 1 Distribution of vegetation patches within the 5th ring road in Beijing

环带区	斑块		面积		平均斑块面积/ hm^2
	数量/个	百分比/%	数量/ hm^2	百分比/%	
2 环内	3 587	19.42	1 484.9	13.47	0.41
2~3 环	4 517	24.46	2 084.44	18.91	0.46
3~4 环	4 403	23.84	2 254.14	20.45	0.51
4~5 环	5 963	32.28	5 199.81	47.17	0.87
合计	18 470	100.00	11 023.29	100.00	

3.1.2 城市绿地景观斑块大小结构

从表 2 可知, 北京五环内绿地中中型斑块数量最多, 大型斑块面积最大. 从整体看, 北京城市绿地破碎化程度比较严重, 面积小于 $3\,000\text{ m}^2$ 的斑块, 中、小型斑块占绿地斑块总数的 72%, 而面积只占总面积的 13.36%; 中大、大型绿地斑块 (面积大于 $3\,000\text{ m}^2$) 虽然数量少, 占绿地斑块总数的 28%, 但面积占总面积的 86.64%, 是改善城市环境质量和承载城市生物多样性的主体.

表 2 北京五环内绿地斑块面积等级组成

TABLE 2 Composition of patch size classes within the 5th ring road in Beijing

斑块等级	斑块		面积	
	数量/个	百分比/%	数量/ hm^2	百分比/%
小斑块	2 998	16.23	99.05	0.90
中斑块	10 310	55.82	1 373.16	12.46
中大斑块	3 399	18.40	1 808.35	16.40
大斑块	1 763	9.55	7 742.73	70.24
合计	18 470	100.00	11 023.29	100.00

3.1.3 景观类型的组成及分布

从表 3 可知, 北京城市绿地系统中, 附属绿地占景观斑块总数的 77.59%, 面积占 41.29%, 平均斑块面积为 0.32 hm^2 ; 公园绿地仅占斑块总数的 0.38%, 绿地面积占 21.47%, 平均斑块面积为 33.81 hm^2 .

表 3 北京五环内绿地系统景观类型组成

TABLE 3 Composition of vegetation landscape types within the 5th ring road in Beijing

绿地类型	斑块		面积/ hm^2		平均斑块面积/ hm^2
	数量/个	百分比/%	数量/ hm^2	百分比/%	
公园绿地	70	0.38	2 366.67	21.47	33.81
附属绿地	14 331	77.59	4 551.52	41.29	0.32
道路水系 堤岸绿地	3 314	17.94	3 148.51	28.56	0.95
其他	755	4.09	956.59	8.68	1.27
合计	18 470	100.00	11 023.29	100.00	

3.2 4 个圈层景观特征

在地理信息系统的支持下, 借助统计软件, 根据景观指数公式以此计算出景观斑块密度、边缘密度、景观多样性指数、景观均匀度指数、连接度、聚集度.

3.2.1 斑块密度和边缘密度

图 1 显示, 从北京城市中心到城乡过渡带, 城市绿地斑块密度递减. 2 环内的绿地受人类活动影响

最为强烈,斑块密度高达 241.57 个/km²,斑块密度增加,景观异质性增高.

边缘密度指景观中单位面积的边缘长度,反映景观的破碎程度. 图 2 显示,从北京城市中心到城乡过渡带城市绿地边缘密度递减. 2 环内的破碎程度最大,其边缘密度达 5.34 m/hm²,4~5 环带的破碎程度最小,边缘密度为 1.4 m/hm².

渡带,景观均匀度指数递减,但差异不大,城市绿地的整体分布还是比较均匀的.

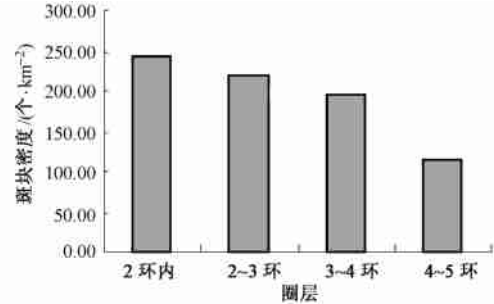


图 1 不同圈层的斑块密度

FIGURE 1 Patch density of various rings

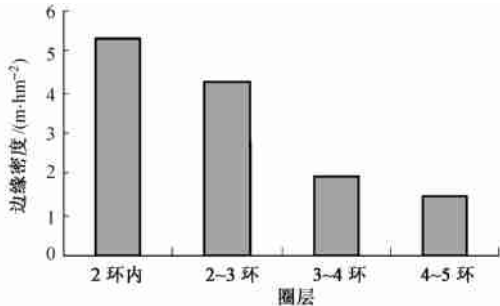


图 2 不同圈层的边缘密度

FIGURE 2 Edge density of various rings

3.2.2 景观多样性指数和均匀度

景观多样性指数反映一个景观中不同景观类型分布的均匀化和复杂化的程度. 图 3 显示,从北京城市中心到城乡过渡带,景观多样性指数递增. 2 环内的景观指数最低为 1.03,绿地类型少,有公园绿地、附属绿地和道路水系堤岸绿地;4~5 环的景观多样性指数最高为 1.39,期间分布有一定数量的其他绿地(生产绿地、防护绿地、专用绿地等),丰富了景观类型,提高了景观多样性.

景观均匀度反映景观分配是否均匀,主要景观的控制程度. 图 4 显示,从北京城市中心到城乡过

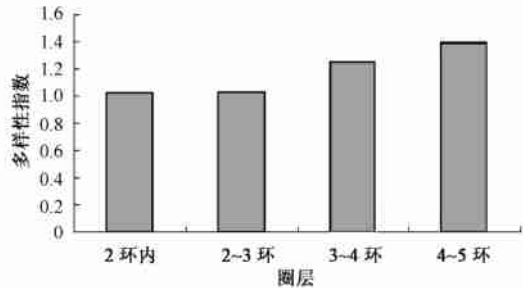


图 3 不同圈层的多样性指数

FIGURE 3 Shannon's diversity index of various rings

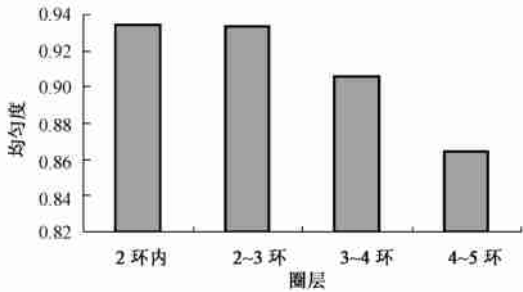


图 4 不同圈层的均匀度

FIGURE 4 Shannon's evenness index of various rings

3.2.3 连接度和聚集度指数

图 5、6 显示,从北京城市中心到城乡过渡带,景观连接度指数和聚集度指数均呈递增趋势. 连接度指数均在 95 以上,聚集度均在 90 以上,表明绿地景观由少数团聚、结构紧凑的大斑块组成.

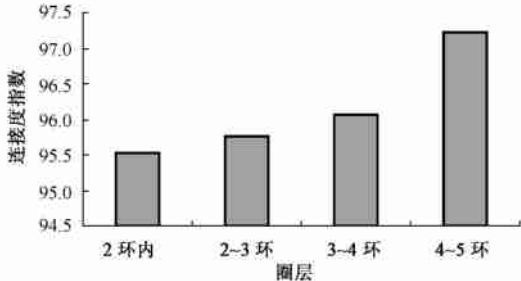


图 5 不同圈层的连接度指数

FIGURE 5 Patch cohesion index of various rings

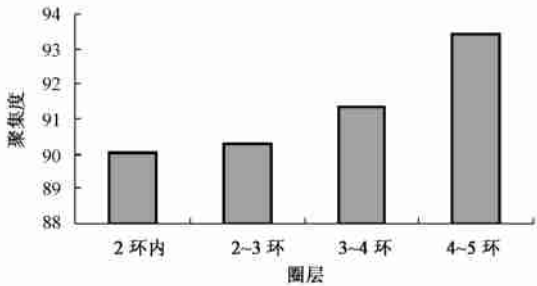


图 6 不同圈层的聚集度

FIGURE 6 Aggregation index of various rings

3.3 主要景观类型的圈层特征

3.3.1 绿地面积分布

在 4 个圈层中,随离城市中心距离加大,绿地景观类型的主导地位发生明显的变化. 图 7 显示,公园绿地占所属圈层绿地比例逐渐降低,由于数量太少(70 个),平均斑块面积为 33.8 hm²;道路水系堤岸绿地增幅最大,平均斑块面积 0.95 hm²,表明在城市外围,建设空间较大尤其是 5 环两侧的宽带隔离绿地建设;附属绿地在 4 个圈层中总量处于优势地位,但平均斑块面积仅为 0.31 hm²,破碎化程度严重.

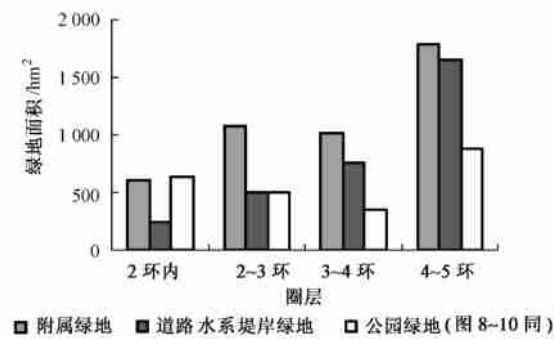


图7 不同圈层景观要素的绿地面积
FIGURE 7 Area of landscape types in various rings

3.3.2 边缘密度

图8显示,在4个圈层中,主要景观类型的边缘密度整体沿城市梯度降低,除2环公园绿地的边缘密度较高外,其他3个圈层中,道路水系绿地占优势。表明道路水系堤岸绿地的破碎化程度相对较高。

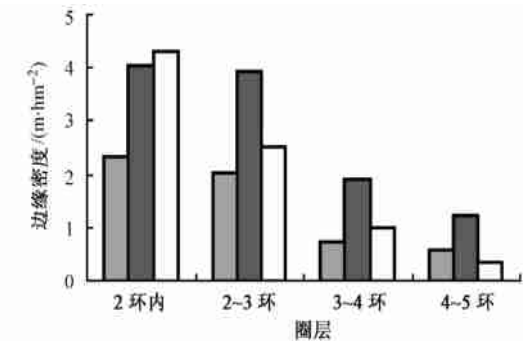


图8 不同圈层景观要素的边缘密度
FIGURE 8 Edge density of landscape types in various rings

3.3.3 周长-面积分维数

图9显示,在4个圈层中,主要景观类型的周长-面积分维数变化不大,附属绿地的最高分维数出现在4~5环,为1.47;公园绿地的最高分维数出现在2~3环,为1.09;道路水系堤岸绿地的最高分维数出现在2~3环,为1.40。在每一圈层中,周长-面积分维数排序均为附属绿地>道路水系堤岸绿地>公园绿地,表明附属绿地斑块的形状较为复杂,公园绿地斑块形状相对规则。

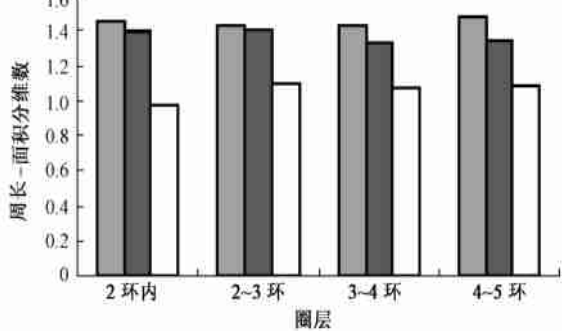


图9 不同圈层景观要素的周长-面积分维数
FIGURE 9 PAFRAC of landscape types in various rings

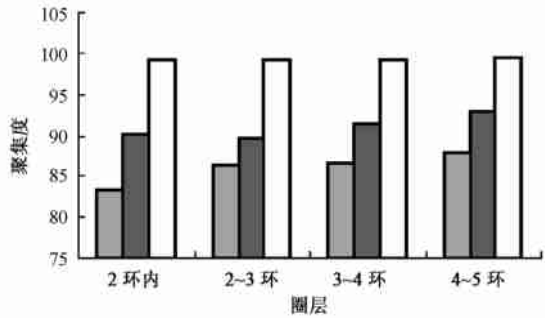


图10 不同圈层景观要素的聚集度
FIGURE 10 Aggregation degree of landscape types in various rings

3.3.4 聚集度

图10显示,在4个圈层中,主要景观类型的聚集度的最高值均出现在4~5环,附属绿地的最高聚集度为87.98;公园绿地的最高聚集度为98.34;道路水系堤岸绿地的最高聚集度为92.96。在每一圈层中,聚集度排序均为附属绿地<道路水系堤岸绿地<公园绿地,表明公园绿地大面积斑块呈团聚状,结构紧凑;附属绿地相对离散。

4 结 论

1)北京城市绿地景观共有18 470个斑块,总面积11 023.29 hm^2 ,北京五环内平均绿化覆盖率为17%。北京城市绿地破碎化程度比较严重,面积小于3 000 m^2 的中、小型斑块,占绿地斑块总数的72%,而面积只占总绿地面积的13.36%;中大、大型绿地斑块(面积大于3 000 m^2)虽然数量少,占绿地斑块总数的28%,但面积占总绿地面积的86.64%。2环内绿地斑块数占总斑块数的19.42%,斑块面积却只占绿地总面积的13.47%;而4~5环绿地斑块数占总斑块数的32.28%,斑块面积占绿地总面积的47.17%。

2)北京城市绿地系统中,附属绿地占景观斑块总数的77.59%,面积占41.29%,平均斑块面积为0.32 hm^2 ,在城市绿地的组成中占优势;公园绿地斑块数仅占绿地斑块总数的0.38%,占绿地面积的21.47%,平均斑块面积为33.81 hm^2 。

3)主要景观类型的空间分布格局沿城市梯度-人类干扰强度呈一定的规律性变化,不同类型之间特征明显。随着人类干扰的增强,景观类型斑块边缘密度加大,破碎化严重。平均斑块面积公园绿地最高,附属绿地较低;斑块密度附属绿地最高,公园绿地相对较低,公园绿地和附属绿地的斑块密度最高值在2环内,而道路水系堤岸绿地的斑块密度最高值在3~4环;斑块形状附属绿地最为复杂,公园绿地较为规则;斑块的聚集程度以公园绿地最高,附属绿地较低。

4)城市绿地景观格局沿城市梯度呈规律性变化,人类活动对城市绿地景观破碎化程度的影响在圈层区域上表现明显,人类活动强度与景观破碎化程度成正相关关系. 人类活动干扰增强,景观破碎化加剧,景观多样性降低,少数景观控制整体景观,各类型景观差异较大,整体绿地景观受面积影响较大.

参 考 文 献

[1] 傅伯杰,陈利顶,马克明,等. 景观生态学原理及应用[M]. 北京:科学出版社,2001.
FU B J, CHEN L D, MA K M, *et al.* *Theory of landscape ecology and its application*[M]. Beijing:Science Press, 2001.
[2] 李哈滨,伍业钢. 数量化方法在景观生态学中的应用[M]//刘建国. 现代生态学进展. 北京:中国科学技术出版社, 1992; 209-233.
LI H B, WU Y G. Quantitative methods in landscape ecology[M]// LIU J G. *Advances in modern ecology*. Beijing:China Science and Technology Press, 1992;209-233.
[3] 李贞,王丽荣,管东生. 广州城市绿地系统景观异质性分析[J]. 应用生态学报, 2000, 11(1): 127-130.
LI Z, WANG L R, GUAN D S. Landscape heterogeneity of urban vegetation in Guangzhou[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(1); 127-130.
[4] JENSEN M B, PERSSON B, GULDAGER S, *et al.* Green structure and sustainability—developing a tool for local planning[J].

Landscape and Urban Planning, 2002, 52; 117-133.
[5] 车生泉. 城市绿地景观结构分析与生态规划[M]. 南京:东南大学出版社, 2003.
CHE S Q. *Landscape structure analysis on urban greenland and ecological layout*[M]. Nanjing: Southeast University Press, 2003.
[6] 中华人民共和国建设部. CJJ/T85—2002 城市绿地系统分类标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社, 2002.
Ministry of Construction. P. R. China. JJ/T85—2002 Classification standards of urban greenland system [S]. Beijing: China Architecture and Building Press, 2002.
[7] 高俊,杨名静,陶康华. 上海城市绿地景观格局分析研究[J]. 中国园林, 2000(1); 53-56.
GAO J, YANG M J, TAO K H. Analyse the pattern of urban greenary features in Shanghai [J]. *Chinese Landscape Architecture*, 2000(1); 53-56.
[8] 陈利顶,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对经管结构的影响分析[J]. 生态学报, 1996, 16(4); 337-344.
CHEN L D, FU B J. Analysis of impact of human activity on landscape structure in Yellow River Delta—a case study of dongging region[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(4); 337-344.
[9] 王伯荪. 城市植被与城市植被学[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1998, 37(4); 9-12.
WANG B S. Urban vegetation and urban vegetology [J]. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Sunyatseni*, 1998, 37(4); 9-12.

(责任编辑 赵 勃)