# 基于城市功能区分异的南京公园绿地景观格局动态特征*

丁晓玥 邵大伟 吴殿鸣

苏州科技大学建筑与城市规划学院 江苏苏州 215011

**摘要**：【目的】揭示公园绿地在城市功能区内景观格局演变特征，提升公园绿地配置水平，促进公园绿地与城市空间深度融合。【方法】借助改进空间聚类、景观指数等方法，识别 2006、2012、2017、2020 年南京主城区城市功能区，并重点揭示整体及各城市功能区内部公园绿地景观格局演变规律。【结果】1）公园绿地整体呈现小型化、分散化、多样化趋势，连接度持续增强，从高覆盖稳增、高密度快增转变为存量缓增；2）城市空间主导功能由“生产生活”转变为“生活生态”，城市功能区布局经历“高扩散”“低聚合”阶段后渐趋稳定；3）公园绿地景观格局呈现 4 种类型区的差异化演变特征，即在广布稳定类型区渐趋均衡、显著扩张类型区大幅扩散、显著收缩类型区转移缩减、跃散转迁类型区有限分散。【结论】南京主城区公园绿地整体呈“大聚集、小分散”格局，城市功能区布局从圈层结构逐渐转向嵌套结构，基于城市功能区分异的公园绿地景观格局呈现均衡、扩张、收缩和分散演变模式，建议采取分类布置、体系整合和分区优化、精准补绿的优化策略。未来可融合多源数据精细化识别城市功能区，进一步探明公园绿地格局演变特征及驱动机理。

**关键词**：公园绿地；城市功能区；景观格局演变；南京主城区

DOI：10.12169/zgcsly.2024.07.23.0002

# Dynamic Features on Landscape Pattern Evolution of Park Green Space in Nanjing Based on Urban Functional Zones Differentiation

Ding Xiaoyue Shao Dawei Wu Dianming

(School of Architecture and Urban Planning, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215011, Jiangsu, China)

**Abstract**：【Objective】To enhance the allocation of park green space and facilitate their seamless integration with urban space, it is imperative to elucidate the evolving landscape pattern of park green space within urban functional zones.【Method】Employing refined spatial clustering, landscape index, and other analytical methodologies, this study identified urban functional zones within the central city of Nanjing in 2006, 2012, 2017, and 2020, it also focuses on revealing the evolution of the landscape pattern of park green space in the whole and each urban functional zone.【Result】1) Urban park green space overall exhibits trends toward miniaturization, dispersion, and diversification, with continuously enhanced connectivity. Their development shifts from rapid growth, characterized by high coverage and steady increase, to high density and rapid expansion, and then to slow growth through stock optimization. 2) The dominant function of urban space transitions from “production-living” to “living-ecology.” The layout of functional zones gradually stabilizes after experiencing phases of high diffusion and low

收稿日期：2024-07-23

* 基金项目：国家自然科学基金（51908392）；教育部人文社会科学研究项目（18YJCZH189）

第一作者：丁晓玥（2000-），女，硕士生，研究方向为风景园林规划设计与理论。E-mail：yz132188@163.com

通信作者：邵大伟（1982-），男，博士，教授，研究方向为绿地与城市空间耦合关系。E-mail：shdw-123@163.com

aggregation. 3) The landscape pattern of park green space showed differentiated evolutionary characteristics, across four types of zones: increased equilibrium in widespread and stable zones, significant diffusion in significantly expanding zones, transfer and reduction in significantly contracting zones, and limited dispersion in zones exhibiting sudden dispersion and functional transition. 【Conclusion】 Urban park green space in the central city of Nanjing formed a pattern of "macro-scale clustering with micro-scale dispersion." The layout of urban functional zones evolved from a concentric ring structure towards a nested structure. The evolution pattern of park green space, based on the differentiation of functional zones, manifests as equilibrium, expansion, contraction, and dispersion. Accordingly, optimization strategies including categorized allocation, system integration, subzone optimization, and precision-based augmentation are proposed. Future research could integrate multi-source data to refine the identification of functional zones and further explore the evolutionary characteristics and driving mechanisms of park green space patterns.

**Keywords**: park green space; urban functional zone; evolution of landscape pattern; the central city of Nanjing

城市功能区是城市内部各功能活动的分布空间及其相应的用地分异，是对城市用地结构的基础表现和区分[1-2]。自 20 世纪 70 年代《马丘比丘宪章》提出“城市是综合的多功能环境”后，城市内部空间逐渐由功能分区走向功能混合[3]。西方学者从关注城市功能区混合程度开始，在社会治理、分类管理等方面研究成果丰富，总体更侧重于城市生活与生态安全[4-5]。国内则从关注城市污染开始，逐渐出现城市功能区视角下设施配置、环境监测相关研究[6-7]，随着时空大数据迅速发展，近年来利用 POI、手机信令、夜间灯光等数据识别划分城市功能区的研究逐渐增多[8-9]。

快速城镇化导致了城市空间急剧扩张和功能结构显著变化，进一步体现在城市功能区布局演化上。公园绿地作为承担城市重要生态服务功能的公共资源，其配置、形态、空间分布特征直接影响居民休闲游憩活动和城市人居环境质量[10]。针对异质性、多样性日益增强的公园绿地景观格局，国内外学者从市域、县域等不同尺度，借助分形维数、景观连通性等方法展开了大量与可达性、生态效益相关的研究[11-12]，近年来呈精细化、纵深化趋势，研究对象从公园绿地细分至综合公园、社区公园、专类公园、游园等类型[13]，关注重点从城市整体深入内部核心—边缘区、片区等[13-14]。在城市功能分异层面，已有研究多关注公园绿地与城市功能的关联性特征，例如邵大伟等[15-16]聚焦于公园绿地与居住、商服等城市功能空间的时空关联关系，戴菲等[17]则在识别城市功能区基础上重点关注绿地功能区结构及其与居住、交通等功能区的布局关联。然而，上述已有研究仅揭示了公园绿地与整体城市功能空间分布关系演变特征，或仅从单一时间断面探究绿地与其他功能区的结构特征，尚难以有效解答城市功能区内部公园绿地景观格局动态演变差异规律，不利于高质量发展背景下公园绿地在城市空间的高效配置与有机更新。

城镇化过程中城市功能混合程度加深、空间布局形态显著重构，本研究聚焦城市快速扩张向稳定提质发展阶段，揭示城市功能区时空变化特征，并深入探究公园绿地在不同城市功能区的配置与布局演变规律，以期为城市存量挖潜阶段公园绿地与城市空间协同发展提供理论支撑和优化对策。

## 1 研究区概况

南京是我国沿海经济带和长江经济带战略交汇的节点城市，也是首批国家历史文化名城、国家生态园林城市，截至 2020 年底，南京市域总面积约 6 587 $km^2$，城市人口密度 1 614 人/$km^2$，人均拥有道路面积 25 $m^2$，人均公园绿地面积 16.09 $m^2$，设施建设在国内处于领先水平。本研究选取城市发展最为成熟的主城区为研究区域，该区域以古城为核心，由城市外环线与沿江岸线围合，面积约 243 $km^2$，承担着金融贸易、科教文化、医疗保健等丰富、复杂的城市功能，且公园绿地类型、体系完整，在东部城市中具有典型性

与代表性。考虑到南京市倡导的“一刻钟便民生活圈”居民出行距离范围，故采用 1 km 尺度格网划分研究单元（剔除面积过小网格后，共确定 282 个单元）。

## 2　研究方法

### 2.1　城市功能用地与公园绿地体系构建

根据《城市用地分类与规划建设用地标准（GB50137-2011）》《南京市城市用地分类和代码标准（NJGBBC02-2019）》，选择绿地、水域、居住、交通、公共服务、商业服务、市政服务、农业生产和工业生产 9 类城市功能用地数据研究城市功能区布局演变特征。公园绿地数据提取自相应年份的土地利用现状数据，根据《城市绿地分类标准（CJJ/T85-2002）》《城市绿地分类标准（CJJ/T85-2017）》《城市绿地规划标准（GB/T51346-2019）》，将公园绿地按面积、服务半径分为游园、社区公园、区域性公园和全市性公园。

### 2.2　数据来源

针对地理大数据在动态、连续性方面的限制，本研究以国家和地方标准官方统计的土地利用现状数据作为数据来源，具有较好的权威性和一致性，能够支持长时序下城市空间格局研究。基于南京历次城市总体规划与绿地系统规划，使用 2006、2012、2017、2020 年城市总体规划的土地利用现状数据进行研究。利用 ArcGIS 10.6 软件进行配准矢量化及校对统一，比例精度为 1∶10 000。

### 2.3　城市功能区识别

空间聚类和密度分析是城市功能区识别的两种主流方法[18]。K-Means 作为空间聚类最为常用的分支算法，具有计算速度快、聚类效果好的优势，通过融合使用主成分分析法（PCA），能够将多个变量压缩成几个反映原始变量信息的综合指标[19]，有助于判定聚类数量并提高聚类结果的准确性。密度分析以单元内数据密度作为划分依据，可进一步识别空间单元内的主导功能[18,20]。为此，本研究利用改进空间聚类与密度分析方法综合识别城市功能区。

#### 2.3.1　融合 PCA 与 K-Means 的空间聚类方法

城市中绿地、工业、居住等功能空间相互交织、混合，每类城市功能用地数据都不同程度地反映研究单元所承担的功能信息，各因子间具有明显相关性。借助 SPSS 24.0 将 9 类城市功能用地数据降维、聚类，将相似程度高的区域归纳为绿地、水域—农业、工业和混合功能区，混合功能区内包含居住、公服、商服、交通功能。

#### 2.3.2　密度划分方法

考虑到聚类结果的准确性，同时为后续精准优化城市功能区内公园绿地布局，利用密度划分方法对混合功能区进行再分类。参照当前密度分析统计中常用的频数密度法[2,17]，结合数据及研究区实际情况，选取比重最大的两种功能用地类型判别该网格单元的主导功能，划分出居住—公共、居住—商服、居住—交通、公共—交通、商服—交通功能区。

### 2.4　公园绿地景观格局

景观指数能够高度浓缩景观格局信息，是反映景观结构组成、空间配置特征的定量指标[21-23]。考虑到景观指数的相关性与冗余性，从规模层面选取反映大小、数量、类型特征的斑块面积（TA）、斑块数量（NP）、香农多样性（SHDI），从分布层面选取表征破碎度、连接度、聚集度的斑块密度（PD）、可能连接度（PC）、斑块聚集度（AI）6 种指数进行分析。

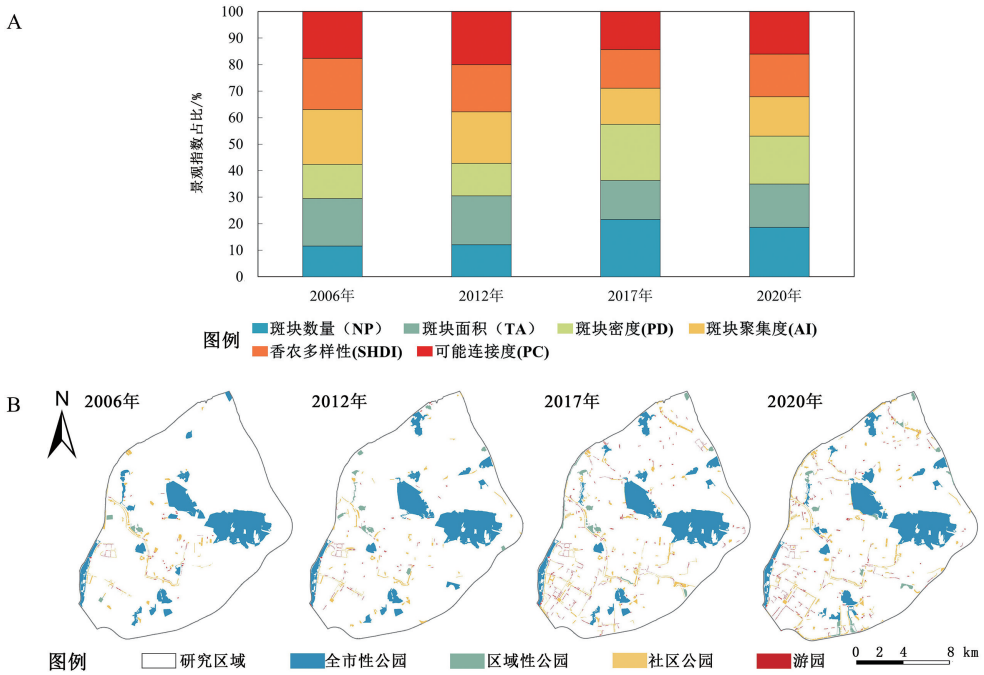
## 3　结果与分析

### 3.1　公园绿地整体景观格局动态变化

由图 1A 可知，公园绿地呈小型化、分散化、多样化趋势，斑块间联系性显著增强。研究时段内，公园绿地斑块密度整体上升，近年来有所回落，破碎程度先加深后减弱；聚集度下降，具有扩散分布趋势；多样性指数增长，斑块类型丰富度、均匀度提升；连接度升高，相对孤立的斑块减少，斑块间联系性加强。

公园绿地从高覆盖稳增、高密度快增转变为存量缓增，分别对应扩张、填充和整合阶段（图 1B）。2006—2012 年扩张阶段，公园绿地向主城北部迅速扩张，沿江、沿外环高速路增加大、中型斑块较多。道路及交通设施快速布置牵动公园绿地规划建设，在向主城边缘扩张过程中增建较多全市性、区域性公园。2012—2017 年填充阶段，斑块数量增幅最大、增速最快，小、微型斑

块迅速填充，沿古城“绿环”、主城南部“绿网”形态初显，但整体布局态势相对分散。城市设施完善配置过程中，社区公园、游园与公服、商服设施协同增长。2017—2020 年整合阶段，公园绿地面积小幅增长且增速放缓，公园“绿环”“绿网”形态显现，整体连接度显著提升。公园绿地增长方式从“增点”转变为“连线”，条带状斑块明显增多。




注：A：2006、2012、2017、2020 年公园绿地景观指数占比动态变化；B：2006、2012、2017、2020 年公园绿地分布演变。

**图 1 2006、2012、2017、2020 年公园绿地整体景观分布**

## 3.2 城市功能区动态变化

### 3.2.1 整体演变特征

由图 2A 可知，城市空间主导功能从“生产生活”转变为“生活生态”，生态类功能区长期处于的弱势地位呈一定改善趋势。2006—2020 年，生态功能主导的绿地功能区比重增长 2.28%，生活功能主导的居住—公共、居住—商服、居住—交通、公共—交通和商服—交通功能区合计比重增长 25.36%，生产功能主导的工业、水域—农业功能区合计比重下降 27.64%。生态类功能区比重始终低于生活类功能区，但在 2020 年高于生产类功能区。

图 2B 显示，各城市功能区规模趋于均衡，经历高扩散、低聚合阶段后渐趋稳定。早期自主城核心向边缘呈“生活—生产—生态”明显圈层结构，2006—2012 年高扩散阶段，生活类功能区迅速从古城外扩、蔓延，原有圈层结构被突破；2012—2017 年低聚合阶段，呈现内外功能分异的嵌套布局模式；2017—2020 年较为稳定，呈现多重嵌套结构布局模式，未出现大范围扩张或收缩趋势。

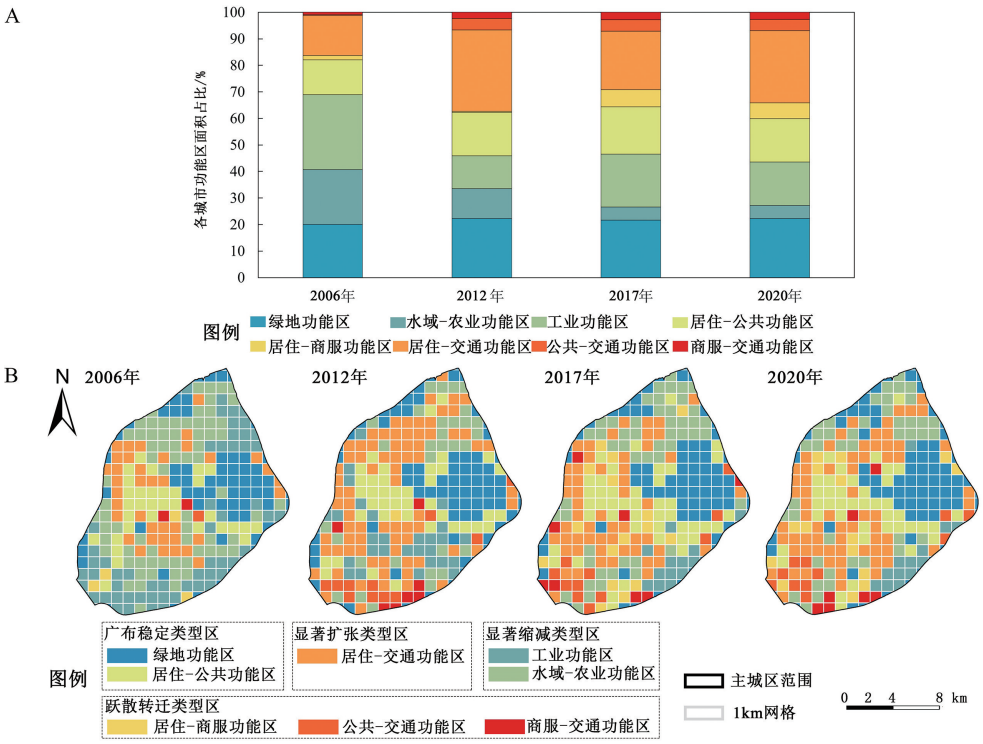
### 3.2.2 分区演变特征

各城市功能区布局演变具有相似或相异特征，可归纳为广布稳定、显著扩张、显著收缩、跃散转迁 4 种类型区（图 2B）。

广布稳定类型区包括绿地和居住—公共功能区，覆盖范围广、略有扩张。绿地功能区自钟山“绿核”逐渐向其北麓扩张，分布稳定但不均衡；居住—公共功能区从古城、钟山南麓逐渐向河西、城南扩张。

显著扩张类型区为居住—交通功能区，覆盖范围大幅扩张、扩散。早期分别在古城边缘聚集、主城北部零散分布，后期外扩并在河西、城南及玄武湖以北形成连续的分布区域，覆盖范围显著扩展。

显著缩减类型区包括水域—农业和工业功能区，覆盖范围锐减，分别呈收缩、分散态势。水域—农业功能区早期大范围分布在河西、主城南部、北部等区域，后期收缩至主城东南红花街道附近；工业功能区早期在古城外围、主城北部连续分布，后期逐渐向主城边缘转移。




注：A：2006、2012、2017、2020 年城市功能区面积占比动态变化；B：2006、2012、2017、2020 年城市功能区布局演变。

**图 2　2006、2012、2017、2020 年城市功能区分布**

跃散转迁类型区包括居住—商服、公共—交通与商服—交通功能区，覆盖范围有限，“跳跃”式分散、转移。居住—商服、商服—交通功能区早期分布在新街口、河西核心区域，后期逐步扩散、转移至兴隆、挹江门、夫子庙等区域；公共—交通功能区早期在古城内极有限分布，后期在河西、城南和孝陵卫街道附近形成相对稳定的分布区域。

## 3.3　城市功能区分异视角下公园绿地景观格局动态变化

### 3.3.1　广布稳定类型区：公园绿地持稳增长、分布逐渐均衡

公园绿地面积、数量、类型丰富度均保持上升，整体趋于分散但连接度提升，在绿地功能区内由极化转向均衡，在居住—公共功能区内渐趋扩散（图 3、图 4A）。自然山水结构决定了绿地功能区“聚中有散”的基本布局形式，其内全市性公园较多，斑块平均面积较大，系统性与连接性较好；公园绿地布局相对稳定，集中分布在钟山—玄武湖区域，散布在莫愁湖、雨花台等区域，近年来大小斑块组团、条带状斑块增多，空间格局由极化转向均衡，经历扩面、增量后保持稳定。居住—公共功能区内以社区公园、游园为主，斑块平均面积小、数量多，破碎程度较高；早期主要分布在古城内，受历史遗址、景观风貌限制因素较多，布局相对稳定，后期逐渐向河西、城南扩散。

### 3.3.2　显著扩张类型区：小型公园绿地斑块显著增加、扩散趋势明显

公园绿地面积、数量明显增长，类型丰富度降低，破碎程度先加深后减轻，整体性、连接性提升，在居住—交通功能区内呈现南北向扩散趋势（图 3、图 4B）。居住—交通功能区随道路与交通设施用地快速布置而向古城外围显著扩张，其内各类型公园绿地规模差距拉大，社区公园、游园数量显著增多，斑块数量骤增后小幅下降，近年来斑块破碎程度减轻，联系性增强；微型、小型公园绿地斑块持续向主城南北部扩散，逐渐形成较多带状斑块，在新城区联系性加强，具有“连线成网”趋势。

### 3.3.3　显著缩减类型区：公园绿地斑块小型化、分布范围缩小

公园绿地面积、类型丰富度和整体连接度均下降，斑块数量在水域—农业功能区内减少并向

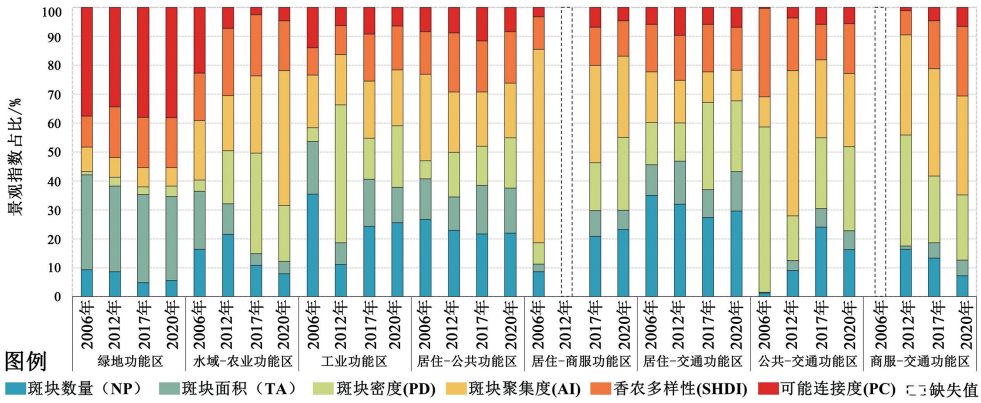
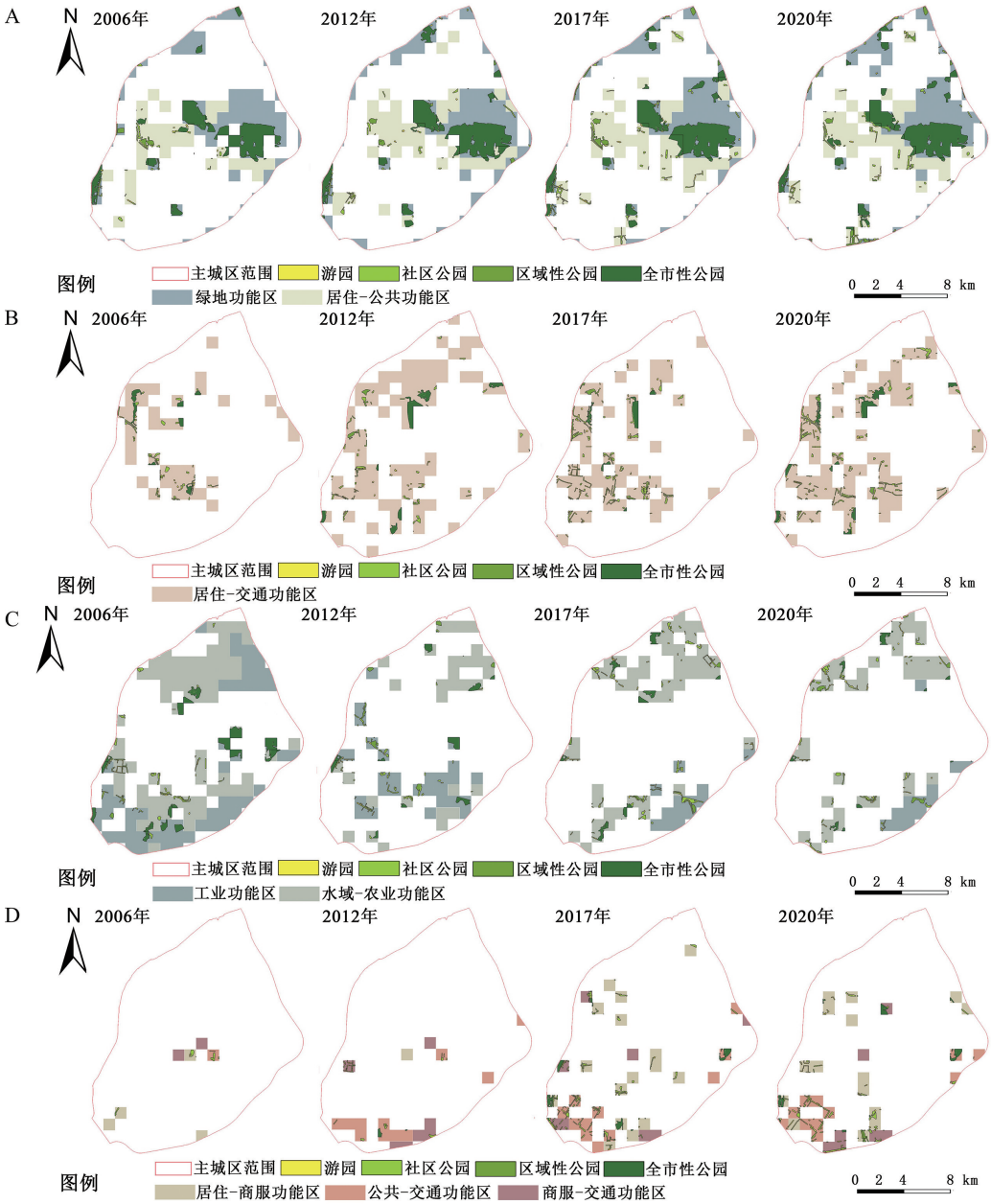



图 3 2006、2012、2017、2020 年各城市功能区内公园绿地景观指数占比动态变化




注：A：广布稳定类型区；B：显著扩张类型区；C：显著缩减类型区；D：跃散转迁类型区。

图 4 2006、2012、2017、2020 年各类型区内部公园绿地分布演变

局部聚集演化，在工业功能区内增加，分散趋势增强并向主城边缘转移（图 3、图 4C）。水域—农业功能区及内部公园绿地向主城东南缩减，大型斑块减少，后期仅在红花街道附近区域分布少量微型斑块。“退二进三”“退二优二”等政策驱动工业功能区向主城边缘扩散，新城区建设过程中，增设大量游园，其分散、破碎程度较高，斑块小型化趋势明显。

3.3.4　跃散转迁类型区：公园绿地斑块有限增长、分布趋于零散

公园绿地面积、类型丰富度和连接度均上升，整体较分散，数量、破碎度波动增加，在居住—商服功能区内多点扩散，在商服—交通功能区内持续零散分布，在公共—交通功能区内明显向主城西南片转移（图 3、图 4D）。相比其他类型区，其内公园绿地规模、景观指数变化幅度均较小。居住—商服、商服—交通功能区及内部公园绿地早期仅在新街口及河西新城核心区域极有限分布，随地区中心商服、交通等配套设施逐步完善而扩散、转移。公共—交通功能区及内部公园绿地早期仅在明故宫附近区域有限分布，后随河西、城南新城的快速发展而逐渐增多，并沿道路形成较多带状斑块。

## 4　讨论

### 4.1　城市功能区分异下公园绿地分布规律差异

存量发展时期，工业、农业功能向外部新城疏解，中心城区内居住、公共、商服、交通功能进一步混合成为发展趋势[23-25]。本研究通过划分城市功能区识别出南京主城区主导功能从“生产生活”转向“生活生态”，并出现“核心—边缘”功能分置规律，与长春市[23]、张掖市[25]研究结论相互印证。同时，本研究将关注时段从快速城镇化拓展至提质发展阶段，该时期城市功能区布局由圈层结构转变为多重嵌套结构且趋于稳定。

公园绿地数量、大小、连接度显著增加，大、中型斑块组团，小、微型斑块散布，与上杭县、海口市公园绿地景观格局相关研究结论较为一致[12-13]。在分区视角下，区别于上杭县公共服务功能为主的龙翔片区、工业功能为主的城南产业片区公园绿地数量少且基本不增长的趋势[15]，南京主城区公园绿地在居住—公共功能区内数量较多且持续稳定增长，而在工业功能区内数量显著缩减。龙翔片区内村落等未开发地较多，受片区发展定位、规划政策等综合调控，公园绿地开发力度相对不足；而南京作为东部地区发达的省会城市，公共服务与居住功能主要分布在古城，受历史遗址、景观风貌等限制因素较多，公园绿地景观格局相对稳定并随居住—公共功能区扩张而增加。此外，工业生产功能持续向主城外转移，公园绿地随主城区内工业功能区分布范围缩小而减少。

### 4.2　提升对策

在强调城市品质提升、城市生态转型背景下，结合公园绿地存量缓增趋势、整体“聚集—分散”态势及在各类型区均衡、扩张、收缩、分散的差异化动态特征，提出分类、分区优化提升对策。

1）分类布置，体系整合。一是降低干扰、串连绿线。通过环境监测、生态修复等手段防止中、大型公园绿地内部生态退化；持续加强古城外围闲置地、低效用地向公园绿地转化形成“绿廊”“辐射状”，串连钟山—玄武湖“绿核”与边缘绿博园、雨花台等“绿点”。二是缩距促连、织密绿网。借助高品质城市更新，在古城组合增设口袋公园以缩短斑块间距；重点提升主城北部公园绿地配套水平，开发道路、水系旁线性空间形成带状公园，织密主城公园“绿网”。

2）分区优化，精准补绿。一是适当开发、维稳提质。合理开发绿地功能区内自然景观资源，带动、补偿相邻功能区公园绿地建设；通过古城保护行动，拆围补绿、破墙透绿、见缝插绿，增设居住—公共功能区内公园绿地。二是构建“螯合点”链接孤立公园绿地斑块。结合地铁、公交站点周边布置微型绿地，打造绿道慢行循环系统与核心区公园“绿环”衔接。三是借助生态化转型契机，依托场地产业遗存打造公园绿地。进一步疏散工业功能区低效产能至副城、卫星城，修复棕地同时结合工业遗址打造公园绿地；促进水域—农业功能区内粗放管理的小型湿地景观化。四是挖潜增效、立体开发。推动居住—商服、商服—交通功能区内公园绿地多功能整合，发展

“商业+公园”模式，兼顾垂直、屋顶绿化，并向地下拓展公园绿地发展空间。

## 5 结论

南京主城区公园绿地规模与连通性持续提升，但整体呈破碎、分散态势，形成“大聚集、小分散”格局。公园绿地以“钟山—玄武湖”为核心，大、中型斑块组团，小、微型斑块散布，联系性趋强。城市功能“生态化”转型，城市功能区布局显著重构，由区分度较高的圈层结构逐渐转向多重嵌套结构，“生活、生产、生态”空间分布逐渐平衡。基于城市功能区分异的公园绿地景观格局呈现均衡、扩张、收缩和分散的差异化演变模式。

以南京主城区整体和各城市功能区内公园绿地景观格局动态特征规律为基础，构建“分类—分区”框架，提出体系整合和精准补绿的优化策略。由于本研究在人群活动、空间活力特征揭示方面仍有一定局限性，未来应考虑融合多源社会感知与地理大数据精细划定城市功能区，进一步探明公园绿地格局演变特征及驱动机理。

**参考文献**


[1]张景奇,史文宝,修春亮.POI 数据在中国城市研究中的应用[J].地理科学,2021,41(1):140-148.

[2]薛冰,赵冰玉,肖骁,等.基于 POI 大数据的资源型城市功能区识别方法与实证:以辽宁省本溪市为例[J].人文地理,2020,35(4):81-90.

[3]黄毅.城市混合功能建设研究:以上海为例[D].上海:同济大学,2008.

[4]CHEN Y M,LIU X P,LI X,et al.Delineating urban functional areas with building-level social media data: a dynamic time warping (DTW) distance based k-medoids method[J].Landscape and Urban Planning,2017,160:48-60.

[5]YU Z W,JING Y C,YANG G Y,et al.A new urban functional zone-based climate zoning system for urban temperature study[J].Remote Sensing,2021,13(2):251.

[6]王洪俊,王力,孟庆繁.城市不同功能区对空气负离子水平的影响[J].中国城市林业,2004,2(2):49-52.

[7]马强,王亮绪,龚鑫,等.城市功能区视角下基于 POI 数据的公共厕所空间布局合理性研究[J].地球信息科学学报,2022,24(1):50-62.

[8]陈世莉,陶海燕,李旭亮,等.基于潜在语义信息的城市功能区识别:广州市浮动车 GPS 时空数据挖掘[J].地理学报,2016,71(3):471-483.

[9]陈泽东,谯博文,张晶.基于居民出行特征的北京城市功能区识别与空间交互研究[J].地球信息科学学报,2018,20(3):291-301.

[10]马琳,陆玉麒.南京市主城区公园绿地景观格局分析[J].地域研究与开发,2010,29(3):73-76.

[11]邵大伟,吴殿鸣.1979—2017 年城市公园绿地空间布局的分形演化特征:以南京为例[J].风景园林,2021,28(3):113-120.

[12]吴庚鸿,王一茹,刘铁冬,等.基于 SEDMs 模型的海口市城市公园绿地景观格局演变及空间配置评价[J].浙江农林大学学报,2023,40(5):1093-1101.

[13]胡芳文,胡希军,罗紫薇,等.上杭县城区公园绿地景观格局动态分析[J].生态科学,2021,40(2):133-141.

[14]LI J,FU J,GAO J,et al.Effects of the spatial patterns of urban parks on public satisfaction:evidence from Shanghai,China[J].Landscape Ecology,2023,38(5):1265-1277.

[15]邵大伟,殷文彧,吴殿鸣.基于街区空间的公园绿地—道路—居住用地分布关系研究:以南京为例[J].现代城市研究,2021,36(12):116-124.

[16]伍萱,邵大伟.南京公园绿地与城市功能空间分布关系:基于双变量 Ripley's K 函数分析[J].中国城市林业,2023,21(2):83-90.

[17]姜佳怡,戴菲,章俊华.基于 POI 数据的上海城市功能区识别与绿地空间评价[J].中国园林,2019,35(10):113-118.

[18]程朋根,齐广玉,钟燕飞.城市功能区识别研究进展与趋势[J].测绘通报,2024(5):90-95.

[19]林海明,杜子芳.主成分分析综合评价应该注意的问题[J].统计研究,2013,30(8):25-31.

[20]池娇,焦利民,董婷,等.基于 POI 数据的城市功能区定量识别及其可视化[J].测绘地理信息,2016,41(2):68-73.

[21]邬建国.景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M].2 版.北京:高等教育出版社,2007.

[22]袁旸洋,郭蔚,汤思琪,等.城市蓝绿空间格局对碳固存的影响测度及关键指标[J].中国城市林业,2023,21(6):6-16.

[23]申庆喜,李诚固,周国磊,等.2002—2012 年长春市城市功能空间耦合研究[J].地理研究,2015,34(10):1897-1910.

[24]邵大伟,钱佳玲,吴殿鸣.南京中心城区三生空间耦合协调的时空特征与格局[J].中国城市林业,2023,21(3):88-93.

[25]梁峰,李骞国,石培基,等.张掖城市主要功能用地演变特征及其动因分析[J].干旱区地理,2019,42(2):414-422.