DOI: 10.5846/stxb201801280226
梁保平,雷艳,覃业努,梁丽敏.快速城市化背景下广西典型城市景观空间格局动态比较研究.生态学报,2018,38(12): - .
Liang B P, Lei Y, Qing Y N, Liang L M.Comparison of changing landscape patterns in the rapidly urbanizing cities of Guangxi.Acta Ecologica Sinica, 2018,38(12): - .

快速城市化背景下广西典型城市景观空间格局动态比较研究

梁保平[1,2,*],雷 艳[1],覃业努[1],梁丽敏[1]

1 广西师范大学环境与资源学院,桂林 541004

2 广西师范大学岩溶生态与环境变化研究广西高校重点实验室, 桂林 541004

摘要:随着城市化的快速发展与城市规模日益扩张,城市景观空间结构不断地被人为改变着,不合理的景观空间格局既削弱了区域的经济和社会发展功能,影响着城市生态环境质量的不断提高,也进一步制约着城市的可持续发展进程。以广西 3 座典型中心城市——南宁、柳州和桂林市为研究对象,利用 6 景 Landsat5 TM 和 Landsat8 OLI/TIRS 影像数据,通过遥感影像分类技术提取研究区的土地利用景观信息,对典型城市 1990—2015 年的景观空间格局特征与生态过程进行对比分析,旨在揭示快速城市化阶段重点城市核心景观要素的时空演化规律。结果表明:①在城市化进程加快的背景下,广西各典型城市的景观空间格局均发生了剧烈的变化。受人为影响强烈的土地利用景观类型变动最为显著,建设用地景观的不断扩张与耕地、林地景观的缩减是城市化发展的基本特征。②在水平空间上,城市建筑景观逐渐由核心圈层向外围圈层扩展,外围区的自然景观受人工干扰强度加大,景观类型逐渐丰富,但破碎化程度加剧。③在垂直空间上,城市景观类型呈现较显著的海拔分异特征,中、低海拔区是城镇化最集中的地带,建设用地的景观优势度增长最为显著。高海拔区因但受城市扩张与农业开发活动的胁迫,自然景观的优势度与团聚性呈下降趋势。④从城市功能定位来看,南宁、柳州和桂林市作为广西 3 座不同功能类型的中心城市,它们在区域社会经济发展方面起到重要的辐射和引领作用。该研究为科学开展城市景观规划、实施城市生态环境管理和推进广西城市化健康有序发展提供参考依据。

关键词:城市化;景观格局;景观指数;南宁市;柳州市;桂林市

Comparison of changing landscape patterns in the rapidly urbanizing cities of Guangxi

LIANG Baoping[1,2,*], LEI Yang[1], QING Yenu[1], LIANG Linmin[1]

1 *College of Environment and Resources, Guangxi Normal University, Guilin* 541004, *China*

2 *University Key Laboratory of Karst Ecology and Environmental Change of Guangxi Province(Guangxi Normal University); Guilin* 541004, *China*

Abstract: With the rapid urbanization and expansion of cities, the landscape structures of urban areas are artificially changing. This has led to reduced functions of urban eco-economic systems owing to the unsustainable ecological position of landscapes, which not only affects the quality of the environment, but also restricts the progress of sustainable urban development. For Nanning, Liuzhou, and Guilin, which are three typical cities of Guangxi, six Landsat5 TM and Landsat8 OLI&TIRS images were used as the data sources. The land use information was extracted by remote sensing techniques. Thereafter, the characteristics of landscape structure and landscape changing pattern of the three typical cities during the period 1990—2015 were analyzed to reveal the evolution of city landscape patterns during rapid urbanization. The results

基金项目:国家自然科学基金项目(41361041);广西自然科学基金项目(2014GXNSFAA118300);岩溶生态与环境变化研究广西高校重点实验室资助项目(YRHJ15Z005)

收稿日期:2018-01-28; **修订日期**:2018-05-10

* 通讯作者 Corresponding author.E-mail: liangbp@163.com

showed that (1) the landscape pattern of the three typical cities changed drastically with urbanization. Landscape changes under human disturbance were highly significant. The major characteristics of urbanization were the increase in construction land and decrease in cultivated land and woodland. (2) In the horizontal spaces, the construction land expanded rapidly from the center of the city outwards, with the natural landscape being dramatically affected by human activities in the outer areas. Landscape was heterogenous and fragmented. (3) In the vertical spaces, landscapes showed obvious vertical differences. Urbanization was mostly concentrated in the mid and low altitude regions. Clearly, landscape dominance by construction land increased. Because of urbanization and agricultural production, the dominance and abundance of natural landscapes declined. (4) From the perspective of function orientation, Nanning, Liuzhou, and Guilin, the three typical cities of Guangxi, have a strong attraction, radiation, and driving force to peripheral regions in terms of economic and social development. This paper provides reference for landscape planning, eco-environment management, and sustainable urbanization in Guangxi.

Key Words: urbanization; landscape pattern; landscape matrices; Nanning city; Liuzhou city; Guilin city

伴随经济的高速增长和人口持续发展,中国城市化进程呈现日益加快的态势。2015 年末,我国城市化率为 56.1%,较世界平均水平高约 1.2 个百分点(《国家新型城镇化报告 2015》,2016),城市化已成为推动社会经济发展的重要引擎[1]。从景观生态学视角来看,城市化的实质是区域自然和农业景观向城市景观不断转化的过程。城市化所产生的人口过密、耕地锐减、生态退化、环境污染等诸多“城市病”,均是由于不合理的城市景观格局以及景观要素之间的不协调所致,它们既削弱了经济发展和社会服务功能,也制约了城市生态质量的不断提高[2]。

近 10 年来,以 RS 和 GIS 为代表的空间探测与分析技术得到快速发展,特别是景观指数方法与分析工具的广泛应用,国内外学术界围绕城市景观问题进行了大量研究,也取得了许多代表性成果[3-23]。如何丹等以京津冀都市圈为例,基于景观格局指数和 Logistic-CA-Markov 耦合模型,对区域景观空间格局变化趋势进行了分析和多情景模拟[3]。李莹莹、俞龙生、Zoé A.等分别对上海绿色空间,广州市番禺区和纽约市的土地利用/覆被景观进行了分析研究[4-6]。可以看出,国内外在城市景观的研究方面已经做了较多探讨,相关成果具有较大的理论与应用价值,但也存在如下一些问题:研究案例多聚焦于经济发达区域(中国京津冀、长三角或珠三角城市群、美国东部沿海城市群和日本大东京都市圈等),对于地处我国经济欠发达且正处于城市化快速发展阶段的西部地区研究不足。其次,当前研究主要以提取城市土地利用/土地覆盖变化信息为切入点,然后通过构建景观指数来对城市景观空间格局的变化进行分析,而对于典型城市在水平空间和垂直空间上的景观特征研究较少。此外,相关研究大多针对单一的特大型城市或超大型城市,对于不同功能类型的城市景观动态对比研究十分鲜见。正是基于当前研究的不足,本课题以我国城镇化发展相对滞后的广西壮族自治区为对象,重点选取南宁、柳州和桂林市 3 座具有不同功能类型(综合型、工业型和旅游型)的大中型城市作为研究靶区,综合运用 RS 和 GIS 技术手段,对城市近 30 年来景观格局进行比较研究,揭示快速城市化进程下核心景观要素在水平与垂直空间上的演化特征及其影响机制。旨在为科学开展城市景观规划、实施城市生态管理以及推进广西城市化健康发展提供参考依据。

1 研究区概况

广西地处中国大陆南疆,位于 104°26′—112°04′E,20°54′—26°24′N 之间。北连湘黔,东邻粤港澳,背靠大西南,南濒北部湾,是我国唯一的沿海、沿边、沿江的少数民族省区,具有得天独厚的地缘区位优势。随着中国—东盟经济自由贸易区、环北部湾经济区的建立,广西的城市化进程有了较快发展,南宁、柳州、桂林、梧州和北海等一批中心城市已初具规模,见图 1。其中,南宁市位于广西中部偏南,是自治区首府及区域政治、经济、文化、科技、交通和金融中心,也是一个以壮族为主的多民族融合的现代化城市,形成了“青山环城、碧水

绕城、绿树融城”的“绿城”风格。柳州市位于广西中北部,是广西的第二大城市,也是我国华南、西南地区重要的工业基地、交通枢纽城市,目前柳州已构建起以汽车、机械、冶金、化工及制糖等产业为主导的现代工业体系。桂林市地处广西东北部,是国家重点风景游览城市和历史文化名城。作为世界上“喀斯特”地貌分布最为典型的区域之一,桂林境内岩溶峰林、峰丛广布,河流、湖泊水体众多,漓江自北向南流经其间,形成“秀甲天下”的自然山水景观。旅游和服务业一直是桂林市的主导产业,近年来城市经济发展迅速,电子信息、生物医药、新能源与新材料等成为桂林的战略性新兴产业。

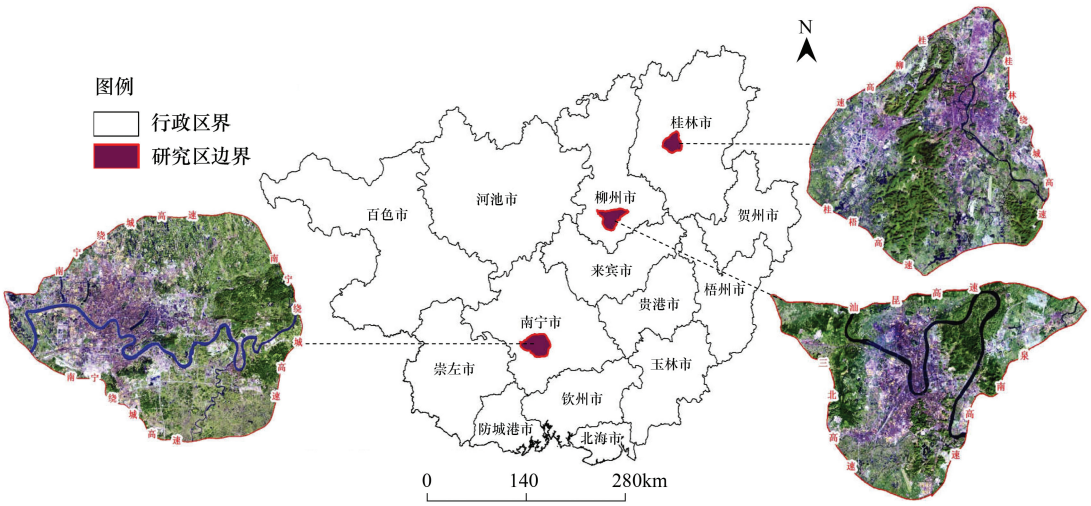

图 1　广西 3 座典型城市区位图与 Landsat8 OLI 影像图(7-5-3 波段彩色合成)

Fig.1　Location of three typical cities of Guangxi and Landsat8 OLI images(Color composition of bands 7-5-3)

2　数据来源与研究方法

2.1　数据获取与处理方法

研究选取南宁、柳州及桂林市 1990/1991 年和 2015 年的 6 景 Landsat 卫星影像作为基础数据,研究区轨道号行号:P125/R42、P125/R43、P124/R43。1990/1991 年影像为 Landsat5 的 TM 数据,包括 7 个波段,除了第 6 波段分辨率为 120 m 外,其余为 30 m。2015 年影像为 Landsat 8 的 OLI/TIRS 数据,包括 11 个波段,除了第 8 波段分辨率为 100 m 外,其余均为 15 m。研究区上空无云覆盖,遥感影像质量良好,地物识别度高。坐标系统和投影分别为 WGS84 和 UTM,椭球体类型为 Krasovsky。

考虑到遥感数据精度和城市景观特征,同时参照全国土地资源分类标准[24],主要将区域景观类型划分成建设用地(居民地、工矿及交通用地)、城市林地(含森林、灌草地)、耕地、水体和裸地 5 类。借助遥感影像处理专业软件 ERDAS IMAGINE 2013,通过典型指数叠加分类法获取城市景观类型信息。即首先对各期遥感影像进行光谱增强处理,分别提取归一化植被指数(NDVI)、归一化差异建筑指数(NDBI)和改进的归一化差异水体指数(MNDWI),然后对这 3 个指数进行假彩色波段合成,经目视解译后采用监督分类方法提取城市景观信息。为保证数据分析的一致性和可靠性,各个城市景观覆盖分类图统一重采样为 15 m×15 m 栅格大小。通过与同期土地利用图件(1990s 年代)及高分辨率卫星图像(GF2/1 m/2016 年;ZY3/2.1 m/2015 年)检验发现,研究区各期影像景观分类总体精度超过 87%(Kappa 系数>0.85),分类效果要优于传统的监督分类法,见图 2。

2.2　城市景观格局分析空间设计

本研究范围主要选取南宁、柳州及桂林 3 座重点城市绕城高速以内的区域,因绕城高速空间边界已经成型不会再有大的变动,且绕城高速圈层涵盖城市核心区在内的广阔区域,是城市化过程、人为开发活动最强烈的地带,研究区最具代表性,其研究结论也具有现实指导意义。城市景观分析空间设计主要考虑研究区水平

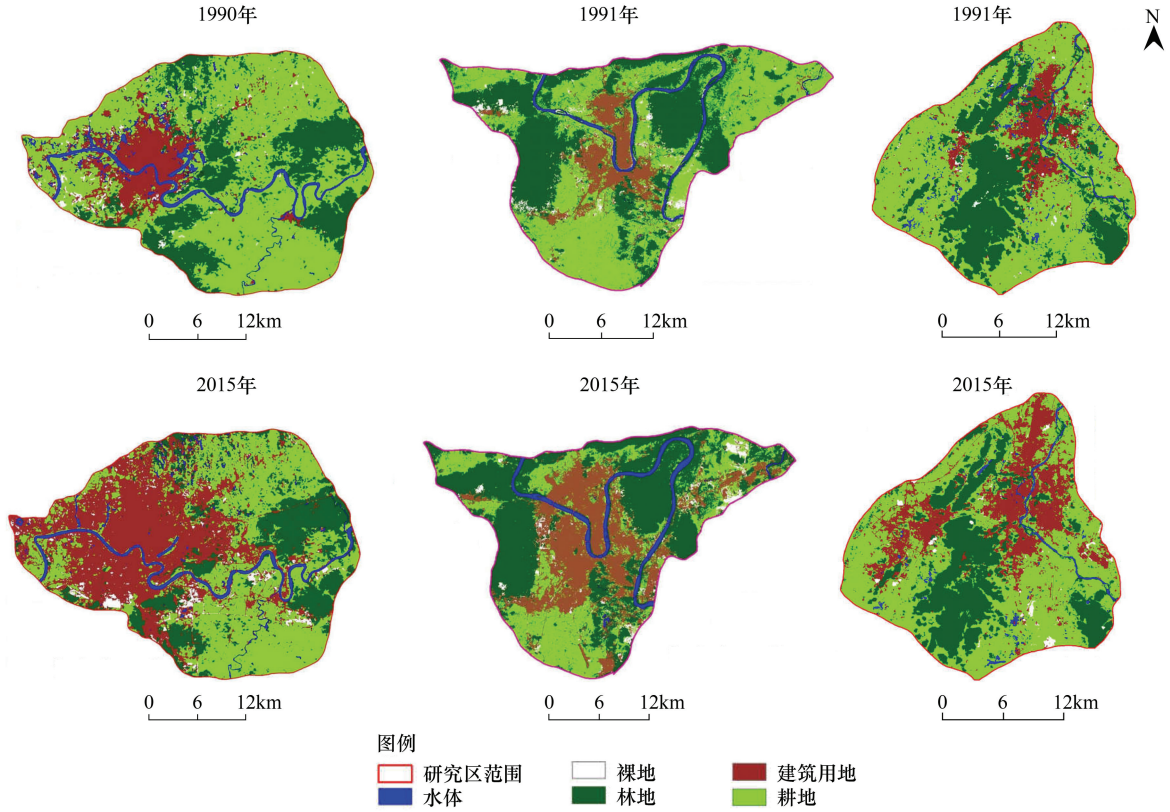

图 2 广西典型城市景观覆盖类型图(1990/1991 年、2015 年)

Fig.2 The types of landscape in typical cities of Guangxi(1990/1991、2015)

和垂直方向的变化特征。在水平空间上,本研究以各城市中心商业区(CBD)的中心为原点,向外围扩展半径为 10km 的区域为城市核心圈层,其外围至绕城高速边界为城市边缘圈层,重点揭示近 30 年各典型城市核心圈层与外围边缘区的景观格局演化规律。在垂直空间上,本研究依据各城市的地形地貌条件与 DEM 数据,利用高程极差分类法,将研究区高程划分为高海拔区(丘陵、低山区)、中海拔区(冲积、堆积平原)以及低海拔区(滨河谷地)3 种基本类型,以揭示各典型城市在不同地形条件下的景观空间格局差异与动态特征,见图 3。

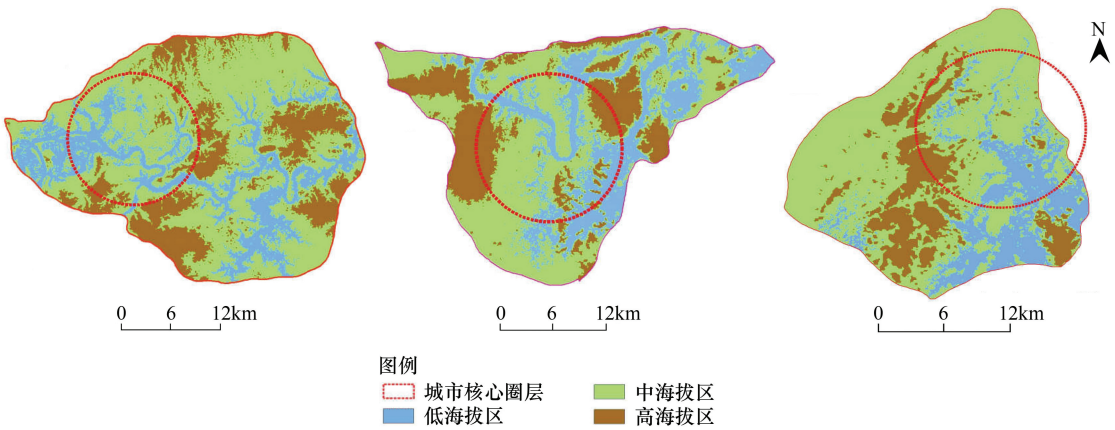

图 3 广西典型城市景观分析空间示意图

Fig.3 The Sketches of landscape Spatial Structure in typical cities of Guangxi

2.3 景观指数选取及生态学意义

景观指数是景观格局分析中最常用的一种定量化方法。它能够高度浓缩景观格局信息,反映其结构组成

和空间配置等方面的数量特征。本研究基于广西典型城市总体景观格局特征,以体现景观空间的破碎度、优势度、多样性与复杂性为依据来选择景观分析指数,从景观类型和景观水平两方面进行景观格局分析。主要选取斑块密度指数(PD)、最大斑块所占景观面积的比例(LPI)、斑块所占景观面积的比例(PLAND)、斑块聚合度指数(AI)以及加权平均斑块分形指数(AWMPFD)等指数来描述景观类型特征。同时选择斑块密度指数、最大斑块所占景观面积的比例、面积加权平均斑块分形指数、蔓延度指数(CONTAG)和香农多样性指数(SHDI)指数来描述景观水平特征,如表 1。相关景观格局指数经过 Fragstats 4.2 软件的计算得出,上述景观指数的具体计算公式和生态学意义参见有关文献[2,25]。

表 1　景观格局指数及其生态学意义

Table 1　landscape Indices and their ecological meaning

景观指数 Landscape metrics	取值范围 Value range	生态学意义 Ecological meaning
斑块密度 PD/(个/km^2)	PD>0	反映单位面积斑块数目。值越大,景观破碎化越大
斑块占景观面积比 PLAND/%	0<PLAND≤100	某一斑块类型的面积占整个景观面积的比例
最大斑块指数 LPI/%	0<LPI≤100	最大斑块占景观的面积, 衡量景观优势度的指标
聚集度 AI/%	0<AI≤100	聚集度取值大,说明景观由少数团聚的大斑块组成,取值小,则代表景观由许多小斑块组成,景观类型分散分布
平均斑块分形指数 AWMPFD	1<AWMPFD≤2	度量斑块和景观空间形状复杂性的指标。一般来说,受人类活动影响大的人工景观的分形值高,自然景观的分形值低
蔓延度指数 CONTAG/%	0<CONTAG≤100	描述景观中不同斑块类型的聚集程度。聚集度小,则斑块面积小, 离散程度高
香农多样性指数 SHDI	SHDI≥0	揭示景观丰富性的指标,取值越大,说明景观类型呈均衡化分布

PD:斑块密度,Patch Density;PLAND:斑块占景观面积比,Percentage of Landscape;LPI:最大斑块指数,Largest Patch Index;AI:聚集度,Aggregation Index;AWMPFD:平均斑块分形指数,Area-Weighed Mean Patch Fractal Dimension;CONTAG:蔓延度指数,Contagion;SHDI:香农多样性指数,Shannon's Diversity Index

3　结果与分析

3.1　广西 3 座典型城市景观格局总体特征及动态变化

对南宁、柳州和桂林市 1990/1991 年、2015 年两期景观类型数据分析后(表 2)。可以看出,在研究期内广西 3 座重点城市的景观类型发生了剧烈的变化。其中,建设用地景观面积增幅最大,3 座城市分别增加了 209.5、185.2 km^2 和 57.2 km^2,年均增长率分别为 6.2%、10.3% 和 4.2%,除桂林市外,南宁、柳州市的建设用地均超过耕地和林地,成为最大的景观类型。研究表明,近 20 年来广西经济增长和工业化发展呈现加快态势,各典型城市的城市化进程也已步入到加速阶段,研究区建设用地景观扩张十分显著,3 座中心城市的建设用地分别较初期增长了 1.55、2.46 倍和 1.01 倍。其中,柳州市的建设用地增长速度最快,作为广西最大的工业型城市,其区位优势和政策优势非常突出,在政府宏观规划的推动下,柳州市新城区与工业新区的大规模开发建设导致建设用地面积急剧扩大。

另一方面,各城市的耕地和林地均呈现减少趋势,其中以耕地面积减少最快,20 多年间,3 座城市的耕地面积分别减少 186.5、123.9 km^2 和 28.4 km^2,林地面积则分别减少 41.2、61.2 km^2 和 25.5 km^2。通过两期景观分类图的叠置分析可知,各典型城市新增建设用地主要源于城市中原有的耕地类型,少部分源于林地类型,说明城市建成区的不断扩张是以耕地、林地的占用和缩减为代价的,这也是当前中国城市化发展中的一种普遍现象。此外,柳州、南宁市水体面积呈现增加趋势,尤其是柳州市,研究期内水域面积净增 6.2 km^2,年均增长率 1.2%。水体属于生态景观类型,在维护城市系统平衡与稳定方面具有重要的生态功能。该景观类型的增长,说明柳州市近些年来在城市水环境综合整治、生态环境建设方面成效显著。相反,对于享有“山水甲天下”美誉的桂林市而言,水域面积 24 年间净减少 2.3 km^2,年均缩减 0.8%,城市水体生态系统的退化问题值得政府管理者高度重视和深入研究。

表 2 1990—2015 年广西典型城市景观类型面积及变化统计

Table 2 The table of Landscape area and changes in typical cities of Guangxi from 1990 to 2015

景观类型 Landscape types	南宁市		柳州市		桂林市	
	1990/2015 面积/km^2	净增/年变化率/(km^2/%)	1991/2015 面积/km^2)=	净增/年变化率/(km^2/%)	1991/2015 面积/km^2	净增/年变化率/(km^2/%)
建设用地 Construction land	135.3/344.8	209.5/6.2	75.3/260.4	185.2/10.3	56.4/113.6	57.2/4.2
耕地 Cultivated land	519.6/333.1	−186.5/−1.4	290.6/166.7	−123.9/−1.8	267.1/238.7	−28.4/−0.5
林地 Forest land	200.9/159.8	−41.2/−0.82	249.2/188	−61.2/−1.1	154.9/129.5	−25.5/−0.7
水体 Water	37.2/38.1	0.9/0.1	21.2/27.4	6.2/1.2	11.8/9.4	−2.3/−0.8
裸地 Bare land	6.9/24.2	17.3/9.9	19.4/13.2	−6.2/−1.3	6.6/5.6	−1/−0.6

3.2 城市核心圈层与外围区的景观时空特征比较

如图 4 所示,从景观水平上看,2015 年广西 3 座典型城市核心圈层的 PD、SHDI 比 1990/1991 年呈现减少趋势,LPI、AI、AWMPFD 及 CONTAG 呈现增加趋势。PD、SHDI 的减少说明城市核心圈层景观斑块数量在缩减,众多小斑块被大斑块所吞并,景观类型的优势度提高,造成景观格局更加单一化。老城区建设用地面积不断扩张,比重显著增加,建成区边界日益复杂化,并且向着团聚方向发展,因而导致 LPI、AI、AWMPFD、CONTAG 指数普遍增长。在外围区,除桂林市的 PD 略有降低外,南宁、柳州市的 PD 增加明显,SHDI 均呈现较大增长。说明外围区用地类型逐渐丰富,各类景观向着均衡化发展。与之相反,LPI、AI、AWMPFD、

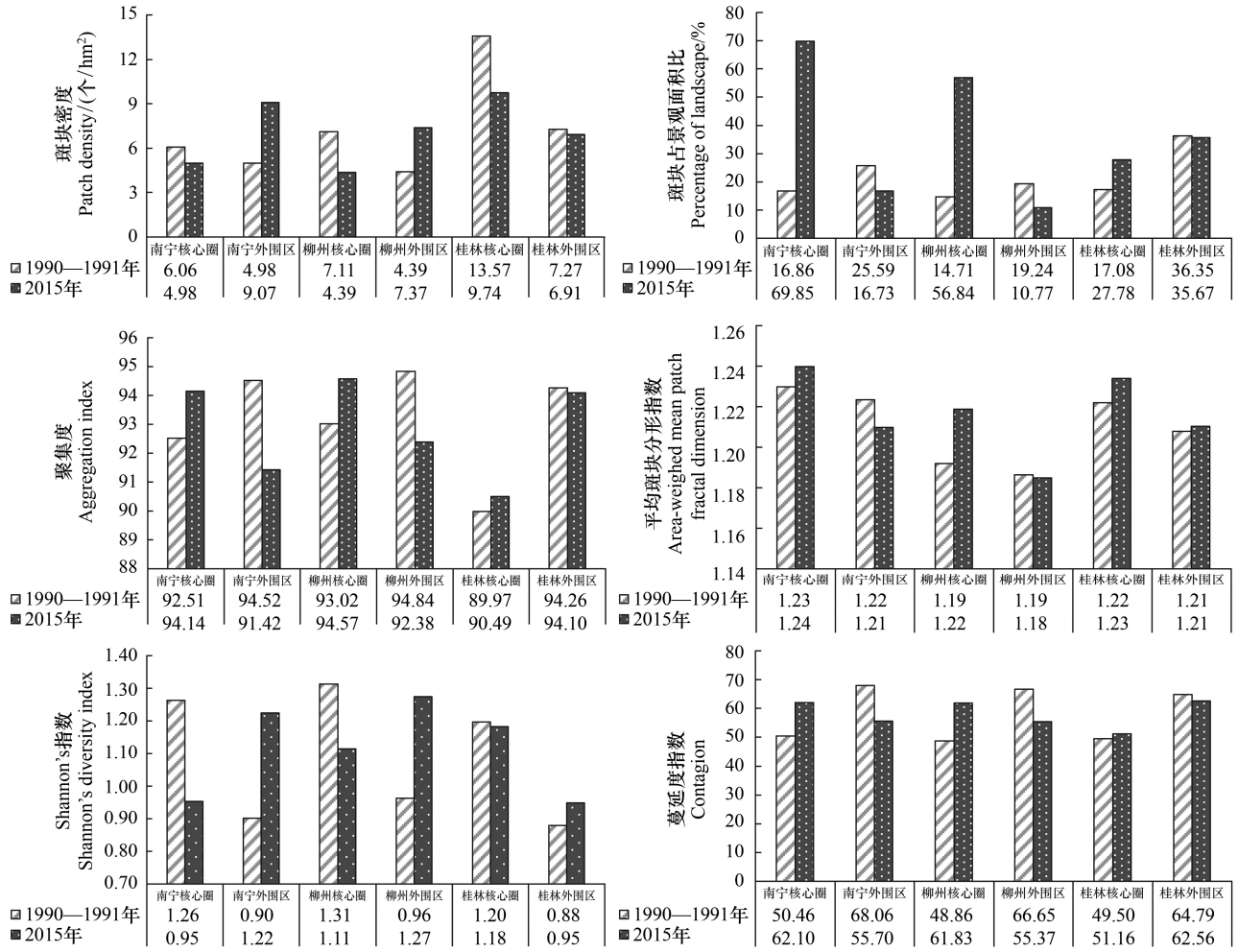

图 4 广西典型城市核心圈层与外围区景观指数变化(1990/1991、2015)

Fig.4 Changes of landscape indices in the center and the outer circle of Guangxi'typical cities(1990/1991、2015)

CONTAG 4 类指数则呈现减少趋势。可以看出, 3 座城市的城市化进程不断加快,建成区逐渐由核心圈层向外围圈层扩展,外围区的自然景观受人类干扰强度增加,破碎化程度日益加剧。

在景观类型水平上,不同圈层景观指数随着时间的变化有较大的差异。在核心圈层,3 座城市建设用地 PD 均呈下降趋势,说明核心圈层是快速城市化的重点区域,土地开发利用强度大,建设用地通过吞并、整合使得零星的斑块融合成大斑块,导致斑块数量减少。与此同时,LPI、PLAND、AI、AWMPFD 指数则呈明显增加趋势。相关指数揭示,城市核心圈层具有显著优势度的大斑块是建设用地,除桂林市外,南宁、柳州市的建设用地景观已远超其它类型,成为该圈层的控制性景观。与 PD 变化相反,耕地的 LPI、PLAND、AI、AWMPFD 指数则呈明显减小趋势。由于建设用地的嵌入、扩展使得原本团聚在一起的耕地斑块更加破碎化,大斑块分裂成小斑块,造成斑块密度相应增加。原为控制性景观的耕地,其影响力和地位已被建筑景观所取代。此外,林地、水体作为两类重要的生态景观,除 AI 指数略有增长外,其余景观指数均呈下降态势,其中林地景观的变化较为剧烈,说明城市化发展也是以生态用地的占用为代价的,其斑块数量逐渐减少,景观类型的优势度、空间聚合度以及形态复杂性都在下降。在外围区,各典型城市建设用地的景观指数均呈增长趋势,表明城市化的过程已由城市核心区向外围扩展、渗透。受人为开发活动影响,外围建设用地呈现嵌入式发展,斑块数量与密度不断增加。随着建设用地景观的扩张,其优势度、斑块团聚性都在提高,斑块复杂性也在增加,形状更趋于不规则。与 PD 相反,耕地类型的 LPI、PLAND、AI、AWMPFD 指数均呈现减小变化。因受建设用地侵占与吞并影响,耕地斑块日益破碎化。尽管在区域内仍属控

制性景观,但优势度与团聚性下降较为明显,斑块形状变化愈发简单化。林地的斑块密度在减少,其优势度和面积比重均呈下降趋势,AI、AWMPFD 指数略有增减,但变化不如其它类型显著。除柳州市外,南宁、桂林市的水体斑块密度在增加,说明外围区人为活动对水体景观干扰明显,水体景观呈现复杂化的特征。城市水体景观优势度在增加,水体面积均有一定的扩大,反映出外围区的城市水文生态有改善的趋势。裸地多为待建或在建的城市用地景观,其指数变化与建设用地景观类似。受城市化推动的影响,城市裸地景观优势度与面积比例均有较大增长。

3.3　不同高程条件下的城市景观格局差异分析

如图 5 所示,从景观水平上看,广西典型城市在不同高程上的景观指数差异较大,表现出较显著的海拔分异特征。其中,PD 指数在 3 个高程带上总体呈现减少的趋势,说明低海拔区是人类活动最强烈的地带,受其影响景观破碎化程度最大,研究末期高海拔区的 PD 均超过研究初期,揭示出人类活动干扰在空间上加剧,逐渐向高海拔区扩展。在研究期内,低海拔区优势斑块主要是建设用地,其优势度随城市化进程加快呈上升趋势。中海拔区初期优势景观为耕地,因受建设用地斑块增加影响,其优势度在逐年下降,两者呈此消彼长态势。高海拔区景观优势度相对稳定,但随城市化扩张对林地自然景观的威胁,南宁、柳州市高海拔区景观优势度也出现了降低的现象。AI、CONTAG 指数变化规律相类似,即随高程带升高指数总体呈现增加趋势,揭示海拔越低人为干扰活动越强,景观的完整性和团聚性就容易受到破坏。以南宁市为例,随着时间推移,两指数在各海拔带上均出现较明显的下降,表明大规模的城市改造和新区建设强烈地影响着南宁市的景观空间格局。SHDI、AWMPFD 总体呈现随高程带变化先增后明显降低的形态,中、低海拔区是城市社会经济活动最集中的地带,尤其是在中海拔区,兼有城市生活、工农业生产与生态保护等多重服务功能,景观斑块类型也最为丰富多样,因此该区两类指数一般高于其它地带。

因受篇幅所限,本研究在景观类型水平上主要以建设用地、耕地与林地为分析对象。在低海拔区,城市建设用地的各类景观指数均呈明显增加趋势。说明其景观斑块在低海拔区发展较快。除桂林市外,南宁、柳州市建设用地景观优势度突出,景观面积占比较大。该类型斑块团聚性程度提高较快,而斑块形状更加复杂且趋向不规则。3 座城市的耕地景观除 PLAND 指数均呈减小趋势外,其它指数变化的规律性不强。说明低海拔区受城市开发建设与局部农业开发活动的综合影响,耕地的比重总体在下降,其景观格局呈现复杂化的特征。各城市的林地 PD 指数呈减少变化,与柳州、桂林市不同,南宁市林地景观 LPI、PLAND、AI 和 AWMPFD

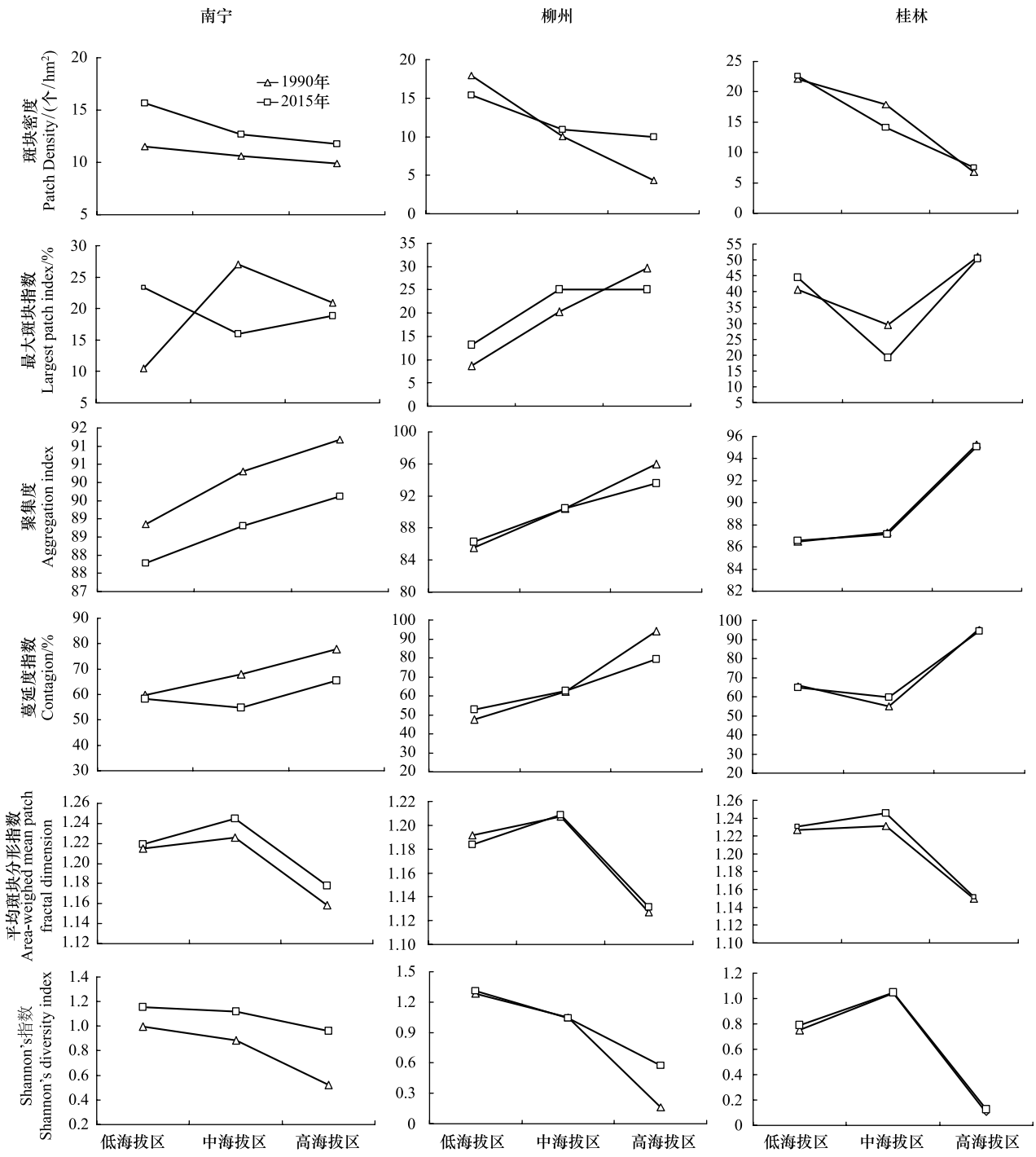

图 5 1990—2015 广西典型城市不同高程区景观指数变化(1990/1991 年、2015 年)

Fig.5 Changes of landscape indices in different elevation of Guangxi′typical cities(1990/1991、2015)

PD:斑块密度, Patch Density; PLAND:斑块占景观面积比, Percentage of Landscape; LPI:最大斑块指数, Largest Patch Index; AI:聚集度, Aggregation Index; AWMPFD:平均斑块分形指数, Area-Weighed Mean Patch Fractal Dimension; CONTAG:蔓延度指数, Contagion; SHDI:香农多样性指数, Shannon′s Diversity Index

指数均呈增长趋势,反映出南宁市近十年来森林生态圈的建设效果显著,特别是邕江两岸防护林带、南湖景区以及城市主干道路景观绿化带的建设改善了城市面貌,提升了城市生态环境质量。在中海拔区,建设用地的各类景观指数均有较大增长,其中,南宁、柳州市的指数变化更为明显。研究初期中海拔区的控制性景观主要是耕地,至研究期末,柳州市建设用地景观已远超耕地景观,成为区域控制性景观。南宁、桂林市的建设用地

景观比重也仅次于耕地。与此同时,城市耕地的 PD 指数在增大,而 LPI 和 PLAND 指数则显著减少,说明中海拔区也是城市化扩张的活跃地带,耕地景观的破碎化程度加重。受其影响,耕地优势度在不断下降,AI 和 AWMPFD 指数也呈减小趋势。林地的 PD、LPI、PLAND 和 AWMPFD 指数都在降低,除桂林市外,其它两市的 AI 指数有所增加。表明中海拔区林地景观数量、形态特征总体呈现简单化的趋势。在高海拔带,3 座典型城市建设用地的景观指数均呈增长趋势,尤其是南宁市的指数变化较为明显。由于地形地貌条件限制,南宁市绕城高速以内的建设空间日益缩减,新增建设用地逐渐向高地形区域扩展。受其影响,南宁市高海拔区耕地景观指数均呈减少变化,该景观类型的优势度、斑块团聚性与形状复杂性都在降低。与之相反,柳州、桂林市耕地各类景观指数则呈现一定增加趋势,两城市耕地景观面积的增长可能与中低海拔区建设用地大量占用、农业开发活动逐渐向高海拔地带迁移有关。此外,林地一直是高海拔区的控制性景观,由于受人为开发活动的干扰与破坏,各城市的林地景观优势度与面积占比都在下降,景观团聚性与斑块形状也呈现简单化趋势。

3.4　基于城市功能定位的广西典型城市发展因素分析

城市功能定位是城市规划建设与发展的方向和蓝图,它明确了城市在一定区域中的性质、功能及地位,使城市开发建设有序进行,同时也带动了城市景观格局的不断变化[26]。

南宁市的发展主要依靠其优越的地缘区位优势和经济政策优势。按照《南宁市城市总体规划(2006—2020 年)》和《北部湾城市群发展规划(2017—2020 年)》的功能定位:南宁是北部湾经济区的核心城市,“一带一路”有机衔接的门户枢纽城市和内陆开放型经济高地、中国-东盟自由贸易区的区域性国际城市。20 世纪 90 年代初, 国务院批准南宁实行沿海开放城市政策,并且建立了广西第一个经济技术开发区,南宁社会经济发展进入快车道。从 1990—2015 年,南宁市区人口由 107 万人增加到 290.5 万人,国内生产总值由 34.8 亿元增加到 2537 亿元,两者分别增长了 2.7 倍和 73 倍。同期全市新增固定资产投资由 2.54 亿元增加到 1354.9 亿元,增长 533.4 倍。人口快速扩张,经济总量的高速发展,促进了城市固定资产投资、道路交通基础设施、房地产业、商贸服务业的快速发展,使南宁市建设用地面积不断增长,生态用地空间缩减,城市土地景观格局发生了显著变化。

雄厚的工业经济基础是柳州市城市发展的内生动力。《柳州市近期建设规划(2016—2020)》对柳州市定位为:广西工业重镇和西南综合交通枢纽城市,区域性先进制造业中心、现代服务业基地和珠江-西江经济带核心城市。根据相关统计数据,1991—2015 年,柳州市国内生产总值和工业生产总值分别由 39.6 亿元和 24 亿元增加到 1689 亿元和 1052 亿元,两者分别增长 42.6 倍和 43.8 倍。城市工业用地面积由 28.9km^{2}扩展到 41.7km^2,工业生产总值与工业用地面积一直稳居广西城市首位。受工业经济以及关联产业的带动,柳州市区人口由 74.6 万人增加到 119.5 万人,15 年间城区人口净增 44.9 万。城市工业经济的发展、人口规模日益增加,加快了房地产业的开发和城市基础服务设施的建设,城市用地不断扩大,进而导致景观格局发生了改变。柳州城市景观空间发展已突破老城区的空间限制,逐步从内到外扩展、延伸。“一江两翼,多中心多组团”是中心城区的空间结构,其中,以柳东国家级高新技术产业区和河西自治区级高新区成为带动城市景观发展的核心区。

得天独厚自然山水景观与宜居的人文环境是桂林城市发展的先天条件。《桂林市城市总体规划(2010—2020 年)》明确提出,桂林是国际性风景旅游城市,国家级历史文化名城,中国山水城市,桂北及周边地区区域性中心城市。近 10 年来,以旅游业为主导的第三产业呈现蓬勃发展态势,桂林市不断加大旅游业及相关服务业的投入,依托自身的优势资源,倾力打造国际旅游胜地与最佳宜居城市,城市面貌日新月异,综合实力不断增强。1991—2015 年,桂林市国内生产总值和第三产业增加值分别由 18.7 亿元和 8.7 亿元增加到 782 亿元和 383 亿元,两者分别增长 41.8 倍和 44 倍。桂林市区人口由 51.7 万人增加到 85.5 万人,人口净增 33.8 万。同期,来桂游客人数由 671 万人增加到 4470 万人,增长 6.7 倍。按照“保护漓江、发展临桂、再造一个新桂林”的战略部署,桂林城市建设主要向西发展,中心城区形成了“两带、双核、八组团”的城市空间结构。在桂林市景观演化的影响因素方面,经济增长、人口与城镇化发展是城市空间扩张的宏观背景,城市总体规划、产业结

构调整与相关政策实施则是城市景观格局差异与演变的主要驱动力。

4 结论与讨论

(1)自 20 世纪 90 年代以来,在工业经济与城市化进程加速发展的推动下,广西典型城市的景观类型与空间格局发生了剧烈的变化。其中,受人为干扰强烈的土地景观类型,如建设用地、耕地和林地等变化最为显著。南宁、柳州和桂林市的建设用地景观较研究初期分别增长 1.55、2.46 倍和 1.01 倍。与之相反,各个城市的耕地和林地景观则呈现减少趋势,尤其以城市边缘地带内的耕地景观减少最快,3 座典型城市的耕地景观较初期分别减少 35.89%、42.64%和 10.63%。建设用地景观的不断扩张与耕地景观的缩减是城市化过程的基本特征。

(2)广西 3 座典型城市的景观格局具有明显的空间差异性,在核心圈层,近 20 年来城市用地规模扩张迅速,建设用地已成为该地带的控制性景观类型,区域景观格局演化呈现更加单一化的规律。在外围区,耕地和林地均是区域内的优势性景观,由于受建设用地景观的扩展与吞并影响,两类景观的优势度与团聚性都在下降,水体和裸地景观则呈现一定增长变化。研究结果表明, 各个典型城市的城市化进程在不断加快,城市景观逐渐由核心圈层向外围圈层扩展,外围区自然景观受人工干扰强度加大,景观类型逐渐丰富,但破碎化程度加剧。

(3)地形条件是影响城市景观空间格局的重要因子,对于以平原、丘陵和低山地貌为主的广西三座城市而言,人类开发活动的强度具有从低海拔向高海拔区递减的趋势,导致城市景观类型具有较显著的海拔分异特征。中、低海拔区是城市化过程最集中的地带,建设用地的景观优势度增长最为显著。高海拔区的控制性景观为林地,但受城镇化扩张与农业经济活动的干扰,自然景观的优势度与团聚性都在下降。

(4)从城市功能定位与空间发展来看,广西 3 座典型城市均根植于自身发展实际,突出区域优势和特色,充分适应内外环境变化及其变化趋势,同时紧密结合国家和地方发展战略布局,因势利导、因地制宜地明确了城市未来的发展定位与空间格局,既有共性特征,更具有个性差异。在广西新型城镇化建设中扮演各自不同的角色,在相互竞争中实现协同发展。

(5)景观指数与空间分析方法是定量研究城市景观格局变化的重要工具,适用于不同类型城市景观格局动态变化的分析和比较,以及景观格局与城市生态过程之间的关系研究。这有助于深入揭示城市景观演化规律并有针对性地制定城市景观规划与相关策略。本研究采用典型指数叠加监督分类方法虽然提高了城市景观分类精度,但受 TM 和 OLI/TIRS 影像分辨率、季相与研究区自然环境条件等因素限制,分析结果会受到一定程度影响。有关研究表明,城市用地扩展不仅受海拔高程影响,同时还受到坡度和起伏度等地形因素约束性作用。此外,景观格局指数具有较明显的尺度依赖性,区域景观格局具有随尺度变化而变化的特征。因而,本研究得出的结论还需结合高空间分辨率数据、不同地形因子、不同取样尺度等条件,进行进一步验证和探讨。

参考文献(References):

[1] 国家发展与改革委员会. 国家新型城镇化报告 2015. 北京: 中国计划出版社, 2016.

[2] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001.

[3] 何丹, 金凤君, 周璟. 基于 Logistic-CA-Markov 的土地利用景观格局变化——以京津冀都市圈为例. 地理科学, 2011, 31(8): 903-910.

[4] 李莹莹, 黄成林, 张玉. 快速城市化背景下上海绿色空间景观格局梯度及其多样性时空动态特征分析. 生态环境学报, 2016, 25(7): 1115-1124.

[5] 俞龙生, 符以福, 喻怀义, 李志琴. 快速城市化地区景观格局梯度动态及其城乡融合区特征——以广州市番禺区为例. 应用生态学报, 2011, 22(1): 171-180.

[6] Hamstead Z A, Kremer P, Larondelle N, McPhearson T, Haase D. Classification of the heterogeneous structure of urban Landscapes (STURLA) as an indicator of landscape function applied to surface temperature in New York City. Ecological Indicators, 2016, 70: 574-585.

[7] 阳文锐. 北京城市景观格局时空变化及驱动力. 生态学报, 2015, 35(13): 4357-4366.

[8] Cui X Z, Wang X T. Urban land use change and its effect on social metabolism: an empirical study in Shanghai.Habitat International, 2015, 49: 251-259.

[9] Griffith J A, Martinko E A, Price K P. Landscape structure analysis of Kansas at three scales. Landscope and Urban Planning, 2000, 52(1): 45-61.

[10] Styers D M, Chappelka A H, Marzen L J, Somers G L. Developing a land-cover classification to select indicators of forest ecosystem health in a rapidly urbanizing landscape. Landscape and Urban Planning, 2010, 94(3/4): 158-165.

[11] Zipperer W C, Wu J G, Pouyat R V, Pickett S T A. The application of ecological principles to urban and urbanizing landscapes. Ecological Applications, 2000, 10(3): 685-688.

[12] Buyantuyev A, Wu J G. Urban heat islands and landscape heterogeneity: linking spatiotemporal variations in surface temperatures to land-cover and socioeconomic patterns. Landscape Ecology, 2010, 25(1): 17-33.

[13] Romero-Calcerrada R, Perry G L W. The role of land abandonment in landscape dynamics in the SPA 'Encinares del rı o Alberche y Cofio, Central Spain, 1984-1999. Landscape and Urban Planning, 2004, 66(4): 217-232.

[14] Wu J G, Jenerette G D, Buyantuyev A, Redman C L. Quantifying spatiotemporal patterns of urbanization: the case of the two fastest growing metropolitan regions in the United States. Ecological Complexity, 2011, 8(1): 1-8.

[15] 刘翠玲, 龙瀛. 京津冀地区城镇空间扩张模拟与分析. 地理科学进展, 2015, 34(2): 217-228.

[16] 彭建, 王仰麟, 张源, 叶敏婷, 吴健生. 土地利用分类对景观格局指数的影响. 地理学报, 2006, 61(2): 157-168.

[17] 钱敏, 濮励杰, 张晶. 基于改进景观扩张指数苏锡常地区城镇扩展空间形态变化. 地理科学, 2015, 35(3): 314-321.

[18] 陈利顶, 孙然好, 刘海莲. 城市景观格局演变的生态环境效应研究进展. 生态学报, 2013, 33(4): 1042-1050.

[19] 徐延达, 傅伯杰, 吕一河. 基于模型的景观格局与生态过程研究. 生态学报, 2010, 30(1): 212-220.

[20] 吴健生, 王政, 张理卿, 宋静. 景观格局变化驱动力研究进展. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1739-1746.

[21] 齐杨, 邬建国, 李建龙, 于洋, 彭福利, 孙聪. 中国东西部中小城市景观格局及其驱动力. 生态学报, 2013, 33(1): 275-285.

[22] 刘菁华, 李伟峰, 周伟奇, 韩立建, 钱雨果, 郑晓欣. 京津冀城市群景观格局变化机制与预测. 生态学报, 2017, 37(16): 5324-5333.

[23] 付刚, 肖能文, 乔梦萍, 齐月, 闫冰, 刘高慧, 高晓奇, 李俊生. 北京市近二十年景观破碎化格局的时空变化. 生态学报, 2017, 37(8): 2551-2562.

[24] 张景华, 封志明, 姜鲁光. 土地利用/土地覆被分类系统研究进展. 资源科学, 2011, 33(6): 1195-1203.

[25] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级(第二版). 北京: 高等教育出版社, 2007.

[26] 史雅娟, 朱永彬, 黄金川. 中原城市群产业分工格局演变与功能定位研究. 经济地理, 2017, 37(11): 84-91.