

DOI: 10.5846/stxb201908141694

胡盼盼, 李锋, 胡聃, 孙晓, 刘雅莉, 陈新闻. 1980—2015 年珠三角城市群城市扩张的时空特征分析. 生态学报, 2021, 41(17): 7063-7072.

Hu P P, Li F, Hu D, Sun X, Liu Y L, Chen X C. Spatial and temporal characteristics of urban expansion in Pearl River Delta urban agglomeration from 1980 to 2015. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(17): 7063-7072.

1980—2015 年珠三角城市群城市扩张的时空特征分析

胡盼盼^{1,2}, 李 锋^{3,*}, 胡 聃^{1,2}, 孙 晓⁴, 刘雅莉^{1,2}, 陈新闻^{1,2}

1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085

2 中国科学院大学, 北京 100049

3 清华大学建筑学院, 北京 100084

4 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081

摘要:以珠三角城市群 9 座城市为研究对象, 基于 1980—2015 年 3 期遥感影像提取的土地利用数据, 通过扩张强度、扩张速率以及景观格局指数定量分析珠三角城市群尺度上城市扩张的时空变化特征。结果表明: (1) 城市群扩张数量特征: 1980—2015 年珠三角城市群建设用地面积扩张约 3 倍, 1980—2000 和 2000—2015 期间分别扩张 1513.1、3043.8 km²; 扩张强度不断增强, 扩张速率明显加快。(2) 城市群扩张空间特征: 珠三角城市群中扩张迅速的城市主要分布在研究区中部的城镇密集带及沿海地区; 扩张较慢的城市主要分布在靠内陆的周边地带。(3) 基于时间尺度发现珠三角城市群结构的演变呈现出由单核模式(广州, 1980 年)—双核模式(广州、深圳, 2000 年)—多中心、网络化模式演化的特征(东莞、中山等相邻城市, 2015 年)。(4) 基于景观格局特征, 珠三角区域扩张快速的城市形状复杂, 结构趋于分散; 扩张较慢的城市形状更规则, 分布更聚集。(5) 天然的人文联系与优越的地理位置、社会经济、政府政策以及基础设施的建设等因素共同驱动珠三角城市群的发展。该研究对提高城市群规划管理水平具有参考价值。

关键词:城市扩张; 时空演变; 景观格局; 珠三角城市群

Spatial and temporal characteristics of urban expansion in Pearl River Delta urban agglomeration from 1980 to 2015

HU Panpan^{1,2}, LI Feng^{3,*}, HU Dan^{1,2}, SUN Xiao⁴, LIU Yali^{1,2}, CHEN Xinchuang^{1,2}

1 State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

2 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 School of Architecture, Tsinghua University, Beijing 100084, China

4 Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China

Abstract: This study takes 9 cities in the Pearl River Delta as the research object. Based on the land use data extracted from three remote sensing images from 1980 to 2015, the spatial and temporal variation characteristics of urban expansion on the Pearl River Delta urban agglomeration scale are quantitatively analyzed by the expansion intensity, expansion rate and landscape pattern index. The research results show that: (1) in terms of the characteristics of urban agglomeration expansion, it is found that the area of urban land in the Pearl River Delta continues to increase. From 1980 to 2015, the urban land area expanded nearly three times. During 1980—2000 and 2000—2015, it expanded by 1513.1 km² and 3043.8 km² respectively; the expansion rate of urban land was significantly accelerated, and the expansion intensity continued to

基金项目:国家自然科学基金重点项目(71734006); 国家重点研发计划项目(2016YFC0502800)

收稿日期:2019-08-14; **网络出版日期:**2021-06-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: feng_li@tsinghua.edu.cn

increase. (2) Based on the time scale; in 1980, the Pearl River Delta Urban Agglomeration in Guangzhou as the center of the single core model; after 20 years of Reform and Opening-up, Shenzhen rose in 2000 and formed a dual core development mode with Guangzhou; after 15 years, by 2015, it gradually evolved from the dual core mode to the network and multi center mode, that is, Shenzhen and Dongguan, Guangzhou, and Foshan, Zhongshan and other cities developed together. (3) Through the comparative study on the expansion rate and expansion intensity of the urban built-up areas in the Pearl River Delta, it is found that; Based on the quantitative analysis, the expansion rate of other cities increased except Shenzhen and Zhuhai in 1980—2000 and 2000—2015; The characteristics of spatial distribution show that the cities with rapid expansion are mostly concentrated in the coastal areas where land resources are relatively scarce; the cities with relatively slow expansion are mostly concentrated in the inland areas where land resources are relatively abundant. (4) The analysis of landscape pattern shows that the urban land fragmentation is obvious, the spatial structure tends to be scattered, and the shape tends to be complex. At the same time, it is found that the rapidly expanding cities are more complex in shape and more dispersed in structure, while the slowly expanding cities are more regular in shape and more concentrated in distribution. In a word, the urbanization level can be reflected by studying the characteristics of urban expansion in the Pearl River Delta. Firstly, its natural factors determine the macro pattern of urban expansion. Secondly, policy factors (such as Reform and Opening-up and administrative division), and social-economic development factors (such as high overall level of export-oriented economy and reasonable industrial structure) jointly influence the expansion speed and direction of urban land. This is the main reason for the spatial-temporal difference of urban land expansion in the Pearl River Delta region, but it cannot completely control the development direction of urban land. On the whole, the development model of Pearl River Delta urban agglomeration is the result of many factors such as social, economic, policy and natural traffic conditions. This study provides reference value for improving the planning and management level of urban agglomeration.

Key Words: urban expansion; spatial and temporal pattern; landscape pattern; Pearl River Delta urban agglomeration

城市扩张是城市化在空间上的最突出特征之一。当下,许多发展中国家正经历着城市化浪潮,城市群是世界城市化的新趋势,也是我国城市化的基本特点^[1]。由于城市群地区通常经济发达、人口聚集,从而推动城市在地域空间上的动态演变^[2],使得景观格局动态演变复杂化,进而深刻影响生态系统的结构功能,造成一系列的生态问题,如城市热岛效应^[3-4]、水资源污染^[5]、地表径流与土壤侵蚀^[6]、生物多样性减少^[7]等,严重影响区域和全球的可持续发展^[8-12]。因此,研究城市群尺度上空间增长特点和时空演化规律,对提高城市群规划管理水平和保障城市生态安全等方面具有重要的参考价值。同时,十九大报告提出以城市群为主体形态,促进大中小城市和小城镇协调发展,珠三角城市群作为亚太地区最具活力的经济区之一,是我国城市群发展水平的典型代表,研究其城市扩张时空特征,对于国家合理制定政策,实现城市群可持续发展具有参考作用。

随着中国城镇化进程的加快,许多学者纷纷开展中国城市化研究^[13]。目前,对于单一城市扩张的时空演变特征及其驱动机制的研究较多^[14-16],揭示城镇用地扩张与结构演变的驱动机制,如对北京、南京、南昌、沈阳和西安等城市的研究^[17-21],近年来,随着遥感及 GIS 技术的发展,地表观测数据的获取和处理更加便捷。这为我们大尺度监测、分析城市扩张提供了有利条件;也逐步开展对城市群尺度上的城市扩张研究^[22],如辽宁中部城市群^[23]、京津冀城市群^[24]、长三角城市群^[25]等,但对于珠三角城市群城市扩张的研究大都集中于重点城市如广州^[26]、佛山^[27]、东莞^[28]、深圳^[29]或重点区域,如徐进勇等^[30]研究近 40 年珠江三角洲 5 座城市(广州、深圳、珠海、香港和澳门)中心建成区的时空扩张特征以及建成区扩张的自然和社会经济驱动力。这些研究对我们认识珠三角城市群的城市扩张特征具有重要参考意义,同时,部分研究的空间尺度逐步扩张到整个珠三角城市群。如张虹鸥^[31]等采用首位度、回归斜率、城市规模基尼指数等多项指标对珠江三角洲城市群 1983—2003 年的城市规模分布变化及其空间特征进行了分析。叶玉瑶^[32]以珠江三角洲城市群为例,对城

市群空间演化的动力机制进行了初步的探讨。这些研究进一步加深了人们对珠三角城市群城市扩张规律的认识,然而覆盖整个城市群的长时间序列城市扩张研究与单个城市相比仍较为缺乏,而且当前研究大都侧重于在不同时间截面上横向对比分析城市用地空间格局,而对各个城市扩张过程时序特征的相似性和差异性研究略显不足。

本文采用 GIS 空间分析与景观格局指数相结合的方法,分析 1980—2015 期间珠三角城市群尺度上城市的时空演变和景观格局特征,并对各个城市扩张过程的时序特征的相似性与差异性进行对比研究,并结合自然社会因素对其驱动力进行探讨,从而更清晰的了解珠三角城市群的城市化水平,以为珠三角城市群的规划、建设及可持续发展提供科学依据。

1 研究区概况

珠三角城市群地理位置介于 $111^{\circ}22'—115^{\circ}25'E$, $21^{\circ}28'—24^{\circ}26'N$, 位于广东省的东南部,珠江下游,毗邻港澳,以广州、深圳为核心,包括珠海、佛山、惠州、东莞、中山、江门、肇庆共 9 个城市(图 1)。该地区四周是丘陵、山地和岛屿,中部是平原,属于亚热带气候,高温多雨,典型植被是亚热带常绿阔叶林,地貌水文上表现为多河道的良好水网。近年来,随着政策的支持,该地区经济获得飞速发展,社会发展呈现出农村工业化程度高、城乡一体化进程快等特点。目前,珠江三角洲城市群成为亚太地区最具活力的经济区之一,是我国人口聚集最多,创新能力最强、综合实力最强的三大区域之一。因此,选择珠三角研究城市群城市扩张的时空演变特征具有典型性。

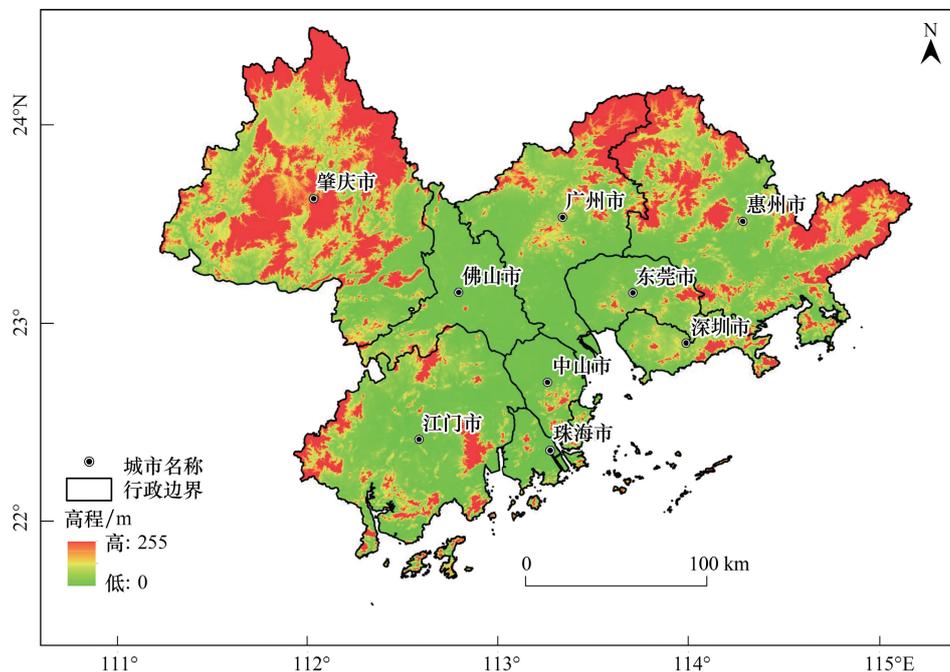


图 1 珠三角城市群研究区

Fig.1 Study area of the Pearl River Delta urban agglomeration

2 数据和方法

2.1 数据来源及处理

本文基于中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远团队生产的土地利用数据,该数据利用 Landsat 影像数据进行解译判读,野外验证,城市建设用地的分类精度达 98.26%,符合制图要求^[33-34]。通过对不同时期的

土地利用进行提取,将除了建设用地以外的其他地物类型合并成一类,即对分类后的图像进行二值化处理,得到建设用地和非建设用地两大类,并将3个时期的影像图层进行叠加分析,计算研究时段内的城市扩张面积,最后利用 ARCGIS 10.2 软件将叠加结果输出成图,得到1980、2000和2015年的城市扩张图,从而探究珠三角城市群近35年来城市扩张的时空分布特征。

2.2 研究方法

2.2.1 城市空间扩张指标

城市扩张的速度和强度是研究城市扩张特征的重要指标。城区扩张速率(M_{ur})表示城区用地扩张面积的年增长速率,用以表征城市扩张的总体趋势^[35]。城区扩张强度指数(I_{ur})的实质是用各空间单元的土地面积对其每年的城市平均扩张速度进行标准化处理,使不同时期城区扩张的速度具有可比性^[16,36]。公式如下:

$$M_{ur} = \frac{\Delta U_{ij}}{\Delta t_{ij} \times ULA_{ij}} \times 100 \quad (1)$$

$$I_{ur} = \frac{\Delta U_{ij}}{\Delta t_{ij} \times TLA_{ij}} \times 100 \quad (2)$$

式中, ΔU_{ij} 为*j*期间第*i*个研究单元城区扩张面积; Δt_{ij} 为*j*期间的的时间跨度; ULA_{ij} 为*j*时段初期第*i*个研究单元城区面积; TLA_{ij} 为第*i*个研究单元土地总面积,本研究的城区面积用城市建设用地面积来表达。

2.2.2 城市空间形态变化指标

城市空间形态变化状况可以用景观格局指数来分析和描述,定量化分析景观格局的结构组成和空间配置等特征^[37]。本文分别从景观水平和斑块类型2个尺度方面选用被国内外广泛使用且意义明确的指标进行景观格局分析。本研究采用 AWMPFD(面积加权平均斑块分维数)及 LSI(景观形状指数)用来测定景观和斑块形状的复杂程度, NP(城镇斑块数量)及 AI(聚集度指数)用于表达城镇景观的破碎化程度与聚集程度。其中, LPI(最大城镇斑块指数)是最大斑块面积与城镇总面积的比值,而不是区域总面积。其计算公式及生态学意义比较常见,在此不再阐述,所有指标的计算采用 Fragstats 4.2^[38]。

3 结果分析

3.1 珠三角城市群扩张时空分异特征

3.1.1 珠三角城市群扩张的整体特征

研究发现,珠三角城市用地持续增加(图2)。1980—2015年,珠三角城市群的城市用地从2688.3 km²增加到7245.2 km²,净增长4556.9 km²,占整个城市群面积的百分比由5.0%增长到13.4%,扩张了将近3倍。城市用地增加呈明显的加快趋势,1980—2000和2000—2015期间分别扩张1513.1、3043.8 km²,年均增加量分别为75.7 km²和202.9 km²;扩张速率也由2.8增加到了4.8。扩张强度由0.14提高到了0.38,珠三角35年来的平均扩张强度0.24(表1和表2)。

3.1.2 珠三角城市群扩张格局的空间分异特征

由图3及图4可知,各城市建成区面积扩张差异明显。其中,东莞与广州一直大面积扩张,分别扩张了949.1、881.8 km²,其次是佛山与深圳,分别扩张了801.2、552.2 km²,这些面积扩张较大的城市主要分布在研究区中部的城镇密集带及沿海地区;而城区面积扩张较小的是珠海、肇庆及中山市;各个城市的生长方式是边缘式增长与填充式增长并存。扩张速率较快的城市主要有中山、东莞及珠海市。扩张强度较大的城市主要有

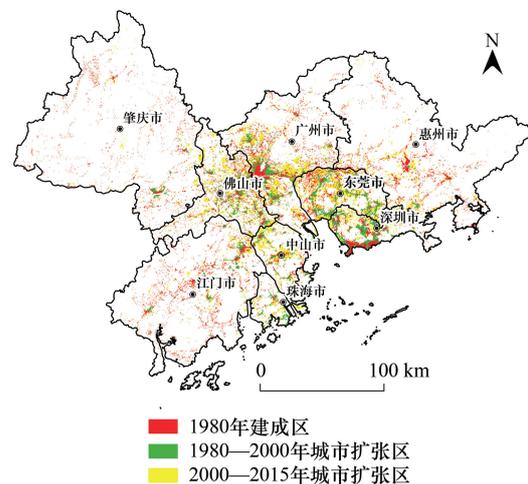


图2 珠三角城市群9个城市扩张叠加图

Fig.2 Urban expansion superposed graphs of the 9 cities in Pearl River Delta

东莞、深圳及中山市等。由此发现,中山市由于总面积较小,虽然扩张强度及速率均较高,但城区扩张面积相对较小。

表 1 珠三角城市群的城市用地结构

Table 1 Urban Land Use Structure of Pearl River Delta Urban Agglomeration

年份 Year	珠三角城市面积 Urban area of Pearl River Delta/km ²	%
1980	2688.3	5.0
2000	4201.4	7.8
2015	7245.2	13.4

表 2 珠三角城市群在 1980—2015 年期间城市增长情况

Table 2 Summary of urban growth in the Urban Agglomeration of PRD from 1980 to 2015

时段 Period	扩张面积 Growth area/km ²	扩张速率 Growth rate/%	扩张强度 Growth intensity index/%
1980—2000	1513.1	2.8	0.14
2000—2015	3043.8	4.8	0.38
1980—2015	4556.9	4.8	0.24

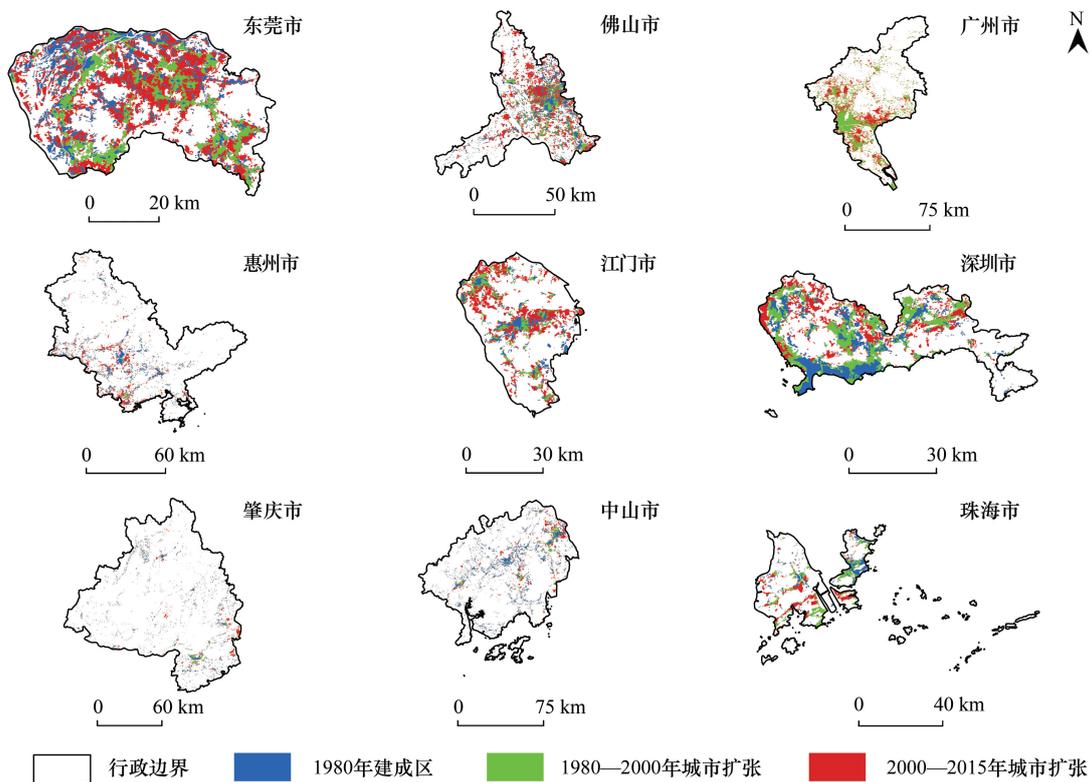


图 3 珠三角 9 个城市的城市扩张叠加图

Fig.3 Urban expansion superposed graphs of the 9 cities in Pearl River Delta

基于时间尺度探究珠三角城市群的时空演变特征。1980 年时,珠三角建成区面积较大的城市是广州、江门及惠州市,分别为 553.0、439.6 km²和 384.8 km²;发展到 2000 年时,建成区面积最大的是广州、东莞及深圳市,达到了 823.3、630.4、564.8 km²。这 20 年间,深圳发展迅速,扩张面积最多,扩张了 315.9 km²,从而发展为以广州和深圳为双中心的城市群结构特征。其次是东莞 314.9 km²,广州扩张面积居第三位,江门市及惠州市

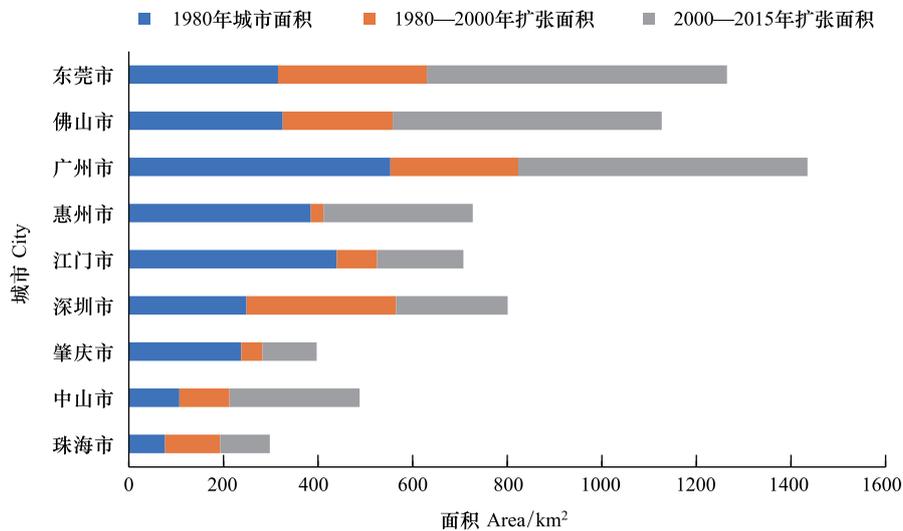


图4 珠三角各个城市的扩张面积

Fig.4 Expanded area of cities in the Pearl River Delta

扩张面积较小。经过2000—2015年这15年的发展,相对偏内陆地区的江门及惠州的城市扩张区域退出三甲(1980年统计显示,江门及惠州的建成区面积在珠三角城市群中分别位列第二、第三位。)而广州、东莞及佛山市的建成区面积位于前三位;广州市作为广东首府,在政治、经济等方面均占优势,同时,城市人口急剧增加,推动了城市的迅速扩张。深圳市居于第四位,由于其土地面积有限以及生态环保政策的实施,而且其城市发展程度已经不能简单的通过城市面积来表达了。在2000—2015年期间,东莞、中山、珠海、佛山等相继进入大城市之列,双核模式逐步演化为网络化、多中心模式。珠三角城市群城市间联系更紧密,功能更完善,逐步发展为城乡一体的多层次城镇体系。

3.2 珠三角城市群扩张速率与扩张强度的差异分析

3.2.1 珠三角城市群扩张速率与扩张强度特征

随着城市化进程加快,珠三角城市用地不断扩张,但由于各城市的定位及地理位置等原因,扩张特征各异(图5)。除了深圳市与珠海市的扩张速率分别由1980—2000年的6.3、7.6下降为2000—2015年的2.8和3.6,而其他城市的扩张速率均持续增加,其中,中山市扩张速率居首位,由1980—2000年的4.9上升到2000—2015年的8.6,其次为东莞市。深圳与珠海的扩张速率下降,一方面受到土地资源的限制,另一方面响应生态环保政策,而且由于在1980—2000年期间这两个城市的飞速发展,在2000—2015年发展速度减缓也合理;

通过研究扩张强度,可比较分析城市时空扩张的强弱。从图6中发现,珠三角各城市间的扩张强度差异明显,但各城市扩张程度均在增加。扩张强度较大的城市多集中在土地资源相对欠缺的中心靠沿海城市,比如东莞、深圳及中山等,这些城市扩张速率快,扩张强度普遍较高。尤其是东莞市,扩张强度由1980—2000年的0.65增加到2000—2015年的1.8,居珠三角城市群之首,主要是由于受到当地社会经济飞速发展的影响,主要驱动力包括服务业、投资等因素。扩张强度较小的多集中在土地资源相对富足的周边偏内陆城市,比如肇庆、江门及惠州等地,这些城市扩张速率慢,扩张强度低。

3.2.2 珠三角城市群扩张速率与扩张强度的空间分异

对珠三角各城市用地扩张速率进行层次聚类分析,主要分为三类。随着经济的快速增长,在这9个城市中,高速扩张的城市是中山、东莞及珠海;中速扩张的城市有佛山、广州及深圳;低速扩张的城市是肇庆,江门及惠州(图7)。基于扩张强度,处于高强度扩张的城市是东莞及深圳;中强度扩张的城市包括佛山,中山及珠海;而处于低强度扩张的城市有广州、肇庆、江门及惠州(图8)。

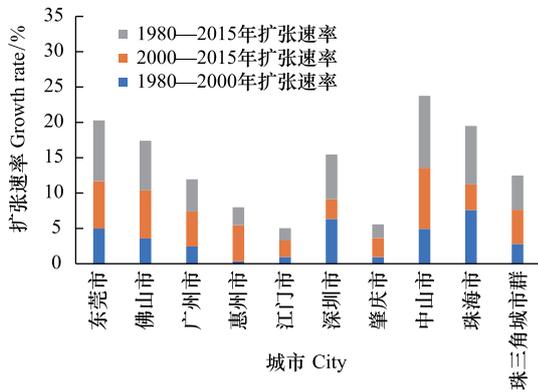


图 5 珠三角各个城市的扩张速率

Fig.5 Expansion rate of cities in the Pearl River Delta

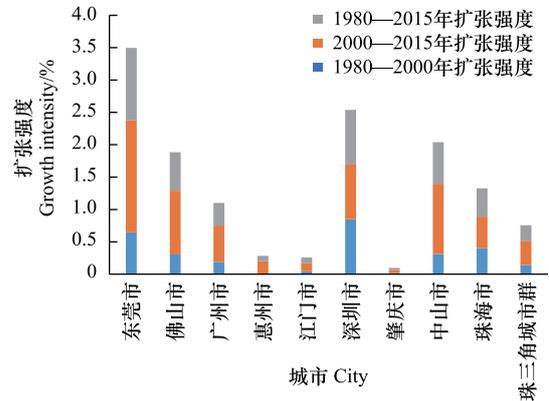


图 6 珠三角各个城市的扩张强度

Fig.6 Expansion strength of cities in the Pearl River Delta

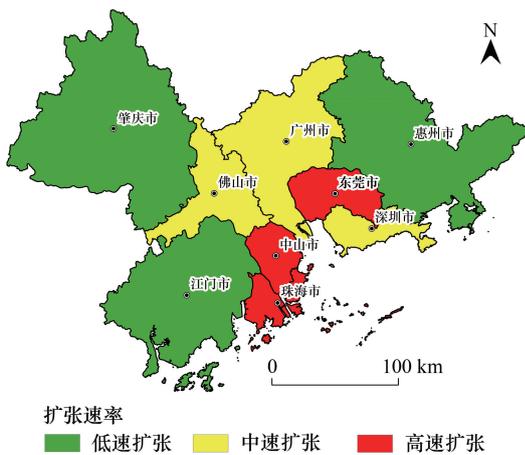


图 7 1980—2015 年珠三角各个城市扩张速率的空间分布等级图

Fig.7 Spatial distribution level map of the expansion rate of cities in the Pearl River Delta from 1980 to 2015

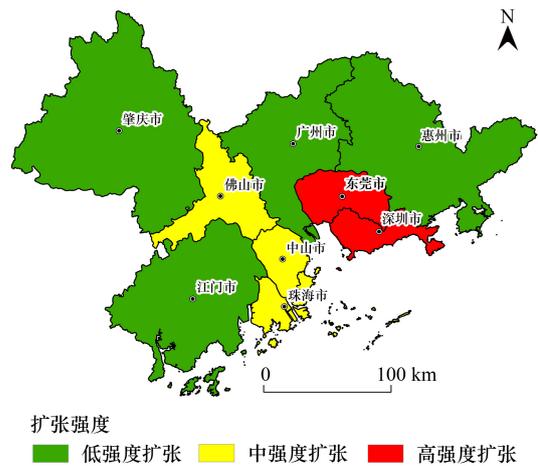


图 8 珠三角各个城市扩张强度的空间分布等级图

Fig.8 Spatial distribution level map of the extended intensity of cities in the Pearl River Delta from 1980 to 2015

东莞市扩张的强度及速度均处于高级水平,沿海城市(中山、珠海、深圳)的扩张强度及速度均比内陆城市(肇庆、江门、惠州)高。扩张强度较小的多集中在土地资源相对富足的内陆城市,一方面是受地形、地理位置、土地面积较大等条件限制,另一方面由于这些城市的经济发展相对较慢,对城市扩张的推动力则较弱。比如广州作为广东省的省会,基于扩张速率,还处于中等水平,但基于扩张强度被划分为低强度扩张城市,除了与土地面积有关,也与响应环保政策以及地处偏内陆等原因有关。

3.3 珠三角城市群城市景观格局演变分析

3.3.1 珠三角城市群整体的扩张格局特征

基于斑块数分析发现(图 9),1980—2015 年,珠三角城市群的斑块数先减少后增加,与珠三角城市扩张形式有关,1980—2000 年珠三角城市群的发展以填充式城市扩张为主,而 2000 年以后,以外延式扩张为主,即开发区大力扩张使得斑块数增多。基于面积加权平均斑块分形维数分析,珠三角城市群的分形维数范围基本上都在 1.28—1.30 之间,其中,在 1980—2000 年增长平缓,在 2000—2015 年增长较大,总体持续增长。说明珠三角城市用地空间结构趋于复杂,城区边界破碎程度增加、形状不规则性增强。基于最大斑块数与聚集度指数研究表明,最大斑块数与聚集度指数均呈下降趋势,1980—2015 年期间,珠三角城市群的最大斑块数

由 94 下降为 84, 聚集度指数由 99.1 下降为 98.8, 均说明珠三角城市群景观趋于破碎化。

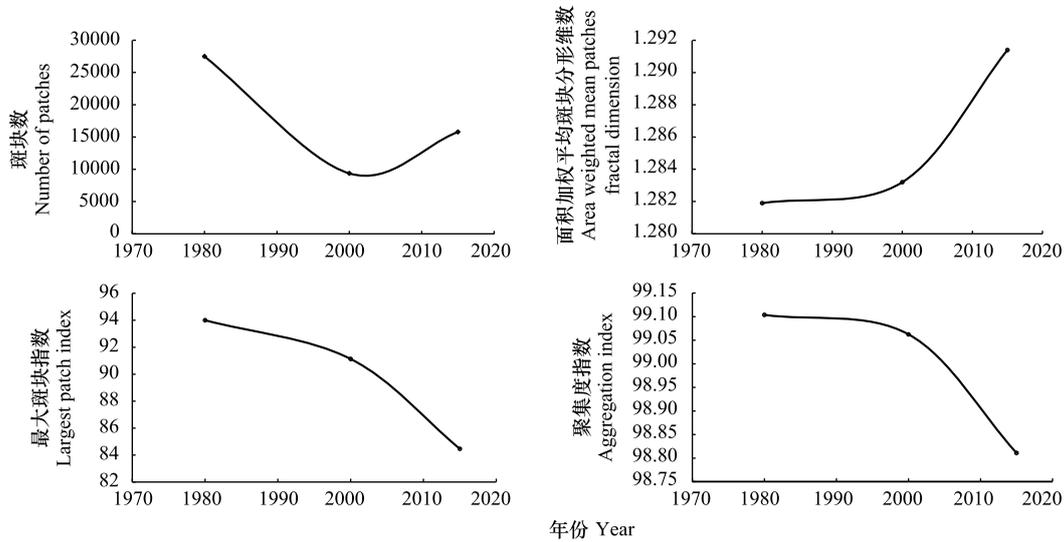


图 9 1980—2015 年珠三角城市群整体扩展格局指数的变化

Fig.9 Changes in the Overall Expansion Pattern Index of the Pearl River Delta Urban Agglomeration from 1980 to 2015

3.3.2 珠三角城市群各个城市的扩张格局特征

城市扩张主要有 4 种类型分别为填充型、外延型、廊道型和卫星城型^[39], 一般而言, 城市形成是 4 种扩张类型综合作用的结果, 而城市形状的变化则是城市用地扩张的结果, 城市用地扩张类型与城市建成区形状以及聚集度存在一定的相关关系^[40]。

(1) 城市景观形状指数变化

由图 10 可知, 基于时间尺度, 1980—2015 年, 各个城市的景观形状指数逐年增加的趋势, 说明珠三角城市景观的形状趋于复杂化; 基于空间而言, 各个城市的形状变化特点差异明显, 东莞的形状指数最突出, 说明东莞城市景观的形状比较复杂; 其次是佛山和广州, 而这三个城市的扩张也比较快速, 说明发展快速的城市景观形状相对复杂的; 而形状指数较小的城市分别是肇庆、中山及珠海。这三个城市形状简单的原因也各有不同, 肇庆市发展比较缓慢, 基于城市规划发展比较规整; 而中山市城市扩张速度较快, 形状还简单, 可能与地理位置及地形等因素有关; 而珠海形状简单可能与岛屿众多以及矢量化精细程度有关。

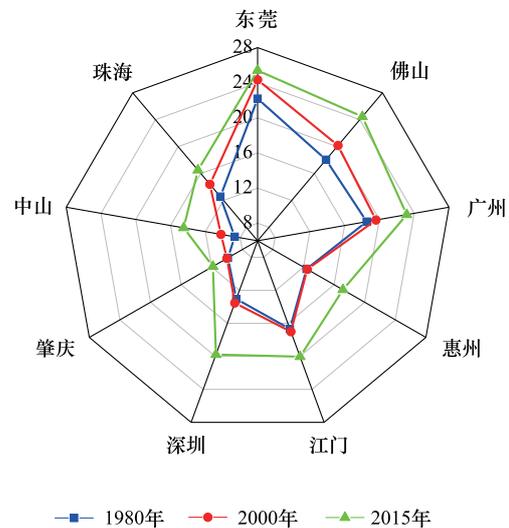


图 10 珠三角城市群各个城市景观形状指数变化

Fig.10 Change of Landscape Shape Index of Cities in Pearl River Delta Urban Agglomeration

(2) 城市景观聚集度指数的变化

城市外围轮廓形态聚集度计算结果显示(图 11), 珠三角 9 个城市中三个时期的聚集度均保持较高水平的城市主要包括肇庆、惠州及江门等。说明这些城市土地集约化程度较高, 主要是由于这些城市偏内陆, 还受到地形及经济等因素的影响, 各城市发展相对独立, 城市间联系较弱, 不易受外界环境影响, 城市内部环境相对稳定。

三个时期聚集度始终较低且逐渐下降的城市主要包括东莞, 深圳和佛山等。尤其是东莞, 35 年来, 经济

发展迅速,流通性较高,城市内部环境的稳定性也最弱,结构较松散。总体来看,珠三角各城市的聚集度均下降,说明城市用地集约程度及结构紧凑度均降低。

4 讨论

(1) 本研究发现除肇庆、江门及惠州等三个城市外,其余6个城市的扩张强度均大于0.1,2000年之前,与京津冀地区的城市比较发现,北京的扩张强度0.5(1992—1997)^[17],1980—2000年,深圳与东莞的扩张强度分别为0.85、0.65,惠州的扩张强度最小为0.01,深圳与东莞的城市扩张强度高于北京,其他城市扩张强度均低于北京。2000年之后,与长江三角洲的城市比较发现,2000—2005年,上海、宁波、南京以及杭州的城市扩张强度依次为2.6、1.05、0.81和0.54^[41],东莞的扩张强度在珠三角城市群中居首位为1.74,仍然低于长三角城市群中扩张强度最大的上海市,高于其他三个城市,但整体来看相差不大。这些对比研究均表明珠三角地区城市的扩张强度在全国处于较高水平。

(2) 通过研究珠三角的空间形态特征,计算出的分形维数与聚集程度指数表明珠三角城市用地空间结构趋于分散,破碎化现象明显;形状趋于复杂。同时,扩张越剧烈的城市的形状越复杂,结构越松散,比如东莞。扩张较慢的城市形状更规则,结构更紧凑,比如肇庆。这是由于受到外界环境的干扰较小,城市内部稳定性较强。扩张强度大的城市还需要政府和有关部门通过政策等手段进行引导和调控,从而促进城市的可持续发展。

(3) 城市扩张特征反映出城市化水平。自然因素决定了珠三角城市扩张的宏观格局。改革开放及行政区划等政策因素、外向型经济总体水平较高、产业结构优化合理等社会经济发展因素引导了城镇用地的扩张速度和扩张方向,是造成珠三角区域城市用地扩张时空差异的主要原因,但不能完全控制城镇用地的的发展,它是社会、经济、政策以及自然交通条件等诸多因素综合作用的结果。

5 结论

本研究运用遥感和GIS手段提取城市的空间特征信息,并结合城市空间扩张和空间形态景观格局等指标,定量分析近35年珠三角城市群城市扩张时空演变的格局特征,为城市发展规划提供科学依据。从分析得出以下结论:

(1) 通过研究珠三角城市的扩张情况发现,珠三角城市用地面积均持续增加。1980—2015年,城市用地面积扩张近3倍。城市用地扩张速率明显加快,扩张强度不断增强。

(2) 基于时间尺度:1980年,以广州为中心的单核模式;经过改革开放20年的发展,2000年时,深圳崛起,与广州形成双核发展模式;又经过15年,至2015年,由双核模式逐渐向网络化、多中心模式演化,即深圳与东莞,广州与佛山、中山等城市共同发展。

(3) 通过对珠三角各城市建成区的扩张速率与扩张强度的比较研究发现:基于数量分析,1980—2000与2000—2015年两个阶段,除了深圳与珠海的扩张速率降低外,其他城市的扩张速率均提升;空间分布特征表现为扩张迅速的城市多集中在土地资源相对欠缺的中心区域偏沿海地带;扩张相对较慢的城市多集中分布在土地资源相对丰富的周边偏内陆区域。

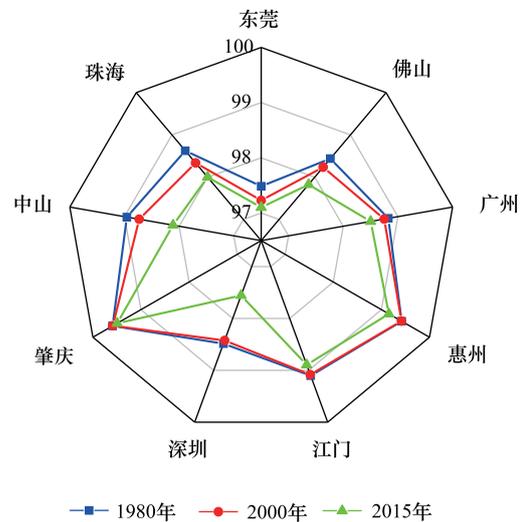


图 11 珠三角城市群各个城市聚集度指数变化

Fig. 11 Change of Urban Agglomeration Index in Pearl River Delta Urban Agglomeration

(4) 分形维数与聚集程度均表明珠江三角洲城市用地空间结构趋于分散,破碎化现象明显;形状趋于复杂。同时发现,扩张快速的城市形状更复杂,结构趋于分散;扩张较慢的城市形状更规则,分布更聚集。

参考文献 (References):

- [1] 窦金波. 当代世界城市化的特点及发展趋势. 经济研究导刊, 2010, 000(005):79-81.
- [2] 刘纪远, 战金艳, 邓祥征. 经济改革背景下中国城市用地扩展的时空格局及其驱动因素分析. *Ambio-人类环境杂志*, 2005, 34(6): 444-449.
- [3] 樊亚鹏, 徐涵秋, 李乐, 张好. 广州市城市扩展及其城市热岛效应分析. *遥感信息*, 2014, 29(1): 23-29.
- [4] 彭保发, 石忆邵, 王贺封, 王亚力. 城市热岛效应的影响机理及其作用规律——以上海市为例. *地理学报*, 2013, 68(11): 1461-1471.
- [5] 于冰, 徐琳瑜. 城市水生态系统可持续发展评价——以大连市为例. *资源科学*, 2014, 36(12): 2578-2583.
- [6] Li Z, Liu W Z, Zhang X C, Zheng F L. Impacts of land use change and climate variability on hydrology in an agricultural catchment on the Loess Plateau of China. *Journal of Hydrology*, 2009, 377(1/2): 35-42.
- [7] Meffert P J, Dziocck F. The influence of urbanisation on diversity and trait composition of birds. *Landscape Ecology*, 2013, 28(5): 943-957.
- [8] 曾辉, 江子瀛. 深圳市龙华地区快速城市化过程中的景观结构研究——城市建设用地结构及异质性特征分析. *应用生态学报*, 2000, 11(4): 567-572.
- [9] Dinda S, Chatterjee D N, Ghosh S. An integrated simulation approach to the assessment of urban growth pattern and loss in urban green space in Kolkata, India: A GIS-based analysis. *Ecological Indicators*, 2021, 121: 107178.
- [10] 焦利民, 刘耀林. 可持续城市化与国土空间优化. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2021, 46(01): 1-11.
- [11] 李锋, 叶亚平, 宋博文, 王如松. 城市生态用地的空间结构及其生态系统服务动态演变——以常州市为例. *生态学报*, 2011, 31(19): 5623-5631.
- [12] Deng J S, Wang K, Hong Y, Qi J G. Spatio-temporal dynamics and evolution of land use change and landscape pattern in response to rapid urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 2009, 92(3/4): 187-198.
- [13] 林中立, 徐涵秋, 黄绍霖. 基于 DMS/OLS 夜间灯光影像的中国东部沿海地区城市扩展动态监测. *地球信息科学学报*, 2019, 21(7): 1074-1085.
- [14] 曹晓丽, 雷敏, 侯志华, 赵志卿, 苏彤. 基于 RS 与 GIS 的太原市城市扩展特征及驱动因素研究. *西北大学学报: 自然科学版*, 2018, 48(5): 734-740.
- [15] 陈好凡, 王开泳. 撤县(市)设区对城市空间扩展的影响机理——以杭州市为例. *地理研究*, 2019, 38(02): 221-234.
- [16] 翟涌光, 屈忠义, 吕萌. 西北部少数民族地区城市扩展特征分析——以呼和浩特市为例. *测绘科学*, 2020, 45(04): 97-104+124.
- [17] 杜军, 宁晓刚, 刘纪平, 邱士可, 王浩, 王超. 基于遥感监测的北京市城市空间扩展格局与形态特征分析. *地域研究与开发*, 2019, 38(02): 73-78.
- [18] 钱志友, 符海月, 王妍, 张祎婷. 2004-2016 年南京市城市扩张及形态演变特征. *国土资源遥感*, 2019, 31(2): 149-156.
- [19] 陈蕾, 郭熙, 韩逸, 朱青. 基于 BRT 模型的南昌市城市扩展时空特征及驱动因素研究. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(02): 322-333.
- [20] 任启龙, 王利, 韩增林, 徐晓勇, 赵东霞. 基于城市年轮模型的城市扩展研究——以沈阳市为例. *地理研究*, 2017, 36(07): 1364-1376.
- [21] 耿甜伟, 毛雅倩, 李九全, 陈海. 西安城市扩展时空特征及驱动机制. *经济地理*, 2019, 39(10): 62-70.
- [22] 张丽芳, 方创琳, 高倩. 天山北坡城市群城市景观时空扩张过程及多情景模拟. *生态学报*, 2021(04): 1-13.
- [23] 郝凤明, 贺红土, 胡远满, 吴晓青, 常禹, 刘森, 石铁矛, 王晋年. 辽宁中部城市群城市增长时空格局及其驱动力. *应用生态学报*, 2010, 21(3): 707-713.
- [24] 朱磊, 岳嘉琛, 陈诗音, 黄庆旭, 杨双妹玛, 刘紫玟. 1992-2016 年北京京津冀城市群城市扩展过程和驱动分析. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 2019, 55(2): 291-298.
- [25] 高啸峰, 刘慧平, 张洋华, 吕颖, 刘湘平. 1990-2010 年长三角城市群城市扩展时空规律分析. *北京师范大学学报: 自然科学版*, 2016, 52(5): 645-650.
- [26] 金兵兵, 王梓璇, 刘洋, 孟媛, 吴子为. 基于多源数据的广州市城市扩张动态监测与评价分析. *地理信息世界*, 2019, 26(06): 123-128.
- [27] 陈凯, 刘凯, 柳林, 朱远辉. 基于随机森林的元胞自动机城市扩展模拟——以佛山市为例. *地理科学进展*, 2015, 34(8): 937-946.
- [28] 徐启恒, 黄滢冰. 珠三角典型地区城市扩张测度及驱动机制分析. *测绘科学*, 2018, 43(1): 45-53.
- [29] 吴健生, 罗可雨, 赵宇豪. 深圳市近 20 年城市景观格局演变及其驱动因素. *地理研究*, 2020, 39(08): 1725-1738.
- [30] 徐进勇, 张增祥, 赵晓丽, 刘斌, 易玲. 近 40 年珠江三角洲主要城市时空扩展特征及驱动力分析. *北京大学学报: 自然科学版*, 2015, 51(6): 1119-1131.
- [31] 张虹鸥, 叶玉瑶, 陈绍愿. 珠江三角洲城市群城市规模分布变化及其空间特征. *经济地理*, 2006, 26(5): 806-809.
- [32] 叶玉瑶. 城市群空间演化动力机制初探——以珠江三角洲城市群为例. *城市规划*, 2006(01): 61-66+87.
- [33] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 徐新良, 秦元伟, 宁佳, 周万村, 张树文, 李仁东, 颜长珍, 吴世新, 史学正, 江南, 于东升, 潘贤章, 迟文峰. 20 世纪 80 年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局. *地理学报*, 2014, 69(1): 3-14.
- [34] 刘纪远, 张增祥, 徐新良, 匡文慧, 周万村, 张树文, 李仁东, 颜长珍, 于东升, 吴世新, 江南. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析. *地理学报*, 2009, 64(12): 1411-1420.
- [35] 钟洋, 林爱文. 长江中游城市群空间格局演变及优化研究——基于 DMS/OLS 夜间灯光数据的方法. *水土保持研究*, 2018, 25(06): 298-305.
- [36] 何丹, 蔡建明, 周璟. 城镇用地动态扩展及驱动力分析——以天津市为例. *冰川冻土*, 2009, 31(01): 148-157.
- [37] Mcgarigal K, Marks B J. FRAGSTATS-Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. USDA Forest Service - General Technical Report PNW, 1995.
- [38] 佟光臣, 林杰, 陈杭, 顾哲衍, 唐鹏, 张金池. 1986-2013 年南京市土地利用/覆被景观格局时空变化及驱动力因素分析. *水土保持研究*, 2017, 24(2): 240-245.
- [39] 刘纪远, 王新生, 庄大方, 张稳, 胡文岩. 凸壳原理用于城市用地空间扩展类型识别. *地理学报*, 2003, 58(6): 885-892.
- [40] 王新生, 刘纪远, 庄大方, 王黎明. 中国特大城市空间形态变化的时空特征. *地理学报*, 2005, 60(3): 392-400.
- [41] 李加林, 许继琴, 李伟芳, 刘闯. 长江三角洲地区城市用地增长的时空特征分析. *地理学报*, 2007, 62(4): 437-447.