

快速城市化过程中土地覆盖格局研究

——以深圳市为例

袁 艺, 史培军*, 刘颖慧, 谢 锋

(北京师范大学资源科学研究所, 北京师范大学环境演变与自然灾害教育部重点实验室, 北京 100875)

摘要: 研究一个以城市化过程为主的土地利用/覆盖变化可以从不同的角度出发。选择景观生态学中的景观格局的研究方法, 对快速城市化地区——深圳市的城市化过程中的土地利用/覆盖的动态变化进行研究。具体选择景观格局指数中的破碎度指数、Shannon-Weaver 多样性指数和聚集度指数, 来表征斑块水平、景观水平、区域水平 3 个不同层次的土地覆盖格局。首先在区域水平上, 分析了深圳全市, 以及经济特区和特区外的宝安区、龙岗区的土地覆盖格局变化。在此基础上, 以研究区的镇级行政单元为景观单元, 计算了镇级行政区域以及镇级行政区海拔 0~30m 的区域的景观格局指数, 在景观水平上分析了区域经济发展水平和速度, 以及地形因素对土地覆盖格局变化的影响。随后分析了研究区各土地覆盖类型以及不同时期的斑块水平上的土地覆盖格局。最后以城镇用地比例表征城市化水平, 讨论了城市化水平与土地覆盖格局变化的关系。在城市化初期, 景观类型多样性和斑块破碎化程度出现上升趋势, 空间聚集性下降, 生态安全问题开始突现。在城市化水平 20%~40% 之间, 其景观类型多样性和斑块破碎化程度达到较高水平, 而空间聚集度水平较低, 生态安全水平明显下降; 随着城市化过程的不断深入, 城市化水平不断提高, 景观类型多样性和斑块破碎化程度又出现了较为明显的下降, 空间聚集性开始上升。这个时期城镇用地在空间上高度聚集, 而耕地等农业用地呈破碎状分布, 生态安全问题已成为城市发展的严重障碍。而当城市化水平达到较高水平时(>70%), 斑块破碎度、景观类型多样性和空间聚集度表征的土地覆盖格局的变化也进入一个相对平稳的时期, 城市生态安全建设成为城市建设中的重要任务, 确保城市生态用地规模已成为此期间城市生态安全维护的关键措施。

关键词: 土地覆盖格局; 生态安全; 深圳市

A study on the pattern of land cover during rapid urbanization: Shenzhen City as a case study

YUAN Yi, SHI Pei-Jun, LIU Ying-Hui, XIE Feng (Institute of Resources Science, Beijing Normal University; Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education of China, Beijing Normal University 100875, Beijing, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(9): 1832~1840.

Abstract: Various approaches can be taken to study land use/cover change caused primarily by urbanization. In this paper, landscape pattern analysis is chosen to study the land use/cover change in Shenzhen City where urbanization is rapidly developing. Indices of fragmentation, Shannon-Weaver

基金项目: 教育部跨世纪人才资助项目(1998~2003); 国家自然科学基金重大资助项目(39899374)

收稿日期: 2003-03-20; **修订日期:** 2003-06-10

作者简介: 袁艺(1976~), 女, 江苏江都人, 博士, 主要从事土地利用、自然灾害研究。

* 通信作者 Author for correspondence, E-mail: spj@bnu.edu.cn

Foundation item: Transformation Century Talents Foundation of Ministry of Education of China (1998~2003) and the Major Program of National Natural Science Foundation of China (No. 39899374)

Received date: 2003-03-20 **Accepted date:** 2003-06-10

Biography: YUAN Yi, Ph.D., research interest focuses on land use/land cover change and natural disaster.

diversity and congregation were chosen to illustrate the land cover pattern change at three levels from the patch level, landscape level to the region level. The change of land cover patterns at the region level was first analyzed in four regions including the whole study area, the Shenzhen Special Economic Zone, Bao'an District and Longgang District. Taking the administrative divisions at the township level as the landscape unit, indices of landscape pattern were calculated to analyze the impact of regional economic level and development speed and the landform on changes of land cover patterns in administrative divisions at the township level and their areas whose elevation is between 0 and 30 meters. Then, the land cover patterns of different land cover types in different periods were studied at the patch level. Finally, using the ratio of urban land area to total land area as the level of urbanization, we analyzed the relationship between the urbanization level and the land cover pattern changes.

During the 20 years of urbanization in Shenzhen City, the land cover pattern has changed intensively at all levels of landscape. For the whole city, the Special Economic Zone, Bao'an District and Longgang District, the landscape diversity and patch fragmentation experienced a rise at first and followed by a decrease at the end, but the change pattern of spatial congregation is reversed. The change increment and sequence of those four regions were different, showing that the development of the Special Economic Zone is earlier and its development speed is greater than the region out of the Special Economic Zone. In Shenzhen City, the gradient of urbanization points from inside of the Special Economic Zone outward.

The economic development level, speed and the landform are important factors influencing the change of land cover pattern. In Shenzhen, the development of land cover pattern is from the Special Economic Zone to the regions out of it, and the distribution is from Luohu District towards the east and the west in the Special Economic Zone indicating the spatial difference of economic development level. The faster the economic development, the faster is the land cover change. Outside of the Special Economic Zone, the temporal change of spatial distribution of land cover is showing a belt distribution from the west to the east. This is related to their elevation. There is a delay of land cover change at higher elevation areas. The spatial pattern of land cover reflects the spatial pattern of landform.

There is a good relationship between the urbanization level and the change of land cover pattern. Land cover change caused by a rapid urbanization generally has the following characteristics. At the beginning of the urbanization, landscape diversity and patch fragmentation increase while spatial congregation reduces. During this period, ecological security problems begin to occur. When the urbanization level reaches 20%~40%, landscape diversity and patch fragmentation reach a high level and spatial congregation is relative low, while the ecological security level decrease considerably. In the next phase of continuing increase of urbanization, landscape diversity and patch fragmentation will decrease while the spatial congregation increases again. Urban land is highly congregated in spatial distribution, while agricultural land, especially paddy field, is fragmented. As a result, urban ecological security problem becomes a serious obstacle to further urban development. When the urbanization level reaches about 70%, the change of various landscape indices is small indicating that the land cover pattern change is steady. In this period, the establishment of urban ecological security is one of the important tasks of urban construction, and ensuring proper scale of ecological land is a key measure to maintain urban ecological security.

Key words: land cover pattern; ecological security; Shenzhen City

文章编号:1000-0933(2003)09-1832-09 中图分类号:Q14,X171 文献标识码:A

全球环境变化需要提高对土地利用/覆盖变化方式的进一步认识,以加强对环境问题严重区域的预测能力,而城市扩展是其中最为重要的方式之一^[1]。探讨城市化与区域生态环境安全之间的关系,已经成为

当前 LUCC 与 GCTE 研究的热点问题。如何确定在生态环境安全条件下城市化地区生态用地的比例,以及进一步在空间上布局生态用地,并确定生态用地的内部结构体系,已引起城市生态建设与管理界人士的高度重视^[2]。分析和预测在各种时空尺度上土地覆盖和土地利用变化成为评价生态环境问题的有利工具^[3]。而景观已经成为表达社会和自然空间特征的常用方法^[4]。本文试图通过景观格局的分析方法,以深圳市作为案例,建立城市化水平与生态格局之间的关系,进而以此作为确定生态安全用地比例的依据。

中国广东省深圳市位于北回归线以南,其南面是香港特别行政区,是中国内地唯一通过陆路和水域与香港毗邻的城市(图 1)。1979 年前的深圳,只是一个 3 万人口的边陲小镇,深圳镇所属的宝安县也不过 30 万人口,经济发展水平在全国无足轻重。随着深圳成为中国的第一个经济特区,经过 20a 的飞速发展,已经发展成为中国重要的沿海特大城市,是中国经济最活跃、增长最快的地区。深圳市经济的高速发展,带来其城市化水平的快速提高,其中特区建成区面积已经由 1985 年的不足 50km²,发展到 2000 年的 136km²,使得深圳市土地利用结构发生了很大的变化^[5]。而土地利用/覆盖变化随即带来深刻的生态环境影响,对研究区的暴雨洪水^[6~8]、环境污染^[9]、城市热岛* 等诸多方面带来广泛而深刻的影响。因此研究快速城市化过程中的土地利用/覆盖变化对理解生态环境变化的驱动作用,对确定城市化地区生态用地的比例,以及城市土地资源高效与可持续利用都有着重要的理论和实践意义。

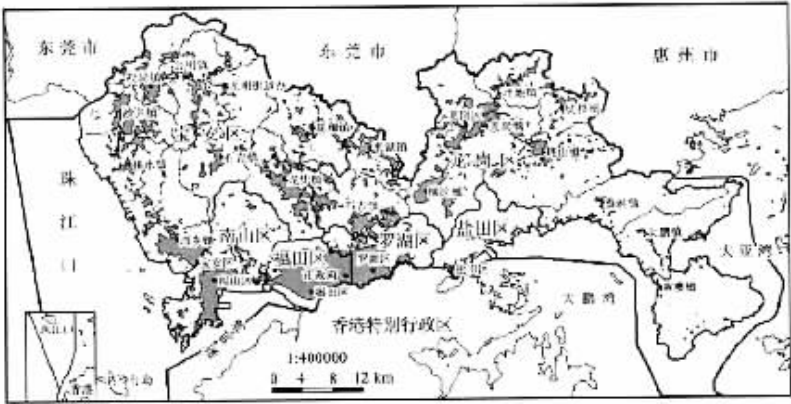


图 1 深圳市地图
Fig. 1 Map of Shenzhen City

1 深圳市土地利用变化

利用深圳市 1980 年 MSS,1988、1994 和 2000 年 TM 季相一致的 Landsat 遥感数据对研究区 4 个时期的土地利用进行了定量测算。根据深圳市的自然地理条件(包括气候、植被背景)和社会经济发展过程,以及研究目标,参照《中华人民共和国行业标准·土地利用动态遥感监测规程》的土地利用分类标准,确定了研究区的土地利用分类体系,即高密度城镇用地、中低密度城镇用地、耕地、园地、林地、灌草地、水域、湿地和未利用土地等九大类。研究区域的面积为 1480.39km²,占到全市面积的 76.0%,特区东部和龙岗区东部的部分数据缺失,包括深圳市经济发展的主要地区,完全能够代表深圳市快速城市化过程中土地利用变化的基本规律(见表 1)。

深圳市 20a 来土地利用变化的主要特征为城镇用地(主要包括居民用地和工矿用地)的迅速增加,从 1980 年的 7.35km²,增长到 2000 年的 522.62km²,增幅 71.1 倍,占到研究区总面积的 35.31%。相反农业用地(主要包括耕地、林地和园地等)总量持续减少,其中以耕地大幅度减少为主,林地次之,而园地是在城

* 陈万方数据
Chen Wanfang data modeling of land use changes and their environmental impacts in China, Doctor dissertation of Kyushu University, Japan. 2000

市化过程中大面积出现的一类农业用地。在城市化过程的前期和中期,城镇用地主要由农业用地转化而来,其中以耕地为主,同时在这段时期产生了主要在农业用地向建设用地转化过程中形成的大面积的未利用土地。当城市化发展到较高水平时,农业用地转化为城市用地的比例开始下降,而水域、未利用土地转化为城镇用地的比例大幅增加。深圳市土地利用结构的变化和空间格局的改变,对本区土地覆盖格局产生了广泛而深刻的影响。

表 1 深圳市土地利用变化(1980~2000 年)
Table 1 Land use change in Shenzhen City from 1980 to 2000

土地利用类型 Land use type	1980		1988		1994		2000	
	面积 Area (km ²)	比例 Ratio (%)	面积 Area (km ²)	比例 Ratio (%)	面积 Area (km ²)	比例 Ratio (%)	面积 Area (km ²)	比例 Ratio (%)
高密度城镇用地 ^①	0.00	0.00	1.95	0.13	5.02	0.34	16.98	1.15
中低密度城镇用地 ^②	7.35	0.50	161.85	10.93	335.76	22.68	505.64	34.16
耕地 ^③	514.44	34.75	298.24	20.15	176.55	11.93	146.78	9.92
园地 ^④	0.00	0.00	304.06	20.54	303.65	20.51	281.92	19.04
林地 ^⑤	416.25	28.12	426.61	28.82	376.32	25.42	308.70	20.85
灌草地 ^⑥	333.34	22.52	78.72	5.32	0.00	0.00	0.00	0.00
水域 ^⑦	116.97	7.90	138.76	9.37	140.36	9.48	115.66	7.81
湿地 ^⑧	25.34	1.71	34.52	2.33	14.94	1.01	10.48	0.71
未利用地 ^⑨	66.70	4.51	35.70	2.41	127.79	8.63	94.23	6.37
合计	1480.39	100.00	1480.39	100.00	1480.39	100.00	1480.39	100.00

①Urban land with high density;②Urban land with low or middle density;③Paddy field;④Orchard;⑤Forest;⑥Shrub and grassland;⑦Water;⑧Wetland;⑨Unused land; Total

2 深圳市土地覆盖格局的变化

在各时期土地利用分类结果的基础上,采用 80m×80m 的空间分辨率,使用景观格局的分析方法对研究区土地覆盖格局的变化进行分析。由于高密度城镇用地仅代表一个地区城市经济发展到较高水平时出现的一类在人口、建筑物、经济活动等方面更加稠密的用地,在用地性质上与中低密度城镇用地一致,只是在城市容积率上有所不同,因此在土地覆盖格局分析中,将这两类城镇用地合并,按照城镇用地、耕地、园地、林地、灌草地、水域、湿地和未利用土地八大类进行分析。

景观多样性^[10]可分为斑块多样性、类型多样性和格局多样性^[11]。因此,可以从这 3 个层次的多样性来理解土地覆盖格局在不同水平上的变化,即区域水平、景观水平和斑块水平上的土地覆盖格局变化。

2.1 区域水平上的土地覆盖格局变化

选取景观指数分析方法中的破碎度、Shannon-Weaver 多样性指数,以及聚集度 3 个指标对研究区区域水平上的土地覆盖格局变化进行综合分析。首先对深圳市、深圳经济特区,以及特区外的宝安区和龙岗区四个时期的各类指数进行了计算,计算结果见表 2。从表 2 可以看出,4 个区域的斑块破碎度和景观类型多样性均经历了先升高,再降低的变化过程,而表征区域土地覆盖格局的聚集度则为先下降后上升的过程。体现了这样一个土地覆盖格局的变化过程:在城市化过程初期,城镇用地和园地的大量出现,耕地等其他用地类型逐渐被侵占和蚕食,区域斑块破碎度和景观类型多样性迅速上升、空间聚集度下降;随着城市化水平的不断提高,城镇用地和园地大面积聚集,耕地在区域景观中处于缀块地位,区域的斑块破碎度和景观类型多样性又开始下降、空间聚集度逐渐回升。

在 4 个区域土地覆盖格局变化规律一致的情况下,在变化幅度和变化先后顺序上还存在着一定差异,即从区域水平上的土地覆盖格局记录了深圳市经济发展水平从特区内向特区外梯度转化的过程,也就是城市化过程中的不同城市化水平对应着区域水平上的土地覆盖格局的不同水平。另外,斑块破碎度在 1994~2000 年间的下降幅度明显低于 1988~1994 年间的下降幅度,景观类型多样性指数在 1994~2000 年间的下降幅度为 1988~1994 年间的下降幅度的 1/2,空间聚集度特区在 1988~1994 年间开始回升,而整个研究区是在 1994 年后才开始回升。可见 1980~1988 年间,是研究区在区域水平上土地覆盖格局走向破碎化的

时期,1988~1994 年时期各区域在区域水平上的斑块多样性明显下降,说明这段时期出现了区域水平上的斑块聚集过程,主要是城镇用地和园地的斑块破碎程度迅速下降;而在 1994~2000 年期间,这种区域水平上的斑块聚集趋势减缓,而景观类型多样性迅速下降,聚集度有所回升,在土地覆盖格局上呈现了明显的空间聚集化过程,城镇用地为主的土地覆盖格局基本形成。

表 2 各时期土地覆盖景观格局指数

Table 2 The landscape pattern indices of land cover in 1980、1988、1994 and 2000

指标 Index	破碎度				多样性指数				聚集度			
	Fragmentation index				Diversity index				Congregation index			
年份 Year	1980	1988	1994	2000	1980	1988	1994	2000	1980	1988	1994	2000
深圳市 ^①	0.036	0.046	0.040	0.039	1.49	1.79	1.74	1.63	42.97	36.14	33.68	37.80
特区内 ^②	0.035	0.040	0.031	0.029	1.54	1.74	1.58	1.46	42.67	40.08	41.27	46.54
宝安区 ^③	0.036	0.049	0.044	0.042	1.48	1.81	1.81	1.70	42.93	34.61	30.50	34.56
龙岗区 ^④	0.037	0.048	0.044	0.046	1.27	1.58	1.57	1.54	48.63	41.46	38.30	39.17

①Shenzhen City;②The Special Econmic Zone;③Bao'an District;④Longgang District

2.2 景观水平上的土地覆盖格局变化

使用多样性指数对研究区内的区、镇、街道办事处的土地覆盖格局随时间的变化进行了具体分析。具体区域包括特区内的 4 个区,即罗湖区、福田区、南山区、盐田区,以及特区外的宝安区、龙岗区的 17 个镇和街道办事处,共计 21 个子区域。考虑到景观指数自身的局限性,以及镇级行政单元自然地理条件 and 经济发展水平之间的差异,存在着指数绝对值的可比性相对不高的问题,采用景观指数在研究时段随时间的变化在空间上的分布格局来讨论城市化过程中景观水平上的土地覆盖格局变化。

根据各镇级行政单元 Shannon-Weaver 多样性指数的变化,将 21 个行政单元划分为 5 个层次,即①持续下降;②高值出现在 1988 年,但 2000 年水平低于 1980 年水平;③高值出现在 1988 年,但 2000 年水平高于 1980 年水平;④高值出现在 1994 年;⑤波动中上升,由此可以得到土地覆盖格局随时间变化的空间分布图(图 2a)。

在深圳市土地利用变化的分析结果中,发现地形是一个很重要的控制因素,其中海拔 0~30m 范围内是城镇用地分布的主要区域。1980~2000 年的 4 个时期城镇用地在海拔 0~30m 区域分布的面积占到研究区城镇用地总面积的比例均在 85%以上,4 个时期的比例分别为 92.18%、91.41%、87.37%、85.94%。城镇用地是城市化过程的代表用地,在海拔 0~30m 的范围内,成为深圳市土地利用变化最活跃的区域。海拔高程对土地利用有明显影响,这就必然影响到土地覆盖格局。为此利用高程数据将研究区海拔在 0~30m 的区域提取出来,再利用区镇界限,将其分为与上文述及的区镇相对应的 21 个区域,即各区镇海拔在 0~30m 的区域。统计提取得到的区域内的城镇用地分布的面积占到整个研究区城镇用地总面积的比例,分别为 90.88%、90.99%、86.42%和 84.74%,这与在区域水平上城镇用地的比例变化是一致的,都表现出逐渐减少的过程。同样得到镇级行政区海拔 0~30m 区域土地覆盖格局随时间变化的空间分布图,见图 2b。

从镇级行政区域和镇级区海拔 0~30m 区域的土地覆盖格局随时间变化的过程来看,两者存在着一致性和差异性。一致性主要体现在两个方面:一是土地覆盖格局的变化均表现为由特区内向特区外的发展;二是特区内的空间分布均是由罗湖区向东西两翼发展。而差异性主要表现在特区外土地覆盖格局随时间变化的过程不同,即特区外镇级行政区域的空间分布规律为由西向东的带状分布,而 0~30m 区域是由特区这个带状核心向北发展的环状分布。分析镇级行政区域的高程数据,镇级行政区的第 2 层次和第 3 层次中特区外部分均为西部沿海地区,0~30m 高程范围的面积占到各镇级区总面积的 70%以上,第 4 层次 0~30m 高程范围占到 50%~70%左右,第 5 层次在 40%~50%左右,土地覆盖格局随时间变化的空间格局分异规律反映了地形的空间分布格局。而对于特区内的区域,除福田区在 0~30m 范围内的面积比例为 73.81%,其西部数据 0~30m 范围内的面积比例并不高,罗湖区、南山区和盐田区分别为 42.26%、55.63%和 26.88%,在整个研究区中属于海拔较高区域。可见特区内由于其超高速的城市化过程,迅速将

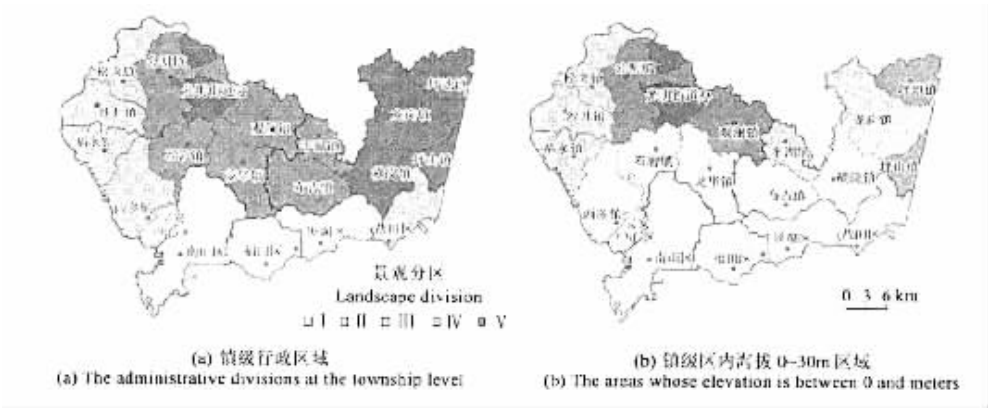


图 2 深圳市景观水平上的土地覆盖格局变化水平分区

Fig. 2 The division map of land cover pattern change in landscape level in Shenzhen City

图中 I ~ V 表示 Shannon-Weaver 多样性指数的 5 种变化情况: I. 持续下降; II. 高值出现在 1988 年,但 2000 年水平低于 1980 年水平; III. 高值出现在 1988 年,但 2000 年水平高于 1980 年水平;④高值出现在 1994 年;⑤波动中上升 I ~ V. Express five types of Shannon-Weaver diversity index change: I. Continual decrease; II. The maximum appears in 1988 and the result of 2000 is less than 1980; III. The maximum appears in 1988 and the result of 2000 is more than 1980; IV. The maximum appears in 1994; V. Fluctuating increase

低海拔区域变化为单一的城镇用地,而高海拔区域仍然维持以林地为主的土地覆盖格局,因此在土地覆盖格局的随时间得变化上,快速越过了斑块破碎度和景观类型多样性的高值期,以及空间聚集度的低值期。而对于特区外相对缓慢的城市化过程,较充分地体现出了地形在土地覆盖格局中的控制作用,在低海拔和高海拔的过渡带出现了土地覆盖多样性丰富的一个区域。当去除掉地形的影响后,土地覆盖格局随时间变化的空间分异规律则充分体现了深圳市经济发展由特区内向特区外辐射发展的圈层状分布规律。

2.3 斑块水平上的土地覆盖格局变化

在斑块水平的土地覆盖格局分析中,重点分析了斑块面积与斑块个数之间的关系。研究利用不同时段不同土地覆盖类型斑块的面积谱分布特征,来揭示研究区土地覆盖结构的变化特征。具体面积谱分类过程中,将每个时段不同组分的斑块分成 0~5hm²、5~10hm²、10~50hm²、50~100hm²、100~500hm²、500~1000hm²、1000~10000hm² 和 10000~100000hm² 面积不等的 8 个等级。以各面积等级的上限面积的常用对数为 x 轴,斑块的累积个数为 y 轴得到一组曲线图(图 3)。其中图 3a 是对主要土地覆盖类型 1980、1988、1994 和 2000 年 4 个时期的斑块个数进行加和而得到的。各土地覆盖类型在面积较小的等级上,均聚集了大量斑块,曲线在 x 轴的 $[0,1]$ 区间,即前两个面积等级表现出了明显的上升趋势,而在 >1 的区间则表现为缓慢增长。不同覆盖类型的增幅表现出了明显的差异性,增幅由小到大依次是林地、城镇用地、园地和耕地,同时计算得到林地、城镇用地、园地和耕地 4 个时期总的平均斑块面积分别为 0.483km²、0.279km²、0.129km² 和 0.111km²,说明林地和城镇用地的空间聚集性较强,耕地的破碎化最为明显。

比较不同时期的斑块个数与斑块面积之间的关系,对不同时期主要土地覆盖类型(包括城镇用地、耕地、林地和园地)的斑块个数进行加和处理得到图 3b。同样,4 个时期均表现出了随着斑块面积加大,斑块个数迅速减少,即斑块累积个数随斑块面积增大而增加的规律趋向缓慢。另一方面,不同时期斑块个数增幅明显不同,由小到大依次为 1980 年、2000 年、1994 年和 1988 年,而 4 个时期 4 类主要土地覆盖类型的平均斑块面积分别为 0.328km²、0.192km²、0.166km²、0.165km²。1980 年,即城市化过程初期,研究区斑块破碎性最小,随着土地利用结构的迅速改变,1988 年研究区斑块水平的土地覆盖格局破碎性达到最大,1994 年破碎性稍有下降,到 2000 年已有明显的下降,但仍然远高于 1980 的水平。说明 2000 年以城镇用地为主的土地覆盖格局水平上,其破碎程度远高于 1980 年以农业用地为主的土地覆盖格局。这种在空间上表现出的在斑块水平上的农业用地斑块破碎分布,城镇用地斑块大面积聚集分布的土地覆盖格局必然

导致城市生态环境安全程度处于低水平状态,这也正是近年深圳市频频发生沿海赤潮、洪水灾害,以及水土流失加剧的一个重要原因。

3 城市化水平与土地覆盖格局关系

通常用非农业人口占总人口的比例来表述城市化水平,本文从景观格局安全角度出发,在景观水平上定义了以城镇用地比例来表达城市化水平,来讨论城市化过程与土地覆盖格局变化的关系。为此以各区域城镇用地比例为 x 轴,以表征土地覆盖格局特征的破碎度、Shannon-Weaver 多样性指数和聚集度指数为 y 轴,得到样本点的分布图及其拟合曲线(图 4)。由图 4 得出城镇用地比例与 3 类景观指数存在着较好的关系,即在景观水平上计算得到的城市化水平(城镇用地比例)能够解释土地覆盖安全格局的变化。

分析图 4 中镇级行政区域和镇级行政区海拔 0~30m 区域的两组图中,城镇用地比例与 3 类景观指数关系的拟合曲线的拟合效果,在显著性水平基本一致的情况下(其中只有 a 组中破碎度一图的显著水平偏低,其他均为 <0.0001),b 组的测定系数 R^2 均明显大于 a 组的测定系数,尤其是多样性指数和聚集度的 R^2 较高。说明在 0~30m 海拔区域,景观城市化水平能够较好地解释土地覆盖格局地变化,尤其是对于土地覆盖格局类型多样性和空间聚集性的解释性。而在没有去除地形因素的 a 组中, R^2 整体偏小,城市化水平不能够准确地解释土地覆盖格局地变化。a 组和 b 组的比较说明地形是城市化过程是土地覆盖格局变化的另一个重要的决定因素。比较 a 组和 b 组的 3 类指数,聚集度一组图的测定系数 R^2 变化最大,达到 0.53313,破碎度和类型多样性两组图的 R^2 的变化也较为明显,在 0.4 左右,同样说明了地形因素对土地覆盖格局的影响明显,其中对由聚集度表征的区域空间分布格局的影响最为明显。

以城镇用地比例定义的景观城市化水平与土地覆盖格局变化的关系反映了这样一个城市生态过程:当一个地区几乎为农业用地时,城市化水平非常低,以耕地和林地为主要用地类型,其土地覆盖格局的斑块破碎化程度和景观类型多样性处于较低水平,而在空间格局上,表现为少数、大面积的斑块在空间上的高度聚集性。这一期间,除土地利用不当产生的水土流失外,其他的生态环境问题都不突出,因此被认为处在生态安全的较高水平。而随着城市化过程的加快,农业用地为主的土地覆盖格局迅速被打破,城镇用地迅速涌现,大量蚕食农业用地,尤其是耕地,同时出现了主要为城市生活服务的园地类型,常以果园用地为主。这样在城市化过程初期和中期,即在景观水平上表达的城市化水平在 20%到 40%左右时,大量城镇用地等新兴用地类型以细碎斑块出现,以耕地为主的农业用地则被城镇用地蚕食、侵占,原来在空间上大面积、集中的分布转变为小面积、分散的分布。此时在土地覆盖格局上表现为斑块破碎度和景观类型多样性水平较高,而区域空间聚集度较低。在这一时期,城乡生态环境问题均体现出来,不仅水土流失问题加剧,而且洪水灾害、城市环境污染等均呈现加剧态势,整体生态安全水平明显下降。当该地区城市化水平发展到较高水平,城市化水平超过 70%的水平,城镇用地发展成为主要用地类型,在空间上呈高度聚集分布,尤其是在低海拔区域,而农业用地中耕地更加细碎分布,园地、林地在空间上呈孤岛式的聚集分布,

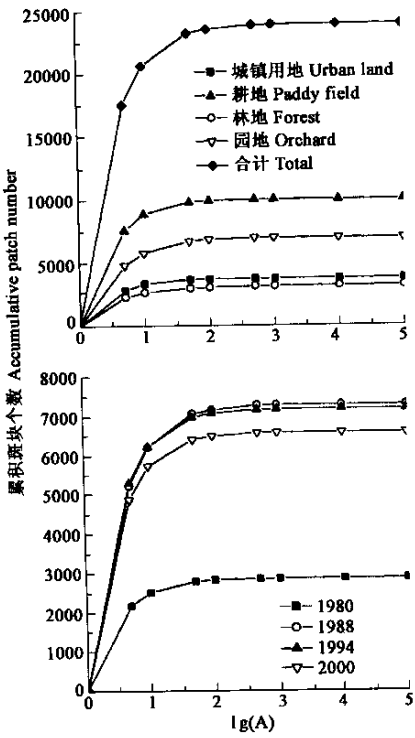


图 3 深圳市不同斑块面积等级的累积斑块个数曲线
Fig. 3 Curve map of accumulated patch numbers in different patch area grades in Shenzhen City
图中 A 代表各面积等级的上限面积 A expresses the upper limit of various area grades

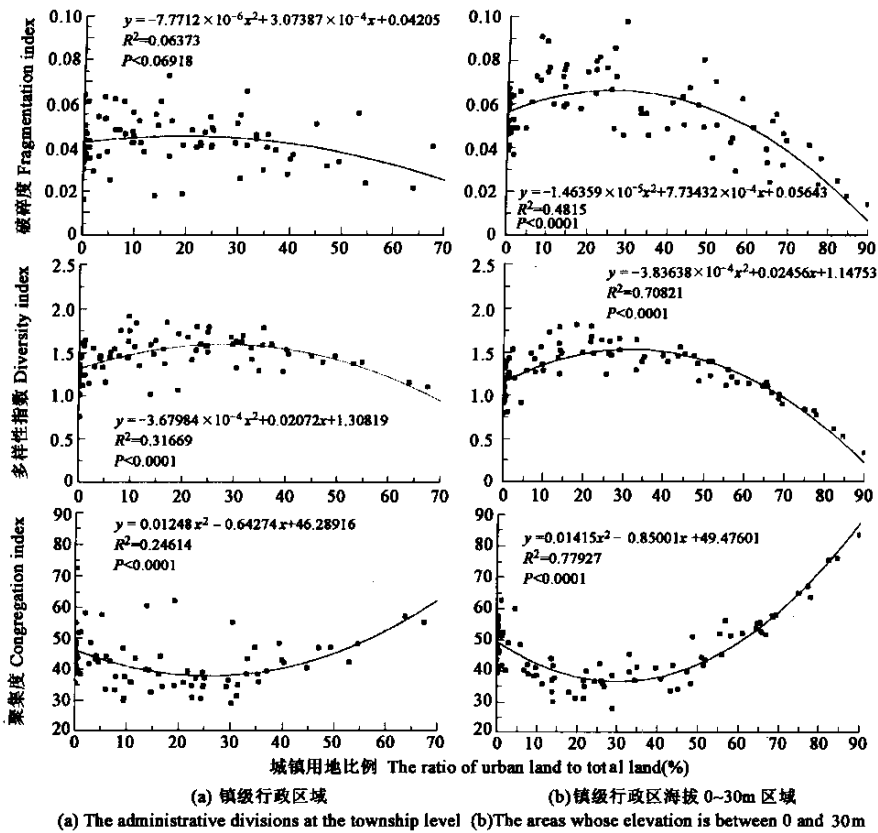


图 4 深圳市城市化水平与土地覆盖格局的关系(1980~2000 年)

Fig. 4 The relationship between the urbanization level and land cover pattern in Shenzhen City from 1980 to 2000

斑块破碎度和景观类型多样性又下降到较低水平,随着城市化水平的不断提高,其值可以低于原来农业用地为主时的土地覆盖格局的水平。在这一期间,以城市热害和水灾为主要特色的生态环境问题更加突出,并且引致了交通拥挤、环境污染等城市生态质量下降问题。整体生态安全水平呈现更严重的局面,生态环境改善已经成为城市发展中的主要任务之一。随着城市化过程的减缓,以及用地格局向着可持续发展的方向发展,使该地区土地利用结构的调整和演化从原来的大范围、高速过程变为局部、低速的过程,土地覆盖格局也随之进入一个相对稳定的时期。由此我们认为,确保城市一定比例的生态用地(如在我国南方各城市,可定为 30%~40%)是城市生态环境安全格局形成的重要保障条件。

4 结论

20a 深圳城市化过程中,土地覆盖格局在斑块水平、景观水平和区域水平 3 个层次上均发生了较大的变化。深圳全市、深圳经济特区和特区外的宝安区、龙岗区的斑块破碎度和景观类型多样性经历了先升高,再降低的一个过程,而空间聚集度则为先下降后上升的过程。4 个区域在变化幅度和变化先后顺序上存在着一定的差异,即从区域水平上的土地覆盖格局记录了深圳市经济发展水平从特区内向特区外梯度转化的过程,也就是城市化过程中的不同城市化水平对应着区域水平上的土地覆盖格局的不同水平。

经济发展水平和速度,以及地形是城市化过程中影响土地覆盖格局的重要因素。深圳地区土地覆盖格局的变化均表现为由特区内向特区外的梯度转变,特区内的空间分布均是由罗湖区向东西两翼发展,反映了区域经济发展水平差异,经济发展速度较快、经济水平较高的地区土地覆盖格局的变化较快;而特区外镇级行政区域的土地覆盖格局随时间变化的空间分布规律为由西向东带状分布,这与各区镇的海拔高

程有较高的相关性,海拔较高地区的土地覆盖格局变化相对滞后,土地覆盖空间格局的分异规律反映了地形的空间格局。

城市化地区城镇用地比例与土地覆盖格局变化有较强的相关性。一个快速城市化过程导致的土地覆盖格局变化的一般规律为:在城市化初期,景观类型多样性和斑块破碎化程度出现上升趋势,空间聚集性下降,生态安全问题开始突现。在城市化水平 20%~40% 之间,其景观类型多样性和斑块破碎化程度达到较高水平,而空间聚集度水平较低,生态安全水平明显下降;随着城市化过程的不断深入,城市化水平的不断提高,景观类型多样性和斑块破碎化程度又出现了较为明显的下降,空间聚集性开始上升。这个时期城镇用地在空间上高度聚集,而耕地等农业用地呈破碎状分布,生态安全问题已成为城市发展的严重障碍。而当城市化水平达到较高水平(>70%)时,斑块破碎度、景观类型多样性和空间聚集度表征的土地覆盖格局的变化也进入一个相对平稳的时期,城市生态安全建设成为城市建设中的重要任务,确保城市生态用地规模已成为此期间城市生态安全维护的关键措施。

References:

[1] Lambin E F, Baulies X, Bockstael X, *et al.* Land Use and Land Cover Change (LUCC) Implementation Strategy. IGBP Report No. 48, HDP Report No. 10, 1999.

[2] Shi P J, Song C Q, Jing G F. Strengthening the study of land use/cover change and its impact on eco-environmental security-the trend of the dynamics of human-nature system based on "Global Change Open Science Conference 2001" in Amsterdam, Netherlands, *Advances in Earth Sciences*, 2002, **17**(2): 161~168.

[3] Lambin E F. Modeling and monitoring land cover change processes in tropical regions. *Progress in Physical Geography*, 1997, **21**(3): 375~393.

[4] Gulinck H, Mugica M, de Lucio J V, *et al.* A Framework for Comparative Landscape Analysis and Evaluation based on Land Cover Data, with An Application in the Madrid Region (Spain), *Landscape and Urban Planning*, 2001, **55**: 257~270.

[5] Shi P J, Chen J, Pan Y Z. Land Use Change Mechanism in Shenzhen City. *Acta Geographica Sinica*, 2001, **55**(2): 151~160.

[6] Shi P J, Yuan Y, Chen J. The effect of land use on runoff in Shenzhen City of China, *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(7): 1041~1049.

[7] Yuan Y, Shi P J. Effect of land use on the rainfall-runoff relationship in a basin-SCS model applied in Shenzhen City. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2001, **37**(1): 131~136.

[8] Yuan Y, Shi P J, Liu Y H, *et al.* The Study on the Impact of Land Use Change on Urban Flood Disaster. *Journal of Natural Disasters*, 2003, **12**(3): 6~13.

[9] Zhou H L, Shi P J, Xu X L. A study on urbanization process and changes of water environment in Shenzhen City. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2003, **39**(2): 273~279.

[10] Fu B J, Chen L D. Landscape diversity types and their ecological significance. *Acta Geographica Sinica*, 1996, **51**(5): 454~462.

[11] Ma K M, Fu B J, Zhou H F. Measuring landscape diversity: affinity analysis of pattern diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, **18**(1): 76~81.

参考文献:

[2] 史培军, 宋长青, 景贵飞. 加强我国土地利用/覆盖变化及其对生态环境安全影响的研究——从荷兰“全球变化开放科学会议”看人地系统动力学研究的发展趋势. 地球科学进展, 2002, **17**(2): 161~168.

[5] 史培军, 陈晋, 潘耀忠. 深圳市土地利用变化机制分析. 地理学报, 2001, **55**(2): 151~160.

[6] 史培军, 袁艺, 陈晋. 深圳市土地利用变化对流域径流的影响. 生态学报, 2001, **21**(7): 1041~1049.

[7] 袁艺, 史培军. 土地利用对流域降雨-径流关系的影响——SCS 模型在深圳地区的应用. 北京师范大学学报(自然科学版), 2001, **37**(1): 131~136.

[8] 袁艺, 史培军, 刘颖慧, 等. 土地利用变化对城市洪涝灾害影响的研究. 自然灾害学报, 2003, **12**(3): 6~13.

[9] 周海丽, 史培军, 徐小黎. 深圳市城市化过程与水环境质量研究. 北京师范大学学报(自然科学版). 2003, **39**(2): 273~279.

[10] 傅伯杰, 陈利军. 景观多样性的类型及其生态意义. 地理学报, 1996, **51**(5): 454~462.

[11] 马克明, 傅伯杰, 周华峰. 景观多样性测度. 生态学报, 1998, **18**(1): 76~81.