

深圳市龙华地区快速城市化过程中的景观结构研究——林地的结构和异质性特征分析

曾 辉¹, 姜传明²

(北京大学城市与环境学系, 北京 100871; 2. 黑龙江农垦师专生物系, 阿城 150302)

摘要: 利用多时段景观遥感制图信息和景观格局研究方法, 对深圳市龙华地区快速城市化过程中林地组分的结构特征进行了动态分析, 重点研究了该组分在 1988~1996 年期间的一般结构特征和空间分布差异的动态变化情况。结果表明研究时段内, 龙华地区由于快速城市化过程导致林地受到强烈的分割和转化影响, 总面积损失了 49%, 并导致碎裂化、相邻度等景观结构特征发生显著变化。林地的动态变化过程可以分成两个阶段, 1988~1992 年为大面积林地的碎裂化阶段, 1992~1996 年为小面积残遗斑块被大量转化阶段, 最终使原来环绕龙华盆地周围的连续林地分布区域被分割成几个孤立的岛屿。1988 年工作区内林地呈低孔隙度水平的宏观异质性分布, 1992 年呈随机分布, 1996 年为高孔隙度水平的宏观异质性分布。研究还表明信息熵法和孔隙度指数可以优势互补, 二者同时使用有助于全面了解景观异质性细节信息。

关键词: 城市化; 景观结构; 林地; 深圳市

Landscape structure study of Longhua Area in Shenzhen City during the fast urbanization process —— Structure and heterogeneity analysis of forest land

ZENG Hui¹, JIANG Chuan-Ming² (*Department of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China; Department of Biology, Heilongjiang Normal College of Agricultural Cultivation, Acheng 150302, China*)

Abstract: Remotely sensed mapping data and methods of landscape structure analysis were used to study the structure and dynamics of forest patches during the fast urbanization process of Longhua Area, Shenzhen City. The key points of the study are the changes of the ordinary structure features and spatial distribution of the forest from 1988 to 1996. Results indicated that during the study period, the fast urbanization process have made strong cutting and transforming impacts on forest, the total area losing approached 49%, landscape structure characteristics such as fragmentation and neighborhood indices changed significantly. The changing process of forest patches can be divided into two stages. In the first stage from 1988 to 1992, some big forest patches were cut to small ones, and made the patch amount increase to the peak value in 1992. The second stage was from 1992 to 1996, since a lot of small forest patches were used for the expanding of town area, the former continuously distributed forests have been divided into several isolated patches. Three types of distribution pattern were identified in this study. In 1988, forest spatial distribution in the study area showed macroscopic heterogeneity with low lacunarity value; but because of patch fragmentation, it looked like a little bit random distribution in 1992; and in 1996, the distribution became macroscopic heterogeneity again with higher lacunarity value than 1988. Advantages of information entropy and lacunarity index methods can be good supplement for each other, so using both of them simultaneously can make us acquire more detailed information of landscape heterogeneity.

Key words: urbanization; landscape structure; forest; Shenzhen City

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49871070)

收稿日期: 1999-06-01 修稿日期: 1999-09-21

作者简介: 曾辉 (1964~), 男, 副教授。

万方数据

文章编号:1000-0933(2000)03-0378-06 中图分类号:Q149 文献标识码:A

对外开放以来,珠江三角洲地区快速城市化过程导致景观结构发生了剧烈变化。总体变化趋势表现为城市用地规模不断扩大,农业和自然景观组分类型面积不断萎缩^[1]。林地作为一种重要的自然景观组分,在城市用地规模快速膨胀过程中,结构和空间分布特征亦受到显著影响。特别是一些丘陵和低山地区,由于可供开发的平原农田面积少,加上部分林地分布区域内由于地形差异使多种组分类型交替出现,景观多样性组合上具有平缓地区难以比拟的优势,经常吸引一些房地产开发商进行成片土地开发建设,从而导致原有的结构受到强烈的人为改造。

在没有受到大规模土地开发活动影响以前,深圳地区北部低山丘陵一带分布的林地基本呈连续的带状分布。城市化过程对于林地的影响主要有 3 种表现形式:①低平地区由于开发条件较好,一些传统农业经营过程中残遗的林地斑块被整体开发,成为新的城市用地;②靠近大面积植被分布地段的居民点,在向外国快速扩张过程中不断对林地进行蚕食;③部分大面积分布于低矮丘陵地区的林地,由于沿着各种道路两侧带状开发活动,导致碎裂化程度不断加剧。上述 3 种过程对于林地的结构和空间分布特征均会产生显著影响。本文以深圳市龙华地区为例,就上述影响开展综合研究。

1 工作区、数据来源及研究方法

1.1 工作区 龙华地区位于深圳市的北部,东江支流观澜河流域的源头地区,隶属宝安区管辖。本研究的工作区是以龙华镇为中心,面积为 324km² 正方形区域。除龙华镇全镇外,还包括石岩镇、观澜镇、平湖镇和深圳特区南山区和福田区的部分区域。工作区被鳌背山、羊台山、鸡公山等低山和布吉东部丘陵区围成一个半封闭的盆地,中心地带的观澜河谷地是主要农业区和龙华镇中心区所在地。这种特殊的地形条件使龙华地区成为深圳市林地分布比较集中的地区。受长期的人为活动影响,本地区的地带性植被类型已被彻底改造,现有林地类型大多数为次生林,建群种主要有赤桉(*Encalyptus camaldulensis*)、马尾松(*Pinus massoniana*)和台湾相思(*Acacia confusa*)等。

工作区南部以龙华镇中心区为交叉点,分布着两条主要的公路。南北向的梅(梅林)澜(观澜)公路可以与深圳直接相连,东西向的东(布吉)龙(龙华)公路则沟通与周围布吉和石岩等镇的交通联系。龙华地区由于与深圳特区的福田区毗邻,加上交通便利,其城市化过程几乎与深圳特区同步,大规模集中性土地开发活动已经持续了 15a。特别是 90 年代初期,由于特区内部适合开发的土地资源迅速枯竭,深圳市政府将龙华地区作为城市进一步扩张的商住类用地开发区,并将布龙公路和梅澜公路改造成为高速公路。

1.2 数据来源 用于进行林地结构和分布特征研究的原始数据来自 TM 卫星遥感资料。本研究选择城市化速度最快的 1988~1996 年期间 5 个时段的 TM 数据(时段间隔为两年),在影像合成、几何校正和数据匹配之后,经过地面调查、训练区选择、计算机监督分类和分类结果地面复核等过程,获得工作区内 5 个时段林地分布图。鉴于本区城市化过程对林地的影响与林地类型无显著相关关系,研究过程中将所有林地类型作为一个景观组分进行分析,未单独研究不同林型所受到的影响。1988 年和 1996 年工作区的林地斑块分布情况如图 1 所示。

1.3 研究方法 林地结构特征描述主要使用了斑块总面积比重、斑块数量、平均斑块面积、碎裂化指数和相邻度指数^[2]。传统的碎裂化指数是以斑块数量与工作区整体面积的比值关系进行描述^[3,4],计算过程中平均对待不同组分的斑块数量变化情况,斑块的平均面积因素在指数构建过程中没有予以考虑。本研究重点对一种组分类型进行自身碎裂化发展进程的纵向比较,这种碎裂化程度与斑块数量呈正相关,与平均斑块面积呈负相关。考虑到传统景观碎裂化指数没有完全反映出这种关系,因此,本研究中利用不同时段林地斑块数量与斑块平均面积的比值作为碎裂化程度的描述方法。另外,为了解林地斑块的动态变化细节,本研究还利用面积谱分布分析,研究了不同年份林地斑块的具体组成情况。

异质性分析同时使用了信息熵法^[2]和孔隙度指数法^[5,6]。信息熵法是一种在样线调查的基础上,基于组分出现频率信息进行异质性分析的方法。由于样线调查只能反映出样线经过地区被调查组分的出现频率情况,为减少样线数据中的偶然性干扰,本研究在工作区南北和东西方向分别均匀布设了 6 条样线。样线间距 6km,每条样线长度 18km,基础样段长度 150m。在尺度变化分析中,以基础样段 2ⁿ 次方进行了 6

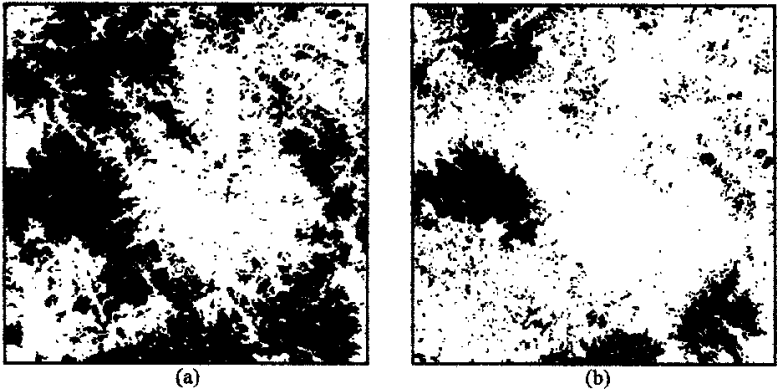


图 1 龙华地区 1988 年(a)和 1996 年(b)林地分布图

Fig. 1 The spatial distribution of forest patches in 1988(a)and 1996(b)

次合并分析。孔隙度指数法是利用不同尺度的滑箱对全工作区进行有重叠的覆盖性扫描,然后利用记录到的组分出现频率信息进行异质性评估的一种方法。与信息熵法相比,孔隙度指数法不存在采样的偶然性干扰问题,但是该方法在对全工作区进行平均孔隙度水平计算过程中,会将大多数局部细节差异忽略掉。滑箱采样过程中,共进行了 1~600 个像元 30 种不同尺度的采样,并进行了相应的孔隙度指数计算。

2 结果

2.1 林地的一般结构特征

图 1(a)的分类结果显示,由于工作区内大部分地区为低山和丘陵地区,林地一直是最主要的景观组分类型,1988 年林地总面积占工作区国土总面积的近 50%(表 1)。此后,在快速城市化过程中,大片的林地不可避免地成为其它组分调整和扩张的主要用地来源,特别是盆地中心区和四周低山山前丘陵地区分布的林地几乎损失殆尽。整个研究时段内林地面积持续下降,到 1996 年累积损失 49%,损失总面积超过 7400hm²,平均每年损失 900hm² 以上。其中,除 1992~1994 年期间损失量 900hm² 左右外,其余各时间段的损失数量均超过 2000hm²。

工作区内林地结构特征变化亦非常复杂。1988 年区内林地的分布非常集中,斑块数量很少,且平均斑块面积超过 23hm²。1988~1992 年期间,林地斑块数量持续增加,并于 1992 年达到峰值,平均斑块面积则不断减少。1992~1994 年期间,由于大型植物被斑块被分割后残留的大量小型植被斑块被继续转化成其他景观组分类型,造成这期间斑块数量急剧减少,平均面积大幅度增加。1994~1996 年期间,工作区内林地斑块遭受第二次破碎化分割影响,其特点与 1988~1992 年的情形基本相同,最终的结果是斑块数量有所增加,而平均斑块面积显著下降。碎裂化指数计算结果显示,研究时段内林地的碎裂化程度明显增加。由于大斑块不断被分割成局部分布相对集中的小斑块,平均最近斑块距离(几何中心点距离)减小了 15%。从相邻度指数的变化情形看,林地的空间分布格局有从 1988 年的相对集中分布逐渐向随机分布方向发展的趋势。

表 1 林地斑块的结构指数

Table 1 Structure indices of forest patch

结构指数 Structure indices	1988	1990	1992	1994	1996
面积比重(%) ^①	46.96	40.92	33.22	30.19	24.01
平均斑块面积 (hm ²) ^②	23.30	10.32	6.96	12.87	6.71
斑块数量 ^③	653	1285	1547	760	159
碎裂化指数 ^④	0.03	0.12	0.22	0.06	0.17
平均斑块最近距离 (像元) ^⑤	10.38	8.29	7.34	9.03	8.81
相邻度指数 ^⑥	0.88	0.99	0.96	0.83	1.00

①Area percentage, ②Mean patch area, ③Patch amount, ④Fragmentation index, ⑤Mean nearest distance of patch (cell), ⑥Neighborhood index.

2.2 面积谱分布特征

林地斑块面积谱分布分析结果显示(表 2),1988 年工作区内林地分布的集中程度非常高,7 块大于 100hm²的斑块占全区林地总面积的近 90%,几乎构成了一个环绕全区的带状植被分布区域。其余各级别斑块数量虽然多,但累积面积比重只占林地总面积的 11 个百分点左右,且以<5hm²的斑块为主,说明这些林地大部分都是分布于盆地中心区或山前低矮丘陵顶部地区的零散林地。

1988~1992 年是工作区内林地结构变化最剧烈的时期,与 1988 年相比,所有分级类群的斑块数量均有显著增加。这期间显然平原地区大量的小面积林地斑块被转化成为其他景观元素类型,但林地结构变化的最显著特征仍然是大型植被斑块被分割所产生的强烈破碎化过程。从表 2 的数据看,1992 年>100hm²的斑块虽然有显著增加,但所占面积比重则大幅度下降。结合林地总面积占全部工作区面积比重的变化情况不难发现,1992 年 13 个大植被斑块的总面积仅为 10000hm²左右,而 1988 年的 7 个大型植被斑块总面积超过 28000hm²。这意味着 1988~1992 年期间,林地斑块的破碎化过程是相当剧烈的。与 1992 年相比,1996 年林地斑块的谱分布结果显示出一种整体性转化的趋势。所有分类级别的林地斑块数目均有不同程度的下降,同时不同级别的斑块的面积比重变化不大。

表 2 林地斑块面积谱分布分析结果

Table 2 Area spectrum distribution analysis of forest patches

分级(hm ²) Classes	1988		1992		1996	
	斑块数量	面积比例	斑块数量	面积比例	斑块数量	面积比例
	Patch amount	Area percentage	Patch amount	Area percentage	Patch amount	Area percentage
<0.5	223	0.36	650	1.30	431	1.38
0.5~1	107	0.048	240	1.55	230	2.11
1~5	225	2.98	468	9.10	371	9.91
5~10	43	1.85	82	4.62	55	4.61
10~50	47	5.50	84	13.09	58	10.48
50~100	1	0.41	10	5.98	8	5.61
>100	7	88.42	13	64.37	6	65.90

2.3 异质性特征

从信息熵法分析结果可以看出(表 3),1990 年以前,工作区内林地呈明显的微观异质性分布,特别是工作区西部和南部的几条样线,经过 2~3 次合并后,信息熵指数很快便收敛为 0,说明林地在样线经过区域的分布比较均匀,最大异质性表现尺度很小。从 1992 年开始,部分样线的异质性特征出现明显变化,原有的均匀分布特征受到改造。1994~1996 年期间,表现为宏观异质性分布的样线数量基本与微观异质性样线数量相同,原有的林地分布格局受到强烈改造。特别是最大异质性的

表现尺度显著增加,那些表现出微观异质性的样线,在中尺度观察时,也呈现明显的局部分布差异。

孔隙度指数计算结果如图 2、图 3 所示。从图 2 中可以看出,滑箱面积比较小时,孔隙度指数明显增加,这是林地面积不断降低的直接反映。曲线的形态表明,1988 年和 1996 年滑箱边长小于 200 个像元之前,孔隙度指数缓慢下降。超过 200 个像元后孔隙度指数迅速减小到 0,这是林地呈相对聚集分布的基本特征反映。1992 年滑箱边长很小时孔隙度指数迅速下降到比较低的水平,并最终收敛为 0,表现为一定程度的随机分布特征。这种年际差异在标准孔隙度指数曲线上反映非常明显,1988 年和 1996 年曲线形态为上凸型,而 1992 年则下凹(图 4)。其中,1996 年与 1988 年的孔隙度指数曲线在滑箱边长为 400 个像元以前差异较大,说明 1996 年城市化过程对于林地空间分布的影响是一种大范围的整体影响。

表 3 林地样线法异质性分析结果

Table 3 Results of heterogeneity transect analysis for forest

异质性指标 Heterogeneity indices	年份 Year				
	1988	1990	1992	1994	1996
宏观异质性样线数量①	0	0	1	5	6
微观异质性样线数量②	12	12	11	7	6
组内缺失样线数量③	0	0	0	0	0
最大异质性表现尺度④	1~3	1~3	2~4	3~6	4~6

①Transects of macroscopic heterogeneity,②Transects of microscopic heterogeneity,③Transects without forest,④Expression scale of the biggest value for heterogeneity index

3 讨论

3.1 林地一般结构变化的成因分析

珠江三角洲地区由于林地分布地段通常地形条件较差,非农业开发利用难度大,所以一般不作为其它景观组分类型扩张或调整的主要用地来源,面积变化也不十分显著^[7]。本工作区内林地损失数量较大的原因主要有 3 个方面:①本区地处低山丘陵地区,农业用地比较紧张,在政府对于农业经营的规模做出强制性规定后(如必须建立必要的农田保护区,大力发展规模化林果业生产等),无法提供更多土地资源用于城镇建设,开发商们只好利用条件相对比较差的林地作为开发性用地的供给来源;②工作区位于即将发展成为国际化大都市的深圳经济特区城郊地带,又毗邻港澳地区,发展商品农业生产的区位条件和市场条件得天独厚。在部分开发条件比较好的农业用地被用于城镇建设后,地方政府为了稳定农业生产,不得不将一部分林地转变成果园和农田等农业用地类型,造成部分地区林地的损失;③境内梅澜高速公路和布龙高速公路正好穿越了工作区南部的鸡公山和西部的羊台山地区,由于高速公路的修建极大地改善了公路两侧的土地开发条件,导致两侧一些地形条件相对较好的山前丘陵地区被成片开发,造成林地的损失。通过 1988 年和 1996 年景观类型图叠图分析结果表明,研究期间内 7400hm² 的林地损失转化方向主要为果园、农田和开发区及城镇用地类。其中转化为果园的占 37%,转化非农田的占 25%。其余 48% 被城镇和开发区等非农业建设用地占用,用于非农业开发的林地主要位于工作区东部和东北部低丘陵地区,以及两条高速公路沿线地区。

3.2 城市化对林地影响的过程分析

从工作区内林地结构变化的时序过程看,快速城市化对林地的影响显然可以分成两个不同的阶段。1988~1992 年期间,林地受到的主要影响类型是分割作用。大型植被斑块由于面积较大,无法一次性全部被改造成其他景观组分,一些条件适宜的地段率先发生组分转化,造成较大的植被斑块被分割、破碎,产生大量小面积斑块。1992 年以后,由于建设用地不断趋于集中分布,加上部分农田和果园规模化经营趋势越来越明显,使这一阶段的城市化影响主要表现为分布于非林地组分内部的一些残遗林地斑块不断被同化。在上述阶段性过程中的作用下,原来连续分布于工作区西、南和东部地区的林地被分割成为 4 个孤立的林岛,中间为跨度较大的无林地分布区域。这种空间结构变化过程表明,原来由林地承担并且可以覆盖全地区大部分地区的功能联系将无法再建立起来。

城市化过程对林地的影响还表现出比较复杂的过程特征。在影响方式上,除直接将部分林地转化为非农业建设用地类型外,主要是将以果园和农田为主的农业经营区域向盆地四周推移,对林地产生强烈的分割和转化压力。从两个不同影响阶段的对比看,1988~1992 年期间表现为单一的局部地区分割破碎化影响,其结果是斑块数量大幅度增加,平均面积显著减小。1992~1996 年期间则表现为一种复合影响类型,谱分布结果显示这期间所有级别的斑块同时面临着转化压力,斑块面积和数目均有所损失。但是,小面积斑块仍为被改造的主体,而大面积斑块则主要通过破碎化过程来补偿小面积斑块被改造的损失。这一变化趋势说明,工作区内城市化过程对于林地的改造作用,已经从原来重点地区为主向全区性均匀改造过渡,林地所面临的压力将越来越大。可以预见,如果林地受到的改造影响仍然保持现状的话,最终会彻底破坏原有的结构和稳定性维护机制,并且造成林地功能上难以弥补的损失。

3.3 林地景观格局特征分析

信息熵变化结果显示,1990 年前由于新增建设用地规模比较小,林地原来的空间分布格局尚未受到显著改

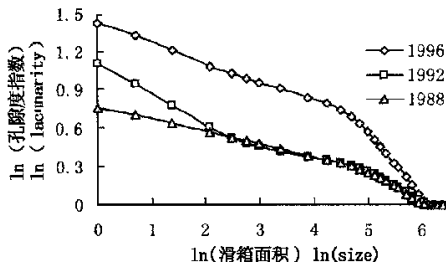


图 2 不同年份林地孔隙度指数分析结果

Fig. 2 The lacunarity indices of forest in different years

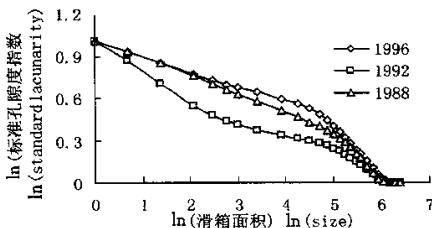


图 3 不同年份林地标准孔隙度指数分析结果

Fig. 3 The standard lacunarity indices of forest in different years

造。龙华盆地周围低山和丘陵地区的林地基本呈连续带状分布,因此,使那些经过盆地中心城镇和农田集中分布区域的样线,经过几次基础样段合并后,信息熵指数最终仍收敛为 0。1992 年一些面积较大的林地斑块受到强烈的破碎化影响,加上盆地中间地带残遗林地斑块数量大幅度下降,部分样线中林地仅在一侧出现,信息熵指数在基础样段合并过程中最终收敛为 1,林地总体分布格局开始向宏观异质性方向发展。1994 年以后西南、东北和西部中间地区原来林地分布地段出现比较宽的带状开发区域,宏观异质性的样线数量显著增加。即使那些两端均经过林地分布区域,最终表现出微观异质性分布特征的样线,因盆地中心地区残遗林地斑块的大量损失,使样线经过地区的局部分异增加,导致最大异质性表现尺度显著提高。

与信息熵指数相比,孔隙度指数变化趋势可以揭示城市化过程对林地影响的一些细节信息。首先 1988 年林地呈低孔隙度水平的聚集分布,这一分布方式反映了龙华盆地中心区和周围低山丘陵地区林地分布的显著差异特征。1996 年林地属高孔隙度水平的聚集分布,显示出林地在工作区内的空间分布呈现出一种整体的高度不均匀性。1992 年林地所表现出随机分布的特征,是由于这期间林地受到的主要是碎裂化影响,这种影响由于未造成林地大面积成片损失,只是降低了滑箱内林地出现频率,导致小尺度下孔隙度指数显著增加。图 2 中 1988 年和 1992 年孔隙度指数曲线滑箱边长为 20 个像元后基本重叠,说明这期间城市化过程对林地的影响还局限于较小的尺度和范围上,这与阶段性分析中“局部影响为主”的结论完全吻合。

1988 年孔隙度指数分析与信息熵指数分析结果稍有差异。信息熵分析表明,1988 年工作区内林地表现为典型的微观异质性分布特征,而孔隙度指数分析结果为相对宏观异质性分布,这种差异主要是方法本身造成的。信息熵法揭示的是样线经过地区的局部分布状况,特别是以 2^n 次方进行基础样段合并时,由于后期尺度放大倍数增长过快,会导致一些中大尺度分布差异特征被忽略。孔隙度指数法可以进行连续的系列性滑箱面积设计,并且是覆盖全区采样,在揭示工作区平均异质性水平随分析尺度变化时具有样线法不可替代的优势。但是,样线法在反映布点地区局部林地空间分布的异质性特征方面显然优于孔隙度指数法。综合信息熵法和孔隙度指数法结果,1988 年的林地空间分布特征应是低孔隙度水平宏观异质性分布。

4 结论

(1)在研究时段内,龙华地区由于快速城市化过程导致林地受到强烈的分割和转化影响,总面积损失了 49%。大量林地被用于城市建设和农业生产,导致斑块平均面积显著降低,碎裂化程度增加,不同林地斑块之间难以形成有效的生态学联系。

(2)城市化过程对林地的影响大致分成两个阶段:1988~1992 年为大面积林地碎裂化阶段,导致林地斑块数量显著增加;1992~1996 年期间一些被分割的小面积残遗斑块被大量转化,斑块数量有所下降。特别是部分原来林地连续分布区被整体转化,导致环龙华盆地周围连续植被分布区域被分割成几个孤立的岛屿。

(3)1988 年工作区内林地呈低孔隙度水平的宏观异质性分布,中大尺度空间分布差异主要来自周围低山丘陵地区和盆地中心区之间的土地利用差异;1992 年由于城市化过程产生的小尺度局部分割影响,使林地呈现出随机分布特征;1996 年由于林地的部分地段被大面积成片转化,空间分布的不均匀程度达到最大值,景观呈高孔隙度水平的宏观异质性分布。

(4)信息熵法在揭示布点地区局部景观组空间分布差异时具有优势,而孔隙度指数可准确反映全部工作区景观组平均异质性水平随分析尺度的变化情况。二者同时使用,有助于全面了解景观异质性特征。

参考文献

- [1] 曾 辉,郭庆华,刘静艳. 东莞市景观生态演化特征的分析. 中国环境科学,1997,17(5):422~425.
- [2] Forman R T T, Godron M. Landscape Ecology. John Wiley and Sons, New York. 1986.
- [3] 陈利顶,傅伯杰. 黄河三角洲地区人类活动对景观结构的影响分析. 生态学报,1996,16(4):337~344.
- [4] 李哈尔滨,伍业刚. 景观生态学的数量研究方法. 刘建国主编. 当代生态学博论. 北京:中国科学技术出版社,1992. 209~233.
- [5] Manddelbrot B B. The Fractal Geometry, W. H. Freeman, New York. 1983.
- [6] Plotnick R E, Gardner R H, IO'Neill R V. Lacunarity indices as measures of landscape texture. *Landscape Ecology*, 1993, 8(3): 201~211.
- [7] 曾 辉,郭庆华. 珠江三角洲东部常平镇景观组分转移模式及动态变化研究. 地理科学,1999,19(1):73~77.