

## 【海洋环境管理】

快速城市化进程中海岛景观格局变化研究<sup>\*</sup>吝涛<sup>1</sup>, 薛雄志<sup>2</sup>, 崔胜辉<sup>1</sup>, 石龙宇<sup>1</sup>

(1. 中国科学院城市环境研究所, 福建 厦门 361003; 2. 厦门大学环境科学研究中心, 福建 厦门 361005)

**摘要:** 以厦门岛为例, 通过一般景观格局分析指标和特殊景观格局分析指标, 研究城市化进程中海岛生态景观格局的变化以及人工景观对自然景观的胁迫作用。结果显示: 从 1987 年至 2004 年, 人工景观对自然景观的胁迫作用迅速增加; 厦门岛建成区占海岛面积的比例迅速增长, 而斑块数量明显减少; 厦门岛景观多样性迅速下降, 同时破碎度指数和优势度迅速提高; 受到海岸带开发活动影响, 海海岸线趋向平滑, 海岛形状逐步趋向圆形; 厦门岛人工景观对自然景观的胁迫程度逐步升高, 城市化侵蚀指数也快速提高。

**关键词:** 城市化; 景观格局; 海岛

**中图分类号:** X87 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-6336(2009)01-0087-05

## Study on landscape pattern changes in islands under stress of rapid urbanization

LIN Tao<sup>1</sup>, XUE Xiong-zhi<sup>2\*</sup>, CUI Sheng-hui<sup>1</sup>, SHI Long-yu<sup>1</sup>

(1. Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361003, China; 2. State Key Laboratory of Marine Environmental Science, Environmental Science Research Center, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

**Abstract:** Several common and special landscape indices were used to analyze the landscape pattern changes of Xiamen islands and the stress of artificial landscape to the natural landscapes during urbanization process. The results showed that the landscape pattern of Xiamen islands was altered observably and the stress of the artificial landscape to natural landscape were increased rapidly. The ratio of urban land area to the total islands area was increased and the number of the patches was decreased. The landscape diversity was decreased, meanwhile the landscape fragmentation and dominance were increased respectively. Because of the coastal reclamation, the island's coastal line tended to be simple and smooth, and the shape closed to a circle. The stress of the urban land to natural landscapes was aggravated with the urbanization invasion index increase.

**Key words:** urbanization; landscape pattern; island

随着人类社会经济的发展, 人类活动对自然生态环境的影响日趋强烈, 以城区建设扩张为代表的城市化进程正在世界范围内不断加速<sup>[1]</sup>。海岛属于海岸带范围内, 当前全球 60% 左右的人口以及 1/3 的人口过百万的大城市都分布在海岸带地区。我国自北向南拥有 18 000 km 的狭长海岸线, 在包括渤海经济区、长江三角洲经济区和珠江三角洲经济区等在内的海岸带区域内, 集中了全国 70% 以上的大城市、50% 左右的人口和 55% 的国民收入<sup>[2]</sup>。景观格局分析作为目前研究人类改变自然土地

利用 覆被方式的一种重要方法, 受到了城市生态建设和管理人士的高度重视<sup>[3]</sup>。景观格局分析注重从宏观尺度研究区域生态系统的空间异质性和生态整体性<sup>[4]</sup>, 分析空间邻接的景观在结构和功能的密切联系<sup>[5]</sup>。对城市化进程中的景观格局变化研究是当今国内外景观生态学研究的前沿和热点<sup>[3,6,7]</sup>, 专门的城市化景观格局分析指标的研究, 以及针对海岸带, 尤其是海岛城市化的景观格局分析研究至今还很少见报道。本文以厦门岛自 20 世纪 80 年代至今的快速城市化进程为例, 选取意义明确的常

\* 收稿日期: 2008-02-19, 修改日期: 2008-04-23

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40701059); 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-YW-422-1); 青年人才领域前沿项目 (074081d10)

作者简介: 吝涛 (1978-) 男, 河北省邯郸市人, 博士, 助理研究员, 主要研究海岸带综合管理和城市生态学。

见景观格局指标:景观多样性指数、景观优势度指数、景观破碎度指数和景观分离度指数;同时构建专门针对海岛城市化的景观格局指标:海岛形状指数、自然景观受威胁指数和城市化侵蚀指数;通过对两类景观格局指标的评估分析 20 a 来厦门岛景观格局变化以及城市化对海岛自然景观的胁迫作用。

## 1 研究区域

厦门是我国东南沿海的一座风光秀美的滨海风景城市,位于 24°24' ~ 24°55' N, 117°53' ~ 118°25' E 之间,全市由厦门本岛、鼓浪屿岛、北部内陆部分及附近小岛海域组成,拥有海岸线总长 234 km,海域面积 390 km<sup>2</sup>。厦门岛位于厦门市南部,是厦门市城区的主要组成,是厦门经济和社会活动聚集的区域。2004 年厦门岛陆域面积 136.3 km<sup>2</sup>,以人工景观为主,自然景观(包括半自然景观)有山林园地、水域,以及少部分耕地和绿地;岛上常住人口 60.75 万人,城市化率达到 100%。自上世纪 80 年代以来厦门岛的自然景观受到城区建设的扩张影响,变化巨大;自然景观逐年萎缩,并趋于显著破碎化。受沿岸围垦造地的影响,厦门岛沿岸内凹的港湾或泄湖被人工围垦作为港口、城区或滩涂养殖用地,沿岸红树林和滩涂湿地面积急剧减少,海岸线趋于平滑



图 1 厦门岛 2004 年卫片

Fig. 1 Satellite image of Xiamen island in 2004

## 2 研究方法

### 2.1 基础数据与分析

本研究的主要信息数据是根据 1987 年、1995 年的 Landsat-TM 卫片(分辨率为 30 m)和 2004 年的 SPOT 4 合成卫片图(分辨率为 20 m),经 Mapinfo 7.0 软件数字化获得所需地理信息数据。由于 1987 年和 1995 年卫片的分辨率与 2004 年不同,在景观识别上会产生差异,因此在数字化分析中采用 1999 年厦门土地利用现状图作为校对图,通过人机互动提取景观类型的信息。为保证 3 个时段景观格局在同一尺度水平进行对比分析,本研究采用 1987 年最小斑块面积 0.02 km<sup>2</sup>作为所有景观识别的最小

粒径。利用 GIS 分析软件 Arcview 3.2a 和 Mapinfo 7.0 对数据进行处理,并提取计算所需的景观面积、邻接边长等数据,通过 Excel 软件计算景观格局分析指标。

### 2.2 景观类型划分

结合海岛和城市化的特征,本研究将厦门岛的景观类别分为两大类:人工景观和自然景观。人工景观建成区一个类别,包括厦门岛所用商住区、工业区、道路等人类频繁活动区域,以及建成区内小片人工绿地。自然景观分为 4 类:林地、水域、耕地和滩涂;林地包括岛内的林地和具有良好植被的天然山体,也包括大片的天然或人工绿地;耕地包括农田和大部分未开发利用的荒地;水域包括天然或人工的湖泊、水库和池塘;滩涂包括沙滩、泥滩、红树林和部分潮下带海域。

### 2.3 景观格局分析指标

指标的选择和设定是景观格局分析的关键内容,针对城市化进程中土地利用 覆被方式变化的特点,以及海岛生态系统的特征,本研究设立了两类景观格局分析指标:一般指标,选择目前城市化景观格局分析方法中常用的指标;特殊指标,根据城市化和海岛景观格局特征专门建立的指标。

#### 2.3.1 一般指标

一般性指标是目前景观生态学研究当中常用的且具有重要生态意义的指标。本研究选择 4 个一般性指标:(1)景观多样性指数(采用 Shannon-Weaver 多样性指数计算方法),指景观中斑块类型的丰富和复杂程度,多样性指数越高,各类型所占的面积比例越相当,景观异质性越高,景观格局也就越稳定;(2)景观优势度指数,用于测度景观结构中一种或几种景观类型支配景观格局的程度,在景观类型数目不变的情况下,多样性指数越大,其优势度越小;(3)景观破碎度指数,指景观被分割的破碎程度,它与不同类型斑块面积的大小有关,斑块的面积越小,景观的破碎度越高。(4)景观的分离度指数,指某一景观类型中不同斑块个体分布的分离程度,当景观面积不变时,斑块越多分离度越大;当景观斑块个数不变时,斑块面积越大,分离度越小。

#### 2.3.2 特殊指标

本研究建立了 3 项针对海岛景观变化的特殊指数,以下对这 3 项景观指数作详细说明。

(1)海岛形状指数:用来描述海岛形状变化的指标,自然形成的海岛由于生态利用方式的多样,海岛形状通常比较复杂,而人工对海岛的开发往往破坏了海岛形状的自然复杂性,使海岛边缘趋于平滑。指标通过分析海岛形状的近圆性来表现海岛形状的复杂性。表达式为:

$$I = P^2 / S \quad (1)$$

式中:  $I$  为海岛形状指数;  $P$  表示海岛海岸线的总长度;  $S$  代表海岛总面积(所有类型斑块的总面积)。 $I$  的值大于或等于 12.56(4),  $I$  的值越大,海岛的形状越复杂,当  $I$  的趋向于 12.56 时,海岛的形状趋向于圆形。

(2)景观受威胁指数:指某一类自然景观受人工景观威胁的程度,根据绿洲景观受沙地和盐碱沼泽的威胁程度指数<sup>[5]</sup>演变而来。本研究认为在城市化进程中,自然景观不断受人为景观的侵蚀,这种侵蚀主要发生在人工景观与自然景观的交界处,因此自然景观与人工景观的临近程度以及连接程度体现该自然景观受人工景观的威胁程度。表达式为:

$$V_i = (L_i + U_i) / 2 \quad (2)$$

式中: $V_i$ 代表自然景观受人工景观的威胁指数; $L_i$ 代表第  $i$  个自然景观类型与人工景观的空间邻接长度与其边缘总长的百分数; $U_i$ 代表第  $i$  个自然景观类型与人工景观类型的空间邻接斑块数目与其斑块总数的百分数。 $V$ 的最大值为 1,此时代表所有自然景观周围均直接被人工景观紧密环绕。

(3)城市化侵蚀指数:指整个景观格局中所有自然景观受人工景观的影响程度,城市化进程中原有的自然景观是建成区扩张侵蚀的目标,通过建成区占景观总面积的比例以及各个自然景观受威胁程度的平均值的综合获得。表达式为:

$$HI = A + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i \quad (3)$$

式中: $HI$ 为人工景观对自然景观的侵蚀指数; $A$ 表示

人工景观面积占全部景观面积的比例; $n$ 代表自然景观类型的数量。 $HI$ 值越大,自然景观受到人工景观的威胁越高,其最大值趋近于 2,当  $A$  达到 1 的情况除外,此时全部景观均为人工景观。

### 3 结果与分析

#### 3.1 厦门岛城市化进程中景观格局的变化

##### 3.1.1 斑块面积和数量变化分析

图 2 中显示 1987 年、1995 年和 2004 年厦门岛 5 类景观的数量和面积的比率变化。建成区属于人工景观,从面积变化来看,建成区占海岛面积的比例迅速增长,不到 20 a 增大为原来的近 3 倍,原来较为分散的建成区逐渐连成一片。自然景观中面积变化最为明显是耕地,从 1987 年占岛屿面积 33.2% 降到 2004 年的 11.5%,考虑到耕地景观包括厦门岛上所有的未开发土地,实际耕地面积所占比例应比 11.5% 更低;此外耕地景观斑块的数量是所用景观中增长最快的,说明耕地被急剧的分割、蚕食的状态。其他自然景观中,水域的面积较为稳定,林地面积和滩涂的面积则逐步减少,其中林地斑块的数量从 1995 年到 2004 年基本保持稳定,主要原因是这些未被人工开发的林地斑块多属山地,不宜改建为城市用地,估计今后很长时间内林地斑块的面积和数量仍将保持稳定。

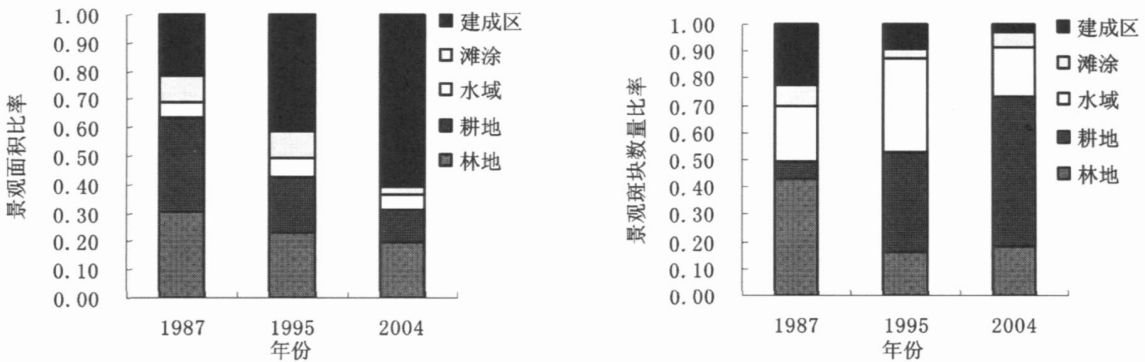


图 2 城市化中厦门岛各类景观面积和斑块数量的比率变化

Fig 2 Changes of ratio of different landscapes' area and patches during Xiamen urbanization

##### 3.1.2 景观格局变化分析

表 1 显示通过 GIS 分析软件对 1987 年、1995 年和 2004 年厦门岛景观格局部分指标的分析结果,这些指标都是针对厦门岛整个景观格局的变化进行分析。从景观多样性上来说,厦门岛的 1995 年比 1987 年略有下降,但是从 1995 年到 2004 年,多样性指数急速下降;与此相对,景观优势度的变化是 1995 年比 1987 年略有上升,但是 1995 年到 2004 年指数急速上升。这些反映出过去 20 a 的城市化进程对厦门岛景观多样性的影响具有累积性效应,集中在后 10 a 内显现。厦门岛的景观破碎度综合反映了各类景观类型面积和数量的变化趋势,与上文各类景观斑块面积和数量变化分析相吻合,1987 年到 1995 年是一个快速破碎化轨迹;1995 年到 2004 年破碎化趋势则

表 1 厦门岛部分景观格局指标分析结果

Tab 1 Results of some landscape pattern indices on Xiamen island

景观格局指标	年份		
	1987	1995	2004
景观多样性指数	2.0848	2.0640	1.6373
景观优势度指数	0.2370	0.2579	0.6846
景观破碎度指数	0.3453	0.6978	0.8262
海岛形状指数 $I^*$	39.604	42.711	26.423

\* 计算时使用海岛陆域面积

逐渐缓慢。从对景观多样性和景观破碎度的分析结果来看,厦门市的城市化进程对海岛景观格局的影响,基本符合袁艺等人总结的<sup>[13]</sup>快速城市化过程中,从初等城市化水平向高等城市化水平深入导致的景观格局变化的一般

规律。

### 3.1.3 厦门岛形状变化分析

由于城市化建设的需要,厦门市沿海围垦造地活动非常频繁,从 20 世纪 50 年代至 2000 年,厦门海岸带围垦累计总面积达 90.13 km<sup>2</sup>,围垦类型主要是建筑和公路工程用地,造成大面积红树林和天然滩涂的损失<sup>[8]</sup>。从 1987 年到 1995 年间建成的围垦项目很少,因此从海岛形状指数在此期间变化不明显,甚至有所上升;原因是厦门岛

东北部海岸被当地人开发用作养殖,海岸线变曲折,在整个海岛在面积变化不大的情况下,海岸线长度从 1987 年的 71.3 km 增加到 1995 年的 74.4 km。但是从 1995 年到 2004 年海岛形状指数降低明显,从 42.711 降为 26.423;海岸线长度也减少到 60.0 km,原因是此期间到西南部和东北部开发建设基本完工,造成岛屿面积增大,同时海岸线趋于平滑,对比 1995 年和 2004 年厦门岛形状(见图 3),可以发现有明显的趋圆性变化。



图 3 1987 年到 2004 年厦门岛形状变化

Fig 3 Changes of Xiamen islands shape from 1987 to 2004

### 3.2 厦门岛城市化进程中人工景观对自然景观的作用

#### 3.2.1 厦门岛自然景观分离度分析

伴随着城市化进程,建成区的面积逐渐增大且连成片,造成景观多样性与破碎度的反向变化,这种轨迹产生的根本原因是由于自然景观受人工景观侵蚀和分割,逐步缩小、分离,破碎化程度提高。由图 4 对厦门岛 5 类景观分离指数的变化分析结果可知,除人工景观(建成区)的分离指数逐步下降之外,所有自然景观的分离指数都有不同程度的上升,说明城市化进程中人工景观的聚集以及自然景观不同程度的分离、萎缩。其中耕地的分离指数从 1987 年到 2004 年上升趋势稳定且明显,与前述城市化对耕地斑块面积和数量影响的分析结果相似。同时从自然景观的分离度上升趋势来看,除水域景观外,1995 年到 2004 年的上升趋势明显高于从 1987 年到 1995 年,这种变化与厦门岛景观多样性指数和优势度指数的变化相似。

#### 3.2.2 厦门岛自然景观受威胁程度以及城市化侵蚀程度分析

从厦门岛自然景观受威胁程度的变化分析来看(见表 2):所有自然景观受人工景观的威胁程度在过去近 20 a 快速升高,其中以耕地受威胁程度的上升趋势最明显,这与耕地(包括为利用地)是厦门岛主要的城市化扩张对象的现实相吻合。目前林地受人工景观的威胁最大;考虑到滩涂必有一侧面向海域,2004 年滩涂景观的受威胁指数也已经达到相当高的程度。从自然景观受威胁程度的变化趋势来看,林地和水域受威胁程度的快速增加发生在 1987 年到 1995 年,反映了对林地和水域的开发在过去 20 a 的前 10 a 期间要高于后 10 a;而滩涂受威胁程度的快速增加发生在 1995 年到 2004 年,反映该时期出现的大面积海岸带围垦建设活动;耕地的受威胁程度 1995 年到 2004 年比 1987 年到 1995 年略有减少,但是仍较明显。从总体来看,厦门岛城市化侵蚀指数的增长在过去 20 a

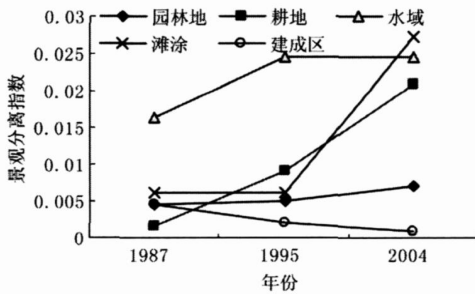


图 4 厦门岛 5 类景观类型分离指数的变化

Fig 4 Changes of the detachment index of 5 natural landscapes in Xiamen islands

表 2 厦门岛自然景观类型受威胁指数继城市化侵蚀指数变化

Tab 2 Changes of urbanization invasion index and natural landscapes invaded index of Xiamen islands

受威胁指数	年份		
	1987	1995	2004
林地	0.339377	0.805294	0.909218
耕地	0.207168	0.602869	0.890858
水域	0.305828	0.716129	0.796783
滩涂	0.512836	0.573721	0.844633
城市化侵蚀指数	0.578841	1.128979	1.484731

非常迅速,侵蚀指数变化反映了厦门岛城市化的进程,同时也反映了城市化进程中人工景观对自然景观的威胁。

#### 4 结 论

景观格局指标作为宏观生态学研究的重要内容,目前在城市化研究中的应用日趋广泛,并且对城市化进程中景观格局的变化特征作了一些总结。本文针对海岛城市和城市化对自然景观的影响提出了海岛形状指标和城市化侵蚀指数,前者反映了海岛城市化对海岸带开发利用的特征,后者则结合了在城市化进程中人工景观对自然景观的作用,通过与一般景观格局指标的分析相结合,较好的阐述了厦门岛城市化过程的一些重要特征,为今后城市生态建设和生态管理提供了有效的理论依据。

#### 参考文献:

- [1] 王海珍,张利权. 基于 GIS 景观格局和网络分析法的厦门本岛生态网络规划 [J]. 植物生态学报, 2005, 29 (1): 144-152.
- [2] 钟兆站. 中国海岸带自然灾害与环境评估 [J]. 地理科学进展, 1997, 16 (1): 44-50.
- [3] 袁艺,史培军,刘颖慧,等. 快速城市化过程中土地覆被格局研究—以深圳市为例 [J]. 生态学报, 2005, 29 (1): 144-152.
- [4] 彭建,王仰麟,刘松,等. 海岸带土地持续利用景观生态评价 [J]. 地理学报, 2003, 58 (3): 365-371.
- [5] 角媛梅,肖笃宁. 绿洲景观空间邻接特征与生态安全分析 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (1): 31-35.
- [6] ALIGJR, KLNEJD, LICHTENTENM. Urbanization on the US Landscape: Looking ahead in the 21st century [J]. Landscape and Urban Planning, 2004, 69 (2-3): 219-234.
- [7] BARTEL A. Analysis of landscape pattern: Towards a top down indicator for evaluation of landuse [J]. Ecological Modelling, 2000, 130 (2000): 87-94.
- [8] LNT, XUE XZ, SHEN S, et al. Systemic analysis of coastal wetland changes and their ecological impacts: a case study in Xiamen, China [J]. Environmental Informatics Archives, 2005, 3: 137-145.
- [9] ADACHIM, SAKO Y, ISHIDA Y. Identification of the toxic dinoflagellates *Alexandrium catenella* and *A. tamarense* (Dinophyceae) using DNA probes and whole cell hybridization [J]. Journal of Phycology, 1996b, 32: 1049-1052.
- [10] 唐祥海,于仁成,颜天,等. 中国沿海亚历山大藻 (*Alexandrium*) 核糖体 rDNA 部分序列分析及该藻属分子系统进化研究 [J]. 海洋与湖沼, 2006, 37 (6): 529-535.
- [11] 于仁成,唐祥海,张清春,等. 应用荧光原位杂交方法检测中国沿海塔玛链状亚历山大藻复合种 (亚洲温带基因型) [J]. 环境科学学报, 2006, 26 (4): 646-651.
- [12] MILLER P E, SCHOLN C A. Identification and enumeration of cultured and wild *Pseudo-nitzschia* (Bacillariophyceae) using species-specific LSU rRNA-targeted fluorescent probes and filter-based whole cell hybridization [J]. J Phycol, 1998, 34: 37.
- [13] 梁君荣,高杨,高亚辉,等. 全细胞杂交在三种赤潮微藻检测中的应用 [J]. 高技术通讯, 2005, 15 (12): 84-89.

(上接第 83 页)