

海湾型城市半城市化地区空间扩展演化 ——以厦门市为例

花利忠^{1,2}, 崔胜辉^{1,*}, 黄云凤^{2,3}, 尹 锴¹, 熊永柱^{1,2}

(1. 中国科学院城市环境研究所, 厦门 361021; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085;

3. 集美大学生物工程学院, 厦门 361021)

摘要: 选择海湾型城市——厦门市半城市化地区为研究对象, 基于研究区 1987、1992、1997、2002 和 2007 年 5 个时相的 TM/ETM + 遥感影像数据, 在遥感与 GIS 技术支持下获取了近 20a 来各期土地利用信息数据, 采用景观格局转移矩阵、景观格局指数和分形理论等方法研究了厦门市半城市化地区城市化过程中的景观格局空间演变特征, 详细分析了城市形态演变、城市围填海特征及政策影响。结果表明: 20 a 年来厦门近郊建设用地从 18.4 km² 增加到 108.4 km², 远郊则从 35.7 km² 增加到 114.9 km², 分别增长为原来 5.9 倍和 3.2 倍; 城市空间扩展过程通过不断侵蚀耕地、林地和大规模填海造地完成, 其中耕地景观变化最大, 城市扩展最高峰(2002~2007 年)近郊与远郊被建设用地“蚕食”的耕地多达 19.74 km² 和 33.11 km²; 在城市空间不断扩展的过程中, 近郊城市由不稳定形态逐步向稳定形态(填充增长)演化, 但远郊形态格局尚处于以中心城市扩展为主体的时期; 填海造地面积及其时空分布与政策因素密切相关, 20 a 来厦门半城市化地区海岸线缩短了 14.3%, 近郊与远郊海岸分维数分别从 1.236 和 1.267 降到 1.191 和 1.262, 岸线复杂性明显降低, 逐步趋于平直; 海湾型城市战略的提出对填海造地影响最为明显, 2002~2007 年期间填海进程明显加快, 近郊与远郊分别填海 13.32 和 9.15 km², 超越了前 15 a 填海总面积。

关键词: 景观格局; 城市扩展; 围海造地; 厦门; 半城市化地区; 分形

文章编号: 1000-0933(2009)07-3509-09 中图分类号: Q143 文献标识码: A

Analyses of peri-urban landscape dynamics in the rapid urbanizing process: a case study of Xiamen

HUA Li-Zhong^{1,2}, CUI Sheng-Hui^{1,*}, HUANG Yun-Feng^{2,3}, YIN Kai¹, XIONG Yong-Zhu^{1,2}

1 Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China

2 Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

3 School of Biological Engineering, Jimei University, Xiamen 361021, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3509 ~ 3517.

Abstract: The evolution of the peri-urban landscape pattern of Xiamen over its rapid urbanization period from 1987 to 2007 was studied through the analyses of landscape transfer matrix, landscape indexes, and fractal method (box counting method). Based on RS and GIS techniques, five Landsat TM/ETM + images, acquired respectively in 1987, 1992, 1997, 2002 and 2007, were used to construct landuse database for the studied area. The result shows that construction land area increased rapidly from 18.4 to 108.4 km² in the suburb and from 35.7 to 114.9 km² in the exurb over the 20-year period. The urban expansion mainly occupied forestland, farmland, and sea. Farmland area decreased dramatically and had lost 19.74 and 33.11 km² in the suburb and exurb, respectively, between 2002 and 2007 alone. While the urban expansion morphology has become stabilized in the suburb districts, it remains unstable in Xiamen exurb areas. Coastal reclamation effort in this region has been governed by policies in various phases. The coastal line tended to be simplified and

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目(KZCX2-YW-422); 国家自然科学基金资助项目(40701059); 厦门市科技计划资助项目(3502Z20072002)

收稿日期: 2009-02-07; 修订日期: 2009-03-27

致谢: 感谢黄少鹏研究员的指导与帮助。

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shcui@iue.ac.cn

straightened with fractal dimensions decreased from 1.236 to 1.191 and from 1.267 to 1.262 for the suburb and exurb, respectively. The recent government decision to transform Xiamen from an island city to a bay city had an important effect on coastal reclamation and had added 13.32 and 9.15 km² of reclamation areas in suburb and exurb, respectively, over the 5 year period from 2002 to 2007, more than the total area reclaimed over the 15 years from 1987 to 2002.

Key Words: landscape pattern; urban expansion; coastal reclamation; Xiamen; peri-urban; fractal characteristics

城市化是世界各国发展的共同趋势,是人类文明的标志^[1]。但随着城市化的快速推进,城市的生态环境受到剧烈影响,这种影响在时空上最明显的表现是城市景观格局的变化。城市空间格局的改变无疑会对城市及其周边地区的自然、生态、社会经济过程产生影响^[2]。20 世纪 80 年代以来,先后在发达国家和部分发展中国家,涌现出大量与传统的城乡二元景观截然不同、城乡职能与景观混杂交错的新型地域类型。国际学术界针对这种城市化进程中出现的新地域特征,提出了“半城市化地区(peri-urban)”的概念,但目前国际上还没有一个公认和统一的定义。这是因为,一方面半城市化地区是随城市扩张而动态变化的地域,很难从社会经济和自然环境角度给出一个综合的、科学的界定;再者,不同领域学者研究的侧重点不同,予其的内涵也不同,导致其概念多样化,除 peri-urban 之外,其他学者提出如 urban fringe(城市边缘区)、semi-urban(半城市化地区)、rural-urban fringe(城乡交错带)和 urban hinterlands(城市临近地带)等概念,Houston 指出 peri-urban 涵盖了其他所有概念^[3]。其中“城市边缘区”和“城市临近地带”所指代的地域范围比 peri-urban 小,主要是半城市化地区中接近城市,受城市辐射作用较大的地域;“城乡交错带”位于市区和城市影响带之间,可分为内边缘区和外边缘区,它从城市和乡村两个区域系统着眼,强调城市和乡村系统相互作用、相互渗透和相互融合过程中的独特景观,其地域范围与半城市化地区等同,但概念上难以揭示半城市化现象的形成机理和本质特征;另外 peri-urban 与 semi-urban 同义,但前者应用更广泛,后者常用于世行项目。对半城市化地区的解释较为权威的是 Phillips 等和 Webster 所提出的定义。Phillips 等指出:半城市化地区是指城市边缘的一种地带或区域,在此区域内城市和乡村发展过程交汇、混合并且相互作用,它并不是一个确定的具体区域,而是一个只能用特征和现象的组合来描述识别的扩散型地域类型,往往是大城市内部的活动驱动下产生的^[4]。其区域内表现为城乡土地利用混杂、土地利用变化迅速、产业结构与就业结构的非农化水平较高而产业与人口在空间上的积聚程度仍较低等特点^[5]。Webster 研究东亚地区的半城市化现象后指出半城市化是一种高度动态的过程,并作出量化定义,认为半城市化地区是指位于城市建成区以外,由制造业发展所驱动而形成的一种城乡土地利用混杂交错、且变化快速的过渡性地域类型,在其 GDP 构成中,制造业占 40% 以上并且不断增加,但农业比重也不低于 10%,但是逐渐减少;在地理景观上,农业用地(如稻田)与工厂、工人住宅、新开发区等城市、工业用地“犬牙交错”^[5]。随着城市的扩张,半城市化地区的农田和林地不可避免转化为城市用地,主要是住宅,商业和工业用地和基础设施如公路,以及其他的土地延伸的娱乐设备,垃圾堆存处和污水处理厂等。研究表明这些地区土壤质量最好的农业用地逐渐转变为城市用地,同时也会带来一系列的社会环境问题,例如失地农民的谋生问题,城市发展带来的环境问题等^[6]。因此,在快速城市化进程中,研究半城市化地区景观格局动态特征的演变规律,对于理解城市复杂生态系统的演变趋势,建立可持续的城市化发展模式具有重要的借鉴意义。

厦门市作为我国的 5 个经济特区之一,自改革开放以来在国家经济特区政策和外商投资的推动下,经济飞速发展,城市化进程快速推进,其城市空间扩展强度逐渐加大,与此同时特区出现了超越传统城乡二分法的半城市化地区——厦门岛外的集美、海沧、同安和翔安四区,其区域内表现为城乡土地利用混杂、土地利用变化迅速、产业结构与就业结构的非农化水平较高而产业与人口在空间上的积聚程度仍较低等特点。厦门半城市化地区城市化过程带来的人口膨胀、用地紧张、环境污染加剧等问题已经严重影响到厦门市的可持续发展。尤其是近年来随着厦门市社会经济的快速发展以及海湾型城市建设进程的逐步推进,今后几年乃至十几年,

其城市建设用地将以每年近 15 km^2 的速度递增。持续的城区扩张,使自然景观逐年萎缩,区域生态环境压力进一步加大。受沿岸围垦造地的影响,沿岸内凹的港湾或湖泊被人工围垦作为港口码头或城区建设,沿岸红树林和滩涂湿地面积急剧减少,海岸线趋于平直。

国内外学者从早期景观空间格局的研究方法及度量结构体系的构建^[7],到后来区域景观格局分析^[8,9]及多时相格局动态变化^[10],再到近年来城市化过程的景观格局变化与模拟^[2, 11, 12]等进行了大量研究,取得了卓有成效的成果。利用长时间尺度、多时相的遥感数据分析城市化景观格局特征,尤其是针对海湾城市半城市化地区景观格局的对比分析研究则鲜见报道。本文详细分析了近 20 a 间海湾型城市半城市化地区城市化过程中的景观格局演变特征,对于厦门城市化过程中有关城市形态和城市空间布局以及城市化相关的生态过程的研究具有重要的参考价值,为厦门市政府管理部门制定合理的城市发展规划和区域可持续发展政策提供决策依据。

1 研究区概况

厦门半城市化地区($24^{\circ}24' \sim 24^{\circ}55' \text{N}$, $117^{\circ}53' \sim 118^{\circ}25' \text{E}$)地处福建省东南部九龙江入海处,背靠漳州、泉州,面对大小金门岛,与台湾、澎湖列岛隔海相望(图 1)。研究区位于戴云山脉的西南段和博平岭东南的延伸支脉交界处,以地貌丘陵为主,台地和阶地广泛分布于山间,地形复杂多样,地势由西北向东南倾斜,呈阶梯状下降,沿海部分由九龙江河口区、杏林湾、马銮湾和同安湾组成,该区总体上形成了山、海、城和湖相互交融的景观。该区属于亚热带海洋性季风气候,气温变化小,年平均气温 20.9°C ,年均降水量为 $1\,388 \text{ mm}$ 。厦门总体规划修编中提出“一主四辅八片”的海湾型城市空间格局,其中四辅(城)指的就是厦门岛外四个半城市化地区,集美和海沧称为厦门近郊,同安和翔安(含大嶝岛)则称厦门远郊。2006 年,研究区总人口 87.55 万人,占全市总人口的 54.59%,但其城镇人口仅占全市的 33.33%;GDP 总量 461.78 亿元,占全市 39.54%,其中近郊 GDP 是远郊的 2.41 倍;产业结构以第二、三产业为主,近郊与远郊第二、三产业产值占各自 GDP 总量的 98% 和 91% 以上。

2 研究材料与方法

2.1 数据源

本研究的基础数据源为 1987~2007 年间福建省厦门市半城市化地区每 5a 的 Landsat TM/ETM+ 遥感影像数据,包括 1987.01.15, 1992.01.15, 1997.01.12, 2002.01.02 和 2007.01.08 共 5 个时相(2002 年为 ETM+ 影像,其余为 TM 影像),各影像时相相近,利于比较。研究采用的软件包括 ArcGIS 9.1、Erdas Image 9.1 和 Fragstat3.3。

2.2 研究方法

2.2.1 景观分类与遥感解译

本文研究城市扩展导致的景观格局变化,参照中国科学院“国家资源环境遥感宏观调查与动态研究”中制定的土地资源分类系统^[13],结合研究区的具体情况,首先对 2007 年遥感影像进行分类,分为建设用地(城镇和工矿用地)、待建用地(即将建设或部分正在建设的用地)、海域(含沿海养殖和滩涂)、水体(重要水库和河流)、建设用地内部的林地(包括有林地、灌木林和园地)与耕地,其它用地未进行分类。厦门半城市化地区近郊和远郊已分类型面积分别为 157.7 km^2 和 192.9 km^2 ,其他年份遥感影像按 2007 年已分类型面积分类。

首先对 5 期的遥感影像 TM/ETM+ 图像进行预处理,配准误差小于 0.5 个像元。影像预处理之后,根据景观分类体系,结合有关专家的判读经验所建立的遥感图像解译标志,在 Erdas 平台上进行人机交互解译,经典型样区野外调查验证,在 ArcGIS 平台上进行处理,最终得到厦门半城市化地区各期景观类型数据库。

2.2.2 景观类型转移矩阵

采用 ArcGIS 强大的空间处理功能,将不同时间段的景观类型分布图叠加,执行 Union 操作获取各时段同一斑块的景观类型编码,用 Tabulate Area 操作建立不同时间段的景观类型转移矩阵。

2.2.3 城市形态空间格局的表征

众多学者描述了城市空间增长的模式^[14],但多用图解方式,较少对这些模式进行定量测度。而景观格局

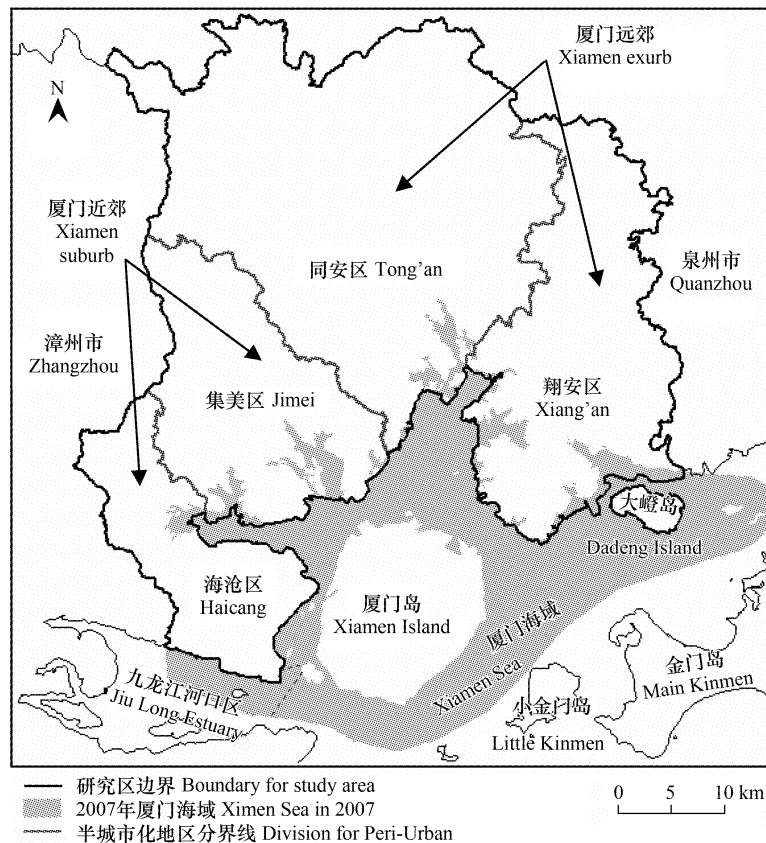


图1 研究区位置

Fig. 1 Location of Xiamen peri-urban

指数则可以有效识别城市空间增长的模式。研究采用如下5个指标从数量、形态和结构3方面表征厦门半城市化地区城市形态的空间格局特征及其变化,其计算公式详见文献^[15]。

(1) 数量特征 斑块数(NP)和最大斑块指数(LPI),描述斑块的数量和最大城市建设用地的比重。

(2) 形态特征 形状指数(LSI)和面积加权的平均斑块分维指数(FRAC_AM),两者用城市斑块的面积和周长的比例关系,刻画城市形态的复杂性和稳定性。前者表征斑块与正方形的偏离程度, $LSI \geq 1$,其值越大,斑块的形态越不规则。后者用来表征城市斑块的复杂程度,取值范围为 $1 \leq FRAC_AM \leq 2$,其值为1代表形状最简单的正方形或圆形,其值越大,分形特征越明显,城市形态的不稳定性越强,发展的随意性越大。

(3) 结构特征 面积加权的平均邻近度指数(CONTIG_AM),单位面积斑块像元邻域水平的平均值,一定程度上反映了城市斑块的集聚和离散程度。取值范围 $0 \leq CONTIG_AM \leq 1$,取值越趋近于1,说明斑块越集中,反之越离散。

2.2.4 海岸形态演变的表征

自然形成的海岸由于生态利用方式的多样,形状通常比较复杂,而人类对海洋的开发往往破坏了岸线形状的自然复杂性,边缘趋于平直,曲折率变小。分析海岸线分形特征,刻画海岸线形态变化的复杂性。

海岸线分形特征的计算采用网格计数法^[16],基本思路就是使用不同长度的正方形网格去覆盖被测海岸线,当正方形网格长度 r 出现变化时,则被覆盖的有海岸线的网格数目 $N(r)$ 必然会出现相应的变化。根据分形理论有下式(1)成立:

$$\ln N(r) = A - D \ln(r) \quad (1)$$

式中, A 为待定常数, D 为海岸线分维数。分维数 D 描述了海岸线总长度随测量标度 r 变化的快慢程度,

也就是描述了海岸线曲折弯曲的复杂程度,海岸线分维数相对较低,从几何意义就是海岸线的弯曲复杂程度较低^[17]。海岸线为直线,其分维数为 1,海岸线形状越复杂,其分维数越大,但不会超过 2。计算方法为,在不同大小正方形网格覆盖下获得不同点对 $(\ln(r), \ln N(r))$ 的散点图,识别出无标度区间,即指明自相似性存在的尺度范围,然后用最小二乘法拟合无标度区间内的点对,其斜率即为 D 值。利用 GIS 技术,基于 Mapobject 控件和高级语言 Visual Basic 6.0 编写了计算机程序,大大提高了运行效率。

3 结果与分析

3.1 城市扩展的景观格局演变特征

图 2 显示 1987~2007 年期间厦门市半城市化地区城市空间扩展导致的 6 类景观的面积变化。20 a 间近郊建设用地面积从 18.4 km² 增加到 108.4 km², 增长为原来的 5.9 倍, 远郊扩展速度稍慢, 从 35.7 km² 增加到 114.9 km², 增长为原来的 3.2 倍, 原来较为分散的建设用地不断扩展, 通过不断侵蚀耕地、林地和大规模填海造地逐渐“粘合”成片。近郊与远郊 4 个时段的城市扩展速度演变趋势一致, 均呈现“两低两高”的双峰形态(图 3), 高、低峰城市扩展速度相差悬殊, 最高速度扩展期的 2002~2007 年时段, 即厦门市提出海岛型城市向海湾型城市战略转变提出以来, 近郊与远郊的年均扩展速度分别为 8.04 km²/a 和 8.51 km²/a, 而 1987~1992 年的最低速扩展期, 两者仅为 1.35 km²/a 和 1.58 km²/a。

利用土地利用景观格局转移矩阵数据, 绘制了 20 a

间厦门半城市化地区城市扩展所吞噬耕地和林地景观的动态变化(图 4)。所有景观中减少最快是耕地(图 2), 林地景观变化也较大, 但耕地减少速度远远超过林地, 两者分别减少 99.70 km² 和 35.15 km², 耕地为林地的 2.84 倍。因为城市建设用地四周主要分布着耕地且地形较平坦; 而林地则主要分布在远离城市的偏远山区, 交通不便, 更重要的是山区地形陡峭险峻, 悬崖绝壁较多, 无法城市化为建设用地。城市扩展的两个高峰期, 近郊与远郊耕地与林地景观均减少最多, 而且尤以海湾型城市战略转变以来耕地下降最多, 此期间近郊与远郊被建设用地“蚕食”的耕地多达 19.74 km² 和 33.11 km²。20 a 间水体景观基本未发生变化, 这是因为厦门市重视保护河流和水库的政策, 如近郊的板头水库和石兜水库, 远郊的汀溪水库、溪东水库、竹坝水库和曾溪水库主要为厦门市居民生活饮用水源地, 均为严格保护区, 不能作为城市用地。1997 年之前厦门半城市化地区的待建用地都较少, 但 1997 年及之后, 待建用地激增, 近郊 1997 年最多为 6.22 km², 建设的如海沧管委会和杏林城区等, 而远郊 2007 年达到高峰, 多达 14.0 km², 正在建设的如同安南部新城和翔安南部新城等。城市形态格局演变和人类为了经济发展需求而进行的大规模的填海造地成为厦门半城市化地区景观格局的显著特点, 详见下述。

3.2 城市形态格局演变特征

城市化是一个涉及社会、经济、自然与人类活动等诸多因素的综合过程。但从城市形态的角度分析, 城市斑块的行为模式决定着城市化空间格局的特征, 进而影响城市化进程^[18]。城市斑块的行为可以归纳为 3 种: (1) 斑块新增, 在非城市地区产生新的斑块; (2) 斑块扩展, 斑块面积的不断扩大; (3) 斑块粘合, 相邻斑块扩大到一定程度后, 相互连接成一个大斑块。城市斑块的新增、扩展与粘合是形成其城市化空间格局的 3 个过程。斑块扩展按其扩展方式又可以分为回填式扩展和外围式扩展, 前者是在斑块内部进行的填平补齐, 后者则是沿斑块边缘进行的扩展。

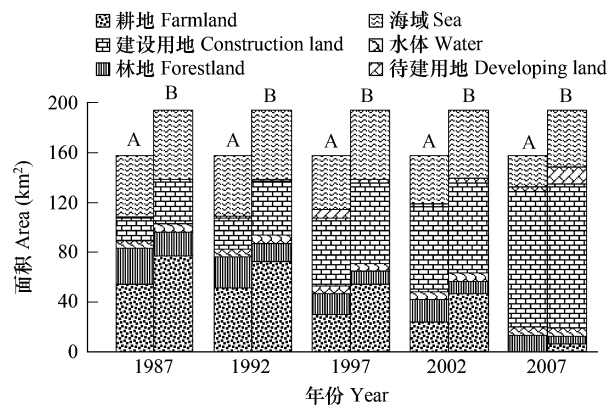


图 2 20 a 间厦门近郊 (A) 与远郊 (B) 城市扩展下的景观类型面积变化

Fig. 2 Chang of landscape types area in the suburb (A) and exurb (B) of Xiamen City from 1987 to 2007

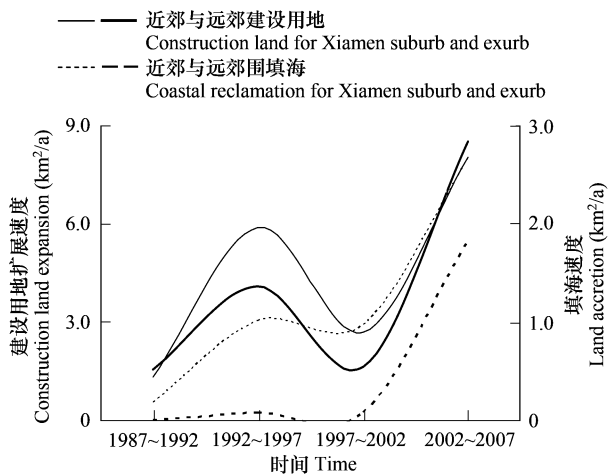


图3 20 a 间厦门近郊与远郊建设用地扩展速度与人工填海造地速度

Fig. 3 Comparison of construction land expansion and coastal reclamation in the suburb and exurb of Xiamen City over 20 years

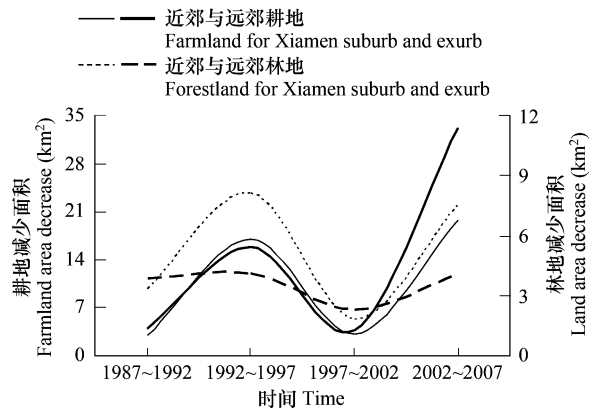


图4 20 a 间厦门近郊与远郊城市扩展侵占耕地与林地面积变化

Fig. 4 Comparison of farmland and forestland area change caused by urban expansion in the suburb and exurb of Xiamen City over 20 years

表1 20 a 间厦门近郊与远郊城市形态空间格局测度

Table 1 Spatial pattern measure of urban morphology in the suburb and exurb of Xiamen City over 20 years

景观指标 Landscape metrics	近郊 Xiamen suburb					远郊 Xiamen exurb				
	1987	1992	1997	2002	2007	1987	1992	1997	2002	2007
NP	108	119	111	110	116	314	337	341	341	341
LPI	1.46	2.12	3.59	4.01	6.47	0.29	0.33	0.74	0.88	2.23
LSI	14.99	15.68	16.92	15.89	16.00	23.71	24.80	25.94	26.03	25.68
FRAC_AM	1.136	1.140	1.159	1.158	1.160	1.085	1.090	1.116	1.115	1.152
CONTIG_AM	0.882	0.894	0.922	0.934	0.948	0.865	0.873	0.889	0.896	0.918

由表1可以看出: (1) 1987~2007年, 厦门近郊与远郊建设用地斑块在持续扩展, 空间尺度越来越大, 以至于最大斑块指数 LPI 不断增大。(2) 在形状指数 LSI 和分维指数 FRAC_AM 的变化上, 对于近郊, 1987~1997 年建设用地扩展导致其不规则性和不稳定性增强, 尤其 1992~1997 年期间是城市扩展较快的时期, 其分维数 FRAC_AM 增大到 1.159, 1997 年以后基本稳定, 同时形状指数下降说明城市增长有一定的回填式扩展存在, 斑块的回填式扩展和粘合式增长都使其形态变得更加规则。对于远郊, 20 a 来形状指数 (2002 年之前) 和分维数一直在增大, 尤其 2002~2007 年变化最快, 说明城市化进程加速最为明显, 快速城市化扩展导致其不规则性和不稳定性增强, 2002 年之后形状指数略有下降, 表明城市增长存在一定的回填式扩展。(3) 1987~2007 年间, 邻近度指数 CONTIG_AM 持续增大, 表明近郊与远郊城市斑块的聚集度均在持续提高, 斑块的连接度不断增强, 这是由城市斑块的外围扩张、粘合发展共同形成的格局。总之, 厦门半城市化地区在城市进化过程中, 城市空间不断扩展, 近郊城市扩展经历了由城市斑块的扩散式增长过程到粘合式集聚增长过程的转变, 城市形态由不稳定形态逐步向稳定形态 (填充增长) 演化; 但远郊形态格局尚处于以中心城市扩展为主体的时期, 城市的外围扩展和新增城市用地的不断增加使得城市形态处于不稳定和不规则的状态。

3.3 城市围填海演变特征与政策影响

厦门半城市化地区 4 个时段叠加的海域变化 (图 5) 显示了填海工程和海岸线发生变化的区域。20 a 间, 该区共填海造地 34.31 km², 平均 6.86 km²/a 的速度, 其中近郊与远郊分别填海 24.24 和 10.07 km²。近郊在 1992 年之后开始较大规模的填海, 4 个时段的填海速度同城市扩展速度类似, 也呈现“两低两高”的双峰型 (图 3), 但远郊在 2002 年之前无明显填海, 填海速度曲线呈单峰型。从 2002~2007 年, 厦门半城市化地区填

海进程明显加快,其填海面积比前 15 a 填海总面积还要多。

表 2 厦门近郊与远郊海岸线形态空间格局测度

Table 2 Spatial pattern measure in the suburb and exurb coastline of Xiamen city over 20 years

年份 Year	近郊 Xiamen suburb					远郊 Xiamen exurb				
	1987	1992	1997	2002	2007	1987	1992	1997	2002	2007
CL	142.88	139.87	136.07	126.40	111.89	126.75	127.08	126.74	125.14	119.13
FD	1.236	1.233	1.223	1.210	1.191	1.267	1.268	1.267	1.266	1.262

CL 海岸线长度 Coastline length (km²); FD 分维数 Fractal dimension

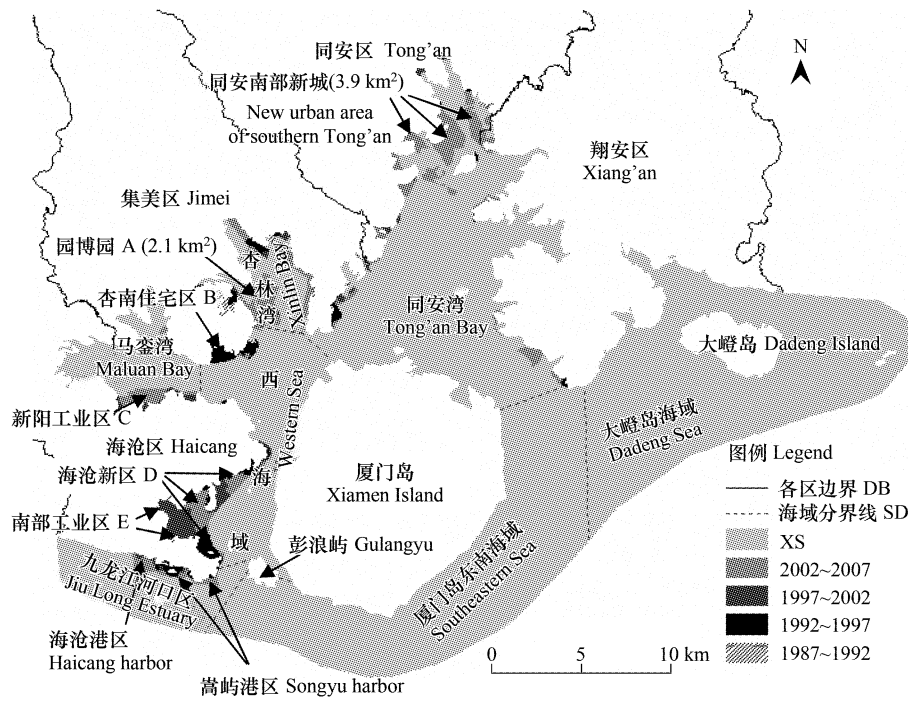


图 5 20a 间厦门近郊与远郊 4 个时段的围填海过程

Fig. 5 Process of coastal reclamation in the suburb and exurb of Xiamen City over 20 years

A: Yuanboyuan; B: Residential area of southern Xinlin town; C: Xinyang industrial area; D: New urban area of Haicang; SD: Sea area division; E: Industrial area of southern Haicang; DB: District boundary; XS: 2007 年厦门海域面积 Xiamen Sea area in 2007

表 2 显示:20 a 来该区海域面积一直在减少,海岸线长度在降低,总海岸线从 1987 年的 269.23 km 缩短到 2007 年的 231.02 km,缩短了 14.3%,其中近郊比远郊变化大得多,缩短了 20.6%。海岸线分维数的大小表征了海岸线的弯曲复杂程度。20 a 来远郊海岸分维数从 1.267 减少到 1.262,近郊变化更大,分维数从 1.236 减少到 1.191,变化最为显著的均为 2002 年海湾型战略实施以来,大规模的填海造成分维数急剧下降,近郊与远郊分别降低 0.09 和 0.04。虽然近郊 1992 年的分维值略有增大,表明填海工程使海岸线变得稍有曲折,但新形成小海湾与自然海湾相比较为封闭。总体而言,20 a 来厦门半城市化地区填海的总体趋势是海岸线分维数不断减小,岸线复杂度降低,直接影响到自然海岸的生态功能,如防台风风暴潮、防淤积和生物栖息地等。

社会经济快速发展对土地的需求导致了人们的填海造地行为,但填海造地面积及其时空分布与政策因素息息相关。以下是该区 20 a 各时段不同政策影响下的填海工程:

(1) 1987 ~ 1992 年,几乎未进行明显填海,而且围垦造地主要用于种植农作物和水产养殖等。

(2) 1992 ~ 1997 年,填海面积迅速上升,达到 5.52 km²,主要工程包括海沧部分码头、工业区的兴建和住宅区建设等。1989 年,国务院又先后批准厦门的杏林、海沧和集美设立 100 km²台商投资区,享受经济特区待

遇。1993 年设立厦门海沧杏林投资区管理委员会,海沧新区开始建设。1995 年厦门市确立了“以港立市,以港兴市”战略,“把厦门建设成为现代化港口及风景旅游城市”的指导思想下,九龙江口有少量码头开始建设,但当时发展的重点是厦门东渡港区,所以近郊进展缓慢。

(3) 1997 ~ 2002 年,填海面积略有下降,达到 5.35 km^2 , 主要工程包括海沧港口码头、南部工业区、海沧新区及集美的杏林住宅建设。此期间港区建设快速发展,已建成 4 个万吨级以上码头,包括厦门港唯一能靠泊国际第 6 代集装箱船的码头。“以港立市”战略的基础上,厦门市 2001 年提出海岛型城市向海湾性城市转变的战略,其总体思路是“优化岛内、拓展海湾、扩充腹地、联动发展”。

(4) 2002 ~ 2007 年,填海面积达到 20 a 来的最高峰,超过了 15a 来填海总面积,两者分别填海 13.32 和 9.15 km^2 , 主要工程包括同安南部新城、翔安刘五店滚装码头、杏林湾园博园、海沧大道、海沧新区、海沧排头造船厂、新阳工业区和马銮湾新阳大桥建设等。2003 年厦门市进入海岛型城市向海湾型城市战略转变的启动阶段,沿着海湾型城市“一主四辅八片”的空间格局快速推进。“加快发展海沧港区,调整嵩屿港区规划,加快大型深水集装箱泊位建设”的战略实施造成了九龙江口海沧区泊位大型填海工程的建设,海沧港区和嵩屿港区的开发建设全面展开,众多码头陆续建成。园博园的建设意在打造未来新世纪的鼓浪屿。2006 年,促进海湾型城市建设发展的子战略之一——环东海域综合整治建设工程打响,同安南部新城区作为全力打造的“三大新城”之一(另有集美北部新城和翔安南部新城),填海工程随之启动。

4 结论与讨论

厦门半城市化地区 20 a 来的城市化进程异常迅猛,建设用地不断增加,其中近郊从 18.4 km^2 增加到 108.4 km^2 , 增长为原来的 5.9 倍,远郊从 35.7 km^2 增加到 114.9 km^2 , 增长为原来的 3.2 倍,城市快速扩展的过程主要通过不断侵蚀耕地、林地和填海造地来完成。所有景观中占用耕地的表现最为突出,2002 ~ 2007 年期间,即城市扩展最高峰,近郊与远郊被建设用地“蚕食”的耕地多达 19.74 km^2 和 33.11 km^2 。构建和谐社会,应合理利用有限的土地资源,合理规划,实现经济与环境的协调发展。

城市化过程中,半城市化地区的城市空间不断扩展,其中近郊城市形态由不稳定形态逐步向稳定形态(填充增长)演化,但远郊形态格局尚处于以中心城市扩展为主体的时期,城市的外围扩展和新增城市用地的不断增加都使城市形态处于不稳定和不规则的状态。

社会经济快速发展对土地的需求导致了人们的填海造地行为,但填海造地面积及时空分布与政策因素密切相关,尤以海岛型城市向海湾型城市战略转变的提出对填海造地影响最为明显。厦门市半城市化地区 20 a 间共填海造地面积达 34.31 km^2 , 空间上主要集中于西海域海沧区部分(工业区和海沧新市区建设)、九龙江河口区(嵩屿与海沧港区)、杏林湾(园博园)和同安湾(同安南部新城)。2002 年以来填海面积大幅增加,已超越了前 15 a 填海造地总和。20 a 来海岸线缩短了 14.3%, 复杂性不断降低,近郊与远郊海岸分维数分别从 1.236 和 1.267 降到 1.191 和 1.262,海岸线逐步趋于平直。

同其它高人口密度的海岸带城市一样,厦门半城市化地区存在“土地赤字”的问题,寻求填海造地往往成为解决问题的重要途径之一。填海造地为城市提供新的发展空间,发展工业吸引更多投资,修建港口码头吸引大量的物流、人流、资金流和信息流等,如 2008 年海沧已建成国际货柜、嵩屿港区一期等 13 个万吨级以上泊位,已有数十条航线可直通世界主要市场和国内各大港口,港口物流业成为新兴支柱产业。但是填海造地也意味着海洋与海岸带生态系统自然属性的永久性改变,造成海洋泥沙淤积、海洋环境质量下降、生境退化和海岸带生物多样性的减少等诸多负面影响^[19]。而且随着厦门市社会经济的快速发展,势必增加对土地的需求,“土地赤字”的情况日趋严重,将加大填海造地的驱动力。建议政府尽快制定和实施与建设海湾型城市相适应的海岸带综合管理和海洋环境保护的战略和行动计划,对填海造地的纳潮量、环境容量及生态风险等进行研究,严格控制填海造地,禁止对已划为珍稀海洋生物保护区(如厦门西海域)及具有重要生态价值的区域和湿地内填海造地,而且要对填海工程施工期要进行科学安排,尽可能避免对文昌鱼和中华白海豚等珍稀保护动物造成影响和破坏。

References:

- [1] Wang S J. Geo-environmental problems of urbanization in china. *Quaternary Sciences*, 1996, (2): 115—122.
- [2] Luck M, Wu J G. A gradient analysis of urban landscape pattern: A case study from the Phoenix metropolitan region, Arizona, USA. *Landscape Ecology*, 2002, 17 (4): 327—339.
- [3] Houston P. Re-valuing the fringe: Some findings on the value of agricultural production in Australia's peri-urban regions. *Geographical Research*, 2005, 43(2): 209—223
- [4] Phillips D, Williams K, Andrews G, *et al.* Literature review on peri-urban natural resource conceptualisation and management approaches. London: University of Nottingham and University of Liverpool, 1999.
- [5] Webster D. On the Edge: Shaping the future of peri-urban East Asia. Stanford: The Asia Pacific Research Center, 2002.
- [6] David Simon. Urban environments: Issues on the peri-urban fringe. *Annual Review of Environment and Resources*, 2008, 33:167—185.
- [7] Zhao J Z. Dynamic indicator system for measurement of spatial pattern in landscape ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 1990, 10 (2): 182—186.
- [8] Wang X L, Xiao D N. Analysis on landscape pattern of Liaohe Delta wetland. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17 (3): 317—323.
- [9] Sui X, Tong F, Yao C Q, *et al.* Landuses and landscape patterns of Qinghai province in the Yellow River basin. *Bulletin of Soil and Water Conservation* 2007, 27(2): 123~127.
- [10] Yan D H. Landscape pattern and its dynamic variation in the east Liaohe River basin. *Resources Science*, 2004, 26 (1): 31—35.
- [11] Lu G X, Yang Z F, He F C. Urban space characteristics of self-organizing of Xiamen. *Journal of Beijing Normal University (natural science)*, 2004, 40(6): 825~831.
- [12] Weng Y C. Spatiotemporal changes of landscape pattern in response to urbanization. *Landscape and Urban Planning*, 2007, 1(4): 341—353.
- [13] Liu J Y. Macro investigation and dynamic study on Chinese resources and environment using remote sensing. Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1996.
- [14] Leorey O M, Nariida C S. A framework for linking urban form and air quality. *Environmental Modelling & Software*, 1999, 14: 541—548.
- [15] Wu J G. Landscape ecology: Pattern, process, scale and hierarchy. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [16] Benguigui L. When and where is a city fractal? *Environment and Planning B*, 2000, 27:507—519.
- [17] Feng J L, Zheng L. Geological implication of coastline fractal dimension. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1997, 17 (1): 45—51.
- [18] Ma X D. A comparative study between urbanization process and spatial pattern based on ESDA. Nanjing: Southeast University Press, 2007.
- [19] Peng B R, Hong H H, Chen W Q, *et al.* Ecological damage appraisal of sea reclamation: theory, method and application. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20 (5): 714—726.

参考文献:

- [1] 王思敬. 中国城市发展中的地质环境问题. 第四纪研究, 1996 (2): 115~122.
- [7] 赵景柱. 景观生态空间格局的动态度量指标体系. 生态学报, 1990, 10 (2): 182~186.
- [8] 王宪礼, 肖笃宁. 辽河三角洲湿地的景观格局分析. 生态学报, 1997, 17 (3): 317~323.
- [9] 隋欣, 童飞, 姚长青, 等. 黄河流域青海片土地利用景观空间格局分析. 水土保持通报, 2007, 27(2): 123~127.
- [10] 严登华. 东辽河流域景观格局及其动态变化研究. 资源科学, 2004, 26 (1): 31~35.
- [11] 陆关祥, 杨志峰, 何孟常. 厦门市城市空间结构分布的自组织特征. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2004, 40(6): 825~831.
- [13] 刘纪远. 中国资源环境遥感宏观调查与动态研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1996.
- [15] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [17] 冯金良, 郑丽. 海岸线分维的地质意义浅析. 海洋地质与第四纪地质, 1997, 17 (1): 45~51.
- [18] 马晓东. 基于 ESDA 的城市化空间格局与过程比较研究. 南京: 东南大学出版社, 2007.
- [19] 彭本荣, 洪华生, 陈伟琪, 等. 填海造地生态损害评估: 理论、方法及应用研究. 自然资源学报, 2005, 20 (5): 714~726.