

美国坦帕湾海岸带景观格局时空演化分析

钱瑛瑛¹, 李加林^{1,2*}

(1. 宁波大学 海岸带资源与环境研究所, 浙江 宁波 315211; 2. 浙江省海洋文化与经济研究中心, 浙江 宁波 315211)

摘要: 以 1985, 1995, 2005, 2015 年 4 期 TM 遥感影像为主要数据源, 利用 3S 技术分析了坦帕湾海岸带景观类型及格局演化特征. 结果表明: (1) 30 a 来各类景观用地面积变化存在较大差异. (2) 景观的斑块密度不断增加, 斑块形状复杂化, 景观多样性和均匀度先弱后强. (3) 整体动态度呈现基本稳定趋势, 单一景观类型变化剧烈, 各景观类型间转移频繁. (4) 坦帕湾海岸带景观格局的演化受当地人文社会经济发展作用为主.

关键词: 景观; 格局指数; 坦帕湾; 海岸带

中图分类号: Q149; X826

文献标志码: A

文章编号: 1001-5132 (2018) 03-0098-06

景观格局是指自然或人为形成的景观斑块在地理空间上的排列方式, 景观的斑块个体和空间组合影响着景观的空间结构^[1]. 区域景观格局演化对于理解区域内人类活动对景观作用的范围、强度和频度, 理解区域内资源构成、生物多样性及生态系统抗干扰能力都具有重要意义^[2]. 目前, 国内外学者对于景观格局变化的研究主要采用 3S 技术或 3S 与 TM 影像相结合的技术^[3-4], 研究方向趋向于景观格局的时空变化, 一种是静态研究景观在空间格局上的变化, 一种是研究某区域内景观在时间格局上的变化^[5], 研究对象包括农林、湿地、城市、自然保护区和风景名胜等^[6-7], 对港湾地区的景观变化研究则较少.

海湾具有独特的区位优势, 它既受大陆居民活动的影响, 又受海洋自然活动的作用, 所以研究港湾海岸带的景观格局演化, 对了解海岸带区域景观格局变化过程和演变规律, 了解人类活动与海岸带景观格局变化之间的关系具有重要意义^[8]. 本文从景观生态学角度出发, 探讨 1985~2015 年 30 a 美国坦帕湾海岸带景观格局的变化情况.

1 研究区概况

坦帕湾位于墨西哥湾(图 1), 地处美国佛罗里

达州西海岸, 湾内拥有 2 个人工岛屿以及希尔斯伯勒湾等 4 个港湾; 坦帕湾流域面积约为 5 700 km², 海岸线绵长曲折, 长约 1 040 km.



图 1 研究区地理位置

坦帕城市群是佛罗里达州仅次于迈阿密的第二大城市群. 坦帕湾有半岛屏障, 又具备优良的港口功能. 20 世纪 20 年代以来, 随着交通条件的改善以及人工岛的建成, 坦帕湾的旅游休闲业得到了空前发展^[9]. 到 20 世纪 80 年代末, 城市发展遇到了环境恶化、用地紧张、交通拥堵等一系列问题. 20 世纪 90 年代后期, 坦帕湾推行“海湾河口保护计划”, 意在实现既要保护好湾区的自然资源, 又要实现地区快速发展^[10]. 一系列措施的推行使海湾保护计划取得了有效成绩. 从景观生态学角度出发探讨坦帕湾海岸带景观发展变化趋势具有重要

收稿日期: 2017-11-06.

宁波大学学报(理工版)网址: <http://journal1g.nbu.edu.cn/>

基金项目: 国家自然科学基金(41471004); 宁波市自然科学基金(2017A610300).

第一作者: 钱瑛瑛(1990-), 女, 浙江宁波人, 在读硕士研究生, 主要研究方向: 海岸带资源环境. E-mail: qianyingying1221@163.com

*通信作者: 李加林(1973-), 男, 浙江台州人, 博导/教授, 主要研究方向: 海岸带环境与资源开发. E-mail: nbnj2001@163.com

意义, 对国内海湾环境治理修复也具有借鉴意义。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据收集与处理

以 1985, 1995, 2005 以及 2015 年坦帕湾沿海区域的 TM 遥感影像作为数据源, 通过对遥感影像进行配准、几何纠正、拼接、裁剪等预处理^[11], 利用 ENVI 软件提取遥感图像有用信息, 建立分类系统, 完成图像分类, 借助 ArcGIS 对分类结果进行校对和更正, 完成地图制作及提取统计特征数据。

参照《土地利用现状分类标准》(GB/T 21010-2007)^[12-13], 根据图像自身特点、坦帕湾景观特征以及研究的实际分类需要, 建立自己的景观分类标准, 将研究区域内的景观分为 8 大类, 分别为建设用地、娱乐休闲用地(以下简称休闲用地)、未利用地、耕地、河流湖泊、林地、海域及滩涂沼泽, 4 个时期形成的景观分类情况如图 2 所示。

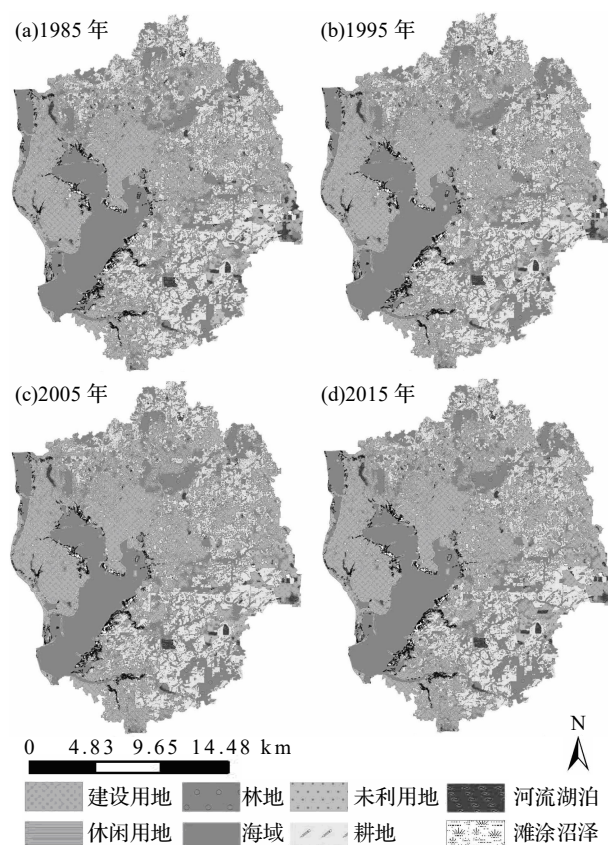


图 2 1985~2015 年坦帕湾海岸带景观分类图

根据精度报告得到 1985, 1995, 2005 和 2015 年 4 个时期遥感影响的精度分别为 0.86, 0.88, 0.86 和

0.90, 遥感解译精度均达到了最低允许判别的精度要求。

2.2 景观格局指标的选取

本文在前人的研究^[14-17]基础上, 从景观异质性和景观空间分布特征 2 个方面来考虑, 根据景观斑块类型、数量、面积, 景观多样性、形状和空间格局变化的测算需要, 选取两个水平上的景观格局指数, 运用 Fragstats 软件进行计算分析 1985~2015 年坦帕湾海岸带景观格局变化特征。一是类型水平上, 从各个类型斑块的数量、大小和形状分析, 选取了斑块数量、平均斑块面积、斑块密度 3 个指标, 从同类型斑块和不同类型斑块间内部的关联性进行分析, 选取了边界密度、形态指数和平均斑块分维数 3 个指标; 二是景观水平上, 选取斑块凝聚度指数、Shannon 均匀度指数、Shannon 多样性指数这 3 个指标, 从斑块和斑块类型的空间聚集分散情况、均匀度和多样性进行分析。

2.3 景观变化特征

采用定量分析评估坦帕湾的景观类型变化快慢, 因此选取景观类型动态度(K)和景观整体动态度(L_c)两个指标来描述景观类型的变化特征^[18-19]。具体计算公式如下:

$$K = (U_i - U_{i_0}) / (U_{i_0} T) \times 100\%, \quad (1)$$

$$L_c = (\sum_{i=1}^n \Delta L_{U_{i-j}}) / (2L_U T) \times 100\%, \quad (2)$$

式中, U_{i_0} 为景观类型 i 在研究初期的面积; U_i 为景观类型 i 在研究末期的面积; L_U 为研究区各景观类型面积总和; $\Delta L_{U_{i-j}}$ 为研究期内第 i 类景观类型转变为非 i 类景观类型面积的绝对值; T 为研究时间间隔。

3 结果与分析

3.1 不同时期景观总体动态变化特征

坦帕湾区域内各景观类型的面积变化和空间分布变化的本质是各类景观间的相互转变。通过对 4 个时期的 TM 遥感影像进行处理, 在 ArcGIS 软件中进行分析, 可以得到 1985~2015 年坦帕湾海岸带各时期的景观类型面积情况(图 3)和 1985~1995 年, 1995~2005 年和 2005~2015 年 3 个时期坦帕湾海岸带各景观类型的动态变化特征(表 1)。

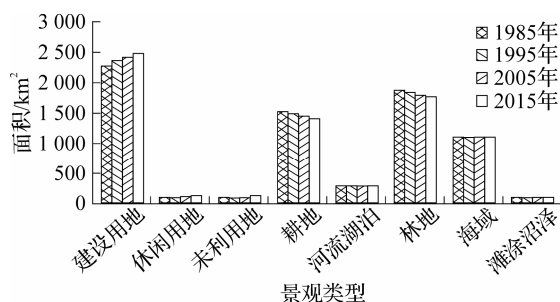


图3 1985-2015年坦帕湾海岸带各景观类型面积

表1 各个时期坦帕湾海岸带景观动态变化

景观类型	1985~1995年		1995~2005年		2005~2015年	
	净变量/ km ²	动态 度/%	净变量/ km ²	动态 度/%	净变量/ km ²	动态 度/%
建设用地	72.099	0.32	50.410	0.21	72.873	0.30
休闲用地	5.563	0.58	11.425	1.12	2.120	0.19
未利用地	-2.371	-0.26	19.020	2.12	14.186	1.30
耕地	-38.972	-0.25	-51.710	-0.35	-47.535	-0.33
河流湖泊	-7.655	-0.26	6.678	0.23	-4.050	-0.14
林地	-27.119	-0.15	-36.441	-0.20	-34.147	-0.19
海域	-0.028	0.00	0.825	0.01	0.007	0.00
滩涂沼泽	-1.515	-0.14	-0.208	-0.02	-3.455	-0.32
整体动态度/%	0.11		0.12		0.12	

由图3可知, 1985年至2015年坦帕湾海岸带景观类型中, 耕地和林地面积整体呈现逐步下降的趋势, 建设用地和休闲用地面积的走向则相反; 滩涂沼泽用地面积在后10a有明显下降的趋势. 其结构变化主要表现为耕地、林地、滩涂沼泽用地和河流湖泊用地等景观不断向建设用地、休闲用地等人工景观转变. 其中, 耕地面积的减少量最大, 达到138.22 km², 面积指数减少9.02%, 其次是林地; 而建设用地增加最多, 面积达到195.38 km², 面积指数增加8.56%, 其次是休闲用地和未利用地.

由表1可知, 单一类型的景观动态度变化情况各有不同, 1985~1995年的10a间, 休闲用地的动态度最大, 达到0.58%, 其次为建设用地, 说明其余各景观类型被开发建设成了各类型的建设用地和休闲用地; 1995~2005年的10a间, 未利用地的动态度最大, 达到2.12%, 其次是休闲用地, 该时期未利用地的面积大幅增加, 而建设用地增速明显回落; 2005~2015年的10a间, 除了未利用地外, 耕地的动态度也较大, 达到了-0.33%, 是个负值, 说明耕地景观是呈减少趋势的. 从整体景观动态度来看, 研究期内坦帕湾海岸带地区较为稳定, 说

明研究期内坦帕城市群的发展也处于一个稳定期, 进而导致坦帕湾海岸带景观变化整体趋向稳定.

3.2 同时期不同景观类型的转移特征

1985~1995年的10a间, 未利用地的变化是最为剧烈的, 有24.36%的未利用地景观转化成了其他类型的景观用地; 湾区前10a仍然是城市加速发展的时期, 大量的农地景观和水域景观被改造建设成了城市景观, 从数量上来看, 耕地和林地景观是被改造成建设用地最多的景观类型. 期间多种其他类型的景观用地被改造成林地景观, 从来源上看, 不仅未利用地被改造成林地, 耕地、河流湖泊和零星建设用地均有被改造为成片的林地. 另外, 其余各景观类型之间也存在互相转化, 比如有1.68%的河流湖泊转化为未利用地.

1995~2005年的10a间, 总体上各景观类型之间转化较为平稳, 河流湖泊用地景观的转化最为剧烈, 有8.65%的河流湖泊用地景观转化成了其他类型的景观用地. 从数量上来看, 转化面积最大的仍然是耕地和林地, 有近85.00 km²的耕地转化为其他类型的景观用地; 同时又有大量的建设用地转化为耕地和林地. 说明该时期建设用地、耕地和林地三者之间的转化趋向良性. 另外, 其余各景观类型之间也存在互相转化, 比如有0.01%的海域转化为建设用地.

2005~2015年的10a间, 与前20a相比, 该10a间滩涂沼泽用地变化较为剧烈, 说明近期湾区开始集中将滩涂沼泽用地进行开发利用. 从时间上看, 前20a林地转化为建设用地的数量是这10a的3.3倍, 说明湾区对于林地的保护越来越重视, 这10a间耕地的转化面积是三个时期中最少的. 另外, 其余各景观类型之间也存在互相转化.

3.3 景观水平格局的变化特征

运用ArcGIS进行图像处理和采用Fragstats软件进行分析计算, 得到1985, 1995, 2005和2015年4个时期的景观水平格局指数.

由表2可知, 坦帕湾在30a间各项景观水平的格局指数都发生了不同程度的变化. 斑块数量呈现逐步增加的趋势, 从1985年的21992块增长到2015年到34945块, 且趋势不断加快; 前两段时间斑块数量增长约2.30%和3.90%, 而2005年至2015年斑块数量增长近50.00%. 平均斑块面积呈现逐

表2 1985~2015年坦帕湾海岸带景观水平格局指数

年份	斑块数量/个	平均斑块面积/km ²	斑块密度/ (个·hm ⁻²)	边界密度/ (km·km ⁻²)	形态指数/ (km·km ⁻²)	平均斑块分维数	斑块凝聚度	Shannon 多样性指数	Shannon 均匀度指数
1985	21 992	33.546	2.981	39.428	86.407	1.034	98.463	1.625	0.781
1995	22 506	32.780	3.051	39.799	87.205	1.034	98.616	1.620	0.779
2005	23 388	31.544	3.170	39.968	87.567	1.033	98.718	1.630	0.784
2015	34 945	21.111	4.737	46.899	102.426	1.040	99.341	1.629	0.783

步降低的趋势, 从1985年的33.55 km²减小到2015年到21.11 km². 与此同时, 斑块密度呈现逐步上升的趋势, 尤其是2005~2015年期间出现陡然增长的情况, 说明这段时期坦帕湾区域内景观破碎化程度不断加深, 外界对区域景观的作用不断增强.

同时, 边界密度整体呈现逐步上升的趋势, 从1985年至2005年都是缓慢增加, 2005年至2015年陡然增长了17.34%, 形态指数也是呈现逐步上升的趋势, 前20 a期间缓慢增加, 后10 a期间陡然增长了16.97%, 而平均斑块分维数呈现先下降后上升的情况, 30 a间整体呈上升趋势, 斑块的破碎化导致斑块形状呈现复杂化, 说明景观形态朝着更加丰富的趋势发展. 斑块凝聚度不断增强, 表明景观的空间连接性不断增强, 同区域同类型斑块的连接性和融合性增强, 景观利用类型更趋向集约. 此外, 景观度多样性指数和均匀度指数均呈现先下降后上升, 整体趋向上升的趋势, 不过整体变化程度比较微弱, 表明近30 a期间坦帕湾景观的异质性呈现趋向稳定的态势.

3.4 类型水平的格局变化特征

1985~2015年坦帕湾海岸景观格局指数变化如图4所示.

3.4.1 斑块数量、面积与密度

研究期内该区域景观斑块总数量不断增加, 从不同景观类型来看, 河流湖泊的斑块数量增加尤为显著, 斑块数量从6 139块增加到了12 440块, 尤其在2005年至2015年期间增加了5 401块. 不同景观类型的平均斑块面积变化情况有所不同, 耕地、河流湖泊、林地、海域都呈现出逐步下降的趋势, 其中下降最快最多的都是海域, 减少了近54.00%, 面积达到154.77 km². 建设用地、未利用地、滩涂沼泽的平均斑块面积呈现出先上升后下降的趋势, 其中未利用地、滩涂沼泽整体呈下降趋势,

而建设用地整体呈上升趋势.

斑块密度是斑块数量与斑块面积的比值, 从不同景观类型来看, 耕地、河流湖泊、林地、休闲用地、未利用地呈现逐步增加的趋势, 主要是因为这几种类型的景观用地受人类活动干扰较大. 其中河流湖泊增加最为明显; 建设用地的斑块密度呈现先下降后上升的趋势, 表明城市化过程中曾出现化零为整, 集约发展的现象, 而后期城市建设又呈现向四周发散扩展的趋势.

3.4.2 边界密度

景观边界密度是指某种景观或类型的总边长与总面积的比值, 揭示了景观或类型被边界分割的程度. 1985~2015年, 坦帕湾区域内各景观类型整体都呈上升趋势, 其中增加最多的是建设用地, 30 a间增加了4.89 km·km⁻², 表明城市化过程中城市扩展和农居点的整理合并很大程度上割裂了建设用地的原有斑块; 而耕地、林地、滩涂沼泽呈现先降后升的趋势, 表明随着 socioeconomic 发展进入一个新阶段, 人类活动对各类景观的作用更加显著.

3.4.3 形态指数

景观形态指数是指景观格局中斑块的形状指数, 是通过计算区域内某斑块形状与相同面积的圆或正方形之间的偏离程度来测量斑块形状复杂程度的. 1985~2015年30 a间, 坦帕湾各类景观形态指数整体上均呈上升趋势, 其中河流湖泊的形态指数增加最多, 指数达到31.82, 且在各个时期其形态指数均处于高值; 耕地、滩涂沼泽呈现先降后升的趋势, 林地和海域呈现先上升, 然后下降, 最后又上升的趋势.

3.4.4 斑块的聚合度

斑块聚合程度的高低说明像元存在公共边界的多少^[20]. 1985~2015年, 各类景观用地(除海域外)的斑块聚合度呈现整体上升趋势, 其中斑块的聚

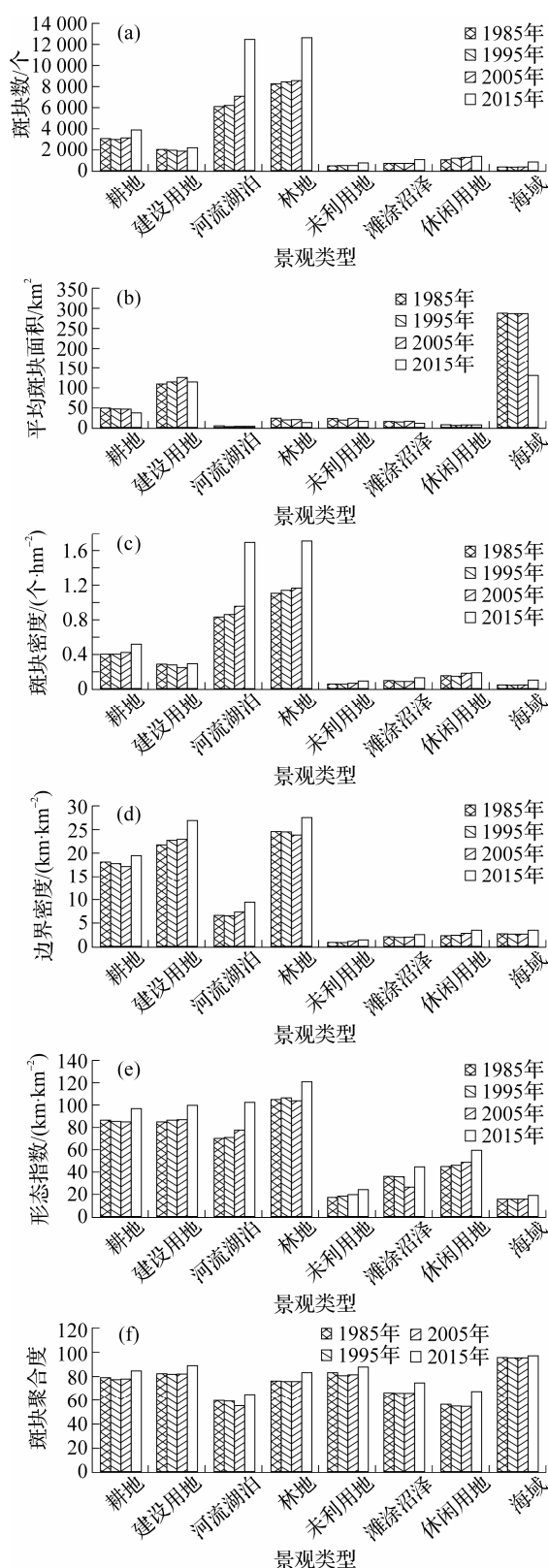


图4 坦帕湾海岸景观格局指数变化

合度指数变化最大的是休闲用地, 指数增加了 11.50, 表明 30 a 间休闲用地的土地利用集约化程

度不断提高; 海域的斑块聚合度指数在各个时期均处于 95.00 以上的高值, 表明近 30 a 间坦帕湾的海域处于一个相对稳定的趋势, 人类活动主要集中在陆地区域。

4 讨论与结论

(1)1985~2015 年间, 坦帕湾海岸带景观发生了较大的变化, 主要表现为建设用地和休闲用地面积逐步上升, 耕地和林地整体上呈下降趋势, 未利用地和河流湖泊用地都是先减少后增加的趋势。在空间格局上, 主要表现为区域景观斑块数量不断增加, 平均斑块面积除建设用地整体呈上升趋势外, 其余各景观类型整体呈下降趋势, 河流湖泊等景观用地的破碎化程度不断提高, 斑块更趋向复杂化, 除海域外的各类景观用地聚合度不断提高。该区域在研究期内的整体动态度比较稳定, 略有所上升, 期间各单一景观类型动态度波动较明显, 前期动态度最大的是建设用地, 中后期动态度最大的是未利用地。

(2)景观变化主要受人类活动影响, 从动态变化程度上看, 前期景观类型之间转变最为剧烈的是未利用地, 其中 17.13% 的未利用地转化为林地, 这与湾区在 20 世纪 90 年代推行“海湾河口保护计划”是分不开的。中后期, 河流湖泊用地景观的转化最为剧烈, 其中 7.95% 的河流湖泊用地景观转化为建设用地景观, 说明该时期人类从事填河、围湖等行为来进行开发造地或是进行建设。从面积数量上来看, 整个研究期间建设用地和休闲用地景观类型呈上升趋势, 与之对应的是耕地和林地面积整体呈下降趋势, 说明坦帕湾区域的社会经济发展是一个通过占用农用地进行城镇非农建设的过程。研究期间, 耕地、林地向建设用地转移, 未利用地向林地转移, 河流湖泊向耕地转移等各景观类型之间的转移都是人类活动占主导的。

(3)本次研究是以 TM 遥感影像为主要基础数据, 影像解译的精确度将直接影响研究结果, 其次是利用 GIS 和 RS 技术对研究区景观进行分类, 分类的精度也将影响研究结果, 再次研究结果也受到景观指数选取的准确性和适用性的影响。最后, 本次研究未对研究区实景景观地貌和当地社会经济发展状况作细致的实地调查, 研究结果更偏向

于理论. 因此, 如何提高不同类型景观的分类精度以及如何将研究结果同当地实际紧密结合是需要进一步探讨研究的问题.

参考文献:

- [1] 张秋菊, 傅伯杰, 陈利顶. 关于景观格局演变研究的几个问题[J]. 地理科学, 2003, 23(3):264-270.
- [2] 宗秀影, 刘高焕, 乔玉良, 等. 黄河三角洲湿地景观格局动态变化分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(1): 91-97.
- [3] 傅伯杰, 吕一河, 陈利顶, 等. 国际景观生态学研究新进展[J]. 生态学报, 2008, 28(2):798-804.
- [4] WU Z, WEI L, LÜ Z. Landscape pattern metrics: An empirical study from 2-D to 3-D[J]. Physical Geography, 2012, 33(4):383-402.
- [5] 徐凉慧, 李加林, 袁麒麟, 等. 象山港海岸带景观格局演化[J]. 海洋学研究, 2015, 33(2):47-56.
- [6] 白军红, 欧阳华, 杨志锋, 等. 湿地景观格局变化研究进展[J]. 地理科学进展, 2005, 24(4):36-45.
- [7] 张晓龙, 李培英, 李萍, 等. 中国滨海湿地研究现状与展望[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(1):87-95.
- [8] 蔡青. 基于景观生态学的城市空间格局演变规律分析与生态安全格局构建[D]. 长沙: 湖南大学, 2012.
- [9] 刘永超, 李加林, 袁麒麟, 等. 人类活动对港湾岸线及景观变迁影响的比较研究——以中国象山港与美国坦帕湾为例[J]. 地理学报, 2016, 71(1):86-103.
- [10] 杨彦春. 美国坦帕湾的区域经济发展路径[N]. 经济日报, 2008-08-07(15).
- [11] 彭建, 王仰麟, 张源, 等. 土地利用分类对景观格局指数的影响[J]. 地理学报, 2006, 61(2):157-168.
- [12] 陈百明, 周小萍. 《土地利用现状分类》国家标准的解读[J]. 自然资源学报, 2007, 22(6):994-1003.
- [13] 李建刚. 不同土地分类标准协调研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2012.
- [14] Hu R S, Dong S C. Land use dynamics and landscape patterns in Shanghai, Jiangsu and Zhejiang[J]. Journal of Resources and Ecology, 2013, 4(2):141-148.
- [15] 李乐. 山区景观格局评价与动态研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2009.
- [16] Li C, Li F, Wu Z, et al. Exploring spatially varying and scale-dependent relationships between soil contamination and landscape patterns using geographically weighted regression[J]. Applied Geography, 2017, 82:101-114.
- [17] Fan F, Wei C, Yin S. Land consolidation-induced effects on local landscape patterns in hilly and mountainous southwestern China[J]. Advanced Materials Research, 2012, 1479(356):2980-2990.
- [18] 葛全胜, 戴君虎, 何凡能, 等. 过去 300 年中国土地利用、土地覆被变化与碳循环研究[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2008, 38(2):197-210.
- [19] 胡巍巍, 王根绪, 邓伟. 景观格局与生态过程相互关系研究进展[J]. 地理科学进展, 2008, 27(1):18-24.
- [20] 安宁. 基于喀斯特分区景观的时空演变对比研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2016.

Analysis: Spatial and temporal evolution of landscape pattern in U.S. Tampa Bay coastal zone

QIAN Ying-ying¹, LI Jia-lin^{1,2*}

(1.Institute of Coastal Zone Resources and Environment, Ningbo University, Ningbo 315211, China;

2.Marine Culture and Economic Research Center of Zhejiang Province, Ningbo 315211, China)

Abstract: By employing the TM remote sensing images in 1985, 1995, 2005 and 2015 as the main data source, this paper investigated the landscape type and pattern evolution characteristics of the coastal zone of Tampa Bay using 3S technology. The results indicate that: (1)There are significant differences in the change of land area of various landscape areas in 30 a. (2)The patch density of the landscape is increasing, the shape of the patch is complicated, and the diversity and evenness of the landscape are weakened before increasing took place. (3)The overall dynamic attitude manifests the basic stable trend. The single landscape type changed drastically, and the various landscape types vary frequently. (4)The evolution of the landscape pattern of the Tampa Bay coastal zone is dominated by the economic development of the local humanistic and social economy.

Key words: landscape; pattern index; Tampa Bay; coastal zone

(责任编辑 韩 超)