

DOI: 10.3969/j.issn.1004-9479.2018.03.0

王俊惠, 侯西勇, 张安定. 美国本土海岸带土地利用变化特征研究[J].世界地理研究,2018,27(3):

WANG J, HOU X, ZHNAG A. Study on the characteristics of land use change in American Coastal Zone [J]. World Regional Studies, 2018,27(3):

美国本土海岸带土地利用变化特征研究

王俊惠^{1,2}, 侯西勇², 张安定^{1*}

(1.鲁东大学资源与环境工程学院, 山东烟台 264025;

2.中国科学院烟台海岸带研究所, 山东烟台 264003)

摘要: 基于美国 USGS 提供的 1992、2001 和 2011 年土地利用数据, 利用指数模型等方法研究美国本土海岸带的土地利用变化特征。结果表明: (1) 美国本土海岸带区域土地利用类型丰富, 多样性突出; 其中, 林地分布最为广泛, 灌木次之, 再次是作物栽培区, 开阔水域面积列第 4 位, 其他类型分布面积及占比均较小, 常年冰雪带仅分布于西海岸分区。(2) 1992 年~2011 年, 林地大量减少, 且主要向开发区、灌木和湿地转化, 作物栽培区和牧草地相互转换, 但牧草地转换为作物栽培区的面积更为突出; 林地和作物栽培区的相互转化明显, 转化面积最多; 开发区转换为其他类型较少, 又多由林地和作物栽培区等持续转化而来, 面积稳步增长。(3) 美国本土海岸带区域土地利用多样性缓慢提高, 其中, 墨西哥湾沿岸土地利用多样性最高, 西海岸最低; 各子区域平衡状态依次为东北海岸>西海岸>东南海岸>墨西哥湾沿岸>全美>佛罗里达州>五大湖沿岸; 总体上, 1992 年~2001 年间土地利用类型变化更为剧烈。

关键词: 海岸带; 美国; 土地利用变化; 转移矩阵; 区域差异指数

中图分类号: K903 **文献标识码:** A

0 引言

21 世纪是海洋的世纪, 人类活动不断向海洋扩张, 沿海国家尤其是沿海发达国家都制定了海洋发展战略, 其中, 海岸带构成了海洋发展战略的重要组成部分^[1-3]。海岸带是海陆交替的过渡地带, 是由近海海域、潮间带和临海陆域三者构成的有机整体^[4]。它处于大气圈、生物圈、岩石圈、水圈的交界地带, 受各种作用, 如地质运动、大气天气影响、浪流冲击、泥沙堆积、人工围垦等的影响, 因而处于持续的动态变化之中^[5]。海岸带的海陆相互作用使其形成了多样性且高生产力的生态系统, 但人类对沿海资源的竞争性开发也引起了一系列的环境和生态问题。土地利用/覆盖变化是 21 世纪重要的科学议题之一, 也是地理科学最重要的研究领域之一^[6]。土地利用是一个动态发展过程, 而土地利用变化则是土地利用活动过程的外在表现, 是人类利用土地的自然属性和社会属性不断满足自身发展需要的动态变化过程^[7]。21 世纪以来, 伴随着全球工业化、城市化和经济的进一步发展, 土地利用发生快速变化也使得生态环境每况愈下^[8], 在很多区域其实际负荷已超过生态系统

收稿日期: 2017-10-16; **修订日期:** 2018-01-26

基金项目: 国家自然科学基金国际合作项目 (31461143032)。

作者简介: 王俊惠 (1993-), 女, 硕士研究生, 研究方向: 遥感与地理信息系统, E-mail: 1438349339@qq.com。

通讯作者: 张安定 (联系人), 男, 教授, 硕士生导师, E-mail: andingzhang@sina.com。

所能承受的极限，导致生态功能退化。土地利用变化直接改变地表的覆盖程度，影响与人类生存和发展密切相关的环境气候、生态系统、生物多样性等^[9-13]。海岸带区域的多界面交互和动态变化特征也使得对海岸带区域土地利用变化的研究成为各方关注的前沿和热点。海岸带土地利用不仅是沿海区域经济社会可持续发展的基础和保障，而且也会对海岸带区域陆地、河口及近海环境和生态产生多方面深刻的影响^[14]。因此，监测和研究海岸带区域的土地利用变化有助于揭示多种压力影响下的海岸带变化特征，并有助于科学合理的制定和实施海岸带综合管理的政策和措施，以便促进海岸带区域经济社会的可持续发展。发达国家/地区海岸带土地利用/覆盖变化的过程、特征、问题及管理措施对发展中国家/地区具有参照和借鉴意义，本文针对近期美国海岸带土地利用/覆盖变化的格局—过程特征开展研究，以期为我国海岸带管理和可持续发展提供理论支持。

1 区域概况及数据处理

1.1 区域概况

美国位于北美洲中部，是世界上经济社会最发达的国家之一，其本土范围在 25°N~49°N 和 70°W~130°W 之间，领土还包括北美洲西北部的阿拉斯加和太平洋中部的夏威夷群岛等区域。作为一个海陆兼备的国家，南靠墨西哥湾、东濒大西洋、西临太平洋，在大西洋、太平洋和北冰洋的海岸线总计达 22680km^[10]，海岸带自然环境复杂多样。虽然海岸带区域只占美国本土面积的 17%，但超过 53%的人口居住于此^[11]。基于美国国家气候评估报告^[15]，将美国本土海岸带分为六个区域（图 1）：西海岸（W）、五大湖沿岸（GC）、东北海岸（NE）、东南海岸（SE）、佛罗里达州（F）和墨西哥湾沿岸（M）。



图 1 美国本土区域海岸带分区

Fig.1 Subregions in coastal zone in mainland USA

1.2 数据处理

本文基于 USGS (United States Geological Survey) 建立的全美土地利用/覆盖变化数据开展研究^[16]。数据以州为单位存贮和提供下载，分辨率为 30m；下载 1992 年、2001 年和 2011 年三期数据，并对海岸带地物类型进行重分类，确定 10 种类型作为研究对象（表 1）。

表 1 美国海岸带土地利用类型

Table.1 Coastal land use types in the United States

| 土地利用 | 编码 | 含义 |
|------|----|-----------------------|
| 开阔水域 | 1 | 通常少于 25%的植被覆盖或土壤的开放水域 |

| | | |
|-------|----|--|
| 常年冰雪带 | 2 | 地区的特点是常年覆盖冰或雪，一般大于覆盖总额的 25% |
| 开发区 | 3 | 建筑混合区，如公寓、排屋和商业/工业 |
| 荒地 | 4 | 稀疏植被区域(覆盖面少于 25%)，采掘采矿活动领域，常年贫瘠地区的基岩，沙漠路面、海滩和其他的物质的积累 |
| 林地 | 5 | 指落叶林、常绿林、混交林和灌木，树木面积占总植被覆盖面积 20%以上 |
| 灌木 | 6 | 灌木树冠覆盖占 25% - 100%的区域 |
| 作物栽培区 | 7 | 指一年生农作物生产区，以农作物为植被类型面积占总植被面积的 20%以上，也包括正在耕作中的土地，如种植农作物、果园和葡萄园等 |
| 草地 | 8 | 高地草和非禾本草本植物组成的区域，在极少数情况下，草本覆盖率不到 25% |
| 牧草地 | 9 | 草、豆类或豆类混合种植草牲畜放牧或种子或干草作物的生产区 |
| 湿地 | 10 | 所有潮汐、非潮汐湿地和深海栖息地，总植被覆盖度大于 20%，包括松散岸滩 |

2 研究方法

2.1 土地利用动态度

土地利用动态度 (K) 是指某一区域在一定时段内某种土地利用类型的面积变化情况^[17-19]，其表达式为：

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中， U_b 为研究末期某一土地利用类型的面积， U_a 为研究初期该土地利用类型的面积， T 为研究时段。当 T 设为年时， K 值即为此种类型的年变化率。

2.2 土地利用转移矩阵

土地利用类型转移是在一定时期内土地类型之间的相互转变情况^[20]，转移矩阵的数学表达式为：

$$S_{ab} = \begin{bmatrix} s_{11} & \cdots & s_{1m} \\ \vdots & \cdots & \vdots \\ s_{m1} & \cdots & s_{mn} \end{bmatrix} \quad (2)$$

式中， S 为土地利用类型面积， a 、 b 分别为研究初、末期土地利用类型， m 为土地利用类型数量。

2.3 区域变化趋势与状态指数

区域变化趋势与状态指数 (P) 是指在一定时段内比较土地利用类型间相互转换的频率^[21]，状态指数在 0~1 间波动。

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta U_{in} - \Delta U_{out}|}{\sum_{i=1}^n (\Delta U_{in} + \Delta U_{out})}, 0 \leq P \leq 1 \quad (3)$$

式中， ΔU_{out} 为该类型转出其他类型的面积； ΔU_{in} 为其他类型转入该类型的面积。 P 越接近 0，表明区域内所有的土地利用类型的双向转换频繁，且呈现均衡转换的态势； P 越接近于 1，说明每种土地利用类型的转换方向主要为单向的极端不均衡转换，或是该类型转

换为其他类型，或是其他类型转换为该类型。依据土地利用变化的趋势和状态对其指数进行分级[22]：平衡状态（0~0.25），准平衡状态（0.25~0.50），不平衡状态（0.50~0.75），极端不平衡状态（0.75~1）。

2.4 土地利用变化区域差异指数

由于自然、社会和经济等条件的差异，不同类型土地利用的变化往往呈现出明显的区域特点^[22]，这种特点可以用区域差异指数（ D ）表示。区域差异指数（ D ）公式如下：

$$D = \frac{|K_b - K_a| \times C_a}{|C_b - C_a| \times K_a} \quad (4)$$

式中， K_a 、 K_b 分别代表某区域某一特定土地利用类型研究初、末期的面积； C_a 、 C_b 分别代表全研究区某一特定土地利用类型研究初、末期的面积。如果某区域某土地利用类型 $D > 1$ ，则表示该区域这种土地利用类型变化程度大于区域平均水平^[23-24]。本文将6个海岸带分区与整体海岸带进行比较，得出区域差异指数，从而揭示出土地利用变化的热点区域。

3 结果及分析

3.1 土地利用结构变化

美国本土海岸带和各个子区的土地利用结构如表2所示，可见：美国本土海岸带区域土地利用类型丰富，多样性突出。在整个本土海岸带区域，林地分布最为广泛，占28.59%；灌木次之，占16.87%；再次是作物栽培区，占14.78%；开阔水域面积列第4位，占9.02%；湿地面积位列第5，占8.55%；开发区与牧草地面积占比相当，分别为7.77%和7.12%；荒地分布面积及其占比均较小；常年冰雪带仅分布于西海岸分区。土地利用结构区域差异特征显著：西海岸主要分布类型为林地和灌木，少量分布的常年冰雪带是其较为独特的方面；墨西哥湾沿岸主要为灌木、林地、作物栽培区和草地，荒地所占比例较小；东北海岸主要有林地、开发区和开阔水域，其中林地占比54.07%；东南海岸主要为林地和湿地，合计占比大于53%；佛罗里达州主要为湿地和开阔水域，荒地和草地所占比例较少；五大湖沿岸主要分布着作物栽培区和林地，开阔水域次之，草地和灌木所占比例较小。将整体海岸带与各分区的土地利用面积比例进行比较，东北海岸、佛罗里达州和五大湖沿岸的开阔水域面积比例均高于整体海岸带；东北海岸、东南海岸、佛罗里达州和五大湖沿岸的开发区面积比例也均高于整体海岸带；只有东北海岸和东南海岸的林地面积比例多于整体海岸带，西海岸林地面积比例与整体海岸带相差不大；就灌木而言，只有西海岸和墨西哥湾沿岸面积比例高于整体海岸带；就作物栽培区而言，只有五大湖沿岸的面积比例高于整体海岸带；就牧草地而言，只有西海岸面积比例低于整体海岸带；东南海岸、佛罗里达州和五大湖沿岸的湿地面积比例均高于整体海岸带。

表2 2011年美国本土海岸带及分区面积统计

Table.2 Domestic coastal and zoning area statistics for 2011 in the United States

| 土地利用 类型 | 面积 (10^3km^2) | 面积比例 (%) | 在分区中的面积比例/% | | | | | |
|------------|-----------------------------|-------------|-------------|------------|----------|----------|-----------|-----------|
| | | | 西海岸 | 墨西哥湾 沿岸 | 东北海 岸 | 东南海 岸 | 佛罗里 达州 | 五大湖 沿岸 |
| 开阔水域 | 372.11 | 9.02 | 4.28 | 4.51 | 10.50 | 7.36 | 15.72 | 17.04 |

| | | | | | | | | | |
|-------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|
| 常年冰雪带 | 0.60 | 0.01 | 0.07 | / | / | / | / | / | / |
| 开发区 | 320.56 | 7.77 | 5.21 | 6.48 | 10.19 | 10.12 | 12.64 | 8.20 | |
| 荒地 | 40.22 | 0.98 | 3.12 | 0.57 | 0.44 | 0.42 | 0.58 | 0.18 | |
| 林地 | 1 179.17 | 28.59 | 29.46 | 19.40 | 54.07 | 40.02 | 14.82 | 22.27 | |
| 灌木 | 695.89 | 16.87 | 37.21 | 28.24 | 3.02 | 5.36 | 7.96 | 1.07 | |
| 作物栽培区 | 609.48 | 14.78 | 8.36 | 11.50 | 5.58 | 8.88 | 6.56 | 32.60 | |
| 草地 | 260.09 | 6.31 | 8.95 | 12.30 | 0.75 | 4.37 | 2.78 | 1.74 | |
| 牧草地 | 293.53 | 7.12 | 2.16 | 8.69 | 8.59 | 9.87 | 7.84 | 7.42 | |
| 湿地 | 352.65 | 8.55 | 1.18 | 8.31 | 6.87 | 13.61 | 31.09 | 9.48 | |

3.2 土地利用类型动态变化

美国本土海岸带及各子区不同时段土地利用动态如表 3 所示。表中正值代表面积上升，负值表示面积下降，可见：整体而言，荒地、林地、牧草地的面积下降速率较快，开发区、灌木面积上升速率较快；1992~2001 年土地利用动态普遍高于 2001~2011 年，说明 1992~2001 年土地类型面积变化程度更为强烈；西海岸在两个研究时段内各土地利用类型动态变化都很小，表明美国西海岸土地利用结构最为稳定；除西海岸以外，其他海岸带区域中的开发区和草地面积呈快速增长趋势，其余类型都属于缓慢变化型。

表 3 美国本土海岸带及各子区土地利用动态度 (%)

Table.3 Land use dynamics in the U.S. coastal zone and its subregions (%)

| 区域 | 时段 | 土地利用类型 | | | | | | | | | |
|--------|----|--------|-------|--------|--------|--------|-----------|--------|----------|--------|--------|
| | | 开阔水域 | 常年冰雪带 | 开发区 | 荒地 | 林地 | 灌木 | 作物栽培区 | 草地 | 牧草地 | 湿地 |
| 东北海岸 | T1 | -0.28 | / | 8.72 | -5.75 | -1.20 | 258.29 | 0.37 | 0.00 | -2.85 | 10.70 |
| | T2 | -0.01 | / | 0.42 | 0.92 | -0.11 | 0.71 | -0.11 | 1.83 | -0.11 | -0.02 |
| | T3 | -2.85 | / | 95.07 | -53.60 | -12.94 | 2 774.47 | 2.52 | / | -29.25 | 106.52 |
| 东南海岸 | T1 | -0.54 | / | 17.61 | -8.43 | -2.02 | 4 104.25 | -3.13 | 882.59 | 0.38 | 3.68 |
| | T2 | 0.07 | / | 0.74 | 0.16 | -0.56 | 5.55 | -0.15 | 1.04 | -0.50 | -0.03 |
| | T3 | -4.75 | / | 196.45 | -84.07 | -24.71 | 63 882.10 | -32.26 | 9 757.08 | -1.43 | 36.32 |
| 五大湖沿岸 | T1 | 2.00 | / | 29.34 | -4.10 | 3.31 | 76.51 | 2.21 | 37.37 | -2.14 | 1.49 |
| | T2 | -0.33 | / | -1.59 | -0.36 | -2.95 | 0.66 | -1.91 | -3.36 | -3.32 | -0.46 |
| | T3 | 16.05 | / | 230.91 | -43.14 | -6.14 | 822.55 | -1.25 | 214.77 | -47.50 | 9.55 |
| 佛罗里达州 | T1 | -0.78 | / | 5.58 | -8.73 | -2.45 | 89.34 | -3.58 | -7.13 | 13.21 | 1.75 |
| | T2 | 0.08 | / | 0.64 | 1.75 | -0.87 | 1.35 | -0.31 | 1.54 | -0.41 | -0.11 |
| | T3 | -7.08 | / | 65.79 | -85.03 | -31.06 | 1 027.69 | -37.80 | -66.85 | 122.55 | 16.30 |
| 墨西哥湾沿岸 | T1 | -0.64 | / | 25.49 | -6.59 | -2.47 | 4.47 | -2.27 | -1.09 | -2.24 | 3.67 |
| | T2 | 0.07 | / | 0.58 | 1.75 | -0.57 | 0.06 | -0.01 | 0.72 | -0.30 | -0.03 |
| | T3 | -5.77 | / | 275.47 | -59.96 | -29.00 | 45.50 | -22.77 | -4.47 | -24.73 | 36.35 |
| 西海岸 | T1 | -0.50 | -0.72 | 15.24 | -3.08 | -1.41 | 1.96 | 0.90 | -1.59 | -4.93 | 12.57 |
| | T2 | 0.02 | 0.00 | 0.31 | -0.01 | -0.42 | 0.23 | -0.01 | 0.32 | -0.11 | 0.35 |
| | T3 | -4.80 | -7.16 | 160.10 | -30.92 | -17.73 | 22.33 | 8.92 | -13.16 | -49.82 | 133.62 |

| | | | | | | | | | | | |
|-----|----|------|-------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| | T1 | 3.36 | -7.17 | 161.85 | -52.91 | -15.75 | 41.00 | -8.92 | -2.08 | -28.44 | 30.28 |
| 研究区 | T2 | 0.37 | 0.01 | 4.98 | 3.86 | -3.68 | 3.41 | -0.57 | 6.49 | -2.52 | -0.22 |
| | T3 | 3.75 | -7.16 | 174.89 | -51.10 | -18.85 | 45.82 | -9.44 | 4.28 | -30.24 | 29.99 |

注：T1 指 1992~2001；T2 指 2001~2011；T3 指 1992~2011。

根据土地利用动态度，可以发现，近 20 年间：（1）西海岸开发区和湿地面积上升速率较大，农作物栽培和荒地下降速率较大，作物栽培区、草地下降速率较小。值得注意的是，常年冰雪带是西海岸独有的土地利用类型，但该类型面积随时间推移持续减少，这可能与最近全球气候变暖有关；（2）墨西哥湾沿岸荒地、林地、牧草地、作物栽培区下降速率较大，开发区、灌木、湿地上升速率较大；（3）东北海岸的灌木、湿地、开发区上升速率较大，荒地、林地、栽培作物区下降速率较大；（4）东南海岸的开发区、灌木、草地上升速率较大，其中灌木上升速率最大，荒地、林地、作物栽培区下降速率较大，开阔水域、牧草地变化趋缓；（5）五大湖沿岸在前 10 年荒地和牧草地下降速率较大，其余类型均为上升速率，后 10 年所有土地类型面积变化速率均为下降趋势；（6）佛罗里达州的开发区、灌木、牧草地上升速率较大，荒地、林地、作物栽培区、草地下降速率较大。

总体看来，人类活动影响最剧烈的为开发区，在不同子区中面积始终保持较大幅度的增长。虽然 6 个子区域内各土地类型变化程度不同，但林地下降速率最为明显。1992 年~2001、2001 年~2011 两个时段内各土地类型面积变化量差异显著，前一时段变化速率明显高于后者。

3.3 土地利用转移特征

美国本土海岸带 1992 年~2001 年、2001 年~2011 年和 1992 年~2011 年三个时段的土地利用转移面积矩阵如表 4。

表 4 美国本土海岸带整体区域土地利用转移矩阵 (单位: km²)

Table.4 Land use transfer matrix in the whole area of the local coastal zone in the United States (km²)

| 土地 利用 | 开阔 水域 | 常年 冰雪带 | 开发 区 | 荒地 | 林地 | 灌木 | 作物栽 培区 | 牧草 地 | 作物 栽培区 | 湿地 | |
|-----------|----------|-----------|---------|-------|-----------|---------|-----------|---------|-----------|---------|-------|
| 2001 年 | | | | | | | | | | | |
| 开阔 水域 | 329 111 | 1 | 1 842 | 3 431 | 3 908 | 1 298 | 1 027 | 1 194 | 841 | 13 229 | |
| 常年 冰雪带 | 2 | 371 | 1 | 225 | 8 | 28 | 0 | 13 | 0 | 0 | |
| 开发区 | 592 | 0 | 94 978 | 459 | 8 733 | 2 072 | 2 438 | 1 644 | 2 951 | 2 742 | |
| 1992 年 | 荒地 | 794 | 147 | 5 694 | 16 669 | 21 166 | 22 976 | 2 385 | 6 227 | 2 665 | 3 491 |
| 林地 | 5 820 | 59 | 69 927 | 4 456 | 1 026 380 | 126 385 | 27 659 | 41 985 | 43 536 | 106 658 | |
| 灌木 | 539 | 13 | 11 564 | 8 180 | 25 488 | 374 089 | 7 929 | 38 777 | 7 148 | 3 386 | |
| 作物栽培区 | 1 630 | 0 | 58 092 | 1 120 | 36 624 | 23 890 | 439 285 | 30 288 | 67 231 | 14 825 | |
| 草地 | 371 | 9 | 12 634 | 2 224 | 12 123 | 95 924 | 11 092 | 95 801 | 13 485 | 5 688 | |
| 牧草地 | 917 | 0 | 43 354 | 728 | 48 833 | 19 799 | 113 244 | 24 676 | 158 004 | 11 199 | |
| 湿地 | 6 433 | 0 | 7 262 | 1 230 | 40 950 | 6 448 | 7 938 | 3 624 | 5 234 | 192 148 | |

2011 年

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|---------|-----|---------|--------|----------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 2001年 | 开阔水域 | 362 486 | 0 | 621 | 881 | 1 776 | 314 | 564 | 314 | 267 | 3 426 |
| | 常年冰雪带 | 0 | 597 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 开发区 | 543 | 0 | 260 288 | 266 | 13 735 | 3 774 | 13 305 | 3 425 | 7 272 | 2 741 |
| | 荒地 | 754 | 4 | 616 | 32 931 | 766 | 2 185 | 236 | 734 | 151 | 345 |
| | 林地 | 1 914 | 0 | 18 579 | 2 181 | 1080 316 | 51 824 | 9 271 | 30 174 | 10 881 | 19 080 |
| | 灌木 | 498 | 0 | 4 845 | 1 633 | 30 768 | 610263 | 2 373 | 16 077 | 3 405 | 3 052 |
| | 作物栽培区 | 786 | 0 | 16 801 | 479 | 9725 | 2 523 | 567 720 | 3 389 | 7 972 | 3 602 |
| | 草地 | 545 | 0 | 4 993 | 880 | 11 332 | 17 203 | 4 120 | 201 105 | 2 476 | 1 577 |
| | 牧草地 | 445 | 0 | 9 918 | 440 | 12 647 | 4 424 | 8 762 | 3 076 | 259 184 | 2 200 |
| | 湿地 | 4 086 | 0 | 3 898 | 522 | 18 078 | 3 369 | 3 132 | 1 792 | 1 915 | 316 623 |
| 2011年 | | | | | | | | | | | |
| 1992年 | 开阔水域 | 329 147 | 1 | 1 933 | 3 532 | 3 669 | 1 240 | 1 131 | 1 155 | 791 | 13 242 |
| | 常年冰雪带 | 2 | 371 | 1 | 224 | 8 | 28 | 0 | 13 | 0 | 0 |
| | 开发区 | 592 | 0 | 96 038 | 454 | 8 212 | 2 064 | 2 284 | 1 600 | 2 760 | 2 603 |
| | 荒地 | 756 | 147 | 6 001 | 16 742 | 20 641 | 22 912 | 2 302 | 6 689 | 2 514 | 3 508 |
| | 林地 | 5 933 | 59 | 75 389 | 4 577 | 985 518 | 152 484 | 27 776 | 53 616 | 41 381 | 106 143 |
| | 灌木 | 573 | 13 | 12 158 | 8 569 | 24 629 | 370 331 | 8 287 | 42 028 | 7 032 | 3 495 |
| | 作物栽培区 | 1 910 | 0 | 61 721 | 1 354 | 36 786 | 24 414 | 436 158 | 30 242 | 65 438 | 14 964 |
| | 草地 | 532 | 9 | 13 379 | 2 438 | 11 610 | 94 739 | 11 505 | 96 095 | 13 344 | 5 702 |
| | 牧草地 | 1 119 | 0 | 46 075 | 972 | 48 915 | 20 142 | 112 276 | 24 784 | 155 271 | 11 202 |
| | 湿地 | 7 015 | 0 | 7 863 | 1 352 | 39 164 | 7 519 | 7 761 | 3 864 | 4 991 | 191 738 |

1992年~2001年,林地主要向灌木、开发区和湿地转化,有 12.64 万 km² 转换为灌木,其次有 10.67 万 km² 林地向湿地转换,有 6.99 万 km² 林地转换为开发区,表明人们在开发新型土地利用时大多以占用林地作为代价;牧草地主要向作物栽培区、林地和开发区转化;常年冰雪带面积较小,与荒地相互转换;开发区面积变化较为剧烈,总体看来转入较多,主要来自于林地、作物栽培区和牧草地;荒地以转出为主,主要转向林地和灌木;灌木的转移变化主要表现为其与林地和草地之间的相互转换;作物栽培区主要由牧草地转入较多,主要转为开发区和牧草地;林地、灌木和作物栽培区为草地的主要转入类型,灌木为草地的主要转出类型;湿地主要向林地转化。

2001年~2011年,土地利用变化较为缓和。开阔水域、常年冰雪带、荒地转移较少,开发区、林地、灌木、草地、牧草地转移较多;林地增长以湿地、开发区、牧草地转入为主,转出则以开发区和湿地为主;草地与林地之间相互转换较多,湿地和林地之间转换较多;灌木主要向林地、草地转化,可以推测畜牧业在 2001年~2011年发展较为迅速;开发区以林地和作物栽培区相互转换为主,主要向林地、作物栽培区和牧草地转化,表明人们降低了自然资源开发力度。

对比 2 个时段,土地利用转移较为频繁的是 1992年~2001年,主要以开发区、牧草地等人工土地利用类型为主且较为剧烈;2001年~2011年土地利用变化开始放缓,自然土地利用类型变化非常微小,人工土地利用类型变化也逐渐缓和。从 20 年时段来看:林地向灌木转换 15.25 万 km²,而只有 2.46 万 km² 的灌木转换为林地,林地向湿地转换 10.61 万

km²，湿地向林地转换 3.92 万 km²，有 7.54 万 km² 的林地转换为开发区，只有 0.82 万 km² 的开发区转换为林地，表明林地大量减少，且主要向开发区、灌木和湿地转化；作物栽培区主要向牧草地转换，牧草地的主要转换类型也是作物栽培区，二者虽大面积相互转换，但牧草地转换作物栽培区的面积远远大于作物栽培区转出牧草地的面积。综上可见，全美海岸带地区林地和作物栽培区的相互转化明显，转化面积最多；开发区未转换为其他类型，又多由林地和作物栽培区等持续转化而来，面积稳步增长。

3.4 土地利用区域变化状态

基于区域变化趋势与状态指数计算结果（表 5），从时间和空间维度上进一步分析土地利用变化的特征。

表 5 美国本土海岸带土地利用趋势状态

Table.5 Local land use trends in coastal areas in the United States

| 土地利用类型 | 不同时段的发展趋势状态 | | | 不同区域的发展趋势状态，1992~2011 | | | | | |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|---------|----------|----------|---------|-----------|
| | 1992~ 2001 年 | 2001~ 2011 年 | 1992~ 2011 年 | 墨西 哥湾 | 西海 岸 | 东北 海岸 | 东南 海岸 | 五大 湖 | 佛罗 里达州 |
| 开阔水域 | 0.22 | 0.08 | 0.18 | 0.18 | 0.20 | 0.21 | 0.26 | 0.03 | 0.54 |
| 常年冰雪带 | 0.09 | 0.01 | 0.09 | / | 0.09 | / | / | / | / |
| 开发区 | 0.81 | 0.14 | 0.83 | 0.91 | 0.89 | 0.69 | 0.81 | 0.90 | 0.58 |
| 荒地 | 0.50 | 0.11 | 0.47 | 0.50 | 0.31 | 0.44 | 0.76 | 0.29 | 0.78 |
| 林地 | 0.37 | 0.19 | 0.41 | 0.52 | 0.49 | 0.45 | 0.54 | 0.11 | 0.39 |
| 灌木 | 0.49 | 0.15 | 0.51 | 0.48 | 0.36 | 0.94 | 1.00 | 0.82 | 0.86 |
| 作物栽培区 | 0.15 | 0.04 | 0.15 | 0.35 | 0.17 | 0.02 | 0.39 | 0.03 | 0.46 |
| 草地 | 0.02 | 0.16 | 0.03 | 0.04 | 0.13 | / | 0.98 | 0.56 | 0.54 |
| 牧草地 | 0.29 | 0.10 | 0.32 | 0.27 | 0.57 | 0.36 | 0.01 | 0.49 | 0.51 |
| 湿地 | 0.34 | 0.01 | 0.34 | 0.41 | 0.55 | 0.69 | 0.46 | 0.12 | 0.29 |

时间维度方面：1992 年~2001 年，大多数土地利用类型指数值较高，不同土地利用类型的数值波动较大，反映全美海岸带在 2001 年以前处于快速发展阶段；2001 年~2011 年的指数值较低，趋势波动平缓 2001 年后发展呈现饱和状态，整体发展趋势平稳；1992 年~2001 年开发区的指数最高，数值大于 0.8，处于极端不平衡状态，主要表现为其他土地利用类型单向转换为开发区，反映 1992 年~2001 年城市化进程发展迅速，2001~2011 年各土地利用类型趋势状态指数均在 0~0.25 间波动，处于平衡状态，体现该时段土地利用类型之间面积转换较低，城市化进程发展较为平缓。

空间维度方面：开阔水域类型上，佛罗里达州的状态指数接近 0.6，处于不平衡状态，而其他区域指数都在 0.2 左右，佛罗里达州在开阔水域类型转移上较其他区域有明显的变化优势。草地类型上，东南海岸的状态指数接近于 1，是极端不平衡，而东北海岸状态指数趋于 0，同为美国东海岸区域，南北差异显著。各子区域变化状态均处于准平衡与不平衡状态之间，平衡状态依次为东北海岸>西海岸>东南海岸>墨西哥湾沿岸>全美>佛罗里达州>五大湖沿岸，其中佛罗里达州和五大湖沿岸水域变化趋势均小于整体区域，与二者面积占比有一定关系。其他土地利用类型的区域差异有不同程度的差异，但总体变化趋势较为相似。

3.5 土地利用变化区域差异

对土地利用变化区域差异指数 (D) 进行分级: 低于平均值取值为 0, 高于平均值且一倍以内取值为 1, 高于平均值且大于一倍取值为 2, 结果如表 6。 D 反映了各种土地利用类型变化在海岸带区域内部的差异特征, 表征特定类型变化的热点区域和比较各种土地利用类型变化的区域差异。可以发现: 20 年间在 6 个海岸带区域, 作物栽培区、草地的变化非常显著, 而且区域差异突出。区域差异最不明显的类型是湿地, 其中表示没有区域差异的地区几乎占了一半, 特别是在 2001 年~2011 年期间, 五个子区域湿地的变化几乎没有区域差异。灌木在海岸带区域的差异最复杂: 从整体趋势看五大湖沿岸耕地变化率低于全美海岸带灌木的变化率; 佛罗里达州沿岸灌木的变化率高于全美海岸带区域; 东海岸和西海岸灌木的变化随时间变化差异很大。林地、牧草地在海岸带土地利用结构中所占比重最大, 它的面积变化对海岸带区域整体的土地利用结构有重要影响, 以 2001 年为分界线, 在此之前五大湖沿岸林地面积变化高于海岸带区域整体水平, 西海岸和墨西哥湾沿岸林地区域差异低于整体水平, 在此之后西海岸、墨西哥湾沿岸林地面积高于整体水平, 五大湖沿岸低于整体水平, 而佛罗里达州沿岸林地区域差异一直高于整体水平。

表 6 美国海岸带土地利用变化区域差异

Table.6 Regional differences in land use change in coastal areas of the United States

| 时段 | 研究区域 | 开阔水域 | 常年冰雪带 | 开发区 | 荒地 | 林地 | 灌木 | 作物栽培区 | 草地 | 牧草地 | 湿地 |
|-----------|--------|------|-------|-----|----|----|----|-------|----|-----|----|
| 1992-2001 | 东北海岸 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| | 东南海岸 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | 0 | 1 |
| | 五大湖沿岸 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| | 佛罗里达州 | 2 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 |
| | 墨西哥湾沿岸 | 1 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 | 1 |
| | 西海岸 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| 2001-2011 | 东北海岸 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| | 东南海岸 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| | 五大湖沿岸 | 2 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 1 | 2 | 2 |
| | 佛罗里达州 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |
| | 墨西哥湾沿岸 | 2 | 0 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 西海岸 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 2 |
| 1992-2011 | 东北海岸 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| | 东南海岸 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| | 五大湖沿岸 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| | 佛罗里达州 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 |
| | 墨西哥湾沿岸 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| | 西海岸 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 1 |

注: 低于平均值:0; 无差异或差异很小:1; 热点区域:2。

4 结论

基于 USGS 提供的 1992、2001 和 2011 年全美国的土地利用数据，分析美国本土海岸带的土地利用变化特征，主要结论如下：

(1) 美国本土海岸带区域土地利用类型丰富，多样性突出。整个本土海岸带，林地分布最广泛，占 28.59%；灌木次之，占 16.87%；再次是作物栽培区，占 14.78%；开阔水域面积列第 4 位，占 9.02%；湿地位列第 5，占 8.55%；开发区与牧草地占比相当，分别为 7.77% 和 7.12%；荒地占比较小；常年冰雪带仅分布于西海岸局部区域。

(2) 从 1992~2011 整体时段来看：林地大量减少，主要向开发区、灌木和湿地转化；作物栽培区主要向牧草地转换，牧草地的主要转换类型也是作物栽培区，二者虽大面积相互转换，但牧草地转换作物栽培区的面积远远大于作物栽培区转出牧草地的面积。全美海岸带地区的总体趋势是林地和作物栽培区的相互转化明显，转化面积最多。开发区多由林地和作物栽培区等持续转化而来，面积稳步增长。

(3) 美国本土海岸带土地利用变化的阶段性特征突出。1992~2001 年，大多数土地利用类型变化速率较大、土地利用转移较为频繁；主要表现为开发区、牧草地等人工土地利用类型变化剧烈，表明海岸带处于快速变化的阶段。2001~2011 年，土地利用类型变化速率较小、土地利用变化逐渐缓和；土地利用类型之间的相互转换处于平衡状态，内部结构调整呈现均衡态势。

(4) 全美海岸带区域土地利用多样性在缓慢提高，其中墨西哥湾沿岸土地利用复杂度最高，西海岸最低。墨西哥湾沿岸的草地、西海岸常年的冰雪带、东北海岸和五大湖沿岸的作物栽培区、东南海岸牧草地和佛罗里达州湿地状态指数较低，反映出这些土地利用类型处于较好的平衡状态。各子区域平衡状态依次为东北海岸>西海岸>东南海岸>墨西哥湾沿岸>全美>佛罗里达州>五大湖沿岸。

综上所述，美国本土海岸带湿地、林地、作物栽培区、草地等生态型土地利用/覆被类型广泛分布，土地利用的多样性突出且多样性仍在上升过程中；自 2001 年以来土地利用变化的幅度总体趋缓，在一定程度上反映了美国经济发展速度放缓以及为应对气候变化背景下海岸带区域的一系列环境与生态问题而采取的政策与措施起到了较为显著的成效。我国海岸带区域人口密集，而且近年来众多的沿海发展战略相继得以实施，海岸带区域的环境和生态面临严峻的挑战。研究美国海岸带土地利用/覆盖的时空动态，了解其发展的过程和特征以及相关的开发与管理的经验与措施等，可有助于我国沿海各级政府部门加以借鉴，尤其是可作为“照亮未来”的一面镜子以资借鉴，从而有力地指导我国海岸带区域的土地利用以及海岸带综合管理实践等。

参考文献：

- [1] 马莎. 美国海岸带管理法评析[J]. 公民与法:法学版, 2013(6):61-63.
- [2] 赵恩波. 美国《海岸带管理法》浅析兼论我国海岸带立法[J]. 海洋开发与管理, 1990(4):48-52.
- [3] 赵锐. 美国海洋经济研究[J]. 海洋经济, 2014,4(2):53-62.
- [4] 韩磊, 侯西勇, 朱明明, 等. 20 世纪后半叶美国海岸带区域土地利用变化时空特征分析 [J]. 世界地理研究, 2010, 19(2): 42-52.
- [5] 张景华, 封志明, 姜鲁光. 土地利用/土地覆被分类系统研究进展[J]. 资源科学, 2011, 33(6):1195-1203.

- [6] 刘纪远, 匡文慧, 张增祥, 等. 20世纪80年代末以来中国土地利用变化的基本特征与空间格局[J]. 地理学报, 2014, 69(1):3-14.
- [7] 邸向红, 侯西勇, 吴莉. 中国海岸带土地利用遥感分类系统研究[J]. 资源科学, 2014, 36(3): 463-472.
- [8] 刘纪远, 邵全琴, 延晓冬, 等. 土地利用与土地覆盖变化对气候影响的国别对比[J]. 地理科学, 2016(7): 889-903.
- [9] HE F N, L M., LI S C, et al. Comparison of changes in land use and land cover in China and the USA over the past 300 years [J]. Journal of Geographical Sciences, 2015: 1045-1057.
- [10] 侯西勇, 侯婉, 毋亭. 20世纪40年代初以来中国大陆沿海主要海湾形态变化[J]. 地理学报, 2016, 71(1):118-129.
- [11] 李凡. 海岸带陆海相互作用(LOICZ)研究及我们的策略[J]. 地球科学进展, 1996, 11(1):19-23.
- [12] 罗娅, 杨胜天, 刘晓燕, 等. 黄河河口镇—潼关区间 1998-2010 年土地利用变化特征[J]. 地理学报, 2014, 69(1):42-53.
- [13] 张灵杰. 美国海岸带综合管理及其对我国的借鉴意义[J]. 世界地理研究, 2001, 10(2):42-48.
- [14] K. Jones, X. Pan, A. Garza, et al. Multi-level assessment of ecological coastal restoration in South Texas [J]. Ecological Engineering, 2010, 36(4):435-440.
- [15] Coastal Services Center, National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Coastal NLCD Classification Scheme [URL]. http://www.csc.noaa.gov/crs/lca/tech_cls.html.
- [16] The National Coastal Condition Report II [R]. Washington DC: United States Environmental Protection Agency, 2005: 1-198.
- [17] 王文涛, 仲平, 陈跃. 美国《第三次气候变化国家评估报告》解读及其启示[J]. 全球科技经济瞭望, 2014(9):1-6.
- [18] 张新荣, 刘林萍, 方石, 等. 土地利用/覆被变化(LUCC)与环境变化关系研究进展[J]. 生态环境学报, 2014(12):2013-2021.
- [19] 张海燕, 樊江文, 邵全琴. 2000-2010 年中国退牧还草工程区土地利用/覆被变化[J]. 地理科学进展, 2015, 34(7):840-853.
- [20] 刘瑞, 朱道林. 基于转移矩阵的土地利用变化信息挖掘方法探讨[J]. 资源科学, 2010, 32(8):1544-1550.
- [21] 张琪, 罗格平, 李龙辉, 等. 基于土地利用/覆被变化表征的现代绿洲演变过程——以天山北坡三工河流域为例[J]. 地理学报, 2016, 71(7):1157-1171.
- [22] 徐羽, 钟业喜, 冯兴华, 等. 江西省土地利用变化及其对人类活动的响应[J]. 水土保持研究, 2017, 24(1):181-186.
- [23] WANG F, GE Q S, YU Q B, et al. Impacts of Land-use and Land-cover Changes on River Runoff in Yellow River Basin for Period of 1956–2012 [J]. Chinese Geographical Science, 2017, 27(1):13-24.
- [24] Sun L, Wei J, Duan D H, et al. Impact of Land-Use and Land-Cover Change on urban air quality in representative cities of China[J]. Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics, 2016, 142:43-54.

Study on the characteristics of land use change in American Coastal Zone

WANG Jun-hui^{1,2}, HOU Xi-yong², ZHANG An-ding¹

(1.College of Resources and Environmental Engineering, Ludong University, Yantai 264025, China;

2. Yantai Institute of Coastal Zone Research, CAS, Yantai 264003, China)

Abstract: Based on land use data in coastal zone in mainland USA in 1992, 2001 and 2011, which were created and shared by USGS, characteristics of coastal land use change in mainland USA were studied by means of multiple index models. The results show that: (1) The diversity of coastal land use in mainland USA is prominent. Forest is the most widely distributed land use in the whole coastal zone in mainland USA, followed by shrub, grassland and open water area successively. The other types have limited area and proportion, while the perennial ice and Snow Belt could be found in the west coast area only. (2) From 1992 to 2011, forest land reduced greatly, and mainly changed into developed area, shrubs and wetlands. The grassland mainly converted into crop cultivation area, while amount of crop cultivation area converted into grassland was more significant. Significant inter-conversion between forest land and grassland was observed. And significant increment of developed area was observed, which was ceaselessly converted from woodland, grassland and the others, while the reversed conversions were trivial. (3) Increase of the land use diversity in coastal zone in mainland USA could be observed, although it's a little bit slowly as a whole. And, the increase was much more significant in coastal zone in the Gulf of Mexico while very insignificant in the West Coastal Zone. Frequency of inter conversions among various types of land use presented sequential features as Northeastern Coast> West Coast> Southeast Coast> Gulf Coast> Florida> Great Lakes Coast. Overall, the land use type changed more frequently between 1992 and 2001.

Key words: USA ; coastal zone; land use change; transition matrix; regional difference index