

# 近 40 年烟台市海岸线及近岸土地利用变化与生态服务价值效应分析

丁偌楠, 王玉梅

(鲁东大学 资源环境与工程学院, 山东 烟台 264025)

**摘要:**为深入揭示烟台市海岸线 40 年时空变迁及土地利用空间格局变化,采用 Landsat MISS, TM, ETM+ 遥感数据,对烟台市 4 个时期海岸线进行了长度提取,以海岸线向陆地延伸 5 km 作为研究范围,结合地形图和土地利用调查数据,运用监督分类提取了 1973 年和 2014 年两个时期土地类型,分析了土地利用现状和时空变化;在此基础上,应用 Costanza 的生态服务价值计算方法,参考中国陆地生态系统景观单位面积生态服务价值表进行了货币化计算评估。结果表明:(1) 1973—2014 年海岸线总体长度呈递增趋势,40 年间净增了 55.976 km,其中人工岸线增幅最大,而基岩和淤泥质自然岸线大幅减少;(2) 40 年间总土地面积净增了 95.661 km<sup>2</sup>,主要是填海造陆导致建设用地面积增加,而湿地、林地和水体等生态用地面积大幅减少;(3) 土地利用变化导致生态服务总价值损失了 158.636 万元,其中湿地、林地的生态服务价值损失最多。自然湿地大量转化为建设用地以及大力保护耕地是导致不同土地覆盖类型生态服务价值发生变化的主要原因。

**关键词:**海岸线;土地利用/土地覆盖变化;生态系统服务价值;景观格局;烟台市

**中图分类号:**F301.2; P748

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2017)01-0322-06

## Analysis of the Change in the Land-Use of the Coastal Area and Its Ecological Service Value Effects in Yantai City over the Past 40 Years

DING Ruonan, WANG Yumei

(School of Resources and Environmental Engineering, Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

**Abstract:** In order to reveal the spatial and temporal changes of coastline in Yantai City and the change of spatial pattern of land use over the past 40 years, we extracted the length of the coastline with an extension of 5 km along the shore line during four different periods in Yantai City, along with data from the survey on land use. By using Landsat MISS, TM, ETM+ remote sensing data and extracting land types in the two periods of 1973 and 2014, we also analyzed the current situation and characteristics of space-time of land use and cover change (LUCC); the monetary evaluation on landscape has been made based on Costanza's ecosystem services and Chinese land ecosystem services to value per unit area of coefficients. The results showed that: (1) the total length of coastline has been increasing by 55.976 km during the past 40 years, of which the largest rise took place in artificial coast and the natural coastline of bedrock and silt have been significantly reduced; (2) the total land area had increased by 95.661 km<sup>2</sup> over the past 40 years, and land reclamation was the main reason for leading to increased land area construction, while the areas of wetlands, forest land and water had substantially reduced; (3) the change of the land use in the total value of ecosystem services has caused the loss of 1 586 360 yuan, of which the loss of ecosystem values of wetlands and woodland make up the largest proportion, that a large number of natural wetlands have been used as building land and that protection of farmland has caused changes in the ecological value of different land cover types.

**Keywords:** coastline; land use and cover change; ecosystem services value; landscape pattern; Yantai City

收稿日期:2016-02-23

修回日期:2016-03-15

资助项目:中国行政体制改革研究基金重大课题(2015CSOARJJKT016, 2015CSOARJJKT018);教育部人文社会科学研究课题(15YJA790053)

第一作者:丁偌楠(1994—),女,新疆克拉玛依人,学士,研究方向为资源环境遥感。E-mail:dingnrn310@163.com

通信作者:王玉梅(1975—),女,内蒙古科尔沁左翼后旗人,博士,副教授,主要从事区域环境规划与评价研究。E-mail:wangym508@163.com

海岸线是陆地与海洋的交界线,是多年平均大潮高潮时形成的实际痕迹线<sup>[1-2]</sup>,不仅是海陆的分界线,还载负着丰富的环境信息<sup>[3]</sup>,在自然因素和人类社会经济发展的双重影响下,动态、连续的演变对海平面升降、沿海滩涂、湿地生态系统、海岸带生态过程改变及近岸海洋环境等有着重要指示意义,同时影响着沿海居民的生存和发展。改革开放以来,沿海地区社会经济迅速发展,经济向临海区域布局,海岸线经济密度持续增加,我国海岸线资源面临愈加严峻的形势,海岸侵蚀淤积,海平面上升等自然变化和人工堤坝、围垦、采砂等人类活动降低了岸线的稳定性<sup>[4]</sup>。大规模的海岸线开发利用活动带动了土地利用/土地覆盖的迅速变化,造成景观破碎化程度增加,生态系统服务功能价值降低,严重影响了岸线类型和海岸带生态环境。作为海陆生态系统之间进行物质、信息、能量交换的重要生态过渡带,海岸带是典型的生态交错带,生态环境敏感脆弱。独特的地理位置及其较强的人口、经济和环境压力等多因素耦合影响下,海岸地带已成为众多学者研究的热点区域。目前研究内容主要集中在地区尺度上海岸线的提取方法研究<sup>[5-7]</sup>、海岸线变迁的遥感监测及成因分析<sup>[8-9]</sup>、填海造陆<sup>[10-11]</sup>等方面,而对海岸线变迁引起的土地利用变化及其生态服务价值效应研究较少。本文以烟台市市区海岸线向陆地延伸5 km作为研究区,利用孙美仙<sup>[12]</sup>、马小峰<sup>[13]</sup>等提出的海岸线提取方法,对4个时期的总海岸线及各类岸线进行提取,利用人机交互目视解译遥感影像对土地类型进行分类,并基于RS和GIS进行空间对比分析,探讨烟台市海岸线近40年来的时空演变特征以及沿海地区土地利用/土地覆盖变化特征,在此基础上,对沿海生态系统服务功能价值进行损益核算,以期为烟台市海岸线资源与土地资源的合理开发利用与保护提供参考。

## 1 研究区概况

烟台市地处山东半岛中部,位于东经119°34′—121°57′,北纬36°16′—38°23′。东部与威海市相邻,西部与潍坊市接壤,濒临渤海、黄海。烟台市属暖温带大陆性季风气候,雨水适中,空气湿润,气候温和。至2015年末全市人口700.23万人,年平均降水量为800.1 mm,年平均气温12.5℃,日照时数2 457.8 h。全市土地总面积13 745.95 km<sup>2</sup>,海岸线全长909 km,其中陆地岸线702.5 km,岛屿岸线206.6 km,岸线曲折、岬湾相间。烟台6个市辖区:芝罘区、福山区、牟平区、莱山区、经济开发区及经济开发产业园区(图1)。本研究以烟台市北部沿海区域开发区、芝罘

区、莱山区和牟平区的海岸线为基线,以5 km缓冲半径向内陆一侧建立缓冲区作为研究区,图中黑线表示距海岸线5 km的内陆界线。土地利用类型以建设用地、林地、耕地、草地、湿地为主,海岸线主要分基岩岸线、淤泥质岸线、砂质岸线和人工岸线。沿海区交通便利,社会经济优越,滨海旅游资源和港口岸线等资源十分丰富。

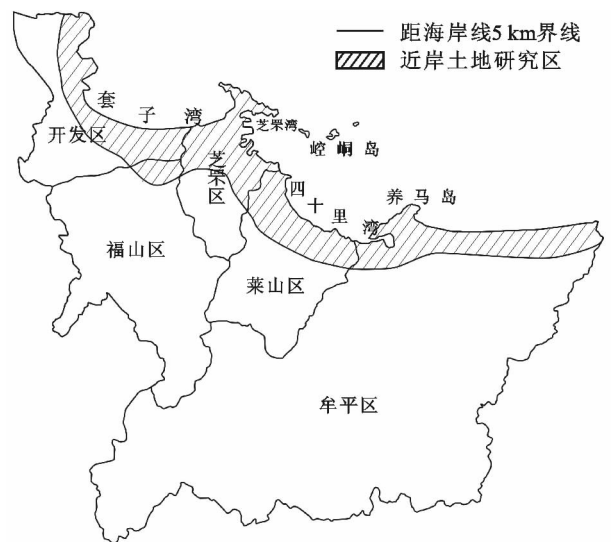


图1 研究区位置

## 2 数据来源及研究方法

### 2.1 数据获取及影像处理

为了对烟台市北部沿海岸线变化进行遥感监测提取,本文数据以Landsat数据为基础,选取1973年的MISS数据、1989年和2000年的TM数据、2014年的ETM+数据,空间分辨率均为60 m,4个时相的遥感影像图都是在秋季晴朗的白天所接收,具有相似的气候和天气状况。908专项海岸带遥感调查数据用于上述各期影像的几何校正、烟台市地形图用于遥感影像配准以及烟台市2003—2005年的土地利用调查数据。

Landsat TM 4, MISS 4波段为近红外波段,光谱范围MISS:800~1 100 nm; TM 4, ETM+4:760~900 nm,该波段位于水体的强吸收区,用于勾绘水体边界,识别与水有关的地质构造、地貌等。为了保证遥感图像的几何精度达到制图要求,首先在ENVI 5.1中对遥感影像进行预处理后以908专项的SPOT-5融合影像(空间分辨率2.5 m,定位精度优于10 m)为地理参考,对2000年影像进行配准,以配准好的2000年影像为地理参考,对1973年、1989年、2014年的影像分别进行配准;再以配准好的1989年影像为地理参考,对其余两期影像分别进行配准。配准后的影像定位精度均满足本文海岸线变迁研究的需要,4期影像

统一为高斯—克吕格投影(中央经线为 111°E)、WGS84 坐标系,均采用假彩色波段组合,为了更好地反映烟台市海岸线信息,缩减地面控制点误差,保证校正精度在 1 个像元以内,对 4 个时相的遥感影像图都进行了适当的图像增强处理,处理方式为直方图拉伸。将 4 个时期的地图海岸线数字化后迭加在假彩色遥感图像上,显示并验证当时海岸线的真实位置。

## 2.2 研究方法及信息提取

2.2.1 海岸线获取方法及提取 地物不同,反射波谱特征不同,不同岸线类型有各自的地貌特征,也有不同的遥感解译标志,因此,针对不同的岸线类型,对经过处理的影像进行人机交互解译来提取海岸线信息,确定各类型岸线的具体位置。

水体在 Band 5 波段的波长范围 1.55~1.75 nm 的反射率几乎为零,可对海陆边界进行有效区分并削减水底泥沙对岸线提取的影响<sup>[14]</sup>。按不同海岸类型进行图像裁剪,各类型海岸线提取方法如下<sup>[12-13]</sup>:(1)基岩海岸和人工海岸,其共同的特点是水陆分界明显,通过锐化滤波器进行图像增强来突出边缘特征,其中基岩的反射特征高,灰度值大于水体,通过将灰度值临界点作为阈值进行灰度分割提取边界为基岩岸线;而人工岸线主要由港口码头、养殖区构成,反射率也高于水体,将灰度值分割进行人工岸线提取;(2)砂质海岸,在海浪作用下砂砾不断堆积而在影像上亮度较高,则先通过中值滤波去掉一些亮度低于砂质而高于非砂质地物的像素,结果发现中值滤波不仅能去除噪声,同时能保持图像的不同亮度呈阶梯状,其次通过灰度拉伸使砂质和其他地物区分来提取砂质岸线;(3)淤泥质海岸,在影像上淤泥质岸滩与海水分界明显,则可通过 NDVI 指数区分湿地与滩涂,将靠近陆

地一侧作为淤泥质岸线;在原图像的海岸线上随机选取像元,并在提取的岸线上找出对应点,根据发生位移的点的个数确定提取精度<sup>[13]</sup>。在各期影像中对各类型岸线分别选取 20 个像元点,结果表明,基岩海岸和人工海岸提取精度大于 90%;砂质海岸和淤泥质海岸大于 80%,结果总体准确可靠。运用相同方法对各个时期的影像进行处理,得到烟台市 4 个时期海岸线轮廓变化图。

2.2.2 土地利用分类方法 根据烟台市 2003—2005 年土地利用调查数据,结合烟台市具体情况,运用 ENVI 5.1 监督分类并结合 Google Earth 比对配准将土地利用类型划分为:耕地、林地、草地、湿地、水体和建设用地 6 种土地利用类型。在 ArcGIS 中对 1973 年和 2014 年提取的岸线建立 5 km 范围的缓冲区,并以此在 ENVI 5.1 中裁剪监督分类后的遥感影像,得到所需距离海岸线 5 km 的研究区,运用 ArcGIS 的空间分析得到土地类型的面积及分布。

2.2.3 生态系统服务价值评估方法 生态系统的服务价值是指人们能够直接或者间接从生态系统功能中获取的产品服务以及利益<sup>[15]</sup>,包括向社会经济系统输入物质能量、接受和转化来自社会经济系统的废弃物,并且直接向人类社会成员提供服务,是对生态系统的服务和自然资本用经济法则所做的估算。本文主要采用 Costanza<sup>[15]</sup>和谢高地等<sup>[16]</sup>提出的生态系统单位面积服务价值(表 1)及计算方法,对距离海岸线 5 km 的区域进行生态系统服务价值的货币化计算评估。其中,湿地包括库塘、养殖区,然而随着沿海养殖区的建设和开发,养殖区有其自身的生态服务价值,也对岸线变化和沿岸景观产生影响,因而对养殖区的面积和生态服务价值进行单独核算分析。

表 1 不同陆地景观类型单位面积生态服务价值							元/(hm <sup>2</sup> ·a)
土地利用类型	林地	耕地	草地	湿地	水体	建设用地	养殖区
单位面积生态服务价值	19334	4341.2	6406.5	55489	40676.4	0	40676.4

注:湿地包括库塘;水域包括河湖、入海口。

区域内生态系统服务总价值计算公式为:

$$ESV = \sum A_i \cdot VC_i \quad (1)$$

式中:ESV 为生态系统服务总价值[元/(hm<sup>2</sup>·a)];  
 $A_i$  为第  $i$  类景观类型的面积; $VC_i$  为第  $i$  类景观单位面积服务价值,即生态价值系数。

## 3 结果与分析

### 3.1 烟台市海岸线状况及变迁分析

1973 年、1989 年、2000 年、2014 年烟台市海岸线变化情况如表 2 所示。近 40 年来,烟台市海岸线受人为开发活动影响剧烈,海岸线总体长度呈不断增长趋势,由

1973 年的 148.05 km 增长到 2014 年的 204.02 km,净增长了 55.98 km;其中属于自然岸线的基岩、砂质和淤泥质岸线总体上均呈减少趋势,分别比 1973 年减少了 31.87%、21.93%和 48.62%,总长度减少了 37.86 km;而人工岸线持续增加,净增长 93.84 km。1973 年,人工岸线仅占自然岸线的 11.12%,到 2014 年人工岸线比例上升到了 54.06%,较明显地表现在夹河口两岸,1973 年夹河口主要用于进出口河沙,沿岸主要为淤泥质岸线,随着对夹河两岸进行生态建设以及岸线的内陆延伸,到 2014 年,淤泥质岸线减少了 6.757 km,基本上消失殆尽,而人工岸线增加了

29.897 km。岸线类型转变,长度增加,也改变了近岸的土地类型和结构。

从各时段来看,1973—1989 年海岸线总体变化不大,主要人类对沿海地区的开发力度较小,影响程度不大。这一时期,海岸线总体净增长仅 2.81 km,其中基岩岸线增长 11.31 km,人工岸线增长 18.69 km,年均增长 4.86%,而砂质和淤泥质岸线分别减少 16.04 km 和 11.15 km,分别比 1973 年减少22.40%和61.39%。80 年代中期是烟台市改革开放后经济迅速发展的一個阶段,政府开始对海湾和海岸资源进行有计划的开发利用,因此,这一时期减少的自然岸线主要在套子湾、芝罘湾附近的淤泥质及砂质岸线。

1989—2000 年海岸线净增长了 15.521 km,其中

人工岸线大幅度增长了 32.678 km,年均增长7.14%,主要分布在芝罘岛、养马岛向陆地一侧,其中基岩岸线减少最多,达 17.58 km,比 1989 年减少 33.09%,围海养殖、填海造陆是本时段海岸线变迁的主要影响因素。

2000—2014 年海岸线不断向海洋与陆地双方向推进,总长度净增长了 37.65 km,其中人工岸线增长尤为显著,增长了 42.48 km,年均增长 4.81%,沿海地区交通运输的快速发展、海水养殖区域扩展及夹河生态园的建设是其主要影响因素。

3.2 烟台市近岸土地利用结构动态变化

采用上述方法得到了 1973 年和 2014 年烟台市近岸 5 km 范围内的土地利用空间分布和面积变化情况,见表 3。

表 2 1973—2014 年各类海岸线变迁情况

岸线 类型	长度/km				长度增量/km				变化率/%			
	1973 年	1989 年	2000 年	2014 年	1973—1989 年	1989—2000 年	2000—2014 年	1973—2014 年	1973—1989 年	1989—2000 年	2000—2014 年	1973—2014 年
基岩	41.84	53.14	35.56	28.50	11.31	-17.58	-7.06	-13.33	27.03	-33.09	-19.85	-31.87
砂质	71.60	55.56	56.75	55.90	-16.04	1.19	-0.85	-15.70	-22.40	2.14	-1.50	-21.93
淤泥质	18.16	7.01	6.25	9.33	-11.15	-0.76	3.08	-8.83	-61.39	-10.85	49.26	-48.62
人工	16.46	35.14	67.82	110.29	18.69	32.68	42.48	93.84	113.55	92.99	62.63	570.25
总计	148.05	150.86	166.38	204.02	2.81	15.52	37.65	55.98	1.90	10.29	22.63	19.81

表 3 1973 年、2014 年烟台市近岸土地利用结构变化

土地利用 类型	1973 年		2014 年		1973—2014 年	
	面积/km <sup>2</sup>	所占比例/%	面积/km <sup>2</sup>	所占比例/%	面积/km <sup>2</sup>	变化率/%
林地	87.200	17.26	44.210	7.360	-42.990	-49.300
耕地	130.730	25.87	151.911	25.277	21.179	16.200
水体	1.976	0.39	0.255	0.042	-1.721	-87.095
草地	29.880	5.91	37.981	6.320	8.102	27.116
湿地	38.780	7.66	18.730	3.116	-20.060	-51.712
养殖区	3.450	0.68	10.423	1.734	6.978	202.554
建设用地	213.309	42.21	337.480	56.150	124.170	58.210
总计	505.320	100.00	600.990	100.000	95.660	18.930

注:养殖区从湿地中分离得到。

40 年间土地总面积增长了 95.66 km<sup>2</sup>,沿海开发使海岸线类型转变、长度增加,导致研究区发生偏移,夹河两岸 2014 年比 1973 年多出一部分区域,这是由于转变后的人工岸线向内陆延伸,以此为基准做5 km 缓冲区时,再次向内陆选取了 5 km 区域。由于城市化和经济快速发展,建设用地迅速增加,主要是环海道路的加扩、港口码头的建设以及沿夹河两岸居民地、生态园的扩建,其原有的耕地和林地逐渐转化成建设用地。耕地面积增长量仅次于建设用地,但增长率仅有 16.20%,变化幅度不大。林地面积减少量最多,由 1973 年的 87.20 km<sup>2</sup> 减少到 2014 年的 44.21 km<sup>2</sup>,减少了 49.30%,主要在芝罘区和莱山区周围,大部分转化为建设用地。将养殖区从湿地中提取单独分

析发现,其增长率最高,达到了 202.55%,主要分布在养马岛及金山港周围,由此可知,填海造陆、围海养殖及沿岸生态公园的开发,不仅改变了海岸线的类型,也使沿岸土地结构发生改变并影响近岸土地生态效应,破坏了岛屿海湾的原有景观形态,也使淤泥质岸线发展为人工岸线,是造成湿地及水体面积减少、湿地生态系统遭到破坏的直接和根本原因。

3.3 烟台市近岸土地利用变化的生态效应分析

依据表 1、表 3 和公式(1)计算出 1973 年和 2014 年烟台市距离海岸线 5 km 范围内土地利用类型的生态系统服务价值及贡献率(表 4)。

由表 4 可见,研究区的 ESV 呈下降趋势,由 1973 年的 481.74 万元下降至 2014 年的 323.10 万元,40 年间减

少了 158.64 万元,减少幅度达 32.93%,主要是由于近年来大规模的海洋开发活动和城市化建设导致生态系统服务功能价值较高的湿地、林地等用地类型减少而建设用地大幅增加造成的。

表 4 1973 年和 2014 年烟台市近岸土地利用类型生态服务价值(ESV)及构成变化

土地利用 类型	1973 年		2014 年		1973—2014 年生态服务价值	
	ESV/10 <sup>4</sup> 元	所占比例/%	ESV/10 <sup>4</sup> 元	所占比例/%	ESV 增减量/10 <sup>4</sup> 元	变化率/%
林地	168.59	35.00	85.47	26.45	−83.12	−49.30
耕地	56.75	11.78	65.95	20.41	9.19	16.20
水体	8.04	1.67	1.04	0.32	−7.00	−0.87
草地	19.14	3.97	24.33	7.53	5.19	27.12
湿地	215.20	44.67	103.91	32.16	−111.28	−51.71
养殖区	14.01	2.91	42.40	13.12	28.38	202.56
总计	481.74	100.00	323.10	100.00	−158.64	−32.93

在各类生态用地类型中,单位面积 ESV 最高的是湿地,为 55 489 元/(hm<sup>2</sup> · a),且湿地在两个时期的 ESV 贡献率也最高,1973 年为 215.20 万元,占生态总价值的 44.67%,2014 年为 103.91 万元,占生态总价值的 32.16%,充分说明了湿地在生态系统功能服务方面的重要性。但从 ESV 的损失来看,湿地的损失量也是最大的,2014 年比 1973 年减少了 111.28 万元,损失幅度达 51.71%,占 EVS 总损失量的 55.25%。将养殖区从湿地中分离出来单独计算其面积和 ESV 可以看出,湿地面积减少、ESV 亏损与养殖区面积增加、ESV 获益密切相关,因此养殖区的大面积开发和不合理占用是滨海湿地减少的直接原因。

林地提供的 ESV 仅次于湿地,但也呈大幅减少的趋势,2014 年为 85.47 万元,比 1973 年减少了 83.12 万元,价值损失量达 49.30%,占 EVS 总损失量的 41.17%。

耕地提供的 ESV 仅次于湿地和林地,且呈上升趋势,由 1973 年的 56.75 万元提高到 2014 年的 24.33 万元,对 ESV 的贡献率也由 1973 年的 11.78% 上升到 2014 年的 20.14%。根据烟台市土地利用调查数据可知,在 1980s—1990s,耕地面积一度迅速减少,造成人均耕地面积少,耕地后备资源不足。进入 21 世纪,国家加强了耕地保护政策,2006 年烟台市颁布了《2006—2020 年烟台市土地利用总体规划》,提出了加强对耕地尤其是基本农田的保护,加大补充耕地力度,严格控制非农建设占用耕地。在政策的推动下,耕地面积有所增加,ESV 逐步增长。

综上所述,湿地、林地面积萎缩是造成烟台市近岸生态系统服务价值降低的主要原因。

4 结 论

(1) 烟台市海岸线在 1973—2014 年的 40 年间时空异质性变化显著,主要体现在海岸线长度、形态和类型 3 个方面。其中长度变化波动较大,前 10 年增长幅

度较缓,中后期随着改革开放对沿海的开发力度加大,岸线呈持续增长趋势,大量自然岸线转变为人工岸线,岸线迁移方向表现为人工岸线向海迁移,其他岸线均向陆地迁移。导致海岸线迁移的主要因素是人类活动的影响,包括沿海交通运输的发展、大规模的填海造陆和围海养殖、对沿海地区基础设施建设不合理以及农林业的产业结构调整等。其次局部区域是沿岸海水侵入、侵蚀与堆积等自然因素造成的。

(2) 从近海岸地区的土地类型分布可以看出,人类活动在改变岸线类型的同时也在改变近岸的土地利用类型。受人为干扰强的建设用地、耕地相对演变规律较简单,而自然性较强的草地、林地、水体及湿地,包括养殖区在人类活动干扰下变化随机复杂。40 年间,经济和城市化快速发展,海岸线土地利用模式是以建设用地和耕地为主,其他用地类型为斑块镶嵌体的景观结构模式。土地类型空间分布的均衡性和空间占据能力表现出一定正相关关系,空间占据能力越强,空间分布则越均匀。随着烟台市工业化和城镇化向纵深发展,沿海岸线区土地利用结构和空间形态持续发生变化,其中养殖业的快速发展使湿地和水体大量向养殖区转化,养殖区的面积增长了 2 倍多。随着沿海开发热潮的兴起,海洋经济成为未来经济发展的重要方向,关注海岸带开发现状,优化国土资源空间开发格局,控制开发力度,合理调整空间结构是生态文明建设的必然选择。

(3) 土地利用类型的变化影响和驱动着土地生态服务价值的变动,虽然 40 年间土地面积增长了 95.661 km<sup>2</sup>,但生态服务价值却损失了 158.636 万元,主要是由于近年来大规模的海洋开发活动和城市化建设导致生态系统服务功能价值较高的湿地、林地等生态用地类型减少而建设用地大幅增加造成的。因此,不能只追求社会经济发展而忽略了自然生态系统价值,经济发展要以各系统服务价值平衡持续发展为原则,否则会导致对生态系统无节制利用而造成更严重

的灾害,也会导致物质生产功能下降,经济发展缓慢。

根据上述研究结果,建议烟台市合理规划建设用地,继续实施退耕还林还草战略,提高森林覆盖率,减少水土流失,控制耕地和湿地的减少速度,防止优质耕地流失,对于涸的受破坏的湿地进行适当恢复和有效重建,促进资源和经济的可持续发展。

参考文献:

[1] 马小峰,赵冬至,张丰收,等. 海岸线卫星遥感提取方法研究进展[J]. 遥感技术与应用,2007,22(4):575-580.

[2] 杨英力. 利用卫星影像判绘海岸线[J]. 海洋测绘,2004,24(3):49-51.

[3] 高义,王辉,苏奋振,等. 中国大陆海岸线近 30 a 的时空变化分析[J]. 海洋学报:中文版,2013,35(6):31-42.

[4] 宫立新,金秉福,李健英. 近 20 年来烟台典型地区海湾海岸线的变化[J]. 海洋科学,2008,32(11):64-68.

[5] 刘荣,高敏华,谢峰. 基于 Logistic 回归模型的土地利用格局模拟分析:以新疆吐鲁番市为例[J]. 水土保持研究,2009,16(6):74-78.

[6] 吴桂平. 不同尺度转换方式对土地利用格局模拟的影响效应研究[J]. 水土保持研究,2010,17(5):75-79.

[7] 陶明刚. Landsat-TM 遥感影像岸线变迁解译研究:以

九龙江河口地区为例[J]. 水文地质工程地质,2006,33(1):107-110.

[8] 柯丽娜,王权明. 基于 RS 的辽宁省海岸线 1990—2005 年动态变化及驱动力分析[J]. 海洋开发与管理,2012,29(7):54-56.

[9] 李猷,王仰麟,彭建,等. 深圳市 1978 年至 2005 年海岸线的动态演变分析[J]. 资源科学,2009,31(5):875-883.

[10] 罗章仁. 香港填海造地及其影响分析[J]. 地理学报,1997(3):220-227.

[11] 朱高儒,许学工. 填海造陆的环境效应研究进展[J]. 生态环境学报,2011,20(4):761-766.

[12] 孙美仙,张伟. 福建省海岸线遥感调查方法及其应用研究[J]. 台湾海峡,2004,23(2):213-218.

[13] 马小峰,赵冬至,邢小罡,等. 海岸线卫星遥感提取方法研究[J]. 海洋环境科学,2007,26(2):185-189.

[14] 张景奇. 遥感图形应用处理与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2002.

[15] Costanza R. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997,387(15):253-260.

[16] 谢高地,鲁春霞,冷允法,等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报,2003,18(2):189-196.



(上接第 321 页)

[14] Donnelly S. Land-use portfolios and the management of private landholdings in south-central Indiana [J]. Regional Environmental Change, 2011,11(1):97-109.

[15] 汪明霞,朱志锋,刘凡,等. 江汉平原不同土地利用方式下农田土壤有机碳组成特点[J]. 水土保持研究,2012,19(6):24-28.

[16] 刘占仁,王立志. 不同土地利用方式对土壤养分及肥力的影响[J]. 水土保持研究,2012,19(6):72-76.

[17] 沈艳,傅瓦利,蓝家程,等. 岩溶山地不同土地利用方式土壤颗粒有机碳和矿物结合态有机碳的分布特征[J]. 水土保持研究,2012,19(6):1-6.

[18] 陈毛华,徐阳春. 蚓粪与猪粪堆肥配合对腐殖质组成变化和产量的影响[J]. 华北农学报,2014,29(2):233-238.

[19] 崔婷婷,窦森,杨铁因,等. 秸秆深还对土壤腐殖质组成和胡敏酸结构特征的影响[J]. 土壤学报,2014,51(4):718-725.

[20] 宋希娟,王克林,刘淑娟,等. 桂西北喀斯特地区不同土地利用方式土壤的有机碳含量及养分特征[J]. 湖南农

业大学学报:自然科学版,2013,39(6):655-659.

[21] Qiu L P, Zhang X C, Cheng J M. Effects of land-use type on soil organic matter and carbon management index in Ziwuling area [J]. China Environmental Science, 2009,29(1):84-89.

[22] Saikh H, Datta M, Gupta S K. The soil humin carbon and its indication of humification [J]. Journal of the Indian Society of Soil Science, 1999,47(4):710-715.

[23] 蔡峰,刘泽功,林柏泉,等. 淮南矿区煤矸石中微量元素的研究[J]. 煤炭学报,2008,33(8):892-897.

[24] 刘景,吕家珑,徐明岗,等. 长期不同施肥对红壤 Cu 和 Cd 含量及活化率的影响[J]. 生态环境学报,2009,18(3):914-919.

[25] 王飞,赵立欣,沈玉君,等. 华北地区禽畜粪便有机肥中重金属含量及溯源分析[J]. 农业工程学报,2013,29(19):202-208.

[26] 朱泉雯. 重金属在猪饲料—粪污—沼液中的变化特征[J]. 水土保持研究,2014,21(6):284-289.