

崔妍, 于迪, 郝义, 等. 日照滨海地区岸线和土地利用演变研究 [J]. 海洋地质与第四纪地质, 2022, 42(3): 76-86.

CUI Yan, YU Di, HAO Yi, et al. Study on coastline changes in the Rizhao area for the past 30 years and their bearing on land use [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2022, 42(3): 76-86.

日照滨海地区岸线和土地利用演变研究

崔妍¹, 于迪¹, 郝义², 种衍飞², 冯英明², 李广雪¹, 张蕾¹, 杨帆², 臧浩²

1. 中国海洋大学海底科学与探测技术教育部重点实验室, 青岛 266100

2. 山东省煤田地质局第一勘探队, 青岛 266427

摘要: 海岸带地区是日照市旅游资源的主要汇集地, 承担着日照经济文化发展的中心任务。本文选取 1988、2000、2011、2018 年 4 期的夏季 Landsat 影像, 对日照海岸带地区岸线多样性指数和岸线变化速率进行分析, 采用最大似然法对海岸带地区土地利用进行监督分类研究, 探究日照海岸带近 30 年来土地利用演变。研究表明, 日照市在 1988—2018 年间岸线长度显著增加, 人工岸线年均增长率为 2.35 km/a, 而砂质岸线长度显著减少, 年均减少率为 0.56 km/a; 总体上岸线以向海扩张为主, 扩张最剧烈的地区为日照港和岚山港。日照东港区和岚山区耕地面积基本保持不变; 建设用地面积大幅增加, 林地面积大幅减少, 而水体和未利用地总体面积保持稳定, 人类的建设活动是驱动日照滨海地区岸线与土地利用现状演变的最主要因素。本研究结果可为日照海岸带可持续开发利用以及城市未来规划决策提供依据。

关键词: 岸线; 驱动力; 土地演变; 日照市

中图分类号: P736

文献标识码: A

DOI: 10.16562/j.cnki.0256-1492.2021.112701

Study on coastline changes in the Rizhao area for the past 30 years and their bearing on land use

CUI Yan¹, YU Di¹, HAO Yi², CHONG Yanfei², FENG Yingming², LI Guangxue¹, ZHANG Lei¹, YANG Fan², ZANG Hao²

1. Key Laboratory of Submarine Sciences and Prospecting Techniques, MOE, Ocean University of China, Qingdao 266100, China

2. The First Exploration Team of Shandong Coalfield Geologic Bureau, Qingdao 266427, China

Abstract: The Rizhao coastal zone is a place rich in tourist resources, which play important roles in economic and cultural development of the Rizhao city. In this paper, four sets of summer Landsat images in the years of 1988, 2000, 2011 and 2018 are collected for visually interpretation, and the coastline of Rizhao coastal zone is classified according to the diversity index of coastline type and the change rate of the coastline. The maximum likelihood method is adopted to explore the changes in land use in the Rizhao coastal zone for the past 30 years. The results suggest that the length of Rizhao coastline is significantly increased from 1988 to 2018 at an artificial growth rate of about 2.35 km/a, while the length of sandy coastline, on the other side, is decreased at an average rate of 0.56 km/a. The coastline mainly moves toward the sea and most of the intensely expanded areas are closed to the Rizhao Port and Lanshan Port. The cultivated land area of Donggang District and Lanshan District, the overall area of water body and the unused land remain basically unchanged. The construction land is significantly increased in the past 30 years, while the forest land decreased drastically. Human construction activities are doubtlessly the main factor that influence the evolution of coastline and land utilization in Rizhao coastal area. The results of this study may be used to promote the sustainable development and rational utilization of Rizhao coastal zone in future urban planning and policy-making.

Key words: coastline; driving force; land evolution; Rizhao city

日照市位于黄海之滨, 是山东省东南部的港口城市, 陆地面积为 5310 km², 海洋面积为 6000 km²。日照市海岸线总长大约 168.5 km, 岸线最北端始于白马河口, 最南段为苏鲁交界处的绣针河口。其海

岸带位于黄海中部, 属基岩岬角间隔的砂质海岸^[1], 拥有岚山港、日照港组成的日照港口群与佛手湾、石臼湾两大天然港湾, 海洋资源丰富, 开发利用潜力巨大。

资助项目: 山东省自然资源厅 2020 年度省级地质勘查项目“日照市桃花岛及周边海域综合地质调查”[鲁勘字(2020)55 号]; 山东省自然资源厅项目“山东省日照市海洋牧场示范区海底沉积物地球化学调查”[鲁勘字(2019)51 号]; 山东省煤田地质局 2019 年度科研专项奖励基金“日照市海岸带沙滩资源现状与保护对策研究”[鲁煤地科字(2019)5 号]; 山东省泰山学者计划(GXLI)

作者简介: 崔妍(1995—), 女, 硕士研究生, 主要从事对地观测研究, E-mail: cui_yan1109@foxmail.com

通讯作者: 于迪(1997—), 女, 博士研究生, 海洋地质专业, E-mail: yuayu@stu.ouc.edu.cn

收稿日期: 2021-11-27; **改回日期:** 2021-12-08. 文凤英编辑

海岸线变化特征包括长度消长、形态演化、位置变迁以及利用类型转移等,常进行定性分析,或基于一些简单统计量如岸线长度、海陆域面积、分型维数、变化速率等进行定量分析。毋亨基于遥感影像与地形图资料提取了 1940s 起 6 个时相的中国大陆岸线数据,系统研究了 70 年间中国大陆海岸线长度、形态、类型等变化特征,并结合社会发展分析了其主要驱动因素^[2]。张云等提取中国大陆 20 世纪 90 年代以来海岸线,指出中国海岸线的分形维数变化趋势与海岸线长度变化均呈线性增长^[3]。其他学者也从岸线长度、形态、时空演变等角度做了大量研究^[4-6]。海岸线位置变化的定量研究在岸线研究领域有十分重要的地位,基于岸线线性变化假设的简单模型法主要有基线法^[7-9]、多重缓冲区分法^[10]、动态分隔法^[11]等。基于岸线变化为非单调线性的复杂模型分析主要是局部模拟法^[12]。

21 世纪初,庄振业等对鲁南海岸侵蚀情况的定量研究得出此地区岸线平均蚀退率为 1 m/a 的结论,其主要原因是采砂和陆源输沙量的减小^[13]。吕京福等采用端点法、平均速率法、线性回归法和折剪法等手段研究了日照市的两个海岸段在同一历史时期的岸线变化速率,注意到人类活动对岸线的变迁有重要作用^[14]。李振函等对日照市海岸带地区的地下水特征进行了分析,总结了海水入侵情况并提出了初步治理方案^[15]。

乔庆伟等通过土地利用类型的变迁探究其对日照市环境的影响^[16]。雷士芬等基于 2003 年至 2012 年日照市土地利用数据,选取了 22 个经济社会指标,得出经济社会发展、人口及土地政策等是驱动土地利用变迁的主要因素^[17]。邓海清等对 2011 年和 2013 年间日照市的主要土地利用类型数量变化、土地利用动态度和土地利用类型之间的转移特征进行了研究,分析得出日照市土地利用类型转化的主要原因是城市化加快、经济水平的提高以及人口增长的结论^[18]。乔芳敏以日照市东港区 4 期 Landsat 影像为数据源,对东港区的土地利用转移以及其影响因素进行了研究^[19]。除土地利用外,徐文阳等^[20]、孙慧^[21]、张萌^[22]用景观生态学的方法,探究了日照市海岸带景观格局的演变。总之,利用长时间遥感资料研究日照市土地利用及其变迁的研究工作比较缺乏,有待于进一步研究。

1 数据与方法

结合研究区实际情况,本文将日照市东港区和

岚山区两个临海的完整行政区定义为滨海地区,以便于本研究中岸线和土地利用的统计计算,也使得研究结果更适用于地方部门的管理与应用。

1.1 岸线分析

选取 1988、2000、2011、2018 年 4 期秋季 Landsat TM 和 OLI 影像(表 1),在对影像进行大气校正、镶嵌和几何精校正等预处理之后,结合日照市海岸带的实际情况,建立岸线分类体系(图 1),提取日照市四期岸线数据。以海岸线是否仍具有自然属性为依据,将岸线分为自然岸线和人工岸线(辅助岸线为垂直于海岸线走向的线状坝,下文中未计入岸线总长度),并依据日照市的岸线具体特征,将自然岸线划分为基岩岸线、砂质岸线、河口岸线和淤泥质岸线,将人工岸线划分为港口码头岸线、养殖围堤岸线 and 建设围堤岸线。提取 4 期岸线中各类岸线的长度信息,对日照市海岸线时空变化进行分析(图 2)。结合山东省煤田地质局第一勘探队《日照市海岸带海滩演变研究》项目的实测沙滩剖面数据资料,进一步研究 30 年多来日照市岸线的长度变化以及各类型岸线的空间分布特征,并结合岸线利用程度综合指数,分析日照市岸线结构以及多样性演变的控制因素。

岸线利用程度综合指数(ICUD, Index of Coastline Utilization Degree)是结合日照市海岸带的具体特征,按照人类活动的影响程度为各类型岸线赋予的综合指数^[2](公式 1):

$$ICUD = \sum_{i=1}^n (A_i \times C_i) \times 100$$

(1)

其数值越大,表明研究区该段岸线被人类改造的越彻底,修复回归自然岸线的可能性越小。其中, n 为岸线类型数, A_i 代表第 i 类岸线受到人为干

表 1 卫星数据列表
Table 1 The list of satellite data used

序号	成像日期	卫星	传感器	轨道号	地面分辨率/m
1	1988-10-09	Landsat5	TM	P120r35	30
2	1988-10-09	Landsat5	TM	P120r36	30
3	2000-09-16	Landsat7	ETM+	P120r35	30
4	2000-09-16	Landsat7	ETM+	P120r36	30
5	2011-10-07	Landsat7	ETM+	P120r35	30
6	2011-10-07	Landsat7	ETM+	P120r36	30
7	2018-10-12	Landsat8	OLI_TIRS	P120r35	30
8	2018-10-12	Landsat8	OLI_TIRS	P120r36	30

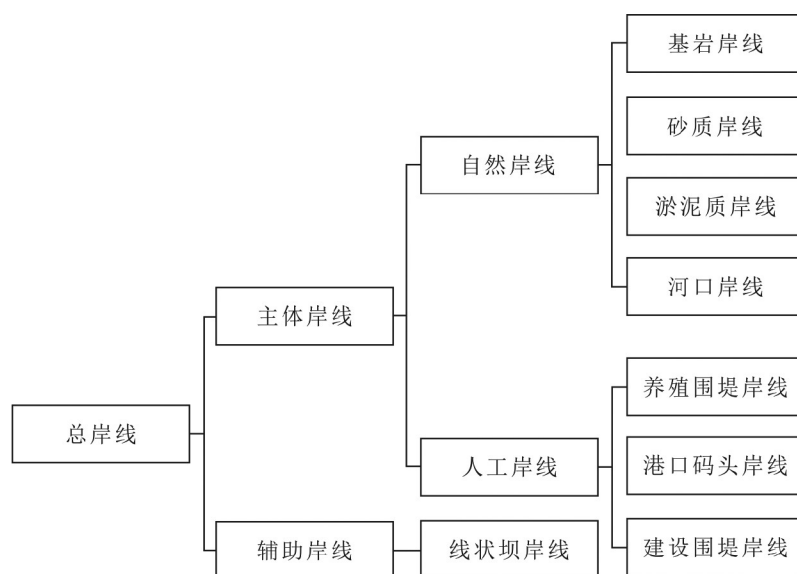


图 1 日照市岸线分类图

Fig.1 Coastline classification of Rizhao City

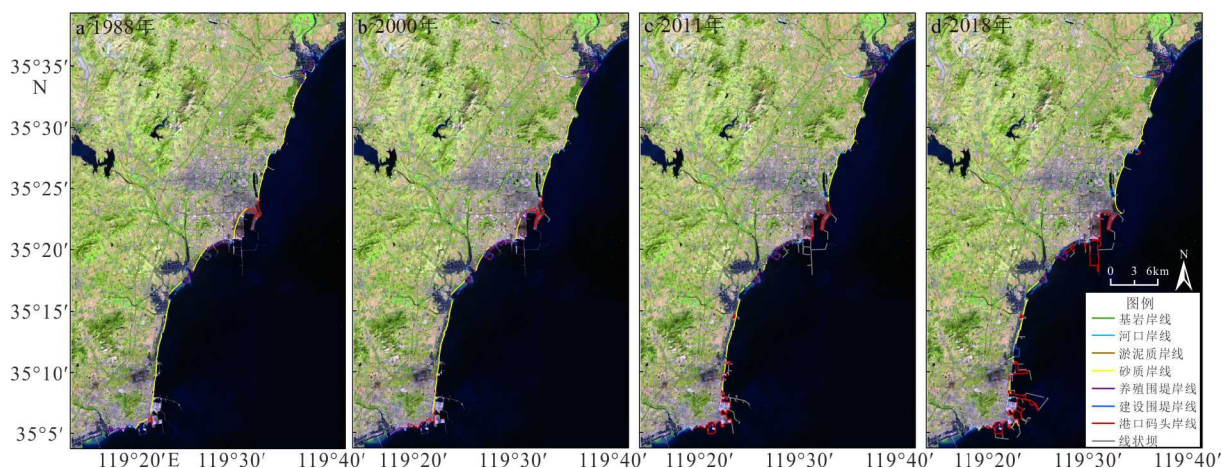


图 2 日照市海岸带 4 期岸线类型与分布

Fig.2 Types and distribution of Rizhao coastline for four periods

扰的强度, C_i 代表第 i 类岸线的百分比。在日照地区, 自然岸线的利用程度综合指数均为 1, 人工岸线中养殖围堤岸线的指数为 2, 而建设围堤岸线和港口码头岸线的指数为 3。基于面积法分析 1988—2018 年 30 年间以及 1988—2000 年、2000—2011 年和 2011—2018 年 3 个时间段内日照市因岸线变迁导致的陆地面积变化, 研究人类活动对海岸带陆地面积的影响。构建平行于日照市海岸带的基线并垂直于基线建立断面, 计算 1988—2018 年 30 年间以及 1988—2000 年、2000—2011 年和 2011—2018 年 3 个时间段的端点位置变化速率, 研究日照市岸线变化的时空特征。

1.2 土地利用分析

遥感图像的监督分类是指依据各类地物标识

的不同特征选择样本, 利用计算机分辨影像中不同地物的样本特征, 按照空间信息、光谱信息等划分规则将图像中的像元划分成不同的类别, 并与地物信息一一对应, 从而实现遥感图像中地物的分类^[23]。基于监督分类方法, 将土地利用类型划分为耕地、林地、建设用地、水体和未利用地 5 种类型。

对于不同年份遥感图像中海岸线的确定, 在缺乏潮位资料的前提下, 平均高潮线法是利用遥感手段进行海岸线监测最切实可行的方法, 能够满足对海岸线观测分析的精度要求。平均高潮线一般介于高潮滩和中潮滩之间, 由于潮滩物质成分的差异及暴露水上的时间不同而导致含水量不同, 其光谱特征差异明显。由于 TM(band 1) 对水体穿透力强, 同时 OLI 传感器新增波段海蓝波段(band 1) 主要应用海岸带观测, 因此 TM 741、OLI 751 波段组合均

能够清楚地区分海岸信息^[24]。为了减轻岸线变迁对水体面积和转化面积的影响, 本文选取 2018 年解译的岸线作为临海一侧的边界线。

采用土地利用类型的变化趋势和状态指数反映不同时期不同土地类型的面积及其之间的转化信息, 得到土地利用类型转移矩阵, 分析了 1988—2000 年、2000—2011 年和 2011—2018 年 3 个时间段的土地利用变化状况及 30 年演变特征。

土地利用程度综合指数 ILUD (Index of Land Utilization Degree) 是结合日照市海岸带的具体特征, 按照人类活动的影响程度为各类型土地赋予的不同人力作用强度指数^[2]:

$$ILUD = \sum_{i=1}^n (A_i \times C_i) \times 100 \quad (2)$$

其数值越大, 表明研究区该类型的土地被人类改造的越彻底, 演变成为自然土地类型的可能性越小。其中, n 为土地类型数, A_i 代表第 i 类土地受到人为干扰的强度, C_i 代表第 i 类土地的百分比。在日照地区, 未利用地与水体利用程度综合指数为 1, 林地指数为 2, 耕地指数为 3, 建设用地指数为 4。

2 日照市岸线演变特征

2.1 日照市岸线空间结构变化分析

1988、2000、2011 和 2018 年日照市海岸线总长度分别为 92.14、102.73、117.45、158.84 km, 岸线曲折程度不断增加, 导致海岸线长度持续增长(表 2)。1988—2018 年共 30 年间, 日照市人工岸线长度和占比都逐年增长, 人工岸线占比由 38.24% 增长至 74.57%。

日照市的自然岸线以砂质岸线为主, 其长度在 1988—2011 年处于持续减少的状态, 只在 2011—2018 年有 3.40% 的小幅度回升, 主要是南部岚山港处淤积形成沙滩所致。

日照市的人工岸线以港口码头岸线变化最为剧烈。1988—2018 年日照市港口码头岸线急剧增加, 由 1988 年的 10.67 km 增长到 2018 年的 81.15 km, 增长幅度达 661%, 年平均增长速率为 2.35 km/a (表 3)。

为更好地衡量研究区岸线演变的趋势和程度, 选取岸线类型多样性指数(ICTD)作为指标, 其计算方法为^[2]:

$$ICTD = 1 - \sum_i^n L_i^2 / (\sum_i^n L_i)^2 \quad (3)$$

表 2 1988—2018 年日照市岸线长度分类统计
Table 2 Length of Rizhao coastline from 1988 to 2018

		km			
		1988年	2000年	2011年	2018年
自然岸线	基岩岸线	1.79	1.92	1.67	1.74
	砂质岸线	49.87	42.95	31.56	32.89
	河口岸线	0.88	1.08	1.03	1.10
	淤泥质岸线	4.37	4.87	4.88	4.67
	小计	56.91	50.82	39.14	40.40
人工岸线	养殖围堤岸线	18.45	28.37	19.26	16.47
	港口码头岸线	10.67	19.47	45.10	81.15
	建设围堤岸线	6.12	4.07	13.96	20.82
	小计	35.23	51.91	78.31	118.44
总计		92.14	102.73	117.45	158.84
自然岸线拥有率/%		61.76	49.47	33.32	25.43

表 3 1988—2018 年日照市岸线年平均变化速率
Table 3 Average annual change rate of Rizhao coastline from 1988 to 2018

		km/a			
		1988—2000年	2000—2011年	2011—2018年	1988—2018年
自然岸线	基岩岸线	0.010	-0.023	0.010	-0.002
	砂质岸线	-0.577	-1.035	0.190	-0.566
	河口岸线	0.017	-0.005	0.010	0.007
	淤泥质岸线	0.042	0.001	-0.030	0.010
人工岸线	养殖围堤岸线	0.827	-0.828	-0.398	-0.066
	港口码头岸线	0.733	2.330	5.151	2.350
	建设围堤岸线	-0.170	0.899	0.980	0.490

注: 负值表示岸线后退或减少; 正值表示岸线前进或增加。下同。

式中, n 为岸线类型的数量, L_i 为第 i 种类型岸线的长度。ICTD 接近于 0, 表示研究区岸线结构复杂程度较低, 多样性不高; ICTD 接近于 1, 表示区域内岸线结构复杂程度较高, 多样性就高。因此, 当研究区岸线类型较少或者某一种岸线长度占比过大时, 岸线结构均衡性降低, 表明岸线结构健康度较低。

30 年间, 岸线的多样性指数在 1988—2000 年、2000—2011 年、2011—2018 年间呈现先增后减的趋势(图 3)。1988 年, 日照市岸线以砂质岸线为主, 占比达 54.13%, 岸线结构不均衡, 多样性指数为 0.65; 2000 年, 砂质岸线占比下降, 养殖围堤岸线和港口码头岸线占比增长显著, 岸线结构较 1988 年更为均衡, 岸线多样性指数也增至 0.71; 2011 年, 砂质岸线占比持续下降, 同时建设围堤岸线占比超过

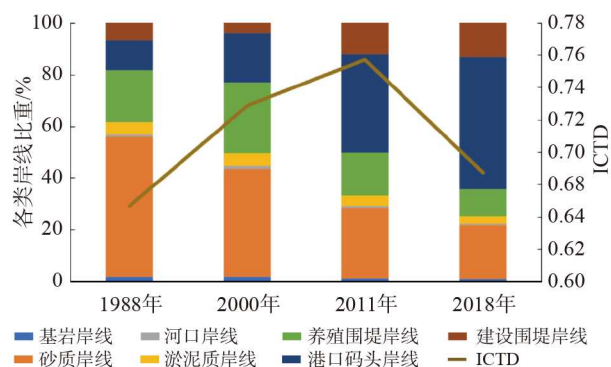


图3 日照市岸线结构以及多样性变化

Fig.3 The change of structure and diversity of Rizhao coastline

10%，港口码头岸线占比上升，岸线多样性基本保持不变，多样性指数为0.72；至2018年，港口码头岸线占比达51.09%，岸线结构失衡，岸线多样性指数下降至0.67。由岸线多样性指数的变化以及港口码头岸线和建设围堤岸线占比的上升可知，人类活动是岸线多样性变化的主要原因，人类社会经济发展的需求是岸线结构变化的主要驱动力。

2.2 陆地进退面积和岸线端点速率变化分析

海岸线及陆地面积的变化反映了人类活动对海岸带的影响以及砂质岸线的蚀退。1988—2018年，日照市岸线向海前进面积远大于向陆后退面积，向海前进区域主要分布于日照港和岚山港的人工建筑（包含港口码头和建设围堤，如图4），向陆后退区域则分布于河口和砂质岸线；因养殖围堤岸线扩张形成的港池面积总计2.532 km²，分布在日照岸线北段白马河口的养殖池以及岸线中段傅瞳河口北部。

日照市陆地前进面积在1988—2018年间增长明显，主要分布于日照港以及岚山港（包含建设围堤、港口码头和人造沙滩等），后退面积总体较小，主要分布于砂质海岸、河口、养殖围堤和废弃的养殖池等。这一变化在2011—2018年间尤为明显：日照市陆地向海前进面积约为15.572 km²，向陆后退面积仅为0.838 km²，这说明砂质海岸的蚀退和人类对于海岸线的建设和改造活动是日照市陆地面积变化的原因。

1988—2018年间，日照市岸线总体变化趋势以向海前进为主（图5），前进岸线的比例达65.55%。其中前进速率较大的断面分布于日照港（109-127号断面，图5d）以及岚山港（13-30号断面、42-46号断面和50-53号断面，图5a-c），由遥感图像上可确定岸线前进速率较大的区域位于港口码头以

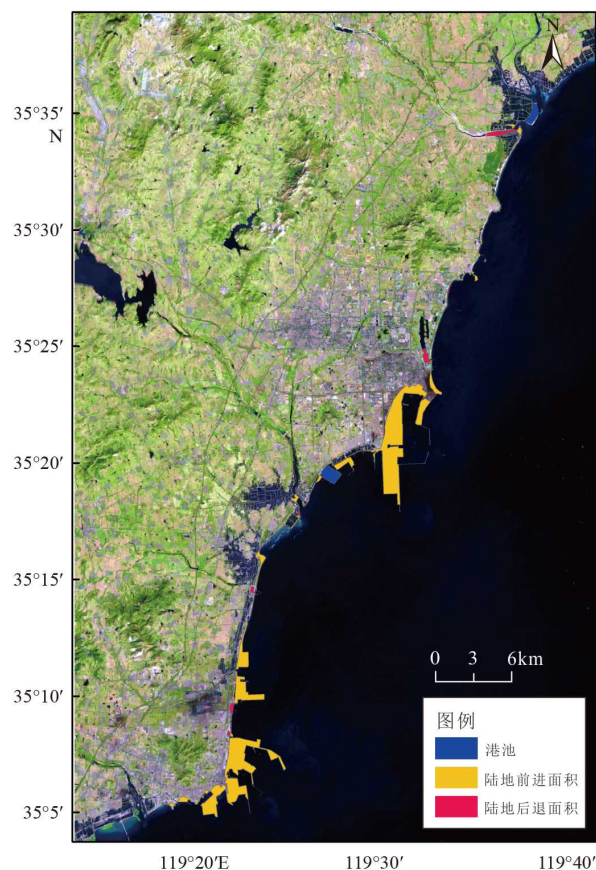


图4 1988—2018年日照市陆地面积变化图

Fig.4 Land area change of Rizhao from 1988 to 2018

及建设围堤处。后退断面占比为34.45%，分布于少数砂质岸线、白马河河口（图5e）以及废弃的养殖池区域，岸线后退速率最大值可达82.49 m/a。30年间，日照市海岸线向海前进的平均速率为17.67 m/a，向陆后退的平均速率为6.26 m/a。

3 土地利用结构变化分析

按照自然科学的意义来说，海岸带是海洋向陆地过渡的区域，但在本研究中，以日照市东港区和岚山区两个滨海行政区内的海岸带为整体探讨范围；以两个行政区域内的耕地、林地、建设用地和水体面积等土地类型，作为探讨陆域土地利用变化的范围，以便从实际应用角度上为当地管理部门提供参考。

由图6和图7可知，1988—2018年东港区和岚山区土地利用的整体特征表现为：耕地面积基本未变，建设用地面积大幅度增加，达343.23 km²；林地面积减幅超过50%，水体和未利用地变化幅度不大，总体面积稳定。耕地、林地及建设用地三者间的相互转化贯穿整个研究阶段，建设用地面积处于

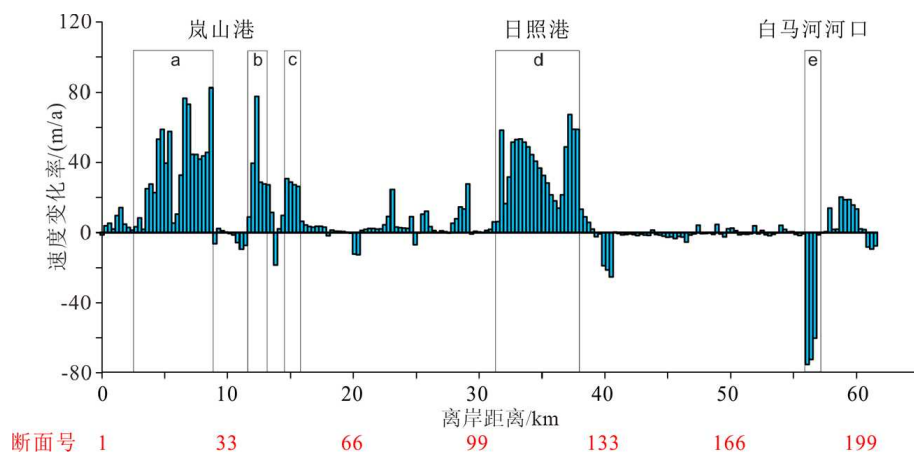


图 5 1988—2018 年日照岸线端点速率变化

离岸距离表示基线由南向北的距离, 基线长 6.21×10^5 m, 共 208 个断面, 断面起点为山东与江苏交界处的绣针河口, 终点为白马河口, 断面间隔为 300 m, 沿基线由南向北标号为 1—208; a—e 为 5 个典型的端点速率变化区域。

Fig.5 The change rate of coastline endpoints from 1988 to 2018

The offshore distance refers to the distance from south to north of the baseline, which is 6.21×10^5 m long with a total of 208 transects. The starting point of the transect is Xiuzhen River Estuary at the junction of Shandong Province and Jiangsu Province, and the north end is Baima River Estuary. The transects are separated by 300 m and are labeled 1-208 from south to north. The area a, b, c, d and e are five typical regions of endpoint rate variation.

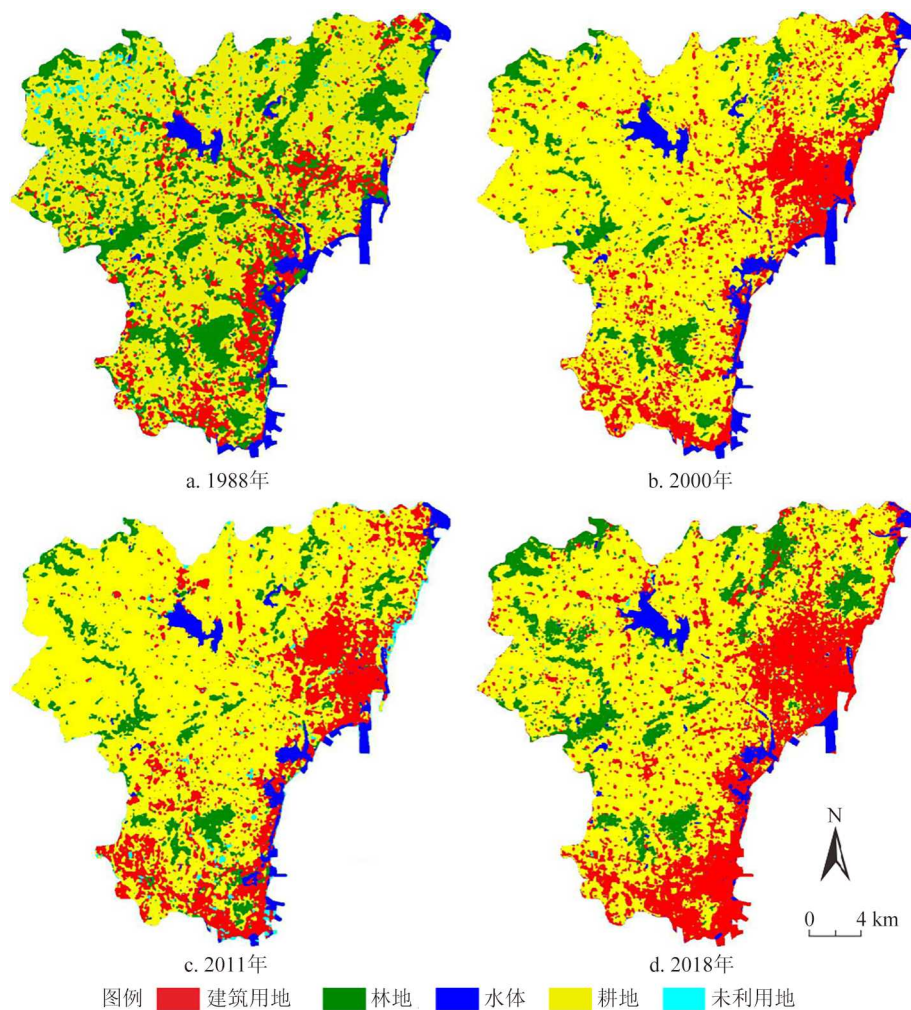


图 6 日照市 4 期土地利用类型图

Fig.6 The land utse in Rizhao for the four periods

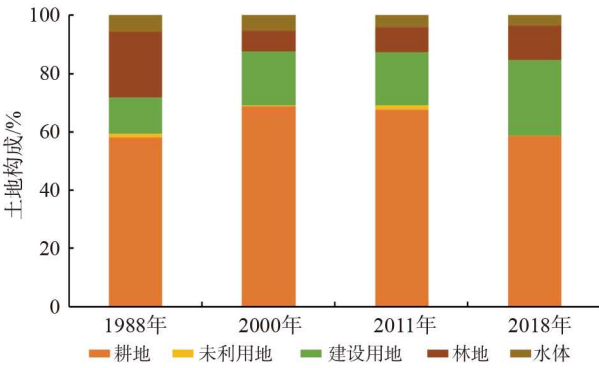


图 7 1988—2018 年土地利用结构变化

Fig.7 The structural changes in land use from 1988 to 2018

持续增加的状态,其主要来源为耕地转化;而林地与建设用地和耕地的转化则处于此消彼长的发展状态中。

3.1 各阶段土地利用结构转化

1988—2000 年、2000—2011 年和 2011—2018 年 3 个时段中,各类型土地均发生了相互转化的现象。

耕地面积先是在 1988—2000 年呈现小幅度增长,随后在 2000—2011 年和 2011—2018 年两个阶段中均有小幅度下降。整体来看,耕地主要与林地以及建设用地相互转化,1988—2000 年增长的耕地面积主要来源于林地,转出面积为 184.4 km²,主要转化为建设用地。2000—2011 年,耕地面积变化不大,主要转化为建设用地以及林地,转化面积分别为 129.65 和 53.03 km²,同时有 126.64 km² 的建设用地和 31.76 km² 的林地转化为耕地,整体上实现了动态平衡。2011—2018 年,耕地面积继续减小,但幅度不大,减小的耕地主要转化为建设用地以及林地,面积分别为 162.95 和 99.55 km²,占 2011 年耕地面积的 12.72% 和 7.77%。同时 81.27 km² 的建设

用地和 20.27 km² 的林地转化为耕地。建设用地的面积在 1988—2000 年有大幅度上升,面积增幅达 49%,增加面积主要来自耕地的转化,2000 年建设用地的总面积为 349.37 km²,耕地转化面积占比 52.78%。2000—2011 年和 2011—2018 年,建设用地面积均有下降,主要是与耕地的相互转化,其中 2000—2011 年与耕地相互转化的面积基本相同,2011—2018 年转为耕地的面积达 81.27 km²,耕地转入的面积为 162.95 km²,耕地转入面积占 2018 年建设用地面积的 33.41%。

林地面积在 1988—2000 年下降了约 40%,在 2000—2011 年和 2011—2018 年则分别增长了约 40% 和 42%。1988—2000 年,林地面积下降的主要原因是转出为耕地和建设用地,而 2000—2011 年和 2011—2018 年林地增加面积的来源主要为耕地,2011 年和 2018 年分别有 32.96% 和 44.12% 的林地来自于耕地的转化。3 个时段林地的主要转出类型均为耕地和建设用地。

水体面积在 1988—2000 年、2000—2011 年和 2011—2018 年均有所下降,3 个时段中未转出面积分别为 80.16%、87.92%、73.76%,转出的面积占比不大。转出类型主要为耕地和建设用地。未利用地整体面积较小,主要于于建设用地以及耕地相互转化。

3.2 1988—2018 年土地利用结构的转化

结合表 4 和图 8 可得,1988—2018 年日照市东港区及岚山区的各类土地之间的转化情况为:

(1)土地利用的整体特征:耕地面积基本未变;建设用地面积增加 343.23 km²;林地面积大幅减小,减幅超过 50%,水体和未利用地面积也略有减小。

(2)耕地、林地、建设用地三者间的相互转化贯穿整个研究阶段,并最终反映在 1988—2018 年的

表 4 1988—2018 年土地利用面积转移矩阵
Table 4 Conversion of the land use areas from 1988 to 2018

1988年	2018年					
	耕地	建设用地	林地	水体	未利用地	总计
耕地	828.32	224.25	40.66	5.32	2.21	1100.75
建设用地	120.07	107.06	2.56	4.33	0.44	234.46
林地	140.41	104.21	180.55	5.10	0.31	430.57
水体	4.50	50.68	0.45	50.67	0.00	106.29
未利用地	18.48	1.50	1.43	0.30	0.01	21.71
总计	1111.77	487.69	225.64	65.71	2.96	1893.77

注:表中数字表示由一种土地利用类型向另一种土地利用类型转化的面积,同种土地利用类型间的数据表示未转化的面积。

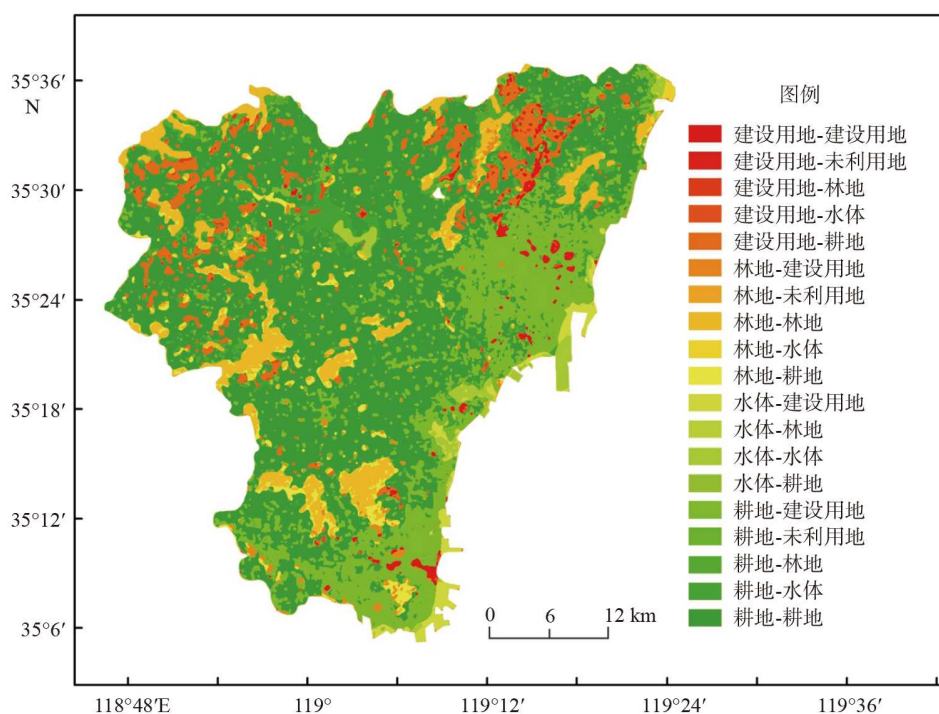


图 8 1988—2018 年土地利用结构转化图

Fig.8 Conversion of the land use structure of Rizhao from 1988 to 2018

长时间跨度中。由耕地转化而来的建设用地, 占 2018 年建设用地面积的 45.98%, 这也是耕地面积减少、建设用地面积增加的最主要来源。林地与建设用地和耕地的转化则处于此消彼长的发展状态中, 林地的减少主要原因是转化为耕地和建设用地。

(3) 水体面积整体呈不断减小的发展趋势, 主要受耕地和建设用地的相互转化影响, 这与研究区内河道的干涸情况、伴随经济发展而兴起的填海造陆工程以及养殖业的发展有关。

(4) 未利用地与耕地、建设用地相互转化, 整体上面积占比很小, 主要取决于建设用地及耕地的利用情况。

4 讨论

综上所述, 日照海岸带地区变化的突出特点是砂质海岸的后退、人工构筑物的数量修建以及建设用地的扩张。结合岸线综合利用指数和土地综合利用指数, 从自然和社会经济两方面对日照市海岸带演变进行分析。

4.1 自然因素对海岸带演变的影响

风暴潮带来的增水和大浪会在短期内增强海洋动力, 使波浪影响范围扩大到沙滩后部的风成沙丘和软质海崖, 更多的泥沙颗粒被带走, 岸线发生

后退并发育侵蚀陡坎^[25]。宫立新的研究表明, 由夏季台风所引起的风暴潮和风暴浪, 会在短期内对海岸造成快速侵蚀^[26]。在 2011 年、2012 年和 2014 年夏季, 日照地区曾有台风过境的记录, 由于山东半岛特殊的海岸线走势, 这几次台风对日照海岸带的砂质岸线造成了严重的破坏和侵蚀^[27]。基于山东省煤田地质局第一勘探队针对日照市海滩观测剖面进行的长期监测数据, 日照市海滨国家森林公园沙滩剖面和万平口沙滩剖面都在台风过境后有较明显的侵蚀结果(表 5)。2018 年 8 月台风“温比亚”和 2019 年 8 月台风“利奇马”过境后, 森林公园沙滩剖面曾出现侵蚀与淤积交替出现的情况(森林公园沙滩剖面中部, 见表 5), 可能与该处水动力条件较强, 波浪作用往复冲刷搬运沙滩有关, 说明沙滩存在一定程度的自我修复功能, 但总体上处于侵蚀状态。推测台风带来的增水和大浪会在短期内增强海洋动力, 将低潮线附近的泥沙颗粒推送到滩肩处, 并带走滩面及低潮线附近的泥沙颗粒, 使岸线发生后退并发育侵蚀陡坎。万平口沙滩剖面总体上侵蚀面积较小, 但下切程度深, 台风过境沙滩几乎未出现自我修复, 可能与“黄海之眼”等建设工程的修建有关, 使得大量海滩的沉积物收支失衡, 海滩自我调整功能被破坏, 风暴侵蚀过后海滩难以恢复原状。

海平面上升是一种缓慢的海岸侵蚀自然因素,

表 5 日照市森林公园沙滩剖面 and 万平口沙滩剖面对台风的侵蚀响应结果
Table 5 Erosion response of beach transects to typhoon in Forest Park and Wanpingkou

	时间	森林公园沙滩剖面			万平口沙滩剖面		
		北部	中部	南部	北部	中部	南部
侵蚀面积/m ²	2018—2019	-32.80	+20.35	-14.53	-3.89	-5.71	-0.38
实测侵蚀长度/m	2018.8	-30	-37	-60	-40	-40	-10
	2019.8	-83	+28	-10	-45	-35	-30
下切最大深度/m	2018.8	-0.45	-0.25	-0.4	-0.4	-1	-1
	2019.8	-0.4	0	+0.1	-0.3	-0.7	-0.7

注：2018年8月为台风“温比亚”过境期，2019年8月为台风“利奇马”过境期。正值代表淤积，负值代表侵蚀。

短时期造成的侵蚀量较小,但从长时间尺度上来看,海平面上升所造成的侵蚀不容小觑。庄振业等的研究表明,鲁南砂质海岸地带侵蚀总量的 10% 由海平面上升造成,山东省沿岸海平面上升的速率约为 2.5 mm/a^[13]。海平面上升对日照市砂质海岸的演变存在一定影响。

4.2 社会发展因素对海岸带演变的影响

1950 年以后,日照市主要河流上游开始水库建设,水库的调蓄作用减轻了洪水对河床的冲刷,同时对泥沙起拦截作用,河流输沙能力急剧减少,造成了沙滩的侵蚀剥离,砂质岸线不断后退。

1988—2018 年,日照市人工岸线占比逐年增加,自然岸线急剧缩减,岸线综合利用指数由 1988 年的 156.45 上升至 2018 年的 238.76(图 9),表明 30 年间日照市岸线受人类干扰程度不断增大。1988—2000 年,日照市养殖业快速兴起,港口建设也蓬勃发展,砂质岸线不断转化为养殖围堤岸线和港口码头岸线,岸线综合利用指数上升至 173.45。2000—2011 年,日照港和岚山港建设发展迅速,陆地向海扩张加速,港口码头岸线和建设围堤岸线长度迅速增加,岸线综合利用指数进一步上升至 216.96。2011—2018 年,港口建设继续发展,港口码头岸线占比超过 50%,岸线综合利用指数上升至 238.76。

近 30 年是我国经济发展的腾飞期,日照市经济水平、人口数量迅猛增长。人口的不断增加,一方面会催生对耕地面积的需求,另一方面又会对活动空间提出更多的要求。而经济增长与土地利用的开发,利用率和利用程度等都存在着重要的关系。经济发展繁荣时期,生产投资、厂房建筑用地、生活设施及交用运输用地都会迅速增加;农业用地不断转为非农业用地;与之相反,经济发展停滞时期,

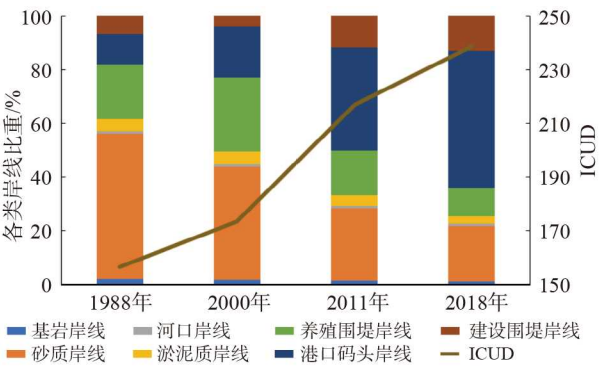


图 9 日照市岸线结构和综合利用指数 (ICUD)
Fig.9 Coastline structure and index of coastline utilization degree of Rizhao City

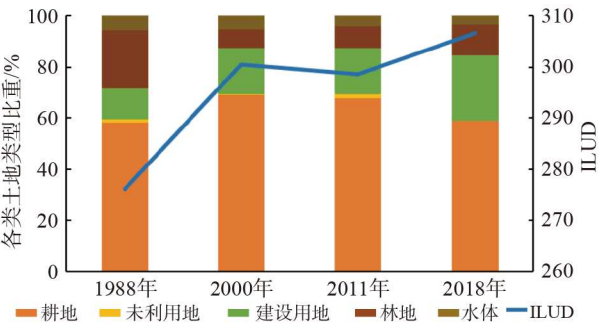


图 10 日照市土地利用结构和土地综合利用指数 (ILUD)
Fig.10 Land use structure and index of land utilization degree of Rizhao City

土地的利用率也会大幅度降低。日照市土地利用综合指数(图 10)在 1988—2018 年的 30 年整体呈上升趋势,表明日照市土地结构受人为影响不断加深。1988—2000 年,日照市东港区和岚山区的耕地和建设用地面积上升,林地面积减少,土地利用综合指数由 276.13 上升至 300.48。2000—2011 年,耕地与建设用地面积基本持平,土地利用综合指数基本保持不变;2011—2018 年,建设用地面积

增加,土地利用综合指数增加。

综合以上分析,自然因素对日照市海岸带的影响局限于砂质海岸,而人工因素对日照市海岸线变化及土地利用均有深刻影响。总体来说,日照市滨海地区海岸带的岸线及土地利用结构的演变由人工因素主导。

5 结论

(1)人类活动驱动下,日照市岸线长度整体呈显著增加趋势,人工岸线由1988年占岸线总长度的38.24%增加至2018年的74.57%,港口码头岸线增长最显著,年平均增加速率为2.35 km/a。在自然因素控制下,砂质岸线长度显著减少,年平均减速为0.56 km/a。

(2)日照岸线以向海扩张为主,扩张最剧烈的地区为日照港以及岚山港,其中2011—2018年向海扩张速度最快,表明随着经济的高速发展,人类活动对海岸线的影响愈加剧烈。

(3)日照东港区和岚山区耕地面积基本保持不变;建设用地面积大幅增加,增加面积为343.23 km²;林地面积减幅超过50%,而水体和未利用地变化幅度不大,总体面积稳定。其中,建设用地的增加面积主要来自林地和耕地的转化,表明在1988—2018年的30年间,人类地面建设活动是日照市土地类型转化的主要驱动力。

参考文献 (References)

- [1] 王琰, 田艳. 日照市海岸带保护与利用初探[J]. 海洋开发与管理, 2017, 34(S2): 125-129. [WANG Yan, TIAN Yan. Protection and utilization of Rizhao coastal zone under the background of ecological civilization [J]. Ocean Development and Management, 2017, 34(S2): 125-129.]
- [2] 毋亭. 近70年中国大陆岸线变化的时空特征分析[D]. 中国科学院烟台海岸带研究所博士学位论文, 2016. [WU Ting. Analysis of spatio-temporal characteristics of mainland coastline changes in China in nearly 70 years [D]. Doctor Dissertation of Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, 2016.]
- [3] 张云, 张建丽, 景昕蒂, 等. 1990年以来我国大陆海岸线变迁及分形维数研究[J]. 海洋环境科学, 2015, 34(3): 406-410. [ZHANG Yun, ZHANG Jianli, JING Xindi, et al. Historical changes of the length and fractal dimension of Chinese coastline since 1990 [J]. Marine Environmental Science, 2015, 34(3): 406-410.]
- [4] 孙伟红, 黄燕, 黄博. 江苏省海岸线时空变化特征研究[J]. 现代测绘, 2018, 41(4): 32-35. [SUN Weihong, HUANG Yan, HUANG Bo. Study on spatial-temporal characteristics of Jiangsu coastline [J]. Modern Surveying and Mapping, 2018, 41(4): 32-35.]
- [5] 方成, 王小丹, 杨金霞, 等. 唐山市海岸线变化特征及环境影响效应分析[J]. 海洋通报, 2014, 33(4): 419-427. [FANG Cheng, WANG Xiaodan, YANG Jinhua, et al. Analysis of shoreline changes and environmental impact effects in Tangshan city [J]. Marine Science Bulletin, 2014, 33(4): 419-427.]
- [6] 许宁. 中国大陆海岸线及海岸工程时空变化研究[D]. 中国科学院烟台海岸带研究所博士学位论文, 2016. [XU Ning. Research on spatial and temporal variation of China mainland coastline and coastal engineering [D]. Doctor Dissertation of Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, 2016.]
- [7] Cowart L, Corbett D R, Walsh J P. Shoreline change along sheltered coastlines: insights from the Neuse river estuary, NC, USA [J]. Remote Sensing, 2011, 3(7): 1516-1534.
- [8] Crowell M, Leatherman S P, Buckley M K. Shoreline change rate analysis: long term versus short term data [J]. Shore and Beach, 1993, 61(2): 13-20.
- [9] Douglas B C, Crowell M, Honeycutt M G. Discussion. Coastal storms and shoreline change: Signal or noise? [J]. Journal of Coastal Research, 2002, 18(2): 388-390.
- [10] Goodchild M F, Hunter G J. A simple positional accuracy measure for linear features [J]. International Journal of Geographical Information Science, 1997, 11(3): 299-306.
- [11] Li R X, Liu J K, Felus Y. Spatial modeling and analysis for shoreline change detection and coastal erosion monitoring [J]. Marine Geodesy, 2001, 24(1): 1-12.
- [12] Anderson T R, Frazer L N. Toward parsimony in shoreline change prediction (III): B-splines and noise handling [J]. Journal of Coastal Research, 2014, 30(4): 729-742.
- [13] 庄振业, 印萍, 吴建政, 等. 鲁南沙质海岸的侵蚀量及其影响因素[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2000, 20(3): 15-21. [ZHUANG Zhenye, YIN Ping, WU Jianzheng, et al. Coastal erosion and its influence on southern Shandong sandy coast [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2000, 20(3): 15-21.]
- [14] 吕京福, 印萍, 边淑华, 等. 海岸线变化速率计算方法及影响要素分析[J]. 海洋科学进展, 2003, 21(1): 51-59. [LV Jingfu, YIN Ping, BIAN Shuhua, et al. Selection of methods for calculating shoreline change rate and analysis of affecting factor [J]. Advances in Marine Science, 2003, 21(1): 51-59.]
- [15] 李振函, 朱伟. 日照市海水入侵现状与治理方案[J]. 山东国土资源, 2009, 25(6): 21-24. [LI Zhenhan, ZHU Wei. Study on disasters caused by sea water intrusion in Rizhao City and protection countermeasures [J]. Shandong Land and Resources, 2009, 25(6): 21-24.]
- [16] 乔庆伟, 许庆福, 张庆淑, 等. 日照市土地利用变化对生态环境的影响[J]. 山东国土资源, 2010, 26(7): 30-32, 35. [QIAO Qingwei, XU Qingfu, ZHANG Qingshu, et al. Effects of changing land use model to ecological environment in Rizhao city [J]. Shandong Land and Resources, 2010, 26(7): 30-32, 35.]
- [17] 雷士芬, 张全景, 柳博会, 等. 基于主成分分析的日照市土地利用变化驱动力分析[J]. 上海国土资源, 2015, 36(2): 46-50. [LEI Shifen, ZHANG Qianjing, LIU Bohui, et al. Principal component analysis of

- driving forces behind land-use change in Rizhao city of Shandong province [J]. [Shanghai Land & Resources](#), 2015, 36 (2): 46-50.]
- [18] 邓清海, 张丹丹, 张丽萍, 等. 日照市土地利用变化遥感监测及驱动力分析[J]. 水土保持研究, 2015, 22 (2): 184-188,192. [DENG Qinghai, ZHANG Dandan, ZHANG Liping, et al. Remote sensing monitoring of land use change in Rizhao City and its driving force analysis [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2015, 22 (2): 184-188,192.]
- [19] 乔芳敏. 基于RS的日照市东港区土地利用动态监测及驱动力分析[D]. 曲阜师范大学硕士学位论文, 2016. [QIAO Fangmin. Dynamic monitoring and driving force analysis of land use in Donggang District of Rizhao City based on RS[D]. Master Dissertation of Qufu Normal University, 2016.]
- [20] 徐文阳, 谢小平, 陈芝聪, 等. 基于遥感影像的日照海岸带景观格局动态演化分析[J]. 曲阜师范大学学报:自然科学版, 2017, 43 (3): 93-99. [XU Wenyang, XIE Xiaoping, CHEN Zhicong, et al. The analysis of dynamic evolution on coastal landscape patterns based on the satellite images in Rizhao City, Shandong Province [J]. Journal of Qufu Normal University:Natural Science, 2017, 43 (3): 93-99.]
- [21] 孙慧. 基于GIS/RS的日照海岸带综合管理[D]. 曲阜师范大学硕士学位论文, 2015 [SUN Hui. Integrated management of Rizhao coastal zone based on GIS/RS[D]. Master Dissertation of Qufu Normal University, 2015.]
- [22] 张萌. 日照市海岸带生态系统健康评价[D]. 曲阜师范大学硕士学位论文, 2015 [Zhang Meng. Evaluation of coastal ecosystem health in Rizhao city[D]. Master Dissertation of Qufu Normal University, 2015.]
- [23] 赵春霞, 钱乐祥. 遥感影像监督分类与非监督分类的比较[J]. 河南大学学报:自然科学版, 2004, 34 (3): 90-93. [ZHAO Chunxia, QI-AN Lexiang. Comparative study of supervised and unsupervised classification in remote sensing image [J]. Journal of Henan University:Natural Science, 2004, 34 (3): 90-93.]
- [24] 牛明香, 王俊. 基于Landsat遥感影像的黄河三角洲东营段海岸线变化分析[J]. 水资源保护, 2020, 36 (4): 26-33. [NIU Mingxiang, WANG Jun. Analysis of coastline variations in Dongying section of Yellow River Delta based on Landsat remote sensing image [J]. [Water Resources Protection](#), 2020, 36 (4): 26-33.]
- [25] 李广雪, 宫立新, 杨继超, 等. 山东滨海沙滩侵蚀状态与保护对策[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, 33 (5): 35-46. [LI Guangxue, GONG Lixin, YANG Jichao, et al. Beach erosion along the coast of Shandong Province and protection countermeasures [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2013, 33 (5): 35-46.]
- [26] 宫立新. 山东半岛东部海滩侵蚀现状与保护研究[D]. 中国海洋大学博士学位论文, 2014 [GONG Lixin. Erosion situation and protection of beach in eastern part of Shandong Peninsula[D]. Doctor Dissertation of Ocean University of China, 2014.]
- [27] Ding D, Yang J C, Li G X, et al. A geomorphological response of beaches to Typhoon Meari in the eastern Shandong Peninsula in China [J]. [Acta Oceanologica Sinica](#), 2015, 34 (9): 126-135.