

近30年威海市海岸线时空变化及其驱动力

孙晓林¹, 吴孟泉¹, 田佳慧¹, 陆嘉琪¹, 于涵¹, 宋府霖², 梁峰³

(1. 鲁东大学资源与环境工程学院, 山东 烟台 264025; 2. 兰州理工大学经济管理学院, 甘肃 兰州 730000;

3. 烟台市海洋环境监测预报中心, 山东 烟台 264003)

摘要: 海岸线对沿海地区生态环境、潮间带的滩涂资源量以及湿地生态系统等都具有重要的影响。基于遥感与GIS技术, 提取并矢量化了山东省威海地区1988、1994、1999、2007、2014年和2017年6个时期的海岸线, 对其30 a来的时空变化及其驱动力进行了研究。结果表明: 威海市海岸线的变化主要体现在不同岸线类型长度所占比例的改变; 在总长度上, 威海市海岸线呈现出持续增长的趋势, 30 a间增加了74.7 km, 增长速率为2.49 km/a; 在岸线类型方面, 该地区以人工岸线为主, 其中养殖围堤的比重最大, 占岸线总长度的39.4%。研究认为, 威海市海岸线的变化主要受人为因素的影响, 这些因素会引起海岸带多种资源和生态过程的改变, 会直接影响沿海人们的生存和发展。

关键词: 海岸带资源及其开发; 海岸线; 遥感; 时空变化; 驱动力; 威海

DOI: 10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2019. 02. 007

中图分类号: P748

文献标识码: A

文章编号: 2095-4972(2019)02-0206-08

海岸线不仅是沿海地区水陆分界线的标识^[1-2], 而且蕴含着丰富的地理环境信息, 其变化直接影响潮间带的滩涂资源量及海岸带环境, 将引起海岸带多种资源与生态过程的改变, 影响沿海人民的生存发展^[3-5]。

近年来国内外许多学者和专家对海岸线进行了不同时间、空间上的对比分析和总结整理。季荣耀等(2007)在野外调查和统计资料的基础上对海岸的侵蚀进行了研究, 并且分析了主要的原因^[6]; 黄少敏等(2003)在调查和测量的基础上, 初步研究了海岸的侵蚀状况^[7]。然而, 传统的调查方法投入的人力物力均较大, 而且人为因素对这种方法的结果影响较大, 另外, 某些海岸人为难以到达, 致使测量数据达不到预期的效果。遥感技术凭借其大范围、低成本、高时效等特点, 弥补了常规研究海岸线方法的不足之处, 正逐渐成为监测海岸线变化的重要手段, 受到诸多国家的青睐。国内外利用遥感技术来研究海岸线变化的事例已有很多, 张霞等(2014)结合海岸类型和潮位校正对SPOT卫星影像进行海岸线提取^[8]; 常军(2001)以遥感影像为主要数据源,

分析了黄河河口地区海岸线演变的时空动态特征^[9]; 刘勇等(2013)利用多源遥感影像提取石臼陀岛海岸线, 构建了基于像元数的精度评价模型^[10]; 姚晓静等(2013)利用遥感技术对海南岛海岸线时空变化进行了研究^[11]; 冯永玖等(2015)根据遥感影像提取了杭州湾海岸线, 通过分析得到其变迁规律^[12]; Sagheer等(2011)利用遥感技术研究了红海地区的海岸线变化, 并分析了其侵蚀情况^[13]; Ryan等(1991)利用遥感影像数据, 对海水和陆地做阈值处理, 从而获得了海陆分界线^[14]。山东省威海市海岸线变化的复杂性、独特性突出, 海岸资源丰富, 并且其地理位置优越, 因此政府很重视威海市沿海区域的发展, 研究其变化可以促进和支撑山东省威海地区海岸带的综合管理实践, 提高决策者与管理者对岸线变化所带来的灾害风险的重视。本研究利用遥感图像和空间分析技术, 提取了山东省威海市1988、1994、1999、2007、2014年和2017年6个时期的海岸线, 对其30 a的时空变化及其驱动力进行了研究, 以期对威海地区海岸工程的合理规划, 海岸线资源的充分利用以及沿海地区的经济发展提供重要

收稿日期: 2018-03-13

基金项目: 山东省自然科学基金资助项目(ZR2019MD041, ZR2015DM015); 烟台市科技项目资助项目(2013ZH094); 国家自然科学基金资助项目(41471223)

作者简介: 孙晓林(1996—), 女, 本科; E-mail: 625008788@qq.com

通讯作者: 吴孟泉(1975—), 男, 博士, 副教授; E-mail: irsa_wmq@163.com

的理论基础。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

威海市地处山东半岛最东部,三面环海,多港湾、岛屿,属于暖温带半湿润季风型气候,气候温和,四季分明,东望日韩,西接烟台,北与辽东半岛相对,与大连隔海相望,东、北、南临黄海,辖文登市、环翠区、荣成市、乳山市,地跨 $36^{\circ}38' \sim 37^{\circ}45'N$, $121^{\circ}30'$

$\sim 122^{\circ}45'E$ (图 1)。威海市岸线主要是砂质和基岩岸线相间分布,相比而言淤泥质岸线很短。此外,威海是山东半岛蓝色经济区核心区域的重点城市,该地区沿海经济不断发展,海水养殖、港口航运以及城市建设等方面的产业发达,使得威海岸线利用程度不断提高,养殖围堤、码头岸线、建设岸线等人工岸线比重不断增长。

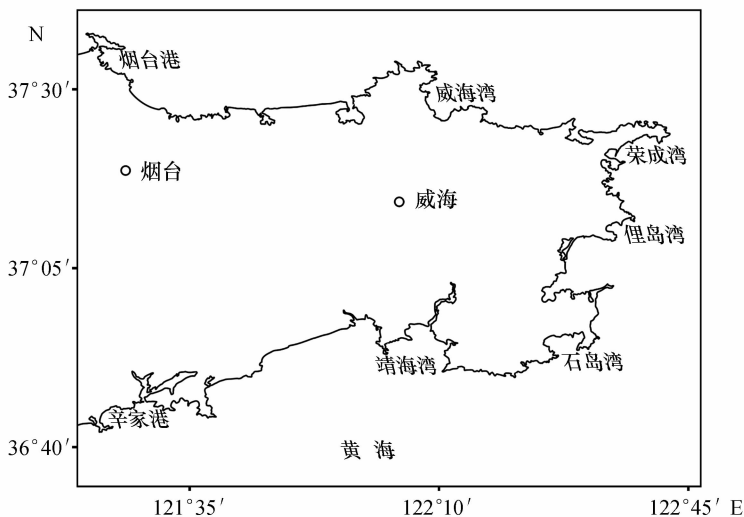


图 1 威海市海岸线位置

Fig. 1 Location of the coastline of Weihai

1.2 数据与方法

1.2.1 数据获取 在野外考察的基础上,收集了山东省威海市 Landsat TM、ETM+ 和 OLI 多时相遥感影像数据,每幅遥感影像的分辨率均为 30 m,成像时间分别在 1988、1994、1999、2007、2014 年和 2017 年,所使用的遥感影像云覆盖面积少,有利于海岸线提取。图像进行了辐射定标、FLAASH 大气校正、几何校正、图像增强等预处理工作。辅助数据包括潮汐表、天地图、Google Earth 平台的图像和地形图。

1.2.2 研究方法 从海岸线定义的角度看,大多数学者认为海岸线是多年平均大潮高潮位^[15]所形成的痕迹线,而从遥感影像信息提取角度看,尤其是图像分辨率较低时,对这条痕迹线的遥感自动提取是十分困难的,同时由于卫星过境时间的影响,同传统

意义的海岸线存在着一定的误差。本研究提取海岸线是将低潮线^[16]作为海岸线位置。在借鉴已有海岸线提取技术的基础上^[17-22],研究利用基于样本的面向对象和目视解译方法对我国山东省威海市海岸线进行岸线数据的提取。海岸类型的划分不同参考文献差异较大,这是因为在海岸发育过程中,除波浪作用外,还受其他诸如海流、潮汐、地形、岩石性质、地质构造、地壳运动以及海平面变化等因素的作用^[23]。本研究根据山东省威海市海岸线所在的地理环境以及海岸的开发情况,将海岸线类型分为自然岸线和人工岸线两个一级类,自然岸线又分为基岩岸线、砂质岸线和淤泥质岸线 3 个二级类;人工岸线又分为码头岸线、养殖围堤、农田围堤、建设岸线 4 个二级类。具体分类依据^[24-25]如表 1 所示。

表 1 海岸线分类及解译标志

Tab. 1 Coastline classification and the logo interpretation

一级类	二级类	说明
自然岸线	基岩岸线	位于基岩海岸的岸线,水陆分界线明显,通过图像滤波对图像进行增强来突出边缘特征,基岩的反射率高,灰度值大于水体,通过将灰度值临界点作为阈值对图像进行灰度分割来提取基岩岸线

一级类	二级类	说明
	砂质岸线	位于沙滩海岸的岸线,由于砂砾不断堆积使遥感影像亮度变高,首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噪声,保持图像的不同亮度呈阶梯状,其次通过灰度拉伸将砂质和其他地物区分开来,然后提取砂质岸线
	淤泥质岸线	位于淤泥或粉砂泥滩海岸的岸线,在遥感影像上淤泥质岸滩与海水的分界线比较明显,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
人工岸线	码头岸线	港池与航运码头形成的岸线,利用灰度值分割的方法对码头岸线进行提取
	养殖围堤	用于养殖的人工修筑堤坝,利用灰度值分割的方法提取养殖围堤
	农田围堤	用于种植作物而围垦的堤坝,利用灰度值分割的方法对农田围堤进行提取
	建设岸线	用于城市建设的人工修筑堤坝,利用灰度值分割的方法提取建设岸线

2 结果与讨论

2.1 各类型岸线空间分布特征

威海市属于起伏缓和、谷宽坡缓的波状丘陵区,地势中部高,山脉呈东西走向,水系由脊背向南北流入大海,山丘中谷地多开阔,多平谷;平原多为滨海平原和山前倾斜平原。由于地质构造比较复杂、人

为因素影响较大,所以岸线类型多海岸线曲折,岬湾交错。整体而言,人工岸线以养殖围堤为主,主要分布于威海东部与南部沿海地区;自然岸线以基岩岸线和砂质岸线为主,砂质岸线在威海各地区均有分布,主要分布在地势平坦地区,基岩岸线主要分布于威海北部和西南部的山头 and 港湾内的岬角(图 2)。

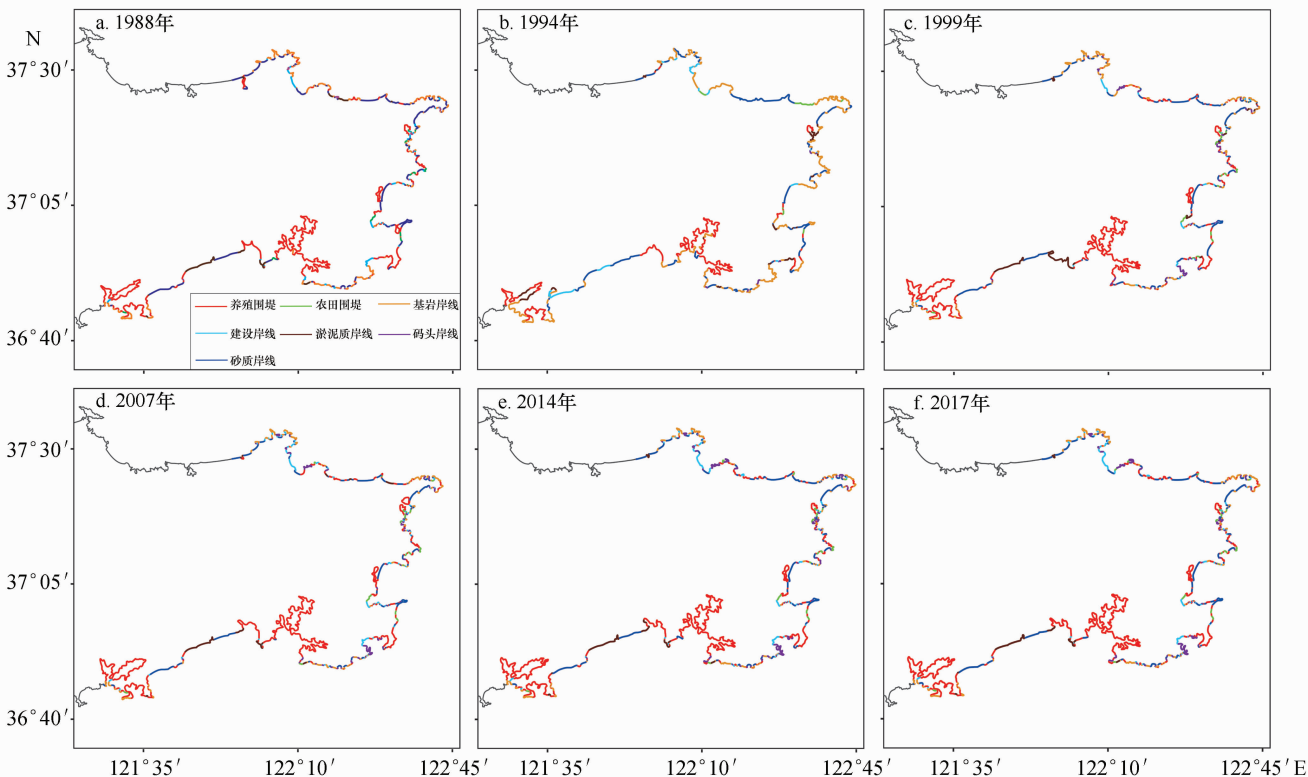


图 2 威海市近 30 a 不同时期海岸线类型分布

Fig. 2 Distribution of coastline type in different periods of Weihai in recent 30 years

2.2 不同岸线类型长度变化分析

近 30a 山东省威海市不同海岸线类型长度及所占比例如表 2 所示。数据表明,山东省威海市海岸线长度总体上呈增长趋势,由于受到自然因素和人为因素的双重影响,近 30 a 来,海岸线总长度增加

了 74.7 km,自然岸线总长度减少了 36.6 km,人工岸线增长了 111.3 km。1988 年自然岸线长度为 464.5 km,占威海市海岸线总长度的 49.7%;人工岸线长度为 470.4 km,占威海市海岸线总长度的 50.3%。经过 30 a 的开发利用,到 2017 年,自然岸

线长度为 427.9 km,占威海市海岸线总长度的 42.4%,减少速率为 1.22 km/a;人工岸线长度为 581.7 km,占威海市海岸线总长度的 57.6%,增加速率为 3.71 km/a,由此可见,人工岸线的变化速率大于自然岸线,人类活动对威海市海岸线变化的影响较大。在人工岸线中,近 30a 来,码头岸线增长最多,达 66.7 km,增加速率为 2.22 km/a,占总人工岸

线增长速率的一半以上;其次是建设岸线,增长了 22.3 km,增加速率为 0.74 km/a,岸线增长较快;养殖围堤增长了 17.1 km,增长速率为 0.57 km/a;农田围堤变化最少,而且其变化并不是逐年增长,呈现波动趋势。与人工岸线对应,近 30 a 来,基岩岸线、砂质岸线、淤泥质岸线均呈现出缩短趋势,分别减少了 14.2、17.0、5.4 km。

表 2 威海市近 30 a 不同海岸线类型长度及所占比例

Tab. 2 Length and proportion of different coastline types of Weihai in recent 30 years

岸线类型	各年代岸线长度/km						所占比例/%						
	1988	1994	1999	2007	2014	2017	1988	1994	1999	2007	2014	2017	
自然岸线	基岩岸线	250.7	248.8	245.6	237.8	236.9	236.5	26.8	26.3	26.1	23.9	23.5	23.4
	砂质岸线	179.5	175.9	172.9	167.9	163.9	162.5	19.2	18.6	18.4	16.9	16.3	16.1
	淤泥质岸线	34.3	34.5	32.9	31.70	29.5	28.9	3.7	3.6	3.5	3.2	2.9	2.9
	小计	464.5	459.2	451.4	437.4	430.3	427.9	49.7	48.5	48.1	44.0	42.7	42.4
人工岸线	码头岸线	35.9	43.2	49.6	91.9	101.7	102.6	3.8	4.6	5.3	9.3	10.1	10.2
	养殖围堤	380.6	383.2	385.1	389.1	395.8	397.7	40.7	40.4	39.4	39.2	39.2	39.4
	建设岸线	33.8	37.2	44.1	49.4	54.2	56.1	3.6	3.9	4.7	5.0	5.4	5.6
	农田围堤	20.1	24.4	24.2	25.7	26.5	25.3	2.1	2.6	2.6	2.6	2.6	2.5
	小计	470.4	488.0	503.0	556.1	578.2	581.7	50.3	51.5	51.9	56.0	57.3	57.6
总计	934.9	947.2	954.4	993.5	1 008.5	1 009.6	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	

2.3 典型岸段分析

2.3.1 威海湾 威海湾在威海城区东部,三面环山,海岸近似半圆形,海岸线长约 26 km,南北两岸山势险峻,岸线曲折。沿岸有城南河、望岛河、长峰河、黄南河、徐家河等流入,威海湾口介于北山嘴与赵北嘴两岬角之间,宽为 7 km,著名的刘公岛横列于中央,将威海湾口分为南北两口。威海港位于海湾北部,冬季很少结冰,湾内风平浪静,航道可常年通行,现在湾内建有货运、客运、旅游和渔业码头 10 余座,威海港是国家一类开放港口(图 3)。

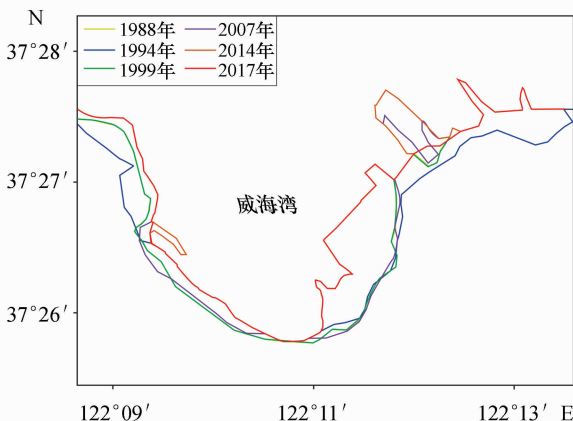


图 3 威海湾近 30 a 海岸线变化

Fig. 3 Change of Weihai Bay shoreline in recent 30 years

表 3 中列出了威海湾近 30 a 海岸线各类型在各时期的长度,该地区岸线主要以人工岸线为主,1988、1994、1999、2007、2014、2017 年研究区岸线总长度为 18.3、18.7、20.1、21.0、23.2、23.3 km,总体上增长了 5.0 km,增长速率为 0.17 km/a。1988 年及以前自然岸线所占比重在人工岸线之上,此后自然岸线的比重逐年降低,人工岸线的比重逐年升高,之后人工岸线所占比例超过了自然岸线,而且差距不断加大。在人工岸线中变化最大的是码头岸线,30 a 来增长了 8.7 km,增长速率为 0.29 km/a,比总人工岸线增长率要高,这主要源于威海新港的建设以及后期的扩建整修,与之相反的是农田围堤,近 30a 来不断减少,共减少了 1.6 km。

表 3 威海湾各类型海岸线长度

Tab. 3 Length of various types of shoreline in Weihai Bay

岸线类型	各年代岸线长度/km						
	1988	1994	1999	2007	2014	2017	
自然岸线	基岩岸线	5.4	4.3	2.5	2.1	1.4	1.3
	砂质岸线	4.2	3.5	2.7	2.8	2.6	2.6
	小计	9.6	7.8	5.2	4.9	4.0	3.9
人工岸线	码头岸线	0.0	3.6	5.7	7.1	8.5	8.7
	养殖围堤	1.3	1.3	1.6	2.1	2.6	2.6

续表 3

岸线类型	各年代岸线长度/km					
	1988	1994	1999	2007	2014	2017
建设岸线	4.2	3.4	5.2	4.8	6.4	6.5
农田围堤	3.2	2.6	2.4	2.1	1.7	1.6
小计	8.70	10.9	14.9	16.1	19.2	19.4
总计	18.3	18.7	20.1	21.0	23.2	23.3

2.3.2 俚岛湾 荣成市俚岛位于胶东半岛最东端, 是三面环海的秀丽小镇, 濒临爱连湾、俚岛湾。海岸线蜿蜒曲折, 长达 30 km。这里是山东省造船产业重点基地, 韩国三星重工、伽耶船业等世界知名造船企业先后落户于此, 而且渔业、旅游业发展迅速。这里我们主要研究俚岛湾(图 4)。

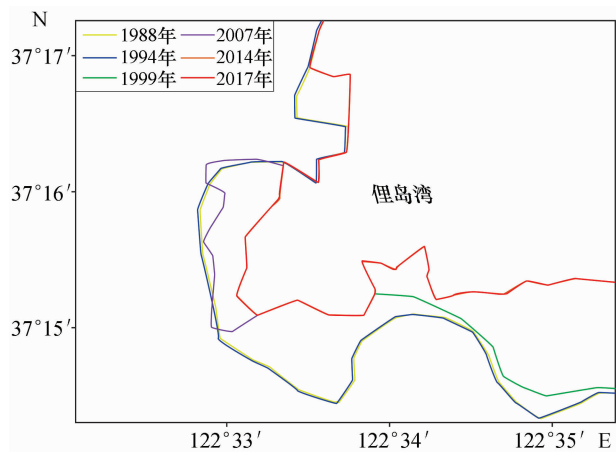


图 4 俚岛湾近 30 a 海岸线变化

Fig. 4 Change of Lidao Bay shoreline in recent 30 years

表 4 中列出了俚岛湾近 30 a 不同时期海岸线各类型的长度, 研究区域在 1988、1994、1999、2007、2014、2017 年海岸线的总长度为 12.0、12.2、14.5、15.0、16.8、17.0 km, 总体上增长了 5.2 km, 增长速率为 0.17 km/a。俚岛湾地区在 1988—2017 年一直是人工岸线占岸线总长度的比重大于自然岸线, 而且自然岸线逐渐缩短, 人工岸线逐年增长。此外, 人工岸线在 1994—1999 年和 2007—2014 年两个阶段的变化较其他时期更加明显, 分别增长了 3.6、2.9 km, 这主要是因为工业厂房的建设以及人工码头向海一侧的扩张。

2.3.3 石岛湾 石岛湾位于山东半岛东南角, 三面环海, 海岸线长 88.5 km。湾口西起费石枢纽, 东达镆铳岛西南角。镆铳岛与陆地之间有一连岛坝, 低潮露出, 现已建成公路。湾内属不正规半日潮, 最大潮差 3.64 m。涨潮流由湾口中部进入, 从湾口东部流出, 石岛湾周围山地主要由花岗岩组成, 湾内沉积

物厚度一般不足 5m, 泥沙来源不多。这里有我国北方最大的渔港、国家一类开放口岸石岛港, 国内外客商来往频繁。这里还有丰富的渔俗文化, 有中、日、韩三国人民友谊的见证地——赤山法华院, 渔俗浓郁的渔村——大鱼岛村(图 5)。

表 4 俚岛湾各类型海岸线长度

Tab. 4 Length of various types of shoreline in Lidao Bay

岸线类型		各年代岸线长度/km					
		1988	1994	1999	2007	2014	2017
自然岸线	基岩岸线	3.1	3.0	2.1	1.8	1.1	1.0
	砂质岸线	1.7	1.5	1.1	0.9	0.5	0.5
	小计	4.8	4.5	3.2	2.7	1.6	1.5
人工岸线	码头岸线	4.7	4.7	6.8	7.4	8.9	9.1
	养殖围堤	1.6	1.8	2.6	3.0	3.9	4.1
	建设岸线	0.9	1.2	1.9	1.9	2.4	2.5
	小计	7.2	7.7	11.3	12.3	15.2	15.7
总计		12.0	12.2	14.5	15.0	16.8	17.2

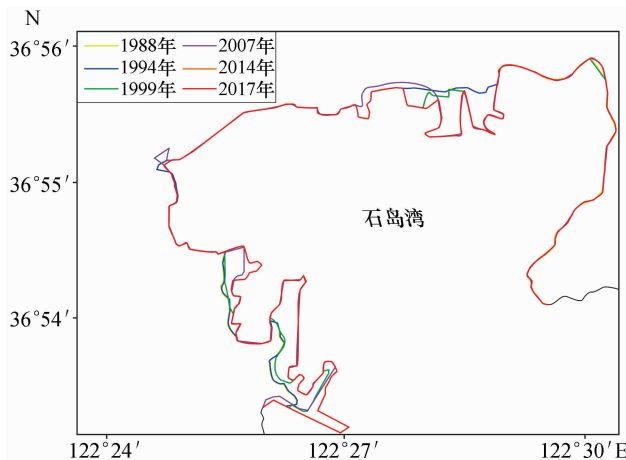


图 5 石岛湾近 30 a 海岸线变化

Fig. 5 Change of Shidao Bay shoreline in recent 30 years

表 5 中列出了近 30 a 石岛湾海岸线各类型在不同时期的长度, 该地区海岸线主要以人工岸线为主, 1988、1994、1999、2007、2014、2017 年研究区域海岸线总长度为 38.9、40.3、48.3、50.0、54.7、55.2 km, 总体上增长了 16.3 km, 增长速率为 0.54 km/a。石岛湾海岸线变化趋势与俚岛湾很相似, 不同的是码头岸线是俚岛湾人工岸线的主要成分; 石岛湾人工岸线的主要成分是养殖围堤和码头岸线, 而且建设岸线的比重明显提高。30 a 来石岛湾自然岸线减少了 10.5 km, 减少速率为 0.35 km/a, 人工岸线增长了 26.8 km, 增长速率为 0.89 km/a, 这主

要是由人工围填养殖池的扩建、海上运输业贸易迅速发展以及城镇快速扩张等因素造成的。

2.4 驱动力

威海市海岸线资源时空变化由多方面因素引起。气温、降水量、海平面上升、海洋动力变化、河流水系变迁以及河流入海水含沙量的变化等自然因素在影响海岸线动态变化的同时,人类活动对海岸线的影响也愈发深刻,社会经济发展正在全方位地影响着海岸带生态系统。

表 5 石岛湾各类型海岸线长度

Tab.5 Length of various types of shoreline in Shidao Bay

岸线类型	各年代岸线长度/km						
	1988	1994	1999	2007	2014	2017	
自然岸线	基岩岸线	11.2	10.5	5.6	5.1	4.4	4.4
	砂质岸线	4.3	3.6	3.1	1.9	0.7	0.6
	小计	15.5	14.1	8.7	7.0	5.1	5.0
人工岸线	码头岸线	5.7	6.8	16.6	18.7	23.6	23.7
	养殖围堤	13.0	14.4	18.5	18.9	20.1	20.4
	建设岸线	4.7	5.0	4.5	5.4	5.9	6.1
	小计	23.4	26.2	39.6	43.0	49.6	50.2
总计	38.9	40.3	48.3	50.0	54.7	55.2	

2.4.1 经济增长因素 威海是山东半岛蓝色经济核心区域的“深蓝区”,威海经济发展不断加速,经济效益在一定程度上也影响了海岸线的时空变化。渔业总产值、海上运输业贸易迅速增长就是影响海岸线变化的驱动力,沿海养殖业是水产品产业的支柱,为国家 GDP 做出了很大的贡献,政府对人工养殖场的建立也秉持着支持的态度,因此,自然岸线不断缩短,养殖围堤不断扩大,人工岸线不断延长。近 30a 来,威海渔业经济快速发展,1988、1994、1999、2007、2014、2017 年渔业总产值分别为 12.74、73.66、90.47、149.30、215.33、449.10 亿元,增长了 436.36 亿元,平均增速为 14.55 亿元/a(图 6)。

2.4.2 城市扩展 人口数量的增加以及人们对生活水平和居住环境的要求,致使大规模的城镇建设向海进行,这就需要填海造陆,进而影响海岸线的变化。此外,随着人口数量的增多,资源消耗也随之增多,内陆资源已经不能完全满足人们的需求,这就迫使经济发展向沿海地区进行,国家开始支持和鼓励沿海地区加大近海开发,导致海岸带区域人类活动

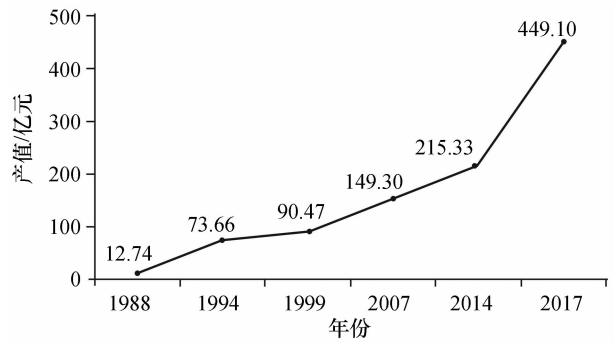


图 6 1988—2017 年威海市渔业总产值变化趋势

Fig.6 Trend variation of total fishery output values of Weihai from 1988 to 2017

频繁,使近海经济格局发生变化,进而改变了海岸线的类型和发展方向。1988—1999 年这段时期威海市海岸线的变化主要源于俚岛湾和石岛湾人工码头的建设、威海幸福公园建设围堤的修建、威海新港的建设、桑沟湾人工湖围堤的修建等。1990—2000 年,环翠区新增陆域面积为 4.74 km²,主要增长点源于环翠区新港的建设和威海幸福公园建设围堤的修建;荣成市桑沟湾绿岛人工湖的围填工程造成的填海面积为 3.61 km²。2000—2009 年这一时期威海市海岸线的变化除了受威海新港的扩建、双岛湾养殖围堤的修建等因素影响以外,人工码头向海不断扩建、五垒岛湾养殖围堤的扩大、工业厂房的修建及规模不断加大也是影响海岸线变化的重要因素,其中荣成市工业厂房的建设以及人工码头向海一侧扩张,造成淤进 3.74 km²;文登市的陆域面积增加了 27.83 km²,其中五垒岛湾的人工围堤占主要。2009—2013 年,环翠区新增陆域面积是 1.27 km²。2013—2017 年,经过多年发展,沿海地区的优美环境更加适合人类居住,使该地区城镇化步伐加快,人类活动频繁,港口岸线的加长以及养殖围堤规模的增大导致人工岸线不断延长,自然岸线不断缩短。

3 结论

近 30 a 来,山东省威海市海岸线在人为开发和各种自然因素的共同影响下,海岸线长度动态变化显著:1988、1994、1999、2007、2014 年和 2017 年山东省威海地区海岸线长度分别为 934.9、947.2、954.4、993.5、1 008.5 km 和 1 009.6 km,海岸线总长度呈逐渐增加的趋势。

其变化主要是由人为因素引起的。其中,大规模的围海建造养殖场和港口是人为因素中的重中之重,成为导致海岸线变化的主导因素,致使海岸线的变化远远超过了以前在自然条件下的变化。随着人

工岸线的增加,自然岸线必然相应减少,这种现象有可能会 导致岸线侵蚀缩短、水生动物栖息地减退等一系列地理环境问题。而且已经存在的诸如岸线质量和生态功能下降、海岸线利用效率不高、海洋产业

结构不合理、产业附加值低、海洋灾害的预警能力不强等这些问题告诉我们研究海岸线时空变化特征及其驱动力,对海岸带治理、解决海岸环境问题有着重要的指导意义。

参考文献:

- [1] 王璘,吴志峰,李少英,等. 珠江口湾区海岸线及沿岸土地利用变化遥感监测与分析[J]. 地理科学,2016,36(12):1 903-1 911.
- [2] 张晓祥,王伟玮,严长清,等. 南宋以来江苏海岸带历史海岸线时空演变研究[J]. 地理科学,2014,34(3):344-351.
- [3] 蔡则健,吴曙亮. 江苏海岸线演变趋势遥感分析[J]. 国土资源遥感,2002,53(3):19-23.
- [4] 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.
- [5] 张云,张建丽,李雪铭,等. 1990 年以来中国大陆海岸线稳定性研究[J]. 地理科学,2015,35(10):1 288-1 293.
- [6] 季荣耀,罗宪林,陆永军,等. 海南岛海岸侵蚀特征及主因分析[C]//中国海洋学会海洋工程分会编委会. 第十三届中国海洋(岸)工程学术讨论会论文集. 南京:中国海洋学会海洋工程分会,2007:4.
- [7] 黄少敏,罗章仁. 海南岛沙质海岸侵蚀的初步研究[J]. 广州大学学报(自然科学版),2003,2(5):449-454.
- [8] 张霞,庄智,张旭凯,等. 秦皇岛市海岸线遥感提取及变化监测[J]. 遥感技术与应用,2014,29(4):625-630.
- [9] 常军. 基于 RS 和 GIS 的黄河三角洲海岸线动态变化监测与模拟预测研究[D]. 济南:山东师范大学,2001.
- [10] 刘勇,黄海军,严立文. 不同空间尺度下石臼陀岛海岸线提取的遥感应用研究[J]. 遥感技术与应用,2013,28(1):144-149.
- [11] 姚晓静,高义,杜云艳,等. 基于遥感技术的近 30 a 海南岛海岸线时空变化[J]. 自然资源学报,2013,28(1):114-125.
- [12] 冯永玖,袁佳宇,宋丽君,等. 杭州湾海岸线信息的遥感提取及其变迁分析[J]. 遥感技术与应用,2015,30(2):345-352.
- [13] SAGHEER A A, HUMADE A, AL-JABALI A M O. Monitoring of coastline changes along the Red Sea, Yemen based on remote sensing technique[J]. Global Geology,2011,14(4):241-248.
- [14] RYAN T W, SEMINTILLI P J, YUAN P. Extraction of shoreline features by Neural Nets and image processing[J]. Photogrammetry and Remote Sensing,1991,57(7):947-955.
- [15] 徐进勇,张增祥,赵晓丽,等. 2000—2012 年中国北方海岸线时空变化分析[J]. 地理学报,2013,68(5):651-660.
- [16] 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.
- [17] 马小峰. 海岸线卫星遥感提取方法研究[D]. 大连:大连海事大学,2007.
- [18] 朱国强. 近 30 年南海周边国家海岸线时空变化研究[D]. 兰州:兰州交通大学,2015.
- [19] 廖甜,蔡廷禄,刘毅飞,等. 近 100 a 来浙江大陆海岸线时空变化特征[J]. 海洋学研究,2016,34(3):25-33.
- [20] 孙才志,李明显. 辽宁省海岸线时空变化及驱动因素分析[J]. 地理与地理信息科学,2010,26(3):63-67.
- [21] 张霞,庄智,张旭凯,等. 秦皇岛市海岸线遥感提取及变化监测[J]. 遥感技术与应用,2014,29(4):625-630.
- [22] 刘芳蕾. 基于 GIS/RS 的大连市海岸线遥感提取及变化监测[D]. 大连:辽宁师范大学,2016.
- [23] 高义. 我国大陆海岸线 30 年时空变化研究[D]. 青岛:中国科学院烟台海岸带研究所,2011.
- [24] 索安宁,曹可,马红伟,等. 海岸线分类体系探讨[J]. 地理科学,2015,35(7):933-937.
- [25] 王李娟,牛铮,赵德刚,等. 基于 ETM 遥感影像的海岸线提取与验证研究[J]. 遥感技术与应用,2010,25(2):235-239.

Driving forces and spatio-temporal variation of Weihai coastline in recent 30 years

SUN Xiao-lin¹, WU Meng-quan¹, TIAN Jia-hui¹, LU Jia-qi¹, YU Han¹, SONG Fu-lin², LIANG Feng³

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

2. Technology School of Economics and Management, Lanzhou University, Lanzhou 730000, China;

3. Center of Yantai Marine Environment Monitoring and Forecasting, Yantai 264003, China)

Abstract: The coastline has significant influence on the ecological environment, tidal flats of intertidal zone, wetland ecological system in the coastal areas and so on. Based on the remote sensing and the GIS technology, the coastline data of Weihai, Shangdong Province, is extracted and vector quantized in 6 periods of 1988, 1994, 1999, 2007, 2014 and 2017 in order to study the driving forces and spatio-temporal variation of Weihai coastline in recent 30 years. Thus, we draw the following conclusions: the coastline changes in Weihai are mainly the reflections of the proportion of the length of different shoreline types. In terms of total length, the coastline shows a trend of continuous growth, increasing by 74.7 km at a rate of 2.49 km/a in 30 years. In terms of shoreline types, the area is dominated with artificial shoreline by dams of aquaculture activities. It accounts for 39.4% of the total length of the shoreline. The spatial and temporal changes of coastlines and the driving forces analysis show that the changes are driven mainly by human factors which may change the resources and ecological processes of the coast and affect directly the conditions of survival and development of the local community.

Key words: coastal resources and exploitation; coastline; remote sensing; spatio-temporal change; driving forces; Weihai

DOI: 10.3969/J. ISSN. 2095-4972. 2019. 02. 007

(责任编辑:王 静)