

收稿日期:2021-05-15

盐城海岸线30年变迁及海岸带可持续发展路径

丁海燕

(苏北农业农村现代化研究院,江苏 盐城 224007)

摘要:海岸线变迁和海岸带可持续发展是海洋地理学研究的重要课题。盐城市沿海滩涂特征显著、面积广阔、生态价值大,研究海岸线变迁和海岸带可持续发展,实现对其合理利用、科学保护和完善管理具有重要的现实意义。以盐城市1992年、2000年、2008年和2018年LANDSAT遥感影像数据为基础,用ENVI方法分析盐城海岸线的变迁,并对大丰区和东台市2008年和2018年土地利用动态进行计算分析。研究发现:以射阳河口为界,以北岸线侵蚀后退,侵蚀速度降低,但范围扩大,以南岸线淤积前进,但淤积速度降低;大丰区和东台市2018年的建设用地面积和养殖水域面积都比2008年有所增加,耕地和自然滩涂所占比重降低。岸线向海发展主要受米草扩张、海岸工程建设的影响,近十多年来的岸线变化及形态则主要受海平面上升的影响。岸线变迁导致生物多样性降低、沿岸工程设施受损或废弃。为促进盐城市沿海区域可持续发展,建议转变经济发展模式,积极打造生态文化城市,慎重建设涉海工程项目,大力发展沿海生态旅游业和高附加值的设施海洋渔业。

关键词:遥感;海岸线变迁;海岸带;可持续发展;盐城市

中图分类号:F301.2

文献标识码:A

文章编号:1003-6873(2021)04-0011-10

基金项目:江苏省科技厅软科学项目“世界遗产地盐城黄海湿地绿色发展创新实践及案例研究”(BR2020024)。

作者简介:丁海燕(1978—),女,山东日照人,盐城师范学院城市与规划学院讲师,硕士生,主要从事海岸、海洋环境科学研究。

DOI:10.16401/j.cnki.ysxb.1003-6873.2021.04.046

海岸带区域人口密集、开发强度高、生态脆弱,海岸带的可持续发展是世界各国共同面对的问题,也是当前中国经济发展面临的紧迫问题^[1]。加快推进海岸带可持续发展的相关研究是加强我国海洋环境保护、促进海洋经济发展、实现我国经济社会可持续发展的重要保障。海岸线的变迁对海岸带经济和社会活动的影响巨大。

盐城市位于江苏省中部沿海地区,东临黄海,海岸线长达582 km,占江苏省的61%,在地貌上属苏北滨海平原和长江下游冲积平原,自西向东、由陆向海地形微倾^[2],大部分地区海拔不足5 m。该区沉积主要受海平面升降与古河道变迁的影响^[3]。全新世晚期,随着海岸线东迁,水体深度降低,再次形成与全新世早期类似的潮坪沉积,同时,受沉积物不断淤积及围垦等人类活动

影响,海退速度加快,逐渐成陆^[4]。

遥感技术因其具有动态监测、获取信息快、更新周期短等优点,而成为监测海岸线的有效工具^[5]。周良勇通过研究 1985 年 MSS 数据、1992 年陆地卫星 TM 数据和 2002 年陆地卫星 ETM+数据发现,在盐城和南通海岸中,大部分岸段为淤长海岸,南部和北部各有一段为侵蚀海岸^[6]。许勇利用盐城沿海 1992 年、2002 年和 2006 年的 Landsat 影像研究发现,从新洋港口至梁垛河闸南侧的海岸线普遍呈向海推进趋势,在不同的岸段推进的速率有大的差异^[7]。张晓祥研究发现,南宋至今,废黄河口周边海岸变化剧烈,最大淤涨速率和侵蚀速率分别达 250 m/a、600 m/a^[8]。赵明月通过 1990 年、1995 年、2000 年、2006 年及 2010 年 5 期遥感影像数据研究发现,江苏海岸带的海岸曲折度变化明显,但是,近些年来海岸线趋于平直,变化幅度越来越小,受人工干预的影响,岸线变得相对稳固^[9]。Yan Dandan 等研究显示,1983—2020 年间,89%的海岸为淤积,3%的为稳定,8%的为侵蚀,海岸呈明显向海扩张趋势^[10]。

综上所述,盐城海岸线 30 年变迁及海岸带可持续发展的相关研究比较薄弱,本文通过陆地卫星系列遥感卫星图像和相关模型研究盐城岸线 30 年变迁特征,并对盐城海岸带可持续发展路径进行探讨。

一、数据来源和研究方法

(一)遥感解译

本文以陆地卫星系列遥感卫星图像为主要数据源,分别选取成像时间在 1992 年、2000 年、2008 年和 2018 年 Landsat 卫星遥感影像图,其中包括 1992 年 TM 影像、2000 年 ETM 影像、2008 年 ETM 影像和 2018 年 OLI 影像(表 1)。为了缩小遥感影像的误差,选取无云或少云的、相同时间段的遥感图像,并且保证所选图像要覆盖研究区域。

表 1 遥感数据影像列表

卫星类型	编码	成像时间	传感器	条带号	行编号
Landsat - 5	LT51190361992159BJC01	1992 年 4 月	TM	119	36
	LT51190371992143HAJ00	1992 年 4 月	TM	119	36
	LT51200361992294BJC01	1992 年 6 月	TM	120	37
Landsat - 5	LT511903620003411BJC00	2000 年 4 月	ETM	119	36
	LT5119037200010113JC00	2000 年 4 月	ETM	119	37
	LT5120036200010813JC01	2000 年 4 月	ETM	120	36
Landsat - 7	LE71190362008115EDC00	2008 年 4 月	ETM	119	36
	LE71190372008115EDC00	2008 年 4 月	ETM	119	37
	LE71200362008074EDC00	2008 年 4 月	ETM	120	36
Landsat - 8	LC811903620181182GN00	2018 年 4 月	OLI/TIRS	119	36
	LC81200362018109LGN00	2018 年 4 月	OLI/TIRS	119	37
	LC81190372018118LGN00	2018 年 4 月	OLI/TIRS	120	36

以 2018 年 OLI 影像为基准影像,利用 ENVI 和 ArcGIS 软件对其进行海岸线的提取,然后将其余三期海岸线叠加在其中,并结合历史资料分析,得出 1992 年到 2018 年四期海岸线的变迁图(图 1)。由于江苏沿海滩涂平坦,且潮汐规律比较复杂,自然岸线带有很大的不确定性,因此

在进行岸线提取时,除麋鹿保护区核心区可算作自然岸线外,其他区域均是根据海堤和鱼塘的生产堤提取的人工岸线。

(二)单一土地利用类型动态度模型

土地利用变化是一个复杂的过程,尤其是在经济发展迅速、自然环境变化激烈的海岸带地区。本文根据土地利用面积及动态度,分析研究区内土地利用变化的特点。

对土地利用分类的研究采用目视解译的方法,结合 Google Earth,在标准假彩色合成图像上建立地物类型解译标志,借鉴《海岛海岸带卫星遥感调查技术规程》^[11]遥感信息提取要素分类,将研究区域的土地利用类型划分为建设用地、水域、耕地、滩涂等四大类。

单一土地利用类型动态度(K),表示某一区域在某一时段内某一土地利用类型的数量变化情况,其表达式^[12]为:

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

式中, U_a 与 U_b 分别为某一土地利用类型在研究期初及研究期末的面积; T 是研究时段时长,当 T 的单位为年时,那么 K 的值就是该研究区某一土地利用类型的年变化率。

二、近 30 年盐城海岸的变迁及土地利用变化

(一)岸线变迁特征

1. 射阳河以北岸线侵蚀,侵蚀速度降低但范围扩大

盐城市滨海港以北一带处于废黄河口三角洲区域,沿海大多是盐养围堤海岸,受沿岸潮汐、波浪和风暴潮的冲刷,岸线受损严重。分析发现,从 1992 年至 2018 年,该段一直侵蚀后退,是盐城市海岸线侵蚀最严重的区域。其中,2000 年到 2008 年后退幅度较大,1992 年到 2000 年和 2008 年到 2018 年后退幅度较小(图 1 和图 2)。

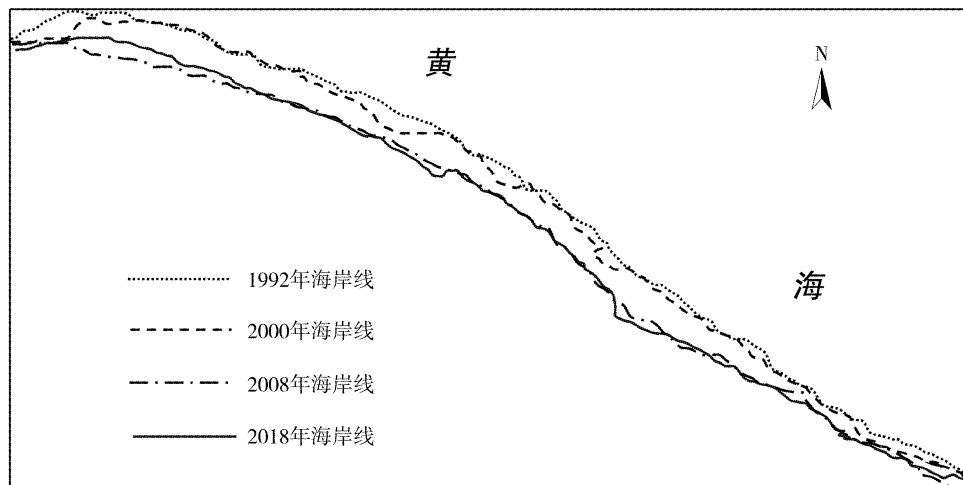


图 1 盐城滨海港以北岸线变化

近 30 年来,射阳河口至滨海港河口段岸线变化很小,表现为平直、稳定,可能是因为该段以

侵蚀为主,沿海公路的建设减缓了岸线侵蚀后退。

2. 射阳河口以南淤长,但速度降低

图 2 显示,射阳河口以南区域,海岸线普遍呈向海推进趋势,1992 年至 2000 年新洋港区域岸线向海推进速度快,推进距离大;2000 年至 2008 年大丰港一段岸线向海一侧推进速率大;2008 年至 2018 年,大丰港以南至盐城界岸线向海推进速率大。

2018 年射阳河口以南区域陆地面积较 1992 年有大幅度增长,根据 ArcGIS 软件可计算得出盐城射阳河口以南陆域面积增长了 938.4 km²,以年均增长 36 km² 的速度向外扩张。

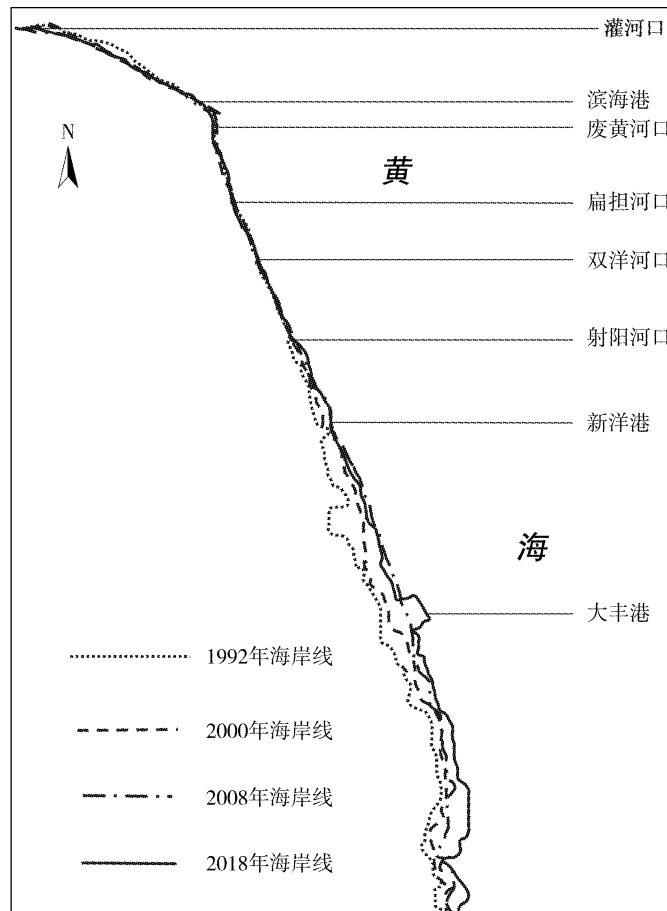


图 2 盐城海岸线四期叠加图

(二)海岸带自然土地减少,人工土地增加

由于大丰区和东台市的海岸扩张范围较大,土地利用类型变化较大,故研究了这两个区域的土地利用变化。表 2 显示,在 2008 到 2018 年间,盐城东台市和大丰区建设用地和水域面积在增加,且水域面积增加较多,增加了 211.94 km²,进一步研究发现,增加的水域以养殖池占比最大;建设用地的面积增加了 97.03 km²;耕地与滩涂面积都在减少,分别减少了 168.49 km² 和 140.48 km²。

在土地利用动态度方面,2008 年到 2018 年东台市和大丰区各土地利用类型的变化率相似。

其中,以水域面积的变化速度最大,其动态度达到 $0.366\%/a$ 。其次是滩涂和建设用地,动态度分别为 $-0.020\%/a$ 和 $0.010\%/a$,动态度变化最小的是耕地,为 $-0.006\%/a$ 。可见,水域面积增加最多,其次是建设用地,滩涂和耕地表现为减少。张华兵等^[13]对比盐城滨海湿地1997年、2007年和2014年3个时相的遥感影像亦发现,盐沼因为转变为耕地、养殖池和建设用地而减少,非湿地与人工湿地在增加。

表2 2008—2018年大丰区和东台市土地利用面积及动态度

土地类型	面积/ km^2		面积变化/ km^2	土地利用动态度/ $\%$
	2008年	2018年		
耕地	4 010.05	3841.56	-168.49	-0.004
建设用地	896.89	993.92	97.03	0.010
滩涂	489.55	349.07	-140.48	-0.020
水域	57.80	269.74	211.94	0.366

三、海岸线变迁原因及影响

(一)海岸线变迁的原因

1. 米草的促淤作用促进沿海陆地扩张

米草是由南京大学仲崇信教授等人于1963年从英国引入,1980年试种成功,随后广泛推广到广东、福建、浙江、江苏和山东等沿海省份。多年来,互花米草在江苏盐城的滩涂湿地上广泛传播,特别是1997年,盐城沿海开始大规模种植互花米草。

1983—2017年,互花米草盐沼面积占比从 1.693% 增加到 24.930% ^[14],1992—2007年米草面积由 $3\,561\,hm^2$ 上升到 $14\,491\,hm^2$,增幅达 306.94% ^[15]。

2. 海岸工程使岸线向海推进

海岸工程中的海堤和丁坝等对岸线具有防浪护岸的作用,防浪堤的建设使岸线趋于平直,并且相对稳定,不易被侵蚀。港口的建设改变了海岸线的形态和位置,该区大丰港、射阳港、陈家港港、滨海港等的建设需要进行匡围工程、抛石工程等,均使岸线向外扩张。海岸湿地围垦、水产养殖也是陆地扩张、海洋后退的主要原因,通过围垦获得土地在江苏省已有超过1 000年的历史。近年来,随着江苏经济的高速发展,土地资源的巨大需求缺口以及围垦技术水平的提高,客观上推动了海岸湿地的围垦活动。陆晓燕利用遥感影像对盐城—南通段海岸线的监测发现,2006—2009年,江苏省海岸线快速向海域推进;2000—2003年滩涂围垦面积为 $25\,213\,hm^2$,2003—2006年新增陆地面积为 $9\,601\,hm^2$,2006—2009年围垦面积达到 $23\,632\,hm^2$ ^[16]。

3. 海平面上升导致岸线后退

近几年,全球变暖导致冰川融化、上层海水热膨胀,海平面不断上升,海岸带盐沼湿地的沉积速度远赶不上海平面上升速度^[17],海平面上升淹没低洼的沿海地区、海洋动力因素向海滩推进、风暴潮强度加剧等,都加剧海岸侵蚀,促使岸线后退^[18]。在其他条件相同的情况下,海平面上升相对较快的岸段后退速度通常较快^[19]。2015年《中国海平面公报》显示,1993—2016年,海平面

上升速率为 3.8 mm/a, 高于同期全球海平面上升的平均水平 (3.3 mm/a)^[20]。国家海洋局的海平面公报显示, 2000 年江苏沿海海平面上升幅度为 69 mm, 2006 年为 74 mm, 2015 年达到 106 mm, 上升幅度越来越大。李加林等研究发现, 江苏沿海相对海平面上升速率和上升量大于中国沿海其他地区^[21]。

盐城地势低平, 岸外无保护海岸的天然屏障, 来自外海的涌浪和风浪均可长驱直入^[22]。再加上盐城沿海潮间带狭窄, 沉积物为黏土质粉砂, 容易被侵蚀, 所以, 海平面上升对海岸的侵蚀后退作用更加显著^[23], 季子修等估算表明: 长三角附近沿海潮滩和湿地面积均有不同程度的减少, 各岸段损失率相差悬殊, 以侵蚀岸段较大, 淤涨岸段将减缓淤涨, 甚至转为侵蚀^[24]。在海岸侵蚀范围不断扩大的原因中, 海平面上升占越来越大的比重^[25]。本次研究中近十年的岸线变化也体现了海平面上升对岸线的这种强烈影响。

(二) 海岸线变迁的影响

1. 生物多样性减少

岸线剧烈、频繁变动, 会改变近岸海洋生物发育的栖息地环境, 导致栖息地片段化甚至被破坏, 导致生物多样性降低。海平面上升改变了滨海湿地生境高程和日均淹水时间, 进而影响滨海湿地生态系统的生存和分布, 导致滨海湿地面积迅速减少^[26], 光滩被淹没甚至消失, 草滩不断萎缩甚至退化为光滩^[27], 湿地类型由高级类型向低级类型逆向演替^[24]。

海平面上升引起江苏沿海潮滩侵蚀加剧或淤涨减缓, 在造成潮滩面积减少的同时, 也导致盐沼生态系统的退化, 盐城沿海的茅草滩和盐蒿滩也将退化成光滩^[28], 江苏沿海滩涂文蛤数量近四十年来骤减^[29]。

2. 沿岸工程设施受损或废弃

海岸不断侵蚀后退导致地基不稳, 危害海岸防护工程、港口设施及其他类型的沿海工程设施。有研究预测, 未来海平面上升将导致江苏沿海水利工程遭受破坏程度的增强和受到破坏次数的增多^[30], 致使海岸防护工程防护标准下降, 海堤防御能力下降^[25]。李加林等对海平面上升引起的海岸侵蚀、潮滩盐沼损失、涵闸破坏和海堤工程受损等方面的灾害效应进行了定量分析^[21]。杨桂山等认为, 海面上升导致的海岸环境灾害加剧将是 21 世纪海岸地区社会经济发展面临的最严峻挑战^[31]。

响水县海域范围内有三处建筑物, 一处是军用碉堡, 两处是电灌站, 原都建筑在高涂上, 因近几十年的海岸侵蚀, 现今已位于潮间带滩涂上, 甚至有部分埋入土中。滨海县海岸线严重蚀退, 近百年来蚀退 17 km, 年平均蚀退达 150 m; 同时, 滩面每年还以 10—15 cm 的速度蚀降, 近二十年来, 滩面高程从海拔 1.6 m 降到海拔 -1.5 m。废黄河口两侧曾经的 23 个村庄已经变成茫茫大海^[32]。

四、盐城海岸带可持续发展路径

(一) 转变经济发展模式

转变经济发展模式, 调整产业结构, 发展壮大低耗能、低污染的产业, 以满足人们对美好生活的需要, 要对这些绿色产业给予必要的政策、金融支持^[33]。党的十九大报告指出, 中国特色社会主义进入新时代, 我国社会主要矛盾已转化为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的

发展之间的矛盾。人民日益增长的美好生活需要可以区分为两大范畴,在物质上,不仅仅满足温饱,更要追求健康安全舒适;在文化上,追求思想、精神方面的教育熏陶。为了实现美好生活的愿望,人们开始追求更加优美的环境。

(二)积极打造生态文明城市

人类社会的发展经历了原始文明、农业文明、工业文明三个阶段。三百年的工业文明以人类征服自然为主要特征,一系列全球性的生态危机说明地球恐怕再也没有能力支持工业文明的继续发展,需要开创一个新的文明形态来延续人类的生存,这就是“生态文明”。

盐城市作为江苏省面积最大的沿海城市,不仅拥有江苏省最长的海岸线,面积最大的沿海滩涂、最广的海域面积和最大的海岸湿地,也是西太平洋海岸最大的滨海湿地,具有极高的生态价值,建有国家级丹顶鹤保护区和大丰麋鹿保护区。2019年,条子泥湿地作为中国黄(渤)海候鸟栖息地(第一期)核心区,顺利成为我国第14处世界自然遗产,填补了全国滨海湿地类世界自然遗产空白和江苏省世界自然遗产空白。

盐城在江苏沿海生态城市建设中,具有非常重要的意义。盐城市发展工业文明的劣势反而成为发展生态文明的优势,可以考虑弯道超车,不必再揪着工业文明的尾巴,而是要解放思想,主动发展生态文明,建设美丽盐城^[34],走在时代的前列。

(三)慎重建设涉海工程项目

海岸带作为重要的自然保护区和生态湿地集中区,要严格控制港口等建设用地的规模,保留一定范围的缓冲区对生态环境进行保护,并有效实施生态补偿制度^[35]。盐城沿海为淤泥质海岸,尽管建设港口的优势并不明显,但港口发展也有很大空间。在海岸存在淤积或者侵蚀的情况下,做好维护与管理,物尽其用,发挥最大的功效,严格控制港口建设规模及其对周边环境的影响。盐城化工企业大多集中在滨海沿海区域,极易导致环境污染,要严格管理,加强沿海区域的环境保护,做好生态补偿。

(四)大力发展沿海生态旅游业

旅游是一种绿色经济发展模式,对环境的危害较低,自然滩涂面积的增加,提高了当地野生生物生产量。旅游业不仅能够满足人们日益增长的物质和文化生活的需要,同时又直接或间接地促进国民经济有关部门的发展,如推动商业、饮食服务业、酒店、交通、日用轻工业、工艺美术业、园林等的发展。对整个江苏而言,淤泥质海岸滩涂旅游也可以成为江苏旅游发展新的增长空间。

盐城沿海淤泥质潮滩开发比较困难,相对于其他沿海地区,一直保持原生态的环境,河海港汊蜿蜒交错,盐土沼泽星罗棋布,处处可见裸地、草地、芦苇、蒲荡、竹园以及刺槐林,气候温和、雨量充沛、四季分明、无霜期长,自然环境优美,可以考虑大力发展海洋生态旅游业。

(五)着力发展高附加值的海洋设施渔业

近年来,直接在滩涂上进行的海带、紫菜、贝、螺、虾、蟹等水产养殖活动,导致滩涂原生植物群落被人工植物群落与渔业养殖水域等取代,改变了滩涂原有的植物群落类型与结构,也改变了盐沼植物群落的自然演替模式^[28]。滩涂水产养殖带来的污染已超出原有潮间带自身的净化能力,严重的环境污染导致养殖产量和效益均大幅下降^[36]。

有鉴于此,发展设施渔业成为滩涂养殖业的主流发展方向。目前,学术界对设施渔业尚无统

一定义,但一般认为,设施渔业是利用先进的高度工业化的设施和技术来生产对人体健康有益的食品的渔业方式,而且对环境不造成任何破坏和危害。设施渔业生产无污染、安全、优质的绿色健康食品,符合我国“餐桌经济”的发展趋势和人们对绿色食品的消费时尚需求。同时,设施渔业实行特种水产品反季节生产,超、延时令均衡上市供应,在市场上与一般水产品形成“错位竞争”,既提高了渔业竞争力,也增加了效益。未来可以考虑加大科技投入,增加科研经费,积极引进国内外先进技术,科学设置、合理布局,选择高品质的养殖品种,运用现代化的科学管理手段,加强生态保护,生产绿色食品。

五、结论

1. 射阳河以北岸线一直侵蚀后退,近 10 年侵蚀速度降低;射阳河口以南一直处于淤积状态,近 10 年淤积速度降低,淤积部分主要用于建设用地产和水产养殖。

2. 岸线向海推进主要是因为米草的促淤和沿岸工程如养殖池、港口、围海造陆工程等的建设。近 10 年来,海岸侵蚀范围扩大和淤积速度降低的主要原因是全球气候变暖引起的海平面上升。海平面上升加强了风暴潮的强度,致使海洋动力因素向沿岸推进,上升的海水淹没低洼的沿海地区,也影响米草的生长,降低其促淤作用。

3. 岸线不稳定,致使当地生物多样性减少,沿岸工程设施受损或废弃,影响沿海经济的可持续发展。为促进盐城市沿海可持续发展,建议转变经济发展模式,积极打造生态文明城市,慎重建设涉海工程项目,大力发展海洋生态旅游,努力发展高附加值的海洋设施渔业等。

参考文献

- [1] 陈林生. 海岸带区域可持续发展的国际经验及启示[J]. 云南财经大学学报, 2016, 32(6): 144 - 149.
- [2] 李云, 姜月华, 杨国强, 等. 江苏如东洋口地区断裂特征及其意义[J]. 地质力学学报, 2016, 22(3): 602 - 609.
- [3] 杨守业, 李从先, 张家强. 苏北滨海平原冰后期古地理演化与沉积物物源研究[J]. 古地理学报, 2000, 2(2): 65 - 72.
- [4] 蒋仁, 曾剑威, 刘凯, 等. 江苏洋口港地区埋藏古潮成砂脊年代学特征及古环境意义[J]. 华东地质, 2019, 40(1): 11 - 18.
- [5] 于彩霞, 王家耀, 许军, 等. 海岸线提取技术研究进展[J]. 测绘科学技术学报, 2014, 31(3): 305 - 309.
- [6] 周良勇, 张志行, 陆凯. 1985 — 2002 年江苏粉砂淤泥质海岸岸线和围海变化[J]. 海洋地质动态, 2010, 26(6): 7 - 11.
- [7] 许勇, 陈洪全, 周春霖, 等. 盐城市沿海滩涂围垦与岸线变迁遥感监测研究[J]. 国土与自然资源研究, 2010(5): 10 - 11.
- [8] 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.
- [9] 赵明月, 牟乃夏, 刘文宝, 等. 江苏海岸带遥感监测及时空变化[J]. 洛阳理工学院学报(自然科学版), 2017, 27(1): 15 - 18, 22.
- [10] YAN Dandan, YAO Xiuying, LI Jingtai, et al. Shoreline Change Detection and Forecast along the Yancheng Coast Using a Digital Shoreline Analysis System[J]. Wetlands, 2021, 41(4): 47
- [11] 国家海洋局 908 专项办公室. 海岛海岸带卫星遥感调查技术规程[M]. 北京: 海洋出版社, 2005.
- [12] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1999, 18(1): 81 - 87.
- [13] 张华兵, 韩爽, 徐雅. 盐城滨海湿地景观时空动态变化的区域差异[J]. 海洋湖沼通报, 2020(3): 105 - 112.
- [14] 张华兵, 甄艳, 吴菲儿. 滨海湿地生境质量演变与互花米草扩张的关系: 以江苏盐城国家级珍禽自然保护区为例[J]. 资源科学, 2020, 42(5): 1004 - 1014.

- [15] 刘春悦,张树清,江红星. 江苏盐城滨海湿地外来种互花米草的时空动态及景观格局[J]. 应用生态学报,2009,20(4):901-908.
- [16] 陆晓燕,杨智翔,何秀凤. 2000—2009年江苏沿海海岸线变迁与滩涂围垦分析[J]. 地理空间信息,2012,10(5):57-59,81.
- [17] DAY J W, RYBCZYK J, SCARTON F, et al. Soil accretionary dynamics, sea-level rise and the survival of wetlands in venice lagoon: a field and modelling approach[J]. Estuarine Coastal & Shelf Science,1999,49(5):607-628.
- [18] 季子修,施雅风. 海平面上升、海岸带灾害与海岸防护问题[J]. 自然灾害学报,1996,5(2):56-64.
- [19] 王颖,吴小根. 海平面上升与海滩侵蚀[J]. 地理学报,1995,50(2):118-127.
- [20] 自然资源部. 2015年中国海平面公报[EB/OL]. (2016-03-24)[2021-04-15]. http://gc.mnr.gov.cn/201806/t20180619_1798296.html.
- [21] 李加林,王艳红,张忍顺. 海平面上升的灾害效应研究:以江苏省沿海低地为例[J]. 地理科学,2006,26(1):87-93.
- [22] 高抒. 废黄河口海岸侵蚀与对策[J]. 海岸工程,1989,8(1):37-41.
- [23] 陈晓玲,王腊春,朱大奎. 苏北低地系统及其对海平面上升的复杂响应[J]. 地理学报,1996,51(4):340-349.
- [24] 季子修,蒋自巽,朱季文,等. 海平面上升对长江三角洲附近沿海潮滩和湿地的影响[J]. 海洋与湖沼,1994,25(6):582-590.
- [25] 朱季文,季子修,蒋自巽,等. 海平面上升对长江三角洲及邻近地区的影响[J]. 地理科学,1994,14(2):109-117.
- [26] MORRIS J T, SUNDARESHWAR P V, NIETCH C T, et al. Responses of coastal wetlands to rising sea level[J]. Ecology,2002,83(10):2869-2877.
- [27] 易思,谭金凯,李梦雅,等. 长江口海平面上升预测及其对滨海湿地影响[J]. 气候变化研究进展,2017,13(6):598-605.
- [28] 郑禹君,时连强,徐岱璐,等. 近30a来盐城沿海盐沼时空分布演变规律及影响因素分析[J]. 海洋学研究,2018,36(3):57-66.
- [29] 李程. 江苏沿海滩涂生态化开发的思考[J]. 国土与自然资源研究,2009(1):49-50.
- [30] 都金康,史运良. 未来海平面上升对江苏沿海水利工程的影响[J]. 海洋与湖沼,1993,24(3):279-285.
- [31] 杨桂山,施雅风,张琛,等. 未来海岸环境变化的易损范围及评估:江苏滨海平原个案研究[J]. 地理学报,2000,55(4):385-394.
- [32] 韩立坚,董春先. 滨海海岸侵蚀严重治理海堤刻不容缓[J]. 海洋与海岸带开发,1991(4):23-25.
- [33] 陈鸿祥. 江苏沿海经济转型升级的金融支持策略:以盐城市为例[J]. 盐城师范学院学报(人文社会科学版),2014,34(3):14-19.
- [34] 李传武,吴其江. 苏北地区美丽宜居乡村建设的探讨:以盐城市为例[J]. 盐城师范学院学报(人文社会科学版),2018,38(5):24-28.
- [35] 何华春,周汝佳. 基于景观格局的盐城海岸带土地利用时空变化分析[J]. 长江流域资源与环境,2016,25(8):1191-1199.
- [36] 王晓辉. 江苏潮滩湿地生态服务功能价值评估及围垦评价:以王港潮滩为例[D]. 南京:南京大学,2006:5-15.

Coastline Change in the Past 30 Years and Sustainable Development Path of Coastal Zone in Yancheng

DING Hai-yan

(Institute of Agricultural and Rural Modernization in Northern Jiangsu, Yancheng, Jiangsu, 224007, China)

Abstract: Coastline change and sustainable development of coastal zone are important subjects of marine geography. Yancheng coastal wetland is characterized by distinct features, vast area, and great ecological value. Therefore, the study on the coastline change and the sustainable development of its coastal zone is of practical significance for the city to realize rational utilization, protection and management. Based on LANDSAT remote sensing image data of Yancheng in 1992, 2000, 2008 and 2018, the researcher used ENVI method to analyze the changes of Yancheng coastline and compare the land use changes in Dafeng and Dongtai in 2008 and 2018. The results show that taking Sheyang estuary as the dividing line, the erosion progresses along the north shoreline, with lower speed and wider range; and the siltation develops along the south shoreline, with lower speed. The land use changes are similar in Dafeng and Dongtai from 2008 to 2018, with increased area for construction and aquatic production, and decreased area for plantation and wetland. The siltation is mainly due to the growth of *spartina anglica* hubb and the coastal construction. The changes and shapes of coastline in recent ten years are the result of sea level rise. Shoreline changes lead to a series of consequences, such as the reduction of biodiversity, the damage or abandonment of coastal facilities and so on. In order to promote the sustainable development of Yancheng City, some measures are put forward, such as transforming the economic development model, building an ecological city, careful planning for marine projects, and developing coastal ecotourism and high value-added marine fishing industry.

Key words: remote sensing; coastline changes; coastal zone; sustainable development; Yancheng City

〔责任编辑:陈济平〕