

DOI :10.3876/j.issn.1000-1980.2012.02.019

基于遥感测量的海岸线变化与分析

李 静 张 鹰

(南京师范大学地理科学学院 ,江苏 南京 210046)

摘要 :采用较高分辨率的卫星影像 ,对影像的空间数据进行挖掘 ,解译出不同时期的海岸线 ;在盐城沿海选择 12 个断面 ,定量地获取海岸线信息 ,计算海岸的淤蚀形态和速率变化 ;分析典型岸段人类活动对海岸线变化的影响 .分析结果表明 :在人类活动影响下研究区域海岸线形态平直化程度加剧 ,2007—2009 年海岸线平直情况突出 ,长度缩短近 40 km ,2009—2010 年海岸线平直化有所减缓 .盐城海岸线年平均淤长速率在 44 ~ 100 m ,射阳河口北部海岸线变化很小 ,南部淤长比较明显(其中水龙港—川东港口海岸年淤长速率达到 278 m) .

关键词 :遥感测量 ;海岸线变化 ;海岸淤蚀变化 ;滩涂资源开发 ;射阳河口

中图分类号 :P753 ;TP79 文献标志码 :A 文章编号 :1000-1980(2012)02-0224-05

Analysis of coastline change based on remote sensing measurement

LI Jing , ZHANG Ying

(School of Geographical Science , Nanjing Normal University , Nanjing 210046 , China)

Abstract : High-resolution satellite images were used to mine spatial data of images and interpret the coastlines in different periods . Twelve cross-sections in the coastal area of Yancheng City were selected to obtain the coastline information quantitatively and calculate the pattern and speed variation of progradation and erosion of the coastline . The impacts of human activities on changes in the coastline in typical coastal sections were analyzed . The results show that the coastline was intensely straightened due to human activities in the study area . During the period from 2007 to 2009 , nearly 40 km of the coastline length was cut down . The straightening process of the coastline slowed down during the period from 2009 to 2010 . The annual average progradation rate of the coastline of Yancheng City ranged from 44 m to 100 m . There was a little change in the coastline north of the Sheyang Estuary . The progradation variation was significant in the south , where the annual progradation rate of the coastline from Shuilong Port to Chuandong Port reached 278 m .

Key words : remote sensing measurement ; coastline change ; progradation and erosion change ; tidal flat resources exploitation ; Sheyang Estuary

海岸线是由各种地质因素相互作用、河流和海洋沉积物淤积、各种气象和海洋条件以及人类社会经济活动造成的 . 海岸侵蚀、淤涨、海平面上升等自然变化和人工堤坝、围垦、采砂等社会因素的变化都会导致海岸线的扩张或缩减^[1] . 这种变化不仅影响着海岸线的迁移速度 , 而且很可能改变其原来的延长方向 . 海岸线对沿海滩涂面积和湿地生态系统衰退具有重要的作用 , 其变化直接改变潮间带滩涂资源量及海岸带环境 , 影响沿海人民的生存发展^[2] . 因此 , 快速、准确地监测海岸线变化 , 从而为决策部门提供动态、科学、及时有效的信息 , 对进行海岸、滩涂的开发利用和海洋灾害评估等都具有十分重要的意义^[3] .

与传统的的方法相比 , 运用遥感技术研究海岸线变迁具有宏观、快速、实时、动态和适用领域广等特点 , 对

收稿日期 : 2011-03-14

基金项目 : 教育部博士点基金(200803190007) ; 江苏省研究生科研创新计划(CX10B_391Z , CXZZ11_0881) ; 南京师范大学优秀博士研究生学位论文培育项目(2010bs0035)

作者简介 : 李静(1986 —) , 男 , 山东济宁人 , 硕士研究生 , 主要从事遥感、海洋信息技术和 GIS 的应用研究 . E-mail : lijingky@163.com

通讯作者 : 张鹰(1950 —) , 男 , 江苏南京人 , 教授 , 主要从事遥感、海洋信息技术和 GIS 的应用研究 . E-mail : Zhangying1@njnu.edu.cn

于地物细微的变化 ,特别是海岸线的动态监测具有独特的优势^[4].笔者针对目前大多数研究着重探讨海岸线形态变化而鲜有对其驱动因素探讨分析 ,特别是人类活动对海岸线变化的影响研究这一情况 ,以江苏沿海海岸线为例 ,研究其变迁情况 ,尤其是人类活动影响下的变迁 ,并分析其相关原因.

1 数据来源及研究方法

1.1 研究区域概况

江苏盐城海岸是典型的粉砂淤泥质海岸 ,位于东经 $119^{\circ}27' \sim 121^{\circ}16'$,北纬 $32^{\circ}34' \sim 34^{\circ}28'$.由于受历史上黄河入海改道以及近海潮汐动力的影响 ,盐城海岸线自北向南呈有规律的变化 ,射阳河口为“北冲南淤”的分界点.射阳河口以北为侵蚀性粉砂淤泥质海岸 ,潮间带一般宽 $1 \sim 2 \text{ km}$,最大蚀退率为 30 m/a 左右 ,射阳河以南为堆积型粉砂淤泥质海岸 ,滩面宽度较大 ,最大可达 30 km ,是江苏沿海海岸淤积最明显、潮间带最宽的地带 ,最大淤进率为 100 m/a 左右^[5].近几年江苏沿海大开发提升到国家战略发展目标 ,使盐城海岸开发活动如围垦造地、筑堤围堤、港口码头日趋频繁 ,海岸线承受的压力加大.

1.2 数据

选择 2007 年实测海岸线数据 ,海域使用现状数据以及 1:50 000 地形图 ,影像选择 2009 年、2010 年两景环境一号卫星数据 .基本参数如下 :星下点地面像元分辨率为 30 m ,波段范围为 $0.43 \sim 0.52 \mu\text{m}$, $0.52 \sim 0.60 \mu\text{m}$, $0.63 \sim 0.69 \mu\text{m}$, $0.76 \sim 0.90 \mu\text{m}$;中心像元配准精度为 ± 0.3 像元 ,相对定标精度为 5% ,绝对定标精度为 10% .

1.3 研究方法

1.3.1 图像预处理

为了保证提取岸线的精度 ,对影像数据进行预处理 ,包括大气校正、几何精校正.大气校正的目的是获得地表的准确辐射特征 ;几何精校正以 1:50 000 地形图为准 ,对影像进行校正.海岸线处在海洋和陆地的交接处 ,在海洋部分较难得到理想的地面控制点 ,应尽量选择基岩海岸、海堤(护岸)、码头以及水上建筑物等标志作为控制点.其中控制点沿海堤线状分布^[6] ,这样几何校正精度高 ,能精确提取海岸线.校正过程采用二元二次多项式变换 ,利用双线性内插法进行重采样 ,使用 WGS84 坐标系、高斯-克吕格投影 ,保证校正精度在 0.5 个像元以内.

1.3.2 海岸线提取

不同类型的海岸线有不同的遥感解译标志 ,不能简单地把影像中的水边线作为海岸线进行提取^[7] ,而应该针对不同类型的海岸线进行解译分析 ,确定其在影像上的准确位置 ,然后使用边缘检测算子进行提取^[8].

选取的单波段影像光谱特征根据不同的海岸类型突出解译标志 ,蓝光与绿光波段都对水体有透射能力 ,适合于探测悬浮泥沙 ,可用于提取粉砂淤泥质岸线^[9] ;近红外波段对海水和陆地的反射率差别很大 ,可以用于提取人工海岸线^[10] .人工海岸大多由沙石、混凝土等构筑 ,在影像上具有较高的光谱反射率 ,水陆分界线很明显 ,可以用锐化滤波器进行图像增强处理 ,更加突出图像中的边缘特征 ,然后使用 Canny 算子直接进行提取 ,即可获得很好的效果^[11] (见图 1).

1.3.3 海岸线变迁研究方法

采用多时相遥感数据获取各个时刻的海岸线位置 ,比较分析海岸线的变迁 ,这样得到的海岸线位置准确度高^[12] ,能很好地提取海岸线变化信息.

为了更好地分析海岸线的淤蚀形态和速率变化状况 ,在海岸线提取结果的基础上选择了 12 个断面(见图 2) ,其中发现 3 个变化明显的典型区域.选择研究这 3 个典型区域的海岸线形态变化及淤长情况 ,并结合

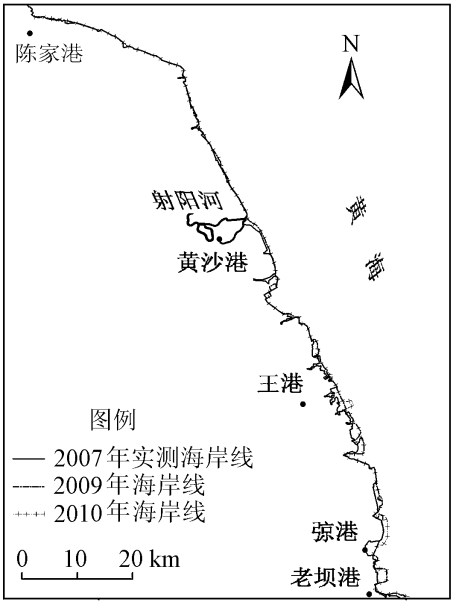


图 1 盐城海岸线遥感解译结果

Fig. 1 Results of remote sensing interpretation of coastline of Yancheng City

特定时期人类活动的影响和自然状况,分析整个盐城海岸线的变迁原因.

2 计 算

从整体上看,射阳河口以北海岸线变化很小,形态自然曲折,射阳河口以南海岸线淤长比较明显,表现为陆地向海推进,形态平直化很明显.从局部看,海岸线变迁主要发生在3个区域:射阳河口、水龙港—川东港、梁垛河闸—港.由于不同岸段的自然环境和人类活动影响不同,其岸线变化速度和特点也不尽相同.综合考虑上述特点,对典型岸段的海岸线变化速率进行计算.

2.1 射阳河口南岸段

射阳河口南岸1~3断面(图3(a))海岸线2007—2009年的淤长量分别为196 m,72 m,108 m,年平均淤长速率为62 m,2009—2010基本无淤长;2007—2010年的淤长量分别为196 m,72 m,108 m,年平均淤长速率为41 m.

2.2 水龙港—川东港岸段

根据表1结果可计算出水龙港—川东港海岸线(图3(b))2007—2009年的年平均淤长速率为125 m,2009—2010年的年平均淤长速率为73 m,2007—2010年的年平均淤长速率为76 m.该岸段断面6处的淤长速率达到了278 m/a.

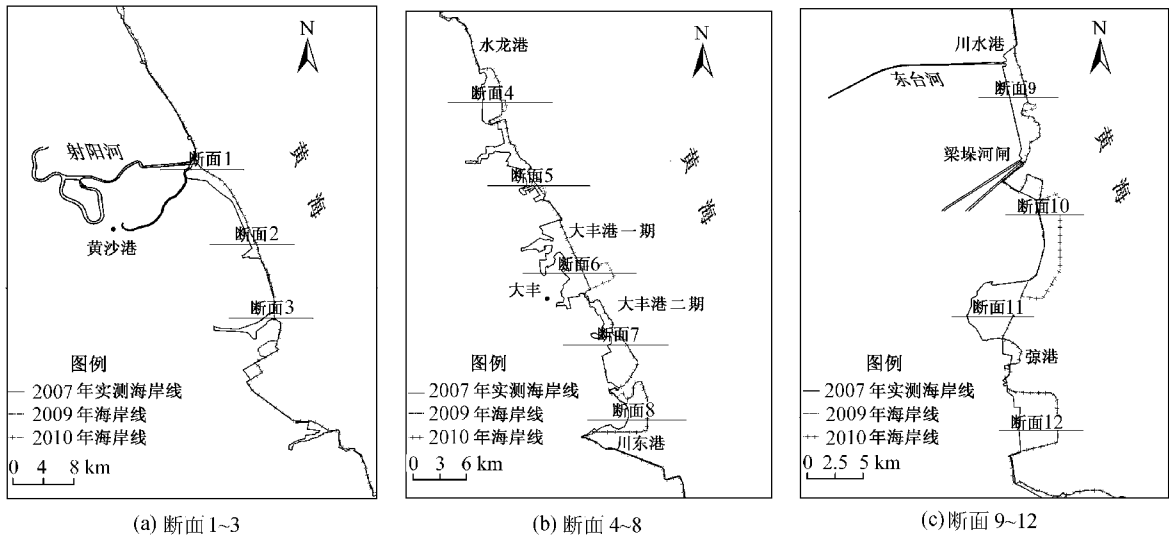


图3 典型岸段的海岸线
Fig. 3 Coastlines in typical cross-sections

2.3 梁垛河闸—港岸段

根据表2可计算出梁垛河闸—港海岸线(图3(c))2007—2009年的年平均淤长速率为99 m,2009—2010年的年平均淤长速率为41 m,2007—2010年的年平均淤长速率为80 m.不同岸段淤长速率情况差异很大,断面11处的年平均淤长速率达到176 m/a.

3 结果分析

3.1 典型岸段海岸线变化分析

射阳河口沿岸大部分为自然岸线,海岸线形态表

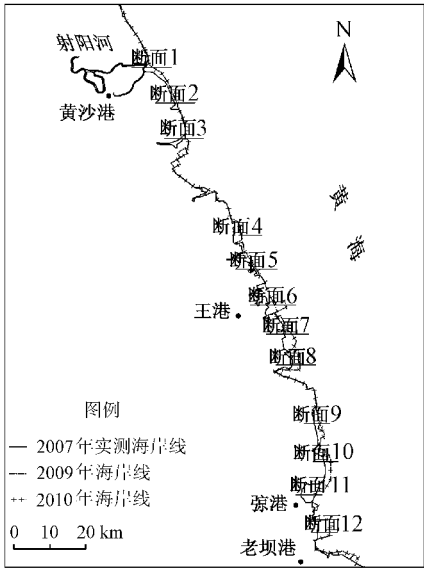


图2 断面位置
Fig. 2 Locations of cross-sections

断面	淤长量/m		
	2007—2009年	2009—2010年	2007—2010年
4	186	34	220
5	520	55	106
6	184	278	462
7	166	0	166
8	190	0	190
平均	250	73	229

现为自然曲折化 ,自然淤长速率大约 40 m/a ,近年来该岸段主要以海为生物自然保护区 ,维持了自然状态下的形态和淤长速率 ,受人为影响很小 .

水龙港—川东港岸段海岸线形态变化很明显 , 2007 年自然岸线占主导 ,岸线曲折程度大 ,特别是河口处 ;2007 年以后随着盐城围海造地、港口建造等人类活动不断加剧 ,自然岸线不断被裁弯取直 ,人工岸线不断增加 ,使海岸线形态趋向平直化 . 2009 年以后平直化程度加大 ,其中大丰港一期、二期工程岸段平直化

程度最高 .水龙港—川东港岸段海岸线淤长速率变化很大 ,2007 年以前岸线保持自然淤长速率(40 m/a) , 2007 年以后岸线淤长速率增加(平均为 100 m/a) ,而且不同岸段不同时期淤长差异相当大 .2007—2010 年间 ,大丰港(图 3(b) 断面 6)附近海岸线淤长速率为 150 m/a ,是大丰港北部岸线淤长速率的 5 倍、大丰港南部岸线淤长速率的 3 倍 ;王港(图 3(b) 断面 5)附近海岸线淤长速率 2007—2009 年为 250 m/a ,2009—2010 年为 50 m/a ,2007—2010 年为 30 m/a ,差异相当明显 .

梁垛河闸— 港岸段自然岸线少 ,曲折程度低 ,人工岸线占主导地位 ,岸线的平直化程度很高 .2007 年时海岸线形态大部分平直 ,少数(图 3(c) 断面 11)曲折度高 .2007 年以后海岸线形态基本都平直化了 ,而且平直程度不断增加 ,其中川水港(图 3(c) 断面 9)和 港(图 3(c) 断面 12)附近海岸线形态平直化程度最高 ,海岸线几乎呈直线 .该段海岸线淤长速率在不同岸段不同时期差异很大 ,2007—2009 年的海岸线淤长速率比 2009—2010 年的大 2 倍 .同一岸段在不同时期淤长速率存在较大差异 ,其中最大淤长速率(170 m/a)出现在港北部(图 3(c) 断面 11) ,最小速率大于整体自然岸线淤长速率(40 m/a) ,同一时期不同岸段的淤长速率也存在很大差异 ,2007—2009 年最大淤长速率(170 m/a)出现在 港北部 ,而在 9 ,10 ,11 ,12 这 4 个断面处的平均淤长速率则基本无变化(表 2) .

3.2 整体海岸线变化分析

3.2.1 海岸线形态变化

在围海造地等人类活动的影响下 ,海岸的自然岸线缩短 ,人工岸线增加 ,岸线形态由曲折变平直 .盐城海岸线长度在研究期内呈先缩减、后增加的变化趋势 .盐城海岸线长度在 2007 年为 381 km ,2009 年缩减为 342 km ,长度缩减了近 40 km ,岸线平直化加剧 .2010 年海岸线长度为 352 km ,比 2009 年增加了 10 km ,岸线平直化程度减缓 .2007 年实测海岸线期间 ,开发海岸的人类活动较少见 ,海岸线中自然岸线占有很大比例 ,岸线基本为自然曲折化形态 .

不论海岸线长度在一定时期内是缩减还是增加 ,总体来看该区海岸线长度较人类开发活动之前都是缩减的 ,只不过缩减的程度呈逐渐减缓趋势 ,说明研究时段内人类活动对海岸的改造有所减缓 .理论而言 ,随着人类活动对自然岸线的裁弯取直和人工改造 ,海岸线长度缩减是必然的 ,事实上除去误差因素 ,主要是人类活动虽然使海岸线形态趋于平直 ,但是开发过程中会产生新的人工岸线 ,如滩涂围垦和围海造地都会使海岸线向海延伸 ,从而增加岸线的长度 .

3.2.2 海岸线淤长速率变化

随着盐城沿海近 20 年来的人类活动 ,人工岸线的增加促使自然岸线淤长速率加快 ,使得该区海岸线年平均淤长速率达到 44 ~ 100 m .通过分析典型岸段海岸线的淤长速率、形态变化 ,发现在人为活动干预下盐城沿海海岸线的淤长速率明显加快 ,原因在于人工岸线不断向海域扩张 ,迫使海岸线向海域延长的速度加快 ;海岸线向海域淤长速度加快 ,会刺激人类活动进一步向海域发展 ,建立码头、围垦筑堤等 ,两者相互制约和影响 ,进一步促使海岸线淤长速度增加 .随着筑堤水平的提高 ,海岸堤坝基本处于人工稳定状态 ,再加上对土地需求量的不断增加 ,筑堤围垦速度与幅度都较大 ,所以海岸线在这个时期变化幅度与速度均较大 .

根据盐城近几年的海域使用现状数据得知 ,盐城围海造地的规模在整个海岸带利用中所占的比例很大 ,已成为促使海岸线淤长速率加快的最重要的因子 ;从调查的海岸线分布区域看 ,其与遥感解译出的海岸线变迁分布大致相同 ,能很好地解释典型岸段海岸线剧烈变迁的情况 .

表 2 梁垛河闸— 港海岸线淤长变化情况

Table 2 Progradation change of coastline from Liangduo Sluice to Jianggang Port

断面	淤长量/m		
	2007—2009 年	2009—2010 年	2007—2010 年
9	135	0	135
10	0	164	164
11	352	0	352
12	303	0	303
平均	198	41	239

4 结 论

a. 通过较高分辨率影像,利用遥感技术结合断面分析法,分析盐城沿海海岸线的形态变化情况,获取海岸线淤长速率数据,准确了解该海岸线的变化情况,并分析不同岸段不同时期人类活动对海岸线变化的影响。

b. 分析结果表明,盐城沿海海岸线以射阳河口为界,北部自然曲折,平直化程度很低,南部平直化程度增加,而且平直化幅度大。大丰港一期、二期工程岸段以及 港附近岸段海岸线的平直化程度最高,其他岸段海岸线的平直化程度差异很小。

c. 盐城沿海海岸线平均淤长速率为 $44 \sim 100 \text{ m/a}$,以射阳河口为界,北部海岸线变化缓慢,受人为影响较小,南部海岸线淤长速率变化幅度较大,而且淤长速率在不同时期不同岸段的差异较大,受人类活动影响很大,其中大丰港工程岸段海岸线年淤长速率达到 278 m 。

参考文献:

- [1] 姜义,李建芬,康慧,等.渤海湾西岸近百年来海岸线变迁遥感分析[J].国土资源遥感,2003,58(4):54-58.(JIANG Yi,LI Jian-fen,KANG Hui.A remote sensing analysis of coastline changes along the Bohai Bay muddycoast in the past 130 years[J].Remote Sensing for Land & Resources,2003,58(4):54-58.(in Chinese))
- [2] 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(3):19-23.(CAI Ze-jian,WU Shu-liang.Remote sensing analysis of the coastline development in Jiangsu Province[J].Remote Sensing for Land & Resources,2002(3):19-23.(in Chinese))
- [3] 杨金中,李志中,赵玉灵.杭州湾南北两岸岸线变迁遥感动态调查[J].国土资源遥感,2002(1):23-28.(YANG Jin-zhong,LI Zhi-zhong,ZHAO Yu-ling.The remote sensing dynamic monitoring of Hangzhouwan banks[J].Remote Sensing for Land & Resources,2002(1):23-28.(in Chinese))
- [4] 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[Z].北京:海洋出版社,2005.
- [5] 盐城市海洋渔业局.盐城市海岸线利用控制性规划(2008—2020)[R].盐城:盐城市海洋渔业局,2008.
- [6] ZHANG Ying.Impact of GCP distribution on the rectification accuracy of Landsat TM imagery in a coastal zone[J].Acta Oceanologica Sinica,2006,25(4):14-22.
- [7] 朱小鸽.珠江口海岸线变化的遥感监测[J].海洋环境科学,2002,21(2):20-22.(ZHU Xiao-ge.Remote sensing monitoring of coastline changes in Pearl River Estuary[J].Marine Environmental Science,2002,21(2):20-22.(in Chinese))
- [8] 严海兵,李秉柏,陈敏东.遥感技术提取海岸线的研究进展[J].地域研究与开发,2009,28(1):101-105.(YAN Hai-bing,LI Bing-bai,CHEN Min-dong.Progress of researches in coastline extraction based on RS technique[J].Areal Research and Development,2009,28(1):101-105.(in Chinese))
- [9] 沈芳,邵昂,吴建平,等.淤泥质潮滩水边线提取的遥感研究及 DEM 构建:以长江口九段沙为例[J].测绘学报,2008,37(1):102-107.(SHEN Fang,GAO Ang,WU Jian-ping,et al.A remotely sensed approach on waterline extraction of silty tidal flat for DEM construction:a case study in Jiuduansha shoal of Yangtze River[J].Acta Geodaetica and Cartographica Sinica,2008,37(1):102-107.(in Chinese))
- [10] 马小峰.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.(MAO Xiao-feng.Means of withdrawing coastline by remote sensing[J].Marine Environmental Science,2007,26(2):185-189.(in Chinese))
- [11] 钱一婧,张鹰,李洪灵.常用边缘检测算法在遥感影像水边线提取比较[J].人民长江,2008,39(13):95-97.(QIAN Yi-jing,ZHANG Ying,LI Hong-ling.Application of common edgcheck algorithm in waterline extraction from remote image[J].Yangtze River,2008,39(13):95-97.(in Chinese))
- [12] 庄翠蓉.厦门海岸线遥感动态监测研究[J].海洋地质动态,2009,25(4):13-17.(ZHUANG Cui-rong.Remote-sensing dynamic monitoring of Xiamen coastline[J].Marine Geology Letters,2009,25(4):13-17.(in Chinese))