

1973 年以来射阳河口附近海岸蚀淤变化遥感分析

闫秋双, 刘荣杰, 马毅

(国家海洋局第一海洋研究所, 山东 青岛 266061)

摘要: 以射阳河口北部扁担港口和射阳河口南部斗龙港口之间的海岸作为研究区, 基于 1973, 1987, 2000 和 2013 年四期 Landsat 影像提取了该岸段岸线, 并进行了时空变化分析。结果表明, 射阳河口以北的扁担港口—射阳河口岸段仍处于侵蚀状态, 呈现侵蚀—淤积—缓慢侵蚀的变化格局, 40 a 间侵蚀面积为 12.6 km², 淤积面积为 1.0 km²; 射阳河口以南的射阳河口—斗龙港口岸段处于淤积的态势, 呈现淤积—快速淤积—缓慢淤积的格局, 40 a 间淤积的面积为 223.1 km², 仅在 2000~2013 年间该岸段北部出现了侵蚀。结论是虽然射阳河口以南岸段仍总体处于淤积的过程中, 但是近年来江苏海岸的侵蚀范围已经扩展到了射阳河口以南, 这证明了江苏海岸侵蚀岸段有进一步扩大的趋势。

关键词: 射阳河口; 海岸线; 遥感; 时空变化

中图分类号: P237

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2015)09-0094-07

doi: 10.11759/hyxx20130917002

江苏海岸兼有快速淤长和剧烈侵蚀岸段, 以射阳河口为界北冲南淤, 且侵蚀岸段有进一步扩大的趋势^[1-2]。为掌握江苏海岸的淤蚀区域分布和变化趋势, 需要获取射阳河口附近海岸的时空变化信息。利用传统野外调查方法监测海岸有工作量大、费用高、周期长等缺点, 且缺少长时间序列的数据, 而遥感技术具有观测范围广、更新周期短、可比性强等优势, 近几年被广泛的应用于海岸变化监测中^[3]。

国内外许多科学家围绕河口(尼罗河^[4-5]、湄公河^[6]、黄河^[7-8]等)、海湾(墨西哥湾^[9]、杭州湾^[10]、湄洲湾^[11]等)、海滩^[12]、海岛(马绍尔群岛^[14]、长兴岛^[15]等等)区域开展了大量海岸线遥感监测与分析研究工作。针对江苏海岸线变迁情况, 相关学者也开展了一定的工作。其中, 陈乐平利用 20 世纪 50 年代、60 年代、80 年代的航空影像对江苏海岸作了多时相动态分析, 确定划分了其蚀淤类型及分布岸段^[15]; 蔡则健等^[16]利用历史资料分析了江苏历史岸线变迁, 并利用卫星影像对江苏海岸线 20 a 来的演变特点作了定量和定性分析; 王志明等^[17]利用卫星遥感技术、GIS 技术和野外实际调查相结合的方法, 研究了 1987~2007 年近 20 a 江苏省海岸线长度和沿海滩涂面积的变化情况; 王志一等^[19]利用遥感技术和实地调查数据对苏北废黄河三角洲海岸进行了时空演变分析; 张旸等^[18], 李静等^[20]基于实测数据、地形图和遥感数据对盐城海岸的变化进行了分析; 刘燕春等^[2]利用 1995~2003 年的 3 景 TM 数

据, 对射阳河口海岸线及潮滩岸线的演变状况进行了调查与监测。

从上可以看出, 对江苏海岸的遥感监测研究主要集中在废黄河三角洲海岸, 射阳河口的研究很少, 而且已有研究比较早, 没有反映出废黄河三角洲南侧蚀淤分界点的变化。因此本文选择以射阳河口为中心的扁担港口—斗龙港口海岸作为研究区域, 利用 1973、1987、2000 和 2013 年四期 Landsat 影像提取海岸线, 分析海岸的淤蚀面积和岸线的变化距离、变化速率, 研究 40 a 来该岸段的时空变化。

1 数据与方法

1.1 研究区概况

射阳河是江苏北部的一条通海河口, 在射阳县入海^[2]。射阳河口是江苏海岸“北冲南淤”的分界点, 射阳河口以北属废黄河三角洲海岸, 是侵蚀性粉砂淤泥质海岸, 潮间带宽度狭窄且坡度较陡; 射阳河口以南属海积平原区, 是堆积型粉砂淤泥质海岸, 潮间带浅滩很宽, 坡度较缓^[1-2, 18]。本区主要受黄海旋转潮波影响, 属正规半日潮, 潮差在 1.5~1.9 m^[21]。

收稿日期: 2013-09-17; 修回日期: 2014-03-31

基金项目: 中欧国际合作龙计划三期项目(ID10470)

作者简介: 闫秋双(1989-), 女, 山东聊城人, 硕士研究生, 主要方向海岛海岸带遥感应用研究, 电话: 15192646126, E-mail: yanqiushuang@126.com; 刘荣杰, 通信作者, 电话: 15066819166, E-mail: liurj@fio.org.cn

为对比研究射阳河口两侧海岸的淤蚀特点,选择射阳河口北部扁担港口和射阳河口南部斗龙港口之间的海岸作为研究区,并依据水文、地质、地貌等特点,把研究区从北向南划分为两个岸段,即扁担港口—射阳河口岸段和射阳河口—斗龙港口岸段。研究区的地理范围是 33.4°~34.1°N, 120.2°~120.4°E。

1.2 数据

本文所用数据为 1973~2013 年间的 8 景 Landsat 影像,具体如表 1 所示。所获得 2013 年 OLI 影像是经过系统几何校正的产品,在平原地区几何保真度

表 1 研究使用的 Landsat 数据列表

Tab.1 Landsat data used in the study

年份	传感器	获取时间(年-月-日)	空间分辨率(m)	轨道号/行号	景数
1973	Landsat-1 MSS	1973-11-17, 1973-11-16	60	129/36, 128/37	2
1987	Landsat-5 TM	1987-09-21, 1987-06-10	30	120/36, 119/37	2
2000	Landsat-7 ETM+	2000-11-03, 2000-11-12	30	120/36, 119/37	2
2013	Landsat-8 OLI	2013-04-07, 2013-04-14	30	120/36, 119/37	2

岸线提取之前应进行波段选择。由于近红外波段的反射率在淤泥质海岸较高^[18],本文统一采用近红外、红光、绿光的标准假彩色组合。本文在统一的比例尺下使用人机交互的方法提取岸线。

1.3.2 岸线误差分析

对利用遥感影像提取的岸线进行误差分析已引起了越来越多的科学家的重视。根据 Fletcher 等^[24]、Gene 等^[25]、Romine 等^[26]、Salvatore 等^[27]的研究,我们总结了利用 Landsat 影像提取岸线的误差来源,并得出了计算岸线总误差的公式:

$$\sigma = \pm \sqrt{\sigma_s^2 + \sigma_{id}^2 + \sigma_d^2 + \sigma_p^2 + \sigma_{cor}^2} \quad (1)$$

季节误差(σ_s),是指由季节变化因素(例如河流来水来沙的变化)导致的岸线位置偏差。潮汐波动误差(σ_{id}),是指潮汐引起的岸线位置的波动。数字化误差(σ_d),是指不同专家解译相同岸线的位置偏差。本文是一个操作者重复提取研究区的岸线,并计算标准偏差。像元误差(σ_p),一般是所用影像的空间分辨率。配准误差(σ_{cor}),是指对影像进行配准校正时的水平均方根误差。

岸线位置误差会影响岸线变化距离和岸线变迁速率。Murray Ford^[14]给出了计算岸线净移动距离(记为 D)和端点变化率(记为 R)以及其置信区间 I_D 、 I_R 的公式。其中 D 和 I_D 的计算公式如(2)和(3)所示。

$$D = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \quad (2)$$

很高。因此,本文选取该影像为参考影像,采用二次多项式模型和三次卷积采样方法对其他 Landsat 影像进行配准,配准精度在半个像元内。

1.3 研究方法

1.3.1 岸线提取

海岸线是海陆分界线,在我国系指多年大潮高潮位时的海陆界线^[22]。通过遥感手段一般提取水边线、干湿线、植被线等岸线指示因子来反映岸线的位置^[23]。本文研究区属于淤泥质海岸,可使用比较稳定的植被线反映岸线位置。

公式中(X_A , Y_A)是断面(垂直于基线的线段)与岸线 A 交点的投影坐标, (X_B , Y_B)是断面与岸线 B 交点的投影坐标。

$$I_D = \pm \sqrt{(U_A)^2 + (U_B)^2} \quad (3)$$

公式中 U_A 是岸线 A 的误差, U_B 是岸线 B 的误差。 R 和 I_R 的计算公式如下:

$$R = \frac{D}{t_A - t_B} \quad (4)$$

$$I_R = \frac{I_D}{t_A - t_B} \quad (5)$$

公式中 t_A 是岸线 A 的时间, t_B 是岸线 B 的时间。

1.3.3 岸线变迁分析

本文利用海岸陆地变化面积、岸线移动距离和端点变化率 3 个因子分析研究扁担港口—斗龙港口海岸时空变化情况。利用 ArcGIS 和 DSAS 计算得出整个研究区及其两个分区不同时间段的陆地面积变化和岸线的 D 、 R 。

2 研究结果

2.1 岸线提取误差

本文提取的岸线是相对稳定的植被线,季节误差和潮汐波动误差可以忽略不计。并且,本文所采用岸线提取方法能够达到亚像元精度,所以也没有考虑像元误差。根据公式(1)计算 1973、1987、2000、

2013 年四期岸线的误差, 结果如表 2。根据公式(3)和公式(5)计算岸线提取误差对 D 和 R 的影响, 结果如表 3 所示。

表 2 研究区 1973~2013 年四期岸线的提取误差列表

年份	$\sigma_s(m)$	$\sigma_{id}(m)$	$\sigma_d(m)$	$\sigma_p(m)$	$\sigma_{cor}(m)$	$\sigma(m)$
1973	—	—	26.1	—	24	± 35.5
1987	—	—	19.2	—	6	± 20.1
2000	—	—	14.7	—	12	± 19.0
2013	—	—	17.0	—	—	± 17.0

注: “—”表示忽略不计

表 3 岸线提取误差的影响

时间段	$t_A - t_B(a)$	$U_A(m)$	$U_B(m)$	$I_D(m)$	$I_R(m/a)$
1973~2013 年	40	± 35.5	± 17.0	± 39.4	± 1.0
1973~1987 年	14	± 35.5	± 20.1	± 40.8	± 2.9
1987~2000 年	13	± 20.1	± 19.0	± 27.7	± 2.1
2000~2013 年	13	± 19.0	± 17.0	± 25.5	± 2.0

为了验证上述误差分析方法的有效性, 本文又利用更高分辨率影像进行了岸线精度评估。由于研究时段较长, 无法获取每个时期对应的高分影像, 因此本文采用 2013 年获取的 2 m 分辨率高分一号数据来评估 2013 年岸线的精度。结果显示, 两条岸线的标准偏差约为 19.6 m。这与本文所采用的误差分析方法所得到的 2013 年岸线精度(17.0 m)较为一致,

表 4 研究区海岸面积变化统计

Tab.4 Variations in coastal areas in the study area

岸段	陆地变化	面积(km ²)			
		1973~1987 年	1987~2000 年	2000~2013 年	1973~2013 年
扁担港口—射阳河口	陆地减少	-14.1	-1.6	-6.0	-12.6
	陆地增加	0	+7.9	+2.0	+1.0
	陆地总变化	-14.1	+6.3	-4.0	-11.6
	年均变化	-1.0	+0.5	-0.3	-0.3
射阳河口—斗龙港口	陆地减少	-1.2	-0.6	-0.6	0
	陆地增加	+46.5	+165.7	+13.4	+223.1
	陆地总变化	+45.3	+165.1	+12.8	+223.1
	年均变化	+3.2	+12.7	+1.0	+5.6
扁担港口—斗龙港口	陆地减少	-15.3	-2.2	-6.6	-12.6
	陆地增加	+46.5	+173.6	+15.4	+224.0
	陆地总变化	+31.2	+171.4	+8.8	+211.4
	年均变化	+2.2	+13.2	+0.7	+5.3

说明本文所采用的方法是有效的, 并且该方法可以在没有对应的高分影像时进行岸线误差分析。从表 3 可知, 本文的岸线提取误差均小于一个像元, 满足岸线遥感解译的精度要求。

2.2 扁担港口—斗龙港口海岸时空变化

研究区在 40 a 间总体上呈现陆地面积增加、岸线向海推进的态势(表 4、表 5)。1973~2013 年, 研究区海岸面积增加 224.0 km², 侵蚀 12.6 km², 净增长 211.4 km², 岸线平均向海推进 2 760.1 m。1987~2000 年研究区淤积强度最大, 侵蚀强度最小, 2000~2013 年淤积强度最小, 1973~1987 年侵蚀强度最大, 淤积强度先增加后减小, 侵蚀强度先减小后增加。

比较扁担港口—射阳河口岸段和射阳河口—斗龙港口岸段的变化面积和 D 、 R , 可知两个岸段的淤积特征完全不同: 射阳河口以北的扁担港口—射阳河口岸段除了在 1987~2000 年有少许的淤积外, 其他时间段内均是受到侵蚀; 射阳河口以南的射阳河口—斗龙港口岸段整体上处于淤积的过程中, 尤其是 1987~2000 年该段海岸的面积增加 173.6 km², 岸线向海推进 4 000 m 多, 每年推进达 300 m 多。

由表 5 中 D 和 R 的标准差大小可知: 2000~2013 年的海岸变化在空间上比较均匀的分布, 1987~2000 年海岸变化的空间分布最不均匀; 射阳河口—斗龙港口岸段相比于扁担港口—射阳河口岸段, 海岸变化的空间分布更不均匀。

表 5 研究区 D 和 R 统计值

Tab.5 Statistical values of D and R in the study area

岸段	时间段	$D(m)$		$R(m/a)$	
		平均值	标准差	平均值	标准差
扁担港口—射阳河口	1973~1987 年	-390.5	227.2	-27.9	16.2
	1987~2000 年	176.8	286.2	13.6	22.0
	2000~2013 年	-111.5	304.6	-8.6	23.5
	1973~2013 年	-325.2	407.2	-8.1	10.2
射阳河口—斗龙港口	1973~1987 年	951.5	1556.0	68.0	111.3
	1987~2000 年	4195.2	2735.7	322.4	210.2
	2000~2013 年	312.8	351.7	24.1	27.1
	1973~2013 年	5459.5	2400.0	136.6	60.0
扁担港口—斗龙港口	1973~1987 年	325.3	1328.0	23.3	94.9
	1987~2000 年	2320.0	2837.0	178.3	218.0
	2000~2013 年	114.8	392.5	8.8	30.2
	1973~2013 年	2760.1	3388.2	69.0	84.7

2.3 扁担港口—射阳河口海岸时空变化

1973~2013 年的变化面积和 D 、 R 的统计显示, 扁担港口—射阳河口岸段总体上呈现侵蚀状态, 面积侵蚀 11.6 km², 岸线后退 325.2 m, 平均后退速率为 8.1 m/a。由表 4、表 5 和图 1 可知, 1973~1987、1987~2000、2000~2013 年本岸段的变化速率先增加后减小, 正值表示淤积, 负值表示侵蚀, 说明 1973~2013 年本岸段经历了侵蚀—淤积—侵蚀的过程, 其中 1973~1987 年的侵蚀强度大于 2000~2013 年的侵蚀强度。从 R 的标准差和 95%置信区间可以看出, 在 1973~1987、1987~2000、2000~2013 年 3 个时间段内, 本段海岸变化的空间分布相对一致。

图 2a 是以 Landsat-8 OLI 影像数据为底图生成的本段海岸陆地变化时空分布图。图 2b 和图 2c 分

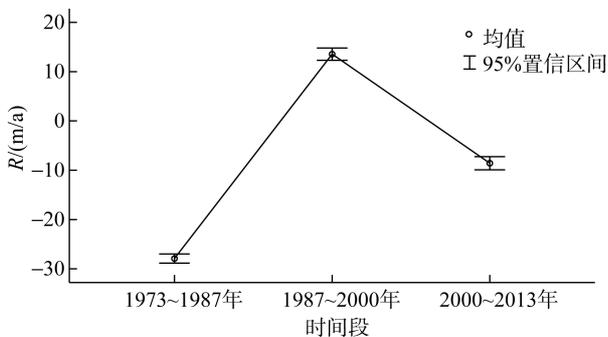


图 1 扁担港口—射阳河口海岸 R 均值的变化及 95%置信区间

Fig. 1 Endpoint rates along the coast from the Biandan Harbor to the Sheyang River Estuary with their statistical means and 95% boundaries

别是不同时间段内随着纬度位置变化的岸线变化距离和岸线变化速率, 正值表示侵蚀, 负值表示淤积。从图上可知, 本段海岸的 D 在[-1500, 1000]之间, R 在[-100, +100]之间; 本段海岸北部和南部的侵蚀强度较大, 中部的侵蚀强度较小, 且部分地区出现淤积。

扁担港口—射阳河口岸段虽然在 1987~2000 年淤积, 但仍处于侵蚀过程中。经查询相关资料, 1987~2000 年的淤积主要是由人类活动导致的, 具体包括 1986 年开始的大喇叭口、双洋港等处互花米草种植, 以及大喇叭等地的滩涂匡围活动^[8, 29]。

2.4 射阳河口—斗龙港口海岸时空变化

由表 4、表 5 和图 3 可知, 射阳河口—斗龙港口岸段在 1973~1987 年、1987~2000 年、2000~2013 年三个时间段内均发生了少许的侵蚀, 但总体上呈淤积的状态。40 a 间面积增加 233.1 km², 岸线推进 5 459.5 m, 平均 136.6 m/a。三个时间段的变化面积和 D 、 R 比较显示, 本岸段的淤积速率先增加后减小, 1987~2000 年最快, R 达到 322.4 m/a, 2000~2013 年淤积速率最慢, R 为 24.1 m/a。从 R 的标准偏差和 95%置信区间可知, 1987~2000 年本岸段变化的空间分布最不均匀, 其次是 1973~1987 年, 2000~2013 年海岸变化的空间分布最均匀。

图 4a、图 4b 和图 4c 分别是本岸段陆地面积变化、岸线变化距离和岸线变化速率分布图。从图上可知, 本岸段有两个淤积热点, 一位于射阳河口—新洋港口之间, 一位于新洋港口—斗龙港口之间。新

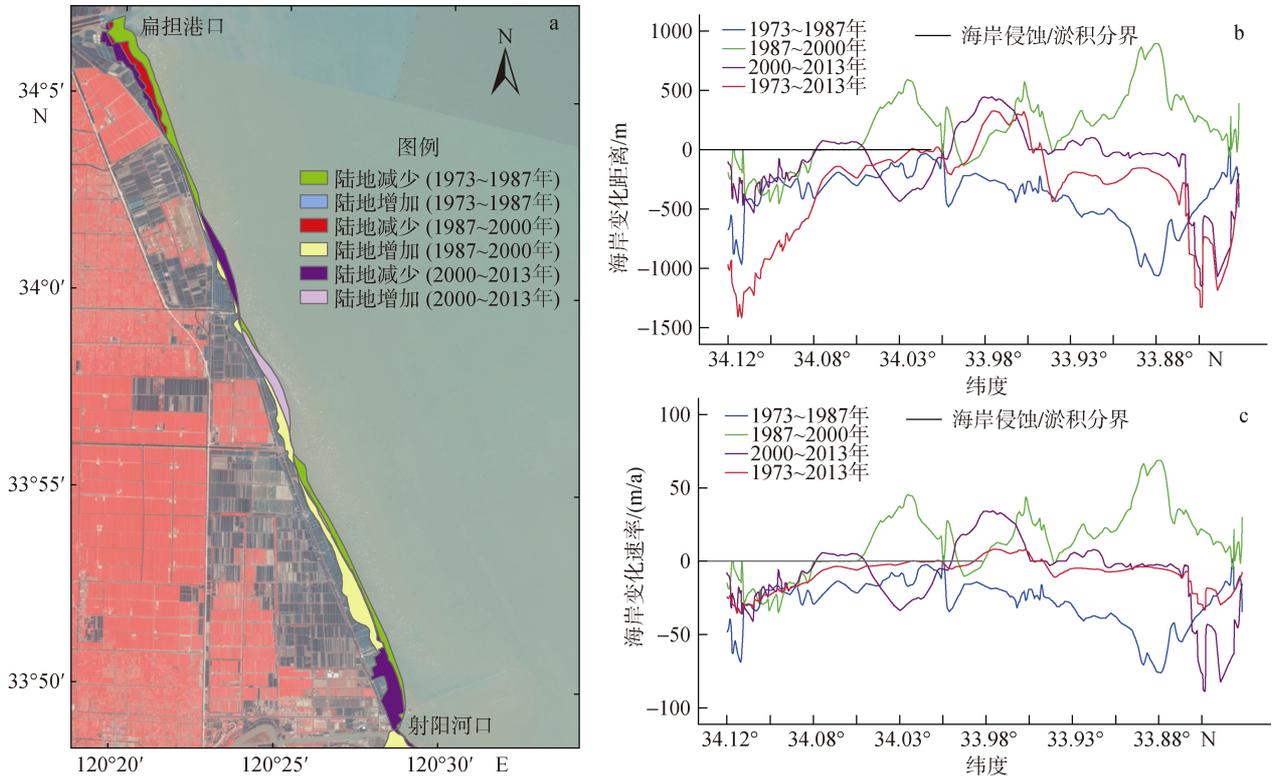


图 2 扁担港口—射阳河口岸段海岸变化分布图

Fig. 2 Changes distribution along the coast from the Biandan Harbor to the Sheyang River Estuary

a. 海岸陆地时空变化分布图; b. 岸线变化距离分布图; c. 岸线变化速率分布图

a. The spatial and temporal changes in coastal land area; b. the changing distance distribution of coastline; c. the changing rate of the coastline

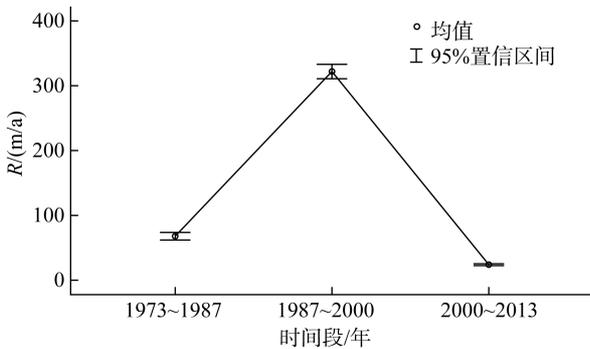


图 3 射阳河口—斗龙港口海岸 R 均值的变化及 95%置信区间

Fig. 3 End-point rates along the coast from the Sheyang River Estuary to the Doulong Harbor with their statistical means and 95% boundaries

洋港口—斗龙港口间的淤积强度比射阳河口—新洋港口间的淤积强度大。2000~2013 年, 本段海岸的北部转变为缓慢侵蚀, 可能表明 2000 年后研究区海岸的侵蚀范围从射阳河口北部扩展到射阳河口南部。

射阳河口—斗龙港口岸段经历了 1973~1987 年的淤积到 1987~2000 年的快速淤积再到 2000~2013 年

的缓慢淤积, 整体仍处于淤积过程中。但是岸段的北部在 2000~2013 年间转为侵蚀。射阳河口—新洋港口岸段在 1987~2000 年快速淤积与养殖池塘的建设有关^[30]。新洋港口—斗龙港口岸 1987~2000 年间快速淤积主要是由于盐城国家级自然保护区的设立^[31]。

3 结论与讨论

本文选择以江苏淤蚀分界点射阳河口为中心的扁担港口—斗龙港口海岸作为研究区, 利用 Landsat 卫星影像数据提取岸线, 以海岸变化面积和岸线的 D 、 R 作为衡量指标, 来研究 1973~2013 年研究区海岸的时空变化。研究发现, 射阳河口以北的扁担港口—射阳河口岸段仍处于侵蚀的过程中, 呈现侵蚀—淤积—缓慢侵蚀的变化格局, 1987~2000 年的淤积可能与人工围填和防护林的建设有关; 射阳河口以南的射阳河口—斗龙港口岸段处于淤积的过程中, 呈现淤积—快速淤积—缓慢淤积的格局, 其中 2000~2013 年该岸段的北部出现侵蚀, 可能是江苏海岸侵蚀范围扩展到射阳河口以南的证明, 这需要进一步研究。

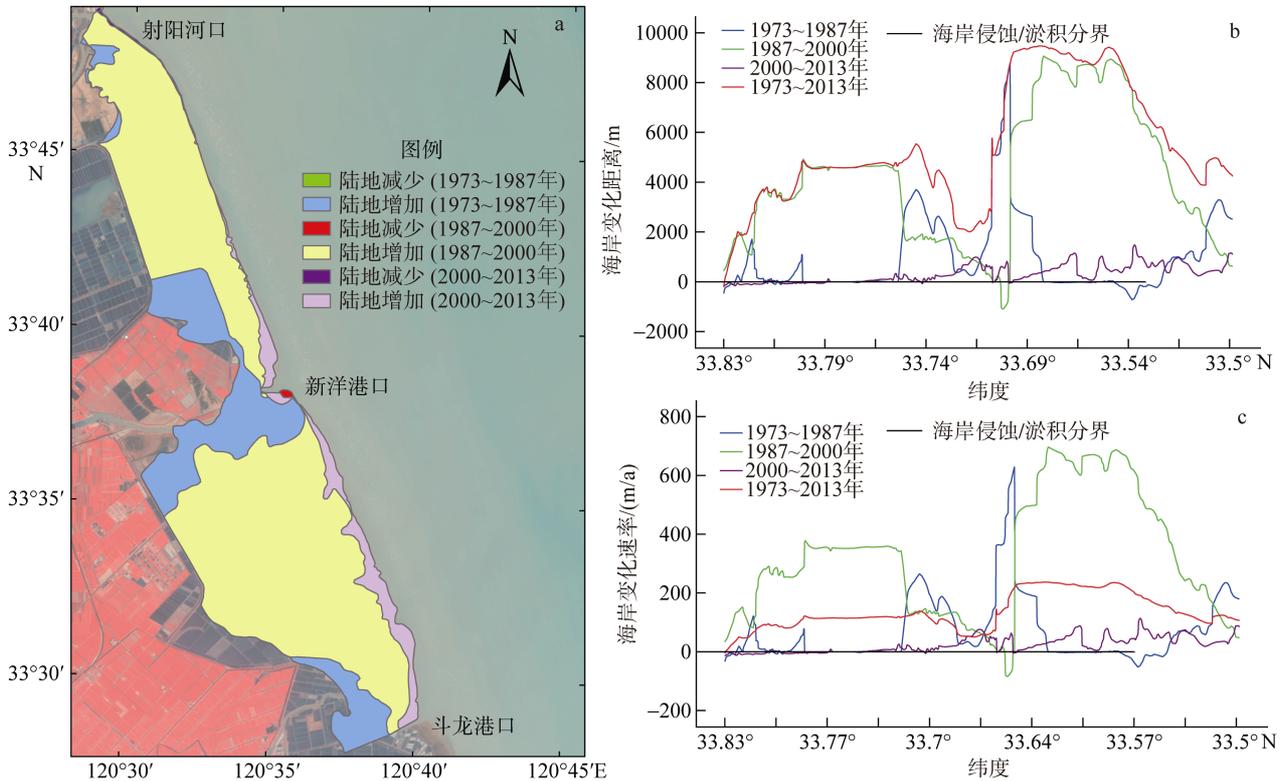


图 4 射阳河口-斗龙港口岸段海岸变化分布图

Fig. 4 Changes distribution along the coast from the Sheyang River Estuary to the Doulong Harbor

a. 海岸陆地时空变化分布图; b. 岸线变化距离分布图; c. 岸线变化速率分布图

a. The spatial and temporal changes in coastal land area; b. the changing distance distribution of coastline; c. the changing rate of the coastline

致谢: 文中 Landsat 影像和 DSAS 软件由 USGS 网站(<http://www.usgs.gov>)免费提供, 对此表示衷心的感谢。

参考文献:

- [1] 张忍顺, 陆丽云, 王艳红. 江苏海岸侵蚀过程及其趋势[J]. 地理研究, 2002, 21(4): 469-477.
- [2] 刘燕春, 张鹰. 基于遥感岸线识别技术的射阳河口潮滩冲淤演变研究[J]. 海洋通报, 2010, 29(6): 658-663.
- [3] Cracknell A P. Remote sensing techniques in estuaries and coastal zones-an update[J]. International Journal of Remote Sensing, 1999, 20: 485-496.
- [4] El-Asmar H M. Short term coastal changes along Damietta-Port said coast northeast of the Nile Delta, Egypt[J]. Journal of Coastal Research, 2002, 18(3): 433-441.
- [5] Dewidar K M, Frihy O E. Automated techniques for quantification of beach change rates using Landsat series along the Northeastern Nile Delta, Egypt[J]. Journal of Oceanography and Marine Science, 2010, 1(2): 28-39.
- [6] Tamura T, Saito Y, Bateman M D, et al. Luminescence dating of beach ridges for characterizing multi-decadal to centennial deltaic shoreline changes during Late Holocene, Mekong River Delta[J]. Marine Geology, 2012, 326: 140-153.
- [7] 刘艳霞, 黄海军, 丘中锋, 等. 基于影像间潮滩地形修正的海岸线监测研究—以黄河三角洲为例[J]. 地理学报, 2012, 67(003): 377-387.
- [8] 刘玲, 李广雪, 李季. 黄河三角洲钓口叶瓣河道与岸线演化分析[J]. 海洋地质前沿, 2013, 29(6): 1-6.
- [9] Geleynse N, Hiatt M, Sangireddy H, et al. Shoreline response to environmental forcings: A case study in the Wax Lake Delta, Gulf of Mexico[J]. Egu General Assembly, 2013, 15: 13031.
- [10] 孙丽娥, 马毅, 刘荣杰. 杭州湾海岸线变迁遥感监测与分析[J]. 海洋测绘, 2013, 33(2): 38-41.
- [11] 赵宗泽, 刘荣杰, 马毅, 等. 近 30 年来湄洲湾海岸线变迁遥感监测与分析[J]. 海岸工程, 2013, 32(1): 19-27.
- [12] Turki I, Medina R, Gonzalez M, et al. Natural variability of shoreline position: Observations at three pocket beaches[J]. Marine Geology, 2013, 338: 76-89.
- [13] Murray F. Shoreline changes interpreted from multi-temporal aerial photographs and high resolution satellite images: Wotje Atoll, Marshall Islands[J]. Remote Sensing of Environment, 2013, 135: 130-140.
- [14] 孙钦帮, 苏媛媛, 马军, 等. 长兴岛海岸线变化遥感动态监测及分形特征[J]. 海洋环境科学, 2011, 30(3): 389-393.

- [15] 陈乐平.江苏省海岸线演变及地质灾害遥感分析[J]. 国土资源遥感, 1992, 4: 12-20.
- [16] 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.
- [17] 王志明, 李秉柏, 严海兵, 等.近20年江苏省海岸线和滩涂面积变化遥感监测[J].江苏农业科学, 2011, 39(6): 555-557.
- [18] 张昉, 陈沈良.苏北废黄河三角洲海岸时空演变遥感分析[J].海洋科学进展, 2009, 27(2): 166-175.
- [19] 王志一, 徐素宁, 姜艳辉, 等.苏北废黄河三角洲岸线变迁与海岸冲淤动态遥感监测[J]. 南水北调与水利科技, 2013, 11(1): 136-139.
- [20] 李静, 张鹰.基于遥感测量的海岸线变化与分析[J]. 河海大学学报(自然科学版), 2012, 40(2): 224-228.
- [21] 任美镔.江苏海岸带和海底资源综合调查报告[M].北京: 海洋出版社, 1986.
- [22] GB/T 18190-2000, 海洋学术语-海洋地质学[S].
- [23] Boak E H, Turner I L. Shoreline definition and detection: A review[J]. Journal of Coastal Research, 2005, 21(4): 688-703.
- [24] Fletcher C, Rooney J, Barbee M, et al. Mapping shoreline change using digital orthophotogrammetry on Maui, Hawaii[J]. Journal of Coastal Research, 2003, 38: 106-124.
- [25] Genz A S, Fletcher C H, Dunn R A, et al. The predictive accuracy of shoreline change rate methods and alongshore beach variation on Maui, Hawaii[J]. Journal of Coastal Research, 2007, 23(1): 87-105.
- [26] Romine B M, Fletcher C H, Frazer L N, et al. Historical shoreline change, Southeast Oahu, Hawaii; Applying polynomial models to calculate shoreline change rates [J]. Journal of Coastal Research, 2009, 25(6): 1236-1253.
- [27] Viridis S G P, Oggiano G, Disperati L. A geomatics approach to multitemporal shoreline analysis in Western Mediterranean: The case of Platamona-Maritza Beach (Northwest Sardinia, Italy) [J]. Journal of Coastal Research, 2012, 28(3): 624-640.
- [28] 王义刚, 陈君, 黄惠明, 等.江苏沿海滩涂围垦开发历史、现状与未来[C].中国水利学会滩涂湿地保护与利用专业委员会. 中国水利学会滩涂湿地保护与利用专业委员会 2010 学术年会论文集.北京: 中国水利水电出版社, 2010: 32-39.
- [29] 周良勇, 张志殉, 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 .
- [30] 王加连, 刘忠权.江苏盐城国家级珍禽自然保护区生物多样性保护现状与对策[J]. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2006, 29(5): 475-479.

Remote sensing analysis of shoreline changes along the coast near the Sheyang River Estuary of Jiangsu Province since 1973

YAN Qiu-shuang, LIU Rong-jie, MA Yi

(The First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao 266061, China)

Received: Sep., 17, 2013

Key words: the Sheyang River Estuary; shoreline; remote sensing; spatial and temporal analysis

Abstract: The Sheyang River Estuary is the demarcation point of coastal changes of Jiangsu Province, recession in the north, accretion in the south, and the length of receding coastline is gradually increased. To investigate and monitor the evolution of shoreline near the Sheyang River Estuary area, the coast between the Biandan Harbor in the north of the estuary and the Doulong Harbor in the south of the estuary was selected as the study site, and the Landsat data obtained in 1973, 1987, 2000 and 2013 were used to extract the shorelines. Then the spatial-temporal changes of the coastal area were analyzed. The present study indicates that the coast area in the north of the estuary is in the state of erosion showing the pattern of erosion-accretion-slow erosion, with the coastal area decreasing 12.6 km² and increasing 1.0 km² in 40 years. While the coast in the south of the estuary is in aggradation, revealing the change pattern of accretion-fast accretion-slow accretion, with the coastal area increasing 223.1 km² in 40 years. The erosion has occurred since 2000 in the north of the Sheyang River Estuary southern coast.

(本文编辑: 刘珊珊)