

江苏省海岸侵蚀现状遥感监测与防治对策

崔丹丹¹, 吕林¹, 周永², 邓慧丽², 张慧铭², 张东^{2,3}, 沈永明²

(1.江苏省海域使用动态监视监测中心 南京 210017; 2.南京师范大学海洋科学与工程学院 南京 210023;

3.江苏省地理信息资源开发与利用协同创新中心 南京 210023)

摘要:文章利用卫星遥感解译、潮汐数值模拟、GIS空间拓扑分析等技术手段,对水边线进行水位订正,推算出2019年度江苏沿海的遥感海岸线,对江苏省海岸侵蚀现状进行了遥感监测与评估。研究表明:2019年江苏省共有侵蚀岸线长58.55 km,占全省大陆海岸线的7.39%。废黄河三角洲侵蚀型海岸的侵蚀岸段平均年侵蚀后退59.24 m,主要表现为盐养围堤的冲刷水毁;辐射沙洲北翼淤长型海岸的侵蚀岸段年平均侵蚀后退152.28 m,表现为潮间带上部坡度变缓,海岸线持续内移。全省海岸带侵蚀总面积为7.244 8 hm²,强侵蚀岸段主要分布在南八滩闸北侧,新洋河口两侧以及斗龙港南侧区域。文章同时结合江苏海域动态监管工作经验,提出了5点海岸侵蚀灾害防治对策:①加强天一空一地一体化多手段联合监测,精确监控海岸侵蚀灾害发生范围与程度,了解海岸侵蚀强度与等级;②联合多平台海洋观测,深入开展致灾因素分析,了解海岸侵蚀灾害的发展与变化趋势,逐步完善灾害预警机制;③根据不同的海岸类型与海岸侵蚀特征,有效开展多策略的海岸防护整治,减少海岸侵蚀灾害损失;④加快海岸带保护修复,明确海岸带开发活动的适宜空间与适宜程度,优化海岸带空间布局;⑤强化海岸责任管理,明确监管职责。

关键词:江苏;海岸侵蚀;遥感;侵蚀速率;侵蚀强度;灾害防治

中图分类号:P7

文献标志码:A

文章编号:1005-9857(2021)07-0084-06

Remote Sensing Monitoring and Preventive Countermeasures of Coastal Erosion in Jiangsu Province

CUI Dandan¹, LYU Lin¹, ZHOU Yong², DENG Huili², ZHANG Huiming², ZHANG Dong^{2,3}, SHEN Yongming²

(1. Sea Area Use Dynamic Surveillance and Monitoring Center of Jiangsu Province, Nanjing 210017, China; 2. School of Marine Science and Engineering, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China; 3. Jiangsu Center for Collaborative Innovation in Geographical Information Resource Development and Application, Nanjing 210023, China)

Abstract: In this study, remote sensing interpretation, tidal numerical simulation, and GIS spatial topo analysis techniques were used for the 2019 remote sensing coastline determination in Jiangsu Province. Coastal erosion status was monitored and evaluated. The results showed that: in 2019,

收稿日期:2020-09-01;修订日期:2021-06-21

基金项目:国家自然科学基金项目(41771447, U1609203);重点实验室:自然资源部滨海盐沼湿地生态与资源重点实验室.

作者简介:崔丹丹,高级工程师,硕士,研究方向为海域动态监视监测

通信作者:张东,副教授,博士,研究方向为海洋信息技术与海岸带资源开发管理

the total length of the eroded coastline in Jiangsu Province was 58.55km, accounting for 7.39% of the provincial mainland coastline. The average annual erosion of the eroded coast in the Yellow River Delta receded 59.24m, mainly due to the erosion of the aquaculture dike. And the average annual erosion in coasts shielded by Radial Sandy Ridges receded by 152.28m, which showed that the upper slope of the intertidal zone became slower and the coastline continued to move inward. The total area of coastal erosion in Jiangsu Province reached 7.2448 ha, of which Yancheng was the largest. The strongly eroded coasts were mainly distributed on the north side of Nanbatan sluice, on both sides of the Xinyang River estuary, and on the south side of Doulong Port. And combined with the work experience of dynamic supervision of Jiangsu sea area, the paper put forward five relevant prevention and control countermeasures of coastal erosion disasters: 1) strengthen the joint monitoring of the integration of space, air and land to accurately monitor the scope and extent of coastal erosion disaster to understand the intensity and grade of coastal erosion; 2) joint multi-platform ocean observations, carry out in-depth analysis of disaster-causing factors, understand the development and change trends of coastal erosion disasters, and gradually improve the disaster warning mechanism; 3) according to different types of coasts and characteristics of coastal erosion, effectively carry out multi-strategy coastal protection and remediation to reduce the loss of coastal erosion disasters; 4) speed up the protection and restoration of the coastal zone, clarify the suitable space and suitability of coastal zone development activities, and optimize the spatial layout of the coastal zone; 5) Strengthen the management of coastal responsibilities and clarify supervision responsibilities.

Keywords: Jiangsu Province, Coastal erosion, Remote sensing, Erosion rate, Erosion intensity, Disaster prevention

0 引言

海岸侵蚀是海岸在海洋动力等因素作用下发生后退的现象^[1]。随着海岸带开发力度的不断加大,海洋经济的不断提升,我国沿海地区受海岸侵蚀灾害影响的风险日益增强^[2]。江苏海岸具有北部侵蚀型与南部淤积型并存的特征,苏北沿海地形复杂^[3-5]。从北到南,既有北部的海州湾水下浅滩地形,又有中部的废黄河三角洲侵蚀型海岸地形^[6-7],还有中部和南部的辐射沙洲淤长型地形^[8],海洋动力条件特殊。正是这种特殊的地形地貌和水动力条件造成了江苏滩涂、浅海面积大,海岸掩护条件差,海洋环境脆弱,极易遭受海洋灾害的侵袭^[9-11]。

为了监控海岸带侵蚀状况,江苏省在盐城市滨海县的振东闸至射阳县的射阳河口约 60 km 的粉砂淤泥质海岸进行了长期观测,并于 2018 年在大洪港—三圩港、苏北灌溉总渠两地分别开展了 1.8 km

和 2.5 km 重点岸段的实地监测,用于了解侵蚀海岸的长度以及平均侵蚀速度。实地监测是了解典型冲刷岸段的冲刷状况的重要手段,可以为海岸带修复提供基础依据,但是这些少量的实地监测岸线相对于江苏漫长的海岸线来说,无法全面掌握全省海岸带的整体侵蚀情况及其发展趋势。

卫星遥感技术具有数据获取方便、重复观测时间短、覆盖范围大、经济高效等优点,弥补了传统海岸带侵蚀监测的不足^[12-16]。利用高分辨率卫星遥感数据来开展江苏省海岸带侵蚀现状的监测与风险评估,不仅具有可行性,而且具有急迫性,对开展全省的海岸侵蚀防护、海岸修复、海岸利用等具有重要意义和参考价值。

1 数据源与方法

1.1 数据源

研究区分布如图 1 所示。本研究重点基于遥感

技术和潮汐调和计算技术,推算 2019 年度的遥感海岸线,分析海岸线后退引起的海岸侵蚀状况,用到的数据有以下几种。

(1)遥感影像数据。根据影像数据质量以及影像成像时刻的潮位情况,收集了 2019 年度覆盖江苏省沿海的两个时相卫星遥感影像数据,其中美国陆地卫星 Landsat8-OLI 遥感数据 3 景,欧洲哨兵卫星 Sentinel-2 遥感数据 5 景(图 1)。影像经过几何精校正处理,位置误差小于 0.1 个像元。

(2)潮位观测数据。根据遥感海岸线推算时对潮位数据的处理需求,在研究区内共收集了沿海分布的 10 个潮位观测站的潮位数据,用于潮汐调和常数推算和遥感影像成像时刻潮位模拟,站点位置分布见图 1。

(3)岸滩剖面地形观测数据。综合考虑全省的海岸带类型、岸滩坡度变化等因素,收集了 28 条断面地形观测数据。其中全省分布的 14 条断面来自江苏“908”调查,盐城市滨海—东台分布的 13 条加密观测断面来自江苏省 2014—2017 年开展的典型岸段冲淤动态变化监测。

(4)历史海岸线数据。收集了 2018 年度的江苏沿海遥感海岸线数据,用于海岸侵蚀现状分析。

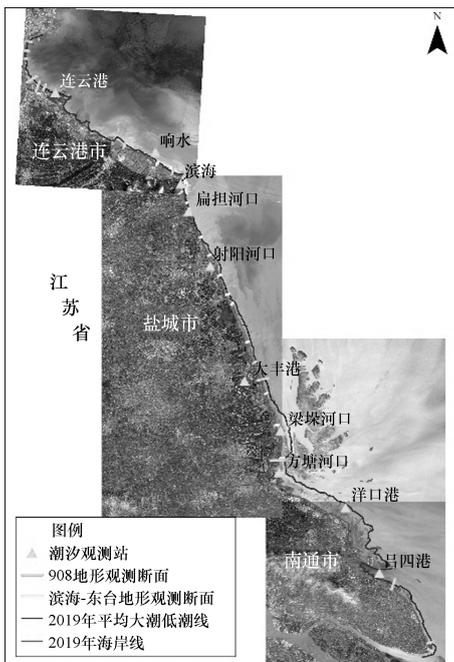


图 1 研究区位置

1.2 研究方法

图 2 为江苏省海岸侵蚀灾害遥感监测与分析技术路线图。首先利用基于潮汐分带校正的海岸线遥感推算方法^[17],得到 2019 年度的遥感海岸线,同时推算平均大潮低潮线,合成得到潮间带范围,推算结果见图 1;然后利用基线法和面积法,基于 2018—2019 年度遥感海岸线的位置变化,确定海岸的侵蚀情况,计算对应的岸线长度、侵蚀岸段的空间分布以及岸段的侵蚀速率;利用体积法,基于潮间带的面积、岸滩坡度与体积变化,确定海岸的泥沙侵蚀量,并对岸段的侵蚀强度进行分级^[17];最后结合研究结果和实际管理工作经验,提出海岸侵蚀灾害的防治对策。

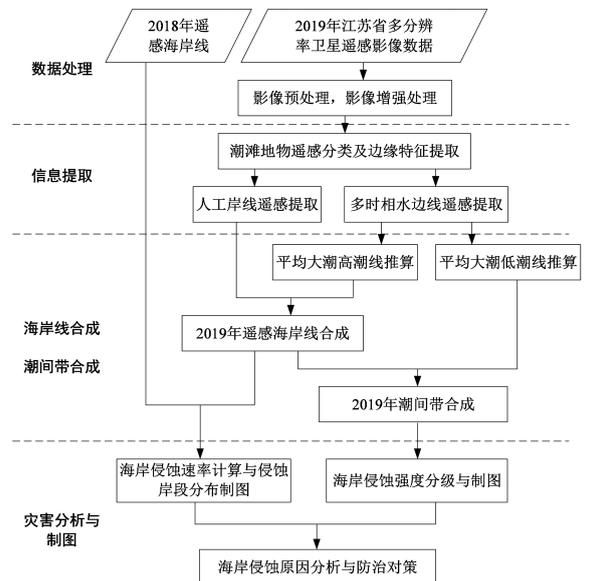


图 2 海岸侵蚀灾害遥感监测与分析技术路线

2 江苏省海岸侵蚀现状

2.1 江苏海岸侵蚀类型

根据江苏沿海的水动力特征、岸滩冲淤特点以及冲刷的表现,江苏省的海岸侵蚀表现为两种类型:

(1)侵蚀型海岸的海岸侵蚀。该类型海岸主要分布在烧香河口以南、射阳河口以北的废黄河三角洲海域。海岸侵蚀主要表现为风暴潮灾作用下的低标准养殖海堤的冲刷水毁,导致海堤崩塌,养殖塘荒废,在退养还湿的政策引导下,海岸线后退。这种海岸侵蚀灾害具有短期灾害效应,造成的灾害集中,损失较为明显。

(2)淤长型海岸的海岸侵蚀。分布在射阳河口至梁垛河口的辐射沙洲北翼海域。在海域的自然岸线岸段,近岸有较宽的植被带分布,岸滩宽平;在海域的围垦岸段,由于进行了高涂围垦,养殖围堤外侧的潮滩明显宽度缩短,植被带也相对狭窄。在这些岸段,海岸侵蚀表现为平均大潮高潮线持续内移,海岸线后退,潮间带上部坡度变缓,侵蚀的泥沙向海输运,可能引起潮间带下部或潮下带向海伸展。因此虽然海岸带还表现出一定的向海淤长特征,但是其本质上是一种海岸侵蚀现象。这种海岸侵蚀灾害具有长期缓慢变化效应,短期来看,灾害的危害并不明显。但是长期来看,对湿地生态环境退化以及自然状况下的滩涂自我恢复等会产生持续性消极影响。

2.2 江苏省的侵蚀岸线与海岸侵蚀速率

表 1 列出了江苏省及沿海三市海岸线冲刷状况。2019 年度江苏省侵蚀岸线 58.55 km, 占全省海岸线 7.39%。

江苏省的侵蚀岸段主要分布在盐城市,重点包括 6 个岸段。其中,灌河口南侧岸段、南八滩闸北侧岸段、运粮河口北侧岸段位于废黄河三角洲侵蚀型海岸,海岸侵蚀的主要原因是低标准围海养殖用海围堤的冲毁以及后续的退养还湿,使得海岸线后退,岸滩坡度陡化,潮滩宽度减小,属于人工海岸的侵蚀;新洋河口南北两侧岸段、斗龙港南侧岸段以及川东港两侧岸段位于江苏中部沿海受辐射沙洲掩蔽的淤长型海岸,岸滩冲刷主要表现为海水侧植被边缘带侵蚀后退,岸滩整体坡度变缓,平均大潮高潮线位置向陆一侧移动,海水高潮位更靠近陆侧,属于自然海岸的侵蚀。在废黄河三角洲侵蚀型海岸,海岸平均侵蚀后退 59.24 m;在辐射沙洲北翼淤长型海岸,海岸平均侵蚀后退 152.28 m。

表 1 2019 年度江苏省及沿海三市侵蚀岸线基本情况

| 地区 | 侵蚀岸线长度/km | 平均侵蚀距离/m | 占本级行政区岸线长度比例/% |
|------|-----------|----------|----------------|
| 连云港市 | 1.26 | -13.25 | 0.66 |
| 盐城市 | 55.76 | -150.06 | 17.74 |
| 南通市 | 1.53 | -14.62 | 0.54 |
| 江苏省 | 58.55 | -139.64 | 7.39 |

2.3 海岸带侵蚀面积

本研究利用 2018 年度、2019 年度的遥感海岸线进行拓扑合成处理,生成江苏省海岸带侵蚀区域多边形,统计全省及沿海三市海岸带侵蚀面积,结果如表 2 所示。

表 2 江苏省及沿海三市海岸带侵蚀面积情况

| 地区 | 海岸带侵蚀面积/hm ² | 面积比例/% |
|------|-------------------------|--------|
| 连云港市 | 0.006 4 | 0.09 |
| 盐城市 | 7.260 1 | 99.55 |
| 南通市 | 0.026 0 | 0.36 |
| 江苏省 | 7.292 5 | 100.00 |

可以看到,2019 年度江苏省海岸带侵蚀区域中盐城市的侵蚀面积最大,占全省海岸带侵蚀面积的 99.55%;连云港市和南通市以稳定岸线为主,海岸侵蚀轻微,海岸带侵蚀区域非常小,分别占比为 0.09% 和 0.36%。

在盐城市的侵蚀区域中,射阳河口以北废黄河三角洲侵蚀型海岸的海岸带侵蚀面积占 6.35%,由于海岸整治修复工作的开展,该岸段的海岸侵蚀状况得到较好的控制。射阳河口以南淤长型海岸的海岸侵蚀面积占 93.65%,主要原因是所在海域的泥沙供给发生改变,在自然岸线上,部分潮上带植被湿地的泥沙被海水冲刷和向海搬运,滩涂下部延伸,潮滩变宽变平。

2.4 海岸带冲刷体积与冲刷厚度

依据潮间带平均大潮高、低潮位高差的平均值作为潮间带平均厚度,利用不同年份的潮间带面积变化,推算出潮间带冲刷体积的变化。表 3 列出了 2018—2019 年江苏省及沿海三市潮间带体积冲刷状况和平均冲刷厚度。

表 3 2018—2019 年江苏省及沿海三市潮间带侵蚀状况

| 地区 | 海岸侵蚀体积/万 m ³ | 海岸侵蚀厚度/cm |
|------|-------------------------|-----------|
| 连云港市 | 0.002 | 0.321 |
| 盐城市 | 115.865 | 10.783 |
| 南通市 | 0.064 | 1.032 |
| 江苏省 | 115.931 | 9.912 |

在苏北沿岸往复流的作用下,辐射沙洲陆岸岸

滩的泥沙少量向海州湾和长江口输运。在旋转流的作用下,近岸部分泥沙向岸外辐射沙脊群输运,导致陆岸的泥沙搬运到潮间带以外。因此在潮流动力对泥沙的搬运作用下,自然岸线受侵蚀最为明显。盐城市射阳河口至梁垛河口之间的海岸线以自然岸线为主,潮间带上部的侵蚀和海岸线后退,导致盐城市的海岸带冲刷体积占江苏省岸滩冲刷总体积的99.93%。连云港市和南通市多以人工岸线为主,受侵蚀程度相对较小,仅占全省冲刷体积的0.07%。在冲刷厚度方面,盐城市的冲刷岸段的冲刷厚度远大于连云港市和南通市。

2.5 海岸侵蚀强度

根据海岸带侵蚀厚度的大小分级,确定出海岸侵蚀强度。2019年度江苏省海岸强侵蚀岸段和侵蚀岸段主要分布在盐城市的南八滩闸北侧、运粮河北侧、新洋河口两侧以及斗龙港南侧岸段;轻微侵蚀岸段主要分布在灌云县的埭子口南侧、滨海县的灌河口南侧、滨海港北侧、射阳县的新洋河口北侧以及启东市的蒿枝港外侧岸段。

3 研究结论

江苏沿海海岸侵蚀的主要原因是长期的高海平面与风暴潮结合对淤泥质海岸产生冲刷以及沿海沙源逐渐匮乏共同造成。通过提取与对比多时相遥感海岸线数据,定量分析了2019年度江苏沿海的侵蚀岸线分布、岸滩侵蚀速率、侵蚀面积等基本情况,确定了岸滩侵蚀强度等级。根据遥感定量监测与分析,结论如下:

(1)江苏省共有侵蚀岸线长58.55 km,占全省大陆海岸线的7.39%。沿海三市中,连云港和南通市的侵蚀岸线较短,各有1.26 km和1.53 km,分别位于埭子口南侧和蒿枝港外侧,占全省侵蚀岸线长度的2.15%和2.63%;盐城市的侵蚀岸线最长,为55.76 km,占全省侵蚀岸线的95.22%,其中,射阳河口北侧侵蚀型海岸的侵蚀岸线长10.21 km,射阳河口南侧淤长型海岸的侵蚀岸线长45.55 km。

(2)全省侵蚀岸段平均侵蚀距离为139.64 m。连云港市和南通市的海岸侵蚀后退距离较短,分别为13.25 m和14.62 m,盐城市平均侵蚀距离较大,为150.06 m。按照岸线类型来分,废黄河三角洲侵

蚀型海岸的侵蚀岸段平均侵蚀后退59.24 m,主要表现为盐养围堤的冲刷水毁;辐射沙洲北翼淤长型海岸的侵蚀岸段平均侵蚀后退152.28 m,表现为潮间带上部坡度变缓,平均大潮高潮线持续内移,海岸线后退且深入至植被带内。

(3)江苏省海岸带侵蚀总面积为7.244 8 hm²。其中盐城市侵蚀面积最大,为7.260 1 hm²,占全省侵蚀面积的99.55%,主要分布在新洋河口至川东港岸段;连云港与南通侵蚀面积较小,分别为0.006 4 hm²和0.026 hm²,分别占比0.09%和0.36%。

(4)江苏省的强侵蚀岸段主要分布在南八滩闸北侧,新洋河口两侧以及斗龙港南侧区域;侵蚀岸段主要分布在运粮河北侧、斗龙港两侧以及川东港两侧;轻微侵蚀区域主要分布在埭子口南侧、灌河口南侧以及蒿枝港外侧区域。

4 海岸侵蚀防治对策

针对江苏省海岸侵蚀灾害压力不断增强的现状,为有效缓解侵蚀灾害压力,降低灾害发展强度,减少受灾损失,更好地保护和利用沿海滩涂资源,提出如下海岸侵蚀防治对策。

(1)加强天—空—地一体化多手段联合监测,精确监控海岸侵蚀灾害发生范围与程度,了解海岸侵蚀强度与等级。在充分发挥高技术监测优势的基础上,扩大侵蚀海岸的时空动态监测效率。

(2)联合多平台海洋观测,深入开展致灾因素分析,了解海岸侵蚀灾害的发展与变化趋势,逐步完善灾害预警机制。发挥自然资源统一管理的整合优势,联合现有的省级海洋环境预报、海洋生态调查网络、海洋地质监测等平台,逐步建立起多因素综合影响下的海岸侵蚀灾害防护预警机制。

(3)根据不同的海岸类型与海岸侵蚀特征,有效开展多策略的海岸防护整治,减少海岸侵蚀灾害损失。辅助修建丁坝、土石堤等导水建筑,改善或优化近岸水动力环境,保持滩涂的稳定,减少潮上带和潮间带上部的海岸侵蚀。

(4)加快海岸带保护修复,明确海岸带开发活动的适宜空间与适宜程度,优化海岸带空间布局。强化滨海植被、滩涂湿地等的保护,减少植被破坏,合理控制地下水开采,并强化海岸带规划,科学开

展资源环境承载能力与国土空间开发适应性评价,明确海岸带开发活动的适宜空间与适宜程度。

(5)强化海岸责任管理,明确监管职责。从政府部门管理层面,强化海岸管理,形成统一管理、分段负责的多效管理体制,做到海岸开发和保护并行。

参考文献

- [1] 张晓龙,李培英.现代黄河三角洲的海岸侵蚀及其环境影响[J].海洋环境科学,2008,27(5):475-479.
- [2] 王玉梅,姬元雪,郑楠楠,等.基于三角模型的烟台市海洋经济脆弱性评价[J].海洋环境科学,2019,38(5):703-711.
- [3] 王艳红,张忍顺,吴德安,等.淤泥质海岸形态的演变及形成机制[J].海洋工程,2003,21(2):65-70.
- [4] 彭修强,夏非,张永战.苏北废黄河三角洲海岸线动态演变分析[J].海洋通报,2014,33(6):630-636.
- [5] WANG Y P,GAO S,JIA J J,et al.Sediment transport over an accretional intertidal flat with influences of reclamation, Jiangsu coast,China[J].Marine Geology,2012,(291-294):147-161.
- [6] 陈可锋,陆培东,王艳红,等.南黄海辐射沙洲趋势性演变的动力机制分析[J].水科学进展,2010,21(2):267-273.
- [7] 任美镔.江苏海岸带和海涂资源综合调查报告[M].北京:海洋出版,1986:101-119.
- [8] 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):469-478.
- [9] 韩雪,黄祖英.江苏主要海洋灾害特征及防灾减灾对策[J].海洋开发与管理,2015,32(9):75-77.
- [10] 沈正平,韩雪.江苏省海岸带可持续发展初探[J].人文地理,2007(6):47-51.
- [11] 王芳,朱跃华.江苏省沿海滩涂资源开发模式及其适宜性评价[J].资源科学,2009,31(4):619-628.
- [12] GENS R.Remote sensing of coastlines: detection, extraction and monitoring[J].International Journal of Remote Sensing,2010,31(7-8):1819-1836.
- [13] 马小峰,赵冬至,邢小罡,等.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.
- [14] ALESHEIKH A A,GHORBANALI A,NOURI N.Coastline change detection using remote sensing [J]. International journal of Environmental Science & Technology,2007,4(1):61-66.
- [15] EKERCIN S.Coastline Change Assessment at the Aegean Sea Coasts in Turkey Using Multitemporal Landsat Imagery[J]. Journal of Coastal Research,2007,23(3):691-698.
- [16] 崔丹丹,张东,吕林,等.基于潮汐分带校正的海岸线遥感推算研究[J].海洋测绘,2017,37(5):52-55.
- [17] 张东,崔丹丹,吕林.江苏省海岸线时空变化遥感监测技术、方法与应用[M].北京:海洋出版社,2018.