

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20170921.002

梁文,胡自宁,宋垠先,等.近50年北海市海岸线变迁及其环境效应分析[J],广西科学,2018,25(2):163-171.

LIANG W, HU Z N, SONG Y X, et al. Analyses on shoreline change and its environmental impact in Beihai city since the last 50 years, Guangxi, China[J]. Guangxi Sciences, 2018, 25(2):163-171.

# 近50年北海市海岸线变迁及其环境效应分析\* Analyses on Shoreline Changes and Its Environmental Impacts in Beihai City Since the Last 50 Years, Guangxi, China

梁文<sup>1</sup>, 胡自宁<sup>2</sup>, 宋垠先<sup>3</sup>, 余克服<sup>3</sup>, 黎广钊<sup>1</sup>

LIANG Wen<sup>1</sup>, HU Zining<sup>2</sup>, SONG Yinxian<sup>3</sup>, YU Kefu<sup>3</sup>, LI Guangzhao<sup>1</sup>

(1. 广西科学院广西红树林研究中心, 广西红树林保护与利用重点实验室, 广西北海 536000;  
2. 广西壮族自治区地质矿产勘查开发局, 广西南宁 530023; 3. 中国科学院南海海洋研究所, 广东广州 510301)

(1. Guangxi Key Lab of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Mangrove Research Center, Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China; 2. Guangxi Bureau of Geology and Mineral Exploration and Exploitation, Nanning, Guangxi, 530023, China; 3. South China Sea Institute of Oceanology, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong, 510301, China)

**摘要:**【目的】研究近50年来海岸线变迁的规律及其环境效应。【方法】以北海市1955—2004年遥感影像为数据源,并结合野外调查。【结果】南流江三角洲河口区沿岸海岸线变化最大。海岸线长度除1977—1988年略有增加外,整体上呈递减趋势,1998年至2004年变化减缓。北海市海岸线变化的环境效应表现为引起冲淤变化。【结论】海岸线变迁主要是受围海工程影响,海岸的自然侵蚀、淤积作用不明显,海岸线变化总体上是趋于平直,长度减少。环境效应变化较明显的是南流江三角洲河口区河道改道导致河道自然冲刷拓宽、部分江心岛受到冲刷侵蚀;人工堤坝保护了海岸,但滩涂可能遭受侵蚀影响,或海浪翻腾沙滩底部影响了沙滩质量。

**关键词:**海岸线变迁 遥感 北海市

**中图分类号:**P512.32,X141 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2018)02-0163-09

**Abstract:**【Objective】The law of shoreline change and its environmental impact over the past 50 year was studied.【Methods】The remote-sensing images of Beihai City from 1955 to 2004 were used as data sources and combined with field surveys.【Results】The results showed that the shoreline along the delta estuary area of Nanlijiang River changed most. The shoreline length had increased slightly from 1977 to 1988, but it had shown a trend of decline in general and changed slowly from 1998 to 2004. The environmental effect of coastal changes in Beihai City manifested as causing change in erosion and siltation.【Conclusion】Shoreline changes in Beihai

City were mainly affected by coast reclamation works. The effects of natural erosion and deposition of the coast were not obvious. The shoreline generally became flat and reduced in length. The most obvious change in the environmental effect was the channel realignment of the delta estuary area of Nanlijiang River, which led to that the river was widened through self-scouring and part of the central island suffered from scouring and erosion. Although artificial dams

收稿日期:2018-02-05

修回日期:2018-03-10

作者简介:梁文(1967—),男,副研究员,主要从事海洋地质、遥感应用、珊瑚礁地貌与生态研究,E-mail:gx.lw@163.com.

\*国家自然科学基金项目(41203074),广西自然科学基金重大项目(2012GXNSFEA053001),北海市科技局基础研究项目(北科合200601055)和广西自然科学基金项目(桂科基0575025)资助。

protected the coast, the tidal flats might be affected by erosion, and the beach quality was affected owing to that the waves rolled over the bottom of the beach.

**Key words:** remote sensing, shoreline changes, Beihai City

## 0 引言

**【研究意义】**海岸带是海洋与陆地过渡带,是响应全球变化最迅速、生态环境最敏感脆弱的地带,也是地质灾害的多发地带<sup>[1]</sup>,其演变反映了自然、经济和社会综合作用的强度<sup>[2]</sup>。海岸线是海陆分界线,由地质因素、河流海洋沉积物淤积、气象条件、海洋条件以及人类社会经济活动耦合作用形成。海岸冲淤、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变迁<sup>[3-4]</sup>。海岸线的变化会直接改变潮间带滩涂资源量及海岸带环境,从而改变海岸带多种资源与生态过程,影响沿海人民的生存和发展<sup>[5-7]</sup>。北海市海洋资源丰富,海岸线长,滩涂宽广,沿岸分布有红树林、海草、珊瑚礁三大典型海洋生态系统及河口三角洲湿地,其中有多国家级、省级保护区。可见,北海市海岸线对沿岸土地规划、社会经济发展、旅游开发、海域功能区划、海洋资源保护利用、重要海洋生态系统的保护、海洋灾害防治具有重要的作用。因此,快速、准确地监测海岸线变化,为政府、公众提供动态、科学的信息,对海岸、滩涂保护利用和生态安全等都具有十分重要的意义<sup>[3,8]</sup>。**【前人研究进展】**在向海经济高速发展的大环境政策推动下,传统的测量手段已无法实时跟踪海岸线和土地利用的快速变化。卫星遥感技术已经广泛用于海洋各方面的监测,比如海流信息<sup>[9-11]</sup>,海域水质评价<sup>[12-13]</sup>,海域海表盐度<sup>[14]</sup>,海洋灾害检测<sup>[15-17]</sup>以及海岸带环境监测<sup>[18-19]</sup>等。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。我区遥感研究工作者已多次利用航片资料、实测资料和遥感资料等对广西海岸线进行综合调查。广西壮族自治区遥感中心<sup>[20-21]</sup>分别于2001年、2004年完成1955—1998年广西海洋海岸带遥感综合调查与1955—2004年广西环北部湾生态环境地质调查遥感解译。黄鹤等<sup>[22]</sup>利用航片、SPOT和TM影像资料分析1955—1998年广西海岸线时空变化特征。刘鑫<sup>[2]</sup>根据Landsat卫星遥感数据研究铁山港地区海岸线近20年来(1987—2006年)的变化特征。**【本研究切入点】**以上文献基本上是针对整个广西区的海岸线研究,有关详细的北海市海岸线变迁研究尚未见报道。**【拟解决的关键问题】**本研究试图通过对1955—2004年遥感影像的解译,结合地形图等资料,研究北

海市近50年以来海岸线变迁及其环境效应。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

本研究遥感信息源选取跨度大且资料收集较完整的时相:1955年的1:37 500~1:50 000黑白航片(北海市以东和以西范围)、1977年的1:10 000黑白航片(廉州湾范围)、1985年10月3日的1:10 000真彩色航片(主要为北海市范围)、1986—1988年、1998年Landsat TM数据,1998年法国SPOT的HRV数据,2002年Landsat ETM数据和2004年Landsat TM数据。TM的反射波段分辨率为30 m,HRV的反射波段分辨率为10 m,ETM的反射波段分辨率为30 m。同时收集1977年调绘、1980年出版的1:50 000地形图,进行1977年部分岸段研究<sup>[23]</sup>。

### 1.2 方法

采用目视解译和计算机自动提取相结合的方法提取海岸线。

(1)1955年、1977年、1985年航片采用目视解译在薄膜图勾划出海岸线,形成解译草图,再将解译草图利用MAPGIS软件进行输入、误差校正、修改编辑等形成正式的解译成果图件。航片解译成果图在录入过程中,走线误差控制在0.2 mm以内,点位录入误差控制在1 mm以内。录入后,采用计算机自动生成的相应比例尺、相应图幅的标准方厘网进行校正,然后无缝拼接成整幅1:50 000图进行编辑成图。

(2)1988年、1998年1:50 000 TM遥感影像进行原始数据灰度拉伸增强→TM543波段假彩色合成→多景数据镶嵌→镶嵌图的精校正,影像几何校正点位中误差小于0.68个象元。

(3)1998年1:25 000 HRV与TM数据复合影像进行TM原始数据灰度拉伸增强→TM543波段假彩色合成→多景数据镶嵌→与SPOT卫星HRV镶嵌图配准→TM合成图HIS分解→SPOT卫星HRV镶嵌图取代I分量→HIS转换回RGB形成复合图,影像几何校正点位中误差小于0.70个象元。

(4)2004年1:50 000 ETM与TM数据复合影像选择TM13478等波段数据进行线性拉伸等预处理后→TM8经过插值处理后与TM7、3进行假彩色合成→形成假彩色影像图,影像几何校正点位中误差小于0.77象元。

(5)利用 ENVI Ver 3.0 遥感图像处理软件把解译形成的图件,经过校正后进行叠加、拼接、编辑等。在计算机编辑完成后,经过两次出图检查,保证最终成果图的质量<sup>[23]</sup>。

北海市沿海入海主要河流的潮流界位置分别如下:①南流江潮流界定在党江闸门堤坝处;②大风江潮流界定在河口上的良关平村处;③其它规模较小的河流根据潮汐作用、海岸沉积物特征、海水中生长的动植物以及河流突然变窄处等进行确定。根据 1988 年、1998 年、2002 年、2004 年 TM 数据或 ETM 数据以及 2004 年 CBERS 数据成像时间和实地观测潮位观测记录资料,其成像时潮位处于高潮期刚刚开始退潮时的潮位,结合野外踏勘的沙滩岸线高潮位实地特征,1988 年、1998 年、2002 年、2004 年解译出来的海

## 2 结果与分析

5 时相遥感影像提取的岸线叠加后,可以看出近 50 年来北海市海岸线变化较大(图 1),海岸线长度除 1977—1988 年略有增加外,整体上呈递减趋势,1998 年至 2004 年变化减缓(表 1)。海岸线变化总体上是趋于平直,长度减少,影响因素包括围海造地、围塘、堤坝连岛等人为因素和自然侵蚀、淤积作用等,其中围海工程引起的变化较大,海岸的自然侵蚀、淤积作用不明显。南流江三角洲河口区沿岸海岸线变化最大,其次分别是大冠沙盐场至营盘港沿岸、铁山港北部沿岸、北暮盐场沿岸等。各区岸线的变化规律反映出不同阶段的海岸利用强度及政府管控的差异性。

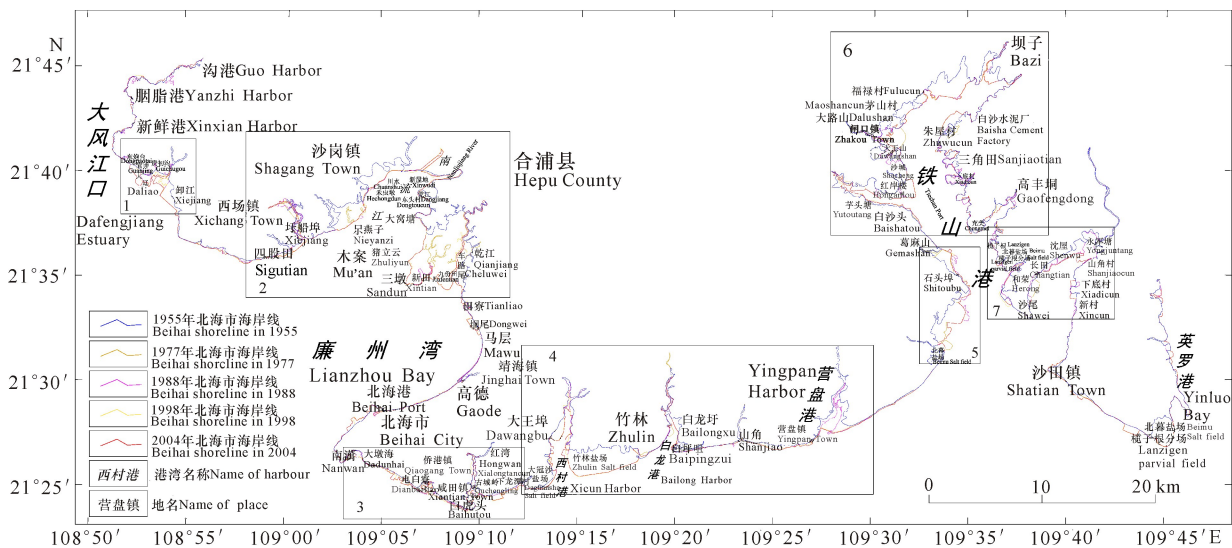


图 1 北海市近 50 年来的海岸线变迁

Fig. 1 Shoreline changes in Beihai City in the last 50 years

表 1 各时相海岸线长度变化

Table 1 Change of shoreline length in different time phases

时相区间 Zone of time phases (Years)	长度变化 Change value of shoreline length (km)	年平均长度变化 Average annual change value (km)
1955—1977	-107.228 2	-4.877
1977—1988	11.197 6	1.018
1988—1998	-71.626 2	-7.162 6
1998—2004	-19.380 6	-3.230 1
1955—2004	-187.037 3	-3.817 1

### 2.1 官井至卸江沿岸海岸线变迁

此岸段属于大风江口的湾口段,该段潮水大量进出<sup>[20]</sup>,长年咸淡水交换良好,避风条件好;沙质河床,洪水期略有冲淤变化;沿河两岸较稳定,岸边围塘受水文气象变化影响较小。此外,水体在常规天气条件下,悬浮体浓度较低,高浓度悬浮体主要分布大风江口湾口附近,泥沙主要往 SW 向运移<sup>[24]</sup>。由于此岸段的水文地质有利于围海造田和海水养殖,从 1977 广西科学 2018 年 4 月 第 25 卷第 2 期

年时相开始出现围垦影像:1977 年卸江西侧围垦,海岸截弯取直,海岸线比 1955 年减少 0.25 km;1988 年官井南东侧围垦,海岸线比 1977 年增加 2.53 km;1998 年卸江村北一带沿岸建设,海岸线比 1988 年减少 0.45 km;2004 年卸江北西侧沿岸建设,海岸线比 1998 年减少 1.73 km(图 2)。

### 2.2 南流江三角洲河口区沿岸海岸线变迁

此岸段属于南流江河口三角洲的三角洲平原段,水陆交替,咸淡水交汇,底质多为沙质滩涂、淤泥质滩涂、水草滩涂。从 1977 年影像可见南流江口河道改道变迁、围滩造地、岸线截曲取直等,海岸线比 1955 年减少 39.13 km;西场镇圩船埠围垦,海岸线减少 9.60 km;四股田村北东侧围垦,海岸线减少 5.62 km。1988 年车路尾、九份田西侧、四股田北东侧围塘,海岸线比 1977 年分别减少 5.04 km、7.18 km、5.03 km。1998 年新田村围塘建设,海岸线比 1988

年减少 3.28 km; 四股田村南东侧沿岸围塘, 海岸线增加 1.19 km。2004 年乾江乡车路尾沿岸围塘建设, 海岸线比 1998 年减少 17.06 km。可见, 此岸段是 5 个时相中海岸线变迁最大的(图 3)。

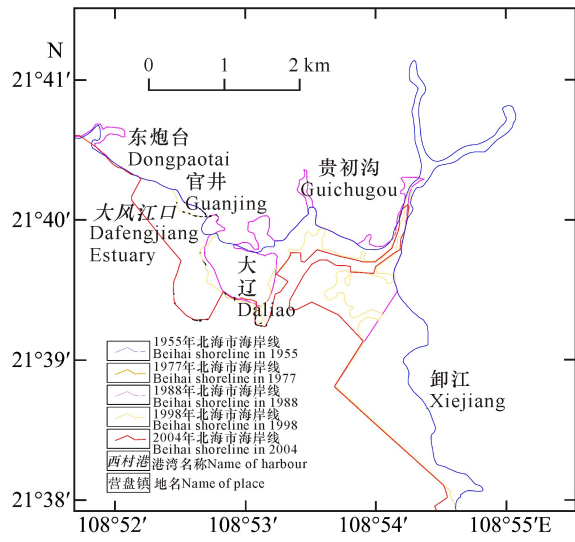


图 2 官井至卸江沿岸海岸线变迁  
Fig. 2 Shoreline changes between Guanjing and Xiejiang

### 2.3 南漓至白虎头沿岸海岸线变迁

此岸段为沙质海岸浅滩滩涂, 分布面积较大, 海岸泥沙来源少, 处于冲淤平衡状态, 属稳定型海岸。1977 年影像显示白虎头北侧围垦, 海岸线比 1955 年减少 0.94 km; 1988 年电白寮、南漓围塘, 海岸线比

1977 年分别增加 2.01 km、0.90 km; 1998 年影像显示的围塘建设包括下龙潭村南侧、古城岭南、电白寮至白虎头一带以及大墩海至电白寮一带, 海岸线比 1988 年分别增加 0.50 km、1.60 km、0.54 km、3.81 km, 而南漓村围垦海岸线减少 1.53 km(图 4)。

### 2.4 大冠沙盐场至营盘港沿海岸线变迁

此岸段的竹林至大冠沙盐场沿岸滩涂底质为中细砂沉积物, 水质良好, 浮游藻类及各种营养盐丰富, 海水温度及盐度等适宜发展岸滩养殖, 适宜文蛤滩涂养殖、对虾或蟹的围塘养殖, 为发展养殖的优良海区<sup>[20]</sup>。此岸段变迁包括盐场、西村港、白龙港、营盘港的改造及沿岸围塘建设。1977 年营盘港围堤, 海岸线比 1955 年减少 20.34 km; 白龙港白坪咀村围垦, 海岸线减少 6.97 km; 白龙圩西侧围垦, 海岸线减少 1.37 km; 西村港东侧的竹林盐场建设, 海岸线减少 1.45 km; 西村港西侧的大冠沙盐场建设, 海岸线减少 0.84 km。1988 年西村北西侧 3.5 km、大王埠东侧围垦建设, 海岸线比 1977 年各增加 0.03 km、0.92 km。1998 年营盘镇沿岸、西村西 1.5 km、大冠沙盐场北侧海岸线分别比 1988 年增加 0.32 km、0.31 km、0.44 km, 白龙圩南西 1 km 海岸线减少 0.18 km。2004 年营盘镇山角村沿岸围塘建设, 海岸线比 1998 年减少 7.75 km(图 5)。

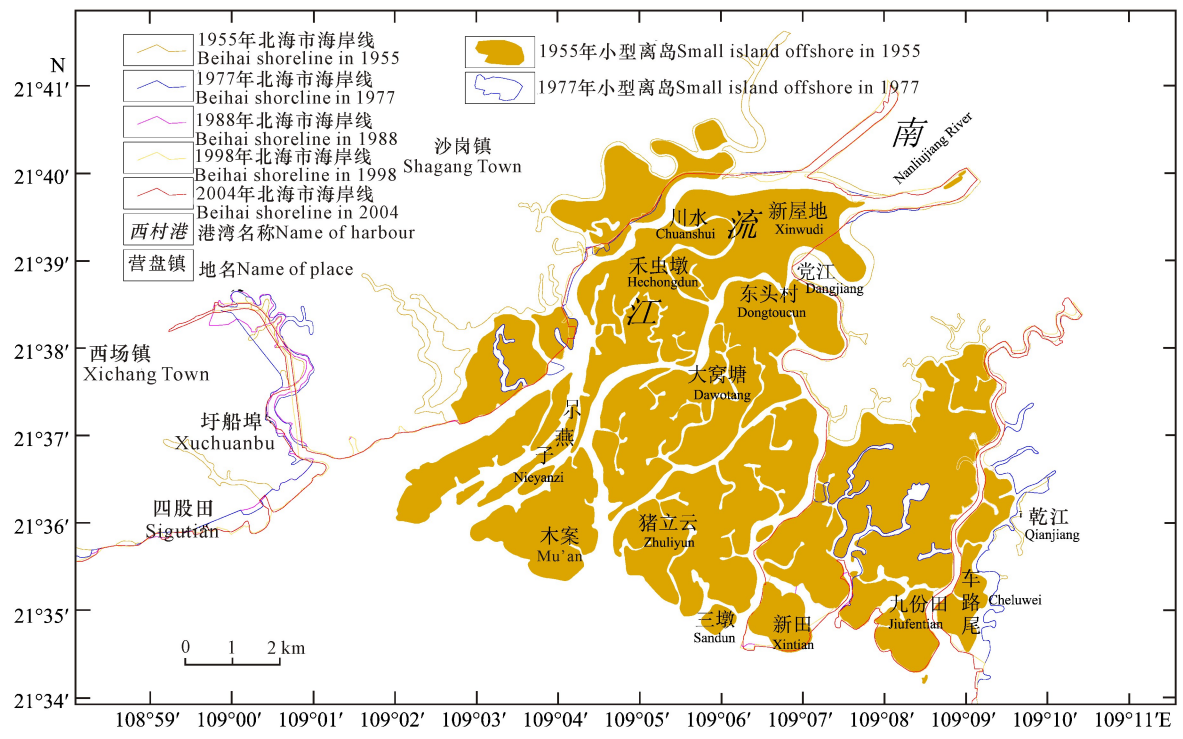


图 3 南流江三角洲河口区沿岸海岸线变迁  
Fig. 3 Shoreline changes in the estuaries of Nanliujiang River Delta

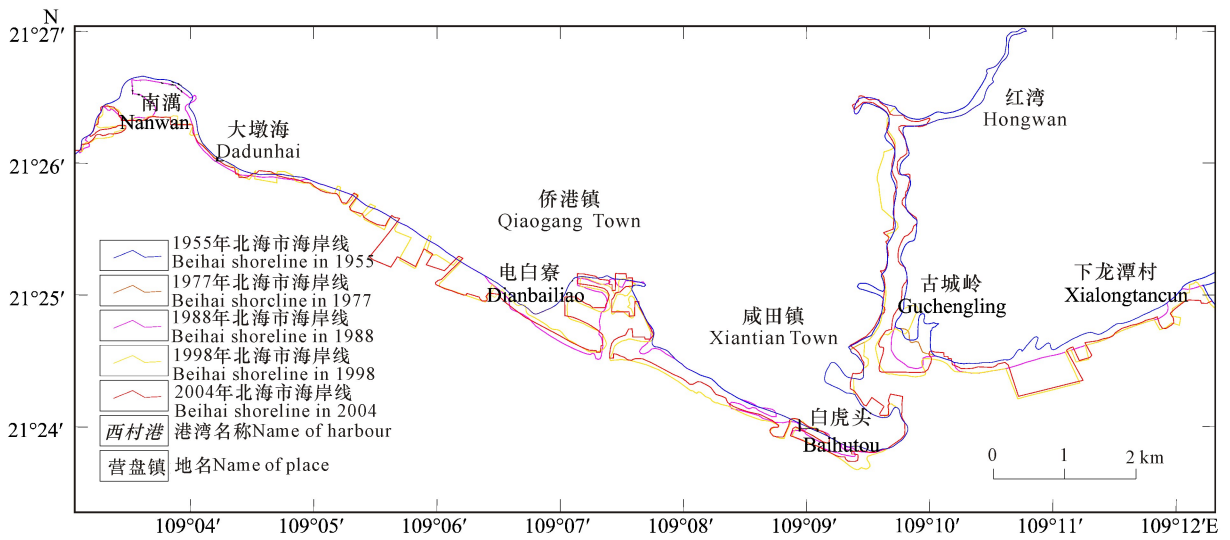


图 4 南漓至白虎头沿岸海岸线变迁

Fig. 4 Shoreline changes between Nanwan and Baihutou

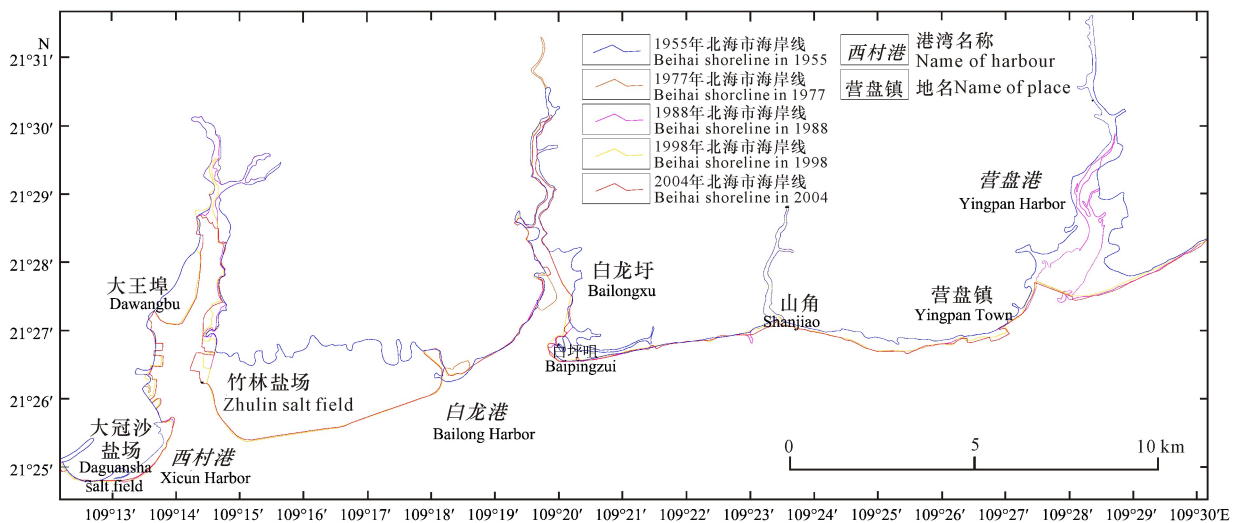


图 5 大冠沙盐场至营盘港沿岸海岸线变迁

Fig. 5 Shoreline changes between Daguansha salt field and Yingpan Harbor

## 2.5 北暮盐场至葛麻山南东沿岸海岸线变迁

此岸段为侵蚀型海岸,主要受海洋水文影响,侵蚀现象较为明显<sup>[20]</sup>。1977年北暮盐场建设,海岸线比1955年减少12.33 km;1988年围塘建设,葛麻山南东侧、石头埠南1 km、北暮盐场沿岸海岸线比1977年分别减少4.76 km、0.31 km、0.54 km;1998年石头埠港口改造,海岸线比1988年增加0.60 km(图6)。

## 2.6 铁山港北部沿岸海岸线变迁

1977年闸口镇南东侧大王山、沙城南侧、闸口镇大路山东茅山村、福禄村南侧以及公馆镇海堤指挥所围垦,海岸线比1955年分别减少18.23 km、5.06

km、4.20 km、0.78 km和4.29 km。1988年影像显示闸口镇南东侧大王山围垦,堤坝被冲跨,海岸线增加10.91 km,围垦造成沙城南侧、红岸楼村南侧、白沙头村北侧海岸线比1977年分别增加3.22 km、1.91 km、0.14 km;高丰垌村南西侧、充美村北2 km、三角田村西1 km、朱屋村北东侧海岸线分别减少0.26 km、0.04 km、0.47 km、1.19 km。1998年围垦建设,芋头塘北1 km海岸线比1988年增加0.18 km;白沙水泥厂西侧、公馆镇南2.5 km、闸口镇南东侧、红岸楼南东侧、红岸楼西1.5 km海岸线分别减少1.28 km、2.51 km、1.95 km、1.67 km、1.69 km(图7)。

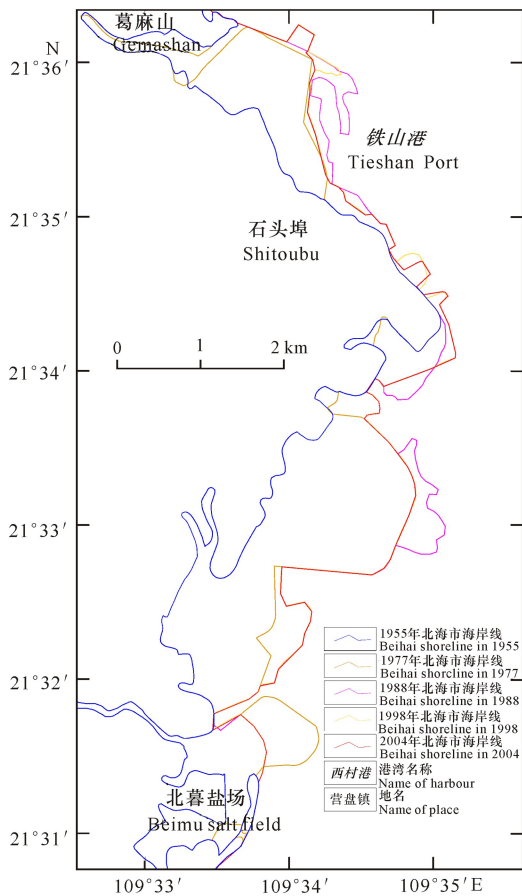


图 6 北暮盐场至葛麻山东南沿岸海岸线变迁

Fig. 6 Shoreline changes between Beimu salt field and the southeastern coast of Gemashan

## 2.7 铁山港榄子根至新村沿岸海岸线变迁

1977 年和荣村北侧围垦, 海岸线比 1955 年增加 0.94 km; 榄子根分场东南侧围塘取直, 海岸线减少 0.08 km; 和荣村西侧围垦, 海岸线减少 2.70 km; 沙尾西北侧围垦, 海岸线减少 0.49 km; 沙尾东北侧围垦, 海岸线增加 0.31 km; 长田至永军塘岸段围垦, 海岸线减少 0.97 km。1988 年下底村西侧围垦, 海岸线比 1977 年减少 0.47 km; 和荣村北 2 km 围垦, 海岸线增加 0.64 km; 榄子根分场北东侧围垦取直, 海岸线减少 1.94 km。1998 年围塘建设, 沙尾村西侧海岸线比 1988 年增加 0.13 km; 下底村西侧、永军塘沿岸、沈屋村南侧、和荣村东侧、和荣村北 1 km 海岸线分别减少 0.75 km、3.63 km、1.10 km、0.45 km、1.94 km(图 8)。

## 2.8 环境效应分析

从收集到的资料可以看出<sup>[20-21,23]</sup>, 海岸线的变迁主要来自于人为建设影响, 自然侵蚀和淤积对海岸线变化影响不大。由于围垦建设, 较多海汊、河口水道的海岸线被拉直, 海岸线在围垦岸段不断向海方向推进, 总体上趋于平直, 长度减少。海岸线变短、拉直, 意味着海水与陆地接触的水曲线减少, 湾汊、水道被围垦, 纳潮量发生变化, 水动力作用发生改变, 影响整个海洋的生态环境(纳潮量变化引起的冲淤变化限于篇幅, 另文再叙)。

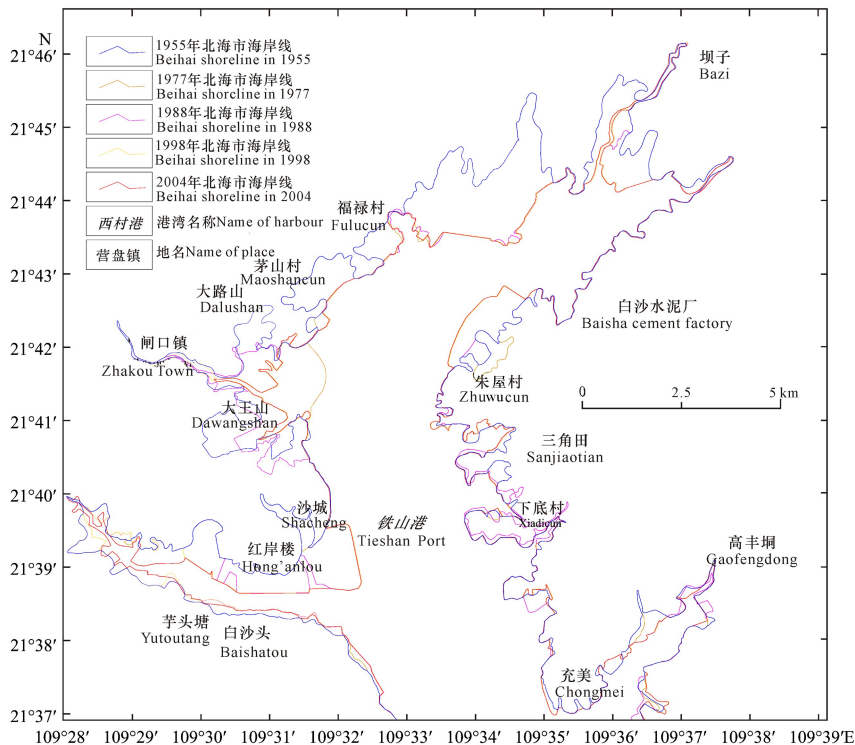


图 7 铁山港北部沿岸海岸线变迁

Fig. 7 Shoreline changes in the northern coast of Tieshan Port

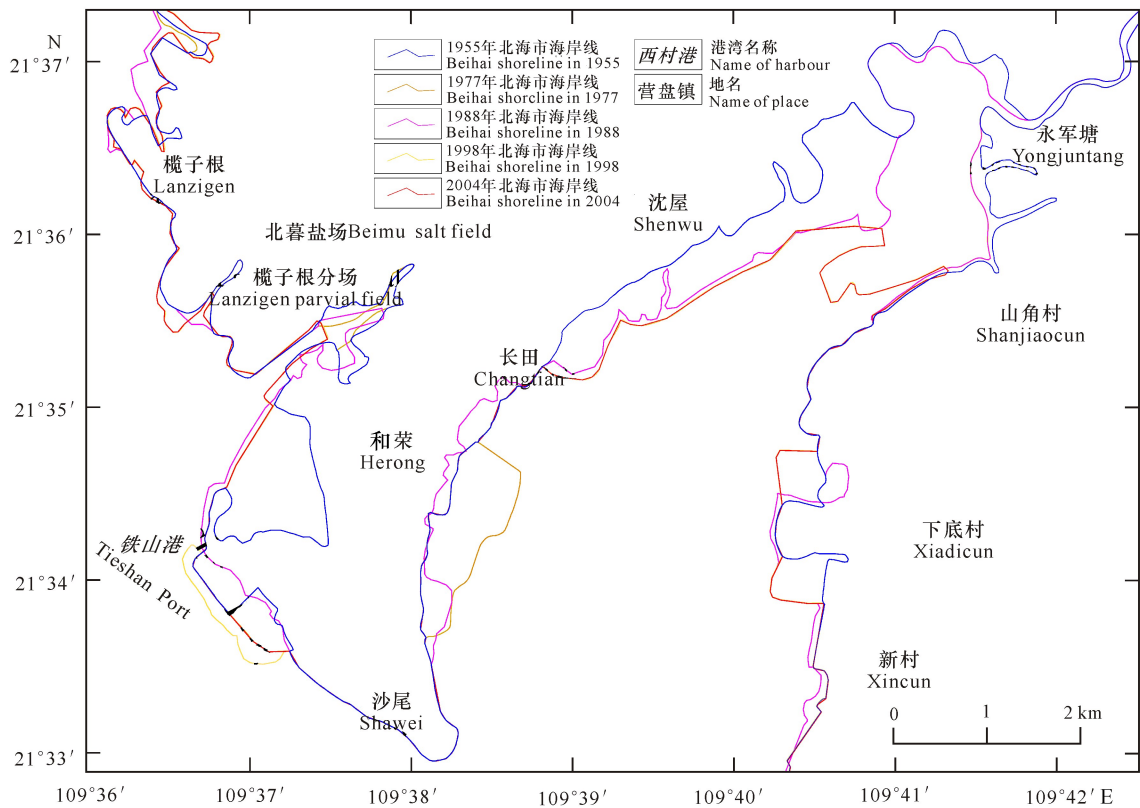


图8 铁山港榄子根至新村沿岸海岸线变迁

Fig. 8 Shoreline changes between Lanzigen and Xincun in Tieshan Port

据图1分析,南流江口区海岸线变迁尚未影响廉州湾东岸及北海港岸线的冲淤变化。由于近年来南流江抽沙的影响,三角洲平原沉积的沙量不足,平原水下部分及河流中岛屿极易受到侵蚀。河流沙量的减少会减少北海港航道的淤积,而另一方面可能会加大潮流对廉州湾东岸的侵蚀作用,但近年来东岸海景大道堤坝的建成起到了保护作用,只是滩涂可能会受到侵蚀影响。

海岸线变迁对岛屿及河道的影响主要体现在1955—1977年的南流江河口区。从图3可见,南流江口河道改道变迁、围滩造地、岸线截曲取直后,南流江西侧水道也随之取直拓宽,流速、流量随之增大,新屋地、川水、禾虫墩西侧河道转弯处的泥沙沉积物受到冲刷转移,河道也随之自然拓宽。南流江东侧的河道,党江、东头村、大窝塘西侧河道取直改道后,在党江镇的一段河道由于变迁甚至形成了牛轭湖;党江、东头村、大窝塘西侧至木案和猪立云之间的水道均因上游流速流量增大、原河道转弯处的泥沙沉积物被冲刷掉而自然拓宽。流速流量的增大使得孛燕子江心岛南端、猪立云东侧江心岛被冲刷侵蚀。

本次调查发现,海岸线的变迁主要来自人工围塘围堤建设的影响。人工围堤在滩涂开发利用、侵蚀保护和经济建设中起到较好的作用,但围堤人为地改变

海水风浪的自然侵蚀、淤积作用,改变了海岸线的自然状态,使其失去自然演变功能。如北海市银滩,护岸堤坝就近建在沙滩上,堤坝内原本生长有大片木麻黄的沙滩变成陆地;堤坝外的滩涂失去木麻黄根系和枝条消浪护滩的保护,在涨潮、退潮时海浪受到堤坝的阻挡,其水流作用方向发生改变,沙滩底部的暗色重矿物细沙被翻腾起来,影响了沙滩质量。

### 3 结论

近50年来北海市海岸线变化较大,其中南流江三角洲河口区沿岸海岸线变化最大,其次分别是大冠沙盐场至营盘港沿岸、铁山港北部沿岸、北暮盐场沿岸等。海岸线变迁主要是受围海工程影响,海岸的自然侵蚀、淤积作用不明显。海岸线变化总体上是趋于平直,长度减少。海岸线长度除1977—1988年略有增加外,整体上呈递减趋势,1998年至2004年变化减缓。

本次调查海岸线变化的环境效应主要是引起冲淤变化,较明显的是1955—1977年南流江三角州河口区河道改道,导致河道自然冲刷拓宽,部分江心岛受到冲刷侵蚀。据野外调查,银滩沙滩上建设人工堤坝虽然保护了海岸,但滩涂可能遭受侵蚀影响;或海浪受到堤坝的阻挡,将沙滩底部的暗色重矿物细沙翻

腾起来,影响沙滩质量。

#### 参考文献:

- [1] 李学杰. 应用遥感方法分析珠江口伶仃洋的海岸线变迁及其环境效应[J]. 地质通报, 2007, 26(2): 215-222.  
LI X J. Application of the remote sensing method in the analysis of the shoreline change and its environmental impact in the Lingdingyang Bay, Pearl River Estuary, Guangdong, China [J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(2): 215-222.
- [2] 刘鑫. 应用遥感方法的广西铁山港区海岸线变迁分析[J]. 地理空间信息, 2012, 10(1): 102-106.  
LIU X. Analysis of Tieshan Harbor shoreline change based on remote sensing method [J]. Geospatial Information, 2012, 10(1): 102-106.
- [3] 李静, 张鹰. 基于遥感测量的海岸线变化与分析[J]. 淮海大学学报: 自然科学版, 2012, 40(2): 224-228.  
LI J, ZHANG Y. Analysis of coastline change based on remote sensing measurement [J]. Journal of Hohai University: Natural Sciences, 2012, 40(2): 224-228.
- [4] 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(4): 54-58.  
JIANG Y, LI J F, KANG H, et al. A remote sensing analysis of coastline changes along the Bohai Bay muddy coast in the past 130 years [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2003(4): 54-58.
- [5] 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, 14(3): 19-23.  
CAI Z J, WU S L. Remote sensing analysis of the coastline development in Jiangsu Province [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2002, 14(3): 19-23.
- [6] 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.  
TAO M G. Interpretation of coastline changes based on Landsat-TM remote sensing images; An example of the mouth area of Jiulongjiang River [J]. Hydrogeology and Engineering Geology, 2006, 33(1): 107-110.
- [7] 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, 14(3): 19-23.  
CAI Z J, WU S L. Remote sensing analysis of the coastline development in Jiangsu Province [J]. Remote Sensing for Land & Resources, 2002, 14(3): 19-23.
- [8] 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, 14(1): 23-28.  
YANG J Z, LI Z Z, ZHAO Y L. The remote sensing dynamic monitoring of Hangzhouwan banks [J]. Remote sensing for Land & Resources, 2002, 14(1): 23-28.
- [9] 杨小波, 刘保昌, 何宜军, 等. 海表面流场微波遥感研究进展及其关键技术问题分析[J]. 广西科学, 2016, 23(6): 499-506.  
YANG X B, LIU B C, HE Y J, et al. Research progress in microwave remote sensing of sea-surface currents and analysis of the key problems [J]. Guangxi Sciences, 2016, 23(6): 499-506.
- [10] 何宜军, 刘保昌, 张彪, 等. 海面流场卫星遥感方法综述[J]. 广西科学, 2015, 22(3): 294-300.  
HE Y J, LIU B C, ZHANG B, et al. Overview on satellite remote-sensing methods for seasurface-current measurement [J]. Guangxi Sciences, 2015, 22(3): 294-300.
- [11] 王妍, 胡运, 任慧军. 基于遥感资料的夏季广东沿岸上升流分布特征[J]. 广西科学, 2015, 22(3): 315-321.  
WANG Y, HU Y, REN H J. Characteristics of the distribution of upwelling flow off Guangdong Coast in summer based on remote sensing dataset [J]. Guangxi Sciences, 2015, 22(3): 315-321.
- [12] 谢明媚, 孙德勇, 丘仲锋, 等. 长江口水质 MERIS 卫星数据遥感反演研究[J]. 广西科学, 2016, 23(6): 520-527.  
XIE M M, SUN D Y, QIU Z F, et al. Water quality retrievals from meris satellite data in Yangtze Estuary [J]. Guangxi Sciences, 2016, 23(6): 520-527.
- [13] 孟庆辉, 王林, 毛志华, 等. 基于 HJCCD 的杭州湾海域水质评价[J]. 广西科学, 2015, 22(3): 322-328, 336.  
MENG Q H, WANG L, MAO Z H, et al. Preliminary study on the application of HJCCD imagery to water quality assessment for Hangzhou Bay [J]. Guangxi Sciences, 2015, 22(3): 322-328, 336.
- [14] 黄明海, 张彪, 陈忠彪, 等. 基于遥感资料和观测数据的重点海域海表盐度评估分析[J]. 广西科学, 2015, 22(3): 329-336.  
HUANG M H, ZHANG B, CHEN Z B, et al. Assessment and analysis of sea surface salinity in key ocean regions based on remote sensing dataset and observation data [J]. Guangxi Sciences, 2015, 22(3): 329-336.
- [15] 过杰, 过爽. 海面溢油及浒苔遥感监测研究进展[J]. 广西科学院学报, 2016, 32(2): 73-78, 82.  
GUO J, GUO S. Status and trends of remote sensing study to monitor sea surface oil spill and enteromorpha [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2016, 32(2): 73-78, 82.
- [16] 过杰, 尚伟涛, 姜晓鹏, 等. 海上油膜及浒苔的遥感提取[J]. 广西科学院学报, 2016, 32(2): 107-111.  
GUO J, SHANG W T, JIANG X P, et al. Offshore oil film and enteromorpha extraction by remote sensing data [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2016, 32(2): 107-111.



- [17] 邴磊,邹娜娜,过杰,等.基于星载 SAR 和 AIS 构建海面溢油监测方法[J].广西科学院学报,2016,32(2):79-82.  
BING L,ZOU N N,GUO J,et al. Conception of method for marine oil spill monitoring based on spaceborne SAR and AIS[J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences,2016,32(2):79-82.
- [18] 曹庆先.基于遥感影像的红树林虫害监测技术[J].广西科学,2017,24(2):144-149.  
CAO Q X. Mangrove pests monitoring technology based on the remote sensing image[J]. Guangxi Sciences,2017,24(2):144-149.
- [19] 蒙静,华璩,张建兵,等.1995年—2015年广西海岸带养殖用地的时空分布[J].广西科学,2017,24(2):135-143.  
MENG J,HUA C,ZHANG J B,et al. Analyses on spatial-temporal evolution pattern of coastal aquaculture in Guangxi Coastal Zone in the 1995-2015 years [J]. Guangxi Sciences,2017,24(2):135-143.
- [20] 广西区遥感中心.广西海洋海岸带遥感综合调查成果报告[R].南宁:广西区遥感中心,2001.  
Guangxi Remote Sensing Center. Report on the results of remote sensing integrated survey of Guangxi marine and coastal zone[R]. Nanning:Guangxi Remote Sensing Center,2001.
- [21] 广西区遥感中心.广西环北部湾生态环境地质调查遥感解译[R].南宁:广西区遥感中心,2004.  
Guangxi Remote Sensing Center. Remote sensing interpretation of ecological environmental geological survey in the Beibu Gulf of Guangxi[R]. Nanning:Guangxi Remote Sensing Center,2004.
- [22] 黄鹤,胡自宁,陈新庚,等.基于遥感和 GIS 相结合的广西海岸线时空变化特征分析[J].热带海洋学报,2006,25(1):66-70.  
HUANG H,HU Z N,CHEN X G,et al. Analyses on spatial and temporal changes of Guangxi shoreline based on remote sensing and GIS[J]. Journal of Tropical Oceanography,2006,25(1):66-70.
- [23] 梁文,胡自宁,黎广钊,等.50年来北海市滨海湿地景观格局变化及其驱动机制[J].海洋科学,2016,40(2):84-93.  
LIANG W,HU Z N,LI G Z,et al. Change and driving mechanism of landscape patterns in the coastal wetland of Beihai City in the last 50 years[J]. Marine Sciences,2016,40(2):84-93.
- [24] 罗亚飞,黄海军,严立文,等.基于遥感方法的大风江口悬浮体时空分布及扩散特征研究[J].海洋湖沼通报,2015(3):14-20.  
LUO Y F,HUANG H J,YAN L W,et al. Distribution and diffusion of suspended matters based on remote sensing in the Dafengjiang estuary[J]. Transactions of Oceanology and Limnology,2015(3):14-20.

(责任编辑:米慧芝)