

基于多源遥感数据的辽东湾北部海岸线变化监测与分析

王大鹏, 邢智武, 李艳斌, 陈 曦, 于 琅

辽宁省地质矿产调查院, 辽宁 沈阳 110031

摘 要 :应用遥感技术,从海岸线长度和曲度两个方面分析辽东湾北部海岸线变化,研究区域海岸线变化规律和趋势。选用美国陆地卫星(Landsat)的 MSS、TM、ETM+ 系列数据,法国 SPOT/4-5 系列数据和国产陆地卫星 ZY-1 02C 数据等多源遥感数据,通过人工目视解译和计算机信息自动提取结合的方法,监测了自 1973~2012 年辽东湾北部海岸线变化情况。研究表明,辽东湾北部海岸线长度和曲度均呈增加趋势,尤其是 1997 年以后,为快速增加时期,其中中段岸线增速最快,西段岸线次之,东段岸线居尾。人为因素是辽东湾北部海岸线变化主要驱动力。

关键词 :辽东湾;遥感;海岸线;信息自动提取;驱动力

DOI:10.13686/j.cnki.dzyzy.2015.04.013

COASTLINE VARIATION MONITORING AND ANALYSIS OF NORTHERN LIAODONG BAY BASED ON MULTI-SOURCE REMOTE SENSING DATA

WANG Da-peng, BING Zhi-wu, LI Yan-bin, CHEN Xi, YU Lang

Liaoning Institute of Geological and Mineral Survey, Shenyang 110031, China

Abstract : The paper analyzes the regional change rule and trend in the northern Liaodong Bay from the two aspects of length and curvature with RS technology. Using multi-source RS data such as MSS/TM/ETM+ series data of US Landsat, French SPOT/4-5 series data and China Resources Satellite ZY-1 02C data, combining with the methods of artificial visual interpretation and computer automatic information extraction, the coastal changes in northern Liaodong Bay during 1973-2012 are monitored. The study shows that the length and curvature of coastline in northern Liaodong Bay are both increasing, especially after 1997 when they increase rapidly. The middle section of the coastline has the fastest increasing speed, followed by the west section and the east section. The main driving force for the change is human factors.

Key words : Liaodong Bay; remote sensing; coastline; automatic information extraction; driving force

0 前言

海岸线是陆地与海洋的分界线,从形态上看,有的弯弯曲曲,有的却像条直线。而且,这些海岸线还在不断地发生变化。辽东湾北部为中国典型的淤泥质海岸带^[1],海岸线受人类活动影响大。统计资料表明,改革开放以来,辽东湾沿岸渔民在潮间带挖掘虾池,围垦湿地,建设盐场,使海岸线向海推进,原始地貌随之改变,海岸带环境发生极大变化。因此,对海岸线变化进行监测与分析就显得尤为重要。

随着遥感技术的日益发展,其探测范围大、数据获取速度快的优势不断强化,相比于传统的监测方法,遥感监测具有周期短、投入人力物力少的特点^[2],是实施海岸线监测的有力手段。

本文将遥感技术应用于辽东湾北部海岸线变化研究中,利用多平台、多时相遥感数据,通过计算机信息自动提取^[3]和人工目视解译,对辽东湾北部海岸线变化进行监测与分析,绘制自 1973~2012 年 40 年来的辽东湾海岸线图,在定性的基础上突出定量研究,选取 6

收稿日期:2014-09-20;修回日期:2015-03-28。编辑:张哲。

基金项目:中国地质调查局项目“环渤海经济区地质环境调查评价与区划”(1212011120088)。

作者简介:王大鹏(1983—),男,硕士,工程师,从事区域地质调查、矿产和环境地质调查及遥感研究。通信地址:辽宁省沈阳市皇姑区宁山路 42 号羽丰大厦,E-mail://Leisurebird@tom.com

期海岸线进行对比,得出其变化特征与趋势.期望本研究能为保护该区自然环境和探寻海岸带可持续发展政策提供参考.

1 区域概况

1.1 区域地理

研究区位于下辽河平原中南部,地理范围为:东经 120°58'38"~122°30'22",北纬 40°16'24"~41°04'01"之间,面积约 300 km².本文研究海岸线为辽东湾北部,主体为淤泥质海岸,局部为砂质海岸,内侧为滨海低地,水下地形平缓,平均潮差 2.7 m,水深 5~30 m,冬季结冰.

注入辽东湾北部的主要河流为辽河,河口为三角洲,有大面积沼泽湿地分布.地貌类型主要为冲海积、冲积和海积平原.地势低洼,河渠与牛轭湖发育,地面坡降 0.025%,地面标高 2~5 m.由于河道淤积、改道,海水顶托,地势低洼积水,土壤大面积形成盐渍化和沼泽化,地表岩性多为亚黏土和黏土、淤泥质亚黏土及粉细砂组成,沼泽湿地及潮沟发育.

1.2 区域地质

从大地构造单元上看,辽东湾北部位于中朝准地台北断拗下辽河断陷辽河断凹构造单元中^[4].根据区域地质资料和钻孔资料结合分析认为,辽东湾地区前第四系岩石地层属华北地层区,发育有太古宇、中新元古界、古生界,区内地表均为第四系松散堆积物,基本无基岩出露.

新生代以来表现为大幅度沉降,由不均匀的沉降转为整体下沉,进入第四纪以来发育了巨厚的河湖相、海相松散堆积物,且具连续沉积的特点,各地层单元之间为整合接触.自东部山前倾斜平原向西部滨海平原,粒度由粗变细,厚度由薄变厚,自下而上由粗变细.由于气候的周期性变化和新构造运动的影响,海陆轮廓变化异常频繁,自更新世至全新世的冰后期,至少发生 3 次海侵.

根据辽宁省海岸带环境地质调查评价项目研究结果,辽东湾顶端海岸线变化最大,总体趋势为陆地面积增加.1909~2003 年,双台子河口的陆地面积变化最大^①.

2 遥感数据与处理

本研究采用多平台、多时相遥感数据,数据类型包括美国陆地卫星 Landsat/1-3 MSS、Landsat/4-5 TM、

Landsat/7 ETM+系列数据,法国 SPOT/4-5 系列数据和国产陆地卫星资源一号(ZY-1 02C)数据.对以上几种数据源的介绍见表 1.

表 1 遥感卫星数据一览表
Table 1 Remote sensing satellite data

序号	卫星	传感器	获得时间	景数
1	Landsat/1-3	MSS	1973~1982	28
2	Landsat/4-5	TM	1984~2009	75
3	Landsat/7	ETM+	1999~2003	5
4	SPOT/4	HRVIR	2003.5	3
5	SPOT/5	HRG	2010.10	3
6	ZY-1 02C	P/MS	2012.10	6

遥感数据处理的步骤为:几何精校正—彩色合成—图像镶嵌—图像增强—图像裁剪.

从 1:5 万高斯-克吕格投影的地形图上选取水系、公路交叉点、油井平台等易识别与定位且经验证为稳定地物处作为地面控制点,首先对分辨率最高的国产资源卫星数据进行影像到地图的配准,继而对所有遥感数据进行图到图的几何精校正,误差控制在 1 个像元内,保证所有卫星影像数据具有相同的空间坐标系,便于多期对比.

根据美国陆地卫星各波段的特征,综合对不同波段之间的组合研究^[5],对 MSS 数据的彩色合成选用 4(蓝)、5(绿)、7(红)波段合成,TM 和 ETM+数据均采用 1(蓝)、4(绿)、7(红)波段合成.由于 SPOT 和资源一号卫星都没有蓝光波段,故采用拟合蓝波段^[6],SPOT 采用 1(蓝)、(1+2+3)/3(绿)、2(红);资源一号采用 1(蓝)、(1*x+2*y)/(x+y)(绿)、2(红).

Landsat 系列卫星数据单景即可覆盖本文工作区,因此无需镶嵌处理.SPOT 卫星数据覆盖工作区需 3 景数据,资源一号卫星数据覆盖工作区需 6 景数据,均需进行镶嵌处理,使多幅影像连接合并成一幅单一的合成影像.本文使用 ENVI 遥感处理工具,使用基于地理坐标的影像镶嵌方法完成镶嵌处理.

针对 Landsat 数据使用 ENVI 的线性拉伸 2%,以强化水域和陆地的反差;对 SPOT 和资源一号数据,使用 0~255 拉伸,改变影像亮度值,增强地物反差.

使用 ENVI 平台的感兴趣区裁剪功能,叠加工作区范围的矢量文件到影像上,创建感兴趣区,用感兴趣区裁剪方法,完成影像裁剪.

3 海岸线提取方法

3.1 人工目视解译提取海岸线

本文使用的资源一号卫星和 SPOT5 卫星数据空

①倪金.辽宁省海岸带环境地质调查评价报告.辽宁省地质矿产调查院,2010.

间分辨率为 5 m, 水陆界线和反光较高的砂质岸段, 颜色差异显著, 纹理轮廓清晰, 利于目视解译. 由于研究区为淤泥质海岸, 空间分辨率较低的 Landsat (60 m、30 m) 和 SPOT4 (10 m) 遥感影像上呈现出较复杂的边缘, 部分海岸线判别较难. 本研究通过 MapGIS 平台, 将 1:50 000 地形图和辽宁省海岸带环境地质调查项目成果叠加到遥感影像上, 综合分析影像特征与海岸带土地利用资料, 确定海岸线范围.

3.2 计算机自动提取海岸线

Landsat 卫星数据具备丰富的多光谱波段, 从已掌握的大量 Landsat 数据中优选 7~9 月的夏季无云数据. 此时海水处于相对高位, 水陆交界线相当于海水的平均高潮线. 通过计算植被指数 NDVI^[7], 使用 ERDAS 建模软件, 实现不同年份的 NDVI 批量计算. 应用 ENVI 软件的决策树分类, 将 NDVI 影像分为负值和正值两类, 对计算后的图像进行平滑处理. 然后将负值类提取出来, 输出到 MapGIS 平台的区文件, 再通过弧段转线, 实现海岸线自动提取.

4 海岸线变化情况

本研究选取 5 期海岸线遥感提取数据(表 2), 进行监测对比.

表 2 辽东湾北部海岸线长度表
Table 2 Coastline length of northern Liaodong Bay

年代	1977	1987	1997	2003	2010	2012
海岸线总长	184.26	188.55	211.37	259.24	314.48	330.99
东岸线	55.43	57.27	54.56	59.69	70.15	76.10
中岸线	76.45	78.68	94.75	123.01	158.03	160.39
西岸线	52.38	52.55	62.03	73.91	83.21	94.49

长度单位 km.

4.1 海岸线长度变化

如图 1 所示, 1977 年辽东湾北部总体海岸线长度为 184.26 km, 到 1987 年为 188.55 km, 增长仅为 4.29 km, 年平均增长不到 0.5 km. 截止到 1997 年辽东湾北部海岸线长为 211.37 km, 与 1987 年相比增长了近 23 km, 年平均增长 2.3 km. 2003 年和 2010 年海岸线长度分别为 259.24 km 和 314.48 km, 在两个不到 7 年的时间跨度里, 分别增长了约 48 km 和 55 km, 年平均增长近 8 km, 到 2012 年海岸线总长为 330.99 km, 年增长超过 8 km.

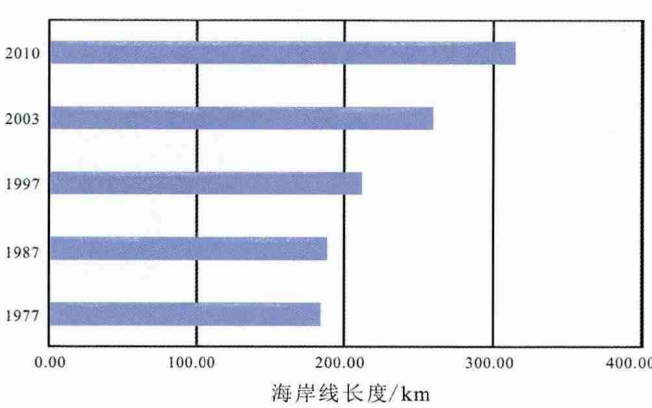


图 1 辽东湾北部海岸线变化图

Fig. 1 Coastline variation of northern Liaodong Bay

按行政区域对辽东湾北部海岸线分段研究(图 2), 从 1977~1987 年, 各分段海岸线均为相对稳定阶段; 1987~1997 年, 中段和西段海岸线均为缓慢增长阶段, 东段岸线出现了负增长; 1997 年以后, 东、西岸线增长速度大致相同, 增速均不超过 2 km/a, 而中岸线增长迅速, 增长速率超过 5 km/a. 2010 年以后中断岸线增速变缓, 东、西岸线增速加快.

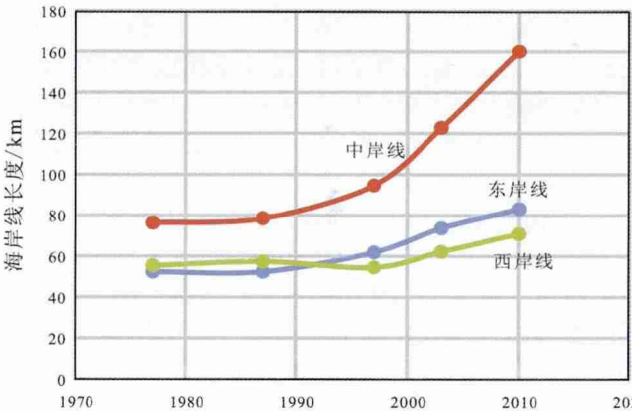


图 2 辽东湾北部海岸线分段变化图

Fig. 2 Coastline segment variation of northern Liaodong Bay

4.2 海岸线曲度变化

辽东湾北部海岸线整体曲度变化为由圆滑变平直, 由平直变曲折, 曲折程度呈跳跃式增长, 变化形态如图 3 所示. 海岸线分段变化情况如下:

1977~1987 年, 东、西岸线由圆滑变曲折, 但弯曲程度不高, 中岸线由圆滑变平直; 1987~1997 年, 西岸线继续变曲折, 中岸线也开始变曲折, 东岸线由曲折变平直; 1997~2003 年, 所有岸线均变得更为曲折, 由圆滑线状变为波状; 2003~2012 年, 海岸线曲折程度加大, 尤其是中、西岸线的局部岸线由波状变为齿状.

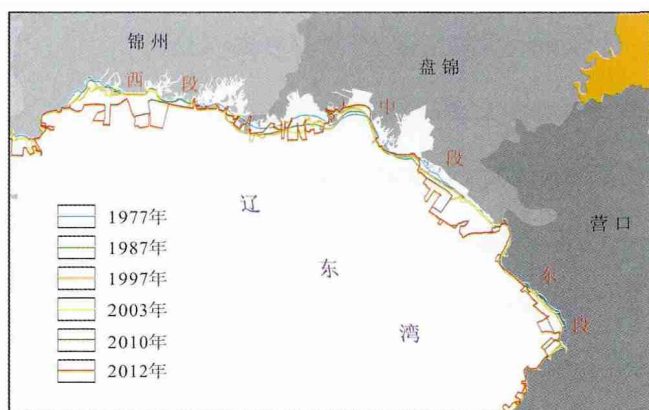


图3 辽东湾北部海岸线曲度变化图

Fig. 3 Coastline curvature variation of northern Liaodong Bay

5 驱动力分析

辽东湾北部海岸线变化的原因比较复杂. 不同于基岩海岸, 淤泥质海岸线变化主要受海底地形和泥沙堆积、海面上升速度、河流改道以及人类活动几个方面的影响.

5.1 自然因素

(1) 地形因素

海底地形的平缓程度在一定程度上决定了泥沙的淤积速度, 海底地形越平缓, 泥沙堆积成陆速度越快. 河流泥沙量大, 大凌河口和双台子河口附近海岸线淤进较快, 河流泥沙含量小的辽河, 其两侧的海岸线淤进速度较慢.

(2) 海面上升与地面沉降

辽东湾北部地区在地质构造上处于长期上升的辽西山地和辽东半岛山地之间的长期下沉的新华夏系第三巨型沉降带, 同时, 辽河三角洲平原海岸自 20 世纪 50 年代以来, 海平面上升趋势十分明显.

(3) 河流改道

历史上辽河下游河道曾多次变迁, 近代辽河在台安县六间房村以下分成两股, 进入研究区一股称双台子河, 太子河经营口入海段称大辽河. 近些年来, 大凌河入海口也有改变, 入海口处的改变意味河流泥沙入海的位置改变, 对海岸线变化的影响显而易见.

5.2 人为因素

(1) 人口迅速增长

工作区的行政范围涉及到锦州、盘锦、营口市, 该地区的总人口数量从 1988 年的 303.2 万增长到 2010 年的 360.7 万. 同时, 随着辽东湾滨海地区大量化工项目的开发和引进, 外来人口不断增长, 这部分人口的数量尚无准确统计. 为了应对人口增长的压力, 就会采取相关措施提高单位面积粮食产量, 扩大耕地面积, 加速海岸线变化, 如滩涂改建为工厂, 坑塘排干改造为耕地.

(2) 经济迅速发展

随着海岸带经济蓬勃发展, 港口和围海造田项目的实施, 直接增加了海岸线长度和曲度. 如进行水产养殖的滩涂开垦, 以芦苇造纸、油气开发为主的工业活动和开发沿海公路、旅游风景区的建立和城市化飞速进行, 使得海岸线进入快速变化期.

(3) 工程建设

为了有效供给农业用水, 修建了各种水利设施, 如人工开凿的沟渠. 造成的后果是海岸湿地景观的生态用水被截留, 引起湿地植被的整体退化, 生态功能严重受损, 水生生物多样性下降, 生物生产力降低, 进而导致部分生物岸线形态发生变化.

综上, 近现代人类的经济活动及区域开发历史作为一种人类外在的胁迫因子叠加于自然因子之上, 加快了海岸线向海推进的进程, 并使之逐渐偏离原来的自然演化轨迹. 人为因素是造成辽东湾北部海岸线变化, 向海方向伸展的主要原因.

6 结论

(1) 辽东湾北部海岸线近 40 年来总体长度变长, 但各分段岸线长度变化速率不同, 增速排序为中段>西段>东段.

(2) 辽东湾北部海岸线曲折度增大, 但各分段岸线曲度变化率不同, 曲度变化排序为中段>西段>东段.

(3) 辽东湾北部海岸线变化主要驱动力为人为因素, 海岸线的变化趋势受制于区域经济发展. 各地区经济发展的速度不同, 导致各岸线的变化速率不同.

(4) 随着对地观测卫星的日趋丰富, 稳定且连续地获取区域遥感数据成为可能. 运用多源遥感数据可以经济、快速监测海岸线变化情况, 具有良好的应用价值和前景.

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(4): 54—58, 78.
- [2] 梅安新, 彭望碌, 秦其明, 等. 遥感导论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2001.
- [3] Pardo-Pascual J E, Almonacid-Caballer J, Ruiz L A, et al. Automatic extraction of shorelines from Landsat TM and ETM+ multi-temporal images with subpixel precision[J]. Remote Sensing of Environment, 2012, 123: 1—11.
- [4] 李晓光, 张凤莲, 邹丙方, 等. 辽东湾北部滩海大型油气田形成条件与勘探实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 2007.
- [5] 韩丽君. 土地利用分类中 TM 影像最佳波段组合选择研究[J]. 太原师范学院学报: 自然科学版, 2010(1): 126—129, 144.
- [6] 孙华, 林辉, 熊育久, 等. SPOT5 影像统计分析及最佳组合波段选择[J]. 遥感信息, 2006(4): 57—60, 88.
- [7] 王大鹏, 李长安, 李辉. 基于遥感的武汉植被覆盖动态变化研究[J]. 农机化研究, 2009(7): 74—78.