

苏北废黄河三角洲岸线变迁与海岸冲淤动态遥感监测

王志一¹, 徐素宁¹, 姜艳辉¹, 梅军军², 吕铁硬²

(1. 中国地质环境监测院, 北京 100871; 2. 中国矿业大学(北京), 北京 100083)

摘要: 近几十年来, 我国的砂质、淤泥质海岸正呈现侵蚀加剧的演变趋向。随着卫星遥感数据在光谱、时间和空间分辨率方面的不断提高, 海岸侵蚀和淤积监测具备了精度越来越高的数据源。在前人研究的基础上, 以废黄河三角洲海岸为研究对象, 利用遥感技术和野外实地调查对海岸岸线变迁及冲淤动态进行了研究。研究表明: 遥感技术在岸线变迁、侵蚀淤积监测和预测方面具有其他技术无可比拟的优势, 在海岸带地质环境监测中的应用已成为具有实用价值的技术。

关键词: 废黄河三角洲; 岸线变迁; 侵蚀淤积; 遥感监测

中图分类号: TP79; TV142 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672 1683(2013)01-0136-04

Remote Sensing Based Dynamic Monitoring of Coastline Change and Coastal Erosion and Deposition of the Abandoned Yellow River Delta in Northern Area of Jiangsu Province

WANG Zhi yi¹, XU Su ning¹, JIANG Yan hui¹, MEI Jun jun², LV Tie ying²

(1. Geological environment monitoring institution of China, Beijing 100871, China;

2. China University of Mining & Technology (Beijing), Beijing 100083, China)

Abstract: The sandy and silty coast in China has shown an increasing trend of erosion in recent years. The improvement of spectral, temporal, and spatial resolution of the satellite remote sensing data has provided the higher accuracy remote sensing data sources for the monitoring of the coastal erosion and deposition. Base on the previous studies, the remote sensing technique and field survey were used to investigate the coastline change and coastal erosion and deposition of the abandoned Yellow River Delta in the northern area of Jiangsu province. The results showed that the remote sensing technique has the unparalleled advantages for monitoring and predicting the coastline changes and coastal erosion and deposition compared with other technologies, and it has practical significance for monitoring the coastal geological environment.

Key words: abandoned Yellow River Delta; coastline change; erosion and deposition; remote sensing monitoring

废黄河三角洲海岸带是苏北地区重要的经济发展走廊, 海岸带的变迁直接影响着该地区的经济发展和人民生活。自 1855 年黄河改道北归渤海以来, 黄河巨量入海泥沙来源断绝, 原先淤张型的三角洲迅速转变为受海洋动力作用的岸线蚀退和夷平过程, 并由以砂质海岸为主变成了以淤泥质海岸为主^[1]。淤泥质潮滩分布范围广、动态变化快、滩面条件恶劣、滩浅流急等特点, 使用常规的交通工具和仪器设备在潮滩上进行长期观测和取样调查非常困难^[5-8]。遥感技术具有观测范围广、信息量大、获取信息快、更新周期短、可比性强等优点, 因此在研究淤泥质海岸线时具有很大的优势。

利用卫星遥感图像研究海岸线岸线变迁, 始于 20 世纪

70 年代末。1978 年—1980 年濮静娟等^[2]利用卫星遥感资料研究了黄河河口泥沙的运移与堆积、泥滩的冲淤变化、海岸线的淤进蚀退状况。范兆木、郭永盛主编的《黄河三角洲沿岸遥感动态分析图集》详细分析了 1976 年—1989 年黄河河口与钓口河口地区海岸线的冲淤与侵蚀状况^[3]。吉祖稳等^[4]运用遥感卫星照片分析了黄河口地区 1975 年—1992 年间清水沟流路、沙嘴及其附近海岸线的演变。本文将遥感与 GIS 技术集成, 对苏北废黄河三角洲地区海岸线进行动态监测, 从而了解海岸侵蚀淤积现状。

1 研究区概况

苏北废黄河三角洲位于现今江苏北部, 是 1128 年—

收稿日期: 2013-01-04 修回日期: 2013-01-11 网络出版时间: 2013-01-24
网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20130124.1131.021.html>
基金项目: 国家公益性行业科研专项(201011019)
作者简介: 王志一(1984-), 男, 工程师, 主要从事遥感技术及应用研究。E-mail: wanglzhiyi@126.com
通讯作者: 徐素宁(1968-), 女, 研究员, 博士, 硕士生导师, 主要从事环境地质和遥感地质研究。E-mail: xusun@mail.cigem.gov.cn

1855 年黄河夺淮入黄海期间迅速淤涨形成的三角洲。大致以云梯关(响水县境)为顶点,北界从包家河起,经六塘河、盐河至临洪口,南界沿里运河,经射阳湖、兴盐界河至斗龙港口(图 1)。三角洲自西南向东北倾斜,杨庄海拔 11.8 m,向海逐渐降低,至大淤尖只有 1.3 m,平均坡降 0.6%。从海岸陆地地貌上南北两段也有明显差异,灌河和射阳河之间的是由黄河夺淮入海后所带来的泥沙淤积而成,地面高程 1~3 m。黄河改道后,由于泥沙来源断绝,岸线受侵蚀而后退,地面物质组成多为黏土和亚黏土,沿岸地势平坦,为大片盐田和沼泽。而射阳河以南为海积平原区,是近千年来海岸不断淤积而形成的滨海平原,岸外有辐射沙洲屏护^[9]。

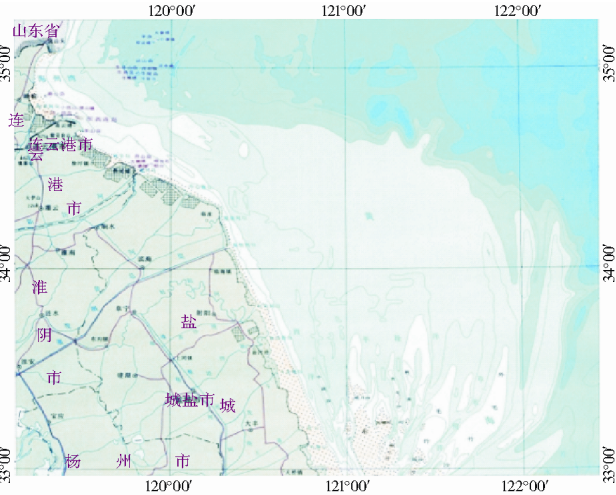


图 1 研究区位置
Fig.1 Location map of the study area

2 数据预处理

本文选择了 TM、ALOS、SPOT5 多种类不同时相卫星遥感数据(表 1),利用不同分辨率的影像从整体及局部重点岸段分别来监测苏北废黄河三角洲岸线变迁及侵蚀淤积状况。

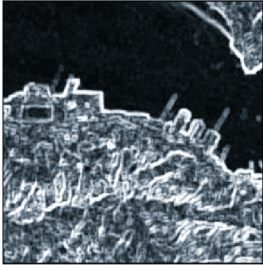
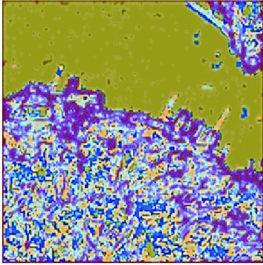


图 2 人工海岸的海岸线提取过程
Fig.2 Extraction process of the artificial coastline

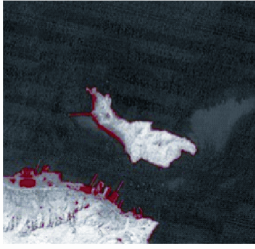
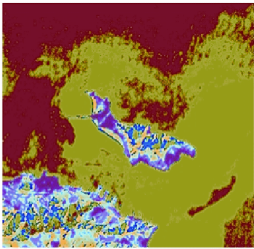


图 3 基岩海岸的海岸线提取过程
Fig.3 Extraction process of the bedrock coastline

表 1 卫星遥感数据列表				
Table 1 List of the Satellite remote sensing data				
序号	数据类型	成像时间	波段数	空间分辨率/m
1	TM	1988 年	6	30
2	TM	1992 年	6	30
3	TM	1997 年	6	30
4	TM	2003 年	6	30
5	TM	2006 年	6	30
6	ALOS	2007 年	4	10
7	ALOS	2009 年	4	10
8	SPOT5	2004 年	4	10

数据预处理以研究区 1: 5 万地形图作为几何校正的参考图像,用二阶多项式对影像进行变换,并用双线性内插法对影像进行重采样,误差控制在 10 m 之内。在遥感软件平台对多时相数据进行配准,误差控制在 0.5 个像元之内,形成研究区时间序列遥感影像图,并截取覆盖研究区的子区,以减少数据量,提高处理速度^[10-11]。

3 海岸线信息提取方法

根据国家标准《海洋学术语海洋地质学(GB/T 18190-2000)》规定:“海岸线是海陆分界线,在我国系指多年大潮平均高潮位时海陆分界线^[12]。”

经过野外实地调查,研究区的海岸线类型为基岩海岸、人工海岸、砂质海岸、淤泥质海岸四种,其中淤泥质海岸占海岸总长度的 90% 以上。对于基岩海岸来讲,一般在短的历史时期内不会发生变化,所以可利用比值、图像拉伸等图像增强方法突出图像现状信息,然后直接从影像上通过人机交互解译提取(见图 2)。人工海岸包括围堤、码头、防波堤、护岸(坡)等多种用途的海岸人工构筑物,以永久性人工构筑物的平均大潮高潮时水陆分界的痕迹线作为人工海岸线(如图 3)。

本次工作重点对研究区淤泥质海岸和砂质海岸岸线遥感信息提取技术进行研究。因淤泥质海岸和砂质海岸受潮位影响较大, 需要结合潮汐、海岸地形等因素进行综合提取。通过实地调查并结合遥感影像发现, 废黄河三角洲岸线大多比较低平, 滩面坡度平缓, 滩面宽度可达数公里甚至更宽, 一般有潮沟发育, 一些潮沟上端与河流入海口相接。这种海岸的岸线受上冲流的影响, 在潮间带之上向陆一侧有一条耐盐植物生长状况明显变化的界线, 向陆植物生长渐茂盛, 盐蒿、芦苇、米草等耐盐植物大量出现, 向海植物稀疏矮小至光滩。另外由于潮滩

物质成分的差异以及暴露于水上时间的长短而导致含水量的不同, 必然在光谱特征上有所变化, 在遥感影像上表现出不同的灰度特征信息^[13]。因此首先用非监督分类方法进行预分类, 再以预分类结果为基础, 利用滩面含水性的不同引起光谱的变化特征选取训练样区运用监督分类方法进行分类, 然后通过边缘检测算法提取出平均高潮线, 最后通过栅格矢量化提取出岸线(见图 4、图 5), 将各类型岸线进行拼接后获取研究区岸线遥感提取图。小型河流一般采用受潮汐作用明显的潮流上界作为有效岸线, 如果建有防潮闸, 以防潮闸作为河口岸线上界。

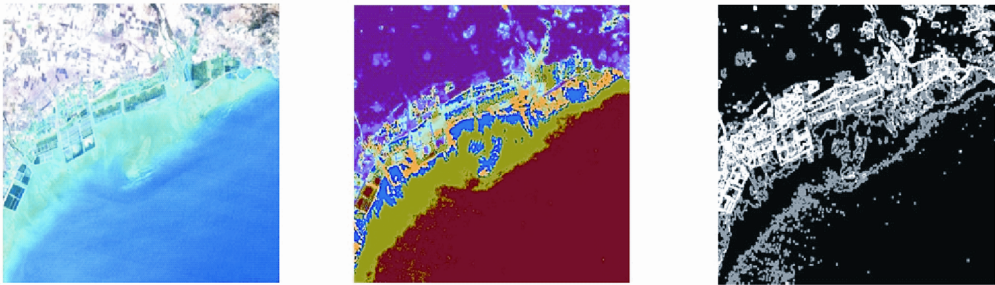


图 4 砂质海岸的海岸线提取过程
Fig. 4 Extraction process of the sandy coastline

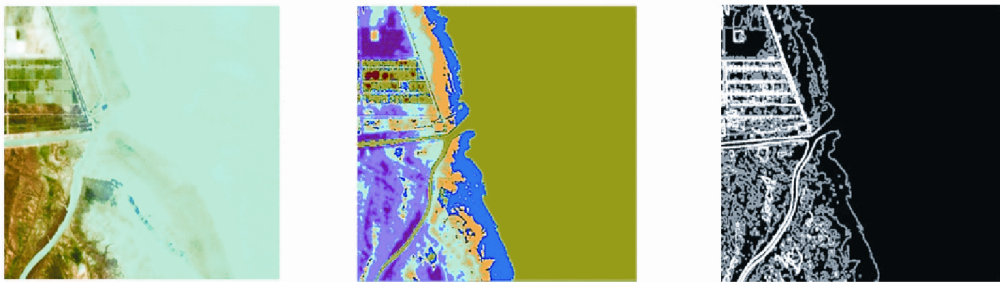


图 5 淤泥质海岸的海岸线提取过程
Fig. 5 Extraction process of the silty coastline

4 岸线变迁及冲淤动态监测

(1) 海岸岸线变迁遥感分析。选择 1988 年遥感影像提取的岸线作为参考, 利用 ARCGIS 软件中空间分析模块进行岸线变迁分析^[14]。首先从绣针河口至王港口的岸线上均匀选取若干样点, 用距离量测功能分别测量各年遥感影像提取的岸线样点到 1988 年岸线垂直距离, 然后以这些距离来衡量各段岸线局部

变化幅度, 计算多年平均值, 得到 1988 年- 2006 年间苏北废黄河三角洲海岸各岸段侵蚀淤积年平均速率(表 2)。利用表 2 的统计数据生成的废黄河三角洲各岸段年平均蚀淤速率分布图(图 6)可以得出: 废黄河三角洲以射阳港口为侵蚀淤积过度岸段, 射阳港以北以侵蚀为主, 其中侵蚀最为严重的是灌河口以南至中山河口岸段; 射阳港口以南呈明显的淤积趋势, 岸线逐渐向海推进。以新洋港至斗龙港口岸段淤积速率最大。

表 2 1988 年- 2006 年间苏北废黄河三角洲各段岸线蚀淤速率

Table 2 The rates of coastal erosion and deposition for each section of the abandoned Yellow River delta in the northern area of Jiangsu province from 1988 to 2006

岸段位置	岸线类型	岸段长度/km	岸段始末点坐标	年平均蚀淤速率/(m·a ⁻¹)
绣针河口- 临洪河口	砂质	53.2	119°21' 52"E, 35°5' 33"- 119°13' 43"E, 34°47' 46"	- 10.26
临洪河口- 灌河口	粉砂- 淤泥质	70.6	119°13' 43"E, 34°47' 46"- 119°47' 40"E, 34°28' 11"	- 12.08
灌河口- 中山河口	粉砂- 淤泥质	31.5	119°47' 40"E, 34°28' 11"- 120°5' 53"E, 34°22' 41"	- 17.72
中山河口- 废黄河口	粉砂- 淤泥质	28.8	120°5' 53"E, 34°22' 41"- 120°16' 36"E, 34°15' 28"	- 11.92
废黄河口- 扁担港口	粉砂- 淤泥质	18.5	120°16' 36"E, 34°15' 28"- 120°18' 59"E, 34°6' 48"	- 14.57
扁担港口- 射阳河口	淤泥质	41.2	120°18' 59"E, 34°6' 48"- 120°28' 16"E, 33°49' 6"	- 10.02
射阳河口- 新洋河口	淤泥质	28.6	120°28' 16"E, 33°49' 6"- 120°34' 41"E, 33°38' 31"	+ 8.92
新洋河口- 斗龙港口	淤泥质	23.1	120°34' 41"E, 33°38' 31"- 120°40' 11"E, 33°29' 3"	+ 16.17
斗龙港口- 王港口	淤泥质	23.9	120°40' 11"E, 33°29' 3"- 120°44' 5"E, 33°19' 59"	+ 14.17

注: 年平均侵蚀速度“+”代表淤涨,“-”代表侵蚀。

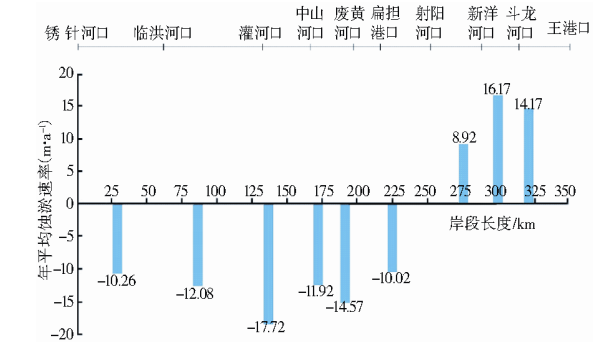


图6 苏北废黄河三角洲海岸 1988–2006 年间侵蚀淤积速率
Fig. 6 The rates of coastal erosion and deposition of the abandoned Yellow River delta in the northern area of Jiangsu province from 1988 to 2006

(2) 海岸冲淤动态遥感监测。黄河北归以后, 泥沙供应断绝, 水文–泥沙间的平衡遭到破坏, 水动力作用相对增强, 使海岸和水下三角洲发生侵蚀, 侵蚀后退最严重的地方是废黄河口附近。据历史资料分析, 1855 年–1970 年间, 这里岸线已后退 17 km, 平均每年 147 m^[15]。根据前人资料并结合本次多时相遥感数据岸线提取与分析得到苏北废黄河三角洲海岸冲淤现状图(图 7), 据此对 1988 年–2006 年遥感数据海岸岸线变化分析发现, 1988 年–2006 年期间本区海岸整体上呈现北冲南淤格局。射阳河口以北仍以侵蚀为主, 由废黄河口向两侧逐渐减小, 年平均自然侵蚀速度一般变化在 10~20 m/a 之间。近年来, 对重点侵蚀岸段陆续采取了块石护坡工程, 并修筑了一些短丁坝, 使海岸后退初步得到了控制。射阳港河口附近呈现蚀淤交替过渡格局: 1988 年–2000 年间为侵蚀状态, 岸线后退速率为 –10.02 m/a; 2000 年–2006 年间转变为淤积状态, 岸线推进速率为 8.92 m/a。射阳港河口以南淤积为主, 岸线略向海推进, 分析沙源主要为废黄河口附近水下侵蚀泥沙沿岸向南运移和东海辐射沙脊群水下调整带来的泥沙。

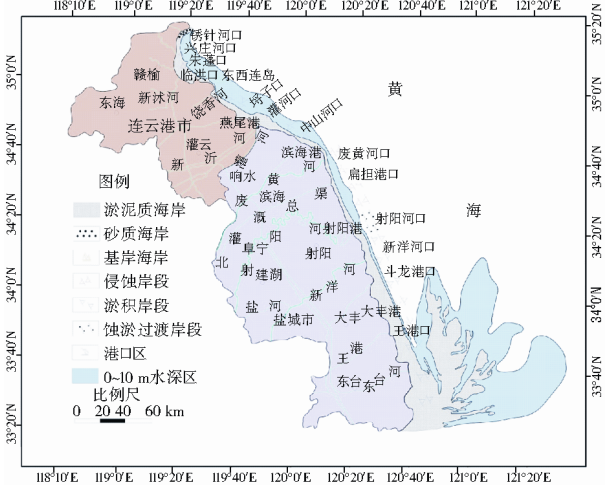


图7 苏北废黄河三角洲海岸侵蚀淤积现状
Fig. 7 The current status of coastal erosion and deposition of the abandoned Yellow River delta in the northern area of Jiangsu province

5 结论

废黄河口三角洲海岸线发生淤进、蚀退等现象具有普遍性。通过将遥感与 GIS 技术集成, 利用不同分辨率的影像并

结合历史海图, 从整体及局部重点岸段分别对苏北废黄河三角洲岸线变迁及侵蚀淤积状况进行分析, 得出以下认识。

- (1) 废黄河三角洲岸段在河口改道完全断绝泥沙来源后断流后最初几年比较强烈, 随着岸线和海床比降变化, 侵蚀逐渐趋向缓和。
- (2) 射阳港口呈明显的蚀淤过度特征, 即由北部射阳河口附近的侵蚀逐渐过渡为斗龙港北侧的淤涨。
- (3) 以废黄河口为中心, 向两侧的侵蚀岸段逐渐减弱。目前, 废黄河口附近侵蚀后退速度低于两侧, 主要是因为护堤加强的缘故。

参考文献(References):

[1] 任美镔. 江苏省海岸带和海涂资源综合调查报告[M]. 北京: 海洋出版社, 1996: 44 47. (Ren Meir e. Jiangsu Province Coastal Zone and Tidal Flat Resources Comprehensive Investigation Report[M]. Beijing: Ocean Press, 1996: 44 47. (in Chinese))

[2] 濮静娟, 王长耀. 利用卫星遥感资料研究河口三角洲、湖泊的动态[J]. 地理学报, 1979, 46(1): 43 54. (PU Jing juan, WANG Chang yao. Studies on Dynamics of Some River Deltas and Lake Using LandSat MSS Imagery[J]. Acta Geographica Sinica, 1979, 46(1): 43 54. (in Chinese))

[3] 范兆木, 郭永盛. 黄河三角洲沿岸遥感动态分析图集[M]. 北京: 海洋出版社, 1992. (FAN Zhao mu, GUO Yong sheng. Along the Coast of the Yellow River Delta Using Remote Sensing Dynamic Analysis[M]. Beijing: Ocean Press, 1992. (in Chinese))

[4] 吉祖稳, 胡春宏, 曾庆华, 等. 运用遥感卫星照片分析黄河河口近期演变[J]. 泥沙研究, 1994, (3): 12 22. (JI Zu wen, HU Chun hong, ZENG Qing hua, et al. Analysis of Recent Evolution of the Yellow River Estuary by landsat images[J]. Journal of Sediment Research, 1994, (3): 12 22. (in Chinese))

[5] Moore, L. J. Shoreline Mapping Techniques[J]. Coast. Res, 2000, 16(1): 111 124.

[6] X G Zhu. Remote Sensing Monitoring of Coastline Change in Pearl River Estuary[A]. Paper Presented at the 22nd Asian Conference on Remote Aensing[C]. 2001: 5-9.

[7] Braud D H, Fen G W. Semiautomated Construction of the Louisiana Coastline Digital Land/Water Boundary Using Landsat Thematic Mapper satellite imagery[R]. Louisiana Applied Oil Spill Research and Development Program, OS2RAPD Technical Report Series, 1998: 18-25.

[8] Ghorbani, A. Coastline Monitoring by Remote Sensing Technology[J]. MSthesis. Department of GIS Engineering. 2004, 12 (1): 18 24.

[9] 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏省海岸带和海涂资源综合考察队. 江苏省海岸带自然资源地图集[M]. 北京: 科学出版社, 1988. (Nanjing Institute of Geography & Limnology. China Academy of Sciences, Jiangsu Province Coastal Zone and Tidal Flat Resources Comprehensive Investigation Team. Jiangsu Province Coastal Natural Resources Map[M]. Beijing: Science Press, 1988. (in Chinese))

[10] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003. (Zhao Ying-shi. The Principle and Method of Remote Sensing Application and Analysis[M]. Beijing: Science Press, 2003. (in Chinese))

(下转第 154 页)

学报, 1998, (1): 76-84. (REN Li, ZHANG Yur fang. Field Experiments and Numerical Simulation of Soil Water and Heat Regimes under the Condition of Summer Corn Partially Covered by Mulch Strips[J]. Journal of Hydraulic Engineering, 1998, (1): 76-84. (in Chinese))

[8] 倪广恒, 段新杰, 薛迎洲. 使用中子仪测量土壤含水率的试验研究[J]. 水利水电技术, 1991, (12): 47-51. (NI Guang heng, DUAN Xin jie, XUE Ying zhou. Use Neutron Gauge Measurement of the Moisture Content of the Soil Test Research[J]. Water Resources and Hydropower Engineering, 1991, (12): 47-51. (in Chinese))

[9] 尹志芳, 刘恩民, 陈炳新, 等. 时域反射仪与中子仪测定土壤含水量标定试验研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(6): 161-165 (YIN Zhi fang, LIU En min, CHEN Bing xin, et al. Calibration Experiments of Soil Moisture by the Methods of Time Domain Reflectometry and Neutron Probe[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2005, 23(6): 161-165. (in Chinese))

[10] 马虹, 胡汝骥. 积雪对冻土水热状况地影响[J]. 干旱区地理, 1995, (4): 23-27. (MA Hong, HU Ru ji. Effect of Snow Cover on Thermal Regime of Frozen Soil[J]. Arid Land Geography, 1995, (4): 23-27. (in Chinese))

[11] Goodrich L E. The Influence of Snow Cover on the Ground Thermal Regime[J]. Canadian Geotechnical Journal, 1982, 19 (4): 421-432.

[12] 王子龙. 季节性冻土区雪被- 土壤联合体水热耦合运移规律及数值模拟研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2010. (WANG Zi long. Study on Water-Heat Coupling Movement and Numerical Simulation in Snow Cover Soil Union of Seasonal Frozen Soil Region[D]. Harbin: Northeast Agricultural University, 2010. (in Chinese))

[13] Hardy J P, Groffman P M, Fitzhugh R D, et al. Snow Depth Manipulation and its Influence on Soil Frost and Water Dynamics in A Northern Hardwood Forest[J]. Biogeochemistry, 2001, 56(2): 151-174

[14] 尚松浩, 雷志栋. 冻结条件下土壤水热耦合迁移数值模拟的改进[J]. 清华大学学报(自然科学版), 1997, 37(8): 62-64. (SHANG Song hao, LEI Zhi dong. Numerical Simulation Improvement of Coupled Moisture and Heat Transfer during Soil Freezing[J]. Journal of Tsinghua University (Science and Technology), 1997, 37(8): 62-64. (in Chinese))

[15] 尚松浩, 雷志栋. 土壤水分动态模拟模及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 61-79. (SHANG Song hao, LEI Zhi dong. Soil Water Dynamic Simulation Model and its Application [M]. Beijing: Science Press, 2009: 61-79. (in Chinese))

(上接第 139 页)

[11] (美) Jensen 著, 陈晓玲译. 遥感数字影像处理导论[M]. 北京: 科学出版社, 2007. (Jensen. Remote Sensing Digital Processing [M]. Beijing: Science Press, 2007. (in Chinese))

[12] 马小峰, 赵东至, 刑小罡, 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. (MA O Xiao feng, ZHAO Dong zhi, XING Xiao gang, et al. The Means of Withdrawing Coastline by Remote Sensing[J]. Marine Environmental Science, 2007, 26(2): 185-189. (in Chinese))

[13] 张忍顺. 苏北黄河三角洲及滨海平原的成陆过程[J]. 地理学报, 1984, 51(2): 173-184. (ZHANG Ren shun. Landforming History of the Huanghe River Delta and Coastal Plain of North Jiangsu[J]. Acta Geographica Sinica, 1984, 51(2): 173-184. (in Chinese))

[14] 杨晓梅, 周成虎, 杜云艳, 等. 海岸带遥感综合技术与实例研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2005. (YANG Xiao mei, ZHOU Cheng hu, DU Yun yan, et al. Remote Sensing of Island and Coast Environment[M]. Beijing: Ocean Press, 2005. (in Chinese))

[15] 蔡则健, 吴曙光. 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))