

现代黄河三角洲生态环境的动态监测

张高生,王仁卿* (山东大学生命科学学院,山东 济南 250100)

摘要: 以配准后的 4 期遥感影像数据为基础,采用遥感和地理信息系统技术并结合野外调查对现代黄河三角洲林地植被、草甸植被、湿地面积进行了动态监测.结果表明,在 1977~2004 年间,植被覆盖面积逐年增加,年均增加 3373.68 hm²;其中,柽柳、芦苇、碱蓬和农田植被面积分别增加了 1066.14,314.19,1128.87,5811.71 hm²;刺槐林面积呈波动变化.初期湿地有河流、沼泽和滩涂 3 种类型,后期又增加水库、水田、池塘等人工湿地类型.受黄河来水和人类活动的影响,河流、沼泽湿地面积呈减少趋势,而水库、水田、虾池、滩涂湿地面积明显增加.

关键词: 生态环境; 动态监测; 遥感和地理信息系统技术; 现代黄河三角洲

中图分类号: X835

文献标识码: A

文章编号: 1000-6923(2008)04-0380-05

Research on dynamic monitoring of ecological environment in modern Yellow River Delta. ZHANG Gao-sheng, WANG Ren-qing^{1*} (School of Life Science, Shandong University, Jinan 250100,China). *China Environmental Science*, 2008(4): 380~384

Abstract: Based on 4 period registration remote sensing data, combined with field investigation, the dynamic monitoring of forest vegetation, grass vegetation and wetland in modern Yellow River Delta was conducted by using the techniques of remote sensing and geographical information system. The vegetation cover area increased yearly between 1977 to 2004, with an average increase of 3373.68 hm² per year, in which the cover area of *Tamarix chinensis*, *Phragmites communis*, *Suaeda salsa* and cropland showed an increasing tendency, the area had increased 1066.14, 314.19, 1128.87, 5811.71 hm² respectively during the period. The area of woodland *Robinia pseudoacacia* was fluctuated. Three kinds of wetland, including river, marsh and seabeach, existed in early years in the study, while the reservoir, paddy field, prawn pool and pond were added to the wetland in late years. Influenced by the flow of Yellow River and the activities of human, the cover area of the river and marsh tended to decrease, however, the area of reservoir, paddy field, prawn pool and seabeach increased obviously.

Key words: ecological environment; dynamic monitoring; remote sensing and geographical information system; the modern Yellow River Delta

生态监测是运用可比的方法,在时间和空间上对特定区域内生态系统组合体的类型、结构和功能及其组合要素等进行系统地测定和观察的过程,监测结果用于评价和预测人类活动对生态系统的影响,为合理利用资源、改善生态环境和自然保护提供决策依据^[1].目前,生态监测研究已成为环境科学、生态科学研究的热点^[2-5].

黄河三角洲位于山东半岛和辽东半岛环抱的渤海湾南岸中心地带,是黄河泥沙淤积形成的扇形冲积平原,面积约 5400km²^[6],处于由海洋向陆地的过渡地带.河流摆动、海岸侵蚀、河口淤积、植被演替、土壤发育等自然演变过程具有典型性和独特性,是进行生态环境监测研究的理想

区域.本研究采用多时相陆地卫星遥感数据,在野外植被调查的基础上,建立不同植被的光谱分类模板,对研究区植被进行分类,以全面、准确掌握现代黄河三角洲生态环境近 30 年动态变化规律,为改善和保护该区域的生态环境提供依据.

1 研究方法

1.1 研究区概况

研究区域为现代黄河三角洲,以垦利县鱼洼村为顶点,北起挑河,南至宋春荣沟,面积约 2200km²,

收稿日期: 2007-06-30

基金项目: 山东省环境保护科研基金资助项目(2004-011-1)

* 责任作者, 教授, WRQ@sdu.edu.cn

(118°30'E~119°20'E, 37°35'N~38°10'N). 背陆面海,为暖温带半湿润大陆性季风气候区.区内植被类型少、结构简单、组成单纯,有中国暖温带最完整、最广阔、最年轻的湿地生态系统.

1.2 资料来源

卫星遥感影像数据的时相定为 1977~2004 年的 5~10 月,此时段是植物生长季节,植被在影像上表现明显.选取 1977 年 5 月 10 日(MSS)、1987 年 5 月 7 日(TM)、1996 年 5 月 31 日(TM)和 2004 年 5 月 5 日(TM)四时相影像作为研究资料,其中 TM 影像分辨率为 30m×30m,MSS 影像分辨率为 80m×80m.背景资料为 1:5 万地形图,1:10 万土地利用图.

1.3 图像预处理

利用 ENVI 和 MAPINFO 等软件,对遥感数据进行处理,处理包括以下 3 个步骤.

校正:根据所采用的遥感数据特点和研究内容要求,采用 3 次卷积内插法进行图像校正.

配准:根据 1:5 万地形图选取 40 个地面控制点对一时相的卫星影像波段分别进行几何配准,方均根误差在 0.5 个像元之内.选取 40 个控制点进行多时段影像之间的配准(影像对影像配准),精度保持在亚像元水平上.

研究区影像提取:由于本研究区是整景(莱州湾幅)TM 数据的一部分,因此在 ENVI 的支持下,借助地形图界线,将之叠在影像图上作掩膜,提取现代黄河三角洲范围的影像数据.

1.4 影像解译及分类结果验证

2004 年 6 月对研究区 124 个样方进行了植被类型分布调查,用 GPS 记录每个调查样方的经纬度.根据现场调查资料,在影像图上建立不同植被类型的训练分类器,获取不同类型的分类波谱数据,根据采集到的波谱数据,在 ENVI 软件下,利用监督分类最大似然法进行分类.将分类结果与野外样点调查结果进行对比验证,在所验证的 124 个样点中,分类结果不对应的样点为 13 个,占 10.5%,准确率为 89.5%.对这些分类结果进行纠正,将纠正后的分类结果转换为矢量文件,调入 MAPINFO 软件进行各要素统计计算和图件绘制.

湿地分类依据 20 世纪 70~90 年代和 2004 年的水系图、地形图和土地利用图,采用目视解译方法完成.

1.5 植被指数计算

选用常用的归一化植被指数 NDVI^[7-8]其计算公式为:NDVI=(TM4-TM3)/(TM4+TM3) 式中:TM4,TM3 分别为 LANDSAT-5 专题制图仪的第 4(近红外)和第 3(红)波段亮度值.

利用 ENVI 软件进行 NDVI 运算,自动设定值,将结果控制在 0~255 范围绘制 NDVI 图.

将植被指数由大到小划分为 6 级,分别赋予亮度值和色彩.根据黄河三角洲植被分布图和实地调查结果,NDVI<0.2 的区域为非植被的分布区,NDVI>0.2 的区域为植被分布区.由于本研究只计算植被覆盖面积,NDVI>0.2 的覆盖区不再进行植被覆盖度分级,而作为一个整体统计植被覆盖面积.植被指数计算值及灰度值见表 1.

表 1 植被指数分级
Table 1 Grades of NDVI

指数层	灰度指数	植被指数	指数层	灰度指数	植被指数
1	>191	1.0	4	108~128	0.4
2	153~190	0.8	5	95~107	0.2
3	129~152	0.6	6	54~94	0

2 现代黄河三角洲生态环境动态监测

2.1 植被覆盖动态监测

由表 2 可见,1977~2004 年现代黄河三角洲植被覆盖面积逐年增加,累计增加面积 91089.43hm²,平均每年增加 3373.68hm².植被覆盖率也逐年增加,27年累计增加 34.71%,平均每年增加 1.29%.

表 2 现代黄河三角洲近 30 年植被覆盖变化监测结果
Table 2 Monitoring results of vegetation cover in modern Yellow River Delta of the last 30 years

年 份	植被覆盖面积 (hm ²)	现代三角洲 面积(hm ²)	植被覆盖率 (%)	植被累计增 加面积(hm ²)
1977	37995.57	212484.78	17.88	37995.57
1987	84222.00	230320.44	36.57	46226.43
1996	137127.00	239064.48	57.36	99131.43
2004	129085.00	245415.87	52.59	91089.43

2.2 林地植被动态变化监测

刺槐 (*Robinia, Pseudoacacia*) 和 桤柳 (*Tamarix chinensis*)是林地的主体.由于受土壤盐分和黄河来水的影响,刺槐林主要分布在黄河故道两侧、海拔较高、土壤含盐量在 0.3%以下的肥沃地带.桤柳多分布在土壤含盐量较高区域.由内陆向海岸,土壤盐分逐渐升高,桤柳群落覆盖度也逐渐增加,多连片分布,群落覆盖度为 30%~60%,而在土壤含盐量较高地段,桤柳群落消失.刺槐、桤柳林解译结果见表 3,图 1.

表 3 现代黄河三角洲主要群落近 30 年覆盖面积的变化

Table 3 Changes of cover area for main plant community in modern Yellow River Delta of the last 30 years

年 份	刺槐林面积 (hm ²)	桤柳林面积 (hm ²)	芦苇草甸面积 (hm ²)	碱蓬草甸面积 (hm ²)	农田面积 (hm ²)	合 计 (hm ²)	占现代三角洲 面积比例(%)
1977	—	5493.42	4501.71	7606.26	2973.46	20574.85	9.68
1987	504.36	6336.09	3969.90	8036.73	5319.45	24166.53	10.49
1996	2178.54	6410.52	4548.78	8163.72	7128.27	28429.83	11.89
2004	1468.89	6559.56	4815.90	8735.13	8785.17	30364.65	12.37

注:刺槐林为1982年以后营造的人工林,故1977年刺槐林面积为零

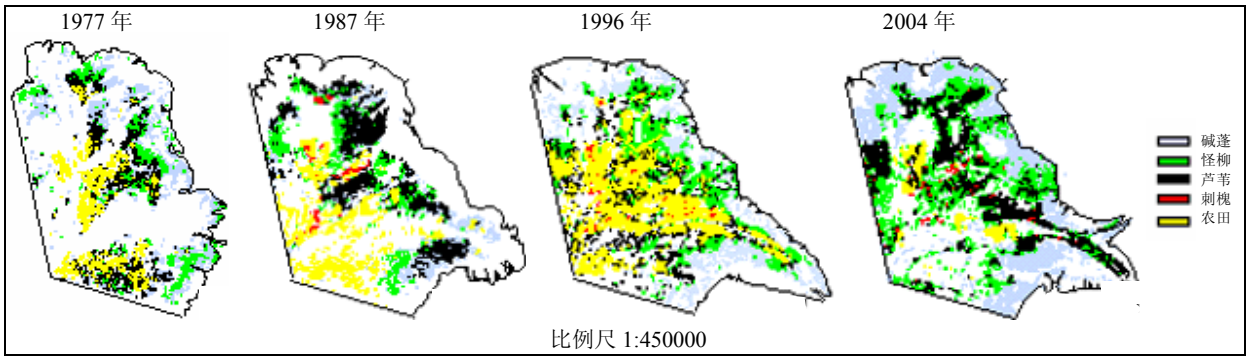


图 1 现代黄河三角洲 1977~2004 年主要植被分类

Fig.1 Vegetation classification in modern Yellow River Delta (1977~2004)

1987~2004 年,刺槐林面积呈现波动变化.1987~1996 年,刺槐林面积增加了 1674.18hm²;而 1996~2000 年,刺槐林面积减少了 1228.95hm².1996 年后,受特大风暴潮的影响,海水淹没了自然保护区北部黄河故道东侧的刺槐林,造成大面积刺槐死亡.2000~2004 年,面积又增加了 519.3hm²,主要是因为黄河改道后,在黄河新淤出的土地上营造了大面积刺槐林,集中分布在自然保护区黄河口管理站黄河北岸.桤柳分布面积呈逐年增加趋势,27 年间增加了 1066.14hm²,平均每年增加面积 39.49hm².

2.3 草甸动态变化监测

2.3.1 芦苇草甸(Form.*Phragmites communis*) 芦

苇草甸是该区的主要植被类型,根据样方调查,芦苇与其他植物组成不同的草甸,主要有芦苇+碱蓬草甸、芦苇+芡实草甸、芦苇+野大豆草甸、芦苇+獐茅草甸等.27 年间,芦苇草甸分布面积增加了 314.19hm².从空间分布看,黄河自 1976 年改道由南部入海,芦苇也随黄河新淤出的土地沿黄河入海口两岸呈带状分布.在其他低洼积水区域,也常见芦苇草甸分布,覆盖度较高.

2.3.2 碱蓬草甸(Form. *Suaeda salsa*) 此群落为现代黄河三角洲先锋群落,是该地区自然演替的初级阶段.先锋群落经过开敞的群落阶段,随着碱蓬覆盖率的提高,群落下土壤理化性质及结构发生改善,一些耐盐的物种开始侵入此群落,群落开始分化,构

成以碱蓬为优势种的群落,在少数地方还伴生有芦苇、中华补血草(*Limonium sinesis* O.Kuntze.)、蒙古鸦葱(*Scorzonera mongolica* Maxim.)、平车前(*Plantago depressa* Willd.)等.碱蓬草甸分布面积总体上呈增加趋势,27年间增加了1128.87hm².在分布上,碱蓬多分布在近海岸,土壤含水量、盐量较高的低洼地.由海岸向内陆推进,碱蓬分布面积逐渐减少,多呈零星分布,覆盖度降低.

2.4 农田植被动态变化监测

农田植被面积呈明显增加趋势,27年间增加

了5811.71hm²,主要来自3个途径,一是在水浇条件较好、地势较高的地区,荒地改为农田;二是在土壤含盐量相对较低的内陆低洼地,改造为水田;三是将黄河入海口、黄河两岸、地势较高处开垦为农田.

2.5 湿地动态变化监测

2.5.1 湿地总面积变化 湿地在维持黄河三角洲生态平衡中占有重要地位.据现代黄河三角洲湿地解译资料(表4,图2),湿地面积占有较大比例,湿地总面积前期减少,后期又增加.

表4 现代黄河三角洲湿地面积监测结果
Table 4 Monitoring results of wetland in modern Yellow River Delta

年份	湿地面积(hm ²)								占现代三角洲 面积比例(%)
	河流	水库	沼泽	池塘	水田	虾池	滩涂	合计	
1977	24127	-	30158	-	-	-	20156	74441	35.03
1987	13881	409	597	91	1022	1181	28259	45476	19.75
1996	5381	459	420	186	2023	4234	53423	66126	27.66
2004	9042	2199	2479	24	2247	8894	46126	71011	28.93

注:-表示面积为零

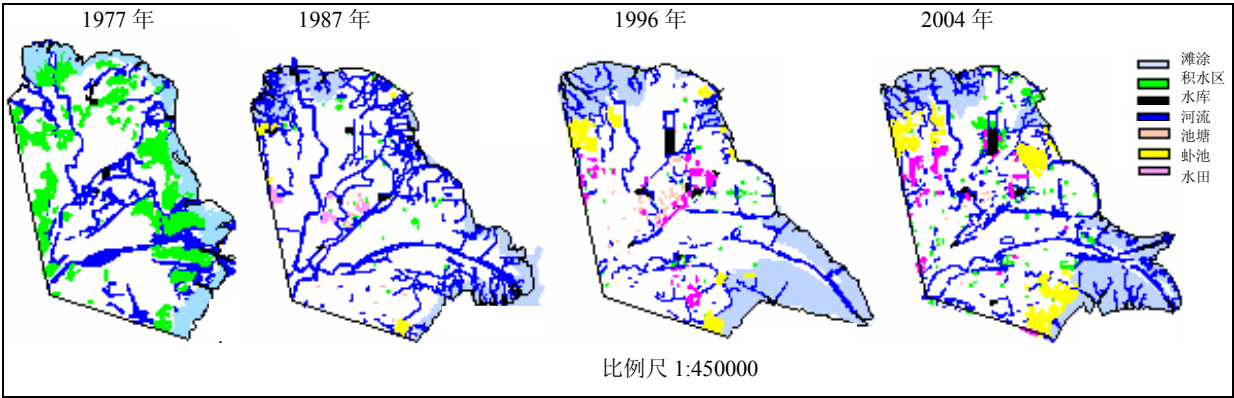


图2 现代黄河三角洲 1977~2004 年湿地分类
Fig.2 Wetland classification in modern Yellow River Delta (1977~2004)

2.5.2 湿地类型的变化 20 世纪 70 年代,因受人为干扰较少,有沼泽、河流和滩涂 3 种天然湿地类型.20 世纪 80 年代后,黄河断流天数增多,来水减少,为满足该地区工农业和生活用水的需求,相继建设了 10 多处水库,沟渠、池塘更是随处可见.农业结构调整和沿海养殖业的发展,使该地区水田和养虾池面积增加明显.因此,又增加了水库、池塘、水田和虾池等人工湿地类型,人工湿

地占湿地总面积的比例由 1987 年的 5.9%增加到 2004 年的 18.8%.

2.5.3 各类湿地面积变化 河流、沼泽湿地面积呈现减少趋势.河流湿地 1977~2004 年面积减少了 15085hm²,主要原因是黄河来水减少^[9-11],该地区连年干旱,造成很多河流干涸.据本次影像资料,在鱼洼村附近断面,1977 年黄河水面宽为 743m,1987 年水面宽为 159m,而到 1996 年降为

59m,2004 年来水量增加,水面宽度增加到 222m.

黄河断流对沼泽湿地造成较大影响.1977 年沼泽湿地面积为 30158hm²,而到 1996 年减少至 420hm²,达到 27 年来的最低点.2000 年后,小浪底水利枢纽实施向下游统一调水,黄河来水量增加,黄河再未出现断流,到 2004 年沼泽湿地面积增加明显,面积增加到 2479hm².

水库、水田、虾池、滩涂湿地面积呈增加趋势.1977 年研究区没有水库湿地,到 2004 年,水库增加到 10 处.27 年间,水库湿地面积增加了 1790hm²;水田、虾池、滩涂湿地面积分别增加了 1225,7713,25970hm².滩涂面积的增加,主要是黄河每年携带大量泥沙在黄河口淤积形成大面积滩涂所致.1977~2004 年,现代黄河三角洲年均新增土地 1520.98hm².

3 结论

3.1 现代黄河三角洲植被覆盖面积逐年增加,1977~2004 年,植被覆盖面积平均每年增加 3373.68 hm².水库等人工湿地的建设,小浪底水库实施向下游统一调水,遏制了湿地面积减少的趋势,生态环境趋向转好.

3.2 现代黄河三角洲林地组成发生了变化.27 年间,刺槐林面积有增有减,1987~1996 年,面积增加了 1674.18hm²;1996~2004 年,面积减少 709.65hm².怪柳分布面积呈逐年增加趋势,27 年间,面积增加了 1006.14hm²,平均每年增加面积 39.49hm².

3.3 草甸及农田植被面积呈增加趋势.芦苇、碱蓬草甸是现代黄河三角洲的主要植被类型.27 年

间,芦苇面积增加了 314.19hm²,碱蓬面积增加了 1128.87hm²,农田面积增加了 5811.71hm².

3.4 湿地是现代黄河三角洲的重要生态类型.由于受人类活动和黄河来水的影响,河流、沼泽湿地面积表现为前期减少后期增加,而水库、水田、虾池、滩涂湿地面积逐年增加.

参考文献:

- [1] 姜必亮.生态监测 [J]. 福建环境, 2003,20(1):25-27.
- [2] 李玉英,余晓丽,施建伟.生态监测及其发展趋势 [J]. 水利渔业, 2005,25(4):62-64.
- [3] 王建华,范 瑜.遥感技术在宏观生态环境监测中的应用 [J]. 江苏环境科技, 2002,15(1):22-24.
- [4] 王振红,桂和荣,罗专溪,等.采煤塌陷塘浮游生物对矿区生态变化的响应 [J]. 中国环境科学, 2005,25(1):42-46.
- [5] 徐海量,宋郁东,陈亚宁.生态输水后塔里木河下游地下水的动态变化 [J]. 中国环境科学, 2003,23(3):327-331.
- [6] 王仁卿,张治国.黄河三角洲的生态条件特征及其与植被的关系 [J]. 山东大学学报(自然科学版), 1993,28(增刊):8-13.
- [7] 江振蓝,沙晋明.利用多时相 TM 影像分析福州市地表植被的变化 [J]. 水土保持研究, 2003,10(4):69-71.
- [8] 徐函秋,陈本清.厦门市植被变化的遥感动态分析 [J]. 地球信息科学, 2003,2:105-109.
- [9] 田家怡,王 军,窦洪云,等.黄河断流对三角洲生态环境的影响与缓解对策的研究 [J]. 生态学杂志, 1997,16(3):30-44.
- [10] 陈为峰,周维芝,史衍玺.黄河三角洲湿地面临的问题及其保护 [J]. 农业环境科学学报, 2003,22(4):499-502.
- [11] 蔡学军,张新华,谢 静.黄河三角洲湿地生态环境质量现状及保护对策 [J]. 海洋环境科学, 2006,25(2):88-91.

作者简介: 张高生(1962-),男,山东济宁人,研究员,从事生态环境遥感研究. 发表论文近 20 篇.

告 读 者

为了适应我国环境保护科学事业的发展,缩短环境保护科研人员科技成果发表的周期,《中国环境科学》编辑委员会决定 2008 年《中国环境科学》由双月刊改为月刊,页码由双月刊的 144 页改为 96 页,定价由 23.80 元/本改为 19.80 元/本.

《中国环境科学》编辑部

2007 年 8 月 3 日