

黄河三角洲河口区滨海湿地面积动态变化与影响因素分析

杨伟¹, 陈沈良²

(1. 枣庄学院 旅游与资源环境学院, 山东 枣庄 277160; 2. 华东师范大学 河口海岸学国家重点实验室, 上海 200062)

摘要: 采用遥感和地理信息系统技术, 根据遥感影像数据和实测水深数据, 分析了现代黄河三角洲河口区滨海湿地面积的变化规律, 并计算了研究区湿地面积与黄河入海沙量之间的相关性。结果表明, 黄河改道清水沟流路初期, 三角洲河口区滨海湿地面积呈快速增长之势, 但滩涂面积变化较复杂, 1996年实施清8出汉工程后, 低潮线至水下-2、-5和-6 m 湿地面积均呈减少趋势。研究区滨海湿地面积的动态变化主要受黄河断流、入海水沙量、流路变迁、海岸侵蚀等自然因素影响, 此外人类活动也是不可忽视的因素。了解黄河三角洲湿地动态变化及影响因素, 可以为有关部门制定正确的湿地可持续发展战略提供依据, 对湿地资源的合理开发和保护具有极为重要的意义。

关键词: 滨海湿地; 滩涂; 遥感和地理信息系统技术; 黄河三角洲

中图分类号: X43; P748

文献标识码: A

文章编号: 1000-3096(2011)07-0061-06

湿地是介于陆地和水域之间的独特的生态系统, 它具有稳定环境、物种基因保护和资源利用功能, 被誉为地球的“生物超市”、“自然之肾”和“人类摇篮”, 与森林和海洋并称为地球三大生态系统^[1-3]。黄河三角洲湿地是中国暖温带地区最完整、最广阔、最年轻的新生湿地生态系统^[4], 该湿地主要分布于滨海区域, 以滩涂湿地为主; 由于该区处于陆海相互作用最敏感地带, 陆域径流输沙使河口堆积形成了大量的新生湿地, 同时又受到海域波、流动力侵蚀的影响, 湿地资源变化十分频繁。目前黄河三角洲湿地面临大规模围垦开发、黄河断流、湿地污染、海平面上升和海岸蚀退等问题, 生态破坏比较严重, 滨海湿地面积严重萎缩, 生态系统逐渐退化^[5-7]。因此, 了解黄河三角洲湿地动态变化及影响因素, 对湿地资源的合理开发和保护具有极为重要的意义。

近年来, 湿地研究内容增多, 领域扩大, 已成为全球普遍关注的热点; 湿地生物多样性, 湿地生态恢复与重建, 湿地健康与评价, 湿地开发、保护与管理等方面的研究不断增多, 其中应用遥感和 GIS 技术进行湿地动态监测研究, 已经取得了较好进展^[8-14], 遥感技术为获取湿地资源环境状况提供了有效的空间信息源, 通过它可以获取大范围、多分辨率、多波段、多时相的地表信息, 为从不同时序上对湿地进行分析创造了条件^[15]; GIS 具有强大的空间信息处理和分析功能, 能够快速、精确和综合地对复杂的湿地系统进行空间定位和过程动态分析。但以往

研究仅局限于一幅或几幅遥感数据来研究黄河三角洲湿地的生态环境要素特征变化, 对滨海湿地尤其是低潮线以下区域研究较少。滨海湿地受海陆共同作用, 是脆弱的生态敏感区。本文以多期遥感影像数据和水深资料为基础, 对黄河改道清水沟流路以来变化最为活跃的河口区滨海湿地进行监测研究, 以期准确掌握其动态变化规律, 并在此基础上探讨影响研究区滨海湿地动态变化的主要因素, 为有关部门制定正确的湿地可持续发展战略提供依据。

1 区域概况

黄河三角洲位于渤海湾南岸和莱州湾西岸, 是一个非常年轻的三角洲, 至今约有 150 多年的历史。它是 1855 年黄河在铜瓦厢决口夺大清河, 从山东利津注入渤海后淤积形成的。三角洲以宁海为顶点, 西起套尔河, 南界支脉沟口, 陆上面积约 6 000 km² (图 1)。黄河自 1976 年改道清水沟流路以来, 其滨海湿地面积变化剧烈和复杂。由于孤东油田以北和宋春荣沟以南距黄河口较远, 有些地方修建了人工防御堤坝, 受黄河来水来沙影响较小, 岸线基本稳定^[16]。因

收稿日期: 2010-02-15; 修回日期: 2011-04-14

基金项目: 海洋公益性行业科研专项经费项目(200805063); 河口海岸学国家重点实验室科研业务课题(2008 KYYW06)

作者简介: 杨伟(1983-), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 助教, 主要从事河口海岸动力地貌与工程应用研究, 电话: 15006726037

E-mail: bbzz1102@163.com

此, 本文选择孤东油田至宋春荣沟之间的黄河口地段为研究对象, 该区域在河海两大动力相互作用及人类活动共同影响下, 河口新生湿地变化频繁。所研究的滨海湿地范围主要包含高低潮位之间的滩涂面积以及低潮线至水下 - 6 m 的区域。

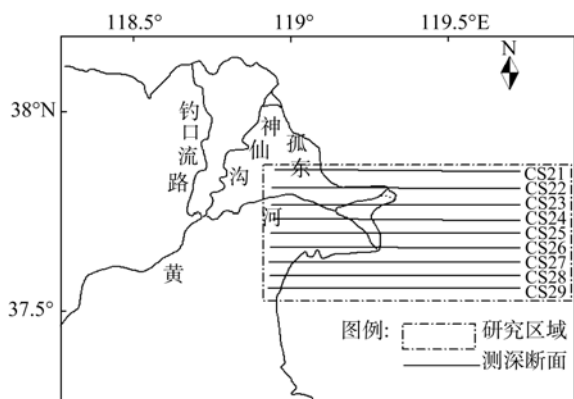


图 1 研究区及水下三角洲长期测深断面布设
Fig. 1 Map of study area and coastal profiles

2 研究资料与方法

主要收集了黄河三角洲 1976, 1981, 1987, 1992, 1996~1998, 2000~2005, 2008 年全波段 Land sat 卫星遥感数据, 其中 1976 年、1981 年为 MSS 数据, 分辨率为 80 m, 其他为 30 m 分辨率; 1987, 1996, 2008 年的 Landsat7 ETM 图像前期已通过实测地面控制点进行几何精校正, 本次研究中将其作为标准图像, 在 ERDAS IMAGINE 遥感图像处理软件的支持下分别对其余几年的遥感影像进行了影像对影像的几何精校正处理, 主要用于滩涂面积变化研究。并收集了部分水下断面测深数据, 包括的年份有 1976, 1987, 1992, 1996, 2000 和 2005 年, 水深数据以黄海基准面为基面, 测量起点为实时水边线以下, 断面有 CS21, CS22, CS23, CS24, CS25, CS26, CS27, CS28, CS29(图 1)共 9 条。利用计算机及遥感图像处理软件 ERDAS IMAGINE 对 TM 及 MSS 遥感图像进行分析处理, 从中获取高、低潮线, 在 ARCGIS 下进行分析、计算, 即可得出滩涂面积的变化; 同时依据水下断面的测深数据, 通过内插方法获取 -2, -5 和 -6m 等深线, 在 ARCGIS 中分别算出研究区低潮线至 -2, -5 和 -6 m 的湿地面积。

陆地与海洋的交界线称为海岸线, 海水所能达到的最高上限称之为高潮线, 最低下限称之为低潮线, 一般高潮线可以通过对遥感影像的分类处理与目视解译相结合来确定, 因此简单易行, 不需要进

行修正。而且, 在不是很长的时间系列内, 这个平均值受潮汐及海平面的影响较小, 可以看作一个常值。低潮线是重要的界线, 是植被发育的外界线, 也是地形坡折线, 在遥感图像中比较清晰; 低潮线以上滩面平缓, 低潮线附近波浪作用力强, 沉积物普遍较粗且含水量高, 低潮线以下水深迅速增大, 潮沟也在低潮线附近消亡, 在地貌上容易识别。

将 TM3, TM4 和 TM2 波段通过假彩色合成后成像, 通过与地面测量剖面对比分析发现, 平均低潮线和高潮线在遥感图像中是两条比较清楚的地面光谱界限, 以此为基础提取 14 个时期的高、低潮线, 并界定滩涂的范围为高、低潮线之间的区域^[17], 图 2 为处理后的部分遥感图像(遥感图幅大小为 65 km×35 km)。

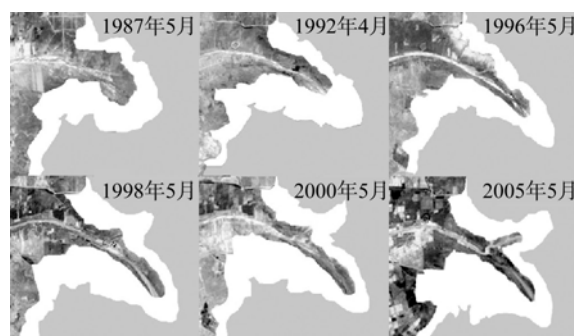


图 2 海岸变化遥感图

Fig. 2 Remote sensing map of the Yellow River coasts
图中白色区域为潮间带滩涂区, 滩涂向陆、海两侧边界分别为高、低潮线
white areas are intertidal zone, tidal flats to land and sea on both sides of the border for the high and low tide line, respectively

3 结果与讨论

3.1 潮间带滩涂面积变化

黄河平均每年输送到黄河三角洲的泥沙量为 10.5×10^8 t, 其中 64% 沉积在沿程河道及河口沿岸地区, 形成了宽缓的平抛物型剖面^[18]。由表 1 可知: 1976 年黄河改道清水沟流路初期, 在入海口处堆积大量泥沙, 造成河口沙嘴迅速向海淤进。1996 年 7 月黄河人工改道清 8 汊入海, 入海泥沙的淤积范围发生改变, 在北汊迅速淤积出一个小沙嘴, 原河口区刚停止行河, 其河口沙嘴正处于快速蚀退期, 波流作用使其遭受强烈冲刷。1995 年以来, 黄河断流天数增加, 入海水沙锐减, 属枯水枯沙年, 平均径流量为 103.1×10^8 m³/a, 输沙量为 1.63×10^8 t/a, 最低输沙量仅为 0.16×10^8 t/a; 同时新口门北部的凹海湾潮流

场较弱,但由于该区域泥沙颗粒较细,泥沙很容易被波浪掀起从而引起门口附近淤积缓慢,老河口附近近于往复流,流速较大,沙嘴进一步侵蚀后退^[18];滩涂面积在1997年减少为265.1 km²。1998年年净流量为106.16×10⁸ m³/a,比1997年多出5倍左右,输沙量也达到3.65×10⁸ t/a,研究区滩涂面积净增102.7 km²,达到398 km²。2000年以后,新河口逐渐发育成熟,清水沟新的入海流路逐渐稳定,岸滩淤积速率减缓。自2002年小浪底开始第一次调水调沙后,入海水沙虽然得到有效控制,但老河口区仍处于蚀退期,且滩涂属弱能区,受人类活动影响较大,因此研究区滩涂总面积略有减少。

表1 研究区滩涂面积统计表
Tab. 1 Statistics of mudflat area

年份	滩涂面积(km ²)	滩涂面积年变化量(km ²)
1976	186.5	
1981	223.5	37
1987	204.3	-19.2
1992	258.7	54.4
1996	295.3	36.6
1997	265.1	-30.2
1998	398	132.9
2000	288	-110
2001	289.1	1.1
2002	311.1	22
2003	210.5	-130.6
2004	326.6	116.1
2005	323.54	-3.06
2008	322	-1.54

注:年变化量表示与上一年份之间的时间段内滩涂面积的年变化量,正数为增加量,负数为减少量

3.2 潮下带湿地面积变化

滨海湿地是指海陆交互作用下经常被静止或流动的水体所浸淹的沿海低地,潮间带滩地及低潮时水深不超过6 m的浅水水域^[19]。为研究方便,本文将滨海湿地的上限定义为一般高潮线,其下限为-6 m等深线,高低潮位之间的滩涂面积前面已分析,现对低潮线至水下-2, -5和-6 m湿地区域分析其面积变化规律,将低潮线至水下-5 m区域一起研究是因为-5 m等深线是一条比较重要的特征线,也可以

起到与-6 m对比作用。

由图3可知,自1976年黄河改道清水沟流路以来,低潮线至水下-2 m区域的湿地面积变化规律为:1976年后一直呈现快速增长态势,到1987年面积达到最大,为371.5 km²。此后面积呈减少趋势,至1996年实施清8改汉工程前,面积减少到290.8 km²。黄河改道清8汉后,新河口海区有大量的泥沙来源供给,在其河口沙嘴周围淤积,湿地面积略有增长;2000年后,黄河入海水沙呈现减少趋势,虽然在2002年开始实施调水调沙工程,但湿地面积仍呈减少趋势,至2005年,湿地面积减少到277.84 km²。从-2 m等深线的变化来看(图4),1976~1987年一直向海淤进,1996年实施清8出汉工程以后,新河口区以新形成的沙嘴为中心继续向海淤进,而老河口区向海淤进速率变缓,至2005年老河口区-2 m等深线逐渐向陆蚀退,新河口区向海淤进距离增大,老河口区岸线在海洋动力作用下强烈蚀退;总体来看,低潮线至-2 m区域湿地面积仍呈减小之势。

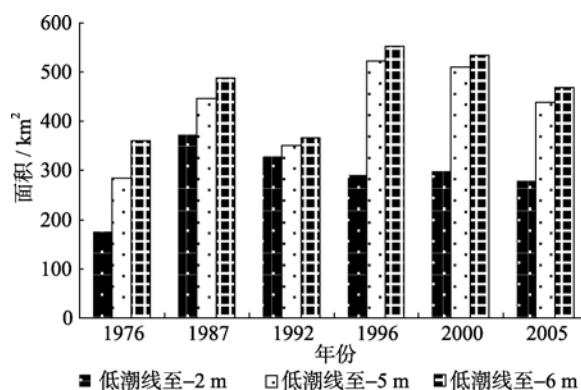


图3 研究区低潮线以下滨海湿地面积变化图

Fig. 3 Variation map of coastal wetland area below the low water level

低潮线至水下-5 m与-6 m区域的湿地面积变化规律基本一致,由图4可知:1987年分别快速增长至445.05 km²和487.82 km²;此后进入快速减少阶段,至1992年湿地面积分别减少至349.5 km²和365.14 km²。清8出汉前,-5 m和-6 m等深线强烈向海淤进(图4),在1996年,这两部分区域湿地面积达到最大,分别为522.2 km²和552.05 km²。清8出汉后,新河口区的-5 m和-6 m等深线继续向海淤进,老河口区则向陆剧烈蚀退,这两部分区域湿地面积均呈缓慢减少趋势,2005年分别减少到438.34 km²和468.31 km²。

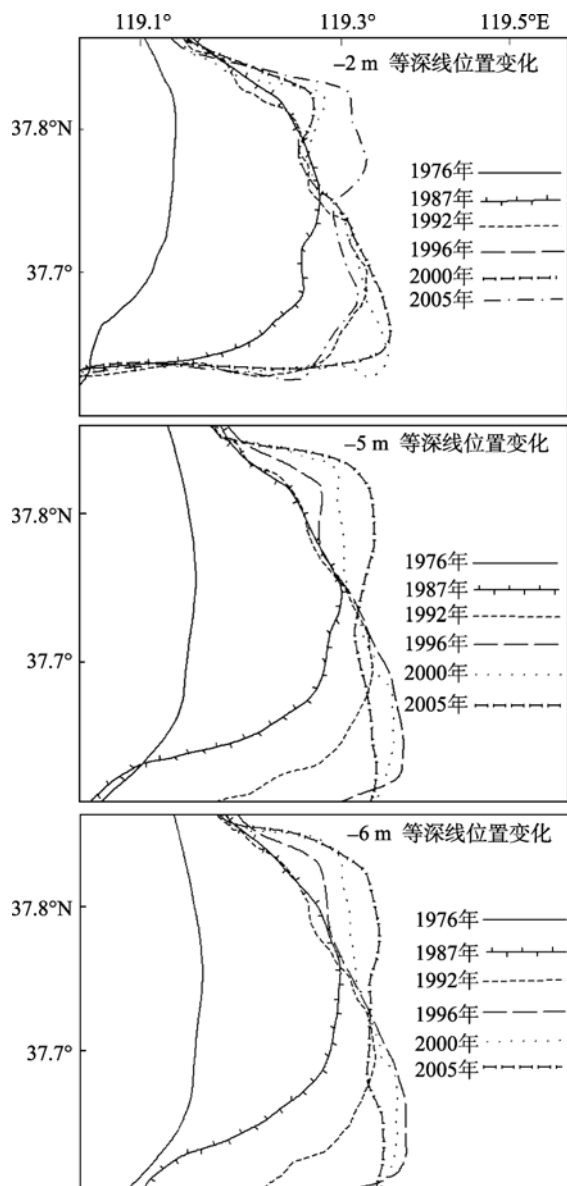


图4 研究区等深线位置变化图
Fig. 4 Variations of depth contour

4 影响滨海湿地面积变化的主要因素

滨海湿地处于海陆相互作用区,是典型的生态脆弱区,在人类活动和自然因素作用下,黄河入海水沙急剧减少,加之黄河断流、海岸侵蚀和人类对湿地的干扰活动等因素共同作用,直接导致了现代黄河三角洲滨海湿地成为全球性的高脆弱性生态系统。

4.1 自然因素

4.1.1 黄河断流与入海沙量减少

黄河断流的现象始于20世纪70年代早期,黄河自1972年开始出现断流,断流19 d,断流长度310 km,

此后,黄河断流频繁发生;1972~1999年的28 a中,有22 a出现断流,断流年份占79%;1997年,黄河下游利津水文站断流226 d,断流河段长达704 km^[20]。随着断流时间的增长,黄河入海沙量也逐年降低,而黄河水资源是维持三角洲湿地平衡的主导因素,黄河入海沙量与滨海湿地面积存在着一定的相关性,由图5(R 为相关系数)可看出,虽然滩涂面积与入海沙量相关性较小,但对滩涂面积和浅海湿地合并与入海沙量进行相关分析时发现:高潮线至-2 m湿地面积与入海沙量的相关性达到0.82。因此黄河来水来沙量的变化,必然改变三角洲海岸的淤蚀状态,影响着湿地面积的变化。1999年,黄河水利委员会对黄河水量实行全流域统一调度并采取经济手段等使断流持续时间大大减少,2000年以来未出现断流,但断流威胁时时存在。

黄河断流致使入海泥沙锐减,破坏了河口区的冲淤平衡,三角洲岸线蚀退,断流现象的持续,不但减缓了新滩涂湿地的形成速率,而且一定程度上使原有滨海湿地面积减少^[6,21]。研究表明:造陆面积与年输沙量之间有良好的正相关关系,当入海泥沙量为2.78亿 t/a、入海径流量为76.7亿 m³/a时,黄河三角洲造陆处于临界平衡状态^[22]。由此说明黄河断流对三角洲新生湿地面积的变化影响甚大,加之海平面的上升和地面沉降,三角洲海岸的蚀退速率将会进一步加快,有可能会使研究区成为滨海湿地面积蚀退最快的区域。

4.1.2 海岸侵蚀

海岸侵蚀是当今全球海岸普遍存在的地质灾害现象,也是造成滨海湿地损失退化的主要原因之一^[23]。黄河三角洲滨海湿地处于海陆交错地带,不仅受到来自陆地和河流淡水径流作用,同时还受到海流和潮流的影响,是生态脆弱带^[24]。海岸侵蚀使岸线后退,潮间带变窄,引起海岸带环境恶化,海岸带开发的经济效益和社会效益下降;流路变迁、入海水沙量减少和海面相对上升是引起海岸侵蚀的主要原因。

黄河以擅淤、擅决、擅徙闻名于世,长时期的黄河泥沙塑造三角洲海岸的同时也不断地造就了广阔的滩涂资源,研究时段内滩涂面积曾于1998年达到398 km²。黄河来水来沙,三角洲不断造陆扩展,海岸在淤进和蚀退中向海推进。黄河泥沙填海造陆,造成新辟河口沙嘴发育延伸,废弃河口冲蚀后,由于缺乏沙源的补给,在波浪、潮流等海洋动力的作用下,沙嘴、岸滩都有不同程度的蚀退,特别是废弃河口

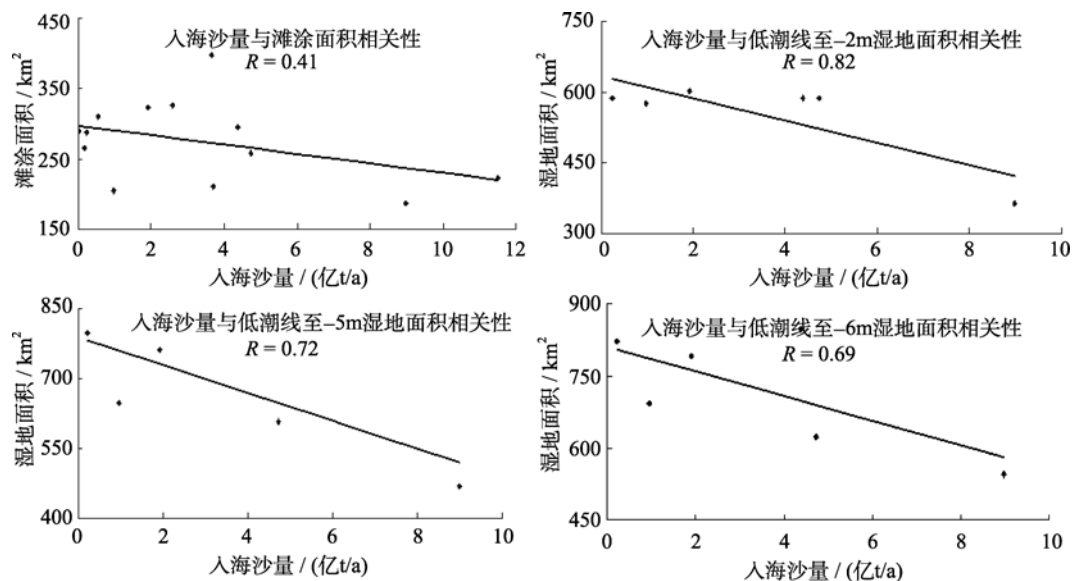


图 5 黄河入海沙量与研究区滨海湿地面积相关性

Fig. 5 Correlation of sediment load and wetland area of seastrand in the study zones

区,其突出沙嘴的故河口,蚀退作用相当明显。由遥感影像解译可知,1996年实施清8改汉工程后,1996年以前形成的河口沙嘴明显侵蚀后退,1996~2008年河口地区造陆面积为负值,平均每年蚀退1.86 km²。2002年实施调水调沙工程以来,对沙嘴的延伸有明显的影 响,但总体侵蚀并无改观;研究区滩涂总面积已由1998年时最高的398 km²减少到2008年的322 km²。

4.2 人类活动

随着河口地区社会经济的快速发展,人类活动成为影响黄河三角洲湿地景观演变的最活跃因素,土地开发利用、工农业生产、油田开发、水利工程建设等成为湿地景观演变的主要驱动力。

滩涂资源的开发与围垦是导致滨海湿地损失退化的主要原因之一^[18]。围垦是不合理开发利用湿地的一种形式,它不仅使湿地生物失去了栖息地,导致沿岸生态环境恶化,海岸灾害频发,而且完全破坏了湿地原有的生态环境,湿地景观急剧减少。虽然解决了部分耕地问题,但总体上忽视了全局利益;而且滩涂经人工改造后,湿地面积受到严重损害,滨海湿地生态系统遭到极大破坏并可能彻底丧失^[25]。滩涂开发围垦的最直接结果就是滨海湿地面积大幅度锐减,研究区滩涂面积由1998年的398 km²减少到2008年的322 km²;同时还使湿地环境恶化,生态系统受到严重损坏。

随着黄河尾间的淤积造陆,河口湿地逐渐成为油田建设区,湿地面积大量减少,湿地功能不断下降,最终将影响社会环境协调发展,危及湿地生态环境,滨海湿地的退化不可避免。另外,虽然黄河三角洲自然保护区的建立和发展在湿地保护和利用中发挥了巨大作用,但在短期内并不能遏制湿地退化的趋势。因此,多种因素综合影响下的滨海湿地,其损失退化将成为一种必然趋势。

5 结语

黄河三角洲河口段是滨海区湿地面积变化最为剧烈的区域,通过1996年清8出汉工程对研究区滩涂面积的影响来看,高低潮位之间的滩涂面积变化主要受入海流路变迁的影响,其中引起入海水沙量变化的调水调沙工程等人类活动也影响其面积变化。低潮线至水下-2、-5及-6 m处的湿地面积在黄河断流、入海水沙量、海岸侵蚀等自然因素影响下,在1996年之后逐渐呈减少趋势。另外滩涂围垦与开发、油田建设等人类活动对湿地水文生态系统也产生了严重影响,使三角洲湿地面积不断减少。为保护滨海湿地这一重要海岸带资源,应从可持续发展的角度出发,因地制宜的制定保护和开发计划,对滨海湿地实行有效的统一管理,有计划地进行湿地资源的恢复、研究和保护;合理调控人类的开发活动,做到既保持湿地生态平衡,促进良性循环,又使湿地资源得到持续利用。

参考文献:

- [1] William J M, James G. Wetlands[M]. New York: John Wiley, 2000.
- [2] 孙广友. 中国湿地科学的进展与展望[J]. 地球科学进展, 2000, 15(6): 666-672.
- [3] 潘辉, 罗彩莲, 谭芳林. 3S技术在湿地研究中的应用[J]. 湿地科学, 2006, 4(1): 75-80.
- [4] 崔树强. 黄河断流对黄河三角洲生态环境的影响[J]. 海洋科学, 2002, 26(7): 42-46.
- [5] 韩美, 张晓惠, 刘丽云. 黄河三角洲湿地研究进展[J]. 生态环境, 2006, 15(4): 872-875.
- [6] 肖笃宁, 韩慕康, 李晓文, 等. 环渤海海平面上升与三角洲湿地保护[J]. 第四纪研究, 2003, 23(3): 238-245.
- [7] 修长军, 王晓慧. 胜利油田开发对黄河三角洲湿地的环境影响及环境管理[J]. 中国环境管理, 2003, 22(3): 59-60.
- [8] Kelly N M. Changes to the landscape pattern of coastal North Carolina wetlands under the clean water act, 1984-1992[J]. Landscape Ecology, 2001, 16: 3-16.
- [9] Townsend P A, Walsh S J. Remote sensing of forested wetlands: Application of multi temporal and multispectral satellite imagery to determine plant community composition and structure in southeastern USA[J]. Plant Ecology, 2001, 157: 129-149.
- [10] 王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析[J]. 生态学报, 1997, 17(3): 317-323.
- [11] 汪爱华, 张树清, 何艳芬. RS和GIS支持下的三江平原沼泽湿地动态变化研究[J]. 地理科学, 2002, 22(5): 636-640.
- [12] Mathiyalagan V, Grunwald S, Reddy K R, et al. A web GIS and geodatabase for Florida's wetlands[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2005, 47: 69-75.
- [13] 蒋卫国, 王文杰, 谢志仁, 等. 基于RS和GIS的三江平原湿地景观变化研究[J]. 地理与地理信息科学, 2003, 19(2): 28-31.
- [14] Scott G I. Using GIS to determine the suitability for wetland restoration, agriculture, and development with the Cowaselon Creek Watershed Area (CCWA), Madison County, New York[M]. New York: State University of New York, 2001.
- [15] Sophie M, Thuy L. Biomass quantification of Andean wetland forages using ERS satellite SAR data for optimizing live stock management [J]. Remote Sensing of Environment, 2003, 84: 477-492.
- [16] 常军, 刘高焕, 刘庆生. 黄河口海岸线演变时空特征及其与黄河来水来沙关系[J]. 地理研究, 2004, 23(5): 339-346.
- [17] 李安龙, 李广雪, 曹立华, 等. 黄河三角洲废弃叶瓣海岸侵蚀与岸线变化[J]. 地理学报, 2004, 59(5): 731-737.
- [18] 陈红莉, 肖素君, 程义吉, 等. 黄河三角洲滩涂资源开发利用研究[J]. 海岸工程, 2000, 19(4): 59-63.
- [19] 恽才兴, 蒋兴伟. 海岸带可持续发展与综合管理[M]. 北京: 海洋出版社, 2002: 77-85.
- [20] 田家怡, 王民, 龚洪云, 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): 39-44.
- [21] 叶青超. 黄河断流对三角洲环境的恶性影响[J]. 地理学报, 1998, 53(5): 385-392.
- [22] 许炯心. 黄河三角洲造陆过程中的陆域水沙临界条件研究[J]. 地理研究, 2002, 21(2): 163-170.
- [23] 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.
- [24] 张晓龙, 李培英, 李萍, 等. 中国滨海湿地研究现状与展望[J]. 海洋科学进展, 2005, 23(1): 1751-1756.
- [25] 刘丽云. 黄河三角洲湿地演化及其驱动力研究[D]. 济南: 山东师范大学, 2007.

Dynamics of wetland and influence factor analysis of the Yellow River mouth area

YANG Wei¹, CHEN Shen-liang²

(1. Tourism and Resource and Environment Institute, Zaozhuang University, Zaozhuang 277160, China; 2. State Key laboratory of Estuarine and Coastal Research, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Received: Feb., 15, 2010

Key words: coastal wetland; mudflat; techniques of remote sensing and geographical information techniques; the Yellow River Delta

Abstract: This paper presents a data-based study of remote sensing images, sediment load and subaqueous bed forms including the application of techniques of remote sensing, geographical information system and correlation analysis in order to understand coastal wetland changes of the Yellow River Delta mouth. The wetland area of study zones has increased rapidly since 1996, but the changes of mudflat area are more complicated. The wetland area is controlled by many natural factors, such as Water Cut-off from the Yellow River, water and sediment load flowing into sea, the Yellow River course shifts, and coastal erosion and so on. In addition, human activities also have great effects on the wetland area changes. After realizing dynamics of wetland area and influence factor analysis of the Yellow River mouth area, the basic reference can not only be provided for environment construction and sustainable development of the region, but also has a very important significance for reasonable exploitation and protection of wetland resources.

(本文编辑: 刘珊珊)