郭东罡,上官铁梁,白中科,张婕,邵宏波. 黄河中游连伯滩湿地景观格局变化. 生态学报,2011,31(18):5192-5198.
Guo D G, Shangguan T L, Bai Z K, Zhang J, Shao H B. Wetland landscape transition pattern of Lianbo Beach along the Middle Yellow River. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(18): 5192-5198.

黄河中游连伯滩湿地景观格局变化

郭东罡[1,2],上官铁梁[1,*],白中科[2],张 婕[1],邵宏波[3,4,*]

(1. 山西大学,太原 030006; 2. 中国地质大学(北京),北京 100083; 3. 中国科学院烟台海岸带研究所,
中国科学院/山东省海岸带环境过程重点实验室,烟台 264003; 4. 青岛科技大学生命科学研究所,青岛 266042)

摘要: 以黄河中游连伯滩湿地 1990、1995、2000、2005 年 4 个时相的卫星遥感影像为基础,通过斑块密度、斑块边缘长度、景观多样性指数、优势度、景观破碎化指数、平均斑块分维数等景观空间格局指数,系统地分析了连伯滩湿地 1990 年以来湿地景观空间格局变化情况。研究结果发现:(1) 1990—2005 年,草地、耕地、林地斑块面积在增加,而水域和滩地斑块的面积在不断减小;(2) 湿地景观多样性指数从 1990 年的 0.9947 增加到 2005 年的 1.1247,表明随着人类干扰活动的增加,景观结构异质性增大;(3) 斑块数量的增加、斑块密度的增加以及斑块边缘长度的增加等都说明该区域破碎化程度增加。造成湿地退化的自然因素主要是长期干旱导致黄河及汾河径流补给大大减少,而人口的压力则是湿地退化最根本的原因。

关键词: 黄河中游; 连伯滩; 湿地; 景观格局; 破碎化; 保护对策

Wetland landscape transition pattern of Lianbo Beach along the Middle Yellow River

GUO Donggang[1,2], SHANGGUAN Tieliang[1*], BAI Zhongke[2], ZHANG Jie[1], SHAO Hongbo[3,4,*]

1 *Shanxi University, Taiyuan* 030006, *China*

2 *China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*

3 *The CAS/Shandong Provincial Key Laboratory of Coastal Environmental Process, Yantai Institute of Coastal Zone Research, Chinese Academy of Sciences, Yantai* 264003, *China*

4 *Institute of Life Sciences, Qingdao University of Science&Technology, Qingdao* 266042, *China*

Abstract: This study examined the data extracted from the multi-band satellite remote sensing images of Lianbo Beach during four phases of 1990, 1995, 2000 and 2005. The analysis employed a series of spatial landscape pattern indices such as patch density, length of patch edge, landscape diversity index, species dominance, landscape fragmentation index, and the mean fractal dimension index to systematically scrutinize the spatial alteration patterns of the wetland landscape at Lianbo Beach since 1990. The results include: (1) The changes in patch areas from 1990 to 2005 exhibit the increase in grassland, farmland and woodland but the decrease in water bodies and beaches; (2) The intensive anthropogenic activities correspond to the enlarged landscape heterogeneity as demonstrated by the increase of wetland landscape diversity index of 0.9947—1.1247 between 1990 and 2005; (3) The increase of patch numbers, patch density and the length of patch edge, all indicate the enhanced degree of fragmentation in this region. The major natural factor for wetland degradation at Lianbo Beach is the significant reduction of runoffs along the Fenhe River and the Yellow River due to long-lasting drought. Additionally the population pressure serves as the ultimate cause for wetland degradation.

Key Words: Middle Yellow River; Lianbo Beach; wetland; landscape pattern; fragmentation; protection strategy

基金项目: 国家环境保护部"山西生物多样性研究"项目; 中国科学院百人计划项目资助

收稿日期: 2010-06-01; **修订日期:** 2011-06-07

* **通讯作者** Corresponding author. E-mail: sgtl_55@163.com; shaohongbochu@126.com

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

近年来,黄河中游正面临着乱垦滥猎、水体污染、水土流失、水利建设和河道工程等人为干扰,湿地面积急剧减少,湿地生态系统的结构、功能和效益不断下降。生态退化和生物多样性丧失,对黄河中游湿地生态系统的组成、性质、生存和发展等构成了严重的威胁。因此,有关黄河中游湿地的研究受到学术界的广泛关注[1-5],内容包括湿地资源、水土保持、水资源及其开发利用、河道治理、植被恢复与保护、生物多样性和环境保护与管理等[1-8]。景观格局分析一直是景观生态学研究的一个热点[9-11]。目前,在较大空间尺度上,以数量方法评价分析景观空间格局特征成为景观生态学的研究热点之一[12-16]。本研究以黄河中游较大的湿地连伯滩为对象,在调查分析黄河中游连伯滩湿地的自然生态和生物多样性基础上,运用 GIS 技术对湿地景观格局的变化及其成因进行分析,并提出相应的保护对策。旨在为进一步深入研究黄河中游湿地生态系统的变化规律和趋势提供基础资料,也是黄河中游湿地生态恢复与重建及生态安全评价和土地合理利用安全格局建立的重要科学依据,对黄河中游湿地环境整治和决策管理具有理论和实践参考意义。

1　研究区域自然地理概况及研究方法

1.1　自然地理概况

黄河中游连伯滩湿地是指从山西省禹门口到万荣县汾河入河口河段及其沿岸的湿地,河道全长 24 km,地理坐标为 110°25′—110°40′E,35°23′— 35°33′N,其总面积为 224 km^2。它蕴藏着重要的湿地资源,包括河床、河漫滩和河心洲、支流河口湿地等。该区属于暖温带大陆性季风气候,年平均气温 12—13℃,年降水量 500—550mm。汾河从该区注入黄河,汾河是山西最大的河流,也是注入黄河的第二大支流,从河源到河口相对高差 2336m,年输沙量平均为 5.63×10^7t。

1.2　研究方法

本研究以遥感技术为主要研究手段,结合野外调查与室内分析方法,来研究黄河中游连伯滩湿地景观格局变化情况。采用黄河中游连伯滩湿地 1990、1995、2000、2005 四个时相的 Landsat-4 TM 影像资料,轨道号为 126-35。影像共有 7 个波段,分辨率为 30m。通过人机交互式解译方法,将区域土地利用类型划分为林地、草地、耕地、水域、滩地 5 个类型。将其格栅化后利用 Fragstats 3.3 软件对湿地信息进行处理,得到景观多样性指数、景观优势度指数、斑块破碎度指数等异质性指数,并在 Excel 中对数据进行统计分析,以此分析连伯滩湿地景观格局变化情况。

2　结果与讨论

湿地景观结构和功能的变化,特别是湿地景观破碎化是导致湿地景观格局变化的主要原因[17]。其含义是指由于自然或人为因素所导致的湿地景观由简单趋向于复杂的过程,即湿地景观由单一、均质和连续的整体趋向于复杂、异质和不连续的斑块镶嵌体的过程。自然过程和人类活动的综合作用是湿地景观格局变化的驱动因素。人类对湿地景观的不同作用方式会强烈地影响甚至改变湿地景观格局的分布与组合态势[18-19]。

2.1　湿地景观斑块的动态变化

斑块是景观的基本单元,景观斑块面积和数量的变化可以反映一个地区的景观格局变化。根据遥感影像解译(图 1)可知,1990—2005 年,黄河中游连伯滩湿地各类景观发生较大的变化,各种斑块的面积(表 1)、数量和边缘都有不同程度的增减。

从斑块面积变化(表 1)来看,1990—2005 年,草地、耕地、林地斑块面积在增加,而水域和滩地斑块的面积在不断减小。其中水域面积减少最大,1990 年水域面积占湿地总面积的 52.29%,但到 2005 年只占 31.99%。1990 年耕地斑块占湿地总面积的 26.35%,2005 年所占比例上升到 42.38%。

各类型斑块面积的变化不仅与气候、水文有关,同时还受当地农业经营的方针政策、经济利益的直接影响。随着市场经济的发展,为了适应市场需求,追逐更大的经济利益,耕地面积不断增加,同时黄河中上游水库、引黄工程等水利工程的建设也是黄河水量减少的重要原因。

2.2　湿地景观结构异质性增大

对 1990、1995、2000、2005 年的黄河中游连伯滩湿地景观镶嵌体景观类型进行多样性计算,由图 2 可以发

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

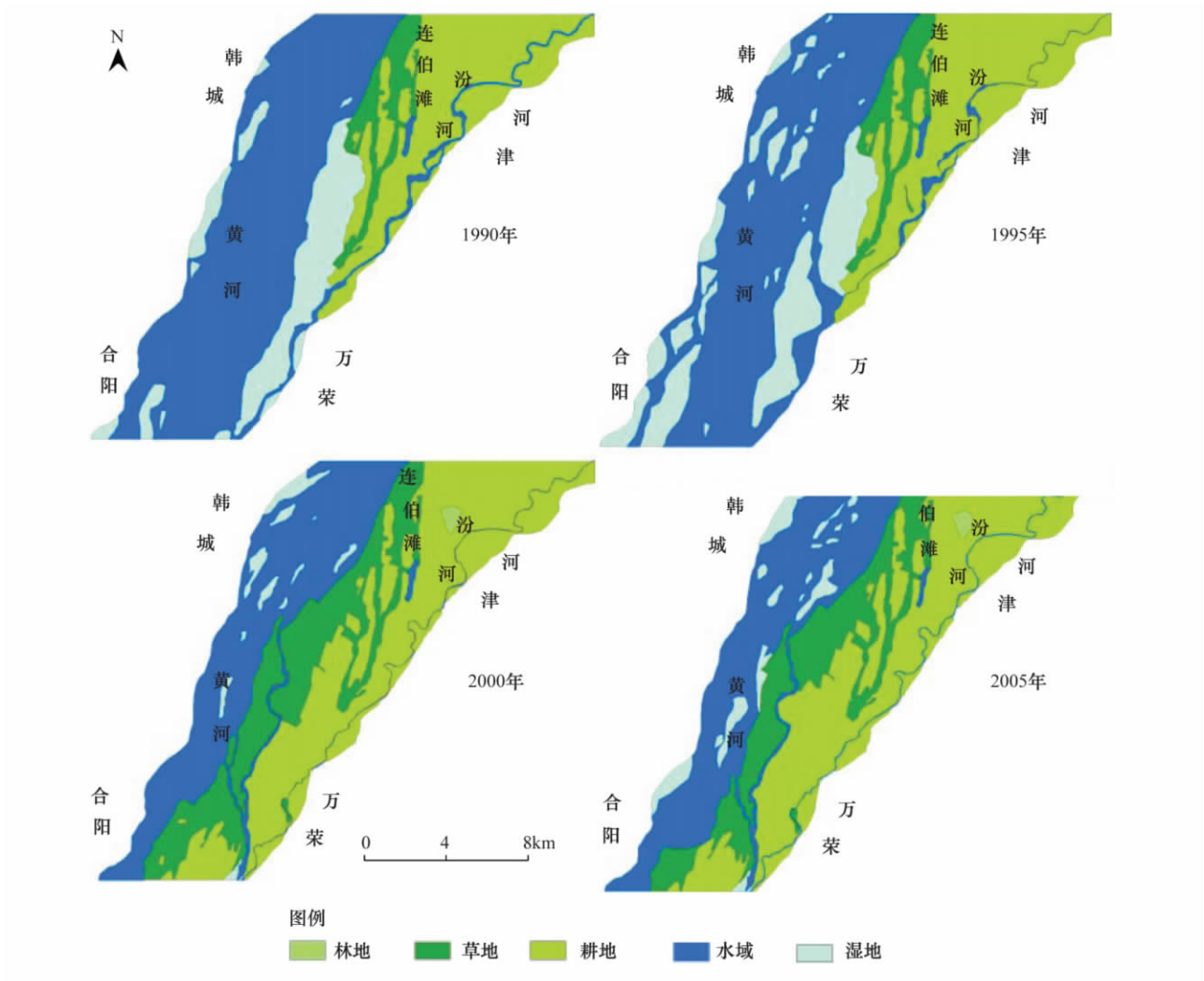

图1 1990—2005 年黄河中游连伯滩湿地卫星影像解译图

Fig. 1 Satellite image interpretation map of Lianbo Beach wetland from 1990 to 2005

现,湿地景观多样性指数从 1990 年的 0.9947 增加到 2005 年的 1.1247。1990 年到 1995 年的多样性差最大,为 0.0861。一般来说,景观多样性值越大,表明景观内各组分所占比例越均匀。从 1990 年到 2005 年,景观多样性增加说明各景观类型所占比例差异减小,景观多样化程度增加。湿地景观整体结构由于人类活动的影响而变得均匀,景观多样性指数的变化较好地反映了湿地景观转变得过程,水域和滩地面积的迅速减少,耕地和草地面积的急剧增加是这一过程的突出特征。

表1 黄河中游连伯滩湿地 1990—2005 景观面积变化/km^2

Table 1 Landscape area changes of Lianbo Beach wetland from 1990 to 2005

景观类型 Landscap type	年份 Year			
	1990	1995	2000	2005
水域	117.28	106.78	73.33	71.74
草地	13.72	13.84	52.48	44.92
耕地	59.09	58.55	91.64	95.05
滩地	34.18	44.93	5.90	11.63
林地	0	0	0.93	0.93

黄河中游连伯滩湿地 1990、1995、2000、2005 年景观优势度指数均较低,但呈增长趋势(图 3),说明湿地景观所占的比例差异不大。从优势度指数的意义来看,优势度指数越高,表明组成景观的各类型所占比例差异大,区域景观为某一种或几种类型所控制。在湿地系统中,优势度取值与多样性指数取值趋势相反,连伯滩湿地景观多样性指数呈增长趋势,理论上优势度指数应呈递减趋势,但实际情况下 2000 年较 1995 年不降反升,主要是由于景观类型总数从 2000 年开始增加了林地一项。整体趋势的增加也说明少数景观类型控制程

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

度加大。

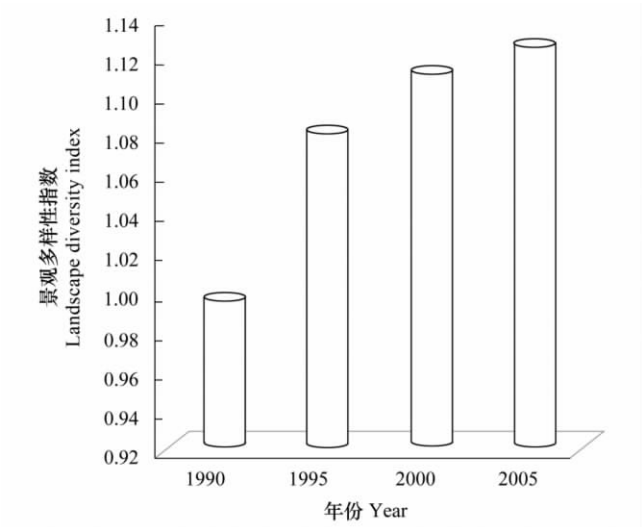

图 2　景观多样性指数

Fig. 2　Landscape diversity index

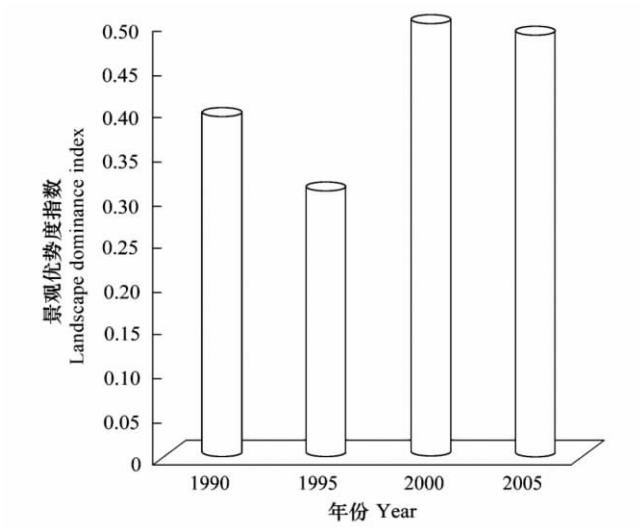

图 3　景观优势度指数

Fig. 3　Landscape dominance index

湿地景观破碎化指数变化的总体趋势呈波动性增加，从 1990 年 1.2785 增加到 2005 年的 1.2942，其中 1995 年最低，2000 年最高(图 4)。景观破碎化程度随着时间的推移与人类活动对黄河流域的干扰加强有密切关系，其干扰主要表现为农田开垦、水利工程等。湿地平均斑块分维数的降低(图 5)表示斑块形状复杂程度随着人类对连伯滩湿地的干扰而逐渐降低。2000 年开始，斑块分维数有所增加，从一方面说明人类对湿地的干扰活动逐渐减少，同时也表明人类对湿地生态环境重视程度有所增加。

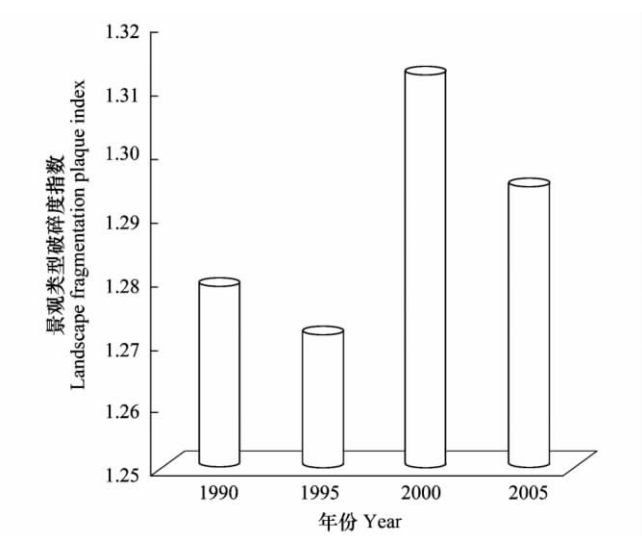

图 4　景观类型破碎度指数

Fig. 4　Landscape fragmentation index

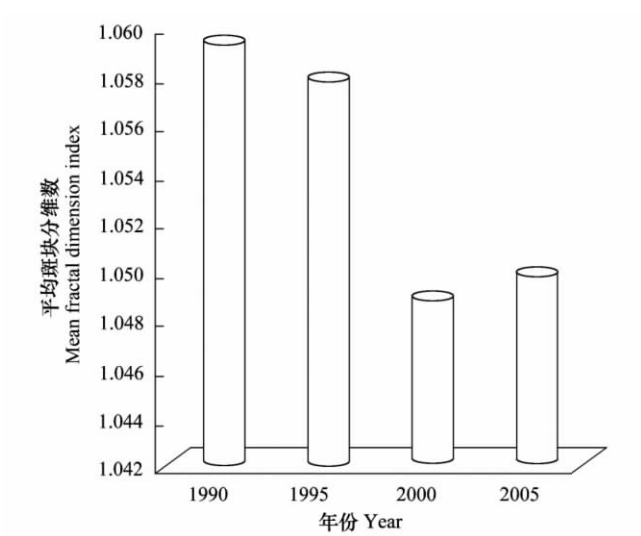

图 5　平均斑块分维数

Fig. 5　Mean patch fractal dimension

2.3　湿地破碎化程度增大

1990 年斑块总数量为 63 块(表 2)，2005 年增加到 130 块，斑块数量呈明显增加趋势，尤其是 1995 年到 2000 年，斑块增加了 44 块。平均斑块面积变化趋势不是很明显，单个类型平均斑块面积变化趋势中，水域减少最快，从 1990 年的 2.73 hm^2 减少到 2005 年的 0.71 hm^2；耕地增加最快，从 1990 年的 8.44 hm^2 增加到 2005 年的 11.88 hm^2。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

斑块密度从 1990 年的 11.27 块/ km^2增加到 2005 年的 23.88 块/ km^2,其中 1995 年到 2000 年增长速度较快。斑块边缘长度也从 1990 年的 525216m 增加到 2005 年的 746145m,增加了 220929m。

表 2 1990—2005 年黄河中游连伯滩湿地变化比较

Table 2 Change comparison of Lianbo Beach wetland from 1990 to 2005

年份 Year	斑块数目/块	斑块密度/(块/km^2)	斑块平均面积/hm^2	斑块边缘长度/m
1990	63	11.27	6.9375	525216
1995	81	14.88	4.8375	660038
2000	125	22.97	7.5140	716634
2005	130	23.88	5.8340	746145

自 1990 年以来,在人类活动和自然因素的综合作用下,黄河中游连伯滩湿地发生了较大的变化。斑块数量的增加、斑块密度的增加以及斑块边缘长度的增加等都说明该区域破碎化程度增加。

3 退化原因及保护

3.1 原因分析

造成黄河中游连伯滩湿地退化的外界因素可以分为自然因素和人为因素两个方面。

3.1.1 自然因素

黄河中游连伯滩湿地地处干旱半干旱气候区,气候因素对地表景观变化极其重要,而湿地作为对气候、水文变化最为敏感的景观类型,其受影响程度显而易见。大气降水是湿地主要的、也是最终补给水源,降水量减少直接影响湿地的面积。康玲玲等对黄河中游近 50a 降水变化的研究结果(图 6)表明河津以及汾河区段 20 世纪 50、60 年代降水偏多,70、80 年代基本正常,90 年代以来偏少,1990 到 1995 年的平均降水量为 415mm,1995 到 2000 年的平均降水量为 385mm,2000 到 2005 年的平均降水量为 323mm,降水量总体呈下降趋势[20-21]。计算知 1990—2005 年间斑块平均面积与降水量的相关系数为 -0.999,及两者呈显著负相关,随着年降水量的整体减少,斑块的平均面积有增大的趋势(图 7)。大范围的干旱导致黄河及汾河径流补给大大减少,河漫滩也出现盐渍化的趋势,河床和河漫滩柽柳群落的出现指示着湿地水分条件和生态环境的恶化[22]。

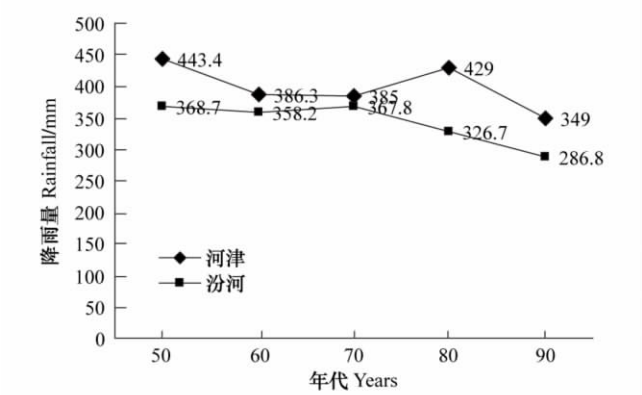

图 6 河津、汾河区段近 50a 降水变化情况

Fig. 6 Precipitation changes of Hejin and Fenhe in 50 years

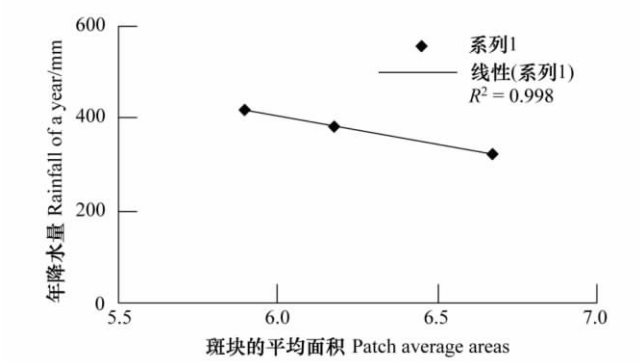

图 7 1990—2005 年斑块的平均面积与对应年降水量的关系

Fig. 7 The relationship between patch average areas and rainfall from 1990 to 2005

3.1.2 人为因素

湿地退化最根本的原因是人口的压力。随着人口的增长,人类对物质的需要也随之提高,这就迫使人类不断地发展农牧业、工业以及相关的服务产业。这些人为影响因素主要为农牧业占地、工程建设、水体污染等。

(1) 不合理的开发

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

近年来,由于原库区移民大量返迁,耕地面积有所扩大,加之大量农药和化肥的使用,使这里的湿地环境受到严重威胁。黄河滩涂是该区重要的土地后备资源,随着农业生产的不断发展,在滩涂开发利用上缺乏统一管理的问题日益突出,研究区耕地面积 20a 来增加了 60.86%,使原有植被类型遭到破坏,生物多样性丧失。

(2) 水土流失

黄河中上游地区水土流失面积之大、范围之广、强度之剧烈,居全国首位。严重的水土流失不仅造成生态环境恶化、土地生产能力降低,而且大大制约了区域社会经济的发展和群众生活水平的提高。随着黄河中上游水土流失的加剧,黄河河水携带大量泥沙,进入中游以后,河床变宽,水流减缓,出现泥沙沉积,导致河床不断抬高,出现恶性循环,进而导致地下水位下降,旱灾、河道断流等频发。

(3) 大型水利工程建设

多年来,黄河中上游水利工程、引黄工程、沿河的灌溉工程,以及汾河上游修建的汾河水库、汾河二库,对人民生产生活、拦蓄洪水、调节水量等发挥巨大作用的同时,也付出了沉重代价。连伯滩湿地水域面积急剧减少,1990 年的水域面积是 2005 年的 1.63 倍。黄河中游地区的大坝蓄水会直接引起洪泛沼泽地淤泥和养分补给量减少,使其逐渐贫瘠。

(4) 煤炭开采

20 世纪 80 年代以来,由于煤炭资源的无序开采,破坏了浅、中、深层地下水的补给、径流和排泄规律,同时也破坏了地表水的汇流规律[23],严重影响了许多河流水资源的正常补给,加之采煤废水的排放,最终导致河流湿地面积的减少,生态功能逐渐丧失,同时加剧了区域生态环境恶化的趋势。

(5) 水体污染

河流上游污染物的排放导致水体受到污染,河水中水生生物减少直至灭绝,从而破坏了湿地的生态环境。汾河从该区注入黄河,汾河发源于山西省忻州市,沿途经过太原市、晋中市、临汾市、运城市等重工业城市以及 1000 多万人口,两岸又是人口密集区,每年排入汾河的废水不计其数,严重污染汾河水环境。黄河水质的污染也相当严重,根据监测,黄河全流域符合Ⅰ、Ⅱ类水质标准的河段仅有 8.2%,属于Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ类水质标准的高达 91.8%,主要污染物为氨氮、高重酸盐和挥发酚等。

3.2　保护对策

近年来,河津、万荣在湿地保护方面做了大量的工作。90 年代初,经山西省人民政府的批准,在黄河中游成立了河津灰鹤自然保护区和运城盐池天鹅自然保护区,并于 2001 年 4 月在以上两个保护区的基础上建立了运城沿黄河湿地自然保护区,使湿地资源逐步得到了切实保护。但湿地退化趋势并未得到逆转,因此,必须从保护和改善区域环境入手,如恢复植被、对河流沿岸工业污染进行治理、加强煤炭资源开发区的水资源保护等。只有在平衡区域发展和湿地保护的基础上,兼顾湿地的生态效益、经济效益和社会效益,湿地的保护措施才能落到实处。

References:

[1] Shangguan T L, Song B W, Zhu J, Zhang P. A Study on the Wetland Resources of the Mid-Yellow River and their Sustainable Utilization. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2005, 19(1): 7-13.

[2] Gao Q Z, He L H, Jiang Y, Yang J, Kang M Y, Zhao Y L. Land-use impacts on biodiversity in the soft rock area of the middle reaches of the Yellow River. Biodiversity Science, 2006, 14(1): 41-47.

[3] Fan J, ShangGuan T L, Song B W. A Study on Floristic Geographic of Seed Plant in the Flood Plain of Mid-Yellow River. Journal of Wuhan Botanical Research, 2003, 21(4): 332-338.

[4] Wang Y P. The Mechanism of Sediment Yield and Harness Countermeasure for little Valleys in the Middle Reaches of the Yellow River. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1997, 11(1): 67-77.

[5] Zhao Y S. Study on Remain Percentages and Present Conditions of Water and Soil Conservation Measures in the Middle Reaches of the Yellow River. Journal of Arid Land Resources and Environment, 1996, 10(2): 46-52.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

[6] Hu C H. Variation of Flow and Sediment Process and Complex Response of River in the Yellow River. Beijing: Scientific Press, 2005.
[7] ShangGuan T L, Jia Z L, Zhang F, Zhang L S, Song B W. Type, utilization and Protection of Vegetation along the Bank of Fen River in Shanxi. Henan Science, 1999, 17: 83-86.
[8] Zhu J Z, Hu J Z. Rules of Erosion & Sediment Yield and Benefits of Flood & Sediment Reduction of Soil and Water Conservation Measures in the Middle Reaches of the Yellow River. Science of Soil and Water Conservation, 2004, 2(3): 41-48.
[9] Bonomo L, Postorelli G. Advantages and limitation of duckweed-based wastewater systems. WatSci Tech, 1997, 35 (5): 239-246.
[10] Berit A, Hans B. W. Modelling nitrogen removal in potential wetlands at the catchment scale. Ecological Engineering, 2002, 19(1): 63-80.
[11] Burrough P. A. Principles of Geographical Information systems for Land Resources Assessment. Clarenden Press, Oxfoxd, U. K. 1986.
[12] Stow D A. The role of geographic Information systems for landscape geological. Studies in Landscape and GIS. ED by Roy Haines, Tayler& Frances, 1993.
[13] Naiming W, William J. M. A detailed ecosystem model of phosphorus dynamics in created riparian wetlands. Ecological Modelling, 126(2000): 101-130.
[14] Li J, Hu J M, Dong Y X, Yuan H. Study on the Landscape Change from 1994 to 2006 of Napahm Catchment and the Wetlands, Northwest Yunnan Mountainous Region. Journal of Mountain Science, 2010, 28(2): 247-256.
[15] Deng M L, Tian K, Duan Z L, Zhou H Y, Yang J, Wang J Q. The Changes of Landscape at Zoige Plateau Wetland Reserve in Sichuan, China. Journal of Mountain Science, 2010, 28(2): 240-246.
[16] Ding J J, Wang L, Ji Y H, Ding Y H, Li R J. Landscape Pattern Change of Yancheng Coastal Wetland in Jiangsu. Wetland Science, 2009, 7(3): 202-207.
[17] Sun G, Sheng L X. Study on the Division of Ecology Construction Area in the West of Jilin Province. Journal of Jilin Agricultural University, 2000, 22: 75-78.
[18] Wu C H, Wang X F, Niu W H. Ecological Impact of WRP'S Stage-1 works of South-to-North Water Diversion. Yellow River, 2006, 28(1): 9-11.
[19] Cun B S, Yang Z F. Establishing an Indicator System for Ecosystem Health Evaluation on Wetlands Ⅰ. A Theoretical Framework. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(7): 1005-1011.
[20] Kang L L, Wang C G, Zhang Y L, Chen J N. Precipitation Variations in the Middle Yellow River in the Last 50Years and Its Influence on the Flow. Yellow River, 2004, 8(26): 26-28.
[21] Xu J X. Recent tendency of sediment reduction in the middle Yellow River and some contermesures. Journal of Sediment Reseach, 2004, 4(2): 5-10.
[22] Zhang F. Eco-environmental Degradation Characteristics of Wetlands in Shanxi and Restoration Strategies. Journal of Soil and Water Conservation, 2004, 18(1): 151-153.
[23] Planning Commission of Shanxi Province. Land and Resources of Shanxi Province. Beijing: Chinese Environment & Scientific Press, 1994: 111-119.

参考文献:

[1] 上官铁梁,宋伯为,朱军,张平. 黄河中游湿地资源及可持续利用研究. 干旱区资源与环境,2005. 19(1): 7-13.
[2] 高清竹,何立环,江源,杨劼,康慕谊,赵云龙. 黄河中游砒砂岩地区土地利用对生物多样性的影响评价. 生物多样性,2006,14(1): 41-47.
[3] 樊杰,上官铁梁,宋伯为. 黄河中游(禹门口—桃花峪) 河漫滩种子植物区系地理研究. 武汉植物学研究,2003,21(4): 332-338.
[4] 汪亚平. 黄河中游小流域侵蚀产沙机理研究. 干旱区资源与环境,1997,11(1): 67-77.
[5] 赵有思. 黄河中游水土保持措施保存率分析及措施状况评述. 干旱区资源与环境,1996,10(2): 46-52.
[6] 胡春宏. 黄河水沙过程变异及河道的复杂响应. 北京: 科学出版社,2005.
[7] 上官铁梁,贾志力,张峰,张龙胜,宋伯为. 汾河河岸植被类型及其利用与保护. 河南科学,1999,17: 83-86.
[8] 朱金兆,胡建忠. 黄河中游地区侵蚀产沙规律及水保措施减洪减沙效益研究综述. 中国水土保持科学,2004,2(3): 41-48.
[14] 李杰,胡金明,董云霞,袁寒. 1994—2006 年滇西北纳帕海流域及其湿地景观变化研究. 山地学报,2010,28(2): 247-256.
[15] 邓茂林,田昆,段宗亮,周耀华,杨佼,王进琼. 高原湿地若尔盖国家级自然保护区景观变化. 山地学报,2010,28(2): 240-246.
[16] 丁晶晶,王磊,季永华,丁玉华,李荣锦. 江苏省盐城海岸带湿地景观格局变化研究. 湿地科学,2009,7(3): 202-207.
[17] 孙刚,盛连喜. 吉林省西部生态建设区的划分研究. 吉林农业大学学报,2000,22: 75-78.
[18] 吴春华,王晓峰,牛卫华. 南水北调西线一期工程调水区生态影响分析. 人民黄河,2006,28(1): 9-11.
[19] 崔保山,杨志峰. 湿地生态系统健康评价指标体系 Ⅰ. 理论. 生态学报,2002,22(7): 1005-1011.
[20] 康玲玲,王昌高,张永兰, 陈江南. 近 50 年黄河中游降水变化及其对径流的影响. 人民黄河,2004,8(26): 26-28.
[21] 许炯心. 黄河中游多沙粗沙区水土保持减沙的近期趋势及其成因. 泥沙研究,2004,4(2): 5-10.
[22] 张峰. 山西湿地生态环境退化特征及恢复对策. 水土保持学报,2004,18(1): 151-153.
[23] 山西省计划委员会. 山西省国土资源. 北京: 中国环境科学出版社,1994: 111-119.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net