

白洋淀湖沼湿地系统景观格局演变及驱动力分析

白军红¹, 房静思¹, 黄来斌¹, 邓伟², 李爱农², 孔博²

(1. 北京师范大学环境学院, 水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875;

2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 604401)

摘要: 以白洋淀湖沼湿地系统为研究对象, 分析了1979年、1991年、2000年和2006年4个时期白洋淀湖沼湿地系统景观格局演变过程及其湿地景观格局指数的动态变化, 并剖析白洋淀湖沼湿地系统景观格局演变的驱动力。研究表明, 研究期内湿地面积呈减少趋势, 由1979年的404.5 km²缩减到2006年的338.4 km², 且减少部分大多转化为耕地; 同时, 各景观类型分布趋于集中分布, 但景观多样性降低。1979-2006年期间, 1979-1991年时段内的湿地景观格局指数变化最快, 之后变缓。近30年内耕地斑块面积、边界密度和面积加权平均邻近指数最大; 建设用地的斑块数量最多, 斑块密度最大; 各湿地景观类型的平均分维数都接近1, 形状都比较简单。引起湿地系统景观格局演变的主要原因包括气候、水文过程以及社会经济和政策等因素。

关键词: 湖沼湿地系统; 景观格局; 景观格局指数; 驱动力; 白洋淀

DOI: 10.11821/dljy201309006

1 引言

湿地是处于陆地生态系统和水生生态系统之间的转换区, 是重要的生存环境和自然界最富生物多样性的生态景观之一, 具有抵御洪水、调节径流、改善气候、控制污染、美化环境和维护区域生态平衡等方面的生态服务功能价值, 被誉为“地球之肾”、“生命的摇篮”、“文明的发源地”和“物种的基因库”^[1]。湿地景观是指出现在从微观到宏观不同尺度上的、具有空间异质性或缀块性的湿地单元, 对景观的功能和过程有着重要的影响^[2]。自20世纪70年代以来, 景观生态学关于格局、过程与尺度的理论和方法逐渐引入湿地研究中, 湿地景观格局及其动态变化开始成为湿地生态学研究热点^[3-4]。湿地景观的变化尤其是湿地转换为农田或干化导致的景观变化对生物多样性、微量气体释放、土壤、水文平衡等都产生了很大影响^[5-6]。因此, 研究湿地景观格局动态变化对景观规划管理、资源高效利用及环境保护具有重要意义^[7-8]。

白洋淀是华北平原唯一常年积水的一个浅水型淡水湖泊, 是华北平原最大、最典型的淡水湖泊湿地, 被誉为“华北明珠”, 对维持华北地区生态平衡和保持生物多样性发挥着生态安全屏障作用^[9-10]。白洋淀湿地系统的环境演变, 不仅涉及到淀区本身的自然、社会和经济条件, 而且也与上游的水资源开发、植被覆盖以及水土流失情况都有很密切的关系。当前白洋淀湿地正在面临富营养化和沼泽化的威胁, 许多淀区已经发生中度和重度的

收稿日期: 2012-09-26; 修订日期: 2013-02-05

基金项目: 国家重点基础研究计划项目(2010CB951102); 国家重大水专项(2009ZX07209-008-03); 教育部新世纪优秀人才支持计划项目(NECT-10-0235)

作者简介: 白军红(1976-), 男, 河北无极人, 副教授、博士。主要从事湿地生态过程和效应等方面的研究。

E-mail: junhongbai@163.com

沼泽化过程。尽管已有一些学者对白洋淀的土地利用方式变化和遥感监测进行了研究^[11-13], 但研究中仅仅是将湿地作为一大类景观类型来进行研究, 缺乏具体的湿地分类系统, 无法定量研究湿地类型之间的转换过程, 难以有效指导白洋淀湿地的保护管理和沼泽化治理。所以通过对白洋淀湖沼湿地系统景观格局演变及驱动力研究, 能够有效的掌握该区域的景观类型分布变化及其关键影响因素, 对白洋淀湿地的维持、修复、管理和保护都有着重要的研究价值和意义。

2 研究区概况与研究方法

2.1 研究区概况

白洋淀地处冀中平原北部, 具有显著地大陆性气候特征。年平均气温 12.1°C , 气温年较差大; 年平均降水量 563.9 mm , 降水集中于7-8月份, 季节分配不均, 年际变化较大; 年平均蒸发量 1369 mm , 蒸发量远大于降水量。白洋淀由140多个大小淀泊和3700多条沟壕组成, 构成一个复杂的湖沼湿地系统, 其中面积超过 666.67 hm^2 的有白洋淀、烧车淀、马棚淀、羊角淀、小北淀、池鱼淀、后塘淀等7个淀^[11,13]。入淀河流有潞龙河、孝义河、唐河、府河、潜河、萍河、南北瀑河和白沟引河九条河流, 下游出口有枣林庄闸和赵北口溢流堰控制。该淀动植物资源丰富, 水生动物主要有鱼类、蟹类、虾类、底栖动物、浮游动物等, 水生植物主要有水生维管束植物和浮游植物。本研究选取的白洋淀湖沼湿地系统, 地理位置为北纬 $38^{\circ}43' \sim 39^{\circ}02'$, 东经 $115^{\circ}38' \sim 116^{\circ}07'$, 位于白洋淀流域下游, 地处河北省保定地区安新县境内, 涉及安新、雄县、任丘、容城、高阳、徐水、清苑、蠡县共8个县市。

2.2 研究方法

2.2.1 GIS空间分析法 选取MSS (1979)、TM/ETM+ (1991和2000)、CBERS (2006)多光谱影像数据为主要数据源。为便于湿地植被的识别, 遥感影像时相选择在植被生长期内。同时利用航摄小飞机对部分重点地区进行了航拍(2008), 辅助湿地覆被系统遥感制图以及中分辨率遥感影像制图精度验证。不同来源、不同时相卫星遥感影像需经过遥感影像精校正, 多波段影像合成和图像数据融合以及数据增强, 才能为遥感解译所用。所有空间数据都统一使用Albers正轴等面积割圆锥投影。湿地系统景观专题遥感信息提取以人机交互式目视解译方法为主, 结合实地调查来完成。工作平台以ENVI4.3和ArcMap9.0为主, 遥感解译精度达89.64%。根据选定的研究边界, 研究区边界的划定是考虑白洋淀湖沼湿地系统的整体性以及所涉及的行政区, 利用Arcview3.3等GIS软件进行空间切割和拼接, 形成白洋淀湿地系统的景观分布图, 借助GIS的空间分析模块进行叠加分析。

2.2.2 景观指数分析法 景观格局指数是指能够高度浓缩景观格局信息, 反映其结构组成和空间配置某些方面特征的简单定量指标, 可分为斑块水平指数、斑块类型水平指数以及景观水平指数^[3]。运用FRAGSTATS 3.3软件来计算湿地景观格局指数, 本研究所选取的格局指数包括斑块类型面积(CA)、景观面积(TA)、斑块个数(NP)、斑块密度(PD)、最大斑块所占景观面积的比例(LPI)、边界密度(ED)、面积加权平均分维数(FRAC_AM)、面积加权平均邻近指数(CONTAG-AM)、蔓延度指数(CONTAG)、分离度指数(DIVISION)、香农多样性指数(SHDI)、香农均匀度指数(SHEI)。这些指数的计算方法和生态学意义详见软件说明及相关文献^[3,4,11]。

2.3 景观类型分类

本研究的景观类型分类体系是建立在4级分类的基础上。景观类型1级可划分为湿地景观和非湿地景观,结合拉姆萨尔湿地公约和该区的具体情况来划分湿地景观的2级和3级分类;同时,基于白洋淀沼泽植被类型对沼泽湿地进行了4级划分^[14]。白洋淀湖沼湿地系统景观类型分类体系见表1。

表1 白洋淀湖沼湿地系统景观类型分类体系

Tab. 1 Classification system of landscape types of Baiyangdian lake-marsh wetland system

一级分类	二级分类	三级分类	四级分类		
湿地景观	天然湿地景观	河流湿地			
		湖泊湿地			
		沼泽湿地	香蒲沼泽	芦苇沼泽	菰莲菱沼泽
	人工湿地景观	水田			
		沟渠			
		库塘			
非湿地景观	建设用地	-			
	耕地	-			
	林地	-			
	草地	-			

3 结果分析

3.1 白洋淀湖沼湿地系统景观类型转化

图1显示了1979、1991、2000和2006年4个时期白洋淀湖沼湿地系统的景观类型分布图,表明近30年来大量河流湖泊湿地发生了沼泽化或者转换为耕地。由表2可知,在白洋淀湖沼湿地系统的景观类型中,以耕地为主,其次为建设用地、湖泊湿地、芦苇沼泽等。从1979年到2006年白洋淀湖沼湿地系统中湖泊湿地、河流湿地、库塘和香蒲沼泽的面积都显著减少,特别是湖泊湿地、河流湿地和库塘的面积持续减少,而耕地,水田、芦苇沼泽的面积则持续增加,其他景观类型面积也有小幅增加。

由表3-6可知,1979-2006年期间,白洋淀湖沼湿地系统中湿地总面积由404.5 km²减少至338.4 km²,净减少了66.4 km²。库塘、河流湿地、湖泊湿地和香蒲沼泽的面积分别从12.5 km²、10.0 km²、136.4 km²和96.8 km²减少到4.4 km²、4.1 km²、71.5 m²、56.6 km²,减少幅度达到近50%或以上。天然湿地中,湖泊和河流湿地的缩减部分主要转变为耕地,并在1979-1991年这一时间段内转换的面积最大,约为45.2 km²。除大量湿地转换为耕地外,不同湿地类型之间发生的渐变过程也较为剧烈。其中,湖泊湿地与香蒲沼泽、芦苇沼泽和菰莲菱沼泽发生了显著的渐变过程,转化面积分别为10.5 km²、13.6 km²和5.4 km²(表6),这表明白洋淀湖泊湿地发生了明显的沼泽化过程。同时,56.3 km²的香蒲沼泽转变为湖泊湿地(8.8 km²)、芦苇沼泽(44.1 km²)和菰莲菱沼泽(3.4 km²);而16.1 km²的芦苇沼泽转变为湖泊湿地(6.5 km²)和香蒲沼泽(9.6 km²)。香蒲、芦苇、菰莲菱沼泽与湖泊湿地之间的渐变过程与湖泊水位变化密切相关。上述结果表明白洋淀湿地系统景观格局及其演变强烈依赖水资源的空间配置,同时也受人类活动的干扰。

3.2 白洋淀湖沼湿地系统景观格局变化

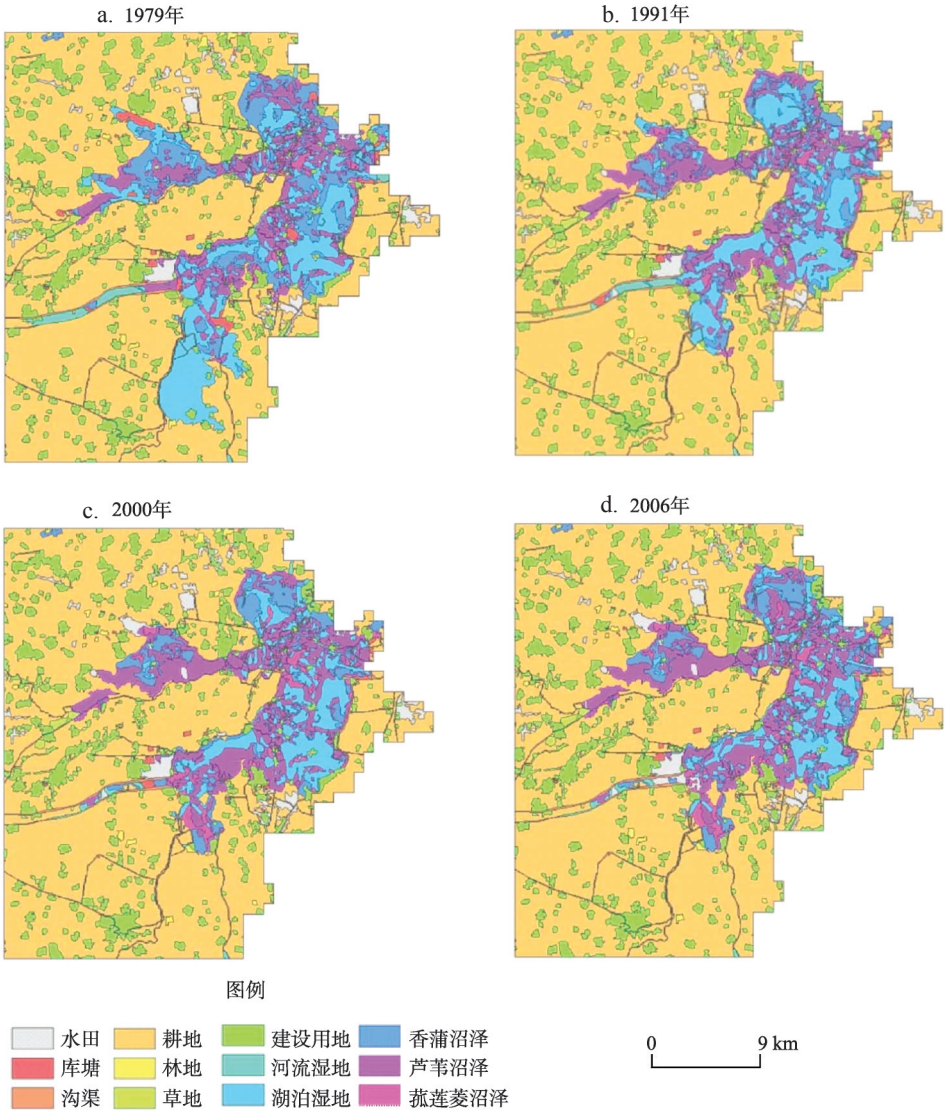


图1 1979-2006年白洋淀湖沼湿地系统景观格局分布图
 Fig. 1 Distribution of landscape pattern of Baiyangdian lake-marsh wetland system during the period 1979-2006

3.2.1 景观尺度上的格局变化 表7表明, 白洋淀湖沼湿地系统的斑块数量从1979年的210下降到2000年的193, 至2006年又稍稍增加至199; 同时, 斑块密度、最大斑块指数、边界密度、分离度指数也显示了与斑块数量相似的变化趋势。这表明白洋淀湖沼湿地系统的景观破碎化程度表现为先减小后小幅增加的变化趋势。而面积加权平均分维数和面积加权平均邻近指数则表现为从1979年开始增加至2000年后则开始下降, 这也印证了景观破碎化程度的先减小后增加的变化趋势; 面积加权平均分维数的增加则说明了湿地景观在各种干扰的影响下斑块形状变得愈加不规则, 边缘效应增大, 反之则形状更规则, 边缘效应降低。蔓延度指数从1979年到2006年持续增加, 表明白洋淀湖沼湿地系统内湿地景观的空间连接性增大, 不同景观类型的聚集程度和延展都呈现增加趋势。香农多样性指数

表 2 1979–2006 年白洋淀湖沼湿地系统各景观类型面积变化 (km²)

Tab. 2 Changes in areas of each type of landscape in Baiyangdian lake-marsh wetland system during the period 1979–2006

分类	1979	1991	2000	2006
水田	26.4	27.7	31.4	34.5
库塘	12.5	6.1	5.2	4.4
沟渠	24.8	24.9	24.9	25.1
耕地	788.5	836.5	842.0	843.2
林地	6.4	6.8	6.9	6.9
草地	2.7	2.7	2.7	2.7
建设用地	167.1	173.7	177.9	178.0
河流湿地	10.0	6.9	4.1	4.1
湖泊湿地	136.4	110.6	83.0	71.5
香蒲沼泽	96.8	55.8	54.4	56.6
芦苇沼泽	86.0	103.8	116.6	123.2
菰莲菱沼泽	11.6	13.8	20.2	19.0

表 3 1979–1991 年白洋淀湖沼湿地系统景观类型面积转移矩阵 (km²)

Tab. 3 Matrix of area transformation of landscape types in Baiyangdian lake-marsh wetland system during the period 1979–1991

1979	1991	水田	库塘	沟渠	耕地	林地	草地	建设 用地	河流湿 地	湖泊 湿地	香蒲沼 泽	芦苇 沼泽	菰莲菱 沼泽	总计
水田	26.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	26.4
库塘	0.0	5.4	0.0	4.7	0.0	0.0	0.3	0.0	1.2	0.5	0.4	0.0	0.0	12.5
沟渠	0.0	0.0	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8
耕地	0.0	0.0	0.0	784.9	0.0	0.0	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	788.5
林地	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
草地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
建设用地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	167.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	167.1
河流湿地	0.5	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	5.3	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	10.0
湖泊湿地	0.2	0.0	0.0	41.2	0.4	0.0	1.1	0.0	86.5	2.5	3.0	1.4	0.0	136.4
香蒲沼泽	0.4	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0	1.6	0.0	15.8	51.2	25.1	1.3	0.0	96.8
芦苇沼泽	0.1	0.0	0.1	1.0	0.0	0.0	0.1	1.6	7.1	1.2	74.8	0.0	0.0	86.0
菰莲菱沼泽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.2	11.1	0.0	11.6
总计	27.7	6.1	24.9	836.5	6.8	2.7	173.7	6.9	110.6	55.8	103.8	13.8	0.0	1369.2

和香农均匀度指数从 1979 年到 2006 年持续下降, 表明该湿地景观多样性和异质性降低, 而景观优势度增加。这可能与该区耕地面积持续增加有关。

在研究的 4 个时段中, 1979-1991 年时段内的景观格局指数变化最大。这可能是由于 1984 年到 1988 年期间白洋淀持续干淀导致大面积河流湖泊湿地沼泽化甚至干化所致。而 2000 到 2006 年景观格局指数变化趋势下降则可能与白洋淀湿地保护措施的加强有关。

3.3.2 类型尺度上湿地景观格局变化 图 2 显示了 4 个研究时期内斑块类型水平上的湿地景观格局指数的变化趋势。1979-2006 年期间耕地的斑块面积和边界密度最大, 且耕地面

表4 1991–2000年白洋淀湖沼湿地系统景观类型面积转移矩阵 (km²)

Tab. 4 Matrix of area transformation of landscape types in Baiyangdian lake-marsh wetland system during the period 1991–2000

1991	2000	水田	库塘	沟渠	耕地	林地	草地	建设 用地	河流 湿地	湖泊 湿地	香蒲 沼泽	芦苇 沼泽	菰莲菱 沼泽	总计
水田	27.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	27.7
库塘	0.0	4.4	0.0	0.7	0.0	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	0.6	0.0	0.0	6.1
沟渠	0.0	0.0	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.9
耕地	0.8	0.0	0.0	833.0	0.1	0.0	2.5	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	836.5
林地	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.8
草地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
建设 用地	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	173.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.7
河流 湿地	0.0	0.8	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	6.9
湖泊 湿地	1.8	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	0.0	77.4	14.0	7.5	5.3	0.0	110.6
香蒲 沼泽	0.6	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	1.2	0.2	1.7	33.8	15.4	1.7	0.0	55.8
芦苇 沼泽	0.5	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.4	0.0	3.6	4.8	92.5	0.2	0.0	103.8
菰莲菱 沼泽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	0.6	13.0	0.0	13.8
总计	31.4	5.2	24.9	842.0	6.9	2.7	177.9	4.1	83.0	54.4	116.6	20.2	0.0	1369.2

表5 2000–2006年白洋淀湖沼湿地系统景观类型面积转移矩阵 (km²)

Tab. 5 Matrix of area transformation of landscape types in Baiyangdian lake-marsh wetland system during the period 2000–2006

2000	2006	水田	库塘	沟渠	耕地	林地	草地	建设 用地	河流 湿地	湖泊 湿地	香蒲 沼泽	芦苇 沼泽	菰莲菱 沼泽	总计
水田	31.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	31.4
库塘	0.8	4.1	0.0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	5.2
沟渠	0.0	0.0	24.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.9
耕地	0.0	0.2	0.0	841.4	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	842.0
林地	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.9
草地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
建设 用地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	177.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	177.9
河流 湿地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	4.1
湖泊 湿地	0.8	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	66.5	3.7	10.5	0.0	0.0	83.0
香蒲 沼泽	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6	49.9	2.4	0.0	0.0	54.4
芦苇 沼泽	0.9	0.1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	2.8	109.6	0.0	0.0	116.6
菰莲菱 沼泽	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.4	19.0	0.0	20.2
总计	34.5	4.4	25.1	843.2	6.9	2.7	178.0	4.1	71.5	56.6	123.2	19.0	0.0	1369.2

积呈现出持续增加的趋势。建设用地的斑块面积和边界密度仅次于耕地,但斑块数和斑块密度高于其它景观,表明建设用地的破碎化程度较高。在各时段内,建设用地的斑块数量都表现为最多,远大于其他景观类型斑块数量,表明建设用地在白洋淀湖沼湿地系统内分布较分散。从变化趋势来看,耕地面积增加而斑块数量减少,表明耕地扩展呈连片分布。在研究时段内,香蒲沼泽、湖泊和库唐湿地的斑块数量与斑块密度都呈下降趋势,而

表 6 1979–2006 年白洋淀湖沼湿地系统景观类型面积转移矩阵 (km²)

Tab. 6 Matrix of area transformation of landscape types in Baiyangdian lake-marsh wetland system during the period 1979–2006

2000	2006	水田	库塘	沟渠	耕地	林地	草地	建设 用地	河流 湿地	湖泊 湿地	香蒲 沼泽	芦苇 沼泽	菰莲菱 沼泽	总 计
	水田	26.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	26.4
	库塘	0.2	4.0	0.0	5.7	0.0	0.0	0.5	0.2	1.0	0.5	0.3	0.2	12.5
	沟渠	0.0	0.0	24.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.8
	耕地	0.8	0.2	0.0	780.9	0.1	0.0	6.2	0.0	0.0	0.0	0.3	0.0	788.5
	林地	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	6.4
	草地	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7
	建设用地	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	167.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	167.1
	河流湿地	0.5	0.0	0.0	4.6	0.0	0.0	0.0	3.7	0.0	1.0	0.2	0.0	10.0
	湖泊湿地	2.9	0.0	0.0	48.3	0.4	0.0	1.1	0.0	54.3	10.5	13.6	5.4	136.4
	香蒲沼泽	1.3	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	3.0	0.2	8.8	34.8	44.1	3.4	96.8
	芦苇沼泽	2.7	0.1	0.4	2.5	0.0	0.0	0.3	0.0	6.5	9.6	63.7	0.3	86.0
	菰莲菱沼泽	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	1.1	9.7	11.6
	总计	34.5	4.4	25.1	843.2	6.9	2.7	178.0	4.1	71.5	56.6	123.2	19.0	1369.2

表 7 1979–2006 年白洋淀湖沼湿地系统在景观水平上的景观格局指数变化

Tab. 7 Changes in landscape pattern indices of Baiyangdian lake-marsh wetland system at the scale of landscape during the period 1979–2006

年份	景观 指数	斑块数量 NP(个)	斑块密度 PD(个/hm ²)	最大斑块指数 LPI	边界密度 ED(m/hm ²)	面积加权平均分维数 FRAC_ AMFRAC_AM
1979		210	0.152	59.334	8.148	1.136
1991		196	0.142	62.952	7.663	1.139
2000		193	0.140	63.242	7.663	1.141
2006		199	0.144	63.242	7.677	1.140
	面积加权平均 邻近指数 CONTIG_AM		蔓延度指数 CONTAG	分离度指数 DIVISION	香农多样性指数 SHDI	香农均匀度指数 SHEI
1979						
1991						
2000		0.544	48.038	0.645	1.438	0.579
2006						
1991		0.571	52.076	0.600	1.334	0.537
2000		0.572	52.146	0.596	1.332	0.536
2006		0.571	52.203	0.596	1.325	0.533

其他景观类型则表现为增长或不变。河流和湖泊湿地呈缩减趋势，即水域面积逐年萎缩，但香蒲和芦苇沼泽的面积则不断增加，表明湖泊发生了明显的沼泽化过程。与其他景观类型相比，耕地和建设用地的边界密度较大，表明这两类景观在区域景观中所占的比重大，且形状复杂。所有景观类型的面积加权平均分维数都接近于1，其中耕地、湖泊湿地和芦

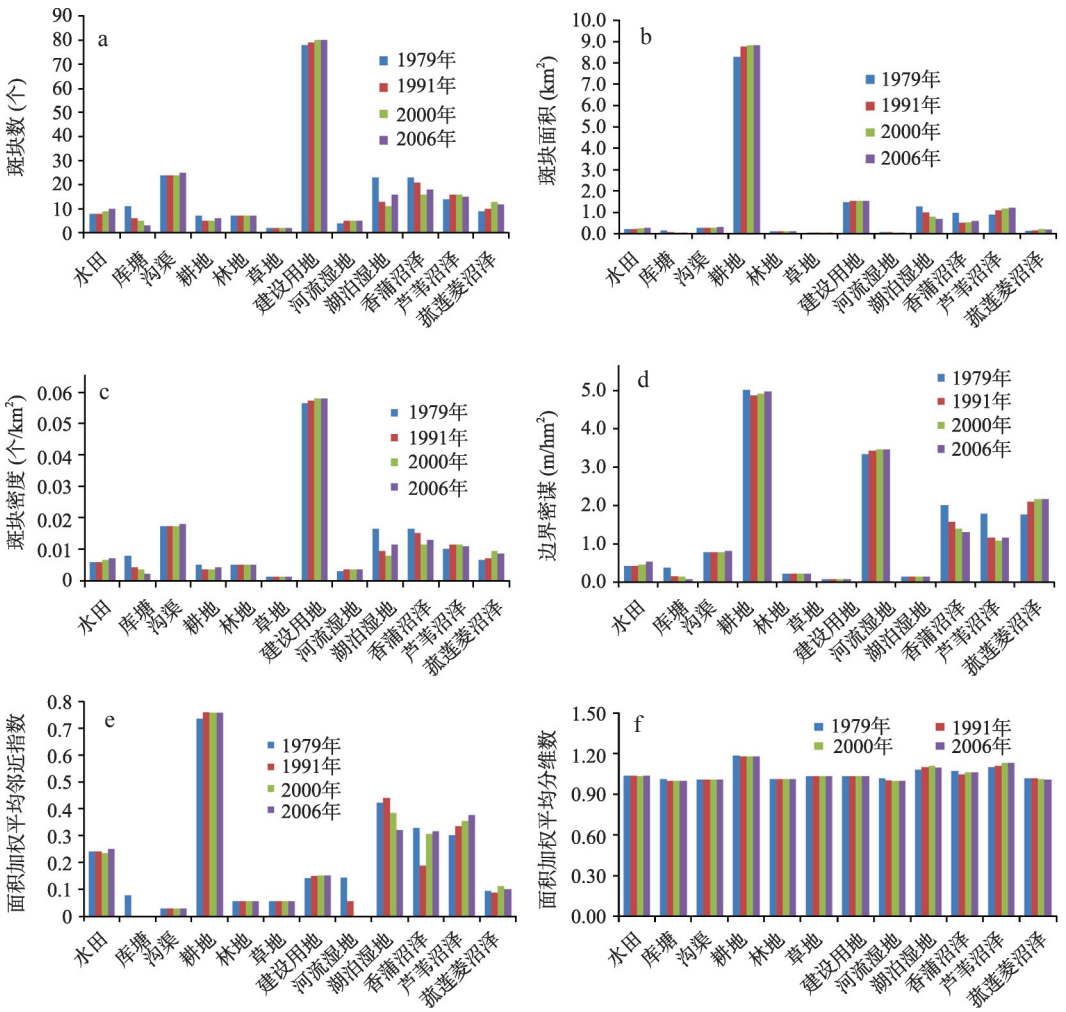


图2 1979-2006年白洋淀湖沼湿地系统各景观类型的景观格局指数变化

Fig. 2 Changes in landscape pattern indices of each landscape type of Baiyangdian lake-marsh wetland system during the period 1979-2006

苇沼泽的平均分维数相对较高, 这表明各景观类型的形状都相对简单。耕地的面积加权平均邻近指数最高, 水田、湖泊湿地、香蒲和芦苇沼泽次之, 表明耕地各斑块相邻程度最高, 破碎化程度最低, 而水田、湖泊湿地、香蒲和芦苇沼泽的连接程度较好, 斑块较为集中。

4 白洋淀湖沼湿地系统景观演化的驱动力分析

4.1 自然驱动因素

4.1.1 气候 白洋淀作为一个半干旱型湿地, 必然受制于水量的变化。由图3可以看出, 白洋淀湖沼湿地系统的降水主要集中在7、8月份, 但是从20世纪90年代开始至今, 7、8月份降雨量持续减少, 而蒸发量在3个时期却基本持平, 从而导致白洋淀湿地系统水位降低, 湿地面积萎缩, 景观格局发生演变, 因此降水量成为驱动该区湿地景观格局演变的一

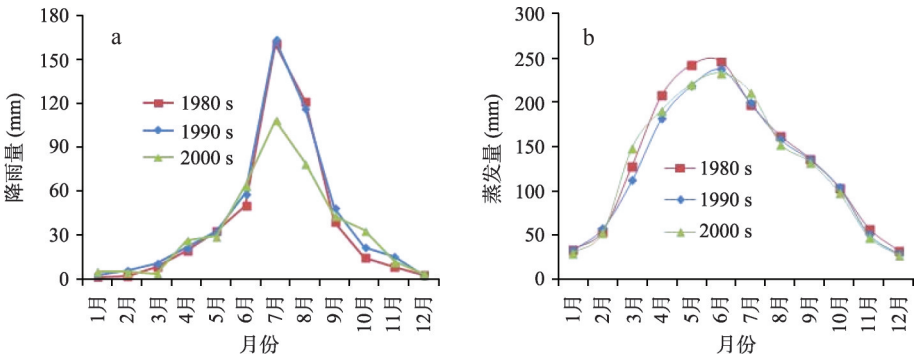


图3 不同时期白洋淀湖沼湿地系统月平均降雨量和蒸发量的变化

Fig. 3 Changes in monthly average precipitation and evaporation in Baiyangdian lake-marsh wetland system in different periods

个关键因子^[16]。

4.1.2 水文 与20世纪80年代相比,白洋淀湖沼湿地系统的水位在90年代时较高,而2000年以后则大幅度下降(图4)。在1994年之前入淀水量大于出淀水量,之后则相反。严重的水量消耗导致该区河流湖泊湿地萎缩严重,湿地干化趋势明显。白洋淀湿地植被类型也随水位变化而发生变化,如80年代的连续干淀,使白洋淀的地表水位降低至不足5.5 m,湿地植被退化显著;而水位增加后,水生植被逐渐恢复,景观格局随之改变。

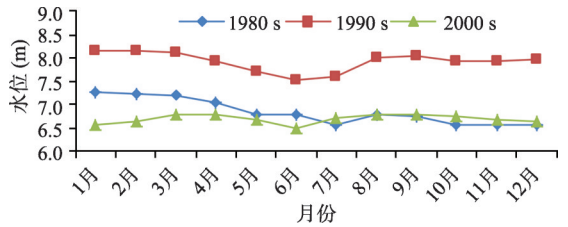


图4 不同时期白洋淀湖沼湿地系统月平均水位的变化
Fig. 4 Changes in monthly average water level in Baiyangdian lake-marsh wetland system in different periods

基于灰色理论,选取年代平均值作为每一时期的对应数值,分辨系数取值0.5,通过灰色关联分析^[17-18],计算了气候和水文要素与湿地面积的灰色关联系数。由表8可知,降水对湿地景观格局特征影响最大;其次是水位和气温;蒸发、出淀水量和入淀水量也在一定程度上影响了白洋淀湖沼湿地系统景观格局的变化。因此,气候因素特别是降水对白洋淀湿地的景观格局的变化发挥着重要的影响作用。这与刘春兰等^[10]研究中得出的降水对白洋淀湿地水文特征变化的影响最明显的结论一致。

4.2 人为驱动因素

4.2.1 经济 近年来白洋淀上游和周边经济快速发展,上游的保定市和安新县饮水和工农用水要求的增加,加之水质恶化,导致白洋淀水源缺乏。据统计,保定市区1980年用水量1.2亿m³,而2000年达2.23亿m³。因此,维持白洋淀正常运行的生态用水难以得到补给,从而导致湿地景观格局发生改变^[19],进一步影响白洋淀湿地调水和储水功能。

表8 白洋淀湖沼湿地系统湿地面积与气候水文要素的灰色关联序

Tab. 8 Grey relational order for the relationships between wetland areas and climatic and hydrological factors in Baiyangdian lake-marsh wetland system

降水量 /mm(X ₂)	水位 /m(X ₄)	气温 /°C(X ₁)	蒸发量 /mm(X ₃)	出淀水量 /亿m ³ (X ₆)	入淀水量 /亿m ³ (X ₅)
0.9003	0.8773	0.8000	0.7437	0.5716	0.5544

4.2.2 社会 20世纪50年代以来,白洋淀上游各河道上已修建大中水库143座,水库的拦腰截水改变了水资源的时空分布,减少了上游河道的径流量,使入淀径流越来越少。水利设施的建设,改变了地表水和地下水的时空分配,进而导致白洋淀湖沼湿地系统生态环境要素发生变化^[20]。

4.2.3 政策 白洋淀周边增加的耕地主要来自于白洋淀湿地。开垦耕作造成水土流失,导致白洋淀水体变浅,蓄水量减少,而台田上大面积种植芦苇也使湿地内部格局生改变。随着不合理的土地开发利用强度增加,上游耕地需要截留大量的水进行灌溉,影响了入淀水量;下游植被大都是需水量相对较大的作物,需要引用淀区的水来进行灌溉^[21]。已有研究发现白洋淀流域地表径流量不断衰减,与白洋淀流域粮食单产不断提高之间存在一定对应性^[22]。同时,水量的变化能进一步导致研究区内湿地景观格局发生变化。

5 结论与讨论

近30年内,白洋淀湖沼湿地系统无论在面积还是景观类型上均发生了较大的变化。耕地和芦苇沼泽大面积增加,而湖泊湿地、河流湿地和香蒲沼泽则大面积减少,且减少幅度较大。景观格局指数分析表明白洋淀湖沼湿地系统的景观多样性逐渐降低,但景观的斑块邻近度在逐渐增加,表明研究区内景观类型分布较集中;河流湿地和库塘的退化使得景观破碎化程度高。总体而言,白洋淀湿地系统的湿地景观在不断退化萎缩,已经对其景观生态功能产生了负面影响。湖泊面积萎缩,和湿地植被的破坏降低了白洋淀湿地拦蓄洪水的能力,使其在丰水期不能有效地拦蓄洪水,致使洪峰向下游推进,威胁下游人口生命财产安全。同时,白洋淀湿地对水资源调节拦蓄功能的减弱,使其在枯水时期没有足够水源补给淀内的基本生态生产和生活用水。气候、水文和社会经济政策是导致白洋淀湖沼湿地系统景观格局演变的重要因素,但是人类活动通过生态补水和沼泽化治理能够缓解白洋淀的退化趋势。但对于白洋淀湿地景观格局演变的人类活动和自然因素的影响辨识还有待进一步深入研究分析。

参考文献(References)

- [1] 崔保山, 杨志峰. 湿地学. 北京: 北京师范大学出版社, 2006.
- [2] 白军红, 欧阳华, 杨志峰, 等. 湿地景观格局变化研究进展. 地理科学进展, 2005, 24(4): 36-45.
- [3] Bai J H, Ouyang H, Cui B S, et al. Changes in landscape pattern of alpine wetlands on the Zoige Plateau in the past four decades. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5): 2245-2252
- [4] Huang L B, Bai J H, Yan D H, et al. Changes of wetland landscape patterns in Dadu River Catchment from 1985 to 2000, China. *Frontiers of Earth Sciences*, 2012, 6(3): 237-249.
- [5] Brazner J C, Danz N P, Niemi G J, et al. Evaluation of geographic, geomorphic and human influences on Great Lakes wetland indicators: a multi-assemblage approach. *Ecological Indicator*, 2007, 7(3): 610-635
- [6] 刘红玉, 吕宪国, 张世奎. 湿地景观变化过程与累积环境效应研究进展. 地理科学进展, 2003, 22(1): 60-70.
- [7] 窦玥, 戴尔阜, 吴绍洪. 区域土地利用变化对生态系统脆弱性影响评估: 以广州市花都区为例. 地理研究, 2012, 31(2): 311-322.
- [8] 龚天宇, 邵全琴, 刘纪远, 等. 中国南方不同土地利用/覆被类型对气温升温的影响. 地理研究, 2012, 31(8): 1465-1478.
- [9] 邬建国. 景观生态学: 格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [10] 刘春兰, 谢高地, 肖玉. 气候变化对白洋淀湿地的影响. 长江流域资源与环境, 2007, 16(2): 245-250.
- [11] 林皓波, 吴新玲, 刘菲, 等. 白洋淀湿地资源的遥感监测. 中南林业科技大学学报, 2012, 32(4): 127-130

- [12] 王滨滨, 刘静玲, 张婷, 等. 白洋淀湿地景观斑块时空变化研究. 农业环境科学学报, 2010, 29(10): 1857-1867
- [13] 庄长伟, 欧阳志云, 徐卫华, 等. 近33年白洋淀景观动态变化. 生态学报, 2011, 31(3): 839-848.
- [14] 邓伟, 白军红, 胡金明, 等. 黄淮海湿地系统分类体系构建. 地球科学进展, 2010, 25(10): 1023-1030.
- [15] 衷平, 杨志峰, 崔保山, 等. 白洋淀湿地生态环境需水量研究. 环境科学学报, 2005, 25(8): 1119-1126.
- [16] Canziani G A, Ferrati R M, Rossi C, et al. The influence of climate and dam construction on the Ibera wetlands, Argentina. *Regional Environmental Change*, 2006, 6(4): 181-191
- [17] 刘思峰, 党耀国, 方志耕, 等. 灰色系统理论及其应用. 北京: 科学出版社, 2004.
- [18] 谭学瑞, 邓聚龙. 灰色关联分析: 多因素统计分析新方法. 统计研究, 1995, 65(3): 46-48.
- [19] 王京, 卢善龙, 吴炳方, 等. 近40年来白洋淀湿地土地覆被变化分析. 地球信息科学学报, 2010, 12(2): 292-300.
- [20] 张明阳. 基于RS、GIS和景观格局分析的白洋淀流域生态环境变化研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2004.
- [21] 顾建清, 穆仲义. 水资源开发对白洋淀生态环境的影响. 河北省科学院学报, 1994, 11(1): 29-34.
- [22] 刘克岩, 张鲁, 张光辉, 等. 人类活动对华北白洋淀流域径流影响的识别研究. 水文, 2007, 27(6): 6-10.

Landscape pattern evolution and its driving factors of Baiyangdian lake-marsh wetland system

BAI Junhong¹, FANG Jingsi¹, HUANG Laibin¹, DENG Wei², LI Ainong², KONG Bo²

(1. State Key Laboratory of Water Environment Simulation, School of Environment, Beijing Normal University, Beijing 100875, China; 2. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 604401, China)

Abstract: Baiyangdian Lake is the largest natural lake in the North China Plain and it is also a typical inland wetland in the semi-arid zone. We analyzed the changes in landscape pattern evolution and landscape indices of Baiyangdian lake-marsh wetland system, and discussed the driving factors of these changes using remote images in the years of 1979, 1991, 2000 and 2006. Our results showed that the area of Baiyangdian lake-marsh wetlands exhibited a decreasing tendency in the study period. It covered 404.5 km² in 1979 and decreased to 338.4 km² in 2006, and the reduced wetlands were mainly converted to farmland. All types of landscapes exhibited a clustered distribution in this region, and their landscape diversity showed a decreasing trend. Over the past three decades, the great changes in landscape indices occurred during the period 1979-1991, and then the small changes were observed after 1991. Farmlands had the largest landscape indices including the patch area, the edge density and the area-weighted mean proximity index. The land for construction had the largest number of patches, followed by ditch wetlands. The average fraction of each wetland type approached to 1, indicating that they had simple shapes. The main driving factors causing landscape pattern change included climate, hydrological process and social and economic policies, etc.

Key words: lake-marsh wetland system; landscape pattern; landscape index; driving factor