

# 生态脆弱区土地利用格局变化及其环境效应

## ——以宁夏回族自治区中部干旱带为例

贾科利, 姚玉玲, 郭占军, 叶蔚

(宁夏大学 资源环境学院, 宁夏 银川 750021)

**摘要:** 基于遥感、GIS 技术、景观生态学及层次分析方法, 以宁夏回族自治区中部干旱带为研究区, 利用 1978 年 MSS 以及 1987, 1996, 2007 年的 TM/ETM 遥感影像为数据源, 对该区域近 30 a 来土地利用格局变化及环境效应进行了分析。结果表明, 30 a 来该区耕地和建设用地有不同程度的增加, 新增耕地主要来自未利用土地和草地, 建设用地面积的增加主要来源于耕地和未利用土地; 耕地和未利用土地向林地、草地转化是林地和草地面积增加的主要来源。由于受人类活动的干扰, 研究区土地利用景观结构发生了较大变化, 土地利用格局变化产生了景观破碎化, 景观异质性增加, 生态环境退化等生态效应。但 20 世纪 90 年代中后期以来, 在以还林还草、禁牧及水利等综合治理工程为核心的生态环境治理措施调控下, 土地利用结构得以调整, 植被覆盖增加, 区域生态环境质量逐步得以改善。

**关键词:** 生态脆弱区; 土地利用变化; 环境效应; 宁夏回族自治区中部; 干旱带

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)06-0218-05

中图分类号: F301.24

## Landuse Change and Its Environmental Effect in Ecologically Vulnerable Area —A Case Study in Arid Area of Central Ningxia Hui Autonomous Region

JIA Ke-li, YAO Yu-ling, GUO Zhan-jun, YE Wei

(School of Resources Environment, Ningxia University, Yinchuan, Ningxia 750021, China)

**Abstract:** Using the methods of remote sensing, geographical information system(GIS), landscape ecology and analytic hierarchy process(AHP), this paper analyzed the change of landuse pattern and its ecological and environmental effects in arid area of central Ningxia Hui Autonomous Region from 1978 to 2007 based on the MSS image in 1978 and Landsat TM/ETM images in 1987, 1996, 2007. The results showed that areas of farmland and construction areas increased in the past 30 years. The newly-increased farmlands mainly came from unused land and grassland, while the newly-increased lands for construction mainly came from farmland and unused lands. At the same time, the forest land and grassland decreased from 1978 to 1987, and increased from since 1987. The sources of increased area were primary farmland and unused land. These changes caused great changes in landscape such as landscape fragmenting and heterogeneity and declining of environmental quality from 1978 to 1987. The index of environmental effect was only 0.118 in 1987. After that, with implementation of the regulating and controlling measures, prohibiting graze policy and hydraulic engineering, more farmland and unused land have been converted to trees and grasses, the vegetation cover increased, and the landuse structure was adjusted. This led to the gradual improvement of environmental quality since the middle and late 1990s by environmental strategies.

**Keywords:** ecologically vulnerable area; landuse change; environmental effect; arid area; central Ningxia Hui Autonomous Region

随着全球变化研究的深入, 土地利用/覆被变化越来越被认为是全球环境变化研究的重要内容<sup>[1-5]</sup>。土地作为一种生态系统, 在人类长期改造和利用中,

必然会在不同方面对其产生影响, 导致土地利用的格局、深度和强度发生着强烈变化, 进而对依附于土地的生态系统及其环境产生影响<sup>[6]</sup>。因而, 从生态环境

收稿日期: 2011-01-06

修回日期: 2011-03-23

资助项目: 国家自然科学基金项目“宁夏中部干旱带土地利用变化与沙漠化响应研究”(40801219); 宁夏大学 211 工程重点学科建设项目“草业科学与生态工程”

作者简介: 贾科利(1975—), 男(汉族), 陕西省宝鸡市人, 博士, 副教授, 主要从事土地资源与 3S 技术应用研究。E-mail: jiakeli@163.com。

响应的角度研究土地利用变化对生态环境影响,对于了解区域生态环境,探索由于土地利用变化导致的退化土地的修复与重建及合理利用土地资源和保护区生态环境都具有重要意义。目前,国内土地利用与生态环境响应关系研究方面,主要以谢高地等<sup>[7-10]</sup>建立的中国陆地生态系统单位面积服务价值表为基础,从地理学、生态学、经济学等领域,通过计算土地类型的生态价值评估土地利用变化对生态环境的影响。在研究区域上,农牧交错带被称为生态脆弱带,已开展了较多研究<sup>[10-12]</sup>,但就宁夏回族自治区中部干旱带土地利用变化对生态环境的影响研究还不多见。基于此,本研究以近 30 a 遥感影像为基本数据源,以 GIS 为手段,通过专家评判,应用层次分析方法,计算各土地利用类型权重,定量分析宁夏回族自治区中部干旱带土地利用变化的生态环境效应,为区域合理开发土地资源及生态环境建设提供理论支撑。

## 1 研究区概况与研究方法

### 1.1 研究区概况

宁夏回族自治区中部干旱带位于 104°17′—107°39′E,36°54′—38°23′N,包括中卫市沙坡头区、中宁县、吴忠市利通区、红寺堡开发区、灵武市、盐池县、同心县北部等县区。土地总面积 2.537×10<sup>6</sup> hm<sup>2</sup>,平均海拔 1 100~1 600 m,属于西北内陆,处于毛乌素沙地和腾格里沙漠边缘,是我国北方农区与天然草地牧区接壤的过渡地带。该区属中温带半干旱区,年均温 10.4℃,年均降水量 126~225 mm,干旱少雨,风大沙多,蒸发强烈,生态环境极其脆弱。

研究区 2007 年末总人口 190.81 万人,其中农业人口 159 万人,占到 83.33%,以回族和汉族为主。经济结构以畜牧业和种植业为主,自然条件恶劣,农业生产极不稳定。2007 年农民家庭人均纯收入 3 852 元。

### 1.2 数据来源与数据处理

本研究采用的土地利用数据是以 1978 年 MSS 以及 1987,1996 和 2007 年 TM/ETM 遥感影像为基本信息源。其中 1978,1987 和 1996 年影像数据由国家科技基础条件平台建设项目“地球系统科学数据共享网”(www.geodata.cn)提供。所选影像成像时间均在 7—8 月份,已经经过了辐射校正和几何粗校正。为了实现研究区县界与图像套合,以宁夏回族自治区 1:25 万地形图为参照,并对照 4 期图像选取控制点,在 ERDAS IMAGINE 8.7 软件对图像进行几何校正和镶嵌处理及拼接、分割和融合处理,用 TM4(R),3(G),2(B)波段合成假彩色影像,结合野外实测资料,建立解译标志,并用人机交互方式解译出不

同时期的土地利用现状图,建立空间数据库。利用 GIS 空间分析和统计功能,从 PAT 属性表中提取属性代码、地类面积、周长等信息,结合 ARCVIEW 及 Excel 软件,得到所需土地利用斑块数据。上述数据获取后,选取边界密度指数,分维数指数,景观优势度,多样性指数及破碎度指数等景观空间格局特征指标,分析土地利用空间格局演变。各指标计算方法见文献<sup>[13]</sup>。

### 1.3 土地利用环境效应指数

土地利用分类包括一级类型和二级类型。为了揭示土地利用类型变化对生态环境的影响,本研究采用层次分析方法,通过向 20 位专家发放打分表,就一级类型对环境影响的重要程度进行赋值,求其平均值后<sup>[14]</sup>,通过构造判断矩阵,层次单排序,层次总排序,计算一级类型对生态环境影响的权重。然后进行一致性检验,由 CR 小于 0.1 可知,层次排序通过一致性检验,表明总排序符合一致性要求,其各土地利用类型权重符合评价要求(表 1)。最后依据本研究尝试性提出的土地利用环境效应指数,定量评价土地利用变化对环境的影响。计算公式为:

$$I_{EL} = \sum_{i=1}^n \omega_i \times f_i \quad (1)$$

式中: $I_{EL}$ ——土地利用环境效应指数; $\omega_i$ ——第  $i$  类土地利用类型面积占总面积的比例; $f_i$ ——第  $i$  类土地利用类型的权重值; $n$ ——土地利用类型数。 $I_{EL}$  值越大,反映了土地利用类型变化有利于生态环境质量的好转,即对环境的影响是积极的;反之,表明土地利用变化使生态环境质量变差,对生态环境的影响是消极的。

表 1 各土地利用类型权重

土地类型	耕地	林地	草地	建设用地	水体	未利用土地
权重	0.097	0.305	0.295	0.066	0.198	0.040

注:特征值( $\lambda$ )=6.6018;一致性指标(CI)=0.1204;随机一致性指标(RI)=1.24;相容比(CR)=0.0971<0.1。

## 2 结果分析

### 2.1 土地利用变化总体特征

依据土地利用转移矩阵(表 2—4)分析表明,研究区土地利用变化总体特点为:(1)耕地、草地和未利用土地是宁夏回族自治区中部干旱带主要土地利用类型,3 者面积总和超过总面积的 90%。其中未利用土地所占比重最大,但呈逐渐减小趋势;未利用土地中沙地比重最大,占未利用土地面积的近 50%,体现了研究区农牧交错的荒漠景观。(2)从土地利用相对变化率看,建设用地面积增加最显著,特

别是 1987—2007 年间,增速达 30% 以上;其次是耕地,面积呈不断增加态势,近 30 a 面积增加了  $2.291 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,以 1987—1996 年间增幅最大,年变化率达 2.77%;草地在 1978—1987 年以 0.96% 的速率减少,而在后 20 a 间平均以每年 0.43% 的速率面积不断增加;林地面积呈减少—增加—减少趋势,尽管在 1987—1996 年间以超过 3% 的速率增加,但 30 a 来面积减少了近  $30\,000 \text{ hm}^2$ ;水体和未利用土地面积呈减少态势,其中未利用土地在 1987—2007 年以接近 2% 的速率减少,面积减少了  $4.745 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ,主要

是沙地面积减少。(3) 从土地类型相互转化看,耕地的流向和来源主要为未利用土地和草地,且未利用土地和草地向耕地转化的比例大于耕地向未利用土地和草地转化的比例;林地和草地主要转向耕地和未利用土地,而耕地、草地和未利用土地是林地的主要来源,在不同时期三者占林地面积的 70% 以上;草地主要来源于耕地和未利用土地的转化;建设用地面积的增加主要来源于耕地和未利用土地;未利用土地经治理主要转向耕地和草地,同时耕地和草地退化是未利用土地逆转的主要来源。

表 2 宁夏回族自治区中部干旱带 1978—1987 年土地利用转化矩阵

项目		1987 年							所占比例/%
		耕地	林地	草地	建设用地	水体	未利用土地	合计	
耕地	$A_{ij}$	19.45	1.48	12.61	0.32	0.29	13.31	47.45	18.70
	$B_{ij}$	40.98	3.13	26.57	0.68	0.60	28.04		
	$C_{ij}$	38.14	23.87	21.85	22.82	8.86	9.92		
林地	$A_{ij}$	3.99	1.67	1.24	0.19	0.34	2.23	9.67	3.81
	$B_{ij}$	41.29	17.31	12.84	1.97	3.57	23.02		
	$C_{ij}$	7.83	26.89	2.15	13.53	10.72	1.66		
草地	$A_{ij}$	9.66	1.44	27.86	0.17	0.13	24.60	63.85	25.17
	$B_{ij}$	15.12	2.26	43.63	0.26	0.20	38.53		
	$C_{ij}$	18.94	23.17	48.27	11.99	3.96	18.34		
1 9 7 8 年 建设用地	$A_{ij}$	0.41	0.02	0.14	0.12	0.00	0.65	1.34	0.53
	$B_{ij}$	30.32	1.53	10.21	9.06	0.20	48.67		
	$C_{ij}$	0.80	0.33	0.24	8.59	0.08	0.49		
水体	$A_{ij}$	0.71	0.06	0.05	0.08	1.81	0.98	3.69	1.46
	$B_{ij}$	19.14	1.72	1.35	2.07	49.05	26.67		
	$C_{ij}$	1.39	1.02	0.09	5.42	56.30	0.73		
未利用土地	$A_{ij}$	16.78	1.54	15.82	0.53	0.65	92.38	127.69	50.33
	$B_{ij}$	13.14	1.20	12.39	0.42	0.51	72.35		
	$C_{ij}$	32.90	24.72	27.41	37.66	20.08	68.87		
合计		50.98	6.22	57.71	1.41	3.22	134.15	253.70	100.00
所占比例/%		20.10	2.45	22.75	0.56	1.27	52.88		
年相对变化率/%		0.74	-3.56	-0.96	0.55	-1.29	0.51		

注:  $A_{ij}$  表示  $k$  时期的土地利用类型转变为  $k+1$  时期各种类型的面积;  $B_{ij}$  表示  $k$  时期  $i$  种土地利用类型转变为  $k+1$  时期  $j$  种土地利用类型的比例;  $C_{ij}$  表示  $k+1$  时期的  $j$  种土地利用中由  $k$  时期的  $i$  种土地利用类型转化而来的比例。面积单位为  $10^4 \text{ hm}^2$ 。下同。

## 2.2 土地利用格局演变分析

在景观生态学中,斑块是构成景观的基本单元。不同土地类型斑块大小变化所引起的景观变化,可引起生态环境的较大变化。30 a 间研究区斑块数增加了 51 824 个,平均斑块面积由  $52.35 \text{ hm}^2$  减小到  $25.30 \text{ hm}^2$ ,平均斑块密度  $1.91 \text{ 个/km}^2$  增加到  $3.95 \text{ 个/km}^2$ ,景观破碎化程度明显提高。大量草地、林地、荒地被垦为耕地,建设用地大量占用耕地,使耕地、林地、草地景观成斑点状相互镶嵌,建设用地与耕地成点状镶嵌,导致耕地、林地、草地、建设用地破碎度提高(图 1)。未利用土地特别是沙地的治理,受人类活动的扰动,其破碎度增加。景观破碎度增加,可导致

生物多样性变化,影响生态系统结构和功能。根据表 5 可知,各景观指数变化与景观结构变化密切相关,边界密度、分维数、优势度、多样性指数均呈增加趋势,表明基质成分增加。1978—1987 年,草地退化及向耕地、建设用地转化,荒地被垦向耕地转化,使耕地、建设用地所占比重不断增加,草地、未利用土地的优势地位降低,使得区域景观多样性降低,景观异质性程度降低。1987—1996 年,防风固沙、植树种草、扬黄工程、生态移民等工程的实施,使研究区耕地、草地沙化程度降低,沙地经治理向耕地、林地、草地等类型转化,未利用土地特别是沙地的优势地位降低,使耕地、林地、草地比重增大,逐渐形成了林、草、农田、荒漠等

不同斑块类型构成的土地利用格局,景观优势度、分维数、多样性均呈增加趋势。20 世纪 90 年代中后期,随着生态治理工作进一步推进,退耕还林(草)、封草禁牧等国家生态环境政策调控,耕地向林、草的转移

及沙地向草地的转化,林、草地在景观中的优势地位逐渐建立,景观优势度、多样性指数增加。相应地,景观形状简单化,边界密度减小。这种景观格局的变化,对区域生态环境将产生重要影响。

表 3 宁夏回族自治区中部干旱带 1987—1996 年土地利用转化矩阵

项目	1996 年							合计	所占比例/%
	耕地	林地	草地	建设用地	水体	未利用土地			
耕地	$A_{ij}$	27.81	1.45	10.14	1.48	0.41	9.68	50.97	20.10
	$B_{ij}$	54.55	2.85	19.89	2.90	0.81	18.99		
	$C_{ij}$	42.71	17.67	16.46	25.37	9.11	8.94		
林地	$A_{ij}$	2.27	1.80	0.95	0.13	0.06	1.01	6.22	2.45
	$B_{ij}$	36.43	29.00	15.27	2.12	0.98	16.20		
	$C_{ij}$	3.48	21.91	1.54	2.26	1.34	0.93		
草地	$A_{ij}$	17.90	0.83	28.25	0.26	0.29	10.19	57.71	22.75
	$B_{ij}$	31.01	1.44	48.95	0.45	0.50	17.65		
	$C_{ij}$	27.48	10.10	45.84	4.50	6.30	9.40		
建设用地	$A_{ij}$	0.62	0.02	0.10	0.40	0.11	0.15	1.41	0.56
	$B_{ij}$	44.01	1.59	7.22	28.21	8.01	10.96		
	$C_{ij}$	0.95	0.27	0.17	6.83	2.48	0.14		
水体	$A_{ij}$	0.84	0.01	0.04	0.14	2.04	0.14	3.22	1.27
	$B_{ij}$	26.20	0.46	1.28	4.30	63.47	4.29		
	$C_{ij}$	1.29	0.18	0.07	2.38	44.89	0.13		
未利用土地	$A_{ij}$	15.68	4.11	22.14	3.42	1.63	87.17	134.15	52.88
	$B_{ij}$	11.69	3.06	16.50	2.55	1.22	64.98		
	$C_{ij}$	24.08	49.88	35.93	58.66	35.88	80.46		
合计		65.13	8.24	61.63	5.82	4.55	108.34	253.70	100.00
所占比例/%		25.67	3.25	24.29	2.30	1.79	42.70		
年相对变化率/%		2.77	3.24	0.68	31.29	4.14	-1.92		

表 4 宁夏回族自治区中部干旱带 1996—2007 年土地利用转化矩阵

项目	2007 年							合计	所占比例/%
	耕地	林地	草地	建设用地	水体	未利用土地			
耕地	$A_{ij}$	48.72	0.74	6.67	7.06	0.32	1.62	65.13	25.67
	$B_{ij}$	74.81	1.13	10.25	10.84	0.49	2.49		
	$C_{ij}$	69.24	11.30	10.65	28.67	10.16	1.88		
林地	$A_{ij}$	2.10	0.76	2.76	0.17	0.07	2.36	8.24	3.25
	$B_{ij}$	25.54	9.25	33.54	2.11	0.89	28.67		
	$C_{ij}$	2.99	11.66	4.41	0.70	2.36	2.73		
草地	$A_{ij}$	6.56	1.89	39.95	7.26	0.30	5.66	61.63	24.29
	$B_{ij}$	10.65	3.07	64.83	11.78	0.48	9.19		
	$C_{ij}$	9.33	28.94	63.76	29.49	9.47	6.55		
建设用地	$A_{ij}$	0.95	0.18	0.51	2.75	0.12	1.31	5.82	2.30
	$B_{ij}$	16.34	3.07	8.72	47.24	2.10	22.54		
	$C_{ij}$	1.35	2.73	0.81	11.18	3.91	1.52		
水体	$A_{ij}$	1.33	0.03	0.22	0.58	1.71	0.68	4.55	1.79
	$B_{ij}$	29.23	0.69	4.73	12.84	37.58	14.93		
	$C_{ij}$	1.89	0.48	0.34	2.37	54.81	0.79		
未利用土地	$A_{ij}$	10.70	2.93	12.55	6.79	0.60	74.77	108.34	42.70
	$B_{ij}$	9.88	2.71	11.58	6.27	0.56	69.01		
	$C_{ij}$	15.20	44.89	20.03	27.59	19.28	86.53		
合计		70.37	6.53	62.66	24.61	3.12	86.41	253.70	100.00
所占比例/%		27.74	2.57	24.70	9.70	1.23	34.06		
年相对变化率/%		0.80	-2.07	0.17	32.26	-3.14	-2.02		

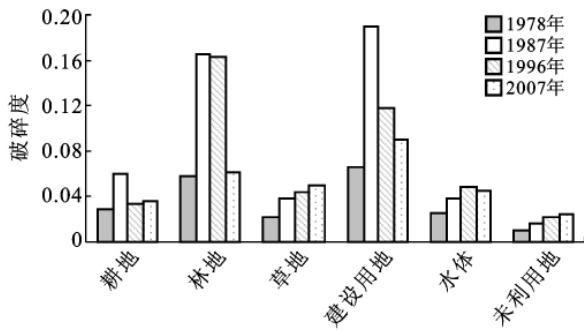


图 1 研究区景观类型破碎度指数变化

表 5 宁夏回族自治区中部干旱带景观格局指数变化

年份	边界密度	分维数	优势度	多样性
1978	0.71	2.39	1.26	1.76
1987	0.73	2.56	1.20	1.69
1996	1.27	2.62	1.39	1.91
2007	1.20	2.58	1.49	2.01

### 2.3 土地利用变化环境效应

土地利用格局变化对区域生态环境变化具有重要影响作用。由表 6 可以看出,宁夏回族自治区中部干旱带土地利用环境效应指数较小,说明区域生态环境质量较低。但 30 a 间环境效应指数逐渐增大,表明通过调整土地利用格局,土地利用类型变化使生态环境质量逐渐好转,即对环境的影响是积极的。

表 6 研究区土地利用变化环境效应指数

土地类型	1978 年	1987 年	1996 年	2007 年
耕地环境效应	0.018	0.019	0.025	0.027
林地环境效应	0.012	0.007	0.010	0.008
草地环境效应	0.074	0.067	0.072	0.073
建设用地环境效应	0.000	0.000	0.002	0.006
水域环境效应	0.003	0.003	0.004	0.002
未利用土地环境效应	0.020	0.021	0.017	0.014
总环境效应指数 ( $I_{EL}$ )	0.127	0.118	0.128	0.130

从土地利用格局变化与生态环境状况的响应过程看,1978—1987 年,人类活动的加剧,大量林地、草地被破坏,植被的生态环境效应降低,导致本来脆弱的环境进一步恶化,环境效应指数从 0.127 降至 0.118。1987 年后,随着各种生态环境治理工程的实施,植被覆盖增加,区域环境状况得以改善;特别是 20 世纪 90 年中后期,退耕还林、还草、禁牧圈养等生态政策的执行,人们有意识地将耕地、未利用土地向林地、草地转化;固海、红寺堡等扬黄灌溉工程建设及小流域综合治理等工程相继实施,水资源条件得到改善,使研究区中部山间平原、河谷平原的荒原变成新灌区,耕地中水田比重增加,使耕地的生态效应逐渐

凸显;未利用土地中沙地经治理面积不断减少,其对环境的消极作用减弱。由此可见,以还林还草、禁牧及综合治理工程为核心的土地利用结构调整,植被覆盖增加,区域环境质量得到进一步提高,到 2007 年,环境效应指数达到 0.13,超过了 1978 年的环境状况。

## 3 结论

(1) 宁夏回族自治区中部干旱带土地利用结构总体呈农牧交错的荒漠景观。从 1978—2007 年,研究区耕地和建设用地面积有不同程度的增加,水体和未利用土地面积有不同程度的减少,林地和草地呈先减少后增加的波动态势。土地利用类型转移的总体方向为:耕地的流向和来源主要为未利用土地和草地,建设用地面积的增加主要来源于耕地和未利用土地,林地和草地主要来源于耕地和未利用土地的转化。

(2) 受政策驱动、生态工程等措施及人类活动干扰影响,研究区逐渐形成了林、草、农田、荒漠等不同斑块类型镶嵌的土地利用格局,土地利用格局变化产生了景观破碎化,斑块形状复杂化,使景观的异质性增加,对区域生态环境产生了重要影响。

(3) 宁夏回族自治区中部干旱带生态环境质量总体较低,在 1978—1987 年间,林草植被遭到破坏和退化,使本来脆弱的环境进一步恶化。20 世纪 90 年代中后期,研究区在以还林还草、禁牧及水利等综合治理工程为核心的生态环境治理措施调控下,土地利用结构得以调整,水资源条件不断改善,植被覆盖增加,区域生态环境质量逐步得以恢复和提高。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘纪远,张增祥,徐新良,等. 21 世纪初中国土地利用变化的空间格局与驱动力分析[J]. 地理学报,2009,64(12):1411-1420.
- [2] 李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域——土地利用/土地覆被变化的国际研究动向[J]. 地理学报,1995,54(6):553-558.
- [3] 刘纪远,邓祥征. LUCC 时空过程研究的方法进展[J]. 科学通报,2009(54):3251-3258.
- [4] 战金艳,邓祥征,岳天祥,等. 内蒙古农牧交错带土地利用变化及其环境效应[J]. 资源科学,2004,26(5):80-88.
- [5] 刘敏,许世远,侯立军,等. 长江三角洲土地利用/土地覆被动态变化及其环境效应[J]. 资源科学,2010,32(8):1533-1537.
- [6] 李锐,杨勤科,温仲明,等. 区域土地利用变化环境效应研究综述[J]. 水土保持通报,2002,22(4):65-70.

(下转第 228 页)

### 3 结论

人为设闸和人工改造水塘这两种人为干扰方式能够提高湿地公园内的水环境质量,保证公园内部水体的水质等级平均达到Ⅱ—Ⅲ类水标准,能够起到保护整个湿地生态系统的作用。对于游船行驶和游客徒步旅行这两种干扰并没有给湿地公园的水体带来有害的影响,通过合理有效的管理和控制,这两种干扰下的水质等级也能够达到Ⅲ类水标准。由此看来,杭州西溪国家湿地公园确实本着生态优先、最小干预的原则对西溪湿地进行保护与利用,适度合理的人为干扰是能够达到提高湿地水体质量的效果。为了保证这几项人为干扰长期保持在合理适度范围内且更加有效的发挥其有益的作用,提出几条建议。

(1) 持续定期的检测闸门内外水质的变化,当湿地公园外部水质好于内部水质要及时开闸放水,保证公园内部水体与外部水体的交流与循环。当发现外部水体质量劣于内部时,要及时关闭闸门以保证湿地公园内部水体不受污染。

(2) 对于已经改造完成的水塘不应弃之不管,仍要定期检测水体质量、水生植物的生长情况,保证其长期处于健康状态。对于公园内一些水质很差的天然水塘,可以采取相应的措施予以改造,以提高其水体质量。

(3) 在游客容易接近水体的景点多悬挂醒目警示牌禁止游客下水或向水中投放垃圾,避免给水体带来污染,影响水体质量。

致谢:本研究数据监测和分析测试得到了西溪国家湿地公园管理部门的支持,特此表示感谢。

#### [ 参 考 文 献 ]

[1] 盛连喜. 环境生态学导论[M]. 1版. 北京:高等教育出

版社,2002:175-176.

- [2] Crutzen P J. Geology of mankind; The anthropocene [J]. Nature, 2002, 415:23.
- [3] Andreas F. Ecological impacts of hydroelectric power production on the river Ticino1: Thermal effects [J]. Arch. Hydrobiol., 2004, 159(1):43-56.
- [4] 刘霞,牟长城,李婉姝,等. 小兴安岭毛赤杨沼泽 CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O 排放规律及其对人为干扰的响应[J]. 环境科学学报, 2009, 29(12):2642-2650.
- [5] 王国新,王如松,毛春红. 杭州西溪国家湿地公园不良旅游行为及其对景区环境的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(6):1423-1430.
- [6] 尹锴,崔胜辉,石龙宇. 人为干扰对城市森林灌草层植物多样性的影响:以厦门市为例[J]. 生态学报, 2009, 29(2):565-572.
- [7] 刘杰,杨志峰,崔保山,等. 人为干扰下的生态负效应研究综述[J]. 生态学杂志, 2005, 24(11):1317-1322.
- [8] 周膺,曹云,吴晶. 西溪秀隐[M]. 北京:当代中国出版社, 2005:3-4.
- [9] 陈文岳,沈国正,郑洁敏,等. 西溪湿地水环境污染现状及生态治理对策[J]. 农业环境与发展, 2009(2):5-8.
- [10] 何洪杭,华晨,李忆冰. 杭州西溪湿地的环境状况与生态保护对策研究[J]. 华中建筑, 2004, 23(6):122-125.
- [11] 缪丽华. 杭州西溪湿地研究综述[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(11):5043-5044.
- [12] 国家环境保护总局. 水和废水监测分析方法[M]. 4版. 北京:中国环境科学出版社, 2002:223-226, 243-246, 281-282, 620-621.
- [13] 宋新山,邓伟. 环境数学模型[M]. 北京:科学出版社, 2004:262-269.
- [14] 张成才,李红伟,吴瑞锋,等. 基于 GIS 的水质模糊综合评价方法研究[J]. 人民黄河, 2009, 31(5):51-52.
- [15] 周林飞,高云彪,许土国. 模糊数学在湿地水质评价中应用的研究[J]. 水利水电技术, 2005, 36(1):35-38.

(上接第 222 页)

- [7] 彭建,王仰麟,张源,等. 滇西北生态脆弱区土地利用变化及其生态效应:以云南省永胜县为例[J]. 地理学报, 2004, 59(4):629-638.
- [8] 喻锋,李晓兵,王宏,等. 皇甫川流域土地利用变化与生态安全评价[J]. 地理学报, 2006, 61(6):645-653.
- [9] 谢红霞,李锐,任志远,等. 区域土地利用变化对生态环境影响定量评估:以铜川市城郊区为例[J]. 自然资源学报, 2008, 23(3):458-466.
- [10] 文琦,刘彦随,王建兴. 生态脆弱区土地利用格局演变及其生态响应:以榆林市为例[J]. 地域研究与开

发, 2010, 29(2):104-109.

- [11] 杨述河,闫海利,郭丽英. 北方农牧交错带土地利用及其生态环境效应:以陕北榆林市为例[J]. 地理科学进展, 2004, 23(6):49-55.
- [12] 陈忠升,陈亚宁,李卫红. 基于生态服务价值的伊犁河谷土地利用变化环境影响评价[J]. 中国沙漠, 2010, 30(4):870-877.
- [13] 邬建国. 景观生态学:格局、过程与尺度[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [14] 徐建华. 计量地理学[M]. 北京:高等教育出版社, 2006:232.