

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

# 生态学报

## Acta Ecologica Sinica



第34卷 第3期 Vol.34 No.3 **2014**

中国生态学会  
中国科学院生态环境研究中心  
科学出版社

主办  
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

# 生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 3 期      2014 年 2 月    (半月刊)

## 目 次

### 前沿理论与学科综述

- 灾后生态恢复评价研究进展 ..... 刘孝富,王文杰,李京,等 (527)
- 基于生态能量视角的我国小水电可持续性分析 ..... 庞明月,张力小,王长波 (537)

### 个体与基础生态

- 北部湾北部海域夏季微型浮游动物对浮游植物的摄食压力 ..... 马璐,曹文清,张文静,等 (546)
- 鲶鱼和胡子鲶的两性异形与雌性个体生育力 ..... 樊晓丽,林植华,丁先龙,等 (555)
- 环境温度对白头鹮代谢产热和蒸发失水的影响 ..... 林琳,曹梦婷,胡益林,等 (564)
- 灌溉对沙拐枣幼苗生长及氮素利用的影响 ..... 黄彩变,曾凡江,雷加强,等 (572)
- PAHs 污染土壤植物修复对酶活性的影响 ..... 朱凡,洪湘琦,闫文德,等 (581)
- 基于修正 RISKE 模型的重庆岩溶地区地下水脆弱性评价 ..... 魏兴萍,蒲俊兵,赵纯勇 (589)
- 排水沟蓄水条件下农田与排水沟水盐监测 ..... 潘延鑫,罗纨,贾忠华,等 (597)

### 种群、群落和生态系统

- 高寒退化草地不同海拔梯度狼毒种群分布格局及空间关联性 ..... 高福元,赵成章,卓马兰草 (605)
- 捕食者对空心莲子草叶甲种群的生物胁迫 ..... 刘雨芳,李菲,桂芳艳,等 (613)
- 夏、冬季南海北部浮游植物群落特征 ..... 马威,孙军 (621)
- 磨盘山天然次生林凋落物数量及动态 ..... 范春楠,郭忠玲,郑金萍,等 (633)
- 持续干旱对樱桃根际土壤细菌数量及结构多样性影响 ..... 刘方春,邢尚军,马海林,等 (642)
- 随机森林算法基本思想及其在生态学中的应用——以云南松分布模拟为例 ..... 张雷,王琳琳,张旭东,等 (650)
- 基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究 ..... 侯鹏,申文明,王桥,等 (660)
- 华北低丘山地人工林蒸散的控制因子 ..... 黄辉,孟平,张劲松,等 (667)
- 新疆天山高寒草原不同放牧管理下的 CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 通量特征 ..... 贺桂香,李凯辉,宋韦,等 (674)

### 景观、区域和全球生态

- 宁夏生态足迹影响因子的偏最小二乘回归分析 ..... 马明德,马学娟,谢应忠,等 (682)
- 引黄灌区土壤有机碳密度剖面特征及固碳速率 ..... 董林林,杨浩,于东升,等 (690)
- 自养微生物同化 CO<sub>2</sub> 的分子生态研究及同化碳在土壤中的转化 ..... 吴小红,简燕,陈晓娟,等 (701)

### 资源与产业生态

- 基于能值分析法的矿区循环经济系统生态效率分析 ..... 孙玉峰,郭全营 (710)

基于 AD-AS 模型的海岸带生态系统综合承载力评估——以舟山海岸带为例 ..... 苏盼盼,叶属峰,过仲阳,等 (718)

### 城乡与社会生态

基于增强回归树和 Logistic 回归的城市扩展驱动力分析 ..... 李春林,刘 淼,胡远满,等 (727)

### 研究简报

陕西省不同生态区大气氮素干湿沉降的时空变异 ..... 梁 婷,同延安,林 文,等 (738)

不同覆盖方式对旱地果园水热特征的影响 ..... 刘小勇,李红旭,李建明,等 (746)

长白山苔原带土壤动物群落结构及多样性..... 王振海,殷秀琴,蒋云峰 (755)

最大可允许填海面积模拟——厦门西海域案例研究 ..... 林琛琛,饶欢欢,刘 岩,等 (766)

### 学术信息与动态

2013 年水文土壤学与自然资源可持续利用国际学术研讨会述评 ..... 张 骁,赵文武 (774)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q \* 1981 \* m \* 16 \* 252 \* zh \* P \* ¥90.00 \* 1510 \* 29 \* 2014-02



**封面图说:** 云南松树冠——云南松为松科松属裸子植物,多生长在海拔 1000—3500m 的高山,喜光、耐干旱、耐瘠薄,适应酸性的红壤、黄壤,在其他树种不能生长的贫瘠石砾地或冲刷严重的荒山坡分布,易于天然更新。主要分布于四川西南部、云南、西藏东南部、贵州西部、广西西部,常形成大面积纯林,尤以云南分布最广,故有云南松之称。云南松树高可达 30m,胸径达 1m,树皮呈灰褐色,叶通常 3 针一束,鲜有两针,球果圆锥状卵圆形,种子近卵圆形或倒卵形。树干通直,木质轻软细密,是优质造纸、人造板原料,富含松脂是云南松的重要特点之一。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201305291219

侯鹏,申文明,王桥,蒋卫国,陈云浩,李京.基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究.生态学报,2014,34(3):660-666.

Hou P, Shen W M, Wang Q, Jang W G, Chen Y H, Li J. Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(3): 660-666.

## 基于水文平衡的湿地退化驱动因子定量研究

侯 鹏<sup>1</sup>, 申文明<sup>1,\*</sup>, 王 桥<sup>1</sup>, 蒋卫国<sup>2</sup>, 陈云浩<sup>3</sup>, 李 京<sup>2</sup>

(1. 环境保护部卫星环境应用中心国家环境保护卫星遥感重点实验室, 北京 100094;

2. 北京师范大学民政部/教育部应急与减灾研究院, 北京 100085; 3. 北京师范大学资源学院, 北京 100085)

**摘要:**作为地球上最为重要的生态系统类型之一,湿地与森林、海洋并称为地球三大生态系统。但是,近年来湿地生态系统退化速度远大于其他类型生态系统,开展湿地退化的定量评估分析研究对于湿地生态系统的保护和恢复具有重要意义。选择北京城市湿地为研究对象,利用卫星遥感数据分别提取得到 1991 年和 2007 年的湿地面积,基于湿地水量平衡理论和湿地水文方程方法,定量评估分析了导致湿地退化的原因和不同驱动因子的贡献率。结果表明:(1)与 1991 年相比,2007 年北京湿地减少约 6275.31 hm<sup>2</sup>,约占 1991 年北京湿地总面积的 24.46%。显著退化区域主要发生在野鸭湖湿地和密云水库湿地,分别减少了约 1377.69 hm<sup>2</sup> 和 4654.50 hm<sup>2</sup>。(2)引起湿地退化的自然驱动因子中,以降水减少、入境地表水减少和蒸发量增加为主,驱动湿地退化的贡献率分别为 39.22%、14.05% 和 11.85%。引起湿地退化的人为驱动因子中,以城市扩展为主,驱动湿地退化的贡献率为 3.42%,而技术进步所采取的节水措施等有利于湿地保护,贡献率为 25.55%。

**关键词:**北京;湿地退化;水文平衡;驱动因子;遥感

## Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance

HOU Peng<sup>1</sup>, SHEN Wenming<sup>1,\*</sup>, WANG Qiao<sup>1</sup>, JANG Weiguo<sup>2</sup>, CHEN Yunhao<sup>3</sup>, LI Jing<sup>2</sup>

1 State Environmental Protection Key Laboratory of Satellite Remote Sensing, Satellite Environment Center, Ministry of Environmental Protection of People's Republic of China, Beijing 100094, China

2 Academy of Disaster Reduction and Emergency Management, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

3 College of Resources, Beijing Normal University, Beijing 100875, China

**Abstract:** Wetlands are among the most important ecosystems on Earth, which provide plenty of ecological services, and supporting the sustained development of the human being. However, with the development of our society and the change of natural conditions, lots of wetlands is degrading and disappearing. According to the conclusion from Millennium Ecosystem Assessment, the degradation speed of wetlands is faster than any other ecosystems. In order to protect wetlands, it is very important to monitoring degradation of wetland and analysis the driving factors resulting in degrading, then recognize the contribution of these factors by turns. Firstly, extracting exactly wetlands from satellite images is the key in this paper. In the hill region, with the help of spatial analyses function in geographical information system software and DEM simulation method, the simulated images of hill shade is gained according to the solar radiation conditions of remote sensing image, then the mixture of hill shade and wetlands in satellite images can be recognized, and influence of hill shade on wetland can be removed successfully. In the flat urban region, because there is the similar digital number scope of old residential areas and wetlands in urban region, the digital number is replaced with surface reflectance to extract urban wetland information,

**基金项目:**林业公益性行业科研专项资助项目(201204201);国家自然科学基金资助项目(40801138)

**收稿日期:**2013-05-29; **修订日期:**2013-10-10

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: shenwenm@mep.gov.cn

and old residential area influences on the wetland is wiped off. Urban wetland is exactly extracted with normalized difference water index and its change is accurately detected with Landsat TM images acquired at 1991 and 2007. According to the wetland water budget theory, taking hydrology factors in wetland water budget equation as the main index, together with the society, hydrology and meteorology statistic data, this research quantitatively analyzes the contribution of natural and human driving factors to wetland change. Natural factors are the main reasons for wetland change, the decrease of precipitation, surface water inflows and the increase of evaporation are negative contribution to wetland maintenance, about 39.22%, 14.05% and 11.85% respectively, the decrease of surface water outflows is positive contribution, about 12.75%. To the human factors, urban sprawl is negative contribution, about 3.42%, however, technology progress is positive contribution, about 25.55%, and helpful to protect wetland and reduce the negative contribution of urban sprawl.

**Key Words:** Beijing; wetlands degradation; hydrology balance; driving factors; remote sensing

湿地是地球上最为重要的生态系统类型之一<sup>[1]</sup>,与森林、海洋并称为地球三大生态系统,为人类社会可持续发展提供着多种的生态调节和社会经济服务功能。但是,根据千年生态系统评估(MA)结果,湿地生态系统退化速度远大于其他生态系统的速度<sup>[2]</sup>。在动态变化监测中具有显著优势特征的美国陆地资源卫星系列(Landsat)、法国地球观测系统(SPOT)、中巴地球资源卫星(CBERS)、美国地球观测系统中的中分辨率成像光谱仪(MODIS)和加拿大雷达卫星(RadarSat)等卫星遥感数据,几乎被应用到所有类型湿地的动态变化监测工作中<sup>[3-12]</sup>。

为了能够更有效地保护湿地,有些学者从不同角度分析湿地动态变化的原因。Zalidis 等利用调查问卷的方式分析了引起希腊湿地退化的水权、水质等环境因素<sup>[13]</sup>。Mironga 以肯尼亚的基西州湿地为例,从人口增长及其对农产品需求增加角度分析了湿地退化原因<sup>[14]</sup>。千年生态系统评估认为人口增长和经济发展是引起湿地退化的主因,最直接的驱动力是基础建设、土地利用转换、水资源获取、环境污染、过渡放牧和开垦等<sup>[2]</sup>。这些案例,主要定性的分析了引起湿地退化的驱动因子,不同驱动力因子对湿地退化的贡献率缺乏定量分析。从统计学的角度,Jiang 等利用灰色关联度和典型相关分析方法进行了湿地变化的驱动力分析<sup>[15]</sup>。鉴于水文过程是影响湿地生态系统存在、保育和退化的最为主要因素之一,本文以北京城市湿地为研究对象,在统计分析降水资料基础上,选择 1991 年和 2007 年两个平水年为研究时间点,按照湿地公约中湿地的定义,基于卫星遥感数据分类提取了 1991 年和 2007 年湿地面积,分析了北京城市湿地的动态退化情况,然后利

用湿地水文方程的方法,从水量平衡入手,定量分析了不同驱动因子对北京湿地退化的贡献率。

## 1 数据资料

### 1.1 研究区概况

20 世纪 60 年代,北京湿地总面积约为 120000  $\text{hm}^2$ 。由于区域气候变化、城市扩张、社会经济发展等因素,北京湿地面积减少至 51000  $\text{hm}^2$ <sup>[16]</sup>。湿地类型主要为自然湿地和人工湿地两大类。自然湿地分为河流湿地和沼泽湿地,河流湿地分为永久性河流湿地和季节性河流湿地,沼泽湿地分为草本沼泽湿地和灌丛沼泽湿地。人工湿地主要分为蓄水区、水塘、水渠、采掘区、灌溉地等<sup>[17]</sup>。湿地类型及其分布如图 1 所示。北京湿地主要分布在潮白河流域(I)、永定河流域(II)、北运河流域(III)、蓟运河流域(IV)、大清河流域(V)(图 2)。

北京湿地以河流湿地、蓄水区湿地和水塘湿地等为主,约占总面积的 87.63%。从流域来看,主要分布在永定河流域,所占面积比例约 77.52%。其次是潮白河、蓟运河、永定河、大清河,所占面积比例分别为 8.96%, 5.20%, 4.71% 和 5.20%。不同流域的湿地类型分配比例也各不相同。在北运河、蓟运河流域,水塘湿地所占的面积比例优势比较明显,其次是蓄水区湿地和蓄水区湿地;在潮白河流域,则主要分布着河流湿地、蓄水区湿地和水塘湿地;在大清河流域,则主要分布着蓄水区湿地。

### 1.2 数据资料

主要收集了美国 Landsat- 5 卫星 Thematic Mapper (TM) 传感器在 1991 年 5 月 16 日和 2007 年 5 月 28 日获取的可见光波段和近红外波段遥感数据

资料,提取得到两个时期的湿地空间分布专题信息。另外,还收集了《北京市水资源公报》、《北京市统计年鉴》等资料,整理得到 1991 年至 2007 年之间的水文统计数据和社会经济统计数据,从北京市气象局收集得到 1991 年至 2007 年期间的气象数据等,用来定量分析湿地退化的主要驱动力。其中,水文统

计数据主要包括各流域的地表水入境水量( $S_i$ )、地表水出境水量( $S_o$ )、城市用水量( $UW$ )和地下水资源量等,社会经济统计数据主要包括城市人口数( $UP$ )和国民生产总值( $GDP$ )等,气象统计数据主要包括净降水量( $P_n$ )和蒸发量( $E$ )等。

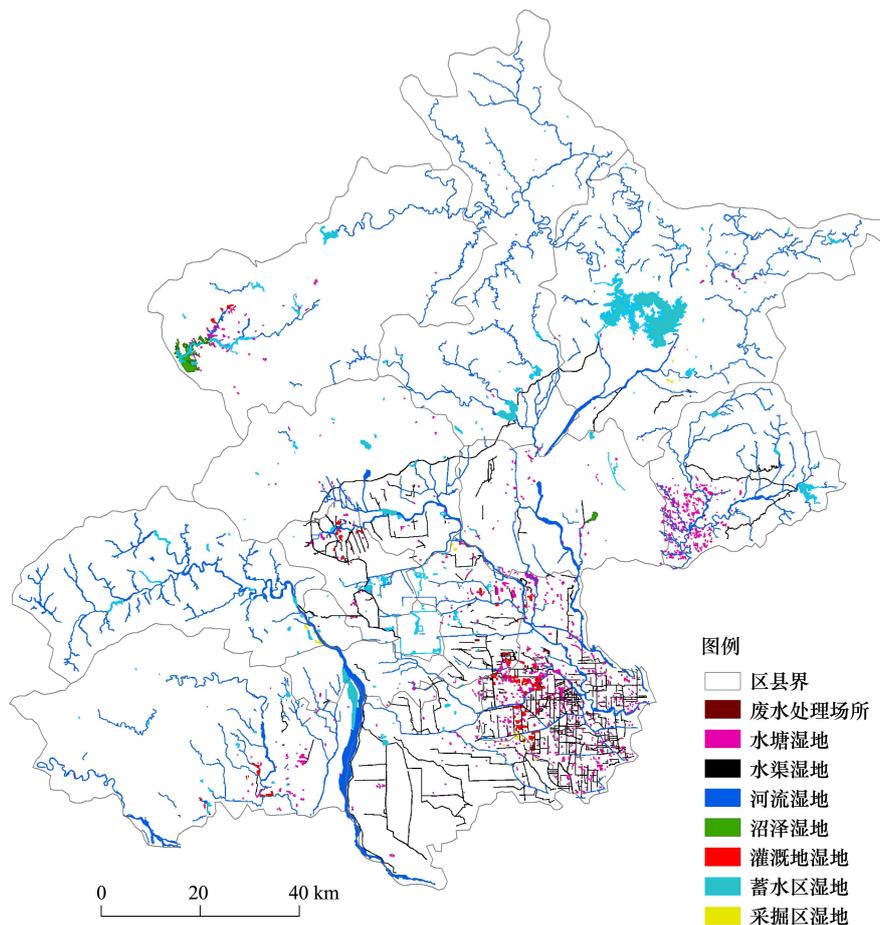


图 1 北京湿地类型空间分布特征

Fig.1 Spatial distribution of wetland type in Beijing

## 2 研究方法

考虑到北京湿地类型以水域湿地为主,湿地信息提取采用了 1996 年 McFeeters 使用的归一化水体指数方法,模型表示为<sup>[18]</sup>:

$$NDWI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Green}}{\rho_{NIR} + \rho_{Green}} \quad (1)$$

式中,NDWI 为归一化水体指数, $\rho_{NIR}$ 和 $\rho_{Green}$ 分别表示为 TM 卫星遥感数据的近红外波段(NIR)和可见光绿波段的反射率。卫星遥感影像中的山体阴影和湿地水体有些极为相似影像特征,为了消除湿地信

息提取过程中的山体阴影干扰信息,首先根据 1991 年 5 月 16 日和 2007 年 5 月 28 日两幅 TM 卫星遥感数据的头文件信息,确定成像时刻的太阳高度角、太阳方位角;然后基于地形 DEM 高程数据和 ArcGIS 软件中的阴影模型分析功能,模拟得到卫星影像成像时的山体阴影专题信息,从而在湿地信息中去除有山体阴影造成的“伪湿地”信息。

水文是湿地生态系统得以发育和保持的唯一最主要驱动力因子<sup>[1]</sup>。定量分析湿地退化驱动力因子的贡献率时,采用了湿地水文平衡方程方法。通用湿地水文平衡方程可表示为<sup>[1]</sup>:

$$\frac{\Delta V}{\Delta T} = P_n + S_i - ET - S_o - G_o \pm T \quad (2)$$

式中,  $\Delta V/\Delta T$  是单位时间内水量变化,  $G_i$  和  $G_o$  分别是地下水流入量和流出量,  $ET$  是年蒸腾量,  $T$  是潮汐流入量(+)或流出量(-)。根据北京区位特征和水文特征,潮汐对湿地的影响值取为 0; 由于缺乏地下水相关资料数据,对湿地影响忽略。考虑到北京城市用水对湿地的影响较大,在水文平衡方程因子中增加城市用水量  $UW$ 。单位时间  $\Delta T$  设定为 1a。因而,北京湿地的水文平衡方程表示为:

$$\frac{\Delta V}{\Delta T} = P_n + S_i - ET - S_o - UW \quad (3)$$

如果  $P_n$ ,  $S_i$ ,  $E$ ,  $S_o$ , 和  $UW$  等水文因子记作为  $HF_k (k=1, 2, 3, 4, 5)$ , 水文因子变化就可表示为  $\Delta HF_k$ , 引起湿地退化的水文驱动因子贡献率 CR 计算模型表示为:

$$GR_k = \frac{|\Delta HF_k|}{\sum_{k=1}^n |\Delta HF_k|} \quad (4)$$

其正负取决于水文驱动因子在公式(3)中是输入(+)还是输出(-),及其变化趋势是增加(+)还是

减少(-),两个符号的乘积即可表达出贡献率正负。

### 3 结果与讨论

#### 3.1 湿地面积变化

2007 年和 1991 年拥有明水体的湿地总面积分别为 19380.44  $\text{hm}^2$  和 25655.75  $\text{hm}^2$ , 2007 年湿地面积减少了约 6275.31  $\text{hm}^2$ , 为 1991 年湿地总面积的 24.45%, 空间分布如图 2 所示。可以看出,野鸭湖湿地和密云水库湿地面积显著的减少,分别减少约 1377.69  $\text{hm}^2$  和 4654.50  $\text{hm}^2$ 。北运河流域、蓟运河流域南部和潮白河流域南部湿地变化频率较高,且空间分布较为分散、不集中。

#### 3.2 驱动因子总体变化特征及其贡献率

##### 3.2.1 驱动因子总体变化特征

如表 1 所示,2007 年与 1991 年相比,北京湿地的水文条件发生了很大变化。从变化率来看,地表水入境流量变化幅度最大,为 73.13%; 净降水量变化幅度最小,为 23.82%。从绝对变化量来看,净降水量变化值最大,为  $26.21 \times 10^8 \text{ m}^3$ ; 地表水出境量变化值最小,为  $8.52 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

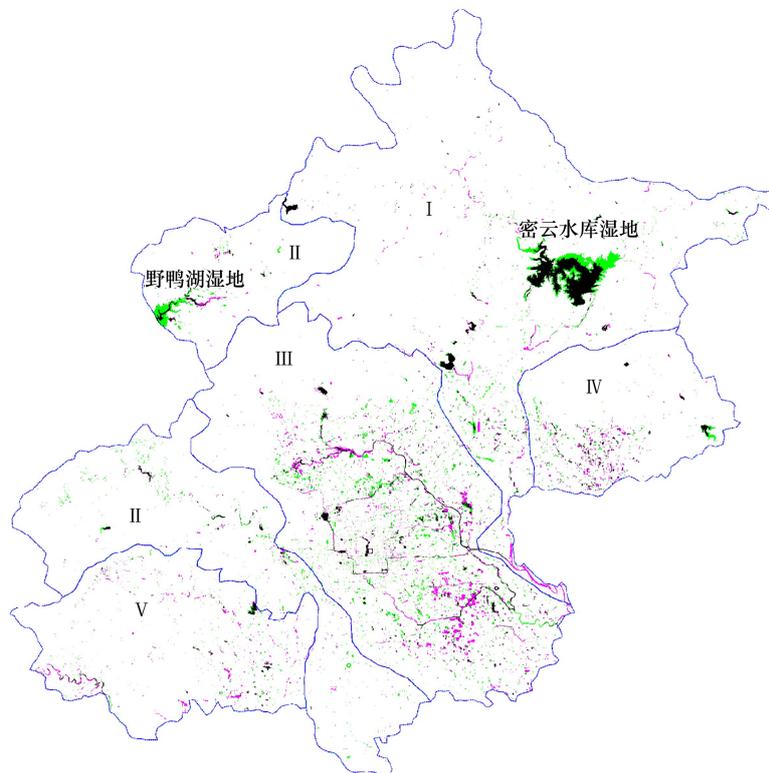


图 2 1991—2007 年北京湿地变化空间分布(绿色为减少区域,紫色为增加区域,黑色为未变区域)

Fig.2 Wetland change from 1991 to 2007 and its spatial distribution (green is decrease, purple is increase, black is unchanged)

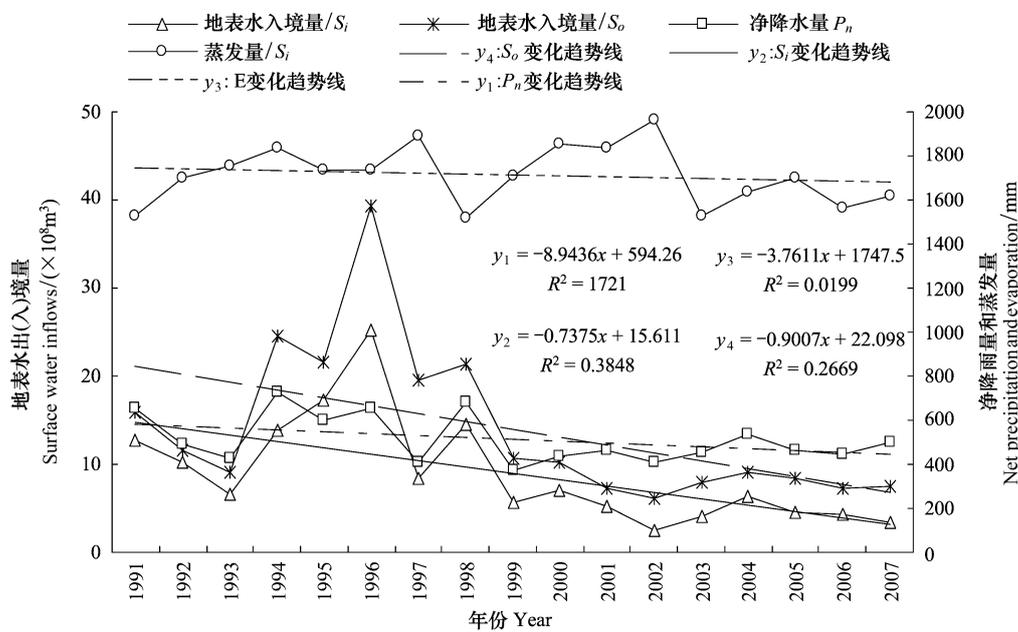


图3 1991—2007年净降水量、地表水入境量、蒸发量和地表水出境量统计特征

Fig.3 Change of evaporation, surface water inflows, net precipitation and surface water outflows from 1991 to 2007

表1 水文因子总体变化特征

Table 1 Changes of hydrological factor in wetland

	地表水入境流量 Surface water inflows /(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	净降水量 Net precipitation /(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	蒸发量 Evaporation /(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	地表水出境流量 Surface water outflows /(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )	城市供水量 Urban water supply /(10 <sup>8</sup> m <sup>3</sup> )
1991年	12.84	110.04	41.64	15.94	20.38
2007年	3.45	83.83	29.71	7.42	5.67
ΔHF <sub>k</sub>	9.39	26.21	11.93	8.52	14.71
%	73.13	23.82	28.65	53.45	72.18

### 3.2.2 净降水量和地表水入境量变化特征及其贡献率

降水和入境地表水几乎是北京湿地的唯一补给水源,其变化是导致湿地变化的最主要自然类驱动因子。特别是净降水量占地表水资源总量的91%,它是北京湿地维持和变化的最主要因子。如图3所示,1991年至2007年之间降水量和地表水入境量呈现出递减的趋势。相比之下,降水量递减趋势更为显著,地表水入境量随着时间的递减趋势更为明显。在此期间,只有1991年、1994年、1996年和1998年的降水量大于多年均值。1999年至2003年为持续干旱年,平均降雨量仅有427.80 mm,比多年均值少198.20 mm。从表1可以看出,与1991年相比,2007年降水量少了156 mm,大约为26.21×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>的水量。由于受上游区域的降水量、水资源利用等自然和人为因素的影响,与1991年相比较,2007年地表水入

境水量减少了9.39×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。

根据净降水量和地表水入境流量变化值,通过公式(3)和式(4)可以计算得到两个驱动力因子对湿地变化的贡献率分别为39.22%和14.05%。从湿地退化的角度来看,两者均是正贡献。相反,从湿地维持的角度,两者都是负贡献。

### 3.2.3 蒸发量和地表水出境量变化特征及其贡献率

水文方程中蒸发和出境地表水为两个主要水文输出因子,反映了自然条件变化对湿地变化的驱动效应。如图3所示,1991年至2007年蒸发强度和地表水出境量都呈现出递减的趋势。相比之下,出境地表水量降低的变化趋势更为显著,随着时间递减的变化趋势更为明显。与1991年相比,2007年蒸发强度有微弱的增加。综合考虑到2007年湿地面积变小的因素后,蒸发量在2007年比1991年少了约11.93×10<sup>8</sup> m<sup>3</sup>。与1991年相比,2007年地表水出境

量较少了约  $8.52 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。根据公式(3)和式(4)分析,蒸发强度的增加对于湿地维持呈现出负贡献,贡

献率为 11.85%。地表水出境量的减少有利于湿地的维持,表现为正贡献,贡献率为 12.75%。

表 2 城市用水量统计指标及其变化特征  
Table 2 Changes of urban water from wetland

统计指标 Statistic indexes		1991 年	2007 年	变化量 Change
生产用水	GDP/( $10^{12}$ 元)	598.90	9353.30	8754.40
Producing water	生产用水总量 Total volume of producing water/( $10^8 \text{ m}^3$ )	16.780	2.960	-13.82
	万元 GDP 用水量 Water per ten thousands GDP/ $\text{m}^3$	0.0280	0.0003	-0.0277
生活用水	人口数量 Population/ $10^4$	1094.00	1633.00	539.00
Living water	生活用水总量 Total volume of living water/( $10^8 \text{ m}^3$ )	3.60	2.62	-0.98
	人均用水量 Living water per capita/ $\text{m}^3$	32.91	16.04	-16.86

3.2.4 城市用水量变化特征及其贡献率

湿地作为城市发展的重要基础资源,为人类提供供给、调节、文化、支撑等许多生态服务,支撑城市发展。湿地提供服务与城市发展索取服务的互动过程,也是城市发展对湿地生态的干扰和胁迫过程。城市社会经济发展、人口扩张、科技进步等多种人为因素均影响着城市用水的变化,从而间接影响对湿地的胁迫作用。因此,人为胁迫过程主要为城市扩张和科技进步两个因素,城市扩张包括社会经济发展和人口扩张。

如图 4 所示,与 1991 年相比,2007 年地表水总供水量减少约  $14.71 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。图 4 和表 2 可以看出,1991—2007 年之间,生产用水量和生活用水量都呈现出下降趋势,尤其以生产用水量下降趋势更为显著。与 1991 年相比,GDP 和人口总数增加,但是生

产用水总量和生活用水总量都呈现明显减少,可能主要是科技进步使得产业转型和节水措施等而形成的。如果以 2007 年单位 GDP 用水量 and 人均用水量为参照标准,则 2007 年社会经济发展和人口扩张而引发的城市用水量仅增加了  $2.78 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $0.87 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。进而得到,科技进步为节约生产用水和生活用水量分别为  $16.59 \times 10^8 \text{ m}^3$  和  $1.84 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。根据公式(3)和(4),可以计算得到城市扩张和科技进步对湿地退化呈现出正贡献和负贡献,分别为 3.42% 和 25.55%。即,城市扩张对湿地生态构成胁迫,而科技进步有利于湿地维持和保育。

4 结论

以北京城市湿地为案例,基于卫星遥感数据提取了 1991 年和 2007 年湿地面积,利用湿地水文方程方法基于水量平衡分析了各湿地退化驱动因子的贡献率。结果表明:

(1) 与 1991 年相比,2007 年北京湿地较少约  $6275.31 \text{ hm}^2$ , 约占 1991 年湿地总面积的 24.46%。显著退化区域主要发生在野鸭湖湿地和密云水库湿地,分别减少了约  $1377.69 \text{ hm}^2$  和  $4654.50 \text{ hm}^2$ 。北运河流域、蓟运河流域南部和潮白河流域南部湿地变化频率较高,且较为分散、不集中。

(2) 湿地退化自然驱动因子以降水减少、入境地表水减少和蒸发量增加为主,贡献率分别为 39.22%、14.05% 和 11.85%。人为驱动因子以城市扩展为主,贡献率为 3.42%,而技术进步所采取的节水措施等有利于湿地保护,贡献率为 25.55%。

致谢:北京市林业勘察设计院王金增老师提供部分

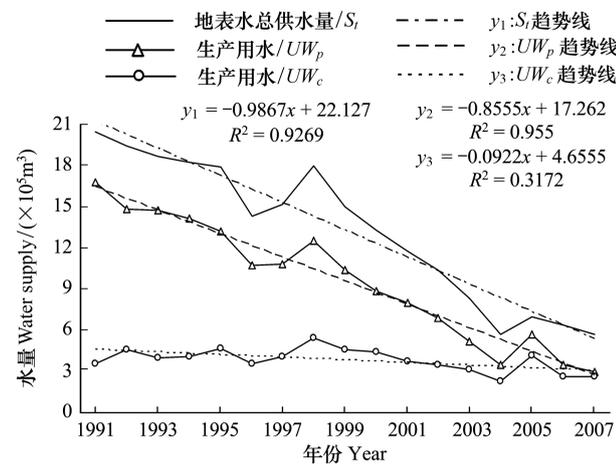


图 4 1991—2007 年地表水供水总量、生产用水量和生活用水量统计特征

Fig.4 Change of water supply, producing water and living water from 1991 to 2007

北京湿地基础资料,特此致谢。

#### References:

- [ 1 ] Mitsch W J, Gosselink J G. Wetlands(third edition). New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc., 2000.
- [ 2 ] Millennium Ecosystem Assessment Board. Ecosystem Services and Human Well-being: Wetlands and Water Synthesis. Washington, DC, USA: World Resources Institute, 2005.
- [ 3 ] Paula F H, William K. Mlehen. Detecting wetland change: a rule-based approach using NWI and SPOT-XS data. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 2000, 66: 205-211.
- [ 4 ] Prigent C, Matthews E, Aires F. Rossow W B. Remote sensing of global wetland dynamics with multiple satellite sets. Geophysical Research Letters, 2001, 28: 4631-4634.
- [ 5 ] Eric M N, Stephen D. Prince and Gregory T. Koeln. Wetland change mapping for the U.S. mid-Atlantic region using an outlier detection technique. Remote Sensing of Environment, 2008, 112: 4061-4074.
- [ 6 ] Munyati C. Wetland change detection on the Kafue Flats, Zambia, by classification of a multi-temporal remote sensing image dataset. International Journal of Remote Sensing, 2000, 21:1787-1806.
- [ 7 ] Corey B, Rick L Lawrence, Clifford Montagne and Duncan Patten. Change detection of wetland ecosystems using Landsat imagery and change vector analysis. Wetlands 27:610-619, 2007.
- [ 8 ] Sader S A, Ahl D, Liou W S. Accuracy of Landsat-TM and GIS rule-based methods for forest wetland classification in Maine. Remote Sensing of Environment, 1995, 53:133-144.
- [ 9 ] Kindscher K, Fraser A, Jakubauskas M E, Debinski D M. Identifying wetland meadows in Grand Teton National Park using remote sensing and average wetland values. Wetlands Ecology and Management, 1998, 5: 265-273.
- [ 10 ] Townsend P A, Walsh S J. Remote sensing of forested wetlands: application of multitemporal and multispectral satellite imagery to determine plant community composition and structure in southeastern USA. Plant Ecology, 2001, 157: 129-149.
- [ 11 ] Ramsey E W, Rangoonwala A, Nelson G, Ehrlich R. Mapping the invasive species, Chinese tallow, with EO1 satellite Hyperion hyperspectral image data and relating tallow occurrences to a classified Landsat Thematic Mapper land cover map. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26: 1637-1657.
- [ 12 ] Ringrose S A, Jellema P, Huntsman-Mapila, Barker L, Brubaker K. Use of remotely sensed data in the analysis of soil-vegetation changes along a drying gradient peripheral to the Okavango Delta, Botswana. International Journal of Remote Sensing, 2005, 26: 4293-4319.
- [ 13 ] Zalidis G C, Mantzavelas A L, Gourvelou E. Environmental impacts on Greek wetlands. Wetlands, 1997, 17:339-345.
- [ 14 ] Mirona J M. Degradation of wetland ecosystems: A case study of Kisii District, western Kenya. Biodiversity, 2006, 7: 3-16.
- [ 15 ] Jiang W, Wang W, Chen Y. Quantifying driving forces of urban wetlands change in Beijing. City Journal of Geographical Sciences 22(2): 301-314, 2012.
- [ 16 ] Beijing Gardening and Greening Bureau, Census report of Beijing wetlands, 2009.
- [ 17 ] Beijing Forestry Survey and Design Institute, Technology rules for Beijing wetlands survey, 2007.
- [ 18 ] McFeeters S K. The Use of Normalized Difference Water Index (NDWI) in the Delineation of Open Water Features. International Journal of Remote Sensing, 1996. 17 : 1425-1432.

#### 参考文献:

- [ 16 ] 北京市园林绿化局,北京市湿地普查报告,2009.
- [ 17 ] 北京市林业勘察设计院,北京市湿地资源普查操作技术细则,2007.

**ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34 ,No.3 Feb. ,2014( Semimonthly)**  
**CONTENTS**

**Frontiers and Comprehensive Review**

- Research advances and prospects of post-disaster ecological restoration assessment .....  
..... LIU Xiaofu, WANG Wenjie, LI Jing, et al ( 527)
- The sustainability analysis of small hydropower plants in China based on ecological energetic accounting .....  
..... PANG Mingyue, ZHANG Lixiao, WANG Changbo ( 537)

**Autecology & Fundamentals**

- An ecological study on zooplankton in the northern Beibu Gulf V: the effects of microzooplankton grazing on phytoplankton in  
summer ..... MA Lu, CAO Wenqing, ZHANG Wenjing, et al ( 546)
- Sexual size dimorphism and female individual fecundity of *Silurus asotus* and *Clarias fuscus* .....  
..... FAN Xiaoli, LIN Zhihua, DING Xianlong, et al ( 555)
- Effect of environmental temperature on thermogenesis and evaporative water loss in Chinese bulbuls (*Pycnonotus sinensis*) .....  
..... LIN Lin, CAO Mengting, HU Yilin, et al ( 564)
- Effects of irrigation on plant growth and nitrogen use characteristics of *Calligonum caput-medusae* Schrenk seedlings .....  
..... HUANG Caibian, ZENG Fanjiang, LEI Jiaqiang, et al ( 572)
- Enzymatic activity during phytoremediation of polycyclic aromatic hydrocarbon impacted soil .....  
..... ZHU Fan, HONG Xiangqi, YAN Wende, et al ( 581)
- Assessment of karst groundwater vulnerability in Chongqing based on revised RISKE model .....  
..... WEI Xingping, PU Junbing, ZHAO Chunyong ( 589)
- Monitoring salt and water dynamics in farmland and drainage ditch in a saline environment under reduced drainage intensity .....  
..... PAN Yanxin, LUO Wan, JIA Zhonghua, et al ( 597)

**Population, Community and Ecosystem**

- Spatial distribution and spatial association of *Stellera chamaejasme* population in the different altitude in degraded alpine grassland  
..... GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang, ZHUO MA Lancao ( 605)
- Biotic stress of predators on population of alligator weed flea beetle, *Agasicles hygrophila* ( Col.: Chrysomelidae) .....  
..... LIU Yufang, LI Fei, GUI Fangyan, et al ( 613)
- Characteristics of phytoplankton community in the northern South China Sea in summer and winter ..... MA Wei, SUN Jun ( 621)
- The amount and dynamics of litterfall in the natural secondary forest in Mopan Mountain .....  
..... FAN Chunnan, GUO Zhongling, ZHENG Jinping, et al ( 633)
- Effects of continuous drought on soil bacteria populations and community diversity in sweet cherry rhizosphere .....  
..... LIU Fangchun, XING Shangjun, MA Hailin, et al ( 642)
- The basic principle of random forest and its applications in ecology: a case study of *Pinus yunnanensis* .....  
..... ZHANG Lei, Wang Linlin, ZHANG Xudong, et al ( 650)
- Quantitative analysis of driving factors for wetland degradation based on hydrology balance .....  
..... HOU Peng, SHEN Wenming, WANG Qiao, et al ( 660)
- Stomatal and environmental control on evapotranspiration in a plantation in the lower mountain areas of North China .....  
..... HUANG Hui, MENG Ping, ZHANG Jinsong, et al ( 667)
- The fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide in alpine grassland of the Tianshan Mountains, Xinjiang .....  
..... HE Guixiang, LI Kaihui, SONG Wei, et al ( 674)

**Landscape, Regional and Global Ecology**

- Analysis the relationship between ecological footprint (EF) of ningxia and influencing factors: Partial Least-Squares Regression (PLS) ..... MA Mingde, MA Xuejuan, XIE Yingzhong, et al (682)
- Profile distribution patterns of soil organic carbon and the rate of carbon sequestration in Ningxia Irrigation Zone ..... DONG Linlin, YANG Hao, YU Dongsheng, et al (690)
- Molecular mechanism on carbon dioxide assimilation of autotrophic microorganism and carbon translocation in agricultural soils ..... WU Xiaohong, JIAN Yan, CHEN Xiaojuan, et al (701)

**Resource and Industrial Ecology**

- Ecological efficiency analysis of the circular economy system in mining area based on emergy analytic approach ..... SUN Yufeng, GUO Quanying (710)
- Assessing synthetic carrying capacity based on AD-AS model: a case study in Coastal Zone, Zhoushan ..... SU Panpan, YE Shufeng, GUO Zhongyang, et al (718)

**Urban, Rural and Social Ecology**

- Driving forces analysis of urban expansion based on boosted regression trees and Logistic regression ..... LI Chunlin, LIU Miao, HU Yuanman, et al (727)

**Research Notes**

- Spatial-temporal variability of dry and wet deposition of atmospheric nitrogen in different ecological regions of Shaanxi ..... LIANG Ting, TONG Yan'an, LIN Wen, et al (738)
- The effects of different mulching way on soil water thermal characteristics in pear orchard in the arid area ..... LIU Xiaoyong, LI Hongxun, LI Jianming, et al (746)
- Structure and diversity of soil fauna communities in the tundra of the Changbai Mountains, China ..... WANG Zhenhai, YIN Xiuqin, JIANG Yunfeng (755)
- Modeling the total allowable area for coastal reclamation: a case study of Xiamen, China ..... LIN Chenchen, RAO Huanhuan, LIU Yan, et al (766)

# 《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 3 期 (2014 年 2 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 3 (February, 2014)

**编 辑** 《生态学报》编辑部  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085  
电话:(010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**主 编** 王如松

**主 管** 中国科学技术协会

**主 办** 中国生态学学会  
中国科学院生态环境研究中心  
地址:北京海淀区双清路 18 号  
邮政编码:100085

**出 版** 科 学 出 版 社  
地址:北京东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717

**印 刷** 北京北林印刷厂

**发 行** 科 学 出 版 社  
地址:东黄城根北街 16 号  
邮政编码:100717  
电话:(010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

**订 购** 全国各地邮局

**国外发行** 中国国际图书贸易总公司  
地址:北京 399 信箱  
邮政编码:100044

**广告经营** 京海工商广字第 8013 号  
**许 可 证**

**Edited** by Editorial board of  
ACTA ECOLOGICA SINICA  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China  
Tel: (010)62941099  
www.ecologica.cn  
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

**Editor-in-chief** WANG Rusong

**Supervised** by China Association for Science and Technology

**Sponsored** by Ecological Society of China  
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS  
Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

**Published** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North Street,  
Beijing 100717, China

**Printed** by Beijing Bei Lin Printing House,  
Beijing 100083, China

**Distributed** by Science Press  
Add: 16 Donghuangchenggen North  
Street, Beijing 100717, China  
Tel: (010)64034563  
E-mail: journal@cspg.net

**Domestic** All Local Post Offices in China

**Foreign** China International Book Trading  
Corporation  
Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933  
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元