

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第21期 Vol.32 No.21 **2012**

中国生态学学会
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 32 卷 第 21 期

2012 年 11 月 (半月刊)

目 次

白洋淀富营养化湖泊湿地厌氧氨氧化菌的分布及对氮循环的影响.....	王衫允,祝贵兵,曲冬梅,等 (6591)
造纸废水灌溉对滨海退化盐碱湿地土壤酶活性的响应.....	夏孟婧,苗颖,陆兆华,等 (6599)
图们江下游湿地生态系统健康评价.....	朱卫红,郭艳丽,孙 鹏,等 (6609)
适应白洋淀湿地健康评价的 IBI 方法.....	陈 展,林 波,尚 鹤,等 (6619)
基于 MODIS 的洞庭湖湿地面积对水文的响应.....	梁 婕,蔡 青,郭生练,等 (6628)
崇明东滩湿地不同潮汐带入侵植物互花米草根际细菌的多样性.....	章振亚,丁陈利,肖 明 (6636)
中国东部亚热带地区树轮 $\delta^{13}\text{C}$ 方位变化的谐波分析.....	赵兴云,李宝惠,王 建,等 (6647)
甘肃臭草型退化草地优势种群空间格局及其关联性.....	高福元,赵成章 (6661)
川西亚高山/高山森林土壤氧化还原酶活性及其对季节性冻融的响应.....	谭 波,吴福忠,杨万勤,等 (6670)
模拟分类经营对小兴安岭林区森林生物量的影响.....	邓华卫,布仁仓,刘晓梅,等 (6679)
苹果三维树冠的净光合速率分布模拟.....	高照全,赵晨霞,张显川,等 (6688)
拟茎点霉 B3 与有机肥配施对连作草莓生长的影响.....	郝玉敏,戴传超,戴志东,等 (6695)
落叶松林土壤可溶性碳、氮和官能团特征的时空变化及与土壤理化性质的关系.....	苏冬雪,王文杰,邱 岭,等 (6705)
人工固沙区与流沙区准噶尔无叶豆种群数量特征与空间格局对比研究.....	张永宽,陶 冶,刘会良,等 (6715)
山地河流浅滩深潭生境大型底栖动物群落比较研究——以重庆开县东河为例.....	王 强,袁兴中,刘 红 (6726)
荣成俚岛人工鱼礁区游泳动物群落特征及其与主要环境因子的关系.....	吴忠鑫,张 磊,张秀梅,等 (6737)
北黄海秋、冬季浮游动物多样性及年间变化.....	杨 青,王真良,樊景凤,等 (6747)
鄂尔多斯市土地利用生态安全格局构建.....	蒙古军,朱利凯,杨 倩,等 (6755)
村落文化林与非文化林多尺度物种多样性加性分配.....	高 虹,陈圣宾,欧阳志云 (6767)
不同生计方式农户的环境感知——以甘南高原为例.....	赵雪雁 (6776)
两种预测模型在地下水动态中的比较与应用.....	张 霞,李占斌,张振文,等 (6788)
四川黄龙沟少花鹤顶兰繁殖成功特征.....	黄宝强,寇 勇,安德军 (6795)
硝化抑制剂对蔬菜土硝化和反硝化细菌的影响.....	杨 扬,孟德龙,秦红灵,等 (6803)
新疆两典型微咸水湖水体免培养古菌多样性.....	邓丽娟,娄 恺,曾 军,等 (6811)
白洋淀异养鞭毛虫群落特征及其与环境因子的相关性.....	赵玉娟,李凤超,张 强,等 (6819)
双酚 A 对萼花臂尾轮虫毒性及生活史的影响.....	陆正和,赵宝坤,杨家新 (6828)
孵化温度对双斑锦蛇初生幼体行为和呼吸代谢的影响.....	曹梦洁,祝 思,蔡若茹,等 (6836)
黄玛草蛉捕食米蛾卵的功能反应与数值反应.....	李水泉,黄寿山,韩诗畴,等 (6842)
互惠-寄生耦合系统的稳定性.....	高 磊,杨 燕,贺军州,等 (6848)
超微七味白术散对肠道微生物及酶活性的影响.....	谭周进,吴 海,刘富林,等 (6856)
专论与综述	
氮沉降对森林生态系统碳吸存的影响.....	陈 浩,莫江明,张 炜,等 (6864)
全球 CO_2 水平升高对浮游植物生理和生态影响的研究进展.....	赵旭辉,孔繁翔,谢薇薇,等 (6880)
跨界自然保护区——实现生物多样性保护的新手段.....	石龙宇,李 杜,陈 蕾,等 (6892)
研究简报	
会同和朱亭 11 年生杉木林能量积累与分配.....	康文星,熊振湘,何介南,等 (6901)
退化草地阿尔泰针茅生殖株丛与非生殖株丛的空间格局.....	任 珩,赵成章,高福元,等 (6909)
期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥70.00 * 1510 * 35 * 2012-11	

封面图说:白洋淀是华北地区最大的淡水湖泊湿地。淀区内沟壕纵横交织错落,村庄、苇地、园田星罗棋布,在水文、水化学、生物地球化学循环以及生物多样性等方面,具有非常复杂的异质性。随着上游城镇污废水、农田径流进入水域,淀区富营养化日益加剧。复杂的水环境特点、高度的景观异质性和良好的生物多样性,使得该地区成为探索规模性厌氧氨氧化反应的良好研究地点(详见本期第 6591—6598 页)。

彩图提供:王为东博士 中国科学院生态环境研究中心 E-mail: wdwangh@yahoo.com

DOI:10.5846/stxb201110041448

梁婕,蔡青,郭生练,谢更新,李晓东,黄璐,曾光明,龙勇,武海鹏. 基于 MODIS 的洞庭湖湿地面积对水文的响应. 生态学报, 2012, 32(21): 6628-6635.

Liang J, Cai Q, Guo S L, Xie G X, Li X D, Huang L, Zeng G M, Long Y, Wu H P. MODIS-based analysis of wetland area responses to hydrological processes in the Dongting Lake. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(21): 6628-6635.

基于 MODIS 的洞庭湖湿地面积对水文的响应

梁 婕^{1,2}, 蔡 青^{1,2}, 郭生练^{1,2,3}, 谢更新^{1,2}, 李晓东^{1,2}, 黄 璐^{1,2},
曾光明^{1,2,*}, 龙 勇^{1,2}, 武海鹏^{1,2}

(1. 湖南大学环境科学与工程学院, 长沙 410082; 2. 环境生物与控制教育部重点实验室(湖南大学), 长沙 410082;
3. 武汉大学 水资源与水电工程科学国家重点实验室, 武汉 430072)

摘要:利用 MODIS 影像数据集提取了 2000—2010 年间的洞庭湖水面积。结合城陵矶水位数据分析了 10 月—翌年 5 月洞庭湖水体湿地和洲滩湿地的面积变化。研究表明,洞庭湖水体湿地呈现明显减小的趋势。2010 年 2 月、10 月、12 月较 2000 年 2 月、10 月、12 月相比,分别有 29.98%、26.76% 和 9.02% 水体湿地转化为洲滩湿地。城陵矶在 24—26 m 水位涨落的时序变化较大,使东洞庭湖草滩湿地提前出露。推迟淹没,洲滩湿地裸露时间延长,亦将导致低海拔的草滩湿地向芦苇滩湿地的演变。洞庭湖湿地面积的变化是三口、四水来水减少、降雨减少等多方因素共同作用的结果,而三峡在 9—10 月间蓄水,将进一步加重湿地洲滩化的趋势

关键词:洞庭湖; MODIS; 湿地; 水文; 三峡工程; 时间序列

MODIS-based analysis of wetland area responses to hydrological processes in the Dongting Lake

LIANG Jie^{1,2}, CAI Qing^{1,2}, GUO Shenglian^{1,2,3}, XIE Gengxin^{1,2}, LI Xiaodong^{1,2}, HUANG Lu^{1,2}, ZENG Guangming^{1,2,*}, LONG Yong^{1,2}, WU Haipeng^{1,2}

1 College of Environmental Science and Engineering, Hunan University, Changsha 410082, China

2 Key Laboratory of Environmental Biology and Pollution Control Ministry of Education, Hunan University, Changsha 410082, China

3 School of Water Resource and Hydropower, Wuhan University, Wuhan 430072, China

Abstract: The Dongting Lake is the largest lake in the Middle and Lower Yangtze River and ranks the second largest freshwater lake in China. Seasonal fluctuation of water-level in the Dongting Lake forms stable wetland resources. A large area of shallow marshes and mudflats, which are exposed over water surface during the non-flood season in the winter, provide habitats for several migratory birds. In recent years, the effects of the hydrological processes on wetland ecological system have aroused worldwide attention. The complex nonlinear relationship between the Yangtze River and the Dongting Lake has led significant changes in hydrological processes in the Dongting Lake after the running of the Three Gorges Project.

Data sets of surface area in the Dongting Lake were extracted using MODIS imagery from 2000 to 2010. During interpretation process, NDVI index and NIR band threshold were set to 1000, meaning that NDVI and NIR band values less than 1000 were water wetlands and values higher than 1000 were beach wetlands, including mudflat wetlands, grass wetlands and reed wetlands. Since the water-level of the Chenglingji was proportional to the surface area in the Dongting

基金项目:国务院三峡委员会项目(SX2010-026);国家自然科学基金项目(51039001, 51009063, 50808071);广州白云湖水水质改善项目(BYHGLC-2010-02);新世纪优秀人才支持计划资助(NCET-08-0181);湖南大学青年教师成长计划资助

收稿日期:2011-10-04; 修订日期:2012-05-31

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zgming@hnu.edu.cn

Lake, the observed water-level data sets were used to validate the rationality of the extracted surface area data sets. The results revealed that correlation coefficient of the extracted surface area and water-level was 0.8058. Mann-Kendall (MK) nonparametric test showed that the Z_s statistics were -2.4986, -3.0867 and -2.5421 in the 0.05 level of significance for the whole year, from June to September (flood season) and from October to May in the next year (non-flood season) during 2000 to 2010, respectively. The trends indicated that runoff in the Dongting Lake was reduced dramatically during the last decade. The average surface water area decreased 15.21% and 32.05% during flood season and non-flood season in 2010 compared with that in 2000.

In the paper, wetlands in the Dongting Lake were divided into water wetlands and beach wetlands. More attention was paid to the changes of beach wetlands area during non-flood season because of its importance for migratory bird. The data sets of area of water wetlands and beach wetlands indicated that the area of water wetlands decreased dramatically while beach wetlands increased correspondingly from 2000 to 2010. Compared with the data in February, October, and December in 2000, 29.98%, 26.76%, and 9.02% water wetlands were changed into beach wetlands in the corresponding month in 2010, respectively. According to the statistics of observed water-level of the Chenglingji that firstly and lastly reached 24m, 25m, 26m, 27m and 28m, water-level fluctuation was investigated. The results showed that water-level fluctuation from 24 m to 26 m led to earlier exposure of beach wetlands and later flood of beach wetlands, which prolonged the exposure time of beach wetlands. The change of water wetlands and beach wetlands promoted the evolution of mudflat wetland to grass wetland in the East Dongting Lake at water-level of 24m to 26m. In conclusion, it is multi-factors, including reduction of runoff from Sankou (Songzi, Ouhe, Taiping) and Sishui (River Xiang, River Zi, River Yuan and River Li) and reduction of rainfall etc., that contributed to the responses of wetlands area to hydrological process of the Dongting Lake. The impoundment of the Three Gorges Project in September to October would further aggravate the trend of water wetlands changing into beach wetlands.

Key Words: Dongting; MODIS data; wetland; hydrology; Three Gorges Project; time series

洞庭湖是长江中下游最大的调蓄湖泊,我国第二大淡水湖泊。它吸纳长江荆江段松滋、藕池、太平三口的分流,同时接纳湘、资、沅、澧四水,最后在城陵矶汇入长江,对长江中下游地区调蓄洪水、维持水沙平衡等具有重要作用。“涨水是湖、落水为洲”是洞庭湖的主要水文特征,其规律性涨落的水文过程形成了多样、稳定的湿地资源,孕育了丰富的野生动植物资源,特别是在枯水季节,大面积的浅水沼泽、泥滩显露出水面,为越冬候鸟提供了良好的栖息地,是全球少有的几大基因库之一。

三峡工程是世界上最大的水利工程。三峡工程于1994年开工;2003年6月蓄水至135m后,进入围堰挡水发电期;2006年10月蓄水至156m;2009年竣工;2010年10月,最终蓄水至175m后,转入正常运行期。三峡工程的建成蓄水,长江和洞庭湖江湖关系发生了显著变化。研究表明,三峡的运行对洞庭湖三口、城陵矶的水位、流量有较大影响^[1-4]。水文是湿地生态系统的重要环境因子之一。近年来,由于气候条件的变化和人为干扰,水文对湿地生态系统的影响受到关注^[5-9]。由于洞庭湖湿地生态系统的重要性和地理位置的特殊性,洞庭湖湿地生态对水文的响应备受关注。复杂的江湖水动力交互作用使得湿地水文过程变化有明显的非线性。研究发现受江湖关系和湖盆地形的影响,与长江水力联系紧密的东洞庭湖、南洞庭湖东部和西洞庭湖北部受三峡水库调节影响大^[10]。同时,研究发现1952—2000年间洞庭湖不同淹水天数的洲滩地发生变化,2001—2007年冬半年洞庭湖水体面积每年减少16km²^[11]。

本文将洞庭湖湿地分为水体湿地和洲滩湿地。在2000—2010年的MODIS影像数据系列提取系列洞庭湖水面积,作为洞庭湖水体湿地的面积,并计算洞庭湖洲滩湿地面积,研究洞庭湖水体湿地和洲滩湿地的消长关系,并结合城陵矶水位等数据分析水体湿地与洲滩湿地的变化对洞庭湖区域水文过程的响应,探求三峡时期湿地生态系统演替的原因,为洞庭湖湿地资源的保护提供依据。

1 研究区域与数据来源

洞庭湖位于荆江南岸,跨湘、鄂两省,介于北纬 $28^{\circ}30'$ — $30^{\circ}20'$,东经 $110^{\circ}40'$ — $113^{\circ}10'$ 之间,是我国第二大淡水湖泊。本文的研究区域北起长江中游荆江南岸,南至湘阴、益阳、沅江丘岗地界,东及岳阳、汨罗湘江东岸,西临澧县、桃源、汉寿西部丘岗岸边。在 MOD13Q1 数据产品中提出洞庭湖区域,面积 2789 km^2 。

洞庭湖区有三块国际重要湿地,是全球公认的重要的生态保护区。该区湿地位于东亚-澳大利亚候鸟迁徙线路上,是全球重要的迁徙候鸟的越冬地和洄游鱼类的产卵地、育肥场所,为全球的生物生存安全提供了栖息地和持续繁衍的保障。区域内越冬候鸟具有种类多、数量大、密集度高等特点,是长江中下游流域最重要的水鸟越冬地之一,同时也是中华鲟、白鲟和水生哺乳动物江豚、国家濒危动物白鳍豚的主要栖息地。

本文使用的数据为 MODIS 影像数据。数据从美国国家航空航天局(NASA)旗下的 WIST 网站(<https://wist.echo.nasa.gov/api>)免费申请。NASA 于 1999 年和 2002 年分别发射了对地观测卫星 TERRA 和 AQUA。搭载在 TERRA 和 AQUA 两颗卫星上的中分辨率成像光谱仪(MODIS)是美国地球观测系统(EOS)计划中用于观测全球生物和物理过程的重要仪器。它具有 36 个中等分辨率水平($0.25\text{—}1\text{ mm}$)的光谱波段,每 1—2 d 对地球表面观测 1 次,获取陆地和海洋温度、初级生产率、陆地表面覆盖、云、气溶胶、水汽和火情等目标的图像。本研究使用的数据产品为 MOD13Q1(TERRA)。数据集包括 16d 合成的 NVDI(Normalized Differential Vegetation Index,归一化植被指数)数据、EVI(Enhanced Vegetation Index,增强植被指数)数据、4 个波段的反射率值和一系列质量描述文件等。本文使用的水位数据来源于 1990—2010 年每日 3 次的城陵矶水文站实测水位数据,分析时取水位的日均值。

2 洞庭湖水面面积提取

采用最大值合成算法对 MOD13Q1 数据产品进行了预处理。合成过程中优先选择近星下点无云的像元,尽可能减小云、阴影、大气中气溶胶的影响,并应用二向反射率模型对观测角度进行了订正。经过上述处理,数据集在一定程度上去除了云层等的影响和干扰。但是,对长时间序列数据的研究发现,数据集仍存在一定程度的噪声影响。在进一步的研究中,为了增加洞庭湖水面提取的精度,使用 TIMESAT 软件包对 MODIS 数据进行进一步的滤波处理,去除数据时间序列中突变的部分^[12-13]。

利用 MODIS 影像数据提取水域有很多种方法。本文采取对 MODIS13Q1 数据的 NDVI 和 NIR(Near-infrared Reflectivity,近红外反射率)波段分别设定阈值的方法提取水面^[14-15]。在研究中 NDVI 与 NIR 波段阈值均设定为 1000,即认为 NDVI 和 NIR 波段值小于 1000 的均为水面,即广义上的水体湿地,NDVI 和 NIR 波段值大于 1000 为洲滩湿地,包括泥滩、草滩和芦苇滩涂。

3 结果与讨论

3.1 洞庭湖水面面积

提取了 2000—2010 年间每隔 16d 的洞庭湖水面面积,共获取 250 个数据。部分提取的水面面积见图 1。水面面积的时间序列见图 2。洞庭湖水面面积与城陵矶水位成一定的正比关系,采用城陵矶的水位实测值验证解译结果的合理性。从图 2b 可知,提取的洞庭湖水面面积基本与城陵矶水位成正比,相关系数达到 0.8058。

采用 Mann-Kendall(MK)非参数检验方法分析洞庭湖水面面积的变化趋势。在 0.05 显著性上,2000—2010 年洞庭湖全年、6—9 月(汛期)、10 月—翌年 5 月(非汛期)的水面面积变化的 Z_s 统计量分别为 -2.4986、-3.0867 和 -2.5421,均小于 -1.96,说明 2000—2010 年间洞庭湖水面面积有明显减少的趋势,2010 年汛期、非汛期的洞庭湖年均水面面积较 2000 年分别减少 15.21%、32.05%。2000—2010 年洞庭湖水面面积的统计值见表 1。

3.2 洞庭湖湿地面积的变化

洞庭湖水位有规律的季节性涨落,形成了稳定湿地景观。本文将洞庭湖湿地分为水体湿地和洲滩湿地。洲滩湿地是洞庭湖具有重要价值的生态系统,一般在非汛期出露^[16]。因此,本文重点研究非汛期洞庭湖水体

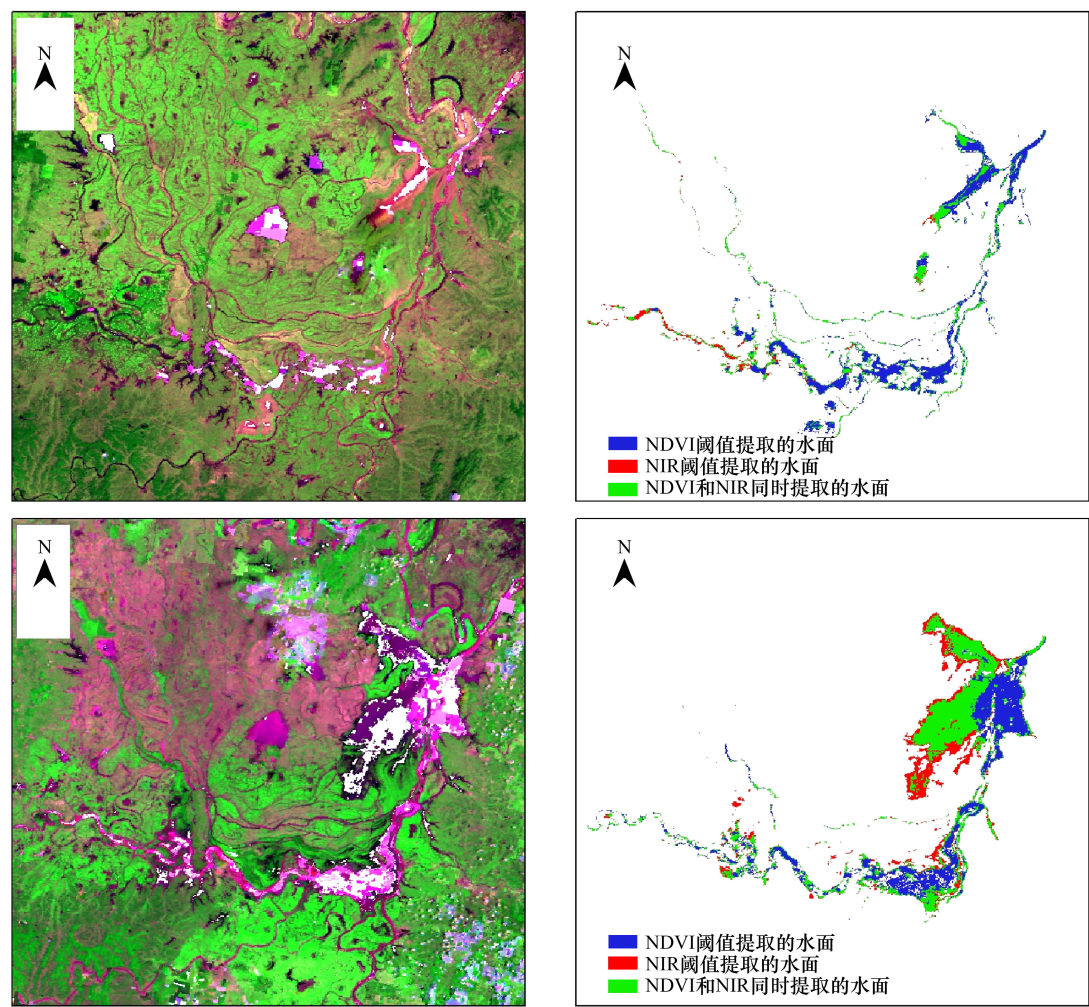


图 1 从 MODIS 数据中提取的洞庭湖水面

Fig.1 Imagery of water surface extracted from MODIS data

表 1 2000—2010 年洞庭湖水面积统计值/km²

时间 Time	6—9 月 June to September			10 月—翌年 5 月 October to May next year		
	平均值	最大值	最小值	平均值	最大值	最小值
	Mean Value	Maximum	Maximum	Mean Value	Maximum	Maximum
2000—2001	1675.67	1858.57	1365.87	739.04	1402.37	331.27
2001—2002	1164.07	1450.18	831.27	625.84	1659.96	263.92
2002—2003	1387.94	2004.80	562.51	716.05	1479.37	415.20
2003—2004	1772.97	1772.97	1031.01	484.88	962.48	261.35
2004—2005	1435.03	1644.50	1210.94	630.99	1347.20	286.78
2005—2006	1371.80	1627.33	1073.03	602.79	1102.43	324.40
2006—2007	790.90	1468.37	241.76	434.56	649.18	307.23
2007—2008	1213.75	1529.66	657.18	654.98	593.91	268.65
2008—2009	1153.45	1426.41	750.50	697.71	1201.28	356.76
2009—2010	1420.75	1298.95	465.86	502.17	1103.24	347.69

湿地和洲滩湿地的消长关系。2000—2010 年洞庭湖非汛期水体湿地和洲滩湿地的面积见图 3。特别的,2 月、10 月和 12 月的月均水位、月均水体湿地面积和月均洲滩面积见表 2。可见,2000—2010 年非汛期洞庭湖

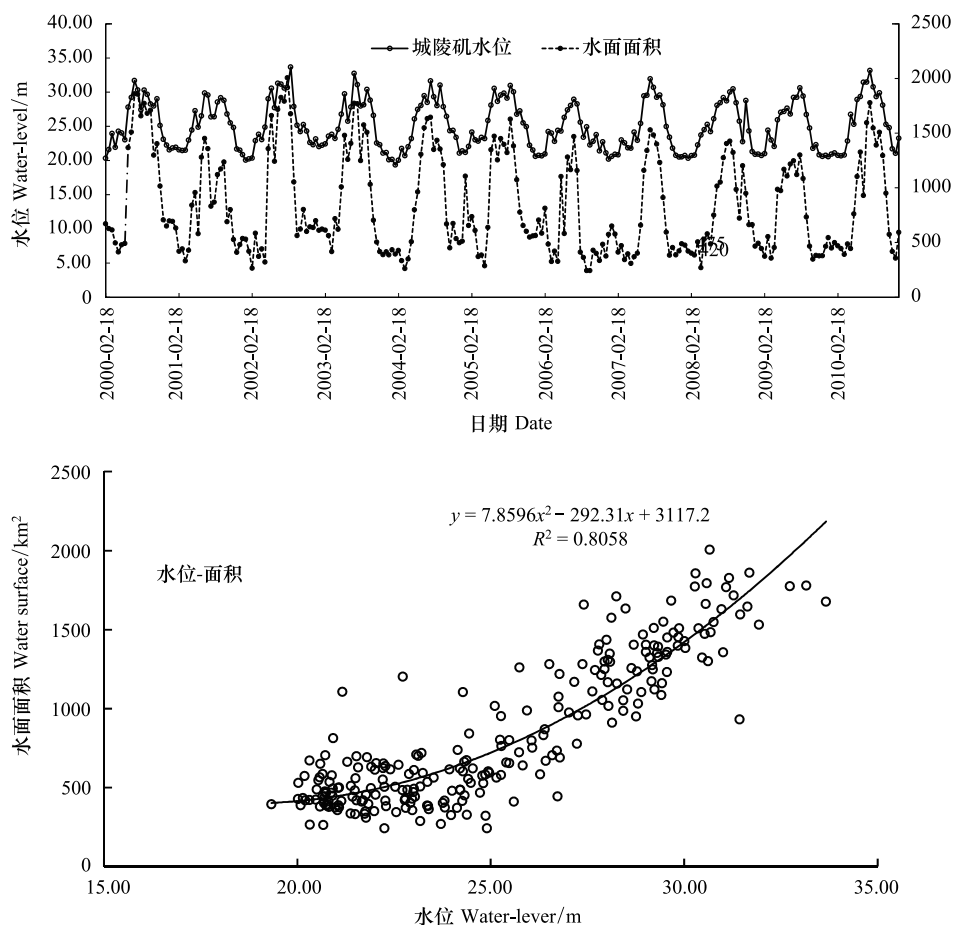


图2 洞庭湖水面面积(解译成果)与城陵矶水位(实测)

Fig. 2 Water surface area of Dongting Lake extracted from MODIS data and observed water-level of Chenglingji

水体湿地面积呈减少趋势,相应,洲滩湿地面积增加。2010年2月、10月、12月较2000年同月相比,分别有29.98%、26.76%和9.02%水体湿地转化为洲滩湿地。

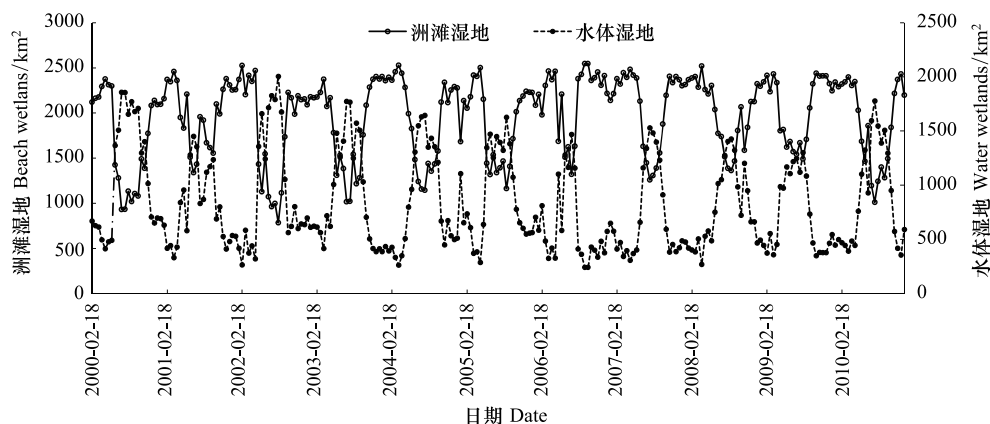


图3 2000—2010年洞庭湖水体湿地和洲滩湿地的面积序列

Fig. 3 Area of water wetlands and bench wetlands of the Dongting Lake extracted from MODIS data from 2000 to 2010

以东洞庭湖为例,根据黄进良^[17-18]的研究成果,东洞庭湖泥滩湿地分布在24 m以下高程,草滩湿地分布在24—26 m高程,芦苇湿地分布在26 m以上高程。本文统计了城陵矶水位首次末次达到24、25、26、27 m和28 m的时间(表3)。研究发现,三峡时期(2003年至今),城陵矶水位首次达到24、25、26 m和28 m的平均时

间较葛洲坝时期(1981—2002 年)分别推后了 2、8、7 d 和 2 d,城陵矶水位末次达到 28、27、26、25 m 和 24 m 的平均时间较葛洲坝时期(1981—2002 年)分别提前了 3、10、16、19 d 和 18 d。在 24 m 水位上,三峡运行后,共有 6a 城陵矶水位首次达到该水位的时间较葛洲坝时期推后,占有统计年份的 75%;共有 5a 城陵矶水位末次达到该水位的时间较葛洲坝时期提前,占有统计年份的 62.5%。在 25 m 水位上,三峡运行后,共有 5a 城陵矶水位首次达到该水位的时间较葛洲坝时期推后,占有统计年份的 62.5%;共有 6a 城陵矶水位末次达到该水位的时间较葛洲坝时期提前,占有统计年份的 75%。在 26 m 水位上,三峡运行后,共有 6a 城陵矶水位首次达到该水位的时间较葛洲坝时期推后,占有统计年份的 75%;共有 7a 城陵矶水位末次达到该水位的时间较葛洲坝时期提前,占有统计年份的 87.5%。在 27 m 水位上和 28 m 水位上,三峡运行后,城陵矶水位首次达到该水位的时间较葛洲坝时期推后的年份占有统计年份的 37.5% 和 50%,城陵矶水位末次达到该水位的时间较葛洲坝时期提前的年份占有统计年份的 67.5% 和 37.5%。可见,三峡时期水文涨落的规律性被打乱,东洞庭湖在 24—26 m 水位涨落的时序变化大。东洞庭湖水位的变化使东洞庭湖洲滩湿地提前出露、推迟淹没,洲滩积水时间梯度延长。特别地,分布在低高程的泥滩湿地裸露时间延长,将向草滩湿地演替。

表 2 2000—2010 年 2 月、10 月、12 月的洞庭湖水体湿地和洲滩湿地的面积

Table 2 Monthly area of water wetlands and beach wetlands in February, October and December from 2000 to 2010

时间 Time	水位/m Water-level	水体湿地/km ² Water wetland	洲滩湿地/km ² Beach wetland	时间 Time	水位/m Water-level	水体湿地/km ² Water wetland	洲滩湿地/km ² Beach wetland
2000-02-18	20.32	669.68	2119.32	2000-10-15	27.95	1297.40	1491.60
2000-12-18	22.23	650.47	2138.53	2001-02-18	21.53	418.10	2370.90
2001-10-16	26.79	689.54	2099.46	2001-12-19	21.49	479.87	2309.13
2002-02-18	20.33	263.92	2525.08	2002-10-16	24.21	621.01	2167.99
2002-12-19	22.28	635.50	2153.50	2003-02-18	22.41	612.96	2176.04
2003-10-16	26.60	703.60	2085.40	2003-12-19	21.14	413.65	2375.35
2004-02-18	20.02	426.96	2362.04	2004-10-15	26.43	668.13	2120.88
2004-12-18	21.06	497.42	2291.58	2005-02-18	24.15	736.12	2052.88
2005-10-16	27.23	776.64	2012.37	2005-12-19	21.51	558.65	2230.35
2006-02-18	20.93	811.57	1977.43	2006-10-16	22.80	428.08	2360.92
2006-12-19	21.08	374.85	2414.15	2007-02-18	20.81	411.39	2377.61
2007-10-16	24.97	593.91	2195.09	2007-12-19	20.48	421.64	2367.36
2008-02-18	20.69	402.00	2387.00	2008-10-15	25.74	721.58	2067.43
2008-12-18	21.30	662.81	2126.19	2009-02-18	20.98	373.40	2415.60
2009-10-16	21.76	347.69	2441.31	2009-12-19	20.74	463.34	2325.66
2010-02-18	20.74	468.92	2320.08	2010-10-16	25.27	950.24	1838.76
2010-12-19	23.25	591.81	2197.19				

表 3 城陵矶水位首次和末次到达 24、25、26、27、28 m 的平均时间(月-日)

Table 3 The average time of observed water-level of Chenglingji that firstly and lastly reached 24, 25, 26, 27 and 28 m

时间 Time	首次 First Arrival					末次 Last Arrival				
	24 m	25 m	26 m	27 m	28 m	28 m	27 m	26 m	25 m	24 m
1981—2002	04-08	04-22	05-05	05-21	06-06	09-30	10-13	10-25	11-09	11-17
2003	04-14	05-01	05-06	05-11	05-18	09-30	10-13	10-18	10-22	10-26
2004	05-02	05-05	05-07	05-16	06-07	09-28	10-11	10-20	10-24	11-22
2005	05-06	05-07	05-14	05-22	05-25	10-13	10-16	10-22	11-04	11-24
2006	03-02	04-14	05-13	05-14	06-16	08-01	08-04	08-12	09-13	09-19
2007	04-29	06-05	06-11	06-13	06-19	09-30	10-03	10-07	10-16	10-21
2008	04-16	04-26	06-02	06-16	06-18	11-19	11-23	11-26	11-30	12-03
2009	03-05	04-20	04-23	05-03	07-02	09-08	9-12	9-24	09-29	10-03
2010	04-13	04-17	04-21	04-24	05-22	09-30	10-4	10-7	10-31	11-04
2003—2010	04-10	04-30	05-12	05-18	06-08	09-27	10-3	10-9	10-21	10-30

洞庭湖通过三口与长江相连,并吸纳四水的入流和区间入流,在城陵矶注入长江。相关研究表明,近 30 a 四水流量为洞庭湖入湖水量的主要来源,占总入湖水量的 63% 左右,三口入湖流量只占洞庭湖入湖总流量的 25% 左右。三峡时期,三口、四水的来水量均呈现不同程度的减少^[19]。因此,洞庭湖湿地面积变化对水文的响应是多方面综合作用的结果,造成湿地洲滩裸露时间延长是三口、四水来水减少以及近年来降雨减少的共同结果。而三峡自 2003 年运行以来,经过 5 次蓄水过程,分别为 2003 年 6 月 1 日至 6 月 10 日蓄水至 135 m; 2006 年 9 月 20 日至 10 月 27 日蓄水至 156 m; 2007 年 9 月 25 日至 10 月 23 日蓄水至 156 m; 2008 年 9 月 28 日至 11 月 4 日蓄水至 172.3 m; 2009 年 9 月 15 日至 11 月底蓄水至 175 m; 2010 年 9 月 10 日至 10 月 26 日蓄水至 175 m。三峡在 9 月、10 月间蓄水,进一步将城陵矶水位末次达到 27、26 m 和 25 m 的时间提前,加重洲滩裸露的趋势。

4 结论

(1) 利用 MOD13Q1 数据产品,采用 NDVI 指数和 NIR 波段阈值法提取 2000—2010 年间洞庭湖水面积。提取的洞庭湖水面积基本与城陵矶实测水位成正比,相关系数达到 0.8058。

(2) 2000—2010 年洞庭湖全年、6—9 月(汛期)、10 月—翌年 5 月(非汛期)的水面面积有明显减少的趋势。2010 年汛期、非汛期的洞庭湖年均水面面积较 2000 年分别减少 15.21%、32.05%。

(3) 2000—2010 年洞庭湖湿地呈现水体湿地向洲滩湿转化的趋势。2010 年 2 月、10 月、12 月较 2000 年 2 月、10 月、12 月相比,分别有 29.98%、26.76% 和 9.02% 水体湿地面积转化为洲滩湿地。洞庭湖在 24—26 m 水位涨落的时序变化大,将导致洲滩湿地提前出露、推迟淹没。洞庭湖湿地面积变化对水文的响应是多方面综合作用的结果,造成湿地洲滩裸露时间延长是三口、四水来水减少以及近年来降雨减少的共同结果。而三峡在 9 月、10 月间蓄水,将进一步加重洲滩裸露的趋势。

References:

- [1] Fang C M, Zhong Z Q. The influence of capacity decrease on flood stages in Dongting Lake and in Yangtze River. *Journal of Hydraulic Engineering*, 2001, 32(11):70-75.
- [2] Huang Q, Sun Z D, Jiang J H. Impacts of the operation of the Three Gorges Reservoir on the lake water level of Lake Dongting. *Journal of Lake Sciences*, 2011, 23(3):424-428.
- [3] Luan Z Y, Shi Y, Chen L G, Jin Q. Analysis of water level and discharge variation in middle Yangtze River after impoundment of TGP reservoir. *Yangtze River*, 2009, 40(14):44-46.
- [4] Zhang X B, Lu J Y, Wang M, Huang Y, Xu Q X. Preliminary study on flow and sediment changing and influence on Dongting Lake after the Three Gorges Project operation. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2010, 19(6):640-644.
- [5] Huckelbridge K H, Stacey M T, Glenn E P, Dracup J A. An integrated model for evaluating hydrology, hydrodynamics, salinity and vegetation cover in a coastal desert wetland. *Ecological Engineering*, 2010, 36(7):850-861.
- [6] Li S N, Wang G X, Deng W, Hu Y M, Hu W W. Influence of hydrology process on wetland landscape pattern; a case study in the Yellow River Delta. *Ecological Engineering*, 2009, 35(12):1719-1726.
- [7] Wang L Q, Chen M J, Dai X Q, Feng H L, Wang G X, Huang C S. Analysis on ecological water demand and eco-hydrological configuration of wetlands in Songliao Basin. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(6):2894-2899.
- [8] Xie D M, Zheng P, Deng H B, Zhao J Z, Fan Z W, Fang Y. Landscape responses to changes in water levels at Poyang Lake wetlands. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(5):1269-1276.
- [9] Jiang W G, Hou P, Zhu X H, Cao G Z, Liu X M, Cao R Y. Analysis of vegetation response to rainfall with satellite images in Dongting Lake. *Journal of Geographical Science*, 2011, 21(1):135-149.
- [10] Lai X J, Jiang J H, Huang Q. Effect of Three Gorge Reservoir on the water regime of the Dongting Lake during important regulation periods. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2011, 20(2):167-173.
- [11] Peng P Q, Tong C L, Qiu S J. Variations of flooded days and areas of beach wetlands in Dongting Lake. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2007, 16(5):685-689.
- [12] Bian J H, Li A N, Song M Q, Ma L Q, Jiang J G. Reconstruction of NDVI time-series datasets of MODIS based on Savitzky-Golay filter. *Journal of Remote Sensing*, 2010, 14(4):725-741.

- [13] Li R, Zhang X, Liu B, Zhang B. Review on methods of remote sensing time-series data reconstruction. *Journal of Remote Sensing*, 2009, 13(2): 335-342.
- [14] Li J G, Li J R, Huang S F, Zuo C G. Application of Terra/MODIS time series data in Dynamic Monitoring of lake water area variations-a case study in Dongting Lake region, China. *Journal of Natural Resources*, 2009, 24(5):923-934.
- [15] Li J G, Li J R, Huang S F, Zang W B. The remote sensing monitoring analysis of Chinese Dongting Lake water area variations in last 10 years using Terra/MODIS data time series. *Journal of China Institute of Water Resources and Hydropower Research*, 2010, 8(3):201-208.
- [16] Yuan Z K. Resources and Environment of Dongting Lake Wetland. Changsha: Hunan Normal University Press, 2008:49-66.
- [17] Huang J L. The area change and succession of Dongtinghu Wetland. *Geographical Research*, 1999, 18(3):297-304.
- [18] Xie Y H, Chen X S. Effects of Three-Gorge Project on succession of wetland vegetation in Dongting Lake. *Research of Agricultural Modernization*, 2008, 29(6):684-687.
- [19] Li J B, Chang J, Lü D Q, Zhu X, Lu C Z, Zhou Y Y, Deng C X. The hydrological effect between Jingjiang River and Dongting Lake during initial period of Three Gorges Project Operation. *Acta Geographica Sinica*, 2009, 64(11):1342-1352.

参考文献:

- [1] 方春明, 钟正琴. 洞庭湖容积减小对洞庭湖和长江洪水位的影响. *水利学报*, 2001, 32(11):70-75.
- [2] 黄群, 孙占东, 姜加虎. 三峡水库运行对洞庭湖水位影响分析. *湖泊科学*, 2011, 23(3):424-428.
- [3] 栾震宇, 施勇, 陈炼钢, 金秋. 三峡工程蓄水前后长江中游水位流量变化分析. *人民长江*, 2009, 40(14):44-46.
- [4] 张细兵, 卢金友, 王敏, 黄悦, 许全喜. 三峡工程运用后洞庭湖水沙情势变化及其影响初步分析. *长江流域资源与环境*, 2010, 19(6):640-644.
- [7] 王立群, 陈敏建, 戴向前, 丰华丽, 王高旭, 黄昌硕. 松辽流域湿地生态水文结构与需水分析. *生态学报*, 2008, 28(6):2894-2899.
- [8] 谢冬明, 郑鹏, 邓红兵, 赵景柱, 樊哲文, 方豫. 鄱阳湖湿地水位变化的景观响应. *生态学报*, 2011, 31(5):1269-1276.
- [10] 赖锡军, 姜加虎, 黄群. 三峡水库调节典型时段对洞庭湖湿地水情特征的影响. *长江流域资源与环境*, 2011, 20(2):167-173.
- [11] 彭佩钦, 童成立, 仇少君. 洞庭湖洲滩地年淹水天数和面积变化. *长江流域资源与环境*, 2007, 16(5):685-689.
- [12] 边金虎, 李爱农, 宋孟强, 马利群, 蒋锦刚. MODIS 植被指数时间序列 Savitzky-Golay 滤波算法重构. *遥感学报*, 2010, 14(4):725-741.
- [13] 李儒, 张霞, 刘波, 张兵. 遥感时间序列数据滤波重建算法发展综述. *遥感学报*, 2009, 13(2):335-342.
- [14] 李景刚, 李纪人, 黄诗峰, 左春刚. Terra/MODIS 时间序列数据在湖泊水域面积动态监测中的应用研究——以洞庭湖地区为例. *自然资源学报*, 2009, 24(5):923-934.
- [15] 李景刚, 李纪人, 黄诗峰, 臧文斌. 近 10 年来洞庭湖区水面面积变化遥感监测分析. *中国水利水电科学研究院学报*, 2010, 8(3):201-208.
- [16] 袁正科. 洞庭湖湿地资源与环境. 长沙:湖南师范大学出版社, 2008:49-66.
- [17] 黄进良. 洞庭湖湿地的面积变化与演替. *地理研究*, 1999, 18(3):297-304.
- [18] 谢永宏, 陈心胜. 三峡工程对洞庭湖湿地植被演替的影响. *农业现代化研究*, 2008, 29(6):684-687.
- [19] 李景保, 常疆, 吕殿青, 朱翔, 卢承志, 周跃云, 邓楚雄. 三峡水库调度运行初期荆江与洞庭湖区的水文效应. *地理学报*, 2009, 64(11):1342-1352.

CONTENTS

Widespread of anaerobic ammonia oxidation bacteria in an eutrophic freshwater lake wetland and its impact on nitrogen cycle	WANG Shanyun, ZHU Guibing, QU Dongmei, et al (6591)
Responses of soil enzyme activities of degraded coastal saline wetlands to irrigation with treated paper mill effluent	XIA Mengjing, MIAO Ying, LU Zhaoxia, et al (6599)
Wetland ecosystem health assessment of the Tumen River downstream	ZHU Weihong, GUO Yanli, SUN Peng, et al (6609)
An index of biological integrity: developing the methodology for assessing the health of the Baiyangdian wetland	CHEN Zhan, LIN Bo, SHANG He, et al (6619)
MODIS-based analysis of wetland area responses to hydrological processes in the Dongting Lake	LIANG Jie, CAI Qing, GUO Shenglian, et al (6628)
The diversity of invasive plant <i>Spartina Alterniflora</i> rhizosphere bacteria in a tidal salt marshes at Chongming Dongtan in the Yangtze River estuary	ZHANG Zhengya, DING Chengli, XIAO Ming (6636)
Analyzing the azimuth distribution of tree ring $\delta^{13}\text{C}$ in subtropical regions of eastern China using the harmonic analysis	ZHAO Xingyun, LI Baohui, WANG Jian, et al (6647)
In the process of grassland degradation the spatial pattern and spatial association of dominant species	GAO Fuyuan, ZHAO Chengzhang (6661)
Activities of soil oxidoreductase and their response to seasonal freeze-thaw in the subalpine/alpine forests of western Sichuan	TAN Bo, WU Fuzhong, YANG Wanqin, et al (6670)
Simulating the effects of forestry classified management on forest biomass in Xiao Xing'an Mountains	DENG Huawei, BU Rencang, LIU Xiaomei, et al (6679)
The simulation of three-dimensional canopy net photosynthetic rate of apple tree	GAO Zhaoquan, ZHAO Chenxia, ZHANG Xianchuan, et al (6688)
The effect of <i>Phomopsis</i> B3 and organic fertilizer used together during continuous cropping of strawberry (<i>Fragaria ananassa</i> Duch) ...	HAO Yumin, DAI Chuanchao, DAI Zhidong, et al (6695)
Temporal and spatial variations of DOC, DON and their function group characteristics in larch plantations and possible relations with other physical-chemical properties	SU Dongxue, WANG Wenjie, QIU Ling, et al (6705)
Comparisons of quantitative characteristics and spatial distribution patterns of <i>Eremosparton songoricum</i> populations in an artificial sand fixed area and a natural bare sand area in the Gurbantunggut Desert, Northwestern China	ZHANG Yongkuan, TAO Ye, LIU Huiliang, et al (6715)
Comparison study on macroinvertebrate assemblage of riffles and pools: a case study of Dong River in Kaixian County of Chongqing, China	WANG Qiang, YUAN Xingzhong, LIU Hong (6726)
Nekton community structure and its relationship with main environmental variables in Lidao artificial reef zones of Rongcheng	WU Zhongxin, ZHANG Lei, ZHANG Xiumei, et al (6737)
Zooplankton diversity and its variation in the Northern Yellow Sea in the autumn and winter of 1959, 1982 and 2009	YANG Qing, WANG Zhenliang, FAN Jingfeng, et al (6747)
Building ecological security pattern based on land use: a case study of Ordos, Northern China	MENG Jijun, ZHU Likai, YANG Qianet al (6755)
Additive partition of species diversity across multiple spatial scales in community culturally protected forests and non-culturally protected forests	GAO Hong, CHEN Shengbin, OUYANG Zhiyun (6767)
Environmental perception of farmers of different livelihood strategies: a case of Gannan Plateau	ZHAO Xueyan (6776)
Application and comparison of two prediction models for groundwater dynamics	ZHANG Xia, LI Zhanbin, ZHANG Zhenwen, et al (6788)
Pollination success of <i>Phaius delavayi</i> in Huanglong Valley, Sichuan	HUANG Baoqiang, KOU Yong, AN Dejun (6795)
Mechanism of nitrification inhibitor on nitrogen-transformation bacteria in vegetable soil	YANG Yang, MENG Denglong, QIN Hongling, et al (6803)
Archaea diversity in water of two typical brackish lakes in Xinjiang	DENG Lijuan, LOU Kai, ZENG Jun, et al (6811)
Abundance and biomass of heterotrophic flagellates in Baiyangdian Lake, as well as their relationship with environmental factors	ZHAO Yujuan, LI Fengchao, ZHANG Qiang, et al (6819)
Effects of bisphenol A on the toxicity and life history of the rotifer <i>Brachionus calyciflorus</i>	LU Zhenghe, ZHAO Baokun, YANG Jiaxin (6828)
Effect of incubation temperature on behavior and metabolism in the Chinese cornsnake, <i>Elaphe bimaculata</i>	CAO Mengjie, ZHU Si, CAI Ruoru, et al (6836)
Functional and numerical responses of <i>Mallada besalis</i> feeding on <i>Coreyra cephalonica</i> eggs	LI Shuiquan, HUANG Shoushan, HAN Shichou, et al (6842)
Stability analysis of mutualistic-parasitic coupled system	GAO Lei, YANG Yan, HE Junzhou, et al (6848)
Effect of ultra-micro powder qiweibaishuan on the intestinal microbiota and enzyme activities in mice	TAN Zhoujin, WU Hai, LIU Fulin, et al (6856)
Review and Monograph	
The effects of nitrogen deposition on forest carbon sequestration: a review	CHEN Hao, MO Jiangming, ZHANG Wei, et al (6864)
Effect of enhanced CO ₂ level on the physiology and ecology of phytoplankton	ZHAO Xuhui, KONG Fanxiang, XIE Weiwei, et al (6880)
Transboundary protected areas as a means to biodiversity conservation	SHI Longyu, LI Du, CHEN Lei, et al (6892)
Scientific Note	
The energy storage and its distribution in 11-year-old chinese fir plantations in Huitong and Zhuting	KANG Wenxing, XIONG Zhengxiang, HE Jienan, et al (6901)
Spatial pattern of sexual plants and vegetative plants of <i>Stipa krylovii</i> population in alpine degraded grassland	REN Heng, ZHAO Chengzhang, GAO Fuyuan, et al (6909)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的生态学专业性高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究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;新书评介和学术、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,300 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 32 卷 第 21 期 (2012 年 11 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 21 (November, 2012)

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	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
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
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	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:1000717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
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	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
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	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



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 70.00 元