

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第32卷 第15期 Vol.32 No.15 **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 15 期

2012 年 8 月 (半月刊)

目 次

放牧对青藏高原东部两种典型高寒草地类型凋落物分解的影响.....	张艳博,罗 鹏,孙 庚,等 (4605)
北京地区外来入侵植物分布特征及其影响因素.....	王苏铭,张 楠,于琳倩,等 (4618)
温带混交林碳水通量模拟及其对冠层分层方式的响应——耦合的气孔导度-光合作用-能量平衡模型	施婷婷,高玉芳,袁凤辉,等 (4630)
洞庭湖景观格局变化及其对水文调蓄功能的影响	刘 娜,王克林,段亚锋 (4641)
大辽河口水环境污染生态风险评估.....	于 格,陈 静,张学庆,等 (4651)
标准化方法筛选参照点构建大型底栖动物生物完整性指数	渠晓东,刘志刚,张 远 (4661)
不同年龄段大连群体菲律宾蛤仔 EST-SSR 多样性	虞志飞,闫喜武,张跃环,等 (4673)
基于地统计分析西印度洋黄鳍金枪鱼围网渔获量的空间异质性	杨晓明,戴小杰,朱国平 (4682)
广东罗坑自然保护区鳄蜥生境选择的季节性差异.....	武正军,戴冬亮,宁加佳,等 (4691)
甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理化性质.....	魏 强,凌 雷,柴春山,等 (4700)
短轮伐期毛白杨不同密度林分土壤有机碳和全氮动态.....	赵雪梅,孙向阳,康向阳,等 (4714)
放牧对呼伦贝尔草地植物和土壤生态化学计量学特征的影响.....	丁小慧,官 立,王东波,等 (4722)
UV-B 辐射增强对抗除草剂转基因水稻 CH ₄ 排放的影响	娄运生,周文麟 (4731)
基于核磁共振波谱的盐芥盐胁迫代谢组学分析.....	王新宇,王丽华,于 萍,等 (4737)
广西甘蔗根际高效联合固氮菌的筛选及鉴定.....	胡春锦,林 丽,史国英,等 (4745)
不同稻蟹生产模式对土壤活性有机碳和酶活性的影响.....	安 辉,刘鸣达,王耀晶,等 (4753)
大兴安岭火烧迹地恢复初期土壤微生物群落特征.....	白爱芹,傅伯杰,曲来叶,等 (4762)
川西北冷杉林恢复过程中土壤动物群落动态.....	崔丽巍,刘世荣,刘兴良,等 (4772)
内生真菌角担子菌 B6 对连作西瓜土壤尖孢镰刀菌的影响	肖 逸,戴传超,王兴祥,等 (4784)
西江颗粒直链藻种群生态特征.....	王 超,赖子尼,李跃飞,等 (4793)
大型人工湿地生态可持续性评价.....	张依然,王仁卿,张 建,等 (4803)
孢粉、炭屑揭示的黔西高原 MIS3b 期间古植被、古气候演变	赵增友,袁道先,石胜强,等 (4811)
树干径流对梭梭“肥岛”和“盐岛”效应的作用机制	李从娟,雷加强,徐新文,等 (4819)
豆科作物-小麦轮作方式下旱地小麦花后干物质及养分累积、转移与产量的关系	杨 宁,赵护兵,王朝辉,等 (4827)
一次陆源降雨污水引起血红哈卡藻赤潮的成因.....	刘义豪,宋秀凯,靳 洋,等 (4836)
盐城国家级自然保护区景观格局变化及其驱动力.....	王艳芳,沈永明 (4844)
城市屋顶绿化资源潜力评估及绿化策略分析——以深圳市福田区为例.....	邵天然,李超骥,曾 辉 (4852)
黄河三角洲区域生态经济系统动态耦合过程及趋势.....	王介勇,吴建寨 (4861)
重庆市生态功能区蝴蝶多样性参数	李爱民,邓合黎,马 琦 (4869)
专论与综述	
干旱半干旱区不同环境因素对土壤呼吸影响研究进展.....	王新源,李玉霖,赵学勇,等 (4890)
土壤呼吸的温度敏感性——全球变暖正负反馈的不确定因素.....	栾军伟,刘世荣 (4902)
森林土壤甲烷吸收的主控因子及其对增氮的响应研究进展.....	程淑兰,方华军,于贵瑞,等 (4914)
湖泊氮素氧化及脱氮过程研究进展	范俊楠,赵建伟,朱端卫 (4924)
研究简报	
刈割对人工湿地风车草生长及污水净化效果的影响.....	吕改云,何怀东,杨丹菁,等 (4932)
学术信息与动态	
全球气候变化与粮食安全——2012 年 Planet Under Pressure 国际会议述评	安艺明,赵文武 (4940)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 338 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2012-08



封面图说:水杉是中国特有种,国家一级保护植物,有植物王国“活化石”之称,是 1946 年由中国的植物学家在湖北的利川磨刀溪发现的。水杉曾广泛分布于北半球,第四纪冰期以后,水杉属的其他种类全部灭绝,水杉确在中国川、鄂、湘边境地带得以幸存,成为旷世奇珍。水杉耐水,适应力强,生长极为迅速,其树干通直挺拔,高大秀颀,树冠呈圆锥形,姿态优美,枝叶繁茂,入秋后叶色金黄。自发现后被人们在中国南方广泛种植,成为著名的绿化观赏植物,现在中国水杉的子孙已遍及中国和世界 50 多个国家和地区。

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

DOI: 10.5846/stxb201105120612

刘娜, 王克林, 段亚锋. 洞庭湖景观格局变化及其对水文调蓄功能的影响. 生态学报, 2012, 32(15): 4641-4650.

Liu N, Wang K L, Duan Y F. Analysis on the responses of flood storage capacity of Dongting Lake to the changes of landscape patterns in Dongting Lake area. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(15): 4641-4650.

洞庭湖景观格局变化及其对水文调蓄功能的影响

刘 娜^{1,2,3}, 王克林^{1,*}, 段亚锋^{1,2}

(1. 中国科学院亚热带农业生态研究所亚热带农业生态过程重点实验室, 长沙 410125;

2. 石家庄经济学院商学院, 石家庄 050031; 3. 湖南农业大学生物科学技术学院, 长沙 410128)

摘要: 景观格局影响并决定着湿地水文调蓄过程和功能。基于洞庭湖区 1980、1990、2000 和 2005 年的景观格局数据和相应 4 年的水文实测数据, 利用灰色关联分析, 探讨了洞庭湖景观格局变化对水文调蓄功能的影响及其作用机制。结果表明, 洞庭湖区景观格局指数与调蓄功能存在不同程度的相关性, 其中调蓄量与最大斑块指数和聚合度指数关联度最大, 分别为 0.77 和 0.75, 说明景观中的优势斑块大小以及同质斑块间的连通性有利于湖区调蓄能力的增加。泥沙沉积率与斑块数、形状指数、多样性指数和均匀度指数关联度也较大, 变化于 0.7—0.78 之间, 说明景观的破碎化程度, 多样性, 形状复杂度的增大会加大湖区泥沙沉积率。分流比、分沙比与景观格局指数的关联度均较小。景观类型指数与调蓄量的关联度分析表明, 水田、林地和水体的最大斑块指数和聚合度指数与调蓄量关联度均较高, 说明水田、林地和水面最大斑块面积和聚合度的增大有效增大了湖区调蓄能力。

关键词: 洞庭湖; 景观格局; 水文调蓄; 灰色关联分析

Analysis on the responses of flood storage capacity of Dongting Lake to the changes of landscape patterns in Dongting Lake area

LIU Na^{1,2,3}, WANG KeLin^{1,*}, DUAN Yafeng^{1,2}

1 Key Laboratory for Agro-ecological Processes in Subtropical Region, Institute of Subtropical Agriculture, Chinese Academy of Sciences, Changsha 410125, China

2 The College of Business, Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, China

3 College of Bioscience and Biotechnology, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China

Abstract: Dongting Lake is an important ecological barrier along the Yangtze River and is also important for social and sustainable economic development. An ecosystem services assessment of Dongting Lake shows flood control and floodwater storage is its most important ecological function. However, we know little about the factors controlling the evolution of the Dongting Lake flood storage function. We especially lack an analysis of the mechanisms of interaction between the landscape structure and flood storage conditions. Any landscape pattern is the result of various combined natural and human factors at different spatial and temporal scales. At Dongting Lake, these factors have had a profound influence and determine the hydrological procession of the wetlands storage capacity of the lake. Exploring the relationship between the structure-procession-function of the Dongting Lake area by studying the landscape patterns with specific ecological functions is very important. This study, based on landscape ecology and hydrology, uses landscape data from the Land TM satellite imagery from the Dongting Lake area from 1980, 1990, 2000, and 2005. Combined with the hydrological measurement data for these four years, the landscape and hydrological data were analyzed by using gray connection analysis, to discuss the

基金项目: 中国科学院“农业生态系统氮磷循环与调控”创新团队项目 (KZCX2-YW-T07)

收稿日期: 2011-05-12; **修订日期:** 2011-09-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: kelin@isa.ac.cn

influence and mechanisms of the landscape pattern and structure on the lake's flood storage capacity. The results show the landscape pattern of Dongting Lake area changed significantly from 1980 to 2005. The paddy fields, dry land, and human settlement areas changed the most dramatically, while the beaches changed less and forests, grassland and water changed the least. Numbers of patches (NP) of each land type and shape index (LSI) had similar trends, showing a surge between 1980 and 1990, stabilizing from 1990 to 2000, and then decreasing from 2000 to 2005. The aggregation of the various land types and the largest patch index (LPI) changed in different ways. The aggregation index (AI) and LPI of the paddy fields, forest and water changed in similar ways. The value of these indices gradually dropped from 1980 to 2000, and then increased from 2000 to 2005. The AI of the dry lands, grasslands, beaches and villages, and other types have contrasting changes when compared with the paddy fields; these increased from 1980 to 2000 and then decreased from 2000 to 2005. Flood storage capacity of the Dongting Lake area decreased in the first part of the study period and then increased later. This corresponded to the landscape pattern changes. Gray connection analysis showed there was clear relationship between the landscape patterns and flood storage capacity. The correlation was largest between the flood retention amount and the indices of LPI and AI, with correlation values of 0.77 and 0.75, respectively. This shows the obvious relationship between dominant patch size and the aggregation of homogeneous patches with flood storage capacity. The correlation is also pronounced between the silt deposition ratio and the NP and LSI indices, whose correlation values were 0.7 and 0.78, respectively. This illustrates the positive correlation between the silt deposition ratio and the scale of landscape fragmentation, diversity and shape complexity. The correlation was small between the landscape pattern indices and the flow diversion and sediments diversion ratios. The landscape indices and storage capacity correlation analysis revealed a high correlation between the flood retention capacity and the LPI and AI indices of paddy fields, woodlands, and water area. In conclusion, an increase of the LPI and AI of the paddy fields, woodlands, and water area would be helpful in increasing the flood storage function of Dongting Lake.

Key Words: Dongting Lake; landscape pattern; water regulation; gray connection analysis

洞庭湖是长江中下游地区社会经济可持续发展的重要生态屏障,在长江中下游防洪减灾中的地位举足轻重。对洞庭湖生态服务功能重要性评估研究表明,生态调蓄功能是洞庭湖最为重要的主导生态功能。然而,洞庭湖水系构成、调蓄过程复杂,影响因素众多,人为干扰强烈,这些都加大了其调蓄功能研究的难度。众多学者从不同角度对洞庭湖水文调蓄功能进行了阐述和研究,结果表明,构造沉降^[1]、泥沙淤积^[1-3]、围湖垦殖^[2-3]、湖盆变化^[4]、三峡水库的修建^[5-6]等自然和人为因素对洞庭湖的调蓄能力具有不同程度的影响。然而,上述研究大多是将洞庭湖作为一个非有机体进行水文情势、土地利用等方面的分析,将景观格局分析与水文调蓄功能相结合的研究相对较少^[5],对洞庭湖自身结构、生态过程及生态功能等方面剖析及其相关作用过程和机理方面的研究相对薄弱。

景观格局是由相互作用的生态系统空间镶嵌组成的异质区域,具有空间异质性、地域性、可辨别性、可重复性和功能一致性等特征,是各种自然与人为因素在不同时空尺度上作用的最终结果,深深影响并决定着各种生态过程和功能^[7]。景观格局与特定的生态功能相结合的“格局-功能”时序变化规律研究,对于探寻人类活动与生态环境演变间的关系,揭示生态功能的演化机制具有重要意义^[8-9]。特别是湿地生态系统,其景观的表面轮廓是界定湿地蓄水能力的关键因素,其格局变化对湿地水文过程具有深刻影响^[10]。以往相关研究对特定流域的景观格局变化和生态水文响应进行了大量有益探讨^[11-13],但是将景观格局分析与湖泊水文调蓄功能相结合的研究较少^[14],而湿地景观格局变化的生态水文效应是湿地景观格局变化研究的重点领域之一,也将成为今后湿地研究的重点。以往在洞庭湖水患的治理中,因任务重、情况紧急,更多的是依赖于加固防洪大堤、急剧改变江湖关系等工程措施达到防洪目的。诚然,工程措施具有针对性强,快速解决目标问题等优点,却存在一些隐性的,甚至具有较大负面影响的生态学后果,需要长时间的科学验证。

因而,根据景观结构特征提出适应于当前经济形势,实现生态系统功能优化的景观管理模式有可能成为将来洞庭湖生态屏障建设的发展方向。本文在 1980—2005 年间洞庭湖水文调蓄功能变化规律分析基础上,探讨了湖区景观格局与水文调蓄功能的关联关系,从格局变化和功能响应角度阐述了洞庭湖生态调蓄功能的演变机制,以期为洞庭湖区域减灾防灾和生态安全建设提供科学理论依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区概况

洞庭湖位于长江流域中游荆江南岸,跨湖南、湖北两省,大约在 $28^{\circ}30'—30^{\circ}20'N$, $111^{\circ}40'—113^{\circ}10'E$ 之间,为我国第二大淡水湖泊,分为东洞庭湖、横岭湖、南洞庭湖和西洞庭湖,现有湿地面积约 $1.52 \times 10^4 \text{ km}^2$ 。该区处于中亚热带向北亚热带过渡的地带,气候温暖湿润,年平均气温 $16.4—17.0^{\circ}\text{C}$,无霜期 260—280 d,年平均降水量 1200—1550 mm,年平均湿度 80%。由于每年洪水季节大量泥沙入湖淤积,形成了以敞水带、季节性淹水带、滞水低地为主的我国最大的湖泊湿地景观。本研究涉及的洞庭湖区范围包括湖南省的岳阳市、岳阳县、华容县、沅江市、南县、湘阴县、汨罗市、益阳县、益阳市、安乡县、汉寿县、澧县、常德市、津市和湖北省的石首市、公安县和松滋县等 17 个县市,总面积 $28\,737 \text{ km}^2$ (据中国资源与环境数据库提供的行政区划),其中,湖南部分 $22\,875 \text{ km}^2$,湖北部分 $5\,862 \text{ km}^2$ (图 1)。

1.2 数据来源

1.2.1 调蓄功能数据来源及指标选择

洞庭湖的调蓄作用主要指调蓄洪水、减少洪灾损失的作用。长江三口分流量的大小,四水水情变化都影响到洞庭湖区调蓄功能的变化,因此,洞庭湖区内任何一个水文监测站都不能代表整个湖区的情况。为了保证研究过程的可操作性和结论的准确性,收集了所有与洞庭湖水文情势相关的三口、四水以及出口控制站(城陵矶)等水文站的逐日实测数据。为了与景观格局数据相对应,水文数据的收集也集中在 1980、1990、2000 和 2005 年 4 年。各水文站点的选择如表 1 所示。并根据文献^[15-17],选取调蓄量、泥沙沉积率、分流比、分沙比来反映洞庭湖的调蓄功能。

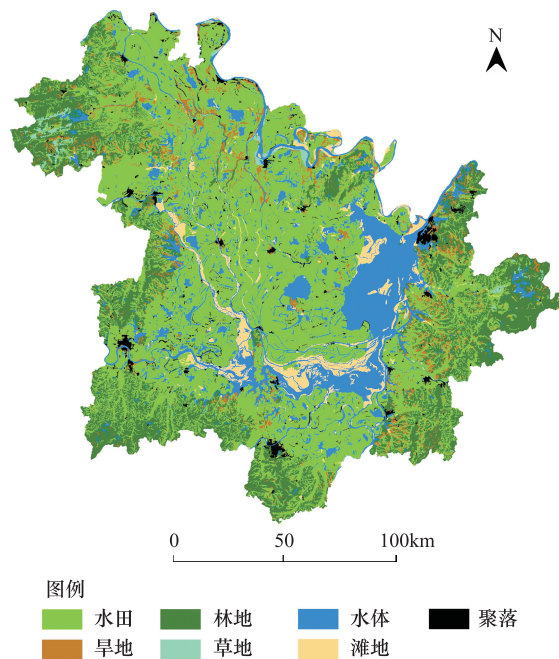


图 1 洞庭湖区 2005 年景观类型分布图

Fig. 1 Landscape types in Dongting Lake area in 2005

表 1 洞庭湖入湖与出湖各水文监测站点选择

Table 1 The selection of hydrology monitoring station around Dongting Lake

三口各控制水文站 The three outlets along Jingjiang River			四水各控制水文站 The four rivers outlets in Hunan province				出湖控制站 The hydrology monitoring station of Chenglingji	荆江段未分流测站 The hydrology monitoring station of Zhicheng
松滋口	太平口	藕池口	湘江	沅江	资水	澧水		
新江口沙道观	弥陀寺	康家港管家铺	湘潭	桃源	桃江	三江口	城陵矶	枝城站

(1) 调蓄量

天然湖泊调蓄功能的大小,一般用湖泊的实时调蓄量度量。如图 2 所示,所谓湖泊实时调蓄量是指出湖流量连续小于入湖流量的一个或几个时段内湖泊留滞的洪水量。在计算湖泊的实时调蓄量时,首先计算调蓄期内每个时段的调蓄洪量,各时段调蓄量的累计值即为总的调蓄量。具体计算公式如下:

$$W = \sum_{i=1}^n W_i \quad (1)$$

$$W_i = \int (Q_{in} - Q_{out}) dt \quad (2)$$

式中, W 为洞庭湖年调蓄量, W_i 为第 i 个时段内湖内滞留的洪水量, n 为年内实时调蓄时段数, Q_{in} 为第 i 个调蓄时段内每天的总入湖流量(三口+四水+四水区间, 其中四水区间是指超出四水各水文站控制之外的洞庭湖周边区域的汇水流量), Q_{out} 为第 i 个调蓄时段的天出湖流量(城陵矶)。由于四水区间汇流的资料缺乏, 汛期和枯期分配相当, 而且在入湖径流中占的比重不大^[15], 因此借鉴黄颖等^[3]的研究, 利用区间汇流在各时段多年来流中所占比重的方法来计算每日区间汇流量。

(2) 泥沙沉积率

泥沙沉积率指湖区沉积泥沙(入湖泥沙量-出湖泥沙量)与入湖泥沙量之比。泥沙淤积按位置分为湖区淤积和下游河段的淤积。湖区淤积会致使湖泊严重萎缩, 降低湖区的调蓄能力。而下游河段泥沙淤积是指下游城陵矶至汉口河段的泥沙淤积, 可以引起荆江水位抬高, 导致出湖流量减小, 造成调蓄量被动增大, 虽然这种调蓄量的增大有利于减轻长江干流的洪水压力, 但被动增大是以防汛抢险、加高湖堤乃至修筑子堤为代价的, 不利于湖区的防洪^[15]。本研究泥沙沉积率的计算仅包括湖区淤积, 不探讨下游河段的淤积作用, 计算公式如下:

$$S = (S_{in} - S_{out}) / S_{in} \quad (3)$$

式中, S 为泥沙沉积率, S_{in} 为年入湖泥沙量, 包括三口+四水各测站的入湖泥沙量, S_{out} 为城陵矶年出湖泥沙量。

(3) 分流比、分沙比

长江荆江段三口(松滋口、太平口、藕池口)是连接长江与洞庭湖的纽带。由于三口来水来沙是洞庭湖的主要水沙来源, 其水沙变化直接关系到洞庭湖与长江关系的相应调整和整个长江中游的防洪形势^[18]。枝城站是长江荆江段未经分流的测站, 洞庭湖对长江水沙的调节作用, 可用三口对枝城的分流比、分沙比来衡量, 具体计算公式如下:

$$P_f = (q_s + q_t + q_o) / q_z \quad (4)$$

$$P_s = (s_s + s_t + s_o) / s_z \quad (5)$$

式中, P_f 为三口分流比, q_s 、 q_t 、 q_o 和 q_z 分别为松滋口、太平口、藕池口和枝城站的年径流量。 P_s 为三口分沙比, s_s 、 s_t 、 s_o 和 s_z 分别为松滋口、太平口、藕池口和枝城站的年泥沙量。当三口分流分沙发生变化时, 洞庭湖及荆江河道将发生相应的调整变化, 而荆江和洞庭湖的演变又反过来对三口分流分沙产生影响。因此, 江湖水沙关系的变化集中反映了江湖关系的调整变化。

1.2.2 景观数据来源与指数选择

本研究采用的以 Landsat (MSS、TM 和 ETM) 遥感影像为基础的四期(1980、1990、2000、2005 年)景观格局数据(1:100000)来源于中国资源与环境数据库(www.geodata.cn)。在景观类型组成和信息的提取过程中, 以地形图和其他专题地图为基准, 适当参考湖区文字文献资料, 根据目前常用的土地利用分类方法, 结合研究区土地利用特征, 将洞庭湖区景观分为水田、旱地、林地、草地、水体、滩地、聚落 7 种类型。

景观格局指数是进行景观空间格局分析应用最为广泛的一种方法^[14], 目前对景观指数的选用还存在一定的争议^[19], 本研究在以往研究的基础上^[9,12-13,20], 结合区域特点舍弃了一些有争议的指标, 选取了较常用且意义较为明确的指标, 包括: 斑块数(NP)、斑块类型面积(CA)、形状指数(LSI)、聚合度(AI)、最大斑块指数(LPI)、Shannon 多样性指数(SHDI)、Shannon 均匀度指数(SHEI)等。所有景观指数的计算均利用 FRAGSTATS 3.3 软件实现。

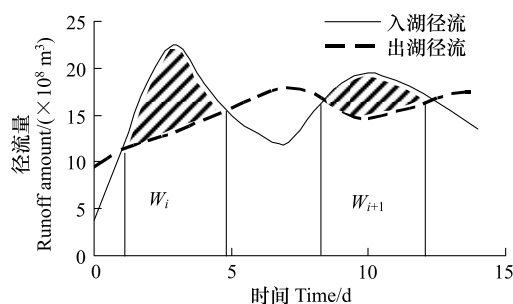


图2 洞庭湖洪水调蓄过程示意图

Fig. 2 The flood-regulating process of the Dongting Lake

1.3 研究方法

洞庭湖调蓄能力变化是多种自然和人为因素共同影响的结果,调蓄过程复杂,不确定因素很多,很难建立一个明确的映射关系。有时即使可以建立起某一关系,也只能是在基于一定假设的基础上,按照某种逻辑推理抽象认识得到,并看成是原系统的“代表”或“同构”,具有典型的灰色系统特性。另外,由于景观变化具有连续性,影像解译资料到解译过程复杂,工作量巨大,不可能也无必要对历年每一期的影像资料进行解译,因而景观格局在时间序列上的数据有限,难以满足大量样本的要求。为了克服上述不足和局限,本研究运用灰色分析方法^[12,21]计算各景观指数变化与调蓄特征指标变化间的关联度,其中灰色关联分析分辨率取值设置为 0.5。

2 结果与分析

2.1 洞庭湖水文调蓄功能变化特征

如图 3 所示,洞庭湖调蓄量从 1980—1990 年急剧减少,1990—2005 年又缓慢增加,呈先减小后增大趋势,但至 2005 年仍未恢复至 1980 年的调蓄水平。湖区泥沙沉积率从 1980—2000 年缓慢增加,2000—2005 年急剧减小,呈先减少后增大趋势,与调蓄量的变化趋势相反,主要是因为泥沙淤积会造成湖泊面积和容积不断缩小,湖床抬高,湖泊调蓄能力大幅度降低^[15],因而二者呈相反的变化趋势。2000—2005 年泥沙沉积率变化程度比调蓄量变化剧烈,达到 4a 中的最低值,主要是由于三峡枢纽的拦沙作用,入湖淤积在湖内的泥沙量明显减少,尽管入湖泥沙量减少,但输出的泥沙仍小于入湖来沙,全湖仍处于淤积状态,故泥沙沉积率一直为正值,但泥沙淤积的速度趋缓^[18]。分流比、分沙比年度间的变化与调蓄量和泥沙沉积率不同,呈逐渐减小的趋势,而且变化趋势较为缓和。

2.2 洞庭湖区景观格局变化特征

2.2.1 区域整体的景观格局变化

如表 2 所示,总体来看,洞庭湖区 1980、1990、2000 和 2005 年 4 年景观的斑块数、形状指数、Shannon 多样性指数和均匀度指数等呈先升高后降低变化特征,而最大斑块指数和聚合度指数表现为先降低后升高。斑块数和多样性指数等 4 个景观指数代表了景观的完整性、复杂性和破碎化程度。从 1980—2000 年,湖区斑块数、形状指数、多样性指数、均匀度指数等不断增加,说明人类生产活动与经济开发导致湖区景观异质性增加,景观破碎化程度加剧,景观形状越来越复杂,景观优势类别对景观整体的控制作用减弱。2000—2005 年,上述 4 个景观指数普遍降低,接近 1980 年湖区各景观格局指数值。最大斑块指数和聚合度分别表示优势景观类型最大面积斑块占整个景观的比例和同质景观类型的聚集性和连通性特征^[19]。在本研究中,1980—2000

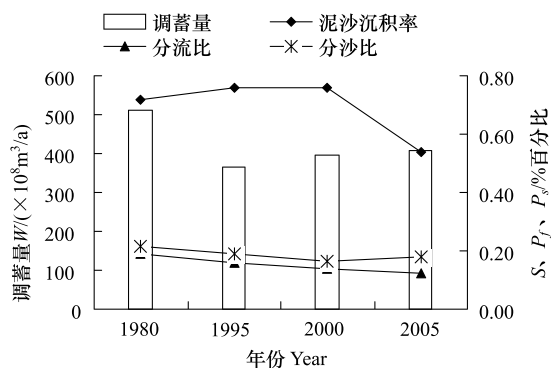


图 3 洞庭湖区调蓄功能指标年际变化图

Fig. 3 Changes of the capacity of flood storage in Dongting Lake area between 1980 and 2005

表 2 1980、1990、2000 和 2005 洞庭湖区景观水平格局指数

Table 2 Indexes on landscape level in Dongting Lake area in 1980、1990、2000 and 2005

年份 Years	斑块数 NP	最大斑块指数 LPI	形状指数 LSI	多样性指数 SHDI	均匀度指数 SHEI	聚合度指数 AI
1980	6352	17.3	91.9	1.36	0.70	89.44
1990	20189	11.9	127.6	1.51	0.78	85.23
2000	20252	11.9	127.8	1.52	0.78	85.20
2005	6463	17.2	91.8	1.36	0.70	89.45

年最大斑块指数和聚合度指数逐渐减小,反映期间剧烈的围湖垦田和人类干扰活动导致优势大斑块数量和面积逐渐减小,景观连通性降低。而 2000 至 2005 年最大斑块指数和聚合度指数升高,并接近 1980 年水平。

2.2.2 不同土地类型的景观格局指数变化

如表 3 所示,分别统计了 7 种土地类型景观格局指数的变化特征。结果表明,1980—2005 年,7 种土地类型的斑块数和形状指数具有相似的变化趋势,均表现为 1980—1990 年激增,1990—2000 年维持不变,2000—2005 年降低。说明 1980—1990 年间,湖区各种土地类型同质斑块分割隔绝,形状不规则化、破碎化程度加剧,特别是水体和聚落斑块数目由 1980 年的 1311 和 637 到 1990 年的 4423 和 6648,增加了 3—10 倍,破碎化非常严重。各土地类型的斑块总面积和聚合度指数变化趋势和程度不一,以水田、旱地、聚落和水体的变化最为强烈。其中水田总面积的变化量最大,由 1980 年的 14967.63 km² 减少为 2000 年的 12826.91 km²,转变了 2140.72 km²。旱地和聚落的总面积变化百分比最大,至 2000 年分别比 1980 年增加了 87.7% 和 112.1%。水田和林地两种类型的斑块面积和聚合度指数的变化比较相似,均为 1980—2000 年逐渐减小,破碎化程度加剧,连通性变差,2000—2005 年,斑块面积和聚合度指数增大,连通性增强。旱地、草地、滩地和聚落等类型的斑块总面积和聚合度指数变化与水田等相反,表现为 1980—2000 年增大,2000—2005 年减小。而水体的斑块面积在 1980—2005 年表现为逐渐增加的趋势,聚合度指数则表现为先降低,后增加,这与水体斑块数和形状指数的变化相反,说明还湖政策实施后,水体格局向着有利于行洪防灾的方向发展。

表 3 1980、1990、2000 和 2005 年洞庭湖区各土地类型景观格局指数

Table 3 Indexes on landscape class level in Dongting Lake area in 1980, 1990, 2000 and 2005

景观指数 Landscape indexes	年份 Years	水田 Paddy field	旱地 Dryland	林地 Woodland	草地 Grassland	水体 Water Body	滩地 Beach land	聚落 Settlements
斑块数 NP	1980	1137	1712	993	129	1311	433	637
	1990	2422	3471	2125	254	4423	846	6648
	2000	2411	3427	2125	254	4414	949	6672
	2005	1155	1670	997	130	1374	394	743
最大斑块指数 LPI	1980	17.26	0.09	2.24	0.08	7.60	1.00	0.10
	1990	11.92	1.27	2.00	0.07	8.04	0.92	0.10
	2000	11.87	1.27	2.00	0.08	7.86	0.92	0.14
	2005	17.15	0.09	2.24	0.08	8.83	0.87	0.18
斑块类型面积 CA/(km ²)	1980	14967.6	1617.0	5977.1	214.8	4033.6	1509.1	417.4
	1990	12889.8	3062.5	5852.1	264.5	4176.6	1678.8	812.3
	2000	12826.9	3034.6	5842.1	269.8	4168.6	1709.3	885.2
	2005	14817.6	1561.7	5955.8	223.4	4437.7	1195.8	544.5
形状指数 LSI	1980	95.8	83.7	95.8	23.4	82.0	40.5	51.7
	1990	137.0	106.7	114.9	28.3	104.5	49.2	116.0
	2000	137.1	106.2	114.8	27.5	104.5	50.7	114.8
	2005	97.0	82.7	95.7	22.3	78.7	39.9	52.6
聚合度指数 AI	1980	92.25	79.35	87.71	84.58	87.21	89.81	75.01
	1990	88.01	80.86	85.10	83.08	83.96	88.20	59.51
	2000	87.97	80.87	85.09	83.74	83.93	87.95	61.61
	2005	92.11	79.26	87.71	85.64	88.31	88.71	77.76

2.3 景观格局与调蓄功能间的关联度分析

2.3.1 区域整体景观指数变化对调蓄功能变化的影响

如表 4 所示,景观格局指数与调蓄量、泥沙沉积率等调蓄特征指标之间有明显的关联性。其中最大斑块指数和聚合度指数与调蓄量关联度最大,分别为 0.77 和 0.74,说明景观格局中的优势斑块大小(水田)以及同质斑块之间的聚集程度对调蓄量有较大影响。最大斑块指数表示各景观类型中面积最大斑块占整个景观

的比例,大型斑块具有更多的容纳空间,尤其有利于景观内部结构的优化和稳定,抗干扰能力较强^[19],优势斑块的面积和聚合度越大,湖区行洪能力和调蓄能力越大。形状指数与调蓄量的关联度较小,仅为 0.4,小于灰色关联分析的分辨系数(0.5),呈负相关,说明斑块形状越复杂,调蓄功能越低。泥沙沉积率与斑块数、形状指数、多样性指数和均匀度指数等景观指数关联度较大,变化于 0.7—0.78 之间。说明景观的破碎度,多样性,均匀度和景观形状复杂度与泥沙沉积率呈正相关。各景观格局指数与分流比、分沙比的关联度均较小,变化于 0.53—0.73 之间。三口分流比、分沙比反映了洞庭湖对长江荆江段的调蓄能力,但是以上分析表明,除最大斑块指数与分沙比外,景观格局变化与分流分沙比的关联性并不明显。考虑到湖区景观格局变化对三口分流分沙影响并不明显,下面只分析了调蓄量对不同土地类型景观格局变化的响应。

表 4 洞庭湖区景观格局变化与调蓄功能变化间的关联度分析

Table 4 The gray correlation between landscape change and capacity of flood storage

调蓄功能指数 Capacity of flood storage	斑块数 NP	最大斑块指数 LPI	形状指数 LSI	多样性指数 SHDI	均匀度指数 SHEI	聚合度指数 AI
调蓄量 Flood detention amount	0.52	0.77	0.40	0.55	0.54	0.74
泥沙沉积率 Silt deposition ratio	0.78	0.44	0.75	0.70	0.77	0.49
分流比 Flow diversion ratio	0.63	0.61	0.58	0.63	0.62	0.65
分沙比 Sediment diversion ratio	0.54	0.73	0.54	0.59	0.53	0.68

2.3.2 各土地类型景观格局变化对调蓄功能的影响

由于泥沙沉积率与调蓄量变化趋势相反,与景观格局指数的关联性呈相反的对应关系,因而着重分析了调蓄量与各土地类型斑块面积、最大斑块指数和聚合度指数的关联性。如表 5 所示,水田、林地和水体的最大斑块指数与调蓄量关联度均较高,分别为 0.73、0.84 和 0.66。与最大斑块指数不同,景观类型面积与调蓄量之间的关联性普遍较低,除水田与调蓄量关联度达到 0.76 外,林地、水体等类型与调蓄量关联度仅为 0.53 和 0.62,这是由于林地和水体斑块总面积在 4a 的变化并不明显,而斑块数、形状指数和聚合度指数等的变化波动较大(表 3),说明林地和水体的景观格局变化主要表现为斑块的分割融合、孤立斑块的消失和大斑块的聚集等特征,这也是林地和水体的斑块面积与调蓄量关联度较小,而最大斑块指数与调蓄量关联度较大的原因。除聚落和旱地外,各景观类型的聚合度指数与调蓄量关联度普遍较高变化与 0.69—0.79 之间,其中水体的聚合度指数与调蓄量的关联度最高。

表 5 各土地类型景观格局指数与调蓄量间的关联度

Table 5 The gray correlation between indexes on landscape class level in Dongting Lake area and water storage and regulation

景观指数 Landscape indexes	水田 Paddy field	旱地 Dryland	林地 Woodland	草地 Grassland	水体 Water Body	滩地 Beach land	聚落 Settlements
斑块面积 CA	0.76	0.47	0.53	0.50	0.62	0.46	0.54
最大斑块指数 LPI	0.73	0.53	0.84	0.59	0.66	0.57	0.56
聚合度指数 AI	0.75	0.63	0.77	0.69	0.79	0.71	0.51

3 讨论

洞庭湖区景观格局的变化表现为 1980—2005 年景观异质性增加,景观破碎化程度加剧,优势度和连通性减少,景观形状越来越复杂。这是因为,一方面人类对湖滨和浅水区域的开发利用,造成内湖和浅水湖泊的萎缩和消失,另一方面,汛期洪水带来大量泥沙,其中 60% 以上沉积在湖底,造成沙洲的迅速形成和成长,湖滨和浅水区被沙洲分割,破碎化程度日益严重^[3,15]。另外湖区大量混养、精养鱼池的出现也是破碎化程度日益加剧的原因。2000—2005 年各景观类型斑块数、形状指数、多样性和均匀度降低至 1980 年水平,说明一系列“还湖”政策初见成效,各景观类型连接成片,形状复杂化降低,斑块数目减少。与多样性和均匀度指标不同,聚合度指数明确考虑了斑块类型间的相邻关系,因此能够反映景观组分的空间配置特征。当景观以少数大斑

块组成或同一类型斑块高度连接时,其最大斑块指数和聚合度的值较大。水田和林地两种类型的斑块面积和聚合度指数的变化比较强烈,均为 1980—2000 逐渐减小,破碎化程度加剧,连通性变差,2000—2005 年,斑块面积和聚合度指数增大,连通性增强,主要与 1998 年长江流域大洪灾后大面积旱地转变为水田,以及退耕还林和防洪林营造,大面积水田和林地斑块接合,空间距离变小有关。

与景观格局的变化相对应,洞庭湖调蓄量也表现出先降低后增大的变化规律。但是分流比、分沙比的变化与调蓄量不同,呈逐渐减小的趋势,而且变化趋势较为缓和。荆江段的来水来沙是洞庭湖水沙的重要来源,但分流比、分沙比的逐渐减小未能使调蓄量和泥沙沉积率出现相应的变化趋势,主要是因为荆江段的来水来沙并不是洞庭湖水沙的唯一来源(还包括四水及其区间的水沙来源)。另外,泥沙淤积除了与湖区来沙量有关外,还与滩地机械阻挡,水生植物阻流促淤及滩地围垦这些因素互为因果。而随着三口分流分沙的递减,一方面使入湖洪峰流量有较大幅度减小,湖区泥沙淤积减少,对延缓洞庭湖的萎缩,保持调蓄洪水的能力十分有利。但另一方面说明荆江水沙量逐渐增大,对荆江防洪不利^[6]。以往的研究表明,长江干流水沙情况和三口洪道本身水力情况是三口分流比、分沙比的主要影响因素^[6,18]。本研究的结果也表明,除最大斑块指数与分沙比呈一定的正相关外,其他格局指数对三口分流分沙并没有明显影响。

洞庭湖区景观格局对湖区水文调蓄功能具有重要影响。康文星等^[22]通过对洞庭湖滩涂和草甸沼泽湿地调蓄水量的功能研究发现不同湿地类型单位面积蓄水容量的大小受湿地形状的制约。本研究的结果也表明,景观格局对湖泊调蓄功能具有重要影响。景观格局主要通过两方面的变化对调蓄量和泥沙沉积产生影响,一是景观类型和面积的变化。通过对入渗、地表产流、基质流和径流等过程的影响,景观类型的变化可以显著改变流域的水文过程^[23]。人类活动能显著降低土壤的渗透性,如聚落、道路和旱地等类型紧实的、低渗透性的表面会导致径流的快速产生并改变近地表流的水力特性,降低景观的水文调蓄能力^[24]。而湿地等类型通过对土壤物理性质和结构的改善,可以显著增大径流的滞留时间,调节径流的水文过程^[25]。这也是旱地、聚落等 4 种景观类型的斑块面积与调蓄量关联较低,而水田和水体等与调蓄量关联度较大的主要原因。水田虽也属于人工景观类型,但水田具有一定蓄水能力,可以起到土壤水库的作用^[12]。水田和水体具有相似的调蓄功能,但水稻生长需要消耗一部分水分,所以体现在最大斑块指数与调蓄量关联性上水田要高于水体。第二是景观的空间配置特征,破碎化的景观结构不利于径流的调节和滞留^[26]。而景观格局的聚合、连通可以改善景观的破碎化特征,提升景观的水文调节能力。这也是林地、草地、水体和滩地等自然景观的最大斑块指数和聚合度与调蓄量的关联度普遍较高的主要原因。

4 结论

洞庭湖区 1980—2005 年景观格局变化明显,景观类型之间转化频繁,水田、旱地、聚落面积变化最剧烈,滩地变化次之,林地、草地和水体面积变化均比较小。各土地类型景观格局指数变化不一,其中斑块数和形状指数 1980—2000 年增大,2000—2005 年降低。水田、林地和水体的聚合度指数和最大斑块指数 1980—2000 减小,2000—2005 年增大。洞庭湖区景观格局的变化趋势反映出了人类活动对其强烈的干预性。

与景观格局的变化相对应,洞庭湖调蓄功能表现出先降低后增大的变化规律。灰色关联分析表明,洞庭湖区景观格局指数与调蓄功能存在不同程度的相关性。其中调蓄量、泥沙沉积率与景观格局指数间相关性较大,变化于 0.7—0.78 之间,分流比、分沙比与景观格局指数间相关性较小,变化于 0.53—0.73 之间。说明洞庭湖自身的景观格局对调蓄量和泥沙沉积率影响较大,对荆江三口的分流分沙比影响较小,这也体现了江湖关系影响因素的复杂性。林地和水体等景观类型的最大斑块指数和聚合度指数与调蓄量关联度均较高,说明林地和水体最大斑块面积和连通性的增大有效增大了湖区调蓄能力,退田还湖,还林还草有利于洞庭湖调蓄功能的改善。通过正确的政策导向,优化洞庭湖区景观配置,对于增大洞庭湖调蓄功能,保障洞庭湖区域减灾防灾和生态安全具有积极意义。

References:

- [1] Lai H Z, Mo D W. Influences of the tectonic subsidence and the siltation on flood disaster prevention situation in the region of Dongting Lake. *Acta*

- Geographica Sinica, 2004, 59(4): 574-580.
- [2] Li J B, Zhong S X, Yang Y, Wang K L. Effects on the functions of ecosystem services of Dongting Lake from silt deposit and land reclamation. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2005, 13(2): 179-182.
- [3] Huang Y, Deng J Y, Sun S H. Influence of reclamation and deposition on flood storage capacity of Dongting Lake. Engineering Journal of Wuhan University: Engineering Edition, 2002, 35(2): 30-35.
- [4] Jiang J H, Huang Q. Analysis of the lake basin change and the rushing-silting features in the past decades of Dongting Lake. Journal of Lake Sciences, 2004, 16(3): 209-214.
- [5] 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.
- [6] Li J B, Chang J, Lu 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.
- [7] Fu B J, Chen L D, Ma K M, Wang Y L. Theory and Application of Landscape Ecology. Beijing: Science Press, 2001: 106-107.
- [8] Fu B J, Lü Y H, Chen L D, Su C H, Yao X L, Liu Y. The latest progress of landscape ecology in the world. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(2): 798-804.
- [9] Lu Y H, Chen L D, Fu B J. Analysis of the integrating approach on landscape pattern and ecological processes. Progress in Geography, 2007, 26(3): 1-10.
- [10] Li S N, Wang G X, Deng W. Research advances in wetland landscape pattern and hydrological process. Chinese Journal of Ecology, 2008, 27(6): 1012-1021.
- [11] Li C W, Liu S R, Sun P S, Ge J P. Analysis on landscape pattern and eco-hydrological characteristics at the upstream of Minjiang River. Acta Ecologica Sinica, 2005, 25(4): 691-698.
- [12] Liu M, Wang K L. Analysis on hydrological responses to changes of landscape patterns in the middle and upper reaches of Dongting Lake Watershed. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(12): 5970-5979.
- [13] Wang G X, Guo X Y, Cheng G D. Dynamic variations of landscape pattern and the landscape ecological functions in the source area of the Yellow River. Acta Ecologica Sinica, 2002, 22(10): 1587-1598.
- [14] Chen L D, Liu Y, Lu Y H, Feng X M, Fu B J. Landscape pattern analysis in landscape ecology: current, challenges and future. Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(11): 5521-5531.
- [15] Li Y T, Deng J Y, Sun Z H, Li R. Sediment deposition and variation of flood storage capacity in Dongting Lake. Journal of Hydraulic Engineering, 2000, (12): 48-52.
- [16] Wang H L, Liang X. Analysis on flood storage function of the Dongting Lake. Geography and Territorial Research, 2003, 19(3): 63-66.
- [17] Li J B, Qin J X, Wang K L, Liang C J, Yuan H B. The response of environment system changes of Dongting Lake to hydrological situation. Acta Geographica Sinica, 2004, 59(2): 239-248.
- [18] Mao B P, Mei J Y, Zhang J H, Wen L H, Xiang Z Q. Analysis of water and sediments transportation of three river-outlets flood channels from Yangtze River to Dongting Lake. Yangtze River, 2010, 41(2): 38-42.
- [19] Li X Z, Bu R C, Chang Y, Hu Y M, Wen Q C, Wang X G, Xu C G, Li Y H, He H S. The response of landscape metrics against pattern scenarios. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(1): 123-134.
- [20] Wang Z H, Wang K L, Li R D, Xiong Y, Xu L F. Analysis on the change of landscape spatial pattern in lake-land ecotone: a case study on Dongting Lake area. Journal of Natural Resources, 2004, 19(2): 240-247.
- [21] Wu Z P. Analysis on the driving mechanism of arid oasis stability—a case study of Aibi Lake Watershed. Research of Soil and Water Conservation, 2008, 15(2): 92-95.
- [22] Kang W X, He J N, Xi H Z. Study on function of water storage and regulation of Dongting Lake beaches and meadow marsh wetlands. Journal of Soil and Water Conservation, 2008, 22(5): 209-216.
- [23] Lin Y P, Hong N M, Wu P J, Wu C F, Verburg P H. Impacts of land use change scenarios on hydrology and land use patterns in the Wu-Tu watershed in Northern Taiwan. Landscape and Urban Planning, 2007, 80(1/2): 111-126.
- [24] Ziegler A D, Giambelluca T W, Tran L T, Vana T T, Nullet M A, Fox J, Vien T D, Pinthong J, Maxwell J F, Evett S. Hydrological consequences of landscape fragmentation in mountainous northern Vietnam: evidence of accelerated overland flow generation. Journal of Hydrology, 2004, 287(1/4): 124-146.
- [25] Soulsby C, Tetzlaff D, Rodgers P, Dunn S, Waldron S. Runoff processes, stream water residence times and controlling landscape characteristics in a mesoscale catchment: an initial evaluation. Journal of Hydrology, 2006, 325(1/2): 197-221.
- [26] Ziegler A D, Giambelluca T W, Plondke D, Leisz S, Tran L T, Fox J, Nullet M A, Vogler J B, Troung D M, Vien T D. Hydrological

consequences of landscape fragmentation in mountainous northern Vietnam: buffering of Hortonian overland flow. *Journal of Hydrology*, 2007, 337 (1/2): 52-67.

参考文献:

- [1] 来红州, 莫多闻. 构造沉降和泥沙淤积对洞庭湖区防洪的影响. *地理学报*, 2004, 59(4): 574-580.
- [2] 李景保, 钟赛香, 杨燕, 王克林. 泥沙沉积与围垦对洞庭湖生态系统服务功能的影响. *中国生态农业学报*, 2005, 13(2): 179-182.
- [3] 黄颖, 邓金运, 孙昭华. 围垦和淤积对洞庭湖调蓄量的影响. *武汉大学学报: 工学版*, 2002, 35(2): 30-35.
- [4] 姜加虎, 黄群. 洞庭湖近几十年来湖盆变化及冲淤特征. *湖泊科学*, 2004, 16(3): 209-214.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 傅伯杰, 陈利顶, 马克明, 王仰麟. *景观生态学原理及应用*. 北京: 科学出版社, 2001: 106-107.
- [8] 傅伯杰, 吕一河, 陈利顶, 苏常红, 姚雪玲, 刘宇. 国际景观生态学研究新进展. *生态学报*, 2008, 28(2): 798-804.
- [9] 吕一河, 陈利顶, 傅伯杰. 景观格局与生态过程的耦合途径分析. *地理科学进展*, 2007, 26(3): 1-10.
- [10] 李胜男, 王根绪, 邓伟. 湿地景观格局与水文过程研究进展. *生态学杂志*, 2008, 27(6): 1012-1020.
- [11] 李崇巍, 刘世荣, 孙鹏森, 葛剑平. 岷江上游景观格局及生态水文特征分析. *生态学报*, 2005, 25(4): 691-698.
- [12] 刘明, 王克林. 洞庭湖流域中上游地区景观格局变化的水文响应. *生态学报*, 2008, 28(12): 5970-5979.
- [13] 王根绪, 郭晓寅, 程国栋. 黄河源区景观格局与生态功能的动态变化. *生态学报*, 2002, 22(10): 1587-1598.
- [14] 陈利顶, 刘洋, 吕一河, 冯晓明, 傅伯杰. 景观生态学中的格局分析: 现状、困境与未来. *生态学报*, 2008, 28(11): 5521-5531.
- [15] 李义天, 邓金运, 孙昭华, 李荣. 泥沙淤积与洞庭湖调蓄量变化. *水利学报*, 2000, (12): 48-53.
- [16] 王慧玲, 梁杏. 洞庭湖调蓄作用分析. *地理与地理信息科学*, 2003, 19(3): 63-66.
- [17] 李景保, 秦建新, 王克林, 梁成军, 袁华斌. 洞庭湖环境系统变化对水文情势的响应. *地理学报*, 2004, 59(2): 239-248.
- [18] 毛北平, 梅军亚, 张金辉, 文丽红, 向自强. 洞庭湖三口洪道水沙输移变化分析. *人民长江*, 2010, 41(2): 38-42.
- [19] 李秀珍, 布仁仓, 常禹, 胡远满, 问青春, 王绪高, 徐崇刚, 李月辉, 贺红仕. 景观格局指标对不同景观格局的反应. *生态学报*, 2004, 24(1): 123-134.
- [20] 汪朝辉, 王克林, 李仁东, 熊艳, 许联芳. 水陆交错生态脆弱带景观格局时空变化分析——以洞庭湖区为例. *自然资源学报*, 2004, 19 (2): 240-247.
- [21] 毋兆鹏. 干旱区绿洲稳定性驱动机制研究——以艾比湖流域为例. *水土保持研究*, 2008, 15(2): 92-96.
- [22] 康文星, 何介南, 席宏正. 洞庭湖滩涂和草甸沼泽湿地调蓄水量的功能研究. *水土保持学报*, 2008, 22(5): 209-216.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.15 August ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

Effects of grazing on litter decomposition in two alpine meadow on the eastern Qinghai-Tibet Plateau	ZHANG Yanbo, LUO Peng, SUN Geng, et al (4605)
Distribution pattern and their influencing factors of invasive alien plants in Beijing	WANG Suming, ZHANG Nan, YU Linqian, et al (4618)
Simulation of CO ₂ and H ₂ O fluxes over temperate mixed forest and sensitivity analysis of layered methods: stomatal conductance-photosynthesis-energy balance coupled model	SHI Tingting, GAO Yufang, YUAN Fenghui, et al (4630)
Analysis on the responses of flood storage capacity of Dongting Lake to the changes of landscape patterns in Dongting Lake area	LIU Na, WANG KeLin, DUAN Yafeng (4641)
Integrated water risk assessment in Daliao River estuary area	YU Ge, CHEN Jing, ZHANG Xueqing, et al (4651)
Discussion on the standardized method of reference sites selection for establishing the Benthic-Index of Biotic Integrity	QU Xiaodong, LIU Zhigang, ZHANG Yuan (4661)
Genetic diversity analysis of different age of a Dalian population of the Manila clam <i>Ruditapes philippinarum</i> by EST-SSR	YU Zhifei, YAN Xiwu, ZHANG Yuehuan, et al (4673)
Geostatistical analysis of spatial heterogeneity of yellowfin tuna (<i>Thunnus albacares</i>) purse seine catch in the western Indian Ocean	YANG Xiaoming, DAI Xiaojie, ZHU Guoping (4682)
Seasonal differences in habitat selection of the Crocodile lizard (<i>Shinisaurus crocodilurus</i>) in Luokeng Nature Reserve, Guangdong	WU Zhengjun, DAI Dongliang, NIN Jiajia, et al (4691)
Soil physical and chemical properties in forest succession process in Xinglong Mountain of Gansu	WEI Qiang, LING Lei, CHAI Chunshan, et al (4700)
Dynamics of soil organic carbon and total nitrogen contents in short-rotation triploid <i>Populus tomentosa</i> plantations	ZHAO Xuemei, SUN Xiangyang, KANG Xiangyang, et al (4714)
Grazing effects on eco-stoichiometry of plant and soil in Hulunbeir, Inner Mongolia	DING Xiaohui, GONG Li, WANG Dongbo, et al (4722)
Effect of elevated ultraviolet-B (UV-B) radiation on CH ₄ emission in herbicide resistant transgenic rice from a paddy soil	LOU Yunsheng, ZHOU Wenlin (4731)
NMR spectroscopy based metabolomic analysis of <i>Thellungiella salsuginea</i> under salt stress	WANG Xinyu, WANG Lihua, YU Ping, et al (4737)
Screening and identification of associative nitrogen fixation bacteria in rhizosphere of sugarcane in Guangxi	HU Chunjin, LIN Li, SHI Guoying, et al (4745)
Effects of different rice-crab production modes on soil labile organic carbon and enzyme activities	AN Hui, LIU Mingda, WANG Yaojing, et al (4753)
The characteristics of soil microbial communities at burned forest sites for the Great Xingan Mountains	BAI Aiqin, FU Bojie, QU Laiye, et al (4762)
Changes of soil faunal communities during the restoration progress of <i>Abies faxoniana</i> Forests in Northwestern Sichuan	CUI Liwei, LIU Shirong, LIU Xingliang, et al (4772)
The effects of the endophytic fungus <i>Ceratobasidium stevensii</i> B6 on <i>Fusarium oxysporum</i> in a continuously cropped watermelon field	XIAO Yi, DAI Chuanchao, WANG Xingxiang, et al (4784)
Population ecology of <i>Aulacoseira granulata</i> in Xijiang River	WANG Chao, LAI Zini, LI Yuefei, et al (4793)
Evaluation of ecosystem sustainability for large-scale constructed wetlands	ZHANG Yiran, WANG Renqing, ZHANG Jian, et al (4803)
MIS3b vegetation and climate changes based on pollen and charcoal on Qianxi Plateau	ZHAO Zengyou, YUAN Daoxian, SHI Shengqiang, et al (4811)
The effects of stemflow on the formation of "Fertile Island" and "Salt Island" for <i>Haloxylon ammodendron</i> Bge	LI Congjuan, LEI Jiaqiang, XU Xinwen, et al (4819)
Accumulation and translocation of dry matter and nutrients of wheat rotated with legumes and its relation to grain yield in a dryland area	YANG Ning, ZHAO Hubing, WANG Zhaohui, et al (4827)
Occurrence characteristics of <i>akashiwo sanguinea</i> bloom caused by land source rainwater	LIU Yihao, SONG Xiukai, JIN Yang, et al (4836)
Analysis on landscape pattern change and its driving forces of Yancheng National Natural Reserve	WANG Yanfang, SHEN Yongming (4844)
Resource potential assessment of urban roof greening and development strategies: a case study in Futian central district, Shenzhen, China	SHAO Tianran, LI Chaosu, ZENG Hui (4852)
Analysis of the dynamic coupling processes and trend of regional eco-economic system development in the Yellow River Delta	WANG Jieyong, WU Jianzhai (4861)
The diversity parameters of butterfly for ecological function divisions in Chongqing	LI Aimin, DENG Heli, MA Qi (4869)
Review and Monograph	
Responses of soil respiration to different environment factors in semi-arid and arid areas	WANG Xinyuan, LI Yulin, ZHAO Xueyong, et al (4890)
Temperature sensitivity of soil respiration: uncertainties of global warming positive or negative feedback	LUAN Junwei, LIU Shirong (4902)
The primary factors controlling methane uptake from forest soils and their responses to increased atmospheric nitrogen deposition: a review	CHENG Shulan, FANG Huajun, YU Guirui, et al (4914)
The research progresses on biological oxidation and removal of nitrogen in lakes	FAN Junnan, ZHAO Jianwei, ZHU Duanwei (4924)
Scientific Note	
Cutting effects on growth and wastewater purification of <i>Cyperus alternifolius</i> in constructed wetland	LÜ Gaiyun, HE Huaidong, YANG Danjing, et al (4932)

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,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,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 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 15 期 (2012 年 8 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 32 No. 15 (August, 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:100071	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