

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第5期 Vol.34 No.5 **2014**

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 34 卷 第 5 期 2014 年 3 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 干旱指标研究进展..... 李柏贞,周广胜 (1043)
- 气候变化对作物矿质元素利用率影响研究进展..... 李堃清,吴正云,张 强,等 (1053)
- 森林生态系统中植食性昆虫与寄主的互作机制、假说与证据 曾凡勇,孙志强 (1061)
- 线虫区系分析指示土壤食物网结构和功能研究进展..... 陈云峰,韩雪梅,李钰飞,等 (1072)
- 中国省际水足迹强度收敛的空间计量分析 赵良仕,孙才志,郑德凤 (1085)
- 高原河谷城市植被时空变化及其影响因素——以青海省西宁市为例..... 高 云,谢苗苗,付梅臣,等 (1094)
- 土地利用和环境因子对表层土壤有机碳影响的尺度效应——以陕北黄土丘陵沟壑区为例.....
..... 赵明月,赵文武,钟莉娜 (1105)
- 赤子爱胜蚓和毛利远盲蚓对添加造纸污泥土壤的化学和生物学特征的影响.....
..... 陈旭飞,张 池,戴 军,等 (1114)

个体与基础生态

- 钾与信号抑制剂对外生菌根真菌分泌乙酸的调控作用..... 杨红军,李 勇,袁 玲,等 (1126)
- 砷诱导蚕豆气孔保卫细胞死亡的毒性效应..... 薛美昭,仪慧兰 (1134)
- 石油污染土壤中苯酚降解菌 ad049 的鉴定及降解特性..... 胡 婷,谷 洁,甄丽莎,等 (1140)
- 紫花苜蓿对铜胁迫生理响应的傅里叶变换红外光谱法研究..... 付 川,余顺慧,黄怡民,等 (1149)
- 播种期对晚季稻香气 2-乙酰-1-吡咯啉含量和产量的影响 杨晓娟,唐湘如,闻祥成,等 (1156)
- 外源钙(Ca)对毛葱耐镉(Cd)胁迫能力的影响 王巧玲,邹金华,刘东华,等 (1165)
- 基于植被指数的北京军都山荆条灌丛生物量反演研究..... 高明亮,官兆宁,赵文吉,等 (1178)
- 三种暖季型草坪草对二氧化硫抗性的比较..... 李 西,王丽华,刘 尉,等 (1189)
- 恩施烟区无翅桃蚜在烤烟田空间动态的地统计学分析..... 夏鹏亮,王 瑞,王昌军,等 (1198)
- 啮齿动物捕食和搬运蒙古栎种子对种群更新的影响..... 张晶虹,刘丙万 (1205)
- 高原鼠兔有效洞穴密度对高寒草甸优势植物叶片和土壤氮磷化学计量特征的影响.....
..... 李倩倩,赵 旭,郭正刚 (1212)
- 光、温限制后铜绿微囊藻和斜生栅藻的超补偿生长与竞争效应..... 谢晓玲,周 蓉,邓自发 (1224)

种群、群落和生态系统

- 人工巢箱繁殖鸟类主要巢捕食者及其影响因素..... 张 雷,李东来,马锐强,等 (1235)
- 泉州湾埕埔潮间带大型底栖动物群落的时空分布..... 卓 异,蔡立哲,郭 涛,等 (1244)

不同尺度因子对滦河流域大型底栖无脊椎动物群落的影响..... 张海萍,武大勇,王赵明,等 (1253)

呼兰河湿地夏、秋两季浮游植物功能分组演替及其驱动因子..... 陆欣鑫,刘 妍,范亚文 (1264)

江西桃红岭国家级自然保护区梅花鹿生境适宜性评价..... 李 佳,李言阔,缪沪君,等 (1274)

景观、区域和全球生态

中国自然保护综合地理区划..... 郭子良,崔国发 (1284)

近 10 年来蒙古高原植被覆盖变化对气候的响应 缪丽娟,蒋 冲,何 斌,等 (1295)

人类活动与气候变化对洪湖春旱的影响 刘可群,梁益同,周金莲,等 (1302)

2000—2010 年武汉市中心城区湖泊景观变化 谈永利,王宏志,张 欢,等 (1311)

资源与产业生态

三江源区冬虫夏草资源适宜性空间分布..... 李 芬,吴志丰,徐 翠,等 (1318)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 282 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 30 * 2014-03



封面图说：插秧季节的桂西——2009—2011 年,我国广西、云南、贵州、四川、重庆等西南地区遭受了百年不遇的特大旱灾,其中广西西北部、云南大部、贵州西部等石漠化地区最为严重,农作物大面积绝收,千百万人 and 大牲畜饮水困难,这种危害是巨大的、现实的。从对 2009—2011 年我国西南地区旱灾程度及其对植被净初级生产力影响结果显示:2009—2011 年西南地区年均降水量和湿润指数明显低于 1980—2008 年均值,植被净初级生产力低于 2001—2008 年均值,造成的碳损失约占我国总碳汇的 7.91%。全球气候变暖给大气环流提供了动力,也造成了许多极端灾害天气,因此如何应对气候变化形势显得更加紧迫。

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/stxb201306101592

淡永利,王宏志,张欢,张晓峰,纵兆伟.2000—2010 年武汉市中心城区湖泊景观变化.生态学报,2014,34(5):1311-1317.

Dan Y L, Wang H Z, Zhang H, Zhang X F, Zong Z W. Lakes evolution of central Wuhan during 2000 to 2010. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(5): 1311-1317.

2000—2010 年武汉市中心城区湖泊景观变化

淡永利,王宏志*,张欢,张晓峰,纵兆伟

(地理过程分析与模拟湖北省重点实验室;华中师范大学,城市与环境科学学院,武汉 430079)

摘要:武汉雅称“百湖之市”,湖泊是武汉市的重要名片。以 2000、2005 和 2010 年三期 Landsat TM 数据为数据源,采用归一化差异水体指数(NDWI)提取湖泊水体信息,建立了各个时期武汉市中心城区湖泊矢量图层,计算了湖泊的面积萎缩率、斑块分维数和破碎度等景观指数,对 2000—2010 年武汉市中心城区湖泊变化特征进行了分析。研究表明,武汉市各个湖泊均有不同程度的萎缩,湖泊面积萎缩率大小和其所隶属的环线及政策因素有较大的关系;各湖泊斑块分维数在 1—1.3 之间,并越来越接近于 1,表明在人类活动持续影响下,其形状变得越来越规则;同时斑块数目增加,湖泊在面积萎缩的同时,也变得越来越破碎,研究显示主要是道路修建所导致的湖泊分割,湖泊被分割后,自净能力下降,会导致水体污染而最终被填埋。总之,10 年武汉市湖泊景观环境朝着不良方向发展,应该制定更严格的政策进行水域管理。

关键词:武汉市中心城区;NDWI;湖泊景观变化;萎缩率

Lakes evolution of central Wuhan during 2000 to 2010

DAN Yongli, WANG Hongzhi*, ZHANG Huan, ZHANG Xiaofeng, ZONG Zhaowei

Key Laboratory of Analysis and Simulation of Geological Processes of Hubei Province; College of Urban and Environmental Science, Central China Normal University, Wuhan 430079, China

Abstract: Wetland is one of the three most valuable ecosystems in the world. Blessed with numerous lakes, Wuhan has enjoyed the reputation of “City with hundreds of lakes”, and “Lake” is the important name card of Wuhan. Based on the Landsat TM images of the year of 2000, 2005, and 2010, we get the lakes variation characteristics from year 2000 to year 2010 of central Wuhan with the method of NDWI to extract prominent information of lakes and then create the vector layers of the lakes data of the three years, which are used to calculate the Shrinking Rate of the lakes, fractal dimension of lake patches and the degree of fragmentation of lake landscape. The study shows that: (1) All the lakes have shrunk, and there are different shrinking rates of different lakes, which are mainly decided by which loop are these lakes in and policy factors. (2) fractal dimensions of these lake patches are range from 1 to 1.3, and are increasingly close to 1. It shows that the lakes are becoming regularly shaped under human activity influence. (3) There is an increase in the number of lake patches. With their decrease in area, the lakes become fragmented at the same time due to the traffic construction. When a lake is fragmented, it is easier to be polluted for the reduction of its self-purification capacity and probably to be filled in at last. In one word, the landscape environment of lakes proceeds in a negative direction. Stricter policies should be put forward for administration and protection of the lakes of Wuhan City.

Key Words: central area of Wuhan city; NDWI; lake landscape evolution; shrinking Rate

基金项目:国家自然科学基金项目(41271534)

收稿日期:2013-06-10; 修订日期:2013-10-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: whz1237@hotmail.com

湿地是全球价值最高的三大生态系统之一,然而在人类长期的掠夺式开发利用下,湿地自然曲折的形状变得简化、面积和数量锐减、水域受到不同程度的污染,湿地环境问题已经成为全球变化研究的重要内容之一^[1-2]。城市是以人类行为为主导的复杂社会经济自然复合生态系统,城市内湖也是人类活动干扰最严重的生态类型之一。城市内湖除具有生物栖息地、调蓄洪水和生产等功能外,对于接纳城市污水、建构城市景观、促进城市经济增长具有非常重要的作用^[3]。武汉雅称“百湖之市”,湖泊是武汉市重要的城市名片。武汉市湖泊属于江汉湖群的一部分,新中国成立之初,仅汉口地区大小湖泊就有100多个,但截止到2000年底,武汉三镇仅存湖泊27个^[4]。武汉作为我国首批“两型”社会试点的中心城市,建设生态宜居的生态园林城市是武汉市“两型”社会建设的重要目标,加强水污染防治、建立一批以河流、湖泊、水库和湿地为核心的生态保护区、推进“清水入湖”工程是武汉市“两型”社会建设的重要举措。

但近年来武汉城市化水平的不断提高,使得城市湖泊面积萎缩,水质污染,生态功能下降,严重制约了武汉生态园林城市的建设^[5]。这一问题也引起了学者的广泛关注,黄浦江^[6]等利用景观分形理论与GIS的空间分析功能相结合的方法,分别构建湖泊变化强度指数和湖泊分形维数变化指数,从湖泊的空间面积变化以及湖泊形态变化2个方面进行了研究。宁龙梅^[7]等利用景观生态学的方法对武汉市

湿地景观格局变化进行了定量研究。曾中平^[8]等利用NDWI指数提取了4a不同的武汉市主城区湖泊的水域面积,引入湖泊萎缩指数对湖泊进行时空变化的初步定量分析。其它学者则更多的关注湖泊水质污染及其生态环境的变化特征研究^[9-10]。鉴于以上在城市湖泊研究中侧重面积和空间格局变化的基础上,以2000、2005和2010年三期Landsat TM数据为数据源,选择27个主要湖泊并基于湖泊的景观变化模型,构建了湖泊面积萎缩率、湖泊分维数和湖泊破碎度等指标,从湖泊的空间面积变化、湖泊形态变化及破碎程度等方面来进行分析,以期丰富湖泊景观变化的分析方法,以及更深入地了解和认识人类活动因素与湖泊水域动态变化之间的关系,并揭示其规律和原因,为进一步推进武汉市湖泊环境保护提供决策依据。

1 武汉市中心城区湖泊信息提取

1.1 武汉市中心城区湖泊名录

武汉市(113°41′—115°05′E, 29°58′—31°22′N)是长江中下游特大城市之一,处于江汉平原东部、长江与其一级支流汉水的交汇处,为残丘性河湖冲积平原,地势平坦低洼^[11]。选择传统武汉三镇为研究区,即江岸区、江汉区、硚口区、汉阳区、武昌区、洪山区6个中心城区,其中江岸区、江汉区和硚口区隶属于汉口镇,武昌区和洪山区隶属于武昌镇,汉阳区隶属于汉阳镇。2000年末武汉三镇共有湖泊27个,其中汉口10个、汉阳6个、武昌11个(表1)。

表1 武汉主城区湖泊名录

Table 1 Lakes in the main central city districts of Wuhan

武汉三镇 Sites	主城区 Maincentral City	湖泊名称 Lake
汉口	江岸区	塔子湖、鲢子湖
	江汉区	菱角湖、后襄湖、北湖、西湖、机器荡子、小南湖
	硚口区	张毕湖、竹叶湖
汉阳	汉阳区	月湖、莲花湖、墨水湖、龙阳湖、北太子湖、南太子湖
武昌	武昌区	四美塘、水果湖、紫阳湖、内沙湖、东湖(西、北部分)
	洪山区	杨春湖、外沙湖、严西湖、晒湖、南湖、野芷湖、东湖(东、南部分)

1.2 湖泊景观生态信息的提取

1.2.1 图像预处理

湖泊生态服务能力相关衡量指标主要从三期遥感图像获取。选取2000年、2005年和2010年秋季的三期Landsat TM(ETM+)数字遥感数据,运用

ENVI 5.0 遥感图像处理软件,对图像进行几何精校正、图像裁剪和图像增强等预处理(图1)。

1.2.2 归一化差异水体指数(NDWI)计算

运用归一化差异水体指数(NDWI)提取湖泊水域信息^[12-13],其基本原理是通过波段之间的比值运

算增强水域与背景地物之间的反差,从而使水体容易地被识别出来。其计算公式为:



图1 三期标准假彩色 Landsat-TM(ETM+) 遥感影像

Fig.1 Three periods of standard false color Landsat-TM(ETM+) remote sensing images

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

式(1)中, GREEN 代表绿光波段, NIR 代表近红外波段。

1.2.3 武汉市中心城区湖泊矢量信息提取

利用计算得到的 NDWI 图像, 并利用 GPS 进行了实地抽样调查检验, 利用 NDWI 提取的图像精度准确可靠。在 ArcGIS10 环境中, 提取三期武汉市湖泊水域矢量信息, 并参考有关资料及实地考察各图

斑所对应的湖泊名称, 分别建立 2000、2005 和 2010 年武汉市中心城区湖泊矢量图层, 如图 2 显示了 2010 年武汉市中心城区湖泊分布图。2010 年主城区湖泊水面总面积为 62.52km², 占三镇总面积的 7.64%, 其中武昌地区湖泊总面积为 54.95km², 汉阳地区湖泊总面积为 6.68km², 汉口地区湖泊总面积为 0.88km², 分别占主城区湖泊总面积的 87.90%、10.69% 和 1.41%。武汉三镇湖泊面积差异悬殊。

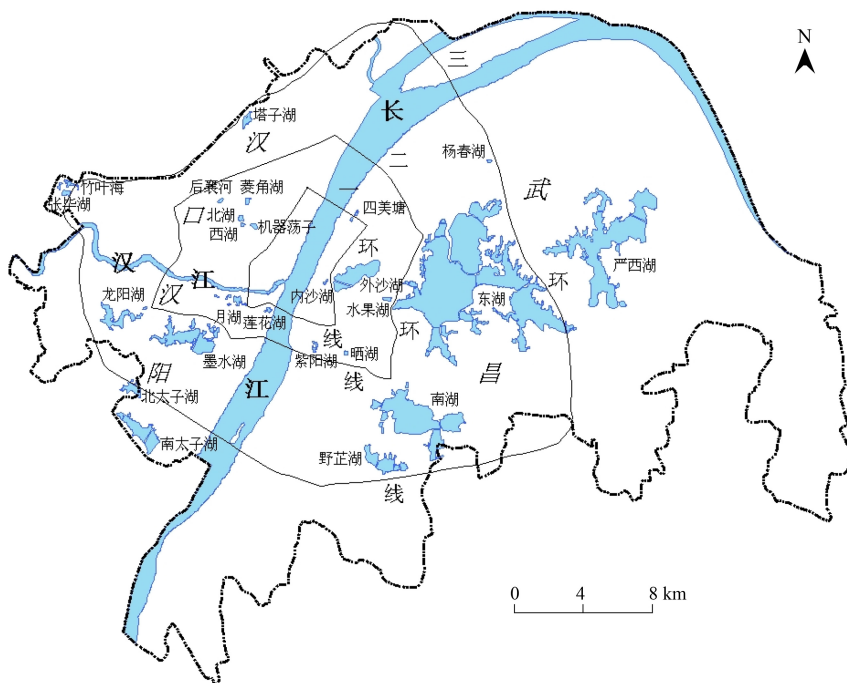


图2 2010 年武汉市中心城区湖泊分布图

Fig.2 Distribution of lakes in the main central city districts of Wuhan in 2010

2 湖泊景观变化模型的构建

2.1 湖泊景观变化要素及指数选择

湖泊景观生态环境变化主要体现在湖泊面积、

形状、完整性等方面的变化。城市湖泊经常被各种建设项目侵占, 面积减少, 面积的减少可采用萎缩率来表示; 城市交通体系的建设和扩展等经常分割湖体, 湖体被分割后其水体自净能力减弱, 率先被污

染、填埋,湖泊的完整性采用破碎度来表示;湖泊形状的变化会影响到水陆交界面的大小、生物栖息地的变化和湖泊的美学价值,自然状态下的湖泊边界曲折自然,人类活动影响越大,湖泊边界越规则,可采用湖泊斑块分维数来表示湖泊形状的变化。

2.2 湖泊生态景观变化指数计算

从武汉市中心湖泊图层提取湖泊水域面积、斑块个数和周长等信息,对各湖泊面积变化率、湖泊斑块分维数和湖泊景观破碎度等各指数的计算。

(1) 湖泊面积萎缩率 (ACR)

$$ACR = \frac{A_1 - A_0}{A_0} \quad (2)$$

式中, A_0 为研究始期湖泊面积; A_1 为研究终期湖泊面积。

(2) 湖泊斑块分维数 (FRAC)

$$FRAC = \frac{2 \ln(P/4)}{\ln(A)} \quad (3)$$

式中, P 为湖泊斑块的周长; A 为湖泊斑块的面积。斑块分维数用来描述湖泊景观形状的复杂性^[14-15], 其理论范围值为 $[1.0-2.0]$, 1.0 代表斑块形状为正方形, 人为干扰大; 2.0 表示斑块形状非常曲折复杂, 人为干扰小^[15-17]。

(3) 湖泊景观破碎度 (F)

$$F = \frac{N}{A} \quad (4)$$

式中, N 表示景观斑块数, A 表示景观总面积。 F 越大, 景观越破碎。景观破碎化是生物多样性丧失的重要原因之一^[15, 18]。

3 计算结果分析

3.1 武汉市主城区湖泊萎缩特点

10 年中, 武汉主城区湖泊面积减少了 11.53 km², 总萎缩率为 15.57%, 其中 2000—2005 年减少了 8.17 km², 2005—2010 年减少了 3.36 km² (表 2)。武汉市湖泊面积差别悬殊, 10a 内均有不同程度的萎缩, 排在前面九大湖位序并没有改变, 前九大湖面积共减少了 10.33 km², 占总萎缩量的 89.61%。2000、2005 和 2010 年九大湖面积总和分别为 71.28 km²、63.74 km² 和 60.95 km², 占同期湖泊总面积的 96.27%、96.76% 和 97.49%, 占比逐步上升; 排在前三位的东湖、严西湖和南湖面积总和分别为 56.7678、52.2241 km² 和 50.7552 km², 分别占同期九大湖总面

积的 79.64%、81.93% 和 83.27%, 占比也在攀升。

27 个湖泊萎缩率差异明显 (表 2)。内沙湖萎缩率最高, 达 83.62%, 内沙湖位于武汉市武昌区、武汉市市区内环线内, 曾是武汉市仅次于东湖的第二大“城中湖”, 2000 年该湖在 27 个湖泊中尚居于第 13 位, 到 2010 年却退居为末位; 萎缩率处于 70%—80% 之间的有杨春湖和晒湖, 位序均有明显的下降, 前者位于三环边上, 后者位于二环以内; 萎缩率处于 50%—60% 之间的有月湖和北太子湖, 前者处于二环线内, 后者位于三环附近; 萎缩率在 40%—50% 之间的湖泊是外沙湖和西湖, 均位于二环之内; 萎缩率在 30%—40% 之间的湖泊南太子湖、张毕湖和南湖, 均邻近三环线, 均是区域内面积较大的湖泊, 自 2000 年到 2010 年三者位序未变; 萎缩率在 20%—30% 之间的湖泊有墨水湖、紫阳湖、菱角湖、北湖、烷子湖、四美塘和小南湖, 除墨水湖处于三环内, 其他均处于二环内; 萎缩率在 10%—20% 之间的湖泊有塔子湖、水果湖、机器荡子和莲花湖, 除塔子湖处于三环线内, 其他均处于二环线内; 萎缩率小于 10% 的湖泊有东湖、严西湖、野芷湖、竹叶海和后襄河, 其中严西湖位于三环线外, 后襄河位于二环线内, 东湖和野芷湖主体位于三环之内, 而竹叶海位于三环附近。从排序来看, 东湖、严西湖一直居于前两位宝座, 东湖为重要的风景旅游区, 而严西湖位于三环以外, 较小的萎缩率与人类活动的保护行为及较少的干预相关; 野芷湖第 7 位未变; 竹叶海从 16 升级为 13; 后襄河从 26 升级为 22。竹叶海、后襄河被定位为城市湖泊公园。

可见, 萎缩率大于 70% 的湖泊均位于二环区之内, 萎缩使得其在整个中心城区湖泊中的排序大大下降; 没有萎缩率在 60%—70% 的湖泊; 萎缩率为 30%—50% 的湖泊, 要么位于二环之内人口稠密区, 要么位于三环线附近的环线建设区, 其排序基本稳定; 萎缩率小于 30% 的湖泊, 情况最为复杂, 有二环内、三环内及三环附近的, 这些湖泊的排序均比较稳定或提高, 除部分湖泊具有面积优势外, 有针对性的湖泊利用及保护政策等对其现状也有着积极的作用。

随着房地产开发热的到来, 滨湖地区成为房地产开发的焦点地区以及市政建设的大力推行, 使得大量湖泊用地被填占而成为建筑用地。对 27 个湖

泊均存在于建设用地占用问题,主要包括房屋建设和公路修建等;同时,东湖、严西湖、北太子湖、南太子湖、塔子湖、外沙湖、张毕湖、月湖、杨春湖、竹叶海

和龙阳湖等 11 个湖泊,存在于湖面转化为滩地等现象,是湖泊退化的标志之一。

表 2 2000—2010 年武汉主城区湖泊面积、排序变化及萎缩情况

Table 2 The shrinking of the lake area									
湖泊名称 Name	2000		2005		2010		2000—2010 面积		萎缩原因
	面积/km ²	排序	面积/km ²	排序	面积/km ²	排序	萎缩量	萎缩率/%	
东湖	33.156	1	32.407	1	31.2869	1	1.8686	5.64	建筑用地、滩地
严西湖	12.645	2	11.839	2	11.7925	2	0.8528	6.74	建筑用地、滩地
南湖	10.967	3	7.978	3	7.6758	3	3.2912	30.01	建筑用地
外沙湖	4.152	4	3.021	4	2.2987	5	1.8536	44.64	建筑用地、滩地
墨水湖	3.650	5	2.981	5	2.9136	4	0.7364	20.18	建筑用地、滩地
南太子湖	2.806	6	2.211	6	1.8074	6	0.9984	35.58	建筑用地、滩地
野芷湖	1.668	7	1.573	7	1.5413	7	0.1271	7.62	建筑用地
龙阳湖	1.276	8	1.239	8	1.1602	8	0.1158	9.08	建筑用地、滩地
北太子湖	0.964	9	0.4945	9	0.4732	9	0.4877	50.75	建筑用地、滩地
月湖	0.615	10	0.3937	10	0.2640	11	0.3507	57.05	建筑用地、滩地
塔子湖	0.319	11	0.2928	11	0.2645	10	0.0543	17.03	建筑用地、滩地
张毕湖	0.241	12	0.2181	12	0.1624	12	0.0782	32.50	建筑用地、滩地
内沙湖	0.191	13	0.0332	27	0.0313	27	0.1598	83.62	建筑用地、道路
晒湖	0.177	14	0.1057	15	0.0447	22	0.1324	74.76	建筑用地
杨春湖	0.140	15	0.128	13	0.0343	25	0.1060	75.55	建筑用地、滩地
竹叶海	0.135	16	0.128	14	0.1240	13	0.0106	7.88	建筑用地、滩地
紫阳湖	0.123	17	0.0982	18	0.0974	14	0.0259	21.01	建筑用地
水果湖	0.113	18	0.1022	16	0.0909	16	0.0217	19.27	建筑用地
机器荡子	0.105	19	0.0996	17	0.0927	15	0.0118	11.29	建筑用地
菱角湖	0.104	20	0.089	20	0.0765	17	0.0271	26.16	建筑用地
北湖	0.102	21	0.0961	19	0.0741	18	0.0277	27.21	建筑用地
皖子湖	0.089	22	0.0794	21	0.0667	19	0.0886	23.59	建筑用地
四美塘	0.077	23	0.0665	22	0.0610	21	0.0160	20.78	建筑用地
莲花湖	0.075	24	0.0647	23	0.0642	20	0.0108	14.40	建筑用地
西湖	0.0652	25	0.0508	24	0.0385	24	0.0267	40.95	建筑用地
后襄河	0.0519	26	0.0502	25	0.0482	22	0.0037	7.13	建筑用地
小南湖	0.0448	27	0.0351	26	0.0336	26	0.0448	25	建筑用地
总计 Total	74.0467		65.8755		62.5183		11.5284	15.43	

3.2 武汉主城区湖泊形状变化

武汉中心城区湖泊景观分维数 3 个时期依次为:1.275、1.264、1.262(表 3),一直呈下降趋势,人为活动对湖泊的改造程度愈来愈大。其中 2000—2005 年变化较为显著,2005—2010 年变化相对缓和,说明人类活动干扰相比上一时期要小一些。

单个湖泊分维数均在 1.000—1.300 之间,说明武汉中心城区湖泊总体上受人为活动影响很大。分维数接近于 1 的湖泊有内沙湖、北湖、后襄河、小南湖、晒湖、机器荡子、杨春湖、水果湖、莲花湖、菱角湖

和西湖,这些湖泊除杨春湖位于三环附近外,其他湖泊均位于二环线以内的市区附近,受人类活动影响大,湖泊几何形状趋于简单化;其他湖泊分维数变化具有反复性,但总体上仍呈下降趋势。

3.3 湖泊景观破碎度变化趋势

2000、2005、2010 年武汉中心城区湖泊景观的破碎度分别为 1.202、1.397、1.648,破碎度不断增加。不同时期湖泊破碎度也存在着一定的差异,2000—2005 年湖泊破碎度有所增加,2005—2010 年湖泊景观破碎度的增加则更为显著。

表 3 2000—2010 年湖泊分维数和斑块数变化

Table 3 Chang of lakes fractal dimension and patches' number during 2000—2010

湖泊名称 Name	2000		2005		2010	
	分维数	斑块数	分维数	斑块数	分维数	斑块数
东湖	1.215	19	1.205	22	1.209	27
严西湖	1.181	9	1.180	10	1.182	12
内沙湖	1.051	1	1.051	1	1.077	1
北太子湖	1.140	2	1.126	4	1.099	3
北湖	0.997	1	1.005	1	1.018	1
南太子湖	1.089	1	1.115	2	1.114	3
南湖	1.197	11	1.144	11	1.130	11
后襄河	1.030	1	1.008	1	1.028	1
四美塘	1.087	2	1.126	2	1.106	2
塔子湖	1.123	3	1.076	1	1.071	1
墨水湖	1.168	4	1.178	6	1.180	8
外沙湖	1.127	1	1.059	1	1.072	1
小南湖	1.086	3	1.092	3	1.180	2
张毕湖	1.122	2	1.106	1	1.097	1
晒湖	1.101	2	1.024	2	1.006	5
月湖	1.107	1	1.067	1	1.165	1
机器荡子	1.012	2	1.016	2	1.000	1
杨春湖	1.073	1	1.071	1	1.029	1
水果湖	1.027	4	1.026	1	1.029	1
竹叶海	1.090	1	1.108	2	1.141	2
紫阳湖	1.095	1	1.108	1	1.133	2
莲花湖	1.072	2	1.053	2	1.062	2
菱角湖	1.047	1	1.030	1	1.031	1
西湖	1.070	1	1.008	1	1.010	1
野芷湖	1.134	2	1.122	5	1.134	6
簪子湖	1.080	1	1.115	1	1.098	1
龙阳湖	1.275	2	1.262	2	1.264	6

2000、2005、2010 年湖泊斑块总数分别为 81 个、88 个、104 个。通过图像解译和实地考察对斑块数目变化原因进行了分析。斑块明显增多的湖泊有东湖、严西湖、南太子湖、墨水湖、野芷湖、龙阳湖、月湖、竹叶海和紫阳湖,其中东湖、严西湖、南太子湖、墨水湖、野芷湖、龙阳湖、竹叶海是由于交通线路把湖泊切割成几部分,而月湖和紫阳湖位于市区,由于建筑用地填占使得湖泊被切割;斑块明显减少的湖泊有杨春湖、外沙湖、塔子湖、张毕湖和晒湖,主要是由于破碎湖泊部分斑块被填占或湖泊水量减少变为滩地、未利用地等(表 3)。

4 结论

(1) 本研究利用多时相遥感信息,在 GIS 技术的支持下,建立了 2000—2010 年武汉中心城区湖泊数

据库,能够快速及时准确地反映湖泊动态变化,为武汉市湖泊资源的监测、保护与利用提供参考。

(2) 武汉中心城区湖泊时空动态演变具有阶段性特征。2000—2005 年湖泊面积萎缩量比 2005—2010 年显著、湖泊斑块分维数变化幅度在 2000—2005 年时期也较大。2000—2005 年武汉城市化进程主要表现为湖泊的占用和开发;2005—2010 年时期湖泊斑块数量增加迅速,道路修建对湖体的分割明显。

(3) 有利的政策对湖泊保护起到明显的作用。竹叶海处于三环线附近、后襄河处于繁华的汉口二环之内,其萎缩率明显低于大多数湖泊,显然和其被定位为城市湖泊公园有关。

综上所述,武汉中心城区湖泊受武汉城市化进程影响很大,而且影响还在逐年增强。要保护武汉

市的这一城市名片,制订更加严格的政策、加强管理是必须的举措。

References:

- [1] Zhang H Z, Tian M Z, Guo J, Yang J. The dynamic monitoring of Dalinur Lake in Inner Mongolia during 1999—2010 based on RS and GIS. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2012, 26(10): 43-46.
- [2] Wang Q, Yan D H, Weng B S, Yuan Y, Yang Z Y. Mechanism of influence of basin drought on freshwater lake wetland ecosystem. *Wetland Science*, 2012, 10(4): 393-403.
- [3] Wang F Z, Zhou Z X, Zheng Z M. Evaluation on non-use values of typical lake wetlands in Wuhan. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(12): 3261-3269.
- [4] Ruan R Z, Xia S, Chen Y, She Y J, Yan M C. Change of lake nearby Linhuai Town in West Bank of Hongze Lake during 1979—2006. *Wetland Science*, 2012, 10(3): 344-349.
- [5] Shi X W, Li D S. Considerations on saving lakes in Wuhan. *China Water Resources*, 2005, (7): 61-63.
- [6] Huang P J, Liu Y F, Liu C, Jiang Q H. Study on evolution of urban lakes in Wuhan Based on RS/GIS. *Ecology and Environmental Sciences*, 2012, 21(9): 1588-1593.
- [7] Ning L M, Wang X L, Wu H J. On changes of wetland ecology landscape pattern of Wuhan City by RS and BIS. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005, 14(1): 44-49.
- [8] Zeng Z P, Lu X H. Spatial-temporal evolution of urban lakes in Wuhan City based on remote sensing images. *Journal of Lake Sciences*, 2008, 20(5): 648-654.
- [9] Zhang Y, Deng H B. Discussion of the evolution and use of the lakes in Wuhan. *Journal of Central China Normal University: Natural Sciences*, 2005, 39(4): 559-563.
- [10] Wei H, Cheng S P, Chai P H, Wang Y Y, Guo W J, Yang X, Wu Z B. Investigation of aquatic macrophytes in lakes of Beihu Watershed of East Lake area in Wuhan, in the autumn of 2009. *Lake Sciences*, 2011, 23(3): 401-408.
- [11] Wu D X, Yang W J, Ke X J, Zhang D X, Li C L, Liang Y X. Control of water blooms of urban Eutrophic lake with compound microorganisms in restoration project. *Environmental Science and Technology*, 2010, 33(7): 151-154.
- [12] Xu H Q. A Study on information extraction of water body with the modified normalized difference water index (MNDWI). *Journal of Remote Sensing*, 2005, 9(5): 589-595.
- [13] McFeeters S K. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, 17(7): 1425-1432.
- [14] Zhang Y. Spatial-temporal Evolution of Wetland in Hubei Province

in the past 100 Years. Wuhan: Central China Normal University Press, 2009.

- [15] Liu M S, Zhang M J. *Landscape Ecology: Principles and Methods*. Beijing: Chemical Industry Press, 2008.
- [16] Olsen E R, Ramsey R D, Winn D S. A modified fractal dimension as a measure of landscape diversity. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1993, 59(10): 1517-1520.
- [17] McGarigal K, Marks B J. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program For Quantifying Landscape Structure. Portland, OR: U. S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995.
- [18] Guirguis S K. Multi-temporal change of Lake Brullus, Egypt, from 1983 to 1991. *Remote Sensing*, 1996, 17(15): 2915-2921.

参考文献:

- [1] 张郝哲, 田明中, 郭婧, 杨婧. 基于 RS 和 GIS 的内蒙古达里诺尔湖 1999—2010 年动态监测. *干旱区资源与环境*, 2012, 26(10): 43-46.
- [2] 王青, 严登华, 翁白莎, 袁勇, 杨志勇. 流域干旱对淡水湖泊湿地生态系统的影响机制. *湿地科学*, 2012, 10(4): 393-403.
- [3] 王凤珍, 周志翔, 郑忠明. 武汉市典型城市湖泊湿地资源非使用价值评价. *生态学报*, 2010, 30(12): 3261-3269.
- [4] 阮仁宗, 夏双, 陈远, 余远见, 颜梅春. 1979—2006 年洪泽湖西岸临淮镇附近湖泊变化研究. *湿地科学*, 2012, 10(3): 344-349.
- [5] 施绪武, 李东山. 抢救武汉湖泊的思考. *中国水利*, 2005, (7): 61-63.
- [6] 黄浦江, 刘艳芳, 刘畅, 姜庆虎. 基于 RS 与 GIS 的武汉城市湖泊演化研究. *生态环境学报*, 2012, 21(9): 1588-1593.
- [7] 宁龙梅, 王学雷, 吴后建. 武汉市湿地景观格局变化研究. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(1): 44-49.
- [8] 曾忠平, 卢新海. 城市湖泊时空演变的遥感分析: 以武汉市为例. *湖泊科学*, 2008, 20(5): 648-654.
- [9] 张毅, 邓宏兵. 武汉市城市湖泊演化及开发利用初探. *华中师范大学学报: 自然科学版*, 2005, 39(4): 559-563.
- [10] 魏华, 成水平, 柴培宏, 王燕燕, 郭伟杰, 杨晓, 吴振斌. 2009 年秋季武汉大东湖北湖水系水生植物调查. *湖泊科学*, 2011, 23(3): 401-408.
- [11] 吴定心, 杨文静, 柯雪佳, 张东晓, 李程亮, 梁运祥. 利用复合微生物菌剂控制水华的治理工程试验. *环境科学与技术*, 2010, 33(7): 151-154.
- [12] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数 (MNDWI) 提取水体信息的研究. *遥感学报*, 2005, 9(5): 589-595.
- [14] 张毅. 湖北省湿地百年时空演化研究. 武汉: 华中师范大学出版社, 2009.
- [15] 刘茂松, 张明娟. *景观生态学——原理与方法*. 北京: 化学工业出版社, 2008.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.5 Mar., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- Advance in the study on drought index LI Bozhen, ZHOU Guangsheng (1043)
- State-of-the-art review of the impact of climatic change on bioavailability of mineral elements in crops
..... LI Longqing, WU Zhengyun, ZHANG Qiang, et al (1053)
- Mechanism, hypothesis and evidence of herbivorous insect-host interactions in forest ecosystem
..... ZENG Fanyong, SUN Zhiqiang (1061)
- Approach of nematode fauna analysis indicate the structure and function of soil food web
..... CHEN Yunfeng, HAN Xuemei, LI Yufei, et al (1072)
- A spatial econometric analysis of water footprint intensity convergence on a provincial scale in China
..... ZHAO Liangshi, SUN Caizhi, ZHENG Defeng (1085)
- Pattern dynamics of vegetation coverage of Plateau Valley-City in the Western China; a case study in Xining
..... GAO Yun, XIE Miaomiao, FU Meichen, et al (1094)
- Scale effect analysis of the influence of land use and environmental factors on surface soil organic carbon; a case study in the
hilly and gully area of Northern Shaanxi Province ZHAO Mingyue, ZHAO Wenwu, ZHONG Lina (1105)
- Effects of *Eisenia foetida* and *Amyntas morrisi* on the chemical and biological properties of soil amended with the paper mill
sludge CHEN Xufei, ZHANG Chi, DAI Jun, et al (1114)

Autecology & Fundamentals

- Regulation of potassium supply and signal inhibitors on acetate effluxes by ectomycorrhizal fungi
..... YANG Hongjun, LI Yong, YUAN Ling, et al (1126)
- Arsenic induces guard cell death in leaf epidermis of *Vicia faba* XUE Meizhao, YI Huilan (1134)
- Identification and characteristics of phenol degrading bacteria ad049 screened from oil contaminated soil
..... HU Ting, GU Jie, ZHEN Lisha, YANG Jiu, et al (1140)
- Physiological response of *Medicago sativa* L. to copper stress by FTIR spectroscopy
..... FU Chuan, YU Shunhui, HUANG Yimin, et al (1149)
- Effects of sowing date on 2-acetyl-1-pyrroline content and yield of late season aromatic rice
..... YANG Xiaojuan, TANG Xiangru, WEN Xiangcheng, et al (1156)
- Effects of exogenous calcium (Ca) on tolerance of *Allium cepa* var. *agrogarum* L. to cadmium (Cd) stress
..... WANG Qiaoling, ZOU Jinhua, LIU Donghua, et al (1165)
- The study of *Vitex negundo* shrubs canopy biomass inversion in Beijing Jundu mountainous area based on vegetation indices
..... GAO Mingliang, GONG Zhaoning, ZHAO Wenji, et al (1178)
- Comparison study of sulfur dioxide resistance of three warm-season turf grasses LI Xi, WANG Lihua, LIU Wei, et al (1189)
- Geostatistical analysis on spatial dynamics of the apterous *Myzus persicae* in flue-cured tobacco fields of Enshi tobacco area, China ...
..... XIA Pengliang, WANG Rui, WANG Changjun, et al (1198)
- Patterns of seed predation and removal of Mongolian oak (*Quercus mongolica*) by rodents
..... ZHANG Jinghong, LIU Bingwan (1205)
- Effect of available burrow densities of plateau pika (*Ochotona curzoniae*) on leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry of dominant
plants and soil in alpine meadow LI Qianqian, ZHAO Xu, GUO Zhenggang (1212)

- Overcompensation and competitive effects of *Microcystis aeruginosa* and *Scenedesmus obliquus* after low temperature and light stresses XIE Xiaoling, ZHOU Rong, DENG Zifa (1224)

Population, Community and Ecosystem

- The main nest predators of birds breeding in artificial nest-boxes and its influencing factors ZHANG Lei, LI Donglai, MA Ruiqiang, et al (1235)
- Temporal and spatial variation of macrobenthic communities in the intertidal zone of Xunpu, Quanzhou Bay ZHUO Yi, CAI Lizhe, GUO Tao, et al (1244)
- The influence of variables at different scales on stream benthic macroinvertebrates in Luanhe River Basin ZHANG Haiping, WU Dayong, WANG Zhaoming, et al (1253)
- Relationships between environmental variables and seasonal succession in phytoplankton functional groups in the Hulan River Wetland LU Xinxin, LIU Yan, FAN Yawen (1264)
- Habitat assessment of sika deer (*Cervus nippon*) in the Taohongling National Nature Reserve, Jiangxi Province, China LI Jia, LI Yankuo, MIAO Lujun, et al (1274)

Landscape, Regional and Global Ecology

- The comprehensive geographical regionalization of China supporting natural conservation GUO Ziliang, CUI Guofa (1284)
- Response of vegetation coverage to climate change in Mongolian Plateau during recent 10 years MIAO Lijuan, JIANG Chong, HE Bin, et al (1295)
- Impact analysis of human activities and climate change on Honghu lake's spring drought LIU Kequn, LIANG Yitong, ZHOU Jinlian, et al (1302)
- Lakes evolution of central Wuhan during 2000 to 2010 DAN Yongli, WANG Hongzhi, ZHANG Huan, et al (1311)

Resource and Industrial Ecology

- The spatial distribution of *Ophiocordyceps sinensis* suitability in Sanjiangyuan Region ... LI Fen, WU Zhifeng, XU Cui, et al (1318)

《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

本期责任副主编 象伟宁

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 5 期 (2014 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 5 (March, 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	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	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
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:100717	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 90.00 元