

2011年洪湖和梁子湖受旱程度差异和成因分析

田蓉^{1,2}, 曹春香^{1*}, 马广仁³, 鲍达明³, 陆诗雷⁴, 徐敏¹, Peera Yomwan^{1,2,5}

(1. 中国科学院遥感与数字地球研究所, 遥感科学国家重点实验室, 北京 100101;

2. 中国科学院大学, 北京 100049; 3. 国家林业局湿地保护管理中心, 北京 100714;

4. 国家林业局生态环境处, 北京 100714; 5. 土地部门, 曼谷 10210)

摘要 湿地是水陆交错的生态系统, 往往受旱灾影响大, 故此, 对不同湖泊湿地受旱程度差异及其原因分析, 可为减灾和湿地保护提供科学依据。本文利用2010年5月和2011年5月2个时相的HJ-1卫星CCD影像, 提取洪湖和梁子湖2个时相的湿地水面积, 结合统计资料和问卷调查数据, 从湿地水面积及空间分布变化、湿地生态系统功能退化、湿地生态系统, 对人类福祉影响3方面, 分析了两湖湿地受旱程度的差异。并综合气象数据、统计资料和问卷调查数据, 从气象因子、区域自然地理环境、湿地类型及特点、区域水文条件和湿地受保护程度5方面探讨两湖受旱程度差异的原因。结果表明: (1) 2011年春旱期间, 洪湖比梁子湖受旱程度更严重。旱灾时, 洪湖水面积减少83.93 km², 减小比例为26%, 梁子湖水面积减少13.02 km², 减小比例为4%; 两湖的涵养水源、保护生物多样性、物质生产和水质净化功能均受到损害, 洪湖较梁子湖更严重; 受旱灾影响, 洪湖湿地对人类福祉的消极影响大于梁子湖。(2) 降雨量、气温和风速等气象因素、湖泊湿地成因类型、区域自然地理环境和水文条件是影响两湖受旱程度差异的主要因素, 另外, 湿地保护措施的差异及效果也会造成两湖受旱程度不同。

关键词 洪湖; 梁子湖; 受旱程度差异; HJ-1; 问卷调查

DOI: 10.3724/SP.J.1047.2014.00653

1 引言

湿地具有重要的环境功能和生态效益, 在抵御洪水、调节径流、蓄洪防旱等方面具有其他生态系统不可替代的作用^[1-2], 不同区域、不同类型的湿地生态系统受到学者的广泛关注^[3-6]。水是湿地的生命线, 影响着湿地生态系统的生态过程及湿地所有生物的生命过程^[7], 作为极端气象水文事件, 干旱改变了湿地的水文生态特征, 从而危及到湿地生态系统的健康, 已成为湿地生态演变的关键驱动因子^[8]。受全球气候变化的影响, 湿地生态系统遭受旱灾的频率逐渐增加^[9], 湿地生态系统的稳定性面临考验, 同时频发的旱灾也对湿地生态系统的保护工作提出了更高的要求。

2011年4月份以来, 长江中下游地区遭受60年

来最严重的冬春持续气象干旱^[10], “千湖之省”湖北全省大部分地区在此次冬春旱灾中受灾严重。据湖北省民政部报告, 截至5月27日9时, 灾害造成989万人受灾, 156万人饮水困难, 126万人需救助; 农作物受灾120余万hm², 其中绝收2.6万hm²; 饮水困难大牲畜48万余头; 直接经济损失71亿元^[11]。作为湖北省第一和第二大湖泊, 洪湖和梁子湖在此次旱灾中的受灾程度对湖区湿地生态系统的维持有很大影响, 对比两湖的受灾程度并探讨分析其原因对制定减灾决策和保护两大湖泊湿地具有重要意义。

研究湿地与旱灾的相互作用是分析湿地受旱程度差异的基础, 已有部分学者就湿地与旱灾的相关作用进行研究。贾丽、陆健健认为气候变化和地质状况只在一定程度上加重了旱灾, 而森林和湿地

收稿日期 2013-07-15; 修回日期: 2013-08-30.

基金项目 科技基础性工作专项(2013FY111803); 国家林业局“湿地生态系统评价体系研究”项目; 国家高技术研究发展计划项目(2013AA12A302); 国家自然科学基金项目(41171330)。

作者简介 田蓉(1987-), 女, 湖北恩施人, 博士生, 主要从事湿地生态系统健康遥感评价模型研究。E-mail: tianrong@radi.ac.cn

*通讯作者 曹春香(1964-), 女, 内蒙古呼和浩特人, 研究员, 主要从事环境健康遥感诊断方面的研究工作。

E-mail: caocx@radi.ac.cn

等生态系统遭到破坏,水源涵养和水土保持功能下降甚至丧失,才是造成云南省旱灾的主要原因^[12]。马广仁、鲍达明分析了西南地区极端干旱气候与湿地退化的关系,认为湿地退化容易引起极端天气事件;极端旱灾对湿地损害巨大,严重影响湿地生物多样性,削弱湿地的气候调节功能^[13]。Kim和Lee等分析了土壤微生物群落及其对湿地短期旱灾的响应^[9]。Tian和Zhu等^[14]研究了干旱对若尔盖湿地土壤中的古生菌群落的影响。Cao等以2009–2010年冬春连续旱灾为例,探讨了湿地变化与干旱的相关性^[7]。这些研究结果表明湿地与旱灾相互作用密切,其作用关系受多种因素的影响,旱灾对湿地生态系统结构及湿地水、土壤微生物和植被要素损害巨大。目前,鲜有学者定性和定量相结合地对比探讨不同湿地受旱程度的差异,并综合自然和人为因素对造成差异的原因进行分析,本文尝试以洪湖和梁子湖为例进行湖泊湿地受旱程度差异分析及原因探讨。

干旱导致湿地疏干,湿地面积萎缩,进而导致洪水调蓄、水质净化等湿地生态系统服务功能下降。一方面,降水量少、温度高、蒸发量大是干旱发生的主要原因^[7],另一方面,湿地是显著受水分驱动的生态系统^[8],因此,这些气象因子也同时是湿地受旱程度可能产生差异的原因。湿地成因、类型、区域自然地理环境和水文条件的差异也会对湿地的抗旱能力产生影响。此外,湿地生态系统是自然–经济–社会复合系统^[15],保护和管理湿地的最终目的是使湿地生态系统更好地服务于人类福祉^[16],因此,湿地主管部门对湿地的保护措施及湿地周边居民的湿地保护意识也是造成湿地受旱程度差异的潜在因素。

本文选用HJ-1A/B数据提取洪湖和梁子湖2010年5月和2011年5月2个时相的湿地水面积,从湿地水面积变化及空间分布、湿地生态系统功能退化、湿地生态系统对人类福祉影响3个方面对比两个湖泊的受旱程度,结合气象数据、统计数据和问卷调查数据,从气象因子、区域自然地理环境、湿地类型及特点、区域水文条件和湿地受保护程度5个方面探讨两湖受旱程度差异的原因,为两湖应对旱灾和湿地保护提供科学依据。

2 研究区和数据处理

2.1 研究区概况

洪湖和梁子湖均为湖北省省级湿地自然保护

区。洪湖是湖北省最大的湖泊,位于湖北省中南部长江和汉水支流之间的洼地区域,地跨洪湖、监利两个市县,位于东经113°12′~113°27′,北纬29°40′~30°00′。洪湖是一个大型浅水湖泊,湖盆极为平坦,湖底平均高程海拔23 m^[17]。洪湖湿地是我国华中地区生物多样性较为丰富的地区之一,在长江中下游浅水湖泊湿地中具有重要的代表意义,担负着长江中游江汉平原地区的供水、蓄洪排涝、自净污染、农渔业生产等重任,同时也是航运和旅游的载体^[17]。受北亚热带湿润季风气候的影响,洪湖地区光能充足,降水充沛,热量丰富,雨热同季,年平均温度15.9~16.6℃,年降水量平均在1000~1300 mm,4–10月份总降水量约占全年总降水量的77%,年均蒸发量为1354 mm。

梁子湖是湖北省面积第二、库容量第一的淡水湖,位于长江中游南岸湖北省东部,地跨武汉、黄石、鄂州、咸宁4市,位于东经114°31′~114°42′,北纬30°04′~30°20′。梁子湖是武昌鱼的母亲湖,是湖北省粮棉及渔业重要产地之一。该区域属亚热带季风气候区,雨量充沛,水网密布,年平均气温17.4℃,多年平均降水量为1347.4 mm。洪湖、梁子湖所在地理位置见图1。

2.2 数据来源及处理

本文所用数据包括遥感影像数据、气象数据、野外调查数据及部分统计数据。遥感影像数据从中国资源卫星应用中心网站(<http://www.cresda.com/n16/n1115/n1432/index.html>)下载,为2010年5月24日HJ-1B CCD2影像和2011年5月13日HJ-1A CCD2影像各1景(30 m分辨率),研究区内影像无云,质量良好。经过几何校正后采用人工目视解译的方法在ArcGIS 9.3中提取洪湖、梁子湖2010年5月和2011年5月的湿地水面积,波段组合为4、3、2,解译标志参考文献[18]。

本文所用气象数据由中国气象科学数据共享服务网(<http://cdc.cma.gov.cn/home.do>)提供,包括洪湖和梁子湖周边6个气象站点(监利、嘉鱼、洪湖、黄石、武汉、岳阳)2010年4月至2011年5月共14个月的降雨量、平均气温和平均风速的日值数据。分别统计各个站点各个气象指标的月平均值,以洪湖周边监利、嘉鱼、洪湖和岳阳4个站点的平均值作为洪湖湿地的气象指标平均值,以梁子湖周边嘉鱼、黄石和武汉3个站点的平均值作为梁子湖湿地的气象

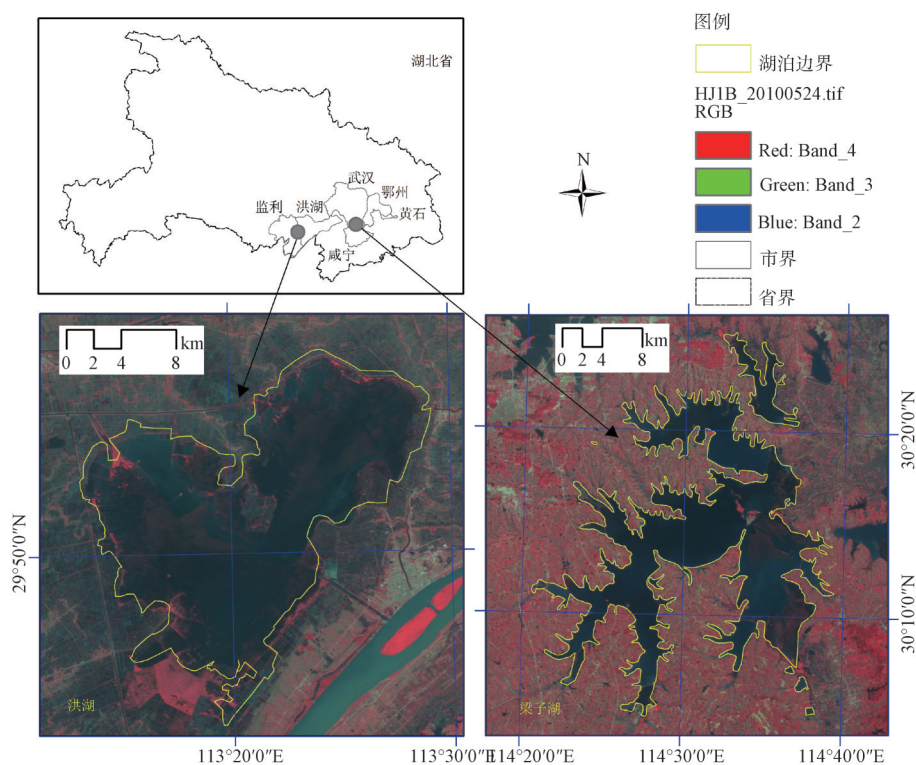


图1 洪湖(左)、梁子湖(右)所在地理位置

Fig.1 Location of Honghu Lake (left) and Liangzi Lake (right)

指标平均值。

本文所用的野外调查数据获取时间为2011年7月。旱灾结束2个月后,作者前往洪湖和梁子湖湿地进行实地考察,通过向两湖湖区周边不同性别、不同年龄层、不同职业的40位居民(每个湖区20人)发放问卷的形式了解此次旱灾对人类福祉的影响,同时了解当地居民对湿地的认识及保护意识的基本情况,从而分析两湖受旱程度差异的潜在原因。另外,为了解两湖在旱灾中湿地生态系统受到的损害,作者向洪湖湿地保护区管理局和梁子湖管理局的相关工作人员(每个湖区5人)发放问卷进行调查,通过访谈的形式了解两湖湿地保护区管理局应对旱灾及湿地保护采取的措施和成效,并对洪湖、梁子湖问卷调查的结果进行统计和对比分析。

此外,本文分析两湖湿地生态系统功能退化和对人类福祉影响用到一些统计数据,包括“2010年鄂州市国民经济和社会发展统计公报”、“2011年鄂州市国民经济和社会发展统计公报”、“2010年洪湖市国民经济和社会发展统计公报”和“2011年洪湖市国民经济和社会发展统计公报”,来自湖北省统计局网站(<http://www.stats-hb.gov.cn/index.htm>);两湖净化水质数据来自“洪湖2011水质监测公告”、

“2011年武汉市环境状况公报”,来源于荆州市人民政府网(<http://www.jingzhou.gov.cn/Index.html>)和武汉市环境保护局网站(<http://www.whepb.gov.cn/>)。

3 洪湖、梁子湖湿地受旱程度分析

3.1 洪湖、梁子湖湿地受旱程度分析

(1) 湿地水面积变化及空间分布对比

受2010–2011年冬末初春的旱灾影响,2011年5月,洪湖和梁子湖湿地水面积比2010年同期均有所减少,统计结果见图2,受灾前后两湖水面积分布格局见图3。

由图2可知,洪湖湿地水面积在干旱时期相比2010年同期减少了83.93 km²,减小比例为26%,超过湖区面积的1/4,而梁子湖面积减少仅为13.02 km²,减小比例为4%。可见,受旱灾的影响,洪湖湿地水面积变化更大,面积减小比例为梁子湖水面积减小比例的6.5倍。

景观形状指数可表征景观形状的复杂性,其变化可以反映景观的空间变化和破碎化趋势。为了定量刻画2个湖泊的景观形状复杂度变化,本文按照式(1)计算两湖2个时相景观形状指数(Landscape

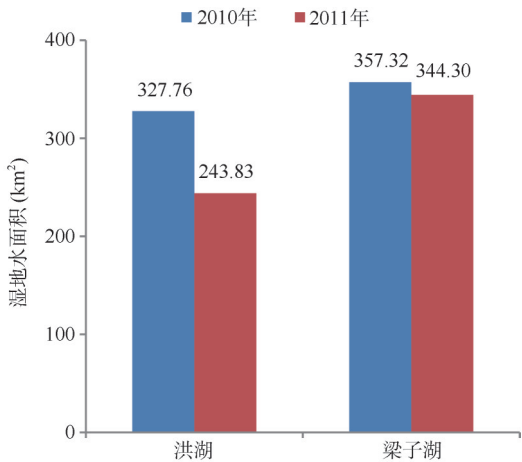


图2 洪湖、梁子湖2个时相湿地水面积
Fig.2 Wetland water area of Honghu Lake and Liangzi Lake in two periods

Shape Index, LSI)。

$$LSI = \frac{0.25E}{\sqrt{A}} \tag{1}$$

式(1)中, E 为景观中所有斑块边界的总长度; A 为景观总面积; 其中, 系数 0.25 由栅格的基本形状为正方形的定义来确定, 当景观中斑块形状不规则或偏离正方形时, LSI 增大^[19]。洪湖和梁子湖2个时相的 LSI 计算结果(表1)表明, 旱灾后洪湖和梁子湖的景观形状指数均有所增大, 是两湖呈现破碎化的表现, 洪湖的 LSI 变化比例更大, 其破碎化程度更大。由图3可看出, 洪湖湿地边缘形态比较单一, 两个时相空间分布格局变化呈现从边缘向中间萎缩的趋势, 湖区边缘不仅水面积萎缩, 而且呈现破碎化的趋势。与洪湖不同, 梁子湖边缘形态特征更为复杂, 在干旱时期并未呈现出向湖面中心萎缩及边缘破碎化的趋势, 水面萎缩和斑块破碎分离主要发生在东南高塘湖区域及西南张桥湖小部分区域。

(2)湿地生态系统功能的退化

湿地生态系统水面积萎缩、水量减少会引起湿地生态系统功能退化, 以下将从涵养水源、保护生物多样性、物质生产和水质净化几方面功能进行对比分析。以上分析可知, 此次旱灾中, 洪湖湿地的

水面积减少远远大于梁子湖, 湖面严重萎缩, 洪湖水深较梁子湖浅, 其水源涵养功能受损更严重。

洪湖和梁子湖湿地的保护生物多样性功能在此次旱灾中受到不同程度的损害, 通过问卷和访谈了解到, 此次干旱对洪湖湿地影响非常大, 洪湖水面积严重萎缩, 呈现破碎化趋势, 野外动物栖息地严重破坏。野生动植物大量死亡, 如螺蛳和水草, 景观严重破坏, 生物多样性严重受损。洪湖湿地自然保护区管理局工作人员介绍, 洪湖生态湿地恢复至少需要 10a, 因为大量的鱼类、水草、藻类等湖底生物群被破坏, 即便洪湖里很快有水, 生态环境也不能马上恢复。而梁子湖管理局工作人员介绍, 此次旱灾对梁子湖的影响较小, 只有部分水生植物死亡, 水草覆盖率降低, 一定程度上影响了鱼虾贝类的繁殖。

洪湖和梁子湖的物质生产功能主要表现在水产养殖方面。旱灾重创了洪湖的水产养殖业, 洪湖市防汛抗旱指挥部的数据显示, 截至 5 月 25 日, 全市 77 933.3 hm^2 水产投放养殖面积全部受旱灾影响, 近 26 666.7 hm^2 水面, 尤其是洪湖围网养殖的水面全部干涸。全市常规成鱼死亡达 $3.25 \times 10^4 \text{ t}$, 蟹苗死亡 1500 t, 直接经济损失 5.3 亿元^[19]。表 2 表明 2011 年洪湖市水产品总量增长率小于鄂州市约 5 个百分点。

湿地通过过滤、吸附和沉淀、湿地植物的吸收、湿地植物对污染物的富集及湿地微生物的降解几方面来进行水质净化^[21]。旱灾导致湖泊蓄水量减少, 湿地生物多样性遭到破坏, 从而使水体自净能力下降, 此次旱灾导致洪湖和梁子湖的水质净化功能不同程度的降低。汛期开始后, 湖区水位迅速回升, 水量增加, 上游干渠及周边地区积累的大量污染物质随洪水流入洪湖, 增加了洪湖水体的污染负荷, 加之洪湖内水生植物还没来得及恢复, 水体的自净能力非常弱, “洪湖 2011 水质监测公告”表明 7 月份洪湖总体水质为 IV 类水。梁子湖的湿地净化功能也受到一定损害, “2011 年武汉市环境公报”表明 2011 年梁子湖的水质 6 年来首次由 II 类水降为 III 类水。

分析可见, 洪湖、梁子湖在此次旱灾中湿地生态系统功能出现不同程度退化, 包括涵养水源、保护生物多样性、物质生产及水质净化功能。相比梁子湖, 洪湖湿地生态系统功能受损更严重, 尤其是生物多样性和水质净化的功能。

表1 洪湖、梁子湖2个时相 LSI 值及其变化
Tab.1 The LSI and their variation of Honghu Lake and Liangzi Lake in two periods

湿地	LSI-2010	LSI-2011	LSI变化比例
洪湖	1.80	2.40	0.33
梁子湖	7.20	9.04	0.26

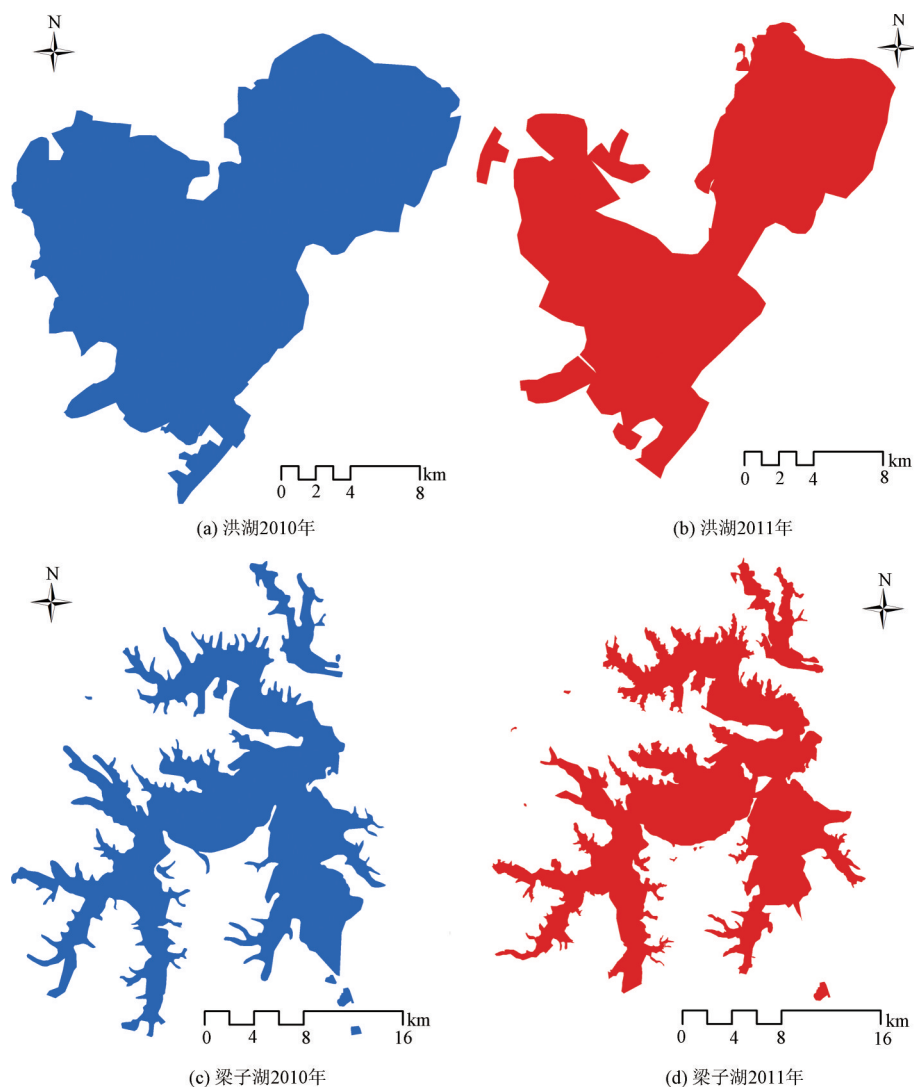


图3 洪湖和梁子湖2个时相湿地水面积空间分布

Fig.3 Spatial distribution of wetland water area of Honghu Lake and Liangzi Lake in two periods

表2 洪湖市、鄂州市水产品、农民人均纯收入、旅游人数及旅游收入

Tab.2 Aquatic products, per capita net income of farmers, the number of tourists and tourist income in Honghu and Ezhou cities

地区	2011年水产品总量(万t)	水产品总量比2010增长(%)	2011年农民人均纯收入(元)	农民人均纯收入比2010年增长(%)	旅游人数(万人)	旅游收入(亿元)
洪湖市	36.54	3.60	7458	16.00	135.8.0	8.20
鄂州市	36.09	8.40	7909	19.03	377.18	24.73

(3)湿地生态系统对人类福祉的影响程度

生态系统提供的各种服务,是人类生存和发展的基础^[16],千年生态系统评估(Millennium Ecosystem Assessment, MA)将不断改善人类福祉和保护生态系统作为目标。人类福祉应该包括维持高质量生活的基本物质需求、自由、健康、安全和良好的社会关系。生态系统的不利变化对人类福祉的影

响,可分为直接影响和间接影响^[16]。本文通过两湖湿地生态系统对人类福祉的消极影响来比较两湖生态系统受旱灾的影响程度。

通过问卷调查,统计旱灾对两湖居民生活的影响程度。图4表明洪湖地区25%的被调查者认为此次旱灾对生活影响很大,远高于梁子湖地区(10%)。调查发现,关于旱灾给当地带来的不稳定

因素,贫困人口的增加是洪湖居民选择最多的项,占总调查问卷的55%,其次是民众的不满情绪增加,占60%;而在梁子湖地区,仅35%的民众认为旱灾会导致贫困人口增加,而选择民众的不满情绪增加的调查者最多,占65%,略高于洪湖。由表2可知,梁子湖主要区域所在的鄂州市2011年水产品总量同比增长率、农民人均纯收入同比增长率、旅游人数及旅游收入均高于洪湖所在的洪湖市。湿地生态系统调蓄和净化功能的降低直接给周围居民的人身财产安全及饮用这些水源的居民的健康带来损害。从前面分析可知,洪湖的湿地生态系统功能退化更严重。受旱灾影响,从维持高质量生活的基本物质需求、健康、安全和良好的社会关系几方面而言,洪湖湿地对人类福祉的消极影响程度大于梁子湖。

3.2 洪湖、梁子湖受旱程度的差异分析

由上述分析可知,洪湖、梁子湖在2011年春旱中湿地生态系统都受到不同程度的损害,从湿地水面积及空间格局变化、湿地生态系统功能和对人类福祉影响3方面分析,洪湖湿地的受旱程度远远大于梁子湖。水是湿地生态系统中最重要非生物因子之一^[8],气象因子是影响湿地水环境的关键因素,同时湿地的类型、区域自然地理环境和水文条件影响湿地的涵养水源、调蓄洪水功能,另外,湿地周边居民对湿地的认识及保护意识和当地湿地主管部门实行的湿地保护措施及成效,在一定程度上反映湿地的受保护程度。因此,本文从气象因子、区域自然地理环境、湿地类型及特点、区域水文条件和湿地受保护程度5方面分析了两湖受旱程度差异的因素。

(1) 气象因子

气象因子主要影响湿地水平衡,降雨量是湿地

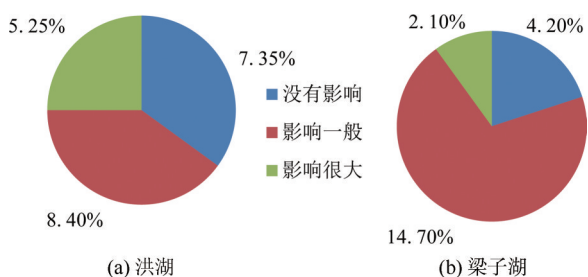


图4 干旱对洪湖和梁子湖居民生活影响调查结果

Fig.4 Influence comparison of drought to residents' life in Honghu Lake and Liangzi Lake

水的主要来源,气温和风速影响湿地水分蒸发,是影响湿地水分流失的主要气象因子。综合这3个指标可以基本反映湿地水平衡状态。洪湖、梁子湖区域2010年4月-2011年5月的月均降雨量、月均气温和月均风速如图5-7所示。

由图5可知,2010年4-11月,梁子湖区域降雨量总体大于洪湖区域;2010年12月至2011年2月这3个月份,洪湖的降雨量远大于梁子湖区域;此后的2011年3、4月又稍低于梁子湖区域。总的来说,统计的14个月中,梁子湖区域有10个月的降雨量大于洪湖区域。图6表明统计月份中,两湖区域的月均气温基本相同,只在2010年11月、12月,梁子湖区域略低于洪湖区域。图7表明统计月份中,梁子湖区域的月均风速均小于洪湖区域,2011年4-5月两湖平均风速均高于2010年同期。为了量化两湖气象数据的差异性,对洪湖和梁子湖的各月平均降雨量、平均气温和平均风速进行单因素方差分析,得出洪湖和梁子湖区域月平均降雨量($p = 0.864$)和月平均气温($p = 0.919$)不存在显著性差异,月平均风速($p = 0.016$)在0.05水平上差异显著。

在统计月份期间,梁子湖区域水源更为充足,而影响水分蒸发的气温和风速值总体低于洪湖区域,更有利于水源涵养。因此,降雨量、气温和风速对两湖受旱程度的差异会产生一定的影响,但由于两湖区域降雨量和气温不存在显著性差异,故这2个因素不是影响两湖受旱程度差异的最主要因素。

(2) 区域自然地理环境

洪湖湿地所在的四湖地区属我国东部新华夏系第二沉降带的江汉沉降带区,是由燕山运动开始形成的内陆断陷盆地,其构造格局受西北、西北西

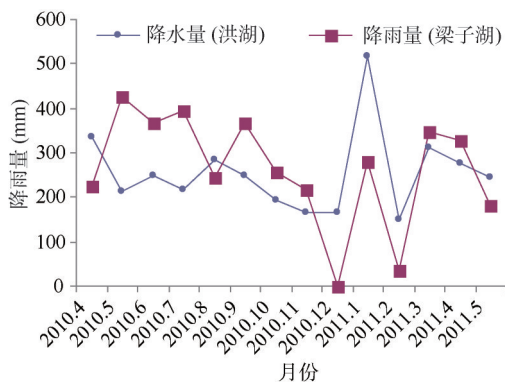


图5 洪湖、梁子湖2010年4月-2011年5月月平均降雨量

Fig.5 Monthly average precipitation from April 2010 to May 2011 in Honghu Lake and Liangzi Lake

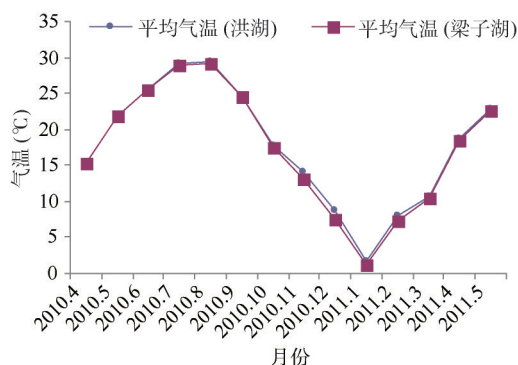


图6 洪湖、梁子湖2010年4月–2011年5月月平均气温
Fig.6 Monthly average temperature from April 2010 to May 2011 in Honghu Lake and Liangzi Lake

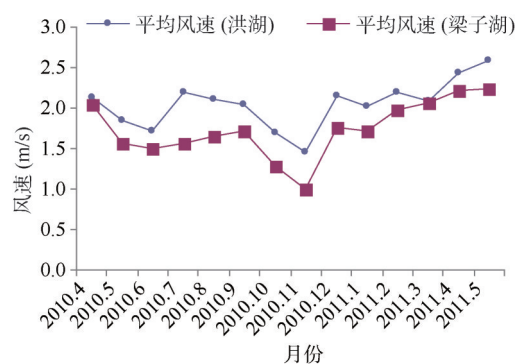


图7 洪湖、梁子湖2010年4月–2011年5月月平均风速
Fig.7 Monthly average wind speed from April 2010 to May 2011 in Honghu Lake and Liangzi Lake

和东北向构造线控制。全新世以来,由于长江和汉水的多次决口分流,在江汉平原上形成了若干个河流洼地。其中之一就是长江和东荆河之间的河间洼地,即如今的四湖地区。在洼地中,两侧为河流沉积物、天然堤或人工堤堆积,中间洼地如果潜水不畅,就易于壅塞成湖,洪湖就是在这种背景下形成的。洪湖区域内地形平坦,一般地面海拔高24~28 m,自西北略向东南倾斜^[22-23]。

梁子湖区地质构造上属新华夏构造体系,被称为梁子湖压扭性大断裂,整个梁子湖以大断裂为界,分为东梁子湖和西梁子湖,两边的区域地貌特征存在显著差异。梁子湖东部地区地势较高,最高峰海拔可达418 m,属于侵蚀剥蚀低山丘陵地。西部为梁子湖洼地,呈树枝状向湖心倾斜延伸。南部为山带,地形为南边多低山,北部和西部多丘陵和湖泊^[24-25]。

可见,洪湖、梁子湖两区域形成的地质背景不同,导致两湖及其周边的自然地理环境有显著差

异。洪湖区域地形平坦,起伏较小,而梁子湖区域地形起伏更大,地貌东西差异显著。复杂的地形使梁子湖区域洪水调蓄功能相对较强,区域水资源的变动幅度受上游来水影响较小,更有利于蓄洪抗旱。

(3) 湿地类型及特点

洪湖地区是长江和东荆河之间的河间洼地,为河迹洼地湖类型。作为大型浅水湖泊,洪湖具有典型的洪泛平原的地貌特征,地势低洼,湖底平坦,高程在22.5~22.8 m之间,平均水深1.35 m。由于河流的作用,以及洼地易于壅塞成湖的特点,该地区环境的变化受到河流的明显影响,加之20世纪60年代中期以后的过度围垦和湖泊的沼泽化,调蓄能力大大降低^[17,22-23,26]。

梁子湖为河谷沉溺湖(即构造湖)类型。其受构造断裂和河谷沉溺的影响,梁子湖湖周为残丘,湖底呈平底锅形,湖岸较陡,除局部湖汊外,滨湖浅滩不太发育。梁子湖平均海拔11.7~418 m,平均水深2.5 m,容积 $5.7 \times 10^8 \text{ m}^3$ ^[27]。由于受到构造断裂和地貌条件等的影响,梁子湖河岸曲折(湖岸发育系数高达8.8),岬湾众多,湖面破碎,形成小湖依大湖,母湖连子湖的复杂形态特征^[24,26]。由表1可知,梁子湖2010年和2011年的 LSI 都比洪湖大,说明梁子湖的景观形状更复杂,且从图1可以看出,梁子湖的复杂景观形状更接近自然状态而洪湖边缘形态简单,有明显人为开发的痕迹,受人为干扰程度大。

洪湖与梁子湖同为湖泊湿地,由于成因和区域自然地理环境的不同,分属不同的类型。洪湖地势低洼平坦,水深很浅,而梁子湖湖岸陡峭,水深较深,库容大,湖水蒸发量较洪湖小。

(4) 区域水文条件

洪湖原为通江湖泊,水位随长江水位自然涨落。洪湖湿地汇水面积广阔,西北部伸展至湖北省荆州市长湖边缘,北部达到峰口至老新口一线。湖区地面径流主要通过四湖总干渠汇入湖泊,然后经若干涵闸通过长江对湖内水量进行调节和排蓄^[23]。在过去的40多年间,历经修堤建闸、人工节制水位、大规模围湖造田和近10 a来不断发展的围网养殖等一系列开发过程,洪湖江湖一体的格局不复存在,基本上变成了一个被人类控制的半封闭型水体,虽然湖水也呈周期性涨落但只有通过涵闸与四湖水系及长江相通^[28],天然降水的时空分布不均匀,以及客水流的不稳定造成洪湖来水量波动较大^[22],加上湖泊

大面积沼泽化,调蓄能力大大降低^[28]。

梁子湖与保安湖、三山湖和鸭儿湖相连,构成独立的湖泊水系,入湖河港多达30余条,主要有:高桥河、金牛河、张桥湖港、东沟、车湾港、小港、新港、薛家沟等。梁子湖属于通江吞吐性湖泊,湖水通过长港由樊口大坝汇入长江。湖泊多年平均水位为17.87 m,其中,最高水位为18.86 m,最低水位为16.69 m。每年4~7月为梁子湖丰水期,10月至次年3月为枯水期。洪水期间,子湖与沟渠河道连成一片,水深3~6 m^[3,27]。

洪湖与梁子湖的水文条件也各有不同,受人类开发改造的影响,洪湖不复“江湖一体”格局,来水量波动较大,沼泽化严重,调蓄能力差,而梁子湖入湖河流多,与长江相通,调蓄能力更强。通过对两湖区域自然地理环境、湿地类型及水文条件的分析可知,相比洪湖,梁子湖水源更稳定,调蓄能力更强,湖泊类型和区域地理环境更有利于蓄洪抗旱。

(5)湿地受保护程度

对湿地保护区周边居民问卷调查的结果(表3)。分析可知,调查男女比例合适,年龄结构及职业分布合理,调查问题的设计能够反映湿地周边居民对湿地基本信息的认知情况及有无基本的湿地保护意识。调查中发现,洪湖湿地周边有85%的人通过不同渠道听说过湿地,其中,了解渠道最多的是广播、电视,被调查人群中45%的人通过其了解湿地,其次是学校教育和网络宣传,人数分别占30%和20%;梁子湖周边有80%的人通过不同渠道听说过湿地,其中55%的人曾通过广播、电视了解湿地,其次是学校教育,占被调查人群的35%,然后是网络宣传和报刊杂志。而通过宣传画册和湿地专题活动了解湿地的人群很少,分别占洪湖和梁子

湖被调查人群的15%和10%。可见两湖当地主管部门对周边居民的湿地宣传活动偏少,但大部分居民都通过广播、电视和学校教育等渠道或多或少听说过湿地。针对表3中问题(10),两湖的调查结果一致,35%的人基本认可保护区的保护工作,30%的人认为保护区的保护工作较好,30%的人不认可保护区的保护工作。图8是对表3中是非题调查结果进行评分的统计结果,可见30~60分的人群,即具有一定湿地认识和保护意识的居民,在洪湖和梁子湖所占比例一致,均为60%。公民对湿地保护的建

议包括:加强对湿地的保护;保护生态平衡;积极宣传湿地保护的好处,增强人们保护湿地的意识;尽量不要污染河水,种植对湿地保护有积极意义的植物等。

综合分析,两湖居民对湿地的认知和保护意识基本差不多,大部分居民了解一点湿地,也有一定的湿地保护意识,但认识还不够,主管部门对湿地宣传的专题活动偏少,成效不显著,居民对保护区的保护工作认可度不高。

对保护区管理局工作人员关于湿地保护措施成效调查结果(表4)表明,在同样实施的6项湿地保护措施中,梁子湖区保护上游水源、保护湿地动植物和建立湿地信息科学3项措施执行效果好,其余3项效果中等,而洪湖6项中只有保护湿地动植物执行效果好,其余均为中等。从表5可看出,目前洪湖湿地管理中存在的问题较多,且对湿地利用的规划包括生态旅游和水产养殖,这2项均是对湿地自然生态环境有所改变的规划。相比而言,目前梁子湖管理中存在问题较少,主要是气象灾害,管理局主要把种植水生观赏植物和水生植被恢复作为湿地保护利用工作规划,这对梁子湖恢复和维持自然生态环境非常有利。笔者野外踏察时发现偌大的洪

表3 公众湿地认识及保护意识问卷调查基本情况

Tab.3 Basic situation of the questionnaire survey on wetland knowledge and protection awareness

调查项目	洪湖	梁子湖
男女比例	6:4	4:6
年龄结构	5~55岁之间,15~30岁人群占60%	8~47岁之间,15~30岁人群占75%
职业分布	涵盖学生、农民、公务员、教师、服务人员、工人和自由职业者,其中学生占45%	涵盖学生、农民、工人、服务人员、技术人员、工人和自由职业者,其中学生占35%
调查问题	(1) 您是否听说过湿地,途径是什么? (2) 您每年关注湿地吗? (3) 湿地被称为? (4) 世界湿地日是每年哪天? (5) 您认为湿地包括以下哪些? (6) 您知道的湿地功能有哪些? (7) 您认为是否应该牺牲湿地促进经济发展? (8) 您认为湿地保护生物多样性作用怎么样? (9) 您认为危害湿地的行为有哪些? (10) 您认为本地的湿地保护工作如何? (11) 您对本地的湿地保护工作有什么建议	

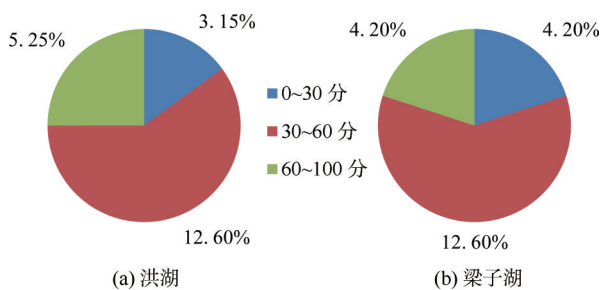


图 8 洪湖和梁子湖公民湿地认识及保护意识问卷调查评分结果

Fig.8 Grading result of the questionnaire survey on wetland knowledge and protection awareness in Honghu Lake and Liangzi Lake

湖被捕鱼 的围栏分成了许多小块区域,刚刚建立的蓝田生态保护区游客稀少,而穿越梁子湖区则没有发现一处捕鱼的围栏,据梁子湖管理局工作人员介绍,梁子湖已经全面禁渔,主要以保护生态取代发展渔业。可见,梁子湖保护区管理局对湿地的保护措施比洪湖更有效,更有利于湖区生态环境的恢复和保护,这也是梁子湖相比洪湖受旱程度小的原因之一。

表 4 湿地保护措施实行效果调查结果
Tab.4 Result of investigation about wetland protection measures

湿地保护措施	洪湖	梁子湖
保护上游水源	中	好
普及公众的湿地保护意识	中	中
保护湿地的动植物	好	好
创造有利于湿地资源保护的法制法规	中	中
积极引导湿地周边群众参与湿地管理	中	中
摸清家底,建立湿地资源信息库	中	好

表 5 洪湖、梁子湖湿地管理调查问题及答案

Tab.5 Investigate questions and answers about wetland management of Honghu Lake and Liangzi Lake

问题	洪湖	梁子湖
目前该地区湿地管理中存在的最大问题是什么?	上游水源的管理权在其他的行政区;野生动植物的人为捕杀很难控制;气象灾害	气象灾害
保护该地区湿地最重要的方面是什么?	法制法规的建立	公众湿地保护意识
贵部门对合理利用和保护该地区湿地有什么规划?	湿地利用:生态旅游,水产养殖 湿地保护:综合管理,逐渐恢复	湿地利用:种植水生观赏植物 湿地保护:开展湿地水生植被修复工作
有无必要构建一个湿地健康评价指标体系来方便快速评价湿地整体状况? 这样的指标体系对湿地的合理利用和保护有促进作用吗?	十分必要,能够促进	有必要,有促进作用

综合分析,降雨量、气温和风速等气象因素是导致洪湖和梁子湖受旱程度差异的外部因素,而洪湖和梁子湖湖泊类型成因、区域自然环境及水文条件的差异主要影响两湖的涵养水源和洪水调控功能,即影响二者的抗旱能力。另外,两区湿地主管部门所采取的湿地保护措施的力度差异及效果也会对两湖的受旱程度产生潜在影响。

4 结论

本文综合遥感影像、气象数据、统计数据和问卷调查数据,分析湖北省两大湖泊洪湖和梁子湖在 2011 年春旱中的受旱程度差异并探讨其原因,得出以下 2 个结论:

(1) 洪湖比梁子湖受旱程度更严重。旱灾时,洪湖面积减少 83.93 km²,减小比例为 26%,而梁子湖面积减少仅为 13.02 km²,减小比例为 4%。两湖的水源涵养、保护生物多样性、物质生产和水质净化功能均受到损害,洪湖更严重。受旱灾影响,洪湖湿地对人类福祉的消极影响大于梁子湖。

(2) 湖泊类型成因及区域自然地理环境和水文条件是影响两湖受旱程度差异的主要因素,降雨量、气温和风速等气象因素也会对两湖受旱程度的差异产生一定影响,另外,湿地保护措施的差异及效果也是影响两湖受旱程度不同的因素。

洪湖、梁子湖是长江中下游淡水湖泊群的重要组成部分,受旱灾的影响,湿地生态系统功能不同程度地受损,今后应加强湿地保护,改善区域生态环境,逐步恢复湿地的水资源和气候调节作用,使湿地生态系统抗旱能力更强。同时,应加强建设和

管理水利工程,预防和减少旱灾的危害。此外,主管部门还应加强湿地保护宣传教育,提高湿地周边居民的湿地保护意识,使湿地保护工作更有成效。

致谢:感谢国家林业局湿地保护管理中心、洪湖湿地自然保护区管理局、梁子湖管理局提供的帮助,感谢洪湖、鄂州市和武汉市居民参与问卷调查,及专家提出的宝贵意见。

参考文献:

- [1] 吕宪国.中国湿地与湿地研究[M].石家庄:河北科学技术出版社,2008,1-28.
- [2] 曹春香.环境健康遥感诊断[M].北京:科学出版社,2013,85.
- [3] 陈世俭.洪湖的环境变迁及其生态对策[J].华中师范大学学报(自然科学版),2001,1(35):107-110.
- [4] 贾慧聪,曹春香,马广仁,等.青海省三江源地区湿地生态系统健康评价[J].湿地科学,2011,3(9):209-217.
- [5] 索安宁,赵冬至,张丰收,等.景观指标与滨海湿地生态系统健康评价[J].海洋环境科学,2008,增刊2(27):137-143.
- [6] Tian R, Cao C X, Jia H C, *et al.* Health assessment of the water-level-fluctuation zone (WLFZ) in the Three Gorges area based on spatial information technology[C]. 2012 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), IEEE, 2012:7236-7239.
- [7] Cao C X, Zhao J, Gong P, *et al.* Wetland changes and droughts in southwestern China[J]. Geomatics, Natural Hazards and Risk, 2012(1):79-95.
- [8] 王青,严登华,翁白莎,等.流域干旱对淡水湖泊湿地生态系统的影响机制[J].湿地科学,2012,4(10):4-11.
- [9] Kim S Y, Lee S H, Freeman C, *et al.* Comparative analysis of soil microbial communities and their responses to the short-term drought in bog, fen, and riparian wetlands[J]. Soil Biology and Biochemistry, 2008,40(11),2874-2880.
- [10] 沈柏竹,张世轩,杨涵洧,等.2011年春旱季长江中下游地区旱涝急转特征分析[J].物理学报,2012,10(61):1-11.
- [11] 中华人民共和国民政部救灾司.湖北大部遭受旱灾[EB/OL]. <http://jzs.mca.gov.cn/article/zqkb/201105>
- [12] 贾丽,陆健健.旱灾的生态学影响因素——以云南省旱灾为例[J].水资源保护,2012,2(28):54-56.
- [13] 马广仁,鲍达明.反思我国西南地区特大干旱,全面加强我国生态脆弱区的湿地保护[J].湿地科学与管理,2010,2(6):4-6.
- [14] Tian J Q, Zhu Y B, Kang X M, *et al.* Effects of drought on the archaeal community in soil of the Zoige wetlands of the Qinghai-Tibetan plateau[J]. European Journal of Soil Biology, 2012(52):84-90.
- [15] 崔保山,杨志峰.湿地学[M].北京:北京师范大学出版社,2006,1-424.
- [16] 张永民.生态系统与人类福祉评价框架——年生态系统评估报告集[M].北京:中国环境科学出版社,2006,25.
- [17] 文雄飞,蔡斌,陈蓓青,等.基于 Landsat TM 卫星数据的洪湖水体遥感监测研究[J].人民长江,2012,8(43):43-47.
- [18] 田蓉,曹春香,马广仁,等.玛多县高原湿地时空变化及其驱动力分析[J].湿地科学,2011(1):61-68.
- [19] 邬建国.景观生态学——格局、过程、尺度与等级(第二版)[M].北京:高等教育出版社,2007,109.
- [20] 网易新闻. 洪湖遭遇有记录以来最严重旱情大面积干[EB/OL]. <http://news.163.com/11/0526/15/7507763>
- [21] 葛欣.湿地水质净化机理研究——以扎龙湿地为例[D].吉林:吉林大学,2007.
- [22] 陈萍.洪湖近1300年来环境演变研究[D].北京:中国科学院测量与地球物理研究所,2004.
- [23] 朱明勇,宁龙梅,王学雷.洪湖水环境承载力初步研究[J].水资源与水工程学报,2007,6(18):4-6.
- [24] 葛继稳,梅伟俊,刘胜祥,等.梁子湖湿地自然保护区生物多样性研究[J].湖北林业科技,2003(S1):38-43.
- [25] 李文杰.梁子湖流域土地利用变化对流域水环境的影响[D].武汉:华中师范大学,2009.
- [26] 李俊涛.基于RS/GIS的梁子湖流域景观格局及其动态变化研究[D].武汉:华中师范大学,2008.
- [27] 徐海洋.近二十年来梁子湖菰群落分布的动态变化的遥感应用研究[D].武汉:华中师范大学,2006.
- [28] 肖飞.洪湖湿地结构及生态功能评价及系统稳定性研究[D].武汉:中国科学院测量与地球物理研究所,2003.

Analysis of the Difference and Genetic in Drought Degree of Honghu Lake and Liangzi Lake in 2011

TIAN Rong^{1,2}, CAO Chunxiang^{1*}, MA Guangren³, BAO Daming³, LU Shilei⁴,

XU Min¹ and Peera YOMWAN^{1,2,5}

(1. State Key Laboratory of Remote Sensing Science, Jointly Sponsored by the Institute of Remote Sensing and Digital Earth of Chinese Academy of Sciences and Beijing Normal University, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Centre of Wetland Conservation and Management, State Forestry Administration, Beijing 100714, China; 4. Department of Ecological Environment, State Forestry Administration, Beijing 100714, China; 5. Department of Lands, Bangkok 10210, Thailand)

Abstract: Wetlands are ecosystems interlaced between water and land that are highly affected by drought. Analysis of the differing degree of drought from different wetlands can provide scientific bases for disaster mitigation and wetland conservation. Based on HJ-CCD images in two periods (May 2010 and May 2011), we extracted the wetland water areas of Honghu Lake and Liangzi Lake, and then combining with statistical and questionnaire data we analyzed the differences of drought degree between the two lakes from three aspects: (1) the wetland water area change and its spatial distribution; (2) wetland ecosystem functional degeneration and (3) the influences of wetland ecosystem to human well-being. Subsequently, the differences of drought degree between the two lakes were analyzed from meteorological factors, wetland forming reasons and wetland types, regional geographical environment, regional hydrological condition and the wetland conservation degree. The three main meteorological factors, i.e. monthly average precipitation, temperature and wind speed, were selected because precipitation mainly affects the inflow of the lakes, while temperature and wind speed are the main factors in outflow of the lakes. Moreover, we also used the questionnaire data to analyze the differences of the wetland conservation measures and the understanding of local people to wetland protection. The results show that, the drought degree of Honghu Lake is more serious than Liangzi Lake. During the drought, water area of Honghu Lake has reduced 83.93 km², with the proportion of 26%, while the water area reduction of Liangzi Lake is 13.02 km² with the proportion of only 4%. Many functions of the two lakes are damaged such as water conservation, biological diversity conservation, material production and water purification function. Since the damage degree of these functions of Honghu Lake is more serious than Liangzi Lake, Honghu Lake brings more negative impacts on human well-being than Liangzi Lake. The results also indicate that the lake forming reason and the regional geographical environment are the main factors in the differences of drought degree between the two lakes, as well as some meteorological factors such as wind speed. In addition, the differences and effects of wetland conservation measures also influence the drought degree between the two lakes.

Key words: Honghu Lake; Liangzi Lake; differences in drought degree; HJ-1; questionnaire

*Corresponding author: CAO Chunxiang, E-mail: caocx@radi.ac.cn