

# 土地利用变化对洪湖流域洪涝灾害影响

刘可群<sup>1,3</sup> 周守华<sup>1,2</sup> 黄永平<sup>2</sup> 汤阳<sup>3</sup> 李仁东<sup>4</sup> 李梦璠<sup>5</sup>

(1 江汉平原生态气象遥感监测技术协同创新中心, 荆州 434025; 2 荆州农业气象试验站, 荆州 434020;

3 武汉区域气候中心, 武汉 430074; 4 中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077;

5 中国地质大学(武汉)信息工程学院, 武汉 430074)

**摘要:** 洪湖流域是著名的鱼米之乡, 长期遭受洪涝渍害威胁, 也是我国血吸虫病流行最严重地区, 搞清该地区洪涝的致灾因子很有必要。利用历史上两个典型相似的暴雨强降水过程气象数据、土地利用资料, 采用暴雨洪涝淹没模型模拟计算, 以及实际洪涝灾情资料进行对比分析。结果表明, 洪湖流域水域面积从1995年的11.70%上升至2010年的14.95%, 增加的水域面积主要为水产养殖面积; 水产养殖导致对洪水承载能力下降, 鱼塘面积的大量增加对洪涝灾害确有放大作用, 加剧洪涝灾害; 真正落实国家“退田还湖”政策, 对于保护湿地生态环境十分重要。

**关键词:** 洪湖流域, 土地利用, 淹没模型, 洪涝灾害

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2018.05.009

## The Impact of Land Use Change on Flood Disaster in the Honghu Lake Watershed

Liu Kequn<sup>1,3</sup>, Zhou Shouhua<sup>1,2</sup>, Huang Yongping<sup>2</sup>, Tang Yang<sup>3</sup>, Li Rendong<sup>4</sup>

(1 Collaborative Innovation Center of Remote Sensing Technology in Ecological and Meteorological Monitoring in the Jianghan Plain, Jingzhou 434025 2 Jingzhou Agricultural Meteorological Station, Jingzhou 434020

3 Wuhan Regional Climate Center, Wuhan 430074

4 Institute of Geodesy and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430077

5 Faculty of Information & Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074)

**Abstract:** The Honghu Lake watershed is a district with abundant fish and rice. The area has suffered long-term flood damage and the most serious schistosomiasis epidemic in China. It is necessary to determine the cause of flooding in this area. Based on meteorology and land use data of two locations with a similar history of heavy rainfall, a “torrential rain flood submergence” model was used to simulate, compare and analyze scenarios. The results showed that the water area ratio in the Honghu Lake watershed increased from 11.70% (in 1995) to 14.95% (in 2010), which is mostly aquaculture area. It also showed that it was aquaculture which lead to a decline in bearing capacity for flooding, which was amplified by an increase in fish pond areas. We conclude that protection of ecological environment in wetland should be carried out by implementation of policy of restoring the lake from the land.

**Keywords:** Honghu Lake watershed, land use, submerged model, flood disaster

## 0 引言

20世纪80—90年代以来, 四湖地区的洪水渍涝屡屡成灾, 灾情越来越严重, 造成了巨大的经济损失, 已成为制约洪湖地区经济可持续发展的重要因素<sup>[1-6]</sup>。尽管洪涝灾害的发生与气象、地貌等自然条件密不可分, 但人类不合理的土地开发利用对洪涝灾害的影响

不容忽视<sup>[7]</sup>。周宏春等<sup>[8]</sup>研究认为长江中游地区增加的洪涝灾害70%是人类不合理的土地利用造成的。刘成武等<sup>[9]</sup>从人地关系角度研究秦汉以来自然灾害的变化是由于人地关系演变导致了“人、土、水”等关系恶化, 进而引发并加重自然灾害; 农业水旱种植不合理会加重旱涝程度<sup>[10]</sup>。吴秀芹等<sup>[11]</sup>研究认为湿地面积的减少及其功能的退化是平原湖区洪涝加剧的重要原因。近些年水产养殖等湿地面积明显增加<sup>[4]</sup>, 这种土地利用的变化对洪涝灾害的影响是加重还是减轻, 笔者将利用基于GIS的洪水淹没模型以及农业灾情数据进行量化分析, 旨在为洪湖湿地生态保护、钉螺扩散与防御, 以及可持续发展提供科学依据。

收稿日期: 2018年5月28日; 修回日期: 2018年6月27日

第一作者: 刘可群(1963—), Email: kequnliu@126.com

通信作者: 周守华(1961—), Email: jzzsh@163.com

资助信息: 国家自然科学基金面上项目(41571487); 中国气象局气候变化专项(CCSF201409和CCSF201821)

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域概况

洪湖流域(图1)境内有长湖、三湖、白露湖、洪湖四个大型湖泊,也称为四湖地区,现只剩下长湖和洪湖;其地域包括荆州市监利县、洪湖市两县(市)全部,荆州市城郊地区,以及石首市、沙阳县、潜江市一部分。流域面积11547 km<sup>2</sup>,地形上,流域西北部地势高,东南部地势低。

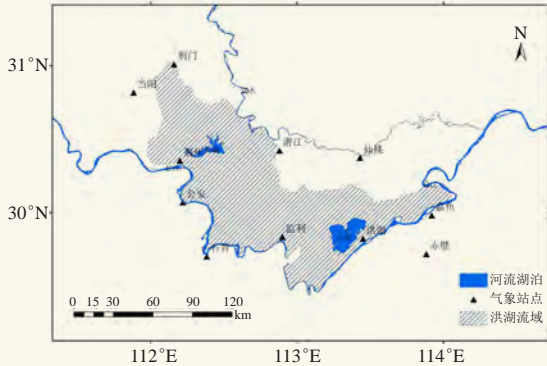


图1 研究区域地理位置示意图  
Fig. 1 Location of the study area

### 1.2 资料来源

气象资料为洪湖流域及其周边各地面气象观测台站实测地面逐日降水量数据,数据来自于湖北省气象档案馆;土地利用采用2010年LandSat TM卫星数据提取的湖北省土地利用分类图;水产养殖面积来自于湖北省统计局湖北农村统计年鉴编辑委员会<sup>[12]</sup>。暴雨过程造成的实际灾情数据来源于洪湖市民政局。

### 1.3 计算方法

#### 1) 面雨量计算

研究区域内气象站点有荆门、荆州、监利、洪湖4个,站点分布不均匀,利用简单的算术平均方法计算其区域降水量不尽合理,精度较低<sup>[13]</sup>;为了较科学准确反映该区域降水情况,本研究对区域以0.025°×0.025°网格化,并增加周边相邻的公安、潜江、仙桃、石首、嘉鱼、赤壁、当阳等站点逐日降水资料,采用距离平方反比法(计算公式见式(1))。计算区域内各网格点降水量,再对所有网格降水值求其平均,即得到区域降水量。

$$R = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{R_i}{d_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{d_i^2}}, \quad (1)$$

式中, $n$ 为格点数目, $R_i$ 为第 $i$ 点的样点值, $d_i$ 为第 $i$ 样点到插值点的距离, $R$ 为待估值。当样点与插值点重合时

样点权重为1,其他点权重为0,插值点值等于样点值。

#### 2) 暴雨洪涝淹没模型

利用GIS栅格分析技术,在DEM基础上运用水动力学建立洪水演进模型,淹没过程中的水流方向由地形坡向所决定。本研究运用改进的D8(最大坡降算法)<sup>[14-16]</sup>计算水流方向,用曼宁公式(Manning-Strichler)计算水流速度与水流流量,以1:5万高程数据为基础,基于水动力学暴雨洪涝演进分布式水文模型<sup>[16-18]</sup>分别对洪湖流域1996年7月14—21日、2010年7月8—16日两次降水特征相似的暴雨过程,而鱼塘面积有较大差异的洪涝受淹面积进行模拟计算。前后两次降水过程造成该地区洪涝中并没有受到周边汇水影响,因此研究中不考虑周边汇水影响。

在发生暴雨洪涝时,为防止鱼塘漫顶鱼外逃带来的巨大损失,鱼塘经营者在暴雨期间将进入塘内的大量雨水外排,确保鱼塘水位低于鱼塘塘坝一定高度以避免不必要的损失。因此本研究采用降水洪水演进与河网漫顶式演进混合模型计算流程<sup>[18]</sup>,亦即通过气象台站观测的降水信息,获取面雨量数据,得到单位时间内每个栅格所增加的水量,通过曼宁公式计算流向其他栅格的水量信息;同时初始化河网和鱼塘水位,鱼塘水位达到鱼塘正常水位的最高值(假定鱼塘塘坝高为 $h$ ,鱼塘正常水位的最高值为 $h-10$  cm)和河网水位高出周围的地形高程为鱼塘与河网漫出高度;依次迭代,计算时间 $T$ 后,地面形成的积水信息,计算过程如图2。由于缺乏每一个水产养殖鱼塘的具体位置,研究中以各县(区)为单元,将各单元内所有水产养殖面积作为一个整体鱼塘且地理位置位于该县(区)中水产面积最集中的乡镇进行模拟计算。

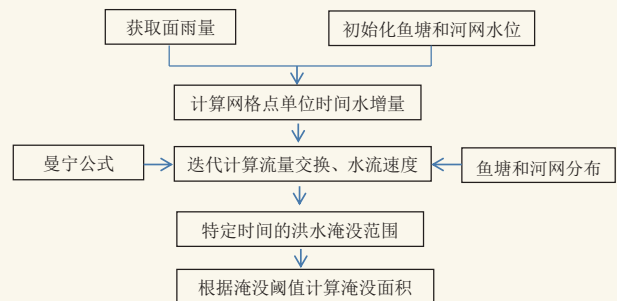


图2 洪水演进计算过程

Fig. 2 Flood evolution calculation process

## 2 结果与分析

### 2.1 近20年土地利用变化

据徐小娇等<sup>[19]</sup>研究江汉平原土地利用中耕地面积占总面积的比例从1995年的71.27%下降到2010年的66.73%,而水域面积则从1995年的11.70%上升至2010

年的14.95%，土地利用变化最大的是耕地转变为水域，占土地变化总量的61.12%；未利用地转变为水域的占土地变化总量的7.84%，两者合计为68.96%，亦即所有转变为水域的土地占总变化量的近70%（表1）。洪湖流域是江汉平原的核心区域，该区域土地利用变化是最具有代表性的，据湖北省统计局统计，洪湖、监利两县分别是湖北省第一、三大水产养殖大县，其水产养殖面积占该地区水产养殖总面积的80%左右。图3是1990年以来洪湖周边两县（市）水产养殖面积

逐年变化情况。从图中可以看出，该地区洪湖、监利两县（市）水产养殖面积2010年是1995年的4倍，增加面积超过洪湖的湖面面积。由此可见，亦即耕地面积大部分转变为水域面积，实际上转变为水产养殖面积。在生产实践中，鱼池水深每增加0.5 m，产量可提高30%；一般情况下鱼塘水位处于正常水位的最高值，尤其在鱼类主要生长季（5—9月）更是如此。因此，同为水域的水产鱼塘用地与湖泊沟渠水域地相比，在遇暴雨洪涝时前者丧失了对洪水的调洪能力。

表1 1995—2010年江汉平原主要土地利用/覆盖类型变化轨迹<sup>[19]</sup>

Table 1 Change in trajectory of main land use/cover types in the Jiangnan Plain from 1995 to 2010

1995—2000—2005—2010	面积/km <sup>2</sup>	1995—2000—2005—2010	面积/km <sup>2</sup>
耕地—水域—水域—水域	423.68	耕地—建设用地—建设用地—建设用地	69.71
耕地—耕地—水域—水域	370.12	耕地—未利用地—未利用地—未利用地	29.73
耕地—耕地—耕地—水域	197.48	水域—耕地—耕地—耕地	46.93
未利用地—水域—水域—水域	80.00	水域—水域—水域—耕地	35.67
未利用地—未利用地—水域—水域	24.09	水域—水域—未利用地—未利用地	30.80
未利用地—未利用地—未利用地—水域	23.01	水域—未利用地—未利用地—未利用地	61.31
耕地—耕地—耕地—建设用地	172.58	建设用地—耕地—耕地—耕地	24.59
耕地—耕地—建设用地—建设用地	21.47	未利用地—未利用地—未利用地—耕地	10.68

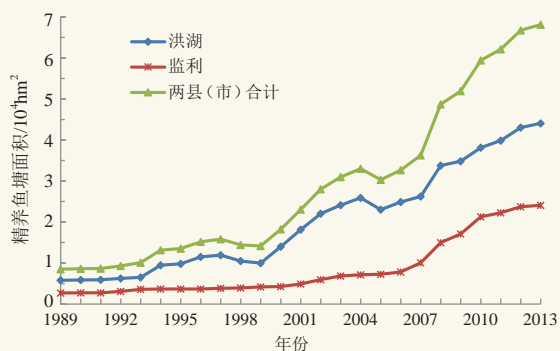


图3 洪湖、监利两县（市）1990年以来精养鱼池年际变化  
Fig. 3 Interannual variation of fine aquarum at Honghu and Jianli County since 1990

## 2.2 土地利用变化对淹没面积的影响

图4是1996年7月14—21日及2010年7月8—16日降水过程总降水量的分布情况。从图中可以看出，1996年7月14—21日、2010年7月8—16日两次降水过程非常相似，降水中心集中在洪湖市；降水量比较接近，中心累计最大降水量分别为591.4和560.2 mm；累计雨量分别为268.0和245.0 mm；过程最大日面雨量分别为69.5和68.2 mm，见表3。两者都比较接近，也皆为前者略高于后者。

将1996年7月14—21日与2010年7月8—16日降水网格化数据代入暴雨洪涝淹没模型，由此推算两次暴雨过程在不同情景下洪涝灾害的淹没面积情况，其中

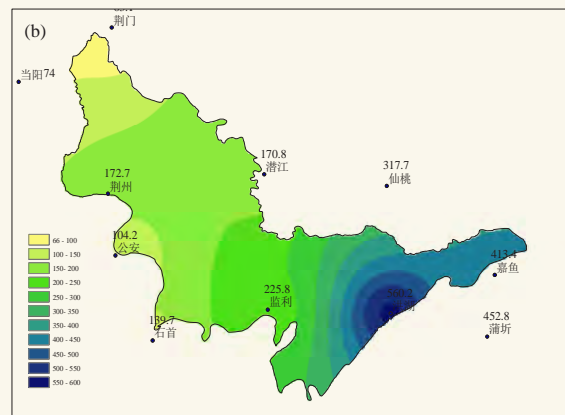
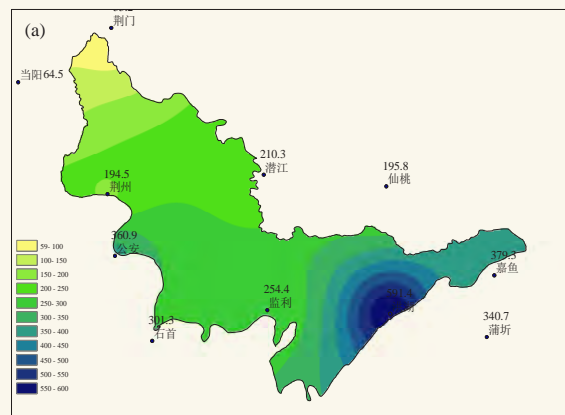


图4 1996年7月14—21日（a）、2010年7月8—16日（b）降水量分布  
Fig. 4 Precipitation distribution between July 14—21, 1996 (a) and July 8—16, 2010 (b)

鱼塘面积分别以当年的实际面积为初始条件计算；淹没阈值设定为40 cm，其计算结果如表2。由于洪湖市地处四湖流域的下游，地势较低，两次降水过程的主要淹没面积均集中在洪湖市，暴雨过程造成洪湖市模型计算的淹没面积占洪湖流域总淹没面积的比例均在52%以上。

表2 利用暴雨洪涝淹没模型计算的不同情景下淹没面积/ $10^3 \text{ hm}^2$   
Table 2 The flood area under different scenarios calculated using the rainstorm flood model / $10^3 \text{ hm}^2$

降水过程	不考虑鱼塘的淹没		考虑鱼塘的淹没		鱼塘造成淹没差	
	全流域	洪湖	全流域	洪湖	全流域	洪湖
1996年7月14—21日	178.72	93.08	181.48	98.73	2.76	5.65
2010年7月8—16日	134.71	92.64	161.81	113.67	27.1	21.03
两者之差	-44.01	-0.34	-19.67	14.94	24.34	15.38

从表2中进一步看出，在不考虑鱼塘因素的影响情况下，1996年7月14—21日的不论是全流域，还是洪湖市暴雨淹没面积均大于2010年7月8—16日淹没面积，其中全流域的淹没面积较2010年7月过程降水淹没面积多 $4.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。在有鱼塘因素情景下，1996年7月14—21日全流域的淹没面积虽然仍较2010年7月8—16日多，但两者之间的差值减少了 $2.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ；洪湖市的淹没面积则相反，2010年7月的过程淹没面积较1996年则多 $1.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。由此可见鱼塘面积的增加，对于洪涝灾害确有放大作用。

### 2.3 实际洪涝受灾面积影响对比分析

表3是1996年7月和2010年7月两次暴雨强降水过程开始前30 d、60 d以及过程降水主要特征值与洪涝受灾的对比情况。从过程降水几个特征值及空间分布（图4）上看，两次降水的强度及其降水中心区均高度相似，且强度1996年略强。从前期的降水情况看，2010年的降水过程前30、60 d的降水均低于1996年的降水，前者分别只有后者的52%和57%。从洪湖

表3 洪湖流域1996、2010年7月暴雨降水相关特征值及灾情  
Table 3 Statistics and disasters related to rainstorms in Honghu Lake watershed in July 1996 and 2010

	1996年	2010年
暴雨洪涝过程发生时间	7月14—21日	7月8—16日
过程开始前30 d累计雨量/mm	304.8	158.4
过程开始前60 d累计雨量/mm	510.0	288.9
过程累计雨量/mm	268.0	245.0
过程最大日雨量/mm	69.5	68.2
区域内单站过程雨量	站点	洪湖
	雨量/mm	591.4
区域周边单站过程雨量	站点	嘉鱼
	雨量/mm	379.3
洪湖市农作物受灾面积/ $\text{hm}^2$	56113	65000

水位上看，1996年7月13日水位为25.91 m，较2010年7月7日的24.75 m水位高1.16 m。但从农作物受灾面积上看，洪湖市2010年的受害面积较1996年增加了 $8000 \text{ hm}^2$ 。由此可见水产养殖导致对洪水承载能力下降，该区域土地利用的变化加剧了洪涝灾情发生。

### 3 小结

随着社会经济的发展，近20年来洪湖流域土地利用变化很大，水域面积从1995年的11.70%上升至2010年的14.95%，增加的水域面积主要为水产养殖面积；洪湖、监利两县（市）精养鱼池面积增加4倍，增加面积超过了洪湖的湖面面积。不论是从暴雨洪涝淹没模型理论计算，还是从实际的洪涝灾情对比分析均发现，水产养殖导致对洪水承载能力下降，鱼塘面积的大量增加对洪涝灾害的确有较显著的放大作用，会加剧了洪涝灾情发生。综上所述，目前土地利用结构不利于该地区生态环境改善及农业可持续发展，应当调整农业结构力度，避免盲目发展水产养殖导致湿地生态破坏；应真正落实国家“退田还湖”政策。

#### 参考文献

- 邱娟, 魏凤华, 刘可群, 等. 湖北省钉螺村级尺度时空分布格局研究. 中国血吸虫病防治杂志, 2015, 27(2): 119-124.
- 彭惠玲, 岑雨萍, 龚新国, 等. 气象水文因素对湖北省长江及汉江流域血吸虫病疫情的影响. 中国血吸虫病防治杂志, 2010, 22(6): 606-608.
- Chang B R, Li R D, Zhu C D, et al. Quantitative impacts of climate change and human activities on water-surface area variations from the 1990s to 2013 in Honghu Lake, China. Water, 2015, 7: 2881-2899.
- 刘可群, 梁益同, 周金莲, 等. 人类活动与气候变化对洪湖春旱影响分析. 生态学报, 2014, 34(5): 1302-1310.
- 李源培, 何忠, 何明祯, 等. 湖沼地区水位变化对钉螺消长影响的广义相加模型研究. 中华流行病学杂志, 2010, 31(10): 1148-1155.
- 陶凯, 杜耘. 洪湖地区涝渍灾害脆弱性评估. 世界科技研究与发展, 2008, 30(2): 177-179.
- 刘慧. 长江中游地区洪涝灾害的土地利用思考. 长江流域资源与环境, 2004, 13(6): 616-620.
- 周宏春, 王毅, 于秀波, 等. 长江中游退田还湖与可持续发展. 北京: 经济科学出版社, 2002.
- 刘成武, 黄利民, 吴斌祥. 论人地关系对湖北省自然灾害的影响. 水土保持研究, 2004, 11(1): 177-181.
- 刘可群, 陈正洪, 周金莲, 等. 近50年来湖北旱涝灾害变化及其驱动因素分析. 华中农业大学报(自然版), 2010, 29(3): 326-332.
- 吴秀芹, 龙花楼, 高吉喜, 等. 江汉平原湿地功能下降与洪涝灾害关系分析. 生态环境, 2005, 14(6): 884-889.
- 湖北农村统计年鉴编辑委员会. 湖北农村统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 1989-2011.
- 徐晶, 林建, 姚学祥, 等. 七大江河流域面雨量计算方法及应用. 气象, 2001, 27(11): 13-17.
- 章国材. 暴雨洪涝预报与风险评估. 北京: 气象出版社, 2012.
- 孙艳玲, 刘洪斌, 谢德体, 等. 基于DEM流域河网水系的提取研究. 资源调查与环境, 2004, 25(1): 18-22.
- 郭生练, 熊立华. 基于DEM的分布式流域水文物理模型. 武汉水利电力大学学报, 2000, 33(6): 2-5.
- 刘仁义, 刘南. 基于GIS的复杂地形洪水淹没区计算方法. 地理学报, 2001, 56(1): 1-6.
- 史瑞琴, 刘宁, 李兰, 等. 暴雨洪涝淹没模型在洪灾损失评估中的应用. 暴雨灾害, 2013, 32(4): 379-384.
- 徐小娇, 周建峰, 王文丽, 等. 近十五年来江汉平原LUCC轨迹分析. 湖北大学学报, 2012, 34(1): 110-115.