

# 长时间序列下鄱阳湖汛期水体面积变化特征及驱动因素分析

田碧青<sup>1</sup>, 吴常雪<sup>1</sup>, 穆兴民<sup>1,2</sup>, 高鹏<sup>1,2</sup>, 赵广举<sup>1,2</sup>, 尹殿胜<sup>3</sup>

(1.西北农林科技大学 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;

2.中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3.中水淮河规划设计研究有限公司, 合肥 230601)

**摘要:**为了探究鄱阳湖汛期水体面积变化的影响因子,基于1977—2017年汛期鄱阳湖流域遥感影像数据、流域内同期6个控制水文站实测汛期月径流量及流域内1980—2015年土地利用资料,运用Mann-Kendall趋势与突变检验及突变检验方法分析了鄱阳湖流域汛期湖泊水体面积、湖区流入江径流量变化趋势特征以及流域内土地利用结构变化特征。结果表明:鄱阳湖汛期水体面积呈减小趋势,且在2005年发生突变;汛期湖区净出湖径流量呈逐年显著增加趋势,发生突变年份为1990年;20世纪90年代城乡工建用地面积大幅增大,未利用土地面积大幅减少,导致流域耗水量增大。汛期净出湖径流量增加是造成汛期湖泊面积减小趋势的主要原因之一;流域内“退田还湖”等生态工程的实施有利于缓解汛期湖泊水体面积减少趋势;长江上游水利工程建设、流域内城镇化发展等人类活动是鄱阳湖汛期水体面积减少的主要驱动因素。

**关键词:**鄱阳湖汛期湖泊水体面积; Landsat; 径流; 土地利用

**中图分类号:** TP79; P343.3

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2021)04-0212-06

## Analysis on the Characteristics and Driving Factors of Water Area Change in Poyang Lake During Flood Season Under Long Time Series

TIAN Biqing<sup>1</sup>, WU Changxue<sup>1</sup>, MU Xingmin<sup>1,2</sup>, GAO Peng<sup>1,2</sup>, ZHAO Guangju<sup>1,2</sup>, YIN Diansheng<sup>3</sup>

(1.State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Northwest A&F

University, Yangling, Shaanxi 712100, China; 2.Institute of Soil and Water Conservation, CAS&MWR, Yangling,

Shaanxi 712100, China; 3.Zhongshui Huaihe Planning and Design Research Co., Ltd., Hefei 230601, China)

**Abstract:** As the largest freshwater lake in China, Poyang Lake's water area change and its driving factors have attracted attention from all sectors of society. In order to explore the influencing factors on water area change in Poyang Lake during flood season, the remote sensing image data of Poyang Lake Basin during flood season from 1977 to 2017, the measured monthly flow in flood season from six control hydrological stations in the same period and the land use data in the basin from 1980 to 2015 were analyzed. Mann-Kendall trend and mutation test and mutation test methods were used to analyze the characteristics of water body area, runoff and land use structure change in the Poyang Lake Basin during flood season. The results showed that: the water area of Poyang Lake in flood season showed a decreasing trend, and the abrupt change occurred in 2005; the net runoff of the lake increased significantly year by year in flood season, and the mutation year was 1990; in the 1990s, the area of land used for industrial construction in urban and rural areas increased greatly, while the area of unused land decreased greatly, leading to the increase of water consumption in the basin; the increase of net runoff from the lake in flood season was one of the main reasons for the decreasing trend of lake area in flood season. The implementation of ecological projects such as returning farmland to lake in the basin is beneficial to alleviate the decreasing trend of lake water area in flood season. Human activ-

收稿日期: 2020-07-22

修回日期: 2020-08-31

资助项目: 国家重点研究计划专题计划(2016YFC0501707); 科技基础专项(2014FY210100); 水利公益性行业科研专项(201501049)

第一作者: 田碧青(1995—), 女, 陕西汉中, 硕士研究生, 研究方向为流域生态学和水土保持。E-mail: biqingtian@nwfufu.edu.cn

通信作者: 高鹏(1976—), 男, 陕西扶风人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事水土保持和流域生态学研究。E-mail: gaopeng@ms.iswc.ac.cn

ities such as water conservancy projects in the upper reaches of the Yangtze River and urbanization development in the basin are the main driving factors for the decrease of water area of Poyang Lake in flood season.

**Keywords:** water bodies of Poyang Lake during flood season; Landsat; runoff; land use

鄱阳湖作为中国最大淡水湖泊,它具有季节性、过水性及吞吐型特征,同时对调节长江水位、涵养水源、改善当地气候和维护周围地区生态平衡等具有重要作用<sup>[1]</sup>。作为吞吐型通江湖泊,鄱阳湖水体面积季节变化显著。近几十年受入湖径流调控、长江上游三峡蓄水及人类活动影响,鄱阳湖流域出现洪水调蓄功能下降、汛期洪涝频繁、枯水期干旱频率增大、生态环境退化等问题,致使鄱阳湖的水文节律被打乱,给鄱阳湖区民生、生态、经济等方面带来严重的负面影响<sup>[2-3]</sup>。

水体面积大小及其变化是表征湖泊功能的重要指标。对鄱阳湖水体面积年际变化与入湖泥沙径流关系及其对水环境及生态研究已开展大量研究,鄱阳湖湖泊水体形态主要针对早期研究,罗蔚等<sup>[4]</sup>通过 Mann-Kendall 等检验方法,分析了鄱阳湖流域干旱的时空演变特征,结果表明:鄱阳湖流域"旱涝"和"涝旱"转换越来越频繁,掌握长时间序列下鄱阳湖汛期水体面积变化特征对未来鄱阳湖治理保护有重要意义。因此,本文基于 1977—2017 年汛期鄱阳湖湖泊水体面积数据、出入湖径流量数据与鄱阳湖流域土地利用变化数据资料,分析鄱阳湖汛期水体面积变化及其驱动因素,辨析自然因素和人类活动对鄱阳湖汛期水体面积变化的影响,以为鄱阳湖流域生态治理提供科学依据。

1 研究区概况

鄱阳湖位于江西省北部长江中游南岸,北纬 28°22′—29°45′,东经 115°47′—116°45′,流域总面积 162 225 km<sup>2</sup>。作为典型通江湖泊,鄱阳湖湖泊全年来水主要依靠赣江、抚河、信江、饶河、修水 5 大河流的入湖径流,以及长江自湖口倒灌入湖的顶托作用<sup>[5]</sup>,“五河”径流量汇入鄱阳湖经湖口流入长江。流域内降水时空分布不均,入湖径流量季节性十分显著,4—9 月的入湖径流量占全年 75%,尤其夏季主汛期入湖径流占 50%以上<sup>[6]</sup>,同时受湖口长江干流洪水顶托作用影响,湖泊每年 6 月末—7 月初逐渐进入汛期,湖泊维持高水位,整个湖区为湖泊水域;10 月开始进入早期,“五河”入湖水量下降,长江顶托作用削弱,鄱阳湖进入早期,湖水面积缩小,大片湿地裸露,形成湿地草场的湖泊景象,自古有“洪水一片,枯水一线”的说法形容其鄱阳湖水体面积旱汛差异<sup>[7]</sup>。

2 数据与方法

2.1 资料与数据

湖泊面积通过对 Landsat 系列卫星对研究区内拍摄的低云遥感影像处理提取 1977—2017 年每年 6 月、7 月、8 月以及 9 月的鄱阳湖水体面积均值,卫星数据源于 Landsat-1—3MSS 卫星、Landsat-4—5TM 卫星、Landsat-7 ETM<sup>+</sup> 卫星以及 Landsat-8 OLI 卫星的多光谱数据,由于部分图像缺失,最后筛选出除 1980 年、1982 年、1985 年、1994 年、2009 年以外 1977—2018 年共 134 期多光谱卫星影像图各年汛期的遥感影像,取水体面积并求出各年汛期平均面积。

水文数据来自鄱阳湖流域的主要控制水文站:赣江外洲站、抚河李家渡站、修河万家埠站、信河梅港站、饶河渡峰坑站、湖口站,各水文站 1977—2017 年 7—9 月的实测月径流量数据。各水文站情况见表 1。

表 1 研究区控制水文站分布情况

站点	控制流域	经纬度	控制面积/km <sup>2</sup>
外洲	赣江	115°50'E,28°38'N	80948
李家渡	抚河	116°10'E,28°13'N	15811
万家埠	修河	115°31'E,28°51'N	3548
梅港	信江	116°49'E,28°26'N	15535
渡峰坑	饶河	117°12'E,29°16'N	5013

土地利用数据利用全国土地利用调查 1980 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年共 6 期土地利用数据提取研究区土地利用变化,数据来源于中国科学院资源环境科学数据中心构建的全国土地利用数据库。土地利用分类系统采用两级分类体系,其中一级土地利用类型包括耕地、林地、草地、水域、建筑用地及未利用地 6 类,二级土地利用为 25 种地物类型。

2.2 研究方法

采取多波段像元值比较方法对 Landsat 卫星图片进行水体信息提取从而计算汛期湖泊水体面积<sup>[8-9]</sup>。对 1977—2017 年各年汛期鄱阳湖水体平均面积数据进行趋势分析总结其变化特征,并判断鄱阳湖汛期湖泊面积变化是否存在突变点,如果存在,结合水文数据的趋势及突变分析与土地利用变化分析解释其突变原因。趋势分析采用 Mann-Kendall 趋势分析法,突变分析采用 Mann-Kendall 突变检测法。

流域内水文数据是以鄱阳湖湖区月均出入湖径流量差值表示汛期净出湖月均径流量,通过 7—9 月“五河”各站汛期径流量月值,得出流域内汛期月均入

湖径流量,同样求出湖口站汛期月均出湖径流量;由湖口站的出湖汛期月均径流量减去“五河”汛期月均径流量得到汛期湖区出入湖径流量差值,对其进行水文分析。

流域内土地利用数据通过 GIS 软件对土地利用矢量数据通过重分类进行栅格化处理获取。将二级土地利用类型合并为一级土地利用类型,并重新赋值:1 农地、2 林地、3 草地、4 城乡工建用地、5 未利用土地<sup>[10]</sup>。通过获取的 1980 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年鄱阳湖流域土地利用变化数据,生成主要土地利用类型的变化表。利用动态度单一土地利用表现土地利用变化程度及特征,评价人类活动对湖泊汛期水体面积变化的影响<sup>[11]</sup>。单一土地利用动态度公式<sup>[12]</sup>:

$$K=\frac{U_b-U_a}{U_a\times T}\times 100\%$$

式中:K 为单一土地利用类型动态度;U<sub>a</sub>为研究初期某种土地利用类型的用地面积;U<sub>b</sub>为研究末期某种土地利用类型的用地面积;T 为研究时段。

3 结果与分析

3.1 汛期水体面积特征及变化趋势

汛期鄱阳湖水体面积年际变化差异显著,20 世纪 90 年代期间变异程度最大(表 2)。鄱阳湖汛期水体面积年际变化过程见图 1,2007—2017 年汛期湖水面积平均 2 989.1 km<sup>2</sup>,最大为 1998 年的 4 662.05 km<sup>2</sup>;最小为 2011 年的 2 109.73 km<sup>2</sup>。

表 2 鄱阳湖 1977—2017 年汛期水体平均面积

时间段	均值/km <sup>2</sup>	极值比	变差系数/%
1977—1989	2968	0.52	14.40
1990—1999	3490	0.79	16.90
2000—2009	2804	0.41	11.02
2010—2017	2811	0.69	15.19
1977—2017	2989	1.21	17.47

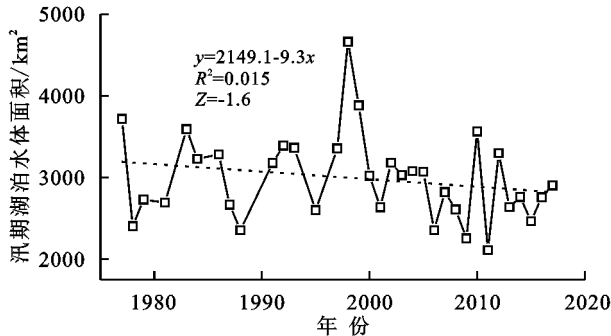


图 1 1977—2017 年汛期湖泊平均面积变化

根据 Mann-Kendall 趋势分析,检验统计量 Z 值为-1.60,通过了 90%的显著性检验,说明 1977—

2017 年鄱阳湖汛期湖泊平均面积呈缩小趋势,Mann-Kendall 突变检验结果表明,UF 和 UB 曲线在 2005 年出现交点,汛期湖泊水体面积可能在 2005 年发生了突变(图 2),利用 Pettitt 突变检验对 2005 年这个可能突变点进一步验证,Pettitt 检验结果表明,2005 年是汛期湖泊水体面积的突变点(图 3)。UF 趋势线表明湖泊汛期水体面积在 2005 年之前经历了 1977—1982 年减小、1983—1986 年增长、1987—1996 年减小、1997—2004 年增长的小幅波动变化但都不显著,在 2005 年后持续减小且 UF 曲线接近 0.05 显著水平线,表明较 2005 年之前鄱阳湖汛期水体面积较之前变化下降趋势显著。

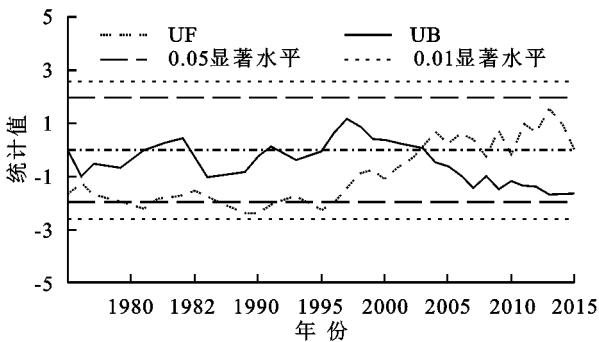


图 2 汛期湖泊平均面积 Mann-Kendall 突变检验

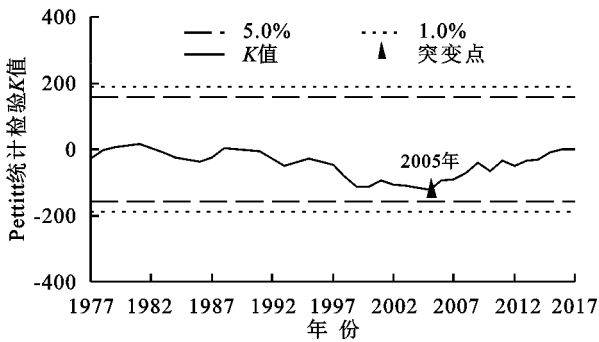


图 3 鄱阳湖汛期湖泊平均面积 Pettitt 突变检验

3.2 汛期湖区净出湖径流量均值变化及其对湖泊水体面积的影响

1977—2017 年鄱阳湖汛期月均净出湖径流量呈显著增长趋势,期间平均值为 2 047.9 m<sup>3</sup>/s;1998 年最大(5 339.9 m<sup>3</sup>/s);1979 年最小(-362.9 m<sup>3</sup>/s)(图 4)。汛期鄱阳湖净出湖径流量变化年际差异显著,20 世纪 80 年代变异程度最大(表 3)。

汛期净出湖径流量 Mann-Kendall 趋势分析结果,检验统计量 Z 值为 2.24,通过了 95%的显著性检验。汛期月均净出湖径流量与湖泊水体面积相关性分析表明两者呈显著负相关(r=-0.58,0.01 水平显著)。Mann-Kendall 突变检验结果显示分别在 1990 年、2003 年、2006 年、2010 年、2012 年 UF 和 UB 曲线出现交点,表明可能发生突变(图 5)。利用 Pettitt

突变检验对 1990 年、2003 年、2006 年、2010 年、2012 年这 5 个可能突变点进一步验证(图 6)。Pettitt 检验结果表明,净出江径流量在 1990 年发生突变。UF 曲线显示月均汛期净出湖径流量在 1990 年之前主要呈小幅减少趋势,在 1990 年后汛期月均净出湖径流量开始增大,在 20 世纪 90 年代末期—21 世纪 00 年代增加趋势十分显著(通过 0.05 显著性检验),2005 年后增加趋势不再显著但仍保持增加状态至 2017 年。

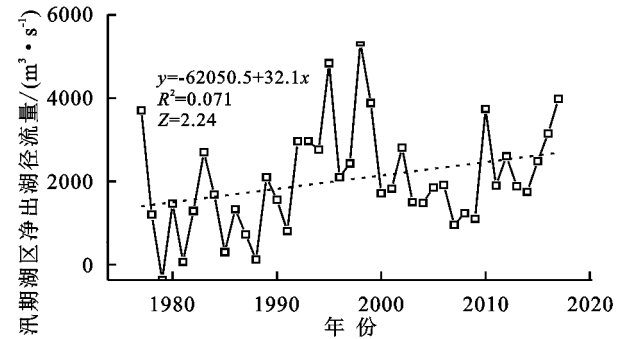


图 4 1977—2017 年期间汛期月均净出湖径流量差值变化

表 3 鄱阳湖 1977—2017 年汛期净出湖径流量

时间段	均值/ ( $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ )	极值比	变差 系数/%
1977—1989	1182	37.21	70.00
1990—1999	2966	4.97	44.83
2000—2009	1641	1.93	30.44
2010—2017	2689	1.27	29.95
1977—2017	2047	—14.34	60.20

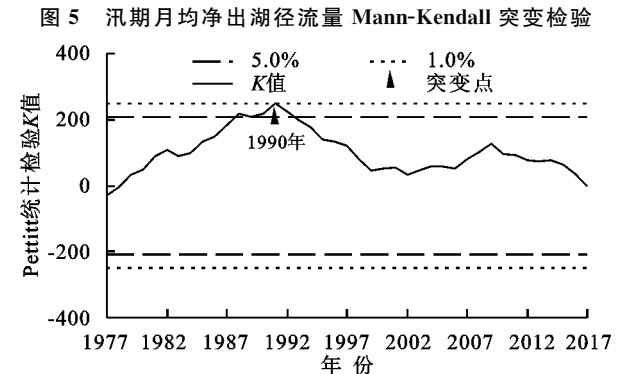
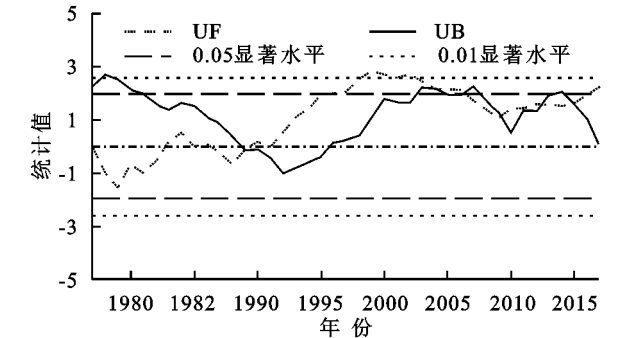


图 6 鄱阳湖汛期出入湖径流量差值 Pettitt 突变检验

汛期月均净出湖径流量与湖泊水体面积相关性分析表明两者呈显著负相关( $r = -0.58$ , 0.01 水平显

著),表明 1977—2017 年,鄱阳湖汛期湖区净出湖径流量的逐年显著增加,是影响汛期湖泊水体面积下降的原因之一。90 年代末受几次全流域性大洪水影响 1990—1999 年汛期月均净出湖径流量增加<sup>[13]</sup>。

每年 7—8 月长江进入主汛期,对鄱阳湖出湖径流的顶托作用增强导致使鄱阳湖流域洪水滞留,水体面积增长,9 月长江顶托作用削弱,湖区洪水自湖口泄入长江,增加汛期月均净出湖径流量。因自 2003 年起长江上游三峡工程开始逐渐实施蓄水工程,工程落实后于每年 8 月下旬开始蓄水调度,造成长江下游汛期末水量减少,鄱阳湖湖口段长江对鄱阳湖湖区的顶托作用削弱,所以自 21 世纪 00 年代汛期月均净出湖径流量较之前显著增加<sup>[14-19]</sup>。自 2003 年后,湖口年均倒灌现象较三峡工程实施前呈总体减弱趋势,频频出现湖水提前汇入长江的现象,鄱阳湖湖区汛期提前结束,是造成汛期水体面积在 2005 年后下降趋势显著原因之一。且已有研究结果显示,鄱阳湖入湖年径流量变化趋势具有明显的年代差异,21 世纪 00 年代是入湖径流量的偏少期,这也对 2005 年后湖泊水体面积下降产生了一定程度的影响<sup>[20]</sup>。

### 3.3 鄱阳湖土地利用变化特征及其与湖泊水体面积响应

通过对鄱阳湖流域 6 个时期的土地利用变化数据统计分析,归纳出鄱阳湖流域 1980—2015 年鄱阳湖流域土地利用变化总体特征(表 4,图 7):鄱阳湖流域土地利用类型除水体以外,以林地、耕地为主,多年保持占流域面积的 80% 以上,草地次之,城镇与未利用土地占比最少。1980—2015 年 35 a 中,耕地总体呈减小趋势,动态度为  $-0.34\%$ ;林地总体变化幅度不大,略呈减少趋势,动态度  $0.15\%$ ;草地总体呈下降趋势,动态度  $-0.21\%$ ;城乡工建用地总体呈上升趋势,动态度  $1.36\%$ ;未利用土地总体呈下降趋势,动态度  $-1.52\%$ 。1980—2015 年鄱阳湖流域土地利用结构中,变化幅度最大的是未利用土地减少与城乡工建用地增加,未利用土地由  $1\,163\text{ km}^2$  下降至  $543\text{ km}^2$ ,城乡工建用地由  $2\,501\text{ km}^2$  上升至  $3\,694\text{ km}^2$ ;其余土地利用面积有增有减,但其总体变化幅度不大,各时期变化幅度不同,自 2015 年后湖区各土地利用类型变化趋于稳定,且城乡工建用地出现了首次下降,沼泽地、裸土地面积出现了首次增长。

由图 7 可见,主要是城乡工建用地面积增长、未利用土地面积减少对鄱阳湖汛期湖泊水体面积变化产生影响。在 19 世纪 90 年代之后城镇化规模更大,速度更快。城镇化加速发展下流域内城乡工建用地



面积增大,城乡工建用地面积增加,湿地等未利用土地类型面积减少,导致流域内产水量增加,洪涝灾害发生频率增加,致使 90 年代末湖泊水体面积呈增长趋势<sup>[13,21-23]</sup>。1998 年后国家实施“退田还湖”政策,使流域内农田面积减少,湿地等未利用土地面积显著增加。另外 90 年代末流域内在水土流失严重的区

域,开展了大面积的植树造林,该区的林地面积在 21 世纪后增加;并自 2012 年起,江西政府开始实施沿鄱阳湖生态移民政策,对湖区核心保护区内禁止围湖造地,使得流域湿地水涵养功能得到改善,生态环境得到保护,洪水发生频率下降,湖区洪涝灾害情况得到改善,汛期平均水体面积缩小<sup>[23-25]</sup>。

表 4 1980—2015 年鄱阳湖流域土地利用变化

用地类型	项目	1980—1995	1995—2000	2000—2005	2005—2010	2010—2015	1980—2015
耕地	面积变化/km <sup>2</sup>	−6630	−313	−149	829	391	−5872
	动态度/%	−0.89	−0.15	−0.07	0.39	0.18	−0.34
林地	面积变化/km <sup>2</sup>	16995	1836	−17473	−7785	739	−5688
	动态度/%	1.16	0.38	−3.58	−1.57	0.15	−0.15
草地	面积变化/km <sup>2</sup>	−198	−42	−163	222	−340	−521
	动态度/%	−0.19	−0.12	−0.47	0.64	−1.03	−0.21
城乡工建用地	面积变化/km <sup>2</sup>	143	19	398	1408	−775	1193
	动态度/%	0.38	0.14	2.99	6.30	−4.20	1.36
沼泽地、裸土	面积变化/km <sup>2</sup>	−18	25	−499	−148	20	−620
	动态度/%	−0.10	0.44	−8.53	−5.66	0.74	−1.52

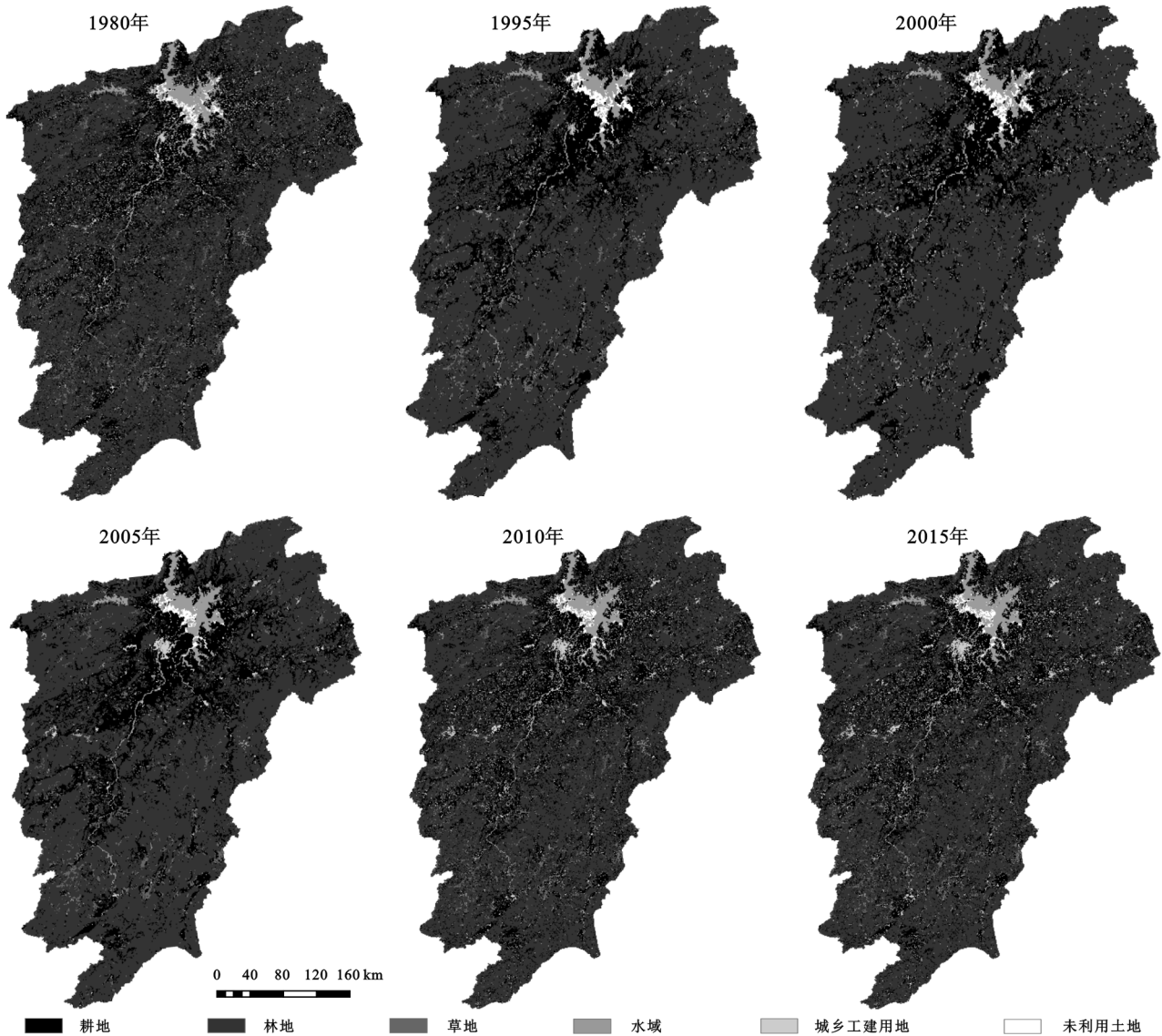


图 7 鄱阳湖流域 1980 年、1995 年、2000 年、2005 年、2010 年、2015 年土地利用分布

## 4 结 论

- (1) 鄱阳湖汛期水体面积在 1977—2017 年呈减少趋势( $Z$  值 $=-1.60$ ,通过 90%显著性检验),鄱阳湖汛期水体面积在 2005 年发生突变,2005 年后汛期水体减小速率增大。
- (2) 受长江上游汛期提前蓄水影响,湖口长江顶托作用削弱,导致汛期净出湖径流量呈显著增加趋势( $Z$  值 $=2.24$ ,通过 95%显著性检验),并在 1990 年发生突变,1990 年后显著增加,是汛期湖泊水体面积减小的主要驱动因素之一。
- (3) 1980—2015 年流域内土地利用结构变化主要集中在城乡工建用地面积增加(动态度 1.36)、沼泽地面积减少(动态度 $-1.52$ ),导致流域内生态蓄水能力下降,洪涝灾害发生频率增大,影响 90 年代末汛期水体平均面积增大。
- (4) 鄱阳湖汛期湖泊水体面积变化主要受长江上游三峡工程汛末提前蓄水与流域内城镇化加速发展影响,“退田还湖”与生态移民政策有利于改善汛期湖区洪水发生频率。
- 参考文献:
- [1] 齐述华,张秀秀,江丰,等.鄱阳湖水文干旱化发生的机制研究[J].自然资源学报,2019,34(1):168-178.
- [2] 郭华,张奇,王艳君.鄱阳湖流域水文变化特征成因及旱涝规律[J].地理学报,2012,67(5):699-709.
- [3] 叶许春,张奇,刘健,等.气候变化和人类活动对鄱阳湖流域径流变化的影响研究[J].冰川冻土,2009,31(5):59-66.
- [4] 罗蔚,张翔,邓志民,等.近 50 年鄱阳湖流域入湖总水量变化与旱涝急转规律分析[J].应用基础与工程科学学报,2013,21(5):845-856.
- [5] 赵其国,黄国勤,钱海燕.鄱阳湖生态环境与可持续发展[J].土壤学报,2007,44(2):318-326.
- [6] 邓鹏,孙善磊,黄鹏年.气候变化对鄱阳湖流域径流的影响[J].河海大学学报:自然科学版,2020,48(1):39-45.
- [7] 陈金凤,钱晓燕.近 60 年来长江对鄱阳湖倒灌水量的变化特征[J].长江科学院院报,2019,36(5):18-22,27.
- [8] Kutser T, Pierson D C, Kallio K Y, et al. Mapping lake

- CDOM by satellite remote sensing[J]. Remote Sensing of Environment, 2005,94(4): 535-540.
- [9] Lyons M B, Keith D A, Phinn S R, et al. A comparison of resampling methods for remote sensing classification and accuracy assessment[J]. Remote Sensing of Environment, 2018,208: 145-153.
- [10] 国家计划委员会农业区划局.土地利用现状调查手册[M].北京:农业出版社,1988.
- [11] 王秀兰,包玉海.土地利用动态变化研究方法探讨[J].地理科学进展,1999,18(1):81-87.
- [12] 刘军.湖南土地利用动态变化及驱动力分析[J].中国人口·资源与环境,2014,24(S3):182-185.
- [13] 闵骞.20 世纪 90 年代鄱阳湖洪水特征的分析[J].湖泊科学,2002,14(4):323-330.
- [14] 邴建平,邓鹏鑫,吕孙云,等.鄱阳湖与长江干流水量交换效应及驱动因素分析[J].中国科学:技术科学,2017,47(8):856-870.
- [15] 徐照明,胡维忠,游中琼.三峡水库运用后鄱阳湖区枯水情势及成因分析[J].人民长江,2014,45(7):18-22.
- [16] 胡振鹏,傅静.长江与鄱阳湖水文关系及其演变的定量分析[J].水利学报,2018,49(5):570-579.
- [17] 王志寰,范红霞,朱立俊,等.长江洪水对鄱阳湖倒灌影响及微模型研究进展综述[J].泥沙研究,2019,44(1):59-66.
- [18] 郭华, HU Qi,张奇.近 50 年来长江与鄱阳湖水文相互作用的变化[J].地理学报,2011,66(5):609-618.
- [19] 张曙光,周曼.三峡枢纽水库运行调度[J].中国工程科学,2011,13(7):61-65.
- [20] 曾瑜,刘进宝,厉莎,等.鄱阳湖流域气候变化和人类活动对入湖水沙的影响[J].人民长江,2020,51(1):28-35.
- [21] 王洁.土地利用/覆被变化对水资源影响的研究综述[J].安徽农学通报,2011,17(7):141-142.
- [22] 高俊峰,闻余华.太湖流域土地利用变化对流域产水量的影响[J].地理学报,2002,57(2):194-200.
- [23] 胡启武,尧波,刘影,等.鄱阳湖区人地关系转变及其驱动力分析[J].长江流域资源与环境,2010,19(6):628-633.
- [24] 姜鲁光.退田还湖后鄱阳湖洪水风险与土地利用新变化[J].人民长江,2009,40(17):8-10.
- [25] 孙传璋,甄霖,王超,等.生态建设工程对鄱阳湖区域土地利用/覆被变化的影响[J].资源科学,2015,37(10):1953-1961.