

三峡工程蓄水运行对鄱阳湖典型湿地 植被的影响

余 莉^{1, 2}, 何隆华¹, 张 奇¹, 陈宇炜¹, 王晓龙^{1*}

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 以鄱阳湖 1989~2009 年 10 景秋季 Landsat-TM 影像为基础, 对赣江主支口与饶河口交汇处三角洲和赣江南支口两处典型湿地进行了遥感解译, 分析三峡工程运行后鄱阳湖典型湿地的演变趋势。结果表明: 三峡工程蓄水运行之前, 1989~2001 年间鄱阳湖湿地草滩迅速蔓延, 湿地正向演替趋势明显。距离湖口远近不同的湿地受三峡工程运行影响不同, 其中距离湖口较近的赣江主支口与饶河口交汇处三角洲湿地受三峡蓄水运行影响比较显著, 湿地演替状态发生明显变化, 部分低位芦苇滩地退化为苔草滩地, 而由于滩地出露时间提前, 苔草滩地仍处于向湖心拓展的状态。距湖口较远的赣江南支三角洲湿地受三峡蓄水运行影响不明显, 草洲迅速向湖心蔓延, 湿地处于正向演替状态。

关键词: 鄱阳湖; 三峡工程; 湿地

文章编号: 1000-0585(2011)01-0134-11

1 引言

鄱阳湖流域位于 $115^{\circ}49' \sim 116^{\circ}46'E$ 、 $28^{\circ}24' \sim 29^{\circ}46'N$ 之间, 地处江西省北部、长江中下游交接处的南岸, 是我国第一大淡水湖泊^[1, 2]。鄱阳湖湿地是具有国际性保护意义的淡水湿地, 在涵养水源、调蓄洪水、调节气候及为生物提供栖息地等方面具有重要生态功能^[1, 2]。鄱阳湖为典型的通江湖泊, 长江主要通过顶托(或倒灌)鄱阳湖出流形成壅水而影响鄱阳湖水文过程。长江水情对鄱阳湖水情具有主导地位, 长江水位的高低对湖区水情起制约作用^[3, 4]。因此, 长江上游干流的水利工程会通过改变湖口站附近长江水情对鄱阳湖水文环境产生作用, 而水是控制湿地生态过程的一个重要因子, 水位的变化会对湖区防洪、泥沙冲淤、滩地显露、湿地植被群落分布以及演替等产生不同程度的影响^[4~6]。

2003 年 6 月正式蓄水运行的三峡水利枢纽工程是长江干流上的大型水利工程, 其调度运行对鄱阳湖湿地资源的影响成了人们关注的一个重要问题。出于防洪和发电等需要, 三峡水库在“蓄清排浑”的原则下对年内下泄量实行规律性调度^[4, 5]: 汛期(6~9 月)降低坝前水位以利防洪、排沙, 除调削大洪峰临时抬高库水位外, 其余均维持汛期限制水位, 汛后一般 10 月开始蓄水, 11~12 月水库保持满蓄, 按入库流量下泄; 枯季(1~4 月)水库补水发电, 仅枯水年跌至枯水限制水位; 汛前 5 月逐步调至汛期限制水位。可以

收稿日期: 2010-03-12; 修订日期: 2010-07-29

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-YW-08-01); 国家自然科学基金项目(40801040)

作者简介: 余莉(1986-), 女, 研究生, E-mail: csuyuli@163.com

通讯作者: 王晓龙(1978-), 男, 博士, 主要从事于流域污染物运移及其环境效应研究。

E-mail: wangxl@niglas.ac.cn

看出, 10 月份的水位较天然状态下将有较大的降低, 枯水季节 (1~4 月) 的下泄流量将较天然状态下有所增加, 五月份的下泄流量将有较大增加。三峡工程的蓄水运行对下游通江湖泊 (主要为洞庭湖和鄱阳湖) 的水文环境将会产生重要的影响, 进而可能改变湖泊湿地演替进程^[4~8]。随着三峡工程的蓄水运行, 其对鄱阳湖湿地的影响也正逐渐显露。

国内在鄱阳湖湿地及其植被群落遥感调查方面做了大量工作。周霞等^[9]应用遥感、GIS 手段并综合地形、鄱阳湖水位、湖泊缓冲区等因素, 构建了鄱阳湖湿地水位及洲滩淹露模型; 陈水森等^[10]基于 MESSR 遥感影像利用 GIS 估算了的鄱阳湖赣江中支口枯水期植被分布面积; 李仁东等^[11]应用遥感技术基于 Landsat-TM 数据估算了鄱阳湖湿生植被生物量; 李健等^[12]基于 Landsat-TM 数据进一步建立了鄱阳湖湿地植被生物量遥感监测模型; 谭衢霖^[13]对鄱阳湖遥感监测的方法进行了讨论和研究, 并重点分析了蚌湖地区的湿地覆被情况; 毛建华等^[14]通过解译 1976 年和 1999 年两景遥感影像, 分析鄱阳湖典型湿地土地覆盖变化, 进而探讨了湿地覆盖变化的成因。这些研究在鄱阳湖湿地空间格局以及植被群落调查方面进行了较为深入的探讨, 但也存在着一些不足, 比如针对鄱阳湖的长期动态变化监测而言, 大部分研究仅采用 1~3 幅遥感影像, 在数据量上有所欠缺, 从而在鄱阳湖湿地时空变化特征上缺乏深入的研究^[15~17]。此外, 随着三峡工程蓄水运行以来, 受长江水情变化的影响, 鄱阳湖湿地尤其是植被群落的演替也发生了相应的改变, 这方面的研究多采用传统调查方法, 遥感技术等优势对地观测手段在此方面的应用较少。因此本文基于多年遥感影像资料, 应用遥感方法得到鄱阳湖典型湿地的植被群落分布变化情况, 进而分析三峡工程蓄水运行可能对鄱阳湖湿地演替造成的影响。

2 研究区概况与数据处理

2.1 数据源选择

本次研究使用的主要数据源为 1989~2009 年间的秋季 (10~12 月) 鄱阳湖流域 Landsat-TM 图像共 10 幅, 在相关图集资料和野外采样数据的辅助下, 通过遥感解译方法提取鄱阳湖流域典型湿地秋季植被信息。为考察三峡工程对鄱阳湖湿地植被影响, 本文选取两处典型湿地作为研究区, 一处为赣江主支口与饶河口交汇处三角洲湿地 (编号为研究区 1), 另一处为赣江南支口洲滩湿地 (编号为研究区 2)。这两处研究区, 对于研究三峡工程蓄水运行对鄱阳湖湿地的影响而言, 具有一定的代表性。首先, 两处研究区在地理位置差异较大, 其中研究区 1 属于鄱阳湖湖区北部湿地, 距离湖口水文站较近, 从而受长江水情影响较大, 而研究区 2 位于鄱阳湖湖区南部, 且为赣江南支河口三角洲湿地, 受长江水情影响较小, 而受流域来水 (赣江) 影响较大。其次, 两处研究区湿地植被群落分布对水情变化均较敏感。研究区 1 位于河道岔口处, 而研究区 2 为典型河口三角洲湿地, 洲滩淹没-出露过程均较频繁, 洲滩出露主要受水位高低影响, 进而影响植被群落的发育。此外, 两处研究区均处于鄱阳湖湖区深部, 受人类活动影响较小, 湿地发育过程人为干扰较小。故本文选择这两处研究区作为鄱阳湖的典型湿地, 沿河道和洲滩发育最前沿确定研究区范围, 从而分析三峡工程蓄水运行对鄱阳湖湿地的影响。图 1 为研究区分布及高程示意图 (遥感影像成像日期为 2009-10-26, 等高线图单位为 m)。湿地植被的分布呈过渡性, 靠近湖体的前缘部分高程较低, 为季节性淹没地带, 主要有大片苔草分布, 远离湖体的河道附近部分, 主要为渍水地带, 地下水位比较高, 靠近河道处有芦荻等植被繁衍生长。

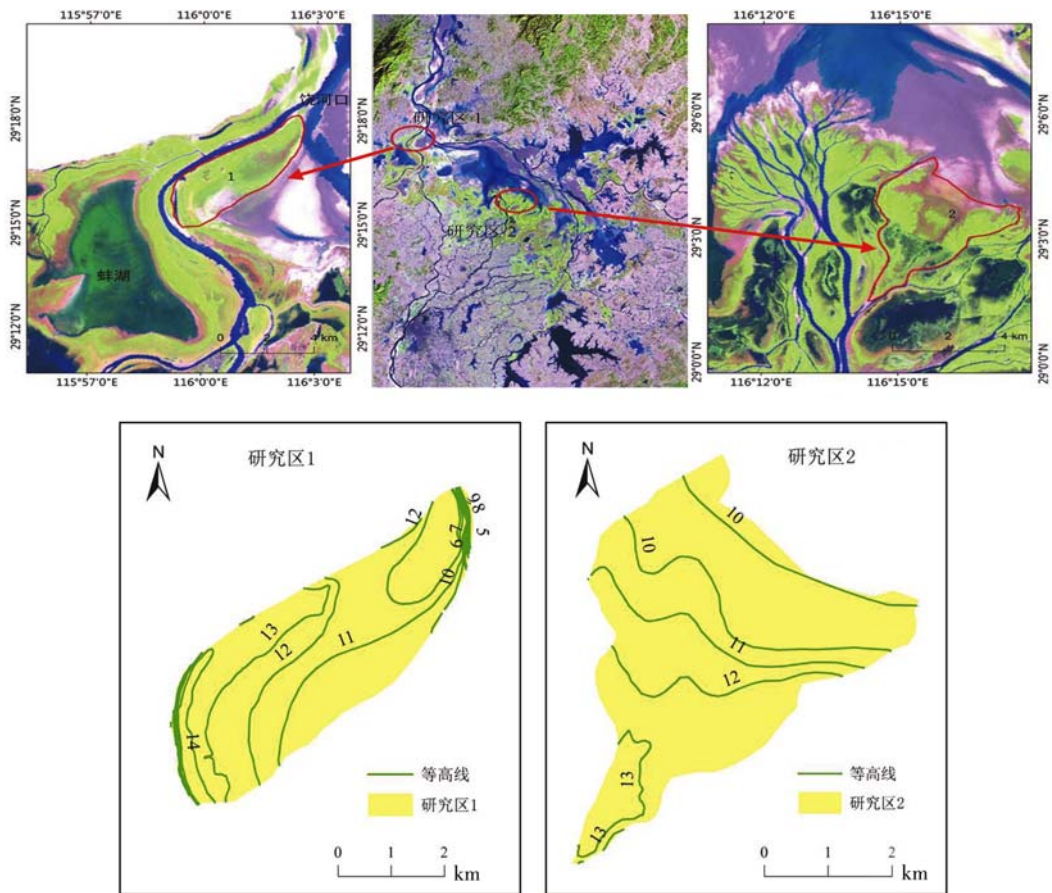


图1 研究区分布与高程示意图

Fig.1 Geographical locations and the terrain of the studied areas

2.2 数据预处理

对数据的预处理主要包括数据导入、校正、配准、裁剪等操作。影像的几何校正主要是以已经具有地理参考的鄱阳湖区 Landsat-TM 影像为基础,应用 ENVI 软件,通过选择控制点进行校正。其中,几何校正计算模型选择应用较为广泛的多项式变换 (Polynomial),次方数选择为 3 次方,并采用邻近点插值法进行图像重采样。经过几何校正后的数据,精度达到 0.3 个象元以内。同时根据选择的研究区范围,对遥感影像进行裁剪,提取研究区影像。

2.3 植被指数计算

对于研究区植被分布范围的确定,主要是通过植被指数的计算来提取植被分布区。植被指数通常采用红波段和近红外波段通过线性或非线性组合计算得到,现已研究发展了几十种不同的植被指数,并广泛应用于定性与定量地评价植被覆盖度以及生长活力等^[11~13]。其中 NDVI (归一化植被指数) 对生物量等生物物理参数反应较为敏感,综合考虑研究区的植被盖度等特点,论文选用最为广泛的 NDVI 指数来进行植被覆被区的提取。

应用 ENVI 软件对研究区的 NDVI 指数进行计算,对于 Landsat-TM 影像而言,NDVI 的计算公式为^[12]:

$$NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$$

(1)

根据鄱阳湖的相关图集资料以及实地调查结果，确定 NDVI 阈值以划分植被区和非植被分布区，具体数值根据成像日期的不同有所调整。

3 湿地植被提取与演变分析

通过植被指数的计算将研究区分为植被覆盖区和非植被覆盖区，使用 ArcGIS 软件将得到的栅格分类图像矢量化，并统计得到植被覆盖区的面积，表 1 为各年份的植被分布解译结果。

表 1 研究区植被面积统计 (单位: km²)

Tab. 1 Statistic areas of the study area vegetation

年 份	1989	1991	1996	1999	2001	2004	2005	2006	2008	2009
研究区 1	3.02	4.06	5.34	9.10	9.48	13.65	10.89	8.09	11.87	13.21
研究区 2	3.68	6.91	8.26	9.71	11.21	12.31	11.41	11.55	13.80	13.98

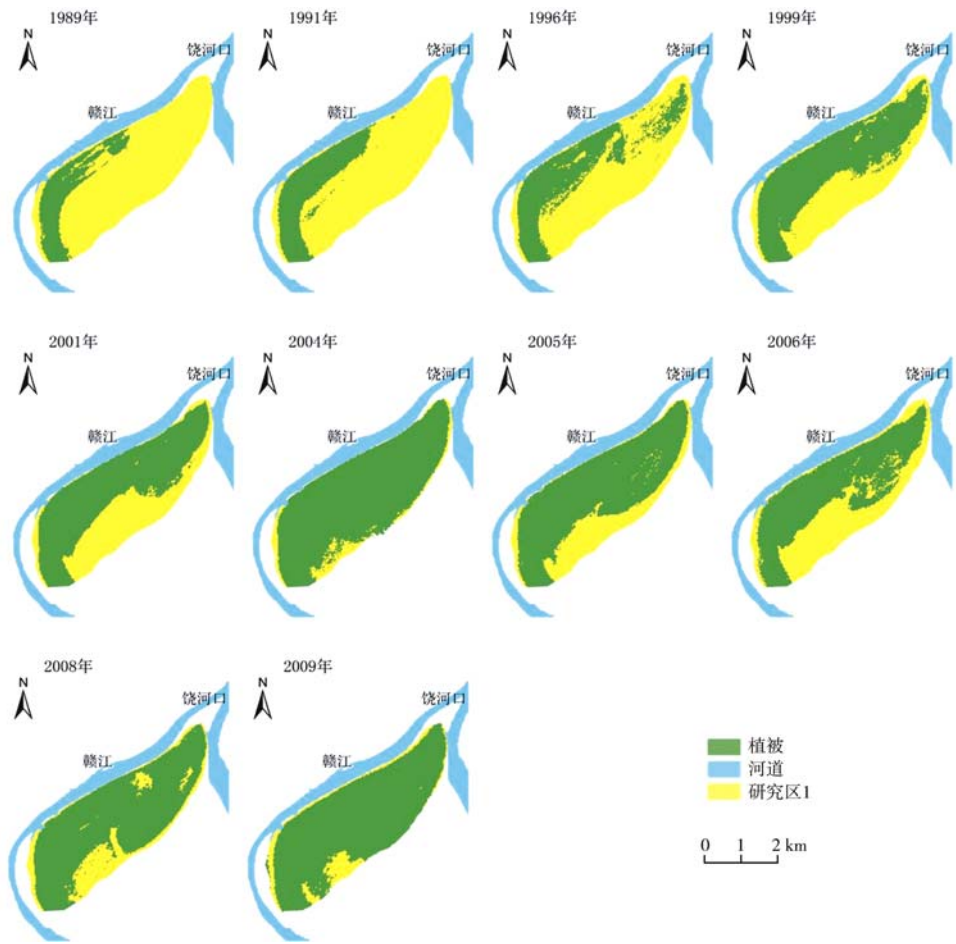


图 2 1989~2009 年研究区 1 植被分布示意图

Fig. 2 Vegetation of the No. 1 study area during 1989—2009

从统计数据可以看出,赣江主支与饶河口交汇处三角洲湿地(研究区 1)在 1989~2001 年间都处于稳定扩张趋势,1989 年此处草滩只有 3.02km^2 ,而到了 2001 年已经增长到了 9.48km^2 ,平均扩张速度为 $0.54\text{km}^2/\text{a}$,之后在 2004~2009 年间面积变化较不稳定,2004~2006 年间面积有所减少,而 2008 年面积又增加到了 11.87km^2 ,2009 年面积进一步增加,达到了 13.21km^2 。就空间扩展方向而言,由解译结果可以直观看出,研究区 1 的

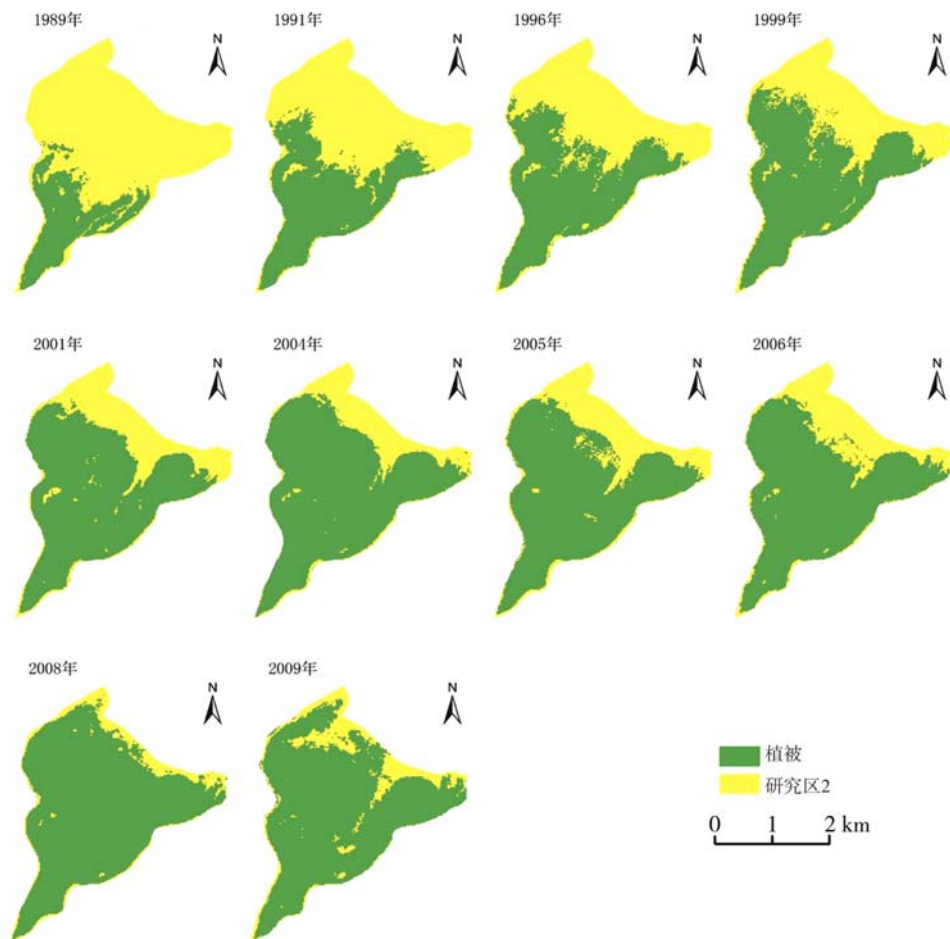


图 3 1989~2009 年研究区 2 植被分布示意图

Fig. 3 Vegetation of the No. 2 study area during 1989—2009

湿地主要是顺赣江主支河道向饶河口方向延伸,同时向东南方向湖区深处呈扇形拓展(图 2)。但值得注意的是 2004 年的植被面积较 2001 年有了大幅度的增长,平均增长速度达到了 $1.39\text{km}^2/\text{a}$ 。对于 2005 年和 2006 年的植被面积变化情况,受当年特殊水位情况影响较大。其中 2005 年汛期较长,长江洪水期后延,秋季水位较高,植被淹水期过长导致长势受到影响。而 2006 年鄱阳湖出现了罕见的长时间枯水位过程^[18]。星子水文站自 7 月中旬起实测水位较同期多年平均水位偏低 2m 以上,8~9 月两次出现低于同期历史最低水位的特枯水位,这也在一定程度上导致土壤湿度降低,影响了植被的生长影响湿生植被的生长。

位于赣江南支口的研究区 2 在 1989~2001 年间同样处于稳定扩张趋势 (图 3), 而 2004~2008 年间, 在 2005 年植被面积有所下降之后, 2005~2009 年研究区 2 的湿地植被分布面积再次稳定上升。通过遥感解译结果图可以直观得出 (图 3), 研究区 2 处湿地主要是顺沿赣江南支入湖方向向鄱阳湖湖区深部呈扇形扩张。通过计算可以得出, 1989~2001 年此处草洲的扩张速度为 $0.63\text{km}^2/\text{a}$, 2004~2009 年为 $0.334\text{km}^2/\text{a}$, 其中 2005~2009 年草洲的扩张速度为 $0.64\text{km}^2/\text{a}$ 。

4 三峡工程蓄水运行对湿地植被演替的影响

湿地演替, 是指同一地段上一种湿地类型被另一种不同的湿地类型更替^[19]。随着泥沙不断淤积, 浅水湖泊的地势逐渐增高, 在水位较稳定、水体较清地段逐渐开始生长水生生物, 发育成为水生生物基底湿地 (指生长水生生物的水体湿地); 也有一些地段泥沙淤积较快, 不能生长水生生物, 发育成为泥沙滩地; 随着泥沙继续淤积, 地势进一步增高, 蔺草和苔草等草本植物开始侵入, 水生生物基底湿地和泥沙滩地逐渐为湖草所占据, 演变为湖草滩地; 泥沙继续淤积加上湖草残体的堆积, 地势继续增高, 加上枯水季节的地下水位降低, 芦苇侵入湖草群中, 并迅速蔓延, 随着洲滩进一步增高, 洪水泛滥减弱, 地下水位降低, 芦苇将完全占据整个滩地。上述演替过程是顺向演替的过程, 反之则是反向或逆向演替^[19]。

鄱阳湖涨落的一般规律为: 春季水位开始升高, 到夏季达最高值, 秋季开始回落, 到冬季达最低值, 呈明显的季节性变化。在枯水期, 湖洲滩地显露, 形成以苔草为主体的湿生植物群落和以芦、荻为主体的挺水植物群落^[20~22]。鄱阳湖湿生植被和挺水植被的生长特性有很大区别。苔草等湿生植被一年有两个生长期, 每年 2 月底 3 月初草甸返青, 3~4 月完成第一个季节的营养生长期, 并进入生殖生长期, 而后 4 月下旬开始逐渐为湖水所浸淹。至 9~10 月, 草滩出露, 苔草再次萌发, 又形成第二个生长期。芦苇 2~4 月为幼株发育时期, 5~7 月为营养生长的旺盛时期, 8 月以后进入生殖生长期, 其植物的生物量已初步形成^[22,24]。且芦苇幼苗期需水量不大, 只要地表保持湿润就行, 不能长期淹水, 但汛期淹水 1~2 周不会影响其生长, 即使水淹没顶 1 周左右也不会死亡^[19,22]。

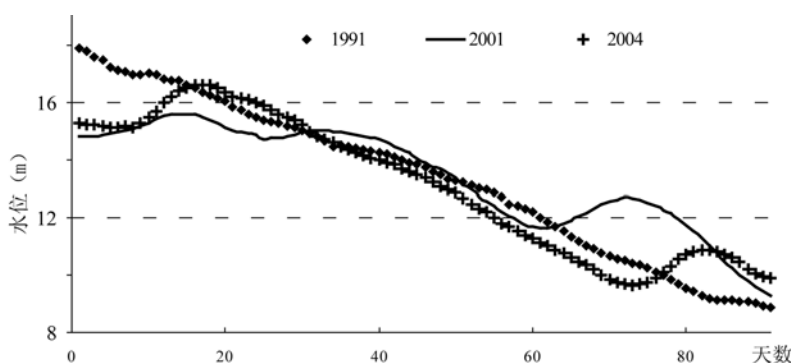


图 4 枯水期湖口水文站水位统计 (9~11 月)

Fig. 4 The statistics of water level at Hukou station in the water-falling process

水位的季节性变化,对鄱阳湖湿地植被的分布具有决定性的作用,并最终影响湿地的演替趋势。而随着三峡工程的蓄水运行,10月份的水位较天然状态下将有较大的降低,枯水季节(1~4月)的下泄流量将较天然状态下有所增加,因此必然会影响鄱阳湖湿地的演替。通过分析多年湖口水位数据发现,1991年、2001年以及2004年枯水期退水较为稳定,且在数值上接近多年平均水位较为具有代表性,故选择1991年、2001年以及2004年的遥感影像进行进一步的解译分析。图4为此三年9~11月(共91天)的日水位数据,横轴表示进入9月份后的天数,纵轴表示当日湖口水位。从图4中可以看出,三年的水位总体水平以及变化趋势较为一致。已有资料以及实地调查结果表明,鄱阳湖区的湿生植被分布一般位于13m(吴淞高程,下同)以上高程洲滩,通过下图可以看出十月中旬左右,这三个年份的水位均退到了13m以下,且基本稳定在低水位,其中2004年水位下降相对较快。

4.1 赣江主支口与饶河口交汇处三角洲湿地

一般为12~14m,随分布高程的不同,苔草长势有所差异,一般来说下缘洲滩由于淹水时间比较长,苔草生长期较短,长势较弱^[22]。芦荻等挺水植被主要分布于靠近河道的高位洲滩。如图2所示,研究区洲滩的高程由赣江河道向湖中心递减,靠近蚌湖的赣江河道转弯处高程最高。研究区距离湖口水文站较近,水位变化情况与湖口站处较为一致。通过分析这三年的湖口水位数据可以看出,9~11月期间鄱阳湖处于退水期,随着三峡工程蓄水运行之后,洲滩出露时间有所提前,苔草群落生长期将会延长。

如图5所示,将提取的植被覆盖区按照NDVI值的高低进一步分为四级,1级NDVI值在0.05~0.15之间,2级的NDVI值在0.15~0.3之间,3级NDVI值在0.3~0.4之间,4级NDVI值在0.4以上,得到结果如下图所示(为与近期覆被情况进行对比,加入2009年植被分布图)。图中生物量较低的红色区域(NDVI值在0.05和0.15之间)包括了两种植被,靠近河道的高位洲滩(参考图1)上分布的主要是芦苇,由于秋季芦苇已经进入枯萎期,所以生物量较低,而靠近湖心的部分为苔草,由于高程较低,淹水时间长导致长势较差。绿色区域分布的主要是以苔草等湿生植被,可以看出苔草长势随高程呈垂直变化,靠近河道的高位滩地苔草长势最好。

就植被面积而言,如图2所示,可以看出1991~2004年间草滩向饶河口方向扩展趋势明显。经计算可以得到,1991~2001年植被面积平均扩展速度为 $0.54\text{ km}^2/\text{a}$,而2001年到2004年间植被面积的平均扩展速度达到了 $1.39\text{ km}^2/\text{a}$,扩展速度明显加快。对比1991年和2001年两幅植被分布图(图5a、b)可以看出,高位洲滩分布的主要植被由苔草转化为了芦苇。分别对苔草和芦苇的面积进行统计分析,可以得到,1991年研究区1植被主要为以苔草为主的湿生植被,总面积为 4.06 km^2 ,而到2001年有面积约为 3.2 km^2 的高位洲滩苔草转化为芦苇,另外苔草面积增长为 6.3 km^2 左右,1991年靠近饶河口部分的泥滩已经被苔草覆盖,并且泥滩有向湖心扩张的趋势。由此可以看出,在1991~2001年间泥沙淤积速度较快,地势有所增高,芦苇逐渐入侵湖草滩地,湿地处于正向演替状态。

对比2001~2004年植被分布示意图(图5b、c)可以发现,高位滩地仍为芦苇覆被,但是面积有所减少,经统计由 3.2 km^2 减少到了 0.97 km^2 ,部分转化为了苔草,而饶河口附近的苔草长势茂盛,且面积有明显扩展。参考2009年数据(图5d)可以看出,2009年

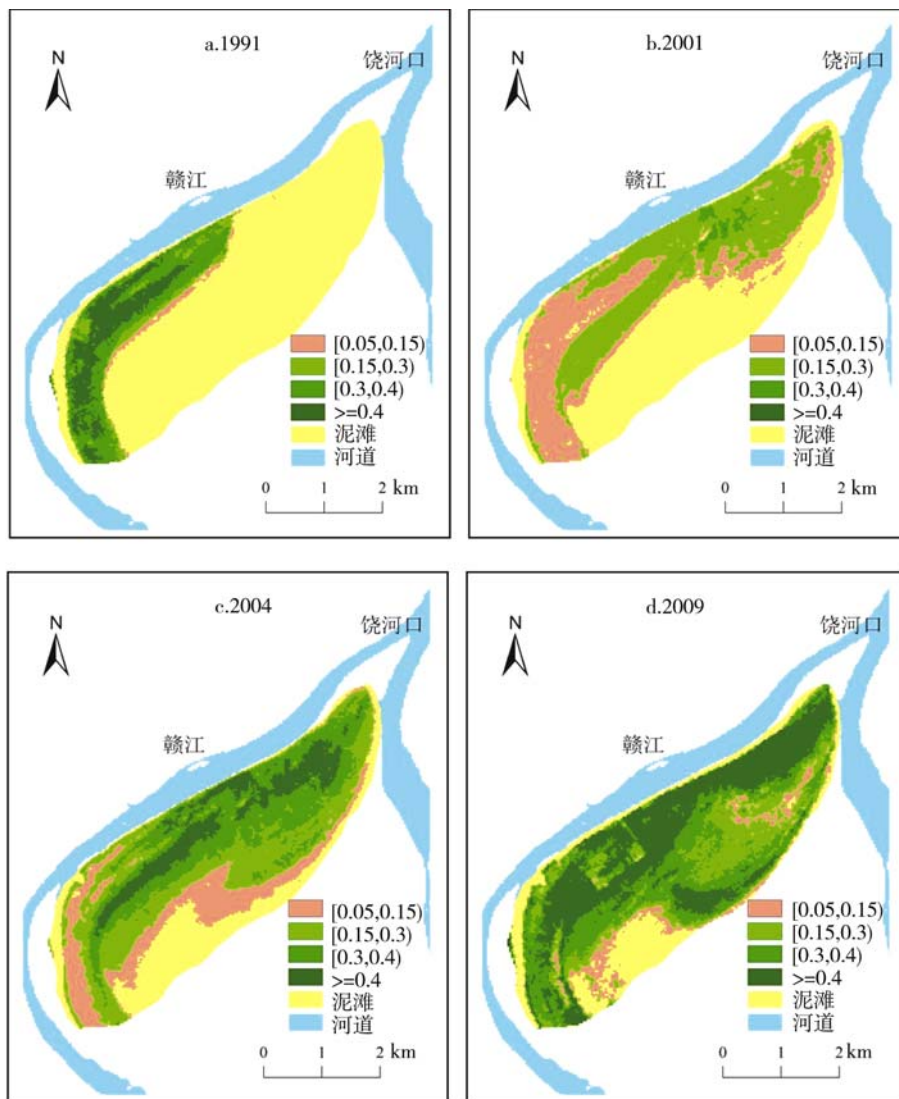


图 5 研究区各年份植被分级分布示意图

Fig. 5 Grade by the NDVI in the study area for each year

高位滩地已经重新被苔草覆盖，而且苔草群落向前缘洲滩进一步扩展，面积扩展到了 13.21km^2 。考虑三峡工程蓄水调度情况，认为出现这种变化的主要原因是，由于研究区湿地芦苇分布高程较低，在枯水季节，尤其是 5 月份左右，水位较以往同期有显著增加，而此时芦苇成长处于旺盛时期，水位的明显增加必然对中低位的芦苇生长带来不利的影响。因此，低位洲滩的芦苇会逐渐退化，这对鄱阳湖湿地的演替是有利的^[19]。但是 10~11 月份水位较往年同期水位降低速度较快，洲滩提前出露而延长了前缘洲滩苔草的生长期，导致苔草群落进一步向泥滩推进，将会加速湿地的正向演替^[19]。2005~2008 年洲滩植被面积变化较不稳定，主要是受当年水文条件影响较大。其中，2005 年汛期较长，长江洪水期后延，秋季水位较高，植被淹水期过长导致长势受到影响。而 2006 年鄱阳湖出

现了罕见的长时间枯水位过程, 植被分布面积和长势均受到影响。2008 年水位变化很不稳定, 整个秋季出现两次水位突然上涨, 影响了前缘洲滩植被的长势。可以看出, 三峡工程的蓄水运行会进一步降低枯水年洲滩水位, 对特枯水年的洲滩植被生长可能会造成不利影响, 而且进入枯水期后三峡水库的不定期泄洪会造成鄱阳湖北部湿地区的水位不稳定, 进而影响植被长势与分布。湿地的演替是一个相对缓慢的过程, 对外界条件变化的响应也有一个较长的过程, 从 2004~2009 年统计数据来看, 受三峡工程蓄水运行的影响, 鄱阳湖部分湿地演化进程改变明显, 在未来较长时期内可能会逐步达到新的动态平衡。

4.2 赣江南支口湿地

研究区 2 高程变化比较平缓, 变幅在 10~12m 之间, 汛期被淹没, 10 月份退水后洲滩出露, 主要植被类型为苔草^[23], 除前缘洲滩由于淹水时间较长, 植被长势相对较差以外, 长势均较好, NDVI 值主要分布在 0.4~0.5 之间。图 6 为 1991~2001 年、2004~2009 年研究区 2 的植被分布变化示意图。从 1991~2001 年植被分布变化示意图 (图 6a) 可以看出, 草洲分布范围向湖心方向有了较大扩展。1991 年的植被面积为 6.91 km², 2001 年为 11.21 km², 面积扩展速度为 0.43 km²/a。从 2004~2009 年植被分布变化示意图 (图 6b) 来看, 扩展趋势仍然比较明显。2004 年的植被面积为 12.31 km², 2009 年为 13.98 km², 面积扩展速度为 0.334 km²/a, 扩展较为稳定而略有减缓, 分析原因可能是水下高程落差变化逐渐增大, 以至洲滩淤积速度减慢。总体而言, 赣江南支口处湿地泥沙淤积速度比较稳定, 苔草等湿生植被群落的生长范围逐渐向外扩展, 湿地正处于较为稳定的正向演替状态, 三峡工程蓄水运行前后并无明显变化。

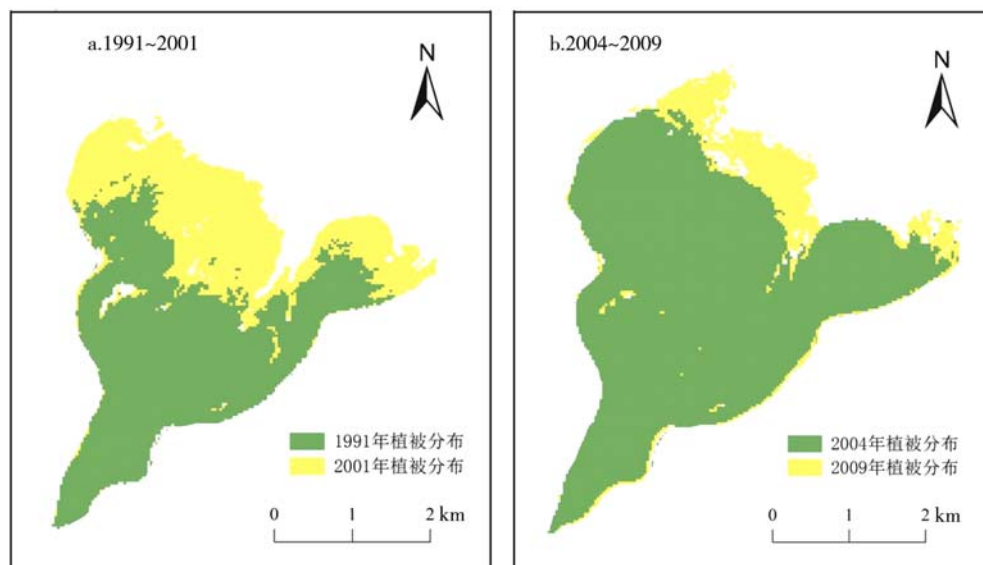


图 6 三峡运行前后赣江南支口植被分布变化

Fig. 6 The area change of the vegetation near the Ganjiang southern branch after the operation of the Three Gorges Project

5 结论与讨论

本文得出以下结论:

(1) 三峡工程蓄水运行之前, 1989~2001 年间鄱阳湖典型湿地植被分布呈稳定扩展态势, 局部湿地有芦苇群落入侵苔草群落的状况, 正向演替趋势明显。

(2) 三峡工程蓄水之后, 鄱阳湖典型湿地植被分布扩展速率明显下降, 其中北部典型湿地由三峡蓄水前的 $0.54 \text{ km}^2/\text{a}$ 下降为 $-0.07 \text{ km}^2/\text{a}$, 而南部典型湿地则由 $0.63 \text{ km}^2/\text{a}$ 下降为 $0.334 \text{ km}^2/\text{a}$, 湿地植被扩展态势受水文过程影响更为明显。

(3) 三峡工程的蓄水运行会进一步降低枯水年典型湿地洲滩水位, 不利于特枯水年的典型湿地植被生长发育; 对鄱阳湖北部湿地植被长势与分布影响尤为明显。

(4) 相比较而言, 鄱阳湖北部湖区湿地受三峡蓄水运行影响更显著, 三峡蓄水后湿地植被演替状态变化极为明显; 而南部湖区湿地受流域水文过程影响更大, 三峡蓄水后湿地植被扩展速率略有减缓, 但总体态势较为稳定。

湿地演变是一个相对缓慢的过程, 对外界条件变化的响应也有一个较长的过程, 虽然三峡工程蓄水运行后鄱阳湖北部湖区湿地演化进程改变明显, 但确定其影响还需要开展更长时期的观测与更为系统的研究。

参考文献:

- [1] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书(江西卷). 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- [2] 吴英豪, 纪伟涛. 江西鄱阳湖国家级自然保护区研究. 北京: 中国林业出版社, 2002.
- [3] 姜加虎, 黄群. 三峡工程对鄱阳湖水位影响研究. 自然资源学报, 1997, 12(3): 219~224.
- [4] 王云飞. 三峡工程对鄱阳湖冲淤的影响和预测. 湖泊科学, 1994, 6(2): 124~130.
- [5] 刘强, 黄薇. 水利工程建设对洞庭湖及鄱阳湖湿地的影响. 长江科学院院报, 2007, 24(6): 30~33.
- [6] 贺清云, 朱翔. 三峡工程建设背景下的洞庭湖区治水方略探讨. 地理研究, 2003, 22(2): 160~168.
- [7] Hayashis, Shogo M, Xu KQ, *et al.* Effect of the Three Gorges Dam Project on flood control in the Dongting Lake area, China, in a 1998-type flood. Journal of Hydro-environment Research, 2008, 2(3): 148~163.
- [8] 李倩, 曾光明, 黄国和, 等. 三峡工程对洞庭湖水力梯度及其湿地植物生长的影响. 安全与环境学报, 2005, 5(1): 12~15.
- [9] 周霞, 赵英时, 梁文广. 鄱阳湖湿地水位与洲滩淹露模型构建. 地理研究, 2009, 28(6): 1722~1730.
- [10] 陈水森, 付尔林. 鄱阳湖湿地环境及其 MOS-1MESSR 遥感影像分析. 生态科学, 1998, 17(1): 118~120.
- [11] 李仁东, 刘纪远. 应用 Landsat ETM 数据估算鄱阳湖湿生植被生物量. 地理学报, 2001, 56(5): 532~540.
- [12] 李健, 舒晓波, 陈水森. 基于 Landsat-TM 数据鄱阳湖湿地植被生物量遥感监测模型的建立. 广州大学学报(自然科学版), 2005, 4(6): 494~498.
- [13] 谭衢霖. 鄱阳湖湿地生态环境遥感变化监测研究. 北京: 中国科学院遥感应用研究所博士学位论文, 2002.
- [14] 毛建华, 游海, 邱小剑, 等. 鄱阳湖典型湿地土地覆盖动态变化及其影响因子分析. 江西师范大学学报(自然科学版), 2006, 30(2): 197~200.
- [15] 莫明浩, 毛建华, 梁淑荣. 基于 RS 与 GIS 的鄱阳湖典型湿地覆盖变化及生态环境保护. 地球科学与环境学报, 2007, 29(2): 210~213.
- [16] Guo J G, Vounatsou P, Cao C l, *et al.* A geographic information and remote sensing based model for prediction of *Oncomelania hupensis* habitats in the Poyang Lake area, China. Acta Tropica, 2005, 96(2~3): 213~222.
- [17] 李芳芳, 贾永红. 一种基于 TM 影像的湿地信息提取方法及其变化监测. 测绘科学, 2008, 33(3): 147~149.
- [18] 李世勤, 闵寿, 谭国良, 等. 鄱阳湖 2006 年枯水特征及其成因研究. 水文, 2008, 28(6): 73~76.

- [19] 李海彬. 三峡工程运行对洞庭湖湿地资源影响研究. 长沙:长沙理工大学硕士学位论文,2008. 5.
- [20] 彭映辉,简永兴,李仁东,等. 3S技术在鄱阳湖洲滩植被研究中的应用. 中南林学院学报,2003,23(1):11~14.
- [21] 汪怀建,周跃龙,姚丽文,等. 水利工程对鄱阳湖湿地生物资源的影响. 水利与建筑工程学报,2004,2(3):19~21.
- [22] 赵小敏,袁梦仙,王瑚. 鄱阳湖地区湖滩草洲遥感调查与综合利用研究. 江西农业大学学报(自然科学版),2003,25(1):84~87.
- [23] 雷天赐,彭轩明,陈立德,等. 赣江三角洲形成及其演变遥感研究. 华南地质与矿产,2007,(2):47~53.
- [24] 江辉,周光文,刘成林. 鄱阳湖区植被覆盖的遥感动态研究. 江西农业学报,2007,19(1):103~106.

Effects of the Three Gorges Project on the typical wetland vegetations of Poyang Lake

YU Li^{1, 2}, HE Long-hua¹, ZHANG Qi¹, CHEN Yu-wei¹, WANG Xiao-long¹

(1. Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: In the paper, the evolution law of the typical wetlands (the wetland near the confluence of Raohe River estuary and main branch estuary of the Ganjiang River, and Ganjiang southern-branch delta wetland) in the Poyang Lake wetland was studied by the classification of the Landsat-TM images during the period from 1991 to 2008. Results showed that the wetlands expanded the main water body of the Poyang Lake obviously. Furthermore the wetland was in a positive succession from 1989 to 2001 before the operation of the Three Gorges Project. With the running of the Three Gorges Project, the effects on the succession of the wetlands were very different depending on the distance from Hukou. The succession of the Raohe River wetland near the Hukou Station was changed, which was obviously affected by the running of the Three Gorges Project. Some of the *Carex* beach changed into *Bulrush* beach, and the range of the *Carex* beach has greatly extended because the time when the wetland was exposed has been moved up. While the Ganjiang middle-branch delta wetland that is far from the Yangtze River had less changed after the operation of the Three Gorges Project and it was in a steady positive succession.

Key words: Poyang Lake; Three Gorges Project; wetland; remote sensing