

太湖流域主要湖泊的水域动态变化

李新国^{1,2}, 江 南¹, 曹 凯³, 吕 恒¹

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏 南京 210008; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039; 3. 南京大学城市与资源学系, 江苏 南京 210093)

摘要 利用 GIS 和遥感技术对不同时期的地形图和遥感影像数据进行处理, 获取 3 个时期(1971, 1988, 2002 年)的太湖流域主要湖泊的水域面积。结合多种文献资料, 对太湖流域主要湖泊的水域面积变化进行了研究, 并分析了引起水域面积变化的主要因素。结果表明, 1971~2002 年期间太湖流域主要湖泊的水域面积减少了 188.87 km², 湖泊水域面积减少的主要原因是由于人类活动的影响。在实地调查研究的基础上, 对合理利用与保护湖泊水资源的对策进行了探讨。

关键词 地形图; 遥感图像; 太湖流域; 湖泊; 水域动态变化

中图分类号: K99, TP79 文献标识码: A 文章编号: 1004-693X(2006)03-0020-04

Study on surface area change of major lakes in Taihu Basin based on topographical and remotely sensed information

LI Xin-guo^{1,2}, JIANG Nan¹, CAO Kai³, LÜ Heng¹

(1. Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2. Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. Department of Urban and Resource, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract Topographical map and remotely sensed images at different times were selected to investigate the surface area change of major lakes in Taihu Basin during three stages by GIS and RS techniques. Based on literatures and present situations, major factors that cause the change of acreage were analyzed. Results show that the decrease of area from 1971 to 2002 was 188.87 km², and the major factors were human activities. Based on field survey and investigation, some suggestions were given on the utilization and protection of water resources.

Key words topographical map; remotely sensed images; Taihu Basin; lake; dynamic change of lake area

太湖流域地处温暖湿润的北亚热带季风气候区, 光热充足, 降水丰沛, 年平均气温 14.9~16.2℃, 年降水量为 1000~1400 mm^[1]。流域内水网密布, 大于 0.5 km² 的湖泊共 189 个, 平均水深 1~2.5 m, 湖泊总面积 3159 km², 蓄水量 57.68 亿 m³。湖泊面积大于 10 km² 的有 9 个, 即太湖、滆湖、阳澄湖、淀山湖、洮湖、澄湖、昆承湖、元荡和独墅湖, 总面积 2839 km², 占全流域湖泊总面积 89.8%^[1]。丰富的湖泊水资源是流域社会经济发展的基础条件, 随着流

域内人口的快速增长和社会经济的高速发展, 对湖泊水资源的需求和利用日益增加。自 20 世纪 70 年代以来的太湖流域湖泊水域的变迁与湖泊水面的萎缩, 不仅影响了湖泊生态环境与湖泊水资源的利用, 而且影响了湖区生态环境与社会经济的持续发展。在我国东部众多的淡水湖泊中, 绝大部分的湖泊正面临着类似的问题, 受到人们的广泛关注。因此研究湖泊水域的变化, 揭示人类经济活动的环境效应, 对于合理开发、可持续利用湖泊水资源和制定湖泊

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向资助项目(KZCX3-SW-331)和中国科学院南京地理与湖泊研究所所长基金联合资助。

作者简介: 李新国(1971—)男, 甘肃玉门人, 讲师, 研究方向为遥感与 GIS 应用研究。E-mail: lxgonline@yahoo.com.cn

1 信息源与方法

在 GIS 技术的支持下,对水域专题信息进行分析,可以直接检测水域的变化,输出水域的动态变化图和统计数据,实现水域的快速动态监测。根据收集到的资料和分析的需要,设计了总体的技术路线,其作业流程如图 1 所示。

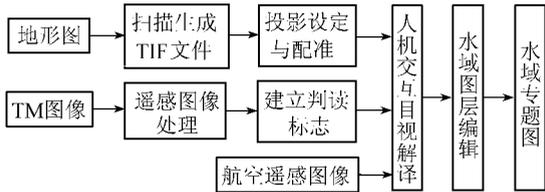


图 1 太湖流域湖泊的水域动态变化研究流程

1.1 信息源

本研究使用遥感图像和地形图两类信息源。从现有状况来说,陆地卫星影像是湖泊变迁研究较理想的信息源^[2]。遥感影像选用研究区域 1988 年 8 月的 landsat TM 图像和 2002 年 7 月的 landsat ETM 图像,采用假彩色合成图像(TM5、4、3 波段分别赋予红、绿、蓝 3 种颜色)此种波段组合的图像,可以突出水体特征,有利于水体的判别。地形图选用 1971 年总参测绘局出版的江苏省地形图,比例尺为 1:10 万。另外利用 2003 年 10 月份的航空遥感图像(比例尺为 1:1 万),作为 Landsat ETM 遥感图像解译的野外验证辅助信息源。在正常年份,太湖流域湖泊的最高水位出现在 7~8 月份,但水位的年内平均变幅和多年平均变幅都较小,水位变化非常平缓^[3-4]。因此选用的资料,能够很好的反映太湖流域主要湖泊的水域动态变化。

1.2 方法

为研究本区湖泊水域的近期变迁,选用地形图以及不同年代的遥感影像两类信息源对 3 个时期的湖泊分布进行图像判读与制图分析。地形图的扫描图像可以根据图例来分析判读湖泊水体的界线。对遥感影像,首先建立不同时期湖泊水域的遥感判读标志。水体对可见光的吸收大于反射,对近红外辐射的吸收作用尤甚,因而水域在假彩色合成图像上呈深浅不一的蓝色、蓝黑色调,形状各异,有挺水植物、漂浮植物时出现红色斑点,图斑光滑,与陆地之间的界线十分清晰、直观,易于判读。在辅助信息源中,湖泊在黑白航片上呈深色调。建立图像判读标志后,进行 2 个时期湖泊水域分布的图像判读。在 ERDAS 软件中,通过人机交互目视解译来完成湖泊界线的勾绘,并形成矢量格式的 Coverage 文件。结

合文献资料和实地考察,对每一湖泊的界线进行精度检查,重点对湖泊水域分布进行对照验证,修正湖泊界线。经检验,图像判读的平均精度达 92%,符合调查的要求。最后在 ARC/INFO 中,形成 3 个时期的湖泊分布矢量图,并对每一时期的专题图进行面积量算和统计,得到 70 年代初、80 年代末和 21 世纪初共 3 个时期湖泊水域面积的调查结果。

2 结果与分析

2.1 水域面积动态变化

从表 1 可以看出,自 20 世纪 70 年代以来太湖流域主要湖泊的水域面积一直处于萎缩状态。1971~2002 年期间,水域面积总计减少 188.87 km²,平均每年减少水域面积 5.90 km²,但不同时期的水域面积减小的幅度表现出很大差异。自 1971~1988 年期间,近 20 年间水域面积减少 159.96 km²,平均每年减少水域面积 8.89 km²,居于上游的太湖、漭湖、洮湖 3 个湖泊的水域面积减少 145.75 km²,占同期水域减少面积的 91.1%;自 20 世纪 80 年代末至 2002 年的 10 余年间湖泊水域面积减少 28.91 km²,平均每年减少湖泊水面 2.07 km²;居于上游的太湖、漭湖、洮湖 3 个湖泊的水面减少面积 25.19 km²,占同期水面减少面积的 87.1%。这说明居于上游的太湖、漭湖、洮湖 3 个湖泊的水域减少面积远高于下游的其它湖泊的水域减少面积,这主要与湖泊的围垦强度有关。太湖、漭湖、洮湖 3 个湖泊的水域减少面积远高于下游的其它湖泊的水域减少面积,这主要与湖泊的围垦强度有关。太湖、湖等湖泊的围湖利用强度具有上游湖泊高于下游湖泊,从上游向下游逐渐降低的趋势^[3]。

表 1 太湖流域主要湖泊 3 个时期的水域面积 km²

年份	1971	1988	2002	年份	1971	1988	2002
太湖	2425.32	2338.17	2313.95	澄湖	45.73	40.85	40.62
漭湖	194.93	142.52	141.91	昆承湖	18.25	18.16	17.99
阳澄湖	122.64	119.23	116.46	元荡	15.54	12.58	12.59
淀山湖	63.56	61.91	61.43	独墅湖	10.65	9.43	9.35
洮湖	87.76	81.57	81.21	总面积	2984.38	2824.42	2795.51

2.2 成因分析

2.2.1 泥沙淤积

太湖流域地势低平,河道短小,地表径流冲刷强度较低,挟沙能力极弱,湖泊的含沙量甚低。据文献[14],太湖的含沙量为 0.05 kg/m³,淀山湖的含沙量 0.015~0.030 kg/m³。由于入湖泥沙少,就连苕溪等主要入湖河也无法形成入湖三角洲。太湖年泥沙淤积量为 66.28 万 m³,淤积速率为 0.274 mm/a,1954~

1994年湖盆累计平均淤高0.112 m,损失总容积约0.272亿 m³,总的泥沙淤积量与沉积速率是很低的,湖盆泥沙的淤积并不严重。

2.2.2 湖泊围垦

1949年后,由于片面强调“以粮为纲”的方针,太湖流域湖泊围垦以前所未有的速度和规模进行。据调查统计^[5],围垦的最高潮是20世纪60年代至70年代,1950~1985年太湖流域围垦建圩498个,占用湖泊面积528.5 km²,占1949年初期湖泊面积3884.9 km²的13.6%,平均每年因围湖而减少水面14.68 km²。其中太湖、长荡湖、溇湖等湖泊沿岸共建圩218个,丧失湖泊面积299.2 km²。涉及的围湖数量239个,占1949年初原有湖泊数量708个的33.8%,其中因围湖而消失或基本消失的湖荡165个,面积161.31 km²,占该区原有湖泊数量的23.3%。以太湖为例,20世纪70年代初到80年代中期,太湖围垦面积83.21 km²,建圩70座^[5],占这期间太湖水域减少面积的95.5%。同时湖滩地的围垦使湖泊范围缩小,迫使湖泊局限于堤外的有限空间,减少了河道与湖盆的过水断面,加速了湖底淤积,使原有的水系紊乱,加速了天然湖泊的萎缩,不仅影响湖泊调节洪水的能力,加剧湖区洪涝灾害发生,而且还造成湖泊生态环境与生物资源的破坏,同时也对湖泊的沙情与沉积产生重大影响^[5]。

20世纪70年代,湖泊水域缩小最主要的因素是大规模的围湖造田。大规模的围湖垦殖,使江湖隔绝,河湖分家,汛期湖泊水情恶化。80年代末期以后,特别是1991年太湖大洪水后,湖面急剧缩减的趋势得到有效遏制,但仍持续减少,究其主要的因素是水利工程建设、沿湖岸鱼塘建设占用水面。太湖流域湖泊湖水浅,光热充足,水草繁茂,有利于水产养殖。自80年代以来,进入了渔业高速发展时期。在水产养殖基地的建设中,一方面开发荒滩湖沼低洼地,另一方面改造内湖,化大水面为小水面,分段精养,使部分湖泊变为鱼池。东太湖池塘养鱼的发展始于20世纪七八十年代,进入90年代,沿湖岸带的池塘养殖面积已达到3200 hm²,年产量2.4万t,年产值1.5亿元^[6]。至2001年,太湖流域仅河蟹养殖的池塘面积已达11377.86 hm²,产量6681.18t^[7]。人为因素与自然因素的相互叠加,特别是强烈的人类活动,已成为太湖流域湖泊水域减少的最直接、最主要成因。湖泊的沼泽化与泥沙淤积原本是一个自然的、极其缓慢的过程,但人类经济活动包括围湖利用、网围养殖和水利工程建设等却极大地加速了这一进程。

2.3 湖泊水域萎缩的环境效应

湖泊水域萎缩,导致湖区生态环境恶化,直接改变了湖泊生态环境与水域类型结构,使水生生物量及其种类构成发生变化。水域萎缩直接缩小和危及鱼类的栖息、产卵和索饵的空间,使得鱼类种群数量减少,种类组成趋向简单。随着湖泊水域萎缩,水草资源等内源性水生生物资源受到严重破坏。据文献^[8]20世纪50年代的太湖芦苇面积和产量分别为73.3 km²和13.2万t,由于湖泊围垦,引起湖泊水域萎缩,使得80年代芦苇面积和产量分别减少至15.0 km²和2.7万t。鲤鱼、鲫鱼、草鱼等大中型鱼类也大幅度下降,20世纪60年代有鱼类101种,到80年代降为72种,90年代更进一步减少到60种,经济鱼类种群减少,花色小杂鱼比重增加。与此同时,湖泊水域的萎缩加速了浅水湖泊沼泽化的过程和削弱了湖泊水体效应,改变了局部小气候^[9]。

3 建议与对策

湖泊水资源是湖泊资源中的基础资源。自1991年太湖特大洪水灾害后,虽然大规模的围垦已得到遏制,但围湖利用现象并未得到真正制止^[10]。湖泊水域的过度萎缩和湖泊水资源的大量减少,已成为制约湖泊资源可持续利用和湖区经济社会发展的瓶颈。因湖制宜,合理利用与保护湖泊水资源,防止湖泊的萎缩显得尤为重要。

3.1 强化环境宣传教育,提高环境保护意识

充分运用新闻媒体等多种手段,广泛开展形式多样的湖泊区情宣传活动,组织开展多途径的生态环境保护教育,鼓励和动员湖区群众参加生态环境保护工作,并有计划地对各级干部和企业经营管理人员进行环境和资源保护的法律法规、环境标准等为内容的生态环境保护培训,从而使全社会充分的了解和认识湖泊水环境保护的重要性。

3.2 重视湖泊生态环境的管理,建立监测体系

以流域为管理单元,进行流域综合治理规划。在湖泊生态环境调查的基础上,编制生态功能区划和生态环境保护规划,指导湖泊资源的合理开发和产业的合理布局。在湖面综合利用的原则下分区划片,根据水生生物的生态习性和湖泊内部生态环境的特点,调整湖泊鱼类放养结构。同时确立和完善湖泊水资源利用监测的指标体系,采用遥感等高新技术,加强对湖泊水资源利用变化趋势的预测、预报,为区域宏观综合决策提供依据。

3.3 因湖制宜,综合利用湖泊水资源

湖泊资源是一种复合式的自然资源。因此湖泊

水资源的开发利用,必须持有综合的观点,强调多种功能互补互利的原则,综合利用湖泊水资源。针对湖泊水资源的状况,实行湖泊水域的生态开发,开展湖心水产养殖,湖滨、湖岸发展水生经济植物,湖沼地水产精养,湖滩外放牧。

3.4 运用法律和经济手段,保护湖泊资源和环境

制定管理、保护和开发利用湖泊资源的法规或条例,依法打击破坏湖泊生态环境的行为。按照“谁开发谁保护、谁利用谁补偿,谁破坏谁恢复”的原则,制定和完善有利于和改善湖泊资源利用的环境经济政策,推行有偿使用湖泊资源,使开发利用者的经济利益与湖泊环境保护相一致。开发与保护相结合,实现湖泊资源的持续利用和湖区社会经济的可持续发展。

参考文献:

[1] 黄漪平. 太湖水环境及其污染控制[M]. 北京: 科学出版社, 2001: 1-4, 19-23.
[2] 沈芳, 匡定波. 青海最近 25 年变化的遥感调查与研究

[J]. 湖泊科学, 2003, 15(4): 289-296.

[3] 中国科学院南京地理与湖泊研究所湖泊室. 江苏湖泊志[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1982: 30-36.
[4] 窦鸿身, 姜加虎. 中国五大淡水湖[M]. 合肥: 中国科学技术出版社, 2003: 74-79, 179-183.
[5] 窦鸿身, 马武华, 张圣照, 等. 太湖流域围湖利用的动态变化及其对环境的影响[J]. 环境科学学报, 1998, 8(1): 1-5.
[6] 吴庆龙, 胡耀辉, 李文朝, 等. 东太湖沼泽化发展趋势及驱动因素分析[J]. 环境科学学报, 2000, 20(3): 275-279.
[7] 陈家长, 胡庚东, 瞿建宏, 等. 太湖流域池塘河蟹养殖向太湖排放氮磷的研究[J]. 农村生态环境, 2005, 21(1): 21-23.
[8] 王苏民, 窦鸿身. 中国湖泊志[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 169-171, 173-175.
[9] 秦伯强, 罗淑葱. 太湖生态环境演化及其原因分析[J]. 第四纪研究, 2004, 24(5): 561-567.
[10] 殷立琼, 江南, 杨英宝. 基于遥感技术的太湖近 15 年面积动态变化[J]. 湖泊科学, 2005, 17(2): 139-142.

(收稿日期: 2005-05-24 编辑: 舒建)

(上接第 19 页)

参考文献:

[1] ANAND M, MA K, OKONSKI A, et al. Characterising biocomplexity and soil microbial dynamics along a smelter-damaged landscape gradient[J]. The Science of the Total Environment, 2003, 311: 247-259.
[2] HU Yue-hua, KANG Zi-zhen. Description of T F bacteria bacteriology, hydrometallurgy[J]. 湿法冶金, 1996, 6(4): 36-40.
[3] 潘开文, 吴宁, 潘开忠, 等. 关于建设长江上游生态屏障的若干问题的讨论[J]. 生态学报, 2004, 24(3): 617-623.
[4] 林业部科技司. 森林生态系统定位研究方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 143-168.
[5] 田大伦. 杉木林生态系统定位研究方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994: 320-332.
[6] 尚久方. 环境污染分析法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1989.
[7] MAO You-fa, CHOU Rong-liang, WEN Zhi-liang. Factors influencing buffering ability of land-ecosystem[J]. 土壤与环境, 1999, 8(2): 141-143.
[8] ZHANG Fu-zhu, ZHANG Jing-yang, ZHANG Hong-rui, et al. Chemical composition of precipitation in a forest area of chongqing, southwest China[J]. 空气、土壤污染, 1996, 90:

407-415.

[9] MASANORI O, XU G, SUN Z. Effects of acidic deposition on soil ecosystems under forest in the Chongqing region of China[J]. Soil Science & Plant Nutrition, 1998, 44(2): 187-196.
[10] FAN Wei, DING Ming-mao, LÜ Dong-Mei. Water and nutrient movement in an acacia mangium plantation of lower subtropical, China[J]. 生态学报, 1995, 15(增刊)A: 115-123.
[11] LIU Ju-xiu, ZHANG De-gang, ZHOU Guo-yi, et al. A preliminary study on the chemical properties of precipitation, throughfall stemflow and surface runoff in major forest types at Dinghushan under acid deposition[J]. 应用生态学报, 2003, 14(8): 1243-1249.
[12] WILTING R. Acidification phenomena in beech (Fagus sylvatica) forest of Europe[J]. Water, Air and Soil Pollution, 1986, 31: 317-323.
[13] POTTS M J. The pattern of deposition of air borne salt of marine origin under a forest canopy[J]. Plant and Soil, 1978, 50: 233-236.
[14] LIU Ju-xiu, WEN Da-zhi, ZHOU Guo-yi. Chemical properties of the rainfall in the coniferous and broad-leaved forests in acid rain area of Heshan, Guangdong[J]. 中国环境科学, 2000, 20(3): 198-202.

(收稿日期: 2005-04-04 编辑: 舒建)