

## 350-357 GIS 技术在洪湖环境演变研究中的应用

俞立中 许羽

(华东师范大学地理系, 上海 200062)

蔡述明 张晓阳

(中国科学院测量与地球物理研究所, 武汉 430077)

**提要** 本文运用 GIS 技术, 探索了洪湖环境的近期变化及其机理, 以空间的、定量的形式, 展示了与修建隔堤、分割湖区、围湖垦殖及水位控制等人为活动因素相联系的湖泊环境变化效应和过程, 分析了湖中挺水植物分布的动态变化与趋势。这项工作进一步表明了地理信息系统方法在湖泊环境变化的监测、评价和研究中具有独特的功效和实用价值。

**关键词** 地理信息系统(GIS) 湖泊环境近期变化 挺水植物 洪湖

近年来, 随着遥感和计算机技术的迅速发展, 地理信息系统(GIS)的研究和应用已得到了广泛重视, 并日趋实用化, 在资源管理、城市规划、区域发展决策等许多方面取得了实际效益<sup>[1,2]</sup>。GIS 技术的推广应用也为环境管理和环境演变研究带来了新的生机。

我国湖泊众多, 水生资源丰富, 生态环境复杂。近几十年来, 由于湖泊资源的大规模开发利用, 很多湖泊环境已明显受人为干扰, 造成或加剧了一系列生态问题。因此, 研究湖泊环境的近期变化, 揭示人类活动的环境效应, 对制定合理的湖泊资源开发、利用和保护政策有着极其重要的意义。

本文拟以湖北省洪湖为例, 运用地理信息系统技术, 通过对不同时期遥感影像和地形图的对比研究, 并结合野外调查和历史记录等资料, 分析该湖泊自 50 年代以来的环境变化过程与机制, 以探索地理信息系统方法在湖泊环境演变研究中的应用前景。

## 一、区域背景

洪湖位于长江中游地区, 是江汉平原上最大的湖泊, 面积约 355km<sup>2</sup>, 东西长 23.4km, 南北宽 20.8km, 中心位置在 29°49'N、113°17'E。该湖水浅底平, 海拔高程为 22.5—22.8m。据 1981 年 6 月至 1982 年 5 月实测, 全湖平均水深 1.35m, 最大水深 2.32m, 最小水深仅 0.4m<sup>[3]</sup>。湖泊水生植物的覆盖率目前达 98%, 挺水植物沿湖滨分布, 由菰、莲等组成, 菰群丛占绝对优势。

湖区年平均气温为 16.6℃, 7 月平均气温达 28.9℃。年平均降水量为 1344mm, 集中在夏季, 属夏季高温多雨的北亚热带季风气候。

据研究, 洪湖形成于 2500 年前, 系长江和汉水支流东荆河之间的一个洼地壅塞湖。洪湖

国家自然科学基金(No. 49070060)。

本文于 1992 年 12 月 13 日收到, 1993 年 3 月 10 日收到修改稿。

及周围地区沉积物样芯显示出多层相间的湖泊沉积与沼泽沉积,表明了自湖泊形成以后,曾经历了几次收缩—扩展阶段<sup>[4]</sup>。本世纪以来,湖泊水面因沼泽化过程而逐步缩小,尤其是 50 年代后,大规模的水利工程建设和围湖垦殖,大大加速了这个进程,从而造成了湖泊及其周围地区的一系列生态问题。

洪湖原为通江湖泊,湖面随长江水位消长而起落。1955 年由于修筑洪湖隔堤,锁住了东荆河水入湖,1958 年新滩口大型节制闸建成,阻断了洪湖与长江的通道,堵住了长江水的倒灌。这些水利工程隔断了洪湖与主要河流的自然联系,湖水位下降了 3m 以上,使湖区及周围沼泽地得以大规模围垦。60—70 年代,四湖地区的水利建设及沿湖社队分割围垦,使湖泊面积进一步缩小。至 1975 年洪湖周围的隔堤建成后,围湖垦殖基本停止,现代洪湖的格局已形成。洪湖实际上已成为一个人工控制的以洪水调蓄为主,具有灌溉、养殖、运输等综合功能的封闭型湖泊。

## 二、研究方法

GIS 是利用计算机管理和分析空间数据的技术工具,具有综合性、动态性、多维性和系统性等特点。它可以将不同时期、不同类型的空间和属性信息综合在一个系统内,利用系统的功能对数据进行转换、编辑、更新、显示,从事一系列空间分析、统计分析、检索查询、动态模拟等管理和分析工作。显而易见,在洪湖环境演变的研究中,利用 GIS 技术提供系统的、空间的、定量的、动态的分析是一项很有实用意义的尝试。本项研究根据国内计算机配置的实际水平,选用了 IBM-386 微机为工作平台,从而使此类应用更为现实、灵活和通用,其主要工作流程简要归纳如图 1。

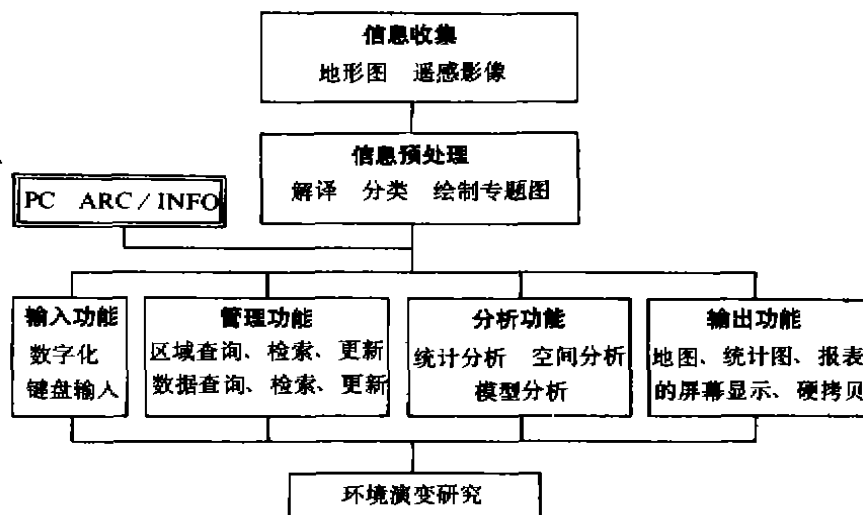


图 1 洪湖环境演变研究的 GIS 工作流程

Fig. 1 GIS procedures used in Honghu Lake environmental change study

### (一) 信息收集

不同时期的地形图和遥感影像是本研究的主要信息源。根据分析的需要以及资料的

可能,收集了于 1953 年、1967 年和 1977 年测绘的 1:50000 地形图,以及 1976 年 5 月 1 日与 1983 年 8 月 6 日的 Landsat-MSS 影像和 1988 年 10 月 30 日的 Landsat-TM 影像。前者分别代表了洪湖近期变化的三个主要阶段,即通江湖泊时期(1953),大规模围垦时期(1967)及封闭型湖泊时期(1977),从而能理想地反映湖泊水面收缩的进程和机制。后者主要指示在人为控制的封闭湖泊环境中,挺水植物分布的动态变化。这三张不同时相的遥感影像均摄于挺水植物的主要生长季节(5—10 月),因而能较好地记录湖中挺水植物的分布范围,疏密状况及空间变化。

### (二) 信息预处理

为了便于输入,地形图均缩小 1:100000。湖区划分为开放水域(无挺水植物生长的开阔水面),挺水植物生长区,沼泽和封闭小湖(鱼塘等分割水域)四大类型。利用不同波段的卫星影像作假彩色合成,并放大 1:200000。然后结合野外调查工作进行解译,内容包括:开放水域、挺水植物生长茂盛区、挺水植物生长稀疏区、挺水植物收割区(人工收割形成的挺水植物零星分布区)、封闭小湖等五大类<sup>[5]</sup>。所有专题图均清绘在透明纸上,供数字化输入。

### (三) 信息输入、管理和分析

由美国环境系统研究所(ESRI)开发推出的 ARC/INFO 是本课题选用的基本软件。它是目前世界上具有代表性的一个地理信息系统软件,在国际上已得到广泛的应用,近年来也为国内专家所熟悉。其微机版本 PC ARC/INFO 的基本模块具有本课题所需的各种功能<sup>[6]</sup>,包括:

1. PC ARC/INFO STARTERKIT —— ADS(弧段数字化系统)快速输入、生成、编辑专题层面(Coverage);CLEAN 和 BUILD 产生 Coverage 的拓扑结构;TABLES 建立图象特征的属性数据表,并生成、操作、管理简单的数据文件。
2. PC OVERLAY ——通过不同 Coverage 的拓扑叠加,进行空间分析。
3. PC ARCPLOT ——生成、显示专题地图,作空间查询、检索并输出地图硬拷贝。
4. PC ARCEDIT ——编辑精致的交互图象,生成或更新 Coverage,提供最终的地图产品。

本项研究以 Hipad 数字化仪为输入工具,采用手扶跟踪数字化输入矢量数据的方法,每个时期的专题图为一个 Coverage。图中的弧段长度、多边形面积均有系统自动生成,各种属性数据则通过键盘输入,添加到属性数据表中,与一定的空间数据匹配对应。通过操作菜单,可以在屏幕上简便地进行各种空间检索查询,数据更新、编辑、显示,以及统计分析、空间分析等工作。

GIS 技术也成功地解决了遥感影像上湖区边界划定的困难。我们将 1977 年地形图反映的洪湖岸线定义为自 1975 年洪湖成为封闭型湖泊后的平均现状,以此分别与系统中 1976、1983 和 1988 年不同时相的 Coverage 叠加裁剪,明确了湖区边界。这样的处理消除了挺水植物覆盖的水位变化等因素的影响,便于在同一空间范围内对湖中挺水植物分布进行对比分析、动态研究。

## 三、环境演变分析

利用 ARC/INFO 的空间分析和检索功能,将系统中的层面(Coverage)按时间序列分别

进行拓扑叠加,组合分类,展示出洪湖环境近期变化的动态过程。这些信息既显示空间变化,又具有定量数据,是分析湖泊环境变化及其机理的可靠基础。

表 1 洪湖开放水域、挺水植物生长区、沼泽和封闭小湖面积一览(1953—1977) 单位:km<sup>2</sup>  
Tab. 1 Areal coverages of open water, emergent macrophytes, swamp and closed pond  
in Honghu Lake (1953—1977)

项 目	1953	1967	1977
1. 挺水植物生长区	108. 181	219. 193	105. 361
2. 开放水域	604. 244	235. 412	250. 232
3. 沼 泽	12. 309	62. 155	0. 768
4. 封闭小湖	—	3. 827	55. 431

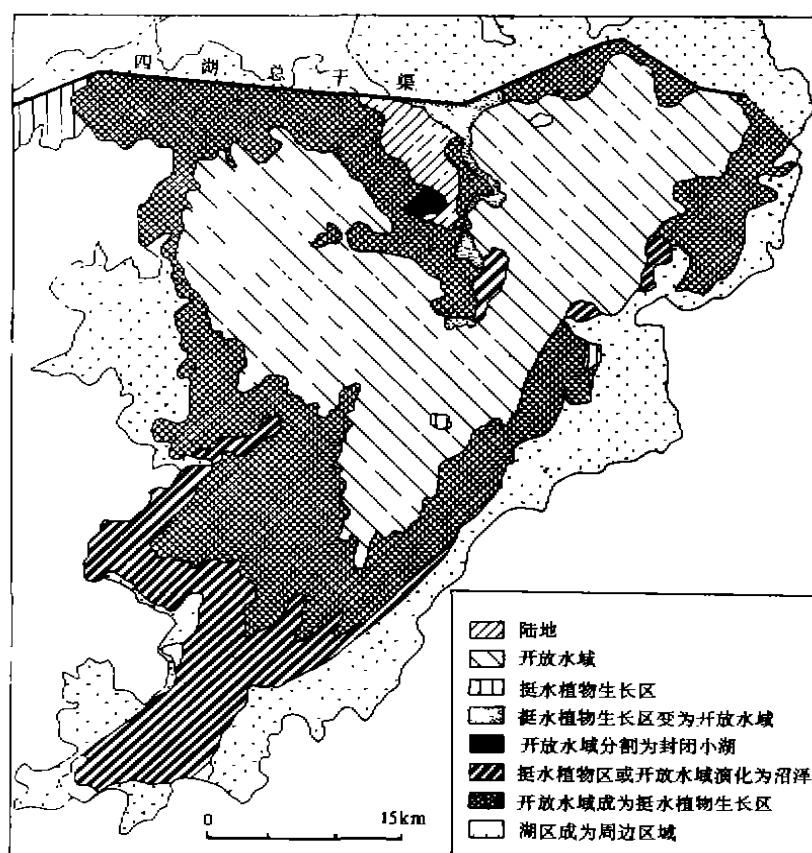


图 2 洪湖的环境变化(1953—1967)

Fig. 2 Environmental changes in Honghu Lake (1953—1967)

本研究的主要成果包括因水利工程、围湖垦殖及沼泽化进程而引起的湖泊水面收缩过程,及在一定的湖泊资源利用和管理政策下,湖内挺水植物分布范围的动态变化。表 1 分别列出 1953、1967 和 1977 年三个时期洪湖开放水域、挺水植物生长区、沼泽和封闭小湖的面积,明显地反映出洪湖水面的(开放水域和挺水植物生长区)从 1953 年的 712km<sup>2</sup>,锐减到 1967 年的 454km<sup>2</sup>,至 1977 年缩小为 355km<sup>2</sup>。1953 年与 1967 年层面叠加图(图 2)显示,由于湖区北部隔堤的建成以及沿湖(尤其是东南边缘)围垦,14 年内约有 257km<sup>2</sup> 面积从湖区主体

分隔出来,成为周边区域。统计数据表明,自1953年至1967年,湖泊内有80%的挺水植物生长区、23%的开放水域以及分布在湖泊周围的所有沼泽地都被围垦或分割。与此同时,挺水植物在湖区迅速蔓延,最明显的趋势是从南部向湖心挺进。将近200km<sup>2</sup>原有开放水域至1967年已演变为挺水植物生长区。1967—1977年层面叠加图揭示(图3),西部螺山干渠的建成,使西部和南部的部分湖区同湖泊主体隔离,堤内外近100km<sup>2</sup>的挺水植物生长区或沼泽地被逐步围垦。在此期间,洪水水体边缘约55km<sup>2</sup>的水面被分割为封闭小湖,用于养殖业。

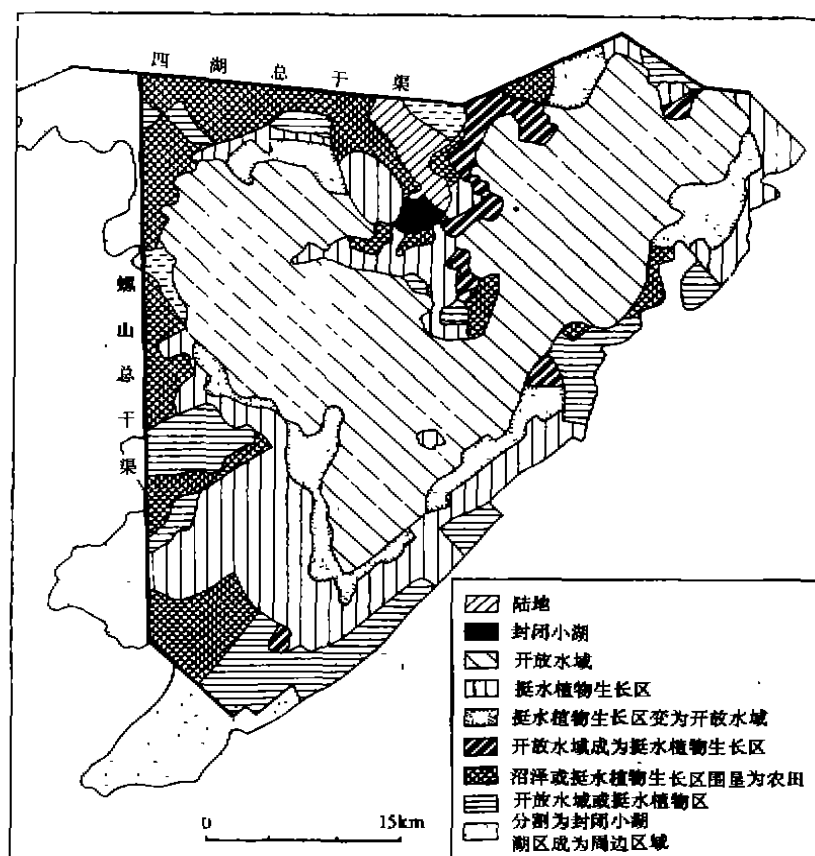


图3 洪湖的环境变化(1967—1977)

Fig. 3 Environmental changes in Honghu Lake (1967—1977)

由此可见,自50年代至70年代中期,由于片面强调以粮为纲,洪湖的一半面积被分割围垦。其后果是湖泊容量减小,淤积速率加快。随着挺水植物的蔓延,湖泊沼泽化的进程大大加速。直至70年代中期,沿湖围垦才基本停止,洪湖实际上已成为人工控制的封闭型湖泊,其主要功能是洪水调蓄。为了保证蓄洪和降低湖周低田的水位,每年冬季力求将洪水排空,在汛期来临之前维持较低的湖水位<sup>[7]</sup>。这种情势为野菰丛的迅速蔓延提供了极其有利的条件。

湖区挺水植物的动态变化可以从1976年、1983年和1988年三个时期图像层面中获取。从1976年至1983年,挺水植物分布区以平均每年7.41km<sup>2</sup>的增长速度,从四周向湖泊

中心迅速挺进,而开放水域的面积则从 254km<sup>2</sup> 减少到 203km<sup>2</sup>(表 2)。更为显著的是 1983 年挺水植物生长茂盛区的面积较 1976 年扩大了近一倍。显而易见,1976 年与 1983 年层面

表 2 洪湖开放水域、挺水植物生长区和封闭小湖面积一览(1976—1988) 单位:km<sup>2</sup>  
Tab. 2 A real coverages of open water, emergent macrophytes and closed pond  
in Honghu Lake (1976—1988)

项 目	1967	1983	1988
1. 挺水植物生长茂盛区	45.884	83.769	93.006
2. 挺水植物生长稀疏区	61.651	75.639	18.010
3. 挺水植物生长收割区	—	—	33.574
4. 开放水域	254.864	202.942	218.375
5. 封闭小湖	55.431	55.431	55.431

叠加图(图 4)指示了洪湖迅速沼泽化的趋势。然而,这个势态并未在 1983 年与 1988 年层面叠加图(图 5)中得到进一步的证实。尽管 1988 年挺水植物茂盛区的面积较 1983 年略有增长,但开放水域的面积在 5 年内并无明显改变。在湖泊的某些部位,由于自然过程(主要是湖区东北角)或人为收割(尤其在南部和北部开放水域周围)的影响,挺水植物有所减少,以至不复存在。1991 年的野外考察也发现部分湖区内挺水植物的分布范围普遍收缩。据分析,这很可能是由于近年来贯彻湖泊资源综合利用方针的结果。自 1987 年以来,洪湖大水面开放,围网养鱼迅速发展,野菰作为优质饵料和饲料资源遭大规模收割利用。同时,为保证鱼群越冬,湖泊冬季水位适当有所提高。这些措施对湖泊沼泽化的进程起到了延缓和控制的作用。

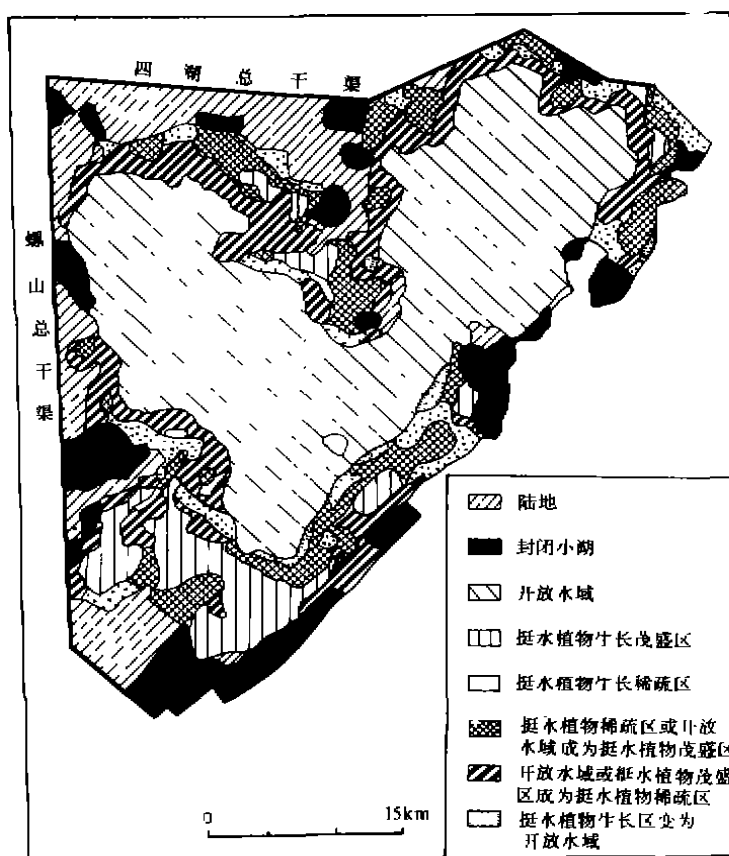


图 4 洪湖的环境变化(1976—1983)

Fig. 4 Environmental changes in Honghu Lake (1976—1983)

## 四、结 论

1. 地理信息系统具有信息管理检索,数据处理分析,图象生成显示等优势功能,能迅速有效地从事系统的动态分析工作,是环境演变研究的理想工具。洪湖环境近期变化的初步演

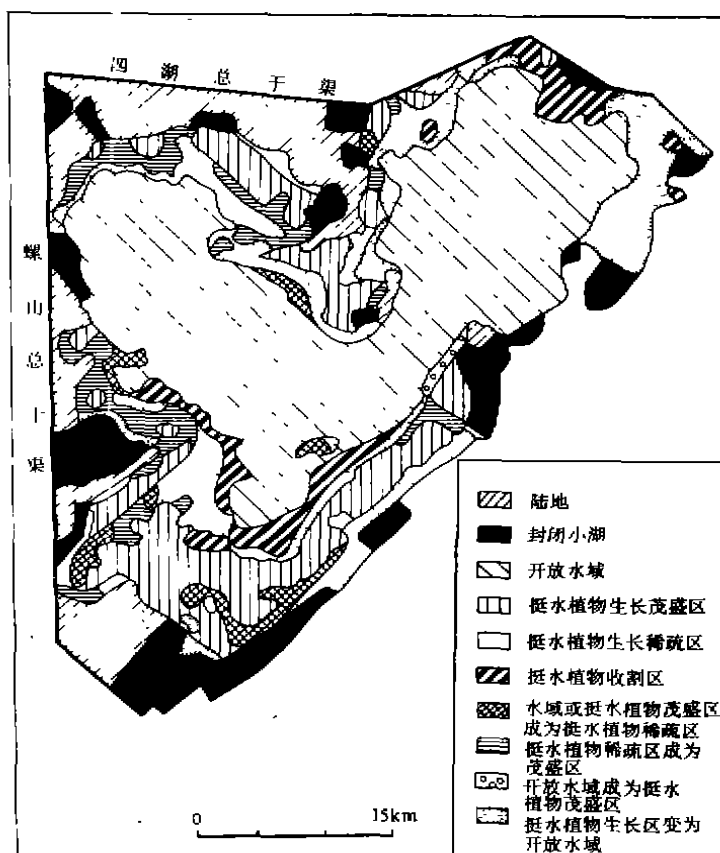


图 5 洪湖的环境变化(1983—1988)

Fig. 5 Environmental changes in Honghu Lake (1983—1988)

算特定时段内泥沙沉积速率、沉积量及其空间分布。洪湖地区的工农业生产和湖泊水质、生物种群资料,有利于分析湖泊水质、生物资源的变化及区域发展对湖泊生态环境的影响。挺水植物生长和分布的动态变化则能通过 GIS 系统中输入更多时相的遥感信息而获取更为详尽的分析内容,如年内变化、年际变化、突发性变化等等。这些工作有待于进一步深入,以更充分地发挥 GIS 的优势,为湖泊资源的管理和规划决策服务。

示分析表明, GIS 方法在湖泊环境变化的监测、评价和研究中具有独特的功效和明显的实用价值。

2. 在过去的 40 年中,人类活动对洪湖的演化起到了主导作用。GIS 技术以空间的、定量的形式,展示了修建隔堤、分割湖区、围湖垦殖及水位控制等相联系的湖泊环境变化效应及其过程,为探索湖泊演化机理奠定了基础。

3. 挺水植物在洪湖内的蔓延既是个自然过程,又受人类活动的影响。湖泊沼泽化进程可以因人为干预而加速或延缓。因此,制定和实施合理的湖泊资源开发利用政策,对控制与延缓洪湖沼泽化关系重大。

4. 洪湖环境信息系统的进一步充实完善,将使湖泊环境变化的研究分析具有更丰富、详细、广泛、实用的内容。湖底高程数据及其变化可以用来显示和计算不同水位情况下的湖泊容量和水域面积,估

## 参 考 文 献

- [1] 陈述彭. 地理系统和地理信息系统. 地理学报, 1991, 46(1).
- [2] Tomlinson R. F., Presidential Address: Geographic information system and geographers in the 1990's. *The Canadian Geographer*, 1989, 33(4).
- [3] 刘建康、许蕴丑. 洪湖生态系统优化措施及效果的初步分析. 见: 洪湖水体生物生产力综合开发及湖泊生态环境优化研究. 北京, 海洋出版社, 1991.
- [4] 蔡述明、易朝路、张晓阳. 洪湖沼泽化与成土过程及其开发利用方向. 见: 洪湖水体生物生产力综合开发及湖泊生态环境优化研究. 北京, 海洋出版社, 1991.
- [5] 张晓阳、蔡述明. 应用遥感技术分析洪湖沼泽化与挺水植物的动态变化. 见: 洪湖水体生物生产力综合开发及湖泊

生态环境优化研究。北京,海洋出版社,1991。

[6] ESRI. ARC/INFO User's Guide Version 4.0. Environmental System Research Institute, Inc. Redland. 1988.

[7] 陈宜瑜、曹文宣。洪湖水体生产力开发及环境优化对策。见:洪湖水体生物生产力综合开发及湖泊生态环境优化研究,北京,海洋出版社,1991。

## A GIS-BASED STUDY ON RECENT ENVIRONMENTAL CHANGE IN HONGHU LAKE

Yu Lizhong      Xu Yu

(Department of Geography, East China Normal University, Shanghai 200062)

Cai Shuming      Zhang Xiaoyang

(Institute of Geodesy and Geophysics, Academia Sinica, Wuhan 430077)

### Abstract

By using GIS (Geographic Information System) to analyze recent environmental changes and associated human impacts in Honghu Lake over the last four decades, some preliminary results of the study are presented as follows:

1. the reduction in lake surface area was resulted from hydrological engineering, agricultural reclamation and swamp formation (paludification);

2. the development of emergent macrophytes in the lake was under recent policies of lake resource use and management.

PC ARC/INFO was used as the main GIS software running on an IBM-386 compatible micro-computer to automate, manipulate, analyze and display geographical data, mainly from remote sensing images and landform maps. The environmental effects and processes under human activities, by means of embankment, subdivision, reclamation and water level control, were successfully displayed and documented. It illustrates the value of GIS in environmental monitoring, assessment and management.

**Key words**    Geographic Information System (GIS), emergent macrophytes, recent environmental change, Honghu Lake