

城市湖泊时空演变的遥感分析——以武汉市为例^{*}

曾忠平, 卢新海^{**}

(华中科技大学公共管理学院土地管理系, 武汉 430074)

摘 要: 在 GIS 技术支持下, 以多时相 Landsat TM/ETM+ 遥感影像为数据源, 利用 NDWI 指数提取武汉市 1991 年、1995 年、2000 年、2002 年的湖泊水域面积信息, 引入湖泊萎缩强度等测度指标, 从时空两方面对主城区湖泊水域变化和 26 个主要湖泊的发展演化特征进行了系统地分析. 结果表明, 从 1991 年到 2002 年, 武汉市主城区湖泊水域面积急剧减少, 达 38.67km²; 主要湖泊水域的面积变化具有时空分异特征, 湖泊萎缩变化与湖泊所处地区的城市建设水平、道路交通规划、政策导向等因素密切相关. 分析认为, 城市湖泊转变为公园后, 萎缩现象得到明显遏制, 通过立法加强湖泊保护力度并尽早制定城市湖泊的规划管理措施, 是保护武汉幸存湖泊的有力手段.

关键词: 武汉; 城市湖泊; 时空演变; 遥感

Spatial-temporal evolution of urban lakes in Wuhan City based on remote sensing images

ZENG Zhongping & LU Xinhai

(College of Public Administration, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan 430074, P.R.China)

Abstract: This study presents a GIS/Remote sensing-aided procedure to monitor urban lake area change in Wuhan city, which grew rapidly in the 1990s. Four time-series Landsat images, the year of 1991, 1995, 2000 and 2002, were used here. Lake's border maps were made by NDWI(Normalized Difference Water Index) index and *ILI*(index of lake loss intensity) of 27 lakes were calculated for analysis. The results showed that the total areas of lakes in the urban area decreased up to 38.67km² from 1991 to 2002. The temporal and spatial distribution of lake loss was affected by several factors such as city construction, transportation construction, policy guide etc. The urban lake can be well protected after changing into lake park. The present study suggested that legislation and lake planning were two approaches for urban lake protection.

Keywords: Wuhan; urban lake; spatial-temporal evolution; remote sensing

江河、湖泊等自然资源是城市发展不可或缺的物质基础, 城市湖泊水面的不断缩小和消亡, 不但会导致湖泊湿地生态功能的退化, 而且可能导致城市调蓄、供水和旅游等功能的减弱. 运用各种手段实时准确地把握城市湖泊水域及数量变化, 定量地分析自然因素和人为因素对城市湖泊发展演化的综合作用和影响, 对城市湖泊资源的合理开发、利用和保护具有重要意义.

遥感技术具有宏观性、动态性与实时性的优势, 能够快速、准确地获取大范围地区湖泊水面变化信息, 在湖泊数量和岸线形态变化监测研究中得到了广泛的应用^[1-4]. 然而, 应用遥感技术开展人类开发活动对城市湖泊发展演化的影响研究, 目前还比较缺乏, 还需进一步深入. 本文以“百湖之市”武汉市为例, 利用遥感和地理信息系统集成技术, 采用 NDWI 指数提取了武汉主城区范围内 1991 年、1995 年、2000 年、2002 年四个时期的湖泊水域面积动态变化信息, 并选择其中 26 个主要的湖泊, 通过建立湖泊萎缩强度指数分析不同发展阶段湖泊水域面积变化的特点及其影响因素, 以期更深入地了解和认识人类活动因素与湖泊水域动态变化之间的响应关系, 为城市快速发展过程中城市湖泊资源的合理利用和保护提供参考.

^{*} 2007-06-21 收稿; 2008-01-20 收修改稿. 曾忠平, 男, 1972 年生, 博士; E-mail: z.p.zeng@tom.com.

^{**} 通讯作者; E-mail: xinhailu@163.com.

1 武汉市湖泊演变背景

1.1 湖泊现状

武汉位于中国腹地中心，是全国特大城市和重要的交通枢纽，也是湖北省省会，华中地区和长江中游的经济、科技、教育和文化中心。截至 2001 年年底，武汉全市土地面积为 8467.11km²，其中，城区面积约 7703.6km²，市区建成区面积约 210.88km²。《武汉市 2001 年国民经济和社会发展统计公报》显示，2001 年末全市户籍人口为 756.5 万人。

历史上的武汉由汉口、汉阳、武昌三镇组成，长江汉水纵横交汇通过市区，湖泊数目众多，因此，武汉又有“江城”和“百湖之市”的美誉。据有关资料统计，截至 2003 年 3 月，武汉市市域内共有大小湖泊 200 多个，划分为东沙湖水系、汤逊湖水系、北湖水系、墨水湖-龙阳湖-南太子湖(北太子湖)水系、东西湖水系等湖泊群。东沙湖水系、汤逊湖水系、北湖水系位处或紧邻武昌，墨水湖-龙阳湖-南太子湖(北太子湖)水系地处汉阳，而东西湖水系主要位于汉口的东西湖区。全市湖泊汇水面积在 5km² 以上的有 65 个，居全国各大城市首位^[5]。市域范围内较大的湖泊有江夏区的梁子湖、斧头湖、鲁湖、汤逊湖、蔡甸区的东湖、西湖、黄陂区的童家湖、武湖、后湖、涨渡湖、市区及近邻的东沙湖、南湖、月湖、墨水湖、汤逊湖、严西湖、南太子湖、北太子湖、严东湖等(图 1)。

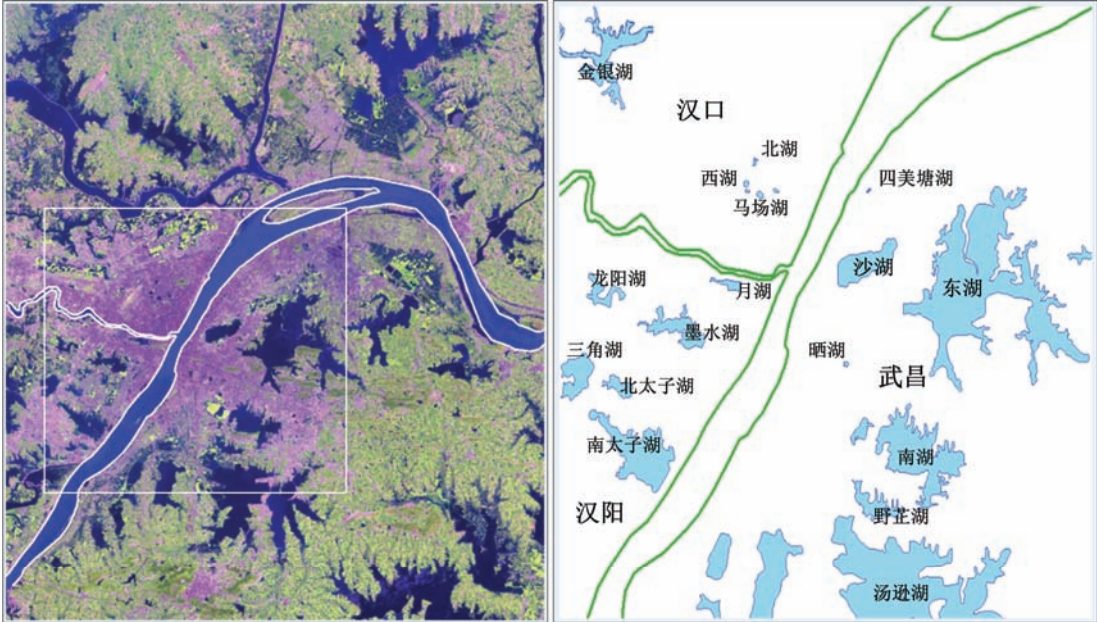


图1 武汉市主城区主要湖泊分布 (遥感影像日期: 2002年7月9日)
Fig.1 Lakes distribution map of Wuhan City

1.2 湖泊历史演变的阶段特征

武汉市湖泊演化的历史研究表明，武汉市的湖泊演变主要分为三个阶段：一是明代以前的自然演化阶段；二是明代-近代以来的人类活动和自然因素交互作用阶段；三是建国以来的人类开发建设阶段。

明代以前，武汉城市湖泊主要以自然演化为主，明代以后特别是近代以来，人类活动对湖泊影响愈来愈浓。例如，明清以前还是荒洲洪泛区的汉口，经过明清时期的变化，逐渐变成商业中心；明代以后的堤防建设、水闸修建等人工活动逐渐强烈：从明正德初(公元 1506 年)至清末(1909 年)，汉阳地区共修民堤十余处；明崇祯八年(公元 1635 年)汉口地区筑袁公堤；同治三年(1865 年)筑兼有防水作用的汉口城堡；1905 年修张公堤，以后又先后在汉口修建驳岸、护坡及谏家矶围堤、东西湖围堤等近现代堤防工程等，这些堤防工程的修建对江湖关系的改变和湖泊的演化产生了重要影响^[6]。武昌地区武丰闸的修建则打断了

南湖与东沙湖水系的之间的自然联系通道。

建国以来, 人类活动对武汉市湖泊的影响逐渐占据了主导作用。调查表明, 建国前 20 年的围垦活动使武汉市城区湖泊水面减少 154.6km^2 , 减少了近 60%; 而 20 世纪 80 年代以来特别是 90 年代轰轰烈烈的城市开发热潮, 又使湖泊再一次经历浩劫。据有关资料, 从调查的 35 个城区湖泊来看, 1992 年以来被填占 $314.2 \times 10^4 \text{m}^2$, 有 8 个湖泊已不复存在。如内沙湖水面由 $39.02 \times 10^4 \text{m}^2$ 减少到 $3.3 \times 10^4 \text{m}^2$ 、鲇子湖的调蓄量由 1982 年的 $40.8 \times 10^4 \text{m}^3$ 减少到 2000 年的 $14.6 \times 10^4 \text{m}^3$ 。汉口中山大道、解放大道、汉口火车站地区的建设均是以大量湖泊被占为代价的, 西北湖、南湖、晒湖、四美塘湖、汤逊湖等被填占现象屡屡不断。为保护幸存的湖泊, 武汉市政府、武汉市人大常委会先后通过《武汉市自然山体湖泊保护办法》、《武汉市湖泊保护条例》等法律法规, 武汉市的湖泊保护引起了政府和社会各界高度关注。

2 数据处理和研究方法

2.1 数据处理

采用的遥感数据源为 1991 年、1995 年、2000 年 TM 以及 2002 年 ETM+ 四个不同时期的遥感影像, 影像质量完好, 无云层覆盖。利用 1:10000 地形图资料对影像进行几何纠正, 误差控制在 0.5 像元之内, 确保所有的遥感影像数据和地面数据具有统一的空间参考系。根据研究需要, 利用水体在可见光波段和近红外波段的反差, 选择 TM(ETM+)2、4 代表绿波段和近红外波段建立 NDWI 指数以突出湖泊水体边界信息^[7]。

在 GIS 工具的支持下采用人机交互方式, 以 1991 年的 NDWI 遥感影像为底图, 勾绘出主城区 92 个面积大于 5000m^2 湖泊水体并建立相应的水体边界矢量图层。在此基础上, 利用不同时期的 NDWI 遥感影像, 按上述方法分别建立 1995 年、2000 年、2002 年的水体边界信息数据库, 得到主城区不同时期(1991 年、1995 年、2000 年、2002 年)的湖泊水体分布图。

2.2 研究方法

湖泊萎缩是指在人为和自然等因素共同作用下湖泊水面不断缩小的地理现象和过程。为了更好地描述不同时期湖泊水面面积的相对变化程度, 本研究引入湖泊萎缩强度指数(ILLI, Index of lake loss Intensity)来定量描述湖泊萎缩强弱的相对程度。假定某一时期内湖泊萎缩总量为 A , 该时期可以分为 N 个不同发展阶段, 每个阶段的湖泊萎缩量为 $A_i(i=1, 2, \dots, N)$, 则每个阶段湖泊萎缩百分比为 $ILLI=A_i/A$ 。ILLI 数值介于 -1 和 1 之间, 当 ILLI 小于 0 时, 表示湖泊水面扩大, 当 ILLI 大于 0 时, 表示湖泊萎缩。

对于区域上多个($j=1, 2, \dots, m$)湖泊的综合萎缩强度相互比较, 可以采用下述公式:

$$ILLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \cdot ILLI(j)$$

式中: $ILLI(\Sigma)$ 为区域范围内多个湖泊的综合萎缩强度; W_j 为第 j 个湖泊的相关权重。权重的设定可以根据研究需要, 如考虑到湖泊面积大小、湖泊的重要程度、湖泊的地理位置等因素进行设定。

3 主城区湖泊水域时空动态变化特征

对 1991 年的遥感影像分析后表明, 主城区范围内, 汉口、武昌、汉阳三镇湖泊分布具有一定的差异。武昌地区的湖泊水域面积最大, 约占主城区湖泊水域总面积的 80.27%, 面积较大的东湖、南湖、汤逊湖, 主要分布在二环线以东、以南的区域, 而面积较小的晒湖、紫阳湖、四美塘湖等, 则分布在二环线附近人口稠密的市区附近。汉阳地区的湖泊水域总面积约占主城区湖泊水域总面积的 13.64%, 主要有月湖、莲花湖、墨水湖、龙阳湖、北太子湖、南太子湖等。汉口地区的湖泊有西湖、北湖、小南湖、菱角湖、后襄湖、机器荡子、换子湖、塔子湖等, 除塔子湖外, 均分布在人口稠密的市区, 数量虽然比较多, 但面积都很小, 总面积不及同期主城区湖泊水域总面积的 2%。总体来看, 如果以长江、汉水作为城市重心, 城市重心附近的湖泊面积普遍较小, 主城区内面积较大的湖泊大多分布在离城市重心较远的二环线以外地区。

在 GIS 工具支持下对 1991 年和 2002 年武汉市主城区湖泊水域分布图进行叠置分析, 得到 1991-2002

年武汉市主城区湖泊萎缩变化分布图(图2)。1991–2002年武汉市主城区的湖泊水域变化十分明显。1991年,武汉主城区湖泊水面面积大约为 151.42km^2 ,而2002年面积仅为 112.75km^2 ,净减少 38.67km^2 ,11年里主城区湖泊水域消失近25%,年均减少近 4km^2 (图2)。三镇中汉口地区的湖泊总面积最小,不到汉阳地区湖泊总面积的 $1/4$,也不及武昌地区湖泊总面积的 $1/10$,但汉口地区的水面面积减少率约为29%,年平均减少率2.8%,居三镇湖泊水面减少幅度之首;武昌地区湖泊水面面积减少率约为18%,年平均减少率1.7%。尽管武昌年减少率居于汉口之后,但因其湖泊水面面积基数较大,因此湖泊萎缩量也比较大,总面积达 23km^2 ,约占主城区湖泊萎缩总量的59.48%;汉阳地区的湖泊面积减少幅度最小,年平均减少率为0.81%。

汉口地区湖泊水域消失的区域主要分布在后湖乡、姑嫂树、塔子湖一带以及汉口青年大道沿线两侧。武昌地区主要分布在环南湖、汤逊湖、中北路沿线以及杨春湖一带,东湖东侧的严东湖萎缩情况也比较严重。汉阳地区则主要分布在北太子湖和墨水湖之间地带以及汉江南岸的沿岸地区。不同时相的遥感影像还清楚地记录了汉口后湖乡一带湖泊水面和土地利用变化的情况,即在1991年的遥感影像上,该区的部分湖泊水域已经被转成农业用地,而在2000年的影像上,部分转换的农业用地已经转变成建设用地。

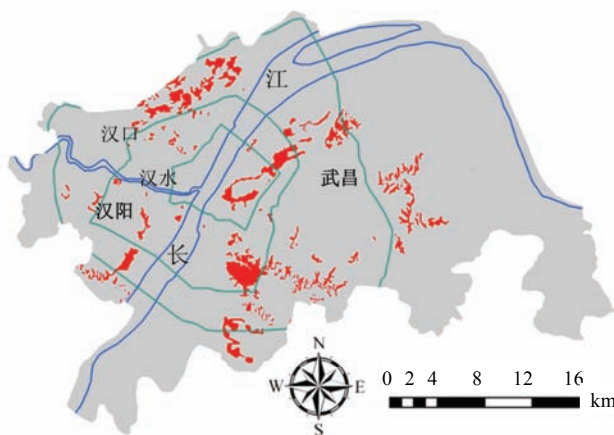


图2 1991–2002年间武汉市主城区湖泊萎缩变化分布
Fig.2 Lake loss distribution of Wuhan City during 1991–2002

4 主城区主要湖泊的演化特征遥感分析

选择《武汉市城市湖泊保护条例》中明确规定的主城区范围内的26个湖泊,根据遥感影像的时相特点,分别计算各个湖泊1991–1995年、1995–2000年、2000–2002年三个阶段的 $ILLI$ 数值(表2),以及武昌、汉阳、汉口三个地区不同阶段的 $ILLI(\Sigma)$ 数值(表3)。

4.1 20世纪90年代前半期(1991–1995)

对表2进行分析,结果表明,从1991–2002年,26个湖泊水面面积均出现不同程度的减少,不同湖泊的 $ILLI$ 明显不同,面积相对较小、位于主城区中心地带的湖泊萎缩比较严重,如汉口地区的西湖、北湖、小南湖和机器荡子, $ILLI$ 分别为0.780、1.000、1.000、0.614;武昌地区的四美塘湖和晒湖萎缩严重,南湖、东湖等均有不同程度的萎缩。汉阳地区以靠近城市中心的莲花湖、月湖水面面积变化较大,墨水湖、龙阳湖的水面面积变化较小。不同地区的 $ILLI(\Sigma)$ 数值也存在显著差异,汉口地区的 $ILLI(\Sigma)$ 数值最高,为0.572,汉阳次之,为0.331,武昌最低,其 $ILLI$ 数值为0.193,说明该阶段汉口地区的湖泊萎缩现象最为严重,而武昌地区的湖泊萎缩并不明显。

造成1991–1995年间汉口地区湖泊快速萎缩的主要原因,与同期城市建设水平和人工填占活动密切相关。进入20世纪90年代后,随着城市建设的发展,武汉市逐渐加快了旧城改造和城市道路规划建设,作为武汉市商业和经济中心的汉口,城市建设步伐加快,用地逐渐向北纵深腹地发展,西北湖、菱角湖附近的复兴村地区、后湖、新火车站等地区逐渐成为汉口开发建设的热点。旧城的改造和城市的兴建,使得汉口西湖、北湖、小南湖、舵子湖等所在的地段不断增值,在经济利益等因素的驱动下出现了湖泊填占的趋势。图书大世界、建银大厦以及新世界水族公园的兴起建设分别占用了菱角湖、机器荡子、塔子湖部分水面,汉口青年大道等道路的修建与拓宽,也逐渐改变了后襄河周边的环境,使得道路沿线和附近的部分坑塘水面逐渐消失,城市发展建设过程中对填湖行为造成了汉口地区湖泊面积迅速减小。

在这一阶段, 武昌地区四美塘湖和晒湖的 *ILLI* 值比较高, 分别达 0.414 和 0.359, 房地产开发活动对晒湖的填占是引起晒湖萎缩的主要原因(图 3a, 3b), 如梅苑小区就是在部分填平的晒湖基础上建成的; 四美塘湖的萎缩主要与 1995 年前后长江二桥的修建占用部分湖泊水面有关. 此外, 该阶段道路设施的建设 and 改造虽然对湖泊有一定的影响, 如 1994 年雄楚大道建设和珞喻路的向东拓展, 均占用了南湖、东湖部分水面, 但整体来看, 武昌地区的开发活动对湖泊影响程度不如汉口地区明显.

表2 不同时期湖泊*ILLI*数值变化
Tab.2 The *ILLI* value of each lake in three different stages

编号	所在 地区	湖泊名称	1991–2002 年 湖泊萎缩总量 ($\times 10^4\text{m}^2$)	<i>ILLI</i> (1991–1995)	<i>ILLI</i> (1995–2000)	<i>ILLI</i> (2000–2002)
1	汉口	张毕湖	18.71	0.000	0.631	0.369
2	汉口	竹叶湖	0.01	0.000	0.251	0.749
3	汉口	北湖	7.82	0.802	0.198	0.000
4	汉口	西湖	2.33	0.756	0.244	0.000
5	汉口	小南湖	1.18	0.752	0.248	0.000
6	汉口	鲩子湖	5.30	0.868	0.132	0.000
7	汉口	塔子湖	23.19	0.618	0.382	0.000
8	汉口	机器荡子	4.64	1.000	0.000	0.000
9	汉口	菱角湖	8.23	0.519	0.419	0.061
10	汉口	后襄河	14.58	0.808	0.192	0.000
11	汉阳	月湖	7.55	0.000	0.244	0.756
12	汉阳	莲花湖	1.13	0.200	0.720	0.080
13	汉阳	龙阳湖	6.91	0.110	0.555	0.335
14	汉阳	北太子湖	15.31	0.201	0.458	0.342
15	汉阳	南太子湖	26.20	0.000	1.000	0.000
16	汉阳	墨水湖	62.06	0.000	0.324	0.676
17	汉阳	三角湖	11.14	0.000	0.661	0.339
18	武昌	紫阳湖	0.01	0.000	0.000	0.000
19	武昌	四美塘	4.15	0.000	1.000	0.000
20	武昌	杨春湖	6.54	0.000	0.000	1.000
21	武昌	南湖	321.99	0.147	0.377	0.476
22	武昌	野芷湖	1.81	0.000	0.000	1.000
23	武昌	东湖	90.98	0.338	0.530	0.132
24	武昌	内沙湖	51.37	0.273	0.650	0.077
25	武昌	外沙湖	186.17	0.417	0.254	0.330
26	武昌	水果湖	7.49	0.665	0.335	0.000
27	武昌	晒湖	57.77	0.722	0.278	0.000

表3 武昌、汉口、汉阳地区不同时期*ILLI*(Σ)数值(权重系数设为相等)
Tab.3 The *ILLI*(Σ) value of Wuchang, Hankou, Hanyang in three different stages

	1991–1995 年	1995–2000 年	2000–2002 年
汉口	0.612	0.270	0.118
汉阳	0.072	0.566	0.362
武昌	0.256	0.342	0.302

4.2 20 世纪 90 年代中后期(1995–2000 年)

1995–2000 年，汉口地区仍然向北纵深腹地发展，以发展大道为轴线，城市用地在向两侧不断发展的同时，向内迅速填满了与建设大道之间的空隙，导致复兴村地区、后湖地区的水域面积进一步减少。但与第一阶段有所不同，本阶段该区湖泊的 *ILLI* 总体呈下降趋势，如西湖由 0.780 下降到 0.220，部分湖泊，如北湖、鲢子湖的填占现象不明显，表明这些湖泊的萎缩速度已经大大减缓，其原因主要与 1998 年前后对上述湖泊的改造活动密切相关。由于长期以来缺乏有效的湖泊保护和规划管理措施，20 世纪 90 年代中后期，西湖、北湖的水质污染问题曾经非常突出，严重地影响了附近居民的生活质量。1998 年，武汉市明确要求将“西、北湖改造建设项目”定为重点实施建设项目之一。1999 年，江汉区启动了西北湖及其周边环境综合改造工程，兴建了总面积为 $31.17 \times 10^4 \text{ m}^2$ 的西北湖绿化广场。西湖、北湖在转变成城市湖泊公园后，湖泊的填湖现象初步得到遏制。

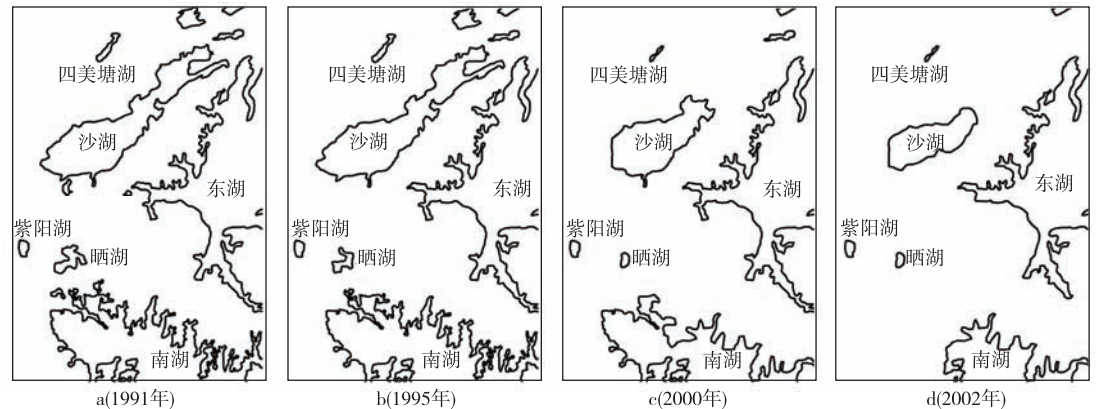


图 3 不同时期武昌地区湖泊边界分布

Fig.3 Lake's border maps of Wuchang district in four different stages

该阶段也是武昌地区湖泊发生明显变化的重要阶段，突出地表现为四美塘湖、外沙湖、内沙湖、晒湖的萎缩现象严重(图 3b, 3c)，相应的 *ILLI* 数值分别为 0.641、0.838、0.327、0.641。究其原因，主要是 20 世纪 90 年代前半期城市道路建设以及城市发展建设对湖泊的影响加大的缘故，中北路、徐东路修建填掉了部分沙湖水面积，中北路、徐东路以及二桥的建成通车使内环线逐步畅通，并带动了环线商业、金融、通讯、邮政、医疗、购物、休闲等产业的迅速发展。以内环线为轴，城市用地不断向两侧扩张，原先分布于四美塘湖、沙湖周边的农用地等逐渐转变成建设用地，四美塘湖、沙湖周边土地利用程度逐渐提高。作为武汉市第二大内陆湖的沙湖，面临着填湖造房、修建工厂的步步紧逼和鲸吞蚕食，沙湖面积急剧减少。南湖的 *ILLI* 数值具有升高趋势，雄楚大道的建成通车以及道路交通网络的改善，带动了道路沿线土地的开发热潮，使得南湖北缘部分水面被填占，导致南湖萎缩速度加快。

值得指出的是，尽管 2000 年以前晒湖萎缩严重，但与晒湖相隔不到 2km、同样处于主城区中心地带的紫阳湖却得到很好的保护。遥感影像分析显示，1991–2002 年 11 年间，其面积基本没有变化，*ILLI* 数值为 0(表 2，图 3)。紫阳湖之所以免遭蚕食，要得益于紫阳湖公园早规划、早管理。作为武昌区唯一一处的自然湖泊公园，紫阳湖的规划建设可以追溯到 1952 年，在 20 世纪 50 年代中后期，紫阳湖公园就已经成为附近居民休闲娱乐、游览的重要场所，建国以来的城市开发活动对其形态和水面面积基本没有影响。

4.3 21 世纪初期(2000–2002 年)

从 2000–2002 年，汉口地区的西湖、北湖、菱角湖、后襄湖以及武昌地区的四美塘湖等的 *ILLI* 数值均为 0，表明这些湖泊填占活动已经停止。西湖、北湖、菱角湖向湖泊公园的转变，改变了湖泊被填占消失的命运。四美塘湖之所以能够得到保护，主要是由于二桥修建完工后对四美塘湖的改造作用，将原先的小池塘变成了风景优美的湖泊公园。

该阶段汉口地区的湖泊填占主要发生在主城区外缘的张毕湖和竹叶湖,说明汉口的湖泊填占现象由内环向二环以外发展的趋势;而武昌地区的湖泊萎缩现象主要发生在青山区的杨春湖和环南湖区域(南湖、野芷湖)。以环南湖地区为例,2001年后洪山区政府由群光广场原址迁址到这里,一方面,吸引了更多的人在环南湖区域投资置业,另一方面,在基础设施建设方面政府也给予了更多的投入。区政府的南迁起到了导向作用,带动了城市建设用地增长点的适度转移,使得环南湖区域逐渐形成了洪山区新的经济、政治、文化中心,南湖周边的区位优势更加明显。南湖优越的自然条件、便捷的交通以及纯粹的居住氛围,使南湖成为住宅开发高端云集之地。1999年,丽岛花园在南湖岸边打出“告别汉口”的旗帜,在事实上开启了“南湖居住新城”建设的序幕。随后,一大批国内外知名的品牌开发商纷纷进驻南湖,众多武汉著名商业企业扎堆其间,形成了一个商贸新圈,而与居住者生活息息相关的商业设施如武汉中百、中南、工贸、亚贸、武商量贩等大型商家均在此附近开业。居住小区的建设、交通条件的改善以及第三产业的兴起,都需要大量的建设用地资源,“与湖争地”行为愈演愈烈。资料表明,即使在2001年武汉市人大常委会制定《武汉市湖泊保护条例》期间,南湖填占现象也未停止,高达 $2.7 \times 10^4 \text{m}^2$,是同期武汉湖泊填占面积最大的湖泊之一^①。

上述分析表明,1991–2002年11年间,武汉市主城区湖泊水域的面积不断减少,湖泊水域的面积变化具有时空分异特征。汉口地区的湖泊水域变化在1991–1995年较为显著;汉阳地区湖泊萎缩变化较快的时期主要发生在2000年以后;尽管武昌地区的湖泊在各个发展阶段均有不同程度的减少,但1995年以后其 $ILLI(\Sigma)$ 数值有所升高,萎缩现象加剧。结合遥感影像特征,对不同时期主要湖泊的 $ILLI$ 数值变化的原因进行分析后认为,人工填占是影响1991–2002年武汉城市湖泊萎缩的主要原因,湖泊萎缩变化现象的背后是城市建设水平、道路交通规划、政府调控与湖泊改造等因素的复杂交织。此外,紫阳湖、西湖、北湖、菱角湖、四美塘湖等的发展演化表明,城市湖泊向城市湖泊公园转变后,湖泊填占行为得到遏制,说明城市湖泊的规划管理是保护幸存的湖泊资源有力手段。

当前,武汉城市湖泊的保护已经得到社会各界和政府的广泛关注和重视。2002年《武汉市湖泊保护条例》的出台实施,从法律和制度层面约束了人工填湖行为,条例的出台有力地制止了武汉的填湖活动。要使湖泊这种独特的资源进一步发挥积极作用,需要政府相关部门和城市居民在法律和制度框架下,结合各个湖泊的自然条件、地域分布等特点,从湖泊发展规划角度,尽快做好各个湖泊的中长远发展规划。通过开展城市湖泊主题公园、风景区和湖泊生态保护区的建设,促进湖泊和城市建设相互协调发展,在对湖泊资源的积极开发和合理利用的同时,推动武汉城市经济的可持续发展。

致谢: 本文的写作过程中,得到中国科学院南京地理与湖泊研究所高俊峰研究员的悉心指导,谨此致谢。

5 参考文献

- [1] 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. 湖泊科学, 2005, 17(2): 139-142.
- [2] 黄 群, 姜加虎. 近50年来洞庭湖区的内湖变化. 湖泊科学, 2005, 17(3): 139-142.
- [3] 于雪英, 江 南. 基于RS、GIS技术的湖面变化信息提取与分析——以艾比湖为例. 湖泊科学, 2003, 15(1): 81-84.
- [4] 李新国, 江 南, 王红娟等. 近30年来太湖流域湖泊岸线形态动态变化. 湖泊科学, 2005, 17(4): 294-298.
- [5] 刘耀彬, 王启仿, 陈红梅. 武汉市湖泊的发展、保护及发展规划构想. 经济地理, 2004, 24(3): 192-196.
- [6] 张 毅, 邓宏兵. 武汉市城市湖泊演化及开发利用初探. 华中师范大学学报(自然科学版), 2005, 39(4): 559-563.
- [7] McFeeters SK. The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, 1996, 17(7): 1425-1432.

① 人民网. 武汉189个湖泊全部圈进保护网[EB/OL]. <http://www.people.com.cn/GB/huanbao/55/20011129/615516.html>, 2001-11-29.