

# 20 年巢湖流域土地利用变化及生态服务功能价值分析<sup>①</sup>

吴连喜

(东华理工大学, 江西抚州 344000)

**摘要:** 从流域尺度使用现势的土地利用变化数据和历史的土地利用数据研究了巢湖流域的土地利用变化, 分析了巢湖流域 1988、1995、2000、2008 年土地利用类型的生态系统服务价值, 并对近 20 年间土地利用类型变化引起的生态系统服务价值的变化进行了估算, 初步揭示了土地利用/覆盖变化对生态环境的影响。

**关键词:** 巢湖流域; 土地利用/覆盖变化; 生态系统

**中图分类号:** S159

随着全球变暖、沙漠化、水土流失等环境问题的突出, 人类越来越意识到自身活动对生态环境所造成的影响, 而土地利用/覆盖变化是人类改造自然最直接的体现, 不同的土地利用类型有着不同的生态服务功能, 土地利用/覆盖变化的变化必然影响生态系统的结构和功能, 对区域气候、水文、生物地球化学循环及生物多样性产生重大影响, 这些影响也会从生态系统服务功能价值的变动中表现出来。生态系统服务功能是 1997 年Daily等人提出的, 是生态系统与生态过程所形成及维持的人类赖以生存的自然环境条件与效用。因而通过对生态系统服务功能的价值评价能更直观地体现两者之间的关系。1997 年Costanza 等人<sup>[1]</sup>的研究成果使生态系统服务价值评估的原理与方法从科学意义上得以明确, 将生态系统服务研究推向生态经济学研究的前沿。

作为我国“三河三湖”污染治理工程之一, 巢湖流域受到普遍关注。巢湖流域的水质污染自 20 世纪 80 年代就已经形成, 20 多年来其污染治理经过了多个阶段, 本文就巢湖流域 20 年的土地利用变化进行分析, 并对巢湖流域的生态系统服务功能进行了定量评价, 为流域生态环境管理提供决策参考。

## 1 研究区概况与数据获取方法

巢湖位于安徽省中部, 长江流域下游左岸, 在东经 117°16'54" ~ 117°51'46", 北纬 31°43'28" ~ 31°25'28"

之间, 湖区面积 760 km<sup>2</sup>, 流域面积 13486 km<sup>2</sup>, 是我国著名的五大淡水湖之一, 也是合肥市和巢湖市重要的饮用水源地, 具有工业用水、农业灌溉、防洪、渔业、旅游等多种功能, 对于安徽省社会经济发展和现代化建设具有重要意义。20 世纪 50 年代初, 巢湖生态环境良好, 具有多种使用功能。随着人口的增加, 人类活动的影响, 流域生态平衡受到破坏, 湖泊富营养化加重, 湖泊功能部分丧失。

本次研究采用的基础数据有: ①1988、1995、2000 年巢湖流域 1:10 万土地利用图 (coverage 格式) 和行政规划图; ②2008 年 4 月份 TM 影像 (30 m 分辨率); ③2000 年安徽省 TM 基准图像。

以 2000 年安徽省的遥感图像为基准, 对 2008 年影像进行几何校正, 根据巢湖流域的边界对 2008 年的 TM 影像裁剪出研究区域, 按照耕地、林地、草地、水域、城乡建设用地、未利用地的分类系统, 通过人工目视解译与人机结合的方式获取 2008 年巢湖流域的土地利用图 (图 1), 采用 ARCGIS 软件对巢湖流域土地利用数据进行查询统计。

## 2 结果与分析

### 2.1 土地利用结构

在 ARCGIS 软件中, 对前期准备的巢湖流域土地利用数据进行查询统计, 得出 1988—2008 年 4 期土地利用面积数据 (表 1)。

①基金项目: 江西省数字国土重点实验室开放基金项目 (DLLJ200909) 和教育部核资源与环境重点实验室开放基金项目 (081212) 资助。

作者简介: 吴连喜 (1966—), 男, 江西临川人, 博士, 教授, 主要从事生态遥感研究。E-mail: lianxi.wu@gmail.com

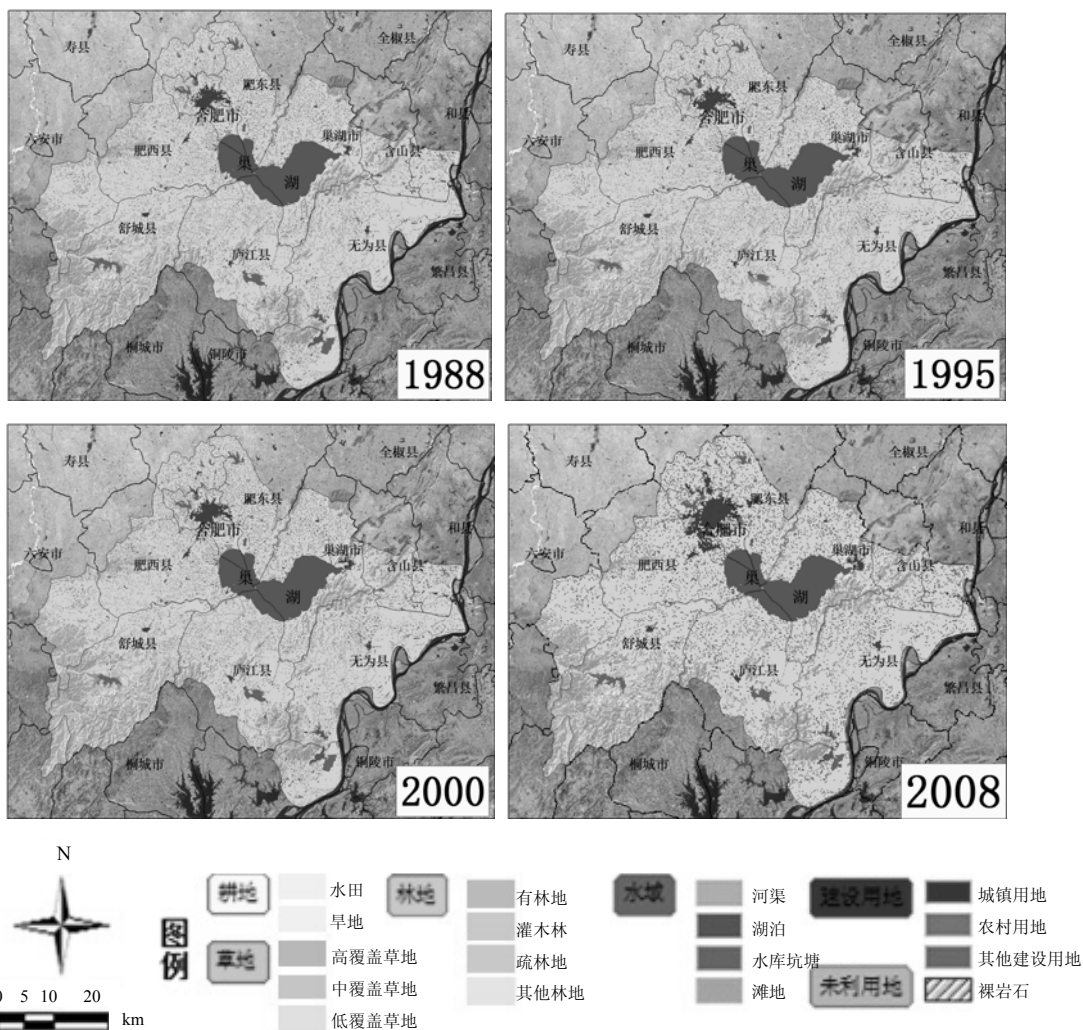


图 1 1988—2008 年巢湖流域土地利用类型分布图

Fig.1 Land use patterns in Chaohu Lake basin between 1988 and 2008

表 1 1988—2008 年巢湖流域土地利用结构变化

Table 1 LUCC of Chaohu Lake basin between 1988 and 2008

年份	统计类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1988	面积 (km <sup>2</sup> )	9304.05	2145.95	596.42	1288.23	1009.50	0.35
	比重 (%)	64.86	14.96	4.16	8.98	7.04	0.00
1995	面积 (km <sup>2</sup> )	9217.82	2145.92	596.58	1283.00	1100.83	0.35
	比重 (%)	64.26	14.96	4.16	8.94	7.67	0.00
2000	面积 (km <sup>2</sup> )	9137.96	2144.98	596.49	1278.80	1185.93	0.35
	比重 (%)	63.70	14.95	4.16	8.91	8.27	0.00
2008	面积 (km <sup>2</sup> )	8970.70	2139.41	593.94	1265.21	1374.90	0.35
	比重 (%)	62.54	14.91	4.14	8.82	9.58	0.00

从表 1 可以看出，在所有地类中，耕地面积一直居于首位，占土地总面积的 60% 以上；林地、水域和建设用地也占有较大的面积，草地和未利用地所占面

积最小。表 2 数据可以反映 1988—2008 年间耕地呈减少趋势，从 1988 年的 64.86% 减少至 2008 年 62.54%，减少面积为 4792.8 km<sup>2</sup>；林地、草地、水域略有增加；

表 2 1988—2008 年期间巢湖流域不同阶段土地利用/覆盖变化  
Table 2 LUCC of Chaohu Lake basin during different period between 1988 and 2008

时间段	统计类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1988—1995 年	变化总量 (km <sup>2</sup> )	-86.23	-0.03	0.17	-5.23	91.33	0.00
	年变化量 (km <sup>2</sup> /a)	-17.25	-0.01	0.03	-1.05	18.27	0.00
	时段变化率 (%)	-0.93	0.00	0.03	-0.41	9.05	0.00
	单一动态度 (%)	-0.19	0.00	0.01	-0.08	1.81	0.00
	综合动态度 (%)				0.15		
1995—2000 年	变化总量 (km <sup>2</sup> )	-79.86	-0.94	-0.10	-4.20	85.10	0.00
	年变化量 (km <sup>2</sup> /a)	-15.97	-0.19	-0.02	-0.84	17.02	0.00
	时段变化率 (%)	-0.87	-0.04	-0.02	-0.33	7.73	0.00
	单一动态度 (%)	-0.17	-0.01	0.00	-0.07	1.55	0.00
	综合动态度 (%)				0.08		
2000—2008 年	变化总量 (km <sup>2</sup> )	-167.26	-5.57	-2.55	-13.60	188.97	0.00
	年变化量 (km <sup>2</sup> /a)	-20.91	-0.70	-0.32	-1.70	23.62	0.00
	时段变化率 (%)	-1.83	-0.26	-0.43	-1.06	15.93	0.00
	单一动态度 (%)	-0.23	-0.03	-0.05	-0.13	1.99	0.00
	综合动态度 (%)				0.11		
1988—2008 年	变化总量 (km <sup>2</sup> )	-333.36	-6.54	-2.48	-23.02	365.40	0.00
	年变化量 (km <sup>2</sup> /a)	-18.52	-0.36	-0.14	-1.28	20.30	0.00
	时段变化率 (%)	-3.58	-0.30	-0.42	-1.79	36.20	0.00
	单一动态度 (%)	-0.20	-0.02	-0.02	-0.10	2.01	0.00
	综合动态度 (%)				0.10		

而建设用地呈增加趋势最为明显,从 1988 年的 7.04% 到 2008 年的 9.58%,增加面积为 365.40 km<sup>2</sup>。

## 2.2 土地利用变化分析

土地利用动态度又分为单一土地利用动态度(年平均变化率)和综合土地利用动态度。单一土地利用动态度模型可以定量反演研究区一定时间范围内某种土地利用/覆盖类型的变化程度<sup>[2]</sup>。它包括时段变化率和土地利用动态度两种形式。

其中时段变化率表示研究区一定时间段内某种土地利用/土地覆盖类型的变化幅度。其计算公式为:

$$K_T = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究初期及研究末期某一种土地利用类型的数量;  $T$  为研究时段,当  $T$  的时段设定为 1 年时,  $K_T$  值就是该研究区某种土地利用类型年变化率<sup>[3]</sup>。

(单一)土地利用动态度表示研究区一年内某种土地利用/土地覆盖类型的变化幅度,直接反映了研究区某种土地利用/覆盖类型变化速度的快慢。它比较土地利用变化的区域差异和预测未来土地利用变化趋势都具有积极的作用<sup>[4]</sup>。其计算公式为:

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (2)$$

式中,  $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究初期及研究末期某一种土地利用类型的数量;  $T$  为研究时段,当  $T$  的时段设定为年时,  $K$  值就是该研究区某种土地利用类型年变化率。

综合土地利用动态度从总体上反映研究区一定时间范围内各土地利用/覆盖类型相互转化的剧烈程度。其公式表示为:

$$LC = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n \Delta LU_{i-j}}{2 \sum_{i=1}^n LU_i} \right] \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (3)$$

式中,  $LU_i$  为监测起始时间第  $i$  类土地利用类型面积;  $\Delta LU_{i-j}$  为监测时段第  $i$  类土地利用类型转化为非  $i$  类土地利用类型面积的绝对值;  $T$  为监测时段长度。当  $T$  的时段设定为年时,  $LC$  为该研究区域土地利用年变化率<sup>[1,5-7]</sup>。

根据式(1)~(3),通过 1988—2008 年的土地利用图计算可得该时间段土地利用变化情况和动态度(表 2)。

由表2可知,耕地、林地、草地、水域面积等都呈减少趋势,建设用地面积呈增加趋势,未利用地面积由于数量较少,保持不变。其中耕地减少最为剧烈,1988—1995、1995—2000、2000—2008年期间分别减少了86.23、79.86、167.26 km<sup>2</sup>,这也是建设用地增加的主要来源。1988—2008年间耕地面积减少333.36 km<sup>2</sup>,建设用地增加了365.40 km<sup>2</sup>。虽然耕地的变化面积最大,但是从变化率和动态度所反映的土地利用类型的变化速度上看,建设用地的变化速度最快,1988—2008年间建设用地的变化率和动态度分别达到了36.2%和2.01,远高于其他土地利用类型。

### 2.3 生态服务功能价值分析

本研究采用Costanza等<sup>[5]</sup>的生态系统服务价值的估算公式和谢高地等<sup>[8]</sup>方法对研究区的土地利用/覆盖类型的生态服务价值进行估算。生态系统服务价值的估算模型函数如下<sup>[9]</sup>:

$$V = \sum_{i=1}^n P_i \times A_i \quad (4)$$

式中,  $V$ 为研究区生态系统服务总价值(元);  $P_i$ 为第 $i$ 类土地利用/覆盖类型单位面积的生态功能总服务价值(元/hm<sup>2</sup>);  $A_i$ 为研究区内第 $i$ 类土地利用/覆盖类型的面积(hm<sup>2</sup>),  $n$ 为土地利用/覆盖类型数目,  $A_i$ 采用谢高地等制定的中国陆地生态系统服务单位面积价值。

巢湖流域1988—2008年的生态系统服务总价值如表3所示,1988年巢湖流域生态服务价值总额为21149.02×10<sup>6</sup>元,2008年为20633.49×10<sup>6</sup>元,即近20年间,生态系统服务价值损失了515.54×10<sup>6</sup>元,损失幅度为2.44%,平均每年损失28.64×10<sup>6</sup>元。1988—2000年期间,巢湖流域生态系统服务价值损失了243.29×10<sup>6</sup>元,平均每年损失24.33×10<sup>6</sup>元。2000—2008年期间,巢湖流域生态系统服务价值损失了272.24×10<sup>6</sup>元,占近20年损失总量的52%,平均每年损失34.03×10<sup>6</sup>元。由此可见,巢湖流域生态系统服务价值损失速度在逐年增加。

从表3可以看出,巢湖流域生态系统服务总价值的降低主要是由于耕地的减少,近20年间耕地减少了333.36 km<sup>2</sup>,而相应的生态服务价值减少了407.66×10<sup>6</sup>元,占价值变化总量的79%。其次是水域,减少了93.65×10<sup>6</sup>元,占价值变化总量18%,1988年水域面积所占比例为8.91%,但其生态价值比例达到了24.78%,2008年水域的面积比例下降到了8.82%,价值比例为24.94%。水域生态价值的升高是由于巢湖流域生态系统服务总价值降低。虽然林地、草地等类型也有相应减少,但由于变化面积较少,对价值变化总量的影响并不大,近20年间分别减少了12.64×10<sup>6</sup>元、1.59×10<sup>6</sup>元。

表3 1988—2008年巢湖流域生态系统服务价值变化(10<sup>6</sup>元/a)

Table 3 Changes in values of ecosystem services of Chaohu Lake Basin between 1988 and 2008

年份	统计类型	耕地	林地	草地	水域	建设	未利用地	合计
1988	生态价值	11377.92	4148.98	382.12	5240.00	0.00	-	21149.02
	价值比例 (%)	53.80	19.62	1.81	24.78	0.00	-	100.00
1995	生态价值	11272.47	4148.92	382.23	5218.73	0.00	-	21022.35
	价值比例 (%)	53.62	19.74	1.82	24.82	0.00	-	100.00
2000	生态价值	11174.81	4147.10	382.17	5201.66	0.00	-	20905.73
	价值比例 (%)	53.45	19.84	1.83	24.88	0.00	-	100.00
2008	生态价值	10970.26	4136.34	380.54	5146.35	0.00	-	20633.49
	价值比例 (%)	53.17	20.05	1.84	24.94	0.00	-	100.00
1988—1995	生态价值变化量	-105.46	-0.06	0.11	-21.26	0.00	-	-126.67
1995—2000		-97.66	-1.82	-0.06	-17.08	0.00	-	-116.62
2000—2008		-204.54	-10.76	-1.63	-55.31	0.00	-	-272.25
1988—2008		-407.66	-12.64	-1.59	-93.65	0.00	-	-515.54

以1 km<sup>2</sup>网格大小对巢湖流域的生态服务功能损益的空间变化进行了描述,发现生态服务功能损失主要集中在城市周围、河道边缘等工农业比较发达的区域(图2)。以合肥市市辖区为例,土地利用类型

的变化对生态系统服务功能的影响结果为(表4):1988年市辖区面积为517.11 km<sup>2</sup>,占整个巢湖流域的3.6%。1988年的生态系统服务功能价值为509.91×10<sup>6</sup>元,2008年为447.27×10<sup>6</sup>元,损失值达到了

62.64 × 10<sup>6</sup>元，占整个巢湖流域损失价值总量的 12.2%。1988—2008 年期间合肥市市辖区平均每平方千米损失 12.12 万元。而整个巢湖流域 1988—2008 年间每平方千米损失 3.59 万元，合肥市市辖区生态

系统功能价值的损失速度是整个巢湖流域平均损失速度的 3.4 倍。由此可见，由于巢湖流域的大部分区域发展较慢，生态价值损失量主要集中在城市化发展明显的区域。

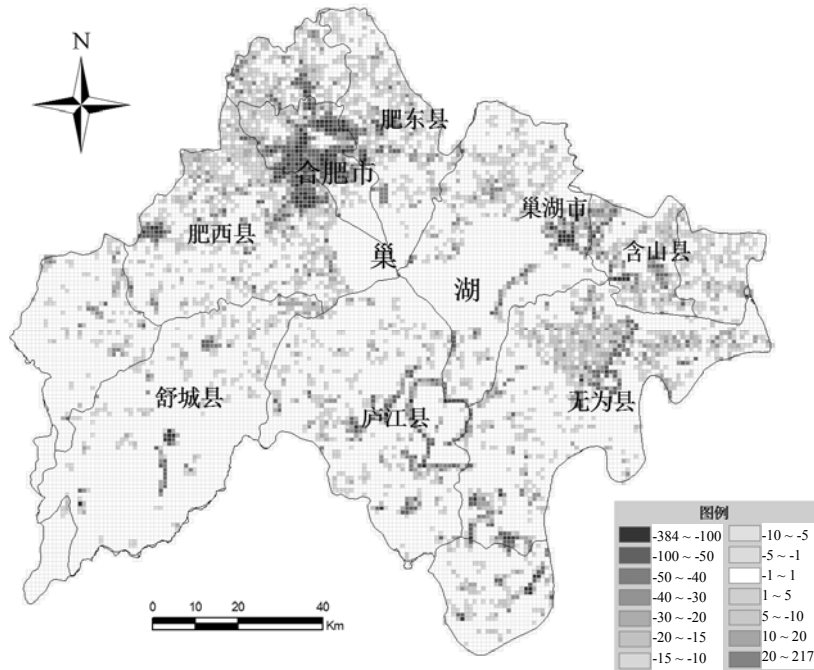


图 2 1988—2008 年巢湖流域生态服务功能价值变化图 (万元)

Fig. 2 Changes of ecosystem service values in Chaohu Basin from 1988 to 2008

表 4 1988—2008 年合肥市市辖区土地利用变化与生态系统服务价值变化 (10<sup>6</sup>元/a)

Table 4 LUCC and Changes in values of ecosystem services of HeFei between 1988 and 2008

年份	统计类型	耕地	林地	草地	水域	建设	合计
1988	面积 (km <sup>2</sup> )	300.29	5.55	0.59	77.55	133.13	517.11
	生态价值	367.22	10.72	0.37	315.64	0.00	509.91
1995	面积 (km <sup>2</sup> )	290.10	5.55	0.59	77.31	143.57	517.11
	生态价值	354.76	10.72	0.37	314.64	0.00	502.69
2000	面积 (km <sup>2</sup> )	278.11	5.55	0.59	76.86	156.01	517.11
	生态价值	340.10	10.72	0.37	312.80	0.00	493.55
2008	面积 (km <sup>2</sup> )	206.49	5.55	0.59	76.22	228.26	517.11
	生态价值	252.52	10.72	0.37	310.21	0.00	447.27
1988—1995	生态价值变化量	-12.46	0.00	0.00	-1.00	0.00	-7.21
1995—2000		-14.66	0.00	0.00	-1.84	0.00	-9.15
2000—2008		-87.58	0.00	0.00	-2.59	0.00	-46.28
1988—2008		-114.70	0.00	0.00	-5.43	0.00	-62.64

### 3 结论

1988—2008 年间巢湖流域的土地利用类型发生了较大变化，耕地、林地、草地、水域都有了一定程度

的减少，其中耕地变化面积最大，而建设用地变化最为剧烈，且建设用地的增加主要来自于耕地的减少。

巢湖流域土地利用的变化损害了该流域的生态系

统服务功能, 1988—2008年间生态服务价值总量减少了  $515.54 \times 10^6$  元。而耕地生态价值减少量占变化总量的 79%, 水域占变化总量的 18%。而且巢湖流域土地利用变化的区域性差异也导致了该地区生态系统服务功能的差异较为明显。如合肥市辖区面积仅占该流域面积的 3.6%, 而其损失值却占整个流域损失值的 23.3%。因而对巢湖流域进行区域性保护耕地, 禁止围湖造田, 有效控制城镇建设用地的扩展, 加强林地、草地保护是保护区域生态环境、恢复和提高区域生态系统服务功能的有效途径, 也是该流域生态环境建设的重要任务。

#### 参考文献:

- [1] 王思远, 张增祥, 周全斌, 王长有, 刘纪远. 近10年中国土地利用格局及其演变. 地理学报, 2002, 9(5): 523-530
- [2] 何春阳, 周海丽, 于章涛, 张清涛. 区域土地利用/覆盖变化信息处理分析. 资源科学, 2002, 24(2): 64-70
- [3] 胡振琪, 谢宏全. 干旱区土地利用/土地覆盖变化与全球环境变化——以唐山市古冶区为例. 煤炭学报, 2005, 30(1): 44-48
- [4] 李忠锋, 王一谋. 基于 RS 与 GIS 的榆林地区土地利用变化分析. 水土保持学报, 2003, 17(2): 97-99
- [5] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, de Groot R, Farberk S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, V. O'Neill R, Paruelo J, Raskin GR, Suttonkk P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. Nature, 1997, 387: 253-260
- [6] 王思远, 刘纪远, 张增祥, 周全斌, 赵晓丽. 中国土地利用时空特征分析. 地理学报, 2001, 11(6): 631-639.
- [7] 张永民, 赵士洞. 科尔沁沙地及其周围地区土地利用的时空动态变化研究. 应用生态学报, 2004, 3(3): 429-435
- [8] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 郑度, 李双成. 青藏高原生态资产的价值评估. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196
- [9] 毛德华, 吴峰, 李景保, 皮红莉. 洞庭湖湿地生态系统服务价值评估与生态恢复对策. 湿地科学, 2007, 5(1): 39-44

## Analysis on Land-Use Change and Ecosystem Function Value for The Chaohu Lake Basin During Past 20 Years

WU Lian-xi

(East China Institute of Technology, Fuzhou, Jiangxi 344000, China)

**Abstract:** Land use/land cover change (LUCC) can significantly impact the ecological environment. This paper studied LUCC of the Chaohu Lake basin at the basin scale via TM satellite image data, analyzed quantitatively the functions of ecosystem services of the Chaohu Lake Basin in 1988, 1995, 2000 and 2008, and estimated the values of ecosystem service functions and its changes derived from land use/land cover change from 1988 to 2008, it revealed preliminarily the impact of LUCC on the ecological environment.

**Key words:** The Chaohu Lake Basin, LUCC, Ecosystem