

区域土地利用与生态系统服务价值变化研究^①

——以广东省湛江市为例

周 飞¹, 陈士银^{1,2}, 钟来元¹, 刘敏超¹

(1 广东海洋大学农学院, 广东湛江 524088; 2 武汉大学资源与环境科学学院, 武汉 430079)

摘 要: 利用 1996—2004 年湛江市土地利用变更数据, 在研究土地利用变化的基础上, 从时空角度分析生态系统服务价值 (ESV) 变化。研究结果表明: ①1996—2004 年, 湛江市耕地、林地、牧草地面积在减少, 其中耕地减少最多, 减少了 11954.1 hm²; 园地、居民点及工矿用地、交通用地、未利用土地面积在增加, 其中居民点及工矿用地增加最多, 增加了 7696.4 hm²。②1996—2004 年, 湛江市总ESV在缓慢减少, 减少了 0.57 亿元, 变化率 -0.44%; 湛江市生态系统单项服务功能价值 (ESV_f) 变化的总体趋势是: 气体调节、气候调节、土壤形成与保护、生物多样性保护、食物生产、原材料在减少, 水源涵养、废物处理、娱乐文化在增加; 不管是整体生态系统服务功能, 还是单项服务功能, 湛江市各县区都在减弱。

关键词: 土地利用; 生态系统服务价值; 变化; 湛江市

中图分类号: F301.24; X196

生态系统服务是指通过生态系统的结构、过程和功能直接或间接得到的生命支持产品和服务, 这些产品和服务是人类生活的必需品和人类生活质量的保证^[1]。这种服务可以通过经济价值估算。自 1997 年Costanza等^[1]在《Nature》上发表了《The value of the world's ecosystem services and natural capital》(《全球生态系统服务价值和自然资本》)一文后, 生态系统服务价值的定量评估成为国际生态学和生态经济学的热点和前沿领域^[2-6]。作为全球环境变化研究的核心领域之一, 土地利用/土地覆盖变化通过改变生态系统的结构和功能, 对生态系统维持其服务功能起决定性作用^[7]。因此, 研究土地利用/土地覆盖情况下的生态系统服务价值的变化具有重要意义。

湛江市是全国首批 14 个沿海开放城市之一, 粤西地区的经济文化中心。近年来, 随着湛江市经济不断发展, 城市化进程不断加快, 土地利用发生了较大变化, 由此引致生态系统服务价值也随之发生变化。本文选取湛江市作为研究区, 利用 1996—2004 年湛江市土地利用变更数据, 在研究土地利用变化的基础上, 从时空角度分析 1996—2004 年湛江市生态系统服务价值变化, 旨在为湛江市土地资源可持续利用和生态社会经济可持续发展提供决策支持。

1 湛江市概况

湛江市位于中国大陆最南端、广东省西南部, 东、

南、西三面环海, 地理坐标为东经 109°41'~110°58', 北纬 20°07'~21°57' 之间。东临南海与电白县相邻, 南与全国最大的特区海南省隔海相望, 西濒北部湾, 北接化州市与广西壮族自治区。行政区域包括徐闻、遂溪两个县, 雷州、廉江、吴川 3 个县级市, 赤坎、霞山、坡头、麻章 4 个县级区及湛江市经济技术开发区、东海岛经济开发试验区。土地总面积 13225.4 km²。2004 年全市总人口 715.94 万人, 其中农业人口 524.39 万人, 非农业人口 191.55 万人; 国内生产总值 608.16 亿元, 人均生产总值 8494.6 元。地貌以平原为主, 平原占 66%, 山区占 3.4%, 丘陵占 30.6%。地势北高南低, 中间高, 东西略低, 北部多丘陵, 南部和东部多为 30~80 m 的台地、平原。气候属热带海洋性季风气候, 年平均气温 22.8~23.4℃, 年平均日照时数 1817.7~2106 h, 冬季无霜或仅有轻霜, 年平均降雨量在 1400~1700 mm, 雨季为 4—10 月, 与强光高温时期基本一致。

2 湛江市土地利用变化情况

1996—2004 年, 湛江市土地利用发生了较大变化。从表 1 可看出, 湛江市土地利用变化的总体趋势是: 耕地、林地、牧草地面积在减少, 其中耕地减少最多, 减少了 11954.1 hm², 园地、居民点及工矿用地、交通用地、水域、未利用土地面积在增加, 其中居民点及工矿用地增加最多, 增加了 7696.4 hm²。耕地、林地、牧

①基金项目: 广东省科技计划项目 (20055090032)、广东海洋大学自然科学基金项目 (0512127) 和广东海洋大学博士启动项目 (0612009) 资助。

作者简介: 周飞 (1978—), 男, 湖北天门人, 讲师, 硕士研究生, 主要从事土地经济与管理研究。E-mail: zhoufei504@163.com

草地占土地总面积的比例在下降,其中降幅最大的是耕地,下降了 0.90%;园地、居民点及工矿用地、交通运输用地、水域、未利用土地占土地总面积的比例在上升,其中升幅最大的是居民点及工矿用地,上升了 0.58%。

由于自然条件、社会经济发展水平存在差异,湛江市土地利用变化地区差异较明显。从表 2 可看出,耕地各县区均表现为减少,减少最多的是廉江,其次是吴川。园地增加主要集中在廉江,其他县区变化幅

度不大。林地各县区均表现为减少,减少最多的是廉江,其次是市区。牧草地减少主要集中在吴川,其他县区变化幅度不大。居民点及工矿用地各县区均表现为增加,增加最多的市区,其次是吴川。交通用地各县区均表现为增加,增加最多的是廉江,其次是雷州。水域除遂溪外,其他县区均有增加,增加最多的是市区,其次是吴川。未利用土地除市区外,其他县区均有增加。这表明湛江市土地利用变化的热点地区主要集中在市区、廉江和吴川。

表 1 1996—2004 年湛江市土地利用变化情况

Table 1 Changes of land use in Zhanjiang City from 1996 to 2004

土地利用类型	面积 (hm ²)			比例 (%)		
	1996 年	2004 年	面积变化	1996 年	2004 年	比例变化
耕地	503662.7	491708.6	-11954.1	38.08	37.18	-0.90
园地	109095.1	112235.4	3140.3	8.25	8.49	0.24
林地	318817.1	308782.0	-10035.1	24.11	23.35	-0.76
牧草地	769.8	305.9	-463.9	0.06	0.02	-0.04
居民点及工矿用地	129769.1	137465.5	7696.4	9.81	10.39	0.58
交通用地	14140.3	16109.7	1969.4	1.07	1.22	0.15
水域	184203.2	190158.9	5955.7	13.93	14.38	0.45
未利用土地	62086.2	65777.6	3691.4	4.69	4.97	0.28

表 2 1996—2004 年湛江市各县区土地利用变化情况 (hm²)

Table 2 Changes of land use in districts of Zhanjiang City from 1996 to 2004

县区	耕地	园地	林地	牧草地	居民点及工矿用地	交通用地	水域	未利用土地
徐闻	-1279.9	-250.0	-632.9	8.3	577.1	179.8	403.5	994.1
雷州	-1022.7	-37.4	-1791.5	0.0	492.9	409.3	944.5	1004.9
遂溪	-575.1	-40.5	-358.6	0.0	360.8	282.2	-6.1	337.3
廉江	-4141.3	3989.3	-3509.8	-11.4	1345.3	594.8	435.4	1297.7
吴川	-2635.3	120.3	-938.1	-459.6	2216.5	241.1	955.0	500.1
市区	-2299.8	-641.4	-2804.2	-1.2	2703.8	262.2	3223.4	-442.7

注:市区包括赤坎、霞山、坡头、麻章、湛江市经济技术开发区和东海岛经济开发试验区,下同。

3 生态系统服务价值评价方法

谢高地等^[5]在 Costanza 的基础上,总结了气体调节、气候调节、水分调节、土壤形成、废物处理、生物多样性维持、食物生产、原材料生产和娱乐文化等在内的 9 项生态系统服务功能,并对我国 200 位生态学者进行问卷调查,得到了“中国生态系统生态服务价值当量因子表”(表 3)。

生态系统生态服务价值当量因子是指生态系统产生的生态服务的相对贡献大小的潜在能力,定义为 1 hm²全国平均产量的农田每年自然粮食产量的经济价值。本文采用了该当量因子表,但针对湛江市的具体情况对单位面积农田每年自然粮食产量的经济价值进

行修正:以湛江市 1996—2004 年平均粮食产量 4850 kg/hm²^[8]为基准单产,粮食单价按 2004 年当地市价 1 元/kg 计算,考虑到在没有人力投入的自然生态系统提供的经济价值的 1/7^[5],得出湛江市农田自然粮食产量的经济价值为 693 元/hm²。

由于前文采用的是八大类分类,为保持一致性,在计算生态服务价值时,按以下原则处理:耕地对应农田,园地取森林和草地的平均值,未利用地对应荒漠^[9],居民点及工矿用地采用段瑞娟等人^[10]的研究结果为 -8852.1 元/hm²,交通用地按照 Costanza 等学者的方法,不估算其生态系统服务价值。由此得出湛江市各土地利用类型单位面积生态服务价值(表 4)。

表 3 中国生态系统生态服务价值当量因子表

Table 3 Ecosystem services value unit area of Chinese terrestrial ecosystem

因子	森林	草地	农田	湿地	水体	荒漠
气体调节	3.5	0.8	0.5	1.8	0	0
气候调节	2.7	0.9	0.89	17.1	0.46	0
水源涵养	3.2	0.8	0.6	15.5	20.38	0.03
土壤形成与保护	3.9	1.95	1.46	1.71	0.01	0.02
废物处理	1.31	1.31	1.64	18.18	18.18	0.01
生物多样性保护	3.26	1.09	0.71	2.5	2.49	0.34
食物生产	0.1	0.3	1	0.3	0.1	0.01
原材料	2.6	0.05	0.1	0.07	0.01	0
娱乐文化	1.28	0.04	0.01	5.55	4.34	0.01

表 4 湛江市各土地利用类型单位面积生态服务价值（元/hm²）

Table 4 Ecosystem services value unit area of land use types in Zhanjiang City

因子	耕地	园地	林地	牧草地	居民点及工矿用地	水域	未利用地
气体调节	346.5	1490.0	2425.5	554.4		0.0	0.0
气候调节	616.8	1247.4	1871.1	623.7		318.8	0.0
水源涵养	415.8	1386.0	2217.6	554.4	-6678.0	14123.3	20.8
土壤形成与保护	1011.8	2030.5	2702.7	1351.4		6.9	13.9
废物处理	1136.5	907.8	907.8	907.8	-2174.1	12598.7	6.9
生物多样性保护	492.0	1510.7	2259.2	755.4		1725.6	235.6
食物生产	693.0	138.6	69.3	207.9		69.3	6.9
原材料	69.3	921.7	1801.8	34.7		6.9	0.0
娱乐文化	6.9	457.4	887.0	27.7		3007.6	6.9
合计	4788.6	10090.1	15142.0	5017.4	-8852.1	31857.2	291.1

根据表 4，套用 Costanza 等^[1]的生态服务价值计算公式，来计算湛江市生态系统服务价值，其公式为：

$$ESV = \sum (A_k \times VC_k)$$

$$ESV_f = \sum (A_k \times VC_{fk})$$

式中：ESV 为生态系统服务总价值（元）； A_k 为研究区 k 种土地利用类型的面积（hm²）； VC_k 为单位面积生态系统服务价值（元/hm²）； ESV_f 为生态系统单项服务功能价值（元）； VC_{fk} 为单项服务功能单位面积生态系统服务价值（元/hm²）。

4 湛江市生态系统服务价值变化分析

4.1 生态系统服务总价值变化

4.1.1 生态系统服务总价值的时间变化 从表 5 可看出，1996 年湛江市总 ESV 为 130.82 亿元，2004 年为 130.25 亿元，8 年间减少了 0.57 亿元，变化率 -0.44%，总 ESV 在缓慢减少。这是因为各种土地利

用类型面积变化而引起的 ESV 相互抵消严重。1996—2004 年，园地、水域、未利用土地的面积在增加，耕地、林地、牧草地、居民点及工矿用地的面积在减少，因此园地、水域、未利用土地增加的 ESV 抵消了一部分耕地、林地、牧草地、居民点及工矿用地所减少的 ESV。

表 5 1996—2004 年湛江市生态系统服务总价值变化（亿元）

Table 5 Changes of total ESV in Zhanjiang City from 1996 to 2004

土地利用类型	1996 年	2004 年	价值变化	变化率（%）
耕地	24.12	23.55	-0.57	-2.36
园地	11.01	11.32	0.31	2.82
林地	48.28	46.76	-1.52	-3.15
牧草地	0.04	0.02	-0.02	-50.00
居民点及工矿用地	-11.49	-12.17	-0.68	5.92
水域	58.68	60.58	1.9	3.24
未利用土地	0.18	0.19	0.01	5.56
合计	130.82	130.25	-0.57	-0.44

4.1.2 生态系统服务总价值的空间变化 从表 6 可看出, 2004 年湛江市各县区总 ESV 最大的是雷州, 达到 35.49 亿元, 占湛江市总 ESV 的 27.25%, 最小的是吴川, 只有 7.22 亿元, 占湛江市总 ESV 的 5.54%。1996—2004 年湛江市各县区总 ESV 变化的总体趋势是: 除市区在增加外, 其他县区都在减少; 其中廉江减少最多, 减少了 0.30 亿元, 减幅 0.99%。这表明湛江市各县区整体生态系统服务功能在减弱。市区总ESV增加的原因主要是水域面积的增加。1996—2004 年间市区水域面积增加了 3223.4 hm², 其增加主要发生在坡头、麻章和东海岛等地方, 这是由于随着水产养殖业的发展, 这些地方大量的耕地、林地转为养殖水面。

表 6 1996—2004 年湛江市各县区生态系统服务总价值变化 (亿元)

Table 6 Changes of total ESV in districts of Zhanjiang City from 1996 to 2004

县区	1996 年	2004 年	价值变化	变化率 (%)
徐闻	17.82	17.72	-0.10	-0.56
雷州	35.56	35.49	-0.07	-0.20
遂溪	18.48	18.36	-0.12	-0.65
廉江	30.38	30.08	-0.30	-0.99
吴川	7.39	7.22	-0.17	-2.30
市区	21.19	21.38	0.19	0.90
合计	130.82	130.25	-0.57	-0.44

4.2 生态系统单项服务价值变化

4.2.1 生态系统单项服务价值的时间变化 从表 7 可看出, 2004 年湛江市 ESV_f 最大的是废物处理, 达到 30.39 亿元, 占湛江市总 ESV 的 23.33%, 最小的是食物生产, 只有 3.91 亿元, 占湛江市总 ESV 的 3.00%。1996—2004 年湛江市ESV_f变化的总体趋势

是: 气体调节、气候调节、土壤形成与保护、生物多样性保护、食物生产、原材料在减少, 水源涵养、废物处理、娱乐文化在增加。其中土壤形成与保护减少最多, 减少了 0.33 亿元, 主要是由于土壤形成与保护价值系数最高的林地减少造成的; 废物处理增加最多, 增加了 0.38 亿元, 主要是由于废物处理价值系数最高的水域增加造成的。这表明湛江市各县区生态系统单项服务功能也在减弱。

表 7 1996—2004 年湛江市生态系统单项服务功能价值变化 (亿元)

Table 7 Changes of ESV_f in Zhanjiang City from 1996 to 2004

因子	1996 年	2004 年	价值变化
气体调节	11.11	10.87	-0.24
气候调节	11.02	10.82	-0.20
水源涵养	28.04	28.14	0.10
土壤形成与保护	15.96	15.63	-0.33
废物处理	30.01	30.39	0.38
生物多样性保护	14.66	14.53	-0.13
食物生产	4.00	3.91	-0.09
原材料	7.11	6.95	-0.16
娱乐文化	8.91	9.01	0.10
合计	130.82	130.25	-0.57

4.2.2 生态系统单项服务价值的空间变化 从表 8 可看出, 1996—2004 年湛江市各县区 ESV_f 发生了不同程度的变化。气体调节、气候调节、土壤形成与保护、生物多样性保护、食物生产、原材料 ESV_f 减少遍布湛江各县区, 水源涵养 ESV_f 减少主要发生在徐闻、遂溪、廉江和吴川, 废物处理 ESV_f 减少主要发生在遂溪和廉江, 娱乐文化 ESV_f 减少主要发生在遂溪。这表明湛江市各县区大多数单项生态系统服务功能也在减弱。

表 8 1996—2004 年湛江市各县区生态系统单项服务功能价值变化 (亿元)

Table 8 Changes of ESV_f in districts of Zhanjiang City from 1996 to 2004

因子	徐闻	雷州	遂溪	廉江	吴川	市区
气体调节	-0.02	-0.05	-0.01	-0.04	-0.03	-0.09
气候调节	-0.02	-0.04	-0.01	-0.04	-0.03	-0.06
水源涵养	0.00	0.06	-0.04	-0.07	-0.05	0.19
土壤形成与保护	-0.04	-0.06	-0.02	-0.06	-0.06	-0.12
废物处理	0.02	0.08	-0.02	-0.02	0.03	0.29
生物多样性保护	-0.02	-0.03	-0.01	-0.03	-0.02	-0.03
食物生产	-0.01	-0.01	0.00	-0.03	-0.02	-0.02
原材料	-0.01	-0.03	-0.01	-0.03	-0.02	-0.06
娱乐文化	0.01	0.01	0.00	0.00	0.02	0.07

5 结论与讨论

(1) 1996—2004 年, 湛江市土地利用发生了较大变化。耕地、林地、牧草地面积在减少, 其中, 耕地减少最多, 减少了 11954.1 hm^2 ; 园地、居民点及工矿用地、交通用地、水域、未利用土地面积在增加, 其中居民点及工矿用地增加最多, 增加了 7696.4 hm^2 。

(2) 由于土地利用变化, 湛江市 ESV 也随之发生了变化。1996—2004 年, 湛江市总 ESV 减少了 0.57 亿元, 变化率 -0.44%, 总 ESV 在缓慢减少。湛江市 ESV_i 变化的总体趋势是: 气体调节、气候调节、土壤形成与保护、生物多样性保护、食物生产、原材料在减少, 水源涵养、废物处理、娱乐文化在增加。不管是整体生态系统服务功能, 还是单项生态系统服务功能, 湛江市各县区都在减弱。

(3) 湛江市 ESV 的变化情况在一定程度上反映了湛江市生态环境正处在不断恶化之中, 也说明了湛江市土地利用变化总体方向不尽合理。

(4) 需要指出的是: ①本文计算结果的准确性和适用性还有待进一步论证; ②受土地利用分类的影响, 生态系统类型划分还存在一定局限性; ③本文没有对湛江 ESV 变化的驱动因素进行深入的影响, 这都是今后需要解决的问题。

参考文献:

- [1] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Nacem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, Van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 386: 253-259
- [2] Loomis JP, Kent P, Strange L, Fausch K, Covich A. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin: Results from a contingent valuation survey. *Ecological Economics*, 2000, 33(1): 103-117
- [3] Krcuter UP, Heather HG, Matlock DM, Lacey RE. Change in ecosystem in service values in the Antonio area, Texas. *Ecological Economics*, 2001, 39(3): 333-346
- [4] 欧阳志云, 王效科, 苗鸿. 中国陆地生态系统服务功能及其生态价值的初步研究. *生态学报*, 1999, 19(5): 607-613
- [5] 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
- [6] 王宗明, 张帕, 张树清. 吉林省生态系统服务价值变化研究. *自然资源学报*, 2004, 19(1): 55-61
- [7] Turner BL II, Skole D, Sanderson S. Land-uses and land-cover change: science/research plan. IGBP Report No. 35/HDP Report No. 7. Stockholm: IGBP, 1995
- [8] 湛江市统计局. 2005 湛江统计年鉴. 北京: 中国统计出版社, 2005
- [9] 莫宏伟, 任志远, 谢红霞. 榆阳区土地利用和生态效应变化分析. *陕西师范大学学报(自然科学版)*, 2005, 33(1): 110-114
- [10] 段瑞娟, 郝晋珉, 王静. 土地利用结构与生态系统服务功能价值变化研究. *生态经济*, 2005, (3): 60-64

On Changes of Regional Land Use and Ecosystem Services Value

—A Case Study of Zhanjiang City, Guangdong Province

ZHOU Fei¹, CHEN Shi-yin^{1,2}, ZHONG Lai-yuan¹, LIU Min-chao¹

(1 College of Agriculture, Guangdong Ocean University, Zhanjiang, Guangdong 524088, China;

2 College of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: This paper analyzed the spatial-temporal changes of ecosystem services value (ESV) based on the data of land use from 1996 to 2004 in Zhanjiang City. The results showed: (1) the areas of cultivated land, forest land and grass land decreased, while those of garden land, residential area, industrial and mineral land, traffic land and unutilized land increased; the area of cultivated land decreased most by 11954.1 hm^2 , and the area of residential area, industrial and mineral land increased most by 7696.4 hm^2 . (2) the total ESV decreased by ¥0.5716 billion, and the rate of change was -0.44%; the value of single ecosystem services function(ESV_i) of gas regulation, climate regulation, soil formation, bio-diversity conservation, food production and raw materials decreased, while those of water conservation, waste treatment and recreation increased; not only the whole function but also each function of ecosystem services weakened in all the districts of Zhanjiang City.

Key words: Land use, Ecosystem services value, Change, Zhanjiang City