基于土地利用变化的区域生态服务价值研究

曹银贵, 周 伟, 袁 春
(中国地质大学 土地科学技术学院, 北京 100083)

摘 要: 以 Costanza 的生态服务价值理论为基础,结合重庆市区 30 a 土地利用变化特征, 重点分析了其对生态价值的影响。通过对 1975, 1987, 1995, 2000 和 2005 年遥感影像的解译获得研究区 5 期土地利用图, 引入单一土地利用动态度和土地利用程度指数来分析土地利用变化的规律。在此基础上, 计算了不同研究期不同地类生态的服务价值, 重点分析了生态价值的总体变化规律; 针对山地型城市分析了生态价值结构的变化规律; 进而从土地利用变化对生态价值影响力的角度, 引入土地利用变化生态效应指数和生态效应度, 从定量分析的角度明确了土地利用变化对生态价值的影响程度及绝对影响力。研究结果表明, 在研究区要有效控制城市建设用地的扩张速度, 提高山地型城市建设用地的集约度; 在经济增长的可控范围内, 减慢土地利用程度增加的速度; 加强生态水域与生态林的规划, 可以有效地提高山地型城市的生态服务价值。

关键词: 土地利用; 生态服务价值; 重庆市区
文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2010)04-0241-06 中图分类号: F301.2

Regional Ecosystem Service Value Based on Landuse Change

CAO Yin-gui, ZHOU Wei, YUAN Chun
(*School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Research on ecosystem service value is a hot spot in ecology at present. Based on the Costanza's ecosystem service value theory and combined with the landuse change traits in the past 30 years in Chongqing urban, the impacts of landuse change on ecosystem service value are analyzed. The remote sense images in 1975, 1987, 1995, 2000, and 2005 are interpreted and the landuse drafts are obtained. Single dynamic landuse degree and landuse extent index are used to indicate the landuse change. According to each type of landuse and its single ecosystem service value, the ecosystem service value is calculated, which is used to analyze the whole change in ecosystem service value and the change in the structure of ecosystem service value. In view of the influence of landuse on ecosystem service value, ecosystem effect index and ecosystem effect degree are introduced to ascertain the influence extent and absolute influential power resulting from the landuse change. Results indicate that, firstly, the expansion speed of constructive land in the area should be controlled properly and the intensive degree of constructive land in mountainous city should be promoted. Secondly, in the scale of controlling economic rising, the increasing speed of landuse extent should be slowed down. Lastly, the planning of eco-water and eco-forestry should be strengthened in order to enhance ecosystem service value in mountainous city.

Keywords: land use; ecosystem service value; Chongqing urban

生态系统服务功能已成为国际生态学研究的热点[1-2]。近年来, 对生态系统服务功能的研究取得了较大的进展。各种类型生态系统的价值也进行了大量的研究。冉圣宏[3]针对中国的实际情况, 对不同土地利用类型单位面积生态服务价值进行了校正, 并以此为基础, 计算了自上一轮土地利用规划实施以来我国不同省市土地利用变化引起的生态服务功能的变化。张修峰[4]以肇庆仙女湖为例, 评估了城市湖泊退化过程中水生态系统服务价值; 岳书平[5]从土地利用变化的角度出发, 选取了东北样带为研究区, 采用价值量评价的方法, 运用 GIS 和遥感技术分析近 30 a 来不同类型区土地利用变化对生态系统服务价值的

收稿日期: 2009-01-14 修回日期: 2009-04-21
资助项目: "十一五"国家科技支撑计划"区域土地集约利用与节地关键技术研究"(2006BAB15B03); 中国土地勘测规划院开放基金"村镇整治规划技术与实践研究"(3-4-2009-201)
作者简介: 曹银贵(1982—), 男(汉族), 湖南省常德市人, 硕士, 讲师, 主要从事土地管理和土地利用规划的研究。E-mail: caoyingui1982@126.com。

影响。黄青[6]以干旱区绿洲土地利用/覆盖变化为研究对象,分析了土地利用变化对生态系统服务价值的影响,提出有效控制城镇建设用地的扩展,加强湿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,也是该区域生态环境建设的重要任务。郝慧梅[7]以土地沙化较为严重的陕北榆林为研究对象,定量测评土地利用/覆盖变化的生态效应,对于土地利用结构调整和生态建设有机结合、遏止土地利用中的生态问题进一步扩展和蔓延具有重要意义。梁欣[8]、闵捷[9]、曹顺爱[10]、陈士银[11]等从城市土地利用变化的角度出发,结合各自城市的特点,在分析城市土地利用变化规律的基础上,明确了不同城市土地利用变化对生态价值的影响,进一步为城市生态规划提供了指导。

本研究从三峡库区山地型城市出发,以可持续发展的观点为基础,认为以单纯经济增长为目的的土地利用方式是不可取的,在山地型城市经济发展的同时,要有效减缓城市土地利用程度,加强生态规划,把生态系统服务价值核算引入到土地利用决策中,这样才能促进山地型城市自然资源的合理开发,实现土地可持续利用。

1 研究区概况

重庆市区地处长江与嘉陵江汇合之处,属低山丘陵地带,属中亚热带湿润季风气候区,具有夏热冬暖,光热同季,无霜期长,雨量充沛,湿润多阴等特点。2005 年平均气温 18.6 ℃,年总降雨量 1 019.8 mm。重庆市区辖大渡口区、沙坪坝区、九龙坡区、南岸区、北碚区、万盛区、双桥区,江北区,2005 年市区总人口为 137.37 万人。

2 数据与方法

2.1 数据来源

本研究利用了 5 个时期的遥感影像,1975 年是 MSS 影像;1987,1995,2000 和 2005 年的 TM 影像。采用 Krasovsky 椭球体,Transverse Mercator 投影,对遥感影像进行辐射纠正与几何纠正,而后进行图像的镶嵌、整饰、利用地形地貌图等辅助数据,应用 ERDAS 8.6 遥感分析软件,参照中国科学院颁布的土地利用分类体系,人机交互解译了 1975,1987,1995,2000 及 2005 年 5 期的遥感影像,并获得了 5 期研究区的土地利用图。利用 ARCGIS 9.2 进行相应的格式转换,并应用空间分析模块进行空间分析与计算,对重庆市区 30 a 的土地利用变化及对生态价值的影响进行了定量分析。

2.2 研究方法

2.2.1 单一土地利用动态度 在土地利用变化速度的研究中,引入了单一土地利用动态度,来分析不同研究时期各种土地利用类型变化的速度。

单一土地利用动态度是表达某研究区一定时间范围内某种土地利用类型的数量变化情况[12]。其表达式为:

$$K = \frac{(S_b - S_a)}{S_a} \times \frac{1}{T} \times 100\% \quad (1)$$

式中:K ——研究期内某一土地利用类型动态度;S_a,S_b ——分别为研究期初、期末某一种土地利用类型的数量;T ——研究区监测的年间隔。

2.2.2 土地利用程度 土地利用的程度既能反映不同地区的自然地理概况对土地利用的制约作用,又能反映人类对土地的开发利用状况,进而表示人类对不同类型的生态系统所造成的影响[5]。土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素下的自然平衡状态分为 4 级,并分级赋予指数[13]。在研究土地利用变化过程中,以土地利用程度综合指数来表示,该指标是一种衡量土地利用程度的广度和深度的指标[14]。其表达式为:

$$L_j = \sum_{i=1}^{n} A_i C_i \times 100 \quad L_j \in [100, 400] \quad (2)$$

式中:L_j ——研究区域土地利用程度综合指数,反映土地利用程度;A_i ——研究区域内第 i 土地利用程度分级指数;C_i ——研究区内第 i 级土地利用程度分级面积百分比;n ——土地利用程度分级数。

2.2.3 生态系统服务价值评价方法 生态系统的功能虽不表现为直接的生产与消费价值,但它们是产生与形成生物资源价值的环境。可以说,正是生态系统的服务功能,才使人类的生态环境条件得以维持和稳定。为了使不同生态服务功能的变化具有可比性,就必须找到一个可公度的指标,目前人们多采用生态环境价值指标,运用影子价格、替代工程、费用效益或支付意愿法等来探讨中国生态系统的经济价值[15-16],Costanza 等就是采用这些方法对不同生态系统的生态服务价值进行计算。本研究以前人的相关研究成果为基础[3, 15, 17-19],计算各土地利用类型的生态服务价值。其表达式为:

$$V_{es} = \sum_{i=1}^{n} S_i \times P_i \quad (3)$$

式中:V_{es} ——研究区生态系统服务总价值;S_i ——研究区 i 种土地利用类型的分布面积;P_i ——生态价值系数,即单位面积上 i 种土地利用类型的生态系统服务价值。

2.2.4 土地利用变化生态效应指数 该指数可以定量反映各时期土地利用变化对区域生态服务总价值

变化的影响程度, 是客观评价土地利用变化生态效应的一个指标[3]。其表达式为:

$$EI_{a\to b}=\frac{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left|S_{bi}\times P_{aij}-S_{ai}\times P_{aij}\right|}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left|S_{bi}\times P_{aij}-S_{ai}\times P_{aij}\right|+\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left|S_{bi}\times P_{aij}-S_{bi}\times P_{bij}\right|} \quad (4)$$

式中: $EI_{a\to b}$ ——$a\to b$ 期间的土地利用变化生态效应指数(介于 0~ 1); 分子表示由于土地利用变化所引起的区域生态服务价值变化量; 分母表示土地利用变化所引起的区域生态服务价值变化总量; 具体而言, i ——第 i 类生态系统; j ——第 j 项生态服务功能; S_{ai} ——初期第 i 类生态系统的面积(hm^2); S_{bi} ——末期第 i 类生态系统的面积(hm^2); P_{aij} ——初期单位面积第 i 类生态系统的第 j 项生态服务功能价值(元/ hm^2); P_{bij} ——末期单位面积第 i 类生态系统的第 j 项生态服务功能价值(元/ hm^2); m ——生态系统总类型数; n ——生态服务功能总项目数。

2.2.5　土地利用变化生态效应度　由于利用土地利用变化生态效应指数无法比较不同区域土地利用变化生态效应的绝对大小, 也无法比较同一区域不同时期土地利用变化生态效应的绝对大小。鉴于此引入了土地利用变化生态效应度[3]。其表达式为:

$$ED=\frac{\sum_{j=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}\left|S_{bi}\times P_{aij}-S_{ai}\times P_{aij}\right|}{S_a(b-a)} \quad (5)$$

式中: ED ——土地利用变化生态效应度〔元/(hm^2 · a)〕; S_a ——初期研究区各地类的总面积; 其它与上式相同。

3　结果分析

3.1　土地利用时间变化分析

通过对各期土地利用图的分析, 重庆市区耕地分布比较广, 约占整个重庆市区的 60%, 主要集中在市区的西北部; 林地呈现出带状分布, 约占整个重庆市区的 20%; 城镇建设用地集中分布在市区东南部, 沿河流分布, 约占整个重庆市区的 15%。为了系统研究各主要地类的变化, 将其它水面与河流合并为水域, 城镇、农村居民点和其它建设用地合并为建设用地。在此利用公式(1)计算各研究期内各地类的单一土地利用动态度。重庆市区各地类的变化及单一土地利用动态度如表 1 所示。

表 **1**　各研究期土地利用变化

研究期	土地利用类型	耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
1975—1987 年	面积变化	- 754.66	- 39.01	- 8.16	1.59	783.55	0.00
	单一土地利用动态度	- 0.09	- 0.01	- 0.22	0.01	0.40	0.00
1987—1995 年	面积变化	1 816.00	- 101.97	- 11.25	1.66	572.43	0.00
	单一土地利用动态度	0.34	- 0.05	- 0.46	0.02	0.41	0.00
1995—2000 年	面积变化	104.72	- 375.76	- 45.01	20.40	376.89	12.80
	单一土地利用动态度	0.03	- 0.29	- 3.09	0.30	0.42	2.82
2000—2005 年	面积变化	1 777.00	- 67.80	0.00	- 32.73	1 340.49	0.00
	单一土地利用动态度	0.52	- 0.05	0.00	- 0.47	1.47	0.00

表 1 中的数据反映了重庆市区各期土地利用时间变化的总体特征。总的来看, 在 1975—2005 年期间, 重庆市区耕地和建设用地的面积是增加较为明显的, 尤其是建设用地; 林地、草地的面积在逐渐减少; 水域的面积在逐渐增加; 未利用地变化不大。耕地面积在 1975—1987 年内有所减少, 在其他研究期都在增加, 增加面积最多的是 1987—1995 年, 其面积达到 1 816.00 hm^2, 但从耕地动态度的变化角度来看, 2000—2005 年耕地动态度最大, 也表明在研究期内耕地增加的速度比较快。林地、草地在研究整个研究期内都在减少, 减少最为明显的是 1995—2000 年。建设用地的面积在逐渐增加, 尤其是 2000—2005 年内, 其建设用地的面积增加了 1 340.49 hm^2, 从建设用地的动态度来看, 各研究期都超过了 0.40%, 2000—2005 年内达到 1.47%, 这也是整个研究期内所有地类动态度的最大值。

3.2　土地利用程度变化分析

从时间变化的角度反映了重庆市区各个地类的变化情况, 接着引入土地利用程度指数反映整个重庆市区土地利用程度的变化, 进一步分析土地利用对生态环境的影响。利用公式(2)计算了各年份土地利用程度指数, 如表 2 所示。

表 **2**　重庆市区与三峡库区各期土地利用程度对比　%

年 份	1975 年	1987 年	1995 年	2000 年	2005 年
重庆市区	289.82	290.57	291.36	292.03	293.47
三峡库区	239.75	239.80	239.90	240.06	240.20

经计算可以看出,重庆市区各期土地利用程度呈现增加的趋势,并且 2005 年的土地利用程度高于全国平均水平 231.92[20],同时也高于表明三峡库区土地利用程度居全国中等以上水平,说明土地利用受人类活动的影响较大。另外与整个三峡库区的土地利用程度[21]对比看出,在各研究期,重庆市区的土地利用程度比三峡库区的土地利用程度约高出 20%。

3.3 生态服务价值变化分析

本研究以 Costanza 等的成果为基础,参照相关专家研究所得的不同土地利用类型单位面积生态价值[3],结合各研究期各地类的面积,利用公式(3)计算得到各研究期各地类的生态服务价值(由于未利用地面积比较小,并且其生态服务价值不明显,本文没有考虑未利用地的生态服务价值),如表 3 所示。

表 3 各研究期各地类生态服务价值变化

年 份	耕地价值/万元	林地价值/万元	草地价值/万元	建设用地价值/万元	水域价值/万元	生态服务总价值/万元	单位面积生态服务价值/(万元·hm^{-2})
1975 年	6 330.47	8 878.21	62.49	272.97	9 668.21	25 212.34	0.23
1987 年	6 259.13	8 864.87	60.85	285.91	9 679.38	25 150.14	0.23
1995 年	6 430.79	8 830.02	58.60	295.37	9 691.03	25 305.81	0.22
2000 年	6 440.69	8 701.58	49.56	301.60	9 834.28	25 327.71	0.22
2005 年	6 608.67	8 678.41	49.56	323.74	9 604.45	25 264.83	0.22

从表 3 看出,各研究期内,生态服务总价值呈现出先减少,后增加,而后又减少的趋势,但整体上呈现出上升趋势,2005 年生态服务总价值与 1975 年其价值相比增加了 52.49 万元,其年增加量为 1.75 万元。从单位面积生态服务价值来看,其值变化不大,整体上呈现出下降的趋势。从单个地类的生态价值来看,水域(河流与其它水面)的生态服务功能最强,其生态服务价值在 2000 年以前一直在增加,其比例由 1975 年的 38.35% 上升到 38.83%,2005 年其价值有所降低,但其比例为 38.02%,较 2000 年降低了 0.81%;林地的生态服务功能也较强,虽然在逐渐减少,但 2005 年其比例为 34.35%,较 1975 年减少了 0.86%;耕地的生态价值在逐年增加,其比例由 1975 年的 25.11% 上升到 2005 年的 26.16%,耕地生态价值的增加量是最大的;草地面积比较少,其生态价值也比较低;相比之下建设用地的生态价值也不高,主要原因是其生态服务功能不如其它地类。总的来看,水域生态价值> 林地生态价值> 耕地生态价值> 建设用地生态价值> 草地生态价值。

从不同土地利用类型的生态服务价值变化幅度来看,在 1975—2005 年内,建设用地生态服务价值增加的幅度最大,达到 18.60%;其次是耕地生态服务价值增加的幅度,达到 4.39%;地类生态服务价值减少幅度最大的是草地,达到 20.70%。

上述从土地利用类型的角度分析了各研究期土地利用生态服务价值,生态系统提供的某种生态服务并非独立存在,而是与其它服务和功能有着密切的联系[22]。随着人们对生活质量的要求越来越高,人类对生态系统服务的需求(如食物、清洁的水源以及新鲜的空气)正在增加[23],但是人类同时也在减弱系统提供某些服务的能力。生态服务总价值的增加并不表示生态系统各单项服务功能价值也在增加,所以,研究生态服务总价值结构的变化情况,对衡量区域生态效应具有重要意义。生态服务总价值结构是指生态系统各单项服务功能价值占生态服务总价值的比例[9]。接着来比较各个时期生态服务总价值结构的变化。从各单项价值中挑选出了价值比例较高的 9 个单项价值指标,其价值和占到总价值的 92% 以上。从表 4 看出,水分调节、水供应的价值比例大,这与水域该功能的生态服务价值高相关;另外食物供应的价值比例大,这与耕地和林地该功能的生态服务价值高相关。1987—1995 年和 2000—2005 年内生态服务价值结构变化增加的幅度要大于其它两个阶段,尤其是生物控制、食物供应和传粉,这主要是耕地的生态服务价值在增加。1995—2000 年内生态服务价值结构变化减少的幅度比较明显,特别是气候调节、扰动调节和废物处理,这 3 者减少的幅度大多与林地的生态服务价值减少相关。

表 4 各研究期单项服务价值占总价值的比例 %

单项价值指标	1975 年	1987 年	1995 年	2000 年	2005 年
水分调节	26.92	27.02	26.88	27.22	26.67
食物供应	17.71	17.60	17.82	17.73	18.11
水供应	13.71	13.72	13.73	13.86	13.74
废物处理	11.37	11.39	11.29	11.19	11.12
气候调节	8.13	8.14	8.05	7.92	7.93
生物控制	6.09	6.05	6.16	6.15	6.32
扰动调节	5.84	5.84	5.81	5.73	5.77
传 粉	5.19	5.17	5.21	5.18	5.28
娱 乐	5.04	5.08	5.05	5.03	5.05

3.4　土地利用变化生态效应指数分析

据研究表明, 在定量评价较短时期区域土地利用变化生态效应时, 近似认为气候的年际波动独立于该区域土地利用变化之外[7]。利用公式(4), 在排除气候影响的情况下, 计算了重庆市区各研究期土地利用变化生态效应指数, 如表 5 所示。各研究期土地利用变化生态效应指数比较接近, 均在 0.50 左右, 表明重庆市区土地利用变化对生态服务总价值变化的影响程度不大。

表 **5**　各研究期土地利用变化生态效应指数

研究期	1975—1987 年	1987—1995 年	1995—2000 年	2000—2005 年
生态效应指数	0.50	0.49	0.50	0.49

3.5　土地利用变化生态效应度分析

为了分析不同时段土地利用变化生态效应的绝对大小, 引入土地利用变化生态效应度。利用公式(5)计算了重庆市区不同研究期的土地利用变化生态效应度, 如表 6 所示。总的来看, 其土地利用变化生态效应度呈现增加的趋势, 由 1975—1987 年的 40 102.01 元/(hm^2 · a) 增加到 2000—2005 年的 224 668.06元/(hm^2 · a), 增加了 4.6 倍。

表 **6**　各研究期土地利用变化生态效应度　元/(hm^2 · a)

研究期	1975—1987 年	1987—1995 年	1995—2000 年	2000—2005 年
生态效应度	40 102.01	139 922.85	75 821.39	224 668.06

4　结 论

(1) 在土地利用变化的基础上定量分析生态价值的变化, 一方面可以认识到区域土地利用的变化情况, 另一方面可以确定土地利用地利用变化对区域生态价值的影响。在本次研究中, 根据 30 a 重庆市区的土地利用变化来分析该地区生态价值的变化, 时间跨度较长, 并且研究期较多, 研究的结论具有代表性, 可以进一步指导重庆市区的生态规划; 另外, 重庆属于山地型城市, 水域、林地对山地型城市生态价值的影响是较大的, 因此加强生态水域与生态林的规划是对城市生态规划是重要的。

(2) 重庆市区耕地面积分布比较广, 在研究期内, 耕地和建设用地的面积是增加较为明显的, 尤其是建设用地; 林地、草地的面积在逐渐减少; 水域的面积在逐渐增加; 未利用地变化不大。从单一土地利用动态度的角度来看, 建设用地的增长速度是最快的。重庆市区的土地利用程度在增加, 这与建设用地的增长是密切相关的。从整个三峡库区的角度来看, 重庆市区土地利用程度要远高于三峡库区的土地利用程度。

(3) 从土地利用的角度来分析生态价值的变化, 根据土地利用类型确定土地利用生态系统, 进而确定了土地利用对生态价值变化的影响。各研究期内, 生态服务总价值呈现出先减少后增加, 而后又减少的趋势, 但整体上呈现出上升趋势。从各地类生态系统的生态价值来看, 水域生态价值> 林地生态价值> 耕地生态价值> 建设用地生态价值> 草地生态价值。并且在研究期内, 重庆市区建设用地生态价值增加的幅度是最大的, 生态价值减少最多的是草地。另外从生态服务价值的结构来看, 总的生态服务价值的变化是各地类生态系统单项服务价值共同作用的结果。

(4) 在分析生态价值变化时, 引入了土地利用变化生态效应指数和土地利用变化生态效应度。各研究期内, 土地利用变化生态效应指数比较均一, 表明重庆市区土地利用变化对生态服务总价值变化的影响程度不大。土地利用变化生态效应度呈现增加的趋势, 土地利用变化生态效应度最大是 2000—2005 年, 达到 224 668.06 元/(hm^2 · a)。

[参 考 文 献]

[1] Serafy S. Pricing the invaluable: The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Ecological Economics, 1998, 25(1): 25-27.

[2] Xie G D, Lu C X, Cheng S K. Progress in evaluating the global ecosystem services [J]. Resource Science, 2001, 23(6): 5-9.

[3] 冉圣宏, 吕昌河, 贾克敬, 等. 基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价[J]. 环境科学, 2006, 27(10): 2139-2144.

[4] 张修峰, 刘正文, 谢贻发, 等. 城市湖泊退化过程中水生态系统服务功能价值演变评估: 以肇庆仙女湖为例[J]. 生态学报, 2007, 27(6): 2349-2354.

[5] 岳书平, 张树文, 闫业超. 东北样带土地利用变化对生态服务价值的影响[J]. 地理学报, 2007, 62(8): 879-886.

[6] 黄青, 孙洪波, 王让会, 等. 干旱区典型山地绿洲荒漠系统中绿洲土地利用/覆盖变化对生态系统服务价值的影响[J]. 中国沙漠, 2007, 27(1): 76-81.

[7] 郝慧梅, 任志远. 基于生态服务价值的土地利用/覆盖变化生态效应测评[J]. 资源科学, 2007, 29(6): 90-97.

[8] 梁欣, 臧淑英, 张思冲. 基于土地利用变化的生态服务价值损益估算: 以大庆市为例[J]. 自然灾害学报, 2006, 15(2): 68-72.

[9] 闵捷, 高魏, 李晓云, 等. 武汉市土地利用与生态系统服务价值的时空变化分析[J]. 水土保持学报, 2006, 20(4): 170-174.

[10] 曹顺爱, 吴次芳, 余万军. 土地生态服务价值评价及其在土地利用布局中的应用: 以杭州市萧山区为例[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2): 197-200.
[11] 陈士银, 刘耀林, 周飞. 湛江市土地利用结构及生态服务价值研究[J]. 地理与地理信息科学, 2007, 23(3): 83-86.
[12] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J]. 地理科学进展, 1998, 10(5): 51-54.
[13] 刘纪远. 西藏自治区土地利用[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
[14] 刘坚, 黄贤金, 赵彩艳, 等. 江苏省城市化发展与土地利用程度变化相关性研究[J]. 水土保持研究, 2006, 13(2): 198-201.
[15] 陈仲新, 张新时. 中国生态系统效益的价值[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 17-19.
[16] 谢高地, 张镱锂, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 49-51.
[17] Per B, Sven H. Ecosystem services in urban areas[J]. Ecological Economics, 1999, 29: 293-301.
[18] Howarth R B, Farber S. Accounting for the value of ecosystem services[J]. Ecological Economics, 2002, 41: 421-429.
[19] Amitrajeet A, Batabyal, James R, et al. On the scarcity value of ecosystem services[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2003, 46: 334-352.
[20] 于兴修, 高华中. 城市及边缘区土地利用变化研究: 以临沂市为例[J]. 地域研究与开发, 2003, 22(2): 47-51.
[21] 曹银贵, 王静, 刘正军, 等. 三峡库区近 30 年土地利用时空变化特征分析[J]. 测绘科学, 2007, 20(6): 58-62.
[22] 谢高地, 肖玉, 鲁春霞. 生态系统服务研究: 进展、局限和基本范式[J]. 植物生态学报, 2006, 30(2): 191-199.
[23] 杨光梅, 李文华, 闵庆文. 生态系统服务价值评估研究进展: 国外学者观点[J]. 生态学报, 2006, 26(1): 205-212.

(上接第 240 页)

[参 考 文 献]

[1] Palmer M, Morse J, Bernhardt E, et al. Ecological science and sustainability for a crowded planet[J]. Science, 2004, 304: 1251-1252.
[2] Lu H F, Ye Z, Zhao X F, et al. A new emergy index for urban sustainable development[J]. Acta Ecological Sinica, 2003, 23(7): 1363-1368.
[3] Odum H T. Environmental accounting: Emergy and environmental decision making[M]. New York: John Wiley, 1996: 1-5.
[4] 蓝盛芳, 钦佩. 生态系统的能值分析[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 129-131.
[5] 蓝盛芳, 钦佩, 陆宏芳. 生态经济系统能值分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
[6] 严茂超, 李海涛, 程鸿. 中国农林牧渔业主要产品的能值分析与评估[J]. 北京林业大学学报, 2001, 23(6): 66-69.
[7] 严茂超, 奥德姆 H T. 西藏生态经济系统的能值分析与可持续发展研究[J]. 自然资源学报, 1998, 13(2): 116-125.
[8] 刘新茂, 蓝盛芳, 陈飞鹏. 广东省种植业系统能值分析[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(4): 111-115.
[9] 董孝斌, 高旺盛. 黄土高原丘陵沟壑区典型县域的能值分析[J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 89-92.
[10] Lu H F, Campbell D E. Ecological economic dynamics of the agricultural system under China's small city development policy: A case study of the Shunde agricultural system[J]. Journal of Environmental Management. 2009, 90: 2589-2600.
[11] 陆宏芳, 沈善瑞, 陈洁, 等. 生态经济系统的一种整合评价方法: 能值理论与分析方法[J]. 生态环境, 2005, 14(1): 121-126.
[12] 张耀辉, 蓝盛芳. 海南省资源环境与可持续发展的能值分析[J]. 生态科学, 1998, 17(2): 121-122.
[13] 张耀辉, 蓝盛芳, 陈飞鹏. 海南省农业能值分析[J]. 农村生态环境, 1999, 15(1): 5-9.
[14] 刘新茂, 蓝盛芳, 陈飞鹏. 广东省种植业系统能值分析[J]. 华南农业大学学报, 1999, 20(4): 111-115.