

基于生态服务价值的全国土地利用变化环境影响评价

冉圣宏¹, 吕昌河^{1*}, 贾克敬², 齐永华¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国土地勘测规划院土地规划所, 北京 100035)

摘要: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(1996~2004年)我国不同省市土地利用变化引起的生态服务功能的变化。结果表明, 该时期内全国土地利用变化导致生态服务功能整体增加了0.91%, 其中正向变化最大的省份是天津市, 其生态服务功能增加了5.69%; 负向变化最大的省份是上海市, 其生态服务功能下降了9.79%。对不同生态服务类型的变化分析表明, 生态服务中气候调节功能增加最快, 1996~2004年间全国增加了3.43%; 生物资源控制功能下降最快, 期间下降了2.26%。研究还认为, 引起我国土地生态服务价值变化的主要原因是该时期内全国水域面积和林地面积的增加导致了生态系统服务功能的增加, 而城市建设用地和交通用地的增加导致了全国生态服务功能的下降。

关键词:土地利用; 生态服务价值; 环境影响评价

中图分类号: X820.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3301(2006)10-2139-06

Environmental Impact Assessment of the Land Use Change in China Based on Ecosystem Service Value

RAN Sheng-hong¹, LÜ Chang-he¹, JIA Ke-jing², QI Yong-hua¹

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China; 2. China Land Surveying and Planning Institute, Beijing 100035, China)

Abstract: The environmental impact of land use change is long-term and cumulative. The ecosystem service change results from land use change. Therefore, the ecosystem service function change is the key object in the environmental impact assessment of land use change. According to the specific situation of China, this paper adjusted the unit ecosystem service value of different land use types. Based on this, the ecosystem service value change of different provinces in China resulted from the land use change since the implementation of the last plan of land use (1997~2010) was analyzed. The results show that the ecosystem service value in China increased 0.91% from 1996 to 2004. Thereinto, Tianjin is the province that the ecosystem service value increased most quickly, which was 5.69% from 1996 to 2004, while Shanghai is the province that the value decreased most quickly, which was 9.79%. Furthermore, the change of 17 types of ecosystem services was analyzed. Among them, the climate regulation function enhanced 3.43% from 1996 to 2004 and the biology resource control was weakened by 2.26% in this period. The results also indicate that the increase of the area of water surface and forest is the main reason for why the ecosystem service value increased in China in that period.

Key words: land use; ecosystem service value; environmental impact assessment

目前, 中国面临的严峻生态环境问题多与土地利用有关^[1,2]。由于土地利用/土地覆盖变化对全球环境变化产生重要影响, 因此国际上也把土地利用/土地覆盖变化的环境效应研究作为重要的内容之一^[3,4], 目前这方面的研究主要集中在微观和小流域尺度上, 考虑土地利用/土地覆盖变化对气候、土壤、水文以及不同尺度生态系统的影响, 而土地利用变化的环境影响评价实质是在中宏观尺度上对土地利用变化环境效应的性质、规模及其时空特征的表述^[5~7]。本文计算了自上一轮土地利用规划实施以来(1996~2004年间)我国不同省市土地利用变化引起的生态服务功能的变化, 以期土地利用变化/规划的非污染型环境影响评价提供一种新的方法。

1 土地利用变化的生态影响与生态服务功能的类型划分

1.1 土地利用变化的生态影响

与土地利用变化相关的人类活动类型主要有土地开垦、牧业活动、矿山开发、工业化与城市化等, 它们对生态与环境的主要负面影响见表1^[8~10]。

1.2 生态服务功能的类型划分

生态系统服务功能是指人类从生态系统中获得的效益, 包括生态系统对人类可以产生直接影响的

收稿日期: 2005-11-14; 修订日期: 2006-01-09

基金项目: 国家自然科学基金项目(40301052)

作者简介: 冉圣宏(1969~), 男, 博士, 副研究员, 主要研究方向为土地利用变化、环境系统演化, E-mail: ransh@igsrr.ac.cn

* 通讯联系人, E-mail: luch@igsrr.ac.cn

表 1 土地利用变化对生态系统服务功能的负面影响
Table 1 Negative impact of land use change on ecosystem services

与土地利用相关的人类活动类型	对生态系统的影响	对生态系统服务功能的影响
土地开垦	生境破碎,大量化肥和农药进入生态系统改变生物地球化学循环	生物多样性维持能力下降,影响生态系统对大气和气候的调节过程、改变营养物质储存和循环过程,破坏土壤的形成与保护,降低生态系统净化环境的能力,削弱有害生物的自然控制
牧业活动	影响生态系统的生境与结构	生物多样性维持能力下降,影响生态的产品提供
矿产资源开发	生境破碎、环境污染	生物多样性维持能力下降、损害生态系统净化环境的能力
工业化与城市化	生境破碎、排放污染物、改变水循环	生物多样性维持能力下降、影响生态系统对大气和气候的调节过程,损害生态系统净化环境的能力

供给功能、调节功能和文化功能,以及对维持生态系统的其它功能具有重要作用的支持功能.联合国支持下的 MA(Millennium Ecosystem Assessment)项目组认为生态系统服务功能的具体内涵是:①供给功能,即从生态系统获得的产品,包括粮食、洁净水、燃料、纤维、生物化学物质、基因资源;②调节功能,即从生态系统过程的调节作用而获得的效益,包括调节气候、控制疾病、调节水分、净化水源;③生命系统支持功能,包括土壤形成、养分循环、初级生产;④文化娱乐功能,即从生态系统获得的非物质效用与收益,包括精神与宗教方面、娱乐与生态旅游、美学方面、激励功能、教育功能、故土情、文化继承等.

为了便于计算生态系统的服务价值,Costanza更详细地将生态系统服务功能划分为 17 类,即水供应、大气调节、气候调节、扰动调节、水调节、土壤流失控制和沉积物保持、土壤形成、营养物质循环、水处理、传粉、生物控制、躲避居留区、食物生产、原材料、遗传资源、娱乐、文化等,并采用不同的方法对不同生态系统的服务价值进行了计算^[11].

2 生态服务价值的计算方法

2.1 生态服务价值的计算方法与依据

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^[12,13],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.本文将以前人的相关研究成果为基础^[3,12,14,15],计算各土地利用类型的生态服务价值.

2.2 土地利用类型的合并

考虑到上一轮全国土地利用规划(1997~2010 年)的基准年为 1996 年,当时的土地分类系统与现在的分类系统已经不完全相同,因此首先对 1996 年与 2004 年的土地分类进行了整理,并参考 Costanza 进行生态价值计算时划分的陆地生态系统类型,将土地利用类型划分为以下 10 类,见表 2.

需要指出的是,这里将广泛意义上的湿地分为 2 个类型:水域(包括坑塘水面以及湖/河/水库水面)和沼泽地(包括沼泽地、苇地、滩涂)等,主要是考虑到这些土地利用类型的生态价值差别较大,这样

表 2 1996 年与 2004 年土地利用类型的合并
Table 2 Classification of land use type based on the national land surveying system in 1996 and 2004

编号	土地利用类型	1996 年或 2004 年所包含的二级用地类型
1	耕地	灌溉水田、望天田、水浇地、旱地、菜地、田坎、农田水利用地
2	园地	果园、桑园、茶园、橡胶园、其他园地
3	林地	有林地、灌木林地、疏林地、未成林造林、迹地、苗圃
4	草地	天然草地、改良草地、人工牧草、荒草地
5	居民点、城镇建设用地	城市用地、建制镇用地、农村居民点、独立工矿、盐田、特殊用地、水工建筑用地
6	交通道路	铁路用地、公路用地、民用机场、港口码头用地、管道运输用地、农村道路
7	水域	河流水面、湖泊水面、水库水面、坑塘水面
8	沼泽地	沼泽地、苇地、滩涂
9	裸地、盐碱地、沙地	盐碱地、沙地、裸土地、裸岩石砾地、其他未利用地
10	冰川、积雪	冰川及永久积雪

分开计算的结果会更精确一些。

2.3 不同土地利用类型的生态服务价值

本文以 Costanza 等的研究为基础,考虑中国的实际情况,根据相关专家的实际计算结果^[6,12,13],适当调整了相关文献中的计算参数,得到了中国各种土地利用类型单元面积的生态价值,见表 3。

表 3 不同土地利用类型单位面积生态价值¹⁾/元·(hm²·a)⁻¹

Table 3 Unit ecosystem service value of each land use type/Yuan·(hm²·a)⁻¹

土地利用类型	耕地	园地	林地	草地	居民及城镇 建设用地	水域	沼泽地	冰雪地
大气调节	12.39	61.24	82.6	39.87	—	8.26	2 188.9	16.52
气候调节	—	363.85	726.88	0.83	—	8.26	82.6	16.52
扰动调节	41.3	344.03	413	275.06	—	—	59 802.4	—
水分调节	—	19.64	24.78	14.51	—	44 975.7	247.8	8.26
水供应	—	115.15	—	230.3	—	17 486.42	17 486.42	8.26
侵蚀控制	—	86.62	41.3	131.94	—	—	82.6	—
土壤形成	4.13	43.52	82.6	4.44	—	—	—	—
营养物质循环	4.13	8.67	16.52	0.83	—	8.26	8.26	—
废物处理	—	683.7	718.62	648.77	—	5 492.9	13 703.34	—
传粉	115.64	139.46	165.2	113.71	—	—	—	—
生物控制	198.24	68.79	33.04	104.55	—	—	—	—
栖息地	—	91.82	165.2	18.45	—	—	330.4	—
食物供应	446.04	366.61	413	320.22	—	338.66	247.8	—
原材料	4.13	106.48	206.5	6.47	—	—	247.8	—
基因资源	4.13	7.85	14.87	0.83	—	—	16.52	—
娱乐	—	170.61	297.36	43.87	82.6	1 899.8	338.66	8.26
文化	—	34.97	16.52	53.43	82.6	—	165.2	—

1)“—”表示缺乏数据或无此项生态服务功能;由于交通用地和裸地(包括盐碱地和沙地)等的生态价值很小,故本文中不考虑其生态服务价值

3 结果与讨论

根据上述计算方法,本文对 1996~2004 年间全国土地利用变化可能导致的生态服务功能变化进行

了研究,并对全国生态服务功能变化的空间分布、不同类型的生态服务功能变化以及不同土地利用类型的生态服务功能变化进行了分析.结果分别见表 4~6 和图 1~3.

表 4 1996~2004 年间全国土地利用变化引起的生态服务的变化¹⁾

Table 4 Ecosystem services value change resulted from land use change in China (1996~2004)

省份	1996 年×10 ⁸ /元	2004 年×10 ⁸ /元	变化率/%	省份	1996 年×10 ⁸ /元	2004 年×10 ⁸ /元	变化率/%
北京	87.21	87.66	0.52	湖北	1 711.75	1 740.19	1.66
天津	165.73	175.16	5.69	湖南	1 536.79	1 543.38	0.43
河北	886.07	882.68	-0.38	广东	1 301.01	1 330.03	2.23
山西	521.45	534.49	2.50	广西	1 036.95	1 052.89	1.54
内蒙古	4 616.84	4 799.81	3.96	海南	302.41	304.30	0.62
辽宁	1 166.18	1 173.89	0.66	重庆	324.41	342.59	5.60
吉林	1 198.09	1 198.93	0.07	四川	1 770.90	1 778.34	0.42
黑龙江	4 540.83	4 557.67	0.37	贵州	477.15	497.60	4.29
上海	208.82	188.38	-9.79	云南	1 326.62	1 348.27	1.63
江苏	1 982.98	1 941.90	-2.07	西藏	4 235.92	4 235.69	-0.01
浙江	881.46	881.16	-0.03	陕西	709.05	743.95	4.92
安徽	1 294.94	1 296.85	0.15	甘肃	794.91	801.04	0.77
福建	740.60	740.68	0.01	青海	3 216.28	3 217.37	0.03
江西	1 249.86	1 261.98	0.97	宁夏	155.14	160.75	3.62
山东	1 048.36	1 039.01	-0.89	新疆	3 024.71	3 056.69	1.06
河南	926.69	920.15	-0.71	合计	43 440.11	43 833.50	0.91

1)台湾省、香港、澳门特别行政区资料暂缺

总体而言,在 1996~2004 年间,全国生态服务功能增加了 0.91%,其中增加最快的生态服务功能类型是气候调节功能,期间增加了 3.43%。气候调节功能是指调节区域温度、降雨量以及其他气候过程,例如对温室气体的调节、影响云层发生 DMS 的产生等。区域的气候调节功能与区域的林地、园地、沼泽地等生态用地的面积与格局密切相关,全国在 1996~2004 年间气候调节功能的增强也主要是由水域面积、林地、园地等生态用地面积增加引起的。从土地利用类型看,生态服务功能下降最快的是耕地,其生态服务功能下降了 5.53%;其次是沼泽地面积的变化导致了其生态服务功能下降了 1.16%。与此同时,园地的增加使得其生态服务功能增加了 12.61%。

3.1 全国1996~2004 年间生态服务功能变化的空间分布

全国土地利用变化引起的生态服务价值的变化按各省市分析的结果如表 4 所示,其空间分布格局如图 1 所示。

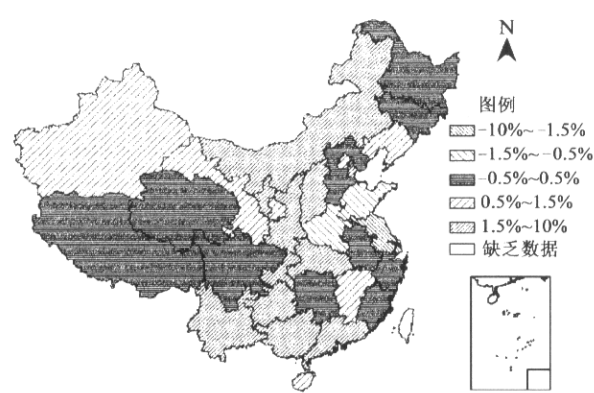


图 1 1996~2004 年全国土地利用变化导致的生态服务价值变化
Fig.1 Ecosystem service value change resulted from land use change in China(1996~2004)

从表 4 和图 1 的分析结果可以看出,1996~2004 年间生态服务功能提高幅度在 1.5%~10%的省份主要集中在中部地区,共有 11 个省市,分别为天津、重庆、陕西、贵州、内蒙古、宁夏、山西、广东、湖北、云南和广西,其中又以天津的增加幅度最大,为 5.69%;其次,生态服务功能增加幅度在 0.5%~1.5%的省市有 6 个,它们是新疆、江西、甘肃、辽宁、海南和北京;与此同时,生态服务功能下降幅度较大(1.5%~10%)的省市主要有 2 个,分别是上海(9.79%)与江苏(2.07%);山东与河南的生态服务功能在此期间分别下降了 0.89%和 0.71%;其它省份的生态服务功能变化不大,其变化幅度均不超过 0.5%。我国中部地区生态服务功能具有较为明显增加的原因与我国目前实行的退耕还林还草等生态保护政策有关。统计数据表明,1996~2004 年间,全国沼泽地、苇地、滩涂等减少了 $15.29 \times 10^4 \text{hm}^2$,而服务功能具有明显增加的上述 11 个省份却增加了 $14.38 \times 10^4 \text{hm}^2$;该区域林地的增加面积也达到了 $440.82 \times 10^4 \text{hm}^2$,占同期全国林地增加面积的 59.26%。另外,东部地区生态服务功能的下降与该区域的经济快速发展和城市化进程迅速加快有关;而西部地区生态功能服务下降则与其本身脆弱的生态环境和西部部分地区的粗放开发有关。

3.2 不同类型生态服务功能变化

表 5 和图 2 比较了全国 1996~2004 年间不同类型生态服务功能的变化。从图 2 可以看出,全国土地利用变化导致的不同类型生态服务功能的变化趋势各不相同,其中食物供应(第一性生产力中的食品部分)、扰动调节(生态系统对环境波动的反应与适应)、生物控制(种群的营养-动态调节)等 3 种生态服务功能有所下降,分别下降了 0.33%、0.66%和 2.26%;而另外 14 种生态服务功能都有不同程度的

表 5 1996~2004 年间全国土地利用变化引起的生态服务价值变化(按生态服务功能类型划分)
Table 5 Ecosystem service value change resulted land use change in China (Base on the ecosystem service type, 1996~2004)

生态系统服务类型	1996 年 $\times 10^8$ /元	2004 年 $\times 10^8$ /元	增减率/%	生态系统服务类型	1996 年 $\times 10^8$ /元	2004 年 $\times 10^8$ /元	增减率/%
大气调节	630.02	631.46	0.23	传粉	918.97	920.26	0.14
气候调节	1 707.22	1 765.78	3.43	生物控制	703.93	688.03	-2.26
扰动调节	9 801.55	9 733.78	-0.69	栖息地	487.03	499.43	2.55
水分调节	9 903.54	10 144.01	2.43	食物供应	2 750.13	2 741.17	-0.33
水供应	6 844.94	6 905.91	0.89	原材料	539.90	555.70	2.93
侵蚀控制	529.63	529.81	0.03	基因资源	45.52	46.34	1.80
土壤形成	212.45	218.68	2.93	娱乐	1 310.59	1 344.70	2.60
营养物循环	50.06	51.07	2.01	文化	251.99	253.38	0.55
废物处理	6 752.62	6 803.98	0.76	合计	43 440.11	43 833.50	0.91

上升,其中气候调节功能(对区域乃至全球的气温、降雨量以及其他气候过程的调节作用)上升幅度最大,在1996~2004年间上升了3.43%。另外,土地利用的变化导致的全国土壤形成、原材料、娱乐、栖息地、水分调节、营养物循环等生态服务功能的增加幅度也都超过了2%。

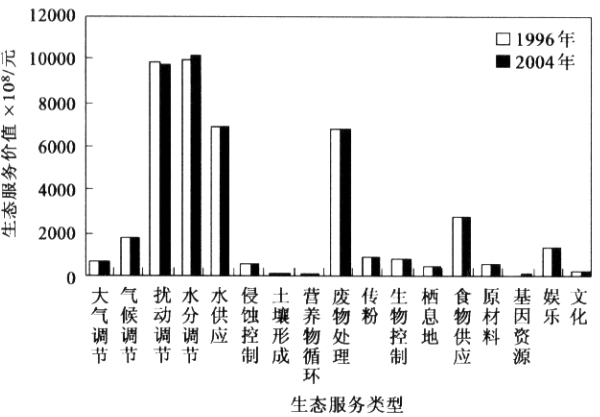


图2 全国1996年与2004年不同类型生态服务价值的比较
Fig. 2 Ecosystem service value comparison of different ecosystem service type in China(1996~2004)

3.3 不同土地利用类型的生态服务功能变化

如果将全国土地利用变化引起的生态服务价值变化按土地类型划分,其结果见表6和图3.从图3还可以看出,在所有土地利用类型中,水域(包括坑塘水面、湖/河/水库水面等)的生态服务功能最强.1996年,水域的生态服务价值占全国总体生态服务功能的34%,2004年则增加到了全国的36%;耕地的生态服务功能也较强,1996年占到了全国总体生态服务功能的29%,2004年为全国的28%.二者的生态服务功能之和超过了全国总生态服务功能的60%。

从不同土地利用类型的生态服务功能变化幅度来看,园地的生态服务功能增加幅度最大,达12.61%,其次为建设用地和林地.从对全国总体服务功能变化的贡献率来看,水域和林地的贡献率最大,分别为94.92%和64.63%,而沼泽地生态服务功能的下降显然对全国总体生态服务功能的增加具有负贡献。

虽然生态服务价值是一个可用来衡量区域生态环境质量的综合性指标,但由于其难于精确计算,因此计算结果会具有一定的不确定性,人们的关注重点应是区域生态服务功能的相对变化及其原因,而

不是计算出来的生态服务的绝对价值。

表6 1996~2004年间全国土地利用变化引起的生态服务价值变化(按土地利用类型划分)

土地利用类型	1996年 ×10 ⁸ /元	2004年 ×10 ⁸ /元	增减率 /%	贡献率 /%
耕地	1 223.43	1 155.75	- 5.53	- 17.20
园地	271.95	306.24	12.61	8.72
林地	7 779.64	8 033.88	3.27	64.63
牧草地包括荒草地	6 331.94	6 273.15	- 0.93	- 14.94
建设用地	41.17	44.25	7.46	0.78
水域	15 247.46	15 620.87	2.45	94.92
沼泽地	12 541.06	12 395.90	- 1.16	- 36.90
冰川、永久积雪	3.45	3.46	0.19	0.00
合计	43 440.11	43 833.50	0.91	100.00

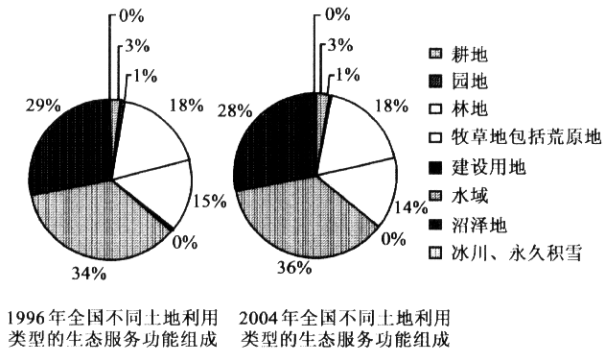


图3 1996~2004年全国不同土地利用类型生态服务价值的比较
Fig. 3 Comparison of ecosystem service value of different land use type in China(1996~2004)

4 结论

(1)对上一轮土地利用规划实施以来全国生态系统服务功能的变化及其原因进行了分析.在1996~2004年间,全国生态服务功能增加了0.91%;增加幅度较大的省份集中在我国中部地区;从生态服务功能类型看,增加最快的生态服务类型是气候调节功能,1996~2004年间增加了3.43%;下降幅度最大的生态服务类型是生物控制(种群的营养-动态调节)功能,同期下降了2.26%。

(2)由于是在大尺度上对全国土地利用变化的环境影响进行评价,很难考虑土地利用变化的污染型环境影响,因此本文只是对土地利用变化引起的非污染环境影响的一个方面——生态系统服务功能

的变化进行了研究,但土地利用的变化必然带来区域污染类型和污染强度的变化,例如农业土地利用变化导致的面源污染变化等,因此下一步的工作就是将把土地利用的非污染型环境影响(生态服务价值分析)与污染型环境影响(污染负荷变化)结合起来进行分析。

参考文献:

- [1] 张妍,尚金城. 规划层次上的环境影响评价[J]. 上海环境科学, 2002, 21(3): 153~156, 159.
- [2] 潘娣英,刘卫东. 浅谈土地利用规划的环境影响评价[J]. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(2): 134~137.
- [3] Per Bolund, Sven Hunhammar. Ecosystem services in urban areas[J]. *Ecological Economics*, 1999, 29: 293~301.
- [4] 杨枫,郑伟元,贾克敬,等. 德国规划的环境影响评价方法和步骤评介[J]. 中国土地科学, 2003, 17(4): 59~64.
- [5] 贾克敬,谢俊奇,郑伟元,等. 土地利用规划环境影响评价若干问题探讨[J]. 中国土地科学, 2003, 17(3): 15~20.
- [6] 白晓飞,陈焕伟. 土地利用的生态服务价值——以北京市平谷区为例[J]. 北京农学院学报, 2003, 18(2): 109~111.
- [7] 蔡玉梅,谢俊奇,杜官印,等. 规划导向的土地利用规划环境影响评价方法[J]. 中国土地科学, 2005, 19(2): 3~8.
- [8] 郑华,欧阳志云,赵同谦,等. 人类活动对生态系统服务功能的影响[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 118~126.
- [9] 国家环境保护总局. 中华人民共和国环境保护行业标准(HJ/T 130-2003)——规划环境影响评价技术导则(试行)[S]. 2003.
- [10] 国家环境保护总局. 中华人民共和国环境保护行业标准(HJ/T 131-2003)——开发区区域环境影响评价技术导则[S]. 2003.
- [11] Costanza R, d'Arge R, Groot R, *et al.* The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. *Nature*, 1997, 387: 253~260.
- [12] 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.
- [13] 谢高地,张德强,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.
- [14] Howarth R B, Farber S. Accounting for the value of ecosystem services[J]. *Ecological Economics*, 2002, 41: 421~429.
- [15] 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.