

基于生态足迹的澧水流域生态补偿研究

郭荣中¹, 申海建²

(1. 长沙环境保护职业技术学院, 长沙 410004; 2. 湖南省测绘科技研究所, 长沙 410004)

摘要:以澧水流域为研究对象,通过生态足迹的方法,实现生态系统服务价值与补偿量之间的转化,结合地区社会经济发展水平,测算了研究区域的生态补偿额度。研究表明:(1)从2001—2013年澧水流域各县(市、区)生态系统服务价值变化率来看,降幅最大的是澧县,其次是临澧县;增幅最大的是武陵源区,其次是桑植县。(2)2013年澧水流域的人均生态足迹为 3.2036 hm^2 ,而实际生态承载力为 0.6000 hm^2 ,人均可利用生态承载力为 0.5280 hm^2 ,则人均生态赤字为 -2.6756 hm^2 。(3)计算出了澧水流域各县(市、区)的生态补偿标准,其中澧县需要支付的生态补偿量最高,为26.97亿元;其次是石门县和临澧县,分别为8.87亿元和6.44亿元。研究结果将为澧水流域生态补偿机制的建立提供参考。

关键词:生态足迹;生态补偿;澧水流域

中图分类号:F301

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2017)02-0353-06

Studies on Ecological Compensation Based on Ecological Footprint in Lishui River Basin

GUO Rongzhong¹, SHEN Haijian²

(1. Changsha Environmental Protection Occupation Technical College, Changsha 410004, China; 2. Institute of Mapping of Hu'nan Province, Changsha 410004, China)

Abstract: Lishui River Basin was selected as the research site. The ecological compensation amount of the study area was calculated by combining with the regional social and economic development level, and using the calculation method of the ecological footprint. The results show that: (1) with respect to the change rate of the ecosystem service value in Lishui River Basin counties (cities, districts) from 2001 to 2013, the largest decrease was observed in Lixian, followed by Linli County, while the largest increase occurred in Wulingyuan District, followed by Sangzhi County; (2) the ecological footprint per capita in Lishui River Basin in 2013 was 3.2036 hm^2 , but the actual ecological carrying capacity was 0.6000 hm^2 , the ecological carrying capacity per capita was 0.5280 hm^2 , and the ecological deficit per capita was -2.6756 hm^2 ; (3) the ecological compensation standard of the counties (cities, districts) in Lishui River Basin was calculated, of which the amount of ecological compensation of Lixian was required to pay the highest value of 2.697×10^9 yuan, followed by the Shimen County, and Linli County with 8.87×10^8 and 6.44×10^8 yuan, respectively. The research results would provide supports to establish the ecological compensation mechanism in the Lishui River Basin.

Keywords: ecological footprint; regional ecological compensation; Lishui River Basin

生态补偿是在生态环境保护的背景下产生和发展起来的一种经济手段,已越来越受到人们的关注^[1-2]。“生态补偿”的本质内涵是生态服务功能受益者对生态服务功能提供者付费的行为^[3-5],所以生态系统服务价值的确定是区域生态补偿的基础,能为研究区域生态补偿提供量化标准。生态足迹计算方法^[6-11]是在对土

地面积量化的基础上,在需求层面上和供给层面上分别计算出生态足迹和生态承载力的大小,它能定量反映出区域的资源供给能力和资源消耗强度。研究表明,基于生态足迹的区域生态补偿研究,在一定程度上揭示了生态系统服务在供给和需求方面的地域差异,测度人类对自然界的需求与自然界所能够提供的生态

服务之间的差距,能提供不同区域对于生态系统的补偿依据。若地区的生态盈余,说明该地区生态系统所提供的生态服务价值是富余的,可向外输出,应获得生态补偿;反之,则应支付生态补偿,从而确定区域对生态价值的消费程度,并建立区域间生态服务价值流转的配比关系,测算生态补偿值^[12-16]。本文以澧水流域为研究对象,分析研究区域内各县(市、区)2001—2013 年 13 a 间生态系统服务的时间变化和空间分异情况,引入生态足迹理论,揭示生态系统服务在供给和需求方面的地域差异,并提供不同区域对于生态系统的不同补偿量,评价结果将促进澧水流域生态环境保护和经济社会的可持续发展,同时对国内其他区域开展类似工作也具有重要的借鉴和参考价值。

表 1 澧水流域土地利用类型面积变化

土地类型	土地利用分类面积/hm ²					总面积增
	2001 年	2004 年	2007 年	2010 年	2013 年	减量/hm ²
耕地	343415.95	335766.19	334506.20	335538.27	337860.08	—5555.87
园地	69240.06	69737.65	69904.87	69466.74	68814.01	—426.05
林地	1043848.06	1054914.80	1055812.24	1054140.84	1051723.56	7875.50
草地	40114.07	36611.76	36514.55	35966.73	35113.26	—5000.81
湿地	17886.18	17155.94	16916.54	16681.39	16237.71	—1648.47
居民点及工矿用地	79705.92	79634.10	80102.29	81545.41	83541.54	3835.62
交通用地	17944.06	18858.34	19073.66	19573.91	19878.80	1934.74
水域	100015.11	100173.89	100143.21	100326.55	100139.56	124.45
未利用土地	21765.98	21082.71	20961.80	20695.54	20626.86	—1139.12

2.2 研究方法

2.2.1 生态系统服务价值评估方法 在生态系统服务价值当量因子和基准单价的修正上,该研究基于 Costanza、谢高地等^[18-20]的生态系统服务价值理论和方法,并将谢高地等的研究成果修正到澧水流域尺度范围内,由此计算出澧水流域不同生态系统单位面积生态服务价值。在土地利用类型与生态系统类型及价值的对应上,按照耕地、林地、未利用地分别与农田、森林、荒漠对应;园地对应于森林和草地,相应数据取二者平均值;居民点及工矿用地和交通用地对应于建设用地(其生态系统服务价值取 0)。生态系统服务价值(ESV)的计算公式为:

$$ESV = \sum (A_k \times VC_k) \tag{1}$$

式中: A_k 为土地利用类型 k 的面积(hm²); VC_k 为单位面积土地利用类型 k 的生态系统服务价值[元/(hm²·a)]。

2.2.2 生态足迹和生态承载力的计算 在生态足迹的计算中,首先是按生物资源消费和能源消费计算各类消费帐户的人均生态足迹,将各种资源和能源消费项目折算为耕地、林地、草地、建筑用地、化石燃料土地和水域 6 种类型的生态生产性土地面积,并将各种类型的生物生产性土地面积再乘以一个相应的均衡因

1 研究区概况

澧水,位于湖南省西北部,地理位置在北纬 29°30′—30°12′,东经 109°30′—112°0′。以中源桑植杉木界为干流起始点,至常德津市小渡口入洞庭湖,河长 388 km,流经桑植、永定区、武陵源区、慈利、石门、临澧、澧县、津市等县(市、区)。

2 数据来源与研究方法

2.1 数据来源

土地利用基础数据来源于湖南省国土资源部门 2001—2013 年土地变更调查和第二次土地调查成果,社会经济数据来源于同期《湖南统计年鉴》^[17]。

子^[2],以使不同生物生产性土地类型的空间汇总为区域的生物生产力和生态足迹。为充分体现研究区域的地域特点,本文均衡因子采用刘某承等^[21]的研究成果,根据植被的净初级生产力计算出湖南省各种土地类型的均衡因子,即农地、林地、畜牧地、渔业水域、建筑用地、能源用地分别取值 1.32,0.82,0.71,0.56,1.32,0.82。区域人均生态足迹(ef)的计算公式为:

$$ef = \sum r_i A_i = \sum r_i (P_i + I_i - E_i) / (Y_i \times N) \tag{2}$$

式中: A_i 为各类消费帐户的人均生态足迹; i 为消费项目的类型; Y_i 为食物生产性土地第 i 种消费项目的世界平均产量; P_i, I_i, E_i 分别为第 i 种消费项目的年生产量、年进口量、年出口量; N 为人口数; r_i 为均衡因子。

区域总人口的生态足迹(EF)计算公式为:

$$EF = N \cdot (ef) \tag{3}$$

式中: N 为人口数。

在计算生态承载力时,为不同区域同类生物生产性土地面积可进行对比,将其面积乘以一个相应的产量因子^[2]。区域人均生态承载力(ec)的计算公式为:

$$ec = \sum C_j = \sum a_j \times r_j \times y_j \tag{4}$$

式中: C_j 为第 j 种消费项目的人均生态承载力分量;

a_j 为人均生物生产面积; r_j 和 y_j 分别为均衡因子和产量因子。

区域总生态承载力(EC)的计算公式为:

$$EC=N\times(ec) \tag{5}$$

式中: N 为人口数。

本文首先进行澧水流域耕地的产量因子修正,因为耕地的产量因子是由不同类型作物产量因子加权计算所得,其中作物的产量因子取澧水流域内作物平均产量与全球平均产量的比值。计算结果见表 2,得

出澧水流域耕地产量因子为 1.459 6。然后再结合刘某承等^[22]的研究成果,根据植被的净初级生产力计算出湖南省各种土地类型的产量因子,即耕地、草地、林地、建筑用地、水域、CO₂ 吸收分别取值 1.43,3.00,1.10,1.43,3.00,0.00。为使研究结果更能反映澧水流域的区域特点,本文以耕地调整系数(1.459 6/1.43=1.02)为基准,同比将澧水流域内草地、林地、建筑用地、水域、CO₂ 吸收的产量因子同步修正为 3.06,1.12,1.46,3.06,0.00。

表 2 2013 年澧水流域耕地产量因子计算结果

作物类型	2013 年 产量/t	种植面积/ 10 ³ hm ²	各类型作物 平均产量/ (kg·hm ⁻²)	全球平均 产量/ (kg·hm ⁻²)	各类型作物 产量因子	占耕地 比重/%	澧水流域耕地 产量因子
稻谷	1345322	235.74	5707	2744	2.08	36.72	
小麦	22645	10.47	2163	2744	0.79	1.63	
玉米	293376	68.71	4270	2744	1.56	10.70	
高粱(及其他杂粮)	3147	1.59	1979	2744	0.72	0.25	
豆类	31575	19.68	1604	1856	0.86	3.07	
薯类	116697	37.85	3083	12607	0.24	5.90	
棉花	55296	32.89	1681	1000	1.68	5.12	1.4596
油料	293918	159.35	1844	1856	0.99	24.82	
麻类	4413	2.27	1944	1500	1.30	0.35	
甘蔗	19573	0.92	21275	18000	1.18	0.14	
烟叶	23002	10.99	2093	1548	1.35	1.71	
蔬菜	1224753	58.67	20875	18000	1.16	9.14	
瓜果类	65839	2.89	22782	18000	1.27	0.45	

2.2.3 生态盈余与生态赤字的计算 生态赤字(ED)是指人均生态足迹与人均生态承载力之差,若 ED<0,就出现生态赤字,说明区域生态足迹超过了区域所能提供的生态承载力;反之 ED>0,则表现为生态盈余,表明区域的生态供给可以承受人类负荷。计算公式如下:

$$ED=EF-EC=N\times(ef-ec) \tag{6}$$

式中:EF,EC,N,ef,ec 的含义同前。

2.2.4 生态补偿标准的确定 本文在计算研究区域生态补偿标准时,结合区域经济发展水平,引入修正系数 r_i ,具体的表达式如下:

$$r_i=\frac{Iec_i}{Iec}\times\frac{GDP_i}{GDP} \tag{7}$$

式中: Iec_i 和 GDP_i 分别表示区域 i 的人均生态赤字和国内生产总值(元/a); Iec 和 GDP 分别指总研究区域的人均生态赤字和国内生产总值(元/a)。

然后再用生态足迹的方法计算研究区的生态足迹和生态承载力,确定地区应支付或获得的生态补偿,实现生态系统服务价值与补偿量之间的转化。具体的计算公式为:

$$E=|ef-ec|\times N\times ESV\times r_i \tag{8}$$

式中: E 为生态补偿价值; N 为研究区总人口; r_i 为修正系数; ESV 为生态系统服务价值。

3 结果与分析

3.1 澧水流域各县(市、区)生态系统服务价值

由式(1)计算可知,澧水流域各县(市、区)生态系统服务价值的变化情况(表 3)。由表 3 可以看出,2001—2013 年桑植县、武陵源区、慈利县、石门县生态系统服务价值均表现为净增,其中桑植县的增加量最大,达到 1.18×10^7 元。永定区、临澧县、澧县、津市市生态系统服务价值均表现为净减,其中澧县的减少量最大,达到 2.62×10^7 元。从各县(市、区)生态系统服务价值变化率来看,增幅最大的是武陵源区,其次是桑植县,增幅分别为 0.488 9%和 0.186 2%。降幅最大的是澧县,其次是临澧县,分别为-0.6514%和-0.5748%。

3.2 澧水流域 2013 年生态足迹和生态承载力

本文根据澧水流域的实际消费情况,将生物资源消费分为农产品、动物产品、林产品等几大类消费项目,并对各大类进行详细分类,主要对应耕地、草地、林地、水域 4 类生物生产性土地,在计算中使用联合国粮农组织的有关生物资源的世界平均产量数据。并由式(2)、式

(3)计算出 2013 年澧水流域生物资源生态足迹(表 4)。同时选取澧水流域主要耗能 11 种进行能源消费计算,除了将电力消费转化为建筑用地面积外,其他的原煤、天然气等一次能源的消费统一为化石燃料用地面积。

并计算出 2013 年澧水流域能源生态足迹(表 5)。由式(4)、式(5)和式(6),根据澧水流域 2013 年实际能够提供的人均生物生产面积,计算 2013 年澧水流域生态承载力与生态赤字(表 6)。

表 3 2001—2013 年澧水流域各县(市、区)生态系统服务价值

县(市/区)	生态系统服务价值/(10 ⁸ 元·a ⁻¹)					2001—2013 年生态	2001—2013 年生态
	2001 年	2004 年	2007 年	2010 年	2013 年	系统服务价值变化 量/(10 ⁷ 元·a ⁻¹)	系统服务价值 变化率/%
桑植县	63.36	63.56	63.53	63.52	63.48	1.18	0.1862
永定区	39.47	39.43	39.43	39.32	39.25	-2.23	-0.5641
武陵源区	7.53	7.58	7.58	7.57	7.57	0.37	0.4889
慈利县	63.24	63.27	63.32	63.36	63.31	0.62	0.0973
石门县	68.74	68.93	68.88	68.83	68.81	0.61	0.0883
临澧县	20.10	20.24	20.17	20.10	19.98	-1.16	-0.5748
澧县	40.20	40.35	40.34	40.24	39.94	-2.62	-0.6514
津市市	11.06	11.09	11.10	11.07	10.99	-0.63	-0.5684

表 4 2013 年澧水流域生物资源生态足迹消费

项目	全球平均生产量/ (kg·hm ⁻²)	生产量/t	总的生态足迹/ (hm ² /人)	人均生态足迹/ (hm ² /人)	生产土地 类型
稻谷	2744	1345322	490278	0.136484	耕地
小麦	2744	22645	8253	0.002297	耕地
玉米	2744	293376	106915	0.029763	耕地
高粱(及其他杂粮)	2744	3147	1147	0.000319	耕地
豆类	1856	31575	17012	0.004736	耕地
薯类	12607	116697	9257	0.002577	耕地
棉花	1000	55296	55296	0.015393	耕地
油料	1856	293918	158361	0.044085	耕地
麻类	1500	4413	2942	0.000819	耕地
甘蔗	18000	19573	1087	0.000303	耕地
烟叶	1548	23002	14859	0.004137	耕地
蔬菜	18000	1224753	68042	0.018942	耕地
瓜果类	18000	65839	3658	0.001018	耕地
猪肉	74	275383	3721392	1.035965	草地
家禽肉	33	89439	2710273	0.754488	草地
牛肉	33	13556	410788	0.114356	草地
羊肉	33	15086	457152	0.127262	草地
其他肉类	33	989	29970	0.008343	草地
牛奶	502	5315	10588	0.002947	草地
园林水果	3500	766183	218909	0.060940	林地
茶叶	566	11057	19535	0.005438	林地
木材	1.99	28	142864	0.039771	林地
水产品	29	130994	4517034	1.257456	水域

注:木材的全球平均产量的单位为 m³/hm²,其生物量的单位为 10⁴m³。

由表 6 可知,2013 年澧水流域的人均生态足迹为 3.203 6 hm²,而实际生态承载力为 0.600 0 hm²,扣除要预留 12%的生物多样性保护用地后,人均可利用生态承载力为 0.528 0 hm²,则人均生态赤字为 -2.675 6 hm²。其中耕地、草地、水域、化石能源用地的生态足迹都为赤字,反映了澧水流域对这四类用地的需求都过高,澧水流域的耕地面积从 2001 年的 343 415.95 hm² 减少到了 2013 年的 337 860.08 hm²,草地面积从 2001 年的 40 114.07 hm² 减少到了 2013 年的 35 113.26 hm²,这是导致研究区域生态承载力降低的主要原因。而林地和建筑用地的生态足迹为盈余,澧水流域的林地面积从 2001 年的 1 043 848.06 hm² 增加到了 2013 年的 1 051 723.56 hm²,居民点及工矿用地面积从 2001 年的 79 705.92 hm² 增加到了 2013 年的 83 541.54 hm²,交通用地面积从 2001 年的 17 944.06 hm² 增加到了 2013 年的 19 878.80 hm²,

反映了澧水流域人均林地和建筑用地的需求在生态系统承载范围之内。

3.3 生态补偿值的确定

按照式(6)分别计算澧水流域各县(市、区)的生态赤字/盈余情况,结果见表 7。可以看出,2013 年澧水流域八个县(市、区)均为生态赤字,其中澧县的生态赤字情况最为严重,需要为占用生态资源而支付生态补偿。按照式(7)、式(8)计算可得澧水流域各县(市、区)生态补偿标准,其中澧县需要支付的生态补偿量最高,为 26.97 亿元;其次是石门县和临澧县,分别为 8.87 亿元和 6.44

亿元。桑植县需要支付的生态补偿量最少,仅为 23.01 万元。澧县在 2001—2013 年期间的生态系统服务价值的减少量和下降幅度都在澧水流域八个县(市、区)中居首位,这说明,位于澧水流域下游地区的澧县经济活跃,建设用地增加较快,需要支付更多的生态补偿量。而桑植县和武陵源区需要支付的生态补偿量相对较少,这两个地区位于澧水流域上游和中游,说明澧水流域上、中游地区受人类干扰较小,生态环境较好。这就为开展流域生态补偿机制的建立提供参考,为生态建设规划和生态文明建设提供科学的依据和指导。

表 5 2013 年澧水流域能源生态足迹

项目	全球平均能源 足迹/(GJ·hm ⁻²)	折算系数/ (GJ·t ⁻¹)	消费量/ t	人均消费量/ (GJ/人)	人均生态足迹/ (hm ² /人)	生态生产性 土地类型
原煤	55	20.934	6798138	39.6170	0.7203	化石燃料土地
洗精煤	55	26.344	2249	0.0165	0.0003	化石燃料土地
焦炭	55	28.470	162790	1.2902	0.0235	化石燃料土地
汽油	93	43.124	3515	0.0422	0.0005	化石燃料土地
煤油	93	43.124	219	0.0026	0.0000	化石燃料土地
柴油	93	42.705	12479	0.1484	0.0016	化石燃料土地
燃料油	71	50.160	448	0.0063	0.0001	化石燃料土地
其他石油制品	71	50.160	215	0.0030	0.0000	化石燃料土地
液化石油气	71	50.160	41	0.0006	0.0000	化石燃料土地
天然气/10 ³ m ³	93	38.979	4427	0.0480	0.0005	化石燃料土地
电力/10 ⁴ kW·h	1000	11.840	1109329	3.6564	0.0037	建筑用地

表 6 2013 年澧水流域生态承载力与生态赤字

土地类型	生态足迹			土地类型	生态承载力		
	人均面积/ (hm ² /人)	均衡 因子	人均均衡面积/ (hm ² /人)		人均面积/ (hm ² /人)	均衡 因子	人均均衡面积/ (hm ² /人)
耕地	0.2609	1.32	0.3444	耕地	0.0941	1.46	0.1813
草地	2.0434	0.71	1.4508	草地	0.0098	3.06	0.0212
林地	0.1061	0.82	0.0870	林地	0.3119	1.12	0.2865
建筑用地	0.0037	1.32	0.0048	建筑用地	0.0288	1.46	0.0555
水域	1.2575	0.56	0.7042	水域	0.0324	3.06	0.0555
化石能源用地	0.7468	0.82	0.6124	CO ₂ 吸收	0.0000	0.00	0.0000
合计			3.2036	生态承载力			0.6000
				生物多样性保护(12%)			0.0720
				可利用生态承载力			0.5280
				生态赤字			-2.6756

表 7 2013 年澧水流域各县(市、区)生态补偿额度测算

行政区 名称	人均生态足迹/ (hm ² /人)	生态足迹/ (hm ² /人)	人均可利用生态承 载力/(hm ² /人)	可利用生态承载 力/(hm ² /人)	生态赤字/ (hm ² /人)	不加修正系数的生态 补偿金额/万元	修正 系数	修正后的生态 补偿金额/万元
桑植县	0.63	383791.92	0.5498	335629.16	-48162.75	87970.95	0.000262	23.01
永定区	1.43	650112.28	0.4822	219256.96	-430855.32	779603.43	0.008605	6708.52
武陵源区	0.99	59690.60	0.6108	36647.66	-23042.94	43855.98	0.000849	37.24
慈利县	2.30	966974.76	0.8551	360268.11	-606706.64	1099884.71	0.010827	11907.95
石门县	3.45	2073240.53	0.6706	403032.36	-1670208.17	2894594.19	0.030644	88701.09
临澧县	3.98	1676272.85	0.3919	165103.61	-1511169.25	2508269.81	0.025688	64432.54
澧县	3.92	3131539.86	0.3681	294320.47	-2837219.39	5460229.13	0.049397	269719.07
津市市	3.96	1022418.93	0.32	82360.33	-940058.60	1858043.33	0.022093	41050.04

4 结论与讨论

(1) 从2001—2013年澧水流域各县(市、区)生态系统服务价值变化率来看,降幅最大的是澧县,其次是临澧县,分别为-0.6514%和-0.5748%;增幅最大的是武陵源区,其次是桑植县,增幅分别为0.4889%和0.1862%。

(2) 2013年澧水流域的人均生态足迹为3.2036 hm^2 ,而实际生态承载力为0.6000 hm^2 ,扣除要预留12%的生物多样性保护用地后,人均可利用生态承载力为0.5280 hm^2 ,则人均生态赤字为-2.6756 hm^2 。反映了该研究区域生态系统为人类提供各种服务能力在持续下降,需要通过从外地不断地输入生态足迹,才能维持现有的生活水平和消费水平。

(3) 文章计算出了澧水流域各县(市、区)的生态补偿标准,其中澧县需要支付的生态补偿量最高,为26.97亿元;其次是石门县和临澧县,分别为8.87亿元和6.44亿元。从结果来看,生态赤字大的地区支付的生态补偿量就大,这就需要各区域要积极探索如何提高资源使用效率,保护生态环境,以有效地缓解生态赤字带来的压力,确保生态系统持续地为经济发展提供服务价值。另外,本文的生态补偿标准是在生态足迹、生态系统服务价值的基础上进行核算的,同时考虑了区域GDP对其的影响,该方法为当地政府制定完善的生态补偿政策提供科学依据和决策支持,并可运用于不同空间尺度的区域生态补偿。

参考文献:

- [1] 李利军. 成本倒逼, 利益引导: 合理运用排污权制度消解经济与环境矛盾[J]. 石家庄铁道大学学报: 社会科学版, 2013, 7(3): 1-6.
- [2] Tietenberg, Tom. Environment and Natural Resource Economics[M]. Sixth Edition. Beijing: Tsinghua Press, 2005.
- [3] 王女杰, 刘建, 吴大千, 等. 基于生态系统服务价值的区域生态补偿: 以山东省为例[J]. 生态学报, 2010, 30(23): 6646-6653.
- [4] 张落成, 李青, 武清华. 天目湖流域生态补偿标准核算探讨[J]. 自然资源学报, 2011, 26(3): 412-418.
- [5] 杨光梅. 基于生态系统服务的生态补偿理论与实证研究[D]. 北京: 中国科学院研究生院, 2007.
- [6] Rees W, Wackernagel M. Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable—and why they are a key to sustainability[J]. Environmental impact assessment review, 1996, 16(4): 223-248.
- [7] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[C]. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.
- [8] Rees W E. Revisiting carrying capacity: area-based indicators of sustainability[J]. Population and Environment, 1996, 17(3): 195-215.
- [9] 郑晖, 石培基, 何娟娟. 甘肃省生态足迹与生态承载力动态分析[J]. 干旱区资源与环境, 2013, 27(10): 13-18.
- [10] 张佳琦, 段玉山, 伍燕南. 基于生态足迹的苏州市可持续发展动态研究[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(2): 177-183.
- [11] 安宝晟, 程国栋. 西藏生态足迹与承载力动态分析[J]. 生态学报, 2014, 34(4): 1002-1009.
- [12] 李晓光, 苗鸿, 郑华, 等. 生态补偿标准确定的主要方法及其应用[J]. 生态学报, 2009, 29(8): 4431-4440.
- [13] 庄添淇. 基于生态足迹和服务价值的生态补偿研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2012.
- [14] 张皓玮, 方斌, 魏巧巧, 等. 区域耕地生态价值补偿量化模型构建: 以江苏省为例[J]. 中国土地科学, 2015, 29(1): 63-70.
- [15] 肖建红, 王敏, 于庆东, 等. 海岛型旅游目的地生态补偿标准方法体系的构建与应用[J]. 生态学报, 2016, 36(2): 1-16.
- [16] 苏浩, 雷国平, 李荣印. 基于生态系统服务价值和能值生态足迹的河南省耕地生态补偿研究[J]. 河南农业大学学报, 2014, 48(6): 765-769.
- [17] 湖南统计年鉴 [Z]. 北京: 中国统计出版社, 2002—2014.
- [18] Costanza R, d'Arge R, De Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital [J]. Nature, 1997, 386(6630): 253-260.
- [19] 谢高地, 鲁春霞, 冷允法, 等. 青藏高原生态资产的价值评估[J]. 自然资源学报, 2003, 18(2): 189-196.
- [20] 谢高地, 肖玉, 甄霖, 等. 我国粮食生产的生态服务价值研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(3): 10-13.
- [21] 刘某承, 李文华. 基于净初级生产力的中国各地生态足迹均衡因子测算[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(5): 401-406.
- [22] 刘某承, 李文华, 谢高地. 基于净初级生产力的中国生态足迹产量因子测算[J]. 生态学报, 2010, 29(3): 592-597.