

## 湖北省“两圈”生物资源生态足迹动态分析\*

何伟<sup>1,2</sup> 胡鸿兴<sup>2</sup> 沈虹<sup>1</sup> 王钰<sup>2</sup> 徐福留<sup>1</sup>

(1. 北京大学城市与环境学院,北京 100871;2. 武汉大学资源与环境科学学院,湖北 武汉 430079)

**摘要** 本文对1998-2008年湖北省武汉城市圈和鄂西生态文化旅游圈的生物资源生态足迹及其组成、人均生物资源生态足迹、生物资源生态承载量和生物资源生态赤字(盈余)进行了动态分析。研究表明,武汉城市圈生物资源生态足迹组成以耕地为主,其他生态生产性用地的足迹比例较小,各市州生物资源生态足迹整体呈现逐年增加的趋势,人均生物资源生态足迹小于省均值,生物资源生态承载力先升高后降低,各市州生物资源生态承载力由大到小排序为:黄冈、孝感、武汉、咸宁、天门、黄石、仙桃、鄂州、潜江,生态赤字呈增大趋势;鄂西生态圈除神农架外其他各市州的生物资源生态足迹均较大,林地足迹占主要地位,其总量对全省的贡献较大;人均生物资源生态足迹大于省均值,生物资源生态承载力呈增高趋势,各市州由大到小排序为:宜昌、十堰、襄樊、荆州、恩施、随州、荆门、神农架,该圈一直保持很高的生物资源生态盈余,但盈余值有减小的趋势。

**关键词** 武汉城市圈;鄂西生态文化旅游圈;生物资源;生态足迹;生态承载力

**中图分类号** F062.4 **文献标识码** A **文章编号** 1002-2104(2011)02-0167-08 **doi:10.3969/j.issn.1002-2104.2011.02.029**

生态足迹自20世纪90年代初由加拿大生态经济学家Rees<sup>[1]</sup>首次提出,Wackernagel<sup>[2]</sup>对模型进行改进以来,其应用范围从国家尺度发展到县域尺度<sup>[3]</sup>,逐步延伸到旅游<sup>[4]</sup>、温室气体排放<sup>[5]</sup>、交通运输<sup>[6]</sup>等领域。WWF 2000年起每两年发布一次《Living Planet Report》,对各国生态足迹进行报道,是国际评价各国发展可持续性现状的权威报告<sup>[7]</sup>。传统生态足迹基于消费,供给和贸易,但贸易在计算中往往因缺少数据而难以涉及,因此,熊德国等<sup>[8]</sup>提出生产性生态足迹的概念,它指一个区域每年从生态系统中实际取得的生物产量所需要的生态生产性面积,真正反映了人类活动对当地生态系统的压力。2007年,湖北省“武汉城市圈”的总体规划得到国务院批准<sup>[9]</sup>,为了平衡省内发展,落实科学发展观,促进区域经济又好又快发展,鄂西生态圈构建也于2008年提上日程<sup>[10]</sup>。两型社会和生态圈的构建,其根本在于解决人口、资源与环境三者之间的矛盾,坚持走可持续发展的道路。本文用生物资源(生产性)生态足迹对湖北省17市州1998-2008年的生物资源生态足迹及其组成进行了计算,以期对湖北省“两圈”建设制定切实可行的可持续发展规划提供参考。

## 1 研究区域概况

武汉城市圈,是以武汉为中心,100 km左右为半径,呈放射状分布的城市群,包括武汉、黄石、鄂州、孝感、黄冈、咸宁、仙桃、天门、潜江九城市。圈内的人口占全省的50.4%,面积占全省的33%,经济总量则占全省的60%,工商业主要指标占全省的57%-60%(2004年)。鄂西生态圈,指由襄樊、荆州、宜昌、十堰、荆门、随州、恩施、神农架8个市(州、林区)构成的圈域;该圈是全国重要的生态功能区、最大的水电基地,是湖北省重要的农产品基地和制造业基地;该圈生态资源丰富,历史文化积淀深厚,具有依托富集生态资源发展可持续经济的后发优势。

## 2 数据来源与研究方法

本文研究使用的数据包括1998-2008年的湖北省17市州农、林、牧、渔业生物资源生产量<sup>[11-12]</sup>,耕地变动数据<sup>[11]</sup>,土地利用数据<sup>[13]</sup>,人口变动数据<sup>[11]</sup>,国土面积数据<sup>[11]</sup>,湖北省部分生物资源单位面积生产量数据<sup>[11]</sup>,中国

收稿日期:2010-10-26

作者简介:何伟,博士生,主要研究方向为湿地健康与POPs风险评价。

通讯作者:胡鸿兴,教授,主要研究方向为生态资源及保护生物学。

徐福留,博士,教授,博导,主要研究方向为污染物的表生行为及其环境效应。

\* 湖北省鄂西生态文化旅游圈发展总体规划项目(2008-2009)和国家杰出青年基金项目(编号:40725004)资助。

相关生物资源单位面积生产量数据<sup>[14]</sup>,世界相关生物资源单位面积生产量数据<sup>[15]</sup>和湖北省县级以上自然保护区保护区分布及面积<sup>[16]</sup>。

采用 Microsoft Excel 2003 进行数据分析及图表制作,采用 MapInfo 8.5 进行专题图绘制。

## 2.1 生物资源生态足迹模型

### 2.1.1 基本模式

生态足迹是将资源消耗量按照区域的生态生产能力分别折算成具有生态生产力的化石能源地、可耕地、牧草地、林地、建设用地和水域六类生态生产性土地的面积  $A_j$ , 计算方法如式(1):

$$A_j = eF_j \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{EP_i} = eF_j \sum_{i=1}^n \frac{(P_i + I_i - E_i)}{EP_i} \quad (1)$$

式中:  $A_j$ —第  $j$  类生态生产性土地的面积,  $\text{hm}^2$ , 其中  $j=0, 1, 2, 3, 4, 5$  分别代表以上六种土地类型;  $EP_i$ —第  $i$  类产品的单位面积产量,  $\text{t}/\text{hm}^2$ ;  $C_i$ —第  $i$  类产品的资源消费量,  $\text{t}$ ;  $P_i$ —第  $i$  类产品的资源生产量,  $\text{t}$ ;  $E_i$ —第  $i$  类产品的资源出口量,  $\text{t}$ ;  $I_i$ —第  $i$  类产品的资源进口量,  $\text{t}$ ;  $eF_j$ —第  $j$  类土地类型的均衡因子;  $n$ —该土地类型所涉及的产品数目。

### 2.1.2 应用模式

生态足迹所涉及到的“全球公顷”往往不适于较小区域生态足迹的计算,因此,研究者提出了“国家公顷”<sup>[17]</sup>、“省公顷”<sup>[18]</sup>。本研究尺度为市州级别,采用“省公顷”更符合实际(见表1)。生态足迹包括生物资源生态足迹、能源生态足迹及贸易所产生的生态足迹,本文仅就生物资源生态足迹(ecological footprint of biological resource, EFBR)进行计算,如下:

$$EF_{total} = \sum_{j=1}^4 A_j = \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^n \frac{eF_j \times P_i}{EP_i} \quad (2)$$

式中:  $A_j$ —同上,分别是可耕地、牧草地、林地和水域。

### 2.2 生物资源生态承载力模型

本文的生物资源生态承载力(ecological capacity of biological resource, ECBR)舍去化石能源地和建设用地,包

括其他4种类型,其中生物多样性用地与各地区国土面积相关。计算公式如下:

$$EC_{total} = (1 - bd) \sum_{j=1}^4 EC_j = (1 - \frac{A_R}{A_L}) \sum_{j=1}^4 a_j \times yF_j \times eF_j \quad (3)$$

式中:  $a_j$ —第  $j$  类生态生产性土地的实际面积,  $\text{hm}^2$ , 分别是可耕地、牧草地、林地和水域;  $yF_j$ —第  $j$  类土地类型的产量因子,这里取由“省公顷”计算得到的1998-2008年各市州土地产量调节因子;  $eF_j$ —均衡因子,同前;  $EC_j$ —第  $j$  种土地类型的总生态足迹,  $\text{hm}^2$ ;  $EC_{total}$ —4种土地类型的总生态足迹,  $\text{hm}^2$ ;  $bd$ —保护生物多样性而排除的生态用地面积比例, %;  $A_R$ —该地区自然保护区所占国土面积,该值既可是实际值,也可是预估值,  $\text{hm}^2$ ;  $A_L$ —该地区国土面积,  $\text{hm}^2$ 。

### 2.3 人均生态足迹

将总生态足迹除以其总人口数,即为人均生态足迹(EFBR per capita, EFBRC),如此可得人均生态承载力(ECBR per capita, ECBRC),如式(4)和(5)。

$$\overline{EF} = EF_{total} / N \quad (4)$$

$$\overline{EC} = EC_{total} / N \quad (5)$$

式中:  $\overline{EF}$ —人均生态足迹,  $\text{hm}^2/\text{cap}$ ;  $\overline{EC}$ —人均生态承载力,  $\text{hm}^2/\text{cap}$ ;  $N$ —人口数量,  $\text{cap}$ 。

## 3 结果与分析

### 3.1 武汉城市圈生物资源生态足迹(EFBR)及其组成

圈内各市州耕地足迹所占比例均最大,牧草地足迹比例最小;武汉城市圈水域足迹占全省的比例达到55.1%(11年均值)。各市州11年来的EFBR整体呈现逐年增加的趋势,除孝感和黄冈外,其他市州变化不大(见表2),其中黄冈市EFBR变化最大,极差为  $4.89 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ;鄂州最小,极差为  $9.87 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。9市州中,黄冈的EFBR最大,它的耕地足迹大于其他圈内市州,水域足迹和林地足迹也较大。孝感EFBR排名第二,其耕地生态足迹也位列第二。武汉市作为湖北省省会,同时也是武汉城市圈的核

表1 1998-2008年湖北省土地类型均衡因子

Tab. 1 Equivalence factors of land use in Hubei province from 1998 to 2008

年份 Year	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	平均值 Mean
可耕地	1.16	1.16	1.19	1.19	1.22	1.26	1.32	1.29	1.23	1.35	1.33	1.25
牧草地	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
水域	1.03	0.99	1.10	1.09	1.17	1.27	1.28	1.28	1.23	1.36	1.36	1.20
森林	0.68	0.86	0.97	1.27	1.26	1.43	1.21	1.15	1.22	1.12	1.31	1.14

表2 1998-2008年武汉城市圈生物资源生态足迹及其组成( $10^4 \text{ hm}^2$ )

Tab.2 EFBR and its composition in Wuhan urban circle (WUC) from 1998 to 2008

年份 Year	类型 Type	武汉城市圈 WUC*	武汉 WH	黄石 HS	鄂州 EZ	孝感 XG	黄冈 HG	咸宁 XN	仙桃 XT	天门 TM	潜江 QJ
1998	耕地	301.54	40.24	14.01	10.49	68.19	79.27	30.19	23.12	19.11	16.92
	牧草地	0.51	0.09	0.02	0.02	0.11	0.14	0.04	0.03	0.03	0.03
	水域	36.12	7.74	2.02	2.26	6.64	7.91	2.21	3.58	1.83	1.92
	林地	25.72	1.49	0.57	0.25	5.04	7.43	8.26	1.51	0.53	0.64
1999	耕地	269.57	40.17	16.41	10.96	33.55	78.98	30.83	23.16	19.24	16.27
	牧草地	0.52	0.09	0.03	0.02	0.12	0.13	0.04	0.02	0.04	0.03
	水域	39.08	8.83	2.23	2.06	7.32	8.20	2.25	4.04	1.97	2.17
2000	耕地	287.35	37.93	17.30	10.00	53.13	81.76	29.76	20.26	20.37	16.84
	牧草地	0.63	0.11	0.03	0.06	0.11	0.16	0.06	0.03	0.04	0.03
	水域	41.77	9.70	2.40	2.37	7.31	8.34	2.51	4.78	2.01	2.36
2001	耕地	271.38	36.72	18.23	9.13	45.31	78.71	27.54	19.40	19.85	16.48
	牧草地	0.63	0.12	0.03	0.02	0.12	0.18	0.07	0.03	0.03	0.03
	水域	45.39	10.48	2.55	2.78	7.66	8.55	3.00	5.80	2.10	2.47
2002	耕地	265.91	37.46	17.17	8.02	49.36	76.05	27.24	17.35	19.20	14.07
	牧草地	0.72	0.13	0.06	0.03	0.14	0.20	0.07	0.04	0.03	0.03
	水域	50.62	11.50	2.71	3.60	8.72	9.24	3.58	6.31	2.32	2.63
2003	耕地	273.61	37.20	17.62	8.31	49.97	79.19	25.71	19.23	20.94	15.44
	牧草地	0.87	0.15	0.07	0.03	0.16	0.26	0.09	0.04	0.04	0.04
	水域	57.41	12.80	3.01	4.42	10.08	10.21	4.18	7.22	2.55	2.94
2004	耕地	256.91	44.56	19.55	7.14	48.23	68.92	25.91	14.07	14.81	13.72
	牧草地	1.17	0.16	0.07	0.16	0.16	0.39	0.10	0.04	0.04	0.05
	水域	61.27	13.30	3.21	5.53	10.67	10.55	4.57	7.63	2.72	3.07
2005	耕地	330.34	44.97	19.50	10.01	61.55	94.15	33.69	23.98	23.51	18.98
	牧草地	0.92	0.17	0.06	0.03	0.17	0.25	0.11	0.04	0.04	0.05
	水域	64.03	13.45	3.38	6.32	10.97	10.99	4.92	7.97	2.90	3.14
2006	耕地	323.23	42.55	19.10	9.87	59.98	93.04	31.75	23.12	23.49	20.34
	牧草地	0.82	0.10	0.06	0.03	0.17	0.24	0.11	0.04	0.04	0.04
	水域	64.89	13.05	3.51	7.11	11.14	11.07	5.01	7.93	2.99	3.09
2007	耕地	331.77	40.93	17.70	9.07	62.73	100.53	29.81	23.28	26.30	21.43
	牧草地	0.98	0.13	0.07	0.03	0.17	0.35	0.11	0.04	0.04	0.04
	水域	63.78	13.55	4.21	8.23	9.04	10.27	5.02	7.53	3.21	2.71
2008	耕地	357.41	45.53	18.56	11.17	67.39	108.96	31.68	26.10	26.30	21.72
	牧草地	1.18	0.15	0.06	0.04	0.22	0.41	0.17	0.05	0.05	0.04
	水域	75.05	14.78	4.92	9.89	11.47	12.79	6.39	8.44	3.57	2.80
	林地	71.60	3.27	4.43	1.18	10.23	21.46	23.54	3.24	0.82	3.43

\*注:WUC-Wuhan urban circle, WH-Wuhan, HS-Huangshi, EZ-Ezhou, XG-Xiaogan, HG-Huanggang, XN-Xianning, XT-Xiantao, TM-Tianmen, QJ-Qianjiang. EFBR: ecological footprint of biological resource.

心,EFBR 排名第三,其水域生态足迹在圈内最大,占全圈比例达 21% (11 年均值)。咸宁的 EFBR 次于武汉,其林地足迹 ( $1.42 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 11 年均值) 大于黄冈林地足迹 ( $1.24 \times 10^5 \text{ hm}^2$ , 11 年均值), 对其林地足迹贡献较大的是木材采伐, 该市林地面积占陆地面积的 61.98%, 在全圈中木材采伐量最大。黄石、仙桃、天门、潜江的足迹值相当, 鄂州最小(见表 2)。综上所述, 武汉城市圈 EFBR 组成以耕地为主, 其他生态生产性用地足迹比例较小, 足迹值呈现逐年增加的趋势。

### 3.2 武汉城市圈人均生物资源生态足迹 (ECBRC)

生态足迹为地区人类社会经济活动对生态环境作用总体程度的评估, 往往受到当地生态环境及当地居民生产和生活方式的限制。ECBRC 可以反映当地的生态生产性用地的生态效率, 即一个人需要多少地才能维持生存与发展。1998 - 2004 年, 武汉、鄂州、黄冈、黄石、孝感、天门 ECBRC 值较均小于省均值, 2005 年以后, 只有武汉和黄石 ECBRC 值仍小于省均值(见表 3), 一直维持在 0.05 -

$0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间; 2005 年前, 黄冈、天门、鄂州和孝感的 ECBRC 值保持在  $0.10 - 0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间, 2005 年后, 在  $0.15 - 0.20 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间; 咸宁 ECBRC 值 2000 年前保持在  $0.10 - 0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间, 2001 年起在  $0.15 - 0.25 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间; 仙桃 1998 - 2003 年的 ECBRC 值保持在  $0.15 - 0.20 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间, 2004 年下降到  $0.10 - 0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间, 但 2005 - 2007 年在  $0.20 - 0.25 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间, 2008 年在  $0.25 - 0.30 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间; 潜江 11 年的 EFBR 值均大于省均值, 2005 年后甚至大于  $0.25 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ 。武汉城市圈整体的 ECBRC 值小于省均值, 人均对土地面积的占用最小, 但近几年的 ECBRC 呈增加趋势。

### 3.3 武汉城市圈生物资源生态承载力 (ECBR)

黄冈武汉城市圈 ECBR 呈现先升高后降低的趋势(见表 3), 2004 年达到最大值, 为  $4.58 \times 10^6 \text{ hm}^2$ , 根据各市州 11 年的平均 ECBR 大小对市州排序为: 黄冈 ( $1.05 \times 10^6 \text{ hm}^2$ )、孝感 ( $8.08 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、武汉 ( $7.13 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、咸宁

表 3 1998 - 2008 年湖北 17 市州人均生物资源生态足迹 ( $\text{hm}^2/\text{人}$ ) / 生态承载力 ( $10^6 \text{ hm}^2$ )

Tab. 3 ECBRC/ECBR in 17 city-regions of Hubei province from 1998 to 2008

年份 Year	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
武汉	0.068/0.58	0.068/0.64	0.059/0.70	0.062/0.68	0.067/0.66	0.069/0.69	0.077/1.24	0.076/0.67	0.072/0.65	0.072/0.65	0.076/0.68
黄石	0.067/0.15	0.083/0.15	0.082/0.16	0.086/0.18	0.092/0.15	0.097/0.20	0.102/0.20	0.113/0.16	0.099/0.20	0.097/0.20	0.109/0.19
鄂州	0.126/0.13	0.128/0.12	0.126/0.13	0.121/0.14	0.120/0.14	0.134/0.14	0.133/0.22	0.168/0.15	0.169/0.15	0.178/0.15	0.209/0.16
孝感	0.135/0.75	0.078/0.63	0.130/0.77	0.117/0.77	0.125/0.83	0.130/0.82	0.127/0.76	0.154/0.93	0.150/0.88	0.157/0.85	0.170/0.90
黄冈	0.131/0.89	0.130/0.95	0.140/0.98	0.137/0.99	0.133/1.04	0.142/1.07	0.134/1.08	0.162/1.13	0.162/1.10	0.177/1.15	0.195/1.19
咸宁	0.148/0.48	0.147/0.51	0.156/0.52	0.158/0.52	0.156/0.54	0.173/0.58	0.170/0.57	0.201/0.57	0.193/0.58	0.170/0.66	0.214/0.65
仙桃	0.181/0.16	0.177/0.16	0.177/0.15	0.180/0.15	0.158/0.15	0.179/0.15	0.147/0.18	0.228/0.15	0.224/0.14	0.229/0.14	0.251/0.15
天门	0.126/0.22	0.126/0.22	0.144/0.21	0.141/0.27	0.127/0.28	0.138/0.38	0.102/0.19	0.157/0.26	0.161/0.22	0.198/0.19	0.187/0.22
潜江	0.198/0.13	0.193/0.13	0.204/0.13	0.201/0.12	0.176/0.13	0.201/0.15	0.199/0.12	0.249/0.13	0.264/0.12	0.310/0.13	0.278/0.13
武汉城市圈	0.118/3.87	0.107/3.67	0.117/3.89	0.116/3.97	0.116/4.07	0.124/4.48	0.120/4.58	0.144/4.10	0.140/4.09	0.147/4.20	0.160/4.27
十堰	0.139/0.94	0.131/0.87	0.154/1.09	0.177/2.54	0.173/3.31	0.180/2.86	0.179/2.97	0.198/2.18	0.174/2.00	0.189/1.57	0.216/3.39
荆州	0.067/1.16	0.088/1.18	0.089/1.20	0.108/1.22	0.107/1.17	0.112/1.26	0.114/1.76	0.119/1.18	0.120/1.14	0.117/1.20	0.137/1.36
宜昌	0.072/1.65	0.084/2.55	0.103/2.68	0.115/3.52	0.107/3.88	0.118/4.86	0.168/4.38	0.114/4.26	0.123/5.21	0.113/4.75	0.132/7.46
襄樊	0.169/1.21	0.179/1.44	0.172/1.49	0.209/1.77	0.199/1.75	0.196/1.81	0.213/1.12	0.221/1.88	0.252/1.88	0.255/1.89	0.312/1.84
荆门	0.279/0.56	0.268/0.61	0.286/0.66	0.321/0.72	0.321/0.67	0.367/0.61	0.482/0.50	0.391/0.60	0.395/0.57	0.479/0.60	0.556/0.62
随州	0.254/0.35	0.225/0.38	0.205/0.48	0.210/0.52	0.221/0.75	0.244/0.70	0.269/0.40	0.291/0.98	0.303/1.03	0.291/0.88	0.388/0.90
恩施	0.100/0.83	0.108/0.87	0.098/0.99	0.154/1.31	0.136/1.51	0.161/1.34	0.125/0.82	0.142/1.12	0.148/1.15	0.118/1.62	0.130/1.24
神农架	1.148/0.09	1.281/0.09	1.292/0.16	1.204/0.62	1.197/0.25	1.352/1.01	1.349/0.46	1.396/0.70	1.352/0.12	1.918/0.12	1.685/0.10
鄂西生态圈	0.138/7.49	0.145/8.77	0.150/9.77	0.177/12.65	0.172/12.87	0.185/13.96	0.205/11.72	0.197/12.34	0.204/12.55	0.209/12.34	0.248/14.21
湖北省	0.127/10.91	0.125/12.25	0.133/13.34	0.146/15.55	0.143/15.59	0.154/17.09	0.161/15.71	0.169/15.21	0.171/15.57	0.177/15.37	0.202/16.85

注: ECBRC: ecological capacity of biological resource per capita. ECBR: ecological capacity of biological resource.



( $5.60 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、天门( $2.42 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、黄石( $1.76 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、仙桃( $1.55 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、鄂州( $1.49 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、潜江( $1.28 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )。按式(3)计算保护生物多样性用地比例,我省保护生物多样性用地比例为 5.45%,武汉城市圈该比例为 3.12%,武汉城市圈达到省比例的市州有鄂州和仙桃,鄂州的该比例达到了 23.81%,其他市州低于该值,咸宁、天门、潜江的该值为 0(2006 年底)。在保护性用地比例目标一定的情况下,各市州才能得到真实的 ECCR,因此,各市州应该从保护本地生态环境的角度出发制定适合本市的保护生物多样性用地比例。

#### 3.4 武汉城市圈生物资源生态赤字(盈余)

生态赤字(盈余)是衡量发展可持续的标准之一,当生态足迹 - 生态承载力  $> 0$  时,出现赤字,反之出现盈余,武汉城市圈 1998 年出现生态盈余,并逐年增大,2005 年出现生态赤字,并呈增加趋势。近年来,仍有生态盈余的市州是武汉、孝感、咸宁,出现生态赤字的市州是鄂州、黄冈、天门;一直维持较高赤字的市州是黄石、仙桃和潜江(见表 4)。

#### 3.5 鄂西生态圈生物资源生态足迹(EFBR)及其组成

鄂西生态圈除神农架外其他各市州的 EFBR 均较大(见表 5),水域足迹和林地足迹在该圈均占到很大比例,且总量对全省的贡献很大,11 年平均值显示,该圈水域足迹和林地足迹分别占全省水域足迹和林地足迹的 45.6%、86.9%,牧草地足迹仅为 0.8%。各市州 EFBR 整体上呈现逐年增加的趋势。各市州近 11 年来的 EFBR 均有较大变化,其中,荆门的 EFBR 变化最大,极差为  $8.64 \times 10^5 \text{ hm}^2$ ;神农架的变化最小,极差为  $6.25 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。襄樊的 EFBR 最大,其耕地足迹变化不大,林地足迹大于圈内其他市州,且逐年增加,水域足迹较大,但占总足迹的比例较小(3.9 - 8.2%);荆门排第二,林地足迹逐年增加,并接近耕地足迹所占比例;荆州的 EFBR 总量排第三,足迹贡献主要来自水稻、油料、水产品、板栗;十堰、随州列于四、五位,十堰林地覆盖率达 51.6%,其核桃、油桐籽等产量居于全圈之首,随州水域足迹占全圈水域足迹的三分之一,为全圈最大,占全省水域足迹的六分之一,为全省最大;宜昌的非耕地足迹占其总足迹的 70% 以上,这与该市境内有

表 4 1998 - 2008 年湖北 17 市州生物资源生态赤字(盈余)( $10^4 \text{ hm}^2$ )

Tab. 4 Ecological deficit (remainder) in 17 city - regions of Hubei province from 1998 to 2008

年份 Year	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
武汉	-7.97	-13.75	-20.78	-19.05	-14.26	-15.02	-64.04	-6.43	-6.12	-5.77	-4.51
黄石	2.11	6.24	4.22	3.73	8.13	4.98	5.98	12.37	4.84	5.00	8.72
鄂州	-0.05	1.21	0.10	-1.17	-1.63	-0.33	-8.23	2.45	2.66	3.65	6.22
孝感	5.21	-17.03	-11.88	-18.56	-19.79	-15.82	-11.33	-15.06	-10.90	-3.31	-0.23
黄冈	6.24	-0.72	1.39	0.40	-7.35	-4.30	-10.79	4.76	7.96	13.72	24.98
咸宁	-6.99	-10.29	-9.89	-8.72	-10.90	-9.42	-9.54	-1.93	-3.01	-17.52	-3.05
仙桃	11.95	11.66	10.86	11.61	9.82	13.09	5.66	18.82	19.03	20.09	22.97
天门	-0.34	-0.51	1.88	-3.86	-5.23	-13.27	-1.09	1.08	4.80	14.72	8.60
潜江	7.00	6.71	7.59	8.05	4.80	4.89	7.71	12.17	14.52	18.37	14.85
武汉城市圈	-22.87	-32.14	-30.47	-43.35	-51.34	-64.55	-87.73	33.68	28.91	42.32	78.12
十堰	-47.09	-41.98	-56.24	-192.73	-271.93	-224.95	-235.33	-149.86	-139.75	-91.19	-263.11
荆州	-72.87	-60.73	-64.13	-54.15	-48.00	-52.89	-102.64	-41.53	-36.83	-43.55	-47.32
宜昌	-136.68	-221.78	-225.13	-304.23	-345.22	-439.82	-370.81	-380.87	-471.45	-429.18	-692.77
襄樊	-24.80	-40.65	-51.60	-58.52	-60.44	-67.16	11.24	-61.11	-41.81	-40.34	-1.88
荆门	26.30	19.17	19.23	23.85	29.07	49.21	94.44	53.35	59.71	82.56	105.29
随州	6.07	-0.72	3.16	0.08	-17.83	-6.68	29.55	-24.22	-27.21	-14.10	9.84
恩施	-45.31	-46.08	-62.19	-72.70	-99.49	-72.49	-34.03	-57.26	-57.94	-115.60	-72.07
神农架	0.37	1.52	-5.69	-52.97	-15.94	-90.67	-35.29	-59.20	-1.51	3.68	3.66
鄂西生态圈	-362.67	-469.90	-546.23	-753.50	-787.63	-856.46	-575.76	-663.83	-660.74	-619.49	-689.04
湖北省	-340.39	-482.93	-544.54	-690.20	-702.89	-786.70	-604.23	-506.66	-524.87	-460.14	-448.07

表5 1998-2008年鄂西生态圈生物资源生态足迹及其组成(10<sup>4</sup> hm<sup>2</sup>)

Tab. 5 EFBR and its composition in western Hubei eco-culture tourism circle (WEC) from 1998 to 2008

年份 Year	类型 Type	鄂西生态圈 WEC*	十堰 SY	荆州 JZ	宜昌 YC	襄樊 XF	荆门 JM	随州 SZ	恩施 ES	神农架 SNJ	湖北省 HB
1998	耕地	134.64	25.38	6.15	5.56	28.21	38.10	12.61	10.81	7.83	436.18
	牧草地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51
	水域	39.39	2.37	0.91	0.39	7.81	11.39	13.25	2.42	0.85	75.51
	林地	212.37	19.65	35.69	22.65	60.48	33.23	15.70	24.55	0.42	238.08
1999	耕地	139.57	27.29	7.87	5.42	31.16	37.09	12.90	9.08	8.76	409.14
	牧草地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.53
	水域	32.27	1.42	2.84	0.48	6.82	9.15	9.79	0.96	0.82	71.36
2000	林地	235.59	16.14	46.10	27.67	65.25	34.32	14.46	31.17	0.50	261.51
	耕地	157.95	30.62	8.23	14.44	28.60	40.55	16.92	9.89	8.70	445.30
	牧草地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63
2001	水域	32.27	1.50	0.67	0.55	5.12	10.39	11.77	1.21	1.05	74.04
	林地	241.02	20.44	46.96	27.66	63.41	33.88	22.25	26.07	0.36	269.79
	耕地	158.38	31.88	8.49	7.35	29.52	43.87	18.26	10.89	8.11	429.75
	牧草地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.63
2002	水域	32.32	1.90	0.62	0.56	5.08	10.54	11.52	1.40	0.71	77.71
	林地	320.78	27.61	58.92	39.63	83.84	41.56	22.53	45.99	0.69	357.07
	耕地	182.59	35.50	13.35	8.83	34.62	48.79	20.32	12.94	8.24	448.50
	牧草地	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72
2003	水域	36.57	2.64	3.25	0.75	4.90	10.10	12.57	1.60	0.76	87.19
	林地	280.60	20.60	52.56	33.03	75.25	37.63	23.96	37.10	0.46	319.29
	耕地	205.83	38.79	14.58	9.90	37.25	58.74	23.65	13.57	9.35	479.44
	牧草地	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.87
2004	水域	44.22	3.77	3.47	1.08	4.91	11.51	16.75	1.93	0.81	101.64
	林地	289.51	18.84	54.66	35.69	71.41	40.03	22.46	45.89	0.52	340.65
	耕地	273.30	43.50	15.54	36.35	40.98	86.30	25.74	15.06	9.84	530.21
	牧草地	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.18
2005	水域	51.13	2.47	3.50	1.21	5.55	17.96	18.02	1.92	0.49	112.40
	林地	271.87	15.23	53.91	29.50	76.89	39.68	25.64	30.67	0.33	323.23
	耕地	225.28	44.92	14.83	12.48	40.72	59.50	27.59	15.32	9.91	555.62
	牧草地	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.93
2006	水域	50.82	2.20	6.37	1.39	5.38	13.46	19.30	2.13	0.61	114.85
	林地	294.22	20.98	55.11	31.65	81.28	40.72	26.72	37.25	0.51	342.55
	耕地	207.59	30.12	14.56	12.97	41.49	56.77	27.40	14.91	9.36	530.82
	牧草地	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.83
2007	水域	47.01	3.15	2.72	1.01	5.72	12.99	18.44	2.18	0.81	111.90
	林地	339.27	27.18	60.18	35.15	98.82	46.65	30.34	40.44	0.51	388.67
	耕地	233.47	35.48	17.11	13.28	39.67	75.66	28.19	14.16	9.93	565.24
	牧草地	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.99
2008	水域	72.51	6.18	3.59	2.16	12.16	21.70	17.28	4.44	5.00	136.28
	林地	308.57	24.26	55.49	29.91	96.73	45.64	28.40	27.72	0.42	374.12
	耕地	278.83	40.84	15.00	16.79	49.75	89.23	39.15	15.91	12.15	636.24
	牧草地	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	1.20
2008	水域	71.15	3.46	4.74	1.27	10.37	21.58	25.36	3.50	0.88	146.21
	林地	381.74	31.37	69.43	34.94	122.38	56.14	34.87	32.17	0.45	453.34

注: WEC-western Hubei eco-culture tourism circle, SY-Shiyan, JZ-Jingzhou, XF-Xiangfan, YC-Yichang, JM-Jingmen, SZ-Suizhou, ES-Enshi, SNJ-Shennongjia, HB-Hubei

山区、平原、丘陵的格局有关,恩施自治州地貌与宜昌类似,不适合水稻等作物生长,但该市薯类产量居于圈内首位;神农架为圈内乃至省内开发最小,人类足迹值最小的区域。鄂西圈生物资源丰富,土地广大,其 EFBR 占全省比例为 59.1% (2008 年)。

### 3.6 鄂西生态圈人均生物资源生态足迹( ECBRC )

2000 年以来神农架和十堰 EFBR 值小于省均值,而其他六市州大于省均值。神农架的 ECBRC 为省内最大, ECBRC 值一直大于  $0.3 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间;十堰除 1998 和 1999 年小于  $0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ , 2000 - 2007 年一直在  $0.15 - 0.20 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ , 2008 年在  $0.20 - 0.25 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间;荆州 11 年以来均小于  $0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ , 2001 年起在  $0.10 - 0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间;随州一直大于  $0.20 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ , 2006 年起人均值大于  $0.30 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ ;恩施于 2001 年, 2003 年人均值大于  $0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  外,其他年份均小于该值;宜昌的 ECBRC 除 2004 年外一直在  $0.05 - 0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$  之间,襄樊 ECBRC 逐年增加,一直大于  $0.15 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ ;荆门 ECBRC 一直维持在较高数值,一直大于  $0.25 \text{ hm}^2 \cdot \text{cap}^{-1}$ 。鄂西生态圈整体的 EFBR 值大于省均值,人均对土地的占用较大。

### 3.7 鄂西生态圈生物资源生态承载力( ECBR )

宜昌鄂西生态圈 ECBR 整体呈增高趋势(见表 4),根据各市州 11 年的平均 ECBR 大小对市州排序为:宜昌 ( $4.11 \times 10^6 \text{ hm}^2$ )、十堰 ( $2.16 \times 10^6 \text{ hm}^2$ )、襄樊 ( $1.64 \times 10^6 \text{ hm}^2$ )、荆州 ( $1.26 \times 10^6 \text{ hm}^2$ )、恩施 ( $1.16 \times 10^6 \text{ hm}^2$ )、随州 ( $6.69 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、荆门 ( $6.02 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )、神农架 ( $3.38 \times 10^5 \text{ hm}^2$ )。鄂西生态圈保护生物多样性用地比例为 6.64%,圈内达到省比例的有十堰 (14.48%)、襄樊 (6.38%) 和恩施 (6.24%),其他市州低于该值,荆门为 0,鄂西圈独特的地理环境为其生物资源创造了良好的栖息环境,是湖北省、华中地区乃至整个中国巨大的基因库,但本圈仍应进一步提高生物多样性保护用地比例,为开发生态文化旅游等第三产业创造物质基础。

### 3.8 鄂西生态圈生物资源生态赤字( 盈余 )

鄂西生态圈 1999 年以来保持很高的生物资源生态盈余,并且在 2003 年达到最大值,2004 年盈余值逐渐减小,以后均小于 2003 年水平。保持生态盈余的市州是十堰、荆州、宜昌、恩施和神农架;出现过生态赤字的市州是襄樊、随州;一直保持生态赤字的市州是荆门(见表 4)。

## 4 结 论

武汉城市圈生物资源生态足迹组成以耕地为主,各市州生物资源生态足迹整体呈现逐年增加的趋势,人均生物资源生态足迹小于省均值,生物资源生态承载力先升高后

降低,各市州生物资源生态承载力由大到小排序为:黄冈、孝感、武汉、咸宁、天门、黄石、仙桃、鄂州、潜江,生态赤字呈增大趋势;鄂西生态圈林地足迹占主要地位,其总量对全省的贡献较大;人均生物资源生态足迹大于省均值,生物资源生态承载力呈增高趋势,各市州由大到小排序为:宜昌、十堰、襄樊、荆州、恩施、随州、荆门、神农架,一直保持很高的生物资源生态盈余,但盈余值有减小的趋势。

(编辑:李 琪)

### 参考文献(References)

- [1] Rees W E. Ecological Footprints and Appropriated Carrying Capacity: What Urban Economics Leaves out? [J]. Environment Urban, 1992, 4: 121 - 130.
- [2] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth [M]. Gabriola Island, B C, Canada: New Society Publishers. 1996, 61 - 83.
- [3] Bicknell K B, Ball R J, Cullen R, et al. New Methodology For the Ecological Footprint with an Application to the New Zealand Economy [J]. Ecological Economics, 1998, 27 (2): 149 - 160.
- [4] Gossling S, Hansson C B, Horstmeier O, et al. Ecological Footprint Analysis as a Tool to Assess Tourism Sustainability [J]. Ecological Economics, 2002, 43 (2 - 3): 199 - 211.
- [5] Bastianoni S, Pulselli F M, Tiezzi E. The Problem of Assigning Responsibility for Greenhouse Gas Emissions [J]. Ecological Economics, 2004, 49 (3): 253 - 257.
- [6] Chi G Q, Stone B. Sustainable Transport Planning: Estimating the Ecological Footprint of Vehicle Travel in Future Years [J]. Journal of Urban Planning and Development-ASCE, 2005, 131 (3): 170 - 180.
- [7] World Wide Fund for Nature (WWF). Living Planet Report 1998 - 2008 [OL]. [http://www.panda.org/news\\_facts/publications/living\\_planet\\_report](http://www.panda.org/news_facts/publications/living_planet_report).
- [8] 熊德国, 鲜学福, 姜永东. 生态足迹理论在区域可持续发展评价中的应用及改进 [J]. 地理科学进展, 2003, (6): 618 - 626. [Xiong Deguo, Xian Xuefu, Jiang Yongdong. Discussion on Ecological Footprint Theory Applied to Regional Sustainable Development Evaluation [J]. Progress In Geography, 2003, (6): 618 - 626.]
- [9] 张毅, 周立耘, 王伟健, 等. 武汉城市圈和长株潭城市群获批综合配套改革试验区 [N]. 人民日报, 2007/12/17(006). [Zhang Yi, Zhou Liyun, Wang Weijian, et al. Wuhan City Circle and the Changsha, Zhuzhou and Xiangtan City Group Approved Comprehensive Reform Pilot Area [N]. People's Daily, 2007/12/17(006).]
- [10] 徐和平, 李彦睿, 张莹. 加快推进鄂西生态文化旅游圈建设 [N]. 湖北日报, 2008/08/15(001). [Xu Heping, Li Yanrui, Zhang Ying. Accelerate the Eco-cultural Tourism in Western Hubei Circle Eonstruction [N]. Hubei Daily, 2008/08/15(001).]
- [11] 湖北省统计局. 湖北统计年鉴(1999 - 2009) [G]. 北京: 中国统计出版社, 1999 - 2009. [Hubei Provincial Bureau of Statistics.

- Hubei Statistical Yearbook (1999 - 2009) [G]. Beijing: China Statistics Press, 1999 - 2009. ]
- [12] 湖北省统计局. 湖北农业统计年鉴(1999 - 2009) [G]. 北京: 中国统计出版社, 1999 - 2009. [ Hubei Provincial Bureau of Statistics. Hubei Agricultural Statistics Yearbook (1999 - 2009) [G]. Beijing: China Statistics Press, 1999 - 2009. ]
- [13] 湖北省土地管理局. 湖北省土地利用现状调查 [M]. 武汉: 1997. [ Bureau of Land Management Hubei Province [M]. Wuhan: Survey on Land Use of Hubei Province, 1997. ]
- [14] 中国国家统计局. 中国统计年鉴(1999 - 2009) [G/OL]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/> [ National Bureau of Statistics of China. China Statistical Yearbook (1999 - 2009) [G/OL]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/ndsj/>. ]
- [15] Food and Agriculture Organization (FAO). FAO Databases and Information Systems [G/OL]. <http://faostat.fao.org/site/339/default.aspx>.
- [16] 中国环境保护部. 全国自然保护区名录 [OL]. [http://datacenter.mep.gov.cn/main/dbCenterDataList.do?tableName=ZHB\\_T\\_NEW\\_RESERVES\\_MAIN](http://datacenter.mep.gov.cn/main/dbCenterDataList.do?tableName=ZHB_T_NEW_RESERVES_MAIN). [ Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. List of National Nature Reserve [OL]. [http://datacenter.mep.gov.cn/main/dbCenterDataList.do?tableName=ZHB\\_T\\_NEW\\_RESERVES\\_MAIN](http://datacenter.mep.gov.cn/main/dbCenterDataList.do?tableName=ZHB_T_NEW_RESERVES_MAIN). ]
- [17] 顾晓薇, 王青, 刘建兴, 等. 基于“国家公顷”计算城市生态足迹的新方法 [J]. 东北大学学报(自然科学版), 2005, (4): 295 - 298. [ Gu Xiaowei, Wang Qing, Liu Jianxing, et al. New Method of Urban Ecological Footprint Calculation based on “National Hectare” [J]. Journal of Northeastern University (Natural Science), 2005, (4): 295 - 298. ]
- [18] 冯娟, 赵全升, 谢文霞, 等. “省公顷”在小城镇生态足迹分析中的应用研究: 以山东省晏城镇生态建设为例 [J]. 地理科学, 2008, (2): 209 - 213. [ Feng Juan, Zhao Quansheng, Xie Wenxia, et al. Applied Research of “Province Hectare” in Analysis for Small Towns' Ecological Footprint: a Case Study of Ecological Construction in Yancheng town [J]. Scientia Geographica Sinica, 2008, (2): 209 - 213. ]
- [19] 胡鸿兴, 何伟, 沈虹, 等. 湖北“两圈”区域发展可持续性评价与预测 [J]. 长江流域资源与环境, 2010, (4): 351 - 359. [ Hu Hongxing, He Wei, Shen Hong, et al. Evaluation and Prediction of Sustainable Development of the “Two Circles” in Hubei Province [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2010, (4): 351 - 359. ]

## Dynamic Analysis of Ecological Footprint of Biological Resource: a Case Study of the “Two Circles” in Hubei Province

HE Wei<sup>1,2</sup> HU Hong-xing<sup>2</sup> SHEN Hong<sup>1</sup> WANG Yu<sup>2</sup> XU Fu-liu<sup>1</sup>

(1. College of Urban and Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China;

2. School of Resource and Environmental Science, Wuhan University, Wuhan Hubei 430079, China)

**Abstract** Based on the ecological footprint model system, the ecological footprint of biological resource (EFBR) and its composition, EFBR per capita, ecological capacity of biological resource (ECBR), and ecological deficit (remainder) from 1998 to 2008 in the “two circles” areas, namely, wuhan urban circle (WUC) and western Hubei eco-culture tourism circle (WEC) were calculated. According to the dynamic analysis, the results showed that the cropland footprint was the main part of the EFBR in WUC area, and other types of ecologically productive land accounted for a very small part. In a whole, the EFBR of every city in WUC showed an increasing tendency year by year, and EFBR per capita were lower than provincial average. ECBR in WUC increased at first and decreased subsequently, and the ECBR of every city in WUC was ranked as: Huanggang (HG), Xiaogan (XG), Wuhan (WH), Xianning (XN), Tianmen (TM), Huangshi (HS), Xiantao (XT), Ezhou (EZ), Qianjiang (QJ). WUC's ecological deficit was increased year by year. The results of WEC were different compared to WUC. The EFBR of Shennongjia (SNJ) was lower than that of any other city in WEC area, and forestland footprint was the main part of the EFBR, contributing a lot to the provincial average level. EFBR per capita in WEC were higher than provincial average, and ECBR in WUC increased subsequently. The ECBR of every city in WEC was ranked as: Yichang (YC), Shiyang (SY), Xiangfan (XF), Jingzhou (JZ), Enshi (ES), Suizhou (SZ), Jingmen (JM), Shennongjia (SNJ). WEC kept a high ecological remainder, but the remainder was decreased year by year.

**Key words** Wuhan urban circle (WUC); western Hubei eco-culture tourism circle (WEC); biological resource; ecological footprint; ecological capacity