

基于生态足迹法的常山县可持续发展研究

鲁小珍¹, 王悦芳², 惠丽¹, 章大勇²

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 浙江省常山县规划建设局, 浙江 常山 324200)

摘要: 生态足迹是基于生物生产面积测度区域可持续发展的生物物理方法。利用生态足迹法测量了浙江省常山县可持续发展状况, 以为当地的可持续发展提供理论基础, 并为其他同等城市的可持续发展提供理论参考。据常山县 2005 年统计资料计算得出: 2005 年常山的人均生态足迹为 1.420 10 hm², 人均生态承载力为 0.738 00 hm², 人均生态赤字为 0.682 10 hm², 反映了常山县的生产、生活强度超过了生态系统的承载能力, 常山处于一种不可持续发展状态。还分析了常山县存在生态赤字的原因并提出了相应对策。图 1 表 4 参 12

关键词: 可持续发展; 生态足迹; 生态承载力; 浙江省常山县

中图分类号: X22; F307.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-5692(2009)04-0569-06

Ecological footprint based sustainable development in Changshan County, Zhejiang Province

LU Xiao-zhen¹, WANG Yue-fang², HUI Li¹, ZHANG Da-yong²

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu, China;

2. Planning and Construction Bureau of Changshan County, Changshan 324200, Zhejiang, China)

Abstract: Ecological footprint is a biophysical methodology to evaluate regional sustainable development based on biological productive area. The sustainable development of Changshan County, Zhejiang Province, was measured with the method of footprint, to provide theoretical foundations for the development of both Changshan County and peer cities. According to the computation of statistics of Changshan County in 2005, the average per-capita ecological footprint of Changshan County in 2005 was 1.420 10 hm²; the average per-capita ecological capacity was 0.738 00 hm²; the average per-capita ecological deficit was 0.682 10 hm². The results indicated that the production and living intensity of Changshan County had put it under great pressure and its development was unsustainable. The paper also analyzed the reasons for its ecological deficit and put forward the measures for its sustainable development. [Ch, 1 fig. 4 tab. 12 ref.]

Key words: sustainable development; ecological footprint; ecological capacity; Changshan County of Zhejiang Province

可持续发展是关于人类自身前途和命运的重大问题, 也是当前国内外的一个研究热点, 其难点就在于如何定量衡量一个地区发展的可持续性。生态足迹(ecological footprint)法因其概念清楚、实用易懂、计算简便及反映的信息量大等优点而被越来越多的国家和地区应用^[1-2]。1999 年, 生态足迹理论开始引入中国, 并很快作为一种新的理论方法被用于定量分析一些省市和地区的可持续发展问题。作者利用该方法对位于钱塘江源头地区的浙江省常山县的可持续发展进行了评价分析, 以为当地可持续发展提供理论依据, 同时也可对其他同等地区的可持续发展起到借鉴和启发作用。

收稿日期: 2008-09-25; 修回日期: 2008-12-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30870433;40801608)

作者简介: 鲁小珍, 副教授, 从事城市生态学等研究。E-mail: lxz@njfu.com.cn

1 研究区概况

常山县位于浙江省西部,隶属衢州市,位于钱塘江源头,地处 28°46′ ~ 29°13′N, 118°15′ ~ 118°45′E。全县三面环山,总面积为 1 098.110 km²,山地面积约占总面积的 3/4。境内“一港十溪”网络全境,水域总面积为 33.398 km²[3]。

2 研究方法

生态足迹又称生态占用,是通过测定一定区域维持人类生存与发展的自然资源消费量以及吸纳人类产生的废弃物所需的生物生产性土地面积大小,与给定的一定人口的区域生态承载力进行比较,评估人类对生态系统的影响,测度区域可持续发展状况的方法[4]。

2.1 生态足迹的计算

计算公式为:

$$E_f = \sum_{i=1}^n r_i A_i = \sum_{i=1}^n r_i (c_i / y_i)。$$

其中 E_f 表示该地区的人均生态足迹, r_i 为均衡因子, A_i 表示生产第 i 项消费项目人均占用的实际生态生产性土地面积 ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$), c_i 为区域第 i 项的人均年消费量值 (kg), y_i 是相应的生产性土地生产第 i 项消费项目年平均生产力 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)。

在计算时引入全球平均产力,以使计算结果可以进行国与国、地区和地区之间的比较,其具体数值采用联合国粮农组织计算的有关生物资源的世界平均产量资料。同时,由于 6 类生态生产性土地的生态生产力是存在差异的,因此,均衡因子为使不同类型的生态生产性土地转化为在生态生产力上等价的系数[5]。均衡因子的选取来自世界各国生态足迹的报告,目前采用的均衡因子分别为林地和化石能源用地 1.1,耕地和建筑用地 2.8,草地 0.5,水域 0.2[6]。

2.2 生态承载力的计算

计算公式为:

$$E_c = \sum_{i=1}^N a_i \times r_i \times y_i。$$

其中 E_c 表示该地区的人均生态承载力, a_i 为 i 类型生态生产性人均拥有面积, r_i 均衡因子, y_i 产量因子。产量因子是一个将各国各地区同类生态生产性土地转化为可比面积的参数,是一个国家或地区某类土地的平均生产力与世界同类平均生产力的比率。同时,根据世界环境与发展委员会(WCED)的建议,扣除了 12% 的生物多样性保护面积。

2.3 生态赤字(盈余)的计算

计算公式为:

生态赤字 = 生态足迹 - 生态承载力。或: 生态盈余 = 生态承载力 - 生态足迹。

3 结果与分析

常山县 2005 年生态足迹的计算主要包括 2 部分: ①常山县人民的生物资源消费; ② 能源消费。这 2 部分的数据均来自常山县 2006 年的统计年鉴[5]。

3.1 常山县生态足迹计算

①生物资源账户。常山县的生物资源消费主要可以分为农产品、动物产品以及林产品等几大类(表 1)。②能源部分账户。据统计常山的能源消费主要包括: 电力、煤炭、汽油、煤油、柴油等几类(表 2)。③生态足迹汇总。将常山县的生态足迹和生态承载力进行比较可得,目前常山县处于生态赤字状态(表 3)。

3.2 常山县生态足迹分析

从表 1 ~ 3 可以看出,2005 年常山的人均生态足迹为 1.420 10 hm^2 , 人均生态承载力为 0.738 00

表 1 常山县 2005 年生态足迹计算中的生物资源账户

Table 1 Calculation account of ecological footprint of biomass consumption of Changshan County in 2005

主要生物资源	总消费量/t	人均消费量/kg	全球平均产量/ (kg·hm ⁻²)	人均生态足迹/ (hm ² ·人 ⁻¹)	生产面积类型	
农产品	粮食	74 568	235.89	2 744	0.085 97	耕地
	油料	2 723	8.61	1 856	0.004 64	
	豆类	2 376	7.52	1 856	0.004 05	
	蔬菜	83 475	264.07	18 000	0.014 67	
	棉花	56	0.18	1 000	0.000 18	
	茶叶	140	0.44	566	0.000 78	
动物产品	猪肉	7 767	24.57	457	0.053 76	草地
	家禽肉	1 931	6.11	764	0.008 00	
	禽蛋产量	1 267	4.01	400	0.010 03	
	牛、羊肉	139	0.44	33	0.013 33	
	蜂皇浆	4	0.01	50	0.000 20	
	水产品	2 824	8.93	29	0.307 93	
林产品	油茶籽	4 849	15.34	1 856	0.008 27	林地
	水果	34 986	110.68	18 000	0.006 15	
	竹笋干	658	2.08	3 500	0.000 59	
	板栗	387	1.22	3 000	0.000 41	
	木材	27 654*	0.09*	1.99**	0.045 23	

说明：* 单位为 m³，** 单位为 m³·hm⁻²。

表 2 常山县 2005 年生态足迹计算中的能源消费账户

Table 2 Calculation account of ecological footprint of energy consumption of Changshan County in 2005

主要能量	总消费量/t	折算系数/(GJ·t ⁻¹)	全球平均能源足迹/(GJ·h ⁻²)	人均生态足迹/(hm ² ·人 ⁻¹)	生产面积类型
电力 *	52 858	11.840	1 000	0.001 98	建筑用地
煤炭类	578 423	20.934	55	0.696 45	化石能源
汽油类	44	43.124	93	0.000 06	化石能源
煤油类	540	43.124	71	0.001 04	化石能源
柴油类	1 470	42.705	93	0.002 14	化石能源

说明：* 单位为万 kW·h。

hm²，人均生态赤字为 0.682 10 hm²，反映了常山县的生产、生活强度超过了生态系统的承载能力，当前的发展是通过消耗自然资本存量来弥补生态承载力的不足，处于一种不可可持续发展的状态。

同时，从图 1 可以看出，常山县化石燃料用地赤字最大，人均生态足迹需求面积为 0.769 66 hm²，而人均生态承载力面积为 0。其次是草地，人均生态足迹需求面积为 0.006 77 hm²，而目前常山草地基本没有。然后是水域和耕地，水域人均生态足迹需求为 0.061 59 hm²，承载力为 0.008 64 hm²，人均生态赤字 0.052 95 hm²，人均赤字量约占目前常山水域生态承载力总量的 4.0 倍，存在较大空缺；耕地人均生态足迹需求为 0.509 82 hm²，生态承载力为 0.412 50 hm²，略有赤字。在所有生态生产性土地面积中只有林地尚有盈余，林地人均生态足迹需求为 0.066 72 hm²，而承载力为 0.302 15 hm²，约是人均生态足迹需求的 4.5 倍。

表3 常山县生态足迹计算结果汇总

Table 3 Ecological footprint summary of Changshan County

类型	生态足迹需求			生态承载力			
	人均生态足迹/ ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	均衡因子	均衡人均面积/ ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	人均生态承载力/ ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)	产量因子	均衡因子	人均均衡面积/ ($\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$)
耕地	0.182 08	2.8	0.509 82	0.064 05	2.3	2.8	0.412 50
草地	0.013 53	0.5	0.006 77	0			0
水域	0.307 93	0.2	0.061 59	0.009 19	4.7	0.2	0.008 64
林地	0.060 25	1.1	0.066 72	0.274 68	1.0	1.1	0.302 15
化石能源	0.699 69	1.1	0.769 66	0			0
建筑用地	0.001 98	2.8	0.005 54	0.017 91	2.3	2.8	0.115 33
生态承载力中扣除 12% 生物多样性用地							0.100 63
合计			1.420 10				0.738 00

3.3 常山县与其他地区生态足迹比较分析

为了更清楚地认识常山县的可持续发展水平,将常山县与中国其他一些县市及一些国家进行了比较(表4),可以看到,常山县生态足迹需求高于中国平均水平,但生态承载力却低于中国平均水平,可见常山县的可持续发展现状处于全国平均水平以下,但较国内一些大城市和其他一些发达国家的状况要好。分析其主要原因有2个方面:一是常山的生活水平较大城市或发达国家有一定差距,二是常山作为山城有着大面积的林地。

与临近的淳安县相比,常山县有着较大的人均生态赤字,主要原因在于常山县能源需求量较大,尤其是煤炭的需求量远大于淳安县,淳安县化石能源人均需求量为 0.1 hm^2 ^[9],而常山则高达 0.8 hm^2 。

3.4 常山县生态赤字原因分析

常山作为一个县级地区,当地生活水平并不高,但其人均生态足迹需求却高于全国平均水平;同时常山作为一个山城,有相当数量的林地的存在,但其生态承载力却低于全国平均水平。概括起来主要有以下几点原因:①以煤炭为主的大量能源消费需求,增加了生态足迹需求的总量。从上述计算结果中可以看出,造成常山人均生态足迹需求过大的主要原因为能源需求量过大,化石能源占总生态需求的一半以上,且煤炭的生态足迹需求又占化石能源用量的99%以上。因此,过多的使用耗竭型能源——煤炭是造成其生态赤字的一个主要原因。②人口偏多,人均资源量少。生态赤字是人口密度的函数。常山县人口密度为 $288 \text{ 人} \cdot \text{km}^{-2}$,远高于全国 $118 \text{ 人} \cdot \text{km}^{-2}$ 平均水平,且近年来一直保持较快增长速度。当地虽有相当数量的林地总量,但在除以当地人口基数后,人均相对量就大幅度降低。③生态空间供给类型单一,供给总量有限。由于常山县地处内陆低山地区,土地资源主要以耕地和山地为主(两者共占总量的84.57%),水域面积较少,草地基本没有。并且当地耕作历史悠久,根据中国的实际情况,在现阶段耕地产出的提升空间很小,这也限制了供给总量的进一步提高。④生态足

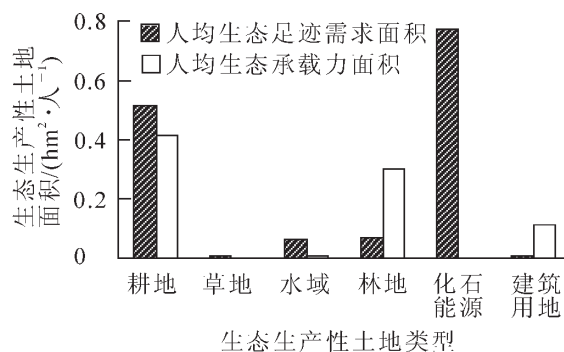


图1 常山县生态足迹需求和生态承载力对比

Figure 1 Comparison of the demands of ecological footprint and its biocapacity in Changshan County

表 4 常山县与国内一些城市和地区及一些国家的生态足迹比较

Table 4 Comparison of ecological footprints of Changshon County with other cities and foreign countries

国家或地区	生态足迹需求/hm ²	生态承载力/hm ²	生态盈余(赤字)/hm ²
中国	1.2	0.8	- 0.4
中国常山	1.4	0.7	- 0.7
中国淳安	1.1	1.0	- 0.1
中国杭州	1.8	0.6	- 1.2
中国上海	2.2	0.3	- 1.9
中国北京	2.7	0.9	- 1.8
美国	10.3	6.7	- 3.6
日本	4.3	0.9	- 3.4
埃塞俄比亚	0.8	0.5	- 0.3
巴基斯坦	0.8	0.5	- 0.3

说明：表中中国、美国、日本、巴基斯坦、埃塞俄比亚的数据来自 M.Wackemagel 计算的 1997 年数值^[7]；中国上海、中国北京数据来自许中民等测算的 1999 年数值^[8]；中国杭州数据来自章鸣等测算的 2002 年的数值^[9]，中国淳安数据来自王晓民等测算的 2004 年的数值^[10]。

迹模型的局限性。目前生态足迹模型，仅仅是一个基于世界平均水平的计算，没有考虑到各个地区的差异，而这对生态赤字(盈余)的计算有重要的影响。常山县目前虽然消耗大量的煤炭资源，但都是本地所产，且当地目前仍有大量的煤炭储量，这与一些地区依靠进口消费资源有着较大的区别，而生态足迹模型对此未作区分。

4 常山县可持续发展的对策与措施

在不影响生活水平提高的基础上，如何减少生态赤字？有学者曾提出 3 种措施：一是采用高新技术，提高单位面积自然系统的生产率；二是高效利用现有资源存量；三是控制人口，以减少消费以及减少人均消费(如小汽车、非必需品等)，改变人们的生产和生活消费方式，建立资源节约型的社会生产和消费体系^[1]。只有在这些方面采取有效措施，减轻人类对自然的压力，才能实现可持续发展。结合常山县的具体情况，主要有以下几点措施：①改变资源消耗型的增长模式，使粗放型、消耗型的资源利用模式有着向集约型、节约型逐步转变的趋势，鼓励发展循环经济^[11]。常山若能加大能源管理基础工作，制定节能规划，实施有效措施，积极采用新技术和新工艺，减少煤炭的消费，减少以轴承为代表的重工业企业数量，则可大幅度降低生态足迹需求^[12]。②严格控制人口数量，坚持贯彻执行国家的计划生育政策，同时还要大力发展正规教育和在职教育，普遍提高人口总体素质。③提高单位面积生物产量。合理调整林业生产模式，加强人工抚育，采用新品种，新技术，提高林地的生产力；加强耕地、建筑用地等的保护和管理，增加科技投入，提高单位面积生物量产出率，可持续利用现有资源。

参考文献：

- [1] 常志华, 陆兆华, 马喜君, 等. 台州市城市生态足迹[J]. 生态学杂志, 2007, 26 (1): 83 - 87.
CHANG Zhihua, LU Zhaohua, MA Xijun, *et al.* Urban ecological footprint of Taizhou City [J]. *Chin J Ecol*, 2007, 26 (1): 83 - 87.
- [2] 罗艳菊, 吴章文. 鼎湖山自然保护区旅游者生态足迹分析[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22 (3): 330 - 334.
LUO Yanju, WU Zhangwen. Analysis of the tourist's ecological footprint of Dinghushan Nature Reserve [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2005, 22 (3): 330 - 334.
- [3] 常山县志编撰委员会. 常山县志[M]. 杭州: 浙江人民出版社, 1990: 15 - 30.

- [4] 张志强, 徐中民, 程国栋. 生态足迹的概念及计算模型[J]. 生态经济, 2000 (10): 8 - 10.
ZHANG Zhiqiang, XU Zhongmin, CHENG Guodong. The concept of ecological footprints and computer models [J]. *Ecol Econ*, 2000 (10): 8 - 10.
- [5] WACKERNAGEL M, ONISTO L, BELLO P, *et al.* *Ecological Footprints of Nations* [R]. Toronto: International Council for Local Environmental initiatives, 1997: 10 - 21.
- [6] 赵先贵, 王书转, 马彩虹, 等. 西安市 2002 年生态足迹分析[J]. 干旱区资源与环境, 2005, **19** (6): 33 - 37.
ZHAO Xiangui, WANG Shuzhuan, MA Caihong, *et al.* Analysis on ecological footprint of Xi'an in 2002 [J]. *J Arid Land Resour & Environ*, 2005, **19** (6): 33 - 37.
- [7] WACKERNAGEL M, ONISTO L, BELLO P, *et al.* National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. *Ecol Econ*, 1999, **29**: 375 - 390.
- [8] 徐中民, 陈东景, 张志强, 等. 中国 1999 年的生态足迹分析[J]. 土壤学报, 2002, **39** (3): 441 - 445.
XU Zhongmin, CHENG Dongjing, ZHANG Zhiqiang, *et al.* Calculation and analysis on ecological footprints of China in 1999 [J]. *Acta Pedol Sin*, 2002, **39** (3): 441 - 445.
- [9] 章鸣, 叶艳妹. 杭州市生态足迹计算与分析[J]. 中国土地科学, 2004, **18** (4): 25 - 30.
ZHANG Ming, YE Yanmei. Ecological footprints of Hangzhou City [J]. *China Land Sci*, 2004, **18** (4): 25 - 30.
- [10] 王晓民. 浙江西部山区生态足迹分析与可持续发展评价研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2006: 37 - 47.
WANG Xiaomin. *Study on Sustainable Level of Mountainous Area in West Zhejiang Province by Ecological Footprint Model* [D]. Urumchi: Xinjiang Agricultural University, 2006: 37 - 47.
- [11] 李智, 鞠美庭, 刘伟, 等. 中国 1996 - 2005 年能源生态足迹与效率动态测度与分析[J]. 资源科学, 2007, **29** (6): 54 - 60.
LI Zhi, JU Meiting, LIU Wei, *et al.* Dynamic measurement of ecological footprint of energy resources [J]. *Resour Sci*, 2007, **29** (6): 54 - 60.
- [12] 韦良焕, 赵先贵, 高利峰. 安康市 2003 年生态足迹分析[J]. 水土保持研究, 2007, **14** (1): 4 - 6.
WEI Lianghuan, ZHAO Xiangui, GAO Lifeng. Analysis on ecological footprint of Ankang City in 2003 [J]. *Res Soil Water Conserv*, 2007, **14** (1): 4 - 6.