

# 宁波市本地生态足迹与可持续发展研究

童 亿 勤

(宁波大学 建筑工程与环境学院, 浙江 宁波 315211)

**摘 要:** 生态足迹是一种评估区域可持续发展程度和人类对自然干预程度的度量指标。通过对一般生态足迹法的调整,运用本地生态足迹模型,对宁波市 2002 年和 2005 年本地生态足迹进行了计算。结果表明,宁波市人均本地生态足迹分别为 3.155 3 和 4.344 0  $\text{hm}^2$ ,人均生态承载力分别为 0.351 4 和 0.364 9  $\text{hm}^2$ ,人均本地生态赤字分别为 2.825 3 和 3.999 2  $\text{hm}^2$ ;2005 年宁波市生态足迹强度指数达到了 12.599,这意味着宁波市在向每 1  $\text{hm}^2$  土地索取本应是 12.599  $\text{hm}^2$  土地才能提供的生态服务,反映出宁波市的生产和消费需求超过了生态环境系统的承载能力,生态环境呈现逐步恶化的趋势,可持续发展状况不容乐观。

**关键词:** 本地生态足迹;生态承载力;生态足迹强度指数;可持续发展;宁波市

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2009)04—0164—05

中图分类号: F127, X22

## Local Ecological Footprint and Sustainable Development in Ningbo City

TONG Yi-qin

(Faculty of Architectural Engineering, Civil and Environment, Ningbo University, Ningbo, Zhejiang 315211, China)

**Abstract:** Ecological Footprint is a significant account for overall assessment of the status of sustainable development and a comprehensive indicator for human recourse consumption. Calculation of the local ecological footprint of Ningbo City in 2002 and 2005 shows that the average local ecological footprint is 3.155 3  $\text{hm}^2$  and 4.344 0  $\text{hm}^2$ , ecological capacity is only 0.351 4  $\text{hm}^2$  and 0.364 9  $\text{hm}^2$ , and the local ecological deficit is 2.825 3  $\text{hm}^2$  and 3.999 2  $\text{hm}^2$ . Ecological footprint intensity index of Ningbo in 2005 is 12.599. From the results it follows that the demands of human consumption exceed the capacity of natural ecosystem and ecological environment is deteriorating at a rapid pace. In a word, the situation of sustainable development in Ningbo City is not optimistic.

**Keywords:** local ecological footprint; ecological capacity; ecological footprint intensity index; sustainable development; Ningbo City

近年来,生态足迹模型正以其较为科学、完善的理论基础和精简统一的指标体系而得到国内外学者的广泛应用<sup>[1-6]</sup>。但传统的生态足迹分析具有相对的生态偏向性<sup>[7-9]</sup>,因为它仅仅强调人类发展对自然生态系统的影响及其可持续性,缺乏对发展程度与公平性的度量。因而评价结果与可持续发展程度具有非对等性<sup>[10]</sup>。鉴于上述问题,东北大学资源与生态经济研究中心的研究人员从环境压力承受者角度提出了本地生态足迹的概念,并创立生态足迹强度指数和生态超载指数等指标用以定量说明区域生态经济发展中承受环境压力的程度。本研究基于本地生态足迹模型,研究和评价了宁波市生态经济系统的环境压

力,并对该市的可持续发展状态进行了判断和对比分析。尽管由于生态经济系统的复杂性和生态足迹指标的局限性,对可持续发展状态的判断可能会与实际的生态经济运行状况有所差异,但对在宁波市建立生态经济系统循环发展和可持续发展体系中仍具有理论指导意义。

### 1 本地生态足迹模型

生态足迹是以具有某一平均生产力的生态生产性土地面积,反映一个特定人群(或发生在一个给定区域内)的消费(和废弃物排放)对生态资源的占用,是对人类活动所产生的环境压力的一种度量,是环境压力总

收稿日期:2008-09-25

修回日期:2009-03-16

资助项目:浙江省教育厅科研项目“宁波市的本地生态足迹与生态—经济可持续发展模式研究”(Y200803214);宁波大学 2008 年度校级科研项目“基于生态足迹模型的区域可持续发展评价与预测”(XYL08010)

作者简介:童亿勤(1962—),男(汉族),浙江省宁波市人,学士,讲师,主要从事资源环境与可持续发展的教学与研究工作。E-mail:tongyqnb@163.com。

量的面积指标。由于区域间贸易的存在,一方面,发生在一个区域内的消费所对应的环境冲击并不是全部由这一区域的环境来承受;另一方面,踩在一个区域土地上的足迹一部分是由其它地区消费引起的。因此,要反映一个区域的环境所承受的压力,需要计算踩在本地区土地上的生态足迹,即本地生态足迹。

用综合法计算的本地生态足迹由4大部分组成,包括生物质消费对应的足迹、能源消费对应的足迹、净进口商品携带能源对应的足迹和建筑用地对应的足迹。其中,生物质足迹包括4类土地的占用,即农耕地、林地、牧草地和水域;化石能源和携带能源足迹占用的是化石能源地。

发生在一个地区内的某项生物物质的消费总量等于该项消费的本地地区产量加上进、出口量之差。其中,进口生物物质的生产发生在其它区域,占用的是外部生态生产性土地,对本地区生态不造成冲击,是本地生态足迹的外部部分;出口生物物质的消费虽然发生在本地区外,但其生产占用的是本地区土地,对本地区生态造成冲击。因此,对生物质而言,本地生态足迹是其本地区生产量对应的足迹。

一个地区生物质生产所需的4类生态生产性土地(农耕地、林地、牧草地和水域)的任一类的面积  $A_k$  为

$$A_k = \frac{n}{1} A_{ki} = \frac{n}{1} P_{ki} / Y_{ki} \quad (k=1, 2, 3, 4) \quad (1)$$

式中: $n$ ——该地区由第  $k$  类土地生产的生物物质的种类; $A_{ki}$ ,  $P_{ki}$  和  $Y_{ki}$ ——分别表示由第  $k$  类土地生产的第  $i$  种生物物质的土地需求面积 ( $\text{hm}^2$ )、年生产量 ( $\text{t/a}$ ) 和世界平均生产力 [ $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ ]。

净进口商品生产过程中能源消耗产生的温室气体依然留在区域外部,由外部林地吸收。因此,净进口商品携带能源所对应的足迹不对本地区生态造成冲击,计算本地生态足迹时不予考虑。对化石能源消费而言,无论能源物质产于本地区还是进口,其消费所产生的温室气体均排放到本地区环境,由本地区林地吸收,所以计算本地生态足迹时,化石能源用地仍然以消费量计算。建筑足迹占用的是本地区土地,应包括在本地生态足迹中<sup>[11-12]</sup>。把上述踩在本地区的几部分足迹标准化后加总,就得到本地生态足迹,并以  $F_E$  表示:

$$F_E = \sum_{k=1}^4 r_k \sum_{i=1}^n R_{ki} / Y_{ki} + r_e \sum_{j=1}^m C_j / Y_j + r_c \sum_{b=1}^2 A_b / Y_b \quad (2)$$

式中: $k=1, 2, 3, 4$ ; 分别表示农耕地、牧草地、林地和水域4种用于生物质生产的土地类型; $r_k$ ——生产生物物质的第  $k$  类土地的均衡因子; $n$ ,  $P_{ki}$  和  $Y_{ki}$  同公

式(1);  $r_e$ ——化石能源地的均衡因子; $j$ ——化石能源用地中本地区消耗的各种能源; $C_j$ ,  $Y_j$ ——分别表示第  $j$  种化石能源的年消费量和世界平均生产力(即单位面积的森林能够吸收的温室气体所对应的化石能源消耗量);  $r_c$ ——表示建筑用土地的均衡因子; $A_b$ ——建筑用地的能源年需求量,其中  $b=1, 2$ ; 当  $b=1$  时,  $A_1$  表示建筑用地中热能的年需求量;当  $b=2$  时,  $A_2$  表示建筑用地中电能的年需求量。 $Y_b$ ——世界平均生产力( $b$ 赋值意义同上)。

## 2 2002年和2005年宁波市本地生态足迹的计算

运用本地生态足迹的计算模型,依据2003年和2006年宁波市统计年鉴和相关统计资料,对宁波市2002年和2005年的本地生态足迹进行了计算,分别建立了2002年和2005年宁波市生态足迹计算中生物资源账户和化石能源账户(表1—2),再根据均衡因子,按生态生产性面积类型进行汇总,求出2002年和2005年人均本地生态足迹分别为3.1553和4.3440  $\text{hm}^2$ (表3)。其中世界平均生产力选用WWF组织1999年的数据<sup>[13]</sup>,均衡因子选用文献<sup>[14]</sup>中的数据。

生态生产性土地供给面积取自统计年鉴公布的统计数据。耕地、草地采用实际可利用面积;林地采用有林地即森林面积;水域面积数据为海洋渔场面积、海洋养殖面积和淡水养殖面积之和;建设用地需求按照城镇工矿、道路交通用地以及水利设施建设用地面积之和计算。根据模型,对人均拥有的各类生物生产面积乘以均衡因子和产量因子,就得出人均生态承载力。通过计算,2002年和2005年宁波市的人均生态承载力分别为0.3514和0.3649  $\text{hm}^2$ ,减去12%的生物多样性保护面积,实际可利用的人均生态承载力分别为0.3300和0.3448  $\text{hm}^2$ 。2002年和2005年宁波市人均本地生态赤字达到2.8253和3.9992  $\text{hm}^2$ (表4)。

## 3 分析与讨论

### 3.1 本地生态赤字与区域可持续发展问题

将2005年宁波市人均生态足迹和人均生态承载力进行对比分析,发现2005年宁波市人均本地生态足迹4.3440  $\text{hm}^2$ ,实际可利用的人均生态承载力0.3448  $\text{hm}^2$ ,人均本地生态赤字3.9992  $\text{hm}^2$ 。人均本地生态足迹是可利用的人均生态承载力的10倍,本地生态赤字远大于生态承载力。从时间演变上

看,2002年宁波市人均本地生态足迹、实际可利用的人均生态承载力和人均本地生态赤字分别为3.155 3,0.330 0和2.825 3  $\text{hm}^2$ 。

从2002年到2005年仅仅3 a时间,人均本地生态足迹增加了1.188 7  $\text{hm}^2$ ,人均本地生态赤字增加1.173 9  $\text{hm}^2$ 。本地生态赤字的持续存在和增大说明

近年来宁波市的社会经济发展一直处于极大的环境生态压力之中,宁波市的人均生产消费需求远远超过了自然环境系统的再生和供给能力,这种模式当然是不可持续的。这也说明宁波市过去和现在的发展是通过消耗自然资本存量或是依赖从外部输入生态资源来获得当前的发展和弥补生态供给的不足的。

表 1 2002 年和 2005 年宁波市本地生态足迹计算中生物资源

生物资源	世界平均生产力/ ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )	土地类型	全市总产量/t		总本地生态足迹/ $\text{hm}^2$	
			2002年	2005年	2002年	2005年
猪肉	74	草地	100 480.00	112 906.00	1 357 837.84	1 525 756.76
牛肉	33	草地	676.00	693.00	20 484.85	21 000.00
羊肉	33	草地	1 727.00	1 804.00	52 333.33	54 666.67
动物 禽肉	376	草地	46 461.00	57 305.00	123 566.49	152 406.91
产品 禽蛋	400	草地	118 298.00	141 194.00	295 745.00	352 985.00
牛奶	502	草地	17 397.00	28 029.00	34 655.38	55 834.66
蜂蜜	15	草地	11 311.00	14 136.00	754 066.67	942 400.00
兔毛	15	草地	351.00	246.00	23 400.00	16 400.00
小计					2 662 089.56	3 121 450.00
稻谷	2 415	耕地	804 710.00	647 888.00	333 213.25	268 276.60
麦类	2 744	耕地	14 213.00	7 456.00	5 179.66	2 717.20
玉米	2 744	耕地	38 754.00	0.00	14 123.18	0.00
薯类	12 607	耕地	31 490.00	39 835.00	2 497.82	3 159.75
豆类	1 856	耕地	72 420.00	80 146.00	39 019.40	43 182.11
油料	1 856	耕地	47 579.00	40 107.00	25 635.24	21 609.38
农产品 棉花	1 000	耕地	8 044.00	7 184.00	8 044.00	7 184.00
蚕茧	1 000	耕地	10 988.00	0.00	10 988.00	0.00
麻类	1 500	耕地	1 800.00	12.00	1 200.00	8.00
烟叶	1 548	耕地	20.00	0.00	12.92	0.00
糖类	18 000	耕地	118 235.00	76 025.00	6 568.61	4 223.61
蔬菜	18 000	耕地	2 916 695.00	2 748 563.00	162 038.61	152 697.94
水果	18 000	耕地	893 630.00	1 187 917.00	49 646.11	65 995.39
啤酒	50 595	耕地	261 200.00	0.00	5 162.57	0.00
茶叶	566	耕地	19 011.00	21 411.00	33 588.34	37 828.62
罐头	376	耕地	115 100.00	149 800.00	306 117.02	398 404.26
小计					1 003 034.73	1 005 286.86
水产品	29	水域	66 618.00	77 128.00	2 297 172.41	2 659 586.21
油茶籽	1 600	林地	7.00	0.00	4.38	0.00
林产品 竹笋干	3 000	林地	15 257.00	18 999.00	5 085.67	6 333.00
板栗	3 000	林地	795.00	954.00	265.00	318.00
小计					5 355.05	6 651.00

表2 2002年和2005年宁波市本地生态足迹计算中能源消费

能源	世界平均生产力/ (GJ·hm <sup>-2</sup> )	折算系数/ (GJ·t <sup>-1</sup> )	土地类型	全市总消费量/t		总本地生态足迹/hm <sup>2</sup>	
				2002年	2005年	2002年	2005年
原煤	55	20.934	化石能源	13 340 419.90	18 586 067.00	5 077 606.3737	7 074 195.03
焦炭	55	28.470	化石能源	67 026.53	80 543.00	34 695.37	41 691.99
原油	93	41.868	化石能源	11 883 804.54	19 684 333.00	5 350 012.13	8 861 759.72
汽油	93	43.124	化石能源	45 255.12	133 862.00	20 984.75	62 071.67
煤油	93	43.124	化石能源	17 930.69	29 578.00	8 314.44	13 715.29
柴油	93	42.705	化石能源	118 687.16	343 519.00	54 500.38	157 741.71
燃料油	71	50.200	化石能源	1 193 575.45	970 963.00	843 908.28	686 511.87
液化气	71	50.200	化石能源	21 376.40	49 068.00	15 114.02	34 693.15
小计						11 405 135.74	16 932 380.43
热力	1 000	29.344	建筑用地	24 131 409.87	38 308 183.00	24 160.78	38 354.81
电力	1 000	11.840	建筑用地	974 779.89	2 072 607.00	37 740.36	80 244.71
小计						61 901.14	118 599.52

注: 焦炉煤气和其他煤气的单位为 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 密度为 0.45 kg/m<sup>3</sup>; 天然气单位为 10<sup>4</sup> m<sup>3</sup>, 密度为 0.5 kg/m<sup>3</sup>; 热力单位为 10<sup>6</sup> kJ, 电力单位为 10<sup>4</sup> kW·h; 折标准煤系数: 热力为 0.034 12 t/(10<sup>6</sup> kJ), 电力为 3.27 t/(10<sup>4</sup> kW·h)。

表3 2002年和2005年宁波市人均本地生态足迹

土地类型	人均面积/hm <sup>2</sup>		均衡因子	人均均衡面积/hm <sup>2</sup>	
	2002年	2005年		2002年	2005年
耕地	0.182 7	0.183 3	2.8	0.511 6	0.513 2
林地	0.001 0	0.001 3	1.1	0.001 1	0.001 4
草地	0.484 8	0.559 6	0.5	0.242 4	0.279 8
水域	0.418 4	0.484 4	0.2	0.083 7	0.096 9
化石能源用地	2.077 2	3.083 8	1.1	2.284 9	3.392 2
建筑用地	0.011 3	0.021 6	2.8	0.031 6	0.060 5
人均				3.155 3	4.344 0

注: 表示人均本地生态足迹。

### 3.2 生态足迹供需结构

从生态足迹供需结构上看, 2005年宁波市生态

足迹供给以耕地和建筑用地为主(表4), 二者合计占95%以上, 反映了该市的生态供给过分依赖于耕地, 类型较为单一。2005年宁波市本地生态足迹的需求主要是以化石能源用地、耕地和草地为主, 三者占总需求量的99%以上。

2002年的情况也与此大体一致。这说明在拉动宁波市经济快速增长的自然资本上, 能源与耕地占用较大。同时也表明对土地的需求快于土地生产力的恢复速度, 相应地对耕地造成的影响和破坏可能更大, 对自然环境消化和降解能力提出了更高要求, 而自然生态系统自身的环境再造能力有限, 因此生产和消费对环境的压力越来越大。

表4 2002年和2005年宁波市人均生态承载力和生态赤字

土地类型	人均面积/hm <sup>2</sup>		产量因子	均衡因子	人均均衡面积/hm <sup>2</sup>	
	2002年	2005年			2002年	2005年
耕地	0.038 6	0.037 7	1.66	2.8	0.179 4	0.175 3
林地	0.025 8	0.014 7	0.91	1.1	0.025 8	0.014 7
草地	0.000 0	0.000 0	0.19	0.5	0.000 0	0.000 0
水域	0.086 7	0.081 7	1.00	0.2	0.017 3	0.016 3
化石能源用地	0.000 0	0.000 0	0.00	1.1	0.000 0	0.000 0
建筑用地	0.027 7	0.034 1	1.66	2.8	0.128 8	0.158 6
人均生态承载力					0.351 4	0.364 9
12%生物多样性保护面积					0.021 5	0.020 2
可利用的人均生态承载力					0.330 0	0.344 8
人均本地生态赤字					2.825 3	3.999 2

### 3.3 生态足迹强度指数 ( $I_{EF}$ )

生态足迹强度指数 ( $I_{EF}$ ) 是指一个地区单位生态承载力 (面积) 上的本地生态足迹, 用  $I_{EF}$  表示<sup>[15]</sup>:

$$I_{EF} = \frac{F_{El}}{C_E} \quad (3)$$

式中:  $F_{El}$  ——生态足迹;  $C_E$  ——生态承载力 (面积)。

当  $I_{EF} = 1$  时, 表示环境处于生态平衡状态;  $I_{EF} > 1$  时, 表示环境状况差, 生态超载, 其值越大超载越严重, 社会经济越不可持续发展;  $I_{EF} < 1$  时, 表示处于生态盈余状态, 其值越小可持续性越强。

据公式 (3), 我们计算了 2005 年宁波市和浙江省其它城市生态足迹强度指数。2005 年宁波市生态足迹强度指数高达 12.599, 说明宁波经济社会高速发展所潜伏的巨大的环境压力, 若不依靠外界大量的资源输入, 社会经济的发展是难以为继的。形象地说, 12.599 的生态足迹强度指数意味着宁波市在向每公顷土地索取本应是 12.599  $\text{hm}^2$  土地才能提供的生态服务, 这样超载运行的结果是十分危险的。宁波市生态环境系统长期处于严重超载状态, 其可持续性是可想而知的。在浙江省 11 个市中宁波市的生态足迹强度指数, 是全省指数值最高的城市, 远远超过杭州市, 是丽水市的 11 倍左右。这说明宁波市单位生态承载力 (面积) 上承受着全省最大的生态压力, 成为浙江省社会经济发展中环境压力强度最大的城市。

减少本地生态足迹, 提高生态承载力, 降低生态足迹强度指数, 是寻求可持续发展的基本准则。减少本地生态足迹首先要优化当前不合理的生态足迹结构, 充分利用优越的地理条件, 逐步开发风能、水电、太阳能、潮汐能等清洁的可再生能源, 降低化石能源消费水平, 减少  $\text{CO}_2$  排放量, 直接减少能源消费带来的生态赤字, 提高生态环境质量。同时, 通过提高单位森林、绿化、湿地面积的生态产出量, 提高水田种植面积, 减轻本地生态足迹持续扩大的负面影响; 继续调整产业结构与技术结构, 在优化企业组织结构基础上, 通过高新技术开发与产业结构升级, 实现能耗的大幅度、持续性降低, 提高资源利用率, 建立资源节约型和环境友好型的循环经济体系, 增强可持续发展能力。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] Wackernagel M, Rees W E. Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective [J]. Ecological Economics, 1997, 20: 3-24.
- [2] 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析 [J]. 地理学报, 2000, 55 (5): 607-616.
- [3] 王书华, 毛汉英, 王忠静. 生态足迹研究的国内外近期进展 [J]. 自然资源学报, 2002, 17 (6): 776-782.
- [4] 李金平, 王志石. 澳门 2001 年生态足迹分析 [J]. 自然资源学报, 2003, 18 (2): 197-203.
- [5] 窦贻俭, 苏慧, 高超, 等. 江苏省生态足迹分析与可持续发展研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2004, 13 (6): 519-523.
- [6] 童亿勤, 劳雅婷. 浙江省本地生态足迹地域差异性研究 [J]. 农业现代化研究, 2008, 29 (5): 576-579.
- [7] 杨振, 牛叔文, 常慧丽, 等. 基于生态足迹模型的区域生态经济发展持续性评估 [J]. 经济地理, 2005, 25 (4): 542-546.
- [8] 蔺海明, 颜鹏. 甘肃省河西绿洲农业区生态足迹动态研究 [J]. 应用生态学报, 2004, 15 (5): 827-832.
- [9] 彭建, 吴健生, 蒋依依, 等. 生态足迹分析应用于区域可持续发展生态评估的缺陷 [J]. 生态学报, 2006, 26 (8): 2716-2722.
- [10] 白钰, 曾辉, 魏建兵. 关于生态足迹分析若干理论与方法论问题的思考 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2008, 44 (3): 493-500.
- [11] 顾晓薇, 王青, 王军. 本国生态足迹指标的构建及其实证研究 [J]. 东北大学学报: 自然科学版, 2006, 27 (10): 1150-1153.
- [12] 李广军, 王青, 顾晓薇. 调整的生态足迹方法在辽宁省的应用研究 [J]. 冰川冻土, 2006, 28 (2): 299-306.
- [13] World wildlife fund living planet report. [EB/OL]. [2002-06-10]. [http://www.panda.org/downloads/general/LPR\\_2002.pdf](http://www.panda.org/downloads/general/LPR_2002.pdf).
- [14] 陶在朴. 生态包袱与生态足迹: 可持续发展的重量及面积观念 [M]. 北京: 经济科学出版社, 2003: 161-206.
- [15] 顾晓薇, 王青. 可持续发展的环境压力指标及其应用 [M]. 冶金工业出版社, 2005: 1-149.