

生态足迹法在循环经济定量研究中的应用

——以温州市 2002 年生态足迹计算与分析为例

王 奇

(温州大学生命与环境科学学院, 浙江温州 325035)

摘 要: 利用生态足迹法计算了温州市 2002 年的生态足迹、生态承载力、生态足迹多样性、GDP 足迹和发展能力等。结果表明: 温州市 2002 年生态赤字为 1.7807 公顷/人, 人均生态足迹超出生态承载力的 6.4 倍, 生态足迹多样性指数、GDP 足迹和发展能力分别为 0.2291、1.4428 公顷/10⁴元和 0.4719, 各项指标均差于杭州。

关键词: 生态足迹法; 循环经济; 温州; 生态承载力

中图分类号: X22 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-309(2005)05-0017-04

发展循环经济是人类实现可持续发展的一种全新的经济运行模式。生态足迹法最初是由加拿大生态经济学 E. R. William 于 20 世纪 90 年代提出度量可持续发展程度的方法, 并由 M. Wackernagel 进一步完善的基于土地面积的量化指标^[1,2]。1999 年生态足迹的概念被引入我国, 徐中民等人在我国较早开展了有关此方面的研究工作^[3]。本文将生态足迹的理论与方法引入到循环经济定量研究中, 用生态足迹定量表示城市的经济活动对自然生态系统造成的压力及其程度, 测算资源的利用效率, 认清发展循环经济的国家或城市的现实条件, 为促进可持续发展制定环境管理政策提供决策依据。

一、生态足迹法的计算模型与方法

(一) 生态足迹需求的计算模型与方法

生态足迹模型的计算是基于以下两个基本事实: 一是人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其所产生废弃物的数量; 二是这些资源和废弃物流能转换成相应的生物生产土地面积, 它假设所有类型的物质消费、能源消费和废水处理需要一定数量的土地面积和水域面积。其计算公式为:

$$EF = N \cdot ef = N \cdot r_j \cdot \sum (aa_i) = N \cdot r_j \cdot \sum (c_i / p_i)$$

式中: EF 为总的生态足迹; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; c_i 为 i 种商品的人均消费量; p_i 为 i 种消费商品的平均生产能力; aa_i 为人均 i 种交易商品折算的生物生产面积, i 为消费商

收稿日期: 2005-04-25

基金项目: 温州市重大软科学研究招标项目(R2004A35)

作者简介: 王奇(1977-), 男, 辽宁铁岭人, 讲师, 硕士, 研究方向: 环境管理和水污染控制技术

品和投入的类型; r_j 为均衡因子, 因为单位面积耕地、化石燃料土地、草地、林地等的生物生产能力差异很大, 为了使计算结果转化为一个可比较的标准, 有必要在每类型生物生产面积前乘上一个均衡因子(权重), 以转化为统一的、可比较的生物生产面积, j 为生物生产性土地类型。

(二) 生态足迹供给(生态承载力)的计算方法

因生态承载力与当地的土地生产力有关, 因此计算生态承载力时, 要乘以当地的产出因子。

(三) 生态足迹多样性和生态经济系统的发展能力的计算方法^[3]

生态足迹多样性指数 H 可用 Shannon-Weaver 公式 $H = -(\sum P_i \ln P_i)$ 计算, P_i 是 i 种土地类型在总生态足迹中的比例; 发展能力 C 可由生态足迹乘以从系统组织角度推导的生态足迹多样性指数得到, 用 $C = EF \times (-\sum (P_i \ln P_i))$ 公式计算。

二、生态足迹法案例分析

本文选择温州为案例城市, 将城市生态足迹法应用到循环经济定量研究中, 从新的思路为温州市城市生态建设、发展循环经济及实现可持续发展提供研究基础和现实条件。以下所有关于人均指标的计算值都是基于温州市 2002 年总人口数 739.12 万人得出的。

(一) 温州市生态足迹计算

用生态足迹法从两个方面对温州市的生态足迹进行了计算: 第一, 生物资源的消费; 第二, 能源的消费。在生态足迹账户核算中, 生物生产面积主要考虑 6 种类型: 化石燃料土地、耕地、林地、草地、建筑用地和水域。计算结果见表 1。

表 1 温州市生物资源消费生态足迹(2002 年)

生物资源	全球 平均产量 (千克/公顷)	城市居民 人均消费量 (千克)	农村居民 人均消费量 (千克)	总消费量 (10^4 吨)	总生态 足迹 (公顷)	人均 生态足迹 (公顷/人)	生产面积 类型
粮食	2744	57.44	195.25	186.7682	680642.2	0.0921	耕地
食用植物油	431	4.98	2.63	5.6247	130503.6	0.0177	耕地
鲜菜	18000	76.49	65.86	105.2137	58452.07	0.0079	耕地
猪肉	74	13.33	16.35	21.9371	2964470	0.4011	耕地
牛羊肉	33	1.00	1.34	1.7295	524103.3	0.0709	草地
禽蛋	1164	5.59	5.77	8.3964	72134.05	0.0098	草地
鱼虾	29	18.45	29.78	35.6478	12292330	1.6631	水域
鲜瓜果	18000	39.9	23.12	46.5793	25877.41	0.0035	耕地
鲜奶	502	4.29	1.48	4.2647	84954.63	0.0115	草地
禽肉	784	8.6	7.12	11.6190	148201.1	0.0201	耕地
木材	1.99	—	—	171895	86379.4	0.0117	林地

数据来源: 温州统计局. 温州统计年鉴(2003) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2003

能源平衡账户部分根据资料处理了如下几种能源: 原煤、汽油、煤油、柴油、燃料油和电力等。计算足迹时将能源的消费转化为化石燃料生产土地面积和建筑用地。采用世界上单位化石燃料生产土地面积的平均发热量为标准, 将当地能源消费所消耗的热量折算成一定的化石燃料用地和建筑用地。温州市能源消费生态足迹见表 2。

(二) 计算结果分析

从表1和表2可知, 在生物资源消费生态足迹中鱼虾类水产品的人均生态足迹最大, 为1.6631公顷/人, 其次为猪肉, 在能源消费生态足迹中原煤人均生态足迹最大, 为0.0937公顷/人, 占总化石燃料用地的70.9%。从表3计算可知, 温州市2002年出现很大的资源生态赤字, 为1.7807公顷/人, 人均生态足迹超出生态承载力的6.4倍, 说明资源生态承载力不能支持当年的资源生态足迹, 正常利用下的生态系统资源供给能力不足以满足资源消费, 只能通过资源进口或资源过度提取来弥补。

表2 温州市能源消费生态足迹(2002年)

能源类型	总消费量 (吨标煤)	折算系数 (10 ⁹ 焦/吨)	人均消费量 (10 ⁹ 焦/人)	全球平均 能源足迹 (10 ⁹ 焦/公顷)	人均 生态足迹 (公顷/人)	生物生产性 土地类型
原煤	1819927	20.934	5.1546	55	0.0937	化石燃料用地
汽油	22249	43.124	0.1298	93	0.0014	化石燃料用地
煤油	3999	43.124	0.0233	93	0.0003	化石燃料用地
柴油	126750	42.705	0.7323	93	0.0079	化石燃料用地
燃料油	303057	50.2	2.0583	71	0.0290	化石燃料用地
电力 ^①	390855	11.84	0.6261	1000	0.0006	建筑用地

数据来源: 温州统计局. 温州统计年鉴(2003) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2003. ①单位为万千瓦时

表3 温州市生态足迹的需求与供给(2002年)

土地类型	人均生态足迹的需求(DEF)			土地类型	人均生态足迹的供给(SEF)		
	总面积	均衡因子	均衡面积		总面积	产出因子	均衡面积
耕地	0.5423	2.8	1.5184	耕地	0.0219	2.1	0.1288
林地	0.0140	1.1	0.0154	林地	0.0845	1.4	0.1301
草地	0.0922	0.5	0.0461	草地	0.0000	3.29	0.0000
化石燃料	0.1322	1.1	0.1454	CO ₂ 吸收	0.0000	0.00	0.0000
建筑用地	0.0006	2.8	0.0017	建筑用地	0.0097	2.1	0.0570
水域	1.6631	0.2	0.3326	水域	0.0007	8.5	0.0012
总需求足迹			2.0597	总供给足迹			0.3171
				生物多样性保护(12%)			0.0381
				总生态承载力			0.2790
				生态盈余(赤字)			-1.7807

表4 浙江省城市 2002 年生态足迹数据

城市	人均生态足迹 (公顷/人)	生态承载力 (公顷/人)	生态盈余(赤字) (公顷/人)	GDP 足迹 (公顷/10 ⁴ 元)	生态足迹 多样性指数	发展能力
温州	2.0597	0.2790	-1.7807	1.4428	0.2291	0.4719
杭州	1.7709	0.6130	-1.1579	0.6430	1.4659	2.5959

杭州数据来源: 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. 表中的GDP足迹、生态足迹多样性和发展能力等根据该文献报道的数据计算得出

(三) 温州与杭州城市生态足迹比较分析

应用 Shannon-Weaver 和发展能力公式计算生态足迹多样性指数和发展能力, 由表 4 可以看出, 温州各项指标均差于杭州, 尤其杭州的生态经济系统发展能力是温州的发展能力 11.3 倍。目前必须减小生态足迹和增加生态足迹多样性, 提高温州生态经济系统的发展能力。

三、结语

温州市 2002 年有很大的生态赤字, 人均生态足迹超出生态承载力的 6.4 倍, 表明资源生态承载力不能支持资源生态足迹, 这种现象成为温州经济增长的生态制约, 因此必须大力发展循环经济, 改变传统的生产方式和消费方式, 淘汰高污染、高能耗、高投入、低产出的工艺和企业, 通过循环利用、节能、节水等措施, 提高资源利用率, 缓解温州市的生态赤字。

参考文献

- [1] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economies leaves out [J]. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121-130
- [2] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. *Ecological Economics*, 1999, 29(3): 75-390
- [3] 徐中民. 中国 1999 年生态足迹计算与发展能力分析[J]. *应用生态学报*, 2003, 14(2): 280-285
- [4] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. *Ecological Footprints of Nations* [Z]. Toronto: International council for local Environmental Initiatives, 1997
- [5] 温州统计局. *温州统计年鉴(2003)* [M]. 北京: 中国统计出版社, 2003
- [6] 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

Application of Ecological Footprint Method to Studying Circular Economic Quantification —— A Case Study of Wenzhou in 2002

WANG Qi

(School of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, Wenzhou, China 325035)

Abstract: Ecological footprint method is a new method for measuring ecological sustainable development, and studying circular economic quantification. The method is used to calculate ecological footprint and ecological footprint diversity and ecological bearing capacity of Wenzhou in 2002. The results show that the ecological deficit in Wenzhou was 1.7807 ha per cap in 2002, and ecological footprints went beyond 6.4 times ecological bearing capacity in Wenzhou in 2002. The ecological footprint diversity, the GDP ecological footprint and the development capacity were 0.2291, 1.4428ha/10⁴yuan and 0.4719 respectively. All indexes in Wenzhou are lower than those in Hangzhou.

Key words: Ecological footprint; Circular economy; Wenzhou; Ecological bearing capacity