

中国 1999 年的生态足迹分析*

徐中民^{1,2} 陈东景¹ 张志强¹ 程国栋¹

(1 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所生态经济中心, 甘肃兰州 730000)

(2 兰州大学干旱农业生态国家重点实验室, 甘肃兰州 730000)

CALCULATION AND ANALYSIS ON ECOLOGICAL FOOTPRINTS OF CHINA

Xu Zhongmin^{1,2} Cheng Dongjing¹ Zhang Zhiqiang¹ Cheng Guodong¹

(1 State Key Laboratory of Frozen Soil Engineering, CAREERI, CAS, Lanzhou 730000)

(2 State Key Laboratory of Arid Agroecology, Lanzhou University, Lanzhou 730000)

关键词 生态足迹, 中国, 可持续发展

中图分类号 P 967

自可持续发展的概念提出以来, 科学家们一直在研究衡量可持续发展状态的指标和方法以支持可持续发展的决策。生态足迹的研究方法是 1992 年 William Rees 和他的学生 Wackernagel 提出并于 1996 年完善的。生态足迹是指按可持续发展方式, 支持给定数量的人口消费所需要的生物生产型土地面积^[1]。由于是采用看得见的足迹来反映人类消费对自然的影响, 生态足迹研究方法自提出以来, 已经得到了广泛地应用^[2]。本文旨在用当前国际上流行的生态足迹理论, 来定量衡量中国的可持续发展状况。

1 研究方法

生态足迹的计算是基于: 对于物质和能源的任何消费项目, 在一个或多个生态系统的分类中, 一定数量的土地需要用来提供消费所需要的资源流量和吸收废弃物。在生态足迹的应用中, 主要目的就是构造一个土地消费利用矩阵来解释人类消费活动与赖以生存的土地资源之间的关系, 消费分类通常包括: 食物、住房、交通、消费商品和服务; 土地利用类型包括: 种植业用地, 牧业用地, 建筑用地, 林业用地, 水域和能源用地。在 Wackernagel 和 Rees 的生态足迹定义中, 这些不同类型的消费用地通过采用替代因子法折算后相加就得到总生态足迹的需求^[2,3]。

* 中国科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-09-04)、(KZCX1-10-3) 和中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程项目(210018) 资助

收稿日期: 2001- 07- 13; 收到修改稿日期: 2001- 11- 21

生态足迹中难处理的土地利用类型是能源用地,能源用地代表了在可持续方式下支持当前的能源消费所需要的土地面积。目前的计算是在各种假设条件下,采用能源土地转化因子的办法来估计能源用地。确定能源—土地转化因子的方法通常有^[2]:(1) 计算提供化石燃料替代物甲醇和乙醇所占用的土地面积来获得能源用地,研究表明提供这些化石能源类似物的生产力平均是 $80\sim 150\text{GJ}\cdot\text{hm}^{-2}\cdot\text{a}^{-1}$ 。(2) 计算吸收燃烧化石燃料排放 CO_2 所需要的土地面积。早期的研究表明平均每 hm^2 森林每年能吸收燃烧 100GJ 化石燃料所排放的 CO_2 。(3) 计算以化石燃料枯竭的速率重建资源资产替代的形式所需要的土地面积。估计表明在森林立木中平均每 hm^2 每年能积累 80GJ 的可恢复生物量能源。

参考 Wackernagel 推荐使用的计算过程^[3,4],生态足迹需求的计算可用下式表示^[1,2]:

$$EF = N [g = \sum (aa_i) = \sum (c_i / p_i)]$$

其中, i 为交换商品和投入的类型; p_i 为 i 种交易商品的平均生产能力; C_i 为 i 种商品的人均消费量; aa_i 为人均 i 种交易商品折算的生物生产型土地面积; N 为人口数; g 为人均生态足迹需求; EF 为总的生态足迹需求。

目前,有关生态足迹的应用研究已有不少案例^[4,7]。Wackernagel 等计算的 52 个国家的生态足迹分析是该方面研究的典型例证^[4]。该研究在汇总的基础上将各国的生态足迹需求同可供的生态土地面积进行比较,表明大多数国家正在生态赤字的情况下运行,而且敏感性分析表明具体的技术和生活类型模式的变化能减少一个具体的区域对其环境的影响。

2 中国 1999 年生态足迹的计算和分析

以 Wackernagel 和 Rees 提出的生态足迹计算方法为理论依据,采用联合国粮农组织有关生物资源 1993 年的世界平均产量资料来处理生物资源生产面积的折算。考虑到增加大气中 CO_2 的浓度将是不可持续发展,在我们的计算中采用的是估计吸收 CO_2 排放所需要的土地面积来处理能源用地,数据来自 Wackernagel 的国家足迹报告及附录^[4]。

依据上述基本数据,按照前述的计算方法,我们将中国的土地利用类型划分为耕地,草地,林地,建筑用地,化石能源用地和水域(表 1)。因资料的原因,在 1999 年分省的足迹计算中未考虑水域的利用。

表 1 中国 1999 年生态足迹计算汇总表

人均生态足迹				人均生态承载力			
土地类型	人均面积 ($\text{hm}^2\cdot\text{cap}^{-1}$)	均衡因子	均衡面积 ($\text{hm}^2\cdot\text{cap}^{-1}$)	土地类型	人均面积 ($\text{hm}^2\cdot\text{cap}^{-1}$)	产量因子	均衡面积 ($\text{hm}^2\cdot\text{cap}^{-1}$)
耕地	0 100 8	2.8	0.282 3	耕地	0 103	1.66	0.480
草地	0 627 6	0.5	0.313 8	草地	0 318	0.19	0.030
森林	0 020 6	1.1	0.022 6	森林	0 209	0.91	0.209
化石能源	0 575 2	1.1	0.632 8	CO_2 吸收	0 000	0.00	0.000
建筑用地	0 010 9	2.8	0.030 6	建筑用地	0 010	1.66	0.047
海洋	0 217 2	0.2	0.043 4	海洋	0 037	1.00	0.007
总足迹需求量			1.325 5	生态承载力			0.774
				生物多样性保护面积(-12%)			0.093
				总供给面积			0.681

注:计算资料来自中国统计年鉴(2000),由于四舍五入的关系,表中计算数据存在一定的误差

就全球的平均生产能力来看,按 1999 年中国 12.59 亿人计算,中国人均生态足迹为 1.326hm^2 ,而人均生态承载力为 0.681hm^2 ,人均赤字为 0.645hm^2 ,中国的生态足迹已经超出其生态承载力的 94%。与世界 1997 年人均生态承载力 2hm^2 (已扣除 12% 的生物多样性保护面积)相比^[3,4],中国的人均生态足迹占全球人均生态承载力的 66%。1999 年中国的生态承载力仅相当于其足迹的 51%。从资源利用的角度来看,能源用地占整个足迹的 48%,生态足迹分析中的能源用地代表了在可持续方式下支持当前的能源消费所需要的土地面积,反映中国的经济结构中,工业的生产已经占据较高的比例。由于目前还没有证据表明有哪个国家专门拿出土地用于 CO_2 的吸收,因此,高的能源消费通常意味着高的生态赤字,这也是中国高生态赤字的原因之一。

尽管中国人均生态足迹比较小,但由于人口总量大,因而总的足迹很大,对环境的影响也大,中国人的总生态足迹为 1668.87hm^2 ,为现有国土面积的 1.74 倍,人均超支了 0.64hm^2 ,这表明我国的人地关系已经十分紧张。同 Wackernagel(1999) 计算的中国 1997 年的人均生态足迹 1.12hm^2 相比,我国的人均生态足迹增加了 0.125hm^2 ,生态承载力减少了 0.119hm^2 。本研究得出的中国人均生态足迹增加的原因可以归结为: 1) 人口的增加; 2) 可利用土地资源的减少; 3) 人们消费商品数量的增加。

按同样的方法计算了我国部分省市的生态足迹(表 2),从表 2 第一列的生态足迹数值可以看出,北京市人均生态足迹最高,为人均 2.682hm^2 ; 云南省的人均足迹最低,为 0.477hm^2 。全国人均均为 1.326hm^2 。将生态足迹与当地的生态承载力相比较,可以看出,所计算的 31 个省(区市)中,除江西、云南、西藏外,其余 28 个省都存在不同程度的生态赤字,因此,中国及其大部分省(区市)都是在生态赤字的状态下运行。如以 1997 年全球人均 2hm^2 ^[3,4] 的生态承载力为生态阈值的话,则北京、山西、内蒙古、辽宁、黑龙江、上海、新疆的资源消费状况已经超过了全球尺度承载力的范围,而且超过了本地的生态承载力,是属于全球和地方尺度均不可持续的发展类型;在所计算的省份中,除江西、云南、西藏属于全球和地方尺度可持续的发展省份外,其余的省份都属于地方尺度不可持续而全球尺度可持续的发展省份。也就是说,目前全球不可持续省份的消费已经超过了全球平均的自然的再生产能力。由于进出口所携带的足迹比例不大,以中国为例,1999 年进出口所携带的足迹分别占总生态足迹的 8.9% 和 10.5%,在进行贸易平衡后,贸易对生态赤字的影响仅为总生态足迹的 1.6%。因此可以认为当前的消费是以耗竭自身的自然资产为基础的。

表 2 中国及部分省(区市)的 1999 年的生态足迹与生态承载力

国家或地区	生态足迹 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	生态承载力 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	生态赤字/ 盈余 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	GDP 足迹 ($\text{hm}^2 \text{万元}^{-1}$)	国家或地区	生态足迹 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	生态承载力 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	生态赤字/ 盈余 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	GDP 足迹 ($\text{hm}^2 \text{万元}^{-1}$)
中国	1.325	0.681	-0.645	2.037	湖北	1.595	0.395	-1.200	2.455
北京	2.682	0.934	-1.748	1.550	湖南	1.006	0.432	-0.575	1.975
天津	0.895	0.385	-0.510	0.592	广东	1.232	0.462	-0.770	1.058
河北	0.947	0.626	-0.321	1.371	海南	0.891	0.336	-0.555	1.441
山西	2.555	0.741	-1.741	5.433	广西	1.022	0.425	-0.597	2.466

续表 2

国家或地区	生态足迹 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	生态承载力 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	生态赤字/ 盈余 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	GDP 足迹 ($\text{hm}^2 \text{万元}^{-1}$)	国家或地区	生态足迹 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	生态承载力 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	生态赤字/ 盈余 ($\text{hm}^2 \text{cap}^{-1}$)	GDP 足迹 ($\text{hm}^2 \text{万元}^{-1}$)
辽宁	2.571	0.700	-1.871	2.571	四川	0.951	0.385	-0.566	2.141
吉林	1.789	1.054	-0.734	2.848	重庆	1.042	0.303	-0.738	2.163
黑龙江	2.387	1.625	-0.761	3.124	贵州	1.228	0.352	-0.876	4.998
上海	2.242	0.256	-1.987	0.819	云南	0.477	0.755	0.277	1.078
江苏	1.568	0.459	-1.109	1.469	陕西	1.086	0.742	-0.344	2.641
浙江	0.529	0.4205	-0.108	0.441	甘肃	1.337	0.806	-0.531	3.596
安徽	1.382	0.502	-0.880	2.963	青海	1.573	1.173	-0.401	3.365
福建	1.447	0.482	-0.760	2.094	宁夏	1.278	1.100	-0.178	2.875
江西	1.058	1.288	0.229	2.280	新疆	2.413	1.152	-1.261	3.665
山东	1.447	0.497	-0.951	1.667	内蒙	2.371	2.353	-0.018	4.415
河南	1.478	0.481	-0.997	3.032	西藏	2.153	7.584	5.431	5.208

注: 资料来自《中国统计年鉴—2000》及各省(区市)2000年统计年鉴。因资料原因在表2的计算结果中, 河北的足迹计算中未进行能源平衡, 浙江省的生态足迹计算中未包含能源用地, 上海、贵州、广西生态承载力计算中未包括草地; 省(区市)计算中未包括台湾、香港和澳门

为反映资源的利用效益, 计算了万元 GDP 的生态足迹(见表 2), 显然万元 GDP 的足迹需求大, 反映资源的利用效益低, 反之, 则资源利用效益高。从表 2 可以看出, 1999 年我国平均万元 GDP 所占有的足迹为 2.037hm^2 , 高于发达国家的平均水平, 这反映我国的资源利用效益比较低。中国各地区万元 GDP 的足迹需求普遍很大, 且存在较大差异。如山西省和辽宁省的足迹需求都比较大, 人均分别为 2.555hm^2 和 2.571hm^2 , 这主要是因为二者都是能源消费大省, 能源用地占生态足迹需求的比例高达 83% 和 63%。但两省万元 GDP 的足迹却相差 2.11 倍, 这说明在资源利用效益方面两省有比较明显的差别。对东西部地区的分析结果进行对比表明, 东部地区(未包括浙江省)人均足迹 1.370hm^2 , 人均生态赤字 0.867hm^2 , 万元 GDP 足迹 1.291hm^2 ; 西部地区(12 省)人均足迹 1.172hm^2 , 人均生态赤字 0.45hm^2 , 万元 GDP 足迹 2.721hm^2 。东部的人均生态足迹比西部高 0.198hm^2 , 人均生态赤字高出 0.417hm^2 , 这说明东部地区由于其人口密度远远高于西部地区, 因而其人地关系比西部地区还要紧张。西部地区万元 GDP 的足迹是东部地区的 2.1 倍, 说明西部地区资源的利用效益要远低于东部地区。

3 讨 论

生态足迹研究方法一经提出, 就受到了生态经济学家广泛关注, 引起了广泛深入的讨论^[8~10]。关于生态足迹方法的优缺点, 文献[5]中已做过初步讨论。这里仅对本研究中遇到的一些问题及其政策含义进行简单讨论。

1. 在计算生态承载力时, 由于在各土地类型的核算中缺乏一些标准的定义容易导致计算结果的偏差较大^[6], 如将产出率极低的荒漠草原与产出率较高的湿地草原相提并论

并简单相加,会导致计算结果偏大。分析这些差异主要来自: 1) 缺乏对用地类型的定义标准; 2) 计算过程中消费商品对应单一土地利用类型的假设,显然忽略了人类对消费商品的间接利用。

2. 生态赤字与盈余用来判断一个国家或地区的可持续发展状态合适与否,这里有一个尺度问题。由于在全球尺度上,自给自足和可持续是同义语,在其它尺度上生态足迹赤字和盈余是人口密度的函数,因此不能确定一个面积辽阔、人口稀少、能自给自足、并有很大的人均足迹的国家或地区是否比一个面积小、人口密度大、但人均生态足迹小的国家或地区更可持续^[6],如实例计算中的北京和西藏之间的比较。

3. 当前生态足迹的计算主要基于人均国民消费和世界平均土地产出量。这是一个促进国与国或地区与地区之间比较的实用方法。但是土地产出率受人类的管理模式和自然条件影响较大,以全球平均的产出率数据为基础计算生态足迹忽略了各地区之间真正的生态比较优势,计算的结果不能反映各地区真实的生态生产型面积需求的大小,因此生态足迹的计算程序应考虑建立在当地的消费、生产和统计的基础上。

参 考 文 献

1. Hardi P, Barg S, Hodge T, *et al.* Measuring sustainable development: Review of current practice. International institute of sustainable development occasional paper number 17. November 1997. 1~ 2, 49~ 51
2. Wackernagel M, Rees W. Our ecological footprint— reducing Human impact on the earth. New Society Publishers, 1996. 61~ 83
3. Wackernagel M, Onisto L, Bello P, *et al.* National natural capital accounting with the ecological footprint concept. Ecological Economics, 1999, 29(3): 375~ 390
4. Wackernagel M, Onisto L, Bello P, *et al.* Ecological Footprints of Nations. Commissioned by the Earth Council for the Rio+ 5 Forum. International Council for Local Environmental Initiatives, Toronto. 1997. 12~ 25
5. 徐中民, 张志强, 程国栋. 甘肃省 1998 年生态足迹的计算与分析. 地理学报. 1999, 55(5): 607~ 616
6. Bicknell K, Ball R, Cullen R, *et al.* New methodology for the ecological footprint with an application to the New Zealand economy. Ecological Economics, 1998, 27(2): 149~ 160
7. Vuuren D P, Smeets E MW. Ecological footprints of Benin, Bhutan, Costa Rica and the Netherlands. Ecological Economics, 2000, 34(1): 115~ 130
8. Ayres U. Commentary on the utility of the ecological footprint concept. Ecological Economics, 2000, 32(3): 347~ 349
9. Kooten G, Bulte E. The ecological footprint: useful science or politics. Ecological Economics, 2000, 32(3): 385~ 389
10. Wackernagel M, Silverstein J. Big things first: focusing on the scale imperative with the ecological footprint. Ecological Economics, 2000, 32(3): 391~ 394