

淮安市城市生态足迹分析

马喜君, 马海亮

(淮阴工学院生化学院, 江苏 淮安 223003)

摘要: 在介绍生态足迹的计算模型的基础上, 计算了淮安市 2006 年的生态足迹。结果表明, 2006 年淮安市人均生态足迹是 2.53 hm^2 , 人均生态承载力仅为 0.82 hm^2 , 人均生态赤字则为 1.71 hm^2 , 反映了淮安市的生产、生活强度超过了生态系统的承载能力。

关键词: 生态足迹; 生态承载力; 淮安市

中图分类号: X171.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1006-2009(2009)01-0058-04

生态足迹 (ecological footprint) 是一种定量测度区域可持续发展状态的指标和方法。生态足迹的概念模型提供了测量和比较人类经济系统对自然生态系统的需求与自然生态系统承载力之间差距的方法。生态足迹的计算结果能够反映在一定的社会发展阶段和一定技术条件下, 人们的社会活动与当时生态承载力之间的差距。

淮安市地处苏北腹地, 京杭大运河与古淮河交汇处, 地理上属黄淮平原与江淮平原结合部, 具有暖温带和亚热带过渡气候特征^[1], 是全国商品粮和农副产品生产、加工、销售基地。淮安市境内的洪泽湖为全国五大淡水湖之一, 是全国淡水水产养殖重要产区。经济的高速发展和人口增长, 对淮安市环境造成了很大的压力, 因此, 对淮安市 2006 年的生态足迹状况进行计算与分析, 然后以此为基础, 对该市近几年生态足迹变化情况作统计, 以便于找出生态环境发展过程中出现的主要问题, 从而为可持续发展提供理论依据。

1 研究方法

生态足迹基于如下假设计算: ①人类可以确定自身消费的绝大多数资源及其产生的废物数量。②这些资源和废物能够转换成相应的生产性土地面积。③采用生物生产力来衡量土地时, 不同地域间的土地可以用相同的单位 (如公顷) 来表示。④各类土地在空间上互相排斥, 即一块土地只能作为一种土地类型。

根据生产力的大小差异, 生态足迹法将地球表面的生物生产性土地分为 6 大类: ①耕地, 生物生产性土地中生产力最大的一类土地, 聚集的生物量最

多; ②化石能源用地, 为保证自然资本总量不减少而应储备的土地。用来补偿因化石能源消耗而损失的自然资本存量; ③牧草地, 适用于发展畜牧业的土地; ④林地, 可产出木材产品的人造林或天然林; ⑤建筑用地, 人居设施及道路所占用的土地; ⑥水域, 包括可以提供生物产出的淡水水域和海洋。

当计算的生态足迹需求大于自然生态系统的承载力时, 称为生态盈余 (ecological surplus), 表明人类对自然生态系统的压力处于地区所提供的生态承载力范围内, 该地区处于可持续发展状态; 反之, 则为生态赤字 (ecological deficit), 表明该区域人类对自然生态系统所提供的产品和服务的需求超过了其供给, 地区处于不可持续发展状态。

1.1 生态足迹的计算模型

生态足迹的计算公式为:

$$EF = n \cdot ef = n \cdot \sum_{i=1}^n (aa_i) = \sum_j r_j A_j = \sum_i (c_i / p_i)$$

式中: EF 为总的生态足迹; n 为人口数; ef 为人均生态足迹; aa_i 为人均 i 种交易商品折算的生物生产面积, i 为所消费商品和投入的类型, j 为生物生产性土地类型; r_j 为均衡因子; A_j 为第 j 种消费项目折算的人均占有的生物生产面积; 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。

因为单位面积耕地、化石燃料土地、牧草地、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, 有必要在每种类型生物生产面积前乘上一个均衡因子 (权重), 以转化为统

收稿日期: 2008-09-15 修订日期: 2008-11-25

作者简介: 马喜君 (1975-), 男, 黑龙江北安人, 讲师, 博士, 从事生态风险评价研究。

一的、可比较的生物生产面积。目前我国普遍采用的均衡因子为^[2-4]: 林地和化石能源用地为 1.14 耕地和建筑用地为 2.82 牧草地为 0.54 水域为 0.22 CO₂ 吸收用地为 0.00

1.2 生态承载力计算模型

生态承载力计算公式为:

$$EC = n \cdot ec = n \cdot \sum_{j=1}^6 a_j \cdot r_j \cdot y_j \quad (j=1, 2, 3, \dots, 6)$$

式中: EC 为区域总生态承载力; n 为人口数; ec 为人均生态承载力, hm²/人; a_j 为人均生物生产面积; r_j 为均衡因子; y_j 为产量因子, y_j = y_j / y_{wj}, y_j 指某国家或区域的 j 类土地的平均生产力, y_{wj} 为 j 类土地的世界平均生产力。

在计算生态足迹的供给(生态承载力)时,不同国家或地区同类生物生产土地的实际面积是不能直接对比的,需要对其调整。

不同国家或地区的某类生物生产面积所代表的平均产量与世界平均产量的差异可用产量因子(yield factor)来表示。产量因子是某个国家或地区某种类型土地的平均生产力与世界同类土地的平均生产力的比率。我国目前采用的产量因子^[5-6]分别为:耕地、建筑用地为 3.53 林地 为 5.23 草地为 0.00 水域为 1.00, CO₂ 吸收用地 1.10。出于谨慎性考虑,在生态承载力计算时扣除 12% 的生物多样性保护面积^[7]。

2 结果与分析

2.1 淮安市生态足迹与承载力计算

应用生态足迹的数学模型,将淮安市 2006 年的消费情况进行统计,对淮安市 2006 年的生态足迹进行案例分析。2006 年淮安市生物生产性土地面积构成见表 1。

表 1 2006 年淮安市可供生物生产型土地面积

土地类型	土地面积	占全市土地面积	人均生物生产
	A / (10 ⁴ hm ²)	%	性土地面积 Q / (hm ² ·人 ⁻¹)
耕地	3.93	39.1	0.07
林地	19.2	19.1	0.04
草地	4.21	4.18	0.01
水域	31.3	31.0	0.06
建筑用地	0.236	0.23	0.00

根据 2006 年《淮安市统计年鉴》数据,生物资源消费主要有农产品、畜产品、水产品 and 林产品等大类,其中农产品大类主要由粮食、油料、蔬菜等构成;畜产品有猪肉类、牛肉类、羊肉类、奶类、禽蛋。人类消费的生物资源,按其不同特性可分别折算为相应的耕地、林地或水域等生物生产性土地面积需求。将 2006 年淮安市的生物量消费分别折算为相应的生物生产性土地面积,具体计算结果见表 2。

表 2 2006 年淮安市生物资源消费生态足迹

生物资源	全球平均产量	淮安市生物消费量	总生态足迹	人均生态足迹	土地类型
	Q / (10 ³ kg·km ⁻²)	m / 10 ⁵ t	A / 10 ⁵ km ²	Q / (km ² ·人 ⁻¹)	
粮食	2.74	38.1	13.9	0.26	耕地
油料	1.86	1.58	0.85	0.02	耕地
棉花	1	0.02	0.02	0.0004	耕地
蔬菜	18	26.7	1.48	0.03	耕地
瓜类	18	2.42	0.13	0.003	耕地
水果	3.5	0.50	0.14	0.003	耕地
蚕茧	0.03	0.03	1.03	0.02	耕地
肉类	0.17	1.71	9.87	0.19	草地
奶类	0.50	0.31	0.61	0.01	草地
禽蛋	0.40	1.48	3.71	0.07	耕地
水产品	0.03	2.41	83.1	1.56	水域
林产品	1.99 ^①	20.0 ^②	10.1	0.19	林地

① 单位为 m³/km²; ② 单位为 m³。

淮安市的能源消费主要有原煤、焦炭、煤气、石油、汽油、柴油、燃料油、热力和电力等。计算中,以世界上单位化石能源生产土地面积的平均发热量

为标准,将淮安市能源消费所消耗的热量折算成一定的化石能源土地面积或建筑用地面积,计算公式与生物资源消费计算相同,计算结果见表 3。2006

年淮安市生态足迹见表 4 生态承载力的计算结果汇总见表 5

表 3 2006 年淮安市能源消费生态足迹

能源类型	全球平均能源		折算系数	总消费量	总生态足迹	人均生态足迹	土地类型
	足迹 / (10 ⁹ J · hm ⁻²)	/(10 ⁹ J · t ⁻¹)					
原煤	55	20.9		68.6	261	0.49	化石能源用地
洗精煤	55	20.9		1.55	5.92	0.01	化石能源用地
焦炭	55	28.5		5.64	29.2	0.05	化石能源用地
煤气	93	18.0		1.80 ^①	2.04	0.004	化石能源用地
原油	93	41.7		8.45	38.0	0.07	化石能源用地
汽油	93	43.1		0.07	0.32	0.0006	化石能源用地
煤油	93	43.1		0.005	0.02	0.00004	化石能源用地
柴油	93	42.7		0.33	1.52	0.003	化石能源用地
燃料油	71	50.2		0.38	2.70	0.005	化石能源用地
液化石油气	71	50.2		0.01	0.09	0.0002	化石能源用地
热力	1 000	29.3		174 ^②	1.33	0.003	建筑用地
电力	1 000	11.8		4.90 ^③	0.11	0.0002	建筑用地

① 单位为 10⁴ m³; ② 单位为 10⁶ kJ; ③ 单位为 10⁴ kW · h

表 4 2006 年淮安市生态足迹计算结果

土地类型	人均生态足迹	均衡因子	均衡面积
	Q / (hm ² · 人 ⁻¹)		Q / (hm ² · 人 ⁻¹)
耕地	0.40	2.82	1.13
林地	0.19	1.14	0.22
草地	0.20	0.54	0.11
水域	1.56	0.22	0.34
建筑用地	0.003	2.82	0.01
化石能源用地	0.64	1.14	0.73
人均生态足迹			2.53

表 5 2006 年淮安市生态承载力

土地类型	可供给人均生物	均衡因子	产量因子	均衡面积
	生产性土地面积			
	Q / (hm ² · 人 ⁻¹)			Q / (hm ² · 人 ⁻¹)
耕地	0.07	2.82	3.53	0.70
林地	0.04	1.14	5.23	0.24
草地	0.01	0.54	0.00	0.00
水域	0.06	0.22	1.00	0.01
建筑用地	0.0004	2.82	3.53	0.004
CO ₂ 吸收用地	0	0.00	1.10	0.00
总生态承载力				0.95
12% 生物多样性保护				0.13
可利用生态承载力				0.82

2.2 生态足迹计算结果分析

2006 年淮安市人均生态足迹是 2.53 hm² / 人; 去除 12% 的生物多样性保护面积后, 人均生态承载力仅为 0.82 hm² / 人, 人均生态赤字则为

1.71 hm² / 人。由此可见, 人们的经济社会活动对淮安市生态经济系统的影响力已远远超过了其生态承载力, 当前的淮安市的城市发展是不可持续的。

(1) 全市生物生产性土地面积供需总量失衡, 矛盾较为突出。人均生态足迹总量几乎是可利用人均生态承载力的 3 倍; 而生态足迹计算中的低估现象是不可避免的, 因此实际生态赤字会比计算结果还要大。

(2) 2006 年淮安市生态足迹需求主要是耕地, 占总生态足迹的 44.6%; 其次是化石能源用地 (占总生态足迹需求的 25.9%); 水域生态足迹需求以 13.6% 的比例紧随其后; 林地、草地生态足迹需求位列第 4 位、5 位, 比重分别是 8.5%、4.2%; 而建筑用地生态足迹需求量最少。

(3) 淮安市的耕地、林地生产能力比较强, 其产量因子分别是世界平均水平的 3.53 倍和 5.23 倍。但在当年的生产情况下, 耕地与林地都已处于或接近于过度使用状态 (耕地开发强度达到 153.2%, 林地达到 98.6%), 原有的种植业、林业生产方式已不适合现在的社会发展需要, 若要进一步提高生态承载力, 须采取先进的种植技术与管理方法, 合理规划生产力布局。

(4) 2006 年淮安市的水产品需求量相比与水域供给能力, 水域开发强度 (生态足迹需求与生态承载力的比值) 也已经过度。从淮安地区水域产量因子是世界平均水平的 8.25 倍就可以看出, 尽

管水域面积供给能力得到充分开发, 但已经超出了其承载范围。

(5) 随着淮安市城市建设的大力倡导与建筑用地的过多开发, 使该城市的建筑开发强度有了较大的提高。

2.3 2001 年—2006 年淮安市生态足迹相关指标变化与比较

应用生态足迹的数学模型, 对淮安市 2001 年—2006 年的生态足迹进行计算分析, 结果见图 1。

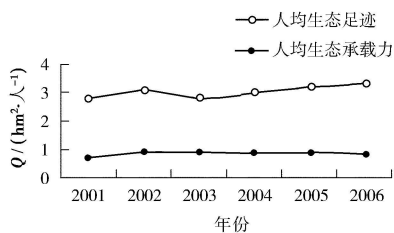


图 1 淮安市 2001 年—2006 年人均生态承载力与生态足迹的变化

淮安地区生态赤字现象在 2001 年已经存在, 且远远大于当时的生态承载力 (EF 是 EC 的将近 3 倍), 人均生态足迹从 2001 年的 2.09 hm²/人, 增长至 2006 年的 2.53 hm²/人, 增幅达到 21%; 而人均生态承载力则一直在 0.7 hm²/人 ~ 1.0 hm²/人徘徊, 相对于 EF, 其变化幅度比较平缓。因为如此, 生态赤字则不断地增大。

淮安市的人口总数在 6 年时间里, 呈递增式增长, 人口增长, 必然加重各种生物资源与能源的消耗, 这也就导致地区生态足迹产生不良现象。因此, 人口增长是导致生态恶化, 生态赤字扩大的主要影响因素之一, 见图 2。

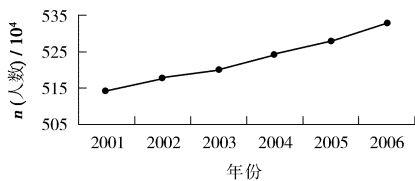


图 2 淮安市 2001 年—2006 年人口数变化

淮安市人均生态盈余一直以负增长形式延伸, 6 a 增长了 15%, 平均年负增长率约为 2.5%。

2006 年的总生态赤字达到了 $9.11 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 这一结果要高出我国一般省级城市的生态赤字, 主要由于淮安市近年城市发展速度加快, 开发强度大, 人口相对集中、居民生活消费量增大、能耗大、资源相对匮乏等原因, 导致城市生态足迹比较高, 生态赤字也相应的增大, 对自然生态环境的影响远远超出了其生态承载力的范围, 处于不可持续发展状态, 要维持现有的生产生活水平, 需要从周边地区输入大量的生态承载力, 才能实现淮安市的可持续发展。

3 结论

2006 年生态足迹计算和连续 6 年变化情况统计结果可以看出, 影响淮安市生态赤字逐步变大的主要原因是: ①生态足迹需求方面, 生态生产性土地类型需求过于集中, 主要为耕地 (占总生态足迹需求的 44.6%); 其次是化石能源用地 (占总生态足迹需求的 25.9%) 消耗过度; ②生态足迹供给方面, 水域、建筑用地开发力度不够, 耕地、林地的开发强度超过其承载负荷。

因此, 在强调以经济建设为中心的同时, 必须兼顾社会、生态的可持续发展。生态足迹模型作为衡量城市可持续发展的一种方法, 还有不足之处, 有待于改进和完善。

[参考文献]

- [1] 张强华, 石莹莹, 李东, 等. 淮安市典型地区土壤中多环芳烃污染调查 [J]. 环境监测管理与技术, 2007, 19(6): 22-25
- [2] 徐中民, 程国栋, 张志强. 生态足迹方法: 可持续性定量研究的新方法: 以张掖地区 1995 年的生态足迹计算 [J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1484-1493
- [3] 岳强, 陆钟武, 段会朱. 生态足迹指标在区域可持续发展评估中的应用 [J]. 环境保护, 2004, (11): 31-34
- [4] 张志强, 徐中民, 程国栋, 等. 1999 年中国西部 12 省 (区市) 的生态足迹 [J]. 地理学报, 2001, 56(5): 599-610
- [5] WACKEMAGEL M, ONETO L, BELLO P, et al. Ecological footprints of nations [R]. Toronto Commissioned by the earth council for the Rio+5 forum. International 15 Council for Local Environmental Initiatives 1997. 10-21
- [6] WACKMAGEL M, LEWAN L, HANSSON C B. Evaluating the use of natural capital with the ecological footprint: Applications in Sweden and subregions [J]. Ambio, 1999, 28(7): 604-612
- [7] 陈东景, 徐中民, 程国栋. 中国西北地区的生态足迹 [J]. 冰川冻土, 2001, 23(2): 164-169.

本栏目责任编辑 薛光璞