

· 解析评价 ·

doi: 10.3969/j.issn.1674-6732.2012.06.015

扬州市2010年生态足迹计算与分析

曹茂林

(扬州市环境监测中心站, 江苏 扬州 225007)

摘要: 生态足迹是评价区域可持续发展的定量方法,也是一种用来度量人类活动对生态系统压力和影响的新途径。扬州市生态足迹计算的结果显示,2010年为 $2.823 \text{ hm}^2/\text{人}$,是本地区生态承载力的5.39倍。扬州市生态赤字高于全国平均水平,并主要通过资源输入进行弥补。经济发展的生态转型和城镇建设的低碳化是抑制生态足迹过快增长的关键,实施区域生态保护有助于提高生态承载力。

关键词: 生态足迹;生态承载力;扬州市

中图分类号:X171.1

文献标识码:A

文章编号:1674-6732(2012)-06-0050-05

Calculation and Analysis of Ecological Footprint of Yangzhou in 2010

CAO Mao-lin

(Yangzhou Environmental Monitoring Central Station, Yangzhou, Jiangsu 225007, China)

ABSTRACT: The concept of the "Ecological Footprint" (EF) is used to quantify the sustainability of the area development. It permits estimation of the pressure and impact of human activities on ecosystems. This study calculated the EF of Yangzhou city in 2010. The EF of Yangzhou is 2.823 hectares per capita, which is 5.39 times than this city's bio-capacity. The ecological deficit of Yangzhou is higher than the average level of China. The deficit is made up by the resource input. The ecological transformation of economic development pattern and the construction of low carbon urban are crucial to the reduction of the EF over-increase. On the other hand, the implement of eco-reservation will help to the bio-capacity increase.

KEY WORDS: ecological footprint; bio-capacity; Yangzhou city

生态足迹(Ecological Footprint)又译生态占用,是由加拿大环境经济学家 WILLIAM 和 WACK-ERNAGEL 于20世纪90年代提出的一种基于生物物理量的度量评价可持续发展程度的概念和方法。即任何已知人口的生态足迹是生产这些人口所消费的所有资源和消纳所产生的废物所需要的生态生产性土地的面积(包括陆地和水域),它代表了一定技术条件和消费水平下特定人口对环境的影响规模和持续生存对环境的需求。生态足迹理论自1999年引入我国以来,引起了国内学者的浓厚兴趣,被广泛应用于一些地区、产业的可持续发展研究,且其理论方法得到迅速发展和改进^[1,2]。

扬州市地处江苏中部长江北岸江淮平原南端,常住人口459.12万人,“十一五”时期人均地区生产总值年均增长18%,2010年达到4.98万元/人,接近全省的5.28万元/人,在13个省辖市中位列第7位,经济社会发展处于江苏省中等发达水平。分析扬州市的生态足迹和生态承载力,了解资源利

用和人口消费对生态系统的压力,有助于促进本地区人与自然和谐发展,对于江苏省可持续发展研究也具有较好的典型意义。

1 研究方法

生态足迹分析方法分为两类:一类是 WACK-ERNAGEL 等提出的基于生物生产能力,采用过程分析的方法。其中,自上而下的过程分析为综合法,自下而上的过程分析为成分法。另一种是由 BICKNELL 等提出的投入产出分析法,利用产出追踪满足最终消费的直接或间接生产投入。国外的研究出现了将投入产出分析与过程分析相融合的趋势,国内的研究仍多采用综合法^[3]。

生态足迹的计算基于以下假设:(1)人类可以

收稿日期:2011-10-13;修订日期:2012-03-05

作者简介:曹茂林(1967—),男,高级工程师,本科,从事环境科技管理工作。

确定自身消费的绝大多数资源及其产生的废物的数量。(2)这些资源和废物能转换成相应的生态生产性土地(Ecologically Productive Land)的面积。(3)采用生态生产力(Ecological Productivity)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)各类土地利用具有排他性,总需求可通过各种资源消耗及废物消纳的面积相加得到。(5)人类活动占用的生态足迹与自然提供的生态面积可直接对比。

根据生产力大小的差异,地球表面的生态生产性土地可分为6大类:(1)耕地,生态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)牧草地,适用于发展畜牧业的土地。(3)林地,可产出木材产品的人造林或天然林。(4)建成地,各类人居设施和道路所占用的土地。(5)水域,包括淡水水域和海洋。(6)化石能源用地,理论上是指为保证自然资源总量不减少而应储备的土地,但化石能源的再生是一个极其漫长的过程,即使预留了土地,也很难保证它的再生。实际操作中将化石能源用地定义为“用于吸收化石能源燃烧排放的温室气体的森林”,采用化石能源土地转化因子估算化石能源用地。

当计算的生态足迹需求小于自然生态系统的承载力时,称为生态盈余(Ecological Reserve),表明人类对自然生态系统的压力处于当地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,则称为生态赤字(Ecological Deficit),表明该地区人类对自然生态系统所提供的产品和服务的需求超过了供给,需要从地区外进口欠缺的资源以平衡生态足迹,或者通过消耗当地的自然储备弥补供给的不足,这两种情况都说明该地区发展模式处于相对不可持续的状态。

1.1 生态足迹的计算模型

生态足迹的计算公式为:

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

式中:EF——总的生态足迹;n——人口数;ef——人均生态足迹;aa_i——人均i种交易商品折算的生态生产性土地面积;i——消费商品和投入的类型;r_j——均衡因子;j——土地类型;A_i——第i种消费项目折算的人均占有的生态生产面积;

c_i——i种商品的人均消费量;p_i——i种商品的平均生产能力。

因为单位面积耕地、牧草地、林地、化石能源用地等的生态产出差异很大,有必要将各类土地的面积乘以均衡因子,转化为可统计的计量单位,有人称之为“全球公顷”(gha)。全球平均产出的数据主要来自世界粮农组织(FAO)和世界自然基金会(WWF)。文中参照大多数生态足迹研究采用WWF给出的均衡因子。

1.2 生态承载力计算模型

生态承载力计算公式为:

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

式中:EC——区域总生态承载力;ec——人均生态承载力;a_j——人均生态生产性土地面积;y_j——产量因子。

由于同类生态生产性土地的生产力在不同地区之间存在差异,各地区同类生态生产性土地面积不能直接进行对比,需要进行适当的调整,方法是将其生态生产性土地面积乘以产量因子。产量因子是某区域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之比。本文产量因子中耕地产量因子依据全市小麦、稻谷平均产量与全球平均产量的比值确定,水域产量因子依据全市淡水养殖产量与全球平均产量的比值确定,其他均采用WACKERNAGEL等计算中国生态足迹时的取值。出于谨慎性考虑,在生态承载力计算时一般要扣除12%的生物多样性保护面积。

2 计算与分析

2.1 扬州市生态足迹与承载力计算

根据扬州市资源消费现状,将生态足迹的计算分为两部分:生物资源消费和能源消费帐户。消费量数据主要根据《扬州统计年鉴(2011)》整理。

扬州市的生物资源消费主要有农产品、畜禽产品、水产品 and 林产品等类别,其中农产品主要由粮食、油料、蔬菜等构成;畜禽产品主要有肉类、奶类、蛋类。居民消费的这些生物资源,按其不同特性可分别折算为相应的耕地、林地、牧草地或水域,2010年扬州市生物资源消费折算的结果见表1。

表1 扬州市2010年生物资源消费生态足迹

生物资源	全球平均产量 Q/(10 ³ kg·hm ⁻²)	全市生物量 m/10 ⁵ t	总生态足迹 A/10 ⁴ hm ²	人均生态足迹 Q/(hm ² ·人 ⁻¹)	土地类型
粮食	2.744	28.709	104.62	0.228	耕地
油料	1.86	0.801 24	4.31	0.009	耕地
棉花	1	0.053 78	0.54	0.001	耕地
蔬菜	18	15.262	8.48	0.018	耕地
瓜类	18	0.599 4	0.33	0.001	耕地
水果	3.5	0.384 45	1.10	0.002	林地
蚕茧	0.03	0.006 87	2.29	0.005	林地
肉类	0.17	1.295	76.18	0.166	牧草地
奶类	0.05	0.365 6	73.12	0.159	牧草地
家禽	0.4	0.46	11.50	0.025	耕地
禽蛋	0.4	0.347 3	8.68	0.019	耕地
茶叶	0.566	0.006 8	0.12	0.0003	林地
水产品(淡水养殖)	3.212	3.452 6	10.75	0.023	水域
水产品(淡水捕捞)	0.020 6	0.35	169.90	0.370	水域
林产品	1.99 ^①	8.72 ^②	43.82	0.095	林地

注:①单位为 m³·hm⁻²;②依据中国人均木材消费量估算,单位为 10⁵ m³。

扬州市能源消费主要有煤炭、原油、汽柴油、天然气、热力、电力等。以全球单位化石能源土地面积的平均发热量为标准,将扬州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。因扬州

市热力全部由本地热电联供燃煤机组生产,热力消费已包含在原煤消费量中,不重复计算。根据全社会电力消费量折算建成地面积。2010年扬州市能源消费折算结果见表2。

表2 扬州市2010年能源消费生态足迹

能源类型	全球平均能源足迹/ (10 ⁹ J·hm ⁻²)	折算系数/ (10 ⁹ J·t ⁻¹)	总消费量 m/10 ⁵ t	总生态足迹 A/10 ⁴ hm ²	人均生态足迹 Q/(hm ² ·人 ⁻¹)	土地类型
原煤	55	20.9	131.195	498.54	1.086	化石能源用地
洗精煤	55	20.9	0.044	0.17	0.000 4	化石能源用地
焦炭	55	28.5	1.137	5.89	0.013	化石能源用地
天然气	93	49.6	0.904	4.82	0.011	化石能源用地
原油	93	41.7	13.196	59.17	0.129	化石能源用地
汽油	93	43.1	0.383	1.77	0.004	化石能源用地
煤油	93	43.1	0.000 4	0.00	0.000 004	化石能源用地
柴油	93	42.7	1.213	5.57	0.012	化石能源用地
燃料油	71	50.2	0.248	1.75	0.004	化石能源用地
液化石油气	71	50.2	0.158	1.12	0.002	化石能源用地
电力	1 000		15.11 ^①	5.44	0.012	建成地

注:单位为 10⁹ kW·h。

扬州市2010年土地利用状况采用遥感图像解译的结果,土地类型的划分执行《生态环境状况评

价技术规范(试行)》(HJ/T 192—2006)。表3汇总统计了2010年扬州市生态足迹的消费与供给。

表3 扬州市2010年生态足迹的消费与供给

土地类型	生态足迹的消费			土地类型	生态足迹的供给		
	人均面积 Q/(hm ² ·人 ⁻¹)	均衡因子	均衡面积 Q/(hm ² ·人 ⁻¹)		人均面积 Q/(hm ² ·人 ⁻¹)	产量因子	均衡面积 Q/(hm ² ·人 ⁻¹)
耕地	0.302	2.21	0.667	耕地	0.0683	2.58	0.389
牧草地	0.325	0.49	0.159	牧草地	0.001	0.15	0.00007
林地	0.103	1.34	0.138	林地	0.0199	0.91	0.024
建成地	0.012	2.21	0.027	建成地	0.0291	2.58	0.166
水域	0.394	0.36	0.142	水域	0.0264	1.56	0.015
化石能源	1.261	1.34	1.690	CO ₂ 吸收	0	0	0
总生态足迹			2.823	总供给面积			0.595
				保护生物多样性			0.071
				总生态承载力			0.524

2.2 结果分析

2010年,扬州市的生态足迹为2.823 hm²/人,生态承载力仅为0.524 hm²/人,生态赤字2.299 hm²/人。可见,扬州市自然生态系统的承载力不足以持续维持本地区人们的经济社会活动,需要通过贸易从外部输入资源和能源,弥补生态赤字,本地区自身的可持续发展能力不强。

(1) 扬州市人均生态足迹是当地生态承载力的5.39倍,生态赤字较大。事实上,生态足迹计算中普遍存在低估的现象,如化石能源燃烧不仅产生二氧化碳,排放的其他污染物的生态足迹并为统计,实际的生态赤字可能更大。说明本地区资源能源开发利用强度过大,而保育生态的土地(主要是森林)面积偏少。

(2) 化石能源的生态足迹占总需求的59.9%,其中原煤的生态足迹占全部化石能源生态足迹的86.1%。2010年全市规模以上工业企业消费原煤1312.0万t,占全部能源消费的66.5%,太阳能、风能等可再生能源及低排放的天然气、石油气等的占比极低,能源结构不尽合理。尽管2010年全市万元GDP能耗比2005年下降20.3%,但同期GDP累计增长了1.27倍,能源消费总量持续增加。转变经济增长方式,实现资源驱动向创新驱动的转型是一项长期的任务。

(3) 在水产品中,淡水养殖业以5.9%生态足迹占比贡献了90.8%的产量。扬州境内水面滩涂丰富,在积极发展水产养殖业的同时,要限制捕捞业的增长。高宝邵伯湖是江苏省第三大湖泊,水产种质资源非常宝贵,应划定禁捕区域(或时段),保障鱼类种群不断增殖。

(4) 农业科技特别是化学、生物技术的进步,极大地提高了粮食单产,扬州市耕地产量因子已达到2.58。但片面追求高产的边际效应导致增产不增收,土壤肥力下降、作物抗逆性减弱、农产品品质降低、农业污染加重等问题阻碍了农业的可持续发展。全市耕地需求是供给的1.71倍,凸显了保护基本农田的紧迫性。

3 结论

生态足迹理论及模型运用于城市和区域生态系统研究中,可以在一定程度上评价某时段特定社会条件下城市和区域发展对其自身生态环境造成的压力,建立生产生活需求与自然系统供给之间的数量关系,从不同视角审视区域和城市生态建设及可持续发展状态,为环境经济研究提供了新思路和新方法。

(下转第56页)

(3) 植物。包括芦苇、盐蒿等,以及它们的生物量、分布情况、生长状态等一系列属性。经灌溉后的芦苇产量增加了近20%。

3.2 理化指标

(1) 优先监测指标。①重金属:锰、镉、铅。土壤中的重金属有向地下迁移的趋势,生物对这些重金属也有富集作用。芦苇中各组织对重金属富集能力大小依次为根、茎、叶。②有机物:多氯联苯、氯酚类。

(2) 理化指标现状。锰、镉、铅等重金属有向地下迁移的趋势,对地下水的水质有一定威胁,同时在生物体内的含量也有所增加。由于污灌水的有机物含量高,溶解氧浓度低,造成水体中绝大多数好氧生物减少,且有机污染物中含有的氯酚类物质有向土壤和生物体内迁移的趋势。

4 结语

在滩涂湿地建立的该生态工业园区用造纸废水灌溉芦苇,打乱了原来的水体生态系统,水体中鱼类总生产量明显减少,但个别种类由于生命力旺盛、适应性强,生物量有所增加。随着污灌时间的

增加,重金属在芦苇中的含量也会增加,但大部分重金属积累在芦苇根部,从而减轻了对地上部分各器官的毒害作用,其中废水中的铁、锰等元素对芦苇的生长起到了促进作用,使芦苇的生产量有明显的增加。芦苇的大面积生长促使区域内出现了一些原先没有或稀少的种群,说明该系统的生物有朝多样性方向发展的趋势。同时重金属有向地下迁移的趋势,威胁到地下水的质量,且污水中的氯酚类有机物也有迁移至土壤和生物体中的趋势。因此,需要加强对该生态工业园区的管理和生态监测,避免对生态系统造成损害。

[参考文献]

- [1] 姜文来. 湿地资源开发环境影响评价研究[J]. 重庆环境科学, 1997, 19(5): 9-13.
- [2] 张建辉, 吴忠勇, 王文杰, 等. 生态监测指标选择一般过程探讨[J]. 中国环境监测, 1996, 12(4): 3-6.
- [3] 卜跃先, 谭建强, 王文清, 等. 洞庭湖湿地生态监测技术研究[J]. 人民长江, 2001, 32(11): 46-47.
- [4] 刘晓强, 申田, 连兵. 生态环境监测的关键问题研究. 环境保护[J]. 2000, 12: 18-19.

(本栏目编辑 陆敏)

(上接第53页)

据全球足迹网络的报告,2010年我国的生态足迹为 $2.2 \text{ hm}^2/\text{人}$,生态承载力为 $1.0 \text{ hm}^2/\text{人}$ ^[4]。经济增长和人口城镇化是驱动生态足迹上升的“双轮”。扬州市地处我国东部发达地区,经济发展处于后工业化阶段,城镇化率较高,导致生态赤字远高于全国平均水平。WWF等研究发现,国内人均GDP超过3万元后,生态足迹与GDP呈现明显的正相关,只有在产业结构升级完成后“拐点”才会出现^[5]。建议要推进经济发展方式的生态转型,减少经济增长对第二产业,特别是重化工业的依赖,加快培育和发展战略性新兴产业。在城镇化过程中,要坚持低碳化与生态化的发展方向,塑造协调的城乡关系、设计合理的城镇模式,推行自然友好的消费行为,使生态足迹增长的速度低于城镇化发展的速度。另一方面,优化全市生态功能区划,设置禁止开发和限制开发区域,扩大受保护的国土面积,有助于提高生态承载力。当前生态足迹

分析方法及其指标还在不断改进中,很多科研机构 and 学者正致力于将环境污染的生态影响纳入生态足迹的计算表格中。可以相信,生态足迹分析法将逐渐完善,并有效地促进人类对可持续发展的探索。

[参考文献]

- [1] 章锦河, 张捷. 国外生态足迹模型修正与前沿研究进展[J]. 资源科学, 2006, 28(6): 196-203.
- [2] 谢鸿宇, 王羚娜, 陈贤生, 等. 生态足迹评价模型的改进与应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2008: 6-11.
- [3] 符国基. 海南省生态足迹研究[M]. 北京: 化学工业出版社, 2007: 14-16.
- [4] Global Footprint Network. National Footprint Accounts 2010 edition [DB/OL]. http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/2010_NFA_data_tables.xls
- [5] 世界自然基金会(WWF), 中国环境与发展国际合作委员会(CCICED). 中国生态足迹报告2010[R/OL]. http://www.wwfchina.org/wwfpress/publication/shift/2010LPR_cn.pdf

(本栏目编辑 陆敏)