

The Energy Footprint Calculation of Zhoushan Ecological Economic System

Hanghui Lu, Xuan Li*, Sheng Zhao*

Zhejiang Ocean University, Zhoushan Zhejiang
Email: xenioxuan@163.com

Received: Jun. 7th, 2015; accepted: Jun. 20th, 2015; published: Jun. 25th, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

Ecological footprint is a method for measuring sustainable development degree of a country or region, quantitatively reflects the destructiveness and influences degree of human activity on ecological environment. A modified model for ecological footprint calculation is put forward based on the energy analysis. In this paper, we use the Energy Footprint Model to calculate the ecological footprint of Zhoushan from 1985 to 2011. The result shows that the ecological footprint is in a deficit situation for a long time, and cannot reach the requirements of sustainable development. The reason why this situation happens is that, overfishing has a huge impact on Zhoushan ecological environment.

Keywords

Ecological Footprint, Ecological Carrying Capacity, Energy Theory

舟山市生态经济系统能值足迹计算

卢杭辉, 李璇*, 赵晟*

浙江海洋学院, 浙江 舟山
Email: xenioxuan@163.com

收稿日期: 2015年6月7日; 录用日期: 2015年6月20日; 发布日期: 2015年6月25日

*通讯作者。

摘要

生态足迹是一种衡量一个国家或者一个地区可持续发展状态的方法，定量反映人类活动对生态环境的影响和破坏程度。在对传统生态足迹模型进行简要分析的基础上，本文提出了基于能值分析理论的生态足迹计算的改进模型。本文运用能值足迹模型对舟山市1985~2011年的生态足迹进行计算，得出舟山地区的生态足迹和生态承载力。结果表明，舟山市的生态足迹长期处于亏损状态，达不到可持续发展的要求。造成这种情况的主要原因在于，在近年来，占舟山生态足迹主要位置的水产业由于过度捕捞等原因对舟山市的生态环境产生了很大的影响。

关键词

生态足迹，生态承载力，能值分析

1. 引言

随着世界经济的发展的加快，人类的生存环境正面临着十分严峻的状态。温室效应、资源枯竭、南极冰川融化等自然问题不断的敲打着人类的警钟，人类传统的“先污染后治理”带来的后果已经十分严重了[1]。面对着不断发生的自然灾害，世界各国都在寻求一条可持续发展道路，即综合考虑人类社会活动所深刻影响的经济、社会、环境三方面发展的人类发展方向。

上世纪80年代末，美国著名生态学家奥德姆(H. T. Odum) [2] [3]在系统生态学、生态经济学和能量生态学的基础上，创立了“能值分析理论”。它用能值转化率的方法把所有的能量转化为统一的单位——太阳能焦耳。采用这一标准后，可以把系统中不同的能量进行比较，从而确定它们在系统的作用和地位，从而可以进一步的定量分析系统的功能特征和生态、经济效益。

我们不可以再走以前“先污染后治理”的老路，要从现在就开始找寻一条适合人类与自然之间生存的新路。本文通过对舟山市近几年的生态能治足迹进行计算与分析，通过对比希望从中得出一些结论，并且给出一些适合舟山市生态经济可持续发展的建议。

舟山市地理位置介于东经121°30'~123°25'，北纬29°32'~31°04'之间，东西长182千米，南北宽169千米，由1390个岛屿组成。舟山群岛四面环海，属亚热带季风气候，冬暖夏凉，温和湿润，光照充足。年平均气温16℃左右，最热8月，平均气温25.8℃~28.0℃；最冷1月，平均气温5.2℃~5.9℃。常年降水量927~1620mm。年平均日照1941~2257小时，太阳辐射总量为 $4126 \times 106 \sim 4598 \times 106 \text{ J/m}^3$ ，无霜期251~303天，适宜各种生物群落繁衍、生长，给渔农业生产提供了相当有利的条件。主要资源包括水资源、旅游资源和生态资源。本文所用的社会、经济、人口、资源和环境的原始数据均来自《舟山市统计年鉴》。

2. 方法

2.1. 生态足迹计算模型

生态足迹，是指特定数量人群按照某一种生活方式所消费的，自然生态系统提供的，各种商品和服务功能，以及在这一过程中所产生的废弃物需要环境吸纳并以生物生产性土地(或水域)面积来表示的一种可操作的定量方法[4]。通过生态足迹需求与自然生态系统的承载力进行比较即可以定量的判断某一国家或地区目前可持续发展的状态，以便对未来人类生存和社会经济发展做出科学规划和建议。它最早是于

1992年由加拿大生态经济学家 William Rees 及其博士生 Wackcmagel 提出。

2.2. 传统生态足迹计算模型

在传统的生态足迹计算方法中,各种资源和能源都被折算成耕地、草地、林地、建筑用地、化石能源和水域等6种生物生产面积类型[5]。

生态足迹计算: $EF = N \cdot ef = N \cdot EQFj \cdot \sum Ci/Pi$

其中 EF 为生态足迹; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; i 为消费商品和投入的类型; j 为生物生产性土地类型; ci 为第 i 种商品的人均消费量; pi 为第 i 种消费商品的平均生产力; $EQFj$ 为第 j 种生物生产性土地的均衡因子。

因为这6类生物生产面积的生态生产力不同,要将这些具有不同生态生产力的生物生产面积转化为具有相同生态生产力的面积,以汇总生态足迹和生态承载力,需要对计算得到的各类生物生产面积乘以一个均衡因子。

2.3. 基于能值分析的生态足迹计算模型

能值分析就是以能值为基准,把生态系统或生态经济系统中不同种类、不可比较的能量转换成同一标准的能值来衡量和分析,以评价其在系统中的作用和功能。由于任何形式的能量均源于太阳能,即任何资源、产品或劳务形成过程中,直接或间接消耗的太阳能,就是其所具有的太阳能值,单位为太阳能焦耳。能值分析法是把生态系统中所有的不同种类、不可比较的能量转换成同一标准的能值来衡量和分析,首先把各种不同类型、不同等级的能量流换算成可以直接进行合成、运算的太阳能值,然后引入能值密度,将各消费项目的太阳能值换算成相对应的生物生产性土地面积,从而计算出研究区域的生态足迹和生态承载力,由此确定其可持续发展状况[6]。

2.3.1. 生态承载力计算

自然资源分为可更新资源和不可更新资源两类。由于不可更新资源的消耗速度远远快于其再生速度,一些资源甚至面临枯竭,因而在计算生态承载力时,只需考虑可更新资源的能值[7]。

$$E = e/p1 \quad (1)$$

式中: E 表示人均生态承载力; e 表示可更新资源的人均太阳能值; $p1$ 表示全球平均能值密度。

2.3.2. 生态足迹计算

计算生态足迹时,其包含的消费项目主要分为2类:生物资源消费和能源资源消费。生物资源消费分为农产品、林产品、畜产品和水产品等;能源资源消费主要包括煤炭、原油和电力等[8]-[10]。

计算区域能值密度:

$$p2 = \text{可更新资源的能值}/\text{区域土地面积} \quad (2)$$

生态足迹:

$$Ef = N \sum Ai = \sum (ci/p2) \quad (3)$$

式中: Ef 是生态足迹; N 是区域人口数; Ai 是第 i 种资源的人均生态足迹; ci 是第 i 种资源的人均能值; $p2$ 是区域能值密度。

2.4. 基于能值分析的舟山市生态足迹计算

以1985~2011年的《舟山市统计年鉴》为基础,利用改进生态足迹理论,计算出舟山市的生态足迹

以及生态承载力。在计算生态承载力时，因为我们平常用的可更新资源基本上来源与地球生物圈作用，而推动生物圈常用的能量有 3 种，即太阳辐射能、潮汐能和地热能，根据能值理论，同一性质的能量投入只能取其最大值[9]。风能、雨水化学能和雨水势能都是由于太阳光的运动造成的，所以只取它们三个中的最大项：雨水化学能。潮汐能是由于月亮对地球的引力而引起的，与太阳的作用性质不同，所以也应该计入[11]-[14]。

3. 结果

通过上述计算，1985 年~2011 年舟山市的生态承载力范围在 $0.85 \text{ hm}^2 \sim 1.1 \text{ hm}^2$ ，生态足迹的范围在 $28.9 \text{ hm}^2 \sim 162.84 \text{ hm}^2$ ，一直处于生态赤字的状态下，结果表明了舟山市对自然生态环境的使用远远超过了其自有的调节能力，其中，各类型生物生产性土地面积对总的生态足迹贡献大小依次为：水域 > 建筑用地 > 化石燃料用地 > 耕地 > 牧草地 > 林地。根据计算结果得出以下四幅分析图。

图 1、图 2 表示的是舟山市 1985 年~2011 年的生态承载力和生态足迹。

在算生态足迹时，把资源分为生物资源消费和能源资源消费。把舟山市 2001 年~2011 年生态足迹中生物资源和能源项目做百分对比得图 3 (由于 2001 年以前没有能源资源消费的相关数据，因此在此不做讨论)。

通过计算每年水产品生态足迹中所占的比例得图 4。

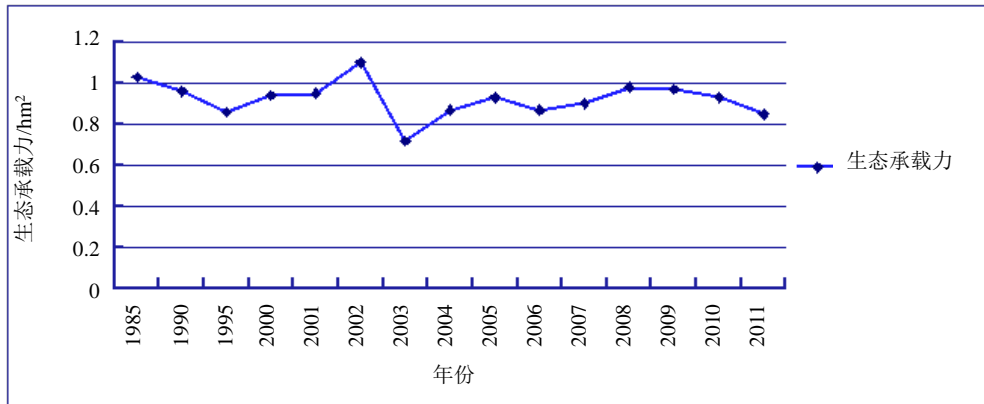


Figure 1. The ecological capacity of Zhoushan from 1985 to 2011

图 1. 舟山市 1985 年~2011 年的生态承载力

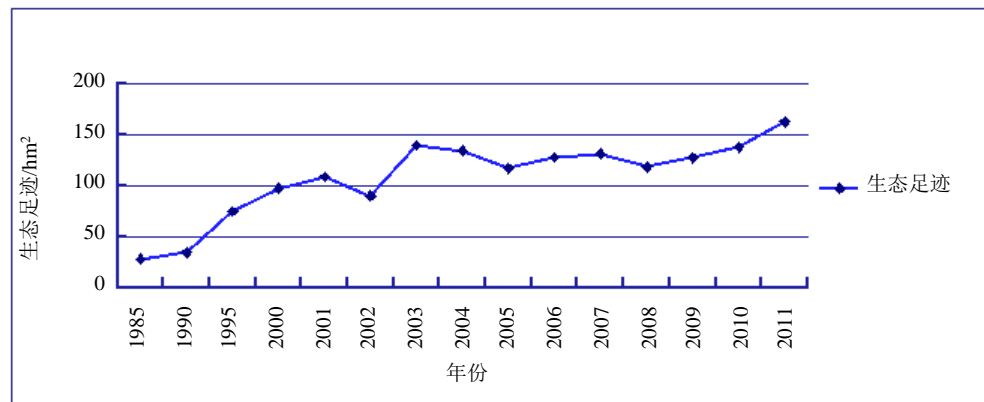


Figure 2. The ecological footprint of Zhoushan from 1985 to 2011

图 2. 舟山市 1985 年~2011 年的生态足迹

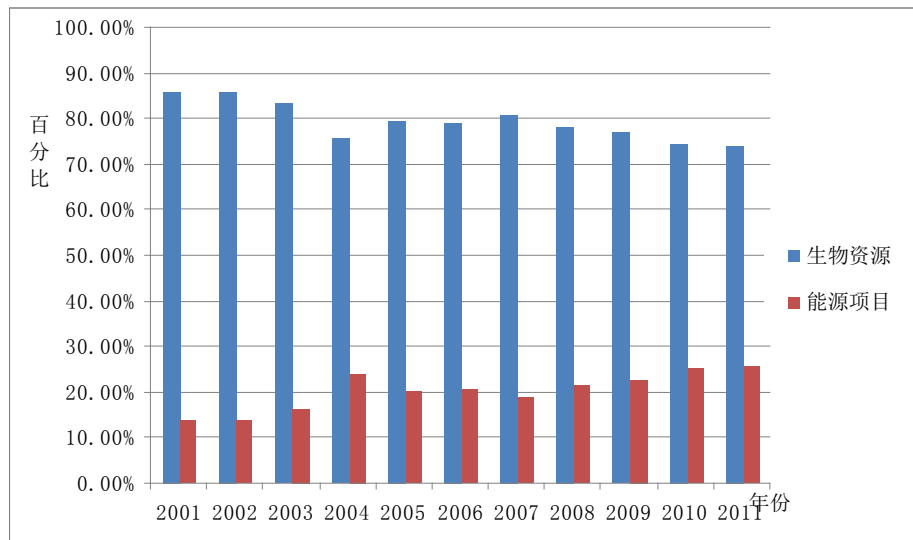


Figure 3. The comparison between biological resource and biological energy source of ecological footprint of Zhoushan from 2001 to 2011

图 3. 舟山市 2001 年~2011 年生态足迹中生物资源和能源项目对比

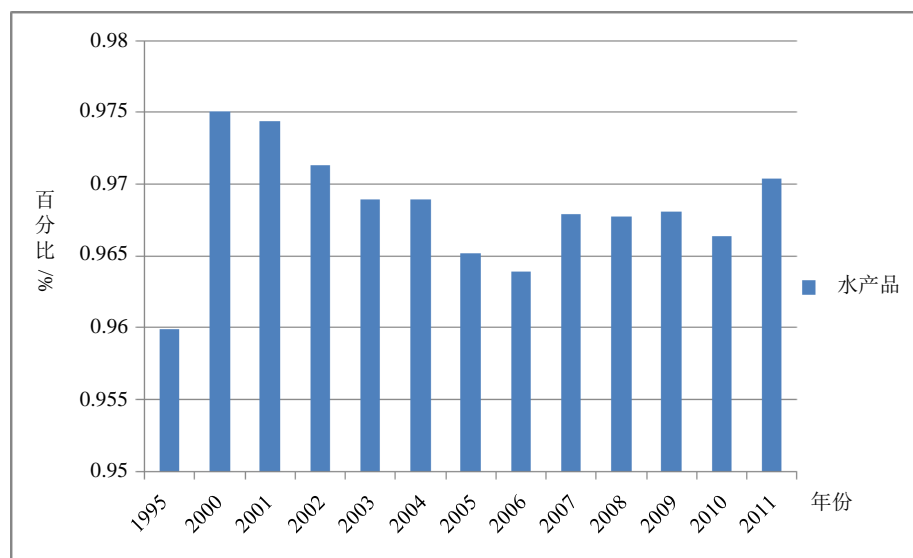


Figure 4. Aquatic products in the proportion of ecological footprint

图 4. 水产品生态足迹中所占的比例

4. 讨论

由图 1、图 2 可以看出舟山市的生态承载力从 95 年开始一直处于一个基本稳定的状态，没有很大的波动，生态足迹从 1985 年~2001 年处于上升趋势，并且增长速率很大，可能是因为那时国家刚刚改革，整个国家属于经济发展的黄金时代，所以人们对于自然资源的索求度很大，所以生态足迹一直处于增长状态。2001 年生态足迹处于下降趋势，2002 生态足迹呈现上涨趋势，2003 年~2005 年又呈现下降趋势，2005 年~2011 年基本处于上升趋势。从结果来看，舟山市的生态赤字处于不断的上升当中，从 1985 年的 27.87 hm^2 上升到 2011 年的 161.99 hm^2 。由此可以得出舟山市的生态系统一直处于不可持续发展状态。

从图 3 中可以看出，2001 年~2011 年舟山市生态足迹中生物资源所占的比例大大超过了能源项目的

比例,说明舟山市的经济发展以生物资源为主,以第一产业为主,注重的农、水产业发展,同时也说明了舟山市的第二、三等产业不怎么发达,过度的依赖于自然环境中的生物资源。舟山群岛相对于中国的岛群来说占了很大的面积,但是相对于中国的整块大陆而言,它的面积是很小的,并且舟山群岛有很多山地,可利用的陆地资源很少,所以如果我们过度的依赖于生物资源对以后的发展是很不利的,因此应该把重点放到第二、三等工业上去。

由图4可以看出水产品生态足迹中占了很大的比例,1995年最小为96%,2000年最大占到了97.5%。2000年开始水产品的比例在不断的下降中,但是下降的比例并不大,还是至少占着百分之九十六以上的比例。舟山临近东海,水产品等资源十分丰富,但是近几年的过度捕捞和环境污染已经使东海的自动调节能力受到了很大的破坏,出现的问题也越来越多。舟山市生态足迹和生态承载力之间的生态赤字相差这么大,水产品占了很大的比例。

5. 结论

5.1. 对于现存情况可采取的措施

5.1.1. 政府方面

1) 加大力度。舟山市政府应对过度捕捞等违法行为特别关注,由数据中可以看出水产品生态足迹中所占的比例达到了一个很高的高度,如果再不及时关注,舟山市最重要的海资源都会趋于消失。

2) 宣传节俭。舟山市政府应不断的进行公益教育,相对于水产品而言,农产品之类的所占比例确实很少,但是不代表可以忽视,那些比例当中可能有很多是被浪费掉的,政府应不断的宣传中国的传统美德:节俭。那样,浪费的水产品可能也会减少很多,而可以大大降低生态足迹。

3) 鼓励投资。舟山市政府应多引进一些外来企业,放宽政策,把自己弱的领域发展起来,并且保持住强的领域,重视技术的发展,提高土地生产力。

5.1.2. 个人方面

1) 勤俭节约。舟山市近几年那么高的生态足迹中可能有很大的比例是被浪费掉的,现在人们的生活水平越来越高,对于生活中的要求也越来越高,而很容易造成浪费的行为,我们应该保持良好的中华传统美德,反对铺张浪费,那样舟山市的生态足迹可能会大大下降。

2) 互相督促。从数据中可以看到舟山市水产品的量在生态足迹中占到了很大一个比例,而其中很多可能是一些渔民过度捕捞上来的,我们应及时举报这些现象,而更好的保护海洋资源,从而使舟山市的生态足迹降低下来。

5.2. 总结

Odum (1996)所计算的太阳能值转换率能满足较大范围区域、系统的能值分析的需要,但对较小区域、系统甚至个体的能值分析的适用性则还需深入研究,人类经济产品的能值转换率因生产水平和效益的差异出现差别[15][16]。在计算舟山市生态足迹时,由于数据等资料的局限性,尽管所用的项目比较多,但仍不完全,仍有一些资源项目没有统计进来,如:2001年之前的生态足迹,由于数据的局限性而没有统计出能源项目的生态足迹,导致计算得到的人均生态足迹比实际状况要小;但是这样子算出来的生态足迹相对于生态承载力来说已经很大了,图1中的数据表明舟山市的生态赤字一直处于逐年稳定增长的趋势中,也就是说舟山市一直处于不可持续发展状态中。图2中的数据表明舟山市对于自然的依赖性过大,而不重视第二、三产业的发展,我们应重视技术的发展,提高土地生产力。图3的数据表明舟山市水产品的足迹在生态足迹中占了超级大的比例,舟山市的过度捕捞已经完全超出了它本身所具有的生态承载力。

基金项目

国家科技支撑计划(2012BAB16B02), 国家海洋局海洋公益性行业科研专项经费项目(201305009-3)。

参考文献 (References)

- [1] Wackernagel, M. and Rees W.E. (1997) Perceptual and structural barriers to investing in natural capital: Economics from an ecological footprint perspective. *Ecological Economics*, **20**, 3-24.
- [2] Odum, H.T. (1996) Environmental accounting: Emery and environmental decision making. John Wiley, New York.
- [3] Brown, M.T. and Herendeen, R.A. (1996) Embodied energy analysis and emery analysis: A comparative view. *Ecological Economics*, **19**, 219-235.
- [4] Zhang, Y., Liu, J., Zhang, J., et al. (2012) Emery-based evaluation of system sustainability and ecosystem value of a large-scale constructed wetland in North China. *Environmental Monitoring and Assessment*, **185**, 5595-5609.
- [5] Nunes, L.M., Catarino, A., Teixeira, M.R. and Cuesta, E.M. (2013) Framework for the inter-comparison of ecological footprint of universities. *Ecological Indicators*, **32**, 276-284.
- [6] Costanza, R. (2000) The dynamics of the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, **32**, 341-345.
- [7] 宋豫秦, 王群超 (2011) 基于能值生态足迹的浙江省可持续发展分析. *长江流域资源与环境*, **11**, 1285-1290.
- [8] 王建源, 陈艳春, 李曼华 (2007) 基于能值分析的山东省生态足迹. *生态学杂志*, **9**, 1505-1510.
- [9] 胡小飞, 代力民, 陈伏生 (2006) 基于生态足迹模型的延边地区可持续发展评价. *生态学杂志*, **2**, 129-134.
- [10] 刘东, 封志明, 杨艳昭 (2012) 基于生态足迹的中国生态承载力供需平衡分析. *自然资源学报*, **4**, 614-624.
- [11] 宋宝莉, 何东 (2011) 基于生态足迹的区域经济可持续发展研究——以成都市为例. *科技进步与对策*, **3**, 34-37.
- [12] 彭建, 吴健生, 蒋依依, 等 (2006) 生态足迹分析应用于区域可持续发展生态评估的缺陷. *生态学报*, **8**, 2716-2722.
- [13] 王国刚, 杨德刚, 张新焕 (2012) 基于能值理论的生态足迹改进模型及其应用. *中国科学院研究生院学报*, **3**, 352-358.
- [14] 王明全, 王金达, 刘景双 (2009) 基于能值的生态足迹方法在黑龙江和云南二省中的应用与分析. *自然资源学报*, **1**, 73-81.
- [15] 陆宏芳, 沈善瑞, 陈洁 (2005) 生态经济系统的一种整合评价方法: 能值理论与分析方法. *生态环境*, **1**, 121-126.
- [16] 林慧龙, 任继周, 傅华 (2005) 草地农业生态系统中的能值分析方法评介. *草业学报*, **4**, 1-7.