

# 我国 1978~ 2004 年生态足迹需求 与供给动态分析

钟晓青<sup>1,2,3</sup> 赵永亮<sup>2</sup> 钟山<sup>1,3</sup> 司寰<sup>1,3</sup>

(1 中山大学生命科学院, 广州市新港西路 135 号, 510275)

(2 中山大学岭南学院, 广州市新港西路 135 号, 510275)

(3 中山大学生物防治国家重点实验室, 广州市新港西路 135 号, 510275)

**摘要:** 基于生态足迹理论, 用实证方法进行了我国可持续发展的定量测算与分析。在静点测算基础上, 对我国 20 多年来的生态足迹供给与需求进行了动态测算与分析。通过 Eviews 软件分析了生态足迹与 GDP、POP (人口) 的线性关系。利用分析结果和变量之间的估计方程可以判断我国可持续发展状况, 并预测未来走势。

**关键词:** 环境与生态经济; 生态足迹; 生态承载力; 生态生产性土地; 动态分析

中图法分类号: F301

生态足迹是一定人口与经济规模下, 对维持资源消费以及废弃物被吸收所需要的生产性土地面积的估计<sup>[1-4]</sup>。其研究是通过建立国家和区域自然资产帐户, 跟踪国家或区域的能源和资源消费, 将它们转化为提供这种物质流所必需的生物生产土地面积, 并同国家和区域范围所能提供的这种生物生产土地面积进行比较, 依此来判断一个地区和国家的资源、能源消费水平是否处于生态承载力的范围内, 是否具有安全性<sup>[5-7]</sup>。

## 1 我国生态足迹 2004 年的静点测算

本文对我国生态足迹计算时选取的生态帐户主要包括生物资源的消费、能源的消费和建成地需求三部分。然而在汇总计算过程中, 由于各国土地的生物产出率不同, 也就是不同国家之间存在土地单位生物产量的差异, 因此需要确立产量因子。通过相应产量因子和等价因子的加权计算, 得到调整后的 2004 年生态容量帐户。

将生物资源和能源消费以及建成地占用的总需求进行汇总, 计算 2004 年我国总生态足迹需

求, 因而可以得出我国 2004 年完整的生态足迹与生态容量。

研究得出, 我国人均生态足迹为 1.801 6 ha, 但我国 2004 年总的生态足迹为 222 968.42 万 ha, 为我国国土面积的 2.32 倍, 显然在我国经济发展中, 人们的经济活动日益扩张将导致人地关系紧张。

从生态足迹需求与供给结构来看, 首先, 生态足迹供给中, 人均耕地足迹 (0.551 7 ha) 提供了绝大部分生态容量 (大大高于其他 3 个土地类型的生态足迹供给)。一方面说明耕地在生态意义上为人们提供了很大的生存空间; 另一方面说明我国经济生活中农业的基础地位和血脉作用。其次, 生态足迹需求中化石能源消费占生态足迹需求的 36.4%, 同样显示了能源消耗对我国生态容量的极大需求, 更显示了工业经济发展中“能源粮食”需求地位的重要性。

我国 2004 年人口规模达到 12.99 亿人, 生态足迹需求的人均水平值为 1.801 6 ha (高于徐中民测算的 1997 生态足迹 1.326 ha, 差额高出 0.475 6 ha); 人均生态承载力 (生态容量) 为 0.551 8 ha (远远低于 1997 世界平均承载力水平

2.0 ha); 人均赤字为 1.246 3 ha; 人均生态需求与人均生态容量的比值为 3.25:1, 说明我国人均生态足迹高出人均生态容量 2 倍多。显然, 从计算结果可以看出, 我国 2004 年生态足迹处于相对高赤字状态, 主要是因为我国人口规模较大, 经济快速发展导致消费增加; 同时我国可利用的土地资源总量有限。

从另一个角度来看, 尽管当前生态足迹处于超支状态, 由于对生态足迹需求与供给的计算是保守估计的, 仅仅从 2004 年的单年静点均衡分析, 还很难判断我国经济发展是否处于生态可持续发展状态。只有跟踪生态足迹需求与供给的长期动态变化趋势, 才能更好地判断我国的生态持续性。

## 2 生态足迹的动态测算与分析

从我国经济长期发展来看, 人们的经济活动必然造成生态足迹需求与供给的变化。为了寻求这些变化, 应依据生态足迹理论的分析框架, 来分析我国生态帐户的长期需求供给状况。本文着重测算从 1978 年到 2004 年主要年份的数据(其中从 1978 年到 1990 年间采取了重点抽取法, 分别选择 1978 年、1980 年、1985 年和 1990 年作为测算目标年份)。测算中, 根据不同消费品对应生态帐户的不同生态生产性土地类型进行归类, 实物消费量直接换算得到的生态生产性土地实际面积 ( $10^4$  ha) 通过等价因子加权调整换算(等价因子依旧采取 Wackernagel 对各国生态足迹计算中的指标量), 以便最终汇总求出历年的生态足迹总量。在总量基础上, 除以历年人口规模可以得出相应的人均生态足迹。对 1978 年、1980 年、1985 年、1990 年、1991~2004 年的主要数据按照生态生产性土地类型进行结构汇总, 形成柱状叠加结构图(图 1)。

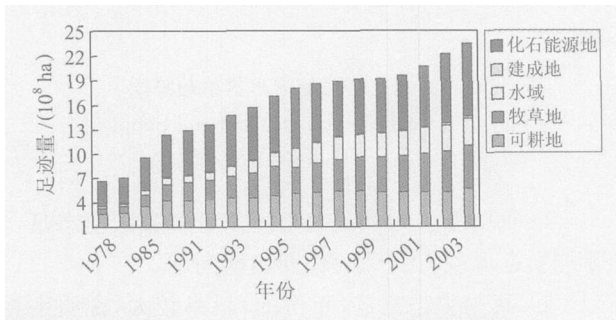


图 1 生态足迹需求分类汇总图

Fig. 1 Summary of Ecological Footprint of All Sorts

从图 1 可以发现, 从 1978 年至 2004 年 27 a 内, 我国生态足迹的总量一直处于增长态势, 从 1980 的  $70\ 631.869\ 0 \times 10^4$  ha 增加到 1990 年的  $123\ 058.794\ 7 \times 10^4$  ha, 足迹需求量净增 74%, 至 2000 年足迹需求达到  $191\ 754.7532 \times 10^4$  ha, 相比 10 a 前的 1990 年足迹净增 55.8%, 直至 2004 年足迹量达到  $234\ 184.087 \times 10^4$  ha(是 1978 年的约 3.4 倍)。从人均足迹增长来看, 增长最快的年份为 1995 年, 增长率达到 0.084; 其次为 1993 年, 增长率也达到 0.061 5; 再次为 2003 年的 0.0613。唯一出现增长率为负的年份是 2000 年, 其生态足迹需求增长率为 -0.002 64。我国生态足迹需求曾经有两个快速增长阶段: 第一阶段从 1993 年至 1996, 第二阶段从 2001 年至 2004 年。但从 1995 年直至目前的总体来看, 人均生态足迹增长率则处于收敛状态。

1) 从结构来看, 我国经济发展对化石能源地需求一直占生态生产性土地生态足迹需求的主要部分, 在足迹需求结构中一直保持较为稳定的比例。但历年来, 人均化石能源足迹始终显著高于其他 3 类生态生产性土地的人均足迹需求。能源消费日益增加, 其消费对可持续发展的重要性也在加大。

2) 在生态足迹需求结构中, 第二消费项就是对耕地的需求。从 1978 年至 1999 年, 我国生态足迹对耕地总量需求一直稳定增长, 2000 年有所下降, 接着有个缓慢的回升, 直至 2004 年保持稳定。就我国耕地人均足迹需求量来看, 耕地人均量从 1978 年的 0.256 2 ha 增加到 1999 年的 0.424 3 ha, 达到 20 a 来最高值, 从 2000 年开始我国人均耕地需求进入稳定期。显然, 经过 20 a 的发展, 我国的基本衣食问题已经得到较好的解决, 从历年我国消费恩格尔系数的下降也可以看出这个结论。值得注意的是, 尽管我国人均耕地足迹需求量较小, 但由于人口规模较大, 因而较长一段时间内我国对于耕地总量需求仍然居高不下。

3) 对于牧草地的足迹需求一直显著增长。从牧草地与耕地需求结构变化来看, 1978 年牧草地足迹需求占总量的(牧草地与耕地足迹需求总量) 22.96%, 而到了 2003 年该比率则增加到 49.38%, 主要原因在于人们的食物消费结构发生了变化。

4) 建成地在生态足迹总需求中的份额较小, 这是由人们经济活动中形成的生态生产性土地需求差异性本身决定的。但人们对居住空间的生态

足迹需求是必不可少的, 仍然从建成地的变化趋势中可以发现我国人口对建成地需求的变化特点。

### 3 生态承载力(生态容量)的动态测算与分析

就长期而言, 作为生态足迹供给的生态承载力也是处于动态变化的。无论是耕地、草地、林地、建成地或者是水域, 其变化受到经济活动的长期支配, 生态承载力就会随着人们对自然的开发利用而发生变化。当人们长期从事有利于生态承载力增加的经济活动时, 经济活动本身也是可持续的; 反之, 若经济活动越来越趋向于剥夺生态容量(生态承载力)增长空间, 则人们的经济活动行为表现为不可持续。

根据统计年鉴相关年份的自然资源数据, 对1978年至2004年主要年份的生态承载力数据进行归类(有些年份数据由于年鉴未能提供, 则为估算数据; 鉴于内水域与海洋渔场的数据不可能每年提供, 所以历年数据多数为估计值), 同样通过对相关生态生产性土地实际面积进行加权调整(相应的加权产量因子依旧采取 Wackernagel 对各国生态足迹计算中的指标量), 汇总求出历年的生态承载力总量。在总量基础上, 除以历年人口规模可以得出相应的人均生态承载力。对1978年~2004年的主要数据按照生态生产性土地类型进行结构汇总, 形成如图2所示的柱状叠加结构图。

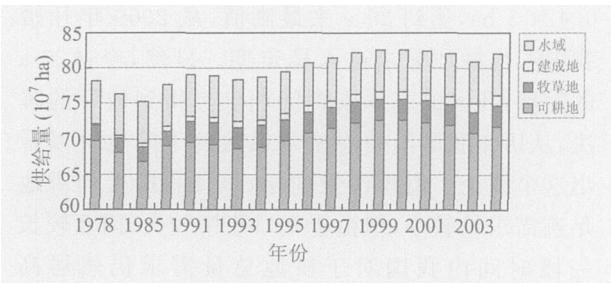


图2 我国生态承载力(生态容量)汇总图

Fig. 2 China's Ecological Capacity from 1970 to 2004

从图2中可以看出生态承载力的一些结构特征和变化的动态趋势, 总结如下。

1) 我国生态承载力从1978年以来, 存在一定的总量波动变化。从1978年至1985年生态承载力处于下降趋势; 一直到1991年期间, 总量不断微弱增加; 此后至1994年总量保持平稳; 从1995年开始总生态承载力又经历了一次持续微弱增长阶段, 到2000年达到历年的最高水平值

(82 617.25 万 ha); 之后我国生态承载力又有个稍微的回落, 直到2004年有回升的趋势。

2) 从生态承载力结构来看, 耕地无疑占总量的绝对位置。一方面由于耕地的实际物理空间面积比较大; 另一方面我国耕地作为生态生产性土地的产出率高于世界平均水平1.66倍(计算中该产量因子依据 Wackernagel 的推算), 于是计算的耕地生态承载力面积较大。

### 4 我国生态足迹需求供给长期均衡分析

根据1978年到2004年相关重要年份的生态足迹、生态承载力的总量与人均量, 计算出相应年份的总生态赤字与人均赤字, 见图3、图4。

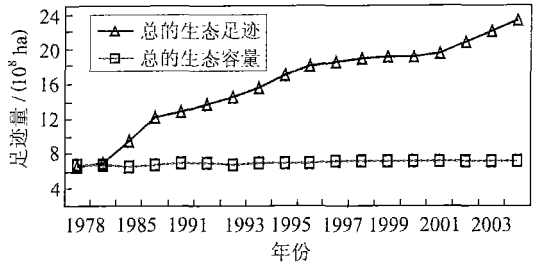


图3 生态足迹需求供给趋势图

Fig. 3 Trend of Both Total Demand and Supply of Ecological Footprint

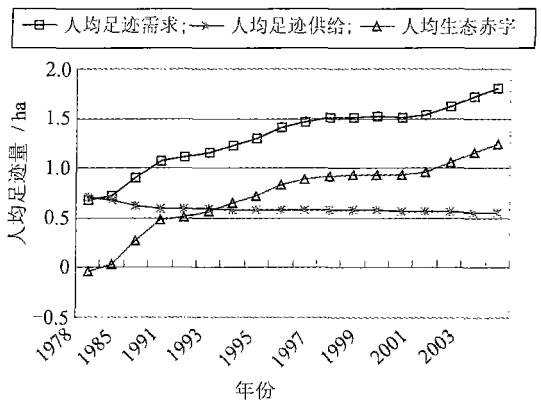


图4 人均生态足迹需求供给趋势图

Fig. 4 Trend of Both Demand and Supply of Ecological Footprint per Capita

下面从需求和供给的角度来分析我国生态足迹与生态承载力变动的长期均衡问题。

1) 我国生态足迹(年份的)斜率较大, 说明生态足迹年份增长较快(其中1978至1990年主要采取5a间隔数据, 因而曲线斜率较大); 而生态承载力相对比较平坦(其中总量生态承载力一直

处于相对稳定状态, 人均承载力处于稳定的微弱下降趋势)。

2) 我国从 1980 年至 2004 年一直处于总量与人均生态赤字状态。赤字差额为生态足迹趋势线与生态承载力趋势线的距离差额。

## 5 我国生态足迹增长的因素分析

对生态足迹进行关联研究, 首先考虑与消费直接相关的人口、GDP 因素, 因为人口与 GDP 同生态足迹需求之间存在比较密切的关联性。本文选择人口与 GDP 作为自变量, 生态足迹为因变量。在 Eviews 统计软件运行下, 拟合了几种计量模型, 认为线性模型会更好反映解释变量与被解释变量之间的数量关系。样本观察值选择的是 1978、1980、1985、1990、1995、2000 以及 2004 年等典型年份的相关数据。

建立模型:

$$EF = C(1) + C(2) \cdot POP + C(3) \cdot GDP + \varepsilon \quad (1)$$

其中,  $C(1)$  为模型的截距;  $C(2)$ 、 $C(3)$  为解释变量相应的系数; POP 代表人口; GDP 为国内生产总值;  $\varepsilon$  为随机误差项。

相关检验统计量的结果表明, 回归分析效果良好。其中,  $R^2$  (等于 0.996790) 以及调整后的  $R^2$  都比较接近 1, 显然模型的拟合效果比较理想;  $F$  检验的相伴概率为 0.000010, 说明变量间呈高度线性关系, 回归方程高度显著; 对  $n=7$ ,  $p=5$  时查表进行临界值分析, 同样判定残差序列没有明显自相关性。

影响生态足迹的因素是多方面的, 其中影响表现最直接的因素应该是消费水平(由于数据未能收集, 这里没有将消费作为解释变量列入模型中), 但人口与 GDP 水平可以间接解释一国的消费水平, 起到替代作用。

由于人口与 GDP 可以较好地解释生态足迹变动, 由此可以预测生态足迹在一定时期内的发展态势。首先预测出未来年份的人口变化趋势与 GDP 增长趋势, 然后根据模型的估计方程, 推算出未来年份生态足迹的预测值。

本文计算了主要农产品、部分工业原料与主要能源的生态足迹(由于理论的生态足迹不可能包罗万象, 以及实际计算的困难, 生态足迹计算一

直较为保守)。但是, 经济绝对量增加带来我国生态足迹总量的绝对快速增长是不可否认的。

## 6 结 语

从生态意义上看, 我国可持续发展必然要走向生态持续平衡状态, 也就是要求在长期内, 抑制生态赤字的增加, 保证生态容量与生态足迹走向均衡。这就需要从两方面来解决生态可持续性问题<sup>[5]</sup>。

1) 增加我国生态容量。在对生态系统保护的基础上, 针对生态生产性土地利用部分要提高利用的技术水平, 通过提高整体的生态生产力, 达到承载力的提高。

2) 抑制生态足迹的线性增长。通过减少人口、降低消费(可持续的消费), 高效利用现有资源存量, 改变人们的生产和生活消费方式, 建立节约型的社会生产和消费体系。

## 参 考 文 献

- [1] 徐中民, 程国栋, 张志强. 生态足迹方法可持续性定量研究的方法——以张掖地区 1995 年的生态足迹计算为例[J]. 生态学报, 2001, 21(9): 1484-1493
- [2] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, et al. Ecological Footprints of Nations[C]. International Council for Local Environmental Initiatives, Toronto, 1997
- [3] Zhong Xiaoqing. Ecological Economic Engineering Workshop: the Intergration of Theory with Practice in Apply Ecological Economy[M]//Farina A. A Glance from the Seven International Congress of Ecology. Leiden: Backhuys Publishers, 1999
- [4] Wackernagel M. Why Sustainability Analyses Include Biophysical Assessments[J]. Ecological Economics, 1999, 29: 13-15
- [5] 司襄. 广东省东莞市生态足迹研究[D]. 广州: 中山大学, 2003
- [6] 张坤. 循环经济理论与实践[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2003
- [7] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth[M]. Gargriola Island: New Society Publisheres, 1996

第一作者简介: 钟晓青, 博士, 副教授, 从事生态以及生态经济研究。

E-mail: 1s102@zsu.edu.cn

## Dynamic Analysis on China's Ecological Footprint Supply and Demand from 1978 to 2004

ZHONG Xiaoqing<sup>1,2,3</sup> ZHAO Yongliang<sup>2</sup> ZHONG Shan<sup>1,3</sup> SI Huan<sup>1,3</sup>

(1 School of Life Science, Zhongshan University, West Xingang Road, Guangzhou 510275, China)

(2 Lingnan College, Zhongshan University, West Xingang Road, Guangzhou 510275, China)

(3 State Key Laboratory for Biological Control, Zhongshan University, West Xingang Road, Guangzhou 510275, China)

**Abstract:** On the basis of the theory of ecological footprint, China's ecological footprint in main years from 1978 to 2004 is analyzed. Depending on the long-term data, the curve of the general demand and supply of ecological footprint is depicted, and the trend of the long-term ecological footprint is observed to judge whether it was in equilibrium. The result is that ecological deficit has been increasing in the long-term. And in the end the ecological consistency of China is analyzed using econometric model.

**Key words:** environmental and ecological economics; ecological footprint; ecological carrying capacity; ecological productive land; dynamic analysis

---

**About the first author:** ZHONG Xiaoqing, Ph. D, associate professor, researching area is ecological economics.

E mail: ls102@zsu.edu.cn

---

(上接第 982 页)

## Comparison of Two Fading Filters and Adaptively Robust Filter

YANG Yuanxi<sup>1</sup> GAO Weiguang<sup>2,3</sup>

(1 Xi'an Research Institute of Surveying and Mapping, 1 Middle Yanta Road, Xi'an 710054, China)

(2 Institute of Surveying and Mapping, Information Engineering University, 66 Middle Longhai Road, Zhengzhou 450052, China)

(3 61081 Troops, P. O. Box 5128, Beijing 100094, China)

**Abstract:** Two kinds of fading filters and their principles are introduced. An adaptive robust filter is given with corresponding principle. The basic abilities of the fading filters and adaptively robust filter in controlling the influences of the kinematic model errors are analyzed. A practical example is given. The results of the fading filter and adaptively robust filter are compared and analyzed.

**Key words:** Kalman filtering; fading filtering; adaptive filtering; fading factor

---

**About the first author:** YANG Yuanxi, Ph. D, professor, Ph. D supervisor, his research direction is kinematic geodesy and geodetic data processing.

E mail: yuanxi@pub.xaonline.com