

Ecological Footprint of Tianmen City

Bingqiao Xiong, Jing Ye, Wenna Zhang

Faculty of Resources and Environment Science, Hubei University, Wuhan Hubei
Email: 502854200@qq.com

Received: Jun. 15th, 2015; accepted: Jul. 10th, 2015; published: Jul. 13th, 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

As a method to measure the effect of environment, ecological footprint can assess the sustainable development level of a certain region. In this paper, we give an introduction to the concept of ecological footprint and computing modeling. Then, we take Tianmen City as a case study and assess its development situation from 2009 to 2013 by ecological footprint theory. The result showed that the per capita ecological footprint of Tianmen City increased 13.63% and the per capita ecological capacity increased 2.1% in the 5 years. This region had been in ecological deficit and increased by 21.24% from 0.66686 hm² to 0.80852 hm². The per capita ecological footprint and per capita GDP kept increasing, while the ecological footprint of ten thousand yuan GDP presented a downward trend. In addition to these analyses, the ecological footprint of Tianmen was beyond the available ecological capacity, and the ecological environment was at risk. The available measures for the sustainable development of Tianmen city in the future were put forward.

Keywords

Ecological Footprint, Ecological Deficit, National Hectare, Sustainable Development, Tianmen City

天门市生态足迹分析

熊炳桥, 叶晶, 张雯娜

湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉
Email: 502854200@qq.com

收稿日期: 2015年6月15日; 录用日期: 2015年7月10日; 发布日期: 2015年7月13日

摘要

生态足迹是一种将某地区资源消耗和废弃物排放的影响转化为生物生产性土地的方法，它能够定量分析可持续发展的程度。该文对天门市5年来的生态足迹进行了计算分析。计算结果表明，天门市历年生态足迹呈不断增加趋势，5年间增加13.63%，人均承载力呈小幅波动增长，增长率为2.1%。而且人均生态足迹均呈现生态赤字现象，从2009年的0.66686 hm²增加到2013年的0.80852 hm²，增长率为21.24%。人均生态足迹和人均GDP逐年增大的同时，人均万元GDP足迹逐年减小。这一结果，反映天门市的资源利用已超出实际的生态承载力范围，经济发展过程中的生态状况不容乐观，并在此基础上提出天门市未来可持续发展可选途径。

关键词

生态足迹，生态赤字，国家公顷，可持续发展，天门

1. 引言

随着工业化大力开展、城镇化的快速进行、人口规模的不断加大，资源环境开始面临着巨大的压力。经济增长的同时，资源环境问题也日益突出。在此背景下，如何处理好社会、经济、环境三者的关系，走可持续发展道路显得突出重要。生态足迹作为一种衡量可持续发展的方法，得到国际上的广泛应用。生态足迹的分析方法是由加拿大生态经济学家 REES [1] 等于 1992 年提出。1996 年 Wackernagel [2] 对生态足迹进行了详细介绍和完善，并将它应用于 52 个国家和地区。1999 年生态足迹的概念首先被徐忠民、张志强等引入我国[3]-[6]，而后部分学者实证分析了我国一些省市的可持续发展状况[7]-[11]。本文通过运用改进的“国家公顷”生态足迹模型对天门市生态足迹进行计量和分析，与传统的“全球公顷”相比，更能真实的反映天门市对资源的利用状况和可持续发展状况，在探讨如何在承载力范围内实现可持续发展，具有重要的理论和现实意义。

天门市位于湖北省中南部，江汉平原北部。12°33'45"E ~113°26'15"E，30°22'30"N~30°52'30"N。属于北亚热带季风气候。年平均气温为 17.8 ℃年降水量为 1281.1 mm。常住人口 167 万人，是湖北省人口最多的省辖市。2013 年国内生产总值 365.19 亿元，人均 GDP 为 28,331.26 元。

2. 生态足迹理论与“国家公顷”概述

生态足迹也称“生态占用”，指维持一个人、地区、国家或者全球的生存所需要的或者能够容纳人类所排放废物的、具有生物生产力的地域面积[12]。它既能代表在一定科学技术条件和消费条件下特定人口对环境造成的影响，又能反映在一定科学技术条件和消费条件下人口为持续生存而对环境提出的需求。生态足迹模型是一组基于土地面积的量化指标，是可以度量可持续发展程度的一个指标[13]。当生态足迹的值越高，意味着人类对资源索取和环境的破坏程度越高，对该地区可持续发展的挑战越大。相反，生态足迹的值越小，意味着人类对资源的索取和环境破坏程度越小，就越有利于该地区可持续发展。因此，通过测量人类对自然生态系统服务的所需的生物生产面积与自然所能提供的生物生产面积之间的差距，就为判断一个国家或地区的生产性消费活动是否处于当地生态系统承载力范围内提供定量依据。

传统的生态足迹计算方法，是以“全球公顷”作为计量单位进行计算的，其研究的目的在于方便国际之间的比较，但由于全球公顷是运用全球平均生产力作为依据，与我国的实际生产力存在差异，因此缺乏时效性和实用性。为了更好的反应当地的实际生产力和区域发展特征，本文运用了“国家公顷”计

算模型，“国家公顷”是相对全球公顷提出来的，一个单位的“国家公顷”相当于1公顷具有国家平均产量的生产力空间，它是全部生物生产性土地(陆地和水域)的生产力的平均值。该方法的关键点在于计算国家平均生产力、均衡因子和产量因子。可以真实的反应国家间不同区域的资源利用状况及对环境的影响程度，因此更适合进行小地域的实证研究。

1) 生态足迹的计算模型:

生态足迹的计算基于三个基本假设[14]:一是人类可以确定自身消费的绝大多数资源、能源及其产生的废弃物数量;二是这些资源生产及其废弃物的可以转换成相应的生物生产土地面积;三是这些土地在空间上是互斥的,即不同的资源消耗只能转换成一种类型的土地。基于“国家公顷”的生态足迹核算方法与全球公顷的生态足迹核算方法基本类似,所不同的是,在计算过程中要用消费产品的全国平均生产能力来代替全球平均生产能力,以及相应的以“国家公顷”为核算标准的均衡因子和产量因子。在生态足迹的计算中,根据生产力大小的差异,一般把生物生产性土地分为6个类型:耕地、林地、草地、水域、建筑用地、化石原料产地[15]。计算公式为[12] [16]:

$$EF = N \times ef = N \times r_j \times \sum(aa_i) = N \times r_j \times \sum(c_i p_i)$$

式中: EF 为总生态足迹; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; r_j 为均衡因子; aa_i 为 i 种商品折算之后的生物生产面积; c_i 为 i 种商品的人均消费量; p_i 为 i 种商品的平均生产能力。

2) 生态承载力计算模型:

生态承载力[15] [17]是与生态足迹相对应的概念,也称“生态供给”,是指在不损害有关生态系统的生产力和功能的前提下,一个地区能够提供的生态生产性土地的总面积。也可以理解为在一定自然、社会、经济技术条件下某地区所能提供的生态生产性土地的极大值。即将某地区的各类生态生产性土地面积经产量因子和当量因子分别转化后的生态生产性土地面积,其计算公式为[18] [19]:

$$EC = N \times ec = N \times \sum aj \times yj \times rj$$

式中: EC 为区域总的生态承载; N 为人口数; ec 为人均生态承载力; aj 为人均生物生产面积; rj 为均衡因子; yj 为产量因子; j 为生物生产性土地类型。计算生态承载力时扣除12%的生物多样性保护面积,得到实际可利用的生态承载力[16]。

3) 生态赤字、生态盈余及万元GDP足迹:

$$ED = EF - EC$$

当 $ED > 0$, 说明生态足迹超过了生态承载力, 出现生态赤字现象; 反之, 当 $ED < 0$, 说明生态承载力大于生态足迹, 出现生态盈余现象, 表明该地区发展在承载力范围内。

万元 GDP 足迹是该区域某年的总人口的生态足迹除以其国内生产总值(GDP); 万元 GDP 的生态足迹越大, 表明该区域生物生产面积的产出率越低, 反之, 则越高。

4) 均衡因子

在计算生态足迹时由于这六类土地的生态生产力不同, 为了将不同的生态生产性土地转化为具有相同生态生产力的面积, 需要对各类生物生产面积乘以一个均衡因子[20] [21]。“国家公顷”中的均衡因子是通过全国所有同类生产性土地的平均生物生产力比全国所有生物生产性土地的平均生物生产力得到的。计算公式为:

$$rj = kj / K$$

式中, rj 为均衡因子; kj 为 j 类生物生产土地的全国平均生产力; K 为全国各类生物生产土地的平均生产力。

5) 产量因子

在计算生态承载力时，由于不同地区或国家间存在差异，因此各个地区或国家同类生态生产性土地的实际面积不能直接对比，这就需要产量因子[15] [17]将各地区同类生态生产性土地转化为可比尺度。在这里的产量因子描述的是以“国家公顷”为标准的各地区的某类土地的平均生产力与国家同类土地平均生产力水平的差异，综合反应特定地域的环境和社会经济因素。在数值上，产量因子是通过把天门市各类土地的平均生产力除以全国同类土地的平均生产力的得到的。计算公式为：

$$y_j = t_j / T_j$$

式中， y_j 为产量因子； t_j 为某区域， j 类生物生产土地的平均生产力； T_j 为全国 J 类生物生产土地的平均生产力。

3. 天门市生态足迹计算和分析

应用生态足迹理论方法，根据《天门市统计年鉴》、《中国统计年鉴》等资料，对天门市近5年生态足迹进行了计算。生态足迹的计算一般由生物资源消费和能源资源消费两个部分构成。把生态足迹中的耕地、林地、草地、水域、建筑用地合起来称作生物资源生态足迹，分别指经济系统中消费的农产品、畜牧产品、木产品、渔业产品等生产性土地类型。把化石能源产地称为能源生态足迹，即指用于吸收能源消耗中排放温室气体所需的生产性土地类型[12]。主要包括煤炭、液化石油气、柴油、天然气、焦炭和电力等能源消耗所需土地类型。

3.1. 均衡因子和产量因子的计算

本文在计算两个因子时，将生物产品转化为统一的热值进行计算，所采用的各类生物产量的单位热量均采用《农业技术经济手册(修订本)》中的数据。

1) 国家均衡因子

生物生产性土地的均衡因子：耕地4.8543，林地0.1123，草地0.043，水域0.4859，化石能源用地0.1123，建设用地4.8543。由于吸收CO₂的土地均为林地，因此化石能源用地的均衡因子与林地相同；而城镇建设占用的多是耕地，均衡因子用耕地的来代替。

2) 天门市产量因子

在产量因子计算中，建设用地同耕地的产量因子相同，化石能源用地与林地的产量因子相同，由于现实情况中，不会留有的化石能源用地来对CO₂进行吸收，化石能源用地的产量因子为0。天门市生物生产性土地的产量因子为：耕地1.2185，林地1.5614，草地0.3273，水域1.9999，化石能源用地0，建设用地1.2185。

3.2. 天门市生态足迹动态变化

本文在生态足迹的计算中采用的是自上而下的方法，即根据天门市2009~2013年居民的生活和能源消费总量，由总量数据求得总的生态足迹，再结合相应年份的总人口数量，从而得出天门市近5年的人均生态足迹，如表1所示。

从天门市生物资源消费结构来看，牛肉人均消费生态足迹最大，其次为水产品和稻谷。肉类食物的生产需要较大的土地面积，这是生态系统食物链能量转化规律的反映[22]。天门市位于江汉平原，稻谷的生产消费占整个粮食生产消费的一大部分。木材消费的不断减少，说明当地开始重视林地资源的保护，有利于生物多样性的保护，如表2所示。

在本文的化石能源足迹的计算中。采用谢鸿宇等[23]提出的基于碳循环化石能源及电力生态足迹的计算方法，吸收温室气体土地包括森林和草地。从天门市的能源消费结构来看，煤炭的人均生态足迹最大，

Table 1. The ecological footprint of the biotic resources of Tianmen City from 2009 to 2013 (unit: $\text{hm}^2/\text{person}$)
表 1. 天门市 2009~2013 年生物资源消费生态足迹(单位: $\text{hm}^2/\text{人}$)

消费类型	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
稻谷	0.04071	0.04012	0.04275	0.04320	0.04431
小麦	0.01445	0.01548	0.01619	0.01675	0.01911
玉米	0.00167	0.00145	0.00206	0.00298	0.00185
豆类	0.00932	0.00840	0.00879	0.00789	0.00910
薯类	0.00242	0.00038	0.00042	0.00293	0.00350
棉花	0.02176	0.02299	0.02370	0.02404	0.02236
花生	0.00231	0.00210	0.00255	0.00313	0.00273
油菜	0.03199	0.03065	0.03607	0.03507	0.03733
芝麻	0.00097	0.00093	0.00090	0.00136	0.00088
甘蔗	0.00006	0.00035	0.00002	0.00003	0.00004
蔬菜	0.00588	0.00589	0.00692	0.00659	0.00699
水果	0.00269	0.00047	0.00049	0.00051	0.00053
木材	0.00449	0.00031	0.00011	0.00004	0.00006
竹子	0.00019	0.00451	0.00821	0.00485	0.00535
水产品	0.04484	0.04588	0.04634	0.04884	0.05168
猪肉	0.02345	0.02037	0.02059	0.02118	0.02276
禽肉	0.00250	0.00252	0.00251	0.00265	0.00275
禽蛋	0.01056	0.01097	0.01109	0.01119	0.01123
牛肉	0.05127	0.05606	0.06317	0.06959	0.07432
羊肉	0.00370	0.00416	0.00432	0.00494	0.00514
奶类	0.00032	0.00056	0.00056	0.00056	0.00060

Table 2. The ecological footprint of energy of Tianmen City from 2009 to 2013 (unit: $\text{hm}^2/\text{person}$)
表 2. 天门市 2009~2013 年能源资源消费生态足迹(单位: $\text{hm}^2/\text{人}$)

消费类型	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年
煤炭	0.04226	0.04530	0.05024	0.04748	0.05147
液化石油气	0.00253	0.00287	0.00286	0.00203	0.00741
柴油	0.00016	0.00018	0.00017	0.00017	0.00018
天然气	0.00119	0.00178	0.00200	0.00229	0.00307
焦炭	0.00021	0.00025	0.00026	0.00025	0.00025
电力	0.00791	0.00978	0.01091	0.01134	0.01203

其次是电力和液化石油气。2013年煤炭消费的人均生态足迹为 $0.05147 \text{ hm}^2/\text{人}$ ，占整个能源消费的69.17%，这表明天门市日常生产生活的能源消耗以煤炭为主。而且5年间煤炭的消耗处于大幅增长状态，从2009年的 $0.04226 \text{ hm}^2/\text{人}$ 到2013年的 $0.05147 \text{ hm}^2/\text{人}$ ，增长率为21.78%，如表3所示。

Table 3. The summary of ecological footprints of Tianmen City from 2009 to 2013
表 3. 天门市 2009~2013 年人均生态足迹汇总(单位: $\text{hm}^2/\text{人}$)

项目	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
耕地	0.80638	0.79033	0.84863	0.87018	0.89923
林地	0.00327	0.00367	0.00438	0.00379	0.00448
牧草地	0.00328	0.00359	0.00400	0.00424	0.00465
淡水水域	0.02179	0.02229	0.02373	0.02183	0.02511
化石原料产地	0.00089	0.00110	0.00122	0.00127	0.00135
建筑用地	0.08945	0.09045	0.09114	0.09222	0.09435
水资源	0.18378	0.19912	0.21385	0.21396	0.23070
生态足迹	1.10884	1.11056	1.18696	1.20750	1.25987

生态足迹的增加意味着人类对自然资源的利用程度加大, 其主要受人口数量和消费水平的影响。天门市人口基数大, 增长快, 2009~2013 年间, 人口由 1,641,539 人增加到 1,667,867 人, 增长率为 1.6%。同时, 消费水平增长了 51%。由表 3 可以看出, 天门市 2009~2013 年 5 年间生态足迹变化趋势处于不断增长的状态。2009 年生态足迹 $1.1088 \text{ hm}^2/\text{人}$, 2013 年人均生态足迹为 $1.2599 \text{ hm}^2/\text{人}$, 增加了 13.63%。其中, 耕地所占比重最大, 其次为水资源和建筑用地。2013 年各类土地所占比例, 耕地(71.37%)、水资源(18.31%)、建筑用地(7.49%)、淡水水域(1.99%)、林地(0.36%)、牧草地(0.37%)、化石原料产地(0.11%)。耕地是人均生态足迹最主要成分, 反映天门市第一产业是处于主导地位, 经济生产的主要方式是农业。5 年间天门市对资源的需求量变化较平稳, 有较小幅度的上升。

3.3. 天门市生态承载力动态变化

根据生态足迹理论, 对人均占有的各类生物生产面积乘以均衡因子和产量因子, 既可得到天门市的人均生态承载力。产量因子是相应土地的平均生产力与同类全国平均生产力的比率。其中, 建设用地的产量因子与耕地产量因子相同。由于天门市并没有预留用于吸收化石原料燃烧排放 CO_2 的土地, 所以一般把化石原料产地的数量看作 0, 因此化石原料产地的生态承载力也是 0。在计算生态承载力的时候按国际惯例, 要减去 12% 的生物多样性保护土地。计算结果如表 4 所示。

天门市近 5 年生态承载力呈小幅波动上涨。人均生态承载力从 2009 年的 $0.44198 \text{ hm}^2/\text{人}$ 到 2013 年 $0.45135 \text{ hm}^2/\text{人}$, 增长率为 2.1%。2013 年各类土地人均生态承载力所占比例为, 耕地资源(75.821%)、建筑用地(22.4141%)、水域(1.7419%)、林地(0.0228%)、草地(0.0002%)。生态承载力增加主要是因为工农业生产水平的提高、经济的高速发展、人民生活水平的显著提高造成的。耕地和建筑用地所占比重很大, 其中耕地一直是最主要成分。耕地生态承载力的小幅增长, 主要是因为农作物产量的增大, 与科技进步和管理水平的提高有很大的关系; 建筑用地增幅较明显, 说明天门市城市化进程加快, 新型城镇化的建设稳步进行。

3.4. 万元 GDP 生态足迹和资源利用效率

在对天门市生物生产性土地潜力进行比较的时候引入万元 GDP 的理论, 来反映生物生产性土地の利用效率。

依据万元 GDP 理论, 万元 GDP 的足迹需求越大, 反映资源的利用效率越低。反之, 资源利用效率越高。从图 1 可以看出, 2009~2013 年, 天门市单位万元 GDP 的生态足迹逐年降低, 由 2009 年的 0.9620

Table 4. The summary of ecological capacity of Tianmen City from 2009 to 2013 (unit: $\text{hm}^2/\text{person}$)
表 4. 天门市 2009~2013 年人均生态承载力汇总(单位: $\text{hm}^2/\text{人}$)

项目	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
耕地	0.38548	0.38766	0.38804	0.37591	0.38889
林地	0.00010	0.00012	0.00012	0.00012	0.00012
草地	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
化石原料	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
水域	0.00768	0.00800	0.00815	0.00850	0.00893
建筑用地	0.10899	0.11021	0.11105	0.11237	0.11496
生物多样性保护	0.06027	0.06072	0.06088	0.05963	0.06155
生态承载力	0.44198	0.44527	0.44648	0.43727	0.45135

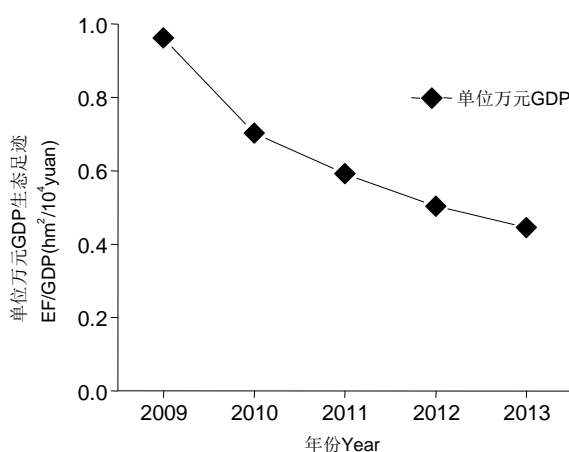


Figure 1. Ecological footprint of ten thousand yuan GDP from 2009 to 2013

图 1. 2009~2013 万元 GDP 生态足迹

$\text{hm}^2/\text{万元}$ 下降到 2013 年的 $0.4447 \text{ hm}^2/\text{万元}$ 。表明天门市在经济增长过程中,在对自然资本需求增加的同时,对生态环境资源利用的经济效率不断提高。说明天门市的土地生产效率和产出水平在逐年提高。这体现了其他类型资本在经济发展过程中发挥的作用日益增强;也反映了天门市依靠资源向更多依靠技术、资金产业结构的升级的趋势。

3.5. 天门市生态赤字或盈余动态变化

对天门市生态足迹和生态承载力的计算结果进行比较,可以计算出生态赤字或盈余。从计算结果可以看出,天门市总体呈现生态赤字状态。总生态赤字从 2009 年的 $1,094,671.84 \text{ hm}^2$ 上升到 2013 年的 $1,348,496.33 \text{ hm}^2$,增长率为 23.23%。

由图 2 可以看出,天门市人均生态赤字从 2009 年的 $0.66686 \text{ hm}^2/\text{人}$ 增加到 2013 年的 $0.80852 \text{ hm}^2/\text{人}$,增长率为 21.24%,年平均增长率为 4.25%。其中,2013 年生态足迹是生态承载力的 2.8 倍。生态足迹的增长主要是因为人口膨胀和消费水平的提高,增长率为 13.63%。生态承载力的增加主要是因为科技水平和管理水平的提高,增长率为 2.1%,但其增长速度远远落后于生态足迹的增长速度。由此可见,生态赤字的出现主要由于社会经济发展所致,源于生态足迹和生态承载力的非均衡增长,其本质则是人口、资源、消费等要素构成的生态系统的失衡。

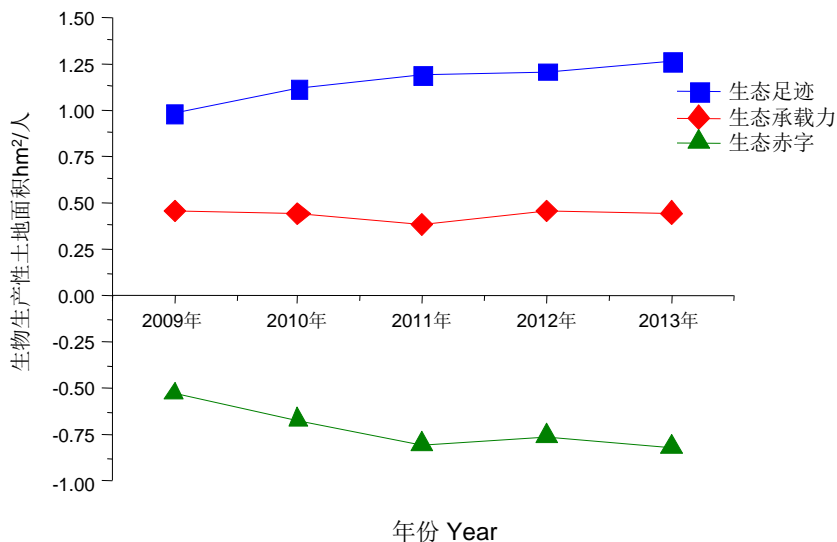


Figure 2. Dynamic change of ecological footprint of Tianmen City from 2009 to 2013
图 2. 天门市 2009~2013 年生态足迹动态变化(单位: hm²/人)

综合分析天门市近 5 年不同土地类型的生态赤字或盈余, 由表 5 可知, 在 2009~2013 年间, 除建筑用地外, 其它 5 类生物生产性土地均表现生态赤字。它们由大到小依次是耕地 > 淡水水域 > 牧草地 > 林地 > 化石原料产地。在各种土地类型中, 耕地的人均生态赤字最大, 2013 耕地所占比重为 63.12%。5 年间耕地生态赤字从 2009 年的 0.42090 hm²/人上升到 2013 年的 0.51034 hm²/人, 增长了 21.25%, 呈现大幅波动增长状态。这主要是因为粗放式的农业生产方式, 农业科技水平落后, 管理水平低下所造成。林地生态赤字人均占有量变化幅度不大, 仅从 2009 年的 0.00318 hm²/人增加到 0.00436 hm²/人, 这表明虽然人们对木材的需求加大, 但近年来植树造林和退耕还林的实施使林地的生态承载力相对增加。牧草地和淡水水域的生态赤字增长迅速, 二者的人均生态赤字分别由 2009 年的 0.00328 hm²/人和 0.01411 hm²/人增加到 2013 年的 0.00465 hm²/人和 0.01618 hm²/人, 主要是因为人们生活水平提高, 居民对畜肉和水产品的需求加大, 同时由于粗放式经营, 草地资源稀缺, 水域面积的减少, 牧草地和水域的生态赤字不断加大。化石原料产地的生态赤字人均占有量增幅明显加快, 从 2009 年的 0.00089 hm²/人到 2013 年的 0.00135 hm²/人, 增幅 56%, 反映了经济建设需求量的加大。建筑用地生态足迹是天门市所有生物生产性土地中唯一一个出现生态盈余的土地类型, 表明天门市建筑用地供给大于需求是主要趋势。主要是因为, 07 年后天门市抓住“武汉市城市圈”这一重要发展机遇, 城市化的进程加快使建筑用地的总量增加, 建筑用的的供给急剧增加, 导致生态盈余也开始增加。

4. 结论和建议

应用“国家公顷”生态足迹模型, 对天门市 2009~2013 年生态足迹进行计算与分析。结果显示, 由于人口的快速增加和经济的大力发展, 该地历年均出现生态赤字现象, 并呈现逐年增加的态势, 生态赤字从 2009 年的 0.66686 hm²/人增加到 0.80852 hm²/人。表明天门市经济发展过多依赖自然资源, 对生物生产性土地的需求远超出其供给能力, 生态环境处于不安全状态。另一方面, 在人均 GDP 和生态赤字逐年增加的同时, 单位万元 GDP 的生态足迹逐年降低, 说明天门市在经济发展的同时, 注重了生态环境的保护和资源的有效利用, 但效应相对滞后。因此, 从长远来看, 天门市要协调好社会、经济、环境三者关系显得突出重要。

为了延缓生态足迹和生态赤字的逐步加大, 降低经济发展对资源环境带来的影响, 天门市可以借鉴

Table 5. Different land use types of ecological deficit or surplus (unit: hm²/person)
表 5. 不同土地类型生态赤字/盈余(单位: hm²/人)

	2009 年	2010 年	2011 年	2012 年	2013 年
耕地	-0.42090	-0.40267	-0.46059	-0.49427	-0.51034
林地	-0.00318	-0.00355	-0.00426	-0.00368	-0.00436
牧草地	-0.00328	-0.00359	-0.00400	-0.00424	-0.00465
淡水水域	-0.01411	-0.01429	-0.01558	-0.01334	-0.01618
化石原料产地	-0.00089	-0.00110	-0.00122	-0.00127	-0.00135
建筑用地	0.01954	0.01976	0.01991	0.02015	0.02062
生态赤字/盈余	-0.66686	-0.66528	-0.74048	-0.77023	-0.80852

以下几种措施进行改善: 1) 控制人口数量, 缓解资源短缺带来的环境压力。2) 推进农业经营体制机制创新, 培育土地流转模式, 实现土地高效、集中、集约利用。3) 引进先进的科学技术和经营理念, 提高资源的利用效率。4) 倡导新的生活方式和消费方式等举措, 在人们生活水平提高的基础上, 更新人们的消费观, 转变人们的生活消费方式。

参考文献 (References)

- [1] Rees, W.E. (1992) Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, **4**, 121-130. <http://dx.doi.org/10.1177/095624789200400212>
- [2] Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., et al. (1997) Ecological footprints of nations. Commissioned by the earth council for the rioforum. International Council for Local Environmental Initiatives, Toronto, 10-21.
- [3] 张志强, 徐中民, 程国栋 (2000) 生态足迹的概念及计算模型生态经济. *生态经济*, **16**, 8-10.
- [4] 徐中民, 程国栋, 张志强 (2001) 生态足迹方法: 可持续性定量研究的新方法——以张掖地区 1995 年的生态足迹计算为例. *生态学报*, **21**, 1484-1493.
- [5] 杨开忠, 杨咏, 陈洁 (2000) 生态足迹分析理论与方法. *地球科学进展*, **15**, 630-636.
- [6] 成升魁 (2000) 生态占用——衡量可持续发展的新指标. *自然资源学报*, **15**, 375-382.
- [7] 徐中民, 张志强, 程国栋 (2000) 甘肃省 1998 年生态足迹计算与分析. *地理学报*, **5**, 607-616.
- [8] 张红霞, 苏勤, 章锦河, 王群 (2006) 1990~1999 年安徽省生态足迹的动态测度与分析. *生态学杂志*, **1**, 39-44.
- [9] 卢远, 华瑾 (2004) 广西 1990~2002 年生态足迹动态分析. *中国人口·资源与环境*, **14**, 49-53.
- [10] 郭秀锐, 杨居荣, 毛显强 (2003) 城市生态足迹计算与分析——以广州为例. *地理研究*, **22**, 654-662.
- [11] 陈敏, 王如松, 张丽君, 怀保光 (2006) 中国 2002 年省域生态足迹分析. *应用生态学报*, **3**, 424-428.
- [12] Wackernagel, M. and Rees, W. (1996) Our ecological footprint: Reducing human impact on the earth. New Society Publishers, Gabriola Island.
- [13] 陈东景, 徐中民, 程国栋, 张志强 (2001) 中国西北地区的生态足迹. *冰川冻土*, **2**, 164-169.
- [14] Rees, W. and Wackernagel, M. (1996) Urban ecological footprints: Why cities cannot be sustainable, and why they are a key to sustainability. *Environmental Impact Assessment Review*, **16**, 223-248. [http://dx.doi.org/10.1016/S0195-9255\(96\)00022-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0195-9255(96)00022-4)
- [15] Wackernagel, M., Onisto, L., Bello, P., Linares, A.C., Falfán, I.S.L., García, J.M., et al. (1999) National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, **29**, 375-390. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(98\)90063-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(98)90063-5)
- [16] 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. [http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009\(96\)00077-8](http://dx.doi.org/10.1016/S0921-8009(96)00077-8)
- [17] Wackernagel, M., Lewan, L. and Hansson, C.B. (1999) Evaluating the use of natural capital with the ecological footprint applications in Sweden and Subregions. *AMBIO*, **28**, 604-612.

- [18] 翁伯琦, 王义祥, 黄毅斌, 应朝阳, 黄勤楼 (2006) 福建省生态足迹和生态承载力的动态变化. *应用生态学报*, **11**, 2153-2157.
- [19] 张志强, 徐中民, 程国栋, 陈东景 (2001) 中国西部 12 省(区市)的生态足迹. *地理学报*, **5**, 599-610.
- [20] Wackernagel, M., Monfreda, C., Erb, K.H., Haberl, H. and Schulz, N.B. (2004) Ecological footprint time series of Austria, the Philippines, and South Korea for 1961-1999: Comparing the conventional approach to an “actual land area” approach. *Land Use Policy*, **21**, 261-269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.007>
- [21] Wackernagel, M., Monfreda, C., Schulz, N.B., Erb, K.-H., Haberl, H. and Krausmann, F. (2004) Calculating national and global ecological footprint time series: resolving conceptual challenges. *Land Use Policy*, **21**, 271-278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.landusepol.2003.10.006>
- [22] 白艳莹, 王效科, 欧阳志云, 苗鸿 (2003) 苏锡常地区生态足迹分析. *资源科学*, **6**, 31-37.
- [23] 谢鸿宇, 王羚邴, 陈贤生 (2007) 生态足迹评价模型的改进于应用. 化学工业出版社, 北京.