

# 基于生态足迹法的吉安市 生态承载力研究

张杰<sup>1</sup> 赵小敏<sup>1,2</sup> 郭大千<sup>1</sup> 黄俊<sup>1</sup> 郭熙<sup>1\*</sup>

(1. 江西农业大学 国土资源与环境学院 江西 南昌 330045; 2. 南昌师范高等专科学校 江西 南昌 330029)

**摘要:** 利用生态足迹模型对吉安市 2008 年的生态足迹进行了计算和分析。结果表明: 该地区处于生态系统较合理的承载力范围, 生态系统相对比较安全, 人类社会处于相对可持续状态。为引导吉安市继续走可持续发展的道路, 市政府要加强生态环境建设, 提高地方政府的忧患意识, 加强宣传与教育; 提高人口素质, 增强人们对生态环境的保护意识。

**关键词:** 生态足迹; 生态承载力; 生态盈余/赤字; 吉安市

中图分类号: F062.2; X22 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2010)04-0829-06

## A Study on Ecological Capacity of Ji'an City Based on Ecological Footprint Theory

ZHANG Jie<sup>1</sup> ZHAO Xiao-min<sup>1,2</sup> GUO Da-qian<sup>1</sup> HUANG Jun<sup>1</sup> GUO Xi<sup>1\*</sup>

(1. College of Land Resources and Environment, JAU, Nanchang 330045, China; 2. Nanchang Teachers College, Nanchang 330029, China)

**Abstract:** The ecological footprint of Ji'an in 2008 was calculated and analyzed by ecological footprint model. The result demonstrates that eco-system carrying capacity of the region is reasonable and safe, at the same time the development of human society is in a sustainable state. In order to guide Ji'an to continue taking the road of sustainable development, the municipal governments should strengthen ecological environment construction, improve local government hardship consciousness, advance publicity and education, enhance the quality and protection consciousness of citizens.

**Key words:** ecological footprint; ecological capacity; ecological remainder/deficit; Ji'an City

近年来, 将生态足迹模型应用于我国土地利用可持续评价的研究逐渐增多, 特别是新一轮土地利用总体规划修编工作的全面开展, 促进了相关研究方法的创新和改进。研究主要集中于区域土地可持续利用评价、土地利用总体规划战略环境影响评价及土地利用项目环境影响评价方面<sup>[1]</sup>。如侯国英等<sup>[2]</sup>在对内蒙古 1996 年、2000 年和 2004 年的生态足迹计算中得出内蒙古的生态承载力略大于生态足迹, 但区域分布不平衡; 赖发英等<sup>[3]</sup>针对江西省土地利用现状、用地需求设计方案, 计算江西省 2010 年和 2020 年生态足迹, 得出江西省土地利用结构出现生态赤字, 而设计方案中 2010 年和 2020 年的土地利用结构则可实现生态盈余。

收稿日期: 2010-04-01 修回日期: 2010-05-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(30760048)

作者简介: 张杰(1983-), 女, 硕士生, 主要从事土壤遥感和土地规划研究, E-mail: zhonglilinzi@126.com; \* 通讯作者: 郭熙, 副教授, 博士生, E-mail: xig435@163.com。

本文以江西省吉安市为例,应用当前国际上流行的生态足迹理论计算市域的生态足迹。同时用生态足迹指标反映吉安市的经济发展状况、资源利用效率以及生态压力状况,为吉安市可持续发展战略提供科学支持与依据。

## 1 研究区概况

吉安市介于北纬 25°58′32″至 27°57′50″,东经 113°46′至 115°56′之间。现辖吉州区、青原区、井冈山市、吉安、吉水、峡江、新干、永丰、泰和、遂川、万安、安福、永新等 2 个辖区、1 个县级市、10 个县、221 个乡镇(镇、办事处)、2 507 个村委会。2005 年吉安市总人口 466.13 万人,土地总面积 2 525 875.2 hm<sup>2</sup>。境内有自北向南纵贯的京九铁路、105 国道和由东向西的 319 国道及“三南”公路,是连接北京、西南、华南、福建、港澳地区的天然纽带<sup>[4]</sup>。

## 2 数据来源与评价方法

### 2.1 数据来源

(1) 吉安市生物资源与能源消费量数据来自 2009 年《吉安市统计年鉴》及相应县市的统计年鉴资料;(2) 吉安市各类生态生产性土地面积是根据吉安市 2008 年台帐数据进行计算的;(3) 图件来源于吉安市土地利用总体规划中土地利用与生态环境建设研究专题;(4) 计算过程中的参数选择一般来源于论文,均已标注出处。

### 2.2 生态足迹及其相关模型

2.2.1 生态足迹的相关概念 生态足迹概念由加拿大生态经济学家 Rees 等<sup>[5]</sup>于 1992 年首先提出,之后由 Wackemagel 等加以完善并发展为生态足迹模型<sup>[6]</sup>,它是一种定量测量人类对自然资源利用程度的评价方法。

生态足迹(Ecological footprint, EF),生产任何已知人口(某个人、一个城市或是一个国家)所消费的所有资源和吸纳这些人口所产生的所有废弃物所需要的生物生产总面积(包括陆地和水域)。生态承载力(Ecological capacity, EC),一个地区所能提供给人类的生态生产性土地的面积总和定义为该地区的生态承载力,以表征该地区生态容量。

2.2.2 生态足迹模型 ①生态足迹的计算公式为:

$$EF = \sum r_i c_i / y_i \quad (1)$$

$$ef = EF / N \quad (2)$$

(1)(2)式中:EF 为生态足迹总量;ef 为人均生态足迹; $r_i$  为均衡因子; $c_i$  为第  $i$  种消费项目的消费总量; $y_i$  为生产第  $i$  种消费项目的世界年均生产量; $N$  为人口数。均衡因子  $r_i$  就是全球该类生物生产用地的平均生产力除全球 6 类生物生产用地(化石能源用地、耕地、草地、林地、水域、建筑用地)的平均生产力所得值(表 1)。

②生态承载力的计算公式为:

$$EC = a_j r_j y_j \quad (3)$$

$$ec = EC / N \quad (4)$$

(3)(4)式中:EC 为生态承载力;ec 为人均生态承载力; $a_j$  为第  $j$  种生物生产性土地面积(人均土地面积); $r_j$  为均衡因子; $y_j$  为产量因子。

本文采用了全球一致的均衡因子<sup>[7]</sup>,产量因子结果均采用 Wackemagel 等对中国生态足迹计算时的取值<sup>[8]</sup>(表 1)。

## 3 吉安市生态足迹与生态承载力的计算

### 3.1 吉安市生态足迹评价指标的确定及计算

根据吉安市的实际情况,将人类生产、生活消耗的资源分为两大类:生物资源和能源资源<sup>[9]</sup>。相应地,消费量的计算也由两部分构成:生物资源消费量和能源消费量。

表1 不同土地类型的均衡因子和产量因子

Tab.1 Proportion and yield factors in different kinds of lands

土地类型 Land type	均衡因子 Equivalence factor	产量因子 Yield factor
耕地 Cultivated land	2.8	1.66
草地 Grassland	0.5	0.19
林地 Woodland	1.1	0.91
水域 Waters	0.2	1.00
建筑用地 Building land	2.8	1.66
化石能源用地 Fossil energy land	1.1	0

(1) 生物资源消费量。在计算吉安市生物资源消费量时,其内容包括农、林、牧、渔四大类生物产品的消费,对应于生态生产性土地的耕地类土地产品、林地类土地产品、草地类土地产品、水域土地产品的消费。其中生物资源中农产品分为谷物、豆类、油料、蔬菜等共18种;林产品消费项目包括水果消费量;牧产品消费项目由肉类、禽蛋和奶类消费量构成;渔业产品以水产品消费总量代替。根据公式(1)、公式(2)计算得到吉安市及各县(区)2008年生物资源消费生态足迹结果。

(2) 能源消费量。根据吉安市的能源消费结构,其消费项目由煤炭、焦炭、原油、燃料油、汽油、煤油、柴油、液化石油气、电力等组成。计算能源足迹时,将能源消费转化为化石能源土地面积。采用世界上单位化石能源土地面积的平均发热量为标准,根据能源折算系数(表2)将当地能源消费所消耗的热量折算成一定的化石能源土地面积。能源消费的生态足迹是指能源生产及能源消费后吸收其所产生CO<sub>2</sub>所需的生态空间。吉安市能源消费主要为原煤、焦炭、汽油、煤油等共9种。根据公式(1)、公式(2)计算得到吉安市及各县(区)2008年能源消费生态足迹。

表2 能源折算系数

Tab.2 Resource convert quotiety

能源消费类型 Available energy	煤炭 Coal	焦炭 Hard coke	原油 Virgin oil	燃料油 Oil fuel	汽油 Petrol	煤油 Paraffin	柴油 Diesel fuel	液化石油气 Liquefied petroleum gas	电力 Electric power
折算系数 GJ/t Conversion factor	20.93	28.47	41.87	50.2	43.12	43.12	42.71	50.2	11.84

### 3.2 吉安市生态承载力计算

根据《吉安市统计年鉴(2009)》和吉安市2008年统计台账,得到吉安市人口数为4 852 544人和2008年各类土地类型的土地面积,根据公式(3)、公式(4)计算得到吉安市2008年生态承载力。世界环境与发展委员会的报告出于谨慎性的考虑,在生态承载力计算时应扣除12%的生物多样性保护面积用来保护区域内生物的多样性,计算得到吉安市及各县(区)可供使用的人均生态承载力。如果生态足迹供给(生态承载力)大于需求,则表明区域经济社会的发展处于当地自然生态系统的承载力范围之内,称之为生态盈余;反之,则认为区域经济社会发展处于一种不可持续的状态,称之为生态赤字<sup>[10-11]</sup>。

## 4 生态足迹及生态承载力分析

### 4.1 吉安市各土地利用类型生态状况分析

通过计算得到吉安市各土地利用类型人均生态足迹和生态承载力,加总并比较其生态盈余和生态赤字情况(表3)。

从土地利用类型的内部结构来看(表3),耕地、林地、建筑用地均处于生态盈余,其中以林地最大;草地、水域和化石能源用地处于生态赤字。

出现生态赤字的主要原因是草地需求过大,水域、化石能源用地供给不足。随着生活水平的提高,首先人们对肉类、奶类、禽蛋等的需求量逐渐增加,然而吉安市草地面积仅有129.88 hm<sup>2</sup>,约占吉安市

表3 吉安市人均生态足迹分类供需情况

Tab.3 Classified ecological footprint supply and demand of average citizens in Ji'an City

土地利用类型 Land use type	土地供给 Land supply		土地需求 Land requirement	人均生态盈余赤字/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological deficit /remainder
	人均生态承载力/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological capacity	生物多样性扣除后/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Deduct biodiversity	人均生态足迹/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological footprint	
耕地 Cultivated land	0.405	0.357	0.284	0.072
草地 Grassland	0.000	0.000	0.215	-0.215
林地 Woodland	0.346	0.305	0.001	0.304
水域 Waters	0.002	0.002	0.037	-0.035
建筑用地 Building land	0.105	0.092	0.002	0.090
化石能源用地 Fossil energy land	0.000	0.000	0.229	-0.229
合计 Total	0.859	0.756	0.768	-0.013

表4 江西省人均生态足迹分类供需情况

Tab.4 Classified ecological footprint supply and demand of average citizens in Jiangxi Province

	土地供给 Land supply		土地需求 Land requirement	人均生态盈余赤字/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological deficit /remainder
	人均生态承载力/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological capacity	生物多样性扣除后/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Deduct biodiversity	人均生态足迹/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological footprint	
江西省 Jiangxi Province	0.734	0.646	0.724	-0.079
吉安市 Ji'an City	0.894	0.787	0.789	-0.002
九江市 Jiujiang City	0.766	0.674	1.401	-0.727
赣州市 Ganzhou City	0.361	0.318	1.014	-0.696

农用地总面积的0.006%；其次是化石能源用地，表明吉安市在工业化和城市化进程中，能源用地量偏大。按照生态足迹理论，为保持一个地区的生态可持续发展状态，这个地区应该留有一定的土地用于吸收工农业生产生活过程中能源消费释放出的CO<sub>2</sub>，而这部分土地在实际中并没有留出，同时煤炭的燃烧会产生大量CO<sub>2</sub>形成新的“碳源”，给原本已经退化的生态系统带来更大的压力；再次是水域用地，虽然吉安市水资源相对丰富，但是其中可利用的水面面积较小，不能满足人们日益增长的需求。

从吉安市与江西省平均水平进行对比可以看出(表4)，吉安市的生态赤字最小，且低于江西省生态赤字平均值(-0.079 hm<sup>2</sup>/人)，在江西省属于生态足迹与生态承载力相对持平的城市，并且其生态赤字远远小于九江市(-0.727 hm<sup>2</sup>/人)和赣州市(-0.696 hm<sup>2</sup>/人)。



图1 江西省吉安市生态承载力赤字盈余分布情况  
Fig.1 The distributing of ecological capacity remainder/deficit in Ji'an City Jiangxi Province

## 4.2 吉安市各县生态状况分析

分析各个县的生态足迹(表5),吉州区、青原区、吉安县、新干县为生态赤字,其中青原区人均生态赤字最大,主要原因是对化石能源用地的需求量过大,这与吉安市高耗能型的工业主导型结构有着紧密的关系,如青原区的富林工业园和梅林工业园分别为有色金属冶炼加工业和机械制造业,均为高耗能工业;其次是新干县,主要原因是草地需求量过大,而吉安草地数量有限,所以不能满足人日益增长的消费需求。吉水县、峡江县、永丰县、泰和县、遂川县、万安县、安福县、永新县、井冈山市为生态盈余,表明该地区人类生存处于生态系统合理承载力范围之内,生态系统较安全,人类社会发展处于可持续范围之内<sup>[12]</sup>。其中井冈山市生态盈余最大,为 $0.442 \text{ hm}^2/\text{人}$ ,主要原因是井冈山市有1个井冈山国家级自然保护区,森林覆盖率较高,生态环境良好。

表5 各县(区)生态足迹及生态承载力对比情况

Tab.5 Contrast ecological footprint to ecological capacity in different counties

县(市、区) Country (City, District)	土地供给 Land supply		土地需求 Land requirement	人均生态盈余赤字/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological deficit /remainder
	人均生态承载力/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological capacity	生物多样性扣除后/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Deduct biodiversity	人均生态足迹/ ( $\text{hm}^2 \cdot \text{人}^{-1}$ ) Per ecological footprint	
吉州区 Jizhou District	0.109	0.270	0.971	-0.700
青原区 Qinyuan District	0.815	0.717	0.993	-0.275
吉安县 Ji'an County	0.871	0.766	0.905	-0.138
吉水县 Jishui County	0.862	0.759	0.735	0.024
峡江县 Xiajiang County	1.209	1.064	0.898	0.166
新干县 Xingan County	0.762	0.671	0.928	-0.257
永丰县 Yongfeng County	0.956	0.842	0.808	0.034
泰和县 Taihe County	0.909	0.800	0.771	0.029
遂川县 Suichuan County	0.771	0.678	0.536	0.143
万安县 Wan'an County	0.992	0.873	0.486	0.387
安福县 Anfu County	1.171	1.030	0.708	0.323
永新县 Yongxin County	0.707	0.622	0.436	0.186
井冈山市 Jinggangshan City	1.125	0.990	0.548	0.442

数据来源:吉安市统计年鉴(2009)。

## 5 讨论

(1) 应用生态足迹指标对吉安市和各县(区、市)的生态足迹进行计算分析,结果表明,吉安市2008年人均生态承载力(扣除生物多样性)为 $0.787 \text{ hm}^2/\text{人}$ ,而人均生态足迹为 $0.789 \text{ hm}^2/\text{人}$ ,人均生态赤字为 $-0.002 \text{ hm}^2/\text{人}$ ,处于一种可持续发展的警戒线。同时,分县(区、市)的计算结果表明,绝大部分县(区、市)的生态足迹小于当地的生态承载力,处于可持续的发展状态。生态足迹的计算依赖于均衡因子和产量因子,均衡因子采用全球统一的标准,产量因子采用了国家统一标准而非吉安市各类生物生产面积的产量因子,因此所得到的生态承载力会有一些的误差。

(2) 生态足迹分析是一种基于可持续发展理念的分析方法,其所采用的指标是非动态性的,如人口、能源消耗量、食品消费量等都是不变的。因此,所得到的结论“吉安市生态赤字较小,尚处于可持续发展范围之内”是瞬时性的:一方面,由于吉安市人口基数大,经济快速发展,可能会导致生态赤字增加;另一方面,随着科学技术的发展,资源配置得到优化,可能会出现生态盈余。通过增加各指标的时间变异分析,可在一定程度上保证未来可持续趋势的准确性。

(3) 总体来看,林地生态盈余,而草地处于生态赤字。随着吉安市产业结构的调整,吉泰工业走廊的建设,吉安市城镇建设用地的必然大规模增加,城镇用地结构、密度和布局的不断调整必然会对生态

环境产生更大的压力。因此,可以在生态环境允许的范围内适当调整林地与草地的比例,以满足人们的需求。政府部门可以将土地承载力和生态足迹作为一种地方生态环境考核指标,列出吉安市各个评估区域对自然资源的消耗水平,看看自己的土地承载力和足迹是否已经越界了。通过这样的考核,提高地方政府的忧患意识,促进自然资源的合理利用与生态环境的保护。同时加强宣传与教育,提高人口素质,增强人们对生态环境的保护意识,引导吉安市走上可持续发展的道路。

(4) 本次研究的对象为吉安市,所研究的范围较小,各县(市、区)资源交流比较频繁,生态足迹的输入输出主要发生在内部,所以在本次研究中未对生态足迹的输入和输出进行详细的计算。

#### 参考文献:

- [1] 刘艳中,李江风.生态足迹模型在我国土地可持续利用评价中的应用及启示[J].地理与地理信息科学,2008,24(1):80-84.
- [2] 侯国英,张淑兰.内蒙古自治区土地利用生态足迹动态分析[J].西部资源,2006(12):31-33.
- [3] 赖发英,钟恢明,宫松,等.生态足迹理论对江西省土地资源可持续利用的指导研究[J].江西农业大学学报,2006,28(5):780-786.
- [4] 吉安市统计局.吉安市年统计年鉴(2009)[M].2009.
- [5] Rees W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out[J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
- [6] Rees W E, Wackernagel M. Urban ecological footprint: why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability[J]. Environmental Impact Assessment Review, 1996, 16: 223-248.
- [7] 徐中民,张志强.可持续发展定量研究的几种新方法评价[J].中国人口·资源与环境,2000,10(2):60-62.
- [8] 兰叶霞,赵先贵.咸阳市2003年生态足迹分析[J].干旱地区农业研究,2006(1):20-25.
- [9] 徐中民,张志强,程国栋.甘肃省1998年生态足迹计算与分析[J].地理学报,2000,55(5):607-615.
- [10] 杨开忠,杨咏,陈洁.生态足迹分析理论与方法[J].地球科学进展,2000,15(6):630-637.
- [11] 徐中民,张志强.可持续发展定量研究的几种新方法评价[J].中国人口·资源与环境,2000,10(2):60-62.
- [12] 尹飞,毛任钊,傅伯杰,等.农田生态系统服务功能及其形成机制[J].应用生态学报,2006(5):929-934.