

# 生态足迹模型在区域旅游可持续发展评价中的改进

甄 翌<sup>1,2</sup>, 康文星<sup>1</sup>

(1. 中南林业科技大学生命科学学院, 湖南 长沙 410004; 2. 湖南商学院旅游管理系, 湖南 长沙 410205)

**摘要:**改进了基于生态足迹的区域旅游可持续发展评价模型,提出了可转移生态足迹、不可转移生态足迹和根生态赤字/盈余的概念。改进模型减小了由于贸易因素而导致区域旅游可持续发展评价结果的偏差。不可转移生态足迹反映了旅游区域承受人类活动产生的环境影响压力的真实情况,而可转移生态足迹对本地旅游可持续发展影响不大。旅游目的地不可转移生态足迹由居民不可转移生态足迹与旅游者不可转移生态足迹组成。通过研究根生态赤字/盈余来判断旅游发展的规模是否处于合理状态。以张家界市为实证研究对象,研究结果表明:张家界市 2006 年居民不可转移生态足迹为 190.05 万  $\text{hm}^2$ ,旅游者不可转移生态足迹为 22.10 万  $\text{hm}^2$ ,生态赤字为 94.45 万  $\text{hm}^2$ ,根生态盈余为 7.62 万  $\text{hm}^2$ ,反映出 2006 年张家界旅游发展规模合理。

**关键词:**旅游生态足迹;生态足迹;旅游可持续发展;评价;张家界市

文章编号:1000-0933(2008)11-5401-09 中图分类号:F590 文献标识码:A

## An improvement of ecological footprint model for the assessment of sustainable development of regional tourism

ZHEN Yi<sup>1,2</sup>, KANG Wen-Xing<sup>1</sup>

1 School of Life Science, Central South University of Forestry & Technology, Changsha 410004, China

2 Department of Tourism Management, Hunan Business College, Changsha 410205, China

*Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5401 ~ 5409.

**Abstract:** In the paper, we improve the assessment model for the sustainable development of regional tourism, which is based on the ecological footprint model. Four new components are proposed in the model, namely transferable ecological footprint, nontransferable ecological footprint, net ecological deficit and net ecological remainder. These improvements diminish the assessment error of the sustainable development of the regional tourism, which is due to the trade factors. The nontransferable ecological footprint reflects the pressure of the environment influence in the tourism area, whereas the transferable ecological footprint has little effect on the sustainable development of the regional tourism. The nontransferable ecological footprint of tour destination consists of the resident nontransferable ecological footprint and the tourist nontransferable ecological footprint. In order to identify whether it is in a reasonable status, the scale of tourism development is diagnosed by checking the net ecological deficit and the net ecological remainder. ZhangJiaJie city is taken as the test case. The results show that in 2006 the nontransferable footprint of resident and that of tourist are respectively 1900500  $\text{hm}^2$  and 221000  $\text{hm}^2$ , the ecological deficit and the net ecological remainder are respectively 944500  $\text{hm}^2$  and 76200  $\text{hm}^2$ . These collectively suggest that the tourism development in ZhangJiaJie city is in a reasonable scale.

**Key Words:** tourist ecological footprint; ecological footprint; tourism sustainable development; assessment; Zhangjiajie

基金项目:国家科技部专项资助项目(06FJ3083)

收稿日期:2008-01-20; 修订日期:2008-09-16

作者简介:甄翌(1972~),女,长沙人,博士生,副教授,从事生态旅游研究. E-mail:Zhenyi0308@163.com

Foundation item: The project was financially supported by

Received date: 2008-01-20; Accepted date: 2008-09-16

Biography: ZHEN Yi, Ph. D. candidate, Associate professor, mainly engaged in ecotourism. E-mail: Zhenyi0308@163.com

伴随着旅游业的发展所带来的人流和物流的增加,并由此引发的环境和生态等方面的负面影响已经越来越明显,旅游业的持续发展和旅游目的地生态环境之间的矛盾也越来越突出。生态足迹分析方法因其直观性、简便性等优点越来越多的被应用于区域旅游可持续发展研究中<sup>[1~6]</sup>。一些专家学者曾借用生态足迹的计算方法,尝试着对区域旅游发展可持续性进行分析评价<sup>[7~10]</sup>,但由于均没有考虑贸易的因素,所得的结论实际上有相当大的片面性。

在一个自给自足的封闭系统中,人类消费的生物产量与人类从生物系统中取得的生物产量是完全相等的,因此可以用人类的消费量作为生态足迹来反映人类对整个生态系统的影响,进而标度全球生态系统与可持续的距离。但对于开放旅游目的地来说,旅游目的地的“自给自足”是不可能的(国内外旅游目的地的实证研究亦证实了这一点)。旅游目的地不仅存在着国际贸易,同时也存在着大量的区域间贸易,并且这种贸易是占优势地位的。通过贸易方式,旅游目的地的生态负担被转嫁到其它国家或地区,这种被转嫁的生产性土地,称为生态腹地<sup>[2]</sup>。

实际上,一个旅游目的地的发展无一例外的依靠外部资源的供给,旅游活动的资源消费量与废弃物排放数量给城市带来了巨大的生态压力,通常旅游目的地的生态足迹远远超过了目的地区域实际占有面积(行政区域面积),区域旅游的发展离不开区域腹地支持,通过地方市场与区域市场获得外部环境资源。

不能继续沿用传统的生态足迹分析方法,利用生态足迹和生态承载力之间的差值简单的判断和衡量旅游目的地旅游的可持续发展程度。为了克服现有理论的缺陷,本研究采用修正的生态足迹分析模型来度量区域旅游可持续发展,以期通过修正模型真正的反映出旅游对当地环境的冲击。

## 1 理论与方法

### 1.1 基本概念

提出的修正模型建立在以下概念的基础上:

(1) 对于一个旅游区域而言,其支持的地区人口包括地区常住人口和旅游者,两者均消耗自然资源所提供的产品和服务,前者生存和发展所需的生态生产性土地面积,可称为“区域本底生态足迹”,后者则为“旅游生态足迹”<sup>[3]</sup>。

(2) 由于着眼点为旅游目的地所承受的生态压力,因此在模型中不考虑旅游者在旅游目的地之外发生的生态足迹。

(3) 将生态足迹划分为“可转移生态足迹(transferable ecological footprint, TEF)”与“不可转移生态足迹(nontransferable ecological footprint, NTEF)”两大类。区域人口消费所产生的一部分生态足迹可以通过贸易转移到其它的地区,即可以通过贸易达到环境压力转嫁的目的,这部分可以转嫁的生态足迹我们将其称为可转移生态足迹。这一部分生态足迹对本地旅游可持续发展没有根本影响。另一部分不可以通过贸易转移,必须由本区域承受的足迹则将其称为不可转移生态足迹。不可转移生态足迹反映了旅游区域承受环境压力的真实情况。这一部分生态足迹对本地旅游有较大影响,是分析区域旅游可持续发展的重点。

① 发生在本地的能源消费属不可转移生态足迹。能源消费对生态环境的冲击主要表现为 CO<sub>2</sub> 和其它气体排放导致的温室效应。要抵消这一冲击,就需要当地有足够的林地来吸收温室气体。因此化石能源用地属不可转移生态足迹。

② 建设用地属不可转移生态足迹。

③ 旅游购物品多数情况下因消耗的是当地的特色资源属于不可转移生态足迹。游客对当地特色餐饮的消费,这一部分生态足迹可以有较大的变动性,与消费者的消费习性有关。出于保守的估计,将游客餐饮消费中生物资源部分视为可转移生态足迹。对于居民来说,将目的地居民分为城镇居民和农村居民。虽然城镇居民消费中的生物资源部分可能来源于当地,但由于这一部分消费可以通过贸易转移,出于保守的估计,视为可转移生态足迹。对于农村居民,因农村地区基本上处于自给自足的封闭系统,在这个系统内,农村人口所消费的绝大多数生物资源归属不可转移生态足迹。

④各种用水如果来自本地水资源,则用水(包括旅游用水、居民生活用水)均属不可转移生态足迹;反之,则属于可转移生态足迹。

⑤各种废弃物如果是在当地处理,则废弃物处理产生的生态足迹属不可转移生态足迹;反之,则属于可转移生态足迹。

(4)区域总生态足迹与生态承载力的差值为生态赤字/盈余,将区域的不可转移生态足迹与地区生态承载力之间的差距定义为根生态赤字/盈余。

## 1.2 评价区域旅游可持续发展的生态足迹分析方法

第一步,旅游目的地不可转移生态足迹、可转移生态足迹的计算。旅游目的地生态足迹组成见图 1。

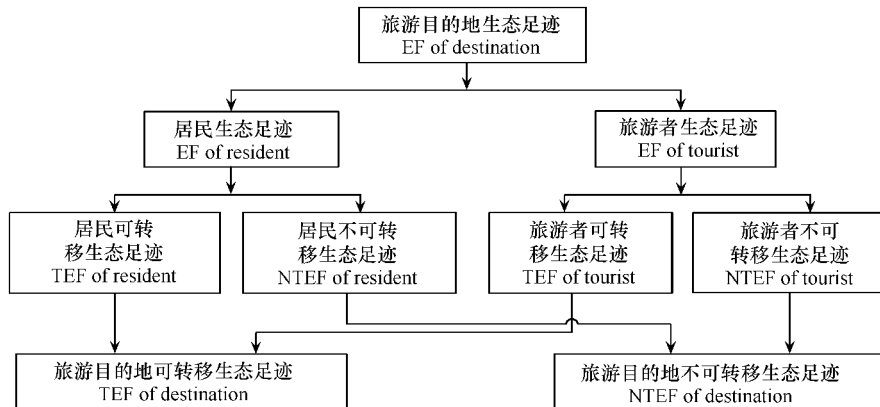


图1 旅游目的地生态足迹

Fig.1 The ecological footprint of tourism destination

第二步,对比旅游目的地不可转移生态足迹与目的地生态承载力大小:

$$EDN = NTEF_{total} - EC \quad (1)$$

式中, $NTEF_{total}$ 为区域的不可转移生态足迹之和, $EC$ 为区域的生态承载力。 $EDN$ 表示了区域的不可转移生态足迹与区域的生态承载力之间的差距,称之为根生态赤字/盈余。

如果  $EDN$  为正值,说明该旅游目的地环境已超载,对生态生产性土地资源的索取超出了生态系统的承受能力,即使有系统外的生态输入,生态系统的功能也会退化,区域旅游发展完全不具有可持续性。也就是说,旅游区域在满足了当地居民的必须生态生产性土地的需求后,已经没有足够的生态承载力满足外来旅游者的必须消费和废物吸纳(由目的地承担的部分),这个时候区域的资源已处于过度利用,旅游发展处于不可持续状态。

如果  $EDN$  为负值,说明该旅游目的地旅游发展规模在生态环境容许范围内,即使按照传统的生态足迹计算方法,出现了生态赤字,依然可以通过贸易利用其它经济体的资源支持自己的发展,其发展仍然可能具有可持续性。但如果贸易调整量不足以弥补所产生的生态赤字,则说明本区域资源被过度利用,则需加大与生态腹地的贸易量。也就是说,旅游区域在满足了当地居民必须的生态生产性土地的需求后,还有足够的生态承载力来满足外来旅游者的必须消费和废物吸纳(由目的地承担的部分),这个时候的区域旅游发展处于相对的可持续状态。

## 1.3 旅游生态足迹计算模型

根据旅游生态消费的特点,旅游生态足迹可以分为旅游交通、旅游餐饮、旅游住宿、观光游览、休闲娱乐、旅游购物、旅游用水、旅游固体废弃物生态足迹等几部分。

### 1.3.1 旅游交通生态足迹

典型的旅游交通形式如图 2 所示。

旅游者先从旅游者所在地经过城际间交通到达旅游目的地,在旅游目的地漫游观光后,再经过城际间交

通回所在地,从这一过程可以看出,该典型出行可分为城际间活塞式交通和目的地内漫游式交通两大部分。城际间交通占用的生态足迹其影响在旅游区外,而本研究着眼于旅游活动对旅游目的地环境压力,因此这一部分在计算时不予考虑。旅游生态足迹计算模型为:

$$EF_t = \sum (S_i \times R_i) + \sum (N_j \times D_j \times C_j / r) \quad (2)$$

式中,  $S_i$  为旅游区第  $i$  种交通设施的面积,  $R_i$  为第  $i$  种交通设施的游客使用率,  $N_j$  为选择第  $j$  种交通工具的游客数,  $D_j$  为旅游区内选择第  $j$  种交通工具游客的平均旅行距离,  $C_j$  为第  $j$  种交通工具的人均单位距离能源消耗量,  $r$  为世界上单位化石燃料生产面积的平均发热量。

### 1.3.2 旅游餐饮生态足迹

旅游餐饮生态足迹测算包括餐饮设施建成地面积,游客食物消费的生物生产面积,提供餐饮服务的能源消耗的化石能源面积。游客在住宿设施之外餐饮所占的建成地面积人均生态足迹相对微小,可以忽略不计。在大多数情况下,旅游者饮食消费可用旅游目的地城市居民人均每日消耗食物量作参照系数<sup>[3,4]</sup>。旅游餐饮生态足迹计算模型为:

$$EF_f = \sum (N \times D \times C_i / P_i) + N \times E_f \times D / r \quad (3)$$

式中,  $N$  为旅游者人数,  $D$  为旅游者平均旅游天数,  $C_i$  为游客人均每日消费第  $i$  种食物的消费量,  $P_i$  为与第  $i$  种食物相对应的生物生产性土地的年平均生产力,  $E_f$  为旅游者人均每天餐饮消耗能量,  $r$  为世界上单位化石燃料生产面积的平均发热量。

### 1.3.3 旅游购物生态足迹

可以假定旅游者的旅游购物消费支出全部用于购买几种主要的旅游商品<sup>[3,4]</sup>。旅游生态足迹计算模型为:

$$EF_s = \sum G_i / H_i \quad (4)$$

式中,  $G_i$  为第  $i$  种旅游商品的消费量,  $H_i$  为第  $i$  种旅游商品的年平均生产力。

### 1.3.4 旅游住宿生态足迹

旅游住宿生态足迹的测算包括了旅游住宿设施的面积以及为游客提供相应服务的能源消耗<sup>[3,4]</sup>。旅游住宿设施的能源消耗包括了天然气、电、燃油的消耗。旅游住宿生态足迹的计算模型为:

$$EF_a = S_{\text{aeco}} + 365 \times N \times K \times C / r \quad (5)$$

式中,  $S_{\text{aeco}}$  为旅游住宿设施占地面积,  $N$  为旅游设施拥有的床位数,  $K$  为旅游设施的年平均客房出租率,  $C$  为住宿设施平均每个床位的能源消耗量,  $r$  为世界上单位化石燃料生产面积的平均发热量。

### 1.3.5 旅游娱乐生态足迹

旅游娱乐生态足迹包括为游客提供休闲娱乐设施的建成地及能源消耗。休闲场所的能源消耗相对较少,可以忽略不计<sup>[3,4]</sup>。休闲娱乐生态足迹的计算模型为:

$$EF_e = \sum S_i \quad (6)$$

式中,  $S_i$  为第  $i$  类旅游户外休闲娱乐设施的建成地面积。

### 1.3.6 旅游游览生态足迹

游览观光的生态足迹测算包括各类景区(点)内的游览步道、公路、观景空间的建成地的面积总和<sup>[3,4]</sup>。游览观光生态足迹计算模型为:

$$EF_v = \sum P_i + \sum H_i + \sum V_i \quad (7)$$

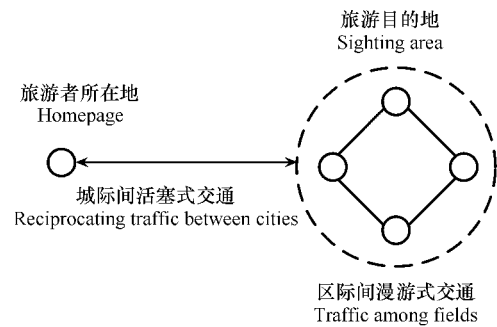


图2 旅游交通模式

Fig. 2 Tourism Transport Pattern

式中,  $P_i$  为第  $i$  个旅游景区游览步道的建成地面积,  $H_i$  为第  $i$  个旅游景区内公路的建成地面积,  $V_i$  为第  $i$  个旅游景区观景空间的建成地面积。

### 1.3.7 旅游用水生态足迹

旅游用水生态足迹在很多研究中被忽视,但由于旅游业发展迅速,旅游额外用水需求加重了供水供求矛盾,且很多旅游区位于干燥和生态敏感地区,污水处理不当还会污染水体,导致水体富营养化,随河流地下水渗透入景区,进而破坏景区生态环境,旅游用水生态足迹值得关注。旅游用水生态足迹主要考虑用水量所换算的集水区面积;净化与运输过程中的能源消耗和污水处理过程中的能源消耗<sup>[11,12]</sup>。旅游用水生态足迹计算公式为:

$$EF_{\text{water}} = N \times D \times T_{\text{water}} / TR + N \times D \times T_{\text{water}} \times E_1 / r + N \times D \times T_{\text{water}} \times E_2 / r \quad (8)$$

式中,  $N$  为旅游者人数,  $D$  为旅游者停留天数,  $T_{\text{water}}$  为旅游者每日用水量,  $TR$  为水资源产量(按旅游目的地的平均水资源产量计),  $E_1$  为单位用水耗能,  $E_2$  为净化单位污水耗能。  $r$  为单位化石燃料的平均生产面积。

### 1.3.8 旅游固体废弃物生态足迹

旅游固体废弃物生态足迹在很多研究中被忽视。游客造访时会产生民生污染,尤其是过夜型的旅游者,所产生的固体废弃物处理不当将严重影响当地环境卫生。目前我国旅游固体废弃物处理通常采用卫生填埋法。旅游固体废弃物生态足迹主要考虑:填埋所需占用的土地面积,通常是耕地;垃圾废物经细菌作用产生垃圾瓦斯所需要的林地吸收面积。由于填埋处理的垃圾可以再利用产生能量,因此垃圾处理过程中所需能源不再考虑。从数量上说,垃圾瓦斯的危害主要来自甲烷。对温室效应的影响,甲烷与  $\text{CO}_2$  相比大约是  $\text{CO}_2$  的 20 倍<sup>[11,13]</sup>。旅游固体废弃物生态足迹的计算公式为:

$$EF_{\text{solidwaste}} = \frac{1}{P_a} Q \times q^{\text{DOC}} \times W + S \quad (9)$$

式中,  $P_a$  为平均每公顷林地可吸收的  $\text{CO}_2$  的量(全球平均每公顷林地一年可吸收  $5.2\text{tCO}_2$ <sup>[14]</sup>),  $Q$  为垃圾产生量,  $q^{\text{DOC}}$  为单位量的垃圾含有机碳的比例,  $W$  为有机碳的  $\text{CO}_2$  当量系数,  $S$  为垃圾填埋占用耕地面积。在我国 1t 垃圾中大约含 30% 的有机碳<sup>[15]</sup>,  $W$  为 2.89(数据来源于 IPCC 相关指导手册)。

## 1.4 本底生态足迹计算方法

一般来说,从我国各地社会经济统计年鉴中,可以直接查到城乡居民抽样调查资料,主要消费项包括食物、生活用能、用地、水资源和生活污染物<sup>[16]</sup>。

(1) 食物消费足迹用消费量除以生产该消费的生物生产性土地的平均产量,就可以得到对应的生态足迹,即食物生态消费量。

(2) 生活用能主要包括煤炭、电力、液化石油气、天然气等,将能源的具体消费量折算成统一的能量单位,就可以计算出所需的化石能源地大小,即生活用能的生态消费。

(3) 住宅生态消费。考虑到城市居民不仅消费一定的住宅地,还有其它商业地、交通用地,因此城市居民的住宅生态消费用建成区计算;农村居民的住宅生态消费用人均住宅面积来计算。

(4) 交通消费。交通消费主要反映在化石能源土地足迹。交通消费的计算,按照交通工具类别进行了分类,包括公路交通、火车、水路交通、航空,以及出租车/其它类型汽车。交通所需的化石能源土地足迹是按照每一种交通工具的人均里程计算的。

(5) 生活用水、固体废弃物生态足迹。计算方法分别类似于旅游用水、旅游固体废弃物生态足迹计算方法。

## 2 张家界市旅游可持续发展评价实证分析

### 2.1 研究区背景

张家界市位于湖南省西北部,地处云贵高原隆起与洞庭湖沉降区结合部,旅游资源极为丰富。由张家界国家森林公园、索溪峪风景区、天子山风景区和杨家界风景区组成的武陵源风景区是国家重点风景区,面积达

264km<sup>2</sup>,于1992年12月被联合国教科文组织列入《世界文化遗产名录》。张家界以旅游建市、兴市,1998年建市至今,大力发展旅游业,已经打下了相当好的基础。

## 2.2 数据来源

本研究中所涉及的数据资料来源于以下几个方面:游客、居民总量,各类生物生产性土地的当地当年生产力水平,当地居民人均年生活消费食物类型、数量等基础数据来源于张家界市统计局统计资料、张家界市旅游局统计资料;游客市区平均旅行距离、交通工具选择、平均旅游天数等调查数据来源于相关行业调查数据。

生物资源面积折算的具体计算中采用联合国粮农组织1993年计算的有关生物资源的世界平均产量。为了使研究结果便于比较,本文采用Wackernagel在世界野生动物基金会(WWF)2004年报告中给出的2001年的均衡因子:建筑用地和耕地为2.19,水域为0.36,草地为0.48,林地和化石能源地用地为1.38,水电用地为1。本研究中的产量因子是根据张家界市各种不同类型生产空间的生产力与全球平均生产力的比较得到的。耕地产出因子取张家界2006年粮食产量与全球平均产量的比值。2006年耕地产量因子为1.74。建筑用地大都来自产出率高的耕地,产出因子取值与耕地相同。通过统计年鉴的数据估算,张家界林地、水域、草地土地生产力约为全国的2倍。因此本研究采用的产量因子是Wackernagel文献中计算中国生态足迹时产出因子取值的2倍。分别为草地0.38,林地1.82,水域2。

## 2.3 计算结果

### 2.3.1 旅游生态足迹

张家界市2006年旅游生态足迹计算结果(表1)显示,表中生态足迹数值已均衡化处理。2006年,旅游总生态足迹为34.49万hm<sup>2</sup>,旅游可转移生态足迹和旅游不可转移生态足迹占总生态足迹的比例分别为35.93%和64.07%。旅游交通、旅游餐饮、旅游购物、旅游住宿、旅游用水、旅游固体废弃物、旅游游览不可转移生态足迹占旅游不可转移生态足迹的比例分别为3.36%、2.10%、46.68%、45.61%、0.04%、1.97%、0.25%。

表1 张家界市2006年旅游生态足迹  
Table 1 Tourism ecological footprint of ZhangJiaJie in 2006

| 项目 Item                       | 可转移生态<br>足迹(hm <sup>2</sup> )TEF | 不可转移生态<br>足迹(hm <sup>2</sup> )NTEF | 合计(hm <sup>2</sup> )<br>Total | 不可转移生态<br>足迹比例(%)<br>Ratio of NTEF |
|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 旅游交通 Touristic transport      |                                  | 7414.081                           | 7414.081                      | 3.355                              |
| 旅游餐饮 Touristic food and fiber | 123903.526                       | 4634.945                           | 128538.471                    | 2.097                              |
| 旅游购物 Touristic purchase       |                                  | 103160.711                         | 103160.711                    | 46.683                             |
| 旅游住宿 Touristic accommodation  |                                  | 100791.913                         | 100791.913                    | 45.611                             |
| 旅游用水 Touristic water          |                                  | 93.177                             | 93.177                        | 0.042                              |
| 旅游固体废弃物 Touristic solid waste |                                  | 4345.137                           | 4345.137                      | 1.966                              |
| 旅游游览 Touristic sight-seeing   |                                  | 542.34                             | 542.34                        | 0.245                              |
| 总计 Total                      | 123903.526                       | 220982.3046                        | 344885.8305                   | 1                                  |

### 2.3.2 居民生态足迹

张家界市2006年旅游生态足迹计算结果(表2)显示,2006年张家界居民生态足迹为279.73万hm<sup>2</sup>,其中可转移生态足迹为89.68万hm<sup>2</sup>,不可转移生态足迹为190.05万hm<sup>2</sup>。

### 2.3.3 生态承载力

张家界市2006年生态承载力(表3)为219.77万hm<sup>2</sup>。根据张家界生态承载力、旅游生态足迹、居民生态足迹可以得出张家界2006年生态赤字为94.45万hm<sup>2</sup>,根生态盈余为7.62万hm<sup>2</sup>。

## 2.4 结果分析

### 2.4.1 可持续发展状态判断

根生态盈余为7.62万hm<sup>2</sup>说明了通过贸易对系统进行生态输入能维持生态系统的功能,表明该地区的

生态容量在满足了居民消费中必须由当地承受的负荷外,地区内自然资本的收入大于旅游人口消费中必须由当地承受的需求流量,该地区旅游发展规模合理,旅游消费模式具有相对可持续性。虽然张家界根生态足迹小于生态容量,但并不是意味着张家界的旅游必定具有可持续性,只有在达到足够的贸易量,也就是说,2006年张家界的生态输入必须大于 94.45 万  $\text{hm}^2$  时,张家界的旅游业才真正具有可持续性。

表 2 张家界市 2006 年居民生态足迹  
Table 2 Resident ecological footprint of Zhangjiajie in 2006

| 土地类型<br>Land types       | 可转移生态<br>足迹( $\text{hm}^2$ )<br>TEF | 不可转移生态<br>足迹( $\text{hm}^2$ )<br>NTEF | 均衡因子<br>Equivalence<br>factor | 可转移生态<br>足迹均衡面积<br>( $\text{hm}^2$ )<br>Equivalence<br>Area of TEF | 不可转移生态<br>足迹均衡面积<br>( $\text{hm}^2$ )<br>Equivalence<br>area of NTEF | 合计( $\text{hm}^2$ )<br>Total |
|--------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| 耕地 Arable land           | 600508.77                           | 600508.77                             | 2.19                          | 520952.010                                                         | 1315114.206                                                          | 1836066.216                  |
| 林地 Forest land           | 8307.191                            | 8307.1909                             | 1.38                          | 348085.722                                                         | 11463.923                                                            | 359549.645                   |
| 草地 Pasture               | 199245.632                          | 199245.632                            | 0.48                          | 20290.995                                                          | 95637.903                                                            | 115928.899                   |
| 水域 Water land            | 9667.794                            | 9667.794                              | 0.36                          | 7486.301                                                           | 3480.406                                                             | 10966.707                    |
| 化石能源地 Fossil energy land |                                     | 335931.84                             | 1.38                          |                                                                    | 463585.939                                                           | 463585.939                   |
| 建筑用地 Built up area       |                                     |                                       | 2.19                          |                                                                    | 11232.51                                                             | 11232.51                     |
| 合计 Total                 |                                     |                                       |                               | 896815.028                                                         | 1900514.888                                                          | 2797329.916                  |

表 3 张家界市 2006 年生态承载力  
Table 3 Ecological carrying capacity of Zhangjiajie in 2006

| 土地类型<br>Land types       | 供给面积( $\text{hm}^2$ )<br>Area | 产量因子<br>Yield factor | 均衡因子<br>Equivalence factor | 均衡面积( $\text{hm}^2$ )<br>Equivalence area |
|--------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------|-------------------------------------------|
| 耕地 Arable land           | 104162.1                      | 1.74                 | 2.19                       | 396920                                    |
| 林地 Forest land           | 700380                        | 1.82                 | 1.38                       | 1759074                                   |
| 水域 Water land            | 21400                         | 2                    | 0.36                       | 15408                                     |
| 建设用地 Built up area       | 5129                          | 1.74                 | 2.19                       | 19544.57                                  |
| 草地 Pasture               | 37100                         | 0.38                 | 0.48                       | 6767.04                                   |
| 化石能源地 Fossil energy land | 0                             | 0                    | 1.38                       | 0                                         |
| 总面积 Total                |                               |                      |                            | 2197714                                   |

如果按世界环境与发展委员会(WCED)的报告《我们共同的未来》所建议的,留出 12% 的生物土地面积以保护生物多样性的话,则张家界 2006 年生态赤字与根生态赤字分别为 173.71 万  $\text{hm}^2$ 、18.75 万  $\text{hm}^2$ 。在扣除了 12% 的生物生产性土地面积后,出现了根生态赤字,说明张家界的生态容量已接近饱和,需要及时采取对策扩大生态容量和减少不可转移生态足迹,否则必须需要消耗张家界自然资本来弥补供给流量的不足,张家界旅游发展处于不可持续的边缘。

#### 2.4.2 张家界各类土地生态赤字分析

2006 年张家界各类土地生态赤字、根生态赤字见图 3,建设用地因生态赤字、根生态赤字均为 0,故没有在图中显示。可以看出张家界生态系统要素的供给结构和社会经济发展的需求结构之间,存在严重的不对称性。林地的供给大于生态需求,水域基本持平。耕地、草地、化石能源地的供给小于生态需求。其中以耕地的生态赤字、根生态赤字最大。由于张家界耕作历史悠久,目前投入的农用耕地产出已经接近极限,在没有重大技术变革的情况下,耕地产出的提升空间很小,可以预见,随着张家界社会经济的发展,耕地的生态赤字将会进一步加大。但对于耕地根生态赤字来说,随着张家界城镇化水平的提高,根生态赤字有减少的可能。继耕地生态赤字之后,张家界的化石能源地生态赤字也不容忽视。张家界的能源消费中煤炭占了 50% 以上的生态足迹,要减小张家界的化石能源地生态赤字需要积极调整张家界的能源消费结构,提倡以电力、液化石油气代替煤炭消费。对于张家界市生态系统要素的供需结构不对称性,区域外输入成为维持系统均衡发展的必

须。张家界市也应该增加土地类型利用的多样化,特别是对林地资源的利用。

### 2.4.3 生态足迹组成分析

张家界 2006 年旅游可转移生态足迹、旅游不可转移生态足迹、居民可转移生态足迹、居民不可转移生态足迹分别占总生态足迹的 4%、7%、29%、60%。可以看出居民不可转移生态足迹占总不可转移生态足迹的比例远大于旅游者,这说明张家界必须要承受的环境压力更多的是来自于居民。这主要是因为:其一,虽然 2006 年张家界旅游人数达 1675.80 万人,但旅游者停留时间短暂,国内游客停留天数为 2.25d,境外游客停留天数为 2.3d;其二,张家界农村居民占相当大的比重,且农村居民以自给自足的消费为主。因此,减少居民不可转移生态足迹,为旅游发展提供更多的生态空间,需要降低农村居民自给自足的比例。

### 3 结论与讨论

由于忽略了贸易的作用,采用传统的生态足迹方法度量区域旅游可持续发展往往出现偏差,本研究将生态足迹分为可转移、不可转移两大类,可以有效地减少评价结果的偏差,为确定区域旅游可持续发展的合理规模,地区生态输入量的大小提供依据。旅游目的地生态足迹是可转移生态足迹与不可转移生态足迹总和。不可转移生态足迹反映了旅游区域承受环境压力的真实情况。对比旅游目的地不可转移生态足迹与目的地生态承载力的大小,可以判断旅游发展的规模是否处于合理状态。张家界 2006 生态赤字为 94.45 万  $\text{hm}^2$ ,根生态盈余为 7.62 万  $\text{hm}^2$ ,反映出 2006 年张家界旅游发展规模合理,2006 年生态输入必须大于 94.45 万  $\text{hm}^2$ ,旅游发展才真正处于可持续状态。

从张家界的实证研究中可以看出,旅游目的地必须要承受的环境压力更多来自于居民。因此,减少居民不可转移生态足迹,为旅游发展提供更多的生态空间,需要降低农村居民自给自足的比例。可以采用大力提高农村劳动者素质,提高土地经营规模,通过生态移民、库区移民提高城镇化水平,加大农村产业结构调整等措施。张家界各类土地中耕地的根生态赤字最大,应该采取措施进一步健全耕地保护制度,大力发展特色农业,利用高新技术来提高自然资源单位面积的生物产量。

本模型还有相当的不完善之处,今后的研究中要进一步探讨以下问题:其一,针对具体消费类别可转移生态足迹与不可转移生态足迹的更明确界定,特别是农村居民消费中可转移生态足迹与不可转移生态足迹的划分需要进一步的探讨;其二,时间序列的区域不可转移生态足迹研究,以弥补指标静态的缺陷;其三,固体废弃物处理除卫生填埋法外,还存在高温堆肥和焚烧等方法,本研究只考虑了卫生填埋法。对固体废弃物生态足迹计算模型还要进一步完善。

### References:

- [1] Hunter Colin. Sustainable tourism and the touristic ecological footprint. *Environment, Development and Sustainability*, 2002, (4): 7–20.
- [2] Yang G H, Li P. Touristic ecological footprint: a new yardstick to assess sustainability of tourism. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25 (6): 1475–1480.
- [3] Zhang J H, Zhang J. Touristic ecological footprint model and analysis of Huangshan City in 2002. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59 (5): 763–771.
- [4] Stefan Gossling, Carina Borgstrom Hansson, Oliver Horstmeier, *et al.* Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability. *Ecological Economics*, 2002, (43): 199–211.
- [5] Cao H, Chen Q H. The dynamic change on tourist ecological footprint of Fuzhou city, Fujian Province. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4686–4695.

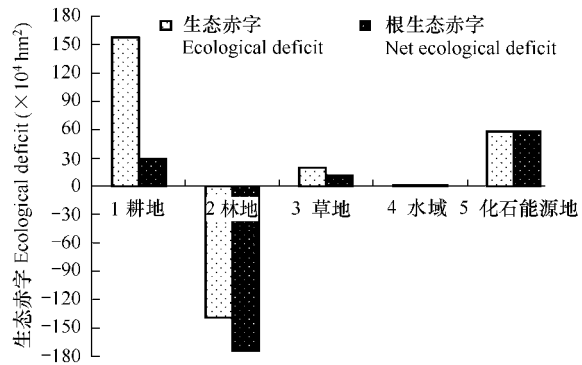


图3 各类土地生态赤字、根生态赤字

Fig.3 Ecological deficit and net ecological deficit of all type of fields  
1. Arable land; 2. Forest land; 3. Pasture; 4. Water land; 5. Fossil energy land

- [ 6 ] Paul Peeter, Frans Schouten. Reducing the Ecological Footprint of inbound Tourism and Transport to Amsterdam. *Journal of Sustainable Tourism*, 2006, 14(2): 157—171.
- [ 7 ] Li J T, Gan B Q. Estimation of ecological carrying capacity of tourism based on ecological footprint. *Journal of Wuhan University of Technology*, 2007, 2(29): 96—100.
- [ 8 ] Cao X X, Ji X N, An C Y. Ecological footprint analyses of tourism sustainable development. *Environment Science and Management*, 2005, 5(28): 95—97.
- [ 9 ] Liu N F, Yao R Z, Liu R, *et al.* Tourism ecological carrying capacity and tourism sustainable development based on EFA, *Environmental Science and Technology*, 2005, 5(28): 95—97.
- [ 10 ] Wang B L, Li Y H. The quantitative study on the tourism sustainable development based on the model of tourism ecological footprint. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4777—4785.
- [ 11 ] Li G J, Gu X W, Wang Q, *et al.* Ecological footprint and ecological efficiency of the universities in Shenyang City. *Resources Science*, 2005, 27(6): 140—145.
- [ 12 ] Li J P, Wang Z S. The analysis of ecological footprints of Macao in 2001. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18(2): 197—203.
- [ 13 ] John Barrett, Harry Vallack, Andrew Jones, *et al.* A material flow analysis and ecological footprint of York. York: Stockholm Environment institute, 2003. 1—9.
- [ 14 ] Tao Z P(Austria). Ecological rucksack and ecological footprint-the weight and the area concept of sustainable development. Beijing: Economical Sciences Publishing House, 2003. 161—206.
- [ 15 ] Yang H Y, Nu Y F. Processing solid waste of city. Beijing: China Environmental Science Press, 2006. 168.
- [ 16 ] Min Q W, Yu W D, Cheng S K. Time serial analysis of residents' living consumption with ecological footprint in Shangqiu of Henan Province. *Resources Science*, 2004, 26(5): 125—131.

#### 参考文献:

- [ 2 ] 杨桂华, 李鹏. 旅游生态足迹-测度旅游可持续发展的新方法. *生态学报*, 2005, 25(6): 1475~1480.
- [ 3 ] 章锦河, 张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析. *地理学报*, 2004, 59(5): 763~771.
- [ 5 ] 曹辉, 陈秋华. 福州市旅游生态足迹动态. *生态学报*, 2007, 27(11): 4686~4695.
- [ 7 ] 李江天, 甘碧群. 基于生态足迹的旅游生态环境承载力计算方法. *武汉理工大学学报(信息与管理工程版)*. 2007, 2(29): 96~100
- [ 8 ] 曹新向, 姬晓娜, 安传艳. 基于生态足迹分析的区域旅游可持续发展定量评价研究. *环境科学与管理*. 2006, 6(31): 133~136.
- [ 9 ] 刘年丰, 姚瑞珍, 刘锐, 等. 基于 EFA 的旅游景区生态承载力及可持续发展. *环境科学与技术*, 2005, 5(28): 95~97
- [ 10 ] 王保利, 李永宏. 基于旅游生态足迹模型的西安市旅游可持续发展评估. *生态学报*, 2007, 27(11): 4777~4785.
- [ 11 ] 李广军, 顾晓薇, 王青, 等. 沈阳市高校生态足迹和生态效率研究. *资源科学*, 2005, 27(6): 140~145.
- [ 12 ] 李金平, 王志石. 澳门 2001 年生态足迹分析. *自然资源学报*, 2003, 18(2): 197~203.
- [ 14 ] 陶在朴(奥地利). 生态包袱与生态足迹-可持续发展的重量及面积观念. 北京: 经济科学出版社, 2003. 161~206
- [ 15 ] 杨宏毅, 卢英方. 城市生活垃圾的处理和处置. 北京: 中国环境科学出版社, 2006. 168
- [ 16 ] 闵庆文, 余卫东, 成升魁. 商丘市居民生活消费生态足迹的时间序列分析. *资源科学*, 2004, 26(5): 125~131.