

文章编号: 1008-2786-(2007)6-698-08

# 黔东南州可持续发展的度量研究 ——基于 BEF 与 TEF 的综合测度

吕永鹏<sup>1</sup>, 邵俊<sup>2</sup>, 车越<sup>1\*</sup>, 吴冰思<sup>2</sup>, 夏苏湘<sup>2</sup>

(1 华东师范大学环境科学系 浙江天童森林生态系统国家野外科学观测研究站, 上海 200062)

2 上海市环境工程设计科学研究院, 上海 200232)

**摘要:** 在生态足迹模型的基础上, 将生态足迹划分为本底生态足迹和旅游生态足迹, 构建了本地生态足迹模型, 由饮食、住宿、交通、游乐、购物和废物 6 个子模块组成的旅游生态足迹模型, 以区域可持续发展差量、区域可持续发展指数、区域生态效率指数为指标的可持续发展度量模型, 综合评价区域可持续发展状态; 以贵州省黔东南苗族侗族自治州为研究区域, 进行了西部典型山区可持续发展的度量研究; 研究结果表明。黔东南州 2005 年资源消耗以本地居民消耗为主, 游客对生态足迹贡献率较小, 旅游生态足迹约为 89 660  $\text{hm}^2$ , 仅为本地生态足迹的 1/15 且以交通子模块贡献率最大; 2 362.97 美元/ $\text{hm}^2$  的旅游生态效率指数远高于 457.58 美元/ $\text{hm}^2$  的非旅游生态效率指数, 亦高于 1 106 美元/ $\text{hm}^2$  的全球生态效率指数; 生态承载力供给盈余约为 859 859  $\text{hm}^2$ , 区域可持续发展指数为 0.61, 全州处于“良”的可持续发展状态。

**关键词:** 可持续发展; 生态足迹; 本底生态足迹; 黔东南

**中图分类号:** X144 X171

**文献标识码:** A

全球约 25% 的面积为山地, 约 50% 的人口依靠山地资源而存在<sup>[1]</sup>。山区 (尤其是偏远山区) 受到人类经济活动影响较小, 自然资源和环境以及特有的人文资源多保持着原始状态<sup>[2-3]</sup>, 近年来逐渐成为旅游热点, 自然资源和生态环境承受的压力日趋增大。针对旅游开发不断加快的情况, 山区可持续发展问题正在成为各界关注的热点<sup>[1-3]</sup>。20 世纪 90 年代末, 生态足迹 (Ecological Footprint, EF) 模型为度量区域可持续发展能力提供了新的方法<sup>[4-7]</sup>。但以往研究多聚焦于旅游业发展较为成熟、资源环境压力较大的区域<sup>[5-14]</sup>, 对生态资源禀赋较好、旅游业尚处启动阶段的山区关注较少, 缺乏对此类地区的针对性和指导性。本文以我国西部典型的山区贵州省黔东南苗族侗族自治州为例, 综合计算本底生态足迹和旅游生态足迹, 测算区域可持续发展状

态和生态效率, 以期为我国山区产业结构转型和旅游业可持续发展提供参考。

## 1 研究区域概况

黔东南州是贵州省生态环境质量最好的地州之一, 是长江、珠江上游的重要生态屏障。境内山峦延绵, 重崖叠峰, 素有“九山半水半分田”之说, 是典型的山区。全州共有国家级自然保护区 1 个、省级自然保护区 1 个、州级自然保护区 9 个、县级自然保护区 13 个, 国家级森林公园 3 个、省级森林公园 6 个, 国家级风景名胜区 2 个、省级风景名胜区 9 个、县市级风景名胜区 13 个; 以苗、侗两个民族为代表的民族文化源远流长, 有 8 项被列入国家非物质文化遗产名录, 34 项被列入省级非物质文化遗产名录。全州拥

收稿日期 (Received date): 2007-10-20

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (70603013); 天童森林生态系统国家野外科学观测研究站开放基金项目 (200701)。[National Natural Science Foundation of China (70603013); Open Foundation of Tiantong National Field Research Station of Forest Ecosystem (200701)]

作者简介 (Biography): 吕永鹏 (1982-), 男, 四川南充人, 硕士研究生, 主要从事资源环境管理研究, E-mail: yongpengh@gmail.com. [L Yongpeng male, Born in Nanchong in 1982, a candidate for Master Degree, major in resources and environmental management.]

\* 通讯作者 (Author for correspondence), E-mail: ych@des.cnu.edu.cn

有 427.30 万人口, 少数民族人口占全州人口总数的 80.7%, 聚居着苗、侗、汉、布依、水、瑶、壮、土家等 33 个民族。得天独厚的自然资源、原始神奇的生态环境、丰富多彩的民族文化、浓郁古朴的民族风情, 使得区域具有发展旅游业的突出资源环境优势。2002 年, 黔东南州作出加快旅游业发展、建设旅游大州的决定, 黔东南州“十一五”社会经济发展规划进一步将“旅游活州”作为五大发展战略之一, 旅游业已经被确定为该区域今后发展的主导产业之一。

## 2 研究方法数据来源

### 2.1 研究方法

生态足迹模型计算基于以下两个假设<sup>[4]</sup>: 1. 人类可以确定其自身消费的绝大多数资源及其所产生的废弃物的数量, 并能区分出其生产区和消纳区的类型; 2. 这些资源流量和废物流量可以被转化为容纳这些流量的生物生产力面积。本研究将生态足迹划分为本底生态足迹 (Background Ecological Footprint BEF) 和旅游生态足迹 (Tourism Ecological Footprint TEF)。

#### 2.1.1 本底生态足迹模型

测度本底生态足迹, 要通过各种资源消耗的生物生产性面积计算、产量调整和等量化处理 3 个步骤<sup>[4]</sup>, 具体测度如下式

$$BEF = N \times bef = N \sum (ab_i) = N \sum (c_i / p_i) \quad (1)$$

式中  $BEF$  为本底生态足迹;  $bef$  为人均本底生态足迹;  $N$  为当地常住人口数;  $i$  为消费商品的类型;  $ab_i$  为  $i$  种消费商品折算的生物生产性土地面积;  $c_i$  为  $i$  种商品的人均消费量;  $p_i$  为  $i$  种消费商品的平均生产能力。

#### 2.1.2 旅游生态足迹模型

$TEF$  综合考虑三部分: 1. 直接  $TEF^{[4]}$ : 游客在旅游地期间所消耗的资源 and 生态服务; 2. 间接  $TEF^{[4, 8, 11]}$ : 游客在客源地与旅游地往返过程中所消耗的旅游地的自然资源和生态服务; 3. 潜在  $TEF$ : 游客在非旅游期间潜在消耗旅游地的自然资源和生态服务, 包括旅游设施的折旧、旅馆客房闲置的资源消耗等。在以上模型假设的基础上,  $TEF$  模型可分为如下六个子模块:

1. 饮食子模块 包含: 餐饮设施建成地面积, 游客食物消费的生物生产面积 (包括耕地、林地、草地、水域面积) 和提供餐饮服务的能源消耗的化石

能源地面积。

$$TEF_{diet} = \sum S_i + N \sum (D \cdot c_i / p_i) + N \sum (D \cdot e_j \cdot d_j / r_j) \quad (2)$$

式中  $TEF_{diet}$  为饮食子模块旅游生态足迹;  $S_i$  为各类餐饮设施的建成地面积;  $N$  为游客总量;  $D$  为游客平均旅游天数;  $i$  为游客所消耗的生物资源类型;  $c_i$  为游客对该类生物资源的每日人均消费量;  $p_i$  为与  $i$  种食物相对应的生物生产性土地的年平均生产力;  $e_j$  为游客每日人均消费  $j$  种能源的消耗量;  $d_j$  为全球  $j$  种能源的能量密度;  $r_j$  全球化石能源土地产出率。

2. 住宿子模块 包含: 游客在旅游地住宿期间所占用的宾馆、客栈、餐馆、度假村、招待所等建成地面积以及其在住宿期间所消耗的能源, 所对应的生物生产性土地包括水域、化石能源地、建成地等

$$TEF_{accommodation} = TEF_{building} + TEF_{energy} \\ = \sum N_i c_i + K_{rent} \sum r_i e_i D N_i \quad (3)$$

式中  $TEF_{accommodation}$  是住宿子模块旅游生态足迹;  $TEF_{building}$  为所有房间所占用的建成地面积;  $TEF_{energy}$  为所有房间相应的能源消耗;  $i$  为房间所属宾馆的等级;  $N_i$  为该等级宾馆的总房间数;  $c_i$  为该等级宾馆平均每个房间的建筑面积;  $K_{rent}$  为旅游地旅馆平均出租率;  $r_i$  为全球化石能源土地产出率;  $e_i$  为该等级宾馆每个房间每天消耗的能源量;  $D$  为游客在旅游地停留时间。

3. 交通子模块 包含: 游客所使用的机场、车站、索道、道路等交通设施所占用的建成地; 游客在客源地与旅游地之间往返和在旅游地期间的所消耗旅游地的能源, 对应的生物生产性土地包括化石能源地和建成地等

$$TEF_{transportation} = TEF_{building} + TEF_{energy} \\ = \sum b_i u_i + \sum n_j s_j e_j l_j \quad (4)$$

式中  $TEF_{transportation}$  为交通子模块旅游生态足迹;  $TEF_{building}$  为游客使用的交通设施建成地;  $TEF_{energy}$  为游客在客源地和旅游地之间的区际交通所消耗旅游地的能源和在旅游地内的交通所消耗能源;  $i$  为某项交通设施;  $b_i$  为该项交通设施所占用的建成地;  $u_i$  为该项交通设施的游客使用率;  $j$  为游客选择的交通方式;  $n_j$  为采用该交通方式的游客数;  $s_j$  为该交通方式的单位距离能源消耗值;  $e_j$  为相应的能源当量因子;  $l_j$  为游客采用该交通方式的行程。

4. 游乐子模块 包含: 游客在旅游地期间主要游览的旅游景区 (点) 以及为游客提供休闲娱乐设

施的建成地面积和能源消耗, 对应的生物生产性土地包括耕地、草地、水域、林地和建成地等

$$TEF_{s+e} = TEF_{building} + TEF_{energy} = \sum (s_{i1} + s_{i2}) + \sum r_i E_i \quad (5)$$

式中  $TEF_{s+e}$  为游乐子模块生态足迹,  $TEF_{building}$  为游客在旅游地期间主要游览的旅游景区 (点) 的面积和为游客提供休闲娱乐设施的建成地面积;  $TEF_{energy}$  是指游客在旅游地期间游乐所消耗的能源;  $i$  为某个旅游景区 (点);  $s_{i1}$  和  $s_{i2}$  分别为该旅游景区 (点) 和为游客提供的休闲娱乐设施的所占用的生物生产性土地;  $r_i$  为全球化石能源土地产出率;  $E_i$  为游客在该旅游地的能源消耗。

5. 购物子模块 包含: 游客在旅游地期间购买旅游商品所对应的生物资源、工业产品、能源等消耗和为游客提供的购物场所的建成地面积, 对应的生物生产性土地包括耕地、草地、水域、林地、化石能源地和建成地等

$$TEF_{shopping} = N \sum r_i b_i + \sum s_i \quad (6)$$

式中  $TEF_{shopping}$  为购物子模块旅游生态足迹;  $N$  为游客总数;  $i$  为游客所购买的旅游商品类型;  $r_i$  为该类型旅游商品所对应的生物资源、工业产品和能源的当量因子;  $b_i$  为游客人均购买该类旅游商品的数量;  $\sum s_i$  为游客提供购物场所的建成地面积。

6. 废物子模块 包含: 游客在旅游地期间要产生废物, 消纳这些废物所需的化石能源地和废物处理设施, 对应的生物生产性土地包括化石能源地、水域和建成地等。

$$TEF_{waste} = \sum r_i e_i + \sum s_i \quad (7)$$

式中  $TEF_{waste}$  为购物子模块旅游生态足迹;  $i$  为游客所产生的废物类型;  $r_i$  为消纳该类型废物所需能源的当量因子;  $e_i$  为消纳该类型废物所需能源;  $\sum s_i$  为废物处理设施的建成地和水域面积。

最后对上述子模块的  $TEF$  进行叠加, 即可得到  $TEF$  总量

$$TEF = \sum TEF_i \quad (8)$$

## 2 1 3 可持续发展度量模型

### 1. 区域可持续发展差量

区域可持续发展差量是在生态赤字的概念<sup>[4-6]</sup>及其与区域可持续发展状态的关系的基础上建立的, 可用如下函数表示

$$ED = EF - ECS \quad (9)$$

式中  $ED$  为生态赤字;  $EF$  为生态足迹;  $ECS$  为生态承载力供给, 即扣除 12% 生物多样性保护用地面积

后的区域所能提供的生物生产性土地。生态赤字小于 0 为可持续发展状态; 生态赤字大于 0 为不可持续发展状态。

### 2. 区域可持续发展指数

建立区域可持续发展指数 ( $I_{SD}$ ), 利用黄金分割理论并结合全球生态赤字状况<sup>[4 7 14]</sup>, 将区域可持续发展状态进一步划分为 6 种状态 (表 1)

$$ISD = EF / ECS \quad (10)$$

式中  $I_{SD}$  为区域可持续发展指数;  $EF$  为生态足迹;  $ECS$  为生态承载力供给。

表 1 区域可持续发展状态划分表

状态	$I_{SD}$	划分点
优	[0 0 382]	0 618 <sup>2</sup> = 0 382
良	(0 382 0 618]	0 618
中	(0 618 0 854]	1 - (1 - 0 618) <sup>2</sup> = 0 854
差	(0 854 1]	1
一般不可持续	(1 6 18]	6 18
严重不可持续	(6 18 + ∞)	∞

### 3. 区域生态效率指数

设计区域生态效率指数<sup>[16 17]</sup>, 可用如下函数表示

$$I_{EE} = GDP / EF \quad (11)$$

式中  $I_{EE}$  为生态效率指数;  $GDP$  为国内生产总值;  $EF$  为生态足迹

$$I_{TEE} = Income_{tourism} / TEF \quad (12)$$

式中  $I_{TEE}$  为旅游生态效率指数;  $Income_{tourism}$  为旅游业收入;  $TEF$  为旅游生态足迹

$$I_{NTEE} = Income_{non-tourism} / BEF \quad (13)$$

式中  $I_{NTEE}$  为非旅游生态效率指数;  $Income_{non-tourism}$  为非旅游业收入;  $BEF$  为本底生态足迹。

### 2. 2 数据来源

数据主要由以下 3 类构成: 1. 基础数据。包括 GDP、三次产业构成、人口、当地居民人均年生活消费食品类型、数量, 各类生物生产性土地的当地当年生产力水平, 旅游业收入, 各类旅游餐饮、住宿、交通、游览、购物等设施的总量及构成, 能源消耗总量及构成, 游客总量及其消费总支出等, 来源于 2005 年贵州省、2005 年黔东南州、2002 年北京市、2002 年西安市、2002 年黄山市以及 2001 年丽江地区的各类统计年鉴和统计公报。2. 调查数据。包括各类旅游交通、住宿、餐饮、游览、购物等设施的面

各类旅游设施的使用率, 游客构成, 游客消费构成, 游客在旅游地内平均旅行距离, 游客交通工具选择, 游客平均旅游天数等, 来源于对游客和当地相关旅游企事业单位的问卷调查。3. 标准数据。包括各种交通工具单位距离的能源消耗量, 世界单位化石能源地面积的平均发热量, 均衡因子等, 数据来源于相关标准和研究文献<sup>[2-14]</sup>。

3 黔东南州生态足迹测算

3.1 本底生态足迹测算

根据 2005 年黔东南州的统计数据, 测算得出人均每日 BEF 为 0.020 9 hm<sup>2</sup>, 全年 BEF 为 1 339 827.219 hm<sup>2</sup>。在 BEF 的 6 种土地类型的面积中(图 1), 草地面积最大为 685 018.39 hm<sup>2</sup>, 占 54.16%, 耕地面积为 350 279.25 hm<sup>2</sup>, 化石能源地面积为 188 938.17 hm<sup>2</sup>, 建成地面积为 75 071.30 hm<sup>2</sup>, 水域面积为 38 882.61 435 hm<sup>2</sup>, 林地面积最小为 1 637.50 hm<sup>2</sup>, 仅占 0.13%。

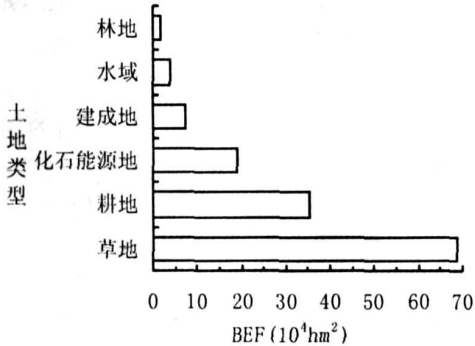


图 1 本底生态足迹中各土地类型面积  
Fig 1 The area of each land type in BEF

3.2 旅游生态足迹测算

3 2 1 饮食旅游生态足迹

2005 年黔东南州共接待游客 250 321 5 万人次, 根据对旅客的抽样调查和当地的乡风民俗, 游客在旅游期间消费当地饮品较多, 平均消费量约 2 kg/(人·d); 考虑到旅游是高消费活动并且以品尝当地特产为主<sup>[8 10 12]</sup>, 故而其他各饮食消费类型以黔东南州首府凯里市 2005 年城市居民每日人均消费量为基本参照系。游客平均旅游天数根据笔者所在课题组对游客所作的抽样调查, 用加权平均法统计为 4.9 d。对饮食消费所需用的化石能源地, 可采用能量密度参数和 71 GJ/hm<sup>2</sup> 的化石能源土地产出率来进行折算<sup>[4 5]</sup>。对各类餐饮设施的建成地面积, 不仅包括黔东南地区宾馆、酒店、招待所中的餐厅面积, 而且包括社会餐馆、小吃店、咖啡馆、酒吧等, 按照 0.5 m<sup>2</sup> 床估算为 0.188 95 hm<sup>2</sup>, 最后将各类生物生产性土地相加得到 2005 年黔东南州饮食 TEF 为 37 766.448 95 hm<sup>2</sup>, 人均 0.015 087 hm<sup>2</sup>(表 2)。

3 2 2 住宿旅游生态足迹

黔东南共有标准客房 3 779 间, 平均客房出租率为 63%。根据黔东南的实际情况(无五星级宾馆)以及能耗数据, 将其分为两大类, 第一类为三四星级宾馆, 共 1 323 间, 建成地面积(扣除饮食部分)参考《旅游规划通则》为 70 m<sup>2</sup> 间, 每天能耗为 70 MJ 间; 其他均为第二类宾馆, 共 2 456 间, 建成地面积(扣除饮食部分)为 50 m<sup>2</sup> 间, 每天能耗为 40 MJ 间。旅游住宿建成地面积为 21.541 000 hm<sup>2</sup>, 化石能源地面积为 8.561 370 hm<sup>2</sup>, 住宿 TEF 为 30.102 370 hm<sup>2</sup>, 人均 0.000 012 hm<sup>2</sup>。

3 2 3 交通旅游生态足迹

表 2 2005 年黔东南州饮食旅游生态足迹

Table 2 TEF of food in Prefecture of Southeast Qian, 2005

消费类型	消费量	全球平均产量	能量密度	化石能源地	水域	草地	林地	耕地
	( kg /人· d)	( kg /hm <sup>2</sup> ) <sup>〔4〕</sup>	( GJ/t) <sup>〔4〕</sup>	( hm <sup>2</sup> /人· d)				
粮食	0.20	2 744	4	0.000 011	—	—	—	0.000 073
肉类	0.11	74	80	0.000 124	—	—	—	0.001 486
蛋类	0.01	534	65	0.000 009	—	—	—	0.000 019
奶类	0.04	502	80	0.000 045	—	0.000 080	—	—
水产类	0.02	29	100	0.000 028	0.000 690	—	—	—
水果类	0.12	3 500	1	0.000 002	—	—	0.000 034	—
蔬菜类	0.22	18 000	1	0.000 003	—	—	—	0.000 012
饮品类	2	50 595	15	0.000 423	—	—	—	0.000 040
Σ	—	—	—	0.000 645	0.000 690	0.000 080	0.000 034	0.001 630

注: 此表中不包括各类餐饮设施的建成地面积。

根据抽样调查和统计年鉴, 海外游客主要先到达北京和上海两大口岸, 然后乘飞机到贵阳的龙洞堡机场, 再乘大巴 (能耗系数为  $0.000\ 5\ \text{GJ}/\text{km}^{[8\ 11]}$ ) 到黔东南州。对于内地游客, 若距黔东南州较近, 则选择火车和大巴; 若距离较远, 则选择先乘飞机到贵阳的龙洞堡机场, 再乘大巴到黔东南州, 因此仅将贵阳的龙洞堡机场到凯里的单程能耗和其他地方到黔东南的铁路能耗纳入到黔东南州外的交通  $TEF$  中<sup>[8 10]</sup>, 测算出旅游地外的  $TEF$  (均为化石能源地)  $20\ 229.353\ 01\ \text{hm}^2$ 。据抽样调查, 西江的千户苗寨、朗德上寨、肇兴的千户侗寨、镇远古城、雷公山、黎平会址等是游客必览景点, 游客主要乘坐大巴, 各景点最短距离为  $838\ \text{km}$ , 计算出州内旅游交通能耗所对应的化石能源地面积为  $12\ 493.098\ 31\ \text{hm}^2$ 。对于旅游交通建成地, 考虑到当地居民交通和旅游交通的区别<sup>[8- 11]</sup>, 按照游客使用率来计算旅游交通建成地面积为  $419.538\ 834\ \text{hm}^2$ 。交通  $TEF$  为  $33\ 141.990\ 15\ \text{hm}^2$ , 人均  $0.013\ 240\ \text{hm}^2$ , 其中建成地面积为  $419.538\ 834\ \text{hm}^2$ , 化石能源地面积为  $32\ 722.451\ 317\ \text{hm}^2$ 。

3.2.4 游乐旅游生态足迹

由于游客在游乐过程中消耗的能源和物资很少<sup>[7- 13]</sup>, 故忽略不计。据抽样调查, 西江的千户苗寨、朗德上寨、肇兴的千户侗寨、镇远古城、雷公山、黎平会址等是游客必览景点, 参考《旅游规划通则》按  $7\ \text{m}^2$  床的指标估算户外体育活动场地的总面积, 按  $0.2\ \text{m}^2$  床的指标估算游乐性建成地面积, 按  $0.2\ \text{m}^2$  床的指标估算管理与医疗等设施的建成地面积。计算得游乐  $TEF$  为  $14.941\ 568\ \text{hm}^2$ , 人均  $0.000\ 006\ \text{hm}^2$ , 类型均为建成地。

3.2.5 购物旅游生态足迹

通过对游客的抽样调查, 发现游客的平均购物花费为  $578$  元, 主要集中购买银饰、纺织、竹木工艺品以及腌肉制品 (腊肉、牛肉干等)。根据每种工艺品的重量和其全球平均产量<sup>[4 5]</sup>, 可以估算出各种类型的生物生产型土地面积, 主要类型为耕地和化石能源地。此外, 参考《旅游规划通则》按  $0.5\ \text{m}^2/\text{床}$  的指标估算购物设施所对应建成地面积为  $0.004\ 033\ \text{hm}^2/\text{人}$ 。计算得购物  $TEF$   $164\ 03.64\ \text{hm}^2$ , 人均  $0.006\ 553\ \text{hm}^2$ , 其中耕地面积为人均  $0.000\ 267\ \text{hm}^2$ , 化石能源地为人均  $0.000\ 225\ \text{hm}^2$ , 草地面积为人均  $0.006\ 061\ \text{hm}^2$ , 建成地为人均  $0.000\ 000\ 4\ \text{hm}^2$ 。

3.2.6 废物旅游生态足迹

由于黔东南州目前没有投入使用的城市污水处理厂, 所以游客产生的废物将由河流接纳, 结合黔东南地区的城镇每日人均生活用水定额  $182\ \text{L}$ , 并取  $0.8$  的排污系数, 可按每日人均产生  $145.6\ \text{L}$  废水估算游客产生废水总量, 综合考虑黔东南州河流消纳污水的能力、河流功能区划以及污水排入河流后的扩散模式<sup>[15]</sup>, 估算出所需水域面积为  $902.490\ 876\ \text{hm}^2$ ; 目前, 黔东南州将旅游垃圾作填埋处理, 按每日人均产生  $1.2\ \text{kg}$  垃圾估算游客产生垃圾总量为  $14\ 718.9\ \text{t}$  从而估算出处理这些垃圾所需的建成地面积  $0.817\ 717\ \text{hm}^2$  因能量消耗较少而忽略不计。计算得废物  $TEF$   $903.308\ 593\ \text{hm}^2$ , 人均  $0.000\ 361\ \text{hm}^2$ 。

4 结果与讨论

4.1 黔东南州 BEF 与 TEF 构成

在 BEF 的 6 种土地类型的面积中 (见图 1), 草

表 3 2005 年黔东南州旅游生态足迹汇总表  
Tab k3 TEF summary in Prefecture of Southeast Q ian, 2005

类型	人均 $TEF$ ( $\text{hm}^2$ )	均衡因子 <sup>[4]</sup>	均衡人均 $TEF$ ( $\text{hm}^2$ )	比例 (%)	$TEF$ 各子模块	均衡人均 $TEF$ ( $\text{hm}^2$ )	比例 (%)
化石能源地	0.014 590	1.8	0.026 262	73.32	饮食	0.008 861	24.74
建成地	0.000 184	3.2	0.000 588	1.64	住宿	0.000 034	0.09
草地	0.000 766	3.2	0.002 451	6.84	交通	0.024 038	67.11
林地	0.000 068	0.4	0.000 027	0.08	游乐	0.000 022	0.06
耕地	0.003 527	1.8	0.006 349	17.72	购物	0.002 826	7.89
水域	0.001 416	0.1	0.000 142	0.40	废物	0.000 037	0.10
$\Sigma$	0.020 551	—	0.035 818	100	$\Sigma$	0.035 818	100

地和耕地二者的贡献率最大 (77.27%), 其原因是本地居民主要消费粮食、蔬菜、猪肉、家禽为主; 化石能源地的贡献率约 14.10%, 能源结构单一, 以燃煤居多; 建成地的贡献率为 5.60%; 其余三者的贡献率仅占 3.03%, 其原因是本地居民消费水产类和水果类相对较少。

TEF 各子模块中 (表 3), 交通子模块贡献率最大 (67.11%), 其原因是交通耗能主要取决于交通工具的类型以及客源地与旅游地的距离, 而黔东南州与北京、长三角以及珠三角等出游能力较强的客源地之间地理距离较大, 且 75.5% 的州外游客以飞机为主要交通工具; 其次是饮食子模块 (24.74%), 其原因是黔东南州风味小吃 (如凯里酸汤鱼、塔石羊瘪、施秉绿豆粉等) 较多, 问卷调查结果显示, 90.3% 的游客到黔东南州旅游的目的之一是品尝当地风味小吃, 故而使得饮食子模块贡献率较大; 此外, 购物子模块占 7.89%, 购买当地的银饰、纺织、竹木工艺品以及腌肉制品已成为游客在当地的一项较重要的旅游活动; 其余三个子模块的贡献率之和不足 0.3%, 对 TEF 系统影响甚微。

从人均生态足迹角度分析, 黔东南州的人均每日 BEF 为  $0.0209 \text{ hm}^2$ , 人均每日 TEF 为  $0.0731 \text{ hm}^2$ , 后者为前者的 3.5 倍, 说明游客每天消耗的资源比当地居民高得多; 全年总生态足迹方面, BEF 为  $1339827.219 \text{ hm}^2$ , 经年度转化后的 TEF 为  $89660.15487 \text{ hm}^2$ , 前者是后者的 15 倍, TEF 仅占 2005 年 EF 的 6.25%, 说明游客对 2005 年总的 EF 贡献率小, 绝大部分资源是由本地居民所消耗的。

#### 4.2 黔东南州 TEF 空间转移

由于游客具有跨区域的流动性, 旅游地承担为游客提供的产品和服务所需的生物生产性土地面积中的主要部分, 还有部分通过进口贸易而将旅游地的生态负担转移到其他国家或地区<sup>[5 6 8 10 12]</sup>。根据对黔东南州游客消费的旅游产品及服务的贸易额进行调整分析<sup>[8 10 12]</sup>, 可得到黔东南州的 TEF 空间尺度的扩散影响 (图 2), 即 TEF 的区内、区际以及全球的分割比例分别为 95.02%, 3.70%, 1.28%。可见, 黔东南州 TEF 绝大部分由州内承担, 空间转移较少。

#### 4.3 黔东南州生态效率

2005 年黔东南州的旅游收入为 17.5 亿元, 同年的 TEF 为  $51442.8205 \text{ hm}^2$ , 均衡后的 TEF 为  $89660.15487 \text{ hm}^2$ , 均衡后的 TEF 效率指数 ITEE

为  $2362.9 \text{ 美元} / \text{hm}^2$ , 非旅游业的生态足迹效率指数 NTEE 为  $457.58 \text{ 美元} / \text{hm}^2$ , 总的生态足迹效率指数 IEE 为  $507.01 \text{ 美元} / \text{hm}^2$ , ITEE 是 NTEE 的 5.16 倍, 是全球平均水平  $1106 \text{ 美元} / \text{hm}^2$  的 2.14 倍<sup>[4]</sup>, 说明了黔东南州旅游业的生态高效性<sup>[16 17]</sup>。

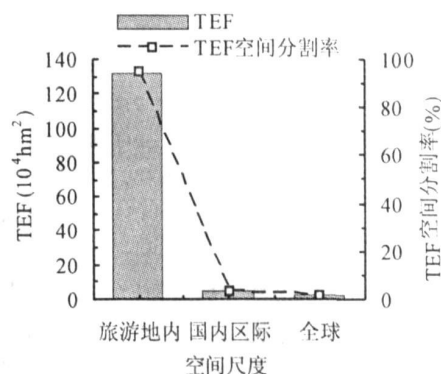


图 2 黔东南州 TEF 空间转移

Fig 2 Spatial distribution of TEF in Prefecture of Southeast Qian, 2005

#### 4.4 黔东南州可持续发展状态

黔东南州 BEF 为  $1339827.219 \text{ hm}^2$ , TEF 为  $89660.15487 \text{ hm}^2$ , 叠加后所得 EF 为  $1429487.374 \text{ hm}^2$ 。根据黔东南州国土资源局提供的解译资料, 在扣除 12% 的生物多样性保护面积之后<sup>[4]</sup>, 采用均衡因子处理各类型生物生产性土地面积<sup>[4 5]</sup>, 得到黔东南州生态承载力供给为  $2289346.34 \text{ hm}^2$ 。2005 年黔东南州生态承载力供给盈余  $859858.9661 \text{ hm}^2$ , 可持续发展指数 ISD 为 0.61, 总体处于“良”的可持续发展状态。

与国内外相关研究成果相比 (表 4), 黔东南州 BEF 最低, 这主要是由于其经济较为落后, 全州 16 县市除凯里、镇远、锦屏外, 其余 13 个县均为国家级贫困县, 消费能力较低; TEF 较低, 这主要是由于其旅游业发展仍相对滞后, 旅游业占 GDP 比重仅为 10%; IEE 和 ITEE 处中等偏下水平, 显示区域资源利用效率仍有较大的提高空间<sup>[16 17]</sup>; ISD 处较低水平, 较州内旅游开发相对成熟的镇远县为低, 表明全州旅游业仍然有较大的发展空间。

## 5 结论

1. 黔东南州 2005 年资源消耗以本地居民消耗为主, 游客对 EF 贡献率小, TEF 约为  $89660 \text{ hm}^2$ ,

表 4 不同旅游地可持续发展状态对比

Table 4 The Contrast of sustainable development state in different tourism destination

研究区域	BEF	TEF	$I_{EE}$	$I_{TEE}$	ISD ④	状态 ⑤	资料来源
	hm <sup>2</sup> /(人·d)	hm <sup>2</sup> /(人·d)	美元/hm <sup>2</sup>	美元/hm <sup>2</sup>			
Seychelles	—	0.178 50	1106 <sup>①</sup>	—	0.77	中	Stefan et al., 2002 <sup>[5]</sup>
Manali	0.005 46	0.003 57	1106 <sup>①</sup>	—	27.61	严重不可持续	Victoria et al., 2002 <sup>[2]</sup>
澳门	0.008 20	0.017 76	4202.00	15258.00	297.80	严重不可持续	李金平等, 2003 <sup>[14]</sup>
北京市	0.004 45	0.023 97 <sup>②</sup>	1854.71	10417.34 <sup>③</sup>	22.00	严重不可持续	席建超等, 2004 <sup>[9]</sup>
海南省	0.005 55	0.022 98	604.00	940.00	1.67	一般不可持续	符国基等, 2006 <sup>[11]</sup>
九寨沟	0.002 63	0.033 89	—	1046.37	0.84	中	章锦河等, 2005 <sup>[12]</sup>
丽江县	0.003 70	0.044 58	425.27	561.89	0.90	差	蒋依依等, 2006 <sup>[10]</sup>
西安市	0.003 67	0.006 28 <sup>②</sup>	942.88	20400.00 <sup>③</sup>	4.66	一般不可持续	李君轶等, 2007 <sup>[13]</sup>
黄山市	0.003 76	0.033 88	423.81	684.00	1.50	一般不可持续	章锦河等, 2004 <sup>[8]</sup>
贵州省	0.003 36	—	242.23	—	3.49	一般不可持续	张志强等, 2001 <sup>[7]</sup>
镇远县	0.002 93	—	325.44	—	0.94	差	王书华等, 2003 <sup>[3]</sup>
黔东南州	0.002 09	0.007 31	507.01	2362.97	0.61	良	本次研究

注: ①全球水平; ②入境游客 TEF; ③入境游客  $I_{TEE}$ ; ④根据文献数据测算; ⑤根据本研究方法判定。

仅为 BEF 的 1/15 且以交通子模块贡献率最大; 2362.97美元/hm<sup>2</sup>的  $I_{TEE}$  远高于 457.58美元/hm<sup>2</sup>的  $I_{NTEE}$ ,亦高于 1106美元/hm<sup>2</sup>的全球平均水平;生态承载力供给盈余约为 859859hm<sup>2</sup>,处于“良”的可持续发展状态。

2. 旅游业对于黔东南州这类自然资源、生态环境和民族文化基础较好的山区而言,是一条可行的可持续发展途径,发展旅游业在一定程度上有助于调整区域当前较为粗放的资源利用方式,提高资源利用效率;但旅游业发展过程中,应当从资源承载力和环境容量出发,寻求适宜的开发方式和开发强度,推进生态旅游的开展,确保区域保持较高的生态效率和较好的可持续发展状态。

3. 生态足迹是度量区域可持续发展能力的有效手段之一,但获取数据的准确性、人类活动的不确定性、模型假设的合理性等均会对研究结果产生一定影响;本研究对黔东南州旅游生态足迹的估算相对保守,受制于数据可获得性,仅考虑了游客对资源的直接消耗量和部分间接消耗量,而忽略了潜在的旅游生态足迹,今后研究过程中,应重点对其理论和计算方法进行进一步探索。

参考文献:

[1] Zhong Xianghao. Progress tendency and forward domains of mountain environment studies[J]. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(5): 525~530[钟祥浩. 山地环境研究发展趋势与前沿领域[J]. 山地学报, 2006, 24(5): 525~530]

[2] Victoria Cole, A. John Sinclair. Measuring the ecological footprint

of a Himalayan Tourist Center[J]. *Mountain Research and Development*, 2002, 22(2): 132~141

[3] Wang Shuhua, Wang Zhongjing. Value of the coordination to eco-economy of mountain district based on ecological footprint model[J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(3): 324~330[王书华, 王忠静. 基于生态足迹模型的山区生态经济协调发展定量评估——以贵州镇远县为例[J]. 山地学报, 2003, 21(3): 324~330]

[4] Wackernagel M., Onisto L., Bello P., et al. National nature capital accounting with the ecological footprint concept[J]. *Ecological Economics*, 1999, 29: 375~390

[5] Stefan Gossling, Carina Borgström, Hansson, Oliver Horstmeier, et al. Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability[J]. *Ecological Economics*, 2002, 43: 199~211

[6] Colin Hunter. Sustainable tourism and the ecological footprint[J]. *Environment, Development and Sustainability*, 2002, 4: 7~20

[7] Zhang Zhijiang, Xu Zhonglin, Cheng Guodong, et al. The Ecological Footprints of the 12 Provinces of West China in 1999[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(5): 599~610[张志强, 徐中民, 程国栋, 等. 中国西部 12 省(区、市)的生态足迹[J]. 地理学报, 2001, 56(5): 599~610]

[8] Zhang Jinhe, Zhang Jie. Touristic ecological footprint model and analysis of Huangshan City in 2002[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(5): 763~771[章锦河, 张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析[J]. 地理学报, 2004, 59(5): 763~771]

[9] Xi Jianchao, Ge Quansheng, Cheng Shengkui, et al. Ecological footprint of tourism consumption——A case study of Beijing foreign tourist arrivals[J]. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(2): 224~229[席建超, 葛全胜, 成升魁, 等. 旅游消费生态占用初探——以北京市海外入境旅游者为例[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 224~229]

[10] Jiang Yijie, Wang Yanglin, Peng Jian, et al. Measuring tourism ar-

- ea sustainability based on tourism ecological footprint: a case study in Lijiang Naxi Autonomous County[ J]. *Geographical Research*, 2006, 25( 6): 1134~ 1141 [ 蒋依依, 王仰麟, 彭建, 等. 基于旅游生态足迹模型的旅游区可持续发展度量——以云南省丽江纳西族自治县为例 [ J]. 地理研究, 2006, 25( 6): 1134~ 1141 ]
- [ 11 ] Fu Guojì Evaluating ecological footprint of external tourists in Hainan Province[ J]. *Resources Science*, 2006, 28( 5): 145~ 150 [ 符国基. 海南省外来旅游者生态足迹测评 [ J]. 资源科学, 2006, 28( 5): 145~ 150 ]
- [ 12 ] Zhang Jinhe, Zhang Jie, Liang Yuelin, et al. An analysis of touristic ecological footprint and eco-compensation of Jiuzhaigou in 2002[ J]. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20( 5): 735~ 744 [ 章锦河, 张捷, 梁玥琳, 等. 九寨沟旅游生态足迹与生态补偿分析 [ J]. 自然资源学报, 2005, 20( 5): 735~ 744 ]
- [ 13 ] Li Junyi, Ma Yaofeng, Yang Min. Study on touristic ecological footprint based on tourists' behavior——A case study of Xi'an City [ J]. *A real Research and Development*, 2007, 26( 2): 107~ 111 [ 李君轶, 马耀峰, 杨敏. 基于游客行为的旅游生态足迹研究——以西安市入境游客为例 [ J]. 地域研究与开发, 2007, 26( 2): 107~ 111 ]
- [ 14 ] Lei Kampeng, Wang Zhishi. The analysis of ecological footprints of Macao in 2001[ J]. *Journal of Natural Resources*, 2003, 18( 2): 197~ 203 [ 李金平, 王志石. 澳门 2001 年生态足迹分析 [ J]. 自然资源学报, 2003, 18( 2): 197~ 203 ]
- [ 15 ] Zhang Jiangshan. The geometric feature of instantaneous-point source over standard pollutant zone and the estimation of themaximum area [ J]. *Acta Scientiae Iramstantiae*, 1997, 7( 1): 20~ 24 [ 张江山. 瞬时点源超标污染带的几何特征及面积最大值估计 [ J]. 环境科学学报, 1997, 7( 1): 20~ 24 ]
- [ 16 ] Reijnders L. The factor X debate: Setting targets for eco-efficiency[ J]. *Journal of International Ecology*, 1998, 2( 1): 13~ 22
- [ 17 ] Joe Kelly, Wolfgang Haider, Peter W. Williams, et al. Stated preferences of tourists for eco-efficient destination planning options [ J]. *Tourism Management*, 2007, 28( 2): 377~ 390

## Regional Sustainability Based on Comprehensive Measurement of Background Ecological Footprint and Tourism Ecological Footprint: a Case Study of Southeast Qian

LÜ Yongpeng<sup>1</sup>, TA I Jun<sup>2</sup>, CHE Yue<sup>1</sup>, WU Bingsi<sup>2</sup>, XIA Suxiang<sup>2</sup>

( 1. Tiantong National Field Research Station of Forest Ecosystem, Shanghai 200062, China;

2. Shanghai Institute for Design & Research in Environmental Engineering, Shanghai 200232, China )

**Abstract** New methods and systems to measure the regional sustainability in mountainous areas whose tourism is blossoming has been a focus in the past few years. As a basic model of this research, the ecological footprint model (EF) has been applied to measure the regional sustainability. In this research, EF was divided into background ecological footprint (BEF) and tourism ecological footprint (TEF). The TEF model was made up of 6 subsystems, which were diet, accommodation, transportation, sight-seeing, shopping, waste. And three key indicators, which were dispersion of sustainable development, indicator of sustainable development (ISD) and indicator of eco-efficiency (IEE), together with six sustainable development states divided by employing golden-section theory, which were excellent, fine, medium, bad, commonly unsustainable, seriously unsustainable, were employed to comprehensively measure regional sustainability. Prefecture of Southeast Qian, a typical mountainous area situated in the southwest of China, was taken as a case study area. The study result reveals that: (1) the resources were consumed mostly by the local people, the tourist made only a little contribution to total EF in Prefecture of Southeast Qian, 2005. TEF with its largest subsystem of transportation was 89 660 ha in 2005, only one in fifteen of BEF. (2) the eco-efficiency of tourism of US\$ 2 362.97 per ha outclassed the eco-efficiency of non-tourism of US\$ 457.58 per ha, was also higher than the eco-efficiency of global level of US\$ 1 106 per ha. It implied that the tourism in this area was high eco-efficiency. (3) EF was lower than EC, and the ecological surplus was 859 859 ha. ISD was 0.61, Prefecture of Southeast Qian was in a fine condition in 2005.

**Key Words** sustainable development; Ecological Footprint; Background Ecological Footprint; Prefecture of Southeast Qian