

DOI: 10.5846/stxb201712212290

刘军, 问鼎, 童昀, 马勇. 基于碳排放核算的中国区域旅游业生态效率测度及比较研究. 生态学报, 2019, 39(6): - .

Liu J, Wen D, Tong Y, Ma Y. Measuring of tourism eco-efficiency and its comparative research based on carbon emissions. Acta Ecologica Sinica, 2019, 39(6): - .

## 基于碳排放核算的中国区域旅游业生态效率测度及比较研究

刘 军<sup>1,2</sup>, 问 鼎<sup>3</sup>, 童 昀<sup>2</sup>, 马 勇<sup>1,4,\*</sup>

1 湖北大学旅游发展研究院, 武汉 430062

2 湖北大学商学院, 武汉 430062

3 中国科学院大学, 北京 100049

4 湖北旅游开发与管理研究中心, 武汉 430062

**摘要:** 旅游业作为国民经济发展的战略性支柱产业在区域发展中具有重要作用。借鉴生态效率的基本思想, 考虑区域能源消费结构差异, 使用自下而上的方法将旅游交通、旅游住宿与游憩活动碳排放进行加总估算出 2000—2013 年中国旅游业碳排放量; 接着运用单一比值法计算出 2000—2013 年中国及各地区旅游业生态效率值, 利用变异系数、莫兰指数对测度结果进行分析并与可持续发展生态效率值进行比较。研究表明: (1) 2000—2013 年, 中国旅游业碳排放量不断增加, 从 2000 年的 1202.71 万 t 增加到 2013 年的 4151.57 万 t。旅游业部门之间碳排放量差异较大, 尤其是旅游交通部门占到旅游业碳排放量的 90% 左右; (2) 得益于 2000—2013 年旅游业发展的促进政策, 中国及各地区旅游业生态效率总体上呈现不断改善的趋势, 中国旅游业生态效率由 2000 年 0.1193 kgCO<sub>2</sub>-e/\$ 下降到 0.0309 kgCO<sub>2</sub>-e/\$。(3) 时间维度上, 中国旅游业生态效率的区域不平衡问题仍然存在, 相比于 2000 年旅游业生态效率变异系数 0.7114, 2013 年的变异系数反而增加到 0.7483; 空间维度上, 各地区旅游业生态效率聚集模式发生了明显变化, 莫兰指数由 0.3036 减少到 0.0278。(4) 通过将测度结果进行比较, 中国旅游业自 2000 年开始进入可持续发展阶段, 中国旅游业的整体可持续水平要优于其他产业, 各地区的旅游业在 2010 年全部进入可持续发展状态。最后, 对结果进行了讨论并提出旅游业生态效率的优化应从旅游收入增加与旅游业减排两方面进行。

**关键词:** 旅游业生态效率; 碳排放; 旅游可持续

## Measuring of tourism eco-efficiency and its comparative research based on carbon emissions

LIU Jun<sup>1,2</sup>, WEN Ding<sup>3</sup>, TONG Yun<sup>2</sup>, MA Yong<sup>1,4,\*</sup>

1 Tourism Development Institute of Hubei University, Wuhan 430062, China

2 Business School of Hubei University, Wuhan 430062, China

3 University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

4 Center for Tourism development and Management Studies of Hubei, Wuhan 430062, China

**Abstract:** Tourism is a strategic pillar industry for national economic development, which plays an important role in regional development. As an emerging field, tourism eco-efficiency has been an important tool to determine the sustainability of the tourism industry. On the basis of a literature review, large-scale studies measuring tourism eco-efficiency and exploring the results are limited. Limited research has focused on the regional differences of energy consumption when calculating tourism eco-efficiency. In this paper, the total tourism carbon emissions, including transportation,

基金项目: 国家社会科学基金项目(17CJY051); 湖北省教育厅人文社科项目(17Q012)

收稿日期: 2017-12-21; 网络出版日期: 2018-00-00

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: myten@126.com

accommodation, and recreational activities in China from 2000 to 2013 were determined using the bottom-up method. In the calculation process, the differences of regional energy consumption structures were considered and eco-efficiency was determined. The tourism eco-efficiency of China and its regions were analyzed using the single ratio method with the calculated carbon emissions data. A coefficient of variation and Moran's index were used to analyze the total Chinese and provincial eco-efficiency, which could also be compared with the eco-efficiency of global sustainable development. The results showed that: (1) Chinese tourism carbon emissions have increased substantially and its total emissions reached 41.51 million tons in 2013 from 12.02 million tons in 2000. Besides, tourism carbon emission is very different among tourism sectors; the largest source is transportation, which accounts for about 90% of the total; (2) benefiting from policies on the promotion of tourism development from central and local governments, tourism eco-efficiency in China and its regions have improved; the value decreased from 0.1193 kgCO<sub>2</sub>-e/\$ in 2000 to 0.0309 kgCO<sub>2</sub>-e/\$ in 2013; (3) over time, based on the coefficient of variation, there was an imbalance in Chinese tourism eco-efficiency, where has increased from 0.7114 in 2000 to 0.7483 in 2013. Regarding spatial variation, there was a remarkable change in cluster patterns of tourism eco-efficiency, where Moran's index decreased from 0.3036 to 0.0287, which implied the spatial relations of eco-efficiency became weakened; (4) the sustainable development of the Chinese tourism industry has occurred since 2000, and was found to be superior to that of other industries. Moreover since 2010, the tourism industry in all regions of China has been in the sustainable development stage. Finally, the results suggested tourism eco-efficiency could be optimized by not only increasing tourism income, but also reducing tourism carbon emissions.

**Key Words:** eco-efficiency; carbon emission; tourism sustainable development

生态效率(Eco-efficiency)是 Schaltegger&Stum 提出<sup>[1]</sup>,并由世界可持续发展工商理事会(WBCSD)发展了这一概念,即生态效率是用更具有竞争力的产品或服务满足人们需求、提升生活品质的同时,减少这些产品在生命周期内的生态影响和资源利用强度,或者生态影响及资源利用强度至少达到地球能够承载的范围<sup>[2]</sup>。旅游业生态效率(Eco-efficiency of tourism)由 Gössling 等明确提出,他认为生态效率是实现旅游可持续发展的重要工具,旅游业生态效率是衡量旅游业环境与经济绩效的重要概念<sup>[3]</sup>。从既有研究现状来看,生态效率在测度尺度的广泛性<sup>[4-6]</sup>、核算方法的多样性<sup>[7-8]</sup>以及影响因素<sup>[9-11]</sup>等方面的研究已经积累了相当多的成果,但关于旅游业生态效率的研究仍然较少。

既有文献中关于旅游业生态效率的研究以测度和在目的地管理的应用为主<sup>[12]</sup>。Gössling 等利用二氧化碳排放量与旅游收入的比值表征旅游业生态效率,并对落基山国家公园、阿姆斯特丹、法国等不同尺度的目的地进行了测度<sup>[3]</sup>。李鹏等以旅游产品线路为研究对象,利用旅游者旅游活动各个环节的碳排放与旅游消费的比值对香格里拉旅游产品线路的生态效率进行了测度<sup>[13]</sup>。Perch-Nielsen 等在用“自上而下”和“自下而上”两种方法对碳排放估算的基础上,对瑞士旅游业生态效率进行了测度并与其他产业进行了比较<sup>[14]</sup>。Bruijn 等基于假日调查数据,利用二氧化碳排放量与旅游收入的比值持续估算了荷兰 2002—2011 年的旅游业生态效率<sup>[15]</sup>。与上述学者不同,Qiu 等利用旅游收入与碳排放比值表征旅游业生态效率,对中国旅游业生态效率进行了测度并分析了它的影响因素与空间集聚模式<sup>[16]</sup>。Kytzia 等在研究达沃斯旅游业土地利用生态效率时,基于投入产出矩阵计算了土地利用量与旅游从业人员变化幅度对旅游业增加值的影响<sup>[17]</sup>。刘佳等在简化旅游业环境产出的基础上,利用 DEA 方法对 2003—2012 年中国以及中国沿海城市旅游产业生态效率进行了测度<sup>[18-19]</sup>。彭红松等在 DEA 的基础上,引入包含非期望产出的 SBM-DEA 模型对黄山旅游目的地的复合生态效率进行了研究<sup>[20]</sup>。

在旅游业生态效率对目的地的管理应用方面,Kelly 等在研究中假设目的地变得更具有生态效率与更不具有生态效率两种情境,并通过对旅游者的调查发现过夜旅游者中有 59.8%愿意让目的地更具生态效率<sup>[21]</sup>。而 Reilly 等认为交通在旅游业生态效率中扮演了更重要的角色,通过对 349 个样本进行调查,发现长途旅游

者可通过改变其交通工具选择来改善目的地旅游业生态效率<sup>[22]</sup>。与上述学者关注视角不同,姚治国在对海南旅游业生态效率的研究中,从生态效率感知态度着手,通过对企业与旅游者的调查,发现他们均支持海南生态效率改善,同时也愿意为此支付或增加投资<sup>[23]</sup>。

综上,在旅游业生态效率测度的方法上,借鉴 WBCSD 关于生态效率的公式,用比值法来进行测度的研究仍占多数,其测度对象既包括小尺度的旅游地<sup>[23-25]</sup>,也包括中尺度的城市<sup>[3,26]</sup>与大尺度的国家<sup>[3,14-15,19]</sup>。模型法,如投入产出矩阵、DEA、SBM-DEA 等均有一定的应用。但由于旅游数据获得较为不易,模型法测度的区域较为受限,一般以小尺度研究居多。虽然有学者利用模型法对中国旅游产业生态效率进行了测度,但是在非合意产出的处理上显得过于简略,且没有考虑到区域能源消费结构的差异。同时,生态效率作为旅游业向可持续发展转变的重要工具,是实现旅游可持续发展的重要前提。基于此,本研究结合中国实际,采用比值法对 2000—2013 年中国旅游业生态效率进行测度,利用变异系数与莫兰指数对旅游业生态效率的地区差异进行分析,并通过与可持续发展生态效率值进行比较判断区域旅游业可持续发展状态。

## 1 研究数据与方法

### 1.1 研究区域与数据来源

考虑到数据的可获得性,本文研究区域为除港澳台和西藏之外的其余 30 个省级行政单元,区域总面积 833.53 万 km<sup>2</sup>,占国土面积的 86.8%。研究时间段为 2000—2013 年,由于研究时间跨度大,在计算过程中将使用 CPI 对旅游收入进行平减。本文中涉及到的基础数据分别来自《中国旅游统计年鉴(2001—2014)》与中国经济与社会发展统计数据库,这些数据包括各地区国内旅游收入、国际旅游收入、国内旅游入次数、国际旅游入次数、星级饭店床位数、星级饭店出租率、各类交通工具周转量、国内旅游者游览目的、国际旅游者游览目的等。

既有研究中,与中国旅游碳排放相关的研究几乎都是直接使用碳排放系数来进行计算<sup>[27-30]</sup>,并没有考虑到中国地区能源结构的差异性。本研究将使用能耗系数来估算旅游业的总能耗,再通过相关系数折算成二氧化碳排放量,其中交通工具、游憩活动的能耗系数参考石培华等<sup>[27]</sup>的研究成果(表 1、2);住宿设施能耗系数参考石培华等的研究成果,每床每晚为 155 MJ;碳排放系数参考岳婷等<sup>[31]</sup>的研究成果,将其生活能源综合碳排放系数进行折算,标准煤热量参考《综合能耗计算通则》(GBT2589—2008),取值为 1 kg 标准煤热量为 29307 KJ,经计算得到表 3。

表 1 交通工具能耗系数值/MJ

Table 1 Energy use for different transport modes

交通工具 Transport	每人单位公里能耗 Energy consumption per person km	交通工具 Transport	每人单位公里能耗 Energy consumption per person km
汽车 Car	1.8	飞机 Flight	2.0
火车 Train	1.0	其他 Other	0.9

表 2 游憩活动能耗系数值/MJ

Table 2 Energy use for activities

游览目的 Tourism intention	每人每天能耗 Energy consumption per person a day	游览目的 Tourism intention	每人每天能耗 Energy consumption per person a day
观光旅游 Sightseeing	8.57	探亲访友 Visiting friends/relatives	12
休闲度假 Leisure/vacation	26.5	其他 Others	3.5
商务出差 Business/meetings	16		

表 3 中国各省生活能源综合碳排放系数/(g/MJ)

Table 3 Carbon Emission Factor for provinces of residential energy consumption in China

省份 Province	平均碳排放系数 Carbon emission factor	省份 Province	平均碳排放系数 Carbon emission factor
北京	20.72	河南	23.10
天津	21.78	湖北	22.06
河北	23.16	湖南	23.04
山西	23.50	广东	20.45
内蒙古	23.39	广西	20.65
辽宁	23.23	海南	20.82
吉林	22.37	重庆	20.61
黑龙江	22.21	四川	20.32
上海	20.13	贵州	23.82
江苏	20.80	云南	22.85
浙江	20.59	陕西	20.54
安徽	22.41	甘肃	23.64
福建	21.68	青海	20.25
江西	22.08	宁夏	22.18
山东	21.61	新疆	23.03

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 单一比值法

生态效率的核算方法主要有指标法与模型法<sup>[7]</sup>。指标法根据指标的种类又分为单一指标法与指标体系法。指标体系法与单一指标法相比涵盖指标类型虽然更多,但是指标权重的处理过程会对结果产生较大的影响。模型法虽然有优势,但是没有考虑随机因素以及数据质量的影响,同时模型本身也不能进行检验<sup>[32]</sup>,因此用单一比值法对旅游业生态效率进行测度。参考 Huppess 等的研究成果,生态效率大都以经济价值与环境影响比值的方式出现,如单位环境影响的生产价值、单位环境改善的成本、单位生产价值的环境影响、单位成本的环境改善等<sup>[33]</sup>,同时参考前人研究中对旅游业生态效率的计算公式<sup>[3,13-15,23-26]</sup>,本研究计算公式为式 1,式中,  $TE$  表示旅游业生态效率,  $TC$  表示旅游业碳排放量,  $TR$  表示旅游业收入。

$$TE = \frac{TC}{TR} \quad (1)$$

### 1.2.2 “自下而上”法

旅游业碳排放的估算一般有“自下而上”和“自上而下”两种方法。其中“自下而上”法主要是指通过估算旅游业各部门碳排放,然后将其进行加总;“自上而下”法主要是借助旅游卫星账户来进行估算。由于我国旅游卫星账户数据缺失,研究中将采用“自下而上”法对中国旅游业碳排放进行估算。旅游碳排放包括旅游交通、旅游住宿和旅游活动三类<sup>[3,27]</sup>,如式 2:

$$TC = T_{\text{transport}} + T_{\text{accommodation}} + T_{\text{activities}} \quad (2)$$

式中,  $T_{\text{transport}}$  表示旅游交通的碳排放量,  $T_{\text{accommodation}}$  表示旅游住宿的碳排放量,  $T_{\text{activities}}$  表示游憩活动的碳排放量。旅游交通碳排放的估算将通过总的客运周转量来计算,如式 3—5。其中  $\alpha_i$  表示  $i$  省份能源综合碳排放系数(表 3),  $E'_i$  表示  $i$  省份旅游交通总能耗,  $\beta_m$  表示交通工具  $m$  中旅游者使用的比例,取值参考魏艳旭等<sup>[34]</sup>的研究成果,分别为火车 31.6%,飞机 64.7%,汽车 13.8%,水运 10.6%。  $C_m$  表示交通工具  $m$  的周转量,  $e_m$  表示交通工具  $m$  的能耗系数,取值参考既有研究成果<sup>[35-36]</sup>,分别为汽车 1.8 MJ/passenger-km,飞机 2.0 MJ/passenger-km,火车 1.0 MJ/passenger-km,其他 0.9 MJ/passenger-km。

$$T_{\text{transport}} = \sum \alpha_i \times E'_i \quad (3)$$

$$E_i^t = \beta_m \times C_m \times e_m \quad (4)$$

$$T_{\text{transport}} = \sum \alpha_i \times \beta_m \times C_m \times e_m \quad (5)$$

旅游住宿碳排放是指旅游者在旅游目的地由于使用住宿设施而产生的碳排放量。由于对每个旅游者使用住宿设施的碳排放几乎不可能监测到,因此学者们一般根据住宿设施类型,采用每张床位的平均碳排放量来计算。旅游住宿的碳排放量计算依据式 6—8。式中, $\alpha_i$ 表示*i*省份能源综合碳排放系数, $E_i^a$ 表示*i*省份旅游住宿总能耗; $\theta$ 表示住宿设施的平均出租率; $R$ 表示客房数量; $B$ 表示每间客房平均床位数; $b$ 表示住宿设施每床每晚的平均能耗。由于我国旅游饭店在实际能耗上高于全球平均值<sup>[27]</sup>,所以*b*统一取 155MJ。

$$T_{\text{accommodation}} = \sum \alpha_i \times E_i^a \quad (6)$$

$$E_i^a = 365 \times \theta_i \times R_i \times B_i \times b \quad (7)$$

$$T_{\text{accommodation}} = \sum \alpha_i \times 365 \times \theta_i \times R_i \times B_i \times b \quad (8)$$

不同游览活动的碳排放系数差别较大,研究中一般较难对旅游活动的碳排放进行准确估计。游憩活动的碳排放计算主要依据式 9—11,式中, $E_i^c$ 表示*i*省份游憩活动总能耗; $E_i^{en}$ 表示*i*省份国内旅游者游憩活动能耗, $E_i^{in}$ 表示*i*省份入境旅游者游憩活动能耗; $\xi_p$ 表示国内旅游者的第*p*种游览目的能耗系数; $\xi_q$ 表示入境旅游者的第*q*种游览目的能耗系数; $n_{ip}$ 表示*i*省份第*p*种游览目的国内旅游者的数量; $f_{iq}$ 表示*i*省份第*q*种游览目的入境旅游者的数量。依据《中国旅游统计年鉴》,2000—2010 年国内旅游者游览目的合并统计,2011 年开始分为城镇居民游览目的与农村居民游览目的。

$$T_{\text{activities}} = \sum \alpha_i \times E_i^c \quad (9)$$

$$E_i^c = E_i^{en} + E_i^{in} = \sum (\xi_p \times n_{ip} + \xi_q \times f_{iq}) \quad (10)$$

$$T_{\text{activities}} = \sum \alpha_i (\xi_p \times n_{ip} + \xi_q \times f_{iq}) \quad (11)$$

### 1.2.3 变异系数

变异系数是用来衡量一组数据当中各观测值变异程度的统计量。常用的标准差变异系数用 CV 表示,它是标准差( $\sigma$ )与算术平均数( $\mu$ )的比率。

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \quad (12)$$

### 1.2.4 莫兰指数

莫兰指数(Moran's I)是测度空间上某一要素与其邻近空间的要素是否存在显著关联的指标。它用来测度中国区域生态效率是否存在显著的空间差异性,其计算方法如式 13,式中 $\overline{TE}$ 表示全国各地区旅游业生态效率的平均值, $TE_i$ 表示*i*地区的旅游业生态效率; $W_{ij}$ 为*i*地区与*j*地区的空间权重矩阵。在构建空间权重矩阵时,选择邻接标准,且当*i*地区与*j*地区邻接时, $W_{ij}=1$ ,否则 $W_{ij}=0$ 。I 的取值范围为 $[-1,1]$ ,当 $0 < I \leq 1$ ,表示旅游业生态效率存在空间正相关;当 $-1 \leq I < 0$ ,表示旅游业生态效率存在空间负相关;当 $I=0$ ,表示旅游业生态效率不存空间关系。

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} |TE_i - \overline{TE}| |TE_j - \overline{TE}|}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n W_{ij} \sum_{i=1}^n |TE_j - \overline{TE}|^2} \quad (13)$$

## 2 旅游业生态效率测度及比较

### 2.1 旅游业碳排放估算

#### 2.1.1 旅游交通碳排放

依据式 3—5,计算得到 2000—2013 年中国各地区旅游交通碳排放数据。其中旅游交通碳排放总量从

2000 年的 1046.12 万 t 上升到 2013 年的 3719.69 万 t, 增长了 2.56 倍(图 1)。2003 年后, 中国旅游交通碳排放量迎来了一个较快的增长期, 主要是 2003 年之后国内旅游发展迅速, 同时飞机出行的旅客增多, 导致民航的旅游交通碳排放量显著增加, 其占比从 2000 年的 32.08% 上升至 2013 年的 61.83%。

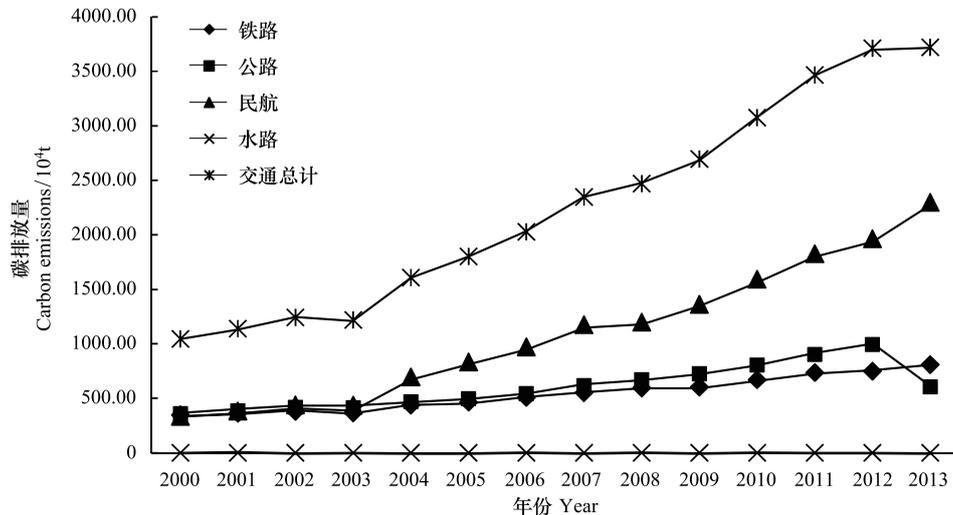


图 1 2000—2013 年中国旅游交通碳排放总量估算

Fig.1 Estimation of Chinese tourism transport carbon emissions from 2000—2013

从各地区旅游交通碳排放量来看(表 4), 广东、上海、北京旅游交通碳排放量年均值最高, 青海、宁夏旅游交通碳排放量年均值最低。广东、上海、北京是我国旅游业发展较为成熟的地区, 区域经济发展水平高, 游客接待人次以及交通周转量大, 从而造成碳排放高。青海、宁夏由于游客量、区域交通通达性等均较为滞后, 因而碳排放总量低。从变异系数来看, 天津、重庆、青海 2000—2013 年离散程度要大于其他地区, 说明其碳排放波动较大。

表 4 2000—2013 年中国省域旅游交通碳排放量均值与变异系数

Table 4 Mean and CV of tourism transport carbon emissions for provinces in China from 2000—2013

省份 Province	碳排放均值/10 thousand ton Mean of carbon emissions	变异系数 Coefficient of variation	省份 Province	碳排放均值/10 thousand ton Mean of carbon emissions	变异系数 Coefficient of variation
北京	60.62	0.5214	河南	55.11	0.3610
天津	9.14	0.6559	湖北	39.30	0.3740
河北	55.12	0.2423	湖南	52.03	0.3371
山西	16.64	0.4783	广东	101.00	0.5290
内蒙古	18.35	0.4028	广西	38.88	0.4059
辽宁	50.55	0.2565	海南	20.01	0.5576
吉林	14.40	0.3845	重庆	16.29	0.6025
黑龙江	28.17	0.4114	四川	51.05	0.4545
上海	50.12	0.5328	贵州	23.06	0.4890
江苏	46.65	0.3009	云南	22.62	0.3393
浙江	45.11	0.3965	陕西	32.89	0.3217
安徽	37.65	0.3887	甘肃	20.15	0.3538
福建	33.77	0.4089	青海	2.13	0.5946
江西	30.71	0.2929	宁夏	3.81	0.5198
山东	47.24	0.5097	新疆	23.55	0.3957

### 2.1.2 旅游住宿碳排放

依据式 6—8, 计算得到 2000—2013 年旅游住宿碳排放总量。旅游住宿碳排放量从 2000 年的 124.44 万 t 上升到 2013 年的 183.89 万 t, 增长 47.77%。与旅游交通碳排放量整体呈现上升的趋势不同, 旅游住宿碳排放量呈现出波动变化的趋势(图 2)。

从地区旅游住宿碳排放量的变化情况来看, 河南、湖南、青海的变异系数位于前三位, 表明它们在 2000—2013 年的变动情况较大。北京、上海、广东变异系数则位于最后三位(表 5)。

### 2.1.3 游憩活动碳排放

依据式 9—11, 计算得到 2000—2013 年中国旅游者游憩活动碳排放量从 32.16 万 t 上升为 247.98 万 t(图 3), 增长 6.71 倍, 是旅游业碳排放中增长最快的部门, 但其碳排放总量是 3 个部门中最小的, 最高年份仅占旅游业碳排放总量的 5.97%。

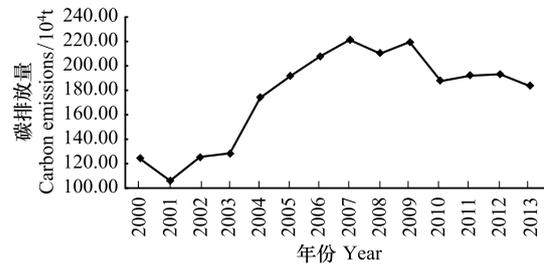


图 2 2000—2013 年中国旅游住宿碳排放总量估算  
Fig. 2 Estimation of Chinese tourism accommodation carbon emissions from 2000—2013

表 5 2000—2013 中国各省旅游住宿碳排放量均值及变异系数

Table 5 Mean and CV of tourism accommodation carbon emissions for provinces in China from 2000—2013

省份 Province	碳排放均值/10 thousand ton Mean of carbon emissions	变异系数 Coefficient of variation	省份 Province	碳排放均值/10 thousand ton Mean of carbon emissions	变异系数 Coefficient of variation
北京	13.67	0.1131	河南	7.88	0.4372
天津	1.67	0.1992	湖北	5.86	0.1860
河北	5.28	0.3699	湖南	7.69	0.3904
山西	3.96	0.3120	广东	15.63	0.2237
内蒙古	2.44	0.3216	广西	5.29	0.1784
辽宁	7.42	0.2791	海南	4.03	0.2065
吉林	2.44	0.1900	重庆	2.87	0.3743
黑龙江	2.96	0.2693	四川	5.71	0.2441
上海	6.90	0.1248	贵州	2.82	0.3853
江苏	11.62	0.3300	云南	7.51	0.3853
浙江	13.35	0.2516	陕西	4.12	0.3824
安徽	5.13	0.2581	甘肃	3.15	0.3202
福建	5.62	0.2358	青海	0.77	0.3880
江西	4.10	0.3618	宁夏	0.72	0.2786
山东	10.52	0.3602	新疆	5.10	0.3323

### 2.1.4 碳排放总量

依据式 2, 计算得到 2000—2013 年中国及各地区旅游业碳排放总量情况(表 6)。中国旅游业碳排放量从 2000 年的 1202.71 万 t 上升到 2013 年的 4151.57 万 t, 增长 2.45 倍, 其中 2013 年旅游业碳排放总量占全国碳排放总量的 0.42%。从各地区来看, 旅游业碳排放量均值最高的 3 个地区为广东、北京、上海, 碳排放量均值最低的 3 个地区为青海、宁夏、天津。从各地区变异系数值来看, 天津、重庆、青海碳排放总量离散程度最大。从旅游业各部门来看, 旅游交通碳排放量最高, 占到旅游业碳排放总量的 86.98%—90.33%, 这与 Gössling 等估算的旅游交通碳排放占旅游碳排放总量的 60%—95% 结果一致<sup>[3]</sup>。旅游住宿碳排放占到旅游业碳排放总量的 4.43%—10.35%, 游憩活动碳排放量则占到 2.67%—5.97%。

## 2.2 测度结果及比较

### 2.2.1 中国旅游业生态效率总体情况

通过查阅《中国旅游统计年鉴(2001—2014)》以及各省社会经济发展统计公报得到2000—2013年旅游收入数据,同时用2000—2013年CPI数据以及人民币对美元的平均汇率将旅游收入调整到以2000年为基期的旅游收入。依据式1,计算得到2000—2013年中国旅游业生态效率值(图4)。从结果来看,中国旅游业生态效率呈现持续改善的趋势,每创造1美元旅游收入的碳排放量由0.12 kg下降到0.03 kg。与全国单位GDP的碳排放强度值比较,即使考虑旅游业收入大于旅游业增加值这一因素,2000—2013年全国碳排放强度仍然远大于旅游业,由此可见旅游业相对于其他产业来说创造同样的经济价值所产生的环境影响更小。

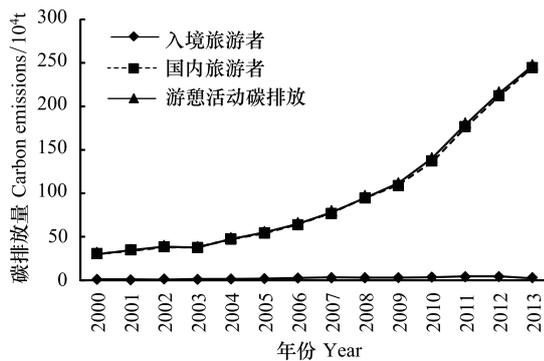


图3 2000—2013年中国游憩活动碳排放总量估算

Fig.3 Estimation of Chinese tourism activities carbon emissions from 2000—2013

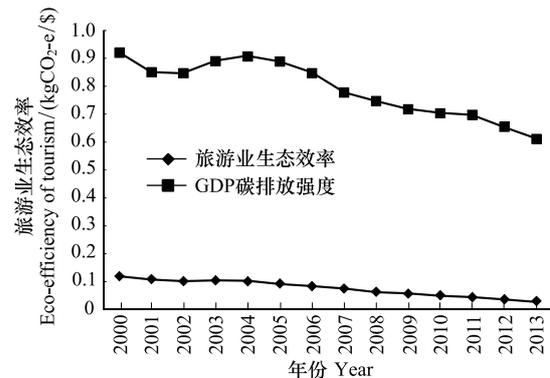


图4 2000—2013年中国旅游业生态效率

Fig.4 Eco-efficiency of tourism from 2000—2013 in China

表6 2000—2013年中国各省旅游碳排放量/(10 thousand ton)

Table 6 Tourism carbon emissions for provinces in China from 2000—2013

省份 Province	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
北京	73.99	85.43	96.11	92.17	172.10	180.48	205.63	227.99	228.32	249.70	312.79	343.04	360.47	370.60
天津	11.26	11.37	13.41	12.93	16.25	18.31	21.23	23.77	28.65	31.12	35.14	40.48	59.32	63.69
河北	58.51	66.82	67.74	59.48	72.55	76.70	84.04	111.82	84.33	91.04	99.18	116.57	123.51	116.22
山西	18.61	23.35	25.70	25.41	36.43	40.02	43.55	50.31	59.38	59.01	65.85	79.60	86.77	88.30
内蒙古	19.68	21.80	22.42	21.41	29.31	33.59	36.49	38.88	34.60	36.47	48.11	54.55	63.11	64.55
辽宁	63.58	60.80	63.02	61.66	78.86	76.35	86.19	93.94	101.18	105.66	112.81	118.33	125.23	127.20
吉林	17.68	17.10	21.82	20.75	24.96	26.21	27.01	32.35	39.27	40.87	45.78	49.51	50.40	45.69
黑龙江	31.07	30.89	32.99	36.95	43.66	46.40	53.71	61.98	61.51	72.33	78.79	88.13	99.70	104.62
上海	59.20	66.18	76.85	80.27	142.00	156.67	173.94	208.17	203.86	237.92	292.83	318.55	295.24	327.29
江苏	54.66	61.41	65.73	69.27	86.65	94.18	106.06	121.52	103.90	112.12	122.24	138.97	153.55	132.61
浙江	54.90	58.46	66.10	68.10	82.87	90.47	102.18	121.58	132.23	138.62	152.96	164.35	175.59	167.92
安徽	41.37	43.58	47.67	48.15	58.52	63.13	68.89	76.09	92.49	100.87	110.45	121.52	136.67	109.38
福建	38.10	37.48	38.89	39.02	46.86	51.74	58.13	67.40	67.25	74.62	84.50	96.42	106.36	114.70
江西	33.20	34.96	39.43	38.46	46.03	50.02	54.91	60.41	67.21	68.19	73.92	80.84	83.26	84.92
山东	55.20	59.04	65.32	64.88	79.83	93.69	109.77	127.58	160.88	184.98	197.10	213.34	227.87	234.59
河南	59.01	62.75	68.45	66.85	84.93	91.86	100.55	114.33	131.33	142.04	153.96	164.37	171.32	146.30
湖北	44.47	47.73	51.47	51.53	60.68	66.27	71.29	82.10	90.87	90.09	108.31	122.60	132.89	120.46
湖南	55.81	56.79	64.38	65.32	82.44	90.84	97.68	107.68	112.91	119.44	132.94	148.94	157.03	157.96
广东	125.19	131.26	153.14	146.85	186.54	259.08	286.26	338.05	338.49	379.76	445.30	496.09	549.32	591.52
广西	44.11	45.67	48.71	44.52	51.90	59.08	67.36	78.18	82.74	96.40	107.42	120.62	129.16	115.55
海南	24.86	25.79	28.72	27.12	35.17	37.04	53.55	60.38	86.21	78.48	82.63	94.19	102.36	114.85

续表

省份 Province	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
重庆	18.67	19.19	21.43	20.27	24.92	27.55	28.12	37.52	44.28	49.34	57.49	78.17	88.24	88.38
四川	57.05	59.91	67.99	65.89	83.86	94.24	109.43	123.48	127.78	148.05	130.33	188.45	204.15	216.17
贵州	24.65	26.26	27.78	28.35	35.25	40.12	46.23	50.95	53.80	61.01	70.01	83.22	96.06	108.17
云南	27.45	32.90	32.70	32.55	40.64	44.96	53.07	61.95	56.64	61.49	65.30	71.84	78.76	76.29
陕西	34.92	37.57	40.71	36.46	50.66	58.26	62.14	65.56	72.15	73.54	82.51	95.45	94.05	90.50
甘肃	21.76	23.35	23.72	23.96	27.74	28.87	33.50	36.85	41.59	45.49	49.24	55.81	59.82	56.74
青海	2.56	2.79	3.23	3.34	4.09	4.57	5.62	7.13	7.64	9.17	10.21	11.78	13.13	13.90
宁夏	4.38	4.18	4.29	4.30	5.67	6.12	6.89	7.97	9.24	10.66	12.43	14.32	15.75	15.62
新疆	26.81	27.63	29.84	31.93	39.43	43.19	48.03	53.77	56.44	58.42	64.19	71.77	83.85	86.85

### 2.2.2 地区间旅游业生态效率比较

通过计算得到 2000—2013 年各地区旅游业生态效率值(表 7)。从结果来看,天津、江苏、浙江旅游业生态效率均值最小,分别为 0.0236 kgCO<sub>2</sub>-e/\$、0.0370 kgCO<sub>2</sub>-e/\$ 和 0.0511 kgCO<sub>2</sub>-e/\$,说明这 3 个地区每创造 1 美元的旅游收入所产生的碳排放量最小,即生态效率最优。甘肃、海南、宁夏旅游业生态效率均值最大,分别为 0.3675 kgCO<sub>2</sub>-e/\$、0.2414 kgCO<sub>2</sub>-e/\$ 和 0.2168 kgCO<sub>2</sub>-e/\$,说明这 3 个地区每创造 1 美元的旅游收入所产生的碳排放量最大,即生态效率最差。

从各个地区 2000—2013 年旅游业生态效率变动的情况来看,天津、北京、上海、海南旅游业生态效率相对较为平稳,变化趋势较小,变异系数低于 0.2;内蒙古、贵州、甘肃、辽宁、吉林旅游业生态效率变化较大,变异系数超过 0.7;2000—2013 年,各地区旅游业生态效率整体上呈现下降的趋势,表明大部分地区旅游业生态效率得到了改善。其中内蒙古、贵州、吉林地区旅游业生态效率相对改善程度最大,分别改善了 15.51 倍、14.81 倍与 12.46 倍;旅游业生态效率绝对程度改善最大的则是甘肃、内蒙古、贵州,每创造 1 美元旅游收入碳排放量分别减少了 0.7231 kg、0.3584 kg 与 0.3035 kg。

表 7 2000—2013 中国各省旅游业生态效率/(kgCO<sub>2</sub>-e/\$)

Table 7 Eco-efficiency of tourism for provinces in China from 2000—2013

省份 Province	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
北京	0.0672	0.0625	0.0670	0.0884	0.1012	0.0926	0.0909	0.0825	0.0715	0.0698	0.0765	0.0690	0.0627	0.0626
天津	0.0294	0.0262	0.0265	0.0253	0.0259	0.0254	0.0259	0.0243	0.0226	0.0206	0.0198	0.0177	0.0207	0.0198
河北	0.2280	0.2243	0.2010	0.2398	0.1714	0.1433	0.1315	0.1466	0.1056	0.0876	0.0734	0.0616	0.0487	0.0360
山西	0.1894	0.1925	0.1681	0.2073	0.1509	0.1125	0.0811	0.0659	0.0556	0.0452	0.0411	0.0383	0.0302	0.0237
内蒙古	0.3815	0.2877	0.2253	0.1871	0.1673	0.1319	0.1037	0.0753	0.0512	0.0407	0.0445	0.0396	0.0353	0.0231
辽宁	0.2061	0.1610	0.1177	0.1147	0.1145	0.0851	0.0708	0.0546	0.0404	0.0324	0.0284	0.0229	0.0201	0.0169
吉林	0.2579	0.1692	0.1565	0.1212	0.1124	0.0937	0.0782	0.0702	0.0605	0.0481	0.0427	0.0344	0.0270	0.0192
黑龙江	0.1882	0.1431	0.1341	0.1377	0.1445	0.1358	0.1219	0.1098	0.0760	0.0760	0.0604	0.0552	0.0505	0.0468
上海	0.0539	0.0573	0.0538	0.0532	0.0799	0.0800	0.0799	0.0803	0.0719	0.0725	0.0649	0.0686	0.0511	0.0595
江苏	0.0699	0.0683	0.0593	0.0537	0.0500	0.0426	0.0378	0.0333	0.0225	0.0202	0.0177	0.0161	0.0149	0.0114
浙江	0.0962	0.0824	0.0770	0.0734	0.0612	0.0537	0.0482	0.0456	0.0408	0.0358	0.0313	0.0272	0.0231	0.0188
安徽	0.2143	0.1938	0.1825	0.2029	0.1823	0.1673	0.1334	0.1005	0.0870	0.0758	0.0650	0.0413	0.0330	0.0225
福建	0.1035	0.0898	0.0759	0.0834	0.0704	0.0619	0.0572	0.0511	0.0459	0.0450	0.0428	0.0390	0.0350	0.0311
江西	0.2040	0.1793	0.1708	0.1612	0.1582	0.1280	0.1119	0.0991	0.0834	0.0689	0.0612	0.0472	0.0475	0.0277
山东	0.1108	0.0989	0.0885	0.0937	0.0811	0.0739	0.0675	0.0587	0.0557	0.0515	0.0436	0.0372	0.0318	0.0269
河南	0.1368	0.1347	0.1284	0.1594	0.1110	0.0940	0.0771	0.0644	0.0573	0.0489	0.0454	0.0379	0.0321	0.0234
湖北	0.1304	0.1117	0.1045	0.1244	0.1225	0.1147	0.1053	0.0974	0.0848	0.0613	0.0502	0.0399	0.0294	0.0233

续表

省份 Province	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
湖南	0.3116	0.2234	0.2169	0.1840	0.1835	0.1643	0.1324	0.1120	0.0920	0.0742	0.0631	0.0540	0.0444	0.0365
广东	0.0901	0.0860	0.0864	0.0908	0.0928	0.1130	0.1076	0.1048	0.0881	0.0846	0.0792	0.0659	0.0469	0.0441
广西	0.1116	0.1082	0.1048	0.1297	0.1090	0.0987	0.0919	0.0825	0.0735	0.0939	0.0763	0.0655	0.0501	0.0348
海南	0.2621	0.2429	0.2493	0.2400	0.2623	0.2426	0.3010	0.2579	0.3116	0.2532	0.2171	0.2028	0.1704	0.1662
重庆	0.1041	0.0894	0.0808	0.0823	0.0794	0.0750	0.0648	0.0644	0.0548	0.0479	0.0424	0.0398	0.0342	0.0309
四川	0.1830	0.1579	0.1480	0.1296	0.1226	0.1070	0.0891	0.0770	0.0813	0.0687	0.0468	0.0507	0.0393	0.0352
贵州	0.3240	0.2667	0.2160	0.2010	0.1740	0.1309	0.0952	0.0754	0.0573	0.0518	0.0447	0.0376	0.0326	0.0205
云南	0.1076	0.1061	0.0934	0.0879	0.0912	0.0858	0.0847	0.0841	0.0601	0.0518	0.0439	0.0357	0.0292	0.0224
陕西	0.1925	0.1856	0.1801	0.1881	0.1393	0.1354	0.1183	0.0988	0.0826	0.0654	0.0568	0.0465	0.0347	0.0263
甘肃	0.7797	0.7741	0.6267	0.8387	0.4156	0.3784	0.3329	0.2416	0.2100	0.1612	0.1407	0.1092	0.0802	0.0567
青海	0.2022	0.1749	0.1791	0.1888	0.1675	0.1455	0.1255	0.1146	0.1119	0.1041	0.0973	0.0827	0.0674	0.0543
宁夏	0.3811	0.3136	0.2926	0.3460	0.3104	0.2827	0.2138	0.1916	0.1584	0.1364	0.1241	0.1101	0.0961	0.0778
新疆	0.3147	0.2861	0.2679	0.2851	0.2802	0.2550	0.2403	0.1992	0.1890	0.2145	0.1546	0.1220	0.0919	0.0799

从地区间差异来看,通过计算 2000—2013 年全国旅游业生态效率的变异系数(图 5),发现区域差异没有缩小,区域旅游业生态效率仍然存在着不平衡的问题。以 2000 年为例,旅游业生态效率最优的天津与最差的甘肃,创造 1 美元旅游收入所产生的碳排放量相差 0.7499 kg,接近 25.51 倍;到 2013 年,旅游业生态效率最优的江苏与最差的海南,创造 1 美元旅游收入所产生的碳排放量相差 0.1548 kg,大约 13.58 倍。

### 2.2.3 旅游业生态效率的空间差异

使用 Geoda1.6 对 2000—2013 年区域旅游业生态效率值进行 Univariate Moran's I 检验。通过计算,得到

Moran's I 散点图,见图 6。该图的第一象限表示旅游业生态效率高值地区被高值地区包围,即高高集聚(High-high);第二象限表示旅游业生态效率低值地区被高值地区包围,即低高集聚(Low-high);第三象限表示旅游业生态效率低值地区被低值地区包围,即低低集聚(Low-low);第四象限表示旅游业生态效率高值地区被低值地区包围,即高低集聚(High-low)。

根据图 6 的结果整理得到表 8,2000 年中国各地区旅游业生态效率呈现显著的高高集聚与低低集聚,旅游业生态效率的空间差异与地区经济发展程度高度相关,生态效率低值地区,即生态效率好的地区几乎全分布在沿海地区与经济发展较好的地区,而生态效率高值地区则全部为中西部经济发展滞后地区。2005 年,中国各地区旅游业生态效率空间集聚发生了一定的变化,四川、辽宁、吉林由高高集聚变为低高集聚,即它们的旅游业生态效率相对于周边地区得到了改善;天津、河南由低低集聚变为低高集聚,表明它们相对于周边地区生态效率改善更快;云南由低高集聚变为低低集聚,表明它周边地区的生态效率改善程度要快于它本身生态效率的提升;高低集聚地区维持不变,表明河北、贵州、湖南、江西、海南、安徽旅游业生态效率改善程度相对于周边区域要慢。2010 年,全国除海南以外的地区旅游业都进入可持续发展状态,地区的旅游业生态效率集聚模式发生较大的变迁,同时相比于 2000 年和 2005 年,该年的莫兰指数只有 0.1149,地区旅游业生态效率的空间关系减弱。2013 年,莫兰指数进一步下降到 0.0278,相对于 2010 年,陕西由低高集聚变为低低集聚,广西、安徽、江西由高低集聚变为低低集聚,旅游业生态效率的空间集聚性进一步减弱。

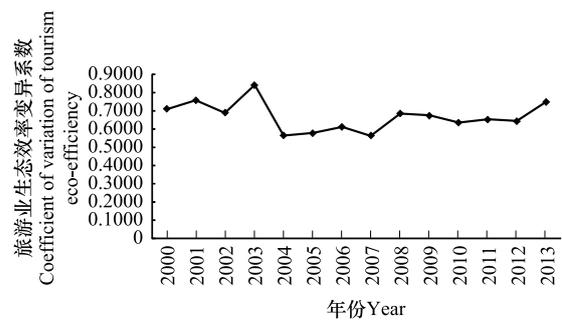


图 5 2000—2013 年中国各地区旅游业生态效率变异系数  
Fig.5 CV of tourism eco-efficiency from 2000—2013 in China

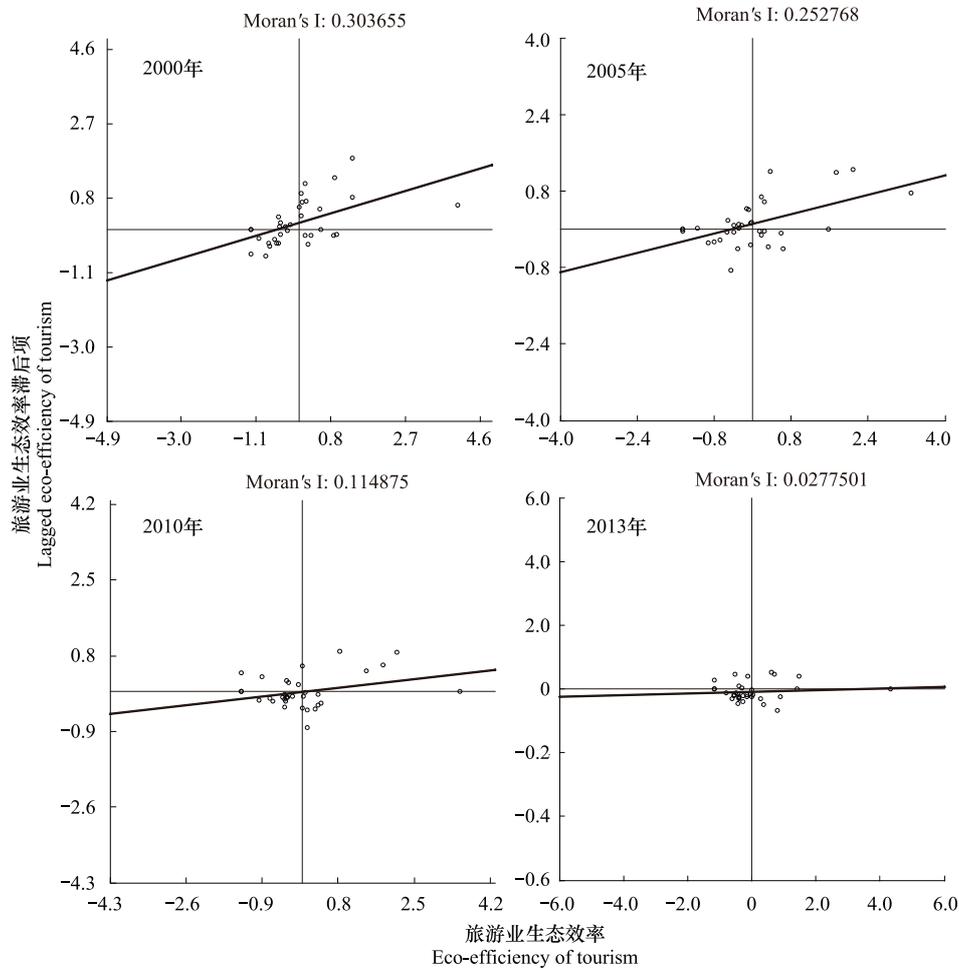


图 6 莫兰指数散点图(2000,2005,2010,2013)

Fig.6 Scatter plot of Moran's I (2000, 2005, 2010, 2013)

表 8 中国各地区旅游业生态效率集聚模式(2000,2005,2010,2013)

Table 8 Cluster pattern of tourism efficiency for provinces in China (2000,2005,2010,2013)

年份 Year	高高集聚 High-high cluster	低高集聚 Low-high cluster	低低集聚 Low-low cluster	高低集聚 High-low cluster
2000	新疆、甘肃、内蒙古、青海、四川、宁夏、陕西、山西、黑龙江、辽宁、吉林	云南、广西、重庆、湖北	北京、天津、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、河南	河北、贵州、湖南、江西、海南、安徽
2005	新疆、甘肃、内蒙古、青海、宁夏、陕西、黑龙江	四川、重庆、湖北、河南、山西、辽宁、吉林、天津、广西	北京、山东、江苏、上海、浙江、福建、广东、云南	河北、贵州、湖南、江西、安徽、海南
2010	新疆、甘肃、青海、宁夏	内蒙古、陕西、四川、天津	辽宁、吉林、山西、河南、湖北、重庆、贵州、云南、山东、江苏、浙江、福建	海南、广西、湖南、江西、安徽、河北、上海、广东、黑龙江、北京
2013	新疆、甘肃、青海、宁夏	内蒙古、陕西、天津	辽宁、吉林、山西、河南、湖北、重庆、贵州、云南、四川、广西、山东、江苏、浙江、福建、江西、安徽	海南、黑龙江、北京、上海、广东、河北、湖南

2.2.4 旅游业生态效率的国际比较

在 Gössling 等的研究中,他指出旅游业生态效率评价的根本目的在于将其作为一种工具用来衡量旅游业的可持续发展程度。世界可持续发展的生态效率值为 0.2339 kgCO<sub>2</sub>-e/ \$ ,因此可用这个值作为参考来判断

我国旅游业的可持续发展水平。

从全国总体情况来看,2000—2013 年中国旅游业一直处于可持续发展状态。同期的全国单位美元 GDP 平均碳排放强度一直高于  $0.2339 \text{ kgCO}_2\text{-e}/\text{\$}$ ,说明中国旅游业整体可持续水平要优于其他产业,同时也表明旅游业在经济发展与环境影响方面比其他产业具有更好的效率。

从全国各地情况来看,大部分地区的旅游业生态效率都得到了改善。2000 年全国有甘肃、内蒙古、宁夏、贵州、新疆、湖南、海南、吉林 8 个地区旅游业生态效率高于可持续发展的阈值;到 2009 年,全国仅海南一个地区旅游业生态效率高于可持续发展阈值;从 2010 年开始,全国所有地区旅游业均进入可持续发展状态。海南旅游业生态效率相对其他地区偏高的主要原因在于海南是海岛型旅游目的地,飞机是旅游者进出岛的主要交通工具,因而旅游者人均碳排放量较高,2013 年海南岛的旅游者人均旅游碳排放达到  $31.27 \text{ kg}$ ,位居全国第一。

### 3 结论与讨论

#### 3.1 结论

##### 3.1.1 旅游业的环境影响不容忽视,旅游业部门碳排放差异明显

传统的观点认为旅游业是无烟产业<sup>[37]</sup>,研究显示中国旅游业碳排放量一直呈现上升趋势,旅游业的碳排放总量绝对值依然较大,至 2013 年达到 4151.57 万 t。旅游业的碳排放中,交通、住宿和游憩活动 3 个部门之间碳排放量差异巨大,旅游交通部门几乎占到了碳排放量的 90%,旅游住宿与游憩活动合计只占碳排放量的 10%左右。造成这种结果的原因,一方面是由于地区旅游交通可达性不一样,导致旅游者交通工具的选择差异较大;另一方面由于国内出台的关于旅游交通的政策性文件较少,自 1949 年以来,只有 14 个与旅游交通相关的文件,因而在政策驱动减排上力度不够。

##### 3.1.2 旅游业生态效率总体趋于改善,旅游业生态效率仍不平衡

研究显示 2000—2013 年我国旅游业生态效率值总体呈现下降的趋势,由 2000 年的  $0.1193 \text{ kgCO}_2\text{-e}/\text{\$}$  下降为 2013 年的  $0.0309 \text{ kgCO}_2\text{-e}/\text{\$}$ ,表明我国旅游业生态效率不断趋于改善。这与这一时期我国对旅游业的重视程度密不可分。自 2000 年开始,国务院、原国家旅游局等部门出台了 136 个与旅游有关的政策性文件<sup>[38]</sup>,其中最为重要的便是 2009 年的国务院 41 号文件,这些政策性文件极大的促进了我国旅游业的快速平稳发展,国内旅游迎来了蓬勃发展时期。

同时,从区域差异的角度来看,在时间维度上,中国各地区旅游业生态效率的变异系数呈现不平稳的波动趋势,最大值年份为 2003 年的 0.8415,最小值为 2007 年的 0.5647;2013 年的变异系数为 0.7483,2000 年的为 0.7114,表明各地区旅游业生态效率差异反而扩大了。在空间维度上,各地区旅游业生态效率的集聚模式发生了明显的变化。新疆、甘肃、青海、宁夏一直位于高高集聚区;山东、江苏、浙江、福建一直位于低低集聚区;河北、湖南、海南一直位于高低集聚区;其他地区的旅游业生态效率空间集聚模式均发生了变化。

##### 3.1.3 旅游业发展质量持续提升,旅游业进入可持续发展阶段

通过与世界可持续发展的生态效率值比较,我国旅游业一直处于可持续发展状态,这表明中国旅游业既做大了规模,产业质量也不断提升。从各个地区的情况来看,2010 年之后所有地区旅游业进入可持续发展阶段。与其他行业比较,旅游业的碳排放总量相对较小。据国家统计局测算,2014 年旅游业增加值占 GDP 比重为 4.33%,而 2013 年旅游业碳排放量仅占全国的 0.42%,由此可见旅游业具有资源消耗低,综合效益高的特点。

#### 3.2 讨论

从旅游业生态效率测度方法来看,由于采用的是“自下而上”的方法估算旅游业碳排放,因此数据统计的全面性与广泛性将决定研究的精确性。国内统计数据中对于旅游的统计仍不全面,因此本研究在进行碳排放估算时可能由于口径较窄而漏掉一部分碳排放。与 Qiu 等<sup>[16]</sup>、石培华等<sup>[27]</sup>对中国旅游业碳排放估算结果相

比,由于考虑到地区能源消费结构的差异,碳排放总量要小于上述研究。

从旅游业生态效率测度的结果来看,随着时间的变化,我国各地区旅游业生态效率总体差距仍然存在,但经济欠发达地区相对于经济发达地区旅游业生态效率改善拥有后发优势,旅游业生态效率绝对改善状况明显。这主要是由于旅游业对于经济欠发达地区来说是重要的经济增长点,因而作为区域的支柱性产业来发展。而对于经济发达地区,旅游业对于经济的贡献不如欠发达地区重要,因而旅游业生态效率的改善空间要滞后于欠发达地区。但由于经济发达地区的要素禀赋优势,它们是国内最早进入旅游业可持续发展状态的地区。

从旅游业生态效率优化与提升路径来看,旅游业生态效率的改善既有赖于旅游业收入的增加,同时更重要的是减少旅游业碳排放。而旅游业减排的关键在于旅游者的“食住行游购娱”各个环节,企业、景区等应从旅游供给侧进行改革,提供低碳旅游产品;旅游者应普及低碳旅游与环保意识,减少每次旅游活动的碳排放。另外,交通作为旅游碳排放的主要构成部分,应强化交通运输企业主动减排的意识。

#### 参考文献 (References):

- [ 1 ] Schaltegger S, Sturm A. Ökologische Rationalität. Die Unternehmung, 1990, 4(4): 273-290.
- [ 2 ] World Business Council for Sustainable Development. Eco-efficient: leadership for improved economic and environmental performance. Geneva: WBCSD, 1995.
- [ 3 ] Gössling S, Peeters P, Ceron J P, Dubois G, Patterson T, Richardson R B. The eco-efficiency of tourism. Ecological Economics, 2005, 54(4): 417-434.
- [ 4 ] Fernández-Viñé M B, Gómez-Navarro T, Capuz-Rizo S F. Eco-efficiency in the SMEs of Venezuela. Current status and future perspectives. Journal of Cleaner Production, 2010, 18(8): 736-746.
- [ 5 ] Zhang B, Bi J, Fan Z Y, Yuan Z W, Ge J J. Eco-efficiency analysis of industrial system in China: a data envelopment analysis approach. Ecological Economics, 2008, 68(1/2): 306-316.
- [ 6 ] Robaina-Alves M, Moutinho V, Macedo P. A new frontier approach to model the eco-efficiency in European countries. Journal of Cleaner Production, 2015, 103: 562-573.
- [ 7 ] 尹科, 王如松, 周传斌, 梁菁. 国内外生态效率核算方法及其应用研究述评. 生态学报, 2012, 32(11): 3595-3605.
- [ 8 ] Hahn T, Figge F, Liesen A, Barkemeyer R. Opportunity cost based analysis of corporate eco-efficiency: a methodology and its application to the CO<sub>2</sub>-efficiency of German companies. Journal of Environmental Management, 2010, 91(10): 1997-2007.
- [ 9 ] 张晓娣. 生态效率变动的产业及要素推动: 基于投入产出和系统优化模型. 自然资源学报, 2015, 30(5): 748-760.
- [ 10 ] 关伟, 许淑婷. 中国能源生态效率的空间格局与空间效应. 地理学报, 2015, 70(6): 980-992.
- [ 11 ] 成金华, 孙琼, 郭明晶, 徐文赟. 中国生态效率的区域差异及动态演化研究. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(1): 47-54.
- [ 12 ] 刘军, 马勇. 旅游可持续发展的视角: 旅游生态效率的一个综述. 旅游学刊, 2017, 32(9): 47-56.
- [ 13 ] 李鹏, 杨桂华, 郑彪, 张一群. 基于温室气体排放的云南香格里拉旅游线路产品生态效率. 生态学报, 2008, 28(5): 2207-2219.
- [ 14 ] Perch-Nielsen S, Sesartic A, Stucki M. The greenhouse gas intensity of the tourism sector: the case of Switzerland. Environmental Science & Policy, 2010, 13(2): 131-140.
- [ 15 ] Bruijn de K, Dirven R, Eijgelaar E, Peeters P, Nelemans R. The Carbon Footprint of Dutch Holidaymakers in 2011 and the Development Since 2002. Breda, Netherlands: NHTV Breda University for Applied Sciences, 2013.
- [ 16 ] Qiu X P, Fang Y P, Yang X T, Zhu F B. Tourism eco-efficiency measurement, characteristics, and its influence factors in China. Sustainability, 2017, 9(9): 1634.
- [ 17 ] Kytzia S, Walz A, Wegmann M. How can tourism use land more efficiently? A model-based approach to land-use efficiency for tourist destinations. Tourism Management, 2011, 32(3): 629-640.
- [ 18 ] 刘佳, 陆菊. 中国旅游产业生态效率时空分异格局及形成机理研究. 中国海洋大学学报: 社会科学版, 2016, (1): 50-59.
- [ 19 ] Liu J, Zhang J F, Fu Z B. Tourism eco-efficiency of Chinese coastal cities - analysis based on the DEA-Tobit model. Ocean & Coastal Management, 2017, 148: 164-170.
- [ 20 ] 彭红松, 章锦河, 韩娅, 汤国荣, 张瑜. 旅游地生态效率测度的 SBM-DEA 模型及实证分析. 生态学报, 2017, 37(2): 628-638.
- [ 21 ] Kelly J, Haider W, Williams P W, Englund K. Stated preferences of tourists for eco-efficient destination planning options. Tourism Management, 2007, 28(2): 337-390.

- [22] Reilly J, Williams P, Haider W. Moving towards more eco-efficient tourist transportation to a resort destination; the case of Whistler, British Columbia. *Research in Transportation Economics*, 2010, 26(1): 66-73.
- [23] 姚治国. 低碳旅游生态效率研究[D]. 天津: 天津大学, 2013.
- [24] 肖建红, 于爱芬, 王敏. 旅游过程碳足迹评估——以舟山群岛为例. *旅游科学*, 2011, 25(4): 58-66.
- [25] 甄翌. 基于温室气体排放的旅游目的地旅游生态效率研究——以张家界为例. *安徽农业科学*, 2013, 41(8): 3485-3487.
- [26] 蒋素梅, 幸岭. 旅游业生态效率研究——以昆明市为例. *旅游研究*, 2014, 6(2): 14-19.
- [27] 石培华, 吴普. 中国旅游业能源消耗与 CO<sub>2</sub> 排放量的初步估算. *地理学报*, 2011, 66(2): 235-243.
- [28] 袁宇杰. 中国旅游间接能源消耗与碳排放的核算. *旅游学刊*, 2013, 28(10): 81-88.
- [29] 肖潇, 张捷, 卢俊宇, 钟士恩, 尹立杰. 旅游交通碳排放的空间结构与情景分析. *生态学报*, 2012, 32(23): 7540-7548.
- [30] 姚治国, 陈田. 旅游生态效率模型及其实证研究. *中国人口·资源与环境*, 2015, 25(11): 113-120.
- [31] 岳婷, 龙如银. 中国省域生活能源碳排放空间计量分析. *北京理工大学学报: 社会科学版*, 2014, 16(2): 40-46.
- [32] Li G D, Fang C L. Analyzing the multi-mechanism of regional inequality in China. *The Annals of Regional Science*, 2014, 52(1): 155-182.
- [33] Huppes G, Ishikawa M. Eco-efficiency and its terminology. *Journal of Industrial Ecology*, 2005, 9(4): 43-46.
- [34] 魏艳旭, 孙根年, 马丽君, 李静. 中国旅游交通碳排放及地区差异的初步估算. *陕西师范大学学报: 自然科学版*, 2012, 40(2): 76-84.
- [35] Carlsson-Kanyama A, Lindén A. Travel patterns and environmental effects now and in the future: implications of differences in energy consumption among socio-economic groups. *Ecological Economics*, 1999, 30(3): 405-417.
- [36] Becken S, Frampton C, Simmons D. Energy consumption patterns in the accommodation sector—the New Zealand case[J]. *Ecological Economics*, 2001, 39(3): 371-386.
- [37] 邢丽涛. 倡导绿色旅游消费发挥无烟产业优势. *中国旅游报*, 2017-01-19(01).
- [38] 唐晓云. 中国旅游发展政策的历史演进(1949—2013)——一个量化研究的视角. *旅游学刊*, 2014, 29(8): 15-27.