

DOI: 10.5846/stxb201312273041

孙晋坤, 章锦河, 刘泽华, 李曼, 杨璐. 区域旅游交通碳排放测度模型及实证分析. 生态学报, 2015, 35(21): - .

Sun J K, Zhang J H, Liu Z H, Li M, Yang L. Estimation model of carbon dioxide emissions by regional tourism transportation and empirical analysis of Nanjing and Huangshan cities, China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(21): - .

区域旅游交通碳排放测度模型及实证分析

孙晋坤, 章锦河*, 刘泽华, 李曼, 杨璐

南京大学国土资源与旅游学系, 南京 210023

摘要: 交通是旅游业发展的基础, 旅游交通的碳排放是旅游业碳排放的主体部分。合理配置区域旅游交通是旅游业可持续发展的重要保障。本文从区域的角度出发, 构建区域旅游交通碳排放测算模型, 并以南京市和黄山市为例进行分析。研究发现: (1) 区域经济和旅游发展水平是影响旅游交通碳排放的重要因素, 且经济发展水平和旅游发展水平对旅游交通碳排放“贡献”的大小和方向不同; (2) 区域旅游交通碳排放主要在区外, 区内比例较小。2008 至 2012 年, 南京市旅游交通碳排放中区外部分所占比例平均达到 89.13%, 黄山市平均达到 90.21%, 两城市区外与区内部分之比均约为 9:1; (3) 区域旅游交通碳排放结构中, 民航所占比重最大, 其次是公路和铁路, 区域交通结构的优化有利于旅游交通碳排放的减少; (4) 区域各类交通方式中, 外部交通的碳排放中旅游业的贡献较大, 而城市内部交通的碳排放中旅游业的贡献较小。

关键词: 旅游交通; 碳排放; 相对使用率; 综合碳排放系数; 南京市; 黄山市

Estimation model of carbon dioxide emissions by regional tourism transportation and empirical analysis of Nanjing and Huangshan cities, China

SUN Jinkun, ZHANG Jinhe*, LIU Zehua, LI Man, YANG Lu

Department of Land Resource and Tourism Sciences, Nanjing University, Nanjing 210023, China

Abstract: Transportation is the foundation of the tourism industry; yet, transportation accounts for a significant amount of energy consumption and greenhouse gas emissions by the tourism industry. Among the greenhouse gases, carbon dioxide is the main contributor to global warming. Implementing environmentally friendly regional transportation is essential to promote the sustainability of tourism. Scientifically designed, low-carbon emission and green transportation represent great opportunities and challenges to tourism. Thus, the analysis of carbon dioxide emissions by tourism transportation presents an urgent theoretical and practical problem. Carbon dioxide emissions by regional tourism transportation include two components: a tourism part and a non-tourism part. The key and difficult step of this research is how to separate the tourism emission part from the total carbon dioxide emissions of regional tourism transportation. From a top-down perspective, this study constructed a model to estimate the carbon dioxide emissions of regional tourism transportation, and made an empirical comparison between Nanjing and Huangshan cities, with the former city containing more economic and tourism development than the latter. It was found that regional economic and tourist development levels represent important factors that influence the carbon dioxide emissions of tourism transportation. The sizes and orientations of the contribution of regional economic and tourist development levels differed. The carbon dioxide emissions from tourism transportation in Nanjing were 9.72×10^5 t and 1.33×10^5 t in Huangshan during 2012. In parallel, regional economic and tourism influenced carbon dioxide emissions from tourism transportation, which were related to the regional development level. The elasticity coefficient of the economy to

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41271161, 40971301)

收稿日期: 2013-12-27; 网络出版日期: 2015-04-14

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangjinhe@nju.edu.cn

carbon dioxide emissions from regional tourism transportation in Nanjing was greater than that of tourism. In contrast, the opposite trend was documented in Huangshan, with an elasticity coefficient of more than 1. The average per capita carbon dioxide emissions of tourism transportation in Nanjing and Huangshan were 10.09 kg and 3.31 kg from 2009 to 2012. It was also found that the carbon dioxide emissions of regional tourism transportation had a significant effect on the inter-region, where most carbon dioxide emissions occurred. From 2008 to 2012, an annual average of 89.13% and 90.21% carbon dioxide emissions by tourism transportation occurred in the inter-region of Nanjing and Huangshan, respectively. In the structure of tourist carbon dioxide emissions by different types of regional transport modes, the civil aviation, highway, and railway had the greatest quantity of emissions, while tourism carbon dioxide emissions by different types of regional transport modes increased to differing degrees. To optimize the structure of regional tourism transportation, it is better to cut down carbon dioxide emissions from regional tourism transportation. Statistical analysis showed that the diversity index of tourism carbon dioxide emissions from regional types of transport modes were higher in Nanjing compared to Huangshan. Yet, the composite carbon emissions indexes were the opposite. In all types of regional transport modes, external transportation contributed more to tourism than internal transportation. When taking the railway and civil aviation as examples, these two transport modes contributed 30% and 40%, respectively, in Nanjing and over 60% and 80%, respectively, in Huangshan. However, there were also differences among regions and periods. The government should take policy effectively to adjust and improve the allocation of city transportation to reduce tourism carbon dioxide emissions of transportation. The society, economy, and tourism would be much more sustainable by implementing special planning for city transportation and designing special tour lines for urban traffic.

Key Words: tourism transportation; carbon dioxide emissions; relative usage index; comprehensive carbon emissions index; Nanjing city; Huangshan city

低碳发展是未来旅游业的必然选择,绿色旅游交通在其中扮演重要角色^[1]。气候变化与节能减排是当今世界关注的热点问题,与全球可持续发展密切相关。其中,CO₂的排放是气候变化与节能减排问题中的重要因素,其研究受到各界学者的强烈关注^[2-7]。世界旅游组织统计数据表明,旅游活动所产生的温室气体占全球温室气体排放总量的4%-6%,若不采取相关措施,在未来的30年内,其温室气体排放总量将增加1.5倍。可见,旅游产业中的CO₂排放不容小觑。交通是旅游业发展的基础,是旅游业中碳排放的重要来源^[8-12]。如今我国处于深化社会发展的重要转型时期,科学发展,低碳旅游,绿色交通,是旅游业面临的重要机遇与挑战,如何科学分析旅游业中交通运输的CO₂排放成为亟待解决的理论与实践问题^[13]。

各界学者对旅游交通的碳排放问题十分关注,并取得了积极的进展。目前国内外研究主要包括以下三个方面:一是旅游交通碳排放的环境影响评估^[14-19],二是不同旅游交通方式的碳排放测算^[20-25],三是单个景区内部的交通碳排放测算或从客源地到目的地过程中的交通碳排放测算^[26-30]。但以区域为空间尺度的各类交通的旅游碳排放测算研究则相对薄弱,文章较少^[31-35]。从行政区域的角度估算旅游交通碳排放并对不同案例地进行对比分析,适合行政区域特点鲜明的国情现状,便于采取有效的管理措施。所以,本文从区域的角度出发,采用“自上而下”的研究方法,构建区域旅游交通碳排放测算模型,对区域内与旅游业密切相关的火车、轮船、飞机、客运汽车、公交车、出租车、地铁、自驾车等能源消费过程中排放的CO₂量进行估算,并以南京市和黄山市为例进行实证与对比,拟回答以下四个问题:(1)区域经济、旅游发展水平与区域旅游交通碳排放有何关系?(2)区域旅游交通碳排放对区外有何影响?(3)区域中交通方式的旅游碳排放结构有何特点?(4)不同交通方式的碳排放中旅游业贡献了多少?在此基础上,以期揭示区域内旅游交通碳排放的特点及规律,找出旅游交通低碳发展的关键因素和控制措施,丰富旅游交通碳排放研究的视角与方法,并推动旅游业的可持续发展。

1 研究设计

1.1 研究思路

区域旅游活动是个复杂的过程,旅游交通亦是如此。区域的交通碳排放可划分为旅游部分和非旅游部分,将旅游部分从区域交通中剥离出来是区域旅游交通碳排放研究的关键步骤。由于旅游活动的跨区域性以及交通的跨区域性,区域旅游交通的碳排放应从区域游客活动的完整性角度进行测算,可分为区内碳排放和区外碳排放两部分。区内部分主要从各种交通方式的区内碳源点的角度进行计算,区外部分主要从区域旅游交通碳排放的区外影响角度进行计算。区内部分和区外部分之和就是区域旅游交通碳排放总量。

区外旅游交通碳排放是指游客使用交通工具时在区域外的 CO_2 排放量。区外旅游交通的类别一般按交通方式划分。旅游者从客源地到目的地,需借助航空、铁路、公路与水运等交通方式实现空间转移,而上述交通方式主要在区外运营,从客源地到达目的地的过程中排放的 CO_2 将对区外环境产生负面影响。

区内旅游交通碳排放是指游客使用交通工具时在本区域内的 CO_2 排放量。值得说明的是,从客源地到达目的地的火车、飞机和轮船虽在区内有一定的运营里程,但较小,可忽略其在区内的碳排放部分;长途客运汽车、私家车等公路运输工具在区内有较大的运营里程,需计算其区内部分碳排放。此外,区内旅游交通的类别则按交通工具划分,即从碳源点的角度来看,区内旅游交通工具包括长途客运汽车(区内部分)、私家车(区内部分)、摩托车(区内部分)、公交车、出租车、地铁、自行车、步行等,其中自行车和步行的方式碳排放为零,私家车和摩托车可统称为自驾车。

综上所述,区域旅游交通碳排放总量、区内旅游交通碳排放、区外旅游交通碳排放三个方面构成了区域旅游交通碳排放研究的框架体系(图 1),从一个新的角度解释了区域旅游交通的碳排放问题。

1.2 模型构建

从数据来源角度可将不同的碳排放测算方法分为“自上而下”和“自下而上”两种,而由于后者较多的估算环节会影响测算结果的准确性,且不利于横向比较。本文采用“自上而下”的测算方法,从宏观方面的统计数据对区域旅游交通的碳排放进行分析。鉴于区域各交通方式统计数据的不同,采用不同的 CO_2 排放量的测算模型。

模型构建面临的第一个问题是交通工具使用主体的界定。区外交通(客源地到目的地的往返)工具的使用主体包括旅游者和非旅游者,其比例可通过抽样调查获取。区内交通工具的使用主体包括旅游者和常住居民,其中旅游者包括外地游客和本地游客。

在区内旅游交通碳排放方面,如何确定旅游者和常住居民的交通工具使用率是难点。以往研究中较多采用游客和居民的运量规模进行剥离,但该方法忽略了由于乘坐时间的不同而造成的区域内游客和居民对交通工具使用存在的实际差异。本文从乘坐时间的角度,分别调查游客和居民在一天之内对区内各种交通工具的乘坐时间,从而得出游客相对于居民对各种交通方式的相对使用率,用 F_i 表示(i 表示第 i 种交通方式)。通过 F_i 可将游客对 i 种交通工具使用的人天数转换为当地居民使用的人天数,从而将游客对区内交通的使用部分剥离出来。假定居民每年在本区域内居住 365 天,则区内旅游交通碳排放可以表示为:

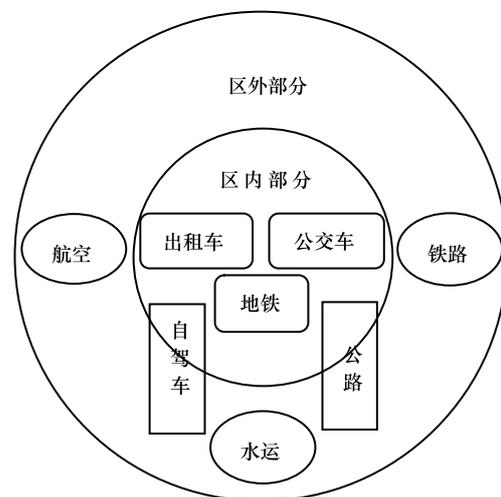


图 1 区域旅游交通碳排放测算概念模型

Fig. 1 The conceptual model of estimating regional CO_2 emissions of tourism transportation

$$C_{intra-regional} = \sum \frac{NDF_i}{365P - N_r + NDF_i} C_i \quad (1)$$

其中, $C_{intra-regional}$ 是旅游交通碳排放的区内部分, N 是区域年游客量, D 是区域游客年平均停留天数, F_i 是一天之内游客相对于居民对 i 种交通方式的相对使用率, P 是区域内年末常住人口数量, N_r 是本地游客的年人次(因本地游客的平均停留天数为 1, 故 N_r 等同于本地游客的年人天数), C_i 是 i 种交通方式碳排放总量。由于“自上而下”的测算方法需要各交通方式每年的能源消耗数据或者旅客周转量数据, 不同交通方式的统计的口径数据也有所不同, 客运汽车方面的统计数据是旅客周转量, 自驾车、公交车、出租车和地铁方面的统计数据是能源消费量, 所以对区内交通的碳排放总量估算需通过以下两种方法(式 2, 式 3):

$$C_i = \sum P_{ki} \beta_i \quad (2)$$

其中, P_{ki} 是 i 种交通方式的年游客周转量, β_i 是 i 种交通方式的 CO_2 排放系数。或:

$$C_i = \sum E_{ij} \gamma_j \quad (3)$$

其中, E_{ij} 是 i 种交通方式 j 种能源的年消费量, γ_j 是 j 种能源的 CO_2 排放系数。

在区外旅游交通碳排放方面, 适宜采用现场调查的方法在火车站、飞机场和码头统计出不同月份旅客中游客的比例, 从而将区外交通中旅游碳排放剥离出来。长途客运汽车和自驾车的区外碳排放部分仍采用公式(1)的剥离方法。航空、铁路和水运三种交通工具的统计数据均是旅客周转量, 所以区外旅游交通碳排放可表示为:

$$C_{inter-regional} = C_i \lambda_i \quad (4)$$

其中, $C_{inter-regional}$ 是旅游交通碳排放的区外部分, λ_i 是 i 种交通方式乘客中旅游者的比例。 C_i 的计算仍然根据不同的统计数据采用式(2)或式(3)的方法。

然而, 受国内城市统计年鉴中交通旅客周转量统计口径的限制: 公路(主要指客运汽车)方面, 遵循属地统计的原则, 即只抽样调查统计本市户籍的车辆在一年中的运营情况(包括区内和区外运输); 铁路方面, 遵循境内统计的原则, 区域内的铁路线长度是计算铁路旅客周转量的基础, 只统计列车在市域内铁路线上行驶时的旅客周转量; 航空方面, 航空周转量这一指标的使用是为地方统计 GDP 服务的, 一直延续至今, 其统计范围只包括在本城市设有航空分公司的航班, 其他航班的运营情况并不在本市的统计范围之内。这三种交通方式的统计口径均与本文的计算口径相差较大, 在区域交通研究中存在很大问题, 不能直接采用。但是, 城市公路旅客发送量的抽样调查数据、铁路旅客发送量数据以及航空旅客发送量数据与本文的计算口径较为符合, 可通过全国公路、铁路、航空旅客周转量和旅客发送量得出旅客平均运距, 进而估算出各城市公路、铁路和航空的旅客周转量。

区域旅游交通碳排放总量即是区内部分与区外部分之和, 可表示为:

$$C_t = C_{intra-regional} + C_{inter-regional} \quad (5)$$

其中, C_t 是区域旅游交通碳排放总量。

1.3 多样性指数和优势度指数

旅游交通碳排放的多样性指数和优势度指数借助生物学中生物多样性指数和生物优势度指数的概念, 用来表示旅游交通碳排放的多样性和集中性, 其计算公式如下:

$$D = - \sum p_i \ln p_i \quad (6)$$

其中, D 为区域旅游交通碳排放的多样性指数, p_i 为区域中各类交通方式的碳排放量占区域旅游交通碳排放的比例。

$$A = \left(- \sum \frac{1}{n} \ln \frac{1}{n} \right) - D \quad (7)$$

其中, A 为区域旅游交通碳排放的优势度指数, n 为区域中交通方式的种类, D 为区域旅游交通碳排放的多样性指数。

2 实证分析

2.1 案例地选择

南京市历史悠久,长三角地区核心城市之一,下辖 11 个区,2012 年末常住人口 816.1 万人,面积 6587.02 km²,2012 年接待国内外游客约 8113 万人次;黄山市地处安徽省最南端,下辖 3 区 4 县,2012 年末常住人口 147.28 万人,面积 9807 km²,2012 年接待国内外游客约 4315 万人次。南京市和黄山市在常住人口、市域面积、经济发展水平、交通发达程度、旅游发展方式等方面具有较大的差别(表 1),且两者都是国内同等级别的城市中旅游业发展较好的城市,具有一定的代表性与突出性,由此选择南京市和黄山市作为本研究的案例地。通过对不同经济、旅游发展水平城市的旅游交通碳排放的测算,以揭示不同区域旅游交通碳排放的特点及规律,找出旅游交通低碳发展的关键因素和控制措施。

表 1 南京市与黄山市 2012 年相关数据对比
Table 1 Data contrast between Nanjing and Huangshan in 2012

指标 Indicator	南京市	黄山市
常住人口/万人 Population/10 ⁴	816.1	147.28
GDP/亿元 GDP/10 ⁹ yuan	7201.57	424.90
旅游业收入/亿元 Tourism revenues/10 ⁹ yuan	1272.50	303.00
游客数/万人次 Tourists/10 ⁴ person-time	8113.16	3641.30
公路旅客周转量/10 ⁹ pkm * Highway passenger-kilometers	220.76	14.12
铁路旅客周转量/10 ⁹ pkm Railway passenger-kilometers	158.91	4.28
航空旅客周转量/10 ⁹ pkm Civil aviation passenger-kilometers	103.91	8.60
公交车数/辆 Bus/vehicle	6569	365
出租车数/辆 Taxi/ vehicle	10643	847
地铁数/辆 Metro/ vehicle	480	0

数据来源:南京市和黄山市 2012 年国民经济和社会发展统计公报

*注:pkm 为旅客周转量的计量单位,即每人每公里

2.2 数据来源与处理

区域旅游交通碳排放的测算与对比所需数据主要来自五个方面:一是中国、南京市和黄山市近五年统计年鉴及社会经济发展统计公报,主要包括公路、铁路、水运、航空的旅客周转量和发送量数据,以及常住人口数据。其中,由于城市统计年鉴中交通运输统计口径的限制,为了准确地测算,本文通过全国的公路、铁路、水运、航空的旅客发送量和旅客周转量数据,以及南京市和黄山市公路、铁路、水运、航空的旅客发送量数据换算出旅客周转量数据。二是南京市和黄山市交通主管部门的统计资料,主要包括公交车、出租车、地铁等的能源消费数据。三是南京市和黄山市旅游主管部门的统计资料,主要包括历年游客数量,游客平均停留天数、本地居民本地旅游的出游率等。四是以往研究以及相关机构出台的文件,如 IPCC(政府间气候变化专门委员会)的评估文件中的标准数据,国内外专家学者研究的经验数据等^[11,28,34](表 2)。五是项目组历年统计调查数据,主要包括 2008—2012 年南京市和黄山市铁路、水运和航空旅客中游客的比例,游客和居民在公路、公交车、出租车、地铁等的使用情况(考虑到淡旺季可能存在的差异性,项目组在每年的 1、4、7、10 月份分别在两城市的数个采样点进行访谈与问卷调查),以及公路交通在区内和区外行驶的距离(通过对两城市汽车客运站所有客运汽车行驶时间的统计,南京市的客运汽车在区内与区外行驶时间分别约为 1.49 h 和 3.53 h,黄山市则为 1.58 h 和 3.64 h,得出其在区内与区外运营距离之比均约为 3:7)等。

2.3 结果分析

由于自驾车能源消费数据获得的困难性,以及计算过程中发现水运交通碳排放量过低且较多年份数据缺失,故自驾车和水运未纳入实证测算范围。所以在估算范围方面,南京市主要包括公路(不包括城市内部的

公共交通,如公交车、出租车等)、铁路、航空、公交车、出租车和地铁六种交通方式,其中由于地铁所使用的电力来自区外,下文中地铁旅游碳排放被视为区外部分;黄山市主要包括公路、铁路、航空、公交车、出租车五种交通方式。

表 2 各类交通工具的碳排放指数 (kg/pkm)

Table 2 The carbon emissions index of kinds of vehicles (kg/pkm)

指标 Indicator	客运汽车 Coach	火车 Rail	飞机 Airplane	公交车 Bus	出租车 Taxi	地铁 Metro
碳排放指数 Carbon emissions index	0.07	0.027	0.14	0.08	0.133	0.027

2.3.1 旅游交通碳排放总量与人均碳排放

南京市与黄山市旅游交通碳排放量的计算结果(图 2)显示:2008 至 2012 的五年间,两城市旅游交通碳排放量逐年增加,南京市每年的旅游交通碳排放总量均远高于黄山市,但黄山市增幅高于南京市。黄山市旅游交通碳排放量从 2008 年的 $5.09 \times 10^4 \text{t}$ 增长到 2012 年的 $13.30 \times 10^4 \text{t}$,增加 $8.21 \times 10^4 \text{t}$,增幅为 161%,而同期南京市从 $44.05 \times 10^4 \text{t}$ 增长到了 $97.15 \times 10^4 \text{t}$,增加 $53.1 \times 10^4 \text{t}$,增幅为 121%,黄山市旅游交通碳排放年均增长率 27.14%,高于南京市的 21.86%。

区域经济和旅游发展水平对旅游交通碳排放都有一定的影响,通过对两城市旅游交通碳排放量与区域 GDP、旅游业总收入的弹性分析发现,不同的区域经济、旅游发展水平对旅游交通碳排放影响的大小和方向不同。选取 2008—2012 年两城市 GDP 和旅游业总收入的数据与旅游交通碳排放数据分别求弹性系数,结果显示(表 3):南京市两弹性系数均大于 1,但旅游交通碳排放的 GDP 弹性系数均小于旅游业总收入弹性系数(2009 年除外)表明南京市经济发展水平对旅游交通碳排放增长的“贡献”小于旅游发展,也说明南京市良好的经济发展基础与水平的“旅游效应”逐步得到释放与显现,城市发展有力推动了区域旅游发展。黄山市两弹性系数也都大于 1(2009 年除外),但旅游交通碳排放

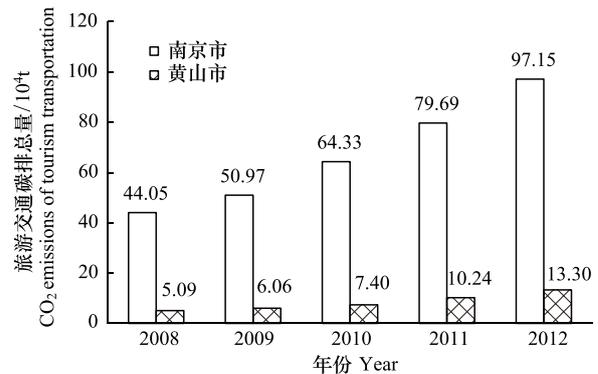


图 2 南京市与黄山市旅游交通碳排放量(2008—2012)

Fig. 2 Annual number of CO₂ emissions from tourism transportation in Nanjing and Huangshan(2008—2012)

的 GDP 弹性系数均大于旅游业总收入弹性系数,表明黄山市整体社会经济的发展对旅游交通碳排放的“贡献”大于旅游发展,黄山市以“旅游立市”,结果旅游发展对旅游交通碳排放的“贡献”反而低于区域经济发展的影响,表面看起来该结果好像是“悖论”。究其原因在于黄山市原有经济基础与水平较为薄弱,区域经济发展促进了整个交通状况优化,改善了旅游交通环境,进而推动旅游业发展,经济发展对旅游业发展的带动作用显现,因此导致整体经济发展对旅游交通碳排放的“贡献”大于旅游业发展自身,这也表明区域经济发展在一定程度上制约区域旅游业发展,区域旅游业发展水平的提升需要依托区域整体经济发展水平的提高。

表 3 区域旅游交通碳排放的经济发展和旅游发展弹性系数

Table 3 Elasticity coefficient of economic and tourism to CO₂ emissions of regional tourism transportation

案例地 Case	指标 Indicator	2009	2010	2011	2012
南京市	GDP 弹性系数	141.11%	136.83%	105.05%	124.83%
	旅游业总收入弹性系数	103.85%	158.71%	141.94%	141.30%
黄山市	GDP 弹性系数	192.41%	162.63%	155.42%	236.55%
	旅游业总收入弹性系数	98.31%	109.01%	148.96%	138.29%

两城市人均旅游交通碳排放量的计算结果显示:游客在南京市年人均旅游交通碳排放量从 2008 年的 8.

67 kg 上升到 2012 年的 11.97 kg, 年均增长 8.39%, 每人每天的排放量也从 4.50 kg 增加到 5.23 kg, 年均增长 3.83%; 与之不同, 黄山市年人均量则从 3.95 kg 下降到 3.08 kg, 降幅为 22.03%, 每人每天的排放量也从 1.75 kg 降至 1.08 kg, 降幅达 38.29%。随着南京市旅游业整体吸引力和接待水平的提高, 客流在空间上扩散到市郊及周边县域, 游客旅行里程增加, 碳排放量的增长速度超过了游客量的增长速度, 导致了年人均碳排放量的增加, 每人每天的碳排放量有所增长; 而黄山市在交通设施普遍改善后, 相对分散的景区之间连通更加便捷, 游客乘坐各类交通的时间有所减少, 碳排放量的增长速度低于游客量的增长速度, 导致人均碳排放量有所减少, 每人每天的碳排放量有所下降。

2.3.2 区内与区外旅游交通碳排放

环境影响与生态责任的区外转移是旅游业发展的重要特征, 旅游活动和交通运输的跨区域性导致了区域旅游交通碳排放的区外影响, 其大小取决于区外部分占区域旅游交通总的碳排放比例的大小。

通过对南京市和黄山市区内和区外旅游交通碳排放的测算, 得到以下结果:

(1) 区域旅游交通碳排放中, 区外部分占主导。2008 至 2012 年, 南京市旅游交通碳排放中区外部分均在 86% 以上(图 3), 平均达到 89.13%; 黄山市旅游交通碳排放中区外部分在 85.93%—91.37% 之间(图 4), 平均达到 90.21%。这表明区域旅游发展, 从 CO₂ 排放角度而言, 对区外的环境影响远大于对区内环境的影响, 两城市区外与区内部分之比均约为 9:1。

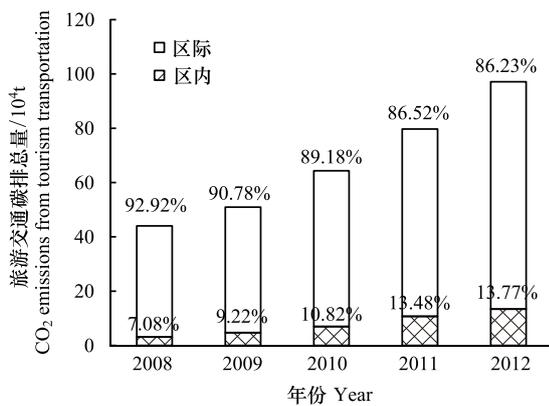


图 3 南京市旅游交通区内、区际碳排放量占比(2008—2012)

Fig. 3 Annual scale of intra-regional and inter-regional CO₂ emissions from tourism transportation in Nanjing (2008—2012)

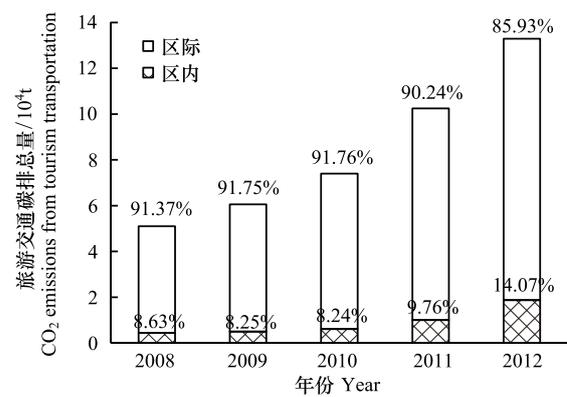


图 4 黄山市旅游交通区内、区际碳排放量占比(2008—2012)

Fig. 4 Annual scale of intra-regional and inter-regional CO₂ emissions from tourism transportation in Huangshan (2008—2012)

(2) 区域旅游交通碳排放中区外部分有下降的趋势, 而区内部分有上升的趋势。南京市区外部分由 2008 年的 92.92% 下降到 2012 年的 86.23% (图 3), 黄山市由 2008 年的 91.37% 下降到 2012 年的 85.93% (图 4)。这表明两地的客源市场相对稳定, 游客区内逗留时间在延长, 传统观光型旅游在向目的地深度游转变。

(3) 区域旅游交通碳排放的区内部分中外地游客占主要部分。这主要与区域游客中外地游客人数与本地游客的人天数的比例大小有关, 2008 至 2012 年, 南京市外地游客人天数比例平均为 56.25%, 黄山市外地游客人天数比例平均为 53.76%, 所占比例均较高。同时也表明区域内主要景区的位置越靠近主城区、景区性质(如城市公园)与居民日常休闲需求越接近, 居民在本区域内的出游率就越高。

2.3.3 各种交通方式的旅游碳排放结构

区域内各类不同交通方式对旅游交通碳排放总量和区内、区外旅游交通碳排放量都具有不同的影响。每种交通方式的旅游碳排放都有各自的特点, 合理发展各类交通, 协调区域交通配置是区域旅游业持续发展的重要途径。

通过对南京市和黄山市各类交通方式旅游碳排放结构的分析, 得到以下结果:

(1) 区域旅游交通碳排放中,民航所占比重最大,其次是公路和铁路,然后是出租车,其余交通方式所占比重较小。2008至2012年,南京市航空旅游碳排放占区域旅游交通碳排放总量的比例在55.41%–60.12%之间(图5),平均达到57.52%,公路平均达到19.22%,铁路达到17.05%,出租车达到3.63%;黄山市方面(图6),航空所占比重均在64%以上,平均达到69.09%,公路平均达到14.24%,铁路和出租车分别为11.19%和5.03%。南京市民航与出租车的旅游交通碳排放量比例低于黄山市,而铁路碳排放量比例高于黄山市,一方面表明区域经济发展水平以及交通结构对交通碳排放量具有重要影响,另一方面表明黄山市旅游业发展应提高远程客源市场的铁路可进入性,大力进行铁路尤其是高铁的建设。

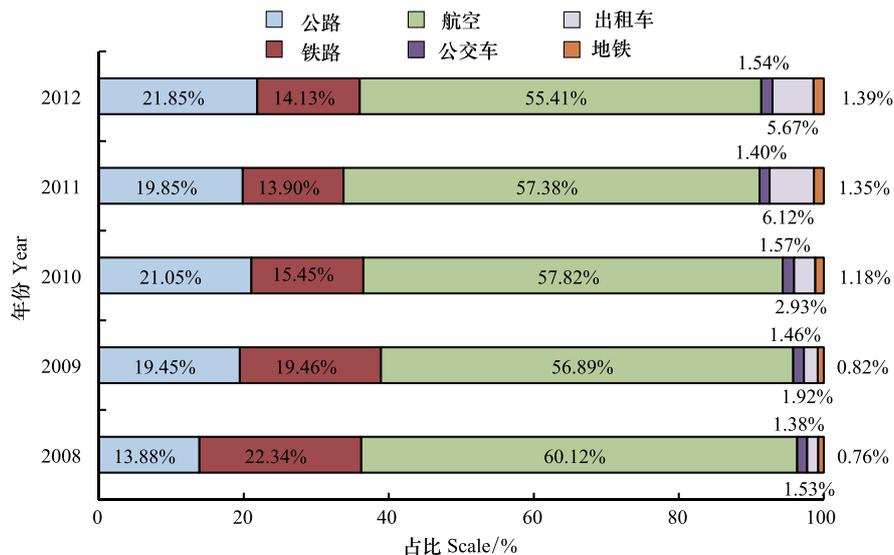


图5 南京市旅游交通碳排放总量中各交通方式所占比例(2008—2012)

Fig. 5 Annual scale of CO₂ emissions of kinds of transport modes in Nanjing(2008—2012)

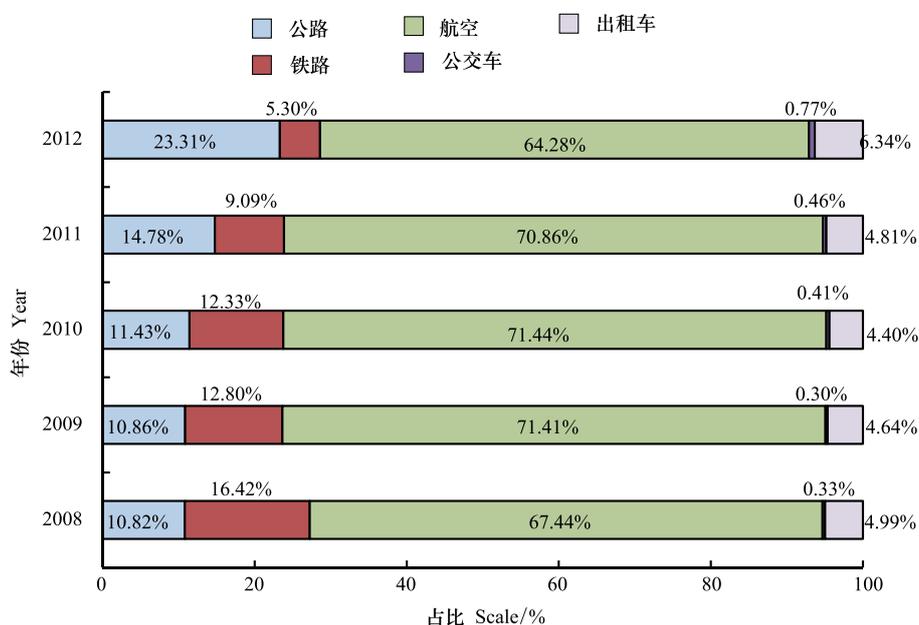


图6 黄山市旅游交通碳排放总量中各交通方式所占比例(2008—2012)

Fig. 6 Annual scale of CO₂ emissions of kinds of transport modes in Huangshan(2008—2012)

(2) 区域各类交通方式的旅游碳排放量基本保持不同程度的增长,其中出租车增长幅度较为明显。2008

至 2012 的五年间,南京市各类交通方式的旅游碳排放中(图 7),公路、铁路、民航、公交车、出租车和地铁的年平均增长率分别为:36.52%、8.69%、19.40%、25.30%、69.08%和 41.98%;黄山市各类交通方式的旅游碳排放中(图 8),公路、铁路、民航、公交车、出租车的年平均增长率分别为:54.00%、-4.17%、25.60%、57.53%、34.95%。黄山市铁路出现负增长,主要是由于黄山市火车站和火车等级不高,火车过站时间不合理,导致远程客源选择铁路到达的较少,而铁路是碳排放指数最小的交通方式之一,从绿色交通的角度讲,黄山市要大力发展铁路交通。

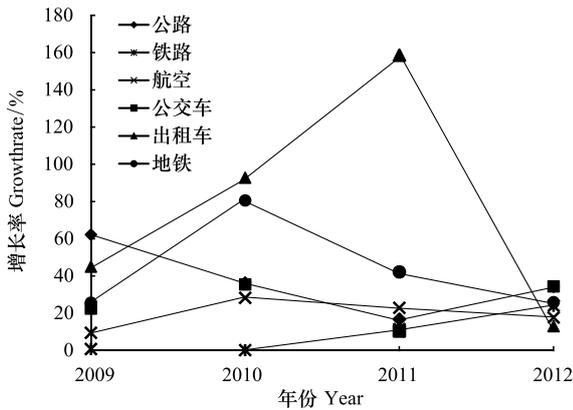


图 7 南京市各交通方式旅游碳排放量增长率(2009—2012)
Fig. 7 Annual growth rate of CO₂ emissions of kinds of transport modes in Nanjing(2009—2012)

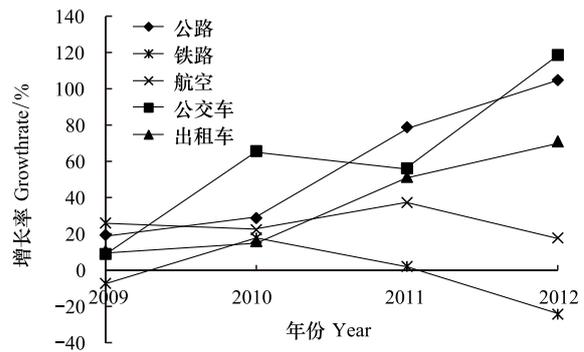


图 8 黄山市各交通方式旅游碳排放量增长率(2009—2012)
Fig. 8 Annual growth rate of CO₂ emissions of kinds of transport modes in Huangshan(2009—2012)

(3) 区域交通结构的优化有利于旅游交通碳排放的减少。2008 至 2012 年,南京市旅游交通碳排放多样性指数均在 1 以上(表 4),大于黄山市,且保持不断增长,优势度指数均在 0.9 以下,且保持不断下降;而黄山市有所不同,旅游交通碳排放多样性指数均在 0.9—1 之间,基本保持稳定,优势度指数基本保持在 0.7 左右。一般地,区域的旅游交通碳排放多样性指数越高,旅游交通结构越合理,其与区域旅游交通的碳排放强度有着密切的关系。通过将区域旅游交通碳排放中各交通方式所占的比例与其碳排放指数相乘并累加,可得到区域旅游交通的综合碳排放指数(CCEI, comprehensive carbon emissions index)。与各种交通方式的碳排放指数相对应,区域旅游交通的综合碳排放指数可用来表征区域中所有旅游交通方式综合的碳排放指数,可作为区域旅游交通碳排放强度的综合指标。2008 至 2012 年,南京市旅游交通综合碳排放指数平均为 0.1049kg/pkm(表 4),低于同期黄山市的 0.1168 kg/pkm。表明区域旅游交通碳排放多样性指数越高,其综合碳排放指数越低,越有利于区域旅游交通碳排放的减少。

表 4 区域旅游交通碳排放多样性指数及综合碳排放指数
Table 4 Diversity index of CO₂ emissions of kinds of transport modes and comprehensive carbon emissions index

年份 Year	多样性指数 Diversity index		优势度指数 Dominance index		综合碳排放指数 (kg/pkm) Composite carbon emissions index (kg/pkm)	
	南京市	黄山市	南京市	黄山市	南京市	黄山市
2008	1.075	0.971	0.856	0.638	0.1033	0.1133
2009	1.135	0.904	0.796	0.705	0.1025	0.1174
2010	1.154	0.906	0.777	0.703	0.1053	0.1175
2011	1.203	0.915	0.728	0.694	0.1076	0.1188
2012	1.223	0.992	0.708	0.617	0.1058	0.1168

2.3.4 各类交通方式的碳排放量中旅游业的贡献

2008 至 2012 年,南京市各类交通碳排放中(表 5),旅游业的“贡献”均在不断增长,航空中旅游业的碳排放比例均在 35%以上,2011 年更是达到 38.12%,其次是铁路,平均达到 31.25%,出租车平均达到 15.01%,公路平均达到 10.55%,其他均不到 10%;同期黄山市各种交通碳排放中(表 5),旅游业的“贡献”也在不断增长,民航中旅游业的碳排放年均达到 72.65%,铁路平均达到 60.97%,出租车 22.24%,公路 16.30%。总体而言,区域各类交通方式的碳排放中,对外交通中的旅游业贡献较大,而城市内部交通的旅游业贡献较小。

表 5 南京市和黄山市各交通方式碳排放量中旅游业的贡献大小(%)

Table 5 The proportion of tourism in CO₂ emissions of kinds of transport modes in Nanjing and Huangshan(%)

交通方式 Transport mode	南京市					黄山市				
	2008	2009	2010	2011	2012	2008	2009	2010	2011	2012
公路 Highway	7.91	8.86	10.92	11.34	13.74	9.66	10.44	11.95	18.11	31.35
铁路 Railway	32.11	31.23	29.63	30.43	32.86	60.12	59.32	61.51	62.34	61.56
航空 Civil aviation	36.23	35.78	37.41	38.12	37.91	72.03	74.29	73.15	72.34	71.46
公交车 Bus	2.10	2.37	2.97	3.10	3.83	1.58	1.72	2.00	3.21	6.41
出租车 Taxi	11.42	12.72	15.53	16.09	19.28	13.82	14.88	16.92	24.91	40.65
地铁 Metro	4.12	4.63	5.78	6.01	7.38	\	\	\	\	\

3 结论与讨论

从区域的角度探讨旅游交通碳排放,有利于决策者提出科学合理的管理措施,走低碳旅游、绿色交通之路。通过对南京市和黄山市旅游交通碳排放的测算与对比,主要得出以下结论:

(1) 区域经济和旅游发展水平是影响旅游交通碳排放的重要因素,且经济发展水平和旅游发展水平对旅游交通碳排放影响“贡献”的大小和方向不同。2008 至 2012 年的五年间,黄山市旅游交通碳排放量从 2008 年的 $5.09 \times 10^4 \text{t}$ 增长到 2012 年的 $13.30 \times 10^4 \text{t}$,增加 $8.21 \times 10^4 \text{t}$,增幅为 161%,而同期南京市远高于黄山市,从 $44.05 \times 10^4 \text{t}$ 增长到了 $97.15 \times 10^4 \text{t}$,增加 $53.1 \times 10^4 \text{t}$,增幅为 121%。另一方面,南京市旅游交通碳排放的 GDP 弹性系数和旅游业总收入弹性系数均大于 1,但前者均小于后者(2009 年除外),而黄山市两弹性系数也都大于 1(2009 年除外),但前者均大于后者。五年来南京市人均旅游交通碳排放量平均为 10.09 kg,逐年上升,黄山市为 3.31 kg,但基本呈逐年递减态势。

(2) 区域旅游交通碳排放主要在区外,区内比例较小。现阶段中国居民出游目的仍以观光为主,在旅游地停留时间较短,且飞机和公路的碳排放系数较高,势必对区外产生较大影响。2012 年南京市有 85.21% 的旅游交通 CO₂ 排放放在区外,黄山市也达到了 71.73%,比例较大。区域旅游交通碳排放的区内部分中外地游客占绝大部分。在可预见的未来,由于人们的出行意愿不断加强以及在旅游地停留时间的增加,区域旅游交通碳排放中区外部分的总量将越来越大,但区外部分的相对比例将有所减少。

(3) 区域旅游交通碳排放中,民航所占比重最大,其次是公路、铁路和出租车,区域交通结构的优化有利于旅游交通碳排放的减少。2008 至 2012 年,南京市航空旅游碳排放占区域旅游交通碳排放总量的比例平均达到 57.52%,公路、铁路、出租车分别达到 19.22%、17.05%、3.63%;黄山市方面,航空所占比重均在 64% 以上,平均达到 69.09%,公路、铁路、出租车分别为 14.24%、11.19% 和 5.03%。各类交通方式的旅游碳排放量基本保持不同程度的增长,其中出租车增长幅度较为明显,两城市出租车年均分别增长 69.08% 和 57.53%。五年来,南京市旅游交通综合碳排放指数平均为 0.1049 kg/pkm,低于同期黄山市的 0.1168 kg/pkm。

(4) 区域各类交通方式的碳排放中,对外交通旅游业的贡献较大,而城市内部交通的旅游业贡献较小。2008 至 2012 年,两城市各类交通碳排放中旅游业的“贡献”均在不断增长,南京市航空中旅游业的碳排放比例均在 35% 以上,铁路、出租车、公路年平均分别达到 31.25%、15.01% 和 10.55%;同期黄山市各种交通碳排放

放中,民航中旅游业的碳排放年均达到 72.65%,铁路、出租车、公路平均达到 60.97%、22.24%和 16.30%。

鉴于此,为促进区域旅游与经济的健康发展,应合理调整与改善区域交通配置状况,选择低碳环保的交通方式及能源,如配置城市公共自行车;开设城市内部的旅游交通专线,提高区域内景区景点的连通性;提高区域旅游各要素的服务质量,以增加游客的平均停留时间。本文计算的仅是各类交通方式能源消费过程中碳排放量,并没有包括其交通站点等处的碳排放量,若全面考虑整个交通运营的碳排放量,其结果将大不相同;自驾车旅游在国内仍处于起步阶段,所占比例较小且数据难以统计,本文未将其计算在内,但作为未来旅游新的热点,其碳排放问题是今后研究的重点及难点。

参考文献 (References):

- [1] The World Tourism Organization and the United Nations Environment Programme. Climate Change and Tourism: Responding to Global Challenges. Madrid: the World Tourism Organization, 2008.
- [2] Peeters P, Dubois G. Tourism travel under climate change mitigation constraints. *Journal of Transport Geography*, 2010, 18(3): 447-457.
- [3] Gössling S. Global environmental consequences of tourism. *Global Environment Change*, 2002, 12(4): 283-302.
- [4] 林剑艺, 孟凡鑫, 崔胜辉, 于洋, 赵胜男. 城市能源利用碳足迹分析——以厦门市为例. *生态学报*, 2012, 32(12): 3782-3794.
- [5] 童抗抗, 马克明. 居住-就业距离对交通碳排放的影响. *生态学报*, 2012, 32(10): 2975-2984.
- [6] 舒娱琴. 中国能源消费碳排放的时空特征. *生态学报*, 2012, 32(16): 4950-4960.
- [7] 吴燕, 王效科, 逯非. 北京市居民食物消费碳足迹. *生态学报*, 2012, 32(5): 1570-1577.
- [8] Peeters P, Egmond T V, Visser N. European tourism, transport and environment. Breda: NHTV Centre for Sustainable Tourism and Transport, 2004.
- [9] 陆化普. 城市绿色交通的实现途径. *城市交通*, 2009, 7(6): 23-27.
- [10] 何吉成, 李耀增. 1975-2005 年中国铁路机车的 CO₂排放量. *气候变化研究*, 2010, 6(1): 35-39.
- [11] 石培华, 吴普. 中国旅游业能源消耗与 CO₂排放量的初步估算. *地理学报*, 2011, 66(2): 235-243.
- [12] 明庆忠, 陈英, 李庆雷. 低碳旅游: 旅游产业生态化的战略选择. *人文地理*, 2010, 25(5): 22-26, 127-127.
- [13] 蔡萌, 汪宇明. 低碳旅游: 一种新的旅游发展方式. *旅游学刊*, 2010, 25(1): 13-17.
- [14] Gössling S. Sustainable tourism development in developing countries: some aspects of energy use. *Journal of Sustainable Tourism*, 2000, 8(5): 410-425.
- [15] Peeters P, Szimba E, Duijnsveld M. Major environmental impacts of European tourist transport. *Journal of Transport Geography*, 2007, 15(2): 83-93.
- [16] Becken S. Analysing international tourist flows to estimate energy use associated with air travel. *Journal of Sustainable Tourism*, 2002, 10(2): 114-131.
- [17] Becken S. Tourism and Transport in New Zealand Implications for Energy Use. TRREC report no. 54. Lincoln, New Zealand: Lincoln University, 2002.
- [18] Lumsdon L. Transport and tourism: cycle tourism——a model for sustainable development? *Journal of Sustainable Tourism*, 2000, 8(5): 361-377.
- [19] Kwon T H. Decomposition of factors determining the trend of CO₂ emissions from car travel in Great Britain (1970—2000). *Ecological Economics*, 2005, 53(2): 261-275.
- [20] 李立, 汪德根. 城市低碳公共交通对旅游景点通达性影响研究——以苏州市为例. *经济地理*, 2012, 32(3): 166-172.
- [21] Sgouridis S, Bonnefoy P A, Hansman R J. Air transportation in a carbon constrained world: long-term dynamics of policies and strategies for mitigating the carbon footprint of commercial aviation. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2011, 45(10): 1077-1091.
- [22] Tol R S J. The impact of a carbon tax on international tourism. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 2007, 12(2): 129-142.
- [23] 汪清蓉. 旅游线路产品能源消耗及二氧化碳排放量估算方法及实证分析. *生态经济*, 2012, (8): 79-84.
- [24] Becken S, Simmons D G, Frampton C. Energy use associated with different travel choices. *Tourism Management*, 2003, 24(3): 267-277.
- [25] 胡莹菲, 王润, 余运俊. 厦门城市交通系统碳足迹评估研究. *上海环境科学*, 2010, 29(3): 98-101, 116-116.
- [26] 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.
- [27] 窦银娣, 刘云鹏, 李伯华, 刘沛林. 旅游风景区旅游交通系统碳足迹评估——以南岳衡山为例. *生态学报*, 2012, 32(17): 5532-5541.
- [28] 包战雄, 袁书琪, 陈光水. 不同游客吸引半径景区国内旅游交通碳排放特征比较. *地理科学*, 2012, 32(10): 1168-1175.
- [29] Kuo N W, Chen P H. Quantifying energy use, carbon dioxide emission, and other environmental loads from island tourism based on a life cycle

- assessment approach. *Journal of Cleaner Production*, 2009, 17(15): 1324-1330.
- [30] Lin T P. Carbon dioxide emissions from transport in Taiwan's national parks. *Tourism Management*, 2009, 31(2): 285-290.
- [31] 谢园方, 赵媛. 长三角地区旅游业能源消耗的 CO₂ 排放测度研究. *地理研究*, 2012, 31(3): 429-438.
- [32] 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.
- [33] Lee J W, Brahmaire T. Investigating the influence of tourism on economic growth and carbon emissions: Evidence from panel analysis of the European Union. *Tourism Management*, 2013, 38: 69-76.
- [34] Gössling S, Peeters P, Ceron J P, Gubois G, Patterson T, Richardson R B. The eco-efficiency of tourism. *Ecological Economics*, 2005, 54(4): 417-434.
- [35] 陶玉国, 张红霞. 江苏旅游能耗和碳排放估算研究. *南京社会科学*, 2011, (8): 151-156.