

# 区域旅游产业碳排放动态及驱动因素研究

## ——以江苏省旅游业为例<sup>\*1</sup>

宋权礼<sup>1</sup> 陈玲玲<sup>2</sup>

(1. 中国林业集团有限公司, 北京 100714;

2. 金陵科技学院人文学院, 江苏南京 211169)

**【摘要】**: 区域旅游产业碳排放测度及驱动因素研究对旅游业节能减排具有重要的理论与现实意义。文章采用“自下而上”法估算了2001—2015年江苏省旅游业及主要部门的能源消费与CO<sub>2</sub>排放量的序时性变化, 并利用LMDI分解法对CO<sub>2</sub>变化的驱动要素进行了分析。研究结果显示: (1) 江苏省旅游业能源消费量自 $289.54 \times 10^8 \text{MJ}$ 提升至 $710.11 \times 10^8 \text{MJ}$ , CO<sub>2</sub>排放量自 $211.86 \times 10^4 \text{t}$ 增加为 $448.68 \times 10^4 \text{t}$ 。(2) 旅游交通的能源消费和CO<sub>2</sub>排放量最高, 旅游住宿的能源消费和CO<sub>2</sub>排放总体呈持续下降趋势, 而旅游活动的能源消费和CO<sub>2</sub>排放持续快速走高。(3) 能源结构、能源强度、消费水平和游客规模所引起的CO<sub>2</sub>排放变动总量为 $87.74 \times 10^4 \text{t}$ 。其中, 消费水平和游客规模是主要促进因素, 能源结构和能源强度则是抑制因素。

**【关键词】**: 旅游业; 能源消费; CO<sub>2</sub>排放; LMDI; 减排

**【中图分类号】**: F590.3; F062.2 **【文献标识码】**: A **【文章编号】**: 1671-4407(2018)05-044-06

## 1 引言

旅游业在全球范围内快速发展, 但由于其能源密集型的产业特征, 近年来在发展过程中的碳排放量与日俱增。2005年全球旅游业发展产生的CO<sub>2</sub>排放量达到了13亿吨, 它占总CO<sub>2</sub>排放量的5%。但如果继续维持现有的发展方式和增长速度, 至2035年CO<sub>2</sub>排放量占比将增加至7.5%<sup>[1]</sup>。可以说, 全球变暖已经不仅是一个环境问题, 更是旅游产业在新世纪面对的巨大挑战之一。在旅游产业碳排放的国家排序中, 中国的排放总量占比仅次于美国, 位居第二<sup>[1]</sup>。2016年, 中国入境旅游人数、出境旅游人数和国内旅游人数分别是1.38亿、1.22亿和44.4亿人, 分别为2000年的1.65倍、11.65倍和5.96倍。如此大规模和快速增长的旅游活动不可避免地导致大量的能源消费和CO<sub>2</sub>排放。但是, 为了应对气候变化, 中国于2009年“哥本哈根全球气候大会”中, 做出至2020年相对于2005年的基础上单位GDP的CO<sub>2</sub>减排40%~45%的庄严承诺。因此, 我国旅游业走低碳发展之路, 促进旅游产业节能减排, 迫在眉睫, 势在必行。

纵观国内外目前有关旅游业碳排放与减排的问题研究, 主要集中在旅游业部门的碳排放, 尤其是旅游交通的碳排放<sup>[2-4]</sup>; 不同空间尺度的旅游碳排放<sup>[5-6]</sup>; 旅游业碳排放计算方法<sup>[7-9]</sup>; 旅游业碳排放与经济的关系<sup>[10-12]</sup>; 旅游业碳排放要素分解<sup>[13-14]</sup>; 旅游业节能减排方法等<sup>[15-17]</sup>。就我国而言, 已有大量不同空间尺度的旅游业碳排放研究成果<sup>[5,8,18]</sup>, 但是, 由于中国经济和旅游发

<sup>1</sup>基金项目: 国家林业局软科学项目“中国森林旅游产业理论与实践研究”(2015-R35)

第一作者简介: 宋权礼(1964—), 男, 北京人, 硕士, 高级工程师, 研究方向为林业生态旅游管理。E-mail:sql@cfgc.cn

展的空间不均衡特征以及长时间序列统计数据的缺乏，区域尺度的旅游业碳排放动态变化研究成果并不丰富。同时，目前的研究主要关注旅游业如何促进碳排放的总量变化，而对驱动碳排放的旅游业影响因子的单独效应研究较少<sup>[13]</sup>。鉴于旅游业在我国区域经济发展中发挥着重要作用，并且能够分解国家层面的节能减排目标并因地制宜地制定减排政策与措施，因此，对区域旅游业碳排放的动态变化及其驱动因子的系统分析显得尤为迫切。

江苏省作为中国的经济和旅游发展强省，2002年，江苏省CO<sub>2</sub>排放量在全国排名第五，至2010年，排名上升至第四位。江苏省的碳排放总量一直居高不下，且年均增长超过10%<sup>[19]</sup>。在全国推进节能减排、应对气候变化的时代背景下，江苏省的减排形势十分严峻。尽管在2011年，江苏省政府提出《省政府关于进一步加快发展旅游业的意见》（苏政发[2011]69号），明确指出积极推行节能环保，推进低碳旅游方式。但鉴于江苏省旅游业面临的巨大的节能减排压力，迫切需要学界加快对江苏省旅游业碳排放动态变化及驱动力的系统研究，从而有针对性地提出碳减排的具体对策与措施。鉴于此，本文以江苏省旅游业为例，综合运用“自下而上”法和取对数平均迪氏分解法（logarithmic mean Divisia index, LMDI）分析旅游业碳排放的动态变化，并在此基础上探索各个驱动因子的作用，从而有助于制定有效的政策措施来减缓旅游业碳排放，并促进区域环境健康发展。

## 2. 研究方法数据来源

### 2.1 “自下而上”法测度能源消耗与CO<sub>2</sub>排放

目前，还没有公认的能够系统进行旅游业碳排放测度的标准方法，我国也尚未建立自主的碳排放计量体系，最常用的测算方法包括借用全球气候变化和可持续发展领域常用的碳足迹法<sup>[9]</sup>、生态足迹法<sup>[20]</sup>、投入产出法<sup>[8]</sup>、生命周期评价法<sup>[21]</sup>、“自上而下”法<sup>[22]</sup>和“自下而上”法<sup>[5, 13]</sup>。每种方法的视角不同，各有优缺点。同时，由于旅游业的关联效应大，旅游业碳排放几乎涵盖了所有产业，因此在现有条件下要精确测度旅游业碳排放不太可能。

从方法论来看，“自下而上”法的分析过程是一种“白箱”式的研究方法，结构、机制清晰，在统计资料相对完备以及实地调研的基础上，能够较好满足中等或较小空间尺度的碳排放估算需求。并且，《气候变化与旅游业：应对全球气候挑战》报告中明确指出旅游业碳源主要来自于交通、住宿和旅游活动<sup>[1]</sup>。因此，在文献法基础上，本研究采用“自下而上”法，结合抽样调查与实地调研，对新世纪以来江苏省旅游业碳排放的时间序列进行测度与分析。

计算公式为：

$$E_t = E_{Tt} + E_{At} + E_{Rt} \quad (1)$$

$$C_t = C_{Tt} + C_{At} + C_{Rt} \quad (2)$$

式（1）和（2）中： $E_t$ 和 $C_t$ 表示 $t$ 年旅游业的能源消耗和CO<sub>2</sub>排放总量； $E_{Tt}$ 和 $C_{Tt}$ 、 $E_{At}$ 和 $C_{At}$ 、 $E_{Rt}$ 和 $C_{Rt}$ 分别是旅游交通、旅游住宿和各类旅游活动的能源消耗和CO<sub>2</sub>排放量。

$$E_{Tt} = \sum_{i=1}^s D_{it} \cdot F_i \cdot \beta_i \quad (3)$$

$$C_{Tt} = \sum_{i=1}^s D_{it} \cdot F_i \cdot \alpha_i \quad (4)$$

式 (3) 和 (4) 中:  $D_{it}$  表示  $t$  年  $i$  类交通方式 (铁路、公路、民航、水运) 的旅客周转量 (pkm)。  $F_i$  为  $i$  类交通方式的客流量中旅游者的比重, 鉴于我国目前没有完整的旅游卫星账户体系和结果, 因此借鉴石培华和吴普<sup>[5]</sup>、魏艳旭等<sup>[3]</sup>、杨莎莎等<sup>[23]</sup> 对  $F_i$  的研究方法和结果, 确定江苏省公路、铁路、航空和水运的  $F_i$  分别是 13.8%、31.6%、64.7% 和 10.6%, 并用于不同年份的估算。  $\beta_i$  为  $i$  类交通方式的单位能耗, 参考魏艳旭等<sup>[3]</sup> 的研究, 公路、铁路、航空和水运的单位能耗分别为 1.8MJ/pkm、1MJ/pkm、2MJ/pkm 和 0.9MJ/pkm。  $\alpha_i$  是  $i$  类交通方式的碳排放系数, 单位为 g/pkm。 参考魏艳旭等<sup>[3]</sup>、陈飞等<sup>[24]</sup>、包战雄等<sup>[25]</sup> 的研究, 结合江苏省自身交通发展特征, 确定江苏省公路、铁路、航空和水运的  $\alpha_i$  分别为 133g/pkm、27g/pkm、137g/pkm 和 106g/pkm。

$$E_{At} = \sum_{j=1}^m P_{jt} \cdot \delta \quad (5)$$

$$C_{At} = \sum_{j=1}^m P_{jt} \cdot \beta \quad (6)$$

式 (5) 和 (6) 中:  $P_{jt}$  表示  $t$  年  $j$  星级旅游饭店床位出租量 [床位出租量=床位数 (张) × 客房出租率 (%) × 365 (晚)];  $\delta$  为  $j$  星级旅游饭店的单位能耗值, 单位是 MJ/(床·晚), 参考石培华和吴普<sup>[5]</sup>、Gössling<sup>[26]</sup> 的研究, 取  $\delta$  为 155MJ/(床·晚);  $\beta$  为旅游星级饭店每床每晚的 CO<sub>2</sub> 排放量, 采用 43.2gC/MJ<sup>[27]</sup>。

$$E_{Rt} = \sum_{k=1}^n W_{kt} \cdot \lambda_k \quad (7)$$

$$C_{Rt} = \sum_{k=1}^n W_{kt} \cdot \gamma_k \quad (8)$$

式 (7) 和 (8) 中:  $W_{kt}$  表示  $k$  种旅游活动的游客量。  $\lambda_k$  和  $\gamma_k$  表示  $k$  种旅游活动的能耗系数 (MJ/人) 和 CO<sub>2</sub> 排放系数 (g/人);  $k$  表示旅游活动的种类数, 根据旅游者的出游目的, 最主要的旅游活动包括观光旅游、休闲度假、商务会议、探亲访友和其他活动。 由于不同类型活动的 CO<sub>2</sub> 排放特征差异十分明显, 且存在区域和个体差异, 因此只能估算旅游活动的 CO<sub>2</sub> 排放情况, 部分国外学者对区域尺度的旅游活动能耗和 CO<sub>2</sub> 排放进行了探索<sup>[28-29]</sup>。 在综合以往研究成果的基础上, 参照石培华和吴普<sup>[5]</sup> 提出的我国不同类型旅游活动 CO<sub>2</sub> 的人均排放量进行计算, 观光旅游、休闲度假、商务会议、探亲访友和其他活动等不同类型旅游活动的能耗系数  $\lambda_k$  分别为 8.5MJ/人、26.5MJ/人、16MJ/人、12MJ/人和 3.5MJ/人, CO<sub>2</sub> 排放系数  $\gamma_k$  分别为 417g/人、1670g/人、786g/人、591g/人和 172g/人。

## 2. 2LMDI 分解法分析驱动因素

LMDI 分解法在处理过程中可以将所有因素进行无残差分解, 克服了传统分解法因其自身存在残差项而出现难以解释的问题<sup>[30-31]</sup>, 因此本文采用 LMDI 分解法对旅游碳排放驱动因子进行分解, 并遵循 Albrecht 等<sup>[32]</sup> 的分析框架, 将江苏省旅游业 CO<sub>2</sub> 排放量分解如下:

$$C = \sum_j \left( \frac{C_j}{E_j} \cdot \frac{E_j}{E} \cdot \frac{E}{R} \cdot \frac{R}{P} \cdot P \right) \quad (9)$$

式中： $C$ 代表旅游业  $\text{CO}_2$ 排放量； $C_j$ 是旅游业  $j$ 行业的  $\text{CO}_2$ 排放量； $E_j$ 是  $j$ 行业的能源消耗； $E$ 是旅游业能耗总量； $R$ 是旅游收入； $P$ 是旅游人数。令：

$$A_j = \frac{C_j}{E_j}, B_j = \frac{E_j}{E}, D = \frac{E}{R}, I = \frac{R}{P}, k = P \quad (10)$$

式中： $A_j$ 、 $B_j$ 、 $D$ 、 $I$ 、 $k$ 分别为碳排放系数效应、旅游能源结构效应、旅游能源强度效应、旅游消费水平效应和游客规模效应。

采用 LMDI 分解法对以上旅游业影响  $\text{CO}_2$ 排放的驱动要素进行分解，从  $0 \sim T$ 年的  $\text{CO}_2$ 排放量的变化  $\Delta C$ 可以用公式 (11) 表示：

$$\Delta C = C^T - C^0 \quad (11)$$

并进一步表示为：

$$\Delta C = \Delta C_{A_j} + \Delta C_{B_j} + \Delta C_D + \Delta C_I + \Delta C_k \quad (12)$$

并进一步表示为：

式中： $\Delta C_{A_j}$ 、 $\Delta C_{B_j}$ 、 $\Delta C_D$ 、 $\Delta C_I$ 、 $\Delta C_k$ 分别表示由碳排放系数效应  $A_j$ 、旅游能源结构效应  $B_j$ 、旅游能源强度效应  $D$ 、旅游消费水平效应  $I$ 和游客规模效应  $k$ 所引起的  $\text{CO}_2$ 排放变化。在实际应用中，能源的碳排放系数通常取常量，因此  $\Delta C_{A_j}$ 始终为 0 不予考量。那么，根据 Ang 等<sup>[33-34]</sup>的研究，每个要素贡献值的表达式可以进一步表达为：

$$\begin{aligned} \Delta C_{B_j} &= \sum_j \left( \frac{C_j^T - C_j^0}{\ln C_j^T - \ln C_j^0} \right) \cdot \ln \left( \frac{B_j^T}{B_j^0} \right) \\ \Delta C_D &= \sum_j \left( \frac{C_j^T - C_j^0}{\ln C_j^T - \ln C_j^0} \right) \cdot \ln \left( \frac{D^T}{D^0} \right) \\ \Delta C_I &= \sum_j \left( \frac{C_j^T - C_j^0}{\ln C_j^T - \ln C_j^0} \right) \cdot \ln \left( \frac{I^T}{I^0} \right) \\ \Delta C_k &= \sum_j \left( \frac{C_j^T - C_j^0}{\ln C_j^T - \ln C_j^0} \right) \cdot \ln \left( \frac{k^T}{k^0} \right) \end{aligned} \quad (13)$$

### 2.3 数据来源

为了了解长时间以来江苏省旅游业碳排放的变化特征，所有数据选自 2001—2015 年，即“十五”“十一五”“十二五”三个时期，用以分析江苏旅游业碳排放的序时性特征，从而对江苏省“十三五”时期的碳减排工作提供依据。

数据来源主要包括：（1）已有文献资料。根据已有文献，结合江苏省的实际情况，选取国内外专家学者研究的经验数据用于计算旅游业能耗和CO<sub>2</sub>排放量。（2）《江苏统计年鉴》（2002—2016年），涉及江苏省各类旅游交通的旅客周转量；《中国旅游统计年鉴》（2002—2016年），涉及旅游星级饭店床位数、客房出租率。（3）《入境游客抽样调查资料》（2002年、2006年）、《中国旅游业统计公报》（2002—2016年）、《中国国内旅游抽样调查资料》（2004—2007年、2009—2015年）和《旅游抽样调查资料》（2010—2016年），涉及江苏省入境/国内旅游人数、全国城镇/农村旅游人数比例、城镇/农村旅游者的观光游览、度假休闲、探亲访友、商务出差和其他等各项旅游活动的比例的相关数据。在数据搜集过程中，缺失2007年城镇/农村各项旅游活动比例的数值，用2006年的数值代替。同时，鉴于我国入境游客旅游目的的相对稳定性，缺失的2002—2004年入境游客各项活动比例数据用2001年的代替，2006—2008年的数据用2005年的代替。

### 3 结果与分析

#### 3.1 江苏省旅游业能源消费与CO<sub>2</sub>排放量

如表1所示，2001年江苏省旅游业能源消费为 $289.54 \times 10^8$  MJ，2015年达 $710.11 \times 10^8$  MJ，翻了约2.5倍。从时间序列变化趋势看，除了2013年下降外，研究期内的能源消费总体呈持续快速增长态势，年均增长率为6.62%。从旅游业三大部门来看，旅游交通的能源消费量最高，旅游住宿的能源消费呈先增后减趋势，而旅游活动的能源消费呈先缓慢增长后快速增长的趋势。

表1 2001—2015年江苏省旅游业能源消费与CO<sub>2</sub>排放量

年份	交通消费量 /10 <sup>8</sup> MJ	住宿消费量 /10 <sup>8</sup> MJ	活动消费量 /10 <sup>8</sup> MJ	能源消费总量 /10 <sup>8</sup> MJ	交通排放量 /10 <sup>4</sup> t	住宿排放量 /10 <sup>4</sup> t	活动排放量 /10 <sup>4</sup> t	CO <sub>2</sub> 排放总量 /10 <sup>4</sup> t
2001	247.57	31.87	10.11	289.54	156.03	50.48	5.35	211.86
2002	263.57	35.60	12.42	311.59	166.10	56.39	6.56	229.05
2003	276.69	39.04	13.54	329.28	175.94	61.84	7.13	244.91
2004	318.81	75.31	17.63	411.75	200.11	119.28	9.25	328.65
2005	349.87	76.33	20.70	446.90	220.18	120.91	10.85	351.93
2006	395.55	83.14	23.90	502.60	250.04	131.70	12.53	394.27
2007	464.17	86.21	27.85	578.23	293.95	136.56	14.57	445.08
2008	507.97	55.38	32.25	595.60	324.87	87.72	17.02	429.62
2009	429.55	58.31	37.73	525.59	267.64	92.37	20.09	380.09
2010	478.17	53.53	45.92	577.61	297.60	84.79	24.66	407.06
2011	542.42	52.52	57.37	652.30	336.92	83.19	31.37	451.48
2012	601.70	52.11	67.15	720.97	372.68	82.54	36.76	491.99
2013	492.35	46.25	75.38	613.98	282.45	73.26	41.41	397.12
2014	535.40	47.23	102.88	685.52	300.98	74.82	59.96	435.75
2015	550.61	47.61	111.89	710.11	308.02	75.42	65.25	448.68

从CO<sub>2</sub>排放量来看，2001年CO<sub>2</sub>排放量为211.86×10<sup>4</sup>t，发展至2015年CO<sub>2</sub>排放量为448.68×10<sup>4</sup>t，15年间碳排放量翻了2.12倍。期间，碳排放总量经历了两次下降波动，一次是2007—2008年，一次是2012—2013年。从旅游业部门构成上分析，2007—2008年，旅游住宿碳排放量大幅回落致使旅游业碳排放量整体下降；2012—2013年，旅游交通与住宿业碳排放的回落促使了行业碳排放总体下降。

从三大部门CO<sub>2</sub>排放看，15年来，旅游交通碳排放始终是江苏省旅游业碳排放的主体。分析不同交通方式的碳排放占比发现（图1），公路碳排放占比持续下降，航空、铁路碳排放占比持续提升，而水运碳排放占比始终在1%左右徘徊。体现出旅游交通需求从以公路交通为主导逐步向公路、铁路、航空并重转变的巨大变化，尤其近年来以航空的增长最为突出。对于旅游住宿业而言，其占比波动较多，但是在15年间总体呈持续下降态势，尤其是“十一五”“十二五”期间，江苏省旅游住宿业碳排放量迅速走低，体现出旅游住宿业低碳、节能减排的发展方向，并取得了显著成效。旅游活动碳排放自2001年的5.25×10<sup>4</sup>t迅速增加至2015年的65.25×10<sup>4</sup>t，分析原因如图2所示，随着我国大众旅游的深入发展，度假旅游产品越来越丰富，满足了旅游者日益提升的度假休闲的旅游需求，使得休闲度假活动的CO<sub>2</sub>排放量自“十二五”开始超过探亲访友活动的CO<sub>2</sub>排放量，并呈现爆发式增长的态势。同时，商务会议活动增幅也十分显著，体现出江苏省旅游业旅游活动的变化特征，即从传统的观光旅游、探亲访友的目的快速向商务会议、休闲度假的旅游活动目的转变。

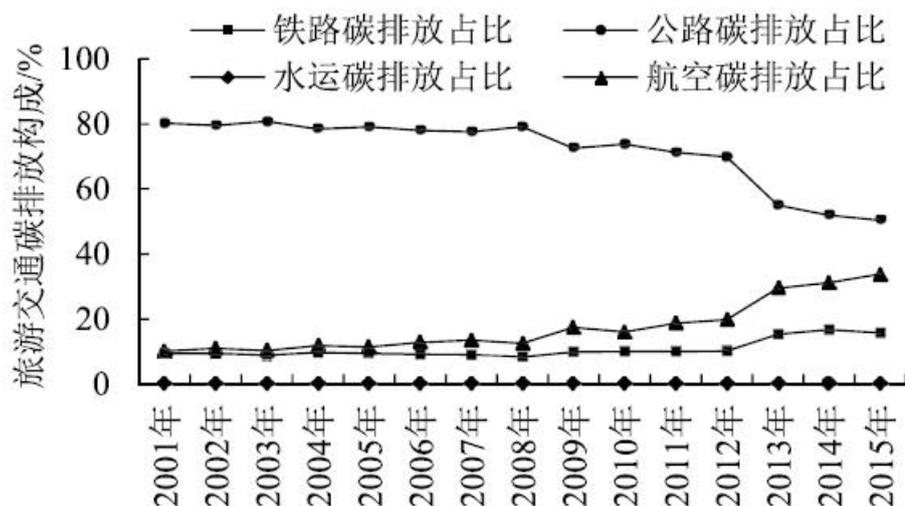


图1 2001—2015年江苏省旅游交通碳排放构成变化

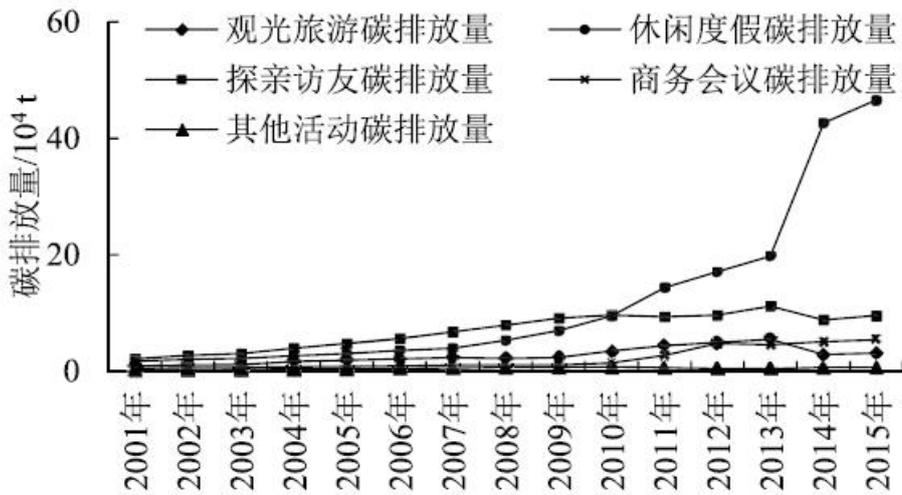


图2 2001—2015年江苏省不同类型旅游活动碳排放量变化

### 3.2 江苏省旅游业 CO<sub>2</sub> 排放驱动因素

根据 LMDI 分解结果，如图 3 所示，2001—2015 年，能源结构、能源强度、消费水平和游客规模所引起的江苏省旅游业 CO<sub>2</sub> 排放变动总量为  $87.74 \times 10^4 \text{t}$ 。其中，消费水平和游客规模是推动 CO<sub>2</sub> 排放增长的主要正效应，而能源结构和能源强度是推动 CO<sub>2</sub> 排放下降的主要动力。

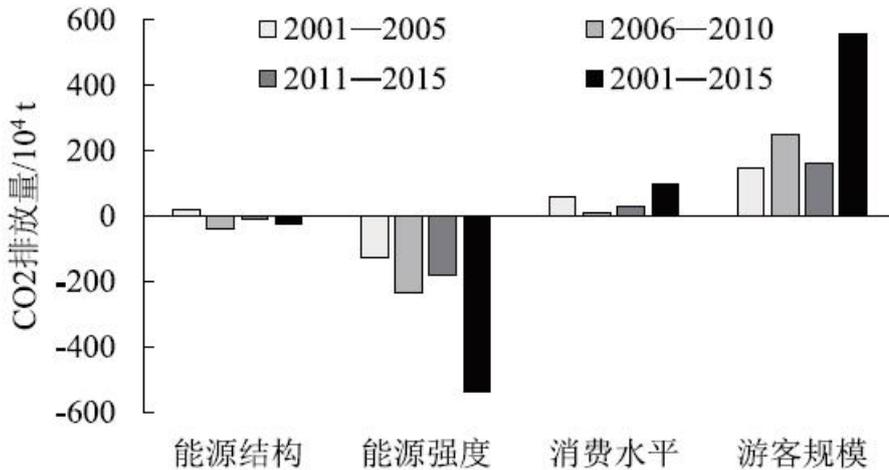


图3 江苏省旅游业CO<sub>2</sub>排放驱动因子的LMDI分解

#### 3.2.1 游客规模

游客规模是促进江苏省旅游业 CO<sub>2</sub> 排放快速增长的最重要驱动力，在三个时间段内分别推动旅游业 CO<sub>2</sub> 排放增加  $145.15 \times 10^4 \text{t}$ 、 $250.30 \times 10^4 \text{t}$  和  $161.82 \times 10^4 \text{t}$ 。江苏省的国内外游客数量自 2001 年的 8258.6 万人次增长至 2015 年的 62134.5 万人次，增长了 6.52 倍，年均增长率为 15.50%。游客数量的增加直接导致旅游能源需求的增长，进而引起 CO<sub>2</sub> 排放持续上升。“十三五”期间是我国旅游业的黄金发展期。因此，并不能通过抑制游客旅游需求来实现旅游业碳减排。

### 3.2.2 消费水平

消费水平在三个时间段内，分别推动江苏省旅游业 CO<sub>2</sub>排放增加 58.35×10<sup>4</sup>t、9.52×10<sup>4</sup>t 和 28.00×10<sup>4</sup>t。2001 年江苏省旅游人均消费为 900.48 元，2015 年提升至 1446.72 元，年均增长 3.44%。随着我国人均可支配收入的不断提升，人均旅游消费必定继续提升。因此，也不能通过限制消费水平实现低碳发展。

### 3.2.3 能源结构

能源结构的驱动效应由 2001—2005 年的正效应转为负效应，体现出能源结构对江苏省旅游业 CO<sub>2</sub>排放的促进和抑制作用同时存在。从旅游业三大部门来看（图 4），能源结构对江苏省旅游活动的 CO<sub>2</sub>排放具有持续的促进作用，而对旅游交通和住宿的 CO<sub>2</sub>排放则同时具有促进和抑制的作用。由于“十三五”期间，休闲度假旅游活动将持续推进，因此无法通过改变能源结构来抑制旅游活动的 CO<sub>2</sub>排放，而能源结构对旅游交通和住宿碳排放的作用则需要更多的时间和数据进一步说明。就目前而言，改变能源结构并非是江苏省旅游业节能减排的良策。

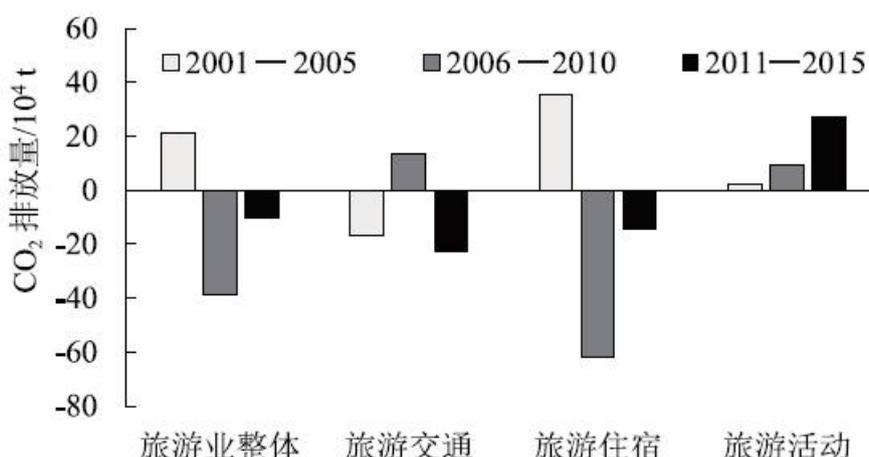


图4 能源结构对江苏省旅游业CO<sub>2</sub>排放的驱动效应

### 3.2.4 能源强度

从公式（10）可以看出，旅游能源强度是指单位旅游收入需要消耗的能源，能够反映能源经济活动的整体效率。通过 LMDI 分解，能源强度构成了促进江苏省旅游业节能减排的关键要素，在三个阶段分别驱动 CO<sub>2</sub>减排 125.22×10<sup>4</sup>t、232.72×10<sup>4</sup>t 和 179.92×10<sup>4</sup>t。再从旅游业三大部门来看，能源强度对旅游业的减排效应体现在旅游交通、住宿和活动上，即对旅游业部门的碳排放均具有抑制作用。因此，进一步改变能源强度，提升旅游能源利用效率是推动江苏省旅游业进一步节能减排的重要动力。

## 4 结论与启示

本文采用“自下而上”法估算了 2001—2015 年江苏省旅游业及主要部门的能源消费与 CO<sub>2</sub>排放量的序时性变化，并利用 LMDI 分解法分析了驱动旅游业 CO<sub>2</sub>排放变化的要素及其各自的贡献值。主要研究结论包括：

（1）2001—2015 年，江苏省旅游业能源消费量自 289.54×10<sup>8</sup>MJ 提升至 710.11×10<sup>8</sup>MJ，CO<sub>2</sub>排放量自 211.86×10<sup>4</sup>t 增加为 448.68×10<sup>4</sup>t。江苏省旅游业能源消费和 CO<sub>2</sub>排放量的持续提升表明促进旅游业低碳发展，探寻节能减排有效措施的意义重大。

(2) 在三大主要旅游业部门中, 旅游交通的能源消费和 CO<sub>2</sub>排放量最高, 且旅游交通需求逐步从以公路交通为主导向公路、航空、铁路并重转变; 旅游住宿的能源消费和 CO<sub>2</sub>排放虽有波动, 但总体呈现持续下降趋势, 尤其在“十一五”“十二五”期间最为显著; 旅游活动的能源消费和 CO<sub>2</sub>排放持续快速走高, 主要原因是休闲度假活动自“十二五”成为江苏省旅游业活动的主体。

(3) 能源结构、能源强度、消费水平和游客规模所引起的江苏省旅游业 CO<sub>2</sub>排放变动总量为 87.74×10<sup>4</sup>t。其中, 消费水平和游客规模是促进 CO<sub>2</sub>排放量增长的主要驱动因素, 而能源结构和能源强度是抑制 CO<sub>2</sub>排放量增长, 促使其排放量下降的驱动因素。

(4) 江苏省旅游业要实现节能减排, 从旅游部门看, 应通过进一步完善省内铁路交通路网, 引导公路交通向铁路交通转变, 并完善旅游景区的公共交通可达性, 提升公共交通使用率。同时, 在度假休闲活动成为旅游活动主导的时代背景下, 应提倡低碳消费以抑制旅游活动碳排放过快增长。从驱动要素看, 建议降低旅游能源强度、提升旅游能源利用率, 实现途径主要依靠低碳技术的进一步发展, 这也是江苏省旅游业节能减排的关键。

#### 参考文献:

- [1]Scott D, Amelung B, Becken S, et al. Climate change and tourism: Responding to global challenge [R]. Madrid, Spain:World Tourism Organization, 2008.
- [2]Paravantis J A, Georgakellos D A. Trends in energy consumption and carbon dioxide emissions of passenger cars and buses [J].Technological Forecasting & Social Change, 2007, 74(5): 682-707.
- [3]魏艳旭, 孙根年, 马丽君, 等. 中国旅游交通碳排放及地区差异的初步估算[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2012 (2): 76-84.
- [4]孙晋坤, 章锦河, 刘泽华, 等. 区域旅游交通碳排放测度模型及实证分析[J]. 生态学报, 2015 (21): 7161-7171.
- [5]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[J]. 地理学报, 2011 (2): 235-243.
- [6]谢园方, 赵媛. 长三角地区旅游业能源消耗的 CO<sub>2</sub> 排放测度研究[J]. 地理研究, 2012 (3): 429-438.
- [7] Dwyer L, Forsyth P, Spurr R, et al. Estimating the carbon footprint of Australian tourism [J]. Journal of Sustainable Tourism, 2010, 18(3): 355-376.
- [8]钟永德, 石晟屹, 李世宏, 等. 我国旅游业碳排放测算方法构建与实证研究——基于投入产出视角[J]. 中南林业科技大学学报, 2015 (1): 132-139, 144.
- [9]张瑞英, 席建超, 葛全胜. 基于生命周期理论的旅游者碳足迹分析: 一种“低碳旅游”测度框架及其实证研究[J]. 干旱区资源与环境, 2015 (6): 169-175.
- [10]Tang, Z, Shang J, Shi C B, et al. Decoupling indicators of CO<sub>2</sub> emissions from the tourism industry in China: 1990-2012 [J].Ecological Indicators, 2014, 46: 390-397.
- [11]王凯, 李娟, 席建超. 中国旅游经济增长与碳排放的耦合关系研究[J]. 旅游学刊, 2014 (6): 24-33.

- 
- [12]赵先超, 朱翔. 湖南省旅游业碳排放的初步估算及脱钩效应分析[J]. 世界地理研究, 2013 (1): 166-175.
- [13]王凯, 肖燕, 李志苗, 等. 中国旅游业CO<sub>2</sub>排放因素分解: 基于LMDI分解技术[J]. 旅游科学, 2016 (3): 13-27.
- [14]陶玉国, 黄震方, 吴丽敏, 等. 江苏省区域旅游业碳排放测度及其因素分解[J]. 地理学报, 2014 (10): 1438-1448.
- [15]Chiesa T, Gautam A. Towards a low carbon travel & tourism sector [R]. Geneva: World Economic Forum, 2009.
- [16]冯凌. 旅游业节能减排的推进机制与工作体系[J]. 环境保护与循环经济, 2012 (8): 30-32.
- [17]吴普. 中国旅游业节能减排的若干关键问题研究[J]. 北京第二外国语学院学报, 2013 (3): 28-34.
- [18]韩元军, 吴普. 京津冀地区旅游业的碳排放测算与比较研究[J]. 人文地理, 2016 (4): 127-134.
- [19]杜强, 陈乔, 杨锐. 基于Logistic模型的中国各省碳排放预测[J]. 长江流域资源与环境, 2013 (2): 143-151.
- [20]陈玲玲, 严伟, 陆鑫. 基于生态足迹模型的南京市旅游可持续发展评估及对策研究[J]. 生态经济, 2011(12): 157-161, 174.
- [21]Kuo N W, Chen P H. Quantifying energy use, carbon dioxide emission, and other environmental loads from island tourism based on a life assessment approach [J]. Journal of Cleaner Production, 2007, 17(15): 1324-1330.
- [22]Perch-Nielsen S, Sesartic A, Stucki M. The greenhouse gas intensity of the tourism sector: The case of Switzerland [J]. Environmental Science & Policy, 2010, 13(2): 131-140.
- [23]杨莎莎, 邱雪晨, 张晓君. 桂林旅游业碳排放的初步估算及脱钩关系分析[J]. 桂林理工大学学报, 2014 (4): 797-803.
- [24]陈飞, 诸大建, 许琨. 城市低碳交通发展模型、现状问题及目标策略——以上海市实证分析为例[J]. 城市规划学刊, 2009 (6): 39-46.
- [25]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[J]. 地理科学, 2012(10): 1168-1175.
- [26]Gössling S. Global environmental consequences of tourism [J]. Global Environmental Change, 2002, 12(4): 283-302.
- [27]Schafer A, Victor D G. Global passenger travel: Implications for carbon dioxide emissions [J]. Energy, 1999, 24(8): 657-679.
- [28]Gössling S, Peeters P, Ceron J P, et al. The eco-efficiency of tourism [J]. Ecological Economics, 2005, 54(4): 417-434.
- [29]Dubois G, Ceron J P. Tourism/leisure greenhouse gas emissions forecasts for 2050: Factors for change in France [J]. Journal of Sustainable Tourism, 2006, 14(2): 172-191.

---

[30]Ang B W, Zhang F Q, Choi K H. Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition [J]. Energy, 1998, 23(6): 489-495.

[31]Ang B W. Decomposition analysis for policymaking in energy:Which is the preferred method? [J]. Energy Policy, 2004, 32(9):1131-1139.

[32]Albrecht J, François D, Schoors K. A Shapley decomposition of carbon emissions without residuals [J]. Energy Policy, 2002, 30(9): 727-736.

[33]Ang B W, Liu F L, Chew E P. Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis [J]. Energy Policy, 2003, 31(14): 1561-1566.

[34]Ang B W. The LMDI approach to decomposition analysis: A practical guide [J]. Energy Policy, 2005, 33(7): 867-871.