

基于碳足迹模型的旅游碳排放实证研究*

——以海南省为案例

姚治国^{1,2}, 陈田²

(1. 天津外国语学院国际商学院, 天津 300071;

2. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101)

内容提要: 旅游过程需要消耗一定的自然资源与能源, 相应地会产生温室气体排放等环境问题。为了实现旅游业可持续发展目标, 旅游业碳排放和能源消耗需要限定在门槛水平之内, 在此约束背景下, 旅游碳足迹相关研究逐渐成为学术热点。本文基于旅游碳足迹模型的构建, 以海南省为例进行了旅游碳足迹的实证分析。结果显示, 2012年, 海南省旅游碳足迹总量为 21209.6×10^6 千克, 年人均旅游碳足迹为 638.77 千克。从旅游分部门碳足迹总量和均值看, 旅游交通碳足迹所占比例最高, 其次为旅游住宿, 旅游活动比例最低, 说明旅游交通对旅游碳足迹的“贡献”最大, 交通减排是旅游减排的关键; 海南省是以国内市场为主的客源结构, 外部交通是旅游交通碳足迹的主要产生原因, 大力发展目的地内旅游公共交通, 减少自驾车和出租车的比例, 有利于降低旅游交通碳足迹。另外, 海南省与部分旅游地相比, 由于旅游市场客源结构、旅行平均距离、旅游者偏好等不同, 旅游碳足迹分布呈现一定的区域差异化特征。

关键词: 旅游; 旅游碳足迹; 模型; 海南省

中图分类号: F59 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002—5766(2016)02—0151—09

一、引言

旅游过程需要耗费一定的自然资源与能源, 相应地也会产生温室气体的排放问题 (Becken, 2007)。据世界旅游组织的权威核算估计, 旅游产业所耗费的化石能源“贡献”了全球大约 5% 的 CO_2 排放 (Kuo & Chen, 2007), 预计到 2035 年, 旅游部门的 CO_2 排放将达到年均增长率约为 2.5% (Zhang, 2010)。旅游碳足迹的产生本质上是因为旅游过程中化石能源的利用与消耗, 两者可以相互转化 (Stefan, 2002)。自 20 世纪 90 年代以来, 可持续性旅游成为旅游研究者和旅游行业的一致理念, 时至今日, 学术界均认为旅游产业开发必须遵循可持续发展原则, 很明显, 为了实现这个目标, 旅游业

的碳足迹和能源消耗必须严格限定在门槛水平之下 (Stefan 等 2005)。随着人们对于旅游业环境影响、节能减排、低碳旅游等问题的日益关注, 旅游碳足迹理论与实践研究逐渐成为一个学术热点。Becken (2001) 系统构建了旅行过程中碳足迹排放与能源消耗的一种综合图景式描述框架; Höyer (2000) 将旅游环境影响和旅游能源消耗作为区域可持续性旅游的一部分进行了深入化讨论; Olsthoorn (2001) 对跨国航空旅游的 CO_2 排放进行了量化计算, 估计到 2050 年, 旅游航空向大气层排放的 CO_2 数量的年均增长率为 3% ~ 7%。旅游经济快速增长的同时带来环境压力, 对于旅游行业管理是一个“两难困境”, 以旅游发展低碳化和可持续性为目标, 旅游过程碳排放与能源消耗逐渐成为低碳旅

收稿日期: 2015-10-28

* 基金项目: 国家软科学面上项目“低碳旅游与旅游消费拉动经济的一般均衡研究”(2011GXQ4B008)。

作者简介: 姚治国 (1978 -) 男, 安徽太湖人, 讲师, 博士后, 研究方向为旅游管理与规划等, E-mail: yzgzsz@163.com; 陈田 (1958 -) 男, 安徽安庆人, 研究员, 博士, 研究方向为旅游地理, E-mail: chent@igsnr.ac.cn。

游研究的关键内容(Stefan&Hall 2006)。本文在构建旅游碳足迹模型的前提下,以海南省为案例地,对旅游碳足迹及分布特征进行了实证分析,研究结论有利于了解旅游碳足迹的形成过程和影响机制,进而实施有针对性的旅游节能减排措施,同时对其它旅游地也具有一定的典型示范意义。

二、旅游过程碳足迹模型

Weidema(2008)将碳足迹定义为人们为了满足生产和生活需要消耗各类能源而产生的包含CO₂在内的温室气体数量。相应地,旅游碳足迹也即旅游者在交通、住宿、餐饮、参与娱乐活动等过程中直接和间接产生CO₂排放量的总和。旅游业资源能源消耗与旅游碳足迹是一个问题的两个方面,在工业化发达国家,能源消耗碳排放占其碳排放总量的90%以上(刘竹等2011)。依据旅游生命周期评价理论,本文采用“自下而上”的分析方法,将旅游过程产生的碳足迹分解为旅游交通碳足迹、旅游住宿碳足迹和旅游活动碳足迹。对应地,旅游碳足迹模型也就包括旅游交通碳足迹模型、旅游住宿碳足迹模型、旅游活动碳足迹模型,三个模型加总即得旅游碳足迹综合模型。

1. 旅游交通碳足迹模型

许多学者和机构对交通部门的CO₂排放问题进行了系统化研究(汪玉林、姜克隽2009;吴文化,2007;国家发展和改革委员会能源研究所课题组,2010;张陶新等,2011;牛文元,2010;张陶新,2012)。交通是旅游活动开展的重要前提条件,旅游交通因其碳排放问题获得日益多的关注。分析表明,旅游交通碳足迹占旅游碳足迹总量的比例较大,部分情境下甚至超过90%(Woodside & King, 2001; Kelly & Williams, 2007; Peeters & Schouten, 2007; Jennifer等2010)。旅游交通部门的节能减排也成为旅游节能减排的核心工作(Sussane等,2003)。整合国内外相关学者的研究结论(Stefan, 2005; Lin, 2010),本文构建旅游交通碳足迹模型如下:

$$C_t = \sum_i (N_i \cdot L_i \cdot D_i \cdot \beta_i \cdot \varepsilon_i)$$

其中, C_t 为旅游交通碳足迹,单位是千克; N_i 为

目的地旅游者总数量(人); L_i 为第 i 类交通模式的利用率(%); D_i 为采用第 i 类交通模式下的运行距离(千米); β_i 为第 i 类交通模式碳足迹排放强度; ε_i 为第 i 类交通模式下的等价因子,计算中起到减小误差的作用。在上述变量中,排放因子数据借鉴已有研究成果,结合案例地实际,将航空交通的等价因子定为1.07,其他交通方式的等价因子定为1.05(如表1所示)。

表1 不同旅游交通方式的相关变量系数

单位: 千克/人·千米

交通模式	碳足迹排放强度	等价因子
航空(国内)	0.15	1.07
航空(海外)	0.15	1.07
汽车	0.075	1.05
火车	0.025	1.05
长途公共汽车	0.018	1.05
渡轮	0.07	1.05
游轮/游艇	0.07	1.05
自行车/脚踏车	0.01	1.05
其他	0.075	1.05

资料来源: 根据参考文献[13]整理。

2. 旅游住宿碳足迹模型

作为国内著名的旅游休闲度假目的地,海南省主要住宿类型有星级酒店、社会宾馆、公寓、度假村、私家旅馆等。在国家政策的大力支持下,海南省旅游住宿接待业积极参与旅游接待低碳化行动之中,实施“绿色宾馆”的计划,鼓励旅游者减少一次性生活日用品的使用、倡导在住宿设施之内注意节约用电和用水,其中,影响最大的措施是投入、安装和使用旅游住宿节能设施,进而提升旅游住宿业的能源利用效率,降低旅游住宿碳足迹。根据旅游住宿碳足迹强度系数的定义,将旅游住宿碳足迹模型构建如下:

$$C_h = \sum_i (H_i \cdot N_i \cdot K_i \cdot P_i)$$

其中, C_h 为旅游住宿碳足迹,单位是千克; H_i 为第 i 类旅游住宿方式人均每住一晚的碳排放量,单位是千克/人次·夜数; N_i 为旅游者总数量; K_i 为旅游者平均留宿天数; P_i 为 i 类旅游住宿设施利用率,即选择该类住宿旅游者数量与旅游者总数

之比。

3. 旅游活动碳足迹模型

现代人的旅游娱乐活动越来越丰富多样,旅游者更加注重旅游的参与度与体验性,依托旅游游乐设施和各类资源可以开展旅游休闲、运动体验、观赏品鉴、休闲度假等旅游活动。海南国际旅游岛是我国重要的度假、会议、观光旅游胜地,以之作为案例地,对岛屿型目的地的旅游活动碳足迹研究具有一定的示范意义。参与不同旅游娱乐活动所产生的碳足迹值不同,将旅游者每参加一项活动产生的碳排放量作为碳足迹强度系数。据此,本文将旅游活动碳足迹模型定义如下:

$$C_a = \sum_i (A_i \cdot N_i \cdot F_i \cdot P_i)$$

其中, C_a 指旅游活动产生的碳足迹,单位是千克; A_i 指第 i 类旅游活动碳足迹强度,即表示每位旅游者参与一次该旅游活动的碳排放量,单位是千克/人·频次; N_i 指旅游者总人数; F_i 指第 i 类旅游活动的旅游者平均参与频次; P_i 指参与第 i 类旅游活动的旅游者比例,也即参与此项旅游活动人数与旅游者总数之比。

4. 旅游碳足迹综合模型

按照旅游生命周期评价理论,旅游产品与旅游服务的消费过程,起始于旅游者离开常住地,终止于旅游者回到常住地,其中,旅游交通、旅游住宿、旅游活动占有碳排放的绝大部分比例,旅游碳足迹也就等于旅游交通碳足迹、旅游住宿碳足迹、旅游活动碳足迹之和,基于此,本文将旅游碳足迹综合模型定义为:

$$C = C_t + C_h + C_a$$

其中, C 为旅游碳足迹总量; C_t 为旅游交通碳足迹; C_h 为旅游住宿碳足迹; C_a 为旅游活动碳足迹,变量单位均为千克。

三、海南省旅游碳足迹实证分析

1. 案例地简介及资料来源

海南省是我国第二大岛屿和最大的经济特区,也是我国唯一的热带岛屿省份,海南省的旅游资源、区位条件、产品结构、市场开发、旅游形象等要素在全国具有很强的比较优势,休闲度假旅游发展的潜力巨大,2012年海南省旅游产业总收入为

379.12亿元,旅游接待总数量为3320.36万人次,以海南省为例,结合旅游碳足迹模型的理论和分析,对于促进岛屿型目的地的旅游业节能减排具有一定价值。

本文旅游碳足迹计算中所需的碳排放强度系数主要来自文献分析和整理,2012年海南省国内旅游者在出行距离、停留时间、参与旅游活动、旅游者行为选择、旅游消费等数据来自2012年10月进行的市场调研,该次调研中总计发放问卷1864份,共回收1842份,剔除无效问卷后的有效问卷数为1738份,问卷有效回收率为94.35%,有效问卷比率及其统计特征能够满足研究需要。国际旅游者相关数据来自海南省旅游委官方统计资料,另外旅游者外部交通距离核算中运用了地理信息系统软件和国家交通信息数据。

2. 研究结果与分析

(1) 旅游交通碳足迹。旅游交通碳足迹包含海外旅游者交通碳足迹和国内旅游者交通碳足迹。海南省2012年旅游交通碳足迹总量为 18791.24×10^6 千克,人均值为565.94千克/人,其中,海外旅游者交通碳足迹为 2113.25×10^6 千克,国内旅游者交通碳足迹为 16677.99×10^6 千克。很明显,国内旅游者碳足迹远大于海外旅游者碳足迹,说明海南省属于典型的国内市场为主的旅游客源空间结构。我国旅游交通碳排放的构成上,呈现出省域和国家层面以航空碳排放为主,市域层面以汽车为主的特征(王怀琛等,2011)。从旅游外部交通模式看,飞机旅行是海南省旅游者最主要的外部交通方式,乘坐飞机产生的碳足迹所占比例高达93.22%,乘坐火车等交通方式产生的碳足迹比例仅为6.78%。自驾车、乘坐出租车、公交系统是海南省主要的内部交通方式,其中,乘坐出租车在内部交通碳足迹排放中比重最大,占52.06%,其次为城市公交与自驾车,所占比例分别为33.08%、12.68%。从内部交通与外部交通碳足迹的数值比较看,外部交通是旅游交通碳足迹的主要产生原因,2012年,海南省旅游外部交通碳足迹总量为 18592.07×10^6 千克,占整个旅游交通部门碳足迹的98.94%,而内部交通碳足迹总量为 199.17×10^6 千克,所占比例仅为1.06%(如表2所示)。

表2 2012年海南省旅游交通碳足迹

	交通模式	国内旅游者碳足迹 (10 ⁶ 千克)	海外旅游者碳足迹 (10 ⁶ 千克)	合计 (10 ⁶ 千克)	比例 (%)
外部 交通	飞机	15222.33	2108.30	17330.63	93.22
	火车	1261.44	—	1261.44	6.78
	小计	16483.77	2108.30	18592.07	100
比例	98.94%				
内部 交通	城市公交	64.27	1.62	65.89	33.08
	步行/自行车	0	0	0	0
	出租车	101.09	2.6	103.69	52.06
	自驾车	24.64	0.62	25.26	12.68
	其他	4.22	0.11	4.33	2.17
	小计	194.22	4.95	199.17	100
比例	1.06%				
合计(10 ⁶ 千克)		16677.99	2113.25	18791.24	—
人均旅游碳足迹(千克/人): 565.94					

资料来源:根据《海南省旅游发展委员会年度统计资料(2002~2012)》及调研数据计算整理

(2) 旅游住宿碳足迹。旅游住宿碳足迹是旅游碳足迹的重要组成部分。旅游者住宿过程中需要消费自然资源和能源,产生一定的环境影响。海南省主要旅游住宿方式有星级酒店、度假村、社会宾馆、家庭旅馆、露营地等,旅游者对各类住宿设施的实际使用率不尽相同。从住宿设施的碳排放系数看,星级酒店数值最高,为20.6千克/人·夜,其次是家庭旅馆,为15.9千克/人·夜,露营地碳排放量最小,为1.364千克/人·夜(如表3所示)。

表3 海南省旅游住宿的碳排放系数

住宿接待设施	碳排放量(千克/人·夜)	使用比例(%)
星级酒店	20.6	85
社会宾馆	14.0	8
度假村	14.3	4
家庭旅馆	15.9	3
住宿与早餐	4.14	—
露营地	1.364	—

资料来源:根据参考文献[4][9]和调研数据计算整理

研究显示,2012年,海南省旅游住宿碳足迹总量为2330.56×10⁶千克,旅游住宿碳足迹均值为

70.19千克/人。另外,不同住宿类型的碳足迹比例差异较大,星级酒店形成的旅游碳足迹为2023.26×10⁶千克,在旅游住宿碳足迹总量中的比例最高,为86.81%;度假村产生的旅游碳足迹为129.14×10⁶千克,所占比例为5.54%;社会宾馆和家庭旅馆产生的旅游碳足迹分别为122.72×10⁶千克、55.43×10⁶千克,在旅游住宿设施碳足迹中所占比例分别为5.27%、2.38%(如表4所示)。

表4 2012年海南省旅游住宿碳足迹

住宿设施	平均停留 夜数 (夜)	旅游者停 留夜数(万 人晚)	碳足迹 (10 ⁶ 千克)	比例 (%)	单项碳 足迹均值 (千克/人)
星级酒店	3.48	9821.64	2023.26	86.81	71.69
度假村	6.80	903.11	129.14	5.54	97.24
社会宾馆	3.30	876.58	122.72	5.27	46.20
家庭旅馆	3.50	348.64	55.43	2.38	55.65
合计		11949.97	2330.56	100	—
总体平均停留夜数:3.6					
旅游住宿碳足迹均值(千克/人):70.19					

资料来源:根据本文市场调研数据计算整理

(3) 旅游活动碳足迹。从旅游活动碳排放看,

基于内燃发动机动力系统的旅游活动类型具有较高的碳排放系数,对环境的负面影响的较大。相反,基于自然条件开展的观光休闲、文化景观、观看演出、节庆会展等活动的旅游碳排放系数较小,在节能减排的情境下,政府旅游管理部门应鼓励积极开发碳排放系数较低旅游活动。海南省因为具有独特的气候和自然环境,基于阳光、沙滩、海水开展的滨海旅游体验活动很受游客欢迎,统计显示,海南省旅游者优先选择的旅游活动类型是自然观光、潜水/游泳、主题公园、冲浪/沙滩、植物园、观看演出、文化景观、温泉/休闲度假等(如表5所示)。

表5 海南省不同旅游活动碳排放系数

大类	子项	参与者比例 (%)	旅游活动碳排放系数 (千克/人·次)
吸引物	植物园	18	0.417
	主题公园	36	0.417
	自然观光	65	0.417
	文化景观	15	0.172
娱乐	观看演出	16	0.172
	节庆会展	9	0.172
活动	垂钓	8	1.67
	潜水/游泳	37	2.24
	冲浪/沙滩	29	2.24
	温泉/休闲度假	13	2.24
	高尔夫	4	15.3
	游轮/游艇	2	15.3

资料来源:根据参考文献[7][10]及调研数据整理

计算显示,2012年,海南省旅游活动碳足迹总量为 187.8×10^6 千克,小于同期旅游交通碳足迹与

旅游住宿碳足迹总量。旅游娱乐活动人均总体碳足迹为5.66千克/人,也远小于旅游交通和旅游住宿产生碳足迹的人均值。从不同类型旅游活动碳足迹的差异看,高尔夫、游艇/游船尽管参与者数量不多,但因为碳排放系数较高,旅游活动产生的碳足迹较大,两者分别为 50.80×10^6 千克、 18.29×10^6 千克,所占比例分别为27.05%、9.74%;而滨海型游憩项目潜水/游泳和冲浪/沙滩,因为在国内市场具有很强的稀缺性,很受旅游者欢迎,旅游参与人次较多,两类旅游碳足迹分别为 38.53×10^6 千克、 25.88×10^6 千克,所占比例分别为20.52%、13.78%,这一方面反映了海南省旅游娱乐活动碳足迹的分布特征;另一方面显示了具有市场潜力的旅游拓展方向。同时,不同的旅游活动碳足迹人均值差异明显,说明了在旅游低碳化趋势下基于自然观光类的旅游活动具有更大的环境综合效益(如表6所示)。

(4) 旅游碳足迹分布特征:①旅游碳足迹总量及均值的部门分布。旅游碳足迹总量和年人均值最能反映旅游环境影响大小和强度。定量分析显示,海南省2012年旅游碳足迹总量为 21209.6×10^6 千克,年人均旅游碳足迹为638.77千克。其中,旅游交通碳足迹总量为 18791.24×10^6 千克,年人均旅游碳足迹为565.94千克/人;旅游住宿碳足迹总量为 2230.56×10^6 千克,年人均旅游碳足迹为70.19千克/人;旅游活动碳足迹总量为 187.8×10^6 千克,年人均碳足迹为5.66千克/人。从旅游碳足迹的总量和年人均数值看,旅游交通部门的碳足迹总量和均值最大,远超旅游住宿和旅游活动部门的对应碳足迹数值,说明旅游交通对旅游碳足迹的“贡献”最大,也是旅游节能减排的核心领域(如表7所示)。

表6 2012年海南省旅游活动碳足迹

大类	子项	平均参与频次(次)	参与者人数(万人次)	参与者总频次(万人频次)	碳足迹(10^6 千克)	比例(%)	单项均值(千克/人)
吸引物	植物园	1.5	597.66	896.49	3.74	1.99	0.6255
	主题公园	1.4	1195.33	1673.46	6.98	3.72	0.5838
	自然观光	1.3	2158.23	2805.70	11.7	6.23	0.5421
	文化景观	2.1	498.05	1045.91	1.8	0.96	0.3612

大类	子项	平均参与频次(次)	参与者人数(万人次)	参与者总频次(万人频次)	碳足迹(10 ⁶ 千克)	比例(%)	单项均值(千克/人)
娱乐	观看演出	1.4	531.26	743.76	1.28	0.68	0.2408
	节庆会展	1.2	298.83	358.60	0.62	0.33	0.2064
活动	垂钓	3.3	265.63	876.58	14.64	7.80	5.511
	潜水/游泳	1.4	1228.53	1719.94	38.53	20.52	3.136
	冲浪/沙滩	1.2	962.9	1155.48	25.88	13.78	2.688
	温泉/休闲度假	1.4	431.65	604.31	13.54	7.21	3.136
	高尔夫	2.5	132.81	332.03	50.8	27.05	38.25
	游轮/游艇	1.8	66.41	119.54	18.29	9.74	27.54
合计	—	—	—	12331.80	187.8	100	—

参与旅游活动平均频次(次): 3.71

总体碳足迹均值(千克/人): 5.66

资料来源: 根据《海南省旅游发展委员会年度统计资料(2002~2012)》及调研数据计算整理

表7 2012年海南省旅游碳足迹总体结构特征

项 目	旅游交通	旅游住宿	旅游活动
碳足迹数量(10 ⁶ 千克)	18791.24	2230.56	187.8
比例(%)	88.60	10.52	0.88
单项均值(千克/人)	565.94	70.19	5.66
碳足迹总量(10 ⁶ 千克)	21209.6		
年度总体人均值(千克/人)	638.77		

资料来源: 根据本文计算数据整理

② 旅游碳足迹部门结构的区域对比。海南省旅游市场属于典型的长距离为主型客源空间结构, 旅游客源市场距离目的地较远, 旅游者的平均出行距离较大, 使得旅游外部交通产生的碳足迹数量较大, 拉升了整个旅游市场平均碳足迹值。从旅游碳足迹的部门结构看, 2012年海南省旅游碳足迹中旅游交通所占比例最高, 为88.6%, 其次为旅游住宿碳足迹, 比例为10.52%, 旅游活动碳足迹所占比例最低, 比例为0.88%。剔除时间因素的影响, 与美国落基山国家山地公园相比, 海南省旅游交通、旅游住宿产生的CO₂排放比例均较高, 而旅游活动碳足迹所占比例较小, 两地在旅游碳足迹的部门分布上具有一定的区域差异。与2008年澎湖列岛的旅游碳足迹的部门结构相比, 海南省旅游碳足迹中交通部门碳足迹所占比例高于澎湖列岛, 旅游活动碳足迹和旅游住宿碳足迹的比例相对较低, 海南省和

澎湖列岛同属岛屿型目的地, 但是, 两地旅游市场空间结构和旅游者消费行为等方面存在一定差异。一方面, 验证了海南省市场结构是以远距离游客为主的特征; 另一方面, 也说明海南省旅游者参与旅游活动的频次与平均停留时间略低, 有待管理部门进行旅游消费行为模式的优化引导(如表8所示)。

表8 2012年海南省与其它目的地旅游碳足迹部门分布比较

项 目	旅游交通	旅游住宿	旅游活动
海南省旅游碳足迹数量(10 ⁶ 千克)	18791.24	2230.56	187.8
部门结构比例(%)	88.60	10.52	0.88
落基山国家山地公园(10 ⁶ 千克)	950.111	108.355	76.179
部门结构比例(%)	83.74	9.55	6.71
澎湖列岛碳足迹部门结构比例(%)	67	17	16

资料来源: 根据参考文献[7][13]及本文计算整理

③ 旅游碳足迹均值的区域差异特征。将海南省旅游碳足迹的部门结构和均值进行横向比较, 有利于探索海南省旅游碳足迹影响因素, 研究旅游节能减排的实施路径。从旅游碳足迹的实际形成机理看, 海南省因为地处中国最南端, 距离国内主要客源市场较远, 岛内与世界许多国家和地区的直航尚未开通, 国内外旅游者外部交通平均距离较大,

拉升了旅游者交通碳足迹均值。基于旅游市场结构多年数据特征的相对稳定性和延续性,本文引用相关研究结论与海南省进行比较分析。2012年海南省与落基山国家山地公园相比,海南省旅游交通碳足迹和旅游住宿碳足迹年人均值大于落基山国家山地公园对应值,而旅游活动碳足迹的年人均值小于落基山国家山地公园,这种旅游碳足迹均值的区域差异显示了两地在客源地空间距离、旅游者消费、旅游者行为模式等方面的不同(如表9所示)。

表9 2012年海南省旅游碳足迹均值的区域比较

旅游碳足迹均值区域比较	海南省	落基山国家山地公园
旅游交通碳足迹均值(千克/人)	565.94	295.66
旅游住宿碳足迹均值(千克/人)	70.19	33.72
旅游活动碳足迹均值(千克/人)	5.66	23.71

资料来源:根据参考文献[13]及本文计算整理

四、结论与讨论

旅游业的节能减排一直是旅游学术研究的一个重要课题,旅游碳足迹模型的引入为分析旅游业环境影响和可持续发展开创了一条新思路(Kian, 2001)。本文以旅游碳排放强度概念为中心,借鉴国内外相关研究成果,构建了适合区域旅游碳排放研究的碳足迹模型,定量化计算了2012年海南省旅游各部门碳足迹的数量及其特征,得出以下研究结论。

第一,旅游业不同部门之间存在碳足迹差异。2012年,海南省旅游碳足迹总量为 21209.6×10^6 千克,年人均旅游碳足迹为638.77千克。其中,旅游交通所占比例最高,占88.6%,其次为旅游住宿,比例为10.52%,旅游活动碳足迹所占比例最低,为0.88%。从旅游碳足迹的年人均值看,旅游交通部门碳足迹的年人均值也最大,远超过旅游住宿和旅游活动的均值,这说明旅游交通对旅游碳足迹的“贡献”最大。

第二,客源地空间结构和旅游者交通方式的选择影响旅游碳足迹的强度。2012年,海南省旅游交通碳足迹总量为 18791.24×10^6 千克,其中,国内旅游者产生的交通碳足迹为 16677.99×10^6 千克,海外旅游者产生的碳足迹总量为 2113.25×10^6 千克,

国内旅游者产生的碳足迹远大于海外旅游者产生碳足迹,说明了海南省是以国内市场为主的客源结构。特别地,外部交通是旅游交通碳足迹产生的主要原因,2012年海南省外部交通碳足迹总量为 18592.07×10^6 千克,占整个旅游交通碳足迹的98.94%,内部交通碳足迹总量为 199.17×10^6 千克,占整个旅游交通碳足迹的1.06%。从旅游者外部交通方式看,乘坐飞机是最主要的外部交通方式;出租车在内部交通碳足迹排放中比重最大,其次为城市公交与自驾车。促进旅游地内部交通方式转型,重点发展旅游公共交通,减少自驾车和出租车的比例,有利于降低旅游交通碳足迹。

第三,旅游住宿和旅游活动也是旅游碳足迹的重要来源。2012年,海南省旅游住宿部门碳足迹总量为 2330.56×10^6 千克,旅游住宿碳足迹均值为每人70.19千克。不同住宿类型在旅游住宿碳足迹中所占比例差异较大,星级酒店产生的碳足迹所占份额最大,共产生的碳足迹为 2023.26×10^6 千克,所占比例为86.81%,度假村、社会宾馆、家庭旅馆等产生的碳足迹和比例紧随其后。2012年,海南省旅游活动碳足迹总量为 187.8×10^6 千克,旅游活动碳足迹年人均值为5.66千克/人,该部门旅游碳足迹的总量和均值都远小于旅游交通和旅游住宿碳足迹的对应值。从旅游活动类型碳足迹类型分布看,高尔夫、游艇/游船因为碳足迹强度系数高,旅游碳足迹较大,滨海型游憩项目潜水/游泳和冲浪/沙滩由于稀缺性较强,旅游参与人次较多,所占比例也较高。

第四,旅游碳足迹的区域差异特征明显。海南省与澎湖列岛相比,旅游交通碳足迹所占比例较高,但旅游住宿与旅游活动碳足迹所占比例较低,海南省旅游者平均出行距离较大导致了旅游交通碳足迹的排放水平较高。海南省与落基山国家山地公园相比较,旅游交通与旅游住宿碳足迹均值都较大,而旅游活动碳足迹的均值则较小。

本文研究过程中,旅游碳足迹强度系数、变量常数等主要引用国外学者的权威性结论,对适用于不同区域的旅游碳足迹变量常数的统计分析是有待加强的课题。另外,对旅游碳足迹区域差异进行分布特征和成因机制分析,由于横向比较的时间不同必然对研究结论产生一定的偏差,有必要通过历时性分析弥补这个不足。

参考文献:

- [1] Becken S. Tourists' Perception of International Air Travel's Impact on the Global Climate and Potential Climate Change Policies[J]. *Journal of Sustainable Tourism* 2007 (15): 351-368.
- [2] Becken S. Vergleich der Energieintensität Zweier Verschiedener Keisestile[J]. *Tourismus Journal* 2001 (1): 227-246.
- [3] Høyer K G. Sustainable Tourism or Sustainable Mobility? The Norwegian Case[J]. *Journal of Sustainable Tourism* 2000 8, (2): 147-160.
- [4] Jennifer Reilly ,Peter Williams ,Wolfgang Haider. Moving Towards More Eco-efficient Tourist Transportation to A Resort Destination: The Case of Whistler ,British Columbia[J]. *Research in Transportation Economics* 2010 (26): 66-67.
- [5] Kelly J ,Williams P W. Modelling Tourism Destination Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions: Whistler ,British Columbia ,Canada[J]. *Journal of Sustainable Tourism* 2007 ,15 (1): 67-90.
- [6] Kian Foh Lee. Sustainable Tourism Destinations: the Importance of Cleaner Production [J]. *Journal of Cleaner Production* , 2001 (9): 313-323.
- [7] Nae-Wen Kuo ,Pei-Hun Chen. Quantifying Energy use ,Carbon Dioxide Emission ,and Other Environmental Loads from Island Tourism Based on A Life Cycle Assessment Approach [J]. *Journal of Cleaner Production* 2009 (17): 1324-1330.
- [8] Olsthoorn X. CO₂ Emission from International Aviation: 1950—2050 [J]. *Journal of Air Transportation Management* ,2001 , (7): 87-93.
- [9] Peeters P ,Schouten F. Reducing the Ecological Footprint of Inbound Tourism and Transport to Amsterdam [J]. *Journal of Sustainable Tourism* 2007 ,14 (2): 157-171.
- [10] Sussane Becken ,David G. Simmons ,Chris Frampton. Energy Use with Different Travel Choices [J]. *Tourism Management* , 2003 (24): 267-277.
- [11] Stefan Gössling. Global Environmental Consequences Of Tourism [J]. *Global Environmental Change* 2002 (12): 283-302.
- [12] Stefan Gössling ,Hall ,C. M. Uncertainties in Predicting Tourist Flows under Scenarios of Climate Change [J]. *Climatic Change* 2006 ,79 (3): 163-173.
- [13] Stefan Gössling ,Paul Peeters ,Jean-Paul Ceron ,Ghislain Dubois ,Trista Patterson ,Robert B. Richardson. The Eco-efficiency of Tourism [J]. *Ecological Economics* 2005 (54): 417-434.
- [14] Tzu-Ping Lin. Carbon Dioxide Emissions from Transport in Taiwan's National Park [J]. *Tourism Management* 2010 (31): 285-290.
- [15] Weidema B P ,Thrane M ,Christensen P ,Schmidt J ,Lokke S. Carbon Footprint: a Catalyst for Life Cycle Assessment? [J]. *Journal of Industrial Ecology* 2008 ,12 (1): 3-6.
- [16] Woodside A ,King R. An updated Model of Travel and Tourism Purchase-consumption Systems [J]. *Journal of Travel & Tourism Marketing* 2001 ,10 (1): 3-26.
- [17] 国家发展和改革委员会能源研究所课题组. 中国 2050 年低碳发展之路: 能源需求暨碳排放情景分析 [M]. 北京: 科学出版社 2010.
- [18] 刘竹 耿涌 薛冰 等. 中国低碳试点省份经济增长与碳排放关系研究 [J]. 北京: 资源科学 2011 (4).
- [19] 牛文元. 中国新型城市化报告 2010 [M]. 北京: 科学出版社 2010.
- [20] 王怀琛 罗芬 钟永德. 张家界旅游者碳足迹 [M]. 北京: 中国林业出版社 2011.
- [21] 汪玉林 姜克隽. 中国城市交通节能政策研究 [M]. 北京: 人民交通出版社 2009.
- [22] 吴文化. 我国交通运输行业能源消费和排放与典型国家的比较 [J]. 北京: 中国能源 2007 (10).
- [23] 张焕波. 中国、美国和欧盟的气候政策分析 [M]. 北京: 社会科学文献出版社 2010.
- [24] 张陶新. 中国城市化进程中的城市道路交通碳排放研究 [J]. 济南: 中国人口·资源与环境 2012 (8).
- [25] 张陶新 周跃云 赵先超. 中国城市低碳交通建设的现状与途径分析 [J]. 北京: 城市发展研究 2011 (1).

**The Empirical Research on Tourism Carbon Emission based on the Carbon Footprint Model:
A Case Study of Hainan Province**

YAO Zhi-guo^{1,2}, CHEN Tian²

(1. School of International Business of Tianjin Foreign Studies University, Tianjin, 300071, China;

2. Institute of Geography Science and Natural Research of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, China)

Abstract: The process of tourism will consume certain natural resources and energy, and it will produce greenhouse gas emissions and other environmental impacts issues accordingly. In order to achieve the goal of sustainable tourism development, tourism carbon emissions and energy consumption need to be under the particular threshold level strictly. In this context, the academic research related tourism carbon footprint is becoming a hot academic issue and It generated a lot of international academic research results in recent years.

The analysis of tourism carbon footprint create a new way for the research of tourism sustainable development and tourism environmental impacts. This paper made an empirical research to tourism carbon footprint of Hainan province in 2012 by building tourism carbon footprint model, the study results show that: The total tourism carbon footprint of Hainan province in 2012 was $21209.6 \times 10^6 \text{kg}$, and the annual average value was 638.77kg. In the light of amount and mean value of tourism carbon footprint, the ratio of tourism transportation carbon footprint was highest in the composition of the Tourism Carbon Footprint, followed by the Tourism Carbon Footprint of accommodation and tourism activities, which represented that tourism transportation has mostly contribution to the tourism carbon footprint, and the most important measure of low-carbon tourism was to reduce the tourism transportation carbon footprint.

The total tourism transportation carbon footprint of Hainan province in 2012 was $18791.24 \times 10^6 \text{kg}$, in which the total domestic tourism transportation carbon footprint was $16677.99 \times 10^6 \text{kg}$, and the total abroad tourism transportation carbon footprint was $2113.25 \times 10^6 \text{kg}$, the former is much larger than the latter which represents Hainan province is the domestic market-oriented structure. External transportation is the major causes of the Hainan provincial tourism transportation carbon footprint, The total external tourism transportation carbon footprint of Hainan province in 2012 was $18592.07 \times 10^6 \text{kg}$, its ratio of total tourism transportation carbon footprint was 98.94%. Flying is the main form of external transport mode, and the taxi was the main internal tourism transport mode, therefore, it was beneficial to reduce tourism carbon footprint by developing public transit and bring down the proportion of self-driving and taxi in destination. These conclusions was beneficial for tourism policy makers to determine tourism development model reasonably.

Accommodation industry is also an important source of tourism carbon footprint. The total accommodation tourism carbon footprint of Hainan province in 2012 was $2330.56 \times 10^6 \text{kg}$, and the annual average value was 70.19kg, accommodation carbon footprint intensity related with accommodation types, the value of star hotel was highest, followed by resort, social hotels, and family inn. The total tourism activities carbon footprint of Hainan province in 2012 was $187.8 \times 10^6 \text{kg}$, and the annual average value was 5.66kg, the aggregate and annual values all less than corresponding values of tourism transport and accommodation at same period.

There are Significant regional differences about the characteristic of tourism carbon footprint between some destinations. Compared with the Penghu Island and the Rocky Mountain National Park, tourism carbon footprint of Hainan province in 2012 shown different characteristics due to regional diversity of the space structure of travel market, the average distance of tourists, and tourists preferences etc. Tourism carbon footprint is a variable to evaluate the Environmental Impact of Tourism. According to the formation mechanism of the carbon footprint of tourism, the policy maker and tourism planners could choose the best tourism development model and Determine the most reasonable tourism product structure to achieve regional tourism sustainable development goals.

Key Words: tourism; tourism carbon footprint; model; Hainan province

(责任编辑: 文 川)