

# 基于改进EIO-LCA模型的城市旅游业 碳排放核算研究 ——以开封市为例

秦耀辰, 李旭, 荣培君

(河南大学环境与规划学院/中原经济区“三化”协调河南省协同创新中心, 河南 开封 475004)

**摘要:**旅游业作为国民经济的重要行业,在节能减排的大背景下,其碳排放的问题得到学术界越来越多的关注,但相关研究方法仍不成熟。本文以开封市为例,基于改进的EIO-LCA模型构建了旅游业碳排放矩阵,分析了城市旅游业及相关部门的碳排放状况。结果显示:城市旅游业直接碳排放占碳排放总量比例较小,其碳排放强度低于GDP碳排放强度,不同城市旅游者类型的人均碳排放量差异较大;旅游业各部门的碳排放量及直接碳排放比存在较大的差异,各部门对国民经济其他行业的碳排放影响不同。旅游业虽不是“无烟产业”,但可称为“低碳产业”,发展旅游业对城市的节能减排有积极的作用。

**关键词:**旅游业;改进EIO-LCA模型;碳排放核算;碳排放分解;开封

## 1 引言

随着中国旅游业的快速发展,旅游活动的负面效应日益突出,旅游业发展早期作为“无烟产业”的论断已被多数研究否定。事实上,旅游业对全球气候变化的影响远远超过了人们的想象,越来越多的研究表明旅游业会产生大量的碳排放,在全社会普遍关注城市或工业部门节能减排的背景下(秦耀辰等, 2014; 朱永彬等, 2014),旅游业的节能减排工作也应引起重视。

对旅游业的节能减排来说,一般应遵循“测度—减排—补偿”的过程,而旅游业碳排放的测度是首先需要解决的关键问题(Becken, 2002)。在旅游业碳排放测度方法的研究中,目前主要有“自下而上”的实证法和“自上而下”的统计核算法。国外发达国家和地区的学者的研究起步较早,并借助完善的国民经济核算体系以及较完整的旅游卫星账户和环境经济综合账户,实现了对旅游业相对精确的

碳排放测度。比较有代表性的研究者有 Gössling (2000, 2002)和 Gössling 等(2005, 2009)对多个国家和地区的旅游业碳排放量进行实证分析,并对国家间和旅游业部门间的碳排放量进行对比分析; Becken(2002)和 Becken 等(2001, 2006)发表一系列文章利用不同的方法对新西兰的旅游业碳排放作了测算并深入进行分析; Peeters 等(2006, 2007, 2010, 2014)以欧洲地区为例,对旅游业碳排放量最大的部门旅游交通碳排放量进行细致的测算和分析。中国对旅游业碳排放核算的研究起步较晚,成果较少,方法单一,目前主要是借助国外相关的研究方法和参数,从各区域层面对旅游业碳排放进行实证测算和分析(唐承财等, 2012)。例如,石培华等(2011)对中国旅游业碳排放量进行整体测算和分析,赵先超等(2013)对湖南省旅游业碳排放进行测算,周年兴等(2013)对庐山风景区的碳排放进行测度等。由于中国国民经济核算体系不完善,旅游卫星账户建设尚处于起步阶段,特别是旅游业能源消

收稿日期:2014-11;修订日期:2015-01。

基金项目:国家自然科学基金项目(41171438);国家重大科学研究计划项目(2012CB955800);2014年度河南省教育厅人文社会科学基金项目(2014-zd-021),河南大学优秀博士学位论文培育项目(Y1317002)。

作者简介:秦耀辰(1959-),男,陕西西安人,教授,博导,研究方向为区域可持续发展,E-mail: qinyc@henu.edu.cn。

通讯作者:李旭(1987-),男,河南西峡人,博士研究生,研究方向为区域旅游可持续发展,E-mail: lixu2056@163.com。

引用格式:秦耀辰,李旭,荣培君. 2015. 基于改进EIO-LCA模型的城市旅游业碳排放核算研究:以开封市为例[J]. 地理科学进展, 34(2): 132-140. [Qin Y C, Li X, Rong P J. 2015. Urban tourism carbon accounting based on improved EIO-LCA model: a case study of Kaifeng City in Henan Province[J]. Progress in Geography, 34(2): 132-140.]. DOI: 10.11820/dlkxjz.2015.02.002

耗数据极为匮乏,在国外已应用相对成熟的“自上而下”核算方法在国内困难重重。但仍有学者在现有数据的基础上作了尝试,如谢园方等(2012)借鉴“旅游消费剥离系数”构建适合国情的旅游业碳排放测度方法,并以长江三角洲地区作为案例进行了研究;袁宇杰(2013)利用投入产出法核算了中国旅游间接能源消耗和碳排放;陶玉国等(2014)将投入产出表和旅游终端收入相结合,测度了江苏省旅游业各部门的直接和间接碳排放量;钟永德等(2012, 2014)借鉴国外研究结合国民经济核算体系、旅游卫星账户、环境经济综合账户等,构建了中国旅游业碳排放计量方法体系。尽管旅游业碳排放的测度方法日益完善,在中国的应用也逐步成熟,但就目前的研究看,旅游业碳排放测度多集中于较大地域尺度上,特别是“自上而下”的核算方法目前尚未用于较小地域范围,例如城市的旅游业碳排放研究。而城市作为旅游活动重要的场所,所面临的节能减排压力也更大,因此对城市旅游业的碳排放测度就十分必要。

城市旅游业存在部门关联复杂、行业界限模糊等特点,实证分析法对城市旅游业碳排放的测度很容易存在遗漏,不能有效地测算旅游业的真实碳排放。因此,本文尝试以“自上而下”的方法,从产业的角度核算城市旅游业碳排放,为城市旅游业节能减排和低碳旅游城市的建设提供支撑。旅游业碳源主要包括“食、住、行、游、购、娱”6个方面(丁雨莲等, 2013),城市旅游业的碳源则还包括市区内的旅行社及旅游者的邮电通讯活动,因此,本文测度的城市旅游业碳排放主要包括旅游交通,邮电通讯,旅游购物,住宿和餐饮,娱乐,旅行社,以及游览和其他服务等7个部门。

## 2 研究方法 with 数据处理

### 2.1 研究方法

环境投入产出一生命周期(EIO-LCA)模型融合生命周期和投入产出方法的优点,既能分析单个产品“从摇篮到坟墓”的环境影响,又能结合稳定的环境账户数据,研究产业部门经济活动的碳排放量,同时为研究产业间的碳排放关联提供过程上的帮助。EIO-LCA模型的基本理念是国民经济各种产业(包括旅游业)之间因产业链价值分工的作用而存在网络关联,致使产业发展过程中的能源消费与碳排放存在网络结构(陈锡康等, 2011)。通过各个产

业间碳排放的关联乘数、最终需求结构(中间投入结构)来分析其网络结构,摸清旅游业的直接碳排放和间接碳排放以及与其他产业间的关联。EIO-LCA模型是由Hendrickson等(1998, 2006)提出的,是基于生命周期角度分析产品或服务在整个产业链上的环境影响。该方法提出之后,由于其在分析产品或服务产业链的环境影响上的独特优势迅速被学者所采用并得到改进,如被北美学者用于分析工业用水及二氧化碳排放等问题的研究(Bjorn, 2005; Blackhurst, 2010)。EIO-LCA方法引入国内后,学者们将这种方法与中国实际相结合,开展了许多相关研究。如计军平等(2011)利用EIO-LCA模型对中国的部门温室气体排放结构作了研究,认为部门间的直接碳排放和隐含碳排放量差别较大;张丽君(2013)用该模型分析了北京市碳基能源代谢的部门网络关联和碳排放变动。但目前应用EIO-LCA方法主要是分析行业整体或区域整体的碳排放,对部门关联较复杂的行业缺乏分析应用。本文对EIO-LCA方法进行改进,用于核算和分析城市旅游业碳排放情况。

根据相关研究,EIO-LCA模型的基本表达式为(陈红敏, 2009):

$$E = RX = R(I - A)^{-1}F \quad (1)$$

式中: $E$ 为各部门能源消费 $\text{CO}_2$ 排放矩阵, $R$ 为 $k \times n$ 阶的环境压力矩阵, $R$ 中的元素 $r_{ij}$ 表示 $j$ 部门单位产出的环境负担 $k$ (如碳排放), $A$ 为直接需求系数矩阵, $(I - A)^{-1}$ 为列昂惕夫逆矩阵, $X$ 为所有部门产出向量, $F$ 为最终需求向量。

为了反映旅游业相关部门与其他行业之间的碳排放关联情况,以旅游活动相关部门的总收入扣除税收和相关消耗后表示旅游相关部门的最终需求,并以其替代 $F$ 部门中旅游业所涉及的相关行业的最终需求量,记为 $Y$ ,并将其改为对角矩阵。根据矩阵的计算原理,当一个矩阵与对角矩阵相乘时,改变对角矩阵中的某些向量并不影响计算结果中其他列向量的值,这就可以把旅游活动所引发的碳排放量从整个行业中提取出来,这就是对EIO-LCA模型改进的依据。

根据上述改进方法,旅游业碳排放矩阵公式表示为:

$$C = CI(I - A)^{-1}Y \quad (2)$$

记 $CI(I - A)^{-1}$ 为 $CB$ ,由元素 $cb_{ij}$ 组成,其中 $i$ 为产品生产/服务提供行业的序号, $j$ 为产品/服务使用行业的序号( $i=1, \dots, n; j=1, \dots, n; n$ 为投入产出表中的

行业数)。 $cb_i$ 为  $C$  第  $i$  行的行向量,  $cb_j$ 为  $C$  第  $j$  列的列向量。 $c_i$ 为行向量之和,可从生产视角分析碳排在部门间的分布结构,能够分析部门  $i$  在产品生产或服务提供过程中产生的直接温室气体排放与其他部门最终需求的关系,其元素表示部门  $i$  在生产投入到部门  $j$  的产品或服务时的直接碳排放。 $c_j$ 为列向量之和,它可以从最终需求视角分析碳排在部门间的分布结构,能分析部门  $j$  的最终需求同各部门直接温室气体排放的关系,其元素表示为了满足部门  $j$  的最终需求,部门  $i$  在生产投入到部门  $j$  的产品或服务时的直接碳排放(刘红光等, 2010; 童抗抗等, 2012)。

为了将各城市旅游者类型的碳排放进行区分,以  $Y_u$ 、 $Y_r$ 、 $Y_i$  为城市旅游者、农村旅游者和入境旅游者最终需求矩阵  $C_u$ 、 $C_r$ 、 $C_i$ , 构建不同旅游者类型的碳排放矩阵,核算其引发的直接和间接碳排放。

$$\begin{cases} C_u = CI(I-A)^{-1}Y_u \\ C_r = CI(I-A)^{-1}Y_r \\ C_i = CI(I-A)^{-1}Y_i \end{cases} \quad (3)$$

## 2.2 数据来源及处理

本文中,能源数据来源于《河南统计年鉴》和《开封统计年鉴》,由于投入产出表存在滞后性,采用河南省 2007 年 135 行业投入产出表,结合能源消耗数据,将其合并为 20 个行业<sup>①</sup>。本文将开封市旅游者在旅游交通、邮电通讯、旅游购物、住宿和餐饮、娱乐、旅行社以及游览和其他服务等 7 个部门的花费视为对合并后的投入产出表中交通运输和仓储业,邮政、信息传输、计算机服务和软件业,批发和零售业,住宿和餐饮业,文化、体育、娱乐业及居民服务业,旅游业<sup>②</sup>,其他服务业等 7 个行业产品和服务的最终消费。据此整理出旅游业所涉及的相关行业的最终需求矩阵。

开封市国内旅游者花费数据来自于《2012 年开封市国内旅游抽样调查报告》,入境旅游者花费数据采用河南省入境旅游者平均花费估算。根据实地调研及河南省入境旅游者抽样调查报告,入境旅游者在开封市人均停留天数为 1.4 d。开封市旅游各部门总收入以开封市游客的各种旅游活动花费

为计算依据,由此计算的旅游各部门收入为购买者价格,与投入产出表中的生产价格不统一,两者最主要的差别即为税收。旅游业为第三产业,在旅游业相关产业中的税收主要有 5% 的营业税、12% 的营业税附加税(总和为  $5\% \times 12\% = 5.6\%$ ),以及企业所得税(马仪亮, 2014)。因此,在核算中针对旅游者花费数据分别扣除以上两种税收。为消除数据统计口径的差异,通过开封市第三产业生产总值指数折算旅游者花费的变化,以 2007 年为基期,按照第三产业生产总值指数变化,折算 2012 年旅游业相关部门碳排放强度比 2007 年降低约 13.4%,并据此估算 2012 年开封市旅游业各部门的碳排放量。

## 3 结果分析

### 3.1 旅游业碳排放量分析

经计算得出,2012 年开封市旅游业直接碳排放量为 40.85 万 t,间接碳排放量为 325.99 万 t,旅游业碳排放总量为 366.84 万 t。直接碳排放量占碳排放总量的 11.1%,比例较小。从开封市旅游业分部门直接碳排放量情况看(表 1),旅游交通直接碳排放量和直接碳排放比例最高,总量达到 35.08 万 t,占旅游业直接碳排放总量的 85.89%,是开封市旅游业最大的直接碳源;住宿和餐饮次之,占比为 8.39%;旅游购物列第三位;旅行社的直接碳排放量最低,仅为 0.01 万 t。可见旅游业直接碳排放高度集中于旅游交通部门。从分部门间接碳排放量看,住宿和餐饮的间接碳排放量最高,为 105.80 万 t,超过旅游交通的 86.68 万 t;游览及其他列第三位;旅行社的间接碳排放量依然最低,为 0.57 万 t。列前三位的部门间比例差距比直接碳排放要小。从分部门的碳排放总量上看,旅游交通依然是开封市旅游业碳排放量最大的部门,旅行社是碳排放量最小的部门。列前三位的旅游交通,住宿和餐饮,游览及其他部门的碳排放占旅游业碳排放总量的 83.3%。该比例尚不及旅游交通一个部门直接碳排放占旅游业直接碳排放总量的比例,不存在碳源高度集中于某一部门的情况。

① 20 个行业为: 1. 农林牧渔业; 2. 采掘业; 3. 食品制造及烟草加工业; 4. 纺织、缝纫及皮革产品制造业; 5. 木材加工及家具制造业; 6. 造纸印刷及文教体育用品制造业; 7. 炼焦、煤气及石油加工业; 8. 化学工业; 9. 非金属及金属产品制造业; 10. 机械设备制造业; 11. 其他制造业; 12. 电力、热力及水的供应业; 13. 建筑业; 14. 交通运输及仓储业; 15. 邮政、信息传输、计算机服务和软件业; 16. 批发和零售业; 17. 住宿和餐饮业; 18. 旅游业; 19. 文化、体育、娱乐业及居民服务业; 20. 其他服务业。

② 投入产出表中的旅游业是狭义旅游业,表示“为社会各界提供商务、组团和散客旅游服务,包括向顾客提供咨询、旅游计划和计划、日程安排、导游、食宿和交通等服务的部门”,也就是所谓的旅行社业。

表1 旅游业各部门碳排放量及比例

Tab.1 Carbon emissions of tourism sectors and proportion

部门	直接碳排放		间接碳排放		碳排放总量	
	排放量/ 万t	占比/ %	排放量/ 万t	占比/ %	排放量/ 万t	占比/ %
旅游交通	35.08	85.89	86.68	27.51	124.77	34.01
邮电通讯	0.27	0.67	2.15	0.66	2.42	0.66
旅游购物	1.26	3.09	37.73	11.57	38.99	10.63
住宿和餐饮	3.43	8.39	105.80	32.45	109.23	29.78
旅行社	0.01	0.02	0.57	0.18	0.58	0.16
娱乐	0.14	0.35	19.04	5.84	19.19	5.23
游览及其他	0.65	1.59	71.02	21.78	71.67	19.54

图1反映了所有行业中,行业直接碳排放量与碳排放总量之比,值越大说明该行业的直接碳排放比例越高;反之,则越低。从图中看出,旅游业相关部门的直接碳排放比例普遍低于其他部门,只有旅游交通和邮电通讯的直接碳排放比例较高,也仅分别为28.1%和11.3%,其他部门直接碳排放量占碳排放总量则低于10%;直接碳排放比例最低的娱乐部门,占比仅为0.8%。而其他工业部门的直接碳排放比例一般为20%~50%,能源生产部门的比例更高,采掘业达到70.8%,炼焦、煤气和石油加工业为66.5%,电力、热力与水的供应业的直接碳排放比例最高,为78.9%。说明旅游业相关部门的直接碳排放量较低,但其引发间接碳排放较高,大部分的旅游业碳排放是间接碳排放,这类似与海面上的冰山,看得见的只占很小一部分,水面下还隐藏着巨大的看不见的部分,称之为碳排放的“冰山效应”。因此,在减排过程中,只关注减少旅游业的直接碳排放对旅游业碳减排的作用有限。

3.2 旅游业碳排放强度及人均碳排放量

从开封市旅游业碳排放强度上看(表2),碳排放

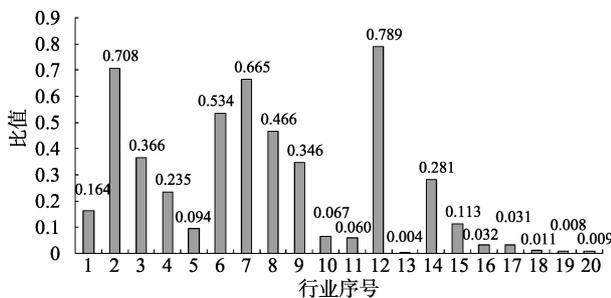


图1 各部门直接碳排放比例

Fig.1 Proportion of direct carbon emissions of tourism sectors

强度最高的部门是旅游交通,强度为2.75 t/万元,碳排放强度最低的是邮电通讯,强度为0.69 t/万元,是旅游交通碳排放强度的1/4。开封市旅游业碳排放总体强度为1.51 t/万元,由于开封市旅游业间接碳排放的辐射范围较广,以河南省为参照,同期河南省碳排放强度为2.04 t/万元,开封市旅游业碳排放强度远低于国民经济行业平均碳排放强度,说明旅游业相对于其他行业而言仍属于“低碳行业”。发展旅游业对城市自身乃至整个城市腹地的节能减排有积极的意义。

通过构建不同类型旅游者碳排放矩阵可区分不同的旅游者所引起的碳排放量(表3),由于在问卷调查中未统计到汴(开封简称汴)游客使用旅行社服务的花费,这里不计算旅行社的碳排放量(根据问卷调查,到汴游客的出游方式中由旅行社组织的仅占游客总量的3.2%)。结果如表3所示,不论是直接碳排放,还是间接碳排放,非农业户口旅游者开封市旅游业最大的碳源载体,农业户口旅游者引起的旅游业碳排放量较小;由于开封市入境旅游规模相对较小,因此,入境旅游者引起的旅游业碳排放量远低于国内游客。

从分部门来看,不同类型的旅游者所引发的部门排放结构不同。碳排放总量中,非农业户口旅游者的前三大碳源部门是旅游交通(34.6%),住宿和餐饮(30.1%),游览及其他服务(19.8%);农业户口旅游者的前三大碳源部门是住宿和餐饮(31%),旅游交通(14.1%),游览和其他服务(19.2%);入境旅游者的前三大碳源部门是旅游交通(48.5%),旅游购物(17.6%),游览和其他服务(14.8%)。在制定减排措施时对不同旅游者的旅游者应有所侧重,如对入境旅游者应重点关注其交通活动碳排放,对农业户口旅游者应更关注其住宿和餐饮活动的碳排放。

从人均旅游者碳排放看,入境旅游者的人均旅

表2 旅游业各部门碳排放强度

Tab.2 Carbon intensity of each tourism sector

部门	碳排放强度/(t/万元)
旅游交通	2.75
邮电通讯	0.69
旅游购物	1.08
住宿和餐饮	1.11
旅行社	1.10
娱乐	1.65
游览及其他	1.48
平均	1.51

表3 各类旅游者的碳排放量  
Tab.3 Carbon emissions of each tourist type

部门	非农业户口旅游者		农业户口旅游者		入境旅游者	
	直接	总量	直接	总量	直接	总量
交通/10 <sup>4</sup> t	28.85	102.61	5.29	18.81	0.941	3.345
邮电通讯/10 <sup>4</sup> t	0.23	2.00	0.04	0.34	0.009	0.078
购物/10 <sup>4</sup> t	0.93	28.88	0.29	8.89	0.039	1.214
住宿和餐饮/10 <sup>4</sup> t	2.80	89.36	0.61	19.38	0.015	0.485
娱乐/10 <sup>4</sup> t	0.12	15.40	0.02	3.04	0.006	0.747
游览及其他/10 <sup>4</sup> t	0.53	58.64	0.11	12.00	0.009	1.023
比例/%	82.0	81.0	15.5	17.1	2.5	1.9
碳排放量/10 <sup>4</sup> t	33.46	296.89	6.36	62.48	1.02	6.893
人均碳排放量/kg	14.7	130.0	7.4	72.6	39.9	270.0

游碳排放量最高,非农业户口旅游者次之,农业户口旅游者最低,且前者是后两者的2.1倍和3.8倍,亦即是开封市每接待1位入境旅游者其碳排放量约相当于接待2位非农业户口旅游者和4位农业户口旅游者。由此可见,入境旅游者虽然碳排放总量较低,但仍应作为城市旅游碳减排重点关注的对象。

### 3.3 各部门碳排放分解分析

旅游业作为第三产业的一部分,是消费型的服务行业。严格意义上说,在旅游设施为旅游者提供服务的过程中一般不为其他行业提供生产资料,因此,其他行业的最终需求与旅游相关行业中用于旅游消费的部分联系不紧密,将EIO-LCA方法从生产视角对旅游相关行业的直接碳排放分解意义不明显。但是,从最终需求的角度看,旅游作为消耗型行业,从生命周期的角度考虑,在旅游设施的建造(生产)、维修、运营和拆除阶段,旅游商品的生产、运输、储藏和消费过程,旅游者的往返交通,以及旅游服务的提供等方面都要消耗国民经济其他行业的产品或服务,这就使得旅游业各部门的直接碳排放与其他行业的直接碳排放(对旅游消费来说属间接碳排放)存在着较大的关联,因此,从旅游各部门的最终需求视角分析其对其他行业的碳排放影响就十分必要,这也是EIO-LCA方法的一大优势。

旅游交通部门的碳排放分解中(图2),除其自身的直接碳排放量较大之外,对采掘业、炼焦、煤气及石油加工业以及电力、热力与水的供应业等能源部门的间接碳排放消耗较大,3个行业的间接碳排放量占旅游交通运输及仓储业的60%以上。而对开封市来说,电力、热力及水的供应业与采掘业的关联性较大。因为从本质而言,开封市乃至河南省的

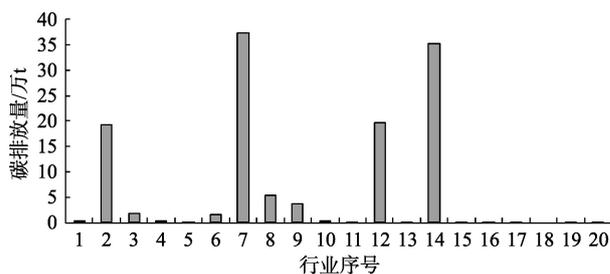


图2 旅游交通的碳排放分解

Fig. 2 Carbon emission decomposition of tourist transport

电力生产主要依赖煤炭,必然会导致以消耗电力为主的旅游业相关部门的碳排放与采掘业关系密切。旅游交通引发的间接碳排放量最大的是炼焦、煤气及石油加工业,达到37.33万t,超过其本身的直接碳排放,说明旅游交通对各类油品的生产和加工及转换行业的碳排放影响较大,这也符合旅游交通的能源消耗特征。旅游交通对其他行业的间接碳排放的影响较小,相对较大的尚有化学工业、金属及非金属产品制造业、机械设备制造业等,这些行业涉及石油加工、交通工具制造和交通设施的建设等生命周期的碳排放。

邮电通讯部门的碳排放中,采掘业和炼焦、煤气及石油加工业以及电力、热力及水的供应业间接碳排放量列前三位,占碳排放总量的61.5%(图3)。由于行业消耗能源种类的差异,该部门与旅游交通存在差异,邮电通讯主要以电力作为主要的能源消耗类型,因此其碳排放中电力、热力及水的供应业的间接碳排放量最高,为0.823万t。除能源生产行业外,间接碳排放量较高的行业还有化学工业、非金属及金属产品制造业等。

对于旅游购物部门来说(图4),其引起的间接碳排放量最大的依然是电力、热力及水的供应业。但与邮电通讯部门的最大差别为:其引发的交通运输和仓储业的间接碳排放量较大,为2.96万t,主要是由于旅游商品在运输和存储中要消耗大量的能源,产生二氧化碳排放。

住宿和餐饮部门的碳排放情况与旅游购物部门类似(图5),最大的差别是住宿和餐饮引发食品制造及烟草加工业的间接碳排放量较大,仅低于电力、热力及水的供应业,高于其自身的直接碳排放量,达29.23万t,占旅游相关部门引起食品制造及烟草加工业间接碳排放总量的72%以上。此外,对农林牧渔业的间接碳排放量达3.82万t,占旅游相关部门引起农林牧渔业间接碳排放总量的64%以上。主要是住宿和餐饮部门在为旅游者提供服务的过程中需要消耗大量的食物、食品、饮料及农副产品等,由此,对这两个行业的碳排放影响较大。

旅行社作为唯一一个统计完全纳入城市旅游统计中的部门,其碳排放与其他旅游相关部门差别较大(图6)。在能源生产行业中,其引起的炼焦、煤气及石油加工业间接碳排放量最高,与上述旅游交通相同,采掘业和电力、热力与水的生产供应业则相对较低。此外,在非能源生产行业中,其引发的

交通运输和仓储业间接碳排放量较高。这是由于目前开封市乃至全国的旅行社在组织团队旅游时,往返及游览交通费仍然是团费的主要部分,且其组团时对交通运输有着较强的依赖。

娱乐部门和游览及其他服务部门的碳排放分解类似(图7-8),能源生产行业依然是这两个部门的主要间接碳排放来源。其他行业中,其引起的造纸印刷及文教体育用品制造业、炼焦、煤气及石油加工业、化学工业、非金属及金属产品制造业的间接碳排放量较大,娱乐活动与造纸业印刷及文教体育用品制造业间接碳排放关系紧密。

### 4 结论与建议

通过改进的EIO-LCA模型构建碳排放矩阵核算开封市旅游业及相关部门的碳排放,得出以下结论:

(1) 城市旅游业碳排放的部门间差异较大,旅游交通是城市旅游业中直接和间接碳排放量最大的部门,旅行社是旅游业中直接和间接碳排放量最小的部门。城市旅游业各部门的直接碳排放比例普遍较小,旅游活动引发的间接碳排放量较大,“冰山效应”使旅游业在制定相应碳减排措施时必须

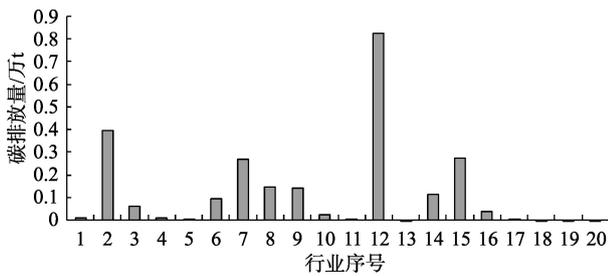


图3 邮电通讯的碳排放分解

Fig.3 Carbon emission decomposition of communication

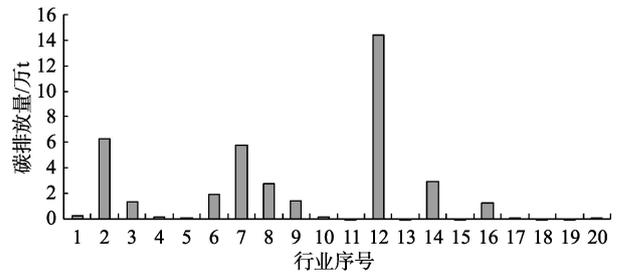


图4 旅游购物碳排放分解

Fig.4 Carbon emission decomposition of tourism shopping

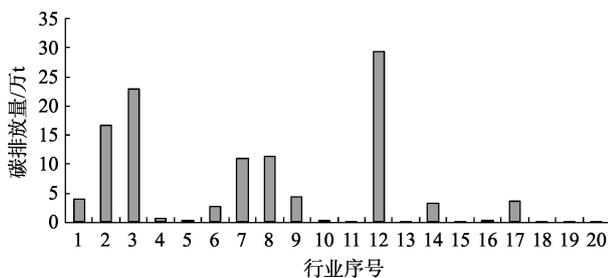


图5 住宿和餐饮碳排放分解

Fig.5 Carbon emission decomposition of hotels and catering services

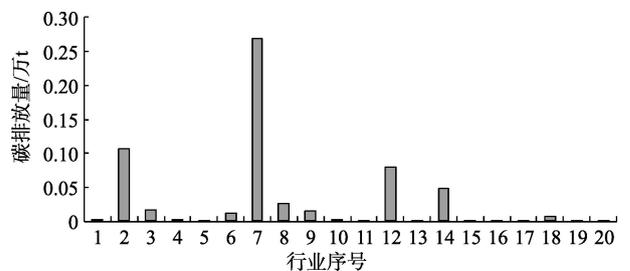


图6 旅行社碳排放分解

Fig.6 Carbon emission decomposition of travel agencies

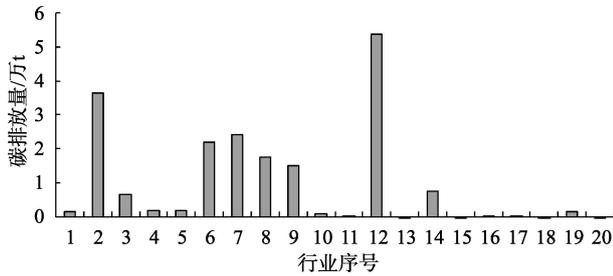


图7 娱乐碳排放分解

Fig.7 Carbon emission decomposition of entertainment services

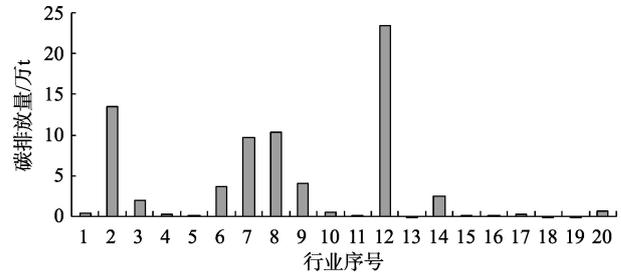


图8 游览及其他碳排放分解

Fig.8 Carbon emission decomposition of sightseeing and other Services

统筹考虑,不能仅仅从表象上制定减排措施。

(2) 城市旅游业的碳排放强度低于其他行业,相比其他行业,城市旅游业的发展更有利于城市的节能减排。开封市入境旅游者的碳排放总量最小,但人均碳排放量最大,非农业户口旅游者的碳排放总量最大,农业户口旅游者的人均碳排放量最小,对不同的旅游者应有不同的减排关注点。

(3) 旅游业相关部门的碳排放影响作用不同,旅游业各部门对国民经济各行业的碳排放关联不同,各部门对不同行业的碳排放影响差异较大,在制定碳减排措施时应有所差异。旅游业虽然不是“无烟产业”,但仍不失为“低碳产业”,在城市节能减排压力越来越大的背景下,发展旅游业有着不可替代的作用。

### 参考文献(References)

- 陈红敏. 2009. 包含工业生产过程碳排放的产业部门隐含碳研究[J]. 中国人口·资源与环境, 19(3): 25-30. [Chen H M. 2009. Analysis on embodied CO<sub>2</sub> emissions including industrial process emissions[J]. China Population, Resources and Environment, 19(3): 25-30.]
- 陈锡康, 杨翠红, 等. 2011. 投入产出技术[M]. 北京: 科学出版社. [Chen X K, Yang C H. et al. 2011. Input-Output technique[M]. Beijing, China: Science Press.]
- 丁雨莲, 赵媛. 2013. 旅游业碳源系统研究: 横向与纵向二维视角[J]. 地理科学, 33(10): 1187-1195. [Ding Y L, Zhao Y. 2013. Carbon source system in tourism industry: from lateral and longitudinal perspective[J]. Scientia Geographica Sinica, 33(10): 1187-1195.]
- 秦耀辰, 荣培君, 杨群涛, 等. 2014. 城市化对碳排放影响研究进展[J]. 地理科学进展, 33(11): 1526-1534. [Qin Y C, Rong P J, Yang Q T, et al. 2014. Research progress of impact of urbanization on carbon emissions[J]. Progress in Geography, 33(11): 1526-1534.]
- 计军平, 刘磊, 马晓明. 2011. 基于EIO-LCA模型的中国部门

温室气体排放结构研究[J]. 北京大学学报: 自然科学版, 47(4): 741-749. [Ji J P, Liu L, Ma X M. 2011. Greenhouse gas emissions by Chinese economy: an assessment based on EIO-LCA model[J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 47(4): 741-749.]

- 刘红光, 刘卫东, 唐志鹏, 等. 2010. 中国区域产业结构调整中的CO<sub>2</sub>减排效果分析: 基于区域间投入产出表的分析[J]. 地域研究与开发, 29(3): 129-135. [Liu H G, Liu W D, Tang Z P, et al. 2010. The effect analysis of regional industry structure adjustment for CO<sub>2</sub> emission reduction in China: on the base of inter-regional input-output method [J]. Areal Research and Development, 29(3): 129-135.]
- 马明亮. 2014. 中国旅游卫星账户2007延长表编算研究[J]. 旅游学刊, 29(1): 47-54. [Ma Y L. 2014. Research on prolong of 2007 China tourism satellite account compilation [J]. Tourism Tribune, 29(1): 47-54.]
- 石培华, 吴普. 2011. 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, 66(2): 235-243. [Shi P H, Wu P. 2011. A rough estimation of energy consumption and CO<sub>2</sub> emission in tourism sector of China[J]. Acta Geographica Sinica, 66(2): 235-243.]
- 唐承财, 钟林生, 成升魁. 2012. 旅游业碳排放研究进展[J]. 地理科学进展, 31(4): 451-460. [Tang C C, Zhong L S, Cheng S K. 2012. Research progress on carbon emissions in tourism industry[J]. Progress in Geography, 31(4): 451-460.]
- 陶玉国, 黄震方, 吴丽敏, 等. 2014. 江苏省区域旅游业碳排放测度及其因素分解[J]. 地理学报, 69(10): 1438-1448. [Tao Y G, Huang Z F, Wu L M, et al. 2014. Measuring carbon dioxide emissions for regional tourism and its factor decomposition: a case study of Jiangsu Province[J]. Acta Geographica Sinica, 69(10): 1438-1448.]
- 童抗抗, 马克明. 2012. 基于投入产出法的北京能源消耗温室气体排放清单分析[J]. 环境科学学报, 32(9): 2228-2235. [Tong K K, Ma K M. 2012. Greenhouse gas emission inventory from energy consumption of Beijing based on input-output analysis[J]. Acta Scientiae Circumstanti-

- ae, 32(9): 2228-2235.]
- 谢园方, 赵媛. 2012. 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, 31(3): 429-438. [Xie Y F, Zhao Y. 2012. Measuring carbon dioxide emissions from energy consumption by tourism in Yangtze River Delta[J]. Geographical Research, 31(3): 429-438.]
- 袁宇杰. 2013. 中国旅游间接能源消耗与碳排放的核算[J]. 旅游学刊, 28(10): 81-88. [Yuan Y J. 2013. Tourism in China: indirect energy consumption and carbon emissions [J]. Tourism Tribune, 28(10): 81-88.]
- 张丽君. 2013. 城市碳基能源代谢结构分异与演变机理: 以北京市为例[D]. 开封: 河南大学. [Zhang L J. 2013. Structure differentiation and evolution mechanism of urban carbon-based energy metabolism: a case study of Beijing City[D]. Kaifeng, China: Henan University.]
- 赵先超, 朱翔. 2013. 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, 22(1): 166-175. [Zhao X C, Zhu X. 2013. A rough estimation of CO<sub>2</sub> emission and analysis of decoupling effects in tourism sector of Hunan [J]. World Regional Studies, 22(1): 166-175]
- 钟永德, 李世宏, 罗芬. 2012. 我国旅游业碳排放计量的三个关键问题思考[J]. 中南林业科技大学学报, 32(11): 139-143. [Zhong Y D, Li S H, Luo F. 2012. Thinking on three key issues of carbon emission calculation for tourism industry in China[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 32(11): 139-143.]
- 钟永德, 石晟屹, 李世宏, 等. 2014. 中国旅游业碳排放计量框架构建与实证研究[J]. 中国人口·资源与环境, 24(1): 78-86. [Zhong Y D, Shi S Y, Li S H, et al. 2014. Empirical research on construction of measurement framework for tourism carbon emission in China[J]. China Population, Resources and Environment, 24(1): 78-86.]
- 周年兴, 黄震方, 梁艳艳. 2013. 庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡[J]. 生态学报, 33(13): 4134-4145. [Zhou N X, Huang Z F, Liang Y Y. 2013. Carbon sources and storage sinks in scenic tourist areas: a Mount Lushan case study [J]. Acta Ecologica Sinica, 33(13): 4134-4145.]
- 朱永彬, 王铮. 2014. 中国产业结构优化路径与碳排放趋势预测[J]. 地理科学进展, 33(12): 1579-1586. [Zhu Y B, Wang Z. 2014. Projection of China's industrial structure change and carbon emission trends[J]. Progress in Geography, 33(12): 1579-1586.]
- Becken S. 2002. Analyzing international tourist flows to estimate energy use associated with air travel[J]. Journal of Sustainable Tourism, 10(2): 114-131.
- Becken S, Frampton C, Simmons D. 2001. Energy consumption patterns in the accommodation sector: the New Zealand case[J]. Ecological Economics, 39(3): 371-386.
- Becken S, Patterson M. 2006. Measuring national carbon dioxide emissions from tourism as a key step towards achieving sustainable tourism[J]. Journal of Sustainable Tourism, 14(4): 323-338.
- Bjorn A, Declercq-Lopez L, Spataro S, et al. 2005. Decision support for sustainable development using a Canadian economic input-output life cycle assessment model[J]. Canadian Journal of Civil Engineering, 32(1): 16-29.
- Blackhurst B M, Hendrickson C, Vidal J S. 2010. Direct and indirect water withdrawals for US industrial sectors[J]. Environmental Science & Technology, 44(6): 2126-2130.
- Gössling S. 2000. Sustainable tourism development in developing countries: some aspects of energy use[J]. Journal of Sustainable Tourism, 8(5): 410-425.
- Gössling S. 2002. Global environmental consequences of tourism[J]. Global Environmental Change, 12(4): 283-302.
- Gössling S, Peeters P, Ceron J P, et al. 2005. The eco-efficiency of tourism[J]. Ecological Economics, 54(4): 417-434.
- Gössling S, Schumacher K P. 2009. Implementing carbon neutral destination policies: issues from the Seychelles[J]. Journal of Sustainable Tourism, 18(3): 377-391.
- Hendrickson C, Horvath A. 1998. Economic input-output models for environmental life-cycle assessment[J]. Environmental Science & Technology, 32(7): 184A-191A.
- Hendrickson C, Lave L, Matthews H. 2006. Environmental life cycle assessment of goods and services: an input-output approach[M]. Washington, D C, WA: Resources for the Future Press.
- Peeters P, Dubois P. 2010. Tourism travel under climate change mitigation constraints[J]. Journal of Transport Geography, 18(3): 447-457.
- Peeters P, Eijgelaar E. 2014. Tourism's climate mitigation dilemma: flying between rich and poor countries[J]. Tourism Management, 40(2): 15-26.
- Peeters P, Schouten F. 2006. Reducing the ecological footprint of inbound tourism and transport to Amsterdam[J]. Journal of Sustainable Tourism, 14(2): 157-171.
- Peeters P, Szimba E, Duijnisveld M. 2007. Major environmental impacts of European tourist transport[J]. Journal of Transport Geography, 15(2): 83-93.

## Urban tourism carbon accounting based on improved EIO-LCA model: a case study of Kaifeng City in Henan Province

QIN Yaochen, LI Xu, RONG Peijun

(College of Environment and Planning, Henan University/Henan Collaborative Innovation Center for Coordinating Industrialization, Urbanization and Agriculture Modernization in Central Economic Zone, Kaifeng 475004, Henan, China)

**Abstract:** Under the background of emission reduction and energy conservation, the problem of carbon emissions from tourism—an important industry of the national economy—has attracted increasing academic attention. However, the research methods need further improvement. This article discusses carbon emission accounting method for tourism industry in China. Using Kaifeng City as a case study area and data from 2012, this research constructed an improved EIO-LCA model for carbon emissions in tourism, from the perspective of life cycle carbon emissions in urban tourism and related sectors. The results show that: the proportion of urban tourism direct carbon emission is small compared to the total carbon emission. Urban tourism carbon emission intensity is lower than carbon intensity per unit of GDP. Compared to other industries, tourism is more conducive to energy conservation for cities. Urban tourism can play a pivotal role for cities in reducing their carbon emissions. The total carbon emission of inbound tourists is the lowest, but per capita carbon emission is the highest. Among the various types of tourists, total carbon emission of non-agricultural households is the highest, and per capita carbon emission of agricultural households is the lowest. There is a significant difference between carbon emissions and proportions of direct carbon emissions of various tourism sectors, which have different effects on carbon emissions of other industries of the national economy. The sector that has the highest carbon emission and carbon intensity is tourism transportation, and the lowest is travel agency. Although tourism is not a "smokeless industry," it can be considered a "low-carbon industry", which has an irreplaceable role for the energy-saving and emission reduction of cities.

**Key words:** tourism; improved EIO-LCA model; carbon accounting; carbon decomposition; Kaifeng