

开封市旅游业碳排放数据集（2007、2012）

李 旭^{1*}, 秦耀辰², 张 艳¹

1. 南阳师范学院环境科学与旅游学院, 南阳 473061;

2. 河南大学环境与规划学院, 开封 475001

摘 要: 城市尺度旅游业碳排放数据的整理与核算是研究城市旅游业碳排放机理的基础, 同时也是合理制定碳减排措施的重要依据。开封市是中原地区的著名旅游城市, 其旅游业碳排放的核算研究对其他城市有重要的借鉴意义。本数据集基于地区投入产出表和开封市旅游业调查数据, 通过数据的整理、归类、剥离等方法, 构建包括开封市旅游业碳排放数据矩阵、通过 EIO-LCA 模型核算的碳排放系数矩阵和碳排放分解矩阵等。结果表明: 开封市旅游业部门间的碳排放差异明显, 旅游交通和旅游住宿餐饮部门碳排放量占比较大, 开封市旅游业碳排放存在明显的“冰山效应”。数据格式以.xlsx 存储, 数据量约为 84 KB。

关键词: 旅游业碳排放数据; 开封市; 碳排放分解矩阵

DOI: 10.3974/geodp.2017.04.14

1 前言

人为因素引发的二氧化碳排放上, 旅游业产生的碳排放占全球二氧化碳排放的 4.4%, 并且还会以每年 3.2% 的增速持续增长到 2035 年^[1]。在对全球气候变暖的贡献率上, 整个旅游部门占到 5%–14%^[2–3]。与此同时, 旅游业碳排放的核算研究也日益丰富^[4–6]。城市作为旅游活动主要的发生地, 其引起的碳排放是旅游业碳排放的主要组成部分^[7]。开封市旅游业碳排放数据集^[8]以开封市市区为研究区域, 利用地区投入产出表和能源消耗量等数据和一手调查数据等资料, 基于改进的 EIO-LCA 模型, 从区域大尺度的碳排放数据中提取出开封市旅游业碳排放量, 并显示开封市旅游业各部门间的直接和间接碳排放量关系。

2 数据集元数据简介

开封市旅游业碳排放数据集（2007、2012）^[8]的名称、数据集短名、作者、地理区域、数据年代、数据集组成、数据格式、数据量、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

收稿日期: 2017-11-06; 修订日期: 2017-12-08; 出版日期: 2017-12-25

基金项目: 南阳师范学院 (ZX2016008); 国家自然科学基金 (41171438)

*通讯作者: 李旭 N-4171-2016, 南阳师范学院环境科学与旅游学院, lixu2056@163.com

论文引用格式: 李旭, 秦耀辰, 张艳. 开封市旅游业碳排放数据集 (2007、2012) [J]. 全球变化数据学报, 2017, 1(4): 464–469. DOI: 10.3974/geodp.2017.04.14.

数据集引用格式: 李旭, 秦耀辰. 开封市旅游业碳排放数据集 (2007、2012) [DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2016. DOI: 10.3974/geodb.2016.06.04.V1.

表 1 开封市旅游业碳排放数据集元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	开封市旅游业碳排放数据集（2007、2012）
数据集短名	TourismCarbonEmissionKaifeng2007_2012
作者信息	李旭 N-4171-2016, 南阳师范学院环境科学与旅游学院, lixu2056@163.com 秦耀辰 N-4027-2016, 河南大学环境与规划学院, qinye@henu.edu.cn
地理区域	开封市（34°11'45"N-35°01'20"N, 113°52'15"E-115°15'42"E）
数据年代	2007, 2012
数据格式	.xlsx
数据量	84 KB
数据集组成	由 7 个.xlsx 数据表格组成
基金项目	南阳师范学院（ZX2016008）；国家自然科学基金（41171438）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101, 中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、实体数据（中英文）和通过《全球变化数据学报》（中英文）发表的数据论文。其共享政策如下：（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报》（中英文）编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[9]

3 数据研发方法

3.1 数据来源及处理

在研究中，能源数据来源于《河南统计年鉴》和《开封统计年鉴》，由于投入产出表的滞后性，本研究的投入产出表采用河南省 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，即，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、热力与水的供应业；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。本研究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、体、娱及居民服务业，旅游业、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天。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，在旅游业相关产业上主要表现为5%的营业税以及12%的附加税（总和为5%乘以112%等于5.6%），以及企业所得税。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。为了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^[7]。

3.2 数据计算方法

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。本数据集对EIO-LCA方法进行改进，用来核算和分析开封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^[10]：

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

式中， E 为各部门的能源消费 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。

根据EIO-LCA的表达式，基本的投入产出关系可以用公式表示为：

$$x = (I + AA + AAA + \dots + y_{INV} + y_{\Delta EXP}) = (I - A)^{-1}y \quad (2)$$

式中，列向量 x 为产业链中各行业产品或服务的产出量（亿元）， I 为单位矩阵。 A 为直接消耗系数矩阵，反映了产业之间的技术经济联系。列向量 y_R 、 y_{INV} 、 $y_{\Delta EXP}$ 分别表示消费、投资、净出口量（亿元），三者的组合关系反映了最终需求结构。列向量 y 表示对各行业的最终需求，是消费、投资、净出口的总和。由于旅游是消费性行业，几乎不为其他行业提供生产资料，因此，列向量 y 表示各行业的最终消费。

产业链中各行业的碳排放量可以表示为^[11]：

$$c = CI \times x \quad (3)$$

式中，列向量 c 表示为满足最终消费 y ，各行业在生产过程中所排放的 CO_2 （万t）。 CI 为对角阵，对角元素为单位经济产出的直接碳排放，即各行业的碳排放强度（万t/万元），其计算公式为：

$$CI_i = C_i / x_i \quad (4)$$

式中， C_i 与 x_i 分别为第 i 行业的碳排放与总产出。

为分析产业链上各行业中间投入所产生的碳排放，将 y 改为对角阵，将各行业的直接

碳排放量分解，同各行业最终需求建立联系。利用公式（2）-（4）构建碳排放矩阵，用公式表示为：

$$C = CI(I - A)^{-1}y^* \quad (5)$$

式中， C 为各行业的碳排放矩阵， $(I - A)^{-1}$ 为列昂惕夫逆阵，反映了各行业之间错综复杂的经济联系， y^* 为各行业最终消费（ y ）的对角矩阵。

但是由于旅游系统涉及的范围广，并且为旅游系统提供产品和服务的行业同时也为其他行业提供产品或服务，区分他们之间的界限十分困难，这就需要在计算时有所改进，以便将旅游系统各部门的碳排放从相应行业总的碳排放中提取出来。

根据矩阵运算原理：

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{bmatrix} \quad (6)$$

如果将式中的 $\begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots \\ 0 & \lambda_2 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots \end{bmatrix}$ 替代为 $\begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \cdots \\ 0 & \lambda_2 & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots \end{bmatrix}$ 则上式变为：

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{m1} & a_{m2} & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \end{bmatrix} \quad (7)$$

从运算结果上看出，对结果产生影响的仅在变动的 λ_i ，在结果列中的变动与 λ 的值紧密相关，且结果中列向量之间的比例关系也不会出现变动。由于列昂惕夫矩阵反映的各行业之间的比例关系是固定的，改变最终需求矩阵中的某个元素，反映了最终碳排放矩阵中列向量值的变化，其元素之间的相对关系是不变的，这是对模型改进的依据。因此，为了反映旅游活动相关部门的碳排放状况，以旅游活动相关部门的总收入扣税及消耗后表示旅游相关部门的最终需求，并以其替代 y^* 的部门最终需求量，记为 y' ，有公式表示为：

$$C = CI(I - A)^{-1}y' \quad (8)$$

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， $i=1, \cdots, n$ ， $j=1, \cdots, n$ ， 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，它可以从生产视角分析碳排放在部门间的分布结构，能够分析旅游系统各部门 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，其元素表示旅游系统各部门 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放在部门间的分布结构，能够分析旅游系统各部门 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。

4 数据结果

基于河南省 144 部门计算的行业投入产出表，由改进的 EIO-LCA 模型提取出开封市旅游业碳排放数据集的数据结果和说明信息见表 2。数据集由 7 个.xlsx 表格组成，对开封市旅游业各部门（旅游交通、邮电通讯、购物、住宿和餐饮、旅行社、娱乐、浏览及其他）的碳排放量进行了模型分析。

表 2 开封市旅游业碳排放数据集元数据结果及说明

序号	名称	数据说明
Tab.1	河南省 2007 年 20 部门投入产出表	基于河南省 144 部门投入产出表合并
Tab.2	开封市 2007 年投入产出里昂惕夫矩阵	以加权平均值为标准将开封市行业数据从河南省剥离出来构建里昂惕夫矩阵
Tab.3	开封市 2007 年最终需求矩阵	基于开封市旅游调查数据，依据公式（6）、（7）将开封市旅游业数据从 Tab.2 中提取出来
Tab.4	开封市 2007 年碳排放系数矩阵	基于开封市能源统计数据 and 调查数据，依据公式（3）、（4）计算碳排放系数并构建矩阵
Tab.5	开封市 2007 年碳排放矩阵	依据公式（5）由 Tab.3 和 Tab.4 计算出 2007 年开封市碳排放矩阵
Tab.6	开封市 2012 年碳排放矩阵	基于 Tab.5 估算出 2012 年开封市碳排放矩阵
Tab.7	开封市 2012 年旅游业各部门碳排放分解	基于 EIO-LCA 模型公式（1）、（2），依据 Tab.6 计算出开封市 2012 年旅游业各部门碳排放分解矩阵

5 讨论与结论

从数据的计算结果看，旅游交通直接碳排放量和直接碳排放比例最高，是开封市旅游系统最大的直接碳源，住宿和餐饮次之。从分部门间接碳排放量上看，住宿和餐饮的间接碳排放量最高，旅游交通次之，旅行社的间接碳排放量依然最低。从分部门的碳排放总量上看，旅游交通依然是开封市旅游系统碳排放量最大的部门，旅行社是碳排放量最小的部门。这些结果表明，城市旅游业直接碳排放占碳排放总量比例较小，旅游业碳排放存在明显的“冰山效应”，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”，但可称之为“低碳产业”，对城市的节能减排有不可替代的作用。

在研究开封市旅游业碳排放的问题时发现，使用改进的 EIO-LCA 模型处理旅游业碳排放数据，常常面临着数据来源较少和行业归类过大等问题，这两个问题处理是否恰当直接关系到碳排放核算结果的精确性。本研究的处理方法是：对于城市层面旅游业以及旅游业碳排放数据源不全面的问题，解决的方法是以电力、煤炭、油品等能源消耗折合为碳排放数据，旅游业数据则主要依靠一手的调查数据。对于投入产出矩阵中行业归类

过粗的问题,解决的主要方法是利用改进的 EIO-LCA 模型把旅游业各部门的碳排放从行业碳排放中剥离出来。这些数据的处理和计算方法在现有我国旅游和能源统计数据的基础上最大限度地发挥作用,但对于旅游碳排在核算精度和范围方面更高水平的要求还需要进一步深入的研究。

作者分工: 秦耀辰对数据集的开发做了总体设计;李旭采集和处理了旅游业碳排放数据,设计了模型和算法;张艳做了数据验证;李旭撰写了数据论文等。特别感谢开封市旅游局在数据收集集中提供的帮助。

参考文献

- [1] Peeters, P., Dubois, P. Tourism travel under climate change mitigation constraints [J]. *Journal of Transport Geography*, 2010, 18(3): 447-457.
- [2] UNWTO-UNEP-WMO. Climate change and tourism-responding to global challenges [C]. Madrid: UNWTO, UNEP & WMO, 2008: 169-172.
- [3] Gössling, S., Scott, D., Hall, C. M. Inter-market variability in CO₂ emission-intensities in tourism: implication for destination marketing and carbon management [J]. *Tourism Management*, 2015, 46(2): 203-212.
- [4] 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[J]. *地理研究*, 2012, 31(3): 429-438.
- [5] Roberto, R. M., Pedro, R. S. Ecological footprint analysis of road transport related to tourism activity: the case for Lanzarote Island [J]. *Tourism Management*, 2010, 31(1): 98-103.
- [6] 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, 131(4): 127-134.
- [7] 秦耀辰, 李旭, 荣培君. 基于 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*, 2015, 34(2): 132-140.
- [8] 李旭, 秦耀辰. 开封市旅游业碳排放数据集(2007、2012)[DB/OL]. 全球变化科学研究数据出版系统, 2016. DOI: 10.3974/geodb.2016.06.04.V1.
- [9] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. DOI: 10.3974/dp.policy.2014.05 (2017 年更新).
- [10] 陈红敏. 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*, 2009, 19(3): 25-30.
- [11] 计军平, 刘磊, 马晓明. 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)*, 2011, 47(4): 741-749.