

# 中国旅游足迹家族研究进展

王淑新<sup>1,2</sup>, 何红<sup>3</sup>, 李双<sup>4</sup>, 杜建括<sup>4</sup>

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041; 2. 陕西理工大学区域经济研究所, 汉中 723000; 3. 陕西理工大学旅游管理系, 汉中 723000; 4. 陕西理工大学地理科学系, 汉中 723000)

**摘要:** 作为定量评估的有效工具, 旅游足迹方法在考察旅游资源消费和废弃物排放对生态环境的影响方面发挥着重要作用。基于研究的尺度、方法、内容等角度对中国旅游足迹家族(主要成员包括旅游生态足迹、旅游碳足迹和旅游水足迹等)相关代表性成果进行了系统梳理, 总结旅游足迹研究取得的主要进展, 比较旅游足迹家族成员之间的异同, 分析旅游足迹方法的比较优势, 剖析当前旅游足迹研究存在的不足, 同时结合国际旅游足迹研究最新动向对完善中国旅游足迹研究进行展望, 以期为中国旅游足迹研究以及可持续旅游发展实践提供参考。

**关键词:** 旅游足迹家族; 旅游生态足迹; 旅游碳足迹; 旅游水足迹; 研究进展

在生态环境问题凸显背景下, 大规模旅游活动引发的诸如旅游地土壤及动植物变化、水资源短缺、生态赤字以及全球气候变暖等资源环境效应日益引起世界范围内学者、政府部门、相关组织的广泛关注。形成庞大市场规模的中国旅游业(据国家旅游局数据中心统计, 2016年国内游客达44亿人次, 国内旅游收入达39390亿元; 入境游客达1.38亿人次, 国际旅游收入达1200亿美元)引发的资源环境效应备受国内学者关注, 作为定量评估旅游生态环境影响的重要工具, 足迹方法得以广泛应用, 并逐渐构建起旅游足迹家族评价体系(借鉴Galli等<sup>[1]</sup>、方恺<sup>[2]</sup>对足迹家族的界定, 本文将旅游足迹家族定义为包含不同旅游足迹类型的综合评价指标体系, 可评估旅游资源消费和废弃物排放对生态环境的影响, 主要成员包括旅游生态足迹、碳足迹和水足迹), 从不同角度直接或间接考察中国旅游发展带来的生态环境影响。但目前尚未有文献全面总结旅游足迹家族研究进展及发展趋势。因此, 系统梳理中国旅游足迹研究进展, 全面剖析旅游足迹研究过程中存在的问题, 对规范旅游足迹方法科学应用, 完善旅游足迹理论具有重要理论意义; 同时, 系统总结旅游足迹降低策略与措施, 对推动可持续旅游发展具有重要实践意义。

## 1 旅游足迹家族研究进展

### 1.1 旅游生态足迹

#### 1.1.1 研究尺度

研究者不仅测度了局地尺度上的黄山<sup>[3]</sup>、九寨沟<sup>[4]</sup>、嵩山<sup>[5]</sup>等山岳型景区, 舟山群岛<sup>[6-7]</sup>、

收稿日期: 2018-05-09; 修订日期: 2018-11-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(41501159); 中国博士后科学基金项目(2014M560731)

作者简介: 王淑新(1982-), 男, 山东潍坊人, 博士, 副教授, 研究方向为旅游环境经济、旅游管理。

E-mail: shuxinwang@snut.edu.cn

通讯作者: 杜建括(1984-), 男, 山东聊城人, 博士, 讲师, 研究方向为气候变化与区域发展。

E-mail: drmjliang82@163.com

长岛<sup>[8]</sup>等海岛型旅游地、北京南锣鼓巷<sup>[9]</sup>、拉萨次角林村<sup>[10]</sup>等历史文化景点的旅游生态足迹,而且考察了北京<sup>[11]</sup>、西安<sup>[12]</sup>、开封<sup>[13]</sup>、拉萨<sup>[14]</sup>、福州<sup>[15]</sup>等不同城市的旅游生态足迹,此外,分析了上海<sup>[16]</sup>、河北<sup>[17]</sup>、海南<sup>[18]</sup>等不同省域的旅游生态足迹。总体看,景区、城市尺度上的旅游生态足迹研究成果较多,科学评估了局地、城市尺度上旅游活动形成的生态足迹,但宏观尺度的旅游生态足迹测度尚未引起研究者关注,相关研究成果仍然比较缺乏,尤其是尚未出现国家尺度的旅游生态足迹测度,导致尺度视角下的旅游生态足迹测度体系不完整,不利于从不同尺度评估旅游活动形成的生态足迹及其对生态环境的影响。

### 1.1.2 研究方法

旅游生态足迹指通过测度旅游活动过程中的能源资源消耗以及废弃物排放数量,依据均衡因子和产量因子转化形成的生物生产性土地面积的总和,其类型主要包括化石能源地、耕地、草地、林地、建成地和水域六大基本类型<sup>[3]</sup>,其计算方法根据数据获取方式差异可分为“自上而下”的综合法和“自下而上”的组分法两种<sup>[19-20]</sup>。“自上而下”的综合法主要依据数据库、统计年鉴获取相关数据信息,“自下而上”的组分法主要依据实地调查获取研究数据。中国旅游生态足迹研究主要依据“自下而上”的组分法,根据旅游活动生态消费特点形成核算账户体系,包括餐饮、住宿、交通、游览、购物、娱乐、废弃物处理7个组分<sup>[5,8,21]</sup>,但一些研究仅包括核算账户体系的部分内容,导致核算框架不完整、测度结果偏小<sup>[14,16]</sup>;而采用“自上而下”的综合法测度旅游生态足迹的研究成果较少见,主要原因在于综合法要求全面可靠的旅游统计数据,但综合性的旅游基础统计体系尚未完全建立,无法获取所需数据。

### 1.1.3 研究内容

旅游生态足迹研究内容主要集中于以下五个方面:(1)测度旅游者生态足迹。研究成果显示景区型旅游地人均旅游生态足迹介于0.004~0.106 hm<sup>2</sup>之间<sup>[3-6,9-10]</sup>;西安、开封、拉萨、福州等城市型旅游地人均旅游生态足迹介于0.0150~0.1194 hm<sup>2</sup>之间<sup>[12-15]</sup>;上海、河北、海南等省域型旅游地人均旅游生态足迹介于0.0467~0.146 hm<sup>2</sup>之间<sup>[16-18]</sup>。因旅游地类型、发展阶段、研究框架的不同,导致研究结果呈现较大差异;并且多数研究成果主要测度单一年度旅游生态足迹,较少成果基于时间序列进行动态跟踪研究,不利于动态变化趋势考察。(2)分析旅游生态足迹结构。一般认为旅游交通是生态足迹的最重要组成部分,其比例约占60%~93%<sup>[4,6,12-16,18,21-23]</sup>,但也有少部分研究认为旅游餐饮、住宿占生态足迹的绝大部分<sup>[5,9-10,24]</sup>。上述结论差异主要由旅游交通核算范围不同引起,即是否包含客源地到目的地之间的旅游交通能源消耗。(3)探讨旅游地生态安全。研究显示舟山群岛<sup>[6]</sup>、开封<sup>[13]</sup>、拉萨<sup>[14]</sup>、上海<sup>[16]</sup>、丽江<sup>[23]</sup>等旅游地生态足迹小于生态承载力,处于生态安全状态,旅游业仍具有发展空间;而北京南锣鼓巷<sup>[9]</sup>、西安<sup>[12]</sup>、河北<sup>[17]</sup>等旅游地生态足迹大于生态承载力,处于生态赤字状态,旅游业可持续发展受到抑制。值得注意的是,在旅游地生态安全评价过程中需要处理好细节问题,如需要确定旅游生态足迹与生态承载力研究区域范围一致,避免旅游交通发生区域与生态承载力区域错位;有效区分旅游生态足迹与本底生态足迹关系,科学评估旅游足迹在本底足迹基础上通过叠加效应对旅游地可持续发展产生的影响;充分考虑贸易因素,科学认识可转移生态足迹与不可转移生态足迹<sup>[25]</sup>。(4)探讨旅游地生态补偿问题。如章锦河等<sup>[4]</sup>以九寨沟为例、汪运波等<sup>[8]</sup>以山东长岛县渔家乐为例、徐秀美等<sup>[10]</sup>以西藏拉萨次角林村为例在测度旅游生态足迹的基础上,

进一步与生态补偿模型结合,提出不同旅游地居民、村民、渔民具体的补偿标准,进一步扩展了旅游生态足迹的应用领域和范围。(5)提出旅游生态足迹降低策略。主要包括采用节能减排先进技术,发展节能环保交通工具,降低旅游交通能源消耗<sup>[5-7,10,16]</sup>;鼓励、推动生态旅游、低碳旅游、绿色旅游等低耗能旅游方式发展<sup>[3,5-6,10,14,16]</sup>;充分利用旅游服务设施存量,推动旅游服务设施向绿色、节能方向发展<sup>[6,10,14]</sup>;提高土地单位面积生物产量<sup>[3,5]</sup>等,为旅游地可持续发展提供可行的建议。

## 1.2 旅游碳足迹

### 1.2.1 研究尺度

学者不仅测度景区、酒店、海岛等局地尺度的旅游碳足迹,如Li等<sup>[26]</sup>对黄山国家公园、张瑞英等<sup>[27]</sup>对野三坡风景区、窦银娣等<sup>[28]</sup>对衡山风景区、罗芬等<sup>[29]</sup>对张家界景区、李鹏等<sup>[30]</sup>对昆明四星级酒店、杨璐等<sup>[31]</sup>对黄山景区酒店、Kuo等<sup>[32]</sup>对澎湖列岛、肖建红等<sup>[33]</sup>对舟山群岛的测度,还分析了城市、区域尺度的旅游碳足迹,如汪清蓉等<sup>[34]</sup>对深圳市、Liu等<sup>[35]</sup>对成都市、陶玉国等<sup>[36]</sup>对江苏省、姚治国等<sup>[37]</sup>对海南省、Sun对台湾<sup>[38-39]</sup>、谢园方等<sup>[40]</sup>对长三角地区的分析,同时,Meng等<sup>[41]</sup>、Wu等<sup>[42]</sup>、Tang等<sup>[43]</sup>、Zhong等<sup>[44]</sup>、袁宇杰<sup>[45]</sup>考察了全国尺度的旅游碳足迹。总体来看,景区、城市、省域、区域、全国等不同尺度视角下的旅游碳足迹测度均受到研究者关注,形成比较完整的旅游碳足迹测度体系。

### 1.2.2 研究方法

旅游碳足迹主要测度旅游活动过程中以CO<sub>2</sub>为主的温室气体排放数量,其研究方法主要包括基于投入产出理论(Input-output Analysis, IOA)的“自上而下”法和基于生命周期理论(Life Cycle Assessment, LCA)的“自下而上”法两种。得益于某些发达城市、地区以及全国统计体系的不断完善,旅游能源消耗等统计数据得以获取,使得深圳市<sup>[34]</sup>、成都市<sup>[35]</sup>、江苏省<sup>[36]</sup>、台湾省<sup>[38-39]</sup>、全国<sup>[41,44-45]</sup>的旅游碳足迹测度能够采用“自上而下”法。“自下而上”法依据LCA将旅游活动过程划分为餐饮、住宿、交通、游览、购物、娱乐和废弃物处理七部分,基于旅游者角度收集了相关数据考察旅游碳足迹,Kuo等<sup>[32]</sup>对台湾省、肖建红等<sup>[33]</sup>对舟山群岛、Wu等<sup>[42]</sup>、Tang等<sup>[43]</sup>对中国大陆的旅游碳足迹测度采用“自下而上”法。总体看,“自上而下”方法更适合具有旅游数据统计基础或已经建立旅游卫星账户的地区、国家等尺度的旅游碳足迹测算;“自下而上”方法理论上可以考察局地、地区、国家等不同尺度的旅游碳足迹,但更适合不具有数据统计基础或尚未建立旅游卫星账户的景区(点)、局地等尺度的旅游碳足迹测算。

### 1.2.3 研究内容

旅游碳足迹研究内容主要集中于以下四方面:(1)测度旅游者碳足迹。研究者主要基于“自下而上”法来测度不同旅游地旅游者的碳足迹,如姚治国等<sup>[37]</sup>对海南省、张瑞英等<sup>[27]</sup>对河北野三坡景区、罗芬等<sup>[29]</sup>对湖南张家界景区、李鹏等<sup>[46]</sup>对云南香格里拉等地旅游者的碳足迹进行了分析,基于旅游者个体角度测度旅游碳足迹有助于比较不同旅游地之间的效率与结构差异。(2)测度旅游地碳足迹。因相关数据容易获取,旅游直接碳足迹成为初期研究的主要内容<sup>[33,42-43]</sup>,近年来,综合测度直接碳足迹与间接碳足迹成为相关研究的主要趋向<sup>[36,38-41]</sup>。实际上,旅游碳足迹不仅应包括旅游活动过程中形成的直接足迹,而且应纳入间接为旅游业服务形成的间接足迹(包括第一、二、三产业间接为旅游业提供服务产生的碳排放数量),进行综合、全面计算。从数量上看,旅游间接碳足迹约



为直接碳足迹的30%~110%<sup>[38]</sup>。(3)分析旅游碳足迹结构。绝大部分研究表明交通成为旅游碳足迹的最重要组成部分,其比例介于51%~91%之间<sup>[32-34,36,38-39,42-44]</sup>,与国际上“旅游交通成为旅游碳足迹最重要组成部分”<sup>[47]</sup>的结论吻合,但不同研究结果交通占旅游碳足迹比例表现出较大差异,例如深圳旅游交通占碳足迹的比例达到88.98%<sup>[34]</sup>,但成都的比例仅为7.90%~12.78%<sup>[35]</sup>;而旅游交通占全国碳足迹比例最高的为91%<sup>[43]</sup>,最低的仅为51%<sup>[44]</sup>,两者差距悬殊。此外,住宿、餐饮在旅游碳足迹中所占比例也较高,旅游交通、住宿、餐饮成为碳足迹的主要构成部分。(4)降低旅游碳足迹策略。包括加强绿色技术、低碳技术推广与应用,降低能源利用强度和优化能源结构<sup>[29,36]</sup>;推广清洁能源,用可再生能源替代化石能源<sup>[33-34,40,42]</sup>;贯彻低碳旅游规划理念,科学规划旅游项目、旅游景区、旅游交通线路<sup>[28-29,33]</sup>;加强宣传教育,增强旅游者的低碳旅游观念,践行低碳旅游方式<sup>[28,33-34,48]</sup>;积极发挥政府部门的宏观调控作用,建立低碳旅游消费制度性约束机制,确定碳排放权和碳税<sup>[33-34,36,48]</sup>等。总体看,旅游碳足迹不同研究结果之间的可比性较差,其原因可以归结为:分析框架不同,旅游碳足迹分析通常涵盖餐饮、住宿、交通、游览、购物、娱乐和废弃物处理七部分,但部分研究因数据资料不易获取或研究者认为某些部分不重要而没有纳入研究框架,导致不同研究不具有统一比较标准;测度范围不同,旅游碳足迹可划分为直接和间接两部分,通常交通在直接碳足迹中的比例高于在间接碳足迹、总足迹中的比例,如江苏省旅游交通在直接碳足迹、间接碳足迹、总足迹中所占的比例分别为53.16%~63.78%、16.08%~21.22%、26.88%~31.77%<sup>[36]</sup>;研究内涵不同,大部分研究以CO<sub>2</sub>排放数量作为碳足迹,但也有部分研究成果测度了以CO<sub>2</sub>为主的全部温室气体数量,其测算结果高于前者。

### 1.3 旅游水足迹

#### 1.3.1 研究尺度

与旅游生态足迹、碳足迹较为丰富的研究成果相比,旅游水足迹研究成果较为缺乏,研究者仅对部分尺度的旅游水足迹进行了分析。在景区尺度,王群等<sup>[49]</sup>、周晶<sup>[50]</sup>测度黄山风景区的旅游水足迹,Yang等<sup>[51]</sup>分析了云南黎明谷景区的旅游水足迹;在城市尺度,黄郛<sup>[52]</sup>测度了三亚市的旅游水足迹,刘晓蕾<sup>[53]</sup>考察了武汉市的旅游水足迹;在区域尺度,李娜等<sup>[54]</sup>对京津冀地区旅游行业的直接和间接水资源消耗进行了核算。总体看,国内旅游水足迹研究基本上处于起步阶段,景区(尤其是干旱半干旱及海岛型旅游景区)、区域(尤其是缺水型旅游城市、区域)、全国等不同尺度的旅游水足迹研究成果明显不足,尚未形成旅游水足迹研究体系。

#### 1.3.2 研究方法

旅游水足迹指旅游者享受一系列产品或服务过程中消耗的用水总量<sup>[55]</sup>,其研究方法主要有“自下而上”法和“自上而下”法两种<sup>[56]</sup>。“自下而上”法以LCA为基础,通过拟定清单完整、系统地评价某一时空范围内水资源的消费构成<sup>[57]</sup>,具体地,通过收集系统边界范围内旅游餐饮、住宿、交通、游览、购物、娱乐、废弃物处理所有新鲜水和虚拟水的消耗量以及废水排放量,加总计算得到旅游水足迹。“自上而下”法以IOA为基础,通过投入产出表计算得到旅游水足迹<sup>[58]</sup>。国内旅游水足迹研究主要基于“自下而上”法进行,多数旅游水足迹分析在清单确定上存在不足,涵盖内容不全面,仅包括旅游餐饮、住宿、交通、游览、购物、娱乐、废弃物处理中新鲜水和虚拟水的消耗量以及废水

排放量的部分内容<sup>[51-53]</sup>,容易导致旅游水足迹测度结果偏小,且不利于研究结果之间的横向比较分析。因数据获取方面的限制,尚未出现利用“自上而下”法分析旅游水足迹的研究成果。

### 1.3.3 研究内容

尽管学者基于实地调查从不同角度考察旅游活动、旅游项目开发与建设对旅游地水资源与水环境的影响<sup>[59-63]</sup>,但较少涉及和应用水足迹方法分析旅游活动对水资源、水环境的影响。目前旅游水足迹研究内容主要体现在三方面:(1)测度旅游地、旅游者水足迹。主要考察景区型、城市型旅游地、旅游者的水足迹,结果表明不同旅游地旅游者水足迹呈现出差异性,如黄山风景区人均旅游水足迹为 $3.21\text{ m}^3$ <sup>[50]</sup>,云南丽江黎明谷旅游景区人均旅游水足迹为 $5.2\text{ m}^3$ <sup>[51]</sup>,而京津冀地区国内游客日均水足迹介于 $3.7\sim 10.5\text{ m}^3$ 之间,境外游客介于 $3.4\sim 11.25\text{ m}^3$ 之间<sup>[54]</sup>,导致上述差异的原因可以归为研究框架、测度内容存在差别,以及不同区域、不同研究对象旅游水足迹自身的差异。(2)比较分析旅游实体水与虚拟水消耗量。研究结果显示,虚拟水主要体现在旅游餐饮、交通组分中<sup>[49,51]</sup>,无论是黄山等山岳型景区<sup>[49]</sup>,还是水资源较为丰富的三亚市<sup>[52]</sup>、武汉市<sup>[53]</sup>,虚拟水均高于实体水,与一般结论“虚拟水所占比例高于实体水”<sup>[64-65]</sup>一致,但不同研究结果表明实体水与虚拟水的比例结构具有差异,如在黄山风景区水足迹总量中,虚拟水、实体水分别约占85%、15%<sup>[49]</sup>,而武汉市虚拟水、实体水分别约占旅游水足迹的65.44%、34.56%<sup>[53]</sup>,京津冀地区间接水足迹远超过直接水足迹,仅游客餐食消费部分对水足迹的贡献就超过了60%<sup>[54]</sup>,三亚市间接水足迹是水足迹的主要构成部分<sup>[52]</sup>。(3)提出旅游水足迹降低策略。包括推广节水技术与节水产品,安装节水设施<sup>[51-52]</sup>;提高农业用水生产效率,通过减少游客高需水量水果、肉禽类食品的消耗比例减少农业用水数量<sup>[51,54]</sup>;分散化设置废水处理系统,提高污水处理水平,加强中水回收利用<sup>[51-53]</sup>;加强旅游环境教育,倡导旅游者节水型旅游消费<sup>[51,53-54]</sup>;征收旅游虚拟水资源消费税<sup>[54]</sup>等,为降低旅游水足迹提供了可行的建议措施。总体看,旅游水足迹研究成果比较零散,尚未形成完整的研究体系,如具有典型研究意义的干旱半干旱以及海岛型旅游地水足迹研究成果较少,旅游蓝水、绿水和灰水等不同类型水足迹的探讨成果缺乏;旅游水足迹分析过程不完善,其与水资源承载力的比较分析不足,很少有成果探讨水足迹对旅游地水资源与水环境带来的影响。

## 2 旅游足迹家族研究述评

### 2.1 旅游足迹家族成员的共性特征

作为衡量可持续旅游发展的重要工具,以旅游生态足迹、碳足迹和水足迹作为主要成员构成的旅游足迹家族从其理论渊源上看具有一脉相承的特征,均源起于Rees<sup>[66]</sup>提出的生态足迹理论,以及其后基于生态足迹理论衍生出的碳足迹、水足迹等相关理论,共同的理论渊源使旅游足迹家族成员具有以下共性特征:(1)从研究尺度看,旅游生态足迹、碳足迹和水足迹具有分析从景区到城市、区域,再到全国等不同尺度研究对象的功能,研究尺度范围宽泛。(2)从研究方法看,尽管旅游生态足迹、碳足迹和水足迹具体研究方法称谓有所不同,但在本质上具有一致性,主要依据基于IOA的“自上而下”法和基于LCA的“自下而上”法进行分析。(3)从分析框架看,旅游生态足迹、碳足迹和水足迹结合旅游活动特征,基本形成了旅游餐饮、住宿、交通、游览、购物、娱乐和废

弃物处理七部分的核算框架。(4)从研究内容看,不仅可以测度旅游者个体意义上、旅游地整体意义上的生态足迹、碳足迹和水足迹,而且可以开展旅游产品、旅游产业等不同研究对象的生态足迹、碳足迹和水足迹分析,以及旅游生态足迹、碳足迹和水足迹的内部结构分析,还可以依据分析结果提出旅游生态足迹、碳足迹和水足迹的降低措施与策略。

## 2.2 旅游足迹家族成员的差异性特征

旅游生态足迹、碳足迹和水足迹作为足迹家族的独立成员,具有差异性:(1)从测度标准看,旅游生态足迹将旅游活动过程中各种资源消耗和废弃物排放转换成可以提供支撑的土地面积或水域面积,以面积单位表示。旅游碳足迹在测度标准方面出现了分化,一个方向仍然沿用了生态足迹的分析结构,将碳足迹解释为“化石燃料足迹”,即“吸收 $\text{CO}_2$ 的土地或区域”,从这一意义上看,碳足迹是从生态足迹中独立分出的一部分;另一个方向是物理学意义上的质量单位,直接测度以 $\text{CO}_2$ 为主的温室气体排放数量,着重强调在气候变化背景下旅游碳排放的环境影响,相关研究主要沿此方向展开。旅游水足迹主要考察物理学意义上旅游水资源消耗质量。旅游碳足迹、水足迹直接考察物理学意义上的碳排放、水资源消耗质量,不再转化为土地面积,可以避免转化过程中因各种假设带来的不确定性和错误<sup>[67]</sup>。(2)从评价功能看,早期的旅游生态足迹涵盖内容丰富,作为整合参数,既包含旅游活动中土地、水等方面的一次消耗,又包括废弃物吸收等方面的二次消耗<sup>[21]</sup>,并用土地面积或水域面积表示,不仅为不同旅游消费内容提供了统一测度量纲,同时为不同区域旅游生态足迹空间比较提供了可能性<sup>[3]</sup>,形成综合性的评估方法,可以更加全面地测度旅游对生态环境的影响。与旅游生态足迹的综合性评价不同,旅游碳足迹、水足迹具有单一维度特性,旅游碳足迹主要测度以 $\text{CO}_2$ 为主的温室气体排放;旅游水足迹重点分析旅游水资源消耗对区域水资源供需平衡、水环境污染的影响。总体看,旅游生态足迹注重生态环境影响的综合性评价,具有全面评价优势,旅游碳足迹、水足迹则注重专项性评价,具有深度评价优势。

## 2.3 旅游足迹方法的比较优势

旅游足迹家族在衡量可持续旅游发展方面具有一定优势,与旅游环境承载力(Tourism Environmental Bearing Capacity, TEBC)、环境影响评价(Environmental Impact Assessment, EIA)、可接受的变化极限(Limits of Acceptable Change, LAC)等传统指标相比,旅游生态足迹从土地的生物生产功能入手,用面积大小直观地表征旅游资源消费和废弃物排放对生态环境的占用程度,视角更为新颖,思路更为清晰<sup>[68]</sup>;旅游碳足迹直接测度以 $\text{CO}_2$ 为主的温室气体排放,方法简便可行,相关评估规范和标准(如PAS2050、ISO14067等)的实施进一步提高了可操作性;旅游水足迹基于旅游消费新视角更加全面地核算旅游活动过程中消耗的实体水、虚拟水以及污染水数量,形成多层面的核算指标。总体看,旅游生态足迹、碳足迹和水足迹构建起的旅游足迹家族作为科学有效的测度方法,受到研究者的广泛关注和重视,为评估旅游活动的环境影响提供了有效的定量分析工具,有助于实现旅游环境影响的定量化测度;能够基于景区、城市、区域、国家等不同尺度开展旅游足迹评估,提供了旅游环境影响评价更全面的视角;旅游生态足迹、碳足迹、水足迹分别以全球 $\text{hm}^2$ 、碳质量、水质量进行测度,提供了不同区域比较的可能性;基于旅游者、旅游地、旅游产品、旅游产业等不同研究对象的旅游足



迹测度,有助于提供更具针对性的旅游足迹降低措施。

## 2.4 旅游足迹研究面临的主要问题

旅游足迹方法在实际应用过程中仍然面临一些问题,主要表现在以下四方面:(1)虽然“自下而上”法能够比较全面地进行产品或服务全过程的足迹评估,在评估产品或服务的直接或间接足迹方面具有较大优势<sup>[69-71]</sup>,但其计算准确度有赖于不同组分划分的彻底性和生命周期分析的可靠性<sup>[20]</sup>,在实际分析过程中,因相关数据缺失或研究者的主观意识问题导致部分组分缺失,容易导致研究结果精确度下降;同时,区域、国家尺度的旅游足迹分析涉及不同数据库、不同尺度的信息转换,容易导致信息失真引起误差<sup>[72]</sup>。“自上而下”法需要依据完备的投入产出表进行测度,虽有助于提高核算结果的可比性和准确性,但当前可利用的旅游基础数据不足,制约了“自上而下”法的实际应用。(2)旅游生态足迹、碳足迹、水足迹分别考察旅游活动引发的自然资源占用、温室气体排放、水资源的消耗和污染数量,从系统角度看,单项足迹在全面度量、评价旅游活动引发的复杂的经济、社会、环境效应方面存在不足,容易导致基于不同足迹视角提出的政策建议发生冲突,如旅游碳足迹倡导推广包括生物柴油在内的可再生能源,但从旅游水足迹角度看,消耗大量水资源的生物柴油生产过程无疑是不可取的,因为其在很大程度上提高了旅游水足迹。(3)从时空分析视角看,当前旅游生态足迹、碳足迹和水足迹研究主要以单一年度、单一样本点的静态分析为主,不同区域与时间序列相结合的旅游足迹时空动态测度研究成果仍然比较缺乏。仅着眼于单一年度的测度无法有效反映旅游足迹的动态变化特征,以及旅游对生态环境带来的改善或恶化变化趋势;同时,单一样本点旅游生态足迹、碳足迹和水足迹的测度不利于不同研究对象的比较分析。(4)以旅游生态足迹、碳足迹和水足迹为主的旅游足迹家族侧重于足迹方法在旅游领域的实证应用分析,且以跟踪研究为主,而结合旅游特征进行理论性的探索研究较少,足迹理论与其他研究理论、研究方法的整合不足,旅游足迹方法的引领性、创新性研究不足,总体上滞后于国际旅游足迹研究。

## 3 结论与讨论

### 3.1 结论

源于生态足迹理论的旅游生态足迹、碳足迹和水足迹受到国内研究者广泛关注,涌现出系列成果,逐渐构建起旅游足迹家族,成为考察旅游环境影响的有效工具。本文基于研究尺度、方法、内容视角分别对旅游生态足迹、碳足迹和水足迹代表性成果进行了系统梳理。结果表明:基于不同尺度的旅游碳足迹测度体系初步形成,旅游生态足迹、水足迹测度体系仍不完善;旅游碳足迹分析主要采用“自上而下”法和“自下而上”法,旅游生态足迹和水足迹分析主要采用“自下而上”法;“吃住行游购娱废”七组分的完整旅游足迹测度框架得到研究者认可,但实际分析尚未完全采用;旅游地、旅游者意义上的生态足迹、碳足迹和水足迹成为测度的基本内容。从旅游足迹家族成员比较看,旅游生态足迹、碳足迹和水足迹在研究尺度、方法、框架与内容方面具有共性,但其测度标准和评价功能具有差异性;与传统方法相比,旅游足迹方法视角新颖,在定量测度、研究尺度、区域比较、具体措施方面具有比较优势。旅游足迹方法面临的问题主要包括测度精确度不足、评估全面性不足、时空动态分析不足、理论创新不足。

### 3.2 讨论

(1) 在研究方法方面,为精确测度旅游足迹,需要在区域、国家层面完善旅游基础统计体系,建立旅游卫星账户,编制旅游环境经济综合账户,构建旅游能源资源消耗、废弃物排放基础数据库,以提供数据支撑。同时,综合使用基于IOA的“自上而下”法和基于LCA的“自下而上”法,形成IOA-LCA联合模型,减少截断误差和重合、简化计算<sup>[20]</sup>,并通过相互验证提高结论稳定性。此外,将纵向时间序列与横向多样本点结合实现旅游足迹时空动态测度,不仅可以在一定程度上消除数据失真,提供更可信的结论,而且能够反映旅游足迹长期变化特征、演变规律,以及不同研究对象旅游足迹结构与效率差异,实现旅游足迹变化预测,弥补静态分析不足。

(2) 在研究领域方面,一方面需要加强旅游足迹理论研究,应用不同学科理论与方法开展交叉研究,如推动旅游足迹理论与经济学效率理论融合,深入探讨旅游活动环境成本最小与旅游服务功能或经济效益产出最大两者之间的平衡;促进水足迹与价值链整合研究<sup>[73]</sup>。加快旅游足迹深度与广度研究,如推动旅游生态足迹由二维模型向三维模型转变。另一方面需要拓展实证分析范畴,构建涵盖不同尺度的旅游足迹分析体系,着重加强区域、国家尺度的旅游生态足迹测度,局地、区域、国家尺度(特别是干旱半干旱以及海岛型旅游地)的水足迹测度;扩展旅游足迹应用领域,重视旅游业、旅游产品、企业生态的足迹研究,丰富旅游足迹家族评价体系;构建计量模型分析不同因素对旅游足迹的驱动机制,提供更具针对性的降低足迹的措施,促进旅游与生态环境协调发展。

(3) 在研究方向方面,一方面促进旅游足迹家族繁衍,不局限于旅游生态足迹、碳足迹和水足迹,可以通过引入新成员(如反映旅游活动过程中能源消耗和人体新陈代谢热释放形成的旅游热足迹,可以评估其对城市热岛效应、气温变化敏感自然景观的影响)丰富旅游足迹家族评价体系,发挥单项足迹在深入评估旅游活动对生态环境影响方面的优势。另一方面加强旅游足迹整合研究,以单项足迹为基础,注重综合足迹框架的整合与集成,通过统一的单位(如能量、热值、物质质量等)<sup>[74]</sup>衡量不同类型的旅游足迹并汇总,发挥综合足迹在全面评估旅游活动对环境、经济与社会影响方面的优势,提供科学、系统的政策建议。

### 参考文献(References):

- [1] GALLI A, WIEDMANN T, ERCIN E, et al. Integrating ecological, carbon and water footprint into a "Footprint Family" of indicators: Definition and role in tracking human pressure on the planet. *Ecological Indicators*, 2012, 16: 100-112.
- [2] 方恺. 足迹家族: 概念、类型、理论框架与整合模式. *生态学报*, 2015, 35(6): 1647-1659. [FANG K. Footprint family: Concept, classification, theoretical framework and integrated pattern. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(6): 1647-1659.]
- [3] 章锦河, 张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析. *地理学报*, 2004, 59(5): 763-771. [ZHANG J H, ZHANG J. Touristic ecological footprint model and analysis of Huangshan city in 2002. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(5): 763-771.]
- [4] 章锦河, 张捷, 梁玥琳, 等. 九寨沟旅游生态足迹与生态补偿分析. *自然资源学报*, 2005, 20(5): 735-744. [ZHANG J H, ZHANG J, LIANG Y L, et al. An analysis of touristic ecological footprint and eco-compensation of Jiuzhaigou in 2002. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(5): 735-744.]
- [5] 鲁丰先, 秦耀辰, 徐两省, 等. 旅游生态足迹初探: 以嵩山景区2005年“五一”黄金周为例. *人文地理*, 2006, 21(5): 31-35. [LU F X, QIN Y C, XU L S, et al. Tourism ecological footprint: A case study of Songshan spot in May 1<sup>st</sup> Golden Week of 2005. *Human Geography*, 2006, 21(5): 31-35.]
- [6] 肖建红, 于庆东, 刘康, 等. 海岛旅游地生态安全与可持续发展评估: 以舟山群岛为例. *地理学报*, 2011, 66(6): 842-



852. [XIAO J H, YU Q D, LIU K, et al. Evaluation of the ecological security of island tourist destination and island tourist sustainable development: A case study of Zhoushan Islands. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(6): 842-852.]
- [7] 肖建红, 于庆东, 刘康, 等. 舟山群岛旅游交通生态足迹评估. *生态学报*, 2011, 31(3): 849-857. [XIAO J H, YU Q D, LIU K, et al. Evaluation of tourism transport ecological footprint in Zhoushan Islands. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(3): 849-857.]
- [8] 汪运波, 肖建红. 基于生态足迹成分法的海岛型旅游目的地生态补偿标准研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(8): 149-155. [WANG Y B, XIAO J H. Research on ecological compensation standard of island tourist destination based on component method of ecological footprint. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(8): 149-155.]
- [9] DAI L, XU B, WU B. Assessing sustainable development of a historic district using an ecological footprint model: A case study of Nanluoguxiang in Beijing, China. *Area*, 2017, 49(1): 94-105.
- [10] 徐秀美, 郑言. 基于旅游生态足迹的拉萨乡村旅游地生态补偿标准: 以次角林村为例. *经济地理*, 2017, 37(4): 218-224. [XU X M, ZHENG Y. Evaluation on tourism ecological footprint and compensation standard in rural tourism destination in Lhasa: A case study of Cijiaolin. *Economic Geography*, 2017, 37(4): 218-224.]
- [11] 席建超, 葛全胜, 成升魁, 等. 旅游消费生态占用初探: 以北京市海外入境旅游者为例. *自然资源学报*, 2004, 19(2): 224-229. [XI J C, GE Q S, CHENG S K, et al. Ecological footprint of tourism consumption: A case study of Beijing foreign tourist arrivals. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(2): 224-229.]
- [12] 王保利, 李永宏. 基于旅游生态足迹模型的西安市旅游可持续发展评估. *生态学报*, 2007, 27(11): 4777-4784. [WANG B L, LI Y H. The quantitative study on the tourism sustainable development based on the model of tourism ecological footprint. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4777-4784.]
- [13] 曹新向. 基于生态足迹分析的旅游地生态安全评价研究: 以开封市为例. *中国人口·资源与环境*, 2006, 16(2): 70-75. [CAO X X. Ecological security evaluation of tourism destination based on ecological footprint analysis. *China Population, Resources and Environment*, 2006, 16(2): 70-75.]
- [14] 张约翰, 张平宇, 张忠孝. 拉萨市旅游生态足迹与可持续发展研究. *中国人口·资源与环境*, 2010, 20(7): 154-159. [ZHANG Y H, ZHANG P Y, ZHANG Z X. Disquisition of touristic ecological footprint and sustainable development of Lhasa. *China Population, Resources and Environment*, 2010, 20(7): 154-159.]
- [15] 曹辉, 陈秋华. 福州市旅游生态足迹动态. *生态学报*, 2007, 27(11): 4686-4695. [CAO H, CHEN Q H. The dynamic change on tourist ecological footprint of Fuzhou city, Fujian province. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(11): 4686-4695.]
- [16] 何欢, 林文鹏, 储德平, 等. 上海市旅游生态足迹分析. *长江流域资源与环境*, 2013, 22(11): 1375-1381. [HE H, LIN W P, CHU D P, et al. Analysis on tourism ecological footprint of Shanghai. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2013, 22(11): 1375-1381.]
- [17] 褚英敏, 李素喜, 刘金平. 基于锡尔系数及改进生态足迹的河北省旅游环境承载力研究. *陕西师范大学学报: 自然科学版*, 2014, 42(4): 91-95. [CHU Y M, LI S X, LIU J P. Tourism environmental carrying capacity of Hebei province based on Theil coefficient and improved ecological footprint method. *Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition*, 2014, 42(4): 91-95.]
- [18] 符国基. 海南省外来旅游者生态足迹测评. *资源科学*, 2006, 28(5): 145-151. [FU G J. Evaluating ecological footprint of external tourists in Hainan province. *Resources Science*, 2006, 28(5): 145-151.]
- [19] 杨桂华, 李鹏. 旅游生态足迹: 测度旅游可持续发展的新方法. *生态学报*, 2005, 25(6): 1475-1480. [YANG G H, LI P. Touristic ecological footprint a new yardstick to assess sustainability of tourism. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(6): 1475-1480.]
- [20] 周涛, 王云鹏, 龚健周, 等. 生态足迹的模型修正与方法改进述评. *生态学报*, 2015, 35(14): 1-17. [ZHOU T, WANG Y P, GONG J Z, et al. Ecological footprint model modification and method improvement. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35(14): 1-17.]
- [21] 李鹏, 杨桂华. 云南香格里拉旅游线路产品生态足迹. *生态学报*, 2007, 27(7): 2954-2963. [LI P, YANG G H. The ecological footprint study of tourism itinerary production in Shangri-La, Yunnan province. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(7): 2954-2963.]
- [22] 曹辉. 城市旅游生态足迹测评: 以福建省福州市为例. *资源科学*, 2007, 29(6): 98-105. [CAO H. Evaluation of touris-

- tic ecological footprint of city: A case study of Fuzhou city in Fujian province. *Resources Science*, 2007, 29(6): 98-105.]
- [23] 蒋依依, 王仰麟, 彭建, 等. 基于旅游生态足迹模型的旅游区可持续发展度量: 以云南省丽江纳西族自治县为例. *地理研究*, 2006, 25(6): 1134-1142. [JIANG Y Y, WANG Y L, PENG J, et al. Measuring tourism area sustainability based on tourism ecological footprint: A case study in Lijiang Naxi autonomous country. *Geographical Research*, 2006, 25(6): 1134-1142.]
- [24] 李君轶, 马耀峰, 杨敏. 基于游客行为的旅游生态足迹研究: 以西安市入境游客为例. *地域研究与开发*, 2007, 26(2): 107-111. [LI J Y, MA Y F, YANG M. Study on touristic ecological footprint based on tourist's behavior: A case study of Xi'an city. *Areal Research and Development*, 2007, 26(2): 107-111.]
- [25] 甄翌, 康文星. 生态足迹模型在区域旅游可持续发展评价中的改进. *生态学报*, 2008, 28(11): 5401-5409. [ZHEN Y, KANG W X. An improvement of ecological footprint model for the assessment of sustainable development of regional tourism. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(11): 5401-5409.]
- [26] LI M, ZHANG J, CHEN J, et al. Estimating the energy carbon footprint of Huangshan National Park. *Advanced Materials Research*, 2012, 535-537: 2214-2219.
- [27] 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. *干旱区资源与环境*, 2015, 29(6): 169-175. [ZHANG R Y, XI J C, GE Q S. Life cycle of tourist carbon footprint (TCF-LCA): A "low carbon tourism" measurement method. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2015, 29(6): 169-175.]
- [28] 窦银娣, 刘云鹏, 李伯华, 等. 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. [DOU Y D, LIU Y P, LI B H, et al. Carbon footprint evaluation research on the tourism transportation system at tourist attractions: A case study in Hengshan. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(17): 5532-5541.]
- [29] 罗芬, 王怀琛, 钟永德. 旅游者交通碳足迹空间分布研究. *中国人口·资源与环境*, 2014, 24(2): 38-46. [LUO F, WANG H C, ZHONG Y D. Tourists' transportation carbon footprint spatial distribution. *China Population, Resources and Environment*, 2014, 24(2): 38-46.]
- [30] 李鹏, 黄继华, 莫延芬, 等. 昆明市四星级酒店住宿产品碳足迹计算与分析. *旅游学刊*, 2010, 25(3): 27-34. [LI P, HUANG J H, MO Y F, et al. Carbon footprint calculation and analysis of accommodation services in four-star hotels of Kunming. *Tourism Tribune*, 2010, 25(3): 27-34.]
- [31] 杨璐, 章锦河, 钟士恩, 等. 山岳型景区酒店碳足迹效率及影响因素分析. *生态经济*, 2015, 31(3): 126-130. [YANG L, ZHANG J H, ZHONG S E, et al. Carbon footprint efficiency and its influencing factors on the hotels in the mountain resort. *Ecological Economy*, 2015, 31(3): 126-130.]
- [32] 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 Clean Production*, 2009, 17: 1324-1330.
- [33] 肖建红, 于爱芬, 王敏. 旅游过程碳足迹评估: 以舟山群岛为例. *旅游科学*, 2011, 25(4): 58-66. [XIAO J H, YU A F, WANG M. Carbon footprint evaluation in tours: A case study of Zhoushan Islands. *Tourism Science*, 2011, 25(4): 58-66.]
- [34] 汪清蓉, 谢飞龙. 城市旅游业CO<sub>2</sub>排放态势及旅游业低碳化发展模式. *旅游学刊*, 2014, 29(8): 98-109. [WANG Q R, XIE F L. Urban tourism situation analysis on CO<sub>2</sub> emissions and future low carbon scenarios based on decoupling theory and Kaya identities. *Tourism Tribune*, 2014, 29(8): 98-109.]
- [35] LIU J, FENG T T, YANG X. The energy requirements and carbon dioxide emissions of tourism industry of western China: A case of Chengdu city. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2011, 15(6): 2887-2894.
- [36] 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. *地理学报*, 2014, 69(10): 1438-1448. [TAO Y G, HUANG Z H, WU L M, et al. Measuring carbon dioxide emissions for regional tourism and its factor decomposition: A case study of Jiangsu province. *Acta Geographica Sinica*, 2014, 69(10): 1438-1448.]
- [37] 姚治国, 陈田. 基于碳足迹模型的旅游碳排放实证研究: 以海南省为案例. *经济管理*, 2016, 38(2): 151-159. [YAO Z G, CHEN T. The empirical research on tourism carbon emission based on the carbon footprint model: A case study of Hainan province. *Economic Management*, 2016, 38(2): 151-159.]
- [38] SUN Y. A framework to account for the tourism carbon footprint at island destinations. *Tourism Management*, 2014, 45: 16-27.

- [39] SUN Y. Decomposition of tourism greenhouse gas emissions: Revealing the dynamics between tourism economic growth, technological efficiency, and carbon emissions. *Tourism Management*, 2016, 55: 326-336.
- [40] 谢园方, 赵媛. 长三角地区旅游业能源消耗的 CO<sub>2</sub> 测排放测度研究. *地理研究*, 2012, 31(3): 429-438. [XIE Y F, ZHAO Y. Measuring carbon dioxide emissions from energy consumption by tourism in Yangtze River Delta. *Geographical Research*, 2012, 31(3): 429-438.]
- [41] MENG W, XU L, HU B, et al. Quantifying direct and indirect carbon dioxide emissions of the Chinese tourism industry. *Journal of Clean Production*, 2016, 126: 586-594.
- [42] WU P, SHI P. An estimation of energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions in tourism sector of China. *Journal of Geographical Sciences*, 2011, 21(4): 733-745.
- [43] TANG Z, SHANG J, SHI C, et al. Decoupling indicators of CO<sub>2</sub> emissions from the tourism industry in China: 1990-2012. *Ecological Indicators*, 2014, 46: 390-397.
- [44] ZHONG Y, SHI S, LI S, et al. Empirical research on construction of a measurement framework for tourism carbon emission in China. *Chinese Journal of Population Resources and Environment*, 2015, 24(3): 240-249.
- [45] 袁宇杰. 中国旅游间接能源消耗与碳排放的核算. *旅游学刊*, 2013, 28(10): 81-88. [YUAN Y J. Tourism in China: Indirect energy consumption and carbon emissions. *Tourism Tribune*, 2013, 28(10): 81-88.]
- [46] 李鹏, 杨桂华, 郑彪, 等. 基于温室气体排放的云南香格里拉旅游线路产品生态效率. *生态学报*, 2008, 28(5): 2207-2219. [LI P, YANG G H, ZHENG B, et al. GHG emissions based eco-efficiency study on tourism itinerary products in Shangri-La, Yunnan province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5): 2207-2219.]
- [47] GÖSSLING S, SCOTT D, HALL C M. Inter-market variability in CO<sub>2</sub> emission-intensities in tourism: Implications for destination marketing and carbon management. *Tourism Management*, 2015, 46: 203-212.
- [48] 马勇, 何彪, 郭强. 旅游者的碳消费效用评价研究. *中国人口·资源与环境*, 2013, 23(12): 35-39. [MA Y, HE B, GUO Q. The utility evaluation research of tourist's carbon consumption. *China Population, Resources and Environment*, 2013, 23(12): 35-39.]
- [49] 王群, 吴春柳, 邓洪波, 等. 旅游地水足迹测度模型及实证分析. *地理科学*, 2015, 35(4): 448-455. [WANG Q, WU C L, DENG H B, et al. Tourism water footprint model and empirical analysis. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(4): 448-455.]
- [50] 周晶. 旅游水足迹测度模型及实证研究: 以黄山风景区为例. 南京: 南京大学, 2014. [ZHOU J. Theory model and empirical study of tourism water footprint: A case study of Huangshan. Nanjing: Nanjing University, 2014.]
- [51] YANG M, HENS L, DEWULF R, et al. Measuring tourist's water footprint in a mountain destination of Northwest Yunnan, China. *Journal of Mountain Science*, 2011, 8(5): 682-693.
- [52] 黄邨. 旅游水足迹评价及其实证研究. 海口: 海南大学, 2015. [HUANG D. The theory and empirical study of tourism water footprint assessment. Haikou: Hainan University, 2015.]
- [53] 刘晓蕾. 旅游业水足迹研究: 以武汉市为例. 武汉: 华中师范大学, 2016. [LIU X L. Study on tourism water footprint: A case study of Wuhan city. Wuhan: Central China Normal University, 2016.]
- [54] 李娜, 王艳婷. 京津冀旅游行业全寿命水足迹的核算与预测研究. *河北工业大学学报: 社会科学版*, 2015, 7(2): 16-22, 52. [LI Y, WANG Y T. Life-cycle water footprints assessment and prediction of the tourism sector in Beijing-Tianjin-Hebei region. *Journal of Hebei University of Technology: Social Science Edition*, 2015, 7(2): 16-22, 52.]
- [55] GÖSSLING S. New performance indicators for water management in tourism. *Tourism Management*, 2015, 46: 233-244.
- [56] CHAPAGAIN A K, HOEKSTRA A Y. Water footprint of nations (Volume 1): Main report// Value of Water Research Series No. 16. Netherlands, Delft: UNESCO-IHE Institute for Water Education, 2004: 1-80.
- [57] 贾佳, 严岩, 王晨星, 等. 工业水足迹评价与应用. *生态学报*, 2012, 32(20): 6558-6565. [JIA J, YAN Y, WANG C X, et al. The estimation and application of the water footprint in industrial processes. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(20): 6558-6565.]
- [58] CAZCARRO I, HOEKSTRA A Y, SÁNCHEZánchez CHÓLIZ J. The water footprint of tourism in Spain. *Tourism Management*, 2014, 40(1): 90-101.
- [59] 宁宝英, 何元庆. 丽江古城的旅游发展与水污染研究. *中国人口·资源与环境*, 2007, 17(5): 123-127. [NING B Y, HE



- Y Q. Tourism development and water pollution: A case study in Lijiang ancient town. *China Population, Resources and Environment*, 2007, 17(5): 123-127.]
- [60] 王群, 章锦河, 杨兴柱. 黄山风景区旅游水供需系统安全及动态调控研究. *自然资源学报*, 2007, 22(6): 896-906. [WANG Q, ZHANG J H, YANG X Z. Study on tourism water supply and demand system safety and dynamic control in Huangshan Mountain. *Journal of Natural Resources*, 2007, 22(6): 896-906.]
- [61] 王群, 章锦河, 杨兴柱. 黄山风景区水生态承载力分析. *地理研究*, 2009, 28(4): 1105-1114. [WANG Q, ZHANG J H, YANG X Z. Analysis of water ecology capacity in Huangshan Resort. *Geographical Research*, 2009, 28(4): 1105-1114.]
- [62] 王群, 陆林, 杨兴柱. 山岳型旅游地水资源系统安全评价: 以黄山风景区为例. *地理研究*, 2014, 33(6): 1059-1072. [WANG Q, LU L, YANG X Z. Security assessment of water resources system for mountain resorts based on set pair analysis: A case study of Huangshan. *Geographical Research*, 2014, 33(6): 1059-1072.]
- [63] 王静, 周庆华. 西安段秦岭北麓旅游水资源承载力. *西北大学学报: 自然科学版*, 2015, 45(6): 996-1000. [WANG J, ZHOU Q H. North Qinling Mountains Xi'an tourism carrying capacity of water resources in the area. *Journal of Northwest University: Natural Science Edition*, 2015, 45(6): 996-1000.]
- [64] HADJIKAKOU M, CHENOWETH J, MILLER G. Estimating the direct and indirect water use of tourism in the eastern Mediterranean. *Journal of Environmental Management*, 2013, 114: 548-556.
- [65] GÖSSLING S, PEETERS P, HALL C M, et al. Tourism and water use: Supply, demand and security. An international review. *Tourism Management*, 2012, 33(1): 1-15.
- [66] REES W E. Ecological footprint and appropriated carrying capacity: What urban economics leaves out. *Environment and Urbanization*, 1992, 4(2): 121-130.
- [67] ČUČEK L, KLEMEŠ J J, KRAVANJA Z. A review of footprint analysis tools for monitoring impacts on sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 2012, 34: 9-20.
- [68] KITZES J, GALLIA A, BAGLIANI M, et al. A research agenda for improving national ecological footprint accounts. *Ecological Economics*, 2009, 68(7): 1991-2007.
- [69] BECKEN S, PATTERSON M. Measuring national carbon dioxide emissions from tourism as a key step towards achieving sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 2006, 14(4): 323-338.
- [70] CASTELLANI V, SALA S. Ecological footprint and life cycle assessment in the sustainability assessment of tourism activities. *Ecological Indicators*, 2012, 16: 135-147.
- [71] FILIMONAU V, DICKINSON J E, ROBBINS D, et al. A critical review of methods for tourism climate change appraisal: Life cycle assessment as a new approach. *Journal of Sustainable Tourism*, 2011, 19(3): 301-324.
- [72] 董雪旺, 张捷, 章锦河, 等. 区域旅游业碳排放和旅游消费碳足迹研究述评. *生态学报*, 2016, 36(2): 554-568. [DONG X W, ZHANG J, ZHANG J H, et al. A critical review on several issues of regional tourism-related carbon emissions or its carbon footprint. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, 36(2): 554-568.]
- [73] HOEKSTRA A Y. The water footprint: Water in the supply chain. *The Environmentalist*, 2010, 93: 12-13.
- [74] 孙艳芝, 沈镭. 关于我国四大足迹理论研究变化的文献计量分析. *自然资源学报*, 2016, 31(9): 1463-1473. [SUN Y Z, SHEN L. Bibliometric analysis on research progress of four footprint methodologies in China. *Journal of Natural Resources*, 2016, 31(9): 1463-1473.]

## Research progress of tourism footprint family in China

WANG Shu-xin<sup>1,2</sup>, HE Hong<sup>3</sup>, LI Shuang<sup>4</sup>, DU Jian-kuo<sup>4</sup>

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS and MWR, Chengdu 610041, China;

2. Institute of Territorial Economic, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, Shaanxi, China;

3. Department of Tourism Management, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, Shaanxi, China;

4. Department of Geographical Science, Shaanxi University of Technology, Hanzhong 723000, Shaanxi, China)

**Abstract:** Eco- environmental issues, such as climate change, ecological deficit and water shortage have been prominent in recent years. The influences of a large-scale tourism activity on ecological environment cause widespread concerns from researchers. As an important tool to assess the impact of tourism industry on environment, a series of research results of tourism ecological footprint, tourism carbon footprint and tourism water footprint derived from ecological footprint theory have emerged in recent years, which gradually composed tourism footprint family, and played an important role in assessing the influence of China's tourism industry on environment. This paper aims to grasp the latest research progress and trends of tourism footprint family in China. Based on research scales, research methods and research contents, it makes a summary of the improvements of tourism ecological footprint, tourism carbon footprint and tourism water footprint. The results indicate that analysis system of tourism carbon footprint at different scales has formed, analysis system of tourism ecological footprint is still in the process of perfection, analysis system of tourism water footprint is in the forming process; tourism carbon footprint generally used top-bottom method based on IOA and bottom-top method based on LCA, tourism ecological footprint and tourism water footprint mainly adopted bottom-top method based on LCA; analytical framework of tourism footprint family, including 7 components of tourism transportation, accommodations, catering, sightseeing, shopping, entertainment and waste disposal, is accepted by researchers, however it is not completely used in analysis process; ecological footprint, carbon footprint and water footprint measurement for tourism destinations and tourists are main research contents, and a series of suggestions to reduce tourism footprint are proposed. And then results of comparative analysis show that research scales, research methods, analytical frameworks and research contents are common to tourism ecological footprint, tourism carbon footprint and tourism water footprint, but measurement standard and evaluation function are individual; tourism footprint research is a fresh perspective with comparative advantage in quantitative measurement, research scale, regional comparative analysis, and specific policy compared to traditional research methods. In addition, we find that the insufficiency of tourism footprint approach includes measurement accuracy, evaluation comprehensiveness, spatiotemporal analysis and theoretical innovation, and makes prospects for China's tourism footprint research combined with the trends of international tourism footprint research. We hope that this paper can provide some suggestions for China tourism footprint research and sustainable tourism development.

**Keywords:** tourism footprint family; tourism ecological footprint; tourism carbon footprint; tourism water footprint; research progress