

DOI: 10.5846/stxb201310242569

董雪旺, 张捷, 章锦河, 成升魁. 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): - .

Dong X W, Zhang J, Zhang J H, Cheng S K. A Critical Review on Several Issues of Regional Tourism-related Carbon Emissions or Its Carbon Footprint. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(2): - .

区域旅游业碳排放和旅游消费碳足迹研究述评

董雪旺^{1,2}, 张捷^{3,*}, 章锦河³, 成升魁²

1 浙江工商大学旅游与城市管理学院, 杭州 310018

2 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101

3 南京大学国土资源与旅游学系, 南京 210093

摘要: 全球气候变化是当今世界面临的最富挑战性的问题之一, 旅游业是世界第一大产业, 其碳排放(碳足迹)的测度和控制对全球减排目标的实现具有重大意义。本文对旅游业碳排放和旅游消费碳足迹相关领域的研究成果进行了深入梳理, 探讨已有研究存在的不足之处和薄弱环节, 并为进一步的研究指明方向。文献综述表明, 国内外关于旅游业碳排放和旅游消费碳足迹的研究已有较好基础, 但已有研究的核算结果缺乏不确定性分析, 信度、效度难以确定, 旅游业和旅游消费的碳强度和生态效率尚未厘清, 其原因在于, 已有研究在概念内涵和外延、系统边界、核算口径、研究方法等方面还存在一些争议和值得探讨的领域。进一步的研究方向应该向以下三个方面发展: 明确界定概念内涵和外延、统一系统边界和核算口径以及构建旅游业碳排放和旅游消费碳足迹测度的方法体系。

关键词: 旅游业; 旅游消费; 碳排放; 碳足迹

A Critical Review on Several Issues of Regional Tourism-related Carbon Emissions or Its Carbon Footprint

DONG Xuewang^{1,2}, ZHANG Jie^{3,*}, ZHANG Jinhe³, CHENG Shengkui²

1 School of Tourism and City Administration, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China

2 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

3 Department of Land Resources and Tourism Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China

Abstract: Global climate change is one of the most important and challenging problems facing the world today. The tourism sector is the world's biggest industry, and the measurement and control of tourism-related carbon emissions or its carbon footprint is of great significance if the global emission reduction targets are to be met. This paper discusses the deficiencies and weaknesses in existing research; and proposes the emphasis and direction that future research should take. The literature review shows that there has been considerable research on carbon emissions by the tourism sector, and its carbon footprint. However, few of these studies included uncertainty analyses, and their reliability and validity is hard to identify. Studies are difficult to compare, and the carbon intensity and ecological efficiency of the tourism sector or tourism consumption cannot be confirmed because there is no consensus about the intension and extension, system boundary, accounting caliber, and measurement methods. Finally, the emphasis and direction of the future research, which includes defining the intension and extension of carbon emissions or the carbon footprint that unifies the system boundary, and combines the strength of two methods, i. e., bottom-up based Process Analysis (PA) and top-down based Input-Output

基金项目: 教育部人文社会科学研究项目(14YJCZH022); 国家自然科学基金项目(41271161); 国家社会科学基金项目(13CGL076); 浙江省社科联研究课题(2013N077); 杭州市哲学社会科学规划项目(A12YJ04)

收稿日期: 2013-10-24; 网络出版日期: 2015- -

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: jiezhang@nju.edu.cn

Analysis (IOA), to construct a detailed and comprehensive hybrid approach, are presented.

Key Words: Tourism sector; Tourism Consumption; Carbon emission; Carbon footprint

全球气候变化是当今世界面临的最富挑战性的问题之一。政府间气候变化专业委员会(IPCC, 2013)第五次气候变化评估报告指出,人类对气候系统的影响是明确的,人类活动极可能(95%以上可能性)是造成20世纪中叶以来全球变暖的主要原因^[1]。全球气候变化的“人文因素”研究中,工业化和城市化作为全球变化的驱动力已经引起了高度重视,但对旅游活动的关注相对不够。世界旅行和旅游理事会(WTTC)指出,旅游业是当今世界上最大也是增长最快的产业部门,旅游业的碳排放对全球减排目标的实现具有重大意义^[2]。为此,世界旅游组织(UNWTO)与IPCC、联合国环境规划署(UNEP)、世界气象组织(WMO)等国际组织,于2003年、2007年召开了两届气候变化与旅游业大会^[3]。2008年,UNWTO发表了《气候变化与旅游:应对全球性的挑战》^[4],并推出了《旅游业对气候变化的适应与缓解:框架、工具与实践》,用以指导各国低碳旅游的发展^[5]。2009年,在哥本哈根的“气候变化世界商业峰会”上,世界经济论坛递交了《迈向低碳旅游业》的报告^[6],倡议旅游业减少温室气体排放。国际地理联合会(IGU)旅游地理与休憩和全球变化委员会分别于2007、2012年在芬兰Oulu和中国南京召开了旅游与全球变化学术研讨会,讨论了全球变化与旅游业的相互影响。

UNWTO(2007)指出,旅游业是全球气候变化的受害者,同时也是导致全球气候变化的原因之一^[4]。因此,全球气候变化与旅游业相互关系的研究,包括两个方面:一是气候变化对旅游业的影响以及旅游业的响应,属于“适应”(adaptation)研究;二是旅游业的温室气体排放及其对气候变化的贡献,属于“减缓(mitigation)”研究的范畴。传统研究以前者为主,席建超等(2010)、刘春燕等(2010)、郭剑英(2009)等曾分别对此进行了综述^[7-9];但后者的发展近年来也非常迅速,已有较丰富的研究成果。对此,王群等(2012)、谢园方等(2012)、唐承财等(2012)、吴普(2013)等已做了一些系统性的梳理工作^[10-13],是本文的工作基础。然而,已有研究还有一些特定的深层次问题亟需进一步讨论和厘清:现有研究大多缺乏不确定性分析,核算结果的精度尚待深入探讨;旅游业或旅游消费的碳强度和生态效率有待进一步厘清;已有研究所采用的概念内涵和外延、研究方法、系统边界、核算口径等各不相同,导致不同研究不具有可比性,需要对此加以比较和鉴别。由于碳排放核算的相关研究大多遵循“属地责任”(territorial responsibility)原则,主要着眼点是国家或经济体之间的排放责任分配,或国内行政区内的减排目标分解,各种不同尺度的区域(包括国家、经济体、行政区等)的旅游业碳排放是研究的重点和热点,因此,本文将以区域旅游业碳排放或旅游消费碳足迹为主要分析对象,对核算结果进行比较和不确定性分析,并对已有研究的概念内涵和外延、研究方法、系统边界、核算口径进行比较和述评,探讨已有研究的不足之处,并为指出进一步的研究方向和重点领域。

1 已有研究成果的比较分析

1.1 旅游业碳排放或旅游消费碳足迹的核算结果

人类解决环境问题的历史经验表明,单靠市场自发的力量,难以应对全球气候变化日益严峻的形势,全球变化问题有可能成为“人类历史上规模最大、范围最广的市场失灵”(The Stern Review, 2007)^[14]。因此,迫切需要采取有效率的政策来减少温室气体排放,修正市场失灵。然而,“旅游应是人人享有的权利”,也是“人类社会的基本需要之一”(马尼拉世界旅游宣言,1980)^[15],应对气候变化不应以抑制人们的旅游需求和旅游业的健康发展为代价。《国务院关于加快发展旅游业的意见》提出,把旅游业培育成国民经济的战略性支柱产业和人民群众更加满意的现代服务业。为协调节能减排与旅游业发展这两个战略目标,必须大力推进旅游业低碳发展或旅游者低碳消费。为此,需要首先对旅游业的碳排放或旅游者的碳足迹进行核算(表1)。

据UNWTO(2008)计算,2005年,全球旅游业的温室气体排放总计为1302 Mt(即百万吨)CO₂,占全球总

排放的 4.9% 左右(在 3.9%—6% 的范围内浮动)^[4]。UNWTO(2008) 还进行了不确定性分析:这一估算存在着 25% 的误差,估算值在 3.9%—6% 的区间内浮动。另外,UNWTO(2008) 还估算了旅游业导致的辐射强迫(radiative forcing, RF),如果排除航空尾迹云效应,旅游业的贡献率为 4.6%(在 3.7%—5.4% 区间内浮动);如果计入最大的航空尾迹云效应,则旅游业的贡献率为 7.8%(在 4.4%—9% 区间内浮动)。也就是说,全球旅游业对气候变化的最大贡献率为 9%,最小为 4.4%,平均为 7.8%。

Peeters(2007)认为,发达国家、地区或经济体旅游业温室气体排放占该国(经济体)总排放的份额是全球平均水平的 2 倍,达到 8—10%^[16]。Gössling(2008)对瑞典的一项研究印证了这一观点:2005 年,瑞典旅游业的温室气体排放达到 6.033 Mt CO₂,占全国总排放的 11%,预计到 2020 年,这一比例将增加至 16%^[17]。Dwyer 等(2010)的研究结果显示,澳大利亚旅游业 2003—2004 年的碳足迹为 54.4—61.5 Mt CO₂e(二氧化碳当量),占全国总排放的 9.80%—11.08%(取决于统计口径,笔者根据国际统计资料计算)^[18]。Smith and Rodger(2009)计算了 2005 年往返新西兰的航空旅游者的碳排放为 7.9Mt CO₂e,占当年新西兰总温室气体排放的 10.23%^[19]。Bruijn(2013)对荷兰的研究显示,2002 年、2005 年、2008—2012 年,荷兰度假旅游的总碳足迹分别为 12.8 Mt、14.1 Mt、15.3 Mt、15.0 Mt、15.3 Mt、15.3 Mt、15.4 Mt CO₂,分别占荷兰当年总排放的 7.3%、8.0%、8.8%、8.8%、8.4%、9.1%、9.3%;平均每位荷兰度假者的碳足迹分别为 361、409、427、412、422、421、420 kg CO₂,每人次天的碳足迹分别为 41.1、46.6、48.5、47.8、48.5、48.7、48.9 kg CO₂^[20]。Cadarsó Vecina 等(2011)对西班牙旅游业碳排放的测算结果也表明,1995 年、2000 年和 2005 年,西班牙旅游部门产生的直接和间接碳排放分别为 33.774 Mt、35.629 Mt 和 38.72 Mt CO₂,占有所有经济活动总排放的比重从 1995 年的 16.2% 下降到 2005 年的 14.3%^[21]。

但是,也有一些研究不支持这一判断。Becken & Patterson(2006)分别采用自下而上和自上而下的方法,测算出 2000 年新西兰旅游业的碳排放分别为 1.549 Mt CO₂ 和 1.438 Mt CO₂,占全国 CO₂ 总排放的 5.0% 或 4.65%(笔者根据国际统计资料计算)^[22]。Becken(2009)继续计算了 2007 年新西兰国内旅游业的碳足迹,为 1.9 Mt CO₂e,占全国总排放的 5.2%^[23]。Perch-Nielsen 等(2009)采用自下而上和自上而下两种方法,测算了瑞士旅游业 1998 年的碳排放,结果分别为 2.29 Mt CO₂e 和 2.62 Mt CO₂e,分别占全国总排放的 5.2% 和 5.95%^[24]。Sun(2014)的研究发现,台湾地区 2007 年的旅游业直接碳排放和全生命周期排放分别为 8.11 Mt CO₂e 和 14.69 Mt CO₂e,分别占 2007 年台湾地区总排放(262.81 Mt CO₂e)的 3.08% 和 5.59%^[25]。Jones & Munday(2007)测算出英国威尔士地区 2000 年的旅游消费碳足迹为 1.4625 Mt CO₂^[26],占地区总 CO₂ 排放(46.4 Mt)^[27]的 3.15%。他们继续测试了威尔士 2003 年的旅游消费碳足迹,旅游直接碳足迹为 0.420485 Mt CO₂,旅游间接碳足迹为 0.750334 Mt CO₂,全生命周期碳足迹为 1.170819 Mt CO₂,碳强度 758 吨 CO₂/百万英镑,每千人次碳足迹为 20.72 吨 CO₂,每千人天的旅游者碳足迹 12.72 吨 CO₂^[28]。

关于中国的相关研究,石培华等(2010)经过估算认为,2008 年中国旅游业的直接碳排放为 37 Mt CO₂,占全国总排放的 0.62%^[29];他们随后在 2011 年的另一篇文献中将这两个数据修正为 51.34 Mt CO₂ 和 0.86%^[30],但依然显著低于全球平均水平。袁宇杰(2013)进一步计算出 2007 年中国旅游间接碳排放为 44.41Mt C(折合 CO₂ 为 162.84 Mt),占终端能源间接消耗碳排放总量的 2.93%^[31]。陶玉国等(2011)测算出 2009 年江苏省旅游业碳排放为 3.7 Mt CO₂,占江苏省碳排放总量的 0.56%^[32];王立国等(2011)估算出 2007 年江西省的旅游碳排放总量为 3.7917—3.9583 Mt CO₂,占江西省碳排放总量的 3.82%—3.99%^[33]。王怀琛(2010)计算得出 2008 年张家界市旅游碳足迹总量约为 6686 吨 CO₂^[34]。Liu 等(2011)测算出成都市旅游业的 CO₂ 排放从 1999 年的 1738289.04 吨增长到 2004 年的 2110870.71 吨^[35]。黄玉菲等(2012)对丽江市旅游产业的游客碳足迹进行了分析评价,结果表明,2011 年丽江旅游碳足迹总量约为 1.64619 1 Mt CO₂e^[36]。谢园方等(2012)测算了长三角地区旅游业 2005—2008 年的 CO₂ 排放,分别为 47.4313 Mt、54.6099 Mt、63.0976 Mt 和 66.6925 Mt;作者同时还测算了江苏省、浙江省和上海市的旅游碳排放^[37]。

表 1 部分国家和地区的旅游碳排放(碳足迹)测度结果之比较

Table 1 Some estimation results of tourism-related carbon emissions or carbon footprint

案例地 Cases	时间 Year	总量(Mt) Tourism-related carbon emissions	对总排放 的贡献/% contribution to regional total emissions	旅游业的 经济贡献(%) contribution to regional economy	人均排放 (kg/人次) emissions per capita	碳强度 carbon intensity
全球	2005	1302	4.9	近 10	250	—
The world		—	7.8	(2008 年)		
瑞典	2005	6.033	11	2.8	—	—
Sweden	2020(预测)	6.643	16	—		
瑞士	1998	2.29	5.2	2.5	—	281 g./CHF
Switzerland		2.62	5.95		—	310 g./CHF
西班牙	1995	33.774	16.2	—	—	0.5kg/欧元
Spain	2000	35.629	—	—	—	0.39kg./欧元
	2005	38.721	14.6	11	—	0.38 kg./欧元
澳大利亚	2003—2004	直接	26.3	3.9%	6.32(2007—	—
			29.5	5.3%	2008 年)	
Australia		全生命 周期	54.4	9.80		—
			61.5	11.08		—
新西兰	2000	1.549	5	—	—	—
New Zealand	1997—1998	1.438	4.65	—	—	—
	2007	1.9	5.2	9.2	—	—
	2009	7.9	10.23	—	—	—
荷兰 Netherlands	2012	15.4	9.3	—	420	0.98 kg/欧元
中国	2008	37	0.62	4.05(2004 年)	20.09	0.32 t/万元
China		51.34	0.86		27.87	0.44 t/万元
	2007	162.84	2.93		—	—
马尔代夫	2009	0.47	36	—	—	—
Maldives		1.77	68	—	—	—
威尔士	2000	1.46	3.15	3.3	—	916.66 t/百万英镑
Wales	2003	直接 0.420485	3.81			758 t/百万英镑
		全流程 1.170819	10.61	4.46		
台湾地区 Taiwan	2007	8.11	3.08	—	—	—
		14.69	5.59	—	—	—
江苏省 Jiangsu Province	2009	3.7	0.56	5	12.23	0.1 t/万元
江西省 Jiangxi Province	2007	3.79 ~3.96	3.46 ~3.61	—	54.09—56.46	0.82—0.85 t/万元
江苏省 Jiangsu Province	2007	16.02849644	3.95	4.89%	67.60	1.28
浙江省 Zhejiang Province		19.0016866	6.61	5.14%	96.89	1.98
上海市 Shanghai		28.0673669	19.69	7.15%	258.07	3.27
长三角地区 Yangtze River Delta		63.0975501	—	—	—	—

数据来源:根据参考文献[4]、[17]-[38]]整理

另外,还有一类特殊的区域,即严重依赖旅游业并且遭受气候变化威胁最大的岛屿国家或地区。马尔代夫 2009 年全国的总排放为 1.3Mt CO₂e(未包括国际航空排放),其中旅游业贡献的份额达 36%(0.47 Mt CO₂e)。如果加上国际航空排放,全国的总排放将翻一番,达到 2.6 Mt CO₂e;而旅游业的碳排放将达 1.77 Mt CO₂e。

e, 贡献率达 68%^[38]。Gössling(2012)年测算了安圭拉、巴巴多斯、多米尼加、格林纳达等 14 个加勒比海国家的旅游业碳排放, 其对全国总排放的贡献率可达 97%^[39]。Kuo(2009)测算出澎湖岛游客的碳足迹为 109034 g CO₂e/人次^[40]。肖建红等(2011)对舟山群岛 2009 年的旅游过程碳足迹进行了估算, 结果为 376587.8606 吨 CO₂e^[41]。Cordova-Vallejo(2012)测算出加拉帕戈斯群岛旅游业的碳足迹为 532373 吨 CO₂e^[42]。

1.2 旅游业(旅游消费)的碳强度和生态效率

碳强度是指单位 GDP 的 CO₂排放量, 旅游业或旅游消费的碳强度即单位旅游业增加值或旅游消费产生的碳排放或碳足迹。生态效率是指生态资源满足人类需要的效率, 表现为产出与投入的比值。其中“产出”是指企业或经济体提供的产品和服务的价值; “投入”是指企业或经济体消耗的资源 and 能源及它们所造成的环境负荷(Environmental Loading)。对于旅游业碳排放的生态效率而言, 就是要求在旅游生产或消费过程中, 消耗最少的化石能源, 排放最少的温室气体。已有研究一般用碳强度来定量表示旅游生产或消费的碳生态效率, 但也有研究采用定序的表示方法, 如旅游碳排放对总排放的贡献率与旅游增加值占 GDP 的贡献率的比较、旅游碳强度与区域经济平均碳强度的比较、旅游业碳强度与其它产业部门碳强度的比较、旅游消费人均碳足迹与家庭生活人均碳足迹的比较等。

关于旅游业或旅游消费的碳强度和碳生态效率, 学术界没有形成一致意见。传统上, 旅游业被认为“资源消耗低, 综合效益好”, 旅游消费活动也具有低消耗、低排放的特点, 是应对气候变化、节能减排的优势产业(石培华等, 2010)^[29]。然而, 也有学者认为, 旅游活动是奢侈消费, 碳强度高于日常生活, 旅游业属于生态效率较低的产业部门, 因而又带有高碳的属性(Gössling, 2008)^[17]。在实践中, 作为国民经济战略性支柱产业来培育的旅游业, 其结构减排效应是否以及在多大程度上能够推进节能减排目标的实现? 对这些问题的回答需要翔实可靠的数据支撑。因此, 迫切需要厘清旅游业和旅游消费的碳强度和碳生态效率。

Dwyer 等(2010)的研究结果显示, 澳大利亚旅游业 2003—2004 年度的碳足迹占全国总排放的 9.80%—11.08%(取决于统计口径, 笔者根据国际统计资料计算)^[18]; 而澳大利亚旅游业 2007—2008 年度的经济贡献为 6.32%^[43]。即便仅计算旅游业直接排放, 则按照生产法计算, 旅游业为澳大利亚第 6 大排放产业; 按照消费法计算, 旅游业是第 5 大排放产业。据 Gössling(2008)测算, 2005 年, 瑞典旅游业的温室气体排放占全国总排放的 11%, 而旅游业的经济贡献率仅为 2.8%, 显示出瑞典旅游业为能源密集型产业, 碳生态效率较低^[17]。瑞士旅游业 1998 年的碳排放占全国总排放的 5.2%或 5.95%, 但其旅游业增加值占 GDP 的比重仅 2.5%^[24]。西班牙旅游业 2005 年的碳排放占全国总排放的 14.6%, 其旅游业增加值占 GDP 的比重是 11%^[21]。2002 年、2005 年、2008—2012 年, 平均每位荷兰度假者每人次天的碳足迹分别为 41.1、46.6、48.5、47.8、48.5、48.7、48.9 kg CO₂, 远高于荷兰居民平均每天的碳足迹(分别为 29.9、29.6、29.3、28.2、30.0、27.6、27.2 kg CO₂); 碳强度分别为 1.02、1.10、1.00、0.99、1.02、1.09、0.98 kg CO₂/欧元, 远高于荷兰经济的平均碳强度(2012 年, 荷兰经济的平均碳强度为 0.28 kg CO₂/欧元)^[20]。威尔士地区 2000 年的碳强度为 916.66 吨/百万英镑^[26], 2003 年的旅游消费碳强度 758 吨 CO₂/百万英镑, 二者均高于当地 2003 年的家庭消费平均碳强度(671 吨 CO₂/百万英镑)^[28]。2007 年, 台湾地区旅游消费碳排放占台湾温室气体排放的 3.08%, 而其对 GDP 的贡献率仅 2.16%, 其碳生态效率低于台湾地区的平均水平, 在台湾全部 35 个产业部门中排名在 80%之后^[25]。根据 Kuo(2009)关于澎湖岛的研究, 游客的碳足迹远远超过当地居民的人均排放^[40]。Patterson & McDonald(2004)的研究显示, 如果仅考虑国内旅游, 旅游业在新西兰 25 个产业部门中是第 5 大碳排放部门; 如果加上入境旅游者的碳排放, 则旅游业成为第 2 大碳排放部门^[44]。

根据上述观察, 可知旅游业的碳生态效率低于全国平均水平。然而, 也有相反的案例。据世界旅行和旅游理事会(WTTC)报告, 全球旅游业的对全球经济的贡献率达 10%^[2], 而碳排放的贡献率为 4.9%; 即便考虑到航空尾迹云带来的辐射强迫, 贡献率为 7.8%, 最高 9%^[4]。石培华等(2010、2011)关于 2008 年中国旅游业 CO₂排放占全国 CO₂总排放量的估算值为 0.62%或 0.86%^[29-30], 显著低于旅游业对国民经济的贡献率(据中国旅游卫星账户统计, 中国旅游业增加值在 2004 年即达到全国 GDP 的 4.05%^[45])。2009 年江苏省旅游业碳

排放占江苏省碳排放总量的 0.56%^[32],而同年江苏省旅游业增加值(1655 亿元)占 GDP(34061 亿元)的比重为 4.86%。2007 年,新西兰国内旅游消费碳足迹占全国 CO₂排放的 5.2%,而旅游业对新西兰 GDP 的贡献率达 9.2%^[23]。

2 若干问题述评

对部分国家和地区的旅游相关碳排放/碳足迹的比较可知(如表 1),不同研究结果之间差异极大,呈现“横向不可比,纵向不可加”的特点;而且,很多研究缺乏不确定性分析,研究方法的信度、效度难以确定。例如,在国家尺度上,澳大利亚的 61.5Mt 与新西兰的 1.438 Mt 之间相差近 43 倍。当然,各国旅游业在产业规模、自然条件、发展阶段、技术水平、产业结构等方面存在巨大差异,不能一概而论,但这并不足以解释中国旅游业规模远大于澳大利亚,而碳排放却较小的事实(澳大利亚 2007—2008 年度旅游业增加值 715.0882 亿澳元^[43],折合人民币 4767.7 亿元;中国 2004 年旅游业增加值为 6470 亿元人民币)^[45];也不能解释江苏省与江西省旅游业碳排放大体相当(其它条件也类似),而旅游业规模相差甚远(江苏省旅游总收入与旅游接待人数分别是江西省的 8.19 和 4.32 倍)的现象。就同一个国家来看,先后有四篇文献对新西兰的旅游碳足迹进行了研究,得出的结果从 1.438Mt 到 7.9Mt 不等,相差十几倍^[19,22,23,44];不同学者对江苏省的研究也从 3.7Mt 到 16.03Mt,相差 4 倍多^[32,37];甚至相同学者对相同区域(威尔士)的研究也出现较大的差异^[26,8]。

相对于总量,旅游业的碳强度(单位旅游收入排放)和人均碳足迹是较为可比的指标。从人均碳足迹来看,中国(27.87 kg/人次)、江苏省(12.23 kg/人次)、江西省(54.09—56.46kg/人次)与世界平均水平(250kg/人次)相差一个数量级;从碳强度来看,瑞士、西班牙、威尔士等欧洲国家和地区介于 16.05 到 100.83 吨/万元人民币之间,但中国与之相比差两个数量级,这些都远远超出了可以接受的误差范围。

可能的原因是:学术界对旅游碳排放/碳足迹的内涵外延、系统边界、核算口径及研究方法尚未形成统一的规范(表 2),由此导致各种研究结果大相径庭,并造成学术交流的困难。

2.1 碳排放和碳足迹概念的内涵和外延

要理解碳足迹的内涵,需要从源头开始梳理。有学者认为,碳足迹起源于生态足迹理论^[46]。全球足迹网(<http://www.footprintnetwork.org>)将碳足迹视为生态足迹的一部分,将碳足迹解释为“化石燃料足迹”,即“吸收 CO₂的土地或区域”^[47]。然而,英国标准协会(BSI)的《PAS 2050 规范》认为,碳足迹是生命周期评价(Life Cycle Assessment, LCA)的子集^[48],起源于生命周期评价的理论和思想。生命周期评价是一种“从摇篮到坟墓”(Cradle to Grave)的污染物排放评价方法,温室气体是所有排放物中的一部分,因而碳足迹是对生命周期评价的所有排放物中某一种或几种温室气体排放量的测度,是从消费开始上溯到供应链上的一个个环节,即碳元素在产业链中循环的“足迹”。因此,碳足迹的内涵有两种理解:一是生态学意义上的土地面积单位(Brownea et al., 2009;赵荣钦等, 2010)^[49-50],二是物理学意义上的质量单位。

按照第二种理解,碳足迹似乎就是碳排放的同义语,已有研究对二者大多不加区别,混同使用。例如,Becken 在 2006 年^[22]和 2009 年^[23]的两篇文献中分别使用了旅游业“碳排放”和“碳足迹”的术语,来描述同一个研究对象。然而,与碳排放相比,碳足迹有两点特定内涵:首先,樊杰(2010)指出,碳排放一般是从生产的角度定义的,是生产者责任(producer responsibility)的体现,而碳足迹从终端消费的研究视角,更重视消费者责任(consumer responsibility)^[51];其次,基于生命周期评价的思想,“足迹”这一概念本质上包含某一物质或元素在供应链上的所有“轨迹”,更强调“全生命周期”的过程分析^[52]。

从外延上看,学术界对碳排放/碳足迹究竟包含哪些温室气体还存在分歧:是仅仅指 CO₂还是应该包括其它温室气体(如 CH₄)?是仅限于碳基气体还是应该包括虽然不含碳分子但温室效应同样很强的气体(如 N₂O)?是否只要有成为温室气体的潜力的物质就可以(如 CO)?甚至是否还包括气候变化的其它驱动力?Peters(2010)认为,这一概念不应仅限于碳,还应包括能够影响气候变化的其它气体,甚至土地利用变化、地表反射率改变等所有具有全球增温潜能(Global Warming Potential, GWP)的因素^[53]。

表 2 部分案例的概念内涵和外延、系统边界、核算口径和研究方法之比较

Table 2 The intension and extension, system boundary, accounting caliber and measurement method of some cases

案例地 Cases	时间 Year	概念内涵 Intension	概念外延 Extension	系统边界 System boundary	核算口径 Accounting caliber	测算方法 Measurement method
全球 The world	2005	碳排放	CO ₂ 含尾迹云效应	旅游交通、住宿、 游憩活动、购物等	直接排放	自下而上, 清单分析
瑞典 Sweden	2005 2020(预测)	碳排放	CO ₂	旅游交通(含国际航班)、 住宿、游憩活动等,不含 食物和饮料	直接排放和 部分间接 排放	自下而上,清单分 析、生命周期评价
瑞士 Switzerland	1998	碳排放	CO _{2e} ,包括六种温 室气体	旅游卫星账户中的“旅游 特征产业”	直接排放	自下而上生命周期 评价 自上而下投入产出 分析
西班牙 Spain	1995 2000 2005	碳排放	CO ₂	旅游消费加旅游投资	直接排放加 间接排放	自上而下的投入 产出分析法
澳大利亚 Australia	2003—2004	生产法碳足迹 支出法碳足迹	CO _{2e} ,包括六种 温室气体	京都议定书认定的排放、 来自国外的排放以及国际 航空中属于澳大利亚航空 的排放	直接排放、全 生命周期 排放	自下而上的清单分 析和生命周期评价
新西兰 New Zealand	2000	碳排放	CO ₂	国际、国内旅游交通、食宿 和游	直接排放	自下而上的清单 分析
	1997—1998			憩活动消费		自上而下的投入产 出析
	2007	碳足迹	CO _{2e} ,包括六种 温室气体	国内旅游交通和食宿消费		自下而上的清单 分析
	2009	碳排放	CO ₂	国际航空交通	直接排放	自下而上的清单 分析
荷兰 Netherlands	2012	碳足迹	CO ₂	旅游交通、食宿、旅游活动	直接排放	自下而上的清单 分析中国
China	2008	碳排放	CO ₂	旅游交通、住宿、游憩活动	直接排放	自下而上的清单 分析
	2007	碳排放	CO ₂	国内旅游、入境旅游	间接排放	自上而下投入产出 分析
马尔代夫 Maldives	2009	碳排放	CO _{2e}	不包括国际航空排放 包括国际航空排放	直接排放	自下而上的清单 分析
威尔士 Wales	2000	碳排放	CO ₂	旅游卫星账户	直接排放加 间接排放	自上而下投入产出 分析
	2003	碳足迹	CO ₂	旅游卫星账户	直接碳足迹、 全生命周期 碳足迹	自上而下投入产出 分析
台湾地区 Taiwan	2007	碳足迹	CO _{2e} ,包括 CO ₂ 、 CH ₄ 和 N ₂ O	旅游卫星账户	直接排放、间 接排放	自上而下投入产出 分析
江苏省 Jiangsu Province	2009	碳排放	CO ₂	旅游交通、住宿、游憩活动	直接排放	自下而上的清单 分析

续表

案例地 Cases	时间 Year	概念内涵 Intension	概念外延 Extension	系统边界 System boundary	核算口径 Accounting caliber	测算方法 Measurement method
江西省 Jiangxi Province	2007	碳足迹	CO ₂	旅游交通、住宿、餐饮、游 览、娱乐、购物	直接排放	自下而上的清单 分析
长三角地区 Yangtze River Delta	2005—2008	碳排放	CO ₂	旅游交通运输、仓储和邮 政业及旅游批发零售和住 宿餐饮业	直接排放	自下而上的清单 分析

数据来源:根据参考文献[4]、[17]-[38]]整理

在测算旅游相关的碳排放/碳足迹时,一些文献仅考虑了 CO₂ 排放;而另一些则包含了其它温室气体,并统一转换为二氧化碳当量(CO₂e);还有一些研究甚至包括了其它辐射强迫因子。例如,Peters(2010)指出无碳排放产生的辐射强迫效应亦非常重要:飞行器在高纬度产生的尾迹云在一些地方对气候变化的影响是 CO₂ 排放的 2—4 倍^[53];而 UNWTO(2008)的研究指出,如以 CO₂ 排放计,全球旅游业 2005 年的碳排放占全球总排放的 5%左右;如果考虑航空器尾迹云的辐射强迫效应,这一比例则升至 7.8%^[4]。

由于内涵和外延的不确定,已有研究的研究视角各不相同,所包含的温室气体种类不一,测算结果无法相互比较。因此,有必要对旅游相关碳排放/碳足迹的内涵和外延加以限定。

因此,从概念内涵来看,旅游业碳排放是从旅游企业的生产(供给)角度来核算的,而碳足迹则从旅游者的消费(需求)角度入手。自从消费者责任理论在气候变化领域提出以来^[54-55],基于消费法的温室气体核算日益成为政策制定的分析基础。根据消费者责任理论,消费者应该至少部分(如果不是全部)承担碳排放的责任,基于生产法的研究视角只能明确排放事实,而无法确定排放责任。因此,根据对世界最大的摘要和引文数据库 Scopus 的检索结果,已有研究以生产法视角(旅游业碳排放)为主,但消费法视角(旅游消费碳足迹)的研究成果呈迅速增加的趋势。

根据国民经济核算的“三面等值”原则,生产法、收入法和支出法(消费法)的核算结果应该是相等的。但是,从旅游卫星账户的实践来看,消费法的测度结果大多大于生产法,如 Dwyer 等(2010)在研究澳大利亚的旅游业碳足迹时,提出了生产法(Production-based)和支出法(Expenditure-based)两个研究视角,基于生产法的旅游业直接排放为 26.3Mt,间接排放为 28.1Mt,全生命周期排放(直接加间接)为 54.4Mt;基于支出法的旅游消费直接碳足迹为 29.5Mt,间接碳足迹为 32.0Mt,全生命周期碳足迹(直接加间接)为 61.5Mt^[18]。江苏省旅游规模远大于江西省,但旅游业碳排放大体相当,部分原因可能与此有关^[23-24]。

2.2 旅游业碳排放和旅游消费碳足迹核算的系统边界

在碳排放和碳足迹的核算中,首要问题是如何界定合理的系统边界。在国际标准化组织(ISO)的系列标准(包括 ISO14040、ISO14044、ISO14064 等)^[56-58]、英国标准协会(BSI)的《PAS 2050 规范》^[49]、世界资源研究所(WRI)和世界可持续发展工商理事会(WBCSD)的《产品和供应链标准》(Product and Supply Chain Standards)^[59]等温室气体核算标准中,界定系统边界都是最重要的步骤。因为界定系统边界相当于将连续的供应链人为截断,因而对于核算结果有很大影响。对于旅游业/旅游活动而言,界定系统边界尤为关键,原因在于旅游业并非一个独立的产业,而是分散在各个产业中的一个松散的“产业联合体”;旅游消费活动也不是由一个单独的产业来供给的,而是由许多产业的一部分来满足;而且,在组成旅游业的各产业部门中,旅游业部分与非旅游业部分的边界较为模糊,很难剥离开来。这就给旅游碳排放/碳足迹的测算带来相当的难度,也使不同研究结果之间的比较难以实现。

UNWTO(2008)对 2005 年全球旅游业温室气体排放的测度结果^[4]成为许多文献的标杆,却忽视了不同研究之间系统边界是否相同。例如,Gössling(2008)关于瑞典的研究系统边界为旅游交通(包含国际航班)、住

宿、游憩活动等,不包含食品和饮料^[17];Becken(2009)对新西兰国内旅游业碳足迹的研究仅涵盖了国内旅游交通和住宿,却没有考虑游憩活动,因而是一个偏小的数字,如果将旅游活动纳入进来,总排放可能会增加5%到10%^[23]。

Perch-Nielsen 等(2009)对瑞士的旅游业碳排放的研究,采用的系统边界为瑞士旅游卫星账户中的“旅游特征产业”^[24],因而也是一个偏小的结果。UNWTO、OECD 等推荐的《旅游卫星账户:推荐的方法框架》中,各种产业按照与旅游活动的关联程度,可以划分为旅游特征产业(Tourism Characteristic Activity, TCA)和旅游相关产业(Tourism Connected Sectors),统称旅游特定产业(Tourism Specific Sectors);各种旅游消费品按照与旅游活动的关联程度,可以划分为旅游特征产品(Tourism Characteristic Product, TCP)和旅游相关产品(Tourism Connected Products),统称旅游业特定产品(Tourism Specific Products)^[60]。根据 Dwyer 等(2010)对澳大利亚的研究,旅游特征产业的直接碳足迹(10.5Mt)仅占总直接碳足迹(21.6Mt)的48.61%,占京都议定书内总排放(40.4)的25.99%,占总排放(54.4Mt,含京都议定书未包括的排放)的19.3%^[18]。

与此相反,澳大利亚、西班牙等国家的旅游业碳排放测度得出了偏大的研究结果。基于生产法和支出法的澳大利亚旅游业碳足迹分别为54.4 Mt和61.5Mt(Dwyer 等,2010),但京都议定书认定的属于澳大利亚的总排放量仅分别为40.4Mt和39.9Mt,还有一些排放是在澳大利亚产生的,但没有包含在京都议定书的认定范围内,主要包括澳大利亚航空公司生产的国际航空服务以及澳大利亚用于供给游客或旅游产业的进口产品^[18]。澳大利亚对“京都议定书认定的”排放量负有责任,但对国际航空服务的排放和进口产品的排放没有特别承诺。这是因为,由于国际航空排放估算和分配的复杂性,全球航空的总排放量在不同的经济体之间进行分配的规则尚未形成,国际航空的排放仍游离于京都议定书的国家排放目标之外。1995年和2005年,西班牙旅游部门产生的直接和间接碳排放占西班牙总排放的比重分别高达16.2%和14.6%,大大高于世界平均水平和欧洲其它国家(Cadarso Vecina, María-Ángeles 等,2011),其原因在于,作者界定的系统边界不仅包含了西班牙的旅游消费,还涵盖了旅游投资产生的碳排放^[21]。

那么,应该如何界定合理的系统边界呢?在旅游业的产业规模和经济贡献的研究中,同样面临旅游业系统边界的界定问题,已经有较为成熟的解决方案,即采用旅游卫星账户的统计框架来界定旅游业的边界。在研究旅游业的经济贡献时,我们习惯于强调现行统计体系(《国民经济行业分类》(GB/T4754—2002))中的狭义旅游业低估了旅游业的实际经济贡献,主张采用旅游卫星账户的系统边界;与此相对应,在测度旅游业的碳排放时,也应采用相同的系统边界,否则容易低估旅游业的碳排放,高估旅游业的生态效率。

例如,全球旅游业排放占全球总排放的比重(4.9%)^[4]远低于全球旅游业的经济贡献率(2008年为10%)^[2],就是因为旅游业的经济贡献采用了类似旅游卫星账户的系统边界,大于旅游业碳排放测度中采用的系统边界。

又如,石培华等(2010、2011)分别估算出2008年中国旅游业(含旅游交通、住宿业和旅游活动)CO₂排放总量为37 Mt和51.34 Mt,分别占全国CO₂总排放量的0.62%和0.86%^[20-21],显著低于全球平均水平(4.9%),也低于旅游业对国民经济的贡献率(据中国旅游卫星账户统计,中国旅游业增加值在2004年即达到全国GDP的4.05%^[45])。他们据此认为旅游业是低碳绿色产业,也是应对气候变化及节能减排的优势产业。中国旅游业碳排放占全国总排放的比重,同时显著地低于世界平均水平和它的经济贡献率,这能够证明它是低碳绿色产业吗?从系统边界来看,石培华等(2010)的研究仅包括了旅游交通、住宿业和旅游活动三项,未能涵盖旅游业的所有内容,可能会低估旅游业的碳排放,认为旅游业属于低碳产业的依据不具有很强的说服力;对江苏、江西等的案例研究也有类似问题^[32-33]。

谢园方等(2012)的研究则采用了“旅游消费剥离系数”来界定旅游业的系统边界^[37]。“旅游消费剥离系数”来源于李江帆等(1999)提出的一种测算旅游业增加值的方法^[61],是旅游卫星账户理论与方法尚未推广之前的一种粗略的替代方法。旅游卫星账户的方法框架在最近十几年内发展很快,世界旅游组织推出了《旅游卫星账户:推荐的方法框架》,我国国家级和若干省级旅游卫星账户(江苏、浙江、北京、山东、广东等)也先

后编制完成。在旅游卫星账户已经得到推广的情形下,用“旅游消费剥离系数”来界定系统边界就显示出了局限性:没有涉及游憩活动,核算不完整;把旅游业分为旅游交通运输、仓储和邮政业及旅游批发零售和住宿餐饮业两大类,大类内部在旅游消费剥离系数、经济贡献、能源消耗等方面,都存在着相当大的差异,过于粗略,而且政策意义不明显。

因此,合理的系统边界应遵循旅游卫星账户中对旅游业的定义,把旅游业定义为“为旅游活动提供物品和服务的一组产业集合”,并以旅游卫星账户的数据和框架为基础来界定旅游业的系统边界,进而测度旅游业的碳足迹。唯有如此,旅游业对碳排放的贡献与旅游业对区域经济的贡献才具有可比性,才能科学地衡量旅游业和旅游消费的碳生态效率。

2.3 旅游业碳排放和旅游消费碳足迹的核算口径

已有研究的核算口径各不相同,有些研究的口径是直接碳排放/碳足迹,而另一些研究则是指全流程碳排放/碳足迹(直接+间接)。从碳足迹的渊源和生命周期评价的内涵来看,碳足迹应该考虑供应链上的所有排放,在时间上涵盖从产品消费的时点向前追溯和向后延伸,包括产品的生产、流通、使用和废弃阶段,包括直接排放(现场的、内生的排放)和间接排放(非现场的、外部的、内嵌的、上游的、下游的排放)。例如,WRI/WBCSD的《产品和供应链标准》将碳足迹分为不同的范围(Scope)。Scope1指系统边界内的所有直接排放,该组织购入的能源产生的排放属于Scope2,而Scope3划分为上游排放(供应商的排放、购入产品的间接排放)、下游排放(售出产品的直接、间接排放)以及Scope3的其它排放(员工通勤排放)^[59]。

所以说,碳足迹这一概念本质上的含义就应该包括某一行为离开之后的所有“轨迹”,碳足迹本身就有“全过程、全生命周期排放”的本质内涵,如果没有包括间接排放,要特别注明“直接碳足迹”;而碳排放则无此规定,可以包括间接排放,也可以不包括,而且大多数情况下仅指直接排放。例如,澳大利亚^[18]、西班牙^[21]的旅游业碳排放/碳足迹占全国总排放的比重远高于全球平均水平,其主要原因就在于采用了全生命周期的核算口径。

那么,在实际工作中,究竟用哪个核算口径呢?从根本意义上说,旅游业或旅游活动对全球气候变化的贡献,可以理解为由于旅游活动的存在而导致的温室气体排放的增加量;或者反过来说,即如果没有旅游活动而导致的温室气体排放的减少量。这一理解与旅游卫星账户中对旅游业的范围界定的思路相一致,即在多数国家,如无游客,将不再存在富有意义的数量或消费水平将大幅度降低的那些生产行为或产品。基于此,如果要衡量旅游业或旅游消费对全球气候变化的最大贡献,应该采用全生命周期的核算口径。然而需要指出的是,全生命周期的核算口径包含了从其它产业部门转移而来的部分碳排放,与其它产业存在着一定程度的重复计算。因此,在与其它产业进行比较时,不适用全生命周期的核算口径,而应该采用直接碳排放或直接碳足迹。

2.4 旅游业碳排放和旅游消费碳足迹核算的研究方法

2.4.1 旅游业碳排放和旅游消费碳足迹量的测度方法

旅游业碳排放或旅游消费碳足迹的测度有两种方法:自下而上的(bottom-up based)和自上而下的(top-down based)。

自下而上方法的基本思路是,首先对旅游生产企业(如航空公司、旅游车船公司、酒店、景区、旅行社)的产值或旅游者的消费额(如食、宿、行、游、购、娱等)分门别类,然后分别统计其碳排放或碳足迹,最后汇总得出旅游业的总排放或旅游消费的总碳足迹,采用的具体方法是清单分析(Inventory Analysis, IA)和以生命周期评价为代表的过程分析方法(Process Analysis, PA),分别计算直接碳排放和全生命周期碳排放。已有研究中,UNWTO(2008)关于全球^[4]、Gössling(2008)对瑞典^[17]、Dwyer等(2010)对澳大利亚^[18]、Bruijn(2013)对荷兰^[20]、Becken(2009)对新西兰^[23]、石培华等(2010)对中国^[29-30]、陶玉国等(2011)对江苏省^[32]、王立国等(2011)对江西省^[33]、王怀琛(2010)对张家界^[34]、黄玉菲等(2012)对丽江市^[36]、谢园方等(2012)对长三角地区的研究^[37]等,均采用自下而上的研究方法。

自上而下方法的基本思路是,首先获得旅游业或旅游消费的能源消耗总量(能源表观消费量),然后根据

各类能源的碳排放系数来计算旅游业的碳排放或旅游者的碳足迹。其中,直接的能源表观消费量一般可通过《能源统计年鉴》等统计资料获取,全生命周期的能源表观消费量,可通过投入产出表中的间接消耗系数来推算。然而,旅游业是一个分散在其它产业中的综合性产业,游客的旅游消费是由多个产业的一部分来供给的,而且旅游消费能耗占相关产业能耗的比重也是未知的,所以很难把旅游生产或消费导致的能耗分部门统计出来。在现有的统计资料中,缺乏旅游业各部门能源消耗量数据可供采用,需要将投入产出分析与旅游卫星账户等旅游统计数据相结合。

但是,将能源表观消费量转化为碳排放量仍然存在着很多不确定性。有些研究直接用各类能源的表观消费量分别乘以不同的排放系数,从而得出旅游业或旅游消费的总排放。这种方法中的排放系数来自于经验参数或全球统一推荐参数,不能反映各地自然条件和技术水平对碳排放的影响;而且,化石能源往往还存在非燃料用途(化工原料等)、作为燃料的碳燃烧不充分等,需要从总能耗中扣除一部分进行校正。因此,最精细的计算方法是《IPCC 国家温室气体清单指南》中的基准方法。

《IPCC 国家温室气体清单指南》的基准方法是最常用的一种自上而下的估算方法,分为 5 个步骤^[62-63]:估算以原始单位表示的能源表观消费量、将以原始单位表示的能源表观消费量转换成通用能量单位、计算能源表观消费量的总含碳量、计算能源表观消费量的净含碳量(扣除化石燃料的非能源用途)、碳的氧化过程校正(将碳转化为二氧化碳)。Jones & Munday(2007,2013)对英国威尔士地区^[26,28]、Cadarsó Vecina 等(2011)对西班牙^[21]、袁宇杰(2013)对中国的研究^[31]、Sun(2014)对台湾地区^[25]的研究,均采用了自上而下的方法。

从方法论来看,自下而上的过程分析是一种“白箱”式的研究方法,结构、机制清晰,在微观尺度上精确度更高;但这种方法要分门别类,这相当于将客观上连续的供应链人为截断^[64],由此可能导致误差。相反,自上而下的方法将整个旅游经济系统作为估算的边界,在完整性方面优于自下而上的方法。然而,这种方法是一种“黑箱”式的研究方法,其完整性是以细节的损失为代价的,缺乏微观尺度上的精确性。Wiedmann(2009)据此认为与自上而下的方法相比,自下而上方法容易导致偏小的核算结果^[65]。然而,从实际情况来看,并非必然如此。Perch-Nielsen 等(2009)采用自下而上和自上而下两种方法,测算了瑞士旅游业 1998 年的碳排放,后者比前者的核算结果高 14%^[24];Becken & Patterson(2006)分别采用自下而上和自上而下的方法,测算 2000 年新西兰旅游业的碳排放,后者小于前者^[22]。

另外,由于需要搜集海量数据,自下而上方法所需的人力、财力和时间成本很高;而且在区域、国家等宏观尺度上,随着数据量和工作量的增大,需要对数据进行尺度转换,还要使用不同数据库的信息,而这些信息的数据口径通常是不兼容的,数据转换的过程中可能会导致信息漏损或失真。自上而下方法的优势在于可以利用二手资料,工作量不大,对时间和人力的要求较小。但是,投入产出分析的计算结果同样具有很大的不确定性,只是这些误差隐藏在了投入产出表和旅游卫星账户的编制过程中。有研究认为,采用投入产出分析将过程分析中的不确定性积累起来可能比过程分析中由于截断误差和信息漏损导致的不确定性更大^[64]。

那么,在旅游业碳排放或旅游消费碳足迹的测度中,哪种方法更值得推荐呢? IPCC 的《国家温室气体清单优良作法指南与不确定性管理》中指出,基于燃料消费量的统计来计算碳排放量是一种优良作法,自上而下的方法对于二氧化碳排放量估算更为可靠而且实施过程也更容易一些。但同时也指出,并行采用第二种方法(自下而上方法)也是优良作法^[66]。

综合来看,两种方法各有优缺点,并无必然的优劣之分,方法的选择要取决于研究目的以及数据资源的可获得性。此外,对两种方法的核算结果进行比较,分析二者的收敛效率(Convergent validity),也是探讨旅游业碳排放或旅游消费碳足迹核算的不确定性的重要手段。IPCC《国家温室气体清单优良作法指南与不确定性管理》指出,这两种方法的采用提供了一种重要的质量核查途径,来自两种方法结果之间的重大差异意味着其中一种或两种方法存在着错误,需要对此进行更进一步的分析^[66]。

2.4.2 生态足迹意义上的旅游消费碳足迹测度方法

从生态足迹的理论视角来看,碳足迹就是生态足迹中的“化石燃料土地”,即“吸收 CO₂ 的生物生产性土

地面积”^[46]。全球足迹网络(Global Footprint Network, 2007)因此将碳足迹定义为生态系统通过光合作用吸收从化石燃料的燃烧中排放的二氧化碳的生物承载力需求^[47]。

基于这种理解,旅游生产或消费中产生的碳排放(t, kg等),就需要通过一定的经验转换系数,转化为吸收这些CO₂的土地面积(hm²)。关于具体的转换系数,徐中民等(2001)^[67]建议采用Wackernagel等(1999)的全球推荐值^[68]。不过,赵荣钦等(2010)认为,净生态系统生产量(net ecosystem production, NEP)反映了植被的固碳能力,即1 hm²的植被1年吸收的碳量^[51],因此可以采用NEP指标来反映不同植被的碳吸收量,以此计算出消纳碳排放所需的生产性土地的面积(碳足迹)。不同植被类型(森林、草地、农田等)的NEP参见谢鸿宇(2008)^[69]。

较早在生态足迹框架下计算旅游消费碳足迹的是Gössling等(2002)^[70],他们计算了塞舌尔的旅游化石能源地(碳足迹)为人均每年1.74 hm²,其中97.5%是航空旅行的碳排放导致的。其后,章锦河、张捷(2004、2005)分别计算了黄山市和九寨沟风景名胜区的旅游生态足迹和碳足迹^[71-72],蒋依依等(2006)、曹辉等(2007)、王保利等(2007)采用同样的方法,分别对丽江市、福州市和西安市的旅游生态足迹和碳足迹进行了计算^[73-75]。

3 结论与展望

3.1 结论

总体来看,国内外关于区域旅游业碳排放和旅游消费碳足迹的研究已有较好的基础,但还存在一些薄弱领域,而旅游业的松散性决定了这一研究比常规产业具有更大的难度,存在的问题表现在:

从概念内涵和外延上看,已有研究中基于生产法和基于消费法的研究同时存在,将“旅游消费碳足迹”与“旅游业碳排放”混用,碳足迹与生态足迹的关系也没有理顺,学术界对旅游业碳排放/旅游消费碳足迹究竟包含哪些温室气体没有形成统一意见;从系统边界和核算口径来看,已有研究对旅游业或旅游消费的系统边界界定各不相同,核算口径也不一致,有些研究的口径是直接碳排放,而另一些研究则是指全生命周期碳排放,不同研究之间不具有可比性;从研究方法上看,自下而上的清单分析和过程分析与自上而下的投入产出分析方法并存;从研究结果上看,已有研究普遍缺乏不确定性分析,核算结果相互之间相差极大,呈现“横向不可比,纵向不可加”的特点,旅游业的碳强度、碳生态效率等属性没有得到厘清,研究的信度、效度和精度需要进一步提高。

3.2 展望

基于以上分析,本文认为进一步的研究方向应该向以下三个方面发展:

3.2.1 明确界定概念内涵和外延

旅游业碳排放和旅游消费碳足迹概念内涵和外延的界定时应考虑以下要点:内涵上,碳排放应侧重从供给(旅游业)的角度进行研究,采用生产法(production based accounting)进行核算;而碳足迹则应限于终端消费的研究场合,从消费(旅游者)的角度(consumption based accounting)进行核算,避免两个概念的混淆和滥用;外延上,狭义的碳排放和碳足迹仅包括CO₂,广义可以包括《京都议定书》限定的六种温室气体(CO₂、CH₄、N₂O、HFCs、PFCs及SF₆),但不应无限泛化至所有的辐射强迫因子。

3.2.2 统一系统边界和核算口径

旅游碳排放/碳足迹的系统边界应与旅游业经济核算的系统边界一致,以便于将旅游业(旅游消费)的经济贡献和碳排放贡献相比较,从而准确厘清旅游业的碳生态效率。目前来看,应尽量采用旅游卫星账户的框架和数据。核算口径上,碳排放可以仅指直接排放,也可以包括间接排放;而碳足迹则应该考虑供应链上的所有排放,包括产品的生产、流通、使用和废弃阶段的排放。统一旅游碳排放/碳足迹测度的系统边界和核算口径,就可以采用不同区域的截面数据对测度结果进行比较和验证,为不同的测度结果建立一个可供比较的基础和平台;同时,各种核算口径可以根据实际情况分别应用于不同的研究目的。

3.2.3 构建旅游业碳排放和旅游消费碳足迹测度的方法体系

旅游碳排放/碳足迹测度方法体系的研究包括两个方向:一是方法优选,二是方法改进。

现有的旅游碳排放/碳足迹研究大多采用单一化的研究方法,得出的结果无从比较和验证,所以需要运用多样化的研究方法进行信度、效度和不确定性检验,即同时采用自上而下(投入产出分析)和自下而上(生命周期评价)的研究方法,对同一区域、同一时间截面的旅游碳排放/碳足迹进行测度并相互验证和比较,找出最优的方法,摸索出一种既在理论上具有较高的信度和效度,又在实践中具有可操作性的旅游碳排放/碳足迹测度的方法和范式。

自下而上和自上而下的测度方法各有其优缺点,最好的选择是将二者结合起来,构建一种既详细又综合的分析方法。这种方法能够保存自下而上方法细节和精确性,而完整性则可以通过投入产出分析来实现。

参考文献 (References):

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2013: the physical science basis // Stocker T F, Qin D, Plattner G K, Tignor M, Allen S K, Boschung J, Nauels A, Xia Y, Bex V, Midgley P M, eds. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2013.
- [2] WTTC. Leading the Challenge on Climate Change. London: World Travel & Tourism Council, 2009. http://www.wttc.org/site_media/uploads/downloads/leading_the_challenge_on_clima.pdf.
- [3] UNWTO. Djerba Declaration on Climate Change and Tourism. 2003. [2008-10-20]. <http://sdt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/djerbadeclaration-eng.pdf>.
- [4] UNWTO, UNEP. Climate Change and Tourism - Responding to Global Challenges. Madrid, Spain: UNEP/Earthprint, 2008. [2008-10-20]. <http://www.unwto.org/pdf/pr071046.pdf>.
- [5] Simpson M C, Gössling S, Scott D. Climate Change Adaptation and Mitigation in the Tourism Sector: Frameworks, Tools and Practices. UNEP, University of Oxford, UNWTO, WMO; Paris, France, 2008.
- [6] Chiesa T, Gautam A. Towards a Low Carbon Travel & Tourism Sector. World Economic Forum, 2009. <http://www.greeningtheblue.org/sites/default/files/Towards%20a%20low%20carbon%20travel%20&%20tourism%20sector.Pdf>.
- [7] 席建超, 赵美凤, 吴普, 王凯. 国际旅游科学研究新热点: 全球气候变化对旅游业影响研究. 旅游学刊, 2010, 25(5): 86-92.
- [8] 刘春燕, 毛端谦, 罗青. 气候变化对旅游影响的研究进展. 旅游学刊, 2010, 25(2): 91-96.
- [9] 郭剑英. 国外气候变化对旅游业影响研究进展综述. 世界地理研究, 2009, 18(2): 104-110.
- [10] 王群, 杨兴柱. 境外旅游业碳排放研究综述. 旅游学刊, 2012, 27(1): 73-82.
- [11] 谢园方, 赵媛. 基于低碳旅游的旅游业碳排放测度方法研讨. 人文地理, 2012, 27(1): 147-151.
- [12] 唐承财, 钟林生, 成升魁. 旅游业碳排放研究进展. 地理科学进展, 2012, 31(4): 451-460.
- [13] 吴普, 岳帅. 旅游业能源需求与二氧化碳排放研究进展. 旅游学刊, 2013, 28(7): 64-72.
- [14] Stern L N. The Economics of Climate Change: The Stern Review. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [15] The World Tourism Conference. Manila Declaration on World Tourism. Manila, 1980. <http://www.univeur.org/CMS/UserFiles/65.%2520Manila.PDF>.
- [16] Peeters P. Tourism and Climate Change Mitigation, Methods, Greenhouse Gas Reductions and Policies. Netherlands: Breda NHTV, 2007.
- [17] Gössling S, Hall M. Swedish tourism and climate change mitigation: an emerging conflict?. Scandinavian Journal of Hospitality and Tourism, 2008, 8(2): 141-158.
- [18] Dwyer L, Forsyth P, Spurr R, Hoque S. Estimating the carbon footprint of Australian tourism. Journal of Sustainable Tourism, 2010, 18(3): 355-376.
- [19] Smith I J, Rodger C J. Carbon emission offsets for aviation-generated emissions due to international travel to and from New Zealand. Energy Policy, 2009, 37(9): 3438-3447.
- [20] Bruijn K, Driven R, Eijgelaar E. Travelling large in 2012: The Carbon Footprint of Dutch Holidaymakers in 2012 and the Development since 2002. Centre for Sustainable Tourism and Transport, NHTV, Breda, The Netherlands, 2013. http://www.cstt.nl/userdata/documents/cstt2013_travellinglargein2012_lowres.pdf.
- [21] Vecina C, Sanz G, Santiago L, Gómez T, María-Ángeles. Tourism environmental responsibility: the ignored role of investment // Paper presented at the European Trade Study Group (ETSG) Thirteenth Annual Conference. Copenhagen, 2011. <http://204.3.197.155/ETSG2011/Papers/Lopez.Pdf>.

- [22] 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.
- [23] Becken S. The Carbon Footprint of Domestic Tourism. Wellington, 2009. http://researcharchive.lincoln.ac.nz/dspace/bitstream/10182/1216/1/becken_carbon_footprint.pdf
- [24] Perch-Nielsen S, Sesartic A, Stucki M. The greenhouse gas intensity of the tourism sector; the case of Switzerland. *Environmental Science & Policy*, 2010, 13(2): 131-140.
- [25] Sun Y Y. A framework to account for the tourism carbon footprint at island destinations. *Tourism Management*, 2014, 45: 16-27.
- [26] Jones C, Munday M. Exploring the environmental consequences of tourism: a satellite account approach. *Journal of Travel Research*, 2007, 46(2): 164-172.
- [27] National Assembly for Wales. Greenhouse Gas Emissions in Wales. <http://www.assemblywales.org/13-006.pdf>.
- [28] Munday M, Turner K, Jones C. Accounting for the carbon associated with regional tourism consumption. *Tourism Management*, 2013, 36: 35-44.
- [29] 石培华, 冯凌, 吴普. 旅游业节能减排与低碳发展——政策技术体系与实践工作指南. 北京: 中国旅游出版社, 2010.
- [30] 石培华, 吴普. 中国旅游业能源消耗与 CO₂ 排放量的初步估算. *地理学报*, 2011, 66(2): 235-243.
- [31] 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.
- [32] 陶玉国, 张红霞. 江苏旅游能耗和碳排放估算研究. *南京社会科学*, 2011, (8): 151-156.
- [33] 王立国, 廖为明, 黄敏, 邓荣根. 基于终端消费的旅游碳足迹测算——以江西省为例. *生态经济*, 2011, (5): 121-168.
- [34] 王怀琛. 张家界旅游者碳足迹研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2010.
- [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] 黄玉菲, 赵璟. 丽江市旅游产业游客碳足迹分析评价. *中国林业经济*, 2012, (1): 13-16.
- [37] 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. *地理研究*, 2012, 31(3): 429-438.
- [38] Bernard F, Khelil T B, Pichon V, Tissot L. The Maldives' 2009 Carbon Audit. Paris: BeCitizen, 2010.
- [39] Gössling S. Calculations of energy use in tourism for 14 caribbean countries // Simpson M C, Clarke J F, Scott D J, New M, Karmalkar A, Day O J, Taylor M, Gössling S, Wilson M, Chadee D, Stager H, Waith R, Hutchinson N, eds. CARIBSAVE Climate Change Risk Atlas (CCCR). The CARIBSAVE Partnership, DFID and AusAID, Barbados, 2012.
- [40] 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 Cleaner Production*, 2009, 17(15): 1324-1330.
- [41] 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.
- [42] Cordova-Vallejo X M, Blanco E E, Yang X, Ponce-Cueto E. Carbon footprint of the galapagos islands - quantifying the environmental impact of tourist activities. Massachusetts Institute of Technology, Engineering Systems Division Working Paper Series, 2012. <https://esd.mit.edu/WPS/2012/esd-wp-2012-15.pdf>
- [43] Pambudi D, Van Ho T, Spurr R, et al. Tourism satellite accounts 2007 - 08: summary spreadsheets. CRC for Sustainable Tourism Pty Ltd, 2009. http://www.crcetourism.com.au/wms/upload/resources/TSA_2007-08%20Summary_Spreadsheet_WEB.pdf
- [44] Patterson M G, McDonald G. How clean and green is New Zealand tourism? : Lifecycle and future environmental impacts. Landcare research. Lincoln, New Zealand: Manaaki Whenua Press, 2004. http://www.mwpress.co.nz/__data/assets/pdf_file/0010/70498/LRSS_24_How_Clean_and_Green_NZ_Tourism.pdf.
- [45] 中国旅游卫星账户项目课题组. 中国旅游卫星账户编制与研究. 北京: 中国统计出版社, 2010.
- [46] Wackernagel M, Rees W E. Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth. Gabriola Island, B. C., Canada: New Society Publishers, 1996.
- [47] Global Footprint Network. Ecological Footprint, 2007 [2012-8-30]. http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/carbon_footprint/.
- [48] BSI, CARBON TRUST, DEFRA. PAS 2050: Specification for the assessment of the life cycle greenhouse gas emissions of goods and services. Publicly available specification 2050, (2008) [2010-6-20] British Standards Institution. <http://shop.bsigroup.com/en/Browse-by-Sector/Energy-Utilities/PAS-2050/>.
- [49] Browne D, O' Regan B, Moles R. Use of carbon footprinting to explore alternative household waste policy scenarios in an Irish city-region. *Resources, Conservation and Recycling*, 2009, 54(2): 113-122.
- [50] 赵荣钦, 黄贤金, 钟大洋. 中国不同产业空间的碳排放强度与碳足迹分析. *地理学报*, 2010, 65(9): 1048-1057.
- [51] 樊杰, 李平星, 梁育填. 个人终端消费导向的碳足迹研究框架——支撑我国环境外交的碳排放研究新思路. *地球科学进展*, 2010, 25(1): 61-68.
- [52] 董雪旺. 国内外碳足迹研究进展述评. *浙江工商大学学报*, 2013, (2): 67-75.

- [53] Peters G P. Carbon footprints and embodied carbon at multiple scales. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 2010, 2(4): 245-250.
- [54] Eder P, Narodoslowsky M. What environmental pressures are a region's industries responsible for? A method of analysis with descriptive indices and input-output models. *Ecological Economics*, 1999, 29(3): 359-374.
- [55] Munksgaard J, Pedersen K A. CO₂ accounts for open economies: producer or consumer responsibility?. *Energy Policy*, 2001, 29(4): 327-334.
- [56] International Organization for Standardization (ISO). ISO 14040: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Principles and Framework, (2006) [2011-1-20]. <http://www.iso.org>.
- [57] International Organization for Standardization (ISO). ISO 14044: Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and Guidelines (2006) [2011-1-20]. <http://www.iso.org>.
- [58] International Organization for Standardization (ISO). ISO 14064: Greenhouse gases--Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals, (2006) [2011-1-20]. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=38381.
- [59] World Resources Institute (WRI), World Business Council on Sustainable Development (WBCSD). The Greenhouse Gas Protocol, (2007) [2011-1-20]. <http://www.wbcsd.org>.
- [60] The United Nations Statistics Division (UNSD), the Statistical Office of the European Communities (EUROSTAT), the Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), the World Tourism Organization (UNWTO). 2008 Tourism Satellite Account: Recommended Methodological Framework (TSA: RMF 2008). http://unstats.un.org/unsd/publication/Seriesf/SeriesF_80rev1e.pdf.
- [61] 李江帆, 李美云. 旅游产业与旅游增加值的测算. *旅游学刊*, 1999, 14(5): 16-19.
- [62] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>.
- [63] 国家气候变化对策协调小组办公室, 国家发展和改革委员会能源研究所. 中国温室气体清单研究. 北京: 中国环境科学出版社, 2007.
- [64] Lenzen M. Errors in conventional and input-output-based life-cycle inventories. *Journal of Industrial Ecology*, 2000, 4(4): 127-148.
- [65] Wiedmann T. Carbon footprint and input-output analysis—an introduction. *Economic Systems Research*, 2009, 21(3): 175-186.
- [66] IPCC. Good Practice Guidance and Uncertainty Management in National Greenhouse Gas Inventories. http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gp/english/gpgaum_en.html.
- [67] 徐中民, 程国栋, 张志强. 生态足迹方法: 可持续性定量研究的新方法——以张掖地区 1995 年的生态足迹计算为例. *生态学报*, 2001, 21(9): 1484-1493.
- [68] Wackernagel M, Onisto L, Bello P, Linares A C, Falfán I S L, García J M, Guerrero A I S, Guerrero M G S. National natural capital accounting with the ecological footprint concept. *Ecological Economics*, 1999, 29(3): 375-390.
- [69] 谢鸿宇, 陈贤生, 林凯荣, 胡安焱. 基于碳循环的化石能源及电力生态足迹. *生态学报*, 2008, 28(4): 1729-1735.
- [70] Gössling S, Hansson C B, Hörstmeier O, Saggel S. Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability. *Ecological Economics*, 2002, 43(2): 199-211.
- [71] 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.
- [72] 章锦河, 张捷, 梁玥琳, 李娜, 刘泽华. 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.
- [73] 蒋依依, 王仰麟, 彭建, 杨磊, 张源. 基于旅游生态足迹模型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.
- [74] 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.
- [75] 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.