

旅游废弃物生态影响评价 ——以九寨沟、黄山风景区为例

章锦河

(安徽师范大学国土资源与旅游学院, 芜湖 241000)

摘要:从旅游生态系统物质与能量循环的特点出发,提出旅游废弃物的概念,构建基于生态足迹的旅游废弃物生态影响评价模型,并以九寨沟、黄山风景区为例进行实证比较研究。研究表明:(1)2004 年九寨沟旅游废弃物生态足迹总量为 46960.5678hm²,是黄山总量 22331.4490hm²的 2.1 倍,人均 0.024560966hm²是黄山人均 0.01394088 hm²的 1.76 倍。(2)显性生态因子的废水、粪便、固体垃圾、废弃物处理设施的生态足迹很小,4 类合计仅占总量的 0.16% (九寨沟)与 0.3% (黄山),而隐性生态因子 CO₂排放的生态足迹则占总量的 99.84% (九寨沟)与 99.70% (黄山)。(3)2004 年九寨沟与黄山旅游业的 CO₂排放量分别高达 309455.66t 与 146947.84t,游客人均 CO₂排放量分别为 161.85kg、91.74kg,旅游业的 CO₂排放对全球气候变化与生态影响的特征明显。(4)旅游废弃物生态足迹中游客占 1%,居民占 0.26%,而相关企业(交通、饭店)占 98.74%。(5)旅游废弃物对九寨沟风景区、成都-九寨沟沿途区域、成都-九寨沟沿途区域以外地区不同空间尺度的生态影响分别为 1.26%、34.8%、63.94%;对黄山风景区、黄山市区域、黄山市区域以外地区的生态影响分别为 14.6%、31.97%、53.43%。(6)2004 年九寨沟、黄山旅游业的生态效率分别为 2.53kgCO₂-e/US \$、1.67kgCO₂-e/US \$,生态效率值偏大,对生态环境的影响深远。(7)由于风景区规模、性质、游客构成以及游客选择交通工具的差异,旅游废弃物对不同旅游地生态影响的程度与方向不同,而降低游客规模、缩短旅行距离、减少飞机旅行方式等是降低旅游废弃物生态影响的关键。

关键词:旅游废弃物;旅游生态足迹;旅游生态效率;九寨沟;黄山

文章编号:1000-0933(2008)06-2764-10 中图分类号:Q142,S759.9,X37 文献标识码:A

Measuring the ecological impact of tourist wastes: methodology and cases study of Jiuzhaigou and Huangshan National Park

ZHANG Jin-He

College of National Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(6): 2764 ~ 2773.

Abstract: Ecological impact assessment of tourism is basis for enacting and implementing a series of principles, policies, laws and measures for environmental protection. This paper gives the definition of tourist wastes from the characters of tourism ecosystem cycle of substances and energy. Based on the theory and method of ecological footprint, the paper puts forward the ecological impact measuring model of tourist waste and takes the Jiuzhaigou and Huangshan national park for examples, calculates and analyses the ecological impact index and its internal and external ecological impact on Jiuzhaigou and Huangshan National Park in 2004. Seven characteristics have been summarized: (1) The total tourist waste ecological

基金项目:安徽省人文社会科学重点研究基地重大资助项目(2005SK066ZD);安徽自然科学基金资助项目(2005KJ017)

收稿日期:2007-04-09; 修订日期:2007-10-22

作者简介:章锦河(1970~),男,安徽望江人,博士,教授,主要从事旅游规划与管理、区域旅游环境影响研究。

Foundation item: This work was financially supported by the key project of Anhui Humanities and Social Sciences Research Base(No. 2005SK066ZD) and the Natural Science Foundation of Anhui Province(No. 2005KJ017)

Received date: 2007-04-09; **Accepted date:** 2007-10-22

Biography: ZHANG Jin-He, Ph. D., Professor, mainly engaged in tourism planning and management, tourism impact on regional environment. E-mail: zhangjinhe818@263.net

footprint of Jiuzhaigou National Park reaches to 46960.5678hm^2 in 2004, which is 2.1 times of Huangshan's 22331.4490hm^2 in 2004. The per capita tourist waste ecological footprint is 0.024560966hm^2 of Jiuzhaigou in 2004, 1.76 times of Huangshan's 0.01394088hm^2 . (2) The ecological footprint of apparent ecological factors is very small. Ecological footprint of all waste water, human dejection, solid rubbish, waste treatment facilities amount to only 0.16 percent of total tourist waste ecological footprint in Jiuzhaigou, and 0.3 percent in Huangshan. However, the ecological footprint of recessive ecological factors is very big, the ecological footprint of CO_2 emission is 99.84 percent of the total tourist waste ecological footprint in Jiuzhaigou and 99.70 percent in Huangshan. (3) The total amount of CO_2 emission by tourism development is 309455.66t in Jiuzhaigou and 146947.84t in Huangshan. The per capita CO_2 emission by tourism is 161.85kg in Jiuzhaigou and 91.74kg in Huangshan. This indicates that tourism development has high ecological impact on global climate change. Air travel needs to be seen as the most problematic global environmental impact of tourism, which has about 40 percent of total amount of CO_2 emission by tourism development in Jiuzhaigou and Huangshan. (4) A comparison of the ecological footprint of tourist, local residents and tourism correlation industries shows that tourism correlation industries (transport, accommodation) have the most ecological footprint about 98.74 percent of total, whereas it is about 1 percent for tourists and 0.26 percent for local residents. (5) Our analysis reveals that tourist wastes have different ecological impact between internal and external regions of tourist destination. Among the total tourist waste ecological footprint of Jiuzhaigou, there has only 1.26% impact for Jiuzhaigou National Park itself, while 34.8% for the region on the way from Jiuzhaigou to Chengdu City, 63.94% for the region out of Chengdu City. As for Huangshan, there has only 14.6% impact for Huangshan National Park itself, while 31.97% for the region of Huangshan City, 53.43% for the region out of Huangshan City. (6) Eco-efficiency of tourism for Jiuzhaigou National Park is $2.53\text{kgCO}_2\text{-e/US\$}$, while for Huangshan National Park, it is $1.67\text{kgCO}_2\text{-e/US\$}$. (7) Due to the differences among scale, character, source of tourist market and mode of transport, the tourist waste has different ecological impact on different tourist destination. In generally, reducing the number of tourist, shortening travel distances, avoiding traveling by air are key to reducing the ecological impacts of tourist waste and the most important precondition for tourism sustainability.

Key Words: tourist wastes; tourist ecological footprint; eco-efficiency of tourism; Jiuzhaigou National Park; Huangshan National Park

20 世纪 60 年代以来,旅游发展与生态环境保护之间的矛盾日益显现,国内外学者开始重视旅游生态环境影响的研究并取得了积极的进展。在研究案例地上,广泛涉及到山岳、森林、湖泊、海岸带、草原以及古城、古镇、古村落、历史遗迹、少数民族民俗文化等自然与人文的生态脆弱与敏感地区。在研究内容上,主要涉及到旅游环境影响的性质、旅游自然环境影响、旅游人文环境影响、旅游环境容量、旅游环境影响评价及保护对策等方面。在研究方法上,主要是以实地监测为手段,通过对监测数据的统计分析,并与未受污染的地区进行对比来研究。然而目前的研究存在两大问题,一是忽视旅游环境影响在表现上有显性与隐性影响之别,重视对旅游地显性的环境问题,如水质、空气、噪音等旅游环境污染问题的研究^[1~5],而忽视旅游消费对旅游地乃至旅游地区外的自然资源与环境的潜在非污染性生态影响研究。二是重视单一要素的非污染性生态影响研究,而缺乏对旅游活动的综合性生态影响评价。国内外在特定旅游地的旅游发展对地貌、土壤、植物、动物、水、大气、噪声等自然环境要素产生影响的定性与定量研究方面,已经取得了较多的成果^[6~14],但从系统的整体性角度来研究不足。此外,目前国内外有关旅游废弃物的生态影响研究已经引起重视^[15,16],尤其国外对旅游业发展过程中所产生的 CO_2 排放量及其对全球气候变化的影响研究是重要前沿与趋向。本文拟建立基于生态足迹的旅游地旅游废弃物生态足迹测度与评价模型,并以九寨沟与黄山风景区为例,探讨旅游生态消费对旅游地生态环境影响的特性,以期有利于拓展旅游生态环境研究的视角与方法,有利于旅游地的可持续发展。

1 旅游废弃物的概念与测度方法

1.1 概念阐释

旅游生态系统是以游客(旅游者)的旅游活动涉及的特定区域(旅游地)上的自然和人文生态子系统构成的复合系统。旅游生态系统是多要素耦合的复杂动态系统,也是一个开放的,具有耗散结构的系统,系统内外频繁地进行能量流动与物质循环。旅游生态系统的能量流动与物质循环具有 3 大基本特点。一是能量输入的辅助性。除太阳能外,系统外输入的电能、化学能等辅助能是维持旅游生态系统正常运转和调节系统能量输入和输出平衡的关键,是维持旅游地居民正常的生活、游客旅游活动、旅游开发活动的基础。二是物质输入的区域性。旅游生态系统中,物质输入除旅游地自身承担一部分以外,其他部分往往需要外部供给,导致旅游生态责任的区域转移与生态影响的区域扩散。三是物质输出的污染性。与旅游有关的生产与生活活动都需要大量的物质输入与产生大量的物质输出。旅游地生态系统的物质输出往往以污染物的形式出现,它们会对大气、水体、土壤和植被等造成直接或间接的污染与生态影响。如大量的游客呼吸、能源消耗等,会增加系统大气中的 CO_2 排放含量。据计算,游客每天大约需要 0.75kg 氧气,呼出 0.9kg 的 CO_2 (一般成人每天呼出 CO_2 400 ~ 500L,在标准状态下气态 CO_2 的密度为 $1.977\text{kg}/\text{m}^3$ ($0.001977\text{kg}/\text{L}$))。其他废物如 SO_2 、CO 等往往是以汽车尾气的形式排放到环境中,也对旅游地生态系统产生影响。

根据上述分析,从旅游生态系统的物质与能量输出端的角度,旅游废弃物是指旅游地在发展旅游业过程中,由于游客旅游活动、居民日常生活、旅游开发建设等活动,产生的对旅游生态系统有污染或生态影响的气态、液态与固体物质。包括 3 层含义:一是旅游废弃物排放的主体有 3 类,即旅游者、当地居民、旅游企业与部门;二是旅游废弃物的形式有 3 类,即气态(CO_2 、 SO_2 、CO 等,主要考察 CO_2)、固态(固体垃圾/旅游垃圾,主要考察游客与居民的生活垃圾,暂忽略建筑垃圾)、液态(污水、粪便等)3 个方面;三是旅游废弃物对环境影响性质的双重性,即环境污染与非污染性的生态影响 2 个方面。由于管理措施的到位以及旅游生态系统自身净化功能的存在,旅游废弃物不会一定产生环境污染的问题,但却会产生潜在的生态影响。

1.2 旅游废弃物生态足迹模型

旅游废弃物的实质是旅游生态系统消耗自然资源后的产物,旅游废弃物的自然资源的占用性或消耗性是其产生环境与生态影响的原因。故可以利用生态足迹模型进行测度。生态足迹(ecological footprint)最早是由加拿大生态经济学家 William Rees 等在 1992 年提出并在 1996 年由其博士生 Wackernagel 等加以完善的一种测量人类对自然资源生态消费的需求(生态足迹)与自然所能提供的生态供给(生态承载力)之间的差距的方法。目前生态足迹模型在国内外可持续发展研究中得到广泛应用^[17~21]。生态足迹(ecological footprint)是指一定区域维持人类生存与发展的自然资源消费量以及吸纳人类产生的废弃物所需的生物生产性土地面积,但是目前国内外对生态足迹的应用研究中,通常只是计算特定区域的人口生存与发展的自然资源消费量,而忽略测定特定区域人口产生的废弃物所需的生物生产性土地面积,导致生态足迹计算结果值偏低,且不能完全描述完整的生态过程。旅游活动是人类的一种生活方式,也是一种生态消费活动,其通过对旅游资源、旅游设施与旅游服务的占用、耗费与消费,从而对旅游地的生态系统产生深刻影响。国内章锦河等提出了旅游生态足迹分析模型并从旅游者的生态消费及结构特征出发,构建了旅游交通、住宿、餐饮、购物、娱乐、游览等 6 个旅游生态足迹计算的子模型,并以黄山为例进行了实证分析^[19],但没有考虑旅游废弃物的生态足迹,对旅游活动产生的环境与生态影响考察不够全面。

旅游活动作为一种生态消费活动,在消费自然资源的同时,也产生旅游废弃物,如废水、废气、废渣、粪便、固体垃圾等。根据旅游地旅游生态系统的物质循环特点,结合我国旅游地旅游废弃物的处理方式与现状,旅游废弃物生态足迹的计算主要侧重于气态(CO_2)、固态(固体垃圾/旅游垃圾)、液态(污水、粪便排放)等 3 个方面,相应的生物生产性土地分为林地(吸纳 CO_2 排放量)、建成地(污水、粪便及垃圾处理设施)与能源地(污水、粪便及垃圾处理耗能)3 个类型。旅游废弃物生态足迹的计算模型为公式(1):

$$TEF_{\text{waste}} = \frac{Q_{\text{CO}_2}}{a} + \sum \frac{Q_i}{b_i} + \sum S_i \quad (1)$$

式中, Q_{CO_2} 为 CO_2 的排放总量, a 为消纳单位 CO_2 所需的林地面积(土地吸纳系数), Q_i 为第 i 种旅游废弃物的排放总量, b_i 为处理单位 i 种旅游废弃物所需的化石能源地面积, S_i 为处理第 i 种旅游废弃物设施的建成地面积。

1.3 计算方法

(1) 消纳 CO_2 所需的林地计算 CO_2 的排放形式主要有旅游交通排放(旅途往返、景区间、景区内交通等)、旅游企业排放(宾馆、饭店等)、居民与游客呼吸排放等。

旅游交通的 CO_2 排放可根据研究区域尺度的差异, 采取不同的方法。由于游客的流动性以及获取特定交通工具耗能总量资料的不易, 旅游交通 CO_2 的排放可用公式(2)计算:

$$TQ_{CO_2} = \sum_{m=1} (\beta_m \times P_m \times D_m) \quad (2)$$

式中, TQ_{CO_2} 为交通 CO_2 的排放总量, m 为旅游交通工具类型, β_m 为 m 类型旅游交通工具的 CO_2 排放系数, P_m 为乘坐 m 类型旅游交通工具的人数, D_m 为 m 类型旅游交通工具的行驶距离。不同交通工具的 CO_2 排放系数^[16], 飞机一般为 0.12 ~ 0.14 kg/pkm、火车为 0.025 kg/pkm、长途客车为 0.018 kg/pkm、轿车 0.075 kg/pkm、轮船与渡船为 0.07 kg/pkm、机动脚踏两用车为 0.01 kg/pkm。人数与距离应通过市场调查获取。

旅游企业的 CO_2 排放涉及面大, 考虑到宾馆饭店是旅游业构成以及为旅游者服务的主体, 该类型 CO_2 的排放可根据公式(3)进行计算:

$$HQ_{CO_2} = \sum_M (\gamma_m \times N_m \times R_m) \quad (3)$$

式中, HQ_{CO_2} 为旅游企业 CO_2 的排放总量, m 为旅游饭店类型, γ_m 为 m 类型旅游饭店的 CO_2 排放系数, N_m 为 m 类型旅游饭店的床位数, R_m 为 m 类型旅游饭店客房出租率。不同旅游饭店的每床每天 CO_2 排放系数^[16], 一般星级饭店为 20.6 kg、野营地为 7.9 kg、乡村旅馆 14.3 kg、度假村为 15.9 kg。床位数与客房出租率应通过市场调查获取。

居民与游客呼吸排放 CO_2 可根据每人每天排放量约 0.9 kg, 结合案例地接待游客的人天数与居民人天数, 可计算出 CO_2 的排放总量。Wackernagel 和 Rees 推算, CO_2 的土地吸纳系数^[22] (emissions-to-land (assimilation) factor) 为 6.6 t/hm², 据此可计算消纳 CO_2 所需的林地面积。

(2) 处理旅游废弃物所需化石能源地计算 根据旅游地旅游生态系统的物质循环特点, 结合我国旅游地旅游废弃物的处理方式与现状(目前我国旅游垃圾的“无害化处理”方式有卫生填埋、堆肥、焚烧 3 种)。目前固态垃圾处理平均每吨耗能按电能计约 231.3324 kWh, 液态(污水、粪便排放)污染处理每吨耗能按电能计约 0.893119 kWh。根据主要能源热量换算表, 1000 kWh 电能相当于标准煤 0.129 t, 1 t 标准煤可产生 20.934 GJ 的能量, 而标准煤的全球平均能源足迹为 55 GJ/hm²。因此目前我国每处理 1 t 固体垃圾的化石能源地面积为 0.011358362 hm² (即固体旅游垃圾处理化石能源地转换系数)、每处理 1 t 液态垃圾的化石能源地面积为 4.38519 × 10⁻⁵ hm² (即液态旅游垃圾处理化石能源地转换系数)。

(3) 处理旅游废弃物建成地计算 主要考虑污水、粪便、垃圾处理设施与场所的实际占地面积, 数据获取应通过实地调查。

2 九寨沟、黄山风景区实证分析

2.1 区域背景

“九寨归来不看水”、“黄山归来不看山”, 九寨沟与黄山都是享誉海内外的世界级风景名胜, 同属成长性旅游目的地。自对外开放以来, 客流量增长迅速, 2004 年九寨沟、黄山的游客量分别达到 191.2 万人次与 160.2 万人次。

九寨沟旅游环境问题具有阶段性。(1) 1984 年以前的原生态阶段。九寨沟没有正式对外开放, 当时自然风光保持着原始的风光, 尽管当时九寨沟的自然环境也会发生各种各样的变化, 如地震、滑坡、泥石流、森林火灾、森林虫害等, 但人为因素的影响极小, 主要是自然的变故与灾害。(2) 1984 ~ 2001 年的生态变迁阶段。

1984 年以后,旅游开发与游客的进入,原生态的环境演变为旅游环境,生态变迁开始,由于管理缺陷的存在以及开发初期经验的不足,旅游环境问题开始显现。尤其是 1997 年以后,旅游环境发生了明显的变化,水体已经有富营养化的趋势,湖泊有沼泽化倾向。(3)2002 年以来的生态保护阶段。由于九寨沟实施如“沟内游、沟外住”、“限量旅游”等政策,人行栈道的建设,环保大巴的开通,生态厕所的建设,水质、大气、噪声、地震、滑坡、泥石流等监测工作的开展等,使九寨沟生态环境得到有效保护。水是九寨沟的灵魂,水也是九寨沟自然环境优劣的“指示器”,通过近几年的水质监测,发现水质状况良好,没有受到污染。

黄山的环境问题同九寨沟类似,也具有阶段性,1990 年以前旅游废弃物曾对黄山水体、局部地段的空气、旅游景观等造成了影响,1991 年后加强治理,生态环境得到极大改善。

目前,九寨沟与黄山的水体、大气、土壤、生物、地质、地貌等自然生态的“显性”因子状态良好,但这种良好状态的背后依然存在“隐性”生态问题,如九寨沟“沟内游、沟外住”与黄山的“山上游、山下住”模式,将产生风景区生态责任的外迁或外置,导致沟外或山下新的生态环境问题产生;当地居民为了接待与迎合游客,将会过度地消耗当地自然资源,同时由于旅游经济孤岛效应的存在而对自然资源的依赖程度会增强,致使旅游地的人地关系渐趋紧张。

2.2 资料来源及处理

2004 年 7、8 月份,在九寨沟、黄山风景区进行了实地调研,经计算处理,获得相关数据。旅游废弃物生态足迹计算所需数据可分为 3 类:(1)基础数据。包括各类型的旅游交通、住宿、餐饮、废弃物处理等设施的总量及构成,各类能源消耗总量及构成,各类废弃物排放总量及构成等。这些数据来源于相关统计年鉴以及统计年报等。(2)调查数据。包括游客地域构成,游客区际、区内平均旅行距离,游客交通工具选择,游客平均旅游天数,各类住宿、餐饮设施的数量、构成以及游客使用率等,调查对象包括九寨沟、黄山风景区的游客与当地各类旅游企事业单位。(3)标准数据。包括各种交通工具的 CO_2 排放系数、旅游饭店的 CO_2 排放系数、固体、液体旅游垃圾处理化石能源地转换系数、 CO_2 的土地吸纳系数等,数据来源于相关研究文献。

2.3 计算结果及分析

2.3.1 旅游交通的 CO_2 排放量

2004 年九寨沟风景区旅游接待人次达 191.2 万人次。九寨沟旅游主要依托成都市作为进出的口岸,外来的旅游者往往先集中于成都,且国内长线旅游交通方式主要是火车,“成都—都江堰—松潘—九寨沟”又是九寨沟旅游的主要线路,全长约 460km。根据火车网(<http://www.huoche.com.cn>)的“站站查询”系统,获得成都市到各省市的省会城市的距离,再加上成都到九寨沟的公路距离 460km,计算得到各客源地到九寨沟的旅行距离,再根据游客平均旅行距离指数,计算结果表明 2004 年九寨沟游客单程平均旅行距离为 2015.89km,其中区外距离约 1541.29km(客源地—成都,65% 火车,25% 长途汽车,10% 飞机),区内距离约 460km(成都—九寨沟,85% 长途汽车,15% 飞机),沟内距离 14.6km(环保车)。根据公式(2)计算,2004 年九寨沟旅游交通的 CO_2 排放总量达到 252159.3t(表 1)。

表 1 2004 年九寨沟旅游交通的 CO_2 排放量

Table 1 Tourist transport emissions of CO_2 in Jiuzhaigou ecosystem (2004)

项目 Item	距离 Distance (km)	游客比例 Proportion of tourist	交通方式 Model of transport	CO_2 排放系数 Index of CO_2 emission (kg/pkm)	CO_2 排放量 Quantity of CO_2 emission (t)	类型比例 Proportion of type (%)
客源地—成都 Original market to Chengdu City	1541.29	0.65	火车 Rail	0.025	95775.8	37.98
	1541.29	0.25	汽车 Coach	0.018	26522.5	10.52
	1541.29	0.1	飞机 Air	0.12	70726.7	28.05
成都—九寨沟 Chengdu City to Jiuzhaigou National Park	460	0.85	汽车 Coach	0.018	26913.3	10.67
	460	0.15	飞机 Air	0.12	31662.7	12.56
九寨沟内 Inside of Jiuzhaigou National Park	14.6	1	环保车 Environmental bus	0.01	558.3	0.22
合计 Total					252159.3	100.00

2004 年黄山风景区旅游接待人次为 1601868 人次,主要依托黄山市作为主要的旅游集散地。由于黄山风景区靠近主要客源市场,可进入性较好,计算结果表明 2004 年黄山游客单程平均旅行距离约为 1000km,其中区外距离约 940km(客源地—黄山市),区内距离约 65km(黄山市—黄山风景区)。根据公式(2)计算,2004 年黄山风景区旅游交通的 CO₂排放总量达到 104162.1t(表 2)。

表 2 2004 年黄山风景区旅游交通的 CO₂排放量Table 2 Tourist transport emissions of CO₂ in Huangshan mountain ecosystem (2004)

项目 Item	距离 Distance(km)	游客比例 Proportion of tourist	交通方式 Model of transport	CO ₂ 排放系数 Index of CO ₂ emission(kg/pkm)	CO ₂ 排放量 Quantity of CO ₂ emission(t)	类型比例 Proportion of type(%)
客源地—黄山市	940	0.47	火车 Rail	0.025	35385.3	33.97
Original market to	940	0.41	汽车 Coach	0.018	22225.0	21.34
Huangshan City	940	0.12	飞机 Air	0.12	43365.8	41.63
市区—风景区 Huangshan City to Huangshan National Park	65	0.85	汽车 Coach	0.018	3186.1	3.06
合计 Total					104162.1	100.00

根据表 1 与表 2 的结果分析:(1)九寨沟风景区旅游交通 CO₂排放量是黄山风景区的 2.42 倍,其主要原因是客源市场半径的差异所致,长途旅游是导致旅游交通 CO₂排放量增大的主要因素。(2)两地游客选择旅游交通工具方式的差异,影响 CO₂排放量。从排放总量来看,九寨沟、黄山飞机的 CO₂排放量最大,分别占全部排放量的 40.61%、41.63%;其次是铁路交通,分别占 37.98%、33.97%;公路较小,分别占 21.41%、24.40%。飞机旅行是旅游活动产生对区域乃至全球气候变化的主要影响因子之一。(3)从 CO₂排放量的空间分布来看,目前旅游交通的 CO₂排放量对风景区本身的影响很小,但对风景区外的影响巨大。如 CO₂排放对九寨沟风景区、成都—九寨沟沿途区域、成都市以外的其他地区的生态影响比例分别为 0.22%、23.23%、76.55%。

2.3.2 旅游企业、居民、游客的 CO₂排放量

2001 年 5 月 1 日起,九寨沟管理局实施“沟内游,沟外住”措施(目前沟内仍有少量可供自助游的小旅馆,主要集中于荷叶、树正、则查洼这 3 个寨子),使得沟外的漳扎镇的旅游饭店迅猛发展,到 2004 年底,九寨沟漳扎镇已有旅游宾馆饭店 135 家,其中五星级酒店 3 家、四星级 6 家、三星级 14 家、二星级及以下 112 家,拥有客房数达 8270 间,床位数 18564 床。截至 2004 年底,黄山风景区内有标准间床位 2440 张,独立卫生间的平铺、高低铺床位达 2197 张,另有公共卫生间的平铺、高低铺及加铺等 1939 张,床位数达 6576 床,风景区外的汤口镇拥有宾馆酒店 130 余家,其中三星级酒店 4 家,二星级酒店 3 家,总接待床位近 7000 张。根据公式(3)计算,2004 年九寨沟与黄山风景区旅游企业的 CO₂排放量分别为 53868.09t、39394.2t。

九寨沟 2004 年的旅游接待人次为 191.2 万人次,平均逗留 1.8d,沟内常住居民 1007 人;黄山游客接待量 1601868 人次,平均逗留 1.64d,山上常住人口 3127 人。根据风景区每人每天平均产生 0.9kgCO₂ 计算,2004 年九寨沟、黄山风景区游客的 CO₂排放总量分别为 3097.44 t、2364.36 t,九寨沟、黄山风景区居民的 CO₂排放总量分别为 330.80 t、1027.22 t。

2.3.3 旅游液态与固态废弃物排放量

根据九寨沟游客与居民的多年人均各种物质消耗量、多年的污水排放、垃圾排放等统计数据计算,2004 年九寨沟风景区每人每天平均产生 95.47kg 废水、1.45kg 粪便、1.12kg 旅游垃圾(人均产生的 0.001252kg SO₂、0.0023035kg NO_x、0.0007408kg CO 未纳)。黄山风景区多年(1987~2004 年)的资料统计分析表明,黄山风景区山上住宿游客平均每人每天污水排放量约 50L,山下住宿游客平均每人每天污水排放量约为 100L,游客多年平均每人每天污水排放量为 88.07L,粪便排放量每人每天 1.5kg,旅游垃圾每人每天产生量约 0.9kg。根据上述及相关统计数据计算,2004 年九寨沟、黄山风景区旅游固体与液态废弃物排放量如表 3 所

示。由表 3 可知,九寨沟游客的旅游废弃物排放总量约为当地居民的 9.4 倍,黄山约为 2.3 倍。游客的旅游活动行为对旅游地生态影响的作用明显。

表 3 2004 年黄山旅游废弃物排放量

Table 3 Main wastes produced by tourism in the Huangshan ecosystem (2004)

	项目 Item	污水排放量 Quantity of waste water(t)	粪便排放量 Quantity of dejection(t)	固体垃圾 Quantity of solid rubbish(t)
九寨沟	游客 Tourist	328569.55	4990.32	3854.59
Jiuzhaigou National Park	居民 Resident	35090.48	532.95	411.66
	合计 Total	363660.03	5523.27	4266.25
黄山	游客 Tourist	231365.48	3940.60	2364.36
Huangshan National Park	居民 Resident	100519.13	1712.03	1027.22
	合计 Total	331884.62	5652.63	3391.58

2.3.4 旅游废弃物生态足迹

根据旅游废弃物生态足迹计算模型(公式 1)、计算方法以及表 1、表 2、表 3 的相关数据计算,2004 年九寨沟旅游废弃物生态足迹总量为 46960.5678hm²,人均 0.024560966hm²;黄山风景区则分别为 22331.4490hm²与 0.01394088 hm²(表 4、表 5)。

表 4 九寨沟风景区旅游废弃物生态足迹(2004)

Table 4 The ecological footprint of tourist wastes of Jiuzhaigou National Park in 2004

项目 Item	总生态足迹 Total ecological footprint(hm ²)	人均生态足迹 Per capita ecological footprint(hm ² /p)	比例 Proportion of total ecological footprint(%)	土地类型 Type of land
飞机 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by Air	15513.5508	0.008113782	33.04	林地 Forest land
火车 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by Rail	14511.4789	0.007589686	30.90	林地 Forest land
汽车 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by Coach	8180.9294	0.004278729	17.42	林地 Forest land
企业 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by industry	8161.8314	0.00426874	17.38	林地 Forest land
游客 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by tourist	469.3091	0.000245455	1.00	林地 Forest land
居民 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by resident	50.1211	2.6214 × 10 ⁻⁵	0.11	林地 Forest land
小计 Subtotal	46887.2207	0.024522605	99.84	林地 Forest land
污水 Waste water	15.9472	8.34058 × 10 ⁻⁶	0.03	化石能源地 Fossil land
粪便 Dejection	0.2422	1.26677 × 10 ⁻⁷	0.00	化石能源地 Fossil land
小计 Subtotal	16.1894	8.46725 × 10 ⁻⁶	0.03	化石能源地 Fossil land
固体垃圾 Solid rubbish	48.4577	2.5344 × 10 ⁻⁵	0.10	化石能源地 Fossil land
废弃物设施 Waste treatment facilities	8.7000	4.55021 × 10 ⁻⁶	0.02	建成地 Build-up areas
合计 Total	46960.5678	0.024560966	100.00	

(1)从总量上看,九寨沟旅游废弃物的总量与人均量都比黄山大,约为黄山的 2.1 倍与 1.76 倍。由于风景区规模的差异,旅游废弃物对生态影响的程度不同。九寨沟、黄山旅游废弃物生态足迹分别占九寨沟风景区面积 642.973km²的 73.04%,黄山风景区面积 160.6km²的 139.05%。

(2)从构成上看,在旅游废弃物生态足迹中,吸纳 CO₂ 所需的林地面积最大,九寨沟与黄山分别占 99.84%与 99.70%,而废水、粪便、固体垃圾、废弃物处理设施的足迹很小,4 类合计仅占 0.16%~0.3%。由于风景区性质的差异,九寨沟的自然景观(钙华)对 CO₂ 的敏感性高,CO₂ 对九寨沟的影响大于黄山。在现实生态环境管理措施中,往往针对“显性”的环境因子,如重视加强对风景区废水、粪便、固体垃圾、废弃物处理设施的改善与完善,而对生态影响更大、范围更广、时间更持久的“隐性”生态因子,如 CO₂ 排放的生态影响重

视不够。2004 年九寨沟与黄山旅游业的 CO₂ 的排放量分别高达 309455.66、146947.84t, 游客人均 CO₂ 排放量分别为 161.85、91.74kg。

CO₂ 是全球气候变化与温室效应的主要影响因子之一, 加大 CO₂ 减排力度, 已成为全球共识以及各国政府的主要工作目标之一。清洁发展机制(CDM)、可持续发展政策与度量机制(SD-PAM_s, sustainable development policy and measures)的实施、CO₂ 排放权及其交易市场的兴起、不同产业部门的生态效率(单位收益产出的 CO₂ 排放量)优势比较的要求, 使得加强与重视旅游业发展对区域乃至全球气候变化影响的研究十分紧要。

(3) 从主体上看, 旅游废弃物生态足迹中游客直接排放部分约占 1%, 居民约占 0.26%, 而相关企业(交通、饭店)约占 98.74%。旅游企业是旅游废弃物排放的主体, 但减少游客规模, 减少游客长途旅游方式是降低旅游废弃物生态影响的关键。

(4) 从空间上看, 旅游废弃物对风景区区内与区际的影响差异大。2004 年九寨沟旅游废弃物生态足迹的空间分割比例, 风景区本身占 1.26%, 成都—九寨沟沿途区域占 34.8%、成都—九寨沟沿途区域以外占 63.94%。2004 年黄山旅游废弃物生态足迹的空间分割比例, 风景区本身占 14.6% (主要原因是山上有大量宾馆), 黄山市区域范围占 31.97%、黄山市区域以外占 53.43%。这表明旅游业发展不仅对旅游地本身, 而且对旅游地以外地区也产生了深刻的生态影响, 旅游业发展的生态影响具有跨地区扩散与全球范围内影响的特性。

表 5 黄山风景区旅游废弃物生态足迹(2004)

Table 5 The ecological footprint of tourist wastes of Huangshan National Park in 2004

项目 Item	总生态足迹 Total ecological footprint(hm ²)	人均生态足迹 Per capita ecological footprint(hm ² /p)	比例 Proportion of total ecological footprint(%)	土地类型 Type of land
飞机 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by Air	6570.5713	0.004101818	29.42	林地 Forest land
火车 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by Rail	5361.4037	0.00334697	24.01	林地 Forest land
汽车 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by Coach	3850.1626	0.002403545	17.24	林地 Forest land
企业 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by industry	5968.8118	0.003726157	26.73	林地 Forest land
游客 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by tourist	358.2359	0.000223636	1.60	林地 Forest land
居民 CO ₂ 排放 CO ₂ emission by resident	155.6393	9.71611 × 10 ⁻⁵	0.70	林地 Forest land
小计 Subtotal	22264.8246	0.013899288	99.70	林地 Forest land
污水 Waste water	14.5538	9.0855 × 10 ⁻⁶	0.07	化石能源地 Fossil land
粪便 Dejection	0.2479	1.54743 × 10 ⁻⁷	0.00	化石能源地 Fossil land
小计 Subtotal	14.8016	9.24024 × 10 ⁻⁶	0.07	化石能源地 Fossil land
固体垃圾 Solid rubbish	38.5228	2.40486 × 10 ⁻⁵	0.17	化石能源地 Fossil land
废弃物设施 Waste treatment facilities	13.3000	8.30281 × 10 ⁻⁶	0.06	建成地 Build-up areas
合计 Total	22331.4490	0.01394088	100.00	

(5) 从效率上看, 旅游业被认为是生态效率值低的产业, 从单位旅游收入的 CO₂ 排放量来计算, 2004 年九寨沟、黄山的旅游业的生态效率分别为 2.53kg CO₂-e/US \$、1.67kgCO₂-e/US \$, 国外风景区旅游业生态效率一般在 0.09 ~ 3.2 kgCO₂-e/US \$ 之间, 这表明九寨沟与黄山旅游业发展的生态效率值偏大, 对生态环境的影响深远。

3 结论与讨论

上述分析表明旅游废弃物的生态影响具有以下特征: (1) 阶段性(时间), 旅游地发展初期, 旅游废弃物影响主要表现为显性因子的环境污染, 而后期主要表现为隐性因子的非污染性生态影响, 其中尤其是旅游业 CO₂ 排放对全球气候变化的影响。(2) 扩散性(空间), 从地域上看旅游发展的生态影响并不只是集中于旅游地, 相反它会传播至更广的地域。受旅游地类型、规模、管理方式(如沟内游、沟外住, 山上游、山下住)、游客空间行为特征等因素作用, 旅游废弃物对旅游地区内与区际的生态影响差异大, 其中尤其以旅游废弃物的生

态影响责任外迁导致的旅游生态伦理问题,值得关注。(3)层次性(主体),一方面在旅游废弃物生态足迹中,吸纳 CO₂ 所需的林地面积最大,而废水、粪便、固体垃圾、废弃物处理设施的生态足迹很小;另一方面游客、居民的旅游废弃物排放量很小,而相关企业(交通、饭店)是旅游废弃物排放的主体。降低游客规模、缩短旅行距离、减少飞机旅行方式等是降低旅游废弃物生态影响的关键。

旅游生态影响评价是制定与实施有效生态保护政策与措施的基础,然而旅游生态影响评价在实践中依然存在很大困难,主要在于旅游生态影响的综合性与复杂性:旅游活动是由相互联系的各种活动要素形成的混合体,很难区分某一具体因素的影响程度;生态变化可能来自旅游者的旅游活动,也可能来自当地居民与其它经济活动;生态有其自身的自然变化,它往往叠加在旅游引起的变化之上,这使得旅游的生态影响难以剥离与测度;在旅游开发活动形成之前一般没有对旅游地自然本底状况的环境监测报告,这限制了对后期开发结果的比较评价;旅游活动的生态影响有直接、间接与诱发影响等多种情形;旅游的生态影响的关联性强,旅游活动引起的一种生态变化,也可能导致另外生态要素的变化等。本文从旅游生态系统的物质与能量循环的输出端角度,提出旅游废弃物生态影响评价模型,并进行实证比较研究,是对解决上述问题的有益探索,同时也将成为旅游生态影响研究的重要方向。

References:

- [1] Goldsmith, Edward. Pollution by tourism. *Ecologist*, 2006, 36(10):44—45.
- [2] Pezzullo P C. Toxic tourism: rhetorics of pollution, travel, and environmental justice. University of Alabama Press, 2007.
- [3] Alfred G, Gustav F, Josef L, *et al.* Optimal periodic development of a pollution generating tourism industry. *European Journal of Operational Research*, 2001, 134(3):582—591.
- [4] Kocasoy, Güney. The relationship between coastal tourism, sea pollution and public health: A case study from Turkey. *The Environmentalist*, 1989, 9(4): 245—251.
- [5] Neil Leiper. The waste of tourism. *Annals of Tourism Research*, 1997, 24(3):736—739.
- [6] Catalano G B, Rossi M, Denaro A, *et al.* Environmental conditions and tourism: noise pollution. *Ann Laringol Otol Rinol Faringol*, 1975, 74(2):113—124.
- [7] Mac Kinnon L M, Margaret L. An analysis of the waste management policies of prince edward island with respect to the tourism. National Library of Canada, 2005.
- [8] Cummings L E. Waste Minimisation supporting urban tourism sustainability: A mega-resort case study. *Journal of Sustainable Tourism*, 1997.
- [9] Cullen R. Tourism, water and waste in Westland: implications of increasing demand on infrastructure. Tourism Recreation Research and Education Centre, Lincoln, 2001.
- [10] Milne S. The impact of tourism development in small Pacific Island States: an overview. *Journal of Geography*, 1990, 89:16—21.
- [11] German Federal Agency for Nature Conservation (GFANC). Biodiversity and Tourism: Conflicts on the World's Seacoasts and Strategies for Their Solution. Berlin: Springer-Verlag, 1997.
- [12] Wu G L, Huang M Y, Duan R Y, *et al.* Disturbing effects of tourism on species diversity in *Pinus taiwanensis* communities. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(12):3924—3930.
- [13] Cheng Z H, Zhang J T, Wu B H, *et al.* Relationship between tourism development and vegetation environment in Luya Mountain Nature Reserve: vegetation landscape types and ordination. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6):1940—1946.
- [14] Yang B S, He P, Zhao T Q. Land use pattern changes from 1990 to 2000 in Zhangjiajie National Forest Park. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6):2027—2034.
- [15] Susanne B, Murray P. Measuring national carbon dioxide emissions from tourism as a key Step towards achieving sustainable tourism. *Journal of Sustainable Tourism*, 2006, 14(4): 323—338.
- [16] Stefan G, Paul P, Jean P C, *et al.* The eco-efficiency of tourism. *Ecological Economics*, 2005, 54: 417—434.
- [17] Zhang J H, Zhang J. Progress and modification in overseas research on ecological footprint mode. *Resources Science*, 2006, 28(6):196—203.
- [18] Zhang J H, Zhang J. Progress and implication in domestic research on ecological footprint model. *Areal Research and Development*, 2007, 26(2): 90—96.
- [19] Zhang J H, Zhang J. Tourist Ecological Footprint Model and Analysis of Huangshan City in 2002. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(5):763—771.

- [20] Zhang J H, Zhang J, Liang Y L, *et al.* An analysis of tourist ecological footprint and eco-compensation of Jiuzhaigou in 2002. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(5): 735 — 744.
- [21] Chen C Z, Lin Z S, Chen L L. A nonlinear dynamic analysis of ecological footprint and biocapacity. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(11): 3812 — 3816.
- [22] Wackernagel M, Rees W. *Our ecological footprint: reducing human impact on the earth*. Gabriola Island: New Society Publishers, 1996.

参考文献:

- [12] 吴甘霖,黄敏毅,段仁燕,等. 不同强度旅游干扰对黄山松群落物种多样性的影响. *生态学报*, 2006, 26(12): 3924 ~ 3930.
- [13] 程占红,张金屯,吴必虎,等. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系——植被景观的类型及其排序. *生态学报*, 2006, 26(6): 1940 ~ 1946.
- [14] 阳柏苏,何平,赵同谦. 张家界国家森林公园土地利用格局变化. *生态学报*, 2006, 26(6): 2027 ~ 2034.
- [17] 章锦河,张捷. 国外生态足迹模型修正与前沿研究进展. *资源科学*, 2006, 28(6): 196 ~ 203.
- [18] 章锦河,张捷. 国内生态足迹模型研究进展与启示. *地域研究与开发*, 2007, 26(2): 90 ~ 96.
- [19] 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.
- [20] 章锦河,张捷,梁玥林,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.
- [21] 陈成忠,林振山,陈玲玲. 生态足迹与生态承载力非线性动力学分析. *生态学报*, 2006, 26(11): 3812 ~ 3816.