

旅游地生态安全测度分析

——以九寨沟自然保护区为例

章锦河¹, 张捷², 王群¹

(1. 安徽师范大学国土资源与旅游学院, 芜湖 241000; 2. 南京大学地理与海洋科学学院, 南京 210093)

摘要: 从人地关系安全、旅游生态伦理以及全球气候变化的视角, 提出广义与狭义的旅游地生态安全概念, 建立基于生态足迹的旅游地生态安全测度与评价模型, 并以九寨沟为例, 探讨旅游消费对旅游地区内与区际生态安全影响的特性。结果表明: (1) 2004 年九寨沟游客的旅游生态足迹总值为 163514.0248hm², 人均旅游生态足迹为 0.105190274hm², 居民的人均本底生态足迹为 0.994925 hm², 同 2002 年比较, 旅游生态足迹总值增加 115.10%, 人均旅游生态足迹增加 72.44%, 居民人均本底生态足迹增加 3.47%。(2) 2004 年九寨沟旅游废弃物生态足迹总量为 46960.5678hm², 约占旅游生态足迹总值的 42.35%, 其中旅游业的 CO₂ 排放量高达 309455.66t, 占旅游废弃物生态足迹的 99.84%, 加强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) 2004 年九寨沟的生态安全系数处于 1.093158~1.159388 之间, 处于可持续发展的生态安全状态, 九寨沟自然保护区发展旅游业对自身生态安全的影响小于对区际(全球)的生态安全影响。(4) 未来游客量的增加、旅行市场半径的拓展、受旅游消费示范效应的影响而引起的居民消费方式的转变以及居民对自然环境资源依赖程度的加强态势, 是影响九寨沟生态安全的主要因素。

关键词: 生态安全; 旅游生态足迹; 旅游地生态安全指数; 全球气候变化; 九寨沟

文章编号: 1000-0585(2008)02-0449-10

1 引言

随着全球气候变化不断加速和环境问题的不断加剧, 生态安全研究已成为国内外研究的热点, 国外对生态安全的研究始于上世纪 70 年代末, 我国则始于上世纪 90 年代。目前国内外有关生态安全的研究主要集中在对生态安全概念的探讨、定量评估方法与准则的确定、不同尺度区域以及不同产业部门的生态安全评价实证研究等方面^[1~8], 并取得了大量的相关研究成果。然而目前国内外的相关研究, 存在两大问题: 一是生态安全的实质是人地关系和谐, 人地关系安全研究是生态安全研究的核心内容之一, 但目前“人”对“地”的影响研究主要关注人地关系中人的“生产者”属性的人地关系安全研究, 而比较忽视人的“消费者”属性的人地关系安全研究。二是生态安全的伦理是全球生态系统安全, 但近年来大量的研究文献, 主要是针对特定区域的生态安全, 而忽略了人类活动对生态安全影响的整体性、隐性、区际性与生态责任转移性的分析, 其着眼于特定的区域, 忽视了人类

收稿日期: 2007-07-29; 修订日期: 2007-10-15

基金项目: 安徽省人文社会科学重点研究基地重大项目(2005SK066ZD)、高校自然科学基金(2005KJ017)项目。

作者简介: 章锦河(1970-), 男, 安徽望江人, 教授, 博士。主要从事旅游规划与管理、旅游生态与环境影响研究。E-mail: zhangjinhe818@263.net

活动对生态的影响在性质上有正面与负面影响之分,在表现上有显性与隐性影响之别,在范围上有区际与区内影响之差异,在伦理上有生态责任承担与转移之不同,忽视人类生态消费的流动性,未考虑生态影响的跨地区性扩散、生态责任区际空间转移及其全球范围内影响的特征,尤其忽略旅游活动中CO₂的排放及其对全球气候变化的影响研究。因此,如何从更宽的视角,全面审视与研究生态安全、谋求可持续发展,是理论与实践亟待回答的问题。基于从供给与需求两个层面来衡量人类对自然资源利用程度以及自然界为人类提供生命支持程度的生态足迹分析法,则有助于从全球尺度和人类生态消费的视角理解人类活动与生态安全关系的本质。

旅游是一种复杂的社会、经济、文化活动,其本质是生态消费活动,立足人地关系中人的“消费者”属性的角度,注重旅游消费的生态性与流动性来研究旅游地生态安全,将是重要的研究趋向。目前生态足迹模型在国内外可持续发展研究中已得到广泛应用^[9,10],根据目前国内外已有的生态足迹在旅游研究中的成果^[11~19],表明旅游生态足迹将是旅游生态安全及旅游可持续发展研究的重要内容。本文拟建立基于生态足迹的旅游地生态安全测度与评价模型,并以九寨沟为例,探讨人类消费对生态安全影响的特性,生态安全效应的空间特征,以期有利于拓展生态安全研究的视角与方法,有利于旅游地的可持续发展。

2 旅游地生态安全的概念与测度方法

2.1 概念阐释

目前国内外有关生态安全的概念未取得公认的定义,而正是基于对生态安全概念的探讨与争论,促使生态安全研究的不断深化与拓展。一般而言,生态安全是指人地关系系统在内部以及外部各种因素的作用下,能够保持“人”与“地”都不受到损伤、侵害或威胁,即人类社会的生存与发展能够持续,自然生态系统能够保持健康和完整的一种状态。生态安全具有整体性与全球性、自然性与社会性、长期性与多元性、区域性与层次性、外部性与公共性等特点,生态安全的实现是一个动态过程,需要通过不断降低生态风险,改善生态脆弱性。生态风险表征了环境压力造成生态系统威胁的概率和后果,相对而言其更多地考虑突发事件的危害,如地震、泥石流、滑坡等灾害对生态系统结构和功能造成的损害,其特点是具有不确定性、危害性和客观性,对危害管理的主动性和积极性较弱;生态脆弱性是生态安全的核心,人类通过对生态脆弱性的分析和评价,可以明确生态安全的威胁因子、作用方向与程度等,在此基础上可利用各种手段不断改善脆弱性,降低风险。

旅游地是由于旅游流的产生、分配、集聚与扩散而形成并成长的复杂、开放的地域综合体^[20]。随着旅游业的快速发展,旅游流所引发的经济、社会、文化、环境、生态等方面的负面影响越来越受到人们的关注,旅游地的生态安全研究正成为旅游研究的重要领域。根据上述生态安全的概念,旅游地生态安全可以界定为:旅游地的人地关系系统不受系统内外部不利因素的损伤、侵害或威胁,能保持并处于持续、健康和完整的状态。

由于旅游流具有跨区域的流动性,导致旅游业发展的生态影响与生态责任在不断进行区际转移,在空间上不断扩散,以致旅游活动的生态影响具有全球性。因此,根据旅游对环境影响的空间扩散效应、旅游地尺度大小以及生态伦理理念的要求,旅游地生态安全的概念有广义与狭义之分。广义的旅游地生态安全是指旅游地发展旅游业不仅自身处于生态安全状态,并且不会因自身发展旅游业而导致区际乃至全球的生态安全受到威胁。狭义的旅游地生态安全仅指旅游地发展旅游业自身处于生态安全的状态。

2.2 测度方法

2.2.1 TDESI 模型 目前生态安全理论已广泛应用于国家、城市、区域、土地、农业、水环境等的生态安全评价、监测与维护等方面。但关于旅游地生态安全的研究还相对较少，还没有提出完整的旅游地生态安全评价指标体系和评价方法。目前对生态安全的评价方法主要有 Green 和 Hunter 等提出的旅游环境影响的 EIA (environmental impact assessments) 评价分析法、O'Reilly 和 McCool 等提出的旅游容量的 CCC (carrying capacity concept) 概念体系和旅游发展的 LAC (limits of acceptable change system) 预警系统以及“压力—状态—响应”(P-S-R) 模型、综合指数法、物元分析法、BP 神经网络法、景观生态学方法、多层次权重分析决策法等，但这些方法牵涉的指标因素众多，具体操做困难，且主要是狭义上的旅游地生态安全，具有片面性。本文试图提出基于旅游生态足迹的旅游地生态安全评价方法，通过旅游地生态安全系数 (Ecological Security Index of Tourist Destination, TDESI) 来表征，具体测度如公式 (1)：

$$TDESI = E_c / (E_f + T_{ef}) \tag{1}$$

式中， E_f 指旅游地居民的人均本底生态足迹， T_{ef} 指旅游地游客的人均旅游生态足迹， E_c 指旅游地的本底生态承载力。

当 T_{ef} 全部叠加到 E_f 时， $TDESI$ 表示的是广义的旅游地生态安全；当 T_{ef} 根据旅游对环境影响的扩散系数^[17]，扣除向区际输送的“旅游生态足迹”以后再叠加到 E_f 时， $TDESI$ 表示的是狭义的旅游地生态安全。

广义与狭义的 $TDESI$ 契合了旅游生态伦理的要求，反映了旅游发展对旅游地以及全球范围内生态安全影响的不同状态、不同程度。根据广义与狭义 $TDESI$ 的大小，结合生态不安全状态的层次性，可以将旅游地生态安全分为四个等级，即安全、威胁安全、不安全、很不安全 (表 1)，10 种不同的生态安全影响类型 (图 1)。

表 1 基于生态足迹的旅游地生态安全等级划分

Tab. 1 Ecological security degree of tourist destination based on ecological footprint

类型	安全	威胁安全	不安全	很不安全
标准	$TDESI \geq 1.00$	$0.75 \leq TDESI < 1.00$	$0.50 \leq TDESI < 0.75$	$0.00 < TDESI < 0.50$

由图 1 可见，I 象限内， $0.00 < TDESI < 0.50$ ，旅游地、全球范围都处于生态“很不安全”状态；II 象限内， $0.50 \leq TDESI < 0.75$ ，旅游地、全球范围都处于生态“不安全”状态；III 象限内， $0.75 \leq TDESI < 1.00$ ，旅游地、全球范围都处于生态“威胁安全”状态；IV 象限内， $TDESI \geq 1.00$ ，旅游地、全球范围都处于生态“安全”状态；V 象限内，狭义 $TDESI < 0.50$ ，而广义 $0.50 \leq TDESI < 0.75$ ，表明旅游发展对旅游地自身的生态安全影响程度大于对区外乃至全球的影响程度，VII、IX 同样；而 VI、VIII、X 象限，则表明旅游发展对旅游地自身的生态安全影响程度小于对区外乃至

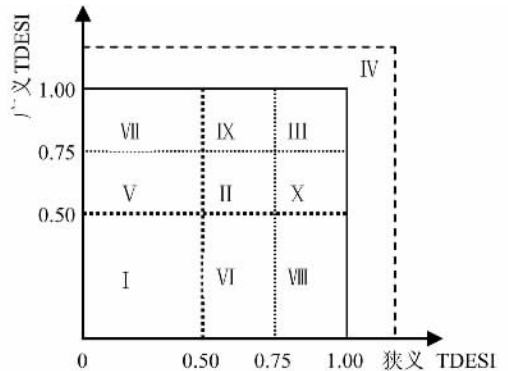


图 1 基于 TDESI 的旅游生态安全影响类型

Fig. 1 The affected types of ecological security of tourist destination based on TDESI

全球的影响程度。

2.2.2 TEF 模型 旅游生态足迹 (Tourist Ecological Footprint, TEF) 是指旅游地支持一定数量旅游者的旅游活动所需的生物生产性土地面积。由于旅游地所支持的人口包括当地居民与旅游者, 两者都消费当地自然资源、产品与服务, 因此旅游者的旅游生态足迹通过与当地居民生态足迹的“叠加”效应, 共同对旅游地可持续发展产生影响与作用^[17]。

测度旅游地居民的生态足迹, 应通过各种资源消耗的生物生产性面积计算、产量调整和等量化处理 3 个步骤, 具体测度如公式 (2)。

$$EF = N_{ef} = N \sum (aa_i) = N \sum (C_i/P_i) \quad (2)$$

式中: i 为消费商品和投入的类型; P_i 为 i 种消费商品的平均生产能力; C_i 为 i 种商品的人均消费量; aa_i 为人均 i 种交易商品折算的生物生产性土地面积; N 为人口数; ef 为人均生态足迹; EF 为总的生态足迹。由式 (2) 可知生态足迹是一定区域人口数和人均物质消费的一个函数, 表征为每种消费商品的生物生产性面积的总和。

由于旅游消费活动是一个连续的动态过程, 贯穿于整个旅游活动之中, 涉及游客在旅游过程中食、住、行、游、购、娱、旅游废弃物等各个方面, 因此旅游生态足迹的测度是基于以下三个基本事实: ①游客在旅行游览过程中, 为了满足自身生理、心理和享受的需要而进行各种物质产品和服务的消费, 同时产生旅游废弃物; ②可以确定游客消费的绝大多数自然资源及其所产生的废弃物的数量; ③这些自然资源和废弃物能转换成相应的生物生产性土地面积。根据旅游生态消费的特点, 旅游生态足迹主要由旅游交通、住宿、餐饮、购物、娱乐、游览、旅游废弃物等 7 种旅游生态足迹类型组成, 其概念测度如公式 (3):

$$TEF = \sum (N_i \times C_i/P_i) \quad (3)$$

式中, TEF 为总的旅游生态足迹, N_i 为第 i 种旅游生态足迹类型的游客人数; C_i 为第 i 种旅游生态足迹类型产品的人均消费量, P_i 为 i 种旅游生态足迹类型产品的平均生产能力。

TEF 模型中, 前 6 种类型旅游生态足迹的具体计算方法与步骤, 限于文章篇幅, 可参阅文献 [17], 值得一提的是目前国内外有关旅游生态足迹的案例实证研究, 忽略了旅游废弃物的生态足迹计算, 旅游活动对环境影响的程度被弱化, 旅游生态足迹的计算不全面。本文补充旅游废弃物的生态足迹测度子模型。

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) 3 个方面, 相应的生物生产性土地为林地 (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 (4):

$$TEF_{waste} = \frac{Q_{CO_2}}{a} + \sum \frac{Q_i}{b_i} + \sum S_i \quad (4)$$

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。

根据旅游消费的构成, 旅游生态足迹是旅游交通、住宿、餐饮、购物、娱乐、游览观光、旅游废弃物生态足迹等 7 个子模型计算结果的总和。旅游生态足迹帐户核算体系中,

生物生产性土地根据生产力大小的差异可划分为化石能源地，可耕地，草地，林地，建成地，水域等 6 大基本类型。

3 九寨沟自然保护区实证分析

3.1 区域背景

九寨沟自然保护区位于四川省阿坝藏族羌族自治州九寨沟县，地处东经 $103^{\circ}46' \sim 104^{\circ}4'$ ，北纬 $32^{\circ}54' \sim 33^{\circ}19'$ ，保护区总面积 64297.3hm^2 。因沟内有荷叶、树正、则查洼、盘亚、亚拉、尖盘、黑果、热西、郭都 9 个藏族寨子而得名。

九寨沟以翠海、叠瀑、彩林、雪山和藏族民俗文化等原始和天然个性魅力，自 1984 年正式开放以来，已成为世界级成长性旅游地。游客人数从 1984 年的 2.75 万人次增加到 2004 年的 191.2 万人次，年均增长率高达 23.63%。1997 年前游客人数增长缓慢，1998 年后迅速增长，2003 年受“非典”影响，游客人数下降到了 109.95 万人次。20 年来，九寨沟游客人数的增长呈现指数模式的快速增长态势（图 2）。

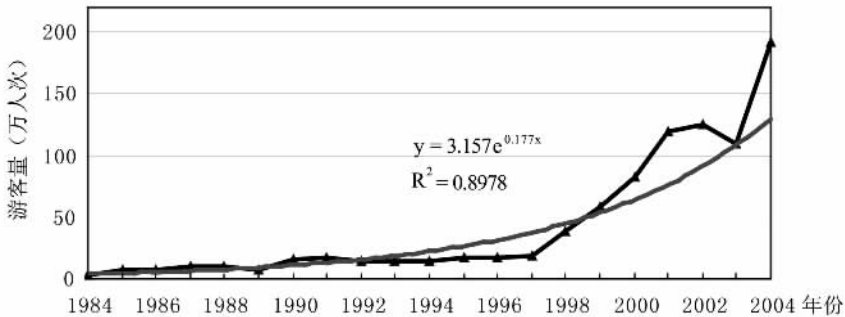


图 2 九寨沟游客量增长曲线 (1984~2004 年)

Fig. 2 The cumulative curve of Jiuzhaigou tourists from 1984 to 2004

3.2 资料来源

旅游生态足迹计算所需数据分为三类：(1) 基础数据。包括各类旅游交通、住宿、餐饮、娱乐、游览、购物等设施的总量及构成，能源消耗总量及构成，当地居民人均年生活消费食品类型、数量，各类生物生产性土地的当地当年生产力水平，游客总量及其消费总支出等，这些数据来源于四川省、阿坝州、九寨沟县统计年鉴以及九寨沟自然保护区、漳扎镇经济综合统计年报等。(2) 调查数据。包括各类旅游交通、住宿、餐饮、娱乐、游览、购物等设施的面积，各类旅游设施的游客使用率，游客构成，游客消费构成，游客区际、区内平均旅行距离，游客交通工具选择，游客平均旅游天数等，调查对象包括九寨沟游客、居民与当地各类旅游企事业单位。于 2004 年 7 月 18 日~8 月 2 日到成都、九寨沟、黄龙等地进行了大规模、大范围的调查，获得了研究区域自然、经济、文化、社会、游客、居民、旅游经营者、旅游管理部门等的相关资料，为本研究提供了基础资料来源。(3) 标准数据。包括各种交通工具的单位平均距离的能源消耗量，世界单位化石燃料生产土地面积的平均发热量，均衡因子、产量因子、不同交通工具的 CO_2 排放系数、 CO_2 的土地吸纳系数等，数据来源于交通统计年鉴以及相关研究文献。

3.3 结果分析

3.3.1 游客的旅游生态足迹 九寨沟 2004 年共接待中外游客 191.2×10^4 人次，根据公式 (3) 和上述资料来源：

(1) 若不考虑旅游废弃物的生态足迹, 则 2004 年九寨沟旅游者的旅游生态足迹总值为 116553.457hm², 人均旅游生态足迹为 0.06096hm², 同 2002 年九寨沟旅游生态足迹计算结果^[18]相比较, 尽管人均旅游生态足迹变化很小, 但由于游客量的大增, 其旅游生态足迹总值相比 2002 年的 76017.58776hm²增加 53.32%, 游客量的增加对环境的压力增大是主要因素。从土地类型结构来看, 其中化石能源地面积最大, 占 83.08%, 草地、建成地、耕地面积其次, 分别占 9.55%、2.92%、2.56%, 林地、水域面积相对较小, 分别占 0.39%、1.50%。从旅游生态足迹的类型结构来看, 旅游交通、餐饮与住宿等基本旅游消费部分的生态足迹大, 约占旅游生态足迹的 98.41%, 而游览、购物、娱乐等非基本旅游消费部分的生态足迹小, 约占 1.09%。

(2) 若计算包括旅游废弃物生态足迹 (表 2), 则 2004 年九寨沟旅游者的旅游生态足迹总值为 163514.0248hm², 人均旅游生态足迹为 0.105190274hm², 旅游废弃物占旅游生态足迹的 42.35%, 林地面积由 0.39% 上升到 42.20%, 旅游废弃物对环境影响大, 不能忽视。

表 2 2004 年九寨沟旅游生态足迹及结构比较

Tab. 2 The total touristic ecological footprints of Jiuzhaigou in 2004

土地类型	人均生态足迹(hm ²)	均衡因子	均衡人均生态足迹(hm ²)	比例(%)	旅游生态足迹类型结构	均衡人均生态足迹(hm ²)	比例(%)
化石能源地	0.029527824	1.8	0.053150083	50.53	旅游交通	0.052857231	50.25
建成地	0.001039932	3.2	0.003327782	3.16	旅游住宿	0.002810043	2.67
耕地	0.000909632	3.2	0.002910822	2.77	旅游餐饮	0.004319435	4.11
草地	0.003388319	0.4	0.001355328	1.29	旅游购物	1.54E-05	0.01
林地	0.024662764	1.8	0.044392975	42.20	旅游娱乐	5.11E-06	0.00
水域	0.000532829	0.1	5.32829E-05	0.05	旅游游览	0.00064	0.61
总计	0.0600613	/	0.105190274	100.00	旅游废弃物	0.044543055	42.35
					总计	0.105190274	100.00

(3) 根据旅游废弃物生态足迹计算模型 (公式 4) 以及相关数据计算, 2004 年九寨沟旅游废弃物生态足迹总量为 46960.5678hm², 占九寨沟风景区面积 642.973km² 的 73.04%, 在旅游废弃物生态足迹中, 吸纳 CO₂ 所需的林地面积最大, 占 99.84%, 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%。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 年九寨沟旅游业的 CO₂ 的排放量高达 309455.66t, 游客人均 CO₂ 排放量分别为 161.85kg。这表明加强与重视 CO₂ 对旅游自然环境影响的分析不容忽视。由于在现实的环境保护过程中, 没有也不可能专门拿出用于吸纳 CO₂ 排放的生物生产性土地, 往往是以空气质量的高低来衡量大气环境, 而目前九寨沟的大气环境质量很高, CO₂ 造成的环境影响没有显现, 故这一部分的生态足迹在以往的分析中常常被忽略, 但考虑到全球气候变化、CO₂ 排放权及其交易市场的兴起、不同产业部门的生态效率 (单位产出的 CO₂ 排放量) 优势比较的要求, 尤其是九寨沟自然风景 (钙华) 对 CO₂ 的敏感性高的特点, 加强对 CO₂ 排放的监测与对策研究十分紧要。同时,

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%。

3.3.2 居民的本底生态足迹 九寨沟自然保护区周边与保护区关系密切的地区主要是漳扎镇、白河乡、马家乡以及松潘县、平武县等，其中漳扎镇是九寨沟最主要的旅游集散中心，测度其居民的生态足迹具有典型性，代表九寨沟地区居民对自然资源生态消费需求的一般水平。根据公式 (2) 与漳扎镇 2004 年度的社会经济统计资料，2004 年漳扎镇居民的人均本底生态足迹为 0.994925 hm^2 (表 3)，同 2002 年九寨沟居民本底生态足迹计算结果 0.9616 hm^2 相比较^[18]，增加约 3.47%，表明旅游发展对当地居民的消费观念、消费模式、消费水平已经产生影响。同时由表 3 可见，九寨沟地区的人均生态承载力为 1.2026 hm^2 。

表 3 2004 年九寨沟漳扎镇居民的生态足迹计算结果值

Tab. 3 Ecological footprint summary of Zhangzhazhen in 2004

土地类型	生态足迹			土地类型	生态足迹		
	总面积 ($\text{hm}^2/\text{人}$)	均衡因子	均衡面积 ($\text{hm}^2/\text{人}$)		总面积 ($\text{hm}^2/\text{人}$)	均衡因子	均衡面积 ($\text{hm}^2/\text{人}$)
耕地	0.040845	2.8	0.114366	耕地	0.0401	0.78	0.0313
草地	0.777341	0.5	0.388671	草地	6.0750	0.05	0.3038
林地	0.398198	1.1	0.438018	林地	24.300	0.04	0.9720
化石燃料地	0.015984	1.1	0.017582	CO ₂ 吸收	0.0000	0.00	0.0000
建筑用地	0.012960	2.8	0.036288	建筑	0.0400	1.49	0.0596
居民的总生态足迹			0.994925	总供给面积	0.994925		1.3666
旅游者占用区内的旅游生态足迹			0.0423463	扣除生物多样性保护 12%			-0.1640
叠加后的九寨沟总生态足迹			1.037271	总可供面积			1.2026

3.3.3 旅游生态足迹的空间转移 由于旅游生态足迹测算的是维持游客的旅游活动所需的生物生产性土地面积，而游客来自不同的客源地，具有跨区域的流动性，旅游地为游客提供的产品和服务中除当地承担主要部分以外，还有一部分是由旅游地以外的地区供给，旅游生态足迹是旅游地及其以外地区共同承担的结果^[17]。根据对九寨沟旅游者生态消费的旅游产品及服务的贸易额的调整、九寨沟旅游废弃物生态足迹的空间分割比例分析，2004 年九寨沟旅游者的旅游生态足迹空间尺度的扩散影响，即旅游生态足迹的区内（九寨沟风景区以及成都—九寨沟沿途区域）、区际（成都—九寨沟沿途区域以外以至全球范围）的分割比例分别为 40.26%、59.74%。也即为维持九寨沟游客的正常旅游活动，游客占用九寨沟地区的生态足迹为人均 0.0423463 hm^2 (表 3)，占用九寨沟区外生态足迹 0.0628407 hm^2 。

3.3.4 旅游地的生态安全 旅游地的生态安全有广义与狭义之分，2004 年九寨沟自然保护区的人均生态承载力为 1.2026 hm^2 ，居民的人均本底生态足迹为 0.994925 hm^2 ，游客的人均旅游生态足迹为 0.105190274 hm^2 ，游客的人均旅游生态足迹的区内分割部分为 0.0423463 hm^2 。根据旅游地生态安全的测度模型及公式 (1)，九寨沟自然保护区的生态安全系数如表 4 所示。

由表 4 可见，九寨沟的生态安全系数处于 $1.093158 \sim 1.159388$ 之间，对照表 1 关于

旅游地生态安全的等级划分的标准,目前九寨沟地区处于可持续发展的生态安全状态。但应看到:(1)广义的生态安全系数 1.093158 低于狭义的生态安全系数 1.159388,由此可见九寨沟自然保护区发展旅游业对自身以及对区际的生态安全影响具有空间差异性,总体上对自身生态安全的影响程度小于对全球的影响,其主要原因在于游客的旅游长途交通的能源消耗与 CO₂ 排放所致,减少游客规模、减少游客长途旅游方式是降低旅游生态足迹的关键,也是降低对环境尤其是全球气候变化影响的关键。(2)旅游者的大量涌入,不但增加了“旅游生态足迹”需求,同时通过旅游消费的“示范效应”,引致当地居民的消费方式将发生转变,增大“区域本底生态足迹”,未来旅游者、居民两个方面生态足迹需求的大幅攀升,将造成对九寨沟生态系统的强大压力;(3)九寨沟地区自然生态系统脆弱,自然环境条件差,耕地的产量因子为 0.78,同时由于保护区加大了保护力度,大面积的草地与林地对当地居民生态消费贡献的产量因子很小,仅分别为 0.05、0.04,使得九寨沟的生态承载力偏低。随着当地居民人口的增加,摆脱贫困、提高收入水平诉求的增强,居民对自然资源的依赖程度将加强,对九寨沟的生态安全威胁将更大。

表 4 九寨沟自然保护区生态安全评价

Tab. 4 Ecological security index of Jiuzhaigou tourist destination

旅游地	旅游地生态安全类别	人均生态承载力(E_c)	居民人均本底生态足迹(E_f)	游客人均旅游生态足迹(T_{ef})	旅游地的生态安全系数($TDESI$)
九寨沟	广义生态安全	1.2026	0.994925	0.105190274	1.093158
	狭义生态安全	1.2026	0.994925	0.0423463	1.159388

4 结论与讨论

(1) 在生态安全研究中,目前存在的最大问题是定量评估方法与准则的确定。旅游地是一种特殊类型的区域,本文从人地关系安全、旅游生态消费属性、旅游环境伦理以及全球气候变化的视角,提出广义与狭义的旅游地生态安全概念与模型,有助于从更大尺度上(如全球范围内)考察旅游活动生态影响的跨地区性扩散、生态责任区际空间转移及其全球范围内影响的特征。

(2) 旅游地生态安全测度模型目前存在资料收集的困难性(相关数据的获取需要进行大样本量游客的旅行方式、旅行距离等空间行为的调查)。另外,今后研究在空间划分的相对性(旅游生态足迹的空间分割率关系到对广义与狭义旅游生态安全测度的准确性)、时间序列的连续性(建立连续的旅游生态安全时间序列谱)方面应加强与完善。

(3) 增加计算旅游废弃物生态足迹,2004年九寨沟旅游者的旅游生态足迹总值为 163514.0248hm²,人均旅游生态足迹为 0.105190274hm²,同2002年的计算结果相比较,旅游生态足迹总值增加 115.10%,人均旅游生态足迹增加 72.44%,游客量的增加、客源市场的拓展(游客空间旅行距离增加)等是旅游业对环境压力增大的重要因素。2004年九寨沟居民的人均本底生态足迹为 0.994925hm²,同2002年计算结果 0.9616hm²相比较,增加约 3.47%,表明旅游发展对当地居民的消费观念、消费模式、消费水平已经产生影响。

(4) 2004年九寨沟旅游废弃物生态足迹总量为 46960.5678hm²,人均 0.044543055hm²,约占旅游生态足迹总值的 42.35%,其中 CO₂的排放量高达 309455.66t,占旅游废

弃物生态足迹的 99.84%。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。

(5) 2004 年九寨沟的生态安全系数处于 1.093158~1.159388 之间, 处于可持续发展的生态安全状态。九寨沟自然保护区发展旅游业对自身生态安全的影响小于对区际(全球) 的生态安全影响。未来游客量的增加、旅行市场半径的拓展、受旅游消费示范效应的影响而引起的居民消费方式的转变以及居民对自然环境资源依赖程度的加强态势, 是影响九寨沟生态安全的主要因素。

参考文献:

- [1] Reyes Cathy. From resource scarcity to ecological security: Exploring new limits to growth. *Northeastern Naturalist*, 2006, 13 (3):458~458.
- [2] Weng C H, Zhang L P, Klumpp D. Definitions and progress of ecosystem health and ecological security. *Ecological Economy*, 2006, 2(3):327~336.
- [3] 彭少麟, 都艳茹, 陆宏芳, 等. 生态安全的涵义与尺度. *中山大学学报(自然科学版)*, 2004, 43(6):27~31.
- [4] Wu Kaiya, Hu Shuheng, Sun Shiqun. Application of fuzzy optimization model in ecological security pre-warning. *Chinese Geographical Science*, 2005, 15(1):29~33.
- [5] Chen Yunhao. Land cover pattern optimization for local ecological security using remotely sensed data. *International Journal of Remote Sensing*, 2006, 27(10):2003~2010.
- [6] Zhao Yanzhi, Zou Xueyong, Cheng Hong, *et al.* Assessing the ecological security of the Tibetan Plateau: Methodology and a case study for Lhaze. *Journal of Environmental Management*, 2006, 80(2):120~131.
- [7] 王根绪, 程国栋, 钱鞠. 生态安全评价研究中的若干问题. *应用生态学报*, 2003, 14(9):1551~1556.
- [8] 杨庆媛. 西南丘陵山区土地整理与区域生态安全研究. *地理研究*, 2003, 22(6):698~708.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] Colin Hunter, Jon Shaw. The ecological footprint as a key indicator of sustainable tourism. *Tourism Management*, 2007, (28): 46~57.
- [12] Colin Hunter. Sustainable tourism and the touristic ecological footprint. *Environment, Development and Sustainability*. 2002, 4: 7~20.
- [13] Paul Peeters, Frans Schouten. Reducing the ecological footprint of inbound tourism and transport to Amsterdam. *Journal of Sustainable Tourism*, 2006, 14(2):157~171.
- [14] Victorla Cole, A John Sinclalr. Measuring the ecological footprint of a Himalayan tourist center. *Mountain Research and Development*, 2002, 22(2):132~141.
- [15] Stefan Gossling, Carina Borgstrom Hansson, Oliver Horstmeier. Ecological footprint analysis as a tool to assess tourism sustainability. *Ecological Economics*, 2002, 43 :199~211.
- [16] 郭秀锐, 杨居荣, 毛显强. 城市生态足迹计算与分析——以广州为例. *地理研究*, 2003, 22(5):654~662.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 章锦河, 张捷, 李娜, 等. 中国国内旅游流空间场效应分析. *地理研究*, 2005, 24(2):293~303.

Measuring the ecological security of tourist destination: Methodology and a case study of Jiuzhaigou

ZHANG Jin-he¹, ZHANG Jie², WANG Qun¹

(1. College of National Territorial Resources and Tourism, Anhui Normal University, Wuhu 241000, China;

2. School of Geographic and Oceanographic Sciences of Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: From the security of the relationship between human and nature, tourist ecological consumption characteristic and global climate change, this paper puts forward the conception of ecological security for tourist destination, and defines the conception in two ways by broad sense and narrow sense. Based on the theory and method of ecological footprint, it puts forward the ecological security measuring model, and taking the Jiuzhaigou National Nature Reserve (JNNR) as an example, it calculates and analyses the ecological security index and the intra and inter-regional impact on the JNNR in 2004. Four characteristics have been summarized: (1) The total tourist ecological footprint of the JNNR reaches 163514.0248hm² in 2004, an increase of 115.1% in contrast to that of 2002; the per capita tourist ecological footprint is 0.105190274hm² in 2004, an increase of 72.44%; the per capita residents ecological footprint of the JNNR is 0.994925hm² in 2004, up by 3.47% compared with that of 0.9616hm² in 2002. This indicates that tourism developed has produced some influence on the resident's consumption models. (2) The total tourist wastes ecological footprint of the JNNR is 46960.5678 hm² in 2004, the per capita is 0.044543055 hm², about 42.35% of the total tourist ecological footprint in 2004, and about 99.84% of the total tourist wastes ecological footprint are the CO₂ emissions by the tourists. With the global climate change boiling up, the strict requirement of emission rights of CO₂ and by international society, the rapidly developed trade market of CO₂, and the high sensitivities to the CO₂ about landscape of Jiuzhaigou, monitoring and research into various changes of CO₂ for tourist destinations should be enhanced. (3) The ecological security index of the JNNR is from 1.093158 to 1.159388 in 2004, it is thus ecologically secure now, but the narrow sense of tourist destination ecological security index is higher than the broad sense, indicating that tourism development has not only exerted intra-regional but also inter-regional impact. (4) The increasing number of tourists, travel distance of tourists, changing consumption model of residents, and the increasing dependency on natural resources by local residents are the main factors influencing the ecological security of the JNNR in the future.

Key words: ecological security; tourist ecological footprint; ecological security index of tourist destination; global climate change; Jiuzhaigou