

# 基于碳中和的旅游景区净碳排放估算与低碳景区建设

## ——以镇江“焦山”风景区为例

王志民<sup>1</sup>, 张新林<sup>2</sup>, 邱小樱<sup>1</sup>

(1. 镇江高等专科学校旅游学院, 江苏 镇江 212003)

(2. 南京师范大学地理科学学院, 江苏 南京 210023)

[摘要] 旅游景区是低碳或碳中和旅游实践的重要节点. 以镇江焦山风景区为例, 首先分析了旅游景区碳源、碳汇的构成, 其次分别对旅游景区交通、管理及废弃物碳排放和林地、草地、园地、水域、滩涂的碳吸收进行了测度, 并对焦山风景区的碳源、碳汇做了综合评估, 得出以下结论: 交通碳排放对焦山风景区碳排放中占据主导地位, 控制交通过程中碳排放是焦山风景区节能减排发展低碳旅游的重要措施; 林地、湿地碳吸收量最多; 焦山风景区碳汇能力相对较强, 是镇江市重要的碳汇地. 因此焦山风景区应充分发挥碳汇能力, 为镇江市低碳城市建设做出贡献; 最后提出了焦山风景区建设低碳景区的实现路径.

[关键词] 碳源, 碳汇, 净碳排放, 低碳景区建设, 焦山风景区

[中图分类号] F59 [文献标志码] A [文章编号] 1001-4616(2016)04-0107-07

## Estimation of Net Carbon Emissions and Construction of Low Carbon Scenic Area Based on Carbon Neutralization

### —A Case Study of Jiaoshan in Zhenjiang City

Wang Zhimin<sup>1</sup>, Zhang Xinlin<sup>2</sup>, Qiu Xiaoying<sup>1</sup>

(1. Tourism School, Zhenjiang College, Zhenjiang 212003, China)

(2. School of Geography Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China)

**Abstract:** Currently, tourist attractions have already constituted the important pitch-point space in the low-carbon or carbon-neutral tourism practice. This paper makes the study of Jiaoshan which is in city of Zhenjiang. Firstly, this paper analyzed the composition of carbon source and carbon sink; Secondly, the author measured the carbon footprint of forest, grassland, garden, water area and beach in the tourist area, and made a comprehensive evaluation on the carbon source and carbon sink of the scenic area. With above studies, several concludes were obtained: traffic carbon emissions takes a predominant position in Jiaoshan carbon emissions system, accordingly there is one way to achieve energy-saving and emission-reduction in Jiaoshan which is relevant departments reduce the carbon emission in the process of transportation; furthermore, the facts reveal that forest land and wetland make the most carbon sequestration in Jiaoshan; meanwhile, carbon sink capacity of Jiaoshan is relatively strong, therefore, Jiaoshan should give full efforts to improving the capacity of carbon sink and make the contributing to the construction of low-carbon city in Zhenjiang. Finally, the path of constructing low-carbon scenic area in Jiaoshan has been put forward.

**Key words:** carbon source, carbon sink, net carbon emission, construction of low carbon scenic area, Jiaoshan

关于温室气体排放以及碳足迹的研究已经成为社会各界关注的焦点. 旅游业的快速发展, 使之成为世界第一大经济产业, 旅游业在拉动经济发展、促进社会文化繁荣和保护区域环境上起到了积极作用. 而有研究表明, 若任其发展, 旅游业带来的全球气候变化导致的人口死亡数将会超过旅游业带来的工作机会, 旅游业引起的全球气候变化带来的贫困人口谋生品质的下降将超过对富人生活品质的提升<sup>[1]</sup>. 在此

收稿日期: 2016-09-01.

基金项目: 江苏省高校哲学社会科学研究基金(2014SJD744)、江苏省高校重点专业群: 旅游管理建设项目(苏教高[2012]23号).

通讯联系人: 王志民, 副教授, 研究方向: 旅游资源开发与规划. E-mail: wzmzhenjiang@163.com.

背景下,低碳旅游可以实现旅游业的经济效益、社会效益以及环境效益的统一,成为低碳经济下旅游业可持续发展的必然要求,低碳旅游研究也成为了旅游学界研究的重点<sup>[2]</sup>。

自工业革命开始以来,由于化石燃料的使用、水泥的生产和土地利用方式的改变,大气中二氧化碳等温室气体浓度不断升高,全球不断变暖;而同时,生态系统的光合作用又不断地吸收大气中的二氧化碳,并通过生物、化学等过程将二氧化碳固定在水域或者土壤中,对气候变化起到减缓的作用。因此,在应对气候变化的过程中,不仅要减少人类活动的碳排放,同时应该关注自然生态系统的固碳作用,从“源”与“汇”两个角度找出低碳发展的途径。碳中和等概念应运而生。碳中和也叫碳补偿,是指计算二氧化碳的排放量,再通过植树造林等方式将其吸收掉,以达到碳平衡的目的。低碳和碳中和都是为改变全球气候变暖所做的努力。旅游业发展对于全球碳排放的贡献已成既定事实,研究如何通过减少碳排放与增加碳吸收来实现低碳乃至碳中和旅游业的发展目标,对于中国发展低碳旅游经济,寻求旅游业可持续发展具有重要的指导意义。目前,新西兰、苏格兰等地在低碳旅游实践中,形成了“测量-减排-补偿”的发展模式,其中,“碳排放测度”被认为是发展低碳旅游的首要问题<sup>[3]</sup>。

目前,对旅游碳排放已经进行了大量的研究,主要集中在全球尺度上旅游业碳排放的估算<sup>[4]</sup>,国家和地区尺度上碳排放估算<sup>[5-7]</sup>以及旅游路线、交通碳排放的估算<sup>[8-10]</sup>,对旅游景区碳排放估算相对较少。对碳吸收的研究中,目前也主要集中在全球和国家尺度<sup>[11-13]</sup>,主要采用植物生长量调查、生态系统通量观测、卫星遥感、生态系统模型模拟等测算<sup>[14]</sup>,但同样较少涉及到目的地景区的研究。而对旅游景区而言,由于碳吸收主要从地理环境角度进行研究,碳排放则主要通过人文社会经济数据的调查进行研究,两者往往在两个不同领域单独开展研究,缺少对碳排放和碳吸收的综合评估和比较研究,因此,本文拟从碳排放和碳吸收两个角度,测度焦山风景区的碳源和碳汇,为科学衡量旅游业发展对环境变化的影响,提出针对性的低碳景区建设对策提供科学依据。

## 1 研究区域与数据来源

### 1.1 研究区域概况

焦山风景区位于长江下游镇江段南岸,东起焦南坝,西至焦山西侧水域,南起滨江大道,北至长江防洪堤,景区总面积 296.7 hm<sup>2</sup>,由象山古渡区、古迹游览区、主题花卉观赏区和滨江湿地观赏区四个部分组成。焦山风景区是万里长江中唯一一座四面环水可供游人观光探幽的岛屿,为国家 5A 级旅游景区,焦山风景区以碑刻文化、“江中浮玉”、寺观园林景观为特色,代表的人文景观有焦山碑林、瘞鹤铭、摩崖石刻、定慧寺、三诏洞、抗英炮台、板桥书屋等。

焦山位于长江中,山水天成,古朴幽雅,吸引了历代文人雅客来此游览,王羲之、陶弘景、李白、颜真卿、陆游、苏轼、米芾、黄庭坚、文征明、郑板桥等都来焦山游览,或吟诗赋词,或挥毫题书,文化底蕴深厚。焦山宝墨轩“碑林”陈列有碑刻 400 余方,属国家重点文物保护单位,内涵丰富,为江南一大碑林,尤其是被称为“国宝”的“瘞鹤铭”,相传是王羲之手书,被称为“大字之祖”。焦山宗教文化历史悠久,定慧寺始建于东汉,距今已有 1800 年历史,规模宏大,气势雄伟,是国务院正式颁布的汉族地区全国重点开放寺庙之一,焦山因寺庙楼阁等建筑藏于山林深处,又有焦山山裹寺之说。焦山植物旅游资源也十分丰富,尤其珍贵的是焦山 16 株古树名木,最古老的有六朝柏,还有宋朝槐、明朝银杏等,苍劲古朴,所谓“名园易得,古树难求”,足见焦山自然景观之奇特。

焦山风景区形成了自然景观、人文景观与城市景观交相辉映的景观特色,是镇江建设山水花园城市的核心板块,在城市景观与城市生态方面均具有重要价值。对焦山风景区进行净碳排放估算与碳中和研究,对于镇江低碳城市建设具有重要的指导意义。

### 1.2 数据来源

本文所使用的数据主要来源:(1)基础数据来源于江苏省、镇江市统计年鉴以及“三山”风景名胜区管委会提供的相关数据;(2)参照数据来源于相关研究文献和国际组织的技术评估数据;(3)实地调查、电话访谈等获得景区旅游业能源消耗的第一手数据资料。

此外,在实地调研过程中,发现焦山风景区旅游住宿和餐馆等设施目前还未营业,因此住宿及餐饮不予计算。景区内的购物商店、小摊位由景区统一管理,统一缴纳水电费用,此处不再重复计算。

## 2 净碳排放估算指标选取

旅游景区净碳排放是指碳排放与碳吸收的收支情况,因此碳排放与碳吸收估算的指标和方法均为净碳排放估算的基础工作. 本文结合前人研究成果和焦山风景区实际情况,构建焦山风景区碳排放与碳吸收的指标体系.

### 2.1 碳源估算指标

焦山风景区碳源主要有景区交通碳排放、旅游景区管理碳排放及固体废弃物碳排放<sup>[15]</sup>. 因此,景区碳排放可分成三部分进行测算,即景区交通碳排放、景区管理碳排放及固体废弃物碳排放,计算方法为:

$$E_{\text{排放}} = E_T + E_M + E_W,$$

式中, $E_T$  为交通碳排放; $E_M$  为管理碳排放; $E_W$  为废弃物碳排放.

由于研究条件的局限性,对于正在运营中的旅游景区而言,前期建设阶段和后期撤除/重建阶段的碳排放估算难度较大,故本文建设型碳排放仅包含了调研年度的在建项目施工过程中所使用的电力消耗所造成的碳排放,并统一计算在景区管护电力消耗所造成的碳排放中.

#### 2.1.1 交通碳排放测算方法

交通碳排放是旅游碳排放的重要组成部分,旅游交通包括客源地与目的地之间的交通以及目的地内部交通,其碳排放标准排放量通过计算各种交通方式的碳排放总和获取.

计算方法为:

$$E_T = \sum_{i=1}^n E_{Ti}, \quad E_{Ti} = B_{Ti} \times f_i \times k \text{ 或 } E_{Ti} = PKT_i \times L_i \times N_i,$$

式中: $n$  为景区内交通工具类型; $i, j$  分别为交通工具种类和能源种类的序号; $B_{Ti}$  为  $i$  交通工具消耗  $j$  类能源量; $PKT_i$  为  $i$  交通工具碳排放系数,单位为  $\text{kg}/(\text{人} \cdot \text{km})$ ,相关系数如表 1 所示; $L_i$  为采用  $i$  交通工具行驶的里程; $N_i$  为采用  $i$  交通工具的游客数量.

#### 2.1.2 管理碳排放测算方法

旅游景区的经营管理在于有效地开放利用旅游资源,规范旅游经营主体活动,给游客提供满意的旅游产品,主要内容包括开放利用景区内旅游资源,从事日常经营、资源保护、环境维护、景区安全管理、服务质量管理以及游客管理等事务,维持景区正常运转,实现景区经营的经济、社会及环境效益. 景区管理碳排放测算数据来源于景区的实地调研获取的第一手数据,计算公式为:

$$E_M = \sum_{i=1}^n E_{Mi}, \quad E_{Mi} = \sum_{j=1}^m B_{Mij} \times f_j \times k,$$

式中: $n$  为景区管理部门数; $m$  为能源种类; $B_{Mij}$  为  $i$  管理部门消耗  $j$  类能源量; $f_j, k$  分别为能源标准煤转化系数和标准煤排放系数.

#### 2.1.3 固体废弃物碳排放

景区内废弃物碳排放主要是固体废弃物碳排放,是由旅游者遗留的固体废弃物和景区内常住居民的生活垃圾组成. 我国旅游垃圾“无害化处理”主要包括填埋、堆肥和焚烧 3 种方式,其中,填埋是主要处理方式. 根据相关学者的研究与测算,我国固体垃圾填埋处理的耗能(电能)系数为  $231.332 4 \text{ kW} \cdot \text{h}/\text{t}$ . 计算公式为:

$$E_W = W \times r_w \times f \times k,$$

式中: $W$  为固体废弃物理量; $r_w$  为处理固体废弃物的单位耗能量; $f$  为电能标准煤转换系数; $k$  为标准煤转换系数.

### 2.2 碳汇估算指标

焦山风景区具有碳吸收能力的生态系统主要为陆地植被生态系统和水域湿地生态系统.

表 1 不同交通方式能源碳排放系数

Table 1 Energy carbon intensity of different traffic modes

交通方式	碳排放系数/( $\text{kg}/(\text{人} \cdot \text{km})$ )
飞机	0.120~0.140
火车	0.025
长途客车/观光车	0.018
私家车	0.075
轮船与渡船	0.070
环保车	0.010
—	—

表 2 主要用地类型植被碳吸收系数

Table 2 Carbon absorption coefficient of main land types vegetation

主要用地类型植被	林地	草地	园地
碳吸收系数( $\text{t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ )	13.696	3.477	4.656

2.2.1 植被光合作用碳吸收

在陆地生态系统中,自然植被通过光合作用将大气中的二氧化碳转化为生物质而固定下来,部分埋藏在地下或以有机质的形式存储在土壤中.林地、草地、园地等土地利用类型,能够对二氧化碳进行固定.植被光合作用对二氧化碳的吸收计算公式如下:

$$E_{\text{吸收}} = \sum c_i \times \text{area}_i,$$

式中, $E_{\text{吸收}}$ 表示绿色植被光合作用的碳吸收总量, $c_i$ 表示第*i*种植被的碳吸收系数,area表示面积.

2.2.2 水域湿地碳吸收

水域对碳的吸收主要包括水域固碳和水域干湿沉降的碳吸收<sup>[16]</sup>.因此,计算公式如下:

$$E_{\text{吸收}} = c_w \times \text{area}_w + c_s \times \text{area}_s,$$

式中, $c_w$ 和 $c_s$ 表示河湖和滩涂的固碳速率,分布取 $0.56 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ 和 $2.356 \text{ t}/(\text{hm}^2 \cdot \text{a})$ <sup>[17]</sup>, $\text{area}_w$ 和 $\text{area}_s$ 表示河湖与滩涂的面积.

3 焦山风景区净碳排放估算

3.1 碳源估算

3.1.1 景区交通碳排放测算

焦山风景区交通碳排放主要分为景区内部交通碳排放和过境交通碳排放两部分,需要分别进行测度.通过调研得知,游客一般乘旅游大巴、出租车、小汽车和公交车等交通工具到达公园入口.与景区紧密相连的江滨路等在使用性质上是作为城市的交通性干道,还有许多社会车辆从此通过.2014年焦山过境交通客流量为12 096 900人,交通线路总长为0.82 km,根据公式计算得出,焦山风景区过境交通碳排放量为178.55 t.

焦山风景区地处江中,因此上岛观光游览,要先乘坐渡船或者快艇等游览交通工具.镇江市水上旅游有限公司长期负责焦山风景区的渡运和水上观光游览,调研得知,焦山过江轮渡大约每15 min 1班,现有过江轮渡船只8条,其中2条画舫,为接待用船.平日正常渡运的有4条船,渡船使用的燃料为柴油,每年耗油平均在80.5 t左右,快艇除了承担摆渡游客的任务,还可带客水上观光,使用的燃料为汽油,每年耗油平均在20.2 t左右,根据能源标准煤折算系数和标准煤碳排放系数计算得出,景区内部交通碳排放量为246.71 t(表3).通过以上估算可知,2014年焦山景区交通共产生碳排放425.26 t.

表 3 焦山风景区内部交通碳排放

Table 3 Internal traffic carbon emissions of Jiaoshan scenic area

交通方式	能源类型	油量/kg	折算标准煤/kg	碳排放/t
渡船	柴油	80 500	116 568	285.59
快艇	汽油	20 200	29 428	72.10

3.1.2 旅游景区管理碳排放

景区管理碳排放包含景区运营及维护、日常办公、游览设施以及景区公共设施(包括路灯、公厕、移动通讯基站等)等的碳排放.根据调研获取了景区财务部门及景区内部定慧寺的统计数据,2014年,焦山公园耗电210 430 kW·h;定慧寺耗电120 350 kW·h.总耗电量330 780 kW·h,折算成标准煤为40 652.84 kg,碳排放总量为99.37 t.

3.1.3 固体废弃物碳排放

经实地调研得知,焦山风景区2014年全年处理固体废弃物约172 t,垃圾填埋处理的耗能系数为236.840 3 kW·h/t,处理这些垃圾需耗电总量为39 789.163 6 kW·h,计算可得出焦山风景区年度废弃物碳排放量为11.98 t.

3.2 碳汇估算

焦山风景区具有碳吸收能力的陆地生态系统和水生生态系统.森林生态系统中储存了陆地生态系统中50%~60%的碳,对于缓解大气二氧化碳浓度升高、保护全球气候具有重要的作用.2014年,焦山风景区共有风景林地面积12.25 hm<sup>2</sup>,全年固碳能力为167.78 t.草地主要为滨河绿地及公共绿地,计算出碳吸收为64.12 t.园地计算得出碳吸收为65.04 t.水域主要为长江内江及岛内定慧寺内的许愿池,共计面积约



150.61 hm<sup>2</sup>,经过计算得出碳吸收量为 85.40 t。此外,景区内滩涂 50.2 hm<sup>2</sup>,碳吸收量较多,为 118.27 t。2014 年,各类碳汇资源吸收量合计为 500.61 t。

3.3 净碳排放计算

旅游景区净碳排放是指在一定时间景区地域系统内生态系统的生物碳吸收输入与碳排放输出的收支状况。表 4 汇总了焦山风景区碳排放与生态系统碳吸收。

从焦山风景区碳排放与生态系统碳吸收对比发现,若仅仅考虑狭义意义上的景区碳排放,暂不考虑景区外部交通碳排放,仅对比景区内各碳源组分碳排放与景区内自然碳吸收的收支情况,得出狭义的焦山风景区净碳排放为-142.55 t,说明,在不考虑外部交通领域的碳排放下,焦山风景区碳汇量远大于碳排放量。究其原因在于,焦山风景区林地、水域、滩涂面积较大,具有较高的碳吸收能力,同时,没有餐饮、住宿等基础设施。焦山风景区作为重要的碳汇地,对于镇江建设低碳城市具有重要意义。焦山景区外部交通排放出大量二氧化碳,估算值为 178.55 t,原因在于与景区紧密相连的江滨路等在使用性质上是作为城市的交通性干道,许多社会车辆从此通过。因此,从广义视角来看,景区内外交通碳排放是景区减排的重要领域。

从碳排放结构来看,景区交通碳排放总量为 425.26t,占景区碳排放总量的 79.25%,是最大的碳源;其中,景区内部交通碳排在景区交通碳排放中占主导地位,碳排放总量达 246.71 t,占交通碳排放总量的 58.01%;景区外部交通碳排放总量 178.55 t,占交通碳排放总量的 41.99%。由于焦山风景区中,轮渡和快艇游船成为到达主景区的主要交通方式,发船相对频率较高,造成景区内部交通成为碳排放的主要来源;此外,焦山风景区处于城市内部,是城市的一个组成部分,是城市型风景名胜,承担了城市的部分交通压力,汽车的流量和车速都较高,过多的车流量以及所带来的噪音和尾气污染,产生了大量碳排放,对景区的环境和游人的安全均会产生一定影响。景区管理碳排放达到 99.37 t,仅次于交通碳排放总量。而固体废弃物的碳排放最少,仅占总量的 2.23%。

从碳汇结构来看,林地植被具有较强的固碳能力,其全年的固碳量为 167.78 t,占总碳汇量的 33.52%。此外滩涂、水域的固碳量也相对较大。

4 焦山风景区低碳景区建设路径

焦山风景区是一个开放的系统,零碳景区的实现需要政府、旅游企业、居民和旅游者的相互配合、共同努力。本文从焦山风景区碳源、碳汇两个角度提出低碳旅游景区建设的实现路径。

4.1 碳源角度

4.1.1 构建绿色交通网络,倡议低碳的出行方式

根据焦山风景区碳源的分析发现,交通碳排放是其碳排放的主要来源。随着社会经济的发展,私家车逐渐增加,而在近郊、环城旅游等活动中,自驾游已经成为一种时尚,由此产生的私家车出游的碳排放的压力较大。因此,应该从以下两个方面来有效地降低交通碳排放:(1)依托城市公共交通规划,构建合理的城市旅游交通体系,完善公共交通网络,使游客能够通过公共交通较快地换乘并到达焦山风景区。目前,在城市交通的规划中,TOD 模式是一种将城市休憩带内的旅游景区纳入交通规划范围,构建游客出行时公共交通使用最大化的一种非汽车化的规划设计方式。通过 TOD 模式规划,可以构建出以公共交通为主导的环城市游憩带的交通系统。(2)大力推广使用新能源汽车,其二氧化碳排放量比较低。镇江市政府可以通过购车免税、车牌照获取方便、减半征收车船费的措施推进新能源汽车的进一步普及,使自驾游进入到低碳排放时代。

表 4 焦山景区碳排放、碳吸收汇总  
Table 4 The summary of carbon emissions and sequestration in Jiaoshan

碳排放分类		数值/t
景区碳源排放总量	景区内部交通碳排放	246.71
	旅游景区管理碳排放	99.37
	固体废弃物碳排放	11.98
景区碳汇吸收总量	林地植被光合作用碳吸收量	167.78
	草地覆盖光合作用碳吸收量	64.12
	园地植被光合作用碳吸收量	65.04
	水域固碳与碳沉降量	85.40
	滩涂固碳与碳沉降量	118.27
景区内部净碳排放量		-142.55
外部交通碳排放总量		178.55

#### 4.1.2 景区管理因地制宜,合理采用低碳清洁能源

使用低碳清洁能源取代化石能源是实现低碳及碳补偿的重要途径。优化景区能源消耗结构、提高能源利用效率是实现景区减排的重要措施。对于焦山风景区,应该因地制宜地选择符合自身特征的低碳清洁能源,合理利用太阳能、生物质能等清洁能源,寻找适合焦山,不会造成风景视觉污染的清洁能源。

#### 4.1.3 加强宣传引导,减少固体废弃物的排放

固体废弃物是焦山景区的碳源之一。对于固体废弃物处理,主要依据减量化、资源化和无害化等原则。从源头减少垃圾的产生,游客、经营者是固体废弃物的主要生产者,焦山风景区管理机构应加强对游客和经营者的“碳教育”,通过文字、图像、声音等多种形式传播减少垃圾的重要意义和具体做法,以减少固体废弃物的排放。通过“碳计算器”、“碳标识”等形式,让旅游者能真实地体验到自己旅游活动中的碳排放情况,使旅游者改变自身旅游方式,选择低碳旅游产品,以减少旅游过程中的碳排放。旅游经营者应减少对旅游商品的包装,避免过度包装,造成资源浪费。在焦山桂花节、书法笔会、环保进香等活动中积极融入“碳中和”理念,加深游客对“零碳环境”的认识。

### 4.2 碳汇角度

#### 4.2.1 依托焦山自然条件,培养碳汇旅游吸引物

森林植物能够吸收大气中的二氧化碳并将其固定在植被或土壤中,使森林成为陆地生态系统中最重要碳汇或碳库。焦山风景区森林覆盖率较高,林地固碳能力较强,对于碳吸收具有重要意义,是镇江市重要的城市绿肺。然而,随着焦山景区建设的不断完善,森林植物群落却出现了景观效果日趋减弱,林相杂乱,层次不够分明,乔、灌木、常落叶搭配不尽合理等诸多问题。加之环境污染及管理不善,从而严重影响了植物景观效果和碳汇能力的释放。因此,采取有力措施,尽量避免砍伐森林兴建游乐设施、饭店和餐馆等商业建筑,积极保护焦山目前林木蓊郁、满目苍翠的森林生态环境。通过植树造林、“碳补偿”等活动扩大森林面积,营造多种复层结构植物群落,增强“自然碳汇”能力,提高碳汇景区的社会责任和旅游形象,发挥森林资源要素禀赋的比较优势,提高风景区旅游吸引力。

#### 4.2.2 加强对水域及滩涂系统的保护,保持湿地碳汇功能

焦山风景区水域及滩涂湿地系统对碳吸收的量较大,仅次于林地。水生生态系统可以通过贮存在水体中的生物体有机碳和溶解态有机碳吸收土壤和大气中的二氧化碳。焦山景区,依托内江,形成了巨大的水域面积,对碳排放的吸收具有重要意义。滩涂是陆地上另一个重要的有机碳库,滩涂土壤碳收集和固定对促进城市生态平衡、经济和环境协调发展具有重要的战略意义。因此,在未来的景区建设与管理中,应从生态系统保护和碳汇保护的双重目标加强对水生及滩涂生态系统的保护,特别要防止对滩涂的过度开发利用,严防人为破坏导致滩涂变碳源。在掌握了现有湿地的水、土壤、动植物等情况下,利用现有自然资源和人文内涵,依据相关法律条文,对焦山风景区湿地进行保护性开发。湿地公园是湿地生态恢复的一种有效途径和主要模式<sup>[18]</sup>,湿地公园可分为“核心区、缓冲区和开放区”三个区域。核心区的景观以芦苇带、柳树群、草滩为主,是越冬候鸟的主要栖息地,此区域应禁止游人进入和其他任何干扰活动,保持湿地自然生态环境。缓冲区应禁止大面积的基础设施的建设,限制游人进入,但可以利用科研观测点作为科普教育场所向游人开放。开放区在满足承载力的前提下可以允许游人进入观光游览和生态体验,但在建设湿地旅游休闲设施时要注意对周围环境的影响,尽量减小对生态环境的干扰。湿地公园不仅对城市的生态环境起到天然的屏障作用,而且与焦山宗教文化、碑刻文化相得益彰、有机结合,使焦山文化之魂渗透到现代旅游以及相关配套设施之中,可以有效提高焦山风景区的旅游吸引力。

### [参考文献]

- [1] 周年兴,黄震方,梁艳艳. 庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡[J]. 生态学报,2013,33(13):4134-4145.
- [2] 朱国兴,王金莲,洪海平,等. 山岳型景区低碳旅游评价指标体系的构建:以黄山风景区为例[J]. 地理研究,2013,32(12):2357-2365.
- [3] 谢园方,赵媛. 基于低碳旅游的旅游碳排放测度方法研讨[J]. 人文地理,2012,12(1):147-151.
- [4] 蔡萌,安德鲁·弗兰. 全球旅游碳排放研究进展[J]. 中国人口·资源与环境,2013,23(11):1-4.
- [5] NIELSEN S P, SESARTIC A, STUCKI M. The greenhouse gas intensity of the tourism sector: the case of Switzerland[J].

- Environmental science & policy,2010,13(2):131-140.
- [6] 石培华,吴普. 中国旅游业能源消耗与 CO<sub>2</sub> 排放量的初步估算[J]. 地理学报,2011,66(2):235-243.
- [7] 谢园方,赵媛. 长三角地区旅游业能源消耗的 CO<sub>2</sub> 排放测度研究[J]. 地理研究,2012,31(3):429-438.
- [8] 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[J]. 生态学报,2008,28(5):2 207-2 219.
- [9] 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[J]. 生态学报,2012,32(17):5 532-5 541.
- [10] 肖潇,张捷,卢俊宇,等. 旅游交通碳排放的空间结构与情景分析[J]. 生态学报,2012,32(23):7 540-7 548.
- [11] 方精云,郭兆迪,朴世龙,等. 1981-2000 年中国陆地植被碳汇的估算[J]. 中国科学 C:地球科学,2007,37(6):804-811.
- [12] LIU S N,ZHOU T,WEI L Y,et al. The spatial distribution of forest carbon sinks and sources in China[J]. Chinese science bulletin,2012,57(4):1 699-1 707.
- [13] TAO B,CAO M K,LI K R,et al. Spatial pattern and change of net primary land productivity in China from 1981 to 2000[J]. Science in China series D:earth science,2006,36(12):1 131-1 139.
- [14] YU G R,WANG Q F,ZHU X J. Methods and uncertainties in evaluating the carbon budgets of regional terrestrial ecosystems[J]. Progress in geography,2011,30(1):103-113.
- [15] 王志民. 镇江“三山”风景区旅游碳排放测度研究[J]. 地域研究与开发,2016,35(1):156-161.
- [16] 赵荣钦,黄贤金,彭补拙. 南京城市系统碳循环与碳平衡分析[J]. 地理学报,2012,67(6):758-770.
- [17] 段晓男,王效科,逯非,等. 中国湿地生态系统固碳现状和潜力[J]. 生态学报,2008,28(2):463-469.
- [18] 陆健健,王伟. 湿地生态恢复的主要模式:湿地公园建设[J]. 湿地科学与管理,2007,3(3):28-30.

[责任编辑:丁 蓉]