

# 山岳型景区碳源碳汇的估算与分析

## ——以西岭雪山景区为例<sup>①</sup>

向旭<sup>1</sup>, 董怡菲<sup>2</sup>, 杨晓霞<sup>2</sup>

1. 西南大学 经济管理学院, 重庆 400715; 2. 西南大学 地理科学学院, 重庆 400715

**摘要:** 对山岳型景区碳源碳汇的估算与分析对旅游景区的低碳化具有重要的理论意义和现实指导性, 研究表明: ① 山岳型景区的碳源主要由交通、住宿、餐饮、购物、游览、娱乐、其它(旅游废弃物、游客呼出 CO<sub>2</sub>) 等 7 个部分组成; ② 山岳型景区的碳汇以森林碳汇为主; ③ 西岭雪山景区 2012 年的碳源总量为 16 401.993 t, 旅游餐饮、旅游住宿、旅游交通三者所产生的碳源占总量的 86.82%; 旅游购物、娱乐、游览和其它碳源量所占比重较小; ④ 西岭雪山景区 2012 年的森林碳汇为 2 316.824 t, 抵消了景区约 1/7 的旅游碳源; ⑤ 西岭雪山景区的碳中和系数为 0.141, 距离碳平衡还有较大差距. 山岳型景区低碳化旅游的路径包括碳源控制、碳汇建设和碳平衡推进等.

**关键词:** 碳源; 碳汇; 碳平衡; 山岳型景区; 西岭雪山

**中图分类号:** X830

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9868(2014)8-0150-10

随着世界经济的高速发展, 全球气候日益变暖, 引发了一系列严重后果. 旅游业不仅是气候变暖的受害者, 同时也是其危害者. 自 20 世纪 90 年代后, 伴随着旅游业的迅速发展, 旅游业成为重要碳源之一. 世界旅游组织 2008 年的研究显示, 旅游业 CO<sub>2</sub> 排放约  $1 \times 10^8$  t(主要源于旅游交通、住宿和活动 3 方面), 占世界 CO<sub>2</sub> 排放总量的 5%<sup>[1]</sup>; 同时, UNWTO(世界旅游组织)指出, 在人类活动引起的气候变化中, 全球旅游业的责任预计到 2050 年会达到 7%, 其他旅游交通、住宿和相关活动造成的二氧化碳排放占总排放量的 1%~3%<sup>[2]</sup>. 为了响应节能减排的号召, 旅游业在“低碳经济”基础上提出了“低碳旅游”.

《联合国气候变化框架公约》(UNFCCC)将碳源定义为向大气中释放二氧化碳的过程、活动或机制, 将碳汇定义为从大气中清除二氧化碳的过程、活动或机制. 碳源量、碳汇量是指在这个过程中的碳量. 山岳型景区是以山地为主要风景资源和构景要素的具有美感的地域综合体, 是我国旅游区的重要组成部分, 旅游者活动的主要目的地. 在国家级风景名胜区中, 山岳型景区占了 43.61%. 森林是陆地生态系统碳汇功能的主体, 森林中的树木在生长过程中从大气中吸收并固定大量的碳, 回收 CO<sub>2</sub>, 是大气碳循环中最大的碳库. 据计算, 1 hm<sup>2</sup> 森林每年吸收 CO<sub>2</sub> 11~30 t<sup>[3]</sup>. 因此, 森林是计算旅游业碳汇潜力的主要指标. 山岳型景区森林覆盖面积大, 可有效吸收因旅游活动消耗能源产生的 CO<sub>2</sub> 排放, 实现低碳旅游的目的.

① 收稿日期: 2013-07-02

基金项目: 2013 年度重庆市社会科学规划一般项目(2013YBGL122); 西南大学人文社会科学研究重大项目培育经费资助.

作者简介: 向旭(1965-), 男, 四川苍溪人, 副教授, 主要从事旅游规划与开发研究.

目前,国内外对旅游碳源的研究成果较多:一是对某旅游活动的碳排放进行测算,如对旅游交通<sup>[4-6]</sup>、旅游酒店<sup>[7-10]</sup>、游客就餐过程的碳排放的测算与分析<sup>[11]</sup>;二是从理论上构建旅游地能源消耗和 CO<sub>2</sub> 排放测算模型<sup>[12-13]</sup>;三是从宏观<sup>[14]</sup>、中观<sup>[15-19]</sup>、微观<sup>[20-22]</sup>的角度对旅游地能耗与 CO<sub>2</sub> 排放量进行估算.而对旅游业碳汇问题的研究成果极少,只有 1 篇论文对旅游业碳汇潜力进行了探讨<sup>[23]</sup>.虽然已有部分研究成果对山岳型景区的碳源进行研究<sup>[21-22, 24-26]</sup>,但关于山岳型景区碳源碳汇的研究成果还比较少见.因此,本文拟运用碳源碳汇理论,构建山岳型景区碳源碳汇计算模型,并以西岭雪山景区为例,对旅游活动的碳源碳汇进行评估,以期对相关研究和相关政策制定提供参考.

## 1 山岳型景区碳源碳汇模型

### 1.1 山岳型景区碳源模型

多数研究者认为旅游碳源包括旅游交通、旅游住宿、旅游餐饮、旅游购物、观光游览、休闲娱乐、其它等 7 个方面,山岳型景区也不例外,其计算模型为:

$$Q_c = Q_t + Q_a + Q_f + Q_s + Q_v + Q_r + Q_o \quad (1)$$

式中:  $Q_c$  为山岳型景区碳排放总量;  $Q_t$  为旅游交通碳排放量;  $Q_a$  为旅游住宿碳排放量;  $Q_f$  为旅游餐饮碳排放量;  $Q_s$  为旅游购物碳排放量;  $Q_v$  为游览碳排放量;  $Q_r$  为旅游娱乐碳排放量;  $Q_o$  为旅游景区其它碳排放量.

#### 1.1.1 旅游交通

山岳型景区交通碳源应以其依托城市(镇)为旅游交通边界,以景区至城市(镇)之间路程为距离,通过各交通工具的能源类型和消耗总量确定其 CO<sub>2</sub> 排放量,计算公式为:

$$Q_t = \sum (T_i \alpha_i) = \sum (2D_i n_i \beta_i \alpha_i) \quad (2)$$

式中:  $T_i$  为第  $i$  种交通工具的年能源消耗量(TJ);  $\alpha_i$  为第  $i$  种交通工具消耗能源的 CO<sub>2</sub> 排放系数(t/TJ);  $D_i$  为第  $i$  种交通工具出行距离(km),乘以 2 表示往返能源消耗总量;  $n_i$  为第  $i$  种交通工具的数量(辆);  $\beta_i$  为第  $i$  种交通工具的单位能源消耗量(MJ/辆·km).

#### 1.1.2 旅游住宿

山岳型景区旅游住宿产生的 CO<sub>2</sub> 与床位数、入住率、单位能源消耗量和能源类型成正相关,其计算公式为:

$$Q_a = \sum (A_{ij} \alpha_{ij}) = (TN_i f_i a_i \alpha_{ij}) \quad (3)$$

式中:  $A_{ij}$  为第  $i$  种住宿设施第  $j$  种能源年消耗量(TJ);  $\alpha_{ij}$  为第  $i$  种住宿设施第  $j$  种能源的 CO<sub>2</sub> 排放系数(t/TJ);  $T$  为景区全年开放天数(天);  $N_i$  为第  $i$  种住宿设施的床位数(张);  $f_i$  为第  $i$  种住宿设施的年均入住率(%);  $a_i$  为第  $i$  种住宿设施每床每日能源消耗量(MJ/张·天).

#### 1.1.3 旅游餐饮

山岳型景区较为封闭,不便于外出就餐和自行解决餐饮,因此游客大多在居住地就餐.旅游餐饮的碳源主要为餐饮制作过程中的能源消耗,与用餐人数、就餐次数和人均能源消耗量成正相关,计算公式为:

$$Q_f = \sum (F_i \alpha_i) = \sum (N_i D_i E_i \alpha_i) \quad (4)$$

式中:  $F_i$  为第  $i$  种餐饮年能源消耗量(TJ);  $\alpha_i$  为第  $i$  种能源的 CO<sub>2</sub> 排放系数(t/TJ);  $N_i$  为第  $i$  种餐饮的年用餐游客人数(p);  $D_i$  为用第  $i$  种餐饮旅游者年平均就餐次数(次);  $E_i$  为第  $i$  种餐饮单位能源消耗量(MJ/p·次).

#### 1.1.4 旅游购物

旅游购物碳排放量包括旅游商品生产环节和商场销售场所设施设备与用电消耗,本文仅考虑购物点的碳排放.山岳型景区的购物点主要有超市、旅游纪念品商店等类型,其碳排放的计算公式为<sup>[17]</sup>:

$$Q_s = \sum (S_i \alpha_i) = \sum (N_i E_i \alpha_i) \quad (5)$$

式中:  $S_i$  为第  $i$  种购物点的年能源消耗量(TJ);  $\alpha_i$  为第  $i$  种能源的  $\text{CO}_2$  排放系数(t/TJ);  $N_i$  为第  $i$  种购物点的数量(个);  $E_i$  为第  $i$  种购物点的人均能源消耗量(MJ/人·次)。

#### 1.1.5 游 览

山岳型景区的游览方式主要有步行、单车、缆车、观光车等。其中,步行、单车游览不消耗能源,不产生  $\text{CO}_2$  排放;缆车、观光车等因消耗能源产生  $\text{CO}_2$ ,是游览的主要碳源。游览产生的  $\text{CO}_2$  排放量与能源消耗量成正比,能源消耗量等于能源类型和游览距离的乘积。山岳型景区游览产生的  $\text{CO}_2$  计算公式为:

$$Q_v = \sum (V_i \alpha_i) = \sum (D_i N_i v_i \alpha_i) \quad (6)$$

式中:  $V_i$  为第  $i$  种游览方式的能源消耗量(TJ);  $\alpha_i$  为第  $i$  种能源的  $\text{CO}_2$  排放系数(t/TJ);  $D_i$  为第  $i$  种游览方式的距离(km);  $N_i$  为第  $i$  种游览方式年使用次数(次);  $v_i$  为第  $i$  种游览方式的单位能源消耗量(MJ/km·次)。

#### 1.1.6 旅游娱乐

娱乐活动的开展必须依靠娱乐设施和相关辅助设施,因此,娱乐设施及其辅助设施能源消耗产生的  $\text{CO}_2$  即为山岳型景区娱乐活动的主要碳源,其能源消耗量等于能源类型、电机功率和使用时间的乘积,计算公式为:

$$Q_r = \sum (R_i \alpha_i) = \sum (N_i P_i T_i \alpha_i) \quad (7)$$

式中:  $R_i$  为第  $i$  种娱乐设施的年能耗量(TJ);  $\alpha_i$  为第  $i$  种娱乐设施的  $\text{CO}_2$  排放系数(t/TJ);  $N_i$  为第  $i$  种娱乐设施的数量(个);  $P_i$  为第  $i$  种娱乐设施的单位能源消耗量(MJ/h·个);  $T_i$  为第  $i$  种娱乐设施年使用时间(h)。

#### 1.1.7 其 它

山岳型景区其它碳排放量主要包括景区废弃物处理产生的碳排放量和游客呼出的二氧化碳量,表示为:

$$Q_o = Q_w + Q_b \quad (8)$$

山岳型景区的废弃物主要包括废水、废气、废渣、粪便、固体垃圾等,其中,废水、粪便是通过化粪池分解,分解后的废渣与固体垃圾集中回收,通过运输工具运送到景区附近集中处理,其碳源主要为运输车辆能源消耗所产生的  $\text{CO}_2$ ,可表示为:

$$Q_w = \sum (W_i \alpha_i) = \sum (N_i w_i D_i \alpha_i) \quad (9)$$

式中:  $W_i$  为废弃物第  $i$  种运输方式的年能源消耗量(TJ);  $\alpha_i$  为第  $i$  种运输方式消耗能源的  $\text{CO}_2$  排放系数(t/TJ);  $N_i$  为第  $i$  种运输方式年运输次数(次);  $w_i$  为第  $i$  种运输方式的单位能源消耗量(MJ/km);  $D_i$  第  $i$  种运输方式单次运输的距离(km)。

尽管山岳型景区游客每天呼出的  $\text{CO}_2$  量较小,约为  $0.9 \text{ kg/p} \cdot \text{d}^{[27]}$ ,但全部游客全年呼出的  $\text{CO}_2$  量不可小视,已成为景区产生  $\text{CO}_2$  源头之一。山岳型景区边界封闭,游客呼出的  $\text{CO}_2$  量可表示为:

$$Q_b = T \sum (Q_b) \quad (10)$$

式中:  $Q$  为全年游客总量(p);  $b$  为每人每天呼吸所产生的  $\text{CO}_2$  量( $\text{kg/p} \cdot \text{d}$ );  $T$  为游客在景区停留的天数(d)。

### 1.2 山岳型景区碳汇计算模型

山岳型景区植被覆盖率较高,碳汇能力显著,可有效吸收因旅游活动消耗能源产生的  $\text{CO}_2$  排放,实现低碳旅游的目的。山地海拔高差较大,植物类型随海拔高度变化,有研究表明,森林中乔木的生物量最大,约占整个森林生物量的 80% 左右<sup>[28]</sup>。因此以森林整体类型为基础,以乔木为主体,划分基本植被类型,将不同植被类型的碳汇量加总就可得到山岳型景区森林总碳汇的估算结果。

$$Q_c = \sum (C_i S_i)$$

(11)

式中： $Q_c$  为景区植被吸收的  $\text{CO}_2$  量(t)； $C_i$  为第  $i$  种植物单位面积的碳含量( $\text{t}/\text{hm}^2$ )； $S_i$  是为第  $i$  种植物的面积( $\text{hm}^2$ )。

1.3 参数的确定

(1) 碳源模型系数的确定

山岳型景区碳源相关系数根据 2006 年 IPCC 指南和《中国能源统计年鉴》确定(表 1)，这些系数适用于所有以能源消耗量为基础的旅游景区的  $\text{CO}_2$  排放量测算。

表 1 不同能源发热量和  $\text{CO}_2$  排放系数

| 能源类型                                                    | 平均低位发热量                             | 碳含量                                | $\text{CO}_2$ 排放系数                 |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
|                                                         | $/(\text{KJ} \cdot \text{kg}^{-1})$ | $/(\text{t} \cdot \text{TJ}^{-1})$ | $/(\text{t} \cdot \text{TJ}^{-1})$ |
| 天然气                                                     | 35 588                              | 15.3                               | 56.1                               |
| 煤气                                                      | 47 472                              | 17.2                               | 63.1                               |
| 煤炭                                                      | 20 934                              | 25.8                               | 94.6                               |
| 汽油                                                      | 43 124                              | 18.9                               | 69.3                               |
| 柴油                                                      | 42 705                              | 20.2                               | 74.1                               |
| 煤油                                                      | 43 124                              | 19.6                               | 71.9                               |
| 电力 $/(\text{KJ} \cdot (\text{KW} \cdot \text{h})^{-1})$ | 36 00                               | 27.9                               | 1.052 3                            |

注：资料来源：根据参考文献[20]和文献[30]整理。

(2) 碳汇模型系数的确定

植被类型不同，其碳汇能力也不同。不同森林类型的单位面积固碳量见表 2。

表 2 不同植被类型的碳汇能力

|                                                                        | 常绿阔叶林 | 常绿针叶林 | 落叶阔叶林 | 针阔混交林 | 疏林   |
|------------------------------------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| 单位面积净固碳量 $/(\text{t} \cdot (\text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1})^{-1})$ | 6.16  | 5.15  | 7.15  | 7.42  | 2.33 |

注：资料来源：根据参考文献[31]整理。

2 研究区概况与数据来源

2.1 研究区概况

西岭雪山位于四川省成都市大邑县境内，是世界自然遗产、国家 AAAA 级旅游景区、国家重点风景名胜区，景区总面积  $374.83 \text{ km}^2$ ，最高处海拔  $5\,364 \text{ m}$ ，属亚热带湿润季风气候；植物群落呈明显的垂直分带，植被覆盖率 95% 以上，森林覆盖率 85% 以上。

西岭雪山距大邑县城  $36 \text{ km}$ ，距成都  $95 \text{ km}$ ，是环成都休闲旅游度假带的重要组成部分，国内著名的山岳型旅游景区。西岭雪山分前山和后山景区，前山以冬季滑雪、夏季滑草等户外运动为主，后山以山谷、植被、瀑布、溪流等自然景观见长。

景区内旅游设施较为完备，建成有停车场，开通了至成都、大邑等主要旅游依托城市(镇)的公交车，景区内开通了观光车，修建有通往主要观景点的步游道，建成了滑雪场通往日月坪的索道；景区内还修建有酒店、购物超市、娱乐场所(滑草、卡丁车、弹跳飞人等)、医疗站、自动取款机和游客服务中心等，是成都市周边著名的休闲度假旅游目的地。

2.2 数据来源

(1) 实地调查数据。2012 年 7 月 20 日—2013 年 2 月 20 日期间，作者几次赴西岭雪山实地调研，通过对游客、景区管理人员、农家乐经营者等进行访谈、问卷调查等，获得了游客乘坐交通工具的类型、游客平均游玩时间、就餐次数、旅游活动方式、能耗类型及数量、酒店类型及床位数、缆车及观光车单次时耗和年使用时间、各类娱乐设施的功率和年使用时间、旅游购物点类型和数量等数据。

(2) 网络数据. 通过查阅西岭雪山、成都市汽车站官方网站, 以及其他相关网站, 获取汽车的百公里耗油量、班次、发车时间、距离等数据.

### 3 结果分析

#### 3.1 西岭雪山景区碳源量

##### 3.1.1 旅游交通碳源量

西岭雪山景区的客源主要是四川省内游客, 占游客总数的 89.6%, 省外及境外客源比重较低<sup>[32]</sup>. 所有游客均先抵达大邑县西岭镇, 然后才能进入景区. 西岭镇至西岭雪山景区滑雪场长 8 km, 交通方式主要有私家车、公交车和旅游大巴, 3 种交通方式均以汽油、柴油为燃料. 西岭雪山景区旅游交通碳源量见表 3.

从表 3 可知, 西岭雪山景区旅游交通排放的 CO<sub>2</sub> 总量为 513.209 t, 其中私家车排放的 CO<sub>2</sub> 最多, 占总量的 99.15%; 旅游大巴和公交车排放量低, 分别占 0.50%和 0.35%.

表 3 西岭雪山景区 2012 年旅游交通碳源量

| 交通方式 | 车数<br>/辆 | 距离<br>/km | 单位能源消耗<br>/(MJ·(辆·km) <sup>-1</sup> ) | 能源消耗量<br>/TJ | CO <sub>2</sub> 排放系数<br>/(t·TJ <sup>-1</sup> ) | 交通 CO <sub>2</sub> 排放量<br>/t |
|------|----------|-----------|---------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|------------------------------|
| 公交车  | 2 898    | 8         | 0.163                                 | 0.025        | 69.3                                           | 1.767                        |
| 旅游大巴 | 3 985    | 8         | 0.172                                 | 0.037        | 69.3                                           | 2.570                        |
| 私家车  | 105 363  | 8         | 1.291                                 | 7.343        | 69.3                                           | 508.872                      |
| 总 数  | 112 246  | —         | —                                     | 7.405        | —                                              | 513.209                      |

##### 3.1.2 旅游住宿碳源量

西岭雪山景区内的旅游住宿设施主要分为 2 类——星级酒店和“农家乐”. 截至 2012 年底, 西岭雪山景区有 7 家星级酒店, 分别是斯堪的纳度假酒店(五星)、映雪酒店(四星)、杜鹃酒店(四星)、山地度假酒店(三星)、阳光假日酒店(三星)、雪花酒店(三星)、枫叶酒店(三星), 30 家“农家乐”. 酒店能源消耗以电力为主, 但热水是通过燃煤集中供应; “农家乐”能源为电力(水电). 西岭雪山景区旅游住宿排放的碳源量见表 4.

表 4 西岭雪山景区 2012 年旅游住宿碳源量

| 指 标                                               | 星 级 酒 店 |         |           |           |           |           |           | 农家乐       | 合计         |
|---------------------------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
|                                                   | 斯堪的纳    | 映雪      | 杜鹃        | 山地度假      | 阳光假日      | 雪花        | 枫叶        |           |            |
| 床位数/张                                             | 86      | 97      | 130       | 235       | 156       | 153       | 220       | 198       | 1275       |
| 入住率/%                                             | 55.14   | 52.47   | 53.63     | 54.25     | 53.42     | 56.71     | 54.32     | 46.24     | —          |
| 单位能源消耗量/(MJ·(床·天) <sup>-1</sup> )                 | 518.168 | 434.506 | 426.452   | 420.170   | 368.568   | 402.136   | 419.453   | 4.204     | —          |
| 年电能消耗量/TJ                                         | 0.176   | 0.159   | 0.213     | 0.385     | 0.221     | 0.250     | 0.360     | 4.215     | 5.979      |
| 年煤炭消耗量/TJ                                         | 8.792   | 7.913   | 10.639    | 19.167    | 10.990    | 12.485    | 17.936    | —         | 87.922     |
| 电 CO <sub>2</sub> 排放系数/(kg·(KW·h) <sup>-1</sup> ) | 1.0523  | 1.0523  | 1.052 3   | 1.052 3   | 1.052 3   | 1.052 3   | 1.052 3   | 1.052 3   | —          |
| 煤炭 CO <sub>2</sub> 排放系数/(t·TJ <sup>-1</sup> )     | 94.6    | 94.6    | 94.6      | 94.6      | 94.6      | 94.6      | 94.6      | —         | —          |
| 住宿设施 CO <sub>2</sub> 排放量/t                        | 883.312 | 794.981 | 1 068.808 | 1 925.621 | 1 104.140 | 1 254.304 | 1 801.957 | 1 232.075 | 10 065.198 |

从表 4 可见, 西岭雪山景区旅游住宿排放的 CO<sub>2</sub> 共为 10 065.198 t, 其中, 星级酒店能源消耗产生的 CO<sub>2</sub> 为 8 833.123 t, 占总量的 87.76%; “农家乐”排放的 CO<sub>2</sub> 为 1 232.075 t, 占 12.24%. 星级酒店中, 星级最高的斯堪的纳度假酒店的单位(床位)能源消耗明显高于其它酒店.

##### 3.1.3 旅游餐饮碳源量

根据公式(4)可测算出西岭雪山景区旅游餐饮的碳源量(表 5).

表 5 西岭雪山景区 2012 年旅游餐饮碳源量

| 餐饮方式 | 游客数<br>/p | 平均就餐次数<br>/次 | 单位能源消耗量<br>/(MJ·(p·次) <sup>-1</sup> ) | 餐饮能源消耗量<br>/TJ | CO <sub>2</sub> 排放系数<br>/(t·TJ <sup>-1</sup> ) | 餐饮 CO <sub>2</sub> 排放量<br>/t |
|------|-----------|--------------|---------------------------------------|----------------|------------------------------------------------|------------------------------|
| 酒店   | 95 610    | 3            | 63.146                                | 18.112         | 71.9                                           | 1 302.259                    |
| 农家乐  | 223 090   | 6            | 27.929                                | 37.384         | 63.1                                           | 2 358.943                    |
| 合计   | 318 700   | —            | —                                     | 55.496         | —                                              | 3 661.202                    |

注：景区内小吃摊所产生的碳源量较小，且不便统计，故忽略不计。

从表 5 可见，西岭雪山景区旅游餐饮共排放 CO<sub>2</sub> 3 661.202 t，其中，农家乐产生的 CO<sub>2</sub> 最多，达 2 358.943 t，占旅游餐饮 CO<sub>2</sub> 总量的 64.43%；酒店餐饮产生的 CO<sub>2</sub> 为 1 302.259 t，占旅游餐饮排放 CO<sub>2</sub> 的 35.57%。

3.1.4 旅游购物碳源量

截止 2012 年底，西岭雪山景区内的购物场所主要包括 1 家超市和 14 个购物摊点。超市、购物摊点能源消耗以电力为主，根据公式(5)可测算出其碳源量(表 6)。

表 6 西岭雪山景区 2012 年旅游购物碳源量

| 购物方式 | 商店数<br>/个 | 单位能源消耗量<br>/(MJ·(p·次) <sup>-1</sup> ) | 年能源消耗量<br>/TJ | 电 CO <sub>2</sub> 排放系数<br>/(kg·(KW·h) <sup>-1</sup> ) | 购物 CO <sub>2</sub> 排放量<br>/t |
|------|-----------|---------------------------------------|---------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|
| 超市   | 1         | 0.229                                 | 0.007         | 1.052 3                                               | 2.105                        |
| 购物摊  | 14        | 0.707                                 | 0.058         | 1.052 3                                               | 16.837                       |
| 总数   | 15        | —                                     | 0.065         | —                                                     | 18.942                       |

由表 6 可知，西岭雪山景区旅游购物共排放 CO<sub>2</sub> 18.942 t，其中，购物摊点产生的 CO<sub>2</sub> 最多，为 16.837 t，占旅游购物所产生的 CO<sub>2</sub> 总量的 88.89%；超市产生的 CO<sub>2</sub> 为 2.105 t，占旅游购物排放 CO<sub>2</sub> 的 11.11%。

3.1.5 游览碳源量

西岭雪山景区的游览项目中，产生碳排放的主要包括缆车和观光车，根据公式(6)可测算出其碳源量(表 7)。

表 7 西岭雪山景区 2012 年游览碳源量

| 游览方式 | 距离<br>/km | 年使用次数<br>/次 | 单位能源消耗量<br>/(MJ·(km·次) <sup>-1</sup> ) | 能源消耗量<br>/TJ | CO <sub>2</sub> 碳排放系数<br>/(t·TJ <sup>-1</sup> )  | 游览 CO <sub>2</sub> 排放量<br>/t |
|------|-----------|-------------|----------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------|------------------------------|
| 缆车   | 4.32      | 693 0       | 141.844                                | 4.158        | 1.052 3 (kg·(KW·h) <sup>-1</sup> ) <sup>-1</sup> | 1 215.407                    |
| 观光车  | 2.8       | 531 1       | 2.232                                  | 0.033        | 69.3                                             | 2.300                        |
| 总数   | —         | —           | —                                      | 4.191        | —                                                | 1 217.707                    |

由表 7 可知，西岭雪山景区游览活动排放的 CO<sub>2</sub> 为 1 217.707 t，其中，缆车耗电产生的 CO<sub>2</sub> 为 1 215.407 t，占 99.81%；观光车耗油产生的 CO<sub>2</sub> 为 2.300 t，占 0.19%。

3.1.6 旅游娱乐碳源量

西岭雪山景区内的旅游娱乐项目中，产生 CO<sub>2</sub> 排放的主要包括卡丁车、魔毯、滑雪辅助设施等，根据公式(7)可测算出其碳源量(表 8)。

表 8 西岭雪山景区 2012 年旅游娱乐碳源量

| 娱乐类型  | 数量<br>/个 | 时间<br>/h | 单位能源消耗量<br>/(MJ·(h·个) <sup>-1</sup> ) | 年能源消耗量<br>/TJ | CO <sub>2</sub> 碳排放系数              | 游览 CO <sub>2</sub> 排放量<br>/t |
|-------|----------|----------|---------------------------------------|---------------|------------------------------------|------------------------------|
| 卡丁车   | 4        | 1 280    | 2.173                                 | 0.011         | 69.3/(t·TJ <sup>-1</sup> )         | 0.771                        |
| 魔毯    | 1        | 990      | 576.000                               | 0.570         | 1.052 3/(kg·(KW·h) <sup>-1</sup> ) | 166.684                      |
| 吊椅    | 1        | 700      | 1 512.000                             | 1.058         | 1.052 3/(kg·(KW·h) <sup>-1</sup> ) | 309.376                      |
| 拖牵    | 1        | 480      | 158.400                               | 0.076         | 1.052 3/(kg·(KW·h) <sup>-1</sup> ) | 22.225                       |
| 造雪机   | 12       | 990      | 43.200                                | 0.513         | 1.052 3/(kg·(KW·h) <sup>-1</sup> ) | 150.016                      |
| 管网造雪机 | 1        | 300      | 1 800.000                             | 0.540         | 1.052 3/(kg·(KW·h) <sup>-1</sup> ) | 157.845                      |
| 总数    | 13       | —        | —                                     | 2.769         | —                                  | 806.917                      |

由表 8 可知,西岭雪山景区旅游娱乐排放的 CO<sub>2</sub> 为 806.917 t,其中,滑雪辅助设施电力消耗产生的 CO<sub>2</sub> 为 806.146 t,占旅游娱乐 CO<sub>2</sub> 排放的 99.90%;卡丁车产生的 CO<sub>2</sub> 为 0.771 t,占总量的 0.10%.

3.1.7 其它碳源量

西岭雪山景区的碳源除上述 6 个方面的来源外,还包括旅游废弃物和游客呼出的 CO<sub>2</sub>. 根据公式(9)、公式(10)可分别测算出其碳源量(表 9、表 10).

表 9 西岭雪山景区 2012 年旅游废弃物碳源量

| 年运输次数 | 距离  | 单位能源消耗量                 | 能源消耗量 | CO <sub>2</sub> 碳排放系数  | CO <sub>2</sub> 排放量 |
|-------|-----|-------------------------|-------|------------------------|---------------------|
| /次    | /km | /(MJ·km <sup>-1</sup> ) | /TJ   | /(t·TJ <sup>-1</sup> ) | /t                  |
| 96    | 80  | 11.320                  | 0.087 | 18.9                   | 6.025               |

表 10 西岭雪山景区 2012 年游客呼出碳源量

| 全年游客总量  | 天数 | 单位游客呼吸量                 | CO <sub>2</sub> 排放量 |
|---------|----|-------------------------|---------------------|
| /p      | /d | /(kg·pd <sup>-1</sup> ) | /t                  |
| 325 204 | 1  | 0.9                     | 112.793             |

3.1.8 西岭雪山景区碳源总量

西岭雪山景区 2012 年共排放 CO<sub>2</sub> 16 401.993 t,其中,旅游住宿为 10 065.198 t,旅游餐饮为 3661.202 t,旅游交通为 513.209 t,分别占碳源总量的 61.37%,22.32%,3.13%,3 项合计占比高达 86.82%,为西岭雪山景区主要的碳源量;旅游购物(0.12%)、娱乐(4.92%)、游览(7.42%)和其它(0.72%)碳源量所占比重较小(图 1).

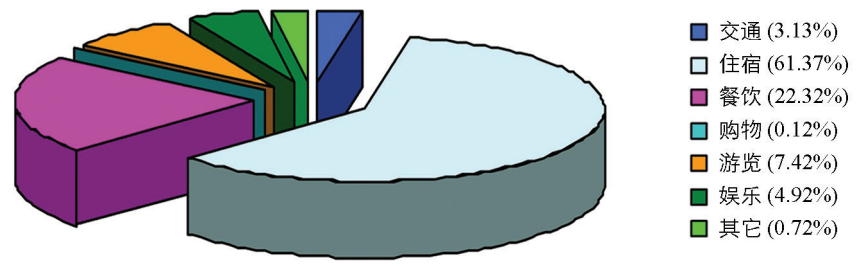


图 1 西岭雪山景区 2012 年各类碳源量所占比重

3.2 西岭雪山景区碳汇量

西岭雪山景区山麓植被基带类型为亚热带常绿阔叶林,随着海拔的增加,依次为常绿针叶林、落叶阔叶林、针阔混交林<sup>[33]</sup>. 本文以西岭雪山景区总面积为基础,结合西南地区山岳森林植被分布规律和实地考察结果,估算出不同植被类型的分布面积. 根据公式(11)测算出西岭雪山景区的碳汇量(表 11).

表 11 西岭雪山景区的碳汇量

| 指 标                                           | 常绿阔叶林   | 常绿针叶林   | 落叶阔叶林   | 针阔混交林   | 总量        |
|-----------------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| 单位面积固碳量/(t·(hm <sup>2</sup> ) <sup>-1</sup> ) | 6.16    | 5.15    | 7.15    | 7.42    | —         |
| 面积/hm <sup>2</sup>                            | 149.932 | 112.449 | 74.966  | 37.483  | 374.83    |
| Q <sub>s</sub> /t                             | 923.581 | 579.112 | 536.007 | 278.124 | 2 316.824 |
| 占比/%                                          | 39.86   | 25.00   | 23.14   | 12.00   | 100.00    |

由表 11 可知,西岭雪山景区的森林每年可吸收 CO<sub>2</sub> 2 316.824 t,其中,常绿阔叶林吸收 923.581 t,占碳汇总量的 39.86%;常绿针叶林吸收 579.112 t,占 25.00%;落叶阔叶林吸收 536.007 t,占 23.14%;针阔混交林吸收 278.124 t,占 12.00%. 因此,常绿阔叶林的碳汇能力较强,针阔混交林碳汇能力最弱.

### 3.3 西岭雪山景区的碳平衡分析

碳平衡是指碳的排放和吸收两方面在数量或质量上相等或相抵,是低碳发展的理想状态.也有研究者提出用碳中和系数(Coefficient of Carbon Neutral, CCN)来分析某区域的碳平衡.所谓碳中和系数,即研究区域当年的  $\text{CO}_2\text{-eq}$  的吸收量与  $\text{CO}_2\text{-eq}$  的排放量之比;当  $\text{CCN}=1$  时,碳源与碳汇相互平衡,也就实现了碳中和<sup>[34]</sup>.

测算表明,西岭雪山景区 2012 年碳源为 16 401.993 t,碳汇量为 2 316.824 t,碳中和系数为 0.141,即天然森林吸收了西岭雪山景区约 1/7 的旅游碳源,但距离碳平衡还有较大差距.

## 4 结论与建议

### 4.1 结 论

1) 山岳型景区的碳源主要由交通、住宿、餐饮、购物、游览、娱乐、其它(旅游废弃物、游客呼出  $\text{CO}_2$ ) 等 7 个部分组成.

2) 山岳型景区的碳汇以森林碳汇为主,不同的植被类型,其单位面积吸收的  $\text{CO}_2$  量是不一样的.

3) 西岭雪山景区 2012 年的碳源总量为 16 401.993 t,主要源于旅游餐饮、旅游住宿、旅游交通,三者所产生的碳源占总量的 86.82%;旅游购物、娱乐、游览和其它碳源量所占比重较小.西岭雪山景区 2012 年的森林碳汇为 2 316.824 t,相当于抵消了景区约 1/7 的旅游碳源.

4) 西岭雪山景区的碳中和系数为 0.141,距离碳平衡还有较大差距.

### 4.2 建 议

山岳型景区的低碳化旅游的基本路径应包括:碳源控制、碳汇建设和碳平衡推进等.

1) 优化景区的能源结构,使用清洁能源.景区内的酒店、餐馆等应使用天然气、电力、沼气、太阳能、风能等清洁能源,景区内的交通工具应使用电力驱动,减少燃油所产生的  $\text{CO}_2$  排放,实现绿色环保.

2) 控制山岳型景区内“农家乐”的数量.山岳型景区内“农家乐”规模较小,但数量多,排放的碳所占比重较大,如西岭雪山景区“农家乐”餐饮产生的  $\text{CO}_2$  占景区旅游餐饮  $\text{CO}_2$  总量的 64.43%.为减少碳的排放量,应将“农家乐”的数量控制到适当的规模.

3) 创建绿色酒店,减少山岳型景区餐饮住宿中的能源浪费现象.绿色酒店采用简约的装修风格,使用洁净能源,拥有自我回收系统,倡导游客绿色消费,可有效降低碳排放.

4) 优化交通结构,控制私家车进入景区.西岭雪山 2012 年私家车排放的  $\text{CO}_2$  占旅游交通碳源总量的 99.15%,是旅游大巴、公交车的 117 倍.因此,应禁止或控制私家车进入旅游景区,减少私家车的碳排放量.

5) 加强对碳汇林的建设和管理.《京都议定书》第 3.3 和 3.4 条中指出,人类可以通过对陆地生态系统的有效管理增加其固碳能力,并可部分抵消该国的减排任务量.这些管理措施包括减少森林砍伐、造林、再造林和加强对现有森林的病虫害、火灾和抚育管理.因此,加强对碳汇林的建设和管理是山岳型景区实现碳中和的有效途径之一.首先要增加森林面积,在山岳型景区内提高森林覆盖率;二是加强对现有森林植被的管理,减少森林病虫害、火灾等对森林植被的影响;三是改良森林植被类型,增加固碳能力强的常绿阔叶林、常绿针叶林的面积,并在林龄的布局上采取培育中幼林代替部分成熟林的措施<sup>[35]</sup>.

### 参考文献:

- [1] UNWTO-UNEP-WMO. Climate Change and Tourism: Responding to Global Challenges [R]. Madrid: UNWTO, UNEP & WMO, 2008: 169—172.
- [2] ECHTNER C M. The Semiotic Paradigm: Implications for Tourism Research [J]. Tourism Management, 1999, 20(1):

- 47—57.
- [3] 邓春朗. 植树造林对减缓 CO<sub>2</sub> 排放的效应及对策 [J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 1996, 32(4): 551—554.
- [4] WIT R C N, DINGS J W M. Economic Incentives to Mitigate Greenhouse Gas Emissions from Air Transport in Europe [M]. Delft: CE Delft, 2002: 71—80.
- [5] 李伯华, 刘云鹏, 窦银娣. 旅游风景区旅游交通碳足迹评估及其影响因素分析——以南岳衡山为例 [J]. 资源科学, 2012, 34(5): 956—963.
- [6] LIN TZU-PING. Carbon Dioxide Emissions from Transport in Taiwan's National Parks [J]. Tourism Management, 2010, 31(2): 285—290.
- [7] GÖSSLING S, SCHUMACHER K P. Implementing Carbon Neutral Destination Policies: Issues from the Seychelles [J]. Journal of Sustainable Tourism, 2010, 18(3): 377—391.
- [8] TAYLOR S, PEACOCK A, BANFILL P, et al. Reduction of Greenhouse Gas Emissions from UK Hotels in 2030 [J]. Building and Environment, 2010, 45(6): 1389—1400.
- [9] 刘益. 中国酒店业能消耗水平与低碳化经营路径分析 [J]. 旅游学刊, 2012, 27(1): 83—90.
- [10] 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 [J]. 旅游学刊, 2010, 25(3): 27—34.
- [11] GÖSSLING S, GARROD B, AALL C, et al. Food Management in Tourism: Reducing Tourism's Carbon Footprint [J]. Tourism Management, 2011, 32(3): 534—543.
- [12] JOE KELLY, PETER W. WILLIAMS. Modeling Tourism Destination Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions: Whistler, British Columbia, Canada [J]. Journal of Sustainable Tourism, 2007, 15(1): 67—90.
- [13] 邹永广. 旅游景区碳足迹测算及其对环境的影响 [J]. 重庆师范大学学报: 自然科学版, 2011, 28(3): 27—34.
- [14] 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.
- [15] 陶玉国, 张红霞. 江苏省旅游能耗和碳排放估算研究 [J]. 南京社会科学, 2011(8): 151—156.
- [16] 王立国, 廖为明, 黄敏, 等. 基于终端消费的旅游碳足迹测算——以江西省为例 [J]. 生态经济, 2011(5): 120—124, 168.
- [17] 鉴英苗, 罗艳菊, 毕华, 等. 海南环东线旅游路线碳足迹计算与分析 [J]. 海南师范大学学报, 2012, 25(1): 99—103.
- [18] 曹辉. 城市旅游生态足迹测评——以福建省福州市为例 [J]. 资源科学, 2007(6): 98—105.
- [19] 李军芳, 雒应福, 王莉霞, 等. 兰州市旅游生态足迹研究 [J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 2008, 44(1): 88—91.
- [20] 肖建红, 于爱芬, 王敏. 旅游过程碳足迹评估——以舟山群岛为例 [J]. 旅游科学, 2011, 25(4): 58—66.
- [21] 章锦河, 张捷. 旅游生态足迹模型及黄山市实证分析 [J]. 地理学报, 2004, 59(5): 763—771.
- [22] 陈辉, 李梅, 胡庭兴. 基于生态足迹理论的四川青城山区生态旅游可持续发展研究 [D]. 雅安: 四川农业大学, 2007.
- [23] 宋一兵. 旅游业碳汇潜力初探 [J]. 地域研究与开发, 2012, 31(2): 135—140.
- [24] 罗艳菊, 吴章文. 鼎湖山自然保护区旅游者生态足迹分析 [J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(3): 330—334.
- [25] 鲁丰先, 秦耀辰, 徐两省, 等. 旅游生态足迹——以嵩山景区 2005 年“五一”黄金周为例 [J]. 人文地理, 2006(5): 31—35.
- [26] 胡海胜. 山地景区生态足迹分析——以庐山为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2007(6): 814—820.
- [27] 章锦河. 旅游废弃物生态影响评价——以九寨沟、黄山风景区为例 [J]. 生态学报, 2008, 28(6): 2764—2773.
- [28] 阮宏华, 姜志林, 高苏铭. 苏南丘陵主要森林类型碳循环研究——含碳量与分布规律 [J]. 生态学杂志, 1997, 16(6): 17—21.
- [29] 国家统计局能源统计司. 中国能源统计年鉴(2009) [M]. 北京: 中国统计出版社, 2010: 285.
- [30] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories [M]. Washington D C: Intergovernmental Panel on Climate Change National Greenhouse Gas Inventories Programme, 2006: 15—22.
- [31] 郑帷婕, 包维楷, 辜彬, 等. 陆生高等植物碳含量及其特点 [J]. 生态学杂志, 2007, 26(3): 307—313.
- [32] 冷放. 西岭雪山旅游客源分析 [J]. 商情, 2011(34): 37—38.

- [33] 贾滨洋, 唐 亚, 柏 松, 等. 基于 RS 和 GIS 的西岭雪山风景区近 18 年土地利用变化研究 [C] //四川省环境科学学会 2011 年学术年会论文集. 成都: 四川省环境科学学会, 2011: 71—78.
- [34] 联合国环境规划署—同济大学环境与可持续发展学院课题组. 崇明生态岛碳源碳汇核算研究报告 [R]. 上海: 同济大学, 2012.
- [35] 黄小辉, 唐小荃, 邵呈龙, 等. 重庆市森林植被碳储量及其地理分布格局 [J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2012, 37(1): 82—87.

## Estimation and Analysis of Carbon Source and Carbon Sink of Mountain Scenic Spots ——A Case Study of Xiling Snow Mountain

XIANG Xu<sup>1</sup>, DONG Yi-fei<sup>2</sup>, YANG Xiao-xia<sup>2</sup>

1. School of Economics and Management, Southwest University, Chongqing 400715, China;

2. School of Geographical Sciences, Southwest University, Chongqing 400715, China

**Abstract:** Numerous mountain scenic spots are widely distributed in our country. They are of high landscape value, and appeal greatly to most tourists. Mountain scenic spots have a high forest coverage rate and are most likely to achieve the realization of “low carbon tourism”. The estimation and analysis of carbon source and carbon sink of mountain scenic spots is of important theoretical significance and practical guidance to low-carbonization of scenic spots. Our research shows that the carbon sources of mountain scenic spots are mainly composed of seven parts: transportation, accommodation, catering, shopping, visiting, recreation and others (such as tourist litter and exhaling CO<sub>2</sub>); that forest carbon sink constitutes the main part of the carbon sink of mountain scenic spots; that the total amount of carbon source of Xiling Snow Mountain was 16401.993 t in 2012, stemming mainly from tourism catering, accommodation and tourism transportation, accounting for 86.82% of the total, while tourism shopping, recreation, visiting and other carbon sources accounted for a small proportion; that the forest carbon sink of Xiling Snow Mountain was 2316.824 t in 2012, equivalent to about one-seventh of spot’s tourism carbon source; and that the coefficient of carbon neutral of Xiling Snow Mountain was 0.141, suggesting quite a large gap to carbon balance. The paths to the realization of low-carbonization tourism in mountain scenic spots include carbon source control, carbon sink construction and carbon balance promotion.

**Key words:** carbon source; carbon sink; carbon balance; mountain scenic spot; Xiling Snow Mountain

责任编辑 胡 杨

