

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

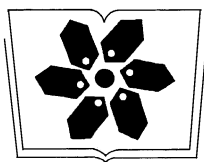
Acta Ecologica Sinica



第 33 卷 第 13 期 Vol.33 No.13 **2013**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 33 卷 第 13 期 2013 年 7 月 (半月刊)

目次

前沿理论与学科综述

- 强度干扰后退化森林生态系统中保留木的生态效应研究综述..... 缪宁,刘世荣,史作民,等 (3889)
- AM 真菌对重金属污染土壤生物修复的应用与机理..... 罗巧玉,王晓娟,林双双,等 (3898)

个体与基础生态

- 东灵山不同林型五角枫叶性状异速生长关系随发育阶段的变化..... 姚婧,李颖,魏丽萍,等 (3907)
- 不同温度下 CO₂ 浓度增高对坛紫菜生长和叶绿素荧光特性的影响..... 刘露,丁柳丽,陈伟洲,等 (3916)
- 基于 LULUCF 温室气体清单编制的浙江省杉木林生物量换算因子..... 朱汤军,沈楚楚,季碧勇,等 (3925)
- 土壤逐渐干旱对菖蒲生长及光合荧光特性的影响..... 王文林,万寅婧,刘波,等 (3933)
- 一株柠条内生解磷菌的分离鉴定及实时荧光定量 PCR 检测..... 张丽珍,冯利利,蒙秋霞,等 (3941)
- 一个年龄序列巨桉人工林植物和土壤生物多样性..... 张丹桔,张健,杨万勤,等 (3947)
- 不同饵料和饥饿对魁蚶幼虫生长和存活的影响..... 王庆志,张明,付成东,等 (3963)
- 禽畜养殖粪便中多重抗生素抗性细菌研究..... 祁诗月,任四伟,李雪玲,等 (3970)
- 链状亚历山大藻赤潮衰亡的生理调控..... 马金华,孟希,张淑,等 (3978)
- 基于环境流体动力学模型的浅水草藻型湖泊水质数值模拟..... 李兴,史洪森,张树礼,等 (3987)

种群、群落和生态系统

- 干旱半干旱地区围栏封育对甘草群落特征及其分布格局的影响..... 李学斌,陈林,李国旗,等 (3995)
- 宁夏六盘山三种针叶林初级净生产力年际变化及其气象因子响应..... 王云霓,熊伟,王彦辉,等 (4002)
- 半干旱黄土区成熟柠条林地土壤水分利用及平衡特征..... 莫保儒,蔡国军,杨磊,等 (4011)
- 模拟酸沉降对鼎湖山季风常绿阔叶林地表径流水化学特征的影响..... 丘清燕,陈小梅,梁国华,等 (4021)
- 基于改进 PSO 的洞庭湖水源涵养林空间优化模型..... 李建军,张会儒,刘帅,等 (4031)
- 外来植物火炬树水浸液对土壤微生物生态系统的化感作用..... 侯玉平,柳林,王信,等 (4041)
- 崇明东滩抛荒鱼塘的自然演替过程对水鸟群落的影响..... 杨晓婷,牛俊英,罗祖奎,等 (4050)
- 三峡水库蓄水初期鱼体汞含量及其水生食物链累积特征..... 余杨,王雨春,周怀东,等 (4059)
- 元江鲤种群遗传多样性..... 岳兴建,邹远超,王永明,等 (4068)

景观、区域和全球生态

- 中国西北干旱区气温时空变化特征..... 黄蕊,徐利岗,刘俊民 (4078)
- 集水区尺度下东北东部森林土壤呼吸的模拟..... 郭丽娟,国庆喜 (4090)
- 增氮对青藏高原东缘高寒草甸土壤甲烷吸收的早期影响..... 张裴雷,方华军,程淑兰,等 (4101)
- 基于生态系统服务的广西水生态足迹分析..... 张义,张合平 (4111)
- 深圳市景观生态安全格局源地综合识别..... 吴健生,张理卿,彭建,等 (4125)

庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡..... 周年兴,黄震方,梁艳艳 (4134)

气候变化对内蒙古中部草原优势牧草生长季的影响 李夏子,韩国栋,郭春燕 (4146)

民勤荒漠区典型草本植物马蔺的物候特征及其对气候变化的响应..... 韩福贵,徐先英,王理德,等 (4156)

血水草生物量及碳贮量分布格局..... 田大伦,闫文德,梁小翠,等 (4165)

5 种温带森林生态系统细根的时间动态及其影响因子 李向飞,王传宽,全先奎 (4172)

资源与产业生态

干旱胁迫下 AM 真菌对矿区土壤改良与玉米生长的影响..... 李少朋,毕银丽,陈咄圳,等 (4181)

城乡与社会生态

上海环城林带保健功能评价及其机制..... 张凯旋,张建华 (4189)

研究简报

北京山区侧柏林林内降雨的时滞效应 史 宇,余新晓,张佳音 (4199)

采伐剩余物管理措施对二代杉木人工林土壤全碳、全氮含量的长期效应
..... 胡振宏,何宗明,范少辉,等 (4205)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 326 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 35 * 2013-07



封面图说: 岳阳附近的水源涵养林及水系鸟瞰——水源涵养林对于调节径流,减缓水、旱灾害,合理开发利用水资源具有重要的生态意义。洞庭湖为我国第二大淡水湖,南纳湘、资、沅、澧四水,北由岳阳城陵矶注入长江,是长江上最重要的水量调节湖泊。因此,湖周的水源涵养林建设对于恢复洞庭湖调节长江中游地区洪水的功能,加强湖区生物多样性的保护是最为重要的举措之一。对现有防护林采取人为干扰的调控措施,改善林分空间结构,将有利于促进森林生态系统的正向演替,为最大程度恢复洞庭湖水源林生态功能和健康经营提供重要支撑。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201212021727

周年兴, 黄震方, 梁艳艳. 庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡. 生态学报, 2013, 33(13): 4134-4145.

Zhou N X, Huang Z F, Liang Y Y. Carbon sources and storage sinks in scenic tourist areas: a Mount Lushan case study. Acta Ecologica Sinica, 2013, 33(13): 4134-4145.

庐山风景区碳源、碳汇的测度及均衡

周年兴*, 黄震方, 梁艳艳

(南京师范大学地理科学学院, 南京 210023)

摘要: 旅游目的地系统碳源、碳汇的计算与分析, 不仅是旅游业节能减排政策制定的重要依据, 也是旅游与环境相互关系研究的一个新的科学命题。以庐山风景区为例, 计算并分析了 2010 年的碳源及碳汇。结果表明: (1) 2010 年庐山风景区包括本地居民和旅游者的总碳排放为 108 697 t。其中, 本地居民占碳排放总量的 19.52%, 旅游者占碳排放总量的 80.48%。在旅游者碳排放中, 旅游交通碳排放占 50.24%, 旅游住宿碳排放占 38.04%, 旅游食物消费碳排放占 10.65%, 旅游活动碳排放仅占 1.07%; (2) 2010 年庐山风景区内陆地生态系统碳吸收为 9 447 t; (3) 从碳源、碳汇均衡角度看, 庐山陆地生态系统的固碳量吸收了区内碳排放的 23.47%。但由于旅游者的区际流动和旅游业的产业关联性强, 陆地生态系统的碳吸收仅占区内和区外碳排放总量的 8.69%, 旅游业使庐山成为一个显著的碳源。

关键词: 碳排放; 碳吸收; 风景区; 庐山

Carbon sources and storage sinks in scenic tourist areas: a Mount Lushan case study

ZHOU Nianxing*, HUANG Zhenfang, LIANG Yanyan

School of Geographic Science, Nanjing Normal University, Nanjing 210023, China

Abstract: Climate change is the single most important global environmental issue facing the world today. The tourism industry plays a role in the global anthropogenic impact of carbon dioxide (CO₂) emissions. Climate change and its associated implications are beginning to emerge as a major topic of discussion and research within tourism studies. The tourism sector uses an extensive range of transport energy. This includes moving visitors to, from and within tourist destinations, along with travel to accommodation facilities and tourism activities. Tourist destinations cover land areas that include forests, lakes and farms. These features can absorb carbon dioxide through photosynthesis and sediment accumulation. The calculation and analysis of carbon sources and storage sinks, within tourist destinations, is important for emission reduction policy and to encourage the tourism sector to save energy. Further, it is also the basis of a new research field examining the relationship between tourism and the environment. Using the Lushan Scenic Area in Jiangxi province, China, as a case study, we calculate and analyze the carbon emissions and associated absorption in this region in 2010.

The results show total carbon emissions in the Lushan Scenic Area were 108,697t in 2010. Local residents contributed to 19.52% of emissions while tourists accounted for 80.48%. Of the total carbon discharged by locals, food consumption accounted for 82.89%, energy use 11.79%, and traffic emissions 5.31%. Of the total carbon discharged by tourists, traffic emissions accounted for 50.24%, lodging 38.04%, food consumption 10.65%, and tourist activities 1.07%. Mitigation of carbon emissions can be achieved using the principles of elimination, reduction, substitution and offsetting.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41271150); 江苏省高校自然科学基金项目(10KJB170004); 江苏高校优势学科工程资助项目

收稿日期: 2012-12-02; **修订日期:** 2013-04-08

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhounianxing@263.net

Practical measures employing these principles include reducing energy use, becoming more energy efficient, using sustainable energy sources and the compensation of unavoidable emissions through offsetting schemes. The control of transport induced carbon emissions is crucial, particularly in the tourism sector. The avoidance or reduction of long distance air travel is vital for reducing carbon emissions. In 2010, the Lushan Scenic Area absorbed 9,447t of carbon emissions. This included biomass primary productivity, soil absorption and aquatic absorption. The Lushan forest ecosystem, including biomass primary productivity and soil absorption, accounted for 98.38% of this carbon absorption practice. The small aquatic area located at Mount Lushan means aquatic absorption is virtually negligible. The carbon absorption of the land ecosystem within Mount Lushan accounts for 23.47% of the carbon emissions produced in this tourist area. However, tourist travel and the tourism industry, generally, have strong spillover effects on the environment. Thus, the carbon absorption level of the land ecosystem of Mount Lushan only accounted for 8.69% of the total carbon emissions attributed to this tourist destination. Therefore, Mount Lushan tourism is a significant source of carbon production.

Our results have important implications for tourism management personnel and their understanding of carbon emissions and absorption. To support and develop forest carbon sinks, afforestation should be encouraged while original forest ecosystems are protected. The tourism industry needs to encourage responsible, sustainable, tourism. This will enable the tourism sector to continue to deliver excellent tourist experiences while achieving a lower carbon footprint.

Key Words: carbon emissions; carbon absorption; scenic tourist area; Mount Lushan

全球气候变化已经成为当今世界面对的最重要的环境问题之一。而旅游业对全球气候变化的贡献率已经达到了5%。其对全球气候变化的影响还带来了十分严重的社会道德问题。有研究表明,任其发展,旅游业带来的全球气候变化而导致的人口死亡数将会超过旅游业所带来的工作机会,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^[1]。旅游业与全球变化的相互关系是旅游业与环境、经济、社会、文化相互影响关系的基础,已经成为旅游研究的重点和热点。1986年,McBoyle等^[2]和Wall等^[3]最早研究了全球气候变化对旅游业的影响。1996年,Bach等最早研究证实了旅游业对全球气候变化的贡献^[4]。2003年,世界旅游组织(UNWTO)在突尼斯的Djerba召开了首届旅游业与气候变化的国际会议,认为旅游业深受全球气候变化影响,同时也是全球气候变化的重要影响因素。2007年,在瑞典Davos召开了第二届旅游业与全球气候变化的国际会议,号召旅游目的地和旅游者有责任进行节能减排,并应加强对旅游业碳排放的研究。世界旅游业理事会(WTTC)更是提出了到2020年旅游业对全球CO₂排放量要在2005年的基础上减少25%—30%,到2035年则要在2005年的基础上减少50%^[5]。

旅游者往返于旅游目的地,在目的地的停留以及在目的地所进行的旅游活动等直接和间接产生了大量的CO₂排放,是一个巨大的碳源。同时,旅游目的地生态环境良好,也是一个重要的碳汇。对旅游目的地系统进行碳源、碳汇的计算与分析,不仅是旅游业节能减排政策制定的重要依据,同时也是旅游与环境相互关系研究的一个新的科学命题,有利于把旅游研究与国家和全球范围内重大的科学问题结合起来,形成旅游研究的新领域。

学者们对旅游业碳排放进行了大量的研究。主要集中在全球尺度上旅游业碳排放的估算^[6],国家和地区尺度上碳排放的估算^[7-10],旅游线路、旅游交通碳排放的估算^[11-13],较少地进行了旅游景区碳排放的估算。学者们对碳吸收的研究,主要采用植物生长量和土壤碳储量清单调查、生态系统通量观测、卫星遥感、大气CO₂浓度反演以及生态系统模型模拟等^[14],主要集中在全球尺度和国家尺度^[15-18],同样也较少涉及到目的地景区尺度的研究。

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,而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。Walz等人^[19]综合评估了Davos地区碳排放和碳吸收,但仅估算了旅游区内与旅游业直接相关的供暖、交通等

方面的碳排放,碳吸收的估算也缺乏精确植被调查数据的基础。本文试图从旅游景区入手,通过文献综述、资料整理、实地调查等,对旅游景区的碳源、碳汇进行估算和综合评估,并根据庐山的实际情况提出了节能减排的对策。

1 研究区概况及数据来源

庐山风景区位于江西省北部,北临长江,东濒鄱阳湖,地理坐标为东经 $115^{\circ}52'$ — $116^{\circ}08'$,北纬 $29^{\circ}26'$ — $29^{\circ}41'$ 。庐山风景名胜区管理局管辖面积为 $15\,152.79\text{ hm}^2$ 。庐山依江临湖,山高谷深,处于亚热带季风区域兼有山地气候特色。降水充沛,年平均 $1\,917\text{ mm}$,云雾频繁,年平均雾日 190.6 d ,夏季凉爽,每年 7—9 月平均气温 16.9°C ,是著名的避暑胜地^[20]。作为世界文化景观,代表性景点有花径、锦绣谷、如琴湖、芦林湖、三叠泉、含鄱口等(图 1)。根据相关统计资料,截至 2010 年底,全山宾馆饭店总数为 142 家,总床位数 12951 张,其中星级宾馆 31 家,非星级宾馆 111 家。2010 年进山购票人数为 115.6 万人次。

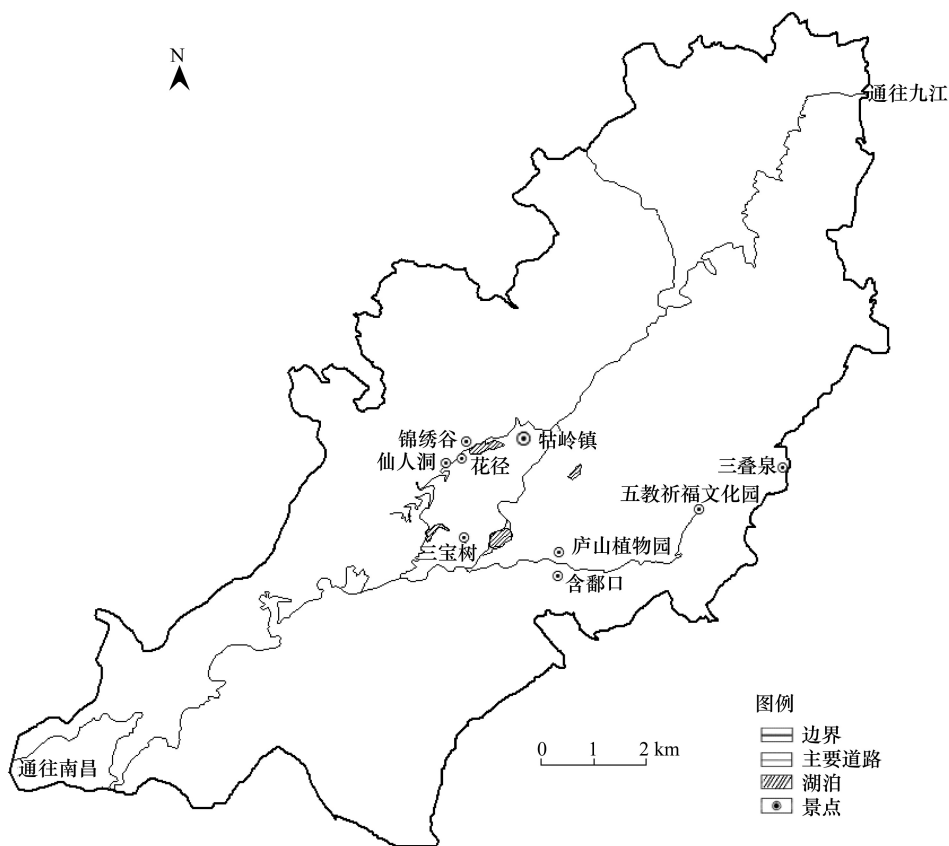


图 1 研究区简图

Fig. 1 Sketch map of Mount. Lushan

本文所使用的数据主要来源:(1)政府间气候变化专门委员会(IPCC)的技术评估数据;(2)江西省、九江市统计年鉴以及庐山风景名胜区管理局提供的相关数据;(3)2010 年 8 月 6—20 日在庐山牯岭街进行的游客抽样问卷调查数据(发放问卷 385 份,回收有效问卷 360 份)以及部分住宿设施、餐饮设施、旅游娱乐设施的访谈调查;(4)2010 年完成的庐山风景名胜区第二次全国森林资源清查资料、1:1 000 地形图及庐山自然保护区科学考察报告等技术资料;(5)相关研究的经验参数。

2 庐山风景区碳排放计算

旅游地碳排放估算需要对各个领域进行碳排放的统计,采取先分解后加总的方法。旅游地碳排放不仅包括旅游者,还包括旅游区内的居民。本地居民的碳排放主要包括本地居民食物碳排放、交通碳排放和能源消耗碳排放。旅游者的碳排放包括交通碳排放、食物消耗碳排放、住宿碳排放和旅游活动碳排放。采用自

下而上的方法计算风景区碳排放量,其研究框架见图 2。

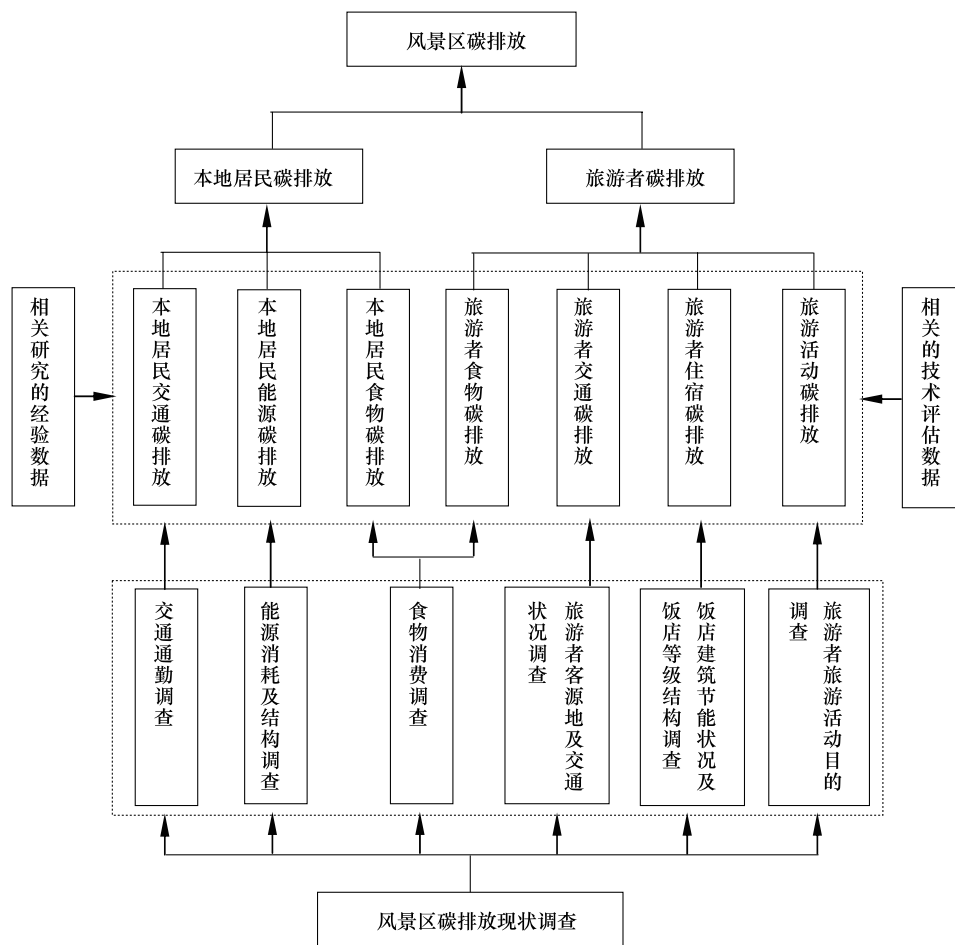


图 2 风景区碳排放估算框架

Fig. 2 Calculation framework of carbon emission in scenic tourism area

2.1 庐山本地居民碳排放估算

据第五次人口普查资料,庐山风景名胜区内有人口 15 134 人。本地居民的碳排放主要是居民从事生产生活所排放的碳估算。

2.1.1 本地居民食物碳排放估算

食物生产、运输及制作过程中的碳排放占了全球碳排放的 10%^[21]。庐山风景区内居民的食物消耗全部由区外供给。庐山本地居民的食物消耗参考江西省统计年鉴中的城市居民食物消耗量进行计算,碳排放系数参考 Gössling 等^[21]所做的研究,其碳排放估算见表 1。

2.1.2 本地交通碳排放估算

当地居民的交通碳排放包括庐山风景区内满足日常生活需要的牯岭镇至九江的公共交通班车和山上居民的私家车交通。牯岭镇至九江的公共交通班车每日发车 32 班,路程为 22 km,每车发送旅客 12 人,按照每人每公里碳排放 0.018 kg 计算,再乘上 CO₂ 平衡因子和换乘系数^[22],便得到庐山本地居民的公共交通 CO₂ 排放量为 182 782.7 kg。庐山全山 2010 年拥有私家车 1 200 辆,全年碳排放为 945 000 kg。庐山本地居民的交通碳排放为 1 127 782.7 kg。

2.1.3 本地居民日常生活能源消费碳排放

庐山本地居民日常生活能源消费量参考江西省城镇居民的日常生活能源消费量。各类能源的碳排放系数参考第四次 IPCC 的技术报告。庐山全山居民日常生活能源消耗碳排放量见表 2。

表 1 庐山本地居民食物碳排放估算

Table 1 Food carbon emission of local people in Mount. Lushan

种类 Type	2010 年人均消费量/kg Per Capita Consumption in 2010	碳排放系数/(kg C /kg) Coefficient of carbon emission	碳排放估算/kg Carbon emission
稻谷 Rice	209.78	4.549	954.3
薯类 Tubers	1.24	0.158	0.3
豆类及豆制品 Soybeans and related products	4.88	4.37	21.3
蔬菜及菜制品 Vegetable and related products	132.54	0.602	79.8
油脂类 Oil	7.49	2.5	18.7
猪肉 Pork	12.31	4.25	52.3
牛肉 Beef	0.37	18	6.7
羊肉 Mutton	0.03	19	0.8
家禽 Poultry	4.14	3.7	15.3
肉禽制品 Related products	2.02	4	8.1
蛋类及蛋制品 Eggs and related products	3.28	0.61	2.0
奶和奶制品 Milk and dairy products	3.18	0.15	0.5
水产品 Aquatic products	5.23	0.5	2.6
全年碳排放估算 Yearly carbon emission			17 591 203.5

表 2 庐山全山居民日常生活能源消耗碳排放量

Table 2 Energy carbon emission of local people life in Mount. Lushan

	人均消费量/kg Consumption per head	碳排放系数/(kg C /kg) Coefficient of carb n emission	碳排放/kg Carbon emission
煤炭 Raw coal	42.27	2.012	85.05
汽油 Petrol	5.49	2.97	16.31
天然气 Natural gas	0.35	2.117	0.74
液化气 Liquid gas	8.95	2.117	18.95
电力 Electricity	249.19	0.178	44.36
合计 Total			2 503 110.03

2.2 庐山旅游者碳排放估算

2.2.1 旅游者交通碳排放估算

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 CO₂ 标准排放量通过计算各种交通方式的碳排放总和获取。根据 Gössling 等所做的研究^[22],其 CO₂ 标准排放量可通过下列公式进行计算:

$$E_{\text{transport}} = \sum_m (\beta_m \times \varepsilon_m \times V_m) \quad (1)$$

式中, $E_{\text{transport}}$ 是 CO₂ 标准排放量, β_m 是 m 种交通方式每人每公里 CO₂ 标准排放量, ε_m 是均衡因子, V_m 是 m 种交通模式的交通总量。其中,

$$V_m = 2 \times \sum N_n \times S_n \times DF_m \times WF_n \quad (2)$$

式中, N_n 为到第 n 个目的地 m 种交通方式的游客量, S_n 为距离, DF_m 为换乘系数, WF_n 为多目的地旅行中第 n 个目的的权重值。

β_m 、 ε_m 、 DF_m 的取值参考 Gössling 等所做的研究^[22], S_n 根据游客抽样调查资料并结合地理信息系统测量其距离, WF_n 、 N_n 根据游客抽样调查数据获得。

庐山全山 2010 年园门购票人数为 115.6 万人次,其中进山小汽车为 13.1226 万台。

通过计算,庐山旅游交通所产生的 CO₂ 标准排放量为 43 945 407 kg(表 3)。

表 3 旅游交通所产生的 CO₂ 标准排放量

Table 3 Transportation emission of carbon dioxide equivalents

类型 Types	CO ₂ 标准 排放量 Standard carbon emission β_m /(kg 人 ⁻¹ km ⁻¹)	均衡因子 Equivalence factor ε_m	游客量 Number of tourists N_n /人	换乘系数 Detour factor DF_m	距离 Distance S_n /km	权重值 weight factor WF_n	交通总量 Traffic volume V_m /(人/km)	CO ₂ 排放量 carbon emission $E_{transport}$ /kg
航空 Air	0.14	2.7	61220	1.05	1011	0.35	45491664	17195849
铁路 Train	0.025	1.05	559762	1.15	622.4	0.65	520851824	13672360
大巴 Bus	0.018	1.05	252886	1.05	403.3	0.75	175930894	3325094
私家车 Car	0.075	1.05	303749	1.15	307.6	0.95	204151525	3858464
进山大巴 Mountain bus	0.018	1.05	873868	1.15	22	1	44217721	3482146
进山私家车 Mountain car	0.075	1.05	303749	1.15	22	1	15369699	290487
观光车 Tour bus	0.018	1.05	780679	1.15	15	1	26933426	2121007
总计 Total							43945407	

2.2.2 旅游者食物消耗碳排放

旅游者食物碳排放指旅游者在庐山旅游期间所消耗的食物碳排放。假定旅游者食物消耗与本地居民相当,根据表 1 的计算方法,旅游者食物碳排放量为 3 399 540 170 kg。

2.2.3 旅游者住宿碳排放

住宿设施的能源消耗包括取暖、空调、照明、烹饪、清洁等方面,不同住宿设施的能源使用各不相同。庐山全山共有接待床位 12 839 张,其中四星级宾馆床位 531 张,占 4.1%;三星级宾馆床位 3 659 张,占 28.5%;二星级宾馆床位 1126 张,占 8.8%;非星级宾馆床位 7 510 张,占 58.6%。年过夜天数通过游客抽样问卷调查和宾馆饭店入住率调查获得,每床每天标准 CO₂ 排放量参考 Gössling 等所做的研究^[22]。庐山全山旅游住宿所产生的 CO₂ 标准排放量为 33 278 928kg(表 4)。

表 4 旅游住宿所产生的 CO₂ 标准排放量

Table 4 Accommodation emission of carbon dioxide equivalents

	每床每天标准 CO ₂ 排放量 Standard carbon emission per bed per day/kg	年过夜天数 Yearly night of days/d	标准 CO ₂ 排放量 Standard carbon emission/(kg/kg)
饭店 Hotel	20.6	1462340	30124204
宾馆 Guest house	7.9	358360	2831044
个体简易设施 Simple facility	4.0	80920	323680
总计 Total		1901620	33278928

2.2.3 旅游活动碳排放

旅游活动的能源消耗包括吸引物(如博物馆、游客中心、植物园、动物园等),娱乐(如电影院、酒吧、购物中心等)和体育活动(如潜水、空中游览、游船、高尔夫、骑马等)。根据游客调查资料,庐山旅游活动中观光占 59.34%;休闲度假占 29.96%;探亲访友占 0.4%;商务会议占 6.8%,其他占 3.5%。碳排放系数参考 Becken 等人所做的研究^[23],根据表 5 的计算,全年游客旅游活动的标准 CO₂ 排放量为 93 6507.7 kg。

3 庐山风景区碳吸收估算

庐山不仅是世界文化遗产、国家级风景名胜区,同时还是江西省自然保护区。保护区内严禁农耕活动。庐山具有碳吸收能力的陆地生态系统主要为森林生态系统和水生生态系统。其碳吸收的估算框架见图 3。

表 5 旅游住宿所产生的 CO₂ 标准排放量

Table 5 Tourism activity emission of carbon dioxide equivalents

	碳排放系数 Coefficient of carbon emission /(kg C/人)	游客量 Number of visitors/人	碳排放量 Carbon emission/kg
观光旅游 Sight-seeing	0.417	685970.4	286049.7
休闲度假 Leisure or holiday	1.67	346337.6	578383.8
商务出差 Business	0.786	78608	61785.9
探亲访友 Visiting friends and relatives	0.591	4624	2732.8
其他 Others	0.172	43928	7555.6
总量 Total			936507.7

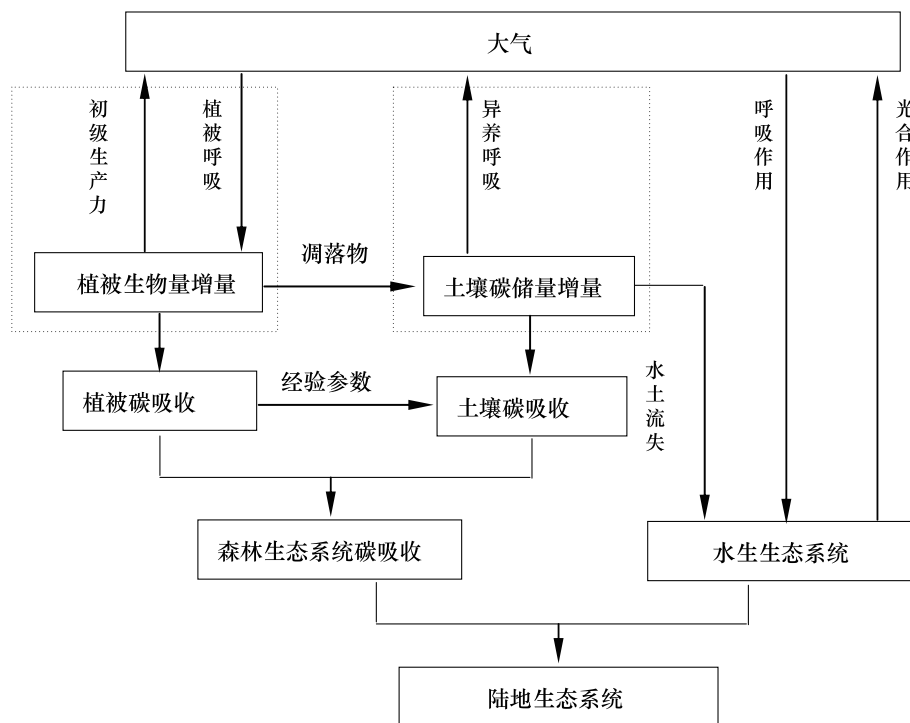


图 3 风景旅游区碳吸收估算框架图

Fig. 3 Calculation framework of carbon absorbing in scenic tourism area

3.1 森林生态系统碳吸收估算

森林生态系统中储存了陆地生态系统中 50%—60% 的碳,在缓解大气 CO₂ 浓度升高、保护全球气候方面具有重要作用。

森林植被的生物量密度符合 logistic 生长模型,不同森林类型具有不同的生长曲线。采用连续生物量换算因子法估算各森林类型的生物量密度,根据徐冰等人^[17]的研究成果,森林在未来某一年的生物量碳库大小可以通过以下公式计算

$$C_{\Delta t} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C \cdot A_{ij} \cdot B_{ij} = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m C \cdot A_{ij} \cdot \frac{w_i}{1 + k_i e^{-a_i(t_{ij} + \Delta t)}} \quad (3)$$

式中, Δt 表示两个计算年份的差值, $C_{\Delta t}$ 为现有森林在 Δt 年后的总碳库, i, j 分别为森林类型和林龄组的编号, n, m 分别为森林类型和林龄组的数目; c 为碳转换系数; A_{ij} 为第 i 个森林类型第 j 各林龄组现有森林的面积, B_{ij} 为第 i 个森林类型第 j 各林龄组的生物量密度; w_i, k_i, a_i 为第 i 个森林类型生物量密度与林龄 Logistic 曲线的常数; t_{ij} 为第 i 个森林类型第 j 各林龄组目前的平均林龄。本文中, c 取 0.5, w_i, k_i, a_i 则采用徐冰等人

所模拟得出的常数^[17]。 n, m, A_{ij}, t_{ij} 则可通过 2010 年完成的庐山风景名胜区森林资源清查数据获得。当 Δt 取 1 后便得到了 2010 年庐山风景区的固碳量(表 6)。

表 6 庐山风景区森林固碳能力测算
Table 6 Total forest carbon storage of Mount. Lushan

林类 Type		面积 Area /m ²	年龄 Year /a	参数 W Parameter W	参数 k Parameter k	参数 a Parameter a	碳吸收 Carbon storage/g
杂木 Miscellaneous tree	幼林 Young forest	61 735009	10	199. 15	20. 7297	0. 3534	4 314083230
	中林 Middle forest	1202494	30				119694979
	过熟林 Overmature forest	69297	50				6900287
针阔混 Mixed wood	幼林 Young forest	1089251	5	290. 96	8. 5774	0. 056	22226221
	中林 Middle forest	4642257	10				119899961
	成熟林 Mature forest	4173542	15				134887378
杉木 Cedar	幼林 Young forest	3161853	10	69. 61	2. 4369	0. 0963	59651003
	中林 Middle forest	4573952	20				120373028
	成熟林 Mature forest	15894607	70				551769039
马尾松 Masson pine	幼林 Young forest	6569036	10	81. 67	2. 1735	0. 0522	120613507
	中林 Middle forest	20630706	20				488026058
	成熟林 Mature forest	5403347	50				191582851
柏木 Mourning cypress	幼林 Young forest	824030	10	155. 72	10. 5681	0. 0443	8563896
	中林 Middle forest	342778	20				5163792
	近熟林 Near-mature forest	70461	40				2017958
合计 Total							6265453188

2010 年庐山森林植被全年固碳能力为 265 t。中国主要植被类型的土壤还发挥着碳汇的功能。方精云等人按照欧洲(土壤碳汇约占总碳汇的 30%)和北美的数值(植被碳汇的 2/3)来概算中国植被碳汇的可能范围^[16]。在本文中,采用欧洲和北美的中值来估算庐山森林植被的土壤碳汇为 3 029 t。综合庐山森林植被和土壤固碳能力,2010 年庐山森林生态系统总碳汇为 9294 t。

3.2 水生生态系统碳吸收估算

水生生态系统是大气 CO₂ 的一个巨大的汇,其主要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 CO₂。庐山风景区内有多个水库,总面积 30. 54 hm²。根据严国安等人^[24]的估算,碳在水库中的滞留率约为 500 gC m⁻² a⁻¹,2010 年庐山水生生态系统总碳汇为 153 t。

4 庐山风景区碳源与碳汇分析

4.1 庐山碳源、碳汇结构分析

碳源方面,庐山居民碳排放量为 21 222 t,旅游者碳排放总量为 87 475 t,全山碳排放为 108 697 t。从庐山碳排放的结构来看(表 7),本地居民的碳排放占 19. 52%,而外来旅游者的碳排放占 80. 48%。而在本地居民的碳排放中,食物消耗碳排放占了 82. 89%,能源消耗碳排放占 11. 79%,而交通碳排放占了 5. 31%。本地居民的碳排放以食物碳排放为主。在旅游者的碳排放中,交通碳排放占 50. 24%,住宿碳排放占 38. 04%,食物碳排放占 10. 65%,旅游活动碳排放仅占 1. 07%。旅游者的碳排放以交通碳排放和住宿碳排放为主。从已有的研究成果来看,旅游交通一直都是碳排放的主体,如石培华等人^[8]的研究估算出交通碳排放占中国旅游业碳排放的 67. 72%,谢园方等^[9]估算了旅游交通仓储和邮电业碳排放占长三角地区旅游业碳排放的 64. 49%—67. 17%。总体上庐山旅游交通的碳排放估算结果偏低,这主要是庐山的客源结构以中短程旅游者为主,交通方式上由于庐山机场仅有至北京、上海、深圳、广州四条航线,航空交通所占比例偏低。住宿业也是碳排放的另一主要来源,如石培华等^[8]的研究估算出住宿碳排放占中国旅游业碳排放的 29. 92%,谢园方

等^[9]估算了旅游批发零售和住宿业餐饮业占长三角地区旅游业碳排放的 32.83%—35.53%。而庐山的住宿碳排放所占比例偏高,主要是由于庐山是山岳型度假胜地,游客逗留时间较长。

表 7 旅游碳排放汇总

Table 7 Total emission of carbon dioxide equivalents

碳排放分类 Type of carbon emission		碳排放量 Carbon emission/kg	碳排放比重 Occupancy of carbon emission/%	
本地居民 Local people	食物碳排放 Food carbon emission	17591203.5	82.89	19.52
	交通碳排放 Transport carbon emission	1127782.7	5.31	
	能源碳排放 Energy using carbon emission	2503110.0	11.79	
旅游者 Tourists	食物碳排放 Food carbon emission	9313808.7	10.65	80.48
	住宿碳排 Accommodation carbon emission	33278928.0	38.04	
	交通碳排放 Transport carbon emission	43945407.1	50.24	
	旅游活动碳排放 Tourism activity carbon emission	936507.7	1.07	

2010 年庐山陆地生态系统总碳汇为 9 447 t。其中,森林生态系统具有较强的固碳能力,其全年固碳量为 9 294 t,占陆地生态系统总碳汇的 98.38%。由于水域面积较小,其固碳量也较小。

4.2 庐山的碳源、碳汇均衡分析

由于旅游者的跨区域流动性,引起旅游碳排放的区际转移与交换。从碳排放空间来看,旅游业在景区内的碳排放包括景区内的交通(包括本地居民)、住宿和旅游活动,而在景区区外的碳排放则景区外的交通和所需食物(包括本地居民)。庐山风景区内碳排放为 40 258 t,比重为 37.03%,而区外碳排放为 68 439 t,比重达到了 62.97%。旅游是一种对自然资源高需求、高消耗的生活方式,尤其旅游碳排放的区际转移导致旅游生态责任的区际转移与生态影响的区际扩散^[25]。其对区域乃至全球的可持续发展产生重要影响。

2010 年庐山陆地生态系统固碳量吸收了区内 CO₂ 排放量的 23.47%,表现为净碳源。根据方精云等人^[16]的估算,在 1980 年代,美国本土的陆地生态系统吸收了其工业 CO₂ 排放的 30%—50%,欧洲大陆吸收了其工业 CO₂ 排放的 7%—12%,中国陆地生态系统吸收了其工业 CO₂ 排放的 20.8%—26.8%。庐山陆地生态系统吸收的区内 CO₂ 排放量与前述研究相当。但由于旅游业碳排放的区际转移,庐山陆地生态系统固碳能力仅吸收了全山碳排放(包含了本地居民和旅游者区外转移的碳排放)的 8.69%。其碳源、碳汇及其均衡见图 4。

5 结论与讨论

对旅游目的地碳源、碳汇的综合评估是定量评价目的地对全球气候变化的影响,以及为提高碳效用而制定节能减排政策的重要依据。通过对庐山风景区碳源、碳汇的综合评估,可以得出以下几点结论:

(1)在碳源方面,2010 年庐山风景区包括本地居民和旅游者的总碳排放为 108697 t。其中,本地居民占碳排放总量的 19.52%,旅游者占碳排放总量的 80.48%。在旅游者碳排放中,主要为旅游交通、旅游住宿、旅游食物消费碳排放。今后,随着庐山山上居民的下迁,本地居民的碳排放逐渐较少。而随着旅游接待人数的增长,旅游者碳排放将逐步增加。

由于旅游交通在旅游者碳排放中占主导地位,控制交通过程中的碳排放是庐山节能减排发展低碳旅游的重中之重。在旅游区内,应限制私家车进入景区,大力推广环保公共交通,将目前景区内的环保交通延伸至南北山园门,鼓励游客采用徒步、自行车等其他交通方式,建设自行车租赁系统,使旅游区内的绿色交通系统不仅成为节能减排的重要举措,也可增加旅游地的吸引力。改善客源市场结构,重点鼓励短程近距离旅游,尤其是鼓励江西省内和周边省份的游客。

针对住宿碳排放,未来随着庐山山上居民的下迁,更多当地居民居住的别墅等将被置换为游客接待场所,旅游住宿的碳排放比例将逐步提高。对全山的接待设施应重点在建筑、供暖、制冷、照明、供水等方面通过加

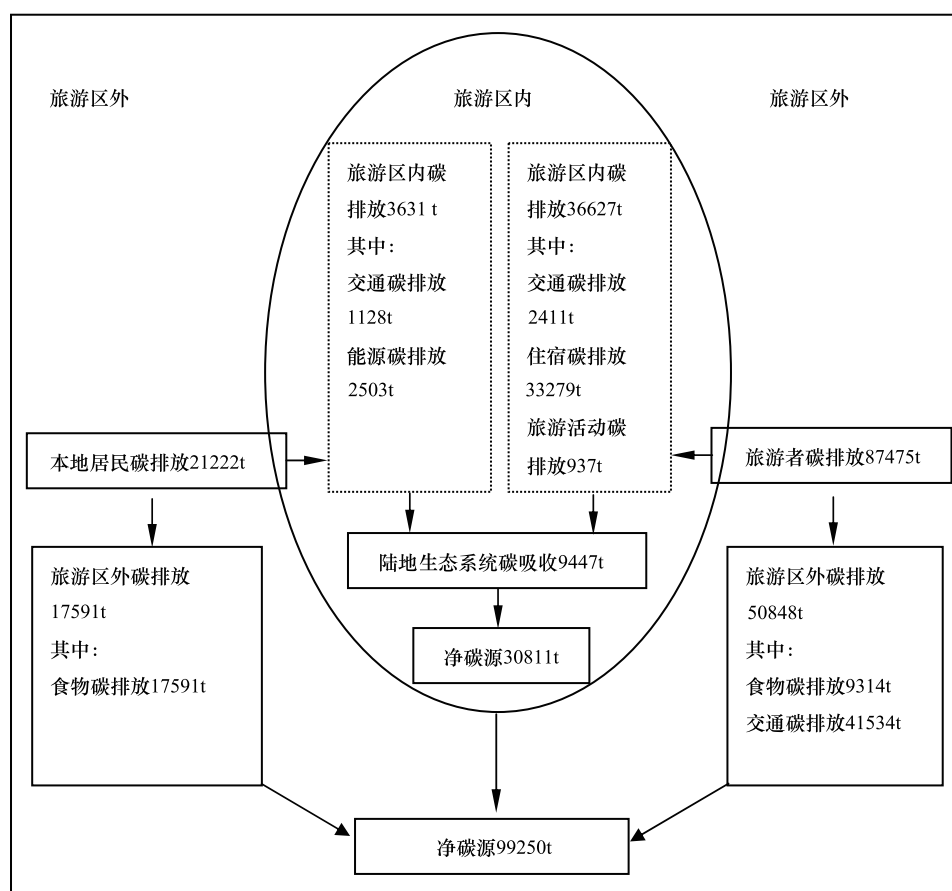


图4 庐山风景区碳源、碳汇均衡图

Fig. 4 Carbon equalization in Mount. Lushan

强管理、采用新技术等,提高能源利用率,减少碳排放。

针对食物碳排放,重点应进行食物消费结构的调整,例如减少牛肉、稻谷消费,尽量增加猪肉、家禽、薯类消费,使用小盘或自助餐以减少浪费,通过技术改造减少食物制作过程中的碳排放。

同时,风景区内应改善能源使用结构,大力发展可再生能源,如风能、太阳能等,使其不仅成为减少碳排放的重要举措,还可以成为新的旅游吸引物。加强教育,广泛使用碳标签,引导游客改变追求高碳排放的消费行为。制定相关节能减排的产业政策和行业标准,引导旅游业内部减少碳排放。

(2)从碳汇方面,2010年庐山风景区内陆地生态系统碳吸收为9447 t,其中森林生态系统碳吸收为9294 t。由于庐山森林林龄小(幼龄林占森林总面积的52.53%)、人工林面积大(人工林占森林总面积的31.66%),其森林碳储量在未来具有较大的碳汇潜力。因此,庐山应继续加强森林的保护和管理工作,落实相关的林业政策,充分发挥森林的碳汇潜力,为应对全球气候变化做出贡献。

(3)从碳源与碳汇的均衡方面,庐山陆地生态系统固碳量吸收了风景区内碳排放量的23.47%。但由于旅游者的区际流动和旅游业的产业关联性强,庐山陆地生态系统的碳吸收仅占碳排放的8.69%,旅游业使庐山成为一个显著的碳源,成为影响全球气候变化的重要因子。

值得注意的是,本文碳排放估算中相关的核心参数参考了国内外已有调查研究的经验数据,尤其是国外的相关研究成果是否适合庐山的实际,需要进一步深入的调查。本文对庐山碳排放整体估算的结果偏于保守,主要由于:(1)旅游业涉及到许多方面,本文仅估算了旅游交通、旅游食物消费、旅游住宿和旅游活动,没有对旅游购物、旅游废弃物等的估算;(2)为了计算的方便以及便于比较,没有考虑基础设施建设和旅游业的乘数效应影响;(3)本文仅估算了园门票人数的碳排放,尚没有估算免票进山游客的碳排放。同样,对庐山

陆地生态系统碳吸收的估算,由于行政边界的影响,其结果也偏于保守。

References:

- [1] Gössling S. Carbon Management in Tourism: Mitigating the Impacts on Climate Change. London and New York: Routledge, 2010: 6-65.
- [2] McBoyle G, Wall G, Harrison R, Kinnaird V, Quinlan C. Recreation and climatic change: a Canadian case study. *Ontario Geographer*, 1986, 28: 51-68.
- [3] Wall G, Harrison R, Kinnaird V, McBoyle G, Quinlan C. The implications of climatic change for camping in Ontario. *Recreation Research Review*, 1986, 13(1): 50-60.
- [4] Bach W, Gössling S. Klimaökologische Auswirkungen des Flugverkehrs. *Geographische Rundschau*, 1996, 48: 54-59.
- [5] WTTC. Leading the challenge on climate change. London: World Travel and Tourism Council, 2009.
- [6] UNWTO. Djerba Declaration. [2013-02-15]. <http://www.unwto.org/pdf/pr071046.pdf>. 2007.
- [7] 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.
- [8] Shi P H, Wu P. A rough estimation of energy consumption and CO₂ emission in tourism sector of China. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(2): 235-243.
- [9] Xie Y F, Zhao Y. Measuring carbon dioxide emissions from energy consumption by tourism in Yangtze River Delta. *Geographical Research*, 2012, 31(3): 429-438.
- [10] 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.
- [11] Li P, Yang G H, Zheng B, Zhang Y Q. GHG emission-based eco-efficiency study on tourism itinerary products in Shangri-La, Yunnan Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(5): 2207-2219.
- [12] Dou Y D, Liu Y P, Li B H, Liu P L. Carbon footprint evaluation research on the tourism transportation system at tourist attractions: a case study in Hengshan. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(17): 5532-5541.
- [13] Xiao X, Zhang J, Lu J Y, Zhong S E, Yin L J. Analysis on spatial structure and scenarios of carbon dioxide emissions from tourism transportation. *Acta Ecologica Sinica*, 2012, 32(23): 7540-7548.
- [14] Yu G R, Wang Q F, Zhu X J. Methods and uncertainties in evaluating the carbon budgets of regional terrestrial ecosystems. *Progress in Geography*, 2011, 30(1): 103-113.
- [15] Tao B, Cao M K, Li K R, Gu F X, Ji J J, Huang M, Zhang L M. Spatial pattern and change of net primary land productivity in China from 1981 to 2000. *Science in China Series D: Earth Science*, 2006, 36(12): 1131-1139.
- [16] Fang J Y, Guo Z D, Piao S L, Chen A P. Biomass carbon stocks in China's forests from 1981 to 2000. *Science in China Series C: Life Science*, 2007, 37(6): 804-811.
- [17] Xu B, Guo Z D, Piao S L, Fang J Y. Biomass carbon stocks in China's forests between 2000 and 2050: a prediction based on forest biomass-age relationships. *Science in China Series C: Life Science*, 2010, 53(7): 776-783.
- [18] Liu S N, Zhou T, Wei L Y, Shu Y. The spatial distribution of forest carbon sinks and sources in China. *Chinese Science Bulletin*, 2012, 57(14): 1699-1707.
- [19] Walz A, Calonder G P, Hagedorn F, Lardelli G, Lundström C, Stöckli V. Regional CO₂ budget, countermeasures and reduction aims for the Alpine tourist region of Davos, Switzerland. *Energy Policy*, 2008, 36(2): 811-820.
- [20] Liu X Z, Wang L. Scientific Survey and Study of Biodiversity on the Lushan Nature Reserve in Jiangxi Province. Beijing: Science Press, 2010: 46-56.
- [21] Gössling S, Garrod B, Aall C, Hill J, Peeters P. Food management in tourism: reducing tourism's carbon 'footprint'. *Tourism Management*, 2011, 32(3): 534-543.
- [22] Gössling S, Peeters P, Ceron J P, Dubois P, Patterson T, Richardson R B. The eco-efficiency of tourism. *Ecological Economics*, 2005, 54(4): 417-434.
- [23] Becken S, Simmons D G. Understanding energy consumption patterns of tourist attractions and activities in New Zealand. *Tourism Management*, 2002, 23(4): 343-354.
- [24] Yan G A, Liu Y D. Aquatic ecosystems: carbon cycle and as atmospheric CO₂ sink. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, 21(5): 827-833.
- [25] Zhang J H, Zhang J. Touristic ecological footprint model and analysis of Huangshan City in 2002. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(5): 763-771.

参考文献:

- [8] 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.
- [9] 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.
- [11] 李鹏, 杨桂华, 郑彪, 张一群. 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. 生态学报, 2008, 28(5): 2207-2219.
- [12] 窦银娣, 刘云鹏, 李伯华, 刘沛林. 旅游风景区旅游交通系统碳足迹评估—以南岳衡山为例. 生态学报, 2012, 32(17): 5532-5541.
- [13] 肖潇, 张捷, 卢俊宇, 钟士恩, 尹立杰. 旅游交通碳排放的空间结构与情景分析. 生态学报, 2012, 32(23): 7540-7548.
- [14] 于贵瑞, 王秋凤, 朱先进. 区域尺度陆地生态系统碳收支评估方法及其不确定性. 地理科学进展, 2011, 30(1): 103-113.
- [15] 陶波, 曹明奎, 李克让, 顾峰雪, 季劲钧, 黄玫, 张累明. 1981—2000 年中国陆地净生态系统生产力空间格局及其变化. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2006, 36(12): 1131-1139.
- [16] 方精云, 郭兆迪, 朴世龙, 陈安平. 1981—2000 年中国陆地植被碳汇的估算. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2007, 37(6): 804-811.
- [17] 徐冰, 郭兆迪, 朴世龙, 方精云. 2000—2050 年中国森林生物量碳库: 基于生物量密度与林龄关系的预测. 中国科学 C 辑: 生命科学, 2010, 40(7): 587-594.
- [18] 刘双娜, 周涛, 魏林艳, 舒阳. 中国森林植被的碳汇/源空间分布格局. 科学通报, 2012, 57(11): 943-950.
- [20] 刘信中, 王琅. 江西省庐山自然保护区生物多样性考察与研究. 北京: 科学出版社, 2010: 46-56.
- [24] 严国安, 刘永定. 水生生态系统的碳循环及对大气 CO₂ 的汇. 生态学报, 2001, 21(5): 827-833.
- [25] 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.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 33, No. 13 Jul. ,2013 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- A review of ecological effects of remnant trees in degraded forest ecosystems after severe disturbances MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (3889)
- Mechanism and application of bioremediation to heavy metal polluted soil using arbuscular mycorrhizal fungi LUO Qiaoyu, WANG Xiaojuan, LIN Shuangshuang, et al (3898)

Autecology & Fundamentals

- Changes of allometric relationships among leaf traits in different ontogenetic stages of *Acer mono* from different types of forests in Donglingshan of Beijing YAO Jing, LI Ying, WEI Liping, et al (3907)
- The combined effects of increasing CO₂ concentrations and different temperatures on the growth and chlorophyll fluorescence in *Porphyra haitanensis* (Bangiales, Rhodophyta) LIU Lu, DING Liuli, CHEN Weizhou, et al (3916)
- Research on biomass expansion factor of chinese fir forest in Zhejiang Province based on LULUCF greenhouse gas Inventory ZHU Tangjun, SHEN Chuchu, JI Biyong, et al (3925)
- Influence of soil gradual drought stress on *Acorus calamus* growth and photosynthetic fluorescence characteristics WANG Wenlin, WAN Yinjing, LIU Bo, et al (3933)
- Isolation, identification, real-time PCR investigation of an endophytic phosphate-solubilizing bacteria from *Caragana korshinskii* Kom. roots ZHANG Lizhen, FENG Lili, MENG Qixia, et al (3941)
- Plant's and soil organism's diversity across a range of *Eucalyptus grandis* plantation ages ZHANG Danju, ZHANG Jian, YANG Wanqin, et al (3947)
- Effects of diet and starvation on growth and survival of *Scapharca broughtonii* larvae WANG Qingzhi, ZHANG Ming, FU Chengdong, et al (3963)
- Multidrug-resistant bacteria in livestock feces QI Shiyue, REN Siwei, LI Xueling, et al (3970)
- Physiological regulation related to the decline of *Alexandrium catenella* MA Jinhua, MENG Xi, ZHANG Shu, et al (3978)
- Numerical simulation of water quality based on environmental fluid dynamics code for grass-algae lake in Inner Mongolia LI Xing, SHI Hongsen, ZHANG Shuli, et al (3987)

Population, Community and Ecosystem

- Influence of enclosure on *Glycyrrhiza uralensis* community and distribution pattern in arid and semi-arid areas LI Xuebin, CHEN Lin, LI Guoqi, et al (3995)
- The interannual variation of net primary productivity of three coniferous forests in Liupan Mountains of Ningxia and its responses to climatic factors WANG Yunni, XIONG Wei, WANG Yanhui, et al (4002)
- Soil water use and balance characteristics in mature forest land profile of *Caragana korshinskii* in Semiarid Loess Area MO Baoru, CAI Guojun, YANG Lei, LU Juan, et al (4011)
- Effect of simulated acid deposition on chemistry of surface runoff in monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan QIU Qingyan, CHEN Xiaomei, LIANG Guohua, et al (4021)
- A space optimization model of water resource conservation forest in Dongting Lake based on improved PSO LI Jianjun, ZHANG Huiru, LIU Shuai, et al (4031)
- Allelopathic effects of aqueous extract of exotic plant *Rhus typhina* L. on soil micro-ecosystem HOU Yuping, LIU Lin, WANG Xin, et al (4041)
- The impact of natural succession process on waterbird community in a abandoned fishpond at Chongming Dongtan, China YANG Xiaoting, NIU Junying, LUO Zukui, et al (4050)
- Mercury contents in fish and its biomagnification in the food web in Three Gorges Reservoir after 175m impoundment YU Yang, WANG Yuchun, ZHOU Huaidong, et al (4059)

- Microsatellite analysis on genetic diversity of common carp, *Cyprinus carpio*, populations in Yuan River
 YUE Xingjian, ZOU Yuanchao, WANG Yongming, et al (4068)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Research on spatio-temporal change of temperature in the Northwest Arid Area HUANG Rui, XU Ligang, LIU Junmin (4078)
- Simulation of soil respiration in forests at the catchment scale in the eastern part of northeast China
 GUO Lijuan, GUO Qingxi (4090)
- The early effects of nitrogen addition on CH₄ uptake in an alpine meadow soil on the Eastern Qinghai-Tibetan Plateau
 ZHANG Peilei, FANG Huajun, CHENG Shulan, et al (4101)
- Analysis of water ecological footprint in Guangxi based on ecosystem services ZHANG Yi, ZHANG Heping (4111)
- The integrated recognition of the source area of the urban ecological security pattern in Shenzhen
 WU Jiansheng, ZHANG Liqing, PENG Jianet al (4125)
- Carbon sources and storage sinks in scenic tourist areas: a Mount Lushan case study
 ZHOU Nianxing, HUANG Zhenfang, LIANG Yanyan (4134)
- Impacts of climate change on dominant pasture growing season in Central Inner Mongolia
 LI Xiazi, HAN Guodong, GUO Chunyan (4146)
- Phenological Characteristics of Typical Herbaceous Plants (*Lris lacteal*) and Its Response to Climate Change in Minqin Desert
 HAN Fugui, XU Xianying, WANG Lide, et al (4156)
- Biomass and distribution pattern of carbon storage in *Eomecon chionantha* Hance
 TIAN Dalun, YAN Wende, LIANG Xiaocui, et al (4165)
- Temporal dynamics and influencing factors of fine roots in five Chinese temperate forest ecosystems
 LI Xiangfei, WANG Chuankuan, QUAN Xiankui (4172)

Resource and Industrial Ecology

- Effects of AMF on soil improvement and maize growth in mining area under drought stress
 LI Shaopeng, BI Yinli, CHEN Peizhen, et al (4181)

Urban, Rural and Social Ecology

- Health function evaluation and exploring its mechanisms in the Shanghai Green Belt, China
 ZHANG Kaixuan, ZHANG Jianhua (4189)

Research Notes

- Time lag effects of rainfall inside a *Platycladus Orientalis* plantation forest in the Beijing Mountain Area, China
 SHI Yu, YU Xinxiao, ZHANG Jiayin (4199)
- Long-term effects of harvest residue management on soil total carbon and nitrogen concentrations of a replanted Chinese fir
 plantation HU Zhenhong, HE Zongming, FAN Shaohui, et al (4205)

《生态学报》2013 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,300 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 彭少麟

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 33 卷 第 13 期 (2013 年 7 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 33 No. 13 (July, 2013)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元