

◆ 研究类 ◆

广西红树林生态旅游安全动态评价——以金海湾景区为例*

张云兰^{1,2,3}, 潘良浩^{2,4}, 苏治南^{2,4}, 邱广龙^{2,4**}, 范航清^{2,4**}

(1. 广西大学林学院, 广西森林生态与保育重点实验室, 广西南宁 530004; 2. 广西科学院, 广西海洋科学院(广西红树林研究中心), 广西红树林保护与利用重点实验室, 广西北海 536000; 3. 广西财经学院经济与贸易学院, 广西南宁 530003; 4. 自然资源部北部湾滨海湿地生态系统野外科学观测研究站, 广西北海 536015)

摘要:红树林生态旅游是协同推进红树林保护和利用的重要产业, 而当前红树林生态旅游安全评价以定性研究为主, 缺乏定量研究。因此, 本研究以金海湾景区为例, 开展广西红树林生态旅游安全动态评价的量化研究。研究采用旅游生态足迹(Tourist Ecological Footprint, TEF)模型测算 2016—2023 年金海湾景区旅游生态足迹和旅游生态承载力, 通过旅游生态盈亏、旅游生态可持续指数和旅游生态压力指数动态评价景区红树林生态旅游安全; 同时, 利用 GM(1, 1) 模型预测 2024—2028 年景区人均旅游生态足迹, 并采用回归函数核算景区游客接待量的临界值。结果表明, 2016—2023 年景区旅游生态足迹快速增长了 58.71%, 旅游生态承载力较为稳定, 能满足游客旅游活动需求; 但如果排除新型冠状病毒感染疫情的影响, 景区红树林生态旅游发展已处于安全状态的临界值。2028 年景区人均旅游生态足迹将达到 4.86 平方米/人; 景区每年游客接待量的临界值为 73.95 万人次, 根据目前发展态势, 2026 年的游客接待量将达 79.77 万人次。因此, 要控制人均旅游生态足迹和游客接待量, 进而保障红树林生态旅游安全。

关键词:红树林生态旅游; 旅游生态足迹模型; 安全评价; 价值实现

中图分类号: F062.2 文献标识码: A 文章编号: 1002-7378(2024)03-0277-11

DOI: 10.13657/j.cnki.gxkxyb.20241108.007

红树林是自然分布于热带和亚热带海岸潮间带或河流入海口的湿地木本植物群落, 是海洋滩涂特有的森林类型^[1]。红树林作为特殊的自然生态系统, 蕴藏着丰富的生物资源, 具有极高的观赏、娱乐、文化和

收稿日期: 2024-09-16

修回日期: 2024-10-22

* 国家社科基金重大项目(22&ZD134), 国家社会科学基金西部项目(24XJY027), 广西哲学社会科学规划研究课题项目(22BJY011), 广西高等学校中青年骨干教师培育计划人文社会科学类项目(2021QGRW058), 广西科学院改革发展专项项目(2024YGFZ504-102), 广西科学院基金项目(2023GMRC-02), “向海经济研究院”公开招标课题(2024XHJJ17), 陆海经济一体化协同创新中心项目(2023XTZX014)和应用经济学广西一流学科建设项目(2024XKA17)资助。

【第一作者简介】

张云兰(1984—), 女, 教授, 主要从事红树林保护与利用研究, E-mail: 1002021558@qq.com。

【**通信作者简介】

邱广龙(1978—), 男, 研究员, 主要从事红树林与海草生态学研究, E-mail: gqiu@gxams.ac.cn。

范航清(1964—), 男, 研究员, 主要从事红树林保护修复与可持续利用研究, E-mail: fanhq666@126.com。

【引用本文】

张云兰, 潘良浩, 苏治南, 等. 广西红树林生态旅游安全动态评价: 以金海湾景区为例[J]. 广西科学院学报, 2024, 40(3): 277-287.

ZHANG Y L, PAN L H, SU Z N, et al. Dynamic Evaluation of Mangrove Ecotourism Safety in Guangxi: A Case Study of the Golden Bay Scenic Area [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2024, 40(3): 277-287.

教育等价值^[2,3]。然而,红树林生态系统在全球范围内正遭受巨大破坏^[4]。红树林生态旅游作为红树林生态系统服务价值实现的主要模式,是协同推进红树林保护修复和开发利用、将红树林变成“金树林”的重要产业^[5],对促进生态文明建设、乡村振兴和向海经济发展具有重要意义^[6,7]。当前,关于生态旅游的研究和实践较为丰富,但红树林生态旅游研究还处于起步阶段,且以定性研究为主,定量研究尤其是针对红树林生态旅游开发过程中的安全评价急需开展。

1992年,加拿大生态经济学家 Rees^[8]提出用生态足迹(Ecological Footprint, EF)模型来衡量区域生态安全,并于1996年同其学生 Wackernagel 进一步完善了该方法^[9]。生态足迹模型通过计算一定区域内人口消费的各种生物资源和能源数量,并按照相应的换算系数折算成生物生产性土地面积,再将所折算的生物生产性土地面积加和,即可得到该区域总的生态足迹。另外,根据区域内耕地、林地、草地、水域、化石能源地、建设用地等6种类型的土地面积可计算区域总的生态承载力,而通过比较生态足迹与生态承载力大小,可判断区域经济发展是否处于合理的承载范围内^[10]。生态足迹模型考虑了自然资源的再生与替代能力、生命支持系统的循环与净化能力,以及生物多样性保护等方面,且计算结果直观明了,是度量区域生态安全的重要方法^[11,12]。旅游生态足迹模型作为生态足迹模型在旅游业的应用,是旅游发展安全评价的有效方法^[13,14]。

广西红树林面积位居全国第二,是我国红树林生态旅游开发的主战场^[15]。北海金海湾红树林生态旅游区(以下简称金海湾景区)于2008年开始打造红树林生态旅游,2015年晋升为国家AAAA级旅游景区,2017年习近平总书记在此考察时指出:一定要尊重科学、落实责任,把红树林保护好。因此,本研究以金海湾景区为研究对象,采用旅游生态足迹模型测算2016—2023年金海湾景区旅游生态足迹、旅游生态承载力,动态评价景区红树林生态旅游发展的状态,并有针对性地提出优化策略。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

金海湾景区是广西北海滨海国家湿地公园的合理利用区,位于北海市东南隅大冠沙,距离北海市中心约15.00km,与素有“天下第一滩”之称的北海银

滩一脉相连。景区拥有4.50km的海岸线,面积约400.00hm²,其中红树林面积86.67hm²。景区由门景区、红树林生态观光区和疍家民俗园区等3部分组成,突出生态、休闲、文化三大旅游特色,是我国极富滨海湿地风情和疍家文化内涵的黄金景点。红树林生态观光区内的红树植物主要有白骨壤 *Avicennia marina*、桐花树 *Aegiceras corniculatum*、秋茄树 *Kandelia obovata*、海漆 *Excoecaria agallocha*、木榄 *Bruguiera gymnorhiza* 和红海榄 *Rhizophora stylosa* 等,且特点鲜明。疍家民俗园区位于景区东北部,分为疍家民俗园和疍家赶海区两部分,面积约135.00hm²,以疍家民俗风情表演、游客休闲、赶海等活动为主,设置疍家文化展示、疍家赶渔、拓展及烧烤等项目。据实地调查,2016—2023年景区共接待游客215.63万人次(表1),其中2020—2022年受新型冠状病毒感染疫情影响,游客接待量大幅减少。2016—2023年景区的经营收入共计9623.78万元。

表1 2016—2023年金海湾景区游客量

Table 1 Number of tourist to the Golden Bay Scenic Area from 2016 to 2023 Unit: 10 000 person-times

年份 Year	游客量 Number of tourist
2016	22.83
2017	35.97
2018	39.63
2019	38.85
2020	20.59
2021	18.50
2022	6.01
2023	33.25
Total	215.63

1.2 数据来源

金海湾景区的游客分布、旅游设施配套、红树林面积、各类土地面积、收益等数据资料来源于对景区工作人员的访谈,以及景区实地调查。旅游生态足迹模型中涉及的生物资源消费量、能源消费量和全球平均产量等数据来源于EPS数据库(<https://www.epsnet.com.cn/index.html#/Index>)和FAO数据库(<http://www.fao.org/home/en/>);均衡因子、产量因子和全球平均能源足迹参考Wackernagel等^[16]的研究。

1.3 方法

1.3.1 旅游生态足迹模型

(1) 旅游生态足迹测算

旅游生态足迹 (Tourist Ecological Footprint, TEF) 是指在一定区域内, 一切与游客开展旅游活动有关的各种生物资源、能源消耗以及废弃物处理所需要的生物生产性土地面积^[17]。旅游生态足迹包括旅游交通生态足迹、旅游娱乐生态足迹、旅游餐饮生态足迹、旅游观光生态足迹、旅游购物生态足迹、旅游住宿生态足迹和旅游固废生态足迹等七大项目^[18], 涉及的土地类型包括耕地、林地、草地、水域、建设用地、化石能源地等六大类。旅游生态足迹的计算公式如下:

$$TEF = TEF_t + TEF_e + TEF_f + TEF_v + TEF_s + TEF_a + TEF_w,$$

式中, TEF_t 为旅游交通生态足迹, TEF_e 为旅游娱乐生态足迹, TEF_f 为旅游餐饮生态足迹, TEF_v 为旅游观光生态足迹, TEF_s 为旅游购物生态足迹, TEF_a 为旅游住宿生态足迹, TEF_w 为旅游固废生态足迹。

① 旅游交通生态足迹

旅游交通生态足迹包括旅游交通设施生态足迹和旅游交通能耗生态足迹^[19], 计算公式如下:

$$TEF_t = S_t + E_t,$$

$$S_t = \sum (S_{ti} \times R_{ti} \times r_j),$$

$$E_t = \sum \left(\frac{N_{ti} \times D_{ti} \times E_{ti}}{p_i} \times r_j \right),$$

式中, S_t 为旅游交通设施生态足迹, E_t 为旅游交通能耗生态足迹, S_{ti} 为第 ti 种交通设施的建筑面积, R_{ti} 为第 ti 种交通设施的游客使用率, r_j 为第 j 种土地类型的均衡因子, N_{ti} 为选择第 ti 种交通工具的游客数量, D_{ti} 为选择第 ti 种交通工具的游客的平均旅行距离, E_{ti} 为第 ti 种交通工具的人均单位距离能源消耗量, p_i 为第 i 种能源账户消费项目的全球平均能源足迹。

② 旅游娱乐生态足迹

旅游娱乐生态足迹包括旅游娱乐设施生态足迹和旅游娱乐能耗生态足迹^[20], 计算公式如下:

$$TEF_e = S_e + E_e,$$

$$S_e = \sum (S_{ei} \times r_j),$$

$$E_e = \sum \left(\frac{N_{ei} \times E_{ei}}{p_i} \times r_j \right),$$

式中, S_e 为旅游娱乐设施生态足迹, E_e 为旅游娱乐

能耗生态足迹, S_{ei} 为第 ei 种娱乐设施的建成地面积, N_{ei} 为第 ei 种娱乐项目的数目, E_{ei} 为第 ei 种娱乐项目的年能源消耗量。

③ 旅游餐饮生态足迹

旅游餐饮生态足迹包括旅游餐饮设施生态足迹、旅游餐饮消费生态足迹和旅游餐饮能耗生态足迹^[21], 计算公式如下:

$$TEF_f = S_f + C_f + E_f,$$

$$S_f = \sum (S_{fi} \times r_j),$$

$$C_f = \sum \left(\frac{N_T \times D_T \times C_{Ti}}{q_i} \times r_j \right),$$

$$E_f = \sum \left(\frac{N_T \times D_T \times E_{Tj}}{p_i} \times r_j \right),$$

式中, S_f 为旅游餐饮设施生态足迹, C_f 为旅游餐饮消费生态足迹, E_f 为旅游餐饮能耗生态足迹, S_{fi} 为第 fi 种餐饮设施的建成地面积, N_T 为景区游客接待量, D_T 为游客在景区的平均旅游天数, C_{Ti} 为游客人均每日第 Ti 种食物的消耗量, q_i 为第 i 种生物资源账户消费项目的全球平均年产量, E_{Tj} 为游客人均每日第 Tj 种能源的消耗量。

④ 旅游观光生态足迹

旅游观光生态足迹包括旅游观光设施生态足迹和旅游观光能耗生态足迹^[18], 计算公式如下:

$$TEF_v = S_v + E_v,$$

$$S_v = \sum (S_{vi} \times r_j),$$

$$E_v = \sum \left(\frac{N_{vi} \times E_{vi}}{p_i} \times r_j \right),$$

式中, S_v 为旅游观光设施生态足迹, E_v 为旅游观光能耗生态足迹, S_{vi} 为第 vi 种观光设施 (如游览步道、游览公路和观景空间等) 的建成地面积, N_{vi} 为第 vi 种观光项目 (如公共汽车、电单车等) 的数目, E_{vi} 为第 vi 种观光项目的年能源消耗量。

⑤ 旅游购物生态足迹

旅游购物生态足迹包括旅游购物设施生态足迹、旅游商品消费生态足迹和旅游购物能耗生态足迹^[18], 计算公式如下:

$$TEF_s = S_s + C_s + E_s,$$

$$S_s = \sum (S_{si} \times r_j),$$

$$C_s = \sum \left(N_T \times \frac{R_T}{p_{si}} \times \frac{G_{si}}{q_i} \times r_j \right),$$

$$E_s = \sum \left(N_T \times \frac{R_T}{p_{si}} \times \frac{E_{si}}{p_i} \times r_j \right),$$

式中, S_s 为旅游购物设施生态足迹, C_s 为旅游商品消费生态足迹, E_s 为旅游购物能耗生态足迹, S_{si} 为第 si 种购物设施(如景区商场、超市、小卖铺等)的建成地面积, R_T 为游客购买旅游商品(如旅游纪念品、工艺美术品和土特产品等)的人均年支出金额, p_{si} 为第 si 种旅游商品的价格, G_{si} 为第 si 种旅游商品的质量或能源消耗量, E_{si} 为第 si 种旅游商品在运输、销售等环节产生的能源消耗量。

⑥ 旅游住宿生态足迹

旅游住宿生态足迹包括旅游住宿设施生态足迹和旅游住宿能耗生态足迹^[18], 计算公式如下:

$$TEF_a = S_a + E_a,$$

$$S_a = \sum (S_{ai} \times N_{ai} \times r_j),$$

$$E_a = \sum \left(\frac{365 \times N_{ai} \times K_{ai} \times E_{ai}}{p_i} \times r_j \right),$$

式中, S_a 为旅游住宿设施生态足迹, E_a 为旅游住宿能耗生态足迹, S_{ai} 为第 ai 种住宿设施每个床位的建成地面积, N_{ai} 为第 ai 种住宿设施拥有的床位数, K_{ai} 为选择第 ai 种住宿设施的平均客房出租率, E_{ai} 为第 ai 种住宿设施每个床位的日能源消耗量。

⑦ 旅游固废生态足迹

旅游固废生态足迹包括旅游固废处理生态足迹和旅游固废能耗生态足迹^[22], 计算公式如下:

$$TEF_w = S_w + E_w,$$

$$S_w = \sum (S_{wi} \times r_j),$$

$$E_w = \sum \left(\frac{W_T \times W_C}{E_C} \times r_j \right),$$

式中, S_w 为旅游固废处理生态足迹, E_w 为旅游固废能耗生态足迹, S_{wi} 为卫生填埋固体废弃物所占用的第 wi 种土地面积(如耕地、林地等), W_T 为旅游固废产生量, W_C 为单位质量垃圾产生的 CO_2 量, E_C 为平均每公顷林地可吸收的 CO_2 量。

(2) 旅游生态承载力

旅游生态承载力是指景区内耕地、林地、草地、水域、建设用地、化石能源地等 6 种类型土地所能提供给人类的生物生产性土地面积的总和^[23]。旅游生态承载力计算公式为

$$TEC = \sum_{j=1}^6 (A_j \cdot r_j \cdot Y_j),$$

式中, TEC 为景区总的旅游生态承载力; A_j 为景区内第 j 类生物生产性土地面积, 通常指耕地、林地、草地、水域、建设用地和化石能源地等 6 类; Y_j 为第 j 类生物生产性土地的产量因子。根据生态足迹模型,

需要预留 12% 的生物生产性土地面积用于区域生物多样性保护, 即景区实际的旅游生态承载力为 TEC 扣除 12% 之后的值^[16]。

1.3.2 红树林生态旅游安全评价

(1) 旅游生态盈亏

旅游生态盈亏是指旅游生态足迹和旅游生态承载力之差^[24], 计算公式为

$$TED = TEC - TEF,$$

式中, TED 为旅游生态盈亏; TED 大于 0 为旅游生态盈余, 表明景区能满足游客旅游活动需要; TED 小于 0 为旅游生态赤字, 表明景区超载, 不能满足游客旅游活动需要。

(2) 旅游生态可持续指数

旅游生态可持续指数是旅游生态承载力除以旅游生态足迹和旅游生态承载力之和所得的值, 表示景区为后代留下的可持续发展能力^[23], 计算公式为

$$TESI = \frac{TEC}{TEC + TEF},$$

式中, $TESI$ 为旅游生态可持续指数。 $TESI$ 为 0—1 时, 其值越大, 表明景区的生态供给越能满足游客旅行活动需求, 系统的可持续发展能力越好; 当 $TESI > 0.7$ 时, 表明景区旅游发展为强可持续; 当 $0.5 < TESI \leq 0.7$ 时, 表明景区旅游发展为弱可持续; 当 $0.3 < TESI \leq 0.5$ 时, 表明景区旅游发展为弱不可持续; 当 $TESI \leq 0.3$ 时, 表明景区旅游发展为强不可持续。

(3) 旅游生态压力指数

旅游生态压力指数是旅游生态足迹和旅游生态承载力的比值, 表示景区能承受的压力程度^[24], 计算公式为

$$TEPI = \frac{TEF}{TEC},$$

式中, $TEPI$ 为旅游生态压力指数, 其值越大, 表示景区旅游发展的生态压力越大, 越不安全。参照赵立君等^[25]对生态压力指数的等级划分, $TEPI \leq 0.5$ 为安全, $0.5 < TEPI \leq 0.8$ 为较安全, $0.8 < TEPI \leq 1$ 为轻度不安全, $1 < TEPI \leq 1.5$ 为中度不安全, $1.5 < TEPI \leq 2$ 为重度不安全, $TEPI > 2$ 为极度不安全。

1.3.3 人均旅游生态足迹预测

为了掌握金海湾景区红树林生态旅游发展趋势, 更有针对性地提出优化策略, 在 2016—2023 年景区人均旅游生态足迹的基础上, 采用灰色预测模型中最常用、最有效的 $GM(1, 1)$ 模型^[26] 预测 2024—2028 年景区人均旅游生态足迹。

1.3.4 游客接待量的临界值核算

通过 SPSS 构建回归函数, 定量分析景区游客接待量对旅游生态足迹的影响, 在此基础上核算景区每年游客接待量的临界值。首先, 利用相关分析研究景区旅游生态足迹与游客接待量之间的相关关系, 使用 Pearson 相关系数表示相关关系的强弱情况。其次, 将景区游客接待量作为自变量, 旅游生态足迹作为因变量进行线性回归分析。最后, 应用回归函数计算景区每年游客接待量的临界值。依据旅游生态可持续指数和旅游生态压力指数的等级划分标准, 当景区旅游生态足迹占到旅游生态承载力的 80%, 景区处于可持续和生态安全的临界状态。

2 结果与分析

2.1 旅游生态足迹与旅游生态承载力

2.1.1 旅游生态足迹动态分析

2016—2023 年金海湾景区旅游生态足迹如表 2 所示。由于景区没有酒店、宾馆、民宿等住宿设施, 且

表 2 2016—2023 年金海湾景区旅游生态足迹

Table 2 Tourism ecological footprint of the Golden Bay Scenic Area from 2016 to 2023

年份 Year	旅游交通生态足迹/ Ecological footprint of tourism transport/ hm ²	旅游娱乐生态足迹/ Ecological footprint of tourism entertainment/ hm ²	旅游餐饮生态足迹/ Ecological footprint of tourism food/ hm ²	旅游观光生态足迹/ Ecological footprint of tourist visiting/ hm ²	旅游购物生态足迹/ Ecological footprint of tourist shopping/ hm ²	旅游住宿生态足迹/ Ecological footprint of tourist accommodation/ hm ²	旅游固废生态足迹/ Ecological footprint of tourism solid waste/ hm ²	旅游生态足迹/ Ecological footprint of tourism/ hm ²	人均旅游生态足迹/ Per capita tourism ecological footprint/ (平方米/人) (m ² /person)
2016	16.99	3.75	18.62	8.55	2.00	0	1.10	51.01	2.23
2017	26.67	3.75	29.70	10.77	2.95	0	1.43	75.27	2.09
2018	29.37	3.75	34.06	11.38	3.38	0	1.64	83.58	2.11
2019	28.79	3.75	31.95	11.25	4.01	0	3.29	83.04	2.14
2020	21.83	3.75	16.67	8.18	1.48	0	1.75	53.66	2.61
2021	20.29	3.75	17.08	7.83	1.68	0	1.64	52.27	2.83
2022	11.09	3.75	5.65	5.72	0.66	0	1.86	28.73	4.78
2023	31.15	3.75	29.64	10.31	3.26	0	2.85	80.96	2.43

2.1.2 旅游生态承载力动态分析

金海湾景区涉及林地、水域、草地和建设用, 旅游生态承载力如表 3 所示。2016—2023 年景区中林地旅游生态承载力和草地旅游生态承载力保持不变, 分别为 112.42 hm² 和 0.01 hm²; 水域旅游生态承载力从 63.45 hm² 下降至 62.95 hm², 建设用地旅游生态承载力从 14.70 hm² 增长到 25.47 hm²。景区中林地旅游生态承载力、水域旅游生态承载力、草地旅游生态承载力和建设用地旅游生态承载力的总和从

游客在景区的平均停留天数仅为 0.25 d。因此, 景区旅游住宿生态足迹为 0。在 7 种不同生态足迹的共同作用下, 景区旅游生态足迹从 2016 年的 51.01 hm² 增长到 2018 年的 83.58 hm², 后受疫情影响下降至 2022 年的 28.73 hm², 疫情结束后增长到 2023 年的 80.96 hm², 8 年总体上增长了 58.71%。其中, 增长率大小排序为旅游固废生态足迹 > 旅游交通生态足迹 > 旅游购物生态足迹 > 旅游餐饮生态足迹 > 旅游观光生态足迹 > 旅游娱乐生态足迹 = 旅游住宿生态足迹。2016—2023 年景区旅游生态足迹中各个项目平均占比的大小排序为旅游交通生态足迹 > 旅游餐饮生态足迹 > 旅游观光生态足迹 > 旅游娱乐生态足迹 > 旅游购物生态足迹 > 旅游固废生态足迹 > 旅游住宿生态足迹, 占比分别为 36.61%、36.06%、14.55%、5.90%、3.82%、3.06% 和 0.00%。2016—2023 年景区人均旅游生态足迹从 2.23 平方米/人波动增长到 2.43 平方米/人, 增长 8.97%, 8 年平均值为 2.65 平方米/人。

2016 年的 190.58 hm² 增长到 2023 年的 200.85 hm², 8 年平均值为 195.72 hm²。扣除用于生物多样性保护的 12% 生物生产性土地面积得到景区旅游生态承载力, 其值从 2016 年的 167.71 hm² 增长到 2023 年的 176.75 hm², 增幅为 5.39%。2016—2023 年景区 4 种土地类型的旅游生态承载力平均占比大小排序为林地旅游生态承载力 > 水域旅游生态承载力 > 建设用地旅游生态承载力 > 草地旅游生态承载力。2016—2023 年景区旅游生态承载力相对稳定,

新型冠状病毒感染疫情期间由于景区游客接待量大
幅减少,人均旅游生态承载力大幅增长。但是总体
上看,2016—2023年景区游客接待量波动上涨,导致人

表3 2016—2023年金海湾景区旅游生态承载力

Table 3 Tourism ecological carrying capacity of the Golden Bay Scenic Area from 2016 to 2023

年份 Year	林地旅游 生态承载力/ hm ² Tourism ecological carrying capacity of woodland/ hm ²	水域旅游 生态承载力/ hm ² Tourism ecological carrying capacity of waters/ hm ²	草地旅游 生态承载力/ hm ² Tourism ecological carrying capacity of grassland/ hm ²	建设用地 旅游生态承 载力/hm ² Tourism ecological carrying capacity of construction land/hm ²	合计 Total	12%的生物 生产性土地面积 12% of biologically productive land area	旅游生态承 载力/hm ² Tourism ecological carrying capacity/ hm ²	人均旅游生 态承载力/ (平方米/人) Per capita tourism ecological carrying capacity/ (m ² /person)
2016	112.42	63.45	0.01	14.70	190.58	22.87	167.71	7.35
2017	112.42	63.45	0.01	14.70	190.58	22.87	167.71	4.66
2018	112.42	63.45	0.01	14.70	190.58	22.87	167.71	4.23
2019	112.42	63.45	0.01	14.70	190.58	22.87	167.71	4.32
2020	112.42	62.95	0.01	25.47	200.85	24.10	176.75	8.58
2021	112.42	62.95	0.01	25.47	200.85	24.10	176.75	9.55
2022	112.42	62.95	0.01	25.47	200.85	24.10	176.75	29.41
2023	112.42	62.95	0.01	25.47	200.85	24.10	176.75	5.32

均旅游生态承载力波动下降,从2016年的7.35平方
米/人下降到2023年的5.32平方米/人,降幅为
27.62%。

2.2 红树林生态旅游安全

2.2.1 旅游生态盈亏分析

将金海湾景区的旅游生态足迹和旅游生态承载力
进行比较,可得出景区旅游生态盈亏,如图1所示。
将景区人均旅游生态足迹和人均旅游生态承载力进
行比较,可得出景区人均旅游生态盈亏,如图2所示。
2016—2023年景区旅游生态承载力大于旅游生态足
迹,景区表现为旅游生态盈余,表明景区能满足游客
旅游活动需要。2016—2023年景区旅游生态盈余的
平均值为108.67 hm²。同样,2016—2023年景区表
现为人均旅游生态盈余,人均旅游生态盈余平均值为
6.53平方米/人。值得注意的是,2016—2023年景区
的旅游生态盈余和人均旅游生态盈余均处于波动下
降状态。其中,旅游生态盈余从2016年的116.70
hm²下降到2023年的95.79 hm²,降幅为17.92%;
人均旅游生态盈余从2016年的5.12平方米/人下降
到2023年的2.89平方米/人,降幅为43.55%。其
主要原因是2016—2023年景区旅游生态承载力相对
稳定,景区游客接待量不断增加(疫情期间除外)以
及游客消费行为方式转变使得景区旅游生态足迹波
动增长,导致景区旅游生态盈余和人均旅游生态盈
余不断下降。

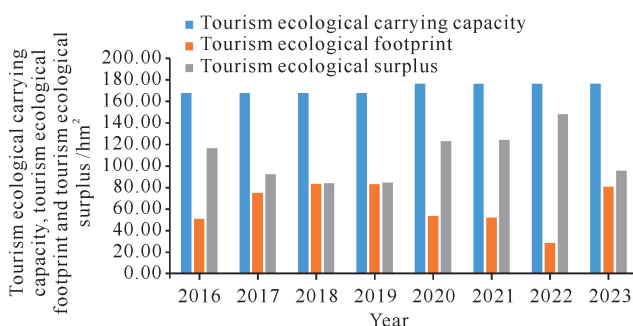


图1 2016—2023年金海湾景区旅游生态承载力、旅游生态足迹和旅游生态盈余

Fig. 1 Tourism ecological carrying capacity, tourism ecological footprint and tourism ecological surplus of the Golden Bay Scenic Area from 2016 to 2023

2.2.2 旅游生态可持续指数和旅游生态压力指数分析

2016—2023年金海湾景区旅游生态可持续指数
如图3所示。景区2016年、2020年、2021年和2022
年的旅游生态可持续指数均大于0.7,表明这4年景
区红树林生态旅游发展处于强可持续状态。其中,
2020年、2021年和2022年主要是因为新型冠状病毒
感染疫情限制了游客出行,景区旅游生态足迹明显下
降使得旅游生态可持续指数上升。景区2017年、
2018年、2019年和2023年的旅游生态可持续指数
为0.60—0.70,表明这4年景区红树林生态旅游发
展处于弱可持续状态。由此可见,如果排除疫情影
响,景

区旅游生态可持续指数呈下降趋势,即景区红树林生态旅游发展的可持续状态不断减弱。

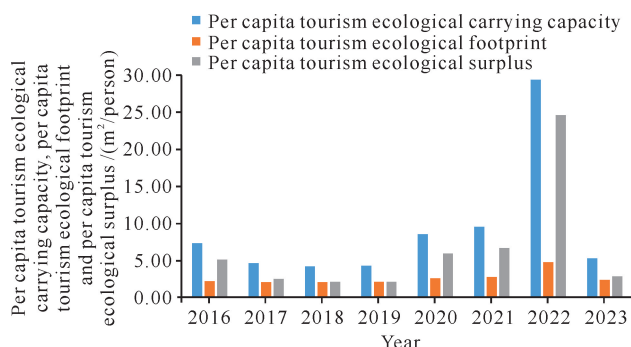


图2 2016—2023年金海湾景区人均旅游生态承载力、人均旅游生态足迹和人均旅游生态盈余

Fig. 2 Per capita tourism ecological carrying capacity, per capita tourism ecological footprint and per capita tourism ecological surplus of the Golden Bay Scenic Area from 2016 to 2023

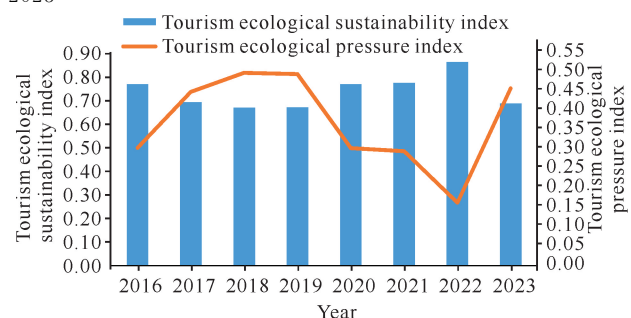


图3 2016—2023年金海湾景区旅游生态可持续指数和旅游生态压力指数

Fig. 3 Tourism ecological sustainability index and tourism ecological pressure index of the Golden Bay Scenic Area from 2016 to 2023

如图3所示,2016—2023年景区的旅游生态压力指数均没有超过0.50,表明景区红树林生态旅游发展处于安全状态。但值得注意的是,2018年和2019年景区旅游生态压力指数均为0.50,表明景区红树林生态旅游发展处于安全状态的临界值。

2.3 人均旅游生态足迹变化趋势

从上述结果可知,金海湾景区的旅游生态盈余和人均旅游生态盈余均下降,景区红树林生态旅游发展的可持续性和安全状态减弱,其主要原因是景区旅游生态承载力相对稳定,但人均旅游生态足迹不断增长,随着游客接待量的增加旅游生态足迹快速增长,人均旅游生态承载力下降。在短期内这些变化不易被人类察觉或者明显感知。为具体展示这种变化,采用GM(1,1)模型预测2016—2028年景区人均旅游生态足迹,结果如图4所示。2016—2023年景区人均旅游生态足迹的原始值和预测值拟合度较高,尽管

新型冠状病毒感染疫情和经济周期一定程度上制约了旅游发展,景区人均旅游生态足迹出现了较大波动,但是整体上呈增长趋势,这和当前旅游市场逐渐回暖趋势一致。根据预测结果,到2028年景区人均旅游生态足迹将达到4.86平方米/人,是2016年的2.18倍,相比2023年增长1倍。由此可见,如果不及时采取措施积极降低景区旅游生态足迹或提升景区旅游生态承载力,随着景区游客接待量的不断增加,人均旅游生态足迹不断增长,在未来几年内景区旅游生态盈余将持续下降,景区的可持续性和安全状态将持续减弱,进而制约景区红树林生态旅游发展和红树林保护。

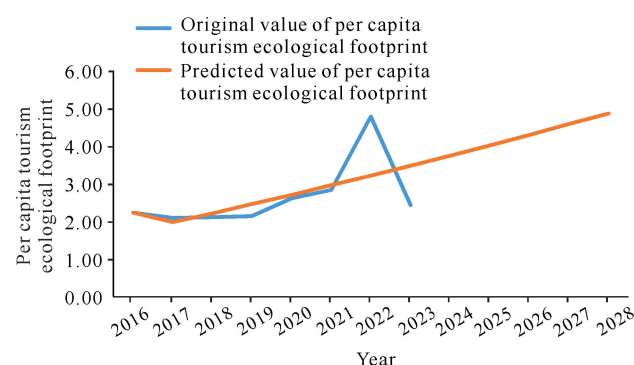


图4 2016—2028年金海湾景区人均旅游生态足迹预测值

Fig. 4 Predicted value of per capita tourism ecological footprint of the Golden Bay Scenic Area from 2016 to 2028

2.4 游客接待量的临界值

金海湾景区七大类旅游生态足迹分析表明,景区旅游生态足迹的大小由旅游相关设施建设用地面积、游客接待量、交通工具、食物消费量、能源消耗量、固废产生量等多因素共同决定。在景区人均旅游生态足迹不断增长的趋势下,控制游客接待量是放缓旅游生态足迹增长的有效措施。景区旅游生态足迹与游客接待量之间的相关分析结果显示:景区旅游生态足迹与游客接待量之间的相关系数为0.982,并且呈现出显著相关性($P < 0.01$),说明景区旅游生态足迹与游客接待量之间有着显著的正相关关系。将景区游客接待量作为自变量,旅游生态足迹作为因变量进行线性回归分析,结果显示二者的函数关系为

$$TEF = 1.656 \times N_T + 18.940 (R^2 = 0.964)$$

将2023年景区旅游生态承载力的80%作为因变量带入回归函数,计算景区每年游客接待量的临界值为73.95万人次(平均每天的临界值为2026人次),说明在现有景区管理模式、旅游发展模式和游客消费模式不变的情况下,景区每年接待游客的数量不超过

73.95 万人次才能保证景区红树林生态旅游处于安全状态。

根据 2016—2018 年景区游客接待量的年平均增长率 33.87% (2019—2023 年均在不同程度上受到疫情影响, 相关数据不具有典型代表性), 在 2023 年游客接待量基础上, 未来不到 3 年景区游客接待量将超过临界值, 2026 年的游客接待量将达 79.77 万人次。因此, 必须采取相关措施控制旅游生态足迹快速增长, 确保景区旅游可持续发展。

3 讨论

3.1 红树林生态旅游发展的优化策略

针对金海湾景区红树林生态旅游安全动态评价结果可以看出, 在景区旅游生态承载力较为稳定的情况下, 控制旅游生态足迹增长是优化红树林生态旅游发展的重要措施, 包括控制人均旅游生态足迹和游客接待量两个方面。

3.1.1 控制人均旅游生态足迹

金海湾景区旅游生态足迹中旅游交通生态足迹和旅游餐饮生态足迹占比较大, 平均占比分别为 36.61% 和 36.06%。因此, 可以从这两个方面控制人均旅游生态足迹: 一方面, 减少人均旅游交通生态足迹。据景区工作人员统计, 游客主要选择自驾或乘坐出租车去往景区, 占比 52%, 乘坐公交车的游客仅占 23%, 而小汽车的人均能耗是公交车的 2.39 倍。目前, 景区仅配置有北海市 18 路公交车和“四川路旅游集散中心—金海湾红树林”专线公交车, 未能满足游客需求。景区应形成旅游环线, 覆盖更多站点, 增加公交车班次, 鼓励游客绿色出行, 减少人均旅游交通生态足迹。另一方面, 减少人均旅游餐饮生态足迹。景区游客的旅游餐饮消费生态足迹中, 肉类占比最大, 2023 年占比为 50.72%, 而蔬菜(包括食用菌)、干鲜瓜果类的占比仅分别为 3.04% 和 1.34%。由于肉类的全球平均产量远低于蔬菜(包括食用菌), 导致即使是相同数量的肉类和蔬菜(包括食用菌)消耗量, 根据旅游餐饮消费生态足迹计算公式, 肉类的生态足迹也会远高于蔬菜(包括食用菌)。因此, 景区应为游客提供丰富的、具有特色的瓜果蔬菜, 引导游客减少不必要的肉类消耗, 以减少人均餐饮生态足迹。

3.1.2 控制游客接待量

根据新型冠状病毒感染疫情之前金海湾景区的游客接待量增长率测算, 2026 年游客接待量将超过临界值 73.95 万人次。近年来, 随着国家对红树林的

重视程度和宣传力度加大, 人们对红树林及其生态系统服务价值的认识不断加深, 红树林生态旅游热度迅速增加, 这将进一步增加景区游客的接待量。景区应建立分时段预约购票制度, 设置预约人数上限, 从时间上分散游客, 同时确保游客接待量不超过每年和每天的临界值。此外, 景区还可以通过票价政策控制游客接待量。

3.2 红树林生态旅游的价值实现

金海湾景区依托红树林资源发展红树林生态旅游, 实现了红树林生态系统服务价值, 尤其是红树林生态系统的文化服务价值, 包括休闲娱乐价值和文化科研教育价值。已有研究表明, 2023 年中国红树林生态系统服务基准价值为 116.22 万元/公顷, 其中文化服务价值占比 8.11%, 为 9.43 万元/公顷, 文化服务价值中的休闲娱乐价值和文化科研教育价值则分别为 7.87 万元/公顷和 1.56 万元/公顷^[27]。由此可计算金海湾景区红树林生态系统的文化服务价值为 3772.00 万元, 其中休闲娱乐价值和文化科研教育价值分别为 3148.00 万元和 624.00 万元。据景区工作人员介绍, 2016—2019 年(新型冠状病毒感染疫情之前)景区发展红树林生态旅游每年的净利润不断增加, 到 2019 年达 290.65 万元, 一定程度上实现了景区红树林生态系统文化服务价值。即便疫情期间整个旅游业遭受重创, 2023 年景区也恢复了净利润为正的状态, 且从 2024 年第一季度营收情况来看, 预计 2024 年净利润将大幅度增加, 这表明景区红树林生态系统中文化服务价值的实现比率有望进一步提升。值得注意的是, 景区不仅是红树林生态旅游景点, 而且也是重要的红树林科研、教育、文化宣传基地, 景区红树林生态系统还提供了大量的供给服务价值、调节服务价值和支持服务价值^[27], 而这些价值的实现尚未纳入景区净利润。据景区工作人员统计, 2023 年景区在岗员工 99 人, 其中北海市本地员工占比高达 85.00%, 可见红树林生态旅游不仅实现了红树林生态系统服务价值, 而且还促进了就业, 带动了当地社会经济发展。

3.3 红树林生态旅游的推广应用

金海湾景区开展红树林生态旅游不仅有效保护了红树林不被破坏从而实现了红树林生态系统的服务价值, 而且还为周边居民提供可持续生计, 具有较高的生态效益、经济效益和社会效益。景区于 2008 年 5 月 1 日建立, 2015 年获批国家 AAAA 级旅游景区, 经过多年发展目前仍处于旅游生态盈余、可持续

和安全的状态,这表明景区的红树林生态旅游发展模式是有效的,可因地制宜推广复制到其他红树林分布区域。当前广西红树林面积已达1.04万公顷^[28],中国红树林面积已恢复至2.92万公顷^[29],合理发展红树林生态旅游可更大范围协调红树林保护恢复与周边居民可持续生计之间的关系。但需要注意的是,2016—2023年景区发展红树林生态旅游过程中旅游生态足迹快速增长,人均旅游生态承载力和人均旅游生态盈余快速减少,可持续状态不断减弱,已处于安全状态的临界值。因此,在推广景区红树林生态旅游发展模式时要总结经验、完善不足,在发展初期就要从旅游交通生态足迹和旅游餐饮生态足迹等方面积极控制旅游人均生态足迹,及时掌握游客接待量的临界值,科学控制游客接待量,以确保红树林生态旅游发展长期维持在可持续和安全状态。

目前,红树林生态旅游安全评价的量化研究还处于起步阶段。由于旅游生态足迹涉及交通、娱乐、餐饮、观光、购物、住宿和固废等方面,计算所需的数据量大,而直接、全面获取相关数据比较困难,再加上本研究相关数据主要来源于金海湾景区的统计,一手数据较少,这可能会在一定程度上影响研究结果的精确性。在未来的研究中,针对某一种旅游生态足迹可通过问卷调查、游客访谈等方式深入开展研究,从而提升红树林生态旅游安全评价量化研究的精确性。

4 结论

红树林生态旅游是加强红树林保护与利用,促进红树林生态系统服务价值实现,保障周边居民可持续生计的重要模式。本研究采用旅游生态足迹模型,通过深入分析2016—2023年金海湾景区的旅游生态足迹、旅游生态承载力、旅游生态盈亏、旅游生态可持续指数和旅游生态压力指数,评价景区红树林生态旅游发展的安全状况,并有针对性地提出优化策略,拟为广西及其他红树林分布区推进红树林生态旅游发展提供思路。主要结论如下:

(1) 2016—2023年景区旅游生态足迹增长了58.71%,旅游生态承载力较为稳定,总体表现为旅游生态盈余,能满足游客旅游活动需要。但如果排除新型冠状病毒感染疫情影响,景区红树林生态旅游发展的可持续状态不断减弱,已处于安全状态的临界值。

(2) 2028年景区人均旅游生态足迹将达到4.86平方米/人。景区旅游生态足迹与游客接待量之间有着显著的正相关关系,每年游客接待量的临界值为

73.95万人次(平均每天的临界值为2026人次)。在2023年游客接待量基础上,未来不到3年游客接待量将超过临界值,2026年的游客接待量将达79.77万人次。

(3) 控制旅游生态足迹快速增长是保障红树林生态旅游安全的重要措施,包括控制人均旅游生态足迹和游客接待量两个方面。其中,可以通过减少人均旅游交通生态足迹、人均旅游餐饮生态足迹两个方面来控制人均旅游生态足迹;另外,可通过建立分时段预约购票制度和票价政策控制游客接待量。

参考文献

- [1] 林鹏. 中国红树林研究进展[J]. 厦门大学学报(自然科学版), 2001, 40(2): 592-603.
- [2] FRIESS D A. Ecotourism as a tool for mangrove conservation [J]. Sumatra Journal of Disaster, Geography and Geography Education, 2017, 1(1): 24-35.
- [3] 张琳婷, 陶伊佳, 王文卿. 海南东寨港红树林生态旅游及环境教育[J]. 湿地科学与管理, 2014, 10(3): 31-34.
- [4] 陈燕. 红树林自然保护区生态旅游规划研究进展[J]. 热带农业科学, 2009, 29(9): 34-36.
- [5] 刘怀如, 袁怡圃, 梁美霞, 等. 泉州湾红树林生态旅游价值及其开发探讨[J]. 福建林业科技, 2010, 37(3): 136-138, 161.
- [6] 张春霞, 林群. 发展生态旅游是保护和利用红树林资源的最佳途径[J]. 生态经济, 2000(7): 34-35.
- [7] 吴恺卿, 袁甜甜, 刘超. 浅谈海南东寨港红树林生态旅游圈构建[J]. 热带林业, 2018, 46(1): 75-77, 74.
- [8] REES W E. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out [J]. Environment and Urbanization, 1992, 4(2): 121-130.
- [9] WACKERNAGEL M, REES W E. Our ecological footprint: reducing human impact on the earth [M]. Gabriola Island, BC: New Society Publishers, 1996: 11-23.
- [10] 官冬杰, 姜亚楠, 严聆云, 等. 基于生态足迹视角的长江流域生态补偿额度测算[J]. 生态学报, 2022, 42(20): 8169-8183.
- [11] WIEDMANN T, BARRETT J. A review of the ecological footprint indicator: perceptions and methods [J]. Sustainability, 2010, 2(6): 1645-1693.
- [12] KONGBUAMAI N, BUI Q, YOUSAF H M A U, et al. The impact of tourism and natural resources on the ecological footprint: a case study of ASEAN countries [J]. Environmental Science and Pollution Research, 2020, 27: 19251-19264.
- [13] ALI Q, YASEEN M R, ANWAR S, et al. The impact

- of tourism, renewable energy, and economic growth on ecological footprint and natural resources: a panel data analysis [J]. *Resources Policy*, 2021, 74: 102365.
- [14] LEE C C, CHEN M P. Ecological footprint, tourism development, and country risk: international evidence [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 279: 123671.
- [15] 张姗. 广西红树林保护历程回顾与展望[J]. *广西科学院学报*, 2021, 37(3): 161-170.
- [16] WACKERNAGEL M, ONISTO L, BELLO P, et al. National natural capital accounting with the ecological footprint concept [J]. *Ecological Economics*, 1999, 293(3): 375-390.
- [17] OZTURK I, AL-MULALI U, SABOORI B. Investigating the environmental Kuznets curve hypothesis: the role of tourism and ecological footprint [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2016, 23: 1916-1928.
- [18] LIN W, LI Y, LI X, et al. The dynamic analysis and evaluation on tourist ecological footprint of city: take Shanghai as an instance [J]. *Sustainable Cities and Society*, 2018, 37: 541-549.
- [19] 龚心语, 黄宝荣, 张丛林, 等. 基于旅游生态足迹的神农架国家公园可持续性管理研究[J]. *环境工程技术学报*, 2020, 10(5): 806-813.
- [20] 陈玲玲, 严伟, 陆鑫. 基于生态足迹模型的南京市旅游可持续发展评估及对策研究[J]. *生态经济*, 2011, 27(12): 157-161, 174.
- [21] 何欢, 林文鹏, 储德平, 等. 上海市旅游生态足迹分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2013, 22(11): 1375-1381.
- [22] 潘金玉. 基于旅游生态足迹模型的武隆喀斯特世界自然遗产地旅游可持续发展研究[D]. 重庆: 重庆工商大学, 2014: 40-52.
- [23] MA X B, SUN B, HOU G L, et al. Evaluation and spatial effects of tourism ecological security in the Yangtze River Delta [J]. *Ecological Indicators*, 2021, 131: 108190.
- [24] RUAN W, LI Y, ZHANG S, et al. Evaluation and drive mechanism of tourism ecological security based on the DPSIR-DEA model [J]. *Tourism Management*, 2019, 75: 609-625.
- [25] 赵立君, 杨帆, 王楠, 等. 基于生态足迹模型的贵州省仁怀市可持续发展及其影响因素研究[J]. *生态与农村环境学报*, 2021, 37(7): 870-876.
- [26] 徐美, 刘春腊, 李丹, 等. 基于改进 TOPSIS-灰色 GM(1,1)模型的张家界市旅游生态安全动态预警[J]. *应用生态学报*, 2017, 28(11): 3731-3739.
- [27] 范航清, 张云兰, 邹绿柳, 等. 中国红树林基准价值及其单株价值分配研究[J]. *生态学报*, 2022, 42(4): 1262-1275.
- [28] 广西红树林面积保有量达 1.04 万公顷, 居全国第 2 位 [Z/OL]. (2024-02-07) [2024-09-15]. <http://sthjt.gxzf.gov.cn/zwxx/qnyw/t17963820.shtml>.
- [29] 国家林草局: 湿地保护纳入林长制、河湖长制考核范围 [Z/OL]. (2023-10-11) [2024-09-15]. <https://www.forestry.gov.cn/c/www/sdgjdt/526272.jhtml>.

Dynamic Evaluation of Mangrove Ecotourism Safety in Guangxi—A Case Study of the Golden Bay Scenic Area

ZHANG Yunlan^{1,2,3}, PAN Lianghao^{2,4}, SU Zhinan^{2,4}, QIU Guanglong^{2,4**},
FAN Hangqing^{2,4**}

(1. Guangxi Key Laboratory of Forest Ecology and Conservation, Forestry College, Guangxi University, Nanning, Guangxi, 530004, China; 2. Guangxi Key Laboratory of Mangrove Conservation and Utilization, Guangxi Academy of Marine Sciences (Guangxi Mangrove Research Center), Guangxi Academy of Sciences, Beihai, Guangxi, 536000, China; 3. College of Economics and Trade, Guangxi University of Finance and Economics, Nanning, Guangxi, 530003, China; 4. Observation and Research Station of Coastal Wetland Ecosystem in Beibu Gulf, Ministry of Natural Resources, Beihai, Guangxi, 536015, China)

Abstract: Mangrove ecotourism is an important industry to promote the protection and utilization of mangrove forests. At present, the safety evaluation of mangrove ecotourism is mainly based on qualitative research and

lacks quantitative research. This study took the Golden Bay Scenic Area as an example to carry out quantitative research on the dynamic evaluation of mangrove ecotourism safety in Guangxi. The Tourism Ecological Footprint (TEF) model was used to estimate and calculate the tourism ecological footprint and tourism ecological carrying capacity of the Golden Bay Scenic Area from 2016 to 2023, and the security status of mangrove ecotourism in the scenic areas was dynamically evaluated through the tourism ecological profit/loss, tourism ecological sustainability index and tourism ecological pressure index. At the same time, the GM(1,1) model was used to predict the per capita tourism ecological footprint of scenic areas from 2024 to 2028, and the regression function was used to calculate the critical value of tourist reception in scenic areas. The results showed that the tourism ecological footprint of the scenic areas increased rapidly by 58.71% from 2016 to 2023, and the tourism ecological carrying capacity was relatively stable, which could meet the needs of tourists' tourism activities. However, if the impact of the COVID-19 epidemic was excluded, the development of mangrove ecotourism in the scenic areas was close to the critical value of a safer state. In 2028, the per capita tourism ecological footprint of the scenic areas would reach 4.86 m²/person. The critical value of annual tourist reception of the scenic areas was 739 500, but according to the current development trend, the number of tourist reception in 2026 would reach 797 700. Therefore, it is necessary to control the per capita tourism ecological footprint and the tourist reception, so as to ensure the safety of mangrove ecotourism.

Key words: mangrove ecotourism; tourism ecological footprint model; safety evaluation; value realization

责任编辑:米慧芝



微信公众号投稿更便捷

联系电话:0771-2503923

邮箱:gxkxyxb@gxas.cn

投稿系统网址:<http://gxkx.ijournal.cn/gxkxyxb/ch>