

# 旅游生态系统能值分析研究

## ——以峨眉山风景区为例

杨涵 沈立成<sup>1</sup>

(西南大学地理科学学院教育部三峡库区生态环境重点实验室, 重庆 400715)

**【摘要】:** 以峨眉山风景区旅游生态系统为对象,运用能值理论和分析方法对其进行研究,构建了旅游生态系统能值分析模型和指标体系。并对系统内自然、社区、经济三个亚系统进行分析,评价峨眉山旅游生态系统系统可持续发展能力。研究表明:(1)2017年峨眉山风景区旅游生态系统能值总量为  $6.60 \times 10^{20}$  sej,其中可更新资源投入为  $6.68 \times 10^{19}$  sej,社区居民生活投入为  $3.16 \times 10^{19}$  sej,投入为  $4.95 \times 10^{20}$  sej,旅游投入占能值总使用量的 75.00%。(2)峨眉山旅游生态系统能值可持续发展指数较低,系统资源负载率较高,为消费性经济,对系统外部资源投入需求较高,较为依赖外界大量的不可更新资源投入。峨眉山风景区旅游生态系统整体可持续发展能力处于中等水平。

**【关键词】:** 能值分析 旅游生态系统 可持续发展 峨眉山风景区

**【中图分类号】:** F592 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2020)04-129-04

随着中国国民经济的增长和国民人均 GDP 的提高,国内旅游业飞速发展。与此伴随而来的风景区生态问题也日益凸显,生态旅游资源开发不合理等,给景区生态环境造成巨大压力,威胁了生态旅游的可持续性发展<sup>[1]</sup>。如何协调处理好生态问题与旅游业发展之间的关系,是旅游景区亟须解决的问题,也对旅游区生态环境保护、区域旅游经济可持续发展具有重大意义。

20世纪80年代,美国知名系统生态学家 Odum<sup>[2]</sup>首次提出了能值理论和方法。能值理论将生态系统及经济系统中各类的能量流、物质流和货币流转化为统一的能值指标,使生态、经济、社会等子系统有机结合起来,用以分析人与自然、人与社会经济环境价值间的相互作用关系,为自然及社会的可持续发展战略提供理论支持。自提出以来,能值理论和分析方法在不同尺度和类型的生态系统中被广泛应用,受到国内外生态学界、经济学界的广泛关注。美国首先进行了大量理论和案例研究,完善了能值研究的基础理论<sup>[3]</sup>;20世纪90年代,能值理论经由《当代生态学博论》一书传入我国<sup>[4]</sup>,此后20多年来,中国在能值理论应用方面进行了大量研究,从研究空间尺度而言,涉及国家<sup>[5]</sup>、区域<sup>[6-8]</sup>、城市<sup>[9-10]</sup>等尺度;从研究对象而言,能值研究理论涵盖了自然生态系统<sup>[11]</sup>、工业系统<sup>[12]</sup>、城市复合系统<sup>[13]</sup>、环境治理<sup>[14]</sup>等多领域生态系统,但有关旅游景区的自然生态系统能值研究还相对薄弱。

## 1 研究方法

### 1.1 能值分析

能值是一种度量标准,Odum 将能值定义为一种流动或储存的能量所包含另一种类别能量的数量,即产生物品或者劳务过程中直接或间接投入的有效能量。然任何形式的能量均源于太阳能,所以,以太阳能为基准,以此定义各种能量的能值<sup>[15-16]</sup>。任何形式

<sup>1</sup>作者简介:杨涵(1992-),女,四川乐山人,硕士研究生,研究方向为自然地理学。E-mail:442324842@qq.com;沈立成(1973-),男,湖南湘乡人,博士,副教授,研究方向为自然地理学。E-mail:xqimei@126.com。

的产品、资源、或者劳动产生的过程中都直接或者间接消耗太阳能,因此运用能值可以量化生态系统中不同等级能量,并利用能量的转换使不同等级的能量之间建立联系<sup>[17]</sup>。

能值转换率是指某种类别的能量或物质所包含的能值,即其所包含的太阳能之量<sup>[16]</sup>。能值转换率越高,表明其在生态系统能量等级中的层级越高。能值分析将生态系统及经济系统中各类的能量流、物质流和货币流转化为统一的能值指标,构建自然环境、社会经济发展的综合评价体系,为生态经济的可持续发展提供依据。

### 1.2 旅游生态系统能值分析模型

旅游生态系统是以自然环境为基础,以旅游活动为主要内容,通过人类的旅游活动而对自然环境进行适应与改造,建立起来的人与自然的复合体系,具有复合性、双重性、脆弱性、多样性等特点<sup>[18]</sup>。峨眉山风景区旅游生态系统涉及自然、经济、社会等多个亚系统、是一个复合的、参数众多的生态系统。通过对峨眉山风景区生态系统的调查和研究,绘制出峨眉山风景区旅游生态系统的能值输入与产出见图 1。

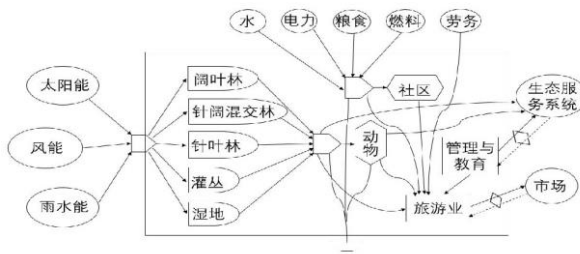


图 1 峨眉山风景区能量图

本文运用能值分析和研究方法,以峨眉山风景区为对象,着眼于旅游生态系统中自然、社会、经济等因素,建立生态旅游系统能值分析指标体系,构建旅游生态系统能值分析模型,定量分析峨眉山风景区旅游生态系统的能值水平及可持续发展状况,为峨眉山风景区生态旅游发展提供环境、经济的决策建议。

## 2 实证分析

### 2.1 研究区概况

峨眉山风景区位于四川省乐山市峨眉山市境内,介于北纬 $29^{\circ} 16' \sim 29^{\circ} 43'$ 、东经 $103^{\circ} 10' \sim 103^{\circ} 37'$ 之间,总面积 154 平方千米。峨眉山受太阳辐射、大气环流及地形地势的共同影响,气候垂直变化明显,年平均降水量为 1922 毫米,全年降水主要集中在 6—9 月。年平均降雪天数为 83 天,年平均有雾日为 322.1 天,年平均日照 1174.95 小时,年平均风速为 0.64 米/秒<sup>[17]</sup>。峨眉山景区全山森林覆盖率 87%,包含森林、湿地、灌丛等多种生态系统。景区内居民人数为 2369 人,主要为景区工作人员及僧侣。峨眉山是“世界文化与自然双重遗产”,自古有“峨眉天下秀”之称,景区年接待游客达 300 多万人次。运用能值分析理论和方法对峨眉山风景区旅游生态系统进行能值分析,对峨眉山风景区的可持续性开发提供理论支持。

### 2.2 数据来源

2019 年 6 月、7 月间,在峨眉山风景区内进行了实地调研、收集数据,并进行整理、计算。峨眉山风景区旅游生态系统能值计算所需数据主要为:峨眉山风景区全年太阳辐射强度、降水量、风速;峨眉山风景区森林覆盖率、各类型植被面积;峨眉山风景

区常住人口数量、旅游建设、景区维护、交通等投入数据以及旅游收益;峨眉山风景区废弃物产出数据等。以上数据来自峨眉山景区管委会、乐山市统计局、峨眉山旅游股份有限公司等机构和企业。相关数据能值转换率主要源于 Odum 的研究,同时也引入了陆宏芳等<sup>[19]</sup>对能值转换率的改进成果。

### 2.3 峨眉山风景区旅游生态系统投入分析与产出分析

峨眉山风景区旅游生态系统的数日能只包括两部分:一是可更新资源投入,即自然资源投入;二是经济反馈。可更新资源投入包括太阳能、风能、雨水化学式能及雨水势能。经济反馈包含社区生活投入及旅游投入。2017 年峨眉山景区能值总使用量为  $8.21 \times 10^{20}$  sej, 其中可更新资源投入为  $6.68 \times 10^{19}$  sej, 社区生活投入为  $3.16 \times 10^{19}$  sej, 旅游投入为  $4.95 \times 10^{20}$  sej。

### 2.4 峨眉山景区旅游生态系统各亚系统能值分析

#### 2.4.1 自然亚系统能值分析

可更新资源投入指的是系统自有的资源,可更新资源投入率则表示系统自有资源在系统发展中的作用效果以及系统发展的水平,其值越高,表明可更新资源在系统发展中地位越高,系统发展水平越低。峨眉山风景区旅游生态系统可更新资源投资率为 0.10, 低于四川省生态经济系统的 0.34<sup>[20]</sup>, 说明景区内能值投入对可更新资源投资依赖度较低,多来自景区旅游生态系统经济反馈,景区旅游生态系统发展水平较高。

环境负载率为系统中投入的不可更新资源能值总量与可更新资源能值总量的比值,可以衡量系统在经济活动中所承受的环境影响。由表 1 可知,峨眉山风景区环境负载率为 8.88, 与武夷山自然保护区旅游生态系统相比较,但与北京城市生态系统以及中国生态经济系统相比较,可见峨眉山风景区与其他旅游生态系统相比有更高的经济反馈投入需求,环境的承载能力较强,但旅游活动的开展对环境的压力也相对较大。

表 1 与其他地区生态系统的研究结果比较

能值指标	峨眉山风景区 <sup>[21]</sup>	武夷山自然保护区	北京市 <sup>[22]</sup>	中国 <sup>[2]</sup>
能值投资率	8.88	0.38	1.50	0.12
环境负载率	8.88	0.38	17.34	10.45
人均能值量	$2.69 \times 10^{17}$	$2.80 \times 10^{16}$	$13.77 \times 10^{15}$	$4.38 \times 10^{15}$
能值密度	$4.29 \times 10^{18}$	$7.3 \times 10^{11}$	$111.80 \times 10^{11}$	—
能值可持续发展指标	0.13	—	0.01	0.91
可持续发展能值指标	0.12	—	0.017	—

#### 2.4.2 社会亚系统能值分析

人均能值量可以用以衡量系统内社区居民的生活水平及区域经济发展程度,其值与社区居民生活水平及社区经济发展程度呈正相关关系。由表 1 可知,峨眉山风景区旅游生态系统人均能值量为  $2.69 \times 10^{17}$  sej, 是北京城市生态系统的 20 倍,同时也远高于中国生态经济系统之值,可见峨眉山景区的旅游开发对系统内居民生活具有积极作用。

### 2.4.3 经济亚系统能值分析

能值产出率为系统能值产出与能值投入之比,可以表征生态经济系统对其相关外界经济所做贡献大小,与系统生产效率呈正比。由表1可知,峨眉山风景区旅游生态系统能值产出率为1.38,略高于武夷山自然保护区<sup>[21]</sup>,可见景区旅游产业的开发对区域周边经济具有较强带动作用。同时峨眉山景区旅游生态系统生态旅游能值比为0.75,可见景区旅游产业发展高度依赖外部资源投入。

### 2.5 峨眉山风景区旅游生态系统可持续发展水平分析

评价系统可持续发展能力主要通过能值可持续发展指标ESI和系统可持续发展能值指标EISD两种指标进行分析。能值可持续发展指标ESI,即系统能值产出率与环境负债率之比。ESI的提出弥补了能值理论中缺乏评价系统可持续发展评价的指标的不足<sup>[20]</sup>。但能值可持续发展指标在系统负效益产出方面体现不足,同时能值可持续发展指标主要从能值角度进行的可持续发展能力进行评价,未能兼顾系统的物质循环、货币流通和信息传递<sup>[23]</sup>。当 $ESI < 1$ 时,为消费性经济,系统依赖于外部资源投入和劳务投入,环境负载率较高;ESI的值处于1~10之间时,系统经济较为活跃,发展潜力较大;ESI>10时,则表明系统资源开发利用水平较低,经济发展较差。峨眉山风景区ESI指数为0.13,表明峨眉山风景区旅游生态系统为消费性经济,资源负载率偏高,较为依赖系统外部资源投入。

系统可持续发展能值指标EISD,即能值产出率与能值效率的乘积与环境负载率之比。系统可持续发展能值指标将能值效益与经济效益有机结合,同时兼顾系统生态环境压力,是评价系统可持续发展能力的复合评价指标。其值越高,则系统单位环境压力下经济效益越好,可持续发展能力愈佳。但现有研究中,缺乏系统可持续发展能力的阈值区间,但在横向比较中,峨眉山风景区系统可持续发展指数0.12,低于九寨沟自然保护区的系统可持续发展指数0.26<sup>[24]</sup>,与其他地区和城市相比也处于中等水平,如北京市(见表1)。这表明,从系统可持续发展能值指数角度来看,峨眉山风景区系统可持续发展水平有待提高,发展中过度依赖系统外部资源投入,对环境压力较大。

## 3 结论和建议

(1)峨眉山风景区旅游生态系统能值投入以旅游投入为主,其次为可更新资源投入,社区居民生活投入占比最小。2017年峨眉山风景区旅游生态系统能值总量为 $6.60 \times 10^{20}$ sej,其中可更新资源投入为 $6.68 \times 10^{19}$ sej,社区居民生活投入为 $3.16 \times 10^{19}$ sej,投入为 $4.95 \times 10^{20}$ sej,旅游投入占能值总使用量的75.00%。

(2)峨眉山风景区旅游生态系统整体可持续发展能力处于中等水平。旅游生态系统能值可持续发展指数较低,系统资源负载率较高,为消费性经济,对系统外部资源投入需求较高,较为依赖外界大量的不可更新资源投入。在今后的旅游开发中,景区应加大系统内部可更新资源的投入量,提高能值使用效率,加强可持续发展能力。

通过能值理论及分析方法,可以将旅游生态系统这一复合性生态系统中自然、社区、经济等亚系统有机结合,对旅游目的地可持续发展能力进行综合评定,也为同类型旅游景区的开发提供借鉴。

### 参考文献:

[1]田喜洲.关于生态旅游资源脆弱性的深入分析[J].林业经济问题,2006(1):64-67.

[2]Odum H T. Self-organization, transformity and information [J]. Science, 1988, 242(4882):1132-1139.

- 
- [3] Odum H T, Odum E C. Energy basis of man and nature [M]. New York: McGraw-Hill, 1981.
- [4] 蓝盛芳, 钦佩, 陆宏芳. 生态经济系统的能值分析[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [5] 李双成, 傅小锋, 郑度. 中国经济持续发展水平的能值分析[J]. 自然资源学报, 2001(4): 297-304.
- [6] Huang S L, Lee C L, Chen C W. Socioeconomic metabolism in Taiwan: Energy synthesis versus material flow analysis [J]. Resources, Conservation & Recycling, 2006, 48(2): 147-158.
- [7] 唐廉, 权冠中, 胡晓辉, 等. 基于能值生态足迹的贵州省生态经济系统的可持续性发展[J]. 贵州农业科学, 2017(4): 150-156.
- [8] 曹威威, 孙才志. 能值生态足迹模型的改进——以海南为例[J]. 生态学报, 2019(1): 216-227.
- [9] 马程, 王晓玥, 张雅昕, 等. 北京市生态涵养区生态系统服务供给与流动的能值分析[J]. 地理学报, 2017(6): 974-985
- [10] 王智宇, 马俊杰, 李鹏飞, 等. 基于能值分析的西安市三个发展核心区可持续性研究[J]. 地球环境学报, 2018(2): 210-222.
- [11] 杨青, 刘耕源. 湿地生态系统服务价值能值评估——以珠江三角洲城市群为例[J]. 环境科学学报, 2018(11): 4527-4538.
- [12] 曹明莉, 房明, 李勇, 等. 基于能值理论的水泥企业可持续性评价[J]. 大连理工大学学报, 2013(5): 766-771.
- [13] 范冰冰, 税伟, 杨海峰, 等. 闽三角城市群自然资本损失评估[J]. 自然资源学报, 2019(1): 153-167.
- [14] 李海涛, Mark B. 基于能值的环境核算——蒙古可持续发展分析[J]. 地理学报, 2017(10): 1227-1259.
- [15] Slessor M, Odum H T, Huettner D A. Energy analysis[J]. Science, 1977, 196(4287): 259-261.
- [16] 蓝盛芳, 钦佩. 生态系统的能值分析[J]. 应用生态学报, 2001(1): 129-131.
- [17] 360 个人图书馆. 峨眉山之气候[EB/OL]. (2015-10-11). [http://www.360doc.com/content/15/1011/19/7793103\\_504935547.shtml](http://www.360doc.com/content/15/1011/19/7793103_504935547.shtml).
- [18] 佟玉权. 旅游生态系统的特点与研究方法[J]. 辽宁师范大学学报(自然科学版), 2000(4): 417-420.
- [19] 陆宏芳, 蓝盛芳, 俞新华, 等. 城市复合生态系统能值整合分析研究方法论[J]. 城市环境与城市生态, 2005(4): 34-37.
- [20] 潘安, 胡丽慧, 王佑汉, 等. 四川生态经济系统可持续发展能值分析[J]. 统计与决策, 2008(11): 115-118.
- [21] 李洪波, 李燕燕. 武夷山自然保护区生态旅游系统能值分析[J]. 生态学报, 2009(11): 5869-5876.
- [22] 李占玲, 陈飞星, 李占杰. 北京市城市生态系统能值分析[J]. 城市问题, 2005(6): 25-29.

---

[23]陆宏芳, 蓝盛芳, 彭少麟. 系统可持续发展的能值评价指标的新拓展[J]. 环境科学, 2003(3):150-154.

[24]王楠楠, 章锦河, 刘泽华, 等. 九寨沟自然保护区旅游生态系统能值分析[J]. 地理研究, 2013(12):2346-2356.