

引用格式:李鹏,李晨阳,沈梦婷,等. 自然保护地旅游承载力多情景核算:以云南泸沽湖为例[J].资源科学, 2022, 44(3): 620-633. [Li P, Li C Y, Shen M T, et al. Multi-scenario accounting of tourism carrying capacity in nature protected areas: Taking the Lugu Lake Nature Reserve in Yunnan as a case[J]. Resources Science, 2022, 44(3): 620-633.] DOI :10.18402/resci.2022.03.15

# 自然保护地旅游承载力多情景核算 ——以云南泸沽湖为例

李 鹏<sup>1</sup>,李晨阳<sup>2</sup>,沈梦婷<sup>1</sup>,杨亚娜<sup>3</sup>,赵 敏<sup>2</sup>,杨桂华<sup>1</sup>

(1. 云南大学工商管理与旅游管理学院,昆明 650504;2. 云南大学建筑与规划学院,昆明 650500;  
3. 云南旅游职业学院旅游管理学院,昆明 650221)

**摘 要:**确定旅游承载力是处理自然保护地人地关系的重要手段,也是影响旅游地可持续发展的核心关键。以云南泸沽湖省级自然保护区为例,综合多源数据,利用“双评价”、容量转换等方法计算旅游承载力。结果发现:①泸沽湖具有“三区合一”的典型特征,由自然保护区、社区、景区3类空间叠加而成。自然保护区资源环境承载力等于社区人口负荷与景区旅游承载力之和。空间供给、资源消耗、设施提供和管理水平共同影响旅游承载力,其中空间供给是关键的制约因素;②依照“确定总量—减去存量—计算余量”的逻辑思路,计算出自然保护区适宜土地面积,获得特定建成情景下的资源环境承载力,减去社区人口负荷得到保护区承载力余量,可进一步转换为景区旅游承载力;③维持风景旅游型城镇建成环境条件下,泸沽湖高适宜的土地面积仅为298.54 hm<sup>2</sup>,占保护区总面积的3.67%;资源环境条件可支撑19920人,承载力余量为15918人,经过转换后可得旅游承载力为11938人/日;④针对短板的限制作用,提出采取倾斜木桶、延长长板等措施,为景区旅游承载力扩容提供思路。研究可为“三区合一”型自然保护地旅游承载力测算提供技术支撑,有利于保护地科学治理。

**关键词:**自然保护地;三区合一;旅游承载力;容量转换;云南省;泸沽湖省级自然保护区

DOI :10.18402/resci.2022.03.15

## 1 引言

伴随着中国快速城镇化和工业化,人们回归自然的愿望十分强烈,生态旅游日益受到大众追捧,自然保护地已经成为新时代旅游活动的核心载体之一<sup>[1]</sup>。据国家林业和草原局统计,2019年森林公园、地质公园等自然保护地接待的游客数达18亿人次<sup>[2,3]</sup>,约占全年国内游客量的30%<sup>[4]</sup>,单森林旅游市场就创造社会综合产值1.75万亿元<sup>[5]</sup>。在占18%国土面积的自然保护地内开展生态旅游<sup>[6]</sup>,促进了自然保护地所在区域的社会经济发展,但也可能给当地生态安全带来威胁,导致经济发展与生态保护冲突加剧<sup>[7]</sup>。如何有效利用承载力工具处理利用与保

护的关系,是自然保护地建设亟待解决的关键问题。

1963年, Lapage<sup>[8]</sup>首次提出“Tourism Carrying Capacity”一词,此后,旅游承载力引起了广泛关注,并在以国家公园为核心的旅游管理活动实践中得到充分应用<sup>[9]</sup>,已经成为旅游区进行高效管理、高质量生态保护和游客满意度提升的重要参考指标。20世纪80年代,世界旅游组织(UNWTO)将其定义为:在不破坏自然、经济、社会文化环境和质量下降到不可接受的范围内,可以同时访问一个旅游目的地的最大人数<sup>[10]</sup>。随着旅游承载力研究的广度和深度不断延伸,以下3点已成为各方共识:①旅游承载

投稿日期:2021-08-20 修订日期:2021-11-16

基金项目:国家自然科学基金项目(41761111;41361107)。

作者简介:李鹏,男,湖南南县人,教授,研究方向为保护地与游憩、生态旅游。E-mail: leap@ynu.edu.cn

通讯作者:赵敏,女,云南昆明人,副教授,研究方向为遗产保护、保护地与空间规划。E-mail: zhaomin@ynu.edu.cn

2022年3月

力被认为是一个持续变化的过程控制变量,在不同的政策条件、社会经济等因素控制下,存在多种可能(如旅游目的地和旅游区)的情景<sup>[11,12]</sup>。②其构成指标逐步趋于复杂,从环境承受能力和旅游接待能力的“两分法”,到物质、环境、心理的“三分法”,以及生态容量、空间容量、设施容量、社会容量的“四分法”<sup>[13]</sup>。③旅游承载力思想演变出多种管理方式。在承载力之后,出现了可接受改变极限(Limit of Acceptable Change, LAC)、游憩机会谱(Recreation Opportunity Spectrum, ROS)、游客影响管理(Visitor Impact Management, VIM)、游客体验与资源保护理论(Visitor Experience and Resource Protection, VERP)、旅游优化管理模式(Tourism Optimization Management Model, TOMM)等诸多旅游容量管理工具<sup>[14-16]</sup>。

近年来,旅游承载力的研究范围逐渐由自然保护区扩展至其他保护地类型,并出现智慧化的新特点。借助现代化信息技术手段,从社会经济<sup>[17]</sup>、生态安全<sup>[18]</sup>、智慧旅游<sup>[19]</sup>等方面建立预警机制,实时有效地测量保护区的旅游容量及承载状态。其中,智慧旅游是重点,一方面通过建立旅游大数据库,加强旅游承载力管理<sup>[20]</sup>,如利用景区的基础设施、位置信息等来收集游客流动和旅游行为方面数据<sup>[21]</sup>;另一方面通过数字化监控实现承载力的动态监测、预警调控等目标,如结合游客数据管理系统和每个景点的各种传感器掌握游客流量和空间分布动态数据并监测区域承载能力<sup>[22]</sup>,同时考虑与潜在的物联网进行连接<sup>[23]</sup>。另有研究采用构建系统动态模型<sup>[24-26]</sup>等方法,测量旅游景区的增长极限和生态脆弱性<sup>[27]</sup>,预估其潜在风险,以达到及时调整方案,维持当地旅游可持续发展的目的。

从上述研究及管理实践来看,自然保护区旅游承载力主要考虑“两区合一”型保护地,即保护区和景区重叠,景区是保护区的全部或一部分。在旅游承载力的测算上,主要依赖线路法、面积法、卡口法等传统方法,如《自然保护区生态旅游规划技术规程》(GB/T 20416-2006)和《景区最大承载量核定导则》(LBT034-2014)等技术标准所推荐的方法。这些方法大多基于“旅游设施规模决定旅游容量大

小”的思路<sup>[28]</sup>,忽视了社区居民在旅游区中存在的客观现实。从实际情况看,大都存在自然保护区(泛指所有保护地类型)、原住民生产生活的社区和开展旅游活动的景区共存的现象,而且“三区”之间边界和范围存在交叉或重叠<sup>[29]</sup>。虽然《风景名胜区总体规划标准》(GB/T50298-2018)已经意识到了风景名胜区存在社区居民、服务人口的事实,但忽略了内部土地适宜性及不同身份的人群对用地需求不同所导致的旅游承载力差异。可以说,关于“三区合一”类型的自然保护区旅游承载力研究长期以来相对不足。

对“三区合一”型保护地而言,旅游承载力如果确定过大,可能会造成过度旅游,将扰乱自然保护区和原住民社区的正常秩序,影响原有的生态、生活功能;旅游承载力如果确定过小,则接待的人数太少、旅游收入有限,将难以满足社区社会经济的发展。两种情况均不利于保护地可持续发展,因此,正确测度“三区合一”型保护地的旅游承载力,对全面提升自然保护区治理能力和治理水平至关重要。

“双评价”为“三区合一”型保护地旅游承载力的计算提供了可行方法。“双评价”一般是指资源环境承载力评价和国土空间开发适宜性评价,能够科学反映一定地域空间内自然资源、经济社会对人类活动、经济发展的综合支撑能力<sup>[30]</sup>,自2019年正式提出以来,被广泛应用于城市人口合理规模的确定<sup>[31]</sup>。该方法通过生态、资源、环境、灾害等因素的集成评价,对不同地域功能导向的空间承载规模和承载等级进行评估,可为区域可持续发展提供数量依据。同时,其具有数量阈值管控和空间布局优化双重属性,能够从“数量—结构—布局”的角度,实现对地区承载力的全方位管控<sup>[32]</sup>。

泸沽湖位于横断山脉与云贵高原的连接地带,是川滇两省的界湖,也是摩梭人的集聚区。现已成为西南地区著名的旅游目的地和国家4A旅游景区,具有“三区合一”的典型特征。基于此,本文以云南泸沽湖省级自然保护区为典型案例,利用多源数据,通过“双评价”、容量转换等方法,分析内部用地和发展情景,探索适合“三区合一”型保护地旅游

承载力的计算方法,以期为自然保护区科学治理提供支撑。

## 2 研究区概况与数据来源

### 2.1 研究区概况

云南泸沽湖省级自然保护区(简称泸沽湖保护区)位于宁蒗县境内,总面积 8133  $\text{hm}^2$ ,其中湖面 2598  $\text{hm}^2$ 。四周群山环抱,相对高差 1184 m,是半个闭合流域组成的独特地理单元(图1)。湖泊拥有全国极为稀少的 I 类水质,但生态系统内部结构稳定性差,抵抗干扰能力弱,恢复能力低<sup>[33]</sup>。区内有落水 1 个行政村,含 13 个村民小组,户籍人口 3191 人,少数民族人口占比为 62.70%(2020 年),主要为普米族、彝族与摩梭人。摩梭文化是泸沽湖最具特色的文化地标,走婚习俗、祖母屋等都已经成为泸沽湖的象征。当地居民主要从事划船、住宿接待等经营活动。

随着旅游开发活动的持续加强,泸沽湖保护区规划容量与发展实际之间的矛盾日益突出。《云南泸沽湖省级自然保护区总体规划(2006—2015)》所

确定的旅游环境承载力阈值上限(2150 人/日)被不断突破。2019 年 8 月 5 日,进入景区车辆 2518 辆,接待人数为 14813 人,远超 2150 人/日的规定日承载量,泸沽湖管理局甚至发布了《丽江泸沽湖景区游客承载预警》<sup>[34]</sup>。2017 年,中央环保督察组也明确要求当地“实施游客承载预警,采取限流措施,科学分流游客,缓解景区承载压力”。

### 2.2 数据来源与处理

(1)自然生态数据。本文使用的自然保护区底图、功能分区图、土地利用现状图等来自《云南泸沽湖省级自然保护区总体规划(2020—2029)》;高程数据来源于 ALOS PALSAR(2009 年),数据精度为 12.5 m;年平均植被指数(NDVI)来源于 Google Earth Engine,数据精度为 30 m(2019 年);生态红线来源于《宁蒗县泸沽湖生态搬迁及生态建设项目可行性研究报告(2019 年)》(表 1)。

(2)社区发展数据。2020 年 5—9 月,通过两期共计 13 天的调研,采取实地考察和入户调查相结合

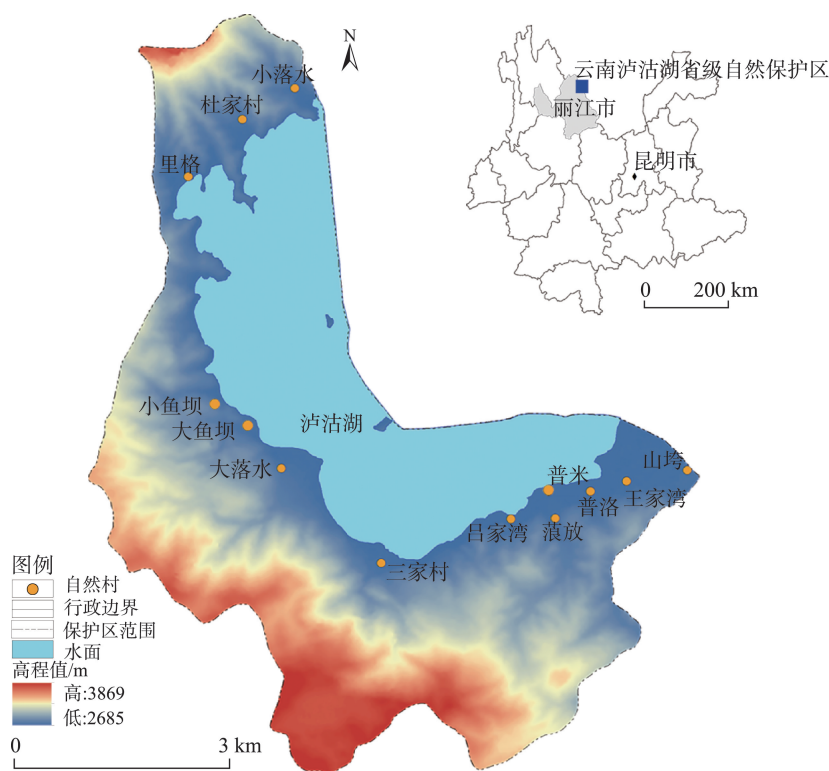


图1 云南泸沽湖省级自然保护区区位及高程分析

Figure 1 Location and elevation analysis map of the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR)

注:基于自然资源部标准地图服务网站GS(2020)4619号标准地图制作,底图边界无修改。



2022年3月

表1 研究数据种类及来源

Table 1 Data and sources

数据种类	数据名称	数据描述	数据来源
自然生态	DEM数字高程数据	栅格	ALOS PALSAR
	保护区功能分区图	矢量	管委会提供
	土地利用现状图	JPEG	管委会提供
	2019年平均NDVI图	栅格	Google Earth Engine
	环湖80 m生态红线图	JPEG	管委会提供
社区发展	人口特征	人口数/人 户口数/户 民族	落水村提供、入户调查
	耕地	耕地面积/亩 人均耕地/(亩/人)	落水村提供、实地考察
	停车场	场地面积/亩 车位数/个	管委会提供、实地考察
	社区管理	村规民约 自然村数量/个	管委会、落水村提供
旅游服务	住宿设施	客栈数/家 客房数/间	管委会提供、问卷
	餐饮设施	饭店数/家 房间数/间	管委会提供、问卷
	游船数量	游船数量/艘 出船趟数	管委会、自然村提供
	篝火晚会	场地面积/m <sup>2</sup> 游客数/人 场数	管委会提供、访谈
	旅游管理情况	管理部门 方式 人数	管委会提供、座谈会

的方法,获取保护区内社区发展相关数据,并通过泸沽湖管理局、落水行政村进行确认。主要包括社区人口数、耕地面积、停车场面积等关乎居民生产、生活的统计数据。

(3)旅游服务数据。包括与旅游服务或旅游活动相关的各种统计数据,主要有住宿设施、餐饮设施、游船数量、娱乐设施(打跳场)等内容。采用调查问卷和实地访谈的方法收集相关数据,并通过座谈会方式对数据内容进行确认和补充。

数据预处理:为了统一计算数据类型,便于数据后续的叠加计算,将采用如下方法对原始数据进行处理:①地图矢量化,将平面地图转化为携带空间坐标的矢量图层,便于后续空间叠加。2018年11月,宁蒗县政府在《关于开展泸沽湖护湖整治行动的通告》中,对沿湖80 m生态岸线内居民客栈等建筑(除国家重点保护村落外)进行拆除整治。基于

此,结合 ArcGIS 10.2将2019年土地利用现状图中的80 m生态岸线范围矢量化为面图层;②栅格裁剪,获取研究区栅格数据。结合 Google Earth将获取的泸沽湖功能分区矢量图进行地理配准,利用修正后的功能分区矢量图对区域的DEM数据进行裁剪,获得泸沽湖的高程数据;③栅格重采样,统一精度,便于栅格间运算。将土地利用现状、80 m生态岸线等面矢量图进行栅格转换,并将2019年平均NDVI数据、土地利用现状、80 m生态岸线等栅格数据统一转换为12.5 m精度的栅格数据,以用于栅格计算。

3 研究方案

3.1 总体设计

资源环境承载力是指一定地域范围内,自然资源或环境对社会经济活动的支撑能力,是衡量人地协调发展程度的关键指标<sup>[35]</sup>,旅游环境承载力是资

源环境承载力在旅游目的地或者旅游区的表现形式。由于自然保护区远离城市,居民、游客和经营者共同组成了一个相对独立的代谢循环系统,有一定数量的输入(能源和物质)和输出(排泄物、固体废弃物和空气污染物)。对泸沽湖保护区旅游承载力而言,就是要在保护区生态环境保护、社区社会经济发展、景区游客体验满足等多重约束之下,计算可容纳旅游者的最大数量。三者间关系如下:

$$C_t = C_a - C_c \quad (1)$$

式中:  $C_t$  为景区旅游承载力;  $C_a$  为保护区资源环境承载力;  $C_c$  为社区人口负荷。

计算分为3个步骤:①确定保护区资源环境承载力总量:识别影响保护区资源环境承载力的制约因素,利用木桶原理筛选关键因子;结合“双评价”构建指标体系对保护区资源本底进行整体性评估,确定其资源环境承载力总量。②核算社区人口负

荷存量:根据实地调查及统计资料,明晰保护区内常住人口类型及比例关系,核算社区常住人口数量,进一步核实社区人口负荷。③计算景区游客容量:保护区资源环境承载力总量减去社区人口负荷之后,得出保护区资源环境承载力的余量;并通过相应比例系数,将支撑城镇功能的居民承载力余量转化为支持景区功能的旅游承载力(图2)。

### 3.2 计算方法

#### 3.2.1 木桶原理

一般来说,木桶盛水量取决于组成该木桶最短的一块木板。识别组成旅游承载力系统中最短且延展性最小的“木板”,找出限制性最强的因素是分析景区旅游承载力的关键。结合研究区地形地貌、功能区划、经济发展、组织水平等实际情况,并考虑“双评价”的要求,从空间供给、资源消耗、设施提供和管理水平4个因素<sup>[36]</sup>对泸沽湖保护区旅游承载力

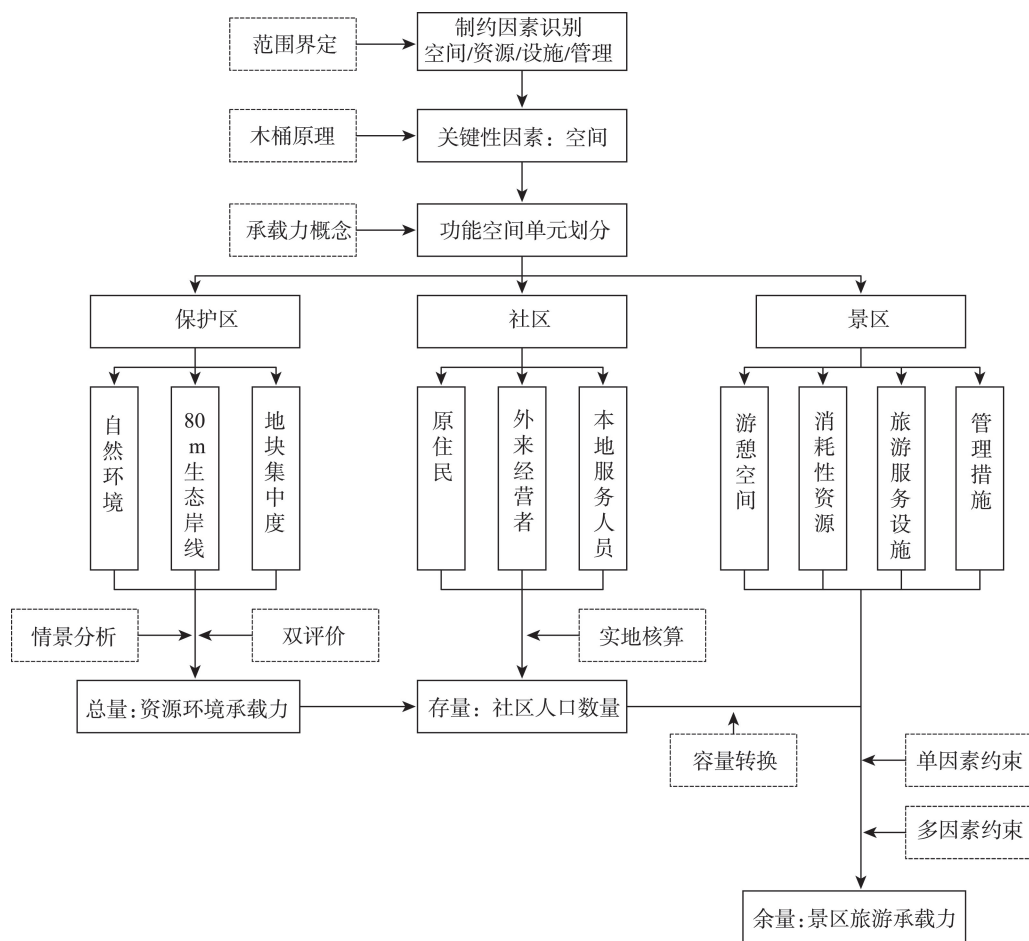


图2 “三区合一”型自然保护地旅游承载力计算技术路线

Figure 2 Technology roadmap for tourism carrying capacity calculation of “three-functions-in-one area” in the nature protected area

2022年3月

展开系统分析,前三者是硬件要求,后者是软件支持。

空间供给即自然保护区内可以供应的适宜用于旅游开发的土地面积,包括游客游憩用地和居民社会用地,这是一个混杂而交织的空间;资源消耗是指为保障居民日常生活和旅游产业运营所提供的物质支撑和废弃物处理,如上下水处理、物质和能源的消耗等;设施提供主要是为满足游客需求和开展旅游活动的相关设施条件,如游览、交通和住宿等基础条件;管理水平主要指景区的管理模式和管理能力,如预警能力和交通组织方式等。对4个要素进一步分析,发现泸沽湖保护区受地形地貌、自然保护区功能区划等多种因素限制,适宜开展旅游活动的用地仅集中在实验区范围内,其可扩展性和延伸性较低,空间供给是最主要的刚性限制性因素,而资源消耗、设施提供、管理水平3个因素可通过相应手段得到提升,可调整性较高(表2)。

表2 云南泸沽湖省级自然保护区旅游承载力限制性因素

Table 2 Restricting factors of tourism carrying capacity of the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR)

限制性因素	指标	指标属性	潜在提升手段
空间供给	游客游憩用地	刚性	法律要求变化规划调整
	居民社会用地	刚性	
资源消耗	供水能力	弹性	外部调配
	电力供应	弹性	
	垃圾处理	弹性	
	污水处理	弹性	
设施提供	住宿设施	弹性	提升改造
	娱乐设施	弹性	
	交通设施	弹性	
管理水平	内部管理	弹性	智能化和人才引进
	外部协调	弹性	

### 3.2.2 双评价

“双评价”是空间格局优化的重要依据。根据已有研究<sup>[37]</sup>,考虑泸沽湖实际情况,选取高程、坡度、坡向、地形起伏度、植被指数等评价因子,构建指标评价体系( $CR=0.0089$ ,小于0.1,故具有一致性);通过因子综合加权计算,确定泸沽湖保护区的空间适宜性等级;结合地块集中度指数,建立用地适宜性评价矩阵,对集成结果进行修正(表3)。

### 3.2.3 情景分析

情景是对事物未来发展基本态势及各种趋势发生可能性的系统性描述,情景分析是通过构造多种未来情景来实现对所关注问题的深入分析,并通过比较找到问题的最优解<sup>[38]</sup>。综合考虑研究区的生态环境保护政策和景区发展愿景,选取山地旅游村庄、风景旅游城镇、一般城市3种建成环境<sup>[39]</sup>(图3),对泸沽湖旅游发展的不同阶段进行情景假设。参考《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011),选择相应建成环境下的人均用地标准,利用面积法求得不同情景下泸沽湖的资源环境承载力。

情景分析中,游客数量是未来变量数值,社区人口、从业人员人口数量均按调查获得的恒量数值进行计算。主要原因是:2005年泸沽湖保护区内户籍人口为2936人<sup>[40]</sup>、2020年为3191人,过去15年间户籍人口只增长了8%,而且当地居民增量相对于游客增量,比例和增幅非常小。现有生态环境政策条件下,保护区内的旅游经营活动将转移至保护区外围,区内旅游经营总体规模已被严重限制,经营人员与服务人员的数量已经基本饱和。

### 3.2.4 容量转换

泸沽湖保护区旅游发展的本质是本地居民让

表3 云南泸沽湖省级自然保护区空间适宜性等级评价因子及权重

Table 3 Factors and weights of spatial suitability assessment of the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR)

因子分级	高程/m	坡度/°	坡向	地形起伏度/m	年度植被指数	地块集中度/hm <sup>2</sup>
1	[3260, 3869]	[25, 81]	N	[313, 645]	[0.8, 0.9]	[0, 1)
2	[3050, 3260)	[15, 25)	NE、NW	[202, 313)	[0.6, 0.8)	[1, 5)
3	[2860, 3050)	[8, 15)	Lv、W、E	[142, 202)	[0.4, 0.6)	[5, 10)
4	[2730, 2860)	[3, 8)	SE、SW	[67, 142)	[0.2, 0.4)	[10, 20)
5	[2685, 2730)	[0, 3)	S	[0, 67)	[0, 0.2)	[20, 106]
权重	0.1	0.1	0.1	0.3	0.4	—

注:N为北坡,NE、NW为东北坡向西北坡向,Lv、W、E是平地、西向坡和东向坡,SE、SW为东南坡、西南坡,S为南向坡。

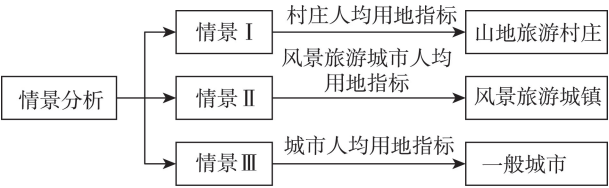


图3 云南泸沽湖省级自然保护区旅游发展情景分析  
Figure 3 Scenario analysis of tourism development in the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR)

渡部分生活、生产空间给游客,为旅游活动的开展提供空间载体。但是,景区游客旅游活动与社区居民生产生活所使用的空间面积需求存在一定的差异,表现出“穷家富路”的特点。因此,需要按照相应比例系数将自然保护区资源环境承载力余量转化为旅游承载力。参考《风景名胜区总体规划标准》(GB/T50298-2018)和《自然保护区生态旅游规划技术规程规范》(GB/T 20416-2006)等标准,确定3种情景下景区游客占有的合理人均游览面积处于100~600 m<sup>2</sup>/人之间,结合《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011)进一步确定不同情景下社区居民使用空间与游客游览空间的比值,并根据这一比值将自然保护区承载力余量转化为旅游环境承载力(表4)。

表4 不同情景下云南泸沽湖居民人均用地面积与游客游览空间面积比值

Table 4 Ratio of per capita land area of residents to the area of tourist space under different scenarios

情景	居民人均用地面积/(m <sup>2</sup> /人)	游客人均游览面积/(m <sup>2</sup> /人)	比率(居民人均用地面积/游客人均游览面积)
山地旅游村庄	200	[300, 600)	[0.33, 0.80)
风景旅游城镇	150	[150, 300)	[0.50, 1.00)
一般城市型	110	[100, 150)	[0.73, 1.10)

表5 云南泸沽湖省级自然保护区各功能区面积及可利用土地“双评价”结果

Table 5 Areas of various types of functional area and “double evaluation” results of available land of the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR)

功能区	用地属性	面积/hm <sup>2</sup>	占实验区比重/%	占保护区比重/%	评价结果
实验区	可利用土地	298.54	10.37	3.67	高适宜
		149.09	5.18	1.83	一般适宜
		1404.43	48.76	17.27	不适宜
	80 m生态岸线	195.07	6.77	2.40	—
	水域	832.85	28.92	10.24	—
缓冲区	—	1422.65	—	17.49	—
核心区	—	3830.37	—	47.10	—
合计	—	8133.00	100.00	100.00	—

注:缓冲区、核心区也包括水面和陆地用地类型,但禁止开发和利用,故不作区分。

## 4 结果与分析

### 4.1 总量:保护区资源环境承载力确定

#### 4.1.1 保护区“双评价”结果

自然保护区实验区内可利用的土地供给是确定其资源环境承载力的基础。其中,水域以及80 m生态岸线不能用于当地居民住房建设和农业生产,仅可用于游客划船和徒步等游憩活动。除去不可利用部分,保护区可利用土地仅有1852.06 hm<sup>2</sup>。利用自然断点法将空间适宜性等级划分为不适宜利用和适宜利用2个大类(表5)。适宜大类又可划分为高适宜、一般适宜2个小类:高适宜利用的土地可直接开发用于生产生活;一般适宜的土地需要采取一定工程措施手段才能进行利用。选取高适宜性用地作为泸沽湖保护区资源环境承载力的支撑空间(298.54 hm<sup>2</sup>),计算不同情景下资源环境对居民人数的承载能力。

#### 4.1.2 不同建成环境的可能影响

不同建成环境下的泸沽湖资源环境承载力,对当地风貌、文化等方面所产生的影响将形成较大差异:①当处于山地旅游型村庄情景时,其最大承载力为14927人。保护区的自然生态环境和社会人文环境都可能得到妥善的保护,可以最大程度地维持



2022年3月

其原始风貌,游客游览体验较好,但旅游开发较为薄弱,地区经济难以得到发展。②当处于风景旅游型城镇情景时,其最大承载力为19902人。保护区的自然生态环境能够得到较为合理的保护,并且游客能够享受到较好的旅游服务,旅游业处于良好发展状态,地方经济得到较快发展。③当处于一般城市型情景时,泸沽湖保护区最大承载力为27140人。保护区的自然生态环境和特色人文环境可能遭受破坏,甚至引起生态系统和社会系统的失调,与自然保护区的定位不符,是一种不可持续的发展模式。所以,确定风景旅游城镇为泸沽湖保护区最优的发展目标和建设情景(表6)。

#### 4.2 存量:社区人口负荷核算

现有条件下,存量是泸沽湖社会用地所承担的居民人口负荷,主要是指保护区内的常住人口。除户籍人口外,常住人口中还有大量的旅游从业人员,包括:①长期工作生活在保护区的所有经营人员和部分原住民服务人员,经营人员主要来自丽江外其他地区,如昆明、大理、成都等地区的投资者以及少部分原住民;②只在保护区工作的部分外来服务人员,主要为保护区外围其他村庄的村民,工作完成之后就返回保护区外,这部分人对社区影响较小,在承载力计算中可以忽略。

从经营业态来看,泸沽湖保护区的经营户绝大部分是客栈,并有少数的餐馆、便利店、酒吧等,共计511间。从旅游经营者来看,本地居民与外来投

资者数量占比约为1:3,每个经营单位平均有经营者1~2人,服务员2~3人。根据调查和推算,泸沽湖保护区常住人口共计3984人(表7),为户籍人口与外来经营者人口之和,减去身份重叠者(如经营者、服务人员与社区居民之间的重叠)。

#### 4.3 余量:景区旅游承载力计算

##### 4.3.1 单因素约束下的旅游承载力

景区旅游承载力是经过转换后的自然保护区资源环境承载力余量。依据风景旅游型城镇情景中的居民人均用地面积与游客游览空间面积比值范围,结合实地调查结果选取均值0.75作为容量转换系数,即每一位居民容量可以转化为0.75个游客容量。最终确定该情景下保护区资源环境承载力为19902人,减去社区内存量常住人口3984人(含户籍人口和常住经营者),转换后得到景区的旅游承载力为11938人(游客)。该旅游承载力数值,仅考虑了空间约束条件,未考虑资源、设施等其他因素,泸沽湖保护区所能够容纳的最大游客数量(表8)。

##### 4.3.2 多因素约束下的旅游承载力

在土地这一刚性约束条件的基础之上,利用木桶原理,进一步分析泸沽湖保护区的资源消耗、设施提供、管理水平等多因素约束下的旅游承载力。①资源消耗:泸沽湖所需要的食物、水源等生活物质,电、燃气等能源均由外来输入提供,形成的废水和固体废弃物又被转移至流域外,对泸沽湖生态环境几乎不产生影响,对旅游承载力不产生限制。②设施

表6 不同情景下的云南泸沽湖省级自然保护区资源环境承载力及风貌特征

Table 6 Resource and environmental carrying capacity and features of the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR) under different scenarios

情景类型	建成环境	适宜用地面积/hm <sup>2</sup>	人均用地指标/(m <sup>2</sup> /人)	承载力/(居民人数)	风貌影响
I	山地旅游村庄	298.54	200~300	14927	开发不足
II	风景旅游城镇	298.54	150	19902	良性互动
III	一般城市型	298.54	110	27140	过度商业化

注:人均用地指标依据《城市用地分类与规划建设用地标准》(GB50137-2011)中相关内容确定。

表7 2020年云南泸沽湖省级自然保护区内人口统计情况表

Table 7 Demographic data of the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR), 2020

类型	包含内容	解释说明	比例关系	人数	合计/人
常住人口	户籍人口	13个自然村的户籍人口	—	3191	3984
	外来经营人员	部分经营者	本地经营者/外来经营人员≈1:3	793	
非常住人口	周边服务人员	部分服务人员	本地服务人员/周边服务人员≈1:1	1586	1586



表8 空间约束下的云南泸沽湖省级自然保护区旅游承载力

Table 8 Tourism carrying capacity of the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR) under spatial constraints

情景类型	保护区资源环境承载力 (居民人数)	社区人口负荷 (居民人数)	承载力余量 (居民人数)	居民/游客 容量转换比值	景区旅游环境承载力 (游客人数)
风景旅游型城镇	19902	3984	15918	0.50~1.00	11938

提供:现有旅游设施接待能力能够满足空间约束下的旅游环境承载力,而且容易扩大。现状条件下,限制旅游承载力的关键因素为住宿设施(10795人/日)和娱乐设施(10280人/日),两者均小于景区旅游承载力(11938人/日),其他要素承载力均大于该数值(表9)。考虑到娱乐活动以及住宿并非所有游客均可能涉及。据调查估计,在泸沽湖游客娱乐、住宿活动的参与率约70%~80%,住宿设施以及娱乐设施可支撑的旅游环境承载力均可达到12500人/日以上。

③管理水平:一方面,本地景区具有较高的旅游管理水平,原国家旅游局给予同处丽江市的两个5A旅游景区比较大的旅游承载量<sup>[41]</sup>:玉龙雪山游客承载力最大值为2.80万人次/日、丽江古城景区最大承载量限定为8.09万人次/日。另一方面,实施信息化和人才引进等措施后,景区管理水平也会得到较快提升。因此,管理水平不列为限制性因素。综上所述,其他因素的承载力均大于空间供给因素的承载力,确定泸沽湖保护区旅游承载力为11938人/日。

表9 多因素约束下云南泸沽湖省级自然保护区旅游承载力现状

Table 9 Tourism carrying capacity of the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve (PNR) under current conditions

旅游要素	指标	旅游环境承载力(人/天)	扩容属性
空间供给	游憩用地	11938	很难提升
	住宿设施	10795	较难提升
	娱乐设施	10280	较难提升
	交通设施	18078	较难提升
资源消耗	供水能力	36474	容易提升
	污水处理	65775	容易提升

5 讨论与结论

5.1 讨论

(1)充分认识“三区合一”型保护地承载力的特点

在西方国家,大部分保护地是“两区合一”型。在美国,以国家公园为代表的自然保护地内部只有

自然保护区、旅游景区,很少涉及社区,利用外围门户小镇作为国家公园功能的延伸,发挥空间过渡,联动周边的作用<sup>[42]</sup>。中国等亚洲国家,“三区合一”型保护地具有一定的普遍性。中国各类自然保护地数量已经达到1.18万处,占国土总面积的18%<sup>[43]</sup>;同时,胡焕庸线以东的A级景区数量占比高达87.70%<sup>[44]</sup>,必然导致保护区内存在大量社区和景区。据自然资源部、国家林业和草原局《关于做好自然保护区范围及功能分区优化调整前期有关工作的函》(自然资函[2020]71号)统计,国家级自然保护区内有城市建成区29个,建制乡镇建成区531个,总人口约400万(核心区约40万);甚至有超过60万人居住在国家公园及国家公园试点区内。如何细化“三区合一”背景下旅游承载力计算与分析,对中国乃至亚洲的自然保护地可持续发展都具有重要意义。

“三区合一”型保护地的普遍性对旅游承载力计算和分析提出了更高要求。由于旅游承载力研究始于西方,使得现有承载力的研究方法、计算标准等大都以“两区合一”型保护地为基础和参照。沿用“两区合一”型保护地旅游承载力计算方法和相关标准,分析“三区合一”型保护地,势必影响旅游承载力计算结果的准确性。因此,基于保护地空间构成差异,从保护区—社区—景区3个方面,依照总量—存量—余量的逻辑思路分别计算其承载力是非常必要的。

(2)反思旅游承载力中“木桶短板”理论

补齐短板并非提升景区旅游承载力的唯一途径。以往研究中,传统木桶理论强调通过补充和加强短板以谋求承载量的扩大,忽视长板在整个系统中所发挥的补充和替代作用。在木桶短板很难改变的情况下,通过倾斜木桶并延长长板,也可以获得更大的容量,容量大小还将随木桶倾斜程度的增加而扩大(图4)。有限的高适宜用地是泸沽湖保护区旅游承载力的突出短板,受到了法律、政策、规划

2022年3月

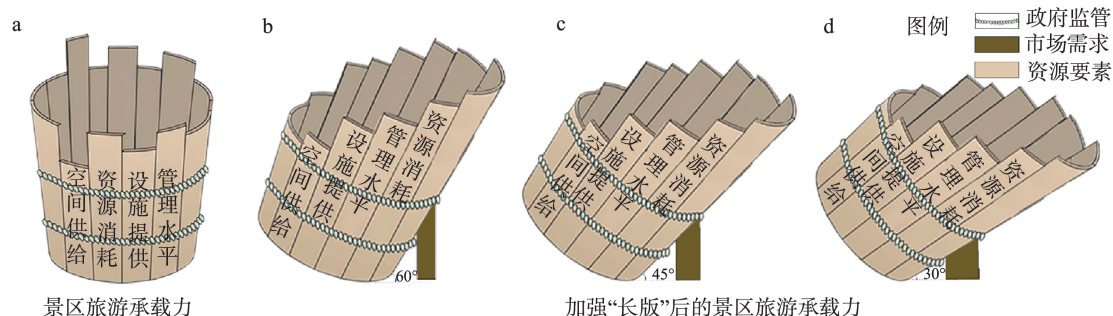


图4 倾斜木桶延长长板以扩大景区容量示意图

Figure 4 Schematic diagram of tilting the barrel to extend the long board to expand the capacity

注:(1)对于旅游景区而言,旅游承载力受到了空间供给等多因素的影响,如图a;假设木桶短板高度为 $H$ ,最长板高度为 $1.5H$ ,且 $H$ 等于木桶半径 $r$ ,当木桶没有发生倾斜时,最大容量为 $V=\pi r^2 H V=\pi r^2 H$ ; (2)在短板长度无法提升的情况下,扩容的另一种选择是倾斜木桶并延长长板,如图b、c、d;木桶倾斜角度越大,长板需要延长的长度越长,支出的成本也就越大;当木桶继续倾斜 $30^\circ$ 、 $45^\circ$ 和 $60^\circ$ 时,就需将长板分别延长至 $2.01H$ 、 $3.00H$ 、 $4.46H$ ,容量则可增加至 $1.58V$ 、 $2.00V$ 、 $2.73V$ ; (3)参考劳伦斯·R·波默罗伊的《Cycles of essential elements》一书进行改绘。

等多方面的严格限制。目前,泸沽湖保护区就是通过倾斜木桶、延长长板的措施获得了较大旅游承载力,以满足自身高质量发展的需要。

保护区内,采用非扩充用地面积的方式,以增加旅游承载力。早期基于水体接纳能力计算的泸沽湖旅游承载力,最高可达33000人/日<sup>[40]</sup>;随着环保制度要求的提高,泸沽湖Ⅰ类水体不能设置排污口,该要素支持的旅游承载力则下降为0。在此背景下,当地政府将处理后的污水,采用水泵提升之后通过管道排到外流域,污水处理能力可保障65775人/日。同样,生产生活也不能从泸沽湖取水,就采取修建水库和输水管道从外流域调水,供水能力可保障36474人/日。上下水的保障能力远远大于社区和景区所需,无疑有效延长了旅游承载力的长板,为木桶倾斜提供了可能。

保护区外,克服旅游承载力短板的有效方式是“控湖转坝”:控制湖区发展,转向坝区发展。自然保护区外围的坝区村镇自然条件优越,用地限制少,能够承接湖区过量的住宿接待等设施。外借空间可以利用设施转移,实现“游”“住”分离,减少自然保护区内住宿等空间需求,以换取更多游览的空间,从而达到增加旅游承载力的目的。实施该措施,必须大幅改进景区与外部的交通条件,有效提高景区周转率,方可提升旅游承载力。

倾斜木桶、延长长板为泸沽湖景区旅游承载力的提升提供了新思路,但也存在前提条件。一是需

要景区付出更大的成本和代价。如泸沽湖远距离输水工程的建设成本,污水处理中的运营成本,以及连接景区与外部的道路修建成本,均需要较大的经济支出。二是木桶要有坚实的支撑。各种资源集聚与整合必须要在市场需求(旅游市场要对泸沽湖景区有旺盛的需求)和调控措施(政府能够调动和整合各种资源)的有效支撑下,方可实现景区旅游承载力这个木桶的倾斜,从而实现容量的有效提升。

## 5.2 结论

本文以泸沽湖为研究对象,采用“双评价”、容量转换等方法,探索“三区合一”型自然保护区复杂空间构成背景下的旅游承载力计算新方法,突破了以往研究中主要关注旅游景区“设施承载力”的限制<sup>[45]</sup>,转向综合考虑保护区生态保护、社区建成环境、景区接待设施能力3个关联因素对旅游承载力的限制作用,对自然保护区旅游承载力研究具有较强的启示意义。主要结论如下:

(1)从旅游承载力系统上看,由空间供给、资源消耗、设施提供和管理水平4个因素共同构成。泸沽湖受地形地貌、自然保护区功能区划等多种因素限制,适宜开展旅游活动的用地仅集中在实验区范围内,其可扩展性和延伸性较低,空间供给是最主要的刚性限制性因素,而后3个因素可通过相应手段得到提升,可调整性较高。

(2)从计算方法看,依据保护区、社区与景区之间的关系,依照“确定总量—减去存量—计算余量”

的逻辑思路,基于空间供给这一旅游承载力系统的关键控制要素,通过“双评价”计算出自然保护区适宜土地面积,获得特定建成情景下的资源环境承载力(总量),减去社区人口负荷(存量)得到保护区承载力余量,最终结合比例系数转换为景区旅游承载力。

(3)从旅游承载力规模上看,在自由发展条件下,泸沽湖保护区存在山地旅游村庄、风景旅游城镇和一般城市3种可能。在综合分析3种情景可能带来的影响后,确定风景旅游城镇为泸沽湖保护区最优的发展目标和建设情景。在此情景下,泸沽湖保护区高适宜的土地面积仅为298.54 hm<sup>2</sup>,占保护区总面积的3.67%;资源环境条件可支撑19920人,承载力余量为15918人,经过转换后可得旅游承载力为11938人/日。

(4)从承载力扩容方式上看,在泸沽湖保护区此类限制性因素明显且提升难度大的旅游景区,加强优势因素的方式提升系统承载力也是一个新的选择。考虑绕过限制性短板因素,改变了固有的思维定式,探讨通过倾斜木桶、延长长板(如提高保护区内上下水处理能力)的方式提升整体水平,获取高的收益比。

但是,本文只是关注泸沽湖个案的物质空间需求,并没有考虑社区居民和游客的心理空间需求。在未来,可以对不同类型的场景,如“三区合一”型山地类自然保护区展开研究,也可以考虑居民和游客的心理空间,可使得旅游承载力研究更加深入。

**致谢:**本研究得到了丽江泸沽湖管理局等单位大力支持以及不同领域学者的鼎力协助,在此一并深表感谢。

## 参考文献(References):

- [1] 谢治凤, 吴必虎, 张玉钧, 等. 中国自然保护区旅游产品类型及其特征[J]. 地域研究与开发, 2021, 40(3): 69-74. [Xie Y F, Wu B H, Zhang Y J, et al. Types, typology and features of China's protected area tourism products[J]. Areal Research and Development, 2021, 40(3): 69-74.]
- [2] 中国国家林业和草原局. 中国林业和草原年鉴2019[M]. 北京: 中国林业出版社, 2019. [National Forestry and Grassland Administration. China Forestry and Grassland Yearbook 2019[M]. Beijing: China Forestry Press, 2019.]
- [3] 付文. 国家地质公园年游客量超5亿人次[N/OL]. (2019-10-12) [2021-11-16]. <http://env.people.com.cn/n1/2019/1012/c1010-31395300.html>. [Fu W. Annual Visitors To The National Geopark Exceed 500 Million[N/OL]. People's Daily, (2019-10-12) [2021-11-16]. <http://env.people.com.cn/n1/2019/1012/c1010-31395300.html>.]
- [4] 中国文化和旅游部. 2019年旅游市场基本情况[N/OL]. (2020-03-10) [2021-11-16]. [https://www.mct.gov.cn/whzx/whyw/202003/t20200310\\_851786.htm](https://www.mct.gov.cn/whzx/whyw/202003/t20200310_851786.htm). [Ministry of Culture and Tourism of the People's Republic of China. The Basic Situation of The Tourism Market in 2019[N/OL]. (2020-03-10) [2021-11-16]. [https://www.mct.gov.cn/whzx/whyw/202003/t20200310\\_851786.htm](https://www.mct.gov.cn/whzx/whyw/202003/t20200310_851786.htm).]
- [5] 中国国家林业和草原局. 我国森林旅游复苏势头强劲[EB/OL]. (2020-10-16) [2021-11-16]. <http://www.forestry.gov.cn/lczms/11/20201118/095523786395661.html>. [National Forestry and Grassland Administration. China's Forest Tourism Recovers Strongly[N/OL]. (2020-10-16) [2021-11-16]. <http://www.forestry.gov.cn/lczms/11/20201118/095523786395661.html>.]
- [6] Gao J X. How China will protect one-quarter of its land[J]. Nature, 2019, 569(7757): 457.
- [7] 李群绩, 王灵恩. 中国自然保护地旅游资源利用的冲突和协调路径分析[J]. 地理科学进展, 2020, 39(12): 2105-2117. [Li Q J, Wang L E. Conflicts and coordination of tourism resource use in protected areas in China[J]. Progress in Geography, 2020, 39(12): 2105-2117.]
- [8] LaPage W F. Some sociological aspects of forest recreation[J]. Journal of Forestry, 1963, 61(1): 32-36.
- [9] Wang Y R, Zhang J H, Wang C, et al. Assessing tourism environmental psychological carrying capacity under different environmental situations[J]. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 2021, 26(2): 132-146.
- [10] World Tourism Organization. Saturation of Tourist Destination: Report of the Secretary General[M]. Madrid: World Tourism Organization, 1981.
- [11] Wang Y R, Zhang J H, Wang C, et al. Assessing tourism environmental psychological carrying capacity under different environmental situations[J]. Asia Pacific Journal of Tourism Research, 2021, 26(2): 132-146.
- [12] Lenggogeni S. Integrated carrying capacity of the marine tourism area and small island of Mandeh region and their impact on economic growth[J]. Economics, 2019, 8(1): 35-43.
- [13] 章小平, 朱忠福. 九寨沟景区旅游环境容量研究[J]. 旅游学刊, 2007, (9): 50-57. [Zhang X P, Zhu Z F. An analysis of tourism environment capacity in Jiuzhaigou scenic area[J]. Tourism Tribune,



2022年3月

- 2007, (9): 50–57.]
- [14] 张瑛, 赵建峰. 旅游流时空卡口与系统仿真实验预测: 一种景区日常环境容量主动适应性管理方法[J]. 旅游学刊, 2020, 35(9): 53–62. [Zhang Y, Zhao J F. Integrating spatio-temporal bayonet of tourist flows by using system simulation experiment: An active adaptive management method for daily tourism environment carrying capacity[J]. Tourism Tribune, 2020, 35(9): 53–62.]
- [15] Butowski L. Sustainable tourism: A human-centered approach[J]. Sustainability, 2021, 13(4): 1835.
- [16] Dangi T B, Gribb W J. Sustainable ecotourism management and visitor experiences: Managing conflicting perspectives in Rocky Mountain National Park, USA[J]. Journal of Ecotourism, 2018, 17(3): 338–358.
- [17] Ye F, Park J, Wang F, et al. Analysis of early warning spatial and temporal differences of tourism carrying capacity in China's island cities[J]. Sustainability, 2020, DOI: 10.3390/su12041328.
- [18] Zhu Y L, Li M, Gu R H. Security pre-warning and regulation of ecological carrying capacity of Chang-Zhu-Tan urban agglomeration based on press-state-response model[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2017, 26(12): 2057–2064.
- [19] Li J J, Xu L, Tang L, et al. Big data in tourism research: A literature review[J]. Tourism Management, 2018, 68: 301–323.
- [20] Qi S. Smart tourism development in small and medium cities: The case of Macao[J]. Journal of Smart Tourism, 2021, 1(2): 27–36.
- [21] Idris I, Adi K R, Firmansyah R, et al. Developing smart tourism using virtual reality as a tourism promotion strategy in Indonesia[J]. Geo Journal of Tourism and Geosites, 2021, 35(2): 332–337.
- [22] Iorio C, Pandolfo G, D' Ambrosio A, et al. Mining big data in tourism[J]. Quality & Quantity, 2020, 54(5): 1655–1669.
- [23] Reif J, Schmücker D. Exploring new ways of visitor tracking using big data sources: Opportunities and limits of passive mobile data for tourism[J]. Journal of Destination Marketing & Management, 2020, DOI: 10.1016/j.jdmm.2020.100481.
- [24] Jia W, Huang X J, Gong Z Q, et al. Dynamic assessment of tourism carrying capacity and its impacts on tourism economic growth in urban tourism destinations in China[J]. Journal of Destination Marketing & Management, 2020, DOI: 10.1016/j.jdmm.2019.100383.
- [25] Mai T, Smith C. Scenario-based planning for tourism development using system dynamic modelling: A case study of Cat Ba Island, Vietnam[J]. Tourism Management, 2018, 68: 336–354.
- [26] Li J P, Weng G M, Pan Y, et al. A scientometric review of tourism carrying capacity research: Cooperation, hotspots, and prospect[J]. Journal of Cleaner Production, 2021, DOI: 10.1016/j.jclepro.2021.129278.
- [27] 郭进辉, 肖方利, 邹莉玲, 等. 武夷山国家公园生态旅游承载力监测研究[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(2): 263–266. [Guo J H, Xiao F L, Zou L L, et al. Monitoring eco-tourism carrying capacity in Wuyi Mount National Park, China[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(2): 263–266.]
- [28] 翁钢民, 李建璞, 杨秀平, 等. 近20年国内外旅游环境承载力研究动态[J]. 地理与地理信息科学, 2021, 37(1): 106–115. [Weng G M, Li J P, Yang X P, et al. Research trends of tourism environment carrying capacity at home and abroad in recent 20 years[J]. Geography and Geo-Information Science, 2021, 37(1): 106–115.]
- [29] 张香菊, 钟林生. 基于空间正义理论的中国自然保护地空间布局研究[J]. 中国园林, 2021, 37(2): 71–75. [Zhang X J, Zhong L S. Study on the layout of natural protected areas in China based on the theory of spatial justice[J]. Chinese Landscape Architecture, 2021, 37(2): 71–75.]
- [30] 王亚飞, 樊杰, 周侃. 基于“双评价”集成的国土空间地域功能优化分区[J]. 地理研究, 2019, 38(10): 2415–2429. [Wang Y F, Fan J, Zhou K. Territorial function optimization regionalization based on the integration of “double evaluation” [J]. Geographical Research, 2019, 38(10): 2415–2429.]
- [31] 马定国, 戴雄祖, 羊金凤, 等. 县域村镇建设资源环境承载能力评价及人口合理规模测算: 以江西省永丰县为例[J]. 资源科学, 2020, 42(7): 1249–1261. [Ma D G, Dai X Z, Yang J F, et al. Resource and environmental carrying capacity and optimal population size for village and town development: Taking Yongfeng County of Jiangxi Province as an example[J]. Resources Science, 2020, 42(7): 1249–1261.]
- [32] 贾克敬, 何鸿飞, 张辉, 等. 基于“双评价”的国土空间格局优化[J]. 中国土地科学, 2020, 34(5): 43–51. [Jia K J, He H F, Zhang H, et al. Optimization of territorial space pattern based on resources and environment carrying capacity and land suitability assessment[J]. China Land Science, 2020, 34(5): 43–51.]
- [33] 蔡文博, 蔡永立. 基于GIS方法的泸沽湖流域水土流失敏感性评价[J]. 水土保持研究, 2014, 21(3): 79–83. [Cai W B, Cai Y L. GIS-based assessment on the sensitivity of soil and water loss in Lugu Lake watershed[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2014, 21(3): 79–83.]
- [34] 新华网. 云南丽江泸沽湖景区发布游客承载量预警[N/OL]. (2019–08–06) [2021–11–16]. [http://www.xinhuanet.com/local/2019-08/06/c\\_1124843618.htm](http://www.xinhuanet.com/local/2019-08/06/c_1124843618.htm). [Xinhua Net. Lugu Lake Scenic Area, Lijiang, Yunnan Issues Warning of Tourist Capacity[N/OL]. (2019–08–06) [2021–11–16]. [http://www.xinhuanet.com/local/2019-08/06/c\\_1124843618.htm](http://www.xinhuanet.com/local/2019-08/06/c_1124843618.htm).]
- [35] 封志明, 杨艳昭, 闫慧敏, 等. 百年来的资源环境承载力研究: 从理论到实践[J]. 资源科学, 2017, 39(3): 379–395. [Feng Z M, Yang Y Z, Yan H M, et al. A review of resources and environment carrying capacity research since the 20th century: From theory to practice[J]. Resources Science, 2017, 39(3): 379–395.]

- [36] 刘胡蓉. 基于生态旅游的自然保护区保护性开发: 评《自然保护区旅游地学资源保护性开发研究》[J]. 世界林业研究, 2019, 32(6): 104. [Liu H R. The protective development of nature reserves based on eco-tourism: Comment on “research on the protective development of tourist geoscience resources in nature reserves” [J]. World Forestry Research, 2019, 32(6): 104.]
- [37] 尹怡诚, 成升魁, 马润田, 等. 基于“在地性”与“协同性”的丘陵地区县域“双评价”模式探讨: 以湖南辰溪县为例[J]. 经济地理, 2020, 40(9): 102–113. [Yin Y C, Cheng S K, Ma R T, et al. “Double evaluation” mode to county in hilly areas based on “locality” and “coordination”: A case study of Chenxi County, Hunan Province[J]. Economic Geography, 2020, 40(9): 102–113.]
- [38] 付加锋, 刘小敏. 基于情景分析法的中国低碳经济研究框架与问题探索[J]. 资源科学, 2010, 32(2): 205–210. [Fu J F, Liu X M. A framework for China’s low carbon economy on the basis of scenario analysis and discussion on relevant issues[J]. Resources Science, 2010, 32(2): 205–210.]
- [39] 明庆忠, 刘安乐. 基于功能性分析的旅游景区转型发展研究: 以云南为例[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2020, 42(12): 117–125. [Ming Q Z, Liu A L. Research on the transition and development of tourism destinations based on functional analysis: Take Yunnan as an example[J]. Journal of Southwest University (Natural Science Edition), 2020, 42(12): 117–125.]
- [40] 刘建昌, 余丽军, 严岩, 等. 泸沽湖水环境容量条件下的旅游容量和布局计量分析[J]. 资源科学, 2009, 31(6): 1022–1030. [Liu J C, Yu L J, Yan Y, et al. Quantitative analysis on tourism carrying capacity in compliance with water environmental capacity of Lugu Lake[J]. Resources Science, 2009, 31(6): 1022–1030.]
- [41] 中国政府网. 国家5A级旅游景区最大承载量统计表[N/OL]. (2015–07–17) [2021–11–16]. [http://www.gov.cn/foot/2015-07/17/content\\_2899242.htm](http://www.gov.cn/foot/2015-07/17/content_2899242.htm). [Chinese Government Website. Statistical Table of The Maximum Carrying Capacity of National 5A Tourist Attractions[N/OL]. (2015–07–17) [2021–11–16]. [http://www.gov.cn/foot/2015-07/17/content\\_2899242.htm](http://www.gov.cn/foot/2015-07/17/content_2899242.htm).]
- [42] Anderson C C, Rex A. Preserving the scenic views from North Carolina’s Blue Ridge Parkway: A decision support system for strategic land conservation planning[J]. Applied Geography, 2019, 104: 75–82.
- [43] 杨锐, 钟乐, 赵智聪. 基于消费端的自然保护地指标交易机制: 生态产品的价值实现[J]. 生态学报, 2020, 40(18): 6687–6693. [Yang R, Zhong L, Zhao Z C. Research on consumer-based quota trading mechanism of protected areas: An innovative approach to achieve value of ecological products[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(18): 6687–6693.]
- [44] 宁志中, 王婷, 杨雪春. 2001年以来中国旅游景区时空格局演变与景区群形成[J]. 地理研究, 2020, 39(7): 1654–1666. [Ning Z Z, Wang T, Yang X C. Spatio-temporal evolution of tourist attractions and formation of their clusters in China since 2001[J]. Geographical Research, 2020, 39(7): 1654–1666.]
- [45] 李琛, 成升魁, 陈远生. 25年来中国旅游容量研究的回顾与反思[J]. 地理研究, 2009, 28(1): 235–245. [Li C, Cheng S K, Chen Y S. A review of the study of China’s tourism carrying capacity in the past two decades[J]. Geographical Research, 2009, 28(1): 235–245.]

# Multi-scenario accounting of tourism carrying capacity in nature protected areas:

## Taking the Lugu Lake Nature Reserve in Yunnan as a case

LI Peng<sup>1</sup>, LI Chenyang<sup>2</sup>, SHEN Mengting<sup>1</sup>, YANG Yana<sup>3</sup>, ZHAO Min<sup>2</sup>, YANG Guihua<sup>1</sup>

(1. School of Business and Tourism Management, Yunnan University, Kunming 650504, China; 2. School of Architecture and Planning, Yunnan University, Kunming 650500, China; 3. Tourism Management College, Yunnan Tourism Vocational College, Kunming 650221, China)

**Abstract:** Determining tourism carrying capacity is an important means to examine the relationship between people and land in nature reserves, which is a key to the sustainable development of tourism destinations. Taking the Yunnan Lugu Lake Provincial Nature Reserve as an example and based on multi-source data, this study calculated the tourism carrying capacity using methods such as “double evaluation” and capacity conversion. The results show that: (1) Lugu is a typical “three-functions-in-one area” where nature reserves, local communities, and scenic spots overlap. The resource and environmental carrying capacity of a nature reserve is equal to the sum of the community population load and the tourism carrying capacity of the scenic spot. Space supply, resource consumption, facility provision, and management level together affect tourism carrying capacity, and space supply is the key restricting factor. (2) By determining the total amount, subtracting the stock, and calculating the remaining capacity, this study calculated the suitable land area of the nature reserve, obtained the resource and environmental carrying capacity under specific development scenarios, and subtracted the community population load to obtain the carrying capacity of the reserve. It was further transformed into the tourism carrying capacity of the scenic spots. (3) Under the condition of maintaining the built-up environment of scenic and tourism-oriented towns, the area of land with high suitability in Lugu is only 298.54 hm<sup>2</sup>, accounting for 3.67% of the total area of the protected area; the resource and environmental conditions can support 19920 people, and the remaining carrying capacity is 15918 people. After the conversion, the available tourism carrying capacity is 11938 people/day. (4) In view of the limitation of short boards, measures such as tilting wooden barrels and extending long boards are proposed to provide ideas for the expansion of tourism carrying capacity of the scenic spots. The results of this research may provide some support for the calculation of the tourism carrying capacity of “three-functions-in-one area” nature reserve, which is beneficial to the management of protected areas.

**Key words:** nature protected area; three-functions-in-one area; tourism carrying capacity; capacity conversion; Yunnan Province; the Lugu Lake Provincial Nature Reserve