

# 水库型旅游地生态安全时空分异及其关键影响因子分析——以溧阳市天目湖为例<sup>\*1</sup>

汤傅佳<sup>1, 2</sup> 黄震方<sup>1\*</sup> 徐冬<sup>1</sup> 陆婧<sup>3</sup>

(1. 南京师范大学地理科学学院, 江苏南京 210023;

2. 南京特殊教育师范学院, 江苏南京 210038;

3. 江苏省地质调查研究院, 江苏南京 210008)

**【摘要】**:根据系统论、环境价值论和人地关系理论构建水库型旅游地生态安全“压力—状态—响应”评价模型,运用模糊集对分析法定量分析 2005 年和 2015 年溧阳市天目湖的生态安全水平及其时空分异特征,并通过信息熵权探寻生态安全变化的关键影响因子。结果表明:在空间尺度上,沙河水库下游的旅游优先开发区生态安全状况较差,大溪水库周边区域生态安全状况较好。在时间尺度上,所有区域的生态安全等级都有所提升,旅游优先开发区的生态安全等级出现较大正向波动。研究表明,旅游业发展因子、人口因子和引起环境变化政策响应因子是决定天目湖生态安全的关键性因子。通过对政策、产业和人口之间的政府力、市场力和社会力对生态环境尤其是水库的作用过程分析发现,人类的环境再生产活动能够降低生态压力、提升生态响应,从而改善水库型旅游区的生态安全。

**【关键词】**:水库型旅游地;生态安全;时空分异;影响因子;天目湖

**【中图分类号】**:X826 **【文献标识码】**:A **【文章编号】**:1004-8227(2018)05-1114-10

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201805018

1962 年,雷切尔·卡逊的《寂静的春天》激发了人类的环境保护意识,生态安全日益成为国家安全的重要内容和政治角力的热门<sup>[1, 2]</sup>。此后,学界基于不同视角针对不同要素和区域范围展开了大量理论与实证研究,研究范畴也逐渐从生态系统服务功能、环境变化与安全的内在关系拓展到生态系统管理与预警等方面<sup>[3~5]</sup>。现代旅游业是生态文明建设的重要依托,也是实现美丽中国愿景的重要支点,而旅游产业的发展水平又与旅游地的生态安全息息相关。因此,如何将旅游业培育成生态文明旗帜下的先导产业,发挥旅游业对区域生态安全的正向影响成为学界和政界共同关注的焦点。

近年来,关于旅游地生态安全的研究,已经在概念、尺度、格局、类型、机制上呈现多维发展的态势<sup>[6, 7]</sup>。具体到旅游地的生态安全评价方面,有学者基于人地关系角度,运用生态足迹模型、能值法、景观格局分析法等进行测度分析<sup>[8~11]</sup>;也有学

<sup>1</sup>收稿日期:2017-10-13; 修回日期:2018-02-07

**基金项目**:国家自然科学基金面上项目(41671137);江苏省高校自然科学基金(17KJD170003)

**作者简介**:汤傅佳(1984~),女,博士,讲师,研究方向为旅游地理。E-mail:suuntt@163.com

**\*通讯作者** E-mail:zhfh@263.net

---

者通过 PSR、DPSIR、DSR 等模型构建多层次指标体系并对指标进行加权运算获取区域生态安全总值<sup>[12-14]</sup>。这些研究在旅游地生态安全特征探究中取得一定进展,但对旅游地内部生态安全时空分异特征关注仍然较少。另外,从研究对象上看,现有研究已经关注到海岛型<sup>[8, 9]</sup>、沟谷型<sup>[10]</sup>、湖泊型<sup>[14]</sup>、河流型<sup>[15]</sup>、草原型<sup>[16]</sup>、城市型<sup>[17]</sup>等不同类型旅游地的生态安全,但对于水库型旅游地的研究仍不多见。水库多为人工开挖、地处乡村,自身生态系统的稳定性比湖泊弱<sup>[14]</sup>,而且乡村旅游地目前也面临着生态环境质量下降和土地利用错位等现实困境<sup>[18]</sup>。因此,以水库型旅游地为例,开展旅游地生态安全评价及其关键影响因素的研究,对于丰富和充实相关研究案例样本,比较不同类型旅游地的生态系统间的差异,具有重要实践与理论价值。

水库型旅游地兼具生活生产旅游等职能,是一个复杂的生态系统综合体。但是,通常大多数水库型旅游地开发时间短,管理经验欠缺,利益关系复杂,协调开发建设与生态保护之间的矛盾成为限制此类旅游区未来发展的重要瓶颈。尤其,上游水质的污染和生态环境的恶化势必引起下游地区的水质和生态安全,因此识别水库型旅游地内部的生态安全空间差异,对生态管理措施落实到具体的空间地域上具有重要意义,同时也是决定生态管理成功与否的关键步骤。本文基于系统学、环境价值论及人地关系理论,以溧阳市天目湖景区为例,选择 2005 年(旅游业迅速发展初期)和 2015 年(建成 5A 级景区和生态旅游示范区)作为时间截面,采用 PSR 模型结合模糊集对分析法对其生态安全水平进行评价,并进一步分析其在时空维度上的异质性特征及其关键影响因子,为水库型旅游地生态安全管理提供理论依据。

## 1 数据与方法

### 1.1 研究区概况

天目湖镇位于江苏省常州市溧阳市南部,总面积 239km<sup>2</sup>,下辖 14 个行政村,总人口 7 万多人(图 1)。辖区内拥有沙河和大溪两座国家大(二)型水库,是宜溧山地一部分,地势起伏较大,区内沟谷众多;居民点散布,多数沿路和沟谷分布。天目湖是国家生态旅游示范区,现有代表性旅游景点 5 个、乡村旅游单位 16 家、住宿单位 28 家、餐饮单位 11 家、旅游购物单位 8 家、旅游娱乐单位和旅行社各 2 家。2005 年以来,天目湖先后经历了渔业开发、旅游开发、有机农业开发和生态恢复等几个阶段,土地利用方式变化较大,在同类水库型旅游地中具有明显的规律性和典型性。

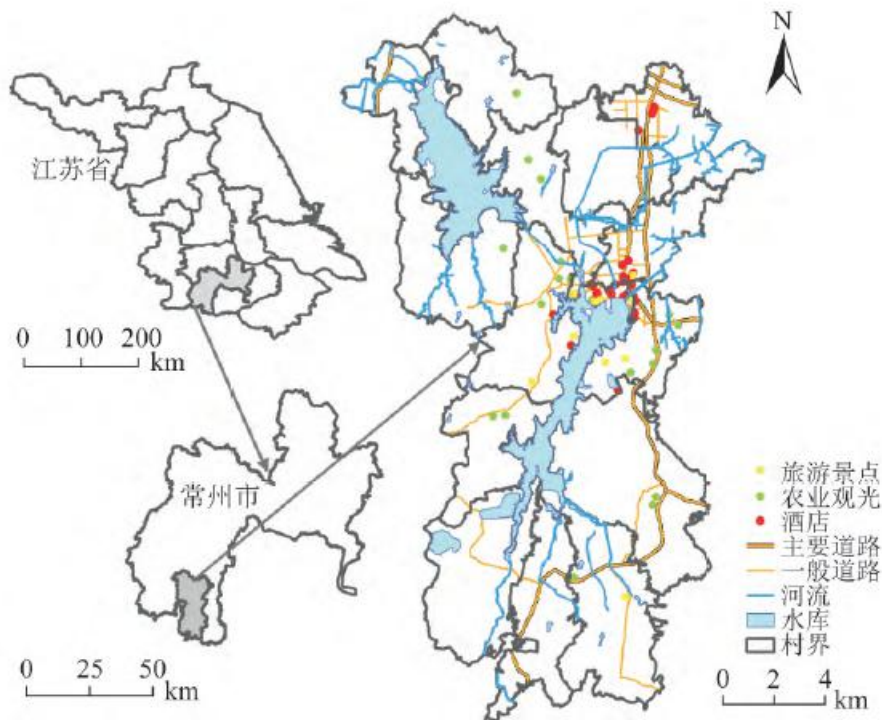


图 1 研究区区位图

Fig. 1 Location map of research area

## 1.2 旅游地生态安全评价模型和指标体系

### 1.2.1 指标体系、权重及评价标准

#### (1) 指标选取

环境价值论指出了人类作为主体对环境客体具有双重作用，人类活动既会破坏生态环境，同样人类也可以进行环境再生产<sup>[19]</sup>。人地关系理论是旅游地理学研究的核心和构建旅游地理学理论框架的基础<sup>[20]</sup>。基于人地关系视角和环境价值论，采用由经济合作与发展组织(OECD)与联合国环境规划署(UNEP)于20世纪80年代末共同提出的压力—状态—响应(P-S-R)模型按照科学性、代表性、可获取性的原则，采用频度统计法、理论分析法和专家咨询法，确定了生态胁迫、生态环境状态和生态响应能力3个指标群(表1)。对影响水库型旅游地生态安全的指标进行系统的组织分类，生态胁迫指标主要从旅游活动压力和非旅游活动压力两方面构建；生态状况指标主要从生态景观格局状态和生态环境功能状态两方面构建；生态响应指标主要从旅游服务功能、社会恢复力和生态恢复力3个方面构建。

表 1 水库型旅游地生态安全评价指标体系、权重及数据来源

一级指标	二级指标	三级指标	指标属性	数据来源	权重
生态胁迫 指标 P	生活压力	人口密度 $X_1$	—	A	0.034
		廊道密度 $X_2$	—	A	0.026

		工矿企业密度 $X_3$	—	A	0.055
		单位生活废弃物排放量 $X_4$	—	A	0.06
		景点密度 $X_5$	—	A	0.063
	旅游业压力	星级酒店密度 $X_6$	—	A	0.042
		单位游客废弃物排放量 $X_7$	—	A	0.053
		破碎度 $X_8$	—	C	0.029
	生态景观	分离度 $X_9$	—	C	0.031
	格局状态	优势度 $X_{10}$	+	C	0.048
生态状况 指标 S		植被覆盖度指数 $X_{11}$	+	C	0.031
		生物丰度指数 $X_{12}$	+	C	0.06
	生态环境	水网密度 $X_{13}$	+	D	0.073
	功能状态	土壤侵蚀程度 $X_{14}$	—	C	0.021
		单位生态系统服务价值 $X_{15}$	+	C	0.038
		旅游资源质量 $X_{16}$	+	A、B	0.053
	旅游服务功能	旅游收入增长率 $X_{17}$	+	A、B	0.052
生态响应 指标 R		适游期 $X_{18}$	+	B	0.026
		污水处理质量 $X_{19}$	+	B	0.024
	社会恢复力	生活垃圾集中处理率 $X_{20}$	+	B	0.04
		农家乐企业规范化比例 $X_{21}$	+	A	0.035
	生态恢复力	生态系统服务价值变化率 $X_{22}$	+	C	0.108

注：A:天目湖旅游度假区管委会统计数据；B:溧阳年鉴和天目湖镇统计公报；C:遥感数据；D:DEM 数据。

## (2) 权重计算

熵权法的基本思路是根据指标变异性的的大小来确定客观权重。通过熵权法计算的权重亦可用于分析因子对目标的影响程度的高低，其计算公式<sup>[21]</sup>如下：

$$W_i = \frac{1 - H_i}{n - \sum_{i=1}^n H_i}, \text{ 且满足 } \sum_{i=1}^n W_i = 1 \quad (1)$$

式中： $W_i$ 为各指标的权重； $H_i$ 为评价指标的熵； $n$ 为指标数量，计算结果见表1。

(3) 评价标准

以国家、地方规定和行业标准、旅游区本底值和目标值、相关研究划分标准、专家评定值以及区域均值标准差法为天目湖生态安全各评价指标标准，并将生态安全评价价值从低到高分分为1~5级(表2)。

表2 评价标准与等级划分

评价 指标	评价等级					参考 标准
	1 级	2 级	3 级	4 级	5 级	
$X_1$ (人/ $\text{km}^2$ )	<200	200~300	300 ~ 400	400 ~ 500	>500	全国平均
$X_2$ ( $\text{km}/\text{km}^2$ )	<1	1~4	4 ~ 6	6 ~ 7	>7	本底值
$X_3$ (个/ $\text{km}^2$ )	<0. 1	0. 1~0. 3	0. 3 ~ 0. 4	0. 4 ~ 0. 5	>0. 5	专家赋值
$X_4$ (t/ $\text{km}^2$ )	>144	111~144	78 ~ 111	45 ~ 78	<45	均值标准 差
$X_5$ (个/ $\text{km}^2$ )	<0. 1	0. 1~0. 3	0. 3 ~ 0. 4	0. 4 ~ 0. 5	>0. 5	专家赋值
$X_6$ (个/ $\text{km}^2$ )	<0. 1	0. 1~0. 3	0. 3 ~ 0. 4	0. 4 ~ 0. 5	>0. 5	专家赋值
$X_7$ (t/ $\text{km}^2$ )	>233	135~233	37 ~ 135	0 ~ 37	0	均值标准 差
$X_8$	<20	20~40	40 ~ 60	60 ~ 80	>80	行业标准
$X_9$	>2. 93	2. 33~2. 93	1. 73 ~ 2. 33	1. 13 ~ 1. 73	<1. 13	均值标准 差
$X_{10}$	>1. 06	0. 95	0. 84	0. 73	0. 62	均值标准 差
$X_{11}$ (%)	>60	45~60	30 ~ 45	10 ~ 30	<10	行业标准
$X_{12}$	>124	108~124	92 ~ 108	76 ~ 92	<76	均值标准 差
$X_{13}$ ( $\text{km}/\text{km}^2$ )	>2	1. 5~2	1 ~ 1. 5	0. 5 ~ 1	<0. 5	专家赋值
$X_{14}$	轻度	中度	强烈	极强烈	剧强烈	行业标准
$X_{15}$ (元/ $\text{km}^2$ )	>30 000	20000~30 000	10 000 ~ 20 000	5 000 ~ 10 000	<5 000	专家赋值
$X_{16}$	优秀	良好	一般	较差	非常差	专家赋值

$X_{17}$ (%)	>10	8~10	6 ~ 8	4 ~ 6	<4	专家赋值
$X_{18}$ (月)	>10	8 ~ 10	6 ~ 8	4 ~ 6	<4	专家赋值
$X_{19}$	优秀	良好	一般	较差	非常差	国家标准
$X_{20}$ (%)	>90	80 ~ 90	70 ~ 80	60 ~ 70	<60	国家标准
$X_{21}$ (%)	>90 或无企业	70 ~ 90	50 ~ 70	30 ~ 50	<30	专家赋值
$X_{22}$ (%)	>20	10 ~ 20	0 ~ 10	-10 ~ 0	<-10	专家赋值

### 1.2.2 数据来源与指标计算

根据已构建的指标体系，收集天目湖地区的自然、社会和经济数据。其中 DEM 数据和遥感影像数据从地理空间数据云平台获取。选取 2005 年 10 月 24 日 30m 分辨率 TM 影像和 2015 年 6 月 6 日 30m 分辨率 ETM+影像运用 ENVI 软件面向对象分类方法提取研究区各用地类型，为计算优势度、分离度、破碎度、生态系统服务价值、生物丰度指数等指标提供基础数据。其中优势度、破碎度、分离度使用 FRAGSTATS3.4 软件计算。采用 ArcGIS 软件对 DEM 数据进行水系提取，并计算水网密度。水网密度、生物丰度指数根据生态环境状况评价技术规范(HJ192-2015)方法计算。土壤侵蚀强度依据水利部 2007 年发布的《土壤侵蚀分类分级标准》对计算结果进行分级。生态系统服务价值计算方法见参考文献 7。为进一步明晰天目湖各产业、资源的空间分布，根据在天目湖旅游度假区管委会获取的信息，将其数字化成天目湖镇景点分布图层、酒店分布图层、农业旅游点分布图层、工矿企业分布图层及道路图层(图 1)，为计算景点密度、酒店密度、工矿企业密度、旅游资源质量和廊道密度等提供基础数据。旅游资源质量以旅游景点资源等级和文物资源等级五五分权赋值。其他社会经济数据主要来源于溧阳市社会经济统计公报(2005~2015)、溧阳年鉴(2006~2016)、沙河水库志、天目湖旅游度假区管委会访谈及统计资料。数据的权威性和可信性较高，适用于分析天目湖地区的生态安全。

### 1.3 模糊集对分析法

集对分析(SPA)是赵克勤提出的一种新型不确定性分析途径，通过先构造评价指标集和评价标准集的集对，再对集对的某特定属性做同一性、差异性、对立性分析，然后用联系度和联系数描述集对的同、异、反关系。SPA 通过联系度表达式更清晰的展示关系的整体和局部结构。其中模糊集对评价法(FSPAAM)考虑了等级边界的模糊性和指标的权重，避免了不确定分量系数的取值，适用于水库型旅游地生态安全评价，使评价结论更加稳定合理，主要操作步骤如下<sup>[23]</sup>：

(1) 将水库型旅游地生态安全各评价指标  $x_i$  设为集合  $A_i$ ，( $i=1, 2, \dots, 22$ )，评价等级标准  $S_k$  设为集合  $B_k$ ( $k=1, 2, \dots, 5$ )，构成一个集对  $H(A_i, B_k)$  并计算其联系度  $\mu_{A_i \sim B_k}$ ，具体公式如下：

$$\mu_{A_i \sim B_k} = a_i + b_{i,1} I_1 + b_{i,2} I_2 + b_{i,3} I_3 + c_i J \quad (2)$$

式中： $a_i$  为指标值  $x_i$  与该指标第  $k$  级标准  $S_k$  的同一度； $b_{i,1}$  为指标值  $x_i$  与该指标第  $k$  级标准  $S_k$  差 1 级的差异度，以此类推  $b_{i,2}$  和  $b_{i,3}$ ； $c_i$  为指标值  $x_i$  与该指标第  $k$  级标准  $S_k$  的对立度。

(2) 计算样本与评价标准等级  $k$  之间的综合联系度  $\mu_{A \sim B}$ ：

$$\mu_{A-B} = \sum_{i=1}^m \omega_i \mu_{A_i \sim B_k} = f_1 + f_2 I_1 + f_3 I_2 + f_4 I_4 + f_5 J \quad (k = 1, 2, \dots, K) \quad (3)$$

式中： $f_1 = \sum_{i=1}^m \omega_i a_i$ ； $f_2 = \sum_{i=1}^m \omega_i b_{i,1}$ ； $f_3 = \sum_{i=1}^m \omega_i b_{i,2}$ ； $f_4 = \sum_{i=1}^m \omega_i b_{i,3}$ ； $f_5 = \sum_{i=1}^m \omega_i c_i$ ； $\omega_i$  为评价指标  $x_i$  的权重。 $f_1$  是样本隶属于 1 级标准的可能性， $f_2$  是样本隶属于 2 级标准的可能性，以此类推。

(3) 评判水库型旅游地生态安全等级  $h$ ，采用置信度准则<sup>[24]</sup>，公式如下：

$$h_k = (f_1 + f_2 + \dots + f_5) > \lambda, \quad k = 1, 2, \dots, 5 \quad (4)$$

评判样本的安全等级，即样本属于  $h_k$  对应的  $k$  级。式中， $\lambda$  为置信度，取值 0.5。

## 2 天目湖生态安全时空分异特征

### 2.1 空间尺度变化特征

根据上述方法计算出天目湖 2005 年和 2015 年的生态安全等级，详细结果见图 1。

2005 年，研究区大多属于生态安全 2、3 级，仅天目湖村属于 4 级——不安全级别(图 4)。空间上，沙河水库下游区域生态安全堪忧，其他区域生态安全差异不大。茶亭村和古县村，大溪水库北部的观山村、东岸的南钱村以及沙河水库上游的平桥、杨村、梅岭、吴村及下游的桂林村和田家山村生态安全等级为 3 级，大溪水库沿岸的洙漕村和毛尖村以及沙河水库西岸的三胜村生态安全状况较好，为 2 级。镇区和园区的生态安全状况相对较差，而两个水库区域生态安全呈现空间差异，大溪水库区域上游区域的生态安全等级不如下游地区，沙河水库则是上游区域生态安全状况良好，下游区域呈现不同状态。茶亭村和古县村的区位是镇区，也是天目湖工业区所在地，生产生活开发强度较大。天目湖村是天目湖开发较早的区域，不论是旅游业还是服务业已经趋于饱和，故在此阶段生态安全状况堪忧。

2015 年，全域的生态安全状况整体好转，所有区域都处于 1 级和 2 级即非常安全和安全等级(图 2)。隶属镇区和园区的茶亭村和古县村生态安全等级上升为 2 级，大溪水库周边的毛尖村、南钱村和洙漕村以及沙河水库东西两侧的杨村和三胜村的生态安全等级上升到 1 级。而此阶段，天目湖村的生态安全等级也上升了 2 级。虽然天目湖地区的生产生活及旅游业开发压力仍然存在，但近年来政策响应较好，故而生态安全等级均有所好转。



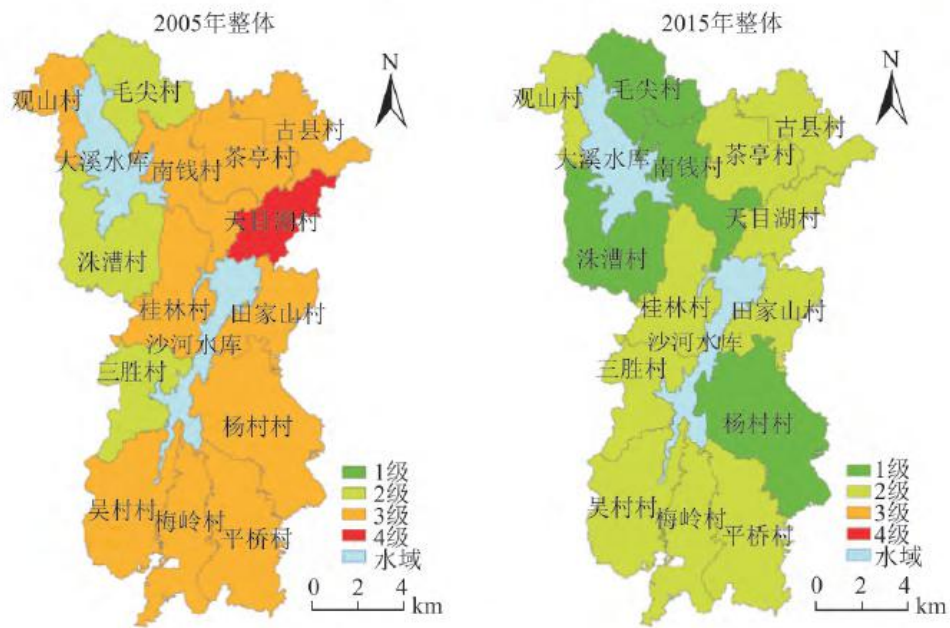


图 2 基于 PSR 的 2005 年和 2015 年天目湖生态安全等级空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of eco-security level of Tianmu Lake Tourism Area with PSR (2005&2015)

## 2.2 时间尺度变化特征

2015 年各区域的等级普遍高于 2005 年，说明 2005~2015 年天目湖各区域的生态安全状况趋好。从安全等级动态变化角度看(图 3)，变化最大的是天目湖村、南钱村和杨村，生态安全等级提升了 2 级；其他地区生态安全等级也有所提高，都提升了 1 级。天目湖村位于镇区和沙河水库下游，是优先开发的区域，所以为了更好的维持生态平衡，该区的政策响应较好，生态安全度提升较快；杨村位于天目湖上游，生态安全基础较好，其迎湖面岸线较长，随着政府退耕还林政策的实施，耕地逐步转化为林地，生态系统服务功能不断提升，而相对的生态胁迫并没有明显增加。南钱村是连接大溪水库和沙河水库的生态廊道，地理位置重要，受到政策的重点保护。政策保护与落实是生态安全总体趋好的关键原因。

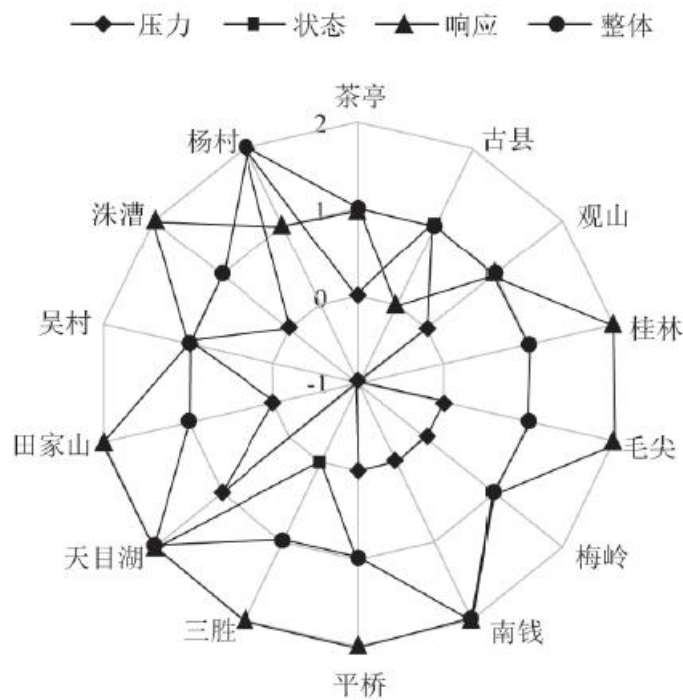


图3 基于PSR的天目湖2005~2015年生态安全动态变化  
 Fig. 3 Type change of tourism eco-security level in Tianmu Lake Tourism Area based on PSR model in 2005-2015

在压力方面，桂林村和三胜村这两个沙河水库西岸的区域有增大的趋势。虽然新增了一些景点、酒店和茶园，但政策响应较好，所以生态安全等级总体上升。在状态方面，各区域都提升了1~2级，这说明在2005~2015年期间，整体生态安全状态是趋好的。其中，大溪水库周边旅游开发较少，外来干扰也比较小，主要受居民行为影响，生态安全状态等级主要提升了1个等级。在响应方面，随着生态政策的落实，尤其是环沙河水库和大溪水库的区域，生态政策响应变化幅度较大。总体而言，近年来，两个水库上游以保护为主，开发较少，所以生态安全维持着动态平衡。

### 3 关键影响因子分析

#### 3.1 关键影响因子识别

通过信息熵求权获得各指标的客观权重，而权重信息能够反映出各因子对生态安全影响的重要性。权重值大于0.05的影响因素分别为生态系统服务价值变化率、水网密度、旅游景点密度、单位生活废弃物排放量、生物丰度指数、工矿企业密度、单位旅客废弃物排放量、旅游资源质量和旅游收入增长率(表3)。

表3 天目湖镇生态安全指标权重排序

$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	----------	----------

权重	0.034	0.026	0.055	0.06	0.063	0.042	0.053	0.029	0.031	0.048	0.031
排名	15	19	6	4	3	11	7	18	16	10	16
	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$x_{16}$	$x_{17}$	$X_{18}$	$X_{19}$	$x_{20}$	$X_{21}$	$X_{22}$
权重	0.06	0.073	0.021	0.038	0.053	0.052	0.026	0.024	0.04	0.035	0.108
排名	4	2	22	13	7	9	19	21	12	14	1

结合各因子的计算方法与实际意义分析,生态系统服务价值变化率和生物丰度指数主要体现了不同下垫面类型下的生态系统功能变化,在水库型旅游地主要体现为生态旅游开发政策引导下的退耕还林还草等行为<sup>[23]</sup>。除此之外,包括水网密度、旅游景点密度、单位生活废弃物等排在前列的指标都与水库型旅游区的发展历程息息相关。其中,水网密度是衡量区域水资源供给水平的关键指标,河流、塘坝等水域的数量与分布在很大程度上影响着水库型旅游地生态系统空间分异特征。而旅游景点密度、单位旅客废弃物排放量、旅游资源质量和旅游收入增长率、单位生活废弃物排放及其变化则直接反映着旅游业发展与人口流动对生态安全的压力与响应;最后,虽然天目湖镇是著名的水库型旅游地,但是工业仍是地区国民经济的重要支柱,这说明工矿企业密度这一衡量工业升级与转型发展的关键指标,其对天目湖镇生态安全的时间变化影响将不容忽视。综上,旅游及环境政策与落实所带来的下垫面类型变化、人口流量变化以及产业升级转型是影响天目湖镇生态安全的重要影响因子。

### 3.2 作用机制分析

#### 3.2.1 环境政策

水库是天目湖的核心旅游资源,水库水质下游较上游高,整体呈北高南低之势<sup>[25, 26]</sup>。天目湖旅游区和天目湖镇的领导班子实行一套班子两块牌子,十分重视旅游区生态安全在政府工作中的重要作用。2005年前,天目湖的旅游开发主要集中于临库面的宾馆、餐馆、娱乐场地等旅游设施建设、房地产开发和局部农业开发,同时渔业过度发展,致使生态安全存在危机。到2006年,沙河水库区域开始推行水源地保护政策,通过实施五大类十八项环境保护工程,采取湖底清淤、退耕还林、建设污水处理厂、改建户厕、生态治理等措施使得水质明显改善。2007年,沿湖15家宾馆饭店、23家农家乐的污水排放纳入污水处理总管网。2008年,《溧阳市饮用水水源地保护办法》颁布实施,流域保护范围扩大到大溪水库,同时关闭了流域内21个矿山宕口,30条轧石生产线,工业企业逐步迁入工业园区。2011年,全面开展流域生态保护规划,确立了湖岸及水库上游绿核区、绿色滨河廊道、绿色沿路廊道等核心保护区。2014年,旅游区通过国家生态旅游示范区、5A级景区验收。2015年,完成了沙河水库上游的天目湖湿地公园建设,进一步促进了旅游地生态安全保护措施落实,水库水质也从中富营养化转变为中营养化<sup>[25, 26]</sup>。除此之外,政企分离使得政府对旅游企业的管理和监督更有力,地方政府退居到引导、扶持、管理的幕后位置,并能在最大限度上约束旅游开发带来的生态环境负面影响。

#### 3.2.2 产业转型

天目湖旅游区的主要支撑产业包括旅游业、工业、农业三大块。其中,工业布局主要集中在镇东北部的天目湖工业园中,仅有18km<sup>2</sup>,离旅游区较远,生态影响较小。部分矿山散布在旅游区境内,对自然生态环境破坏较大,但目前已全部关停。现代化农业散布沙河水库周边,农业面源污染是对水库水质的最大威胁。2005年以前,农村的生活污水处理设施滞后,污水基本直

排入库；加之农家有机肥还田比例低，化肥施用量大，农业面源污染的胁迫持续，尽管政府逐步实施了退耕还林政策，但因实施时间短，林木较小，对土壤面源污染的截留作用效果并不显著。

旅游业是天目湖的主导产业，早期沿湖房地产和旅游业开发导致了一定程度的生态环境破坏。自 2005 年以来，天目湖镇加大旅游投入，升级了各项旅游配套设施，降低了生态风险。随着污水处理系统的完善，污水处理管网铺设已分布至全区，宾馆、餐饮企业及居民生活污水对水质的污染降低。同时，科技生产力发展也为天目湖地区生态安全维护和旅游地开发之间的矛盾平衡提供了有力支撑。水资源及其依托环境的生态安全是水库型旅游区企业的发展基础和资源之本，所以企业会自主维护景区内外部环境并对政府的环境政策积极响应配合。

### 3.2.3 人口流动

天目湖地区除了两次行政区划调整带来的人口增长外，实际年增长率不高，人口密度为 319 人/km<sup>2</sup>，低于常州市的平均人口密度。总体而言，人口处于对产业保障正常范围内，但从区域划分看，天目湖地区的人口分布具有明显的空间差异性。位于沙河水库入库河流上游的吴村村、梅岭村、平桥村和杨村村及位于大溪水库上游的洙漕村、南钱村、古县村和毛尖村的总人口占全镇总人口的 57.70%。沿湖岸的三胜村、桂林村、田家山村和观山村的总人口占全镇总人口的 19.00%，湖库下游人口比例仅占 23.30%，湖库上游以及沿湖岸的人类活动可能会给湖库的承载能力带来较大压力。因此，向下游集镇迁移人口会减小生态环境压力。

近十年来，旅游者人数从 2005 年的 258.67 万人次增至 2015 年的 426 万人次，并渐趋平稳，但游居比却高达 54.92，一定程度上给旅游景点密集地造成生态压力。虽然旅游压力在增加，但是政策响应较好，生态安全仍向好的方向发展。人类对环境的再生产会降低其对生态环境的压力。故而管理者、居民、旅游者和从业者的生态意识和生态行为尤其是对库区的作用对水库型旅游地生态安全有着重要影响。

## 4 结论与讨论

### 4.1 结论

本文从水库型旅游区生态安全影响要素角度出发，依据 PSR 模型构建生态安全评价指标体系，运用模糊集对分析法从时空尺度评价了天目湖生态安全变化特征，分析了影响其变化的关键性因子，对水库型旅游区生态安全适应性管理具有一定的启示作用。

(1) 总体而言，2005~2015 年天目湖的生态安全状况逐渐提升。2005 年，大溪水库区域的生态安全状况明显优于沙河水库区域。旅游优先开发的沙河水库中上游区域(天目湖村、田家山村)的生态安全相对较差。2015 年，后开发区(桂林村、三胜村、南钱村等)则吸取了前者的经验教训，在维护生态安全的原则上保护性开发，故生态安全区域差异不明显。

(2) 天目湖村和田家山村属于旅游优先开发区，因为客流的集聚效应，其生态胁迫明显高于后开发区和待开发区，但它们的生态安全动态变化却比较高，说明生态响应对改善生态安全具有积极正向的作用。茶亭村和古县村属于生活生产压力较大区域，生态响应的政策效果相比旅游开发区要弱。说明旅游业发展对生态安全的影响更敏感更依赖，并由 2005 年的负向影响逐渐转向正向影响。

(3) 天目湖生态安全关键性影响因子集中在旅游业影响因子、生态政策响应因子和人口变化压力因子。随着时间的发展，天目湖的生态安全并没有因为人类活动压力增强而恶化，可见人类的环境再生产对生态安全有益。这主要得益于政策、人口和产业之间的政府力、社会力和市场力对生态环境尤其是水资源的良性作用使生态压力降低、生态响应提升从而改善了天目湖旅游

区的生态安全。

#### 4.2 讨论

本文从空间差异化指标入手,构建水库型旅游地生态安全评价指标体系,并引入生态服务功能价值变化率指标作为响应指标,适合小范围、经济投入数据缺乏的区域生态安全评价。生态安全状态本身就处于动态平衡中,随着时间推移,必然会历经波动变化,而变化本身会为了趋向新的平衡。因此,为更深入的剖析水库型旅游区生态安全变化机理,进而指导并规范旅游开发行为,目前需要着重解决的2个关键点在于:(1)加密时间截面,除了初始状态与最终状态外,考虑1~2个变化状态,以弥补当前解释旅游地生态安全变化内在过程与耦合机理的不足。(2)选取时空分异性更强的指标,通过卫星遥感、模型模拟等手段,对植被、水土流失、地表温度等时空分异性更强的指标进行提取与分析,以弥补研究过多依赖统计与调研数据的不足。

#### 参考文献:

- [1] 蕾切尔·卡逊著. 寂静的春天 [M]. 吕瑞兰, 李长生译. 上海: 上海译文出版社, 2014: 1-19.
- [2] 曲格平. 关注生态安全之一: 生态环境问题已经成为国家安全的热门话题 [J]. 环境保护, 2002(05): 3-5.
- QU G P. The problems of ecological environmental have become a popular subject of country safety [J]. Environmental Protection, 2002(5): 3-5.
- [3] RAPPORT D J, COSTANZA R, MCMICHAEL A J. Assessing ecosystem health [J]. Trends in Ecology & Evolution, 1998, 13(10): 397-402.
- [4] LAUTENBACH S, KUGEL C, LAUSCH A, et al. Analysis of historic changes in regional ecosystem service provisioning using land use data [J]. Ecological Indicators, 2011, 11 (2): 676-687.
- [5] FOLKE C, CARPENTER S, WALKER B, et al. Regime shifts, resilience and biodiversity in ecosystem management [J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2004, 35(1): 557-581.
- [6] 王耕, 王嘉丽, 龚丽妍, 等. 基于 GIS-Markov 区域生态安全时空演变研究——以大连市甘井子区为例 [J]. 地理科学, 2013, 33(8): 957-964.
- WANG G, WANG J L, GONG L Y, et al. Spatiotemporal evolution of ecological security based on GIS-Markov region—A case study of Ganjingzi District, Dalian [J]. Scientia Geographica Sinica, 2013, 33(8): 957-964.
- [7] 蒋依依, 张敏. 基于 PSR 模型的旅游地生态持续性空间差异评价——以云南省玉龙纳西族自治县为例 [J]. 资源科学, 2013, 35(2): 332-340.
- JIANG Y Y, ZHANG M. Evaluation of spatial differentiation of ecological sustainability of tourist Destinations based on PSR Model—A case study of Yulong Naxi autonomous county in Yunnan province [J]. Resources Science, 2013, 35(2): 332-340.
- [8] 肖建红, 于庆东, 刘康, 等. 海岛旅游地生态安全与可持续发展评估——以舟山群岛为例 [J]. 地理学报, 2011,

---

66(6) : 842—852.

XIAO J H, YU Q D, LIU K, et al. Assessment of ecological security and sustainable development in island resorts — A case study of Zhoushan archipelago [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2011, 66(6) : 842—852.

[9] 周年兴, 林振山, 黄震方, 等. 南麂列岛旅游生态足迹与生态效用研究 [J]. *地理科学*, 2008, 28(4) : 571—577.

ZHOU N X, LIN Z S, HUANG Z F, et al. Study on tourism ecological footprint and ecological utility of Nanji archipelago [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2008, 28(4) : 571—577.

[10] 章锦河, 张捷, 王群. 旅游地生态安全测度分析——以九寨沟自然保护区为例 [J]. *地理研究*, 2008, 27(2) : 449—458.

ZHANG J H, ZHANG J, WANG Q. Analysis of ecological security of tourist destinations—A case study of Jiuzhaigou nature reserve [J]. *Geographical Research*, 2008, 27(2) : 449—458.

[11] CHENG G, YUE X P. Research and predication of ecological security in Jiangsu Province based on ecological footprint [J]. *Asian Agricultural research*, 2011, 33(4) : 48—53.

[12] 周彬, 钟林生, 陈田, 等. 浙江省旅游生态安全的时空格局及障碍因子 [J]. *地理科学*, 2015, 35(5) : 599—607.

ZHOU B, ZHONG L S, CHEN T, et al. Spatio-temporal patterns and barriers of tourism eco-security in Zhejiang Province [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2015, 35(5) : 599—607.

[13] 左伟, 王桥, 王文杰, 等. 区域生态安全评价指标与标准研究 [J]. *地理学与国土研究*, 2002, 18(1) : 67—70.

ZUO W, WANG Q, WANG W J, et al. Study on the index and standard of regional ecological security [J]. *Journal of Geography and Landography*, 2002, 18( 1) : 67—70.

[14] 董雪旺. 镜泊湖风景名胜生态安全评价研究 [J]. *国土与自然资源研究*, 2004, (2) : 74—76.

DONG X W. Ecological security assessment of Jingpo Lake Scenic Area [J]. *Territory & Natural Resources Study*, 2004, (2) : 74—76.

[15] 鲍青青, 栗维斌. 河流风景区生态系统健康评价研究——以桂林漓江风景区为例 [J]. *自然灾害学报*, 2015, 24(2) : 122—127.

BAO Q Q, SU W B. Study on ecosystem health assessment of river scenic area—A case study of Lijiang River in Guilin [J]. *Journal of Natural Disaster*, 2015, 24(2) : 122—127.

---

[16] 吕君, 陈田. 区域旅游发展的生态安全系统分析——以内蒙古自治区四子王旗为例 [J]. 地理科学进展, 2008, 2727(2) : 80—88.

LV J , CHEN T. Ecological security system analysis of regional tourism development—A case study of Siziwang Banner in Inner Mongolia Autonomous Region [J]. Progress in Geography, 2008, 2727(2) : 80—88.

[17] LI Y J, CHEN T, HU J, et al. Tourism Ecological Security in Wuhan [J]. Journal of Resources and Ecology, 2013, 4(2) :149—156.

[18] 黄震方, 陆林, 苏勤, 等. 新型城镇化背景下的乡村旅游发展——理论反思与困境突破 [J]. 地理研究, 2015, 34(8) : 1409—1421.

HUANG Z F LU L, SU Q et al. Development of rural tourism in the context of new urbanization: theoretical reflection and breakthrough [J]. Geographical Research, 2015, 34 (8) : 1409 —1421.

[19] 韩立新. 环境价值论 [M]. 昆明: 云南人民出版社, 2005: 1—35.

HAN L X. Environmental theory of value [M]. Kunming: Yunnan People' s Press, 2005: 1—35.

[20] 黄震方, 黄睿. 基于人地关系的旅游地理学理论透视与学术创新 [J]. 地理研究, 2015, 34(1) : 15—26.

HUANG Z F, HUANG R. Study on tourism geography from the perspective of human-environment relationship and academic innovation [J]. Geographical Research, 2015, 34(1) : 15—26.

[21] 刘佳雪, 沙润, 周年兴. 南京江心洲旅游景观健康评价 [J]. 地理研究, 2010, 29(4) : 748—756.

LIU J X, SHA R, ZHOU X. Health assessment of tourist landscape in Jiangxin island of Nanjing [J]. Geographical Research, 2010, 29( 4) : 748—756.

[22] 李登科, 范建忠, 王娟. 陕西省植被覆盖度变化特征及其成因. 应用生态学报, 2010, 21(11) : 2896—2903.

LI D K, FAN J Z, WANG J. Characteristics and causes of vegetation cover change in Shaanxi Province. Chinese Journal of Applied Ecology, 2010, 21(11) : 2896—2903.

[23] 王文圣, 李跃清, 金菊良, 等. 水文水资源集对分析 [M]. 北京: 科学出版社, 2010: 85—95.

WANG W SH, LI Y Q, JIN J L, et al. Set pair analysis of hydrology and water resources [M]. Beijing: Science Press, 2010: 85—95.

[24] 程乾生. 属性识别理论模型及其应用 [J]. 北京大学学报(自然科学版), 1997, 33(1) : 12—20.

CHENG Q S. Analytic model of attribute recognition and its application[J]. Journal of Peking University( Natural Science) , 1997, 33(1) : 12—20.

---

[25] 李恒鹏, 陈伟民, 杨桂山, 等. 基于湖库水质目标的流域氮、磷减排与分区管理——以天目湖沙河水库为例 [J]. 湖泊科学, 2013, 25(6) : 785—798.

LI H P, CHEN W M, YANG G S, et al. Emission reduction and regional management of nitrogen and phosphorus based on lake water quality objectives: A case study of Shahe Reservoir, Tianmu Lake [J]. Lake Science, 2013, 25(6) : 785—798.

[26] 刘淼, 陈开宁, 孙淑云, 等. 大溪水库水质变化趋势及污染成因解析 [J]. 环境科学学报, 2017, 37(7) : 2514—2523.

LIU M, CHEN K N, SUN S Y, et al. Analysis on the trend of water quality change and pollution in Daxi Reservoir [J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2017, 37(7) : 2514—2523.