

张家界市旅游生态安全评价及障碍因子分析^{*1}

徐美¹ 刘春腊^{2*}

(1. 中南林业科技大学旅游学院, 湖南长沙 410004;

2. 湖南师范大学资源与环境科学学院, 湖南长沙 410081)

【摘要】:开展旅游生态安全研究对旅游地协调生态环境保护与旅游业发展的关系具有重要意义。基于2001~2014年张家界市旅游生态安全的相关数据,从威胁、质量、调控3方面构建了张家界市旅游生态安全评价的“TQR”指标体系,并运用灰色关联投影法及障碍度模型对其旅游生态安全状况及主要障碍因子进行了分析。结果表明:总体上,2001~2014年,张家界市的旅游生态安全灰色关联投影值呈波动上升态势,但幅度有限,旅游生态安全水平未得到根本提升,除2003年外,安全状况均处于“一般”水平;就各子系统而言,2001~2014年,张家界市旅游生态安全威胁系统的安全状况由“一般”下降到“较不安全”,质量系统除2003年外均处于“较安全”水平,调控系统的安全状况由“较不安全”提升到“较安全”;2001~2014年,影响张家界市旅游生态安全的主要障碍因子有一定变化,早期的威胁主要为生态用地被占用、污水处理水平较低、从业人员素质不高等因素,近期则在游客密度控制、旅游资源利用强度调控、生态用地保护及污染减排等方面面临的压力越来越大。

【关键词】:旅游生态安全; 评价; 灰色关联投影法; 障碍因子; 张家界市

【中图分类号】:X826 **【文献标识码】:**A **【文章编号】:**1004-8227(2018)03-0605-10

DOI:10.11870/cjlyzyyhj201803016

生态安全是指在一定的时空范围内,生态系统能够保持其结构与功能少受或不受威胁的健康状态,并能为人类社会经济的可持续发展提供服务,从而达到维持自然—社会—经济复合系统长期协调发展的目的^[1]。生态安全是推进区域持续、健康发展的重要参考依据,也是近年来研究的重点和热点之一^[1~3]。

旅游业是全球发展最快的行业之一,近年来其快速发展在拉动当地经济发展的同时,旅游活动及旅游开发建设的大规模进行对旅游地生态系统带来的负面影响也逐渐显现。在此形势下,旅游生态安全问题引起了不少学者的关注,成为旅游研究的重要领域^[4]。学者们围绕旅游生态安全的概念及内涵^[4, 5]、动力机制^[6]、评价^[7, 8]、基于生态安全的生态旅游资源开发^[9]、旅游地生态安全维护策略^[10]等内容开展了广泛而深入的探讨,为旅游地的持续健康发展提供了重要参考。

¹ 收稿日期:2017-05-22; 修回日期:2017-10-31

基金项目:国家自然科学基金项目(41601143);教育部人文社会科学项目(16YJC840012);湖南省自然科学基金项目(2015JJ3179);湖南省哲学社会科学基金项目(16YBQ076);2016年度湖南省社会科学成果评审委员会一般课题(XSPYBZZ064);湖南省教育厅科学研究项目(15C1447);中南林业科技大学青年科学基金(2015QZ004)

作者简介:徐美(1983~),女,博士,讲师,主要从事旅游地理与生态经济研究。E-mail:461355118@qq.com

***通讯作者** E-mail:liuchunla111@163.com

就旅游生态安全评价而言，评价指标和方法是研究重点，在评价指标上，学者们提出了不少模型，如“PSR”模型^[11, 12]、“生态足迹—生态承载力”模型^[13]、“旅游资源安全—旅游环境安全—旅游生态服务功能与生态建设”模型^[14]、“压力—质量—能力”模型^[5]、IRDS(制度—监管—干扰—安全)模型^[15]等；在研究方法上，以定量研究为主，生态足迹模型^[16, 17]、综合指数法^[18]、旅游环境容量法^[4]、游客体验与资源保护法^[4]、层次分析法^[19]、改进的TOPSIS法^[20]、模糊综合评判法^[21]、景观生态学方法^[22, 23]等方法均有运用；在研究对象上，涵盖海岛型旅游地^[17]、岩溶旅游地^[24]、草原^[25]、流域^[9]、旅游城市^[11]及具体的旅游景区景点^[4, 22]等。但整体上，当前对旅游生态安全评价的研究仍未形成完整的体系，在理论基础、评价指标、研究方法等方面仍有较大的发展空间，基于旅游地区域发展视角开展的相关研究也有待进一步深入。基于此，本文以我国典型的旅游城市张家界市为例，尝试运用灰色关联投影法对区域视角的旅游生态安全评价问题进行探讨，以期为张家界市及其他类似旅游地协调生态环境保护与旅游业发展的关系提供参考。

1 研究区概况及评价指标体系的建立

1.1 研究区概况

张家界是典型的因旅游而兴起的城市，自1979年开始发展旅游业，区内旅游资源丰富，旅游产业特色鲜明、旅游产业体系较为完善，是我国重要的旅游城市。截至2015年，全市共有等级景区16个(其中5A级2个、4A级8个、3A级6个)，星级宾馆28家，旅馆床位10.49万张，旅行社65家。2015年全市共接待旅游人数5075.09万人次，实现旅游总收入340.7亿元，旅游业增加值占GDP的比重超过50%，以旅游为重点的服务业对经济发展的贡献率达75%以上，旅游税收占全市财政税收的比重达51.3%，旅游产业的支柱作用明显。与此同时，张家界也是国家重点生态功能区，生态地位重要。随着旅游业发展规模的逐渐扩大，其对生态系统的负面影响也随之增加，如何平衡产业发展与生态环境保护之间的关系，已成为张家界市发展中亟需解决的问题之一。开展生态安全评价研究，客观评估其旅游生态安全状况，对其审视区域生态安全状况，推进旅游综合改革和区域持续健康发展具有重要参考价值。

1.2 评价指标体系的建立

当前，关于旅游生态安全的概念和内涵，学术界尚未形成统一的认识。基于生态安全的概念，本文认为：旅游生态安全指在一定的时空范围内，旅游地区的旅游业处于持续良性发展状态，不仅其发展环境和自身的结构与功能持续稳定，也不对旅游地的生态系统造成威胁和破坏，从而实现旅游地生态系统的持续健康协调发展。这种安全为旅游地生态系统的安全，是生态本底环境普遍意义的安全，其受体为旅游地生态系统，它涵盖经济、社会、环境等多方面，且各要素相互作用、相互影响，是一个复杂的自然—经济—社会复合系统。为综合体现旅游生态安全的系统状况，其评价指标体系既要反映系统内部各组成要素的安全状况，也要反映各要素之间的相互作用关系及人类活动的影响^[26, 27]。

鉴于国内外生态安全评价领域广泛运用的PSR模型不能把握系统的结构和决策过程^[28]，本文结合旅游生态安全的特点，尝试将PSR模型与旅游地经济、社会、环境等多要素结合起来，构建基于PSR变式的“TQR”(威胁—质量—调控)指标体系模型(图1)。在该模型中，“TQR”相互联系、相互影响，综合反映旅游生态系统运行的整体过程：旅游业发展、人口增长、资源利用、污染排放等因素对旅游生态系统安全产生威胁(Threat)，从而造成旅游生态系统质量(Quality)发生变化，为改善生态环境，人们会采取一系列调控(Regulation)措施来减轻旅游生态系统受到的威胁和影响，促进人地协调和区域可持续发展。其中，“威胁”指造成旅游生态系统产生安全隐患的社会、经济、人口、环境等因素；“质量”指旅游生态系统在上述威胁下所处的状况，包括经济状态、社会状态、环境状态；“调控”指为缓解旅游生态系统面临的压力、调节旅游生态系统状况而采取的一系列措施，包括社会措施、经济措施、环境措施等。

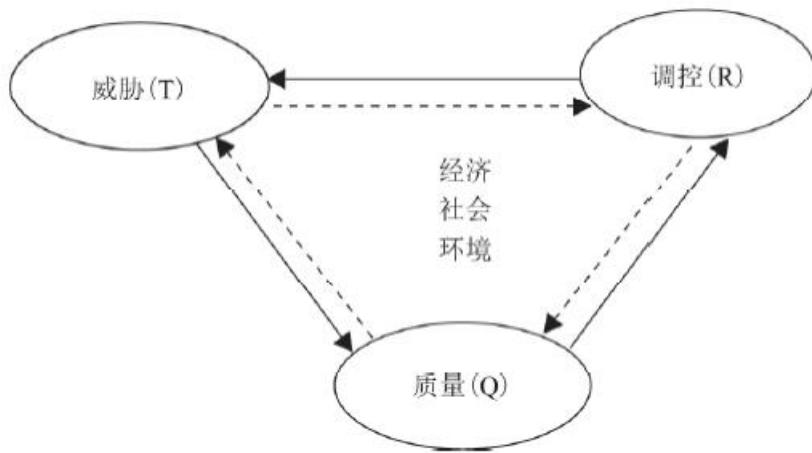


图 1 TQR 模型框架

Fig. 1 Framework of TQR model

基于上述模型，遵循指标体系建立的代表性、科学性、综合性、层次性、可操作性等原则，考虑数据的可得性，参考相关学者研究成果^[11, 12, 20]，构建张家界市旅游生态安全评价指标体系(表 1)。

表 1 张家界市旅游生态安全评价的“TQR”指标体系

系统层	类型层	指标层(代码)	单位	指标性质	α_j	β_j
威胁	社会经济威胁	游客密度(x_1)	人次/ hm^2	逆	0.049	0.042
		游客量增长率(x_2)	%	逆	0.034	0.020
		人口自然增长率(x_3)	%	逆	0.024	0.010
		核心景区旅游资源利用强度(x_4)	-	逆	0.037	0.024
		城市化率(X_5)	%	逆	0.032	0.018
		污水排放密度(x_6)	m^3/hm^2	逆	0.027	0.013
经济质量	环境威胁	单位面积 SO ₂ 放量(x_7)	t/ km^2	逆	0.041	0.028
		生态用地递减率(x_8)	%	逆	0.134	0.311
	社会质量	第三产业比重(x_9)	%	正	0.036	0.022
		地均旅游收入(x_{10})	万元/ km^2	正	0.060	0.062
质量	社会质量	恩格尔系数(x_{11})	%	逆	0.039	0.027
	环境质量	森林覆盖率(x_{12})	%	正	0.038	0.025
		建成区绿化覆盖率(x_{13})	%	正	0.032	0.017

	空气质量优良天数比重 (x_{14})	%	正	0.027	0.013
经济调控	城市饮用水源水质达标率 (x_{15})	%	正	0.021	0.008
	旅游总收入占 GDP 比重 (x_{16})	%	正	0.032	0.017
社会调控	人均 GDP (x_{17})	元	正	0.058	0.057
	旅游从业人员大专及以上学历比重 (x_{18})	%	正	0.068	0.079
调控	每万人在校大学生数 (x_{19})	人/万人	正	0.031	0.017
	生活垃圾无害化处理率 (x_{20})	%	正	0.053	0.049
环境调控	污水处理率 (x_{21})	%	正	0.059	0.059
	环保支出占财政支出比重 (x_{22})	%	正	0.068	0.081

1.3 数据来源

本文的数据主要来源于 2002~2015 年《湖南统计年鉴》、《张家界统计年鉴》、《中国城市统计年鉴》，2001~2014 年张家界市国民经济和社会发展统计公报、张家界市环境监测数据及环境状况公报、湖南省各县(市、区)土地利用变更调查数据等。

2 研究方法

以理想化的安全作为生态安全评价的标准和依据，通过对比分析各年度的实际安全状况与理想标准的接近程度来对张家界的旅游生态安全状况进行评价。具体研究方法包括：

2.1 指标安全标准值的确定

指标安全标准值为实现旅游地可持续发展应该达到的理想标准，鉴于各指标的性质不同，其标准值也不同。本文结合张家界市实际，综合采取如下方法确定：参考理想化标准值，国际、国家、相关行业标准或公认值，国内先进地区和类似地区的发展水平，湖南省 3 类地区全面小康标准，相关学者研究成果等。各指标的安全标准值及其确定依据如表 2。

表 2 张家界市旅游生态安全评价指标安全标准值

指标代码	单位	安全值	确定依据
x_1	人次/ hm^2	3.9	全国平均水平
x_2	%	10.3	全国平均水平
x_3	%	0.7	国际标准
x_4	-	0.6	参考文献 [12]
x_5	%	45	湖南省三类地区全面小康标准
x_6	m^3/hm^2	17	湖南省内领先水平
x_7	t/km^2	0.2	参考黄山等类似旅游城市确定

x_8	%	0	理想值
x_9	%	70	发达国家第三产业比重的一般水平
x_{10}	万元/ km ²	360	参考黄山等类似旅游城市确定
x_{11}	%	30	理想值
x_{12}	%	82	参考黄山等类似旅游城市确定
x_{13}	%	45	生态城市标准
x_{14}	%	100	理想值
x_{15}	%	100	生态城市标准
x_{16}	%	70	发达国家水平
x_{17}	元	21 000*	湖南省三类地区全面小康标准
x_{18}	%	50	国内发达地区水平
x_{19}	人/万人	200.9	全国平均水平
x_{20}	%	100	理想值
x_{21}	%	100	理想值
x_{22}	%	6.5	国内先进地区标准

2.2 评价方法

鉴于旅游生态安全系统的复杂性及其涉及要素的多样性，其评价信息具有不确定性和不完全性特点，是一个灰色系统^[29]。而灰色关联投影法将灰色系统理论与矢量投影原理相结合^[30]，以各评价样本在理想样本上的投影值大小对评价样本进行综合评价^[31, 32]，对于灰色系统问题具有很好的适应性，有利于全面分析指标之间的相互关系^[33]及评价样本与理想样本的接近程度，使得评价结果更符合实际^[29]，已广泛运用于交通、航空、国土、农业、低碳、环保等领域的功能、效益、质量、健康状况评估，并取得了良好的效果，但其在生态安全领域的应用仍鲜见报道。有鉴于此，本文尝试将该方法运用到张家界市旅游生态安全评价中来，其计算过程为：

(1) 指标标准化

定义 x_{ij} ($i=1, 2, \dots, m; j=1, 2, \dots, n$) 为第 i 年第 j 个评价指标的值， A_j ($j=1, 2, 3, \dots, n$) 为第 j 个评价指标的安全标准值，则指标标准化公式为：

$$\text{对于正指标, } \begin{cases} y_{ij} = 1, & x_{ij} \geq A_j \\ y_{ij} = x_{ij}/A_j, & x_{ij} < A_j \end{cases}$$

$$\text{对于逆指标, } \begin{cases} y_{ij} = 1, & x_{ij} \leq A_j \\ y_{ij} = A_j/x_{ij}, & x_{ij} > A_j \end{cases}$$

式中: y_{ij} 为第*i*年第*j*个指标标准化后的值，其范围为[0, 1]，且其值越大，表明该指标的生态安全状况越好。

(2)计算灰色关联度

由于标准化后的值 $y_{ij} \in [0, 1]$ ，且越大越安全，则可定义理想样本为 y_{0j} ($j=1, 2, \dots, n$)为理想样本，以 y_{ij} ($i=1, 2, \dots, m$; $j=1, 2, \dots, n$)为评价样本，可求得各评价样本与理想样本的灰色关联系数 ξ_{ij} ，公式为：

$$\xi_{ij} = \frac{\min_i \min_j |y_{0j} - y_{ij}| + \rho \max_i \max_j |y_{0j} - y_{ij}|}{|y_{0j} - y_{ij}| + \rho \max_i \max_j |y_{0j} - y_{ij}|}$$

式中： ρ 为分辨系数，通常取0.5^[34]。

(3)确定指标权重

运用客观性较强的熵权法来计算指标的初始权重，其公式为^[35]：

$$w_{0j} = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^n (1 - e_j), \\ n = 1, 2, 3, \dots, 22$$

$$e_j = -k \sum_{j=1}^n z_{ij} \ln(z_{ij})$$

式中： w_{0j} 为第*j*个指标的初始权重(其计算结果如表1)，计算公式为： $e_j = -k \sum_{j=1}^n z_{ij} \ln(z_{ij})$ ， $k=1/\ln m$ ，且 $k>0$ ；

$$z_{ij} = p_{ij} / \sum_{j=1}^n p_{ij} (\text{当 } z_{ij} = 0 \text{ 时}, z_{ij} \ln z_{ij} = 0) \\ \ln \text{为自然对数}; p_{ij} \text{为采用极差法测算的原始指标归一化值。}$$

$$\sum_{j=1}^n w_{0j}^2 = 1$$

为使后面计算得到的理想样本的灰色关联投影值为1，要求满足单位化约束条件： $\sum_{j=1}^n w_{0j}^2 = 1$ ，为此，需对初始权重进行单位化处理，其公式为：

$$w_j = w_{0j} / \sqrt{\sum_{j=1}^n w_{0j}^2}$$

式中： w_j 为初始权重单位化处理后的值。

(4) 计算灰色关联投影值

将每个评价样本看成一个行向量，则灰色关联投影角为评价样本 y_i 与理想样本 y_0 之间的夹角 θ_i ，可求得该夹角的余弦 \cos_i 为：

$$\cos_i = \frac{y_i^* \dot{y_0}}{\|y_i\| * \|\dot{y_0}\|} = \frac{\sum_{j=1}^n (w_j \xi_{ij} w_j)}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (w_j \xi_{ij})^2} * \sqrt{\sum_{j=1}^n w_j^2}} \quad (i=1, 2, 3 \dots, 14)$$

$\cos_i \in (0, 1]$ ，其值越大，说明评价样本越接近理想样本。为准确反映各评价样本与理想样本之间的接近程度^[29, 31]，则需将 \cos_i 与模相结合，求解灰色关联投影值。

y_i 的模 d_i 为：

$$d_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (w_j \xi_{ij})^2}$$

则 y_i 在 y_0 上的灰色关联投影值 T_i 为：

$$T_i = \cos_i * d_i = \frac{\sum_{j=1}^n (w_j^2 \xi_{ij})}{\sqrt{\sum_{j=1}^n (w_j^2)}}$$

式中： $T_i \in [0, 1]$ ，其值越大，说明评价样本越接近理想标准，旅游生态安全水平越高；反则反之。

2.3 障碍因子分析方法

借鉴相关研究成果^[31]，采用障碍度模型对障碍因子进行分析，其公式为：

$$Q_i = L_{ij} * w_{0j} / \sum_{j=1}^{22} L_{ij} w_{0j} * 100\%$$

式中: Q_i 为第*i*年各指标对旅游生态安全的影响程度,即障碍度; L_{ij} 为第*j*个指标值与安全值之间的差距,即 $L_{ij}=1-y_{ij}$ 。

2.4 安全度划分标准

运用等分法,依据生态安全灰色关联投影值将张家界市旅游生态安全水平划分为5个等级,如表3。

表3 张家界市旅游生态安全水平划分标准

T_i	[0, 0.2]	(0.2, 0.4]	(0.4, 0.6]	(0.6, 0.8]	(0.8, 1]
安全水平	不安全	较不安全	一般	较安全	安全

3 结果及分析

3.1 总体安全状况

2001~2014年,张家界市的旅游生态安全灰色关联投影值呈波动上升态势,由2001年的0.445提升到2014年的0.553(图2),生态安全状况有所好转,这与这些年来张家界市强化生态环境建设和环境污染防治,重视提高旅游综合实力和旅游业发展的社会经济保障水平密不可分。其中,2003年其灰色关联投影值达0.664,处于“较安全”水平,主要是由于受“非典”的影响,游客数明显减少,游客密度、旅游资源利用强度等均明显低于其他年份所致,同时该年度的生态用地占用量也相对较少,说明游客量的增加、资源利用强度的增加及生态用地的减少对张家界市的旅游生态安全产生重要影响,在今后的旅游生态安全维护工作中,需要重视这几方面因素的管控。同时,2011年以来,其旅游生态安全灰色关联投影值上升较快,这与近年来张家界市强化第三产业提质升级和环境建设,环保水平及污染处理水平均明显提升密切相关,说明推动产业结构优化调整,促进生态建设水平提升也对张家界市旅游生态安全的维护具有重要意义。

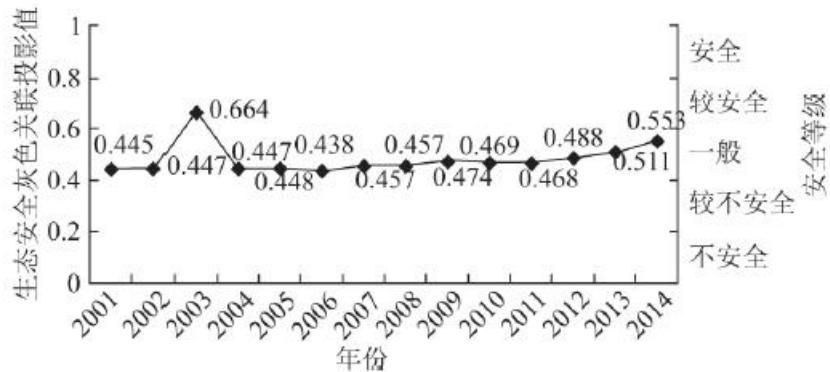


图 2 2001~2014 年张家界市旅游
生态安全灰色关联投影值

Fig. 2 Grey related projection value of tourism ecological security of Zhangjiajie in 2001–2014

但总体而言，2001~2014 年张家界市的旅游生态安全水平未得到根本提升，除 2003 年外，一直处于“一般”水平，其灰色关联投影值上升幅度不大，较 0.6 的“较安全”水平下限仍有一定差距，全市旅游生态安全维护面临的压力依然较大，在旅游业转型升级、产业结构优化调整、生态建设和环境保护等方面都有较大发展空间。需要结合旅游综合改革试点、旅游强市建设、生态文明示范区建设等战略重点，积极推进旅游新业态、新产品的开发，生态保护新机制、新途径的构建和环境污染综合整治新技术、新方法的运用，促进全市旅游生态安全水平的根本好转。

3.2 各子系统安全状况

(1) 威胁系统安全状况

2001~2014 年，张家界市旅游生态安全威胁系统的灰色关联投影值呈波动下降态势，由 2001 年的 0.438 下降到 2014 年的 0.388，生态安全状况则由“一般”逐渐下降到“较不安全”（图 3），面临的威胁和压力越来越大。究其原因，主要包括如下几方面：一是随着旅游业的发展，全市接待游客量持续增加，游客密度不断提升，到 2014 年，全市的游客密度达 4074.55 人次/hm²，为 2001 年的 6.19 倍，游客接待压力不断加大；二是随着游客量的持续增加，重点景区尤其是武陵源核心景区的旅游资源利用强度有增无减，面临的压力越来越大；三是随着城市化进程的加速和旅游业发展的加快，全市城市用地不断扩张、旅游项目不断增加，致使生态用地数量呈减少趋势，保护压力加大；四是随着旅游业的快速发展和人口的加速聚集，污水和废物排放量也逐渐增加，而相应的处理设施却跟不上发展步伐，致使污染减排的压力持续增加。基于此，今后一段时期，张家界市旅游生态安全威胁的缓解，需要重点抓好生态用地的保护和建设、游客数量规模和空间分布状况的调控和引导、污水和废物排放的管控和治理等工作。

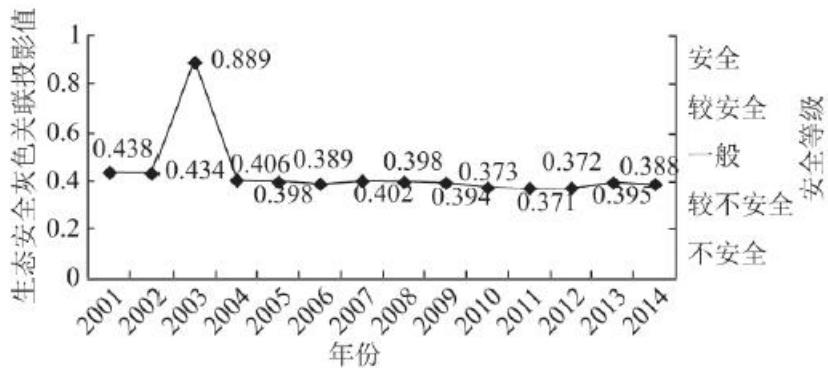


图3 2001~2014年张家界市旅游
生态安全威胁系统的灰色关联投影值

Fig. 3 Grey related projection value of tourism ecological security threaten system of Zhangjiajie in 2001–2014

要说明的是，2003年的安全投影值达0.889，明显高于其他年份，达到“安全”水平，这与“非典”的影响关系密切，为“非正常”发展水平下的安全状况。

(2)质量系统安全状况

2001~2014年，张家界市旅游生态安全质量系统的灰色关联投影值由0.607增长到0.774，基本呈波动上升态势，安全状况基本处于“较安全”水平(图4)。近年，张家界市强化区域经济转型升级，现代服务业发展较快，产业结构不断优化；重视资源集约开发，旅游资源开发利用得到进一步整合，产业发展效益明显提升；注重民生改善，城乡居民生活条件逐渐改善，生活质量逐步提升；关注生态环境建设，森林覆盖率、建成区绿化覆盖率、城市饮用水源水质达标率均稳步提高，生态城市建设取得较大进展，从而带动生态安全质量系统的发展状况逐渐改善。

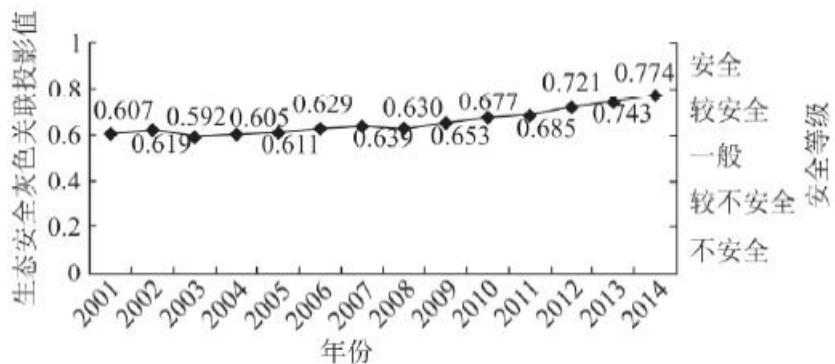


图 4 2001~2014 年张家界市旅游
生态安全质量系统的灰色关联投影值

Fig. 4 Grey related projection value of tourism ecological security quality system of Zhangjiajie in 2001–2014

但整体上，全市旅游生态安全质量系统的安全状况改善幅度不大。除 2003 年外，安全状况均处于“较安全”水平，尚未得到根本性改变，十分有必要在区域经济转型升级、旅游资源集约开发、居民生活质量改善和城市生态环境建设等方面进一步优化，推进其进一步发展提升。同时，2003 年的灰色关联投影值为 0.592，略低于其他年份，处于“一般”水平，为“非典”影响致使旅游经济密度下降、恩格尔系数较前两年小幅提升、城市饮用水源水质达标率相对较低等因素综合作用的结果，也进一步说明推动旅游经济集约发展、提升城乡居民生活水平及城市环境建设水平，对推进张家界市旅游生态安全质量系统发展水平的提升具有重要意义。

(3) 调控系统安全状况

2001~2014 年，张家界市旅游生态安全调控系统的灰色关联投影值呈波动上升态势，由 2001 年的 0.374 上升到 2014 年的 0.661，安全状况也由“较不安全”提升到“较安全”，发展较快(图 5)。这与近年来张家界市全面实施“提质张家界，打造升级版”战略及“1656 行动计划”，统筹推进稳增长、调结构、促改革、惠民生和防风险等各项工作，积极开展旅游综合改革和创新等密切相关。在这些政策制度的影响下，全市经济发展水平不断提升，旅游从业人员和城乡居民素质明显增强，旅游配套设施水平及环境污染治理水平大幅改善，有效地带动了旅游生态安全调控系统灰色关联投影值的提升。

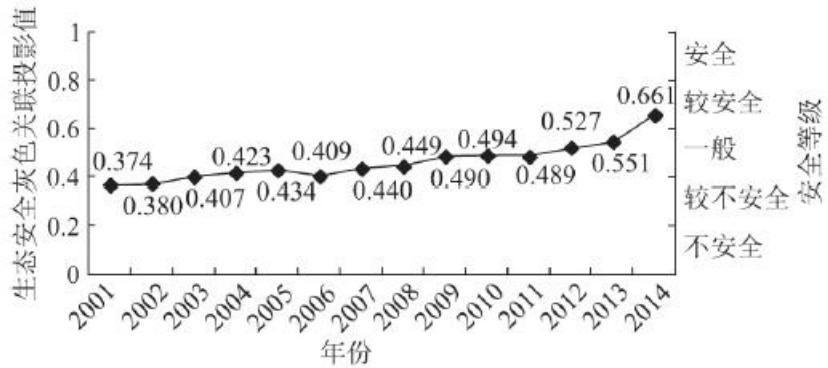


图 5 2001~2014 年张家界市旅游
生态安全调控系统的灰色关联投影值

Fig. 5 Grey related projection value of tourism ecological security regulation system of Zhangjiajie in 2001–2014

但 2014 年其灰色关联投影值仍仅为 0.661，距离 1 的理想化水平仍有一定差距，旅游业综合发展水平、区域经济发展水平、旅游从业人员及本地居民素质等与安全标准值的差距仍较明显，有待进一步发展提升。

3.3 主要障碍因子分析

由于指标较多，本文以障碍度 $\geq 5\%$ 作为识别主要障碍因子的标准^[36]。依据障碍度模型计算结果(表 4)可知，2001~2014 年，张家界旅游生态安全的主要障碍因子在数量、类型及障碍度大小上均有一定变化，其中：游客密度(x_1)、生态用地递减率(x_8)、旅游从业人员大专及以上学历比重(x_{18})一直为张家界市旅游生态安全的主要障碍因子，且随着旅游业的发展，其对生态安全产生的障碍越来越大。单位面积 SO_2 排放量(x_7)、生活垃圾无害化处理水平(x_{20})、环保支出占财政支出比重(x_{22})为大部分年份的主要障碍因子。其中单位面积 SO_2 排放量的障碍水平越来越明显，需要引起重视；环保支出占财政支出比重的障碍度近年来呈上升趋势，说明环保投入的不足，也对张家界市旅游生态安全产生重要影响；生活垃圾无害化处理水平的障碍度虽较大，但 2014 年其指标值已达 100%，其对旅游生态安全的负面影响已基本消除。核心景区旅游资源利用强度(x_9)为近年来的新兴障碍因子，表明随着旅游业的快速发展，核心景区旅游资源的高负荷利用对张家界市旅游生态安全的影响越来越大。地均旅游收入(x_{10})、人均 GDP(x_{17})、污水处理率(x_{21})为早期的障碍因子，随着旅游经济的发展和城市市政设施建设水平的提升，其发展水平也越来越高，近年来对旅游生态安全的负面影响越来越小。总体上，张家界市早期的旅游生态安全威胁主要为生态用地被占用、污水处理水平较低、从业人员素质不高等因素，近期随着旅游业的进一步发展，游客密度控制、旅游资源利用强度调控、生态用地保护及污染减排面临的压力越来越大。

4 结论与讨论

运用灰色关联投影法对张家界市的旅游生态安全状况进行了评价，评价结果能够基本反映张家界市的旅游生态安全状况及变化趋势，说明将灰色关联投影法运用到旅游生态安全评价是可行的，对后续的相关研究具有一定参考价值。

总体上，2001~2014 年，张家界市旅游生态

安全的灰色关联投影值由 0.445 波动提升到 0.553，但提升幅度有限，除 2003 年外，安全状况均处于“一般”水平，与理

想水平的差距仍较明显。从各子系统看，威胁系统的生态安全灰色关联投影值呈波动下降态势，由 0.438 下降到 0.388，安全状况由“一般”下降到“较不安全”；质量系统的生态安全灰色关联投影值基本呈波动上升态势，由 0.607 上升到 0.774，除 2003 年外，安全状况均处于“较安全”水平；调控系统的生态安全灰色关联投影值呈波动上升态势，由 0.374 上升到 0.661，安全状况由“较不安全”提升到“较安全”。

2001~2014 年，影响张家界市旅游生态安全的主要障碍因子在数量、类型及障碍度大小上均有一定变化，早期的生态安全威胁主要为生态用地被占用、污水处理水平较低、从业人员素质不高等因素，近期则在游客密度控制、旅游资源利用强度调控、生态用地保护及污染减排等方面面临的压力越来越大。

表 4 2001 ~ 2014 年张家界市旅游生态安全的主要障碍因子及其障碍度

年份	障碍因子									
	x_1	x_4	x_7	x_8	x_{10}	x_{17}	x_{18}	x_{20}	x_{21}	x_{22}
2001	7.765			9.905	8.788	7.304	9.623	6.582	9.026	9.415
2002	7.831			19.836	8.686	7.190	9.585	6.375	8.998	9.261
2003	10.543		6.768	19.876	9.395	7.548	10.248		9.606	10.070
2004	8.009		5.235	19.851	8.227	6.867	9.586		9.060	9.613
2005	8.290		5.485	22.324	8.242	6.785	9.827		8.289	10.209
2006	8.049		5.562	21.242	7.569	6.219	9.406	6.866	7.008	10.085
2007	8.611		6.218	22.377	7.732	6.134	9.918	7.012		9.611
2008	8.623		6.183	23.545	7.983	5.591	9.791		5.374	8.695
2009	5.431			40.552	6.549		9.175	7.159		
2010	9.014		6.413	24.255	6.996		9.930	7.133		
2011	8.950		6.836	23.499	5.605		9.265	7.647		6.939
2012	9.463	5.229	7.146	25.581			9.091	9.167		7.225
2013	10.192	5.137	7.778	27.561			8.894	8.554		7.617
2014	11.553	6.205	8.899	30.422			9.072			7.913

2001~2014年，张家界市的旅游生态安全状况未得到根本改善。今后一段时期，随着生态文明战略的进一步推进，生态市建设战略的进一步实施及旅游业的进一步发展，采取措施推进其旅游生态安全水平的提升，应成为张家界市关注的重点内容之一。结合张家界市实际，其旅游生态安全水平的提升，可重点从如下几方面着手：加大旅游改革发展力度，积极探寻旅游业改革发展的新路径、新模式，推进旅游资源的有效整合和优化配置，提高产业集约发展水平；结合旅游环境容量合理调控游客数量及其时空分布状况，避免客流过度集中和资源超载利用；强化生态用地保护，坚守耕地、林地生态红线，推动各类旅游项目建设尽量利用已有高效利用或闲置的建设用地，减少项目建设对生态用地的占用和破坏；大力倡导低碳旅游、低碳生活，引导城乡居民、相关旅游接待企业和游客在相关生产、生活和旅游过程中积极践行“低碳”理念，努力减少污染排放；进一步加大环保设施建设和生态建设力度，提升区域污染防治水平和生态保护水平；以智能化、高端化、融合化为导向，大力推进旅游业转型升级，带动区域产业结构的优化调整和区域经济水平的提升。

旅游生态安全评价是一项系统工程，涉及的要素很多，合理的评价指标体系对其结果产生重要影响，受资料、数据等的限制，本文的指标体系不一定健全，有待进一步完善。同时，本文以安全标准值为依据探讨旅游生态安全问题，是对旅游生态系统安全状态的研究，如何基于生态系统运行的特点建立更加有效的评价机制和模型，探寻各影响因子影响程度与安全状态之间的关系及其作用机理，需要进一步探讨。此外，本文仅从时间角度对张家界市2001~2014年的旅游生态安全状况进行了分析，关于其旅游生态安全的空间格局、预警预防机制、旅游对环境的冲击和影响等问题，是下一步研究的方向。

参考文献：

- [1] 肖笃宁，陈文波，郭福良. 论生态安全的基本概念和研究内容 [J]. 应用生态学报, 2002, 13(3) : 354—358.
- XIAO D N, CHEN W B, GUO F L. On the basic concepts and contents of ecological security [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2002, 13(3) : 354—358.
- [2] 陈国阶. 论生态安全 [J]. 重庆环境科学, 2002, 24(3) : 1—3.
- CHEN G J. On ecological security [J]. Chongqing Environmental Science, 2002, 24(3) : 1—3.
- [3] 马克明，傅伯杰，黎晓亚，等. 区域生态安全格局：概念与理论基础 [J]. 生态学报, 2004, 24(4) : 761—768.
- MA K M, FU B J, LI X Y, et al. The regional pattern for ecological security (RPES) : the concept and theoretical basis [J]. Acta Ecologica Sinica, 2004, 24(4) : 761—768.
- [4] 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. Measuring the ecological security of tourist destination: methodology and a case study of Jiuzhaigou [J]. Geographical Research, 2008, 27(2) : 449—458.
- [5] 董雪旺. 旅游地生态安全评价研究——以五大连池风景名胜区为例 [J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 2003, 19(6) : 100—105.
- DONG X W. Ecological security evaluation of tourism destinations——a case of Wudalianchi National Park [J]. Natural Sciences Journal of Harbin Normal University, 2003, 19 (6) :100—105.

[6] 吕君, 于相贤, 刘丽梅. 旅游发展生态安全的动力学机制探讨 [J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(4) : 146—149.

LV J, YU X X, LIU L M. Dynamic mechanism of ecological security in tourism development [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(4) : 146—149.

[7] LIU X L, YANG Z P, DI F. Evaluation on tourism ecological security in nature heritage sites: a case of Kanas Nature Reserve of Xinjiang, China [J]. Chinese Geographical Science, 2009, 19(3) : 265—273.

[8] PEI L, DU L M, YUE G J. Ecological security assessment of Beijing based on PSR model [J]. Procedia Environmental Sciences, 2010, (2) : 832—841.

[9] 冯亚芬, 贾铁飞. 旅游开发的生态安全导向模式及其实证研究——以内蒙古萨拉乌苏河流域旅游开发为例 [J]. 干旱区资源与环境, 2009, 23(6) : 181—186.

FENG Y F, JIA T F. The ecological security tourism development model and empirical research——a case study on Salawusu river basin of Inner Mongolia [J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2009, 23(6) : 181—186.

[10] 汪朝辉, 吴楚材, 成凤明. 张家界国家森林公园生态安全管理模式探析 [J]. 经济地理, 2009, 29(9) : 1580—1584.

WANG C H, WU C C, CHENG F M. Probe on ecological security management model of Zhangjiajie National Forest Park [J]. Economic Geography, 2009, 29(9) : 1580—1584.

[11] 曹新向, 陈太政, 王伟红. 旅游地生态安全评价研究——以开封市为例 [J]. 水土保持研究, 2006, 13(2) : 209—212.

CAO X X, CHEN T Z, WANG W H. Ecological security evaluation of tourism destination——a case of Kaifeng [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2006, 13(2) : 209—212.

[12] 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.

[13] 曹新向. 旅游地生态安全评价模型及实证研究——基于生态足迹模型的分析 [J]. 经济地理, 2006, 26(6) : 1062—1066.

CAO X X. Ecological security evaluation of tourism destination based on ecological footprint analysis [J]. Economic Geography, 2006, 26(6) : 1062—1066.

[14] 杨美霞. 风景名胜区生态安全评价研究——以张家界国家森林公园为例 [J]. 云南地理环境研究, 2007, 19(5) : 106—113.

YANG M X. Study on ecological security problem in scenery district——a case study of Zhangjiajie National Forest Park [J]. Yunnan Geographic Environment Research, 2007, 19 (5) :106—113.

[15] 郑永贤, 薛菲, 张智光. 森林旅游景区生态安全 IRDS 模型实证研究 [J]. 资源科学, 2015, 37 (12) : 2350 — 2361.

ZHENG Y X, XUE F, ZHANG Z G. Ecological security measurement using the IRDS model in forest scenic spots [J]. Resources Science, 2015, 37(12) : 2350—2361.

[16] COLIN HUNTER, JON SHAW. The ecological footprint as a key indicator of sustainable tourism [J]. Tourism Management, 2007, (28) : 46—57.

[17] 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. Evaluation of the ecological security of island tourist destination and island tourist sustainable development: a case study of Zhoushan Islands [J]. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(6) : 842 —852.

[18] 付业勤, 郑向敏, 王新建. 厦门市滨海城市旅游地生态安全评价研究 [J]. 科技管理研究, 2013, (3) : 41—45.

FU Y Q, ZHENG X M, WANG X J. Study on evaluating ecological security on the coastal urban tourism destination in Xiamen [J]. Science and Techonlogy Management Research, 2013, (3) : 41—45.

[19] 李淑娟, 谌杨杨. 山东省滨海湿地旅游生态安全评价研究 [J]. 国土资源科技管理, 2012, 29(4) : 8—15.

LI S J, CHEN Y Y. Assessment of ecological security of coastal wetland tourism in Shandong province[J]. Scientific and Technological Management of Land and Resources, 2012, 29(4) :8—15.

[20] 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]. 地理研究, 2015, 35 (5) : 599 — 607.

ZHOU B, ZHONG L S, CHEN T, et al. Spatio—temporal pattern and obstacle factors of ecological security of tourism destination:a case of Zhejiang province [J]. Scientia Geographical Sinica, 2015, 35(5) : 599—607.

[21] WU K Y, HU S H, SUN S Q. Application of fuzzy optimization model in ecological security pre — warning [J]. Chinese Geographical Science, 2005, 15(1) : 29—33.

[22] 时卉, 杨兆萍, 韩芳, 等. 新疆天池景区生态安全度时空分异特征与驱动机制 [J]. 地理科学进展, 2013, 32(3) : 475—485.

SHI H, YANG Z P, HAN F, et al. Characteristics of temporal- spatial differences in landscape ecological security

and the driving mechanism in Tianshan scenic zone of Xinjiang [J]. Progress in Geography, 2013, 32(3) : 475—485.

[23] 游巍斌, 何东进, 巫丽芸, 等. 武夷山风景名胜区景观生态安全度时空分异规律[J]. 生态学报, 2011, 31(21) : 6317—6327.

YOU W B, HE D J, WU L Y, et al. Temporal-spatial differentiation and its change in the landscape ecological security of Wuyishan scenery district [J]. Acta Ecologica Sinica, 2011, 31(21) : 6317—6327.

[24] 张鹏, 丘萍. 岩溶地区旅游生态安全评价及趋势分析——以广西为例 [J]. 中国岩溶, 2014, 33(4) : 483—489.

ZHANG P, QIU P. Evaluation and trend analysis of tourism ecological security in karst areas: a case study for Guangxi [J]. Carsologica Sinica, 2014, 33(4) : 483—489.

[25] 吕君. 草原旅游发展的生态安全研究 [M]. 北京: 中国财政经济出版社, 2007.

LV J. Study on ecological security of grassland tourism development [M]. Beijing: China financial and Economic PublishingHouse, 2007.

[26] 曲衍波, 齐伟, 商冉, 等. 基于 GIS 的山区县域土地生态安全评价 [J]. 中国土地科学, 2008, 22(4) : 39—44.

QU Y B, QI W, SHANG R, et al. A study on land eco-security evaluation in mountainous area at county level based on GIS [J]. China Land Science, 2008, 22(4) : 39—44.

[27] RAINER WALZ. Development of environmental indicator systems: experiences from Germany [J]. Environmental Management, 2000, 25(6) : 613—623.

[28] 于伯华, 吕昌河. 基于 DPSIR 概念模型的农业可持续发展宏观分析 [J]. 中国人口·资源与环境, 2004, 14(5) : 68—72.

YU B H F, LV C H. Application of DPSIR framework for analysis of sustainable agricultural development. Chinese [J]. Journal of Population Resources and Environment, 2004, 14(5) : 68—72.

[29] 王枫, 董玉祥. 基于灰色关联投影法的土地利用多功能动态评价及障碍因子诊断 [J]. 自然资源学报, 2015, 30(10) : 1698—1713.

WANG F, DONG Y X. Dynamic evaluation of land use functions based on grey relation projection method and diagnosis of its obstacle indicators: a case study of Guangzhou city [J]. Journal of Natural Resources, 2015, 30(10) : 1698—1713.

[30] 岳超源. 决策理论与方法 [M]. 北京: 科学出版社, 2000.

-
- YUE C Y. Decision theory and method [M]. Beijing: Science Press, 2000.
- [31] 岳峰, 崔晓辉. 多目标决策灰色关联投影法及其应用 [N]. 系统工程理论与实践, 2002, (1) : 103—107.
- LV F, CUI X H. Multi-criteria decision grey relation projection method and its application[J]. System engineering Theory and Practice, 2002, (1) : 103—107.
- [32] 马骞, 杨子峰, 于兴修, 等. 基于多目标决策灰色关联投影法的水土保持生态修复生态效益动态评价 [J]. 水土保持研究, 2009, 16(4) : 100—103.
- MA Q, YANG Z F, YU X X, et al. Ecological benefit evaluation on the ecological restoration of soil and water conservation based on multi-criteria decision grey relation projection method [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2009, 16(4) : 100—103.
- [33] 张传珂. 多目标决策灰色投影法在水土保持综合效益评价中的应用 [J]. 中国农学通报, 2013, 29(11) : 164—167.
- ZHANG C K. Elementary application of multicriteria decision grey relation projection method to the comprehensive benefit evaluation of soil and water conservation [J]. Chinese Agricultural Science Bulletin, 2013, 29(11) : 164—167.
- [34] 邓聚龙. 灰预测与灰决策 [M]. 武汉: 华中科技大学出版社, 2002.
- DENG J L. Grey forecasting and grey decision making [M]. Wuhan: Huazhong University of Science and Technology Press, 2002.
- [35] 黎枫, 陈亚宁, 李卫红. 基于熵权的集对分析法在水资源可持续利用评价中的应用——以塔里木河三源流地区为例 [J]. 冰川冻土, 2010, 32(4) : 723—730.
- LI F, CHEN Y N, LI W H. The application of set pair analysis based on entropy weight to evaluation of sustainable water resources utilization——a case study in the Three Sources of Tarim River [J]. Journal of glaciology and Geocryology, 2010, 32(4) : 723—730.
- [36] 苏飞, 张平宇. 基于集对分析的大庆市经济系统脆弱性 评价 [J]. 地理学报, 2010, 65(4) : 454—464.
- SU F, ZHANG P Y. Vulnerability assessment of petroleum city's economic system based on set pair analysis: a case study of Daqing [J]. Acta Geographica Sinica, 2010, 65(4) : 454 —464.