自然资源学报, 2019, 34(9): 1945-1961
Journal of Natural Resources
http://www.jnr.ac.cn
DOI: 10.31497/zrzyxb.20190911

长江经济带旅游生态效率时空演变及其与旅游经济互动响应

王兆峰，刘庆芳
（湖南师范大学旅游学院，长沙 410081）

摘要：运用基于非期望产出的Super-SBM模型测度长江经济带旅游生态效率，综合运用标准差椭圆、重心模型等方法勾勒旅游生态效率时空演变轨迹，借助VAR模型探讨旅游生态效率与旅游经济发展水平间的互动响应关系。结果表明：长江经济带旅游生态效率整体处于中等效率阶段，呈动态上升趋势，且表现出“东部>西部>中部”的空间分布格局；旅游生态效率形成“低低集聚、高高集聚”式的“俱乐部收敛”型“双峰”格局，向西北方向移动趋势明显；东部和中部旅游生态效率与旅游经济发展水平的脉冲响应最终趋于平稳，西部地区响应程度偏弱；旅游经济发展水平对旅游生态效率的贡献率随时间发展趋于升高，旅游生态效率对旅游经济发展水平的贡献程度随时间发展逐步降低。

关键词：旅游生态效率；旅游经济；互动响应；Super-SBM模型；长江经济带

改革开放以来，长江经济带旅游产业发展迅速，逐步形成以东部省区为龙头、中西部省区协同共进的空间发展格局，产业规模不断扩大、产能总量不断壮大和产品体系不断完善[1]，2016年末长江经济带旅游总收入高达6.1817亿元，旅游产业已逐渐成为区域产业结构优化升级和经济社会高质量发展的重要支撑。《长江经济带发展规划纲要》要求将长江经济带建设成为生态文明建设先行示范带。党的十九大报告提出，以共抓大保护、不搞大开发为导向推动长江经济带发展。习近平总书记强调实施长江经济带发展战略，要将修复长江生态环境摆在压倒性的位置，走出一条生态优先、绿色发展的新路子，这为旅游产业指明了新的方向，即既要注重经济效益的提高也要注重生态环境的改善。旅游生态效率是衡量区域人地系统协调程度和可持续发展水平的重要指标，探索长江经济带旅游生态效率时空分异规律及其与旅游经济的互动响应关系，对于助推长江国际黄金旅游带建设和促进区域生态环境修复具有重要的理论价值和实践意义。

生态效率广泛应用于农业和工矿业生态和经济影响的评估中。随着旅游生态环境问题的日益突出，生态效率概念逐渐被引入旅游研究领域，即在旅游生态环境改善与旅游经济提升的双向契合下，最小化旅游对环境的负面效应，最大化旅游经济的附加值[2]。国外对于旅游生态效率的研究聚焦于旅游生态效率概念界定[3-4]、旅游生态效率测度模型构建[5-6]、旅游生态效率测算与评估[7-9]、旅游生态效率影响机制探寻[10-11]及旅游生态效率改善策略探讨[12-13]等方面。受国外研究理论与范式的影响，针对我国旅游产业发展现状的相关研究不断涌现。在研究内容上，姚志国等[14]指出，旅游生态效率本质上是通过降低碳排

收稿日期：2019-02-21；**修订日期：**2019-06-10
基金项目：国家自然科学基金项目（41771162）
作者简介：王兆峰（1965- ），男，湖南桑植人，博士，教授，博士生导师，主要从事旅游地理研究。
E-mail: jdwzf@126.com

放和能耗强度，提高旅游期望产出，实现旅游提质增效；蒋素梅等[15]在测算昆明市旅游生态效率的基础上，提出保持自然景观多样性、旅游产品低碳化等提高旅游生态效率的举措。在研究方法上，早期主要采用生态足迹和碳足迹法[16]，近年来，部分学者借助数据包络分析法和生态乘数计量模型评估区域旅游生态效率，如彭红松等[17]采用基于非参数DEA模型评价旅游地的旅游生态效率；钟永德[18]运用“自上而下”的生态乘数计量方法实证分析张家界旅游业碳排放量及其生态效率。在研究视角上，姚志国等[19]基于环境经济学理论，定量计算了2012年海南省旅游生态效率并分析其部门差异特征；刘佳等[20]从产业经济学出发，将旅游生态效率定义为旅游产品价值与旅游产业消耗环境支出的比值。

综上所述，国内外有关旅游生态效率的研究为本文深化研究提供了坚实的理论支撑，旅游生态效率是旅游生态学领域的重要研究内容，但基于地理时空二维视角，运用空间分析方法与技术勾勒其时空演化路径，实现生态学与地理学学科交叉融合的成果较少；与此同时，作为战略支柱产业的旅游业，经济效应与生态效应间的交互作用的相关研究仍停留于宏观定性描述，借助经济计量模型，厘清旅游生态效率与旅游经济互动关系的研究鲜见诸文献。鉴于此，本文采用基于非期望产出的Super-SBM模型测算长江经济带2007-2016年旅游生态效率，运用标准差椭圆和重心模型刻画其时空演化特征，并借助VAR模型探析旅游生态效率与旅游经济之间的互动响应关系，希冀为长江经济带旅游业提质增效和区域经济社会可持续发展提供实践指导与科学参考。

1 研究方法与数据来源

1.1 研究区概况

长江经济带作为我国重大战略发展区域，已跃升为我国东、中、西部互动协作发展的示范带和生态文明建设的示范带，同时也是连接丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路的枢纽，范围覆盖上海、安徽、四川等11个省（市），全流域总人口超过5亿，面积约为2.05×10^6 km^2，经济总量超过全国的40%，已逐渐成为我国经济实力最雄厚和战略支撑作用最显著的区域（图1）。然而在经济高速发展的同时，沿江岸线受损、湿地碎片化、外来物种入侵和生物多样性面临威胁等诸多生态环境问题接踵而至。旅游产业作为长江经济带社会经济发展的重要支撑点，2016年共接待游客57.55亿人次，如此大规模的人类异地群体性消费活动无疑会使区域生态环境问题进一步恶化，旅游生态效率是衡量旅游产业清洁生产的重要指标，用科学的方法探析区域旅游生态效率对于提高旅游发展质量、优化旅游发展模式和推进区域生态文明建设大有裨益。

1.2 研究方法与数据来源

1.2.1 研究方法

（1）基于非期望产出的Super-SBM模型

数据包络法无需考虑投入与产出之间的函数关系，对于参数与权重无需做出预判，在一定程度上留存了信息的完整性，因而在效率评估中适用范围更广，纳入非期望产出的SBM模型由于考虑负外部效应，一方面能有效解决松弛变量问题，另一方面也可使效率测度结果更加贴近实际情况，因而在生态效率评估中应用广泛[17]。为解决纳入非期望产出的SBM模型存在多个DMU效率值达到前沿生产面的问题[21]，采用纳入非期望产出的Super-SBM模型，以修正无效DMU松弛变量，解决效率排序无效的问题。模型构建如下：

注：本图基于国家测绘地理信息局标准地图服务网站下载审图号GS(2016)2892标准地图制作，底图无修改。

图1　长江经济带地理位置

Fig. 1　The location of the Yangtze River Economic Belt

$$\text{Min}=\frac{\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\left(\bar{x}/x_{ik}\right)}{\frac{1}{r_1+r_2}\left(\sum_{s=1}^{r_1}\overline{y^d}/y_{sk}^d+\sum_{q=1}^{r_2}\overline{y^u}/y_{qk}^u\right)} \tag{1}$$

$$\bar{x}\geqslant\sum_{j=1,\neq k}^{n}x_{ij}\lambda_j;\ \overline{y^d}\leqslant\sum_{j=1,\neq k}^{n}y_{sj}^d\lambda_j;\ \overline{y^d}\geqslant\sum_{j=1,\neq k}^{n}y_{qj}^d\lambda_j$$

$$\bar{x}\geqslant x_k;\ \overline{y^d}\leqslant y_k^d;\ \overline{y^u}\geqslant y_k^u;\ \lambda_j\geqslant 0,\ i=1,2,\cdots,m$$

$$j=1,2,\cdots,n\quad j=1,2,\cdots,n\quad q=1,2,\cdots,r_2$$

式中：n个DMU中，每个DMU由投入m、期望产出r_1和非期望产出r_2构成；x、y^d、y^u分别为投入矩阵、期望产出矩阵和非期望产出矩阵中的元素；ρ为旅游生态效率值。

（2）非参数Kernel核密度估计

非参数Kernel核密度估计是一种应对随机变量概率密度进行估计的非参数估计方法，其基本原理如下：设p维随机变量密度函数为$f(x)=f(x_1, x_2, x_n)$，x_1、x_2、x_n为独立分布样本，随机变量在点x的概率密度估计公式为[21]：

$$f(x)=\frac{1}{Nh}\sum_{i=1}^{n}K\left[\frac{X_i-x}{h}\right] \tag{2}$$

式中：N为样本总量，即长江经济带11个省区；h为密度估计带宽；K为随机核函数，带宽越大，密度估计越平滑，偏差越大。

（3）标准差椭圆与重心模型

标准差椭圆可较好地刻画地理属性值的空间布局状态，用以表征其分布的中心、方向和形态。主要包括转角θ、长半轴、短半轴三个要素，转角θ是正北方向顺时针旋转到椭圆长轴所形成的夹角，椭圆空间位置的变动则反映了旅游生态效率的空间移动，重心

模型通过刻画区域属性的集中、离散趋势与随时间变迁而呈现的偏移轨迹来解决区域属性在空间上的变迁问题，其数学模型表达式参见文献 [22]。

（4）旅游经济发展水平计算方法

首先，为消除数据量纲对计算结果造成的偏差，采取极值标准化对数据进行标准化处理；其次，采用变异系数对长江经济带省区旅游经济发展水平评价指标确定权重，指标分异程度越大，对旅游经济发展综合水平影响越大；最后，运用综合线性加权法评价长江经济带东、中、西部11个省区旅游经济发展水平。具体公式见文献 [23]。

（5）VAR模型

VAR模型是一种向量自回归模型，主要用以探测不带事先约束的联合内生变量之间的动态关系[24]。模型及构建如下：

$$y_t = \lambda_1 y_1 + \lambda_2 y_2 + \cdots + \lambda_p y_p + \mu_1 \tag{3}$$

式中：y为长江经济带各省区VAR模型；λ表示系数向量；p为模型滞后阶数；μ_i为模型的白噪声误差。在VAR模型中，主要通过脉冲响应函数和方差分解来解释旅游生态效率对旅游经济发展水平的互动效应、冲击程度和贡献程度。

1.2.2 指标体系构建

旅游生态效率核心是以最少的旅游资源投入和最小的生态环境代价使旅游经济效益最大化。参考已有研究成果[20,25-26]，选取3A级及以上旅游景区数量、三星级及以上酒店数量、旅行社数量和旅游从业人数表征旅游资源投入，以旅游总收入作为合意性产出，以旅游业碳排放作为非合意性产出，建立旅游生态效率具象化表征体系。本文选取旅游碳排放作为非合意性产出，一方面旅游碳排放涵括的污染面更广，另一方面旅游碳排放量更容易量化测算。借鉴Becken[27]实证研究成果，确定旅游交通、旅游住宿和旅游活动为旅游碳排放重点领域，采用“自上而下”的CO_2核算方法[28-29]分别核算旅游交通、旅游住宿和旅游活动CO_2排放量。

基于指标的可获得性、科学性和系统性，综合参考王兆峰等[30]、马勇等[31]和高扬等[32]研究成果，以国内旅游收入、旅游外汇收入、国内旅游人次、入境旅游人次、旅游收入占GDP比例、旅游收入占第三产业比例、旅游总收入增长率和旅游总人次增长率8个指标来综合评价长江经济带各省区旅游经济发展水平。

1.2.3 数据来源

数据主要来源于2008-2017年《中国统计年鉴》《中国旅游统计年鉴》《中国旅游年鉴》《中国交通统计年鉴》、中华人民共和国文化和旅游部官网、长江经济带沿线11个省区2008-2017年统计年鉴及对应年份各省区国民经济和社会发展统计公报，针对部分缺失数据，采用线性插值法将其补充完善。

2 结果分析

2.1 旅游生态效率测度

基于DEA-SOLVER 5.0软件平台，借助基于非期望产出的Super-SBM模型，测算出2007-2016年长江经济带各省区旅游生态效率值（表1）。按照长江流域及其地理区位因素，将长江经济带划分为：东部（上海、浙江、江苏）、中部（湖北、湖南、江西、安徽）、西部（贵州、重庆、云南、四川）[33]。同时，根据王贺封等[34]研究成果，将长江经

表1　2007-2016年长江经济带旅游生态效率

Table 1　Tourism eco-efficiency in the Yangtze River Economic Belt from 2007 to 2016

省(市)	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	均值
上海	1.822	1.678	1.766	1.712	1.664	1.692	1.847	2.007	1.915	1.770	1.787
江苏	1.244	1.423	1.408	1.392	1.364	1.344	1.280	1.278	1.259	1.261	1.325
浙江	0.416	0.376	0.376	0.409	0.354	0.351	0.265	0.222	0.206	0.217	0.319
东部均值	1.161	1.159	1.183	1.171	1.127	1.129	1.130	1.169	1.126	1.083	1.144
安徽	0.315	0.440	0.433	0.346	0.477	0.560	0.539	0.431	0.464	0.507	0.451
江西	0.408	0.453	0.486	1.018	0.776	1.028	1.037	0.655	0.633	0.582	0.708
湖北	0.322	0.342	0.370	0.408	0.428	0.467	0.459	0.373	0.408	0.462	0.404
湖南	0.305	0.231	0.242	0.247	0.276	0.296	0.338	0.346	0.386	0.435	0.310
中部均值	0.338	0.366	0.382	0.505	0.489	0.588	0.593	0.452	0.473	0.496	0.468
重庆	1.000	1.038	1.039	1.073	1.050	1.050	1.062	1.038	1.082	1.077	1.051
四川	0.545	0.488	0.541	0.590	0.676	1.064	1.042	1.198	1.243	1.302	0.869
贵州	1.965	1.801	1.796	1.563	1.553	1.450	1.507	1.517	1.506	1.498	1.616
云南	0.302	0.332	0.367	0.384	0.364	0.427	0.418	0.435	0.431	0.540	0.400
西部均值	0.953	0.915	0.936	0.903	0.911	0.998	1.007	1.047	1.065	1.104	0.984
均值	0.786	0.782	0.802	0.831	0.817	0.884	0.890	0.864	0.867	0.877	0.840

济带旅游生态效率依次划分为高效率地区（均值≥1）、中等效率地区（1>均值≥0.8）、较低效率地区（0.8>均值≥0.6）、低效率地区（均值<0.6）。

时间动态上，研究期内：（1）长江经济带旅游生态效率呈明显上升趋势，旅游生态效率均值由2007年的0.786上升至2016年的0.877。（2）从三大分区来看，东部地区的旅游生态效率均值大致呈波动下降趋势，由2007年的1.161降至2016年的1.083。效率均值表现出明显的“M”型变化轨迹，两次最高拐点分别出现在2009年（1.183）和2014年（1.169）。需要指出的是研究期内东部地区旅游生态效率均值为1.144，旅游生态效率处于最佳前沿生产面；中部地区旅游生态效率的绝对值相对较低，基本控制在0.3~0.6之间，属于典型的低效率地区；西部地区旅游生态效率的绝对值相对较高，基本处于0.9~1.2之间，前期属于中等效率阶段，后期跃升为高效率阶段，这可能与西部地区旅游起步晚、尚未进行大规模旅游开发、原始生态环境保护良好有一定的关系。（3）从各省区来看，2007-2016年间，上海和江苏旅游生态效率变化趋势不大，浙江和贵州旅游生态效率呈明显敛缩态势，而安徽、江西、湖北、湖南等7个省区旅游生态效率在研究期内得到显著提升。值得注意的是，四川和云南的旅游生态效率在研究期内分别提升0.757和0.238，增长率分别高达1.388和0.788，旅游生态优化进度远超其他省区。

空间分布上，研究期内：（1）长江经济带旅游生态效率均值为0.840，总体处于中等效率阶段。（2）从三大分区来看，2007-2016年间，旅游生态效率均值总体呈现“东部>西部>中部”的空间分布格局，这表明旅游生态效率既与区域经济发展水平相关，同时还受区域旅游开发层次、旅游发展规模和资源配置效率的影响。以上海为代表的东部地区和以贵州为代表的西部地区均处于高效率阶段，而中部地区基本处于低效率阶段。长江经济带东部地区区位优势明显，社会经济发展水平高，旅游发展模式逐渐集约化、高效化和低碳化，因而旅游经济发展与生态环境协调程度较高；而西部地区位于长江上游，

区域旅游仍处于“发展阶段”，旅游所引发的生态环境问题尚不明显。（3）从省区层面来看，上海、贵州和江苏等省区的旅游生态效率均值均大于1，处于高效率阶段，而安徽、湖北和湖南等省区的旅游生态效率均在0.6以下，属于低效率阶段。在环境规制的压力下，长江经济带各省区充分利用区域旅游资源，推动生态旅游产业发展，区域间的旅游生态效率差异正逐步缩小。

2.2 旅游生态效率时空演化轨迹

图2表明：（1）时间变化趋势上，研究期内长江经济带旅游生态效率整体呈现从左至右、波峰由高到低的“双峰”演变趋势。第一波峰的效率值在0.4附近集聚，第二波峰的效率值在1.5附近集聚，说明长江经济带旅游生态效率存在明显两极分化现象且多位于低效率地区。随时间演变，密度函数的中心逐渐右移，“双峰”型分布特征愈加明显，表明考察期内，长江经济带旅游生态效率增长趋势较为明显，地区差异逐步缩小，旅游产业的经济—资源—环境系统均衡性逐步增强，旅游低碳化和绿色化水平不断提高。

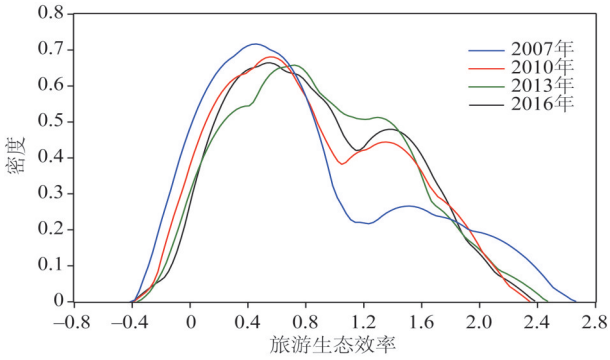


图2 旅游生态效率核密度分析

Fig. 2 Kernel density analysis of tourism eco-efficiency

（2）从整体变化趋势看，2007年、2010年、2013年和2016年均呈“双峰”型分布态势，说明长江经济带各省区旅游生态效率两极分化程度高，高低值区间的差异明显，地区非均衡性依然存在。从波峰的密度值来看，2007-2016年间，前期主要在低水平效率值上集聚，后期第二波峰高度逐渐升高，双峰间的波峰差距进一步缩小，体现出长江经济带旅游生态效率低值区与高值区之间的差距逐渐平衡，进而形成“低低集聚、高高集聚”式的“俱乐部收敛”型“双峰”格局。

由图3和图4可知，研究期内，长江经济带旅游生态效率向东南—西北方向移动，最终向西北方向偏移，标准差椭圆面积不断增加，说明旅游生态效率呈显著提升态势。

从标准差椭圆的分布形状来看，其长半轴始终大于短半轴，呈明显的“东北—西南”方向分布格局。2007-2016年标准差椭圆形状指数先增大后减小，总体不断增大，椭圆形状渐趋正圆，说明长江经济带旅游生态效率集聚特征逐渐显著（图3a）。

从重心移动轨迹及方向来看，以2007年、2010年、2013年和2016年4个年份将研究期分为三个阶段：2007-2010年，旅游生态效率重心向东北方向偏移；2010-2013年，旅游生态效率重心向西北方向偏移；2013-2016年，旅游生态效率重心继续向西北方向偏移（图3b）。在移动距离上，研究期内长江经济带旅游生态效率主要呈向北移动趋势，且向西移动总距离明显大于向东移动总距离。

从主轴长度来看，4个特征时点中，主轴长度呈“U”字形延伸趋势，由2007年的10.004 km先缩短至2010年的9.745 km，再延伸至2013年的9.950 km，直至2016年的10.307 km。表明长江经济带旅游生态效率在“偏东北—偏西南”方向上有所极化，2007-2016年间，主轴长度由10.004 km增加到10.307 km，这表明旅游生态效率在主轴上趋于分散。而从辅轴变化趋势来看，2007-2016年间，其长度由2.348 km逐步延伸至

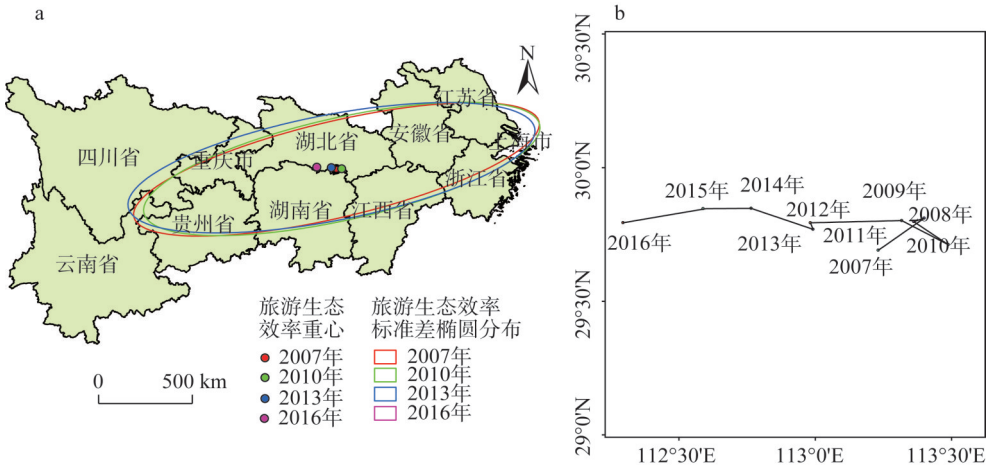


图3　长江经济带旅游生态效率标准差椭圆及其重心偏移轨迹

Fig. 3　Standard deviation ellipse of tourism eco-efficiency and its gravity center in the Yangtze River Economic Belt

2.583 km，表明旅游生态效率在南北和东西方向上均呈现扩张态势，说明其在偏东北—偏西南方向上存在极化现象（图4a）。

从方位角的变化趋势来看，方位角经历了“缩小—增大—略缩小—增大—略缩小”的演化过程。总体来看，2007-2016年间，方位角增大了2.234°，这说明长江经济带旅游生态效率空间分布格局由偏东北—偏西南向正东—正西向偏转了2.234°（图4b）。

综上，2007-2016年长江经济带旅游生态效率重心总体呈现向西北方向移动趋势，说明长江经济带西北方向省区的旅游生态效率呈稳步提升状态。旅游产业开放性较强，东部地区先进的旅游经营管理理念在旅游发展过程中不断向中西部省区传播，加上中西部省区旅游发展水平的提高，旅游发展模式不断优化，旅游绿色生产的资金愈加充足，因而其旅游生态效率得到较大提升。

2.3 长江经济带东、中、西部旅游生态效率空间动态演化特征

如图5所示，东部地区标准差椭圆呈“东南—西北”方向分布，长轴和短轴标准差均逐渐减小，标准差椭圆面积不断缩小，域内旅游生态效率分布趋于极化。其重心偏移

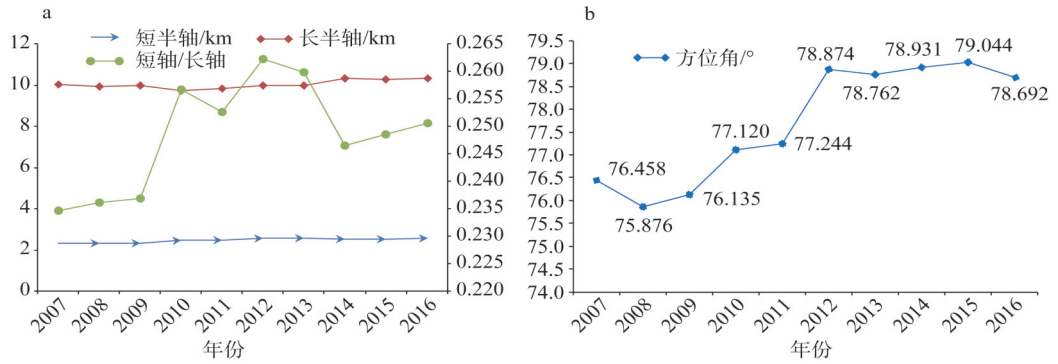
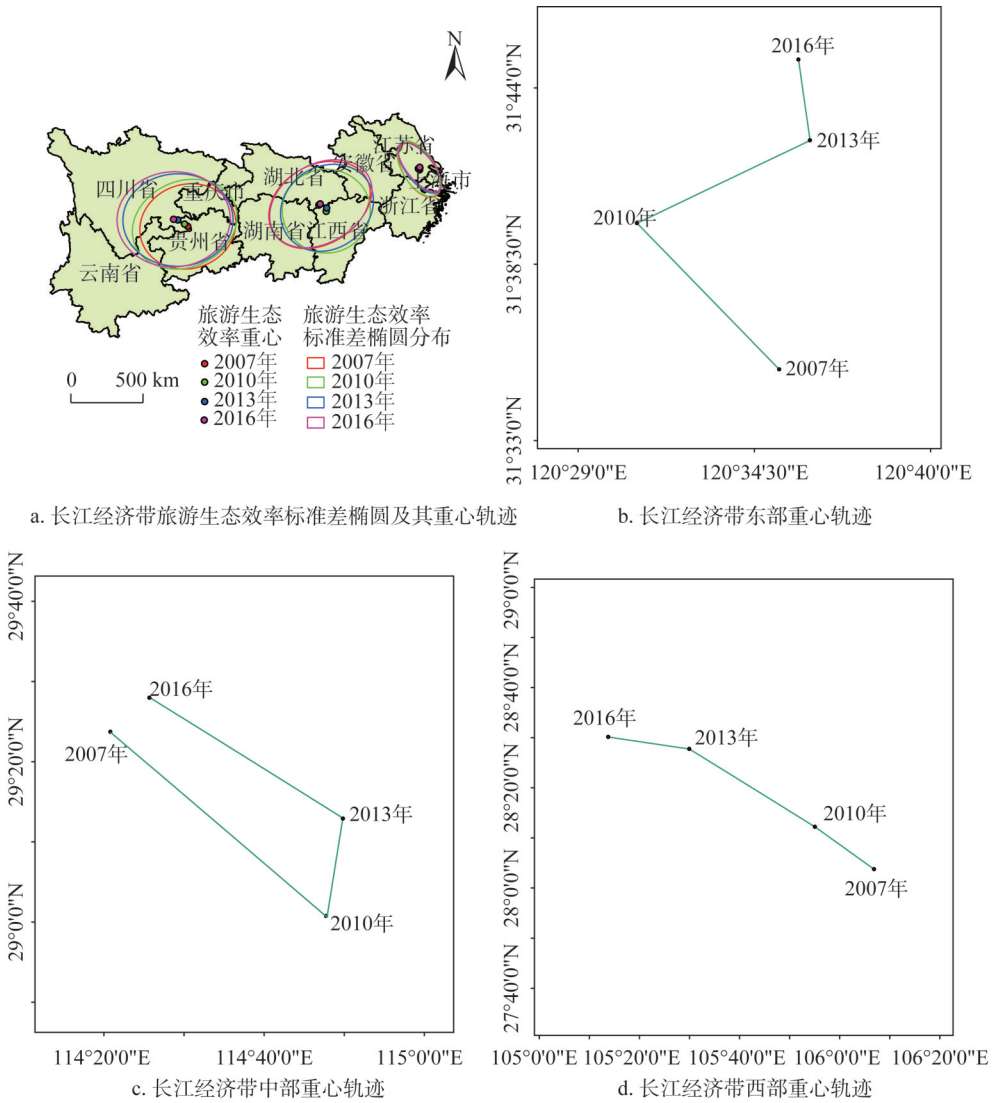


图4　2007-2016年长江经济带旅游生态效率空间分布形态、标准差椭圆长短轴及方位角变化

Fig. 4　The changes of spatial distribution pattern, standard deviation, length axis and azimuth of the tourism eco-efficiency in the Yangtze River Economic Belt from 2007 to 2016



a. 长江经济带旅游生态效率标准差椭圆及其重心轨迹

b. 长江经济带东部重心轨迹

c. 长江经济带中部重心轨迹

d. 长江经济带西部重心轨迹

图5 长江经济带东、中、西部旅游生态效率标准差椭圆及其重心轨迹

Fig. 5 The standard deviation ellipse of tourism eco-efficiency and its locus of gravity center in the eastern, central and western regions of the Yangtze River Economic Belt

轨迹大致呈“西北—东北—西北”走向，偏移距离变化不大，旅游生态效率重心在研究期内始终位于上海市。这可能因为上海区位条件优越，是我国对外开放的窗口城市，能吸收前沿旅游发展理念和生产技术，加之其旅游经济基础雄厚，旅游产业结构合理，持续且稳定的资金投入可较好地改善旅游发展所引发的生态环境问题。

中部地区标准差椭圆呈“西南—东部”走向分布，长轴和短轴标准差椭圆面积皆先缩小后扩大。重心移动轨迹呈开口向西北方向的“U”字形分布，主要移动趋势为“东南—东北—西北”，2007-2016年，重心由湖北省向东南方向移至江西省，后又回到湖北省内。期初湖北省大规模的旅游开发建设引发一系列生态环境问题，而江西省2010年前后制定诸如旅游生态设施规范等旅游环境保护制度与条例，旅游生态效率提高得以保障，而后随着湖北省各级政府逐渐意识到环境保护在旅游发展中的重要地位，加强旅游环境

规制建设，持续投入旅游环保资金，旅游生态效率逐渐上升。西部地区标准差椭圆呈“东南—西北”方向分布，长轴和短轴标准差不断上升，椭圆面积不断扩大，研究期内区域旅游生态效率提升趋势较为显著。根据重心移动规律，其偏移轨迹始终为西北走向。

2.4 旅游经济发展水平

由表2中长江经济带旅游经济发展水平可知，（1）从时序变化来看，长江经济带旅游经济发展总体水平不高但呈波动增长趋势，说明长江经济带旅游经济发展势头良好，正逐渐由低水平增长向高水平迈进。（2）从空间结构来看，长江经济带旅游经济发展水平总体呈“东部>西部>中部”的空间分布格局。具体来看，东部地区的旅游经济发展基础较好，水平较高，但波动下降势头明显；中西部地区旅游经济基础薄弱，发展水平较低，随着近年来其旅游业发展的兴起，旅游经济发展水平出现波动上升趋势；相较于中部地区，西部地区增幅大，增长趋势渐趋稳定，旅游经济的发展逐步实现产业基础深度开发与国家方针政策的有机结合。

表2　2007-2016年长江经济带旅游经济发展水平

Table 2　Tourism economic development level in the Yangtze River Economic Belt from 2007 to 2016

省(市)	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年	2012年	2013年	2014年	2015年	2016年	均值
上海	0.543	0.562	0.546	0.461	0.566	0.427	0.567	0.590	0.579	0.301	0.514
江苏	0.474	0.747	0.644	0.534	0.647	0.480	0.436	0.463	0.407	0.343	0.517
浙江	0.592	0.576	0.499	0.696	0.468	0.567	0.326	0.318	0.261	0.219	0.452
东部均值	0.536	0.628	0.563	0.563	0.560	0.491	0.443	0.457	0.416	0.288	0.495
安徽	0.238	0.214	0.208	0.160	0.371	0.370	0.352	0.353	0.405	0.269	0.294
江西	0.138	0.153	0.261	0.298	0.263	0.250	0.320	0.294	0.298	0.176	0.245
湖北	0.196	0.202	0.248	0.200	0.206	0.136	0.228	0.210	0.246	0.307	0.218
湖南	0.113	0.161	0.113	0.044	0.176	0.099	0.221	0.333	0.408	0.361	0.203
中部均值	0.171	0.182	0.208	0.176	0.254	0.214	0.280	0.297	0.339	0.278	0.240
重庆	0.190	0.215	0.219	0.197	0.271	0.247	0.273	0.151	0.194	0.204	0.216
四川	0.351	0.178	0.364	0.237	0.330	0.340	0.367	0.441	0.448	0.417	0.347
贵州	0.348	0.361	0.380	0.290	0.423	0.311	0.447	0.435	0.458	0.762	0.422
云南	0.267	0.343	0.355	0.249	0.376	0.349	0.446	0.470	0.516	0.556	0.393
西部均值	0.289	0.274	0.330	0.243	0.350	0.312	0.383	0.374	0.404	0.485	0.344
均值	0.320	0.348	0.355	0.316	0.378	0.329	0.362	0.370	0.383	0.345	0.350

2.5 旅游生态效率与经济发展水平互动响应

前述研究发现长江经济带旅游生态效率时空演化趋势与旅游经济时空演化态势存在一定的趋同性，旅游生态效率已成为衡量区域人地系统协调程度与可持续发展水平的重要指标，生态环境与旅游经济发展水平之间相互影响，相互联系，密不可分，生态环境是旅游产业发展基础，为旅游提供自然生态资源，同时也是区域旅游吸引力的重要组成部分[32]；旅游产业的发展立足于对区域人地关系的改造，依托区域良好的自然生态环境，开发旅游景区（点），修建配套设施，设计旅游产品，增强旅游吸引力；旅游产业的发展必须在自然生态环境的承载力内，否则会造成区域生态破坏和环境污染。旅游产业的发展壮大，有助于保障生态保护资金投入、先进理念和技术的引进、旅游利益相关者环保意识的增强，从而促进区域生态环境改善和可持续发展[30]；与此同时，大规模的群体异地性活动，也会造成地区碳排放量的增多，阻滞旅游生态效率的提高。

2.5.1 脉冲响应分析

首先对模型中各序列进行单位根检验以保证研究数据的平稳性，对原始序列出现非平稳的变量采取一阶差分处理（表3）。浙江省的两原始序列及贵州省的旅游生态效率均

表3 平稳性检验

Table 3 Stationary test

分区	省(市)	变量	ADF统计值	临界值			*P*值	结论
				1%	5%	10%		
东部	上海	*EE*	−0.235	−2.847	−1.988	−1.600	0.573	非平稳
		LNEE	−3.185	−2.937	−2.006	−1.598	0.006	平稳
		ED	−0.841	−2.847	−1.988	−1.600	0.323	非平稳
		LNED	−4.763	−2.937	−2.006	−1.598	0.001	平稳
	江苏	*EE*	0.007	−2.847	−1.988	−1.600	0.659	非平稳
		LNEE	−7.122	−2.937	−2.006	−1.598	0.000	平稳
		ED	−0.582	−2.847	−1.988	−1.600	0.437	非平稳
		LNED	−11.752	−3.007	−2.021	−1.597	0.000	平稳
	浙江	*EE*	−1.917	−2.847	−1.988	−1.600	0.056	平稳
		ED	−1.735	−2.886	−1.995	−1.599	0.078	平稳
中部	安徽	*EE*	0.403	−2.847	−1.988	−1.600	0.777	非平稳
		LNEE	−4.249	−3.007	−2.021	−1.597	0.001	平稳
		ED	−0.311	−2.847	−1.988	−1.600	0.544	非平稳
		LNED	−4.121	−2.937	−2.006	−1.598	0.001	平稳
	江西	*EE*	−0.321	−2.847	−1.988	−1.600	0.540	非平稳
		LNEE	−4.815	−3.007	−2.021	−1.597	0.001	平稳
		ED	−0.227	−2.847	−1.988	−1.600	0.576	非平稳
		LNED	−3.491	−2.937	−2.006	−1.598	0.004	平稳
	湖北	*EE*	0.911	−2.847	−1.988	−1.600	0.886	非平稳
		LNEE	−3.328	−3.007	−2.021	−1.597	0.006	平稳
		ED	0.809	−2.886	−1.995	−1.599	0.866	非平稳
		LNED	−7.294	−2.937	−2.006	−1.598	0.000	平稳
	湖南	*EE*	1.275	−2.847	−1.988	−1.600	0.933	非平稳
		LNEE	−5.948	−2.937	−2.006	−1.598	0.000	平稳
		ED	0.417	−2.847	−1.988	−1.600	0.781	非平稳
		LNED	−4.895	−2.937	−2.006	−1.598	0.001	平稳
西部	重庆	*EE*	1.253	−2.886	−1.995	−1.599	0.929	非平稳
		LNEE	−7.355	−2.937	−2.006	−1.598	0.000	平稳
		ED	−0.223	−2.886	−1.995	−1.599	0.573	非平稳
		LNED	−6.405	−2.937	−2.006	−1.598	0.000	平稳
	四川	*EE*	1.713	−2.847	−1.988	−1.600	0.967	非平稳
		LNEE	−5.551	−2.937	−2.006	−1.598	0.000	平稳
		ED	2.128	−2.886	−1.995	−1.599	0.982	非平稳
		LNED	−3.297	−3.007	−2.021	−1.597	0.006	平稳
	贵州	*EE*	−1.933	−2.847	−1.988	−1.600	0.055	平稳
		ED	1.526	−2.886	−1.995	−1.599	0.953	非平稳
		LNED	−5.336	−3.007	−2.021	−1.597	0.001	平稳
	云南	*EE*	2.465	−2.886	−1.995	−1.599	0.989	非平稳
		LNEE	−4.488	−2.937	−2.937	−2.937	0.001	平稳
		ED	1.840	−2.886	−1.995	−1.599	0.971	非平稳
		LNED	−5.982	−3.007	−2.021	−1.597	0.000	平稳

注：*EE*表示旅游生态效率；*ED*表示旅游经济发展水平。

为平稳序列，其余省区均为一阶单整平稳序列。

在序列平稳性的基础上，本文建立长江经济带各省区的VAR模型，并构建旅游生态效率和旅游经济发展水平之间的脉冲响应函数模型（图6）。

（1）东部地区　当受到来自旅游经济发展水平的冲击时，上海对其响应最为显著，响应值在正负之间不断起伏，由第2期的最低值−0.08，到第4期的最高值0.1，随后的第5~第7期再次回到负值，第8期升至0.04，直至第9期和第10期再次下降。其波动程度随时间变化逐渐缩小，说明其受旅游经济发展水平的冲击影响甚微。上海作为我国经济中心，其旅游业的发展，尤其是旅游基础设施的建设与完善，起初依赖于良好的经济基础，后期随着技术水平的提升，旅游经济发展水平的主导作用逐渐削弱。江苏和浙江的旅游生态效率对旅游经济发展水平的响应程度变化不大，江苏省基本处于0值附近且保持平稳状态，浙江省前期出现负值，后期逐渐趋于0值附近保持平稳，表明研究期内其旅游生态效率的发展受旅游经济发展水平的冲击作用尚不显著。从旅游经济发展水平对旅游生态效率的响应程度来看，浙江省表现最为突出，其响应值初期起伏较大且均为正值，后期响应程度逐渐下降并趋于平稳，研究期内的响应值基本均为正值。而上海和江苏响应趋势较为一致，前期在正负值之间反复波动，后期逐渐趋于平稳状态。

（2）中部地区　在旅游生态效率对于旅游经济发展水平的响应中，江西和安徽表现最为显著。江西省最大值为0.14，随后跌至最低值−0.06，此后渐趋稳定。安徽旅游生态效率对旅游经济发展水平呈“M”型响应轨迹，两个至高点出现在第3期和第7期，响应值整体为正，说明安徽的旅游生态效率总体随旅游经济发展水平波动。湖北和湖南的旅游生态效率对旅游经济发展水平的响应程度变化不大，研究期内基本在0值附近徘徊。而在旅游经济发展水平对旅游生态效率的响应路径中，安徽的响应值初期（0.13）较大，随后跌至−0.001，并继续呈“M”型响应路径发展，期间的高值分别为第3~第5期的0.06

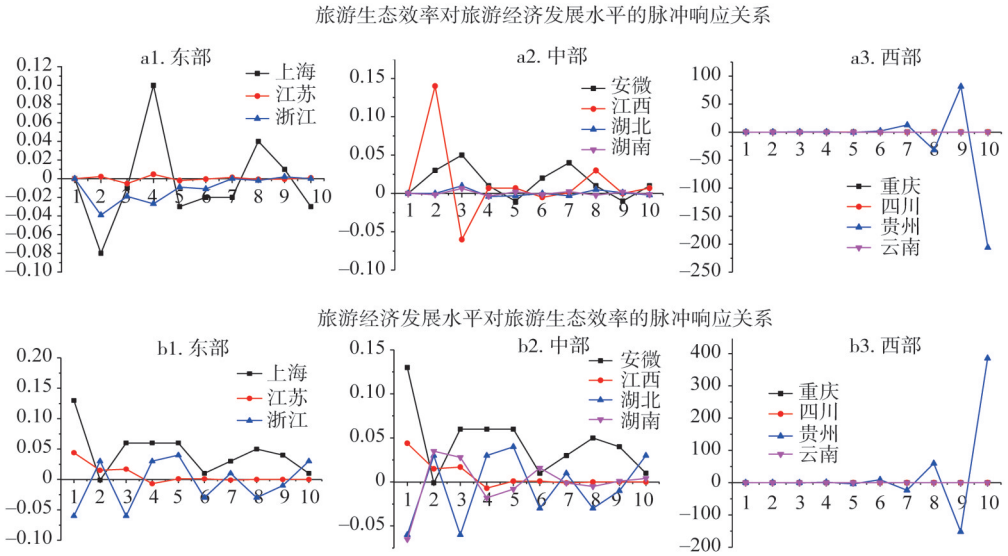


图6　长江经济带东、中、西部旅游生态效率与旅游经济发展水平之间的脉冲响应关系

Fig. 6　The impulse response relationship between tourism eco-efficiency and tourism economic development level in the eastern, central and western regions of the Yangtze River Economic Belt

和第8期的0.05。湖北响应波动较大，且在研究期内始终在正负值之间起伏，后期逐渐趋于上升。江西和湖南的响应值初期起伏较大，在第4期及以后逐渐平稳。

（3）西部地区 在西部地区旅游生态效率和旅游经济发展水平的互动关系中，贵州表现最为显著。在两者的互动响应路径中，重庆、四川和云南在整个研究期内的响应程度偏弱，说明其旅游生态效率与旅游经济发展水平之间的冲击与响应作用尚不显著，旅游生态效率的改善和旅游经济发展水平的提高均受到多方要素的冲击与作用，二者之间的互动效应尚不明显。值得注意的是，贵州省在第8期时出现较大变化。在旅游生态效率对旅游经济发展水平的响应中，贵州省第8期为−32.0029，第9期升至81.2301，第10期降至−206.1259，出现大幅下降趋势；而在旅游经济发展水平对旅游生态效率的响应中，第8期为59.8152，第9期为−151.8635，第10期为385.4015，研究期末表现出迅猛上升趋势。这两大趋势表明研究期末贵州省的旅游生态效率与旅游经济发展水平之间的互动响应较为显著，二者相互影响、相互联系，旅游经济发展水平越高，旅游生态效率改善的经济条件越好，而旅游生态效率的改善，进一步为旅游经济发展水平的提高营造了良好的环境。

2.5.2 方差分解分析

为进一步明晰各冲击结构对内生变量的贡献程度，本文在脉冲响应的基础上对旅游生态效率和旅游经济发展水平进行方差分解（表4、表5）。

（1）从旅游生态效率的方差分解结果来看，东、中、西部旅游经济发展水平对旅游生态效率的贡献率随时间发展而逐渐升高，其中，东部和中部地区旅游经济发展水平对旅游生态效率的贡献率绝对值不大，普遍在40%以下；西部地区旅游经济发展水平对旅游生态效率的贡献率比东部和中部地区略高，重庆和云南基本保持在40%以下，而四川和贵州相对突出，旅游经济发展水平对旅游生态效率的贡献率普遍高于50%。这表明东部和中部地区旅游经济发展水平对旅游生态效率的贡献程度不大，旅游生态效率可能还受到其他变量的冲击和影响；而西部地区旅游资源相对丰富，经济基础较差，丰富的旅游资源伴随着旅游经济实力的增强，其旅游生态效率的增长受旅游经济发展水平的推动作用显著。

表4 旅游生态效率分解

Table 4 The decomposition of tourism eco-efficiency (%)

滞后期	东部			中部				西部			
	上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南
1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2	21.609	0.647	18.867	10.49	7.251	0.005	1.078	26.049	53.862	79.262	3.362
3	15.997	3.935	16.857	30.374	8.310	1.683	16.225	33.063	52.527	88.771	7.521
4	30.358	6.091	18.731	29.724	8.327	1.932	18.863	37.163	59.341	88.865	9.947
5	28.994	6.158	18.500	24.739	8.338	2.033	19.392	39.089	59.940	88.742	10.531
6	28.556	6.089	18.858	26.856	8.345	1.954	19.722	39.740	57.963	88.631	10.561
7	28.398	6.259	18.849	32.269	8.345	1.826	21.286	39.861	60.435	88.583	10.571
8	28.956	6.293	18.879	32.141	8.345	2.067	22.372	39.832	60.272	88.564	10.594
9	28.980	6.303	18.896	30.135	8.345	2.054	23.181	39.798	60.586	88.556	10.629
10	29.172	6.369	18.891	30.669	8.345	2.066	23.536	39.788	60.591	88.553	10.661

表5　旅游经济发展水平分解

Table 5　The decomposition of tourism economic development level　(%)

滞后期	东部			中部				西部			
	上海	江苏	浙江	安徽	江西	湖北	湖南	重庆	四川	贵州	云南
1	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
2	33.858	34.157	11.792	82.605	98.452	99.289	99.826	94.443	97.421	99.674	67.377
3	48.323	23.917	16.745	85.509	94.740	97.022	95.094	90.809	97.163	99.097	44.752
4	47.192	26.353	13.023	86.307	94.016	96.436	93.983	88.331	95.806	98.859	38.931
5	45.772	27.437	13.754	87.723	93.998	96.621	93.709	87.092	96.132	98.752	38.359
6	46.654	26.459	13.162	84.566	93.992	96.835	93.918	86.668	96.119	98.708	38.779
7	46.184	26.71	13.171	84.673	93.988	96.878	93.390	86.596	95.448	98.691	39.362
8	47.196	26.998	13.131	85.091	93.987	96.462	92.923	86.620	95.461	98.684	39.779
9	47.550	26.720	13.079	85.633	93.987	96.473	92.617	86.645	95.411	98.681	39.948
10	47.452	26.676	13.091	84.468	93.987	96.566	92.532	86.653	95.384	98.680	39.997

（2）从旅游经济发展水平分解结果来看，三大分区的旅游生态效率对旅游经济发展水平的贡献程度随时间发展而逐步降低。旅游经济发展水平的提高除受旅游生态效率的推动作用外，基础设施建设、旅游目的地开发管理等诸多方面可能将促进区域旅游经济发展水平的改善。具体来看，东部地区旅游生态效率对旅游经济发展水平的贡献程度相对较低且倾颓幅度较大，这是因为东部地区的经济基础雄厚，旅游经济发展的支撑点较多。而中部和西部地区中，除云南外，其余省区的旅游生态效率对旅游经济发展水平的贡献率基本保持在80%以上，良好的生态环境成为旅游经济发展的助推器。云南早期仰仗于域内优美的自然风光吸引游客前来观光，随着旅游逐渐进入大众消费时代，不断优化旅游产品，民族旅游资源、文化旅游资源逐渐得到广泛开发，旅游经济发展的支撑点更为多元化。

3　结论与讨论

本文以长江经济带为实证区域，基于地理时空二维视角，刻画旅游生态效率时空演化路径与轨迹，结合VAR模型，探析旅游生态效率与旅游经济双向作用关系，主要结论如下：

（1）长江经济带旅游生态效率总体处于中等效率阶段，随时间变化而趋于上升，具体来看，东部地区呈“M”型波动下降，而中部和西部地区则波动上升；空间上呈现出“东部>西部>中部”的空间分布格局，省区层面上，上海（1.787）、贵州（1.616）、江苏（1.325）和重庆（1.051）处于高效率阶段，而浙江（0.319）、安徽（0.451）、湖北（0.404）、湖南（0.310）和云南（0.400）属于低效率阶段。

（2）研究期内长江经济带旅游生态效率整体呈现从左至右、波峰由高到低的“双峰”演变趋势。随着时间发展，密度函数中心右移，“双峰”特征愈加明显，基本形成“低低集聚、高高集聚”式的“俱乐部收敛”型“双峰”格局，旅游生态效率增长趋势明显，地区差异逐步缩小。空间上，旅游生态效率总体呈现“东南—西北”移动趋势。

（3）东部和中部地区的旅游生态效率与旅游经济发展水平脉冲响应前期有所波动，而后趋于平稳，而西部地区二者响应程度不大，仅贵州在研究期末的响应较为显著。方差分解结果表明，东、中、西部旅游经济发展水平对旅游生态效率的贡献率随时间推进而渐趋升高，旅游生态效率对旅游经济发展水平的贡献程度随时间发展而逐步降低。

基于长江经济带旅游生态效率时空差异及其与旅游经济互动响应关系分析，提出如下建议：为提高全流域旅游生态效率，应破除行政区划的条块分割，秉承合作共赢的理念，制定长江经济带旅游生态保护条例，推进长江经济带旅游生态环境保护巡查执法，建立健全长江经济带旅游生态安全信息沟通机制；东部省区应继续发挥其地方财政优势，扩大旅游生态保护治理资金投入，着力改善技术和资源配置能力，充分发挥在区域旅游生态环境修复中的示范引领作用；中西部省区应积极借鉴东部地区旅游发展理念、技术与模式，以生态文明建设为发展主线，创新低碳绿色技术，发挥财政杠杆作用，鼓励旅游企业开发生态旅游产品，降低旅游者碳排放量，提高区域旅游生态效率。

值得注意的是，本文也存在如下不足：首先，将旅游碳排放量作为旅游生产的非期望产出，由于相关理论与实证研究的缺乏，旅游碳排放量测度模型的系数未能针对长江经济带进行调整，从而可能使得部分计算结果过于保守；其次，充分考虑数据可获取性，选取了长江经济带11个省区作为研究靶向，如未来能选取更微观的区域（市域、县域），或能更深刻地反映长江经济带旅游生态环境治理状况；最后，由于篇幅限制，未能对影响长江经济带旅游生态效率的因素及其驱动机制进行探讨，这些问题都有待未来进一步研究与探析。

参考文献(References):

[1] 席建超, 葛全胜. 长江国际黄金旅游带对区域旅游创新发展的启示. 地理科学进展, 2015, 34(11): 1449-1457. [XI J C, GE Q S. The enlightenment of the Yangtze River International Golden Tourism Belt to the innovative development of regional tourism. Progress in Geography, 2015, 34(11): 1449-1457.]

[2] 刘军, 马勇. 旅游可持续发展的视角: 旅游生态效率的一个综述. 旅游学刊, 2017, 32(9): 47-56. [LIU J, MA Y. The perspective of tourism sustainable development: A review of eco-efficiency of tourism. Tourism Tribune, 2017, 32(9): 47-56.]

[3] GOSSLING S, PETTERS P, GERON J P, et al. The eco-efficiency of tourism. Ecological Economic, 2005, 54(4): 417-434.

[4] RAYMOND C, BOOTH A, LOUIS B. Eco-efficiency and SMES in Nova Scotia, Canada. Journal of Cleaner Production, 2006, 14(6-7): 542-540.

[5] MEDINA L F, GOMEZ I G, MARRERO S M. Measuring efficiency of sun & beach tourism destinations. Annals of Tourism Research, 2012, 39(2): 1248-1251.

[6] KYTZIA S, WALZ A, WEGMANN M. How can tourism use land more efficiently? A model-based approach to land use efficiency for tourist destinations. Tourism Management, 2011, 32(3): 629-640.

[7] STEFAN G, PAUL P, JEAN P C, et al. The eco- efficiency of tourism. Ecological Economics, 2005, 54(4): 417-434.

[8] PERCH N S, SESARTIC. The greenhouse gas intensity of tourism sector: The case of Switzerland. Environment Science & Policy, 2010, 13(2): 131-140.

[9] QIU X P, FANG Y P, YANG X T, et al. Tourism eco-efficiency measurement, characteristics, and its influence factors in China. Sustainability, 2017, 9(9): 16-34.

[10] KELLY J, HAIDER W, WILLIAMS P W, et al. Stated preferences of tourists for eco-efficient destination planning options. Tourism Management, 2007, 28(2): 377-390.

[11] EILLY J, PETE WILLIAMS P, HAIDER W. Moving towards more eco-efficient tourist transportation to a resort destination: The case of Wtler, British Columbia. Research in Transportation Economics, 2010, 26(1): 66-73.

[12] DWYER L, FORSYTH P, SPURR R, et al. Estimating the carbon footprint of Australian tourism. Journal of Sustainable Tourism, 2010, 18(3): 355-376.

[13] CALEMA S, RAZVAN S M, BREDA Z, et al. An input-output approach of CO_2 emissions in tourism sector in post-communist Romania. Procedia Economics and Finance, 2012, 3: 987-992.

[14] 姚治国, 陈田. 国外旅游生态效率研究综述. 自然资源学报, 2015, 30(7): 1222-1231. [YAO Z G, CHEN T. Review on overseas tourism eco-efficiency studies. Journal of Natural Resources, 2015, 30(7): 1222-1231.]

[15] 蒋素梅, 幸岭. 旅游业生态效率研究: 以昆明市为例. 旅游研究, 2014, 6(2): 14-19. [JIANG S M, XING L. Study of the eco-efficiency of tourism industry: Taking Kunming as an example. Tourism Research, 2014, 6(2): 14-19.]

[16] 姚治国, 陈田, 尹寿兵, 等. 区域旅游生态效率实证分析: 以海南省为例. 地理科学, 2016, 36(3): 417-423. [YAO Z G, CHEN T, YIN S B, et al. Regional tourism eco-efficiency model and an empirical research of Hainan province. Scientia Geographica Sinica, 2016, 36(3): 417-423.]

[17] 彭红松, 章锦河, 韩娅, 等. 旅游地生态效率测度的SBM-DEA模型及实证分析. 生态学报, 2017, 37(2): 628-638. [PENG H S, ZHANG J H, HAN Y, et al. Measurement and empirical analysis of eco-efficiency in tourism destinations based on a Slack-based Measure-Data Envelopment Analysis model. Acta Ecologica Sinica, 2017, 37(2): 628-638.]

[18] 钟永德. 旅游业碳排放计量与生态效率评价. 旅游学刊, 2016, 31(9): 11-12. [ZHONG Y D. Carbon emission measurement and ecological efficiency evaluation of tourism. Tourism Tribune, 2016, 31(9): 11-12.]

[19] 姚治国, 陈田. 旅游生态效率模型及其实证研究. 中国人口·资源与环境, 2015, 25(11): 113-118. [YAO Z G, CHEN T. Tourism eco-efficiency model and an empirical research. China Population, Resources and Environment, 2015, 25 (11): 113-118.]

[20] 刘佳, 陆菊. 中国旅游产业生态效率时空分异格局及形成机理研究. 中国海洋大学学报: 社会科学版, 2016, (1): 50-59. [LIU J, LU J. Research of the time-space differentiation pattern and formation mechanism of China's tourism industry eco-efficiency. Journal of Ocean University of China: Social Sciences, 2016, (1): 50-59.]

[21] 侯孟阳, 姚顺波. 1978-2016年中国农业生态效率时空演变及趋势预测. 地理学报, 2018, 73(11): 2168-2183. [HOU M Y, YAO S B. Spatial-temporal evolution and trend prediction of agricultural eco-efficiency in China: 1978-2016. Acta Geographica Sinica, 2018, 73(11): 2168-2183.]

[22] 周婷, 牛安逸, 马姣娇, 等. 国家湿地公园时空格局特征. 自然资源学报, 2019, 34(1): 26-39. [ZHOU T, NIU A Y, MA J J, et al. Spatio-temporal pattern of national wetland parks. Journal of Natural Resources, 2019, 34(1): 26-39.]

[23] 杨浩, 张灵. 京津冀地区产业结构演进及城市化进程对空气质量影响的实证研究. 中国人口·资源与环境, 2018, 28 (6): 111-119. [YANG H, ZHANG L. An empirical study of the impact of evolution of industrial structure and urbanization on air quality in Beijing-Tianjin-Hebei region. China Population, Resources and Environment, 2018, 28(6): 111-119.]

[24] 李鹏, 张俊飚. 森林碳汇与经济增长的长期均衡及短期动态关系研究: 基于中国1998-2010年省级面板数据. 自然资源学报, 2013, 28(11): 1835-1845. [LI P, ZHANG J B. Research on the long-term and short-term dynamic relationship between carbon forestry development and economic growth: Based on the provincial panel data of China in 1998-2010. Journal of Natural Resources, 2013, 28(11): 1835-1845.]

[25] 林文凯, 林璧属. 区域旅游产业生态效率评价及其空间差异研究: 以江西省为例. 华东经济管理, 2018, 32(6): 19-25. [LIN W K, LIN B S. Ecological efficiency evaluation and its spatial differences of regional tourism industry: A case of Jiangxi province. East China Economic Management, 2018, 32(6): 19-25.]

[26] 章锦河, 张捷, 梁玥琳, 等. 九寨沟旅游生态足迹与生态补偿分析. 自然资源学报, 2005, 20(5): 735-744. [ZHANG J H, ZHANG J, LIANG Y L, et al. An analysis of touristic ecological footprint and ecocompensation of Jiuzhaigou in 2002. Journal of Natural Resources, 2005, 20(5): 735-744.]

[27] BECKEN S. Analysing international tourist flows to estimate energy use associated with air travel. Journal of Sustainable Tourism, 2002, 10(2): 114-131.

[28] 石培华, 吴普. 中国旅游业能源消耗与CO_2排放量的初步估算. 地理学报, 2011, 66(2): 235-243. [SHI P H, WU P. A rough estimation of energy consumption and CO_2 emission in tourism sector of China. Acta Geographica Sinica, 2011, 66(2): 235-243.]

[29] 王坤, 黄震方, 曹芳东. 中国旅游业碳排放效率的空间格局及其影响因素. 生态学报, 2015, 35(21): 7150-7160. [WANG K, HUANG Z F, CAO F D. Spatial pattern and influencing factors of carbon dioxide emissions efficiency of tourism in China. Acta Ecologica Sinica, 2015, 35(21): 7150-7160.]

[30] 王兆峰, 霍菲菲, 徐赛. 湘鄂渝黔旅游产业与旅游环境耦合协调度变化. 经济地理, 2018, 38(8): 204-213. [WANG Z F, HUO F F, XU S. Coupled development and regional differences between tourism industry and tourism environments in Hunan, Hubei, Chongqing and Guizhou. Economic Geography, 2018, 38(8): 204-213.]

[31] 马勇, 李丽霞, 任洁. 神农架林区旅游经济—交通状况—生态环境协调发展研究. 经济地理, 2017, 37(10): 215-220, 227. [MA Y, LI L X, REN J. Coordination development research among the tourism economy-traffic condition-ecological environment in Shengnongjia forest district. Economic Geography, 2017, 37(10): 215-220, 227.]

[32] 高杨, 马耀峰, 刘军胜. 旅游业—城市化—生态环境耦合协调及发展类型研究: 以京津冀地区为例. 陕西师范大学学报: 自然科学版, 2016, 44(5): 109-118. [GAO Y, MA Y F, LIU J S. Study on the coupling coordinative development and types among tourism, urbanization and ecological system: A case study of Beijing-Tianjin-Hebei area. Journal of Shaanxi Normal University: Natural Science Edition, 2016, 44(5): 109-118.]

[33] 陈志建, 刘月梅, 刘晓, 等. 经济平稳增长下长江经济带碳排放峰值研究: 基于全球夜间灯光数据的视角. 自然资源学报, 2018, 33(12): 2213-2222. [CHEN Z J, LIU Y M, LIU X, et al. Research on carbon emission peak in Yangtze River Economic Zone with steady economic growth: Based on data of global night-time light. Journal of Natural Resources, 2018, 33(12): 2213-2222.]

[34] 王贺封, 石忆邵, 尹昌应. 基于DEA模型和Malmquist生产率指数的上海市开发区用地效率及其变化. 地理研究, 2014, 33(9): 1636-1646. [WANG H F, SHI Y S, YIN C Y. Land use efficiencies and their changes of Shanghai's development zones employing DEA model and Malmquist productivity index. Geographical Research, 2014, 33(9): 1636-1646.]

The spatio-temporal evolution of tourism eco-efficiency in the Yangtze River Economic Belt and its interactive response with tourism economy

WANG Zhao-feng, LIU Qing-fang

(Tourism College of Hunan Normal University, Changsha 410081, China)

Abstract: Tourism eco-efficiency is an important index to measure the coordination degree of regional human-land system and sustainable development level. Firstly, the Super-SBM model of non-expected output is used to measure the tourism eco-efficiency of 11 provincial-level areas in the Yangtze River Economic Belt from 2007 to 2016. Secondly, by means of non-parametric kernel density estimation, standard deviation ellipse and gravity center model, the spatio-temporal evolution trajectory of tourism eco-efficiency in the economic belt is described. Finally, VAR model is applied to explore the interactive response relationship between tourism eco-efficiency and tourism economic development level. The results show that: (1) The tourism eco-efficiency of the Yangtze River Economic Belt is generally in the

stage of medium efficiency and tends to increase with time. Specifically, the tourism eco-efficiency in the eastern region fluctuates in an "M" pattern and decreases on the whole, while the tourism eco-efficiency in the central and western regions shows a fluctuated increase. On the provincial level, the tourism eco-efficiency in Shanghai (1.787), Guizhou (1.616), Jiangsu (1.325) and Chongqing (1.051) are in the stage of high efficiency, while that in Zhejiang (0.319), Anhui (0.451), Hubei (0.404), Hunan (0.310) and Yunnan (0.400) are in the stage of low efficiency. (2) During the research period, the tourism eco-efficiency in the Yangtze River Economic Belt presents a trend of "double peaks" from left to right and from high to low as a whole. With the elapse of time, the center of density function moves to the right, and the characteristics of "double peaks" become more and more obvious, basically forming a pattern of "double peaks" and "club convergence" phenomenon of "low concentration and high agglomeration". The growth trend of tourism eco-efficiency is obvious, and the regional differences is gradually narrowed. The overall tourism eco-efficiency shows a movement trend from southeast to northwest in the spatial distribution. (3) The impulse response of the tourism eco-efficiency and the tourism economic development level in the eastern and central regions fluctuated in the early stage and then tended to be stable, while the response of the two in the western region was not significant. At the end of the study, the impulse response of the tourism eco-efficiency and the tourism economic development level in Guizhou shows a significant response. The results of variance decomposition show that the contribution rate of the tourism economic development level to the tourism eco-efficiency in the eastern, central and western regions increases gradually with the development of time, and the contribution rate of the tourism eco-efficiency to the tourism economic development level decreases gradually with the elapse of time.

Keywords: tourism eco-efficiency; tourism economic; interactive response; Super-SBM model; the Yangtze River Economic Belt