

# 长江经济带省域旅游碳减排潜力 与旅游碳排放效率的交互响应

宋娜 原一敏

燕山大学经济管理学院 新疆科技学院文化与传媒学院

**摘要：**文章运用基于公平与效率双重视角的旅游碳减排潜力指数测度 2010—2020 年长江经济带旅游碳减排潜力，采用基尼系数和标准差椭圆模型分析其区域差异与时空演变特征，并进一步采用 PVAR 模型探讨旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率之间的交互效应。结果如下：(1)长江经济带旅游碳减排潜力整体呈波动式下降趋势，且形成“下游>中游>上游”的空间分布特征。(2)长江经济带旅游碳减排潜力基尼系数总体水平呈现波动缩小的态势，超变密度和区域间差异是总体差异的主要来源。(3)长江经济带旅游碳减排潜力标准差椭圆呈明显的“东北—西南”向分布格局，重心呈现向“西南—东北”方向移动的趋势。(4)长江经济带地区旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率之间呈相互影响的负向动态关系，且二者互为格兰杰原因。

**关键词：**旅游碳减排潜力；基尼系数；标准差椭圆；PVAR 模型；长江经济带

**中图分类号：**F592.7      **文献标志码：**A      **文章编号：**1000 - 8462 (2023) 07 - 0225 - 09

**DOI：**10.15957/j.cnki.jjdl.2023.07.022

**作者简介：**宋娜（1978—），女，硕士，副教授，硕士生导师，研究方向为区域旅游经济。E-mail:songna780210@126.com；\*原一敏（1999—），女，硕士研究生，研究方向为区域旅游经济。E-mail:yym19990212@163.com；

**收稿日期：**2022-04-09

**基金：**河北省自然科学基金项目（G2020203023）；河北省高等学校人文社会科学研究项目（SQ2023109）；

党的二十大报告指出，中国将积极参与应对气候变化全球治理。联合国政府间气候变化专门委员会（Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC）在 2023 年 3 月发布第六次评估报告，认为如果从现在开始减少温室气体排放，在 2030 年前排放量将减少近 50%。2018 年 5 月 7 日英国《自然·气候变化》杂志发表的一篇文章指出，国际旅游业的碳足迹占全球温室气体排放的 8%，是之前预计的近 4 倍。旅游业的能源消耗与碳排放严重影响着全球气候变化，旅游业作为国民经济发展的战略性新兴产业，积极稳妥推进碳减排工作对促进我国旅游业的可持续发展与国民经济的高质量发展具有重要意义。

碳减排潜力的研究方法主要包含以下方面：①运用效率值测算。基于非径向 DEA 模型[1]、RAM-DEA 模型[2]、超效率 SBM-DEA[3]、非期望产出的 SBM-DEA 模型[4]等测算效率值作为测算碳减排潜力的研究指标，主要涉及工业[5]、农业[6]两个领域。②情景分析法。运用情景分析法去测算国家[7]、区域[8]、省域[9]、市域[10]等不同空间尺度的钢铁[11]、交通[12]、电力[13]、煤炭[14]、建筑[15]、水泥[16]等不同行业的碳减排潜力。③构建指标体系法。Wei 等提出基于加权公平和效率模型构

建 CO2 减排能力指数[17]，引起学者的广泛关注，如 Liang 等基于减排潜力指数的公平和效率对京津冀城市的减排潜力进行定量分析[18]。冯冬等运用基于公平性和效率性原则的减排潜力指数对各城市的减排潜力进行了定量分析[19]。王凯等基于公平与效率双重视角评估我国各省的旅游业碳减排潜力[20, 21]。除此之外，还有学者基于公平与效率双重视角对我国工业[22]和农业[23]的碳减排潜力进行测算。

情景分析法能够在未来变化细微的情况下对研究对象的发展趋势预测出较为准确的结果[24]，但依赖于人为的情景和参数设置较多，研究中的不确定性风险增加[25]。效率法需设定最优效率值作为参照，计算当前情况与最优情况的差距测算出减排潜力[26]，进行多维度的数据对比分析的优势明显[24]，但测算碳减排潜力时由于采用不同的前沿面、不同的改进方法、是否考虑非合意等均会影响研究结果[26]。碳减排潜力指数是基于加权公平和效率指数构建的，很好地兼顾了公平性、效率性和可操作性，使得测算结果更为全面和精准。因此，本文参考 Wei 等[17]构建的碳减排潜力指数测算旅游碳减排潜力。

碳排放效率和减排潜力二者之间的关系逐渐引起国内外学者的关注，通过在不同案例地对两者关系的研究，发现产生了不同的研究结果，因此二者关系及作用机理还有待于进一步探究。胡剑波、丁利春等认为碳排放效率与碳减排潜力呈负相关关系[27, 28]，Bian 等研究发现经济高度发达的东部地区实现了更高的碳排放效率，且碳减排潜力比例最低；而最不发达的西部地区实现了最低的效率，且碳减排潜力比例最大[29]。陈卫东等亦认为经济发达地区的碳减排成本相对较高，因此减排潜力相对较小[30]。但也有学者对其有不同看法。Yu 等指出 2005—2020 年经济发达的江苏、天津、山东、北京和黑龙江等地区的减排潜力超过减排总量的 60%，在实现碳减排目标方面发挥关键作用[31]。Wang 等分析了 2016—2025 年我国推行五种废物处理技术对能源循环管理的影响，研究表明广东、江苏等经济发达省份具有较高的碳减排潜力[32]。以上学者的研究探索，说明旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率存在一定的关联，选取典型案例地和合理的研究方法进行研究，有利于探索两者深度交互机理关系。

综上所述，目前学界对碳减排潜力的研究多集中在工业、农业两大领域，对旅游业碳减排潜力的研究比较缺乏。长江经济带 CO2 排放占全国总碳排放量的 37.5%，且仍有增长趋势，其率先实现碳减排目标对我国生态文明建设意义重大。因此，本文以 2010—2020 年长江经济带 11 省市为研究样本，运用基于公平与效率双重视角的旅游碳减排潜力指数测度旅游碳减排潜力，采用基尼系数和标准差椭圆模型分析其区域差异与时空演变特征，并进一步采用 PVAR 模型探讨旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率之间的交互效应。

## 1 方法与数据

### 1.1 研究方法

#### 1.1.1 碳排放总量/能源消耗的测度

采用“自下而上”法对长江经济带各省市旅游业所产生的碳排放量和能源消耗进行测度。将旅游业划分为旅游交通、旅游住宿及旅游活动等 3 个部门，分别计算各个部门并汇总得到旅游业碳排放量和能源消费，具体计算公式参见文献[33]。

$$E^t = \sum_{j=1}^3 E_j^t = E_1^t + E_2^t + E_3^t \quad (1)$$

式中： $E_t$  表示长江经济带各省市旅游业碳排放总量/能源消耗； $E_{jt}$  表示  $t$  年旅游业  $j$  部门的碳排放量/能源消耗； $E_{1t}$ 、 $E_{2t}$ 、

$E3t$  分别表示旅游交通、旅游住宿、旅游活动的碳排放量/能源消耗。

### 1.1.2 旅游碳减排潜力指数模型

借鉴相关研究成果[17, 20], 采用兼顾公平原则和效率原则的碳减排潜力指数来反映减排潜力, 数值越大碳减排潜力指数越高。其公式为:

$$ACACl_{it} = \omega \cdot Equity_{it} + (1 - \omega) \cdot Efficiency_{it}$$

$$Equity_{it} = \frac{1}{2} \cdot PC + \frac{1}{2} \cdot PP \quad (2)$$

$$Efficiency_{it} = \frac{1}{2} \cdot CI + \frac{1}{2} \cdot P_c$$

式中:  $i$  为长江经济带各省市;  $t$  为年份;  $ACACl_{it}$  为长江经济带  $i$  省市在时期  $t$  的旅游碳减排潜力值;  $\omega$  为权重, 均赋权为 0.5;  $Equity_{it}$  表示  $i$  省市在  $t$  时期的旅游碳减排公平指数, 包含赋予同等重要性的游客人均碳排放量  $PC$  和人均旅游收入  $PP$  两个指标;  $Efficiency_{it}$  表示  $t$  年  $i$  省市的旅游碳减排效率指数, 包含赋予等权重的旅游碳排放强度  $CI$  和旅游碳排放影子价格  $P_c$  两个指标。为消除量纲的影响, 需要对所有指标进行标准化处理后代入公式, 游客人均碳排放量、人均旅游收入和旅游碳排放强度指标需进行正向标准化处理, 旅游碳排放影子价格指标需进行逆向标准化处理。

### 1.1.3 Dagum 基尼系数

Dagum 基尼系数既可以计算整体、区域内和区域间的基尼系数, 又能将基尼系数分解以深入了解其差异来源, 主要分解为区域内差异贡献、区域间净值差异贡献和超变密度贡献。区域内基尼系数衡量长江经济带上中下游地区内部各省区之间旅游碳减排潜力的差异, 区域间基尼系数衡量长江经济带上中下游不同区域间碳减排潜力的差异, 超变密度是将长江经济带划分为上中下游地区时由于交叉项的存在对总差异产生的影响差异。此外, 基尼系数还可以解决样本数据间交叉重叠的问题。具体计算公式详见王林蔚等[34]。

### 1.1.4 标准差椭圆

采用标准差椭圆分析方法的中心坐标、方位角、面积、长半轴和短半轴等描述长江经济带旅游碳减排潜力的空间特征与演化趋势。以旅游碳减排潜力的平均分布中心为重心, 重心移动方向反映了长江经济带旅游碳减排潜力分布变化的空间轨迹。以旅游碳减排潜力分布的主趋势方向为方位角, 长、短半轴反映了旅游碳减排潜力在空间分布中的离散程度和集聚程度。具体计算公式详见付永虎等[35]。

### 1.1.5 PVAR 面板向量自回归模型

本文采用 PVAR 模型构建长江经济带旅游碳减排潜力和旅游碳排放效率的面板向量自回归模型进行研究, 利用脉冲响应及方

差分明确变量间的复杂联系。

$$Y_{it} = \gamma_0 + \sum_{j=1}^k \gamma_j Y_{it-j} + \alpha_i + \beta_i + \varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中：i 和 t 分别代表省市和年份；j 代表滞后阶数； $\gamma_j$  代表滞后 j 阶的系数矩阵； $Y_{it-j}$  表示 j 阶滞后项； $\gamma_0$  为截距项； $Y_{it}$  表示包含旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率两个变量的向量； $\alpha_i$  和  $\beta_i$  分别表示个体固定效应和时间效应向量； $\varepsilon_{it}$  为随机误差项。

## 1.2 指标选取与数据来源

### 1.2.1 指标选取

借鉴已有研究成果[19, 20, 23]，基于研究数据的可获得性与旅游业的实际情况，选取以下 4 项指标：①游客人均碳排放量，取 11 个省市各年的旅游业碳排放总量与各年的旅游入次数之比；②人均旅游收入，取 11 个省市各年的旅游总收入与各年的旅游从业人员数量之比；③旅游业碳排放强度，取 11 个省市各年的旅游业碳排放总量与各年的旅游总收入之比；④旅游业碳排放影子价格，运用 MaxDEA 软件，基于非期望产出的超效率 SBM 模型测算得到长江经济带 11 省市各年的旅游业碳排放影子价格。以旅游业固定资产投资额、旅游业从业人员总数和旅游业能源消耗量作为投入要素指标，以旅游业总收入为期望产出指标，以旅游业碳排放量为非期望产出指标（表 1）。

表 1 旅游业碳排放影子价格指标体系

指标类别	指标特征	具体指标
投入指标	劳动力要素	旅游业从业人员总数（万人）
	资本要素	旅游业固定资产投资额（亿元）
	能源要素	旅游业能源消耗总量（亿 MJ）
产出指标	期望产出	旅游业总收入（亿元）
	非期望产出	旅游业碳排放量（万 t）

### 1.2.2 数据来源

本文以长江经济带 11 省市作为研究区域，研究时段为 2010—2020 年。本文所涉及的相关数据均来源于《中国旅游统计年鉴》《中国文化和旅游统计年鉴》和长江经济带各省市统计年鉴与国民经济和社会发展统计公报等。同时，本文将长江经济带 11 个省市按长江上中下游划分为 3 个区域。

## 2 结果与分析

### 2.1 长江经济带旅游碳减排潜力演变特征

#### 2.1.1 时序变化

整体而言,长江经济带旅游碳减排潜力呈现波动式下降趋势,均值从2010年的0.476下降至2020年的0.415。分地区而言,上中下游的旅游碳减排潜力均值分别为0.354、0.367和0.406,区域之间差异较小,呈现出下游高于中游,中游高于上游的空间分布特征,部分数据见表2。

由图1可知,长江经济带除上海、湖北和四川的旅游碳减排潜力有所上升外,其他省市均呈下降趋势。从各省市的平均潜力指数来看,浙江、江苏和云南的旅游碳减排潜力均值大于0.4,减排空间较大,这3个省的旅游业起步较早且发展相对成熟,早期粗放式开发形成的累积效应,使得碳减排潜力数值较高,随着人们对高质量环境的追求,推动旅游产业从粗放开发向统筹整合和集约开发转变,更加注重资源节约和生态环境保护,碳减排潜力指数降低。小于0.3的省份仅有贵州,减排空间较小,贵州森林覆盖率高达62.12%,被誉为中国的“绿色走廊”,拥有丰富的自然生态旅游资源和良好的生态环境。其余省市的碳减排潜力介于0.3~0.4之间,仍有一定的减排空间。随着长江经济带发展战略的深入实施,在保证自身旅游业经济效益的情况下,碳减排潜力较大的省市也应承担相对较多的碳减排责任。

表2 长江经济带11省市旅游碳减排潜力指数

地区	2010	2012	2014	2016	2018	2020
上海	0.351	0.177	0.282	0.489	0.473	0.487
浙江	0.673	0.562	0.371	0.468	0.406	0.444
江苏	0.524	0.459	0.428	0.444	0.271	0.475
安徽	0.513	0.310	0.268	0.348	0.263	0.407
江西	0.545	0.406	0.272	0.293	0.329	0.478
湖南	0.512	0.445	0.261	0.361	0.254	0.412
湖北	0.421	0.250	0.277	0.363	0.351	0.527
云南	0.659	0.366	0.598	0.465	0.288	0.313
贵州	0.342	0.301	0.267	0.301	0.291	0.317
重庆	0.293	0.375	0.267	0.406	0.396	0.287

---

四川	0.405	0.285	0.280	0.403	0.353	0.421
----	-------	-------	-------	-------	-------	-------

---

## 2.1.2 区域特征

### 2.1.2.1 基尼系数

①区域内差异。如图2所示，2010—2020年长江经济带旅游碳减排潜力总体水平的基尼系数均值为0.133，呈现波动缩小的态势，由2010年的0.142下降到2020年的0.101，表明随着各地区旅游业的发展，基础设施不断完善，促进了各地区间的旅游交流与合作，缩小了长江经济带旅游碳减排潜力发展水平差异。

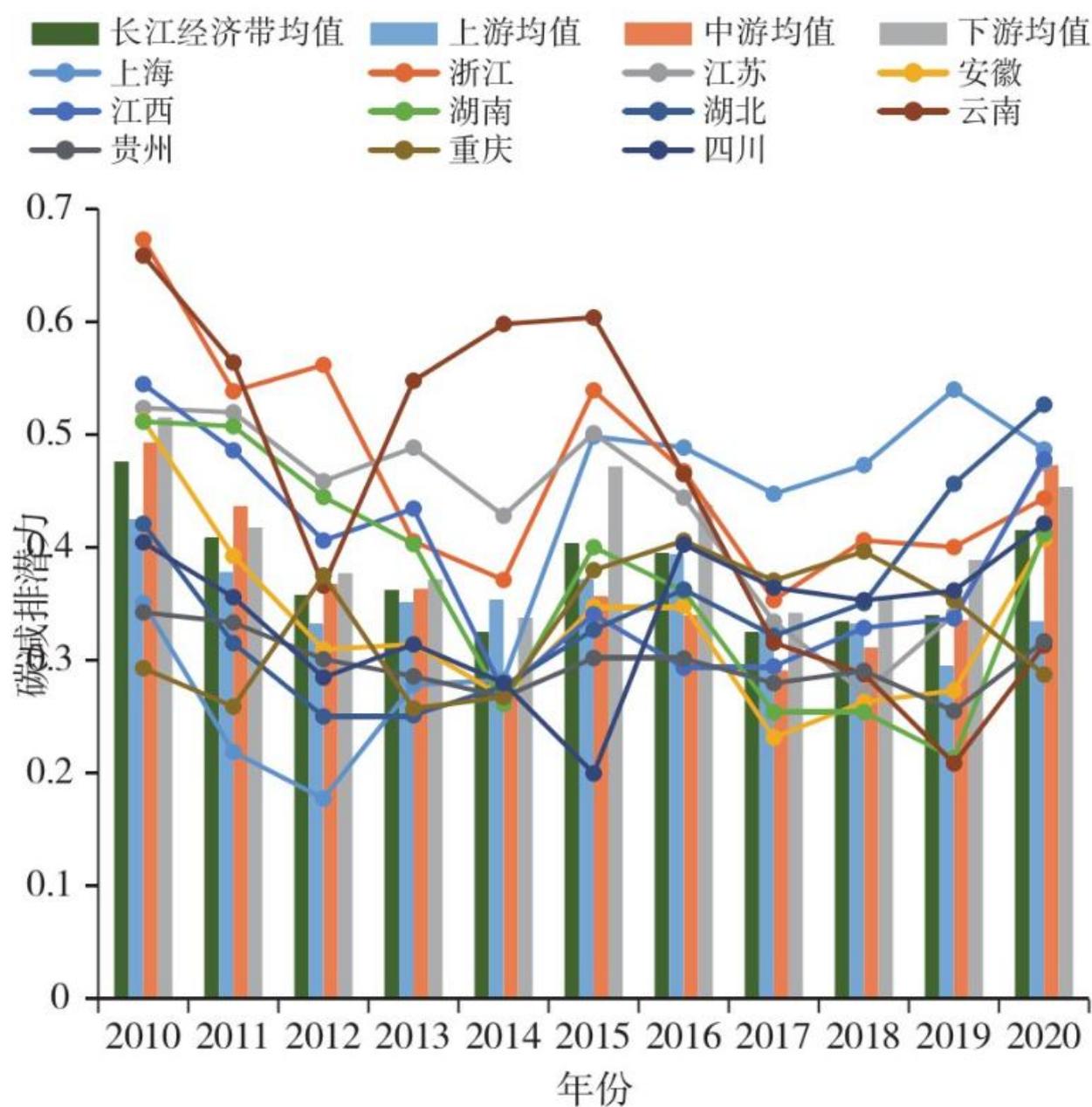


图 1 2010—2020 年长江经济带旅游碳减排潜力

进一步分析上中下游地区内基尼系数的演变趋势：一方面，从变动趋势来看，上中下游地区的区域内基尼系数均呈现不断波动下降的态势。上游和下游地区内部差异表现出收敛趋势，中游地区内部差异缩小趋势不明显。另一方面，从上中下游的空间分异程度来看，上游地区内部差异最大，其次是下游地区，中游地区内部差异最小。上游地区内部差异较大，主要原因是云南旅游碳减排潜力水平均值排名第二，贵州旅游碳减排潜力最低。而下游地区包含浙江（排名第 1）和江苏（排名第 3）旅游碳减排潜力发展水平较高的省份。此外，上中下游地区内部差异年均降低率依次为-5.56%、-0.36%和-6.89%，表明尽管上游和下游地区内部差异大，但差距缩小速度也快。

②区域间差异。长江经济带旅游碳减排潜力发展水平区域间差异如图 3 所示。第一，从区域间演化过程来看，上中下游地区两两之间的基尼系数在 2010—2020 年均呈现波动下降状态，上游与中游、上游与下游以及中游与下游地区间基尼系数年均降低率分别为-1.75%、-3.63%和-5.15%，表明区域间旅游碳减排潜力差距不断收敛，实现区域共同减排。第二，从区域间差异大小来看，上游与下游地区之间的碳减排潜力差异最大，均值为 0.139，上游与中游和中游与下游地区之间的差异相对较小，均值分别为 0.123 和 0.117。上游与下游地区之间的差异最大，这主要是由于西部地区与东部地区在经济发展水平、地理区位因素与旅游基础设施建设等方面差异较大，随着科技的进步与经济的发展，突破了地缘限制，使得上游与下游地区旅游碳减排潜力的发展更加均衡。

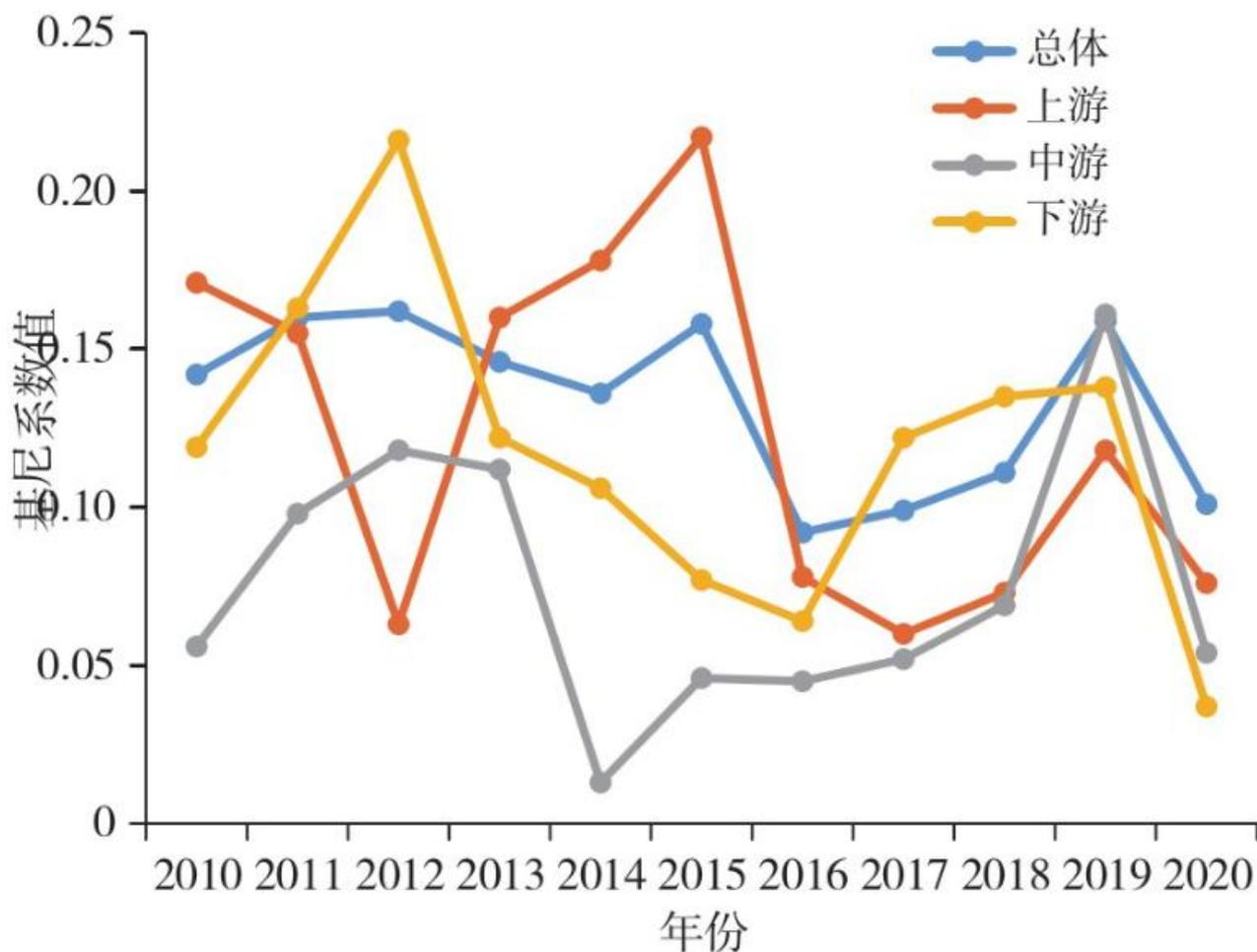


图 2 长江经济带及上游、中游、下游地区基尼系数差异及变化趋势

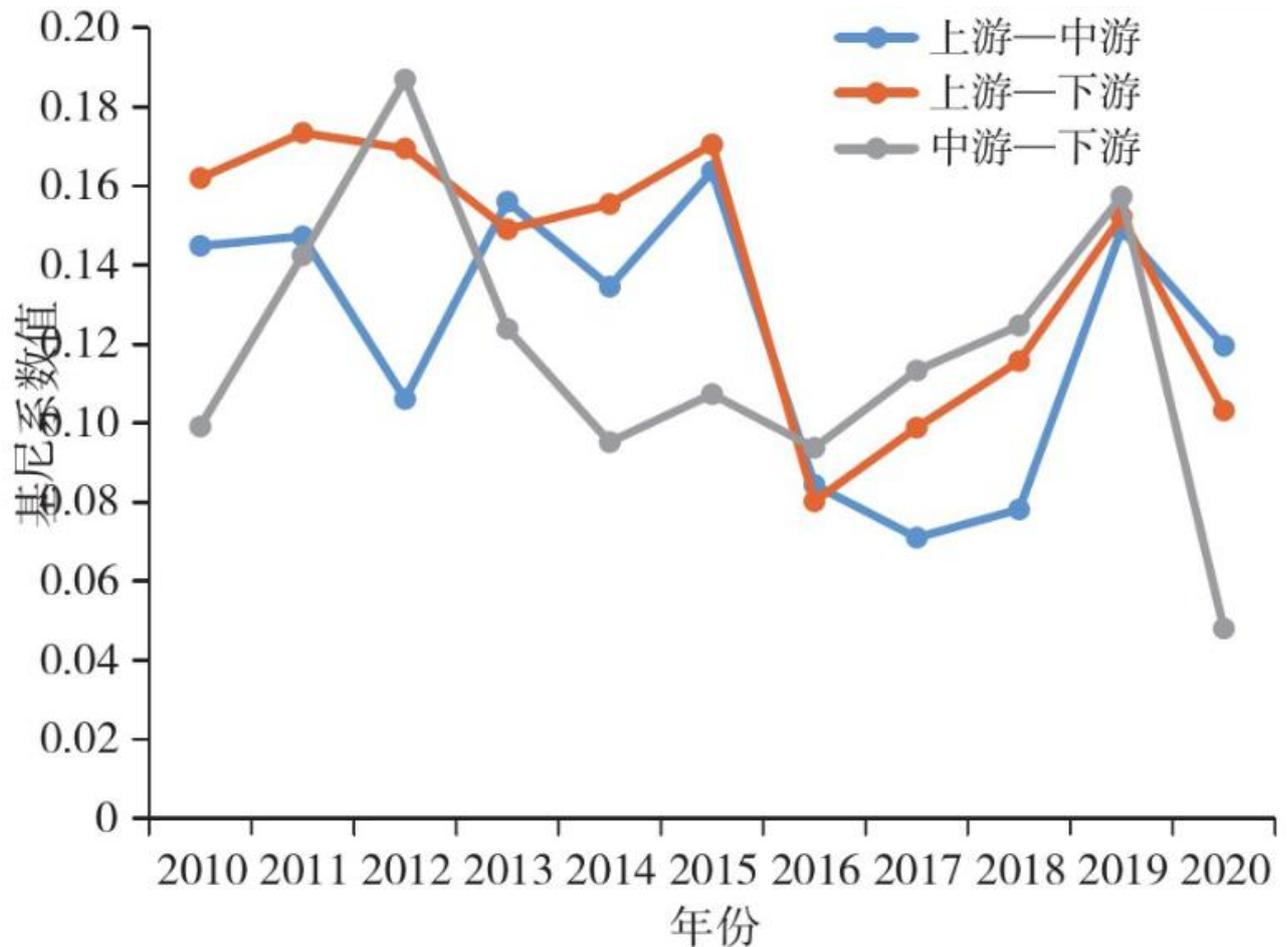


图3 长江经济带地区间基尼系数差异及变化趋势

③地区差异贡献。长江经济带旅游碳减排潜力发展水平地区差异贡献率如图4所示。第一，从演变趋势来看，区域内贡献率基本稳定在30%左右，波动幅度较小，但也呈现出下降的态势；区域间贡献率表现为波动上升态势，从2010年的31.00%上升至2020年的74.28%；超变密度差异贡献率呈现“M”型下降态势，从2010年的39.75%下降到7.93%，波动较为明显。第二，从地区差异贡献率均值来看，超变密度贡献率均值最大，为36.98%；地区间差异次之，为35.16%；地区内差距最小，为27.86%。表明2010—2020年长江经济带碳减排潜力发展水平地区差异主要源于超变密度和地区间的空间分异，而地区内差异贡献率相对稳定，这意味着区域间样本的重叠交叉问题对旅游碳减排潜力协同发展的影响较大。与此同时，还要注重区域间的差异，尤其是要关注上游地区与下游地区间碳减排的空间非均衡问题，进一步促进各区域间协调发展。

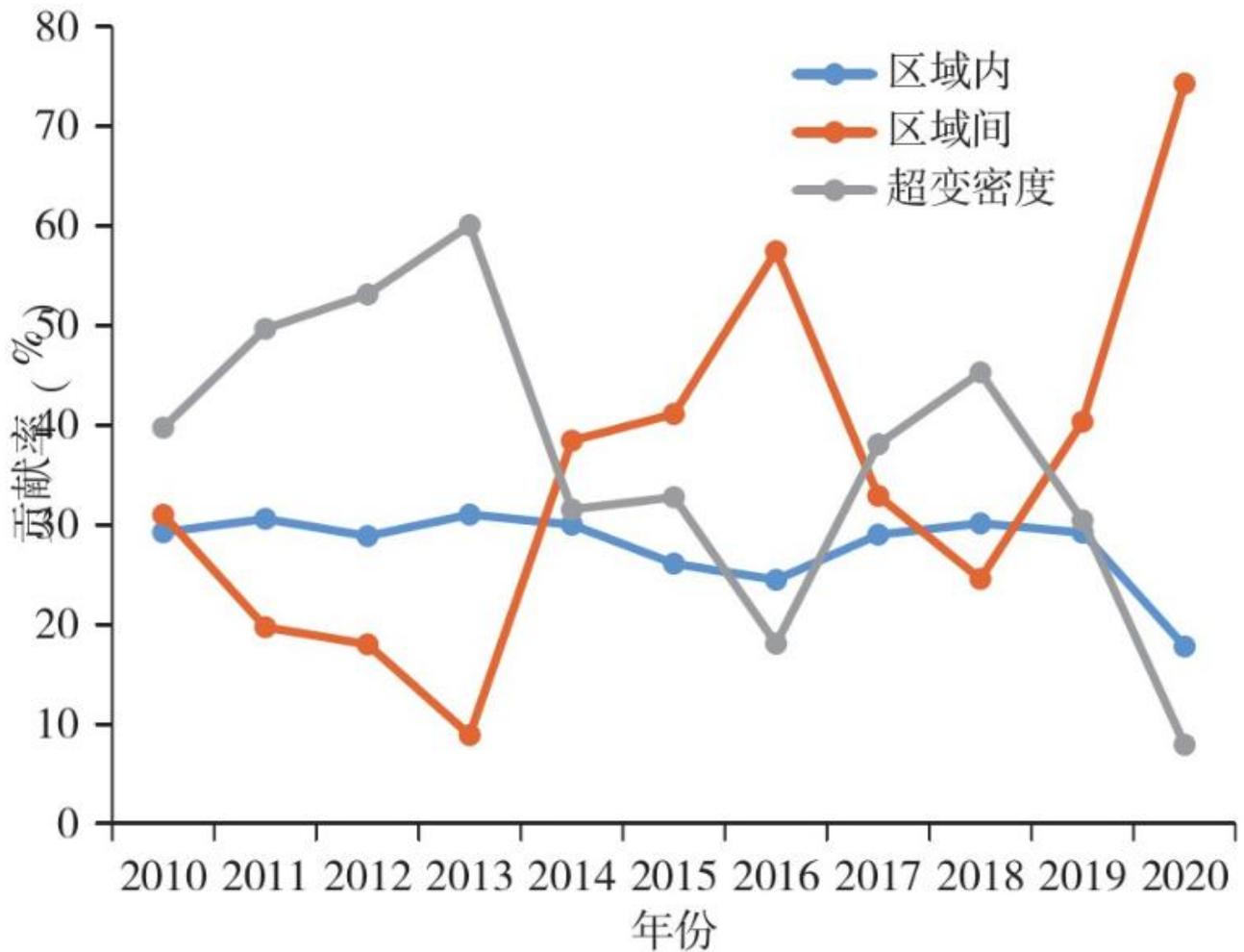


图4 长江经济带基尼系数区域差异来源及贡献率

#### 2.1.2.2 标准差椭圆

如图5所示，从碳减排潜力重心空间位置及所在地市可以看到，2010—2020年长江经济带旅游碳减排潜力重心地理坐标介于 $111^{\circ}59'E\sim 113^{\circ}25'E$ 和 $29^{\circ}11'N\sim 29^{\circ}49'N$ 之间，2016年以前，长江经济带碳减排潜力重心均在湖南北部地区移动，具体分布于湖南的常德、益阳和岳阳3个地级市，2016年之后，碳减排潜力重心主要位于湖北的荆州。总体而言，其重心在湖南和湖北两省交界处不断徘徊。究其原因：在研究前期（2010—2015年），长江经济带中下游地区经济发达程度优于上游地区，更加注重对生态环境领域的有效投资，加之上游地区待优化的旅游产业结构与落后的低碳技术，对生态环境保护的重视程度有所放松，使其重心逐渐向西南部地区转移；在研究后期（2015—2020年），重心主要向东北地区转移，随着长江经济带上游地区旅游生态环境的持续改善与长江经济带发展战略的提出，其旅游环境质量得到大幅提升，重心向东北部迁移。从碳减排潜力重心的移动距离与移动方向看，重心总计迁移411.954 km，年均迁移约41.195 km，重心迁移方向按照迁移距离大小排序：“东偏北（208.568 km）>西偏南（95.149 km）>西偏北（85.094 km）>东偏南（18.733 km）>北偏西（4.410 km）”，总体“东偏北”迁移趋势较为明显，表明长江经济带东部地区碳减排潜力高值比例不断上升。

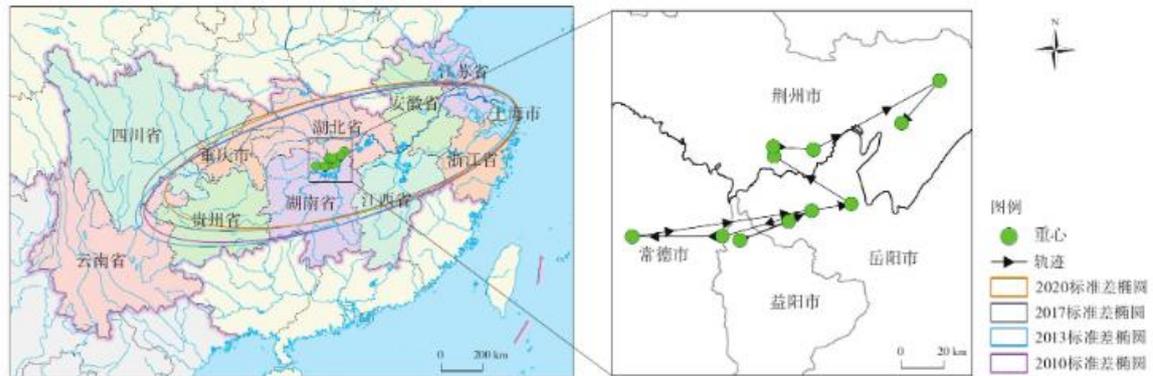


图5 2010—2020年长江经济带旅游碳减排潜力标准差椭圆图

注：基于自然资源部标准地图服务网站下载的审图号为GS(2016)1612号的标准地图制作，底图无修改。

从标准差椭圆的各项参数来看，2010—2020年标准差椭圆面积表现为下降趋势，即长江经济带碳减排潜力降低，且地区差异呈现出缩小态势。长半轴在2010—2015年由989.217 km波动延伸至最高值1 016.457 km，在2020年缩短至926.707 km，呈先增大后减小的演变趋势，说明碳减排潜力在东西向主轴上趋于离散状态，2015年后逐渐聚集。短半轴由2010年300.403 km下降到2015年的275.647 km，2015—2020年扩张至300.325 km，表明碳减排潜力在南北向辅轴上趋于集聚，2015年后逐渐扩散。主轴始终大于辅轴，呈明显的“东北—西南”向分布格局。形状指数在考察期内有所增大，即椭圆化，意味着长江经济带碳减排潜力指数更加均衡。方位角呈现出波动上升趋势，由2010年的79.176°最终升至81.292°，椭圆整体呈顺时针方向转动。

## 2.2 长江经济带旅游碳排放效率水平

整体而言，长江经济带区域旅游碳排放效率逐年提升(图6)，均值由2010年的0.624提升至2020年的0.898，提升了43.91%。分地区而言，上中下游的旅游业碳排放效率均值分别为0.796、0.604和0.952，存在显著的地区差异，呈现出下游显著高于上游，上游显著中游的空间分布特征。

图6结果显示，长江经济带11个省市中上海、江苏和贵州的碳排放效率均值大于1，处于生产前沿面上，上海和江苏经济发展质量水平高，综合科技创新实力强，旅游业节能减排技术的创新和能源的高效利用，推动旅游产业结构优化升级，助力旅游高质量发展。除了排名前三位的上海、江苏和贵州，四川的旅游业碳排放效率为0.88，效率水平较高，但仍有提升空间；浙江、安徽、江西、湖北、重庆等5个省市的碳排放效率均值一般，位于0.6~0.7之间，湖南、云南旅游碳排放效率相对较低，均未超过0.6，云南经济发展水平和科技创新能力都比较滞后，新业态新产品发展缓慢，且其经济发展对旅游业的依赖性强，致使云南旅游业能源消耗和碳排放量都较高，阻碍了旅游业的良性发展和可持续发展。由此可知，长江经济带大部分地区旅游业碳排放效率未达到有效水平，碳减排仍有巨大潜力。

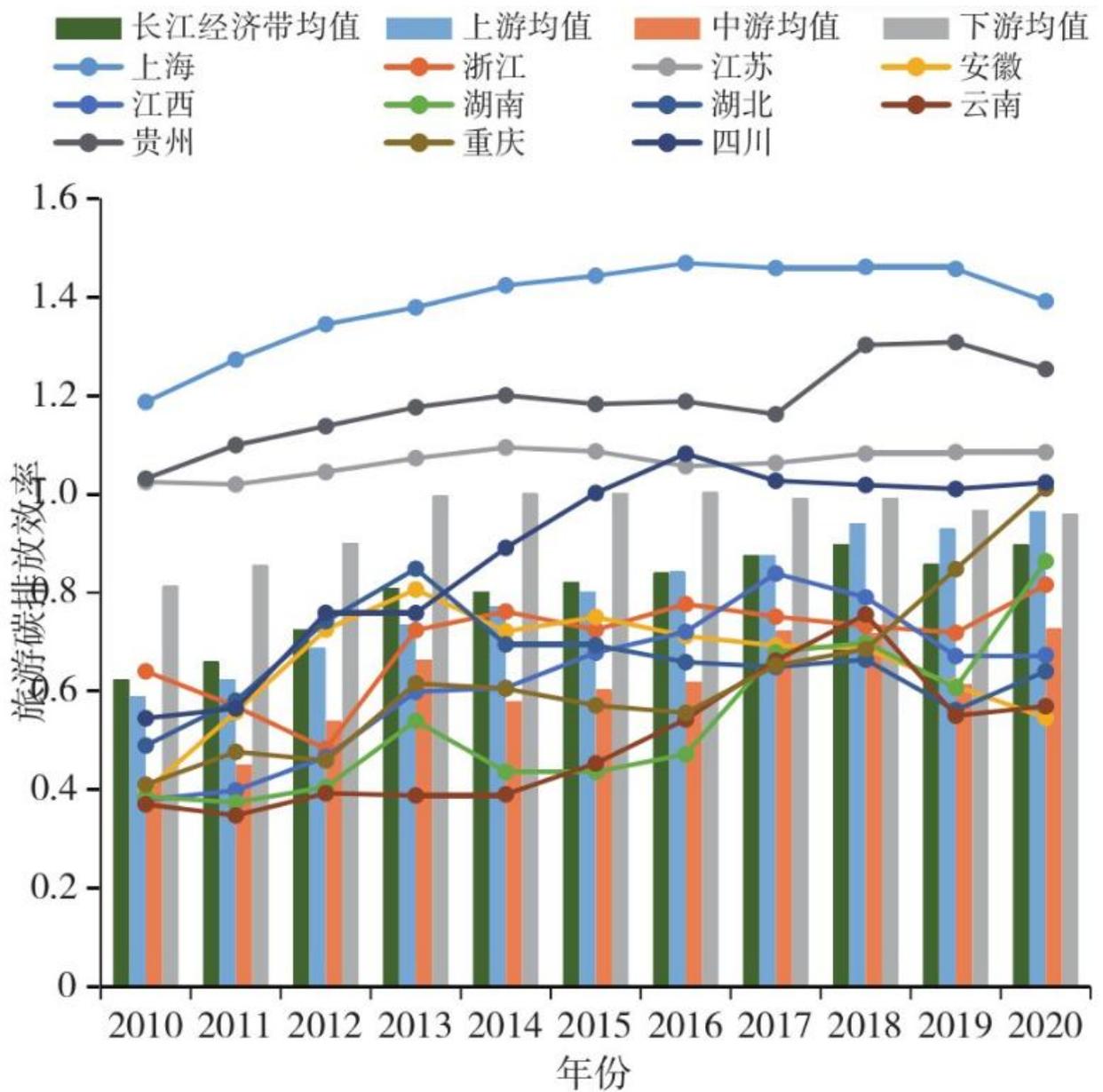


图 6 2010—2020 年长江经济带旅游碳排放效率

### 2.3 旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率的互动关系

#### 2.3.1 单位根检验

变量不平稳可能会导致虚假回归，对后续分析的有效性产生影响，首先需要对旅游碳减排潜力（TCERP）以及旅游碳排放效率（TCEE）的面板数据进行平稳性检验，研究采用 LLC 检验、IPS 检验以及 ADF 检验 3 种方法同时对各变量数据进行面板单位根检验。由结果可知，TCERP 和 TCEE 这 2 个变量均不拒绝“存在单位根”的原假设，未通过平稳性检验，在一阶差分后，P 值均小于 0.001，两变量均在 1%水平上显著拒绝原假设，表明变量数据均平稳。

#### 2.3.2 格兰杰因果检验

在进行格兰杰因果检验之前首先要确定最优滞后阶数，保证参数估计的准确性。研究根据 AIC、BIC、HQIC 等 3 个信息准则对最优滞后阶数进行选取，由结果可知，选取最优滞后阶数为 1 阶。

通过格兰杰因果检验来判断长江经济带地区旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率两者之间是否存在双向格兰杰因果关系。由表 3 可知，旅游碳排放效率在 5% 的显著性水平下是旅游碳减排潜力的格兰杰原因，旅游碳减排潜力在 10% 的显著性水平下是旅游碳排放效率的格兰杰原因，由此，检验结果均拒绝原假设，表明二者存在双向格兰杰因果关系。

### 2.3.3 脉冲响应与方差分解

通过脉冲响应和预测方差分解，以详细分析长江经济带旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率之间的互动关系。如图 7 所示，旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率对自身冲击产生正向响应，当期影响值达到最大，随时间推移正向回应逐渐下降，且在第 2 期逐渐消失。面对旅游碳减排潜力的标准差冲击后，旅游碳排放效率当期 0，随后呈现出先减少后增加的“V”型影响态势，在第一期达到最小值，随后逐渐上升至 0。旅游碳排放效率对旅游碳减排潜力冲击的响应为负向，在第一期时负向作用达到最大，而后随着期数增加负向影响作用不断减弱，表明旅游碳排放效率会对旅游碳减排潜力产生负面效应，随着时间的推移这种负面效应逐渐趋于消失。

表 3 格兰杰因果检验结果

检验变量	原假设	X <sup>2</sup>	自由度	P 值	结果
旅游碳减排潜力	旅游碳排放效率不是旅游碳减排潜力的格兰杰原因	6.1468	1	0.0130	拒绝
旅游碳排放效率	旅游碳减排潜力不是旅游碳排放效率的格兰杰原因	3.405	1	0.0650	拒绝

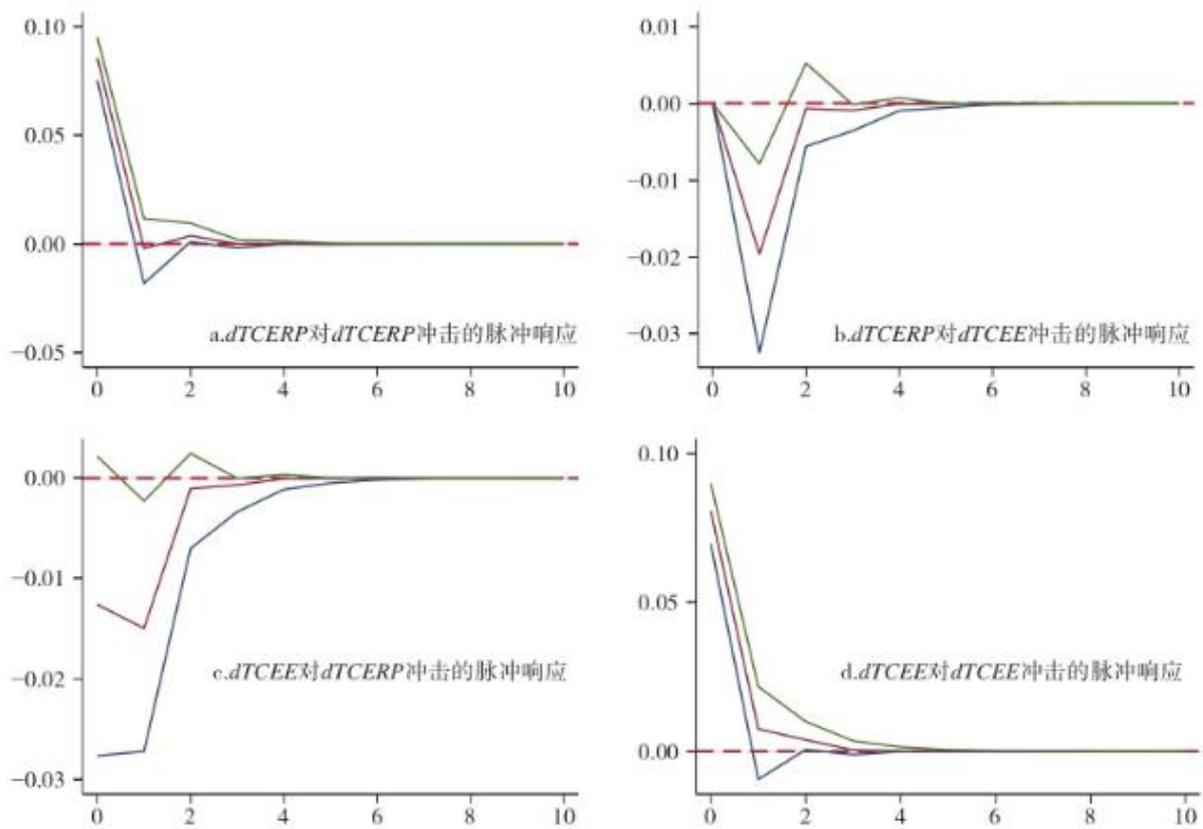


图7 脉冲响应

通过使用方差分解能更精确地反映出长江经济带地区旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率之间的相互影响程度。由表4可知，第1期旅游碳减排潜力的影响全部来自于自身，自第2期开始旅游碳减排潜力受自身的影响有所减弱并稳定在95.00%，旅游碳排放效率对旅游碳减排潜力的影响开始显现并稳定在5%。相比之下，第1期旅游碳排放效率主要是受其自身影响，自身贡献率高达97.60%，受旅游碳减排潜力的影响仅为2.40%，随着时间的推移，旅游碳排放效率受自身的影响轻微减少并稳定在94.50%，旅游碳排放效率对旅游碳减排潜力的影响有所增加并稳定在5.50%。

表4 方差预测结果

预测期	dTCERP		dTCEE	
	dTCERP	dTCEE	dTCERP	dTCEE
1	1.0000	0.0000	0.0240	0.9760
2	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450
3	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450

4	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450
5	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450
6	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450
7	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450
8	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450
9	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450
10	0.9500	0.0500	0.0550	0.9450

总体来说，双向格兰杰因果关系结果证明旅游碳排放效率对旅游碳减排潜力产生负面影响，而旅游碳减排潜力对旅游碳排放效率也存在显著负向抑制作用，二者呈相互影响的负向动态关系。因此，基于碳减排政策的推动、科技创新的驱动和绿色经济的可持续发展，长江经济带旅游业需要多措并举、综合施策、协同发力，提升旅游碳排放效率的同时抑制旅游碳减排潜力，确保碳减排工作取得明显成效，这对于我国旅游业的整体可持续发展具有重要意义。

### 3 研究结论与启示建议

#### 3.1 研究结论

本研究运用基于公平与效率双重视角的旅游碳减排潜力指数测度 2010—2020 年长江经济带旅游碳减排潜力，采用基尼系数和标准差椭圆分析其区域差异与时空演变特征，并进一步采用 PVAR 模型探讨旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率之间的交互效应。主要结论如下：①研究期内，长江经济带旅游碳减排潜力整体呈波动式下降趋势，呈现下游>中游>上游的空间分布特征。除上海、湖北和四川的旅游碳减排潜力有所上升外，其他省市均呈下降趋势。浙江、江苏和云南旅游碳减排潜力大于 0.4，减排空间较大；贵州旅游碳减排潜力小于 0.3，减排空间较小；其余省市介于 0.3~0.4 之间，仍有一定的减排空间。②从区域差异来看，长江经济带旅游碳减排潜力总体水平的基尼系数呈现波动缩小的态势。从区域内差异来看，上游和下游地区内部差异较大，但收敛趋势也较明显；中游地区内部差异最小且缩小趋势不明显。从区域间差异来看，上中下游地区两两之间的基尼系数均呈现波动下降状态，上游与下游地区之间的旅游碳减排潜力差异最大，上游与中游和下游地区之间的差异相对较小。从地区差异贡献率来看，区域间贡献率表现为波动上升态势，超变密度和地区内贡献率表现为下降态势，且超变密度贡献率均值最大，地区间差异次之，地区内差距最小。③研究期内，长江经济带旅游碳减排潜力标准差椭圆呈明显的“东北—西南”向分布格局，其重心地理坐标介于 111° 59′ E~113° 25′ E 和 29° 11′ N~29° 49′ N 之间，在湖南湖北两省交界处不断徘徊。2015 年之前，重心逐渐向西南部地区转移，2015 年之后，重心主要向东北地区转移。④长江经济带地区旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率呈相互影响的负向动态关系，且二者互为格兰杰原因。两者均受到自身和对方的双重冲击，前期旅游碳减排潜力与旅游碳排放效率均受自身冲击较大，后期旅游碳减排潜力对旅游碳排放效率影响与旅游碳排放效率对旅游碳减排潜力的影响逐渐显现。

#### 3.2 启示建议

由研究结论可知，长江经济带旅游业仍存在着一定的碳减排空间，旅游碳排放效率对旅游碳减排潜力具有显著的负向抑制效应。因此，缩小碳减排空间一方面是要提高旅游碳排放效率，全面优化旅游资源配置，改善旅游能源结构，促进旅游产业结构优化升级；另一方面要降低旅游碳减排潜力，强化旅游绿色低碳技术的研发与应用，积极培育旅游新业态，推动旅游产业转

---

型升级。同时长江经济带旅游碳减排潜力发展水平差异逐步缩小，但其上中下游地区内部与区域之间的差异仍然存在。因此，长江经济带旅游业要达到整体碳排放效率提升，必须注重区域协同联动减排，完善交通网络，互补共享旅游资源，加强技术交流合作，打破行政壁垒，实现各省市旅游碳减排联动态势，缩小地区碳减排差距。

## 参考文献:

- [1] Bian Y, He P, Xu H. Estimation of potential energy saving and carbon dioxide emission reduction in China based on an extended non-radial DEA approach[J]. Energy Policy, 2013, 63:962-971.
- [2] Wang Q, Yuan Q. Energy-saving and emission reduction potential of the tobacco industry:A case study of China' s 18 cigarette enterprises[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, DOI:10. 1016/j. jclepro. 2019. 118429.
- [3] 王鸿远, 左秀峰, 李双杰. 我国能源效率及节能减排潜力的区域特征研究: 2008-2012 年[J]. 科技管理研究, 2015, 35(24):220-224.
- [4] 刘翔, 陈晓红. 我国低碳经济发展效率的动态变化及碳减排潜力分析[J]. 系统工程, 2017, 35(5):92-100.
- [5] Zhu Q, Li X, Li F, et al. The potential for energy saving and carbon emission reduction in China' s regional industrial sectors[J]. Science of The Total Environment, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135009>.
- [6] 姜静, 田伟. 中国农业碳排放时空特征及碳减排潜力分析[J]. 黑龙江畜牧兽医, 2016(4):226-229, 234.
- [7] 黄水平, 王枫, 邱国玉. 生命周期法研究低碳能源发电碳减排潜力[J]. 生态经济, 2012(10):121-124, 146.
- [8] 黄国华, 刘传江, 徐正华. 长江经济带碳减排潜力与低碳发展策略[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(4):695-704.
- [9] 邱硕, 王雪强, 毕胜山, 等. LEAP 模型下的陕西省节能与温室气体减排潜力分析[J]. 西安交通大学学报, 2016, 50(11):28-35.
- [10] Peng B, Du H, Ma S, et al. Urban passenger transport energy saving and emission reduction potential:A case study for Tianjin, China[J]. Energy Conversion and Management, 2015, 102:4-16.
- [11] Tan X, Li H, Guo J, et al. Energy-saving and emission-reduction technology selection and CO<sub>2</sub>emission reduction potential of China' s iron and steel industry under energy substitution policy[J]. Journal of Cleaner Production, 2019, 222:823-834.
- [12] 王慧慧, 余龙全, 曾维华. 基于职居分离调整的北京市交通碳减排潜力研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(6):41-51.
- [13] Wakiyama T, Kuramochi T. Scenario analysis of energy saving and CO<sub>2</sub>emissions reduction potentials to ratchet up Japanese mitigation target in 2030 in the residential sector[J]. Energy Policy, 2017, 103:1-15.
- [14] 仓定帮, 魏晓平, 曹明. 基于多因素分析的我国煤炭消费及节能减排潜力预测[J]. 工业技术经济, 2017, 36(12):27-32.

- 
- [15] 郭洪旭, 黄莹, 赵黛青, 等. 基于情景分析的广东省建筑节能减排潜力研究[J]. 环境科学与技术, 2015, 38(12):305-310.
- [16] Xu J H, Fleiter T, Fan Y, et al. CO<sub>2</sub> emissions reduction potential in China's cement industry compared to IEA's Cement Technology Roadmap up to 2050[J]. Applied Energy, 2014, 130:592-602.
- [17] Wei C, Ni J, Du L. Regional allocation of carbon dioxide abatement in China[J]. China Economic Review, 2012, 23(3):552-565.
- [18] Liang N. Research on CO<sub>2</sub> Emission Efficiency and Emission Reduction Potential in Beijing-Tianjin-Hebei Region[C]//IOP Conference Series:Earth and Environmental Science, 2020.
- [19] 冯冬, 李健. 京津冀区域城市二氧化碳排放效率及减排潜力研究[J]. 资源科学, 2017, 39(5):978-986.
- [20] 王凯, 余芳芳, 周晓冰, 等. 中国旅游业碳减排潜力时空演化及其影响因素[J]. 地理与地理信息科学, 2022, 38(3):112-119.
- [21] 王凯, 余芳芳, 胡奕, 等. 中国旅游业碳减排潜力的空间关联网结构及其影响因素[J]. 地理科学, 2022, 42(6):1034-1043.
- [22] 王勇, 毕莹, 王恩东. 中国工业碳排放达峰的情景预测与减排潜力评估[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(10):131-140.
- [23] 吴贤荣, 张俊飏, 田云, 等. 基于公平与效率双重视角的中国农业碳减排潜力分析[J]. 自然资源学报, 2015, 30(7):1172-1182.
- [24] 孙丽蓉. 纺织服装企业节能减排潜力预测模型研究[D]. 上海: 东华大学, 2019.
- [25] 张晨凯. 工业节能减排潜力与协同控制分析[D]. 北京: 清华大学, 2015.
- [26] 周曙东, 宛睿. 基于先进标杆理念的二氧化碳减排潜力研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(4):23-31.
- [27] 胡剑波, 李潇潇, 蔡雯欣. 碳达峰目标下国家生态文明试验区碳强度预测及减排潜力研究[J]. 技术经济, 2023, 42(2):109-120.
- [28] 丁利春. 煤炭资源型地区碳减排机理及优化路径研究[D]. 太原: 山西财经大学, 2022.
- [29] Bian Y, Lv K, Yu A. China's regional energy and carbon dioxide emissions efficiency evaluation with the presence of recovery energy: An interval slacks-based measure approach[J]. Annals of Operations Research, 2017, 255(1-2):301-321.
- [30] 陈卫东, 胡盛林. 兼顾公平和效率原则的我国电力市场碳配额分配方案[J]. 煤炭经济研究, 2020, 40(1):15-21.
- [31] Yu S, Zhang J, Zheng S, et al. Provincial carbon intensity abatement potential estimation in China: A

---

PSO-GA-optimized multi-factor environmental learning curve method[J]. *Energy Policy*, 2015, 77:46-55.

[32] Wang H, Song J, Ren J, et al. Energy conversion of urban wastes in China: Insights into potentials and disparities of regional energy and environmental benefits[J]. *Energy Conversion and Management*, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111897>.

[33] 王凯, 邵海琴, 周婷婷, 等. 中国旅游业碳排放效率及其空间关联特征[J]. *长江流域资源与环境*, 2018, 27(3):473-482.

[34] 王林蔚, 孔荣. 农村金融高质量发展水平测度、区域差异与空间收敛性分析[J]. *统计与决策*, 2023, 39(5):135-140.

[35] 付永虎, 王心怡, 刘俊青, 等. 苏北典型乡村聚落的时空演变特征研究——以东海县为例[J]. *中国农业大学学报*, 2023, 28(3):208-222.