

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2024.05.010

双碳背景下广西城市能源碳排放影响因素分析

周馨冉, 王金叶, 杨依慧

(桂林理工大学 旅游与风景园林学院, 广西 桂林 541006)

摘要: 基于 STIRPAT 扩展模型和 2000—2020 年广西各类能源消费数据, 通过 IPCC 清单法计算广西能源消费碳排放, 定量分析广西能源消费碳排放与城市化水平、能源消费结构、经济发展水平、产业结构、对外开放程度、人口密度、公路总里程数、环境规制投入、国内外旅游人数之间的关系, 通过岭回归拟合后发现, 这些影响因子每增加 1%, 将引起广西能源消费碳排放相应增加 0.486%, -0.035%, 0.134%, 0.242%, -0.005%, 0.001%, 0.265%, 0.058%, 0.09%。

关键词: 经济地理; 城市碳排放; STIRPAT 模型; 影响因素; 岭回归

中图分类号: X24

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2024)05-0070-06

引文格式: 周馨冉, 王金叶, 杨依慧. 双碳背景下广西城市能源碳排放影响因素分析 [J]. 湖南工业大学学报, 2024, 38(5): 70-75.

An Analysis of Urban Energy Carbon Emissions Influencing Factors in Guangxi Under the Background of “Dual-Carbon” Objectives

ZHOU Xinran, WANG Jinye, YANG Yihui

(School of Tourism and Landscape Architecture, Guilin University of Technology, Guilin Guangxi 541006, China)

Abstract: Based on the STIRPAT extended model and various energy consumption data of Guangxi from 2000 to 2020, energy consumption carbon emissions in Guangxi can be calculated by using the IPCC inventory method, followed by a quantitative analysis of the relationship between energy consumption carbon emissions in Guangxi and its urbanization level, energy consumption structure, economic development level, industrial structure, degree of openness, population density, total highway mileage, environmental regulation input, and domestic and foreign tourist numbers. Based on a ridge regression fitting simulation, it is found that for every 1% increase in these influencing factors, energy consumption carbon emissions in Guangxi will correspondingly increase by 0.486%, -0.035%, 0.134%, 0.242%, -0.005%, 0.001%, 0.265%, 0.058% and 0.09% respectively.

Keywords: economic geography; urban carbon emissions; STIRPAT model; influencing factor; ridge regression

1 研究背景

日益变化的全球性气候问题给人类的生存与发

展带来了重大挑战, 气候变暖会增加全球社会成本, 需要积极地寻找对策来阻止这种变暖趋势。联合国环境规划署《2021 排放差距报告》预测温室气体排放

收稿日期: 2023-04-04

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (32060369); 广西省重点研发计划基金资助项目 (AB22035060)

作者简介: 周馨冉, 女, 桂林理工大学硕士生, 主要研究方向为城市景观生态, E-mail: 2225097631@qq.com

通信作者: 王金叶, 男, 桂林理工大学教授, 博士, 主要研究方向为经济地理与区域可持续发展,

E-mail: 2005010@glut.edu.cn

量远高于2015年12月《巴黎协定》所预设的目标排放量^[1-2]。中国是世界第二能源消费和第一CO₂排放国家,我国生态环境问题从根本上来说是高碳的能源结构问题。2020年9月22日,在第七十五届联合国大会一般性辩论会上,国家主席习近平基于我国可持续发展和构建人类命运共同体的构想,提出了中国“碳达峰”和“碳中和”的“双碳”目标,即到2030年前我国排放量达到高峰,争取2060年前实现“碳中和”。“碳达峰、碳中和”一时间成为了最重要的时代主题。但我国经济发展和城镇化对碳排放仍存在较高的依赖性,碳排放量减少与经济发展和城镇化之间存在矛盾冲突,转变经济发展方式减少碳排放已成为全球共识^[3]。2021年8月18日,国新办在新闻发布会上提出,深入打好污染防治攻坚战的关键在于推动能源结构和产业结构转型,走绿色发展的道路。

由R. York等^[4]在IPAT恒等式的基础上于1997年提出的STIRPAT模型及其衍生的变形影响因素分析模型,是碳排放影响因素的主流研究方法之一。黄蕊等^[5]基于STIRPAT模型,对重庆市1980—2010能源消费碳排放影响因素进行了研究,结果发现人口数量对重庆市的能源消费碳排放量影响最大,第三产业比例每增加1%,能源消费碳排放量减少0.093%。张乐勤等^[6]基于STIRPAT模型对安徽省能源消费碳排放驱动因子进行了分析,结果表明,当单位GDP能耗每下降1%时,碳排放量将减少0.1176%,全社会固定资产投资对碳排放量的影响最大。龚利等^[7]基于STIRPAT模型对长三角地区能源消费碳排放影响因素进行了分析,发现各影响因素对二氧化碳排放的作用强度存在显著差异,其中影响最大的因素是人口,每增长1%,二氧化碳排放量将增加1.914%。卢娜等^[8]基于STIRPAT模型和脱钩指数对苏锡常地区经济发展与能源消费碳足迹之间的关系进行了研究,发现经济增长是能源消费碳足迹的主要影响因素,两者关系模型拟合未出现环境库兹涅茨曲线。

广西目前正处于工业化中期,城镇化需求旺盛,工业结构偏重,经济发展与环境保护之间的矛盾日渐突出^[9]。广西走低碳经济发展之路对我国实现“双碳”目标具有重要意义。发展低碳经济的核心是降低碳排放量,协调好经济发展、城镇化和碳排放的关系,其关键在于对目前广西城镇化进程中的碳排放有一个科学合理的测算,对碳排放各驱动因素的影响程度进行分析,使得估计更加精确,从而有效挖掘影响区域碳排放增长的驱动因素。本文在计算广西2000—2020年能源消费碳排放的基础上,应用STRIPAT模型对城市化水平、能源强度、经济发展水平、产业结

构等经济与社会因素对近20a广西能源消费碳排放的影响程度进行分析,以期为广西壮族自治区更好地把握二氧化碳排放现状,为制定相关政策和进行相关宏观调控提供理论依据。

2 研究方法

STIRPAT模型是R. York等在IPAT恒等式的基础上提出的新模型,用来研究各驱动因素对环境的非比例影响,其表达式如下^[4]:

$$I_i = aP_i^b A_i^c T_i^d e_i \quad (1)$$

式中: a 为比例常数项;

b 、 c 、 d 为 P 、 A 、 T 的指数;

e 为误差项;

i 为 I 、 P 、 A 、 T 、 e 在不同观测单位之间的变化。

通常情况下,出于减少误差和计算方便的目的会将STIRPAT模型对数化处理,其表达式如下:

$$\ln I = \ln a + b \ln P + c \ln A + d \ln T + \ln e \quad (2)$$

为了研究广西壮族自治区能源消费碳排放的影响因素,结合广西的实际情况,对模型进行扩展,构建如下模型:

$$\begin{aligned} \ln I = & \ln a + b \ln B + c \ln C + d \ln D + e \ln E + \\ & f \ln F + g \ln G + h \ln H + j \ln J + \\ & k \ln K + \ln e \end{aligned} \quad (3)$$

式中: I 为广西能源消费产生的碳排放量;

B 为城市化水平,%,即城镇人口占地区总人口的比例;

C 为能源强度,t标准煤,即能源消费量与GDP的比值;

D 为经济发展水平,元,即人均GDP;

E 为产业结构,%,即第二产业产值占GDP的比例;

F 为对外开放程度,万美元,即外商直接投资额;

G 为人口密度;

H 为公路总里程,km;

J 为环境规制投入,万元;

K 为国内外旅游人数,人次;

b 、 c 、 d 、 e 、 f 、 g 、 h 、 j 、 k 为各指标的弹性系数,表示当 B 、 C 、 D 、 E 、 F 、 G 、 H 、 J 、 K 每变化1%时,会导致 I 的 $b\%$ 、 $c\%$ 、 $d\%$ 、 $e\%$ 、 $f\%$ 、 $g\%$ 、 $h\%$ 、 $j\%$ 、 $k\%$ 变化。

3 数据来源与处理

3.1 数据来源

能源消费数据来自于《广西统计年鉴》和《中国

能源统计年鉴》，人口、城镇人口、产值、外商投资、公路总里程、环境规制投入数据来源于《广西统计年鉴》，其中2000—2010年国内外旅游人数数据来源于《中国旅游年鉴》。由于我国统计年鉴未直接公布碳排放量数据，需要对其数据进行估算。根据广西能源平衡表将各类能源消耗乘以各自的碳排放系数后相加得到。

STIRPAT模型等式两边取对数后变成了多元线性回归方程，通过多元线性回归分析求解方程的弹性系数，因此对收集到的数据进行对数化处理。

3.2 能源消费量

2000年以来广西能源消费总量如表1所示，消费总量呈增加趋势，2000年广西能源消费总量为2 487.4万tec，2020年为11 806.05万tec，增长了376.81%。其中煤炭消费在能源总消费中始终占据较大比例，2007年煤炭消费占比达59%，此后开始呈下降趋势。2004年，石油消费量占比为21.5%，后保持下降趋势。电力及其他能源消费占比呈波动式增加趋势，至2020年，占比最高达39%，其消费量从2000年的883.02万tec上升到4 905.94万tec，增加了455.59%。

表1 2000—2020年广西各类能源消费总量及占比

Table 1 Total consumption and proportion of various types of energy in Guangxi from 2000 to 2020

年份	总量 / 万tec	能源类别					
		煤炭		石油		电力及其他能源	
		总量 / 万tec	占比 / %	总量 / 万tec	占比 / %	总量 / 万tec	占比 / %
2000	2 487.40	1 226.29	49.3	378.09	15.2	883.02	35.5
2001	2 700.97	1 372.09	50.8	461.87	17.1	867.01	32.1
2002	2 778.58	1 322.61	47.6	536.27	19.3	919.71	33.1
2003	3 187.66	1 632.08	51.2	678.97	21.3	876.61	27.5
2004	4 014.56	1 971.15	49.1	683.13	21.5	1 180.28	29.4
2005	4 536.74	2 540.57	56.0	798.47	17.6	1 197.70	26.4
2006	5 022.95	2 697.33	53.7	863.95	17.2	1 461.67	29.1
2007	5 588.61	3 297.28	59.0	927.71	16.6	1 363.62	24.4
2008	6 054.22	3 396.42	56.1	974.73	16.1	1 683.07	27.8
2009	6 592.74	3 876.53	58.8	1 068.02	16.2	1 648.19	25.0
2010	7 379.23	3 977.40	53.9	1 224.95	16.6	2 176.88	29.5
2011	8 005.79	4 315.12	53.9	1 377.00	17.2	2 313.67	28.9
2012	8 530.55	4 555.12	53.4	1 408.13	16.5	2 567.11	30.1
2013	9 100.37	5 229.98	57.5	1 443.41	15.9	2 426.98	26.6
2014	9 515.34	5 025.22	52.8	1 593.11	16.7	2 897.01	30.5
2015	9 805.66	4 523.03	46.1	1 559.77	15.9	3 722.86	38.0
2016	10 110.15	4 657.47	46.1	1 757.00	17.4	3 695.67	36.6
2017	10 456.02	4 744.37	45.4	1 774.17	17.0	3 937.48	37.7
2018	10 823.39	5 094.24	47.1	1 720.49	15.9	4 008.66	37.0
2019	11 270.05	5 502.72	48.8	1 555.31	13.8	4 212.02	37.4
2020	11 806.05	5 695.90	48.2	1 504.21	12.7	4 905.94	39.0

3.3 碳排放量与能源强度

广西能源消费产生的二氧化碳排放量与能源强度的变化趋势如图1所示，其碳排放增长率在2003年之前相对缓慢，自2003年起，广西碳排放总量一直保持快速增长趋势。总体来看，广西能源强度呈波动式下降趋势，于2004年前后出现了小峰值，为1.21 t标煤/万元，此后又继续下降，至2020年，广西能源强度下降至0.53 t标煤/万元。

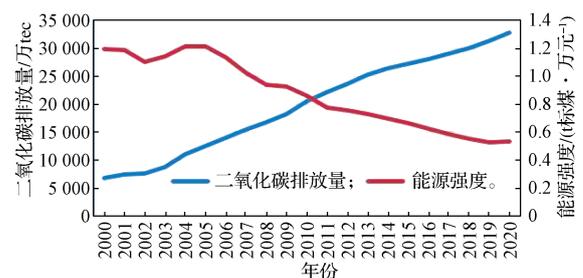


图1 广西碳排放量和能源强度

Fig. 1 Carbon emissions and energy intensity in Guangxi

4 结果与分析

4.1 岭回归分析

运用 SPSS 软件对数据进行多元回归分析, 结果如表 2 所示。除能源消费结构、产业结构和对外开放程度外, 其他变量的 VIF 值均大于 10, 其中经济发展水平、公路总里程数和国内外旅游人数的 VIF 分别为 295.971, 117.791, 139.407, 这表明各影响因素之间存在较为严重的多重共线性问题, 自变量之间的相关性关系会干扰自变量与因变量之间的关系, 因此普通最小二乘法拟合得到的结果存在误差, 必须消除自变量的多重共线性才能得到稳健的结果。

表 2 广西碳排放影响因素多元线性拟合结果

Table 2 Multiple linear fitting results of influencing factors of carbon emissions in Guangxi

变量	弹性系数	标准误差	标准系数	<i>t</i>	Sig.	容差	VIF
常数	-8.687	1.860		-4.670	0.001		
ln B	0.052	0.081	0.023	0.639	0.536	0.081	12.274
ln C	-0.022	0.113	-0.003	-0.191	0.852	0.331	3.025
ln D	0.313	0.120	0.468	2.603	0.025	0.003	295.971
ln E	0.100	0.218	0.013	0.458	0.656	0.128	7.802
ln F	-0.027	0.010	-0.039	-2.826	0.016	0.570	1.735
ln G	0.381	0.059	0.230	6.425	0.000	0.085	11.751
ln H	1.155	0.181	0.722	6.375	0.000	0.008	117.719
ln J	0.034	0.014	0.115	2.371	0.037	0.047	21.457
ln K	-0.067	0.063	-0.131	-1.064	0.310	0.007	139.407

岭回归分析是一种用于共线性数据分析的改进的最小二乘法, 该方法是通过放弃最小二乘法的无偏性, 损失部分信息和精确度来寻求更为可靠和实际的回归方程, 为了达到降低其均方差的目的, *k* 值的选取就至关重要。用岭迹法选取 *k* 值时, 其数值不应上升太多, *k* 值越大则跟最小二乘估计的偏差越大^[10-11]。本文在进行岭回归分析时, 发现当 *k*=0.2 时, 岭迹图的变化较为平稳, 其回归结果如表 3 所示。 R^2 为 0.998, 整体拟合效果较好, *F* 统计量 (*Sig* 值) 小于 0.05, 通过了显著性检验, 因此该模型是有意义的。从表 3 可以得到自变量 STIRPAT 模型的弹性系数, 其中 ln B、ln C、ln D、ln E、ln F、ln G、ln H、ln J、ln K 的弹性系数分别为 0.091, 0.069, 0.132, 0.071, -0.030, 0.080, 0.140, 0.139, 0.131, 常数项为 0.241, 具体公式如式(4)所示:

$$\ln I = 0.241 + 0.091 \ln B - 0.069 \ln C + 0.132 \ln D + 0.071 \ln E - 0.03 \ln F + 0.08 \ln G + 0.14 \ln H + 0.139 \ln J + 0.131 \ln K \quad (4)$$

表 3 广西碳排放影响因素多元线性拟合结果

Table 3 Multiple linear fitting results of influencing factors of carbon emissions in Guangxi

变量	系数	标准误差	标准系数	<i>t</i>	Sig.
常数	0.241	0.208	0.000	1.162	0.329
ln B	0.091	0.022	0.086	4.169	0.025
ln C	0.069	0.017	0.066	3.961	0.029
ln D	0.132	0.009	0.132	14.936	0.001
ln E	0.071	0.018	0.068	3.923	0.029
ln F	-0.030	0.012	0.133	10.293	0.002
ln G	0.080	0.018	0.081	4.592	0.019
ln H	0.140	0.013	0.144	10.916	0.002
ln J	0.139	0.017	0.147	8.324	0.004
ln K	0.131	0.009	0.131	13.915	0.001

注: $R^2=0.998$, $F=106.364$, $Sig F=0$ 。

4.2 岭回归结果分析

从岭回归的结果来看, 模型模拟效果较为显著。从系数来看, 城市化水平、经济发展水平、产业结构、人口密度、公路总里程数、环境规制投入、国内外旅游人数等因素会促进碳排放量的增加, 呈递增关系。由弹性系数可知, 对广西碳排放总量影响最大的是公路总里程数, 广西目前处于城市化发展中期, 是城市不断向外扩张的阶段, 随着城市建筑、人口、交通等不断增加, 势必带来大量的能源消耗, 从而增加城市碳排放量, 每增加 1% 的公路运输里程数, 就会增加 0.14% 的碳排放量。城市化带来了大量人口以及建设空间, 随着人民生活水平的提高和城市生产生活的需要, 公路里程数不断增加, 交通运输会带来大量的汽车尾气排放。产业结构每增加 1%, 会相应的增加 0.071% 的碳排放量, 广西目前产业结构较为单一, 第二产业占比较大, 且受到高碳锁定的制约, 经济发展结构一时难以调整, 未来对于能源消耗的需求会进一步增加。经济发展水平(人均地区生产总值)每上升 1%, 会增加 0.132% 的碳排放量, 而重庆市经济水平的发展每提高 1%, 就会产生 0.398% 的碳排放量^[5], 上海市经济发展水平每提高 1%, 会增加 0.1% 的碳排放量^[12], 这说明广西目前的能源使用效率较高, 但同一线城市的能源使用效率相比还存在一定差距, 需要进一步优化产业结构, 提高第三产业的比例, 从粗放型经济发展方式转向集约化经济发展方式。人口密度每提高 1%, 相应地会增加 0.08% 的碳排放量, 人口密度的提升会带来城市的集中发展, 使得公共服务和基础设施建设产生规模效应, 从而削弱二氧化碳排放。城市化水平每提高 1%, 相应地会增加 0.091% 的碳排放量, 这个数据是低于江苏省的, 江苏城市化率每增加 1%, 其能源消费产生的碳排放

则增加 0.15%^[13], 这表明集约化发展对广西减少碳排放是有效的。同时, 广西是旅游大省, 因此在研究中, 将国内外旅游人数因素也考虑在内, 旅游人数每增加 1%, 能源消费碳排放量相应地会增加 0.131%, 表明广西目前旅游业发展对经济的贡献作用比较有限^[14], 李智慧等^[15]的研究也表明广西旅游业碳排放评价指数较低, 为全国倒数行列, 旅游发展整体水平较低, 旅游资源密度大, 但各景点之间的协作性较差。但是环境规制投入每增加 1%, 就会增加 0.139% 的碳排放量。这说明目前的环境规制投入未能起到抑制碳排放的作用, 表明广西在环境治理方面仍存在不足之处, 未能很好地起到倒逼企业进行绿色发展创新的作用^[16]。而对外开放程度每增加 1%, 能够减少 0.03%, 这表明积极引入外商投资, 对广西城市的绿色发展起促进作用。

5 结论与建议

5.1 结论

城市化水平、经济发展水平、产业结构、人口密度、公路总里程数、环境规制投入、国内外旅游人数每增加 1%, 将引起广西能源消费碳排放相应增加 0.091%, 0.069%, 0.132%, 0.071%, 0.08%, 0.14%, 0.139%, 0.131%, 其中公路总里程数对碳排放影响最大, 同时引进外商投资额每提高 1%, 会减少 0.03% 的碳排放量。

5.2 建议

广西目前的能源消费结构及产业结构表明, 在未来一段时间里, 广西城市能源碳排放量将会继续增加, 将面临较大的减排压力。因此, 课题组提出以下建议: 1) 在城市化扩张过程中, 应严格控制耕地、林地、草地向建设用地的无序扩张, 且在建设过程中应该使用更环保的材料, 提高公共建筑的使用年限。2) 对现有的产业结构进行优化, 降低第二产业比例, 优化内部结构, 促进高污染高耗能企业进行绿色技术创新, 大力发展高附加值的第三产业。3) 引进高质量绿色发展的外商投资。4) 利用广西优越的地理条件, 大力发展潮汐能、风能、生物质能等清洁能源, 提高可再生能源在能源消费中的比例。5) 发挥旅游业的最大价值, 提高景区之间的协同联动性, 完善旅游发展环境, 促进相关产业创新, 实现旅游业绿色发展与经济效益最大化。

参考文献:

- [1] United Nations Environment Programme(UNEP). Emissions Gap Report 2021[R/OL]. [2023-01-10]. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2021>.
- [2] United Nations. The Paris Agreement: What Is It and How Does It Work, Climate Change[EB/OL]. [2023-01-14]. <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>.
- [3] 邵帅, 张可, 豆建民. 经济集聚的节能减排效应: 理论与中国经验[J]. 管理世界, 2019, 35(1): 36-60, 226.
SHAO Shuai, ZHANG Ke, DOU Jianmin. Effects of Economic Agglomeration on Energy Saving and Emission Reduction: Theory and Empirical Evidence from China[J]. Management World, 2019, 35(1): 36-60, 226.
- [4] YORK R, ROSA E A, DIETZ T. STIRPAT, IPAT and ImpACT: Analytic Tools for Unpacking the Driving Forces of Environmental Impacts[J]. Ecological Economics, 2003, 46(3): 351-365.
- [5] 黄蕊, 王铮. 基于 STIRPAT 模型的重庆市能源消费碳排放影响因素研究[J]. 环境科学学报, 2013, 33(2): 602-608.
HUANG Rui, WANG Zheng. Influencing Factors of Carbon Emissions from Energy Consumptions in Chongqing Based on STIRPAT Model[J]. Acta Scientiae Circumstantiae, 2013, 33(2): 602-608.
- [6] 张乐勤, 李荣富, 陈素平, 等. 安徽省 1995 年—2009 年能源消费碳排放驱动因子分析及趋势预测: 基于 STIRPAT 模型[J]. 资源科学, 2012, 34(2): 316-327.
ZHANG Leqin, LI Rongfu, CHEN Suping, et al. Trend Prediction and Analysis of Driving Factors of Carbon Emissions from Energy Consumption During the Period 1995—2009 in Anhui Province Based on the STIRPAT Model[J]. Resources Science, 2012, 34(2): 316-327.
- [7] 龚利, 屠红洲, 龚存. 基于 STIRPAT 模型的能源消费碳排放的影响因素研究: 以长三角地区为例[J]. 工业技术经济, 2018, 37(8): 95-102.
GONG Li, TU Hongzhou, GONG Cun. Study on the Influencing Factors of Carbon Emissions from Energy Consumption Based on STIRPAT Model: The Case of Yangtze River Delta Region[J]. Journal of Industrial Technological Economics, 2018, 37(8): 95-102.
- [8] 卢娜, 曲福田, 冯淑怡, 等. 基于 STIRPAT 模型的能源消费碳足迹变化及影响因素: 以江苏省苏锡常地区为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(5): 814-824.
LU Na, QU Futian, FENG Shuyi, et al. Trends and Determining Factors of Energy Consumption Carbon Footprint: An Analysis for Suzhou-Wuxi-Changzhou Region Based on STIRPAT Model[J]. Journal of Natural Resources, 2011, 26(5): 814-824.
- [9] 苏丹, 姚林华, 邹博清. 构建绿色基金体系支持绿

- 色经济发展的思路及建议: 以广西为例 [J]. 区域金融研究, 2018(5): 56-59, 64.
- SU Dan, YAO Linhua, ZOU Boqing. Thinking and Suggestion on Establishing a Green Funds System to Support the Development of Green Economy[J]. Journal of Regional Financial Research, 2018(5): 56-59, 64
- [10] 马雄威. 线性回归方程中多重共线性诊断方法及其实证分析 [J]. 华中农业大学学报 (社会科学版), 2008(2): 78-81, 85.
- MA Xiongwei. Diagnosis and Empirical Analysis on Multicollinearity in Linear Regression Model[J]. Journal of Huazhong Agricultural University (Social Science Edition), 2008(2): 78-81, 85.
- [11] 杨楠. 岭回归分析在解决多重共线性问题中的独特作用 [J]. 统计与决策, 2004(3): 14-15.
- YANG Nan. The Unique Role of Ridge Regression Analysis in Solving Multicollinearity Problems[J]. Statistics and Decision, 2004(3): 14-15.
- [12] 赵敏, 张卫国, 俞立中. 上海市能源消费碳排放分析 [J]. 环境科学研究, 2009, 22(8): 984-989.
- ZHAO Min, ZHANG Weiguo, YU Lizhong. Carbon Emissions from Energy Consumption in Shanghai City[J]. Research of Environmental Sciences, 2009, 22(8): 984-989.
- [13] 黄蕊, 王铮, 丁冠群, 等. 基于 STIRPAT 模型的江苏省能源消费碳排放影响因素分析及趋势预测 [J]. 地理研究, 2016, 35(4): 781-789.
- HUANG Rui, WANG Zheng, DING Guanqun, et al. Trend Prediction and Analysis of Influencing Factors of Carbon Emissions from Energy Consumption in Jiangsu Province Based on STIRPAT Model[J]. Geographical Research, 2016, 35(4): 781-789.
- [14] 陈文捷, 高雪. 基于 VAR 模型的旅游业与区域经济发展动态关系研究: 以广西为例 [J]. 广西社会科学, 2018(2): 38-44.
- CHEN Wenjie, GAO Xue. On Dynamic Relationship Between Tourism and Regional Economic Development Based on VAR Model: Taking Guangxi as an Example[J]. Social Sciences in Guangxi, 2018(2): 38-44.
- [15] 李智慧, 王凯, 余芳芳, 等. 中国旅游业碳排放—旅游经济: 生态环境耦合协调时空分异研究 [J]. 地理与地理信息科学, 2022, 38(6): 110-118.
- LI Zhihui, WANG Kai, YU Fangfang, et al. Temporal and Spatial Differentiation of Coupling Coordination of Tourism Carbon Emissions, Tourism Economy and Ecological Environment in China[J]. Geography and Geo-Information Science, 2022, 38(6): 110-118.
- [16] 张华, 魏晓平. 绿色悖论抑或倒逼减排: 环境规制对碳排放影响的双重效应 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24(9): 21-29.
- ZHANG Hua, WEI Xiaoping. Green Paradox or Forced Emission-Reduction: Dual Effect of Environmental Regulation on Carbon Emissions[J]. China Population, Resources and Environment, 2014, 24(9): 21-29.

(责任编辑: 申剑)