

# “双碳”背景下江苏省碳排放的影响因素的研究——基于扩展的 STIRPAT 模型

张徐桢 陈 歆 陶声婷 尤晨馨  
河海大学 江苏常州 213000

**摘要:** 本文在传统 STIRPAT 模型的基础上, 引入产业结构、能源消耗强度和能源结构等指标, 构建了扩展的 STIRPAT 模型用来研究江苏省碳排放的影响因素。结果显示, 人口、碳排放强度、人均国内生产总值、能源消耗强度、产业结构对促进江苏省的碳排放增长具有显著的推动作用, 其中, 人口、能源结构和人均国内生产总值对江苏省碳排放的贡献最大。基于研究结果, 我们提出了能源结构调整, 提高人口质量等针对性的减排措施, 助力江苏省“双碳”目标的实现。

**关键词:** 双碳; STIRPAT 模型; 影响因素; 碳排放

## Research on the influencing factors of carbon emission in Jiangsu Province under the "two-carbon" background: Based on the extended STIRPAT Model

Xuzhen Zhang Xin Chen Shengting Tao Chenxin You  
Hohai University, Changzhou, Jiangsu, 213000

**Abstract:** Building on the traditional STIRPAT model, this paper introduces indicators such as industrial structure, energy consumption intensity, and energy structure to construct an extended STIRPAT model to investigate the factors affecting carbon emissions in Jiangsu Province. The results show that population, carbon emission intensity, per capita GDP, energy consumption intensity, and industrial structure have significant driving effects on promoting carbon emissions growth in Jiangsu Province. Among them, population, energy structure, and per capita GDP contribute the most to carbon emissions in Jiangsu Province. Based on the research results, we propose targeted emission reduction measures such as adjusting the energy structure and improving the quality of the population to help achieve the "dual-carbon" goals in Jiangsu Province.

**Keywords:** Double carbon; STIRPAT model; Influencing factors; Carbon emission

### 引言

为了实现《巴黎协定》的目标, 2020年9月, 我国提出了“双碳”目标, 展现了负责任的大国形象。在我国经济进入优质发展关键期的情况下, 碳达峰和碳中和将有效帮助中国应对全球气候变化, 必将成为推动经济社会全面绿色转型的总体重点。2019年10月, 《长江三角洲生态绿色综合发展示范区总体规划》获国务院正式批复, 并强调, 长三角地区要在把生态优势转变成经济社会发展优势方面做出大胆尝试。

江苏地处长三角地区, 有着良好的自然条件和优越的经济基础。据《江苏省2019年低碳发展报告》显示, 江苏省在“十三五”的前四年就已经实现了全省碳强度下降24.5%左右。但是随着时间的推移, 江苏碳排放的增加给环境和资源造成了巨大的压力。值得一提的是, 以江苏为首的长三角地区已逐步成为全球工业承接和制造业中心。一方面, 不可避免的是会消耗更多的能源, 从而导致碳排放的增加。另一方

面, 科技创新的提高也为节能减排的有效实施提供了强有力的技术保障。因此, 在准确计算江苏碳排放的基础上, 系统研究其影响因素, 探索针对性的有效的减排措施, 有利于推动生态文明建设和“美丽江苏”建设迈上新的台阶。

### 一、文献综述

为了探究碳排放影响因素, 学界运用了许多模型对其进行分解。其中, 使用最广泛的两种模型, 分别是LMDI模型和STIRPAT模型。

目前, 关于LMDI的相关理论和方法, 国际上已有许多的文献和结果。陈军华等<sup>[1]</sup>利用LMDI模型, 将四川省的碳排放增加进行分解, 并提出能源强度是缓解该地区碳排放增加的关键因素, 经济发展水平是推动该地区碳排放增加的重要因素。刘玉珂等<sup>[2]</sup>着眼于中部省份, 利用LMDI模型研究得出影响中西部碳排放产量的关键因素为能源强度、产出规模和产业结构等。LMDI模型因其方便性及高效性被广泛应用于探究中国各行业的碳排放影响因素, 马光辉等<sup>[3]</sup>、刘曼

芝等<sup>[4]</sup>和何俊豪<sup>[5]</sup>利用 LMDI 模型分别对渔业、交通运输业和建筑业的碳排放影响因素进行了研究。

虽然 LMDI 不需要借助投入产出表的数据,使用方便,但是该模型无法同时考虑到绝对指标与相对指标的影响,仅适用于变量不多的情况,学界开始探索其他模型以提高因素分解的严谨性、准确性和客观性。STIRPAT 模型是一种综合考虑社会、经济、技术等多个要素的模型,能够更全面、更有效地对与能源有关的碳排放进行研究,在学术界得到了广泛的应用。

利用 STIRPAT 模型进行碳排放影响因素研究的学者多聚焦于国家层面或是省域。许士春等<sup>[6]</sup>运用 STIRPAT 模型,研究了不同要素对我国能源与碳排放的贡献,得出了经济增长与节能技术是两个重要的变量。李震等<sup>[7]</sup>利用 STIRPAT 模型,增加了城市化水平、产业结构和一次能源消费结构等指标,发现对碳排放的影响程度最大的为总人口和人均 GDP。为研究不同区域碳排放影响因素贡献是否具有差异性,冯宗宪等<sup>[8]</sup>将中国分为东部、东北、西部和中部四个主要地区,利用 STIRPAT 模型对其进行了分析,结果表明,人口、经济、产业结构和固定资产投资等对我国和地区的碳排放都有相对稳定的影响,但是不同因素的贡献率却存在着一定的差别。

## 二、研究框架

### 2.1 指标选取

传统的 STIRPAT 模型包含人口、财产和技术三个指标。对化石能源的消费是产生碳排放的主要原因,但影响碳排放量的因素还有其他方面。基于文献检索,为了尽量减少模型偏差,我们对影响因素进行扩充,选取人口规模、富裕程度、技术水平、产业结构、能源消耗强度和能源结构等六个指标,以探究江苏省碳排放的影响因素。

### 2.2 模型构建

在环境方面的定量分析中,最早出现的是 IPAT 模型,但该模型考虑的指标过于单一,存在一定的缺陷。因此,有学者对 IPAT 模型进行修正,提出了非线性的 STIRPAT 模型:

$$I = aP^bA^cT^dE_e$$

其中, I 代表环境压力, P 代表人口规模, A 代表富裕程度, T 代表技术水平。a 为系数, b、c、d 为各项指标的指数, e 表示误差项。

本研究选取人口规模(P)、富裕程度(A)、技术水平(T)、产业结构(Is)、能源消耗强度(Ec)和能源结构(Es)等六

个指标,构建扩展的 STIRPAT 模型, C 表示碳排放量。表达式为:

$$C = aP^bA^cT^dE_c^eE_s^fI_s^gh$$

其中, a 为扩展模型的系数, b、c、d、e、f、g 分别为各项指标的指数。

为了消除异方差,两边同时取对数,转化之后得到的多元线性回归模型为:

$$\ln C = \ln a + b \ln P + c \ln A + d \ln T + e \ln E_c + f \ln E_s + g \ln I_s + \ln h$$

### 2.3 数据来源

本文中除能源结构数据来自《中国能源统计年鉴》外,其余各指标数据来自《江苏统计年鉴》,碳排放数据来自中国碳排放数据库。

## 三、结果与分析

### 3.1 自变量之间相关性分析

相关系数又称 Pearson 相关系数,用以衡量两个变量之间的线性相关程度。通过 Excel 相关系数分析所得结果如图 1 所示:

	P	A	T	E <sub>c</sub>	E <sub>s</sub>	I <sub>s</sub>
P	1					
A	0.978427	1				
T	-0.95621	-0.99395	1			
E <sub>c</sub>	-0.96419	-0.99576	0.995883	1		
E <sub>s</sub>	-0.55568	-0.64932	0.705886	0.655716	1	
I <sub>s</sub>	-0.93478	-0.97466	0.972388	0.978623	0.616395	1

图 1 相关性矩阵

从图 1 可看出大部分变量间存在高度相关性。其中 A 与 T、E<sub>c</sub>、I<sub>s</sub>之间存在 g 高度负相关性,达到-0.994、-0.996、-0.975。T 与 E<sub>c</sub>、I<sub>s</sub>之间存在很强的正相关性,相关性达到 0.996、0.972。E<sub>c</sub>和 E<sub>s</sub>、I<sub>s</sub>之间也存在高度正相关,其中, E<sub>c</sub>和 I<sub>s</sub>的相关性(0.979)高于 E<sub>c</sub>和 E<sub>s</sub>的相关性(0.656),这说明产业结构的优化和能源结构优化相比更有利于能耗的降低,从而对促进碳减排有积极影响。

### 3.2 多元线性回归

对等式两边取对数,并进行多元线性回归分析,可以得到样本回归模型如下:

$$\ln \hat{C} = -1.3546 + 1.1516 \ln P + 0.9987 \ln A + 1.0022 \ln T + 0.0036 \ln E_c - 0.0028 \ln E_s + 0.0023 \ln I_s$$

结果表明,在其他变量均保持不变的情况下,地区人口、人均 GDP、碳排放强度、能源消耗强度和第二产业占地区产业总和的比重每增加 1%,碳排放量会分别随之增长 1.1516%、0.9987%、1.0022%、0.0036%、0.0023%。

### 3.3 回归结果分析

(1) 拟合度检验: 由分析结果得到的修正的可决系数为  $\bar{R}^2 = 0.99$ , 非常趋近于 1, 说明模型对样本的拟合程度非常好, 模型预测效果佳。

(2) F 检验: 检验模型中解释变量全体对被解释变量是否具有显著影响, 针对原假设  $H_0: a = b = c = d = e = f = g$ , 当显著性水平  $\alpha = 0.05$  时, 在 F 分布表中可以查出自由度为  $F_{\alpha}(6, 5) = 4.95$ 。由于模型拟合得到的结果为  $F = 13525 > F_{\alpha}(6, 5) = 4.95$ , 应拒绝原假设, 说明原假设显著, 即“人口规模”、“富裕程度”、“技术水平”、“能源消耗强度”、“能源结构”和“产业结构”对“碳排放量”均有显著正向影响。其中, 人口增长、人均 GDP 以及碳排放强度对碳排放量的影响程度较为明显, 碳排放量受能源消耗强度及产业结构影响较弱。

## 四、结论与建议

人口、碳排放强度、人均 GDP、能源消耗强度、产业结构对江苏省碳排放的增长均有促进作用。其中, 影响江苏省碳排放和制约着江苏省碳减排的主要因素是人口、能源结构和人均 GDP。

因此, 提出以下建议:

(1) 加速推动能源结构的优化, 降低煤炭比重, 推广优质煤、清洁型煤的应用, 鼓励使用生物质能、天然气等低碳能源和核电、水电等优质清洁能源代替燃煤, 实现能源清洁化生产, 加快构建多元化的低碳能源体系。

(2) 人口因素对江苏省的碳排放的影响是比较显著的, 因此, 我们必须采取措施来削弱这种影响。首先, 我们需要改善人们的生活方式, 以便更好地适应环境。此外, 我们还需要推动社会的技术发展, 以减少对能源的依赖, 并最终降低碳排放。为了实现可持续发展, 我们必须加强对低碳环保的认知, 推动全民实施节能减排, 建立健康的绿色生活理念。

(3) 优化和调整产业结构, 降低第二产业的比例。科技自力更生和自我完善是引领产业转型升级的战略支持。必须努力解决战略性的科技问题, 完善配套政策措施, 为产业结构的优化升级提供重要保障。顺应产业结构调整的新趋势, 多方推进, 加快构建同时兼顾速度和效益的产业结构, 实现经济健康发展与环境友好相协调。

### 参考文献:

[1] 陈军华, 李乔楚. 成渝双城经济圈建设背景下四川省能源消费碳排放影响因素研究——基于 LMDI 模型视角[J]. 生态经济, 2021, 37(12):30-36.

[2] 刘玉珂, 金声甜. 中部六省能源消费碳排放时空演变特征及影响因素[J]. 经济地理, 2019, 39(01):182-191.

[3] 马光辉, 张迎春, 姚芳斌. 中国渔业经济碳排放驱动因素研究——基于 LMDI 和脱钩模型的双视角分析[J]. 青岛大学学报(自然科学版), 2022, 35(01):117-123.

[4] 刘曼芝, 张熙熙, 张梦雅. 基于 CD 函数和 LMDI 分解模型的交通运输业碳排放影响因素研究——以中国为例[J]. 环境影响评估评论, 2021, 90(1):106623.

[5] 何俊豪, 岳强, 李芸. 2000-2015 年中国建筑业碳排放驱动力分析[J]. 可持续城市与社会, 2020, 60.

[6] 许士春, 龙如银. 中国能源和碳排放的效率测度与影响因素研究[J]. 软科学, 2015, 29(03):74-78.

[7] 李震, 李彦斌, 邵双双. 基于扩展 STIRPAT 模型的中国能源消费碳排放影响因素分析及趋势预测[J]. 能源, 2019, 12.

[8] 冯宗宪, 高赢. 中国区域碳排放驱动因素、减排贡献及潜力探究[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2019, 21(04):13-20.

基金: 河海大学大学生创新创业训练资助项目(2022102941647)