

安徽省人均二氧化碳排放影响因素研究

——基于 STIRPAT 模型

游晓慧 张静 张静亚

(滁州学院经济统计系, 安徽 滁州 239000)

【摘要】: 基于对安徽省 1995—2017 年人均二氧化碳排放的核算, 本文采用 STIRPAT 模型定量研究方法, 人均二氧化碳排放作为被解释变量, 城镇化水平、人均地区生产总值、产业结构、能源强度和全社会 R&D 经费投入作为解释变量, 对安徽省人均二氧化碳排放的影响因素展开深入分析。结果表明: 人均地区生产总值和能源强度是驱动人均二氧化碳排放增长的主要因素, 能源强度与人均碳排放量同样具有显著的正相关性。针对以上结果对安徽省提出相应建议, 从而推动安徽省低碳经济的有效发展。

【关键词】: 人均二氧化碳排放 STIRPAT 模型 影响因素

【中图分类号】: F2 **【文献标识码】:** A

0 引言

近年来经济不断发展呈现高速稳步增长的趋势, 温室气体的排放量也日益增加, 二氧化碳排放的控制问题已成为亟待解决的热点问题。由于安徽省经济发展趋势的逐步提高, 城市化发展的进程不断加快, 能源的过分消耗和二氧化碳过多的排放, 随之带来的是环境的污染和破坏, 人们已经慢慢意识到以二氧化碳为表征的温室气体排放的危害性, 经济“低碳化”逐渐上升到国家战略层面。

如今如何尽可能的减少高碳能源消耗, 减少二氧化碳气体的排放, 节约环境外部成本备受关注。因此, 针对二氧化碳排放量影响因素的研究分析显得尤为重要, 其研究成果不仅直接影响了社会和政府对于二氧化碳排放的认知, 也是为了避免在经济社会高速发展的同时能尽可能的减少二氧化碳的排放, 如何使经济形态达到经济社会发展与生态环境保护双赢的局面是现代研究中的重要课题。由于研究目的、知识背景和研究方法等各方面的不一致, 各类研究学者从自己的角度出发在进行二氧化碳排放影响因素分析研究时会选择不同的变量, SAD Structural Decomposition Analysis 和 IDA Index Decomposition Analysis 是两种最常用的分析方法。其中付雪等对碳排放强度影响因素进行分解, 以上海为例进行研究结果发现其受需求结构的变动影响较为显著。冯博等将经济发展和二氧化碳排放密切联系起来, 认为如果将碳排放量和经济发展水平联系起来, 间接碳排放强度效率和产业规模效应在影响因素中占据着重要地位。

本文根据安徽省二氧化碳排放量的总体情况, 运用 STIRPAT 模型研究城镇化水平、人均地区生产总值、产业结构、能源强度和全社会 R&D 经费投入各驱动因素对人均碳排放的影响程度进行分解。从研究中得到结论, 从而针对安徽省低碳经济的发展提出建议。

1 研究方法和数据来源

1.1 研究方法

1.1.1 IPCC 方法

本文选择 IPCC 计算方法估算安徽省 1995-2017 年的二氧化碳排放量, IPCC 方法对温室气体排放的提供了详细的方法, 且经过不断的实例验证, 逐渐成为国际上公认和常被使用的碳排放评估方法。

1.1.2 STIRPAT

STIRPAT 是分析二氧化碳排放驱动因素的最主流研究方法之一, 它更详细准确的解释人均二氧化碳排放量与各驱动因子之间的关系。模型形式如下:

$$I = aP^bA^cT^d e \quad (1)$$

式(1)中, T、P、A、T 分别代表环境压力、人口规模、富裕度、技术水平, bcd 分别代表的是人口规模、富裕度和技术水平的驱动力指数, a 为模型系数, e 为误差项。

在具体应用过程中, 可以将每个因素分解为几个指标, 使得该模型可以被灵活运用。根据安徽省碳排放情况的总体分析, 用人均二氧化碳排放量作为解释变量, 在选择人口规模中, 引入城镇化水平 U 变量, 在经济因素选择中, 本文选取人均地区生产总值 G、产业结构 S 变量作为富裕度因素, 在技术因素的选择中, 本文选择能源强度 E 和全社会 R&D 经费投入 K 变量。则具体模型的形式为:

$$M = aU^bG^cS^dE^fK^g e \quad (2)$$

为了消除量纲, 对上式两边同时取对数, 最终转变为线性模型, 处理后形式如公式 3:

$$\ln M = \ln a + b \ln U + c \ln G + d \ln S + f \ln E + g \ln K + \epsilon \quad (3)$$

1.2 数据来源及整理

本文中, 基于安徽省 1995-2017 年的二氧化碳的相关数据, 对安徽省人均二氧化碳排放量进行核算, 在计算过程中根据源于《中国能源统计年鉴》中口径的 9 种能源消费量, 再分别与各自碳排放系数上相乘(由 IPCC 提供, 见表 1), 根据计算步骤得到当年安徽省二氧化碳排放总量, 根据计算指标以安徽省年末常住人口数为分子, 安徽省人均二氧化碳排放量拿安徽省二氧化碳排放总量除以当年安徽省年末常住人口数, 最终得到安徽省人均二氧化碳排放量并将其作为被解释变量。

表 1 九类能源的标准煤折算系数及碳排放系数

类型	碳排放系数	折算标准煤
煤炭	0.7476	0.7143
焦炭	0.1128	0.9714

原油	0.5854	1.4286
汽油	0.5532	1.4714
煤油	0.3416	1.4714
柴油	0.5913	1.4571
燃料油	0.6176	1.4286
天然气	0.4479	1.3300
电力	2.2132	0.1229

注:碳排放系数的单位为千克碳/千克标准煤。

在 1995-2017 年期间影响安徽省人均二氧化碳排放量的各项指标数据见表 2, 在选择人口因素中, 将引入城市化率指标。本文在考察安徽省人口规模变化中发现省内人口数和流向外地的人口数同向增长, 因此, 我们在考察人口规模对人均二氧化碳排放量的影响时, 常住人口发生的行为是主要因素。城镇化率使用城镇人口占常住总人口的比重作为指标, 数据来源于《安徽省统计年鉴 1995-2017》; 根据第二产业工业部尤其高耗能行业的发展的特征, 会通过能源消耗总量、能源消耗结构和强度间接产生二氧化碳排放, 本文产业结构运用第二产业增加值占 GDP 比重来表示, 数据取自《安徽省统计年鉴 1995-2017》; 人均地区生产总值用以 1995 年不变价折算成当年实际 GDP 与年末常住人口数的比重来表示, 数据来源于《安徽省统计年鉴 1995-2017》。R&D 经费投入对提升安徽省第二、三产业的生产技术水平、能源使用效率, 改进生产工序都起到了良好的促进作用, 侧面直接影响到安徽省人均二氧化碳的排放量, R&D 经费投入数据来自《中国科技统计年鉴》; 能源强度是普遍采用的一种衡量技术进步对碳排放影响的指标, 能源的利用效率直接影响到安徽省人均二氧化碳的排放量, 用单位 GDP 能耗表示, 采用《中国能源统计年鉴》中安徽省能源消费总量除以安徽省统计年鉴中的实际 GDP (以 1995 年不变价) 得到。

表 2 1995-2017 年影响安徽省人均二氧化碳排放指标量

时间	人均二氧化碳排放(吨)	城镇化率(%)	第二产业所占比重(%)	人均地区生产总值(万元)	R&D 经费投入(亿元)	能源强度(万吨标准煤/亿元)
1995	2.16	19.09	36.46	0.3	4	3.32
1996	2.29	21.71	46.9	0.33	5.85	3.23
1997	2.3	22.02	47.2	0.36	6.5	2.97
1998	2.27	22.33	44.7	0.38	7.9	2.76
1999	2.29	26	43.97	0.41	8.7	2.59
2000	2.49	28	42.67	0.45	13.3	2.54
2001	2.61	29.3	43	0.48	21.05	2.5
2002	2.73	30.7	43.5	0.53	25.7	2.39

2003	3.03	32	44.82	0.58	32.4	2.41
2004	3.16	33.5	45.09	0.64	37.3	2.3
2005	3.43	35.5	41.3	0.72	45.61	2.22
2006	3.75	37.1	43.1	0.82	59.05	2.13
2007	4.07	38.7	44.7	0.94	72.82	2.01
2008	4.61	40.5	46.6	1.03	99.49	2.08
2009	5.2	42.01	48.7	1.12	137.86	2.17
2010	5.66	43.01	52.1	1.27	163.72	2.08
2011	6.18	44.8	54.3	1.38	214.6	2.08
2012	6.97	46.5	54.64	1.49	281.8	2.17
2013	7.51	47.86	54.6	1.59	352.1	2.18
2014	7.72	49.15	53.1	1.71	340.3	2.07
2015	7.58	50.5	49.75	1.8	398.6	1.93
2016	7.3	51.99	48.43	1.9	475.1	1.75
2017	7.5	53.49	47.52	2.02	564.9	1.69

2 基于 STIRPAT 模型的实证分析

本文利用 Eviews 软件分析对模型进行最小二乘无偏估计。首先采用对数化后的方程 3, 对数化的数据不改变原来的协整关系, 不仅可以有效降低数据的异方差程度, 还可以减少变量的波动情况。先对被解释变量 (M) 与 5 个解释变量进行相关系数检验, 由下表得出, 人均二氧化碳排放量 (M) 与 4 个解释变量都高度相关。

表 3 人均碳排放与解释变量相关系数表

	LN M	LN U	LN G	LN S	LN E	LN K
LN M	1.00	0.96	0.99	0.77	-0.85	0.98

2.1 单位根检验

本文采用时间序列数据进行计量分析, 采用的变量中包括人均生产总值、产业结构和人均二氧化碳排放量等宏观变量, 其时间序列多是不平稳的。为解决这一问题, 本文对人均二氧化碳排放量及其 5 个解释变量进行 ADF 单位根检验。根据检验结果发现, 统计量的 P 值小于 1%, 原序列的 ADF 值为 -4.739879, 1% 显著水平上的临界值为 -3.788030, 5% 显著水平上的临界值为

-3.012363, 10%显著水平上的临界值为-2.646119, 可见 ADF 值均小于各显著水平上的值, 故拒绝了不存在单位根的原假设, 即认为原序列都存在单位根, 是非平稳序列。被解释变量和解释变量都是二阶单整的, 可以满足协整检验条件。接下来用 EG 两步法分析方法, 对变量之间的长期稳定均衡关系进行协整关系检验。

首先, 先用变量 LNM 对 LNU、LNG、LNS、LNE、LNK 进行回归, 对回归方程估计残差序列 u_1 做单位根检验, 结果如表 4。

表 4 序列 u_1 单位根检验

		t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic		-4.739879	0.0012
Testcritical values:	1%level	-3.788030	
	5%level	-3.012363	
	10%level	-2.646119	

由于检验统计量的 P 值小于 1%, 可以认为估计残差序列 u_1 为平稳序列, 从而得到 LNM 和 LNU、LNG、LNS、LNE、LNK 具有协整关系。

2.2 回归分析

通过上述分析, 用 OLS 作协整回归估计得到的结果如表 5。

表 5 回归分析结果

Variable	coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	1.198749	0.170699	7.022573	0.0000
LNU	-0.108239	0.051523	-2.100777	0.0509
LNG	0.990494	0.028355	34.93237	0.0000
LNS	-0.028473	0.026133	-1.089549	0.2911
LNE	0.961897	0.036268	26.52160	0.0000
LNK	0.023834	0.015372	1.550492	0.1394
R-squared	0.999840	Mean dependent var		1.388457
Adjust R-squared	0.999793	S. D. dependent var		0.478848
S. E. of regression	0.006884	Akaike info criterion		-6.899872

Sum squared resid	0.000806	Schwarz criterion	-6.603656
Log likelihood	85.34853	Hannan-Quinn criter	-6.825375
F-statistic	21288.23	Durbin-Watson stat	0.713284
Prob(F-statistic)	0.000000		

$R^2=0.999840$, 调整 $R^2=0.999793$, F 统计值较大, 充分说明回归方程的拟合优度很高。由 t 统计量可以得出常数项和解释变量系数的参数估计值均显著不为零, LNU、LNG、LNE 三个解释变量在 5% 的置信度水平下都显著, LNU 的 P 值为 0.0509, 也非常接近 5% 的置信度水平。因此变量对于被解释变量有良好的解释效果, 得到的方程如下:

$$\ln M = 1.199 - 0.108 \ln U + 0.990 \ln G - 0.029 \ln S + 0.962 \ln E + 0.024 \ln K \quad (4)$$

将公式 5 等式两边同时去对数得到最终解释人均碳排放驱动因素的模型为:

$$M = e^{1.199} - U^{0.108} + G^{0.990} - S^{0.029} + E^{0.962} + K^{0.025} \quad (5)$$

从弹性系数上可以看出, 人均地区生产总值、能源强度每增加 1% 人均二氧化碳排放将增加 0.990%、0.962%, 说明人均地区生产总值和能源强度影响二氧化碳排放的程度最为显著, 是驱动人均二氧化碳排放增长的最主要因素。

3 结论与启示

3.1 结论

(1) 人均地区生产总值和能源强度对二氧化碳排放的影响最为显著, 是人均二氧化碳排放增长的最主要影响因素。因为经济增长对投资的依赖性比较大, 加快重工业的发展, 从而引起对能源消费的增加、交通的需求上涨, 达到人均 GDP 增加的目的。综上所述, 人均地区生产总值的增长直接影响对二氧化碳排放需求的增加。

(2) 能源强度与人均二氧化碳排放量同样具有显著的正相关性, 说明能源强度的降低在很大程度上可以缓解二氧化碳排放的快速增长。城镇化水平和产业结构相比人均地区生产总值影响效果甚是微弱。

(3) 安徽省的经济总量增长迅速, R&D 经费投入量则相对较少, 技术研发经费投入不足以控制人均二氧化碳的排放。

3.2 启示

(1) 加快发展低碳技术, 实现能源高技术化。

安徽省的经济总量增长迅速, R&D 经费投入量则相对较少不足以控制二氧化碳的排放, 增加科技创新研究方面的全面投入, 确保尽快研发出一系列有效节能的循环科技, 在技术水平上实现低碳经济的发展。另外, 加大力度勘探新能源, 增加对太阳能, 风能地热等清洁能源的使用。

(2) 调整能源消费需求, 优化能源供应结构。

根据本文研究结果能源强度对人均二氧化碳的排放具有较为显著的影响, 从而在能源消费过程中, 推广碳强度理念, 以太阳能、核能、水电等新能源来代替煤, 石油, 从而减少二氧化碳的排放。

(3) 推进生态文明建设, 实现产业结构的合理高度化。

不同产业的发展需求对二氧化碳的需求量各不相同, 减少二氧化碳的排放, 促进安徽省节能减排应大力发展绿色产业, 降低经济发展的外部成本, 在实现环境成本内部化的同时, 催生新兴产业, 发现新的经济增长点。

参考文献:

- [1] 李明生, 袁莉. 中国低碳社会的模式与建设路径探讨[J]. 软件学, 2010, 24(004): 39-42.
- [2] 蔡博峰, 刘春兰, 陈操操等. 城市温室气体清单研究[M]. 北京: 化学工业出版社, 2009.
- [3] 付雪, 王桂新, 魏涛远. 上海碳排放强度结构分解分析[J]. 资源科学, 2011, (11): 2124-2130.
- [4] 冯博, 王雪青. 中国各省建筑业碳排放脱钩及影响因素研究[J]. 中国人口资源与环境, 2015, (4): 28-35.
- [5] 朱伟, 田泽, 岳金桂. 江苏省经济增长的二氧化碳排放测算与预测——基于灰色马尔科夫模型[J]. 世界科技研究与发展, 2015, 37(04): 399-403.
- [6] 李俊峰, 马玲娟. 低碳经济是规制世界发展格局的新规则[J]. 北京: 世界环境, 2008, (2): 17.
- [7] 任力. 国外发展低碳经济的政策及启示[J]. 福州: 发展研究, 2009, (2).
- [8] 杜俊慧, 张克勇, 张雪姣. 山西省二氧化碳排放影响因素分解及峰值预测[J]. 中北大学学报胡婉玲, 张金鑫, 王红玲. 中国农业二氧化碳排放特征及影响因素研究[J/OL]. 统计与决策, 2020, (05): 56-62[2020-04-28].
- [9] IPCC. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R]. Hayama, Japan: 2006.
- [10] Yan H, Shen Q, Fan LCH, et al. Greenhouse Gas Emissions in Building Construction: A Case Study of One Peking in Hongkong[J]. Building and Environment, 2010, (4): 949-955.