

# 中国工业碳排放驱动因素分解及达峰路径预测

刘畅 章强

西安外国语大学 经济金融学院

DOI:10.12238/ej.v7i5.1604

**[摘要]** 本文依托《中国制造 2025》政策和2030年中国减排目标,基于中国工业碳排放相关数据,采用广义迪式指数分解法,得出技术创新投资规模是工业碳排放的主要促增因素,而技术创新投资效率是碳排放减少的关键。采用蒙特卡罗模拟,预测2020年-2030年中国工业碳排放的潜在变化趋势。结果表明,基准情景下2020-2030年中国工业碳排放将持续增长。绿色发展情景下,工业碳排放增长的速度将会减缓,但转折点尚未显现。技术革新发展情境下,中国工业碳排有望在2029年达到峰值,因此,政府需进一步鼓励工业企业投资绿色低碳技术创新,在控制投资规模的同时提高投资效率。在积极贯彻节能减排措施和大力发展低碳技术的情况下,中国工业部门将展现极大的碳减排潜力。

**[关键词]** 碳排放; 广义迪式指数分解; 蒙特卡罗模拟; 达峰路径

**中图分类号:** TK421+.5 **文献标识码:** A

## Decomposition of industrial carbon emission drivers and prediction of peak pathways in China

Chang Liu Qiang Zhang

School of Economics and Finance, Xi'an International Studies University

**[Abstracts]** Relying on the policy of "Made in China 2025" and China's emission reduction target in 2030, this paper, based on the data related to China's industrial carbon emissions, adopts the generalized Diophantine exponential decomposition method, and concludes that the scale of investment in technological innovation is the main contributing factor to the increase of industrial carbon emissions, while the efficiency of investment in technological innovation is the key to the reduction of carbon emissions. Monte Carlo simulation is used to predict the potential trend of China's industrial carbon emissions from 2020 to 2030. The results show that China's industrial carbon emissions will continue to grow in 2020-2030 under the baseline scenario. Under the green development scenario, the growth of industrial carbon emissions will slow down, but the turning point is not yet apparent. Under the technological innovation scenario, China's industrial carbon emissions are expected to peak in 2029, so the government needs to further encourage industrial enterprises to invest in green and low-carbon technological innovations, and to control the scale of investment while improving investment efficiency. With the active implementation of energy-saving and emission reduction measures and the development of low-carbon technologies, China's industrial sector will show great potential for carbon reduction.

**[Key words]** carbon emissions; generalized Diels-Alder exponential decomposition; Monte Carlo simulation; peaking pathways

### 引言

2020年9月,在第75届联合国大会一般性辩论上,国家领导人发表讲话,提出中国将在2030年前使二氧化碳排放量达到峰值,在2020年前争取实现碳中和“双碳”目标的顺利实现是推动我国构建低碳、零碳社会的基本方略,是我国在经济发展高质量转型期实现高质量发展的重大战略安排与战略任务。工业领域作为碳排放的主要来源之一,其碳减排效果直接决定了中国总

体碳减排目标能否顺利实现。因此,对工业领域的碳减排路径和政策进行研究显得尤为重要。本研究依托《中国制造2025》政策和2030年中国减排目标为背景,基于2005至2019年中国工业碳排放相关数据,采用广义迪式指数分解法(GDIM)进行分析,旨在揭示中国工业碳排放的主要驱动因素。同时,通过蒙特卡罗模拟技术,预测了2020年至2030年中国工业二氧化碳排放的潜在变化趋势,并探讨了不同情境下工业碳达峰的可能性。本研究的

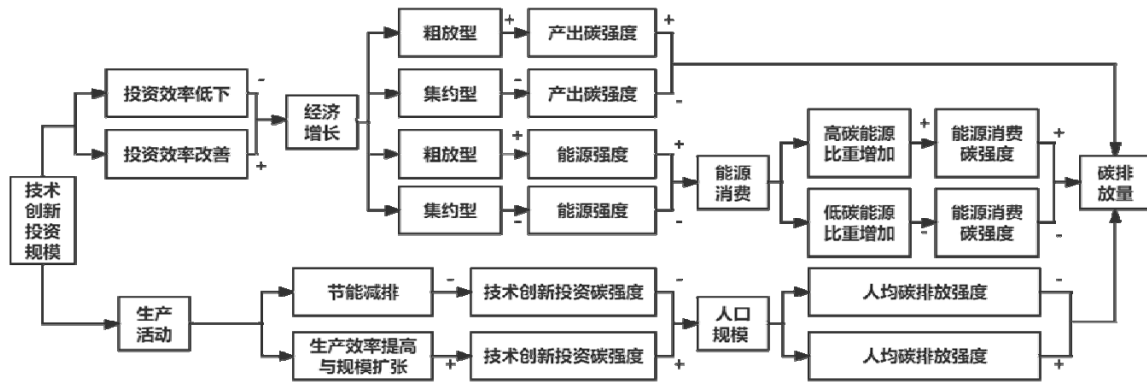


图1 驱动因素对中国工业碳排放演变的影响机理和作用路径  
注：“+”表示具有正向的促进作用，“-”表示具有反向的抑制作用

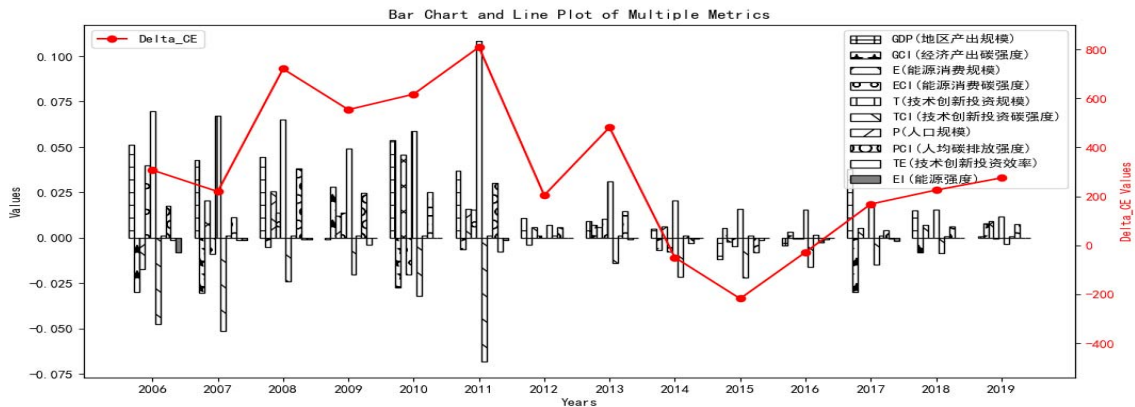


图2 中国工业碳排放驱动因素分解结果

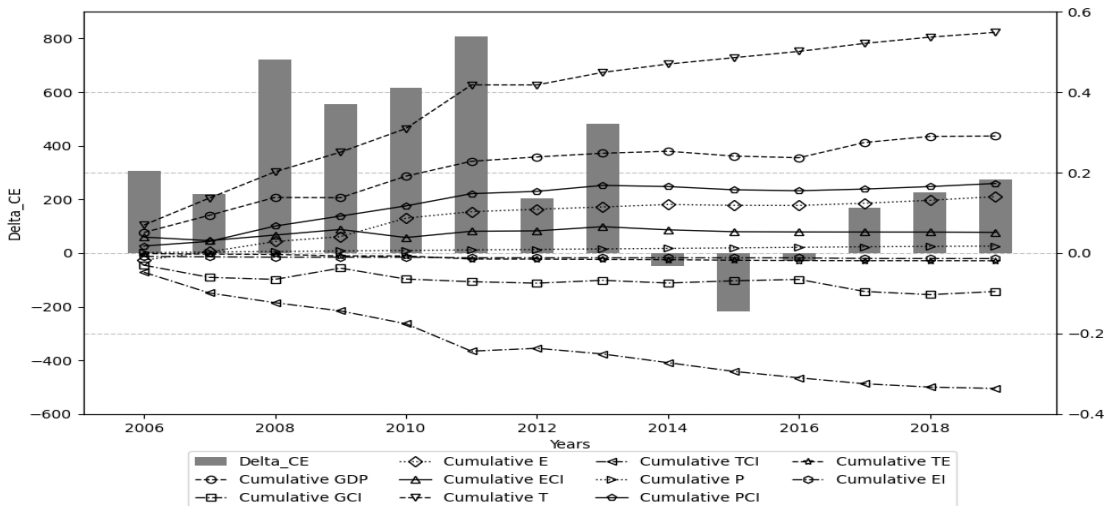


图3 工业碳排放变化驱动因素的累积贡献(2005—2019) 资料来源：作者绘制。

结果将为政府制定工业减排政策提供科学依据,同时也为企业和研究机构在绿色制造和低碳技术创新方面提供有益的参考。通过深入研究中国工业碳排放的驱动因素和达峰路径,我们有望为实现国家整体的减排目标、推动绿色发展做出积极贡献。

### 1 中国工业碳排放驱动因素分解

本文参考邵帅(2017)和刘自敏(2022)提出的因素分解说明,从产业结构、能源消费、人口因素和科技创新等角度出发,将中国工业碳排放驱动因素分解为地区产出规模、经济产出碳强度等十

大因素。考虑到新冠疫情对中国工业碳排放数据存在影响,使用2005-2019年中国工业整体数据作为研究样本,其中中国碳排放总量来源于IPCC公布的《中国1997-2021年碳排放总量》,工业碳排放总量基于轻重工业占中国碳排放总量的比例之和算出。相关数据主要来源于《中国能源统计年鉴》、《中国统计年鉴》。

基于上述机理分析和GDIM的基本原理,利用R语言进行中国工业碳排放驱动因素的广义迪氏指数分解,见图2。在所考察的10个因素中,能源消费规模(E)、地区产出规模(GDP)、人口规模

(P)、技术创新投资规模(T)以及人均碳排放强度(PCI)对碳排放保持促增效应,而经济产出碳强度(GCI)、技术创新投资碳强度(TCI)、技术创新投资效率(TE)以及能源强度(EI)保持促降效应。

为更清晰地反映2005-2019年度各因素对碳排放演变的动态影响,本文将2005年设定为基期,对各因素的累积效应值进行累加计算。从各因素的影响力上看,经济产出规模(GDP)和技术创新投资规模(T)是最主要的驱动因素。经济产出碳强度(GCI)和技术创新投资碳强度(TCI)是最主要的促降因素。

### 2 工业碳排放潜在演变的动态情景分析

因素分解显示,推动中国工业碳排放增长的主要因素是技术创新投资规模(T),而技术投资碳强度(TCI)是促进减排的关键因素。技术创新投资效率(TE)、能源强度(EI)和能源碳强度(ECI)都展现出显著的减排潜力。本研究构建了三个情景进行分析。

表1 基准情景下各因素潜在年均变化率(单位: %)

	2020	2021-2030		
		最小值	中间值	最大值
T	10.20	8.9	11.5	29.26
EI	-5.77	-6.76	-5.77	-5.48
ECI	-1.59	-1.57	-1.35	-0.09

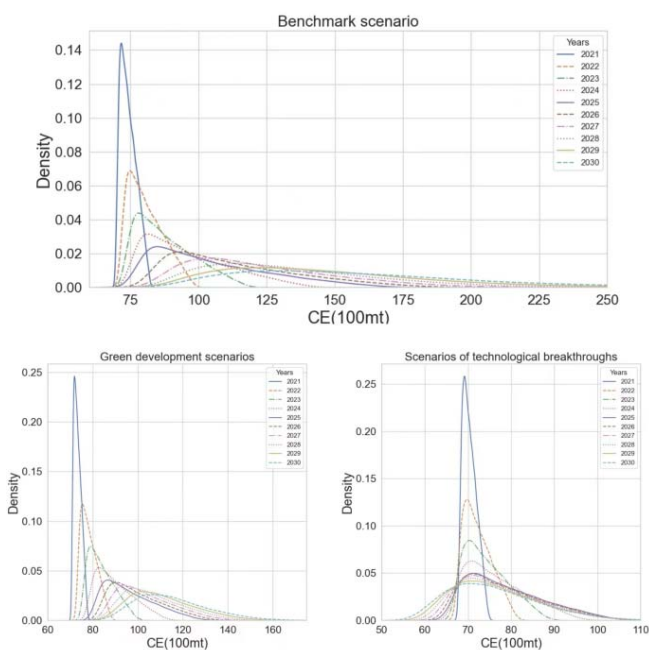


图4 三种情景下工业碳排放分布演化趋势(2021-2030)

(1)基准情景:假设经济和技术条件保持稳定,不引入新的减排政策。设定2020至2030年期间各因素的潜在年均变化率的最大值、最小值,同时,考虑到近期趋势对未来影响较大的原则(郑石明,2016),将2015至2019年的相关因素年均变化率被采纳作为中间估计值。考虑到新冠疫情对中国碳排放相关数值的影响,本文对2020年部分基准数值在合理范围内进行了调整。(2)绿色增长情景:政府加大气候变化应对措施,推动能源结构的持续优化、节能技术的提升、资本效率的增加,以及固定资产投资增长

的稳定中速发展。(3)技术革新发展情景:技术革新是实现能源效率提升和低碳能源转换的关键路径。在本研究的绿色增长情景基础上,通过强化能源强度和能源消费碳强度的预期变化率参数,构建一个假设能源技术取得重大进展的加强型低碳情景。

基于上述三种情景设定,采用蒙特卡洛模拟技术分别进行随机取值并进行了10万次模拟,最终以概率分布的形式展现所有可能的结果及相应概率密度如图4:

图表分析显示,在基准情景下,若不采纳新的政策措施,预计2020至2030年间工业碳排放将显著增长。从长远角度考虑,以牺牲环境为代价换取经济增长并非明智之举。因此,政府需在现行政策基础上,进一步实施更为严格和有效的节能减排措施。在绿色增长情景中,工业碳排放增长速度较于基准情景有了明显的减缓,这表明在政府推出积极的气候变化应对政策下,碳排放得到了有效的控制。但仍不足以确保实现中国2030年的碳达峰承诺。在技术革新发展情景中,由于技术进步是一个渐进的过程,碳强度的降低与绿色发展情景相似,但预计在2029年左右,工业碳排放将达到峰值。这一预测强调了技术创新在实现碳减排目标中的关键作用,并指出政府在推动技术进步方面的政策应持续发力,以促进工业碳排放的最终下降。

### 3 结论及政策建议

(1)促进绿色创新投资:政府应继续引导工业企业增加以节能减排为目标的绿色创新投资。企业在追求生产效率和规模扩张的同时,应将环境保护纳入其核心战略。政府可以通过财政税收优惠、补贴等激励措施,鼓励企业在生产过程中采用清洁能源和高效技术。(2)提高技术创新投资效率:相较于一味的扩大技术创新投资规模,提升技术创新投资效率是促进碳排放最有效的途径。面对长期的过度投资和低效率问题,政府需采取措施降低高能耗、高污染企业的投资比重,促进这些企业向低碳绿色技术转型。(3)优化能源效率:工业能源效率的提升具有显著的潜力。政府应引导企业减少高能耗产品的生产,并加速淘汰那些技术落后、能效低下的企业,推动能源结构向清洁、可再生能源的转变。

#### [项目]

2023年西安外国语大学大学生创新创业训练计划(项目编号: S202310724118)。

#### [参考文献]

[1] 邵帅. 中国制造业碳排放的经验分解与达峰路径——广义迪氏指数分解和动态情景分析[J]. 中国工业经济, 2017, (3): 44-63.  
 [2] 刘自敏, 张娅. 中国碳排放的时空跃迁特征、影响因素与达峰路径设计[J]. 西南大学学报(社会科学), 2022, 48(6): 99-112.  
 [3] 杨君. 中国交通运输业碳排放测度及减排路径研究[D]. 江西: 江西财经大学, 2022.

#### 作者简介:

刘畅(2002--), 女, 汉族, 内蒙古自治区乌兰察布市人, 本科生大三, 在读本科, 西安外国语大学经济金融学院, 研究方向: 经济学。  
 章强(2004--), 男, 汉族, 安徽省宣城市人, 本科生大二, 在读本科, 西安外国语大学经济金融学院, 研究方向: 经济学。