

# Exploration and Research on the Development of China's Carbon Emissions

Juanjuan Li<sup>1</sup> Jun Ma<sup>1</sup> Dan Zhang<sup>2</sup>

1. School of Mathematics and Statistics, Kashgar University, Kashgar, Xinjiang, 844000, China

2. Yunnan Institute of Economics and Management, Kunming, Yunnan, 650000, China

## Abstract

Since the goal of achieving the carbon peak in 2030, China's carbon dioxide emissions have been widely concerned by many scholars at home and abroad. This paper mainly from the geographical scope of China's carbon emissions, industry scope, influencing factors and peak prediction level of literature, and then from the macro clear the research progress of China's carbon emissions and its framework, analyzes the evolution of China's carbon emissions, at the same time, also in the literature of different scholars on consensus and differences, need to build the theoretical framework of Chinese carbon emissions, so as to strengthen the micro level research work, for the realization of the goal of "double carbon" and carbon emissions impact on economy and society to make further research breakthrough.

## Keywords

China; carbon dioxide; carbon peak; double carbon target

## 中国碳排放的发展探索研究

李娟娟<sup>1</sup> 马军<sup>1</sup> 张丹<sup>2</sup>

1. 喀什大学数学与统计学院, 中国·新疆 喀什 844000

2. 云南经济管理学院, 中国·云南 昆明 650000

## 摘要

自2030年实现碳达峰的目标提出以来, 中国二氧化碳排放问题得到国内外众多学者的广泛关注。论文主要从中国碳排放的地域范围、行业范围、影响因素及峰值预测等层面进行文献梳理, 进而从宏观上明确中国碳排放问题的研究进展及其框架, 分析中国碳排放领域的脉络演进, 同时, 也在文献梳理中挖掘出不同学者就相关问题存在的共识和分歧, 确定亟需构建中国碳排放的学理框架, 从而加强微观层面的研究工作, 为“双碳”目标的实现以及碳排放对经济社会的影响作出进一步的研究突破。

## 关键词

中国; 二氧化碳; 碳达峰; 双碳目标

## 1 引言

随着全球气候变暖带来的各种问题, 世界各国对全球变暖和碳减排都极为关注。1979年日内瓦会议上成立了政府间气候变化专门委员会(IPCC); 1990年建立气候变化框架条约; 1997年世界主要工业国在碳减排问题上达成共识进而签订《京都议定书》并建立了清洁发展机制(CMD);

【基金项目】金融发展对新疆农业碳排放达峰的影响研究(项目编号: [2022]2768); 自治区自然科学基金项目《“一带一路”背景下新疆跨境电商交易安全水平测度分析》(项目编号: 2021D01B09)。

【作者简介】李娟娟(1991-), 女, 中国河南信阳人, 硕士, 助教, 从事经济统计研究。

作为工业大国, 中国产生较大的能源消耗和温室气体的排放, 为顺应世界低碳发展潮流, 中国从各方面积极推动减排活动。中美两国元首在2014年11月12日的《中美气候变化联合声明》中都对接下来两年的行动发出声明, 全球升温2°C被定为两国行动的目标。

中国在“十一五”之后每五年均制定相应的减排指标, 在目前的“十四五”规划中继续提出单位国内生产总值能源消耗和碳排放分别降低13.5%、18%的目标, 并表示努力在2030年实现达峰的目标, 为了实现《巴黎协定》设定的1.5摄氏度目标, 到2030年, 二氧化碳排放量需要减少50%; 2020年9月22日, 中国在第75届联合国大会上正式提出2030年实现碳达峰、2060年实现碳中和的目标<sup>[1]</sup>。即2030年之前, 二氧化碳排放量不再增加, 达到峰值后再缓慢减少。到2060年, 所有的二氧化碳排放将通过植树、节能减排来

抵消,这就是所谓的碳中和。习近平总书记在二十大报告中提到,推动绿色发展,加快发展方式绿色转型,积极稳妥推进碳排放达峰以及碳中和,实现“双碳”目标。为尽早实现这一目标,众多学者就我国不同地区、不同行业的碳排放展开大量的探索和研究。

## 2 中国碳排放地域范围层面的研究

较多学者最开始探索碳排放是从国家层面进行,之后范围不断缩小,区域层面、省级市层面的碳排放也有大量研究。

### 2.1 国家层面

聂洪光、莫建雷(2024)对中国二氧化碳排放的时空演变规律进行研究,发现中国碳排放经历两个阶段的时空变化,2002—2012中国整体碳排放量增长较为迅速,呈现东高西低的空间差异,2012年之后中国整体碳排放量放缓。虽然2012年之后中国整体碳排放量在放缓,但仍呈现增长趋势,关于中国碳排放量何时达峰,也成为较多学者的研究重点。陈涛、李晓阳等(2024)对中国碳排放影响因素进行分解并对峰值进行预测,研究发现经济因素起到主要作用,根据经济发展目标,在低减排情景下,2029年会达峰,在高减排情景下峰值出现在2023年<sup>[1]</sup>。从国家干预的角度来看最近几年的碳减排工作实效,林鹏昇,李硕(2024)从行政手段和市场机制研究中国气候政策碳减排效果,研究发现通过部分省份低碳试点,减排目标是通过抑制产出而实现的,碳排放强度仍然未得到降低。国家整体层面的碳排放在不同区域不同省份特点也不同,因此很多学者也就小范围进行针对性研究。

### 2.2 区域层面

在区域研究层面,很多学者研究了中国工业发达的地区碳排放相关情况。马艳梅、吴玉鸣(2019)研究我国山东省的碳排放的空间效应,研究发现,山东省碳排放的空间分布呈现出明显的空间集群效应。关于工业发达地区碳排放影响因素方面,苑清敏、张宝荣等(2019)研究京津冀地区工业碳排放影响因素发现,产业结构将会是京津冀工业碳排放长期影响因素。边宇、蔺雪芹等(2021)利用京津冀13座城市2000—2015年工业发展和能源消耗等相关数据,研究发现能源消耗强度、工业化水平和能源消费结构与京津冀工业碳排放呈显著正相关。陈芳、曹晓芸(2022)研究了工业粗放式发展的长三角地区的碳排放情况,研究结果表明:产业结构、能源结构、能源强度、城市化和劳动力效率是长三角工业碳排放主要驱动因素。

关于重工业发达的区域碳排放达峰情况,崔连标、王佳雪(2023)研究安徽省工业碳排放在不同情景下的达峰情况,在强化减排情景下,有望实现2030年前碳达峰目标,但是按照现有的人口、技术、经济等发展水平,安徽省工业的碳排放量仍会继续增加。因此,只有在严格的节能减排下,

才能实现工业层面的碳排放2030年达峰目标。

### 2.3 省市级层面

随着碳达峰研究范围的缩小,省市级层面的碳排放达峰情况也被许多学者所研究,付加锋、刘倩等(2023)对中国30省份碳达峰能力进行测评,东部经济发达地区要快于中西部地区。因此,在经济发达的东部各省份的相关研究尤其较多,周元春、马姝等(2023)研究江苏省碳达峰情况,发现在产业结构调整、能源强度降低、推广清洁能源使用、电力结构优化等的综合政策情景下,江苏省可在2028年实现碳达峰<sup>[1]</sup>。冯峰、白重恩(2019)研究广东省在不同情景下均可实现2030年达峰目标,毕莹、杨方白(2017)研究发现在低碳情景下辽宁省可于2034年实现碳达峰。福建省在绿色低碳情景下将在2030年达峰,而以目前粗放式情景下则会在2030年之后达峰,李心萍、苏时鹏(2023)。而在西部地区碳排放的空间分布,冉光圭、杨宣(2022)研究发现,西部地区各省会城市处于高碳排放,形成各自省会城市包围圈。在西北五省中陕西省碳排放量居首位,其次是新疆、甘肃、宁夏、青海,滕王滕菲、冯套柱等(2023)。而早在2016年邓小乐、孙慧(2016)的研究中,碳排放强度下降速度与经济社会发展速度不能同步增长,则不能实现2030年达峰的目标。由以上文献可以看到东部地区经济相对发达,在实现碳减排的技术层面相对于西部地区较,因此在低碳情景下更可能早地实现2030年碳达峰的目标,西部地区在设定较高减排情景下也能尽早实现碳达峰的目标。

## 3 中国碳排放行业范围层面的研究

随着中国2030年碳排放达峰目标的提出,国内许多学者不仅研究区域碳排放,也开始研究各行业碳排放实现达峰的年份和相应的峰值,而在行业层面,众多学者首先从碳排放量较多的重工业入手。

### 3.1 重工业层面

重工业指为国民经济各部门提供物质技术基础的主要生产资料的工业。重工业主要有钢铁工业、冶金工业、机械能源、化学、材料等工业,在中国各行业中仍占较大比重,且以高耗能生产方式为主,因此,在碳排放达峰目标提出之后,很多学者对重工业领域研究较多。早在2018年的研究中,杨冕、卢昕、段宏波(2018)从中国的非金属制造业、化学原料及制品业、有色金属加工业、黑色金属加工业、电力生产供应业和石油加工业六大高耗能行业入手,研究发现我国高耗能行业碳排放总量将在2023年达到峰值,在低排放情景下可以实现2017年达峰。但近些年的相关研究,胡剑波、赵魁等(2021)得出中国工业碳排放量于2026年达峰,但之后一段时间内保持低幅波动状态,由此可见,在不同时期所研究的工业碳排放达峰时间会因时而变,因此,工业碳达峰仍然是目前研究的热点问题。戴胜利、张维敏(2022)发现在目前阶段,中部六省工业碳排放量增速减缓,随着重

工业碳排放研究成果的应用,工业领域的清洁能源也越来越被广泛使用,从而减少工业碳排放,学者们也更多关注其他行业领域的碳排放问题。

### 3.2 农业层面

作为温室气体排放第二大排放行业,农业的碳排放在近些年也越来越受关注。农业碳排放的影响因素不同于重工业,田云、王梦晨(2020)的研究发现农村经济发展、城镇化水平、农村用电量以及农业产业结构均对湖北农业碳排放效率产生了显著影响。田成诗、陈雨(2021)发现土壤管理是中国农业非能源碳排放的第一来源。刘杨、刘鸿斌(2022)发现地区经济发展水平和城镇化率因素为山东农业碳排放量增加的主要因素<sup>[4]</sup>。而黄晓慧、杨飞(2022)研究发现化肥是我国农业碳排放的第一大碳源。在省份农业碳排放方面,农业碳排放量最多的也当属农业大省,郭娇、齐德生等(2017)以中国畜牧业为研究对象,发现河南、四川、内蒙古、山东、云南在畜牧业温室气体排放上居全国前列。在峰值预测上,邱子健、靳红梅等(2021)研究江苏省农业碳排放的时序特征以及趋势预测,研究结果表明江苏省农业已实现碳达峰。在西北种植业畜牧业为主的新疆,农业碳排放也有望实现2030年达峰目标,冉锦成、苏洋等(2017)扩大农业研究范围,将种植业、畜牧养殖、农田排放、秸秆焚烧纳入研究范围,研究发现在低碳情景下,新疆农业碳排放总量可以在2029年实现4755.23万t的峰值。

## 4 中国碳排放峰值预测方法层面

### 4.1 EKC(环境库兹涅茨曲线)法

环境库兹涅茨曲线(EKC)法是最早为学者研究碳排放所使用的方法,也是国内使用较为普遍的方法。EKC法单独将碳排放与经济增长之间联系起来建立模型,以二氧化碳历史排放值和经济增长数据为依据,求得参数并预测得出“拐点”,这个“拐点”即峰值,“拐点”对应的时间值即为达峰年份。林伯强、蒋竺均(2009)以及赵忠秀、王苒等(2013)使用此方法预测中国碳排放的“拐点”值;梁广华(2019)运用EKC研究中国人均二氧化碳排放量增长率影响因素,研究发现人均二氧化碳排放量与人均GDP的关系为倒“U”型;EKC的运用除了在碳排放和经济领域,在食品安全领域的研究也有运用,张红凤、姜琪等(2019)在食品安全库兹涅茨曲线假说检验与政策启示一文研究发现经济增长水平、食品工业产值与食品安全风险之间也存在倒“U”型关系。此外,张越杰、闫佳慧(2022)运用库兹涅茨曲线理论分析我国肉牛产业碳排放达峰假象;刘亚,黄安胜(2023)运用EKC分析森林碳汇与经济发展水平之间是“N”型;何飞杨、刘天乐等(2024)同样使用库兹涅茨曲线研究碳排放与经济增长的关系,研究结果也为“N”型。从以上文献可以看出,库兹涅茨曲线理论或者EKC模型的使用非常频繁,尤其在环境经济领域被许多学者所使用<sup>[5]</sup>。

### 4.2 IPAT 模型法

其次,碳排放研究中使用较多的IPAT模型法,将人口、富裕程度(财富)、技术作为解释变量纳入模型当中,并在分别对这三个因素进行情景设置的基础上,预测出二氧化碳排放的峰值。杜强、陈乔等(2012)运用IPAT模型法预测中国碳峰值将在2030年出现;席细平、谢运生等(2014)运用此模型法发现江西省将在2032—2035年达峰。此模型法属于中间过渡的工具法,随着学者研究的深入,此方法很快被STIRPAT模型法所代替,因此学者使用此方法研究碳排放并不多。

### 4.3 STIRPAT 模型法

近年来使用较多的STIRPAT模型法,其在IPAT模型基础上进行改进,除了IPAT所具有的主要研究变量,还可以将更多影响二氧化碳排放的因素纳入该预测模型当中。吴青龙、王建明等(2018)使用该模型法并结合情景分析方法预测山西省2016—2040年的碳排放峰值;黎孔清、马豆豆等(2018)将农村人口、富裕度、技术水平、能源效率、农村居民人均可支配收入、林业面积、城镇化率这些因素纳入STIRPAT模型中预测了南京农业的碳排放;张乐晴,陈素平等(2013)将STIRPAT模型与偏最小二乘回归方法进行结合,从而分析出安徽省建设用地拓展使得其在2020年碳排放的增加量;闫新杰、孙慧(2022)选用STIRPAT模型对新疆化石能源的“碳达峰”时间及峰值进行预测;此外,姚明秀、王淼薇等(2023)运用STIRPAT模型对上海碳排放达峰进行预测;赵慈、宋晓聪等(2022)基于STIRPAT模型对浙江省碳排放峰值预测分析;张巍(2021)使用STIRPAT模型对西安市的碳排放进行峰值预测等。还有许多研究大都采用此模型对碳排放峰值进行预测,STIRPAT模型良好的延展性给学者们的研究带来较大的便利<sup>[6]</sup>。

## 5 研究共识、分歧与展望

国内众多学者的研究成果为中国碳排放的测算方法、达峰路径等提供了较大的参考价值,从以上研究脉络上看,这些研究既有共同之处,但也存在一些分歧,因此,论文也提出碳排放进一步的研究方向。

### 5.1 研究的共识

中国碳排放受到国内外极大的关注,我国也积极承担责任,制定相关决策并推动实施。从以上研究成果可以看出,我国碳排放问题主要从区域和行业以及方法三个方面进行研究。

在区域范畴上,中国碳排放的相关措施具体细化到不同区域、不同省份,以逐步推进碳达峰目标的实现。在不同区域、省域还要以产业的转型和优化来减少二氧化碳的排放量,因此,中国碳减排工作应从产业结构优化角度,对不同产业的碳排放量进行量化,把握不同产业实现碳达峰的不同路径,从而形成实现二氧化碳峰值的产业框架和基础。

在行业研究范畴上,中国碳排放的研究涉及重工业和农业两大高碳排放量行业,在重工业以及农业领域,许多学者所研究出影响碳排放的共同因素以及重工业及农业碳排放放在低碳情境下可以实现2030碳达峰的目标,为社会绿色低碳环境的发展带来极大助力,同时促进各省市根据自身特点进行绿色低碳生产。

在研究方法上,从最开始的库兹涅茨曲线法到IPAT模型法再发展到STIRPAT模型法,这些方法的演进为学者的研究提供更精准的测算工具,从而利于整个社会全行业全领域的碳排放目标的实现。

## 5.2 研究的分歧

从以上文献梳理中可以看到,不论是不同区域省域还是重工业农业领域,

不同学者所研究的碳排放达峰时间都不同。早年份碳排放达峰的研究文献中,研究结论中2024年能够实现碳达峰的区域或行业,在今天并没有真正实现达峰,这也跟三年疫情前后各种因素的变化是有关的,因此,碳达峰的研究仍要继续,且研究需要考虑更多更细小的因素,研究更加复杂多元<sup>[7]</sup>。此外,在碳排放达峰预测的方法上,在今天使用较多的STIRPAT模型中需要考虑更多影响碳排放的因素,并将其纳入模型进行分析。

## 5.3 展望

①细化研究范围。以往学者研究国家层面的重工业领域较多,近年来缩小了探究范围,在省域以及农业领域有较多涉及,都已取得较大进展。但在市县乡以及居民生活等领域的碳排放研究还较少,2030年的碳达峰是全方位的达峰,因此,细化碳排放的区域及行业研究范围也是今后的工作

重点。

②峰值预测模型的进一步完善,建立符合我国国情的碳排放理论框架。以往学者使用的碳排放理论模型从库兹涅茨曲线理论到IPAT理论模型再到今天使用广泛的STIRPAT理论模型,理论模型的不断改进为碳排放研究带来较大便利,在今后的更为细微的碳排放研究领域,还需要更为准确而完善的峰值预测模型,也需建立符合我国经济社会发展需要的理论框架。

③绿色低碳政策普及及应用。无论是分区域还是分行业的碳排放的研究,都是在国家现有的规划中进行进一步的低碳情景假设下才能更快实现2030年前碳达峰的目标,因此,各省市、各行业的碳达峰目标的实现还需依托国家低碳政策,以及贯彻落实相应政策才能实现全方位的碳减排。

## 参考文献

- [1] 聂洪光,莫建雷.中国二氧化碳排放驱动因素时空演变规律研究[J].社会科学战线,2024(7):80-92.
- [2] 陈涛,李晓阳,陈斌.中国碳排放影响因素分解及峰值预测研究[J].安全与环境学报,2024,24(1):396-406.
- [3] 林鹏昇,李硕.行政手段与市场机制:中国气候政策碳减排效果的比较[J].世界经济,2024(6):149-175.
- [4] 马艳梅,吴玉鸣.山东省工业碳减排政策研究——基于空间效应视角[J].生态经济,2019,35(7):39-43.
- [5] 苑清敏,张宝荣,李健.京津冀地区工业碳排放影响因素的门槛效应分析[J].环境科学与技术,2019,42(11).
- [6] 边宇,蔺雪芹,周笑,等.京津冀工业碳排放时空演化特征及影响因素[J].环境科学与技术,2021,44(11):37-47.
- [7] 陈芳,曹晓芸.长三角差异化工业碳达峰路径研究[J].苏州大学学报(哲学社会科学版),2022,43(4):41-51.