

工业减污降碳协同效应影响因素的门限效应分析

林佳敏

福建师范大学数学与统计学院, 福建 福州

收稿日期: 2024年6月26日; 录用日期: 2024年7月25日; 发布日期: 2024年8月15日

摘要

面对空气污染和碳排放的双重压力, 考察二者协同减排效应的影响因素对实现我国工业绿色高质量发展尤为关键。基于2006~2021年我国30个省的面板数据, 本文采用空间门限面板模型研究了不同经济发展水平下工业减污降碳协同效应影响因素的门限效应。研究发现: 1) 我国工业减污降碳协同效应具有显著的正向空间溢出效应。2) 工业减污降碳协同效应的影响因素存在两门限效应。人均GDP超过40,916元的省份, 工业化水平对工业减污降碳协同效应的促进作用更明显, 技术进步的影响由负向转为正向, 能源消费结构的抑制效应更强, 能源利用效率的影响由负向变为不显著, 能源消费总量的抑制作用减弱。在此基础上, 我们提出相应的政策建议。

关键词

工业减污降碳协同效应, 空间溢出效应, 空间门限面板模型, 影响因素, 门限效应

Threshold Effect Analysis of Influencing Factors of Synergistic Effect of Industrial Pollution Reduction and Carbon Reduction

Jiamin Lin

School of Mathematics and Statistics, Fujian Normal University, Fuzhou Fujian

Received: Jun. 26th, 2024; accepted: Jul. 25th, 2024; published: Aug. 15th, 2024

Abstract

In the face of the double pressure of air pollution and carbon emission, it is particularly important

to investigate the influencing factors of their collaborative emission reduction for the green and high-quality development of China's industrial industry. Based on the panel data of 30 provinces in China from 2006 to 2021, this paper uses spatial threshold panel model to study the threshold effect of influencing factors on industrial pollution and carbon reduction synergies under different economic development levels. The results show that: 1) the synergistic effect of industrial pollution and carbon reduction in China has a significant positive spatial spillover effect. 2) There are two threshold effects in the influencing factors of synergistic effect of industrial pollution reduction and carbon reduction. For provinces with per capita GDP exceeding 40,916 Yuan, the promotion effect of industrialization level on the synergistic effect of industrial pollution reduction and carbon reduction is more obvious, the impact of technological progress turns from negative to positive, the inhibitory effect of energy consumption structure is stronger, the impact of energy efficiency changes from negative to insignificant, and the inhibitory effect of total energy consumption is weakened. On this basis, we put forward corresponding policy recommendations.

Keywords

Synergistic Effect of Industrial Pollution and Carbon Reduction, Spatial Spillover Effect, Spatial Threshold Panel Model, Influencing Factor, Threshold Effect

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中国长期面临大气污染减排和碳减排的双重压力，为应对这一艰巨挑战，我国制定了相应的战略目标，并实施了一系列应对策略。在第 75 届联合国大会上，我国正式提出“中国 CO₂ 排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和”的国家自主贡献目标。2012 年，我国启动了对各地雾霾污染的监测，并于同年批准了《环境空气质量标准》。在“十四五”规划中，我国明确提出了重点领域污染物减排与碳减排协同发展的战略。工业作为减污降碳的重点领域，其政策实施成效如何，关乎全局的成败。因此，为了有效提升我国工业减污降碳的协同效应，对其影响因素进行研究，是一项具有现实意义的研究工作[1]-[3]。

减污降碳协同效应的研究一直受到学界的广泛关注，关于减污降碳协同效应的影响因素方面，学者们主要从以下几个方面对其进行了研究：

第一，因素分解法。姜钰卿等(2022) [4]利用 SDA 模型得出生产结构在不同层面均表现出减污降碳正向协同效应。Zeng *et al.* (2023) [5]运用 LMDI 分解模型发现能效和产业结构是协同效应的重要影响因素。俞珊等(2023) [6]基于 LMDI 分解法分析了北京市制造业减污降碳的驱动因素，结果表明能耗强度降低的协同效果最为明显。

第二，计量经济法。陈晓红等(2022) [7]利用面板回归模型发现产业结构、能源消费结构和能源效率是工业减污降碳协同效应的重要影响因素且存在明显的区域异质性；张为师等(2023) [8]构建地理时空加权回归(GTWR)模型分析减污降碳的动态时空变化特征，研究发现产业结构、人口规模、城镇化水平以及技术投入对减污降碳协同效应存在显著的空间异质性。李云燕等(2023) [9]利用空间杜宾模型和 GTWR 模型发现能源消费强度和能源消费总量是影响城市减污降碳耦合协调水平的直接核心因素，人均 GDP、产业结构、科学技术支出等通过影响能源消费而作用于减污降碳协调水平，且各因素均展现出时空异质性

特征。

基于上述研究成果,可以看出目前对减污降碳协同效应的研究仍存在许多不足:1) 现有研究主要集中在全领域的减污降碳协同效应影响因素分析,聚焦于工业领域的研究较少;2) 大多研究基于线性模型进行分析,无法描述减污降碳协同效应影响因素的非线性效应;3) 研究多假定在不同经济水平下经济变量保持不变,与现实情况不符。鉴于此,本文试图采用空间门限面板模型探究不同经济发展水平下工业减污降碳协同效应的影响因素门限效应,为我国工业绿色高质量发展提供实证参考。

2. 变量选择、数据来源与实证模型构建

2.1. 变量选择与数据来源

本文目的试图采用空间门限面板模型实证考察我国工业减污降碳协同效应影响因素的门限效应。在参考现有研究的基础上,确定选取以下被解释变量和解释变量:

工业减污降碳协同效应。参考唐湘博等(2022) [10]的方法,先根据《环境保护税法》规定的大气污染物当量系数,对工业主要大气污染物(二氧化硫、氮氧化物和烟粉尘)做归一化处理,再用耦合协调度模型测算工业减污降碳的协同效应[11]。

能源消费结构(*ENS*)。从依赖高污染、高排放的煤炭能源转向更为清洁、低碳的可再生能源的转变可以有效降低大气中二氧化硫、氮氧化物、颗粒物等污染物的排放和二氧化碳排放。能源消费结构采用工业终端煤消费量占工业能源消费量的比重表示。

能源利用效率(*ENE*)。随着能源效率提升,单位能源消耗量减少,化石燃料的燃烧量降低,这不仅有助于减少碳排放和大气污染,还有助于推动经济的可持续发展。能源利用效率采用单位工业能源消耗所产出的工业增加值衡量。

能源消费总量(*EC*)。中国以煤炭为主的能源消耗量持续增长,会导致大气污染物和碳排放不断增加。能源消费总量采用工业能源消费量来表示。

工业化水平(*IS*)。工业化程度的加深往往伴随着能源消耗和碳排放的增加,然而,随着工业化进程的推进,产业结构不断优化,技术效应逐渐显现,为协同减污降碳提供了可能。工业化水平采用工业增加值占地区生产总值的比重来衡量。

环境治理水平(*EG*)。环境规制能够引导高能耗、高污染产业进行技术升级和产业转型,淘汰落后产能,促进大气污染物和二氧化碳的协同减排。环境治理水平采用工业污染治理完成投资占工业增加值的比重来表示。

技术进步水平(*TEC*)。通过引入高效能的生产工艺和清洁能源技术,能够减少污染物排放和能源消耗,从而对减污降碳协同效应产生影响。技术进步水平采用规模以上工业企业 R&D 经费支出占规模以上工业企业主营业务收入的比重来度量。

经济发展水平(*PGDP*)。经济发展依赖能源,造成大气污染物和碳排放。同时,随着经济发展水平的提高,技术创新和产业升级的推动力量增强,有助于减少污染物和温室气体的排放,实现减污降碳的协同目标。经济发展水平采用人均 GDP 来衡量[12]。

我们选取 2006~2021 年我国 30 个省市(不包括西藏和港澳台地区)作为研究对象。工业碳排放量数据来自中国碳核算数据库(CEADs)的省级分行业排放清单[13]-[16],根据国民经济行业分类(GB/T 4754-2017)对各工业行业进行加总得到各省工业碳排放量,SO₂、NO_x和烟粉尘排放量数据来自《中国环境统计年鉴》,其它变量数据来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》《中国工业统计年鉴》和各省统计年鉴,地区生产总值和工业增加值等经济数据通过 GDP 平减指数(以 2006 年为基期)折算为不变价。由于变量数据的数量级相差较大,为消除异方差对回归的影响,对各变量进行对数化处理。

2.2. 实证模型构建

大气污染和碳减排目标和政策往往受到邻近地区的影响,协同减排效应可能存在空间相关性[17]-[19],因此我们引入下述空间面板模型进行影响因素分析:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \rho \sum_{j=1}^N w_{ij} \ln Y_{it} + \beta_1 \ln ENS_{it} + \beta_2 \ln ENE_{it} + \beta_3 \ln IS_{it} \\ & + \beta_4 \ln EG_{it} + \beta_5 \ln TEC_{it} + \beta_6 \ln EC_{it} + \beta_7 \ln PGDP_{it} + \delta_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (1)$$

其中, Y_{it} 表示工业减污降碳协调效应, ρ 为空间自回归系数, $W_N = (w_{ij})_{N \times N}$ 为空间权重矩阵, W_N 选取地理距离权重矩阵, 采用省份间经纬度计算, i 和 j 为省份, t 为时间, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_7$ 表示各变量相应的弹性系数, δ_i 为个体固定效应, ε_{it} 为随机扰动项。

为考察不同经济发展水平下各解释变量对工业减污降碳协同效应的作用机制是否发生变化, 引入人均 GDP 作为门限变量, 构建 k 区制空间门限面板模型:

$$\begin{aligned} \ln Y_{it} = & \rho \sum_{j=1}^N w_{ij} \ln Y_{it} + \beta'_1 X_{it} I(\ln PGDP_{it} \leq \gamma_1) \\ & + \sum_{k=2}^{K-1} \beta'_k X_{it} I(\gamma_{k-1} < \ln PGDP_{it} \leq \gamma_k) + \beta'_K X_{it} I(\ln PGDP_{it} > \gamma_{K-1}) + \delta_i + \varepsilon_{it} \end{aligned} \quad (2)$$

其中, $X_{it} = (\ln ENS_{it}, \ln ENE_{it}, \ln IS_{it}, \ln EG_{it}, \ln TEC_{it}, \ln EC_{it}, \ln PGDP_{it})'$ 表示解释变量向量的观测值, $\beta_k = (\beta_{k1}, \dots, \beta_{k7})'$ ($k=1, \dots, K$) 表示第 k 个门限下各解释变量的系数向量, 门限个数 k 在实证中确定, γ_k ($k=1, \dots, K-1$) 为门限系数, $I(\cdot)$ 为示性函数。

3. 实证分析

为了避免伪回归问题的出现, 我们采用 LLC、IPS 检验对各变量进行面板单位根检验, 检验结果见表 1, 结果表明 TEC 和 $PGDP$ 不是平稳序列; 进一步采用 Pedroni 检验对所有变量进行协整检验, 检验统计量 Phillips-Perron = -10.70, 修正后的 Phillips-Perron = 7.92, ADF = -9.82, P 值均为 0.000, 表明变量间存在长期、稳定的协整关系, 可以进行回归分析。

Table 1. Panel unit root test results

表 1. 面板单位根检验结果

变量	检验类型		变量	检验类型	
	LLC	IPS		LLC	IPS
lnY	-6.88***	-3.98***	lnEG	-2.53***	-7.33***
lnENS	-6.95***	-4.11***	lnTEC	-5.07***	0.45
lnENE	-3.04***	-2.05**	lnEC	-5.24***	-2.73***
lnIS	-3.26***	-1.58**	lnPGDP	-2.19**	-0.24

下面对样本数据进行门限效应的存在性检验。检验统计量 $F_1 = 92.087$, P 值 = 0.000, 表明样本数据存在门限效应, 应采用空间门限面板模型进行回归建模。进一步检验门限个数, 检验统计量 $F_2 = 0.000$, P 值 = 0.999, 表明应选择单门限空间面板模型。为比较空间门限面板模型的效果, 利用参数面板模型、面板门限模型、空间自回归模型与空间门限面板模型进行对比, 回归结果见表 2。

Table 2. Estimated results under different regression models
表 2. 不同回归模型下的估计结果

模型	参数面板模型	面板门限模型		空间自回归模型	空间门限面板模型	
编号	(I)	(II)		(III)	(IV)	
lnENS	-0.136**	-0.123**	-0.163**	-0.138	-0.132**	-0.156**
lnENE	-0.011	-0.085**	-0.018	-0.003	-0.073*	-0.009
lnIS	0.310***	0.325***	0.479***	0.251***	0.254**	0.399***
lnEG	-0.011	0.006	-0.024	-0.043**	0.002	-0.012
lnTEC	0.030	-0.099***	0.080**	0.094***	-0.105***	0.077**
lnEC	-0.112***	-0.152***	-0.125***	-0.142***	-0.152***	-0.127***
lnPGDP	0.050*	0.136***	-0.004	0.004	0.122***	-0.015
ρ				0.563***		0.404***
门限值		$PGDP \leq 40916$	$PGDP \geq 40916$		$PGDP \leq 40916$	$PGDP \geq 40916$
R^2	0.571	0.921		0.794	0.924	

根据表 2 中的不同回归模型的估计结果可以发现,模型 I 的 R^2 为 0.571,而模型 III 和 IV 的 R^2 为 0.794、0.924,说明空间模型提高了拟合效果。模型 II 和 IV 的 R^2 均达到 0.9 以上,说明门限效应的加入明显提升了模型拟合效果。四个模型中模型 IV 的 R^2 最高,说明模型中引入空间效应和门限效应能够进一步提升模型的解释能力。在模型 III 和 IV 的估计结果中,空间自回归系数 ρ 分别为 0.563、0.404,且均在 1% 显著性水平下通过了 z 检验,表明工业减污降碳协同效应存在显著的正向空间溢出效应,邻近省份的协同效应提升能够带动本省的协同增效。

表 3 显示了两个区制下解释变量和被解释变量的均值。区制 II 下工业减污降碳协同效应的均值高于区制 I 的均值,表明经济发展水平的提高能够促进工业减污降碳协同增效。经济发展水平较低时,面临技术和资金的限制,依赖于高能耗和高污染的产业,缺乏有效的环境政策和法规支持,工业企业环保意识相对不足,导致工业减污降碳措施难以有效实施。当经济发展水平进入较高阶段时,经济发展战略由快速发展转为绿色发展,政府为减少碳排放提出碳市场和绿色金融等激励机制,为企业提供资金支持,在工业生产过程中逐步应用清洁生产技术,减少能源消耗和污染物排放,促进了工业减污降碳的协同效应。

Table 3. Mean value of variables based on two zones
表 3. 两区制变量均值

变量	区制 I ($PGDP \leq 40,916$)	区制 II ($PGDP \geq 40,916$)
Y	0.686	0.696
ENS	38.02	24.51
ENE	0.51	1.00
IS	38.15	35.17
EG	0.42	0.22
TEC	0.56	1.06
EC	8392.95	11709.06
PGDP	25149.81	64579.07

能源消费结构(*ENS*)的弹性系数在区制 I 中为-0.132, 在区制II降为-0.156, 表明能源消费结构对工业减污降碳协同效应的抑制作用随着经济发展进一步提升。在经济发展初期, 能源消费以煤炭等高碳能源为主, 随着经济的增长, 能源消耗量增加, 导致更多的二氧化碳和大气污染物排放, 从而对工业减污降碳协同效应的负向影响进一步加深。

能源利用效率(*ENE*)的弹性系数在区制 I 中为-0.073, 但在区制II不显著, 表明能源利用效率在经济水平较低时促进工业减污降碳协同效应, 在经济水平较高时对工业减污降碳协同效应的影响不显著。能源利用效率提升带来的减排效应可能会因为能源消费总量的增加而减弱。在经济水平较高阶段, 由于能源消费模式和产业结构的特点, 能源效率提升可能不足以完全抵消由经济增长带动的能源消费增加, 导致其对工业减污降碳协同效应的影响不显著。

工业化水平(*IS*)的弹性系数在区制 I 中为 0.254, 在区制II增至 0.399, 表明在经济发展水平较高时, 工业化水平能够进一步促进工业减污降碳协同效应。随着经济的高质量发展, 工业化进程推动了工业企业的高质量发展和低碳绿色转型, 促进工业生产技术水平提升和能源利用效率增加, 产业结构向更加清洁高效的产业优化升级, 促使经济发展水平较高阶段的工业减污降碳协同效应进一步提升。

环境治理(*EG*)对工业减污降碳协同效应的系数不显著, 表明环境治理不影响工业减污降碳协同效应。我国工业污染治理投资主要集中在末端治理上, 虽然能有效减少大气污染物排放, 但并未从源头上解决碳排放问题。由于环保投资结构的限制, 环境治理对工业减污降碳的协同效应的影响并不显著。

技术进步(*TEC*)的弹性系数在区制 I 中为-0.105, 在区制II变为 0.077, 表明随着经济水平的提升, 技术进步对工业减污降碳协同效应的影响由抑制转变为促进。技术引进依赖于研发资金的投入, 在经济水平较低时, 政府无法为研发提供充足的资金支持, 工业企业更多地依赖于成本较低、成熟的技术。在区制II中技术进步的均值为 1.06, 远高于区制 I 的 0.56。随着经济发展, 政府对科技研发投入的增加, 清洁生产和污染物控制等技术得到更广泛的开发和应用, 技术进步逐渐成为推动工业减污降碳协同效应的正面力量。

能源消费总量(*EC*)的弹性系数在区制 I 中为-0.152, 在区制II变为-0.127, 表明能源消费总量对工业减污降碳协同效应的抑制作用在经济水平较低的地区更加明显。在经济发展水平较低时, 工业能源消费结构较为单一, 工业能源消费对煤炭的依赖性较高。进入较高经济水平时期, 风能、太阳能、水能等可再生能源的开发利用逐渐成为新的能源消费增长点, 能源消费总量增加, 同时对煤炭的依赖降低, 清洁能源的比重显著提升, 因此能源消费总量对工业减污降碳协同效应的抑制作用降低。

经济发展水平(*PGDP*)的弹性系数在区制 I 中为 0.122, 在区制II不显著, 表明经济发展水平较低的阶段, 经济水平的提升促进工业减污降碳协同效应, 在经济发展水平较高的阶段不影响工业减污降碳协同效应。在经济发达地区, 随着工业化进程的深入, 技术和制度已经相对成熟, 环境治理和碳减排的技术手段已经相对完善。因此, 单纯的经济增长带来的技术革新和产业升级对工业减污降碳的边际效益可能不再像初期那样显著。

4. 结论与政策建议

基于 2006~2021 年我国 30 个省的面板数据, 我们采用空间门限面板模型探究了我国工业减污降碳协同效应影响因素的门限效应。实证结果表明: ① 工业减污降碳协同效应存在正向的空间溢出效应, 说明邻近省份工业减污降碳协同效应的提升能够促进本省工业减污降碳协同增效。② 工业减污降碳协同效应的影响因素存在两门限效应。经济发展水平较低的省份, 工业化水平和经济发展水平对工业减污降碳协同效应具有正向作用, 能源消费结构、能源利用效率、能源消费总量和技术进步对工业减污降碳协同效应具有负向作用; 经济发展水平较高的省份, 技术进步和工业化水平对工业减污降碳协同效应的促进更

明显, 能源消费结构和能源消费总量对工业减污降碳协同效应表现为抑制作用。

基于上述研究结论, 我们提出以下政策建议: ① 各省应充分释放正向空间溢出效应, 协同推进工业减污降碳。通过加强省际协作, 鼓励工业减污降碳协同效应高的省份向邻近省份传授平衡经济发展和工业减污降碳协同增效的有效措施, 对于工业减污降碳协同效应尚待提升的省份, 应制定针对性的指导方案, 学习借鉴先进省份的经验和做法, 实现自身减污降碳能力的提升。② 各省应根据自身经济发展现状, 制定差异化的工业减污降碳政策。当经济发展水平处于较低阶段, 首先应优化能源消费结构, 鼓励使用如天然气、风能、太阳能等清洁能源; 其次, 通过技术创新和改进工艺流程, 提高工业生产的能源利用效率; 再次, 政府应增加对研发资金的支持, 引进和开发清洁生产和污染物控制技术; 最后, 推动产业结构优化调整, 逐步淘汰高污染、高能耗的产业, 发展低能耗、高附加值的产业。当经济发展水平处于较高阶段, 首先应通过立法和市场机制, 合理控制能源消费总量, 避免无序增长; 其次, 加大对可再生能源的投资和政策支持, 提高其在能源消费中的比重; 再次, 推动产业结构向更加清洁高效的方向升级, 发展循环经济和绿色制造; 最后, 持续增加科技研发投入, 支持企业进行技术创新, 开发和应用低碳技术。

参考文献

- [1] 张瑜, 孙倩, 薛进军, 等. 减污降碳的协同效应分析及其路径探究[J]. 中国人口·资源与环境, 2022, 32(5): 1-13.
- [2] 王涵, 马军, 陈民, 等. 减污降碳协同多元共治体系需求及构建探析[J]. 环境科学研究, 2022, 35(4): 936-944.
- [3] 刘华军, 郭立祥, 乔列成. 减污降碳协同效应的量化评估研究-基于边际减排成本视角[J]. 统计研究, 2023, 40(4): 19-33.
- [4] 姜钰卿, 唐旭, 任凯鹏, 等. 基于双层嵌套 SDA 的中国减污降碳驱动因素研究[J]. 系统工程理论与实践, 2022, 42(12): 3294-3304.
- [5] 俞珊, 韩玉花, 牟洁, 等. 北京市制造业减污降碳协同效应分析和驱动因素[J]. 环境科学, 2024, 45(4): 1917-1925.
- [6] Zeng, Q. and He, L. (2023) Study on the Synergistic Effect of Air Pollution Prevention and Carbon Emission Reduction in the Context of "Dual Carbon": Evidence from China's Transport Sector. *Energy Policy*, **173**, Article ID: 113370. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.113370>
- [7] 陈晓红, 张嘉敏, 唐湘博. 中国工业减污降碳协同效应及其影响机制[J]. 资源科学, 2022, 44(12): 2387-2398.
- [8] 张为师, 徐颖, 惠婧璇. 中国城市 CO₂ 排放和空气质量协同变化特征及驱动因素研究[J]. 中国环境管理, 2023, 15(2): 38-47.
- [9] 李云燕, 杜文鑫. 京津冀城市群减污降碳时空特征及影响因素异质性分析[J]. 环境工程技术学报, 2023, 13(6): 2006-2015.
- [10] 唐湘博, 张野, 曹利珍, 等. 中国减污降碳协同效应的时空特征及其影响机制分析[J]. 环境科学研究, 2022, 35(10): 2252-2263.
- [11] 王淑佳, 孔伟, 任亮, 等. 国内耦合协调度模型的误区及修正[J]. 自然资源学报, 2021, 36(3): 793-810.
- [12] 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.
- [13] Shan, Y., Huang, Q., Guan, D. and Hubacek, K. (2020) China CO₂ Emission Accounts 2016-2017. *Scientific Data*, **7**, Article No. 54. <https://doi.org/10.1038/s41597-020-0393-y>
- [14] Shan, Y., Guan, D., Zheng, H., Ou, J., Li, Y., Meng, J., et al. (2018) China CO₂ Emission Accounts 1997-2015. *Scientific Data*, **5**, Article No. 170201. <https://doi.org/10.1038/sdata.2017.201>
- [15] Shan, Y., Liu, J., Liu, Z., Xu, X., Shao, S., Wang, P., et al. (2016) New Provincial CO₂ Emission Inventories in China Based on Apparent Energy Consumption Data and Updated Emission Factors. *Applied Energy*, **184**, 742-750. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2016.03.073>
- [16] Tang, R., Zhao, J., Liu, Y., Huang, X., Zhang, Y., Zhou, D., et al. (2022) Air Quality and Health Co-Benefits of China's Carbon Dioxide Emissions Peaking before 2030. *Nature Communications*, **13**, Article No. 1008. <https://doi.org/10.1038/s41467-022-28672-3>
- [17] Dong, Z., Xia, C., Fang, K. and Zhang, W. (2022) Effect of the Carbon Emissions Trading Policy on the Co-Benefits

of Carbon Emissions Reduction and Air Pollution Control. *Energy Policy*, **165**, Article ID: 112998. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2022.112998>

- [18] Gu, A., Teng, F. and Feng, X. (2016) Effects of Pollution Control Measures on Carbon Emission Reduction in China: Evidence from the 11th and 12th Five-Year Plans. *Climate Policy*, **18**, 198-209. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1258629>
- [19] Zhu, J., Wu, S. and Xu, J. (2023) Synergy between Pollution Control and Carbon Reduction: China's Evidence. *Energy Economics*, **119**, Article ID: 106541. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106541>