

产业结构扭曲对碳排放的影响

李振朋

西南大学经济管理学院, 重庆

收稿日期: 2023年11月20日; 录用日期: 2023年11月29日; 发布日期: 2024年1月11日

摘要

中国将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局, 产业结构作为经济发展的重要基石, 对碳减排发挥关键作用。基于2005~2010年中国省级面板数据, 采用系统GMM模型进行检验, 考察了产业结构对碳排放的影响及传导机制。研究发现, 产业结构扭曲与碳排放呈正相关关系, 降低产业结构扭曲度会使得二氧化碳排放量减少, 反之提高产业结构扭曲度会使得二氧化碳排放量增加。本文还发现牺牲环境获得的经济快速增长使得二氧化碳排放水平也较高, 投资的增加在一定程度上会缓解碳排放压力, 对外贸易的扩大开放不会导致二氧化碳排放显著增加。因此, 需要促进产业结构合理化、高级化, 促进市场完善, 降低产业结构扭曲程度。同时以生态协调发展理念为指导, 促进经济实现绿色发展。

关键词

碳达峰, 产业结构扭曲, 系统GMM模型

The Impact of Industrial Structure Distortion on Carbon Emissions

Zhenpeng Li

College of Economics and Management, Southwest University, Chongqing

Received: Nov. 20th, 2023; accepted: Nov. 29th, 2023; published: Jan. 11th, 2024

Abstract

China has incorporated carbon peaking and carbon neutralization into the overall lay of ecological civilization construction. As an important cornerstone of economic development, industrial structure plays a key role in carbon emission reduction. Based on the provincial panel data of China from 2005 to 2010, the systematic GMM model is used to examine the impact of industrial structure on carbon emission and its transmission mechanism. It is found that there is a positive correlation between industrial structure distortion and carbon emissions. Reducing the degree of in-

ustrial structure distortion will reduce carbon dioxide emissions. On the contrary, increasing the degree of industrial structure distortion will increase carbon dioxide emissions. This paper also finds that the rapid economic growth obtained at the expense of the environment leads to a high level of carbon dioxide emission. The increase of investment will alleviate the pressure of carbon emission to a certain extent, and the expansion and opening of foreign trade will not lead to a significant increase in carbon dioxide emission. Therefore, it is necessary to promote the rationalization and upgrading of industrial structure, improve the market and reduce the distortion of industrial structure, at the same time, under the guidance of the concept of ecological coordinated development, promote green economic development.

Keywords

Carbon Peak, Distortion of Industrial Structure, System GMM Model

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

近年来,随着科学技术的进步,人们对温室效应可能带来的危害有了进一步的认知,温室效应、全球变暖也已然成为世界各国关注的热点问题。如果继续向大气排放过量的温室气体,则冰川融化海平面上升、极端天气频发以及病虫害加剧等问题都将会随之出现。因而,减少化石能源使用、研发清洁能源、减少碳排放、发展低碳经济成为全球的共识。改革开放以来,中国人民生活水平和社会发展水平大幅度提高,经济发展取得伟大成就。值得注意的是,以往中国经济主要依靠资源消耗实现粗放式高速增长,伴随出现能源耗竭、环境污染等诸多现象,环境问题与经济增长之间的矛盾成为制约可持续发展的障碍。碳排放超标所导致的温室效应,对我国的自然环境和社会环境都产生了严重威胁。为了改变现状,还大自然一片蓝天、还社会一片绿色,我国近些年做了许多努力,大量高污染、高能耗企业纷纷关闭,产业结构也在不断进行转型升级。党的十九届五中全会通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划和二零三五年远景目标的建议》明确指出,生态文明建设实现新进步、民生福祉达到新水平,是“十四五”时期经济社会发展要努力实现的两大主要目标,加快推动绿色低碳发展,碳排放总量在2030年前达到峰值后呈现下降态势,生态环境根本好转。国家主席习近平在第七十五届联合国大会上发表讲话,承诺中国将提高国家自主贡献力度,采取更加有力的政策和措施,并强调中国二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值,努力争取2060年前实现碳中和。这体现了我国作为大国的担当以及接下来几十年我国经济发展所面临的时代大背景。中国逐步迈入发展新阶段,绿色低碳已然成为经济转型发展的重要方向,深入研究碳排放的影响因素与驱动机制对推动低碳经济快速发展具有重要意义。

2. 文献回顾

早在20世纪,环境问题就引发了众多学者的研究热潮。环境库兹涅茨曲线(EKC)是最具代表性的关注经济与环境污染关系的研究,它揭示了环境质量随着收入增加而退化,收入达到一定水平后随收入增加而改善,即两者为倒U型关系。产业结构变迁是一个产出和就业份额在部门间转移的过程。从生产过程看,产出是投入的结果,产业结构变迁从本质上说是劳动力(和资本)作为投入在部门间转移的结果。只有同时考察产出份额和就业份额的变化以及二者之间的关系,才能对产业结构变迁有一个更为完整的认

识。Ando & Nassar [1]通过一个无摩擦的一般均衡模型证明,在自由进入和退出条件下,在均衡时劳动生产率在所有部门之间是均等的。这意味着对任何一个部门而言,其产出份额与就业份额必然相等。当所有资源在部门间都得到有效配置时,此时的产业结构就是最优的。一旦经济中某个部门的产出份额与就业份额出现偏离(比如就业份额大于产出份额),其他部门必然存在反向偏离。相对于一般均衡时的状态,此时的产业结构就存在扭曲。改革开放以来,中国三大产业部门的产出和就业份额变化之间存在明显缺口,这说明中国产业结构变迁过程中仍然存在着明显的结构扭曲。这种结构扭曲必然对资源配置效率产生不利影响,从而可能导致二氧化碳排放量的增加。

在碳排放和产业结构这两者之间,大多数学者对碳排放量的影响因素进行研究,论证产业结构是影响碳排放的重要因素之一。Brannlund 等[2]利用 LMDI、Kaya 恒等式等模型对产业结构和碳排放量之间的关系进行研究,发现产业结构的优化升级会引起能源消费结构及效率的变化,可以有效地抑制碳排放的增长,甚至会减少碳排放量。在环境规制和碳排放之间关系的研究中,大多是研究环境规制对碳排放产生作用及影响程度,在产业结构和环境规制的关系研究中,传统观点认为在其他条件不变的情况下,当环境规制强度有所提升的时候会挤占企业的生产性投资金额或者提高企业生产成本,进而对企业产生影响,然而不断有学者对传统观点提出质疑,认为环境规制政策的合理设置会促进企业升级转型, Dou 等研究发现环境规制对产业转移和产业结构升级转型有明显的正向促进作用[3],赵秋运等发现环境规制强度对产业结构的升级促进作用有明差异性[4]。

产业结构与碳排放之间的关系。学术界对此主要有两种观点:(1)产业结构对碳排放具有显著影响。国外学者 Chebbi 以突尼斯为研究对象,发现不同产业与环境污染之间的显著关系不同[5];国内学者王峰等运用回归分析方法研究我国东部 15 个省市 2000~2010 年的数据发现第二产业增加值比重对碳排放和碳排放强度均有显著的正向影响[6];杨恺钧等人在全球视角下,通过面板回归分析发现产业结构与碳排放之间具有显著关系,在制造业与服务业相互作用下,产业结构会对碳排放产生抑制作用[7];(2)产业结构对碳排放没有显著影响。法国学者 Lee Schipper 以 13 个 IEA 国家的 9 个制造业部门为研究对象,运用 AWD 方法,发现产业结构对二氧化碳排放趋势和碳排放强度的影响不大[8]。国内学者徐成龙,任建兰等人运用 LMDI 分解方法,研究山东省 1994~2010 年产业结构调整对碳排放的影响后发现考察期内产业结构对碳排放增长的贡献率不大[9]。

上述文献均运用实证模型分析了不同研究对象的产业结构与碳排放之间的关系,并得出了不尽相同的结论。但大多数文章的研究对象侧重于产业结构的合理化与高级化,少有文献从分产业结构扭曲的角度展开分析。鉴于此,本文将环境库茨涅茨假说为基础,选取我国 30 个省市 2005~2010 年的面板数据,对产业结构扭曲与碳排放之间的关系进行研究。

3. 模型建立、变量选取与数据来源

3.1. 模型建立

根据上述思路,考察产业结构扭曲对碳排放影响的总体效应,并设定如下计量模型:

$$CO_{2i,t} = \alpha + \beta_1 CO_{2i,t-1} + \beta_2 ind_{i,t} + u_i + \varepsilon_{it}$$

二氧化碳排放具有动态持续性,除了受到经济增长、产业结构、地域特征等因素的影响外,还会受到上期二氧化碳排放的显著影响[10]。因此,本文构建了含有碳排放滞后一期($CO_{2i,t-1}$)的动态面板模型。其中, i 代表截面个体数量, t 代表时间, $CO_{2i,t}$ 代表被解释变量,指*i*省第*t*年的碳排放量。 ind 为产业结构优化,为核心解释变量。 α 代表常数项, β_1 、 β_2 均为估计参数, u_i 表示不可观测的个体特征, ε_{it} 表示随机扰动项。本文中的截面个体数量为 30,时间跨度为 2005~2010 年。

3.2. 变量选取

3.2.1. 被解释变量

本文选取二氧化碳排放量($CO_{2i,t}$ ，以下简称碳排放)为被解释变量，采用各省年人均碳排放的自然对数值衡量。二氧化碳排放主要来源于化石能源的燃烧，参考张腾飞等[11]的方法，结合能源平衡表将其分为17类能源。二氧化碳排放的具体计算公式为：

$$EC = \sum_{i=1}^{17} EC_{it} \times CEF_i = \sum_{i=1}^{17} E_i \times H_i \times CH_i \times COR_i \times \frac{44}{12} \times 10^{-6}$$

其中， EC 表示各种化石能源燃烧的二氧化碳排放总量； CEF_i 表示能源*i*的碳排放系数； E_i 表示各地区能源的消费量； H_i 表示此能源的平均低位发热量； CH_i 表示能源的单位热值含碳量； COR_i 表示碳氧化率。

3.2.2. 核心解释变量

在要素自由流动条件下，均衡要求劳动生产率在部门间均等，结果是在任何部门产出份额和就业份额必然相等。基于这个结论，Ando & Nassar提出一种利用就业份额种利用就业份额与产出份额之间的欧氏距离来度量产业结构扭曲的方法。

假设一个国家有*N*个经济部门，让 VA_i 和 L_i 分别代表部门*i*的增加值和就业人数。就业人数 L_i 是部门*i*中雇主、雇员和自我雇用者的总人数。Ando & Nassar把增加值份额和就业份额之间的欧氏距离定义为：

$$ind_i = \frac{L_i}{\sum K^L K} - \frac{VA_i}{\sum K^{VA} K}, ind = \sqrt{\sum_i d_i^2}$$

其中， ind_i 是部门*i*的就业份额与产出份额间的距离， ind 则是整体经济的增加值份额与就业份额之间的欧氏距离。从数学上讲，距离 ind 提供了关于部门劳动生产率离散(dispersion)的信息。因为在自由进入和退出的情况下，劳动力有激励从劳动生产率低部门流向劳动生产率高的部门，除非存在某些障碍阻止了劳动生产率的趋同，否则可以预期 $ind \rightarrow 0$ 。在这个意义上， ind 代表一个经济体的总体扭曲程度或产业结构扭曲程度。 ind 越大，经济也就越扭曲。

3.2.3. 控制变量

选取的控制变量主要包括：(1)地区生产总值(ggdp)，使用各省GDP衡量，反映经济总量对碳排放的影响[12]。(2)固定资产投资(invest)，使用全社会固定资产投资占GDP的比重来衡量投资率。(3)对外贸易(open)，采用进出口总额占地区GDP的比率表示[13]，分析该地区经济开放引起的碳排放转移。(4)人均可支配收入(din)，利用CPI指数平减计算得。

3.3. 数据来源

本文选取2005~2010年中国30个省、自治区和直辖市(西藏和香港、澳门、台湾地区除外)的面板数据进行实证分析。原始数据来源于《中国统计年鉴》《中国能源统计年鉴》等。本文各变量的描述性统计结果如表1所示。

Table 1. Descriptive statistics of variables

表 1. 变量的描述性统计

要素指标	均值	标准差	最小值	最大值
CO ₂ (%)	239.40	172.25	7.55	929.11
ind (%)	0.36	0.12	0.05	0.77

续表

ggdp (亿元)	9492.05	8529.14	243.11	45944.61
invest (亿元)	4904.95	4023.45	196.21	20800.63
din (元)	9438.21	4990.16	3625	30436
open (千美元)	70411	13411	205400	785601

4. 实证结果及分析

本文的计量方程属于动态面板模型，需要采用广义矩估计(GMM)方法进行估计。本文研究的是产业结构扭曲对碳排放的影响，考虑当期碳排放可能会受到前一期碳排放的影响，需要将解释变量的一阶滞后项作为解释变量，因此本文选择采用动态面板数据。其次，为解决误差项中的固定个体特征可能与解释变量相关所导致的内生性问题[14]，以及滞后的被解释变量与误差项相关而导致的内生性问题，引进GMM估计。动态GMM包括一步法和两步法，一步法的优势在于能在损失效率的情况下得到一致估计，两步法可能造成估计参数的标准差发生偏倚，因此，本文选择使用一步法。最后，GMM估计包括差分GMM和系统GMM，有限样本下系统GMM比差分GMM估计偏差更小，计量效率更高。同时系统GMM(System-GMM)可以解决被解释变量前期值与误差项之间的内生性，在控制其他变量间内生性的同时，也可减少弱工具变量导致的偏误。因此，本文最终选择一步系统GMM。对于取对数值的变量，表中的估计系数均代表弹性概念。

4.1. 产业结构对碳排放影响的总效应分析

本文先检验产业结构对碳排放影响的总体效应，回归结果如表2所示。

Table 2. Estimation of the total effect of industrial structure on carbon emissions

表 2. 产业结构对碳排放影响的总效应估计

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
碳排放滞后项	1.085* (5.69)	0.551* (1.9)	0.295* (1.38)	0.313* (1.36)	0.804* (11.29)
产业结构扭曲	13.16* (0.08)	45.13* (0.58)	24.07** (0.32)	22.96* (0.31)	154.42* (1.41)
经济增长		-0.007** (-1.6)	-0.001** (-0.65)	-0.003** (-0.67)	-0.002* (-0.93)
固定资产投资			-0.017** (-3.22)	-0.018** (-3.02)	-0.011** (-1.83)
对外贸易				-5.17*** (-0.32)	-6.71*** (-0.67)
人均可支配收入					0.006*** (0.36)
常数项	-0.35	21.238	95.331	95.438	-38.065
样本数	155	155	155	155	155
Sagan 检验	0.343	0.352	0.387	0.412	0.590
AR (1)	0.002	0.003	0.001	0.000	0.002
AR (2)	0.223	0.282	0.387	0.312	0.492

注：***、**、*分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著。

在回归方程中, 本文采取从简单到复杂的回归策略, 表 2 中从列(2)到列(5)在列(1)的基础上依次加入经济增长、固定资产投资、对外贸易、人均可支配收入这四个控制变量。Sargan 检验的原假设为不存在工具变量的过度识别问题, 表 2 中模型 Sargan 检验的 P 值在 0.343~0.590, 认为工具变量的选取有效。表中 AR (2)的 P 值否认了残差序列存在二阶及以上的相关性。因此, 认为工具变量的选择较为合理, 模型的识别有效。

表 2 模型的估计结果表明, 碳排放滞后项的估计系数均显著为正, 说明二氧化碳排放是一个动态的持续过程, 具有显著的滞后效应。从统计结果来看, 前一期人均二氧化碳排放量增加 1%会带来当期排放量 0.3%~1.1%的增加。由于中国的经济增长、固定资产投资和对外贸易等因素均有一定的惯性, 因此, 碳排放引发的环境问题成为一个长期持续的过程。

产业结构扭曲的系数均显著为正, 说明产业结构越扭曲, 则二氧化碳排放量越高, 这与前文理论部分的结论相符。一是合理的生产要素配置会促进技术结构水平不断向更高级方向演进, 同时, 产业内部高效的生产效率也会推动产业部门之间的协调发展, 而产业结构产生扭曲时会使得生产要素配置的不合理以及产业内部生产效率降低, 导致二氧化碳排放量增加。二是工业为主导的第二产业在三大产业中能源消耗量最大, 该产业产生的碳排放量占碳排放总量的比例最高, 而第三产业则往往具有相对较低的能源消耗强度与碳排放强度, 该产业中的大部分行业种类也相对高级, 可以用较少的能源消耗产生巨大的经济效益。当产业结构扭曲时即能源消耗量大的第二产业比重增加, 导致二氧化碳排放量增加。

在控制变量中, 经济增长的估计系数显著为正, 表明对于牺牲环境获得经济快速增长的地区, 二氧化碳排放水平也较高, 地区经济的增长依赖于高耗能工业的快速发展, 从而导致高排放和高污染的结果。固定资产投资的系数在回归结果中显著水平不高, 但负值仍说明固定资产投资总额占 GDP 比重越高, 则越有利于减少二氧化碳排放, 即提高投资率对碳排放压力起到一定的缓解作用。对外贸易的估计系数显著为负, 意味着扩大贸易开放不会导致二氧化碳排放显著增加, 原因是经济开放促使发展中国家引入先进的生产与清洁技术, 出口产生污染的比重也逐步缩小, 减轻本地区的碳排放问题。

4.2. 回归结果的稳健性检验

Table 3. Robustness testing

表 3. 稳健性检验

Var	ind	CO ₂
	第一阶段	第二阶段
ind		0.8946*** (0.1224)
IV_ind	0.9387*** (0.0246)	
Control	控制	控制
Underidentification test	800.5780	702.0710
Weak identification test	408.1080	457.4430

注: ***, **, *分别表示在 1%、5%、10%的水平上显著。

上述结果可能会受到模型内生性的影响, 运用标准的固定效应或随机效应方法就会使参数的估计有偏、非一致, 那么, 回归结果显示的经济含义也是扭曲的。有鉴于此, 本文还采用两阶段最小二乘法来克服潜在的内生性问题[15]。同时, 对估计结果进行 Sargan 过度识别检验, 以保证工具变量的有效性, 并

检验随机扰动项的序列相关性以保证系统 GMM 估计变量的一致性。检验结果表明，GMM 估计值在统计上与固定效应估计值并无显著差异，模型中变量之间的影响关系仍然存在且统计上显著程度有所提高，进一步检验了本文实证结果的稳健性(检验结果见表 3)。

5. 结论与政策建议

5.1. 主要结论

本文通过构建动态面板的系统 GMM 理论模型与分析框架，探究了产业结构扭曲的碳减排效应及作用机制。同时，利用 2005~2010 年中国 30 个省级面板数据，实证分析了产业结构扭曲影响碳排放的总效应。本文得出的主要结论如下：

(1) 降低产业结构扭曲度会减少二氧化碳排放量，产业结构扭曲度与二氧化碳排放量呈正相关关系。理论上说，任何扭曲都会导致资源配置的低效率或无效率。从这个意义上思考，产业结构扭曲必然增大二氧化碳排放量。产业结构扭曲意味着部门劳动生产率的异质性。此时，与部门劳动生产率均等化的情形相比，在劳动生产率较低的部门，相对于其产出规模，劳动力投入过多；而在劳动生产率较高的部门，相对于其产出规模，劳动力投入则过少。这种产业层面上的劳动力资源错误配置从本质上说源于微观层面的资源错误配置，而微观层面的资源错配往往来自市场扭曲。源自市场不完善的扭曲在产品市场和要素市场中都会存在。产品市场扭曲的主要形式包括价格管制、出口补贴、关税和非关税壁垒、汇率管制等，它们都会影响产品的相对价格。当市场扭曲的程度在不同的部门中有差异时，就会导致不同部门的资源配置效率有明显差异，并恶化总体的资源配置效率。

(2) 牺牲环境获得的经济快速增长使得二氧化碳排放水平也较高，投资的增加在一定程度上会缓解碳排放压力，对外贸易的扩大开放不会导致二氧化碳排放显著增加。

5.2. 政策建议

建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计。2020 年党的中央经济工作会议指出“做好碳达峰、碳中和工作”，加快调整优化产业结构、能源结构，完善能源消费双控制度。而消除产业结构扭曲的微观根源，加快农业劳动力向非农部门转移，在提高劳动生产率的前提下推进劳动生产率部门均等化，则是实现产业结构优化调整的重要表现。基于本文的实证研究结论，我们提出如下的政策建议：

(1) 产业结构扭曲的微观根源是市场的不完善和政府的政策偏向。这就要求打破城乡居民在教育、医疗、就业、养老等公共服务方面存在的巨大差异，破除制约农业劳动力在城镇就业落户的障碍，促进城乡一体化发展。推进适应新型城镇化要求的户籍、义务教育、就业、养老、医疗等方面的制度改革，加快农业劳动力继续向工业和城镇部门转移。同时，大力增加对各级各类教育的政府投资，进一步提高劳动力的受教育水平。另外，要建立包括协调机制、补偿交易机制、技术创新机制在内的激励机制，引导资源收益正确流向，实现资源收益在资源企业 and 非资源企业之间的动态优化配置，使得资源收益享受主体和非资源企业的投资主体建立起对接机制，也使资源收益享受主体和技术创新主体之间实现统一，阻断“资源诅咒”的传导机制，使资源优势真正成为资源所在的长期经济增长能力，从而有利于降低产业结构扭曲程度。

(2) 以生态协调发展理念为指导，促进经济实现绿色发展。在全国范围内，积极推动产业结构迈向中高端，协调第二产业与第三产业之间的关系，推动新兴产业的发展。绿色发展理念为当前财政模式创新提供了指导，打造绿色财政的关键就是优化地方政府财政支出结构。一是引导地方政府坚持新型城镇化“以人为本”的基本要义，重视公共资源配置的社会效益，加大教育、科技等非经济性公共支出，通过培育高质量人力资本以激发创新活力，加快推动减污降碳技术应用与低碳前沿技术研究，利用生态协调

的财政体系，使新型城镇化走出一条低碳发展的道路。二是激励地方政府达成可持续发展共识并启用绿色财政模式，这就需要提高生态环境成本、绿色竞争力指标在政府考核标准中的权重，并鼓励地方政府破除壁垒，加强低碳政策的完善程度和执行力度，以实现低碳发展的全覆盖。

参考文献

- [1] Ando, S. and Nassar, K.B. (2017) Indexing Structural Distortion: Sectoral Productivity, Structural Change and Growth. *International Monetary Fund Working Paper*, **2017**, 48 p. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3053201>
- [2] Bernauer, T. and Koubi, V. (2013) Are Bigger Governments Better Providers of Public Goods? Evidence from Air Pollution. *Public Choice*, **156**, 593-609. <https://doi.org/10.1007/s11127-012-9916-1>
- [3] de Freitas, L.C. and Kaneko, S. (2011) Decomposing the Decoupling of CO₂ Emission and Economic Growth in Brazil. *Ecological Economics*, **70**, 1459-1469. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2011.02.011>
- [4] 赵秋运, 林志帆. “欲速则不达”: 金融抑制、产业结构扭曲与“中等收入陷阱”[J]. *经济评论*, 2015(3): 17-30.
- [5] Acemoglu, D. and Guerrieri, V. (2008) Capital Deepening and Nonbalanced Economic Growth. *Journal of Political Economy*, **116**, 467-498. <https://doi.org/10.1086/589523>
- [6] 王锋, 吴丽华, 杨超. 中国经济发展中碳排放增长的驱动因素研究[J]. *经济研究*, 2010, 45(2): 123-136.
- [7] 杨恺钧, 刘思源. 贸易开放、经济增长与碳排放的关联分析: 基于新兴经济体的实证研究[J]. *世界经济研究*, 2017(11): 112-120+137.
- [8] Schipper, L., et al. (2001) Carbon Emissions from Manufacturing Energy Use in 13 IEA Countries: Long-Term Trends through 1995. *Energy Policy*, **29**, 667-688. [https://doi.org/10.1016/S0301-4215\(00\)00163-4](https://doi.org/10.1016/S0301-4215(00)00163-4)
- [9] 徐成龙, 任建兰, 巩灿娟. 产业结构调整对山东省碳排放的影响[J]. *自然资源学报*, 2014, 29(2): 201-210.
- [10] 张克中, 王娟, 崔小勇. 财政分权与环境污染: 碳排放的视角[J]. *中国工业经济*, 2011(10): 65-75.
- [11] 张友国. 经济发展方式变化对中国碳排放强度的影响[J]. *经济研究*, 2010, 45(4): 120-133.
- [12] 盖庆恩, 朱喜, 程名望, 等. 要素市场扭曲、垄断势力与全要素生产率[J]. *经济研究*, 2015, 50(5): 61-75.
- [13] Grossman, G.M. and Krueger, A.B. (1991) Environmental Impacts of a North American Free Trade Agreement. National Bureau of Economic Research Working Paper No. 3914, Cambridge MA. <https://doi.org/10.3386/w3914>
- [14] Wang, Q.Y. (2015) Fixed-Effect Panel Threshold Model Using Stata. *The Stata Journal*, **15**, 121-134. <https://doi.org/10.1177/1536867X1501500108>
- [15] Davis, S.J., Peters, G.P. and Caldeira, K. (2011) The Supply Chain of CO₂ Emissions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108**, 18554-18559. <https://doi.org/10.1073/pnas.1107409108>