

2023.03 战 略

***XDYX***

基于LMDI模型的中国碳排放驱动因素及地区差异研究

赵晓凤

（西南石油大学 四川成都 610500）

摘 要：碳减排是我国各省（直辖市、自治区）政府推动产业升级和经济体制改革的重要切入点。本文通过LMDI模型，探 讨我国不同地区2001—2019年碳排放量的驱动因素及差异性。结果表明，分析期内，我国七个地区经济增长效应引起的碳排 放增量均呈现先增加后减少的趋势，碳排放系数效应对华中、西南地区产生的碳减排作用较明显，国际贸易效应做出的碳减排 贡献较突出，但地区差异性明显。为了降低我国整体碳排放水平，各地区应因地制宜，关注经济增长质量，促进能源结构清洁 化，重点发展低能耗轻工业和具有国际竞争力的高附加值产业，优化贸易结构。

关键词：碳排放；LMDI分解；影响因素；区域差异

中图分类号：F206；X321 文献识别码：A DOI：10.19932/j.cnki.22-1256/F.2023.03.015

一、引言

我国与欧美发达国家处在不同的发展阶段，中国在人均 收入偏低的阶段就面临碳达峰、碳中和的考验；我国与欧美 具有不同的能源消费结构，化石能源消费比重较高，且碳排 放总量明显较高。因此，我国实现“双碳”目标面临总量基数 大、技术难度高、所剩时间短等多重挑战。在此背景下，碳排 放问题越来越被学者所关注。21世纪以来，各国进出口贸易 规模持续扩大，经济全球化发展趋势明显，低碳经济早已被 纳入国际贸易的研究领域，也形成了相对成熟的理论框架。 本文以此理论框架为基础，通过 LMDI分解模型探究碳排放 的影响因素，指明我国不同地区之间碳排放驱动因素的差异 性，旨在促进我国各区域碳减排，同时助力我国外贸高质量 发展。

二、文献综述

通过文献梳理发现，国内外学者围绕碳排放的影响因素 进行了大量实证研究。Congyu Zhao等（2021）研究结果显示， 智能交通可以减少二氧化碳排放，还可以通过运输规模、运 输结构对二氧化碳排放产生间接的抑制影响。张友国、白羽 洁（2021）研究得出，我国碳排放量在省级层面存在区域不平 衡的问题，近年来各区域碳排放增长势头存在较明显差异。 朱帮助等（2015）利用 LMDI 分解模型研究发现，我国不同发 展阶段的碳排放驱动因素存在显著差别。Bin Su等（2017）运 用结构分解分析（SDA）方法，研究2000—2010年间的碳排放 变化的驱动因素，研究发现其出口产生的碳排放量占国家碳 总排放量的三分之二。Zhaohua Wang等（2019）利用多区域 投入产出模型，研究了国内贸易对碳排放的影响，结果显示， 2007—2012 年外需排放所占比例呈快速增长趋势。刘小丽 等（2022）运用 LMDI完全分解模型，对 2000—2018 年我国制 造业的驱动因素进行了研究，结果表明，经济增长和产业结

构是碳排放增长的主要驱动因素。

对于碳排放的影响因素，已有大量的研究为本文研究打 下了基础。 自我国加入世贸组织以来的很长一段时间里，国 际贸易都是造成我国碳排放量迅速增长的原因之一。但是 现有研究还存在一些不足，很少有研究通过地区数据的角度 进行 LMDI分解，来研究货物进出口贸易对我国不同地区的 影响。本文基于扩展的Kaya不等式，构建了一个包含五种影 响因素的 LMDI模型，依据我国七个地区 2001—2019 年的实 际数据，对不同地区碳排放量的驱动因素进行分解，并指出 不同地区碳排放影响因素的差异。

三、研究设计

（ 一）碳排放量的分解模型

在碳排放的驱动因素分析中，以 Kaya恒等式为基础，利 用对数平均迪式分解模型( LMDI) 对我国七个地区的碳排放 量进行分解，借鉴 Kaya恒等式两边恒等的原理，碳排放量可 以表示为：

*CO*2 = *CIi* ⋅ *EIi* ⋅ *ESi* ⋅ *EA* ⋅ *P* =  ⋅  ⋅  ⋅  ⋅ *P* （1）

在公式（1）中，CO2 代表我国七个地区的二氧化碳排放 量；CIi 表示 i行业内能源的碳排放系数，用 i行业的碳排放量 与能源消耗量的比值表示；EIi是i行业的出口能源强度，表示 i行业单位进出口产值所消耗的能源量；ESi是外贸依存度，表 示 i行业内进出口额占总产值的比重；EA 是经济增长，用人 均 GDP（总产出/人口）表示。Ci 表示第 i部门的碳排放量；Ei 表示部门 i 的能源消耗量；Yi 表示 i部门的进出口额；Yi 表示 i 部门的产出，Y表示总产出，P代表人口。

根据公式(1)，可将七个地区的碳排放分别分解为碳排放 系数、出口能源强度、外贸依存度、经济增长与人口五个因

现代营销下旬刊 015

 战 略 2023.03

***XDYX***

素。碳排放总量从研究期内，第 0 年到第t 年的变化 ΔCO2 可 以分解为五个因素的影响。LMDI 有乘法和加法形式，其中 加法分解更易解释，使用也更加广泛，因此，本文采用加法分 解形式，则碳排放量变化可以被分解为以下因素的总和。

Δ*CO*2 = *CO*2*t* - *CO*2(*t* - 1) = Δ*CI* + Δ*EI* + Δ*ES* + Δ*EA* + Δ*P* =

 *wi* (*t* ) ln  +  *wi* (*t* ) ln  +  *wi* (*t* ) ln  +  *wi* (*t* ) ln  +  *wi* (*t* ) ln 

（2）

*wi*（t）是LMDI方法的估计权重，定义为：

*wi* (*t* ) = ln  *i**t* - 1 （[3](#bookmark1)）

（ 二）数据来源

结合数据的可获得性和全面性，本文以我国 30个省直辖 市、自治区（不含香港、澳门、台湾及西藏）为研究对象，按照 地理区域将其分为以下七大区域，分别是，东北地区：黑龙江 省、吉林省、辽宁省；华东地区：山东省、江苏省、上海市、浙江 省、安徽省；华北地区：北京市、河北省、天津市、山西省和内 蒙古自治区；华中地区：河南省、湖北省、湖南省，江西省；华 南地区：福建省、广东省、广西壮族自治区、海南省；西南地 区：四川省、云南省、贵州省、重庆市；西北地区：新疆维吾尔 自治区、宁夏回族自治区、青海省、陕西省、甘肃省。

碳排放量数据来自中国碳核算数据库（CEADS）提供的 分行业碳排放数据。此数据库采取了政府间气候变化专门 委员会（IPCC）的排放核算方法，根据更新的排放系数以及最 新的能源消耗数据清单，以统一的格式核算了我国 30 个省 （自治区、直辖市）的碳排放量，主要包括47个社会经济部门 燃烧的 17种化石燃料的排放（与能源有关的排放）和与过程 有关的排放。由于我国所有的行政边界（在国家和省级尺度 上）都跨越了城市和农村地理区域，数据库还单独列出了农 村及城镇的碳排放量。此数据与本文研究较为契合，故直接 采用此碳排放数据进行碳排放分解研究。此外，2001—2019 年各地区能源消耗量来自各省市区能源统计年鉴；货物进出 口贸易用每年年末的各行业货源地进出口总额来衡量，具体 数据来源于海关总署；各区域 GDP及人口数据均来源于各地 统计年鉴。

四、研究结果与分析

（ 一）碳排放量分析

从二氧化碳排放的总量来看，近 20 年来，我国的碳排放 量总体呈现增加趋势，从 2001 年的 32.8亿吨增加到 2019 年 的 122.9亿吨，年均增速为7.8%。值得注意的是，2014—2019 年，我国的碳排放量增速有所放缓，5年间的平均增速 1.8%， 并且在2015年我国的碳排放量还出现了小幅度下降。

图 1显示了不同地区 2001—2019年二氧化碳的排放量。 分地区来看，碳排放量较高的地区主要集中在华北和华东地

区，2019 年的碳排放量分别达 3312.1mt 和 2810.6mt。从增长 率来看，两地区相比，华东地区的碳排放量增长率处于较低 水平，年均增长率为 7.1%，而华北地区的碳排放量年均增长 率高达 10.4%，且增长率波动较大，2008年碳排放量增长率攀 升到 42.5%。其余 5个地区的碳排放总量处于较低水平，其 中，2019 年西北地区的碳排放量达 1524.8mt，年均增长率达 10.8%。从对全国的碳排放量贡献度来看，2001年以来，华南 和西南地区贡献度基本稳定在 8.5%，东北地区持续下降，从 2001 年的 17.7% 下降到 2019 年的 9.5%，华东和华中地区的 碳排放贡献度呈现倒 U 型变化，华北、西北两地的贡献度逐 年上 升 ，分别从 2001 年 的 18.6%、7.7% 上 升 到 2019 年 的 28.3%、13.1%。

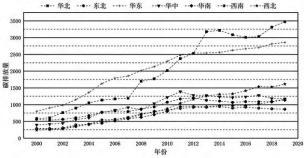


图 1 我国七个地区 2001—2019 年碳排放量趋势图 （单位：mt）

（ 二）分解结果分析

表 1 我国七个地区 2001—2019 年碳排放 LMDI 分解 结果 （单位：mt）

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 地区 | 碳排放  系数 | 出口能源强度 | 外贸 依存度 | 经济  增长 | 人口 | 总效应 |
| 华北 | 1153.5 | -1537.4 | -113.3 | 3246.7 | 137.9 | 2887.4 |
| 东北 | 43.4 | -925.4 | 105.1 | 1458.6 | -73.3 | 608.5 |
| 华东 | 33.3 | -2333.0 | 22.4 | 4004.4 | 330.8 | 2057.9 |
| 华中 | -81.5 | -1967.3 | 547.6 | 2232.6 | 47.6 | 778.9 |
| 华南 | 74.6 | -521.4 | -296.7 | 1392.5 | 200.2 | 849.2 |
| 西南 | -57.4 | -1305.9 | 135.8 | 1764.2 | 47.6 | 584.2 |
| 西北 | 231.9 | -742.4 | -118.7 | 1846.9 | 153.8 | 1371.6 |

表 1是我国七个地区2001—2019年碳排放量 LMDI分解 结果。数据显示，在整个分析期内，我国七个地区的碳排放 总量都呈增加趋势 ，华北地区碳排放量增加最多 ，为 2887.4mt。分解出的各效应对不同地区的碳排放造成的影响 不同。

1.经济增长效应：经济增长对七个地区的碳排放增长都 有明显的正向效应，是各个地区碳排放量增加的最主要因 素，且七个地区的经济增长效应所导致的碳排放量都呈现倒 U 型趋势，最高点基本都出现在2009—2011年。这是因为该 期间我国经济处在快速发展阶段，经济的高速发展在一定程

016 现代营销下旬刊



2023.03 战 略

***XDYX***

度上破坏了环境。2016年之后，我国产业节能减排约束力度 加大，经济结构也逐渐转型，由经济发展导致的碳排放量明 显减少。

2.人口效应：人口效应对碳排放量的贡献值基本上都为 正，只有东北地区的人口效应在 2001—2019 年减少了碳排 放，导致碳排放量共降低 73.3mt，这主要与东北地区的人口 结构有关。近年来东北地区人口老龄化严重，作为促进经济 发展主要力量的青年人口流失严重，人口老龄化与人口流失 导致东北产业较为单一，以致 2011 年以来，东北地区人口效 应对碳排放的影响一直为负。从七个地区的分解结果来看， 人口增长和经济发展基本都会导致碳排量增加。

3.碳排放系数效应：分析期内，华中地区和西南地区的 碳排放系数效应，对碳减排做出了一定贡献。碳排放系数效 应主要来自发电方式的组合变化。近年来，我国的火力发电 占据主要地位，但西南地区及华中地区的水力、风力及光伏 等清洁能源发电占比较高，其中西南地区较为明显：2001 年 以来碳排放系数效应多年为负，共减少碳排放量 57.38mt，对 碳减排做出了明显贡献。2017年之后，其他 5个地区碳排放 系数效应，均在一定程度上减少了碳排放，主要由于我国整 体发电结构正在逐步优化。

4. 国际贸易效应：国际贸易效应主要体现在出口能源强 度效应和外贸依存度效应两个方面。 自 2001 年加入世界贸 易组织以来，我国对外开放进入了新阶段，为我国货物进出 口开辟了更为广阔的国际市场，人口红利、制度红利的比较 优势，使得我国加入世贸组织之后进出口规模迅速扩大。这 一阶段，我国产业更加深入地参与到全球价值链的分工体 系。另外，分地区来看，我国货物出口贸易规模较大的地区 是华东、华南地区，其中，华南地区的国际贸易效应对碳减排 贡献最大。综合来看，国际贸易效应对不同地区的碳排放影 响存在较大区别，对于欠发达地区，货物进出口贸易是造成 碳排放量迅速增长的因素之一，主要原因在于欠发达地区承 担了贸易产生的多数碳排放量。

五、结论与建议

我国实现“双碳”目标面临严峻的挑战，与此同时我国的 出口贸易也处于转型升级的关键阶段，影响碳排放的因素也 越来越受到人们的关注。本文以既有研究为基础，引入进出 口贸易因素作为碳排放量的驱动因素，运用 LMDI分解模型 将碳排放量分解为碳排放系数、出口能源强度、外贸依存度、 经济增长与人口等五个因素，研究了2001—2019年我国七个 地区碳排放量的驱动因素和差异，得出以下结论与建议。

1. 分析期内，我国的碳排放量逐年增加，年平均增长率 为7.8%。分地区来看，华东和华北是我国碳排放量较高的两 个地区，且年均增长率也高于全国均值，因此，我国碳减排主 要在这两个地区；而我国货物出口贸易主要集中在华东、华

南地区。实现“双碳”目标任务艰巨，全国都在实施一些新政 策，然而各地区发展情况不同，其采取政策措施也应因地制 宜，各省（直辖市、自治区）在制定具体的碳减排任务时，还应 根据本地的贸易形式并将贸易因素考虑在内，关注本地货物 贸易对碳排放的影响，并综合考虑自身的发展情况与产业结 构，制定适合该地区的减排政策。

2.经济增长效应是促进碳排放量增加的最主要因素，人 口效应和碳排放系数效应也会促进碳排放量增加。各地应 重点推动经济增长方式向高质量增长转变，优先布局节能、 节地、环保的产业，推动产业结构向高附加值、环境友好型方 向转变。大力开发和使用清洁能源技术和资源，降低化石能 源使用比例，提高能源的使用效率，降低污染物排放强度。

3.分析期内，不同地区的国际贸易效应对碳排放量的驱 动作用不同，高附加值货物进出口贸易发达的地区国际贸易 效应促进碳减排。对我国碳减排而言，在货物进出口贸易方 面可以重点关注华中、东北和西南地区，优化我国贸易区域 结构布局。各省（直辖市、自治区）在制定货物进出口贸易政 策时，要关注贸易对碳排放的影响，在考虑自身生产优势的 同时，也需要考虑其他省份的生产优势，充分利用人力资源 和生产资源，促进全国生产效益、碳减排效益最大化。同时 可以因地制宜，充分交流，合力推进绿色贸易发展，进一步促 进我国碳减排。

参考文献：

[1]Zhao C,Wang K,Dong X,et al.Is Smart Transportation Associated with Reduced Carbon Emissions? the Case of China [J].Energy Economics,2021.

[2]张友国, 白羽洁 . 区域差异化“双碳 ”目标的实现路径 [J]. 改革,2021(11):1-18.

[3]朱帮助,王克凡,王平 . 我国碳排放增长分阶段驱动因 素研究[J].经济学动态,2015(11):79-89.

[4]Su B, Ang B W,Li Y.Input-output and structural de- composition analysis of Singapore's carbon emissions[J]. Energy Policy,2017,(105):484-492.

[5]Wang Z,Li Y,Cai H,et al.Regional difference and driv- ers in China's carbon emissions embodied in internal trade[J]. Energy Economics,2019,(83):217-228.

[6]刘小丽,王永利 .基于LMDI 分解的中国制造业碳排放 驱动因素分析[J].统计与决策,2022,38(12):60-63.

[7]Shan Y,Huang Q , Guan D, et al. China CO2 emission accounts 2016-2017[R/OL].Sci Data,2020.

作者简介：

赵晓凤(1998—)，女，汉族，河北省邯郸市人，硕士研究 生，研究方向：国际石油经济与贸易。

现代营销下旬刊 017