

可再生能源政策对碳排放的影响研究

范秋芳 邢相飞¹

（中国石油大学（华东）经济管理学院，山东 青岛 266580）

【摘要】：文章收集了2000—2020年我国30个省份（不包括西藏和港澳台地区）的可再生能源政策数据，从中央、地方两个层面以及政策工具、政策力度、政策目标三个维度进行分析，构建PVAR模型分析全国以及东部、中部、西部、东北地区可再生能源政策对碳排放的影响。研究表明：中央机构层面的可再生能源政策主要以五年规划为指导，逐步出台了水能、风能、太阳能、生物质能等政策文件，内容不断完善；政策类型逐渐多元，覆盖了战略、规划、标准等多类型政策。各地区层次政策文本数量庞大，政策工具利用略有差别，东部、中部、西部地区偏重于命令型和激励型政策，东北地区信息型利用较多；政策力度略有差异，东北地区政策力度较大，其他地区多集中于中间力度等级；政策目标都较为清晰，有力促进了可再生能源发展。检验得出可再生能源政策对碳排放有抑制作用，各地区政策冲击不同，全部地区、东部地区和西部地区政策效用显著，政策存在滞后效应。

【关键词】：可再生能源政策 碳排放 PVAR模型 两步系统GMM

【中图分类号】：F426.2；X22 **【文献标识码】：**A **【文章编号】：**1007-5097（2022）08-0063-11

一、引言

由于全球气候变暖、环境恶化等问题，中国积极承担大国责任，参与全球治理。2020年9月22日，习近平主席在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣示“中国力争二氧化碳排放2030年前达到峰值、2060年前实现碳中和”，双碳目标被多次提及并写进国家“十四五”规划，中国经济开始向低碳转型。可再生能源政策是推进能源结构转型的重要因素，国家相继出台可再生能源政策推动能源结构优化、实现低碳发展，可再生能源法、碳排放交易政策、绿色电力证书制度以及其他可再生能源政策是我国发展可再生能源、减少碳排放的主要手段。截至2020年末，中央和各地方政府已出台了数量庞大、类型多样的可再生能源政策助推能源转型，实现低碳发展。可再生能源政策的实施是否对碳排放有减轻作用，又能否促进我国双碳目标的实现？本文收集整理了2000—2020年我国各级政府发布的可再生能源政策，并对其进行分析，以政策工具、政策力度和政策目标作为切入点，分析东部、中部、西部、东北地区的可再生能源政策；利用面板向量自回归（PVAR）模型，分析可再生能源政策对碳排放的影响。

二、文献综述

关于可再生能源政策的研究，主要从国家层面和地区层面展开。①国家层面的研究。Zeng等（2013）^[1]总结了我国可再生能源政策体系框架及发展经验；Liu（2017）^[2]通过相关国家间对比分析了我国可再生能源政策存在的碎片化、操作性不足等问题，并提出改进建议；杜祥琬（2019）^[3]根据“十四五规划”对国家能源的发展要求提出了八项建议对策；任东明（2016）^[4]就中国能源转型提出建立以可再生能源为主体的新型能源系统调整建议；高虎（2016）^[5]对比国外分析了我国的可再生能源政策框架；涂强等（2016）^[6]从政策有效性、政策成本等方面分析中国可再生能源政策的演化及效果评估。②地区层面的研究。随着文献计量、

¹**作者简介：**范秋芳（1965—），女，山东昌邑人，教授，博士，研究方向：能源经济与管理；邢相飞（1997—），女，山东滨州人，硕士研究生，研究方向：能源经济与政策。

基金项目：国家社会科学基金一般项目“基于随机控制实验的城镇居民节水行为引导策略研究”（20BJL035）；教育部人文社会科学研究项目“基于新时代社会主要矛盾的社会创新驱动战略及路径选择研究”（18YJA810001）

政策文本量化分析等方法的兴起^[7]，可再生能源政策的研究更加具体。周丽婷（2019）^[8]分析了中国台湾的光伏发电政策并对此提出了可再生能源结构转型的举措；黄琳程（2019）^[9]从政策工具角度分析了北京的可再生能源政策，通过借鉴国外主要城市的政策经验有针对性地提出完善北京可再生能源政策的建议；胡海龙（2020）^[10]以广西某企业为例，利用SWOT分析了上网电价等可再生能源政策外部威胁；李志青等（2018）^[11]对安徽省碳交易等政策进行梳理分析，因地制宜提出相关建议；Hamed等（2017）^[12]分析了伊朗各省的光伏政策，并对各省份政策有效性进行了评价；郭晓丹等（2014）^[13]通过区域解构分析了费用分摊、标杆上网电价等可再生能源政策，发现中国各区域可再生能源政策存在显著差异。

关于碳排放影响因素的相关研究。王晓芳和于江波（2014）^[14]利用物理学重力模型和LMDI指数分解法发现，经济增长导致碳排放增大；王泳璇等（2021）^[15]以辽宁省为例利用弹性系数模型，分析发现人口城镇化对碳排放增长为正向影响；高娅（2021）^[16]利用面板固定效应模型分地区检验金融集聚对碳排放的影响，发现东部、中部地区抑制性作用较西部地区更为明显；杜海波等（2021）^[17]利用DMSP/OLS和NPP/VIIRS夜间灯光数据模拟黄河流域的碳排放，得出经济发展水平、能源强度、产业结构等因素导致碳排放增长；杨盛东等^[18]利用基尼系数、莫兰指数、热点分析等方法，分析东北32个地市环境规制对碳排放的影响，发现命令型和自愿型环境规制抑制了碳排放，经济型环境规制对碳排放存在正向作用；张华（2020）^[19]、BoqiangLin和Zhu（2019）^[20]、张丽娜（2020）^[21]利用DID、PSM-DID方法具体评估低碳城市试点、碳排放权交易等政策对碳排放的影响，重点分析了碳排放的时空效应；任松彦等（2021）^[22]利用两区域动态CGE模型分析广东省的碳排放并预测碳达峰，发现碳交易机制有减碳效果。

关于可再生能源政策对碳排放影响的研究。莫建雷等（2018）^[23]基于中国能源环境经济系统模型（CE3METL），分析了不同政策措施对实现碳达峰的显著差异；林伯强和李江龙（2014）^[24]将风电标杆电价政策进行量化处理，利用随机动态递归发现碳交易市场和风电产业链可以通过市场内生；马丁和陈文颖（2016）^[25]以能源系统优化模型（ChinaTIMES）为基础，以2030年碳排放达峰目标评估了工业、交通等关键部门减排政策降碳贡献；杨翱等（2014）^[26]基于动态随机一般均衡模型，分析了四种不同碳排放政策的优劣及对宏观经济的影响；王斯一等（2020）^[27]基于全产业链的多目标非线性规划模型，分析了生物质能发电补贴政策；马鹏飞等（2020）^[28]利用固定效应模型和随机效应模型，分析了中国农村的可再生能源政策效果，发现不同政策工具的政策效果不同。

综上所述，国内外学者对可再生能源政策和碳排放进行了众多研究。关于可再生能源政策对碳排放的影响，大部分学者仅针对碳交易试点等某一具体政策进行分析，全面系统地研究可再生能源政策对碳排放影响的文献较少。双碳目标的实现需要可再生能源政策发挥效力，从中央到各地方的降碳都需要可再生能源政策发挥作用，因此有必要深入分析我国可再生能源政策对碳排放的影响。基于此，本文的边际贡献主要有以下四个方面：①在研究视角上，系统分析可再生能源政策对碳排放的影响，收集我国2000—2020年的可再生能源政策，共整理3952份政策文本；②在研究对象上，从中央和地方两个角度量化分析可再生能源政策，中央层面可再生能源政策发展以五年规划为主，地方层面从政策工具、政策力度、政策目标对东部、中部、西部、东北地区可再生能源政策进行梳理总结；③在研究方法上，运用PVAR方法分析可再生能源政策对碳排放的影响，分析比较命令型政策、激励型政策、信息型政策对国家总体以及东部、中部、西部、东北地区碳排放的影响；④根据可再生能源政策特点及不同类型政策工具对碳排放的影响，结合各地区具体情况提出相关对策建议。

三、我国可再生能源政策分析

（一）数据基础

以2000—2020年我国可再生能源政策为研究对象，政策样本主要来源于北大法宝法律数据库，通过关联检索等方式扩大搜索范围，广泛涵盖中国政府网、能源安全局、各省级政府等相关部门官网。为保证政策样本的全面性，本文先以“可再生能源”“配额”“并网”“上网电价”等高相关性关键词作为搜索依据，并进一步以“风能”“风电”“太阳能”“光伏发电”“地热能”等细分关键词作为搜索依据，据此搜集到中央层面的政策文件366份，地方层面的政策文件3586份。

（二）数据处理

政策不仅包含政策措施和政策目标，还与颁布的机构有关，对政策的分析需要多方位多维度进行。目前政策研究方法逐渐规范化和定量化，半凌云和杨洁（2017）^[29]从政策力度、政策目标、政策措施和政策反馈出发，对居民节能政策进行量化处理，将政策分为命令控制型、经济激励型、信息型和自愿参与型，分析政策效果；Liao（2016）^[30]从发布部门、发布形式、发布数量和政策力度四个方面，对中国风能政策的发展进行分析；张国兴和张振华^[31]从政策力度和政策目标对中国节能减排政策进行编码量化处理，就节能减排政策演变进行分析。

借鉴张国兴和张振华（2015）^[31]、纪陈飞和吴群（2015）^[32]对政策的量化处理，本文从政策力度、政策目标和政策工具分析我国可再生能源政策。政策力度由政策发布机构的行政级别所决定，主要是指政策效力。政策力度分为大、中、小三个等级，依次赋予 5 分、3 分、1 分的分值。由省级人大及常务委员会颁布的“法律”“法规”等，力度为“大”；由省级政府颁布的“标准”“通知”“意见”“办法”等，力度为“中”；由市一级行政机构颁布的政策，力度为“小”。政策目标是指政策内容是否清晰，主要是政策目标的可量化程度。政策目标清晰且能量化，有明确的数字标准，清晰程度为“高”；政策目标无明确量化标准，清晰程度为“中”；无目标，仅宏观指导，清晰程度为“低”。将政策目标由“高”到“低”分为三级，依次赋予 5 分、3 分、1 分的分值。目前对我国可再生能源政策的分类大体有以下三种：第一种是基于五项基本的法律制度，薛惠峰和王海宁将我国可再生能源政策分为总量目标、强制上网、分类电价、费用分摊和专项资金五类^[33]；第二种是从价格和数量角度出发，李凯将其分为财政激励政策、管制政策、自愿措施三类^[34]；第三种是从政策结构角度出发，李辉等将我国的能源政策工具分为组织型、管制型、指导型、激励型和信息型^[35]。借鉴上述学者的分类，本文将我国可再生能源政策分为命令型政策、激励型政策和信息型政策三类，命令型可再生能源政策主要包括“法律”“法规”“监管”“标准”“指令”等；激励型可再生能源政策主要包括“规划”“计划”“意见”“指挥”等；信息型可再生能源政策主要包括“报告”“统计”等。借鉴张国兴和张振华（2015）^[31]、半凌云和杨洁（2017）^[29]的政策力度量化思路，分别对命令型政策、激励型政策和信息型政策进行赋分量化处理。确定评分标准对各政策赋分后邀请研究能源政策的专家对政策得分进行判断，从而确定各政策的最终得分。

基于此，本文首先分析中央层面的可再生能源政策，将地方层面分为东部地区、西部地区、中部地区、东北地区，然后具体分析四个地区的可再生能源政策。对地方层面的政策样本进行如下操作：①单元编码。地区作为编码排列的一级次序，30 个省份从 1 依次排列至 30；时间排列作为二级次序，由于研究年份从 2000 年开始，为方便分析编码从 00 排列至 20；政策工具、政策力度、政策目标作为三级次序，命令型政策工具为 Q、激励型政策工具为 J、信息型政策工具为 X；政策力度大为 D、政策力度中为 Z、政策力度小为 S；政策目标清晰程度高为 G、清晰程度中为 M，清晰程度低维 L。②统计分析。中央层面以五年规划为时间节点，根据不同时期阶段对可再生能源政策进行描述统计。在编码基础上，对四个地区不同政策进行梳理总结，从时间、地区两个角度具体总结我国可再生能源政策发展的特点，从政策工具、政策力度、政策目标三个维度出发分解中国能源政策结构，从而更加完整地呈现四个地区可再生能源政策特点。

（三）政策分析

1. 中央层面可再生能源政策阶段划分

2000—2020 年，我国中央层面可再生能源政策内容逐步完善，以国家五年规划为指导，逐步出台水能、风能、太阳能、生物质能等可再生能源政策文件；政策类型逐渐多元，覆盖了战略、规划、标准、通知等多类型政策。具体如图 1 所示。

（1）2000—2003 年是我国可再生能源政策起步阶段。

“九五规划”指出发展“新能源”，“十五规划”首次提出“可再生能源”，国家逐渐重视可再生能源发展。在发展水电的基础上通过“西电东送”工程将电力输送到东部，水电体系已较为完整；通过“乘风计划”引进国外先进风电技术大力开发风

电资源，在此期间像《国债风电项目实施方案》（2000 年）、《风电场预可行性研究报告编制方法》（2003 年）等关于风电发展的政策文件较多，风电产业开始起步；通过“光明工程”开发太阳能，解决偏远地区电力短缺问题，国家光伏产业快速发展。

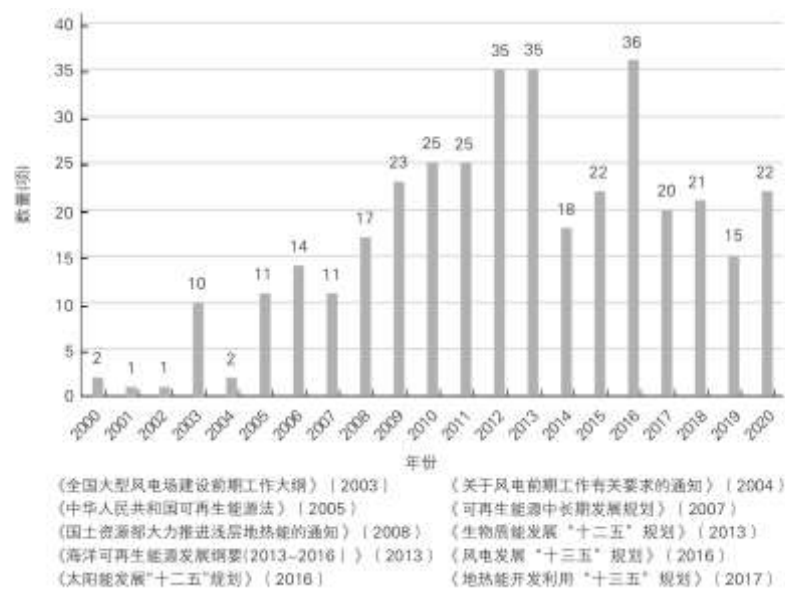


图 1 2000—2020 年中央机构可再生能源政策情况

注：数据来源于北大法宝法律数据库

(2) 2005—2014 年是我国可再生能源政策发展阶段。

“十一五规划”指出大力发展可再生能源，对风电建设提出具体要求，指出建设风电基地，对风电和生物质能提出具体装机量；“十二五规划”指出建设综合能源基地，积极发展太阳能、生物质能、地热能等可再生能源。2005 年《可再生能源法》出台，国家可再生能源步入法制化道路，根据《可再生能源法》和国家五年规划的目标和任务，在此期间制定了《可再生能源发展“十一五规划”》和《可再生能源发展“十二五规划”》，具体指导我国可再生能源开发利用及产业发展。水能、风能、太阳能利用进入快速发展时期，针对风电、光伏发电并网消纳问题出台了一系列政策。地热能、海洋能、分布式能源以及农村可再生能源发展开始得到关注，《可再生能源产业发展指导目录》（2005 年）详细列出太阳能、地热能、生物质能以及海洋能的技术指标及发展状况，2013 年的《全国林业生物质能源发展规划（2011—2020 年）》《海洋可再生能源发展纲要（2013—2016 年）》和 2014 年的《国家能源局关于进一步落实分布式光伏发电有关政策的通知》，鼓励生物质能等可再生能源的发展。2014 年可再生能源政策数量相对较少，共有 18 项政策指导可再生能源发展。

(3) 2015—2020 年是我国可再生能源政策发展的多元阶段。

“十三五规划”推进能源革命，光伏、生物质能等被列入战略性新兴产业发展行动和能源发展重大工程；“十四五规划”推进绿色发展制定碳达峰行动方案。各年份（除 2016 年）政策数量较为接近，2016 年政策数量为 36 项，是政策颁布数量最多的一年。国家积极推动可再生能源的消费利用，努力提高可再生能源消费的占比。在此期间，陆续出台可再生能源发电政策，适时调整风电和光伏发电上网电价，通过《可再生能源电价附加资金补助目录》（2016 年）明确可再生能源补贴，扩大发展可再生能源的资金规模；2017 年发布的《关于实施可再生能源绿色电力证书合法及自愿认购交易机制的通知》，保障了可再生能源的发展；2020 年《新时代的中国能源发展》白皮书，指出要大幅降低碳排放强度，促进能源的绿色低碳发展。

截至 2020 年末,我国可再生能源发电量达 22148 亿千瓦时,2019 年我国可再生能源开发利用规模已居世界首位。可再生能源政策内容逐渐丰富,涵盖水能、风能、太阳能、生物质能、地热能 and 海洋能等;政策类型多样,战略、规划、标准、通知等多元政策助力可再生能源发展。

2. 地方层面可再生能源政策数量庞大,类型多样

地方层面政策工具利用有差别,东部、中部、西部地区偏重于命令型和激励型政策,东北地区信息型利用较多;政策力度也有差异,东北地区政策力度较大,其他地区多集中于中间力度等级;政策目标都较为清晰,有力促进了可再生能源发展。

(1)就政策工具来看,命令型政策工具在所有地区中运用最多,在东部、中部、西部、东北地区中分别占比 48%、60%、55%、52%;激励型政策工具在东部、中部、西部地区应用较多,分别占比 51%、39%、55%;东北地区运用激励型政策工具很少,信息型政策工具占比高达 46%。各个地区多以命令型手段为主,以激励型政策为辅推进地区可再生能源的发展,山东 2006 年和 2007 年颁布的 12 项可再生能源政策,其中 9 项是命令型政策,2007 年山东省人民代表大会常务委员会通过的《山东省农村可再生能源条例》持续生效,在 2020 年进行了修改补充;黑龙江、吉林、辽宁多为信息型政策工具促进可再生能源发展,大部分政策文件是各省份物价局对于可再生能源公司电价的批复文件。

(2)就政策力度来看,东部、中部、西部地区政策力度为中间等级的政策最多,分别占比 78%、67%、83%;东北地区可再生能源政策力度大部分为“大”等级,占比 92%。东部、中部、西部地区颁布的可再生能源政策数量多,政策力度等级大部分为中间等级,东北地区发布政策数量较少但政策力度很大。河南出台了 67 项政策,其中 33 项是由河南省财政厅、物价局、科技厅等行政机关颁布施行;湖南共出台 82 项政策,其中 53 项政策由湖南省发展改革委员会、水利厅、财政厅等行政机关颁布施行;宁夏回族自治区共出台了 57 项可再生能源政策,仅 10 项政策力度为“小”。

(3)就政策目标来看,各地区政策目标较为清晰,大都集中在政策目标清晰程度为中间等级和高等级。东部、中部、西部地区政策目标清晰程度为中等的数量最多,分别占比 48%、62%、50%,东北地区可再生能源政策目标清晰程度高的占比为 61%。政策目标清晰,利于政策实施,促进可再生能源发展。黑龙江 2000—2020 年共发布 86 项可再生能源政策,32 项政策清晰程度为“高”,主要包括可再生能源开发利用条例、上网电价的批复等具体政策。

总体来看,国家层面的可再生能源政策数量有所波动,政策内容以国家五年规划为具体指导,在发展水电的基础上,逐步开发风能、太阳能、生物质能、太阳能以及海洋能等。地区层面的可再生能源政策数量庞大,但地区政策数量不一,东部地区政策数量最多、发展最快,东北地区政策数量较少;可再生能源政策工具多样,各地区政策工具不均衡,命令型政策、激励型政策和信息型政策占比不同;政策力度各地区略有差异,除东北地区均集中于中间等级;政策目标各地区都较为清晰。政策力度、政策数量各地区不一,可能由于地区资源禀赋的不同所导致,侧面也反映了不同地区可再生能源政策情况。我国可再生能源政策体系已较为健全,但还存在着政策结构不完善、政策工具利用不平衡、各地区发展不均衡等问题。

四、可再生能源政策对碳排放影响的实证分析

(一) 模型构建

面板向量自回归(PVAR)最早是由 Holtz-Eakin 等人提出的,后经过 Binder 和 Hsiao 等人的不断完善发展成为一种较为成熟的分析方法^[36]。PVAR 模型兼具时间序列和面板数据的分析优势^[37],还可以有效避免内生性和共线性问题。本文利用 PVAR 模型定量分析中国可再生能源政策对碳排放的影响,建立模型如下:

$$y_{it} = \beta_0 + \sum_{j=1}^p \beta_j y_{i,t-j} + f_t + t_i + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

其中： $y_{it}=(\ln c_{it}, \ln qps_{it}, \ln jps_{it}, \ln xps_{it})$ ； β_0 为截距向量； β_j 为滞后向量的参数矩阵； f_i 为各地区的个体效应； t_i 为时间效应； ε_{it} 为服从正态分布的随机扰动项； i 表示不同地区； t 表示不同时间； j 表示滞后阶数； p 表示最大滞后阶数。

（二）数据来源与变量说明

1. 数据来源

本文选取 2004—2019 年中国 30 个省份（不包括西藏和港澳台地区）碳排放量和可再生能源政策数据。数据主要来源于《中国能源统计年鉴》以及北大法宝法律数据库、中国政府网、能源安全局、各省级政府等相关部门官网。

2. 变量说明

（1）各地区碳排放。

碳排放量数据借鉴 Johan 等、熊萍萍等人的方法进行测算^[38,39]，根据《中国能源统计年鉴》，选取各地区的煤炭、焦炭、原油和天然气这 4 种能源消费量来计算各个地区的碳排放量。碳排放的计算公式如下：

$$C_j = \sum_{i=1}^n (E_{ij} N_{ij} e_{ij}) \quad (2)$$

其中： C_j 表示各地区的碳排放总量（ $j=1, 2, 3, \dots, 30$ ）； E_{ij} 、 N_{ij} 、 e_{ij} 分别表示第 i 类能源的消费量、能源转换系数和碳排放系数。煤炭、焦炭、原油的能源转换系数分别为 0.7143、0.9714、1.4286，单位 kg 为标准煤/kg；天然气的系数为 13.3t 标准煤/万 m^3 ；碳排放系数分别为 0.7476、0.1128、0.5730、0.4479，单位为 t 碳/t 标煤。

（2）各地区可再生能源政策工具。

借鉴张国兴和张振华^[31]、非凌云和杨洁^[29]的政策力度量化思路，采用 1、3、5 三个不同的赋分标准，利用公式（3）计算各省份可再生能源政策工具效力得分。其中： PE_i 是第 i 年三种政策工具效力得分； j 表示第 i 年执行的第 j 项政策； (g_j+i_j) 表示第 j 项政策的政策目标和政策工具得分； p_j 表示第 j 项政策的政策力度得分。

$$PE_i = \sum_{j=1}^n (g_j + i_j) p_j \quad (3)$$

（三）实证结果分析

首先要分析这两个数据的平稳性和协整性。用 LLC 检验、ADF 检验等方法对各变量进行平稳性检验，结果表明变量均满足平稳性要求；利用 stata16.0 软件选用 Kao 检验分析我国可再生能源政策与碳排放之间的长期均衡关系，其中 Kao 检验的 $t=-1.9921$ ， $P=0.0232<0.05$ ，即拒绝原假设，因此中国各地区与可再生能源政策存在稳定均衡关系。根据 AIC、BIC 和 HQIC 准则分别对模型的滞后阶数进行选择，作为 PVAR 模型的回归期数，然后进行脉冲响应分析和方差分解分析。

1. 脉冲响应分析

脉冲响应可以更直接刻画出变量之间的动态关系，图 2—图 4 依次反映的是全部地区、东部地区、中部地区、西部地区和东

北地区命令型政策、激励型政策、信息型政策对碳排放的脉冲响应关系图。脉冲响应图的横轴代表响应期数，纵轴代表脉冲响应值大小，中间实线代表脉冲响应函数，两侧虚线代表 200 次 Monte-Carlo 所产生的 95% 的置信区间。

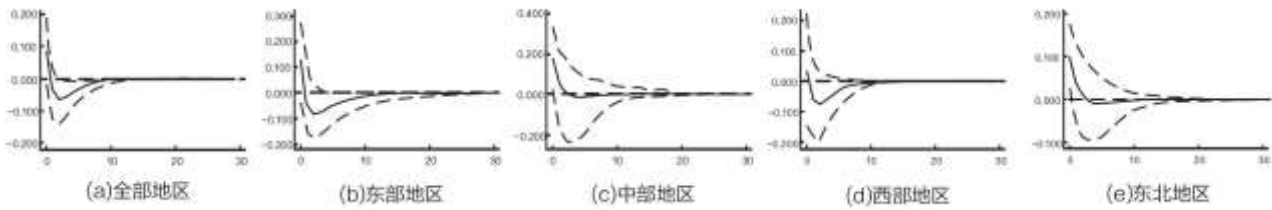


图 2 命令型政策对碳排放的冲击

(1) 由图 2 可知，全国、各地区的命令型可再生能源政策均对碳排放均有负向作用。除中部地区、东北地区的命令型可再生能源政策对碳排放的负向影响较小外，其余地区的命令型政策在不同时期均对碳排放有较大影响。全国的命令型政策对碳排放的仅第 1 期具有正向影响，在第 3 期的冲击最大，后面直到 12 期均为负向影响后趋于 0；东部地区命令型政策对碳排放反应迅速，仅第一期为正向影响，第 2 至第 13 期均为负向影响，最终变得平稳影响趋于 0；西部地区均为负向影响，10 期后逐渐平稳；中部地区与东北地区的脉冲响应相似，前 2 期为正向影响，后面第 3 到 8 期轻微负向影响，10 期后逐渐平稳趋于 0。

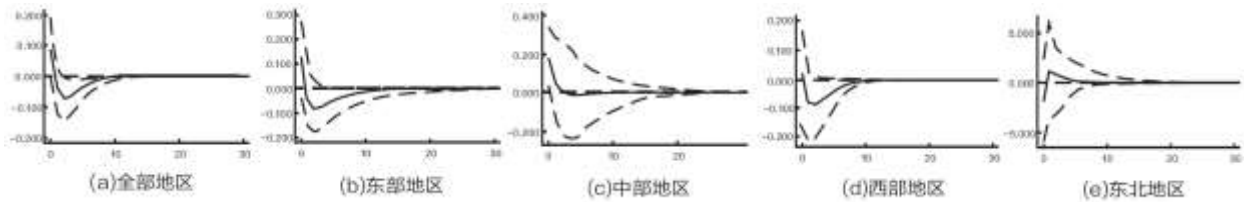


图 3 激励型政策对碳排放的冲击

(2) 由图 3 可知，全国地区、东部地区和西部地区的激励型政策对碳排放的冲击几乎一致，负向冲击快速变大到极值后逐渐上升后与水平轴平行。全国的激励型政策对碳排放反应迅速，第 2 期负向影响就达到最大；东部地区和西部地区则第 1 期负向作用就达到极值，后快速上升逐渐平稳；中部地区和东北地区在前 3 期对碳排放是正向冲击，后逐渐趋于平稳；所有地区均在 10 期后与水平轴平行。

(3) 由图 4 可知，全国、各地区的信息型可再生能源政策均对碳排放均有负向作用。全国的信息型政策对碳排放的影响仅第 1 期轻微的正向影响，第 2 期冲击最大后至第 10 期均为负向影响；东部地区仅第 1 期为正向影响，第 2 期负向影响最大，至第 12 期逐渐趋于 0；中部地区的信息型政策对碳排放具有轻微的负向影响，第 10 期后趋于 0；西部地区与全国的冲击效应相似，在第 1 期负向冲击最大，第 10 期后趋于 0；东北地区的信息型政策对碳排放在前 2 期具有负向影响。

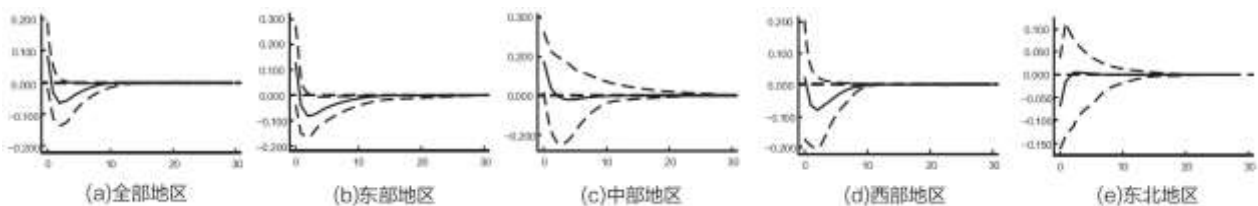


图 4 信息型政策对碳排放的冲击

总体来说，命令型政策、激励型政策、信息型政策均对碳排放具有负向影响，可以有效抑制碳排放。命令型政策、激励型政策和信息型政策存在滞后效应，各地区间政策冲击存在差异。中部地区的政策作用不显著，东北地区命令型政策对碳排放的影响不大。

2. 方差分解分析

作为对脉冲响应分析的进一步补充，方差分解可详细展现每次结构性冲击对系统变量的解释程度，更精确地反映各地区碳排放与不同类型政策工具之间的相互影响程度。

方差分析的结果显示，选取第 10、20、30 个预测期进行方差分析的结果基本一致，说明在 10 个预测期之后各地区可再生能源政策与碳排放已经达到稳定状态，对结果没有影响。就地区来看，东部地区、中部地区和西部地区在 10 个预测期之后的碳排放主要受自身影响，程度分别为 96%、66%和 90%，受命令型政策、激励型政策、信息型政策的影响程度较低；全部地区在 10 个预测期之后的碳排放主要受命令型政策的影响，激励型政策和信息型政策以及碳排放自身的影响程度很低；东北地区在 10 个预测期之后的碳排放主要受命令型政策和激励型政策的影响，受碳排放水平影响为 30%左右，受激励型政策的影响程度仅为 4%左右，这与脉冲响应分析结果基本一致。

3. 稳健性检验

考虑模型的内生性问题，引入动态面板模型，运用两步系统 GMM 方法进行估计。动态面板模型如下：

$$y_{it} = \beta_0 + y_{it-1} + \beta_1 X_{it} + \beta_2 \text{Control}_{it} + f_i + t_i + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

(1) 变量说明。

被解释变量 y_{it} 为碳排放量；核心解释变量 y_{it-1} 为碳排放量滞后一期； X_{it} 为命令型可再生能源政策效力、激励型可再生能源政策效力和信息型可再生能源政策效力； Control_{it} 为控制变量，包含国内生产总值、外商直接投资、能源消费量和城镇化率。数据来源与前文一致。

(2) 稳健性检验结果。

运用公式（4）检验可再生能源政策对碳排放影响的稳健性。分别用 30 个省份的数据和剔除掉甘肃省、青海省、宁夏回族自治区和新疆维吾尔自治区的数据进行检验，发现两次检验的碳排放量滞后一期，各核心解释变量结果显著。

五、结论与建议

本文分析了 2000—2020 年我国可再生能源政策，利用 PVAR 模型分析了中国四个地区可再生能源政策对碳排放的影响，主要结论如下：

（1）我国可再生能源政策体系逐步完善，但还存在着政策工具利用不平衡、地区发展不均衡等问题。中央层面可再生能源政策主要以国家五年规划为指导，政策内容渐趋完善，逐步出台了水能、风能、太阳能、生物质能等可再生能源政策文件；政策类

型逐渐多元,覆盖了战略、规划、标准、通知等多类型政策。地区层面可再生能源政策数量庞大,各地区政策数量存在差距。政策工具利用有差别,东部、中部、西部地区偏重于命令型和激励型政策,东北地区信息型利用较多;政策力度也有差异,东北地区政策力度较大,其他地区多集中于中间力度等级;政策目标都较为清晰,有力促进了可再生能源发展。

(2) 实证结果表明,我国可再生能源政策对碳排放有负向影响,不同类型政策的影响大小略有差异且存在滞后效应,四个地区的碳排放受可再生能源政策影响也不尽相同。命令型政策、激励型政策、信息型政策对全部地区、东部地区和西部地区碳排放具有负向影响,可以有效抑制碳排放,中部地区的政策作用不显著,东北地区命令型政策对碳排放的影响不大。

为进一步完善我国各地区的可再生能源政策,降低碳排放,实现双碳目标,本文提出如下建议:

(1) 加强顶层设计。深入贯彻党中央、国务院关于可再生能源发展的决策部署,紧紧围绕“四个革命、一个合作”战略和双碳目标的实现,不断优化可再生能源产业发展布局,努力推动可再生能源高质量发展。加强政策扶持力度,实施能源扶贫工程,支持贫困地区发展风能、风能、生物质能、小水电等可再生能源;强化可再生能源市场监管,深化可再生能源“放管服”改革,将中央政府层面部分权限下放地方,充分发挥地方和市场主体活力。

(2) 推进立法工作。努力完善可再生能源法律制度,发挥可再生能源战略规划和宏观政策导向作用。健全可再生能源法治体系,协同推进可再生能源发展和法治建设,将法治贯穿于战略、规划、政策的制定中,不断提升法治化水平,同时积极推进全国碳排放权交易市场,促进降碳减排。

(3) 完善地方治理。各地区要以《可再生能源法》为基础,将不同法律、地方法规等系统整合以满足本地区可再生能源发展实际需要,搭建以“条例”“法规”“意见”等为辅的可再生能源政策体系,实施多元政策发展生物质能、地热能和海洋能等可再生能源。政策制定注重因地制宜,合理开发利用各地区可再生能源资源,完善可再生能源政策结构,命令型政策、激励型政策、信息型政策多种政策工具并行,注意政策力度调整,明确政策目标,从而降低各地区的碳排放,尽早实现双碳目标。

(4) 加强国际交流合作。面对全球环境问题,应树立人类命运共同体意识,加强可再生能源领域多边合作。积极参与联合国、亚太经合组织等多边机制下的国际合作,继续搭建与东盟、中东欧等区域合作平台,促进可再生能源技术的推广普及,构建国际合作新格局。在国际多边合作框架下积极推动全球能源绿色转型发展,为促进全球可再生能源发展贡献中国智慧、中国力量。

参考文献:

[1] ZENG M, Li C, Zhou L S. Progress and Prospective on the Policy System of Renewable Energy in China[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2013(20):36-44.

[2] LIU J X. China's Renewable Law and Policy: A Critical Review[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017(71):12-28.

[3] 杜祥琬. 关于能源与电力“十四五”规划的八点建议[N]. 中国能源报, 2019-06-10(01).

[4] 任东明. “十三五”可再生能源发展展望[J]. 科技导报, 2016(34):133-138.

[5] 高虎. 2010-2014年我国可再生能源发展政策与行动[J]. 中国能源, 2016(38):6-9.

[6] 涂强, 莫建雷, 范英. 中国可再生能源政策演化、效果评估与未来展望[J]. 中国人口·资源与环境, 2020(30):29-36.

-
- [7]许阳.中国海洋环境治理政策的概览、变迁及演进趋势——基于 1982—2015 年 161 项政策文本的实证研究[J].中国人口·资源与环境,2018(28):165-176.
- [8]周丽婷.台湾可再生能源政策实践及其治理转型探究——以光伏发电政策为例[J].生态经济,2019(35):73-78.
- [9]黄琳程.北京市可再生能源发展政策研究[D].北京:华北电力大学,2019.
- [10]胡海龙.碳中和目标背景下可再生能源企业发展策略研究——以广西某企业为例[J].中国电力企业管理,2020(36):14-17.
- [11]李志青,周杨,郑少艳.安徽省环境经济政策评估分析:2016—2017[J].中国环境管理,2018(10):61-68,74.
- [12]HAMED H,ALIREZA A,SOHAIL A,et al.Analysis of the Effectiveness of National Renewable Energy Policies:A Case of Photovoltaic Policies[J].Renewable and Sustainable Energy Reviews,2017(79):669-680.
- [13]郭晓丹,闫静静,毕鲁光.中国可再生能源政策的区域解构、有效性与改进[J].经济社会体制比较,2014(6):176-187.
- [14]王晓芳,于江波.我国碳排放驱动因素的动态轨迹研究[J].经济学家,2014(4):40-48.
- [15]王泳璇,朱娜,李锋,等.人口迁移视角下城镇化对典型领域碳排放驱动效应研究——以辽宁省为例[J].环境科学学报,2021(41):2951-2958.
- [16]高娅.地区金融集聚与低碳发展[J].生态经济,2021,37(7):28-34.
- [17]杜海波,魏伟,张学渊,等.黄河流域能源消费碳排放时空格局演变及影响因素——基于 DMSP/OLS 与 NPP/VIIRS 夜间灯光数据[J].地理研究,2021(40):2051-2065.
- [18]杨盛东,杨旭,吴相利,等.环境规制对区域碳排放时空差异的影响——基于东北三省 32 个地级市的实证分析[J].环境科学学报,2021(41):2029-2038.
- [19]张华.低碳城市试点政策能够降低碳排放吗?——来自准自然实验的证据[J].经济管理,2020(42):25-41.
- [20]LIN B Q,ZHU J P.Is The Implementation of Energy Saving and Emission Reduction Policy Really Effective in Chinese Cities? A policy EvaluationP Erspective[J].Journal of Cleaner Production,2019,220:1111-1120.
- [21]张丽娜.碳排放权交易对可再生能源发展的影响[D].北京:对外经济贸易大学,2020.
- [22]任松彦,戴瀚程,汪鹏,等.碳交易政策的经济影响:以广东省为例[J].气候变化研究进展,2015,11(1):61-67.
- [23]莫建雷,段宏波,范英,等.《巴黎协定》中我国能源和气候政策目标:综合评估与政策选择[J].经济研究,2018,53(9):168-181.
- [24]林伯强,李江龙.基于随机动态递归的中国可再生能源政策量化评价[J].经济研究,2014,49(4):89-103.

-
- [25] 马丁, 陈文颖. 中国 2030 年碳排放峰值水平及达峰路径研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2016, 26(S1):1-4.
- [26] 杨翱, 刘纪显, 吴兴奔. 基于 DSGE 模型的碳减排目标和碳排放政策效应研究[J]. 资源科学, 2014, 36(7):1452-1461.
- [27] 王斯一, 吴静, 罗宏, 等. 基于多目标非线性规划的生物质发电补贴政策优化与应用[J]. 干旱区资源与环境, 2020, 34(12):65-71.
- [28] 马鹏飞, 苗海民, 朱俊峰. 我国农村可再生能源政策的经济效果研究[J]. 生态经济, 2020, 36(1):120-125.
- [29] 半凌云, 杨洁. 中国居民生活节能引导政策的效力与效果评估——基于中国 1996-2015 年政策文本的量化分析[J]. 资源科学, 2017, 39(4):651-663.
- [30] LIAO Z J. The Evolution of Wind Energy Policies in China(1995—2014):An Analysis Based on Policy Instruments[J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016(56):464-472
- [31] 张国兴, 张振华. 我国节能减排政策目标的有效性分析——基于 1052 条节能减排政策的研究[J]. 华东经济管理, 2015, 29(11):88-95.
- [32] 纪陈飞, 吴群. 基于政策量化的城市土地集约利用政策效率评价研究-以南京市为例[J]. 资源科学, 2015(37):2193-2201.
- [33] 薛惠锋, 王海宁. 《中华人民共和国可再生能源法》的实施回顾及展望[J]. 中外能源, 2010, 15(3):33-36.
- [34] 李凯, 王秋菲, 许波. 美国、欧盟、中国绿色电力产业政策比较分析[J]. 中国软科学, 2006, (4)(2):54-60.
- [35] 李辉, 徐美宵, 张泉. 改革开放 40 年中国能源政策回顾: 从结构到逻辑[J]. 中国人口·资源与环境, 2019, 29(10):167-176.
- [36] 严圣艳, 徐小君. 金融产业集聚、技术创新与区域经济增长——基于中国省级面板数据的 PVAR 模型分析[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2019, 21(1):103-109.
- [37] 何娟文, 李雪妃, 陈俊宇. 我国货币政策对“一带一路”沿线国家的溢出效应研究——基于 16 个沿线国家的实证检验[J]. 金融理论与实践, 2021(4):12-19.
- [38] JOHAN A, DELPHINE F, KOEN S. A Shapley Decomposition of Carbon Emissions Without Residuals[J]. Energy Policy, 2002(30):727-736.
- [39] 熊萍萍, 曹书人, 杨卓. 华东地区碳排放量灰色关联度分析[J]. 大连理工大学学报(社会科学版), 2021, 42(1):36-44.