

基于三维分析框架的中国碳中和政策体系研究

张耀坤^{1,2}, 王永军³, 杨成⁴, 相均泳^{4*}

1. 中国科学院科技战略咨询研究院, 北京市 海淀区 100190;
2. 中国科学院大学公共政策与管理学院, 北京市 海淀区 100049;
3. 中国酒泉卫星发射中心, 甘肃省 酒泉市 732750;
4. 全球能源互联网发展合作组织, 北京市 西城区 100031)

Research on Carbon-neutral Policy System Based on Three-dimensional Analysis Framework

ZHANG Yaokun^{1,2}, WANG Yongjun³, YANG Cheng⁴, XIANG Junyong^{4*}

- (1. Institute of Science and Development, Chinese Academy of Science, Haidian District, Beijing 100190, China;
2. School of Public Policy and Management, University of Chinese Academy of Science, Haidian District, Beijing 100049, China;
3. Jiuquan Satellite Launch Centre, Jiuquan 732750, Gansu Province, China;
4. Global Energy Interconnection Development and Cooperation Organization, Xicheng District, Beijing 100031, China)

Abstract: Climate change has become an important global issue of widespread concern, and China has proposed to achieve goals of peaking CO₂ emissions by the year 2030, and achieve carbon neutrality by 2060. However, this requires the government to further develop target planning, and improve the policy system to actively guide. In this paper, we constructed a three-dimensional analysis framework of the carbon-neutral policy system, from three aspects: policy action areas, policy instruments, and policy objects. Implementing a multidimensional content analysis of 74 carbon-neutral-related central policy texts from 2007-2021, we found that China's current carbon emission reduction, and carbon-neutral policy system comprehensively cover key areas such as energy efficiency improvement, zero-carbon energy, and negative emissions; and the use of supply-based policy tools, demand-based policy tools, and environment-based policy tools are relatively balanced, and match the roles and functions of various market players, including the government, enterprises, organizations, and the public. However, there are problems such as the policy's focus on the field of energy efficiency improvement, insufficient attention to zero-carbon energy, and negative emission technologies, and more governmental binding mechanisms but weaker market mechanisms. On this basis, we provided suggestions for the improvement, and development of the subsequent carbon-neutral policy system.

Keywords: carbon-neutral policy; three-dimensional policy

基金项目: 国家社会科学基金青年项目“中国可再生能源的战略困境与转型发展研究”(17CGJ024)。

National Social Science Foundation of China (17CGJ024).

analysis; policy instruments; policy objects; policy action areas; content analysis method

摘要: 应对气候变化已成为各国广泛关注的重要议题, 中国提出了在2030年前实现二氧化碳排放达到峰值、2060年前实现碳中和的“双碳”目标, 这需要政府进一步制定目标规划, 完善政策体系以积极引导。从政策作用领域、政策工具和政策客体三个维度构建了碳中和政策体系的三维分析框架, 并通过对2007—2021年的74份碳中和相关中央政策文本进行多维度内容分析发现, 中国当前的碳减排和碳中和政策体系较为全面地涵盖了能效提升、零碳能源和负排放等重点领域, 对供给型政策工具、需求型政策工具和环境型政策工具的使用较为均衡, 且基本匹配了包括政府、企业和组织、公众等在内的各类市场主体的角色和功能, 但也存在政策集中于能效提升领域, 对零碳能源和负排放技术的关注不足, 以及政府约束性机制较多而市场机制较弱的问题。在此基础上, 为后续碳中和政策体系的完善和发展提供了相应建议。

关键词: 碳中和政策; 三维政策分析; 政策工具; 政策客体; 政策作用领域; 内容分析法

0 引言

近年来, 二氧化碳等温室气体的增多导致了全球气温升高、海平面上升、极端天气频发等各类气候问题, 气候变化这一重要议题已引起世界各国的广泛关注。从《联合国气候变化框架公约》到《京都议定书》再到《巴黎协定》, 注重低碳发展已经成为世界

各国的共识,而如何实现可持续的绿色低碳发展也已成为当前人类社会亟待解决的重大问题。中国始终高度关注气候问题引发的社会和经济影响,并积极推进节能减排工作。2007年,国务院根据《联合国气候变化框架公约》,结合中国国情和可持续发展的战略要求,发布了中国首部应对气候变化的政策性文件——《中国应对气候变化国家方案》,为中国采取一系列法律、经济、行政等手段,减缓温室气体排放,提高适应气候变化的能力奠定了基础,也体现了中国作为一个负责任的发展中国家的责任担当。2012年,国务院办公厅印发了《“十二五”控制温室气体排放工作方案重点工作部门分工》,这是中国碳减排历程中的又一重要里程碑,应对气候变化政策体系得到了进一步完善。2020年9月22日,国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上提出:“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,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”,给中国提供了一个中长期愿景、综合性目标和系统实施的平台。

在减少温室气体排放的努力进程中,中国取得了举世瞩目的重大成就。2019年中国碳排放强度比2005年下降了48.1%,提前实现了2015年提出的2020年碳排放下降40%至45%的目标;截至2020年底,中国天然气、水电、核电、风电等清洁能源占能源消费总量的比重达到23.4%,水电、风能、太阳能发电的累计装机量均居世界首位;“十三五”期间,中国森林蓄积量达到175亿 m^3 ,连续30年保持“双增长”,森林资源增长率居世界第一。尽管如此,中国要实现“碳中和”目标,依然面临巨大的压力和困难。“碳中和”在行动上的总体思路是在一个可预见、可规划的时间段内,通过一两代人的努力,逐步淘汰高碳发展模式,引入新的低碳、零碳和负排放模式,实现地球空间内碳源(碳排放)和碳汇(碳吸收)相抵^[1]。这对中国而言将是一个系统性、结构性的转型过程,要求技术、经济系统实现共同演进与变革,也就需要政府进一步地制定一系列目标、政策、行动和具体路径的组合来进行积极引导。在此背景下,系统梳理中国自2007年以来以推动碳减排和碳中和为目标而发布的中央政策,深入分析这些政策运用了何种政策工具,主要作用对象有哪些,并主要实施于哪些碳减排技术领域,对于评估中国已有碳中和政策的有效性,识别未来政策可能的发力点,进而不断完善碳中和相关政策体系具有很强的必要性和重要性。

基于此,本文从政策作用领域、政策工具和政策客体三个维度构建了碳中和政策体系的三维分析框架。依据该框架,本文以中共中央办公厅、国务院、国家发展和改革委员会、国家能源局、工业和信息化部等部委发布的国家层面的74份碳减排、碳中和相关政策文本为研究样本(截至2021年7月),采用内容分析法^[2]研究了中国现有碳中和相关政策的合理性和有效性,剖析了已有政策体系在针对碳减排的政策作用领域、政策工具和政策客体三个维度中呈现的特点以及存在的问题,以期能为政府制定和优化碳中和政策提供有效的指导和建议。

1 碳中和政策相关研究综述

自减排目标提出以来,中国各级政府以及产业界和学术界均对碳减排相关的政策问题保持着高度关注,特别是“双碳”目标提出后,更是涌现出了大批相关研究。从已有文献成果来看,主要聚焦于以下三类主题。第一,从碳中和政策体系的宏观发展层面,对政策演变呈现的总体特征的思考。其中包括,对中国碳减排政策的历史演变分析^[3]、未来的政策发展趋势分析^[4-6]以及国外低碳政策的评述及其对中国政策制定的启发^[7-8]等。第二,从碳中和政策体系的建构层面,对政策设计及实施效果的评价和思考。例如,利用CGE模型、演化博弈模型等多种方法,比较和探讨了包括碳税、一般排放权交易体系、复合排放权交易体系、补贴、政府规制等在内的各类政策工具的最优组合安排^[9-12];研究了碳减排相关政策对产业结构^[13-15]、企业生产^[16]、居民生活^[17]可能带来的影响;并针对各类碳减排和碳中和政策的效果进行了量化评价^[18]等。第三,从碳中和政策体系的内容层面,对政策文本进行了量化分析。此类分析主要运用了内容分析、文献计量等方法对节能减排政策^[3]、太阳能和风能等零碳能源政策^[19-20]的文本内容进行了研究。其中最为普遍的内容分析法(content analysis)是当前政策文本研究中常用的一种实验式分析方法^[2],该方法通过反映政策语义与语词之间映射关系的分析单元进行政策概念的识别和处理,构建从分析单元到数值的编码标准与从政策文本到政策语义的政策分析框架^[21],继而进行客观的、定量的、系统的内容分析,可以有效挖掘政策体系的特征和变化趋势。当前碳中和相关政策研究中,学者们主要从政策的发布主体^[22]、政策工具^[23-25]、政策作用客体^[26]、政策作用场域^[27-28]等方面

进行了研究实践。

通过对相关文献的梳理和总结, 本文发现已有研究分别从宏观、中观和微观三个层面入手, 对碳中和政策体系中的各类重要议题进行了较为全面的探讨, 然而依然存在两方面的研究不足。其一, 已有研究对碳中和政策体系更为细分的政策梳理和分析较为缺乏。目前中国的碳中和发展已经步入了需要制定明确行动计划和安排的阶段, 有必要将能效提升、零碳能源、负排放技术等重要技术领域的相关政策做出区分, 而非笼统地视为碳减排政策或气候政策, 详尽而具体地针对每一个技术领域的政策进行分析对于中国现阶段及未来碳减排发展至关重要。其二, 已有的政策文本分析维度较单一, 大都局限于单一维度或二维的研究框架中进行分析, 系统性尚且不够, 有必要进一步从综合性、多维度的视角对碳中和政策体系进行多领域、全方位的分析 and 研究。

为弥补上述研究存在的不足, 本文基于相关学者的研究, 在政策工具理论的基础上, 结合碳中和目标实现过程中的三类关键技术领域, 并考虑政策作用客体, 构建了“作用领域-政策工具-政策客体”三位一体的分析框架, 对国家层面的碳中和政策体系进行全面分析, 剖析存在的问题并提出改进建议, 以期为后续政策的优化与设计提供参考。

2 碳中和政策体系研究设计

2.1 三维政策分析框架

公共政策理论认为, 政策主体在制定和实施政策时, 应当根据各类政策工具之间的客观关系以及作用领域和政策客体特征, 将它们有机地结合起来, 以形成功能互补的政策合力, 发挥出理想的政策效应^[19]。政策文献作为政府行政过程可追溯的真实记录, 能够反映出政策发布时期关注的重点领域和政策意图及导向。据此, 本文基于前人研究成果及自身研究对象, 依据政策特征, 从政策作用领域、政策工具和政策客体三个相互支撑和补充的维度出发, 构建了碳中和政策体系的三维分析框架, 如图1所示。

2.1.1 x维度: 实现碳中和的重要技术领域维度

已有研究表明, 碳中和愿景的实现要经历三方面的努力。首先是能源、工业、建筑和交通等重点产业最大程度的碳减排以及构建深度脱碳的新型电力系统, 努力提升能源利用效率, 减少碳排放量; 其次, 大力发展替代能源技术, 利用氢能、太阳能、生物质

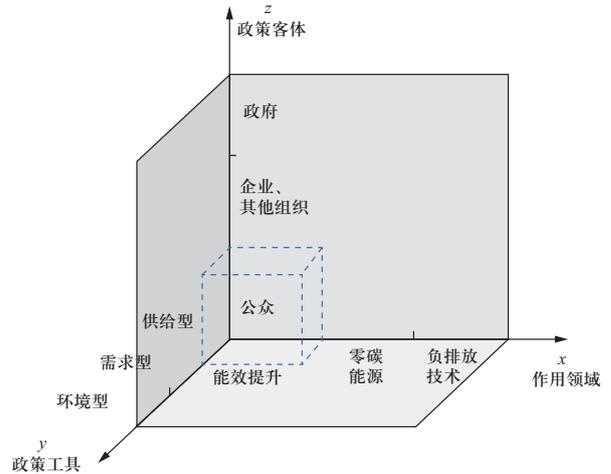


图1 碳中和政策体系三维分析框架

Fig. 1 The three-dimensional analysis framework of carbon-neutral policy system

能等低碳能源努力减少碳排放; 第三, 进一步通过森林、海洋等碳汇进行自然吸收, 或采用额外的固碳或负碳技术实现近零排放^[6,29]。

因此, 多领域技术的协同演进和共同作用是至关重要的。参考王灿^[6]等人的分类标准, 本文将碳中和政策体系的作用领域划分为能效提升、零碳能源及负排放技术三类, 集成于三维分析框架的x维度。通过对政策作用领域的分析, 期望衡量以往政策体系在相关领域的关注程度, 进而发现差距和问题, 为后续政策的完善和实施提供参考借鉴。作用领域的具体划分及描述见表1。

表1 政策作用领域的类型、名称及含义

Table 1 Policy action areas types, names and definitions

作用领域	领域描述
能效提升	能效提升技术主要包括在生产侧采用工业通用节能设备、能源梯次利用、控制温室气体排放、实现循环经济等相关技术; 在消费侧主要包括使用节能低碳产品、选择低碳出行方式等
零碳能源	零碳能源技术主要包括采用成本有望持续下降的可再生能源电力(光伏、风电、水电)、核能、零碳氢能、可持续生物能, 以及零碳能源的综合利用服务(智能电网、电动汽车、储能)等, 从而完成能源利用方式的零碳化
负排放技术	负排放技术主要包括农林碳汇, 碳捕集、利用与封存(CCS), 生物质能碳捕集与封存(BECCS), 以及直接空气碳捕集(DAC)等技术

2.1.2 y维度: 基本政策工具维度

政策工具是组成政策体系的重要元素, 是政府将其实质目标转化为具体行为的路径和机制^[30], 依

据不同的视角，政策工具可以被划分为多种类型，其中最为典型并被广泛应用的分类标准是Rothwell分类法，即根据着力领域将政策工具分为供给型、需求型和环境型三大类，每种大类又可继续分为若干细分的政策工具^[31]。本文参照Rothwell的思想，将碳中和相关政策工具按其作用方式分为供给型政策工具、需求型政策工具和环境型政策工具，并将其界定为三维分析框架中的y维度。三类政策工具的作用方式如图2所示。



图2 政策工具对碳中和的作用方式

Fig. 2 Roles of policy instruments for carbon neutrality

具体而言，供给型政策工具是指政府从供给端自上而下直接作用于人才、资本、技术等生产要素，以推动碳减排和碳中和目标实现的政策条文。根据实现碳中和所需要的供给要素的不同，本文将供给型政策工具具体分为人才培养、资金投入、信息服务、技术支持、基础设施5种基本政策工具。需求型政策工具是指政府面向碳减排和实现碳中和的需求面，针对政府、企业、高校、科研机构、用户、公众等各类主体出台的刺激其消费、投资和国际往来的相关政策，以减少碳中和发展过程中可能存在的障碍因素，并为碳中和发展提供拉动力。本文将需求型政策划分为多方协同、政府采购、示范工程、鼓励引导和国际交流5种基本政策工具。环境型政策工具则是为贯通供给端和需求端，打造有利于碳中和发展的健康、有序的环境和平台而制订的相关保障性的政策条文，对碳中和目标的实现具有间接影响和潜移默化的渗透作用。本文将环境型政策划分为目标规划、金融支持、法规管制和税收优惠4种政策工具类型。综上，本文详细的政策工具类型、名称及其描述如表2所示。

2.1.3 z维度：政策实施客体维度

碳中和的政策客体是指相关政策所作用的对象，即碳中和相关政策的施政群体。政府、企业、高校、研究机构及其他组织、个人等各类主体在中国迈向碳中和愿景的进程中都承担着至关重要而又各有侧重的作用，缺一不可，碳中和目标的实现是各类主体良性

表2 政策工具的类型、名称及含义

Table 2 Policy instruments types, names and definitions

工具类型	工具名称	工具描述
供给型政策	人才培养	通过强化各级教育体系、培训体系、引进人才等多种方式，为节能减排和实现碳中和提供人才保障
	资金投入	政府通过划拨专项资金，以直接投入资金、发放资金补贴、提供研发经费和建设经费等形式为低碳发展提供财力支持
	信息服务	政府通过搭建信息平台，建立、整合和发布节能减排相关技术指南、规范和标准等信息，为相关主体参与低碳发展和实现碳中和提供信息服务
	技术支持	政府通过完善科技创新体系、支持科研项目攻关、加强技术推广应用等方式，为保障节能减排活动和实现碳中和发展提供的各类技术支持
	基础设施	政府为保障社会生产和居民生活中节能减排活动的顺利开展，以及为实现碳中和发展进行的物质工程设施建设
需求型政策	多方协同	通过推动政府、企业、高校、科研机构、社会组织、金融机构、个人等各类主体积极合作和协同，以实现节能减排和碳中和
	政府采购	以政府集中采购目录等方式引导对节能环保产品、再生利用、新能源等低碳产品的消费需求
	示范工程	通过开展试点示范工作带动各级政府加快低碳发展；引导基础好、有实力的企业和各类主体开展低碳绿色发展应用示范，带动各类社会力量参与碳中和之路
	鼓励引导	政府通过政策或者制度手段，鼓励和提倡政府、企业和公众等各类主体积极推动低碳绿色发展，以实现碳中和目标
环境型政策	国际交流	鼓励国内各类主体与海外政府和机构开展经验借鉴、科研合作、信息共享、技术交流等国际交流与合作
	目标规划	对要达成的能源结构、能效提升、节能减排、绿色替代等目标进行总体规划和描述
	金融支持	通过信贷、融资、风险投资、财务分配或放宽金融限制、创造融资条件等金融支持手段推动各类主体积极参与节能减排活动，支持碳中和发展
	法规管制	政府为稳步推进绿色低碳发展，实现碳中和目标，通过制定规章、设定许可、监督检查、行政处罚和行政裁决等方式，对相关主体的活动进行限制和控制，以加强监管和规范市场秩序
	税收优惠	政府对实现碳中和的相关重要领域或相关企业、组织及个人给予赋税上的减免

互动的结果, 因此有必要将政策客体维度纳入分析框架。本文将政策作用的客体划分为政府、企业及其他组织和公众三种类别, 具体描述如表3所示。

表3 政策客体的类型、名称及含义
Table 3 Policy objects types, names and definitions

政策客体	客体描述
政府	所出台的政策为政府服务
企业及其他组织	所出台的政策为企业和其他组织服务
公众	所出台的政策为公众服务

2.2 三维政策分析框架的政策含义: 点-线-面-体

碳中和政策体系是由各类型政策所组成的多维度、多层面、多视角的政策空间。在图1所示的三维分析框架中, 不同的点、线、面及其组合而成的立方体、多面体均具有不同的政策含义。

1) 点模式: 对于碳中和政策中的某一项条文而言, 其单一属性通常表现为某一特定坐标轴上的一点, 例如供给型政策工具中的基础设施、需求型政策工具中的鼓励引导、环境型政策工具中的目标规划等。

2) 线模式: 如果某项政策条文只涉及此框架中的一个, 而未涉及其他两个维度, 其在图中就表现为一条线。

3) 面模式: 大多数政策条款不仅涉及某单一维度, 而是两种维度的交叉组合, 此时该碳中和政策条文体现在该框架中就是由两条轴组成的截面。

4) 体模式: 对于能够反映综合层面和战略层面的政策来说, 由于其涉及的维度较多, 往往表现为该

框架中的某一个长方体。

本研究着重在一维、二维和三维视角下探讨碳中和政策体系的特征。其中一维的含义不再赘述, 我们将 x 轴与 y 轴组成的二维空间定义为碳中和重点领域中的政策工具使用情况, 表示了政府针对各个重点领域采用了何种政策工具, 通过何种动力来推进碳中和进程; x 轴与 z 轴组成的二维空间被定义为碳中和重点领域中的政策主要的实施对象情况, 表示了政府在推进各个重点领域发展过程中主要期望依靠的市场主体是谁; y 轴与 z 轴组成的二维空间被定义为针对各类政策客体的政策工具使用情况, 即针对不同的政策客体政府更偏向于采用何种政策工具来推动其碳减排行动; x 、 y 、 z 三轴组合构成的小立方体表示政府在重点领域中主要针对哪些政策客体采用何种政策工具以推进碳中和进程。

2.3 碳中和相关政策文本的选择及编码

本文以2007年6月3日国务院发布的《中国应对气候变化国家方案》为起点, 选取收集了2007年6月至2020年7月之间, 国家层面(中共中央办公厅、国务院、能源部、发改委等部委)发布的与碳减排和碳中和密切相关的政策文件, 其中包括意见、通知、办法、方案、规划、纲要等10类政策文本。为保证权威性和准确性, 本文的研究数据主要来源于“北大法宝”和万方法律数据库两个官方权威政策数据库, 并在此基础上通过浏览国务院及各部委网站进一步复核补全了相关政策文件。通过两轮筛选, 最终梳理得到有效政策文本共74篇, 部分文件汇总见表4。

表4 部分碳中和政策文件汇总示意表
Table 4 Summary of selected carbon neutral policy documents

序号	标题	发布部门	发文字号	发布日期
1	国务院《中国应对气候变化国家方案》	国务院	国发〔2007〕17号	2007-06-03
2	科学技术部、国家发展和改革委员会、外交部等关于发布《中国应对气候变化科技专项行动》的通知	科学技术部, 国家发展和改革委员会, 外交部	国科发社字〔2007〕407号	2007-06-13
3	全国人民代表大会常务委员会关于积极应对气候变化的决议	全国人大常委会		2009-08-27
4	环境保护部办公厅关于在国家生态工业示范园区中加强发展低碳经济的通知	环境保护部	环办函〔2009〕1359号	2009-12-21
5	国务院关于进一步加大工作力度确保实现“十一五”节能减排目标的通知	国务院	国发〔2010〕12号	2010-05-04
6	中国人民银行、中国银行业监督管理委员会关于进一步做好支持节能减排和淘汰落后产能金融服务工作的意见	中国人民银行, 中国银行业监督管理委员会	银发〔2010〕170号	2010-05-28
7	国家旅游局关于印发《关于进一步推进旅游行业节能减排工作的指导意见》的通知	国家旅游局	旅办发〔2010〕80号	2010-06-08

续表

序号	标题	发布部门	发文字号	发布日期
8	国家发展改革委关于开展低碳省区和低碳城市试点工作的通知	国家发展和改革委员会(含原国家发展计划委员会、原国家计划委员会)	发改气候〔2010〕1587号	2010-07-19
...
74	国家机关事务管理局、国家发展和改革委员会关于印发“十四五”公共机构节约能源资源工作规划的通知	国家机关事务管理局, 国家发展和改革委员会	国管节能〔2021〕195号	2021-06-01

碳中和政策文本的编码过程主要采用人工编码方式进行。人工编码的具体思路如下: 首先, 将74份政策文件中的相关文本按照“政策编号.章节号.序列号”逐条进行编号; 然后依照前文建立的碳中和政策体系三维分析框架, 对各政策文本的内容单元, 分别按照作用领域、政策工具和政策客体三个维度进行分类, 编码过程如表5所示。

表5 政策内容编码过程示例

Table 5 Example of a policy content unit coding process

序号	政策名称	政策内容单元	编码号	政策工具	政策客体	作用领域
64	《国家高新区绿色发展专项行动实施方案》	引导传统重污染行业的绿色技术进步和产业结构优化升级, 加大清洁能源使用, 推进能源梯级利用; 持续削减化学需氧量、氨氮、二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机化合物、细颗粒物等主要污染物和温室气体等的产生量和排放量	64.5.1	鼓励引导	企业及其他组织	能效提升
65	《国务院关于加强建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	鼓励绿色低碳技术研发。实施绿色技术创新攻关行动, 围绕节能环保、清洁生产、清洁能源等领域布局一批前瞻性、战略性、颠覆性科技攻关项目	65.6.19	技术支持	政府	零碳能源

3 三维分析框架视角下的碳中和政策体系量化分析结果

3.1 碳中和相关政策的单维度分析

从x维度(针对碳中和目标各类技术领域政策)

来看, 以往的碳减排政策重点在于推进能效提升技术在多领域的应用, 而对推进零碳能源技术和负排放技术的针对性举措较为匮乏, 后两者的政策条文数之和约为前者的三分之一。如图3所示, 属于能效提升技术领域的编码政策条文数量为505, 达到编码条文总量的76%; 次之的是零碳能源技术, 在该领域中, 中央政府发布和实施了119条政策, 占碳中和政策的18%; 而目前中国针对负排放技术的政策较少, 仅占6%(总条文数为43), 有待进一步丰富和完善。这与中国以往的产业结构调整规划和所处的碳减排阶段有关。随着2030碳达峰和2060碳中和目标日益接近, 未来在政策设计上应加强对零碳能源和负排放技术的关注。

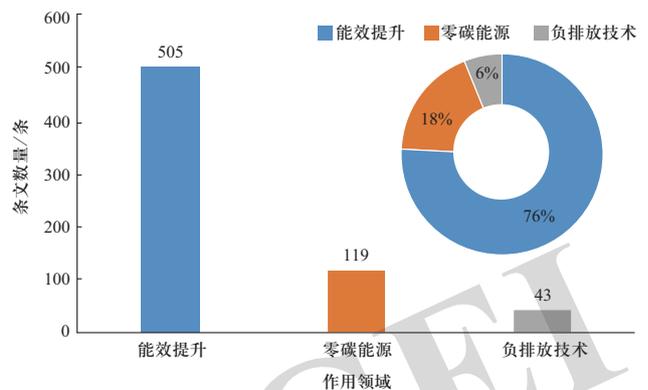


图3 作用领域维度的政策频次统计

Fig. 3 Policy statistics for the dimension of action areas

从y维度(各类政策工具的实施)来看, 整体上中国碳中和政策体系对供给型政策工具、需求型政策工具和环境型政策工具的使用较为均衡。如图4所示, 供给型政策工具共317条, 占比32.92%; 需求型政策工具共328条, 占比34.06%; 环境型政策工具共318条, 占比33.02%。三类政策工具的均衡使用说明中国以往的政策体系较为全面地兼顾了政策实施的环境面、供给面和需求面, 为中国碳中和发展提供了多元的激励举措与有效管制。然而值得注意的是, 政府对

供给型、需求型和环境型政策工具内部的细分工具使用依然存在短板。

在供给型政策工具中, 政府使用较多的是信息服务 (35.02%)、技术支持 (27.13%) 和基础设施 (19.87%), 说明中国政府在推进碳减排和碳中和工作中能够及时发布和披露相关技术指南、规范和标准等信息, 同时积极推进基础设施改造及相关技术升级, 从技术、设施和服务等方面有效支持了碳中和发展。但是直接的资金投入和人才培养工作仍需加强, 下一步应加大财政拨款和对人才引进工作的重视。在需求型政策工具中, 政府采用较多的是鼓励引导 (42.99%) 和示范工程 (33.54%), 反映出中国以往在需求面较多采用宣传、示范和鼓励的措施来引导各主体积极参与碳减排工程, 然而在多方协同 (6.40%)、政府采购 (6.10%) 和国际交流 (10.98%) 方面的举措较弱, 下一步应注重推进政产学研用金各类主体的协同合作, 并更注重鼓励和推动国际交流活动的开展。在环境型政策中, 碳中和进程的推进主要依靠法规管制 (53.77%), 其次是目标规划 (32.70%), 下一步应更加注重推进对相关参与主体的金融支持和税收优惠。

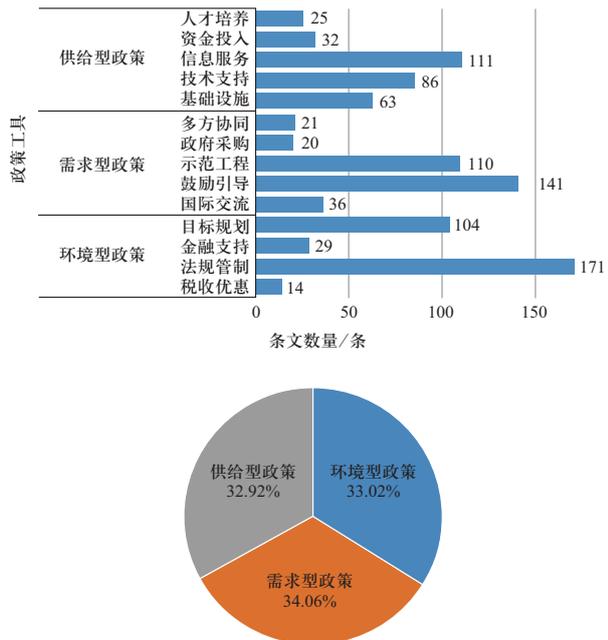


图 4 政策工具维度的政策频次统计
Fig. 4 Policy statistics for the dimension of policy instruments

从z维度 (政策作用对象) 来看, 中国碳中和政策体系的作用客体较不均衡。如图5所示, 现有政策条文的作用对象大部分是政府 (52%), 而涉及企业

及其他组织 (34%)、公众 (13%) 的政策较少, 这充分体现了政府在碳减排工作中作为主导者、监督者和政策制定者的主导地位, 这也是因为中国处于碳中和发展的中前期, 仍需要政府大力支持。未来, 应进一步加强对企业及其他组织、公众的政策激励和管理, 大力加强市场机制, 激发和引导各类主体积极参与到碳中和发展中, 积极履行节能减排的社会责任。

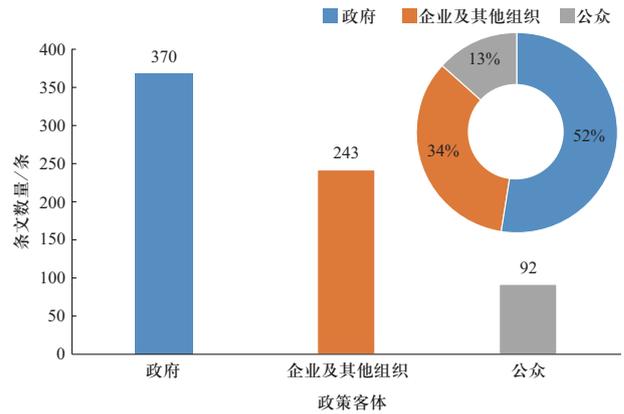


图 5 政策客体维度的政策频次统计
Fig. 5 Policy statistics for the dimension of policy objects

3.2 三维分析框架下碳中和政策的二维交叉分析

3.2.1 碳中和重点领域中的政策工具使用情况分析 (xy)

将政策作用的碳中和重点领域与基本政策工具进行交叉分析, 得出的政策量化统计结果如图6所示。

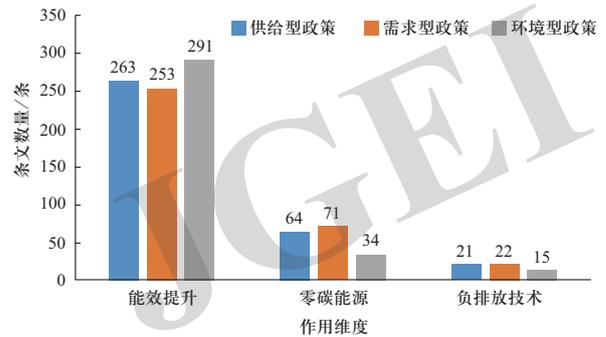


图 6 政策作用领域中政策工具的使用情况
Fig. 6 The use of policy instruments in policy action areas

可以看出, 中国碳中和政策在各重点领域中都兼顾了三类政策工具 (供给型、需求型和环境型), 且使用较为均衡, 为推进碳中和目标的实现提供了多方面的引导、激励和管制。尤其值得注意的是, 在能效提升领域采用了更多的环境型政策, 而零碳能源领域

和负排放技术领域采用的环境型政策占比最低。考虑到中国在能效提升领域已经取得了巨大成就，而零碳能源和负排放技术领域仍需努力的现实情况，量化统计结果较好地体现出各类政策工具在碳中和各个阶段的差异化运用，以往针对推进能效提升而实施的政策工具方案，可在一定程度上作为未来推进零碳能源和负排放技术的有效参考。

3.2.2 碳中和技术领域政策作用对象情况分析(xz)

将政策作用的碳中和重点技术领域与政策作用客体维度进行交叉分析，得出的政策量化统计结果如图7所示。

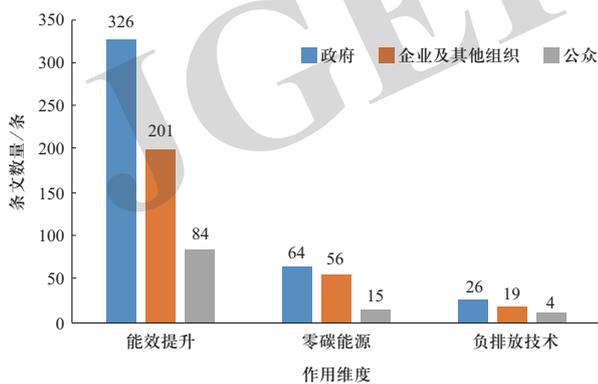


图7 政策作用领域中的政策客体实施情况

Fig. 7 The implementation of policy objects in policy action areas

量化统计结果显示，中国目前已发布和实施的碳中和相关政策涵盖了政府、企业及其他组织、公众在内的各类主体，然而无论是能效提升领域、零碳能源领域还是负排放技术领域，政府都是最主要的政策实施对象，企业和其他组织次之，面向公众发布的政策条文数量最少。通过进一步计算比例分配发现，三类重点技术领域中对政府、企业及其他组织和公众的政策比例并无明显差异（在能效提升领域，三者的占比分别为53.36%、32.90%和13.75%；在零碳能源领域，三者的占比分别为47.41%、41.48%和11.11%；在负排放技术领域，三者的占比分别为53.06%、38.78%和8.16%）。政府无疑在以往的碳中和进程中发挥了举足轻重的作用，但仅注重政府的角色和责任还远远不够。企业、组织及公众的日常生产生活是二氧化碳产生和排放的主要来源，能否充分激励企业、组织和公众采取切实可行的创新和行动，积极参与到碳减排进程中，是实现碳中和的关键。因此，未来应更关注针对企业及其他组织、公众的政策实施，使政策客体分布更为均衡，充分发动各类主体的力量，共同实现碳中和目标。

3.2.3 针对各类政策客体的政策工具使用情况分析(yz)

将政策实施的作用客体与政策工具使用情况两个维度进行交叉分析，通过统计得出的政策量化结果如图8所示。

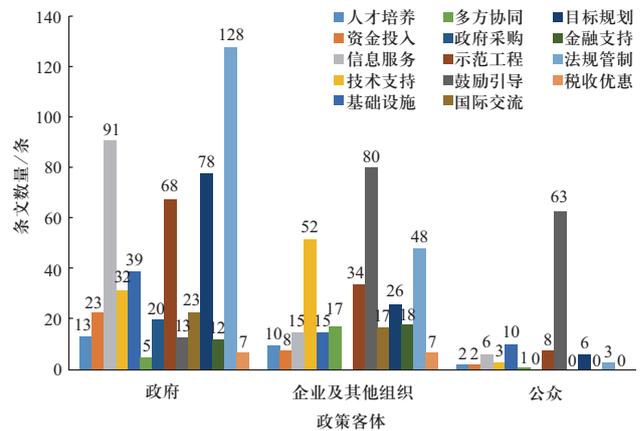


图8 对政策客体的政策工具实施情况

Fig. 8 The implementation of policy instruments to policy objects

由图8可以看出，现有政策体系对各类政策客体运用的政策工具情况有所不同。在三大类政策工具的运用上，针对政府实施的环境型政策最多（共225条），供给型政策次之（共198条），需求型政策最少（共129条）；针对企业及其他组织的需求型政策最多（共148条），供给型政策（共100条）和环境型政策（共99条）基本持平；针对公众发布的需求型政策最多（共72条），供给型政策次之（共23条），而环境型政策最少（共9条）。这种情况与政府、企业和组织、公众在以往碳中和活动中承担的角色基本匹配，政府更多地承担了主导者、监督者和政策制定者的角色，因此针对政府角色实施的环境型政策和供给型政策较多；企业和其他组织既需要来自政府的激励、引导和支持以弥补企业参与节能减排活动可能带来的成本提升，同时也需要法规管制等环境政策来规范企业行为和市场秩序，因此针对企业提供更多的需求型政策，及较为均衡的供给型政策和环境型政策能够有效平衡企业的责任和权利；而对于公众而言，适当的宣传、激励和引导则更为有效。

就细分政策工具来看，政策工具的运用仍然存在优化空间。针对政府的多方协同和人才培养政策有待加强，需要继续推进政产学研用协同工作；针对企业和其他组织可以在人才培养、资金投入和税收优惠领域大力支持；针对公众可以在鼓励引导的基础上，进一步提供各类人才培训、国际交流机会、优化基础设施

施、进行相关补贴和税收优惠的具体政策措施, 推进公众在碳中和进程中的参与度。

3.3 碳中和相关政策的三维交叉分析

为了探析中国政府在碳中和的各重点领域中主要针对哪些政策客体采用了何种政策工具, 本文进一步结合作用领域-政策工具-政策客体三个维度, 进行了量化分析。

如图9所示, 中国的碳中和政策在三类重要碳减排技术领域中对不同的政策客体, 运用的政策工具偏好有所差异。在能效提升领域, 针对政府发布的环境型政策较多, 对企业和公众则是需求型政策较多; 在零碳能源领域, 针对政府发布的供给型政策较多, 而对企业和公众发布的大都属于需求型政策; 在负排放技术领域, 针对政府发布的政策集中于环境型, 而对企业和公众依然是需求型政策最多。因此, 以往的政策体系注重对政府施加环境型政策和供给型政策, 以增强政府的引导、服务和监督职能, 而对企业、组织和公众则更偏好于实施需求型政策, 通过刺激其需求, 使各类主体参与到碳减排的行动中来。随着碳中和愿景的时间越来越近, 对减排技术的要求越来越高, 针对零碳能源和负排放技术领域的政策略显不足。

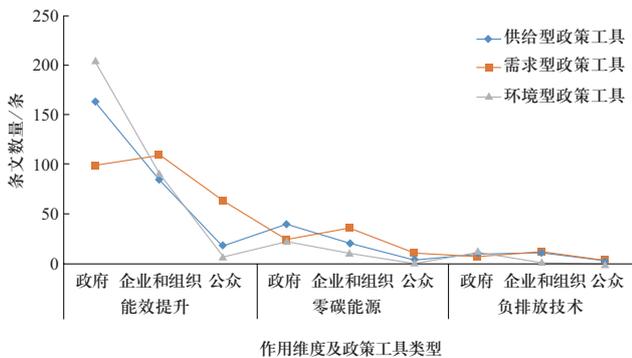


图9 各类作用领域中针对政策客体实施的政策工具情况

Fig. 9 The policy instruments for the implementation of policy objects in various action areas

4 研究结论与政策建议

本文通过构建“作用领域-政策工具-政策客体”的三维政策分析框架, 对中国2007—2021年的碳中和相关政策体系进行了系统梳理和多维度交叉分析, 明确了中国当前碳中和发展政策的主要特征, 并识别了

存在的主要问题。整体而言, 中国当前的碳减排和碳中和政策体系较为全面地涵盖了能效提升、零碳能源和负排放等重点领域, 对供给型政策工具、需求型政策工具和环境型政策工具的使用较为均衡, 且基本匹配了包括政府、企业和组织、公众等在内的各类市场主体的角色和功能, 这证实了中国当前取得的碳减排工作的阶段性成果在一定程度上归功于科学合理的政策体系和目标规划。然而, 中国碳中和政策集中在能效提升领域, 而对推进零碳能源技术和负排放技术的针对性举措较为匮乏。此外, 针对政府发布的政策较多, 而对企业、组织和公众的政策略显不足。

基于以上分析, 未来中国的碳排放政策应从以下几个方面进行完善与补充。

1) 加快零碳能源和负排放技术领域的目标规划和政策推进。高效循环利用技术、零碳能源技术和负排放技术是实现碳中和目标的三大关键技术领域。特别是在未来能效提升技术对碳减排的边际作用不断减弱的阶段, 零碳能源和负排放技术将是实现碳中和的重要路径。因此, 政府应当加快全面部署颠覆性的减排和碳汇等零碳能源、负排放领域的技术路线图及有效的激励/约束制度, 争取为实现碳中和愿景提供不竭动力。

2) 强化市场机制和消费侧等引导措施。政府无疑在以往的碳中和进程中发挥了举足轻重的作用, 但仅注重政府的角色和责任还远远不够。企业、组织及公众的日常生活是二氧化碳产生和排放的主要来源, 能否充分激励企业、组织和公众采取切实可行的创新和行动, 积极参与到碳减排进程中, 是下一步实现碳中和的关键。此外, 尽管要进一步加强政府的资金投入和补贴、税收优惠等政策倾斜, 但更应当鼓励社会资本和市场机制对碳中和进程的支撑。因此, 未来应进一步强化市场机制建设, 制定更多面向企业及其他组织、公众的政策, 充分发动各类主体的力量为碳中和目标的实现而努力。

3) 完善各类政策工具的平衡使用, 重视人才培养和国际交流。面向2060年碳中和目标, 需进一步加强细分政策工具实施的整体性、系统性和协调性, 充分发挥供给型政策的推动作用、需求型政策工具的拉动作用以及环境型政策工具辅助作用。继续推进政产学研用协同, 加强人才培养, 注重国际交流, 不断强化人才、资本、技术及各类优质生产要素在碳中和进程中的汇集。

参考文献

- [1] 张锐, 相均泳. “碳中和”与世界地缘政治重构[J]. 国际展望, 2021, 13(4): 112-133.
ZHANG Rui, XIANG Junyong. Carbon neutrality and global geopolitical realignment[J]. Global Review, 2021, 13(4): 112-133(in Chinese).
- [2] 邱均平, 邹菲. 关于内容分析法的研究[J]. 中国图书馆学报, 2004, 30(2): 12-17
QIU Junping, ZOU Fei. A study of content analysis methods[J]. The Journal of the Library Science in China, 2004, 30(2): 12-17(in Chinese)
- [3] 张国兴, 李佳雪, 胡毅, 等. 节能减排科技政策的演变及协同有效性: 基于211条节能减排科技政策的研究[J]. 管理评论, 2017, 29(12): 72-83.
ZHANG Guoxing, LI Jiaxue, HU Yi, et al. Evolution of science and technology policies in the field of energy saving and emission reduction and effectiveness of policies' synergy—based on policy documents quantitative study[J]. Management Review, 2017, 29(12): 72-83(in Chinese).
- [4] 徐云, 曹凤中. 未来十年我国环境管理政策发展趋势分析[J]. 中国环境管理, 2013, 5(4): 12-15.
XU Yun, CAO Fengzhong. Analysis of the development trend of Chinese environmental policy in the future ten years[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2013, 5(4): 12-15(in Chinese).
- [5] 平新乔, 郑梦圆, 曹和平. 中国碳排放强度变化趋势与“十四五”时期碳减排政策优化[J]. 改革, 2020(11): 37-52.
PING Xinqiao, ZHENG Mengyuan, CAO Heping. The change trend of carbon emission intensity in China and the policy optimization of carbon emission reduction during the 14th five-year plan period[J]. Reform, 2020(11): 37-52(in Chinese).
- [6] 王灿, 张雅欣. 碳中和愿景的实现路径与政策体系[J]. 中国环境管理, 2020, 12(6): 58-64.
WANG Can, ZHANG Yaxin. Implementation pathway and policy system of carbon neutrality vision[J]. Chinese Journal of Environmental Management, 2020, 12(6): 58-64(in Chinese).
- [7] 李玉婷. 国外低碳经济政策研究: 进展、争论与评述[J]. 当代经济管理, 2015, 37(5): 7-13.
LI Yuting. A critical review of the foreign literature on low carbon economic policies: progress, debate and commentary[J]. Contemporary Economic Management, 2015, 37(5): 7-13(in Chinese).
- [8] 李翔宇, Gayan Abeynayake, 姚良忠, 等. 欧洲海上风电发展现状及前景[J]. 全球能源互联网, 2019, 2(2): 116-126.
LI Xiangyu, ABEYNAYAKE G, YAO Liangzhong, et al. Recent development and prospect of offshore wind power in Europe[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2019, 2(2): 116-126(in Chinese).
- [9] 张立辉, 戴谷禹, 聂青云, 等. 碳交易机制下计及用电行为的虚拟电厂经济调度模型[J]. 电力系统保护与控制, 2020, 48(24): 154-163.
ZHANG Lihui, DAI Guyu, NIE Qingyun, et al. Economic dispatch model of virtual power plant considering electricity consumption under a carbon trading mechanism[J]. Power System Protection and Control, 2020, 48(24): 154-163(in Chinese).
- [10] 刘小川, 汪曾涛. 二氧化碳减排政策比较以及我国的优化选择[J]. 上海财经大学学报, 2009, 11(4): 73-80.
LIU Xiaochuan, WANG Zengtao. The comparison of policies of carbon emission reduction and Chinese optimized choice[J]. Journal of Shanghai University of Finance and Economics, 2009, 11(4): 73-80(in Chinese).
- [11] 高杨, 李健. 考虑成本效率的碳减排政策工具最优选择[J]. 系统工程, 2014, 32(6): 119-125.
GAO Yang, LI Jian. Optimal choice of carbon emissions reduction policy instruments considering cost effectiveness[J]. Systems Engineering, 2014, 32(6): 119-125(in Chinese).
- [12] 肖红叶, 程郁泰. E-DSGE模型构建及我国碳减排政策效应测度[J]. 商业经济与管理, 2017(7): 73-86.
XIAO Hongye, CHENG Yutai. Construction of E-DSGE model and measurement of policy effects of China's carbon emission reduction[J]. Journal of Business Economics, 2017(7): 73-86(in Chinese).
- [13] 宋怡, 林晨韵, 梁高琪, 等. 基于电力现货市场仿真的海上风电接入对广东省电力行业碳减排影响评估[J]. 全球能源互联网, 2020, 3(4): 363-373.
SONG Yi, LIN Chenyun, LIANG Gaoqi, et al. Assessing the impacts of large-scale offshore wind power integration on carbon emission reduction in Guangdong Province based on electricity spot market simulation[J]. Journal of Global Energy Interconnection, 2020, 3(4): 363-373(in Chinese).
- [14] 苑舜. 基于能源脑模型的二次能源优化一次能源探讨[J]. 电力工程技术, 2020, 39(3): 65-70.
YUAN Shun. Exploration of the secondary energy optimizing the primary energy based on the energy-brain model[J]. Electric Power Engineering Technology, 2020, 39(3): 65-70(in Chinese).
- [15] 朱佩誉, 凌文. 不同碳排放达峰情景对产业结构的影响: 基于动态CGE模型的分析[J]. 财经理论与实践, 2020, 41(5): 110-118.
ZHU Peiyu, LING Wen. Study on the impact of different peak carbon emission scenarios on industrial structure: an analysis based on dynamic CGE model[J]. The Theory and Practice of Finance and Economics, 2020, 41(5): 110-118(in Chinese).
- [16] 曹翔, 傅京燕. 不同碳减排政策对内外资企业竞争力的影响比较[J]. 中国人口·资源与环境, 2017, 27(6): 10-15.
CAO Xiang, FU Jingyan. Comparative analysis of effects of different carbon regulation policies on market competition between domestic-funded and foreign-funded companies[J]. China Population, Resources and Environment, 2017, 27(6): 10-15(in Chinese).

- [17] 石洪景. 低碳政策对城市居民节能行为的影响[J]. 北京理工大学学报(社会科学版), 2016, 18(5): 42-51.
SHI Hongjing. A study on how low-carbon policies influence urban residents' energy conservation behaviors[J]. Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition), 2016, 18(5): 42-51(in Chinese).
- [18] 朱永彬, 刘晓, 王铮. 碳税政策的减排效果及其对我国经济的影响分析[J]. 中国软科学, 2010(4): 1-9.
ZHU Yongbin, LIU Xiao, WANG Zheng. Abatement effect of carbon tax and its impacts on economy in China[J]. China Soft Science, 2010(4): 1-9(in Chinese).
- [19] 黄萃, 苏竣, 施丽萍, 等. 政策工具视角的中国风能政策文本量化研究[J]. 科学学研究, 2011, 29(6): 876-882.
HUANG Cui, SU Jun, SHI Liping, et al. Textual and quantitative research on Chinese wind energy policy system from the perspective of policy tools[J]. Studies in Science of Science, 2011, 29(6): 876-882(in Chinese).
- [20] 曾婧婧, 胡锦涛. 政策工具视角下中国太阳能产业政策文本量化研究[J]. 科技管理研究, 2014, 34(15): 224-228.
ZENG Jingjing, HU Jinxiu. Textual and quantitative research of solar industry in China from the perspective of policy tools[J]. Science and Technology Management Research, 2014, 34(15): 224-228(in Chinese).
- [21] 郑新曼, 董瑜. 政策文本量化研究的综述与展望[J]. 现代情报, 2021, 41(2): 168-177.
ZHENG Xinman, DONG Yu. Review on quantitative analysis of political texts[J]. Journal of Modern Information, 2021, 41(2): 168-177(in Chinese).
- [22] 祝鑫梅, 余晓, 卢宏宇. 中国标准化政策演进研究: 基于文本量化分析[J]. 科研管理, 2019, 40(7): 12-21.
ZHU Xinmei, YU Xiao, LU Hongyu. A research on the evolution of China's standardization policy based on textual quantitative analysis[J]. Science Research Management, 2019, 40(7): 12-21(in Chinese).
- [23] 赵筱媛, 苏竣. 基于政策工具的公共科技政策分析框架研究[J]. 科学学研究, 2007, 25(1): 52-56.
ZHAO Xiaoyuan, SU Jun. An analysis framework for public S & T policies: the perspective of policy tools[J]. Studies in Science of Science, 2007, 25(1): 52-56(in Chinese).
- [24] 谢青, 田志龙. 创新政策如何推动我国新能源汽车产业的发展: 基于政策工具与创新价值链的政策文本分析[J]. 科学学与科学技术管理, 2015, 36(6): 3-14.
XIE Qing, TIAN Zhilong. How innovation policy promotes China's new energy vehicle industry: a text research from policy tools and innovation value chain[J]. Science of Science and Management of S & T, 2015, 36(6): 3-14(in Chinese).
- [25] HUANG C, YANG C, SU J. Policy change analysis based on "policy target-policy instrument" patterns: a case study of China's nuclear energy policy[J]. Scientometrics, 2018, 117(2): 1081-1114.
- [26] 马续补, 李洋, 秦春秀, 等. 基于三维分析框架的公共信息资源开放政策体系研究[J]. 管理评论, 2020, 32(8): 143-154.
MA Xubu, LI Yang, QIN Chunxiu, et al. Research on the policy system of opening public information resources based on three-dimensional analysis framework[J]. Management Review, 2020, 32(8): 143-154(in Chinese).
- [27] 赵玉攀. 基于三维框架的中国省级政府数据开放政策分析[J]. 图书馆学研究, 2020(13): 40-48.
ZHAO Yupan. A study on provincial open government data policy of China based on a three-dimensional analysis framework[J]. Research on Library Science, 2020(13): 40-48(in Chinese).
- [28] 卢超, 尤建新, 戎珂, 等. 新能源汽车产业政策的国际比较研究[J]. 科研管理, 2014, 35(12): 26-35.
LU Chao, YOU Jianxin, RONG Ke, et al. International comparison of industrial policies for new-energy vehicles[J]. Science Research Management, 2014, 35(12): 26-35(in Chinese).
- [29] TANG B J, LI R, YU B Y, et al. How to peak carbon emissions in China's power sector: a regional perspective[J]. Energy Policy, 2018, 120: 365-381.
- [30] SALAMON E. The tools of government: a guide to the new governance[M]. New York: Oxford University Press Inc, 2002.
- [31] ROTHWELL R, ZEGVELD W. Reindustrialization and technology[M]. London: Longman Group Limited, 1985.

收稿日期: 2021-08-02; 修回日期: 2021-09-07。



张耀坤

作者简介:

张耀坤(1993), 女, 博士生, 研究方向为碳中和政策及其经济社会影响, E-mail: zhangyaokun18@mails.ucas.ac.cn。

王永军(1983), 男, 工程师, 研究方向为太阳能中低温热利用, 地热资源综合利用, E-mail: wangxu124@163.com。

杨成(1985), 男, 高级工程师, 研究方向为能源转型、能源政策, E-mail: cheng-yang@geidco.org。

相均泳(1980), 男, 博士, 研究方向为碳中和政策、国际政治与国际关系。通信作者, E-mail: junyong-xiang@geidco.org。

(责任编辑 张宇)