

2024

Renewable energy policy tools and their impact on technological innovation based on quantitative text analysis

Bangjun WANG

China University of Mining and Technology, School of Economics and Management, China

Qiaoqiao XING

China University of Mining and Technology, School of Economics and Management, China

Zhile WANG

Massey Institute, Nanjing University of Finance & Economics, China

Ziyu LI

China University of Mining and Technology, School of Economics and Management, China

Follow this and additional works at: <https://jstm.researchcommons.org/journal>



Part of the [Science and Technology Policy Commons](#), [Science and Technology Studies Commons](#), and the [Technology and Innovation Commons](#)

Recommended Citation

WANG, Bangjun; XING, Qiaoqiao; WANG, Zhile; and LI, Ziyu (2024) "Renewable energy policy tools and their impact on technological innovation based on quantitative text analysis," *Journal of Science and Technology Management*: Vol. 26: Iss. 4, Article 2.

DOI: 10.16315/j.stm.2024.04.001

Available at: <https://jstm.researchcommons.org/journal/vol26/iss4/2>

This Article is brought to you for free and open access by Journal of Science and Technology Management. It has been accepted for inclusion in Journal of Science and Technology Management by an authorized editor of Journal of Science and Technology Management.

Creative Commons License



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-No Derivative Works 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

基于文本分析的可再生能源政策工具及其对技术创新影响研究

王帮俊¹, 邢巧巧¹, 王智乐², 李兹雨¹

(1. 中国矿业大学 经济管理学院, 江苏 徐州 221116; 2. 南京财经大学 梅西学院, 江苏 南京 210023)

摘要:能源绿色低碳转型是实现我国“碳达峰、碳中和”战略目标的首要行动,可再生能源技术创新已经成为实现能源结构绿色低碳发展和转型升级的关键举措。为了检验“波特假说”并验证不同政策工具对于可再生能源技术创新的影响效应,研究首先根据政策演进的时间逻辑,将我国可再生能源政策发展划分为从初步探索至优化完善5个不同发展阶段;然后针对1995—2023年间我国颁布的678个政策文本,按照命令控制型、市场激励型和公众参与型3种不同的可再生能源政策工具进行了词频、共词和语义网络图谱文本量化分析;进一步,为了验证波特假说在可再生能源政策领域的有效性,分析得出了异质性政策工具对于可再生能源技术创新的影响效应。研究发现:在整体层次上,不同政策工具的使用频率存在差异性,其中命令控制型政策工具占比最高;在可再生能源不同的发展阶段,政策工具的使用也存在显著的差异性;不同政策工具类型通过不同的手段对于可再生能源技术创新产生了异质化的影响效应。最后得出需要强化市场激励型和公众参与型政策工具,加大可再生能源技术创新的投入,继续完善包括绿色金融支持和税收优惠类等政策工具体系的使用频率等相关政策启示。

关键词:可再生能源;政策工具;文本分析;技术创新;影响效应

DOI:10.16315/j.stm.2024.04.001

中图分类号:F425 **文献标志码:**A

在2020年第75届联合国峰会上,我国提出“碳达峰、碳中和”(简称“双碳”)的宏伟战略目标,“双碳”战略目标的提出彰显了中国作为大国的责任担当与使命意识。2021年9月,中国政府发布了“碳达峰、碳中和”工作意见,这份文件在“双碳”战略目标的“1+N”政策体系中起到了“领头羊”的作用,为中国在这一领域的总体布局和全面部署提供了重要指导。同年10月,中国又推出了“碳达峰”行动方案,作为“N”中的关键一环,详细规划了实现“碳达峰”的具体行动路径和时间表,这些政策文本都将可再生能源产业作为发展的重点,体现了中国对于发展可再生能源的信心与决心。2024年8月,中共中央和国务院在《关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见》中明确提出到2030年,将包括可再生能源在内的非化石能源消费比重提高到25%。由于政策在产业发展起着重要的作用,本文在综述目前

国内外相关文献研究的基础上,通过从政策工具的文本分析角度出发,研究不同政策工具在可再生能源产业方面的发展变化及其对技术创新的影响效应。本研究对我国政府可再生能源政策的制定,进而促进“双碳”目标的实现都具有重要的理论和现实价值。

1 相关理论与国内外研究综述

1.1 相关理论概念

1.1.1 政策工具的定义和分类

政策工具的研究一直是公共政策研究的热点,政策工具的定义目前学术界尚没有统一的定义。萨拉蒙^[1]认为政策工具是行动者为达成目的所使用的任何方法和手段。欧文·休斯^[2]认为政策工具实际上是政府通过某些特定的手段和途径来达成其目标的调控手段。而陈振明^[3]认为政策工具是政府为实现其政策目标而采取的一种手段,这一观点目前在我国得到了广泛的认可。

关于政策工具的分类,目前使用较多的主要包括以下几类,罗斯韦尔等^[4]在深入研究政策工具的作用和影响后,将其划分为3种类型:供给型、环境

收稿日期:2024-06-03

基金项目:国家社会科学基金一般项目(20BGL185)

作者简介:王帮俊(1975—),男,教授,博士,博士生导师;

邢巧巧(1993—),女,硕士研究生;

王智乐(2003—),男,本科生;

李兹雨(1998—),女,硕士研究生。

型和需求型。施耐德等^[5]提出另一种划分方式,把政策工具分为权威型、象征及劝说、诱因型、能力型和学习型五大类。豪利特等^[6]通过深入研究政府在提供公共物品与服务中的介入程度,根据特征将政策工具分为自愿性、混合型以及强制型三类。

1.1.2 环境规制与波特假说

随着经济发展与社会的进步,我国环境规制从最初的政府直接干预与调控,到逐步引入市场机制,通过市场激励来引导企业行为,再到现在的公共参与和社会共同监督机制,呈现出协同化、多元化发展的趋势。目前已经衍生出包括命令控制、市场激励以及公众参与型这3种环境规制措施。

波特^[7]认为环境法规不一定会阻碍技术创新,相反,设计得当的法规能够为技术创新创造新机遇。狭义波特假说认为政府可以弹性使用环境政策,这样有利于创新;强假说则认为环境规制能积极地推动企业的技术创新,弱假说则认为环境规制能激发技术某种类型的创新。整体看波特假说证实了政府政策在创新中的作用。进一步,波特通过理论分析和案例研究进一步证实完善了其提出的波特假说,从而论证了环境规制对企业技术创新的影响作用^[8]。

1.2 可再生能源政策工具的相关研究

可再生能源政策已经成为国家的重要国家规划,政府的政策在指导可再生能源产业发展加速能源转型方面起着不可或缺的作用。因此大量文献都对可再生能源政策进行了深入研究。本文借鉴现有的相关文献,将可再生能源政策划分为三大类:命令控制型、市场激励型以及公众参与型。

命令控制型政策工具是指政府利用强制的法律和行政手段,包括制定目标规划、限制技术标准、管制与处罚等指导产业发展,例如固定上网电价、可再生能源配额制等。上网电价制度更多的研究其对可再生能源投资的影响机制。Alolo等^[9]认为上网电价政策能否推动可再生能源投资取决于上网电价政策的类型及其特点,并且可能因可再生能源类型不同而存在差异。Polzin等^[10]认为上网电价、招标机制以及可再生能源配额是吸引可再生能源投资最为有效的政策工具。

市场激励型政策工具是指通过补贴,税收优惠等来激励产业的发展。俞萍萍^[11]论证、检验了补贴政策对可再生能源电力发展的激励成效,认为补贴是可再生能源前期发电最直接有效的激励手段。程承等^[12]使用实物期权的方法对中国可再生能源发电项目的激励政策效果进行了评估,强调了当前光

伏产业仍需政府的政策支持,政府需要增加激励的强度。齐绍洲等^[13]认为可再生能源补贴具有明显的门槛效应,当补贴过大,就会有一定的经济代价。

公众参与型政策工具是指企业和公众自愿参与,主动使用可再生能源、保护环境等来促进产业发展。公众的参与对于提升能源转型项目的接受度是有益的,Strupeit等^[14]研究表明公众的参与提高了规模效应,降低了可再生能源的成本。盛春红^[15]认为德国政府可以通过法律框架和市场导向的政策措施来提升民众的绿色消费观念,并激励他们将这些观念转变为实际的绿色消费行为。刘亦文等^[16]认为能源技术进步对能源消费强度存在空间溢出效应,且内源式能源技术进步对能源消费强度的促进作用明显高于外源式能源技术。王晓珍等^[17]指出政策直接影响居民光伏购买意向,应加大政策宣传。

1.3 可再生能源政策与技术创新研究

政策是可再生能源技术创新的决定性因素^[18]。Popp等^[19]发现配额制和需求补贴都可以通过增加研发投资的预期回报来促进创新。Nesta等^[22]研究了处在不同竞争环境下的可再生能源政策对创新活动的影响,发现可再生能源政策在预测能源市场放松管制的国家绿色创新方面更有效。总之,政府政策的干预对可再生能源技术创新有重要的推动作用,但存在政策在各维度间的分布不够平衡,导致政策工具组合的协同性不高的情况^[21]。

目前关于可再生能源技术创新的研究多是基于跨国的研究视角,Johnstone等^[22]研究了25个国家环境政策对技术创新的影响,结果表明政策在专利申请方面发挥着重要作用,不同类型的政策工具对不同的可再生能源有不同的效果,需要更有针对性的补贴来促进可再生能源的创新。Peters等^[23]和Dechezlepretre等^[24]研究表明经合组织国家的国内外需求拉动政策不仅会引发国内外的创新,还会在可再生能源中产生跨国创新溢出效应。马丽梅等^[25]发现政策在促进可再生能源技术方面具有显著的正向作用。李凡等^[26]利用32个国家的面板数据,研究了国内外的环境政策如何影响可再生能源技术的创新,结果显示,环境政策能够显著推动可再生能源技术创新,并且政策存在一定的滞后性。

我国目前对于可再生能源技术创新的研究多集中于单一政策,如Lin等^[27]研究了电价对中国可再生能源技术创新的长短期影响,从长远看电价对可再生能源技术创新有积极影响,但短期看没有效果。Chen等^[28]研究了绿色信贷政策对低碳技术创新的影响,结果显示,绿色信贷政策能够通过增加企业在

研发方面的投入和提升管理效能,进而推动低碳技术的创新。Zhao 等^[29]研究了我国地方政府干预因素,发现可再生能源政策数量、研发支持等因素是技术创新的重要驱动力。

1.4 可再生能源政策时间演进趋势分析

基于中国可再生能源发展特点、政策特征及产

业发展过程中面临的问题,并参考相关学者的研究^[30-31],将我国可再生能源政策的发展历程分为初步探索、缓慢发展、快速成长、成熟发展以及优化完善5个阶段,如图1所示。可再生能源政策不断完善,涉及内容也越来越广泛,现已经形成了包括太阳能、风能等众多可再生能源在内的政策框架体系。



图1 我国可再生能源政策发展阶段演进情况

Fig. 1 Evolution of renewable energy policy development stages in China

总之,在综述国外相关文献以及对于我国可再生能源政策发展阶段分析基础上,需要进一步梳理不同阶段的政策文本,对我国可再生能源政策进行以内容特征为主的文本量化分析,通过语义网络图谱分析得出不同发展阶段政策工具特征,并进一步分析不同政策工具对可再生能源技术创新的影响效应。

2 可再生能源政策文本量化分析

2.1 政策选择

2.1.1 政策样本来源

为了保证所收集政策的全面性,本文以“可再生能源”“风能”“光伏”“太阳能”“生物质能”等作

为关键词,以本文所划分的可再生能源政策演进阶段为时间节点,发文机构为国家各个部委,在北大法宝数据库网站进行高级检索,检索的政策主要为国家级政策文本。为了保证政策的完整性,本文又在政府工作网站进行搜索,补充相关政策。

2.1.2 数据清洗

为确保政策文件的代表性、完整性和科学性,对政策进行筛选和整理:参照黄平等^[32]的研究,地方政府政策以中央政策为基础,故选取国家层面的政策文本;仅选取与可再生能源发展密切相关的政策文本;政策类型主要包括通知、意见、方案等,对批复、函等非正式文件予以剔除。最终筛选出1995—2023年间国家层面政策678项,部分政策如表1所示。

表1 可再生能源政策样本

Tab. 1 Sample of renewable energy policies

| 序号 | 标题 | 发文字号 | 公布日期 | 施行日期 |
|-----|--|----------------|------------|------------|
| 1 | 国家计委办公厅、国家科委办公厅、国家经贸委办公厅关于印发《新能源和可再生能源发展纲要》的通知 | | 1995.01.05 | 1995.01.05 |
| 2 | 国家计委关于印发《新能源基本建设项目管理的暂行规定》的通知 | 计交能[1997]955号 | 1997.05.27 | 1997.05.27 |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| 678 | 自然资源部办公厅、国家林业和草原局办公室、国家能源局综合司关于支持光伏发电产业发展规范用地管理有关工作的通知 | 自然资办发[2023]12号 | 2023.03.20 | 2023.03.20 |

2.2 政策文本分析

本文使用ROSTCM6软件对可再生能源政策文本进行词频分析和共词分析。在进行文本的正式分析之前,先对数据进行一系列的预处理,包括分词处理、高频词汇的提取、无意义词汇的过滤、特征词的提取以及共现矩阵的构建等。

2.2.1 关键词词频分析

可再生能源政策不同发展阶段的政策文本分析的前40词,如表2所示。由表2可知,在不同的发展阶段可再生能源关注的重点不同。不同发展阶段的词云图,如图2所示,可以更加直观的展示不同词汇的频次。

表 2 可再生能源不同发展阶段关键词

Tab. 2 Keywords for different development stages of renewable energy

| 阶段序号 | 缓慢发展 | | 快速成长 | | 成熟发展 | | 优化完善 | |
|------|-------|-----|-------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | 词汇 | 词频 | 词汇 | 词频 | 词汇 | 词频 | 词汇 | 词频 |
| 1 | 风电场 | 481 | 技术 | 6 630 | 技术 | 12 999 | 能源 | 5 974 |
| 2 | 技术 | 406 | 建设 | 3 599 | 能源 | 6 277 | 电力 | 3 731 |
| 3 | 项目 | 395 | 管理 | 3 405 | 发电 | 6 048 | 项目 | 3 426 |
| 4 | 工程 | 356 | 项目 | 3 381 | 项目 | 5 242 | 国家 | 3 022 |
| 5 | 建设 | 323 | 工程 | 3 145 | 中国 | 4 687 | 建设 | 2 838 |
| 6 | 发展 | 317 | 建筑 | 2 906 | 发展 | 4 377 | 企业 | 2 606 |
| 7 | 资源 | 316 | 标准 | 2 817 | 标准化 | 4 239 | 技术 | 2 304 |
| 8 | 能源 | 312 | 认证 | 2 743 | 建设 | 4 233 | 发电 | 2 251 |
| 9 | 国家 | 212 | 设备 | 2 594 | 工程 | 3 945 | 发展 | 2 058 |
| 10 | 风能 | 204 | 国家 | 2 303 | 国家 | 3 935 | 工作 | 2 040 |
| 11 | 数据 | 193 | 发电 | 2 226 | 工业 | 3 358 | 电网 | 2 014 |
| 12 | 开发 | 193 | 发展 | 2 183 | 推荐 | 3 165 | 管理 | 1 856 |
| 13 | 电力 | 180 | 可再生能源 | 2 063 | 制定 | 3 137 | 标准 | 1 780 |
| 14 | 场址 | 160 | 海洋 | 2 041 | 全国 | 3 040 | 监管 | 1 645 |
| 15 | 风速 | 157 | 中国 | 2 023 | 电力 | 2 979 | 安全 | 1 642 |
| 16 | 管理 | 150 | 系统 | 2 017 | 管理 | 2 892 | 可再生能源 | 1 556 |
| 17 | 测风 | 147 | 单位 | 2 006 | 系统 | 2 720 | 情况 | 1 347 |
| 18 | 利用 | 145 | 设计 | 1 985 | 企业 | 2 712 | 工程 | 1 299 |
| 19 | 安装 | 145 | 电价 | 1 940 | 标准 | 2 435 | 机构 | 1 260 |
| 20 | 单位 | 145 | 体系 | 1 872 | 信息 | 2 353 | 市场 | 1 234 |
| 21 | 风电 | 143 | 产品 | 1 839 | 产品 | 2 154 | 相关 | 1 233 |
| 22 | 研究 | 143 | 安全 | 1 669 | 产业 | 2 088 | 开展 | 1 203 |
| 23 | 地区 | 141 | 主要 | 1 580 | 研究院 | 2 007 | 部门 | 1 192 |
| 24 | 条件 | 131 | 环境 | 1 568 | 利用 | 1 989 | 交易 | 1 185 |
| 25 | 投资 | 127 | 能源 | 1 483 | 科技 | 1 958 | 中国 | 1 180 |
| 26 | 可再生能源 | 120 | 利用 | 1 473 | 要求 | 1 948 | 行业 | 1 175 |
| 27 | 设计 | 116 | 企业 | 1 470 | 电网 | 1 876 | 信息 | 1 162 |
| 28 | 评价 | 114 | 生产 | 1 383 | 公司 | 1 860 | 系统 | 1 103 |
| 29 | 发电 | 111 | 电力 | 1 366 | 开发 | 1 854 | 要求 | 1 062 |
| 30 | 组织 | 111 | 应用 | 1 350 | 设备 | 1 822 | 服务 | 1 044 |
| 31 | 规定 | 109 | 材料 | 1 311 | 工作 | 1 812 | 推进 | 995 |
| 32 | 提高 | 107 | 质量 | 1 301 | 创新 | 1 777 | 绿色 | 920 |
| 33 | 前期 | 106 | 工作 | 1 284 | 资源 | 1 761 | 利用 | 902 |
| 34 | 节能 | 105 | 工业 | 1 254 | 可再生能源 | 1 700 | 加强 | 894 |
| 35 | 规划 | 101 | 包括 | 1 207 | 风力 | 1 693 | 改革 | 888 |
| 36 | 建筑 | 98 | 资源 | 1 180 | 电场 | 1 659 | 方案 | 886 |
| 37 | 电网 | 97 | 电网 | 1 162 | 主要 | 1 629 | 实施 | 882 |
| 38 | 根据 | 95 | 要求 | 1 157 | 研究 | 1 623 | 提供 | 873 |
| 39 | 机组 | 92 | 示范 | 1 130 | 通信 | 1 612 | 领域 | 871 |
| 40 | 平均 | 88 | 节能 | 1 109 | 服务 | 1 575 | 地区 | 859 |



图 2 词云图

Fig. 2 Word cloud map

1) 在缓慢发展阶段,“风电场”“技术”“项目”“工程”“发展”等次出现频次最高,表明在该阶段可再生能源政策主要以风力发电为主,关注风电场项目建设开发,关注风电场选址技术规范等,在该阶段风能得到一定的发展,为以后风能的发展奠定了基础;

2) 在快速成长阶段,“技术”“建设”“管理”“标准”“设备”“发电”等词频次较高,表明在该发展阶段政府重视可再生能源技术的发展,推动技术标准化建设、项目管理建设,制定了一系列的规范来管理发电项目促进可再生能源发电。

3) 在成熟发展阶段,“技术”“能源”“项目”“标

准化”“信息”“创新”“科技”等词频次较高,表明在该阶段,政府更加关注技术的标准化建设和可再生能源的信息化管理,通过制定一系列的技术标准来规范产业发展,加强对可再生能源项目的信息统计和监管。“创新”、“科技”等词则表明国家重视可再生能源产业的技术创新发展,通过增加对可再生能源研究和开发的资金支持,促进可再生能源行业在技术方面持续进步。

4) 在优化完善阶段,“能源”“电力”“建设”“技术”“监管”“市场”“交易”等词出现较高的频次,表明在该阶段可再生能源项目建设、技术发展仍是政府关注的重点。政府大力推行绿色证书交易,鼓励分布式发电项目建设等,推动了可再生能源产业的结构转型和可持续发展。此外,政府加强对政策、市场机制等的监管,促进产业的健康发展。

在不同发展阶段,“技术”“项目”“建设”都是高频词汇,表明技术与项目建设在可再生能源发展中至关重要,是政府关注的重点。技术是推动可再生能源产业发展的核心力量,为产业的持续增长奠定坚实的基础。项目建设是可再生能源行业成长的显著标志,通过建设高质量的可再生能源发电项目,推动可再生能源向规模化发展,促进产业链上下游协同发展。

2.2.2 共词分析

不同发展阶段的语义网络图谱,如图 3 所示。图 3 形象地展示了不同发展阶段可再生能源政策的重点以及政策的演进趋势。

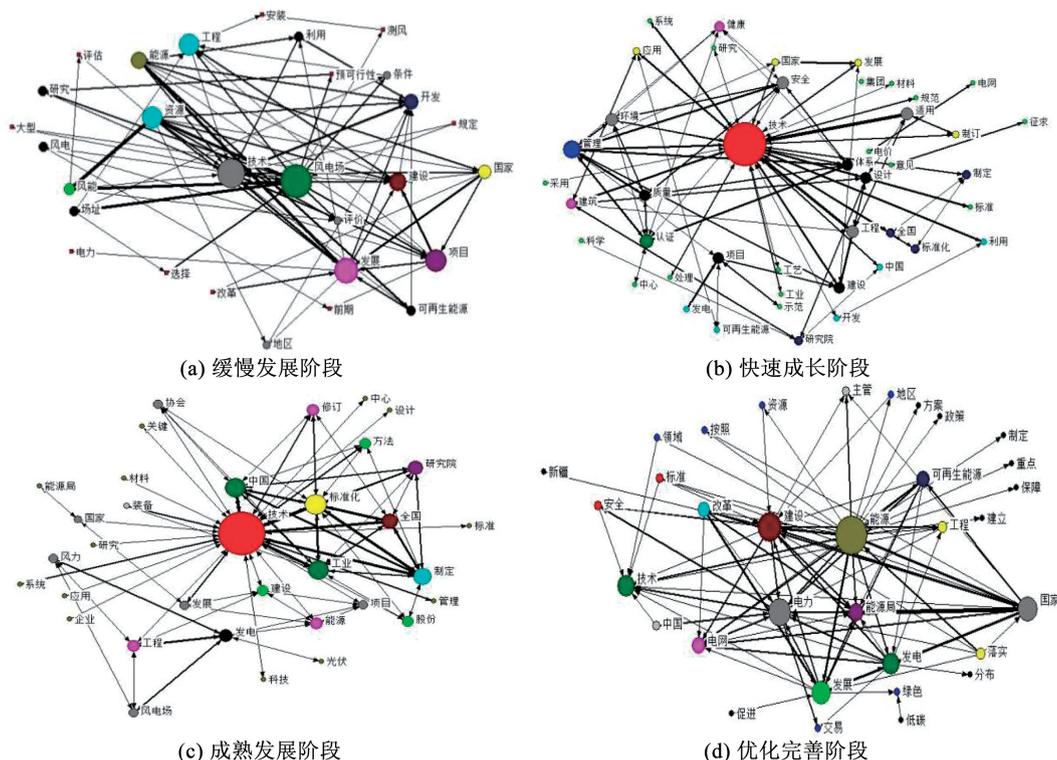


图 3 可再生能源政策工具网络图谱

Fig. 3 Network diagram of renewable energy policy tools

1) 在缓慢发展阶段,“能源-发展”“资源-风能”“技术-风电场”“技术-利用”“技术-开发”“项目-建设”等词共现频次较高,表明在该阶段政府逐渐加大对风能产业的发展,重视风能项目建设和技术的开发,同时政府也制定了相关的可再生能源政策,来推动产业的发展。

2) 在快速成长阶段,“技术-适用”“技术-建设”“技术-应用”“电价-电网”“技术-标准化”“建筑-应用”“认证-体系”“项目-发电”“项目-示范”等词共现频次较高,表明在该阶段政府为了大力发展可再生能源采取了各种措施,包括可再生能源项目建设、示范项目建设、技术标准体系建设、电价制定等,促进了可再生能源产业的发展壮大。

3) 在成熟发展阶段,“技术-标准化”“工业-标准化”“装备-技术”“工程-发电”“风力-发电”“光伏-发电”等词共现频次较高,表明在该阶段技术仍然是可再生能源产业关注的重点,“技术”处于可再生能源产业核心位置,同时风能和太阳能的发展处于优势地位,国家制定更多的政策推动风能和太阳能的发展。

4) 在优化完善阶段,“能源-主管”“能源-发展”“能源-建设”“建设-电网”“电力-改革”“电力-交易”“分布-发电”等词共现频次较高,表明在该阶段随着可再生能源产业发展越来越成熟,国家逐步推行市场化机制,更加注重对可再生能源的管理监督,推行电力改革,电力市场化交易,推行分布式发电,智能电网和储能技术得到应用,随着体制机制的健全,可再生能源政策体系趋向完善。

从以上 4 个发展阶段的语义网络图谱可以看出,在整个阶段中政府制定了一系列产业发展措施,包括制定法规、提供补助、加强监管等方式,这一制度框架显示了政府对可再生能源产业的重视与支持,显示了中国发展可再生能源的决心与信心。

2.3 政策工具分析

政策工具分析是政策分析与研究的重要部分,对政策的制定、实施、修正等有重要的促进作用,通过对政策工具的分析,可以发现存在的问题,总结经验教训,为今后政策的制定提供更优的路径。本文根据收集到的可再生能源政策,通过借鉴余伟等^[33]、Hu 等^[34]的研究,将可再生能源政策工具划分为三大类,即命令控制型、市场激励型和公众参与型,基于上述政策工具的分类,本文使用文本分析软件 NVIVO 对各个政策进行详细的编码,最后得到 748 个政策分析单元,如表 3 所示。

表 3 政策工具数量统计

Tab. 3 Statistics of the number of policy tools

| 政策工具 | 政策子工具 | 数量 | 合计 |
|------|-------|-----|-----|
| 公众参与 | 信息公开 | 16 | 58 |
| | 宣传培训 | 35 | |
| | 自愿认购 | 7 | |
| 命令控制 | 处罚监督 | 85 | 520 |
| | 管制 | 125 | |
| | 技术规范 | 131 | |
| | 价格机制 | 47 | |
| | 目标规划 | 132 | |
| 市场激励 | 补贴补助 | 88 | 170 |
| | 金融支持 | 10 | |
| | 示范建设 | 69 | |
| | 税收优惠 | 3 | |

由表 3 可知,命令控制型政策工具使用频率最高,其次是市场激励型,公众参与型政策工具使用频率较少。命令控制型政策工具中使用最多的是目标规划,在市场激励型政策工具中示范建设和补贴补助使用频次较高,公众参与型政策工具中宣传培训政策工具使用较为普遍。

各个政策工具使用占比,如图 4 所示。由图 4 可知,命令控制型政策工具占比高达 69.25%,其中目标规划占 17.65%,管制占 16.71%,技术规范占 17.51%,表明政府在促进可再生能源发展的过程中,以命令控制型政策为主,其中更倾向于使用目标规划政策工具,为可再生能源发展指明方向。同时注重可再生能源产业的技术发展,通过制定与可再生能源相关的技术标准和规范、对可再生能源设备进行认证和检测等方式推动可再生能源的技术创新和进步。另外,在可再生能源发展的过程中,政府监督是必不可少的,通过对可再生能源工程质量监督检查、制定可再生能源重点监管方案等方式来维护行业发展秩序,维护市场公平。市场激励型政策工具使用占比为 22.73%,其中补贴补助占 11.76%,使用频次最高。政府通过设置可再生能源发展专项基金,对可再生能源项目进行补助等方式来降低可再生能源发电成本。示范建设占比 9.22%,政府通过建立可再生能源发展示范项目,如金太阳工程、张家口可再生能源示范区等,对可再生能源进行探索,对成功经验进行推广复制,推动可再生能源产业的规模化发展,进而提升产业水平。金融支持和税收优惠占比较低,分别为 1.34% 和 0.4%。目前金融支持和税收优惠类政策体系仍不完善,政策执行与

监管等方面存在不足,政府需制定相关政策,加大对可再生能源产业的支持。公众参与型政策工具仅占 7.75%,其中宣传培训占 4.68%,政府通过宣传活动,如开展节能周、知识讲座等方式来提高人们对可再生能源的认识,但目前国家在可再生能源宣传的力度上、宣传方式上存在不足。信息公开占 2.14%,政府通过公开可再生能源相关信息使得公众了解并参加可再生能源的发展,在信息公开方式、公开内容等方面存在不足。自愿认购占比 0.94%,政府通过向企业和公众核发绿证等方式推动公众参与可再生能源产业的发展,但目前绿证交易在我国的发展还处于初级阶段,市场对其认知度较低,市场活跃度不高。

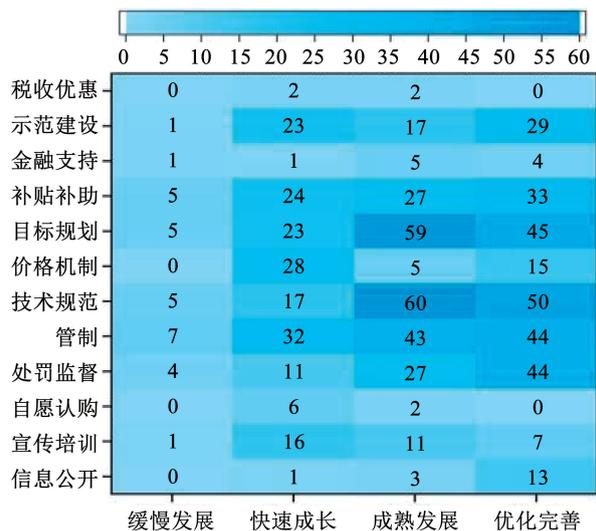


图 5 政策发展阶段与政策工具热力

Fig. 5 Heat map of policy development stages and policy tools

3 不同政策工具对可再生能源技术创新的影响效应

可再生能源技术创新已经成为实现我国能源结构绿色低碳发展和转型升级的关键举措。在对可再生能源政策进行文本分析的基础上,进一步,作为受政策影响较强的可再生能源领域,为了验证波特假说在可再生能源领域的有效性,分别对于前文得出的命令控制型、市场激励型以及公众参与型不同政策工具对于可再生能源技术创新的影响效应进行分析。

3.1 命令控制型政策工具对技术创新的影响

1) 目标规划政策工具。目标规划政策工具作为可再生能源产业命令控制型政策占比排名第一的工具类型,本身涵盖了可再生能源发展的短期、中期和长期规划,以及可再生能源项目的建设计划等各方面^[35],通过制定可再生能源的消费占比、装机能力、发电量和项目建设等方面的目标规划,政府向社会传达了可再生能源发展的明确信号。这不仅有助于确定可再生能源的发展方向,还能激励市场增加资金投入,从而推动可再生能源技术创新的持续发展,加速可再生能源的技术创新进程。

2) 技术规范型政策工具。技术规范型政策工具作为排名第 3 的命令控制型政策工具类型,通过制定相关技术标准规范可再生能源市场管理,促进可再生能源参与电力交易,有效保障了可再生能源的市场竞争地位。可再生能源各种分类以及补贴标准在可再生能源发展前期阶段发挥了重要作用。随着我国电力体制市场化改革的进一步深入,可再生

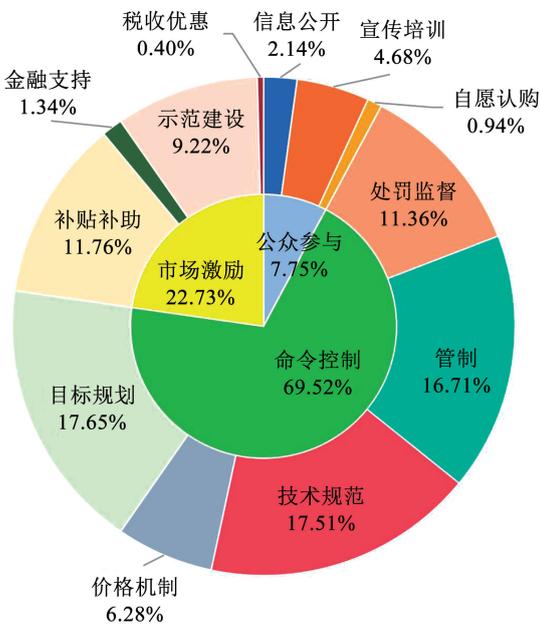


图 4 不同政策工具占比

Fig. 4 Proportion of different policy tools

我国可再生能源不同发展阶段政策工具使用状况的热力图,如图 5 所示。由图 5 可知,在快速成长阶段,示范建设、补贴补助、目标规划、价格机制、管制类政策工具使用频次都超过了 20,是该阶段主要政策工具。在成熟发展阶段目标规划、技术规范 and 管制类政策工具使用最多,相比快速成长阶段,加强了产业监督和金融支持。在优化完善阶段,技术规范、目标规划、管制和监督类政策工具使用频次较多,信息公开和示范建设政策工具使用频次增多。从政策工具角度分析,在信息公开、自愿认购、宣传培训、税收优惠和金融支持政策工具的使用上存在不足,在各个发展阶段均使用较少。

能源消纳标准以及相关调控政策逐渐成为影响电力行业发展的关键因素之一。这些政策工具有效地维持了可再生能源市场的稳定性,从而为企业技术创新创造良好的环境,企业的发展变得有章可循,能够更加集中精力投身于技术创新活动中,并有效提升了企业的技术创新水平。

3)管制和处罚监督政策工具。任何市场的健康和可持续发展离不开有效的管制和处罚监督等政策工具效应的发挥。对于可再生能源不同发展阶段分析可以看出,在快速发展阶段,各种可再生能源项目呈现井喷式行情,市场也出现了包括骗补等各种乱象,这时亟待管制和处罚监督政策工具发挥效应,对于整顿和肃清市场环境和可再生能源技术创新起到了良好的保障作用。

4)价格机制。我国目前实行的可再生能源价格机制主要包括上网电价制度、费用分摊制度、可再生能源配额制等。目前政府逐步推出竞价上网、市场化交易等新的电价模式。上网电价制度对于可再生能源发展的发挥着重要的作用,它也是可再生能源市场发展的核心机制之一。因为正是上网电价制度提供了稳定的价格,企业通过计算出相应的成本和利润,保证了企业稳定的预期,从而使得可再生能源会加大研发投入进行技术创新,通过降低生产成本,提升企业利润水平,并在行业中取得竞争优势。

3.2 市场激励型政策工具对技术创新的影响

1)补贴补助。可再生能源专项基金主要来源于国家对可再生能源的预算拨款以及依法征收的电价附加。通过设立可再生能源技术研发专项基金,为可再生能源技术创新提供了持续的资金来源,可以有效降低企业技术创新风险。其次,设立该制度也向企业释放了国家大力支持可再生能源发展的信号,激励企业加大对可再生能源的投入,并引导企业与科研机构的合作,推动可再生能源的技术创新。

2)示范建设。为了加快培育可再生能源新技术、新模式、新业态,推动可再生能源大规模、高比例、市场化、高质量发展,我国在可再生能源发展的不同阶段,推动建立了包括深远海风电技术示范、新型高效光伏电池技术示范、光热发电低成本技术示范、地热能发电技术示范以及新能源加储能构网型技术示范等等技术创新类示范工程,有效地促进了可再生能源企业技术创新水平,并促进了在行业的技术创新扩散,产生了良好的带动效应。

3)金融支持和税收优惠。金融支持特别是绿色金融政策工具的实施有效地保障了可再生能源企业对于技术创新资金的需求。同时,相应的税收优

惠不仅可以降低可再生能源企业的税收负担,增加企业的收益,也为企业提供更多的资金进行技术创新,还可以作为一种经济激励措施,有利于建立正常和长期的市场机制。同时金融支持和税收优惠政策通过较大的优惠力度,吸引更多的企业投入可再生能源领域,使得可再生能源产业发展规模壮大,推动产业竞争,进一步促进可再生能源技术创新。

3.3 公众参与型政策工具对技术创新的影响

公众主要通过信息公开、自愿认购等方式来参与可再生能源的发展。信息公开制度一方面通过公开可再生能源相关政策等信息,向社会传递可再生能源发展的信号,增加公众对可再生能源发展的信心,鼓励公众对可再生能源的投资,从而有更多的资金进行可再生能源的研发;另一方面有助于营造公平的市场竞争环境,通过公开的信息企业可以全面的了解当前技术发展状况,企业在进行技术创新时就能够制定出更加合理的技术方案,从而推动可再生能源技术的进步。自愿认购制度目前主要包括绿证和 CCER 制度,随着市场对于这些政策工具认可度的逐步提高,也有效提高了企业利用不同政策工具进行组合技术创新。

4 结论及建议

4.1 研究结论

本文以可再生能源政策工具为研究对象,将可再生能源政策工具分为命令控制型、市场激励型和公众参与型3类,通过系统梳理可再生能源政策理论及相关研究,以及可再生能源政策演进逻辑,对可再生能源政策文本进行基本结构分析、文本语义分析和政策工具分析统计,主要得出以下结论:

1)通过我国可再生能源政策5个发展阶段政策文本分析,总结得出不同的政策工具类型以及其各自的内容特征,发现了可再生能源政策工具的使用存在着不平衡现象。命令控制型政策工具居于主导地位,其次是市场激励型,而公众参与型政策工具使用频次相对较少。在命令控制型政策中,目标规划类、管制类和技术规范类政策工具的使用频率最高。在市场激励型的政策工具中,补贴补助和示范建设类工具的使用相对较多,而金融支持和税收优惠政策工具的使用则相对较少。公众参与型政策工具的各个子工具在使用上频次都较低。

2)总结得出了不同政策工具对可再生能源技术创新的影响效应,进而明确了技术创新是促进未来可再生能源产业持续健康发展的核心任务。技术、项目建设等贯穿可再生能源产业发展的全程,是

产业发展的重中之重,技术进步与创新是产业发展的核心动力,项目建设是产业发展的具体体现,并通过技术创新成果以及项目的高质量建设,进而推动可再生能源产业持续健康发展。

4.2 政策启示

基于可再生能源产业在我国实现“双碳”战略目标的过程中扮演着重要作用的现实,必须大力发展可再生能源,通过持续的技术创新促进可再生能源持续健康发展,进而服务于“双碳”战略目标的实现。基于本文的研究,得出以下政策启示:

1) 强化市场激励型和公众参与型政策工具的使用。当前可再生能源正在逐步由平价上网向市场化机制进行转型,通过加强市场激励型和公众参与型等政策工具的使用,为可再生能源提供金融支持、税收优惠并吸引更多的公众参与,可以有效降低可再生能源项目的投资成本和运营成本;

2) 加大可再生能源技术创新的研发投入。技术创新贯穿了可再生能源产业发展的全过程,增加研发投入可以强化政策工具对技术创新的促进作用,对于优化能源结构,提升能源安全水平以及提高技术创新和企业竞争力都具有重要作用;

3) 完善包括绿色金融支持和税收优惠类等政策工具体系,为技术创新提供资金保障,通过提供税收优惠或补贴还可以吸引高技能人才的加入,有助于激发更多创新活动的开展,推动可再生能源创新水平的进步。

最后,本文在政策文本挖掘时只选择了国家层面的政策文本,并没有选取省级层面发布的政策,未来研究可以结合省级地方可再生能源政策为研究对象进行更加深入的文本挖掘分析,进一步探讨可再生能源政策文本演进逻辑以及不同强度的波特假说在可再生能源政策工具效应以及作用机理等方面的内容。

参考文献:

- [1] 莱斯特·M·萨拉蒙. 政府工具: 新治理指南[M]. 肖娜, 译. 北京: 北京大学出版社, 2016: 7-16.
LEICDSTER M S. Government tools: New governance guidelines [M]. Beijing: Peking University Press, 2016: 7-16
- [2] 欧文·E·休斯. 公共管理导论[M]. 张成福, 等译. 北京: 中国人民大学出版社, 2007: 192.
IRVING E H. Introduction to public management [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2007: 192
- [3] 陈振明. 政策科学: 公共政策分析导论[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2003.
CHEN Z M. Policy science: Introduction to public policy analysis [M]. Beijing: China Renmin University Press, 2003
- [4] ROTHWELL R, ZEGVELDD W. Reindustrialization and technology [M]. Dordrecht: Pinter Publishers, 1985.
- [5] SCHNEIDER A, INGRAM H. Behavioral assumptions of policy tools [J]. The Journal of Politics, 1990, 52(2): 510-529.
- [6] HOWLETT M, MUKHERJEE I, WOO J J. From tools to toolkits in policy design studies: The new design orientation towards policy formulation research [J]. Policy & Politics, 2015, 43(2): 291-311.
- [7] PORTER M E. America's green strategy [J]. Scientific American, 1991, 264(4): 193-246.
- [8] PORTER M, LINED C. Toward a new conception of the environment-competitiveness relationship [J]. Journal of Economic Perspectives, 1995, 9(4): 97-118.
- [9] ALOLO M, AZEVEDO A, KALAK I E. The effect of the feed-in-system policy on renewable energy investments: Evidence from the EU countries [J]. Energy Economics, 2020, 92: 1-12.
- [10] POLZIN F, EGLI F, STEFFEN B, SCHMIDT T S. How do policies mobilize private finance for renewable energy?: A systematic review with an investor perspective [J]. Applied Energy, 2019, 236: 1249-1268.
- [11] 俞萍萍. 绿色证书交易机制下可再生能源发电定价研究: 期权博弈模型及数值模拟 [J]. 价格理论与实践, 2018(11): 38-41.
YU P P. Research on pricing of renewable energy generation under green certificate trading mechanism: Option game model and numerical simulation [J]. Price Theory and Practice, 2018(11): 38-41
- [12] 程承, 王震, 刘慧慧, 等. 执行时间视角下的可再生能源发电项目激励政策优化研究 [J]. 中国管理科学, 2022, 31(4): 157-167.
CHENG C, WANG Z, LIU H H, et al. Research on optimization of incentive policies for renewable energy power generation projects from the perspective of execution time [J]. Chinese Management Science, 2022, 31(4): 157-167.
- [13] 齐绍洲, 李杨. 能源转型下可再生能源消费对经济增长的门槛效应 [J]. 中国人口·资源与环境, 2018, 28(2): 19-27.
QI S Z, LI Y. The threshold effect of renewable energy consumption on economic growth under energy transition [J]. China's Population, Resources and Environment, 2018, 28(2): 19-27.
- [14] STRUPEITT L, NEIJ L. Cost dynamics in the deployment of photovoltaics: Insights from the German market for building-sited systems [J]. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2017, 69: 948-960.
- [15] 盛春红. 能源转型的制度创新: 德国经验与启示 [J]. 科技管理研究, 2019, 39(18): 25-31.
SHENG C H. Institutional innovation in energy transition: German experience and implications [J]. Research on Technology Management, 2019, 39(18): 25-31.
- [16] 刘亦文, 张勇军, 胡宗义. 能源技术空间溢出效应对省域能源消费强度差异的影响分析 [J]. 软科学, 2016, 30(3): 46-49.
LIU Y W, ZHANG Y J, HU Z Y. Analysis of the impact of spatial spillover effects of energy technology on differences in energy consumption intensity among provinces [J]. Soft Science, 2016, 30(3): 46-49.
- [17] 王晓珍, 郑颖, 蒋子浩, 等. 补贴政策对家用光伏购买意愿的影响: 基于心理距离和风险偏好的实证分析 [J]. 软科学, 2019, 33(4): 130-135.
WANG X Z, ZHENG Y, JIANG Z H, et al. The impact of subsidy

- policies on the willingness to purchase household photovoltaics: An empirical analysis based on psychological distance and risk preference[J]. *Soft Science*, 2019, 33(4): 130–135.
- [18] PORTER M E, VAN C, LINDE D. Toward a new conception of the environment competitiveness relationship [J]. *Economic Perspective*, 1995, 9: 97–118.
- [19] POPP D, HASCIC I, MEDHI N. Technology and the diffusion of renewable energy[J]. *Energy Economics*, 2011, 33(4): 648–662.
- [20] NESTA L, VONA F, NICOLLI F. Environmental policies, competition and innovation in renewable energy [J]. *Environmental Economics and Management*, 2014, 67(3): 396–411.
- [21] 黄幸婷, 杨煜. “社会-技术”范式视角下突破能源系统碳锁定的政策工具组合研究[J]. *软科学*, 2023, 37(8): 86–93.
HUANG X T, YANG Y. Research on the policy tool combination for breaking through carbon locking in energy systems from the perspective of the society-technology paradigm [J]. *Soft Science*, 2023, 37(8): 86–93.
- [22] JOHNSTON N, HASCIC I, POPP D. Renewable energy policies and technological innovation: Evidence based on patent counts [J]. *Environmental Resource Economics*, 2010, 45: 133–155.
- [23] PETERS M, SCHNEIDER M, GRIESSHABER T, et al. The impact of technology-push and demand-pull policies on technical change: Does the locus of policies matter? [J]. *Research Policy*, 2011, 41: 1296–1308.
- [24] DECHEZLEPRETRE A, GLACHANT M. Does foreign environmental policy influence domestic innovation? Evidence from the wind industry [J]. *Environmental and Resource Economics*, 2013, 58(3): 391–413.
- [25] 马丽梅, 王俊杰. 能源转型与可再生能源创新: 基于跨国数据的实证研究[J]. *浙江社会科学*, 2021(4): 21–30.
MA L M, WANG J J. Energy transition and renewable energy innovation: Empirical research based on cross-border data [J]. *Zhejiang Social Sciences*, 2021(4): 21–30.
- [26] 李凡, 朱缤琦, 孙颖. 环境政策、制度质量和可再生能源技术创新: 基于32个国家的实证分析[J]. *资源科学*, 2021, 43(12): 2514–2525.
LI F, ZHU B Q, SUN Y. Environmental policy, institutional quality, and renewable energy technology innovation: Empirical analysis based on 32 countries [J]. *Resource Science*, 2021, 43(12): 2514–2525.
- [27] LIN B Q, CHEN Y F. Does electricity price matter for innovation in renewable energy technologies in China [J]. *Energy Economics*, 2019, 78: 259–266.
- [28] CHEN Z G, ZHANG Y Q, WANG H S, et al. Can green credit policy promote low-carbon technology innovation? [J]. *Journal of Cleaner Production*, 2022, 359: 132061.
- [29] ZHAO G, ZHOU P, WEN W. Feed-in tariffs, knowledge stocks and renewable energy technology innovation: The role of local government intervention [J]. *Energy Policy*, 2021, 156: 112453.
- [30] 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(3): 29–36.
TU Q, MO J L, FAN Y. Evolution, effect evaluation, and future prospects of China's renewable energy policies [J]. *China's Population, Resources and Environment*, 2020, 30(3): 29–36.
- [31] 於世为, 孙亚方, 胡星. “双碳”目标下中国可再生能源政策体系完善研究 [J]. *北京理工大学学报(社会科学版)*, 2022, 24(4): 93–102.
YU S W, SUN Y F, HU X. Research on the improvement of China's renewable energy policy system under the dual-carbon goal [J]. *Journal of Beijing Institute of Technology (Social Sciences Edition)*, 2022, 24(4): 93–102.
- [32] 黄平平, 刘文云. 中国特色新型智库政策文本量化评价: 基于PMC指数模型分析 [J/OL]. *情报科学*, 1–17 [2024-08-28].
HUANG P P, LIU W Y. Quantitative evaluation of policy texts of Chinese characteristics new think tank: Analysis based on PMC index model [J/OL]. *Intelligence Science*, 1–17 [2024-08-28].
- [33] 余伟, 陈强, 陈华. 不同环境政策工具对技术创新的影响分析: 基于2004—2011年我国省级面板数据的实证研究 [J]. *管理评论*, 2016, 28(1): 53–61.
YU W, CHEN Q, CHEN H. Analysis of the impact of different environmental policy tools on technological innovation: An empirical study based on provincial panel data in China from 2004 to 2011 [J]. *Management Review*, 2016, 28(1): 53–61.
- [34] HU X, GUO Y Y, ZHENG Y L, et al. Which types of policies better promote the development of renewable energy? Evidence from China's provincial data [J]. *Renewable Energy*, 2022, 198: 1373–1382.
- [35] 林珊珊, 陈清. 长江经济带绿色发展的效率评估与提升路径 [J]. *科技与管理*, 2021, 23(2): 63–69.
LIN S S, CHEN Q. Efficiency evaluation and improvement path of green development in the Yangtze River Economic Belt [J]. *Science and Management*, 2021, 23(2): 63–69.

[编辑: 刘素菊]

Renewable energy policy tools and their impact on technological innovation based on quantitative text analysis

WANG Bangjun¹, XING Qiaoqiao¹, WANG Zhile², LI Ziyu¹

(1. China University of Mining and Technology, School of Economics and Management, Xuzhou 221116, China;

2. Massey Institute, Nanjing University of Finance & Economics, Nanjing 210023, China)

Abstract: The green and low-carbon transformation of energy is the primary action to achieve China's 'carbon peak

and carbon neutrality' strategic goals, and innovation in renewable energy technology has become a key measure to achieve green and low-carbon development and transformation upgrading of energy structure. In order to test the Porter's hypothesis that well-designed policies and regulations can create new opportunities for technological innovation and verify the impact of different policy tools and means on renewable energy technology innovation, the study first divides the development of renewable energy policies in China into five different stages based on the temporal logic of policy evolution: initial exploration, slow development, rapid growth, mature development, and optimization and improvement; Then, based on the 678 policy texts issued by China between 1995 and 2023, a quantitative analysis of word frequency, co word, and semantic network graph was conducted using three different renewable energy policy tools: command and control, market incentive, and public participation; Furthermore, in order to verify the effectiveness of Porter's hypothesis in the field of renewable energy policies, the impact of heterogeneous policy tools on renewable energy technology innovation was analyzed. Research has found that: there are differences in the frequency of use of different policy tools at the overall level. The proportion of command and control policy tools is as high as 69.25%, with target planning accounting for 17.65%, regulation accounting for 16.71%, and technical specifications accounting for 17.51%. This indicates that in promoting the development of renewable energy in China, command and control policies are the main approach, with a preference for using target planning policy tools to provide direction for the development of renewable energy; Simultaneously emphasizing the technological development of the renewable energy industry, promoting technological innovation and progress in renewable energy through the formulation of technical standards and specifications related to renewable energy, certification and testing of renewable energy equipment, and other means; The proportion of market incentive policy tools used is 22.73%, of which subsidies account for 11.76%, with the highest frequency of use. The government reduces the cost of renewable energy generation by setting up a special fund for the development of renewable energy and providing subsidies for renewable energy projects; Public participation policy tools account for only 7.75%, of which publicity and training account for 4.68%. The government raises people's awareness of renewable energy through publicity activities such as energy-saving weeks and knowledge lectures. However, there are currently deficiencies in the country's efforts and methods of promoting renewable energy. Information disclosure accounts for only 2.14%, and the government's disclosure of renewable energy related information enables the public to understand and participate in the development of renewable energy. Currently, there are deficiencies in the methods and content of information disclosure; There are significant differences in the use of policy tools at different stages of renewable energy development. In the mature development stage, target planning, technical specifications, and regulatory policy tools are most commonly used. Compared to the rapid growth stage, industry supervision and financial support have been strengthened. In the stage of optimization and improvement, policy tools such as technical specifications, goal planning, regulation, and supervision are used more frequently, while policy tools for information disclosure and demonstration construction are used more frequently; Different types of policy tools have heterogeneous impact effects on renewable energy technology innovation through different means. Command and control policy tools use methods such as goal planning, technical specifications, and regulatory and punitive supervision; Market incentive policy tools include subsidies, demonstration construction, financial support, and tax incentives; Public participation policy tools have different impact effects on renewable energy technology innovation through methods such as information disclosure and voluntary subscription. Finally, it is concluded that there is a need to strengthen market incentive and public participation policy tools, increase investment in renewable energy technology innovation, and continue to improve the frequency of use of policy tools such as green finance support and tax incentives.

Keywords: renewable energy; policy tools; text analysis; technological innovation; impact effect