

基于电力大数据的新能源政策评价与决策支持技术研究
Research on New Energy Policy Evaluation and Decision Support
Technology Based on Power Big Data

作品类别：调研报告类

学生姓名：卫璇 研二 王星 大四
徐心竹 大一 吕思濛 大一

指导教师：曾博

所在学校：华北电力大学

2019 年 5 月 30 日

内容摘要

本研究报告基于电力大数据的分析与处理，进行了典型国家新能源发展及政策支持现状分析、我国新能源产业特征研究、我国新能源政策支持现状研究、构建了政策评价理论方法工具库、并提出了基于电力大数据的新能源政策实施效果综合评价模型和政策决策模型。主要包括：

1) 典型国家新能源发展及政策支持现状研究

从世界范围内选择新能源产业代表国家作为研究的典型国家，研究典型国家的新能源消纳市场与产业政策情况，分类总结典型国家新能源产业的主要管理机制、政策措施及相应实施效果，同时结合我国新能源发展及政策支持现状研究，指出我国新能源现阶段存在的突出问题以及未来的发展方向。

2) 基于电力大数据的我国新能源产业特征研究

基于已有的新能源产业特征表征方法，从多个维度初步刻画我国新能源产业特征。梳理电力大数据的数据来源与逻辑脉络，挖掘电力大数据与我国新能源产业特征刻画的契合点。构建基于电力大数据的新能源产业特征刻画增广指标体系，深度刻画我国新能源产业特征。

3) 我国新能源政策支持现状研究

通过对我国风电、光伏政策的总结梳理，构建我国新能源政策体系，并结合对典型国家新能源发展及政策支持现状的研究，对我国新能源政策总体实施效果进行分析。

4) 构建政策评价理论方法工具库

在对我国以及国外典型国家(地区)新能源政策梳理的基础上，从评价原则、评价指标体系和评价方法三个方面，对目前已有的政策评价理论和方法进行分类，结合相关政策的具体措施和实施效果，分析上述政策评价体系和方法的实际适用性，进而明确基于电力大数据的新能源政策评价指标体系和评价方法设计要求，为构建基于电力大数据的新能源政策评价体系提供相应的参考和借鉴。

5) 基于电力大数据的新能源政策实施效果综合评价研究

通过新能源政策目的研究，明确新能源发电政策对新能源发展以及环境改善的促进作用，构建基于电力大数据的新能源政策评价影响因素识别与评价模型，从而实现对新能源政策实施效果的对比评价，并通过实例验证了所提评价模型的可行性，得出的结论是上网电价政策作为可连续变化的政策，有利于稳步对风电的发展进行调控，便于对风电发展的掌控与预测。

关键词：新能源发电；电力大数据；新能源政策；政策评价；政策决策；

面板数据模型

ABSTRACT

This topic is based on the power of big data analysis and processing, analyzed the present situation of new energy development and policy support in typical countries , researched on the characteristics of new energy industry in China, researched on the status quo of China's new energy policy, constructed the theoretical method tool library of policy evaluation, and proposed a comprehensive evaluation model and policy decision model for the implementation of new energy policy based on big data is proposed. The main contents include:

1) Research on new energy development and policy support in typical countries

Select new energy industry to represent the country as a typical country, to study the new energy consumption market and industrial policy in typical countries, summarize the main management mechanism of the new energy industry in typical countries, policy measures and corresponding implementation results, and combine with China's new energy development and policy support status research, point out the outstanding problems existing in China's new energy and the future development direction.

2) Research on the characteristics of China's new energy industry based on big data

Based on the existing characteristic characterization method of new energy industry, describe the characteristics of China's new energy industry tentatively from several dimensions. Comb the data source and logical vein of power big data, mining the power big data and China's new energy industry characteristics of the joint point. constructed a new energy industry feature based on power big data, describe the characteristics of China's new energy industry in depth.

3) Research on the status quo of China's new energy policy

Through the summary of China's wind power and photovoltaic policy, build our new energy policy system, and combined with the research on the status quo of new energy development and policy support in typical countries, analyze the overall implementation effect of China's new energy policy.

4) Build policy evaluation theory method tool library

On the basis of the new energy policy of typical countries or regions in China and abroad, from the evaluation principle , evaluation index system and evaluation method

this three aspects, classify the existing policy evaluation theories and methods , combine the specific measures and implementation effects of relevant policies, analyze the practical applicability of the above policy evaluation system and method, then clarify the new energy policy evaluation index system and evaluation method design requirements based on power big data, provide reference and reference for building new energy policy evaluation system based on power big data.

5) Comprehensive evaluation of the implementation effect of new energy policy based on big data

Research on new energy policy objectives, clarify the role of new energy generation policies in promoting new energy development and environmental improvement, construct a new energy policy evaluation model based on power big data. Thus, the comparison and evaluation of the implementation effect of the new energy policy is realized, verify the feasibility of the proposed evaluation model by an example, and the conclusion is that as a policy that can be continuously changed, the price policy of electricity on the grid is conducive to the steady regulation of the development of wind power and the control and prediction of the development of wind power.

KEYWORDS: new energy power generation, Big data, new energy policy, policy assessment, Policy Decision-Making, Panel Data Model

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 研究背景	1
1.2 研究现状	2
1.3 本报告主要研究内容	3
第 2 章 典型国家新能源发展及政策支持现状	5
2.1 美国	5
2.1.1 风电发展情况	6
2.1.2 光伏发展情况	6
2.1.3 政策支持情况	7
2.2 英国	10
2.2.1 风电发展情况	10
2.2.2 光伏发展情况	11
2.2.3 政策支持情况	12
2.3 德国	13
2.3.1 风电发展情况	14
2.3.2 光伏发展情况	15
2.3.3 政策支持情况	15
2.4 西班牙	18
2.4.1 风电发展情况	18
2.4.2 光伏发展情况	20
2.4.3 政策支持情况	21
2.5 丹麦	24
2.5.1 风电发展情况	24
2.5.2 光伏发展情况	25
2.5.3 政策支持情况	25
2.6 日本	27
2.6.1 风电发展情况	28
2.6.2 光伏发展情况	29
2.6.3 政策支持情况	29
第 3 章 基于电力大数据的我国新能源产业特征研究	31
3.1 风电发展情况	31
3.1.1 风电装机现状	31
3.1.2 风电产业发展现状	33
3.1.3 风电投融资现状	35
3.2 我国光伏发电发展情况	36
3.2.1 光伏发电规模现状	36
3.2.2 光伏发电产业发展现状	37

3.2.3 光伏发电投融资现状	39
3.3 基于电力大数据的新能源产业特征刻画增广指标体系	39
3.3.1 新能源产业特征刻画指标体系	39
3.3.2 电力大数据特征	41
3.3.3 基于电力大数据的新能源产业特征刻画增广指标体系	42
第4章 我国新能源政策支持现状	44
4.1 我国新能源政策体系	44
4.2 我国新能源政策实施效果	55
第5章 政策评价理论方法工具库的构建	57
5.1 新能源政策评价标准	57
5.1.1 目标获取模型	58
5.1.2 侧面影响模型	59
5.1.3 自由目标评价模型	60
5.1.4 综合评价模型	60
5.1.5 用户导向模型	61
5.1.6 相关利益人模型	61
5.2 新能源政策评价指标体系	62
5.2.1 英国能源行业指标体系	62
5.2.2 EU 能源效率指标体系	63
5.2.3 WEC 能源效率指标体系	64
5.2.4 IAEA 能源效率指标体系	65
5.2.5 新能源政策评价指标体系	65
5.3 常用新能源政策评价方法	68
5.3.1 CGE 模型	68
5.3.2 宏观计量经济模型	70
5.3.3 成本——效益模型	71
5.3.4 面板数据模型	72
5.3.5 系统动力学模型	72
5.3.6 不同评价方法的优缺点	73
第6章 基于电力大数据的新能源政策实施效果综合评价研究	76
6.1 新能源政策实施效果综合评估准则	77
6.1.1 新能源政策实施效果综合评价指标选取原则	77
6.1.2 新能源政策实施效果综合评价方法设计原则	77
6.2 新能源政策实施效果综合评价指标体系	78
6.3 基于面板数据的新能源政策单一维度实施效果评价模型	79
6.3.1 面板数据模型简介	80
6.3.2 变量设置	81
6.3.3 新能源发展效益评价模型的确定	83
6.3.4 新能源政策对单一新能源发展效益的促进效果评价	84

6.3.5 新能源政策对单一环境效益的促进效果评价	85
6.4 新能源政策实施效果综合评价	85
6.5 新能源政策综合评价实证分析	86
6.5.1 建立面板数据模型	87
6.5.2 模型结果及仿真	92
6.5.3 新能源政策对单一新能源发展效益的促进效果评价	95
6.5.4 新能源政策对单一环境效益的促进效果评价	98
6.5.5 新能源政策实施效果综合评价结果	98
7 总结与展望	100
参考文献	102

第 1 章 概述

1.1 研究背景

现阶段能源短缺、环境污染、气候变化已成为人类社会面临的共同难题。为了应对这一难题，一场以转变能源生产、消费方式，推动科技革命、体制改革，实现国际合作为内容的能源革命正在兴起。世界各国都在积极探索未来能源转型发展路线，并将发展新能源和可再生能源作为推动未来能源转型的重点，美欧日等发达国家陆续出台了以支撑新能源发展为重点的能源发展战略。同时，随着我国以化石能源为主的能源生产和消费规模的不断增加，国内资源环境约束凸显，迫切需要大力发展新能源，加快推进能源转型。在国际及国内趋势的综合影响下，以新能源为支点的我国能源转型体系正加速变革，大力发展新能源已上升到国家战略高度，成为顺应我国能源生产和消费革命的发展方向。为此，李克强总理在新一届国家能源委员会首次会议强调，推动能源生产和消费方式变革，提高能源绿色、低碳、智能发展水平。习主席在中央财经领导小组第六会议中，明确提出要推动能源生产和消费革命，建立多元供应体系。立足国内多元供应保安全，大力推进煤炭清洁高效利用，着力发展非煤能源，形成煤、油、气、核、新能源、可再生能源多轮驱动的能源供应体系。在上述政策的推动下，新能源发电发展迅猛。截至 2018 年底，全国新能源发电累计装机容量约 3.6 亿千瓦，同比增长 22%，占全国总发电装机容量的 19%，首次超过水电；新能源发电新增装机容量 6622 万千瓦，占全国电源总新增装机容量的 54%。目前我国风电和光伏装机均位居世界第一，光伏发电增长速度全球最快；风电和光伏发电设备产能充足，占全球产能的一半以上，具备大规模开发的有利条件。

然而，能源的变革和转型并非一帆风顺。我国的风能、太阳能发展也遇到了瓶颈，即消纳难的问题。2015 年，全国平均弃风率达 15%，有些地区甚至高达 30%。造成弃风/光问题的主要原因是现行的电力系统是以常规化石能源为基础的电力系统运行，而新能源大规模发展以及其电力电能的特性与传统的电力系统不论是从技术、基础设施、电力市场特性还是行业管理上都存在不协调问题。如果这一问题得不到解决，新能源的发展就无法持续。同时，经济新常态使电力供需平衡这一促进电力发展的基本矛盾，由长期以来的以供应不足为矛盾的主要方面，向需求不足为矛盾的主要方面转变。在电力市场需求不足的同时，扩大装机容量的发展惯性仍然很大。由此，如何保障和完善新能源消纳制度、调节电力供需平衡是目前亟待解决的问题。

为解决这一问题，国家及各省市均出台了政策来促进新能源消纳。仅 2016 年

上半年，在国家层面就先后出台了 4 项政策：《关于做好“三北”地区可再生能源消纳工作的通知》要求华北、东北、西北地区（以下简称“三北”地区）做好风电、光伏发电等可再生能源消纳，充分挖掘可再生能源富集地区电能消纳潜力和电力系统辅助服务潜力，着力解决弃风、弃光问题，促进可再生能源与其他能源协调发展，满足民生供热需求；《关于建立可再生能源开发利用目标引导制度的指导意见》要求电网企业(含电力调度机构)根据国家确定的上网标杆电价和保障性收购利用小时数，全额收购规划范围内的可再生能源发电项目的上网电量；《关于同意甘肃省、内蒙古自治区、吉林省开展可再生能源就近消纳试点方案的复函》要求三省在扩大可再生能源外送的基础上，完善可再生能源消纳市场机制，优先安排可再生能源参与直接交易；《关于做好风电、光伏发电全额保障性收购管理工作的通知》核定了部分存在弃风、弃光问题地区规划内的风电、光伏发电最低保障收购年利用小时数。

从目前新能源发展趋势来看，这些政策未能与新能源电力行业的动态发展匹配，2018 年，全国平均弃风率 7%，弃光率 3%、弃水率 5%，虽然弃风限电状况得到缓解，但弃风率超过 8%的地区有新疆（弃风率 23%、弃风电量 107 亿千瓦时），甘肃（弃风率 19%、弃风电量 54 亿千瓦时），内蒙古（弃风率 10%、弃风电量 72 亿千瓦时），三省（区）弃风电量合计 233 亿千瓦时，占全国弃风电量的 84%，由此亟需研究新能源发电政策综合评估及决策支持技术，从而指导新能源发电政策的制定和实施。

1.2 研究现状

在新能源发电政策评价方面，国外学者主要运用专家评价法、成本-效益分析法和建模的方法评价新能源政策。专家评价法是利用专家的专业技能与经验进行分析判断，包括比较法、专家评价法、核查表、矩阵法等。美国政策评价方法主要是费用—效益分析法基于折现的效益和费用的量值大小判断新能源政策效果。在建模方法方面，Jour 采用可计算的一般均衡模型对新能源税收、新能源发展情况和经济增长之间的关系进行了研究，指出税收政策在新能源发展过程中起着关键的作用；Nwaobi 运用动态 CGE 模型研究新能源政策对尼日利亚经济发展的影响；Kenneth 和 Jorgenson 利用计量经济模型进行能源政策分析和技术评估，为政策评估提出了一种新的方法。

国内关于新能源政策评价的定量模型研究较少且主要以定性研究为主。曹玲阐述了包括新能源产业发展目标与计划、法律政策、财政金融政策三个方面在内的日本新能源产业政策，并对其实施效果进行了描述式的评价。刘兰剑、董涛在梳理

我国相关技术政策的基础上，对太阳能光伏发电、风能和核能技术创新政策实施效果进行评价，提出了政府管理机制、投融资机制等 5 个方面的优化思路。

综上，国外已经开始将定量分析方法应用于新能源政策评价^[1]，取得了一定的成果，但目前国内对新能源政策评价领域的研究较少，政策评价体系尚未建立，缺乏针对总体政策和单条或者单类型政策的系统评价方法，目前政策评价方法绝大多数采用定性分析和简单推断，评价数据是经过简单的推断或者替代的，缺乏全面的分析和评价。总的来说，目前国内外的研究在利用大数据实施新能源政策方面尚为空白。因此，本研究报告基于电力大数据建立符合中国国情的新能源政策评价体系，通过构建新能源政策评价模型对新能源政策进行定量分析，具有重大现实意义。

1.3 本报告主要研究内容

本报告基于电力大数据的分析及处理，综述典型国家的新能源发展现状以及新能源政策现状，分析我国新能源产业特征，研究我国新能源政策支持现状，构建新能源政策实施效果综合评价研究，提出新能源政策实施效果综合评价。研究内容具体包含以下五个方面：

第一，典型国家新能源发展及政策支持现状研究。结合新能源资源的时空分布情况、各国的经济与政治体制发展情况，选择美国、德国、英国、西班牙、丹麦、日本作为典型国家，分析其风电、光伏发展情况，并对典型国家新能源政策进行分类整理并梳理主要政策实践效果。

第二，基于电力大数据的我国新能源产业特征研究。从绝对规模、相对规模、技术现状、发展趋势等多个维度初步描述我国新能源产业特征，基于已有的电力大数据资源基础，分类梳理数据类型及潜在表征能力，并构建基于电力大数据的新能源产业特征刻画增长指标体系，实现传统方法和大数据方法的结合，深入刻画我国新能源产业特征。

第三，我国新能源政策支持现状研究。通过对我国风电、光伏政策的总结梳理，构建我国新能源政策体系，并结合对典型国家新能源发展及政策支持现状的研究，对我国新能源政策总体实施效果进行分析。

第四，构建政策评价理论方法工具库。深入分析国内外科研成果中常用的综合评价方法，评估各评价方法的属性特征并进行分类，同时研究分析国外已有的政策评价指标体系，提取政策评价关键维度和要求，并分析常用的综合评价方法满足政策评价要求的能力，建立政策评价理论方法工具库。

第五，基于电力大数据的新能源政策实施效果综合评价。通过新能源政策目的研究，明确新能源发电政策对新能源发展以及环境改善的促进作用，构建基于电力

大数据的新能源政策评价影响因素识别与评价模型，从而实现对新能源政策实施效果的对比评价，并通过实例验证了所提评价模型的可行性。

本报告研究内容结构如图 1-1 所示。

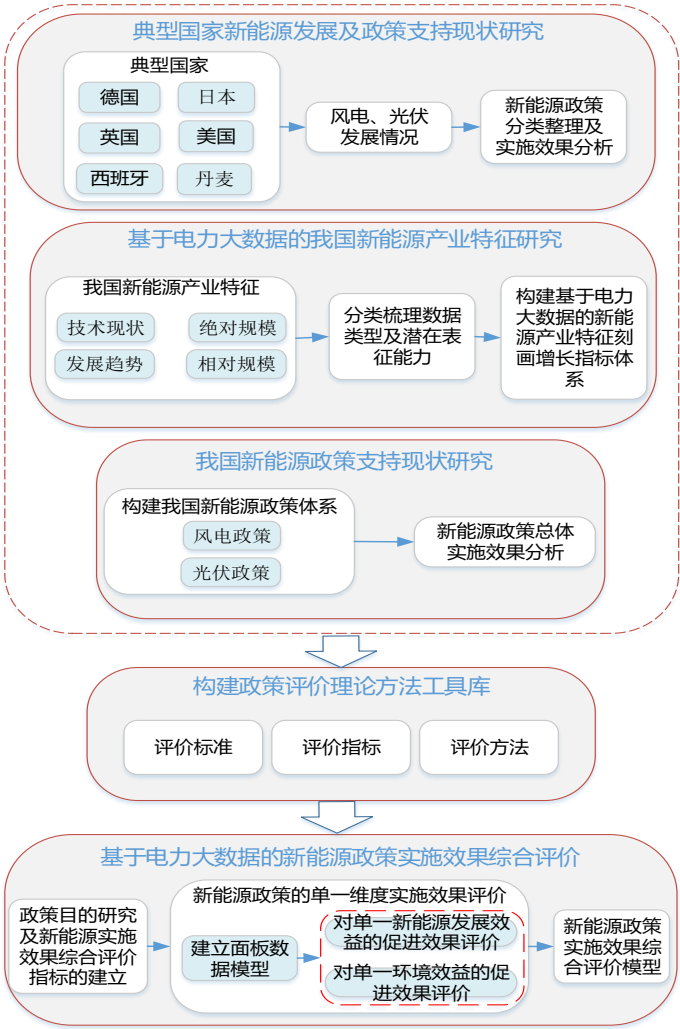


图 1-1 研究内容结构图

第 2 章 典型国家新能源发展及政策支持现状

汇总分析国内外研究典型国家的新能源发展与政策支持情况，分类总结典型国家新能源产业的主要管理机制、政策措施及相应实施效果，同时汇总我国新能源政策体系，通过对比分析总结我国新能源发展现阶段的突出问题及未来发展方向。

综合考虑资源情况和地域情况，本报告选择地处欧洲与非洲交接的西班牙、北美洲的美国以及英国、德国、丹麦和日本作为世界典型国家进行综合研究。从总体上来看，这些国家的纬度与我国比较接近，且都属于近年来在风电、光伏发电领域行业规模较大、发展速度较快、市场相对健全的国家，因而总结并研究这些国家在发展风电、光伏发电行业时的经验对我国更好地发展风电、光伏发电具有重大的价值。图 2-1 标注了所选择的世界典型国家在世界地图上的位置。



图 2-1 典型国家位置分布

2.1 美国

美国位于北美洲中部，总面积为 963 万平方公里，人口 3.2 亿。美国是一个经济高度发达的国家，2018 年美国 GDP 总量 20.9 万亿美元，为世界第一，比 2017 年度增加 13500 亿美元，名义增长 6.91%。

选择美国作为典型国家的原因有三方面：其一，尽管可再生能源在美国能源消费中所占比例不高，但潜力十足，且近年来也有风电、光伏发电大规模并网的需求。其二，美国的国土面积和电力需求总量和我国接近，同时美国存在东西部人口集中、中部人口稀薄，但中部风光资源丰富的情况，而我国则存在东部人口相对集中、西部人口相对稀薄，而西部风光资源较为丰富的情况。这使得美国和中国都有跨区域消纳电能的需求。其三，近年来的保障政策扶持使得美国可再生能源发电的成本持

续降低，其中经验值得借鉴。

2.1.1 风电发展情况

世界风能协会（World Wind Energy Association, WWEA）发布的全球风能数据显示，2018 年美国风电新增装机容量为 7588MW，截至 2018 年底，美国风电累计装机容量为 96363MW。图 2-2 给出了 2002-2017 年美国风电的累计装机容量和新增装机容量。表 2-1 总结了 2018 年美国风电行业的关键数据。

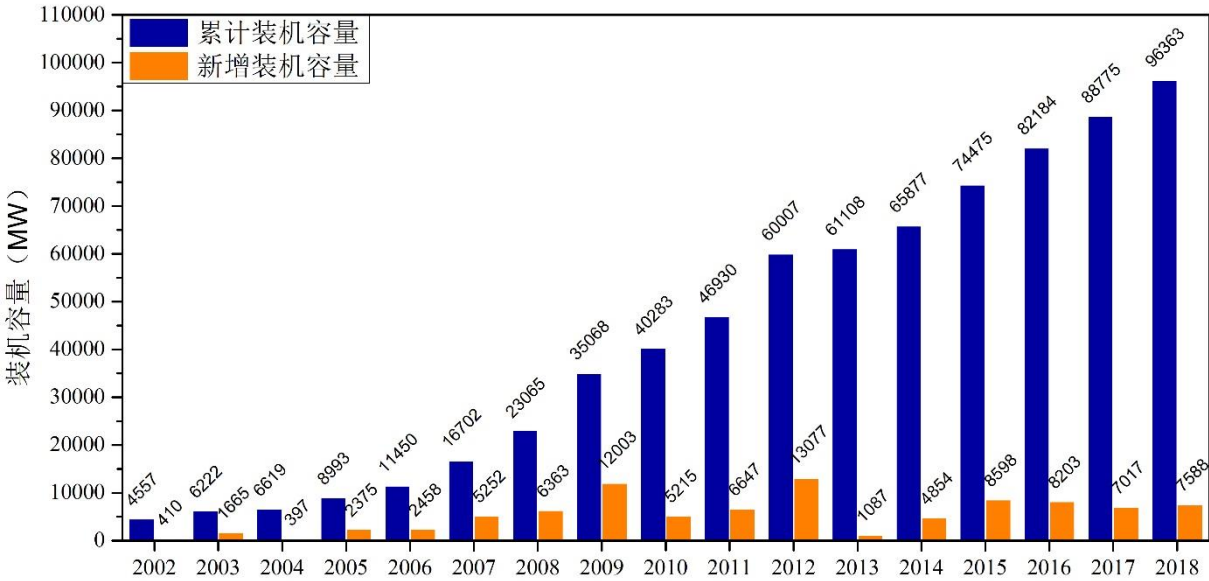


图 2-2 2002-2018 年美国风电累计和新增装机容量 (MW)

数据来源: <https://library.wwindea.org/post-category/statistics/>

表 2-1 2018 年美国风电行业关键数据

风电累计装机容量	96363MW
风电新增装机容量	7588MW
风电总电力输出	274.9TWh
风电在全国电力需求中的占比	6.58%
目标	到2035年，80%的电能来自清洁能源。其中，到2020年，风电占全国电力需求10%，2030年占20%，2050年占35%。

2.1.2 光伏发展情况

随着奥巴马政府出台一系列鼓励包括光伏发电在内的新能源的政策，美国光伏发电产业才取得了良好的增速。2018 年美国新增光伏装机容量再创新高，高达 10.6GW；截至 2018 底，美国累计装机容量达到 62.2GW。图 2-3 为 2006-2018 年美国光伏新增和累计装机容量。

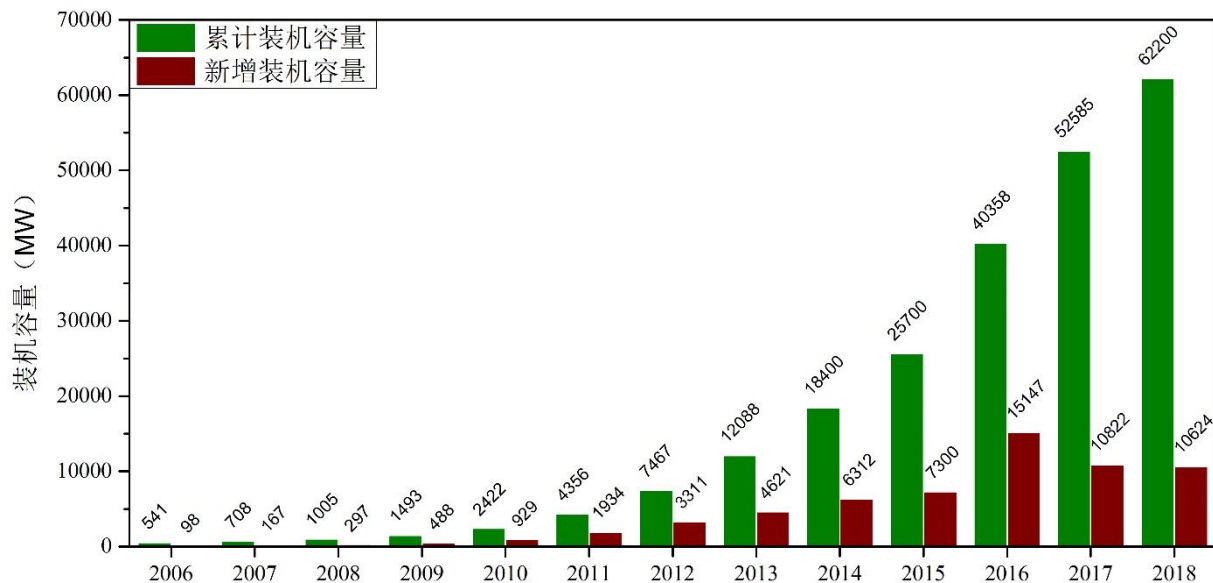


图 2-3 2006-2018 年美国光伏发电累计和新增装机容量 (MW)

数据来源: Solar Market Insight Report 2018 Year In Review

2.1.3 政策支持情况

(1) 宏观法律

美国是现代联网型风电的起源地，同时也是最早制定鼓励发展风电和光伏发电等可再生能源法规的国家。早在 1978 年美国通过的公共电力管制政策法，为风电和光伏发电的需求提供了法律保障。该法鼓励独立、小型发电公司建设和经营热电厂、风电、光伏发电厂。该法案要求公用电力公司必须按“可避免成本”购买符合要求的发电设施所发电量。而确定“可避免成本”的权利则属于各州政府。

现阶段，与其他国家的电力市场相比，美国电力市场的显著特点是发电权和输电网所有权的分散化。美国最大的发电商控制的装机不到 4%，前 20 家全美最大的发电公司也总共只拥有 45% 左右的发电装机；在其他国家，输电网通常被有限的几家公司所控制，但美国电网公司的数量超过 500 家。发电所有权的分散化促进了美国电力市场的竞争性，但输电所有权的过于分散增加了电网规划、运营、投资、成本分配等的难度。

(2) 发展规划

2009 年以来，美国在国家政策方面，推动《美国清洁能源安全法案》，明确了促进新能源发展、推进节能减碳的绿色能源环境气候一体化的振兴经济计划；在市场方面，各区域市场继续完善市场设计，以适应可再生能源的大规模接入，并充分关注和发挥需求侧响应的作用；在电力工业基础设施建设方面，开始推进智能电网建设，并继续发展新能源和优化电源结构^[2]。

由于人口分布和资源分布的原因，近年来美国将风电领域的发展重点放在了

海上。2012 年，美国启动一项 1.8 亿美元的海上风电科研计划，以通过研发创新技术支持美国海上风能项目发展。同时，美国开始对海上风电进行系统规划。截至 2013 年初，美国的 10 个州规划了 13 个风电项目，分别位于大西洋、太平洋、五大湖地区以及墨西哥湾，累计装机容量达到 5100MW。2013 年，美国连续开展了两轮海上风电招标，正式启动海上风电的大规模开发。根据目前的在建和规划数据，预计美国海上风电有可能在未来实现跃进，并成为其风电行业增长的重要助力。

（3）行政管理政策

美国在联邦和州分别设置了电力管制机构，在联邦一级成立了联邦能源管制委员会，是隶属于美国能源部的一个独立机构。美国各州还成立了公用事业监管机构，负责各州的电力监管，各州的电力监管机构具有很大的自主性。美国进行电力监管最主要的权力和手段是市场准入监管和价格监管。

在美国联邦和各州的电力及能源法中，对电力市场的准入作了详细规定：除非得到监管机构的许可，任何个人或机构都不得建设新的电站或扩建老电站，不得新建、扩建、改造电网项目，或者中止现有电网的运行。调度交易机构的设立和收费标准，电力企业的兼并、重组和证券发行，发电厂与公用电力公司签订的长期购电合同，从事相关电力交易的资格等，都要得到监管机构的审查批准^[3]。

（4）财税政策

从投资补贴逐步过渡到生产补贴政策。20 世纪 80 年代早期，美国对风电项目实行投资补贴政策，根据《2009 美国复苏和再投资法案》规定，美国财政部和能源部将采取直接付款而非税收减免形式，对 5000 个太阳能、风能和其他可再生能源项目设施进行补贴。同时，联邦政府专门设立专门基金用于扶持可再生能源发展和推进能效改进，如美国能源部能源基金、财政部可再生能源基金以及农业部美国农村能源基金。1992 年，美国通过能源政策法取消了联邦政府对风电的投资补贴，转而对风电进行生产补贴，其经济激励政策由投资抵税变为发电量抵税。每度电的风力发电量可以享受为期 10 年的 1.5 美分抵税优惠，即从风电场投产之日起，10 年内风力发电量每度电可以在当年的个人或企业所得税免交 1.5 美分的方式对风力发电进行补贴；《能源政策法》规定，企业用太阳能发电投资可以永久享受 10% 的抵税优惠。

税收政策。美国是较早对可再生能源实施税收激励政策的国家，直接对可再生能源实施税收优惠政策。①加速折旧，自《1979 能源税法案》开始对可再生能源的投资者给予投资税抵扣，并允许可再生能源项目实行加速折旧。②生产税抵扣，《1992 能源政策法案》首次提出对可再生能源的生产给予生产税抵扣，对免税公共事业单位、地方政府和农村经营的可再生能源发电企业按照生产的电量给予经济补助。③1992 年，美国实施“生产税返还”政策，风力能源生产税抵减法案的内

容是，风能和闭合回路生物质能发电企业自投产之日起 10 年内，每生产 1kWh 的电能可享受从当年的个人或企业所得税中免交 1.5 美分的待遇。④投资税减免，美国对可再生能源的投资税抵免有两个突出特点：一是享受投资税抵免的可再生能源范围不断扩大，额度不断增加，二是税收抵免的灵活性有所增强，《2009 美国复苏和再投资法案》允许纳税人对新建装置在可再生电力生产税抵免、投资税抵免以及联邦基金之间任选其一；对符合条件的可再生能源设备制造、研发设备安装、设备重置和产能扩大项目，都可按照设备费用的 30% 给予投资税抵免。

金融支持政策。美国的金融支持政策主要有两种方式，一是可再生能源债券，二是提供贷款担保。《2005 能源安全法案》首次提出利用金融工具促进可再生能源产业的发展，引入清洁可再生能源债券机制为公共领域的可再生能源项目募集资金。其次贷款担保方面，美国主要的贷款担保方式主要有能效抵押贷款担保、能源部贷款担保、农业部美国农村能源贷款担保。能效抵押贷款担保主要用于推进可再生能源在住宅的应用；能源部贷款担保主要用于可再生能源、能效改进、先进输电技术和分布式能源系统等领域先进技术的开发。

消费引导政策。美国对用户能源消费的引导主要体现在两个方面：一是对能源征收税，如煤炭税是联邦政府对煤炭征收的一种特殊国内货物税，开采税是对自然资源的开采行为征收的一种消费税，通过影响开采速度来保护自然环境。二是对燃料征收税，如汽油、柴油税，通过增加不可再生能源的使用成本来促进可再生能源的发展。

（5）电价政策

美国执行的是固定电价政策。1978 年美国首先颁布了《公用事业规制政策法》（PURPA），在加利福尼亚州和其他州所实施公用事业规制政策法（PURPA）是基于标准的长期合同，和对部分或全部合同都有强制性的固定价格。美国的 PURPA 政策和欧洲固定电价政策的主要区别是：美国 PURPA 的价格是基于所使用的能源的总成本，而欧洲的固定电价政策的价格往往是基础上平均零售电价的百分比。表 2-2 给出了美国促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策。

表 2-2 美国促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策

政策类型	具体政策	主要内容
宏观法律	国家能源政策法等	从配额、激励等角度扶持风电、光伏发电的发展
发展规划	美国清洁能源安全法案	明确了风电、光伏发电的发展方向和规模目标
行政管理政策	联邦与州级监管政策	主要实施市场准入监管和价格监管
财税政策	投资补贴政策（早期）	80 年代开始以直接付款而非减免税收的形式对风、光项目进行补贴。

	生产补贴制度（目前）	92 年起取消对风电的投资补贴，转而对风电进行生产补贴，其经济激励政策由投资抵税变为发电量抵税。
	对能源消费针对性征税	征收能源税和燃料税，通过调整成本的方式引导能源消费
	税收政策	允许可再生能源项目加速折旧
		实施生产税抵扣、返还政策
		实施投资税减免政策并不断增加其灵活度与覆盖面
	金融支持政策	发行可再生能源债券和多种能源贷款，便于相关企业进行融资
电价政策	固定电价	基于所使用的能源的总成本，对部分或全部能源合同提出强制性的固定价格。

2.2 英国

英国本土位于欧洲大陆西北面的不列颠群岛，四面环海。英国的国土面积为 24.29 万平方公里，人口为 6444 万。英国是一个发达的资本主义国家，2018 年英国的国民生产总值为 28089 亿美元，居欧洲第三，世界第七。

选择英国作为典型国家的原因有三方面：其一，英国的国土面积和用电需求规模与我国东南部沿海包括江苏、浙江、广东、福建在内的许多省份较为接近。其二，英国经历过多次电力工业体制改革，其改革路径和相关经验对我国有一定的参考意义和指导价值。其三，英国近年来海上风电的发展速度全球领先，这对于我国发展海上风电有较高的借鉴意义。

2.2.1 风电发展情况

受地理条件的影响，英国的风电资源非常丰富。据统计，英国的风电资源大概占到全欧洲风电资源的 40%，其中既有海上风电、又有陆上风电资源且配置比例较为合理。2018 年，英国风电新增装机容量为 1901MW，截至 2018 年底，英国风电累计装机容量为 21GW，输出电量 58.29TWh，可满足全国大约 17.4% 的电量需求。与此同时，英国的海上风电发展迅猛，截至 2018 年底，英国海上风电累计装机容量 8183MW，2018 年新增容量 1300MW，占欧洲海上风电机组新增容量的 50%。

英国能源和气候变化部（DECC）在 2011 年发布了《英国 2020 年可再生能源路线图》，路线图为英国实现欧盟所规定的到 2020 年可再生能源占比 15% 的目标规划了一条路径。虽然该路线图基本延续了 2009 年可再生能源发展战略和 2010 年

的更新内容，但在风电开发部署方面还是做出了显著的改变。该路线图最重要的内容就是为海上风电规划了 2020 年装机 18GW 的目标，而完成 18GW 的风电装机目标则需要年装机容量增长率达到 30%。预计 2030 年，英国海上风电装机达到 40GW。届时，风电电力可以提供全英国所有家庭的用电。表 2-3 给出了 2018 年英国风电行业的关键数据。

表 2-3 2018 年英国风电行业的关键数据

风电累计装机容量	21GW
风电新增装机容量	1901MW
风电总电力输出	58.29TWh
风电在全国电力需求中的占比	17.4%
平均容量因数	陆上22%、海上36%
目标	2020年可再生能源占比达到15%，2020年海上风电装机18GW。

数据来源：WindEurope- Wind energy in Europe in 2018

2.2.2 光伏发展情况

在可再生能源法案的刺激下，2015 年英国光伏发电市场蓬勃发展，连续两年成为欧洲地区年度最大的光伏装机国，2015 年英国光伏新增装机容量为 4.66GW，累计装机容量达 9.66GW。而英国由于在 2016 年政府削减了对光伏的支持，开始了陡峭的下降趋势，装机为 2.1GW，下滑了 52%。2017 年 3 月以后，英国大部分月份都保持在月装机 20MW 左右，全年装机仅 954MW。图 2-4 给出了 2006-2017 年英国光伏新增和累计装机容量。

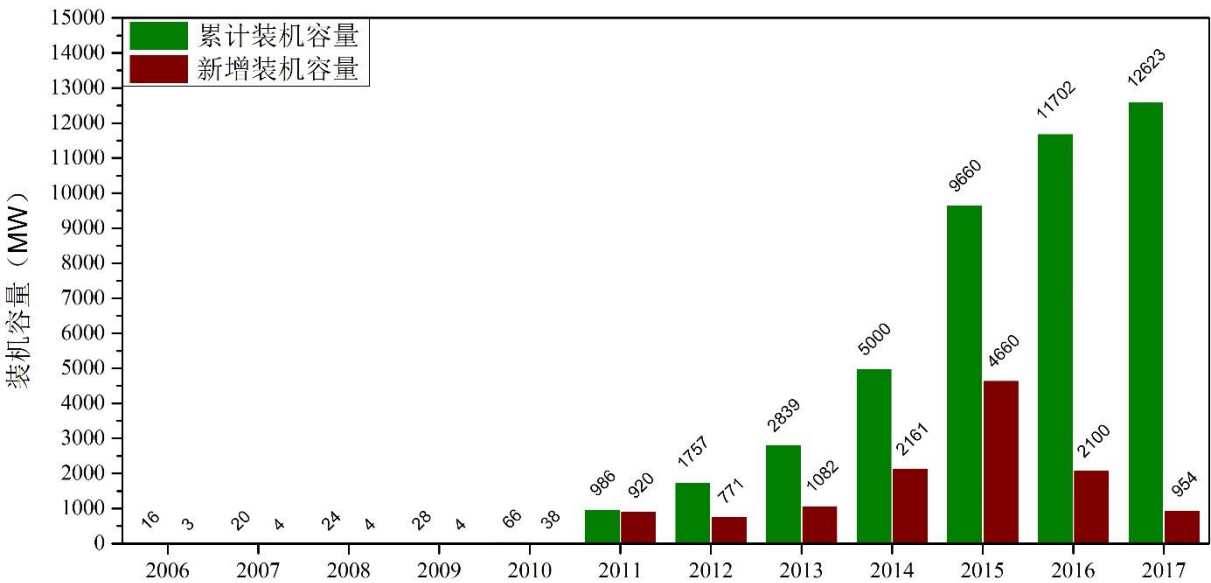


图 2-4 2006-2017 年英国光伏新增和累计装机容量

数据来源: SolarPower Europe

2.2.3 政策支持情况

(1) 宏观法律

英国通过《可再生能源责任法案》明确了各能源企业在可再生能源发展与应用领域的责任和义务。该法案要求英国电力公司提高可再生能源占其电力结构的比例。同时法案还明确了补贴的范围和力度的不同,诸如小型光伏电站将不再享受补贴。

(2) 发展规划

2009 年 6 月,英国政府可再生能源策略咨询方案(Government Renewable Energy Strategy Consultation Scenario)中要求,到 2020 年英国能源消耗的 15%来自于可再生能源,这其中电力又承担了 30%的任务。英国皇家财产局指出,英国具有商业开发价值的风电项目总量高达 48GW。在此基础上,英国政府制定了海上风电的发展计划。整个计划分为 3 轮,目前正在进行的 1、2 轮计划建设,主要在 20-30 米深的浅海地区,第 3 轮计划集中在 60 米深的海域。英国皇家财产局的数据显示,在第 1、2 轮的海上风电项目发展中,已经完成了 1.3GW 装机容量,并有 1.1GW 正在建设之中;政府已经批准再建的项目达到 2.9GW,另有 3.2GW 容量在规划中。此外,英国皇家财产局还在 2010 年 5 月批准了 7 个 1、2 轮计划中的项目额外增大装机量,增加的总量达到 1.5GW。在第三轮计划中,英国皇家财产局确定了 9 个海上区域,目前已完成的项目装机总量规划达到 32GW。而除了已经包括在第 3 轮项目中的计划,苏格兰政府和英国皇家财产局还特别对苏格兰海域进行了测风,并完成了 5.7GW 项目的招投标。

(3) 行政管理政策

非化石燃料公约。英国电力价格规制政策并不直接对可再生能源的发电补贴,而是通过实行非化石燃料公约(NFO)来促进可再生能源的发展。该公约要求英国公民必须承担消费可再生能源的义务,以风电为例,因为目前电网平均电价较低,风力发电成本一般较高,两者之间的差价通过电费加价来弥补。同时,英国 NFO 通过向化石燃料征收公共福利基金的方式,来弥补可再生能源发电增加的成本。

配额制政策。英国是欧洲实行配额制(Renewable Portfolio Standard,简称 RPS)政策的典型国家。1989 年 7 月英国颁布《电力法》,规定了一个类似 RPS 的非化石能源电力义务。1990 年实施的 NFO 则建立了投标和补贴制度。1999 年 7 月,在 NFO 基础上,制定并通过了《可再生能源义务法令》(Renewables Obligation Order),2002 年 4 月正式生效,确立了可再生能源电力义务制度,其实质是对可再生能源的开发利用实行配额制,例如规定 2003 年可再生能源电力比例达到 3%,2010-2011 年达到 11.1%,2013-2014 达到 20.6%。这一制度的主要内容还包括建

立可交易绿色证书机制、惩罚制度和工商企业用电征收大气影响税制度，对于完不成任务的供电商将要交纳最高达其营业额 10% 的罚款。

（4）电价政策

英国目前采用的是差额合约固定电价政策。差额合约固定电价，就是与发电商签订长期合同确定合同价格（类似固定电价），之后在市场交易过程中实行“多退少补”，如果市场平均电价低于合同价，则向发电商予以补贴至合同价；如果市场平均价格高于合同价，则发电商需要向消费者返还高出的部分。该合约价格可根据市场的碳交易价格制定，既增加了确定性，又防止了交易价格炒作造成的超额利润。与可再生能源义务政策相比，差价合约固定电价政策为可再生能源发电商和投资商提供了稳定、清晰、预测性强的补贴，类似传统固定电价政策。但是与传统固定电价制度相比，差价合约固定电价政策又保留了市场性的交易机制和对发电商的激励作用。如果发电商本身卖出的电价高于市场平均价格，多余部分还是可以作为额外收入。而与溢价固定电价补贴制度相比，差价合约制度又降低了政府补贴金额，节省了政府开支。此外，这种双向的补贴机制也可以保护消费者的权益，控制可再生能源电力的收费上限。表 2-4 给出了英国促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策。

表 2-4 英国促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策

政策类型	具体政策	主要内容
宏观法律	可再生能源责任法案	明确了各能源企业在可再生能源发展与应用领域的责任和义务。
发展规划	可再生能源策略咨询方案	提出了至 2020 年，分三个阶段进行的海上风电规划。
行政管理政策	非化石燃料公约	《非化石燃料公约》明确了公民消费可再生能源的义务，通过价格调整来平抑电能成本差距。
	配额制	实行配额制，对可再生能源的占比作出明确且带有时间轴的规定。
电价政策	差额合约固定电价政策	用户与发电商签订长期合同确定合同价格之后在市场交易过程中实行“多退少补”。

2.3 德国

德国是位于中欧的联邦议会共和制国家，领土面积 357167 平方公里，以温带气候为主，人口约 8110 万人，是欧盟中人口最多的国家。德国是高度发达的资本主义国家，2018 年德国国民生产总值为 4.029 万亿美元，位居欧洲第一，世界第

四。

选择德国作为典型国家的原因有以下两点：其一，德国对可再生能源的利用相对成熟，可再生能源发电的比例很高，尤其是风电的开发曾经长期处于世界领先的位置；而其光伏发电行业的规模至今仍是世界第一，这是我国未来的目标和发展方向。其二，德国与欧洲电网的紧密联系和电能输送的经验对指导我国东西部电网相连和能量输送具有一定意义。

2.3.1 风电发展情况

德国是全球最大的风电市场之一，风电设备制造业居全球领先地位。2005 年以前，德国每年新增装机容量一直居世界首位。近年来，德国风电产业发展迅速。2018 年新增装机容量 3371MW，累计装机容量为 59.3GW。2018 年德国风力发电量为 110.568TWh，能够满足全国电力需求的 20.4%。当前，世界各国都在大力提倡发展低碳经济，作为绿色新能源的风能越来越成为各国关注的目标。德国作为欧盟经济领头羊，历来重视新能源尤其是风能的开发和利用。图 2-5 给出了 2002-2018 年德国新增和累计装机容量，表 2-5 给出了德国 2018 年风电行业的关键数据。

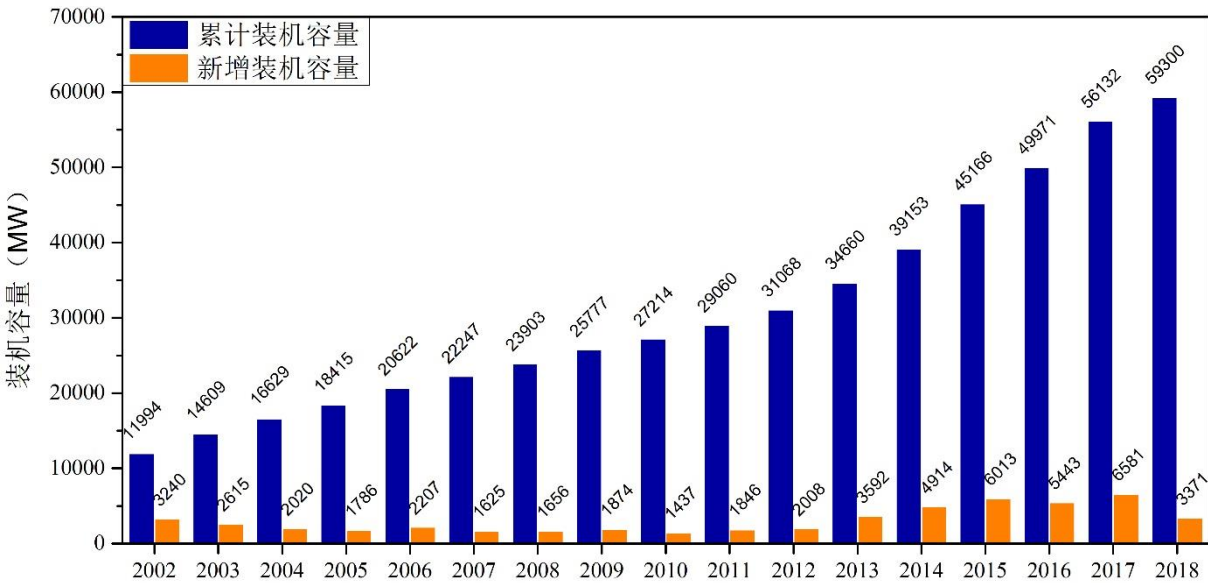


图 2-5 德国 2002-2018 年风电累计装机容量 (MW)

数据来源：WindEurope- Wind energy in Europe in 2018

表 2-5 德国 2018 年风电行业关键数据

累计装机容量	59.3GW
新增装机容量	3371MW
风力发电量	110.568TWh
风电占比	20.4%%
平均容量因数	22%（陆上） 36%（海上）

目标	可再生能源占比 2020 年达到 35%，2050 年达到 80%。水上风电装机容量 2020 年达到 6.5GW，2030 年达到 15GW。
----	--

数据来源：WindEurope- Wind energy in Europe in 2018

2.3.2 光伏发展情况

德国是全球光伏发电规模最大的国家之一，光伏已成为德国装机容量最大的电源。2018 年，德国光伏新增装机容量约为 3GW。截至 2018 年底，德国光伏发电累计装机容量为 45.4GW。2018 年度，德国光伏发电总量为 46.3 TWh，与上年相比，并网光伏发电系统的总发电量增加了 14.09%，约占全国总发电量的 8.4%。

图 2-6 给出了 2006-2018 年德国光伏累计装机容量和新增装机容量。

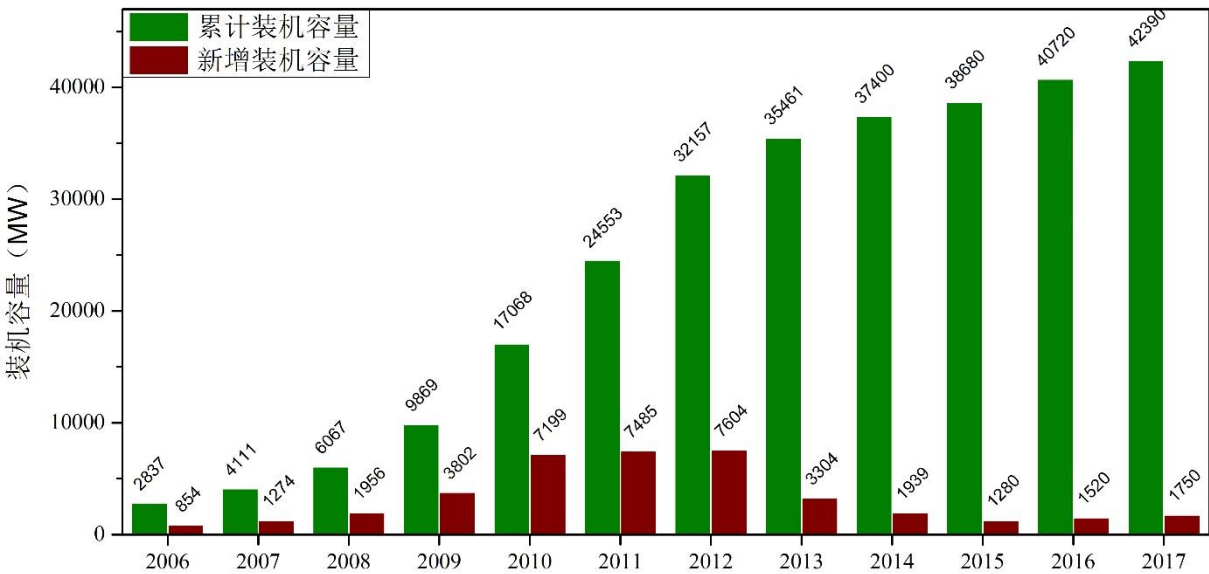


图 2-6 2006-2017 年德国光伏累计装机容量和新增装机容量 (MW)

数据来源：SolarPower Europe

2.3.3 政策支持情况

(1) 宏观法律

德国风电、光伏发电资源发展的成功与完善的新能源法律体系密不可分。1990 年起，德国开始逐步建立可再生能源的宏观法律体系。1991 年德国制定了《电力入网法》，强制要求公用电力公司购买可再生能源电力，奠定了全球可再生能源发展最为重要的强制入网原则，德国开始进入可再生能源的规模化发展阶段。2000 年德国正式颁布《可再生能源法》(EEG)，其核心是建立可再生能源发电的固定上网电价(Feed-in tariff)制度，对推动风电、光伏等可再生能源的发展发挥了决定性的作用。如今 EEG 已成为其他国家制定相关法律法规的重要参考。随后，德国于 2004 年、2009 年和 2012 年对 EEG 进行了三次修订。2014 年 6 月，德国通过了《德国可再生能源改革计划》，对目前的可再生能源体系进行了较大幅度的改革。改革后

的可再生能源法案被称为 EEG2.0，该法案以法律形式全面阐明了德国发展可再生能源的目的和中长期发展目标；对利益相关方在可再生能源电力并网、收购、传输、配送等环节的权利和义务进行了详细明确的规定；对不同技术类型可再生能源电力的上网电价进行了分类细致的规定；对可再生能源发电的平衡方案、各利益相关方的信息通报和公开义务、可再生能源的发展追踪等也进行了具体规定。此外，该法案还进一步降低了德国对清洁能源的补贴力度，预期到 2017 年将采用竞价交易的方式。

（2）发展规划

2011 年，德国提出了能源转型计划。该计划指出，德国将逐步全面放弃核电，到 2020 年实现可再生能源在能源消费中的比例占到 35%，到 2030 年达到 50%，2040 年达到 65%，2050 年则超过 80%。结合德国实际能耗结构，德国为完成这一计划需要通过绿色技术替代四分之三以上的传统能源，图 2-7 为德国可再生能源占比发展规划图。

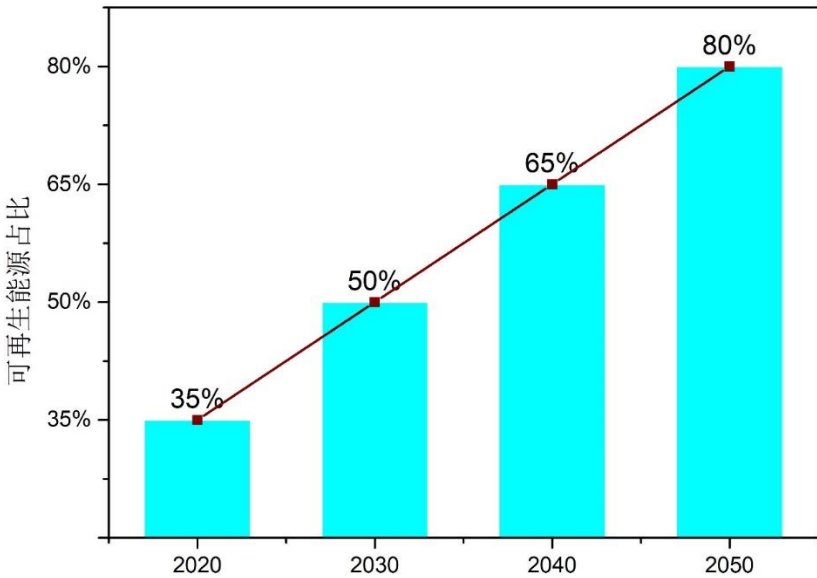


图 2-7 德国可再生能源占比发展规划图

数据来源：德国可再生能源法-2012

（3）行政管理政策

强制上网政策。EEG 规定包括风电、光伏发电在内的可再生能源可以无条件就近上网。电网企业有义务提供技术上的保证，并优先使用风电和光伏等可再生能源生产的电力。同时距离发电企业最近的电网企业有义务以合理的费用及时将电网升级，以提供满足技术要求的电网。

全国平衡政策。电网企业有义务记录它们的清洁能源购电量和所做出的补偿，并且在电网企业之间自行平衡。所有对终端用户供电的电力公司都应该按照全国统一的配额购买清洁能源电力，并向电网企业支付补偿。

（4）财税政策

投资补贴政策。开发商可向地方政府申请总投资的 20%-45% 的投资补贴，经济部下属的德国政策银行可以为销售额低于 5 亿马克的中小风电场提供高达总投资额 80% 的融资，所有风电项目可得到德国复兴银行和 DTA 银行的低息贷款。《可再生能源法》修订后，规定制造商在发展中开发风力发电，最多可获得装备出口价格 70% 的出口信贷补贴。风力发电按风电场装机的风机容量的大小和叶轮面积给予投资商财政补贴。

生产补贴政策。德国从 1989 年开始就按电量给予税收返还性质的补贴，以支持风电示范项目；1991 年开始对风电上网提供 0.06 马克/kWh 的补贴。对于规模达到 100MW 的风电场，政府将为其提供税收返还补贴，后来受补贴风电场的规模扩大到 250MW。

销售促进政策。1991 年《供电法》规定，电力公司要全部收购可再生能源所发电量，并且执行固定电价政策，其标准上网电价为 90% 的平均销售电价，差价由当地电网承担。2000 年通过的《可再生能源法》授权生产商能够将其风能电站并入邻近的电网，其生产的电力可出售给该电网；电网运营商依照《可再生能源法》所规定的保护价向生产商购电。

消费鼓励政策。德国主要是实行生态税政策来鼓励风电、光伏发电等可再生能源电能的使用，包括对矿物能源在征收销售税外又加征收生态税，对风能、太阳能等可再生能源发电免征生态税，针对不同能源产品和行业实行差别税率，对一些低赢利的环保行业给予税收优惠等。

（5）电价政策

1990 年，德国强制购电法(Feed-in-Tariff)规定：电力公司必须让风电接入电网，并以固定价格收购其全部电量；以当地电力公司销售价格的 90% 作为风电上网价格；风电上网价格与常规发电技术的成本差价由当地电网承担。到 2000 年，强制购电法的原则在新的《可再生能源法》中进一步确立。随后，为推动清洁能源发展，包括光伏发电在内的各类清洁能源都开始执行强制固定上网电价并延续至今。而为了配合德国的可再生能源发展战略，德国政府预计将在 2017 年前取消对清洁能源的上网电价补贴，转而使用议价上网的方式开展交易。表 2-6 给出了德国促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策。

表 2-6 德国促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策

政策类型	具体政策	主要内容
宏观法律	可再生能源法案	对可再生能源发展的规划和相关扶持补贴政策都做了详细规定。
发展规划	能源转型计划	对 2050 年的清洁能源占比做了规划。
行政管理政策	强制上网政策	风电、光伏电能无条件就近上网，电网企业必须优先使用并提供符合技术条件的

财税政策	电网	
	全国平衡政策	全国的电网企业记录各自购买的清洁电能和所支付的补贴并在全国范围内分摊
	投资补贴政策	根据项目规格提供投融资补贴
	生产补贴政策	按电量给予税收返还性质的补贴
	销售促进政策	就近并网、固定电价等
电价政策	消费鼓励政策	以差别征税的形式平衡电价
	固定上网电价	目前执行强制固定上网电价补贴。预计 2017 年改用议价上网方式。

2.4 西班牙

西班牙地处欧洲与非洲的交界，总面积 505925km²，是欧洲高山国家之一。西班牙是欧洲传统发达国家，拥有市场经济，是欧元区第四大经济体。2018 年西班牙国民生产总值为 14370.47 亿美元，排名欧洲第六，世界第十三。

选择西班牙作为典型国家的原因有以下两点：其一，在西班牙的能源结构中，以风电和光伏发电为代表的可再生能源占比高达 42.4%。此外，西班牙是世界上第一个以风电为主要电力来源的国家，该国风电近十年来的高速发展势头与我国的情况有相似之处。研究该国对风电资源的消纳情况和相关措施对解决我国目前风电消纳能力不足的问题具有一定的参考价值。其二，西班牙政府于 2012 年取消了对可再生能源的补贴，这与我国未来发展可再生能源的总体思路较为接近，因而具有较大的参考价值。

2.4.1 风电发展情况

由欧洲风能协会（European Wind Energy Association，EWEA）发布的 2018 年欧洲风电装机统计显示，2018 年西班牙风电新增装机容量 714MW，累计装机容量为 23GW。2018 年风力发电 54.54TWh，相当于 19.8% 的年电力需求，是西班牙电力系统中第三大电力来源。

图 2-8 给出了 2018 年西班牙的电力供应占比。

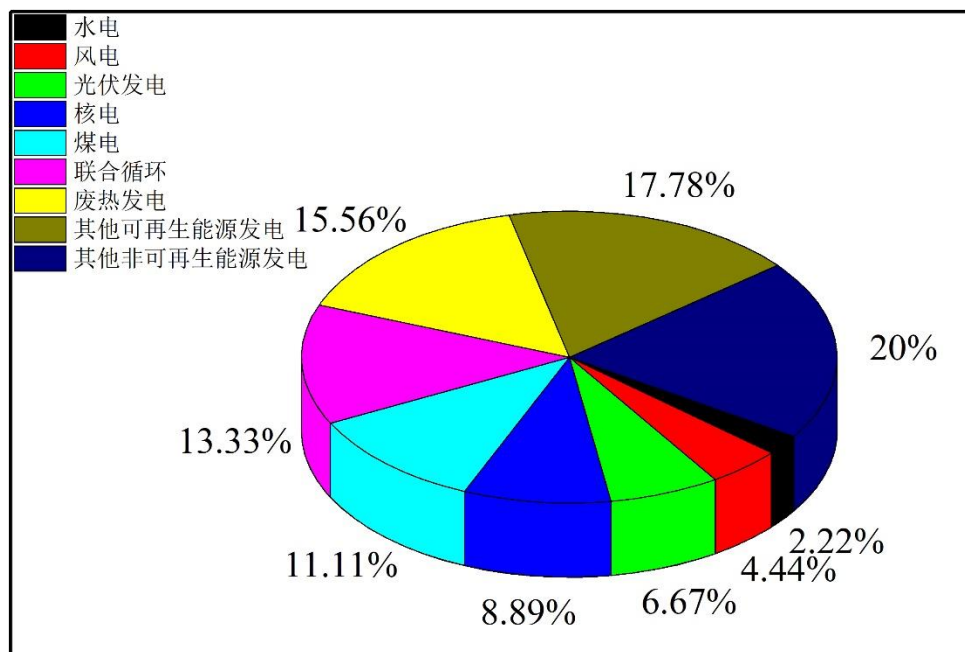


图 2-8 2018 年西班牙电力供应来源占比

数据来源：WindEurope- Wind energy in Europe in 2018

图 2-9 给出了 2003-2018 年西班牙风电的累计装机容量和新增装机容量。表 2-7 总结了 2018 年西班牙风电行业的关键数据。

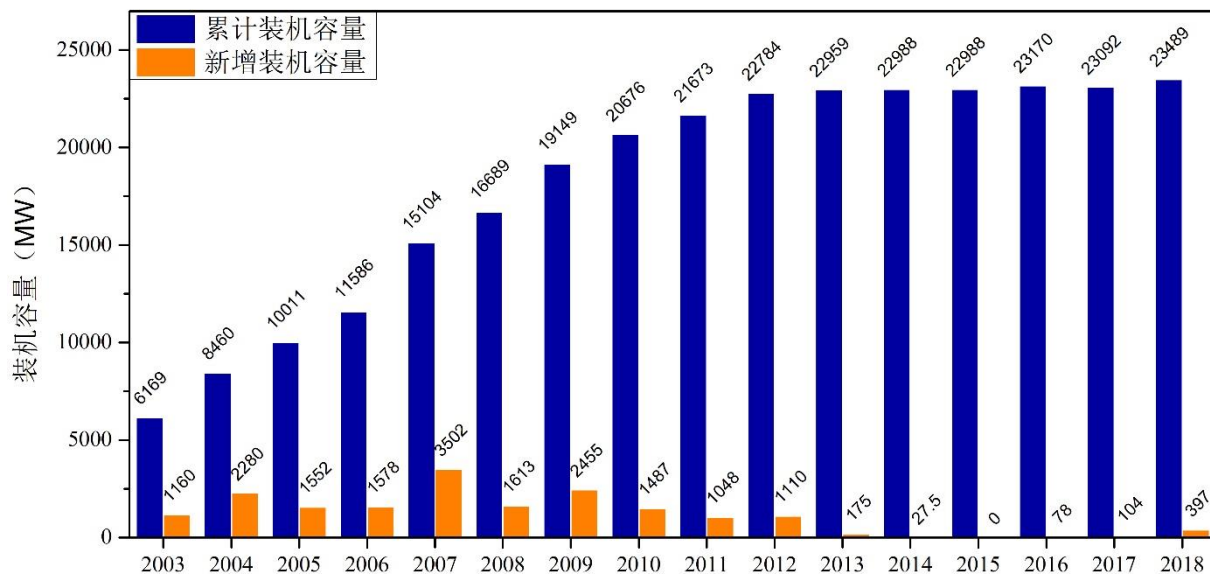


图 2-9 2002-2018 年西班牙风电的累计装机容量和新增装机容量

数据来源：WindEurope- Wind energy in Europe in 2018

表 2-7 2018 年西班牙风电行业关键数据

风电累计装机容量	23489MW
风电新增装机容量	397MW
风电总电力输出	54.54TWh

风电在全国电力需求中的占比	19.8%
平均功率系数	23.9%
目标：新版国家可再生能源行动方案	到2020年累计装机达到35000MW

数据来源：WindEurope- Wind energy in Europe in 2018

2.4.2 光伏发展情况

西班牙的大部分地区都有非常适合用太阳能进行发电的气候特征。整个西班牙南部地区冬季的平均日照辐射超过 5kWh/m²，而夏季则超过 7kWh/m²。年日照平均小时数在 2200 至 2800 小时之间。在没有传统供电的地区，有大量的光伏太阳能电池板装置通过低温集热器来供应热水和光伏电池板。西班牙的光伏发电起步较晚，基础也较薄弱。尽管近年来其太阳能装机容量呈线性增长，但目前的太阳能发电总的装机容量不足目标的 1/3。因此，在能源规划中，太阳能对于整个能源平衡所作的贡献并不大。据西班牙太阳能协会 UNEF 登记的数据，与 2017 年相比，2018 年西班牙太阳能光伏项增长了 94%。UNEF 发布的一则消息列出了西班牙自用项目增长的主要原因，其中包括：过去 10 年，生产成本下降了 80%；欧洲可再生能源令取得的进展为自用项目搭建了“安全和稳定”的监管框架；地区政府通过工业和户用自用项目支持措施促进可再生能源发电。

2018 年底西班牙太阳能发电累计装机容量 7.13GW，全年发电 11.9TWh。数据显示，受益于政策刺激，2007、2008 年西班牙光伏装机经历了爆炸式增长，当年新增装机容量较前一年增加了几倍，均实现了超预期的增长。但 2008 为光伏补贴政策不设上限的最后一年，2009 年的安装补助上限（Cap）为 300MW，后来调整为 500MW。此后，西班牙政府因为过高的光伏补贴出现了较大的财政赤字，为了应对财政危机，西班牙当局不断下调光伏发电的补贴，同时限建太阳能电站，这使得西班牙光伏行业在近年的发展持续低迷。图 2-10 为 2006-2018 年西班牙光伏光伏累计装机容量和新增装机容量。

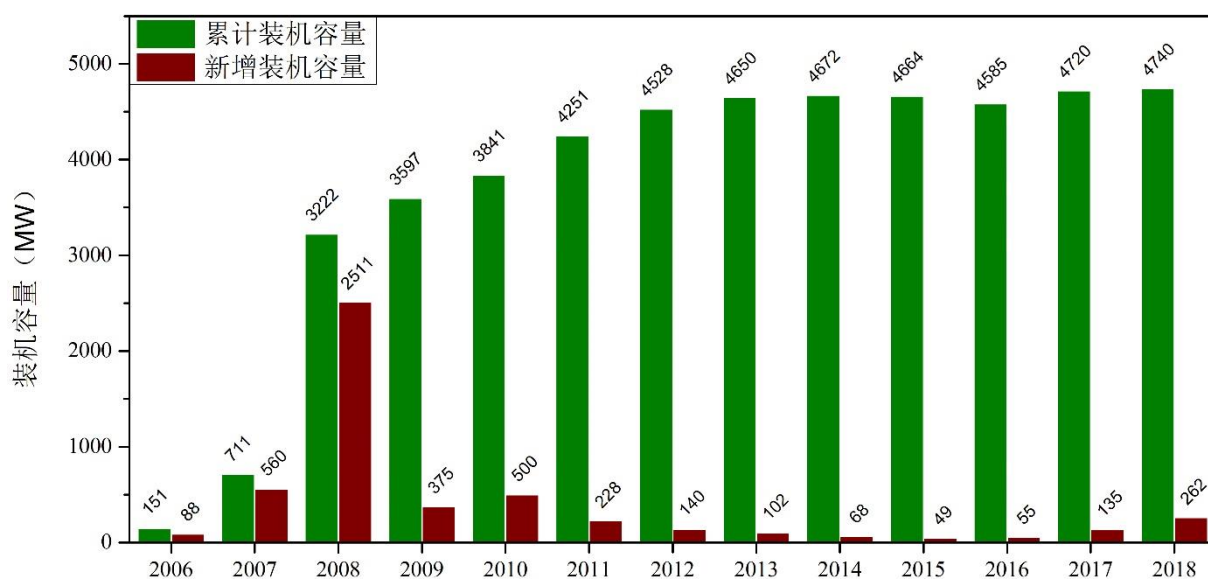


图 2-10 2006-2018 年西班牙光伏光伏累计装机容量和新增装机容量 (MW)

数据来源: SolarPower Europe

2.4.3 政策支持情况

(1) 宏观法律

西班牙是通过立法方式来明确规定能源政策的国家之一，同时也是最早建立全国电力市场的几个国家之一。1997 年，西班牙通过电力法案明确规定建立自由交易的电力市场，并通过电力体制改革使发电公司和供电公司私有化，建立国家电力库系统，所有发电企业向电力库系统售电，所有供电企业向电力库系统购电，成立国家电力监管委员会来负责电力市场的监管。在该电力法中专门针对风电和光伏发电做了详细具体的规定，主要内容有以下几个方面：

一是对法律的应用范围进行界定，规定装机容量在 50MW 以下的风电和光伏发电系统适用于电力法；二是保证风电和光伏电力并网；三是规定风电和光伏发电企业直接向国家电力库售电，不参与电力竞价；四是对风电和光伏发电实行特殊电价，保护了发电投资商的利益。

之后电力法经历了多次修订和完善，最终确立并形成了较为完善的溢价电价机制，风电、光伏的发展效果明显。以风电为例，20 世纪 90 年代中期西班牙的风机产业刚刚起步，应用规模不大，在政策支持下几年的时间里产业和技术应用都排在世界前列。

(2) 发展规划

西班牙风电发展规划目标明确，且得到了严格执行。2005 年，西班牙政府批准了《可再生能源规划》，确定 2010 年风电发展目标为装机容量 2016 万千瓦，发电量 455 亿 kWh。按照 2009 年 11 月公布的风电投产计划表，2010-2013 年每年新

投产风电装机容量为 170 万千瓦，实际情况与规划目标非常接近。目前西班牙的风电规划的目标为到 2020 年累计装机达到 35000MW。

（3）行政管理政策

建立了风电功率预测考核机制，应用了先进的风力预测技术。西班牙《电力法》规定，风电场必须对其发电量做出预测，并上报电网公司。当预测与实际所发电量相差超过 20% 时，风电场要向电网公司缴纳罚款，相差越大则罚款数目也越大。在相关风电上网政策的推动下，西班牙在风资源短期预测、风机出力短期预测等领域开展了大量研究，加强历史数据积累，不断完善风电功率预测模型，预测精度明显提升。目前，已经能够将 48 小时内的预测误差控制在 30% 以内（平均误差不超过 20%）、24 小时内的预测误差控制在 15% 以内（平均误差不超过 10%），在该领域处于世界领先地位。短期风电功率预测技术已在西班牙风电场和电力系统调度中心得到广泛应用，为大规模风电并网提供了有力支撑。

制定了严格的风电并网标准促进风电技术进步。西班牙充分考虑电网稳定运行对风电的要求，研究制定了严格的风电并网技术标准并强制执行，促使风机制造企业提高技术能力，确保电网在风电大规模接入后保持安全稳定运行。西班牙的风电并网技术标准不仅要求新装风机采用新技术和新控制系统，同时要求风电场必须为老旧风机更换新的控制系统，以满足并网技术要求从而保证风电场继续获得收益。相关标准的施行，有效促进了风机制造企业的技术进步，尤其是显著提高了风机控制系统的技术水平，提高了电网对并网风机的管控能力。

对风电、光伏等可再生能源产品采取强制收购制度。该制度要求垄断性能源企业，主要是电网企业，必须按照国家规定的价格或价格计算规则，收购可再生能源产品。西班牙的部分省市采取强制使用制度，强制要求开发商在新建和既有建筑上安装太阳能热水器。在市场开拓方面，西班牙在其风力发电设备制造业发展的初期，均要求电力公司每年必须安装一定数量的风力发电机，支持设备制造企业迅速形成规模化生产能力。

设置了专门的国家可再生能源管理机构，统一组织和协调国家的可再生能源技术的研发和产业化推进。

（4）财税政策

西班牙的相关财税政策的主要形式是退税，35/2006 号法令规定了针对光伏企业的退税政策，给出了等差递减的退税率，其中 2008 年至 2010 年退税比例依次为 6%、4% 和 2%，结合各年度企业光伏系统发电所获利润进行退税。不过根据西班牙的新能源法案，从 2013 年起光伏发电商就要在获得 FIT 补贴的基础上按照电力收入缴纳 7% 的能源税，这意味着光伏补贴的进一步削减。西班牙的税收激励政策逐渐从正向变为负向，财税扶持表现从紧。

（5）电价政策

西班牙 1997 年实施的《电力法》规定，风电首次实行了上网电价制度，该制度于 2004、2006 及 2007 年进行修订。规定风电电价实行“双轨制”，即固定电价和溢价机制相结合的方式，发电企业可以在两种方式中任选一种作为确定电价的方式，但只能在上一年年底选择一次，持续一年。固定电价方式为电力平均参考销售电价的 90%，电网企业须按此价格水平收购风电，超过平均上网价格部分由国家补贴。溢价方式为风电企业需按照电力市场竞争规则与其他电力一样竞价上网，但政府额外为上网风电提供溢价（补贴电价），因此电价水平为“溢价+电力市场竞价”，风电溢价为平均参考销售电价的 50%。2005 年以后，由于全球能源价格的上涨，西班牙的电力销售电价以及电力上网价格也持续上涨，90% 以上的风电企业选择溢价方式。这种风电电价形成机制，既保证了风电企业能够获得合理收益，又减少了电网企业因收购风电带来的经济压力。然而，西班牙受债务危机的影响逐步降低并最终取消了补贴。2009 年由于出现了金融危机，西班牙不堪补贴重负，大幅降低了电价补贴水平；随着债务危机进一步深化，西班牙 2012 年停止了对新建的风电和光伏发电项目的补贴。表 2-8 给出了西班牙促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策。

表 2-8 西班牙促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策

政策类型	具体政策	主要内容
宏观法律	电力法、皇家法案	建立了全国性自由交易的电力市场
发展规划	可再生能源规划	详细制定了风电和光伏发电到 2020 年的发展规划
行政管理政策	设立国家可再生能源管理机构	设置专门的机构部门统一组织和协调国家的可再生能源技术的研发和产业化推进。
	风电功率预测考核机制	应用先进的风电预测技术以保障风电上网消纳。
	风电并网标准	制定严格的风电并网标准，以提高风电质量，有利于电网接纳风电。
	强制收购制度	电网企业强制按国家定价收购风电、光伏电能
财税政策	退税	减免光伏企业赋税，近年来逐步收紧
电价政策	风电电价双轨制	风电电价由固定电价和溢价机制相结合，发电企业可自主选择下一年的计价方式。

2.5 丹麦

丹麦位于欧洲北部日德兰半岛上及附近岛屿，有 500 多万人口、4.3 万平方公里面积，工农业高度发达。2018 年丹麦的 GDP 为 3546.83 亿美元，位居欧洲十二位，世界第三十六位。20 世纪 70 年代的世界石油危机促使一直依赖石油作为唯一能源的丹麦推行能源多样化政策，积极开发生物质能、风能和太阳能等可再生能源。由于大力调整能源结构，丹麦引发的温室气体排放不仅没有增加，反而下降了 30%。

选择丹麦作为典型国家的原因有两方面：其一，丹麦作为世界上最早开发风能的国家之一，如今已发展成为风电大国，2018 年丹麦的风电发电量占总发电量的 42%，这一数据为全球第一。其二，丹麦政府近年通过激励政策促进了国内光伏发电行业的发展。总的来说，虽然丹麦的经济并不非常发达，但是该国对于可再生能源的利用在技术和政策两个层面都较为成熟，值得我国借鉴^[4]。

2.5.1 风电发展情况

丹麦是全球名副其实的风电大国，作为最早开发风电的欧洲国家之一，丹麦的风电发展取得了极大的成就，目前丹麦的风电行业已趋于稳定成熟，整体规模处于小幅稳定增长状态。2018 年，丹麦新投运风电装机容量为 220MW。截至 2018 年底，丹麦风电累计装机容量已经达到 5758MW。2018 年，丹麦的风电在电力消费中的占比已经达到 41%，位列世界第一。图 2-11 给出了 2002-2018 年丹麦风电新增与累计装机容量。表 2-9 总结了 2018 年丹麦风电行业的关键数据。

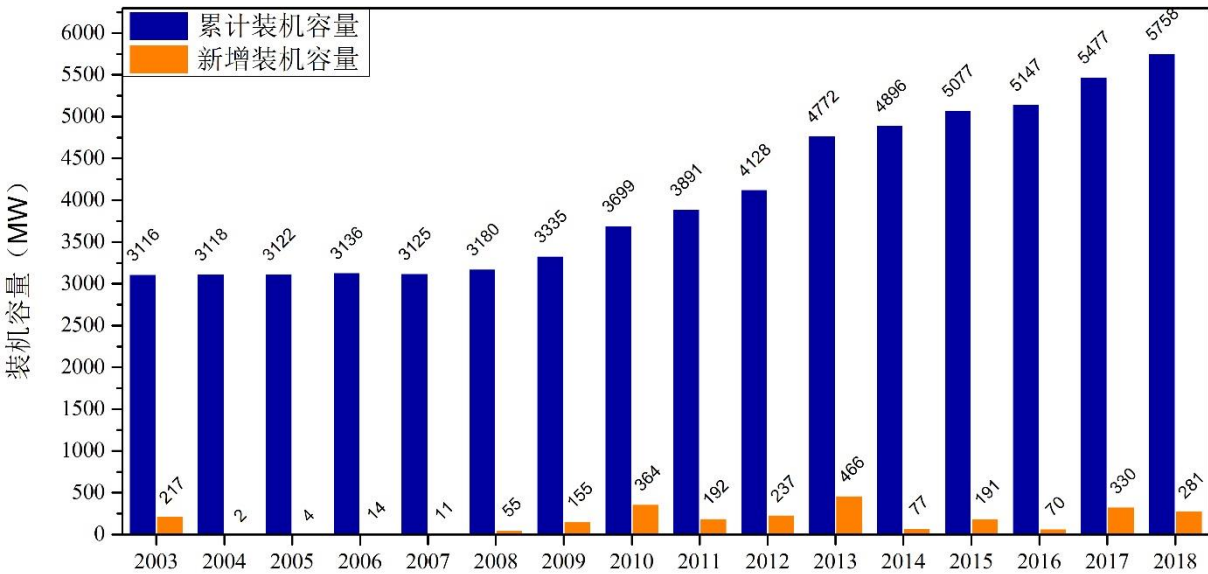


图 2-11 2003-2018 年丹麦风电新增与累计装机容量 (MW)

数据来源：WindEurope- Wind energy in Europe in 2018

表 2-9 2018 年丹麦风电行业的关键数据

累计装机容量	5758MW
新增装机容量	281MW
风力发电量	14.1TWh
风电占比	41 %
平均容量因数	32.6%
目标	2020 年风电占比达到 50%，其中海上风电占比达到 1000MW

数据来源：WindEurope- Wind energy in Europe in 2018

2.5.2 光伏发展情况

由于太阳能资源并不丰富，所以丹麦的太阳能光伏前期发展缓慢，2012 年，丹麦政府对太阳能光伏出台了优惠的激励政策，使得丹麦太阳能光伏市场在 2012 和 2013 年快速增长。2012 年的增长尤为突出，累计安装量从 2011 年的 16MW 猛增到 2012 年的 376MW，年发电量达到 338GWh，2013 年丹麦太阳能光伏安装量又快速增长到 530MW，年发电量达到 490GWh。2012 年起，丹麦政府开始削减光伏电价补贴，使得丹麦的光伏发电产业增速趋于平缓，2015 年丹麦太阳能光伏累计装机容量达到 789MW，新增装机容量 183MW，2015 年，丹麦太阳能光伏发电满足了全国约 2.5% 的用电需求。2018 年丹麦太阳能光伏安装量为 91MW。

2.5.3 政策支持情况

（1）发展规划

石油危机之后，丹麦逐步形成了可持续发展的能源政策体系。20 世纪 70、80 年代，制定了第一和第二个能源计划，重点推动节能和可再生能源发展。2007 年提出国家能源战略计划，致力于推动绿色能源体系发展。2010 年 6 月，丹麦政府颁布了《国家可再生能源行动计划》，明确制定了未来可再生能源的发展目标：到 2020 年，39.8% 供热和制冷用能、51.9% 的电力需求、10.1% 的交通用能要来自可再生能源。

2011 年 2 月，丹麦政府出台了《能源战略 2050》，提出到 2050 年完全摆脱对化石能源依赖的宏伟战略，这是世界上第一个提出完全不需要化石能源发展的国家战略。2020 年的阶段性目标是化石能源消耗量在 2009 年的基础上减少 33%，可再生能源消费比重提高到 33%，温室气体排放在 1990 年的基础上降低 30%。

2012 年 3 月，丹麦政府公布了《丹麦能源政策协议》，提出了近阶段的发展目标：到 2020 年实现能源消费总量在 2010 年的基础上减少 7.6%，温室气体排放与 1990 年相比减少 34%，可再生能源比重达到 35%，其中风电占丹麦电力消费总量达到 50%。

（2）行政管理政策

风电强制上网政策。该政策要求电力公司支付部分并网成本，实行风电优先并网和对上网电价进行补贴等。丹麦在 2003 年之前根据不同可再生能源生产者类型给予不同的补贴金额，公用事业风电企业获得的产出补贴最低，而个人和民营风电企业获得的补贴额度最高。

配额制。1999 年后，丹麦建立了一个通过交易绿色电力证券的国家可再生能源配额制的新市场。可再生能源配额制确定了供电配额中可再生能源电量的标准或最小要求。

风机扩容计划。以新型和大容量的风机替代小型风机或者运行状况差的风机，并为这样的替代提供 20-40% 的补贴。为鼓励风电资源丰富的地区参与风电投资，丹麦新的可再生能源法案规定，新风电项目必须要由当地民众以合作社等形式至少持有 20% 的所有权。

（3）财税政策

丹麦是欧盟第一个真正进行绿色税收改革的国家，主要对非可再生能源实施强制性税收政策。自 1993 年丹麦通过环境税收改革的决议以来，丹麦环境税制逐渐形成了以能源税为核心，包括水、垃圾、废水、塑料袋等 16 种税收的环境税体制。能源税是对消费者使用的社会资源而进行税务征收的税种。消耗的资源越多，所负担的税收就越重。征绿色税的主要思想是限制居民消费进而节约自然资源。丹麦通过对石油、煤炭等化石能源征收二氧化碳税和二氧化硫税，促使消费者提高能效并促使用户向使用低碳燃料转变，减少大气中二氧化碳税和二氧化硫排放。

（4）电价政策

丹麦陆上风电场上网电价包括市场价格和固定补贴两部分，根据不同的并网时间采取差异化的补贴政策。

1999 年之前购买的风机，在规定的满负荷小时数内享受的补贴加上市场电价每度电达 0.6 丹麦克朗；超过规定的满发小时数后到风机运转满 10 年之前，享受含补贴每度电 0.43 丹麦克朗的价格。在运转 10—20 年之间，原则是补贴加上市场价格，每度电不得多于 0.36 丹麦克朗，同时，每度电还享有 2 分的平衡补贴。2000—2002 年并网的风机，在 22 000 满负荷小时数内每度电补贴加上市场电价保证以 0.43 丹麦克朗来结算。在年满 20 年前，每度电仍有 0.1 丹麦克朗的补贴，但原则是补贴加上市场价格，每度电不得多于 0.36 丹麦克朗，同时，每度电还享有 0.02 丹麦克朗的平衡补贴。2003—2004 年之间并网的风机，在年满 20 年前，每度电享有 0.1 丹麦克朗的补贴，但原则是补贴加上市场价格，每度电不得多于 0.36 丹麦克朗，同时，每度电还享有 0.02 丹麦克朗的平衡补贴。2005 年 1 月 1 日以后并网的风机，在年满 20 年前，在市场电价的基础上，享有每度电 0.1 丹麦克朗的固定

补贴，每度电有 0.02 丹麦克朗的平衡补贴。2009 年 2 月 19 日以后并网的风机，在 22000 满负荷小时数内每度电可以在市场电价的基础上再享受 0.25 丹麦克朗的补贴，同时，每度电还享有 0.02 丹麦克朗的平衡补贴。此外，在 2001 年 4 月 1 日以后为取代拆除的老风机而并网的新风机可以在其他补贴的基础上再享有每度电 0.17 丹麦克朗的补贴。废除自 1998 年以来一直补贴可再生能源发展的公共服务运营费（PSO），2016 年成立独立的能源委员会，制定相关政策以实现规划目标：2021 年 50% 的电力消费由风电提供，2050 年实现完全不使用化石燃料。表 2-10 给出了丹麦促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策。

表 2-10 丹麦促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策

政策类型	具体政策	主要内容
发展规划	丹麦能源政策协议等	对可再生能源总占比、风电占比都提出了详细的分期规划和要求。
	风电强制上网政策	要求电力公司支付部分并网成本，实行风电优先并网和对上网电价进行补贴等。
行政管理政策	配额制	建立了一个通过交易绿色电力证券的国家可再生能源配额制的新市场。可再生能源配额制确定了供电配额中可再生能源电量的标准或最小要求。
	风机扩容计划	以新型和大容量的风机替代小型风机或者运行状况差的风机，并为这样的替代提供补贴。
财税政策	绿色税收改革	对非可再生能源按照资源消耗情况进行强制征税。
电价政策	混合电价	市场价格和固定补贴两部分，根据不同的并网时间采取差异化的补贴政策。

2.6 日本

日本位于亚洲东部太平洋上，全境由本州、北海道、九州、四国 4 大岛和数百个小岛组成，面积 377801 平方公里，人口约为 1.26 亿。日本国土狭小、能源资源极度贫乏。除核能外，日本能源自给率仅为 4%，其余 90% 以上依靠进口；石油需求的 99.7%、天然气需求的 96.4% 和煤炭需求的 95.2% 依赖进口。日本经济高度发达，是全球最富裕、经济最发达和生活水平最高的国家之一。2018 年日本国民生产总值为 50706.26 亿美元，位居亚洲第二，世界第三。

选择日本作为典型国家的原因有两方面：其一，日本国土面积较小但是经济高度发达，这与我国东部沿海与江浙地区的情况类似。该国在分布式光伏领域的政策与技术发展趋势都值得我国借鉴。其二，日本与我国目前都面临着风电市场停滞、

光伏发电产能过剩的问题。通过对日本的相关国情和政策进行横向、纵向比较，有助于分析我国风电、光伏产业的发展路径并总结出一条适合我国的发展道路^[5]。

2.6.1 风电发展情况

独特的地理条件决定了日本是风电资源极为丰富的国家，但是日本在过去对风电的开发力度并不大。日本风力发电协会的资料显示，日本国内风力的最大发电能力截至 2015 年度末约为 303 万千瓦，2015 年日本风电新增装机容量 244MW。2015 年全年，日本风力发电量约为 5.233TWh，占全国发电总量的 0.55%，但到 2020 年度预计增至 1090 万千瓦，到 2030 年度增至 3620 万千瓦。图 2-12 给出了 2002-2015 年日本风电的累计和新增装机容量，表 2-11 总结了 2015 年日本风电行业的关键数据。

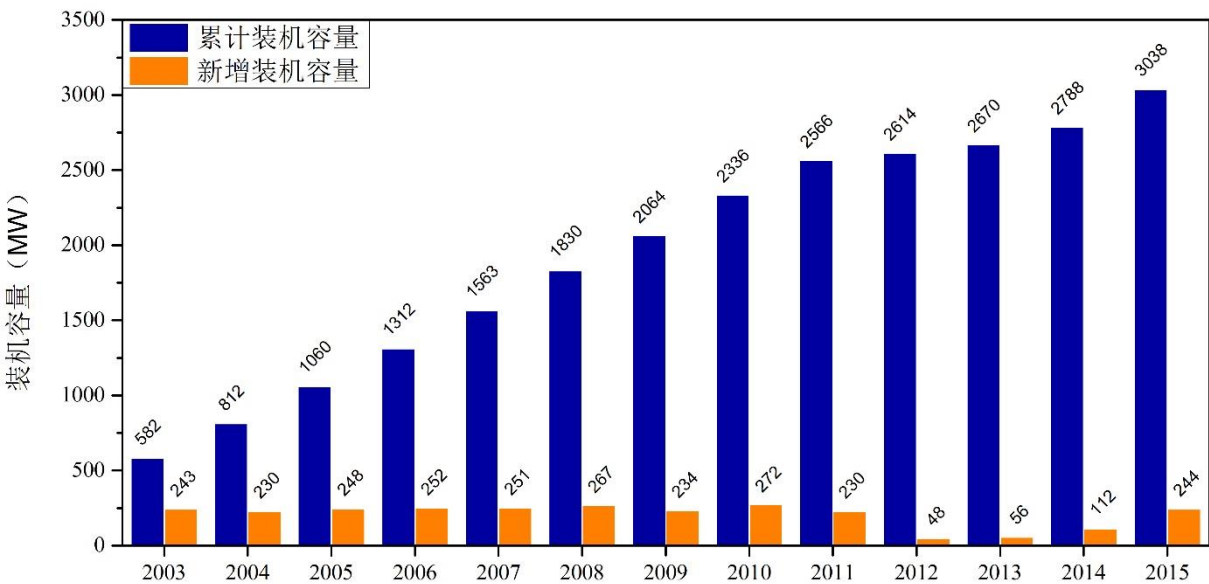


图 2-11 2002-2015 年日本风电的累计和新增装机容量 (MW)

数据来源：IEA-WIND 2015 ANNUAL COUNTRY REPORT (JAPAN)

表 2-11 2015 年日本风电行业关键数据

累计装机容量	3038MW
新增装机容量	244MW
风力发电量	5.233TWh
风电占比	0.55%
平均容量因数	21%
目标	2020 年可再生能源占比达到 17%，2050 年风电装机容量达到 50GW。

数据来源：IEA-WIND 2015ANNUAL COUNTRY REPORT (JAPAN)

2.6.2 光伏发展情况

2018 年，日本光伏新增装机容量为 6.5GW，同比下降 7.1%。截至 2018 年底，日本光伏发电累计装机容量达到 56GW。日本的光伏产业存在一定的产能过剩现象，由于光伏发电的收购价格较高，使得许多公司开始大量兴建光伏电站，电力公司不得不暂缓最新加入的光伏发电业务和项目。在可再生能源特别措施法的影响下，日本光伏未来增量有限。图 2-13 给出了 2006-2018 年日本光伏发电累计与新增装机容量。

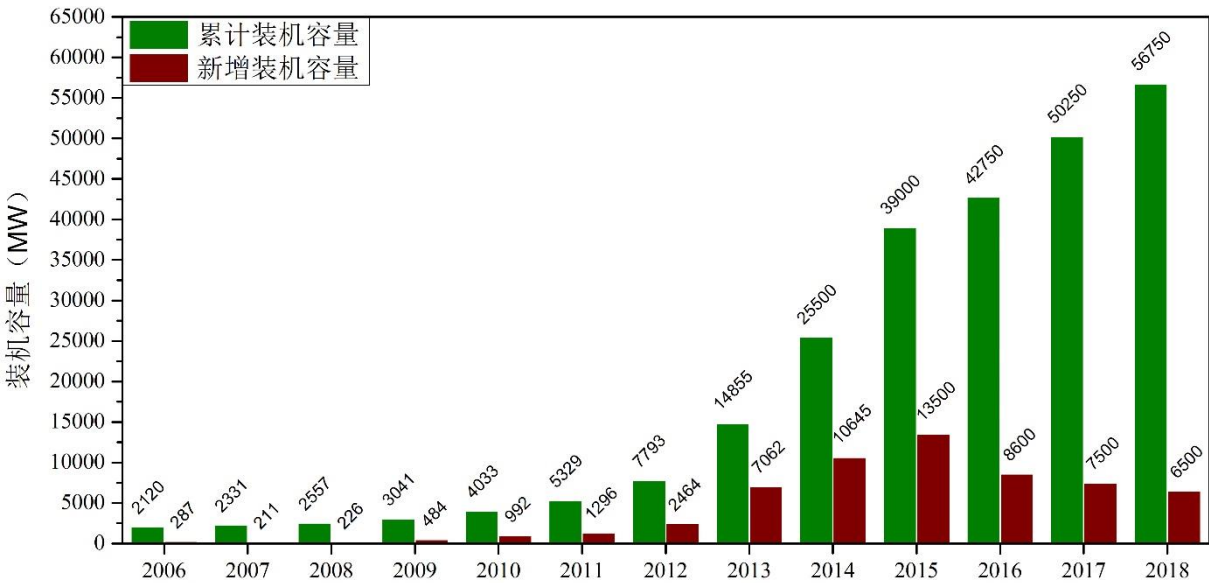


图 2-13 2006-2018 年日本光伏发电累计与新增装机容量 (MW)

数据来源：公开数据

2.6.3 政策支持情况

(1) 宏观法律

1997 年，日本出台了“关于促进新能源利用等的基本方针”，也称《新能源法》。新能源法规定，一般民用事业者、国家和地方等各自分配任务，在定出国家关于引进新能源基本方针时，认定先进的新能源利用技术，从资金方面进行支持。同时要求各省厅都要把促进新能源的利用作为重要课题，充分交换意见，相互协作，推进新能源的开发与利用。

2001 年 4 月，日本实施了《促进资源有效利用法》，也称再利用法。该法的主要内容是从过去主要促进废物再生利用扩大为通过清洁生产以促进减废和尽可能对废旧产品和零部件进行再利用

2003 年 4 月，日本开始实施《电力设施利用新能源特别措施法》，也称 RPS 法令，即可再生能源配额制政策。以法律的形式对电力销售业者每年必须利用的新能源发电量、具体配额做了明确要求，政府利用专门的电子账户对电力经营企业使

用新能源的情况进行记录和管理，对于未达标的企业，经济产业省大臣有权处以 100 万日元以下的罚款。该法令中所说的新能源发电包括风力发电、光伏发电、地热发电、生物能发电、以及其他代替石油发电的能源。

（2）发展规划

1980 年，日本颁布《替代石油能源法》，成立新能源综合开发机构（NEDO），大规模推进太阳能等可再生能源发展。1989 年，日本又出台了“环境保护技术开发计划”，主要控制温室气体排放。1993 年，日本将上述计划有机融为一体，推出到 2030 年的“能源与环境领域综合技术开发计划”，即“新阳光计划”，其研究经费高达 1.6 万亿日元。1994 年，日本政府公布了到 2000 年的“新能源发展大纲”，确定了太阳能发电等八大重点项目。1996 年日本政府在“新能源大纲”中，规定到 2000 年太阳能发电必须达到 400MW，2010 年将达到 4.6GW。1997 年 4 月，为了大力推进新能源开发利用，从新能源技术和资金支持等方面进行政策引导，日本制定了《促进新能源利用特别措施法》，又称《新能源法》。日本政府在扶持太阳能发电计划中，积极推动分布式太阳能市场政策，同年宣布 7 万太阳能光伏屋顶计划^[6]。

（3）财税政策

日本曾经放弃了 90 年代开始的光伏发电补贴政策，而 2009 年日本又重新对全国范围内的光伏发电项目进行投资补贴，占全部成本的 25-35%。

（4）电价政策

2003 年实施的《有关电力企业利用新能源发电的特别措施法》规定，居民太阳能发电设备生产的剩余电力可由各电力公司购买，实际上是固定上网电价制度（FIT）的一种表现，并计入电力公司需要达到的可再生能源发电配额，这大大提高了电力公司购买太阳能发电剩余电量的积极性。2009 年 11 月，推行家庭、学校等安装的光伏设备发电剩余电力收购新制度，电力公司收购价格为原来的 2 倍，达到 48 日元/kWh。新制度把原先的收购价格翻倍，还规定电力公司有在 10 年内收购剩余电力的义务。2010 年 6 月，日本经济产业省第二次修订的《日本战略能源计划》，提出扩大可再生能源固定电价收购制度的施用范围。2011 年 8 月 26 日，日本召开的第 177 届例行国会通过了《电力运营商开展可再生能源电力调度的特别措施法案》，将用于居民的光伏发电和用于产业的光伏、风能纳入固定电价收购制度，并于 2012 年开始实行，具体见下表。

表 2-12 2012 年 7 月 1 日日本实施的可再生能源固定电价收购政策

能源	光伏发电		风电	
采购类别	≥10KW	<10KW(住户)	≥20KW	<20KW
含税价格（日元）	42	42	23.1	57.75
不含税价格（日元）	40	42	22	55

税前内部收益率 (IRR)	6%	3.2%	8%	1.8%
收购年限	20	10	20	20

数据来源：北极星配电网

此项政策的实施使得日本国内光伏需求量增速超出预期，日本政府开始削减这一激励标准。2013 年 4 月，日本政府正式批准了将光伏上网电价削减 10% 的提议，电价收购年限没有改变，其他相关可再生能源标准未发生变化。表 2-13 给出了日本促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策。

表 2-13 日本促进风电、光伏发电资源开发利用的主要政策

政策类型	具体政策	主要内容
宏观法律	《电力设施利用新能源特别措施法》，《新能源法》等	对可再生能源发展的规划和相关扶持补贴政策都做了详细规定。
发展规划	太阳能光伏屋顶计划等	重点扶持光伏发电，分阶段进行了详细规划。
财税政策	投资补贴政策	对光伏项目进行投资补贴，占全部成本的 25%-35%。
电价政策	固定上网电价	对不同规模的风电、光伏电量给予不同程度的补贴

2017 年 4 月，修订《可再生能源特别措施法》，调整可再生能源固定价格收购制度（FIT），包括设立新认证制度（由现行的设备认证改为业务认证）：调整可实现确定数年后收购价格的定价方法；采用当认定有助于减轻电力用户负担时，可用投标方式确定收购价格的机制。

第 3 章 基于电力大数据的我国新能源产业特征研究

近年来，随着能源短缺与环境污染问题日益加剧，风电、光伏发电的开发利用已成为我国协调经济发展与环境保护的重要途径。

3.1 风电发展情况

3.1.1 风电装机现状

我国风能蕴藏量巨大，并且风能具有可再生、分布广、无污染的特性，加之近年来国家对风电发展的不断重视和相关技术的逐渐成熟，使得我国的风力发电获得了突飞猛进的发展。

（1）风电装机规模

2006-2018 年中国新增和累计风电装机容量如下图所示：

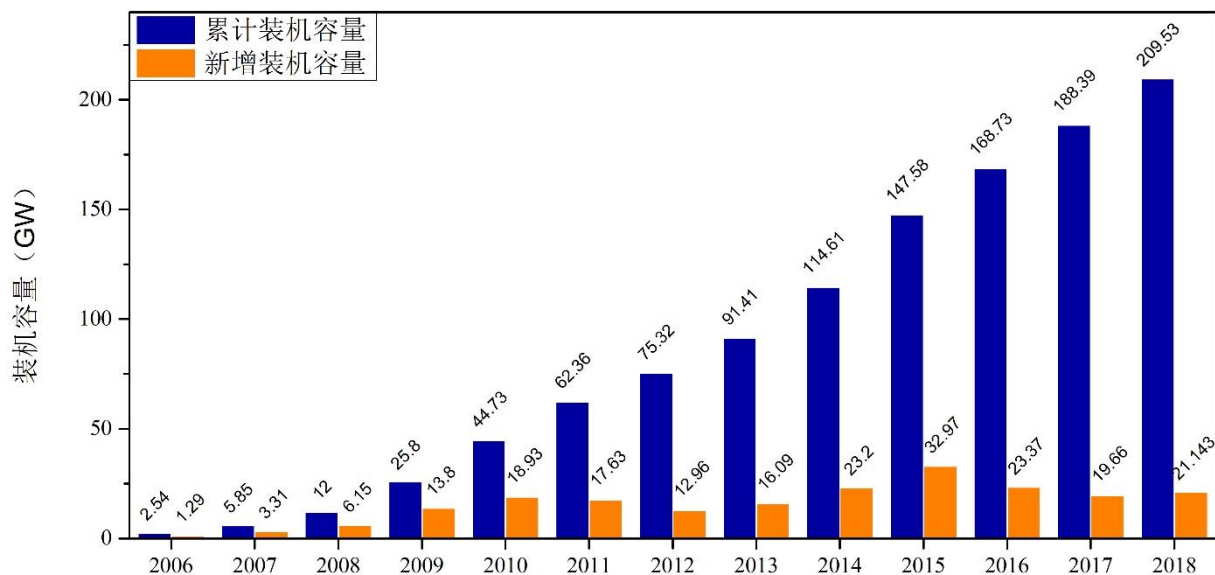


图 3-1 2006-2018 年中国新增和累计风电装机容量

数据来源：中国风能协会

在相关政策的支持下，我国风电装机规模连续实现翻番增长，超过世界发达国家。自 2006 年《可再生能源法》颁布实施以来，我国风电发展进入快车道，并于 2010 年底超越美国成为世界第一风电大国，此后全国每年投产风电 1500 万千瓦左右，继续保持全球领先地位。经过风电装机在 2016 年、2017 年连续下滑两年后，2018 年全国新增风电吊装容量止跌回升，海上风电发展提速，风电产业初步实现提质增效。2018 年，全国新增装机容量 2114.3 万千瓦，同比增长 7.5%；累计装机容量约 2.1 亿千瓦，同比增长 11.2%，保持稳定增长态势。此外，2018 年度，我国新增核准风电项目共 140 个，总容量 16880.5MW，其中海上风电项目 20 个，核准容量达 9605.5MW。

（2）海上风电发展

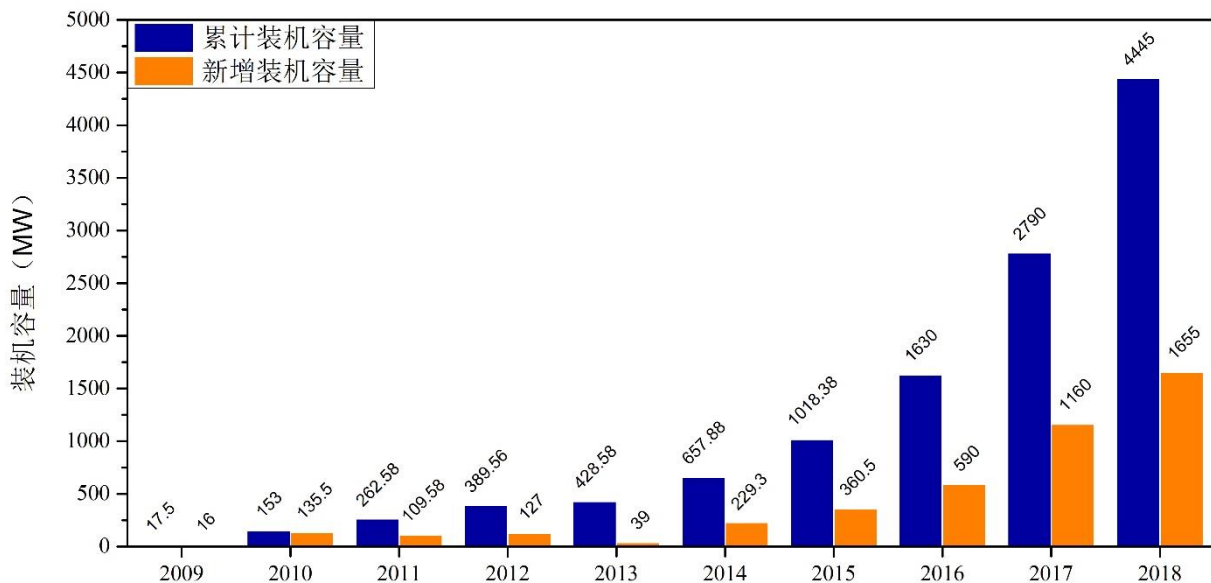


图 3-2 2009-2018 年中国海上风电新增和累计风电装机容量

数据来源：中国风能协会

我国逐渐具备发展海上风电所必需的资源条件和市场消纳能力，海上风电发展迅猛。2009 年以来，在国家能源局、国家海洋局等有关部门推动下，我国海上风电发展开始起步，经过短短几年的努力，截止 2018 年底，中国已建成的海上风电项目装机容量共计 3256MW。2018 年，中国海上风电发展提速，新增装机 436 台，新增装机容量达到 165.5 万千瓦，同比增长 42.7%；累计装机达到 444.5 万千瓦。2018 年，中国新增风电机组中，2MW 以下(不含 2MW)新增装机市场容量占比为 4.2%，2MW 风电机组装机占全国新增装机容量的 50.6%，2-3MW(不包含 3MW)新增装机占比达 31.9%，3-4MW(不包括 4MW)机组新增装机占比达到 7.1%。截至 2018 年底，中国风电累计装机中，2MW 以下(不含 2MW)累计装机容量市场占比达到 48.1%，其中，1.5MW 风电机组累计装机容量占总装机容量的 41.6%，同比上升近一个百分点。2MW 风电机组累计装机容量占比上升至 36.6%，同比上升 16.2%。截至 2018 年年底，在所有吊装的海上风电机组中，单机容量 4MW 机组最多，累计装机容量达到 234.8 万千瓦，占海上总装机容量的 52.8%；5MW 风电机组装机容量累计达到 20 万千瓦，占海上总装机容量的 4.6%；较 2017 年，新增了单机容量为 5.5MW、6.45MW、6.7MW 的机组。

3.1.2 风电产业发展现状

“十一五”以来，在《可再生能源法》和有关配套政策的推动下，我国风电产业发展已经进入了新的阶段和新的起点。

目前，随着我国风电装机总量的快速增长，风电并网愈加困难。虽然全国弃风率有所下降，但弃风限电问题仍较为严重，特别是在风能资源丰富的“三北”(东北、

华北、西北)地区普遍出现了严重的弃风现象。2018 年全国风电平均利用小时数 2095 小时, 同比增加 147 小时, 最高的地区是云南 2654 小时, 最低的地区是海南 1524 小时、青海 1524 小时, 全国风电平均弃风率 7%, 同比下降 5 个百分点。具体统计数据见下表^[8]。

表 3-1 2018 年风电并网运行统计数据

省（区、市）	累计并网容量	发电量	弃风电量	弃风率	利用小时数	各省（区、市）承诺的 2018 年弃风率控制目标
合计	18426	3660	277	7.0%	2095	
北京	19	3	-	-	1866	0%
天津	52	8	-	-	1830	0%
河北	1391	283	15.5	5.2%	2276	6.7%（冀北新能源平均）
山西	1043	212	2.4	1.1%	2196	4.2%（新能源平均）
内蒙古	2869	632	72.4	10.3%	2204	12%
辽宁	761	165	1.6	1.0%	2265	8%
吉林	514	105	7.7	6.8%	2057	--
黑龙江	598	125	5.8	4.4%	2144	--
上海	71	18	-	-	2489	0%
江苏	865	173	-	-	2216	0%
浙江	148	31	-	-	2173	0%
安徽	246	50	-	-	2150	保 10% 争 0%
福建	300	72	-	-	2587	0%
江西	225	41	-	-	1940	0%
山东	1146	214	3.0	1.4%	1971	2% 左右
河南	468	57	-	-	1746	0%
湖北	331	64	-	-	2159	确保 10% 争取 0%
湖南	348	60	-	-	2054	4%（新能源平均）
广东	357	63			1770	0%
广西	208	42			2294	0%
海南	34	5			1524	--
重庆	50	8			1968	0%
四川	253	55			2333	0%
贵州	386	68	0.8	1.1%	1821	3%
云南	857	220			2654	确保 10% 争取 0%
西藏	1	0.1			1863	--

陕西	405	72	1.6	2.2%	1959	弃电率下降 1.8%，控制在 2.2%
甘肃	1282	230	54.0	19.0%	1772	23%
青海	267	38	0.6	1.6%	1524	0%
宁夏	1011	187	4.4	2.3%	1888	--
新疆	1921	359	106.9	22.9%	1951	26%

2018 年，弃风限电状况明显缓解，全年弃风电量 277 亿千瓦时，同比减少 142 亿千瓦时，平均弃风率 7%，同比下降 5 个百分点。全国风电平均利用小时数 2095 小时，同比增加 147 小时。其中弃风率超过 8% 的地区是：新疆（弃风率 23%、弃风电量 107 亿千瓦时），甘肃（弃风率 19%、弃风电量 54 亿千瓦时），内蒙古（弃风率 10%、弃风电量 72 亿千瓦时）。三省（区）弃风电量合计 233 亿千瓦时，占全国弃风电量的 84%^[7]。

3.1.3 风电投融资现状

目前，我国风电投融资的方式主要以公司融资方式为主，分内部融资和外部融资两种。内部融资即将本公司的留存收益和折旧转化为投资的过程，而外部融资即吸收其他经济主体的资金，以转化为自己投资的过程。随着风电项目的规模日益扩大，单纯依靠内部融资很难满足公司的资金需求，于是外部融资就成为风电公司获取资金保持迅速发展的重要方式。

我国的风电融资是典型的政府引导融资模式，如下图所示。在风电融资过程中，涉及的主要利益相关者有中央政府、开发商（以国有能源企业为主）、风机制造商、地方政府、银行和资本市场等。其中，中央政府是风电融资的引导者，通过一系列的政策措施引导各利益相关方参与风电项目开发；风电开发商是项目的积极参与者，并从项目投资中获利；银行和资本市场是政策信号的接受者；地方政府是风电市场的积极参与者和推动者，它以所拥有的资源来换取当地经济的发展。

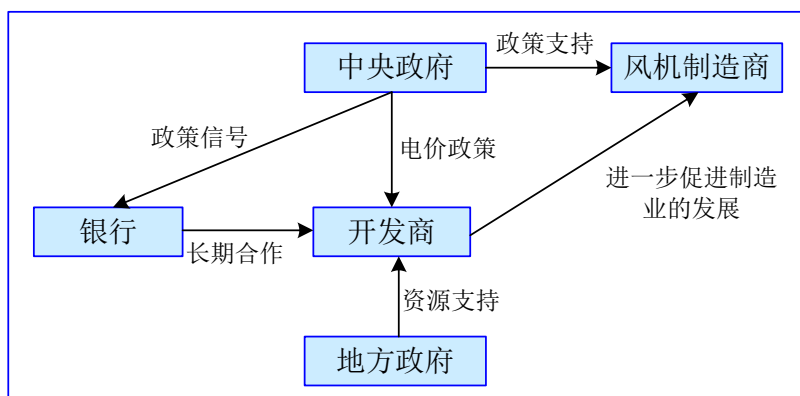


图 3-3 风电融资模型

3.2 我国光伏发电发展情况

3.2.1 光伏发电规模现状

近年来，在政府大力鼓励发展光伏发电的引导下，我国光伏发电产业整体呈现稳中向好和有序发展的局面。截至 2018 年底，我国光伏发电累计装机容量 1.74 亿千瓦，成为全球光伏发电装机容量最大的国家。其中，集中式电站 12384 万千瓦，分布式光伏 5061 万千瓦，年发电量 1775 亿千瓦时。2018 年新增装机容量 4426 万千瓦，为我国光伏制造业提供了有效的市场支撑。详情见下表。

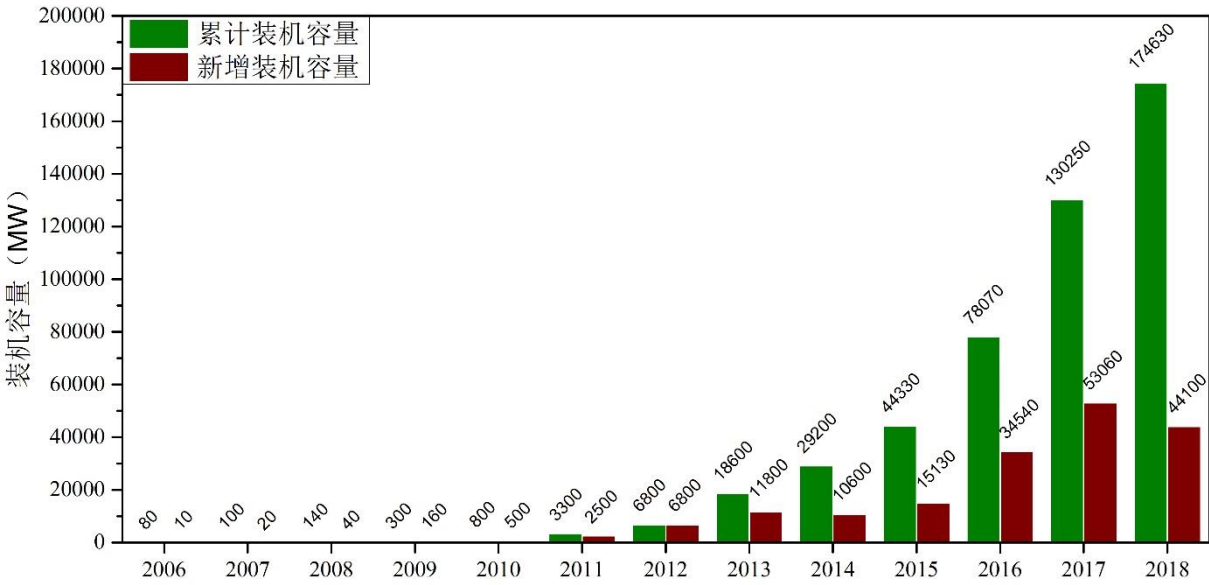


图 3-4 2006-2018 年中国新增和累计光伏装机容量

数据来源：EPIA、国家能源局

表 3-2 2018 年我国并网光伏发电装机容量

省（区、市）	累计装机容量（万千瓦）		新增装机容量（万千瓦）	
	全部	其中：光伏电站	全部	其中：光伏电站
总计	17446	12384	4426	2330
北京	40	5	15	0
天津	128	97	60	44
河北	1234	856	366	195
山西	864	681	274	151
内蒙古	945	912	202	171
辽宁	302	219	79	34
吉林	265	203	106	95
黑龙江	215	141	121	70
上海	89	6	31	4
江苏	1332	792	425	208
浙江	1138	362	324	47
安徽	1118	677	230	112
福建	148	37	55	3

江西	536	294	87	17
山东	1361	648	309	67
河南	991	600	287	70
湖北	510	335	97	32
湖南	292	126	117	41
广东	527	282	196	89
广西	124	94	55	31
海南	136	123	103	96
重庆	43	39	30	28
四川	181	167	46	41
贵州	178	168	41	33
云南	343	331	109	103
西藏	98	98	18	18
陕西	716	613	192	138
甘肃	828	779	44	13
青海	956	946	166	161
宁夏	816	762	196	174
新疆	953	952	45	44
新疆兵团	39	39	0	0

数据来源：国家能源局

截止 2018 年底，我国累计并网光伏发电装机容量排名前三的省份分别为山东 1361 万千瓦、江苏 1332 万千瓦、河北 1234 万千瓦，2018 年全国光伏发电新增装机容量排名前三的省份依次为江苏，河北，浙江，其中第一的省市为江苏省，新增装机容量达 425 万千瓦。光伏发电平均利用小时数较高的地区中，蒙西 1617 小时、蒙东 1523 小时、青海 1460 小时、四川 1439 小时。

3.2.2 光伏发电产业发展现状

光伏发电市场项目是市场运行的具体表现，我国的光伏发电市场项目主要分为两类，大型地面电站和分布式光伏电站。大型地面电站又叫集中式光伏电站，主要建在西部的戈壁荒漠地区，充分利用其土地资源和太阳能资源，通过接入电网向外输出电量；分布式光伏电站是依附建筑物的表面（如墙壁，屋顶等）建设的小型光伏电站，一般为自发自用，余下的电量也可以通过并网实现外送。

近年来，随着国家相关政策的出台，我国光伏电站建设进入了实质性的发展阶段，大型光伏电站建设提速，分布式应用示范规模化开展。截至 2018 年 11 月底，全国光伏发电装机容量达到 1.74 亿千瓦。其中，分布式光伏 5061 万千瓦。图 3-5 为 2018 年中国光伏发电装机具体情况。

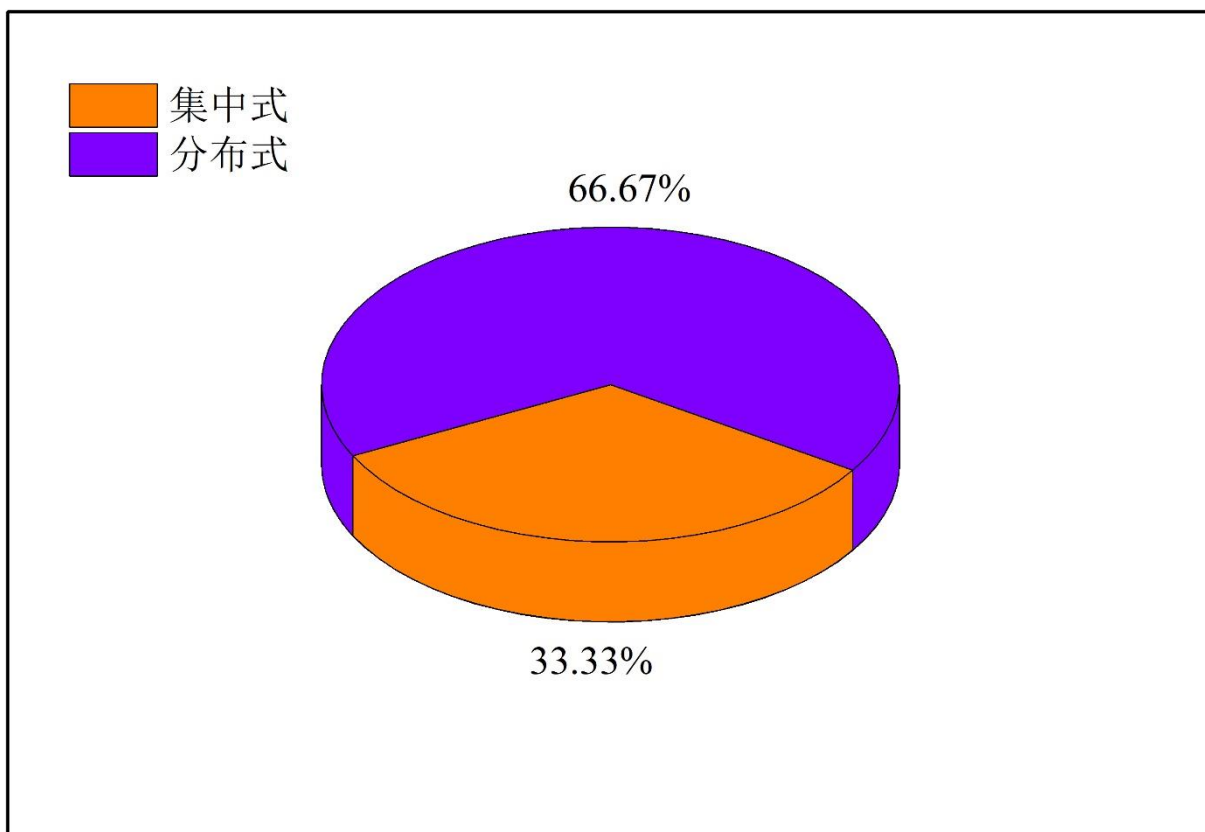


图 3-5 2018 年中国光伏发电装机明细

数据来源：中国光伏行业协会

为更好地适应市场竞争，我国光伏发电的应用模式也在不断创新。从飞机到军事设施，从汽车到农业，太阳能电池正在愈来愈紧密地与产业结合。青海龙羊峡水光互补项目实现累计并网 85 万千瓦，探索了水电和光伏电站协调运行、联合调度的创新模式；与农业相结合的光伏农业大棚、渔光互补电站逐渐成为市场热点；集合荒山荒坡治理、煤矿采空区治理和沙漠化治理的生态恢复与光伏发电建设相结合的项目不断推陈出新。

现阶段，我国光伏发电规模已得到快速发展，光伏发电市场项目也在创新中不断推进，但是总体看来我国光伏发电量的比例仍然不高，弃光现象较为严重。2018 年全国光伏发电量 1775 亿千瓦时，弃光电量 54.9 亿千瓦时，弃光率为 3%；弃光主要发生在甘肃和新疆地区，其中，甘肃弃光电量 10.3 亿千瓦时，全年平均利用小时数为 1061 小时，弃光率达 10%，新疆（不含兵团）弃光电量 21.4 亿千瓦时，全年平均利用小时数为 1042 小时，弃光率达 16%。

弃光现象的不断发生，深层次的原因在于目前我国存在电网建设与光伏电站的审批方式和建设周期不匹配、市场消纳空间有限、电力外送通道不畅等问题。从目前光伏电站的布局来看，大型光伏电站主要集中在新疆、青海等地区，多数远离电力负荷中心，且当地电网基础设施建设极度不完善，使得光伏所发之电难以输出，光伏电站难以并网，造成光伏电站的空转。在西部荒漠地带大力建设的大型光伏电站

不能实现就地消纳，也难以解决东部缺电问题。

3.2.3 光伏发电投融资现状

2018 年是中国光伏政策密集发布的一年。年内两次电价调整，领跑者项目招标，清洁能源消纳计划，分布式市场化交易试点开展，配额制三次征求意见，分布式光伏管理办法征求意见等重要政策先后发布。

我国光伏发电产业融资是典型的由制造商推动的融资，其主要特点：一是，制造商在促进光伏国内应用中起到了主要的推动作用；二是，地方政府作为光伏制造商的代言人，与制造商一起推动了国内光伏应用市场的发展；三是，中央政府是被动的主导者，由于被制造商和地方政府推动而采取了一系列措施启动和扩大国内应用市场，从而带动了光伏发电融资。

我国光伏系统的投资商以银行等大型贷款商为主，投资项目主要局限在国家扶持的较大型太阳能光伏发电项目，如“金太阳示范工程项目”，而光伏产业融资难度较大的环节主要出现在分布式光伏发电开发等中小型光伏发电项目，或未被国家列入示范工程的项目。主要存在以下三方面原因，一方面是因为光伏发电项目回收资本的形式非常单一，即只能通过贷款利息回收成本，且回收成本的周期较长，造成较大的投资风险；另一方面在于目前国内光伏发电市场还很不完善，虽然有一些节能服务公司在开始尝试做第三方融资方面的服务，但由于国内法律体系和行业结构不完善，相关企业的信用评级很低，投资商的投资信心受挫；第三方面原因是由于金融机构缺乏对分布式光伏的深入了解和认识，商业模式尚未明晰，使得资本较多处于对其持观望态度的阶段。

3.3 基于电力大数据的新能源产业特征刻画增广指标体系

3.3.1 新能源产业特征刻画指标体系

由上文对我国新能源发展情况的描述可知，目前我们主要从新能源种类、开发形式和机组类型三个维度入手，搜集新能源整体装机并网运行情况、风机/光伏组件制造商情况、新能源开发商情况、经济成本等方面数据，选取指标归纳总结新能源产业发展情况，刻画新能源产业特征。当前新能源产业特征刻画指标体系如图 3-6 和表 3-3 所示。

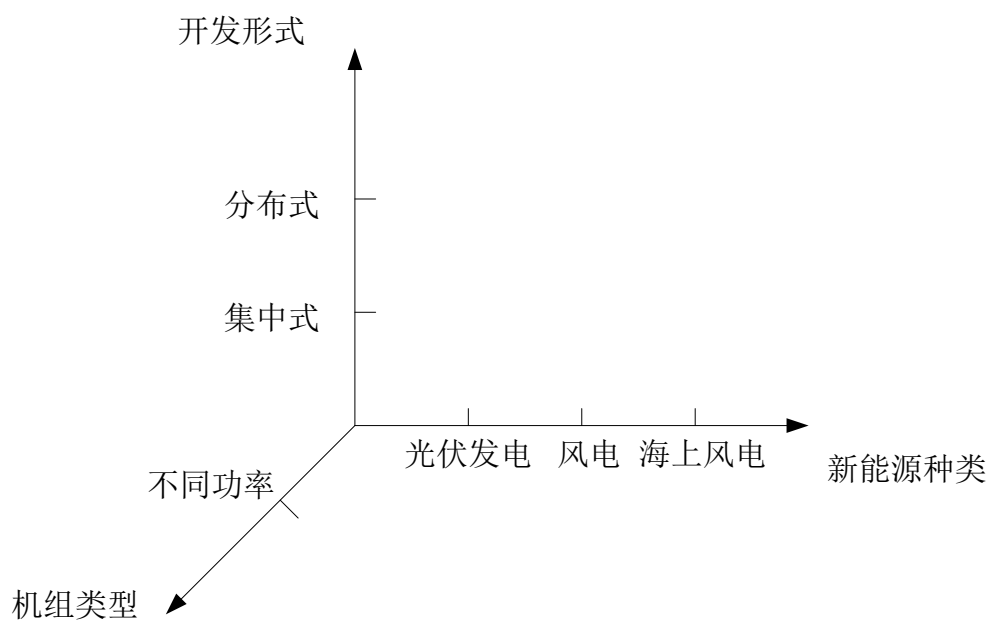


图 3-6 新能源产业特征刻画指标体系维度

表 3-3 新能源产业特征刻画指标体系

一级指标	二级指标
新能源整体装机并网运行情况	累计核准容量
	累计在建容量
	新增装机容量
	新增装机容量占比
	累计装机容量
	累计装机容量占比
	发电量
	弃风（光）率
	发电利用小时数
风机/光伏组件制造商情况	制造商数量
	主要制造商新增装机容量
	主要制造商累计装机容量
	主要制造商新增装机台数
	主要制造商累计装机台数
新能源开发商情况	主要制造商市场份额
	主要开发商新增装机容量
	主要开发商累计装机容量
经济成本	主要开发商市场份额
	风电/光伏单位电量运行成本
	风电/光伏单位电量管理成本
	风电/光伏单位容量建设成本
	风电/光伏单位容量制造成本

3.3.2 电力大数据特征

电力大数据在电力生产和使用过程中产生，数据来源涉及电力生产和电能使用的发电、输电、变电、配电、用电和调度各个环节。

电力大数据的特征可以概括为 3“V”、3“E”。其中 3“V”分别是体量大(Volume)、类型多(Variety)和速度快(Velocity)；3“E”分别是数据即能量(Energy)、数据即交互(Exchange)、数据即共情(Empathy)。如仅从体量特征和技术范畴来讲，电力大数据是大数据在电力行业的聚焦和子集。但电力大数据更重要的是其广义的范畴，其超越大数据普适概念中的泛在性，有着其他行业数据所无法比拟的丰富的内涵。

体量大(Volume)：智能电网和企业信息化系统建设，物联网在电网、电厂中的大量应用，电力行业在设备状态、生产调度、资源利用、客户服务等领域将产生海量的数据，这些数据量很快从 PB 增长到 EB (1EB=1000PB)，增长速度越来越快、数据量极大。

类型多(Variety)：电力大数据涉及多种类型的数据，包括结构化数据、半结构化数据和非结构化数据。随着电力行业中视频应用的不断增多，音视频等非结构化数据在电力数据中的占比进一步加大。此外，电力大数据应用过程中还存在着对行业内外能源数据、天气数据等多类型数据的大量关联分析需求，从而极大地增加了电力大数据的复杂度。

速度快(Velocity)：主要指对电力数据采集、处理、分析的速度。鉴于电力系统中业务对处理时限的要求较高，以“1 秒”为目标的实时处理是电力大数据的重要特征，这也是电力大数据与传统的事后处理型的商业智能、数据挖掘间的最大区别。

数据即能量(Energy)：电力大数据具有无磨损、无消耗、无污染、易传输的特性，并可在使用过程中不断精炼而增值，可以在保障电力用户利益的前提下，在电力系统各个环节的低耗能、可持续发展方面发挥独特而巨大的作用。

数据即交互(Exchange)：电力大数据以其与国民经济社会广泛而紧密的联系，具有无可伦比的正外部性。其价值不只局限在电力工业内部，更能体现在整个国民经济运行、社会进步以及各行各业创新发展等方方面面，而其发挥更大价值的前提和关键是电力数据同行业外数据的交互融合，以及在此基础上全方位的挖掘、分析和展现。

数据即共情(Empathy)：企业的根本目的在于创造客户，创造需求。电力大数据天然联系千家万户、厂矿企业，推动中国电力工业由“以电力生产为中心”向“以客户为中心”转变。这其中的本质就是对电力用户的终极关怀，通过对电力用户需求的充分挖掘和满足，建立情感联系，为广大电力用户提供更加优质、安全、可靠

的电力服务。

3.3.3 基于电力大数据的新能源产业特征刻画增广指标体系

通过广泛覆盖的数据采集网络和深度的数据挖掘，电力大数据可以为新能源产业特征刻画提供新的角度与更加全面、细致的数据，提高产业特征刻画的深度与精度。

（1）电力大数据可为新能源产业特征刻画提供新的角度

原有新能源产业特征刻画指标体系包括新能源整体装机并网运行情况、风机/光伏组件制造商情况、新能源开发商情况、经济成本等方面数据，电力大数据覆盖电能生产、传输、使用的各个环节，可在原有指标体系的基础上，为新能源产业刻画提供新的角度，具体包括新能源技术水平、新能源项目投融资情况和新能源机组出口情况。

（2）数据更加全面、细致

由于电力大数据体量大、类型多的特点，其可以为新能源产业特征刻画提供更加全面的、细致的数据，提高新能源产业特征刻画的深度与精度。

在新能源整体装机并网运行情况方面，国家一般只会发布全国及各省市新能源装机并网运行的整体情况，而通过电力大数据技术可以挖掘到地市级、县级甚至是各电站的新能源装机并网情况，可以更加全面地反映新能源发展的整体情况。

在新能源制造商与开发商情况方面，通过传统手段只能搜集到新能源主要制造商与开发商的基本情况，而运用电力大数据技术可以获取到各制造商与开发商的情况以及新能源制造产业与开发建设从业人员情况，全面刻画新能源制造与开发产业的发展特征。

在新能源经济成本方面，传统新能源经济成本是所有技术类型、装机规模的新能源项目的平均成本，数据较为粗略，而电力大数据可以通过收集到的大量数据，计算得出不同地区、不同功率、不同技术类型、不同装机规模的新能源建设运营成本数据，其经济成本数据精确度更高，参考价值更大。

基于电力大数据的新能源产业特征刻画增广指标体系如图 3-7 和表 3-4 所示。

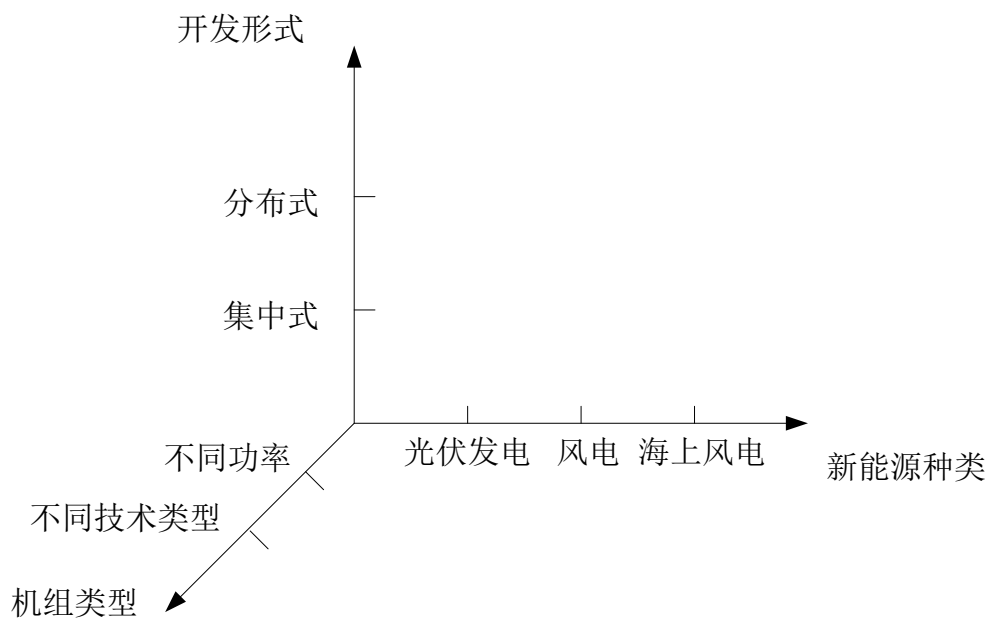


图 3-7 基于电力大数据的新能源产业特征刻画增广指标体系维度

表 3-4 基于电力大数据的新能源产业特征刻画增广指标体系

一级指标	二级指标
新能源整体装机并网运行情况	累计核准容量
	累计在建容量
	新增装机容量
	新增装机容量占比
	累计装机容量
	累计装机容量占比
	发电量
	弃风（光）率
	发电利用小时数
风机/光伏组件制造商情况	制造商数量
	各制造商新增装机容量
	各制造商累计装机容量
	各制造商新增装机台数
	各制造商累计装机台数
	各制造商市场份额
新能源开发商情况	新能源机组制造业葱从业人员情况
	各开发商新增装机容量
	各开发商累计装机容量
	各开发商市场市场份额
	新能源开发建设从业人员情况
经济成本	风电/光伏单位电量运行成本
	风电/光伏单位电量管理成本
	风电/光伏单位容量建设成本
	风电/光伏单位容量制造成本
新能源机组出口情况	各制造商出口新能源机组台数
	各制造商出口新能源机组数量
	各制造商新能源机组出口国家

新能源技术水平	不同技术类型新能源机组市场份额
新能源项目投融资情况	各银行、金融机构为新能源项目发放的贷款

第 4 章 我国新能源政策支持现状

目前在政策的支持下，我国风电、光伏发电获得了突飞猛进的发展，然而，与发达国家相比，我国弃风弃光限电问题日益突出，设备利用率不高，因此，有必要对我国新能源政策支持情况进行深入分析。本章将梳理相关支持政策，总结新能源政策实施情况，分析从而为提出发展建议与措施提供重要参考。

4.1 我国新能源政策体系

2005 年 2 月 28 日，全国人大常委会通过了《中华人民共和国可再生能源法》（简称《可再生能源法》）。2009 年 12 月 26 日，全国人大常委会表决通过了关于修改《可再生能源法》的决定。自此，我国建立了以《可再生能源法》为基础的多项基本制度，这些制度成为我国制订可再生能源政策的基础。但是，由于我国的《可再生能源法》属于框架法性质，不能直接对可再生能源开发利用产生作用，需要借助相关细则保证立法的有效实施。因此，为保证立法的顺利执行，相关部门已出台了一系列规章、政策、标准，初步形成了推动可再生能源发展的政策体系，为我国可再生能源产业的快速崛起提供了重要支撑。我国风电、光伏发电政策总结如下表所示^[9]。

表 4-1 我国风电行业政策汇总

类型	颁布时间	政策名称	主要内容
宏观法律	2006.1	《中华人民共和国可再生能源法》	国家鼓励和支持可再生能源并网发电。电网企业应当与依法取得行政许可或者报送备案的可再生能源发电企业签订并网协议，全额收购其电网覆盖范围内可再生能源并网发电项目的上网电量，并为可再生能源发电提供上网服务。
	2009.12	《可再生能源法修正案》	国家实行可再生能源发电全额保障性收购制度。电网企业应当与按照可再生能源开发利用规划建设，依法取得行政许可或者报送备案的可再生能源发电企业签订并网协议，全额收购其电网覆盖范围内符合并网技术标准的可再生能源并网发电项目的上网电量。发电企业有义务配合电网企业保障电网安全。
发展规划	2014.5	《能源行业加强大气污染防治工作方案》	将发展清洁能源和转变能源结构作为改善空气质量的重要保障，该方案提出到 2017 年全国风电装机容量达到 150GW 的目标。京津唐电网风电上网电量所占比重在 2015 年提高到 10%，2017 年提高到 15% 的消纳目标。

2014.11	《能源发展战略行动计划（2014-2020年）》	大力发展风电。重点规划建设酒泉、内蒙古西部、内蒙古东部、冀北、吉林、黑龙江、山东、哈密、江苏等9个大型现代风电基地以及配套送出工程。以南方和中东部地区为重点，大力发展分散式风电，稳步发展海上风电。到2020年，风电装机达到2亿千瓦，风电与煤电上网电价相当。
2014.12	《全国海上风电开发建设方案(2014-2016)》	总容量1053万千瓦的44个海上风电项目列入开发建设方案，这44个海上风电项目分布在天津、河北、辽宁、江苏、浙江、福建、广东、海南等省份，其中江苏省列入开发建设的项目规模最大，达到348.97万千瓦。
2015.4	《关于进一步做好可再生能源发展“十三五”规划编制工作的指导意见》	提出紧紧围绕推动能源生产和消费革命、打造中国能源升级版的战略部署，把做好可再生能源规划作为转变能源发展方式、调整能源结构的重要任务，科学提出可再生能源发展目标，明确可再生能源重大项目、重点任务、重大利用措施以及体制机制创新方案，为实现2020年非化石能源消费占比15%和2030年非化石能源消费占比20%的战略目标、推动能源生产和消费革命、促进国民经济和社会可持续发展提供重要保障。
2015.4	《国家能源局关于印发“十二五”第五批风电项目核准计划的通知》	列入“十二五”第五批风电核准计划的项目共计3400万千瓦。考虑到一季度新疆（含兵团）、吉林、辽宁等省（区）弃风限电比例增加较快，暂不安排新增项目建设规模，待上述省（区）弃风限电问题有效缓解后另行研究制定。
2016.3	《国家能源局关于下达2016年全国风电开发建设方案的通知》	2016年全国风电开发建设总规模3083万千瓦。考虑到2015年吉林、黑龙江、内蒙古、甘肃、宁夏、新疆（含兵团）等省（区）弃风限电情况，暂不安排新增项目建设规模。
2016.4	《关于建立燃煤火电机组非水可再生能源发电配额考核制度有关要求的通知》	对火电机组强制实行非水可再生能源的配额考核机制。2020年，国内所有火电企业所承担的非水可再生能源发电量配额，需占火电发电量的15%以上。
2016.11	《电力发展“十三五”规划（2016-2020年）》	提出“十三五”期间，风电新增投产0.79亿千瓦以上。规划指出到2020年底，风电累计并网装机容量确保达到2.1亿千瓦以上，其中海上风电并网装机容量达到500万千瓦以上；风电年发电量确保达到4200亿千瓦时，约占全国总发电量的6%。
2016.12	《可再生能源发展“十三五”规划》	提出要全面协调推进风电开发，到2020年底，全国风电并网装机确保达到2.1亿千瓦以上。主要任务分为四个方面：（1）加快开发中东部和南方地区风电：到2020年，中东部和南方地区陆上风电装机规模达到7000万千瓦；（2）有序建设“三北”大型风电基地：到2020年，“三北”地区风电装机规模确保1.35亿千瓦以上，其中本地消纳:新增规模约3500万千瓦。另外，利用跨省跨区通道消纳风电容量4000万千瓦（含存量项目）；（3）积极稳妥

		推进海上风电开发：到2020年，海上风电开工建设1000 万千瓦，确保建成500万千瓦；（4）切实提高风电消纳能力。
消 纳 政 策	2016.2	《国家能源局关于做好“三北”地区可再生能源消纳工作的通知》
	2016.3	《国家能源局关于建立可再生能源开发利用目标引导制度的指导意见》
	2016.3	《可再生能源发电全额保障性收购管理办法》
	2016.4	《国家发改委关于同意甘肃省、内蒙古自治区、吉林省开展可再生能源就近消纳试点方案的复函》
	2016.11	《电力发展“十三五”规划（2016-2020年）》
行 政 管 理 政 策	2013.5	《加强风电产业监测和评价体系建设的通知》
	2013.5	《关于取消和下放一批行政审批项目

	等事项的决定》	投资主管部门；企业投资330千伏及以下电压等级的交流电网工程项目，列入国家规划的非跨境、跨省(区、市)500千伏电压等级的交流电网工程项目核准权限由国家发展改革委下放到地方政府投资主管部门。
2013.8	《关于做好近期市场监管工作的通知》	加强可再生能源发电的并网消纳监管，对于弃风、弃光问题比较突出的地区，派出机构可开展约谈约访，要求电网企业采取有效举措，在更大范围内优化协调电量平衡方案，提升消纳风电、光伏发电的能力。
2014.5	《关于明确电力业务许可管理有关事项的通知》	从根本上明确了项目装机容量6MW(不含)以下的太阳能、风能等新能源发电项目豁免发电业务的电力业务许可。
2015.1	《国家能源局关于取消第二批风电项目核准计划未核准项目有关要求的通知》	自2015年1月1日起，已列入“十二五”第二批风电项目核准计划但未完成核准的项目，不再纳入核准计划管理，取消核准资格。督促各地发改委加强组织协调，落实项目建设条件，督促项目单位深化前期工作，加快落实第三、四批核准计划项目的各项要求。
2015.3	《国家能源局关于做好2015年度风电并网消纳有关工作的通知》	为促进风电产业持续健康发展，做好风电开发利用工作，提出六个要求：要高度重视风电市场消纳和有效利用工作、认真做好风电建设的前期工作、统筹做好“三北”地区风电的就地利用和外送基地的规划工作、加快中东部和南方地区风电的开发建设、积极开拓适应风能资源特点的风电消纳市场和加强风电场的建设和运行管理工作。
2015.3	《国家能源局关于改善电力运行调节促进清洁能源多发满发的指导意见》	就改善电力运行调节，促进清洁能源持续健康发展，提出四个指导意见：统筹年度电力电量平衡，积极促进清洁能源消纳；加强日常运行调节，充分运用利益补偿机制为清洁能源开拓市场空间；加强电力需求侧管理，通过移峰填谷为清洁能源多发满发创造有利条件；加强相互配合和监督管理，确保清洁能源多发满发政策落到实处。
2015.5	《国家能源局关于进一步完善风电年度开发方案管理工作的通知》	提出进一步完善风电年度开发方案管理的有关要求，包括年度开发方案含义、跨省或跨区域输送的大型风电基地开发方案制定部门、年度建设规模原则等。
2015.6	《国家能源局综合司关于开展风电清洁供暖工作的通知》	要求内蒙古、辽宁等七省发展改革委（能源局），国家电网公司、内蒙古电力公司研究探索风电清洁供暖工作，有条件开展的地区可按如下要求编制2015年度风电清洁供暖工作方案。
2016.2	《关于建立可再生能源开发利用目标引导制度的指导意见》	根据各地区可再生能源资源状况和能源消费水平，依据全国可再生能源开发利用中长期总量目标，制定各省(区、市)能源消费总量中的可再生能源比重目标和全社会用电量中的非水电可再生能源电量比重指标，并予公布。鼓励各省(区、市)能源主管部门制定本地区更高的可再生能源利用目标。
2016.5	《关于做好风电、	综合考虑电力系统消纳能力，按照各类标杆电价覆

	光伏发电全额保障性收购管理工作的通知》	盖区域，参考准许成本加合理收益，现核定了部分存在弃风、弃光问题地区规划内的风电、光伏发电最低保障收购年利用小时数。	
财税政策	2007.1	《关于落实国务院加快振兴装备制造业的若干意见有关进口税收政策的通知》	自 2008 年 1 月 1 日起，对国内企业为开发、制造 1.2MW 以上的大功率风力发电机组而进口部分关键零部件、原材料所缴纳的进口关税和进口环节增值税实行先征后退政策。对进口单机功率不小于 1.5 MW 的风电机组配套的关键零部件和原材料，免征关税和进口环节增值税。
	2008.9	《关于公布公共基础设施项目企业所得税优惠目录(2008 年版)的通知》	风电企业享受所得税三免三减半的优惠(自项目取得生产经营收入的第一个纳税年度起，前三年免征企业所得税，第四年至第六年减半征收企业所得税)。
	2008.12	《关于资源综合利用及其他产品增值税政策的通知》	对利用风力生产的电力实现的增值税实行即征即退 50%的政策。
	2015.6	《关于风力发电增值税政策的通知》	为鼓励利用风力发电，促进相关产业健康发展，自 2015 年 7 月 1 日起，对纳税人销售自产的利用风力生产的电力产品，实行增值税即征即退 50%的政策。
电价政策	2012.3	《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》	专为可再生能源发电项目接入电网系统而发生的工程投资和运行维护费用，按上网电量给予适当补助，补助标准为：50 公里以内每 kWh1 分钱，50-100 公里每 kWh2 分钱，100 公里及以上每 kWh3 分钱。
	2012.10	《关于公布可再生能源电价附加资金补助目录(第二批)的通知》	省级电网企业、地方独立电网企业根据本级电网覆盖范围内列入可再生能源电价附加资金补助目录情况，按照相关规定提出可再生能源电价附加补助资金申请。
	2012.12	《关于可再生能源电价补贴和配额交易方案(2010年10月-2011年4月)的通知》	可再生能源电价附加资金补贴范围为2010年10月-2011年4月可再生能源发电项目上网电价高于当地脱硫燃煤机组标杆上网电价的部分、公共可再生能源独立电力系统运行维护费用、可再生能源发电项目接网费用。
	2013.1	《关于公布可再生能源电价附加资金补助目录(第三批)的通知》	财政部、国家发改委、国家能源局将符合条件的第三批项目列入可再生能源电价附加资金补助目录。
	2013.8	《国家发展改革委关于调整可再生能源电价附加标准与环保电价有关事项的通知》	将向除居民生活和农业生产以外的其他用电征收的可再生能源电价附加标准由每kWh0.8分钱提高至1.5分钱。
	2014.6	《关于海上风电上网电价政策的通知》	对非招标的海上风电项目，2017年以前投运的潮间带风电项目含税上网电价为每kWh人民币0.75元，近海风电项目含税上网电价为每kWh人民币0.85元。2017年及以后投运的海上风电项目，将根据海

		上风电技术进步和项目建设成本变化,结合特许权招标投标情况另行研究制定上网电价政策。
2014.9	陆上风电调价方案	国家发改委价格司召开“陆上风电价格座谈会”,将风电四类资源区标杆电价从目前的0.51、0.54、0.58、0.61元/kWh,调整为0.47、0.5、0.54、0.59元/kWh。将福建、云南、山西三省电价由0.59元/kWh调整为0.54元/kWh;将吉林、黑龙江省电价统一调整为0.54元/kWh。上述方案只针对2015年6月30日后投产项目,此前建成的风电场仍执行原有电价。
2015.12	《关于完善陆上风电、光伏发电上网标杆电价政策的通知》	陆上风电方面,从2016—2020年,一类资源区的电价分别为0.47、0.45、0.43、0.41和0.38元/千瓦时,二类资源区电价为0.49、0.47、0.45、0.43和0.4元/千瓦时,三类资源区为0.54、0.52、0.5、0.48和0.45元/千瓦时,四类资源区为0.59、0.58、0.57、0.56和0.52元/千瓦时。
2016.9	《关于调整新能源标杆上网电价的通知(征求意见稿)》	对新能源标杆上网电价提出五个要求,包括:继续实行新能源标杆上网电价退坡机制、适当降低分布式光伏补贴标准、明确海上风电标杆上网电价、调整新建生物质发电等项目补贴方式、鼓励招标等市场化方式确定新能源电价。
2016.12	《可再生能源发展“十三五”规划》	到2020年,风电项目电价可与当地燃煤发电同平台竞争。

表 4-2 我国光伏行业政策汇总

类型	颁布时间	政策名称	主要内容
宏观法律	2006.1	《中华人民共和国可再生能源法》	国家鼓励和支持可再生能源并网发电。电网企业应当与依法取得行政许可或者报送备案的可再生能源发电企业签订并网协议,全额收购其电网覆盖范围内可再生能源并网发电项目的上网电量,并为可再生能源发电提供上网服务。
	2007.8	《可再生资源中长期发展规划》	到 2010 年中国太阳能发电达到 30 万千瓦,到 2020 年,太阳能发电达到 180 万千瓦,中国一次能源消费结构可再生能源比例将由目前的 7%提升到 16%。
	2014.9	《西部新增鼓励产业目录》	目录里标识了西部12省,其中有11省对太阳能相关项目做了说明,其中宁夏、内蒙两区规划有大型或超大型数据中心建设及运营产业。
发展规划	2015.1	《国家能源局综合司关于征求2015年光伏发电建设实施方案意见的函》	确定2015年全国新增光伏发电并网容量目标为1500万千瓦(15GW)左右,其中集中式光伏电站800万千瓦,分布式光伏700万千瓦。屋顶分布式光伏发电项目不设年度规模上限。
	2015.3	《关于转发光伏扶贫试点实施方案编制大纲的函》	要求参照完善区域内光伏扶贫试点的实施方案,有关意见或建议反馈至水电水利规划设计总院。光伏扶贫已经写入国家战略,2020年将建设3GW光伏扶贫项目,使百万贫困人口脱贫。
	2015.6	《批复同意山西大同沉陷区建设国家先进技术光伏示范基地建	山西省成为我国首个先进光伏基地,2015光伏发电建设规模1GW,总规为3GW。

		设》	
	2015.10	《关于开展可再生能源就近消纳试点的通知》	在可再生能源富集的甘肃省、内蒙古自治区率先开展可再生能源就近消纳试点，为其他地区规划内的可再生能源全额保障性收购积累经验，实现可再生能源优先调度的机制创新，努力解决弃风、弃光问题，促进可再生能源持续健康发展。
	2015.12	《关于征求太阳能利用“十三五”发展规划意见的函》	到2020年底，太阳能发电装机容量达到160GW，年发电量达到1700亿千瓦时。年度总投资额约2000亿元。其中，光伏150GW（地面80GW，分布式70GW），太阳能光热发电10GW。太阳能发电产业对我国GDP的贡献将达到10000亿元，就业人数超过200万。
	2016.3	《关于实施光伏扶贫工作的意见》	意见指出，要在2020年之前，重点在前期展开试点的、光照条件好的16个省471个县的约3.5万个建档立卡贫困村以整村推进的方式，保障200万建档立卡无劳动能力贫困户（包括残疾人）每年每户增加收入3000元以上，其他光照条件好的贫困地区可按照精准扶贫的要求因地制宜推进实施。
	2016.6	《2016年光伏发电建设实施方案的通知》	通知要求，2016年全国新增光伏电站建设规模1810万千瓦，其中普通光伏电站项目1260万千瓦，光伏领跑技术基地规模550万千瓦。
	2016.11	《电力发展“十三五”规划（2016-2020年）》	提出“十三五”期间，太阳能发电新增投产0.68亿千瓦以上。2020年，全国太阳能发电装机达到1.1亿千瓦以上，其中分布式光伏6000万千瓦以上，光热发电500万千瓦。
	2016.12	《可再生能源发展“十三五”规划》	提出要推动太阳能多元化利用，到2020年底，全国太阳能发电并网装机确保实现1.1亿千瓦以上。主要任务分为5个方面：（1）全面推进分布式光伏和“光伏+”综合利用工程；（2）有序推进大型光伏电站建设；（3）因地制宜推进太阳能热发电示范工程建设：到2020年，力争建成太阳能热发电项目500万千瓦；（4）大力推广太阳能热利用的多元化发展：到2020年，太阳能热水系统累计安装面积达到4.5亿平方米，太阳能热利用集热面积达到8亿平方米；（5）积极推进光伏扶贫工程。
消 纳 政 策	2016.2	《国家能源局关于做好“三北”地区可再生能源消纳工作的通知》	为促进华北、东北、西北地区风电、光伏发电等可再生能源消纳，充分挖掘可再生能源富集地区电能消纳潜力和电力系统辅助服务潜力，着力解决弃风、弃光问题，促进可再生能源与其他能源协调发展，满足民生供热需求，提出做好可再生能源发电直接交易工作、做好风电等可再生能源清洁供暖工作、做好深化辅助服务补偿机制相关工作、建立自备电厂电量置换机制、加强对热电联产机组调峰性能监管、按区域统筹安排发电机组旋转备用、充分挖掘设备潜力、做好可再生能源外送工作和加强自备电厂管理等九个方面的内容。
	2016.3	《国家能源局关于建立可再生能源开发利用目标引导制度的指	就建立可再生能源开发利用目标引导制度提出相关意见；同时提出了非水电可再生能源电力消纳量比重指标核算方法，包括区域社会用电量、区域非水电可再

	导意见》	生能源电力消纳量以及特殊区域。
2016.3	《可再生能源发电全额保障性收购管理办法》	电网企业(含电力调度机构)根据国家确定的上网标杆电价和保障性收购利用小时数,全额收购规划范围内的可再生能源发电项目的上网电量。
2016.4	《国家发改委关于同意甘肃省、内蒙古自治区、吉林省开展可再生能源就近消纳试点方案的复函》	提出同意甘肃省、内蒙古自治区、吉林省开展可再生能源就近消纳试点;要求三省准确把握可再生能源就近消纳试点的外延和内涵,并在积极推进市场化进程、加强组织领导和强化过程控制三方面提出了要求。
2016.11	《电力发展“十三五”规划(2016-2020年)》	提出西北地区在“十三五”期间,重点加大电力外送和可再生能源消纳能力,加快淮东、宁东、酒泉和陕北特高压直流外送通道建设;根据市场需求,积极推进新疆第三回、陇彬、青海外送通道研究论证。
2012.10	《关于做好分布式光伏发电并网服务工作的意见》(暂行)	建于用户内部场所的分布式光伏发电项目,发电量可以全部上网、全部自用或自发自用余电上网,由用户自行选择,用户不足电量由电网企业提供。上、下网电量分开结算,电价执行国家相关政策。
2012.10	《关于编制无电地区电力建设光伏独立供电工程实施方案有关要求的通知》	光伏独立供电方式解决无电问题的地区要以县为单位编制项目建设方案,明确建设目标、建设内容、技术方案、运行维护方案、项目实施进度以及保障措施等。
2012.11	《可再生能源发电工程质量监督体系方案》	国家可再生能源发电工程质量监督机构实行“总站-分站-项目站”三级管理体系。分站是总站派出机构,由总站统一规划,按省或区域合理设置。
2013.7	《国务院关于促进光伏产业健康发展的若干意见》	意见指出要积极开拓光伏应用市场,加快产业结构调整和技术进步,规范产业发展秩序,完善并网管理和
2014.2	《关于加强光伏产品检测认证工作的实施意见》	服务,完善支持政策,加强组织领导。
2014.5	《关于明确电力业务许可管理有关事项的通知》	加强光伏产品检测认证体系建设,规范行业管理并促进产业健康可持续发展
2014.9	《关于进一步落实分布式光伏发电有关政策通知》	从根本上明确了项目装机容量6MW(不含)以下的太阳能、风能等新能源发电项目豁免发电业务的电力业务许可。
2014.10	《关于分布式并网收购及补贴落实情况专项监管》	对分布式光伏发电的定位、应用形式、屋顶资源统筹、项目工程标准、质量管理、项目备案、发展模式、示范区建设、电网介入、并网运行、电费结算、补贴拨付、融资、产业体系公共服务、信息统计、监测体系、监督15个方面做了阐述。
2015.3	《关于进一步深化电力体制改革的若干意见(中发〔2015〕9号)》	全面部署分布式发电并网收购及补贴落实情况专项监管工作,了解分布式发电并网收购及补贴政策执行情况,纠正分布式发电并网收购及补贴政策落实中的违规行为。
		意见明确提出:光伏发电等新能源产业设备制造产能和建设、运营、消费需求不匹配,没有形成研发、生产、利用相互促进的良性循环,可再生能源和可再生能源发电无歧视、无障碍上网问题未得到有效解决。

		新电力改革将开放电网公平接入，建立分布式电源发展新机制。促进电力行业又好又快发展，推动结构转型和产业升级。	
2015.3	《关于改善电力运行调节促进清洁能源多发满发的指导意见》	各省（区、市）政府主管部门组织编制本地区年度电力电量平衡方案时，应采取措施落实可再生能源发电全额保障性收购制度，在保障电网安全稳定的前提下优先预留水电、风电、光伏发电等清洁能源机组发电空间，全额安排可再生能源发电。	
2015.6	《关于促进先进光伏技术产品应用和产业升级的意见》	提出发挥市场配置资源作用，提高光伏产品市场准入标准，引导光伏技术进步和产业升级，支持先进技术产品扩大市场，加速淘汰技术落后产品。	
2015.11	《关于光伏电站建设使用林地有关问题的通知》	明确各类自然保护区、森林公园（含同类型国家公园）、濒危物种栖息地、天然林保护工程区以及东北内蒙古重点国有林区，为禁止建设区域。其他生态区位重要、生态脆弱、地形破碎区域，为限制建设区域。宜林地且第二次全国土地调查确定为未利用地的土地，应采用“林光互补”用地模式，光伏电站建设必须依法办理使用林地审核审批手续。	
2015.12	《光伏电站工程项目用地控制指标》	总体框架共分四个部分，即：基本规定、光伏电站工程项目用地总体指标、单项指标和附录。明确光伏项目用地审查、供应和使用，应当符合用地控制指标和供地政策。	
2015.12	《关于完善太阳能发电规模管理和实行竞争方式配置项目的指导意见》	指出屋顶分布式光伏和地面完全自发自用的分布式光伏电站依旧执行之前标准，不受年度规模限制。普通光伏电站项目由国家能源局每年初向各省（区、市）下发电站年度建设规模，由各省（区、市）发改委自行确定集中式和分布式规模比例，采取公开评选、招标等竞争方式分配指标。	
2016.4	《关于调查落实光伏发电建设条件的通知》	已发生弃光限电或存在风险的地区向我局报告所采取的解决弃光限电的措施，做出2016年新增光伏发电建设规模后不会发生弃光限电(弃光率不超过5%)的承诺；已申报光伏领跑技术基地的有关省发展改革委同基地所在地政府，落实基地电力送出和消纳条件并做出全额消纳的承诺(建成后弃光率不超过5%)。否则，将暂停下达该地区2016年度光伏电站建设规模，待光伏发电建设运行和市场条件有效改善后另行研究。	
财税政策	2009.3	《太阳能光电建筑应用财政补助资金管理暂行办法》	推广太阳能发电在城乡建筑领域的应用，中国将从中央财政的可再生能源专项资金中抽调出部分资金用作补助金。
	2009.3	《关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见》	加快推进太阳能光电技术在城乡建筑领域的应用，实施财政扶持政策，加强建设领域政策扶持。
	2009.7	《金太阳示范工程财政补助资金管理暂行办法》	对中国光伏电站和光伏并网发电等项目给予国家财政补贴
	2012.1	《关于做好2012年金太阳示范工作的通	明确2012年金太阳示范工程的支持范围和补贴标准

电 价 政 策		知》	
	2012.5	《关于对2012年太阳能光电建筑应用示范项目名单进行公示的通知》	对与建筑一般结合的利用形式(构件型与支架型), 补助标准为5.5元/瓦, 对与建筑物高度紧密结合的利用形式(建材型), 补助标准为7元/瓦。
	2012.11	《关于组织申报金太阳和光电建筑应用示范项目的通知》	“金太阳”示范工程以及与建筑一般结合的太阳能光电建筑应用示范项目, 补助标准原则上为每瓦5.5元; 建材型等与建筑紧密结合的光电建筑一体化项目, 补助标准原则上为每瓦7元, 而偏远地区独立光伏电站的补助标准则达到每瓦25元。
	2013.4	《关于进一步改进企业债券发行审核工作的通知》	国家重点支持范围和信用好的发债申请将列入加快和简化审核, 太阳能光伏和风电应用作为调结构类项目被列入重点支持。
	2013.7	《关于分布式光伏发电实行按照电量补贴政策等有关问题的通知》	国家对分布式光伏发电项目按电量给予补贴, 补贴资金通过电网企业转付给分布式光伏发电项目单位。
	2015.9	《国家能源局关于实行可再生能源发电项目信息化管理的通知》	为提升新能源行业管理水平, 建立健全事中事后管理机制, 规范可再生能源电价附加补助资金管理, 现就实行可再生能源发电项目信息化管理工作提出有关要求。
	2016.7	《国家税务总局关于继续执行光伏发电增值税政策的通知》	自2016年1月1日至2018年12月31日, 对纳税人销售自产的太阳能电力产品, 实行增值税即征即退50%的政策。
	2006.1	《可再生能源发电价格和费用分摊管理试行办法》	太阳能发电项目上网电价实行政府定价, 其电价标准由国务院价格主管部门按照合理成本加合理利润的原则制定。
	2011.8	《关于完善太阳能光伏发电上网电价政策的通知》	确定了全国统一的光伏标杆上网电价。按照社会平均投资和运营成本, 参考太阳能光伏电站招标价格, 以及中国太阳能资源状况, 对非招标太阳能光伏发电项目实行全国统一的标杆上网电价
	2012.3	《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》	专为可再生能源发电项目接入电网系统而发生的工程投资和运行维护费用, 按上网电量给予适当补助, 补助标准为: 50公里以内每kWh1分钱, 50-100公里每kWh2分钱, 100公里及以上每kWh3分钱。
	2012.10	《关于公布可再生能源电价附加资金补助目录(第二批)的通知》	省级电网企业、地方独立电网企业根据本级电网覆盖范围内列入可再生能源电价附加资金补助目录情况, 按照相关规定提出可再生能源电价附加补助资金申请。
	2012.12	《关于可再生能源电价补贴和配额交易方案(2010年10月-2011年4月)的通知》	可再生能源电价附加资金补贴范围为2010年10月-2011年4月可再生能源发电项目上网电价高于当地脱硫燃煤机组标杆上网电价的部分、公共可再生能源独立电力系统运行维护费用、可再生能源发电项目接网费用。
	2013.1	《关于公布可再生能源电价附加资金补助目录(第三批)的通知》	财政部、国家发改委、国家能源局将符合条件的第三批项目列入可再生能源电价附加资金补助目录。

2013.3	《关于完善光伏发电价格政策通知》	针对四类地区给出了四个不同的上网电价：I类资源区：0.75元/kWh，II类资源区：0.85元/kWh，III类资源区：0.95元/kWh，IV类资源区：1元/kWh。
2013.8	《国家发展改革委关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》	根据各地太阳能资源条件和建设成本，将全国分为三类太阳能资源区，相应制定光伏电站标杆上网电价；对分布式光伏发电实行按照全电量补贴的政策，电价补贴标准为每kWh0.42元（含税，下同），通过可再生能源发展基金予以支付，由电网企业转付；其中，分布式光伏发电系统自用有余上网的电量，由电网企业按照当地燃煤机组标杆上网电价收购。
2013.8	《国家发展改革委关于调整可再生能源电价附加标准与环保电价有关事项的通知》	将向除居民生活和农业生产以外的其他用电征收的可再生能源电价附加标准由每kWh0.8分钱提高至1.5分钱。
2015.12	《关于完善陆上风电、光伏发电上网标杆电价政策的通知》	光伏方面一类和二类资源区2016年的电价分别是0.9和0.95元/千瓦时，并在之后四年逐年降三分钱，三类资源区2016年的电价为0.98元/千瓦时，之后四年逐年降2分钱；
2016.9	《关于调整新能源标杆上网电价的通知（征求意见稿）》	拟下调风电、光伏的补贴力度，其中光伏电站的上网电价下调较大，光伏地面电站电价降幅在23.5%~31.2%之间，分布式度电补贴降幅在28.6%~52.4%之间。
2016.12	《可再生能源发展“十三五”规划》	到2020年，光伏项目电价可与电网销售电价相当。

我国风电、光伏发电政策体系中主要包含以下基本制度：

（1）总量目标制度

用法律形式对可再生能源的总量或者在能源结构中的比例做出的规定。这一目标既有绝对量目标，也有相对量目标，有了总量目标的要求，市场主体就可以从中得到市场发展的导向信息，从而具有体现立法中提到的政府推动和市场引导相结合的基本原则。

（2）强制上网制度

由于可再生能源具有间歇性特点，因此电网企业从安全、技术，特别是自身经济利益角度出发，通常对其采取的是排斥的态度。在现有技术和经济核算机制条件下，大多数可再生能源产品还不能与常规能源产品相竞争。因此实行可再生能源电力强制上网制度，目的是在能源销售网络实施垄断经营和特许经营的条件下，保障可再生能源产业发展。

（3）分类（上网）电价制度

采用不同的可再生能源技术发电的社会平均成本，分门别类地制订相应的上网电价并向社会公布。该制度的核心是政府根据可再生能源发展总量目标的要求和技术发展水平，规定某一时期内各种不同可再生能源技术的上网电价水平。目的是减少项目审批程序，明确投资回报，降低项目开发成本和限制不正当竞争。

（4）费用补偿制度

该制度的建立是由于大多数可再生能源产业尚处于产业发展的初级阶段，受技术和成本的制约，开发利用成本都相对较高，还难以与煤炭等常规能源发电技术相竞争。同时，由于可再生能源资源地理上分布不均匀，如果可再生能源发电的较高上网电价全部由当地企业和居民承担，势必影响地方开发利用可再生能源的积极性。因此，各个地区的电力消费者相对公平地承担发展可再生能源的额外费用，促进可再生能源规模化发展。目前费用补偿资金主要来源于可再生能源发展基金。

（5）专项基金制度

我国可再生能源开发利用一直受资金不足的制约，需要由中央财政建立专门的资金渠道，因此，国家财政设立了可再生能源发展基金，资金来源于国家财政年度安排的专项资金和依法征收的可再生能源电价附加收入等。可再生能源发展基金除用于各类可再生能源发电补偿外，还用于其他可再生能源开发利用项目的补贴、补助等。

（6）全额保障性收购制度

修订后的《可再生能源法》中提出，国家能源主管会同国家电力监管机构和国务院财政部门，按照可再生能源规划，确定规划期内应当达到的可再生能源发电量占全部发电量的比重，制订电网企业有限调度和全额收购可再生能源发电的具体办法。电网企业与依法取得行政许可或报送备案的可再生能源发电企业签订并网协议，全额收购其电网覆盖范围内符合并网技术标准的可再生能源上网电量。

4.2 我国新能源政策实施效果

（1）产业规模迅速增长

在风电、光伏相关政策的推动下，中国风电、光伏发电市场规模迅速扩大。若计入供热、供气、太阳能热利用等非商品化的风电、光伏等可再生能源，可再生能源年利用量总计已达 4.05 亿吨标准煤以上，约占当年一次能源消费总量的 10.61%。

（2）投资多元化趋势明显

《可再生能源法》及配套政策的实施，为风电、光伏市场发出了明确的市场信号，增强了各类投资者投资的信心。国内大型国有企业，包括国家电网公司、五大发电公司、三大石油集团、神华集团、长江电力以及能源投资公司等纷纷进入风电、光伏市场。上海电气、东方汽轮机和哈尔滨电气等大型装备集团也开始介入可再生能源制造业。国际主要的风机制造企业或企业集团也开始进入中国的风电、光伏市场。一些民营企业也开始大规模进入风电、光伏市场。风险投资和民间资本开始介

入风电、光伏投资市场。目前,已经有 20 多家可再生能源公司分别在纽约、伦敦、香港、新加坡和国内等主要股票交易所上市。

(3) 装备制造业逐步形成

由于政策和市场的双重拉动,风电、光伏发电装备制造业发展迅速,技术提升的同时有效降低了成本。我国风电设备研发和制造能力与世界先进水平的差距明显缩小,已掌握了兆瓦级风电机组设计能力和制造的关键技术,风电关键零部件的技术水平也在迅速提高,基本实现国产化。目前,我国已形成了完整的风电机组制造产业体系,1.5MW 和 2MW 风电机组成为主流机型,3MW 机组开始批量工程应用,5MW 和 6MW 陆上和海上风电机组已研制成功并投入运行。2013 年,我国的太阳能光伏发电产品价格降幅显著,其中多晶硅的价格由 2010 年的 50~90\$/kg 的范围内,下降至 30\$/kg,降幅超过 60%。晶体硅光伏电池价格下降至 0.5~0.6\$/kW,降幅超过 50%,组件价格由 1.5\$/kW 下降至 1\$/kW 以下,下降幅度超过 30%。

第5章 政策评价理论方法工具库的构建

在能源可持续发展领域，新能源日益受到重视，有关新能源的研究也开始成为热点，涉及国家能源结构与安全、环境保护、科技创新等多方面。在新能源各发展阶段，适当的国家政策是促进新能源发展的有力工具。因此，分析新能源政策评价研究现状具有较强的现实意义。本部分主要从政策评价标准与模型、新能源政策评价指标体系和常用新能源政策评价方法三方面对新能源政策评价研究现状进行分析。

5.1 新能源政策评价标准

政策评价是政策运行过程中的重要环节，是对政策效果所作的判断，其主要内容是政策运行过程中的重要环节，是对政策效果所作的判断，其主要内容是对政策执行后的政策效果、政策效益和政策效力进行评价。政策评价的作用在于，在政策执行过程中为政策的有效贯彻和调整提供依据，为下一步政策调整提供充足的理由。

对某项政策的评价到底应该持什么样的标准，是学术界争论最多的问题之一。瑞典学者 Vedung 针对政策评价标准问题，归纳出了 10 种模型（如图 5-1 所示）。

政策评价模型主要分为三大类，分别为效果模型类、经济模型类和专业模型类。对于专业性非常强的某些具体政策，必须根据专家的意见制定特殊的评价标准，采用专业模型（同行评议模型），而不能简单地套用一般的评价准则；当成本列入考察范畴时，就存在比较政策成本与政策效果的问题，需要采用经济模型；否则，只将政策实施后产生的效果作为评价标准时，采用效果模型，其中需要对政策实施后出现的情况进行综合考察时运用“综合评价模型”，其他五种模型适用于只将最终结果作为评价对象，这五种模型可以构成两套基本的评价体系——基于目标的评价和基于需求的评价，前者对应“目标获取模型”、“侧面影响模型”、“自由目标评价模型”，后者包括“用户导向模型”、“相关利益人模型”。上述 10 种评价模型分别侧重于政策制定、实施过程中的不同阶段、不同方面，为保证政策评价的全面性、真实性、合理性，通常政策评价模型多采用包括多种模型在内的综合评价。

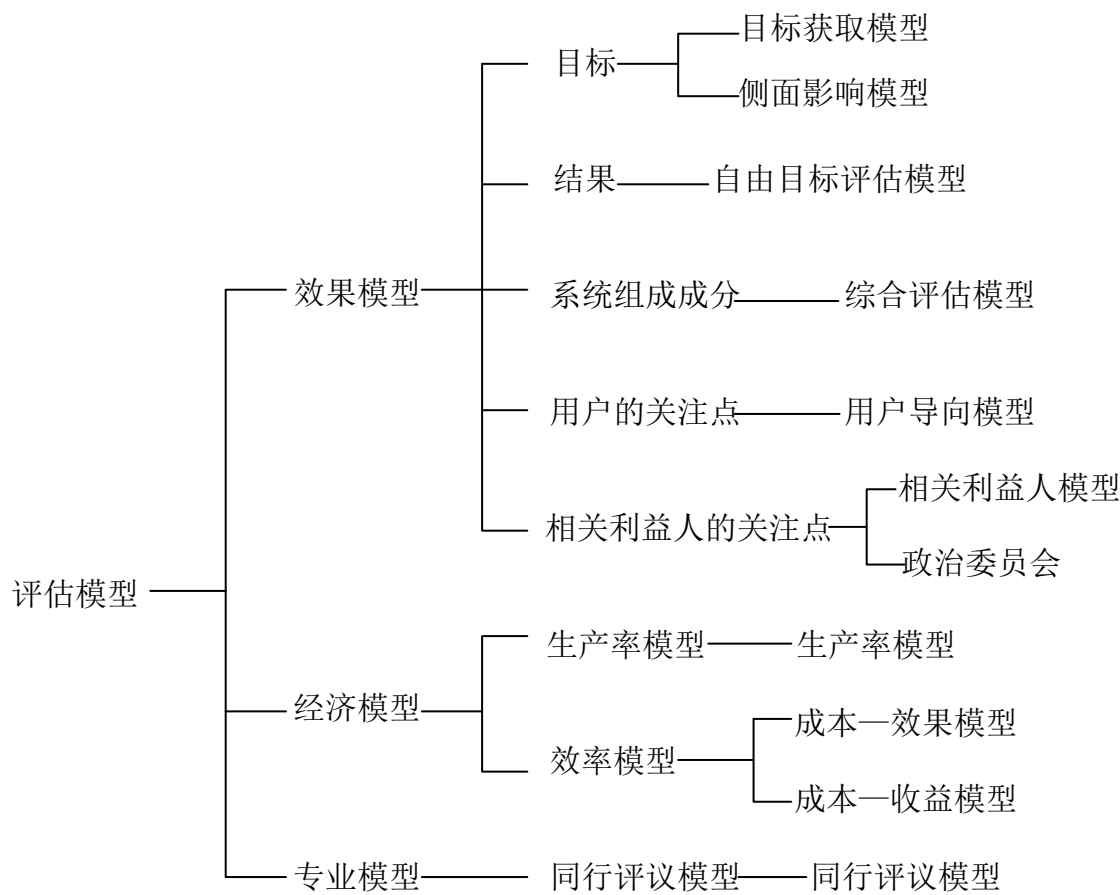


图 5-1 根据评价标准的不同建立的 10 种评价模型

5.1.1 目标获取模型

目标获取模型是将政策目标作为评价时所持的唯一标准。根据 Vedung 的解释，这种评价方法需要做两个判断（如图 5-2 所示）：

- （1）政策或计划是否在目标领域内取得了预期的结果；
- （2）所观察到的结果是否该政策作用的产物。

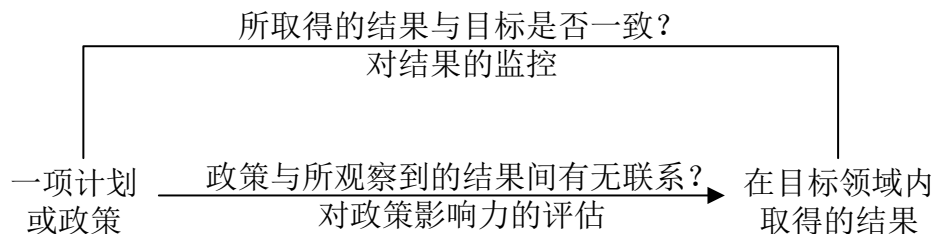


图 5-2 目标获取模型

目标获取模型可以说是一种最简单、最直观的政策评价模型。但是，由于该模型将一个复杂的评价问题处理得过于简单，故其缺点也是很明显的：

- （1）政策目标可能是模糊的，因而不易判断目标到底有没有实现，而且由于

制定政策时的环境条件与进行评价时相差很大，原定目标可能早已不适合现在的情况，故而对它的评价也就失去了意义；

（2）一项政策可以设立多个目标，而且不易从中遴选出主要目标；同时多个目标之间还可能有冲突，因而对目标实现情况的评价很难进行；

（3）不考虑政策实施后出现的非预期结果；

（4）决策者可能会为实现一个战略目的而制定某项政策，这时他宣称的政策目标其实已意义不大，如果只将原定目标作为评价标准，显然是不合适的；

（5）不考虑政策的实施过程，将政策的落实看作是一只“黑箱”，而且不考虑政策的实施成本；

（6）“目标获取模型”认为政策执行者是严格按照决策者的意旨行事的，但事实并非如此，如“政策扭曲”、“上有政策，下有对策”。

政策目标评价一般采用目标达成模型，该模型曾被应用于节能减排财政政策目标达成情况的评价和可再生能源政策效果评价中有关规划目标的评价。

5.1.2 侧面影响模型

政府行为具有很强的外部效应，一项政策实施后将会在目标领域之内、目标领域之外出现许多预料不到的、或不希望出现的结果。政策评价者要客观、全面地评价一项政策，就必须将这些结果都纳入考察范围，运用侧面影响模型（如图 5-3 所示）。

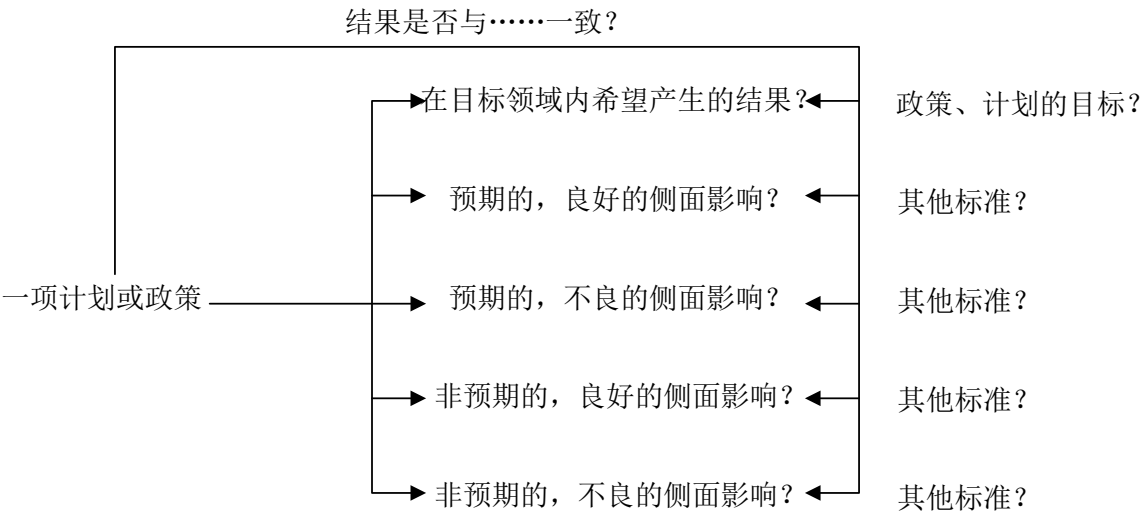


图 5-3 侧面影响模型

根据“路径相关”的说法，一项新政策出台，经常是为了解决原有政策所引起的新问题（这些新问题往往是由“侧面影响”造成的）。故而，评价者所得侧面影响的信息对于决策者制定新的政策或计划是非常重要的。

5.1.3 自由目标评价模型

政策评价者的任务是评价一项政策的综合效应，这就要求他对各种现象的判断不能带有任何主观倾向性，而侧面影响模型将政策效应划分为若干层次，有意突出了目标领域内的政策效应，显然是有偏见的。为了消除这一缺陷，有人提出了“自由目标评价模型”，让评价者在没有任何目标约束的条件下开展评价，全面考察政策实施带来的方方面面的影响，不论它们是预期的，还是非预期的（如图 5-4 所示）。

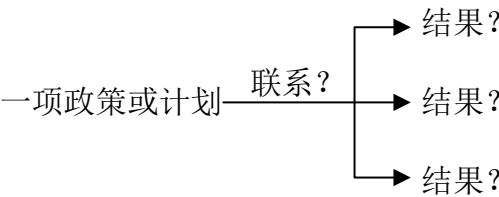


图 5-4 自由目标评价模型

5.1.4 综合评价模型

“综合评价模型”将政策的前期准备（投入）、落实（转化）、取得成果（产出）三个阶段都纳入评价范围，在评价过程中，对上述三个阶段都要进行“描述”和“判断”。需要“描述”的内容有两项：各阶段的目标和现实情况；而判断则首先要明确评价标准，然后拿目标、现实情况与之进行比较，进而得出评价结论（见表 5-1）。

同其它模型相比，综合评价模型有两个突出的优点：

- （1）政策的制定和落实过程都属于评价范畴，故而评价结论能够较好地反映决策民主化程度，政策执行程序的公开、公平、公正性；
- （2）对政策实施后出现或不出现某个结果的原因能够给予较好的解释。如果政策实施效果难以物化甚至难以描述，那就只能依赖对政策过程的评价了。

表 5-1 综合评价模型的三阶段流程

评价的实施阶段		前期（投入阶段）	中期（转化阶段）	后期（产出阶段）
该阶段特征		政策或计划被采纳并可开始实施	政策或计划被落实	政策或计划落实以后关于其执行结果的大部分数据已经收集到
描述	目标	指定了什么样的目标、希望产生什么样的结果	所制定政策或计划的内容	政策、计划所应产生的预期结果
	现实情况	与这一阶段的活动或事件相关的数据资料、现存条件的描述	政策或计划的实际落实情况	关于政策、计划执行后实际产生的结果的数据资料
判断	标准	用作比较基础的价值标准	用作比较基础的价值标准	用作比较基础的价值标准
	判断	将目的、现象与标准进	将目的、现象与标准进	将目的、现象与标准进

行比较	行比较	行比较
-----	-----	-----

5.1.5 用户导向模型

与上述几种模型从政策制定者的角度出发来考虑问题不同，用户导向模型着眼于政策接受者（或者称作“政策用户”）的目标、需求、关注点等。目前，在西方国家，用户导向的评价方法得到了广泛应用，尤其是涉及向公众提供公共服务的政策领域，如公共交通、绿化、环保等。

开展用户导向的评价，首先要进行政策用户的定位，由于种种原因，政策的目标用户与实际用户往往是不一致的，用户的定位点应该是实际用户而非目标用户；其次要确定评价样本；第三步自然调查用户意见，具体内容根据不同评价对象而定；最后一步是对调查结果进行统计分析，进而作出评价结论。

5.1.6 相关利益人模型

“相关利益人模型”是在“用户导向模型”的基础上发展来的，相关利益人模型不仅要调查政策用户的意见，还要收集政策相关利益人的意见，表 5-2、表 5-3 分别列出了政策制定、执行及政策评价过程中的相关利益人。不过，实际操作起来，这种评价方法难度很大。评价者必须对相关利益人的需求、关注点十分敏感，把握得非常准确，否则调研工作很难进行。评价者与被调查者对问题的认识不可能完全一致，相差甚远也不足为奇。因此，评价者在调研过程中，需要不断调整原定计划（如修改样本、重新设计调查问卷等），使评价报告能够充分反映相关利益人的真实想法。

表 5-2 政策制定、执行过程中的相关利益人

相关利益人	解释
公民	在国家政治系统中有权选举各级决策者的公民
决策者	负责决定各种政策是否要制定、继续实施、中止、暂缓执行或取消的政府官员
不同政见者	对某项政策持不同意见的人
国家一级的主管官员	负责政策实施的国家高级官员
具体主管官员	某一地区负责政策实施的主要官员
独立中介机构	对于政策实施，在某方面负有责任的非政府组织
当地管理部门	负责政策传达的基层管理部门
社区基层干部	负责政策传达的一线负责人（他们通过当面宣讲、带年华、邮件等方式直接将政策传达给群众）
用户	政策的调节对象（如业主、厂商、市政部门等个人或组织）
交叉部门	政策实施所牵涉到的其他政府机构
竞争者	与政策执行部门竞争有限资源的机构或组织
大环境中的相关利益人	实施一项政策的大环境所涉及到的组织、团体、个人及其他单位
学者	从事政策相关内容研究的学者

表 5-3 政策评价过程中的相关利益人

相关利益人	解释
-------	----

评价人	负责政策评价项目的设计、执行，做出评价结论的人员
评价发起人	对评价活动进行立项组织并给予资金支持的机构
其他从事政策评价活动的人员和机构	评价方法论的研究者等（他们通常会阅读评价报告，对评价技术、评价结论的质量进行评价）

5.2 新能源政策评价指标体系

目前，国际上比较有代表性的能源评价指标体系有：英国能源行业指标体系、国际原子能机构（IAEA）可持续发展能源指标体系、欧盟（EU）能源效率指标体系、世界能源理事会（WEC）能源效率指标体系等^[10]。

5.2.1 英国能源行业指标体系

英国能源行业指标体系旨在测度本国政府对环境友好、能源供应可靠性、消除家庭能源贫困、建立竞争性能源市场方面取得的具体进展。该体系分三个层级。如表 5-4 所示。

第一层为“主要指标”，包括低碳、可靠性、竞争力、燃料贫困 4 个指标，它们分别对应于英国能源白皮书中提出的四大能源发展目标。

第二层为 28 个支持指标，包括：（1）低碳指标：分行业 CO₂ 排放，分行业终端能源消费，单位 GDPCO₂ 排放，单位 GDP 能耗，一次能源消费结构，可再生能源发电量比重，热电联产能力的利用，能源强度，客运、货运能源强度，户均能耗，新增小汽车 CO₂ 平均排放。（2）可靠性指标：发电量，平均负荷，燃气容量，对客户的电力供应的安全性和可获得性，发电用燃料份额及多样化，一次能源供应多样化，石油进口多样化，一次燃料供应多样化。（3）竞争力指标：能源行业生产力的变化，工业行业燃料价格指数，欧盟工业用气价格，欧盟工业用电价格。（4）燃料贫困指标：燃料贫困家庭总数，燃料贫困严重性趋势，30%收入较低家庭 SAP 等级和平均 SAP 等级，民用部门燃料价格指数，不同收入人群燃料支出占家庭总支出比重。

第三层为背景性指标，有 44 项指标，包括 5 大类：能源投资及生产力，资源量，能源多样化，能源利用率和能源生产和使用的国际比较。

表 5-4 英国能源行业指标体系

主要指标		支持指标	背景性指标
英国能源行业指标	低碳指标	分行业 CO ₂ 排放	1、能源投资及生产力 2、资源量 3、能源多样化 4、能源利用率 5、能源生产和使用的国际比较
		分行业终端能源消费	
		单位 GDPCO ₂ 排放	
		单位 GDPCO ₂ 排放	
		一次能源消费结构	
		可再生能源发电量比重	
		热电联产能力的利用	
		能源强度	

体系	客运、货运能源强度
	户均能耗
	新增小汽车 CO ₂ 平均排放
	发电量
	平均负荷
	燃气容量
可靠性指标	对客户的电力供应的安全性和可获得性
	发电用燃料份额及多样化
	一次能源供应多样化
	石油进口多样化
	一次燃料供应多样化
竞争力指标	能源行业生产力的变化
	工业行业燃料价格指数
	欧盟工业用气价格
	欧盟工业用电价格
燃料贫困指标	燃料贫困家庭总数
	燃料贫困严重性趋势
	30% 收入较低家庭 SAP 等级和平均 SAP 等级
	民用部门燃料价格指数
	不同收入人群燃料支出占家庭总支出比重

5.2.2 EU 能源效率指标体系

EU 能源效率指标体系旨在测度成员国的能源效率水平、变化趋势，并进行能源的比较。该体系为分类设计，拥有 7 类评价指标：

（1）能源强度。能源消费与按货币单位测度的活动指标（GDP、增加值）之比。该指标按固定结构计算，以排除经济结构变化的影响。如终端/一次能源强度，工业能源强度，服务业能源强度等。

（2）单位能耗。能源消费与按物理项测度的活动指标之比。工业领域如高能耗（载）能行业产品单耗，交通领域如标准车交通单耗，建筑领域如单位面积耗，服务领域如单位人员能耗。

（3）能效指数。用于对某一国家（行业）能源效率趋势进行总体评估，按各子行业指标的加权平均计算。如某国家能源效率、欧盟某行业能源效率等。

（4）调整指标。考虑到各国在气候、经济结构、技术等方面存在差异，只有采用这类指标，国与国之间的能源效率比较才有意义。该指标体系采用的参考结构是欧盟平均值，如按欧盟平均气候调整后的单位建筑面积能耗。

（5）扩散指标。是对已有能效指标的补充，有助于对能效指标的变化趋势进行解释。分为可再生能源的市场渗透、高效能技术的市场渗透、市场实践的推广应用 3 类。如节能灯的应用率。

（6）目标指标。表明某国可能达到的能效目标或提高能效潜力。有技术进步指标、技术潜力/非技术潜力指标两类。目标指标基于可比较的指标，并考虑到不同国家在气候、国家规模、生活模式、经济结构等的差别而适当进行调整。类似于

宏观层面的对标指标。

（7）CO₂ 指标。包括 CO₂ 强度指标（单位经济产出）和单位 CO₂ 排放量（单位住房、车辆、工业产品）。其计算方法包括：直接排放基于某行业燃用化石燃料而导致的直接排放；总排放基于某行业耗电、耗热引起的间接排放。EU 能源效率指标体系如表 5-5 所示。

表 5-5 EU 能源效率指标体系		
准则层		指标层
EU 能源效率指标体系	能源强度	终端/一次能源强度
		工业能源强度
		服务业能源强度
	单位能耗	高能耗（载）能行业产品单耗
		标准车交通单耗
		建筑领域如单位面积耗
		服务领域如单位人员能耗
	能效指数	某国家能源效率
		欧盟某行业能源效率
	调整指标	按欧盟平均气候调整后的单位建筑面积能耗
	扩散指标	可再生能源的市场渗透
		高效能技术的市场渗透
		市场实践的推广应用
	目标指标	技术进步指标
		技术潜力/非技术潜力指标
	CO ₂ 指标	CO ₂ 强度指标
		单位 CO ₂ 排放量

5.2.3 WEC 能源效率指标体系

WEC 能源效率指标体系旨在进行能源效率及节能政策的国际比较研究。该体系拥有 23 个评价指标，按性质不同分为两类：一类是经济性指标，用于在整个经济或全行业层面上测度能源效率，如：一次能源强度（内含不计传统燃料和按照欧盟水平调整）、终端能源强度、工业能源强度、服务业能源强度、农业能源强度、家庭能源强度等；另一类是技术性指标，即单耗指标，用于测度子行业、终端用能的能源效率，如：钢单耗、交通能源强度、标准小汽车公交平均能耗、家庭人均能耗等^[11]。WEC 能源效率指标体系如图 5-5 所示：

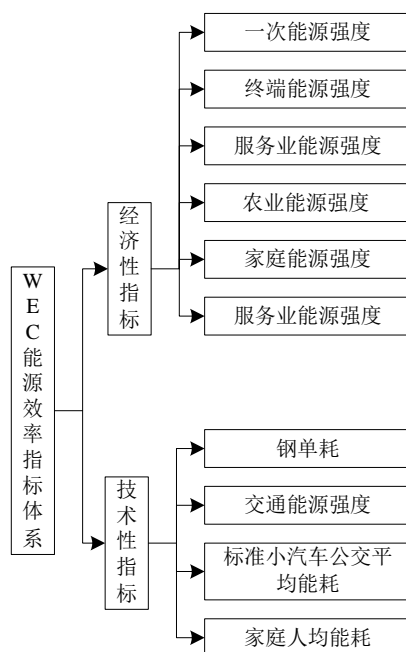


图 5-5 WEC 能源效率指标体系

5.2.4 IAEA 可持续发展能源指标体系

IAEA 可持续发展能源指标体系旨在为成员国的政策制定者提供能源、经济和环境以及社会方面的数据与信息，以便进行对比、趋势分析，以及在必要的情况下进行内部政策评价。IAEA 构建了包含 41 个指标，涵盖与能源相关的人口、GDP、土地、环境、废弃物等领域。其中 23 个为核心指标的可持续发展能源指标体系，包括能源价格、各部门（行业）能源强度、能源构成、单位 GDP 能耗、能源部门支出（总投资、环境控制、勘探开发研发等）、人均能源消费、本土能源产量、净能源进口依存度、可支配收入/私人用于燃料和电力的消费比例、空气污染物排放量、城市地区污染物的环境浓度、温室气体排放量、固体废弃物量（产生和待处理）、放射性废物量（产生和待处理）、能源设施所占用土地、燃料链断裂引发的祸灾、水能比重、化石燃料可采储量、森林资源作为燃料实用的强度等。

全球报告倡议组织（GRI）在最新发布的《可持续发展报告指南》提出了五类主要环境绩效指标：一是原料指标；二是能源指标，含直接能源消耗、间接能源消耗、能源节约成果、能源节约举措和间接能源节省量；三是水指标；四是生物多样性影响指标；五是污染排放指标，含温室气体排放量、二氧化碳、氮氧化物、硫氧化物等有害气体的排放量，以及废水排放量、废物排放量等。

5.2.5 新能源政策评价指标体系

政策评价的主要内容是对政策执行后的政策效果、政策效益以及政策效力进行评价，因此国内外相关研究多从政策目标达成情况、经济效益和社会效益三方面

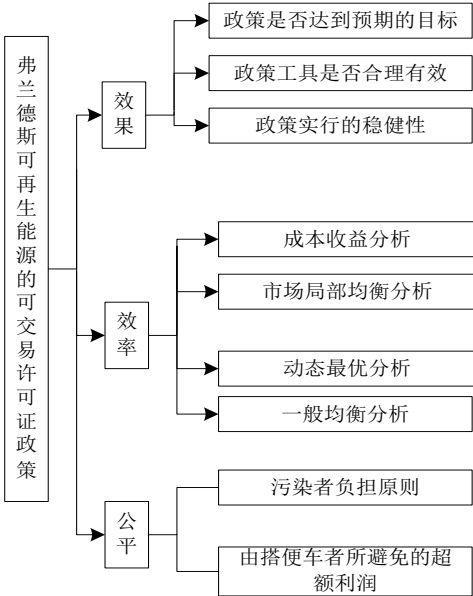
选取评价指标，构建新能源政策评价指标体系。

(1) 可再生能源政策的效果、效率、公平性评价体系。

对于我国可再生能源补贴政策效果，该体系从两个方面进行衡量：可再生能源发展总量效果和政策激励可再生能源发展所带来的环境效果。可再生能源发展总量效果指标主要包括可再生能源的新增装机容量、发电量、电源结构以及与目标规划的比较，环境效果由可再生能源发电相对于燃煤发电在减少污染物排放方面的价值量来衡量。政策效率分为静态效率和动态效率，静态效率包括可再生能源政策工具效率和可再生能源成本改进，政策的动态效率主要研究政策实施带来可再生能源技术效率的改进。对于政策公平性，用可再生能源补贴金额与火电企业减少的收益的差值作为衡量指标。

(2) 佛兰德斯可再生能源的可交易许可证政策

该体系将政策评价集中于三个基本指标：效果、效率和公平。衡量政策的效果主要包含三方面的内容，分别是政策是否达到预期的目标、政策工具是否合理有效以及政策实行的稳健性；政策的效率分析是一个多层次的概念，它包含了静态的成本收益分析、市场局部均衡分析、动态最优分析以及一般均衡分析；衡量一项政策是否具有公平性主要包括污染者负担原则和由搭便车者所避免的超额利润。



5-6 佛兰德斯可再生能源的可交易许可证政策

(3) 清洁能源财税政策评价指标体系

该体系将清洁能源产业和清洁能源效果作为一级指标，在第一层次的基础上确定第二层次评价指标，具体包括清洁能源发电总量、人均清洁能源发电量、清洁能源装机总量、人均清洁能源装机量、新增清洁能源发电装机容量、清洁能源电力投资总额、电力弹性系数、废气排放量和清洁能源消费结构。

(4) 分布式光伏发电政策实施效果评价指标体系

该体系以发展速度、发展秩序、成本效益、并网运行为准则层。其中，发展速度包括分布式光伏装机水平、投产速度、光伏产业发展增速水平三个指标；发展秩序包括标准规范、技术水平、布局协调度、规划规模完成偏差率四个指标；成本效益包括分布式光伏项目收益率、税收优惠力度、融资水平、补贴发放四个指标；并网运行包括运行水平、电网充裕度、并网服务水平、商业模式四个指标。分布式光伏发电政策实施效果评价指标体系如表 5-6 所示。

5-6 分布式光伏发电政策实施效果评价指标体系

分布式光伏发电政策实施效果评价指标体系	准则层	指标层
	发展速度	光伏装机水平
		投产速度
		光伏产业发展增速水平
	发展秩序	标准规范
		技术水平
		布局协调度
		规划规模完成偏差率
	成本效益	分布式光伏项目收益率
		税收优惠力度
		融资水平
		补贴发放
	并网运行	运行述评
		电网充裕度
		并网服务水平
		商业模式

(5) 新能源汽车产业政策评价指标体系

该体系分为投入指标、效果指标、效率指标和效应指标四方面。投入指标包括 R&D 人员、科研经费、财政拨款总额、充电桩及充电站；效果指标包括科技论文数量、专利数、新能源汽车产业销售量、净利润；效率指标包括财政资金的投入产出率、科技人才的投入产出率、科研资金的投入产出率、新能源汽车推广率；效应指标包括带动相关产业的发展、增加的就业人数、环境的改善、资源的节约。新能源汽车产业政策评价指标体系如表 5-7 所示。

表 5-7 新能源汽车产业政策评价指标体系

新能源汽车产业政策评价指标体系	准则层	指标层
	投入指标	R&D 人员
		科研经费
		财政拨款总额
		充电桩及充电站
	效果指标	科技论文数量

		专利数
		新能源汽车产业销售量
		净利润
		财政资金的投入产出率
		科技人才的投入产出率
效率指标		科研资金的投入产出率
		新能源汽车推广率
		带动相关产业的发展
效应指标		增加的就业人数
		环境的改善
		资源的节约

5.3 常用新能源政策评价方法

在确定了评价标准之后，选取合适的评价方法就成为待考虑的核心问题。针对效果模型一般采用跨时期方法即时间序列模型方法和跨市场比较方法，而对于经济模型主要选择投入—产出分析法，专业模型则主要有专家评价法等。总的来说，常用的定性分析方法有同行评价、问卷调查、当面访谈、电话采访及案例研究等；定量分析方法如文献计量、专利数据统计分析、经济计量学方法、投入—产出分析、动力学模型分析等。

5.3.1 CGE 模型

可计算的一般均衡（Computable General Equilibrium，CGE）模型作为政策分析的有力工具，经过 30 多年的发展，已在世界上得到了广泛的应用，并逐渐发展成为应用经济学的一个分支。该模型特点如下：（1）CGE 模型按照惯常的新古典微观经济理论方式明确设定所有经济主体的行为都是优化的，因而是关于一般而非局部经济主体行为的模型；（2）它使用了市场均衡而非市场不均衡的假设，所有市场同时得到结清；（3）它是可计算的而非纯理论性的，会生成具体的数字结果。

（1）模型结构

它所分析的基本经济单元是生产者、消费者、政府和外国经济。

1) 生产行为

在 CGE 中，生产者力求在生产条件和资源约束之下实现其利润优化。这是一种次优解（Sub-optimal）。与生产者相关的有两类方程：一类是描述性方程，例如生产者的生产过程、中间生产过程等；另一类是优化条件方程。在许多 CGE 模型中，假设生产者行为可以用柯布—道格拉斯函数或常替代弹性（CES）方程来描述。

2) 消费行为

包括描述性方程和优化方程。消费者优化问题的实质是在预算约束条件下选择商品（包括服务、投资以及休闲）的最佳组合以实现尽可能高的效益。

3) 政府行为

一般来说，政府的作用首先是制定有关政策。在 CGE 中通常将这作为政府变量。同时，政府也是消费者。政府的收入来自税和费。政府开支包括各项公共事业、转移支付与政策性补贴。

4) 外贸

在 CGE 中，通常按照常弹性转换方程（CET）来描述为了优化出口产品利润，把国内产品在国内市场和出口之间进行优化分配的过程。或用阿明顿（Armington）方程来描述为了实现最低成本把进口产品与国内产品进行优化组合的过程。

5) 市场均衡

CGE 的市场均衡及预算均衡包括如下几方面：

- a) 产品市场均衡。产品均衡不仅要求在数量上，而且要求在价值上。
- b) 要素市场均衡。主要是劳动力市场均衡，假定劳动力无条件迁移，不存在迁移的制度障碍。
- c) 资本市场均衡。投资=储蓄。
- d) 政府预算均衡。政府收入—政府开支=预算赤字。
- e) 居民收支平衡。居民收入的来源是工资及存款利息。居民收支平衡意味着：居民收入—支出=节余。
- f) 国际市场均衡。外贸出超 CGE 中表现为外国资本流入，外贸入超表现为本国资本流出。

（2）新能源政策评价适用性分析

CGE 模型经常被用来分析税收、公共消费变动，关税和其他外贸政策，技术变动，环境政策，工资调整，探明新的矿产资源储量和开采能力的变动等对国家或地区（国内或跨国的）福利、产业结构、劳动市场、环境状况、收入分配的影响。CGE 模型最重要的成功在于它在经济的各个组成部分之间建立起了数量联系，使我们能够考察来自经济某一部分的扰动对经济另一部分的影响。

一项新能源政策的出台或修改，都不可避免的要对国家经济产生一定的影响；而 CGE 模型能够在整个经济约束范围内把各经济部门和产业联系起来，且最终能够得到数字结果，可以较为直观的反映出新能源政策带来的影响。因此，采用 CGE 模型对新能源政策进行评价，具有一定的实用价值。

5.3.2 宏观计量经济模型

宏观计量经济模型是在西方国家首先发展起来的，80 年代初开始在我国传播与发展。我国的许多研究机构和研究者迅速建立了一大批各种类型的宏观计量经济模型。该模型揭示了宏观经济的行为理论和运行规律，揭示了经济现象中的因果关系，具有很好的应用价值。

(1) 基本原理

建立宏观计量经济模型的工作程序如图 5-6 所示。

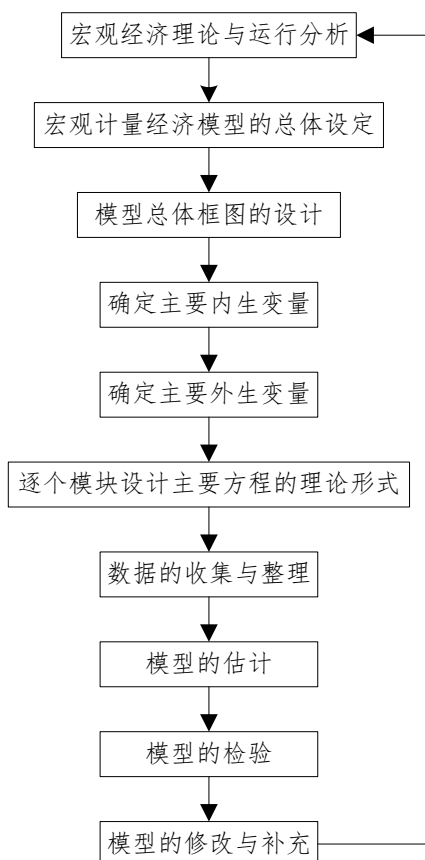


图 5-6 建立宏观计量经济模型的工作程序

宏观计量经济模型的基本理论形成于 40 年代，可以概括为以下几点：

- 1) 依据某种已经存在的经济理论或者已经提出的对经济行为规律的某种解释设定模型的总体机构和个体结构，即模型是建立在已有的经济理论和经济行为规律的假设的基础之上的；
- 2) 引进概率论思想作为模型研究的方法论基础，选择随机联立线性方程组作为模型的一般形式；
- 3) 模型的识别、参数的估计、模型的检验是主要的技术问题；
- 4) 以模型对样本数据的拟合优度作为检验模型的主要标准。

(2) 新能源政策评价适用性分析

宏观经济总量之间存在着复杂的因果关系，揭示这些复杂关系的方程组就构成了宏观计量经济模型。该模型是在宏观水平上把握和反应经济运动的全面特征，研究宏观经济主要指标之间的相互依存关系，描述国民经济和社会再生产各环节之间的联系，并可以用以进行宏观经济的结构分析、政策评价、决策研究和发展预测，进而为政府的宏观经济管理提供依据。

新能源政策与社会生活的许多方面存在密不可分的联系，对这些联系进行分析，便可以得到一系列方程组，进而构成宏观计量经济模型。因此，利用宏观经济模型，可以得到较为合理地对新能源政策进行评价。

5.3.3 成本——效益模型

成本效益分析是通过比较项目的全部成本和效益来评估项目价值的一种方法，成本—效益分析作为一种经济决策方法，将成本费用分析法运用于政府部门的计划决策之中，以寻求在投资决策上如何以最小的成本获得最大的效益。常用于评估需要量化社会效益的公共事业项目的价值。

60 多年来，随着经济的发展，政府投资项目的增多，使得人们日益重视投资，重视项目支出的经济和社会效益。这就需要找到一种能够比较成本与效益关系的分析方法。以此为契机，成本—效益在实践方面都得到了迅速发展，被世界各国广泛采用。

（1）基本原理

成本效益分析法的基本原理是：针对某项支出目标，提出若干实现该目标的方案，运用一定的技术方法，计算出每种方案的成本和收益，通过比较方法，并依据一定的原则，选择出最优的决策方案。具体步骤为：

- 1) 确定购买新产品或一个商业机会中的成本；
- 2) 确定额外收入的效益；
- 3) 确定可节省的费用；
- 4) 制定预期成本和预期收入的时间表；
- 5) 评估难以量化的效益和成本。

（2）新能源政策评价适用性分析

随着国际能源形势的日益严峻，新能源越来越多的进入了人们的视野中，政府也越来越重视对新能源设施、技术的建设与发展的投资。因此，在评价一项新能源政策实施的效果时，不但要考虑其社会效益，更应该重视其经济效益。成本—效益分析方法能够满足这项要求，通过比较成本与效益的关系，对新能源政策作出适当的评价。

5.3.4 面板数据模型

时间序列数据或截面数据都是一维数据。时间序列数据是变量按时间得到的数据；截面数据是变量在固定时点的一组数据。面板数据又称为平行数据，指在时间序列上取多个截面，在这些截面上同时取样本观测值所构成的样本数据，也就是把截面数据和时间序列数据融合在一起的一种数据。而面板数据模型能够同时对截面数据和时间序列数据进行分析。

(1) 基本原理

一种最常见的面板数据模型称为简单回归模型。在该模型中可观测到的解释变量 $x_{i,t}$ 的效应是相等的，即 $x_{i,t}$ 的回归系数 β 不随个体和时间的变化而变化，而是假设常数，而同时被遗漏变量能被分解到个体识别因子 α_i 和时间识别因子 λ_t 以及误差项 $u_{i,t}$ 里，即

$$y_{i,t} = x_{i,t}'\beta + \alpha_i + \lambda_t + u_{i,t}, i = 1, \dots, N, t = 1, \dots, T \quad (3-1)$$

上述模型中， α_i ， λ_t 和 $u_{i,t}$ 假设与解释变量 $x_{i,t}$ 不相关，即 $x_{i,t}$ 为纯外生变量。当 α_i 和 λ_t 为固定时称模型（3-1）为固定效应模型，此时它们作为未知参数，它们是否与 $x_{i,t}$ 相关就不重要了；当 α_i 和 λ_t 为随机时，模型（3-1）称为随机效应模型，此时要求它们与解释变量 $x_{i,t}$ 不相关。

(2) 新能源政策评价适用性分析

面板数据模型最大的特点就是它可以同时分析截面数据与时间序列数据。在对一项新能源政策进行评价时，为提高评价的科学性，可能会提出同时分析截面数据与时间序列数据的要求，此时便可应用面板数据模型得到最终的评价结果。

5.3.5 系统动力学模型

系统动力学((System Dynamics, 简称 SD)是通过建立流位、流率系来研究信息反馈系统的一门科学，是系统科学的一个重要分支。

SD 综合应用控制论、信息论和决策论等有关理论和方法，结合管理科学及系统科学的知识建立系统动力学模型，以计算机为工具，进行仿真试验，所获得的信息用来分析和研究系统的结构和行为，为正确决策提供科学依据。

(1) 基本原理

利用系统动力建模是一项复杂的工作，这种复杂性最根本的来源是所描述的对象复杂性。遵循的基本原理如下：

- 1) 一个“明确”三个“面向”：即明确目的，面向问题、面向过程与面向应用。
为
- 2) 根据系统特性，在建模的构思、模拟与测试的全过程中，正确地使用分解

与综合的原理。

3) 系统的结构决定行为。系统动力学认为系统的行为模式由系统的结构决定的,而环境对系统行为模式的影响是通过系统内部结构起作用的。在建立系统模型的过程中,合理地确定系统边界即模型中包含的反馈回路及模型的变量是非常重要的。因此确定系统边界的过程,也就是对系统进行简化的过程。

4) 在建立系统模型时,应首先考虑的是所描述的结构与现实系统是否一致,而不必过多关心参数的选择和精度。强调的是模型结构的正确性而不是参数的精度。对参数精度的要求应视模型所要达到的不同目的而异,而且参数的选择和取值可以在模型的不断修正过程中得以完善。

5) 系统动力学并不关心偶然的离散事件对系统的影响,而是采用连续的系统模型,以有助于把注意力集中于系统的中心框架上,更好地认识系统的动态特征。因此,系统要有连续性与相对稳定性。

该模型的主要步骤如下:

- 1) 确定建模目的;
- 2) 群体定性分析与边界确定;
- 3) 建立流位流率系;
- 4) 确定因果关系图、流图或流率基本入树模型;
- 5) 进行反馈环分析;
- 6) 写出全部方程;
- 7) 输入初始值;
- 8) 评价,修正。

(2) 新能源政策评价适用性分析

从系统论出发,研究政策评价更为全面、客观和长期,更接近实际,可以量化政策变量。

系统动力学作为一种预测方法,在评价新能源政策时更为适合。因为评价内容不仅包括政策执行到目前所产生的结果,更多的是对政策未来效果的预测及评价,所以必然会应用到预测工具。系统动力学法本身具有预测功能,与其他常用预测方法比较有其自身的优势,更适合作为主要预测工具,与其他预测方法结合使用。

5.3.6 不同评价方法的优缺点

不同评价方法的优缺点如表 5-8 所示。

表 5-8 不同评价方法的优缺点

	优点	缺点
CGE 模型	1、CGE 模型按照惯常的新古	1、该模型本身不能提供有价

	<p>典微观经济理论方式明确设定所有经济主体的行为都是优化的,因而是关于一般而非局部经济主体行为的模型;</p> <p>2、它使用了市场均衡而非市场不均衡的假设,所有市场同时得到结清;</p> <p>3、它是可计算的而非纯理论性的,会生成具体的数字结果。</p>	<p>值的预测工具;</p> <p>2、该模型需要的数据比较复杂且难以收集,因为它不仅分析产业或工业,同时也分析个人和政府决策。</p>
宏观计量经济模型	<p>决策模型可以显示,为达到既定目标,应该采取的措施,可以为决策者提供各种可供选择的方案和可能的发展前景的科学决策依据。</p>	<p>1、该模型主要用于决策,而非预测;</p> <p>2、该模型以长期决策为主,不适用于短期决策。</p>
成本—效益分析	<p>对于公共政策的经济分析来说,成本—效益的作用是十分重要的,它可以纠正两个广泛存在而又肯定会带来不良后果的影响:一是有助于纠正那些只顾需要,不顾成本的倾向,二是有助于纠正那种只考虑成本,而不管效益如何的倾向。</p>	<p>1、该方法的适用范围比较有限,因为以货币为尺度不能对许多政府领域的效益进行适当的分析;</p> <p>2、当评价政府是否应该提供一种公共物品时,成本—效益分析并没有提供任何信号。</p>
面板数据模型	<p>1、提供给研究者大量的数据,包含更多的变量,这就增加了自由度,减少了解释变量之间的共线性,从而改进了估计的有效性;</p> <p>2、面板数据可以从多种层面分析经济问题;</p> <p>3、面板数据能够更好的识别</p>	<p>1、模型设定错误和数据收集不慎将引起较大的误差;</p> <p>2、在研究截面或面板数据时,由于样本非随机造成观测值的偏差,进而造成模型估计的偏差;</p> <p>3、典型的面板数据是时间序列的观测值较少。</p>

	<p>和测量一些效应；</p> <p>4、面板数据可以对不同个体进行控制。</p>	
系统动力学模型	<p>1、擅长处理长期性问题；</p> <p>2、能明确认识和体现系统内部、系统外部因素间的相互关系；</p> <p>3、结合了定性和定量分析；</p> <p>4、能对系统设定各种控制因素，当输入的控制因素变化时，可以观察系统行为和变化趋势，这对高层决策者来说非常有用。</p> <p>5、能对系统进行动态的模拟，以观察系统在不同的组织状态、不同的参数、不同的政策因素输入时所表现的行为和趋势。</p> <p>6、在数据缺少的条件下仍可进行研究。</p>	<p>应用系统动力学的时候应注意处理好以下集中矛盾：</p> <p>1、“粗”与“细”的矛盾；</p> <p>2、模型的结构化与问题的非结构化的矛盾；</p> <p>3、参数依存与参数软化的矛盾；</p> <p>4、动态性与结构确定性的矛盾。</p> <p>如果不注意解决这些矛盾，就会影响到模拟结果的可靠性。</p>

第6章 基于电力大数据的新能源政策实施效果综合评价研究

本部分通过新能源政策目的研究，明确新能源发电政策对新能源发展以及环境改善的促进作用，构建基于电力大数据的新能源政策评价影响因素识别与评价模型^[12]，从而实现对新能源政策实施效果的对比评价，并通过实例验证了所提评价模型的可行性。

在进行新能源政策实施效果评估时，首先通过对新能源政策评价指标的选取原则以及方法设计原则的研究，建立新能源政策实施效果评价指标体系；其次按照基于相关性分析与时差相关性分析确定变量、基于模型适用条件及 F 检验确定模型、运用 MATLAB 软件进行拟合各政策对新能源发展的促进效果的步骤建立面板数据模型，并根据模型结果进行各政策实施前后的仿真分析，确定各政策实施对新能源发展的促进效果；最后采用 TOPSIS 方法从新能源发展效益和环境效益两方面对新能源政策的实施效果进行综合评估。具体流程如图 6-1 所示。

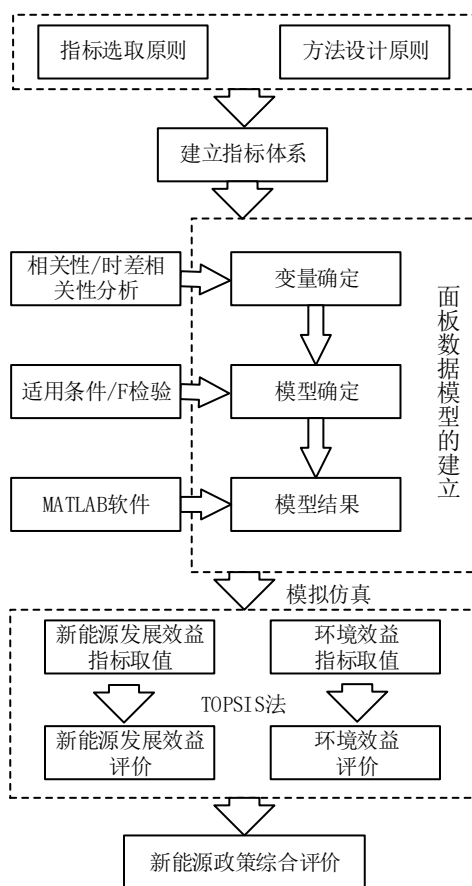


图 6-1 新能源政策实施效果综合评价流程

6.1 新能源政策实施效果综合评估准则

6.1.1 新能源政策实施效果综合评价指标选取原则

为了得到一个科学全面的评价结果，在构建新能源政策指标体系时，将遵循以下几个一般原则：

（1）相关性和代表性原则

相关性是指选取的评价指标要与研究对象具有一定关联，即要与新能源政策评价有关。代表性是指选取的指标需体现或者反映研究对象的某方面特征，即可以代表绿色证书交易市场效率的影响因素。选取的指标要既具有相关性，又有代表性，二者缺一不可。

（2）定性与定量相结合原则

定性原则是指要确定界限，定量原则是指要得到确切的结果。如果只有界限没有明确的数据，则无法判断发展趋势；如果只有数据没有界限，则无法定性。新能源政策评价在选取指标时要注意定性与定量结合，使得评价结果具有横向和纵向的可比性。选择的指标要尽可能地覆盖、并切实的反应与新能源政策实施效果有关的内容。

（3）可获取性和可行性原则

选取的指标中所需要的数据要尽可能的容易获取并具有稳定性，不会受到偶然事件的干扰，如此才可进一步保证评价指标体系的可行性与稳定性。

（4）全面性原则

一个完善的指标体系必然是全面的，可以完整周密地反映研究对象。然而全面并不意味着要将各个方面都照顾到，而是要在把握大前提的基础上，提炼出研究对象的主要方面，并找出影响各个方面的关键因素。

（5）实用简洁原则

一个有价值且实用的评价指标体系一定是简洁易操作的，反之，将不利于人们执行与采用，分析起来也更加的复杂。因此，整个指标体系在以上四个原则的基础上，要充分考虑指标体系的实用简洁性。

在新能源政策评价指标体系的过程中，要充分考虑以上五个原则。选取的指标首先要符合相关性和代表性原则，也要符合定量与定性相结合的原则，在此基础上筛选一些无法获得或者操作不易的指标，将剩余的指标全面客观地组合在一起，与此同时删除一些重复或者不重要的指标，使得指标体系满足实用简洁的原则。

6.1.2 新能源政策实施效果综合评价方法设计原则

新能源政策评价方法按照如下原则进行设计：

(1) 分层完整、实用、全面、可行

评价指标体系力求系统完整、逻辑清晰、层次结构分明，符合评价对象的实际特点。对每个指标的选取都要做到既不重复也不遗漏，形成的指标体系实用、全面且可行。

(2) 选择科学适用的评价方法

根据新能源政策评价指标体系的特点、评价信息条件等要素选择相应的评价方法。同时，为增强结果的科学性，选取合适的权重确定方法，求取最优权重。

(3) 最终评价结果恰当全面

对新能源政策进行综合评价，选用的方法必须恰当全面，实现主客观、多方法的结合，按照这一原则建立方法计算得到最终的评价结果。

6.2 新能源政策实施效果综合评价指标体系

基于上述新能源政策评价标准、指标体系、评价方法等的对比，结合上述评价准则建立的新能源政策实施效果综合评价指标体系如图 6-2。

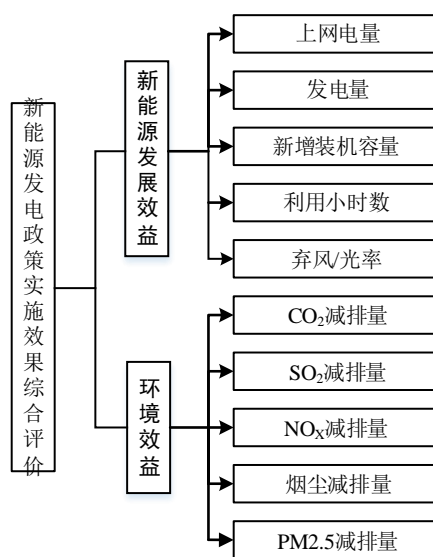


图 6-2 新能源政策实施效果综合评价指标体系

新能源发电政策实施效果综合评价是政策目标实现程度以及影响产业政策实施效果的各种因素的最终反映与具体体现，就是根据一定的标准、运用一定的方法，对产业的制定和执行效果进行分析、比较后所作出的一种价值判断。因此，拥有明确的目标是评价体系的必备因素，需要明确大力发展新能源发电产业的目标主要为促进新能源发展调整能源结构以及减少排放从而缓解亟待解决的环境难题。由此报告以新能源发展效益以及环境效益两方面展开对新能源发电政策的实施效果综合评价。

在新能源发展效益层面，由于现行新能源发电政策主要集中于对新能源生产

的促进、新能源消纳的促进两类。对新能源生产促进效果和新能源消纳促进效果分别进行细化描述，选择新能源生产促进效果：发电量和新增装机容量；新能源消纳促进作用上网电量、利用小时数以及弃风/光率。

在环境效益层面，由于新能源发电对比传统火电具有明显的减排优势，由此报告主要从较少排放的角度对新能源发电政策的实施效果进行评价。选取传统火电排放物中，排放量较多同时对环境影响较大的五个指标进行新能源发电政策环境效益的评价指标： CO_2 减排量、 SO_2 减排量、 NO_x 减排量、烟尘减排量以及 $\text{PM}_{2.5}$ 减排量。

6.3 基于面板数据的新能源政策单一维度实施效果评价模型

本部分结合所提新能源政策实施效果综合评价指标体系，基于面板数据针对单一指标进行新能源单一维度的新能源发展效益的促进效果或单一环境效益的促进效果的评价，为后文新能源政策实施效果综合评价提供理论及数据基础。本部分首先基于所提新能源政策实施效果综合评价指标体系、相关性分析以及时差相关性分析确定模型变量；其次通过模型适用条件及 F 检验进行模型选取，并应用 MATLAB 软件进行面板数据模型求解；最后根据模型结果进行模拟仿真，从而量化新能源政策单一维度实施效果，进行新能源政策单一维度实施效果评价，具体流程如图 6-3 所示。

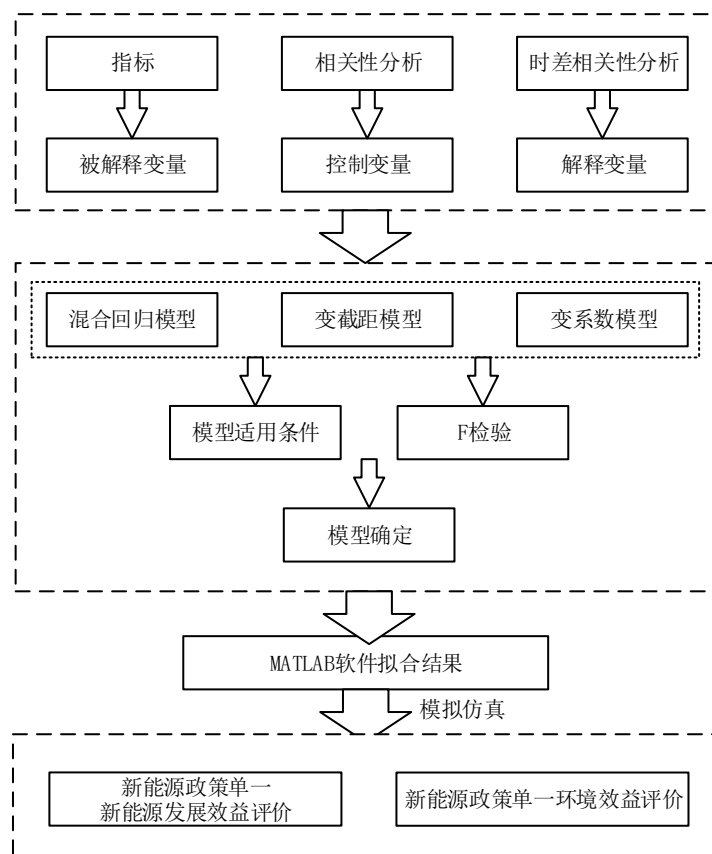


图 6-3 新能源政策单一维度实施效果评价流程图

6.3.1 面板数据模型简介

面板数据模型属于计量经济学，计量经济学作为一门连接理论与现实的重要学科，它通过构造一定的模型来刻度经济或社会变量之间的联系，经过科学的分析检验得出一定的结论，它广泛应用在经济学、社会学、政治学等诸多领域，它的应用具体体现在一系列模型上，这些模型是对现实世界的简化。尤其是在政策分析领域，初期几乎都是定性分析，然而定量分析具体、精确、说服力强，毫无疑问成为了今后政策分析的主流研究工具或研究方向，由此计量经济学在政策分析中的应用逐渐得到认可。

而面板数据模型作为计量经济学模型的一种，是横向数据与纵向数据的集合体，它既有横向的多个个体的数据，也有级向的跨越不同时间维度的数据（一般用横向表示个体的差异性，纵向表示时间）。通俗说，面板数据是对同一组个体连续追踪多个时期所得到的数据，既具有横截面数据的微观分析的优点，又具备时间序列数据的宏观分析的优点，其应用效果得到政策评估学者的认可。

面板数据模型在进行新能源政策分析的过程中存在明显优势，如下：

- （1）在研究可再生能源政策影响因素时，由于新能源发展数据波动太大，许

多指标都呈现明显的趋势特征，数据序列不易满足平稳性要求，因此使用单一省份的数据进行时间序列分析拟合的误差较高容易得出错误结论，而选用面板数据模型，由于具有横向多个个体数据的对比分析，可有效降低数据序列不平稳对拟合结果的影响。

（2）由于我国新能源发展尚处于起步阶段，新能源发展指标时间序列数据有限，单一省份数据进行时间序列拟合的误差大，而面板数据在时间长度不够时由于包含了截面数据，大大增加了数据所包含的信息量，进而提高拟合精度。

（3）在实际中，各项新能源政策并不是彼此孤立的，政策之间往往表现出较强的相关性，直接应用单一省份数据进行时间序列分析容易由于解释变量的相关性出现多重共线性问题，大大影响评价结果，而面板数据由于包含了截面数据可以表示个体的差异性，并且在很大程度上避免多重共线性的问题。

综上所述，由于我国新能源发展数据少、有明显趋势且各指标存在相关性，因此选取面板数据模型进行新能源政策分析。

6.3.2 变量设置

6.3.2.1 被解释变量

被解释变量就是在面板数据模型中的因变量，也就是体现新能源发展效益的变量。根据上述评价指标体系，模型中新能源政策效果的被解释变量即新能源发展效果的五个二级指标：新能源上网电量、新能源发电量、新能源新增装机容量、新能源发电利用小时数、弃风/弃光率。

6.3.2.2 解释变量

解释变量就是面板数据模型的自变量当中作为研究对象的变量，本报告中指各项政策变量。在选取解释变量过程中，由于政策的难以量化性和政策的非即时性，必须对解释变量进行量化处理以及生效时延的确定。

（1）政策时间序列的量化

在政策的量化层面，本文将新能源发电政策分为两类，价格政策以及非价格政策，价格政策指可连续变化且变化较为频繁的直接导致电价或发电收益变化的政策；非价格政策除价格政策外的其他政策。针对两类政策采用不同的处理方式，价格政策直接将上网电价利润作为解释变量的取值，上网利润为风电上网电价除去风电发电成本；而非价格政策则处理为二元决策变量，实施政策即为 1，否则为 0。

（2）政策时延的确定

在政策生效时延层面，需明确一个原则：政策的生效需要时间。政策不能作为短期应急措施，必须考虑政策的生效时间，采用时差相关性分析对政策时延进行分析。

收集研究区域 w 年政策实施情况（量化后的政策时间序列） Z ，结合上述被解释变量的 w 年数据 Y_i （ $i \leq 5$ ），按照公式（6-1）进行时差相关性分析。

$$r_{i,l} = \frac{\sum_{t=t'}^{n_l} (Y_{i,t+l} - \bar{Y}_i)(Z_t - \bar{Z})}{\sqrt{\sum_{t=t'}^{n_l} (Y_{i,t+l} - \bar{Y}_i)^2 \sum_{t=t'}^{n_l} (Z_t - \bar{Z})^2}}, l = 0, 1, 2, \dots, t' = 1 \quad (6-1)$$

式中： \bar{Z} ， \bar{Y} 为时间序列 Z ， Y 的均值。 l 称为时差或延迟期数。 n_l 是数据取齐后的数据个数。

按照公式（6-2）计算在各延迟期数下，政策 Z 与被解释变量 Y_i 的时差相关性绝对值的均值。

$$r_l = \sum_{i=1}^5 |r_{i,l}|, l = 0, 1, 2, \dots \quad (6-2)$$

选择绝对值平均数最大的时差相关系数 r_l 所对应的延迟数 l 为政策 Z 的滞后期数，从而确定政策的时延。例如，在生效时延为 1 年时，用 2010 年解释变量的量化值作为 2011 年解释变量的实际取值，由此可以确定解释变量的值。

6.3.2.3 控制变量

控制变量指为避免有偏估计而引入的，表示除政策变动外风电发展的其它影响因素。在进行风电政策实施效果评估时，除解释变量外，宏观环境因素以及系统运行因素均影响风电发展情况，需要在模型中引入控制变量，实现政策因素与其他因素对风电发展的影响效果的区分。除政策外其他因素主要宏观环境因素以及系统运行因素两方面。

1) 宏观环境因素：用电量、二产 GDP 占比（二产 GDP 占总 GDP 的比例）、人口增长率、平均气温、平均风速。

2) 系统运行因素：电源结构（传统火电装机容量占总装机容量的比例）、负荷率、储能容量。

上述因素均影响风电的发展效果，但考虑到模型数据量的约束，不能将上述所有因素全部作为模型的控制变量，需要通过相关性分析方法对上述因素进行筛选。

收集研究区域的被解释变量以及潜在控制变量的 w 年数据，对每个被解释变

量 Y_i ($i \leq 5$) 分别与九个潜在控制变量 X_1 - X_9 (记作 X_j , $j \leq 9$) 进行相关性分析, 公式 (6-3) 为相关系数计算方法。

$$r_{Y_i X_j} = \frac{\sum (Y_{ik} - \bar{Y}_i)(X_{jk} - \bar{X}_j)}{\sqrt{\sum (Y_{ik} - \bar{Y}_i)^2} \sqrt{\sum (X_{jk} - \bar{X}_j)^2}}, k=1, 2, \dots, w \quad (6-3)$$

式中: \bar{X} , \bar{Y} 为时间序列 X , Y 的均值。

对每个被解释变量, 选择相关性系数大于 0.5 并且满足置信度 95% 的潜在控制变量作为控制变量, 从而确定各被解释变量对应的控制变量。

6.3.3 新能源发展效益评价模型的确定

根据模型中参数不同, 面板数据模型类型可以主要划分为混合回归模型、变截距模型和变系数模型, 三者的适用条件不同: 混合回归模型适用于个体或时间上不存在结构变化和明显差异的问题, 对数据量的要求最低; 变截距模型适用于个体或时间上不存在结构变化但存在明显差异的问题, 对数据量的要求相对较低; 而变系数模型适用于在个体或时间上存在结构变化的问题, 对数据量的要求较大。在进行风电政策实施效果评价时, 风电政策的影响效果不存在明显地区差异, 同时风电发展数据量有限, 因此只适用混合回归模型和变截距模型, 两种模型形式如下。

6.3.3.1 混合回归模型

混合回归模型是一个基本的面板数据模型, 其假设为个体或时间上不存在显著差异, 个体成员上无个体影响和结构变化, 即模型中的截距和系数不随个体和时间发生改变。混合回归模型的一般形式如公式 (6-4) 所示。

$$y_{it} = \alpha + x_{it}\beta + \mu_{it}, i=1, 2, \dots, N; t=1, 2, \dots, T \quad (6-4)$$

其中, $i=1, 2, \dots, N$ 表示 N 个个体, $t=1, 2, \dots, T$ 表示已知的 T 个时点。 y_{it} 是被解释变量对个体 i 在 t 时点的观测值; α 是截距项; x_{it} 是 $1 \times k$ 维的解释变量向量; β 是 $k \times 1$ 维的系数向量; μ_{it} 是随机误差项。此时可以直接把面板数据混合在一起用普通最小二乘法 (OLS) 估计参数。

6.3.3.2 变截距模型

变截距模型则允许个体成员/时间间存在差别, 并通过截距项反映模型中忽略的反映个体/时间差异的变量的影响。其假设为在个体成员上存在个体/时间影响但没有结构变化, 而且个体/时间影响可以通过截距项的差别反映出来。变截距模型

是面板数据模型中应用广泛的一种类型，它可以通过截距项反映个体影响。根据个体影响的不同形式，变截距模型又可分为固定效应模型和随机效应模型。其中，固定效应模型的个体效应或时间效应（模型的截距项）与解释变量有关，而随机效应的个体效应与解释变量无关。从样本角度来讲，固定效应模型与随机效应模型的主要区别在于固定效应表示的回归仅代表样本的回归关系，而随机效应则将估计扩大到整个总体。随机效应模型的截距项包括两个部分，一是常数项部分，另一个则是反应个体差异的随机变量部分。

变截距模型的一般形式可以写为公式（6-5）或（6-6）。

$$y_{it} = \alpha_i + x_{it}\beta + \mu_{it}, i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (6-5)$$

$$y_{it} = \alpha_t + x_{it}\beta + \mu_{it}, i = 1, 2, \dots, N; t = 1, 2, \dots, T \quad (6-6)$$

式中，对于 i 个个体，有 i 个不同的截距项；对于 t 个年份，有 t 个不同的截距项。可以通过添加虚拟变量的方法反映模型中忽略的反映个体差异/时间差异的变量的影响，进行回归估计回归参数。

一般采用 F 检验进行混合模型或变截距模型的选取，报告使用 MATLAB 进行 F 检验及面板数据的拟合。

6.3.4 新能源政策对单一新能源发展效益的促进效果评价

为了评价新能源政策的单一新能源发展效益，利用面板数据模型结果对各政策的实施与否进行模拟仿真，得出政策实施前后各新能源发展指标的仿真结果，根据变化比例确定各政策对新能源发展的促进效果。具体步骤如下：

（1）根据面板数据模型得出的拟合公式，使用原始数据计算各新能源发展指标的估计值 \hat{Y} 。

（2）对每个解释变量（政策变量）分别进行实施前后的模拟仿真。若研究对象为价格政策，则收集价格政策变动前后新能源发电上网利润的变动情况，将解释变量进行值+/-变动量（符号由具体政策决定）的变动，其他数据不变进行仿真，求得政策变动后的各新能源发展指标估计值 \hat{Y} 。若研究对象为非价格政策，则将解释变量进行 0-1 变化（原始数据为 0 时，仿真数据为 1；反之，原始数据为 1 时，仿真数据为 0），其他数据不变，进行仿真，求得政策变动后的各新能源发展指标估计值 \hat{Y} 。

（3）对每个解释变量，求得仿真前后的各新能源发展指标变化量绝对值 $|\hat{Y} - \hat{Y}|$ ，则 $|\hat{Y} - \hat{Y}|$ 为政策引起的新能源发展促进量。

(4) 对各新能源发展促进量进行规范化处理。即计算 $\frac{|\hat{Y}-\bar{Y}|}{\bar{Y}}$ ，取各地区平均值

从而确定新能源政策对单一新能源发展效益的促进效果。

6.3.5 新能源政策对单一环境效益的促进效果评价

为了评价新能源政策的单一环境效益，需要计算政策实施导致的污染物减排量。具体来说，基于面板数据模型的结果对政策的不同实施情况进行不同情境下的仿真，对比新能源上网电量的变化，结合传统机组排放系数仿真出各政策的 CO₂ 减排量、SO₂ 减排量、NO_x 减排量、烟尘减排量以及 PM_{2.5} 减排量，确定新能源政策对单一环境效益的促进效果。具体步骤如下：

(1) 根据面板数据模型得出的新能源上网电量的拟合公式，使用原始数据计算新能源上网电量的估计值 \hat{Y} 。

(2) 对每个解释变量（政策变量）分别进行实施前后的模拟仿真。若研究对象为价格政策，则收集价格政策变动前后新能源发电上网利润的变动情况，将解释变量进行值+/-变动量（符号由具体政策决定）的变动，其他数据不变进行仿真，求得政策变动后的新能源上网电量估计值 \hat{Y} 。若研究对象为非价格政策，则将解释变量进行 0-1 变化（原始数据为 0 时，仿真数据为 1；反之，原始数据为 1 时，仿真数据为 0），其他数据不变，进行仿真，求得政策变动后的新能源上网电量估计值 \hat{Y} 。

(3) 对每个控制变量，求得仿真前后的新能源上网电量变化量绝对值 $|\hat{Y}-\bar{Y}|$ ，则 $|\hat{Y}-\bar{Y}|$ 为政策引起的新能源增发量，然后对各新能源发展促进量进行规范化处理，即计算 $\frac{|\hat{Y}-\bar{Y}|}{\bar{Y}}$ ，取各地区平均值。

(4) 根据传统机组排放系数以及新能源增发量，计算各政策的 CO₂ 减排量、SO₂ 减排量、NO_x 减排量、烟尘减排量以及 PM_{2.5} 减排量，确定新能源政策对单一环境效益的促进效果评价。

6.4 新能源政策实施效果综合评价

本部分基于新能源政策对单一新能源发展效益的促进效果评价以及新能源政策对单一环境效益的促进效果评价，确定新能源政策单一维度实施效果评价，从而对新能源政策的实施效果进行综合评价，进而实现各政策实施效果的综合对比。

Topsis 法（Technique for order preference by similarity to ideal solution）是有限

方案多目标决策分析的一种常用方法，可用于效益评价、卫生决策和卫生事业管理等多个领域。基本思想是：基于归一化后的原始数据矩阵，采用余弦法找出有限方案中的最优方案和最劣方案（分别用最优向量和最劣向量表示），然后分别计算各评价对象与最优方案和最劣方案间的距离，获得各评价对象与最优方案的相对接近程度，以此作为评价优劣的依据。此外，由于在新能源发展过程中，各指标的重要程度无明显差异，由此将各指标权重设置为等权重。TOPSIS 方法步骤：

1) 有 n 个评价对象， m 个评价指标，按照公式（6-7）进行规范化处理

$$\hat{z}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m x_{ij}^2}} \quad (6-7)$$

2) 按照公式（6-8）确定正理想解和负理想解

$$\bar{Z}_j^+ = \max_i \hat{z}_{ij}, \quad \bar{Z}_j^- = \min_i \hat{z}_{ij} \quad (6-8)$$

3) 设定权重矩阵，设置为等权重

4) 按照公式（6-9）计算各评价对象分别到正理想解和负理想解的欧氏空间距离

$$D_i^+ = \left[\sum_{j=1}^n (\hat{z}_{ij} - \bar{Z}_j^+)^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad D_i^- = \left[\sum_{j=1}^n (\hat{z}_{ij} - \bar{Z}_j^-)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6-9)$$

5) 按照公式（6-10）计算各评价对象与最优方案的接近程度，计算公式如下：

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \quad 0 \leq C_i \leq 1 \quad (6-10)$$

6) C_i 值越趋向于 1，表明评价对象最优，按 C_i 值降序排序，得出评价结果。

6.5 新能源政策综合评价实证分析

本部分针对风电政策，选取山东、江苏、新疆三个省份 2010 年-2016 年的地区风电上网电量、风电利用小时数、风电新增装机容量、全社会用电量、二产 GDP 占比、电源结构、人口增长率、平均气温及负荷率等数据，选取风电上网电价政策、《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》、《关于开展节能减排财政政策综合示范工作的通知》三个政策进行政策实施效果综合评价的实证分析。

6.5.1 建立面板数据模型

6.5.1.1 基础数据

目前,由于太阳能光伏等新能源发电利用期较短,省级统计数据较少,而风电是新能源的重要发电类型,在新能源发电装机中占较大比例,发展期较长,统计数据更为全面。同时,未来对于风电发展增速要求较高,开发利用潜力较大,且风电在发展中面临较多突出的问题,与发展期相对较短、同样发电成本较高且受资源分布限制的太阳能光伏和生物质发电相比更具代表性。基于以上因素,本部分以风电为代表进行新能源政策综合评价的实证分析,既满足研究中数据可获取性的要求,又具有很强的代表性。

由于自 2009 年颁布《国家发展改革委关于完善风力发电上网电价政策的通知》起正式实施风电上网电价政策,与 2009 年前实施风电招标上网电价时数据难以统一,不具有可比性。因此本部分选取 2010-2017 年的数据进行实证分析,同时结合地区差异以及数据可得性,选取山东、江苏、新疆三省进行实证分析。

本部分选取 2010-2016 年江苏、山东、新疆三个省份的原始数据,数据如表 6-1 所示。

表 6-1 基础数据

地区	时间	上网 电量 (亿 千瓦时)	利用小 时数	新增 装机 容量 (万 千瓦时)	用电量 (万千 瓦时)	二产 GDP 占比 (%)	电源 结构 (%)	人口 增长 率 (千 分之一)	平均 气温 (摄 氏 度)	负荷 率 (%)
山东	2010	25.89	2364.11	141.87	3298.46	54.22	96.05	5.39	——	87.32
	2011	40.7	2018.13	192.45	3635.26	52.95	94.75	5.1	14.44	87.81
	2012	61.84	1975.12	112.87	3794.55	51.46	93.20	4.95	14.72	88.78
	2013	86.56	2007.59	128.95	4083.12	49.69	91.92	5.01	15.16	89.76
	2014	98.21	1783.12	128.28	4223.49	48.44	90.26	7.39	15.92	90.73
	2015	117.85	1794.61	129.67	4243.18	46.80	88.78	5.88	15.52	91.17
	2016	142.11	1869.45	162.5	5390.75	45.38	87.19	10.84	15.72	91.05
江苏	2010	22.35	2103	37.1	3864.37	52.51	92.86	2.85	——	90.14
	2011	26.61	1841.05	37.23	4681.62	51.32	92.67	2.61	16.43	90.72
	2012	36.16	2112.03	40.45	4580.90	50.17	92.68	2.45	16.30	90.93
	2013	45.35	1901.64	54.36	4956.62	48.68	91.79	2.43	17.10	91.52
	2014	54.61	2063.74	76.05	5012.54	47.40	89.83	2.43	16.73	91.94
	2015	62.47	1752.53	121.18	5114.70	45.70	87.94	2.02	16.77	91.75
	2016	94.13	1977.75	120	5458.95	44.70	85.99	2.73	17.09	91.3
新疆	2010	22.32	2672.5	36.1	560.16	47.67	73.14	10.56	——	85.67
	2011	27.55	2320.3	95.25	754.90	48.80	74.54	10.57	7.68	86.33
	2012	45.21	2724.87	99	1008.19	46.39	75.04	10.84	7.79	89.25

2013	76.22	2538.96	314.6	1341.53	42.34	66.43	10.92	9.26	90.35
2014	132.25	2094.02	321.6	1498.21	42.58	66.14	11.47	7.84	89.12
2015	143.31	1571.33	658.29	1602.30	38.57	56.96	11.08	9.06	89.13
2016	213.78	1290.44	277	1793.84	37.28	56.76	11.08	8.75	81.83

为保证数据平稳性，本部分将基础数据取对数处理。

6.5.1.2 控制变量选取

将上述基础数据取对数处理后，进行相关性分析，所得结果如表 6-2 所示。

表 6-2 相关性分析结果表

被解释变量	控制变量	江苏相关性系数	P 值	山东相关性系数	P 值	新疆相关性系数	P 值
上网电量	用电量	0.868	0.011	0.931	0.002	0.94	0.002
	二产 GDP 占比	-0.95	0.001	-0.999	0	-0.942	0.001
	人口增长率	-0.19	0.689	-0.418	0.351	0.74	0.057
	平均气温	0.706	0.117	0.866	0.026	0.465	0.353
	电源结构	-0.96	0	-0.997	0	-0.922	0.003
	负荷率	0.615	0.141	0.785	0.037	-0.364	0.422
利用小时数	用电量	0.868	0.011	0.932	0.002	0.94	0.002
	二产 GDP 占比	-0.95	0.001	-0.999	0	-0.942	0.002
	人口增长率	-0.18	0.697	-0.416	0.354	0.74	0.057
	平均气温	0.706	0.117	0.865	0.026	0.464	0.354
	电源结构	-0.96	0	-0.997	0	-0.922	0.003
	负荷率	0.614	0.143	0.783	0.037	-0.364	0.422
新增装机容量	用电量	0.782	0.038	0.082	0.861	0.762	0.046
	二产 GDP 占比	-0.95	0.001	0.147	0.754	-0.789	0.035
	人口增长率	-0.43	0.333	0.451	0.309	0.621	0.137
	平均气温	0.588	0.219	-0.32	0.536	0.685	0.133
	电源结构	-0.98	0	0.136	0.772	-0.823	0.023
	负荷率	-0.36	0.426	-0.347	0.446	0.298	0.516

对单一地区，选择相关性系数大于 0.5 并且满足置信度 95% 的潜在控制变量作为控制变量；针对多地区，按上述方法分别计算，选择相关频率（即相关次数/总地区数）大于 50% 的潜在控制变量。从而确定各被解释变量对应的控制变量，控制变量筛选结果如表 6-3 所示。

表 6-3 控制变量筛选结果表

新疆		山东	江苏	控制变量
上 网 电 量	用电量	用电量	用电量	用电量
	二产 GDP 占比	二产 GDP 占比	二产 GDP 占比	二产 GDP 占比
	电源结构	平均气温 电源结构 负荷率	电源结构	电源结构
利 用 小 时 数	用电量	用电量	用电量	用电量
	二产 GDP 占比	二产 GDP 占比	二产 GDP 占比	二产 GDP 占比
	电源结构	平均气温 电源结构 负荷率	电源结构	电源结构
新 增 装 机 容 量	用电量	无	用电量	用电量
	二产 GDP 占比		二产 GDP 占比	二产 GDP 占比
	电源结构		电源结构	电源结构

6.5.1.3 解释变量选取

综合考虑政策实施时间以及政策实施区域等因素，选取风电上网电价政策、《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》、《关于开展节能减排财政政策综合示范工作的通知》三个政策。其中电价政策为定量政策，按照上网利润=上网电价-发电成本的计算公式，确定电价政策取值。《可再生能源电价附加补助资金管理暂行办法》共六批，山东、江苏、新疆均与 2012 年实施该政策，自 2012 年起政策取值为 1。《关于开展节能减排财政政策综合示范工作的通知》中指明国家节能减排财政政策综合示范城市全国共有 30 个，分为三批，2011 年第一批（8 个）城市为北京市、深圳市、重庆市、杭州市、长沙市、贵阳市、吉林市、新余市；2013 年第二批（10 个）城市为石家庄市、唐山市、铁岭市、齐齐哈尔市、铜陵市、南平市、荆门市、韶关市、东莞市、铜川市；2014 年第三批（12 个）城市为天津市、临汾市、包头市、徐州市、聊城市、鹤壁市、梅州市、南宁市、德阳市、兰州市、海东市、乌鲁木齐市，自省内出现实施该政策的市开始政策变量取值为 1，在此之前取值为 0。综上所述，政策量化结果如表 6-4 所示。

表 6-4 政策量化结果表

地区	上网电价 (元 /kW)	发电成本 (元 /kW)	附加补助 政策	节能减排 财政政策
山东	0.61	0.59	0	0
	0.61	0.57	0	0
	0.61	0.56	1	0
	0.61	0.55	1	0
	0.61	0.54	1	1

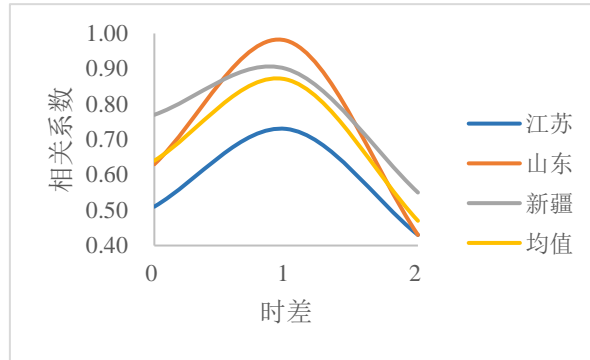
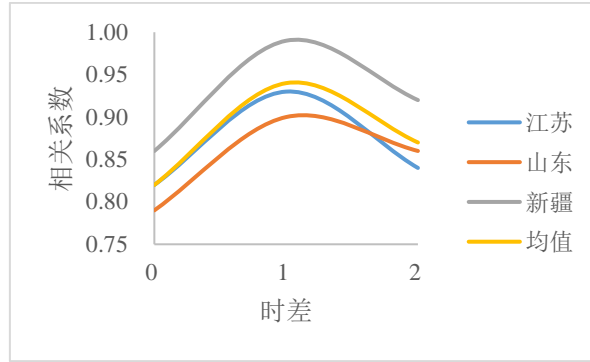
	0.6	0.53	1	1
	0.6	0.52	1	1
江苏	0.61	0.59	0	0
	0.61	0.57	0	0
	0.61	0.56	1	0
	0.61	0.55	1	0
	0.61	0.54	1	1
	0.6	0.53	1	1
	0.6	0.52	1	1
新疆	0.51	0.42	0	0
	0.51	0.41	0	0
	0.51	0.39	1	0
	0.51	0.38	1	0
	0.51	0.37	1	1
	0.49	0.36	1	1
	0.47	0.35	1	1

为明确政策的生效时延，对上网电价政策进行时差相关性分析，相关结果如表 6-5 所示。

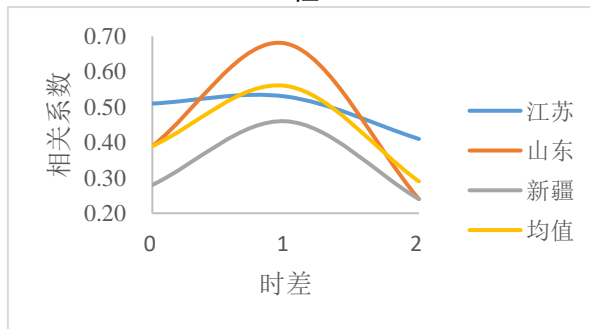
表 6-5 上网电价时差相关性分析结果表

被解释变量	地区	时差相关性系数		
		时差为 0 年	时差为 1 年	时差为 2 年
上网电量	江苏	0.82	0.93	0.84
	山东	0.79	0.9	0.86
	新疆	0.86	0.99	0.92
	均值	0.82	0.94	0.87
利用小时数	江苏	0.51	0.73	0.43
	山东	0.63	0.98	0.43
	新疆	0.77	0.9	0.55
	均值	0.64	0.87	0.47
新增装机容量	江苏	0.51	0.43	0.41
	山东	0.39	0.68	0.24
	新疆	0.28	0.46	0.24
	均值	0.39	0.52	0.29

根据上述结果分别绘制上网电价政策的时差相关性趋势图，结果如图 6-4 所示。



(a) 上网电价政策与上网电量时差相关性 (b) 上网电价政策与利用小时数时差相关性



(c) 上网电价政策与新增装机容量时差相关性
图 6-4 上网电价政策时差相关性趋势图

根据上述表格结果确定上网电价政策、附加补贴政策以及节能减排财政政策的时延均为 1 年，进而确定解释变量。

6.5.1.4 模型确定

利用 MATLAB 软件，模型通过 F 检验，则选取混合回归模型。由此，得到拟合公式 (6-11) 至 (6-13)。

$$\begin{aligned} \ln(OP) = & \beta_{11} \ln(EC) + \beta_{12} \ln(GR) + \beta_{13} \ln(PS) \\ & + \beta_{14} \ln(OP) + \beta_{15} FS + \beta_{16} CEE \end{aligned} \quad (6-11)$$

式中， OWP 代表风电上网电量， EC 代表用电量， GR 代表二产 GDP 占比， PS 代表电源结构， OP 代表上网利润， FS 代表财政补贴政策取值， CEE 代表节能减排财政政策。

$$\ln(UH)=\beta_{21} \ln(EC)+\beta_{22} \ln(GR)+\beta_{23} \ln(PS) \\ +\beta_{24} \ln(OP)+\beta_{25} FS+\beta_{26} CEE \tag{6-12}$$

式中， UH 代表风电利用小时数。

$$\ln(NIC)=\beta_{31} \ln(EC)+\beta_{32} \ln(GR)+\beta_{33} \ln(PS) \\ +\beta_{34} \ln(OP)+\beta_{35} FS+\beta_{36} CEE \tag{6-13}$$

式中， NIC 代表新增装机容量。

6.5.2 模型结果及仿真

通过 MATLAB 软件计算，得出的拟合参数如表 6-6 至表 6-8 所示。

表 6-6 风电上网电量拟合结果表

变量	系数	系数置信区间	
$\ln(EC)$	0.6902608	0.17863	1.201892
$\ln(GR)$	4.2615343	0.187334	8.335735
$\ln(PS)$	-4.274786	-7.60225	-0.94732
$\ln(OP)$	0.5302048	0.087939	0.97247
FS	0.4011645	-0.22633	1.028664
CEE	0.4127574	-0.09209	0.917607
方差	0.82965792		
F 统计量	14.80915429		
值			
p 值	2.41E-05		

表 6-7 风电利用小时数拟合结果表

变量	系数	系数置信区间	
$\ln(EC)$	-0.0926	-0.28412	0.098928
$\ln(GR)$	1.981638	0.456499	3.506778
$\ln(PS)$	0.023878	-1.22173	1.269483
$\ln(OP)$	0.226362	0.060805	0.39192
FS	0.00475	-0.23965	0.250148
CEE	0.04019	-0.22917	0.348799
方差	0.629647071		
F 统计量	6.08802215		
值			
p 值	0.002850531		

表 6-8 风电新增装机容量拟合结果表

变量	系数	系数置信区间	
$\ln(EC)$	0.586035	-0.35141	1.523481
$\ln(GR)$	7.088126	-0.37691	14.55316
$\ln(PS)$	-7.60857	-13.7054	-1.51176

$\ln(OP)$	0.079669	-0.73068	0.890018
FS	0.365983	-0.78377	1.515731
CEE	0.404618	-0.5204	1.329638
方差	0.560033993		
F 统计量	3.77323473		
值			
p 值	0.020626395		

由此得到仿真公式（6-14）至（6-16）：

$$\ln(OWP)=0.6903\ln(EC)+4.2615\ln(GR)-4.2748\ln(PS) \quad (6-14)$$

$$+0.5302\ln(OP)+0.4012FS+0.4128CEE$$

$$\ln(UH)=-0.0926\ln(EC)+1.9816\ln(GR)+0.0239\ln(PS) \quad (6-15)$$

$$+0.2264\ln(OP)+0.0048FS+0.0402CEE$$

$$\ln(NIC)=0.5860\ln(EC)+7.0881\ln(GR)-7.609\ln(PS) \quad (6-16)$$

$$+0.0797\ln(OP)+0.3660FS+0.4046CEE$$

根据模型结果拟用 2016 年原始数据对风电上网电价政策、附加补贴政策、节能减排财政政策的实施情况进行模拟仿真。由于上网电价为连续的价格政策，变动量根据各地区电价变动历史幅度设置。对山东及江苏而言，最近一次电价调整为 2015 年风电上网电价降低 1 分每千瓦，则山东及江苏的风电上网电价变动幅度为 1 分每千瓦，而对新疆而言，最近一次电价调整为 2016 年风电上网电价降低 2 分每千瓦，则新疆的风电上网电价变动幅度为 2 分每千瓦，所得到的结果如表 6-9 和图 6-5 至图 6-7 所示。

表 6-9 仿真结果表

							单位：万千瓦时	
地区	被解释变量	政策变动前	附加补贴政策变动	附加补贴政策实施效果	节能减排财政政策变动	节能减排财政政策实施效果	电价政策变动	电价政策实施效果
山东	上网电量	989364.9	662419.3	326945.6	654784.3	334580.6	1053119	63755.0
	利用小时数	1784.0	1775.5	8.5	1710.8	73.2	1832.2	48.2
	新增装机容量	119.4	82.8	36.6	79.7	39.7	120.5	1.1
江苏	上网电量	992563.8	664561.1	328003.0	656901.4	335662.0	1056525.0	63961.1
	利用小时数	1728.6	1720.4	8.2	1657.7	70.9	1780.0	51.4
	新增装机容量	120.0	83.2	36.8	80.1	39.9	121.2	1.1
新疆	上网电量	1555458.4	1041441.6	268013.6	1029437.9	526020.5	1687928.0	132469.6

利用小时数	1451.4	1444.5	6.9	1391.9	59.5	1502.9	51.5
新增装机容量	420.8	291.8	11.8	280.8	140.0	426.0	5.2

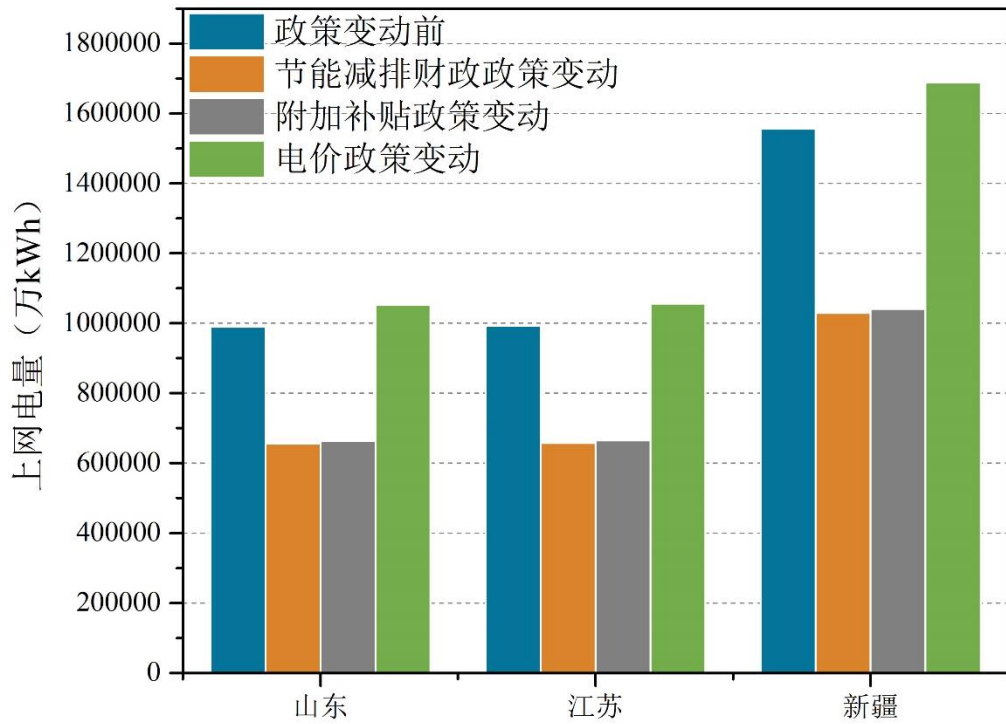


图 6-5 上网电量仿真结果

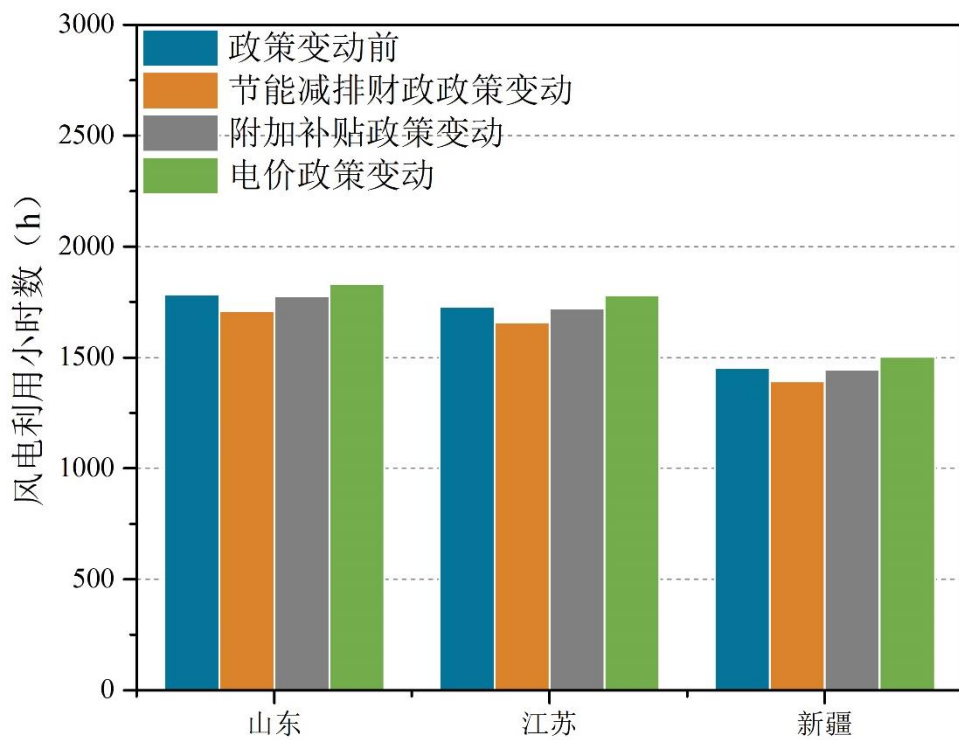


图 6-6 风电利用小时数仿真结果

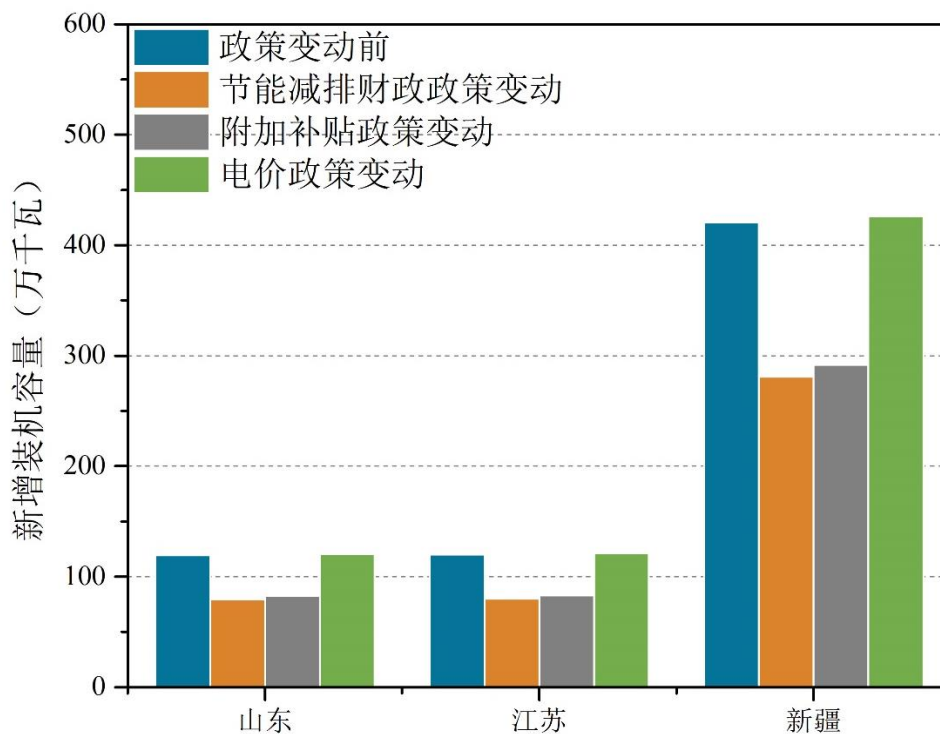


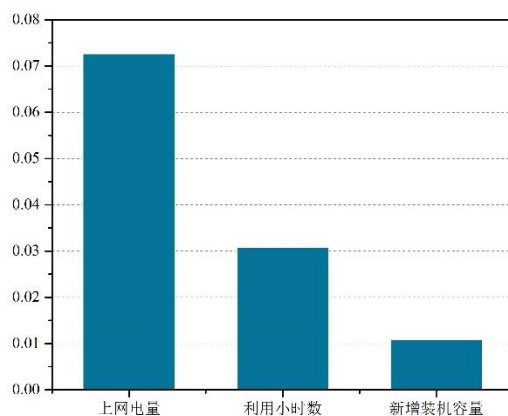
图 6-7 新增装机容量仿真结果

6.5.3 新能源政策对单一新能源发展效益的促进效果评价

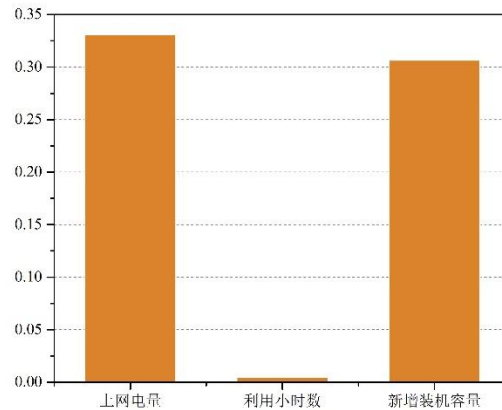
根据上述仿真结果，通过数据规范化及取平均处理，进行新能源政策单一新能源发展效益评价，结果如表 6-10 和图 6-8 所示。

表 6-10 新能源政策单一新能源发展效益评价结果表

二级指标	上网电量	利用小时数	新增装机容量
上网电价	0.072652	0.030768	0.010789
附加补贴政策	0.33046	0.004762	0.306485
节能减排财政政策	0.338177	0.041005	0.332768



(a) 上网电价政策



(b) 附加补贴政策

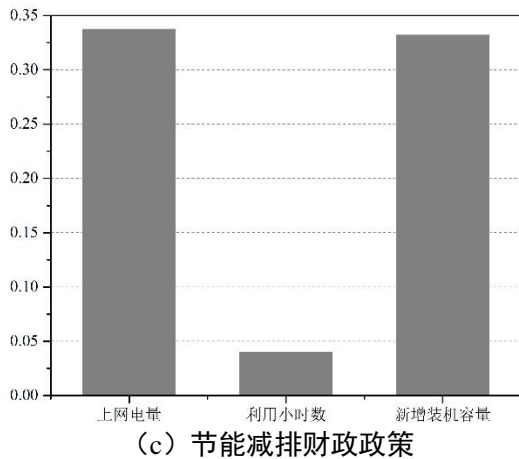


图 6-8 新能源政策单一新能源发展效益评价结果

根据新能源政策单一新能源发展效益评价结果可知，相比较之下，对上网电量、利用小时数及新增装机容量这三个新能源发展效益的而言，节能减排财政政策的促进效果均为最佳。一方面由于节能减排财政政策较为全面，从政策保障、综合奖励以及财政资金三方面对新能源的发展起到促进作用，另一方面节能减排财政政策相对附加补贴政策实施时间较晚，各城市的新能源发展均已有良好的基础及发展趋势，同时节能减排财政政策相对附加补贴政策各批试点城市较少，更有利于资源的集中。

而风电上网电价对上网电量及新增装机容量的影响均较小。主要是由于节能减排财政政策以及附加补贴政策的政策取值只能为 0 或 1，其政策只能在 0-1 中变动，而风电上网电价的连续可调性质使得为了保证风电发展稳步高效发展，对上网电价的调整应循序渐进，故此，单次变化对风电发展的影响相对较小。为了重点研究上网电量、利用小时数、新增装机容量对风电上网电价政策的敏感度，对山东、江苏、新疆 2016 年数据分别进行模拟仿真，分别绘制图表，结果如表 6-11 至表 6-13 及图 6-9 所示。

表 6-11 山东上网电价敏感度分析结果表

		单位：万千瓦时					
上网电价变动	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3
上网电量	818892.2	878970.6	935611.7	989364.9	1040646	1089780	1137024
利用小时数	1645.646	1696.147	1741.978	1784.023	1822.931	1859.191	1893.184
新增装机容量	116.0541	117.2953	118.4011	119.3991	120.3092	121.1461	121.9211

表 6-12 江苏上网电价敏感度分析结果表

		单位：万千瓦时					
上网电价变动	-30%	-20%	-10%	0	10%	20%	30%
上网电量	821539.9	881812.6	938636.8	992563.8	1044011	1093303	1140701
发电量	848724.6	911382.8	970480.1	1026584	1080126	1131440	1180794

新增装机容量	116.6587	117.9064	119.018	120.0212	120.9361	121.7773	122.5564
--------	----------	----------	---------	----------	----------	----------	----------

表 6-13 新疆上网电价敏感度分析结果表

	单位：万千瓦时						
上网电价变动	-0.3	-0.2	-0.1	0	0.1	0.2	0.3
上网电量	1287445	1381899	1470949	1555458	1636082	1713329	1787606
利用小时数	1338.803	1379.888	1417.173	1451.378	1483.032	1512.531	1540.186
新增装机	409.0263	413.4009	417.2983	420.8159	424.0234	426.973	429.7044

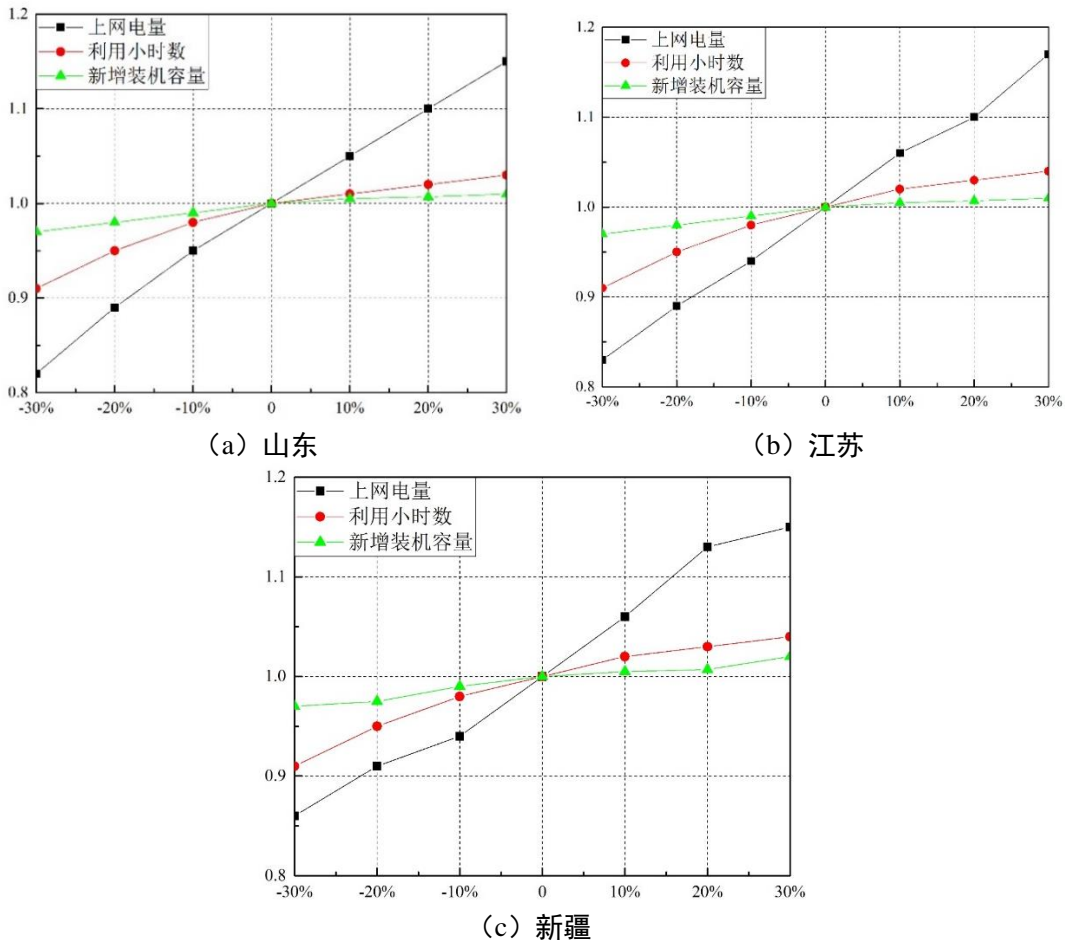


图 6-9 上网电价敏感度分析

上述结果表明，上网电量对上网电价变动的最为敏感，其次为利用小时数，新增装机容量对上网电价变动的敏感度最小。对于上网电价与上网电量而言，满足供需曲线，上网电价上升则风电厂的发电量势必上升，同时由于我国目前新能源电力优先上网的政策，上网电量势必上升。同理，风电厂为增加上网电量势必增加发电量，而风能作为间歇性不可控资源，风电厂为加大发电量势必提高利用小时数。而新增装机容量更多受当前电力需求情况控制，对上网电价的敏感度较低。

6.5.4 新能源政策对单一环境效益的促进效果评价

根据上述仿真结果，将三个地区的上网电量变化量取平均处理，结合传统机组排放系数，进行新能源政策单一环境效益评价，结果如表 6-14 和图 6-10 所示。

表 6-14 新能源政策对单一环境效益的促进效果评价结果表

二级指标	CO ₂ 减排量	SO ₂ 减排量	NO _x 减排量	烟尘减排量	PM2.5 减排量
上网电价	76755.5	2314.98	1153.093	20949.33	418.986
附加补贴	339779.2	10247.93	5104.481	92737.90	1854.758
节能减排	347713.9	10487.24	5223.684	94903.58	1898.072

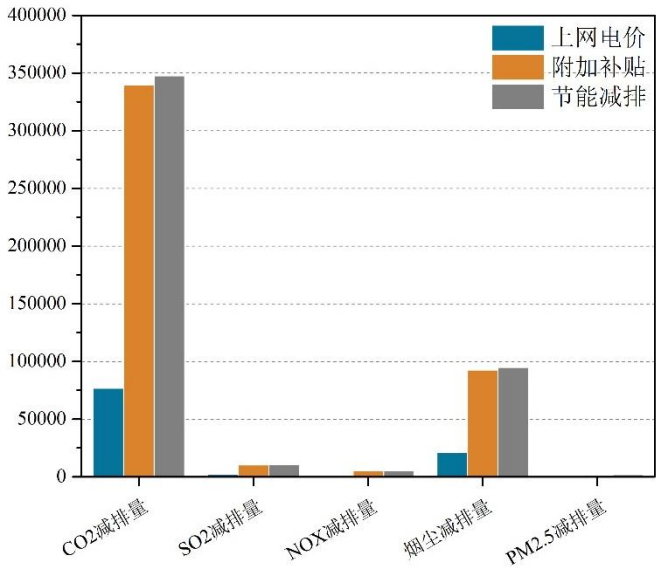


图 6-10 新能源政策对单一环境效益的促进效果评价结果

根据新能源政策对单一环境效益的促进效果评价结果可知，节能减排财政政策及附加补贴政策对 CO₂ 减排、SO₂ 减排等环境效益的促进效果均较好，而上网电价对单一环境效益的促进效果较差。具体而言，一方面上网电价更多从供需角度对风电发展进行调整，然而当前受电网系统稳定性等影响，导致风电上网存在一系列技术、安全及稳定的问题，这些问题是目前制约风电上网的最大约束，相较之下，上网电价的变动对风电上网电量的影响较小；另一方面如上节分析，主要是由于节能减排财政政策以及附加补贴政策的政策取值只能为 0 或 1，其政策只能在 0-1 中变动，而风电上网电价的连续可调性质使得为了保证风电发展稳步高效发展，对上网电价的调整应循序渐进，故此，单次变化对上网电量的影响相对较小，由此，上网电价政策对单一环境效益的促进效果较小。

6.5.5 新能源政策实施效果综合评价结果

根据上述新能源政策对单一新能源发展效益及单一环境效益的促进效果评价，采用 TOPSIS 法对新能源政策的实施效果进行综合评价，综合评价结果如表 6-15

所示。

表 6-15 新能源政策实施效果综合评价结果表

新能源政策	综合评分	排名
上网电价政策	0.383835	3
附加补贴政策	0.678966	2
节能减排财政政策	0.881791	1

根据新能源政策实施效果综合评价结果可知，节能减排财政政策的综合实施效果最佳，其次为附加补贴政策，上网电价政策的新能源发展效益最小。一方面，由于节能减排财政政策以及附加补贴政策的政策取值只能为 0 或 1，其政策只能在 0-1 中变动，而风电上网电价的连续可调性质使得为了保证风电发展稳步高效发展，对上网电价的调整应循序渐进，故此，上网电价单次调整的实施效果相对与附加补贴政策与节能减排财政政策较小。另一方面，对比附加补贴政策与节能减排政策，由于首先节能减排财政政策较为全面，从政策保障、综合奖励以及财政资金三方面对新能源的发展起到促进作用，相较之下附加补贴政策单一从补贴层面进行激励，实施效果必然较小；其次，节能减排财政政策相对附加补贴政策实施时间较晚，各城市的新能源发展均已有良好的基础及发展趋势；同时节能减排财政政策相对附加补贴政策各批试点城市较少，更有利于资源的集中。

第7章 总结与结论

本报告主要开展了以下五个方面的研究工作：

第一，对典型国家的新能源发展及政策支持现状进行分析。（1）结合新能源资源的时空分布情况、各国的经济与政治体制发展情况，选择美国、德国、英国、西班牙、丹麦、日本作为典型国家，分析其风电、光伏发展情况；（2）对美国、德国、英国、西班牙、丹麦、日本的新能源政策进行分类整理；（3）梳理美国、德国、英国、西班牙、丹麦、日本新能源政策的实践效果。

第二，进行了基于电力大数据的我国新能源产业特征研究。（1）从绝对规模、相对规模、技术现状、发展趋势等多个维度初步描述我国新能源产业特征。（2）基于已有的电力大数据资源基础，分类梳理数据类型及潜在表征能力。（3）构建了基于电力大数据的新能源产业特征刻画增长指标体系，实现传统方法和大数据方法的结合，深入刻画我国新能源产业特征。

第三，分析了我国新能源政策支持现状。（1）通过对我国风电、光伏政策的总结梳理，构建了我国新能源政策体系；（2）结合对美国、德国、英国、西班牙、丹麦、日本新能源发展及政策支持现状的研究，分析了我国新能源政策总体实施效果。

第四，构建了政策评价理论方法工具库。（1）深入分析了国内外科研成果中常用的综合评价方法，评估了各评价方法的属性特征并进行了分类；（2）分析了国外已有的政策评价指标体系，提取了政策评价关键维度和要求；（3）分析了常用的综合评价方法满足政策评价要求的能力，建立了政策评价理论方法工具库。

第五，基于电力大数据的新能源政策实施效果综合评价。（1）通过新能源政策目的研究，明确新能源发电政策对新能源发展以及环境改善的促进作用，建立了基于电力大数据的新能源政策实施效果综合评价指标体系；（2）基于电力大数据，利用相关性分析及时差相关性分析构建了的面板数据模型，并对新能源政策实施效果进行了模拟仿真，对新能源政策进行了单一新能源发展效益以及单一环境效益促进效果的评价；（3）构建了新能源政策实施效果综合评价模型，对比分析了各类新能源的实施效果；（4）基于上述模型，课题以山东、江苏以及新疆三个省份 2010-2016 年数据为例，对风电上网电价政策、附加补贴政策、节能减排财政政策进行了单一新能源发展效益促进效果、单一环境效益促进效果以及综合实施效果的评价，验证了课题所提模型的合理性。

本研究报告构建了基于电力大数据的新能源政策评价体系，提出了基于电力大数据的新能源政策评价体系、方法与模型，可为政府新能源政策的制定提供依据。未来在制定及实施新能源发展政策时，要优先制定多方面综合政策，以保证实施效

果较好；同时，要适当把控政策的实施时间及实施范围以便于政策最好的发挥影响效果；最后，上网电价政策作为可连续变化的政策，可连续稳步对风电的发展进行调控，且其实施效果较小，便于对风电发展的掌控与预测。

参考文献

- [1] 杨波, 谭章禄. 世界主要国家能源消费发展趋势研究及其对中国能源政策的启示[J]. 科技管理研究, 2014, 34(3):29-33.
- [2] 徐孝明. 美国能源安全与布什政府的能源立法[J]. 能源与环境, 2017(5).
- [3] 元简. 美国能源政策:倾斜的依据和代价[J]. 国际问题研究, 2018, 187(05):78-93+132.
- [4] 王彩霞, 李梓仟, 李琼慧, et al. 丹麦新能源参与电力市场机制及对中国的启示[J]. 中国电力, 2018, 51(09):147-154.
- [5] 日本低碳产业国际竞争力分析及对我国的启示[D]. 中国海洋大学, 2014.
- [6] 李军, 王旭春, 李晓昭. 日本能源形势与可再生能源利用实态[J]. 太阳能, 2017(12):10-16.
- [7] 于益雷. 新疆区域新能源消纳问题的思考[J]. 中国能源, 2018, v.40(07):18+48-50.
- [8] 朱艳丽. “能源三难选择”视角下弃风弃光问题法律研究[J]. 青海社会科学, 2018, No.232(04):74-78+110.
- [9] 李志学, 吴硕锋, 雷理钊. 我国新能源产业价格补贴政策现状、问题与对策分析[J]. 价格月刊, 2018, 499(12):3-9.
- [10] 高峰. 国际能源政策比较及对我国的启示[J]. 山西财经大学学报, 2007(s2):11-12.
- [11] 瞿国华. 发达国家新能源政策的调整及其启示[J]. 中外能源, 2010, 15(1):29-33.
- [12] 蔡泽祥, 李立涅, 刘平, 等. 能源大数据技术的应用与发展[J]. 中国工程科学, 2018, v.20(02):80-86.