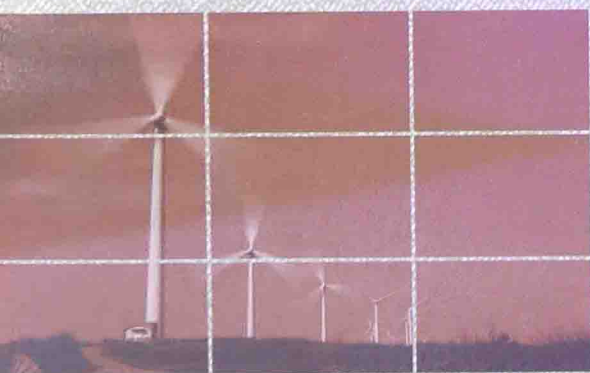


产业组织与技术创新研究论丛

风电产业政策分析的理论与方法

王子龙 著



科学出版社

产业组织与技术创新研究论丛

风电产业政策分析的理论与方法

王子龙 著

国家自然科学基金

教育部人文与社会科学基金

江苏省高校哲学社会科学重点项目

中央高校基本科研业务费专项

航空科学基金

联合资助

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书以产业经济学、能源经济学、演化博弈论和系统科学为理论基础,研究风电产业政策分析的理论与方法,探讨风电产业政策实施过程中存在的问题,建立了风电产业政策变迁的演化博弈模型;在深入研究风电产业政策主体协同创新的基础上,建立了风电产业政策 CGE 模型,运用 GAMS 软件研究了我国风电政策对风电产业及社会经济的影响,基于 CGE 模型对能源税征收和风电补贴政策进行情景模拟。最后,从风电产业激励、惩罚、配额制度等视角进行政策设计与选择。本书研究成果能够为监测风电产业政策实施状况,提升风电产业竞争力提供一个新的研究视角。

本书可供从事经济学、管理学、系统科学等方面的研究人员,以及高等院校相关专业的师生、企业家、政府官员等参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

风电产业政策分析的理论与方法 / 王子龙著. —北京: 科学出版社, 2013

(产业组织与技术创新研究论丛)

ISBN 978-7-03-039530-6

I. ①风… II. ①王… III. ①风电产业—经济政策—研究—中国 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 320209 号

责任编辑: 李 莉 / 责任校对: 田晓文
责任印制: 阎 磊 / 封面设计: 蓝正设计

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京通州皇家印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2014 年 4 月第 一 版 开本: 720×1000 B5

2014 年 4 月第一次印刷 印张: 11 3/4

字数: 230 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

能源是人类生存和发展的重要物质基础，当今社会工业化、城市化不断推进，能源问题越来越成为经济发展和社会进步的制约因素。提高能源效率、利用清洁能源已成为世界能源可持续发展战略的重要组成部分，也是大多数发达国家和发展中国家 21 世纪能源发展的基本选择。经过多年的发展，风能源已经逐步在世界能源结构中占据了不可或缺的地位，而且越来越受到各国政府和工业界的重视，风电已成为全球能源产业领域发展速度最快的行业。开展风电等可再生战略性能源政策研究，对优化能源体制机制、促进风电产业健康发展具有重要的现实意义和深远的历史意义。在国家自然科学基金青年项目(71003048)、国家自然科学基金面上项目(71373005)、江苏省高校哲学社会科学重点项目(2012ZDIXM012)、江苏省高校哲学社会科学重点基地项目(2012JDXM004)、航空科学基金(2013ZG52079)、中央高校基本科研业务费专项(NR2014066&NS2013081)、教育部人文与社会科学基金(10YJC630313)以及南京航空航天大学经济与管理学院学术出版基金支持下，我们对风电产业的政策演变、路径依赖、政策设计工具以及政策设计方法等进行了初步研究。

众所周知，能源开发利用在创造出巨大物质财富的同时，也带来空气污染、生态破坏、气候变化等一系列严重的环境问题。根据我国能源发展战略，未来我国将逐步优化电力装机结构，大力发展可再生能源发电，逐步缩小火电等化石能源在我国电力装机结构中的比例。在各类电力新能源中，由于风力发电技术相对成熟，最具大规模商业开发条件，成本相对较低，具有巨大的优越性。世界主要发达国家和发展中国家都已经将发展风能、太阳能等可再生能源作为应对 21 世纪能源和气候变化双重挑战的重要手段。与传统能源相比，风能是一种在全球范围内广泛分布的清洁、永续能源。风力发电不依赖外部能源，没有燃料价格风险，发电成本稳定，亦不存在碳排放等环境成本。因此，风力发电作为全球公认的可以有效减缓气候变化、提高能源安全、促进低碳产业经济增长的方案，得到各国政策制定机构、投融资机构、技术研发机构与项目开发商的高度关注。

随着传统资源的日益枯竭和价格的不断攀升，我国目前的能源格局亟须转变，对可再生资源的开发和新能源的利用成为我国未来能源发展方向。我国目前

是全球最大的风电市场，也是全球最大的风力发电机组生产基地。风能将成为我国最具规模化开发条件和商业化发展前景的发电方式。与此同时，随着我国风电产业的发展，风电并网瓶颈、风电设备质量以及风电机组关键技术问题不断凸显。价格主管部门固定电价的思路和能源主管部门的市场竞争定价策略之争导致风电开发和装备制造的无序竞争加剧，危及风电产业的健康发展。在地方政府追求国内生产总值(GDP)增长的情形下，利益集团通过游说、寻租等方式极力维护现有的制度安排，影响新的关于环境管理的公共政策，使得旧有的环境政策和经济增长方式得以延续。以煤为主的能源结构使我国的环境问题日趋严重，发展电力新能源已经被放在我国能源问题的首要位置。从经济学角度来说，风电的开发也是调整能源结构、降低能源消耗成本、提高经济效益的重要方式。通过对风电的循环利用可以降低能源、资源等的消耗，提高能源利用效率，减少废物的排放。政府应从新能源资源开采、生产消耗、废弃物利用和社会消费等环节，加快推进能源资源综合利用和循环利用，积极开发风电等可再生能源。

中国经济增长模式长期被锁定在传统能源的固有模式中将导致路径依赖效应：一是因范式缺少变革，易使产业陷入僵局；二是范式长期置身于某一固定轨道，面对外部冲击难以适应，易使产业发生突变。我国长期使用传统能源，存在对传统能源这一历史路径的依赖，导致传统能源技术被大规模地应用，形成对可再生能源技术扩散的主要障碍。风电产业必须根据自身特点选择合适的演化路径，通过创新实现产业升级，克服路径依赖效应。关于风电产业政策分析理论与方法的研究，应当重点分析政策演变的“锁定”与“解锁”问题。

全书共分为八章：第1章，绪论。第2章，风电产业政策分析的关键问题，该章系统研究风电产业的发展动态及风力发电的成本效益，对国内外主要风电政策以及实施效果进行分析。第3章，中国风电产业的政策演变，该章分析中国风电产业的政策演变轨迹，探讨风电产业政策在实施过程中存在的问题，重点研究中国风电产业政策演变的路径依赖效应。第4章，风电产业政策演变的理论分析，该章从内增强机制和路径转换成本角度重点研究政府对风电产业扶持时机、培育路径以及政策博弈问题。第5章，风电产业政策演变的数理分析，该章在演化博弈基本假设的基础上，建立风电产业政策变迁的演化博弈模型，探讨风电产业内外部制度变迁的演化路径，提出破解路径锁定的基本策略。第6章，风电产业政策主体协同创新的博弈分析，该章通过建立动态博弈模型分析风电企业协同创新的演化机理，探讨风电技术协同创新的路径锁定与解锁，构建风电产业政产学研协同创新的演化博弈模型。第7章，风电产业政策CGE模型及应用，该章建立风电产业政策可计算的一般均衡(computable general equilibrium, CGE)模型，运用一般性代数仿真系统(general algebraic modeling system, GAMS)软件研究我国风电政策对风电产业及社会经济的影响，基于CGE模型对能源税征收

和风电补贴政策进行了情景模拟。第8章，中国发展风电产业的政策设计与路径选择，该章从激励、惩罚、研发资金分配、风电配额等方面对中国发展风电产业的政策进行设计，依据政策设计思路提出发展风电产业的路径选择方案。

本书由王子龙进行总体框架结构设计，课题研究人员主要包括许萧迪、孙一清、周艳、王乾坤、杨宇、汤英英、詹文清、李佳兴、黄莹灿、程欣怡等。本书在项目研究和写作过程中，得到了国家自然科学基金委员会、江苏省教育厅、南京航空航天大学科技部、经济与管理学院技术经济与创新管理研究所以及南京师范大学等部门领导的大力支持与帮助，在此表示诚挚的谢意！科学出版社李莉编辑在书稿出版过程中付出了辛勤劳动，一并表示感谢！

北京大学校长助理、北京大学经济学院博士生导师黄桂田教授对书稿提出了指导意见，在此表示衷心感谢！

作 者

2013年12月31日

目 录

第 1 章	绪论	1
第 2 章	风电产业政策分析的关键问题	15
2.1	风电产业的发展动态	15
2.2	风力发电的成本效益分析	26
2.3	传统能源对风电产业的路径锁定	31
2.4	风电产业的激励政策分析	37
第 3 章	中国风电产业的政策演变	42
3.1	中国风电产业的政策演变历程	42
3.2	中国风电产业政策实施的问题分析	51
3.3	中国风电产业政策演变的路径依赖效应	54
第 4 章	风电产业政策演变的理论分析	61
4.1	制度变迁与路径依赖	61
4.2	风电产业政策的演变机制	63
4.3	风电产业政策路径依赖的表征	67
4.4	风电产业培育的政策博弈	69
第 5 章	风电产业政策演变的数理分析	82
5.1	风电产业政策变迁的演化博弈分析	82
5.2	风电产业政策演变的锁定效应	88
5.3	风电产业政策路径依赖的解锁分析	95
第 6 章	风电产业政策主体协同创新的博弈分析	99
6.1	风电产业政策主体创新演化与收益仿真	99
6.2	风电技术协同创新的路径锁定与解锁	116
6.3	风电产业政产学研协同创新的演化博弈模型	123
第 7 章	风电产业政策 CGE 模型及应用	132
7.1	中国风电产业政策 CGE 模型构建	132
7.2	SAM 表编制	145

7.3	CGE 模型参数设定	148
7.4	CGE 模型求解	149
7.5	基于 CGE 模型的风电产业政策实证分析	150
第 8 章	中国发展风电产业的政策设计与路径选择	159
8.1	中国发展风电产业的政策设计	159
8.2	中国发展风电产业的路径选择	170
参考文献		175

第 1 章

绪 论

20 世纪是全球经济发展最快的 100 年，也是人类消耗地球资源最多、破坏地球环境最严重的 100 年。提高能源效率和开发利用可再生能源已经成为世界能源可持续发展战略的重要组成部分，是大多数发达国家和发展中国家 21 世纪能源发展的基本选择。经过多年的发展，风能源已经逐步在世界能源结构中占据不可或缺的地位，而且越来越受到各国政府和工业界的重视。在世界各国政府的大力支持和推动下，风力发电技术日趋成熟。1994 年至今，全球风电装机容量以每年高于 30% 的速度增长，2010 年全球风电装机总量达到 198 吉瓦。风电已成为全球能源产业领域发展速度最快的行业。中国目前的电力供应依然以火力发电为主，水电、风电、核电等规模非常小，电力结构不合理一方面带来了能源的极大浪费，另一方面也带来了严重的环境问题。为此，国家提出了发展新能源发电、鼓励清洁能源的综合利用政策。开展风电等可再生战略性能源问题研究，对优化能源体制机制、促进风电产业健康发展具有重要的现实意义和深远的历史意义。

由于意识到风电产业在今后一段时间内巨大的发展潜力和增长速度，丹麦、荷兰、德国和美国等国家均颁布了激励政策以促进风电装机容量的增长。目前，国际市场上处于领导地位的大型风机制造企业从 20 世纪 70 年代后期开始就立足于风电技术的研究开发。《中国风电产业发展研究报告》显示，丹麦风机公司 Vestas Wind System A/S 集团(简称 Vestas)的竞争优势很大一部分来源于其是最早的从业者。然而，随着德国和西班牙等风能资源丰富且有相当市场需求的国家进入风力发电领域，丹麦在风电领域的主导地位被逐渐削弱。由此可以看出，长期稳定的风电激励政策对营造风电市场和促进具有世界领先水平的大型风机的本地化发展是至关重要的。与首批发展风电产业的国家相比，后起国家采用了与之不同的策略来培育和促进本国大型风力发电机组制造公司的发展，这些做法包

括：通过建立合资企业引进国外先进技术，通过优惠政策鼓励或通过强制政策要求外资企业在当地投资办厂。风电产业发展的关键是营造稳定的国内市场，为了真正有效地促进风机制造行业的发展，政府必须出台相关政策以保证对新兴产品的需求，特别是当需求还没有形成的时候，政府的扶持政策显得尤为重要。包括德国、西班牙、加拿大、巴西和中国在内的许多国家都制定了特殊的优惠政策以促进风机制造业本地化发展，这些政策包括本地化率要求和激励政策、优惠的关税和税收政策以及出口信贷支持等。

在中国风电产业市场高速增长过程中市场秩序比较混乱：一是风电场开发秩序混乱。五大发电集团、地方企业和民营企业纷纷进入风电市场，一些没有资金、技术的企业也以各种名义“跑马圈地”，抢占资源。二是风机制造业秩序混乱。外资纷纷进入，世界 10 大风机制造商已有 6 家在国内投资设厂；内资企业更多，大大小小的有 40 多家，由于不掌握核心技术，大多数企业采取购买许可证方式生产，导致许可证价格飞涨。上述问题产生的根本原因是中国风电发展的系统规划不够、产业基础准备严重不足、缺乏整体推进的政策措施，具体表现为：第一，风能资源评价、规划和管理严重滞后。风能资源评价是制定风电发展规划、电网规划、风电上网价格以及加强风能资源管理的基础。国外大部分国家都在风能资源详评的基础上绘制包含电网、地质、环境等信息的风能资源图谱，并建立相应的风能资源数据库，根据风能资源图谱制定详细的风电发展规划。其中风能资源图谱的精度美国和欧洲国家是 1 千米 $\times$ 1 千米，美国加利福尼亚州是 200 米 $\times$ 200 米。中国风能资源评价相对比较滞后，2003 年年底启动的第三次风能资源评估主要是利用全国 2 000 多个气象站进行，精度一般在 30~100 千米格距，误差很大，不具备实际使用价值，难以据此对风能资源进行科学的规划和管理。第二，风电发展与电网规划和建设不协调。一般而言，风能资源都远离负荷中心，如果电网建设跟不上，发了电也无法输送。因此，国外均把风电发展纳入电网规划，要求电网超前建设，为风电接入创造条件。同时，对风电不稳定性造成的电网成本增加允许在价格分摊中解决。特别是风电预测能力提高，如德国可以提前 5 个小时对风电进行准确预测，大大降低了电网调度成本。中国陆地上风能资源主要集中在沿内蒙古、甘肃、新疆一带，约占可开发风能资源量的 90% 以上，但它们都是电网薄弱或远离电网的地区，容纳风电能力很小。按照目前情况，即使 200 万千瓦风电装机容量并网都有困难，更谈不上大规模发展风电。第三，风机研发能力严重不足，制造基础薄弱。成熟的风机制造业是发展风电的基础。国外风电大国都是风机制造大国，为支持风机制造业，政府投入大量资金建立政府研发机构进行基础研究。例如，每年的研发投入德国基本保持在 1 000 万~2 000 万美元，美国近几年保持在 4 000 万美元左右。在政府资助下建立公共测试平台，包括试验风电场和叶片等零部件试验平台。这些设施投资大、

利用率低,如果由企业分别来建,容易造成浪费,企业也不愿承建。在政府主导下建立完善的风机标准、检测、认证体系,所有风机必须通过本国认证机构认证和检测才能进入国内市场销售,这样,既保证了风机质量,又促进了技术积累,对后起国家还起到设置技术贸易壁垒、保护后起国家产业的目的。长期以来,中国风机制造研发投入严重不足,缺乏国家研发机构、公共测试平台和标准以及检测、认证体系,关键零部件配套能力相对较低。目前,跨国公司看好中国风电市场,在封锁技术的同时,利用其资本和品牌优势,抢占国内资源和人才,打压国内企业。加上我国缺乏对国内产业的保护,企业为了短期利益,普遍不愿意搞研发和技术引进后的消化、吸收,使风机国产化和培育自主品牌面临更加艰难的形势。第四,价格和税收等政策不完善。鉴于风电成本较高,国外政府纷纷从价格和税收上支持风电发展,通常有两种做法:一种是德国、西班牙、丹麦的固定电价法,主要是根据风能资源状况、风机容量、利率和收益水平等因素制定风电上网价格,对超过火电上网价格部分的成本由电网分摊。另一种是美国的补贴法,目前美国每度风电补贴是1.5美分,由财政负担。在税收政策上,风能源属于可再生能源,不产生二氧化碳(CO_2),欧洲不少国家实行碳税政策(3~4欧分/度),变相地为风电提供税收支持。除了这两种做法之外,还有一些国家实行所得税减免、加速折旧政策来支持风电发展。

我国是严重依赖煤炭石化等传统能源的国家,2010年全国发电量41413亿千瓦时,其中火电为33253亿千瓦时,占总电量的80.3%;水电为6622亿千瓦时,占总电量的15.99%;核电为734亿千瓦时,占总电量的1.77%;风电为430亿千瓦时,仅占总电量的1.04%。对传统能源长期使用的习惯,致使中国从对传统能源的使用转化到对风电这一新能源的使用的过程具有明显的路径依赖特征。

发展可再生能源等替代能源是解决中国能源污染、利用效率低的根本对策,也是解决能源结构不合理的重要举措。可再生能源不但能够促进中国能源、经济 and 环境的持续发展,而且可以缓解中国承受的国际能源环境压力,增强中国政府在国际谈判中的地位。中国的能源改革与发展,特别是能源的可持续供应问题以及可能给世界能源形势带来的影响,一直是世界各国特别是发达国家争论的议题。能源供应成为中国经济进一步发展和人民生活水平提高不可逾越的障碍,能源安全将直接影响到国家经济安全与社会稳定。本书关于风电产业政策分析理论与方法的研究,有助于在一定程度上优化电力和电网结构,增加电源布点范围,发挥风能源与常规能源资源的互补性,提高电力系统安全性,保护有限的常规能源资源,减少常规能源的进口;有助于缓解风电产业发展中的结构趋同局面,避免短期内风电产能过剩,实现资源的优化配置;可以为改善我国环境污染和生态破坏、发展低碳经济提供理论参考。

中国经济增长过程存在对传统能源的路径依赖,形成对可再生能源技术扩散障碍,研究与开发(research and development, R&D)积累、利益集团游说以及技术人才缺乏等因素使得新兴产业很难迅速替代传统能源的统治地位。在风电产业锁定的技术路径、产业结构以及功能状态下,不同领域形成程序化认识,资源型产业处于主导地位的经济结构日趋僵化,依靠传统矿产资源的思维惯性致使风电产业发展缓慢。巨大的经济性沉淀成本和社会性沉淀成本使得政府在发展风电的过程中举步维艰,导致传统能源产业结构刚性化。本书以风电产业政策演化为研究视角,在理论研究领域具有三个方面的学术价值。

第一,研究风电产业政策演变的路径依赖,对风能源合理开发与利用具有重大指导意义。随着经济发展的加快,能源禀赋地区对能源资源开发利用的重要性日渐增强。在能源禀赋地区,能源产业是经济增长的主导型支柱产业。按照可持续发展理论的要求,为了持续发挥能源资源对经济的支撑作用,应当充分、合理地使用新能源。传统能源使用“范式”的影响,使得中国风电产业在发展过程中呈现明显的路径依赖表征,因而有关风电产业培育的路径依赖分析对进一步认识风电产业发展的制度性障碍具有重要的理论意义。风电产业培育的路径依赖产生的原因可以从制度变迁和技术变迁中探求。政府需要做的是慎重选择产业变迁的初始状态,避免产业变迁过程陷入低效率制度和技术主导的路径依赖状态之中,使产业变迁过程向高效率制度和技术主导的路径依赖状态演变。

第二,总结风电产业的培育模式,为区域经济跨越式发展提供实现路径。德国、美国、丹麦和英国等国家风电产业的培育模式大体上可以概括为征收碳税、给予风电上网优惠、建立政府担保的融资机制等政策。具体包括:从立法角度给予风电并网以合理的补偿,按发电量直接补贴;政府对企业、研究机构开发新产品的费用提供一定比例的资助;等等。国外发达国家的成功经验表明,为保障风电产业的健康发展需要制定一系列相关经济激励政策,在风电产业起步阶段补贴是必需的,实施补贴能够维持风电产业规模和持续性,降低风电成本,最终实现大规模商业化。虽然我国的经济总量已跃居世界第二位,但付出了巨大的资源、能源和环境代价。依靠过度消耗资源和能源的经济增长方式是不可持续的,为了经济和社会的可持续发展,必须转变经济发展方式,寻求新的经济增长点。风电产业在投入方面,对能源和资源的消耗低,对环境的破坏程度远远低于传统产业;在产出方面,产品具有很高的附加值,对经济总量的贡献相对传统产业更高;在技术方面,由于科技含量高,拥有技术优势,掌握核心技术有利于提高国家的科技竞争力,抢占国际竞争的制高点。随着科学技术的迅猛发展,新技术的寿命周期越来越短,意味着风电等新兴产业更替的周期越来越短,这就为区域经济跨越式发展提供了实现路径。

第三,建立风电产业政策分析模型,为制定我国风电产业政策提供科学依据

和决策支持。本书通过建立风电产业 CGE 模型,采用常数替代弹性(constant elasticity of substitution, CES)生产函数、贸易模块函数描述国内生产产品的需求与分配,运用 GAMS 软件研究我国风电产业政策对风电产业以及社会经济的影响,构建单国静态 CGE-LHR(Lofgren, Hariss and Robinson)模型并且设定模型参数。为了寻求相对满意的风电产业政策,建立决策模型,对专家的经验、政策决策者的偏好等模糊信息进行量化处理。由于将传统模型的研究方法应用于政策寻优等复杂问题的求解时,不可避免地会出现理论与实际重大偏离的情况。本书针对各阶段风电产业的不同状态,根据一定规则判断所要选择的最优政策,建立模型使计算机自动识别各种政策的优缺点和适用范围;针对不同的系统状态,按照一定规则选用适当的政策,并预测出系统状态的变化,再根据变化后新的系统状态确定新的政策,如此往复,直至目标状态。

在具体政策的实施方面,本书建立的风电产业政策分析模型在具体实践中具有两个方面的应用价值。

其一,模型中间接风电政策的实施,有助于促进新增风电容量的快速稳定发展。间接政策创造大而稳定的风电市场,是促进风电开发和风机制造业的关键因素。不论是风机的零部件制造,还是风机系统的整机制造,其制造技术主要通过两种方式获得:一是从那些已具备先进风机制造技术的国家以生产许可证的方式进行技术引进;二是本地的风机制造企业自身或通过与其他科研院所合作自主开发技术。许多通过技术转让协议获得风机制造技术的企业通常会在引进技术的基础上,根据本地实际情况进行技术改造和二次开发。总的来说,从国外引进经过实践考验的风机零部件技术或整机技术是一种很好的方式,因为风机过去的运行经验是非常有价值的。例如,Gamesa Eolica S. A. 是一家西班牙与丹麦合资建立的公司,西班牙 Gamesa 公司拥有 60% 的股份,丹麦风机制造商 Vestas 拥有 40% 的股份。Gamesa 公司向 Vestas 公司支付一定的生产许可费用,以获得在西班牙独家使用 Vestas 公司技术生产风机的权利,通过这种模式 Gamesa 公司获得了巨大成功。积极实施风电发展扶持政策将有助于形成具备规模、稳定的本国市场。世界上处于领先地位的风机制造厂商所在的国家,在过去曾为风电发展提供了强有力的政策支持。经验表明,长期稳定的固定电价政策是促进风电发展的最成功机制。丹麦、西班牙和德国通过固定电价政策促进了当地风机制造业的长足发展,美国也在风电发展的早期采取了固定电价政策。当然,如果执行得力的话,一些其他政策也是有效的,包括强制市场份额政策、可再生能源配额制(renewable portfolio standard, RPS)、政府牵头组织的项目招标或特许权。目前,强制市场份额政策已经开始实施,如美国几个州的再生能源配额制、澳大利亚的强制再生能源目标(mandatory renewable energy target, MRET)、英国的再生能源义务(renewable obligation, RO)以及日本的特别措施法律。由于以上政策

实施时间较短,截至目前这些政策对风电发展的影响相对较小。加拿大、英国、印度、日本、中国和巴西等国家,由政府牵头已实施了或正在实施竞争性招标的风电特许权项目。特别是加拿大、巴西和中国在实施上述项目后,都在过去两年内显著增加了本国风机装机容量。中国执行的间接政策是相当有效果的,推动了本国风电行业的发展。这些政策的出台降低了风电投资风险,明确了中国风电场开发的相关制度,能够推动中国未来风电装机容量的持续增加。

其二,模型中直接风电政策的实施,能够促进风机本地化。通过合资企业或者购买国外公司的生产许可证,中国采取了技术转让方式来获得大型风机的生产技术。尽管中国商业化大规模风机制造业发展迅速,但短期内中国制造厂商无论是在质量上还是在可靠性方面,均难以与国外厂商竞争。一般来说,直接政策包括向风机国产化企业提供特殊支持,或制定强有力的激励政策鼓励企业建立国产化基地等,经证明该政策能够有效地吸引国外公司进行国产化。例如,西班牙和加拿大两国在近期的一些风电项目上都开始要求国产化比例,并且正在吸引国外企业在本地进行风机设备的生产和制造。西班牙的国产化优惠政策帮助 Gamesa 等国内企业积累经验、迅速成长并开始开拓海外市场,同时也吸引海外风机制造厂商进入西班牙市场。澳大利亚、印度等国家通过调整进口关税,鼓励进口风机零部件而非整机支持风机制造。风机国产化为当地带来的潜在效益有:通过增加就业和新产品销售,为当地经济的发展创造机会;增加向国际市场出口风机设备,以进一步提升当地经济发展的前景;降低成本,从而带来更低成本的风机设备、更低的风电成本和国内风电能力的高速增长。

在实际操作方面,本书建立的风电产业政策分析模型具有三个方面的应用价值。

一是有利于缓解能源结构不合理、电力短缺等问题。中国长期以煤为主的能源结构是造成能源效率低下、环境污染的重要原因。我国 85% 的二氧化碳排放、74% 的二氧化硫(SO_2)排放、60% 的氮氧化物(NO_x)排放以及大气中 70% 的烟尘都是燃煤造成的,对生态环境造成严重破坏。社会经济的发展,特别是高耗能行业的快速增长,带动了对能源需求特别是电力需求的快速增长,这种局面造成了国内电力供需紧张。持续高温、干旱和降雨量不足也增加了随机性缺电发生的概率。另外,电网间不能有效联网也加剧了电力供需的不平衡。国内许多城市和地区出现了电力供应紧张的问题,已有 24 个省(自治区、直辖市)拉闸限电,以保证电网的运行安全。尤其是经济相对发达的东南沿海地区,电力供应紧张的形势更加严峻。能源供应不足已成为目前制约我国经济持续发展的重要因素,2008 年春节前后的雪灾阻断电煤运输充分暴露了过分依赖火电的弊病。自 20 世纪 70 年代初国际上出现石油危机后,许多国家开始关注新能源和可再生能源的发展。进入 20 世纪 80 年代后,常规能源过度消耗和环境污染问题日益突出,能源消费

与环境保护的压力使得各国政府加大了对清洁的新能源和可再生能源的投入。20世纪90年代初,联合国全球环境与发展大会通过了《21世纪议程》,可持续发展已成为当今世界发展的指导思想,新能源和可再生能源发展进一步受到各国的关注。在倡导节能减排的大背景下,寻找一种清洁的、储量丰富的后续能源成为缓解中国能源危机的有效途径,开发和利用可再生能源是解决中国能源和环保问题的重要战略措施之一。在清洁能源中,风能是一种干净的可再生能源,也是一种较理想的发展能源。

二是有助于推动中国风电产业实现体系化建设。风电产业是一个新兴产业,附加值高、产业链长、资源消耗较少,对经济和就业的拉动作用大。在相同产能的前提下,与化石燃料发电相比,风电带来的就业机会比煤电多27%,比燃气联合循环发电多66%。风电产业将直接带来三类就业机会,即风电相关设备的制造、风电场建设和设备安装以及风电场的运行和维护。约2/3的就业机会来自风电相关设备制造领域,包括风机、叶片、塔架以及其他零部件;另外1/3的就业机会来自风机系统的安装和维护服务、运输以及研发。在风电设备制造业中,风轮叶片是劳动力最密集的设备,同时也是风机生产本地化的关键部件,因此叶片的生产能带来最大的就业机会。2010年,全球风能、太阳能及其他可再生能源领域的投资规模达到2 430亿美元,同比增长了30%。中国2010年在清洁能源领域的投资为544亿美元,规模居各国之首,其中450亿美元投入了风电项目。我国新能源战略已经把大力发展风力发电作为投资的重点。按照国家规划,未来15年全国风力发电装机容量将达到2 000万~3 000万千瓦。以每千瓦装机容量设备投资7 000元计算,未来中国风电设备市场将高达1 400亿~2 100亿元。目前全球风电投资中有15%的资金投向中国市场,而中国已成为继欧洲、美国 and 印度之后风力发电投资的主要市场之一。巨大的风电投资大大促进了机械制造、旅游等相关产业的发展,同时在增加就业、改善环境等方面产生了积极影响。风电产业日益成为拉动区域经济发展的重要引擎。随着风机技术的进步和环保的要求,风电相对于煤电的比较优势日益显现。据专家预测,随着技术进步和经济规模扩大,风机制造成本预计将以每年约2.5%的速度递减,制造规模和单机装机容量不断扩大,相同装机容量所需安装的风机数量将逐渐减少。安装在陆地上的风电系统、风机成本占整个系统成本的70%~75%;近海风电系统、风机成本占整个系统成本的40%~50%;其他成本主要包括基建成本(地基、并网、道路、跨海电缆等)、开发成本、法律成本、土地使用费等。2008年,我国脱硫燃煤机组标杆电价的平均水平是0.37元/度,内蒙古和新疆为0.24元/度,东南沿海部分省份为0.40元/度左右,如果考虑脱硝、粉尘等环境成本以及碳排放成本,煤电的完全成本与风电成本基本接近。从长远来看,煤电成本仍呈上升趋势,近3年每年上升幅度是0.02元/度。即使不考虑环境因素,预计到2015

年,风电成本也将与煤电成本持平。因此,我国风电发展在保持一定速度和规模的基础上,应实现产业化体系建设。力争 2010~2020 年每年装机水平达到 300 万千瓦以上,2020 年实现 3 000 万千瓦甚至更大规模的目标,使风电在较大程度上替代煤电,满足新增电力需求。

三是有助于促进中国能源、经济和环境持续发展战略的实施。地球上的生态环境已难以承受人类对现有燃料能源的消耗。据统计,世界上已探明的石油资源只够人类用 44 年,天然气只够人类使用 62 年,煤炭只够人类使用 230 年,而地球上的风能大于固体燃料和液体燃料能量的总和,也大大超过水流能量。据国际能源机构统计,地球上风能资源约为每年 200 万亿千瓦时,是地球水能的 10 倍,仅用 1% 的地面风力就能满足全世界对能源的需要。欧洲能源协会估计,如果把欧洲沿海岸边的风力资源全部利用,其所产生的电量将会是全欧洲现供电量的 5 倍。风力发电是一种干净的可再生能源,没有常规能源所造成的环境污染,而且技术成熟、单机容量大、建设周期短,是一种安全可靠的能源。目前,风电在全球已经发展为年产值超过 50 亿美元的庞大产业,风力发电的优越性已被越来越多的国家重视。从长远看,无论是工程投资还是发电成本,都会逐步接近火电和水电。应该说,风力发电是一个极具发展潜力的产业。我国具有广阔的草原和漫长的海岸线,风能资源非常丰富。据估算,全世界的风能总量约 1 300 亿千瓦,我国风能资源储量居世界首位,其中陆地上离地 10 米高度层上风能资源技术可开发量 2.97 亿千瓦,年发电量 6 000 亿千瓦时;近海资源水深不超过 25 米的近海区域,风能储量 10 亿千瓦,年发电量 24 000 亿千瓦时。

在各类电力新能源中,由于风力发电技术相对成熟、最具大规模商业开发条件、成本相对较低,具有巨大的优越性,世界主要发达国家和发展中国家都已经将发展风能、太阳能等可再生能源作为应对 21 世纪能源和气候变化双重挑战的重要手段。与传统能源相比,风能是一种在全球范围内广泛分布的清洁、永续能源。风力发电不依赖外部能源,没有燃料价格风险,发电成本稳定,亦不存在碳排放等环境成本。因此,风力发电作为全球公认的可以有效减缓气候变化、提高能源安全、促进低碳产业经济增长的方案,得到各国政策制定机构、投融资机构、技术研发机构与项目开发商的高度关注。在所有可再生能源中,除了水力发电之外,风力发电是最具有大规模商业开发价值的可再生能源技术之一,已经成为许多国家可持续发展战略的重要组成部分。有关风电产业发展政策理论与实践的研究一直是发达国家工业化进程中的热点问题,相关研究本书归纳为四个方面的重要领域。

(1)关于风电发展的政策分析研究。促进风电等可再生能源的发展需要合理运用恰当的政策工具。Lewis 和 Wiser(2007)研究了支持国际风电机组制造公司发展的国家与地区政策,通过对 12 个国家进行资料搜集,对当地风电机组产业

建立的背后动机以及不同国家采用的通过不同路径完成本土化政策扶持机制进行比较,提出国际风电机组领域的新进入者必须率先在国内拥有稳定的市场份额。由此,建立有规模且稳定的风电市场,配以促进风电机组技术研发与生产的本土化激励,才能成功打造具有国际竞争力的风电产业。Enzensberger等(2002)认为,各类政策的不同运行机制以及政策工具的不同组合会直接导致运行上难易的不同,在引入以风电产业为代表的可再生能源部门、政策制定者和传统能源部门三个利益团体的前提下,他们提出一种政策工具选择的要素评价方法。Jagadeesh(2000)研究了印度泰米尔纳德邦和安得拉邦风电装机的兴起与萧条,对决定国家或者区域公共部门有效性的制度因素进行了深入探讨,提出改善公共政策的建议,包括风电基金的建立、水泵风电场的推广和储能电池的小规模应用。Kaldellis(2002)提出一个综合时序特征模型来度量希腊商业风电场的经济行为,其中考虑了将近20年以来部门连续的技术改进和重大国际政治与经济上的转变,实证结果发现模型能很好地从纯经济变量的角度解释希腊在过去15年中风电应用的演变。Agterbosch等(2009)通过对技术、经济、制度和社会运行状况之间关系的分析,强调了制度与社会规范对市场发展的重要性。不同的产业组织特征使得执行容量有所不同,制度与社会条件的动态配置促进某些风电企业的发展,抑制了另一些风电企业的发展,而结果就是市场的动态发展与不同构成。Klaassen等(2005)研究了丹麦、德国和英国公共研发扶持对风电场成本降低的作用,他们指出,丹麦的研发政策在促进风电机组革新方面比其他两个国家更为成功;在补贴导向的装机扩张来推广降低成本革新方面,英国与丹麦领先于德国。

随着中国风电产业的壮大,中国风电产业的发展研究也逐渐得到了重视。Lew(2009)提出,相比离网的发电机,推广并网系统可以为农村与城镇用户提供更高质量、更稳定的能源,而通过风电机组的国产化和储能设备的建造可以使并网风电相对于火力发电取得成本上的优势。目前中国最需要做的是建立一个新的政策与规制框架,在具体规定、配套基础建设和融资激励上体现政府扶持。Liu等(2002)通过与传统能源的详细参数作比较,论证了风电场发展的经济性,探讨了阻碍风电技术推广的约束以及现行政策的弊端,提出未来发展的激励机制与制度框架。Fang和Zeng(2010)认为,中国经济的快速增长极大地刺激了能源需求的扩张,由于中国能源消费结构以煤炭为主导,空气污染变得很严重,平衡能源消费需求与环境保护的矛盾是其面临的棘手任务。为在战略上协调好这两者的关系,他们提出相关政策工具,主要包括:节能、能源结构的优化、环境标准的颁布、环境技术的提高、环境成本的内生化、公共收益基金的设立,以及可再生能源发电配额制度的应用。Cherni和Kentish(2011)论述了中国现行可再生能源政策以及法律框架的有效性,认为在中国实现成功的可再生能源扩张必须处理好三类问题,即发展可再生能源的高成本、可再生能源发电入网的阻碍和可再生能源