

资源环境约束下的新能源 上网定价激励机制研究

吴文建 著



北京理工大学出版社



资源环境约束下的新能源 上网定价激励机制研究

吴文建 著

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书主要借助能源综合战略规划思想,考虑资源环境约束,从利益协调角度,结合电能供需缺口和新能源发展趋势,设计了一套协调兼顾发电企业、电网企业经济利益及社会资源环境效益的新能源上网定价激励机制。另外,本书不仅拓展了电能供需缺口理论,还将合作博弈理论和边际机会成本理论引入微电网各主体经济利益和社会价值分析与刻画中;应用能源综合战略规划思想、协调管理理论、合作博弈理论,构建协调兼顾各主体经济利益及社会效益的动态激励机制。

本书可作为相关领域的研究学者的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

资源环境约束下的新能源上网定价激励机制研究/吴文建著. —北京:北京理工大学出版社, 2017.5

ISBN 978-7-5682-4083-3

I. ①资... II. ①吴... III. ①新能源—发电—电价—研究—中国 IV. ①F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 119203 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 /

开 本 / 787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张 / 8

字 数 / 200 千字

版 次 / 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

定 价 / 48.00 元

责任编辑 / 陆世立

文案编辑 / 赵 轩

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换

在应对全球气候变暖的需要和国内“转方式、调结构”背景下，电能供给既要解决供需总量缺口问题，又要优化发电结构，破解资源短缺和环境污染等难题，因此大力发展新能源产业成为必然选择。中国政府提出，到 2020 年非化石能源达到能源消费 15% 的目标。国务院作出了关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定，将新能源作为我国战略性新兴产业的重要内容。在系列政策的积极推动下，中国新能源产业规模已经跃居全球前列，但出现了上网难导致的产能过剩问题。究其原因，除新能源的发电数量和发电频率不稳定等自然缺陷外，还与各方利益协调的主观因素有关。上网电价是协调各方利益的关键因子之一。目前中国新能源电力上网定价主要参考火电上网电价，采用成本法定价。由于上网电价中未能反映新能源的外部价值，因此新能源发电企业和电网企业的利润空间缩小，双方参与积极性并不高。为更好协调各方利益，激励发电企业和电网企业积极参与新能源的开发利用，亟待对新能源上网定价机制进行科学设计，著者考虑资源环境约束，从利益协调角度，结合电能供需缺口和新能源发展趋势编著了本书。本书研究进一步充实了新能源定价和激励理论，为相关政策制定提供了理论依据，有助于破解新能源发电上网难题，有利于新能源产业的健康可持续发展。

本书首先从电能供给总量和供给结构角度对新能源激励背景进行了分析。其次，对新能源发电的优势和上网难题的成因进行剖析，提出新能源定价激励的目标定位。在此基础上，本书对新能源发电产业中的发电企业和电网企业的经济利益、社会的资源环境收益进行了系统刻画，并剖析了几种新能源上网定价机制情景下各方利益的形成及分配结果，得出新能源上网定价激励机制的合适方向。最后，设计出协调兼顾发电企业、电网企业经济利益和社会环境效益，同时激励各方加大技术研发降低成本的上网电价定价机制。

本书的主要内容包括：①电能缺口（包括总量缺口和结构缺口）的界定和估算。将一次能源供给、环境约束、经济发展、人口状况和未来电源规划以及可能出现的用电需求突变等因素考虑在内，对至 2050 年的电量和电力供需缺口进行度量和估计。根据中国未来电力需求状况、资源环境约束状况，本书采用目标规划法对满足经济发展、资源环境要求的电能结构进行估算，分别对满足经济需求优先和环境要求优先下的电能结构进行估计。②新能源发电的优势及面临问题分析。本书对满足资源环境需求的清洁煤电方案、水电、核电进行比较，分析新能源发电的优势；通过比较国内外新能源发展目标、发电量和装机建设、上网电价政策等，分析中国新能源发电面临的上网难题，得出新能源电力定价激励的目标定位。③新能源发电利益刻画和度量。本书运用边际机会成本理论和合作博弈理论分析思路，分析并刻画

了各类型发电企业、电网企业的经济收益及社会资源环境价值。④新能源发电定价机制激励情景比较。本书将新能源定价机制分为市场定价和政府规制定价两类，分别从传统电网技术和智能电网技术两类情景下，运用博弈论分析不同情景下的各方主体经济利益的产生，并比较利益分配结果。⑤定价激励机制设计及验证。本书考虑电能供需状况、发电能源结构、资源环境约束、新能源发展状况等因素，建立激励协调各方经济利益和环境收益，激励技术研发降低成本，从而实现社会总收益最大化的新能源上网电价定价机制，并应用于算例分析。

本书得到的主要研究结论：相比电能供需总量缺口，中国电能供给面临更为严峻的结构性供需缺口，说明资源环境远比装机建设对电能供给的约束作用大。新能源发电具有资源节约和碳减排优势，是当今世界能源发展的首要方向。上网难已经成为制约新能源电力发展的瓶颈问题，需要激励机制予以解决。新能源经济收益和社会收益的产生取决于发电企业和电网企业间的博弈，收益根据双方合作程度不同而差别较大。当新能源发供电成本相对较高时，政府定价是激励双方参与的较理想机制。对发电企业或电网企业的任意一方进行补贴，有利于降低新能源上网电价，但不利于调动被补贴方努力的积极性。上网电价定价激励作用的发挥取决于双方降低成本的努力信息的掌握程度。

第 1 章 绪论	(1)
1.1 研究背景与意义.....	(1)
1.2 研究内容和技术路线.....	(4)
第 2 章 相关理论与研究述评	(7)
2.1 电能供给相关理论与研究综述.....	(7)
2.2 能源结构相关理论与研究述评.....	(11)
2.3 新能源上网电价定价相关理论及研究述评.....	(14)
2.4 本章小结.....	(23)
第 3 章 资源环境约束下的中国电能缺口估计	(24)
3.1 电能供需分析理论.....	(24)
3.2 电能总量缺口估计.....	(25)
3.3 电能结构性缺口估计.....	(32)
3.4 本章小结.....	(43)
第 4 章 新能源发电优势及问题分析	(45)
4.1 资源环境约束下的发电方案比较.....	(45)
4.2 新能源发电发展分析.....	(49)
4.3 新能源发电上网难成因分析.....	(54)
4.4 本章小结.....	(57)
第 5 章 新能源发电的经济利益和资源环境收益刻画	(59)
5.1 新能源发电收益衡量思想与方法.....	(60)
5.2 新能源发电的经济利益刻画.....	(62)
5.3 新能源发电的资源环境收益度量.....	(68)
5.4 算例分析.....	(69)
5.5 本章小结.....	(73)

第 6 章	基于利益分配的新能源上网定价激励情景分析	(75)
6.1	定价激励理论基础	(76)
6.2	传统电网下各主体博弈行为及利益分配	(78)
6.3	智能电网下各主体博弈行为及利益分配	(84)
6.4	本章小结	(87)
第 7 章	新能源上网电价定价激励机制设计	(88)
7.1	定价激励机制基础理论	(88)
7.2	新能源上网电价定价激励模型设计	(91)
7.3	激励权重设计	(97)
7.4	模型应用	(100)
7.5	本章小结	(106)
第 8 章	结论与政策建议	(108)
8.1	主要结论	(108)
8.2	政策建议	(109)
8.3	研究不足和未来展望	(111)
附录 A	新能源发电企业调查问卷	(112)
附录 B	电网企业调查问卷	(114)
参考文献		(116)

1.1 研究背景与意义

1.1.1 研究背景及问题提出

电能是我国重要的能源，对促进经济快速发展，满足公众生活需求，维持社会稳定具有保障作用。随着中国经济快速增长和人口不断增加，社会用电需求也在不断增加，需要电力部门增加电能供给。随着能源消费方式的转变和能源利用技术的进步，未来用电模式和用电负荷更加灵活，提高了电能供给难度。

保障电能持续供给，除要求装机容量具备一定规模外，还必须有充足的发电能源。现阶段常见的用于发电的一次化石能源主要有煤炭、石油、天然气等。这些发电技术相对成熟，已被大规模使用的一次化石能源常被称为常规能源。长期以来，中国煤电占全国总发电量的 78.6% 左右，不仅消耗了大量的煤炭资源，而且增加了温室气体排放。作为一个经济高速发展的人口大国，中国面临着资源短缺与环境污染的双重压力。BP 公司 2014 年统计结果表明，中国可探明的煤炭储量为 1 145 亿吨，占世界 12.8%；但是按照中国的年开采量计算，煤炭使用寿命仅有 31 年。荷兰环境评估局（Netherlands Environmental Assessment Agency）二氧化碳（CO₂）排放评估报告表明：2015 年，中国的 CO₂ 排放总量达到 1 033 亿吨，占世界排放总量的 29.3%，为全球最大的 CO₂ 排放国。在应对气候变化问题上，中国面临的国际压力将日益增大。作为能耗和碳排放大户的电力产业，除积极发展节能减排技术外，需要从发电源头上解决能源供给和减排问题。

在常规化石能源日益贫乏枯竭，以及使用常规能源带来的温室效应、酸雨等系列环境问题日趋严重的形势下，迫切需要大量绿色可再生能源逐步替代禀赋有限而又对环境有污染的常规化石能源，因此一场新能源革命应运而生。新能源主要是将常规能源采用先进的方法加以广泛利用，或用新发展的先进技术利用的能源（刘叶志，2008；张伟涛，2012）。现在可用于发电的、技术相对成熟的、具有规模化发展趋势的新能源主要有风能和太阳能。新能源因其节能环保特性得到了世界各国的广泛推崇。欧洲联盟、美国、日本、韩国等组织或国家纷纷颁布可再生能源法，提出新能源发展战略，并相继在该领域投入大量资金。全球各国都在力争新能源行业的制高点。从世界发展趋势看，新能源产业必将成为世界各国培育新经济增

长点的重要突破口。

为应对全球气候变暖,适应国内“转方式、调结构”的背景,新能源发展也受到了中国政府的高度重视。中国颁布并实施了《中华人民共和国可再生能源法》,提出到2020年非化石能源达到能源消费15%的目标。国务院作出了关于加快培育和发展战略性新兴产业的决定,将新能源作为我国战略性新兴产业的重要内容之一。在大量政策支持下,新能源产业规模已经跃居全球前列。《2012年世界可再生能源现状报告》显示:中国是世界非水可再生能源发电装机容量最多的国家。然而,根据中国电力监管委员会公布的数据,2016年全年弃风电量为497亿kW·h。2016年,中国浪费的风电可以供一个大城市使用一年。这一现象产生的直接原因是以风电为代表的新能源发电难以接入主网。

风能和光伏等新能源发电难以接入主网主要与技术和制度等因素有关。一方面,相关技术尚未完全成熟。受昼夜变化、气象条件以及季节的变化影响,与常规电源相比,大多数新能源发电系统出力具有较大随机性和间歇性。另外,通过逆变器将电池方阵输出的直流转换交流供负荷使用,含有大量的电力电子设备,接入配电网会对当地电网的电能质量产生一定的影响,包括谐波、电压偏差、电压波动、电压不平衡度和直流分量等方面。主电网正常运行要求接入的电源必须具有稳定的电压、频率和电量。中国的新能源发电分布广,直接入网将会对主网正常运行造成严重冲击,因此需要借助控制技术、大规模输送技术、分布式接入技术、并网检测等技术手段稳定新能源发电频率,提升新能源发电质量。在这些技术尚未完全成熟的背景下,发电不稳定的自然缺陷决定了新能源难以符合大规模并网要求。另外,缺乏有效激励机制。攻克新能源发电上网的技术难题离不开电力市场主体的研发。实现新能源并网更离不开发电企业、电网企业和电力用户的积极参与。为促进新能源上网,《中华人民共和国可再生能源法》提出电网必须全额收购新能源发电。作为追求自身利益最大化的电网企业,如果没有有效的激励机制,电网企业往往以电网安全为由拒绝新能源并网。上网难直接导致市场消纳困难,市场消纳难影响发电企业和新能源发电用户利用新能源的主动性和提高新能源发电质量的积极性。因此,实现新能源上网,除依赖技术进步外,还迫切需要建立促进新能源并网的长效激励机制。

目前在多数新能源开发利用成本较高、使用效率偏低、外部性收益难以量化的背景下,电能同质性决定了新能源发电缺乏市场竞争优势。利益是影响发电企业和电网企业参与积极性的主要因素。而上网电价直接关系到新能源各主体利益的形成。因此,建立一套定价激励机制是促进新能源发电并网的关键。定价必须充分考虑新能源发电供电各环节的利益,使各环节既有利可图,又能均衡分配各方收益,以此实现社会各方资源优化配置,促进新能源开发利用。基于以上研究背景和研究问题,本书以新能源发电为研究对象,在资源环境约束背景下,针对制约新能源发展的上网难问题,协调各参与主体的经济利益和社会资源环境收益,激励各主体参与新能源开发利用的积极性,对新能源上网定价进行激励机制设计。

通过文献探讨与定量的实证研究,本书希望达到如下预期目的:探讨存在资源环境约束下的电能供给背景下,分析新能源发电的激励背景,为后期新能源定价机制设计奠定基础。在新能源发电优势和国内外发展动态基础上,分析中国新能源发展存在的问题及原因,提出

新能源激励设计需要解决的问题。刻画新能源开发利用对发电企业、电网企业、用户和政府的经济利益和资源环境收益；探讨不同定价下的各方主体博弈行为及利益分配。通过本书的研究成果，提高人们激励新能源发展的认识，充实新能源上网定价理论，为电源规划、资源配置管理以及相关政策制定提供分析工具和政策依据。

1.1.2 研究意义

本书的研究问题来源于导师主持的国际合作项目《低碳约束下基于电动汽车产业化的中国发电路径优化研究》（项目号：1042012920090885），该课题主要研究中国汽车电动化引致的电能供需以及碳排放问题。论文是项目成果之一。

本书的选题无论在学术理论还是政策实践方面，都具有相当大的研究价值。从学术研究而言，电能缺口尽管表现为电力电量供需不平衡，但在装机充分条件下，实际是资源环境约束下的电能供需结构问题。以煤为主的电能结构发电，面临资源短缺和温室气体排放量增加的问题。在资源环境约束下，要满足经济发展需求，提高新能源发电比例是解决资源环境问题的根本途径。本书从电能供需总量和供给结构角度分析发展新能源发电的激励背景和激励依据，为新能源激励机制提供理论依据，为以后电源规划提供了新思路。

上网难是目前中国新能源发电中存在的最大难题。区别于从技术角度分析新能源如何克服不稳定的固有属性实现上网，本书从经济角度研究激励各主体积极促进新能源的开发利用。各个国家的电力市场经营体制和新能源资源禀赋状况存在差异，决定了激励机制设计不能照搬国外的经验做法。目前中国新能源供给能力远远超过了市场消纳能力，出现供给和消纳不协调。如何协调发电企业和电网企业的利益，解决这一难题是激励机制设计需要解决的问题。因此，本书选择对上网电价进行研究，将为当前技术背景下的新能源激励规制提供理论依据。

电价激励是激励机制的一部分，电价定价不仅涉及电力市场运行机制，而且是政府干预准公共品的表现，一直是理论研究的一个热点。对经济利益的追求是经济学研究的出发点和落脚点，大多定价研究的文献停留在如何计算价格对应的成本（刘岩，于渤等，2011；马国庆，2010），或者从制度层次上设计如何定价更有利于各方主体间信息充分对称（曹武军，郑琪，2012）。新能源发电功率不稳定的技术经济特性决定了定价机制不能照搬一般电力产品的定价理论。新能源开发利用不仅是为了实现经济收益，还是为了实现资源环境效益，因此电价规制的力度和方向应该是兼顾多方利益。国外的可再生能源电价定价机制较多，但各国的电力市场化程度、电力市场制度、能源环境禀赋等各有差异，因此各国的定价机制各有差异。国内对新能源上网电价定价的研究多是经验性描述，大多数文献停留在思辨式的论述方面，或是简单移植一些经济学理论或国外定价经验，缺乏对中国新能源产业技术经济特征的深刻理解。已有定价理论和激励机制研究为本研究提供了富有洞察力和启发性的观点及新的理论视角，博弈理论研究特别是合作博弈理论分析方法的发展为新能源上网电价定价机制的研究提供了借鉴性的分析工具。本书的研究若取得成功，对拓展电力经济研究领域，丰富电力经济学理论，完善中国新能源电价定价理论，均极有研究价值。

从政策实践来看，本书也极有价值。当前，中国电力行业正面临着改革深入和加速发展的压力。中国新能源产业是在国有企业许多深层次矛盾尚未解决、电力供需矛盾相对缓和而

局部和结构性偏紧的情况下展开的，有其自身的特殊性和复杂性。受资源环境压力和国民经济发展的迫切需要，中国电能结构需要健康、科学地优化。在一定时期内，中国能源消耗既要保证充分供给，又要降低温室气体排放，减少非再生资源消耗。本书估算电能供给产生的资源消耗及碳排放，将为电能结构调整提供借鉴参考。新能源开发利用既面临体制、技术等多方面约束，又受多方主体利益的制约，发展非常缓慢。利益协调关系资源能否优化配置，关系可持续发展目标能否实现，因此，激励机制制定和所得结论，有助于新能源电力产业部门制定更有效的经营和竞争决策，定价机制设计及所得政策建议可以为电力产业相关部门制定决策提供参考，为解决当前上网难问题提供研究思路。

综上所述，本书的选题既满足学术上的先进性和新颖性，也满足现实上的实用价值和可操作性。

1.2 研究内容和技术路线

为使研究具有针对性，本书将新能源看成可再生能源的一部分（张伟涛，2012）。借鉴国内相关新能源和可再生能源的定义，本书认为“可再生能源”主要是指通过来源于太阳辐射、地球内能、月球和太阳对地球的引潮力、大气环流等实现永续更新的非化石能源，理论上是取之不尽、用之不竭的能源，具有取之不尽、用之不竭、环境友好性质。新能源与可再生能源的区别主要体现在“新”上，即新能源主要是采用新技术或新发现的可再生能源。除资源具有可再生性外，新能源发电一般具有环境友好性。一些国家也常将水电、核电、垃圾发电纳入可再生能源或新能源范围之内。本书认为水能发电技术相对较为成熟；核电铀矿储量相对有限且环境友好性质受到严重质疑；垃圾发电的环境清洁性存在质疑。因此本书认为水能、核能、垃圾发电不应包含在新能源中。中国电力企业联合会发布的《中国新能源发电发展研究报告》中将新能源定义为是直接或间接地来自于太阳或地球内部深处所产生的热能（潮汐能除外），包括风能、太阳能、生物质能、地热能、潮汐能等。相比生物质能等，风能、太阳能、地热、潮汐等资源相对比较丰富，分布也较为广泛。从现有技术水平看，风能、太阳能是目前发展技术相对成熟、开发潜力大、市场前景较大的能源，而且这两种能源都具有发电功率不稳定的技术特征。这类出力不稳定的新能源发电难以被电网接受，这正是本书研究的问题。由于新能源种类繁多，发电技术差别也较大，较难用统一的机制来激励。为使研究具有一定针对性和普遍适用性，本书主要选择出力不稳定、资源储备相当丰富、技术相对成熟、发展潜力较大的以风能和太阳能为代表的新能源种类做研究。除可再生能源外，其余的具有高污染高耗能特征的常规不可再生化石能源，本书统称为常规化石能源，简称常规能源（传统能源）。新能源转化为电能，称为新能源发电；所发电能称为新能源电力；符合发电条件的新能源称为新能源电源。常规能源转化为电能，称为常规能源发电，所发电能称为常规能源电力。

1.2.1 研究内容

本书主要分析了资源环境约束下的新能源上网定价激励机制问题，具体研究内容主要有以下8章。

第1章是绪论。结合研究背景提出拟研究的问题，阐述本书的研究意义、内容、技术路线与逻辑框架，是全书的一个总体设计。

第2章是文献综述。梳理了供需理论、电源规划理论、资源配置理论、政府规制理论、博弈论等理论，对电能缺口研究、能源结构优化以及新能源开发利用相关研究进行综述，是全书研究的理论基础。

第3章主要研究资源环境约束下的中国电能供需缺口问题，为政府激励新能源发展提供现实背景，也为定价激励机制设计中新能源的资源环境价值目标提供量化依据。分别从总量和结构两个层面对电能供给状况进行分析。结合中国经济、人口发展、未来电源规划以及可能出现的大规模用电需求，对未来至2050年的电力电量供需总量缺口进行度量和估计。根据各类发电的能源总量和储备量，分别运用供需平衡理论、生命周期分析法分析电能供电产生的能源问题和环境问题，在此基础上，运用目标规划法分析资源环境约束下电能供需结构缺口。

第4章主要分析激励新能源发展的趋势，为政府激励定价提供依据。通过对绿色煤电发电、水力发电、核能发电等清洁能源发电方案做比较分析新能源发电优势，对比国内外新能源发展趋势、发展定位等，分析中国新能源发电存在的问题。

第5章主要分析新能源发电上网分别带给发电企业、电网企业的经济收益和社会的资源环境收益。使用成本收益分析法，借助合作博弈中的剩余收益思想和边际机会成本思想，刻画了新能源开发利用对用户不同参与度下的发电企业、电网企业经济收益模型、社会的资源环境收益模型。

第6章主要分析在不同电网技术条件下，对四种不同的新能源上网定价机制对发电企业和电网企业的激励效果进行对比分析。

第7章主要构建新能源发电上网定价激励机制设计模型，并对模型应用进行分析。以前述研究为基础，总结发电能源综合战略规划思想，利用合作博弈理论中的联盟合作形成思想、委托代理理论，考虑电能供需状况、资源环境状况、新能源发展状况等因素。对以发电企业和电网企业的经济利益与社会资源环境利益进行协调激励，并激励发电企业和电网企业参与的定价机制，分别从信息完全和信息不完全方面对激励效果进行讨论分析。

第8章是结论与政策建议。归纳全书的主要研究结论，提出促进新能源开发利用的政策建议。

1.2.2 研究方法与技术路线

本书采取实证研究与规范研究相结合、定性分析与定量分析相结合的方法，运用文献研究法、可持续发展理论、供需论、博弈论、规制论等理论，对新能源发电上网定价激励机制进行研究。本书的研究思路如图1.1所示。

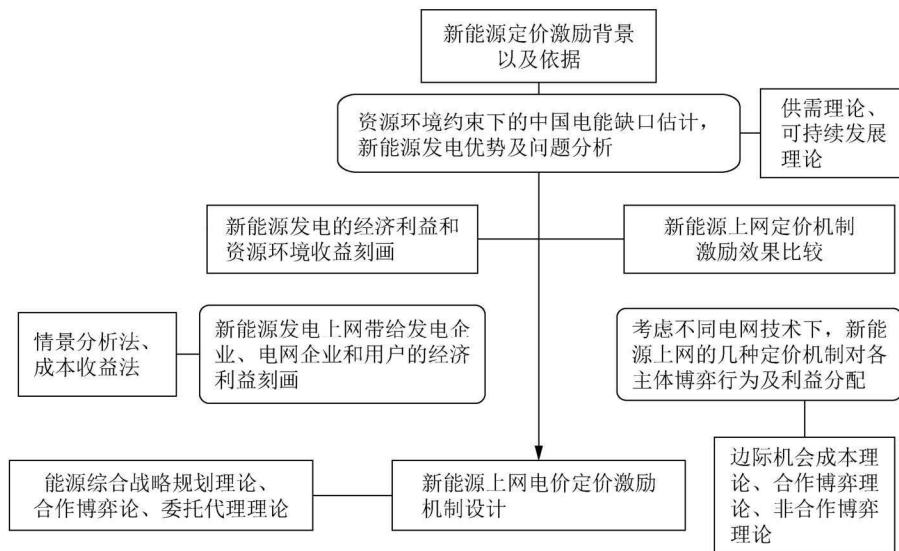


图 1.1 本书的研究思路

1.2.3 研究创新

本书的创新之处主要体现在以下几个方面。

(1) 考虑资源环境约束下的电能供给分析, 拓展了电能供需缺口理论内涵。区别于以往电能供给仅注重装机引起的电能供给不足, 本书基于供需理论, 利用可持续发展理论和电能结构优化理论, 考虑资源环境约束对电能供给的影响, 将电能供需缺口系统刻画为总量缺口和结构性缺口。将资源环境约束纳入电能供需缺口分析框架中, 对电能供需结构性缺口概念进行界定, 内化了电能供需缺口概念的内涵, 丰富了电源规划理论。将可持续发展理论和电能结构优化理论拓展应用于资源环境约束下的电能供需缺口分析的应用中, 丰富了电能供需理论和电源规划理论。

(2) 将合作博弈理论和边际机会成本理论引入新能源发电经济利益及社会资源收益的分析与刻画。本书利用合作博弈理论, 强调定价机制下考虑电网技术进步的电网企业和发电企业博弈行为对经济收益的影响, 拓宽了以往单纯从成本收益分析发电收益的思路。与以往强调定价机制对某一方经济利益的影响不同, 本书对比不同定价机制下各方经济利益博弈行为以及利益分配结果, 将博弈论、边际机会成本理论扩展应用于不同定价机制下新能源经济利益的形成及利益分配的情景分析中, 丰富了新能源定价方法研究, 补充了新能源激励理论。

(3) 根据能源综合战略规划思想设计资源环境约束下的新能源上网定价激励机制。本书应用战略规划理论、电源规划理论和可持续发展理论, 结合电力产业性质, 提出发电能源综合战略规划思想。利用该思想, 本书从系统战略发展高度出发, 考虑资源环境要求和电能供需状况, 构建对经济收益和资源环境收益进行权重激励的新能源定价机制。区别于现有的定价机制缺乏激励设计, 本书将委托代理理论应用于降低新能源发供电成本激励设计中, 充实了定价激励机制设计理论及研究方法。定价机制设计不仅考虑了发电企业和电网企业间的经济收益协调, 而且考虑对降低新能源发供电成本的激励, 为研究资源环境约束下的新能源激励问题提供了思路。

相关理论与研究述评

本书主要涉及电能供给、能源结构、新能源上网定价机制三个方面的主要内容。电能供给问题涉及供需理论、电源规划理论、资源配置理论等。政府规制定价的理论依据、规制方式和规制程度研究,涉及规制理论,需借助于规制经济学的研究成果。新能源激励机制设计涉及发电企业、电网企业、用户等多方参与主体的利益,需要利用博弈论的相关研究成果。因此,本章将主要对电能供给、能源结构以及新能源定价三方面的研究进行梳理,并对所涉及的供需理论、电源规划理论、资源配置理论、政府规制理论、博弈论等理论研究动态进行综述,以便为后续研究提供理论依据。

2.1 电能供给相关理论与研究综述

2.1.1 供需理论研究动态

供需理论主要用于探究供需关系构造过程以及均衡的实质。学术界对供需理论研究主要包括以下几个理论。

1) 古典供需理论

17 世纪下半叶,古典政治经济学家威廉·配第等就已经应用供需理论开始解释经济现象。18 世纪中叶的重农主义强调生产和供给重要性,认为只有农业生产,才能够生产出“纯产品”。亚当·斯密认为劳动创造财富。增加一国土地和劳动的年产物的价值有两个办法,一是增加生产性劳动者的数目;二是提高受雇者的生产力。萨伊认为,财富是具有使用价值和效用的东西;由使用价值构成;包括有形和无形的物质财富;是由人力、自然力和资本三个因素共同协作生产出来的。

2) 关于供需机制

传统的古典经济学认为供给自动创造需求,不会发生过剩的危机,自由市场经济是天然和谐的。典型的代表人物是 18 世纪的亚当·斯密,他在《国富论》中提出了著名的“看不见的手”的理论,认为价格机制、供求机制等市场机制可以自发调节市场的供给和需求,促进经济发展。19 世纪末,新古典经济学家阿尔弗雷德·马歇尔将供求关系数量化、数学化,用供给曲线和需求曲线及弹性概念等来解释经济学现象。1936 年,英国经济学家凯恩斯否定了古典学派的供给自动创造需求的基本假设,从需求入手促成供求均衡,提出有效需求的理论体

系；主张国家宏观调控以减少失业、治理萧条的政策主张。1948年，保罗·A·萨缪尔森综合马歇尔和凯恩斯的经济学思想，认为微观层面的市场机制通过供给和需求发生作用，解决基本的经济问题；宏观方面，政策、外部因素（包括人口、气候环境等）与产出、通货膨胀和失业是影响总供给和总需求的重要因素。这些理论尽管观点存在争议，但都推动了供需理论的发展。

3) 现代供需理论

20世纪60年代末70年代初，资本主义国家相继出现了“滞胀”，凯恩斯的需求管理理论和政策主张无法解释这一现象。为解释并治理“滞胀”，20世纪70年代中期，以强调生产和供给为特征的供给学派理论出现了。供给学派的代表人物是加拿大籍美国经济学家罗伯特·蒙德尔。供给学派的主要观点有：其一，否定凯恩斯定律，重新肯定萨伊定律，主张“供给会自动创造需求”。其二，主张国家减少干预，充分发挥市场机制的作用，加强激励个人和企业生产经营积极性来提高劳动生产率和增加供给。其三，产量增长决定于生产要素投入和生产率增长，生产要素投入的变动取决于对各种要素投入的激励。其四，认为政府的税收和社会支出政策、货币政策和经济管理政策是影响经济主体行为的重要因素，因此特别强调政策对经济主体生产活动的供给效应。其五，按照生产能力禀赋进行分配，由于生产能力禀赋大小不一致，因此收入分配不均足自然现象，等等。

4) 马克思的供需理论

从自然属性看，供给就是市场上的产品，或者能提供给市场的产品；从社会属性看，供给等于某种商品的卖者或生产者的总和。无论在简单商品经济还是资本主义经济中，供给不仅是一个量的概念，而且是一个总量概念。供给和需求是商品交换与商品流通的基本对立统一面。市场所反映的商品生产者之间的关系，实际上是商品购买者与出售者、需求者与供给者之间的关系。

5) 科尔内的短缺经济理论

20世纪80年代中期，匈牙利经济学家科尔内对传统社会主义体制下的短缺型供给问题进行了经典分析。科尔内认为，短缺不仅包含购买意向及其实现之间的差距，而且包含各种形式的强制调节，如被迫替代、延迟购买、寻找所向往的产品等。短缺还可分为纵向短缺（存在于分配机关与要求者之间）、横向短缺（存在于卖方与买方之间）、内部短缺与社会生产能力短缺四种类型。此外，短缺效应会引起连锁反应，这种连锁反应会产生乘数作用，从而产生短缺乘数。短缺的成因主要有资源约束、供给约束和需求约束。消除短缺必须从体制改革入手。

综上，不同学派的经济学家把供需理论作为基础，结合市场机制、价值规律，解释经济现象，赋予了供需理论更多的内涵。各学派对供给影响需求还是需求影响供给、主张市场机制还是政府干预存在争议。供需理论有宏观经济学和微观经济学的差别，宏观研究所有商品供需，微观研究单一商品供需。本书研究的是单一电能商品的供需，属于微观经济学范畴。供给主要是由不同生产要素创造的，受人财物约束，受贸易、宏观政策等多种因素影响。需求是指消费者在一定时期内在各种可能的价格水平愿意而且能够购买的该商品数量。影响需求的因素有很多，如商品的价格，购买者的收入水平、偏好和心理预期，经济水平，政治外交等。供需平衡的过程实际是资源约束等条件下，单位时间段内通过生产、交换、消费过程形成生产量的平衡。而供需之间大部分是不均衡的，缺口产生的本质是供需不平衡。

2.1.2 电源规划理论概述

电源规划的核心问题,是在规划限定的时间范围内,满足经济增长对电力负荷需求的预测,经济合理地确定发电厂建设的规模、类型、时间和地点。电源规划大致经历了四个发展阶段,即传统规划发展方法、数学规划发展方法、人工智能发展方法以及电力综合资源规划方法。

传统电源规划将用电需求作为外在因素,专注供应如何满足需求,即供电侧如何以尽可能少的投资费用提供可靠的电力服务。最初的电源规划是给定几种可行方案,通过技术经济手段从中比较并选择出推荐方案。方案比较和推荐一般由规划人员结合客观测评结果并根据经验提出,带有相当大的主观意志。20世纪60年代以后,电源规划不仅考虑技术经济效益,还考虑环境保护、能源政策、输电系统的协调与影响等因素。伴随着计算机技术、运筹学和系统论等相关学科的发展,电源规划开始结合这些研究成果,应用计算机求解,大大减少了主观因素、增强了决策科学性。随着可再生能源发电技术、用电新模式的出现,电源规划的复杂度增大。因此,近年来,模糊数学、专家系统、人工神经网络、遗传算法等新兴理论与电源规划相结合,形成了多种电源最优规划方法。

随着能源危机的不断出现,单纯以供应满足需求的规划思路已经不能完全满足能源需求。1981年,美国学者C.W.Gellings提出了“需求侧管理”的概念,把提高用电效率和改变用电方式等需求侧节约的电力和电量看作一种资源,开始了电力综合资源规划的研究。

电力综合资源规划与传统电源规划的主要区别在于:第一,资源类型不同。传统电源规划着眼于供应侧的电厂;电力综合资源规划的资源不仅考虑包括发电厂、电网等供应侧资源,还考虑包括高效节能设备、需求侧管理、电价改革等需求侧资源。第二,规划主体不同。传统电源规划仅涉及发电公司,由电力系统各部门进行规划;电力综合资源规划涉及发电公司、用户、电力部门、环境管理等政府部门。第三,资源选择标准不同。传统电源规划的方案选择主要依据技术经济原则,电力综合资源规划的方案选择标准主要参考各参与方的净收益和环境质量。

综上,电源规划的内容从电力系统的供电侧衍生到需求侧,从电力系统扩展到资源和环境系统;资源趋向于综合性;规划方法逐渐丰富化。符合节能减排的电力系统的研究中,其中包括电价的制定,应综合考虑资源环境系统、供电侧和需求侧等综合系统,这为本书研究上网电价定价机制设定提供了重要的研究思路。

2.1.3 电能缺口研究述评

电能缺口包括电力(负荷)缺口和电量缺口两部分。

1) 电能缺口形成的原因

大多数研究者从供需角度分析缺口的形成。例如,A.S.Chuang(2001)认为产生电力供不应求的重要原因之一是新电源建设滞后或盲目建设,缺乏合理性和连续性。汪拥军、孙东川(2007)从系统的观点出发,结合电力工业的特点,建立反映电力供需动态变化的系统动力学模型,分析得出:电力资源难以存储、电力项目审批和建设周期长的特点决定了电力需求发生阶跃性变化时,供给无法及时响应,导致电力供需发生周期性动荡。有的研究者从电力系统外部因素如产业结构、制度方面找原因。夏清、彭涛等(2004)认为电力供需平衡周期振

荡的根本原因是电力供给中的市场失灵。韩金山、谭忠富（2010）通过演化系统方程证明中国电力系统长期演化具有漂移性，电量供需均衡是下游产业的非平稳性向上传导漂移性的通道；电力资源均衡高度依赖煤炭资源。可见，电能缺口的形成研究范围不仅局限于电力供需，而且是能源、政策、产业等影响的结果，这些为本书分析电能缺口形成提供了重要研究资料。

2) 电能缺口度量

大多数研究者的思路是分别估算电能供需量，采用电力电量供需平衡的绝对量结果。常用来研究影响电力需求的主要因素有气温、居民收入、经济总量、经济结构、产业结构比例、需求侧管理、能源替代等。经济因素是影响电力需求的主要因素。电力需求预测的方法主要有基于智能算法、时间序列、组合思想的用电需求预测方法。电能供给的主要影响因素有装机容量、现有机组出力、燃料供应、机组状况、管理水平等，常采用的方法是电力规划理论及方法。

有的研究方法不是采用电力电量平衡的绝对量结果，而是通过供需指标来判别。主要有两类研究方法。一类是技术层面统计方法。通过电力系统随机生产模拟，采用电力不足概率公式来估计中短期可能存在的供给缺口。这种算法仅局限于局部电网，不适用多电网组成的综合电网。适合综合电网的电力供给缺口方法，其中有朱成章（2005）提出备用率和合理的发电设备最大利用小时数两个指标；还有胡兆光（2007）考虑火电装机以及水电枯水期供电能力等提出的电力供需指数。这类算法仅统计了装机容量等物理量造成的“硬缺口”，较少反映经济波动等外部环境导致的“软缺口”。另一类是经济层面度量方法。常用度量指标是电力弹性系数，电力弹性系数指电力消费增长速度 GNP（gross national product，国民生产总值）与增长速度的比值。电力消费增长速度一般用发电量增长速度表示；国民经济增长速度一般用 GNP 增长速度来表示。电力弹性系数大于 1，说明电力供给超前，不缺电；相反就是缺电。这一指标使用存在的主要问题是，实际用电量或发电量难以反映与经济发展相适应的电力供给超前性，经常会出现与电力供需状况实际不相符的情况。

以上研究大多是针对未来的电力供需平衡进行估算，另外，任玉珑（2012）从潜在产出角度对电力供给缺口概念进行界定，采用潜在产出常用测度方法——HP 滤波法测算中国 1980—2009 年的电力供给缺口，借助因果检验法对电力供给缺口与经济波动关系进行验证。结果表明，电力供给缺口与经济波动（考虑通货膨胀）互为因果关系，根据潜在产出分析思路估算电力供给缺口是有效合理的。这种方法则适合反映历史的电能缺口。

本书关注的是补给电能缺口的一次能源问题。以上方法中，历史的电能缺口仅能反映目前电源装机建设是否满足现在的电能需求，而未来的电能缺口估量方法中指标类度量方法无法反映缺口的绝对量，无法体现发电能源供给是否充足。为此，本书结合一次能源中长期供需状况分析电能缺口，需要借鉴计算供需绝对量的方法。

3) 电能供需平衡

一是从供给侧出发，有的从技术角度研究改变供给侧的电能产出。具体的方法有改变分布式热电联产规制（Andersen, Lund, 2007; Lund, Andersen, 2005）、电锅炉和热泵技术（M.B.Blake, H. Lund, 2008）、重组废物利用的节能技术（Münster, 2009）和能源储备技术（Mathiesen, Lund, 2007）等。有的从制度角度研究提高供电产出，夏清、彭涛等（2004）认为应该建立市场化的电源规划模式、电价模式和投资激励机制，通过市场机制来实现电力电量平衡。二是从需求侧角度，有的研究如何灵活改变用能模式（H.Lund, E.Munster, 2006;