

电力监管理论与方法

黎灿兵 曹一家 著



科学出版社

电力监管理论与方法

黎灿兵 曹一家 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书重点介绍机制设计理论及其在电力监管中的应用,并对电力监管主要环节的理论与方法进行了比较系统的研究。主要内容包括电力监管概述、激励相容的机制设计及其在电力监管中的应用、发电监管研究、输配电监管研究、电力监管中信息披露、智能电网对电力监管的影响等方面的研究与情况介绍,使读者能了解有关电力监管的理论与方法,推动我国电力监管的研究与实践。

本书可作为高等院校电气工程学科高年级本科生和研究生的教学参考书,也可供电力企业相关管理人员和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力监管理论与方法/黎灿兵,曹一家著. —北京:科学出版社,2014
ISBN 978-7-03-041906-4

I. 电… II. ①黎…②曹… III. 电力工业-监督管理-研究 IV. F407.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 218079 号

责任编辑:魏英杰 / 责任校对:朱光兰

责任印制:肖 兴 / 封面设计:陈 敬

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>

三河市骏杰印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



*

2014 年 9 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2014 年 9 月第一次印刷 印张:11 1/4

字数:227 000

定价:60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

本书阐释了电力监管的由来、意义和发展,对电力监管内容、监管原则、监管方法和监管措施等进行了比较全面的分析研究。主要内容包括:

(1) 激励相容的机制设计理论及其在电力监管中的应用。分析了激励相容的机制设计基础,提出了新的激励相容设计准则和判断准则,增强了激励相容机制设计的可操作性。利用新的激励相容准则,评估了电力垂直垄断的运营模式和边际电价机制,说明了制度影响市场成员策略与市场效率的过程。

(2) 建立了发电厂市场力评估指标体系,提出了准确、客观和全面评估发电厂市场力的新方法。提出了基于有效竞争的四种评估方法,以此评估发电厂是否动用了市场力。

(3) 分析了输配电监管的目标、主要内容与手段,探讨了输配分开问题。

(4) 系统研究了电力监管中信息披露的原则、内容和方式等。

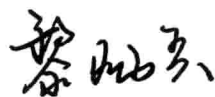
(5) 探讨了智能电网背景下电力监管的新特点和新内容,特别是新能源并网政策与监管。

本书系统研究了调度交易监管、发电监管和输配电监管,使读者对电力监管有一个完整、宏观的了解。本书内容基于第一作者黎灿兵的博士学位论文,补充、完善后根据新情况增加了一部分新研究成果。黎灿兵撰写了本书前5章,第6章由曹一家撰写。

在本书出版之际,向多年来一直关心我、培养我的博士生导师夏清教授和康重庆教授致以衷心的感谢,他们的指点和培养使我有机会接触到现代电气学科的研究精髓。感谢湖南大学电气与信息工程学院为我提供了一个好的研究平台,使得我和我的研究组能够不断地学习与探索,保持与国际同行的交流与合作。感谢和我一起学习和从事科研

的研究生们。博士生旷永红、硕士生秦银平数次校对本书,特别向她们致以诚挚的谢意。博士生方八零、谭益,硕士生魏靖、刘文灿、李怡静等也为本书的校对和修改等做了很多工作,一并诚挚感谢。感谢我的家人,尤其是妻子肖泉多年来对我的默默支持。感谢国家自然科学基金(51137003),电力系统及发电设备控制和仿真国家重点实验室开放基金(No. SKLD11KZ07)的支持。

由于作者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。



目 录

前言

第一章 电力监管概述	1
1.1 电力监管的含义	1
1.2 电力监管的形成	1
1.3 电力监管的特点	3
1.4 电力监管研究的主要内容	4
1.5 本书主要内容	6
第二章 激励相容机制设计及在电力监管中的应用	9
2.1 概述	9
2.2 激励相容的基本理念	9
2.2.1 机制设计理论与激励相容	9
2.2.2 激励相容原则的研究现状	10
2.2.3 激励相容的典型案例分析——囚徒困境	10
2.3 应用于电力监管的激励相容原则的分析	12
2.3.1 激励相容的应用范围	12
2.3.2 电力监管中应用激励相容原则的瓶颈	12
2.4 激励相容设计的新标准与判断准则	14
2.4.1 基本概念及其符号	14
2.4.2 激励相容的数学表述	15
2.4.3 新设计标准与判断准则	16
2.4.4 激励相容新设计标准的意义	19
2.5 激励相容的机制设计方法与评估方法	20
2.6 电力工业垂直垄断运营机制不满足激励相容	21
2.6.1 纵向市场力与激励不相容	22
2.6.2 激励不足导致的市场效率损失	27

2.6.3 市场封闭导致的效率损失	29
2.7 边际电价机制评估	29
2.7.1 边际电价机制不满足激励相容的原因	29
2.7.2 拓展分析	31
2.8 小结	33
第三章 发电监管	34
3.1 概述	34
3.2 市场力指标分类	37
3.2.1 纵向市场力和横向市场力	38
3.2.2 微观指标与宏观指标	38
3.2.3 结构性市场力与市场力使用程度	38
3.2.4 按评估时间分类	39
3.2.5 定性指标与定量指标	39
3.2.6 发电厂市场力评估的特点	40
3.3 发电厂结构性市场力评估的综合评估方法	41
3.3.1 ILMI 方法的基本思路	41
3.3.2 RHHI 和 DSI	42
3.3.3 局部市场的综合市场力指标	43
3.3.4 LMI 的取值范围及其含义	46
3.3.5 市场综合评估指标 ILMI	46
3.3.6 算例分析	47
3.3.7 拓展分析	52
3.4 发电厂市场力使用程度的评估	55
3.4.1 电力市场有序性指标	55
3.4.2 电力市场竞争力度指标	55
3.4.3 偏差评估方法	56
3.5 基于有效竞争的市场竞争力度评估	57
3.5.1 基本思路	57
3.5.2 基准电厂法	59
3.5.3 基准时段法	60

3.5.4 基准节点法	62
3.5.5 基准集中度法	63
3.5.6 基于有效竞争的评估方法小结	63
3.6 竞价上网机制关于市场效率损失的几个问题	64
3.6.1 交易成本	64
3.6.2 决策协调程度与效率损失	65
3.6.3 社会效率损失	65
3.6.4 发电厂市场力导致的效率损失	66
3.7 “厂网分开,竞价上网”的结构性问题	66
3.7.1 厂网分开改革	67
3.7.2 竞价上网改革	68
3.8 发电市场运营模式建议	70
3.9 节能调度与低碳调度及其一致性评估	72
3.9.1 调度优化数学模型	73
3.9.2 多目标优化的一致性评估方法	75
3.9.3 电力调度典型条件下的一致性分析	78
3.10 小结	80
第四章 输配电监管	82
4.1 概述	82
4.2 输配电运营与监管目标	83
4.3 在输配电运营中引入间接竞争	85
4.4 输配电成本监管	87
4.4.1 直接成本和间接成本均衡的问题	87
4.4.2 电网规划、投资监管	89
4.4.3 电网投资的 BOT 模式	91
4.4.4 交叉补贴问题	93
4.4.5 基于绩效的管制与成本-回报率管制	95
4.4.6 输配电成本监管实施方法	97
4.5 电网公平开放问题	98
4.5.1 电网公平开放的含义	99

4.5.2 电网公平开放的监管内容与方法	99
4.6 电力调度交易监管	100
4.6.1 调度交易监管的主要问题及其分类	101
4.6.2 调度交易监管的基本思路	102
4.6.3 基于机组偏差电量的调度交易方案评估	104
4.6.4 基于购电费用偏差的调度交易方案评估	107
4.6.5 调度交易监管的约束条件分析方法	108
4.6.6 调度交易方案的其他评估方法	111
4.7 输配分开问题探讨	112
4.7.1 输配分开的含义	112
4.7.2 国内外输配体制情况	113
4.7.3 输配分开的意义	115
4.7.4 输配分开可能存在的问题	117
4.8 电力普遍服务	119
4.8.1 普遍服务的基本属性与意义	119
4.8.2 电力普遍服务的特点	120
4.8.3 电力普遍服务的履行方式	122
4.8.4 电力普遍服务的成本补偿机制	123
4.9 对输配电企业提供节能服务的激励	124
4.10 小结	126
第五章 电力监管中信息披露	128
5.1 概述	128
5.1.1 电力监管中的信息不对称	128
5.1.2 电力监管中信息披露的分类	128
5.1.3 信息披露的原则	129
5.2 发电监管中的信息披露	130
5.3 输配电监管中的信息披露	133
5.3.1 输配电企业成本信息	134
5.3.2 规划信息	134
5.3.3 检修信息	136

5.3.4 可用输电容量信息	136
5.4 向公众发布的信息	137
5.5 小结	139
第六章 智能电网研发、建设对电力监管的影响	141
6.1 概述	141
6.2 用户自建分布式电源并网的虚拟存储政策	144
6.2.1 电能虚拟存储政策	144
6.2.2 虚拟存储政策模型	145
6.3 面向智能电网的用电政策与监管	149
6.3.1 电力需求响应及其分类	149
6.3.2 智能电网建设所需的用电基础设施	150
6.3.3 用电政策	151
6.4 电网友好型设备及其推广	152
6.4.1 电网友好的智能发电技术	153
6.4.2 电网友好的智能用电技术	155
6.4.3 展望	158
6.5 小结	158
参考文献	159

第一章 电力监管概述

1.1 电力监管的含义

电力监管是监管机构根据电力工业的技术特点和经济特点,通过建立机制,引导电力企业规范经营、合理获利,促进用户优化用电行为;对自然垄断环节和竞争不充分的环节进行管制、调控与监督;对竞争比较充分的市场进行必要的监督、管理与调控,以确保电力工业健康发展、保护公共利益的各种措施。

电力工业具有鲜明的特点,如资本密集、技术密集,电力系统需要维持瞬时平衡和电力的基础性作用等。这些特点使电力监管与其他行业的监管有显著的不同。电力监管研究和电力监管工作应充分考虑电力系统的特点。

电力监管随着电力市场的改革成为热点,但电力监管并不等同于电力市场监管。电力监管既包含对竞争条件下运营的电力市场的监管,又包含对垄断经营环节的监管。电力工业即使不实施市场化改革,也需要专业、有效率的监管。

1.2 电力监管的形成

电力监管有悠久的历史。各个国家和地区的电力监管机构是根据其法律法规体系和电力工业运营模式设置的,具有各自的特点。独立的电力行业监管始于美国 1920 年成立的联邦电力委员会。在此之前,美国的一些州还建立了独立的其他行业委员会对垄断性基础行业进行监管。美国联邦电力委员会在 1930 年进行了重组,1977 年成立了联邦能源管制委员会(FERC)^[1]。

我国长期实施计划经济,电力企业以国有为主,并且政企不分。在这种体制下,电力监管与电力企业管理没有明显区别,电力监管与其他行业监管也没有明显区别,因此没有形成独立的电力监管^[2]。1998年,我国撤销电力工业部,组建国家电力公司,实现政企分开;2002年,设立国家电力监管委员会,成立电力行业独立监管机构;2013年,国家电力监管委员会与国家能源局合并,电力监管与其他能源的监管开始融合与协调。

电力监管的方法很丰富,引入市场竞争和管制是两种基本方法。管制一般是指对垄断经营企业的成本、价格和服务质量等方面实施的各种限定^[3]。例如,对自然垄断的输配电行业的管制。在发电环节适当引入竞争并进行监督^[4]是必要的。

引入市场竞争可以促使电力企业降低成本,管制也可以达到该效果。现代管制方法能取得同引入竞争相近的效果。例如,法国电力工业并没有进行市场化改革,但由于政府管制到位,同样取得了电力成本比较合理的业绩^[5,6]。有效的管制将使垄断行业成本合理。

引入市场竞争和管制都是激励电力企业提高效率的手段。我国电力体制改革应该坚持市场与管制并重。由于电力工业存在自然垄断环节,即使引入竞争的环节也不可能形成充分竞争,而且电力系统需要维持瞬时平衡,因此电力监管需要特别重视建立良好的管制机制。在成本、利润、服务质量等方面进行管制,激励企业提高效率,保护公共利益,主要手段是调整电力企业的准许成本、准许利润,并对供电可靠性等服务质量指标进行评估。

电力市场化改革也称为放松管制或者解除管制,是将电力企业从垄断经营且被管制的状态一定程度上放松管制^[7],通过引入一定程度的市场竞争并扩大企业自主权,由市场提供一些激励措施。因此,电力市场化改革是将电力工业从管制状态,转变为“管制+市场”的运营模式。

为了在电力工业中引入一定程度的市场竞争,首先需要将电力工业按照不同的生产环节划分,在适合引入竞争的环节引入竞争,在需要维持垄断的环节改善管制。随着电力工业生产、运输和消费环节的细

分和运营模式的改变,电力监管的内容得到极大地拓展,主要包括:

① 如何依据电力工业的技术特点和经济特点,在可以引入竞争的环节,形成合理竞争的市场,并实施合理监督。

② 如何继续管制垄断经营的环节。在打破电力工业垂直垄断经营后,结合电力工业的特点,对不同的环节采取不同激励措施。

③ 在继续维持垄断经营的环节,管制的内容也发生了深刻的变化,如增加电网公平开放等。

④ 监管内容和对象的变化,使监管越来越多地依赖技术创新^[8],以及技术支持系统^[9,10]。

迄今为止,国内对电力市场的交易算法、价格机制和输电定价研究较多,但对电力监管理论不够重视,没有充分考虑电力工业的特点,电力监管的理论研究与电力监管工作的需求存在一定的落差。对电力监管的理解也不够全面,例如将电力监管片面理解为电力行业的行政执法。

1.3 电力监管的特点

电力工业具有垄断性公用基础行业的一般特点,包括信息不对称、社会影响重大、边际成本低于平均成本、具有规模效益等。除此以外,电力工业还具有鲜明的技术和经济特点,具体包括:

① 电能不能大量、经济地存储,因此根据能量守恒定律,电力系统需要维持瞬时平衡。当平衡被破坏时,可能导致电力系统震荡、解列甚至大面积停电。电力系统的这个特征,使得较多市场主体具有操纵电力市场的能力。

② 发电机组出力变化速度受到限制,机组运行持续时间、停机持续时间也受到限制,尤其是火电机组和核电机组。此外,不同的机组受到限制的情况也不同,这使电力系统的运行极其复杂。

③ 交流电力系统功率传输包括有功和无功两个部分。无功功率不消耗能源,但是会占用电力系统发电、输配电和用电容量,并导致电流增大、网损增加。

④ 电力系统是一个整体,各个部分连接成一个网络,技术上电力潮

流不可分,网络的各个部分相互影响,一些成本被全局化,难以切割、分摊。

⑤ 电力的运营需要保持高度协调、统一调度与控制。如何保证电力调度的公平、公正、公开,是迫切需要解决的问题。

⑥ 垄断与竞争并存,并且在几个联系十分密切的环节(发电、输配电等)中,垄断和竞争程度不同。

⑦ 具有明显的规模效益。例如,大规模火电机组的效率明显高于小规模火电机组的效率。

除了以上列举的几项特性,电力系统还在其他很多方面表现出与其他行业不同的技术特点和经济特点,使电力监管研究呈现出很强的特殊性。

1.4 电力监管研究的主要内容

从电力工业的生产环节划分,电力监管可分为发电监管、输电监管、配电监管、调度交易监管、用电监管与跨环节的监管等。从工作性质划分,电力监管可分为顶层设计、分析与评估、行政执法等。顶层设计是根据电力工业的特点设计合适的机制,引导电力企业和用户合理配置资源,并形成自愿、自律的良好市场秩序。市场评估是监管的“眼睛”,执行和监督是监管的手段。本书的研究内容以顶层设计和市场评估为主,并贯穿于电力监管的几个主要环节。

电力监管的研究和实践是与电力工业的运营模式紧密联系的。在垂直垄断一体的体制下,监管的主要内容包括电力系统安全、成本和价格等。在市场条件下,电力监管包括放松管制、制定市场规则、对市场进行监管、对保持较高垄断的环节进行管制等。

根据电力工业产业链的划分,电力监管研究的主要内容如下。

1. 发电环节

(1) 发电厂市场力评估与监管

发电环节具有一定程度的规模效益,电力系统需要维持瞬时平衡

等技术、经济因素导致发电厂普遍存在一定的市场力。对发电厂市场力的研究是电力监管研究中广受关注的问题,关键在于如何确定由网络约束导致的发电厂的区域性市场力(local market power)^[11]。本书将在第三章详细介绍。

(2) 发电市场效率

电力改革的根本目的是提高效率。因此,对市场效率的评估是电力监管的重要决策支持工具^[12]。要及时发现市场效率是否理想,查找造成市场效率损失的原因,并在此基础上分析解决方案^[13]。

(3) 发电市场准入

由于电力工业各个环节的沉淀成本占总成本的比重比较大,准入环节的竞争能提高发电投资的效率,降低沉淀成本,并获得良好的效益。

(4) 发电市场交易模式与价格机制

交易模式、价格机制等机制设计问题是发电市场运营的重大问题,受到广泛关注。

2. 输配电环节(含调度交易)

输电和配电都具有自然垄断的特点。这在技术、经济、监管方式、方法上基本相通。

(1) 成本、价格与服务质量管制

垄断行业在确定成本与价格时,往往采用“谁使用,谁付费”或者“谁产生成本,谁付费”的基本原则。然而,这一原则应用于输配电的监管时,却要面临两个问题:输配电系统具有明显的网络特性,即电网的各个部分相互影响,很难界定设备由哪些成员具体使用,以及使用的程度;输配电成本具有明显的非线性特征,即成本与使用量之间并不是线性关系,每个用户引起的成本与其他用户的使用程度有关。

电网潮流不可分、电网需要统一调度等各个因素,使得电网的运营必须维持垄断模式。对于垄断经营的输配电,如何建立良好的成本与服务质量管制机制是输配电监管的重点内容。

(2) 电网公平开放

电网公平开放是电力体制改革后的热点问题。在传统体制下,发电、输电、配电一体经营,因此不存在电网公平开放的问题。厂网分开后,各发电厂应获得平等使用输电资源的机会。在进一步开放用户,使用户具有自由选择权时,电网公平开放问题更加重要。

(3) 电力普遍服务

我国电力部门在实际运营中体现的普遍服务思想已经有较长的历史。例如,大力实施农网改造,推动同网同质同价,是典型的电力普遍服务的具体措施。我国明确提出电力普遍服务的要求始于 2002 年国务院发布的《电力体制改革方案》。随着电力体制的改革,电力普遍服务的具体含义和实施方式还需要进一步研究并明确。

(4) 调度交易监管

调度交易是电力运营的中枢,目前国内外对调度交易的方法研究比较多,但普遍缺乏对调度交易监管的研究。如何确保交易计划公平、合理、优化还没有引起重视。

(5) 输配分开问题探讨

近年来,有一些国家实施了输配分开的改革,国内也有较大的输配分开改革的呼声。本书将分析支持与反对输配分开改革的各方意见,并分析输配分开的利弊。

1.5 本书主要内容

本书重点内容包括:

① 研究激励相容的内涵,提出新的激励相容的机制设计准则和评判标准,将激励相容的机制设计与评估原理系统地应用于电力工业。同时,通过对垂直垄断一体的电力工业运营模式、单一买主下边际定价模式等方面的评估,分析新设计标准的应用方式。

② 在发电监管方面,提出综合评估发电厂市场力评估的新方法。该方法能准确地综合造成市场力的几个主要因素,紧密结合电力工业的特点,对网络约束导致的区域性市场力有准确的量化评估。在市场

力评估新方法的基础上,提出评价电网与电源是否协调发展的模型、方法和指标体系;提出基于有效竞争的发电市场竞争力度评估方法;提出应以有效竞争作为电力市场监管的目标;基于4种有效竞争的市场条件,提出对比评估方法,分别从不同方面衡量市场竞争的力度,具有可操作性强的优点。

③ 在输配电监管方面,分析了输配电监管的目标,重点研究了输配电成本监管,建立了直接成本与间接成本的均衡模型,提出规划后评估指标,在电网建设环节引入市场竞争模式,研究电网公平开放,并对调度交易计划的合理性提出评估的主要内容和评估方法,建立起完整的输配电监管体系。

④ 在用电监管方面,对电力普遍服务,用电价格体系,以及供电可靠性和服务质量的监管进行分析。

本书各章内容及其相互之间的关系如图1.1所示。

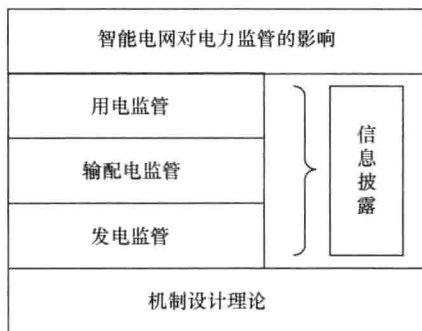


图 1.1 本书主要内容及其关系

如图1.1所示,机制设计理论是整个电力监管的基础,贯穿于电力监管的各个环节和各项具体工作之中。本书在第二章分析电力监管机制设计的基础理论;在第三章将该理论应用于电力工业两个重点环节的机制分析。电力监管从电力工业生产环节划分,分为发电监管、输电监管、配电监管和调度交易监管,第三章系统分析发电监管。由于输配电之间关系密切、监管方法基本一致,因此第四章将输配电作为一个整体,分析其监管方式、方法和内容。由于我国电力调度交易机构设置在输配电企业内,因此调度交易监管也在输配电监管一章中进行分析。