

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



Electricity Market

电力市场

(第二版)

杜松怀 主编
温步瀛 蒋传文 副主编



中国电力出版社
<http://jc.cepp.com.cn>

微机原理与接口技术

走进电世界

电路

电路(少学时)

电工学(上册)

电工学(下册)

电工电子技术

电工电子技术

电工电子技术(上册)

电工电子技术(下册)

电工学实验指导书

数字电子技术基础

模拟电子技术基础

数字电子技术

模拟电子技术

数字电路实验及课程设计

工程电磁场(附光盘)

电力电子技术

电力电子技术

电力电子技术习题集

电力市场(第二版)

电机与拖动(第二版)

电机学

信号与系统

信号与系统分析

信号分析与处理

数字信号处理

单片机原理及应用

PLC应用技术要点与题解

电子信息工程概论

电力系统电磁兼容技术

电力工程基础

电力系统分析基础

马平

李裕能

唐巍

张长富

张文生

张文生

李海

蔡旭

郑宗亚

郑宗亚

娄娟

王义军

韩学军

朱传琴

方舒燕

郁汉琪

杨宪章

石新春

李先允

李先允

杜松怀

刘启新

曾令全

胡钊

吴冰

杨育霞

张长森

许珉

弭洪涛

叶树江

李景禄

温步瀛

韦钢

ISBN 978-7-5083-4897-1



9 787508 348971 >

定价: 29.80元

普通高等教育“十一五”规划教材
PUTONG GAODENG JIAOYU SHIYIWU GUIHUA JIAOCAI



Electricity Market

电力市场

(第二版)

主 编 杜松怀
副主编 温步瀛 蒋传文
编 著 杜松怀 温步瀛 蒋传文
 杨明皓 卢凤君
主 审 张勇传



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十一五”规划教材，是为适应我国电力系统商业化运营对电力市场高级专门人才培养的需求而编写的。全书共十一章，主要内容包括：电力市场的内涵及发展历程；电力市场研究的热点问题；电力系统市场化运营的经济学原理；电力市场结构及运营模式；电力市场中的电价；动态 OPF 与电力市场经济性能的研究；电力市场的负荷预测与电价预测；电力市场输电服务分析；电力市场辅助服务分析；电力市场中发电厂商的竞价策略；配电侧电力市场分析；电力市场技术支持系统等。

本书主要作为高等院校电气工程及其自动化、农业电气化与自动化、经济管理等专业教材，也可作为从事电力系统规划、预测、调度、运行、管理等人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力市场/杜松怀主编. —2 版. —北京: 中国电力出版社, 2007. 1

普通高等教育“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 5083 - 4897 - 1

I. 电... II. 杜... III. 电力工业—市场学—高等学校—教材 IV. F407.615

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 130455 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

北京市同江印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 3 月第一版

2007 年 1 月第二版 2007 年 1 月北京第四次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.5 印张 476 千字

印数 9001—12000 册 定价 29.80 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)

本书序

从19世纪的蒸汽机技术,到20世纪末期至今的计算机、IT、空间技术和信息技术,每一次技术革命无不给人类社会带来发展和繁荣。电力系统是现代社会中最重要、最复杂的系统工程之一,长期以来实行垂直一体化的垄断经营模式。这种模式在规模化经济高速发展的年代是正确的,并已成功实施了近百年。然而,随着电力技术的进步、市场规模和覆盖地域增长性的制约、能源多样性和供电能力的提高,凸显出现代社会中垄断经营所带来的种种弊端。逐步引入竞争机制、提高电力系统的运营效率、释放电价空间,为国民经济发展提供低成本的能源平台,已经成为我国加入WTO后,电力市场迫切需要解决的重大战略问题。

20世纪90年代以来,世界各国掀起了电力市场改革的浪潮。其基本思想是,对垂直一体化经营的电力系统,不同程度地放松或解除管制、引入竞争、提高效率;其核心是,将发电、输电、配电的主要功能分解成在商业运营方面相互独立的实体,将电力、电量、输电服务、辅助服务等商品,尽可能精确地表示为电价,将电力系统的各种操作以经济尺度加以衡量,在所有市场参与者之间公平、公正地分摊相关费用。

英国和美国是电力市场的开拓者,巴西、阿根廷、澳大利亚、新西兰、挪威等诸国家经过多年的实践,积累了丰富的经验。我国自1996年下半年开始,电力供需矛盾有一定缓解,基本满足了国民经济发展和提高人民生活水平对电力的需求。随着电力工业的迅速发展和近年来城乡电网大规模技术改造项目的实施,电力工业市场化运营的环境日趋成熟。为此,我国于1998年开始“厂网分开、竞价上网”试点,制定了分阶段建设具有中国特色的电力市场体系的改革与发展战略。

当前,我国已初步完成电网公司、独立发电商及其他相关市场主体的重构工作,全面改革调度机制、交易机制、运营机制和利益分配机制,逐步实现从发电竞争、趸售竞争到零售竞争的电力市场运营模式。它不仅为电力工业带来了巨大的发展机遇,也给传统的电力系统在各个环节带来了冲击和挑战。电力市场是一门新兴的综合性学科,它不仅具有很强的理论性、实践性和发展性,有时还具有较强的时间性和政策性。我国的电力市场尚未成熟,仍处于不断完善的过程,在建设过程中还必须结合中国的实际情况进行。

全面建设电力市场需要大量高级专门人才,高等院校在这方面有义不容辞的责任。在培养电力系统、计算机技术、网络技术、通信技术人才的同时,还要培养经济学和管理技术人才,从更高层面上看,也需要培养电力市场总体规划、运营和监管方面,既懂电力技术、又懂经济管理的高级复合型人才。本书作者长期从事电力系统教学和科研工作,深入电力市场的研究,完成了发电侧报价决策支持系统、电力市场经济补偿、省级电力市场电价分析、配电网自动化、电网企业绩效管理系统构建、配电侧电力市场研究

等项课题。作者们历时一年之久编著的这本教材，将为我国的电力市场建设做出贡献。值此教材出版之际，特向本书作者表示祝贺，同时希望他们再接再厉，不断汲取新的成果，勇于探索、不断创新，为我国的教育事业做出更大的贡献。

张勇传

2003年9月28日

前 言

为贯彻落实教育部《关于进一步加强高等学校本科教学工作的若干意见》和《教育部关于以就业为导向深化高等职业教育改革的若干意见》的精神,加强教材建设,确保教材质量,中国电力教育协会组织制订了普通高等教育“十一五”教材规划。该规划强调适应不同层次、不同类型院校,满足学科发展和人才培养的需求,坚持专业基础课教材与教学急需的专业教材并重、新编与修订相结合。本书为修订教材。

在维持第一版教材内容及体系基本不变的基础上,本书进行了局部修改、补充和完善。在第三章,修订和完善了第三节英国电力市场的 NETA 模式和 BETTA 模式,并增加了第八节“电力市场改革的总体思考”;在第六章,增加了第四节“基于多因素小波分析的神经网络短期现货电价预测方法”及相应算例;在第七章第五节“输电服务中的网损分摊”中,增加了基于核仁理论的网损分摊方法及相应算例等。

中国农业大学博士研究生苏娟、北京中恒博瑞数字电力有限公司工程师周兴华参加了部分内容的修订工作,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平有限,书中难免有不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

作 者

2006 年 10 月

第一版前言

20世纪90年代以来,电力市场得到了快速的发展。进入21世纪的今天,中国电力工业迎来了打破垄断、引入竞争、提高效率的历史性改革机遇,同时也面临诸多技术、经济、管理等问题。解决这些问题是一项非常复杂的系统工程,需要因地制宜、积极稳妥、理论紧密联系实际科学态度和科学方法。

电力市场是一门新兴的综合性学科,具有较强的工程性和政策性,这就决定了电力市场的许多理论和方法将随着改革的深入和运营模式的变化而不断发展和完善。本书作为普通高等教育“十五”规划教材,是为适应我国电力市场改革对人才培养的需要而编写的。教材的大部分内容直接来自作者近年来的科研和教学实践,同时在编写过程中参考了部分其他文献和技术资料,在此向有关作者表示感谢。

本书内容涵盖了发电竞争、趸售竞争和零售竞争的主要技术环节。第一章为绪论,介绍我国电力工业的改革历程、电力市场的内涵以及研究的热点与难点问题。第二章介绍电力工业市场化运营的经济学原理,包括资源有效配置、需求与供给、市场均衡与成本分析、市场结构分析、博弈论的应用、风险理论、政府与市场。第三章介绍电力市场结构及运营模式,包括电力工业重构产生的新实体及其应用组合,英国、美国、澳大利亚、挪威、瑞典等国的电力市场,我国电力市场的建设与实施模式。第四章介绍电力市场中的电价,包括制定电价的理论与方法以及实时电价理论。第五章介绍动态OPF与电力市场经济性能研究,定量分析松弛节点电压对整个系统的发电总成本、有功和无功网损以及平衡机组出力的影响。第六章介绍电力市场的负荷预测与电价预测,阐述负荷预测的方法及存在的问题,介绍现货电价预测的理论和基本方法,提出了电价灾变时刻灰色预测与灾变预警系统的设计理念。第七章介绍电力市场输电服务分析,阐述输电服务的基本概念及费用构成,详细介绍输电定价和网损分摊的常用方法。第八章介绍电力市场辅助服务分析,包括各种辅助服务的定义及定价方法。第九章介绍电力市场中发电厂商的竞价策略及优化算法。第十章介绍配电侧电力市场的相关技术问题,包括农村电力网与电力市场、DSM与IRP、省级电网企业绩效管理的系统分析与构建。第十一章介绍电力市场技术支持系统,包括电能量计量系统、EMS、报价处理系统、交易管理系统、合同管理系统、结算系统、即时信息系统、发电商竞价管理系统和数据网络系统。

本书由中国农业大学杜松怀博士担任主编,并编著第一章、第三~第七章、第十一章;第二章和第八章由福州大学温步瀛博士编著;第九章由上海交通大学蒋传文博士编著;第十章由中国农业大学杨明皓教授和卢凤君教授共同编著。全书由中国工程院院士张勇传教授主审,提出了许多宝贵意见,在此表示衷心的感谢。由于作者水平有限,书中难免有不妥或错误之处,恳请读者批评指正。

编者

2003年12月

目 录

本书序

前言

第一版前言

第一章 绪论	1
第一节 电力市场的内涵与基本概念	1
第二节 电力市场的基本原则	4
第三节 电力市场研究的热点与难点	6
第二章 电力工业市场化运营的经济学原理	10
第一节 能源、资源及其有效配置	10
第二节 需求与供给	11
第三节 市场均衡与成本分析	17
第四节 市场结构分析	21
第五节 博弈论及其在电力市场中的应用	27
第六节 电力市场中的风险理论	31
第三章 电力市场结构及其运营模式	34
第一节 引言	34
第二节 电力工业重构产生的新实体及其应用组合	35
第三节 英国的电力市场	36
第四节 美国的电力市场	43
第五节 澳大利亚的电力市场	49
第六节 挪威与瑞典的电力市场	51
第七节 我国电力市场的建设与实施	53
第八节 电力市场改革的总体思考	56
第四章 电力市场中的电价	57
第一节 制定电价的基本原则	57
第二节 制定电价的理论方法	58
第三节 电价的计算方法	67
第四节 实时电价理论	70
第五章 动态 OPF 与电力市场经济性能研究	73
第一节 引言	73
第二节 BX 型常规潮流程序设计	73
第三节 系统优化工具——动态 OPF 设计	77
第四节 仿真系统模型的确定	82

第五节	松弛节点电压对优化程序收敛性的影响	84
第六节	松弛节点电压对系统发电总成本的影响	84
第七节	松弛节点电压对系统有功网损的影响	86
第八节	松弛节点电压对系统无功网损的影响	87
第九节	松弛节点平衡机组有功和无功出力的变化	90
第六章	电力市场的负荷预测与电价预测	92
第一节	电力市场的负荷预测	92
第二节	电力市场电价预测方法概述	98
第三节	基于供需关系的次日边际电价混沌神经网络预测方法	99
第四节	基于多因素小波分析的神经网络短期现货电价预测方法	102
第五节	现货电价灰色混沌预测方法	106
第六节	电价灾变时刻灰色预测与灾变预警系统	121
第七章	电力市场输电服务分析	131
第一节	输电服务的基本概念	131
第二节	输电服务费用的构成	132
第三节	输电服务研究的意义及技术思想	133
第四节	输电定价的理论方法	134
第五节	输电服务中的网损分摊	139
第八章	电力市场辅助服务分析	159
第一节	辅助服务概述	159
第二节	负荷频率控制	162
第三节	发电备用容量服务与定价	170
第四节	无功市场运营	178
第五节	无功服务定价	181
第六节	电力市场中的发电计划	190
第七节	电力市场中的交易计划	192
第八节	电力市场缺电成本分析	198
第九节	电力市场的可靠性定价	201
第十节	电力市场的黑启动服务	203
第十一节	电力市场下的电网规划	209
第十二节	电力市场下的系统安全可靠	214
第九章	电力市场中发电厂商的竞价策略	219
第一节	发电厂商竞价策略研究现状	219
第二节	短期电力市场竞争的数学模型	220
第三节	中期电力市场竞争的数学模型	221
第四节	电力市场中发电厂商竞价的博弈论方法	222
第五节	发电厂商竞价策略的完全信息静态博弈	225
第六节	发电厂商竞价策略的不完全信息静态博弈	235

第七节	现货市场发电竞价的动态优化算法	241
第十章	配电侧电力市场分析	258
第一节	中国农村电力网状况及其发展方向	258
第二节	农村电力市场的内涵及营销策略	258
第三节	配电侧电力市场中的用户	261
第四节	电力市场的需求侧管理与综合资源规划	262
第五节	适应全面小康社会的农村电力网研究	264
第六节	省级电网企业绩效管理的系统分析与构建	270
第十一章	电力市场技术支持系统	280
第一节	引言	280
第二节	电能量计量系统	280
第三节	能量管理系统	281
第四节	电力市场报价处理系统	284
第五节	交易管理系统	285
第六节	合同管理系统	286
第七节	结算系统	288
第八节	即时信息系统	289
第九节	发电商竞价管理系统	291
第十节	数据网络系统	294
参考文献	296

市场的执行系统包括贸易场所、计量系统、计算机系统、通信系统等。

(2) 电力市场是电力买主和卖主相互作用,以决定其电价和电量的过程。

(3) 电力市场是电网商业化运营的规范化的环境和场所。

(4) 电力市场是电力供方和需方分别以利润最大化和成本最小化为目标,按照约定的规则并以输电网为媒介联系起来,通过自主竞争和经济合同的形式,进行电能交易的一种组织体系和电能配置方式。

2. 电力市场的基本特征

电力市场的基本特征是:开放性、竞争性、计划性和协调性。与传统垄断的电力系统相比,电力市场最大的特征是具有开放性和竞争性。与普通的商品市场相比,电力市场则具有计划性和协作性。

二、构成电力市场的要素

(1) 市场主体。与其他商品市场一样,电力市场的市场主体也是由商品生产者、消费者、经营者和市场管理者组成。在传统电力系统中,用户始终被处于被动的“负荷”地位,而在电力市场中,用户则具有一定的选择性和能动性。由于电力交易的需要,电力市场中的成员可以在供应者和用户两者之间转换角色。

(2) 市场客体。普通商品市场的客体是指买卖双方交易的对象,即商品。电力市场的客体与市场本身的发达程度有关,主要包括电力(电量)、辅助服务或期权等。电力市场有别于其他商品市场之处,就在于电力生产、输送、消费必须同时完成,具有供需动态平衡的特殊性。这一特点是其他任何商品所不具备的。

(3) 市场载体。普通商品市场的载体通常是指网点设施、仓储设施、运输设施、通讯设施、交易场所等。电力市场的载体是“电网”。由于电网具有自然垄断的属性,常常由国家或其委托的公司统一管理,为了保证电力市场的公平和公正,电网必须对所有成员无条件地开放。

(4) 市场电价。电价是电力市场的核心和杠杆,是电力市场中传递供求变化最敏感的信号,也是体现管理思想的重要工具。与此同时,电价也有其自发性和盲目性的一面,政府管理部门应进行适度调控和监管,保证价格总水平基本稳定,维护公平竞争。研究电价的关键是电价形成机制和电价结构。

电价形成机制是指遵循价值规律和供需调节规律,由市场形成价格的定价机制。电价结构通常包括电价构成和电价体系两部分。电价构成包括市场成本、期间费用、利润和税金四部分。电价体系是指不同商品之间的比价关系和同种商品价格在不同流转环节的差价关系,以及它们之间的有机联系。电价体系可以经常变动,它在一定程度上是由国民经济的运动而引起的。

随着电力市场的成熟和完善,“电力商品”将不仅仅限于电力和电量,围绕电力平衡存在的各种服务也将成为商品,并在电力市场中大量交易。可见,电力市场中的电价问题更加突出和复杂,电价的多样性必然要求建立完整和可操作的电价监督和管理体系,必须研究和推出较为完善和可行的交易电价理论。

(5) 市场规则。电力市场应该具备各种详细的规则,譬如:市场进入规则、交易规则、竞争规则和运行规则。这些规则可以通过立法的形式完成,例如《中华人民共和国公司法》、《中华人民共和国合同法》、《中华人民共和国反不正当竞争法》、《中华人民共和国电力法》

等，并在适当的时候及时修订和完善。

(6) 市场监管。市场监管是指依靠行政组织、司法组织、经济组织、新闻媒体等，按照市场规则，对市场行为和市场运行过程进行监督的全过程。市场监管应该具备六项职能：预见职能、监督职能、判断职能、补救职能、仲裁职能和情报职能。

三、电力市场的总体目标

电力市场的总体目标是：打破垄断，引入竞争，提高效率，降低成本，健全电价机制，优化资源配置，促进电力发展，推进全国联网，构建政府监管下的政企分开、公平竞争、开放有序、健康发展的电力市场体系。

在电力市场改革的过程中，不同的市场成员或利益主体对改革目标的理解和界定也是不同的，这些目标之间常常出现矛盾。例如，政府的目标是保障资源优化配置和国民经济可持续性发展的宏观战略计划的制订和实施；电力公司的目标是利润最大化，并力图通过各种手段保持在市场竞争中的有利地位；股东的目标是获得较高的投资回报；企业员工的目标是工作有保障、高收入和自身价值的实现；消费者的目标是能购买到价格低廉、安全、稳定、可靠的电力，同时能够获得优质服务；燃料供应商的目标是保证其能源供应市场的份额和相关投资；环境保护组织的目标是控制电力企业造成的环境污染，保持生态平衡；电力监管机构的目标是通过竞争实现最优选择和市场均衡，通过监管实现整体利益和价值的最大化。

在电力市场的不同阶段，必须明确改革的主要目标和次要目标。在任何时期，都必须首先保证电力系统的安全、可靠和稳定运行。在初期的电力市场中，应更多地关注电力投资和融资，以适当超前国民经济发展速度的思路建设各类电厂，扩大发电规模，加强电网和基础设施建设，构建先进、实用的电力市场技术支持系统。在成熟和比较发达的电力市场中，买方市场的格局已经形成，发电侧和零售侧市场的参与者为数众多，市场力受到监督、制约和控制，改革的焦点应该集中在提高竞争力度、降低电价和成本、提高电力系统运行和交易市场运营的效率和效益，为国民经济的发展提供一个可靠的、低成本的能源供应平台。

四、实施电力市场的必然性

实施电力市场的关键在于打破垄断、引入竞争。垄断带来的弊端可以归纳为：排斥竞争，使消费者利益集体受损；垄断市场，剥夺消费者的知情权和选择权；通过非正当提价而非提高效率的方法改善企业收益；企业惰性增加，对新技术的敏感性逐渐丧失；管理水平低下，竞争意识和竞争力明显下降。

改革开放以来，我国电力工业发展迅速，有力地支持了国民经济的快速发展。但是，发电、输电、配电实行一体化垄断经营的旧的电力体制，越来越不适应社会主义市场经济体制的要求，由此引发的社会不公问题日益突出。其主要表现为：电力行业三高两低现象突出——成本高、价格高、群体收入高，服务质量低和经营效率低；高耗能企业和独立发电厂（IPPs，目前已经占到全国装机总容量的近50%）呼唤竞争机制；省间经济壁垒严重干扰资源优化配置，造成社会浪费并增大了环境污染程度。同时，中国加入WTO、步入全球经济一体化，也要求电力工业进行市场化运作。

另一方面，从理论上说，电力是商品，本身具有价值和使用价值，这种商品理应进入竞争的行列。计划经济体制下的垂直一体化垄断经营模式，导致政企不分和政府直接干预，电力企业毫无市场主体地位而逐渐失去活力。据调查，由行政权力限制竞争者进入市场所产生的行政性垄断现象最为突出。我国垄断体制下的电力项目，是先指定还贷年限和投资回报

率,反过来测算需要的电价,并要求政府给予利益上的某些承诺。电价不是由市场形成,而是由企业操纵;企业不是主动参与竞争来提高效益,而是简单地依靠附加电费的方法获取利润。因此常有这样的报道:“某县农网改造后线损下降,电价却上升:有的竟高达5元/ $\text{kW}\cdot\text{h}$ ”。此外,电力项目过度采用先进设备、随意组团出国考察、提前投资等乱花钱现象屡见不鲜。

根据党中央、国务院对垄断行业进行改革的总体部署,国务院于2002年3月正式批准了我国的《电力体制改革方案》,电力市场改革势在必行,电力系统作为我国一个垄断行业的堡垒必然会被攻破。当前,我国打破电力垄断具有很多有利因素,它们将成为推动电力改革的原动力。这些因素包括:

(1) 改革目标明确。在进入WTO的背景下,为各行业提供一个可靠的、低成本的平台。

(2) 技术进步。电力调度技术日臻完善,灵活交流输电(FACTS)和超高压直流输电技术使电力关口的通关能力、控制能力和交易灵活性大为提高;电源建设和电网建设的加强,将有力地缓解输电拥堵现象,降低阻塞管理的成本。

(3) 能源多样性促进竞争。能源的多样性(如太阳能、天然气等分布式发电技术)给消费者带来更多选择,导致电力供应和销售竞争加剧,有助于改善服务,提高竞争质量。

(4) 电力买方市场正在形成。电力供需矛盾的缓解将使电力生产从以产定销转向以销定产。随着国家对“十五”电源建设规划的调整和长期发展策略的确定,我国的电力市场将按照预先设计的方案快速发展,必将完成由卖方市场向买方市场的转变。

(5) 有现成的市场模式可以借鉴。世界各国多年的实践,为我国提供了多种可供借鉴的电力市场模式,如美国加州、PJM和NEPOOL电力市场模式、英国电力库(Power Pool)模式等,可使改革免走或少走弯路。

(6) 巨大的经济效益和社会效益。体现在:

1) 提供低成本的平台。电价降低或维持在其合理范围内,将使全行业的生产成本和服务成本显著下降,提高国内产品的竞争力,推动国民经济健康稳定发展。

2) 服务质量提高,投诉减少。

3) 有利于综合资源规划和需求侧管理的实施。

4) 有利于吸引国内外投资,增加有效投入。

5) 有利于电力调度从行政命令型向自愿联合型发展。

6) 市场收益巨大。以1999年为例,全系统发电总量为12330亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$,假定电网平均销售价格为0.35元/ $\text{kW}\cdot\text{h}$,现货市场的比重占发电总量的15%,则现货市场的交易额将达到647亿元。如果计及占85%左右市场份额的期货市场,则每年的交易额和交易效益将非常庞大。

第二节 电力市场的基本原则

一、“公平、公正、公开”的市场原则

电力市场是一项复杂的系统工程,也是一种开放性、综合性和发展性的学科。其开放性是指世界各国共同面临的课题,综合性是指科技、经济、政治、社会的融合体,发展性是指

电力市场理论的不断完善和补充。电力市场的改革必须周密设计、稳步推进。从宏观的角度看,电力市场的基本原则与其他商品市场相同,都应遵循“公平、公正、公开”,即所谓的“三公”原则。

“公平”是指对所有参与者一视同仁,没有歧视和特殊保护。例如,对发电厂实行竞价上网,竞争前机会均等,竞争结果令各方满意;对用户按真实成本收费,减少交叉补贴。“公正”是指市场规则,如合理的定价机制、竞争规则和监管法规(裁判时无偏向)等。“公开”是指对市场交易必要信息的公开,如生产成本、定价标准(如上网和下网电价、网络收费)、网络拥堵、计量、计划变更等。这样在电力市场下,发电商可以根据上网电价,确定和调整自己的报价策略,随时了解自己的运行经济状况;用户可以依据零售电价制定最优用电计划、调整用电结构。通过电价杠杆,由电力市场将供电和用电双方紧密联系起来,各自选择理想的贸易方式,实现经济互动和具有电价弹性的电力调度和市场均衡模式。

在某种意义上,公平原则必然要求一定的公开性。同时,要想实现真正的“三公”,必须有严格的监管体系作保障,并要具体做到以下几点:

(1) 开放电网。如果不在输配电环节引入竞争和开放电网,发电侧竞争产生的效益就不可能流畅地传递到最终用户,电力市场改革的最终目标也就根本无法实现。

(2) 扩大供需双方自由选择交易对象和交易数量的权力。

(3) 完善法律和监管体系。

(4) 净化竞争环境,规范竞争行为。市场竞争的结果,取决于竞争环境和竞争机制的完善程度。“净化竞争环境,规范竞争行为”应当成为所有市场参与者自觉的行动。否则可以想象得到,仅靠仲裁、打官司解决纠纷的市场,其改革必定不能成功。在这方面,惩罚的作用有时会远远大于“奖励”的作用,这点应该引起管理者的足够重视。

二、电力市场的平等竞争

“三公”原则更多地体现在电力市场是否能够做到平等竞争。对发电商而言,他们最关心的是发电计划和上网电价(即电力交易中心的购买价格)。在美国,独立发电运营商(IPP)通过和约形式确定发电计划和结算方法。发电商与电力公司、电力公司与电力公司之间签订贸易合同,明确规定发电计划、结算电价、计量关口位置及违约处罚办法。在英国,既有实时交易,也有长期和约交易。最著名的要属英国的 Power Pool 强制型电力库模式,它已成为当今许多国家的现货市场的典型参考运营模式。在电力库中,交易中心起着核心的作用,它购买所有参与电力库贸易的发电商的电量,然后卖给地区供电公司和大用户。随着电力市场改革的深入,“大用户”的概念逐渐消失,市场对所有用户原则上均一视同仁。1994年以前的大用户界定在1MW以上,1998年下调为100kW,之后不久便取消限制,所有用户均可自由参加电力市场的各种贸易。

事实上,用户与其他市场成员之间的利益通过电网紧密相连。大多数情况下,其利益走向是一致的。促进消费、扩大内需始终是电力工业发展的前提和动力,电力市场应围绕这一主题展开工作,并力求做到用户间的平等。具体操作时,应按用户的实际供电成本收费;对不同种类的用户合理分摊成本,减少交叉补贴。在设计电价时,应考虑区分电压等级和负荷率;制订无功电价和可靠性电价,实行可中断电价,开办“电力可靠险”等新险种;采用丰、枯电价和峰谷电价,最终过渡到实时电价;逐步扩大用户自由选择的权利。在理想的自由竞争的电力市场中,供方和用户有自由选择对方的权利。但是在实际的电力市场中,由于

电力商品的特殊性,很难“完全满足”这种自由选择的要求。由于受系统潮流和安全约束的限制,必须将经济合同与电力平衡实行统一调度、统一管理。

三、我国实施电力市场的总体思路

根据发达国家电力市场的经验和教训,我国实施电力市场改革的总体思路是:

(1) 可持续性发展,调整电力结构。以市场为导向、以经济效益为中心、以科技进步为动力、以实现资源优化配置和可持续发展为目标,加快电网建设和全国联网步伐,从速度型转到效益型;发展水电和核电,调整电力生产结构,实现可持续性发展。

(2) 依靠科技进步。采用超临界参数机组、联合循环机组、燃料电池等新的发电技术,提高化石能转化为电能的效率;采用新技术、新设备提高电能在终端市场的利用效率;实施洁净煤发电、大区电网互联、节能节电、开发新能源和电力信息化等跨世纪科技工程。

(3) 深化企业体制改革,逐步实现公司化改组、商业化运营及法制化管理。

(4) 坚持“四步走”的改革方针。第一步:成立国家电力公司,撤销电力工业部,完成体制过渡和职能交接。第二步:实现政企分开和公司化改组,加强城乡电网建设,实施“厂网分开、竞价上网”试点。第三步:2001~2010年,重组国家电力公司,完成跨大区联网,形成全国联合电网和统一调度,全面实行“厂网分开、竞价上网”,在全国范围内实现资源优化配置。第四步:2010年以后,逐步将发、输、配电各环节分开,建立规范有序的电力市场,全面引入竞争机制。

第三节 电力市场研究的热点与难点

电力市场给传统电力工业带来了巨大冲击。从宏观上看,需要打破垄断、放松管制,建立现代企业制度;需要建立全新的交易模式及公平的电价和分配机制;需要完善的技术支持系统和监管体系。从微观上看,需要解决发、输、配电和用电各环节的软硬件技术问题,其热点和难点问题有:电力市场技术支持系统;能量管理系统扩展;优化潮流技术;输电服务与辅助服务定价;信息管理和电子商务;可中断负荷管理、需求侧管理与综合资源规划;电力市场的调度模式与交易模式;需求预测与系统规划,电价预测与灾变预警;电力市场经济性能分析与风险管理;竞争力与市场力;电力市场指标偏离之经济补偿;配电侧电力市场实施方案等。

在一个完整的电力市场中,应根据主次和优先次序,统筹解决好电力市场在理论和实践中存在的关键技术问题。

一、电力市场技术支持系统

在电力市场环境下,电网运营管理机构应当成为电网安全经济运行的调度中心、结算中心、经营中心和信息发布中心。因此,一套完整的电力市场技术支持系统应当包括:EMS系统;电能计量系统;负荷和电价预报系统;自适应性评估管理系统;合同管理系统;期货交易管理系统;调度决策支持系统;即时信息系统;结算系统;发电公司竞价管理系统;供电公司及大用户数据申报系统等。

电力市场技术支持系统的复杂程度取决于电力市场的运营模式:买电型运营模式比较简单,批发型运营模式次之,零售型运营模式最为复杂。选择什么样的技术支持系统,应当与电力市场的模式相适应,必须在考虑扩展性的同时,与电力市场的发展保持同步。

二、电力市场中 EMS 系统的扩展

EMS 系统除包括数据采集与监视系统、负荷预测、发电与输电计划、自动发电控制、在线经济调度、网络状态估计、预想事故与潮流分析、开断计划等传统内容外,还应包括实时电价计算、最大输电能力计算、输电路径优化、输电费用计算、输电服务预调度和实时调度等内容。因此,要在改造原有应用软件的基础上,不断开发新的应用软件。

三、电力市场下 OPF 面临的挑战

最优潮流描述的问题是,在满足系统和物理约束的条件下,对目标函数寻求最优解,通过调节控制变量使目标函数值达到最小,同时满足系统对控制变量、状态变量及函数变量的运行限制。换言之,OPF 的计算目的是优化电力系统的静态运行条件。

20 世纪 90 年代,世界范围的电力市场改革把经济性提到了一个新的高度,给 OPF 的研究带来了许多新的挑战,如节点实时电价计算、输电服务定价、辅助服务定价、系统传输容量计算等,同时也对算法本身提出了更高的要求。这些挑战突出表现在:

电力系统规划:应尽量减少非线性、非灵活性等因素的影响,实现考虑电力市场交易因素的电压、无功规划及弹性需求预测。

电力市场:透明性;价格竞争;输电开放;分类定价。

功能扩展:传输容量评估;输电生产模拟;电容布点;输电服务定价。

在线应用:鲁棒性;再调度;离散控制;软件兼容性。

事实上,人们一直在寻求快速、可靠收敛、能够求解大规模问题的在线应用方法。在整个 20 世纪 80 年代,限于技术条件未能如愿。进入 20 世纪 90 年代,虽然人们成功地运用运筹学中的线性规划和二次规划求解 P 、 Q 最优调度问题,用整数规划求解机组组合及启停计划问题,但速度、精度、鲁棒性和通用性仍然是极具吸引力,但需巨大努力才能完善的一项重要研究课题。

四、电力市场结构及运营模式

电力工业放松管制后出现了许多全新的实体。这些实体包括:发电商、发电经纪商、电力交易中心、系统操作员、辅助服务供应商、电网拥有者、计划协调者、配电商和零售商。研究和确定这些实体的功能及其组合,以及相应的市场结构和交易模式,是电力市场成功运营的前提。

电力市场不存在特定的“标准模式”,适合本国国情的市场结构和监管体系才是电力市场健康、稳定发展的关键。在我国,如何在分层分区的市场结构框架下,同步建设跨区和省级电力市场,建立远期市场、期货市场、现货市场及平衡市场,成立电力交易中心(PX)和国家电网公司(NGC)一体化的电力系统调度员(SO),研究基于电子商务的调度运营模式,避免市场崩溃等,也一直是人们研究的热门话题之一。

五、动态 OPF 与电力市场经济性能研究

在竞争性的电力市场中,调度的目标函数通常有两种:一是系统的运行总成本最低,另一个是根据交易和竞价要求,使整个电力市场的购电费用最少。OPF 是研究电力市场经济运行、安全和经济调度的最重要的工具之一,用它可进行有功无功一体化定价、可用传输容量(ATC)和发电容量计算、拥堵管理及交易匹配等。更重要的是,在市场机制下用 OPF 寻求发电总成本最低或购电费用最少的运行方案,已经成为电力交易中心和电力公司追求的主要目标。因此,研究影响最优潮流优化结果和电力市场经济性能的因素,从中找出提高运