

国家自然科学基金项目

电力市场交易与 电价理论及其应用

曾鸣孙 昕 张启平 著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

CEPP

CHINA ELECTRIC PC

ISBN 7-5083-1717-3



9 787508 317175 >

ISBN 7-5083-1717-3
定价： 24.00 元

国家自然科学基金项目

电力市场交易与 电价理论及其应用

曾 鸣 孙 昕 张启平 著



中国电力出版社
www.csepp.com.cn

内 容 提 要

本书是电力市场交易和电价理论及应用方面的最新研究成果。全书共分四篇，第一篇论述了发电市场竞争理论及其辅助决策支持系统的开发与应用，第二篇阐述了输配电价格及其相关问题分析，第三篇阐述了区域电力市场中的互供电价理论与实证分析，第四篇是电力市场交易与电价理论及应用的专题研究成果。

该书可供电力企业各级管理人员学习参考，并可作为高等院校师生研究和学习的参考读物。

图书在版编目 (CIP) 数据

电力市场交易与电价理论及其应用/曾鸣, 孙昕, 张启平著. —北京: 中国电力出版社, 2003

ISBN 7-5083-1717-3

I. 电… II. ①曾…②孙…③张… III. ①电力工业-工业企业-市场营销学②供电-物价管理-研究-中国 IV. F426.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 065768 号

中国电力出版社出版、发行

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

航远印刷厂印刷

各地新华书店经售

2003 年 11 月第一版 2003 年 11 月北京第一次印刷
850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 12.875 印张 314 千字
印数 0001—3000 册 定价 24.00 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)



《电力市场交易与电价理论及其应用》一书是根据作者1999~2002年期间负责完成的有关电力市场与电价方面的两项国家自然科学基金项目及五项省部级科技发展计划项目当中的部分理论和应用成果而撰写的。

对本书的选材，作者尽力实现以下各个目标：

(1) 本书的内容能够为我国下一步电力工业市场化改革与发展提供理论指导与参考。

(2) 本书的内容及与近年已出版的相关专著的内容不重复。

(3) 尽可能理论结合实际。由于我国电力工业改革和市场化还刚刚起步，本书中的有些理论方法还无法直接结合我国实际来做实证研究或应用分析。对于这种情形，作者也尽可能分析阐述这些理论在国外的实证研究与应用的方法和结果，以及经验教训。

(4) 在确定本书内容的广度和深度时，尽可能兼顾不同读者对象的需要。既有独立后的发电企业的经营管理者关注的内容（如书中的第一篇），又有刚成立的电力监管委员会关注的内容（如书中的第二篇），也有新成立的区域电网公司及其省电网分（子）公司关注的内容（如书中的第三篇），还有从事电力市场理论及应用研究的学者、研究生可参考的内容（如书中的第四篇共八个专题的内容）。

本书共分四篇。第一篇分五章。分析阐述了发电企业竞价上网的策略和方法及其理论（数学）模型，并介绍了作者负责

开发的“辅助竞价决策支持系统”的功能及其应用情况。在竞价模型的研制中采用了“市场成交价模糊神经网络预测技术”，以及“竞价策略分析与优化的遗传算法技术”等。所开发的软件系统已试运行了两年多，为下一步竞价上网工作奠定了基础。

第二篇分九章。分析阐述了厂网分开、并单独形成输电价格以后，电力监管委员会如何对电网经营企业以及输电价格（过网费）等方面进行监管。阐述了如何制定和调控输电价格，如何监管各种输电服务及其相应的市场运作情况等问题，并且还分析阐述了输配分开以后，电监会如何同时监管输电和配电价格及其服务的问题，分析阐述了制定和调整输电价格和配电价格的目标、原则、定量方法及其实施方案等问题。

第三篇分四章。分析阐述了我国区域电力市场交易中的互供电价理论及应用问题，给出了以成本为基础的互供电价的定价模型和方法，以及效益分摊方法；实证研究了华中、华北电网互供电价方案，并分析了我国未来区域电力市场及其运作模式问题。

第四篇为专题研究，共分九章。这一部分内容主要是为从事电力市场研究的各方人士提供参考。九个专题从不同的侧面研究探讨了在电力市场交易及其电价方面的各种理论或实际问题及其解决办法。许多国家都正在研究和设法解决这些问题。国外的一些经验对我们也有参考和借鉴作用。这九个专题主要来自笔者负责完成的中国国家自然科学基金项目以及与美国SRI（斯坦福国际研究院）合作的科研项目的部分成果。专题内容包括：①发展中国家厂网分开后输电网规划、计划与投融资问题；②电网安全价格的理论与实证分析（电网运营的安全与经济协调机制、模式与方法）；③有大用户直购电的情况下输电网阻塞的管理与定价；④发电商策略性投标行为分析模型及市场垄断的防范问题；⑤发电侧电力市场的水平型市场力及

其防范对策；⑥电力市场中一种新的 Nash-Cournot 线性互补均衡与交易模型的分析；⑦基准型管制方式下配电服务的定价；⑧对拥有自备电厂的用户的联网服务与收费等；⑨输电阻塞定价与管理方法及其技术支持系统开发。

本书第四篇中的第一章和第二章由孙昕撰写；第四篇中的第三章由张启平撰写；其余各篇以及第四篇的剩余各章节（第四至第九章）由曾鸣撰写，并负责统稿。作者指导的部分博士研究生和硕士研究生参加了本书相关的科研项目的工作，他们是赵永亮、王良友、杨素萍、周健、王冬容、张艳馥、杨晓东、张雷、陈景山、丁声高、郭蓉、王祥等。

由于作者水平所限，而且我国电力市场理论尚未成熟，因此书中难免有不妥之处，请各位同仁及读者批评指正！

作 者

2003年4月于北京

目 录

前言

第一篇

发电市场竞价理论及其辅助决策支持系统的开发与应用

第一章 综述	2
第一节 分析背景及意义	2
第二节 实施竞价上网需研究的问题及内容	4
第二章 系统边际电价预测理论及其模型方法	15
第一节 系统边际电价影响因素分析	15
第二节 预测方法的评估与选择	17
第三节 模糊神经网络方法	22
第三章 发电企业竞价策略模型及其算法	34
第一节 竞价策略分析方法	34
第二节 竞价策略的经济性分析	45
第三节 竞价策略的风险分析	47
第四节 竞价策略的决策分析	50
第四章 发电企业竞价辅助决策支持系统	54
第一节 软件系统的分析	54
第二节 软件系统的开发	58
第五章 实证分析	60
第一节 边际电价预测的实证分析	60
第二节 遗传算法报价策略的实证分析	71
本篇小结	75
参考文献	77



第二篇

输配电价格及其相关问题分析

第六章 制定输电价格和配电价格的基本原则	82
第七章 输电系统的成本分类	84
第一节 输电网所有者的收入要求	84
第二节 公用服务费用	85
第三节 入网和出网设备资产费用	87
第四节 输电网设备资产费用	89
第八章 配电系统费用的分类	91
第一节 公共服务类费用	92
第二节 接网资产费用	93
第九章 有关电网费用的分摊方法	94
第一节 反映网络成本定价的费用分摊	94
第二节 向负荷分配发电出力	95
第三节 用于费用分摊的运行工况的确定	95
第四节 反映成本的方法	98
第五节 与地理位置无关的费用的分摊	98
第十章 输电服务费用与等效输送电量的确定	100
第一节 输电服务收费的目的	100
第二节 输电服务费的确定	100
第三节 输电服务价格计算实例	102
第十一章 电网经营企业输电收入要求的管制	105
第一节 输电收入管制的目标	105
第二节 输电收入管制的原则	106
第三节 输电收入管制方式和运行机制	107
第四节 电网经营企业应公开的信息	108
第五节 管制机构应公开的信息	108
第十二章 输电定价及其运作问题	109
第一节 年收入总量的分摊	109
第二节 输电成本的分摊	110

第三节	输电价格的确定	112
第四节	电网使用者的信用要求	115
第五节	输电服务费用的结算和支付	115
第六节	输电服务定价软件的要求	116
第七节	输电服务定价所需数据的要求	116
第十三章	配电价格的管制	118
第一节	国家对配电定价的管制框架	118
第二节	配电服务价格管制的目标	119
第三节	配电服务价格管制的原则	120
第四节	配电服务业的经济管制	121
第五节	经济管制的形式和运作机制	121
第六节	配电公司经营业绩和执法情况的监督	123
第七节	管制机构的信息发布	123
第十四章	配电网定价及其运作问题	125
第一节	年总收入要求的确定	125
第二节	配电服务成本的分摊	126
第三节	配电服务定价	129
第四节	配网经营者和配网使用者的信用要求	132
第五节	配电服务费用的结算	133
本篇小结	135
参考文献	136

第三篇

区域电力市场中的互供电价理论与实证分析

第十五章	综述	137
第十六章	我国互供电价的形成与发展概况	140
第一节	互供电价及其意义	140
第二节	互供电价的历史沿革	141
第三节	互供电价的研究现状	143
第十七章	互供电价的理论分析	145
第一节	概述	145

第二节	跨区域电能交易的形式	146
第三节	成本分析与定价的基本原理	148
第四节	不同市场模式下的定价方法	153
第十八章	实证分析——华中、华北联网后电能交易的定价问题	160
第一节	概述	160
第二节	华中、华北联网调度方案的确定	163
第三节	互供电价中成本的分析与计算	164
第四节	各个互供电价方案的经济评价与效益计算	170
第五节	互供电价的确定	176
本篇小结	178
参考文献	179

第四篇



电力市场交易与电价理论及应用的专题研究

第十九章	发展中国家电力市场环境下的输电计划及其运作模式	181
第一节	概述	181
第二节	发展中国家电力市场的构成	183
第三节	“国家输电管理局”的设立及其运作模式	185
第四节	发展中国家的输电网扩容和输电网计划模式	188
第五节	NTA的输电网投资信号	191
第六节	输电费用函数及其影响(作用)分析	194
第二十章	电力市场环境下的输电安全、价格及负荷需求弹性分析	198
第一节	概述	198
第二节	电网安全运营的几何学解释	200
第三节	电力市场供需数学模型及其分析	201
第四节	考虑价格需求弹性和供电安全约束条件的潮流最优化数学模型及分析	203
第五节	安全电价的理论及其作用分析	206
第六节	模型算法	209

第二十一章	具有独立电能期货合同的电力市场输电拥堵价格及其输电网的开放	212
第一节	概述	212
第二节	发电和输电期货市场上的市场参与者及其职能	215
第三节	区域间及区域内部的输电拥堵管理	217
第四节	输电模型	219
第五节	区域电网间输电拥堵管理及其定价的数学模型	220
第六节	数学模型的理论证明	222
第七节	实例分析	226
第八节	区域电网间输电服务投标模式的分析与选择	229
第二十二章	电力市场中发电商策略性投标行为分析的模型及应用	234
第一节	概述	234
第二节	已有研究成果综述	238
第三节	模型与算法	244
第四节	模型计算及其结果分析	255
第二十三章	缓解电力市场中水平型市场力的方法及实证分析	280
第一节	概述	280
第二节	市场力的分析评估技术	281
第三节	输电约束的影响分析	283
第四节	缓解市场力的方法	284
第五节	北美某一地区缓解市场力的实例分析	290
第二十四章	双边合同型和电力库型电力市场的 Nash——Cournot 竞争线性互补模型及其应用分析	297
第一节	概述	297
第二节	已有的研究成果综述	304
第三节	建模的假设	309
第四节	数学模型的建立	311
第五节	计算机软件系统的框架简介	319
第六节	实例分析	320
第二十五章	基准型管制方式下配电服务的定价及其相关问题	325
第一节	概述	325

第二节	经济管制	327
第三节	增量成本和边际成本定价	329
第四节	配电网扩容计划	330
第五节	基准型管制模式下的竞争机制分析	333
第六节	电价设计	335
第七节	实例分析	339
第二十六章	特殊输电服务的固定成本分配方法及实证分析	342
第一节	概述	342
第二节	问题分析的基本框架	343
第三节	衡量“短时”输电服务价格经济有效的一个 指标分析	346
第四节	比率 α 的计算	347
第五节	虚拟电网的构造	348
第六节	实例分析	351
第二十七章	输电阻塞管理和定价的数学模型及其软件 系统的研发	356
第一节	概述	356
第二节	输电阻塞与电力市场短期运营效率问题	357
第三节	电网间输电阻塞管理及其定价的数学模型	359
第四节	模型的算法	359
第五节	计算机软件系统的开发	360
第六节	实例计算与分析	362
附录一		368
附录二		372
附录三		373
附录四		374
参考文献		386

第一篇

发电市场竞价理论及其辅助决策支持系统的开发与应用

我国于 1999 年 1 月在山东、浙江、上海等地陆续开展了“厂网分开、竞价上网”的试点。建立发电侧电力市场是电力工业打破垄断、引入竞争、实现全面电力市场化改革的第一个阶段。

本篇旨在发电侧开放的市场环境下，针对发电企业提供一套在理论与实践方面均可行的报价方法及计算机辅助决策支持系统。

本篇给出的是基于估计下一个交易时段市场清算价的竞价策略。本篇针对短期边际电价预测研究和应用中存在的用多元回归等传统方法的建模困难、用模糊控制方法和经验规则提取困难，用 ANN（神经网络）方法的学习速度慢、网络的隐含层和网络的节点数难以确定等问题，利用模糊神经网络具有的模糊处理数据、自适应性强等优点，建立了模糊神经网络的边际电价预测模型。通过实例测算及现场运用，充分证明了该方法能够提高系统边际电价的预测精度。

本篇针对发电企业报价策略研究和实际应用中用动态规划算法存在“维数灾”的问题，用序优化法存在的算法复杂、计算工程量大、耗时久的问题，用博弈论方法存在的应用局限性等问题，提出了一套基于遗传算法的最优报价策略模型。通过具体实例测算及现场运用，充分验证了遗传算法用于发电企业竞价分析决策的可行性。

我们开发的解决发电企业报价策略的计算机辅助决策支持

系统, 针对用户实际需要, 提出了先进的设计思想和明确的设计目标, 采用速度快、内存支出少的 ADO 数据库访问方案, 以及面向对象的应用程序开发技术, 为发电企业制定和实施科学合理的报价策略提供了可靠的技术支持。



第一章

综 述

本章主要阐述问题的分析背景、意义、实施竞价上网要研究的问题和本篇所要分析解决的问题。

第一节 分析背景及意义

2

一、问题的分析背景

自 20 世纪 70 年代以来, 世界各国的电力工业从电力生产、建设规模、能源构成到电源和电网的技术都发生了较大变化。进入 20 世纪 90 年代后, 其发展逐渐形成了以下三个突出的动向: ①世界发电量的年增长率趋缓, 而一些发展中国家, 尤其是亚洲国家仍维持较高的电力增长速度; ②电力技术的发展向效率、环保的更高目标迈进; ③电业管理体制和经营方式发生变革, 由垄断经营逐步转向市场开放。

从 20 世纪 80 年代中期我国开始实行集资办电政策以来, 经过十几年的快速发展, 缓解了长期严重缺电的现象, 并逐渐形成了发电领域投资主体多元化的局面, 这就使“厂网分开、竞价上网”成为可能。同时为了适应市场经济的要求, 电力行

业急需进一步打破垄断，提高企业运行效率，从而为降低全社会的电费负担创造条件，这就使“竞价上网”成为必须。随着国家电力公司于1999年明确了山东、上海、浙江、辽宁、吉林、黑龙江6个省（市）为试点单位后，一场标志着打破垄断、引入竞争，逐步形成统一、开放和有序竞争的电力市场化改革正式启动。

2002年12月29日，我国正式成立了五大发电公司和两个电网公司，实现了“厂网分开”，下一步将逐步实施竞价上网。

二、问题研究的意义

1. 促使电力企业加强内部成本管理，提高市场竞争优势

电力企业要在竞争中保持优势，首先应具备合理的报价成本。发电企业的运行与维修费用在整个发电成本中占有较大的比重。如果企业降低了运行与维修费用，这就意味着企业具有相对较低的发电成本，也就意味着在同等条件下该企业比其他竞争主体更具有优势。因此企业加强内部成本管理是实现成功报价的基本条件。

2. 促使发电企业转变观念，积极关注市场信息的变化

系统边际电价是发电企业的产品价格，是企业赖以实现利润最大化的基础，因此准确地预测系统边际电价是发电企业把握未来短期市场电价信息的关键，而预测效果的好坏又是报价策略优劣的直接影响因素。本篇给出的利用模糊神经网络技术预测系统边际电价的模型及算法，通过实证分析表明其在预测精度方面较传统的预测方法有较大的改善，为下一步的工作——报价策略的形成奠定了基础。

3. 为发电企业规避风险、占有市场，实现利润最大化目标，提供可靠的技术保证

由于电力市场天然的市场结构上的缺陷，使得发电企业有机会利用策略性的竞价来实现企业利润最大化的目标。在每一

次的竞争选择中，企业总要面临利益与风险、得与失的考验。因此如何准确把握市场规律，最大程度地规避风险，成为目前发电企业迫切需要研究的决策问题。本篇研究和开发的发电企业竞价策略及其辅助决策支持系统能够满足这一需求。

第二节 实施竞价上网需研究 的问题及内容



为了建设一套先进而又符合实际需要的发电企业竞价报价决策支持系统，必须对与“竞价上网”相关的市场结构、运行方式、商品交易模式、电价机制等重要问题进行研究。

一、电力市场结构

按照竞争程度的不同，市场结构大致可分为完全竞争、垄断竞争、寡头垄断和完全垄断四种类型。由于电力生产的特殊性，如发电公司数目有限、投资规模大（市场进入壁垒）、输电约束（在一定程度上或一定范围内限制了某些大用户选择发电公司）和输电损耗（打击大用户远距离购电的积极性），这些因素决定了在电力市场中，某些地区可能只有少数发电公司提供电力。因此电力市场不是完全竞争的市场，而是更接近于寡头垄断市场。这样发电公司可以通过策略性报价来达到利润最大化的目标。

电力市场的发电环节和供电环节，两者各有不同的技术和经济特性，决定了发电环节不具有自然垄断性，而供电环节则具有自然垄断性。电力市场的竞争，最初是从发电市场的开放开始的。一般来说，开放发电市场，既有利于在发电市场引入竞争，同时也易于管理，是包括我国在内的许多国家电力市场改革初期选择的一种平稳过渡方式。在我国初级的电力市场结构中，调度作为市场主体同时它应是电力市场的经纪人或中介

