

普通高等教育



“十五”规划教材

电力系统的市场化运营

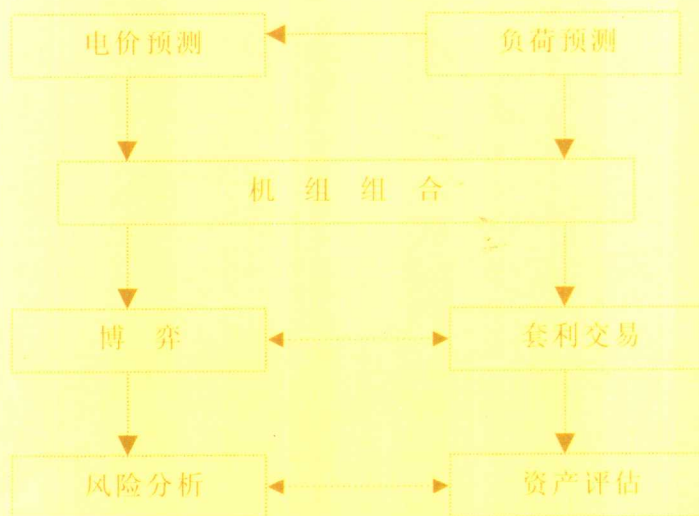
Market Operations in Electric Power Systems

—— 预测、计划与风险管理

Forecasting, Scheduling, and Risk Management

编译 杜松怀 文福拴 李 扬 蒋传文 温步瀛

原著 [美国] Mohammad Shahidehpour Hatim Yamin Zuyi Li



中国电力出版社

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



WILEY
Publishers Since 1807

普通高等教育



“十五”规划教材

电力系统的市场化运营

**MARKET OPERATIONS IN
ELECTRIC POWER SYSTEMS**

原著出版商 John Wiley & Sons, Inc.

中文出版商 中国电力出版社

项目资助 中国农业大学研究生重点课程建设项目

内 容 提 要

本书英文版由美国芝加哥伊利诺伊理工学院谢罕德普·默汗穆德博士等人所著,专门为电力市场硕士学位培养计划而编写,是电力市场专业的硕士研究生的必修课程。中文版由中国农业大学、华南理工大学、东南大学、上海交通大学、福州大学联合编译出版,并被列为我国普通高等教育“十五”规划教材。

全书共十章,内容包括:电力负荷预测和电价预测、基于安全约束的机组组合、基于价格的机组组合、市场力和市场监管、电力市场中的套利交易、发电资产评估与风险分析、电能和辅助服务拍卖市场设计、输电阻塞管理与定价。

本书主要作为高等院校电力市场方向的研究生教材,也可作为电气工程及其自动化、电力系统及其自动化、农业电气化与自动化、经济管理类专业的本科生教材,还可作为技术人员、管理人员的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

电力系统的市场化运营——预测、计划与风险管理 / 杜松怀等编译. —北京:中国电力出版社, 2005

普通高等教育“十五”规划教材

ISBN 7-5083-3575-9

I. 电… II. 杜… III. 电力工业-工业企业管理-高等学校-教材 IV. F407.61

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 097410 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>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 9 月第一版 2005 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 23 印张 522 千字

印数 0001—3000 册 定价 39.00 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)

序

由中国电力教育协会组织的普通高等教育“十五”规划教材，经过各方的努力与协作，现在陆续出版发行了。这些教材既是有关高等院校教学改革成果的体现，也是各位专家教授丰富的教学经验的结晶。这些教材的出版，必将对培养和造就我国 21 世纪高级专门人才发挥十分重要的作用。

自 1978 年以来，原水利电力部、原能源部、原电力工业部相继规划了一至四轮统编教材，共计出版了各类教材 1000 余种。这些教材在改革开放以来的社会主义经济建设中，为深化教育教学改革，全面推进素质教育，为培养一批批优秀的专业人才，提供了重要保证。原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会在此间的教材建设工作中，发挥了极其重要的历史性作用。

特别需要指出的是，“九五”期间出版的很多高等学校教材，经过多年的教学实践检验，现在已经成为广泛使用的精品教材。这批教材的出版，对于高等教育教材建设起到了很好的指导和推动作用。同时，我们也应该看到，现用教材中有不少内容陈旧，未能反映当前科技发展的最新成果，不能满足按新的专业目录修订的教学计划和课程设置的需要，而且一些课程的教材可供选择的品种太少。此外，随着电力体制的改革和电力工业的快速发展，对于高级专门人才的需求格局和素质要求也发生了很大变化，新的学科门类也在不断发展。所有这些，都要求我们的高等教育教材建设必须与时俱进，开拓创新，要求我们尽快出版一批内容新、体系新、方法新、手段新，在内容质量上、出版质量上有突破的高水平教材。

根据教育部《关于“十五”期间普通高等教育教材建设与改革的意见》的精神，“十五”期间普通高等教育教材建设的工作任务就是通过多层次的教材建设，逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系。为此，中国电力教育协会在充分发挥各有关高校学科优势的基础上，组织制订了反映电力行业特点的“十五”教材规划。“十五”规划教材包括修订教材和新编教材。对于原能源部、电力工业部组织原全国高等学校电力、热动、水电类专业教学指导委员会编写出版的第一至四轮全国统编教材、“九五”国家重点教材和其他已出版的各类教材，根据教学需要进行修订。对于新编教材，要求体现电力及相关行业发展对人才素质的要求，反映相关专业科技发展的最新成就和教学内容、课程体系的改革成果，在教材内容和编写体系的选择上不仅要有本学科（专业）的特色，而且注意体现素质教育和创新能力与实践能力的培养，为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。考虑到各校

办学特色和培养目标不同，同一门课程可以有多本教材供选择使用。上述教材经中国电力教育协会电气工程学科教学委员会、能源动力工程学科教学委员会、电力经济管理学科教学委员会的有关专家评审，推荐作为高等学校教材。

在“十五”教材规划的组织实施过程中，得到了教育部、国家经贸委、国家电力公司、中国电力企业联合会、有关高等院校和广大教师的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

教材建设是一项长期而艰巨的任务，不可能一蹴而就，需要不断完善。因此，在教材的使用过程中，请大家随时提出宝贵的意见和建议，以便今后修订或增补。（联系方式：100761北京市宣武区白广路二条1号综合楼9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416237）

中国电力教育协会

译者序

在中国，电力市场改革还处于起步阶段，急需理论和实践的指导。在此背景下，恰遇美国伊利诺伊理工学院为《电力市场》硕士专业编写的教科书，其内容对我国电力市场的改革和实践具有积极的指导和借鉴意义。

早在 2002 年，杜松怀教授就与本书原作者，美国伊利诺伊理工学院的谢罕德普·默汗穆德博士，讨论将《Market Operations in Electric Power Systems》一书翻译成中文在中国大陆出版发行。之后，与华南理工大学电力学院文福拴特聘教授、东南大学电气工程系李扬教授，上海交通大学电气工程系蒋传文副教授、福州大学电力工程系温步瀛副教授进行沟通，一致同意成立翻译小组。经原著作者谢罕德普·默汗穆德博士等人和美国 A JOHN WILEY & SONS 出版公司授权，在中国电力出版社和中国农业大学研究生院的大力支持下，经过翻译小组全体成员的共同努力，全部书稿于 2005 年 6 月翻译完成并交稿。

本书第一章～第三章由杜松怀教授编译；第四章、第八章由蒋传文副教授编译；第五章、第十章由李扬教授编译；第六章、第七章由文福拴教授编译；第九章由温步瀛副教授编译。

在本书正式出版之际，感谢中国农业大学的博士研究生苏娟、硕士研究生莫璐、刘典安、陈志文；浙江大学博士后吉兴全、博士研究生王勇、杨宁、王乐、徐楠、鲁刚，华南理工大学的博士研究生郑风雷，东南大学的硕士研究生吴敏、陈霄、副教授魏萍，上海交通大学的硕士研究生李帅、陆黎，福州大学的硕士研究生胡红燕等对本书翻译工作付出的巨大努力和劳动，感谢正在美国伊利诺伊理工学院攻读学位的中国留学生李涛博士在本书翻译过程中所做的联络沟通和部分文字的翻译工作。

由于时间仓促和译者水平有限，书中难免有翻译不当或错误之处，恳请读者批评指正。

译者

2005 年 6 月

原著前言

近五年来,在美国芝加哥伊利诺伊理工学院,由工学院和商学院联合提供了电力市场硕士学位培养计划。本书内容正是目前主修电力市场专业的硕士研究生的必修课程。

我们相信,本书介绍的主题将是电力工程专业的师生、技术顾问、销售商、生产商、研究人员、设计人员以及电力市场经纪商们非常感兴趣的内容。同时你会发现,书中通过大量例子对各种电力市场工具进行了非常详细的论述。在学习本书内容之前,读者须掌握电力系统运行与控制的基础知识。

本书大部分主题都是基于这样的假设,即建立电力市场有两个主要目标:一是确保安全运行,二是促进经济运行。无论是对管制的电力系统还是重构的电力市场,安全性无疑是电力系统运行所应考虑的最重要的因素。在重构的电力系统中,利用市场中各种不同的服务可以保证系统的安全性。人们相信,由电力市场推动的经济运行必然有助于降低用电成本,它是电力系统重构的一个主要动机,也是通过经济性来加强电力系统安全性的一种有效途径。为了实现这些目标,市场参与者必须以满足电力系统基本要求为前提,设计适当的市场工具并采用有效的市场策略。

本书论述了独立系统操作员(ISO)、发电公司(GENCO)和输电公司(TRANSCO)使用的一些工具和程序。具体内容有:电力负荷预测和电价预测、基于安全约束的机组组合、基于价格的机组组合、市场力和市场监管、电力市场中的套利交易、发电资产评估与风险分析、电能和辅助服务拍卖市场设计、输电阻塞管理与定价。其中,有关电价预测、基于价格的机组组合、市场力、套利交易、以及资产评估和风险分析等章节,为发电公司分析电力市场风险、评估发电公司资产和描述利润最大化策略提供了市场工具;有关负荷预测、博弈方法、安全约束机组组合、辅助服务拍卖、以及输电阻塞管理与定价等章节,为某些市场协调员(如ISO)提供了市场工具;此外,输电阻塞管理与定价一章介绍了输电公司在重构的电力系统中所扮演的角色。

本书在论述电力市场结构及运营时力图保持普遍性,从而保证所提供的工具能够应用于各种电力市场分析的场合。

值此专著出版之际,感谢 Yarmouk 大学 Muwaffaq Alomoush 教授对本书做出的重要贡献,他提供了第十章输电阻塞管理与定价的大部分材料。感谢 Ebrahim Vaahedi 博士(perot 系统)和 Noel Schulz 教授(密西西比州立大学)对本书早期版本的评阅及提出的一些建设性意见。此外,如果没有我们各自家庭无条件支持,本书也不可能完成。在此,对他们做出的牺牲和给予的理解表示感谢。

作者:

谢罕德普·默汗穆德(Mohammad Shahidehpour)

亚民·赫替姆(Hatim Yamin)

李祖毅(Zuyi Li)

目 录

序

译者序

原著前言

第 1 章 电力市场概述	1
1.1 引言	1
1.2 市场结构与运营	1
1.2.1 市场运营的目标	1
1.2.2 电力市场的模式	2
1.2.3 市场结构	3
1.2.4 电力市场种类	5
1.2.5 市场力	8
1.2.6 市场运营的关键机构	8
1.3 本书内容概述	9
1.3.1 信息预测	9
1.3.2 重构电力市场中的机组组合	10
1.3.3 电力市场的套利交易	11
1.3.4 市场力与博弈	11
1.3.5 资产评估与风险管理	11
1.3.6 辅助服务拍卖	11
1.3.7 输电阻塞管理与定价	11
第 2 章 短期负荷预测	13
2.1 引言	13
2.1.1 负荷预测的应用	13
2.1.2 影响负荷模式的因素	13
2.1.3 负荷预测的种类	14
2.2 神经网络 (ANN) 短期负荷预测	15
2.2.1 ANN 简介	15
2.2.2 应用 ANN 作短期负荷预测 (STLF)	17
2.2.3 用 MATLAB ANN 工具箱进行短期负荷预测	19
2.3 短期负荷预测的 ANN 体系结构	19

2.3.1	本书提出的 ANN 体系结构	19
2.3.2	季节性 ANN	20
2.3.3	自适应权重	21
2.3.4	多日预测	21
2.4	数字仿真结果	22
2.4.1	训练和测试数据	22
2.4.2	训练过程的终止标准	25
2.4.3	ANN 的比较模型	25
2.4.4	单日预测的性能	26
2.4.5	多日预测的性能	31
2.5	灵敏度分析	32
2.5.1	可行的模型	33
2.5.2	对输入因子的灵敏度	33
2.5.3	温度的隐式表达	34
第 3 章	电价预测	36
3.1	引言	36
3.2	电价与电价预测问题	37
3.2.1	电价基本概念	37
3.2.2	电价的不稳定性	38
3.2.3	电价预测的分类	39
3.2.4	电价预测考虑的因素	40
3.3	电价仿真模块	40
3.3.1	仿真策略举例	41
3.3.2	仿真举例	41
3.4	基于 ANN 的电价预测模型	43
3.4.1	ANN 在电价预测中考虑的因素	43
3.4.2	用 ANN 预测 118 节点系统电价	44
3.5	电价预测的性能评估	46
3.5.1	可选方案	47
3.5.2	可选的 MAPE 定义	48
3.6	实际案例研究	49
3.6.1	数据预处理的影响	50
3.6.2	训练向量个数的影响	51
3.6.3	输入因子数量的影响	52
3.6.4	自适应预测的影响	54
3.6.5	ANN 法与其他可选方法的比较	54

3.7	电价突变分析模块	55
3.7.1	电价突变分析	55
3.7.2	电价的概率分布	62
3.8	电价预测的应用	66
3.8.1	应用点电价预测制定发电计划	66
3.8.2	应用电价概率分布进行资产评估和风险分析	66
3.8.3	应用电价概率分布进行期权评估	66
3.8.4	应用价格对负荷的条件概率分布来预测期货电价	67
第4章	基于电价的机组组合	68
4.1	引言	68
4.2	基于电价的机组组合方程	69
4.2.1	系统约束条件	70
4.2.2	机组约束条件	70
4.3	基于电价的机组组合方程求解	71
4.3.1	不考虑排放和燃料约束时的求解方法	71
4.3.2	考虑排放和燃料约束时的求解方法	78
4.4	求解方法讨论	81
4.4.1	电能购买	81
4.4.2	因数修正的步长推导	82
4.4.3	最优化条件	84
4.5	基于电价的机组组合的其他特点	86
4.5.1	各节点电价不同	86
4.5.2	变化的燃料价格是燃料消耗量的函数	86
4.5.3	拉格朗日增广的应用	87
4.5.4	基于电价的机组组合的投标策略	90
4.6	举例分析	92
4.6.1	5 机组系统举例分析	92
4.6.2	36 机组系统举例分析	95
4.7	结论	100
第5章	电力市场中的套利	101
5.1	引言	101
5.2	套利的概念	101
5.2.1	什么是套利	101
5.2.2	套利的有效性	101
5.3	电力市场中的套利	102
5.3.1	相同商品套利	102

5.3.2	不同商品套利	102
5.3.3	电力价格—成本差与套利	103
5.3.4	基于 PBUC 的套利分析	103
5.4	电力市场中套利的例子	104
5.4.1	电能和辅助服务之间的套利	104
5.4.2	双边合同套利	108
5.4.3	天然气和电能之间的套利	110
5.4.4	排放份额套利	116
5.4.5	蒸汽与电力的套利	120
5.5	结论	121
第 6 章	基于博弈论的市场力分析	123
6.1	引言	123
6.2	博弈论	123
6.2.1	一个说明性的例子	124
6.2.2	博弈论方法在电力系统中的应用	125
6.3	电能交易博弈	125
6.3.1	市场成员之间的联盟	126
6.3.2	市场成员的发电成本	127
6.3.3	市场成员的目标	128
6.4	纳什谈判问题（讨价还价问题）	129
6.4.1	交易分析的纳什谈判模型	130
6.4.2	两成员问题分析	130
6.4.3	最优交易及其价格	131
6.4.4	仿真结果	132
6.5	不完全信息下的市场竞争	138
6.5.1	参与者和投标信息	138
6.5.2	博弈的基本概率分布	138
6.5.3	条件概率和期望支付（收益）	139
6.5.4	博弈方法	140
6.6	多种电力商品市场的竞争	142
6.6.1	求解方法	143
6.6.2	算例	143
6.6.3	博弈方法	143
6.7	结论	148
第 7 章	发电资产评估与风险分析	149
7.1	引言	149

7.1.1	资产评估	149
7.1.2	风险值 (VaR)	149
7.1.3	VaR 在电力市场资产评估中的应用	150
7.2	发电资产评估中的风险值	150
7.2.1	计算 VaR 的框架	150
7.2.2	现货价格模拟	151
7.2.3	算例	153
7.2.4	实例	157
7.2.5	灵敏度分析	165
7.3	发电容量价值评估	173
7.3.1	VaR 计算框架	173
7.3.2	算例	174
7.3.3	灵敏度分析	175
7.4	结论	177
第 8 章	安全约束的机组组合——可靠性约束的影响	179
8.1	引言	179
8.2	安全约束的机组组合问题的方程式	180
8.2.1	对于爬坡约束的讨论	182
8.3	安全约束的机组组合的 Benders 分解法	185
8.3.1	Benders 分解	185
8.3.2	Benders 分解法在安全约束的机组组合中的应用	186
8.3.3	主问题的描述方程	186
8.4	安全约束的机组组合在减少网络越限方面的应用	188
8.4.1	网络约束的线性化	188
8.4.2	子问题方程	189
8.4.3	Benders cut (割) 方程	191
8.4.4	举例研究	192
8.5	安全约束的机组组合在减小发电机组电能缺额 (EUE) 方面的应用——可靠性的影响	197
8.5.1	子问题方程及其求解	197
8.5.2	举例研究	199
8.6	结论	202
第 9 章	辅助服务投标市场设计	203
9.1	引言	203
9.2	辅助服务市场模式	204
9.3	提前辅助服务市场投标——依次序竞价方法	205

9.3.1	辅助服务按次序投标的两种备选方案	206
9.3.2	辅助服务计划	207
9.3.3	辅助服务投标市场机制的设计	208
9.3.4	算例分析	210
9.3.5	讨论	220
9.4	提前辅助服务市场投标——同时报价方法	220
9.4.1	辅助服务同时报价投标机制的设计方案	221
9.4.2	理性买家算法方案	222
9.4.3	按边际成本结算方案	230
9.4.4	讨论	235
9.5	自动发电控制 (AGC)	235
9.5.1	AGC 的基本功能	235
9.5.2	AGC 响应	236
9.5.3	AGC 机组调节服务的经济补偿	237
9.5.4	AGC 服务定价	238
9.5.5	讨论	245
9.6	结论	245
9.7	译者注	246
第 10 章	输电阻塞管理与定价	248
10.1	概述	248
10.2	输电成本分摊方法	249
10.2.1	邮票法 (Postage-Stamp Rate Method)	250
10.2.2	合同路径法 (Contract Path Method)	250
10.2.3	兆瓦-英里法 (MW-Mile Method)	250
10.2.4	未用输电容量法 (Unused Transmission Capacity Method)	251
10.2.5	兆伏安-英里法 (MVA-Mile Method)	252
10.2.6	反向流法 (Counter-flow Method)	252
10.2.7	分布因子法 (Distribution Factors Method)	252
10.2.8	交流潮流法 (AC Power Flow Methods)	254
10.2.9	潮流跟踪法 (Tracing Methods)	254
10.2.10	成本分摊法的比较	258
10.3	输电成本分摊方法的举例	259
10.3.1	用分布因子法进行输电成本分摊	261
10.3.2	用 Bialek's 潮流跟踪法的输电成本分摊	262
10.3.3	用 Kirschen's 潮流跟踪法的输电成本分摊	263
10.3.4	比较三种输电成本分摊法	264

10.4	节点边际价格 (LMP), 固定输电权 (FTR) 和阻塞管理	265
10.4.1	节点边际价格 (LMP)	265
10.4.2	节点边际价格 (LMP) 在确定区域边界中的应用	272
10.4.3	固定输电权 (FTR)	275
10.4.4	固定输电权拍卖 (FTR Auction)	278
10.4.5	区域阻塞管理	283
10.5	综合输电定价方案	292
10.5.1	建议采用的输电定价方法概述	292
10.5.2	输电调度的优先次序	294
10.5.3	输电网使用、阻塞费用和固定输电权补偿费的计算	297
10.5.4	算例	299
10.6	结论	308
附录		309
附录 A	符号对照表	309
附录 B	数学推导	312
B.1	概率分布的推导	312
B.2	带不等式约束的拉格朗日增广函数	313
附录 C	RTS 负荷数据	316
附录 D	示例系统数据	318
D.1	5 机组系统	318
D.2	36-机组系统	320
D.3	6-机组系统	325
D.4	修改后的 IEEE-30 节点系统	326
D.5	118 节点系统	328
附录 E	博弈论的相关概念	333
E.1	非合作博弈论中的平衡	333
E.2	特征函数	333
E.3	N 个局中人合作博弈	334
E.4	不完全信息下的博弈	335
附录 F	阻塞费用计算	335
F.1	通过发电机出力来计算阻塞费用	336
F.2	通过负荷出力来计算阻塞费用	338
参考文献		340

第1章 电力市场概述

1.1 引言

本书从普遍性角度讨论了电力市场的层次、结构及运营问题,能够使读者在分析电力市场时灵活地将本书提供的工具应用于不同的场合。这些工具能够帮助电力市场参与者有效地应用市场规则,并且通过提高他们在竞争的电力市场中的地位来使各自的收益最大化。

长期以来一直被垂直一体化企业所主导的全球电力工业,正在经历着巨大的变化。电力工业正在向分布式和竞争性方向发展,其趋势是由市场力量驱动电价,并且通过增强竞争来降低净成本。

重构过程将使电力工业分解为发电、输电和配电三个组成部分。的确,将输电所有权与输电控制权相分离是独立定价机制(pro forma tariff)的最好应用。在重构的电力工业中,一个独立运行控制的输电网会使发电和直接零售很容易地进入竞争市场。但是,如果没有一个像独立系统操作员(ISO)那样的独立实体,输电网的独立运行就不可能得到保证。

ISO必须独立于所有单独的市场参与者,譬如输电拥有者、发电商、配电公司和终端用户。作为市场操作员的ISO,在确保电力系统可靠性的同时,为了有效地运营竞争市场,必须在能源和辅助服务市场上建立合理的规则、以公平和无差别对待的方式管理输电系统、提供套期保值工具抵御市场风险、监管市场以确保其不受市场力的影响。为了实现自己的职责,ISO必须配备强大的计算工具,包括市场监管、辅助服务拍卖和阻塞管理。

美国联邦能源管理委员会(FERC)颁布的第888号令,要求在最新重构的电力工业中建立分类计价的电力市场。能源和辅助服务被作为分类计价服务来出售,发电公司(GENCO)通过向电力市场递交投标,出售电能给客户。他们可以使自己的利益最大化而不必考虑系统范围的整体利益。在这样的市场中,发电公司不再受管理输电系统的机构所控制,并且可以选择计算工具(比如电价预测、机组组合、套利交易和风险管理),从而在易变的市场中做出合理的决定。图1.1给出了一种可行的电力市场设计方案。然而,这种设计是一般性的,它也可以包含其他的方案。该设计中的各种市场成分将在本书中的适当位置加以讨论。

1.2 市场结构与运营

1.2.1 市场运营的目标

建立电力市场有两个目标:一是确保安全运行,二是促进经济运行。

无论是对管制的电力系统还是重构的电力市场,安全性始终是电力系统运行所考虑的最

重要的因素。在重构的环境中,利用市场中各种不同的服务可以加强系统的安全性。电力市场的经济运行将会有助于降低电能使用的成本。这是电力系统重构的一个主要动机,也是通过经济性来加强电力系统安全性的一种有效途径。为了做到这一点,市场参与者必须以满足电力系统基本要求为前提,设计适当的市场工具。例如,为防范不稳定性带来的风险,可以考虑采用差价合约(CFD)、输电阻塞合同(TCC)和固定输电权(FTR)等金融工具。此外,一些市场正在设计监管工具以避免可能出现的市场力的不利影响。

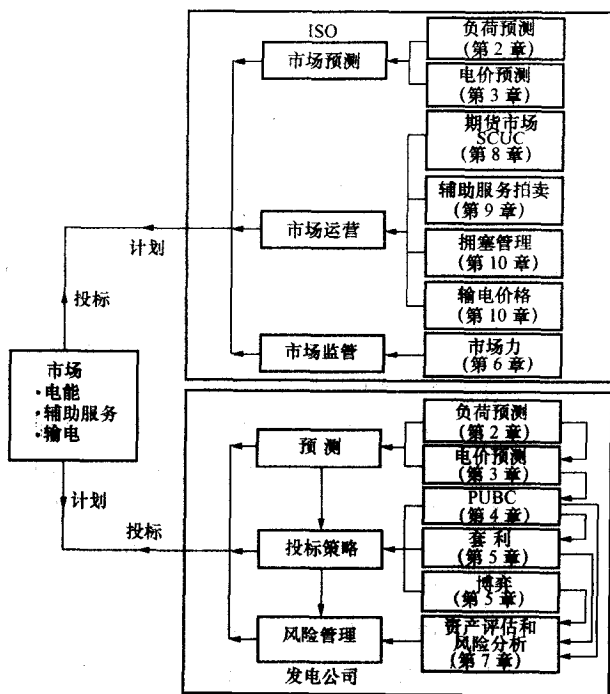


图 1.1 重构电力市场的运营

1.2.2 电力市场的模式

为了实现电力市场的目标,考虑了几种市场结构模式。最基本的三种模式概括如下:

电力库(PoolCo)模式。电力库是一个为市场买方和卖方进行结算的集中市场。电力的卖方/买方向电力库提交其报价,以便在市场中交易。电力市场中的卖方所要竞争的是向电网的供电权,而不是某个用户。如果市场参与者的出价太高,就可能无法卖出。另一方面,买方为购买电能而竞争,如果出价太低,就可能买不到电能。在这样的市场中,成本低的发电机基本上会获得收益。电力库中的独立系统操作员(ISO)将执行经济调度,并计算出单一(或现货)电价,给参与者一个清楚的信号来决定消费和投资。电力市场中的市场动力将推动现货电价达到一个取决于竞争的等级,这个等级等于大多数有效竞价的边际成本。在这个

市场中, 中标者所获得的现货电价等于所有中标者中的最高出价。

双边合同 (Bilateral Contracts) 模式。双边合同是合同的双方对传输和接收电能的可转让协议。这些合同规定的条款和条件独立于 ISO。但是在这种模式中, ISO 要核实是否有足够的传输容量来完成交易, 以及能否保证输电安全。双边合同模式非常灵活, 贸易当事人可以列出想要的合同条款。但是双边合同模式的缺点是谈判和签订合同的成本高, 以及存在交易双方的信誉风险。

混合 (Hybrid) 模式。混合模式结合了以上两种模式的特点。在混合模式中, 不一定要通过电力库, 而是允许用户直接同供应商谈判电能供给合同或者以现货市场价格购买电能。在这种模式中, 电力库向所有不选择签订双边合同的参与者 (买方和卖方) 提供服务。不管怎样, 允许客户和供电商谈判购买电能将使客户做出正确的选择, 推动了多样化服务的建立, 而且定价的可选择性满足了个别客户的需要。在市场结构的论述中, 我们假设使用混合模式。

1.2.3 市场结构

本节首先讨论一个可行的市场结构, 该结构包含了市场实体 (即参与市场的实体) 和市场类型 (如能源和辅助服务)。另外, 还将讨论有关市场力的问题。

1.2.3.1 主要市场实体

电力的重组 (构) 已经改变了传统实体在垂直一体化策略中的角色, 并产生了可以独立行使职责的新实体。本书把市场实体分成市场运营者 (ISO) 和市场参与者。ISO 是电力市场中最重要实体, 它的职责是制定市场规则。本书所讲的主要市场实体包括发电公司 (GENCO) 和输电公司 (TRANSCO)。其他市场实体还有配电公司 (DISCO)、零售公司 (RETAILCO)、代购公司 (aggregators)、经纪人、市场商人 (marketer/市场经纪商) 和用户。

独立系统操作员 (ISO): 竞争型的电力市场必须有一个独立运行控制的电网。没有 ISO 的建立就不能确保对电网的控制。ISO 管理输电价格、维持系统的安全、协调维护计划、调整长期计划。ISO 的功能应独立于其他的市场参与者, 如输电所有者、发电商、配电公司和终端用户, 并且对输电系统的所有客户都应该一视同仁的开放。

ISO 有管理和分配部分或全部系统资源的权力, 以及为了维护系统的安全而限制负荷 (即撤消违规传输、平衡供求和维护可接受的系统频率) 的权力。另外, ISO 还要确保把正确的经济信号依次传给所有的市场参与者, 以鼓励参与者有效利用电网和加大投资。

通常, ISO 有两种结构, 这两种结构的选择取决于 ISO 的目的和管理层。第一种结构 (MinISO) 主要在电力市场运营中参与维持输电安全, 在此意义上讲, ISO 能够在有约束的输电系统中安排输电。ISO 的这种结构是以协调多边贸易模式 [文献 Var97] 为基础的, 并且没有市场职责。其目的是限制安全, 且权力是有限的。加州的 ISO 就是这种结构的例子, 这种结构的 ISO 无权越过能源市场, 对超过实际发电量的计划, 只有有限的控制。

ISO 的第二种结构 (MaxISO) 包括 ISO 运行所必需的电力交易中心 (PX)。PX 是独立的、非官方的以及非盈利的实体, 它通过管理电力贸易的拍卖来确保市场竞争。PX 根据市