

MEIGUO DIANLISHICHANG
YU DIAODUYUNXING

美国电力市场 与调度运行

国家电力调度通信中心 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

美国电力市场 与调度运行

国家电力调度通信中心 编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书主要介绍美国当前比较成熟的四大电力市场的运作模式、竞价模式、结算规则以及一些规避风险的金融工具在电力市场中的使用。书中概括介绍了美国电力市场的形成、发展及成型的过程，重点对于过渡期间的南方电网公司的运作模式以及世界公认的比较成熟的PJM电力市场进行了详细的介绍和论述。本书并不偏重于理论的阐述，而是具体到实际控制区的市场运作模式，相信能够为中国的电力走向市场提供一些有用的思路。

本书适用于电力系统各级调度人员，电厂、变电站运行及管理人员，以及从事电力市场研究的人员借鉴、参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

美国电力市场与调度运行/国家电力调度通信中心编. - 北京: 中国电力出版社, 2002

ISBN 7-5083-1226-0

I. 美… II. 国… III. 电力工业—国内市场—研究—美国 IV. F471.266

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 067807 号

中国电力出版社出版、发行

(北京 中河路 6 号 100044 <http://www.ccpp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

2002 年 11 月第 1 版 2002 年 11 月北京第 1 次印刷
850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 8.625 印张 216 千字

印数 0001—2400 册 定价 17.00 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

随着国内电力体制改革的逐步深入，结合本国实情，学习国外先进的技术和管理模式已成为研究和发展中国电力市场的重要内容。电力市场化改革已经成为国际上电力发展的趋势，欧洲、北美、澳大利亚、韩国、日本等国家都在积极探索适合本国国情的电力市场化改革之路。目前，中国也正在积极探索电力市场的建设之路，正在实施厂网分开，竞价上网，发电和电网企业重组，逐步建立和完善政府监管体系和电力市场运行规则，培育全国电力市场，发展区域电力市场，开放省内电力市场。因此，吸收国际上电力市场的成功经验，必将使中国的电力市场建设少走弯路，并确保电力市场运作的良性发展。同时，通过对国外调度部门的调查研究，结合中国的实际情况，借鉴和吸收国外先进的管理经验，可以逐步把中国的电网调度部门建设成为一个体现我国现代化电网生产力水平的、国际一流的电网调度指挥中心和电力市场交易中心。

2001年5月，国家电力调度通信中心组织第三批中国调度员赴美学习有关的调度管理和市场运行经验。国调中心、华北电力调度局、华东电力调度中心和华中电力调度中心分别从调度运行一线岗位中选派了几名有多年生产运行经验的调度员，组团赴美参加了美国迈朗公司组织的美国电力市场和调度运行知识培训。在美培训期间，中国调度员们勤奋努力，谦虚好学，通过与美方电力专家们深入的交流和学习，并结合有关的技术资料，完成了长达20多万字的出国学习报告，从调度运行的角度，系统介绍了美国电力市场的发展概况及具体的市场运作模式（如PJM电力市场），同时还介绍了处于市场化改革过程中的美国南方电

200151109

力的调度运行情况，具有一定的研究参考价值。本书便是在该报告的基础上，经过多次修改整理而成的，凝聚了赴美培训的中国调度员们的辛勤劳动和心血，体现了我国新一代调度员的专业知识水平和钻研敬业精神。

本书可作为电力调度运行人员研究美国电力市场和电力调度运行模式的参考资料。由于时间和水平的关系，不足之处在所难免，某些观点也仅仅是一家之言，希望能够引起大家进一步的探讨和指正，以期在不断的研究和实践中把电力市场的规则逐步完善和发展。

赵遵康

2002年7月18日

前 言

美国的电力市场改革从 1992 年的新能源法案的公布和 1996 年的联邦能源管制委员会第 888 号和 889 号法令的颁布开始，对电力企业实行放松管制，引入竞争机制，开放输电网络，在美国的四个地区已逐步建立了四种不同模式的电力市场，分别是美国东部的宾州—新泽西—马里兰（PJM）、美国西部的加州（CA）、美国东北部的英格兰（NE）和纽约（NY）电力市场。

本书主要介绍美国目前比较成熟的电力市场运作模式、竞价模式、结算规则以及一些规避风险的金融工具在电力市场中的使用，尤其对比较成功的 PJM 电力市场进行了详细的介绍。本书共分三大部分，第一部分主要介绍了电力市场的基本原理，市场交易方式，节点电价的计算方法，输电服务的定价，电力市场的辅助服务，并简要介绍了美国电力工业的发展过程和各个电力市场特点及分析比较，使读者能全面、系统的了解美国电力市场的基本情况。第二部分主要介绍在美国电力市场中运作较为成功的 PJM 市场，详细阐述了 PJM 电力市场的各种具体制度、规则和运行规定，以及如何计算可用输电容量、固定输电权、输电费用结算、紧急事故处理等。第三部分主要介绍处于市场改革过程中的美国南方电力公司，调度运行管理和运作方式，通信自动化的配置，系统黑启动，能量市场如何适应市场改革以及南方 RTO 的发展计划，并简要介绍了北美电力可靠性委员会（NERC）和联邦能源管制委员会（FERC）的情况。

本书编写过程中得到了中心领导赵遵廉、王益民、辛耀中、赵玉柱、史连军等同志以及原国调副主任孙正运（现东北公司副总经理）的关心和指导，赵玉柱同志对全书进行了审核，并提出

了宝贵的修改建议。本次培训得到国家电力公司领导和国际合作部、华北电力调度局、华东电力调度通信中心、华中电力调度通信中心等单位的大力支持和帮助。感谢美国迈朗公司在本次培训中提供的帮助和支持，并对 Elica Law、Ricky Fong、John Rachford、Dean Koch、Robert、Audrey Su 等朋友致以衷心的感谢。

在美培训期间，尽管我们努力争取更全面、更深入地了解美国电力市场和调度运行情况，但由于时间和水平的限制，错误和不妥之处在所难免，书中的一些观点仅是编者个人看法，还望大家给予谅解和指正。

陈刚、罗迅、王春明、闫承山、鄧精

2002年6月

目 录

序
前言



第一篇 美国电力市场概述

第一章 美国电力市场的发展史	3
第一节 美国早期的电力工业 (1879 ~ 1947 年)	3
第二节 美国电力工业发展的黄金年代 (1947 ~ 1970 年)	5
第三节 美国电力工业黄金时代的瓦解和公共事业管制 政策法规案 (1970 ~ 1984 年)	6
第四节 美国电力工业发展的分水岭 (1984 ~ 1990 年)	8
第五节 美国电力市场的启动	9
第六节 美国电力市场的展望	10
第二章 电力市场基本理论	12
第一节 电力市场的经济学基础	12
第二节 短期负荷预测	18
第三节 电力市场的交易方式	24
第四节 电力市场的节点电价计算方法	26
第五节 电力市场的输电服务、输电定价和金融输电权	32
第六节 电力市场的辅助服务	37
第七节 电力市场中 RTO/ISO 的作用和电力市场监管	40
第八节 电力市场中电力系统的可靠性	44

第九节	电力市场技术支持系统	48
第十节	电力市场中的搁浅成本及市场结算	52
第十一节	现代电力市场的特征与建立电力市场的步骤	56
第三章	美国四大电力市场比较 (PJM、NY、NE、CA)	59
第一节	PJM 电力市场简介	59
第二节	纽约电力市场简介	61
第三节	新英格兰电力市场简介	62
第四节	加州电力市场简介	63
第五节	四大电力市场的比较	64

第二篇 PJM 电力市场

第四章	PJM 概述	69
第一节	绪论	69
第二节	PJM 历史及现状	73
第五章	PJM 调度运行	79
第一节	综述	79
第二节	控制中心计算机工具	80
第三节	系统控制	81
第四节	提供辅助服务	87
第五节	输电设备控制	99
第六章	PJM 计划运行	108
第一节	PJM 计划运行概要	108
第二节	PJM 两个市场	111
第三节	PJM 调节市场	118

第四节	计划的原则和工具	122
第五节	制定计划的策略和方法	126
第六节	PJM 市场中的各种申报表	137
第七章	可用输电容量计算	144
第一节	PJM 可用容量 (ATC) 概况	144
第二节	ATC 原理	145
第三节	有关 PJM 的输电路径	146
第四节	PJM 的 ATC 原理	148
第五节	ATC 计算过程	150
第六节	固定和非固定 ATC 裕度	158
第八章	固定输电权	164
第一节	固定输电权概况	164
第二节	固定输电权的申请和批准过程	166
第三节	FTR 拍卖	170
第四节	FTR 二级市场	173
第五节	FTR 市场结算	174
第九章	输电费用结算	176
第一节	输电费用	176
第二节	输电费用计算	177
第三节	无功支撑和电压控制服务的信用、费用计算	177
第四节	网络综合服务费用计算	178
第五节	点对点输电服务费用计算	179
第十章	PJM 运行结算	181
第一节	市场结算概况	181
第二节	区域边际电价 LMP	182

第三节	现货电力市场结算	184
第四节	调节服务的结算	188
第五节	运行备用结算	191
第六节	输电拥塞结算	193
第七节	输电损耗结算	198
第八节	紧急支援电量结算	200
第九节	非计划输电服务结算	202
第十节	Ramapo 调相机使用结算	202
第十一节	容量信用市场结算	202
第十二节	固定输电权拍卖结算	203
第十三节	PJM 五节点系统结算示例	205
第十一章	PJM 紧急事故处理	218
第一节	概况	218
第二节	关于容量的紧急处理	219

第三篇 南方电力公司

第十二章	南方公司的电力史	223
第一节	美国早期历史	223
第二节	南方电力公司的形成	225
第十三章	北美电网简介	227
第十四章	关于 NERC 和 FERC	229
第一节	北美电力可靠性委员会	229
第二节	联邦能源管制委员会	230
第十五章	南方电网的运行操作与控制	233
第一节	频率与电压调整	234

第二节	发电机组组合与经济调度	234
第三节	系统操作、输电安全和事故处理	236
第四节	调度室的人员配置	236
第十六章	系统可靠性、稳定性分析及规划	238
第一节	系统可靠性、稳定性分析	238
第二节	电源规划和输电规划	238
第十七章	电网的 EMS、继电保护和通信	241
第一节	南方的 EMS 系统	241
第二节	继电保护和通信	242
第十八章	系统的黑启动	244
第一节	恢复过程	244
第二节	确定系统状态	245
第三节	确定系统恢复过程	245
第四节	执行恢复过程	246
第五节	系统互联	247
第六节	通信	248
第七节	电压调整和控制	249
第十九章	南方电网的能量市场	250
第二十章	关于 RTO	253
附录	电力市场英文缩写	255

第一篇

美国电力市场概述

第一章

美国电力市场的发展史

第一节 美国早期的电力工业(1879~1947年)

1. 电力工业的早期技术基础

1879年在旧金山出现了小规模电站，给一些地区电弧灯供电。

1879年托马斯·爱迪生在纽约发明了实用化的白炽灯。

1882年纽约珍珠街电站出现了商用的照明电路，可以提供600kW电力，供400只灯泡。

1886年，在尼亚加拉瀑布的电站，采用了由西屋发明的升压、降压变压器，用于远距离交流高压输电。

随着蒸汽锅炉采用再热式循环，发电的热效率大幅提高，1902年每千瓦的热耗是92500BTU，1932年每千瓦的热耗降为20700BTU。

1890年到1932年，用电需求快速增长，年增长率达12%，是美国经济增长的动力。

2. 自然垄断和政府管制

早期私人电力系统用于城市的局部地区供电，由政府发给执照特许供电范围。早期的电力系统规模非常小，竞争也很激烈，在有些地区造成了供电过剩。私人电力公司因售电价格高，获利丰厚，并且通过制定电压、设备标准和相互合并来降低成本，发挥规模经济效益。

联邦政府投资建设管理所有的水电设施，主要在西部用于防洪和灌溉。地方政府也投资建设发电和配电系统，但没有扩大规

模，效率不如私人企业。

1914年，美国出台了谢尔曼-克来顿反垄断法案，由于电力系统的规模经济性以及它的技术特点，最后政府允许管制下的地区电力垄断。1907年，纽约州管制委员会成立，到了1912年，大多数州都成立了州管制委员会——即公用事业委员会。该管制委员会保护消费者避免承受垄断价格，保留私人的电力企业，并使之免受社会的谴责。该管制委员会还可以协调集资建设大型的发电和输电工程来降低平均成本。1920年，Bluefield aterworks 工程项目，制定了电力工业投资回报标准，也就是销售电价等于所有的投资成本加合理的回报，该回报率与电力工业有相同风险的相关工业投资回报率相等。

对于基础性的工业，规模经济是固有的特征，有多个竞争者的市场不能够取得垄断市场的规模经济。1904~1930年，电力公司大量合并，该合并可以降低运行成本和金融成本（大公司具有较高的信誉度），可以减少购买设备的费用，可以提高工程和经济性，还可以促使行业管理程序标准化。1933年，三家大的电力控股公司控制了44%的电力工业。州管制委员根据地区电力公司（控股公司的子公司）申报的财务成本，给该电力公司制定电价，使得零售电价设定得很高。地方电力公司申报的成本不能反映大的控股公司所实现的规模经济效益。控股公司通过财务的金字塔和控股公司内部交易获得巨额的利润。控股公司财务报告不能反映其内在的金融风险，如果需求降低，可能导致较大的财务报失，供电服务也不能令人满意。

1935年，通过了公用事业控股公司法案，用来审查和授权公用事业发行和出售债券，并且重组控股公司。同时，通过了联邦电力法（FPA），成立了联邦电力委员会（FPC），管理包括发电和输电的电力批发交易合同。公用事业控股公司法案剥离控股公司的附属公司，使控股公司只能控制电网，把天然气和电力公司分开。联邦电力法建立了确定总成本和平均成本的方法，也就

████████████████████

是 1937 年的成本账目系统，要求电力公司每年做一个标准的会计报表。

由于私人电力公司没有输电到农村，20 世纪 30 年代，农村要求政府解决用电问题，1936 年成立了农村电气化管理委员会，为农村电力企业提供免税贷款和帮助。私人电力企业受利益驱使，没有将电网扩展到农村地区，其中原因有三个：①农村地区负荷密度小，供电成本高；②早期远距离输电在技术上还不可行；③农村地区居民收入低。随着联邦和农村电力公司发电容量的增长，电力发展稳步增长。

第二节 美国电力工业发展的黄金 年代 (1947~1970 年)

1947~1970 年是电力发展的黄金年代。二战以后给美国带来了空前的繁荣，低通胀高生产率，国家和家庭收入快速增长，电力需求也快速增长，每年达 8.5%。管制的程序和实践已经比较成熟，零售电价的制定方法也较成熟。1954 年通过了原子能法案，容许私人企业发展核能，1954 年还通过了 Price-Anderson 法案，保证责任保险。1957 年建成了第一台商业核反应堆，随着核电技术的进步，核电机组的容量迅速增大。1958~1965 年，许多新的燃油机组和燃气轮机组投产。随着计算机控制技术的实现，出现了用于系统安全控制的电网监视、继电保护和 EMS 系统。

1965 年纽约大停电，促使了区域电网规模的扩大，形成了一些跨区域的大规模电力系统，如纽约、PJM（宾夕法尼亚—新泽西—马里兰）和新英格兰电网，促使了北美地区的供电可靠性委员会的形成，并成立了一些组织如爱迪生电力研究院、电力事业管制委员联合会、农村电力协会、美国公用事业协会。NERC（北美地区供电可靠性委员会）是 1968 年成立的一个自愿组织起