

美国  
电力

中国电力市场建设丛书

# 美国电力市场

美国  
电力

国家电力监管委员会 编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

MEIGUODIANLI

中国电力市场建设丛书

# 美国电力市场

国家电力监管委员会 编



中国电力出版社

[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

内  
容  
提  
要

电力工业是国民经济的基础产业，电力市场化改革是世界电力改革的共同趋势。为了帮助读者了解国外电力市场改革的总体线索和最新动态、推进我国电力市场建设，国家电监会组织有关专家编写了本套《电力市场建设丛书》，共包括四个分册，分别是《美国电力市场》、《欧洲、澳洲电力市场》、《国外电力市场规则和发电业务许可制度》和《中国电力市场名词解释》。本书是《美国电力市场》分册，主要内容包括：美国电力市场的历史、美国电力市场现状综述、PJM 电力市场介绍、纽约电力市场、新英格兰电力市场、德州电力市场和加州电力市场，为了便于读者理解，在附件中给出了节点电价和输电权的数学模型。

本书既可供从事电力市场工作和研究的人员使用，也可供对中国电力市场改革关心和感兴趣的相关专业人士参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

美国电力市场/国家电力监管委员会编. —北京: 中国电力出版社, 2005

(中国电力市场建设丛书)

ISBN 7-5083-3535-X

I. 美... II. 国... III. 电力工业-市场-概况-美国 IV. F471.266

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 082324 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>)

北京密云红光印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2005 年 10 月第一版 2005 年 10 月北京第一次印刷

850 毫米 × 1168 毫米 32 开本 14.125 印张 372 千字

印数 0001—3300 册 定价 26.00 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

电力工业是国民经济的基础产业，是经济发展和社会进步的重要保障。改革开放以来，我国电力工业的发展取得了举世瞩目的成就。到 2004 年年底，全国发电装机容量超过 4.4 亿千瓦，年发电量超过 2.1 万亿千瓦时，均居世界第二位。中国电力工业的快速发展，得益于国家办电政策的及时调整和电力体制的不断改革。

回顾电力工业的发展历程，我们可以发现，改革开放以来，我国电力工业的三次重大改革，每一次改革都为电力的发展开辟了新的空间。第一次是 1985 年国家实行集资办电、多渠道筹资办电的政策，极大地调动了各方面、尤其是地方政府办电的积极性，电力事业迅速发展，形成了发电领域的投资主体多元化、股权多元化和利益多元化的局面，为发电领域引入竞争机制创造了体制条件；第二次是 1997 年国家开始在电力行业实行政企分开，明确了企业经营的权利和责任，激发了电力企业的内在活力，为电力企业市场化改革创造了体制条件；第三次是 2002 年，国务院出台了《电力体制改革方案》，明确了电力市场化改革的总体方向，提出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。至此，中国的电力工业正式走上了市场化改革的道路，进入了一个全新的发展阶段。

电力体制改革方案实施两年来，按照党中央、国务院的总体部署，有关方面积极配合，改革工作取得了重要的阶段性成果，在电力企业重组、电价制度改革、区域电力市场建设等方面迈出了重要的一步；《电力监管条例》的颁布实施为电力企业公平竞争提供了重要的法规保障。但是，由于电力工业受传统的计划经济体制影响较深，运营效率低、资源消耗大的问题比较突出，发展方式粗放，电力企业的产权结构和组织形态还不能很好地适应市

市场竞争的需要，尤其是科学的电价机制和电力投资管理体制尚未形成，电力改革的任务仍然十分繁重。

电力市场化改革也是世界电力改革的共同趋势。国外电力市场建设已经走过了 20 多年的历程，改革的脚步遍及五大洲，先后有 50 多个国家确定了建设竞争性电力市场的改革目标并进行了大胆的探索。实行电力市场化改革的既有发达国家，也有发展中国家，各国的国情不同，改革的背景也不尽相同，推进改革的方法也有所差异，但却有着共同的方向，那就是按照市场经济的一般规律和电力工业的基本规律，实行电力企业重组，充分发挥市场在资源配置方面的基础性作用，实现电力与社会的协调发展。

电力市场建设涉及体制、机制、技术及利益分配等重大问题，是一项复杂的系统工程。总体来看，在电力工业 100 多年的发展历程中，建立竞争性的电力市场还是一件新生事物，尚处于探索发展阶段，各国的电力市场发展也非一帆风顺，既有成功的经验，也有失败的教训，有的还付出了不小的代价。我国的电力市场建设面临的形势更为复杂，不可避免地将会经历一个不断探索和逐步完善的过程，特别是在当前电力供应总体偏紧的环境下，更增加了电力市场建设的难度。但是，国内外电力发展的经验也一再证明，实行市场化改革是促进电力工业可持续发展的重要途径。我们必须深刻理解电力市场化改革的重要意义，坚持改革的方向，认真总结国内外电力改革正反两方面的经验，深入研究我国电力工业的实际情况，坚定不移、积极稳妥地推进我国电力市场化改革。

他山之石，可以攻玉。有关国家电力市场化改革的经验和教训，是世界各国电力改革的共同财富。为落实党中央、国务院关于电力改革的总体部署，国家电监会一直把推进我国电力市场建设作为一项重点工作来抓。为帮助大家了解国外电力市场改革的总体线索和最新动态，国家电力监管委员会近期组织国内外有关专家整理编辑了《美国电力市场》、《欧洲、澳洲电力市场》、《国外电力市场规则和发电业务许可制度》和《中国电力市场名词解

释》等四册书，前三册介绍了有关国家电力市场建设的最新情况，后一册针对我国电力市场的实际需要，规范了电力市场的专用名词。这套书的内容较新，针对性和时效性较强，参与编著的专家们为此付出了辛勤的努力。希望这套书的出版，能帮助大家学习、借鉴国外的有益经验，探索有中国特色的电力市场化改革之路，推进我国电力市场的健康发展。

柴松岳

2005年6月6日

# 目 录

序

<b>第一章 美国电力市场的历史</b> .....	1
第一节 美国电力工业发展简介 .....	1
第二节 美国电力市场的早期探索 .....	6
第三节 美国电力市场发展面临的挑战 .....	13
第四节 标准化市场设计 (SMD) .....	16
第五节 标准市场设计运行的讨论 .....	21
<b>第二章 美国电力市场现状</b> .....	27
第一节 概述 .....	27
第二节 市场结构 .....	31
第三节 电价、市场力、阻塞及其消除 .....	36
第四节 市场设计与价格透明度 .....	66
第五节 风险管理 .....	74
第六节 基础设施投资 .....	82
第七节 总结 .....	102
<b>第三章 PJM 电力市场介绍</b> .....	103
第一节 PJM 电力市场简介 .....	103
第二节 PJM 组织结构 .....	109
第三节 PJM 有功市场 .....	114
第四节 PJM AGC 市场 .....	144
第五节 PJM 输电权 .....	156
第六节 PJM 输电服务与收费 .....	169
第七节 PJM 容量市场 .....	173
第八节 PJM 负荷响应计划 .....	182

第九节	PJM West .....	193
第十节	PJM 的运行经验 .....	194
<b>第四章</b>	<b>纽约电力市场 .....</b>	<b>198</b>
第一节	纽约电力市场简介 .....	198
第二节	有功市场 .....	210
第三节	辅助服务 .....	224
第四节	容量市场 .....	232
第五节	阻塞与输电权 .....	246
第六节	需求侧响应 .....	252
第七节	运行经验与总结 .....	256
<b>第五章</b>	<b>新英格兰电力市场 .....</b>	<b>259</b>
第一节	引言 .....	259
第二节	第一阶段市场建设 .....	261
第三节	第二阶段市场建设 .....	298
第四节	小结 .....	327
<b>第六章</b>	<b>德州电力市场 .....</b>	<b>330</b>
第一节	概述 .....	330
第二节	ERCOT 批发电力市场的市场运行 .....	339
第三节	ERCOT 电力零售市场 .....	365
第四节	ERCOT 的发展趋势 .....	367
第五节	ERCOT 电力市场回顾 .....	370
<b>第七章</b>	<b>加州电力市场 .....</b>	<b>381</b>
第一节	简介 .....	381
第二节	加州电力市场现状 .....	385
第三节	2000 年加州电力危机分析 .....	395
第四节	加州电力市场的再造 .....	406
第五节	加州电力市场和德州电力市场的扼要比较 .....	413
<b>第八章</b>	<b>美国电力市场经验与教训小结 .....</b>	<b>420</b>
第一节	美国各市场的比较 .....	420



第二节 美国电力市场的经验教训·····	427
第三节 小结·····	428
英文缩写·····	430
附件一：节点电价数学模型·····	432
附件二：输电权的数学模型·····	435
后记·····	439

---

# 第一章

## 美国电力市场的历史

### 第一节 美国电力工业发展简介

#### 一、美国早期的电力工业（1879~1947年）

##### 1. 美国电力工业的早期技术基础

1879年，在旧金山出现了给一些地区的电弧灯供电的小规模的电站。同年，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，为400只灯泡供电，标志着美国的电力行业开始进入商业化运营阶段。

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，形成了美国输电网络的雏形。

随着蒸汽锅炉采用再热式循环，发电的热效率大幅提高，电源侧的实用化发展推动了美国电力行业的整体进步。1890~1932年，用电需求快速增长，年增长率达12%，电力已经成为普及化的动力能源，大大推动了美国经济的增长。

##### 2. 美国电力企业的发展与监管

从根本上讲，美国的电力发展经过了自然垄断和政府管制两个重要的阶段。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。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，并且通过自行设定电压等级、设备装置的标准和相互合并

来降低成本，发挥了一定的规模经济效益。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，效率上比私人企业要差很多。于是，在电力发展初期形成了一种自然垄断的状况。

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，最后政府允许了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——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。管制委员会还通过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，形成了电力工业投资回报标准，也就是销售电价 = 所有的投资成本 + 合理的回报利润，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，规模经济是其固有的特征，有多个竞争者的市场不能够取得垄断市场的规模经济，因此，从1904~1930年，电力公司大量合并，通过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，提高工程和经济性，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。州管制委员会根据地区电力公司（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垄断利润。同时，供电服务质量也不能令人满意。

于是在1935年，美国通过了公用事业控股公司法案，由它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），来管理包括发电和输电的批发电力交易合同。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相邻的电网，将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：一是农村地区负荷密度小，供电成本高；二是早期远距离输电在技术上还不可行；三是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，公用电力稳步增长。

## 二、美国电力工业发展的黄金年代（1947~1970 年）

1947~1970 年是美国电力发展的黄金年代，二战以后美国经济空前的繁荣，低通货膨胀使生产率快速提高，国家和家庭收入快速增长，电力需求随之得到迅猛膨胀，每年达 8.5%。政府对于电力行业的管制程序和实践已经比较成熟，零售电价的制定方法也趋于实际和合理。

1954 年美国政府通过了原子能法案，允许私人企业发展核能，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。与此同时，火电机组也得到了巨大的发展，1958~1965 年，许多新的燃油机组和燃气轮机机组投产。随着计算机控制技术的实现，出现了电网监视、继电保护和能量管理系统（EMS）用于系统的安全控制，电力系统的自动化水平大大提高。

1965 年纽约大停电，促使了区域电网规模的扩大，形成了一些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，推动了北美地区的供电可靠性委员会的形成，并成立了一些研究组织，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、美国公用事业协会等。其中，北美地区供电可靠性委员会（NERC）是 1968 年成立的一个自愿组织起来的跨国机构（因美加联网），其成员包括私人电

力企业、市政电力企业、政府机构、发电公司、一些合作公司、监管机构和电力集团。它的任务是制定一些有义务执行但非强制性的可靠性标准，如规划协调、运行备用标准、维修计划协调，从而保证北美地区的供电可靠。

### 三、黄金时代瓦解和公共事业监管政策法案（1970～1984年）

#### 1. 美国电力工业黄金时代的瓦解

在1951～1960年间，投产了很多燃油机组，特别是美国东部电网，燃油机组占很大的比例，而1973～1974年石油禁运，石油价格从1972年的每桶4美元涨到1973年末的每桶16美元，许多电力公司的运行成本上涨了3倍，面临了财务危机。于是经电力公司提出，监管机构批准，电价随燃料价格作出了调整。石油禁运导致了1974～1975年的美国经济衰退。1975～1979年，Errant的货币政策造成了持续的高通胀。

由于石油集团预测美国将长期依赖外国的石油，而且以后的石油价格将居高不下，为了减轻对石油的依赖，于是，电力公司开始大规模投资建设核机组、燃煤机组。但是，电力公司没有估计到高通货膨胀、高电价和大规模基建带来的负面影响：高额的基建费用支出；高额的基建投资贷款利率，造成企业的负债很高；很大一部分投资没有收益（电价按原始成本确定，高通货膨胀造成投资无收益）；电力需求增长减缓。这些都给电力行业的发展带来了巨大的阻力。

1979年3月28日，TMI II（三里岛）核电事故发生后，核电监管委员会要求对所有核电项目的设计进行详细审查。要求延长基建时间，基建投资成本利息大幅增长。很多电力公司没有核机组和大规模基建项目的建设经验，项目的投资成本被估计的过低，同时，核电项目的成本和安全性成为一个政治争论的焦点。

1970年，出台了净化空气法案，限制电厂对大气的排放量，

大大的增加了建设和改造成本。1974年出台了能源供应和环境保护法案，联邦政府不能限制电力公司采用天然气发电。1978年出台了国家节能法案，要求电力公司对居民用户提供节能服务。

## 2. 公共事业监管政策法案（PURPA）出台和 FERC（联邦能源监管委员会）成立——美国电力市场的法理奠基

针对上述提到的问题，1978年出台了公共事业监管政策法案（PURPA），要求电力公司必须从有资格的发电公司 QF（Qualifying Facility）购买电力。该法案对推动独立发电商的产生起到了至关重要的作用，并且对后来更大规模的电力改革作了铺垫。成立了美国联邦能源管理委员会（Federal Energy Regulatory Commission, FERC），FERC是根据1977年10月1日颁布的能源部组织法案而创立的，代替以前联邦电力委员会（FPC）。PURPA的目的是减少对外国石油的依赖性，提高环境质量，鼓励非化石燃料发电，包括使用再生能源发电。PURPA鼓励非电力公司所有的发电厂（NUG）建设，并授予发电资格。该电厂有两种类型：一种是合资的电厂；另一种是小型的新能源发电厂（包括太阳能、风能、地热能、生物能和废料燃烧能源）。有资格的发电厂不受公用事业控股公司法案（1935年）的约束（EWG）。电力公司必须从有资格的发电商购买电力。成本包括发电厂的容量成本和边际成本。该法案公布后，1980~1990年，大约有60000MW独立发电公司的发电容量进入电力市场，占美国总发电装机容量的近10%。这些新增容量主要集中在纽约州、新英格兰州、宾夕法尼亚州（简称宾州）、马里兰州、加利福尼亚州（简称加州）和德克萨斯州（简称德州）。这些地区后来要求建立有组织的电力市场的呼声最高，并且首先成立了独立系统运行员（ISO）。

公用事业监管政策法案也产生了负面影响：未能保护消费者，销售电价较高，在节能和新能源利用上的作用很小，非再生能源发电商是主要受惠者。

### 3. 新的电价机制催生美国电力市场

美国的电力行业在发展的过程遇到了空前的困难，发展前景步履艰难，集中反映的最大矛盾就是电价问题。于是，引发了新的电价机制的研究。由 Vickrey 提出了动态有效电价，高峰电价 = 高峰的能量电价 + 容量电价，低谷电价 = 低谷的能量电价。按照这种方式确定的电价应该能反映短期的边际成本，反映短期的供求关系，用户应该根据电价来调整用电需求。

在 1984 年，Schweppe 提出了节点电价 (Locational Marginal Pricing, LMP)，节点电价能反映当地的短期边际成本，随着用电时间和位置的不同而不同。这个理论奠定了电力市场的坚实的理论基础，加快了美国电力市场建设的步伐。

## 第二节 美国电力市场的早期探索

### 一、美国电力改革的背景

从电力工业发展的历史来看，世界各地的电力部门基本都发展成了纵向一体化的地区性垄断企业，电力供应的主要组成部分——发电、输电、配电和零售供应都由同一家电力公司掌握。这些公司在一定的地理范围内享有向居民、商业和工业消费者供电的特权。由于各个国家的监管体制不同，这些受到监管的垄断行为在不同的国家以及美国国内各个不同的电力公司表现有所不同。虽然有很多对这种监管垄断制度的批评，但那种认为美国 20 世纪的电力工业是极端糟糕的想法仍然是错误的。1900 ~ 1970 年美国电力工业生产力增长较快，在劳动生产力、生产成本、渗透率、可靠性和价格方面其表现均优于国际标准。只是到了 20 世纪 70 和 80 年代，随着燃料价格上涨、通货膨胀和利率上升、核电站成本剧增等因素，严重的问题才开始出现。上世纪 70 和 80 年代早期，在商业电力的历史上，许多州第一次出现零售电力价格大幅上涨。而且，不同的电力公司的业绩也存在很大的差

别。

从上世纪 80 年代后期开始，随着燃料和利率下降以及通货膨胀趋于平稳，虽然在全国平均水平上，实际电力零售价格再次下降。然而，昂贵核电投资的遗留问题和在上世纪 70 和 80 年代签订的长期合同使一些州继续体现出较高的监管下的零售价格（例如加州、纽约和新英格兰）。加州和一些其他州的零售电价到上世纪 80 和 90 年代早期继续上升，主要是由于核电的遗留成本和合格设施 QF（Qualified Facility）合同。在东北部各州、加州和其他一些州批发市场发电服务的监管价格远高于批发市场价格。很多用户将这种情况归咎于电力公司的垄断经营，因而工业用户开始视电力公司为妨碍他们获得批发市场上的廉价电力的一种障碍。美国公用事业缺乏效率，成为公众的议论焦点。解除监管在铁路、货运、邮电取得了显著的成绩，也使电力工业的解除监管和开放市场成为公共政策的焦点。

电力工业改革最初的兴趣开始于零售市场价格较高和批发与零售差异较大的那些州。他们包括加州、麻省、罗得岛、纽约州、新泽西州、缅因州、宾州。在这些州中，特别对于零售竞争，改革的政治压力来源于工业用户、独立电力生产商和可能的电力市场参与者们的游说活动。在对这几个“先锋”州的重组和刺激竞争的游说活动中，恩龙（ENRON）公司起了主要作用。对于各州的管理者和立法者来说，主要的卖点在于通过引入竞争，零售价格会显著回落以反映批发市场中的低价电力。由于考虑到潜在的沉淀成本的困扰，这些州的电力公司开始反对引入零售竞争的提案，但最终还是在能够补偿大部分的沉淀成本的前提下同意协商谈判。零售价格如何能够显著下降到既能反映较低的批发价格又能使电力公司补偿其沉淀成本（大约是监管电价和预期市场电价的差额），一直是一个有争议的问题。

## 二、美国电力市场的目标

州一级的政治争议集中在降低零售价格、补偿沉淀成本以及



为现役电厂和新加盟者创造商业机会，而学术界的争议主要集中在有更广泛意义的公众利益目标上。但大家的共识是，电力工业改革应该靠形成一个竞争的批发和零售市场来实现公众利益最大化。但对于应该怎样做和要经历多长时间来实现这些目标缺乏一个清楚的认识。

电力市场最重要的改革目标是为电力工业创造新的管理布局，使其能为消费者提供长期的利益。这些利益将依赖竞争性的批发市场来提供较好的机制，以控制新增和现有发电容量的投资及运行成本，鼓励发电侧技术革新，减少电力供应者的操作失误和降低消费者的风险。零售竞争，或叫“用户选择”，将允许消费者选择能提供满足他们需要的性价比的供应商，竞争的零售企业会提供一系列零售服务产品、风险管理、需求管理和建立在每个用户喜好基础上的区别性服务质量的新机会。

电力供应总成本的重要组成部分——输电和配电将继续受到监管，这点是得到广泛认识的。这里至少有两个原因：第一，具有良好激励特性的监管机制会引发较低的输电和配电成本，进而有助于降低零售电价。在英格兰和威尔士，在电力重组和引入竞争机制的第一个10年中，实际电价下降的35%与输电和配电的成本下降息息相关。第二，批发市场的效率尤其依赖于一个功能完善的输电网络和一个系统调度员的有效操作。

从长远讲，与监管下的垄断价格相比，改革的目标是要降低成本和平均零售电价，同时维持或强化系统稳定性和达到环境改善目标。但是，这是一个非常困难的目标。

### 三、能源政策法案（EPAct, 1992年）

虽然独立发电商的数目激增，并且取得了显著的成功，但是他们进入电网却受到公用事业控股公司法案的限制，在他们的强烈要求下，1992年，美国通过了能源政策法案。能源政策法案规定所有的电力公司必须提供输电服务，FERC可以强迫电力公