



普通高等教育“十二五”规划教材



21 世纪电力系统及其自动化规划教材

电力市场概论

张利 主编



 机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材
21世纪电力系统及其自动化规划教材

电力市场概论

主编 张 利

参编 杨 明 张国静



机械工业出版社

本书以电力系统运行与分析的基本理论为基础,有机融入经济学原理,围绕电力商品特殊性,以分析传统电力系统运行理论与市场经济理论的冲突与融合,电力工业如何实现从垄断走向市场竞争。

本书共分7章,第1章概述电力工业的运营模式、电力市场的基本概念及发展状况;第2章给出经济学的基本概念;第3、4章集中讨论在理论上电能的生产是怎样从电力系统的运行当中分离出来的,以及电能在竞争市场上进行交易的基本经济思想;第5章讨论辅助服务问题;第6章讨论输电网对电能交易的影响;第7章讨论发、输电投资的市场化问题。

本书可作为高等学校电气工程专业高年级本科生或研究生的教学用书,也可供从事电力系统规划和电力系统调度运行的工程技术人员以及电力市场的管理人员和科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

电力市场概论/张利主编. —北京:机械工业出版社,2014.7

普通高等教育“十二五”规划教材 21世纪电力系统及其自动化规划教材

ISBN 978-7-111-46096-1

I. ①电… II. ①张… III. ①电力市场—高等学校—教材

IV. ①F407.615

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第044224号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:贡克勤 责任编辑:贡克勤

版式设计:常天培 责任校对:肖琳

封面设计:陈沛 责任印制:李洋

三河市国英印务有限公司印刷

2014年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.75印张·279千字

标准书号:ISBN 978-7-111-46096-1

定价:25.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010)88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010)68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010)88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010)88379203 封面无防伪标均为盗版

21 世纪电力系统及其自动化规划教材

编 委 会

主任委员：熊信银

副主任委员：尹项根 韩学山 李庚银 刘宪林

李 扬 陈少华 贡克勤 杨德先（兼秘书）

委 员：（以姓氏笔划排序）

尹项根 毛承雄 车仁飞 文明浩 文劲宇

叶俊杰 刘学东 刘宪林 孙丰奇 许 珉

李 扬 李庚银 吴耀武 陆继明 张 利

张 波 杨国旺 杨宛辉 杨淑英 杨德先

陈 卫 陈少华 罗 毅 房俊龙 易长松

赵书强 赵玉林 赵丽平 娄素华 栗 然

盛四清 常鲜戎 梁振光 韩学山 游志成

熊信银 魏 萍 蔡金锭

前 言

20 世纪 90 年代初以来，垄断经营了近一个世纪的电力工业在世界各国和地区开始了打破垄断、引入竞争的市场改革。我国的电力工业也已完成厂网分开，并开展了竞价上网等改革试点，但由于电力市场建设进展缓慢，深度推进改革的呼声近年日益高涨。

认识电力市场，可以从技术、经济、管理等多个角度切入，涉及体制、机制、技术及利益分配等诸多问题。对电气工程技术人员而言，充分认识传统电力系统运行分析理论与市场经济理论的冲突与融合，并熟练掌握市场机制下电力系统运行分析的新理论、新方法，是理解电力工业如何实现从垄断走向市场竞争的关键所在。

在垂直一体化垄断经营时，电力系统的调度、运行控制、规划等形成了一系列优化问题，而且经过几代人的努力，这些问题在系统性、规模性和复杂性上都已有了较成熟的解决方法。但由于引入竞争机制后电力工业中出现了相互独立又相互竞争的众多市场参与者，改变了传统电力系统的电能平衡与电能输送模式，因此虽然电力系统的物理本质并未发生改变，但传统的方法如不加以改变已不再适用。由于在电力市场中相互独立的发电、输电、配电公司及零售商都希望在竞争中最大程度地获得回报，因此电力系统中传统的问题必须以新的经济和市场的视角去解决，即必须清楚市场是怎样作用于电力系统物理问题的，而电力系统的物理本质又是怎样制约经济问题的。

本书首先引入电力工业改革的背景，接着介绍微观经济学的基本内容，以此奠定市场环境下电力系统运行与分析基本理论的基础。然后，本着在传统分析理论中有机融入经济学原理的思想，先讨论忽略输电网制约的电能交易问题，继而讨论输电网制约对电能交易的影响及解决方法，最后讨论在市场环境下发电与输电的投资决策及回报问题。

本书在主体框架上借鉴了曼彻斯特大学 Kirschen 教授与 Strbac 教授的著作《Fundamentals of Power System Economics》。编者曾在曼彻斯特大学跟随 Kirschen 教授学习，并参与该书的校对工作，受益匪浅。本书内容还融入了编者及所在课题组近年来的科研与教学实践，并参考了其他文献和技术资料，在此向有关作者表示感谢。

本书主要是面向电气工程专业的研究生或本科的高年级学生，因此，阅读时应该具备对电力系统物理结构、潮流计算原理与目的等电力系统基本知识的

一定理解，并熟悉一些基本的优化理论。对于希望了解电力市场基本理论的工程技术人员，本书也有一定的参考价值。

本书由山东大学张利副教授主编，参加编写工作的还有山东大学杨明副教授，以及国网技术学院的张国静高工。其中，第1、3、4章由张利副教授编写，第5、7章由杨明副教授编写，第2、6章由张国静高工与张利副教授、杨明副教授联合编写。全书由张利副教授统稿。这里，要特别感谢山东大学韩学山教授，他对本书提出了很多建设性指导意见；还要感谢于大洋副教授对本书的关心与帮助。作为本书基础的讲义已经在山东大学电气工程学院的电力市场课程的教学中应用多年，本书的编写参考和采纳了同学们在学习中的许多宝贵的意见和建议。另外，我们课题组的研究生付晓、张辉、常康、耿艳、潘志远、李晓琦、钟世民、刘宁宁、孟凡敏、李业勇等同学，都为本书的形成作了富有成效的工作。在此书即将与读者见面之际，谨向所有关心本书的同学、朋友、亲人表示衷心的感谢。

尽管我们做了许多努力，但书中的错误仍不可避免，恳请赐教、指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 电力市场与电力系统经济学	1
1.2 电力工业运营的参与实体	2
1.3 电力工业的运营模式	4
1.3.1 垄断模式	4
1.3.2 单一买方模式	4
1.3.3 批发竞争模式	5
1.3.4 零售竞争模式	6
1.4 电力工业的市场化改革目标及制约因素	7
1.5 国内外电力市场的发展状况	8
1.5.1 国外电力市场的发展状况	8
1.5.2 国内电力市场改革与发展	12
思考题	13
第 2 章 经济学的基本概念	14
2.1 市场的基本原理	14
2.1.1 消费者模型	14
2.1.2 生产者模型	16
2.1.3 市场均衡	18
2.1.4 帕累托效率	19
2.1.5 社会效益和无谓损失	20
2.2 企业组织理论的概念	21
2.2.1 投入与产出	21
2.2.2 长期与短期	21
2.2.3 成本	22
2.3 市场的类型	27
2.3.1 实时市场	27
2.3.2 远期合同和远期市场	27
2.3.3 期货合同和期货市场	29
2.3.4 期权	30
2.3.5 差价合同	31
2.4 不完全竞争的市场	32
2.4.1 市场力	32
2.4.2 博弈论基础	33
2.4.3 垄断	35
思考题	36

第 3 章 电能的市场交易	38
3.1 引言	38
3.2 电力商品的特殊性	38
3.3 电价理论基础	39
3.3.1 电价概述	39
3.3.2 电价的制定方法	40
3.3.3 实时电价	42
3.4 电能的市场交易	43
3.4.1 远期合同及其分解	44
3.4.2 日前市场	45
3.4.3 实时市场	51
3.5 竞价的模型和算法	55
3.5.1 竞价模型	55
3.5.2 竞价算法	57
3.6 电能交易的结算	64
思考题	66
第 4 章 电力市场供需参与者的特性分析	69
4.1 引言	69
4.2 需求侧与需求响应	69
4.2.1 电力需求侧的特点	69
4.2.2 需求弹性对市场的作用	71
4.2.3 需求侧管理与需求响应	72
4.2.4 电力零售商	74
4.3 发电商	76
4.3.1 完全竞争	77
4.3.2 生产或购买的决策	81
4.3.3 不完全竞争	82
4.3.4 边际成本非常低的电厂	89
4.4 混合参与者	89
思考题	90
第 5 章 系统安全与辅助服务	92
5.1 引言	92
5.2 辅助服务的需求	92
5.2.1 电力系统安全性防御的重要性	93
5.2.2 有功功率的平衡问题	95
5.2.3 无功功率的平衡问题	95

5.2.4 输电元件的传输能力问题	97	6.4.2 合同路径法	144
5.2.5 电力系统的动态问题	99	6.4.3 边界潮流法	145
5.2.6 黑启动	99	6.4.4 兆瓦—千米法	145
5.3 获取辅助服务的机制	99	6.4.5 长期边际成本法	146
5.3.1 强制机制	99	6.4.6 短期边际成本法	147
5.3.2 市场机制	100	思考题	147
5.3.3 需求侧提供辅助服务	100	第7章 发、输电投资分析	150
5.4 辅助服务市场机制的实现	101	7.1 引言	150
5.4.1 备用容量的确定	101	7.2 发电投资的技术经济分析基础	150
5.4.2 电能与备用联合交易的市场模式	101	7.2.1 技术方案的经济评价	150
5.4.3 基于风险约束的备用配置方法	107	7.2.2 发电投资分析	151
5.4.4 成本分摊	108	7.2.3 发电机组的退役	152
5.5 发电商的决策问题	111	7.2.4 周期性需求对发电投资的影响	155
思考题	113	7.3 发电投资的激励机制	157
第6章 电力市场与输电网	115	7.3.1 电价驱使的发电容量扩建	158
6.1 引言	115	7.3.2 容量电价机制	159
6.2 双边交易与物理输电权	115	7.3.3 容量市场	160
6.2.1 输电阻塞的发生	115	7.3.4 可靠性合同	161
6.2.2 物理输电权	116	7.4 输电系统的作用与性质	162
6.2.3 物理输电权的实施问题	116	7.5 基于成本的输电扩建	163
6.3 集中交易与节点电价	121	7.6 基于价值的输电扩建	163
6.3.1 集中交易中输电网的作用	121	7.6.1 输电价值的定量分析	163
6.3.2 节点电价的数学模型	124	7.6.2 输电的需求函数	165
6.3.3 阻塞剩余	130	7.6.3 输电的供给函数	166
6.3.4 节点电价的深入讨论	131	7.6.4 最优的输电容量	167
6.3.5 集中交易系统中阻塞风险的管理	135	7.6.5 约束成本与投资间的均衡	167
6.3.6 输电网的损耗	140	7.6.6 负荷波动的影响	169
6.4 输电建设成本的分摊	144	7.6.7 输电投资的回收	172
6.4.1 邮票法	144	思考题	174
		参考文献	176

第 1 章 绪 论

1.1 电力市场与电力系统经济学

自 20 世纪 80 年代末开始,许多国家的电力工业都在进行打破垄断、解除管制、引入竞争的电力体制改革,目标是建立电力市场,即建立通过市场竞争确定电力供需价格和数量的机制。毫无疑问,电力市场能够更合理地实现资源配置,提高资源利用率,对于促进电力工业与社会、经济、环境的协调发展作用巨大。

资源是稀缺的,如何充分利用并最大限度地生产有价值的商品是经济学的研究主题。即,经济学研究生产什么和生产多少、如何生产以及为谁生产。要回答这些问题,就要探求供给与需求的规律、研究生产原理和企业组织、分析企业的市场行为以及政府的经济职能等。当这种研究具体到电力工业,就成为电力系统经济学。因此,电力系统经济学要研究电力工业发、输、配电各环节如何协调生产、如何最大限度地发挥电力工业的效率,要将电力系统物理规律与经济因素统一考虑,不仅用电压、电流等物理量来衡量电力系统,而且要考察价格、成本和利润等一系列的经济信息,尤其重要的是,还要协调整个系统的运行。电力系统经济学的研究主题是与时俱进的。

在电力工业的发展过程中,运营体制并非是一成不变的,垄断也不是与生俱来的。实际上,在电力工业的早期,各发电厂及其供电用户自成系统,电厂的运营与一般工厂没有太大的区别,竞争是不言而喻的。自 20 世纪 30 年代开始,伴随着交流输电技术、变压器以及汽轮机技术的出现和发展,电力工业的规模经济优势逐步显现,大多数工业国家开始建立基于大规模电力系统的发、输、配一体的垄断式电力工业。发电厂互联后,系统就有了统一调度的可能,电力工程师面临着如何实现系统最优调度的挑战,这成为最早的电力系统经济学问题。法国学者早在 20 世纪 30 年代即开始了这方面的研究。系统规划、发输电投资以及电价制定方法等相继成为电力系统经济学关注的焦点。

20 世纪末,在西方经济全面解除管制的大背景下,电力工业的垄断变得格外引人注目,其弊病饱受争议;与此同时,随着电力工业技术的不断发展,发电的规模效应正在减退,电网越来越强壮,同时计算机、通信等相关技术也日益进步,进一步动摇了电力工业垄断的基础。一些经济学家注意到这些问题,并开始投身电力系统领域的经济现象和经济规律研究。1988 年,经济学家 F. C. Schweppe 提出了实时电价理论,电力工业市场竞争的理论基础由此建立,引发了一场世界范围的电力改革浪潮。竞争在电力工业中应该如何实现、竞争性实体和基础设施之间应如何协调、竞争环境下各方的经济利益如何平衡,这些问题推动着电力系统经济学研究进入了一个新的发展阶段。当前,电力市场已成为电力系统经济学的研究核心。本书将以电力系统经济学原理为基础,展开对电力市场化相关问题的探讨。

如前所述,电力工业的垄断经营在一定时期是有其合理性的,并且垄断模式运营的电力工业,对社会做出了不可估量的贡献。首先,电力已成为社会进步、人类生存不可

或缺的商品，据估计，通过输配电网输送的电力大约每8年增长一倍。同时技术的进步促进了发、输、配电可靠性水平的提高，以至于在很多发达国家和地区平均停电时间小于2min/a。目前，输电电压等级已超过1000kV，输电距离已超过几千千米，1000MW机组已经出现，并且发、输、配电与用户达到在线自动控制的水平。那么，为什么还要引入竞争呢？

随着电力系统规模的扩大，垂直一体化模式下的管理成本日益增加，经济学家认为其存在以下三方面的问题：①电力工业的垄断模式会抑制其高效率运营的积极性，会滋生一些不必要的投资；②垄断模式下电力工业运营不当带来的失误和产生的损失基本由用户承担，这是不应该的；③垄断模式下电力公司作为公用事业部门与政府联系太密切，往往受到不必要的干预，失去投资的活力。

竞争与管制下的垄断最大的不同在于由谁承担风险，这些风险包括：电力需求变化和价格波动的市场风险，设备故障停运和技术落后带来的技术风险，人员配置、设备维护与投资决策方面的管理风险以及信用风险等。在垄断模型下，用户是风险的主要承担者，虽然监管机构尽力监管投资决策，也会对出现重大失误的企业进行惩罚，但是用户仍不得不为很多的企业失误买单，如企业因采用落后技术而造成的效率损失，因高估需求而造成的发电容量过度冗余等。进入竞争市场后，发电商将成为自身运营风险的原始承担者。在技术进步、运行维护和建设投资方面的成功管理和决策会为他们带来丰厚的利润，反之，失误的后果也只能由他们自己承担。

曾经的一些传统垄断行业，如航空业、运输业、燃气业及通信业等，已经成功解除了管制。因此，虽然电力商品有其特殊性，但有经济学家认为这并不是不可逾越的，它应该而且能够和其他商品一样地对待。如果电力商品的供应能遵循市场机制，电价可能会降低，整个社会的经济效益会更好。

最后，也必须指出，虽然目前电能储存和分布式发电技术有所进步，但仍无法实现商业化运行，因此，大量的、长时间持续的电力供应仍需要由大型发电厂提供，并经输配电网输送给用户。这种技术基础决定了电力市场不同于一般商品市场的特殊性。于是，本书的内容这样安排：第2章给出经济学的基本概念，第3章和第4章集中讨论在理论上电能的生产是怎样从电力系统的运行当中分离出来的，以及电能如何在竞争市场上进行交易的基本经济思想；第5章和第6章集中讨论辅助服务问题，以及输电网对电能交易的影响；第7章集中讨论输电规划及投资的市场化问题。

1.2 电力工业运营的参与实体

在深入展开电力市场理论的讨论之前，先介绍一下在电力工业的运营中充当各类角色的公司和机构，市场中这些参与实体的作用与动机将在随后的章节里有更加详细的讨论。由于每个国家与地区的电力工业有着不同的运营模式、发展方向和发展速度，因此这些实体类型不一定会同时出现在一个市场中，而且在有些情况下，一些公司或机构也会同时兼具多个实体的功能。

1) 垂直一体化集团公司 (Vertically Integrated Utilities): 在一定地理区域内，垂直一体化地从事发电、输电及配电业务的电力公司。在传统管制方式下，这些公司建设自己的发电

厂、协调计划发电量和输电量，在所辖区域内实施电力供应的垄断服务。当所在区域的电力工业引入竞争后，这些电力公司的结构必然要进行调整，不同业务环节将加以分离；或者在更大范围的市场上，这些公司可作为市场一员参与竞争。

2) 发电公司 (Generating Companies, Gencos): 生产并出售电力的公司。另外也出售如系统频率调节、电压控制以及备用等辅助服务，以使系统能保持运行的安全稳定并保证电力供应的质量。发电公司可以拥有一个或多个发电厂。在发电与输电没有完全分离之前，独立于垂直一体化电力公司的发电公司又被称为独立发电商 (Individual Power Producer, IPP)。

3) 配电公司 (Distribution Companies, Discos): 拥有并运营配电网的公司。在传统模式下，配电公司对某一地域具有供电垄断权，接入该地域网络的用户只能接受本地配电公司的默认服务。在配电业务解除管制后，电力销售将从配电网的运行、维护及规划中分离出来，当地配电公司的销售子公司会成为零售商之一，与其他有资质的零售商一起加入电力销售竞争。

4) 零售商 (Retailers): 从批发市场上购买电力并销售给不愿意或者不被允许在批发市场参与交易的用户。零售商不必拥有发电、输电及配电资产，但部分零售商可能是发电公司或配电公司的附属公司。零售商的业务没有地域限制，它可以同时为接入不同配电网中的用户提供服务。

5) 市场运营机构 (A Market Operator, MO) 或电能交易所 (Power Exchange, PX): 负责组织供求双方实施电能交易的市场机构。他们运用计算机系统，根据买方和卖方提交的投标，匹配合适的交易量，并对成交的交易进行结算。一般情况下，MO 或 PX 运作的是独立的以盈利为目的的非实时市场，发电与用电瞬时平衡的实时市场则由独立系统运行机构 (ISO) 负责运营。

6) 独立系统运行机构 (Independent System Operator, ISO): 负责电力系统的安全稳定运行并向所有输电系统用户提供服务。之所以称其为独立的，是指在竞争环境下，他必须公平地对待每一个市场参与者，不从发电和供电市场获得经济利益。ISO 一般仅拥有计算机与通信设备，用以实现对电力系统的监控。某些市场模式下，ISO 在承担系统运行任务的同时也充当市场运营机构的角色。

7) 输电公司 (Transmission Companies, Transco): 拥有输变电设备，如输电线路、电缆、变压器及无功补偿设备等的公司。他们依照 ISO 的指令来管理这些设备。输电公司有时也拥有发电子公司，而没有自己发电厂的独立输电公司 (ITC) 可担任 ISO 的角色。

8) 监管部门 (The Regulator): 政府机构，负责保证电力市场运行的公平、公正、公开。他们决定市场的运行规则，调查、监督滥用市场力的可疑行为，同时也为垄断部门 (输配电网) 所提供的产品和服务设定价格。

9) 用户 (Consumers): 在市场环境下，用户被按照用电量的规模分为小用户 (Small Consumers) 和大用户 (Large Consumers)。小用户接入当地配电公司的网络，从零售商那里购买电力，当市场上有多家零售商时，他们有权进行选择。而大用户在电力市场中被赋予更多权力，可以直接从批发市场上购买电力。有些大用户直接与输电系统相连，并具备控制自身负荷的能力，可成为 ISO 用来控制系统运行的一种资源。

1.3 电力工业的运营模式

所谓电力市场化改革，即通过建立充满竞争和选择的运营环境以提高电力工业的整体效率。竞争使发电商或供电商有机会通过降低成本而获得更大的经济利益，而选择则有利于用户降低用电成本，增强竞争力。受电力工业发展历史及技术水平、经济和社会制度及发展状况等多种因素的制约，各国家和地区在是否进行电力改革、改革采取何种力度上有各不相同的决定，具体表现为电力工业发电、输电、配电和供电四个环节中垄断、竞争和选择的程度和形式多种多样。概括起来说，电力工业的运营模式从发、输、配电垂直垄断的管制状态到供、需双边全面竞争的高度市场化状态，其演变过程可以总结为四种模式。这些模式相互区别的关键点就在于电力工业各业务环节中引入竞争的程度以及谁有权选择竞争市场中的发电商，4种模式依次提供了逐渐增多的选择，也逐步缩小了垄断的范围。

1.3.1 垄断模式

垄断（Monopoly）模式是电力工业纵向高度集成的经营模式，如图 1.1 所示。其中，图 1.1a 描述的是发电、输电及配电全部一体化经营的电力公司；图 1.1b 中，发电与输电同属于一个部门，该部门向所在区域内一家或几家垄断经营配电部门出售电力商品。在垄断模式下，任何一个地区只有一家电力公司拥有和运营所有的发电厂以及输电和/或配电系统，并负责经营相关业务，但电力公司在行使专营权力的同时，也必须接受政府主管部门的管制，承担向服务区域内用户供电的责任和义务。这种模式并不排除不同地域电力公司之间的双边交易，如图 1.1 所示，这些交易仅发生在批发层面上，最初主要是为确保系统安全稳定运行的紧急功率交换，后来也逐步发展出经济功率交换。这种模式已存在了上百年，如今在世界很多国家和地区仍在沿用。

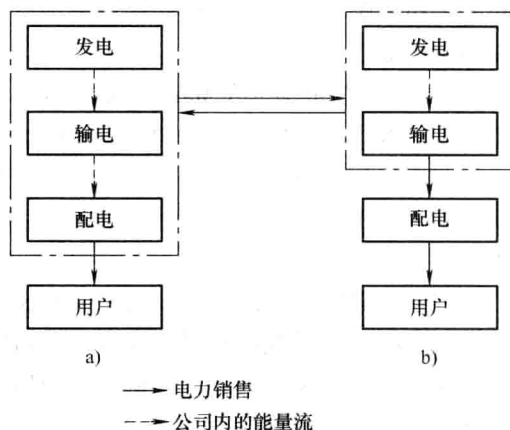


图 1.1 垄断模式

a) 电力公司完全垂直一体化

b) 配电业务由一家或多家公司经营

1.3.2 单一买方模式

单一买方（Purchasing agency）模式只允许有一个买电机构，即拥有输电网的电力公司，它向下对配电公司、向上对发电商同时具有买卖垄断权，其所设定的价格是受到管制的。图 1.2a 所示往往是这种模式的最初形态，是电力工业引入竞争的第一步，此时电力公司不再拥有全部发电容量，出现了独立发电商（IPP），它们将电力趸售给电力公司；图 1.2b 所示是单一买方模式的进一步演变，电力公司的发电业务全部分离出去，不再拥有任何发电容

量，他们向配电公司趸售的电力全部购买自 IPP，像图 1.1b 一样，配电公司可以是分离开的。单一买方模式中发电市场缺乏充分竞争所需的足够多买方，因此 IPP 的利益依赖于长期合约的设计，且这种模式竞争有限，仅仅在发电环节引入了竞争，难以形成自由市场经济的价格发现机制。尽管如此，单一买方模式毕竟迈出了电力竞争的第一步，而且在电力需求增长较快的发展中国家，常采用该模式作为吸引民间电力投资的重要途径。

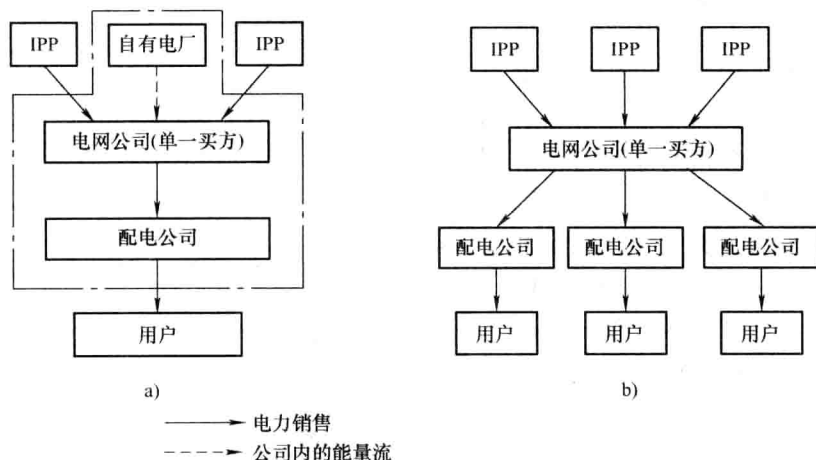


图 1.2 单一买方模式
a) 一体化模式 b) 分离模式

1.3.3 批发竞争模式

如图 1.3 所示，批发竞争（Wholesale competition）模式的特点是，出现了电能批发市场，在批发市场中配电公司可直接向发电商购电，大用户也被允许自主购买电力。批发市场可以是联营体或者双边交易的形式，详细内容将在第 3 章讨论。在批发交易的层面上，仍然需要集中进行的运作是实时平衡市场的运营及输电网络的运行。在零售层面上，系统仍将处于集中控制之中，因为配电公司不仅运营本地的配电网，在批发交易中也是代表它所辖区域内全体用户的利益。

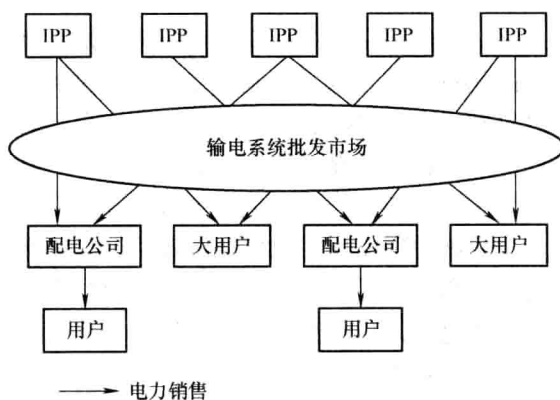


图 1.3 批发竞争模式

这种模式下，市场交易中有众多的卖方，同样也有足够多的买方，因此电能批发价格是由供给与需求之间的相互作用来决定的。但是，零售电价仍然要受到管制，这是因为大多数用户无权选择供电商，配电公司提供的还是垄断式服务。

1.3.4 零售竞争模式

零售竞争 (Retail competition) 是电力市场发展的最终模式, 如图 1.4 所示。在这种模式下, 所有用户都可以自由选择供电商。受交易成本的制约, 只有大用户才会直接从批发市场上购买电力, 中小型用户一般从零售商那里购电, 而零售商在批发市场上购电。此时, 配电公司的电网运营活动通常与电力零售活动分开, 其零售子公司可参与电力零售竞争, 但配电公司不再对其电网覆盖地区的电力供应拥有垄断权。这种模式中唯一保持垄断状态的环节就是输电网和配电网。

一旦充满竞争的市场建立起来, 零售价格将不再受管制, 因为消费者可以通过选择电价更便宜的零售商来保障自己的权益。从经济学角度来讲, 这种模式是最令人满意的, 因为电价都是通过市场机制作用而形成的。但是实现这种模式需要基础设施的支撑以及大量的复杂工作, 如计量、结算、通信与数据传输等配套设施的建设与运行。因为输电与配电网仍然是垄断的, 所以输电与配电费用仍需以管制为基础向参与者收取。

总之, 从经济学的角度看, 竞争无疑是对电力生产所涉及的资源进行最优配置的最好形式。与此相对的是, 电力工业仍存在不容忽视的规模效应, 对规模经济的追求很可能导致垄断难以打破或者竞争没有生存空间; 另一个问题就是电力工业横向和纵向分拆后将导致内部交易外部化, 特别是在许多发展中国家, 由于电力工业缺乏牢固的商业化运营基础及完整的商业经营法律框架, 产生的交易费用会非常高, 完全可能抵消竞争所带来的效益。两相权衡, 对于发展中国家, 在规模经济效益突出或交易费用过高的系统中, 会趋向于保持垄断经营, 或者采用单一买方型运营模式, 方便在发电侧吸引投资; 而对于工业发达国家来说, 则既有完善的电能计量和交易基础设施, 又有成熟的商业运营经验, 批发竞争模式和零售竞争模式会是更有吸引力的选择。

最后, 需要指出的是, 虽然在许多国家, 电力行业竞争的引入是伴随着电力工业的私有化改革一同进行的, 即政府首先把公有制的电力企业卖给私人投资者, 再在这些企业间开展市场竞争。但是, 由上述 4 种模式的讨论可见, 没有一种模式要求必须对应特定的所有权形式, 因此私有化并不是引入竞争的前提, 而电力市场发展的实践也已经证明, 公有制企业可以并且在很多情况下正在和私有企业进行竞争。

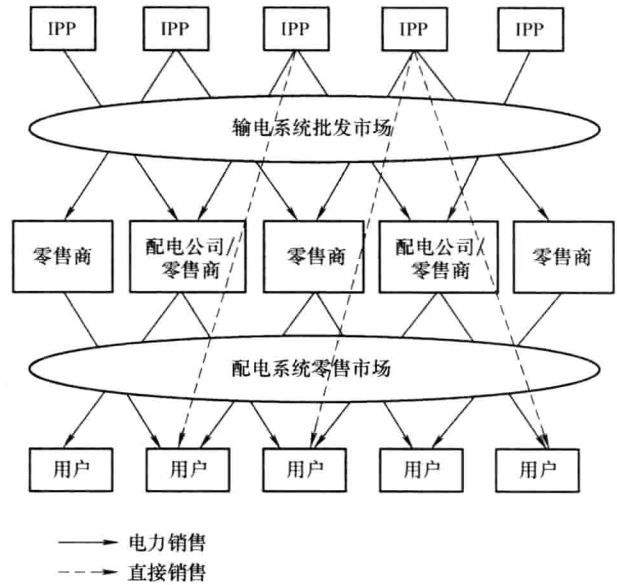


图 1.4 零售竞争模式

1.4 电力工业的市场化改革目标及制约因素

实施电力工业改革、建立竞争性电力市场是一个复杂的过程，其主要原因是改革有多重目标，而且相互之间有矛盾。这些目标主要包括：

- 用户希望低电价、高质量和服务安全稳定供电；
- 电力企业的股东希望得到较高的投资回报；
- 电力公司希望获得更大发展空间；
- 政府希望实施全国性的能源政策和与经济发展相适应的电力发展方针；
- 环境保护组织希望减少污染；
- 监管者希望能够通过竞争实现资源的最优配置。

一个国家或地区电力工业改革的具体实施方案必然是上述目标相互平衡的结果，这需要根据各地经济发展的不同阶段和电力发展的不同水平，明确改革的主要目标和次要目标后加以确定。

一般情况下，工业发达国家电力富裕，用电增长缓慢，对电力增容需求不大，因此推动他们开展电力改革的首要动机是降低电价，提高效率，为用户提供更多的选择，同时确保系统的安全性和可靠性。而发展中国家往往对新建和扩建电力设施所需的资本具有很大的需求，而且因缺乏健全的机制造成的电价交叉补贴现象严重，用户承受电力改革成本的能力有限，因此发展中国家电力改革的首要目标是吸引电力投资，建设充足的发电容量和扩建、升级电力设施，提高系统的安全性和可靠性；降低电价，提高效率和为客户提供更多的选择则变得相对次要。因此，不同经济和技术发展水平的国家，电力改革的道路是不同的。

电力工业改革目标的实现受到多种因素的制约，其中最主要的，一是改革旧体制的代价，二是对系统安全可靠性的保证。电力市场改革必然伴随着对电力工业旧体制的一系列横向和纵向拆分，诸如资产拆分、人员安置、合约履行等，出现问题和付出代价是难以避免的，每个国家和地区都要承担。

改革对系统安全可靠性的影响应从两方面加以考虑：系统实时运行的安全性和发、输电设施扩建的充足投资。不容置疑，电力工业的垂直垄断模式在协调系统各部门的运行方面有着突出的优势。例如，输电网的检修可以与发电机组的检修一起安排来减少输电阻塞的发生；通过规划可确保输电容量、电网拓扑结构与发电容量、机组地理位置相适应。引入竞争就意味着放弃集中的控制和协调的规划方案。

对于系统实时运行而言，已经有足够的证据表明，厂网分开、发电竞争并没有必然地降低整个系统的稳定性水平，但很难证明的是，竞争的电力系统比集中管制的电力系统运行效率更高。问题的关键是，在利益驱动下市场参与者更好地进行管理所带来的个体效益的提高是否足够补偿在市场参与者之间进行协调的成本。本书第3~6章将分别从电能市场的结构及运作、市场参与者的特性、辅助服务市场的作用及运作，以及输电网对电能交易的影响及协调机制等方面对此展开讨论。

市场环境下，发、输电设施投资将由市场参与者而不是垄断企业的独家规划机构来决策：一方面，各市场参与者追求利润最大化而做出的投资决策，将会避免垄断企业易于出现的过高估计所需要的发、输电容量大小，令消费者不得不为不必要的投资买单的现象；另一

方面，市场参与者根据市场价格决定是否建设，在何处、何时建设以及建设什么，可能难以保证发、输电能力的平稳增长，难以协调电厂建设和电网建设的同步发展。同时，输电及配电网至今为止被认为是具有自然垄断性的，拥有两套独立的、竞争的输电网络及配电网显然不现实，而且基于经济性与可靠性上的考虑，所有线路、馈线及其他设备都应该接入同一个系统。因此，输电设施投资的另一个争议问题是，是否所有的输变电设备必须由一家公司拥有。发、输电投资问题将在第7、8章详细讨论。

1.5 国内外电力市场的发展状况

1.5.1 国外电力市场的发展状况

自20世纪80年代中后期起，世界各地的电力市场建设已经走过了20多年。除非洲和亚洲部分国家以外，世界上大多数国家，不论是发达国家还是发展中国家，都已经或正在进行电力工业的市场化改革。由于各国的国情不同，改革的背景也不尽相同，因此在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，建立竞争机制的过程中，改革的力度和推进改革的方法上存在差异。

电力工业的市场化改革需要解决体制、机制、技术和利益分配等诸多方面的问题，不可避免地要经历一个不断探索和逐步完善的过程，各国的电力市场实践中蕴藏着丰富的成功经验和失败教训。本节对欧、美、俄罗斯等国家和地区比较有代表性的电力市场进行介绍。

1. 英国的电力改革

英国是电力市场化改革的先锋，其改革始于撒切尔时代。撒切尔夫人坚信“市场万能”，上台后力主减少政府对经济的直接干预，进行了一系列国有行业私有化改革。英国输电系统由英格兰和威尔士系统、苏格兰系统和北爱尔兰系统三部分组成。改革前，各区域的电力工业由地方政府实施纵向一体化垄断式管理经营。1988年2月英国发表《电力市场民营化》白皮书，拉开了电力市场化改革的序幕，电力工业逐步完成了结构调整和私有化。改革后，在英格兰和威尔士地区，原国营的中央发电局拆分成三家发电公司和一家高压输电公司，配电系统也重组成12个地区配电公司。

英国的电力市场改革主要经历了三个阶段：电力联营体（Electricity Pool）模式、新电力交易协议（New Electricity Trading Arrangement, NETA）模式、英国电力交易和传输协议（British Electricity Trading and Transmission Arrangement, BETTA）模式。英格兰和威尔士电力联营体于1990年3月31日开始交易。电力联营体是一个强制性的、单边的日前市场，从1998年起，开始允许大于1MW的用户选择供电商。电力联营体的电价和发电计划由发电商的复合标竞价确定，为了克服市场电价波动带来的不确定性，电力联营体中的电能交易一般都附带一个金融合同，最常见的是差价合同。计划电量和实际电量之间的不平衡量所产生的费用由所有的市场参与者分摊，而且用户必须支付一定的容量费用。市场运营机构和系统运行机构的职能没有完全分开，市场由所有的市场参与者共同管理。电力联营体的运行总体上是成功的，但仍存在一些问题主要有电价波动较大、电价制定方法复杂而且透明度低、用户不能直接参与电价的制定过程等。因此，2001年3月27日，NETA施行，英国电力改革进入第二阶段，以多个市场和双边合同取代强制性电力联营体。NETA设有远期合同市场、期

货市场和短期现货市场，大多数电能交易是电能交易商在电能交易所通过自由谈判以双边合同形式进行的。为消除供需不平衡，NETA 还设计了调节发电和负荷运行水平的平衡机制，并提供一种接近实时的结算机制针对市场参与者的合同电量和实际电量之间的偏差量进行定价和结算。2004 年 7 月，BETTA 推出，旨在将英格兰和威尔士（E&W）地区成功的电力市场模式扩展到苏格兰，打破苏格兰发电领域内的行业垄断，建立以 E&W 模式为基础的统一电力交易、平衡和结算系统，并统一输电定价方法和电网使用合同体系。2005 年 4 月 BETTA 正式实施，英国输电系统的三部分合并为一体，由国家电网天然气公司经营。

英国电力工业的监管机构（Office of Gas and Electricity Markets, OFGEM）是一个独立于政府的组织，同时监管天然气和电力两个市场，对电力工业的监管主要依据电力法的授权，为发电、输电、配电和供电等各类业务活动颁发业务许可证，监督这些许可证相关条件的执行情况，并且对违规行为有权作出处罚。

2. 美国的电力市场建设

改革前，美国的电力工业基本上是地区性垄断经营的，但电力公司并非国营性质。最初的改革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，如加利福尼亚州、宾夕法尼亚州、纽约州等，工业用户、独立发电商和可能的市场参与者们迫切希望通过引入竞争，促成零售价格的显著下降，以享受到批发市场中的低电价。

1996 年，联邦能源管理委员会（FERC）出台了 888 号和 889 号法令，详细规定了电力公司开放准入的输电服务价格和辅助服务价格，并且规定发电和输电必须从功能上分离，无歧视对待所有的发电商。这些法令的颁布对美国一些地区电力市场的形成产生了积极的促进作用。针对输电网开放实践中出现的问题，FERC 又提出发展地区输电组织（Regional Transmission Organization, RTO）（1999 年 2000 号法令），可以在提高供电可靠性、消除准入歧视、改善市场效率，以及便于政府监管等方面获取最大的区域效益。

美国目前已经形成的有组织的电力市场区域包括：新英格兰（ISO - NE）、纽约（NYISO）、PJM、德克萨斯（ERCOT ISO）、加利福尼亚（CAISO）、中西部（MISO RTO）和西南部（SPP RTO）等，其他如东南部、西北部等区域有组织的电力市场正在酝酿或发展，但尚未成型。在所有的区域中，目前都存在短期的双边电力交易，主要是日前双边交易，用以满足下一天的负荷需求。在有组织的电力市场区域内，则存在着日前市场和实时市场，所有的 ISO 和 RTO 都不组织长期电力交易市场，所有的长期交易均以双边合同形式实现。美国各市场的发展并不统一，有成功的经验，也有失败的教训，北美地区最大的互联电力系统 PJM 和加利福尼亚州是两个典型的代表。

加利福尼亚州放松电力管制后，2000 年夏季出现了规模空前的电力危机，停电警报频发，批发电价飞涨，供电公司入不敷出、濒临破产。危机的根源，除了天气异常炎热、燃料价格上涨等客观原因外，电力市场的设计缺陷是不容回避的因素。与世界其他市场相比，加利福尼亚州市场最大的一个不同点是缺少合同或其他形式的长期供电协议：三大电力公司被强迫出售 50% 的发电容量，同时不允许与任何发电商签订任何长期稳定的供购电合同，必须 100% 从现货市场购电。这样，加上市场冻结对最终用户的零售价格，当批发市场价格大幅波动和上涨时，电力公司必然面临价格倒挂，最终因财政入不敷出而申请破产保护。保证电网用电增长需要的系统容量增加和输电线路扩建责任不落实，寄托于市场的自我调节，也是导致该州供电紧张、电价上涨的重要原因之一。加利福尼亚州的电力危机引发了电力专