

DANG LIANG
DIAN JIA YU RONG ZI
CHONG ZU

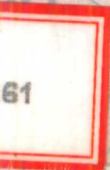
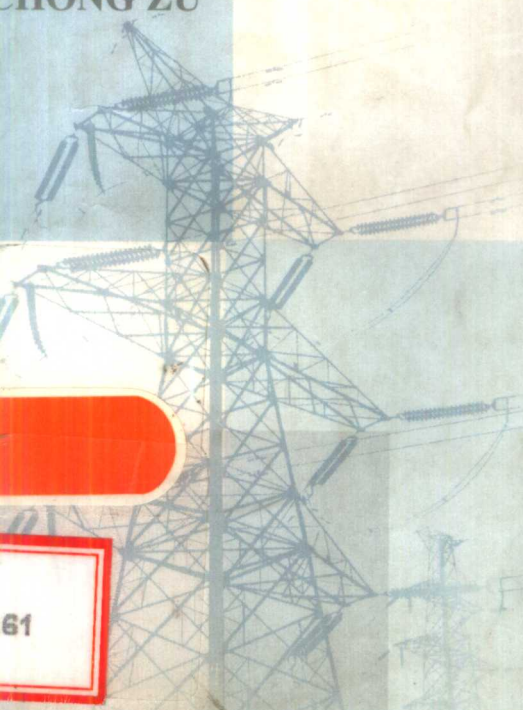
DANG LIANG
DIAN JIA YU RONG ZI
CHONG ZU
言茂松 著

当量电价与融资重组

——我国电力市场的理论与方法之一

DANG LIANG
DIAN JIA YU RONG ZI
CHONG ZU

DANG LIANG
DIAN JIA YU RONG ZI
CHONG ZU



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

当量电价与融资重组

—我国电力市场的理论与方法之一—

言茂松 著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书为适应我国开放电力市场的急需而出版,在吸取国际先进理论与经验的基础上,从我国实际出发,发展了一组适合国情的电价理论和方法,以及相应的融资重组的改革框架。

本书十分强调结合中国实际,并有可能在实际中应用,因此只要对电力市场有兴趣的人都可择需一读,例如有关专业的学生、教师和研究人员;电力公司、发电公司、投资公司以及政府的有关领导、工程技术人员、财经与法规管理人员,包括计划、调度、自动化、财经、政法等人员;特别是有望成为未来电力市场新的职业与岗位上的报价员、交易员、操作员、程序员、结算与统计员、市场分析师、投融资管理人员、政府的监管官员等。

图书在版编目(CIP)数据

当量电价与融资重组:我国电力市场的理论与方法之一/言茂松著
—北京:中国电力出版社,2000

ISBN 7-5083-0407-1

I. 当… II. 言… III. 电力工业-市场学-理论研究-中国
IV. F426.615

中国版本图书馆CIP数据核字(2000)第42475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>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2000年9月第一版 2000年9月北京第一次印刷

850毫米×1168毫米 32开本 6.625印张 171千字

印数0001—3000册 定价 15.00元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本社 印, 我社发行部负责退换)

前 言

1988年，国家自然科学基金在支持我们立项研究电力市场的时候，谁也没有想到10年后的1998年，中国的电力市场竟然成了一个热点。这自然有其不以人们意志为转移的国内外条件和环境，但同时也给我们提供了一个百年不遇的机会。1998~1999年我曾10余次被邀请到国家计委、国家经贸委、国家电力公司及其所属的若干大区集团电力公司和省市电力公司，以及华能、申能等电力投资公司演讲，汇报我们的研究成果并听取意见和讨论；同时，出版了我的专著：《电能价值当量分析与分时电价预测》，以及发表了一系列相关的论文。与此同时，在国家电力公司领导下各省市电力公司开展了模拟电力市场研究，又在国家经贸委领导下开展6个省市厂网分开、竞价上网的试点，不少省市电力公司还投入成百上千万人民币开展电力市场技术支持系统的研制和我国电力市场的模式、规则和定价方法的研究，某些省市还宣布，在2000年，电力市场“开锣”，一时间似乎中国电力市场马上就要进入快车道。

然而在两年后的今天，人们冷静下来发现，中国的电力市场还有一些更大的涉及全局战略性问题需要解决，它不同于一般科技，面对我国电力工业的实际，需要有大视野、大战略，也需要有新思路、新理论、新方法。我们把它称作“大电力市场”问题。基于我们的研究，1999年底我曾向国务院提出了四项建议：

- (1) 改计划行政审批的集资办电，为计划指导下风险制约的市场化集资办电；
- (2) 取消上网电价的双轨制，推行容量投资成本参于竞争的

当量电价体制:

(3) 建立新的电力融资基金, 开辟多种电力融资渠道, 新老电厂重组并互动发展:

(4) 明确国家阶段目标和进程, 强化中央政府推动和领导, 自上而下配套整体推进。在国务院下设电力工业改革领导小组, 并逐渐过渡到电力工业的国家监管机构。

本书将会告诉你, 这一改革方案不是以损害市场成员任何一方(集资新厂, 国有全资老厂和国家省市电力公司)的基本利益为代价。例如: ①集资新厂仍可短期还贷并继续鼓励投资, 即政策上有较好的连贯和持续性, 但集资新厂要“断奶”, 自主经营、自担风险, 也获得了新的市场机会场, 并成长为真正的 IPP(独立电力生产人), 更重要的是, 开始了市场化集资办电的新时期; ②国有全资老厂将用当量电价中的容量收益, 盘活存量资产, 包括资本和资产的运作, 并趁机推行现代企业制度搞活国营电力企业; ③在电力库联营并展开充分竞争、上网电价降下来之后, 在销售电价受到管制并固定的情况下, 国家省市电力公司有可能是最直接的受益者, 作为电力改革的领导者和组织者的政府, 如果能在政策和措施上, 掌握和运用好上述内在的利益驱动力, 调动各方改革的积极性, 那么不仅可以大大减少改革的阻力, 而且有可能形成合力, 促进我国电力市场健康发展, 因为市场化改革中的利益驱动(短期和长期)是不可忽视的社会力量。这一改革方案能调动各方积极性, 而它的理论基础和系统框架正是介绍的内容。

所谓整体推进, 不是齐步走, 而是投资、电价、融资和重组配套同步改革, 例如, 改计划行政审批的集资办电为市场风险制约的集资办电, 不仅涉及投资体制的改革, 而且必须同时建立一个与之配套的、科学和公平的电力现货交易市场, 否则投资的风险制约就成了空中楼阁。又例如, 在采用容量投资成本参与平

等竞争的当量电价体制之后，新老电厂之间必须同时开辟融资渠道，既保证新厂的短期还贷，又盘活国有老厂的存量资产，实现互动发展等等。不难理解，这么大的事情没有国务院的直接领导是不可想象的。也不难理解，其中当量电价法和融资重组只是一个事关全局的切入点。我国的电力工业的市场化改革迫切需要我们自己的理论和方法，正是基于这些考虑辑写了本书。

1998年出版的《电能价值当量分析与分时电价预测》一书，只能反映我们1997年以前的研究成果。三年后的今天，不仅国内外电力市场的形势有了很大发展，而且我们的研究也有了很大新的进展。这些进展主要是听取了电力工业界和有关政府的意见，使电能价值当量分析方法简化和实用化，并且把它置于我国大电力市场环境下，对电力的投融资和产业重组的框架做了论述，而且更加有针对性地结合了中国的实际。不要以为简易化和实用化是件简单的事情，事实上在概念、理论和方法上都有了很大新发展。例如准当量与虚拟机组的概念、期望边际机组与运行备用辅助服务定价、输电服务的网嵌入边际成本定价、新老电厂融资重组等领域都有了很多最新进展。甚至建议读者先阅读本书，而不必从阅读《电能价值当量与分时电价预测》一书开始。因为这本书展现的是一个更大的视野（大电力市场）和一套更加切实可行的理论和方法。如果你觉得在某些基本概念和方法上，还不很掌握的话，例如关于边际成本、影子成本以及电力系统可靠性、随机生产模拟技术等基本概念和方法还需要学习的话，不妨回过头再去翻阅《电能价值当量与分时电价预测》一书更好。

本书实际上包括了三大部分：①适合国情的发电竞价上网的当量电价法，包括简易当量电价法（第3章），实用当量电价法（第4章），运行备用辅助服务的当量电价法（第5章），以及水电参与竞争上网的当量电价法（第6章）；②适合国情的输电与过网服务定价方法，即网嵌入的边际成本输电与过网定价

方法（第 7、8 章）；最后，也是一个非常重要的内容，③我国电力工业市场化重组的发展进程、问题和特点（第 1、2 章），以及我国电力工业的市场化重组的改革框架（第 9 章），这个改革框架是建立在当量电价的基础上的。

本书的内容都是我们近年来的研究成果的总结，从而可归并为专著一类，因而可能引起有关电力市场的研究人员和学生的兴趣。但是如上所述，这些研究趋向于更实用化和更加结合中国的实际，因而更加可能的是，会引起有关电力市场的政府官员、公司领导、工程技术人员、财经与政法管理人员等方面的兴趣，这就构成了辑写本书时考虑的主要读者对象。本书适于自学，但也可以以此为教材，组织 1~3 周的专题讲座与研讨。

国家自然科学基金 12 年来三次立项，支持我们研究中国的电力市场，不仅是卓有成效的，而且也是卓有远见的。没有国家自然科学基金的长期支持，特别是在那 1988~1997 近 10 年的冷板凳，要在今天向读者献出这本书是不可能的，在此向国家自然科学基金委员会和曾直接或间接支持帮助过我们的专家和官员们表示衷心的感谢。同时也应当感谢我的两位学生李晓刚和辛洁晴，他们的研究成果已经直接编入这本专著中，其中李晓刚参加了第 3、4、5、6 章的编写，辛洁晴参加了第 8 章的编写，此外李晓刚还完成了全书的排版，这为本书出版提供了方便，在此一并表示感谢。

限于学识和条件，而且多少还涉及一些敏感问题，书中难免有一些不足甚至不妥和错误之处，恳请各方不吝赐教。

言茂松

于上海大学，2000 年 9 月

目 录

前言

第 1 章 从国家垄断走上市场的中国电力工业	1
1.1 40 年的国家垄断, 40 年的电力短缺.....	1
1.2 电力供求关系发生了重大变化.....	2
1.3 促使中国电力工业大发展的两大解除管制政策.....	3
1.4 投资领域解除国家管制后逐渐 出现了一系列新的问题.....	4
1.5 中国电力工业开始走上市场化时的四个特点.....	6
第 2 章 现有流行的定价体制	8
2.1 两部制电价对我国电力市场的导向是错误的.....	9
2.2 英国电价体制的启示与问题.....	13
2.3 我国推行单一电价体制的条件还不成熟.....	16
第 3 章 自报容量成本两段排序的简易当量电价法	19
3.1 准当量、虚拟机组和可行域.....	21
3.2 简易当量电价法的设计思想——极大极小 两段排序法.....	23
3.3 简易当量电价法的算法实现.....	27
3.4 简易当量电价法的机理分析.....	32
3.5 算例.....	34
第 4 章 自动评估影子容量成本的实用当量电价法	39
4.1 实用当量电价法的基本模型与算法.....	40

4.2	算例	43	
4.3	实用当量电价法与简易当量电价法的比较	46	
第5章 我国运行备用辅助服务市场及其概率学当量			
	电价法	49	
5.1	适合我国电力市场初级阶段的发电主市场	50	
5.2	适合我国电力市场初级阶段的运行备用辅助服务 市场	52	
5.3	等值负荷曲线与期望利用小时数	56	
5.4	计入运行备用辅助服务的概率学简易当量电价方 法的原理	59	
5.5	计入运行备用辅助服务的概率学简易当量电价方 法的算法	61	
5.6	算例	66	
第6章 水电参与竞争上网的水电当量电价法			72
6.1	电力库联营情况下水电站的竞价上网	73	
6.2	电力库联营次日交易的水电调度与定价方法	76	
6.3	水电分段插入方法	79	
6.4	水电站的收支平衡问题	81	
6.5	水电竞争上网当量定价方法的若干讨论	82	
6.6	说明性算例	87	
第7章 输电与过网服务及其定价问题			101
7.1	输电与过网服务定价是完善电力市场的关键	101	
7.2	输电与过网服务定价的基本要求	103	
7.3	现有输电与过网服务定价方法中的问题	104	

7.4	我国输电与过网服务定价的特点和要求	107
第 8 章	网嵌入边际成本的输电与过网定价方法	109
8.1	建模的几个基本思想	109
8.2	网嵌入边际成本的输电与过网定价方法 (GEM) ...	112
8.3	弹性收支平衡机理	118
8.4	算例分析	121
第 9 章	中国电力工业的市场化重组	130
9.1	取消上网电价双轨制, 推行当量电价体制	131
9.2	建立新的电力基金, 开辟多种融资渠道, 促进新老电厂资产重组	135
9.3	用当量电价中的容量收益促进国有全资 老厂改制, 搞活国有电力企业	141
9.4	改计划行政审批的集资办电为计划指导下 市场风险制约的集资办电	142
9.5	我国电力市场的结构选择与体制改革	145
9.6	强化电力工业改革的国家领导, 建立电力 监管机构与国家监管体制	155
9.7	我国电力工业市场化改革方案的小结与评述	158
附录 A	电力不足概率 <i>LOLP</i>	166
附录 B	发电机组的短期强迫停运率 <i>S-FOR</i>	175
附录 C	发电系统随机生产模拟简介	180
附录 D	传送分布系数 $T_{i,j,b}$ 的定义与计算	196
	参考文献	199
	后记	200

第 1 章

从国家垄断走上市场 的中国电力工业

1.1 40 年的国家垄断，40 年的电力短缺

中国电力工业长期在国家垄断体制下执行计划经济管理。中央政府通过原电力部（或原水利电力部或原能源部）和财政部及其所属机构，直接掌管电力项目的建设资金投入及其审批；同时制定分类的销售电价。电力销售的收入大部分上交国家和地方政府，实行收支两条线的财务管理，同时实行逐级的审计制度。各级电力部门不是作为企业经营，而是作为社会公益事业管理。

这一体制在 20 世纪 50 年代，国家经济处于恢复时期曾经起到了积极的作用；电力工业有计划地建设和运行，支援了国民经济的发展；电价不高，广大老百姓受益。但是 50 年代后期即出现了电力的短缺，而且一直持续了近 40 年，短缺量在 10%~15% 左右，几乎没有备用可言，所谓的计划用电其实就是有计划的“拉闸限电”。电网的运行质量，经济性和可靠性都没有充分保障。虽然大型水电、火电不断在建设，但是始终赶不

上经济发展的需要，资金的短缺成为电力工业发展的主要瓶颈。

1.2 电力供求关系发生了重大变化

20 世纪 80 年代初，在改革开放的大环境下，由政府推动，执行若干特殊的政策，对电力工业的发展产生了明显的效果，在 90 年代保持了高速增长。从 1991~1997 年的 8 年间，发电容量的平均增长率高达 9.6%，每年平均发电容量增加 16480MW，也就是全国发电装机容量 8 年间翻一番；到 1995 年首次超过 200GW（2 亿 kW），达到 217.22GW，其中燃煤火电占 75.01%，水电占 24.02%，核电占 0.96%；到 1998 年底总装机容量已超过 270GW（2.7 亿 kWh）。同时电能的生产也同步快速增长，到 1995 年首次超过 1000TWh（1 万亿 kWh），达到 1006.9TWh，其中燃煤火电占 80.18%，水电占 18.55%，核电占 1.27%；到 1998 年总的电能生产已超过 1250TWh（1.25 万亿 kWh）。相应的电能消费占一次能源消费的比例由 1980 年的 20.6% 增加到 1995 年的 29.58%。与此相适应的高压和超高压输电线路也快速扩展，全国 220kV 的输电线由 1991 年的 77454km 扩展为 1997 年的 122270km，500kV 的输电线由 1991 年的 7981km 扩展为 1997 年的 13635km。到 1998 年下半年总体上结束了长达近 40 年的电力短缺，并在大多数地方出现了电力的相对富裕。中国电力工业到 90 年代末供求关系发生了重大变化。然而中国的人均装机容量仅为 0.2kW，人均年用电量仅为 918kWh。这大体上是世界平均值的 1/3，是发达国家的 1/7~1/10，因此总体上仍属于发展中国家水平。

1.3 促使中国电力工业大发展的

两大解除管制政策

促使中国电力工业大发展的是两项解除管制的政策，其一是所谓“集资办电”方针。长期困扰中国电力工业的问题是资金的短缺。为了调动各省市投资建电厂的积极性，1984~1986 年国务院会同有关部门颁布了一系列文件，不仅开放而且鼓励地方省市以各种方式投资建发电厂。其优惠政策包括：①这一类集资新厂允许实行按个别成本为基础的审批电价，由投资方提出核算依据，由有关政府部门审批；②在政府担保下允许以 14%~17% 的还贷利率在 10~15 年的短还贷期内还本付息并进入电价，这就允许集资新厂以高出国有老厂电价一倍以上的高电价由国家电力公司购买；③在政府担保下，国家电力公司允诺机组年利用小时数不低于 6000h，这就意味着国家电力公司不仅支付高电价，而且全部购买。因此虽然资金可以来自多种渠道，但是完全没有引入竞争机制。这种超常优惠和零投资风险在国际上也是少有的。

促使中国电力工业大发展的另一政策是由政府直接培育了一大批电力投资公司。自 1986 年开始，国家逐步停止了电力建设的拨款，而改为贷款，即所谓的“拨改贷”；并利用这些资金建立起了若干国家级的电力投资公司，例如华能集团、中电国际等。另一方面，自 1986 年开始试点，1992 年国务院发文，在工业用电中每千瓦时加收 2 分钱的电力建设基金，其中 1 分钱归国家电力公司用于电力建设，另 1 分钱归各省市地方用于电力建设；各省市也乘机再加收 1~4 分钱的电力建设基金。当时的电

4 当量电价与融资重组

价名目繁多，甚至有些混乱。1990 年的售电平均电价大约为每千瓦时 10 分钱（0.10 元/kWh），而与华能集团合资的电厂的上网电价在每千瓦时 20 分钱以上。虽然随电价水平的不断上涨，提取电力建设基金的比例在下降，但是在当年这个比例是不低的。用这笔资金各省市成立了一大批地方的电力投资公司如申能集团、鲁能集团、山西地方电力公司等。因此政府利用行政手段，用老百姓的钱，跨越了漫长的原始积累，直接培育了中国式的独立电力生产人（IPP），而成为促进中国电力工业化重组的生力军。

1.4 投资领域解除国家管制后逐渐 出现了一系列新的问题

在上述直接鼓励电力投资政策的推动下，经过 10 余年的大发展，到 1999 年中国电力工业告别了长达 40 余年的短缺，而出现了全国性的供大于求。同时上述集资办电等政策到 90 年代末也逐渐出现了一系列问题，这些问题主要可归纳为 3 个方面。

（1）计划审批投资体制下，发电机的投资成本居高不下，并有逐年上涨难以控制的趋势，增加了社会负担。集资办电鼓励多种渠道投资，但至今仍实行以个别成本为基础的国家审批制度，推行如上所述的超常优惠和政府担保下的零投资风险政策。开发商将各种开支打入成本，一旦批准则坐收本息，从而使发电机的容量成本居高不下。在电力供求矛盾缓解甚至供大于求的情况下，国家电力公司已无法保证全部高价收购，原先的 6000h 年利用小时数的允诺无法实现。自 1998 年开始各大电力投资公司连年亏损，这既损害了国家信誉，又使摩擦争议不断。

(2) 原隶属于国家电力公司的国有全资电厂(老厂)在逐渐萎缩。由于这些国有全资老厂没有还贷任务,上网电价中不包括任何容量投资成本,而只计入电量生产成本,其电价是集资电厂(新厂)的一半以下。在市场公平竞争条件下,这原来是它的优势,但是在电价和生产计划审批体制下成为它的劣势,国有全资老厂的资产完全没有了保值增值的能力而逐渐萎缩。加上国有全资老厂不是独立核算的经济实体,在垄断体制下长期实行“大锅饭”体制,单位容量的人员数是集资新厂的5~6倍,人员负担沉重,一旦厂网分开,独立核算,问题将表面化,这些国有全资老厂的出路何在,将成为新时期的一个重大政策导向问题。

(3) 电价的双轨制使调度失去经济原则,无法做到公平、公开和公正,电力资源浪费严重。电力需求是有限度的,而且无法大规模长时间储存。按电力资源充分利用原则,高效的集资新厂机组应优先上网,从而有较高的利用小时数;但是按市场原则,没有还贷任务,低电价的老厂机组应优先上网,从而也应有较高的利用小时数。争抢利用小时数成为电网调度的一大难题,于是集资新厂拿着政府文件告状,而国家电力公司为了购买更多的廉价电力,出于其自身的利益,通过手中掌握的调度权,“保护”自己的国有老厂,而被人指责调度不公。由于存在上述非常悬殊的电价双轨制,某些省市为了保护地方利益,保证按期还本付息,宁可让高煤耗、高污染,电价高达0.6~0.9元/kWh的小型火电昼夜满发,而坚持不购买邻域便宜的火电或水电,以致于弃水甚至冲毁防波堤。也是由于上述非常悬殊的电价双轨制,某些省市阻碍省际间的电力交换,省际潮流越来越小,造成电力资源的严重浪费。

1.5 中国电力工业开始走上市场化时的四个特点

这些矛盾的暴露，说明从投资领域开始，投资主体的多元化和利益主体的多元化，使电力的垄断体制受到了重大冲击，急待建立公平竞争的电力市场新秩序。纵观上述过程，中国电力工业开始进入电力市场时有如下特点：

(1) 解除了国家对电力投资的管制，投资主体出现了多元化，但是却完全没有引入竞争机制，这一点西方人士颇难理解。

(2) 由政府直接培育了一大批中国式的独立电力生产人（IPP），而没有西方很多国家曾采取的出售国有电力企业的私有化过程，这是一个重要的中国特色，相应的中国式的独立电力生产人，在法制化、市场化程度上都还很不成熟。

(3) 集资新厂和隶属国家电力公司的国有全资老厂成为两大类经营模式与利益集团，相应执行电价的双轨制，这是一个重要的中国国情。

(4) 各地的差异比较大。有的地区较早推行集资办电，已有不少集资新厂完成或即将完成还贷任务；而有的边远地区才刚刚开始推行集资办电，某些机组一投产就面临需求不足和全面亏损局面。有的集资新厂独立经营与核算，而有的集资新厂甚至委托国家电力公司或其下属公司营运。10年前还没有资本金制度和规范的公司法，加上政企不分，造成所有权、产权、债权和经营权上的模糊不清及五花八门的资产经营结构。有的系统利用集资办电政策，发展了一大批高煤耗、高污染，但投资成本低的小火电，甚至已占该地区系统总装机容量的 1/2；有的系统利用集资办电集中力量发展大型燃煤火电机组，结果发现系统调峰容量不

足，影响了系统的经济性与可靠性。还有的系统在国家支持下大力发展水电，但是参照火电机组的投资政策，也实行高利率、短期还贷政策，以至于造成水电电价比火电电价还要高，使水电的销售受到阻碍等等。

中国电力工业的市场化重组一开始就遇到了重大困难，某些困难在世界上也是没有先例的。它不仅涉及投资体制和定价体制，而且还涉及政企分开后的国家与地方的管理体制，发输配解捆后的各级交易体制与调度体制，还涉及解除国家管制后的国家对电力市场的宏观调控与微观监管体制，相应的还有一系列法律与法规的建设等等。

我们将在以下几章，先介绍适合国情的几类发电上网当量电价法，包括简易的、实用的、运行备用辅助服务的和水电的；继而介绍了一个适用于发展中电网的输电定价模型与算法；最后，在当量电价基础上，介绍了一个有关我国电力工业融资和重组的市场化改革方案。它虽然还没有实施，也需要充实和改进，但是或许它是目前能较好解决上述各项矛盾，并建立具有中国特色的电力大市场的一个好方案，或许也是一个最有希望的改革方案，我们确信，对其他发展中国家也有参考价值。