

PEMT

电力经济与管理译丛

# 竞争性电力市场 模拟定价机制

[英] Derek W. Bunn 主编  
本书翻译工作组 译

MODELLING  
PRICES IN COMPETITIVE  
ELECTRICITY  
MARKETS



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



电力经济与管理译丛

# 竞争性电力市场 模拟定价机制

[英] Derek W. Bunn 主编  
本书翻译工作组 译

**MODELLING  
PRICES IN COMPETITIVE  
ELECTRICITY  
MARKETS**



中国电力出版社  
www.cepp.com.cn

## 内 容 提 要

本书是《电力经济与管理译丛》中的一册,全面介绍了竞争性电力市场模拟定价机制。全书共有15章,分别是:竞争性电力价格的结构和行为为基础;竞争者对西班牙日前市场的市场模拟的反应;电力市场补充性均衡模型;英国发电市场中横向并购的价格影响;对西班牙电力联营机制中每周季节性单位根的测试;对艾伯塔放松管制的电力市场非线性时间序列的分析;以分位数为基础的电力价格概率模型;对阿根廷当日现货市场时间变化的协方差矩阵预测;美国西部电力现货市场相互动态影响的分析;澳大利亚电力现货市场电价及其波动的传播;应用中期均衡经济学和供应保障的价值预测电力的高阶矩定价;北欧市场电力远期曲线动态模型;远期曲线的动态性和市场转变预测;风险利润管理下的价格模型;预测天气变化密度对天气衍生工具和电价的影响。

本书可供电力监管及电力市场专业人员使用,可作为培训教材,也可以作为一种普及读物,面向电力行业外愿意了解电力经济的各类人员。

### 图书在版编目(CIP)数据

竞争性电力市场模拟定价机制/(英)布恩(Bunn, D. W.)主编;李春杰,赵会茹译.—北京:中国电力出版社,2008

(电力经济与管理译丛)

书名原文:Modelling Prices in Competitive Electricity Markets

ISBN 978-7-5083-6199-4

I. 竞… II. ①布…②李…③赵… III. 电力价格-市场机制-研究-中国 IV. F426.61

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第200884号

北京市版权局著作权合同登记

图字:01-2005-3499号

Modelling Prices in Competitive Electricity Markets

Derek Bunn(Editor)

ISBN 0-471-84860-X

Copyright © 2004 by John Wiley & Sons Ltd. All rights reserved.

Authorized translation from the English language edition published by John Wiley & Sons Ltd.

本书中文简体字翻译版由 John Wiley & Sons Ltd. 授权中国电力出版社独家出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何形式复制或抄袭本书内容。

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>)

北京博图彩色印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

\*

2008年3月第一版 2008年3月北京第一次印刷

720毫米×965毫米 16开本 23印张 400千字

印数0001—3000册 定价45.00元

### 敬告读者

本书封面贴有防伪标签,加热后中心图案消失  
本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

《电力经济与管理译丛》

编译委员会

主任：史玉波

副主任：谭荣尧 顾峻源 宗 健

委员：么 虹 黄学农 陈 涛 郭 涛

朱 明 刘亚芳 周 波 边广琦

刘广峰 丁 雁 李 艳 丁 莉

张 健

## 本书翻译工作组

李春杰 赵会茹 马 昕 谢传胜 张晓春  
张素芳 孙 冬 董 军 何永秀 迟楠楠  
陈 涛 闫 茹 高 蕊 尤培培 李 晋  
蒋永康 张 磊 陈沛华 梁 超 刘建文  
崔 博 仲苏亮 杨 磊

# 《电力经济与管理译丛》

## 总 序

21世纪以来,世界范围内的电力工业正经历着重大变革,无论是在电力技术上,还是在电力体制上,都与以往迥然不同,中国的电力工业同样如此。随着中国电力工业体制改革的不断推进,市场竞争机制的引入,我们以前所熟悉的在体制、技术、运营、管理和投融资等各方面的理论和规则已经难以满足高速发展的中国电力工业的需要。与此同时,电力工业的改革和发展仍然存在一些突出的矛盾和问题,主要表现在:电力发展速度与经济社会发展不完全协调,电力工业发展方式仍显粗放;电力企业现代企业制度、现代产权制度和适应市场经济体制要求的企业经营机制尚未完全建立,不能实现有效激励和有效约束;电力市场建设刚刚起步,开放有序、协调配套的市场竞争机制和竞争格局尚未形成;电力法律法规不完善,政府部门实施电力宏观调控、监管机构实施有效监管、电力企业自主经营缺乏必要的法律约束和保障。这些问题对我们来讲,有的是老问题,有的是全新的问题,需要认真探讨和解决。

我国的电力市场化改革已经取得了重要的阶段性成果,但随着电力改革的深入,无论是政策的制定者或决策者,还是研究人员或学者,都逐渐意识到,对电力垄断、管制、竞争这些既属于电力科学范畴又属于经济学范畴的问题,应该进一步注重从经济学的角度来审视,用经济学的分析方法去解决。目前,国内虽有从经济学角度分析电力市场建设方案或研究成果的著述,但鲜见由国外引进的、从经济学角度进行系统论述的著作。《电力经济与管理译丛》的出版意义即在于此,它针对电力行业的实际需求,考虑前沿性、高端性、适度超前性,从国外精选相关领域的最佳著作,以系列丛书的形式整体引进到国内。该译丛让我们从经济学的角度重新审视电力工业的发展和改革,其中既有阐述电力经济学理论基础的,又有从市场竞争和管制与放松管制两个角度深入展开分析的,而且对当下中国电力企业改革热点问题,如投资绩效分析、经济性评价、风险管理等均有较为系统的反映,可以说,该译丛结构合理,体系完整。这些著作都非常注重解决实际问题,通过引用大量案例,进行深入剖析,给出了问题的解决方案,如提到了电力企业如何应对燃料价格上涨、如何在竞争的环境里对投资项目进行经济性评

价，如何建立科学的成本控制和赢利预测模型，如何评估市场的变化对企业运营管理的影响，等等。书中还介绍了大量国外建立电力市场的背景资料、成功经验和改革教训，对电力市场建设必须解决的关键问题，如市场竞争主体的培育、电价形成机制、市场模式选择、电力投融资、电力监管与改革的深化等均有论述。同时，这些图书都不约而同地反映出一个很重要的电力发展思路，那就是在发展的同时要注重环境保护，走可持续发展的道路。

通过这套译丛，电力工作者不仅可以了解垄断经济学、管制经济学等经济学基本知识，进一步从经济学的视角去看待、理解和分析电力市场，而且可以将其与技术相结合，遵循经济规律，尊重市场的优化配置资源作用，科学地规划和设计电力可持续发展之路，中国的电力市场建设亦可以从中获取有益的参考和借鉴。

该译丛在一定程度上填补了目前国内在相关研究领域的空白，能帮助我们更好地吸收国外的先进经验，为我所用，从而创造出一条有中国特色的现代电力工业发展之路。

衷心希望《电力经济与管理译丛》的出版能对中国电力工业的发展和改革起到积极的推动作用。

史玉波

2007年5月

## 译者前言

从 20 世纪 80 年代开始, 政府主导型的电力市场化改革率先在英国启动, 其后的 20 多年陆续在全球范围内推开。改革的目的在于通过引入竞争机制, 创新技术, 加强管理, 提高资源的配置效率, 最终实现降低电价。

本书的突出特色是紧密围绕电力市场化改革进程中电力商品的价格形成机制, 大量采用计量经济分析方法, 构建了多种环境条件下的交易模型, 并运用足够多的实证分析, 给出了颇具说服力的结论; 本书的另一个特色是所有数理模型的构建, 无不浸透着海外学者深厚的功底和严谨的治学风格。本书所涉及内容深邃, 背景复杂多变, 对于从事相关研究的同仁不失为一本非常有参考价值的好书。

本书第 1 章论述了电力市场条件下电力商品价格的形成机制; 第 2 章介绍了西班牙日前电力市场中厂商行为的模拟研究; 第 3 章描绘了在少量发电者的电力市场中, 获得真实的定价平衡的辅助性的基本方法; 第 4 章围绕英国发电市场的横向并购问题, 从风险和效率的角度进行了论述; 第 5 章主要针对在西班牙电力联营机制中, 每天各时段电力价格的稳态问题进行了探讨, 得出了电力价格数据的产生过程是一个季节性随机过程, 这个过程每周都能被一个随机步游进行恰当模拟的结论; 第 6 章利用动态系统理论, 分析了加拿大阿尔伯塔 (Alberta) 电力价格扰动原因; 第 7 章针对高不稳定性商品价格 (如电力价格), 建立了基于模拟的参数推断和对风险价值及预期亏空进行集中模拟的风险管理模型; 第 8 章采用条件均值自回归模型以及多元 GARCH 模型, 讨论了阿根廷电力现货价格的当日波动性问题; 第 9 章详细介绍了时间序列分析方法和无环有向图, 并对美国西部电力现货市场进行了分析; 第 10 章采用多元广义自回归条件异方差模型, 识别价格及其波动的来源及扩散模式, 研究了澳大利亚 5 个电力现货市场间电价及其波动的传播问题; 第 11 章研究如何应用微观经济均衡、实物期权及远期市场的供应保障理论, 构建在完全预测条件下, 风险调整分配后对中期期货的即期价格进行估计的理论框架; 第 12 章利用确定发散性参数和相关结构给出了电力远期曲线动态模型, 并结合北欧市场价格数据进行了分析; 第 13 章研究了能源



期货的远期曲线，给出了远期曲线动态性的两种主要形式：一种是以交替的现货升水和期货升水为特征，另一种受控于季节性因素的影响；第 14 章从风险利润的角度分析了价格高峰和电量风险对最优风险管理决策结果的独立及综合影响；第 15 章研究了提前 1~10 天天气集合预报的密度预测的精确性，对于天气集合预报对天气衍生工具定价和电力需求建模的有关影响作了简要的论述。

本书的推出，适逢我国电力体制改革朝着市场化方向不断深入之时，无论从市场主体参与竞争的角度，还是从学者研究的角度都具有一定的指导意义。

本书由华北电力大学李春杰、赵会茹、马昕、谢传胜、张晓春、张素芳、孙冬、董军、何永秀等老师集体翻译，参与本书编译的还有迟楠楠、陈涛、闫茹、高蕊、尤培培、李晋、蒋永康、张磊、陈沛华、梁超、刘建文、崔博、仲苏亮、杨磊。

在本书翻译其间，李春杰老师还专程赴英国拜见了英文原版作者德瑞克-W-邦教授，得到他的亲切指导，在此特向他表示感谢。另外，还要感谢所有给予本书支持和帮助的人们，正是靠大家的共同努力才使本书得以顺利出版。

译者

2008 年 1 月

## 作者前言

电力市场的出现源于对重组公用事业的政治热情，这种热情反过来是基于相信竞争力量能够带来创新并获得效率效益。普遍出现的电力市场已经是引人注目的一种世界范围的趋势，并且是一个巨大的技术成就。电力过去常被认为是最具有自然垄断性的商品之一——一种看不见的、资本密集型的产品，完全依靠网络来向顾客提供一种基本的、即时的服务。当我们使用一台家用电器，比如使用一台风扇时，它的转动是与许多发电厂的大型发电机的转动一致的。这些发电厂提供稳定的电压及变动的电流，在广阔的区域里相互连接。用几乎是实时的市场，把这样一个高度协调、技术复杂的供应链拆分成独立经营、共同竞争的公司，不但需要有大胆的经济眼光，而且需要强大的信息处理能力。

所以，电力市场研究的最初十年，经济着眼点放在产业结构和市场机制设计上就不足为奇了。在这种背景下，基于模型的分析要么通过程式化的分析，要么通过模拟研究来进行。它比描述性的分析更具规范性。由于市场自由化的推进，参与者逐渐更多地面临竞争市场所带来的风险，因此，价格风险管理金融模型和技巧的采用，在研究议程上达到高潮。为进行有趣和有用的计量工作而积累足够的有效的数据，颇花费了一些时间，但是，我们现在已经能看到电力趸售市场的经验数据及它们的特点，并且能够评定各种定价模型的适用性。这是写作本书的根本原因。

在本书中，我们对电力定价模型的前沿研究和创新方法做了丰富的整理汇编。每一章对市场上的更多的研究人员、分析家及制造模型者应该都会有所促进。

第1章介绍性的章节描述了电力区别于其他商品的特性。对一种产品的消费的基本驱动与发电/输电的技术限制，一起创造了具有复杂而又可确定结构的现货市场。这种产品，消费者不能储存，并显示在短期内几乎可忽略的弹性。它们的行为是随机的，围绕着平均值上下浮动，与在其他金融和商品市场中的行为相比，具有很大的不稳定性。而且，这些市场一般是没有效率的，管制风险高且易于受到政府持续不断的干预。

因此，本书第一部分主要集中在市场结构方面。第 2 章有一个对马德里 Pontifica Comillas 大学的研究小组所做工作的若干思路的汇编，他们一直在对单个发电厂商在面对预期的竞争性行为时，用公式表示向市场报价的方法，进行清晰的建模研究。Hobbs 和 Helman 在第 3 章把这个对竞争性市场行为的建模框架，从单个公司的角度延伸到整个市场平衡的角度。他们描述了开发跨越一个电网的现实的平衡模型的基本方法，用以辅助分析，其中拥有较多的发电厂商，并且说明了在实践中该方法如何对市场力分析具有重要的应用性。市场力确实是在众多自由电力市场上决定价格水平的一个重要因素。John Bower 在第 4 章评估了市场力量又是如何实际上依赖于市场结构，尤其是发电厂商的集中度的。这是一项重要的成果，因为发生在英国的一部分争论的问题是，2001 年市场规则从强制性电力库变成一种不加管理的双边交易，或者发电厂商集中度的削弱，是否是接下来的一年趸售价格下降 40% 的原因。他建立的回归模型为长期定价提供了有用的见解。

第二部分接着从基本因素的结构视角转到现货市场数据随机性的分析上。时间序列分析家常常进行的首要的调查研究之一是建立稳定特性，所谓的“单位根”检验。尽管检验设置是较精确的，但它是一种很直观的程序。因此，León 和 Rubia 在第 5 章将其应用于西班牙的日常价格上，对其进行了较详细的描述。Serletis 和 Andreadis 在第 6 章介绍了更先进的随机性测试方法，其中讨论了在奥伯塔高峰价格情况下引起价格不规则和混乱的因素。除了对于价格水平的规格测试外，研究不稳定性的模型还提出了特别质疑。GARCH 模型的标准假设在电力价格上不成立。在第 7 章中，Deng 和 Jiang 讨论了这一问题，并提出了采用分位 GARCH 方法作为一种实际的解决办法。最后，第二部分用第 8 章作了总结，结论中 León 和 Rubia 用多变量 GARCH 对变动性方面的日内相关性问题的建立了模型。这对于有成批价格的日交易情况具有很实际的应用性。

第三部分对区域间价格相关性进行了研究。电力网络常常跨越若干现货市场，因此关于价格发现的动态性和输电的变动性成为市场有效分析与交易的重要问题。Jerko、Mjelde 和 Bessler 在第 9 章详细阐述了一种创新性的时间序列分析的方法以及具有指导作用的有规律的图表，而 Worthington 和 Higgs 在第 10 章阐述了使用多变量 GARCH 的另一个例子。

第四部分介绍关于期货价格的内容。Chris Harris 在第 11 章从发电企业的角度，以实际期权和平衡分析为基础，为远期价格基本模型提供了一个概念和实践基础。第 12 章和第 13 章寻求实证估计远期曲线特点的方法。在第 12 章中，

Audet、Heiskanen、Keppo 和 Vehviläinen 使用参数变量和相关结构建立了远期曲线动态模型，而 Borovkova 在第 13 章建立了对期限结构形成中的基本变化进行预测的指标。

最后，第五部分用两章研究了更广泛的方面。Jacob Lemming 在第 14 章考虑了价格风险管理技术对于投入价值的敏感性，并且实际上强调了准确价格建模的重要性。如果需要提示的话，这就是一个对开发更好的价格建模技术的重要性的提示。而且，造成短期不确定性的最主要因素之一是气候，不确定性主要是对装机容量，间接地对价格。在第 15 章，James Taylor 再次描述了分位数方法的应用，但是这次是在估计气候变量不稳定的条件下使用的，它可能会间接导致气候衍生定价。

总之，我感谢所有学者所给予的及时合作，使最重要的先进的建模技术得以编撰。这些技术组合在一起提供了一整套阐明和预测电力价格行为时所需的特别方法。很显然，还有许多工作需要做，而且在未来的许多年里，这项工作依然将是金融经济计量学活跃并丰富的领域。我也感谢出版商在从创意到制作的整个编辑过程中所给予的耐心及和善的支持。

德里克 W. 布恩 于伦敦

2003 年 7 月

# 目 录

《电力经济与管理译丛》总序

译者前言

作者前言

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 第 1 章 竞争性电力价格的结构和行为基础 | 1  |
| 摘要                    | 1  |
| 1.1 导论                | 1  |
| 1.2 市场基本原理            | 5  |
| 1.3 制度改革和战略性演变        | 12 |
| 1.4 概要评论              | 17 |

## 第一部分 价格和战略性竞争

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 2 章 竞争者对西班牙日前市场的市场模拟的反应 | 19 |
| 摘要                        | 19 |
| 2.1 引言                    | 20 |
| 2.2 西班牙小时竞价电力市场           | 20 |
| 2.2.1 西班牙发电市场结构           | 20 |
| 2.2.2 竞价结构                | 21 |
| 2.2.3 出清和价格确定             | 21 |
| 2.2.4 剩余需求                | 22 |
| 2.2.5 短期市场分析              | 23 |
| 2.2.6 竞价信息的可获性            | 23 |
| 2.2.7 中期市场均衡分析            | 24 |
| 2.2.8 篇章概述                | 25 |
| 2.3 竞价函数分析的两阶段群集程序        | 25 |
| 2.3.1 建议方法                | 25 |

|              |                                     |           |
|--------------|-------------------------------------|-----------|
| 2.3.2        | 对竞价函数的群集分析                          | 27        |
| 2.3.3        | 两阶段程序：小时和日群集                        | 27        |
| 2.3.4        | BF 代码化                              | 27        |
| 2.3.5        | BF 之间距离的定义                          | 28        |
| 2.3.6        | 竞价函数群集的聚核计算                         | 29        |
| 2.3.7        | 实例                                  | 30        |
| 2.4          | 使用时间序列 (ARIMA) 模型预测剩余需求函数           | 34        |
| 2.4.1        | 使用 ARIMA 模型分析                       | 35        |
| 2.4.2        | 使用 TF 模型和加权估算分析                     | 40        |
| 2.4.3        | 案例研究                                | 47        |
| 2.4.4        | 结论                                  | 48        |
| 2.5          | 发现电力市场状态，以便使用隐藏投入—产出的马尔柯夫模型预测剩余需求函数 | 49        |
| 2.5.1        | 隐藏的马尔柯夫模型及与电力市场的类比                  | 50        |
| 2.5.2        | 模型描述                                | 52        |
| 2.5.3        | 实例                                  | 54        |
| 2.6          | 模拟电力市场的推测差分方法                       | 59        |
| 2.6.1        | 推测变量                                | 60        |
| 2.6.2        | 隐弹性估算                               | 61        |
| 2.6.3        | 案例研究                                | 63        |
| 2.7          | 结论                                  | 65        |
|              | 术语及其含义                              | 65        |
|              | 参考文献                                | 67        |
| <b>第 3 章</b> | <b>电力市场补充性均衡模型</b>                  | <b>70</b> |
|              | 摘要                                  | 70        |
| 3.1          | 引言                                  | 70        |
| 3.2          | 定义                                  | 72        |
| 3.2.1        | 补充                                  | 73        |
| 3.2.2        | Karush-Kuhn-Tucker 条件               | 73        |
| 3.3          | 能源商品市场的一般补充性均衡模型                    | 74        |
| 3.3.1        | 符号                                  | 74        |
| 3.3.2        | 竞争市场模型                              | 77        |

|  |     |
|--|-----|
| 3.3.3 古诺市场模型 .....   | 79  |
| 3.4 两种模拟分析输电网络中的古诺发电厂商行为的方法的比较 .....                             | 80  |
| 3.4.1 MCP 电力市场模型: 电力销售的古诺模型, 输电的伯兰特<br>(Bertrand) 模型 .....       | 80  |
| 3.4.2 EPEC 电力市场模型: 电力销售的古诺模型, 输电的斯泰克伯格<br>(Stackelberg) 模型 ..... | 85  |
| 3.4.3 一个简单的数字的例子 .....   | 87  |
| 3.5 大范围的应用: 北美东部的电网互联 .....                                      | 96  |
| 3.6 结论 .....   | 100 |
| 参考文献 .....   | 100 |
| <b>第4章 英国发电市场中横向并购的价格影响</b> .....                                | 104 |
| 摘要 .....   | 104 |
| 4.1 序言 .....   | 105 |
| 4.1.1 电力市场应用现代合并分析工具的困难 .....                                    | 105 |
| 4.2 英格兰和威尔士电力联营 .....  | 107 |
| 4.2.1 联营能源市场 .....   | 108 |
| 4.2.2 煤炭合约 .....   | 109 |
| 4.2.3 联营电力价格限制 .....   | 111 |
| 4.2.4 发电厂被剥夺部分发电容量 .....   | 112 |
| 4.2.5 NETA 用来代替联营机制 .....  | 113 |
| 4.2.6 天然气的禁用 .....   | 116 |
| 4.2.7 市场对许可证条款的滥用 .....  | 118 |
| 4.3 分析 .....   | 120 |
| 4.3.1 分析方法 .....   | 120 |
| 4.3.2 变量 .....   | 123 |
| 4.3.3 结论 .....   | 126 |
| 4.4 价格预测 .....   | 128 |
| 4.4.1 2002/2003 年事件 .....  | 128 |
| 4.4.2 估计所提议的合并对电价造成的影响 .....                                     | 130 |
| 4.4.3 讨论 .....   | 132 |
| 4.4.4 结论 .....   | 133 |
| 参考文献 .....   | 134 |

## 第二部分 动态现货市场

|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 第 5 章 对西班牙电力联营体中每周季节性单位根的测试          | 139 |
| 摘要                                   | 139 |
| 5.1 简介                               | 139 |
| 5.2 数据                               | 141 |
| 5.3 季节性单位根检验                         | 143 |
| 5.3.1 关于每星期季节性单位根的 HEGY 检验           | 143 |
| 5.3.2 先期白噪声化方法                       | 146 |
| 5.3.3 Canova-Hansen 季节性平稳检验 (CH 检验法) | 148 |
| 5.4 结束语                              | 150 |
| 附录 A 先期白噪声化过程                        | 152 |
| 附录 B HEGY 检验的关键值                     | 153 |
| 参考文献                                 | 155 |
| 第 6 章 对艾伯塔放松管制的电力市场非线性时间序列的分析        | 157 |
| 摘要                                   | 157 |
| 6.1 引言                               | 157 |
| 6.2 噪声模型                             | 158 |
| 6.2.1 功率谱                            | 158 |
| 6.2.2 结构函数检验                         | 159 |
| 6.2.3 Hurst 检验                       | 160 |
| 6.3 多分形形式的调整                         | 161 |
| 6.4 扰动行为研究                           | 162 |
| 6.5 非线性研究                            | 163 |
| 6.6 混沌研究                             | 164 |
| 6.7 结论                               | 167 |
| 参考文献                                 | 168 |
| 第 7 章 以分位数为基础的电力价格概率模型               | 171 |
| 摘要                                   | 171 |
| 7.1 引言                               | 171 |
| 7.2 基于分位数分布和电力价格边际分布的建模              | 174 |



|              |                                     |            |
|--------------|-------------------------------------|------------|
| 7.2.1        | 分位数模型和两类基于分位数的分布 .....              | 174        |
| 7.2.2        | 电力价格的边际分布 .....                     | 177        |
| 7.2.3        | 标准普尔 500 (S&P500) 指数的风险中性分布 .....   | 179        |
| 7.3          | 分位数——广义自回归条件异方差模型和电力价格时间序列模型 .....  | 181        |
| 7.3.1        | 基于分位函数的非高斯广义自回归条件异方差模型 .....        | 181        |
| 7.3.2        | 金融风险管理的运用：一个电力价格时间序列案例 .....        | 182        |
| 7.4          | 参数推断 .....                          | 184        |
| 7.5          | 结论 .....                            | 186        |
|              | 参考文献 .....                          | 187        |
| <b>第 8 章</b> | <b>对阿根廷当日现货市场时间变化的协方差矩阵预测 .....</b> | <b>189</b> |
|              | 摘要 .....                            | 189        |
| 8.1          | 概述 .....                            | 189        |
| 8.2          | 批量竞价的 VAR 分析 .....                  | 190        |
| 8.3          | 构建条件协方差矩阵模型 .....                   | 195        |
| 8.3.1        | 正交 GARCH 模型 .....                   | 196        |
| 8.3.2        | 多元 GARCH 模型 .....                   | 198        |
| 8.4          | 预测条件协方差矩阵 .....                     | 198        |
| 8.5          | 结束语 .....                           | 200        |
|              | 参考文献 .....                          | 201        |

### 第三部分 空间价格的相互影响

|              |                                  |            |
|--------------|----------------------------------|------------|
| <b>第 9 章</b> | <b>美国西部电力现货市场相互动态影响的分析 .....</b> | <b>203</b> |
|              | 摘要 .....                         | 203        |
| 9.1          | 前言 .....                         | 203        |
| 9.2          | 数据 .....                         | 205        |
| 9.3          | 方法 .....                         | 207        |
| 9.3.1        | 向量自回归 .....                      | 207        |
| 9.3.2        | 无环有向图 .....                      | 208        |
| 9.4          | 结果 .....                         | 209        |
| 9.5          | 讨论 .....                         | 224        |
|              | 参考文献 .....                       | 226        |