



PEMIT

电力经济与管理译丛

能源和电力风险管理

模型、定价和保值的新发展

[美]

Alexander Eydeland

Krzysztof Wolyniec

著

王晗

译

ENERGY and POWER RISK MANAGEMENT

New Developments In Modeling,

Pricing and Hedging



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

电力经济与管理译丛

能源和电力风险管理

模型、定价和保值的新发展

[美] Alexander Eydeland 著
Krzysztof Wolyniec

王晗 译

ENERGY and POWER RISK MANAGEMENT

New Developments In Modeling,
Pricing and Hedging



中国电力出版社
www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本书全面介绍了评估和管理能源市场中复杂的衍生工具所带来的风险。全书共10章,分别为:市场、基本产品和结构、相关数据、简化过程、远期价格过程、相关性、电价的混合模型、结构产品:燃料和其他商品、发电厂和跨商品衍生品、风险管理。附录部分介绍了波动和相关结构下的多维准蒙特卡罗模拟:GBM情况 & 资产运营最优化。

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

能源和电力风险管理:模型、定价和保值的新发展/(美)艾德兰(Eydeland, A.), (美)沃里尼克(Wolyniec, K.)著;王晗译. —北京:中国电力出版社, 2008

(电力经济与管理译丛)

书名原文: Energy and Power Risk Management: New Developments in Modeling, Pricing, and Hedging

ISBN 978-7-5083-6695-1

I. 能… II. ①艾…②沃…③王… III. ①能源管理: 风险管理②电力工业-工业企业管理: 风险管理 IV. F206 F407. 616

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 011037 号

北京市版权局著作权合同登记

图字:01-2005-3498 号

Energy and Power Risk Management: New Developments in Modeling, Pricing, and Hedging

Alexander Eydeland

Krzysztof Wolyniec

ISBN 0-471-10400-0

Copyright © 2003 by Alexander Eydeland and Krzysztof Wolyniec. 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 4 月第一版 2008 年 4 月北京第一次印刷

720 毫米×965 毫米 16 开本 25 5 印张 450 千字

印数 0001—3000 册 定价 49.00 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

内容简介

本书是一本关于管理能源和电力市场价格风险方面最新的综合性图书，主要讨论电力及能源交易衍生品的定价模型及方法，所涉及的专题包括能源交易简约模型（均值反转模型、跳跃扩散模型）、远期产品定价过程（模型的介绍、HJM模型、BGM模型）。针对能源产品的特点，特别是电力，本书还讨论了电力、天然气、石油等衍生品及其资产（摆动期权、储存、输送、需求管理交易）的价值及保值。随着电力市场结构的演变，如何规避新兴的产品如污染物排放限制、灾害性天气等所引起的风险也在本书讨论之列。

美国电力公司（American Electric Power）高级副总裁Ron Erd是这样评价本书的：“本书结合了学术的严谨性和现实世界的实践性，对于任何从事风险管理和资产评估的人士是一本必读图书。”本书确定了处在改革旋涡之中的能源工业自身发展及其给市场参与者所造成的关键挑战所在，并提供了解决的方案。本书最大的特点就是结合美国高度发达的能源金融市场及作者在能源企业的实际工作经历，所给出的理论模型具有极强的应用价值，对目前的中国电力市场有相当的指导和借鉴作用。

关于作者

本书的两位作者均供职于世界能源巨头美国迈朗公司（Mirant Corp）；其中：

Alexander Eydeland，博士，迈朗公司副总裁，公司研究所所长，他致力于研究支持市场营销、交易和风险管理的模型和战略，设计能源资产评估、优化及管理 etc 系统。

Krzysztof Wolyniec，迈朗公司资产模型研究主任，他负责电力和燃料市场的模型设计及电力和燃料的资产套利、交易策略。

责任编辑：张 健 曹 荣

编辑专线：010-63416221

编辑信箱：zhjofchina@163.com

封面设计： 黑罔工作室
装帧设计

《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

《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着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

致 谢



向为本书做出贡献的专家：鲍里斯·池比索夫 (Boris Chibisov)、高严 (Yan Gao) 和乌列·斯科特 (Uriel Scott) 致谢。没有他们独特的见解，我们对此主题的理解不会如此丰富。同时，要感谢我们的同事特拉维斯西·韦斯特 (Travis West)、丹·曼哈尼 (Dan Mahoney)、罗曼·考塞奇 (Roman Kosecki)、哈莱得·奥利茨 (Harald Ullrich) 和特兹乌坦·斯托亚诺夫 (Tsvetan Stoyanov)，他们为我们在能源市场风险管理的理解上提供了帮助，还在其他各方面做出了自己的贡献。特别鸣谢给了我们极具启发性讨论的多格·丁格勒 (Doug Tinklor)、塞利斯·拉玛莫 (Sailesh Ramamurtie)、杰伊·卡特塞恩 (Jay Catasein)、克里斯·汉姆斯考特 (Chris Hemschot)、马克·布里斯 (Mark Breese) 和万斯·穆勒斯 (Vance Mullis)，同时感谢爱迪·安德森 (Eddie Anderson)、提姆·肯尼迪 (Tim Kennedy)、杰利·胡格兰德 (Jiri Hoogland)、奥拉夫·亨纳凯波 (Olaf Honerkamp) 为本书提供了许多帮助。这里我们还想特别感谢霍利·哈克尼斯 (Holly Harkness) 为这本书所给予的专业帮助。最后，但同样重要的是，我们要感谢 Mirant 公司，给我们这个机会直接见证能源市场的壮观发展。毋庸置疑，对书中所有的错误由我们来负责。

译者前言



能源和电力市场包罗万象，其中风险管理方面更是涉及了诸多如电力、石油、天然气等行业，金融、数学、电力等学科。美国资深专家 Alexander Eydeland 和 Krzysztof Wolyniec，作为“实战派”作者，在企业中长期从事能源价格和金融避险方面的研究，他们从实际运作的角度向我们展示了能源和电力市场的风险管理：建模、定价和套期保值的新发展。为读者了解掌握利用金融工具进行能源，尤其是电力产品的保值避险的最新发展提供了有益的帮助。

本书按照从简单到复杂、从一般金融市场到特定电力和其他能源市场的顺序介绍了电力产品价格的建模、形成和保值避险的模型和方法。书中涉及了常用的电力交易产品及其定价模型，并针对相应电力产品，从简到繁、从一般到特殊探讨了各种套期避险的方法，使读者能够获得在市场不稳定的情况下保证收益的总体思路和技术方法。本书将大量的金融市场工具应用于电力和能源产品，并对其适用性作了详尽论证。为我们在市场环境下，在存在价格涨跌，甚至飙升情况下，确保收益、规避风险提供了切实可行的解决办法。

本书分为市场、基本产品和结构、数据、简化模型、远期价格过程、相关性、电力价格混合模型、结构产品：燃料和其他商品、电厂和其他跨商品衍生品、风险管理共十章内容，以及两个附录：给定波动和相关结构下的多维蒙特卡洛仿真：GBM 情况，和实物资产的优化和运行。书中应用了大量的例证、图表和数据，内容详实，例证中大量引用美国各个电力市场的真实数据，从学术角度加以分析、解释，最终找到切实可行的模型和办法，对我们研究电力市场中的价格和避险问题有极高的参考价值。

本书因涉及大量金融工具和数学模型，无论翻译、理解都有一定难度，但由于其极高的使用和研究价值，国内已有不少企业及高校、科研机构在参考本书的原文，译者受此鼓舞，自 2006 年夏开始着手翻译工作，初稿的翻译凝聚了华北电力大学王涛、蒋贲、尤培培、刘建文、迟楠楠、欧阳超、金疏等研究生，中国建设银行北京分行房剑、北京送变电公司李彦梅等同仁大量辛勤劳动。无奈中间受到教学、科研等着多因素的影响，于 2007 年夏才完成校稿等工作，校对过程

中得到了华北电力大学谭忠富教授、何海峰副教授等的悉心指点，最终定稿。译者对所有参与此书翻译工作和给予帮助的同仁一并表示深深的谢意。

本书尽量遵照原著风格、力求保持文字流畅易懂，但本书主要针对美国电力市场进行写作，其中的各种产品、地点等名称和一些交易方式、规则与我国读者来讲仍可能存在费解之处，在必要的地方保留了英文原文。本书虽经多次审核校验，但由于本书学科跨度较大，加上译者水平所限，难免出现错误、遗漏或不足，恳请广大读者批评指正。

王晗

2007年12月

英文版序



几乎没有人会怀疑现在是一个有趣的能源时代。20 世纪 90 年代初期起始于美国的天然气解除管制，缓慢但不可阻止地蔓延到了欧洲和亚洲。同时，电力产业的解除管制，始于斯堪的纳维亚（半岛）的国家，在英国和澳大利亚继续发展，并且在北美生根发芽。从流动性、高效性、透明性的观点来看，在美国和加拿大对天然气竞争市场的引入的成功是无可争辩的。另一方面，电力市场依然太年轻，在任何程度上都不能作出判断。退一步说，由于地理限制和市场特质，它们的发展是不均衡的。迄今为止的数据有力地说明了电价竞争效果的总体上来说积极的，并且在许多地区，批发价格的实际下降也证实了这点。然而，其中的失败也同样引人关注。无可否认，关于竞争市场和实施管制之间的斗争仍然很激烈。我们先把这个问题放在一边——它太难且离我们的主题有些远（值得一提的是，我们看来，竞争带来的好处是毋庸置疑的）。

此书的主题是评估和管理能源市场中复杂的衍生工具所带来的风险。很自然会有人问：“为什么能源衍生品值得特别注意？能源市场有什么特殊之处，以至于我们不能使用我们熟悉且成型的金融市场的风险管理工具？”

一、能源衍生品是独特的

在其他市场上，许多能源衍生产品是找不到的。例如，各种交易量的期权，像摆动、回购和指定期权，这些被用来管理和满足对天然气或电力需求相关的风险，在金融市场中是没有与之类似的。负荷服务企业也是类似的一个例外。可以肯定的是，还是有标准的产品——期货、远期、掉期和期权，但这些也因为其独特的物理特性而变得很独特。它们的分类和定义都不一样。即使是在这些产品下的商品也是不一样的。举个例子，电力看上去几乎是一个完美的商品，但是这种印象是有欺骗性的。电力在每个月、每一周、每一天、每一时间区域、每个小时都会传输，由于它是一种特殊的商品，不能被储存，因此必须被独立研究。电力的不可储存性也是为什么大多数著名的金融理论不能被用于电力衍生品的一个原因。最后，能源衍生品，即能源资产的复杂结构超过其他任何东西，比如说发电厂和天然气储存。这些资产相当于一个复杂的期权组合投资，它的定义需要大量

对经济、运行、环境、管制和其他问题的理解。在这里请注意，能源衍生品的复杂特征既不是人为造成的，也不是可以避免的。而且，能源衍生品的复杂性是能源市场中存在的挑战和需求所产生的自然结果。

二、价格演化过程是独特的

即使是一些经验数据的表层分析，也能揭露能源价格的非比寻常的特征。最先吸引你眼球的就是它们特别高的波动性。当然，能源价格的波动性比外汇汇率、利率或者资产价格更高，例如原油、天然气，尤其是电力。这里仅比较一下美元/日元或者美元/欧元的汇率（10%~20%）、LIBOR 利率（10%~20%）、SP500 指数（20%~30%）、纳斯达克指数（30%~50%）和天然气以及电力价格的高波动性（天然气 50%~100%）；电力 100%~500%，甚至更高）。除了高不稳定性以外，能源价格呈现出普遍的大幅飙升，均值回复、状态转换、随机波动、波动微笑和其他使得描述能源演化过程与标准的金融过程很不一样的有趣特性。相关性是另外一个显著的特征。从本书中可以慢慢了解到，能源衍生品通常包括套利，因此，联合分布的重要性不容低估。因此，我们密切关注相关性和价格过程的准确捕捉它们的结构特征的能力。

三、衍生品的收益是独特的

传统的衍生品估价方法论包括用概率分布的方法计算衍生品收益函数的期望值。通常金融衍生品的收益，即使是最复杂的一种，也是在标的价格路径明确定义下的函数。相反，与能源资产有关的现金流，比如说发电厂，被认为是受环境和运行约束的复杂动态规划问题的解。这使得估价，尤其是套期保值，变得不标准且特别困难。

四、能源衍生品需要特殊的风险管理工具

金融市场中数量模型的成功，自然地使人们将其引入能源市场。确实，以能源衍生品的定价和管理建模为主题的最初且有影响力的出版物是建立在金融模型范围的扩大基础上的。尽管在能源市场和金融市场上毫无疑问存在许多相似之处，但是这两者之间在基础上的差异太大而且不容忽视，因而我们需要新的，并且有力的特定分析工具，满足能源市场的明显特征和挑战。理论上来说，这些建模方法应该能够把金融模型和运用于能源工业的基本模型的最佳特征结合起来，管理能源资产。

此书的目的正是要解决这些挑战，与读者们分享为能源市场建立定价和套期保值模型中的实用经验。在本书中，我们将推荐和分析很多模型。需要强调的是：不管选择什么建模方法，都是以市场为基础的所有产品的定价，使用前瞻性

市场数据作为参考。这一点是本书所讨论的模型的显著特征。当然，风险管理在管制的情况下也存在，此时套期保值是通过燃料条款和各种费率公式实现的。相反，本书中所提的风险管理方法是完全建立在市场基础上的。

我们深入探讨的建模方法是建立在能源产业的商业和经验框架下的。在能源（特别是电力）市场建模，最突出的挑战之一是历史价格和前瞻性价格资料的有限性。这迫使我们不得不加强标准技术，尽可能多的从其他资料中抽取有用的数据。这个问题是我们讨论的分析策略的核心。我们分析的最终目标是发展商业上可行的、有实际操作意义的建模和交易方式。在这方面，我们的方法显著区别于对金融衍生品的学术分析。关于定价、套期保值、建模及类似问题是互相紧密联系的，不能被分成单独的步骤去执行。

本书的结构如下：

第1章 市场——描述能源市场的基本结构。

第2章 基本产品与结构——简单介绍能源市场中最常遇到的产品及其一些应用。

第3章 数据——历史数据的分析及市场价格的经验特性。

第4章 简化过程——简化价格模型的回顾，包括均值回复模型和跳跃扩散模型，带有随机波动和状态转换的过程。

第5章 远期价格过程——对远期曲线演化的简单介绍，比如 HJM、BGM 和串模型。

第6章 相关性——模型中遇到的问题的回顾、相关性的使用和误用，以及一些依赖性的概念。

第7章 电力价格的混合模型——一种把基本的、以市场为基础的数量方法和许多重要的电价经验特性结合起来的建模方法。

第8章 结构性产品：燃料及其他商品——对一些从简单到复杂关键结构的回顾。讨论的问题包括定价、套期保值及其应用。所涵盖的内容从简单掉期到负荷服务合同中的存储设备。

第9章 发电厂及其他跨商品衍生品——对估价、能源跨商品套期保值的回顾，其中重点关注发电厂。

第10章 风险管理——对风险调整、风险度量和套期保值中常见问题的系统分析。

目 录



《电力经济与管理译丛》总序

致谢

译者前言

英文版序

第 1 章 市场	1
1.1 作为实物商品的燃料和电力	1
1.2 燃料市场：石油和天然气	2
1.3 电力市场	4
1.4 其他市场：排放物、天气、煤和停电	10
1.5 电力市场经济学	12
第 2 章 基本产品与结构	15
2.1 标准风险管理工具	15
2.2 奇异期权	38
第 3 章 数据	51
3.1 数据分析统计方法	51
3.2 天然气和电力数据分析	58
3.3 远期曲线	63
3.4 波动结构	65
3.5 天气数据	82
3.6 需求	86
3.7 停机	87
3.8 均值回复	88
第 4 章 简化过程	95
4.1 价格过程建模	95
4.2 构建能源应用的简化模型：基础模型	105
4.3 现货价格的几何布朗运动	111

4.4	更实用的价格分布模型	130
4.5	统计波动过程	132
4.6	更高维数的模型	136
4.7	跳跃扩散模型	145
4.8	状态转换模型	152
4.9	模型的扩展	156
第5章	远期价格过程	159
5.1	简单模型	159
5.2	持续的期货曲线模型	160
5.3	市场模型	164
5.4	多商品情况下市场模型的执行	166
第6章	相关性	169
6.1	概述	169
6.2	确定性协方差矩阵	176
6.3	随机协方差矩阵	180
6.4	多元相关	200
6.5	相关性与联合性	201
第7章	电力价格的混合模型	203
7.1	生产成本和基础均衡模型	204
7.2	混合模型	205
7.3	简化混合模型	209
7.4	基础混合模型	211
7.5	模型	219
7.6	电力价格过程	232
7.7	混合模型的证明	234
第8章	结构性产品：燃料及其他商品	242
8.1	看涨期权、看跌期权及两者的结合 (上限期权、下限期权及双限期权)	243
8.2	摆动、回购及指定期权	243
8.3	亚式期权	254
8.4	掉期、掉期期权与展期	262
8.5	复合期权	268

8.6	差价期权	271
8.7	数字期权	276
8.8	天然气/石油存储	278
8.9	运输与传输	291
8.10	负荷服务和需求服务的合同	292
8.11	资产管理交易	301
第9章	发电厂及其他跨商品衍生品	304
9.1	作为跨商品衍生品的电力价格	304
9.2	发电资产：火电机组	304
9.3	水电机组、炼油厂和其他实物资产	340
9.4	天气相关产品	341
第10章	风险管理	345
10.1	风险调整	345
10.2	风险价值和其他风险度量法	349
10.3	实物资产和长期远期曲线	357
10.4	套期交易	362
附录A	给定波动和相关结构下的多维蒙特卡罗 (Monte Carlo)	
	模拟：GBM 实例	368
附录B	实物资产运营的最优化	370
	参考文献	379