

能源计量经济学

THE ECONOMETRICS OF ENERGY SYSTEMS

(法) 简·霍斯特·开普勒 (Jan Horst Keppler)

(法) 里吉斯·波旁奈依 (Regis Bourbonnais) 等著

(法) 雅克·吉罗德 (Jacques Girod)

孙 睿

译



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

能源计量经济学

THE ECONOMETRICS OF ENERGY SYSTEMS

(法) 简·霍斯特·开普勒 (Jan Horst Keppler)

(法) 里吉斯·波旁奈依 (Regis Bourbonnais) 等著

(法) 雅克·吉罗德 (Jacques Girod)

孙 睿

译



中国经济出版社
CHINA ECONOMIC PUBLISHING HOUSE

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

能源计量经济学/ (法) 简·霍斯特·开普勒 (Jan Horst Keppler), (法) 里吉斯·波旁奈依 (Regis Bourbonnais), (法) 雅克·吉罗德 (Jacques Girod) 等著, 孙睿译.

北京: 中国经济出版社, 2014.

ISBN 978-7-5136-2855-6

I. ①能… II. ①开… ②波… ③吉… ④孙… III. ①能源经济学—计量经济学
IV. ①F407.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 256052 号

责任编辑 潘 静

责任审读 霍宏涛

责任印制 巢新强

封面设计 华子图文设计公司

出版发行 中国经济出版社

印 刷 者 北京力信诚印刷有限公司

经 销 者 各地新华书店

开 本 710mm × 1000mm 1/16

印 张 15.5

字 数 200 千字

版 次 2014 年 8 月第 1 版

印 次 2014 年 8 月第 1 次

定 价 78.00 元

广告经营许可证 京西工商广字第 8179 号

中国经济出版社 网址 www.economyph.com 社址 北京市西城区百万庄北街 3 号 邮编 100037

本版图书如存在印装质量问题, 请与本社发行中心联系调换 (联系电话: 010-68330607)

版权所有 盗版必究 (举报电话: 010-68355416 010-68319282)

国家版权局反盗版举报中心 (举报电话: 12390) 服务热线: 010-88386794

译者序

本书原版书名是《The Econometrics of Energy Systems》，现译作《能源计量经济学》，符合当前国内学术研究的习惯。本书由三位法国能源经济学家 Jan horst Keppler, Regis Bourbonnais 和 Jacques Girod 主持编撰，由一些著名能源经济研究学者研究相关问题的重要论文汇集而成，涵盖能源经济数据的准备和预处理、能源供需及调整分析、经济增长与能源消费和能源强度、能源价格及其影响、能源回弹效应、能源替代、能源市场及金融衍生品、实时电价与电力市场、长期石油价格建模、能源企业价值评价等问题，对指数和因素分解方法、价格时间序列处理方法、Granger 因果分析及协整、面板和面板阈值分析、向量自回归分析、结构断点识别和单位根检验、资产评价 Fama – French 方法等在能源经济领域的应用，结合研究案例进行了阐释。

研究案例针对热点能源经济问题，典型突出，应用过程叙述条理、结构清晰，非常适合能源经济研究学者、高年级本科生或研究生学习使用。对本书内容的理解和掌握要求具备一定的数量经济学和能源经济学理论基础，熟悉相关能源经济领域背景知识。

为便于国内读者理解和学习，译者对原文中部分重要概念和方法进行了补充和深入的阐释，加上注解，精简了部分冗余的内容。对于原书各章所附参考文献，也根据情况进行了部分删减，仅保留了译者认为对研究更有帮助的部分文献。在全书的附录中，新增了从事能源经济研究所需要的一些数据资料，供学界学者们参考。

最后，在本书翻译中，中国经济出版社潘静编辑给予了热心的指导和

帮助，康继军副教授、硕士生常冬勤提出了宝贵意见并做出了实际贡献，在此给予诚挚感谢。

原书作者们的杰出研究，对于译者的能源经济研究和教学，给予了丰富有益的启示，在此表示敬意！

译者能力有限，错误之处在所难免，也恳请研究同人们给予热心批评指正。

孙 睿

重庆大学经济与工商管理学院
重庆大学能源（电力）技术经济研究院
2014 年 7 月

| CONTENTS | 目录

译者序 / 1

前言 能源经济和计量经济学 / 1

第 1 章 能源数据的准备和处理 / 14

1.1 能源数据和汇总账户 / 14

1.2 能源加总 / 20

1.3 能源价格 / 25

1.4 数量和价格指数 / 29

1.5 能源强度及其分解 / 32

第 2 章 动态需求分析和能源供给调整过程 / 40

2.1 能源消费的动态建模方法 / 41

2.2 实例：法国工业能源消费的调整 / 50

第 3 章 实时电价建模：单变量时间序列方法 / 58

3.1 电价特征及分析方法 / 60

3.2 常用电价模型 / 69

3.3 实例：PJM 和 Nordpool 电价建模 / 73

第4章 发展中国家能源消费和经济增长：因果和协整分析 / 78

4.1 问题描述 / 78

4.2 序列平稳性、因果分析和协整关系 / 81

4.3 实例：10 国能源消费和经济增长 / 84

第5章 经济发展和能源强度 / 98

5.1 经济发展和能源强度 / 98

5.2 面板模型 / 100

5.3 面板阈值模型 / 103

5.4 实例：44 国的经济发展和能源强度 / 107

第6章 能源价格、技术和能源强度之间的因果关系 / 118

6.1 研究动态 / 119

6.2 实例：以 OECD 15 国为例 / 123

第7章 能源替代建模 / 138

7.1 能源替代的研究方法 / 139

7.2 实例：英法工业部门的能源替代问题 / 143

7.3 对能源市场的启示 / 152

第8章 协整技术和能源市场 / 156

8.1 VCEM 模型及其能源市场应用 / 157

8.2 实例：欧洲天然气市场一体化评价 / 160

第9章 电力市场现货和期货价格的关系 / 171

9.1 存贮论和商品期货价格 / 173

9.2 实例：德国 EEX 市场电价建模 / 178

第 10 章 超长期间油价序列的分析 / 190

10.1 基本模型 / 191

10.2 结构断点和单位根检验 / 194

10.3 考虑均值回复的长期油价模型 / 199

10.4 结果和启示 / 205

第 11 章 能源企业多元化投资的价值评价 / 207

11.1 研究综述 / 208

11.2 企业价值的评价方法 / 210

11.3 研究实例：基于美国市场的能源投资组合 / 217

附录 / 235

前 言

能源经济和计量经济学

Jean-Marie Chevalier

今天，能源在世界经济中的地位比以往更加重要和突出。21 世纪的主要挑战之一就是生产更多能源，惠及更多贫穷的人，以更便利的方式获得能源和经济发展，从可持续发展的观点出发更有效地应对气候变化。能源问题研究亟须加强能源经济学和计量经济学之间的联系。这是因为，计量经济学能够加深对相互联系的能源市场的理解，为能源企业、能源消费者、政府、规制机构和国际组织等相关主体决策提供数量化依据，已经成为应对 21 世纪能源和环境挑战的有效研究工具之一。

能源经济领域在过去 20 年间发生了很大变化。市场自由化和全球化不仅在石油工业，也在天然气和电力工业中得到长足发展。产生于能源经济领域的崭新经济问题，交叉融合了宏观经济学、投资决策、经济政策，以及产业组织和规制经济学。此外，更加复杂的市场化进程，允许不同能源品种之间的相互替代和套利交易，要求能源经济学研究方法能够处理和回答多能源品种的相关问题，以及温室气体减排和环境保护问题。近年来，计量经济学分析工具得到了长足发展，对这些问题能够在相当程度上给予分析和理论解释。从历史上看，能源产业具有相对完备和准确的数据基础——即使某些数据亟待深入解释。这一数据基础及能源市场日益增长的复杂性，对计量经济学技术的应用提出了广泛的需求。

过去 20 年，随着信息和通信新技术的发展，计量经济学方法的发展已取得长足进步。非静态时间序列、单位根检验和协整分析等方面的研究，

极大地改进了时间序列分析方法。自回归条件异方差 (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity, ARCH) 方法为含有波动性的时间序列数据提供了新的分析建模工具。诺贝尔奖获得者 Daniel McFadden 和 James Heckman (2000)、Robert Engle 和 Clive Grange (2003) 的研究成果, 标志着现代经济分析中计量经济学的最新发展和重要地位。对能源经济学家来说, 面对日益增长的数据规模, 复杂和精巧的经济计量工具非常重要, 其中有些可以便捷地从互联网上获得。通过网络, 可以访问有关数据和使用先进的计量经济学软件及算法, 更快地生成图表和其他分析结果。

这些都表明, 能源经济学和计量经济学关系紧密, 有待更深入的研究。能源产业作为计量经济研究的新领域, 为计量经济学的发展提供了广阔的应用空间。能源计量经济学, 已经在能源领域专业文献和企业研究报告中得到广泛应用。本书由能源经济学家和计量经济学家编写, 为能源领域实践者提供计量经济学的应用技术, 为解释和分析能源市场中的一般问题提供合适的案例。但是, 本书并没有涵盖所有需要使用计量经济学的能源问题。这一领域更多的计量经济分析应用实例仍有待继续探索。本书只是提供一个参考性的理论框架。

在能源经济领域使用计量经济学方法, 要求从全球视野全面去观察和分析 21 世纪的世界能源产业, 而不是单纯从经济学理论或计量经济学方法论的角度去探讨能源问题及其相关挑战。

当前, 全球能源消费 37% 来自于石油, 23% 来自于煤炭, 21% 来自于天然气, 意味着超过 80% 的终端能源消费是通过可耗竭化石资源的生产获得的。但是, 能源消费不是根本目的。能源的生产和加工转化, 与供热、供冷、照明、交通运输、工业用电及热力、办公及居民用能等人类需求直接相关。世界上大部分人口都通过消费能源实现这些目标, 但仍有 15 亿人未能使用现代能源资源 (石油产品和电力) 和获得相应的经济发展。因此, 必须把能源消费与经济增长、经济发展联系起来进行研究。

在不到一个世纪的时间里, 商业化能源已经成为社会经济活动及发展的引擎。在现代能源终端消费中, 电力被视为基本必需品。每一次停电事故都向人们表明现代社会是多么依赖电力供应。能源产业是应用经济学进

行实证研究的一个大领域。大量能源数据需要计量经济学对其进行检验和研究,例如,对石油价格时间序列数据的不断深入研究,促使 Hotelling (1937)提出并回答了可耗竭资源定价的问题。

即使本书没有涵盖能源经济学的所有领域,也仍然对当前能源经济学研究的主要问题进行了介绍,包括产业组织、市场与价格、能源与经济活动关系、企业策略、规制与公共政策。

(1) 能源产业的市场化

产业组织理论,来自于阿尔弗雷德·马歇尔的开创性贡献,以及美国反垄断经济学的产生,最初的问题是探究能够保证产业效率的最佳组织形式。对许多产业,特别是石油产业,答案就是引入竞争,尽管现实与理论可能并不完全相符。对于具有不同自然垄断性程度的产业及其各环节,问题的答案是在规制约束下实行不同程度的产业垄断。

能源产业,存在各种各样的产业经济事件及其演化趋势。石油产业是竞争与垄断周期性交替和并存的产业样本。19世纪末,洛克菲勒在美国市场第一次建立了石油垄断。那时,一些国际石油企业为获得石油资源展开竞争。1928年,主要的国际石油巨头企业(即“七姐妹”)决定通过建立卡特尔稳定国际石油市场。二战后,一些欧洲国有企业力图打破国际垄断势力,引入新的竞争。1973年第一次石油危机后,石油输出国组织(OPEC)取得了石油定价的领导权。直到现在,OPEC仍然具有市场影响力,特别是在抵制降价方面。

天然气和电力产业,情况非常不同,因为这两个产业的某些环节具有自然垄断性,竞争和产业效率受到限制。20世纪80年代早期,市场自由化之风开始吹进天然气和电力产业,为这两个长期处于停滞的产业带来了难以置信的剧烈变化。电力产业,经历了其他产业过去所没经历过的革命性变化。旧有的产业组织模式是实行垂直整合、完全垄断和基本国有,缺乏竞争和风险观念。新的产业模式通过建立市场机制,在几乎每个环节引入竞争,主要由私人投资者投资并引入市场风险激励,来重塑产业整体价值链。原来长期采用的计划管理和完全垄断的产业组织形式比较简单,缺乏对产业内经济主体的有效激励,效率低下。新的市场竞争机制下,经济

主体则需要直接面对未来的风险、复杂性和不确定性。

新的产业组织模式的关键理念是打破垂直一体化的产业垄断，在可能的环节引入竞争，通过加大竞争压力而激励创新、降低成本和提高效率。打破垂直一体化垄断产业结构的三项基本政策是解除绑定、第三方接入和规制。在欧洲，这些政策成为天然气和电力市场化改革指导原则的关键要素。

解除绑定(Unbundling)的概念，直接来自于可竞争市场理论。为了在垂直整合产业或组织中引入更多竞争，应清晰识别一体化产业价值链中的每一环节，以明确划分可竞争环节和应接受规制的环节。受规制的产业环节，是具有合理自然垄断性而仍需进行有效规制，以避免垄断负面效应的产业环节。竞争性环节，则是通过竞争能够提高效率的产业环节。市场竞争压力要求决策主体非集中化，参与主体各负其责、独立根据自身收益和风险进行决策。这使得计量经济学的作用更加重要。

例如，电力生产所需投入的主要能源(煤炭、燃油、天然气和核燃料)，以及由不同发电商生产的电能都采取市场交易方式。但是，电力输送环节具有较强的自然垄断性，应当有别于其他环节和实行规制。向终端用户提供电能的环节，自然垄断性很弱，可以基于市场竞争模式进行重组。打破和重组整个价值链，就意味着改革的目标是在价值链的某些环节，改变原有各产业环节之间实行成本内部核算的方式，转而采用主要由市场定价的方式。对电力产业来说，可采用市场定价方式的价值链环节，包括能源要素市场、现货电力市场、规制下的输电过网费市场、针对大用户及交易中介机构的电力批发市场，以及针对小型终端用户的电力零售市场。

第三方接入(Third Party Access)是网络型产业自由化政策的第二个组成部分。例如，在电力和天然气产业中，输电网和输气网等某些环节不能完全开放竞争，需要保持一定的自然垄断性，有必要界定为基础设施(Infrastructure)。这些环节，既需要以基于服务成本与公平收益率的定价原则，向支付服务费用的任何用户提供服务，又需要避免用户支付不合理的垄断租金。因此，应由独立规制机构对基础设施的服务价格及其水平、不

合理的价格歧视行为和交叉补贴等进行有效管制。

规制(Regulation)是能源市场化改革制度框架的第三个组成部分。“规制”一词来自于美国对接受规制产业范围的界定及相关政策规定。需要规制的产业应是具有自然垄断性的产业。在美国,一般从上游环节到下游环节完全垂直一体化的产业,由各州和联邦专业委员会进行规制。现代可竞争市场理论,要求在这些产业的某些环节引入竞争,放松规制。但是,放松规制不是放弃规制,而是对存在垄断的环节更有针对性地进行有效规制。规制机构的设立属于新鲜事物,大部分欧洲国家都需要学习和不断改进,需要各国之间保持对话、讨论、合作和协调。

自由化进程之初,规制机构有必要采取两项主要行动有效控制服务接入条件,明确解除不同环节服务之间的绑定,建立合理的资费体系;考虑社会和政治上能够接受的程度和步骤,在可能的产业环节引入竞争。社会和政治性的考虑一般倾向于放缓自由化,因此这一过程不会一蹴而就,而是一个长期的发展转变过程,往往比期望的要慢。在欧洲,只有英国的能源市场化进程进行得相对比较顺利。

从能源产业改革的效果来看,推进市场自由化进程的同时,能源产业得到了快速发展。通过购并,企业寻求实现规模经济、范围经济或兼而有之,新型商业模式不断涌现。产业组织的发展,要求更多地采用计量经济检验和分析,对产业发展及改革面对的问题及挑战进行深入研究。

(2) 能源市场和定价

过去20年,世界能源系统的发展呈现快速而广泛的市场化特征,这为计量经济工具提供了丰富的时间序列数据和应用机会(见第1章)。能源企业、政府、国家和国际组织等,以及在能源市场运行中作用日益突出的金融机构,都需要计量经济研究及其成果为其提供决策依据。使用计量经济,不仅有助于认识未来能源价格的变化,而且能够为在给定能源组合或替代性能源组合之间进行套利获益提供策略工具。目前,在已经部分市场化的能源品种(石油、天然气、煤炭和电能等)中,可市场化的产业环节涵盖基础业务和相关金融业务。实际的产业结构会更为复杂,例如,利用不同品质原油生产汽油的炼油厂,理论上可以将其看作是在原油和汽油之间

进行“套利”，如果它又同时购买或销售天然气、电能或热能，也可以说，该炼油厂是在不同品种能源之间进行长期套利。计量经济分析技术，有助于分析能源市场的运行过程及其定价机制。

过去 20 年，多数新兴能源市场，都遵循着一个循序渐进的成长过程：首先是出现现货市场及定价，然后，由于存在市场交易和价格发生波动及其伴随的各种风险，为了降低风险，根据现实需要又开发了金融工具和衍生品市场。根据能源商品的可储存性（石油产品、天然气）和不可储存性（如电能）特征，能源金融交易形式及机制有很大的不同，为在各能源品种之间套利创造了无数机会。

石油市场首先引入了复杂的金融交易，目前其交易价值量已经 4 倍于实物交易。原油交易品种广泛，从重质高硫原油（如迪拜产油）到极轻质低硫原油（如阿尔及利亚和利比亚产油）。价格差异取决于各种油品生产与需求之间的数量和质量平衡、储运水平及运输设施的可用性，交易形式可以是按照市场规则进行的现货交易和场外交易^①。对石油价格相关数据进行分析，要求采用大量不同类型的计量经济分析技术，比如，可以从超长期的角度，结合冲击分析进行（见第 10 章）。如果考虑可采石油储量，对长期石油价格演化的分析会更为复杂。这一高度争议性问题会带来许多重要问题，包括石油储量数据的准确性、市场参与者（企业、产油国）的策略/价格、技术进步的影响、勘探及开发（钻井）投资、因气候变化而引起的石油需求下降等。与此相关，也存在着对石油生产的质疑：石油生产或需求何时开始下降，或者说，石油生产和消费何时达到峰值？

本质上，不同天然气市场之间非常类似，但相互也存在区域差异。美国拥有区域竞争性天然气市场，现货价格同时受到多个天然气交易中心的很大影响，其中最重要的是亨利中心^②。在交易中心，某些意外事件都可能会破坏天然气价格和石油产品价格的关联性，如 2005 年的卡琳娜飓风和

① 场外交易（Over-the-counter, OTC），也称询价交易，是在正式交易市场机构之外由交易者，以交易双方信用为基础，通过自主双边询价、协商和双边清算进行的商品交易。相对场内交易，一般交易风险较大。

② Henry hub，位于美国路易斯安那州亨利港，是纽约商业交易所天然气期货交割地。

莉塔飓风。英国通过巴克顿^①市场基于现货的天然气定价机制，实现了天然气市场的完全自由化。欧洲大陆的情况更为复杂，受英国现货价格影响的天然气交易量在整个市场中只占很小一部分，多数交易天然气及其价格仍然受欧洲天然气输配商及其主要供应者（如俄罗斯 Gazprom 公司、阿尔及利亚 Sonatrach 公司^②）长期合约执行状况的影响。根据长期合约“照付不议”条款^③，天然气价格与石油产品价格通过特定价格参考指数换算公式紧密关联，以反映终端用户市场中天然气的竞争力。合约定价方式也是亚洲天然气市场的主导方式，日本、韩国和中国台湾从中东和南亚进口了大量液化天然气（LNG）。美国日益增长的天然气进口，对当前世界天然气市场的转型影响也很大。LNG 交易的发展加强了欧洲、亚洲和美洲三个区域市场的相互联系，为市场之间的套利提供了许多新的机会。

在 20 世纪 90 年代早期，为了实现电力产业自由化，电力市场自由化在一些国家已经得到了发展。电能产品具有一定的特殊性，比如，电能至少目前不能够规模化储存，电能传输的物理规律约束，使得电力传输路径难以识别。一个问题是电力市场的有效“市场设计”，需要考虑电能商品的这些特殊性。从应用经济学和经济理论的观点来看，电力市场是最为复杂和精巧的市场。另一问题是电价的波动性，通常电力市场价格波动性远高于其他产品，也与电能不可规模储存的特性紧密相关。但是，由于电能已经成为当代工业社会的必需产品，电价大幅波动会引起高度政治性的问题。近年来的一些电力危机和电力管制事件说明，电力产业从无市场的垂直一体化完全垄断，向竞争和形成多个局部市场的结构转型，不易进行有效监管（见第 3 章）。对于转型市场，要研究的一个重要问题是市场力的行使及其识别和测度，这也需要计量经济学工具的检验。

① Bacton，位于英国诺福克郡，是第一条连接英国和欧洲大陆天然气管线的起点，末端在比利时泽布勒赫。

② Gazprom，也称俄罗斯天然气工业股份有限公司；Sonatrach，阿尔及利亚国家石油公司。两者都是国有石油公司。

③ “Take or Pay” contract，也称“不提货亦需付款”条款，基本含义是：在合约期限内，实际提取气量少于该合约期间的“照付不议”净气量，对该部分未购气量，买方也应向卖方支付气款。同时，买方有权在一定期限内无偿补提一定的气量。该条款是天然气合约双方规避风险和建立信任的一种重要手段。

现货价格和期货价格的关系是电力市场效率出现问题的核心原因(见第9章)。对不同区域市场效率进行横截面比较是计量研究的有趣课题之一。同时,电力批发市场价格也需要计量经济方法及工具对其进行建模和预测(见第3章)。煤炭市场过去是简单的竞争市场,没有其他能源市场那么复杂。但是,自从2004年电力市场建立和2005年石油价格飙升,煤炭市场也加入了提供套利机会的行列,特别是由于发电商会在煤炭、石油产品、天然气和水力发电等多种能源品种之间进行投入替代。天然气价格的大幅波动,巩固了煤炭作为发电能源的竞争力。在世界煤炭市场,煤炭出口量的增加成为决定煤炭价格的一个新因素。

与能源商品市场同时出现的一个新市场是碳市场。2005年,欧洲排放交易体系(ETS)开始实施,当年平均碳价超出了能源专家预测的水平。碳交易的发展为市场套利、计量经济检验和相关性研究提供了新的机遇。碳价和批发市场电价之间的关联性比较复杂,体现出两者之间存在着某种周期性回复的因果关联性。碳价成本部分会转移到电价,因此,碳交易也是与产业竞争力有关的重要问题。

实物商品和金融能源市场的同时存在,以及它们之间的全球和区域性差异,正在促使能源经济学领域快速转型。大量时间序列和截面数据,以及应对市场波动性、价格剧变、风险及风险转移的金融工具的出现,为计量经济分析更好地理解产业发展变化提供了更多的应用可能,而不是纯粹地采用经济学理论分析。市场的不完美和市场失灵,都可能会引起对于能源经济的政治干预,而这超出了传统规范经济学研究的范畴。

(3) 能源强度和经济增长

从第一次石油危机以来,能源强度及其变化已经通过采用时间序列分析和横截面分析方法(见第1章)得到了广泛研究,有关能源强度和能源效率之间关系的重要问题已被提出。面对更严格的环境约束和高企的能源价格,考虑到技术进步的重要影响,能源价格、能源强度和能源效率之间的因果关联性以及回弹效应,相关的学术研究已经拓展到针对三者之间的关系方面。计量经济检验有助于更深入和准确地理解因果关联性(见第6章)。能源强度反映了一个国家对能源的依赖程度。此处所说的能源,可

能由本国生产，也可能来自进口。考虑到能源实际供应和价格冲击的影响，我们需要认真考虑能源安全的问题。

第二次石油危机发生期间(1979—1980年)，各国对石油的依赖远高于现在，高油价(按2005年美元不变价格计算，约80美元/桶)严重影响了经济增长。2005—2006年，多数国家对石油的依赖性大大降低，但似乎要确认石油价格对工业化国家经济增长的影响却更困难了。当前美国、欧洲和日本的经济增长趋势并没有因高油价而被打断或放缓。对此，需要采用更先进的技术进行深入的数量化研究。目前，油价大幅上涨对经济增长影响的研究，已经取得一些进展。

另一关键问题是能源需求和经济增长之间的关系，这对制定能源政策很重要，例如，政府采取措施(如能源税)控制能源需求、改善环境质量和降低对进口能源的依赖。如果能源消费提前于经济增长，或者本身是引起经济增长的原因，那么，这些政策就可能会损害未来的经济增长(见第4章)。

能源强度、能源需求、价格弹性与经济增长的关系，无论在短期还是中长期，都是对能源系统及其演化规律进行建模的关键着眼点。宏观能源模型一般着重于预测和理解未来能源系统的发展。而中短期预测应保持相对谨慎，并服务于同一目标。部分模型需要纳入环境分析维度，综合考虑与能源发展相关的温室气体排放问题，为能源政策提供有益的理论支持和建议。虽然本书内容不包括能源系统建模，但是会对此有所贡献。

能源需求分析提出了能源替代性这一非常重要的问题(见第2章和第7章)。能源替代性问题是微观决策和宏观决策的结合点。部分能源终端用户，拥有技术能力或多元化的发电能源组合，能够灵活地转换能源，通过比较竞争性能源的价格，来选择所使用的能源类型(如煤炭、天然气和石油)。要实现能源转换，需要投入很大成本。但是，具备能源可转换能力，可以帮助企业规避风险和未来不确定性。在宏观层面，包含税负在内的价格水平是影响能源投资决策的重要因素，甚至能影响一国能源组合的结构性变化。欧洲能源的发展过程，就是煤炭、燃油、天然气和核能等不同品种能源之间，在电力生产、供热乃至交通运输领域展开激烈竞争的过程。