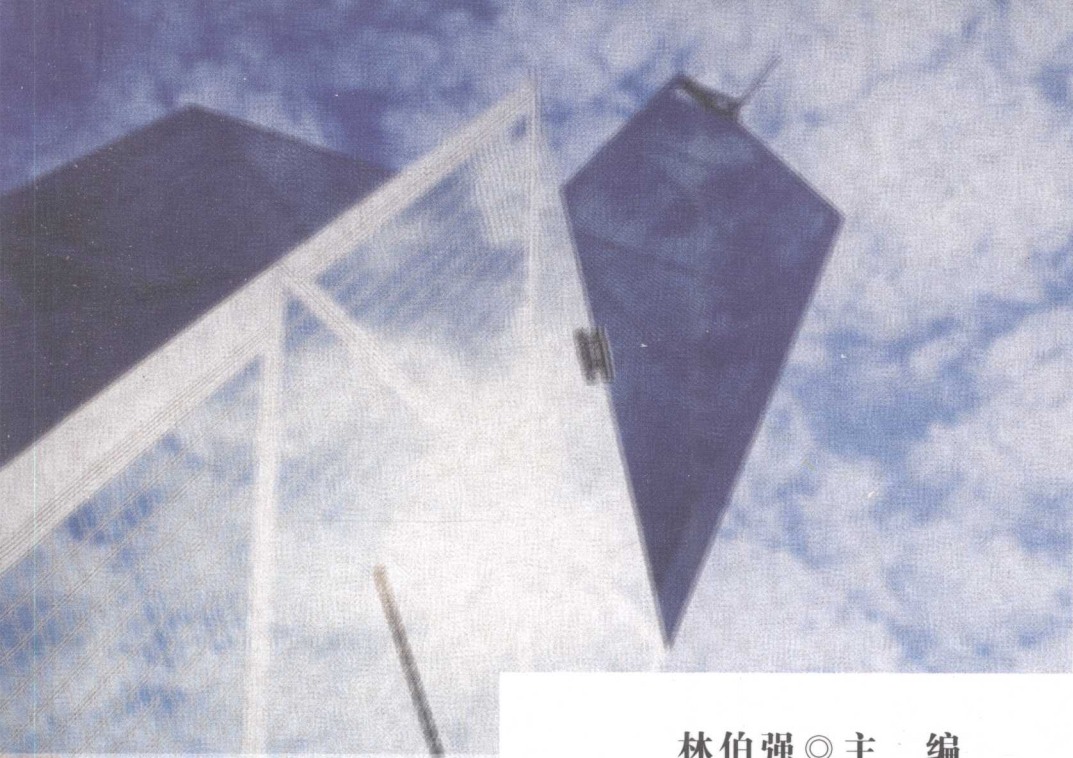


F1067.2
5




Energy

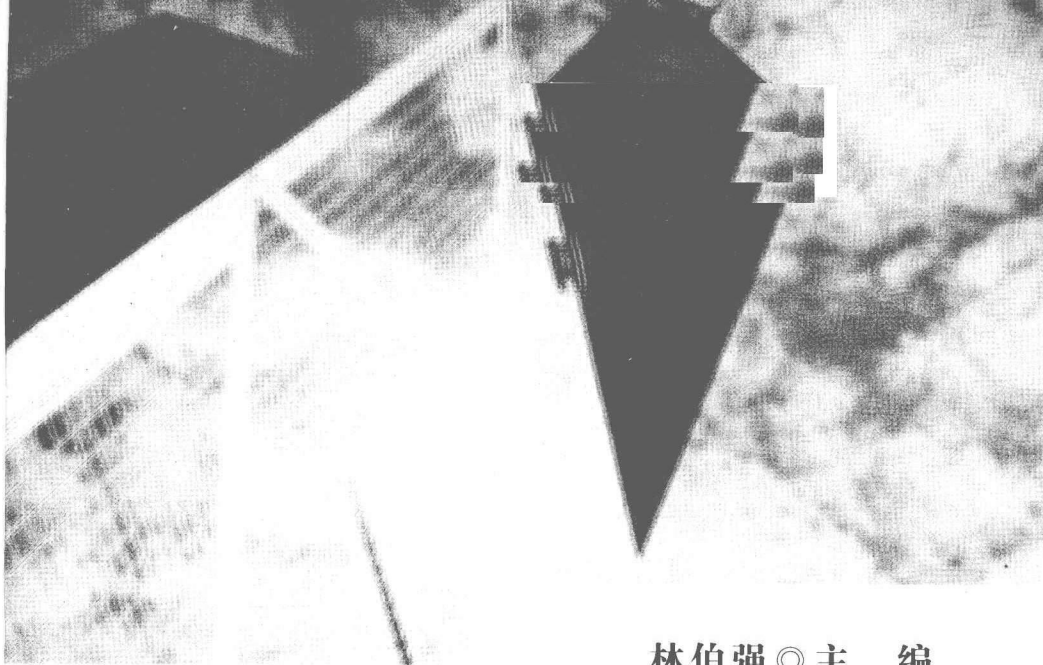
林伯强◎主 编

牟敦国◎副主编

高级能源 经济学

GAOJI NENGYUAN
JINGJIXUE

 中国财政经济出版社



Energy

林伯强◎主 编

牟敦国◎副主编

高级能源 经济学

GAOJI NENGYUAN
JINGJIXUE

 中国财政经济出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

高级能源经济学/林伯强主编. —北京: 中国财政经济出版社, 2009. 6

ISBN 978 - 7 - 5095 - 1609 - 6

I. 高… II. 林… III. 能源经济学 IV. F407.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 077887 号

责任编辑: 杨 静

责任校对: 张 凡

封面设计: 天女来

版式设计: 兰 波

中国财政经济出版社出版

URL: <http://www.cfeph.cn>

E-mail: cfeph@cfeph.cn

(版权所有 翻印必究)

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮政编码: 100142

发行处电话: 88190406 财经书店电话: 64033436

北京财经印刷厂印刷 各地新华书店经销

787 × 1092 毫米 16 开 27.25 印张 649 000 字

2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月北京第 1 次印刷

印数: 1—2 000 定价: 55.00 元

ISBN 978 - 7 - 5095 - 1609 - 6/F · 1397

(图书出现印装问题, 本社负责调换)

本社质量投诉电话: 010 - 88190744

前言



能源资源是有限的，而且与人类多项活动有密切联系。资源的稀缺性与人类能源需求的无止境是一对基本矛盾，这一矛盾正是经济学产生的基础，由此而引起的种种选择问题是经济学研究的对象。英国经济学家哈维在《现代经济学》中给经济学下了直接的定义：“经济学是研究人们如何分配其有限资源来满足人们的需要的科学。”美国经济学家萨缪尔森和诺德豪斯合著的《经济学》（第12版）中对经济学的表述是：“经济学的精髓在于承认稀缺的现实存在，并研究一个社会如何进行组织，以便最有效地利用资源。这一点是经济学独特的贡献。”

从上述现代西方主流经济学派的观点可见，经济学是一门研究人类经济行为和经济现象，以及如何进行权衡取舍的学问。是为了解决资源稀缺问题而产生的，中心问题是由稀缺性引起的资源配置问题。能源资源相对于人类现代化生活的重要性和总量上的不足，是人类社会与资源关系的核心问题。能源经济学正是以主流经济学为主线，结合运用其他学科，来探索人类如何面对有限的能源资源，并作出权衡取舍的选择的科学。人类对能源资源的稀缺性的认识有一个历史过程，而能源经济学也是随着这一认识的逐步加深而建立和发展起来的。历史上对能源经济研究的认识、形成和发展大致经历了三个阶段。

从18世纪中叶第一次工业革命开始的经济迅速增长，是以大量利用和消耗自然资源（尤其是化石能源）为前提。此间，西方经济学开始蓬勃发展，经历了从古典主义到新古典主义的发展，由此孕育了能源经济学的萌发和基本思想。古典主义着重经济总量研究，相关经济学著作中最受关注的两个问题是如何提高资源利用效率和保持经济长期增长。因此建立在“边际效用论”和“均衡价格论”基础上的，其以需求为核心的分析代替了古典经济学以供给为核心的分析。边际效用价值论，边际分析法和均衡分析法，均衡价格理论，资源优化配置和外部性理论是新古典主义对能源经济学的贡献。可以说，在能源经济学的孕育和认识阶段，经济学大师的诸多论著构成了能源（资源）经济学的基本思想和内容，为能源经济学的产生做好了必要的基础理论和分析工具的准备。这一阶段，能源经济学的初步研究侧重于煤炭的开发利用。英国经济学家威廉·杰文斯1865年出版的《煤的问题》一书，是文献中最早从经济学角度全面分析能源问题的专著。杰文斯在详细论述了煤的情况和各种替代能源非对称性的特点之后，认为英国的煤储量有限，靠煤炭而繁荣起来的英国经济总有一天不得不停止发展。

从第一次工业革命开始到 19 世纪 30 年代,世界人口猛增,经济迅速增长,导致对资源需求的大幅增长。结束于 20 世纪初的第二次工业革命,开辟了人类电气化的新纪元,全球生产力得到更加高速的发展,大规模开发利用偏远地区的自然资源尤其是地下矿物资源得以实现,从而大大促进了能源(资源)产业的形成和发展,也同时导致资源短缺、环境污染和生态破坏等问题加剧。于是,在经济学领域,从发展资源经济和解决世界性的资源问题及环境问题两个方面,提出了对建立资源经济学的需要,资源经济学也于 20 世纪二、三十年代应运而生。一般认为,哈罗德·霍特林(Hotelling) 1931 年发表的《可耗尽资源的经济学》是资源经济学产生的标志,也为能源经济学研究奠定了基本的理论分析框架。其后,20 世纪 60 年代英国经济学家 K. E. 博尔丁的“宇宙飞船理论”和以 70 年代 D. 梅多斯的《增长的极限》(1972)为代表的罗马俱乐部“增长极限论”,孕育了循环经济的思想萌芽。

然而,直到 20 世纪 70 年代之前,世界范围内的能源生产和供给相对较充裕,人们对生产要素投入的认识一直笼统地满足于劳动力、资本和土地资源,能源资源通常被看做是原材料的一部分,被当做是一种取之不尽、可有效保障需求的资源,能源资源的稀缺性还不是一个大问题。能源经济的研究主要是研究如何充分和最大效率地开发利用能源来满足经济发展的需要,重点是单一的能源资源开发利用政策。这一时期,对石油资源的研究是主要内容,注意力集中在如何有效地生产、加工、转换、输送能源产品,以满足经济发展的大量需求。

大规模的能源经济研究始于 1973 年中东战争引发的石油冲击。这一阶段,能源经济研究也经历了两个发展时期:从 20 世纪 70 年代到 80 年代初,研究重心是能源短缺或危机问题;20 世纪 80 年代中期以后,更加关注能源可持续性问题,特别是环境问题。石油危机之后的油价上涨,使商品能源消费增长大幅下降,继而引起经济增长大幅下降。能源资源的有限性和片面追求经济增长而导致的大量资源浪费等问题摆在人们面前,能源匮乏成为世界性问题。传统的经济学观点和经济发展模式,已经远不能解决社会经济发展面临的能源矛盾。能源与经济的关系及能源在经济增长中的作用,开始引起更多经济学家的重视,能源经济学研究由此步入到一个新阶段。能源资源公平分配、能源资源有效配置、能源效率提高和能源经济协调发展等成为研究的中心问题,能源价格变动对经济增长率、通货膨胀率、资本市场、劳动力供给、环境污染,以及真实工资的影响等是主要研究内容。

1975 年, H. A. Merklein 的《能源经济学》问世,标志着能源经济学作为经济学一个新的分支正式兴起。其他相关的能源研究著作还有《只有一个地球》(1972)、《生存的蓝图》(戈德·史密斯, 1972)、《经济理论与耗竭性资源》(Dasgupta, 1978)等等。其中,英国的能源经济学家迈克尔·G. 韦布和马丁·J. 里基茨 1979 年合作出版的《能源经济学》、理查德·艾登 1981 年出版的《能源经济学》对后来能源经济学的发展产生了较大影响。之后,还有许多相关著作出版,但是,整体相对于其他学科,能源经济学教科书严重缺位。

20 世纪 80 年代以后,由于人口、资源、环境和发展等可持续发展的四大问题都与能源资源及其开发利用密切相关,如何实现能源的可持续利用及经济的可持续发展,逐渐成为现代经济学研究的热点与前沿问题,并促使越来越多的国家和国际组织开始对能源经济问题进行系统、深入和全面地研究,包括能源、环境与经济增长的关系,寻求持续协调的发展目标,特别是关于能源的政府公共政策问题。关于能源需求与供给、能源要素与其他生产要素

之间的替代、能源与经济增长关系的经济学计量模型和应用软件更多地被使用，特别是一些关于能源、环境与经济增长的大型宏观经济模型得以建立并被广泛采纳。不少国家的大学也纷纷开设能源经济学学科和能源经济学课程，能源经济学步入一个蓬勃发展的阶段。最近几年，人们对能源的稀缺（具体表现在能源价格持续上涨）和环境污染（具体表现在气候变暖）的担忧和恐惧正在将能源经济学研究推到日益重要的位置。

长期以来，由于中国能源消费总量相对于储存量来说一直很小，能源资源似乎无穷无尽，能源问题主要是如何开发利用，因而能源的研究在中国也主要围绕开发和利用。从20世纪80年代起一些国内经济学者开始了能源经济的研究，90年代初以来，随着经济不断增长和能源问题日显重要，国内在能源经济学方面的研究也有了发展。尤其是1992年巴西的里约热内卢世界环境与发展大会之后，国内能源经济研究发展和学科建设（基本上是资源和产业经济学）取得了比较快的进展。然而，相对于资源和产业经济学，能源经济学的专业性更强，专业要求（能源）更高，它不仅要求研究者（学生）具有经济学功底，还要求对能源各个行业的生产过程有深刻理解。作为国民经济至关重要的能源学科研究，目前人才瓶颈是最主要的制约。

能源的稀缺和环境问题是这一代经济学者的一个最重要挑战。能源经济学在中国还没有真正建立起来，有关的研究力量和研究水平都有待于提高和扩大。厦门大学中国能源经济研究中心成立于2005年7月，并于2006年7月升级为独立的系级教学科研机构，隶属于厦门大学经济学院和厦门大学能源研究院，拥有“能源经济学”专业的硕士和博士学位授予点，并于2007年开始面向全国招生。为了填补国内空白，该研究中心2007年出版了《现代能源经济学》教科书，读者包括能源经济学者和工作在能源一线的政策实践家。

本书的编写受到长江学者奖励计划的支持。本书中的第十章“能源安全与能源政策”是厦门大学中国能源经济研究中心助理教授李智的贡献；第十一章“CGE模型及其在能源经济领域的应用”是原厦门大学中国能源经济研究中心学生李丕东的贡献。

林伯强 牟敦国
2009年6月于厦门

目录



第一章 能源经济学——经济增长与能源需求	(1)
第一节 经济增长与投入要素变化	(1)
第二节 能源需求弹性和能源强度变化	(5)
第二章 能源需求及预测	(13)
第一节 能源需求的决定因素及研究方法	(13)
第二节 单方程预测模型及结果	(21)
第三节 能源需求多方程检验及研究结果	(31)
第四节 能源需求的结构变化	(35)
第三章 能源供给模型	(42)
第一节 可耗尽资源的供给模型理论	(42)
第二节 哈伯特石油生产高峰	(48)
第三节 资源耗减价值核算	(51)
第四节 能源供给系统模型分类	(55)
第五节 中国的石油流动供应	(59)
第四章 石油价格模型	(63)
第一节 OPEC 在世界石油市场中的地位	(63)
第二节 供需决定的石油价格及短期价格波动	(68)
第三节 短期的石油价格预测	(74)
第四节 长期的石油价格预期模型	(78)
第五章 电力市场改革	(85)
第一节 国外电力市场改革的目标和经验	(85)
第二节 电力市场改革的必要性分析	(92)
第三节 电力市场改革的管理模式	(99)



第四节	电力市场改革的分时定价问题	(102)
第五节	电力市场改革的成本分析及案例	(111)
第六章	能源冲击对经济的影响	(117)
第一节	能源强度及与经济发展的关系	(117)
第二节	能源价格对经济影响的传递机制	(123)
第三节	能源价格、货币政策和经济表现	(127)
第四节	石油价格冲击和失业	(137)
第七章	能源供给的环境和社会成本	(140)
第一节	能源使用的外部效应和环境库兹涅茨曲线	(140)
第二节	污染的损失计算	(149)
第三节	外部性的比较和决策	(157)
第四节	外部性在能源决策中的使用	(159)
第八章	节能减排	(170)
第一节	节能成本与节能技术	(170)
第二节	税收与节能	(176)
第三节	节能减排目标与方法	(182)
第九章	京都议定书和 CDM	(192)
第一节	京都议定书	(192)
第二节	经济、能源、环境综合分析工具——大型宏观经济模型	(194)
第三节	CDM 及政策工具	(205)
第四节	碳泄漏	(212)
第五节	碳捕捉和储藏 (CCS)	(216)
第十章	能源安全与能源政策	(220)
第一节	能源安全的概述	(220)
第二节	能源安全的系统评价	(223)
第三节	主要大国的能源安全措施	(242)
第四节	我国的能源安全	(249)
第十一章	CGE 模型及其在能源经济领域的应用	(263)
第一节	概述	(263)
第二节	CGE 模型的建模步骤	(267)
第三节	CGE 模型在能源经济领域的应用	(278)
第四节	中国能源环境 CGE 模型及其应用	(284)

第十二章 能源政策	(300)
第一节 能源经济学几个与现阶段政策相关的主要理论	(303)
第二节 能源战略和政策原则	(309)
第三节 能源价格原则和政策	(322)
第四节 能源补贴和能源补贴改革	(333)
第五节 中国环境问题与战略	(342)
第六节 能源安全	(351)
第七节 能源行业改革与行业政策	(361)
第八节 能源相关的税收政策	(379)
参考文献	(387)

第一章

能源经济学

——经济增长与能源需求



第一节

经济增长与投入要素变化

能源作为重要的物质基础，在经济体系中具有重要意义：作为投入要素，贯穿于经济运行的每个环节，如原料开采、运输、加工、销售等等；作为消费品，进入人们的消费组合中，如日常生活中做饭、照明、取暖、制冷、旅行等的能源需求。能源的消费量与生产规模和生活模式有着密切的联系：生产规模越大，能源作为投入要素的需求也就越大；与此同时，随着收入水平的提高，因提高生活质量而导致的能源需求量也不断上升。

但人们对能源的需求又受到能源的自然禀赋和技术发展水平的限制，并且能源的来源不一，从远古的人畜力、生物薪柴、风力等等，到传统的化石能源煤炭、石油、天然气和水能，继而发展到 20 世纪以来对太阳能和核能的开发利用。当前已经形成了以传统能源为主，可再生能源不断增长发展的能源供应体系。

一、能源使用的历史沿革

自人类在地球上出现以来的大部分时期，人们对能源的需求是有限的，使用范围也仅仅局限于食物和取暖方面。随着人类文明的进步，每次提高人类对自然环境征服能力和提高人们生活品质的技术革新，都增加了对能源和其他物质产品的需求。技术革新，有的是缓慢的，有的是迅速的，但都相应提高了人们驾驭自然的能力。

基于水能和风力的机械设备出现，使人们能够控制风能和水能。水平的水流动力被巴比伦人利用来灌溉，水车的功率大约为半马力（1 马力为 746 瓦）。垂直的水落差能在公元 4 世纪已经发展到提供 3 马力（大约 2 千瓦）的功率，主要用于磨面和灌溉，在罗马时期被用于推动锯和锤。到了 16 世纪，在西欧的一些地方，用于向早期的工业化作坊提供动力。风车最早出现在中国，12 世纪在西欧得到应用，并成为推动荷兰工业革命的动力之一，其

功率在 2 或 3 千瓦到 12 千瓦不等。

在早期，由于人口较少和微小的人均能耗，木材提供燃料，风和水能提供动力，并辅以人力和畜力，人们可以在可再生能源供给与能源需求之间实现平衡，即使在有些地区，木材的供应是有限的。当金属冶炼技术发展起来之后，这种平衡被打破了。

最早被广泛使用并大规模冶炼的金属是铜。虽然储量有限，但其较低的熔点使其更容易获得，古埃及成为重要的冶铜中心。铁的储量比铜丰富，但熔点高，直到公元前 1100 年，基于木炭的冶炉才首先被中东人使用并迅速向西传遍欧洲。铁制的工具使欧洲人能够很容易地将大片的森林变为农场。英格兰丰富的铁矿资源和稠密的森林覆盖使其成为向欧洲其他地区提供铁器的中心。在中世纪早期，英格兰的森林就几乎被耗光，冶铁业出现了暂时的下降，能源约束经济发展的作用首次显现出来。

这种约束作用并不仅仅是因燃料缺乏而出现的，在一定程度上也受制于技术发展。当森林减少时，人们开始使用煤炭作为燃料。但由于煤炭的杂质太多，造成铁质下降，不如木炭，人们依然选择木炭为冶铁燃料。但木炭的价格开始大幅度上升，造成在居民的生活领域煤炭对木炭的替代。当煤炭需求增加时，人们开始采用掘井技术开采煤炭。据 Nef (1932) 估算，在 1551 年至 1560 年间，平均每年有 210000 吨的煤在大不列颠被开采。到 1681 年至 1690 年增长到年均 300 万吨，到 1800 年时达到年均 1000 万吨。但这些煤炭的大部分依然被家庭和作坊使用，在钢铁方面的大量使用则是从 18 世纪初人们发明炼焦去杂质技术开始的。但此时煤炭依然主要在家庭部门被使用。到 1800 年，有大约 50% ~ 66% 的煤炭被家庭部门消费，钢铁部门只使用了 10% ~ 15%，其他的被制砖、酿酒、面包、制瓷等产业消费。

最初的煤炭开采都是在水线以上，但当需求增大时，人们开始开采水线以下的部分，于是矿井抽水就成为一个大问题。在有些地方，可以采用水车提供动力抽水，但对于大部分地区是不可能的。Savery 在 1692 年发明了一种蒸汽机用于抽水，瓦特于 1781 年对蒸汽机进行改进，使活塞的往返运动变为飞轮的旋转运动。其后，在许多科学家的共同努力下，蒸汽机不断完善，效率不断提高，应用范围日益广泛。最初蒸汽机的转换效率不到 1%，瓦特的引进使效率提高到 4%，到 19 世纪中期，达到 10%。在蒸汽机不断改进的同时，蒸汽轮机在 1900 年后出现，并且效率不断提高（目前达到 40% 以上）。与此同时，单机最大功率也在不断增长（见图 1-1）。

以煤为基础的冶铁技术和蒸汽机的发明对英国的工业革命起到了重要的基础作用。单机功率的提高及其广泛运用扩大了对煤炭的需求，虽然转换效率不断提高。人均煤炭消耗也从 1700 年到 1800 年翻了一番，随着工业革命的飞速发展，从 1800 年到 1900 年，人均煤炭消耗又增长了 5 倍，达到 4 吨。

在美国，农业生产的主要动力来自于马和骡。人、马（骡）的比例为 4:1，并维持到 20 世纪。在 1875 年，蒸汽机开始在农场出现并迅速扩大。但蒸汽机的时期短暂，内燃机迅速取代了蒸汽机和马、骡。

与工业化发展及能源使用相对应的是能源替代及替代速度成为一个值得注意的问题。从 1550 年到 1650 年煤炭替代木材是由于煤炭的相对价格优势决定的，即煤炭的价格仅相当于木材价格的 1/2。而运输方面操作的便利使 1870 年木船占 90% 的英国到 1900 年时蒸汽动力的铁船占到 90%。能源的市场占比变化如图 1-2 所示。

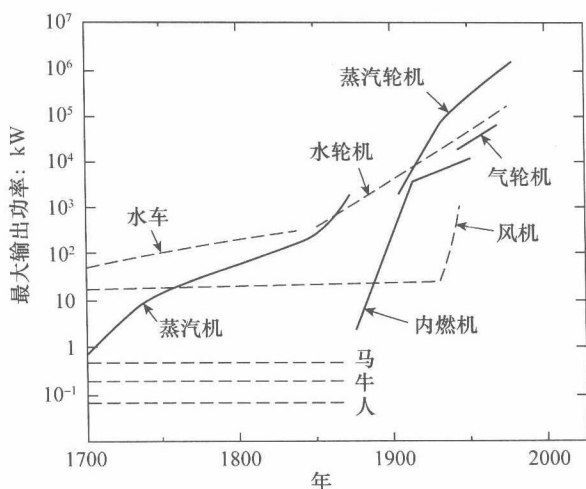


图 1-1 不同能源来源的输出功率

资料来源：Eden, Richard, Michael Posner, Richard Bending, Edmund Crouch, Joe Stanislaw, *Energy Economics—growth, resources and policies*, Cambridge University Press, 1981, pp. 10。

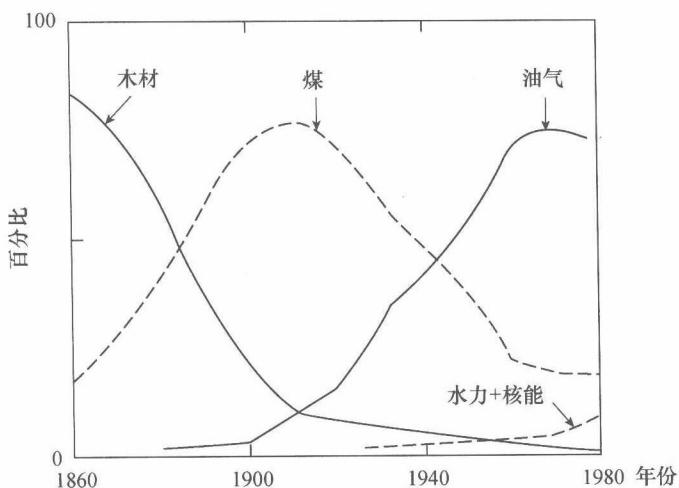


图 1-2 英国历史能源消费比例变化

资料来源：Eden, Richard, Michael Posner, Richard Bending, Edmund Crouch, Joe Stanislaw, *Energy Economics—growth, resources and policies*, Cambridge University Press, 1981, pp. 12。

在 20 世纪初，几乎所有的城市间旅行都是通过火车。但到 1910 年，私人汽车开始成为铁路的重要竞争者，到 1920 年，汽车乘客的里程数超过火车。汽车工业和其他陆上交通的发展是与美国的石油工业同步的。

二、资源禀赋——荷兰的黄金时期

一国的经济发展离不开能源，但能源的资源禀赋与经济发展之间并不存在必然的联系，这主要取决于能源的运输成本、相应行业的承受能力和替代能源的可获得性。当能源的运输

成本超过经济的可承受能力时，当地能源的紧缩必然影响经济的发展；否则较高的运输成本导致的高能源价格将产生高的能源使用效率。

在 16 世纪，欧洲南部和西部的国家经济发展达到了其极限。原因主要是由于不停的森林砍伐以提供燃料和农场用地。到 1640 年左右，荷兰可采伐的木材储量几乎接近于零。而早在此之前，特别对于一些人口密集的社会中心而言，由于不断增长的运输里程，用做燃料和建筑用材的木材日益昂贵，并开始产生一系列的社会问题。即使在此情形下，17 世纪荷兰的经济和国力发展并没有受到阻碍，从而成为荷兰发展的黄金时期。

一些学者将荷兰的经济发展归因于该国的标志——风车。不可否认风车在荷兰将风能转变为工业用能的作用，但风车的作用并没有像一些学者认为的那么大。首先，荷兰不是欧洲惟一适合大规模开发风车的国家；其次，在 17 世纪荷兰只有大约 3000 到 4000 个风车在运行。风车运用的巅峰时期直到 19 世纪下半叶才出现，那时有 9000 个风车在为工业和农业排水提供动力，而平均每个风车的功率大约为 3.33 千瓦。

而摆脱能源约束的一个重要机会似乎唾手可得——阿尔卑斯山脉以北有数百万公顷的泥煤，直到 19 世纪末才开始被开采，而荷兰的泥煤此时却几乎已被开采殆尽。当欧洲其他国家面临木柴约束的时候，只有荷兰开采泥煤以填补能源缺口，突破了经济发展的能源瓶颈。

荷兰在其黄金时期与其他国家能源约束不同的原因不在于泥煤的质量，而在于泥煤埋藏深度的区别和运输条件不同：荷兰很庆幸其泥煤埋藏的深度非常接近或正好处于地下水位上，非常便于开采；并且荷兰天然的及人工开凿的运河构成了四通八达的水上运输网，能够以较低的成本将泥煤在全国范围内运输。

据一些史料反映，在一些本地没有泥煤又不能通过水路与泥煤产区联系的地区，其能源价格往往超过工业发展所能承受的能力。如 1816 年，Eindhoven 的服装制造商抱怨通过陆路运来的产自 Peel 的泥煤太贵（只有 25 公里的路程），而其他燃料，他们则声称更贵。运输成本所起到的作用可见一斑（见图 1-3）。

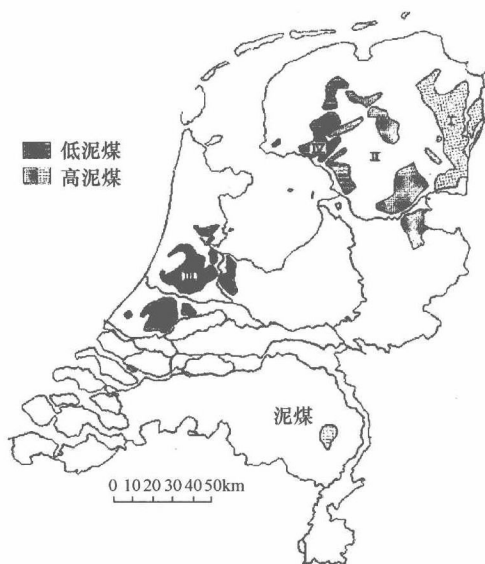


图 1-3 荷兰泥煤分布图

在荷兰的黄金时期，总共开采的泥煤如表 1-1 所示。

表 1-1 估计的荷兰总泥煤开采量

I	Groningen 和 Eastern Drente 地区高泥煤	$2.5 \times 10^9 \text{ m}^3$
II	Western - Drente, Friesland and Overijssel 地区高泥煤	$1.0 \times 10^9 \text{ m}^3$
III	Holland and Utrecht 地区低泥煤	$2.0 \times 10^9 \text{ m}^3$
IV	Friesland and Overijssel 地区低泥煤	$0.7 \times 10^9 \text{ m}^3$
	荷兰全部	$6.2 \times 10^9 \text{ m}^3$

注：要估计开采的地质形成量，数值需要乘以 3/2。

而各区的泥煤开采速度如表 1-2 所示。

表 1-2 荷兰各区的泥煤开采速度

I 区	
	30000/170 = 175 公顷/年 1600 ~ 1700 年 10000/80 = 125 公顷/年 1770 ~ 1850 年 45000/100 = 450 公顷/年 1850 ~ 1950 年
II 区	
	7000/250 = 30 公顷/年 1300 ~ 1500 年 7000/50 = 140 公顷/年 1550 ~ 1600 年 30000/150 = 200 公顷/年 1600 ~ 1750 年 14000/110 = 125 公顷/年 1750 ~ 1860 年 12000/90 = 135 公顷/年 1860 ~ 1950 年
III 区	
	因其泥煤开采不需要开凿运河，不受当时人们的关注，无法估算
IV 区	
Overijssel	2500/250 = 10 公顷/年 1300 ~ 1550 年 12000/200 = 60 公顷/年 1550 ~ 1750 年 2000/200 = 10 公顷/年 1750 ~ 1950 年
Friesland	6000/150 = 40 公顷/年 1600 ~ 1750 年 25000/200 = 125 公顷/年 1750 ~ 1950 年



第二节

能源需求弹性和能源强度变化

从第一节的相关数据可以看出，在工业化过程中，一方面，一国的能源需求总量随着经济发展而迅速增加；另一方面，人均能源消费量也呈加速增长的态势。同时，随着资源的耗

竭而导致的价格上涨会抑制能源需求上涨的速度。能源消费增长与经济增长及价格之间的关系，便成为经济学需要深入探讨的问题。

一、能源经济学中的复杂问题

（一）消费者和生产者的选择

由于西方经济学没有像马克思主义经济学一样解决价值来源问题，西方经济学中对于消费者和生产者的消费和投资决策分析是基于价格与边际效用的。在任何时点上，对于确定的价格体系，消费者都努力在可得的不同消费品之间分配支出。当边际效用与价格比值达到相同时，即实现了消费组合的均衡。而消费者当前的消费支出水平是基于现有的财富水平和对将来收入水平预期的基础上的。同样，生产者在进行生产投入决策时，也是基于投入的边际产出与价格达到均衡的，并且生产者也对市场有一个预期。

要实现上述分析，还假定存在完善的资本市场，个人可以自由地进行借贷；并且有相同的利率，经济主体据此实现跨期效用之间的均衡。但在现实世界中，资本市场是不完善的，真实利率往往低于社会的平均收益率，并且也不同于经济主体跨期的主观贴现率。

客观世界的现实情况与经济学假定的差别，使得人们对能源需求的预测往往出现差别。特别是间接的能源使用（在生产过程中的能源投入），虽然直接受生产厂商的生产控制，但间接取决于最终消费的选择，人们往往采用投入—产出技术进行分析。

（二）价格的复杂性

当两种产品联合生产时，没有在两种产品之间进行固定资产折旧分配的正确方法。生产者只能根据市场上消费者的承受能力来决定两种产品的价格。而且价格又受到市场状况尤其是生产者的市场竞争策略和消费者认可程度等的影响。

传统的化石能源是可耗竭的。在市场的需求量比较小、供应充足时，能源价格不会体现出能源的稀缺性。价格是由能源的供应和需求两方面决定的，而生产者的供应依据“霍特林”原则，决定跨期之间的生产份额。

同时，政府作为公共利益的代表，不仅要考虑当前的生产发展，还需要考虑未来的能源使用和环境保护等问题。为了使社会的福利达到最大化，政府往往通过税收政策来影响生产者的能源消费决策，对能源的价格同样造成影响。例如资源税，在不同的国家税率差别很大，而造成的结果则是，资源税税率高的国家，能源价格较高，能源使用的效率也较高。但在一些计划经济国家，一切资源都是国家的，能源需求也按配额进行，经济主体缺乏节能和改进效率的动力，造成单位产值能耗普遍比较高。

在当前世界石油市场供应高度集中的形势下，中东的政治形势对能源价格的影响日益敏感。而中东历来就是冲突的多发地区，世界石油价格相当脆弱。经济学家无法将政治变动事件模型化，从而也就无法准确预测能源价格及其对经济的影响。

在当今世界石油市场一体化的形势下，能源期货与金融市场紧密联系，极易受到国际游资的投机冲击，加剧能源价格的波动。当经济主体预期能源价格的变动是永久性时，他们会价格变动作出反应，进行一系列节能技术投资；但当预期能源价格只是短期的冲击时，经济主体对能源价格的波动将难以作出反应，对于节能措施也没有积极性。

二、能源需求变化

能源需求的总量与经济的发展和能源价格水平有关。能源价格对能源需求的影响主要是通过三个渠道：(1) 高价格提高了节能的技术水平，减少了能源的使用量；(2) 高价格改变了居民消费品组合的价格体系，造成相对价格的变动，减少了能源产品的需求；(3) 高的能源价格会造成经济衰退，降低因经济增长而产生的能源需求。这三种作用机制是交叉进行的，但起主要作用的还是经济发展水平的变化和居民消费品的替代。因为能源效率的提高取决于技术的发展和节能的投资，并且受热动力学原理的限制。因此，考察能源的使用，通常首先考察能源使用的 GDP 弹性和价格弹性，以研究一国节能降耗的空间。

(一) 能源需求的 GDP 弹性和价格弹性

1. GDP 弹性。不管是居民的能源消费还是生产者的能源投入都与产出水平有关。在一定的技术水平下，能源投入与产品产出是成比例的；作为消费品，能源在居民的消费组合之中的占比与其所产生的边际效用及能源价格密切联系。

在假定理性的经济人条件下，任何消费品的购买数量都可以用需求函数来表示。通过该需求函数，消费者最大化自己的效用，但面临收入水平的约束，即对所有消费品的购买量小于或等于其所拥有的总财富或收入水平。用公式可以表示为：

$$Q_{EC} = f_E(I) \quad (1-1)$$

Q_{EC} 表示某种能源的消费量， I 表示收入水平， f_E 表示能源消费受收入水平影响的函数。并且居民的消费支出受到财富水平的限制：

$$Q_{EC} + Q_{others} \leq W \quad (1-2)$$

$Q_{others} = f_{others}(I)$ ，表示其他商品的消费支出， W 为总财富。在商品的相对价格体系不变的情况下，收入水平的增加并不能保证所有消费品消费量都同比例增长（由于边际效用变动率及商品必需品、奢侈品等的差别），衡量能源消费与收入增长之间的关系便可用能源消费的收入弹性来表示。

$$\beta_{EC} = \frac{\Delta Q_{EC}}{Q_{EC}} / \frac{\Delta I}{I} \quad (1-3)$$

作为投入要素时，能源需求与产出之间也存在弹性问题。由于居民收入水平与产出水平存在直接的关系，因此社会总体的能源需求与衡量一国产出水平的 GDP 之间有紧密的联系，用弹性表示为：

$$\beta_E = \frac{\Delta Q_E}{Q_E} / \frac{\Delta GDP}{GDP} \quad (1-4)$$

当 $\beta_E > 1$ 时，能源消费增长速度快于经济增长速度；当 $\beta_E < 1$ 时，能源消费增长速度小于经济增长速度。一般来说，跨期的 β_E 是不同，这取决于经济的不同发展阶段。

2. 价格弹性。如前所述，能源价格上涨导致的能源需求下降是通过三条渠道实现的。但如果因为价格上涨导致经济衰退而造成能源需求下降，这是所有经济管理者最不希望看到的，因此人们会努力通过技术水平的提高来降低能源价格对经济发展的冲击。这种作用机制主要取决于边际收益的变化。企业进行经营，当达到利润最大化目标时，会实现：

$$\frac{\partial Y_t}{\partial K_t} / P_{k,t} = \frac{\partial Y_t}{\partial E_t} / P_{E,t} = \lambda \quad (1-5)$$

$$\text{或者, } \frac{\partial Y_t}{\partial E_t} = \frac{\partial Y_t}{\partial K_t} \frac{P_{E,t}}{P_{K,t}} = \lambda P_{E,t} \quad (1-6)$$

如果此时能源价格 $P_{E,t}$ 发生变化, 或者造成通货膨胀, 使其他要素价格也上升; 或者企业将进行调整, 加强技术投资, 提高能源的使用效率, 同时也将提高资本水平。在资本边际产出率下降的条件下, 实现新的经济均衡。

对于消费者而言, 也存在消费品组合调整的问题。从能源消费和能源投入两个方面反映出来的总体能源需求将对能源相对价格的变动作出反应, 但这一过程是缓慢的, 能源需求对价格的长短弹性是不同的。因此, 我们往往首先确定时间长度, 既而考察能源需求的价格弹性:

$$\beta = \frac{\Delta Q_E / Q_E}{\Delta P_E / P_E} \quad (1-7)$$

当然, 我们进行价格弹性分析的一个前提条件是能源价格的变动较小, 不会严重冲击经济, 因为能源需求的短期弹性是非常小的。如果能源价格冲击造成经济衰退甚至是经济萧条(如第一次石油危机), 则企业将没有能力筹资进行资本与能源替代的技术改进, 居民的消费组合也会因为失业问题被打乱。

但因能源价格上涨造成的能源消费下降又具有反弹效应。第二次石油危机之后, 西方世界经济疲软, 并且经济主体也相应地加强了节能, 造成的结果是石油供应大于需求, 整个 20 世纪 80 年代的石油价格相对比较低。在低的石油价格下, 对石油的需求又逐渐回升, 造成能源消费的反弹。

3. 能源转换效率。能源转换, 即将能源资源蕴含的能量转换为生产和生活需要的能量。能源需求的多少直接受能源转换效率的影响, 而能源转换效率受制于技术水平的发展。当能源价格上升时, 高能源价格的压力是否会转变为对新技术投资的动力, 取决于新技术的可得性及该技术的投资成本。如果新技术的成本太高, 超出经济体系的承受能力, 则无论其环境意义和能源战略意义有多大, 都难以得到大规模地推广, 从而失去其现实意义。如当前的太阳能电池技术, 虽然太阳能取之不竭且干净无污染, 但由于成本太高, 难以大规模推广, 难以取代传统的化石能源, 从而在面临能源价格冲击时, 其对能源紧缺的缓冲能力也极为有限。

当前的能源转换技术众多, 但其效率却差别很大。能源行业提供的能源转换只是能源向最终需求转换的第一阶段, 每一阶段的能源转换都有着不同的效率。如电厂将电机转子的机械能转换为电能的效率达到 99%, 而白炽灯将电能转换为光能的效率却只有 5%, 其他都以热能的形式损耗。

目前主要的能量转换设备, 从其被运用以来, 效率都有了极大的提高。如早期的蒸汽机效率不到 1%, 早期电厂的发电效率不到 5%。而目前电厂将煤炭的化学能转换为电能的效率(包括化学能—热能—机械动能—电能三个转换阶段), 中国平均在 33% 左右, OECD 国家平均在 36%。在超临界和超超临界温度和压力下, 一些发电机的效率可以达到 40% ~ 50%, 而一些先进的燃气轮机的发电效率达到 55%。一般来说, 不同的能量转换效率如图 1-4 所示。