

国网北京经济技术研究院
电力经济技术专著

电力供需 模拟实验

——基于智能工程的软科学实验室

胡兆光 单葆国 等 著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

国网北京经济技术研究院
电力经济技术专著

电力供需 模拟实验

——基于智能工程的软科学实验室

胡兆光 单葆国 等 著



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

电力供需模拟实验,可分析未来电力供需形势,开展电力供需预警工作,并可模拟分析宏观经济政策对国民经济和电力需求的影响,为国家出台有关政策提供政策支持。

本书内容在介绍电力供需模拟实验基本原理和相关模型的基础上,对中长期电力需求与供应、中短期全国及地区电力供需、节能减排政策、关停小火电、能源强度与电气化水平关系及气象敏感负荷进行模拟分析,涉及面广,信息量大。

适合电力供需分析人员、经济分析人员及国家相关政策制定者使用。

图书在版编目(CIP)数据

电力供需模拟实验:基于智能工程的软科学实验室/胡兆光等著. —北京:中国电力出版社,2009

ISBN 978-7-5083-8394-1

I. 电… II. 胡… III. ①供电-模拟实验②用电管理-模拟实验 IV. TM72-33 TM92-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 006107 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>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

2009年1月第一版 2009年1月北京第一次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 22.25印张 543千字

印数0001—3000册 定价46.00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

电力供需模拟实验

——基于智能工程的软科学实验室

编委会名单

主任委员 胡兆光

副主任委员 单葆国

委 员 (按姓氏笔画排序)

代红才 孙 伟 吴 鹏 张伟昌

张运洲 杨宗麟 陈丽萍 陈 磊

单葆国 周原冰 胡兆光 赵 静

徐敏杰 郭利杰 顾宇桂 温 权

董力通 韩新阳 谭显东



序

自 20 世纪至今, 由于人类社会知识的积累和计算机软硬件技术的涌现与改进, 自然科学与社会科学所属各类学科都得到了进一步的发展; 两者间相互渗透的深度与广度, 均有所扩大, 并涌现了若干新学科。以经济学为例, 在传统的数理经济学中, 增加了图论与拓扑学等新工具, 也增加了二战期间所形成的运筹学等新内容。随着计算机软硬件的兴起, 弥补了数理经济学的不足, 在经济学中又涌现了计算经济学 (Computational Economics) 和实验经济学等新学科。前者主要是经济学与计算机软硬件交叉的学科。它所覆盖的范围, 包括了基于智能体的计算经济学、计算计量经济学与统计学、计算金融学、动态宏观经济系统及交易费用的计算模型等。上述有些领域是计算经济学所独有的内容, 例如智能体的计算模型。有些领域则仅是求解传统经济学问题的延伸, 如果不应用计算机, 那些问题就难以求解。

智能体模型自 20 世纪 40 年代开始酝酿, 随后在社会科学领域, 得到了广泛的开发与应用。例如美国帕鲁金斯研究所就设置有社会与经济动力学中心, 从事智能体模型的研究与应用。

智能体模型的开发, 也受到 20 世纪中期自然科学中计算机科学新分支学科“人工智能” (artificial intelligence) 的交叉影响。人工智能被定义为“研究与设计智能体 (intelligent agent)”。所谓智能体是“一个能识别环境并为取得最大功率而采取行动的系統。”该学科的研究与发展, 在 20 世纪 60 年代中期曾获得美国国防部的大力资助。但由于其开发的专家系统及一种计算机与软件系统在商业上的失败, 而陷入了“人工智能冬天”的时期。但是智能工程在制造业及国际电机工程学会中, 都得到了广泛的探索与应用。

20 世纪还产生了一般系统论 (General System Theory) 和政策科学 (Policy Science) 等跨自然科学、社会科学的交叉学科。

上述 20 世纪以来学术发展上的一些特点, 基本在《电力供需模拟实验——基于智能工程的软科学实验室》中得以体现。该书主要阐释了国网北京经济技术研究院所开发与建设的电力供需实验室各类模型的理论基础与各类实验的应用介绍。第一章至第六章的内容阐释了电力供需实验室的原理、功能, 及相关各类模型的理论。该部分的探讨, 几乎涵盖了宏观经济模型的全部主要类型:

简单的理论模型、经验预测模型、可计算一般均衡模型及基于人工智能和社会科学交叉发展起来的智能体计算经济模型。据我的局限知识所知，国内经济学界研究所采用的数学模型及有关出版物都侧重于前三者；而该书对智能体计算经济模型的探讨，使该书形成了较完整的宏观经济模型体系的探索。第七章至第十四章的内容，主要介绍了各类电力供需的实验模拟分析。该部分涉及了电力规划与政策设计较广泛的内容，诸如：中长期全国和地区的电力需求模拟分析和中长期电力供应模拟分析，在该部分中还探讨了涵盖电力需求侧管理（DSM）的综合资源战略规划（IRSP）；中短期全国和分地区的电力供需模拟分析；节能减排政策模拟分析、关停小火电模拟分析、能源强度与电气化水平关系模拟分析、气象敏感负荷模拟分析等。该书覆盖的内容极为广泛，对于从事电力与能源行业的工作人员及数理经济与宏观经济模型的工作人员，均极具参考价值。

该书内容所进行的探索，具有如下两个特点：

一是理论和实践相结合。这体现在该书上述第一部分所作模型的理论探索与第二部分各类实验模拟的应用上。

二是宏观与微观研究相结合。作为政策工作的研究与分析，必须采取宏观与微观相结合的方法。宏观的政策设计，必须要了解微观体的状况、行为及对政策的反应，宏观政策才不会陷于空洞。电力供需实验室所拥有的宏观模型体系中，包括了智能体计算经济模型，它是以微观各智能体的行为及它们之间的联系行为作为基础的，反映了某些微观特征。它们和其他宏观经济模型的结合可以形成互补。

由于该书广泛的内容及上述特点，为此我谨向读者们推荐这本书并乐意为之作序。

王 崑 炯

2009年1月



前言

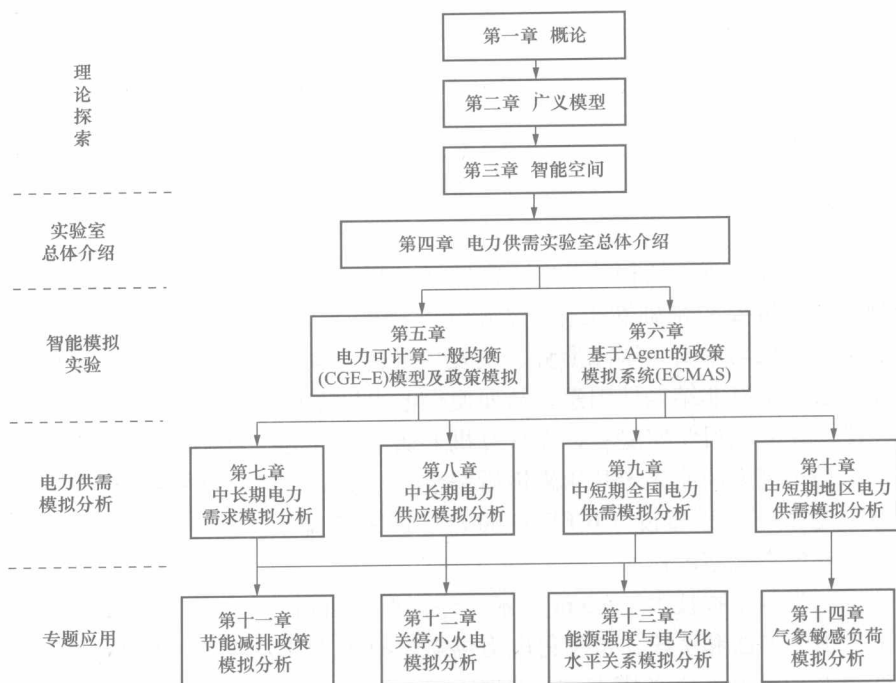
电力需求与国民经济密切相关,电力需求增长幅度可以视为国民经济发展的温度计。电力需求预测是一项重要的基础性工作。影响电力供需的因素很多,包括宏观经济、宏观政策、能源供应、气象与水文、国际形势、突发事件等,其中既有定量因素,也有定性因素;既有结构性因素,也有非结构性因素,从而使得电力供需预测工作具有一定的难度。能否像物理实验一样,建立软科学实验室,在计算机上通过人机交互的方式模拟上述因素对电力供需的影响,这是主笔人胡兆光十几年来饭后茶余、睡前梦后经常思考的问题,这一思路也得到了著名电力专家王平洋教授(IEEE Fellow)、周孝信院士、胡兆意教授的大力支持与指导,增加了建成该实验室的信心。

人工智能、智能工程技术、Agent 技术、综合集成研讨技术的提出与发展,为研究复杂系统提供了更多的方法和手段,也使得电力供需模拟实验成为可能。作者在多年从事电力供需分析的基础上,提出了广义模型和智能空间的理论体系,为实验室的建设提供了理论支撑,并提出了建设电力供需实验室的思路。对此,国家电网公司高度重视,并于 2006 年开始建设电力供需实验室,2008 年底已完成,被命名为国家电网公司重点实验室。目前,该实验室已经对国家电网公司系统内各网省电力公司开放,得到初步应用。

在实验室的开发建设中,不断加强与国内外高等院校、科研机构交流与合作。先后邀请国务院研究室、国务院发展研究中心、原国家能源办(现国家能源局)、中国社科院、中国科学院,以及国际能源署、美国能源基金会、英国牛津能源研究所、英国能源研究中心、瑞士洛桑高等工业学院等单位的专家及国家电网公司的专家到实验室访问,得到了他们的较高评价。

本书从结构上可以分为五部分,如下图所示。第一部分是理论探索,包括第一章至第三章,重点介绍了软科学实验室的概念和智能工程方法体系;第二部分是实验室总体介绍,主要为第四章,介绍了电力供需实验室原理、功能、主要方法和模型;第三部分是智能模拟实验,包括第五章和第六章,介绍了政策模拟实验的主要方法——基于 CGE 的政策模拟和基于 Agent 的政策模拟;第四部分是电力供需模拟分析,包括第七章至第十章,主要介绍了中长期电力需求模拟分析、中长期电力供应模拟分析、中短期全国电力供需模拟分析及中短期地区电力供需模拟分析;第五部分是专题应用,包括第十一章至第十四章,主要结合当前电力供需研究中的热点问题,进行了节能减排政策模拟分析、关停小火电模拟分析、能源强度与电气化水平关系模拟分析和气象敏感负荷模拟分析专题研究。

本书中的许多模型和方法是作者近年来的科研成果,通过电力供需实验室的开发与建设,对这些科研成果进行了梳理和总结,并应用到实践中去。在理论上,介绍了软科学实验室的概念和智能工程方法体系,以及政策模拟的主要方法,读者可以了解电力供需分析、预测、预警的理论与方法。结合应用实例和专题应用,读者还可以了解和熟悉电力供需分析、预测的步骤和过程以及对热点问题的研究方法。



各章的编写人员如下：第一章到第三章由胡兆光执笔；第四章由胡兆光、徐敏杰、温权、周原冰执笔；第五章由谭显东、胡兆光执笔；第六章由徐敏杰、胡兆光执笔；第七章由谭显东、胡兆光执笔；第八章由胡兆光、谭显东、徐敏杰、温权执笔；第九章由代红才、温权、单葆国、胡兆光执笔；第十章由陈磊、单葆国、陈丽萍、杨宗麟、孙伟、张伟昌执笔；第十一章由吴鹏、温权、徐敏杰执笔；第十二章由郭利杰、董力通、单葆国执笔；第十三章由单葆国、张运洲、赵静、顾宇桂、胡兆光执笔；第十四章由韩新阳、温权、顾宇桂执笔。全书由胡兆光、单葆国统稿。

本书以电力供需实验室为基本素材，作者衷心感谢参与该实验室建设研发的课题组所有成员，对同仁们的辛勤工作深表敬意。在本书的编写过程中，还得到了国内外许多著名专家学者的指导与帮助：国务院发展研究中心著名经济学家王慧炯教授仔细审阅了本书稿，给予了详细指导并挥笔为本书作序；葛正翔、张贺、牛忠宝、雷体钧、盛大凯、韩丰、李英、蒋莉萍、冉莹、王信茂等在本书的编写过程中提出很多建设性意见和建议；美国 Argonne 实验室 Michael North 及 Prakash Thimmapuram 同意提供他们的文章作为本书的部分素材，田建伟翻译了该文章并校核了本书稿部分章节；美国加州公共事业委员会 Dian Grueneich 与 Keri Bolding，及美国能源基金会 Jiang Lin、Wanxing Wang 和 Hong Lu 邀请并协助我们做加州综合资源战略规划案例，Dian Grueneich 与 Keri Bolding 对结果给予了较高评价。在此一并表示衷心感谢。

在本书的编写过程中，虽然对体系的安排、内容的选取、文字的叙述进行了精心构思和斟酌；但限于作者水平，书中疏误之处在所难免，恳请读者批评指正。真理在批评中发展，谬论在赞美中滋生。

作者

2008 年 12 月于北京



目 录

序
前言

第一章 概论	1
第一节 引言	1
第二节 可计算一般均衡模型 (CGE)	8
第三节 基于智能体的计算经济学 (ACE)	12
第四节 基于智能体的电力市场模拟实验	14
第五节 智能工程方法体系	19
第二章 广义模型	27
第一节 数学模型 (Mathematical Model)	27
第二节 规则模型 (Rule Based Model)	30
第三节 模糊推理模型 (Fuzzy Inference Model)	32
第四节 神经网络模型 (Neural Networks Model)	34
第五节 混合模型 (Hybrid Model)	36
第三章 智能空间	39
第一节 引言	39
第二节 智能空间基本理论	40
第三节 第一类问题 B_1 与求解	45
第四节 第二类问题 B_2 与求解	50
第四章 电力供需实验室总体介绍	55
第一节 基本原理	55
第二节 体系结构	57
第三节 主要功能	62
第四节 主要模型	70
第五节 综合集成研讨系统	89
第五章 电力可计算一般均衡 (CGE-E) 模型及政策模拟	94
第一节 CGE 模型的建模原理	94
第二节 CGE-E 模型的构建	96

第三节	CGE 模型的数据基础——社会核算矩阵	113
第四节	基于 CGE - E 模型的宏观调控影响效果分析	125
第六章	基于 Agent 的政策模拟系统 (ECMAS)	130
第一节	ECMAS 基本原理	130
第二节	ECMAS 系统的设计与实现	133
第三节	模拟实验	138
第七章	中长期电力需求模拟分析	147
第一节	中长期宏观经济模拟	147
第二节	全国中长期电力需求模拟	155
第三节	各地区电力需求模拟	163
第八章	中长期电力供应模拟分析	172
第一节	我国经济及电力行业发展趋势	172
第二节	电力供应战略规划	179
第三节	综合资源规划	181
第四节	综合资源战略规划	183
第五节	综合资源战略规划模拟	185
第六节	综合资源战略规划效果分析	188
第七节	加州综合资源战略规划模拟	189
第九章	中短期全国电力供需模拟分析	197
第一节	年度电力供需现状分析	198
第二节	月度电力供需现状分析	209
第三节	电力与经济关系分析	222
第四节	宏观经济预测及情景分析	226
第五节	电力需求预测及情景分析	232
第六节	电力供应情景分析	241
第七节	电力供需预警	246
第十章	中短期地区电力供需模拟分析	249
第一节	区域电力供需模拟分析	249
第二节	省电力供需模拟分析	260
第十一章	节能减排政策模拟分析	271
第一节	概述	271
第二节	节能减排政策模拟方法	276
第三节	节能减排政策模拟	279

第十二章 关停小火电模拟分析	286
第一节 关停小火电概况	286
第二节 关停小火电模拟分析及思路	288
第三节 关停小火电政策模拟	292
第四节 关停小火电节能减排效果模拟	297
第十三章 能源强度与电气化水平关系模拟分析	302
第一节 概述	302
第二节 国外能源强度与电气化水平关系实证分析	303
第三节 我国能源强度与电气化水平关系实证分析	309
第四节 2020 年我国能源消费情景分析	315
第十四章 气象敏感负荷模拟分析	319
第一节 气象敏感负荷模拟分析	319
第二节 电力负荷与气象因子关系模拟分析	333



第一章

概 论

第一节 引 言

提起实验室我们首先会想到物理、化学实验室。在物理实验室里有些实验设备，如图 1-1 所示的电学实验室，有表计、实验线路板、电源等工具供我们做实验时使用。即

科学实验室 = 工具库 + 实验平台

如果我们对不同的实验元件给予连接，接通电源，则可以观察表计的变化，分析其物理特性。因此，科学实验是人利用工具库中的工具在实验平台上从事的活动并观察其由前提到结果的过程。即

科学实验 = 人 + 工具 + 实验平台 如果……，则……

例如：如果将 5Ω 的电阻连接到电压为 6V 的直流电源上，将电流表串接到电路中，那么，我们会发现电流表的指针指向 1.2A。这属于物理实验。

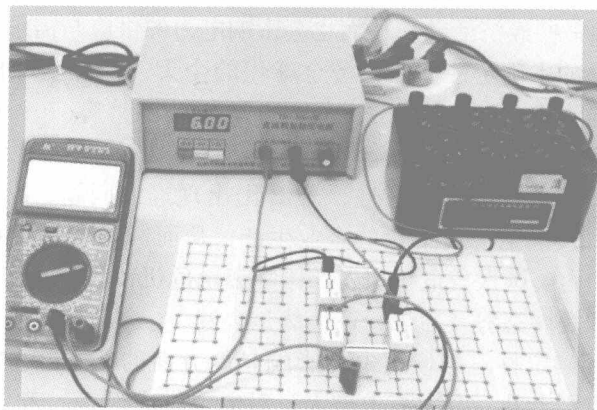


图 1-1 物理实验室

人们在物理实验室里通过各种不同的实验，研究某些物理特征，通过归纳总结，得到一些成果，甚至发现。因此，实验室为人类的科学探索提供了必要的手段。显然，在整个实验过程中，人与实验室形成了一个系统，并且人始终发挥着主导的作用。当然，实验室的设备越先进，实验成果能更准确，能够为人们做的事情越多，人们的主观能动性就会发挥得越好，那么人们利用实验室可以得到更多的成果或发现。正是有许许多多这样的实验室，使得许多现实中复杂的科学、工程问题得以解决。显然，实验室在经济发展中发挥了重要的、不可替代的作用，也为推动科技进步和提高生产力作出了重要贡献。

物理实验室的理论基础是一些物理定律，如电学实验室的理论基础有欧姆定律等。通过实验人们可以发现某些问题在一定的条件下，会出现什么结果或现象，使人们对客观世界的认识不断提高。



电能是经济活动必不可少的生产资料，也是人们生活离不开的生活资料。如果电力短缺，那么，在没有电的地方，工厂的机器无法运转，银行的计算机无法工作，通信业务无法运营，交通路口红绿灯无法指挥，高楼电梯无法升降，自来水无法畅流，……总之，没有电，我们的日常生活将会受到巨大影响。此外，由于发电厂、变电站、输电线路投资巨大，电力行业是资本密集型的行业，任何电力供应过剩，将会导致电力企业经济效益下降，投资回收困难，影响电力企业健康、持续发展，最终影响电力用户得到安全可靠的电力供应。因此，电作为现代社会的标志，任何电力供不应求或供应过剩都会对经济、社会及人民生活带来不利影响。这就要求我们要对电力需求有科学合理的判断，对电力供应有适度超前的规划及经济合理的计划安排。

然而，电力的供应与需求受到许多不确定性因素的影响。比如：

(1) 经济增长的不确定性。经济增长快，经济活动增多，人们收入及消费提高，对各种商品需求多，企业生产兴旺，对电力的需求也会提高；反之，经济增长慢，经济活动机遇少，人们收入达不到期望值，影响消费水平，对商品的需求不旺，企业生产减少，对电力的需求也会降低。经济系统是非常复杂的，经济增长受到众多因素的影响，这些因素大多是带有不确定性的。

(2) 宏观政策的不确定性。政府通过宏观政策调控经济的发展，其中财政政策和货币政策是其通常使用的主要手段。政府会采取什么样的政策，其力度会多大，这是人们无法提前预知的。政府也是根据经济发展状况及对国际国内形势的判断，研究决定需要采取的措施。但这些措施将影响一些经济活动，从而也会影响电力的供应与需求。

(3) 国际经济贸易的不确定性。在经济全球化的今天，资源全球优化配置。A 国生产的产品 G，大多在 B 国消费；B 国生产的产品 H，运往 C 国销售；……通过国际经济贸易，各国都在全球的经济链上发挥本国的优势和作用，使得全球经济达到投入少、产出多的优化运行状态。但是，由于各国经济的关联性，若 B 国出现经济问题，对产品 G 的需求减少，将会通过国际贸易影响 A 国生产产品 G 的企业生产，从而影响 A 国的电力需求。这也是人们无法提前预知的。如由美国次贷危机引发的国际金融危机，各国政府都试图采取措施，遏制其蔓延。但是，它的发展态势及后果，还仍然是个谜。

(4) 气候变化的不确定性。气候对电力影响是两方面的：对电力需求而言，若夏季气温高，空调负荷就会急剧上升，电力需求增大；对电力供应而言，若夏季气温高，雨水少，水电站发电出力降低，电力供应能力减小。气候变化也是很复杂的，随着科技进步与计算机的发展，人们对短期的天气预报具有相对准确性，但对于一年以上的中长期天气预报，其不确定性大大增加。

(5) 突发事件的不确定性。任何自然灾害，暴雪、台风、洪水、地震等对电力供应与需求都有影响。而对这些自然灾害的预报仍然是世界难题。

由于当前人们掌握的科技水平还远不能达到对这些不确定性因素给予准确把握和预测的程度，这对提高电力供应与需求预测的准确度带来很大难度。特别是电力与经济具有密切相关性，经济发展对电力的供需产生很大的影响。所以，研究电力供需必须关注经济运行的状况及走势。

然而，经济系统是许许多多微观经济活动的综合，有众多的因素难以把握及预测。正是由于经济系统的复杂性，经济学家对经济增长预测不再奢望其准确度高、误差小，而是追求其预测的方向是否正确。如经济学家甲预测 X 年我国 GDP 增长 9.7%，低于前一年 9.9% 的

增长幅度,经济学家乙预测 X 年我国 GDP 增长 10.9%, 高于前一年 GDP 的增长幅度。届时国家统计局公布 X 年的 GDP 增长为 10%, 高于前一年 GDP 的增长幅度。虽然经济学家甲预测误差只有 3%, 已经是很准确了, 但预测增长幅度的方向错了, 不是高于前一年 GDP 的增长幅度, 而是低于前一年 GDP 的增长幅度, 这就是预测的方向性错误。经济学家乙预测误差为 9%, 比甲的预测误差大, 但其预测增长幅度的方向是对的。经济学家会认为乙的预测比甲的预测好。经济增长幅度的变化及拐点反映了经济发展走势的变化, 这对于人们分析研究经济运行状况是非常重要的。这也是经济学家为什么不再追求预测精度而是追求预测的方向是否正确、追求预测经济增长幅度拐点的原因^①。图 1-2 显示我国改革开放以来经济增长幅度的拐点。增幅上升的拐点分别为 1981、1986、1990、1999、2001 年, 增幅下降的拐点分别为 1980、1984、1987、1992、2000 年。

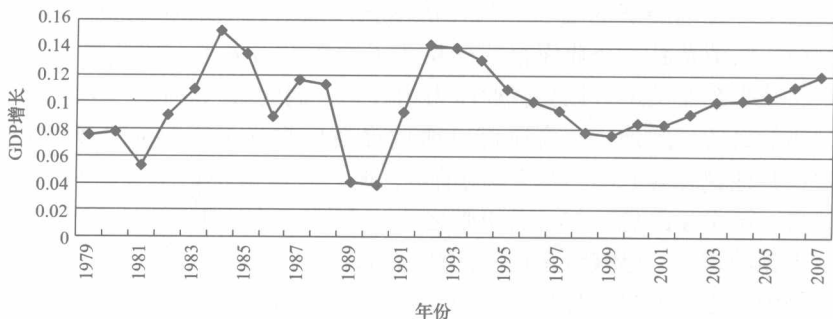


图 1-2 我国经济增长幅度及拐点

图 1-3 显示我国改革开放以来电力需求增长幅度的拐点。其中增幅上升的拐点分别为 1981、1990、1993、1998、2001、2006 年, 增幅下降的拐点分别为 1979、1987、1992、1994、2000、2003 年。

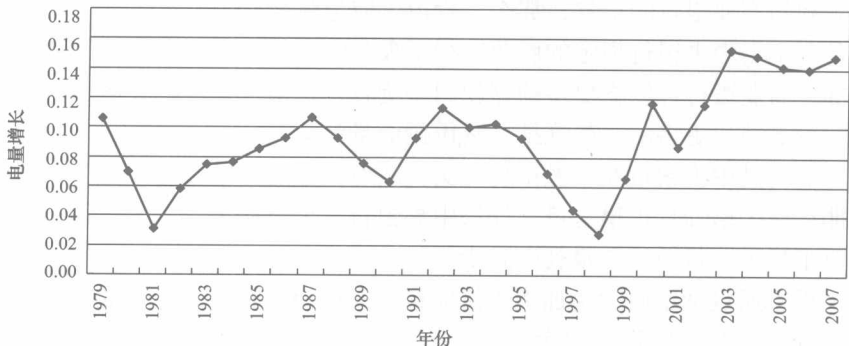


图 1-3 我国电力需求增长幅度及拐点

另外, 经济学家还采用动态调整的方式进行预测。如世界银行、国际货币基金组织、亚洲开发银行等国际权威机构对全球及各国经济增长预测, 通常年底给出一个下一年的预测

^① 在数学上拐点定义为凸曲线与凹曲线的连接点。即当函数 $y=f(x)$ 在 c 点的二阶导数为 0, 且三阶导数不为 0 时, c 点即为函数 $y=f(x)$ 的一个拐点。



值,但来年每隔两个月他们都会根据各国经济的发展状况及走势,对上一一次的预测进行调整和修正,以此逐步逼近实际经济增长率。

由于影响经济增长的因素多且复杂,很难将其研究得很透彻。于是,经济学家又注重研究某些因素(如财政政策、货币政策等)的变化将会对经济增长产生影响。

财政政策是政府通过调整政府支出或调整税收来达到刺激或制约经济增长的目的。如当经济增长缓慢时,政府可以扩大其支出,花更多的钱购买消费品。企业库存的产品卖出去了,企业有了资金,可以发工资,企业职工有了钱,又可以消费,从而又促使企业生产,拉动经济的增长。增加社会福利也是政府扩大支出的措施,如投入更多的钱用于医疗、教育等,人们不再为医疗、教育储蓄,可以有更多的钱用于消费,也可以拉动经济的增长。此外,政府还可以降低税收(如企业所得税、个人所得税等),将更多的钱留给企业与个人,可以刺激消费,拉动经济的增长。当经济增长过热时,政府可以减少其支出,过紧日子,花较少的钱购买消费品。企业库存的产品多了,卖不出去了,企业的资金受到了制约,就会减少生产,减少企业员工,社会就业压力增大,人们的收入降低,制约了消费,从而达到抑制经济过热的目的。此外,政府还可以通过提高税收(如提高企业所得税率、个人所得税、增加其他税种等),也可以抑制消费,制约经济的快速增长。利用财政政策宏观调控经济是著名经济学家凯恩斯的主要贡献之一,它纠正了古典经济学派主张放任自由的市场而政府不予干预的理念,已被许多国家的政府所采纳。

货币政策是中央银行通过调控货币供应量达到调节经济的一种手段。经济中流通的货币过多,会导致通货膨胀;货币过少,又会造成企业资金短缺,发工资困难,影响生产和消费,导致通货紧缩。因此,货币供应量是宏观调控经济的另一个阀门。货币政策包括贴现率政策、存款准备金率政策和公开市场活动^[1]。

贴现率是中央银行向商业银行提供贷款的利率。若贴现率低,商业银行贷款的成本低,会刺激商业银行的贷款,那么,货币供应量就会增加。若贴现率高,商业银行贷款的成本将会增加,就会制约商业银行的贷款,那么,货币供应量就会减少。

存款准备金率是中央银行规定的商业银行所吸收的存款中必须保留的准备金比率。若存款准备金率低,商业银行可以将更多的存款用于贷款,货币供应量就会增加。若存款准备金率高,商业银行必须将更多的存款冻结,货币供应量就会减少。

公开市场活动是中央银行在金融市场上买卖政府债券的活动。如果中央银行用现金买入政府债券,那么就会增加货币供应量。如果中央银行卖出政府债券,中央银行可以得到更多的现金,回收了货币,货币供应量就会减少。

如果中央银行通过货币政策增加货币供应量,商业银行将会有更多的资金用于贷款,此时贷款利率较低,企业会用贷款扩大生产,个人会用贷款买房买车,那么将会刺激经济增长。反之,中央银行通过货币政策减少货币供应量,利率将会提高,货币成本增大,将会抑制经济活动。

政府的宏观调控政策实施的力度会有多大?它们的作用会多大?会对经济产生多大的影响?会对电力供应与需求产生多大影响?能不能像做物理实验一样,对电力经济(软科学)中的一些半结构化问题在计算机上通过人一机交互的方式进行模拟实验?能否在计算机上做

[1] 梁小民. 经济学是什么. 北京: 北京大学出版社, 2001.

一些电力供应、电力需求方面的政策模拟实验?比如国家通过货币政策、财政政策调整宏观经济增长,宏观政策的变化又会直接对电力工业产生影响,即对电力供应产生影响。如紧缩的货币政策会影响到电力企业的贷款,还会影响投资者对电力行业的投资;同样,宏观经济增长的变化又会对企业生产产生影响。如积极的财政政策会增加市场需求,企业的订单源源不断,促进企业增加产品的产量,那么企业对电力需求也会增加,宏观上对电力需求产生影响。我们想知道货币政策(利率、存款准备金率及公开市场)的调整对电力供应和需求有多大影响,稳健的财政政策对电力供应和需求的影响多大,这些能否通过实验室进行政策模拟实验,这是建立软科学实验室时应考虑的问题。

何谓软科学实验室?与科学实验室相仿,软科学实验室为

软科学实验室 = 工具库 + 实验平台

其中,工具库中有用于研究某类问题的方法、模型、数据及相关知识等,即

工具库 = 方法库 + 模型库 + 数据库 + 知识库

如果我们要研究某类问题,可以从方法库中选取某些方法,从模型库中提取某些模型,从数据库中调出某些参数,从知识库中选取某些知识经验;那么,在实验平台上(计算机软件环境)进行某些实验,观察其结果,从而可以帮助我们分析其特性。软科学实验是人利用工具库中的工具在实验平台上从事活动并观察其由前提到结果的过程,即

软科学实验 = 人 + 工具 + 实验平台 如果……,则……

政策因素的变化会对经济及电力需求产生的影响可以理解为是一种“如果……,则……”的推理模式。其实任何预测都是有条件的,即如果在……条件下,则会有……结果。这就是“如果……,则……”的推理模式。因此,更严谨地讲,预测是一种情景分析。预测的“结果”是在其“条件”的前提下成立的,而脱离“条件”单纯强调结果的预测是“算命”,是伪科学。预测作为“如果……,则……”的推理模式,可以设想出许许多多的“条件”,从而可以得出许许多多与之对应的“结果”,这将构成多种情景分析。此时,需要软科学实验室的帮助:人可以设定多种“条件”,在实验平台上观察其“结果”,这就是软科学实验。电力供需实验室就是可以为人们提供这种实验的平台。

为了理解电力供需实验室,经济学的一些思路值得借鉴。当代经济学的研究方法是采用数理演绎和计量统计的方法,通过建立经济模型进行分析而得出结论的。经济学家借助数学推理进行逻辑演绎构建了经济学的理论体系,但对现实中变幻莫测的各类事件及不确定性因素对经济的影响却显得力不从心。这主要是因为经济的发展过程是许许多多微观经济个体的经济活动的宏观体现。因此,经济学家又开始关注归纳分析的方法,实验经济学应运而生。实验经济学运用实验的方法去探究在一定的社会环境中支配人的经济行为的内在规律。即实验经济学就是要研究给定的条件下,实验参与人如何对环境和制度结构做出反应(实验的应变量),然后在总结实验的基础上进行经济理论的构建与检验。实验经济学应用实验的方法,在含有显性或隐含规则的社会背景下,研究人们相互作用的决策行为。它将经济活动的参与人实证化,用可犯错误的、有学习能力的、以经济效益为驱动的自然人取代了传统经济学中高度抽象简化的、完全利己的、具有超强计算能力和完全信息的、超理性的经济人。实验经济学更具有现实合理性,实验结果可用于理论检验和发现新理论^[2]。

[2] Vernon Smith. What is Experimental Economics? <http://time.dufe.edu.cn/wencong/smith/422.txt>, 2002.

但是，实验方法具有其自身的一些缺陷与不足。首先，它无法保证实验设计者能获取人的真实心理；其次，实验的环境可能与真实的环境不相一致。显然，不同环境下实验对象的心理与行为是有差异的。同时，受客观条件的影响，实验只能研究短期行为，无法作为研究长期影响因素的工具。另外，许多情况中不具备进行实验的条件。这些因素局限了实验方法的适用范围。

那么电力供需实验室的理论基础是什么？采用什么方法实现政策模拟？对于那些很难建立数学模型的问题怎样进行模拟实验？这是我们建立电力供需研究实验室必须解决的问题。

首先，电力作为一种特殊的商品，具有两大特性：即电力的生产、输送与消费同时在瞬间完成的特性，及电力不可大规模储存的特性。这两大特性决定了电力生产、消费的实时性，以及与国民经济发展的同步性。

其次，发电和用电必须时刻保持完全平衡。电能以光速在电网中传输受到一系列复杂物理效应的制约，在电力系统运行中，任何供需不平衡都可能使得电网失去稳定运行，导致停电。计算机自动控制保证了电力供需在任何时刻的平衡，电力系统自动化技术保证了电力系统的安全稳定运行。这也决定了电力数据具有相对较高的准确性。电力数据是通过发电侧表计和用电侧表计的读数经校核而成的。在发电侧，电力生产运行要求发电厂定期将各表计的数据通过电力系统网络传输到控制中心；在用电侧，供电部门对电力用户的表计数据定期整理汇总传输到生产经营数据库中。将发电侧的发电数据扣掉线损与用电侧的用电数据比较，得到电力生产运营的各种数据，从而客观上保证了电力数据的实时性、可靠性及准确性。因此，电力计量数据对把握国民经济的宏观参数具有极高的参考作用。

最后，电力消费与经济运行密切相关，电能被广泛地应用于大多经济活动中。生活在 21 世纪的今天，科学技术的高速发展及电气化水平的提高，使得各种经济活动几乎都离不开电（用油的交通工具除外）。电力消费是一种物理量，它的变化及消费结构的变化也反映出经济运行状况及所处的发展阶段。图 1-4 显示，1949~2006 年美国全社会用电量与 GDP 的相关系数高达 0.994 3。我国全社会用电量与 GDP 的相关系数高达 0.993（见图 1-5）；第二产业用电量与其产值的增加值的相关系数高达 0.994；第三产业用电量与其产值的增加值的相关系数高达 0.995。可以看出：产业/行业用电量与其产值的增加值在数学上呈正相关，即产业/行业用电量增速快，其产业/行业产值的增加值增速也快；反之亦然。根据用电量与产值呈正相关的原理，我们可能不知道企业的产值，但通过其用电量的变化可以推出其

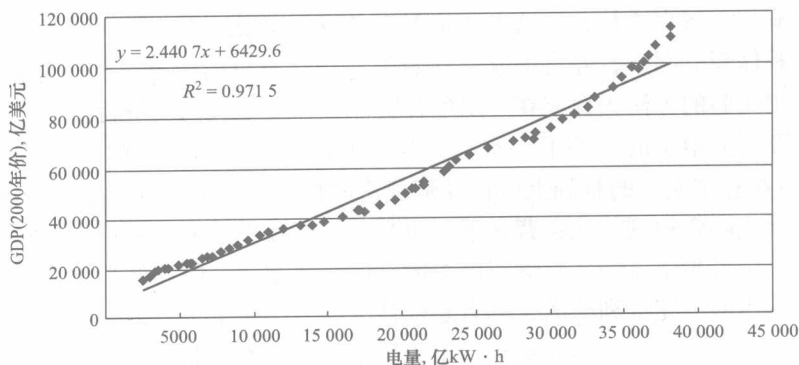


图 1-4 美国用电量（亿 kW·h）与 GDP（亿美元，2000 年价）的关系

资料来源：根据《国际能源与电力统计手册》等资料整理。