

能源模型与系统分析

刘 豹 主编

能源出版社

1984

内 容 简 介

本书是从1988年5月在中国能源研究会能源系统工程第二届学术年会上发表的93篇论文中选其中24篇汇编成册的。内容包括能源供需预测、投入产出分析、节能规划、能源价格、能源环境分析等各种能源模型及其在实际中的应用,对层次分析、多目标优化等新的理论方法在能源规划等领域中的应用也作了一定探讨。

本书内容比较广泛,实用性强,对从事系统工程、能源经济管理的科研人员、大专院校教师、研究生以及在各级能源规划、计划与管理部门的工作人员都有参考价值。

能 源 模 型 与 系 统 分 析

刘 豹 主 编

能源出版社出版 北京市新华书店发行

妙峰山印刷厂印制

787×1092 1/16 开 本 11²/₅ 印 张 300千字

1984年10月第一版 1984年10月第一次印刷

印 数1—5000

书 号: 15277·44 定 价: 2.40 元

目 录

喜看能源系统工程科技队伍的成长(代序)	刘 豹 (1)
我国能源系统工程研究工作的回顾和展望	刘 豹 (5)
考虑综合平衡的国家能源-经济耦合模型	吕应中 邱大雄
孙永广 关宗鑫 李子奈 (10)	
上海能源经济近期模型研究及应用	上海能源模型研究组 (20)
浙江省能源模型——宏观计量经济子模型	蒋绍忠 何 杰
范晓屏 张秘机 王 仁 (29)	
社会经济系统建模中的几个问题	张世英 (36)
国家能源模型与节能规划	寇纪淞 刘 豹 (43)
国家节能规划能流模型	寇纪淞 蔡永新 (51)
山西煤炭运输模型	郭干慈 汪应洛 乐伟梁 (56)
农村能源模型及算例分析	邱大雄 马玉清 何建坤 施德铭 梁宝芬 (61)
能源供应模型在大气污染防治规划中的应用	范贻昌 包景岭 (68)
浓缩铀工业发展的中期战略模型	杨先庶 罗安仁 (76)
QEDFM-1能源需求预测模型	顾树华 吕应运 (84)
能源消费部门预测模型——预测河南省中近期能源 消耗需求量	葛长义 朱光远 (92)
能源-经济系统模型中社会需求量的预测	程玉玺 (99)
关于国家能源数据库的功能问题	薛新民 李京京 韩文科 (106)
关于国家能源数据库的数据体系问题	杨志荣 韩文科 李京京 薛新民 (111)
层次分析方法应用——天津能源供应问题探讨	许树柏 和金生 (117)
应用多层次权重分析决策方法对山西煤炭基地2000年发展规模的决策分析	汪应洛 乐伟梁 (125)
多目标最优化的一种交互型直接算法	吴健中 杨培庆 陈平澜 (133)
制订能源产品价格的数理基础	茅于軾 (142)
最优化方法在能源消耗的经济效益分析中的应用	魏力仁 (149)
产销平衡模型——在能源管理中的一个简例	沈荣芳 (155)
煤炭基地开发规划及建设过程中的网络分析模型	缪国良 (164)
北京地区能源管理信息系统——数据库研究	陈明璋 梁景海 (172)
附件1.未编入本书的在中国能源研究会能源系统工程第 二届学术讨论会上发表的其它论文目录	(179)
附件2.中国能源研究会能源系统工程第二届学术讨论会纪要	(181)
附件3.中国能源研究会能源系统工程专业委员会委员名单	(183)

喜看能源系统工程科技队伍的成长

(代序)

刘 豹

我是怀着无限喜悦的心情编完这本名之为《能源模型与系统分析》的能源系统工程论文集的，喜悦的倒不是因为编完了这本文集，也不是因为在我案头堆着永远做不完的工作中总算又完成了一件，而是想到三年来我们能源系统工程科技队伍的成长，好象我们国家许多新生事物一样，从无到有，从小到大，从弱到强。中国能源研究会三年多来为我国的能源事业作出了很大贡献，研究了我国的能源形势，向领导提出我国面临严重的能源问题，并且提出了缓解我国能源紧张状况的十三条建议。能源研究会组织了近 500 名专家，作了三年的多学科、综合性科学研究，写出了很有水平的“中国能源政策研究报告”，其中不少建议和研究结果已被国家所采纳。能源研究会是国内学术团体中比较活跃和富有创业性的一个，成员中有许多都是能源科学和工程事业方面的学识渊博、阅历广博、经验丰富、爱国心切的专家、学者、领导和干部，他们大都是能源事业各方面（煤炭、石油、火电、水电、核能、新能源、能源运输等）的权威人士。他们的共同观点是“能源是国民经济的首要问题，我国存在能源紧张的局势，为了实现2000年我国工农业的年总产值翻两番，就必须重视能源问题”。正由于是各方面的专家，所以在交流经验，论证问题时就有“各方面”的特点：水电重水，火电重火；电要上，煤也要上；煤炭的铁路运输、管道运输、水运、陆运……这就需要一些能够站在整个能源领域，从全局研究问题的能源系统工程方面的人和能源各个方面的专家们一起讨论问题。在这种想法下，在能源研究会下面组织了能源系统工程专业委员会。

能源系统工程专业委员会在能源研究会的领导下，组织了国内有关人员，从事能源系统工程领域内的科学研究工作。他们从事国家和地区的能源供需预测；国家的能源供应预测；国家、地区和部门的能源生产、分配、节能规划；能源政策的评价等问题。他们在实际研究工作中得到了锻炼，掌握了建立模型的方法、最优化的运算技术、统计数据收集和处理的办法，学习了能源硬科学方面的基本知识和能源经济知识，理解到在以系统工程方法解决能源问题的过程中和能源专家及决策者对话的重要性。能源系统工程专业委员会成立前至今，一共开过三次学术讨论会，第一次是在1981年2月在天津大学举办的能源系统模型学术讨论会，第二次是1981年8月在哈尔滨召开的能源模型学术讨论会暨能源系统工程专业委员会成立大会，第三次是1983年5月在杭州召开的能源系统工程专业委员会学术讨论会。从这三次会议的参加人数、宣读论文数目、论文涉及范围的深度和广度、论文的学术水平和应用水平、论文的背景、论文作者的年龄分布等方面来看，都说明我国能源系统工程科学技术队伍的成长情况，总的来说，就是：从无到有，从小到大，从弱到强。

能源系统工程专业委员会的会议不只是学术讨论会，它还研究如何开展全国能源模型研究工作问题，研究能源软科学规划问题，它提出建立能源系统培训班的建议，它为某些地区

的能源规划作咨询工作等等。然而,定期的学术讨论和交流毕竟还是有其必要的,一是提倡学术风气,一是交流学习心得和研究成果,一是检阅队伍。能源系统工程科学技术队伍的成长,不能说与能源系统工程学术会议的召开没有关系,现在差不多许多省市都已作了本地区的能源需求预测,有些还据此订出了能源规划。这些工作和胜任这些工作的人才的成长,几乎都和能源系统工程学术会议及其文献有关。当然,这些都是在中国能源研究会领导下取得的成果,我们应当感谢中国能源研究会理事会。

回过头来,我应当谈谈收在这本《能源模型与系统分析》论文选中的文章。1983年5月在杭州召开的全国第二届能源系统工程学术讨论会一共有93篇文章分别在大会和分组会中宣读,内容包括国家能源模型,地区能源模型,节能、运输、开发等专用模型,能源供需预测以及预测模型的一些问题,核能发展的一些问题,能源经济问题,中国和联邦德国合作广东省能源模型,应用层次分析方法研究能源问题,能源数据库研究,能源投入产出表的编制以及一些建模和计算的方法及理论问题。这些文章的水平,实用背景和应用价值是有差异的,但我们总应当从鼓励的和发展的角度去对待它们,希望一届比一届进步。为了能将其中较成熟的文章收编在论文集中,能源系统工程专业委员会开会决定,由委员们会后精读所有文章,然后,从中选出20篇。到6月中旬,我们按委员们的选票,选出了24篇文章。文章从全票一直到三票都有。当然,我们不能说,选入本文选的文章就一定比没有选入的强,很可能,未选入的文章是有水平的。但由于文集篇幅有限,不能把会议全部文章都选入,而象任何筛选问题一样,只能说入选的文章相对来说得到较多人的同意。

至于选入本文集的24篇文章,我不能说都十全十美,作为文集主编,我无权修改原作者的文章。我们规定每篇文章图不超过9000字的版面。但还是有一些文章作者舍不得割爱(这也需要锻炼),超出了规定。只是对这些文章,编者才无可奈何地割掉了一些头尾,对此,我在这里向某些作者道歉。

文集中第一篇是编者在开幕式上的报告《我国能源系统工程研究工作的回顾和展望》,提出能源系统工程研究要讲实际效果,为此,尽可能使研究课题要有“用户”,研究结果要便于应用。同时提出今后研究的范围要进一步扩展,节能和能源工业的系统分析以及能源经济方面有关问题都可以做。

吕应中等在《考虑综合平衡的国家能源-经济耦合模型》中,从能源问题是经济问题的一个组成部门出发,设想了一个包含许多经济部门在内的能源经济耦合模型的框架。

上海能源经济研究组的《上海能源经济近期模型研究及应用》是结合上海市的具体情况研究成的以人机对话形式,由决策者参与工作的近期规划模型。为了配合这个工作,程玉玺的《能源-经济系统模型中社会需求量的预测》以多元回归预测模型求出社会需求量,作为上海近期模型的外生变量。吴健中等的《多目标最优化的一种交互型直接算法》则为上海近期模型提供了优化算法。

蒋绍忠等《浙江省能源模型——宏观计量经济子模型》结合浙江省具体条件构成了一个地区型宏观计量经济模型。

要建立经济系统模型,必须采集足够的历史统计数据,而我国的统计数据不全,三十年来经济结构有多次变化,如何对付这种困难局面?张世英的《社会经济系统建模中的几个问题》一文提出了并初步回答了这些问题。

节能问题是当前我国能源工作中的重点。寇纪淞和刘豹的《国家能源模型与节能规划》一文提出了利用国家能源模型编制节能规划的方法,能为国家有关部门直接应用。寇纪淞和蔡永新的《国家节能规划能流模型》是配合我国节能规划的编制,提出便于节能规划部门编制节能规划和评价节能措施的工具。

郭干慈等的《山西煤炭运输模型》是一个应用混合整数规划计算的多发点多收点多目标运输网络模型,得到山西煤炭(1990~2000年)高、中、低三档的外运运输建设规划方案和煤炭合理运输流的方案。

能源需求预测仍然是这届学术讨论会中许多文章的主题。顾树华和吕应运的《QEDFM-1能源需求预测模型》用的是一种考虑各实际生产部门和生活部门消费能源过程的能源需求预测的结构,这种模型比过去只计一次能源消费量或总消费量的模型有改进。葛长义和朱光远在《能源消费部门预测模型——预测河南省中近期能源》中以假设的数据研究了河南省近期能源消费需求。

我国农村地广人多,能源消耗大而供应短缺,急待用能源系统工程方法来研究农村能源规划问题。邱大雄等的《农村能源模型及算例分析》对农村能源与农业经济和生态环境进行了综合考虑,建立了一个优化模型。

杨先庶和罗安仁在《浓缩铀工业发展的中期战略模型》中结合我国核动力起步阶段的具体情况,分析了使投资最省的扩散厂建厂规模和周期。

范贻昌和包景岭的《能源模型在大气污染防治规划中的应用》提出了以大气中 SO_2 污染总排放当量最少,为减少 SO_2 污染增建改造能源设施,使其投资最少和市区总耗煤量最少三个目标在满足能源需求、能源平衡和投资设备能力限制等条件下,研究污染防治规划。

廖国良在《煤炭基地开发规划及建设过程中的网络分析模型》中,以实地调查研究材料为基础、应用网络分析法,拟定了大型煤炭基地开发方案,同时也为已决定开发的规划提出了组织实施计划。

能源模型离不开数据库,本届会议有相当数量的数据库方面的文章。薛新民等专门论证国家数据库的功能,写成了《关于国家能源数据库的功能问题》一文。杨志荣等在《关于国家能源数据库的数据体系问题》中研究了数据库体系。陈明璋和梁景海在《北京地区能源管理信息系统——数据库研究》中介绍了北京建立数据库的过程及所考虑的问题。

层次分析法是一种客观组合主观评价的方法,它可以把某些决策者对某事物的多项指标的评价客观地排出综合的优先次序。它的应用简便,在一定范围内是决策的辅助工具,和金生和许树柏的《层次分析方法应用——天津能源供应问题探讨》用以研究天津市能源供应问题,得到的市区应优先发展次序还是比较合理的。汪应洛和乐伟梁的《应用多层次权重分析决策方法对山西煤炭基地2000年发展规模的决策分析》对层次分析法作了具体应用。

能源问题归根结蒂是一类经济问题,研究能源问题的优化离不开经济效益。因此,能源系统工程研究人员应该学习经济知识和运用经济分析方法,研究能源系统工程也欢迎能源经济工作者参加。本届会议有一部分能源经济方面的文章就体现了我国能源系统工程科研与经济研究间的渗透。茅于軾在《制订能源产品价格的数理基础》中阐明了正确的作用,并对以统一边际收益作煤价作了论证。魏力仁在《最优化方法在能源消耗的经济效益分析中的应用》中说明只有影子价格较能衡量我国企业对能源的利用,并以优化模型衡量节能措施所得的经济效益。沈荣芳给出了一个《产销平衡模型——在能源管理中的一个简例》。

能源系统工程科技队伍正在迅速成长，他们都能独立从事实际能源问题的研究，都能收集一些数据，建立一定类型的能源模型，在计算机上作一些计算和分析。为了更好地在这个方向继续发展下去，我想借这里的篇幅再发表几点“谬论”，如果多少有点参考价值，那就请同志们考虑。从事系统工程的人，素来主张尽量用定量分析方法，主张建立数学模型在计算机上运算和分析。但是由于人类社会的特点和优点就是它的多样性和复杂性。多样性和复杂性的事物和关系，是很难完全用数量的方法来描述的。因此，定量分析研究人类社会的种种关系就有其先天不足。当然，对于象能源系统这样一类涉及社会和经济问题的大系统，完全靠定量分析也是不够的。从事能源系统工程科学研究工作的人心中要有这个数，才不至于过分强调定量分析的作用，在构造模型之前才会充分认识到从能源专家那里学习能源问题的定性分析结论的重要作用。系统工程要靠定量与定性相结合的方法进行工作。

系统工程工作者决不能把自己的研究成果强加于人，要善于和所研究对象的专家协作，要密切和决策者配合。研制对话式模型和计算程序，研制便于领导使用的决策支持系统的工作从现在起就应当重视。要和经济学家配合，要学习经济方法和基本的经济原理，脱离经济的能源系统工程方法是解决不了实际问题的。

编者愿这本《能源模型和系统分析》论文集能起到：对现有的能源系统工程工作者是前进中的一块里程碑；对即将从事系统工程工作的新来者是一本了解我国能源系统工程研究范畴的入门书。

我国能源系统工程研究工作的回顾和展望

刘 豹

(天津大学 系统工程研究所)

一、能源系统工程研究工作过去几年的成就

我国科学工作者从事系统工程研究工作的时间不长,但已经获得了丰硕的成果。在我国人口的预测和分析上^[1, 2, 3],已得到了令人满意的结果。在国内许多大型工程上,例如华北的引滦工程^[4]和30万吨乙烯的建厂工程,都作了确切的可行性分析和施工方案比较。此外,在分析我国的国民经济发展、环境生态系统^[5, 6]、各种军事作战系统^[7]、教育规划系统^[8, 9]以及工厂生产管理系统等工作上,进行了大量成功的研究。更重要的是,这些成果有许多已被有关部门采用,从而使科学研究成果直接为我国的国民经济发展服务。人口问题的研究成果在制定我国人口政策上起到了有益的作用,大型工程的可行性分析为有关领导部门正确选点和组织施工立了功勋,许多工厂的系统工程研究促进了企业的生产管理工作,得到了理想的经济效益。近年来,国内系统工程研究成果的影响,不仅体现在由成果直接得到的经济效益、管理工作的改善和正确政策的制订上,而且意义更深远的是,它使我国各级领导相信系统工程的研究对我国国民经济的发展是十分有益的,因而乐意采用系统工程的研究成果以改善其管理工作。令人鼓舞的是国务院已设立技术经济中心以研究重大的国民经济问题,在国家计委也有相应机构开始探索用系统工程方法作国家经济计划工作,国家科委在制定重点科学技术研究发展规划时已采用了专家咨询方法,国家和某些省市已开始组织人力编制投入产出表,以备进一步分析研究国家和地区的国民经济各生产部门间的关系。种种迹象说明这几年我国系统工程研究工作是有丰硕成果的。

在能源系统工程的研究方面,成果也是可喜的。对全国能源需求和供应的预测分析结果已被采纳而列入我国经济发展的战略目标。各类地区能源系统模型^[10]的研究已开创了某些地区的能源供需规划和以能源为基础的地区国民经济分析工作的先例,再经过一定努力,这些成果即将直接为各类地区的能源经济规划和工业结构调整作出贡献。在过去几年中,还开展了不少能源系统工程的研究项目。例如农村能源模型^[11]、部门(煤炭、电力、石油)能源生产布局规划模型^[12, 13, 14]和国家能源模型^[15, 16]等。

从本届年会交流的论文看,最近一年多研究工作的面更宽广了。许多新手写出了有水平的文章。在对全国能源供需预测方法研究成功之后,又进行了许多(包括地区、部门)的预测工作。能源是国民经济中的关键部门,把能源作为经济工作中的关键一环来研究,或以能源作为主要制约因素来研究经济问题是势在必行的。过去几年中所研究的国家能源模型和地区能源模型^[15, 16]都有宏观国民经济模型作背景,近来不少研究工作者重视了这方面的工作。各类投入产出模型是深入研究能源消耗与产业结构、节能、生产发展和能源需求关系的重要手段。全国许多地区 and 部门已开始编制投入产出表,本届会议有一定数量的投入产出表

编制和应用的研究是令人鼓舞的。各类能源模型,特别是大型的国家、地区和部门规划模型,要达到实用的地步,必须有数据库的支持,但数据库的研究又必须要有一定的物质条件、收集数据和保持数据的权力。国内有条件的一些单位对此也做了一定研究,做了良好的开端。在本届年会上,有一些能源系统工程方法的研究,它们是多目标决策方法、大系统分解算法和非线性规划的数值方法,比较集中的是介绍层次分析方法。层次分析法是一种对复杂系统避免用复杂方法的实用排序法,而排序是人们决策问题惯用的手段之一,它有广泛的应用前景,在应用上、理论上和方法上对它作进一步的探讨是值得的。

回顾这几年,我们能源系统工程研究工作是:参加工作的单位和人员在不断增加;研究项目的范围和深度在不断增加;各级领导对以系统工程方法解决与能源有关的问题的兴趣在不断增加;研究成果对国民经济工作的促进也在不断增加。

二、能源系统工程研究工作中存在的问题

回顾过去,总的形势是好的,它在不断前进,令人鼓舞。为了更好地开展能源系统工程的研究工作,有必要从更高的角度来检查我们的过去。

1. 研究成果的实用性

系统工程是一门实用性很强的科学技术。我们提倡科学研究要为社会主义四化建设服务,而能源系统工程研究的正是为解决我国四化建设中的关键问题(能源问题)。到本世纪末要力争使全国工农业的年总产值翻两番,而能源产量按能源系统工程预测方法估计最多只能翻一番,这么大的能源缺口问题必须依靠能源系统工程方法的分析、规划和决策去解决。用能源系统工程方法可以研究经济结构、产业结构、企业结构和产品结构的调整问题;可以改善各级能源管理;可以合理规划各类节能措施;可以评比各种能源开发投资方案,并将被优选者列入规划;可以研究能源进出口政策等等。由此可见,在解决我国能源缺口问题上,能源系统工程是有许多课题要做的。要使研究成果能解决实际问题,就必须做到下列几点:

(1) 研究课题要有用户

能源系统工程研究课题的目的是为有关单位(用户)解决能源软科学问题。例如为一地区作好有限能源的合理分配;为一个耗能工厂作好节能的规划;为一个能源生产企业作好能得到最大经济效益和最少能耗的管理工作;为某一决策部门确定合适的能源政策等;因此,在接受研究课题之前,就应当明确用户。课题的研究目的要得到用户的同意或由用户提出;工作要和用户协作(收集数据,调查具体情况、提供条件);关键决策环节要用户参加决定;结论要被用户接受;有些成果还应便于用户使用。凡属实用性的课题,都应有用户。初搞能源系统工程科研阶段,由于许多人对系统工程解决具体问题的能力和作用不了解,较难找到对口的用户,国家科研主管部门(各级科委或有关科研单位)为了支持和扶助系统工程科研工作地开展,曾鼓励有些单位先做些准备性研究工作。目前,这个阶段正将结束,各科研单位和研究人员应当力争在开题时就有明确的用户。

用户大体可以分成两类。一类是直接用户,即他们的问题就是我们研究课题要解决的问题。例如为一个能源加工厂作加工最优管理工作,以最大的经济效益和最少的能耗为目标,安排能源产品品种比例或作年度及季度生产计划。又如为某一能源部门作行业的节能规划,研究在一定时期内以最少投资得到最大的节能效益,这个能源加工厂和这一能源部门就是用

户。如果为一大类相似部门或地区研究一种能源规划方法,这时,这一大类相似的部门和地区就是直接用户。当然,在能源系统工程研究中,还有相当数量的论证研究工作,例如论证全国节能的重大措施,论证能源的最优综合运输方案等,其用户就应当是国务院领导或国家计委或经委。

另一类是间接用户,就是能源系统工程研究工作者本身。我们研究各类模型、各种建模方法、统计数据的收集、整理和分类方法、多目标决策方法和系统分析方法是为广大系统工程研究人员应用的。无论那一类用户,都是我们全部研究工作过程中必须与之密切联系、协作和依靠的对象。

(2) 研究结果要便于应用

为某一用户研究的能源专题,例如全国节能重大措施的论证或某项能源生产建设工程的可行性分析,可以用文字附以数值分析的报告形式提供给用户。对于能源生产工厂的计划调度方案,则除了书面报告以外,还应附以便于用户随时按不同生产量调整的计算程序软件。对于某些能源系统的分析,研究工作是按用户提供的各种条件和数据进行的,交给用户的不应当只是一个具体的分析结果,尽管这个结果已包含各种可能条件下的不同分析结果,更应向用户提供本分析的可调式计算分析程序软件,便于用户自己来作“如果……那么……”分析。为一个部门、地区或国家研制的能源规划、分析和预测模型,更应配以数据库系统,便于用户随时存入、更换和调用有关数据,便于随时作能源系统的各类分析工作。当然,为了进一步便于领导研究和讨论有关能源的各类问题,也为了便于领导直接对有关能源问题作出决定,可以进一步研究决策支持系统。

2. 能源系统工程研究的范围

几年来能源系统工程研究工作进展很快,就其研究的范围来说,和国家的需要还有相当差距。我们研究了能源的需求和供应预测,国家、地区和部门的能源规划模型,也开展了部分节能方案的研究。但是,总起来说,所涉及的面是不够广泛的,远远满足不了国家的需要。应该扩大研究范围,进行下列各方面的工作:

(1) 节能问题研究

解决我国能源短缺问题,要开发和节能并重。用开发的办法可使我国能源到本世纪末翻一番,而比工农业年总产值翻两番还差一半,这一半中相当大的部分就要靠节能办法来补缺。首先研究和论证全国重大节能措施,明确节能从那些行业、部门、环节做起。研究和分析节能中改变经济结构、产业结构、企业结构和产品结构,改善能源管理方法,采用新工艺、新技术、新材料和新设备,考察节能工作新办法的作用和效益。进一步可以研究按现有节能效果全面平衡各行业的节能投资方案,同时研究各行业的,特别是耗能行业的节能方案。

(2) 能源工业的系统分析

靠开发使我国能源产量到本世纪末能够翻一番,就要极大地限度地提高能源开发工作的效率。这里,能源系统工程可以起很大作用。能源产品合理输送的研究,如煤炭和石油的水运、陆运和管道运输的评比和综合分析,对坑口电站的具体分析评比,输电系统的规格和类别分析等都是值得研究的工作。对于煤炭开发,要就我国现有的国家矿、地方矿和社队矿的情况作统一分析和研究,既要从供应和使用的不同地区的不同产销量、最省的运输费用,又要从矿井的装备、原材料、劳动力、资金和期前准备工作等方面综合考虑来拟定矿井建设的最优化。水电开发是投资大而建设周期长的工程项目,应当利用系统工程最优设计和管理方法

去研究缩短我国现行设计施工周期的可行性。当然,也要研究各种能源加工厂的最优生产体系,如炼油厂各类油品生产的最优比例和洗煤厂各类煤品的最优比例的分析。

(3) 能源经济研究

我们认为从国家经济结构的调整来解决我国能源短缺问题是一条重要的途径。对于我国东部工业发达地区的能源紧张局面是否也可从产业结构调整上得到部分解决?三线工业生产没有达到设计能力,是否可以把部分高耗能工业放在能源生产基地附近?全国工业布局和能源的关系要从全国的社会经济效益来看,而不能仅从一个地区的产值来确定。

我国现行能源价格是不合理的,它已成为我国能源发展(能源开发和节能工作)的重大阻碍,迫切要求能源系统工程专家和能源经济学家共同努力协作,来研究这个问题。

(4) 国家能源模型工作

国家能源模型是指导一个国家能源经济工作的基础。它可以预测中期国家能源供求状况,分析各种长远能源经济发展方案的效果,为国家能源开发研究的战略规划提供科学依据;它可对各种能源政策和方针作定量综合评价,为国家拟定能源政策提供有效方法,防止重大政策失误;它有利于促进经济计划和管理工作的改革,逐步建立国家先进的能源计划管理体制,可为编制各项能源投资、生产、运输等实施计划和确切可行的节能规划提供有力依据。研究和建立国家能源模型及其相应的数据库,是一个国家能源经济工作的根本。过去几年已有若干单位在这方面做了一定量的工作,在作为国家能源模型的子模型的研究上(如地区能源模型、部门能源模型等)也做了大量工作,取得了初步成果。可以说,工作条件已经成熟,现在就应该确定用户单位,组织力量,明确研究目标、任务、工作范围和期限,制定具体研究计划,正式进行国家能源模型的研究工作。

3. 能源系统工程理论和方法的研究

最近几年在用系统工程方法研究我国社会经济问题的工作中,我们曾遇到不少难以处理的问题,归纳起来可以说都是一个如何描述和分析我国社会经济大系统的问题。一般的理解是,用系统工程方法研究问题,首先必须用定量的方法来描述该问题所涉及的诸因素间的关系,也就是用统计数据来建立表达诸因素间的关系的数学模型。这里遇到的第一类问题是如何用我国建国三十多年来的历史统计数据来建立数学模型。在旧中国濒临崩溃的半封建半殖民地的经济基础上,要建立一个社会主义经济体制谈何容易,三十多年只能是从一种经济状态过渡到另一种新经济状态的过渡过程。从理论上说,用常规方法的过渡过程中数据来辨识和建立一个稳定状态下的模型是不可能的。是否可以结合经济规律的分析,将三十多年的数据分类归并,由此而提出一种对我国历史统计数据的分类检验的方法呢?是否可以用小样本方法的有限数据建立基本可用的模型呢?对于有些社会经济系统,量化本身就是一个难题,例如我国的社会主义建设有物质文明建设和精神文明建设,用什么最确切的指标来表达精神文明的水平?要研究量化表达事物水平和事理系统间诸因素的关系的限制,并研究在此限制内的各种量化方法。

另一方面的问题是,如果不用量化方法,或由于量化描述能力的限制而只能用定性描述方法,那么在这种条件下分析大系统的有效方法又是什么?看来,人-机系统分析方法是一个可行的研究方法。事实上,我们在作煤炭工业生产布局研究时^[12,17],为了便于大系统的解算,已提出了逐级优化方法。在这里,各级间的联系是用人-机系统方法完成的。进一步研究人-机系统的理论和方法,发挥人和机的各自优势,构成人-机协调系统是一类很有

前景的研究方向。

凡涉及人类社会经济活动的大系统(社会经济系统)的运动规律都是复杂的。只有用定量和定性相结合的描述方法才能比较确切的描述和分析它们。这类定量和定性相结合的描述和分析系统的方法是我们今后要进一步研究的课题。

三、结 论

1. 本文回顾了過去几年我国能源系统工程研究工作。研究工作本身取得了可喜的成果,更重要的是,这些成果引起了我国各级领导的注意,使他们相信能源系统工作的研究是能够解决我国能源问题的。

2. 本文在分析过去几年我国能源系统工程研究工作的基础上,结合我国国民经济发展对能源系统工程研究的需要,进一步指出了研究工作中存在的问题,它们是:

(1) 研究成果的实用性;

(2) 研究的范围;

(3) 理论和方法的研究。

3. 回顾过去,瞻望将来,能源系统工程研究的方向在于:

(1) 加强研究课题的实用性。为此,研究课题要有用户,要和用户密切协作,研究成果要便于应用。

(2) 扩大研究课题的范围。为此,要以系统工程方法研究节能问题,要进行能源工业的系统分析,要研究能源经济,要立即着手国家能源模型的研究。

(3) 结合我国国情,研究能源系统工程的新方法和新理论。

参 考 文 献

- [1] 宋健、于景元、李光元:《中国科学》, №9, 1980
- [2] 宋健、于景元:《自动化学报》, Vol.7, №.1, 1981
- [3] 宋健、王浣尘、于景元、李广元:《系统工程论文集》, 科学出版社, 1980
- [4] 滕儒晶、张鸿茂、葛文辉:《系统工程理论与实践》, Vol.2, №.4, 1982
- [5] 徐国义、申葆诚: 同上, Vol.2, №.2, 1982
- [6] 熊毅: 同上, Vol.3, №.1, 1983
- [7] 赵冠英: 同上, Vol.2, №.4, 1982
- [8] 韩文秀、尚杰: Recent Developments in Control Theory and Its Applications, 中国学术出版社, 美国Gordon and Breach科学出版社, 1982
- [9] 刘豹、韩文秀、杨晓青: IFAC/IFORS, 《第三届大系统理论和应用论文集》, 1983
- [10] 刘豹、许树柏:《信息与控制》, Vol.10, №.6, 1981
- [11] 吴宗鑫、何建坤、马玉清、孙永广:《能源系统工程论文集》, 1982
- [12] 缪国良、顾培亮: 同上, 1982
- [13] 田卫东: 同上, 1982
- [14] 贺兆明、吴绍明、郑建德、王众氏: 同上, 1982
- [15] 寇纪淞、刘豹: 同上, 1982
- [16] 清华大学核能所: 同上, 1982
- [17] 刘豹、顾培亮:《系统工程理论与实践》, Vol.3, №.1, 1983

考虑综合平衡的国家能源-经济耦合模型

吕应中 邱大雄

孙永广 关宗鑫 李子奈

(清华大学核能技术研究所)

能源问题是经济问题的一个组成部分。当前我国经济工作者和能源系统工作者面临的重要任务是：如何解决十二大提出的宏伟目标——工农业总产值翻两番所需要的能源问题。这一问题必须在国民经济综合平衡的基础上解决，否则任何精心编制的能源规划也有落空的危险。当前进行能源规划所迫切需要的国家能源模型首先应当是能源-经济耦合模型，其中应将国民经济的综合平衡的考虑放在首位。

一、模型概述

根据我国现行的经济体制，设想了如图1所示的能源-经济耦合模型的基本框架。我们希望能用这个模型大体上模拟我国经济社会的中长期(20年左右)发展规划。

在这个模型体系中，我们由消费者对物资的需求出发，分析整个社会的经济活动，这是符合社会主义经济发展的目的性要求的。

在本模型里，我们把全社会的消费者分为居民、国外游客和非生产部门（包括国防、科技、文化、教育、卫生、公共事业和机关团体等事业单位）三类，它们的消费分别称为家庭消费、游客消费和社会消费。为了构造这三类消费模型，首先要有以下三点输入数据，分别由三个子模型给出：

1. 自然人口模型 输入信息——人口政策(包括计划生育政策、婚姻政策和户口管理政策)。输出信息——自然人口数据(包括总人口，人口的年龄、性别、家庭和住地结构等)。本子模型描写的是人口的自然发展规律。

2. 对外旅游事业发展规划 输入信息——国际旅游业预测和旅游政策。输出信息——国外游客数据(包括游客人数和消费额等)。本子模型的功能是对可接待的游客人数和旅游方式作出规划。

3. 社会发展规划 输入信息——社会发展政策、自然和职业人口数据，其中包括各种相对指标和绝对指标，如每千人中学生数和大专院校总数等。输出信息——各非生产部门规模、各非生产部门对人力的需求量和教育部门的成果(受过教育者的供应量)。本子模型的功能是对各非生产部门的发展规模作出规划。

上面三个子模型是关于三类消费者数量的模型，下面三个子模型是描写三类消费者消费行为的模型。在我们的模型里，消费概念可以扩大到包括非生产性积累。农村居民住房的建设按农村居民家庭消费处理；城镇居民的住房暂按单独一个非生产部门处理，各非生产部门的积累都算作社会消费。

家庭消费模型；输入信息——自然人口数据、职业人口数据、居民可支配收入、物价、

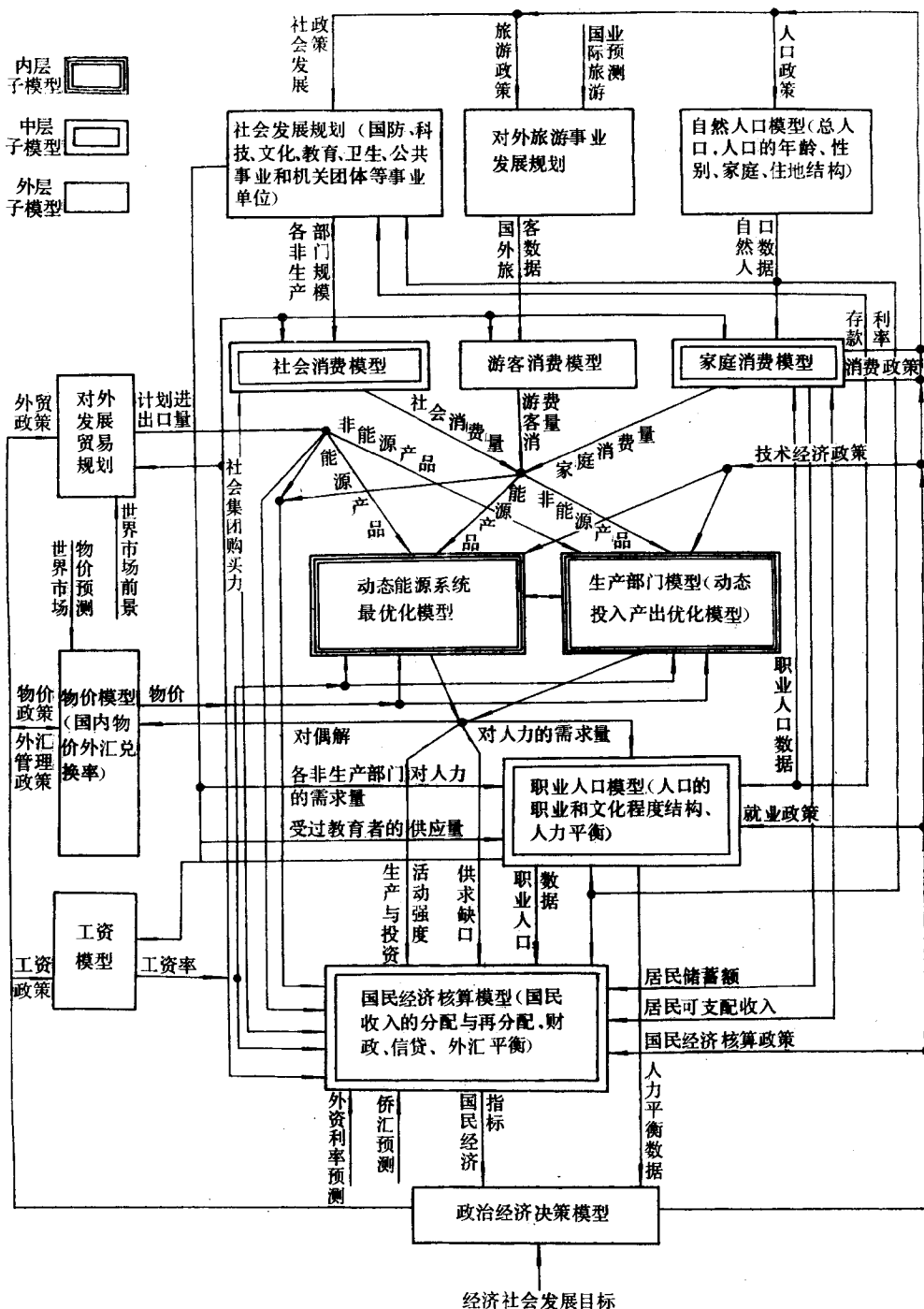


图 1 国民经济综合平衡模型结构图

存款利率和消费政策。输出信息——家庭对各生产部门产品的消费量和居民储蓄额。构造本子模型的数据基础是历年“家计调查”、商品零售和居民储蓄的统计资料。城镇居民和农村居

民的收入水平和消费行为相差很大，应分别考虑。人均收入不同、职业不同、家庭结构不同的各类居民消费耐用品和非耐用品的规律也是不一样的，应分别处理。

游客消费模型：输入信息——国外游客数据和物价。输出信息——游客对各生产部门产品的消费量。构造本子模型的数据基础是游客在我国消费的统计资料，并配合以世界性的统计资料。

社会消费模型：输入信息——各非生产部门规模、物价和社会集团购买力。输出信息——各非生产部门对各生产部门产品的消费量。社会消费分为非生产性积累和纯消费两部分。非生产性积累取决于各非生产部门规模的发展，由此得出对建筑业产品(即房屋)和仪器设备等的需求量。纯消费部分的数据基础是历年社会集团购买商品和典型调查的统计资料。

上面三个消费子模型预测的是国内消费市场对各生产部门产品的需求量。关于世界市场我们用下面这个子模型来处理。

对外贸易发展规划：输入信息——世界市场前景、物价和外贸政策。输出信息——各生产部门产品的计划进出口量。构造本子模型的数据基础是我国历年对外贸易的统计资料 and 外贸工作人员的经验数据。

上面四个子模型的结果汇总起来即为对各生产部门产品的“消费性”总需求量，对于整个生产部门来讲，它们是生产活动的最终目的(最终需求)。在我们的模型中，生产是由消费决定的。同时，在上述四个子模型中，物价是重要的输入信息，这就是说考虑了需求量对价格的弹性。在模型中考虑了以上两点，其计算结果自然地满足市场平衡。在我们的概念中，生产既指物质生产，又指非物质生产。服务部门属非物质生产部门，它的产品是劳务。因为我们研究的重点是能源问题，所以对能源系数的优化作进一步处理。

生产部门模型：输入信息——家庭、游客和社会对产品的消费量、产品计划进出口量、能源部门生产与投资活动中对非能源产品的需求量、物价、工资率、技术经济政策(其中包括贴现率)。输出信息——生产部门生产与投资活动强度、产品供求缺口、生产部门对人力的需求量和模型的对偶解(影子价格)。

能源系统优化模型：输入信息——家庭、游客和社会对能源产品的消费量、能源产品计划进出口量、生产部门生产与投资活动中对能源产品的需求量、物价、工资率、技术经济政策(其中包括贴现率)。输出信息——能源部门生产与投资活动强度、能源产品供求缺口和模型的对偶解(影子价格)。

在上面两个子模型中，物价、工资率和贴现率等输入信息的作用是参与技术经济系数的确定。两个模型之间交换的信息，除了所列出的对产品的相互需求以外，还可能有一些相互约束。以交换的信息为纽带，把这两个模型耦合在一起，构成了一个动态能源投入产出优化模型。耦合所需的数学处理技术在很多文章中都有论述，在此不多谈。物资平衡是国民经济综合平衡的核心。投入产出模型的基本思想就是物资平衡，所以从我们模型的结果中必然能得到物资平衡的指标。

我国人力资源丰富，经济社会活动强度与人力投入量的关系似乎较“软”，从长远讲，人力当然不会成为经济社会发展的障碍。但是，由于历史原因，现阶段在许多部门中，技术人员与熟练工人的供求关系将出现紧张。在我们的模型中，由下面的子模型完成这个任务。

职业人口模型：输入信息——非生产部门(社会发展规划)、能源生产部门和非能源生

产部门对人力的需求量,受过教育者的供应量、自然人口数据和就业政策。输出信息——职业人口数据和人力平衡数据。职业人口数据指的是人口的职业结构和文化程度与技术水平的结构。

上面这一系列子模型模拟了经济社会活动的基础部分,解决了市场平衡、物资平衡和人力平衡的问题。属于经济社会活动的上层管理部分的其他三个平衡由下面三个子模型处理。

国民经济核算模型:输入信息——家庭、游客和社会对各生产部门产品的消费量、各生产部门产品的计划进出口量、各生产部门的生产与投资活动强度、各生产部门产品的供求缺口、自然人口数据、职工人口数据、居民储蓄额、物价、工资率、侨汇预测,外资利率预测和国民经济核算政策(国民经济指标体系、核算体制、国民收入分配与再分配政策、信贷政策、利率、外资引进政策等)。输出信息——居民可支配收入、社会集团购买力和各项国民经济指标。几乎所有的子模型都向这个子模型提供信息。本子模型所涉及的数学方法并不复杂,只是模型本身相当庞杂。本子模型模拟的应当是计委、财政和金融等经济管理机关的活动。各生产部门产品的供求缺口的出现是由于生产能力不足,而生产能力的扩大又需要时间,所以只能依靠进口来弥补供求缺口。在本子模型里,供求缺口被当作计划外进口量来处理。

物价模型:输入信息——物价政策、外汇管制政策、世界市场物价预测和生产部门模型的对偶解(影子价格)。输出信息——物价(国内物价和外汇汇率)。我国是以计划经济为主的国家,基本上不存在自由竞争的市场(较小的农贸自由市场除外),从形式上看并不存在市场价格。我国采取的是物价管制政策,物价体系是会计价格体系,但经过三十多年的演变,发现现行价格体系并不合理。我们建议,应从会计价格体系逐步过渡到以影子价格体系为基础的价格体系,以便更好地反映商品经济的市场规律。

工资模型:输入信息——职业人口结构和工资政策。输出信息——工资率。在我国不存在雇佣劳动制度,也就不存在劳动力供求市场。工资率不是由劳动力市场决定,而是由政策决定。但经过三十年的演变,发现现行工资率体系并不合理。我们认为,合理的工资率体系应当反映社会主义社会中按劳取酬的分配原则。

在我国的社会经济活动中存在着一个最高政治经济决策司令部,相应地在我们的模型中应有一个政治经济决策子模型。这个模型接收所有其它子模型的输出,经过加工,又向其它子模型输出各种政策指令。

政治经济决策模型:输入信息——国民经济指标、人力平衡数据和经济社会发展目标。输出信息——人口政策、社会发展政策、对外旅游政策、消费政策、外贸政策、居民存款利率、技术经济政策、就业政策、国民经济核算政策、物价政策、外汇管制政策和工资政策。本子模型的职能是将国民经济指标与经济社会发展目标所规定的指标相比,根据某种原则修订各项政策,以便两者最佳符合。

整套模型的外生变量是:经济社会发展目标、世界市场前景预测、世界市场物价预测、国际旅游业预测、外资利率预测和侨汇预测等。

二、几个主要子模型的初步设想

(一) 消费部门模型

包括家庭消费子模型、游客消费子模型与社会消费子模型三部分,其消费规律不同,故

须分别考虑。

1. 家庭消费子模型

家庭消费子模型是描写居民消费行为的模型，其主要作用在于把居民消费基金转换成对各类消费商品物资的需求。故实质上也是家庭消费物资需求子模型。

家庭消费函数的构造如下。设在一定的时间区段内， j 群居民对第 i 种消费品的人平均支出份额 C_{ij}^R 为时间的函数：

$$C_{ij}^R = \alpha_{ij}^{\beta} t^{1/\beta} + \gamma_{ij} \quad (1)$$

其中， α 、 β 、 γ 为系数，则其消费额 gC_{ij} 为

$$gC_{ij}^R = \frac{gC_j^R}{\sum_i C_{ij}^R} C_{ij}^R \quad (2)$$

其中， gC_j^R 为 j 群居民人平均消费总额。

第 j 群人的人数 $P_j(t)$ 随时间而变化，由自然人口分布，职业人口分布、居民可支配收入及工资率等决定。故第 j 群人消费第 i 种物品的总支出 QC_{ij}^R 为：

$$QC_{ij}^R = gC_{ij}^R P_j(t) \quad (3)$$

故第 i 种物资的总消费额 QC_i^R 为：

$$QC_i^R = \sum_j QC_{ij}^R \quad (4)$$

2. 游客消费子模型

外国游客的消费主要涉及外汇收入，因此，虽然消费总额较小，但其重要性颇大。游客的消费行为比居民简单，可考虑按线性函数处理，但从长远看，游客的类型与旅游方式都将复杂化，因此按分类处理比较合适。

3. 社会消费子模型

我国的社会消费是根据国家对各非生产部门的发展规划决定的，其中包括积累与纯消费两部分。这两部分所需的物资数量都正比于发展规模，此规模由国民经济综合平衡及社会发展规划模型给出。

由以上三个消费子模型可求得消费物资的总需求量 $Y_c(i, t)$ 为：

$$Y_c(i, t) = QC(i, t) = QC^R(i, t) + QC^F(i, t) + QC^{NP}(i, t) \quad (5)$$

式中， $QC^F(i, t)$ 为 t 时段游客对 i 类物资总消费量， $QC^{NP}(i, t)$ 为 t 时段非生产性部门对 i 类物资的纯消费。

(二) 生产部门模型

1. 生产部门模型——动态投入产出优化模型。

本子模型是物资平衡模型。物资平衡是整个国民经济综合平衡的基础。投入产出分析方法是用于国民经济物资平衡的一种有效方法。整个物资平衡子模型表示成如下的动态投入产出和线性规划的耦合模型：

$$\text{目标函数：} \quad Z = \text{极小} \left[\sum_{i \in T} \sum_{j \in N} \frac{1}{(1+r)^{t-1}} IM(i, t) \right] \quad (6)$$

r 贴现率， $IM(i, t)$ 第 i 类物资进口量。

约束条件：

(1) 投入产出约束