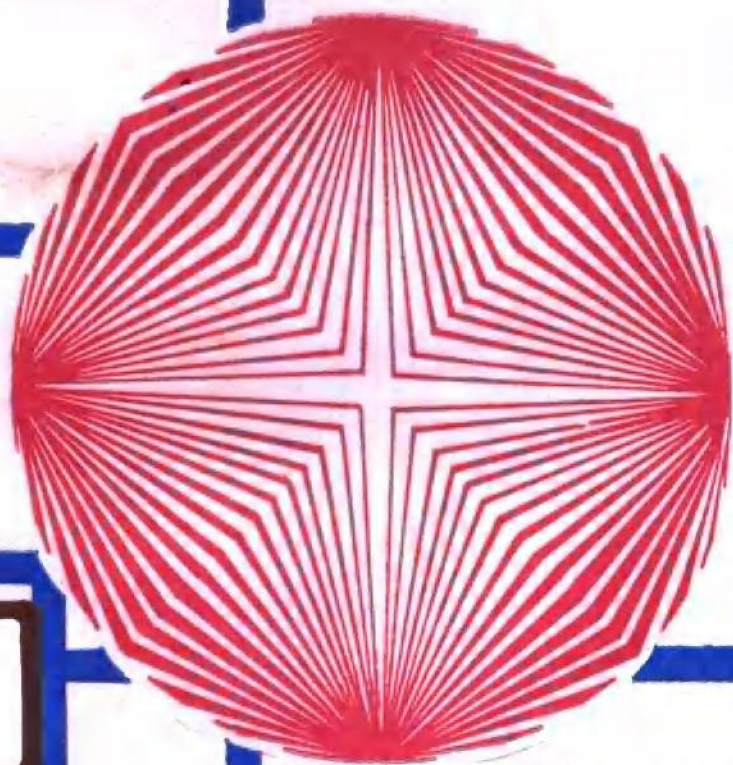


能源预测模型开发与应用



国家计划委员会节能局编
中国计划出版社

能源预测模型开发与应用

国家计委节能局 主编

☆

中国计划出版社出版

(北京西城三里河一区三号楼)

新华书店北京发行所发行

北京通县曙光印刷厂印刷

787×1092毫米1/32 6.125印张134千字

1988年7月第一版 1988年7月第一次印刷

印数1—3000册

☆

ISBN7-80058-007-5/O·1

定价：2.00元

编者说明

本书汇编了1987年6月“全国能源预测模型交流会”的主要发言摘要及会议纪要，共13篇。

由于各单位的工作基础不同，研究的深浅程度不一，有些能源模型还需进一步完善，某些数据还需要进一步综合研究。尽管这样，我们把它汇编成书，相信将为各有关单位和广大读者深入研究能源预测模型的开发与应用提供信息，会有一定的参考价值。

国家计委节能局

1987年9月30日

目 录

一、全国能源预测模型交流会纪要	(1)
二、能源模型的过去、现在和将来	(5)
三、全国能源需求预测模型	(15)
四、东北经济区经济发展与能源供需模型	(48)
五、甘肃省能源模型系统	(59)
六、北京地区能源系统规划模型	(73)
七、多地区能源系统供应模型简介	(91)
八、天津市工业能源管理信息系统	(111)
九、钢铁工业能源需求平衡预测模型	(128)
十、钢铁企业能源模型及微机应用软件	(139)
十一、农村能源数据处理与需求预测模型	(155)
十二、能源分析及其微机辅助设计	(168)
十三、能源需求预测模型中的参数 估计和目标规划	(186)

一、全国能源预测模型交流会纪要

在计划体制改革中，为了加强和改善宏观管理，提高国民经济综合平衡的水平，探索利用电子计算机技术进行能源需求预测、编制节能规划和计划的可行性，国家计委节能局于1987年6月23日至27日，在甘肃省兰州市召开了“全国能源预测模型交流会”。北京、天津、甘肃、辽宁、河南计委（计经委）、甘肃省科委、国务院东北经济区规划办、清华大学、天津大学、东北工学院、甘肃工业大学、冶金部规划院和鞍钢热能研究所、中国农业工程研究设计院、国家经委能源研究所、中国社会科学院数量经济与技术经济研究所、广东省能源研究中心、国家经济信息中心预测部和数据库部、上海经济信息中心以及国家科委工业局、国家统计局工交物资司、国家计委燃动局等单位的有关同志共40余人，参加了会议。会上，天津大学刘豹教授作了国外能源模型发展情况的报告，十一个单位介绍了本单位能源模型的研制特别是应用的情况，部分单位之间进行了成果转让；对甘肃省的能源模型系统进行了评审、鉴定；并探讨了如何加速我国能源模型的实用化问题。与会同志一致反映，这次会议开拓了思路，交流了经验，初步提出了我国能源模型朝实用化方面的发展方向，是一次开得及时的会议。

近几年来，我国能源科研部门、能源计划与管理部门、有关大专院校的一些同志，积极地尝试利用能源模型作为能源需求预测、编制节能规划和计划、加强能源管理的一种工

具，取得了可喜的进展。从会上介绍的情况看，能源模型的种类很多，按使用目的可分为以下四类：

1. 国家级能源模型。如由清华大学、天津大学共同研制的“中长期国家能源模型系统”。

2. 地区、省市级能源模型。如东北经济区规划办研制的“经济发展与能源需求预测模型”，北京市研制的“能源系统规划模型”和“北京能源管理信息系统”，广东省研制的“宏观经济及能源需求预测模型”和在引进西德马卡模型基础上建立的“广东能源供应模型”，甘肃省在消化吸收欧共体EFOM-12C技术基础上发展的“能源模型系统”，以及天津市的“城市能源管理信息系统”等。

3. 专业性模型。如“钢铁工业能源平衡预测模型”，“农村能源需求预测模型与农村能源合理利用模型”等。

4. 基础分析模型。如北京市利用欧共体提供的软件编制的“地区能源网络图”等。

大部分模型的共同特点：一是从实际出发，在建模中立足于我国现行计划体系、管理体制和统计数据现状，以能源计划和管理部门为主；二是目的明确，模型尽量符合它所代表的能源消费和能源供应系统的主要特征，表达出它的功能；三是注意实用性，在计划与管理人员实际工作经验和方法的基础上，应用系统工程分析的方法，力求模型的结构简明、直观、具有人机对话功能，多数可在微型机上运行，使用户便于掌握。

一些模型，在计划、管理部门实际运用中，已经起了较好的工具、助手作用。如清华大学和有关部门，东北经济区规划办、甘肃省、广东省都利用各自的模型对2000年的能源需求与节能进行了预测，为制定规划提供了可供选择的方

案。北京市利用模型，对能源需求预测和首都建设发展规划，提出了可供选择的方案。天津市利用模型，使能源消费月报汇总提前了7天，提高了质量，加速了信息反馈，使能源管理水平有所提高。

虽然我国能源模型在开发、应用上取得了一些初步成绩，但目前仍处于起步阶段。还存在一些需要深化的问题：如已有的能源模型，综合分析较少，功能还不尽完善；对引进的部分能源模型软件，消化吸收较慢；互通信息和交流不够，个别单位仍有重复工作的情况，浪费人力和财力；有些省、区、市、部门还没有把有关单位组织起来，能源模型的开发、应用进度较慢。

与会同志一致认为，随着我国体制改革的深入，国民经济的发展，计划、经济工作人员逐步地了解 and 掌握电子计算机等现代技术和方法，把自己在实际工作中掌握和积累的经验和方法条理化、系统化，从而提高计划方法的科学性，是一项紧迫的任务。电子计算机技术在国民经济计划、能源、节能计划和管理工作中的应用，必将愈来愈深入、广泛，从而进一步促进节能和国民经济的发展，促进计划、管理工作的现代化。为了跟上形势，使能源模型的开发应用工作稳步发展，建议如下：

1. 进一步完善、提高现有能源模型的功能；结合我国国情，加速利用国外能源模型软件。在我国计划体制、管理体制改革的和有计划的商品经济进一步发展的情况下，模型的改进要特别注意模型本身所描绘的客观规律，做到基本可行。只有在这一前提下，能源模型才具有实用价值和生命力。这是一项十分艰巨而有意义的工作。为此，建议有关省、区、市、部门继续加强领导，搞好能源计划、管理人员

与系统工程分析、计算机技术人员的结合，并在财力及其他方面，给予必要的支持。

2. 搞好能源模型或软件的推广工作。各省、区、市、部门，要尽量应用现有较成熟的能源模型或软件，搞好移植消化，避免重复劳动和浪费财力。同时要加强宣传，利用学术刊物或其他方式，加速传播信息；提倡双方、多方的技术交流，推广先进经验，取长补短；举办学习班，搞好人员培训。

3. 研究并逐步制定我国能源模型的开发、应用规划。建议国家科委、国家计委、国家经委的有关部门，在调查国内外能源模型现状和发展趋势的基础上，着手研究具有我国特色的能源模型系统，选准目标，集中人力，搞好重点项目的开发或引进，以及推广移植规划。

二、能源模型的过去、现在和将来

刘 豹

寇纪淞

(天津大学)

能源是人类赖以生存繁衍、社会得以繁荣进步的重要物质基础，七十年代初发生的“能源危机”，使人们几乎在一夜之间突然意识到能源问题的重要性，能源模型正是在那时应运而生，至今仍方兴未艾。

在短短的十几年里，能源模型在构模理论、计算方法和实际应用等方面，发展都十分迅速。近几年来，在国家计委、国家科委、国家经委等部门的大力支持下，我国能源模型的研究、开发、应用与推广已进入一个新阶段。能源计划与管理工作者日益认识到能源系统工程的重要性和能源模型的应用价值，而能源系统工程研究人员也日益认识到与实际能源计划管理人员和实际工作相结合的重要意义。应当说，理论与实践相结合，是目前我国能源模型研究工作发展十分令人可喜的特点。

本文将回顾国内外能源模型发展的历史，评述能源模型的研究和应用现状。探讨能源模型未来的发展方向，阐述我们的观点和意见，以期收抛砖引玉之效。

一、能源模型发展的历史回顾

微观能源系统的模型（主要是企业级的），据称出现于五十年代末期的苏联及东欧国家。

而宏观能源系统的各种模型，则以美国在七十年代初期的工作而著称。K.C.HOFFMAN在1972年提出的能源系统网络最优化模型，即为其中的代表作。他首先采用的大型能源系统线性规划方法，为后来建立的各种能源模型所广泛使用。

在此之后，美国各有关大学和研究机构相继建立了MIT、OT、HUDSON、BESOM、DESOM等大型能源系统模型及经济能源模型，在当时具有一定的影响。

早期的能源模型，大多以经济上的全面市场均衡或能源供需平衡为理论基础，用计量经济学、运筹学、图论等方法，建立起宏观经济模型、能源投入产出模型、能源供应系统模型、能源投资模型和能源需求预测模型，并相互连接构成庞大的经济能源模型系统。它们的具体结构和使用情况，可参见有关文献的详细介绍。这里只分析它们的主要特点：

1. 早期的大型能源模型规模庞大、结构复杂、考虑的因素比较全面，从理论上讲它们是比较完善的。但是，它们往往过分强调了系统分析的完整性，却忽视了能源规划、计划、决策和管理等实际工作的要求，因而大多是昙花一现，时至今日，只留下一些当时的研究报告和论文。

2. 这些能源模型在计算时，需要大量的能源技术经济数据支持，对数据的质量和数量的要求，大大超出了当时能源统计指标体系的内容，必须进行大量的专门调研工作才能满

是模型运行时的要求。即使这样,相当多的数据仍不得不以估计代替统计,因而严重影响了能源模型的可靠性和可信程度。

3. 限于当时的条件,它们的系统分析和决策理论的基础仍属运筹学范围,因而大多只能解决程序性决策的问题,而难以进行半程序和非程序性决策。

4. 与能源数据库没有直接的联系,因而在能源模型的运算程序与能源数据文件之间,存在着很强的依赖关系,给能源模型的运行、维护和使用带来许多困难,使能源计划和管理人员难以掌握。

5. 由于当时计算机技术发展水平的限制,早期的能源模型系统都没有人机对话功能,因而在数据输入、模型计算及报告输出过程中,很难引入实际工作者的经验和判断,大大降低了能源模型的实用性。

1980年,美国国家标准局曾委托加州大学运筹系,对早期的各大能源模型系统运行评估和验证。验证的结果表明,除个别模型外,当时的能源模型几乎都无法由用户根据使用手册的说明,独立地进行模型并获得理应得到的计算结果。

七十年代后期,能源模型研究开发工作的重点转移到了西欧。1976年法国的D.Finon建立了能源流供应最优化模型EFOM,这一模型在能源网络结构系统分析的基础上,引入了模块分解技术,从而将能源建模水平提到了一个新的高度。

比利时的欧洲系统分析公司,从1976年开始,根据与欧洲共同体科技发展总公司的合同,研究开发了EFOM-12c能源供应系统最优化模型。该模型在EFOM的基础上增加了大型层次型能源数据库,能源系统仿真模型,能源系统最优化模型及计算结果报告发生器。该模型的硬件环境为IBM系

列大型计算机，曾用于多个欧州共同体成员国的能源系统分析，现仍运行于设在卢森堡的欧州共同体委员会的计算中心。

在这之后，西德的玉利希核能研究所建立了 MARKAL 模型，其结构与算法与美国布鲁克海文国家研究所的 BESOM 十分相似，也是在能源网络结构的基础上，采用线性规划方法求出最优解，以进行能源系统的总体分析。

这一时期的能源模型，特别是 EFOM—12C 具有以下特点：

1. 能源模型与能源数据库相结合，构成完整的能源模型体系。这时期的能源数据库为层次型数据库，包括经济参数、技术参数、历史参数和预测参数，以及描述能源网络的结构数据和能源数据。能源数据库在 DBMS 的管理下支持能源模型进行仿真和优化计算，而仿真和优化的计算结果又可以作为一组新的想定方案的数据存贮于能源数据库。因此，能源模型的计算和运行有可靠的数据基础支持，便于能源规划人员维护、修改和使用。

2. 这时期的能源模型提供了人机对话功能，用户可以通过计算机终端，在多级菜单的提示下录入数据、修改数据和进行计算。能源模型向用户提供了仿真与优化计算的程序设计语言，用户可以根据实际要求，设计各种不同的仿真计算方案和最优化模型，因而灵活性较高。

3. 由于这些模型在建立时，微机技术尚未成熟，因而从办公自动化的角度来看，当时所采用的计算机硬件和软件技术，显得比较落后。

除了能源系统模型以外，国外还建立了各能源工业部门的模型。比如：电力系统的电源规划和电网规划模型：WASP 和 SEPLAN，在国际上应用较广，我国也引进开发。有

油、煤炭系统的模型在苏联、东欧和其他一些国家，也曾应用于能源规划的编制工作。

上述能源系统和能源工业模型，对我国能源系统工程的发展，都曾有过一定的影响。

二、能源模型研究与应用的近况

我国能源模型的研究始于八十年代初，其中以国家科委工业局下达的国家重点软科学攻关项目“中长期国家能源模型”和中国联邦德国合作进行的“广东省能源调研”为当时能源系统分析工作的典型代表。

“中长期国家能源模型系统”由能源供应系统模型和能源需求预测模型组成。它们是在研究了国内外各种能源模型的基础上，提出的具有中国特色的多层次、多目标决策和规划模型。探索为未来10—20年国家能源规划和政策分析提供科学方法和工具的途径。

“能源需求预测模型”根据我国经济计划、管理体制与数据统计体系的特点，把动态投入产出方法、技术经济分析方法和经济计量方法结合在一起，建立了包括宏观经济模型、国家能源需求核算模型以及地区能源需求模型在内的完整的能源需求预测模型系统。该模型可以反映经济增长速度、产业结构变化、科技进步、人民生活水平变化等诸因素给予能源需求量的影响。

“能源供应系统模型”应用了系统分析、优化技术、控制理论和数量经济等多种方法，建立了由能源供应系统战略模型、决策和布局模型、评价模型、效应分析模型以及节能规划模型组成的大规模能源供应模型。该模型可以反映在能

源需求、资源储量、交通运输、能源投资以及能源政策等各种因素发生变化时，对能源供应系统结构、生产、调运和配置以及对国民经济增长速度等方面的影响。

该模型系统的构模设计、建模方法与软件设计具有科学性、系统性和实用性的特色。该模型所作的2000年中国能源供应需求预测和结果分析，已用于“2000年中国能源”的研究报告之中，可作为国家制定能源计划和能源政策的参考。

课题中开发的计算机软件，特别是微机软件具有人机对话功能、数据处理功能、仿真计算功能和预测核算功能。国家计委有关部门曾用该模型的微机软件，进行“七五”节能规划的前期测算工作和2000年的能源需求预测。

“中长期国家能源模型系统”为我国第一个获得国家级科技进步奖的能源模型。

广东省的能源调研采用的是联邦德国的MARKAL模型，其基本结构为能源系统网络，采用的优化方法为线性规划算法。根据对广东省能源生产、加工转换及消费的各个环节的调研结果，建立了详尽的广东能源系统数据文件，并在此基础上进行多目标规划的计算分析。广东能源调研工作在国内有一定的影响，能源系统工程的专家们曾给予较高评价。

在此前后，北京、上海等地有关部门分别在HP和IBM系列计算机上建立了能源数据库，并在一定范围内投入使用。

随着系统科学理论研究水平的提高和微机技术的迅速普及，国外能源模型的研究两三年前开始出现了新的趋势。

美国、联邦德国、比利时及欧洲共同体能源研究网的成员，先后利用微机的硬件和软件技术（主要是IBM微机系列及其兼容机）建立了各种能源数据库及能源模型。例如：泰国的AIT、巴西的COPPE分别利用DBASE—III和LOTUS1—

2—3等应用软件，建立了各自国家的能源数据库、能源需求模型、农村能源模型及能源价格模型等各种能源模型。

这些模型的共同特点是：微机化、数据库采用关系型结构、人机对话功能强等。使能源模型成为面向用户的实用决策分析工具。

1985年西柏林的Innotec公司推出EFLOW（能源流分析模型），首次将CAD技术引入能源模型，取得了很好的效果。EFLOW以能源平衡表为信息基础。将能源系统的结构网络化，以对各种能源政策进行论证，在打出计算分析结果的同时，可以在彩色显示器上显示或在绘图机上绘出彩色能流网络图。

据称，EFLOW还可以对有关的能源数据进行统计分析和时间序列分析，以对若干能源政策的备选方案进行经济及环境影响因素的评价。

EFLOW运行的硬件环境为配有高分辨率的彩色图形显示器和高级图形卡的IBM AT及其兼容机。

EFLOW模型的人机对话为多级菜单方式，用户可以在模型运行的各个步骤，利用相应的菜单来完成数据处理、方案计算和结果显示等工作。

国内外近年来能源模型研究的进展，表明能源模型正进入实用化的重要阶段，即正由理论研究方法转变为实用的能源规划和决策工具。

三、能源模型的发展前景

从系统工程的观点来看，能源模型是描述能源系统的内部规律及其外部联系的一种数学模型。能源模型的发展史也

表明，能源模型的科学化和实用化，取决于人们对能源系统本身的客观规律的认识、系统科学中决策理论和规划理论的发展、计算机硬件和软件系统水平的提高。

准确及时地采集和统计能源信息，是研究能源系统现状、制定能源政策、实行科学的能源管理、建立能源模型的基础。近年来，国家统计局、国家计委和国家经委在健全能源统计制度方面作了大量工作。我国能源信息统计的指导性文件：能源统计指标体系，已形成实施方案。这是以能源平衡表及产品综合能耗为主的能源统计指标体系，它反映了能源系统中全部主要的能源流程，并与有关的社会经济统计指标相互衔接，因此基本可满足制定社会经济科技发展规划及建立能源模型的要求。

能源数据从无到有，从少到多，自然是件大好事，但如果不能有效地加以利用和管理，则将是个巨大的浪费。数据库技术、特别是微机数据库技术，如“大众数据库”DBASE—Ⅲ的出现，为管理能源数据提供了强有力的手段和工具。

没有数据库的支持，能源模型的实用性就差，已成了人们公认的事实。但目前应当注意的是另一个问题：忽视能源数据库系统设计的规范性、科学性及合理性，而急于建库和集录入数据。国外曾有投资百万美元建立能源数据库，运行后不久即失败的例子。国内投资数万元建立数据库，而短期夭折者也不乏先例。

因此，目前在强调能源数据库重要性的同时，还要呼吁有关方面在建立能源数据库时，应当力求达到较高规范形式的设计水平，在满足用户要求时还应考虑能源数据来源的长期稳定性和可靠性，以免成为无本之木。无源之水的“死库”。

能源数据库未来发展的方向是分布式网络数据库和演绎型智能数据库。数据库技术在这方面的进展相当快，应当引起我们能源模型工作者的足够重视。

办公自动化(OA)和计算机辅助设计(CAD)越来越为人们所重视，已经成为微机技术的重要发展方向，市场潜力很大。我们相信，能源模型今后将与OA和CAD技术结合得更为紧密，真正成为能源规划、计划管理人员得心应手的工具。OA和CAD应用软件的种类很多，我们在选用时应当以满足能源模型的功能要求为标准，而不必一味求新求全。

国内外目前采用的能源模型，其基本理论大多为计量经济、运筹学、控制论和概率论等，均属于程序性决策方法的范围，因而在处理大型能源系统的复杂问题时，计算结果往往距离实际情况甚远。解决这类复杂系统的行为问题，用过去的简单系统分析法是不够的。启发式、搜索式等属于人工智能领域内的决策方法，将日益为能源模型研究人员所重视，这些方法可以解决非程序性和半程序性决策问题，属于知识工程这一新领域中的方法论。这些方法将定量与定性分析更好地结合在一起，将系统工程研究人员的理论和算法与能源计划、规划及管理人员的经验更好地结合在一起。将这些新方法引入能源模型，是个大有希望大有作为的发展方向。

从应用角度来看，单个能源模型或几个能源模型组成的能源模型系统，往往无法满足用户在能源规划、计划和管理等多方面的要求。而管理信息系统、决策支持系统和专家系统的出现，已经提供了扩展能源模型功能的手段。

能源管理信息系统由能源数据库、能源应用程序库和人机对话系统组成，可以完成能源管理、统计分析、计划安排等工作。能源应用程序库中包含有各类有关的计算分析、输