

中国能源情报网年会论文选集

(第一次至第三次年会)

中国能源情报网

《贵州能源》编辑部

1987年

目 录

请注意按照期限归还图书
电 话：25562

能源经济、规划

北京地区能源系统规划模型研究与应用.....

生产价格理论与能源需求模型..... 国家经
中国科学

能源部门投资项目的经济评价方法..... 国家经
中国科学

技术进步与能源弹性系数相关性的初步研究.....

北京重点耗能行业节能潜力及“七五”节能

规划调查报告..... 北京市节

能 源 工 业

二十五年来世界能源工业概况..... 水利电力部科学技术情报

国外集中供热和热电联产..... 水利电力部科学技术情报研究所(126)

超临界参数燃煤机组可用率剖析..... 上海发电设备成套设计研究所 陆定原(132)

煤炭能源和煤化工开发利用..... 山西省科技情报所 马毓甲(138)

节 约 用 电

国外负荷管理和节约用电的技术措施..... 电力工业部科学技术研究所 孙嘉平
胡维新(144)

论调荷节电的技术措施与设备..... 江苏省泰县电气仪表厂 周生泰(162)

行 业 节 能

铝工业生产节能途径..... 沈阳铝镁设计院 关树人 郭焕雄 霍庆发 刘润田(166)

我国船用能源发展的探讨..... 交通部船舶运输节能技术服务中心 张钧存(174)

降低矽铁生产电耗途径的探讨..... 天津大学冶金分校 张晋启(179)

热 管 热 泵

开发热管技术节约能源消耗..... 苏州大学 卫兴国(187)

叉排双层炉排与热管热水器在立式锅炉上的应用……………吉林省热能研究所赵遂遥(206)

高温热泵在工业上的应用……………上海市能源研究所 陈显余 陶宗德 沈建荣(208)

余 热 回 收

固体辐射余热利用……………上海市能源研究所 倪德良 王继光(214)

热管换热器在余热回收中的应用……………王财友 杨秀芹(218)

热水透平通流部分设计原理浅述……………上海机械学院 王冠群(226)

节 约 材 料

节能材料导论……………上海能源研究所 倪德良(234)

民 用 型 煤

民用型煤技术现状与展望……………北京煤炭利用研究所 吴建华(241)

热 平 衡 测 试

电阻炉的热平衡测试方法及应用……………河北省冶金工业能源环保研究所 宋新南(247)

能 源 统 计

我国能源平衡表编制方法的研究……………国家经委能源研究所 陈善同(253)
中国科学院

能 源 与 防 腐

能源工程与腐蚀防护……………清华大学煤炭工业部 马春来 陈鹤鸣 魏伯科 白新德(257)

制 冷 节 能

冷冻机厂应用强化传热管取得效益……………华南工学院 林培森(261)

蒸喷制冷节能技术改进与探讨……………东北煤气化设计研究院 杨守信(264)

能 源 情 报 管 理

编制能源与节能资料分类——主题检索系统

及其词表的尝试……………上海市能源研究所 倪德良(273)

国际联机检索系统中的能源文档介绍……………湖南省科技情报研究所 韩玉宝(280)

新能源文献分类法探讨……………中国科学院广州能源研究所 张焕芬(283)

太 阳 能 利 用

国内外太阳能利用的特点、科研动态、发展及建议.....

河北省科学院能源研究所 葛文梅 (291)

广州地区太阳能热水器推广应用评价.....广州市新技术应用研究所 庾沃良 (300)

固体吸收贮能.....中国人民解放军后勤工程学院 余自农、刘安田、周曾跃 (310)

太阳能平板集热器瞬时效率的探索.....吉林省热能研究所 张亚仁 (316)

太阳能电源在农村通信中的应用.....陕西省邮电科研所 (321)

家用简易太阳能热水器.....吉林省石油化工设计研究院能源室 田晓东 (324)

大力开发利用太阳能早稻地膜复盖效益.....湖北省洪湖县农牧局 吴泰文 (331)

沼 气 利 用

给第四届国际厌氧消化(沼气)会议的建议.....农牧渔业部成都沼

气科学研究所 吴力斌 (333)

节能的治污方法.....广西科技情报研究所 陈理华 (341)

城市沼气大有可为.....南京化工动力专科学校 王播生 (346)

我国工业有机废水厌氧处理技术的研究进展及其应用.....

江苏省沼气研究所 何斌贤 (349)

红泥塑料是低温条件下较好的气密材料.....吉林省农牧厅农

村能源处 韩玉珍 张起瑜 (354)

乙酸盐对甲烷短杆菌H X菌株由甲酸产甲烷的抑制作用.....

上海师范学院分院 许宝孝 奚明权 金秀其 (356)

黑曲霉接种酿热物导热规律初探.....吉林农业大学土化系微生物教研室 (358)
吉林省热能研究所沼气研究室

沼气发酵原料配比的计算.....武汉市能源科学技术研究所

丁崇恩, 蔡业、张平 (369)

小型高效玻璃钢沼气池.....吉林省农牧厅农村能源处 (372)

我国风能的开发利用概况.....国家经济委员会 能源研究所 王长贵 (375)
中国科学院

四川省农村能源科技发展预测研究报告.....四川省农村能源科技发展预

测研究组 (385)

浙江省乡镇工业用能现状预测与对策.....浙江省科技情报研究所

李福民、周丽华、张孝令(402)

生物质能开发利用现状分析.....上海科学技术情报研究所 章树荣、洪健军(423)

新 能 源

氢能技术的研究开发现状和前景.....河南省能源所 刘国顺(434)

节 油 技 术

煤水浆混合燃烧技术开发前景分析.....上海科学技术情报研究所研究室

章树荣(448)

汽油机点火系的改进.....吉林工业大学汽油机点火系研究组 孙伟 执笔(454)

北京地区能源系统规划模型研究与应用

清华大学

吕应运

顾树华

一、模型的总体结构

现用模型以能源消费需求预测及能源供应与消费系统优化为核心,通过评价分析后给出有关的预测和系统规划方案定量分析结果与参考咨询意见。模型由一组各自具有特定功能的子模型或分析环节组成,它们可以独立或组合应用,各种外部条件或其它部门的模型或规划所提供信息,均可输入此系统内研究。

模型的总体结构可划分为四个层次(或部分),示意框图见图1。简要说明如下。

1. 基础分析

这个层次主要包括三个环节。第一个是对能源系统的历史情况与现状进行综合描述与分析的能源平衡表和能流网络图编制环节,提供系统结构与平衡状况的特点与有关规律,作为模型分析的基础。第二个是工业部门宏观节能量计算与分析模型,它从历史与现状资料计算工业部门的宏观节能量与节能率和其它参数,提供节能状况与潜力分析,这些都是能源消费需求预测和系统分析的重要依据。第三个是目标分析和方案想定环节,提供社会经济发展的具体方案。它是计划管理工作与决策者干预和指导模型工作的一个关键环节,也是他们与模型工作者的一个重要结合点。在此环节中,以计划管理人员或决策者为核心,与各方反复对话,进行分析,将外部环境(社会经济发展目标或设想、上级意图、部门规划意见、计划管理经验等等)所提供信息和上述两个环节提供的信息综合起来,提供能源系统模型据以出发的社会经济发展具体想定方案,一般可提出

若干方案以概括可能的变化范围。

2. 需求预测

这是规划模型的核心部分之一。从经济发展与计划管理及统计工作现状出发,我们把现行规划工作中的预测方法进一步系统化,并与计算机技术结合起来,发展了“部门活动分析预测模型”来预测能源消费需求。它依据国民经济各部门的能源消费量与该部门活动水平指标间的简单比例关系来进行测算。活动水平指标由方案想定环节提供。比例关系用单位活动水平指标的能源消费量来表示,也称为相应指标的“能源消费密集度”。计算公式可表示为:

$$E = \sum_i C_i Q_i$$

式中E为能源消费需求预测值, G_i 为第i个部门的活动水平, Q_i 为该部门的“能源消费密集度”。

物质生产部门的活动水平常用产值等经济指标表示,相应的能源消费密集度即为单位产值能耗。其它部门如居民的活动水平既可用经济指标如收入表示,也可用人口数等指标表示。

模型假设在规划期内各部门的活动水平与相应的能源消费密集度各自以固定的(或分为若干时段,逐段固定)变化率变化,前者由方案想定环节确定,后者通过部门活动分析推算,综合考虑部门结构,技术工艺水平和其它因素的效应。部门划分可按研究需要和实际可能进行。模型可预测能源总量或分品种预测。

现用部门分析预测模型有两种形式,一种称为初级形式,依据上述原理直接测算各

部门的各种能源需求；另一种称为发展形式，是把上述模型与能流网络图平衡分析组合起来，先用部门活动分析法预测各部门的终端能源需求（最终用能形式），然后由能流平衡分析推算一次能源与二次能源消费量构成及需求量，从而将能源系统特性和发展的影响反映到预测中，得出更完善的结果。能源网络图能源平衡分析模型本身也是进行能源供求综合平衡的工具，可用于研究系统结构与技术经济指标变化对系统特性指标与供求关系的影响。

3. 系统优化

北京是主要依靠调入能源的能源消费地区，因而能源系统分析在需求方面应侧重研究消费的合理结构，在供应方面应侧重研究与资源供应相联系的供应与加工转换结构。实际规划工作中往往要考虑若干个目标，因此系统模型应能进行多目标分析。规划中涉及的多目标问题常可划分为两类：一类是主要在不同目标间进行权衡比较，选择折衷方案；另一类是对若干目标已提出预定要求及优先次序，需寻求最好的实现方案并了解它们可实现的程度。这样，我们采用了线性规划模型与目标规划模型。按上述分析重点，这个层次内包含两个子模型。

(1) 能源供应系统模型

在对能源消费需求进行了预测的基础上，我们采用多周期线性规划模型与目标规划模型，来研究中中期或长期的能源供应系统规划方案。模型考虑经济、资源、环境等多方面的目标，在满足供应、需求、技术工艺条件、资金以及环境等等约束条件下，进行能源工艺、设施、品种等的选择与替换。

A、线性规划模型：用于寻求给定目标要求下的能源系统优化方案，并可计算分析成对目标间的权衡比较关系，提供折衷方案。通过模型提供的对偶问题最优解（影子价格）等信息，可对实际规划中的若干问题

作进一步的技术经济分析。模型按现行计划期（五年计划）划分周期，研究周期内代表年份（如计划期末年）的能源供需平衡。能源需求在模型中按地区（城区、近郊区、远郊城镇、农村）划分。例如以规划期内新建设施的投资累计现值最小，具有标准线性规划形式的模型表示式为：

$$\text{目标函数: } \min \sum_{t=1}^N \beta(t) C(t) Y(t)$$

在每个周期内满足：

$$A(t)X(t) = b(t) \quad t = 1, 2, \dots, N$$

以及动态关系：

$$X(t+1) = X(t) + Y(t) - Z(t) \\ t = 1, 2, \dots, N$$

所有变量均满足：

$$X(t), Y(t), Z(t) \geq 0$$

式中， t —周期间隔标号

N —规划期内的周期数

$C(t)$ —投资向量

$\beta(t)$ —贴现系数

$X(t)$ —规划变量(系统内各过程的能流量或设施容量或其它变量)

$Y(t)$ — $X(t)$ 的增加量向量

$Z(t)$ — $X(t)$ 的减少量向量

$A(t)$ —约束系数矩阵

$b(t)$ —约束向量

B、目标规划模型：规划期内的能源设施投资额、环境要求及资源供应等目标可给出预定指标值及优先次序时，运用此模型寻求可尽量实现这些指标值的系统最优方案，研究目标能实现的程度，或分析各目标优先次序变动对方案的影响。模型用于求解得到满意的规划期能源系统发展方案，实现所研究的各目标在此方案中的取值与预定目标值的总偏差量最小。因此，模型的一般数学表示式为：

目标函数: $\text{Min } Z = \sum_{j=1}^L P_j$

$$\left[\sum_{i=1}^K (W^-_{ij} d^-_i + W^+_{ij} d^+_i) \right]$$

满足: $G X + d^- - d^+ = g \quad B X = b$

各变量满足: $X, d^-, d^+ \geq 0, d^-_i \cdot d^+_i = 0$

式中, X 为规划变量向量 (n 、维); d^- , d^+ 分别为目标值偏差变量向量 (K 、维); 目标个数为 K , 分为 L 个优先次序等级, 其偏差变量的优先等级值为 P_j , W^-_{ij}, W^+_{ij} 为属于同一优先等级的不同目标的偏差变量的权重系数 ($1 \leq i \leq K, 1 \leq j \leq L$), G 、 B 为约束系数矩阵; g 为目标约束向量, B 为资源与工艺约束向量。模型要求 $P_1 \gg \dots \gg P_L$, 每对偏差变量 d^-_i 和 d^+_i 在目标函数内必须至少出现一个, 但每个偏差变量只多出现一次。

(2) 工业系统能源—经济两级规划模型

工业是北京地区最主要的耗能部门, 其能源的合理分配使用对系统影响很大, 为对此作较深入研究, 应考虑经济效益目标和系统发展的各主要制约因素。为此, 按照两级规划形式构造了工业系统的能源—经济两级线性规划模型, 目前可用于“七五”期间的能源分配与工业结构研究。

模型模拟工业部门现行计划管理体制与活动过程, 较深入地描写部门、行业和重点企业的主要工艺流程, 把宏观指标研究与工艺改造和节能措施的分析选择结合起来。模型一般用于在经济效益目标 (如系统产值最高) 要求下寻求能源、资金及其它资源 (如水资源) 的合理分配方案, 并可对所研究部门的技术工艺方案和节能措施作出优化选择。模型结构的示意框图见图 1。若将工业系统中的下级主要按行业划分为 15 个部

门, 以系统的总产值最大的目标函数, 则模型可表示为如下形式的大系统线性规划问题:

$$\text{目标函数: } \text{Max } Z = \sum_{i=1}^{15} C_i X_i$$

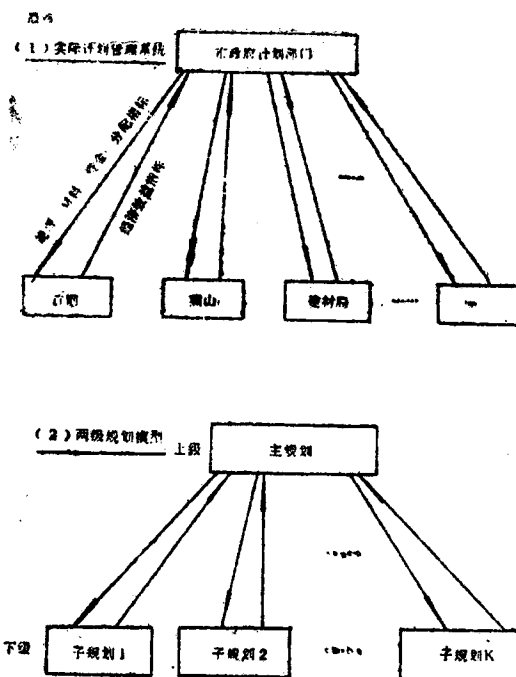


图 1: 计划管理系统及其信息传递示意图与两级规划

$$\text{满足: } \sum_{i=1}^{15} A_i X_i = b_0$$

$$B_i X_i = b_i$$

$$X_i \geq 0, \quad i=1, 2, \dots, 15$$

式中: X_i — 第 i 部门的经济活动向量

C_i — 第 i 部门的产值系数向量

A_i, B_i — 第 i 部门的技术经济系

数矩阵

b_0, q_i — 约束向量

模型具有行关联对角块结构, 可用分解算法程序及其他算法程序求解。模型也可用于成对目标的权衡分析比较。还可以在此基础上建立目标规划模型来进行多目标分析。

二、模型试用初步结果及其分析

北京地区能源系统规划模型的研究已进行了基础数据综合分析、系统模型方法、计算机软件开发和模型方法试用等四方面的工作, 在此仅简单介绍以1980年为基期年进行的1985—2000年间能源消费需求预测及1990—2000年间能源系统合理结构分析的初步结果。

(一) 能源消费需求预测

这部分内容是模型研究分析的一个重点。预测分为物质生产部门与民用部门进行, 前者又分为工业、农业、交通邮电与建筑等部门, 后者分为市政与公用事业(包括第三产业)、城市居民与农村居民等三部分。研究重点是工业和民用部门, 对它们进行了较为细致的研究。

1. 发展方案的想定

预测中考虑的各部门发展方案是按照前述预测指导思想和原则, 依据现有的经济与社会发展目标、初步规划和设想(包括全市的总体方案和各部门的方案)经研究和分析综合后提出的。物质生产部门的目标是要实现2000年工农业总产值翻两番。预测中考虑到近年来经济结构调整和体制改革所带来的新局面, 所有想定方案中在“六五”计划期间采取很高的增长速度, 如工农业总产值平均增长速度在8—9%/年之间; “七五”计划期间仍保持高速增长的趋势, 速度

为7—8%/年; 到后十年(1990—2000年), 仍以较高速度持续增长, 如7%/年左右。我们认为这样的趋势可能较符合发展规律。预测方案中应概括各种可能的情况。在此仅在表1上列出两种典型情况, 第一种是“低速”方案, 在“六五”期末达到计划数字指标, “七五”期末实现工业产值比1980年翻一番, 2000年实现工农业总产值比1980年翻两番。第二种是“高速”方案, 在“六五”期末接近近年来的增长趋势发展, 1985年产值超过计划指标, “七五”期间发展速度仍比较高, 后十年还保持翻番速度, 这样到2000年的工农业总产值是1980年的4.5倍以上。方案中考虑了限制高能耗、高水耗和原材料供应困难的部门发展。

民用能源的预测方案考虑了人民生活水平提高对能源的需求以及首都的市政设施、公用事业与第三产业发展的能源需求, 并力求实现各有关部门提出的规划指标。

2. 节能潜力的分析

节能潜力的分析和测算是能源需求预测中的一项关键任务。模型计算时采用的节能率指标是依据主管单位对各部门发展规划与有关情况的分析以及“六五”期间的实际节能状况的分析来测算的。从工业部门来看, 测算中所取的“七五”期间的节能率均不超过“六五”期间的节能率, 后十年(1990—2000年)的节能指标更进一步降低。

3. 部分预测结果及简要分析

1980—2000年间能源消费需求发展趋势的预测概括表示在表列1中出两个典型方案的分部门、分年度

表 1 北京地区能源消费需求预测结果示例

序 号	项 目	1980年				1985年			
		产 值	能 耗	单 耗	产 增 长 率 %/年	值	单 递 减 率 %/年	耗	能 耗
		亿 元	万吨标煤	吨标煤 万 元		亿 元		吨标煤 万 元	万 吨 标 煤
1	工业*	213	1336	6.27	7.87	311.04*	-5.87	4.63	1441.13
2					7.23	302.04	-5.70	4.69	1415.29
3	农业*	17.8	66.5	3.74	18.0	40.7	-5.0	2.89	117.78
4					16.4	38.0	-5.0	2.89	109.82
5	交通邮电	8.5	41.3	4.86	12.0	14.98	-3.0	4.17	62.47
6	建筑	26.1	15.2	0.582	13.0	48.09	-1.0	0.55	26.45
7	民用		395.2						518.5
8	合计*		1858.2*						2166.33
9									2132.53

续表:

序 号	项 目	1990年				2000年			
		产 值	单 耗	能 耗	产 值	单 耗	能 耗	产 值	单 耗
		增长率 %/年	亿 元	递减率 %/年	吨标煤 万 元	万 吨 标 煤	增长率 %/年	亿 元	递减率 %/年
1	工业*	8.00	457.14	-5.13	3.56	1626.74	7.19	915.01	-3.17
2		7.17	427.06	-5.4	3.54	1519.80	6.79	823.68	-3.14
3	农业*	10.0	65.5	-5.0	2.24	146.47	7.0	128.8	-2.5
4		8.0	55.83	-5.0	2.24	125.06	6.0	99.98	-2.5
5	交通邮电	9.0	23.05	-3.0	3.58	82.52	8.0	49.76	-2.0
6	建筑	10.0	77.45	-1.0	0.52	37.67	8.0	167.21	-1.0
7	民用					717.6			
8	合计*					2611.0			
9						2482.65			

* 两个方案, 1, 3, 8为高速方案, 2, 4, 9为低速方案。

* 商品能源, 未计入部分非电转换损失及非能源应用量。

预测汇总结果。为了解主要耗能部门——工业的情况,表2给出工业分部门的产值与能耗结构预测。

上述预测结果表明,为了保证首都各方面发展和人民物质文化生活水平提高的需要,实现工农业总产值翻两番的目标,到2000年能源消费量必须有较大的增长,能源消费的部门结构和品种结构也要有相应的改变。

(1)工农业总产值的能源消费弹性系数略低于0.5(表1两种方案的平均值,弹性系数为0.46),到2000年的能源消费量大约要比1980年增加一倍。这要求单位工农业总产值能耗在20年内以3%/年的平均速度持续下降,即相当于70年代的水平,需要作很大的努力。

(2)民用能源消费量在总能源消费量中所占比重应有较大增长,从1980年的20%左右提高到2000年的30%上下。

(上接第10页) 较大的不足,主要是能源与经济的联系在模型中作了较大的简化,国民经济的活动没有在模型中直接描述。事实上,地区能源系统的规划研究必须与该地区的国民经济与社会发展规划紧密联系,把能源系统放到整个社会和国民经济系统内一起研究,才能全面考虑合理的经济结构,技术进步、最终消费以及政策因素,干预等等对能源需求、供需平衡及能源系统结构优化的影响。为此,建立以研究能源为重点的能源——经济耦合模型很有必要。此外,目前能源与经济的基础数据尚不够完全,也影响模型分析结果的可靠性。因此,在继续应用现有模型的同时,我们建议应进一步深入开展研究工作,尽快建立更完善的能源——经济耦合模型,以适应今后国民经济与社会发展战略及规划研究与制订的更高要求。具体工作有下列几个方面:

(3)为了解决环境污染问题和适应城市现代化及满足人民物质文化生活水平提高的要求,能源消费量中优质能源的比例(特别是在民用能源中)应有很大增加。这涉及到资源、环境和投资等多方面因素,模型中对于这个能源供应的合理结构问题另作重点研究。

(4)预测方案体现了国民经济的高速增长情况,除了涉及能源问题以外,对北京地区的水资源、原材料供应、资金等方面都提出了很高的要求。模型对此也作了初步评价。以水资源为例,尽管在工业的结构发展上已作了节水的考虑(见表2),然而要维持现有的工业用水量来实现预测的经济高速发展方案是极为困难的,必须对全市用水进行合理调配。

(二)能源合理结构的研究

在能源消费需求预测的基础上,进一步研究为保证满足消费需求的能源(接第9页)

1.由北京计委与统计局主持开展编制地区经济投入——产出表的工作,将它应用于现有模型以考虑部门综合平衡,改进能源需求预测结果。

2.在地区经济投入——产出表和对终端用能设施及其效能充分研究的基础上,编制“能源投入——产出表”,据以建立能源——经济耦合模型,包括对生产活动和投资活动进行动态研究,更全面地研究国民经济中能源部门与非能源部门的关系和整个国民经济的发展。

3.进一步完善能源与经济统计,加强用能设施的调查研究,改进与充实现有的能源数据库,为模型分析提供更准确、更完备的数据,以提高模型计算结果的质量。

4.继续进行改进模型结构和计算研究工作,要加强计算机软件编制工作、特别是微型机软件的编制和配套,以便模型的推广应用。
(一九八五年三月)

表2 北京工业的产值与能源消费量部门构成预测

	1980年		2000年 (低速方案)		2000年 (高速方案)	
	产 值	能 耗	产 值	能 耗	产 值	能 耗
1. 电力	3.5	3.0	1.7	3.3	1.5	3.0
2. 煤炭	0.7	1.4	0.4	0.8	0.4	0.7
3. 炼焦与焦化	1.3	3.0	0.6	3.0	0.6	2.7
4. 石油	3.9	3.6	1.9	1.9	1.7	1.7
5. 冶金	10.6	27.2	7.6	19.8	7.5	19.7
6. 化学	16.2	29.5	12.2	27.8	13.0	29.4
7. 机械	26.8	10.8	35.4	15.2	35.2	15.1
8. 建材	3.6	10.5	1.9	8.1	1.8	7.8
9. 木材加工	1.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7
10. 粮油	1.8	0.2	0.9	0.3	0.9	0.3
11. 食品	5.0	1.7	9.7	6.8	9.4	6.5
12. 纺织	10.5	3.5	8.9	4.7	8.6	4.5
13. 缝纫	3.9	0.3	7.9	1.0	7.9	1.0
14. 皮革	1.6	0.2	1.6	0.4	1.5	0.4
15. 造纸	7.7	1.0	0.5	0.6	0.4	0.6
16. 文教	5.1	1.0	5.6	2.4	6.5	2.5
17. 其它	22.8	2.5	2.3	3.3	2.5	3.3
合 计	100	100	100	100	100	100

供应合理结构,是模型的另一个研究重点。如前已述,因为能源结构要考虑经济、环境和资源等多方面的要求,所以要对不同情况进行大量研究,有时还涉及多目标问题。模型中应用线性规划和目标规划进行了研究,所考虑的系数方案中包含了资源、加工转换和终端使用等各个环节的各种现有方案:

资源:包含水力利用、煤炭开采和调入、原油调入、成品油调入、天然气调入、煤制气调入、电力调入、核能利用、太阳能利用、地热利用、秸秆柴草与沼气的利用。

加工转换:除了现有设施的利用外,考虑了各有关部门的规划与设想,如烧煤与烧油的电厂与热电厂、抽水蓄能电站、油制气厂、焦化厂的发展、烧煤与烧油的集中锅炉房、低温核供热反应堆等项目。

终端用能设施:考虑了炊事热水和采暖用电、轻油与重油采暖、煤气与液化气采暖

等以及工业用油气燃料等方案。

模型分析中的一项内容是以规划期内能源设施累计投资额的现值最小为目标,对于不同的环境污染要求或不同的油气燃料供应情况来选择优化方案。表3给出一个典型方案的能源构成情况,该方案中的环境要求有两项:一项是市区内采暖期的二氧化硫污染效应(大气中的二氧化硫浓度),另一项是二氧化硫排放总量:第一项按照环保标准要求,到2000年市区内采暖期的二氧化硫月平均浓度不大于0.1毫克/立方米;在1990年和1995年适当放宽要求,分别取0.3和0.2毫克/立方米为限制值。二氧化硫排放总量限制现无标准参照,模型中对不同地区、不同时段分别采用一些参考数字作为限制值。

方案中对于集中供热和煤气化的考虑都采用主管部门的规划数字。在后10年中没有详细规划,则采用他们提出的设想作为参

表3 北京地区2000年的能源构成优化方案*

一、终端能源消费结构

能源品种	煤炭	焦炭	电力	热力	成品油	气体燃料
比例, %	32.0	6.6	11.6	14.5	21.3	14.0

二、一次能源消费结构

能源品种	煤炭	核能	水力	天然气	原油	成品油调入
比例, %	64.6	1.1	0.5	5.7	26.1	2.0

* 为与历史资料比较,非商品能源未计入。按照模型计算,此方案中还包含太阳能与地热(在一次能源中占0.5%,

终端能源中占0.7%),秸秆柴草与沼气,在一次能源中占3.0%,终端能源中占3.7%。

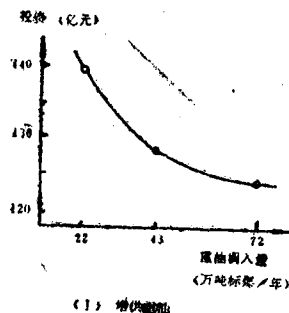
考方案。

分析结果见表3。由表可见,在终端能源消费中,直接烧煤炭的比重已降低到32%,电力、热力和油气燃料占61.4%(其余6%左右为工业用焦炭)优质能源已占主要地位。这是改善环境状况、满足城市现代化要求和人民物质文化生活水平提高的需要所不可缺少的。

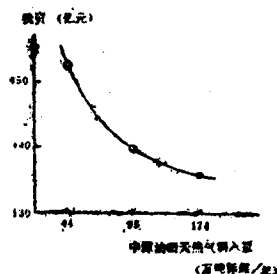
应该指出的是,由于模型中所用的目标是能源设施的累计投资额现值最小,因此采暖、炊事等的电气化的设施因目前考虑所需投资较大而未能在方案中大量采用。在油气燃料供应的可能条件下,尽量先利用油气燃料。

实现此方案所需能源设施累计投资额现值约为140亿元,包括资源开发(开矿与运输所需国家投资,包括区外)、加工转换设施(包括区外电厂)以及使用设施等部分的投资在内。进一步的分析表明,在此方案基础上增加重油或天然气供应,系统的投资额还可减少(见图2)。由图可见,在适当的范围内(图的左部)增供油气燃料对降低系统总投资是有利的。模型分析还表明,如果提高对于环境保护的要求,特别是要降低二氧化硫排放总量,系统的投资将增加更快。

总的来看,为了实现到2000年的北京的经济与社会发展的总目标,要求能源系统有很大的发展来予以保证。不仅能源供应量要有很大增长,能源的构成也应有较大改变,需要相当大数量的投资,必须在总体发展规划中全面考虑和安排。



(1) 增供重油



(2) 增供天然气

图2 增加油气燃料供应对系统投资的影响

三、关于进一步开展能源系统模型研究与应用的建议

我们现已建立的北京地区能源系统规划模型可以实现研究任务提出的功能要求,在目前和近期内有实用的可能性。在下阶段关于北京地区能源发展战略的研究中,将可进一步应用此模型为研究分析和决策提供定量依据和咨询意见。然而如前已述,现用的模型在应用中还存在着 (下接第7页)

生产价格理论与能源需求模型

国家经委能源研究所能源平衡与预测研究室
中国科学院

生产价格理论与能源需求模型——国外能源系统模型情报资料之一

近些年来,国外在能源需求模型和预测方面的研究有了新的进展。为深入研究我国的能源问题,我们根据现有的资料,特陆续编译国外能源模型研究报告,供有关部门参阅。

一、能源需求的生产价格理论

西方国家能源需求预测通常把价格作为一个非常重要的刺激经济发展的因素考虑。

生产价格理论是经济学的一个重要内容,它是能源需求模型的(理论)基础。

考察由投入向是 X 生产产出量(y)的一个工厂,可以用实物量单位或货币单位计量投入和产出。投入——产出系数 a_i 是每单位产出 y 的投入 X_i 的总量,即

$$a_i = X_i / y \quad (1-1)$$

一个基本的经济恒等式是销售(卖)减去生产因素(劳动力、能源和材料)的支付所得的收入等于税收加利润。如果考虑支付因素的资本,则总销售额等于总的因素支付。数学上表示为:

$$C y = \sum_i P_i X_i \quad (1-2)$$

其中 C 是产出价格, P_i 是投入 X_i 的价格。用产出 y 除方程(2)的两边。注意到投入——产出系数 $a_i = X_i / y$,方程(2)可以写成:

$$C = \sum_i P_i a_i \quad (1-3)$$

由于包含了生产因素的资本,产出价格等于单位生产成本。

一种广泛应用的能源需求模型是具有外生系数的投入——产生系数的投入——产出模型。如果已知投入——产出系数,则总的产出预测确定所有生产因素的需求(包括能源)如果因素价格已知,可用方程(3)估计产出价格的变化。

通常用能源需求模型预测常能和各种燃料之间的代用。在这两种情况下,一种生产因素为另一种所替代。

生产的经济理论的一个基本概念是生产函数。生产函数描述最大产出 Y 和一定的投入向是 X 之间的关系:

$$Y = F(x, t) \quad (1-4)$$

式中 t 为时间。

一般地,对于给定的产出,可以用几种投入向量生产。生产出数概括了生产因素之间所有可能的互换。

为了方便起见,概定生产函数是齐次的。即生产函数满足:

$$F(\lambda x, t) = \lambda F(x, t) \quad (1-5)$$

其中 λ 是一个任意标量因子。

对于一个现有工厂,或建设一个新工厂,在能源迅速涨价的情况下,管理者需要检验节能方案以及所有的成本效益方案。从理论上来说,管理者要选择有最低单位成本的生产因素结合体。这个优化过程的结果是一组最小成本的投入——产出系数。

由方程(3)可知,生产的单位成本依

赖价格和投入产出系数。最佳投入——产出系数由价格决定。这样，最少生产成本只和价格有关，即

$$C = G(p, t) \quad (1-6)$$

其中G是成本函数。

生产的经济理论的主要成果是希福尔特 (Shephard) 引理。Shephard引理表述了最佳投入——产出系数和成本函数偏微分的关系，即：

$$\partial G / \partial P_i = a_i \quad (1-7)$$

希福尔特引理对能源需求模型的结构有重要的意义。

如果考虑两个能源需求模型，一个模型，求介最佳化问题，确定最佳投入——产出系数。另一个模型，用成本函数确定最佳投入——产出系数。两个模型，理论上等价的，一个模型是另一个模型的对偶。实际上，计算一个函数的偏微分要比介最佳化问题容易得多。

定义成本的份额

$$S_i = P_i a_i / C \quad (1-8)$$

由方程(3)可推断成本份额的和为1。

定义需求的价格弹性为

$$\sigma_{ij} = \frac{P_j}{a_i} \frac{\partial a_i}{\partial P_j} = \frac{\partial a_i / a_i}{\partial P_j / P_j} \quad (1-9)$$

二、基于超越对数函数和代用不变弹性 (CES) 函数的能源需求模型

为了研究基于希福尔特引理的能源需求模型，构模型者必需选择一个成本函数。通常是选用超越对数函数和CES (Constant Elasticity of Substitution 代用的不变弹性) 函数。

超越对数函数表示为

$$\ln G = \sum_i \phi_i \ln P_i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \psi_{ij}$$

$$\ln P_i \ln P_j \quad (2-1)$$

其中参数 ϕ_i 和 ψ_{ij} 满足：

$$\sum_i \phi_i = 1, \quad \psi_{ij} = \psi_{ji}, \quad \sum_i \psi_{ij} = 0.$$

上面参数所满足的条件使超越对数函数为齐次函数是充分的。把成本函数对价格进行微分，成本份额是价格对数的线性函数

$$S_i = \phi_i + \sum_j \psi_{ij} \ln P_j \quad (2-2)$$

如果假定价格是基准年内等于1的价格指数，则参数 ϕ_i 等于基准年的各因素份额，参数 ψ_{ij} 确定模型的价格响应。因素份额总是正的，变化范围只能从0—1。当因素价格从零变到无穷大时如果所有 ψ_{ij} 不为零，则方程 (2-2) 的右边将从正无穷大变到负无穷大。由方程 (2-2) 定义的因素份额只表示价格空间的有限域内的经济理论。称之外域。更精确地说，外域是因素份额为非负 (大于等于0) 且需求的价格弹性为非正 (小于零) 的价格集合。

CES 函数表示为

$$G = (\sum_i \alpha_i P_i^{\rho})^{1/\rho} \quad (2-3)$$

其中参数 α_i 满足 $\sum_i \alpha_i = 1$ 。对

CES 函数来说，份额满足

$$S_i = \alpha_i (P_i / G)^{\rho} \quad (2-4)$$

在基础率内，当价格指数为1时，G为1且参数 α_i 为基础年份份额。参数 ρ 确定模型的价格响应。如果参数 α_i 是正的，则对所有的正的价格说，份额总为正。对CES函数来说，外域包括所有正的价格。