

72.
359

中国部门能源需求分析

MEDEE-S模型在中国的应用

周风起 渠时远 荣 涛

主 编



能 源 出 版 社

1989年北京

102657

前 言

经联合国亚太经社会与中国原国家经济委员会和对外经济贸易部协商，国家计委—中国科学院能源研究所承担了亚太经社会委托的“中国部门能源需求分析”研究课题。从1988年二月份亚太经社会在曼谷召开各国课题组长会议以来，中国课题组对能源经济数据进行了大量的调查研究和收集、整理工作，并对亚太经社会推荐的MEDEE-S模型原程序进行了必要的修改，以适应中国的能源经济数据统计体系。通过在计算机上进行反复调试，得到比较满意的结果。在课题研究的过程中，我们得到了国家计委外事司、对外经济贸易部国际司和其他国家部门的大力支持，许多专家、学者和有关的研究所、大学也给予热情的帮助，使我们得以较好地完成这项研究工作。在此，对他们表示衷心的感谢。由于时间仓促，水平有限，书中错误及不足之处在所难免，欢迎广大读者给予批评指正。

除了书中列出的作者外，参加这项研究工作的学者尚有李俊峰、朱晓杰、刘学义、开年安、高世宪和李滨生等人，他们对研究工作和本书的出版做出了应有的贡献。

内 容 要 提

本书是国家计委—中国科学院能源研究所研究人员的七篇研究报告，它构成了我国能源需求预测的完整的著作。通过使用MEDEE—S模型，预测中国2000年和2015年能源需求量，研究报告从各个角度讨论了未来中国的能源供需平衡及其他有关的能源经济问题。在第一篇研究报告中，简单地介绍了MEDEE—S模型，讨论了中国能源消费现状，分析了能源需求预测结果。在随后的三篇研究报告中，对工业、交通和民用部门的能源需求量及其有关的问题进行了分析讨论。在最后的三篇报告中，研究了2000年、2015年中国煤、电、油的消费特点及其部门消费结构。在上述研究的基础上，提出了一些重要的能源战略和政策，以利于合理开发中国的能源资源，满足国民经济发展和人民生活提高的需要。本书在整体上系统地研究了中国未来二三十年的能源需求量和有关的问题，同时分析了各主要部门各种能源的需求量。因此它不仅值得能源规划人员阅读，还可以供一般工程人员和能源经济研究人员参考。

目 录

- 一、中国部门能源需求分析.....渠时远 (1)
- 二、中国工业终端能源需求预测.....陈新青 (47)
- 三、中国交通部门能源需求分析.....柴涛 (99)
- 四、中国民用能源需求分析.....郁聪 (137)
- 五、中国煤炭消费现状及2000-2015年需求预测
.....支路川, 孙广宣 (178)
- 六、中国石油需求分析.....宋武成, 初明 (315)
- 七、中国部门电力需求分析.....渠时远 (239)

中国部门能源需求分析

渠 时 远

能源部门需求分析是最常用的能源需求预测方法之一，许多专家学者在这方面做了大量的科学研究工作。在中国，许多科研机构 and 大学已经做过富有成果的研究。国家计委——中国科学院能源研究所，几乎每年都要进行一次中国部门能源需求分析研究。所有这些研究成果，对做好中国中长期能源规划提供了科学的根据。

1988年初，亚太经社会(ESCAP)开始在发展中国家推荐MEDEE-S模型，在包括中国在内的8个发展中国家中同时进行部门能源需求分析，这对中国的能源需求预测研究无疑是一个大的推动。自从1988年初开始，中国课题组利用MEDEE-S模型，从终端用能水平出发，对中国2000，2015年能源需求进行了比较系统的部门分析，与国内外许多同类研究相比较，得出了比较令人满意的结果。

总结一年多的研究工作，现将中国部门能源需求分析的主要内容概述如下：

1. 研究分析MEDEE-S模型的基本原理、特征和结构，根据中国的具体情况，决定部门的划分和要采用的用能终端及变量，并对模型的原程序做必要的修改，以适应中国的能源消费统计特点。

2. 搜集、整理各行业 用能终端的能源消费数据以及有

102057

1

关的宏观经济指标和宏观经济技术指标，在与国外同类数据和指标相比较的基础上，初步确定和修正了模型中的各种变量。

3. 搜集、整理国内外有关的科学研究资料和发表的文章，并对其中的大量数据和研究成果进行了反复对比分析，以便与MEDEE-S模型的计算结果相对照。

4. 在搜集、分析、整理各种技术经济数据和能源消费数据的基础上，以满足中国部门能源需求分析为主要目的，建立了小型的中国能源消费数据库，并随时为能源决策者提供科学数据。

5. 将各种变量和数值输入IBM-AT微型计算机，反复进行计算调试，直到得出满意的结果。

6. 对结果进行分析，指出未来的中国能源消费特点、趋势及其对策。

一. 中国能源消费现状及其特点

建国以来，我国的能源工业发展迅速，从1949年至1985年，常规能源产量由16.59MTOE增加到598.59MTOE，平均每年增长10.47%。能源的生产结构也从单一的煤炭结构，初步发展为多种能源的综合结构。能源工业的迅速发展，基本保证了国民经济发展对能源的需求。

我国一次能源消费的总量1985年为726.11百万吨油当量（包括传统能源187.13MTOE），在全世界占第三位。扣除加工转换损失。终端能源消费总量为644.38MTOE，其中常规能源457.25MTOE，包括作为原料消费的33.99MTOE。目前我国能源消费的主要特点是：

1. 终端能源消费以煤炭和传统能源为主, 大量劣质能源直接燃烧, 严重污染环境。根据我们的调查和计算, 在1985年终端能源消费总量中, 煤炭为318.58MTOE (不包括原料煤), 占49.44%; 传统能源为187.13MTOE, 占29.04%。两者共占能源消费总量的78.48% (见表1)。大量煤炭和传统能源的直接燃烧, 虽然为国民经济的发展和人民生活水平的提高提供了物质保证, 但由于质量差, 利用效率低, 不仅浪费能源, 而且严重污染城乡环境, 破坏农村生

1985年我国能源终端消费量及其构成

表 1

单位: MTOE, %

	消 费 量	%
总 计	644.38	100
传统能源	187.13	29.04
煤	318.58	49.44
电	32.72	5.08
车辆燃油	28.36	4.40
柴 油	4.25	0.66
燃 料 油	19.92	3.09
煤 油	3.71	0.58
液化石油气	1.74	0.27
城市煤气*	13.91	2.16
太 阳 能	0.07	0.01
非能源利用	33.99	5.27

*包括天然气

态平衡。

根据有关部门的统计资料 and 我们的调查,目前中国煤炭直接燃烧的效率,民用炊事炉一般为15-20%,民用炊事取暖炉为40-50%,工作锅炉为50-60%。传统能源大部分用于农村民用,能源利用效率一般不到10%,由于能源利用效率低,含硫和灰分高,大量原煤直接燃烧,致使全国每年大约向大气排放 SO_2 1500万吨,粉尘2500万吨,有的地区已出现酸雨。在农村,由于大量农作物秸秆被烧掉,不能还田,良性生态循环遭到破坏,土壤越来越贫瘠化,有的地区土壤沙化严重。

2·优质能源和新能源所占比重甚小,由于缺电 缺油,严重影响国民经济的发展。由表1的数据可以看出,在终端能源消费总量中,电能只占5.08%,各种油品(包括液化石油气)共占9.0%。城市煤气占2.16%,太阳能仅占0.01%,所占比重都很小。这说明我国的能源消费不但效率低,而且质量差(这也是效率低的原因之一)。由于能源替代的局限性和优质能源的缺少,严重阻碍国民经济的发展。据统计,1988年全国缺电大约 700亿千瓦小时,影响工农业产值 2100亿元左右。由于油品不足,许多用油机具不能发挥作用。据统计,在农村约有1/3的运输机具因缺燃料停置不用。

3·能源终端消费以民用和工业部门为主。在1985年的能源终端消费总量(包括传统能源)中,工业部门耗能占39.99%,人民生活用能占45.54%,第三产业部门占3.05%,交通运输耗能占5.14%,建筑业占0.98%,农业耗能占5.30%(见表2)。工业部门 and 人民生活用能共占能源终端消费总量的85.53%,这与其他发展中国家的能源消费趋势是一致的,但与发达国家相比,能源构成差别很大。在中国,人民生活用能比重虽然高达45.54%,但其中包括大量的传统能源,

如果扣除传统能源，在商品能源中，人民生活用能只占24.55%。与其他国家相比是低的。与工业发达国家比较，我国交通部门、第三产业和建筑业耗能所占比重都非常小，而农业能耗比重比较大。

4· 能源利用不合理，利用效率低。中国能源利用 不合

表 2 1985年中国能源终端消费部门构成

单位：MTOE，%

	消费量(MTOE)	%
总 计	644.38	100
1. 工业	257.67	39.99
其中 高耗能工业	42.44	16.47
炼钢工业	40.94	15.89
能源工业	26.01	10.09
其他工业	114.29	44.36
非能源利用	33.99	13.19
2. 民用	293.45	45.54
其中：城市	63.43	21.62
农村	230.02	78.38
3. 第三产业	19.67	3.05
其中：服务业	10.16	51.65
非物质部门	9.50	48.35
4. 交通运输业	33.09	5.14
5. 建筑业	6.34	0.98
6. 农业	34.16	5.30
其中：纯农业	16.71	48.91
村办工业	17.45	51.09

理，主要表现在以下几个方面：(1)由于大多数耗能设备、工艺落后，以烧煤为主，加之操作管理水平低，能源价格不合理等因素，使单位产品能耗比工业发达国家高(0.5~1)倍左右(见表3)，其中电力工业高30%左右。据国内能源

表 3 1985年主要工业产品能耗水平比较

产品名称	产品产量 (MT)	能源消费量 (MTOE)	单耗 (KgOE/T)	国外相应 产品单耗 (KgOE/T)	倍 数
纸	9.11	6.70	735.47	491	1.50
电石	1.95	1.58	809	516	1.57
水泥	145.95	17.16	117.57	91	1.29
平板玻璃	49.42	1.75	35.41	24	1.48
氮肥	11.44	10.95	957.16	482	1.99
烧碱	2.35	1.64	697.78		
铝	0.3758	2.63	6998	5360	1.31
乙烯	0.65	0.74	1138.46		
钢	46.80	43.33	925.85	476	1.95

• 此产品产量单位为标准重量箱。单耗单位为KgOE/标准重量箱

专家计算，我国的能源利用效率目前约为30%，与国外差距很大，比日本70年代中期的能源利用水平还低6~7%，因此能源浪费很大。(2)一次能源用于加工转换的比重偏小。根据中国统计部门公布的数据，在1985年全国一次能源的供应总量中，用于加工转换为二次能源的数量约占41.4%，远远低于日本、美国和法国的水平。特别是煤炭，用于加工转换的数量仅占31.4%，除了工业中用作原料、材料的以外，64.5%的原煤用于直接燃烧。加工转换的原油比重虽然较大，

但加工深度较浅，利用效率不高。而且约有18.0%的石油和油制品用于发电，27.8%的石油和油制品用作动力燃料。在天然气的利用中，发电占2.24%，工业原料占41.8%，民用占3.33%，而直接当作动力燃料烧掉的天然气占52.63%。能源加工转换的比重小，说明中国的能源利用水平还很低。

(3)能源综合利用差。在工业生产中，由能源转换来的能量，往往只被利用一次，就作为废弃物排放了。许多工业窑炉和加热炉，热能利用效率只有20~30%，又不搞热能回收利用，大量的热能随着高温烟气被排放到大气中。大多数中小合成氨厂也没有进行能量多次利用，致使单位产品能耗比大合成氨厂高30~60%。另外，许多纺织行业的企业，在生产中使用低压蒸汽，而供应的蒸汽参数却较高，但目前只有少数企业利用压差发电，搞热电联供，致使大量的能源白白浪费掉。

5.近几年节能受到重视，节能效果显著。由于1980年中国政府制定了“开发节约并重，近期将节能放在首位”的能源方针，“六·五”期间能源的利用效率有了明显的提高。按社会总产值计算，1931~1985年全国节约少用能源大约136.5

中国1971~1985年一次能源消费弹性系数

表 4

年 份	社会总产值 增长速度(%)	能源消费量 增长速度(%)	能源消费弹性系数
1970~1975	6.57	9.17	1.40
1975~1980	10.05	2.87	0.29
1970~1980	7.50	7.48	1.00
1980~1985	12.85	5.03	0.39
1980~1987	12.61	5.20	0.41

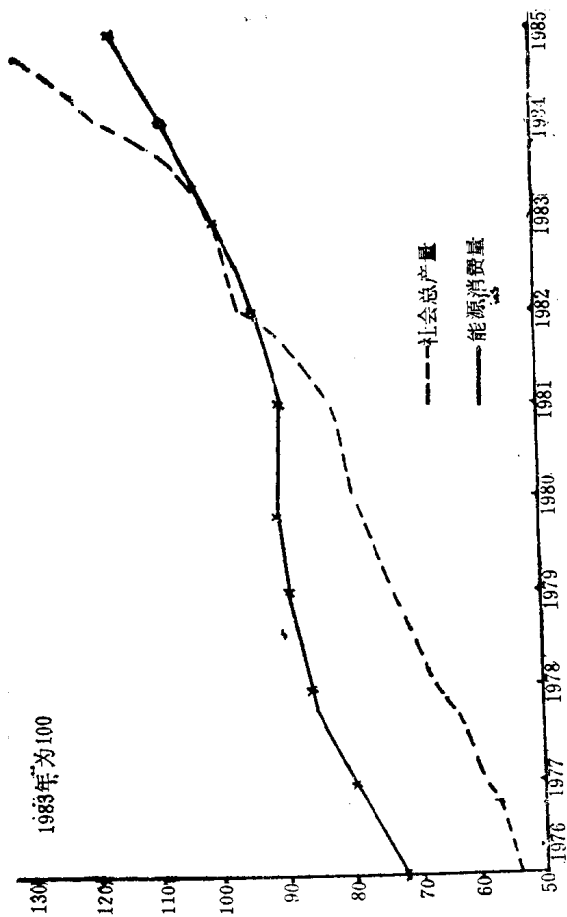


图1—1社会总产值和能源消费量增长指数

百万吨油当量（相当1.95亿吨标准煤）。能源消费量的增长速度有了明显的降低（见图1），能源消费弹性系数由70年代的1.00，下降到80年代的0.4/左右（见表4）。亿元社会总产值的能耗由1980年的4.95万吨油当量，下降到1985年的3.74万吨油当量，节能率为5.45%。

二、部门能源需求分析方法 —MEDEE-S模型

本研究课题所采取的部门能源需求分析方法是亚太经社会推荐的，已在某些发展中国家使用的MEDEE-S模型。该模型主要有以下几个特点：

(1)比较充分地描述反映国家特点和发展水平的能源消费状况，用能终端和能源种类的划分比较适合发展中国家的情况。

(2)考虑到可能获得的数据和资料，对每一个部门和用能终端在模型中采用了不同的构模方法，选择了不同的指标作为能源消费的决定因素，并最终考虑了某些可供选择的变量的计算模式。

(3)限制方案变量的数目，简化对方案的描述，减少模型的不一致性。保留合适的当前最常用的指标作为方案变量来描述社会经济发展和能源管理政策的特征。

(4)就计算方面而言，已经编制了标准语句以便使尽可能多的计算机人员用最少的代价使用这个模型。

1·MEDEE-S模型的基本原理

MEDEE-S模型是一种计量模型，其表示经济发展、技术变化、人口的分类及能源间的替代趋势的变量都是外生

的。它的基本原理是：首先通过对能源需求的驱动变量的描述，给出理解能源需求的轮廓，并同时表明能源政策对变量的作用，以控制能源需求的增长；其次要建立终端能源消费平衡表，通过反复估算和调整各种参数的数值，直到部门的平衡表中的能源消耗重新达到平衡。最后用能源需求量的大小表示方案或社会经济和技术的变化。与其他计量模型比较，MEDEE-S模型的特征在于对有用能的考虑方法，方案变量的选择方法和部门的划分方法以及保证它们之间的一致性。其中最重要的就是考虑了有用能。

为了测量能源间的替代对能源消费的影响和考虑改善能源利用的效率，在MEDEE-S模型中使用了有用能的概念。因为无论终端用能技术如何，有用能的消费水平均可单独确定。而且能源间的替代，仅仅意味着消费水平的变化只与能源利用效率有关。为了考虑能源或技术之间的替代对于人们活动的影响，在民用部门和交通部门的终端用能中还引进了替代效应系数。对于能源的非替代使用，最终能源的消费量是通过终端有用能和能源利用效率（或能源相对利用效率）而计算得来的。如果用 f_i 表示 i 终端的能源利用效率， a_i 表示单位人类活动， e_i 表示 i 终端单位人类活动有用能的消费量，则用MEDEE-S计算的最终能源消费量 E 为：

$$E = \sum_{i=1}^N a_i \cdot e_i / f_i$$

其中 N 为模型中所考虑的用能终端个数

2. MEDEE-S模型的基本结构

由于MEDEE-S模型的基本出发点是进行部门能源需求分析，因此重要之点是将整个社会—经济系统划分为可以进行能源需求分析的不同层次的能源消费部门。为了更确切地

利用有用能预测每个经济活动或者生活活动的终端能源消费量，我们尽可能地将能源消费活动分解为最小的基本的用能单位。考虑到ESCAP要求的部门划分的基本口径和我国现行的计划与统计体系，我们确定部门划分和所需预测能源品种的原则是：

①模型中的各部门基本上与我国能源消费统计的口径相一致。但考虑到ESCAP的要求，对一些部门的口径做了相应的调整。例如，所有运输用具的能源消费量均划入运输部门，其他部门均不包括运输用能。此外，由于不考虑能源供应问题，在工业子模型中不考虑能源工业用能，在第三产业部门包括了市政生活用能和其他公共用能，而在民用部门只包括城乡家庭生活用能。

②为了尽可能细地划分基本用能活动，除了划分产业用能和生活用能两大部类外，在产业用能中又按我国传统的统计口径划分为工业、农业、交通运输、建筑、第三产业等五个部门，而在每个产业用能部门中，又尽可能地划分终端用能活动。例如，在工业用能中，又划分了高能耗产品用能和钢铁产品用能以及化工、纺织、机械等5个部门。在运输用能中划分了公路、铁路、水运、航运、管道和市政交通用能等。在第三产业用能中，除了划分商业用能（包括部分市政用能）和非物资部门用能外，还分解为空调、取暖、照明和其他热能利用活动。在民用用能中，除了划分城市生活用能和农村生活用能外，还分别考虑了炊事、照明、取暖、空调和各种其他家用电器用能。在农业用能中，除了划分了传统农业和村办工业用能外，还考虑了农业灌溉、农业机具用能。只有建筑部门，由于统计数据的限制，本模型中才作为单独的一个用能活动来考虑。

③根据我国能源资源条件和历年来的能源消费构成，在模型中考虑的主要常规能源品种是：煤炭、重油、柴油、汽油、煤油、气体燃料和电能。为了完整地分析我国部门能源需求情况，在模型中还预测了传统能源（主要是生物质能源）和新能源（主要是太阳能）的需求量。

根据以上对我国能源消费基本活动的设想，在修改MEDEE-S模型的原程序的基础上，我们设计了适合中国能源需求部门分析的MEDEE-S模型，该模型由六个独立的标准子模型组成①工业子模型；②运输子模型；③民用子模型；④第三产业子模型；⑤农业子模型；⑥能源工业子模型。在每个子模型中，都采用不同的经济变量和能源消费变量，以便于根据可能获得的经济和能源数据，由有用能的消费量计算最终能源消费量。

根据中国能源消费资料和数据的可利用性，尽可能地考虑主要用能终端。工业子模型由一个标准子模型和两个辅助子模型——高耗能产品辅助子模型和钢铁子模型——组成。在高耗能产品子模型中，主要分析了8种主要高耗能产品的产量和能源需求量。钢铁子模型主要是分析钢的产量及其能源需求量。工业标准子模型预测了其余工业部门的产值和能源需求量。另外，在工业子模型中还包括建筑子模型，以与ESCAP要求的口径保持一致。

农业子模型主要考虑了农业生产（包括种植业、林业、畜牧业、渔业）和村办工业两个部门，由于统计资料的限制，在模型中只分别计算了农业灌溉用电、机具用油、村办工业用能及其他生产活动的用煤和传统能源的消费量。

交通运输子模型计算了全社会各类交通运输机具的能源消费量，它不仅包括了运输营运部门的能源消费量，还包括

了各产业部门和非物质生产部门运输的能源消费量。因此在模型中除了计算了铁路、公路、水运、航运和管道运输的用能外，还计算了城市公共交通运输的用能量。而各产业部门运输机具的耗能量分别包括在同类的运输机具的用能中。

根据我国的民用能源消费统计口径，在民用能源子模型中主要划分为城市民用和农村民用两大部分。为了考虑用能终端的能源利用效率，在民用能源的消费分析中，又分别考虑了炊事、取暖、空调、照明和各种家用电器的用能。考虑到我国地域辽阔，不同地区气候差别较大，在分析中又划分了热、温、寒三个地带。由于民用能源的消费水平与人们的收入密切相关，在模型中还考虑了高、中、低三种收入水平的家庭对能源需求的差别。

第三产业包括的部门比较庞杂。按照中国统计年鉴的口径，主要包括商业和其他非物质生产部门。此外还考虑了市政公共用能。在终端用能分析中，主要计算了第三产业中各部门的取暖、空调、照明和其他热能利用。

综上所述，我们在MEDEE-S模型中，一共设计了35个终端，近900个变量，其结构框图如图2所示。

3. 变量设置和估算原则

MEDEE-S模型的变量一共近900个，主要分为四类。一是控制变量 (Command Variables)，主要用于划分经济部门、能源利用终端和能源消费品种；二是常数变量 (Constnt Variables)，主要用来表征经济变量和能源消费变量基期的数值大小；三是外生变量 (Exogeneus Variables)，主要是根据历史数据的变化趋势和政府可能采取的政策，对某些经济变量和能源消费变量做某些人为的规