

能源规划与系统模型

清华大学核能技术研究所能源系统研究室
能源规划与管理北京培训中心 编著

内 容 简 介

能源规划是一件涉及面很广、综合性很强的工作。运用系统分析的方法、编制数学模型，是研究与制订能源规划、分析与评价能源政策的有力工具之一。

本书比较全面地介绍了能源规划与能源系统分析的理论和方法。全书共分八章，包括能源研究的数据基础、能源需求预测、能源项目的经济评价方法、能源投入产出分析和能源系统模型等。内容由浅入深，既介绍理论和方法，又有应用实例，适宜于从事能源规划与管理工作的工程技术人员、科技人员和干部阅读参考，也可作为大专院校有关专业大学生、研究生的教学参考书。

能 源 规 划 与 系 统 模 型

清华大学核能技术研究所能源系统研究室 编著
能源规划与管理北京训练中心

清华大学出版社出版

北京 清华园

煤炭工业出版社印刷厂排版

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 · 各地新华书店经售

开本：787×1092 1/16 印张：15 字数：371千字

1986年6月第1版 1986年6月第1次印刷

印数：0001~3000

统一书号：15235·216 定价：2.70元

序 言

能源是社会发展的物质基础。自1973年世界上发生“能源危机”之后，能源问题的严重性为人们所认识，遂一跃而成为重大的国际政治与经济问题之一。世界各国纷纷开展对于能源资源、能源需求与供应、能源政策与能源战略的研究，并制订国家、地区与部门的能源规划。我国在实现四个现代化的过程中，编制能源规划、解决能源问题，也是计划工作中的一项重点任务。

能源规划是涉及大量变量的一项综合性很强的工作。运用系统工程方法、编制数学模型，是研究与制订能源规划、分析与评价能源政策的有力工具之一。清华大学核能技术研究所所在国家有关部委的支持下，成立了能源系统研究室，开展了能源规划与系统模型的研究，参加了国家与地区的部分能源规划工作。在此基础上设置了能源规划与管理北京训练中心，并得到有关的国际机构赞助，举办了多期训练班，培训各级计划与科研部门的技术干部，使之掌握现代化的能源规划手段。本书就是根据我所能能源系统研究室近几年来科研成果，在北京训练中心所用讲义初稿的基础上，参阅国内外有关文献编写而成的。

本书试图较为系统地介绍能源规划与能源系统分析的理论和方法。内容由浅入深，并附有一些简单明瞭的应用试例，适宜于从事能源规划与管理工作的工程技术人员、科研人员和干部阅读参考，也可作为大专院校有关专业大学生、研究生的教学参考书。

本书共分八章。第一章绪论概括介绍了世界与我国能源情况，由邱大雄执笔。第二章能源规划与能源系统分析，介绍了能源系统及进行能源规划的目的、内容与方法，由邱大雄、李子奈执笔。第三章能源研究的数据基础，是分析能源系统的出发点，其中介绍了能源统计概况以及数据的整理与分析，由吕应运执笔。第四章介绍了能源系统分析的一项重要工具——投入产出分析，由李子奈执笔。第五章介绍工程项目评价方法，由孟昭利、何建坤执笔。第六章介绍能源需求预测的几种方法，包括人均能量分析、时间序列分析、弹性系数法、部门分析法，由顾树华执笔。第七章介绍几种通用的能源系统模型，包括部门模型、线性规划优化模型，由孙永广执笔。第八章专门介绍考虑生态平衡的农村能源与农村经济耦合模型，由何建坤执笔。在编写过程中，能源系统研究室的吴宗鑫、马玉清、于素花、李金声、韦志宏、刘德顺等同志也提供了科研成果和做了一定的工作。

由于我们水平有限，从事这方面工作的时间不长，书中难免有不妥甚至错误之处，请同行和读者批评指正。

清华大学核能技术研究所所长
能源规划与管理北京训练中心主任

吕应中

1983年9月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 有关能源的一些基本概念.....	1
第二节 人类社会与能源.....	3
第三节 能源形势.....	6
第二章 能源系统与能源规划	14
第一节 能源系统简介.....	14
第二节 能源规划的目的、原则和内容.....	17
第三节 能源系统分析及其在能源规划中的地位.....	22
第三章 能源研究的数据基础	25
第一节 关于能源统计的一些问题和状况.....	25
第二节 能源平衡表的编制.....	31
第三节 能源系统能流网络图的编制.....	43
第四章 能源投入产出分析	58
第一节 投入产出法的基本原理.....	58
第二节 投入产出法在能源规划和系统分析中的应用.....	64
第三节 能源投入产出表.....	73
第五章 能源工程项目的经济评价方法	77
第一节 投资与现值因子之间的关系.....	77
第二节 投资的回收与固定资产的折旧.....	87
第三节 投资经济效果的评价方法.....	91
第四节 经济评价方法在能源规划中的作用.....	95
第六章 能源需求预测及其模型	100
第一节 能源需求预测的意义和内容.....	100
第二节 能源需求预测的原则和一般方法.....	101
第三节 人均能量消费分析.....	104
第四节 时间序列分析.....	106
第五节 能源消费弹性系数方法.....	111
第六节 分部门能源消费需求预测模型.....	121
第七章 能源系统模型	129
第一节 系统与模型.....	129
第二节 石油炼制工艺优化模型.....	132
第三节 电力系统规划模型.....	140
第四节 煤炭开发模型.....	152
第五节 能源系统最优化模型.....	164

第六节	能源系统线性规划模型对偶解的经济学意义	182
第七节	构造与使用模型时的一些问题	197
第八章	农村能源系统与模型	201
第一节	我国农村能源的概况及特点	201
第二节	农村能源供求系统概述	204
第三节	农村能源——农业经济综合优化模型	207
第四节	模型示例	220

第一章 绪 论

第一节 有关能源的一些基本概念

“能源”一词经常被用来表示不同的含义。本书中为了表达的 科学性 以及前后一贯起见，统一采用以下的术语和定义。

1. 能（能量）

能（能量）是物质运动的最一般的量度，并且是物质运动状态的一个单值函数。在特定的条件下，它是物体做功本领的量度。相应于不同形式的运动，能可分为许多种，如机械能（机械运动中的动能和势能）、分子内能、电能、化学能、核能（裂变能与聚变能）等。当物质运动形式发生转变时，能的形式同时发生转变。能也可以在不同形式之间发生传递，这就是做功或传递热量。能有一个基本特点，即自然界一切过程都必须服从 能量守恒与转换定律：在一定的体系内，各种形式的能的总和是一个常数，能量不能产生，也不能消灭，只能从一种形式转化为另一种形式。

能量即能的数量，它的基本物理单位为

$$1 \text{ 尔格} = 1 \text{ 达因} \times 1 \text{ 厘米}$$

但这一单位在实用中太小，因此实用的国际标准单位为

$$1 \text{ 焦耳} = 10^7 \text{ 尔格}$$

而且对于各种形态的能有不同的物理与工程单位，一些常用单位的相互换算关系见表1.1。

表 1.1 各种能量单位间的换算

	焦·尔	尔 格	千 卡	英热单位	兆电子伏	千瓦小时	马力小时	吨标煤	吨标油
焦 尔	1	10^7	2.388×10^{-4}	9.473×10^{-4}	6.242×10^{12}	2.778×10^{-7}	3.776×10^{-7}	3.412×10^{-11}	2.388×10^{-11}
尔 格	10^{-7}	1	2.388×10^{-11}	9.473×10^{-11}	6.242×10^5	2.778×10^{-14}	3.776×10^{-14}	3.412×10^{-18}	2.388×10^{-18}
千 卡	4186.8	4.187×10^{10}		3.966	2.613×10^{16}	1.163×10^{-3}	1.581×10^{-3}	1.428×10^{-7}	1×10^{-7}
英热单位	1055.06	1.055×10^{10}	0.252	1	6.589×10^{16}	2.931×10^{-4}	3.984×10^{-4}	3.6×10^{-8}	2.52×10^{-8}
兆电子伏	1.602×10^{-13}	1.602×10^{-6}	3.826×10^{-17}	1.518×10^{-18}	1	4.45×10^{-20}	6.05×10^{-20}	5.466×10^{-24}	3.826×10^{-24}
千瓦小时	3.6×10^6	3.6×10^{13}	8.598×10^2	3.410×10^3	2.247×10^{18}		1.36	1.228×10^{-7}	8.598×10^{-8}
马力小时	2.648×10^6	2.648×10^{13}	6.325×10^2	2.509×10^3	1.653×10^{18}	7.356×10^{-1}		9.034×10^{-8}	6.324×10^{-8}

续表

	焦 尔	尔 格	千 卡	英热单位	兆电子伏	千瓦时	马力小时	吨标煤	吨标油
吨 标 煤	2.931×10^{10}	2.931×10^{17}	7×10^6	2.777×10^7	1.829×10^{23}	8.142×10^3	1.107×10^4	1	0.7
吨 标 油	4.187×10^{10}	4.187×10^{17}	1×10^7	3.966×10^7	2.614×10^{23}	1.163×10^4	1.581×10^4	1.4286	1

2. 能量资源

自然界中存在而可能为人类利用来获取能量的自然资源称为能量资源。它的范围随着科学技术的发展而扩大。

能量资源按其来源大致可以分为四类：第一类是来自地球以外的太阳能。除了直接的太阳辐射能之外，化石资源（煤、石油、天然气等）、生物质能、水能、风能、海洋能等资源都间接来自太阳能。第二类是以热能形式储藏于地球内部的地热能，如地下热水、地下蒸汽、干热岩体。第三类是地球上的铀、钍等核裂变资源和氘、氚、锂等核聚变资源。第四类是月球和太阳等星体对地球的引力，而以月球引力为主所产生的能量，如潮汐能。

3. 能源

能源指人类取得能量的来源，包括已开采出来可供使用的自然资源与经过加工或转换的能量的来源。尚未开采出的能量资源只称为资源，不列入“能源”的范畴，以免混淆。

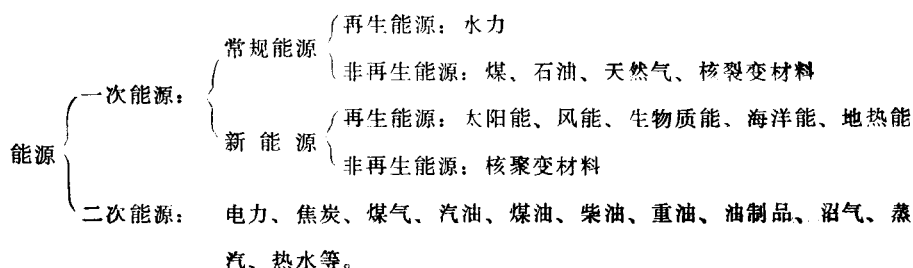
能源可按如下分类：

一次能源与二次能源 自然界现成存在、可直接取得而又不改变其基本形态的能源称为一次能源，或称初级能源。由一次能源经过加工转换成另一种形态的能源产品叫二次能源，也称次级能源。

常规能源与新能源 在一定历史时期和科学技术水平下，已经被人们广泛应用的能源，称之为常规能源。许多古老的能源若采用先进的方法加以广泛利用，以及用新发展的先进技术利用的能源，称之为新能源。

可再生能源与非再生能源 在自然界中可以不断再生并有规律地得到补充的能源，称之为可再生能源。经过亿万年形成的、短期内无法恢复的能源，称之为非再生能源，它随着大规模地开采，其储量越来越少，总有枯竭之时。

这些分类可以综合表示如下：



能源还可以按经济流通领域中的地位分为商品能源与非商品能源。商品能源是指进入市场、在国内或国际市场上进行买卖的能源，如煤炭、石油及其制品、焦炭、电力等。非商品能源是指那些一般不通过市场的能源，如秸秆、薪柴、牲畜粪等。某些非商品能源在当地市场上也有买卖，但规模很小，国家也未将其列入正式商品，仍称为非商品能源。

4. 有效能

在热力学中，某一系统的有效能指该系统经过可逆过程达到与外界平衡状态时，与从系统中可以取出的最大机械功（力学上作功）所相等的那部分能量。可谓和外界（如环境）处于平衡状态意味着系统的温度、压力和外界相等。

根据热力学第二定律，某一状态下的热能 Q （温度 T ）、在一定的环境（温度 T_0 ）下，所能给出的最大功即有效能：

$$A = Q \left(1 - \frac{T_0}{T} \right)$$

由此可见，由某种能源获取能量的温度愈高，则可能取得的有效能愈大。在作功之后，能量即转变到较低的温度状态，虽能量的总数未变，但其作功的能力减小了。因此能源的消耗过程，实际上是有效能的减少过程。这是我们研究能源利用时必须注意的，即能还有品质的差别。能的品质存在消耗过程，即可由高品质能转变到低品质能。因此在研究能源利用时，不仅要进行能量的数量上的平衡分析，还应该重视能量的“品质”分析，以求实现能量的合理利用。

但是，要指出的是，本书主要讨论能源规划问题，是从宏观方面来研究整个能源系统，因此在绝大多数情况下，只考虑能量的数量关系，而不考虑能量的品质变化。例如后面要讨论能源系统中有效利用的能量，定义能量的利用效率，都是从能量的数量关系出发来考虑的。此时所谓的有效利用能量，仅是指在某种工艺设施、某个部门或某项活动中实际消费的全部能量里所利用或得到的那部分能量。

5. 焓

焓也是一种热力学状态参数。对于具有内能 U 的封闭系统，焓 E_U 可表示为

$$E_U = U - U_0 - T_0(S - S_0) + P_0(V - V_0)$$

式中角标0表示系统的平衡状态； S 为系统的熵； T 为绝对温度； P 为绝对压力； V 为系统的体积。

焓表示了系统的能量中能转变为有效能的那部分，在数量上与系统的有效能相等。然而，焓取决于系统的热力状态，应该是状态参数，而前面定义的有效能与热力过程有关，因而是过程参数。

第二节 人类社会与能源

由于任何物质形态的变化都离不开能的变化，因此，人类社会生产与生活中一切活动都要“消费”能源。人类社会的发展引起了能源消费的急剧增加，近一百多年来，随着人口的增长和按人口平均的能源消费量的增加，人类对能源的消费量增长很快，如图1.1所示。

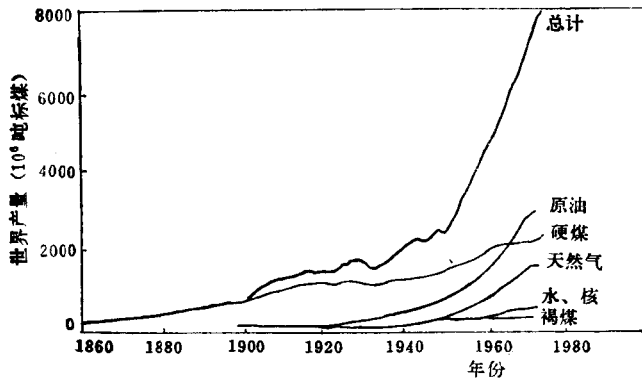


图 1.1 世界能源消费的急剧增长 [1]

一、能源消费与经济发展的关系

在近代社会里，人均能耗量与一个国家的经济发展密切相关。一个国家的生产力能得以迅速发展要依靠能源来保证，尤其是由农业为主的经济结构转向以工业为主的经济结构的工业化过程以及整个经济建设的现代化过程，更需要足够的能源。因此，可以用人均国民生产总值与人均能耗量的比例关系来研究能源消费与经济增长的关系。图 1.2 中描述了二十多个国家（不同发达程度）的人均产值和人均能耗，可以看出二者之间的大致关系（图中虚线所示）。从中还可以看出，发达国家的人均能耗量远比发展中国家高。1975 年发展中国家人均商品能源消费量平均为 0.5 吨标煤，而发达国家达 5.9 吨标煤。

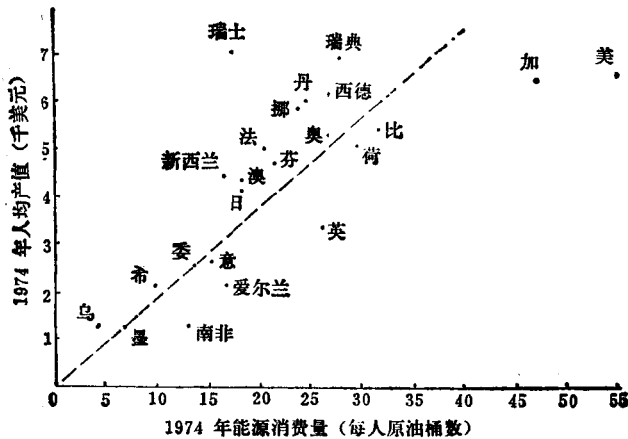


图 1.2 人均总产值与能源消费量的关系 [2]

二、能源更迭与社会发展

能源更迭对社会发展的影响很大，在某种意义上讲人类社会得以发展离不开优质能源的出现和广泛使用。人类社会经历了三个能源时期，即柴草时期、煤炭时期和石油时期。古时

代，人类以柴草为燃料，人力、畜力、水力和风力为动力。产业革命后工业大发展扩大了煤炭的利用，蒸汽机成为主要的动力机械。特别是十九世纪电力出现后，社会生产力有很大的提高，从根本上改变了人类社会的面貌。十九世纪中叶，石油资源的发现，开拓了能源利用的新时代。特别是二十世纪五十年代，世界石油和天然气的消费量超过了煤炭，成为世界能源供应的主力，它对促进世界经济的繁荣和发展起了重要的作用。图1.3表示了近200年来世界能源更迭的情况。

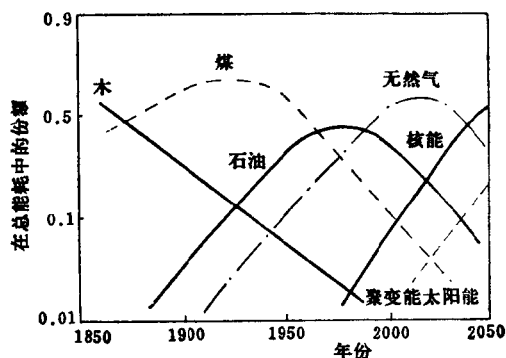


图 1.3 近200年能源更迭示意图〔3〕

1973年西方世界发生能源危机（或称石油危机）后，人们开始考虑下一步能源的过渡时期，即由以石油、天然气为主，逐步向比较丰富的煤炭、核能以及太阳能等再生能源方向转变。这一过渡时期将经历一个相当艰难的历程，需要付出巨大的努力。

三、能源与生态环境

能源是现代化社会的物质基础，但能源的利用同时又带来了严重的环境污染问题。表1.2列出了各种能源对环境的主要影响。

表 1.2 各种能源对环境的主要影响

能源	对土地资源的影响			对水资源的影响			对空气资源的影响		
	生产	加工	利用	生产	加工	利用	生产	加工	利用
煤	地面破坏、侵蚀、沉降	固体废物	飞灰、渣的排放	酸性矿水、淤泥排出	过程废水、污染物排出	提高水温			二氧化硫、氧化氮、颗粒物
油	废水排放			油的泄漏、漏气、废水	油泄漏、漏气	提高水温	蒸发损失	蒸发损失	二氧化硫、一氧化碳、氧化氮、烃类
天然气	废水排放					提高水温	泄漏	杂质	一氧化碳、氧化氮
铀	地面破坏、少量放射性固体废物	固体废物	放射性废物的排放	排出物中很少量的放射性	放射性废物的排放	提高水温、释放大半衰期核素	排放中很少量放射性		释放少量短半衰期核素
水电			淹没损失						
地热			地面沉降、地震活动			废水排出、提高水温			硫化氢、二氧化硫
油页岩	地面破坏、地面沉降	大批的废物			需要大量水、有机和无机污染物	提高水温		硫化氢	氧化氮、一氧化碳、烃类
煤的气化	地面破坏、侵蚀、地面沉降	固体废物	飞灰、渣的排放	酸性矿水、淤泥排出	过程废水、污染物	提高水温			氧化氮、一氧化碳

人类与动物、植物生存在地球上，组成一个生态系统，这个系统保持着一定的生态平衡。人类对能源的大量使用，影响了生态系统所保持着的平衡，引起了大气污染、水污染、热污染、土地破坏等后果。造成这些后果的具体原因有以下几点：

- (1) 随着化石燃料的燃烧，向大气排放二氧化碳；
- (2) 由于化石燃料和核燃料的燃烧，放出有害物质；
- (3) 利用能源要放出余热，而产生温升现象；
- (4) 利用能源需要水源；
- (5) 利用能源要破坏土地；
- (6) 利用能源要产生固体废物。

目前能源利用对环境影响较大的是大气污染，尤其在城市地区。

第三节 能源形势

一、世界能源形势

能源问题是全球性的问题，没有一个国家不受它的牵涉。1973年能源危机后，全世界认识到化石燃料供应日趋紧张使世界面临能源过渡时期这一事实，纷纷重视研究世界能源形势和能源发展战略。我国主要依靠自己的力量来解决能源问题，但在涉及到能源进出口政策、外贸和国际关系等方面时，都直接或间接地与世界能源形势有密切联系。

表1.3给出了世界1978年的能源消费量及其构成。由表可见，目前世界的能源消费构成，尤其是西方世界是以石油和天然气为主的。这种状况能维持多久，是人们普遍关心的问题。

表 1.3 世界能源消费量及其构成(1978年、亿吨标煤)

项 目	总 计		石 油		天 然 气		煤 炭		水 力		核 能	
	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%	数量	%
世 界	95.2	100	43.7	45.9	17.7	18.6	23.9	27.1	5.8	6.1	2.1	2.3
西方世界	65.9	100	35.2	53.4	12.2	18.5	11.8	17.9	4.8	7.3	1.9	2.9
其中：美国	27.2	100	12.7	46.7	7.2	26.5	5.1	18.7	1.1	4.1	1.1	4.0
英国	3.02	100	1.34	44.5	0.54	17.9	1.01	33.3	0.02	0.6	0.11	3.7
意大利	2.09	100	1.4	67.5	0.35	16.6	0.15	6.3	0.17	8.3	0.02	0.7
法国	2.7	100	1.7	63.0	0.3	11.0	0.1	14.9	0.2	7.4	0.1	3.7
西德	3.49	100	2.03	58.2	0.6	17.2	0.29	19.6	0.05	1.5	0.12	3.4
日本	5.24	100	3.8	72.2	0.24	4.7	0.77	14.9	0.25	4.8	0.18	3.4

1. 预测

西方世界石油供求与政治、经济形势密切相关，受石油价格的影响很大。1973年的危机实质上是由石油价格暴涨引起的。当时价格暴涨并非由于资源匮乏或是开采成本提高，而是由于石油输出国组织的政治、经济需要。石油价格暴涨后，随着节能工作的开展以及资本主义世界经济衰退，使能源需求下降。根据英国石油公司1982年发表的世界能源统计年度报告

指出，世界石油消耗量继1980年下降4%之后，1981年又下降3.3%。因此近年来石油价格开始下跌。究竟今后会如何发展？近年的研究工作表明石油价格在今后将受到控制，或下降，或稳定在某一水平，而不会象过去某些预测所指出的无止境的迅速上涨。据1983年“国际能源研讨会”有关报告指出，1983年石油长期供应价格为每桶5美元（1980年美元值），而国际市场价格28.5美元。预测到2030—2040年左右长期供应价格为20—25美元；在2000年前后，石油价格不是上涨，而是下跌，逐步下降到长期供应价格附近。石油需求的增长速度也将放慢，近年来预计可能的增长速度为每年2.6%左右，而不会象前些年预计的以每年5%的速度增长。因此，预计到2000年世界能源需求量将是1978年的消费量（表1.3所列）的一倍。

2. 资源

世界上的能源资源是丰富的，有些资源实际上是无限制的；问题在于开采成本与开发所需的时间。表1.4列出了世界化石能源资源估计储量（目前对储量的估计不一致），表1.5列出了世界铀资源估计量。然而，如果不限生产升本，即使对目前资源相对紧张的石油来说，采用强化开采或开发非常规油源，其可采资源也可大大增加。

表 1.4 世界化石能源资源量(亿吨标准煤)

名 称	探明可采储量		预 测 储 量		总 储 量	
	数 量	%	数 量	%	数 量	%
石 油	1280		3030		4310	
凝 析 油	90	13.1	170	5.4	260	6.6
天 然 气	1000	9.5	2580	4.4	3580	5.1
油 砂	580	5.5	1090	1.8	1670	2.4
油 页 岩	660	6.3	4200	7.0	4860	7.0
煤 炭	6870	65.6	48130	81.4	55000	78.9
总 计	10480	100	59200	100	69680	100

表 1.5 世界铀资源估计量*

地 区	探明资源 (吨铀)	估计附加资源 (吨铀)
北 美	825000	1709000
西 欧	389300	95400
澳大利亚及日本	303700	49000
拉 美	64800	66200
中东及北非	32100	69600
撒哈拉以南非洲	544000	162900
东 亚	3000	400
南 亚	29000	23700
世界总计	2191700	2176200

* 开采成本小于130美元/公斤（1977年1月数字）

3. 节能前景展望

从上述需求和资源估计情况看，到本世纪末世界的能源消费仍将以石油为主。但预计到二十一世纪后期随着石油资源的逐渐枯竭，代用能源尤其是煤炭、核能将逐步成为主要能

源，其他可再生能源也将逐步扩大应用。

随着技术的进步以及人类对生态环境的要求，煤炭、核能、可再生能源的利用将以新的形式出现。煤的气化、液化将逐步代替煤的直接燃烧；核裂变能随着先进堆型的发展推广将使现有的铀资源的利用率成倍、几十倍地提高。所以从本质上讲，世界并不存在能源“危机”，但必须经历一个相当艰难的能源过渡时期。在这一过程中出现能源供应紧张现象是不可避免的。

从近期看，调整经济结构以适应能源供应紧张的局面、加紧能源开发和转换等环节以及用能设施的技术改进，都可以节约能源以帮助人类渡过过渡时期。人们习惯于把前一方面称为“结构节能”，后一方面称为“技术节能”。表 1.6 取自于 1978 年世界能源会议论文中，它展现了未来几十年世界节能的前景。

表 1.6 世界节能前景的估计

年	份	1975	1985	2000	2020
	总产值 (10 ⁹ 美元, 1972 年值)	4400	6900	13500	30000
	总产值比 (1975 = 1)	1.0	1.6	3.1	6.8
总能源需求 (兆吨标油)	比率不变时	5800	9100	17800	39400
	实现结构节能时	5800	8600	15800	32700
	实现最大节能时	5800	8300	11900	21300
总能源需求量对总 产值的比率	比率不变时	1.0	1.0	1.0	1.0
	实现结构节能时	1.0	0.94	0.89	0.83
	实现最大节能时	1.0	0.91	0.67	0.54

二、中国能源形势

1. 历史发展及现状

解放三十多年来，我国能源工业迅速发展，其增长速度超过了国民经济增长速度（图 1.4），基本上满足了国内的需要并略有出口。

建国初期，我国能源工业基础薄弱。1952 年原煤产量仅 6600 万吨；原油、天然气和水电的生产量微不足道，国内用油主要依靠进口；电力工业也很薄弱。经过建设，到 1980 年统计，一次能源产量增长了 13 倍，年平均增长率为 9.6%；电力工业增长了 41 倍，年平均增长率为 14.2%。能源生产结构由单一的煤炭生产发展成多种能源生产，基本上建成独立完整的能源工业体系。表 1.7 列出了我国 1952—1980 年近 30 年能源产量及其构成的变化。

我国生产的能源，95% 以上用于满足国内生产和生活的需要，基本上做到了自给。表 1.8 列出了一次能源消费量及其构成，图 1.5 表示了我国 1978 年能源消费情况。从这些图表中，可以看出我国的能源状况有其自身的特点，即能源消费量很大而人均能耗很低；工业能耗占商品能源供应的很大部分；初级能源以煤为主。这些特点在能源规划中应予以考虑。

我国长期以来能源供应还不能完全满足消费的需求，能源短缺现象相当严重。能源供应量的 60% 以上用于工业，但工业仍处于能源供应不足、生产能力不能充分发挥的状态。至于农业生产、城乡人民生活用能也不充足。在能源供应短缺的同时，能源浪费现象也十分严

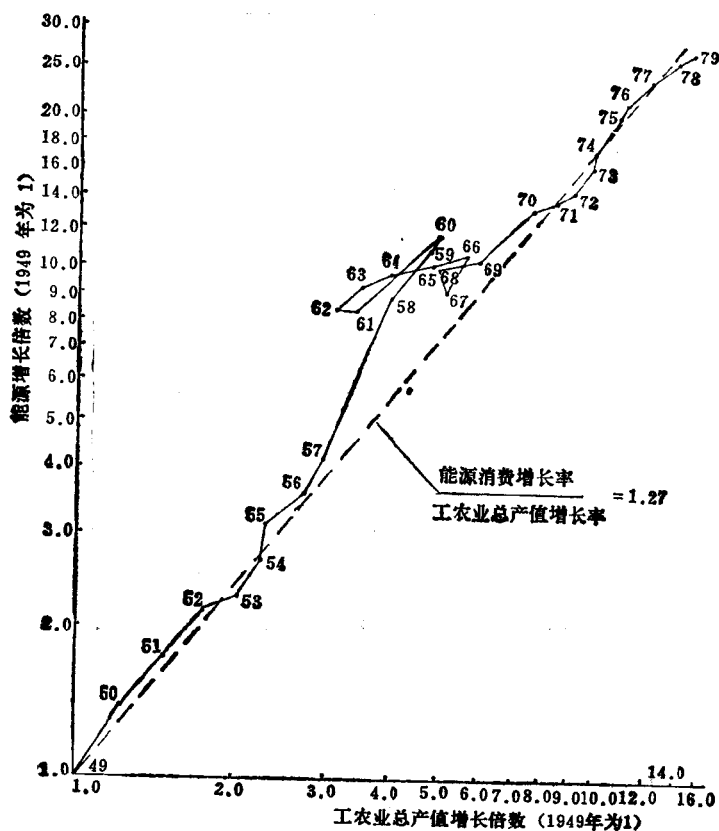


图 1.4 我国30年来能源增长与工农业总产值增长的关系〔4〕

表 1.7 我国能源产量及其构成〔4〕

年 份	能源产量 (万吨标准煤)				各 类 能 源 比 重				
	合 计	原 煤	原 油	天 然 气	水 电	原 煤	原 油	天 然 气	水 电
1952	4871	4710	63	1	97	96.7	1.3		2.0
1965	18824	16565	1619	151	489	88.0	8.6	0.8	2.6
1975	48754	34421	11018	1170	2145	70.6	22.6	2.4	4.4
1980	63721	44222	15166	1912	2421	69.4	23.8	3.0	3.8

表 1.8 我国一次能源消费量及其构成

年 份	国内消费量 (万吨标准煤)	各 种 能 源 消 费 比 例 (%)			
		煤	石 油	天 然 气	水 电
1965	18901	86.45	10.27	0.63	2.65
1975	45425	71.85	21.07	2.51	4.57
1980	60275	71.81	21.05	3.14	4.00

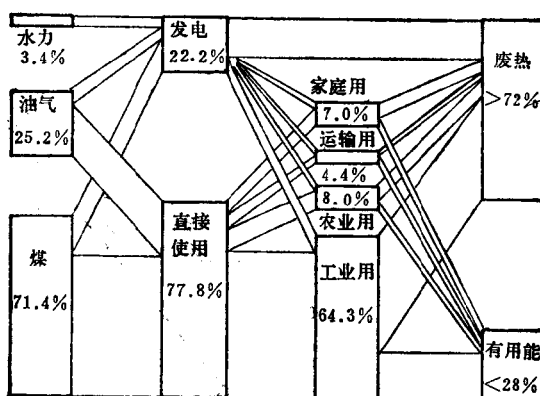


图 1.5 我国1978年能源消费情况

重。由于管理不善、经济结构（包括产品结构）不合理、技术和设备落后等原因，单位产品或单位产值的能耗都比发达国家高，如1978年全国能源利用效率估计小于25%。这几年开展节能工作收到的效果说明节能潜力是很大的。因此在解决能源供不应求的矛盾中，节能是一项十分重要的战略措施。

2. 需求预测

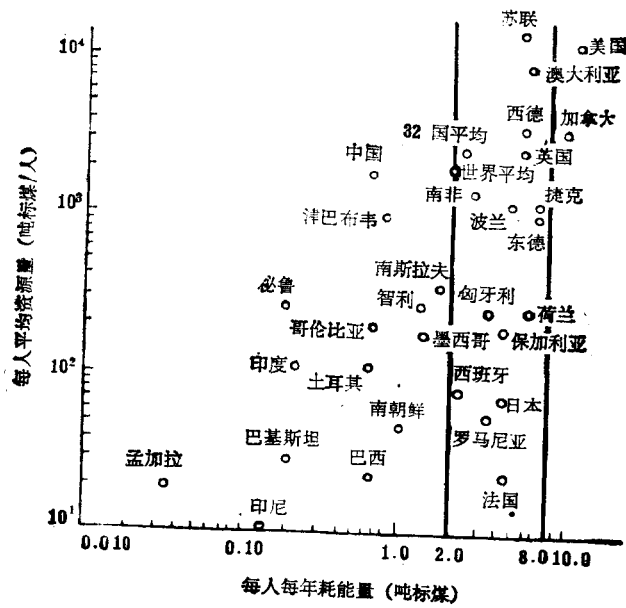
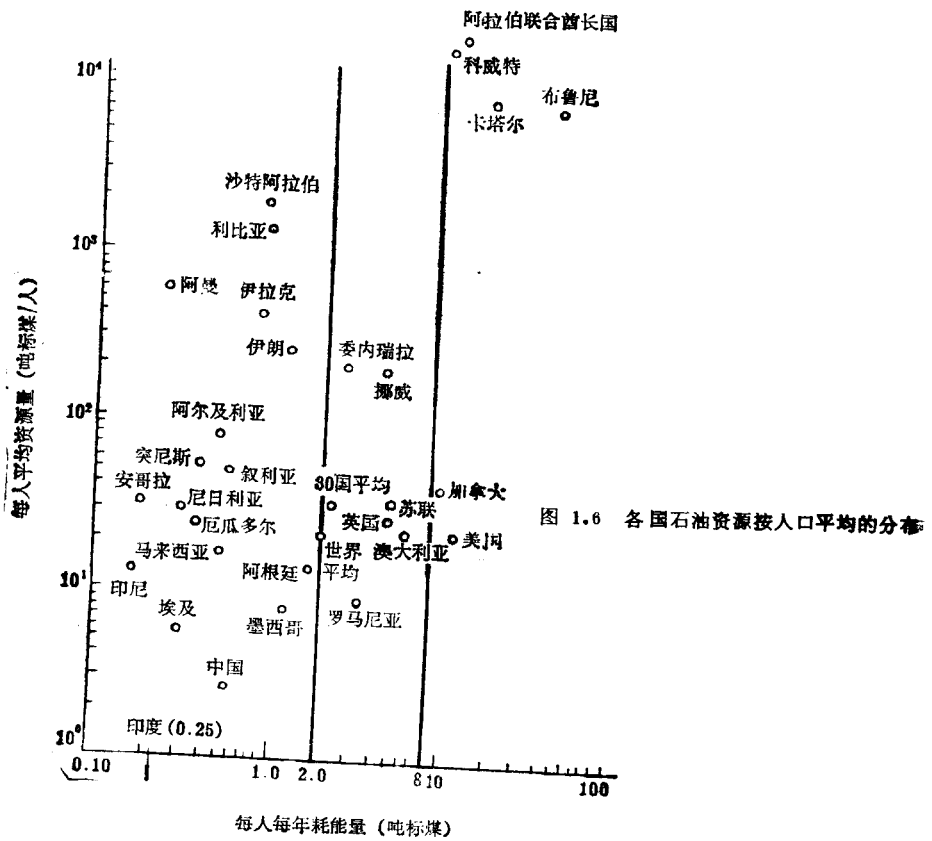
我国历史上能源消费增长速度比国民经济增长速度快，这是符合一般发展中国家的特点的。今后的情况会是怎样呢？为了实现到2000年工农业总产值翻两番的目标，届时能源需求量是多少呢？能源的发展能不能满足这一要求呢？根据近几年经济结构的调整和节能工作的开展来看，在一定时期内，能源消费的增长可以低于经济增长速度。许多需求预测工作已在近几年开展起来，预测中采用了不同的假设和方法，结果也不尽相同。大体上到2000年时，为满足工农业总产值翻两番的要求，能源需求量为1980年的2—3倍。

应该指出，我国是以计划经济为主，能源需求预测结果应当较为准确。然而，由于过去工作基础薄弱，缺乏必要的资料，目前仅能给出粗略的结果，所以尚需进一步研究。

3. 资源

我国能源资源是丰富的。煤的探明储量已达6000亿吨，水力资源达6.8亿千瓦，石油远景储量也很乐观，铀钍资源相当丰富。因此，在可以预见的将来，能源资源将不致成为限制能源供应的主要障碍。

然而，在能源资源方面存在的主要问题是：（1）按人口平均拥有的化石资源量，则并不丰富，故从长远战略眼光看应重视节约化石资源，而适当发展核能与其它新能源。图1.6、1.7分别将中国人均石油、煤炭资源量与其它国家进行比较。（2）作为主要能源的煤炭与水力资源分布极不均匀（如图1.8、1.9所示）。其中煤炭资源比较贫乏的东南一市八省，人口占全国的36.6%，产值占40%，而煤炭资源仅占2%。因此要求巨大的能源运输。



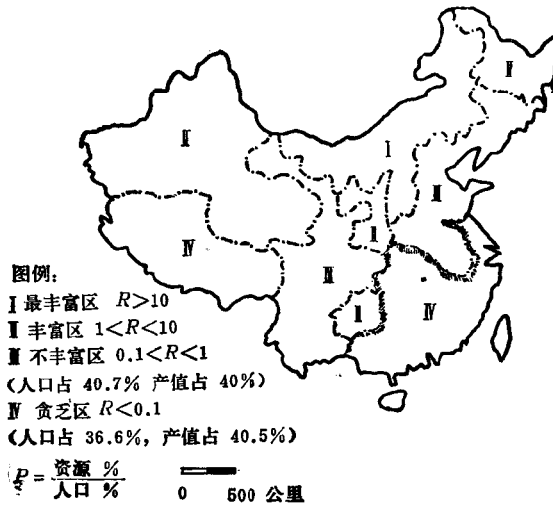


图 1.8 我国煤炭资源的不均匀分布

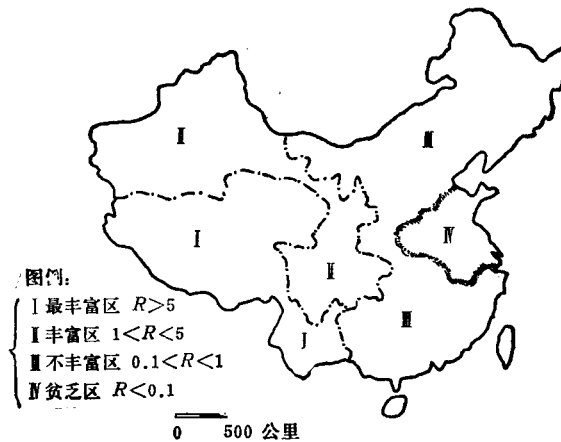


图 1.9 我国水力资源的不均匀分布

4 农村能源

中国人口的80%以上居住在农村，农村能源问题占有特殊的重要地位。

农村能源包括供应农村的商品能源和在农村开发并利用的生物质能两部分。目前农村能源的短缺和浪费都相当严重，农村能源的短缺也加剧了生态环境的恶化。所以，农村能源问题是我国进行能源规划时需要特别注意的一个方面，本书第八章将专门讨论这个问题。

5. 环境

我国能源以煤为主，这一特点引起了人们对环境问题的特别关注。目前，我国一些大城市（如北京、沈阳等）的大气污染情况已相当严重，二氧化硫、氧化氮、飘尘、降尘等项指标已接近甚至超过世界上一些人口稠密的工业城市（如伦敦、东京、洛杉矶等）。随着能源