

能源与人类

(二)

中卫 编著



目 录

能源对我国现代化发展的影响.....	1
能源是国民经济发展的重要物质基础	1
能源是我国实现四化建设的重要制约因素	4
我国能源形势分析	6
节约能源造福人类	19
节约能源的政策措施.....	19
推行节能有效措施	26
我国的节能成绩和潜力.....	28
节能技术开发	30
节约能源新技术	60
热电联供	61
余热利用	62
电力负荷控制	63
节约用电	65
世界能源新技术	70
洁净的发电设备	70
室温核聚变的热浪仍在世界激荡.....	84
先进核反应堆将为人类提供充足的能源	89
世界能源新技术展望.....	92
大有潜力的常规能源.....	93
最基本的常规能源——煤炭	93
当代工业的血液——石油和天然气	95
热能利用和火力发电.....	97
最干净的常规能源——水能	98
充满希望的新能源	100
世纪之交的能源新课题.....	100

21 世纪的主要能源——太阳能.....	102
魔鬼与天使——核能.....	116
前景诱人的海洋能.....	126
生物能源——沼气能.....	135
新时代“古老”能源——风能.....	140
亟待开发的新能源——地热能.....	143
21 世纪的理想能源——氢能.....	149
神奇的磁流体发电.....	153
人造能源.....	156
燃料电池.....	158
能源的挑战.....	161

能源对我国现代化发展的影响

能源是国民经济发展的物质基础

能源是国民经济发展的物质基础，并与现代化休戚相关。首先是因为能源是现代生产的主要动力来源。现代化生产是建立在机械化、电气化、自动化基础上的高效生产，所有这些过程都要消耗大量能源，而且现代化程度越高，对能源质量和数量的要求也就越高。现代农业的机械化、水利化、化学化和电气化，也要消耗大量能源。从某种意义上说，人们的一切生活和生产活动都是用能源换取来的。

社会经济发展的历史证明，能源消费的增长与国民经济发展，有一定比例关系。而且可以用能源消费弹性系数来定量表示：

$$\text{能源消费弹性系数} = \frac{\text{年平均能源消费增长率}}{\text{年平均国民经济发展增长率}}$$

上述公式中的能源消费指的是能源的总消费量，它包括商品能源和非商品能源。工业发达国家中非商品能源所占比重甚小，而发展中国家的非商品能源所占比重很大。例如，我国 1979 年非商品能源消费量在全国能源总消费量中占 32%。然而，我们通常所分析的能源消费弹性系数，主要是指国民经济发展与商品能源之间的关系。

公式中的国民经济发展指标，在资本主义国家里，一般指国民生产总值。东欧一些国家，一直是指国民经济总产值，两者有一定差别。在我国历年的统计中，缺国民经济总产值的指标，一直以工农业总产值来表示国民经济的发展。

我国 1954 ~ 1980 年的历年能源消费弹性系数列于表 4 - 1。从表可以看出，我国 1977 年以前的 23 年中，有 16 个年头的能源消费弹性系数大于 1.0，6 个年头小于 1.0；1968 年接近 0。

1963 ~ 1966 年是大跃进以后的经济调整年份，大批能耗大的小土群下马，能源生产和消费都大幅度下降，工农业总

表 4 - 1 1954 ~ 1980 年我国能源消费弹性系数

年份	能源消费弹性系数	年份	能源消费弹性系数
1954	1.59	1968	-0.09
1955	1.79	1969	0.98
1956	1.60	1970	1.12
1957	1.12	1971	1.52
1958	2.57	1972	1.78
1959	1.85	1973	0.46
1960	4.82	1974	1.19
1961	1.05	1975	1.19
1962	1.87	1976	3.14
1963	-0.62	1977	0.88
1964	0.39	1978	0.74
1965	0.66	1979	0.35
1966	0.42	1980	0.40
1967	1.00		

产值也大幅度减少，造成能源消费弹性系数远小于 1.0。

1977 年以后的四年里，由于提高了对能源问题的认识，并调整了工业结构，使能源消费弹性系数小于 1.0。

我国从 1980 ~ 2000 年, 预计工农业生产总值要翻两番, 但是由于受资金、技术等因素的限制, 能源只可能翻一番。这样, 20 年间能源消费年平均弹性系数只能为 0.5。要实现这一国民经济发展目标, 节能便成了举世瞩目的大事。

国外的能源消费弹性系数, 在 1973 年能源危机发生以前, 除市场萧条、经济发展停滞的年份外, 大多数工业发达国家的能源消费弹性系数一般也都在 1.0 以上。例如, 1962 ~ 1972 年间, 美国平均能源消费弹性系数为 1.10, 日本 1.14, 意大利 1.76, 加拿大 1.20, 前联邦德国和法国均为 1.02, 经济合作与发展组织各国平均为 1.13。只有英国经济发展速度较低, 同期能源消费年平均弹性系数为 0.79。

能源危机以后, 工业发达国家的能源消费弹性系数都大幅度下降。1972 ~ 1977 年间, 美国平均为 0.12, 前联邦德国 0.05, 法国 0.23, 加拿大 0.38, 日本 0.41, 意大利 0.50。英国还出现了负值 (-0.75), 即在能源消费下降 0.9% 的情况下, 经济发展速度平均增长 1.2%。但能源危机后, 能源消费弹性系数并不是每年都小于 1.0 的。例如, 1976 年石油供应情况好转, 石油价格趋于稳定的情况下, 美国、前联邦德国、法国等的能源弹性系数都大于 1.0。

如果从发展中的变化来观察能源消费与经济生长的关系, 最好是用能源消费 (或生产) 对于国民收入的弹性系数来表示, 即年平均能源消费增长率比上年平均国民收入增长率。分析历史资料以后可以看出, 在工业化期间, 年平均能源消费增长速度往往超过年平均国民收入增长速度, 即能源消费弹性系数大于 1.0。在经济发

展进入成熟期以后，生产向高精尖产品发展，能源消费增加不大，但产值增加很大，因而能源的弹性系数逐渐减少。不过，在一些发达国家里，由于生活用能迅速增加(例如私人小汽车猛增、空调和各种家用电器的普及)，即使进入了经济成熟期，能源消费弹性系数也可能大于1.0。

综上所述，无论从国内外经济发展与能源增长关系规律看，还是从我国能源发展潜力分析，以能源翻一番保工农业总产值翻两番的难度是很大的。能源在我国今后经济发展进程中，将是一个很重要的制约因素。

能源是我国实现四化建设的重要制约因素

要实现 2000 年我国工农业年总产值达到 29535 亿元，为 1980 年 7207 亿元的 4.1 倍，实现“翻两番”的目标。届时，国民收入达 14499 亿元，为 1980 年 3688 亿元的 3.9 倍，人均国民收入 1161.8 元(200 美元)。人民生活达到小康水平，必须要有强大的能源供应作后盾，生产和基本建设规模的扩大，有赖于提高燃料和电力的供应能力。随着人民生活条件的逐步改善，各种物质消费必然增加，家庭也要添置各式各样的现代耗能设备，兴建新的社会公益福利设施，这都需要消耗更多的能源。一般地说，社会越富足，人们享受的生活物质水平越高，能源的消费量就越大。能源是建设现代化国家的重要条件。

近二三十年来，世界经济发展迅速，现代化的进程也日新月异，相应的能源增长也十分迅速。全世界能源消费量，1960~1975 年的 15 年间总和，相当于 1900~

1960年的60年间总和。1950年全世界仅消费了27亿吨标准煤，现在已高达100多亿吨。1978年世界能源消费量为1950年的3.5倍，同期，美国是2.4倍，前苏联是5.3倍，前联邦德国是2.8倍，英国是1.4倍，法国是3.4倍。经济发展最快的日本则是11.3倍。

国外经验已经证明，现代化社会是需要消耗大量能源的社会，没有相当数量的能源，现代化社会就无法维持。对于比较落后的国家来说，能源消费没有达到一定的水平，也就谈不上实现现代化。

发达国家的能源消费水平特别高。例如，美国、前苏联、日本、前联邦德国、英国、法国、意大利等七国的人口只占全世界人口的五分之一，而能源消费量却占全世界的2/3，虽然有些浪费，但很大部分还是生产和生活水平所决定的。我国人口占世界人口的22%。但能源消费却只占6%，我国人均能源消费不及世界平均水平的1/3。由此可见，我国要实现四个现代化，能源消费水平要有大幅度增长。

中央已经提出，能源和交通的紧张是制约我国经济发展的一个重要因素。将能源工业的发展置于国民经济的重要位置，并从财力、物力和人力等方面给予优先保证，已刻不容缓。在本世纪内，我国经济的增长，仍将在一定程度上有赖于能源密集工业的发展。特别是要改变我国交通运输落后的面貌，运输部门的能源需求必将急剧增长。要靠占世界7%的耕地解决占世界22%人口的吃饭问题，也要投入大量商品能源来实现农业现代化。

各种迹象表明，能源供应不足是我国实现四化的重要制约因素。因此，厉行节约和加速开发便成了能源事业中不可偏废的两个方面。鉴于资源、资金和技术上的

限制,能源开发规模到本世纪末只能翻一番,因此解决能源问题一半要靠节能。

节能通常可以分为两类。一类是无需投入人、财、物,只靠改善管理而实现节能,通常称之为“扫浮财”。另一类是要投入一定的人力、物力和财力,采取技术组织措施才能达到的。“扫浮财”节能是通过加强管理,减少跑、冒、滴、漏,杜绝浪费,这种节能的潜力是有限的。后一类节能实质上是一个替代的过程,也就是说要实现这类节能必须付出一定的代价。例如,蒸汽管道的保温节能,是用保温材料去替代能源;安装监测仪表以节能,实质是以仪表代替能源,等等。无论在生产还是在生活中,都存在着能源与资金、材料等互为替代的过程。

社会的经济目标是尽量增大国民收入,尽量减少能源、材料、资金、人力等的投入。从节能角度看,能源消费的弹性系数越小越好,但是实际上当能源消费弹性系数降到一定数值时,其他替代产品的消耗会超过节约能源的价值,这时国民收入反而会减少,这种节能从宏观看是不利的。这里就存在一个最佳的能源弹性系数。高于此值能源有浪费,低于此值国民收入反而下降。在今后 15 年内,我国四化建设中能源消费弹性系数肯定将小于 1.0,但最佳值到底是多少,这就要认真进行科学分析。

我国能源形势分析

1. 我国曾出现过两次“能源危机”

我国能源供应出现过两次极度紧张。第一次是 70

年代末 80 年代初,当时,我国正处在粉碎“四人帮”之后的经济复苏时期,能源需求增长迅速而生产不济。1980 年初在杭州召开的全国第一次能源工作座谈会上,与会专家指出我国存在着“能源危机”,并提出了对策和建议。

1970~1984 年,全国持续 14 年严重缺能。据初步估计,目前全国大约缺少煤炭 2000 万吨,石油 1000 万吨,电力 500 亿千瓦时。工业生产能力约有 25% 主要因缺能而不能发挥作用,影响工业产值近 1000 亿元。有的新厂、新车间、新设备建成后,因缺电投不了产,许多地区经常拉闸停电,给人民生活造成不便。农村缺电尤为突出,目前尚有一半生产队约 3 亿农民没有用上电。有电的队,农用电动机也缺电 40%。农村生活用能按最低限度需要估计,短缺 22%。这就造成薪柴过量砍伐,秸秆不能还田,致使生态严重破坏。

第二次能源供应极度紧张出现在 1988 年,来势凶猛,波及面广。煤炭供应全面紧张,缺电、缺油进一步加剧。因缺能源和原材料,全国有 25% 的工业生产能力和开工不足,农业用电短缺三分之一,年损失产值 4000 亿元,损失利税 500 亿元。

总之,我国能源短缺量之大,范围之广,时间之长,影响之深,是罕见的。

长期以来,为了满足工农业生产的需要,尤其是工业发展的需要,对城市、农村人民生活用能源,缺乏妥善安排,甚至将劣质煤供应城市民用,造成很多城市污染严重。目前,这一情况已有改变,但供应城市民用优质能源的政策,仍未明确。全国农村的商品能源供应量极少,人均年消费煤量仅有 50 公斤。不少城市的生活用

煤定量供应,需要自己解决短缺部分,更谈不上用方便、清洁的煤气或石油液化气等高质量能源。电力供应也时常中断,对学生的学习和文化生活都有影响。我国冬季的房屋采暖,一直是低标准的,在采暖季节取暖煤按平方米数定量配给,达不到采暖标准。

能源严重短缺,使工农业正常发展需要也不能满足。由于石油和天然气供应不能满足需要,有相当一部分石油化工企业不能发挥生产能力。电力工业主要受投资限制,水电建设发展不快,目前水力资源利用率仅3%。火电装机容量不足,供电紧张,有些火电站没有相应的煤炭予以保证。由于供电不足,在不少地区,工业企业生产能力不能充分发挥。

我国华东、广东和辽宁等东南沿海地区缺能最为严重。华东地区三省一市是我国重要工业基地,工业产值占全国1/4以上,又是我国重要的农业生产基地。但华东地区能源奇缺,煤炭储量只占全国总储量的6.7%,水力资源只占2.6%。

目前,华东地区70%左右的发电用煤和100%的石油要从地区外调入。全地区缺电三分之一左右,使国民经济造成严重损失。据统计,上海缺1千瓦时电能,工业产值就会损失5元以上。

广东省煤炭资源甚少,开采条件差,全省用煤半数要靠外省供给,广东水力资源已开发得差不多了。广东省因缺电,许多工厂只能开三天停四天,生产极不正常。为解决电力供应的燃眉之急,每天只好从香港买进100多万千瓦时电能,电价相当于省内发电成本的五倍。

辽宁是我国重工业基地,工业产值占全国工业总产值的9%。近十几年来,辽宁所需燃料主要靠增加烧油和

从省外调入煤炭来维持,但全省工业部门仍缺电 60~70 亿千瓦时,许多企业在冬季不能正常生产。

目前,我国农村每年消耗的生产和生活用能折合成标准煤约为 3.3 亿吨(包括非商品能源)。全国大约有近半数农户每年缺烧 3~6 个月,每户维持基本生活(包括煮饲料)每天约需 18810 千焦有效热值的生活燃料,而实际消费每户只有约 14630 千焦,短缺 22%。

煤炭在农村生产中主要用于农民集体或个人烧制砖瓦、石灰等建筑材料(不包括县办工业)、烘干经济作物或粮食以及加热小煨炉等。随着农民生活提高,盖新房的数量猛增,据统计每平方米农村民房所需砖、瓦、灰等耗费燃料约 31.5 公斤标准煤。国家供应的煤炭有半数以上被用在这方面,其他用能就无法得到保证。

农村的油料供应量严重不足,农业机械年增长率在 15%以上,农机供油越来越紧张,一些农村在农忙季节,被迫用菜籽油代替柴油作为农机燃料。农村用电更为短缺。农民生活用电仅限于照明和极少量电机、收音机等。

煤、油、电的严重短缺,限制了农业生产的发展和农民生活的进一步提高。

我国能源危机的性质是结构性的、供需失衡的加剧,主要归因于需求失控,而需求失控主要来自加工工业的过度膨胀,特别是消费品工业的超高速发展。1988 年消费品工业增长了 23%,而一次性能源仅增长 4.4%。作为主体能源的煤炭增长速度下降,而电力新增装机超过了煤炭的可供量。一面是生产和生活耗能需求猛增,一面是一次能源生产增长放慢,构成了恶性循环。煤炭行业因投资不足,生产经营困难,国营煤矿后继生产能力已严重不足,乡镇煤矿产量增长速度已经减慢,“九五”

期间势必会出现更严重的结构性“能源危机”。

我国能源资源分布偏西，经济发展重心偏东，已经给能源运输带来严重困难。随着能源开发重点西移，我国社会经济发展将面临严重问题。我国以煤为主的能源结构很难改变，交通运输将越来越紧张。目前，煤炭运量占铁路总运量的40%，而且最长运距达3000公里。预计2000年需从山西能源基地运出4.7亿吨煤炭，其中4.4亿吨靠铁路运输，难以实现。以煤炭为主的能源结构不仅造成运输紧张，还会导致利用效率低下和严重污染环境，特别是国际呼吁减少二氧化碳引起的温室效应，都需认真对待。

如果产业结构和产品结构不加调整，我国能源短缺的局面将持续到下世纪中叶。

2. 能源短缺带来的影响

能源供应短缺，给国民经济发展带来了一系列严重后果。

自然生态环境遭到破坏

由于能源奇缺，导致许多地区的林木砍伐过量，地表植被遭破坏，水土流失加剧，生态环境恶化。全国水土流失面积从解放初的115万平方公里，扩展到目前的150万平方公里，占土地总面积的16%。每年流失的土壤估计有50亿吨，占世界水土流失总量的五分之一。每年流失的土壤中的养分，折合成商品化肥达4000万吨，相当于4000万亩良田的5厘米表层沃土流失掉。有机质得不到补充，土壤肥力减退。每年烧掉的3亿吨秸秆，以平均含氮0.6%，含磷0.15%，含钾1%计，损失有机质2.3亿吨、氮180万吨、磷45万吨、钾300万吨。致使我国土壤缺磷少钾，氮、磷、钾比例失调。结果是土壤因有

机质减少而板结,理化性状变化,导致贫瘠化和沙漠化。

黄河流域是水土流失最严重的地区,从龙门到河曲,每年有 16 亿吨以上的泥沙流入黄河。沙漠面积由原来的 16 亿亩增加到 19 亿亩。森林覆盖面积逐年缩小,自然生态环境遭受严重破坏。

农、林、牧业发展受到影响

农村生活能源供应短缺,绝大多数农户只好主要靠烧秸秆和柴草烧饭和饲料。但是秸秆直接烧掉,首先燃烧效率极低,只能利用生物质中所含能量的极小部分,灰烬中留下了一些钾肥,而大量有机质和氮、磷等植物营养素成分均被烧掉。因为生物质能使用不当,造成了恶性循环。农村燃料、饲料、肥料、轻工业原料缺乏,秸秆不能还田,使土壤肥力急剧下降,土壤变得贫瘠。例如,东北地区开荒时土壤的有机质含量高达 5%以上,但目前已降到 1%~2%,内地土壤的有机质含量还不到 1%,从而使农作物产量下降。畜牧业也因饲料不足而不能兴旺发达。不少地区年年造林而不见林。砍柴要走几十里路。农业不能为轻工业提供充足的原料。农、林、牧业均受影响。

影响工业生产能力的发挥

长期以来,由于能源供应不足,我国有相当一部分工业企业生产能力得不到充分发挥。特别是过去因对石油产量估计过分乐观,新建的炼油厂原油供应不足,炼油能力不能充分发挥。新建的石油化工厂,由于作为原料的石油和天然气供不应求,而造成设备闲置。有的地区,为了抗旱保收,工业为农业让路,停掉一部分工业企业。也有些地区,因供电不足,只好轮流地让一些企业停产。严重缺电的地区,甚至“停三开四”,以解决

电力供求矛盾。结果使许多企业开工不足,造成了人力、物力、财力上的巨大浪费。

影响国家的财政收入

能源费用在不少工业生产成本中,所占比重相当低。据国外统计,全部工业平均燃料动力费用只占5%~6%,轻工业最低,只为0.9%;机械制造业3%~4%;化学工业(不包括原料)7%~10%;钢铁工业13%~14%。这说明由于能源严重短缺,所造成的国民经济损失,大约为能源本身价值的8~100倍。

我国工业品价格相对较高,能源价格相对较低,这个倍数很大。因能源不足而造成的国民经济损失则更大,这就严重影响国家的财政收入,进一步影响扩大再生产的资金积累,国民经济发展速度势必减慢。

3. 能源工业取得一定成就

我国的能源工业被列为国家经济发展的战略重点,受到中央的高度重视,能源工业得到了迅速发展。1992年,我国一次能源生产达到10.750亿吨标煤。其中煤炭7.987亿吨标煤,占总量的74.3%;石油2.042亿吨标煤,占19%;天然气0.215亿吨标煤,占2%;水电0.505亿吨标煤,占4.7%;核电发电量达5亿多千瓦时,接近0.05%,煤炭11.1亿吨,新井投产2391万吨。原油产量1.42亿吨,天然气157亿立方米。全国发电量达到7420亿千瓦时,比上年增加10%以上。核电实现零的突破,核电年发电量达5亿多千瓦时。我国已成为世界上第一大能源生产国和消费国。一次能源共增加1.85亿吨标煤,平均年增长率4%,相当于每年增加5000万吨原煤。这个速度,在世界各国是少见的。

能源的质量、经济效益虽然未达到应有的水平,但

有所提高。如煤炭工业的全员工效,1985~1990年年均提高5.4%。煤矿事故死亡率在不断降低,1985年为百万吨煤3.84人,1990年降至1.5人。

能源工业的改革取得一定成效

在电力工业方面,“七五”期间实行了中央、地方、部门、企业多层次、多渠道、多模式集资办电。实行谁投资、谁用电、谁得利的政策。国务院批准了电力管理体制改革的方案,实行政企分开、省为实体、联合电网、统一调度、集资办电的方针和因地因网制宜的原则。1988年国务院批准对电力行业实行征收电力建设基金的制度,即每千瓦时加价2分钱,专款用于电力建设。这些改革措施,调动了地方办电的积极性和责任心,开拓了资金渠道,加快了电力建设步伐。

在煤炭工业方面,能源部先后提出了解决煤炭工业问题的一些具体办法。例如,山西地方煤矿调出省的煤每吨加价10元,每吨煤提取1元作为综采综掘更新改造费,1元作为发展基金,1元作为维简费。

在石油工业方面,实行原油产量1亿吨包干,也取得可喜成绩。当然,这些改革仍需不断深化完善,理顺关系。

4. 能源工业发展中的主要问题

能源与国民经济的关系不够协调

能源短缺是困扰国民经济发展的主要问题之一。

“七五”期间,国民生产总值增长速度为7.7%,工农业总产值平均增长速度为11.3%,而能源增长速度只为4.0%,与工农业总产值相比的能源弹性系数为0.5,每年缺一次能源约3%;缺装机容量1900万千瓦,缺石油约1000万吨。用电设备容量1990年为3.4741亿千瓦,

发电设备容量为 1.3789 亿千瓦,因此,发电、用电设备比例为 1 : 2.52,比合理的比例 1 : 2 高出 24%。

能源工业的投入和产出不成比例

能源工业固定资产约占全国工业固定资产的 1/4,但能源工业产值占工业总产值的 1/10,投入所占比例和产出所占比例极不相称。其主要原因是整个能源工业产品价格过低。1988 年能源产出下降到 51.34 元/百元,是全国工业产出 140.08 元/百元的 36.65%。这使能源工业缺乏自我积累和发展能力,主要靠外部投入维持。如不采取调价措施,能源工业将面临更大困境。

能耗高的状况未根本改变

我国国民生产总值单位能耗比国外高,据 1988 年测算,是法国的 4.97 倍,美国的 2.3 倍,前苏联的 1.7 倍,印度的 1.65 倍。我国产品单耗比国外平均高 40%,能源利用效率约 30%左右,而美国、日本在 50%以上,德国在 40%以上。按目前国际先进水平,我国每年多消耗 3 亿吨标煤。我国从 80 年代开始重视节能,并取得了一定成绩,但总体上来说,效果并不十分明显。

从能源工业来看,煤、电、油、核工业本身耗能占一次能源产量的 23%左右,其中年耗原煤占其产量的 1/3,耗电占发电量的 1/5。

“七五”计划前四年供电煤耗一直徘徊在 430 克/千瓦时左右,与国外差距为 100 克左右。全国电网线损率从 1985 年以来,一直徘徊在 8.2%左右。

能源消费与生产的地区布局不协调状况未改善

经济发达地区与其所拥有的能源资源量极不相称,致使能源消费与能源生产的地区布局不协调。1985 年的能源消费,东、中、西部各占全国的 43.0% ,35.6% ,18.0% ,