

# 能源发展趋势及主要节能措施

江泽民\*

**摘要** 作者回顾了世界能源发展的历史,展望了能源发展的趋势。在详细论述了我国能源现状的基础上,阐明了节能的重要意义,同时分析了节能的潜力,提出了节能的主要措施。

**关键词** 能源,能源消耗,节能措施。

## 0 引言

能源是国民经济的重要物质基础,也是人类赖以生存的基本条件。能源问题始终是全球性的重大问题。特别自党的十一届三中全会以来,能源问题受到了党和政府的高度重视,将能源的发展确定为经济社会发展的战略重点,并制订了正确的方针政策,使能源工作得到了较大的发展。但是,由于国民经济的高速发展和人民生活的日益提高,对能源的需求越来越大,能源的供需矛盾日渐突出,成了制约国民经济发展的主要因素。我国的现代化建设正面临能源的重大挑战,能源问题已成为当今全国普遍关注的问题。

## 1 能源的概况及其发展趋势

### 1.1 世界能源发展的历史

世界能源的利用经历过三次重大的转折。第一次是在18世纪瓦特发明蒸汽机,以蒸汽为动力来代替人力、畜力,开始了资本主义的工业革命,在一次能源的消费结构上开始转向以煤炭代替木柴的时代;第二次是在19世纪70年代开始,电力逐步代替蒸汽作为主要动力,实现了资本主义的工业化;第三次是20世纪50年代开始,随着廉价石油、天然气的大规模开发,世界能源的消费结构从以煤炭为主转向以油、气为主,促成了60年代西方经济的“黄金时代”。以1973年与1950年相比,世界能耗量增加了两倍,煤炭在消费结构中的比重从原来的61%降至32%,而油、气的比重则从36.6%上升至66%。整个60年代主要工业国家国民生产总值平均年增长4%~5%,而日本竟达到9%~11%。40年代开始原子能的开发,1954年苏联第一座原子反应堆电站投入运行,标志着核能正式进入世界能源行列,它引起世界能源结构新的变化。从上可见,每一次人类对能源利用的重大进展和对其应用范围的扩大,都伴随着科技的进步,都对社会生产力起到极大的推动作用,甚至引起社会生产方式的革命。

本文1989年4月10日收到。

\*上海市市委书记,上海交通大学兼职教授。

但是,人类在利用能源的历史上也曾出现过三次能源危机。第一次是在16~17世纪,由于西方资本主义工业生产的迅速发展,燃料消费增大。英国、荷兰等国薪柴严重短缺,森林资源濒于枯竭,后由于煤炭资源的开发而得到解决。第二次是在第一次世界大战以后,由于战争的破坏,煤炭产量急剧下降,而战后各国又都要发展国民经济,造成能源供需矛盾很大。第三次是70年代初,主要是1973年,由于中东战争的影响,造成了能源的短缺。它的政治背景是西方工业发达国家对第三世界石油资源的掠夺,而产油国掀起反掠夺的斗争,对西方世界特别是欧、美、日影响很大,造成这些国家的经济萎缩。所以,能源问题不仅是制约经济发展的重要因素,而且也成为当今世界影响政治形势的一个重要问题。

## 1.2 世界能源的概况及其发展趋势

目前,随着石化燃料资源,特别是石油、天然气等优质能源的逐渐枯竭,新能源的开发和利用还没有重大突破,人们称之为“青黄不接”的能源低谷时期,而世界对能源的需求越来越大。因此能源的紧张状况是世界性的,也不是短时期内可以克服的。

据估计,世界各种石化燃料的最终可采量为 $3\,373\text{TW}\cdot\text{a}$ ( $1\text{TW}\cdot\text{a}$ —太瓦年,相当于 $10\text{亿t}$ 原煤,见附表),而世界能耗正以年5%的速度增长,预计只够人类使用一、二百年(见附图)。为了解决能源问题,目前世界上正在研究开发的有:

(1) 研究以煤代油。据国际分析,由于石油资源的枯竭,90年代以后石油的产量将逐渐下降。至2030年世界煤的产量将增加一倍,能源结构亦将产生变化:煤升至29%~34%,石油降至22%~19%,天然气15%~17%,核能23%,水力和地热等4%~7%,太阳能和其他可再生能源4%左右。但是,为了保护环境,提高对煤的利用效率,今后将把56%的煤转化为液体燃料,它将占今后液体燃料的40%左右。

煤在高压、高温情况下如加氢液化,可得到40%的液化油,15%的高热值煤气,还可得低灰、低硫、强粘结的固体燃料。它可用作炼焦配煤和生产型焦的粘结剂,为煤的综合利用开辟广阔的前途。目前南非萨索尔煤间接气化厂已商品化生产多年,估计本世纪末可实现 $30\,000\text{t/d}$ 产量。

另外,煤还可以制成油煤浆(即Com)、水煤浆的形式代替石油,这项技术发展很快,美国通用汽车公司正在用 $3\mu$ 粒度的煤粉作汽车燃料的研究和试验。

(2) 大力发展核能。 $1\text{g}$ 核燃料比 $1\text{g}$ 炭的能量大300万倍。 $1\text{kgU}^{235}$ 相当于2800t标煤或2000t石油,它的储存和运输都因为量小而显得方便。再加核电成本低(在国外煤电与核电的成本比为1.25~1.70),建设投资也基本上与火电相当(包括目前国外火电站烟气脱硫装置投资),所以核电的发展很快。据1985年统计,世界上有376座核电站在运行,如加上在建的500多座,总输出功率为27697.3万kW,已成了一些国家电力供应的主力。如法国占总发电能力的64.8%,比利时占57.8%,瑞典占42.3%。法国政府还宣布,今后一律发展核电站,不建火电站。估计到2000年核电的比例将占世界总电量的30%,核电的容量将达到7亿kW。到2030年核电将占世界能源总量的23%,核电的装机容量有可能达到20亿kW。

在发展核电上人们最关心的是安全问题,但据WASH-1400的分析数据表明,核事故带来的风险远比非核事故少。就从放射性物质对附近居民的影响程度看,一座100万kW的核电站气体和微量放射性元素的辐射剂量为 $1.3\text{mrem/a}$ ,仅为同容量火电厂(烧煤电

厂)排烟中镭、钍元素放射剂量  $4.75\text{mrem/a}$  的三分之一。

但是利用核裂变的能量来发电的前景不长,因为天然铀中  $\text{U}^{235}$  只占 7%,其余是  $\text{U}^{238}$ ,所以其经济可采贮量远不如煤炭,今后核能利用前途主要是靠以下两种:

① 使用增殖堆。使  $\text{U}^{238}$  变为  $\text{Pu}^{239}$ ,和使  $\text{Th}^{232}$  变为  $\text{U}^{233}$ ,再由  $\text{U}^{233}$  和  $\text{Pu}^{239}$  裂变反应放出热量。目前在核电中正在发展快速中子增殖堆,它可提高铀资源利用率到 50%~60%。经 30 多年研究,技术上已基本成熟,污染小,经济上有竞争能力。根据 1982 年统计,世界上建 6 座快堆电厂,功率为 503.9 万 kW;运行 4 座,功率 147 万 kW。另据最新统计,现世界上已建成 19 座快堆电厂,运行 12 座,法国凤凰堆已运行 10 年以上。

② 核利用之前途在于核聚变。核聚变就是靠核子产生巨大的速度,其方法是需加热到 1.5 亿度,这是个难题。如果能掌握可控核聚变反应,然后以海水中的重氢为燃料,这将是用之不尽的未来能源。在海水中用于核聚变的重氢(氘)有 45 万亿 t,而一座 100 万 kW 的核聚变堆电站,每年只需耗用氘 304kg,海水中的氘可供人类用上亿年。最近报道英、美科学家将含氘的重水在试管中进行核聚变试验,有望制成核电池,这将成为人类利用核聚变能的开始。但是要掌握大型可控核聚变,近期难以突破。所以说,地球上最终解决能源问题可能是要靠核聚变和太阳能。

我国的核能利用正在起步,目前在建的有广东的大亚湾核电站 2 台 90 万 kW 机组和浙江的秦山核电站 30 万 kW 机组。预计到 2000 年,我国的核电可能有较大发展。华东是有名的缺能户,最适宜于发展核电,以减少运输的压力。

(3) 太阳能的利用。太阳能是最清洁的能源。太阳以其 20 亿分之一的能量通过电磁波传达到地球,即约  $173 \times 10^{12}\text{kW}$ ,其中约 30% 直接反射回宇宙,其余通过大气层射向地面,47% 的能量被大气层和地球表面吸收,使温度升高,然后再以长波形式返回宇宙,其余成风、浪、浪波和水文循环的动力,最终也辐射回宇宙空间,只有 0.023% (即  $40 \times 10^9\text{kW}$ ) 由光合作用进入生物系统,其中的 0.63% 被人类食用。

人类利用太阳能量最大的困难是它的能源密度太低,只有  $200\text{W/m}^2$ ,而且受气候的影响。太阳能的利用形式主要有:光→热利用;光→电利用;光→化学利用。

目前太阳能用来发电的有 9 座太阳能电站,总容量 15 800kW。目前最大的是美国加州巴斯托太阳能电站,容量 10 000kW,苏联正在建 100 000kW 的太阳能电站。据报道,美国准备在 2000 年发射光电池为  $48 \times 96\text{km}^2$  的太阳能卫星,发电功率为 5 亿 W (即 50 万 kW),到 2025 年发射这样的卫星 100 个。当前正处于技术突破的边缘,可能成为主要利用太阳能的途径之一。1984 年美国建成 4 000kW 用光电池发电的光电站,还解决了其并网问题。日本正用巨额投资研制太阳能电池,计划到 1995 年生产 30 万 kW,产值达 30 亿美元。

我国太阳能最充足的是西藏,其次是甘肃、北京。到 1985 年底止,我国已建成太阳能热水器 50 万  $\text{m}^2$ ,太阳房 231 栋,合 82 381  $\text{m}^2$ ,推广太阳灶 10 万台。预计到 2000 年,太阳能热水器将达到 8 800 万  $\text{m}^2$ 。北京、兰州两地分别与西德、日本合作建成一座 10kW 的光电站,湘潭电机厂与美国合作在 1984 年建成太阳能试验电站,实发功率 2kW。

(4) 生物能的利用。据估计,全世界植物每年贮存的能量如折合成电力平均每人 50 万  $\text{kW}\cdot\text{h/a}$ ,比目前每人平均能耗多 40 倍,可见它是个很大的潜力。

世界各国当前主要是用植物制取酒精来代替石油。1986 年巴西估计生产了 100 多亿 L 燃料酒精,相当于全国石油用量的 1/3 左右。

我国当前利用生物能的方式主要是采用厌氧法制取沼气。目前全国有 500 万农户使用沼气, 约 2 500 万农村人口用上优质的沼气燃料。

(5) 开发氢能。它是最清洁的能源之一, 世界工业先进国家正在开发氢能代替石油和供作其他燃料。目前制氢主要方法是裂化天然气和渣油, 90 年代可以发展到煤气化和新的电解法制氢, 今后的发展方向是采用高温反应堆使褐煤或硬煤气化及核能电解法制氢。80 年代氢在二次能源中所占的比重为 0.4%~0.5%, 至 2005 年预计可达 4%~6%。

(6) 地热能, 风能, 以及潮汐能, 波能, 温差、盐差能等海洋能的开发利用。到 1984 年止, 世界地热发电机组总容量已达 340 万 kW, 最大的是美国盖赛尔斯地热电站, 总装机为 130 万 kW。我国有西藏羊八井地热电站, 装机 1 万 kW。

潮汐能电站最大的是法国 1968 年建成的朗敏潮汐电站, 安装了 24 台 10 000kW 双面可逆型灯泡式机组。我国浙江有 600kW 的潮汐试验电站。

总的来看, 世界能源发展趋势是:

① 能源产量近期不会有大的突破。预计石油产量 90 年代将达到最高峰, 然后随着世界石油产量的下降, 能源短缺的危机将可能出现。

② 能源消费将继续增长。1985 年全世界能耗为 106 亿 t 标煤, 而到 2000 年的需要量据资料估计可能到 250 亿 t 标煤, 如不加限制, 能源的供需矛盾将十分突出。

③ 能源结构将发生重大变化。现在以油为主的结构, 将重新被以煤为主所取代。

④ 新能源在大力开发, 特别是核能的比重将逐渐扩大。

⑤ 为了缓解能源供需矛盾和保护环境, 节能工作将引起世界各国的普遍重视。现在世界上将节能视为开发第五能源, 即继煤、石油和天然气、水电、核能后的第五能源, 积极组织开发。

### 1.3 我国能源的状况及特点

我国是能源大国, 总地质储量居世界第三。但从人均占有量来看, 我国又是能源贫国, 只有世界平均人均占有量的 1/2, 是美国的 1/10, 是苏联的 1/7。从一次能源储量看, 我国是煤炭大国, 是石油贫国。在世界上煤、油和气可采储量的比例约 4:1, 而我国比例很大, 所以我国是以低质能源为主的国家。

#### 1.3.1 储量

煤: 地质储量为 1.44 万亿 t, 居世界第三位。1983 年底探明储量为 7 700 亿 t, 亦居世界第三。可采储量 1 750 亿 t, 其中已占用 1 000 亿 t, 目前我们的勘测能力每年为 50 亿 t。

石油、天然气: 石油地质储量为 600 亿 t, 但探明储量只有 70 多亿 t, 而探明可采储量只有 23.3 亿 t。天然气探明储量约 5 000 亿 m<sup>3</sup>。而目前石油勘测能力每年只有 1.5 亿 t 左右。

水利资源: 我国蕴藏量为世界首位, 占世界总蕴藏量的 1/3, 约 6.8 亿 kW, 可开采储量为 3.78 亿 kW, 目前我国只开了其中的 5% 左右。据 1985 年统计, 全国水电站装机容量达 2 641 万 kW, 占水、火电总装机容量的 30.3%, 发电量 924 亿度, 占总发电量的 22.5%。预计到 2000 年, 我国水电的装机容量将达到 8 000 万 kW, 年发电量可达 2 500 亿度。

我国计划在黄河中上游、红水河流域、金沙江、雅鲁江、大渡河、乌江、长江上游、澜沧江、湘西及闽浙赣等建 10 个水电基地, 可装机 18 752~19 332 万 kW, 年可发电 9 733~

9 988 亿度，从而将大大缓解我国的电力矛盾。

### 1.3.2 能源资源的分布

(1) 煤炭：集中于华北地区，占全国 60% 以上，而山西就占 1/3 左右。工业集中的华东、中南两地区，煤的储量合在一起不足全国总量的 10%。

(2) 石油：集中在东北，约占全国 50% 以上。

(3) 天然气：集中于四川、贵州，合占全国储量 2/3 左右。

(4) 水利资源：集中于西南，占全国储量 70% 以上。

江南八省一市（即江苏、浙江、江西、湖南、湖北、广东、广西、福建及上海市）是著名的缺能户，但却是用能大户。

由于能源资源远离能源消耗中心，造成了能源运输量加大，据 1984 年统计能源运量约占铁路运量 43%，占水运的 47%。运输中的损耗也大，铁路运煤平均损耗率为 4%~5%，水运为 6%~7%。为了解决能源的运输，还要加大对铁路、港口、船舶的投资。

### 1.3.3 我国能源的生产情况

能源类别	1949年	1979年	年增长率(%) (平均)	1988年	9年平均 年增长率(%)
煤炭	3 243(万吨)	8.36(亿吨)	10.43	9.8(亿吨)	4.6
石油	12.1(万吨)	1.08(亿吨)	25.34	1.37(亿吨)	2.88
天然气	0.07(亿m <sup>3</sup> )	145.10(亿m <sup>3</sup> )	125.70	139(亿m <sup>3</sup> )	-0.30
发电量	43.1(亿kW·h)	2 819.5(亿kW·h)	14.95	5390(亿kW·h)	7.45
其中水电	7亿kW·h	501亿kW·h			

从统计资料看，石油与天然气生产的增长率有逐年下降的趋势。

### 1.3.4 我国能源的消耗

我国能源消耗及万元产值能耗水平，见下表：

年 份	能源消耗总量 (亿 t 标煤)	万元产值能耗 (t 标煤/万元)
1950	0.32	8.3
1955	0.70	7.18
1960	3.02	14.8
1965	1.89	9.48
1970	2.93	9.45
1975	4.54	10.08
1980	6.03	9.11
1985	7.64	8.46

从上表所列数字可以看出万元产值能耗有所起伏，主要由于产业结构、产品结构、国民生产总值等因素变化的影响。

### 1.3.5 我国能源消耗的特点

(1) 以煤为主。根据 1985 年资料：全国共消费 7.64 亿 t 标煤，其中煤占 73.85%，石油占 17.09%，天然气占 2.25%，水电占 4.81%。以煤为主的能源结构，给能源利用带来效率低及对环境污染大的问题。

(2) 能源消费以工业为主。根据1980年统计资料提供的数据可以看出我国工业的能耗比重最高。见下表:

(单位: %)

国别	工业	运输	民用	能源部门调用	其他
中国	62.9	3.8	25.2(包括农业7%)	7	1.1
美国	27.5	31.6	29.9	6.2	4.8
日本	50.4	19.5	21	5.8	3.5
西德	35.1	19.8	37.5	5.8	2.2
英国	30.4	23.1	38.4	5.7	2.4
法国	36	21.6	33.4	5.7	3.3

(3) 非商品能源的比重大。农村能源以生物质能源为主, 1980年农村生物质能源(如秸秆等)产量约2.55亿t标煤(这部分能源没列入国家统计资料), 如将这部分非商品能源一起计算的话, 则农村的总生产生活用能要占全国总能耗的38.4%。

(4) 产品能耗高, 能源利用率低。与发达国家单项装置的能源利用率相比, 根据1979年资料普遍较低。总的能源利用率日本为57%, 美国为51%, 我国为30%。能源利用程度是一个国家技术进步程度的体现。

(5) 人均能耗低。人均能耗是衡量世界各国经济发展和人民生活水平的一项综合性指标。下表是1980年世界主要国家人均能耗水平,

(单位: kg 标煤/a)

世界平均	美国	西德	苏联	英国	法国	日本	意大利	中国	印度
1955	10410	5727	5595	4835	4351	3680	3318	598	191

从上可知, 我国的人均能耗仅为世界平均水平的30%。

根据美国海外发展委员会的研究, 我国2000年要达到小康生活水平, 人均年能耗约为1200~1400kg标煤。特别是电力对人民生活质量影响更大。如果根据这个推测, 则我国到2000年能源产量需达到14.4~16.8亿t标煤。

党的十二大提出, 从1980~2000年的20年间, 要在不断提高经济效益的前提下力争使全国工农业总产值翻两番, 但到本世纪末能源只可能翻一番。其原因是: 能源的开采、加工、转换和输送要消耗大量的资金、劳力、材料、设备和能源。能源工业向耗能部门提供燃料和动力, 耗能部门则向能源部门提供材料和设备, 两者之间有着相互依赖又相互制约的关系。特别是我国的能源是以煤为主, 再加上能源产地远离能源消耗的中心城市, 这样就加大了能源输送所需的投资。今以苏联为例: 70年代能源系统(包括开采、加工、转换、输送)的投资占工业总投资的28%~34%, 劳动力占19%~22%。80年代初, 仅石油和天然气的开采和输送, 平均每年需生铁750万t, 钢1250万t, 钢材1000万t, 大口径钢管350万t, 水泥1500万t。我国“六五”期间, 每开发一吨标煤需投资375元(不包括加工、转换和输送)。因此, 资金、材料、设备的供应不足已经成为能源增产的一个重要制约因素。

用翻一番的能源产量要来保翻两番的工农业总产值, 其出路要靠节能。所以, 我国能源工作的总方针是坚持“开发和节约并重”。但是要在20年间长期保持能源弹性系数在0.5的水平, 这在世界上是不多见的, 年平均节能率要3.7%, 而多数国家只有2%。再加上过去我们的节能主要是靠调整经济结构的间接节能, 而企业降低单耗的直接节能“六五”期间只

占30%，今后越来越多地要靠技术进步和科学管理，要靠真本领硬功夫，而且还要较大的投资。所以，要让全体人民清醒地看到我国能源的供需矛盾不是短时期内可以解决的，有时甚至很突出的，决不要被一时的缓和所麻痹。

当前我国及我市的能源十分紧张，这是由于近年来经济过热和人民生活用能需求过旺（如民用电的年增长率超过10%，有的地区到30%），但也不能忽视与近年来放松了节能工作有关。因此，随着国民经济的治理、整顿，随着改革的深化，可以说目前能源十分紧张的局面是会逐步得到缓解的，但是能源紧张的总趋势近期内是难以改变的。因此，必须树立起长期的节能思想。

## 2 我国的节能潜力

### 2.1 对我国节能潜力的预测

上节叙述了我国节能任务是十分艰巨的，那么我们有没有可能实现这个艰巨的任务呢？现就以下几方面来分析一下其可能性。

对节能潜力的预测，一般可用弹性系数法和部门分析法来进行。

（1）首先我们用能源弹性系数法预测节能潜力。从1978年至1985年我国能源弹性系数如下：

年 份	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
能源弹性系数	0.74	0.29	0.40	-0.21	0.43	0.55	0.52	0.48

总的8年来平均能源弹性系数为0.4左右。1988年我国万元工业产值能耗降低率达到了5.81%，上海市达到了8%。从这个角度来看，从1989年到2000年再保持0.5的能源弹性系数是有可能的。

再从几个工业发达国家能源弹性系数来分析（见下表）：

国名	年 份				
	1950~1960	1960~1970	1970~1973	1973~1977	1977~1980
美国	0.75	1.15	0.98	0.40	-0.13
日本	0.99	1.13	0.82	0.30	0.54
西德	0.65	0.99	0.91	-0.23	0.40
英国	0.48	0.58	0.48	-5.11	-1.38
法国	0.80	1.02	0.96	-0.26	0.21

从上表中可以分作三个档次：

① 能源弹性系数低于0.6，即0.5的档次。如1950~1973年（23年）英国的情况和1973年能源危机后其他各国的情况，但其特征是经济低速增长。如英国的年增长率为2.6%，其他各国当时也只有2%~4%。

② 弹性系数为0.65~0.85的中间档次。其经济增长速度在5.4%~8.7%之间，大体相当于我国1980~2000年间要求达到的发展速度。

③ 弹性系数为0.9~1.1的高档次。这个档次的经济发展速度更高，能源靠大量进口。

根据以上分析,我国能源弹性系数应取中档次,即0.7~0.75为宜,从这个角度看,到2000年能源只翻一番,达到12亿t标煤,又是不够的,应是16~17亿t标煤。所以我国的节能任务是十分艰巨的。

## (2) 用部门分析法预测我国的节能潜力

由于我国工业技术装备比较落后,企业管理水平低,能源消耗高、浪费大。据世界资源研究所的资料,以1987年世界10个耗能大国(不包括苏联)的每一美元国民生产总值的能耗计,我国的能耗是法国的4.98倍,是印度的1.64倍,虽然这里有些不可比的因素,但是也看到了我们的节能潜力。只要我们能达到略优于印度的水平,用现有的能源就可使国民生产总值再翻一番。其次,从各行业的能源利用率来看,我们与发达国家相比较,差距也很大。见下表:

(单位: %)					
国别	发电	工业	交通	民生	全效率
日本	30.0	76.0	22.4	75.4	57
美国	30.6	75.1	25.1	75.1	51
中国	23.9	35.0	15.2	25.5	30

再从单项装置的能源利用率比较, 见下表:

(单位: %)		
项 目	发达国家	中国(79年资料)
火力发电效率	35~40	28(包括小机组)
工业锅炉热效率	70~80	55
钢铁工业综合热效率	50~60	28
合成氨生产热效率	50~60	25
铁路运输热效率	20~25	6~8
炊事用具热效率	60~70	15~18(城镇煤炉) 10(农村柴灶)

从我国设想的一些主要产品的单耗下降幅度来看, 根据一些发达国家实践证明是可以达到的。如供电煤耗, 设想由1980年的448g/kW·h下降到2000年352g/kW·h, 20年下降96g/kW·h, 苏联从1962年至1979年17年就下降了118g/kW·h; 吨钢可比能耗, 设想由1980年1.3t下降至2000年的0.95t, 20年下降0.35t, 英国1960年至1980年20年间就下降了0.4t; 而且国内有些地区工业产品能耗还达到和接近国际先进水平, 更说明节约能耗的潜力和可能性。以上海市为例: 上海铁合金厂75%的矽铁耗电为8124kW·h/t, 工业发达国家平均水平为8400kW·h/t。上海溶剂厂总溶剂综合能耗为1376kg标煤/t, 工业发达国家平均水平为1607kg标煤/t。

从我国各地区的耗能情况看, 由于产业结构、产品结构的不同及技术管理水平的差异, 能耗差距亦很大。从1988年万元工业总产值的能耗看, 上海为2.21t标煤, 浙江为2.56t标煤, 而宁夏为11.58t标煤, 山西为10.91t标煤, 全国平均水平为4.86t标煤。

综上所述, 可以看到我国的节能潜力是很大的, 用翻一番的能源来达到国民经济生产总值翻两番的目的是可能实现的。



## 2.2 造成我国能耗高的基本原因

### 2.2.1 能源结构以煤为主

当今世界的能源结构是以油气为主。以煤作为能源和原料，其有效利用率在很多情况下要比石油或天然气等优质能源低得多。如制取 1t 合成氨如用天然气为原料只需 1.14t 标煤，综合效率约 69%，如用煤为原料则需 1.86~2.28t 标煤，综合效率只有 34.5%~42.3%。

再如发电：锅炉效率在烧油和天然气时可达 92%，而烧煤只有 83%~88%。同时厂用电率因燃煤要增加运煤、磨煤、除灰等设备，比烧油要增加 3%~5%。

### 2.2.2 经济结构中高能耗工业比重大

一般来说重工业比轻工业的万元产值能耗要高 4~5 倍，在我国工业生产中，高能耗工业占很大比重，如冶金、化工、建材三家的耗能占工业部门总耗能的 47.9%，而产值只占 20.9%，反之，低耗能型工业没有充分得到发展。

### 2.2.3 能源利用的技术水平低，技术装备落后

以锅炉、风机、水泵等大宗通用动力机械为例，它们约消耗全国三分之一的能源，其实效率只有 40%~60%，而国外为 75%~85%，差距甚大。

### 2.2.4 生产工艺落后

在日本钢铁工业已实现高炉大型化、高压化，炼钢转炉化、电炉化，铸锭连续化，轧钢大型化、连续化、自动化。再加上用的优质原料、燃料，所以吨钢的平均能耗在 0.7t 标煤以下，而我国 1984 年为 1.8t 标煤。

在合成氨生产中，用重油天然气作原料，用工业汽轮机代替电机作动力机械，能耗很低，几乎不耗电（吨氨耗电仅 5~20kW·h），吨氨能耗只有 1.04~1.07t 标煤。

### 2.2.5 能源管理不善

（1）能源分配上的不合理。如石油作化工原料比煤作化工原料的能源有效利用率高 40%~80%，而我国 1984 年统计，石油生产总量中仍有 30% 左右用作工业炉窑及发电锅炉的燃料烧掉，而只有 5% 作化工原料。

再如天然气及液化气，应用作民用以代替城市民用煤，这方面还很不够。

（2）能源供应渠道不稳定，不能按质按量定点供应。劣质煤长途运输的现象仍然存在，给工厂生产上带来困难，给运输增加了压力。在国外一般劣质煤均建立坑口电站，转换为电能输出。

（3）企业中的动力损失大。跑、冒、滴、漏，生产不稳定，故障检修多，设备空运转等都大量浪费了能源。

（4）生产布局有待于进一步合理化，如何使能源产地和其主要用能企业接近，钢厂和铁厂应尽量布置在一起等等。

上述问题都导致了我国能耗高的主要原因。

## 3 主要的节能措施

### 3.1 加强节能宣传和提高广大群众的节能意识

发动群众发扬一度电、一两煤、一克油的节约精神，是做好节能工作的关键，

### (1) 首先要宣传节能的重要意义。

节能可以促进生产。据估计如果能源、原料充足,我国现有的企业装备还可以增产20%~30%。据国际统计资料,节约一度电,可以创造比电自身价值高44倍的产值。

节能可以增加积累。在我国工业生产中能源费用占总产值的8%~9%。在钢铁、氮肥工业中能源占成本的30%~70%。所以节能就可降低成本,增加积累。

节能可以促进技术进步。能源利用程度是国家科技现代化的重要标志,而节能是一个国家技术进步的体现。节能要靠科技进步,节能又能推动科技进步。

节能有利于缓解运输紧张状态。我国煤炭的运输占铁路货运量的40%以上,个别干线占到70%。所以节能有助于减少运量。

节能有利于保护自然,可以延长石化燃料和矿物资源的使用年限。在农村减少薪柴的砍伐,可以保护森林资源,防止水土流失。

节能有利于保护环境。在能源的生产、加工、转换和使用过程中排放出大量的废气、废水、废物,是主要的污染源之一,我国烧煤排入大气中的 $\text{SO}_2$ 和灰尘每年有1500万t之多,烧煤电站排出的灰渣有4000万t之多,还有Co、No、苯、酚、氰、沥青、焦油、苯并芘等有毒或致癌物质,对人类造成很大的危害。

(2) 要宣传当前的能源形势及我们党和政府对能源工作的方针、政策和法规、条例,使大家认识到节能是我国的一项长期国策,自觉地抑制消费,节约能源。

(3) 要宣传有关节能知识和推广节能新产品、新技术,使群众懂得如何去节约能源。

在搞好节能宣传的基础上,还要组织群众参加力所能及的节能工作,根据长春第一汽车厂(简称一汽)的节能工作经验有以下几方面:

① 发动群众随手关灯,在必要的地方可以用功率小的灯头来代替大功率灯,对路灯用光控开关自动启闭,从而节约大量的照明用电。这一措施曾使一汽的用电量下降2%左右。

② 堵塞四漏,即漏汽、漏油、漏水、漏煤(粉)。工厂中的四漏既浪费了大量能源,又污染了环境,他们通过组织创“无泄漏班组”、“无泄漏车间”、“无泄漏分厂”等劳动竞赛,发动职工堵四漏。还采用不生产时关闭车间总阀门及单机阀门的办法消除内漏,收到极显著的经济效果。例如,压缩空气,全厂漏损率曾达到40%~60%,通过上述措施降到了30%(苏联15%~20%)以下,相当于全厂节电4.6%左右(压缩空气机耗电占全厂电耗23%)。

③ 组织满负荷生产,特别是冲天炉、热处理炉、加热炉等组织满负荷连续生产,防止启停炉和空炉损耗。对炉子来说半负荷与全负荷的能量消耗并非成倍增加,所以满负荷生产可以节能。还要防止设备空运转,做到停产停机,杜绝空载损失。

④ 精心操作,减少废品,特别是铸锻件。生产废品就是浪费能源。

⑤ 精心操作,减少故障,特别是电厂锅炉的故障。因为每启停一次炉都要消耗十几吨,几十吨原煤。

⑥ 组织修补用热设备和管道的保温。一个Dy40mm的阀门不保温,要年耗损0.208t标煤,一个Dy250mm的阀门要耗损1.445t标煤。

⑦ 在二次能源生产部门,开展节能小指标竞赛等等。

这些都是行之有效的办法。上述措施基本上不要投资,还可收到立竿见影的效果,各企业都可借鉴。

### 3.2 依靠科技进步和大力推进节能改造

#### 3.2.1 积极开展能源的综合利用和提高能源的利用率

能源综合利用的方式很多，当前主要采取以下几方面措施：

(1) 推行热电联产，集中供热。利用电厂的高效锅炉，组织集中供热以代替低效小锅炉分散供热，可以获得显著的节能效果。

长春第一汽车厂热电厂是50年代由苏联设计的集中供热电厂，也是我国集中供热最早的单位之一。目前供热面积达300多万 $\text{m}^2$ ，供热半径为7km，取消了40多台小锅炉。在70年代初，他们还首批将凝汽式汽轮机改成低真空运行。冬季用汽轮机排汽来加热采暖水向厂区宿舍区供采暖，仅这一措施每年就可节约标煤2.6万t。由于采取热电联产，热电站的总效率上升到67%，比一般凝汽电站28%的效率提高了39%，经济效益十分显著。

上海市高桥热电厂，采取热电联产和集中供热后的经济效益也十分显著，1981年发电煤耗下降到 $281\text{g}/\text{kW}\cdot\text{h}$ ，每年可节约标煤34200t。

集中供热不单可以节约能源，同时由于大电厂锅炉的除尘装置完善，除尘效率高，因而还可以大大减轻对环境的污染。

(2) 利用工业余热。工业余热的种类很多，包括用能设备中排出的废汽、热水（凝结水），高温烟气，化工行业、冶金行业排出的尾气，化学反应热，以及固体湿热等等。我国在余热资源的利用上还有大量工作可做，单从钢厂煤气，炼油厂尾气，化工厂的种可燃气看都未充分回收利用。据1980年36家钢铁厂统计，高炉煤气放散82亿 $\text{m}^3$ ，相当于损失93万t标煤，焦煤煤气放散6.45亿 $\text{m}^3$ ，相当于损失40万t标煤。

就上海市看，据统计各行业余热资源的总量为 $61.76\times 10^8\text{GJ/a}$ ，已回收 $28.81\times 10^8\text{GJ/a}$ ，还有53.3%的余热资源未能利用。

在一汽，将蒸汽锤的带有油污的排汽经过净化回收回电站使用，从而使锻锤的热效率从3.5%左右提高到70%左右。

组织工业废渣及其他副产品的利用也是能源综合利用的内容之一。如一汽将煤气站的煤焦油用作锅炉的燃料，锅炉的灰渣含炭量，也通过制灰渣砖加以回收等等。

(3) 利用蒸汽压差发电。我国规定凡是10t/h以上的锅炉，其供汽负荷稳定的都应压差发电。压差发电投资省（只需增一台背压汽轮机组），每发 $1\text{kW}\cdot\text{h}$ 电的耗煤量只有250g标煤左右，大大低于火力电厂的发电煤耗。目前上海市已建成47台压差发电机组，年可发电1.2亿 $\text{kW}\cdot\text{h}$ 。

(4) 开展石煤及煤矸石的综合利用。用煤矸石制水泥、制砖，使每万块砖的能耗由1.5t降至0.2t，煤矸石内还含有钒等贵金属，用沸腾炉来燃烧煤矸石，其蒸汽可以用来发电、供热，其渣可提取贵金属。

(5) 逐步推行城市煤气化、农村沼气化，改变民用灶具的用能结构，可以提高能源利用率20%~30%，并改善了居民的卫生条件，减轻了对环境的污染。另外，粪便杂草发酵制气，可增加肥效，有利于改善土壤。

#### 3.2.2 对用能设备进行节能改造和提高其效率

这方面的内容很多，当前主要要抓住耗能多、量大、面广的主要耗能设备的改造。

(1) 改造低效的工业锅炉。我国目前锅炉 25 万余台, 年总耗煤 3 亿 t, 锅炉的平均蒸发能力只有 2.5t/台, 平均效率只有 50% 左右。对这些小锅炉的改造, 除采取集中供热, 用高效率的大锅炉代替低效的小锅炉和搞压差发电等办法外, 还必须对锅炉自身进行改造。如改进炉排及燃烧室结构, 改造炉拱, 加强炉墙保温及在烟道中加装热管换热器回收烟气热量等等。根据“六五”期间的经验, 可以提高锅炉效率 10%~15%。

(2) 改造工业窑炉。全国工业窑炉的耗煤量 1 亿 t/a 左右, 在各行业中所占耗能比例很大, 如冶金行业中占 79.6%, 建材占 87.7%, 化工占 53%, 有色金属占 33.81%, 机械占 14.35%, 轻工占 15%。它的改造方向是: 采用先进的燃烧系统, 高强度、耐腐蚀、热容量小的耐火材料, 高性能的绝热材料, 并在采用自动控制和使用节能的配套设备上下功夫。

(3) 改造和更新风机、水泵。风机、水泵的用电量, 据 1982 年统计约占全国总用电量的 25%, 大部分是 50~60 年代的产品, 效率只有 50%~60%, 而国产新型风机的效率在 80% 以上, 水泵效率在 70% 以上。所以加紧对风机、水泵的更新改造, 是节能改造的重要方面。

### 3.2.3 改革落后的和耗能高的工艺及采用先进的节能工艺

这是节能的一项重要措施。今后再设计一个新的工厂, 是否节能应当是衡量工艺先进性的一个重要标志。

目前在一汽这个老汽车工厂中, 正准备用热水 (150℃/70℃) 来代替原生产工艺中的蒸汽, 并正与清华大学和西德西门子公司合作建一台 200 热 MW (相当于两台 130t/h 锅炉) 小型低温核供热堆来加温热水。如果成功, 不但对环境好, 而且每年可少用 15 万 t 标煤。他们还将用机械锻压机和工频加热炉来代替现有蒸汽锤、煤气加热炉的落后高耗能工艺, 还准备用球墨铸铁取代可锻铸铁, 取消退火工艺, 节约大量电能。

在其他行业中, 如轻工行业中采用多效蒸发、白酒生料发酵、酒精低温蒸馏等等, 各行各业都有大量文章可做。总之, 工艺的改革会大大提高企业的能源利用率。

### 3.2.4 应用和推广节能新技术和新产品

近年来我国引进和开发了许多节能新技术、新产品。如国家推广的 20 种节电技术和产品, 机械委推广的节能产品等。现仅列举几种面广、节能效果好的例子。

(1) 新光源方面。最近上海市沪光灯具总厂开发了 2D 节能灯, 据介绍一台 16W 2D 灯实际耗电为 20W (其中 4W 是镇流器耗电), 却能达到 85W 白炽灯的光通量, 单灯节电达 65W, 按年产 100 万套进入家庭, 年节电可达 7 117 万 kW·h, 如 1/2 进入厂矿企业、宾馆等场合, 年估计可节电 1.726 亿 kW·h。

用钠灯和水银灯混合使用, 能提高亮度, 节电约 30%。

(2) 用远红外加热新技术。如用在烘干炉上可节电 30%~50%, 目前采用电阻带式远红外辐射器, 效果最为明显。

(3) 各类电机耗电占全国发电量 40% 左右, 用 Y 系列电机代替 JO<sub>2</sub> 系列电机, 可提高效率 2.5% (Y 系列电机的效率为 88.263%)。

(4) 采用新型的硅酸铝纤维作隔热材料, 可以降低各种炉墙的热损失。用多晶莫来石耐火纤维作炉衬, 可减少炉子热损, 再由于它热容量小, 对用在经常启停的炉子上节能尤为显著。

### 3.2.5 努力开发和引进节能新技术和新产品

能源利用技术上的新的突破，往往会带来人类利用能源上的一次新飞跃，带来一次工业产品的大改革。最近“经济参考”报上发表了我国年轻的科学工作者顾维军同志所创造的被国际上誉为“顾氏热力循环”的新的理论和技术。据介绍用于热流体发电方面要比卡诺循环 (Carnot Cycle) 及劳伦斯循环 (Lorenz Cycle) 更优越，可以大幅度提高能源的利用率。如用于电冰箱和小型空调上可节电 20%~40%，用于大型冷库及大型空调上可节电 30%~60%，用于热流体发电上可使发电量翻番。同时其热力系统循环所用的工质不含氟利昂-12 等严重破坏臭氧层的物质（臭氧层是地球上空的保护层，它起到阻挡太阳紫外线射向地球表面杀伤生命的重要作用），世人梦寐以求最终不用氟利昂的那一天可望到来。国内的专家认为，顾氏热力循环理论必将在未来的冰箱、空调器及热流体发电中引起一场革命，美国科学家在最近的一次地热发电年会上称，顾氏热力循环理论和技术是迄今效率最高的热力循环理论和技术。

为提高电厂效率，目前正在发展燃气-蒸汽联合循环，使电厂效率提高到 42%，远远超过一般的凝汽电厂。我国现正与西德合作在胜利油田建造 20 万 kW 的燃气-蒸汽联合循环电站，它是以天然气作燃气轮机的燃料。国外还有用煤制气作为燃料的，其技术上的难度要大一些（关键是在煤气化的工艺上）。还有采用燃气轮机热电联产的全能循环，充分利用燃气排气生产蒸汽供应生产生活，这种循环的热效率可以达到 60%~70%。

积极开展用劣质能源代替优质能源是我国油气资源短缺情况下尤为重要的一项工作，我国目前工业炉窑的烧油量约 3 000 万 t/a，国家提出在今后 10 年再压缩烧油 1 000 万 t/a，因此研究以煤代油的技术十分迫切。国内已经开发的水煤浆代油的技术正在逐步成熟。长春第一汽车厂与沈阳煤研所合作，用国内第一台自己设计的鲁奇炉生产高热值煤气以代替油裂化气供给工业生产和民用，经过两年的试运转，性能良好。鲁奇炉所用的燃料是褐煤，吉林省褐煤资源丰富，可就近取材，减少运输。

积极开展煤气化技术的研究。国外正在开发各种气化压力的移动床、流化床、气化床式的煤气化工艺和设备，作为石油危机及油气资源短缺时以煤代油、气的技术储备。我国石油、天然气资源比较贫乏，更应开发这方面的技术。我国目前的煤气化技术还停留在 30 年代水平，转换效率低、污染严重，亟待解决。

减少能源转换次数，提高能源利用率，在有条件的场合尽量用工业汽轮机或燃汽轮机代替电机拖动。如一汽在电厂里安装了一台 DA-350-65 型透平空气压缩机，压缩空气产量为 350 m<sup>3</sup>/min，其拖动机械为背压式汽轮机。汽轮机排汽全部供生产使用，通过 1987 年一年运行，将其汽耗折算成电耗，相当于生产每千 m<sup>3</sup> 压缩空气的电耗仅 41.08 kW·h，而其他电力拖动的压缩机平均为 106.37 kW·h，节能效果十分显著。

要积极组织锅炉、风机、水泵、空压机、制氧机、汽车、拖拉机、柴油机、变压器、电动机、工业电炉、电焊机等 12 种主要耗能产品的开发。因为这 12 种产品年耗全国煤炭的 33%，汽油的 90%，电力的 54%，这些产品的效率提高了，就可以取得显著的节能效果。

### 3.2.6 努力开发新能源

除在工业集中而又缺乏能源资源的地区应积极开发核能外，还应努力研究对太阳能、风能等可再生能源的利用，它既可节约石化燃料，又对解决边远地区、海岛居民的生活生产用电具有重要意义。

### 3.3 采取强有力的组织措施, 加强节能的综合管理, 利用行政、经济、法律的手段促进节能工作的开展

(1) 节能立法。我国已在 1986 年颁布了“节约能源管理暂行条例”, 并正着手制订“节能法”, 用法律手段督促和引导节能工作。

1973 年石油危机以后, 许多国家都制订了有关节能法规。如 1976 年西德颁布了“节能法”, 美国于 1978 年颁布了“国家能源法”, 1979 年苏联制订了“国民经济中燃料、热能和电能消耗定额基本条例”, 同年日本颁布了“能源使用合理化法律”, 我国台湾也制订了“能源管理法”等等。

有了“法”, 节能工作就有“法”可依。目前我们首先要充分发挥现有“条例”和政策的作用。

(2) 要充实节能机构。各地区、各部门、各企业都应结合自身情况设立相应的机构和人员来加强节能工作。

(3) 要提出节能目标, 制订节能规划。各行业、各企业都应对照国内外的先进水平和自己历史最好水平, 以及国家的要求来提出自己的节能目标, 并制订节能规划。特别是电力、钢铁、化肥、水泥、墙体材料、平板玻璃、铝、炼油、造纸、煤炭等十大行业(它们占全国总能耗的 41%) 更应认真订好。

(4) 要通过对能源的合理分配作为一种对国民经济的重要调控手段。要根据国家的产业政策来分配能源, 扶植国家急需发展的产业, 抑制国家限制的产业, 促使产业结构的调整。同时还要坚持择优供应的原则, 对能源超耗企业实行限供和停供。

(5) 要充分利用价格、税收、信贷等经济杠杆和有关的经济政策来推进节能工作。

利用经济手段进行宏观调控, 可促进产业结构、产品结构的调整, 抑制高耗能产业, 扶植低耗能产业, 降低能源的耗量, 还可以促进组织行业间专业化的协作, 如铸、锻、电镀、热处理等, 不搞小而全的企业型式。我国在这方面的问题比较突出, 应力求改进。

另外, 通过日高峰与低谷负荷时不同的电价, 还可以促进日电负荷的平衡。日本就用这个办法促使企业改变作息时间, 日本丰田汽车厂白班是从 8 时至 17 时, 夜班是 21 时至第二天 5 时。这样既躲过了夜间民用电高峰, 又利用了下半夜的低谷电。

在我国用农用拖拉机搞运输的现象很普遍, 它比汽车运输的效率低得多, 所以这种现象能存在, 除了其他方面的原因外, 农用柴油低价政策亦是其原因之一。

(6) 制订企业节能升级的标准, 要将节能升级作为企业升级的必要条件, 用企业升级促进企业的节能工作。

要继续组织同行业的节能竞赛, 采取重奖重罚的政策促进企业节能, 奖励为节能作出贡献的企业和个人。

(7) 组织好节能调研。各地区、各部门都应摸清自身的节能潜力所在和可以采用的节能措施, 这是制订节能规划的先决条件。还应逐步组织专家小组对重点耗能企业开展节能诊断, 帮助企业搞好节能工作。

(8) 培训节能人员。必须使我们的能源管理和节能技术人员具备必要的业务知识, 这是搞好节能管理的重要方面。日本采用一种“热管理士”制度来培养热能管理人员, “热管理

士”的称号需经国家考试合格才能获得。现在正在向“能量管理士”制度过渡，对能源工作人员提出了更高的要求。

总之，在节能的工作上有大量的工作要做，我们要动员起广大能源工作者、科技工作者以及广大人民群众，一起来积极参与这项既艰巨而又光荣的工作，为实现党中央提出的2000年工农业总产值翻两番的目标而努力奋斗。

附表 各种化石燃料的最终可采储量估计

(单位: TW·a)

能源类别	煤		石		油	天 然 气			铀	
成本类别	1	2	1	2	3	1	2	3	1	2
最终可采资源量	550	1019	264	200	373	267	141	130	57	382

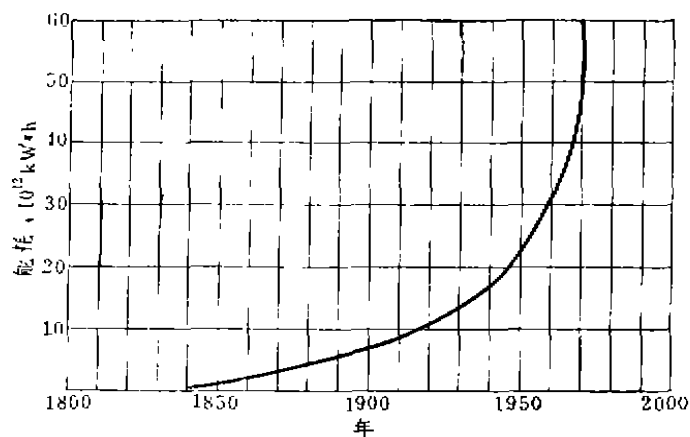
注：① 成本类别是等于或低于一定成本值（1975年不变美元）的可采资源的估计。

煤：1类 25 美元/吨煤当量；2类 25~50 美元/吨煤当量。

石油和天然气：1类 12 美元/桶油当量；2类 12~20 美元/桶油当量；3类 25~50 美元/桶油当量。

铀：1类 80 美元/千克铀；2类 80~130 美元/千克铀。

② 煤炭只包括最终资源的一部分（约 15%），因为在未来 50 年内，这一数字已经很大了，还由于对远期煤炭资源和生产技术的估计有许多不确定的因素。



附图 世界能耗增长图

## 参 考 文 献

- [1] International Institute for Applied Systems Analysis, Energy in a Finite World, Cambridge, Massachusetts: Ballinger Publishing Company, 1981
- [2] Malcolm Slessor, Energy in the Economy, 1978

- [3] British Petroleum Ltd Bp 1985 Statistical Review of World Energy. London, 1985
- [4] 国家统计局. 中国统计年鉴. 1984~1986
- [5] 国家统计局. 中国统计摘要. 1986
- [6] 节能调研资料选编. 节能杂志社, 1984
- [7] 1982 Energy Statistics Yearbook. New York: United Nations, 1984
- [8] A Heat-Power Cycle for Electricity Generation from Hot Water with Non-Azeotropic Mixtures. Energy, 1988: 13(6): 529~536

## Trends in the Development of Energy Resources and Major Approaches to Their Economization

*Jiang Zemin*

**Abstract** The author reviews the history of the development of the world's energy resources and looks forward to their future prospects. Based on an elaborate discussion of the status quo of China's energy resources, the significance of energy saving has been elucidated. Meanwhile, on analysing the potentialities of energy saving, major approaches to the economization in energy resources have been proposed.

**Key words** energy resources, energy consumption, energy saving measures.