

第一章 概述

第一节 能源的利用

能源就是产生机械能、热能、光能、电磁能、化学能等各种形式能量的资源。能源分为两大类，一类是自然界中以其固有形态存在的能量资源，如原煤、原油、天然气、核原料、植物燃料、水能、风能、太阳能、地热能、海洋热能、海流动能、潮汐能等等，叫做一次能源；另一类是由一次能源直接或间接转换为其它形式的能源，如电能、汽油、煤油、柴油、重油、煤气、焦炭、蒸汽、热水、沼气、余热能、氢能等等，叫做二次能源。一般称二次能源为高级能源。

能源是发展社会生产和提高人民生活水平的重要物质基础，在国民经济中占有重要地位。

能源在现代工业生产中，不仅是动力的源泉，也是重要的工业化学原料。据日本1973年统计，生产1美元的化工产品，平均要消耗1.8公斤标准煤；生产1美元的钢铁制品需要1.6公斤标准煤；生产1美元水泥制品需要1.4公斤标准煤；生产1美元纸制品需要0.7公斤标准煤；生产1美元有色金属需要0.5公斤标准煤。总之，随着生产的增长，能源的消耗就要相应的增加。

在现代农业生产中，单位面积产量的大幅度提高，也是和耗用大量能源相联系在一起。

对于现代化军队来说，能源是汽车、坦克、飞机、军舰、导弹以及各种战略武器的动力，是现代化战争中极为重要的物质条件。

1900年，世界总耗能量为7.55亿吨标准煤，而1978年却增长了11倍，达到95亿吨，预计2000年世界总耗能量将达到200亿吨标准煤。

经济发展与能源消耗之间存在着一定的内在关系。这个关系可以用能源消耗量的年平均增长率与国民生产总值（或工农业总产值）年平均增长率的比值，即能源弹性系数来表示。能源弹性系数，可用以分析过去能源消耗与经济增长之间的关系，并可大致预测今后较长时期内对能源的需要量。

根据国外统计资料，近十五年来，世界国民生产总值的年平均增长率为5.3%（与工业产值平均年增长率大致相当），一次能源总消耗量的平均增长率为4.7%，后者与前者的比值约为0.9，大部分工业发达国家稍低于此数，例如英国为0.77（1950~1970年），美国为0.86，苏联为0.81，法国为0.86，日本、西德则稍高，日本为1.04（1955~1976年），西德为0.92（1950~1970年）。但发展中国家和一些工业发达国家在其发展的初期，此比值几乎都大于1。

世界各国能源消耗在不断增加，作为世界当前的主要能源——石油的探明储量并不乐观。按照世界燃料可采储量开采年限并以不同消费量平均年增长率为4%计算，石油可用

37年，天然气可用51年，烟煤和褐煤尚能用110年。

解放以来，我国的能源工业有了很大的发展。1979年全国能源开发总量为6.43亿吨标准煤，国内消耗量为5.86亿吨标准煤，约为1950年的20倍，仅次于美国、苏联而占世界第三位。我国煤炭探明储量为6000亿吨，远景储量还要大得多，仅次于苏联、美国，列世界第三位。如果按每年需用15亿吨计算，可开采300~400年。

我国石油资源，1979年探明储量为71.4亿吨。1980年开采量居世界第六位。此外，我国还有丰富的页岩资源，为人工石油工业提供了丰富的资源条件。我国的天然气资源也是比较丰富的。

我国水力资源丰富，蕴藏量约达6.76亿千瓦，居世界第一位，折合发电量每年可达5.9万亿度，其中有举世闻名的长江三峡，装机容量可达2500万千瓦，年发电量可达1100亿度。但我国对水力资源开发利用程度还是很低的，仅为2%左右，极需大力开发。

表 1-1 我国1979年能源开发量和结构

	煤	石 油	天 然 气	水 力	合 计
产 量	6.3 (亿吨)	1.06 (亿吨)	145 (亿米 ³)	501 (亿度)	
折标准煤 (亿吨)	4.54	1.48	0.18	0.23	6.43
能源结构 (%)	70.6	23.0	2.8	3.6	100.00

我国能源储量虽然较多，但是按人口平均计算相对就少了，比苏联、美国要少，也低于世界按人口平均的水平，但与日本、意大利、法国、印度等国家相比，我国要优越得多，仍然称得上是一个资源丰富的国家。

一、我国能源紧张的原因

目前我国能源供需矛盾十分紧张，造成这种局面的主要原因是：

1. 能源开发相对不足 我国有10亿人口，每人每年的能源平均消耗量只有0.6吨标准煤，占世界平均值2.14吨的28%，与美国（12吨）、欧洲各国（6吨左右）和日本（4吨）等相比，相差更大。开发量不足，是我国能源供应紧张的根本原因。

应当指出，我国能源分布很不均衡，东北、华东、中南地区能源资源较少，水力和煤的资源只占全国14.6%，而该三个地区的工业却比较集中，目前的工业产值约占全国70%以上，如从其它地区过多运进煤炭或输入电力，不但要增加运输设备或输电投资，而且输送过程中又会耗用大量能源，特别是东北、华东地区，目前需要从上千公里以外运进煤炭，造成交通运输十分紧张。因此，为了缓和能源紧张的局面，一些耗能大的产品工厂应集中设在能源丰富的西南、西北地区和华北的山西、内蒙地区，其中有些耗能大的产品（一般称为载体），即使在远离原料产地和消费点设厂，也比远距离运煤输电经济。以电解铝为例，在远离能源地区生产一吨电解铝需运进发电天然煤10~12吨，如果靠近能源基地，只需运进2吨铝氧，运出一吨铝，相比之下，运输费用、输电投资和能源损耗都少得多。铁合金、电石等产品都有类似情况。

2. 使用能源浪费大 据有关部门估算，能源有效利用率日本为57%，欧洲为43%，美

表 1-2

全国及各大区常规能源资源的比重

(单位:标准煤亿吨)

地 区	总 计	水 能 资 源		煤 炭 资 源		油 气 资 源		每人平均 能源(吨)
		绝对量	比重(%)	绝对量	比重(%)	绝对量	比重(%)	
全 国	6235.8	1779.6	28.5	4353.4	69.6	102.9	1.9	642
华 北	2939.5	30.1	1.0	2894.8	98.5	14.6	0.5	2668
东 北	226.7	31.6	14.0	144.7	63.8	50.3	22.2	257
华 东	411.8	100.9	24.5	293.0	71.2	17.8	4.3	144
中 南	328.4	168.3	51.2	157.6	48.0	2.53	0.8	125
西 南	1701.3	1228.8	72.2	469.9	27.6	2.54	0.2	1075
西 北	626.7	219.7	35.0	393.3	62.8	13.7	0.2	936

注 (1)水力资源按使用100年,每度电折标准煤0.3公斤计算。

(2)煤炭、油气均按发热量折为每吨7000大卡的标准煤计算。

国为35%,而我国只有28%,仅为日本一半。据1978年调查,我国钢铁、化肥、炼油、水泥等工业单位产量的耗能都比日本高出一倍以上。虽然存在一些不可比的因素和条件,但总的来看,我国能源使用中浪费是很大的。

我国能源紧张是在能源消费人均水平很低的条件下出现的。世界按人口平均用电量为1800度/人·年,工业发达国家均在4000度/人·年以上,而我国仅为250度/人·年,居世界第60位之后,仅为世界平均值的七分之一。若按照2000年我国按人口平均用电量达到目前世界平均水平(1800度/人·年)计算,那时人口若12亿,每年需要电量将达21600亿度。如果只靠火电来满足用电需要,即使考虑煤耗率降至目前美国水平,每年需煤炭10余亿吨,几乎是目前煤年产量的一倍。按这个要求,仅发电用煤一项,每年就需扩大煤炭生产能力5000万吨,投资50亿元,这点是相当可观的。

二、解决能源紧张的对策

经过综合分析,我国在今后一段时期解决能源紧张的方向和对策应该是:

1.制订一个周密的、有科学根据的、切合我国实际的长远能源规划 能源平衡主要包括各种能源生产平衡、消费平衡及生产和消费之间的综合平衡三个方面。能源平衡问题是涉及各种能源的生产、运输和利用等整个能源系统各个环节的技术经济问题,也涉及国民经济各部门和各地区甚至各企业的能源生产供应和利用的技术经济问题,这对能源问题的解决具有重大意义。围绕能源平衡这一核心问题制订出一个长远规划,才能保证整个国民经济的顺利发展。

2.煤的利用要提到一个新的技术水平 随着石油、天然气的供应紧张以及资源的逐渐枯竭,世界能源正处于一个过渡时期,即逐渐增加煤的开发利用。我国由于石油储量的限制,能源消费中仍以煤为主,因此,如何提高煤炭利用技术将成为一个重要研究课题。

3.加快发展电力工业,大力开发水电 在人类生产活动中,由直接使用一次能源改用二次能源,在很多情况下是节约综合能耗,提高劳动生产率,实现文明生产的有效途径。全世界发电用能源在一次能源总消耗中所占比重已达25%,并有日渐增长的趋势。我国发

表 1-3

主要工业国家发电能源构成 (%)

(1975~1978 年)

	水 力	煤 炭	石 油	天 然 气	原 子 能
美 国	16.7	43.3	15.2	15.5	8.8
苏 联	16.8	45.1	18.1	18.2	1.8
日 本	19.7	3.9	67.6	3.6	4.9
西 德	6.2	54.3	7.6	22.3	9.1
英 国	1.7	57.6	27.6	2.0	11.1
法 国	25	10.7	45.6	8.5	10.2
加 拿 大	69.7				8.9

电用燃料目前占一次总能源消耗的 22%。

在 1980 年我国发电量中水电占 19.4%，火电占 80.6%。目前每年发电用煤约占全国原煤产量的 20%。结合我国能源构成的特点，今后电力工业应该大力发展水电。目前世界水力资源的利用程度平均为 17%，是我国的 7 倍。西方国家水力资源的开发利用程度已达 38%，其中瑞士 98%，意大利 83%，西德 78%，日本 66%，美国 43%。水力资源如果不利用，就白白浪费掉了。大力开发水力资源，加强水电站建设可缓和我国能源紧张局面，也是缓和电能紧张局面的重要措施。

4. 注意对核能利用技术的研究 原子核能是今后几十年内人类用以大规模替代石油、煤炭的新能源，据国外预计，到 2000 年，在世界总能源消耗中核能的使用将占 13%。我国从事核电站研究工作晚，基础差，应抓紧制定规划，开展研究工作。

5. 认真解决农村能源问题 我国农村能源不足，情况严重，全世界目前烧柴草的大约有十几亿人，中国就占了一半。全国农村每年需烧柴草 6 亿多吨，估计每年缺三个月的柴草。解决农村能源问题不能全靠国家生产的油、煤、电，还要适当使用沼气、小水电、太阳能、风能等可再生能源。

6. 要研究能源管理上的经济政策问题 能源合理和有效利用，涉及到技术、管理和经济问题。经济政策对头了，节约能源的积极性调动起来，能源使用也能趋向合理。目前，还只能依靠传统能源来维持生产和生活，石油将逐渐枯竭，煤炭开采以及大型水力发电厂的建设受到地质储存、勘探技术、开发资金、技术装备、技术水平以及建设周期的限制，新能源还不能很快被大规模采用，在这种情况下，就应特别重视能源的合理使用并注意节约能源。因此，有人称节能为“第五能源”，“二十一世纪将是节能的世纪”。从我国当前实际情况出发，在开发与节约并重的同时，近期必须把节能放在优先地位。

第二节 电力工业生产的特点及其在国民经济中的地位

电力生产过程，从本质上讲，是能量转换、输送和分配的过程。燃料的化学能由锅炉转换为蒸汽的动能，经汽轮机（或水力的位能通过水轮机）转换为机械能，然后再通过发电机转换为电能，最后经多种电气元件输送、分配给用户使用。从这个意义上讲，电能是

一种高级的能量，是极为珍贵的二次能源。

一、火力发电厂的效率

发电厂是电能的加工厂，根据原动力的类别，可分为火力发电厂（简称火电厂）、水力发电厂（简称为水电厂）、潮汐能发电厂、风力发电厂和原子能发电厂等。火力发电厂要耗用大量燃料，对其发电、供热效率应特别重视并在日常生产运行中进行认真检查。

1. 凝汽式火力发电厂的效率 凝汽式火力发电厂的效率，就是用热的单位来表示所产生的电量与所消耗燃料含热量之比，一般用 η_D 表示。从热工学可知：

$$\eta_D = \frac{860P}{Q_{it}^p B} \quad (1-1)$$

式中 η_D ——发电厂效率；

P ——发电机功率（千瓦）；

860——1千瓦小时电量的热当量；

Q_{it}^p ——燃料的低位发热量（大卡/公斤）；

B ——每小时燃料消耗量（公斤/小时）。

经过进一步换算，发电厂效率可改写为：

$$\eta_D = \eta_s \eta_L \eta_r \eta_{\pi} \eta_G \quad (1-2)$$

式中 η_s ——汽轮机效率，一般为0.6~0.85左右；

η_L ——郎肯循环热效率，与蒸汽起始参数有关，一般为0.8左右；

η_r ——发电机效率，一般为0.94~0.98左右；

η_{π} ——发电厂管道效率，一般为0.95~0.99左右；

η_G ——发电厂锅炉效率，一般为0.8~0.9左右。

对于中温中压电厂（40大气压和450℃），发电厂效率约为27~28%；若将蒸汽的汽压和温度增高至100大气压和510℃，则可使效率提高到30~32%；进一步提高蒸汽参数（170~225大气压和550~660℃），效率可达34~37%；当使用超高参数及特殊回热加热及中间再过热系统时，有可能使效率达到40~42%。

火力发电厂重要的技术经济指标之一是发电煤耗率 b ，即生产每度电所消耗的燃料量：

$$b = \frac{B}{P} = \frac{860}{Q_{it}^p \eta_D} \quad (1-3)$$

式中 b ——发电厂煤耗率（公斤/度）。

若换算到发热量为 $Q_{it}^p = 7000$ 大卡/公斤的标准煤时，发电厂标准煤消耗量为：

$$b_H = \frac{860}{7000 \eta_D} = b \frac{Q_{it}^p}{7000} \quad (\text{公斤/度}) \quad (1-4)$$

式中 b_H ——发电厂标准煤耗率。

2. 热电厂的效率 热电厂的热经济性是用生产电能和热能两个效率来衡量。

生产电能的效率为：

$$\eta_{TD} = \frac{860P}{Q_{it}^p B_{TD}} \quad (1-5)$$

式中 η_{TD} ——热电厂生产电能效率（%）；
 B_{TD} ——热电厂生产电能的燃料消耗量（公斤/小时）
 生产热能的效率为：

$$\eta_{TP} = \frac{Q_Y}{Q_T} = \frac{Q_Y}{Q_H^P B_{TP}} \quad (1-6)$$

式中 η_{TP} ——热电厂生产热能效率（%）；
 Q_Y ——热电厂对外供热量（大卡/小时）；
 Q_T ——热电厂生产热能耗热总量（大卡/小时）；
 B_{TP} ——热电厂生产热能燃料消耗量（公斤/小时）。

热电厂总燃料消耗量应满足：

$$B_T = B_{TD} + B_{TP} \quad (1-7)$$

有时利用热电厂的总效率 η_T 来全面估计热电厂的热经济性及联合生产电能和热能时的燃料利用程度：

$$\eta_T = \frac{860P + Q_Y}{B_T Q_H^P} \quad (1-8)$$

式中 P ——电负荷（千瓦）；
 Q_Y ——热负荷，即热电厂对外供热量（大卡/小时）。

可以看出，热电厂与凝汽式发电厂比较，（1-8）式中分子项增加，燃料利用率增大，对外供热量越多，热电厂总效率就越高。

二、动力系统与电力网的一般概念

电力工业发展初期，发电厂多建在用电地区（例如工厂集中区或城市），它们多半是彼此没有联系的孤立的发电厂，并且是用电压不高的输电线向邻近小区域供电。

为了充分利用电力资源，减少燃料运输，以降低发电厂的投资和运行费用，应建设水电厂和燃烧地方性燃料或劣质燃料的火电厂。但是动力系统资源丰富的地区和电能、热能集中消费的地方往往不在一处，这就需要高压输电线，把远方发电厂的电能送到用户所在地。

随着电力技术特别是大机组、高电压技术的发展，利用高电压输电可以增加输电容量和距离并降低送电损耗的特点，在发电厂和用户之间建立了升压和降压变电所，用高压远距离输电线路输送电能。此外，为了保证运行的可靠性和经济性，发电厂之间互相联接起来，个别孤立的发电厂，通过各种不同的电压等级的电力线路，首先是在一个地区内互相联系，后来发展到地区和地区之间的联系，从而组成了庞大的和统一的电力系统。

电力系统和动力部分的总和称为动力系统。它包括发电机、变压器、电力线路、用电设备连在一起的电力系统和锅炉、汽轮机、热力网和用热设备、水库、水轮机以及原子能电厂的反应堆等组成的动力部分。动力系统也可看成由两类元件联接而成：

1. 变换元件 其主要任务是将一种形态的能量变换为另一种形态的能量。属此类元件的有锅炉、汽轮机、发电机、变压器、电动机、工作机械（水泵、风机、车床等）、照明及家用电器、整流器、逆变器和变频器等。

2. 输送元件 其主要任务是输送能量。属于此类元件的，如架空电力线路、电缆线路、发电厂或变电所的配电装置、管道及燃料输送设备等。

在动力系统中，通过上述元件首先把不同形式的能量转换为电能，然后输送出去，分配到各用户，再转变为各用户所需要的其它形式的能量。

动力系统系指电力系统和动力部分的总和。而电力系统中除发电机和用电设备外的一部分叫做电力网络。

图1-1为动力系统示意图。该动力系统包括一个巨型水力发电厂、两个区域性火力发电厂和一个热电厂，彼此用电力网络互相联系起来向用户供电。该电力网络的电压等级有220、110、35和10~6千伏等。变电所A和B是系统中的枢纽变电所，而C和D则是系统中的区域性变电所，直接靠近变电所的用户，采用6~10千伏的电压供电，距变电所更远的用户，则以35千伏电压供电。图中L-1~L-8是输电线路，靠它们把发电厂（设在燃料产地或水力能源附近）发出的电力输送到几十公里甚至几百公里外的用户（例如设在原料产地或消费中心的工厂）处。

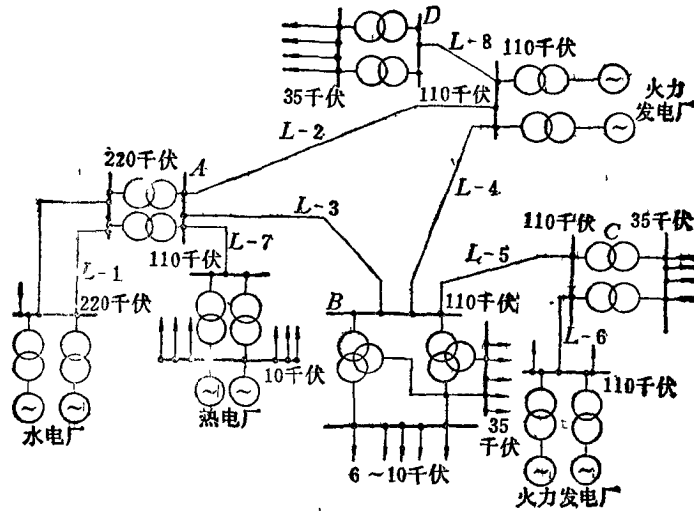


图 1-1 动力系统示意图

电力系统是孤立电厂发展的必然结果，它具有如下优点：

- (1) 互相支援，互通有无；
- (2) 保证电能质量；
- (3) 可提高抗事故、干扰的能力；
- (4) 可以互为备用，减少备用容量；
- (5) 大电网，可以采用大机组、加快建设速度，从而可降低造价，减少燃料消耗；
- (6) 实行经济调度，可以取得最大经济效益；
- (7) 可以充分利用各种动力资源，有利于开发大水电站和矿区火电站；
- (8) 有利于备战；
- (9) 可以利用时差，错开高峰用电。

电力是宝贵的二次能源，电能生产、输送到使用要经过一个比较复杂的过程。在发电厂中，燃料热能变换为电能，总损失为60~70%；发电厂发出的电能，在电力网输送变换过程中又有10~20%的线路损失；在用户用电设备中，电能还要损失40~60%。因此，电能从产生到使用，实际有效利用的燃料能量只有10~20%左右。可见电能是极为珍贵的能源，应该有计划节约使用。

三、电力生产的特点

电力生产，具有与其它工业产品生产不同的特点：

1. 电能的生产、输送、分配以及转换为其它形态能量的过程，是同时进行的 电能是不能大量储存的。电力系统中瞬间生产的电力，必须等于同一瞬间取用的电力。发电、供电取决于用电，也就是说，电力系统的有功功率和无功功率总是时刻保持平衡。

电力生产发电、供电、用电在同一时间内完成的特点，决定了发电、供电、用电时刻要保持平衡，发供电随用电的瞬时增减而增减。任何其它产品的生产、运输、销售（使用），都是既有联系，又独立存在。任何产品，在生产该产品的工厂完成之后，它的生产过程就完结了。产品要被社会所使用，则要通过运输环节即流动过程扩散出去，扩散到使用人手中，通过使用表现它的价值。生产、运输、使用三个环节都是独立存在的，而且其中有一个相对较长的周转期。电力则不同，停止了用电，供电就随之停止，发电也随之停止。这就是说它的生产、运输、销售（使用）是十分紧密地联系在一起，三个环节，只能共同存在，共同发生作用，任何一个环节都不能孤立存在，而且在时间上它是瞬时的，没有周转期和间歇期。发电、供电都是电力部门生产的组成部分，它的建设、管理都是电力部门的内部工作，这是一个方面；用电则是在电力部门之外，是电力的使用者，是另一个方面。因此，发、供、用是三个环节，两个方面。由于上述特点，电力部门必须时刻考虑到用户的需要。不仅要搞好发电工作，而且要搞好供电和用电工作。这不仅是国民经济的需要，用户的需要，而且是搞好发电工作的需要。

2. 电力生产是高度集中的、统一的 在一个地区内生产同类产品的各工厂，可以隶属于这个行业，也可以隶属于那个行业（如石油化工、电炉钢、电石、铸造等），接受本行业的计划、技术、业务的领导，同类产品的各个工厂，可以制订各自不同的产品规格、技术标准、销售方式，可以根据国家计划或市场需要，组织生产和销售。但是电力产品则截然不同，在一个电网里不管有多少个发电厂、供电局，也不管这些厂、局的隶属关系如何，都必须接受电力网的统一调度，要有统一质量标准（周波、电压）、统一管理办法，在电力技术业务上受电网的统一指挥和领导，电能由电网统一分配和销售，电网设备的检修、启动、停止、发电量和电力的增减，都由电网来决定（这一点还要逐步扩展到用电单位），这是电力生产高度集中统一性的另一个方面。从上述两方面看，在一个电力网内，必须统一指挥、统一调度、统一管理电力的生产和销售，这是电力生产的规律，世界各国都是如此，电力生产的指挥、调度都是集中在电网调度部门，在一个供电区内都是独家经营。

集中统一性也带来了另外的问题，就是用电单位对电力部门的绝对依赖，受电力部门的制约。电网的电能质量好，用户就得到符合质量的电能；电网安全情况好，用户的生产

用电就有保证；电网服务周到，处处想到用户的困难、利益，用户的用电问题就能及时得到解决；电网调峰组织得好，用户就能均衡用电；电网电力充裕，用户就免受限电之苦等等。反之，用户则受到种种限制，用户的生产用电就得不到应有的保证。

用户对电网的依赖，受电网的制约，容易使电力部门滋生一种官商作风。因此，电力部门必须时刻考虑到用电工作，尤其要注意搞好供电工作，使用户用好电，扭转重发电、轻供电、不管用电的偏向，把用电工作放在应有地位，这是发展社会主义国家生产所需要的，是电力生产高度集中统一性的特点所决定的。

3.电能使用最方便，适用性最广泛 发电厂、电网经一次投资建成之后，它就随时可以运行。电能不受或很少受时间、地点、空间、气温、风雨、场地的限制，与其它能源比较是清洁、无污染、对人类环境无害的能源。

4.过渡过程相当迅速 电力系统中各元件的投入或退出都在一瞬间完成。电力系统运行方式的改变过程也非常短促。因此，除了有关生产指挥人员必须具有相应的技术、业务水平以外，必须广泛采用特殊的自动装置和保护装置，才能保持正常稳定运行。

四、电力工业在国民经济中的地位

电力工业是国民经济中重要工业部门之一。电力工业发展快慢将影响到其它部门的发展速度，同样地，电力工业是建立在煤炭工业、有色冶金、动力机械制造等部门生产的基础上，这些部门的发展情况将影响电力工业的发展。例如，煤炭供应不足时，火电厂的发电量将会被迫减少，若有色金属不足时，电力设备和电网建设就要受到限制。因此电力工业和其它工业部门一样，必须根据国家计划统筹安排，在与其它部门互相协调、互相适应的情况下，不断发展。

国民经济发展中电力必须先行。人们往往称电力工业是国民经济的“先行官”。所谓先行作用，主要是装机容量、电网容量、发电量增长速度应大于工业总产值的增长。这个数量上的超前关系是由一系列因素决定的：

(1) 工农业方面生产力的提高，主要依靠劳动生产率的提高并不断提高机械化和电气化的水平；

(2) 出现许多新的、规模大的、耗电多的工业部门，如电气冶炼、电化学等；

(3) 用电量不多的一些部门，如农业、交通运输业等，随着技术革新的开展，将广泛应用电能，使电能需要量大大增加；

(4) 人民生活、文化水平不断提高，家用电器日益增多，例如电视机、电扇、洗衣机、电冰箱、电热及空调设备等，就会使民用电量日益增加。

一般说来，电力消费增长速度总要比国民经济增长速度快，比一次能源消费的增长速度也快。近十五年来，世界各国电力总消耗平均每年增长率为 7.5%，为国民经济总产值年平均增长率的 1.4 倍，为一次能源消费年平均增长率的 1.6 倍。1950~1976 年，电力消费增长与国民经济总产值增长比例，美国为 1.9；苏联为 1.3；日本为 1.2；英国为 2.2；法国为 1.45；西德为 1.74。

建国以来，从 1952 年到 1980 年，工业总产值增长 18.8 倍，而发电量增长 41.4 倍，工业用电量增长 50.5 倍，后两者是工业产值增长速度的一倍多，与国外的发展趋势是一致的。

由此看来，除了个别年份（如国民经济有较大调整）外，电量的增长速度大于产值的增长速度，这是国内外国民经济的普遍规律。

表 1-4 世界主要工业国家电力、生产增长比例表
(1971~1975 年)

	国民经济生产总值增加	电力消费增加	比 例
美 国	2.1%	4.1%	1.95
苏 联	6.3%	7.0%	1.11
日 本	5.4%	5.8%	1.07
英 国	1.6%	1.8%	1.13
西 德	1.9%	4.5%	2.38
法 国	3.5%	4.9%	1.4

第三节 实行国家统一分配是 我国电力经营管理的一项基本政策

电力是国家的重要资源，对电力要实行国家统一分配，这是我国电力经营管理的一项基本政策。在各个电网内，必须实行计划发电、计划供电和计划用电，其原因是：

(1) 我国是社会主义国家，实行以计划经济为主的经济体制，电力统配是国家计划经济的重要组成部分。

(2) 我国能源开发相对不足，长期以来处于缺电状态，而且短期内难以改变。为了保持发电、供电、用电的平衡，保证电网的稳定和电能质量，电力必须由国家统配。

(3) 电力是国民经济各部门生产活动必不可少的动力，实行电力统配，促使国民经济各部门按着计划发展。

执行国家电力统配的职能机构，在全国是国家经委和水利电力部；在地方是各级经委和同级电业局、供电局。各级统配机构的具体办事部门是“三电”办公室（电力办公室或计划用电办公室）。

电力统配必须贯彻发展国民经济的方针。例如过去我国执行优先发展重工业的方针，在电力分配上就必须保证重工业用电。十一届三中全会以后，我国执行优先发展轻纺工业、建材工业、能源工业的方针，在电力分配上就要优先考虑这些工业部门和农业生产以及城市人民生活。电力统配要按照国家确定的年度计划对各行业（部门）、各地区、各用电单位进行电量分配。在电力供应不足时，要注意保证重点，择优供应，统筹安排。我国工业用电比重很大，1980年工业企业的用电量占总用电量的78%，因此电力统配的重点是工业用电。计划分配的依据是各工业企业的国家计划任务和单位产品电力消耗定额。按照计划任务和电耗定额来分配电量指标，根据电网的调峰需要确定其不同时间的用电负荷。现在我国在国家计划里已出现市场调节，即“找米下锅”，某些行业的国家计划任务较少，而市场调节的产量比重不少，这种情况，在缺电的地区，电力统配应以国家计划任务为主，对其它市场调节产品生产部分，在可能情况下，给予适当安排。

电力统配应兼顾发电、供电、用电三个方面，这是由电力生产、销售、使用同时完成这一特点所决定的。统配要切实作到发电、供电、用电计划的平衡。在电力不足时不能单纯按用电的需要分配计划指标，因为这样将会造成超分超用或发电、供电超铭牌运行，从而破坏了电网的稳定运行，降低了电能质量；同时，不要随着发电能力的变化频繁变更分配计划指标（事故限电时除外），因为这样会造成供电水平大幅度波动，破坏了工业正常生产秩序。正确的原则是按照国家计划发电；按照发电水平供电；按照分配指标用电。

发电是电力统配的基础，如果不能作到按国家计划发电，那就破坏了计划供电和计划用电。片面认为实行计划用电和电力统配仅仅是用电的问题，要求用电单位跟着发电转——能多发就多用，不能多发就得限电、拉闸，这是一种错误的概念和作法。如果用户必须随着电业部门转，就不可能作到企业有计划地生产，不但正常的生产秩序被打乱，而且生产的消耗也会上升。如果要用户随着电业部门转，那就等于把电业部门工作中的困难转嫁给用户。因此，实行电力统配和计划用电的基础是发电，一定要作到按国家计划发电，使发电保持正常、稳定、均衡。发电按国家计划，主要是指电网调度部门要按国家计划组织发电，电厂要按电网调度部门下达的调度指令发电，执行电网的调度计划就是执行国家计划。

供电要按照发电水平，这是对一个地区的电力统配部门来说的。背离了这个原则就会出现超分、超供和不顾电网全局而抢电的现象。超分、抢电从表面上看是为了用户多用电，实际上却打乱了计划发电，造成电网的不稳定和不安全，从而迫使电网在更大范围内拉闸限电，结果既破坏了电网的安全稳定运行，又损害了用户的利益。

用电要按照分配指标，这是对用户讲的。就是要求用户按分配的电力、电量指标，在规定的时间内用电。规定电力指标，是考虑发供电设备的综合可能出力，并考虑维持正常生产的检修、备用容量；规定电量指标，是考虑发电燃料和水电的水源，燃料的供应是有计划的，不超电量就作到了不超用燃料，不超用水源；规定用电时间，是考虑维持正常负荷率，使现有的发电出力，为国民经济提供更多的电量。电力部门要竭尽全力维护用户按计划用电的权利，指标一经分配，不要任意改动，更不能任意停电、限电。

第四节 实行计划用电是社会主义经济必须坚持的长期方针

建国以来，按照社会主义计划经济规律的要求，在国民经济计划中长期开展了电力分配工作。过去由于缺乏经验，对电力分配、使用和管理问题的性质认识不够清楚，因此，电力统配工作时断时续，没有真正纳入计划轨道。随着电力供需矛盾的加剧，“各行各业都要实行计划用电”就逐渐提到议事日程上来了。周恩来总理在一九七〇年正式提出计划用电工作并在国务院（70）三、四号文件中明确指出：“各行各业都要实行计划用电”。经过全国各地不断实践总结，一九七二年国家计划委员会转发的《全国供用电规则》（试行本）中，明确要求“电力的生产和分配必须纳入国家计划”。一九七三年九月三日人民日报发表短评《推动增产节约运动的重要措施》并刊载旅大、沈阳、丹东三城市实行计划用电的调查报告，初步总结了计划用电的定义、性质、措施和管理方法。一九七五年全国

“三电”工作经验交流会上又明确指出：“计划用电工作是社会主义经济发展的客观需要，是国民经济各部门的长期任务，不论缺电与否，任何地方、任何部门、任何时候都必须认真开展，抓紧抓好”。一九七七年中共中央在（77）十二号文件中指出：“从今年开始，对煤、油、电的供应要象口粮一样实行定量供应，坚决改变消耗无定额的状况”。一九七八年国务院二号文件批转了《加强计划用电，实行凭证定量供电办法》。一九七九年在五届人大二次会议的政府工作报告中又明确规定：“政府要实行电力的统一分配供应制度”。一九八一年五月国务院又颁发了《关于节约用电的指令》（节能指令第二号），对计划用电工作提出了新的要求，特别是随着能源供应的持续紧张和国民经济计划的调整，计划用电工作不断取得进展。

一、实行计划用电是长期方针

所谓计划用电，经过近十年的实践，目前可以具体概括为：计划用电就是按照社会主义经济规律，根据党和政府对电力实行统一分配的具体政策和规定，按照国民经济计划发展的需要，在各级政府的领导下组织国民经济各部门、各行业，对发电、供电和用电实行综合平衡，科学管理，保证电网安全、优质、经济运行，发挥电力资源最大经济效益，完成国民经济计划和发展满足人民生活用电的需要。

计划用电要作为长期方针加以贯彻，其主要原因是：

1.是由我国国家性质所决定的 我国是社会主义国家，社会主义经济是计划经济，工农业生产都是按计划进行的。因此，对于作为工农业生产动力的电力，必须实行国家统一分配，按计划使用。

计划用电是社会主义计划经济的一个组成部分，无论是农业和工业、重工业和轻工业，以及农业内部和工业内部都必须保持一定的比例关系，特别是重工业内部采掘工业、原材料和动力工业同加工工业之间的关系，这些关系处理得好，国民经济就发展，处理得不好，国民经济发展就受影响。一段时期全国很多电网处于低周波运行，频繁无计划拉闸限电，生产受到很大影响。后来加强了计划用电工作，加快了电力工业的发展速度，在一些电网中才逐步地扭转了这种被动局面。实践使我们很清楚的看到，只有坚持计划用电，保持电力工业和其它部门发展的比例关系，才能保证国民经济的正常发展。

2.电力工业生产特点决定的 电力工业发、供、用电同时完成，用多少（包括厂用、线损）只能发多少，如果用电量超过发电量，将会出现低周波运行，甚至会造成整个电网的瓦解；如果用电量少，发电量也应随之减少，否则就会出现高周波运行，威胁电网的安全。

3.从辩证法观点看必须长期实行计划用电 不平衡是绝对的、长期的，平衡是相对的、暂时的。社会生产和需要之间的矛盾会长期存在，电力供需矛盾也同样会长期存在。实践证明，实行计划用电是缓和、解决电力供需矛盾的重要措施之一，通过计划用电的有效调节，在一定程度上缓和长期存在的电力生产和需要之间的矛盾。

4.可更好地贯彻“生产和节约并重”的能源方针 计划用电与节约用电是相辅相成的，通过实行计划用电促进节约用电，必须长期实行计划用电，才能更好地落实国家的能源方针。

二、落实计划用电的重要环节

实践证明，合理分配、科学管理、节约使用、灵活调度，简称为分、管、用、调，是落实计划用电工作中必须抓好的四个重要环节：

1.合理分配 就是在执行国家电力统配政策的条件下，按照当时当地的具体情况，参照历史上较好产品用电单耗和国家生产计划进行分配，这是实行计划用电的重要基础。对于国家急需的短线产品，在电力分配上要为其超额完成计划创造必要的条件，对国家不急需的长线产品和质量差、消耗高、产销不对路的产品要限制其用电量。分配方式，目前大多数地区采用条块结合的办法，即根据需求和可能，由上级主管部门对部分重点企业指标“戴帽”下达，其余由地、市分配到主管局、县、区，再由主管局、县、区分配到所属企业单位，形成一个自上而下的分配渠道。尽可能在一段时间内保持分配指标的相对稳定。

2.科学管理 计划用电是一个很复杂的问题。有的电网缺电量的矛盾大于缺高峰电力的矛盾；有的电网缺高峰电力的矛盾大于缺电量的矛盾。同一个电网在一年内不同时期缺电的主要矛盾又不相同，所以在工作上应各有侧重。目前各地区通过行政、技术、经济等手段进行管理，实行凭证定量供电。

3.节约使用 节约使用电能，有二个方面的内容：一是充分利用发供电设备，即利用电网中不同时间的发电功率和用电特点的不平衡性（年、季、月、周、日）组织用户让峰填谷，在电力供需矛盾突出的情况下用有限的发供电能力满足更多的用户对生产用电的需要；二是节约电能，充分发挥每一千瓦和每一度电的作用，降低产品用电单耗。

4.灵活调度 发电、供电、用电情况都在变化，电网的平衡是发供用电的动态平衡。企业生产，除受供电的影响外，还要受原料、燃料、劳动力等等因素的影响，因此，指标分配以后，在不超指标条件下，在企业内部、企业之间进行调整，既满足电网需要，又满足生产变化的需要。

三、计划用电工作的特点

计划用电工作特点，主要表现在如下方面：

1.计划用电是一项政策性很强的工作 在电力不足时要有保有舍，如何取舍要根据党和政府在各个不同时期对国民经济的方针来确定，绝不能搞“一刀切”，不能搞平均分配和自由分配。计划用电是一项政策性很强的工作，应注意研究党和国家对国民经济的指导方针和有关政策；注意研究经济调整的方针和节能的方针。

2.计划用电是一项在不平衡中求平衡的工作 实行计划用电，就是使不平衡达到暂时的平衡。搞电力削峰、填谷，也是为了解决不平衡。解决不平衡问题的最根本办法是扭转电力工业的落后状况，加快建设，但这是长期任务，就是在解决了失调之后，在局部地区，在某些季节，在一天的不同时间，仍然存在不平衡的问题。因此，求得平衡是电力统配、计划用电的长期任务。“发电要按国家计划，供电要按发电水平，用电要按分配指标”，这是平衡的总原则，是计划用电、电力统配的总原则。现在工业让电、限电的因素很多。有枯水让电、限电；农灌让电、限电；电网高峰让电、限电；电力事故让电、限电等；这些对于工业生产提高经济效益很不利。所以，计划用电工作要在解决平衡的原则下，研究如何解决农业生产不误农时，对工业生产均衡供电，使工业均衡生产的问题；研究利用季

节电能，使少数有条件的企业实行季节性生产，使多数企业免受枯水限电的问题；研究使一部分大型企业在农业排灌时安排停产检修，以避免多数企业对农业让电的政策；还要研究在排灌季节使农副加工、社队工业让电的问题。

3.计划用电是地区性很强的工作 全国各电网中工农业分布不均；用电构成不同；供需矛盾的程度不同；水火电的比重不同；燃料构成和自给程度不同；电网的结构不同，这些差别的存在说明了各个电网都有其地区特点。这就要求计划用电工作应充分考虑到地区的特点、实际情况，要在国民经济方针政策的指导下，在电力统配总政策、总原则的指导下，因地制宜，不能千篇一律。计划用电的地区性还表现在供电和地区经济关系十分密切。因此，计划用电工作要依靠省、地政府和当地经济部门的领导和支持。电力部门要随时把计划用电工作情况和问题向地方政府和当地经济领导部门汇报清楚，并向广大用户进行宣传，齐心协力，步调一致，搞好供、用电工作。

第二章 电力负荷及其特性

第一节 负荷分类及一般特性

电力工业中的负荷有两种，即电负荷与热负荷。本章介绍的主要是指电负荷。

一、电负荷

所谓电负荷是指发电厂或电力系统中，在某一时刻所承担的各类用电设备消费电功率的总和，叫电负荷。单位用，“千瓦”表示。电负荷可分为如下几类

1.用电负荷 是指用户的用电设备在某一时刻实际取用的功率的总和。通俗地讲，就是用户在某一时刻对电力系统所要求的功率。从电力系统来讲，则是指该时刻为了满足用户用电所需具备的发电出力。

2.线路损失负荷 电能从发电厂到用户的输送过程中，不可避免地会发生功率和能量的损失，与这种损失所对应的发电功率，叫线路损失负荷。

3.供电负荷 用电负荷加上同一时刻的线路损失负荷，是发电厂对外供电时所承担的全部负荷，称为供电负荷。但有些大电网在计算供电负荷时，减去了属于电网调管的高压一次网损，称为电网的供电负荷。有的电网把属于地区调管的公用发电厂的厂用电负荷也做为地区供电负荷。

4.厂用电负荷 电厂在发电过程中要耗用一部分功率和电能，这些厂用用电设备所消耗的功率，称为厂用电负荷。

5.发电负荷 电网对外担负的供电负荷，加上同一时刻各发电厂的厂用电负荷，构成电网的全部生产负荷，称为电网发电负荷。

二、用电负荷分类

(一) 根据用户在国民经济中的部门分类，可以分为以下四类

(1) 工业用电负荷。

(2) 农业用电负荷。

(3) 交通运输用电负荷。

(4) 照明及市政生活用电负荷。

(二) 根据供电可靠性的要求，可以分为以下三类

1.第一类负荷 停止供电时，将造成人身伤亡；设备损坏；出现大量废品；引起生产混乱；重要交通枢纽、干线受阻，重要城市水源、通讯、广播中断；因而造成巨大经济损失和重大政治影响者。

2.第二类负荷 停止供电时，会引起严重减产、停工；局部地区交通阻塞停顿；大部分城市居民的正常生活被打乱者。

3.第三类负荷 不在第一、二类负荷范围内的都属第三类。这类负荷短时停电造成的损失不大。

(三) 根据国民经济各个时期的政策和季节的要求, 可分为三类

- (1) 优先保证供电的重点负荷。
- (2) 一般性供电的非重点负荷。
- (3) 可以暂时限制或停止供电的负荷。

三、负荷的构成

负荷构成即是对一定范围(一个地区、一个部门、一个企业、一个车间等)用电负荷组成的种类、比重及其相互之间的关系的总体的表述, 称作负荷构成。因为这里讲的是用电负荷的构成, 所以简称“用电构成”。

用电负荷对一个地区、一个部门、一个企业、一个车间来说都在不断变化, 其变化幅度在一天之内有时是很大的, 因此, 在一定时间内, 各个部门行业之间的用电负荷结构也随之而变化。但是一个部门、一个行业形成负荷的基础——用电量, 在一个比较长的时间内(如年、季、月、日)则是相对稳定的。因此, 在分析一个地区、部门、行业的用电构成时, 首先分析其用电量的构成。

从用电构成可以看出国家(或地区)在各个时期的方针政策及其贯彻情况; 同时可看出国家的经济状况和人民的生活水平。

在表2-1里, 可以看到从一九五二年到一九八〇年全国用电构成的变化情况。

(一) 农业用电情况

农业用电比例不断升高, “五五”期间已上升到13~14%, 末期又有增加趋势。其中, 排灌用电“五五”期间依据旱涝情况基本维持在6.5%上下, 从一九五二年到一九七八年, 按播种面积计算, 平均粮食单产增加1.9倍, 而按机电排灌面积每亩配备动力增加6.52倍。按机电排灌面积(包括油机和电机)计算平均每亩用电量由一九七五年的30.5度增加到一九七八年的37.44度。农业排灌用机电设备和用电量的增长大大高于灌溉面积的增长和单产的提高, 其原因主要是:

(1) 一些地区的排灌设备是机电“双保险”, 有电用电, 无电用机, 逐步由电灌代替了机灌。有不少地区由于对农村计划用电工作抓得不力, 以简单的“隔日供电”等减少供电时间的办法限制用电, 结果促使社、队多装设备, 一天反而用了两天的电量。

(2) 随着农业机械化、电气化的发展, 灌溉面积中机电灌溉比重增加, 自流灌溉比重下降, 特别是发展了一些高扬程的农业灌溉。西北、西南地区新增加的电力灌溉中有很多是高扬程的, 虽然粮食产量有所增加, 但耗用的电力很大。

(3) 一九八〇年以来, 社队工业发展极快, 一九八一年比前一年同期增长33.8%, 今后仍有大量增长的趋势。

(4) 农村实行联产计酬以来, 排灌用电出现精打细算的趋势, 节约用电方面有显著效果。

(二) 轻重工业比重变化

国家的经济政策决定了轻重工业产值比重的变化。解放初期, 我国重工业基础很差, 一九五二年轻工业产值比重为68.3%, 在执行优先发展重工业的政策特别是推行“以钢为纲”以后, 到一九六〇年轻工业比重下降到35.71%。经过第一次国民经济的调整, 到一

表 2-1

我 国 的 用 电 构 成

	1952		1957		1960		1965		1972		1978		1979		1980	
	比重 (%)	100	比重 (%)	100	比重 (%)	100	比重 (%)	100	比重 (%)	100	比重 (%)	100	比重 (%)	100	比重 (%)	100
全部用电量																
农村用电																
小	0.69	100	0.66	100	1.37	100	6.53	100	7.80	100	10.51	100	13.20	100	13.91	100
其中																
灌溉用电									4.87						6.65	6.57
农村加工用电									1.73						5.08	3.69
社、队工业用电																2.30
照明用电															2.18	2.30
工业用电																
小	79.99	100	82.92	100	90.57	100	84.02	100	84.20	100	82.35	100	79.47	100	78.55	77.43
1.煤炭工业	13.33		12.95		10.69		9.34		8.31		7.55		7.21		7.26	6.87
2.石油工业	1.49		1.58		1.25		2.04		2.18		2.52		3.52		3.51	4.06
3.黑色金属工业	9.01		13.84		26.13		14.32		14.69		15.70		13.58		13.30	12.13
4.有色金属工业	3.31		8.68		10.47		9.40		9.68		9.85		6.60		6.44	6.15
5.金属加工工业	6.15		7.11		11.75		10.78		10.26		10.27		8.56		8.41	8.15
6.化学工业	6.60		8.75		10.71		16.99		18.68		18.36		20.75		20.69	20.66
7.建筑材料工业	4.33		4.33		4.23		3.52		4.00		3.87		3.87		4.03	4.26
8.纺织工业	20.99		11.61		6.55		6.62		6.42		3.70		4.16		4.23	4.84
9.造纸工业	5.35		4.91		2.99		3.52		3.22		2.41		2.07		1.94	2.25
10.食品工业	6.31		4.39		2.34		2.78		2.44		1.84		1.78		1.95	2.08
其它	2.51		4.79		3.46		4.28		4.32		5.28		7.37		6.79	5.98
其中																
轻工业用电																16.21
重工业用电																83.79
三、交通运输用电	0.95		0.43		0.32		0.58		0.58		0.57		1.08		1.06	1.03
小	18.37		15.99		7.74		8.87		7.43		6.57		6.25		6.48	6.80
照明用电	10.28		9.53		3.51		4.81		4.04		2.79		2.79		3.05	3.15