

内 容 提 要

本书对用电计划的编制、负荷调整、计划用电管理机构及考核、计划用电的管理手段、信息管理及分析等作了较详细的阐述。并注意介绍国内计划用电的新成果。

本书系中级普及型读本，深入浅出，实用性强，面向全国广大用电管理工作人员、厂矿企业生产管理人员及电气工作人员，可作为三电工作的培训教材及供有关人员参考。

目 录

第一章 绪 论	(2—1)
第一节 电力在国民经济中的地位和作用.....	(2—1)
第二节 我国电力工业的发展和前景.....	(2—2)
第三节 电力生产过程.....	(2—5)
第四节 计划用电概述	(2—17)
第二章 用电计划的编制与分配	(2—25)
第一节 用电的预测	(2—25)
第二节 用电计划的编制	(2—43)
第三节 用电计划的分配	(2—50)
第三章 用电负荷的调整	(2—55)
第一节 用电负荷的分类及其特性	(2—55)
第二节 负荷曲线及负荷系数	(2—59)
第三节 调整负荷的意义和原则	(2—72)
第四节 调整负荷的方法	(2—78)
第四章 计划用电管理机构及考核	(2—87)
第一节 计划用电管理机构	(2—87)
第二节 计划用电的考核	(2—96)
第五章 计划用电管理手段	(2—100)

第一节	行政手段	(2—100)
第二节	经济手段	(2—109)
第六章	技术手段在计划用电中的特殊作用	(2—120)
第一节	电网负荷监测	(2—121)
第二节	负荷控制器综述	(2—128)
第三节	定量器	(2—131)
第四节	音频、工频负荷控制器	(2—147)
第五节	无线电控制器	(2—152)
第六节	分时电度表	(2—157)
第七节	自动按频率减荷装置	(2—162)
第八节	智能监控仪	(2—164)
第九节	负荷实时测量和直接控制技术展望	(2—166)
第七章	计划用电信息管理及用电分析	(2—168)
第一节	计划用电的信息管理	(2—168)
第二节	用电分析的种类和原则	(2—174)
第三节	用电分析的基本方法	(2—181)
第四节	用电分析实例	(2—188)
附 录		
附表一	相关系数(R_a)校验表	(2—196)
附表二	电力收支平衡表	(2—197)
附表三	行业用电分类表	(2—199)
附表四	工业用电分析(一)	(2—205)
附件一	国务院批转水利电力部《关于按省、市、自治区实行计划用电包干的暂行管理办	

法》的通知.....	(2—217)
附件二 国务院关于电力统一分配确保重点企业 用电的暂行规定.....	(2—222)
附件三 节约能源管理暂行条例.....	(2—226)
参考资料.....	(2—239)

第一章 绪 论

第一节 电力在国民经济中的地位和作用

电能是由煤、石油、水力等一次能源转换而来的二次能源。它对于国民经济的发展和满足人民生活需要方面，都具有重要的作用。并且具有如下的特点：

1. 传输、响应速度快，从发电到用电距离虽远也接近于瞬即完成。如果作为一个控制量，也易于进行控制、调节和变换量值。

2. 便于转换成其它能量。电能可转换为机械能、化学能、热能、光能，还可以转换为X射线进行探伤、医疗等。所以，它被广泛地使用在各行各业，和人们的日常生活之中。

3. 清洁卫生，用电没有环境污染问题，便于改善劳动条件，有利于人民身心健康。

4. 使用方便。电动机的应用，与其它能源转换的传动装置相比，简单便宜，轻巧灵活，单独传动方便。因此，它能促进机械化和社会化大生产，有效地提高劳动生产率，成了工农业生产的主要动力。

5. 能进行远距离传输，我们可在煤矿和水力资源丰富的

地方，建立矿口电站和水电站，将电能输送到需要的远方去。

由上所述，电力工业已成为国民经济发展的命脉，电气化已成为现代化的标志。在四化建设中，电力先行势在必行，科技的发展也要有电作支柱。

第二节 我国电力工业的发展和前景

一、解放以来电力工业的发展

解放前，我国电力工业非常落后，且大部分是外商经营，集中在少数沿海城市，设备来自国外，规格繁多。电厂大多是孤立运行，电压低，容量小。1949年，全国装机容量仅184万千瓦左右，年发电量约43亿千瓦小时。

解放后，随着国民经济的发展，在党的领导和关怀下，我国电力工业得到了很大发展。到1957年，发电设备容量为1949年的250%，发电量是1949年的450%。1958年，发电量比1957年增加了42.5%，新增发电设备容量约等于第一个五年计划全部新增设备的3/4。

文化大革命以后，在党的十一届三中全会路线指引下，电力工业建设有较大发展。1982年发电量已达到了3277亿千瓦小时，新投产的装机容量达到了294.9万千瓦。发电量已跃为世界第6位，装机容量为第8位。

1985年取得了突破性成绩，投产机组539.75万千瓦，发电量达到了4073亿千瓦小时，是历史上投产容量最多的一年。

并且重视了电网配套,投产了110千伏以上的输电线路7054公里,新增110千伏及以上主变容量780.86万千伏安。

我国水力资源极为丰富,规划开放的十大基地,装机总容量可达17560万千瓦,大力开发水力资源,具有重大的意义。我国的发电能源构成发生了很大变化,至1982年水电比例为22.7%,发电量为744亿千瓦时。1985年水电发电量又达到了900亿千瓦时左右的新高度。

此外,还对其它自然资源进行探索开发。如西藏羊八井地热发电已开发3000千瓦;浙江温岭潮汐发电已开发500千瓦。

随着电力工业的发展,供电网络也由少数城市而逐步发展到跨省的大电网。现已建成华北、西北、东北、华东、华中、西南六大电网,华南电网也在逐步形成。电网最高电压也由154千伏而达到220千伏,330千伏,80年代起已达500千伏。

电力工业的技术水平也有了很大提高。高效大机组在电网中比例增加,在1985年投产的机组中,20万千瓦以上机组的容量已有390万千瓦。因此煤耗逐年有所下降,6000千瓦以上电厂供电煤耗1985年完成431克/千瓦小时,比1980年降低7克/千瓦小时。

电网现代化管理得到了加强,调度自动化,电脑应用也有长足进步。

二、电力的供需矛盾及前景

党的十一届三中全会以来,我国工农业生产持续高涨,出现了一片大好形势。在此同时,电力工业也得到了很大发

展。但由于国民经济发展速度过快,加上电力建设资金不足,电力供应还远远不能满足国民经济发展的需要。“六五”期间社会总产值、工农业总产值、国民生产总值和国民收入平均每年增长10%左右,但在此期间电量平均增长仅6.1%,不能同步增长,给电力工业带来了很大压力。尤其是1985年上半年,全国出现了工农业产值超高速,发展速度达到20%多,有的地区高达30%之多,使电力缺口更为严重。1985年电力缺口已增至1200万千瓦,电量缺450~500亿千瓦小时。

电力供应的严重不足,造成限电拉闸频繁,严重制约了国民经济的发展,给人民生活带来了不良影响;同时,也使电力工业设备缺少检修及调度备用,安全运行处于被动局面。因此,在相当长的时期内,电力不足,仍将是国民经济发展中的一个重要薄弱环节。国家一方面要压低部分地区工农业产值过高的速度,一方面已把电力建设放在能源建设的首位。中共中央关于“七五”计划的建议明确指出:能源工业发展要以电力为中心。

1986年在开源方面,将再投产500万千瓦。“七五”期间,平均每年要投产700万千瓦左右,比“六五”翻一番多。但这还是不够的。

为了进一步解决电力不足,国务院决定开展多层次、多渠道和多种形式的办电方式,在集资办电上迈出更大步子,弥补国家资金不足,以期在电力开发上有新的突破。

在开发方向上,除积极开发火电,大力发展水电,有重点地发展核电外,广泛利用各种自然资源,如提高水电比重,建

设原子能电站,利用潮汐、海洋温差、风力等能源发电。还要研究开拓新的路子,如磁流体发电等。并继续采用高效大机组。

在开发的同时,加强电网的配套改造,主网骨架电压将采用50万伏,并研讨正负50万直流输电线路。

继续加强计划用电和节约用电,合理使用电力,使宝贵的电力能发挥更大的社会效益,充分利用设备潜力。把计划用电和节约用电作为能源发展中的长期方针之一。

我国电力工业虽有很大发展,但欠帐过多,人均用电水平还很低,要真正做到先行,发、供、用三方必须共同努力,在电力建设工作上作出新贡献。

第三节 电力生产过程

一、电力系统的构成

电力系统是由发电厂、电力网和用户组成的整体。由电力网将发电厂和用户联结起来,形成电力系统,如图1-1。

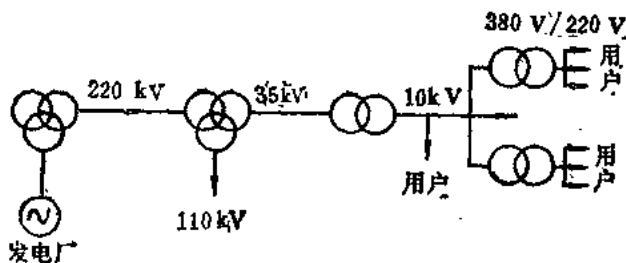


图 1-1 电力系统图

随着国民经济的发展，用电的增加，电力系统的规模也日益扩大，现在已形成几个省市连成的一个大系统。

电力系统对发供电的安全经济运行能起很大作用。由于各地段的最高负荷出现时间，因地理位置和用电结构不同而不同，因此系统综合最高负荷就小于各地区最高负荷之和。可减少装机容量，通过错开检修时间，也可减少机组备用容量。同时有利于开展经济调度。

由于系统容量大，负荷波动，或冲击性负荷，对频率和电压的影响都较小，提高了供电质量。

系统电源多了，增加了供电可靠性。

由于电力系统产、供、销三个环节从技术上不可分割，为了确保系统安全经济运行，在运行、管理上必须实行集中指挥。

二、发电厂

发电厂是将其它能源转换成电力的工厂。在我国主要的有火力发电厂和水力发电厂，目前正在浙江、广州发展原子能电厂。

（一）火力发电厂

火力发电厂是以煤、石油等为燃料，将锅炉中的水加热成蒸汽，经过热器，变成过热蒸汽，送入汽轮机。蒸汽在汽机中不断膨胀，冲动汽机叶片使汽机旋转，汽机带动发电机进行发电，蒸汽在汽机中通过作功，压力、温度不断降低，最后在凝汽器中通过循环水冷却，凝结成水，再由凝结水泵和给水泵将凝结水打向低压加热器、除氧器、高压加热器等，

经除氧和提高温度后重返锅炉。除氧器、加热器由汽机中间抽气供给，它们组成回热系统。图 1—2 为回热系统发电过程示意图。

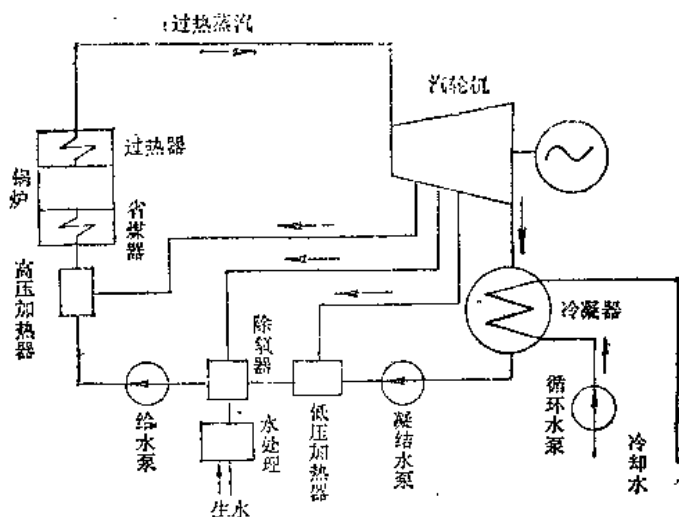


图 1—2 火力发电过程

一个电厂如同时供给用户电和热（蒸汽或热水），叫热电厂。它是利用汽机中间抽气或背压机做功后排出的乏气向用户供热。热电结合能提高热效率。与发电机组配套的原动机，除汽轮机外，中小型机组还有燃气轮机、内燃机等。

（二）水力发电厂

从河流高处或高处水库引水通入水轮机，利用其与水轮机排出尾水间的高度差（称为水头或落差）产生的动力冲动水轮机叶片，使之转动，然后拖动发电机发电。即利用水流的位能转变为电能。通常都是拦河筑坝提高水位，引入水库，以便

综合利用，并起到丰、枯水期的调节作用。

在经济调度中常用到水耗率指标，它表示在某一水头下发1千瓦小时电所需水量，单位为吨/千瓦小时。

（三）原子能发电厂

原子能发电厂以图1—3的压水堆核电站说明。

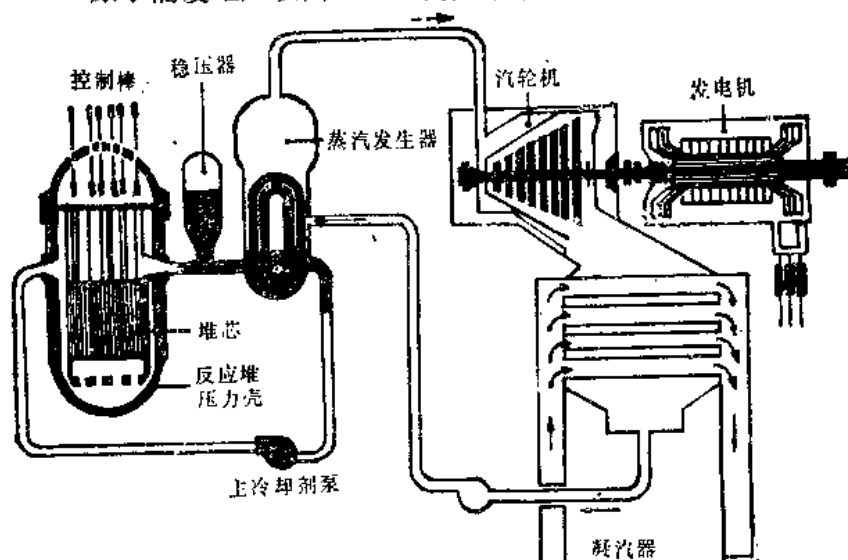


图1—3 原子能电站发电过程

核反应堆中的核燃料，通过控制棒控制原子裂变产生的热量，将冷却水——回路水加热，在蒸汽发生器中，一回路的的热量传给二回路，使其变成蒸汽，推动汽轮发电机发电。

1公斤铀——235全部裂变可放出794.2千焦耳（190亿大卡）的热量（实际只能利用到一部分），而1公斤标准煤完全燃烧仅可发出29260焦耳（7000大卡）的热量，所以100万千瓦的压水堆核电站，每年只消耗30吨左右的核燃料，大大

减少了交通运输的压力，很有发展前途。缺点是投资大，排放物有放射性，要做好处理。

三、电力网

电力网是由线路和变电所组成，是连接电厂和用户的中间环节，起到输送、分配电能的作用。

发电厂发出的电，先经升压变压器升高电压（110~220千伏），进行输送，以减小送电线路的压降与线损。送到用电地区后，再通过降压变压器把电压降至配电电压（例如10千伏）给用户使用。如为低压用户，则再经一道降压变压器把电压降至380伏/220伏供用户使用。

四、电能质量

电能的主要质量指标是频率、电压和供电可靠性。

（一）频率（周波）

《全国供用电规则》规定我国供电频率为50赫〔兹〕，单位符号为Hz即50周/秒，其允许偏差为：电网容量在300万千瓦及其以上者，为 $\pm 0.2\text{Hz}$ ；电网容量在300万千瓦及其以下者，为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。

系统内虽有许多发电机联网运行，但只有一个共同的频率。

频率的稳定性主要由有功功率平衡决定，即

$$Pr = \sum \Delta P + \sum P$$

式中 Pr ——系统**总出力（电厂送往电网的总功率），

$\sum P$ ——用电负荷总和，

ΔP ——线路损失。在线路、变压器中输送功率时

产生的损失。

功率不平衡时就要引起频率波动。当求过于供，就是负荷大于出力，频率就要下降。此时电厂就要及时调整发电出力，增加进入汽轮机的进汽量（或水轮机的进水量）来增加发电机出力，使之与有功负荷平衡，以保持频率质量。由于汽机从增加燃料到增产蒸汽所需时间较长，而水轮机能随负荷变化迅速作相应的出力调整。由于这种优良特性，所以，水轮机常被我们选作调频机组。

如果系统备用容量不足，缺乏调频手段，加上计划用电工作未做好，致使用电有功负荷超过系统可供出力时，频率就自



图 1—4 负荷与频率关系

动下降，迫使用电负荷自动降低。因负载与频率大多数成线性关系，由于频率降低，使电动机转速降低，从而减小了单位时间内所作的功，以此来达到平衡。见图 1—4。

电力系统频率下降与容量变化的关系如表 1—1。

表 1—1 频率下降与容量变化的关系

容量不足占系统最高负荷的百分数	运行频率 (Hz)
2 ~ 2.5	49.5
4 ~ 5.0	49.0
6 ~ 7.5	48.5
8 ~ 10	48

低频率运行，危害很大，它会使汽机低压级叶片振动加大而断裂。同时，由于电厂的水泵、风机、磨煤机也因拖动电机的转速降低而降低出力，使发电机也降低出力。从而使频率进一步下降，引起恶性循环，造成严重事故。为避免事故发生，就要采取拉路限电等措施。

低周（或称低频率）运行，降低了电网应付事故的能力，容易导致系统瓦解，造成大面积停电。

频率的降低，还会使自动化设备、电子仪器、计算机等误动作与出差错，影响电视广播质量。

所以要保持电网频率质量，就要做好有功功率的平衡。计划用电的工作对象主要是对有功功率的调整。其任务是使供需平衡，负荷均衡，使用合理。

（二）电压质量

电压质量包括电压偏移、电压闪变和波形畸变三个方面。

1. 电压偏移：《全国供用电规则》规定，用户受电端的电压变动幅度为：35千伏及其以上供电和对电压质量有特殊要求的用户为额定电压的 $\pm 5\%$ ；10千伏及其以下高压供电和低压电力用户为额定电压的 $\pm 7\%$ ；低压照明用户为额定电压的 $+5\%$ 、 -10% 。

变动幅度用下式表示：

$$U\% = \frac{\Delta U}{U_0} \times 100\% = \frac{U_z - U_0}{U_0} \times 100\%$$

式中 ΔU ——电压实际偏移额定电压的数值；

U_e ——额定电压；

U_z ——实际工作电压。

我们知道，电流在传输中要产生电压损失；

$$\Delta U = \sqrt{3} IZ \text{ 或}$$

$$\Delta U = \frac{PR + QX}{U}$$

式中 Z ——由电阻 R 和电抗 X 组成；

X 分为感抗 X_L ，容抗 X_C 两类， $X = X_L + X_C$ 。

设 W 为视在功率， P 、 Q 分别为有功、无功功率。它们的关系为： $W = \sqrt{P^2 + Q^2}$ ，其中无功功率 Q 分感性无功功率 Q_L 和容性无功功率 Q_C （代入公式为负值）。

由公式看出，有功通过电阻产生压降，无功通过电抗产生压降。在线路和变压器中 X 都为电感抗 X_L ， Q 都为感性的负荷，所以电压质量的好坏主要由无功功率起主导作用。因此要搞好无功功率的平衡和潮流控制来确保电压的质量。无功功率的平衡一般由调度人员考虑。

电压过高过低，也会造成不良影响，过高会增加电机、变压器的铁损和无功激磁功率。电压升高 5%，会使灯泡寿命缩短一半。

电压降低时，电动机电流增大，铜损增加。电压过低时会影响电动机启动。当降低 10% 时，电灯照明度要下降 55%。

2. 电压闪变和波形畸变：电压闪变是由用电负荷急剧的波动，造成配电系统产生瞬时电压降的现象。它将使电灯

闪烁, 并可能破坏电气设备的稳定运行, 给生产带来影响。
它主要是由轧钢机、电弧炉等冲击性负荷所引起。

波形畸变, 即波形构成中含有较多的二倍于基波频率 (50Hz) 以上的高次谐波, 使波形形状偏离正弦波形。高次谐波造成的危害有:

- (1) 导致电压、电流波形畸变, 电能质量变坏;
- (2) 使电气设备的铁损增加, 造成设备损坏或迫使出力降低;
- (3) 影响控制保护及检测装置的工作精确度和可靠性;
- (4) 使电介质加速老化, 设备寿命降低;
- (5) 最易使电容性的电气设备如电容器、电缆等因谐振、过热而损坏;
- (6) 对于通讯、广播、电视产生干扰。

高次谐波主要由冲击性负荷、不对称负荷和非线性负荷所引起。产生谐波的主要设备有电气机车、电弧炉、整流器、逆变器、弧焊机、气体放电灯等等。

波形畸变以总电压 (或电流) 波形畸变率 DFU (或 DFI) 来考核, 它是以各次谐波电压 (或电流) 有效值的均方根值与基波电压有效值的百分比来表示的:

$$DFU = \frac{\sqrt{\sum_{n=2}^{\infty} (U_n)^2}}{U_1} \cdot 100\%$$

式中 n 为谐波次数。(上式以电压换电流即为 DFI)

例如: 某工厂受电端相电压为 220V, 测出二次谐波为