



张维力
陈宝琦
李树海 编
宋东生
缪始森
陈泽民 审

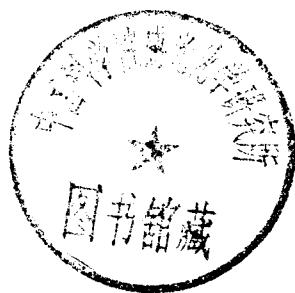
节电顾问

中国农业机械出版社

DE-5/67

节 电 顾 问

张维力 陈宝琦 李树海 编
宋东生 缪始森 陈泽民 审



中国农业机械出版社

内 容 提 要

本书共三个部分，第一部分为节电基础知识，主要从能源的角度介绍了电能的特点、质量指标，以及它的生产、输配、使用和计量等方面的技术知识，并着重讲述了无功功率及其补偿；第二部分重点介绍了一些节电先进技术的实例和工业企业常用的几项行之有效的节电措施；第三部分介绍了目前常用的节电管理与监督方法。

本书主要供工交企业的管理干部、电工和从事节电工作的人员使用，也可做为上述人员的培训教材。

节 电 顾 问

张维力 陈宝琦 李树海 编
宋东生 缪始森 陈泽民 审

•

中国农业机械出版社出版

北京市海淀区阜成路东钓鱼台乙七号

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

•

787×1092 32开 7 4/16 印张 160 千字

1983年7月北京第一版·1983年7月北京第一次印刷

印数：00,001—25,800 定价：0.78元

统一书号：15216·170

编者的话

节约能源是我国经济建设中的一项重大政策，节约用电又是节约能源工作中的一个重要方面，它直接关系到工交企业的经济效益和广大人民的日常生活。为了普及节电基础知识、推广节电技术措施、介绍节电管理方法，我们在有关单位的组织与支持下，编写了这本《节电顾问》，供有关人员阅读、参考。

本书第一部分为节电基础知识，主要从能源的角度介绍了电能特点、质量指标，以及它的生产、输配、使用和计量等方面的技术知识，并着重介绍了无功功率及其补偿。第二部分，重点介绍了工业企业中常用的十项节电技术措施，并列举应用实例。第三部分，介绍了目前常用的节电管理与监督方法。

本书主要供工交企业的管理干部、电工和从事节电工作的人员使用。对于其他具有初中以上文化程度的读者，也可作为一本普及节约用电科学技术知识的参考书。

本书由张维力、陈宝琦、李树海同志合编，由宋东生、缪始森、陈泽民同志审校。北京市技术交流站邵江雅同志负责本书编审的组织工作。张维力同志负责本书的统稿工作。

节约用电是一个涉及面广，而又未经充分研究的综合性技术领域，特别是节电的管理方法问题，更是一个有待探讨和统一的问题。同时，由于我们水平不高、掌握资料局限，所以书中不妥与片面之处在所难免，希望广大读者批评指正。

编者

1983年2月于北京

目 录

第一部分 节电基础知识

第一章 电能	1
一、电能的特点	2
二、电能的种类	3
三、电能的质量指标	5
第二章 电能的生产与输配	8
一、发电厂	9
二、变电站	15
三、输电线	18
四、线损	19
第三章 电能的使用	26
一、电动机	26
二、电灯	31
三、电炉	36
四、电焊机	39
第四章 无功功率与节电	43
一、无功功率的基本概念	44
二、无功功率的平衡	54
三、无功线损	59
四、无功补偿	62
第五章 电能的计量	74
一、常用电度表	75
二、有功电能计量	83

VI

三、无功电能计量	87
四、电能分时计量	90

第二部分 节电技术措施

第六章 远红外加热技术	93
一、基本知识	94
二、远红外辐射元件和涂料	97
三、应用实例	100
第七章 硅酸铝耐火材料运用	103
一、耐火纤维及制品	103
二、应用方法	106
三、应用实例	110
第八章 埋入式电极盐浴炉的应用	114
一、埋入式盐炉特点	114
二、埋入式盐炉结构	115
三、盐炉变压器	118
四、应用实例	118
第九章 应用硅整流装置	120
一、变流技术的种类	120
二、硅整流器和整流电路	122
三、可控硅整流器	127
四、可控硅直流调速装置	130
五、应用实例	132
第十章 节约无功功率的五项措施	140
一、绕线式异步电动机同步化运行	140
二、交流弧焊机装设空载自停装置	151
三、交流接触器无声运行	156
四、车床主电机Y- Δ 接线自动转换	163
五、使用电容器自动补偿装置	168

第十一章 照明节电措施	171
一、选用高效光源和灯具的一般知识	171
二、三相日光灯用于生产照明	175
三、路灯自动开闭装置	177

第三部分 节电管理方法

第十二章 节电管理基础工作	179
一、节电管理机构组织与职责	179
二、节电服务中心的建立	182
三、电能利用情况普查	185
四、计量与测试仪表管理	187
五、电能管理基本制度	190
六、节电教育与培训	192
第十三章 节电监督工作	194
一、节电工作负责制	194
二、负荷的确定	197
三、力率的确定	199
四、耗电定额的确定	200
五、电能损耗的确定	205
六、功率与电量的监督	208
七、调整负荷方案的制订	216

第一部分 节电基础知识

第一章 电 能

通常人们把做功的本领叫做能。从而，能量就成为度量物体做功本领的物理量。

对于一切产生能量的资源，它们就是我们常说的能源。由于能量的形式各不相同，所以能源的种类也很多。

能源一般可以划分为两大类：天然能源和人工能源。

凡是自然界中存在的能源，都称为天然能源。天然能源又称为“一次能源”。太阳能、煤炭、石油、天然气、水力、风力、地热、核子能、潮汐能、生物能……等等，都是常见的天然能源。

将任何天然能源加工转化而形成的新能 源，叫 人 工 能 源。人工能源也叫“二次能源”。电能就是使用最广泛的一种二次能源。此外，煤气、汽油、沼气、焦炭、氢能、余热、液化石油气……等等，也都是常见的二次能源。

电能作为一种最重要的人工能源，在人类的生产劳动和日常生活中起着愈来愈重要的作用。电能的使用促进了劳动生产率的提高，改善了人民的生活。因此，各个领域内电气化程度的高低，已成为是否实现现代化的一个重要标志。

可是，随着电能广泛的使用，其消费量也高速增长，在

某种程度上加剧了能源供不应求的情况。因为电能是由其他天然能源转化而来的，电能的浪费实际上造成了更多天然能源的浪费。因此，节约用电是节约能源工作中十分重要的一环。

一、电能的特点

电能和其他形式的能源相比较，它具有以下几个特点。

1. 易于生产

由于现代电力技术的发展，可以很容易地将各种形式的能源转变为电能，所以电能是一种最便于生产的人工能源。

此外，电能的生产过程较其他人工能源的生产过程更易控制与管理，其生产规模也可以扩充。一般说，使其他形式的能源转变为电能的有效利用率，也较生产其他人工能源的有效利用率高。

2. 便于传输

在任何国家和地区，能源的产地和能源的消费地区总是相距较远。所以，能源的远距离传输一般很难避免。例如：我国的西南地区有着巨大的水力资源，但是，这些天然能源的产地，距大量消费能源的华中、华东地区却很远。因此，为了开发这些能源，就必须解决能源的传输问题。

由于电能可以沿导体以近似光速的速度传播，所以它是一种目前最适于远距离传输的能源。此外，当使用超高电压传输电能时，不仅传输距离远、传输容量大，而且在传输过程中的损耗也很小。

同样，传输电能和传输其他形式的能源相比较，其管理与控制更方便。

3. 使用方便

由于电能很容易转变为机械能、热能、光能、化学能等

常用的能源，所以它是一种最便于使用的能源。

此外，那些把电能转变为机械能的电动机、把电能转变为光能的电灯、把电能转变为热能的电炉等用电装置结构比较简单，使用也比其他能量转换装置方便。并且，这些电气装置的使用都很容易实现自动化。

4. 利用率高

使用不同形式的能源，其能源有效利用率是不相同的。一般说，使用电能的有效利用率比使用其他形式能源的利用率高。例如：铁路蒸汽机车使用煤炭运输的能源有效利用率只有5~8%，而使用电力机车运输的能源有效利用率则可以达到25~30%。因此，通过广泛使用电能提高能源有效利用率，实际上可以达到节约能源的效果。

国外统计资料表明，电能在总能源消费中占35%的国家，其每一美元产值消耗的能源只有0.8~1.5公斤。电能在总能源消费中只占17.5%的国家中，其每一美元产值消耗的能源却高达3.5公斤。也有人做过估算，在某些行业中如果使用电能的比例提高2%，则单位产值中能源消耗可以降低18%左右。显然，在各行各业中广泛使用电能也是节约能源的一个重要途径。

二、电能种类

经常使用的电能主要有两种。一种是直流电能，另一种是交流电能。

凡是电流和电压的方向不随时间变化的电能，称为直流电能。凡是能够提供直流电能的电源，叫直流电源。常见直流电源有以下几种。

1. 一次电池

它是将化学能转变为直流电能的电池。一般它只能使用

一次而无法重复使用。锰锌干电池就是一种最常见的一次电池。

一次电池使用方便，常用于手电筒、收音机等耗电少的设备中。

2. 蓄电池

它可以先将直流电能转变为化学能储存起来（充电），然后在需要直流电能时，再把化学能转变为直流电能（放电）。蓄电池可以反复充放电，多次使用。

蓄电池提供直流电能的能力，较一次电池大。所以可以在容量较大的电器中作为直流电源使用。

常用的蓄电池有：铅蓄电池、银锌蓄电池和镉镍蓄电池等。

3. 整流电源

它是一种能把交流电能转变为直流电能的电源。它广泛应用在各种电气装置和电子设备中，为它们提供各种电压的直流电能。

常用的整流电源有：真空二极管整流电源、半导体二极管整流电源和可控硅整流电源。

4. 直流发电机组

它是一种将机械能转变为直流电能的旋转发电装置。通常使用柴油机、汽油机或交流电动机带动直流发电机，发出直流电能。

工业生产和日常生活中更广泛使用的是交流电能。交流电能的电压和电流大小和方向都随时间作周期性变化。

交流电能一般都是由发电机发出，并通过电力网提供给用电设备。关于交流电能的生产过程和传输方式，将在下一章中介绍。

三、电能的质量指标

象任何产品都有质量指标一样，电能也有一定的质量指标。只有当送到用户的电能符合质量指标时，它才能发挥最佳的效益。

电能主要的质量指标是电压。对于交流电能来说除电压外，频率和波形也是它的重要质量指标。关于这些质量指标的意义、标准和对用户的影响，下面分别加以介绍。

(一) 电压

电压一般是指用户受电端的供电电压。供电电压的额定值和容许偏差，就是电能的一个具体质量指标。

1. 国内对用户供电电压的额定值类型

(1) 低压供电。供电电压的额定值为220伏(单相)和380伏(三相线电压)。

对于低压照明用户，电压的容许偏差为 $+5\% \sim -10\%$ 。对其他低压用户电压的容许偏差为 $\pm 7\%$ 。

(2) 高压供电。供电电压的额定值为3千伏、6千伏、10千伏、35千伏和110千伏。

对于35千伏、35千伏以上用户和对供电电压有特殊要求的用户，供电电压容许偏差为 $\pm 5\%$ 。

10千伏及10千伏以下高压供电用户，供电电压容许偏差为 $\pm 7\%$ 。

如果供电电压的额定值和容许偏差不符合上述标准时，电能质量便不合格。用户使用不合格的电能会使产量下降，造成质量事故与设备事故，并且会造成电能浪费。

2. 供电电压下降过多时造成的危害

(1) 用电设备效率降低。当用电设备的供电电压低于它的额定电压时，其生产效率将会降低。例如：当供电电压

下降10%时。电灯的亮度将下降35%左右，电动机的转动转矩大约下降20%。

(2) 传输电能的损耗增大。在传输一定量电能的情况下，电压降低时电流将成正比地增加。而电流通过输电线路与变压器时的电能损耗，是和电流的平方成正比，所以当供电电压下降时，为传输一定量的电能，其损耗将大大增加。

(3) 容易造成设备事故。带动各种机器设备的电动机，它的转动转矩大都和供电电压的平方成正比。当电压下降时，转动转矩急剧减少。如果带不动机器，流过电动机的电流会大大增大，严重时会使电动机烧坏。此外，当供电电压过高时，也会造成各种危害。例如：灯泡的供电电压若比额定电压升高5%时，它的寿命将缩短约一半。

由上可知，供电电压过高或过低都对用户有危害，所以保证电能的电压质量十分重要。

(二) 频率

由电力网供电的用户，它所使用电能的频率，就是电力网交流电的频率。它也是电能的一个重要质量指标。

我国电力网频率的额定值为50赫。容许偏差是 ± 0.5 赫。

通常当电力系统发电能力超过用电能力时，电网频率就会升高。相反，当发电能力低于用电需要时，频率将下降。大多数情况下电网频率总是低于额定值，称为低周率运行。

当电网频率下降而处于低周率运行时，所有用户的交流电动机的转速都成正比降低，造成工业用户产量下降和质量事故。例如：电网频率下降1赫时，不仅使许多行业产量下降，而且会使纺织品、纸张、印刷品的质量不佳，也会造成电子计算机与某些自动装置的误动作。就是日常使用的交流电钟每一昼夜将慢29分钟。

(三) 波形

交流电压的波形也是电能的一个质量指标。在理想的情况下，电压和电流的波形应当是正弦曲线。此外，对于三相交流电来说，不仅每相波形应为正弦曲线，而且在任何时刻其向量和均应当等于零。符合上述标准的电能，称为具有正弦性与对称性的合格电能。

现代的许多用电设备使用电能时，会严重破坏电能的正弦性与对称性。例如：电弧炉、电焊机、热轧机、电解整流装置等，在工作时都能造成电压波形的非正弦和三相电压的不对称。

根据电工原理可知，任何一个非正弦的电压波形都可以分解为基波电压（50赫）和一系列高次谐波电压（频率是基波频率的整数倍）。通常规定所有高次谐波电压的平方根值的总和，叫总谐波电压。当这个电压超过基波电压的 5 % 时，就可能引起自动装置、电子计算机及其他用电设备不正常工作。因此，一般要求合格电能的波形中任一高次谐波的瞬时值不超过同相基波电压瞬时值的 3 ~ 5 %。

同样，根据电工原理中的对称分量法，不对称的三相电压可以分解为三组对称的三相电压，即正序分量、负序分量和零序分量。负序分量和零序分量愈大，则三相电压愈不对称。通常规定负序分量和零序分量都不超过正序分量的 2 % 为合格的电能。

第二章 电能的生产与输配

目前，由于电能还无法大量储存，所以它的生产和使用是在同一时间内完成，并且永远保持供应与需求之间的平衡。正是在这一点上，电能的生产与消费和其他产品的生产与消费，存在着很大的差异。因此进行节电工作时，有必要了解电能生产与输配知识。

此外，由于电能的生产、传输和使用是同时进行的，所以电能生产的工厂、传输电能的网络和使用电能的用户，组成了一个电能生产与消费的密切整体。这个整体就是通常所说的电力系统。

在电力系统中生产电能的工厂叫发电厂，传输电能的网络叫电力网，而使用电能的各行各业称为电力用户。

图 2-1 中①为区域性发电厂，一般建设在煤矿或水库

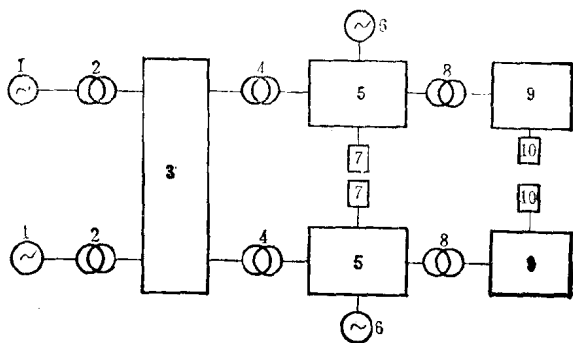


图 2-1 电力系统基本结构图

附近，把煤炭或水能这类天然能源转变为电能。一般情况下区域性发电厂距电力用户较远。所以，区域性发电厂发出的电能首先经过升压变电站②，将电压升高到110~500千伏，送往超高压输电网③，它可以将区域性电厂发出的电能传输到几百公里之外的用电地区，再经过降压变电站④，将电压降到110千伏以下。降压后的电能送入地区配电网⑤。

在一般情况下，地区配电网中也有一些发电厂。这些发电厂大多是既发电又供热的电厂，所以设置在用电同时又用热的地区。图2-1中⑥就是这类发电厂（常称为热电厂）。

大型工矿企业是较大的电能用户⑦，它可以直接由地区配电网供电。一般工业、企业的各种用户⑩，则都由二次配电网⑨供电。二次配电网电压大都为10千伏，它通过图2-1中的降压变电站⑧和地区配电网相连接。

一、发电厂

发电厂实际是进行能源转换的工厂，它把不同形式的能量，通过各种途径和方法，最终转换成电能。

发电厂可以按其使用的能源形式，划分为：火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂等主要类型。也可以按所处地区划分为：区域性发电厂、地区性发电厂和用户的自备电厂等类型。此外，随着科学技术的发展，一些大型的太阳能发电厂、地热发电厂、风力发电厂、潮汐发电厂等新型电厂正在出现。但是，预计到本世纪末，主要发电能源仍然为煤炭、水力和原子能。本节就简要地介绍这三种发电厂的生产过程。

（一）火力发电厂

利用煤炭、石油和天然气等作为燃料的发电厂，叫火力发电厂

火力发电厂目前是我国最主要的发电厂。大型火力发电厂都是属于电业部门。但有的大型厂矿也有自己的小型火力发电厂，叫自备电厂。有些大、中型火力发电厂除发电外，还供应热能，叫做热电厂。

典型火力发电厂的生产过程和主要设备，如图 2-2 所示。

火力发电厂的主要设备有三部分。

1. 锅炉

锅炉是产生高温高压蒸汽的设备。当由图 2-2 中输煤系统①向炉膛送入煤，而由送风机②送入空气时，煤便在炉膛中燃烧。于是煤的化学能便通过燃烧而转变为热能。

炉膛内的热能将由给水泵③送入水冷壁④的水加热。水冷壁是安装在炉膛内的一排排合金钢管，当它里面的水吸收热能后，便在上部形成蒸汽，这些蒸汽便集中在炉顶的汽包⑤中。

锅炉汽包产生的蒸汽还要送入炉膛上部的过热器⑥。过热器也是由合金钢管做成，蒸汽通过它时，进一步吸收热量而形成高温高压的过热蒸汽。

2. 汽轮机

汽轮机能够将过热蒸汽的热能转变为机械能。它主要由定子和转子两大部分构成。

从锅炉送来的过热蒸汽，送入图 2-2 中的汽轮机⑦时，蒸汽便冲动汽轮机的转子，使它转动。与此同时，蒸汽的温度和压力下降，蒸汽的热能转变为转子转动的机械能。

3. 发电机

发电机可以将机械能转变为电能。它也是由定子与转子两大部分构成。