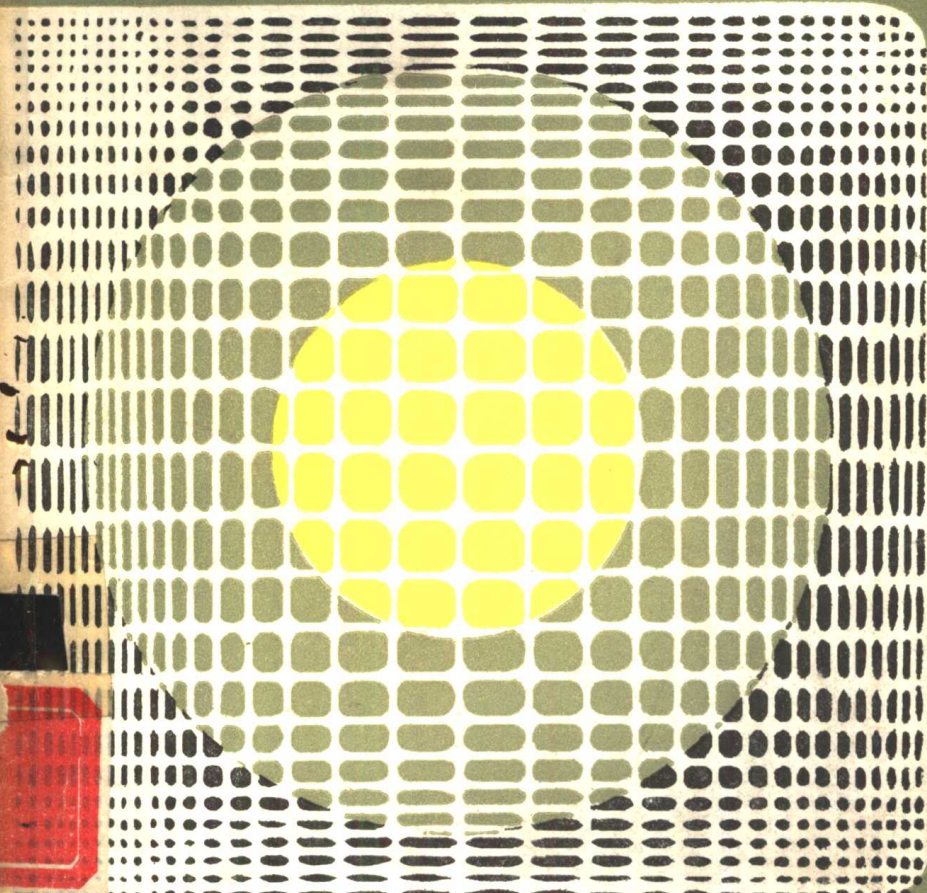


● 里 荣 韦 用 编

工业企业电能利用

● 工矿实用科技丛书



工人出版社

工业企业电能利用

里荣 韦用 编

工人出版社

工业企业电能利用

里荣 韦用 编

工人出版社出版（北京安外六铺炕）

新华书店北京发行所发行

一二〇二工厂印刷

开本787×1092毫米 1/32 印张：8.75 字数：189,000

1984年7月第1版 1984年7月北京第1次印刷

印数：1—13,300册

统一书号：15007·10 定价：0.70元

内 容 提 要

本书介绍工业企业中电能利用的基本知识、常见电力设备、电的计量装置，以及节约用电和安全用电的技术措施；并且对用电新技术及企业用电管理作了简要介绍。本书可供工业企业领导干部、管理人员、技术人员和电工阅读参考。

前 言

电能是工业企业中最重要的能源。在实现四个现代化的进程中，我国工业企业使用电能的范围与数量将日益增大。因此，电能利用的基础知识应在工业企业的广大职工中得以普及。

本书除讲述电力的基本知识外，还介绍了工业企业中最常用的电力设备和电的计量装置，以及节约用电和安全用电的技术措施，以帮助大家搞好工业企业中电力设备的安全运行与经济运行，开展安全用电与节约用电工作。本书还简要地介绍了几项用电新技术和用电管理方面的问题。

对本书的缺点和错误之处欢迎大家批评指正。

编者

一九八三年六月

目 录

第一章	电力是工业企业的重要能源.....	(1)
第一节	能源的基本概念	(1)
第二节	电力是最重要的二次能源	(3)
第三节	电力的生产	(5)
第四节	电力的传输与分配	(9)
第五节	电力的用途	(13)
第二章	工业企业电力基础知识	(17)
第一节	概述	(17)
第二节	电的基本概念	(18)
第三节	电场	(20)
第四节	直流电路	(31)
第五节	磁场和电磁感应	(46)
第六节	交流电路	(53)
第三章	常用电力设备	(68)
第一节	概述	(68)
第二节	变压器	(71)
第三节	电动机	(96)
第四节	低压电器	(116)
第五节	高压电器	(131)
第六节	电焊机	(142)
第四章	电的计量	(146)
第一节	概述	(146)
第二节	电流的计量	(150)

第三节	电压的计量	(152)
第四节	电功率的计量	(154)
第五节	电能的计量	(162)
第五章	节约用电	(185)
第一节	工业企业中电能的浪费	(185)
第二节	减少线路损耗的方法	(188)
第三节	减少变压器电能损耗的方法	(190)
第四节	减少电动机电能损耗的方法	(192)
第五节	减少照明电路电能损耗的方法	(194)
第六节	无功补偿的节电方法	(197)
第六章	安全用电	(205)
第一节	工业企业安全用电的重要意义	(205)
第二节	触电与救护	(207)
第三节	电力设备的安全运行	(212)
第四节	接地与接零	(216)
第五节	安全用具	(219)
第七章	工业企业用电的几个问题	(221)
第一节	用电负荷	(221)
第二节	配电导线的选择	(229)
第三节	用电保护装置	(248)
第四节	工业企业用电管理	(256)
第五节	用电新技术简介	(261)

第一章 电力是工业企业的重要能源

第一节 能源的基本概念

一、什么叫能源

在国民经济的各个部门中，为了进行生产都必须使用能量。例如：机械加工工厂要使用机械能驱动各种机床运转，冶金工厂要用大量的热能去使金属熔化，化工厂要使用多种能量促使化学反应的发生。此外，任何工厂都要使用光能进行照明等。总之，要进行生产就必须消耗能量。

我们知道，能量从物理概念上讲就是做功的本领。在我们日常的生产和生活中，使用的各种能量，例如机械能、热能、化学能、光能以及电能，都具有做功的本领，它们是能量的不同形式。

对于一切产生各种形式能量的资源，我们通称为能源。例如，太阳能够产生光能、热能等，它就是一种重要的天然能源。

二、能源的种类

能源的种类很多，一般可划分为两大类：“一次能源”和“二次能源”。

“一次能源”又称为“天然能源”，它们是存在于自然界中的能源。常见的天然能源有以下几种：

太阳能，由于太阳上的热核反应而产生的巨大光能和热能，通过空间传播到地球上来。它是一种最重要的天然能源；

煤炭、石油、天然气，它们都可以通过燃烧产生热能；

地热，是地球内部存在的热能；

水力、风力，它们可以产生机械能；

核能，可以产生热能、化学能等；

潮汐能，可以产生机械能；

生物质能，可以产生热能、化学能等。

“二次能源”也称为“人工能源”，它是由一次能源转化和形成的能源。电能（或称为电力）就是最重要的二次能源。除电力以外，常见的二次能源还有以下几种：

用石油加工处理制成的燃料，如汽油、煤油、柴油以及液化石油气等；

由煤炭加工制成的燃料，如用煤炭制成的固体燃料焦炭、用煤炭加工制成的气体燃料煤气等；

由生物体形成的可燃气体，如沼气；

由天然气经过加工处理制成的燃料，如液化气；

余热也是一种二次能源，它是在一些能量的转化过程中形成的剩余热能。

三、能源的单位

由于能源的种类很多，为了便于统计与比较，国际上采用了通用的能源单位。这个单位叫标准燃料吨，或称为标准煤吨。

1 标准燃料吨 $\approx$ 3000 万千焦耳

按照这个通用的能源单位计算，1977年我国消耗的总能

源大约为 6 亿标准燃料吨。按人口平均计算，每人每年大约消耗能源为 0.7 标准燃料吨。这个数值超过了世界上人类维持生存的最低消耗能源标准（0.4 标准燃料吨）。但是和 1970 年全世界人口平均消耗能源标准（2 标准燃料吨）来比较，还是较低的。随着我国四个现代化的实现，人口平均消耗的能源数量将会大大地提高。

四、能源的有效利用率

能源的“燃料热能平均利用率”，是能源消耗的指标之一，也就是能源的有效利用率。世界上先进国家的全国燃料平均有效利用率可以达到 50%，根据近年来我国的统计资料计算，我国燃料热能平均有效利用率大约为 27%。能源利用率越高，则能源利用的就越充分。因此，节约能源和提高能源的有效利用率的工作，在我国是大有可为的。

在工业企业中，使用的能源种类不同，能源的有效利用率也不相同。据有关部门统计，我国铁路运输使用的蒸汽机车，其能源的有效利用率只有 5 ~ 8%，普通的民用炉灶的能源有效利用率也只有 15 ~ 20%。而在工厂中如果使用电力，则能源的有效利用率将会大大提高。

第二节 电力是最重要的二次能源

在工业生产中和人们的日常生活中，电力是最常用和最重要的二次能源，它在整个能源中占据着一个非常重要的位置。电力在生产、输送及使用方面具有以下几个独特的优点。

一、电能是一种便于生产和传输的能源

无论在任何国家、任何地区，能源的生产与消耗的分布

都不会一致。因此，运输能源的工作都是不可避免的。例如：煤炭矿藏的分布是不均匀的，而且也不一定分布在人口稠密的城市或工业区附近，因此就要把煤炭从生产基地送到消耗的地方，这要消费很多的人力和物力。但是，如果在煤炭的生产基地建设一个发电厂，把煤炭转变为电力，只需要架设输电线路，就可以把电力源源不断地送到需要能源的地方。这样输送能源要比直接输送煤炭既经济又方便。

二、电力的使用与分配都很方便

电力能很方便地转变成其他形式的能量。例如：我们使用的电灯，是使电能转变成光能；我们使用的电动机，是使电能转变成机械能；我们使用的电炉，是使电能转变成热能；我们给蓄电池充电，是使电能转变成化学能……。在实际应用中，需要多少电能，只要安装相应的电气设备及合理的输配电线路，就可以达到分配和使用电能的目的。因此，电能在使用、输送、分配上都是极为方便的。

三、使用电力可以提高能源的有效利用率

由于电力的生产、传输和使用效率都较高，因此可以提高能源的有效利用率。

国外统计资料表明，电力在总能源消耗中占35%的国家，其每一美元的产值大约消耗能源0.8~1.5公斤标准煤。而在总能源消耗中电力只占17.5%的国家，其每一美元的产值消耗的能源可达3.5公斤标准煤。对于一些行业，如果用电比例提高2%，则单位产值中能源的消耗可以降低18%左右。所以实行电气化是节约能源的一个重要途径。

四、技术进步促使电力消耗大幅度增加

随着科学技术的进步，各行各业的自动化程度不断提高，在生产和生活中，电力的应用范围迅速扩大。因此，虽然单位产值的能源消耗减少了，但电力的消耗却大幅度地增加了。

五、电力消耗越多、电气化程度越高，电力的地位也就越重要。

电力消耗得多，说明用电量大，而且用电范围广。电气化程度越高，说明用电力去代替人力或其他力去完成工作的比例越大。越是发达的国家，电力消耗的就越多，电气化程度也越高，电力在生产和生活中也就显得越重要。

随着我国四个现代化建设的发展，我国的电力消耗量将不断增加，在生产和生活中电力将显得越来越重要。所以我们不但要大力发展电力的生产，而且还要开展节约用电的工作，以满足电力的供求平衡。

第三节 电力的生产

前面讲过，电力是工业企业生产中最重要能源。在工业企业中经常使用的电力主要有两种，一种是直流电，另一种是交流电。它们都属于二次能源，都是通过不同方式由一次能源转变而来。

一、直流电

直流电的电压和电流的方向和大小都不随时间变化，即直流电的电流和电压都是一个稳定值，凡是提供这种电力的

电源，我们称它为直流电源。

蓄电池是工业企业中最常用的一种直流电源。它是一种能够先将直流电转变成化学能储存起来，然后在需要直流电时，再把化学能转变成为直流电的一种设备。利用蓄电池将直流电转变为化学能的过程，称为蓄电池充电，而将蓄电池的化学能转变为直流电的过程，称为蓄电池的放电过程。蓄电池都可以反复地充电与放电，即可以多次使用。

蓄电池提供直流电的能力，较一般干电池大。所以蓄电池使用在容量较大的电力设备中作为直流电源。

常用的蓄电池有：铅蓄电池、银锌蓄电池和镉镍蓄电池等。

此外，整流电源也是工业企业中取得直流电的一个重要途径。它是一种能够把交流电转变为直流电的电源设备。它广泛地使用在电气装置和电子设备中，为这些设备提供各种容量的直流电，作为这些设备的直流电源。

常用的整流电源设备有：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。

一些大型的工业企业还使用直流发电机组作为产生直流电的设备。直流发电机组是一种将机械能转变为直流电的发电装置。一般直流发电机可以由柴油机或汽油机带动发电，也可以用交流电动机带动而发出直流电。

二、交流电

在工业企业生产中主要使用的是交流电。交流电的电压和电流的方向和大小都随时间做周期性变化。交流电都是由发电厂生产的，发电厂实际上就是能量转换的工厂。它能够把不同形式的能量通过各种途径、各种方式最后转换成电

力。例如，发电厂可以把煤或油燃烧产生的热能、水流动时的动能等通过发电设备转变成我们使用的电力。

发电厂可以按它所处地区划分为：区域性发电厂、地区性发电厂和用户的自备电厂等类型，也可以按它使用的能源的种类不同，划分为：火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂等主要类型。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也不断出现。根据目前情况，预计到本世纪末主要用于发电的能源仍为煤炭、水力和原子能，因此发电厂仍以火力发电厂、水力发电厂和原子能发电厂为主。

火力发电厂的主要设备有三部分：锅炉、汽轮机和发电机。下面简单介绍它们在电力生产过程中的作用。

（1）锅炉

发电厂的锅炉是产生高温高压蒸汽的设备。由输煤系统向炉膛送入煤，由送风机向炉膛送入空气，煤粉就可以在炉膛中燃烧，使煤的化学能通过燃烧而转变成成为热能。

在炉膛内煤燃烧后发出的热量将水冷壁中的水加热，水冷壁中的水是由给水泵供给的。水冷壁是安装在炉膛内的一排合金钢管，当它里面的水吸收热量后，在它的上部形成蒸汽，这些蒸汽便集中在炉顶的汽包中。

锅炉汽包中的蒸汽还要再送入炉膛上部的过热器进一步加热。过热器也是由合金钢管制成，当蒸汽通过它时，再一次吸收热量而成为高温高压的过热蒸汽。

（2）汽轮机

汽轮机是一种能将过热蒸汽的热能转变为机械能的设备。汽轮机主要由定子和转子两大部分构成。

由过热器出来的过热蒸汽送入汽轮机时，蒸汽便冲动汽

轮机转子上的叶片使转子转动。在此同时，蒸汽的温度下降。在汽轮机中蒸汽的热能转变成为转子转动的机械能。

(3) 发电机

发电机是将转动的机械能转变成为电能的一种设备。发电机也是由定子和转子两大部分构成。

当汽轮机转子转动时，和它同轴连接的发电机转子也同时转动。在发电机转子旋转的过程中，使发电机定子线圈切割磁力线，在定子线圈中也就产生了电流。从而发电机实现了由机械能转变成为电能的转变过程。

发电机发出电力的电压较低，一般不适于远距离输送，因此还要通过升压变压器升压后才能进行远距离输送。

水力发电厂是利用江、河水落差位能转变成水的动能，即利用水流冲力进行发电的电厂。水力发电厂的建厂投资较大，但是水力是一种取之不尽用之不竭的能量资源，而且和火力发电厂或原子能发电厂相比较，它的生产成本低，而且没有污染。因此，目前国内外都十分重视水力发电厂的建设。

在水电厂中使用水轮机把水流的动能转变成为旋转机械能，水轮机的转子和发电机的转子是同轴连接的，因此发电机转子也同时转动，发电机转子转动的同时发电机定子中便产生出电流。从而完成了把水的位能转变为电能的转变过程。

由于大型水力发电厂都远离用电地区，所以水力发电厂发出的电力都要经过升压变压器进行升压，然后才能通过输电线路送往远方的用电区域。

自从六十年代后期煤炭、石油等能量资源出现紧张局面以来，用原子能进行电力生产受到各国的重视，使原子能发电厂成为电力的一个日益重要的来源。

原子能发电厂是以核能为燃料的电厂。目前主要都是使用一些重金属元素如铀、钚等作燃料。这些元素在裂变反应中会放出大量的热能。和火力发电厂生产过程一样，这些热量可以使水变为高温高压蒸汽，然后再推动汽轮机，汽轮机再带动发电机发出电力。

第四节 电力的传输与分配

一、电力系统的基本概念

我们知道，目前电力还不能大量储存，因此电力的生产、输送分配及使用都是同时进行的，并且时刻都保持着供电与用电的平衡。由于这个原因，从电力的发出、输送，到电力使用的各个环节之间都有紧密的联系。也就是说，发出电力的发电厂、输送电能的电力网、使用电力的用电设备组成一个整体，我们把这个整体称为电力系统。

电力系统可以用各种方法分类，根据电力系统的频率、系统的最高电压等级、系统中电源容量大小及系统的不同结构，可以把电力网分成各种类型。

根据电力系统的频率不同，可将电力系统分为50赫兹和60赫兹的两种，我国和世界大多数国家的电力系统是属于50赫兹的电力系统。也就是电力系统中的交流电频率为50周/秒，还有较少数的国家是60周/秒的电力系统。

按电力系统的最高额定电压不同，可以分为110千伏、220千伏、330千伏、400千伏、500千伏、750千伏的电力系统。电力系统中一般包括几个电压等级，如我国的110千伏电力系统中最高额定电压等级为110千伏，但还包括有35千伏、10千伏、3千伏等电压等级。我国的电力系统多属于

110千伏和220千伏电力系统。

按电力系统发电设备的容量不同，可分为大容量电力系统和小容量电力系统。就我国情况而言，电力系统中发电设备总容量在百万千瓦以上的为大容量电力系统。

按电力系统的不同结构，可以分为简单结构电力系统和复杂结构电力系统，它们又包括各种不同的结构形式。

一个典型的电力系统的基本结构，如图1-1所示。

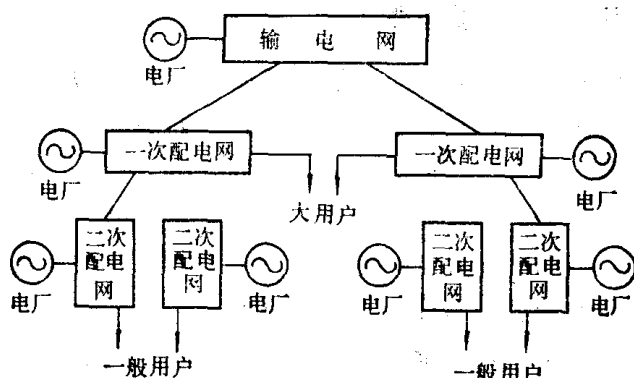


图 1-1 电力系统基本结构图

在图1-1中，电力系统中的区域性发电厂一般是建设在煤矿附近的火力发电厂或水库附近的水力发电厂，这样可以就近把煤炭或水的天然能量转变为电力。在一般情况下，区域性发电厂距用电地区较远，所以区域性发电厂发出的电力，首先要经过升压变电站一般将电压升高到110~500千伏，送往超高压的输电网。通过110~500千伏的超高压输电网将区域性发电厂发出的电力传输到数百公里之外的用电地区。在用电地区电力还要通过降压变电站，将电压降到110千伏