



SHIYOU

中等专业学校教学用书

工业企业 供电与变电

王锡元
编

石油工业出版社

中等专业学校教学用书

工业企业供电与变电

王锡元 编

34696

石油工业出版社

前 言

本书是根据中国石油天然气总公司人事教育局（原石油工业部教育司）1986年11月制订的《供电与变电》教学大纲编写的，适用于初中毕业四年制中专石油工业企业电气化专业和石油仪表及自动化专业。仪表及自动化专业由于课时较少，可选学其中部分内容。

本书根据“石油工业企业电气化”和“石油仪表及自动化”专业的特点及培养目标，要求学生对电力系统、电力线路、变电所电气部分及照明、安全用电、节约用电等的基本知识和原理应有较全面的了解，对其中与专业关系密切的部分应有较深的认识。培养一定的计算能力和简单的设计能力。

为了满足石油企业和一般中、小企业供变电的要求，本书注意结合石油等分散工业企业供电系统的特点，增加了有关内容。例如对35kV、110kV、220kV高压、超高压电压等级的线路，继电保护及所用的电气设备等方面的内容用了一定的篇幅予以讲述。

本书在选材上注意了与其他基础课程和专业课程的衔接。加强了某些基本知识和理论的阐述，并力求做到理论联系实际。此外，对国内外有关的科技新技术、新材料、新成果以及发展方向也做了相应的介绍。

本书是编者根据多年教授《工业企业供电与变电》课程的讲稿，参考了其他资料和教材编写而成的。

本书经天津大学电力工程系王赫副教授主审，并提出了宝贵意见。编者在此谨表示衷心的感谢。本书在编写过程中还得到了华北石油学校王锡光副教授、赵焕如同志等的热情指导和大力帮助，在此一并表示深切的谢意。

由于编者水平有限，加上时间仓促，书中难免有不妥和错误之处，敬请读者批评指正。

编者
1990年

目 录

第一章 概述	(1)
第一节 工业企业供电变电的意义	(1)
第二节 电力系统的基本概念	(2)
第三节 工业企业供变电系统的概况	(10)
第四节 电力系统的电压	(12)
第五节 电力系统的中性点运行方式	(16)
第二章 工业企业用电负荷及其计算	(26)
第一节 工业企业电力负荷及负荷曲线	(26)
第二节 三相用电设备组计算负荷的确定	(33)
第三节 单相负荷的计算	(40)
第四节 电气照明负荷的计算	(42)
第五节 功率损耗的计算	(42)
第六节 全厂计算负荷的确定	(46)
第七节 工业企业的功率因数及无功补偿	(47)
第八节 尖峰电流的计算	(50)
第九节 电气负荷设计计算实例	(51)
第三章 短路电流及其计算	(55)
第一节 概述	(55)
第二节 短路发生的原因、后果及其短路的种类	(56)
第三节 由无限大容量系统供电时三相短路电流的过渡过程	(57)
第四节 欧姆法进行无限大容量系统短路电流的计算	(62)
第五节 标么制法进行无限大容量短路电流的计算	(68)
第六节 发电机供电电路内的三相短路电流	(78)
第七节 两相短路电流的近似计算	(85)
第八节 短路电流的电动力效应和热效应	(87)
第四章 高低压开关电器及其选择	(98)
第一节 电弧的产生及其灭弧方法	(98)
第二节 开关电器中的触头及对触头的要求	(103)
第三节 高压熔断器	(106)
第四节 高压隔离开关	(109)
第五节 高压负荷开关	(112)
第六节 高压油断路器	(112)
第七节 其他高压断路器	(121)
第八节 高压开关柜	(123)
第九节 高压断路器的操作机构	(126)

第十节 高压开关电器的选择	(131)
第十一节 低压开关电器	(133)
第五章 电力变压器和互感器	(150)
第一节 电力变压器	(150)
第二节 电流互感器	(157)
第三节 电压互感器	(164)
第六章 变配电所的主接线及配电装置	(170)
第一节 主接线及对主接线的基本要求	(170)
第二节 主接线的基本形式	(170)
第三节 工业企业变配电所常用的主接线	(175)
第四节 工业企业变配电所主接线实例	(182)
第五节 工业企业变配电所的位置选择和负荷指示图	(185)
第六节 配电装置的一般问题	(188)
第七节 屋内配电装置	(191)
第八节 屋外配电装置	(194)
第九节 变配电所的电气安装图	(196)
第七章 工业企业电力线路	(201)
第一节 概述	(201)
第二节 工业企业电力线路的接线方式	(201)
第三节 工业企业架空线路的结构和敷设	(206)
第四节 企业内部电力电缆线路	(212)
第五节 车间电力线路的结构和敷设	(219)
第六节 导线和电缆截面的选择计算	(225)
第八章 工业企业供变电系统的保护装置	(245)
第一节 保护装置的任务和要求	(245)
第二节 熔断器保护装置	(246)
第三节 自动开关保护	(252)
第四节 常用继电器	(255)
第五节 感应型电流继电器	(260)
第六节 保护装置的接线方式和操作电源	(263)
第七节 6~35kV 线路过电流保护	(268)
第八节 6~35kV 线路单相接地保护	(275)
第九节 6~35kV 降压变压器过电流保护	(280)
第十节 6~35kV 降压变压器差动保护	(290)
第十一节 6~35kV 变压器的瓦斯保护	(300)
第十二节 6~35kV 变压器保护实例	(302)
第十三节 3~6kV 高压电动机的保护	(306)
第九章 工业企业变配电所的控制、信号、测量及自动装置	(316)
第一节 二次回路原理图和图中常用字母的代号及回路标号	(316)
第二节 变电所安装图	(322)

第三节	高压断路器的控制回路	(330)
第四节	变电所的信号装置和电气测量仪表	(334)
第五节	配电系统的自动化	(339)
第十章	防雷与接地	(349)
第一节	大气过电压	(349)
第二节	防雷设备	(352)
第三节	防雷保护	(359)
第四节	接地的基本概念	(362)
第五节	保护接地	(369)
第六节	保护接零	(374)
第十一章	工业企业电气照明	(380)
第一节	照明技术的基本知识	(380)
第二节	照明的种类和质量	(383)
第三节	工业企业常用电光源及其选择	(387)
第四节	工业企业常用灯具的类型及其选择与布置	(392)
第五节	光照度计算	(397)
第六节	照明装置供电	(407)
第十二章	工业企业的电能节约	(417)
第一节	工业企业节电的一般措施	(417)
第二节	电焊机空载自动断电装置和交流接触器的无声运行	(418)
第三节	电力变压器的经济运行	(419)
第四节	提高功率因数的好处	(422)
第五节	电容器的接线、装设和保护	(432)
第六节	感应电动机所带电容器的选择	(435)
第七节	电容器的运行维护与切换	(438)
附录		(441)
附录表 1	用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数	(441)
附录表 2	部分 6~10kV 铝线电力变压器技术数据	(441)
附录表 3	各类工厂的全厂需要系数、功率因数及年最大有功负荷利用小时参考值	(443)
附录表 4	移相电容器的比补偿量	(443)
附录表 5	YY 型移相电容器的主要技术数据	(443)
附录表 6	部分 SN10-10 型户内高压少油断路器主要技术数据	(444)
附录表 7	部分 SW 型户外高压少油断路器主要技术数据	(444)
附录表 8	部分户内隔离开关技术数据	(445)
附录表 9	部分户外隔离开关技术数据	(445)
附录表 10	RN1 型户内高压熔断器技术数据	(445)
附录表 11	RN2 型户内高压熔断器技术数据	(446)
附录表 12	RW3 及 RW4 型跌落式熔断器技术数据	(446)
附录表 13	RW5-35 型及 RW6-60 型户外跌落式熔断器技术数据	(447)
附录表 14	LQJ-10 型电流互感器技术数据	(447)

附录表 15	常用测量与计量仪表串联线圈的负荷	(447)
附录表 16	DW10 型低压自动开关的主要技术数据	(448)
附录表 17	导体在正常和短路时的最高允许温度	(448)
附录表 18	RM10 型低压熔断器的主要技术数据及保护特性	(448)
附录表 19	RTO 型低压熔断器的主要技术数据及保护特性	(449)
附录表 20	LJ 铝绞线的主要技术数据	(450)
附录表 21	绝缘导线明敷、穿钢管和穿塑料管时的允许载流量	(451)
附录表 22	绝缘导线心线的最小允许截面	(453)
附录表 23	线路敷设方式和敷设部位的文字代号	(453)
附录表 24	架空裸导线的最小允许截面	(453)
附录表 25	户内明敷及穿管的铝、铜心绝缘导线的电阻和电抗	(454)
附录表 26	在各种情况下线路电压损耗允许值	(454)
附录表 27	铝心电缆或铝心绝缘导线穿管时, 380V 三相线路中每 $1\text{A} \cdot \text{km}$ 的电压损失 (%) ($T=50^{\circ}\text{C}$)	(454)
附录表 28	LGJ 型钢心铝绞线的长期允许电流及有效电阻和线路电抗值	(455)
附录表 29	铜、铝的 ρ 和 γ 值	(455)
附录表 30	DZ10 系列塑料外壳式自动开关有关技术数据	(455)
附录表 31	DL-10 型电流继电器技术数据	(457)
附录表 32	垂直管型接地体的利用系数值	(457)
附录表 33	户外架空铝导线“相—零”回路的单位长度阻抗值	(458)
附录表 34	电力变压器 400V 侧单相阻抗值	(458)
附录表 35	部分生产车间和工作场所的最低光照度参考值	(458)
附录表 36	普通白炽灯泡的主要技术数据	(459)
附录表 37	搪瓷配照灯利用系数	(459)
附录表 38	乳白玻璃散光罩下部开启的利用系数	(459)
附录表 39	室形指数 i	(460)
附录表 40	带反射罩荧光灯单位面积安装功率 (W/m^2)	(460)
附录表 41	配照型工厂灯单位面积安装功率 (W/m^2)	(461)
附录表 42	荧光灯技术数据	(461)
附录图 1	搪瓷深照型灯利用系数及空间等照曲线	(462)
附录图 2	多管荧光灯具利用系数及空间等照曲线	(463)

第一章 概 述

第一节 工业企业供电变电的意义

电能为工业、农业、商业、交通运输等国民经济的各个领域及整个社会生活提供能源。电力工业是生产、传递、分配供给电能的工业。因此，电力工业就成了国民经济的一个极其重要的部门。在当代，电能的利用已经远远超出了作为机器动力的使命。因为，电气化是生产过程高度自动化、机械化，采用最新科学技术成就和提高劳动生产率的技术基础，也是改善人民生活的重要手段。国家的生产水平，科学技术水平和人民生活水平，在很大程度上，依赖于电力工业的发展水平。世界公认：人口平均用电量，是反映一个国家科学发展水平、现代化程度高低的主要指标之一。电力工业为什么有如此重要的地位？电能为什么在现代工业及整个社会生活中应用如此广泛？这是因为它具有无可比拟的优越性：

(1) 电能能够方便而经济地从其他形式的能量中转换而得。一次能源——水、风、原子能、煤、太阳等，通过发电系统就可以转换成二次能源——电能。

(2) 电能能够简便地转换成其他形式的能量。通过电动机械、光电设备、电热设备、电解电镀设备就可简便地将电能转换成机械能、光能、热能、化学能等各种形式的能量。

(3) 电能能够容易而经济地进行传输。只要花费一定数量的一次投资，建成各种电压等级的电力线路，在运行中再花费少量的运行费用，就可以很容易地将发电厂生产的电能输送到各个需要电能的用户中去。

(4) 电能便于分配、控制、调节和测量。通过在电力系统中配备合理的配电装置、控制装置、调节装置、测量装置，就可达到对电能合理分配、严格控制、自如调节、准确测量的目的。这就为实现生产过程的自动化提供了有力的条件。电气化给国民经济发展和人民生活带来一系列的好处：如可以提高产品产量、降低产品成本、提高劳动生产率、减轻劳动者的劳动强度、改善劳动条件、改善人民的生活，等等。

(5) 电能与新兴的科学技术有着密切不可分割的联系。

从上面所述电能具有诸多优越性，不难看到电能是非常经济的。在工业企业里，电能虽然是工业企业生产的主要能源，但它在产品成本中所占的比重（除电化工业外）一般很小。例如石油机械厂中，从投资额来看，工厂在供电设备上的投资，仅占总投资的5%左右。从另一方面来说，如果工厂的电能供应突然中断，则对工业生产将造成严重后果。

为切实保证工业生产和生活用电的需要，并搞好能源节约，就必须达到以下基本要求：

(1) 安全：在电能的供应、分配和使用过程中要确保安全，避免发生人身和设备事故。

(2) 可靠：应满足电能用户对供电可靠性的要求。

(3) 优质：电能的优质主要表现在电压和频率在允许范围内变化。应满足电能用户对电压质量和频率方面的要求。

(4) 经济：供电系统的建造一次投资要少，运行费用要低，并尽可能地节约电能和减少有色金属消耗量。

此外，在供变电工作中，还应合理地处理好局部和全局、当前和长远等关系，还要考虑

适应发展。

第二节 电力系统的基本概念

电能由发电厂供给。为经济起见，发电厂多建立在动力资源丰富的地方。这样，离工业企业就可能相距很远，这就产生了电能的输送问题；电能输送到工业企业之后由于生产厂房和车间分布很广，油田尤其是这样，各二级单位之间相距很远，就是一个二级单位下属基层单位也是分布面积很广的，因而又产生了电能的分配问题。现仅就电能的生产、输送、变换和分配的有关基本知识介绍如下。

一、电能用户

在工业企业中有许多用电设备（又称为负载）按其用途可分为照明用电设备，动力用电设备（传动），工艺用电设备（电解、冶炼、电焊、静电、电火花、热处理），电热用电设备（加温、取暖、烘干、空调）和试验用电设备（试验、校验、检测）等。所有这些用电设备，统称为电能用户。

二、发电厂

发电厂又称为发电站，是生产电能的工厂。发电厂将自然界蕴藏的各种非电形式的能源（煤、风、水、原子能、潮汐能、太阳能等）转换为电能的形式，即二次能源。

电能的生产与其他生产部门相比较，有显著的特点：

第一，电能从生产—传输—消费的全过程，几乎是同时进行的。这是由于电子有很高的传输速度，使发电机在某一时刻发出的电能，经送电线路立刻送给用电设备，而用电设备又立刻转换成其他形式能量，一瞬间便完成发—送—用全过程。而且，发电量是随着用电量的变化而变化的，生产量和消费量是严格平衡的。电能用户如何用电，何时用电，用多少电，对电能生产都有很大影响。因此，电能用户要注意协调用电。电力系统中任何一个环节或任何一个用户，若因设计不当、使用不当、操作不当或是电气设备出现故障，都会给整个电力系统造成不良影响；

第二，电力系统中的暂态过程是非常迅速的。如开关操作，继电器动作，电网短路都在瞬间完成，大约只有零点几秒的时间。因此，为保证电力系统能正常运行，必须有一套非常迅速而灵敏的保护、监视和测量装置。人工操作常常满足不了要求，要采用自动装置。近年，已将电子计算机用于电力网的控制系统。

上述电能生产的特点，在工业企业变、供、配电系统的设计和运行中，均应充分地予以注意。

发电厂的种类很多，按所利用的能源不同可分为火力发电厂、水力发电厂、原子能发电厂、地热发电厂，以及风力发电、太阳能发电等等。发电厂也可以按用户性质和供电范围分为：区域性发电厂、城市发电厂、工业企业发电厂等等。

下面将火力、水力和原子能发电厂作一简单介绍。

1. 火力发电厂

在火力发电厂中，将燃料（煤、重油、天然气、煤气或焦炭气）的化学能转变成电能。火力发电厂根据原动机的不同又可分为：汽轮机发电厂；蒸汽机发电厂；柴油机发电厂；燃气轮机发电厂。仅将常用的汽轮机发电厂和柴油机发电厂简介如下：

（1）汽轮机发电厂 当前大容量的发电厂多为汽轮机发电厂，而汽轮机发电厂又可分为

凝汽式和供热式（简称热电厂）。两者的生产过程示意图如图 1—1 和图 1—2 所示。

为了使煤充分燃烧，将煤送入碎煤机压成碎块后，由运输皮带送入原煤仓，然后经磨煤机磨成煤粉，送入煤粉仓内，煤粉仓中的煤粉由给煤机运出并由鼓风机供给的热空气经喷燃器吹入炉膛。煤粉在炉膛内以悬浮状态充分燃烧，产生高温。煤粉燃烧需要的空气，是由鼓风机从外部吹入，经烟道预热器，被烟气加热后，再进入炉膛。这样既减少烟气的热损失，又提高了炉膛的温度。

给水在进入锅炉之前，经加热器（图中仅画一个，由汽轮机中段抽气加热）。为了防止对锅炉及管道的腐蚀，给水还需经过除氧器，以便消除水中的气体（特别是氧气）。此外，给水还经过省煤器被烟气加热，这些措施都用于提高水的温度，减少燃料的消耗。在整个生产过程中，蒸汽和水是会有一部分被用掉，因此，必须有补充水不断补入。这部分水应首先经过化学处理之后再进入除氧器。

水在锅炉中被加热变成蒸汽，经管道引进汽轮机，推动汽轮机转动而带动发电机。发电机发出的电能，经升压变压器升压后送至母线上，经输电线路，对远距离的用户供电。

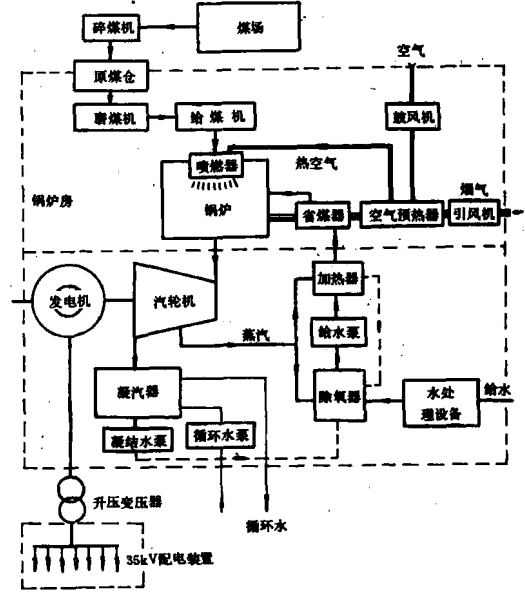


图 1—1 凝汽式汽轮机发电厂生产过程示意图

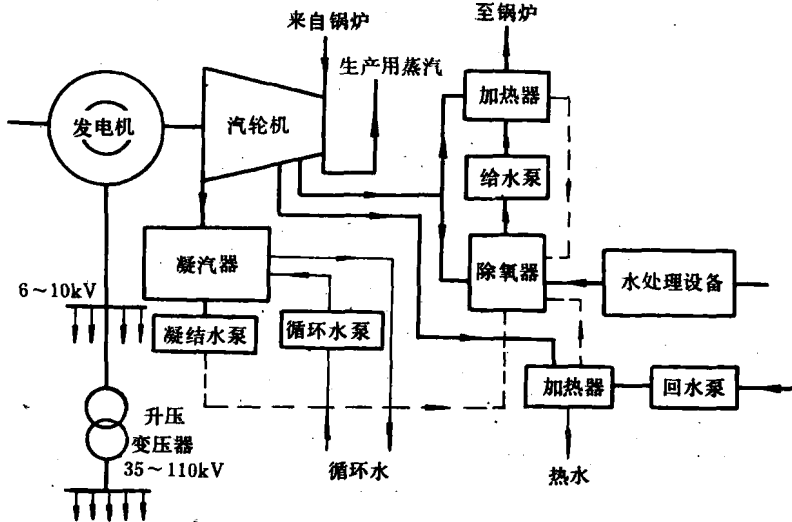


图 1—2 汽轮机兼供热式发电厂生产过程示意图

蒸汽在汽轮机中作过功以后排入凝汽器，此时汽温和汽压大大降低。进汽和出汽的压力差越大，其热能转变为机械能的效率就越高。利用大量的循环水，将不断进入凝汽器的排出

汽迅速冷却和凝结。排出的汽在凝汽器中凝成水后，由凝结水泵送入给水系统，再经给水泵打入锅炉，这样构成水汽的循环系统。其生产过程和主要设备示意图见图 1—3。

这种发电厂热量不能充分利用，因此其效率不高，最高也不超过 30%~40%。为了充分利用热能，在需要用电还需要用蒸汽的工业企业，如石油炼厂，多修建兼供热式自备汽轮机发电厂。它不仅向工业企业提供电能，而且还供给热能（蒸汽和热水）。其供热能方法是利用汽轮机中段的抽汽，（如图 1—2 所示）使得热电联合生产效率可达 60%~70%，或更高。为了提高热电厂的利用率和保证供电可靠性，热电厂除主要供给该工业企业用电外，往往与电力系统联接，向系统供电，所以在厂内也建有升压变电所。

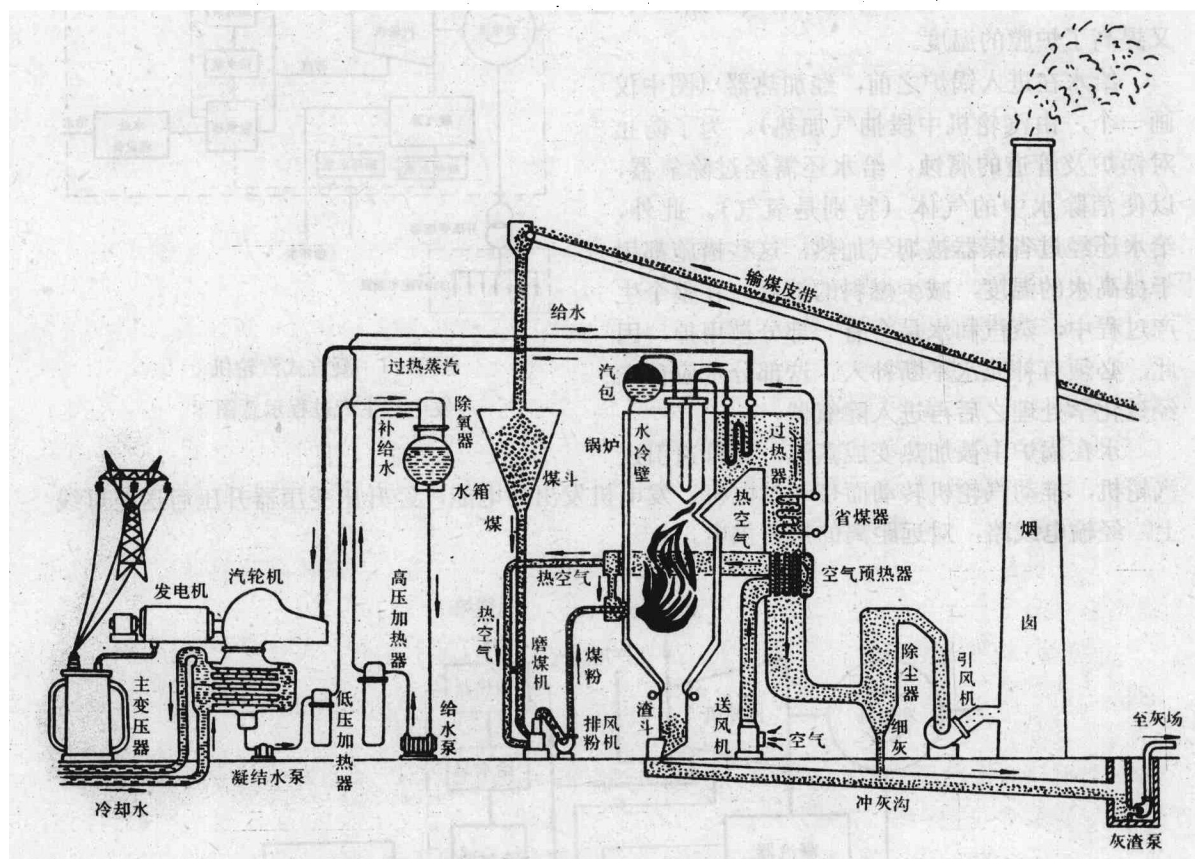


图 1—3 火力发电厂生产过程和主要设备示意图

(2) 柴油机发电厂 属于内燃机发电的一种。由于石油厂矿多建于远离电力网的偏远地区。特别是油田初建时，柴油发电机成为电能的主要来源。油田建成后，则可作为自备预备电源。容量一般都不大。它是利用柴油机作为原动机带动发电机发电。

柴油机发电厂其优点是：1) 设备简单，安装容易；2) 起动，停止容易，对负荷变化的反应速度高；3) 从输出功率方面来说，设备的效率高（30%~38%），低负荷时效率下降少；4) 安装设备受场所的限制少；5) 由于设备简单，建设所需的时间短。

缺点是：1) 要注意防止振动；2) 噪音很大；3) 需要大的电功率时，必须要用许多台。

柴油机发电厂由柴油机、发电机、控制屏三部分组成。如图 1—4 所示。

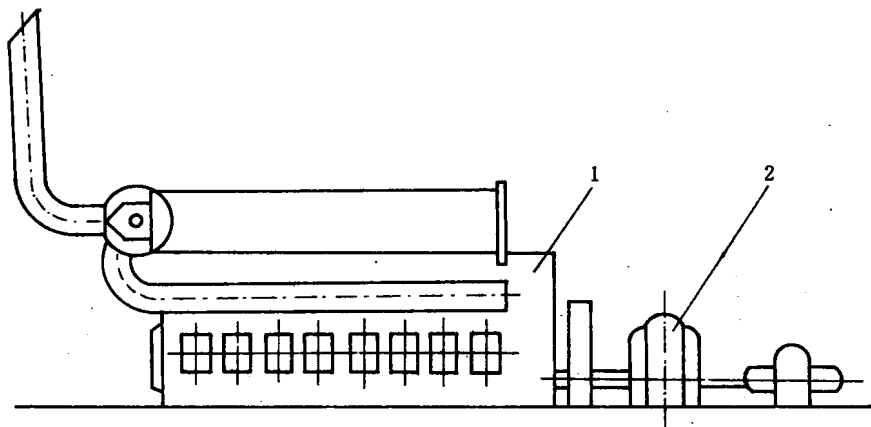


图 1—4 柴油发电机组

1—柴油机；2—发电机

柴油机和发电机是用弹性联轴器连接在一起并用减震器安装在公共底盘上，便于移动和安装。

柴油机是柴油发电机组的动力部分。它是在恒定转速下工作。因此，柴油机上的调速器应有良好的稳定性和调速性。为了适应我国石油工业分布区域广特点，对柴油机提出了一系列技术要求。为了适应高海拔地区使用的需要，柴油机应有足够的储备功率。同时，又为了能在我国南北环境温度 $-40\sim+40^{\circ}\text{C}$ 范围内可靠工作，这就需要对柴油机的柴油、润滑油以及冷却系统作特殊考虑，保持在低温下可靠地起动，高温下不超过允许温度。目前，柴油发电机组普遍使用 135 系列柴油机，此外还有 170 系列、160 系列等。

发电机是柴油发电机组的发电部分。通常是用同步发电机，其结构多是旋转磁场式。电枢绕组在定子上，励磁绕组在转子上，磁极形式有凸极和隐极两种。

控制屏是柴油发电机组的控制和输配电部分。在控制屏上装有各种监视发电机运行状况的仪表和开关。此外，还有过载及短路保护装置。

2. 水力发电厂

利用河流所蕴藏的廉价水能源来发电的电厂称水力发电厂。水力发电厂容量的大小决定于上下游的水位差（简称水头）和流量的大小。因此，建设水电厂必须根据不同的具体条件，采用不同的方法，将河道上分散的落差集中起来，形成所需要的水头。按照集中落差的方式不同，水力发电厂分为堤坝式、引水式和混合式三种。常见的为堤坝式水力发电厂。它是在河道上修建堤坝（或闸门）拦河蓄水，使上游水位提高，形成水库。这样，堤坝上游水库水面与堤坝下游河流的水面之间就形成了水头，用输水管或隧道把水库里的水引入厂房，通过水轮发电机组发电，这种类型的发电厂就是堤坝式水力发电厂。它又可分为河床式和坝后式两种。河床式，它的厂房直接建在河床上，与堤坝（或闸门）布置在一条直线上或成一定角度，厂房本身就是堤坝的一部分，与坝一样承受水的压力，这种型式的水电厂多用于平原地区多水头、大流量的河道上。如富春江、葛洲坝等水电厂都属于此种型式。坝后式，它的厂房位于坝后（即坝的下游），厂房建筑与坝分开，不承受水的压力。这种水电厂所适用的水头比河床式高。如新安江、龚咀、刘家峡、丹江等水电厂都属于此种型式，如图 1—5 所示。

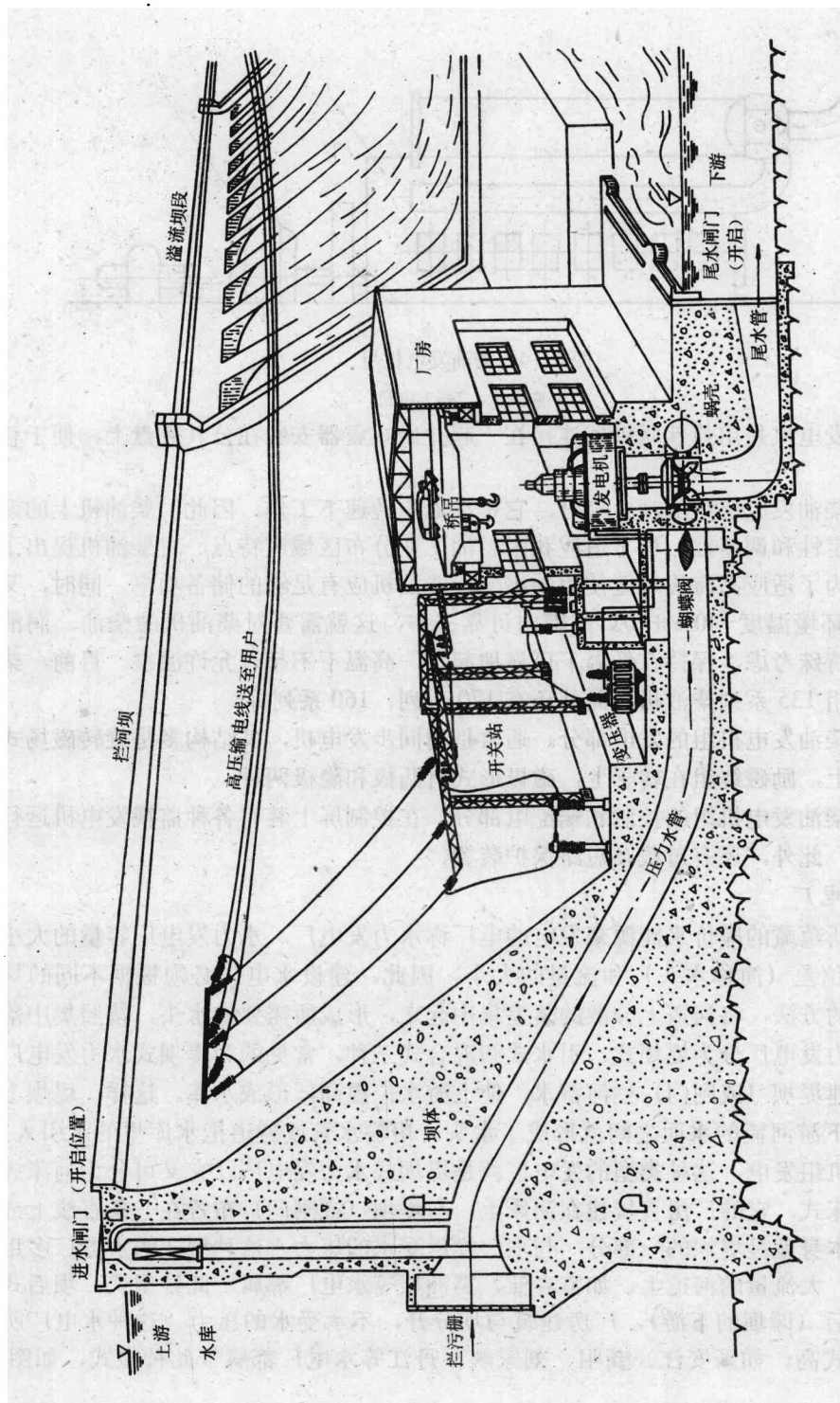


图 1—5 坝后式水电厂生产过程示意图

水力发电厂的生产过程要比火力发电厂简单得多。下面以图 1—5 为例来说明其生产过程：由拦河坝维持在高水位的水，经压力水管进入螺旋形蜗壳，推动水轮机转子转动，将水能变为机械能，再由水轮机带动发电机旋转，于是将机械能转变为电能。作过功的水经过尾水管排往下游。发电机发出的电能，除小部分供厂用外，大部分经升压变压器升高电压后由输电线路送至电力系统。

水力发电厂生产过程简单；运行维护费用较少；且易于实现自动化；发电成本低；效率高；起动快，在电力系统中其他电厂发生事故时，能有力地发挥其后备作用；不存在污染问题；再者，还可实现河流的综合利用。水力发电厂存在的问题是受水文等条件的影响较大。

水力发电厂的容量大小决定于水头和流量的大小，二者关系可用下式表示：

$$P = \frac{1000QH\eta_s}{102} = 9.81QH\eta_s \quad (\text{kW}) \quad (1-1)$$

式中 Q ——通过水轮机的水流量， m^3/s ；

H ——水力发电厂的水头， m ；

η_s ——水轮发电机的总效率（考虑了水轮机、发电机、传动设备等的能量损耗后的总效率）一般此值取 0.85~0.66。

（按工程实用单位 1m^3 水重 1000kg ， $1\text{kW} = 102\text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}$ ）

3. 原子能发电厂

原子能的利用是现代科学技术的一项重大成就。它为人类提供了一种新的巨大的能源。由于煤、石油等燃料的贮量有限，加之一些国家的水能资源已基本开发殆尽，故从 50 年代起一些国家就转向于研究核能发电。从 1954 年世界上第一个核电厂建成迄今全世界已有 20 几个国家先后建成了总共 300 多个核电厂，总容量在 2 亿 kW 以上。

原子能发电的基本原理是：核燃料在反应堆内产生核裂变，即所谓链式反应，释放出大量热能，由冷却剂（水或气体）带出。在蒸汽发生器中将水加热为蒸汽。然后同一般火力发电厂一样，用蒸汽推动汽轮机，再带动发电机发电。冷却剂在把热量传给水后，又被泵打回反应堆里去吸热。这样反复使用，就可以不断地把核裂变释放的热能引导出来。原子能发电厂与火力发电厂在结构上的最主要区别是前者用核——蒸汽发生系统（反应堆）、蒸汽发生器、泵和管道等来代替后者的蒸汽锅炉。所以原子能电厂中的反应堆又被称为原子锅炉。

根据核反应堆的型式不同，原子能发电厂可分为好几种类型。图 1—6 为目前使用较广的轻水堆型（包括沸水堆和压水堆）原子能发电厂的生产过程示意图。这种反应堆是用水作为冷却剂。在沸水堆内[见图 1—6 (a)]水被直接变成蒸汽，它的系统构成较为简单，但有可能使蒸汽轮机等设备受到放射性污染，致使这些设备的运行、维护和检修复杂化。为了避免这个缺点，可采用图 1—6 (b) 所示的压水堆型。这时增设了一个蒸汽发生器，从反应堆中引出的高温的水在蒸汽发生器内将热量传给另一个独立回路的水，使之加热成高温蒸汽以推动汽轮发电机组旋转。由于在蒸汽发生器内二个回路是完全隔离的，所以就不会造成对汽轮机等设备的放射性污染。

原子能电厂的其他设备与一般火力发电厂相同。

原子能发电厂主要优点是可以大量节省煤、石油等燃料。例如：一座容量为 50 万 kW 的火力发电厂每年至少要烧掉 150 万 t 煤。而同容量的原子能发电厂只消耗 20 t 铀燃料。原子能发电厂的主要问题是放射性污染的担心。但目前在技术上已能够较好地解决污染的防

护问题及放射性废物的处理问题。

为了充分发挥每种电厂的优越性，在电力系统中各种电厂的运行方式应该这样来确定：热电厂应该尽可能配合热能要求按最经济的方式来发电。水电厂在丰水期间应尽量利用其设备容量，所以电力系统中的所有电能用户应该首先让水电厂带满。在枯水期间，由于水电厂主要是依靠水库的存水来发电，因此应该将水库的水使用在最需要的时候，也就是在电力系统电能用户达到高峰的时候，因为这时候电力系统需要的电能最大，其他电厂的能力可能不够。如果将水库里的水在其他时候用完了，那么到高峰用电需要水电支援的时候，水电厂就不能发电了。凝汽式火电厂运行最灵活，它可以配合其他电厂来确定自己的运行方式。

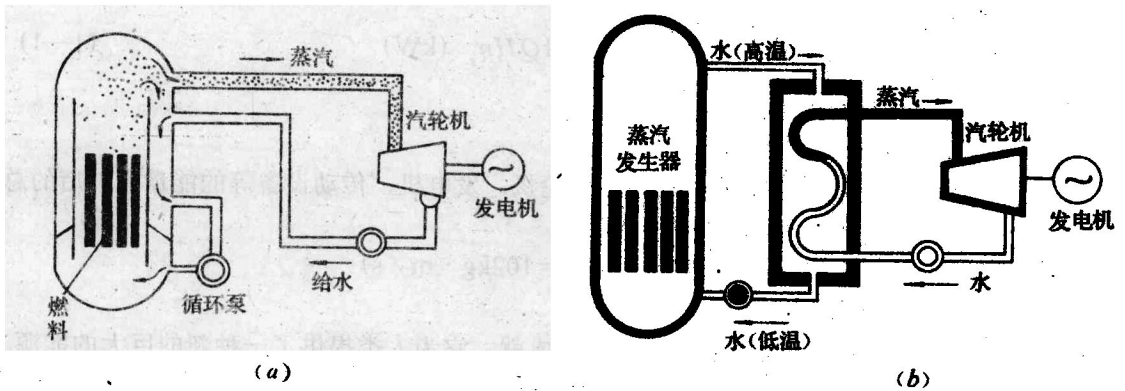


图 1—6 核能发电厂生产过程示意图

(a) 沸水堆型反应堆；(b) 压水堆型反应堆

三、变电所

是变换电压和交换电能的场所。由电力变压器和配电装置所组成。如果只有配电装置而无电力变压器，仅用来接受与分配电能，则称其为配电所（站）。

变电所有升压降压之分。升压变电所一般都是和大型发电厂结合在一起，也就是在大型发电厂电气部分中装有升压变压器，把发电厂电压升高，并与高压输电网络联接起来，将电能送向远方。当输送线路的电压升高，则输送距离越远，输送的功率越大。因为输送功率为一定时，提高输电电压就可以相应地减小输电线路中的电流，因此可减少线路上电能损失和电压损失，减少导线的截面而节约有色金属。例如，在采用 120mm^2 截面的导线和标准杆型情况下，当输电电压为 10kV ，输送距离为 10km 时，输送功率约为 2000kW ；当输电电压为 35kV ，输送距离为 35km 时，输送功率约为 7000kW 。降压变电所多半设在受电侧，它将高压的电能适当降压后，对某地区或某用户进行供电。就供电范围的不同，变电所可分为区域变电所和地方变电所。在工业企业中又可分为总降压变电所和车间变电所。

四、电力网

电力网是发电厂和电能用户间的桥梁。它或是直接与电厂或用户连接，或是通过升压变电所和降压变电所与发电厂和电能用户相联接。因此在电力网中包括各种电压等级的输电路路和升降压变压器。

电力网的形成是电力技术不断发展的结果。在现代电力系统中，电力网已成为不可缺少的部分；对电力系统供电的四大要求——安全、可靠、优质、经济由于电力网的存在而更容

易满足了。例如，不同性质的电厂要在电力系统中配合运行，就需要通过电力网把分散的发电厂和电能用户联接到一个大网中，从而提高供电的可靠性，任何一个电厂的故障都不会引起对电能用户供电的中断。当许多电厂和许多电能用户连在一起时，系统的容量很大，个别电能用户用电量的变动不会造成电压和频率的显著变化。电力网可以充分利用水电厂发电，从而降低发电成本。

电力网按其特征、用途、电压的高低和供电范围可以分为许多类型。例如区域电力网和地方电力网；开式电力网和闭式电力网；直流电力网和交流电力网；城市、农村、工厂电力网等等。不管电力网在电气方面如何分类，它总得通过一定的机械结构来实现。当我们要研究电力网的机械结构时，则可把电力网分成架空线路、电缆线路及户内网络三种基本类型。三种基本类型的线路的各种结构形式将在后面讨论。

五、电力系统

由发电厂、电力网及电能用户组成的系统称为电力系统。包括发电机、变压器、断路器、母线、架空线、电缆、配电装置、电动机和照明装置等，如图 1—7 所示。该图的电力系统只画出系统的主要设备（发电机、变压器、输电线路及电能用户），没有画出次要设备，并将三相三线用单线表示。

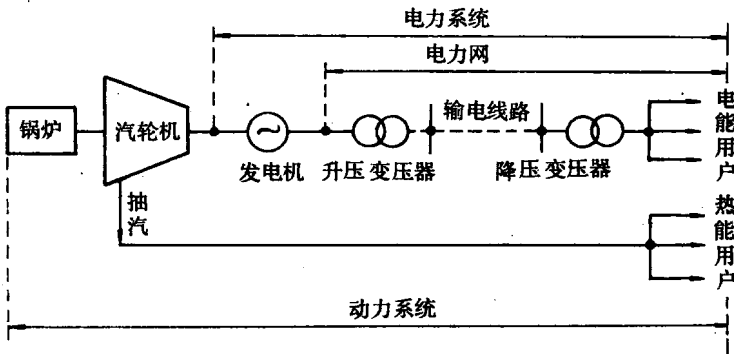


图 1—7 动力系统、电力系统、电力网示意图

六、动力系统

动力系统是由电力系统和动力装置，如锅炉、汽轮机等共同组成的，整个动力系统包括电力系统、热能、水能及其能源的动力设备和热能用户等。

图 1—8 所示是一个较大电力系统的单线图。在这个系统内有四个发电厂，其中有两个是火力发电厂。大型水力发电厂的发电机不经过发电电压的母线而直接与升压变压器连接，升压到 220kV，再用双回路 220kV 高电压远距离输电。一个热电厂建立在热能用户的中心，对附近用户，用发电机电压 10kV 供电，同时还通过一台升压变压器和一条 110kV 线路与大电网相联。火力发电厂 1 的 10kV 母线电压通过升压变压器升压到 110kV，与电网相联，同时用 10kV 线路向附近用户和配电变压器（变电所 6）供电，配电变压器将电压降低到 380/220V，供电给低压电网。火力发电厂 2 直接将发电机出口电压升压到 110kV，再与电网相联。从图 1—8 可知，一个较大的电力系统往往包括火力发电厂、水力发电厂和热电厂等各种类型发电厂。

图 1—8 中，变电所 1 和变电所 2 是电力系统中各发电厂相互联系的枢纽，叫做枢纽变

电所，也叫区域变电所。变电所 1，有两台自耦变压器将 220kV 电压降到 110kV，并且还有两台三线圈变压器，除联络 110kV 及 35kV 两种电压等级的电网外，低压绕组采用 10kV 电压供给两台同步补偿机，以满足电网中无功功率的需要。变电所 3 称为穿越变电所，有两台双线圈变压器，平时有 110kV 的电压穿越变电所。变电所 4 和 5 叫做地区变电所。变电所 4 由 110kV 线路输入电能，降压后，供给 35kV 用户和地区变电所 5。变电所 5 将电压从 35kV 降低到 10kV，然后用 10kV 配电线路供电给 10kV 受电的用户和配电变压器，配电变压器将 10kV 电压降低到 380 / 220V，给低压用户供电。

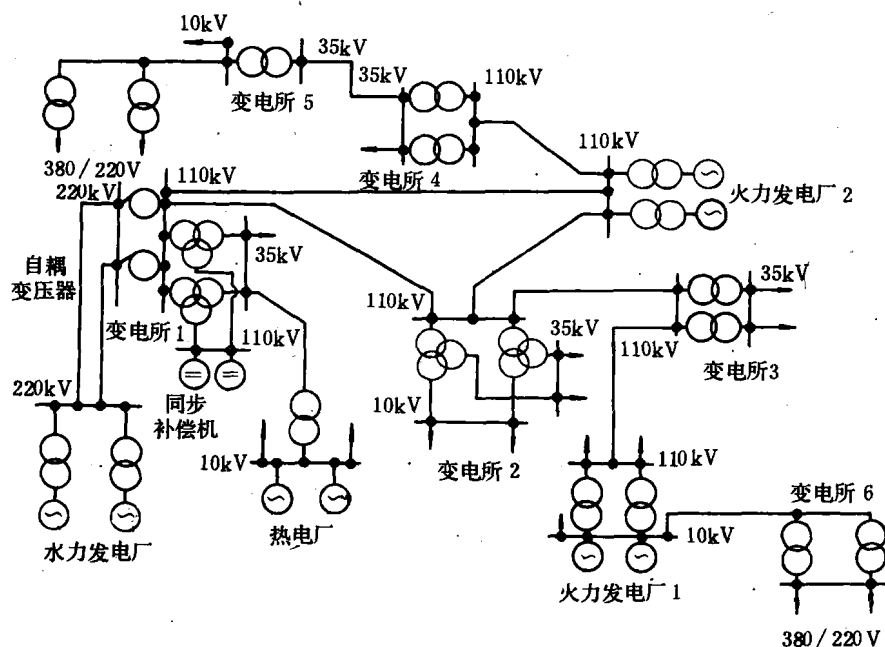


图 1—8 电力系统接线图

第三节 工业企业供变电系统的概况

工业企业是电能的主要用户。工业企业为了接受从电力系统送来的电能，经降压变压器降压再将电能分配到各用电车间和工段去，就需要有一个工业企业内部的供电系统。工业企业内部供电系统由高压及低压配电线路、变电所（包括配电所）和用电设备组成。如图 1—9 所示。它的任务是按工业企业所需要的数量和规格把电能从电源输送并分配到用电设备。对要求供电不能中断的工业企业，一般可以采取从电力系统两个独立电源对其供电。所谓两个独立电源是互不联系（图 1—9 工业企业供电系统示意图）而没有影响的，或联系很少，影响很小的两个电源。获得两个独立电源的方法有两个：一个是在有条件和有必要的企业自建电厂作备用电源；另一个是可以采用两条进线，分别由不同的上级变电所或由上级变电所中不同的两台变压器、两段不同的母线进行供电。

由于某些大型企业用电量大，例如油田、大型矿山等，可将超高压 100~220kV 电压直接引进总降压变电所。