



国家示范性高职院校建设项目成果
高等职业教育教学改革系列规划教材

供配电技术

顾子明◎主 编

- 按照教、学、做一体的模式组织和实施教学
- 以项目为主线，将教学内容与单元任务的要求相融合
- 以任务驱动为出发点，和实际应用相结合，提高学习的积极性
- 配有免费的电子教学课件和习题答案，以方便教师教学



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

校建设项目成果
改革系列规划教材

供配电技术

顾子明 主 编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书重点介绍供配电系统的基本理论和知识、元件的计算与选择和保护、变电所的运行和管理,反映供配电领域的新技术。全书遵循由浅入深、由易到难、循序渐进的学习过程,共编排了七个项目,主要包括:电力系统认知,供配电系统电力负荷、短路电流及其计算,供配电系统变配电设备的结构与运行,供配电系统电力线路的结构与运行,供配电系统的保护,供配电系统二次回路和自动装置认知,电气安全与节约用电。每个项目都配有丰富的例题、小结、思考与练习。为配合教学和习题的需要,书中还附加了一些技术数据图表。

本书可作为高职高专院校电气自动化技术、建筑类、新能源装备等专业的教材,以及成人本科、广播电视大学、业余大学等相关专业也可使用,还可供有关工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

供配电技术/顾子明主编. —北京:电子工业出版社,2018.1

ISBN 978-7-121-33080-3

I. ①供… II. ①顾… III. ①供电—高等学校—教材②配电系统—高等学校—教材 IV. ①TM72

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第285648号

策划编辑:王艳萍

责任编辑:王艳萍

印 刷:三河市君旺印务有限公司

装 订:三河市君旺印务有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:14.5 字数:390千字

版 次:2018年1月第1版

印 次:2018年1月第1次印刷

定 价:36.00元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010)88254888,88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式:(010)88254574, wangyp@phei.com.cn。

前 言

为适应我国高等职业教育“大力推行工学结合，突出实践能力培养，改革人才培养模式”的教学改革需要，体现工学结合的职业教育特色，本书作者依据高职教育培养高技术应用型人才的目标要求，通过对电气自动化技术、建筑类、新能源装备等专业学生的就业岗位、典型工作任务进行调研和职业能力分析，重新整合理论知识和实践知识，编写了本书。

本书的总体设计思路：以学生为主体，按照教、学、做一体的教学模式在理实一体化实训环境中实施“供配电技术”学习领域课程的教学思想。因此本书在内容安排和组织形式上突破了常规按章节顺序编写知识与训练内容的结构形式，按项目教学的特点组织内容，按职业能力的成长过程和认知规律，并遵循由浅入深、由易到难、循序渐进的学习过程，共编排了七个项目，方便学生学习和训练。

本书有以下特点：

(1) 理实一体。不追求理论体系的完整性，突出内容的实用性，内容力求涵盖供配电技术的全部重点内容。

(2) 项目主线。通过精选项目，把教学内容融合到由单元任务组成的项目中，由浅入深，带领学生完成整个项目，使学生感觉到每完成一个项目就是完成了一项实际工作。

(3) 任务驱动。以任务驱动为出发点，导入每个知识点，和实践应用相结合，从而提高学习的针对性，让学生容易掌握。

(4) 结合形势发展，增加了实践性较强的变电所综合自动化的技术内容，以便学生了解供配电当前的主流技术和未来的发展趋势。

为便于学生复习和自学，每个项目都附有思考和练习题。为配合教学和习题的需要，附表中还提供了一些技术数据图表。

本书适合作为高职高专学校电气自动化技术、建筑类、新能源装备等专业的教材，成人本科、广播电视大学、业余大学等有关专业亦可使用，还可供有关工程技术人员参考。本书内容可根据专业要求和教学时数取舍，有些内容学生可自学。

本书配有免费的电子教学课件和习题答案，请有需要的教师登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)免费注册后进行下载，如有问题请在网站留言或与电子工业出版社联系(E-mail: hxedu@phei.com.cn)。

本书由江苏工程职业技术学院顾子明编写。在本书的编写过程中，得到了杭州天科教仪设备有限公司的支持，并提供了一些实际素材。同时在编写过程中编者也参阅了部分相关教材及技术文献，在此对这些专家和作者一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中的错误和不足在所难免，欢迎读者批评指正。

编 者

学习项目及任务

项 目	任 务
项目一 电力系统认知	任务 1 电力系统的组成与基本要求
	任务 2 供配电系统的组成
	任务 3 供配电系统的运行
项目二 供配电系统电力负荷、短路电流及其计算	任务 1 电力负荷及其计算
	任务 2 工厂计算负荷、功率因数及无功补偿计算
	任务 3 短路电流及其计算
项目三 供配电系统变配电设备的结构与运行	任务 1 供配电设备的结构与运行
	任务 2 变换设备的结构与运行
	任务 3 变配电所的布置、运行与管理
项目四 供配电系统电力线路的结构与运行	任务 1 电力线路的接线方式
	任务 2 电力线路的结构与运行
	任务 3 导线和电缆截面的选择计算
项目五 供配电系统的保护	任务 1 过电流保护认知
	任务 2 熔断器保护和低压断路器保护
	任务 3 高压线路的继电保护
	任务 4 电力变压器的继电保护
	任务 5 电气设备的防雷与接地
项目六 供配电系统二次回路和自动装置认知	任务 1 供配电系统二次回路认知
	任务 2 断路器控制回路、信号系统与测量仪表认知
	任务 3 配电系统微机保护测控装置认知
	任务 4 变电所综合自动化认知
项目七 电气安全与节约用电	任务 1 电气安全的意义与措施
	任务 2 节约用电的意义与措施
	任务 3 电力变压器的经济运行
	任务 4 并联电容器的装设与运行维护

目 录

项目一 电力系统认知	(1)
任务1 电力系统的组成与基本要求.....	(1)
1.1.1 电力系统组成.....	(2)
1.1.2 电力系统的基本要求.....	(6)
任务2 供配电系统的组成.....	(9)
1.2.1 供配电的意义和要求.....	(9)
1.2.2 供配电系统的组成和电压选择.....	(10)
任务3 供配电系统的运行.....	(14)
1.3.1 电力系统的中性点运行方式.....	(14)
1.3.2 低压配电系统接地形式.....	(16)
项目小结.....	(18)
思考与练习.....	(18)
项目二 供配电系统电力负荷、短路电流及其计算	(21)
任务1 电力负荷及其计算.....	(22)
2.1.1 电力负荷与负荷曲线绘制.....	(22)
2.1.2 三相用电设备组计算负荷的确定.....	(25)
2.1.3 单相用电设备组计算负荷的确定.....	(30)
2.1.4 尖峰电流及其计算.....	(32)
任务2 工厂计算负荷、功率因数及无功补偿计算.....	(33)
2.2.1 工厂计算负荷的确定.....	(33)
2.2.2 工厂的功率因数、无功补偿及补偿后工厂的计算负荷.....	(34)
任务3 短路电流及其计算.....	(36)
2.3.1 短路的原因、危害和种类.....	(36)
2.3.2 无限大容量电力系统发生三相短路时的物理过程和物理量.....	(38)
2.3.3 无限大容量电力系统中短路电流的计算.....	(39)
2.3.4 短路电流的效应和稳定度校验.....	(46)
项目小结.....	(46)
思考与练习.....	(47)
项目三 供配电系统变配电设备的结构与运行	(50)
任务1 供配电设备的结构与运行.....	(50)
3.1.1 变配电所的任务、类型和位置.....	(50)
3.1.2 高压一次设备认知.....	(52)
3.1.3 低压一次设备认知.....	(66)
3.1.4 一次设备的选择与校验.....	(73)
3.1.5 供配电设备的运行.....	(74)

任务 2 变换设备的结构与运行	(75)
3.2.1 电力变压器的结构与运行	(75)
3.2.2 电流互感器和电压互感器的结构与运行	(80)
任务 3 变配电所的布置、运行与管理	(86)
3.3.1 变配电所的布置与结构	(86)
3.3.2 变配电所的主接线图	(93)
3.3.3 变配电所的运行与管理	(99)
项目小结	(101)
思考与练习	(102)
项目四 供配电系统电力线路的结构与运行	(105)
任务 1 电力线路的接线方式	(105)
任务 2 电力线路的结构与运行	(108)
4.2.1 架空线路的结构、敷设与运行	(108)
4.2.2 电缆线路的结构、敷设和运行	(111)
4.2.3 车间内电力线路	(114)
任务 3 导线和电缆截面的选择计算	(118)
项目小结	(123)
思考与练习	(124)
项目五 供配电系统的保护	(126)
任务 1 过电流保护认知	(126)
5.1.1 过电流保护装置的类型和任务	(126)
5.1.2 对保护装置的基本要求	(127)
任务 2 熔断器保护和低压断路器保护	(128)
5.2.1 熔断器保护	(128)
5.2.2 低压断路器保护	(130)
任务 3 高压线路的继电保护	(132)
5.3.1 常用的保护继电器类型与结构	(132)
5.3.2 高压电力线路的继电保护	(137)
任务 4 电力变压器的继电保护	(149)
5.4.1 变压器继电保护认知	(149)
5.4.2 电力变压器的过电流保护、电流速断保护和过负荷保护	(149)
5.4.3 电力变压器的瓦斯保护	(151)
5.4.4 电力变压器的差动保护	(153)
5.4.5 电力变压器低压侧的单相短路保护	(154)
任务 5 电气设备的防雷与接地	(155)
5.5.1 过电压与防雷	(155)
5.5.2 接地	(158)
项目小结	(161)
思考与练习	(162)

项目六 供配电系统二次回路和自动装置认知	(164)
任务1 供配电系统二次回路认知	(164)
任务2 断路器控制回路、信号系统与测量仪表认知	(168)
6.2.1 断路器控制回路认知	(168)
6.2.2 信号系统认知	(170)
6.2.3 测量仪表认知	(171)
任务3 配电系统微机保护测控装置认知	(174)
6.3.1 配电系统微机保护测控装置原理和使用说明	(174)
6.3.2 阶段式过电流保护与自动重合闸前加速微机保护	(182)
6.3.3 阶段式过电流保护与自动重合闸后加速微机保护	(183)
6.3.4 RVC 智能无功自动补偿装置认知	(185)
任务4 变电所综合自动化认知	(186)
6.4.1 变电所综合自动化系统的作用和组态模式	(186)
6.4.2 模拟工厂变电所综合自动化装置认知	(188)
项目小结	(193)
思考与练习	(194)
项目七 电气安全与节约用电	(195)
任务1 电气安全的意义与措施	(195)
7.1.1 电气安全的含义和重要性	(195)
7.1.2 电气安全的有关概念	(196)
7.1.3 电气安全措施	(196)
7.1.4 触电的急救处理	(197)
任务2 节约用电的意义与措施	(198)
7.2.1 节约用电的意义	(198)
7.2.2 节约用电的一般措施	(198)
任务3 电力变压器的经济运行	(199)
7.3.1 经济运行与无功功率经济当量	(199)
7.3.2 一台变压器运行的经济负荷计算	(200)
7.3.3 两台变压器经济运行的临界负荷计算	(201)
任务4 并联电容器的装设与运行维护	(202)
7.4.1 并联电容器的接线与装设	(202)
7.4.2 并联电容器的运行维护	(203)
项目小结	(203)
思考与练习	(204)
附表	(206)
参考文献	(221)

项目一 电力系统认知

学习目标

- (1) 掌握电力系统的有关概念、组成与要求;
- (2) 理解与掌握供配电系统的组成;
- (3) 了解电力系统的中性点运行方式;
- (4) 理解低压配电系统的接地形式。

项目任务

1. 项目描述

电能是现代工业生产的主要能源和动力,属于二次能源。发电厂把一次能源(如煤、水、核能等)转换成电能,用电设备又把电能转换为机械能、热能等。电能易于由其他形式的能量转换而来,也易于转换为其他形式的能量以供应用。电能的输送和分配简单经济又便于控制、管理和调度,有利于实现生产过程自动化。因此,电能在现代工业生产及整个国民经济生活中的应用极为广泛。现代社会的信息技术和其他高新技术、工业生产和日常生活的电能都来自于电力系统,要掌握供配电技术,就要从电力系统认知开始。

2. 工作任务

- (1) 识读电力系统和供配电系统图;
- (2) 会计算电气设备额定电压;
- (3) 理解供配电系统的运行。

3. 项目实施方案

为了能有效地完成本项目任务,根据项目要求,通过资讯、计划决策、实施与检查、评估等系统化的工作过程完成项目任务。本项目总体实施方案如图 1-1 所示。

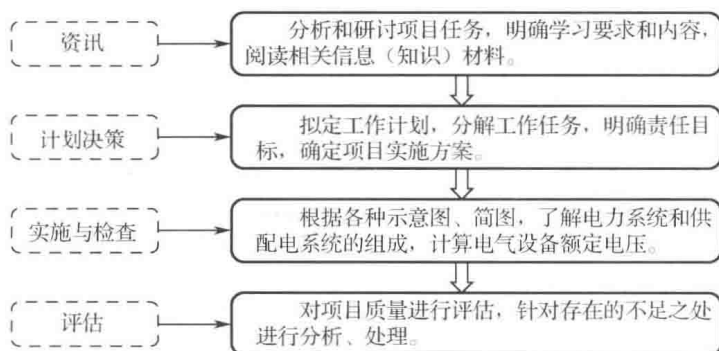


图 1-1 电力系统认知实施方案

任务 1 电力系统的组成与基本要求

目前我国发电机装机容量和年发电量均居世界第一位,工业用电量已占全部用电量的



50%~70%，是电力系统的最大电能用户。“西电东送、南北互供、全国联网”的发展战略，为我国电力的进一步现代化带来了很大的发展空间。

电能是由发电厂生产的，但发电厂往往建在能源基地附近，远离用户，这就引起了大容量、远距离输送电力的问题。当电流在线路中流过时，会造成电压和功率损耗。根据 $S = \sqrt{3}UI$ 可知，输送相同的容量，电压越高，电流就越小，输电线上的电能损耗和电压损耗就越小。因此，远距离输送大容量电力时需采用高电压输送。但高压电并不能被用户直接使用，所以要将高压电降为一般低压用电设备所需的电压（如 220V、380V 等），然后由低压配电线路将电能分送给各用电设备。由于电能的生产、输送、分配和使用的全过程，实际上是在同一瞬间实现的，彼此相互影响，因此我们除了解供电系统知识，还需了解发电厂和电力系统的一些基本知识。

1.1.1 电力系统组成

电力系统是由各级电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体。图 1-2 是电力系统从发电到供电的示意图，图 1-3 是大型电力系统示意图。

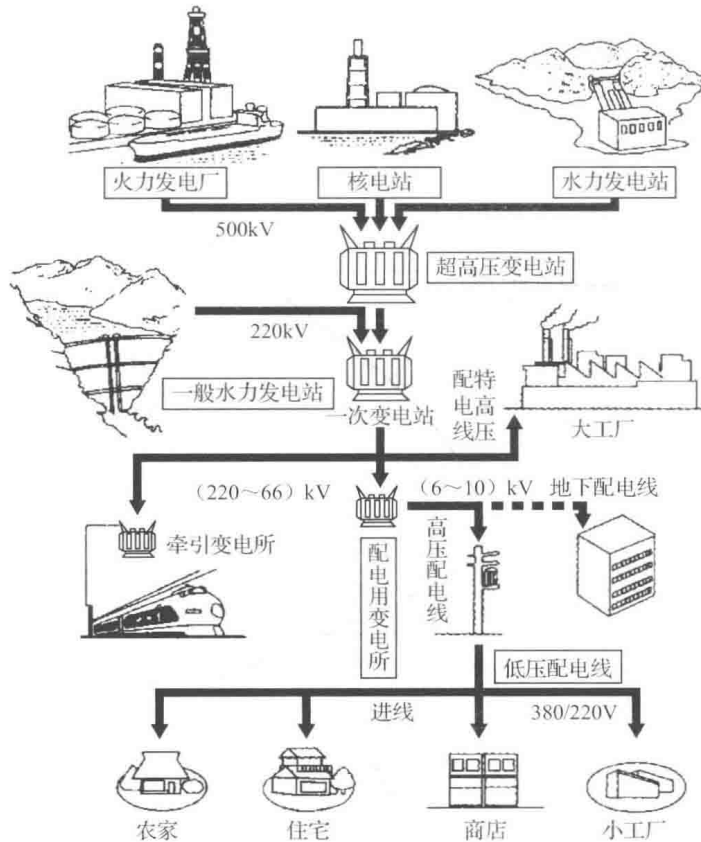


图 1-2 电力系统从发电到供电的示意图

为充分利用动力资源，降低发电成本，发电厂往往远离城市和电力用户，如火力发电厂大都建在靠近一次能源的地区，水力发电厂建在水利资源丰富的远离城市的地方，核能发电厂厂址也受种种条件限制。因此，这就需要输送和分配电能，将发电厂发出的电能经过升压、输送、降压和分配，送到用户，如图 1-4 所示。

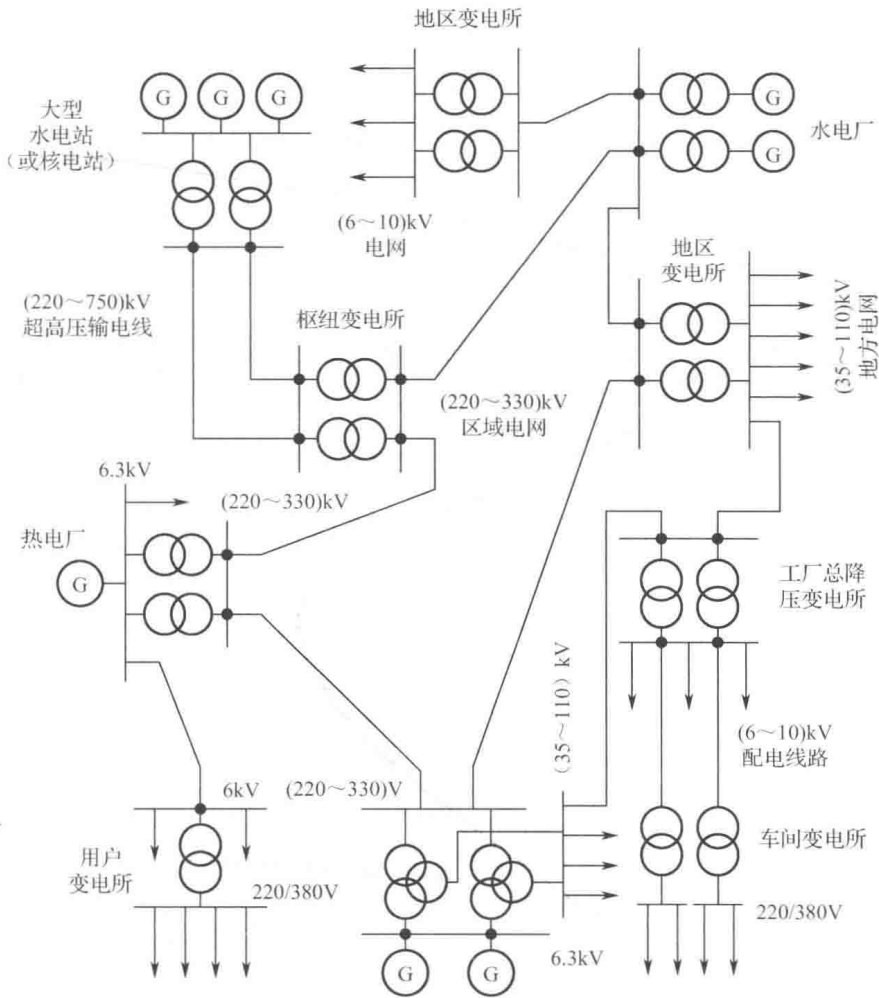


图 1-3 大型电力系统示意图

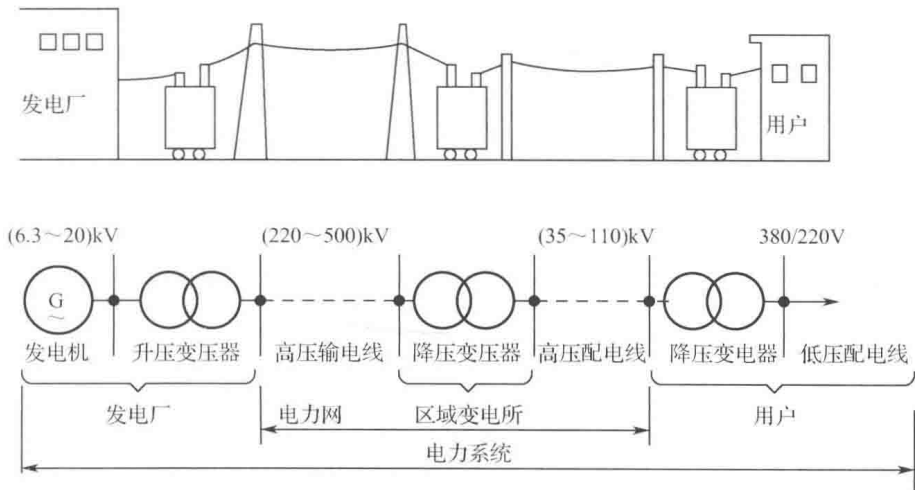


图 1-4 电能的传输与分配过程

1. 发电厂

发电厂是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能（二次能源）的工厂。根据一次能源的不同，有火力发电厂、水力发电厂和核能发电厂。此外，还有风力发电厂、地热发电厂、太阳



能发电厂等。

(1) 火力发电厂将煤、天然气、石油的化学能转换为电能。火力发电厂简称火电厂，它利用燃料的化学能来生产电能。我国的火电厂以燃煤为主，为了提高燃煤效率，都将煤块粉碎成煤粉燃烧。煤粉在锅炉的炉膛内充分燃烧，将锅炉内的水烧成高温高压的蒸汽，推动汽轮机带动发电机旋转发电。其能量转换过程如下：



(2) 水力发电厂简称水电厂或水电站，它利用水流的位能来生产电能。当控制水流的闸门打开时，水流沿进水管进入水轮机蜗壳室，冲动水轮机，带动发电机发电。其能量转换过程如下：



由于水电站的发电容量与水电站所在地点上下游的水位差（即落差，又称水头）及流过水轮机的水量（即流量）的乘积成正比，所以建造水电站，必须用人工的办法来提高水位。最常用的提高水位的办法，是在河流上建造一道很高的拦河坝，形成水库，提高上游水位，使坝的上下游形成尽可能大的落差，水电站就建在坝的后边。这类水电站，称为坝后式水电站。我国一些大型水电站包括长江三峡水电站就属于这种类型。三峡水电站建成后坝高 185 米，水位 175 米，总装机容量为 2250 万千瓦，年发电量可达 882 亿千瓦时（度），居世界首位。另一种提高水位的办法，是在具有相当坡度的弯曲河段上游，筑一低坝，拦住河水，然后利用沟渠或隧道，将上游水流直接引至建设在弯曲河段末端的水电站。这类水电站，称为引水道式水电站。还有一类水电站，是上述两种方式的综合，由高坝和引水渠道分别提高一部分水位。这类水电站，称为混合式水电站。

水电建设的初投资较大，建设周期较长，但发电成本较低，仅为火电发电成本的 1/3~1/4；而且水电属于清洁、可再生的能源，有利于环境保护；同时水电建设通常还兼有防洪、灌溉、航运、水产养殖和旅游等多项功能。而我国的水力资源十分丰富（特别是我国的西南地区），居世界首位。因此我国确定要大力发展水电，并实施“西电东送”工程，以促进整个国民经济的发展。图 1-5 所示为堤坝式和引水道式水力发电厂的工作示意图。

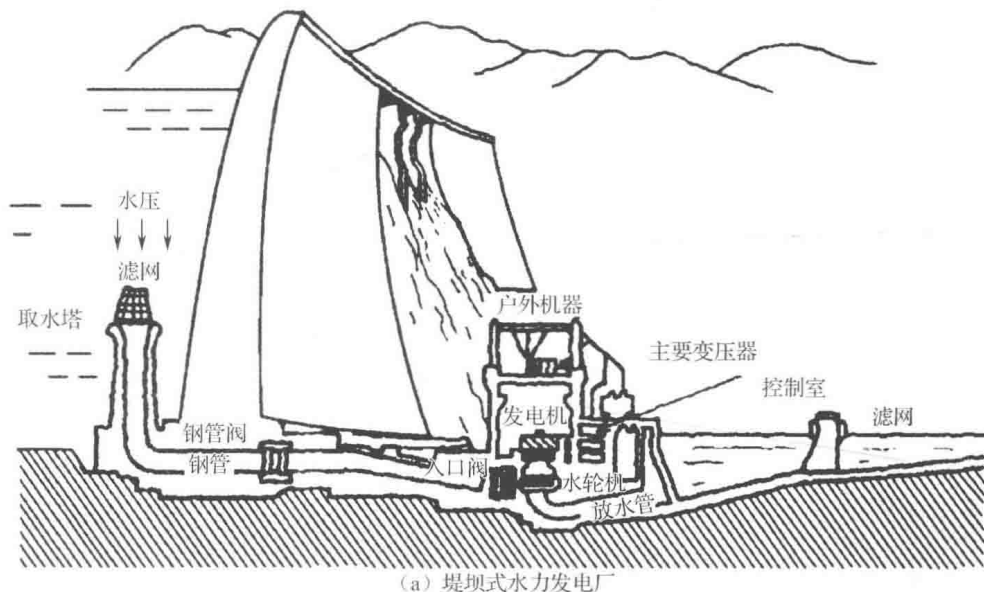
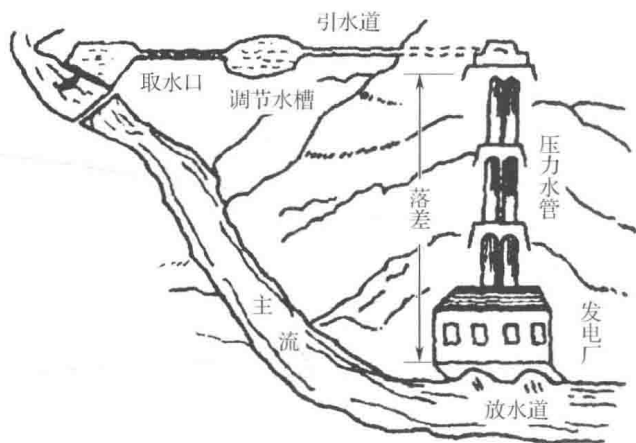


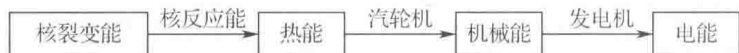
图 1-5 堤坝式和引水道式水力发电厂的工作示意图



(b) 引水道式水力发电厂

图 1-5 堤坝式和引水道式水力发电厂的工作示意图 (续)

(3) 核能(原子能)发电厂通称核电站,如我国秦山、大亚湾等多座大型核电站,主要利用原子核的裂变能来生产电能。由于核能是巨大的能源,而且核电也是相当安全和清洁的能源,所以世界上很多国家都很重视核电建设,核电在整个发电量中的比重逐年增长。其生产过程与火电厂基本相同,只是以核反应堆(俗称原子锅炉)代替燃煤锅炉,以少量的核燃料代替大量的煤炭。其能量转换过程如下:



(4) 风力发电、地热发电和太阳能发电。

① 风力发电:建在有丰富风力资源的地方,利用风力的动能来生产电能。风能是一种取之不尽、清洁、廉价和可再生的能源。但风能的能量密度较小,因此单机容量不可能很大;而且它是一种具有随机性和不稳定性的能源,因此风力发电必须配备一定的蓄电装置,以保证其连续供电。

② 地热发电:建在有足够地热资源的地方,利用地球内部蕴藏的大量地热资源来生产电能。地热发电不消耗燃料,运行费用低。它不像火力发电那样,要排出大量灰尘和烟雾,因此地热属于比较清洁的能源。但地下水和蒸汽中大多含有硫化氢、氨和砷等有害物质,因此对其排出的废水要妥善处理,以免污染环境。

③ 太阳能发电:利用太阳的光能或热能来生产电能。利用太阳光能发电,是通过光电转换元件如光电池等直接将太阳光能转换为电能的。这已广泛应用在人造地球卫星和宇航装置上。利用太阳热能发电,可分直接转换和间接转换两种方式。温差发电、热离子发电和磁流体发电,均属于热电直接转换。而通过集热装置和热交换器,加热给水,使之变为蒸汽,推动汽轮发电机发电,与火电发电相同,属于间接转换发电。太阳能发电厂建在常年日照时间较长的地方。太阳能是一种十分安全、经济、没有污染而且取之不尽的能源。我国的太阳能资源也相当丰富,利用太阳能发电大有可为。

2. 变电所

变电所的功能是接受电能、变换电压和分配电能。为了实现电能的远距离输送和将电能分配到用户,需将发电机电压进行多次电压变换,这个任务由变电所完成。变电所的性质和任务不同,可分为升压变电所和降压变电所,除与发电机相连的变电所为升压变电所外,其余均为



降压变电所。按变电所的地位和作用不同，又分为枢纽变电所、地区变电所和工厂变电所。图 1-6 是一大型变电所的结构示意图。

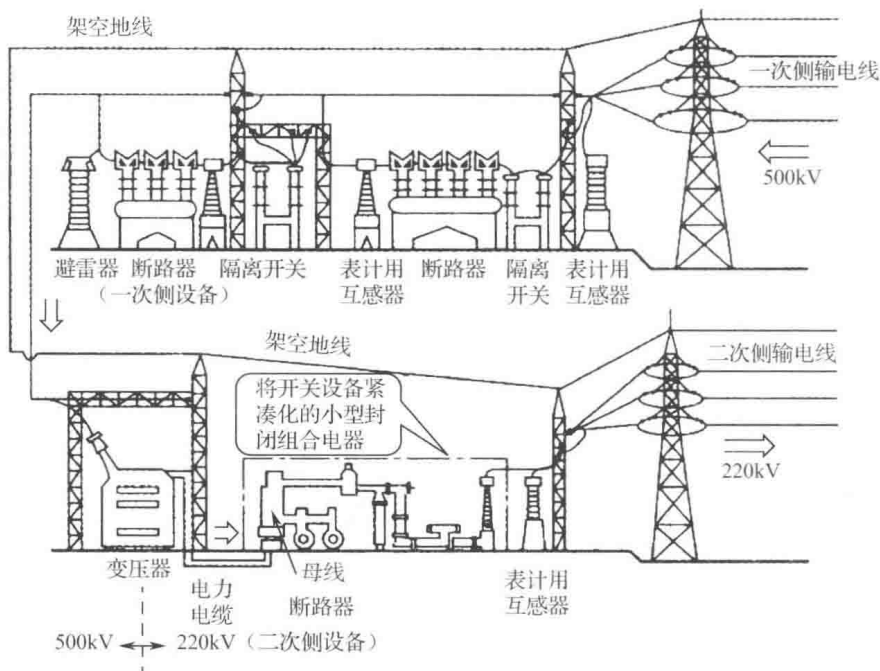


图 1-6 一大型变电所的结构示意图

3. 电力线路（电网）

电力线路将发电厂、变电所和电能用户连接起来，完成输送电能和分配电能的任务。电力线路有各种不同的电压等级，通常将 220kV 及以上的电力线路称为输电线路，110kV 及以下的电力线路称为配电线路。

4. 电力用户

所有消耗电能的用电设备或用电单位称为电力用户。电力用户可分为工业企业电能用户、民用电能用户。在我国，工业企业是最大的电能用户，其用电量占全年总发电量的 70% 以上。

1.1.2 电力系统的基本要求

1. 概述

电力系统中的所有设备，都是在一定的电压和频率下工作的。电压和频率是衡量电能质量的两个基本参数。

我国一般交流电力设备的额定频率为 50Hz，此频率通常称为“工频”。在电力系统正常情况下，工频的频率偏差一般不得超过 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。如果电力系统容量达到 300 万千瓦或以上时，频率偏差则不得超过 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。在电力系统非正常状况下，频率偏差不应超过 $\pm 1\text{Hz}$ 。但是频率的调整，主要依靠发电厂调整发电机的转速。

对电力用户供电系统来说，提高电能质量主要是提高电压质量。

2. 电压的分类及高低电压的划分

(1) 电压的分类

按国标规定，额定电压分为三类：

第一类额定电压为 $\leq 100\text{V}$ ，如 12V、24V、36V 等，主要用于安全照明、潮湿工地、建筑内部的局部照明及小容量负荷的电源。

第二类额定电压为 100V 以上、1000V 以下，如 127V、220V、380V、660V 等，主要用做低压动力电源和照明电源。

第三类额定电压为 $\geq 1000\text{V}$ ，如 6kV、10kV、35kV、110kV、220kV、330kV、500kV、750kV 等，主要用做高压用电、发电及输电设备。

(2) 电压高低的划分

我国的一些设计、制造和安装规程通常以 1000V 为界来划分电压高低，即低压指额定电压在 1000V 及以下者；高压指额定电压在 1000V 以上者。此外，将 330kV 以上的电压称为超高压，将 1000kV 以上的电压称为特高压。

3. 电力系统的额定电压要求

电力系统的额定电压包括电力系统中各种发电、供电、用电设备的额定电压。额定电压是能使电气设备长期运行在经济效果最好的电压，它是国家根据国民经济发展的需要、电力工业的水平和发展趋势，经全面技术经济分析后确定的。我国规定的三相交流电网和电力设备的额定电压如表 1-1 所示。

表 1-1 我国三相交流电网和电力设备的额定电压

分类	电网和用电设备 额定电压/kV	发电机 额定电压/kV	电力变压器额定电压/kV	
			一次绕组	二次绕组
低压	0.38	0.4	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高压	3	3.15	3, 3.15	3.15, 3.3
	6	6.3	6, 6.3	6.3, 6.6
	10	10.5	10, 10.5	10.5, 11
	—	13.8, 15.75, 18, 20, 22, 24, 26	13.8, 15.75, 18, 20, 22, 24, 26	—
	35	—	35	38.5
	66	—	66	72.5
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
	500	—	500	550
	750	—	750	825 (800)
1000	—	1000	1100	

(1) 电网（线路）的额定电压

电网（线路）的额定电压只能选用国家规定的额定电压。它是确定各类电气设备额定电压的基本依据。

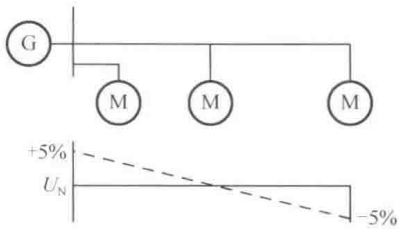


图 1-7 用电设备和发电机额定电压说明

(2) 用电设备的额定电压

当线路输送电力负荷时,要产生电压降,沿线路的电压分布通常为首端高于末端,如图 1-7 所示。因此,沿线各用电设备的端电压将不同,线路的额定电压实际就是线路首末两端电压的平均值,为使各用电设备的电压偏移差异不大,用电设备的额定电压与同级电网(线路)的额定电压相同。

(3) 发电机的额定电压

由于用电设备的电压偏移为 $\pm 5\%$,而线路的允许电压降为 10% ,这就要求线路首端电压为额定电压的 105% ,末端电压为额定电压的 95% 。因此,发电机的额定电压为线路额定电压的 105% ,如图 1-7 所示。

(4) 变压器的额定电压

① 变压器一次绕组的额定电压。

变压器一次绕组接电源,相当于用电设备。与发电机直接相连的升压变压器的一次绕组的额定电压应与发电机额定电压相同。连接在线路上的降压变压器的一次绕组的额定电压应与线路的额定电压相同,如图 1-8 所示。

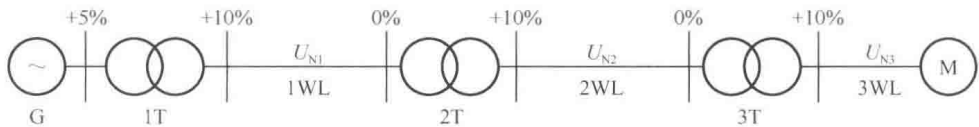


图 1-8 变压器额定电压说明

② 变压器二次绕组的额定电压。

变压器的二次绕组向负荷供电,相当于发电机。二次绕组电压应比线路的额定电压高 5% ,而变压器二次绕组额定电压是指空载时的电压。但在额定负荷下,变压器本身的电压降为 5% ,因此,当线路较长时(如 35kV 及以上高压线路),变压器二次绕组的额定电压应比相连线路的额定电压高 10% ;当线路较短时(直接向高低用电设备供电,如 10kV 及以下线路),二次绕组的额定电压应比相连线路额定电压高 5% ,如图 1-8 所示。

例 1-1 已知图 1-9 所示系统中线路的额定电压,试求发电机和变压器的额定电压。

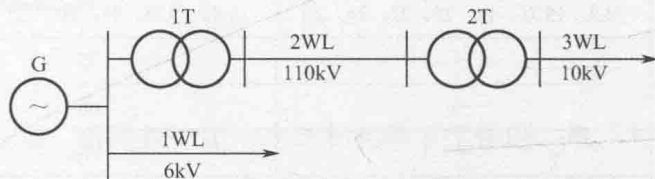


图 1-9 供电系统图

解: 发电机 G 的额定电压为 $U_{NG} = 1.05U_{N1WL} = 1.05 \times 6 = 6.3\text{kV}$ 。

变压器 1T 的额定电压为

$$U_{1N1T} = U_{NG} = 6.3\text{kV}$$

$$U_{2N1T} = 1.1U_{N2WL} = 1.1 \times 110 = 121\text{kV}$$

1T 的额定电压为 $121/6.3\text{kV}$ 。

变压器 2T 的额定电压为



$$U_{1N2T} = U_{N2WL} = 110\text{kV}$$

$$U_{2N2T} = 1.05U_{N3WL} = 1.05 \times 10 = 10.5\text{kV}$$

2T 的额定电压为 110/10.5kV。

4. 电力系统的电能质量要求

电能的质量是指电压、频率、正弦波形、可靠性（后面讲述）四项指标。

(1) 电压

电压质量是以电压偏离额定电压的幅度，即电压偏差来衡量的，一般以百分数表示，即

$$\Delta U\% = \frac{U - U_N}{U_N} \times 100 \quad (1-1)$$

式中， $\Delta U\%$ 为电压偏差百分数， U 为实际电压， U_N 为额定电压。

我国规定了供电电压允许偏差，见表 1-2，要求供电电压的电压偏差不得超过允许偏差。

表 1-2 供电电压允许偏差

线路额定电压 U_N	允许电压偏差
35kV 及以上	$\pm 5\%$
10kV 及以下	$\pm 7\%$
220V	+7%，-10%

(2) 频率

频率的质量是以频率偏差来衡量的。我国采用的额定频率为 50Hz，在正常情况下，频率的允许偏差根据电网的装机容量而定；事故情况下，频率允许偏差更大，频率的允许偏差见表 1-3。

表 1-3 电力系统频率的允许偏差

运行情况	频率的允许偏差/Hz	
正常运行	300 万千瓦及以上	± 0.2
	300 万千瓦以下	± 0.5
非正常运行	± 1.0	

(3) 波形

波形的质量是以正弦电压波形畸变率来衡量的。

在理想情况下，电压波形为正弦波，但电力系统中有大量非线性负荷，使电压波形发生畸变，除基波外，还有各项谐波。

任务 2 供配电系统的组成

1.2.1 供配电的意义和要求

所谓的工厂供电是指工厂所需电能的供应和分配，也称工厂供配电。

在工厂里，电能虽然是工业生产的主要能源和动力，但是它在产品成本中所占的比重一般很小。例如在机械工业中，电费开支仅占产品成本的 5%左右。从投资额来看，一般机械工业在供电设备上的投资，也仅占总投资的 5%左右。因此电能在工业生产中的重要性，并不在于它在