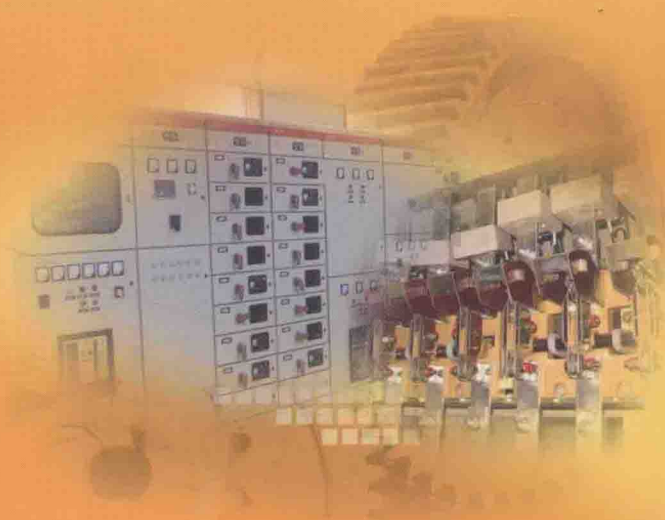


工厂供电设备 应用与维护

GONGCHANG GONGDIAN SHEBEI
YINGYONG YU WEIHU

◎主编 刘娟



工厂供电设备应用与维护

◎ 主 编 刘 娟

◎ 副主编 范大鸣

◎ 主 审 庄福余



 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是以工厂供电设备应用与维护项目任务为主体,根据高等教育电气自动化和电气专业培养目标编写的。全书共分8个学习项目,23个学习任务。具体项目包括:供配电系统认识、电力负荷确定、供配电系统电气设备运行与选择、供配电系统保护、工厂电力线路敷设与维护、工厂变电所运行维护、电气安全与防雷保护、船舶电力系统组成与继电保护。每个项目后配有项目考核。

本书可作为高等院校电气自动化和电气技术及相关专业教材,也可供相关专业其他院校以及船舶企业的工程技术人员使用。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

工厂供电设备应用与维护/刘娟主编. —北京:北京理工大学出版社, 2014. 6

ISBN 978 - 7 - 5640 - 9026 - 5

I. ①工… II. ①刘… III. ①工厂 - 供电 - 电气设备 - 高等学校 - 教材
IV. ①TM727. 3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 056851 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

82562903 (教材售后服务热线)

68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河市天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 20

字 数 / 470 千字

版 次 / 2014 年 6 月第 1 版 2014 年 6 月第 1 次印刷

定 价 / 55.00 元

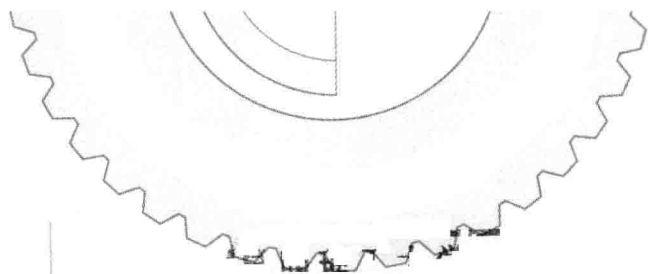
责任编辑 / 陈莉华

文案编辑 / 陈莉华

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 马振武

图书出现印装质量问题,请拨打售后服务热线,本社负责调换



《《《 前言

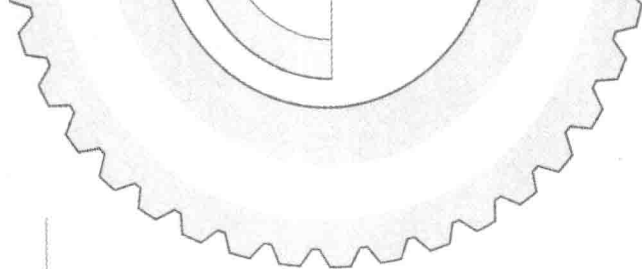
工厂供电系统相当于人的心血管系统,其设计、装配、调试的合理性与可靠性直接影响到工厂电力系统的运行,对工厂安全生产和经济运行具有重要意义。在编写过程中,编者多次深入工厂、造船企业调查研究,收集信息和有关资料。本书以必备的理论为基础,以突出实用、实践、培养技能为教学重点,按照项目导向、任务驱动式结构展开,便于实施“教、学、做”一体化教学模式,在学做结合中培养学生的技能,以适应供电企业及现代船舶企业等对高素质技能型专门人才的需求。

本书共分8个学习项目,23个学习任务。具体项目包括:供电系统认识、电力负荷确定、供电系统电气设备运行与选择、供电系统保护、工厂电力线路敷设与维护、工厂变电所运行维护、电气安全与防雷保护、船舶电力系统组成与继电保护,每个项目根据供电系统工作分解为若干个任务,每项任务都以“任务描述→知识链接→任务实施”的逻辑思路来加以详细阐述,项目后配有相应的项目考核。为便于学生学习,对每个项目进行了项目描述,每项任务前列有学习任务单。

本书的编写任务为:刘娟副教授编写项目五、项目六、项目七,范大鸣讲师编写项目三、项目四,庄福余教授编写项目八,冯海侠讲师编写项目一及附录,李天娇技师编写项目二中任务1、任务2,王占文高级技师编写项目二中任务3。本书在编写过程中得到了渤海船舶重工有限责任公司变电所、渤海船舶重工有限责任公司电装分厂、大连船舶工程技术研究中心有限公司和兄弟院校有关教师的大力支持,在此表示衷心感谢!同时也感谢众多参考文献的作者!全书由刘娟统稿,庄福余担任主审。

由于编者水平有限,书中难免存在不足,敬请各位读者批评指正。

编 者

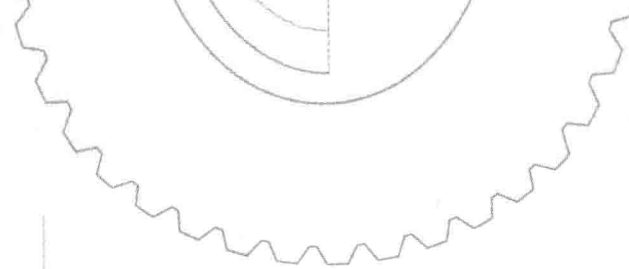


《《《 目 录

项目一 供配电系统认识	1
任务 供配电系统认识	2
一、工厂电力系统认识	2
二、电力系统中性点运行及低压系统的接地形式	8
三、供电电压、电压偏差及调整	15
【项目考核】	23
项目二 电力负荷确定	24
任务 1 电力负荷分类与负荷曲线绘制	25
一、电力负荷的分级、分类及其对供电电源的要求	25
二、负荷曲线绘制	29
任务 2 三相用电设备组计算负荷与尖峰电流确定	31
一、三相用电设备组计算负荷确定	32
二、尖峰电流确定	38
任务 3 工厂供电系统的功率损耗和电能损耗确定	40
一、工厂供电系统的功率损耗	40
二、工厂供电系统的电能损耗	43
【项目考核】	46
项目三 供配电系统电气设备运行与选择	47
任务 1 高压一次设备的运行及选择	48
一、电气设备运行中电弧的产生及熄灭	49
二、高压熔断器	51
三、高压隔离开关	54
四、高压负荷开关	56
五、高压断路器	58
六、高压开关柜	65
任务 2 低压一次设备的运行及选择	69
一、低压熔断器	70
二、低压刀开关和负荷开关	72

目 录 >>>

三、低压断路器	74
任务3 电力变压器的运行及选择	79
一、电力变压器的类型与连接	80
二、电力变压器的并列运行	82
三、自动补偿电力稳压装置认识	83
任务4 互感器的运行及选择	85
一、电流互感器的运行与选择	86
二、电压互感器的运行与选择	88
任务5 工厂变配电所主接线图认识	91
一、高压配电所的主接线图认识	92
二、车间和小型工厂变电所的主接线图认识	94
三、工厂总降压变电所的主接线图认识	100
【项目考核】	103
项目四 供配电系统保护	105
任务1 继电保护的接线和操作方式	106
一、继电保护的任务与要求	106
二、常用的保护继电器及其接线和操作方式	108
任务2 高压电力线路的继电保护	116
一、带时限的过电流保护	116
二、电流速断保护	123
任务3 供配电系统的二次回路控制	127
一、供配电系统二次回路的定义	127
二、高压断路器的控制与信号回路	130
三、供配电系统的自动装置	132
【项目考核】	137
项目五 工厂电力线路敷设与维护	138
任务1 工厂电力线路及接线方式认识	139
一、高压线路及接线方式	140

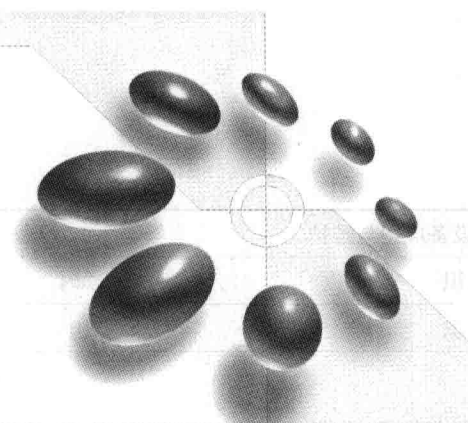


《《《 目 录

二、低压线路及接线方式	143
任务2 架空线路敷设与运行维护	145
一、架空线路结构	146
二、架空线路敷设	154
任务3 电缆线路敷设与运行维护	158
一、电缆和电缆头认识	159
二、电缆敷设	163
任务4 车间电力线路敷设与运行维护	170
一、绝缘导线的结构和敷设	171
二、裸导线的结构和敷设	172
三、电力线路电气安装图认识	175
【项目考核】	180
项目六 工厂变电所运行维护	181
任务 工厂变电所运行维护	182
一、变电所总则与安全操作	182
二、工厂变电所运行维护	191
【项目考核】	202
项目七 电气安全与防雷保护	203
任务1 电气设备接地及保护	204
一、接地基础知识	204
二、接地装置装设及布置	209
三、接地装置确定	212
四、低压配电系统接地故障保护、漏电保护和等电位连接	217
任务2 大气过电压与防雷保护	221
一、过电压及雷电认识	222
二、防雷设备认识	225
三、电气装置与建筑物的防雷措施	233
四、建筑物电子信息系统的防雷	237

目 录 >>>

任务3 电气安全与触电急救	242
一、电气安全有关概念	243
二、电气安全措施	246
三、人体触电的急救处理	249
【项目考核】	255
项目八 船舶电力系统组成与继电保护	256
任务1 船舶电力系统组成与维护	257
一、船舶电力系统组成	258
二、船舶发电机功能	261
三、船舶配电装置功能	267
任务2 船用万能式自动空气断路器继电保护	271
一、万能式自动空气断路器功能	272
二、船舶万能式自动开关继电保护	276
任务3 船舶同步发电机继电保护	287
一、船舶同步发电机过载保护	289
二、船舶同步发电机外部短路保护	290
三、船舶同步发电机欠压保护	291
四、发电机逆功率保护	292
五、岸电保护	292
六、自动分级卸载装置	294
七、保护装置动作性与电缆的保护协调	300
【项目考核】	304
附录	305
参考文献	309



项目一 供配电 系统认识



【项目描述】

本项目概述供配电技术有关基本知识，为学习本课程奠定基础。简要说明供配电工作的意义、要求；介绍供配电系统及发电厂、电力系统的基本知识以及电力系统的中性点运行方式、低压配电系统的接地形式；最后讲述供配电质量的要求和电力用户供配电电压的选择。通过本项目的学习，学生具体应达到以下要求：

一、知识要求

- (1) 熟悉电力的生产和输送过程；
- (2) 掌握电力系统中性点运行及低压系统的接地形式；
- (3) 掌握供电电压偏差及调整。

二、能力要求

- (1) 掌握工厂电力系统的组成；
- (2) 能正确进行低压配电系统的接线；
- (3) 熟悉电力系统额定电压选择规则。

三、素质要求

- (1) 具有规范操作、安全操作、环保意识；
- (2) 具有爱岗敬业、实事求是、团结协作的优秀品质；
- (3) 具有分析问题、解决实际问题的能力；
- (4) 具有创新意识、获取新知识、新技能的学习能力。



任务 供配电系统认识

【学习任务单】

学习领域	工厂供电设备应用与维护	
项目一	供配电系统认识	学时
学习任务	供配电系统认识	10
学习目标	1. 知识目标 (1) 熟悉电力的生产和输送方式； (2) 掌握电力系统中性点运行方式及低压系统的接地形式； (3) 熟悉频率偏差产生的原因及调整方法； (4) 掌握电压偏差产生的原因及调整方法。 2. 能力目标 (1) 能够识读电力系统及中性点接线图； (2) 能够正确进行低压配电系统的接线； (3) 能够正确进行电力系统额定电压选择。 3. 素质目标 (1) 培养学生在电力线路接线过程中具有安全用电、文明操作意识； (2) 培养学生在安装操作过程中具有团队协作意识和吃苦耐劳的精神。	
一、任务描述 识读电力系统接线图及接地方式，熟悉电力用户供配电电压选择规则。 二、任务实施 (1) 学生分组，每小组 4~5 人； (2) 小组按任务单进行分析和资料学习； (3) 小组经过讨论确定任务结果，每小组由中心发言人陈述，经过全体同学讨论，确定正确结果； (4) 检查总结。 三、相关资源 (1) 教材； (2) 教学课件； (3) 图片。 四、教学要求 (1) 认真进行课前预习，充分利用教学资源； (2) 充分发挥团队合作精神，正确完成工作任务； (3) 团队之间相互学习，相互借鉴，提高学习效率。		

【知识链接】

一、工厂电力系统认识

(一) 电力系统基础知识

电力，是现代工业生产的主要能源和动力，是人类现代文明的物质技术基础。没有电

力,就没有工业现代化,就没有整个国民经济的现代化。现代社会的信息化和网络化,都是建立在电气化的基础之上的。工业生产只有电气化以后,才能大大增加产量,提高产品质量,提高劳动生产率,降低生产成本,减轻工人的劳动强度,改善工人的劳动条件,有利于实现生产过程的自动化。如果电力供应突然中断,则将对企业生产和社会生活造成严重的后果,不仅会打乱生产和生活秩序,有时甚至可能发生重大的设备损坏事故或人身伤亡事故。因此做好供配电工作,对于保证企业生产和社会生活的正常进行和实现整个国民经济的现代化具有十分重要的意义。

供配电工作要很好地为企业生产和国民经济服务,切实保证企业生产和整个国民经济生活的需要,切实搞好安全用电、节约用电、计划用电工作必须达到以下基本要求:

- (1) 安全:在电力的供应、分配和使用中,应避免发生人身事故和设备事故。
- (2) 可靠:应满足电力用户对供电可靠性即连续供电的要求。
- (3) 优质:应满足电力用户对电压质量和频率质量等方面的要求。
- (4) 经济:在满足安全、可靠和电能质量的前提下,应使供配电系统的投资少,运行费用低,并尽可能地节约电能和减少有色金属消耗量。

此外,在供配电工作中,应合理地处理局部与全局、当前与长远的关系。

1. 电力的生产和输送过程

电力的生产和输送过程如图 1-1 所示。

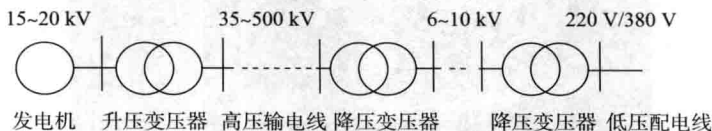


图 1-1 电力的生产与输送

电力用户所需电力是由发电厂生产的,发电厂大多建在能源基地附近,往往离用户很远。为了减少电力输送的线路损耗,发电厂生产的电力一般要经升压变压器升高电压,送到用户附近后,又经降压变压器降低电压,给用户供电。电力生产具有不同于一般商品的下列特点:

- (1) 同时性:电力的生产、输送、分配以及转换为其他形态能量的过程,几乎是同时进行的。电能不能大量储存。电能的发、供、用始终是同步的。
- (2) 集中性:电力的生产必须集中统一,有统一的质量标准,统一的调度管理,统一生产和销售。在一个供电区域内只能独家经营。
- (3) 快速性:电力系统中各元件(包括设备、线路等)的投入或切除,几乎在瞬间就能完成,系统运行方式的改变过程也极其短暂。
- (4) 先行性:电力生产在国民经济发展中具有先行性。全国的发电装机容量和发电量的增长速度应大于工业总产值及国民经济总产值的增长速度,否则必然制约国民经济的发展。

2. 电力系统、电力网及动力系统

通过各级电压的电力线路,将发电厂、变配电所和电力用户连接起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体,称为电力系统。发电厂与电力用户之间的输电、变电和配电

的整体,包括所有变配电所和各级电压的线路,称为电力网,简称电网。电网或系统又往往以电压等级来区分。例如说 10 kV 电网或 10 kV 系统,这实际上是指 10 kV 电压级的整个电力线路。电力系统加上发电厂的动力部分以及热能系统和热能用户,则称为动力系统。由此可见,发电厂与电力用户之间是通过电网联系起来的。发电厂生产的电力先要送入电网,然后由电网送给电力用户。

建立大型电力系统(联合电网)有下列优越性:

- (1) 可以更经济合理地利用动力资源,例如利用水力资源和其他清洁、价廉、可再生的能源。
- (2) 可以减少电能损耗,降低发电和输配电成本,大大提高经济效益。
- (3) 可以更好地保证电能质量,提高供电可靠性。

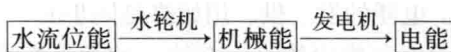
(二) 发电厂认识

1. 水力发电厂

水力发电厂,简称水电厂或水电站(见图 1-2),它利用水流的位能来生产电能。当控制水流的闸门打开时,水流就沿着进水管进入水轮机蜗壳室,冲动水轮机,带动发电机发电。其能量转换过程是:



图 1-2 水电站



水电站出力 P (容量, kW) 的计算公式为:

$$P = 9.81QH\eta = KQH \quad (1-1)$$

式中, Q 为通过水电站的流量 (m^3/s); H 为水电站上下游的水位差,通常称为水头或落差 (m); η 为水电站的效率; K 为水电站的出力系数,一般为 8.0~8.5。

由于水电站的出力与上下游的水位差成正比,所以建造水电站必须用人工的办法来提高水位。最常用的办法,是在河流上建筑一座很高的拦河坝,提高上游水位,形成水库,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三峡水电站都属于这种类型。另一种提高水位的办法,是在具有相当坡度的弯曲河道上游,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

建在河段末端的水电站。这类水电站，称为引水式水电站。还有一类水电站，是上述两种提高水位方式的综合，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。

水电站建设的初期投资较大，但是发电成本低，仅为火力发电成本的 $1/3 \sim 1/4$ ，而且水属清洁的、可再生的能源，有利于环境保护，同时水电站建设不只用于发电，通常还兼有防洪、灌溉、航运、水产养殖和旅游等多种功能，因此其综合效益好。

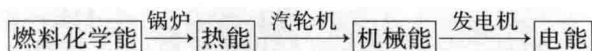
2. 火力发电厂

火力发电厂，简称火电厂或火电站（见图 1-3），它利用燃料的化学能来生产电能。火电厂按其使用的燃料类别分，有燃煤式、燃油式、燃气式和废热式（利用工业余热、废料或城市垃圾等来发电）等多种类型，但是我国的火电厂仍以燃煤为主。



图 1-3 火电站

为了提高燃料的效率，现在的火电厂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，推动汽轮机转动，带动发电机发电，其能量转换过程是：



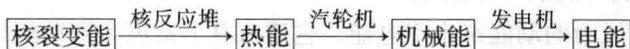
现代火电厂一般都考虑了“三废”（废渣、废水、废气）的综合利用；有的火电厂不仅发电，而且供热。兼供热能的火电厂，称为热电厂。

火电建设的重点是煤炭基地的坑口电厂的建设。对于远离煤炭产地的火电厂，宜采用高热值的动力煤。对位于酸雨控制区和二氧化硫控制区特别是大城市附近的火电厂，应采用低硫煤，或对原煤先进行脱硫处理。对严重污染环境的低效小型火电厂，应按照国家“节能减排”的要求予以关停。

现在国外已研究成功将煤先转化为气体再送入锅炉内燃烧发电的新技术，从而大大减少了直接燃煤而产生的废气、废渣对环境的污染，这称之为洁净煤发电新技术。

3. 核能发电厂

核能发电厂，又称为原子能发电厂，通称核电站（见图 1-4），它是利用某些核燃料的原子核裂变能来生产电能，其生产过程与火电厂大体相同，只是以核反应堆（俗称原子炉）代替了燃煤锅炉，以少量的核燃料代替了大量的煤炭。其能量转换过程是：



核电站的反应堆类型主要有：

(1) 石墨慢化反应堆：它采用石墨作慢化剂，又分气冷堆型和水冷堆型。新型的高温气冷堆型，采用 2.5% ~ 3% 的低浓缩铀作燃料，以石墨作慢化剂，氦气作冷却剂。石墨水冷堆型以石墨作慢化剂，轻水作冷却剂。1986 年 4 月发生严重核泄漏事故的苏联切尔诺贝利核电站就采用这种堆型。

(2) 轻水反应堆：它用 2% ~ 3% 的低浓缩铀作燃料，高压轻水（即普通水）作慢化剂和冷却剂。它又分沸水堆型和压水堆型。沸水堆型的水在反应堆内直接沸腾变为蒸汽，推动汽轮机带动发电机发电。压水堆型的水在反应堆内不沸腾。它有两个回路，其中一个回路的水流经反应堆，将堆内的热量带往蒸汽发生器，与通过蒸汽发生器的二回路中的水交换热量，使二回路的水加热变为高压蒸汽，推动汽轮机带动发电机发电。目前世界上的核电站，85% 以上为轻水堆型。

(3) 重水反应堆：它用重水作慢化剂和冷却剂，用天然铀作燃料。它的燃料成本低，但重水较贵，而且设备比较复杂，投资较大。我国于 2002 年 11 月投入并网发电的秦山核电站三期工程扩建的 2 台 70 万千瓦反应堆就是这种重水堆型。

(4) 快中子增殖反应堆：简称快堆，它是利用快中子来实现可控链式裂变反应和核燃料增殖的反应堆。这种反应堆不用慢化剂。反应堆内绝大部分都是快中子，容易为反应堆周围的铀 238 所吸收，使铀 238 转变为可裂变的钚 239。这种反应堆可在 10 年左右使核燃料钚 239 比初装入量增殖 20% 以上，但是初投资较大。我国已建有一座热功率 65 MW、发电功率 20 MW 的实验性快堆。

由于核能是巨大的能源，而且核电具有安全、清洁和经济的特点，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占的比重逐年增长。我国在 20 世纪 80 年代就确定了“要适当发展核电”的电力建设方针，并已兴建了浙江秦山、广东大亚湾、广东岭澳等多座大型核电站。

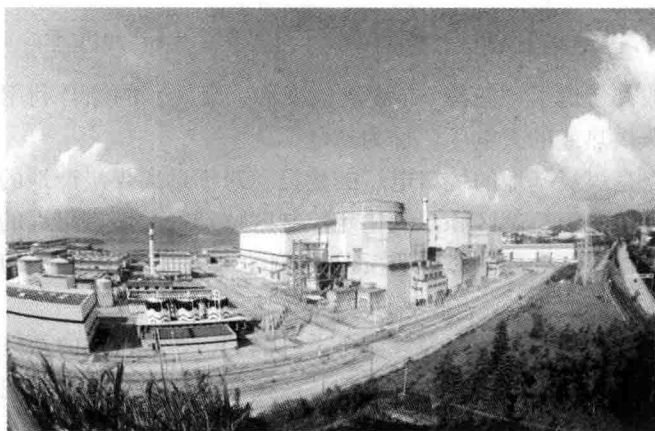


图 1-4 核电站

4. 其他类型发电厂

(1) 风力发电站：如图 1-5 所示。

风力发电是利用风力的动能来生产电能，它建在有丰富风力资源的地方。风能是一种取

之不尽的清洁、价廉和可再生能源。但其能量密度较小，因此风轮机的体积较大，造价较高，且单机容量不可能做得很大。风能又是一种具有随机性和不稳定性的能源，因此利用风能发电必须与一定的蓄能方式相结合，才能实现连续供电。风力发电的能量转换过程是：

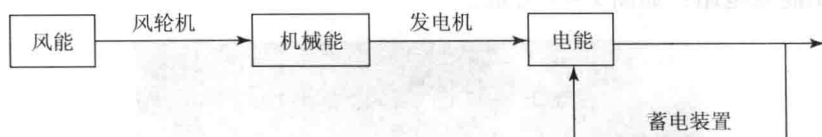


图 1-5 风力发电站

(2) 地热发电站：如图 1-6 所示。

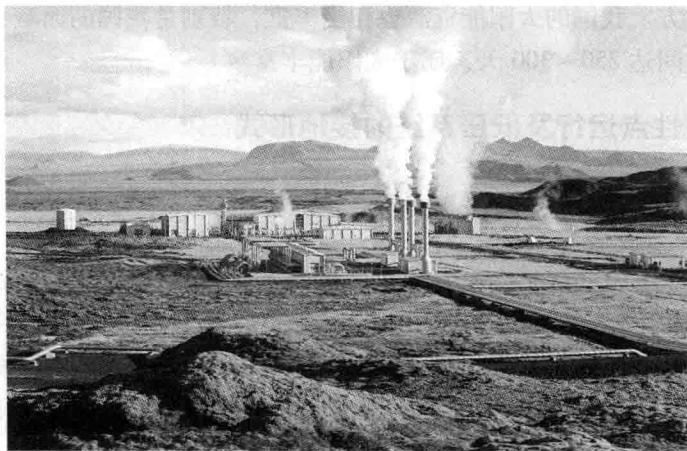
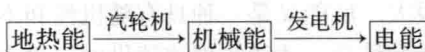


图 1-6 地热发电站

地热发电是利用地球内部蕴藏的大量地热能来生产电能。它建在有足够地热资源的地方。地热是地表下面 10 km 以内储存的天然热源，主要来源于地壳内的放射性元素蜕变过程所产生的热量。地热发电的热效率不高，但不消耗燃料，运行费用低。它不像火力发电那样，要排出大量灰尘和烟雾，因此地热还是属于比较清洁的能源。但地下热水和蒸汽中大多含有硫化氢、氨、砷等有害物质，因此对排出的热水要妥善处理，以免污染环境。地热发电

的能量转换过程是：



(3) 太阳能发电站：如图 1-7 所示。

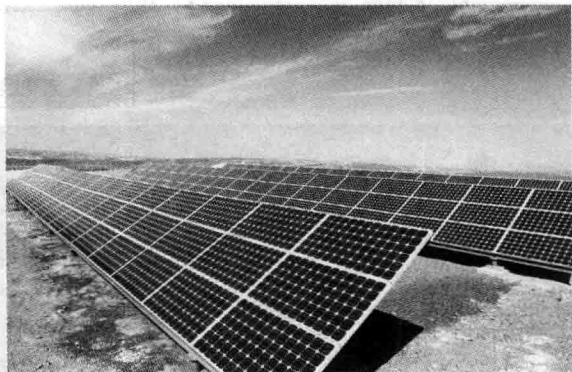


图 1-7 太阳能发电站

太阳能发电就是利用太阳的光能或热能来生产电能。利用太阳的光能发电，是通过光电转换元件如光电池等直接将太阳的光能转换为电能。这已广泛应用在人造地球卫星和宇航装置上。利用太阳的热能发电，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，都属于热电直接转换。太阳能通过集热装置和热交换器，给水加热，使之变为蒸汽，推动汽轮发电机组发电，与火力发电原理相同，属于间接转换发电。

太阳能是一种十分安全、经济、无污染而且是取之不尽的能源。太阳能发电装置建在常年日照时间长的地方。我国的太阳能资源也相当丰富，特别是我国的西藏、新疆、内蒙古等地区，常年日照时间达 250 ~ 300 天，属于太阳能丰富区。

二、电力系统中性点运行及低压系统的接地形式

(一) 电力系统的中性点运行

我国电力系统中电源（包括发电机和电力变压器）的中性点有下列三种运行方式：一种是中性点不接地的运行方式；一种是中性点经阻抗（通常是经消弧线圈）接地的运行方式；另一种是中性点直接接地或经低电阻接地的运行方式。前两种系统在发生单相接地故障时的接地电流较小，因此又统称为小接地电流系统；后一种系统在发生单相接地故障时形成单相接地短路，电流较大，因此称为大接地电流系统。电力系统中性点运行方式对电力系统的运行特别是在系统发生单相接地故障时有明显的影响，而且还影响到系统二次侧保护装置及监视、测量系统的选择与运行，因此有必要予以充分的重视和研究。

1. 中性点不接地的电力系统

中性点不接地的电力系统正常时的电路图和相量图如图 1-8 所示。图中三相交流的相序代号统一采用 A、B、C。由电工基础知，三相线路的相间及相与地间都存在着分布电容。但相间电容与这里讨论的问题无关，因此不予考虑，只考虑相与地间的分布电容，且用集中

电容 C 来表示,如图 1-8 (a) 所示。系统正常运行时,三相的相电压 $\dot{U}$ 是对称的, $\dot{U}_C$ 也是对称的,三相的对地电容电流 $\dot{I}_C$ 也完全对称,如图 1-8 (b) 所示。这时三个相的对地电容电流的相量和为零,因此没有电流在地中流过。

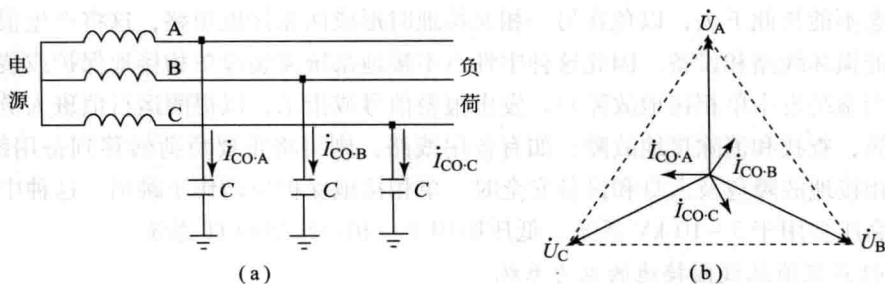


图 1-8 正常运行时的中性点不接地系统

(a) 电路图; (b) 相量图

当系统发生单相接地故障时,假设 C 相接地,如图 1-9 (a) 所示。这时 C 相对地电压为零,而 A 相对地电压 $\dot{U}'_A = \dot{U}_A + (-\dot{U}_C) = \dot{U}_{AC}$, B 相对地电压 $\dot{U}'_B = \dot{U}_B + (-\dot{U}_C) = \dot{U}_{BC}$,如图 1-9 (b) 所示。由此可见, C 相接地时,完好的 A、B 两相对地电压均由原来的相电压升高到线电压,即升高为原对地电压的 $\sqrt{3}$ 倍。因此这种系统中设备的相绝缘,不能只按相电压来考虑,而要按线电压来考虑。

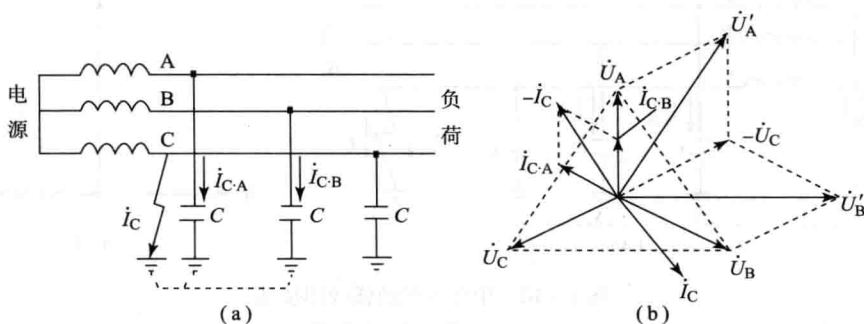


图 1-9 发生单相接地故障时的中性点不接地系统

(a) 电路图; (b) 相量图

C 相接地时,系统的接地电流(接地电容电流) $\dot{I}_C$ 为 A、B 两相对地电容电流之和,即:

$$\dot{I}_C = -(\dot{I}_{C \cdot A} + \dot{I}_{C \cdot B}) \quad (1-2)$$

由于线路对地电容 C 难于准确确定,所以 I_{C0} 和 I_C 也不好根据 C 来准确计算。在工程中,通常采用下列经验公式来计算:

$$I_C = \frac{U_N(l_{oh} + 35l_{cab})}{350} \quad (1-3)$$

式中, I_C 为中性点不接地系统的单相接地电容电流 (A); U_N 为系统的额定电压 (kV); l_{oh}