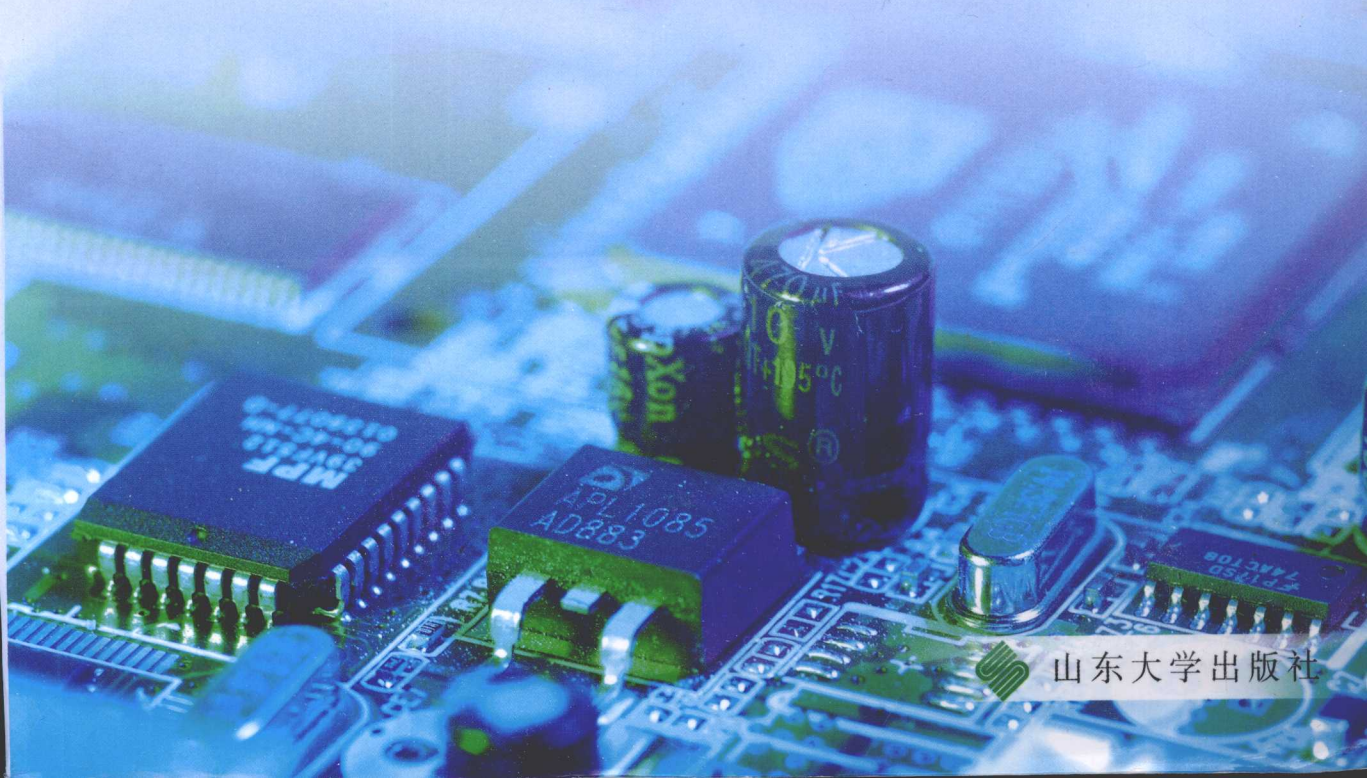


21世纪高职高专系列教材

电气控制与PLC技术

王兆晶 主编



山东大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

电气控制与 PLC 技术/王兆晶主编. — 济南: 山东大学出版社, 2009. 8
ISBN 978-7-5607-3906 -9

- I. 电…
- II. 王…
- III. ①电气控制—高等学校: 技术学校—教材
②可编程控制器—高等学校: 技术学校—教材
- IV. TM921.5 TP332.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 134448 号

山东大学出版社出版发行
(山东省济南市山大南路 27 号 邮政编码: 250100)
山东省新华书店经销
济南铁路印刷厂印刷
787×1092 毫米 1/16 18.75 印张 433 千字
2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷
印数: 1—4000 册
定价: 32.80 元

版权所有, 盗印必究

购书电话: 0531—88364808

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社营销部负责调换

21 世纪高职高专系列教材 编委会成员名单

主 任 邢宪学

委 员 (以姓氏笔画为序)

丁 霞	于纪玉	于 敏	马克杰	王元恒
孙庆珠	牟善德	刘德增	杨忠斌	陈增红
张子泉	张卫华	张保卫	狄保荣	赵宗尹
柳耀福	荀方杰	侯印浩	郝宪孝	钱乃余
徐 冬	夏季亭	崔振民	常立学	温金祥

出版说明

江泽民同志在党的十六大报告中指出：“教育是发展科学技术和培养人才的基础，在现代化建设中具有先导性、全局性作用，必须摆在优先发展的战略地位。……加强职业教育和培训，发展继续教育，构建终身教育体系。”职业教育作为我国教育事业的一个重要的组成部分，改革开放以来，尤其是近年来获得了长足发展。据不完全统计，目前全国各类高等职业学校有近千所，仅山东省就有五十多所，为国家和地方培养了一大批高素质的劳动者和专门人才。与此相适应，教材建设也硕果累累，各出版社先后推出了多部具有高职特色的高职高专教材。但总体上看，与迅猛发展的高职教育相比，教材的出版相对滞后，这不仅表现在教材品种相对较少，更表现在内容的针对性不强，某些方面与高职的专业设置、培养目标相去甚远。同时，地方性、区域性的高职教材也稍嫌不足。以山东省为例，作为一个经济强省、人口大省、教育大省，迄今为止，居然没有一套统编的，与山东省社会、经济、文化发展相适应的高职教材，严重地制约了我省高职高专教育的发展。

有鉴于此，我们在山东省教育厅的领导与支持下，依据教育部《高职高专教育基础课程教学基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》，并结合我省高职院校及专业设置的特点，组织省内二十余所高职院校长期从事高职高专教学和研究的专家、教授，编写了这套“21世纪高职高专系列教材”。该教材充分借鉴近年来国内高职高专院校教材建设的最新成果，认真总结和汲取省内高职院校和成人高校在教育、培养新时期技术应用性专门人才方面所取得的成功经验，以适应高职院校教学改革的需要为目标，重点突出实用性、针对性，力求从内容到形式都有一定的突破和创新。本系列教材拟分批出版，约一百余种。出齐后，将涵盖山东省高职高专教育的基础课程和主干课程。

编写这套教材，在我们是一次粗浅的尝试，也是一次学习、探索和提高的机会。由于我们水平有限，加之编写时间仓促，本教材无论在内容还是形式上

都难免会存在这样那样的缺憾或不足,敬请专家和读者批评指正。

21 世纪高职高专系列教材编写委员会
2009 年 8 月

前 言

《电气控制与 PLC 技术》是机械类专业的一门专业课程,是机电类高职工科专业开设的实践性很强的技术应用型课程。该课程不仅为数控技术、机床课程设计等后续课程、集中实训和毕业设计打下基础,而且为相关专业学生考取初级、中级电工职业资格证书做准备。本书的重点内容是设备电气控制技术和可编程控制器在生产中的应用,本课程的突出特征是理论教学与实训一体化的编写形式,要求理论必须与实训操作密切结合,强调技术应用。

本教材是立足于高职应用型教育这一特点,以“加强基础知识、重视实践技术、培养动手能力”为指导思想,注重培养工程应用、工程设计的原则为出发点来编写的,从而体现一体化教材的特色。全书力求简明扼要,循序渐进,图文并茂。各章中均有习题及实训项目,还附有电器元件的性能和型号表等可供查阅。实训项目可由各学校根据教学条件自行安排。

全书共分七章:第一章为绪论,讲述电气控制技术的发展概况,电力拖动的基本概念,发电和用电,安全用电知识。第二章为低压电器的应用技术,介绍电器基本知识,常用低压电器的结构、工作原理、电器元件参数及选用。第三章介绍三相异步电动机的基本控制线路,电气原理图的绘制方法和设计方法等。第四章针对一般通用机械设备的电气控制系统进行了分析,并介绍了一般机械设备电路故障的检查方法、一般机械设备常见电气故障及检修方法。第五章介绍可编程序控制器的原理及特点,分别介绍了三菱 FX2N 系列、西门子系列、欧姆龙 C 系列、松下 FP1 系列 PLC 的系统组成、编程指令及应用。第六章介绍交直流调速控制系统的工作原理、变频器的工作原理和应用技术。第七章介绍数控机床电气控制系统的应用技术。

本书可作为高职院校机电一体化、机械制造与自动化、数控技术应用专业的教材,亦可作为其他机械类、制造类专业的对应课程教材,同时适用于从事电气控制与 PLC 技术人员的培训、成人教育、职业教育等课程的应用。

本书第一、二章由阎伟编写;第三、四章由王兆晶编写;第五章由周照君、傅晓霞编写;第六章由王兆晶、傅晓霞编写;第七章由马坤编写。全书由王兆晶统稿。

编者在编写本书时参阅了相关书籍、专业文章、技术资料和图片等文献,在此向原作者致以衷心的感谢。如有不当之处,恳请见谅。

由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请广大专业人员和读者给予批评指正。

编者

2009年8月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 电气控制技术的发展概况.....	(1)
第二节 电力拖动的概念.....	(3)
第三节 发电、输电、配电和用电.....	(3)
第四节 安全用电技术	(10)
第二章 低压电器的应用	(18)
第一节 低压电器基本知识	(18)
第二节 低压开关	(20)
第三节 熔断器	(26)
第四节 交流接触器	(27)
第五节 继电器	(31)
第六节 主令电器	(40)
第七节 其他电器	(49)
第八节 新型继电器	(51)
第三章 电动机基本控制线路的应用	(56)
第一节 电气图的识读和绘制	(56)
第二节 三相异步电动机的全压起动控制	(64)
第三节 三相异步电动机的降压起动控制	(71)
第四节 三相异步电动机的制动控制	(74)
第五节 三相鼠笼式异步电动机的调速控制	(81)
第六节 三相绕线式异步电动机的起动与调速控制	(84)
第七节 电气控制线路的设计方法	(90)
第四章 一般机械设备的电气控制线路	(98)
第一节 机械加工设备的分类	(98)

第二节	电气线路故障的检查方法·····	(100)
第三节	CA6140 型车床电气控制线路的分析·····	(107)
第四节	M7130 型平面磨床电气控制线路的分析·····	(111)
第五节	Z3050 型摇臂钻床电气控制线路的分析·····	(116)
第六节	X6132 型万能铣床电气控制线路的分析·····	(124)
第七节	15/3 吨桥式起重机电气控制线路的分析·····	(131)
第五章	可编程序控制器的应用技术·····	(138)
第一节	概 述·····	(138)
第二节	可编程序控制器系统组成及工作原理·····	(141)
第三节	三菱 FX 系列可编程序控制器·····	(147)
第四节	西门子系列可编程序控制器·····	(167)
第五节	欧姆龙 C 系列可编程序控制器·····	(185)
第六节	松下 FP 系列可编程序控制器·····	(197)
第七节	可编程序控制器程序设计方法及应用实例·····	(208)
第六章	电气传动技术原理和应用·····	(234)
第一节	直流无级调速系统的工作原理·····	(234)
第二节	交流无级调速系统的工作原理·····	(240)
第三节	通用变频器的工作原理和使用·····	(245)
第七章	数控机床电气控制系统的应用技术·····	(267)
第一节	数控机床的基本结构·····	(267)
第二节	数控机床的工作原理及分类·····	(273)
第三节	数控车床的电气控制系统应用实例·····	(280)
参考文献	·····	(291)

第一章 绪 论

第一节 电气控制技术的发展概况

一、机床电气控制技术的发展过程

电气控制方式经历了一个从低级到高级的发展过程。最初采用的是手动控制。最早的自动控制是在 20 世纪的 20~30 年代出现的继电接触器控制,它可以实现对控制对象的启动、停车、调速、自动循环以及保护等控制。它所使用的控制器件结构简单、价格低廉、控制方式直观、易掌握、工作可靠、易维护,因此,在机床控制上得到长期、广泛的应用。它的缺点是体积大、功耗大、控制速度慢、改变控制程序困难,由于是有触点控制,在控制复杂时可靠性降低。

为了解决复杂和程序可变控制对象的需要,在 20 世纪 60 年代出现了顺序控制器。它是继电器和半导体元件综合应用的控制装置,具有程序改变容易、通用性较强等优点,广泛用于组合机床、自动线上。

随着计算机技术的发展,又出现了以微型计算机为基础的具有编程、存储、逻辑控制及数字运算功能的可编程序控制器(PLC)。PLC 的设计以工业控制为目标,因而具有功率级输出、接线简单、通用性强,编程容易、抗干扰性强、工作可靠等一系列优点。它一问世,就以强大的生命力,大面积地占领了传统的控制领域。PLC 的发展方向是微型、简易、价廉,以取代传统的继电器控制;而它的另一个发展方向是大容量、高速、高性能、对大规模复杂控制系统能进行综合控制。

数字控制是机床电气控制发展的另外一个重要方面。数控机床是数控技术用于机床的产物。它是 20 世纪 50 年代初,为适应中小型机械加工自动化的需要,应用电子技术、计算机技术、现代控制理论、精密测量技术、伺服驱动技术等现代科学技术的成果。数控机床既有专用机床生产率高的优点,又有通用机床工艺范围广、使用灵活的特点,并且还具有能自动加工复杂成型表面,精度高的优点。数控机床集高效率、高精度、高柔性于一身,成为当今机床自动化的理想形式。

柔性制造系统(FMS)是由一中心计算机控制的机械加工自动线,是数控机床、

工业机器人、自动搬运车、自动化检测、自动化仓库组成的技术产物。加工计算机辅助设计 CAD、计算机辅助制造 CAM、计算机辅助质量检测 CAQ 及计算机信息管理系统将构成计算机集成制造系统 CIMS。它是当前机械加工自动化发展的最高形式。机床电气自动化的水平在电气控制技术迅速发展的进程中将被不断推向新的高峰。

二、现代电气控制技术的发展

电气控制技术是以各类电动机为动力的传动装置与系统为对象,以实现生产过程自动化的控制技术。电气控制系统是其中的主干部分,在国民经济的各行各业中得到广泛应用,是实现工业生产自动化的重要技术手段。

继电器—接触器控制系统至今仍是许多生产机械设备广泛采用的基本电气控制形式,也是学习更先进电气控制系统的基础。它主要由接触器、继电器、主令电器(如按钮、行程开关)等组成,由于其控制方式是断续的,故称为断续控制系统。它具有控制简单、方便实用、价格低廉、易于维护、抗干扰能力强等优点。但由于其接线方式固定,灵活性差,难以适应复杂和程序可变的控制对象的需要,且工作频率低,触点易损坏,可靠性差。

以软件手段实现各种控制功能、以微处理器为核心的可编程控制器(PLC),是 20 世纪 60 年代诞生并开始发展起来的一种新型工业控制装置。它具有通用性强、可靠性高、能适应恶劣的工业环境,指令系统简单、编程简便易学、易于掌握,体积小、维修工作少、现场连接安装方便等一系列优点,正逐步取代传统的继电器控制系统,广泛应用于冶金、石油、化工、造纸、纺织、采矿、机械制造、电力、环保等各个行业的控制中。

在自动化领域,可编程控制器与 CAD/CAM、工业机器人并称为加工业自动化的三大支柱,其应用日益广泛。可编程控制器技术是以硬接线的继电器——接触器控制为基础,逐步发展为既有逻辑控制、计时、计数,又有运算、数据处理、模拟量调节、联网通信等功能的控制装置。它可通过数字量或者模拟量的输入、输出满足各种类型机械控制的需要。可编程控制器及有关外部设备,均按既易于与工业控制系统联成一个整体,又易于扩充其功能的原则设计。可编程控制器已成为生产机械设备中开关量控制的主要电气控制装置。

随着科学技术的不断发展、生产工艺的不断改进,特别是计算机技术的应用和新型控制策略的出现,不断改变着电气控制技术的面貌。在控制方法上,从手动控制发展到自动控制;在控制功能上,从简单控制发展到智能化控制;在操作上,从笨重发展到信息化处理;在控制原理上,从单一的有触点硬接线继电器逻辑控制系统发展到以微处理器或微型计算机为中心的网络化自动控制系统。

现代电气控制技术综合应用了计算机技术、微电子技术、自动控制技术、检测技术、通信技术、网络技术、智能技术等先进的科学技术成果。

第二节 电力拖动的概念

在工业生产中,以电力为原动力,用电动机拖动生产机械使之运转的方法称为电力拖动。电力拖动是由电动机、控制和保护设备、生产机械传动装置三部分组成。

1. 电动机

电动机是电力拖动的原动机,电动机是将电能转换成机械能的部件,通过对电能的控制以产生所需的转矩与转速。

电动机分为交流电动机和直流电动机两大类,它们的最大不同,在于交流电动机直接使用交流电源,而直流电动机需要专用电源供电。交流电动机具有结构简单、制造方便、维修容易、价格便宜等优点,所以使用较为广泛。如工厂中大量使用的各种机床、风机、机械泵、压缩机等。直流电动机具有良好的启动、制动、调速和控制性能。可以方便地在很宽的范围内平滑地调速,所以常被用于自动控制要求较高的场所,例如,精密机床的进给运动等。由于直流电动机有换向器和易磨损的电刷,因而必须经常对它们进行维护与检修。

随着电子技术的发展,20世纪60年代出现了半导体晶闸管交流调速系统,尤其是70年代以后,大规模集成电路和电子计算机的发展,以及现代控制的应用,为开发交流调速创造了有利条件。例如,交流电动机的串级调速、变频调速、无换向器电动机调速等,都使交流电力拖动的调速范围加宽了,精度和稳定性也提高了。

2. 控制和保护设备

控制设备是控制电动机运转的设备,控制设备是由各种控制电器(如开关、熔断器、接触器、继电器、按钮等)按照一定要求和规定组成的控制线路和设备,用于控制电动机的运行,即控制电动机的启动、正转、反转、调速和制动。保护设备是保护控制线路和电动机实现过载、过流、欠压和短路等作用(如低压断路器、热继电器、电流继电器等)。

3. 生产机械及传动装置

生产机械是直接进行生产的机械设备,生产机械是电动机的负载。传动装置是电动机与生产机械之间的传动机械,用于传递动力,如减速箱、皮带、联轴器等。不同的生产机械对传动装置的要求也不同。因此,选用合理的传动装置,可使生产机械达到理想的工作状态。

第三节 发电、输电、配电和用电

电能是人类生产和生活中不可缺少的能源。从发电厂到电力用户中,各类电机和变压器成为电能产生、输送、分配等环节能量转换的必要设备。简单的电力系统如图 1-1 所示。

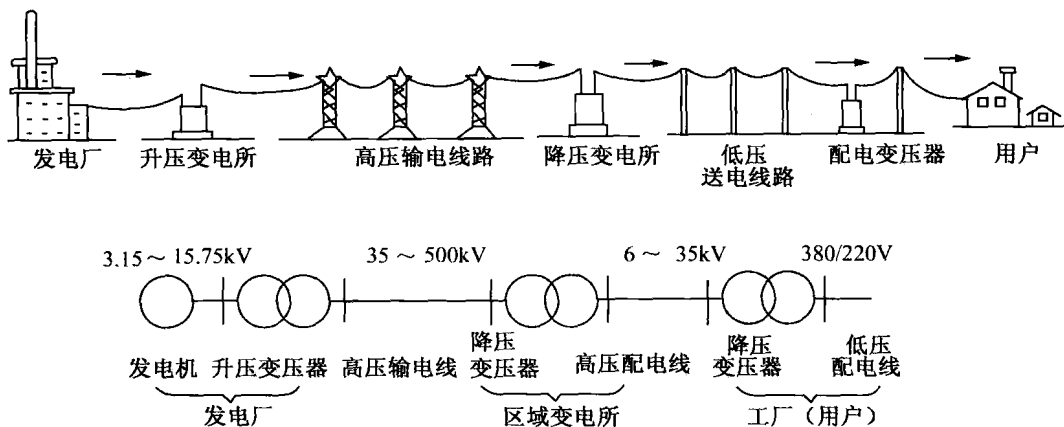


图 1-1 简单电力系统示意图

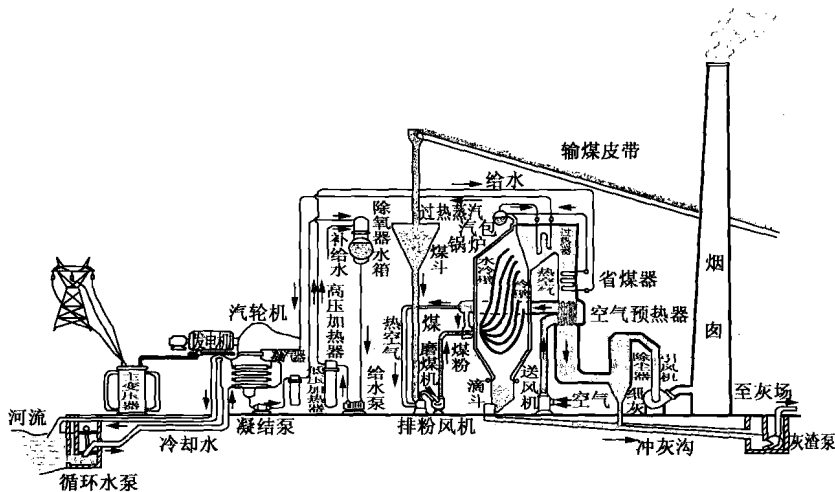
一、发电

电能是由煤炭、石油、水力、核能、太阳能和风能等一次能源通过各种转换装置而获得的二次能源。目前,世界各国电能的生产主要以火力发电、水力发电、原子能发电三种方式为主。

1. 火力发电

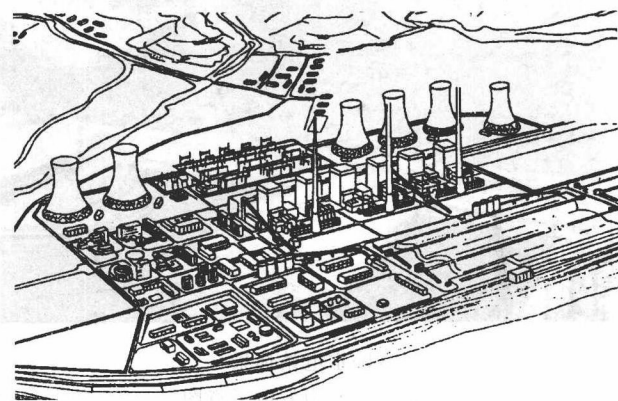
它是利用煤炭、石油燃烧后产生的热量来加热水,使之成为高温、高压蒸汽,再用蒸汽推动汽轮机旋转并带动三相交流同步发电机发电。

火力发电的优点是建厂速度快,投资成本相对较低。缺点是消耗大量的燃料,发电成本较高,对环境污染较为严重。目前,我国及世界上绝大多数国家仍以火力发电为主。火力发电汽轮机组做功流程,如图 1-2(a)所示,图 1-2(b)为火力发电厂远景。



(a)火力发电厂的生产工序

图 1-2 火力发电示意图



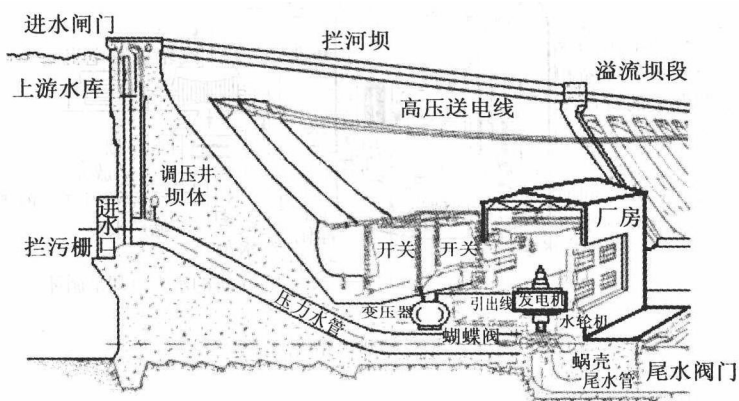
(b)火力发电厂远景

图 1-2 火力发电示意图

2. 水力发电

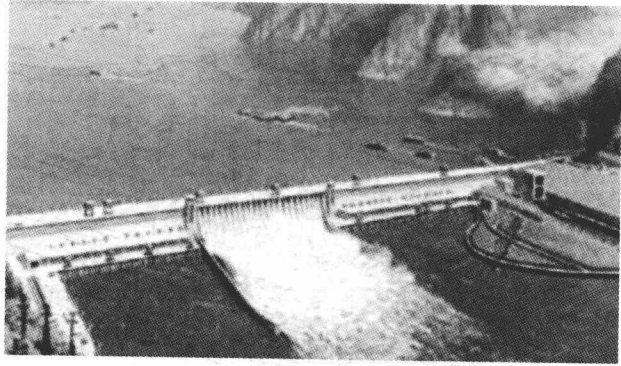
它是通过水库或筑坝截流的方式来提高水位,利用水流的落差及流量去推动水轮机旋转并带动同步发电机发电,即利用水流的势能来发电。常见的坝后式水力发电厂作功流程,如图 1-3(a)所示。

水力发电的优点是发电成本低,不存在环境污染问题,并可以实现水利的综合利用。缺点是一次性投资大,建站时间长,而且受自然条件的影响较大。我国水力资源丰富,开发潜力很大,特别是长江三峡水利工程的建设成功[见图 1-3(b)],使我国水力发电量得到了大幅度的提高。



(a)水力发电的作功流程

图 1-3 水力发电示意图



(b)水电站远景

图 1-3 水力发电示意图

3. 核能发电

又称原子能发电,它是利用核燃料在反应堆中的裂变反应所产生的巨大能量来加热水,使之成为高温、高压蒸汽,再用蒸汽推动汽轮机旋转并带动同步发电机发电。图 1-4 所示为压水型核电站发电示意。

核能发电消耗的燃料少,发电成本较低,但建站难度大、投资高、周期长。全世界目前核能发电量约占总发电量的 20%,发展核能将成为必然趋势。

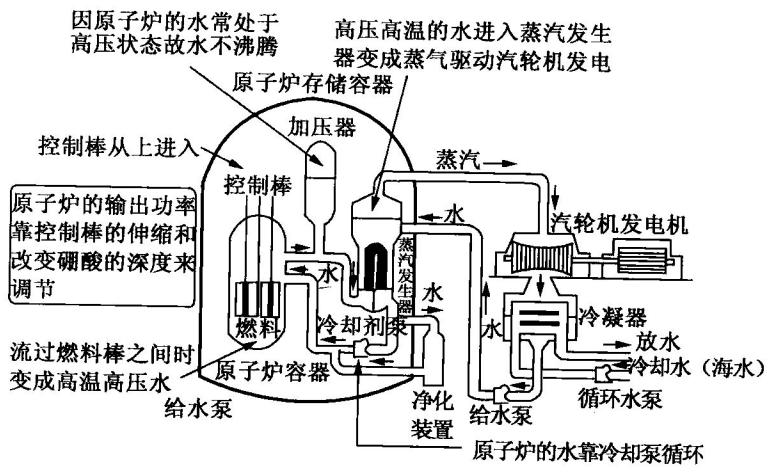
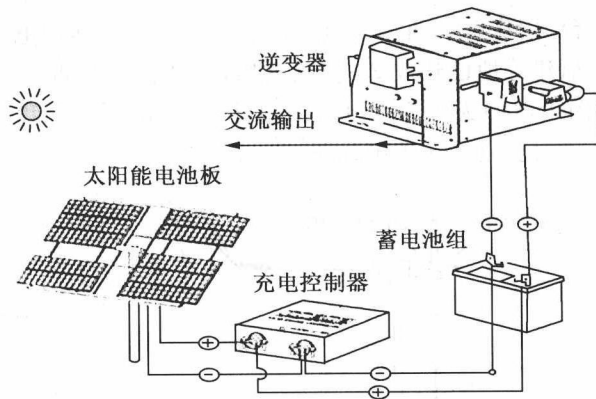


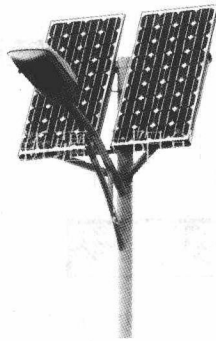
图 1-4 压水型核电站示意图

4. 新能源发电

此外,还可利用太阳能、风能、地热等能源发电,它们都是清洁能源,不污染环境,有很好的开发前景。图 1-5(a)为太阳能发电的作功流程图,图中通过太阳能板吸收光能转化为电能,再由并网逆变器把电能送入电网。光伏并网发电是光伏电源的发展方向,它代表了 21 世纪最具吸引力的能源利用技术。



(a) 太阳能发电的作功流程



(b) 太阳能路灯

图 1-5 太阳能发电示意图

(1) 太阳能发电 太阳能发电系统由太阳能电池组、太阳能控制器、蓄电池(组)组成。如输出电源为交流 220V 或 110V, 还需要配置逆变器。各部分的作用为:

① 太阳能电池板。太阳能电池板是太阳能发电系统中的核心部分, 也是太阳能发电系统中价值最高的部分。其作用是将太阳的辐射能力转换为电能, 或送往蓄电池中存储起来, 或推动负载工作。

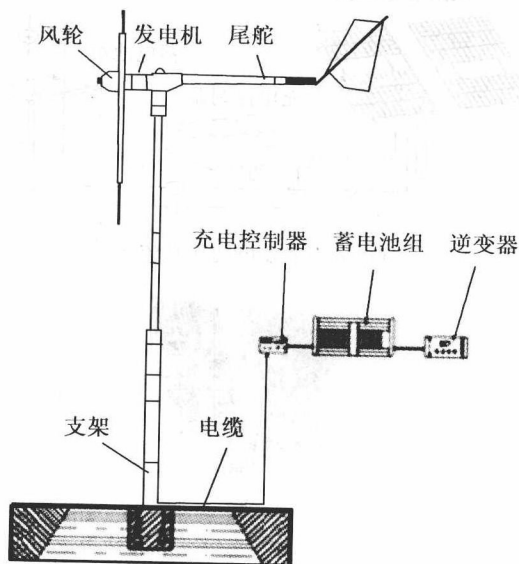
② 太阳能控制器。太阳能控制器的作用是控制整个系统的工作状态, 并对蓄电池起到过充电保护、过放电保护的作用。在温差较大的地方, 合格的控制器还应具备温度补偿的功能。

③ 蓄电池。一般使用铅酸电池, 在小型、微型系统中也有使用镍氢电池、镍镉电池或锂电池的。其作用是在有光照时将太阳能电池板所发出的电能储存起来, 到需要的时候再释放出来。

④ 逆变器。太阳能的直接输出一般都是 12VDC、24VDC、48VDC。为能向交流 220V 的电器提供电能, 需要将太阳能发电系统所发出的直流电能转换成交流电能, 因此需要使用 DC-AC 逆变器。

(2) 风力发电 风力发电是一种将风能转化为机械能, 由机械能再转化为电能的技术

术。我国风能资源丰富,居世界首位,具有大规模发展的潜力。目前,全国累计安装小型风力发电机近 20 万台,用作解决西部无电地区农牧民生产生活用电发挥了重要作用。在内蒙古、新疆、广东、福建等地已建成 26 个风电场,总装机容量近 50 万千瓦,仅占全国电力装机的 0.11%。图 1-6(a)为风力发电流程图,图 1-6(b)为位于我国新疆的世界第二大风力发电站场景(第一大发电站在美国加州)。



(a) 风力发电做功流程



(b) 新疆风力发电站场景

图 1-6 风力发电示意图

截至 2008 年底,全国发电设备装机容量达到 79253 万千瓦。其中,水电 17152 万千瓦,约占总容量的 21.64%;火电 60132 万千瓦,约占总容量的 75.87%;风电并网总容量 894 万千瓦。

2008 年全国发电量达到 34334 亿千瓦时,其中,水电发电量 5633 亿千瓦时,约占全部发电量的 16.41%;火电发电量 27793 亿千瓦时,约占全部发电量的 80.95%;核电发电量 684 亿千瓦时,约占全部发电量的 1.99%;风电 128 亿千瓦时,约占全部发电量的 0.37%。