



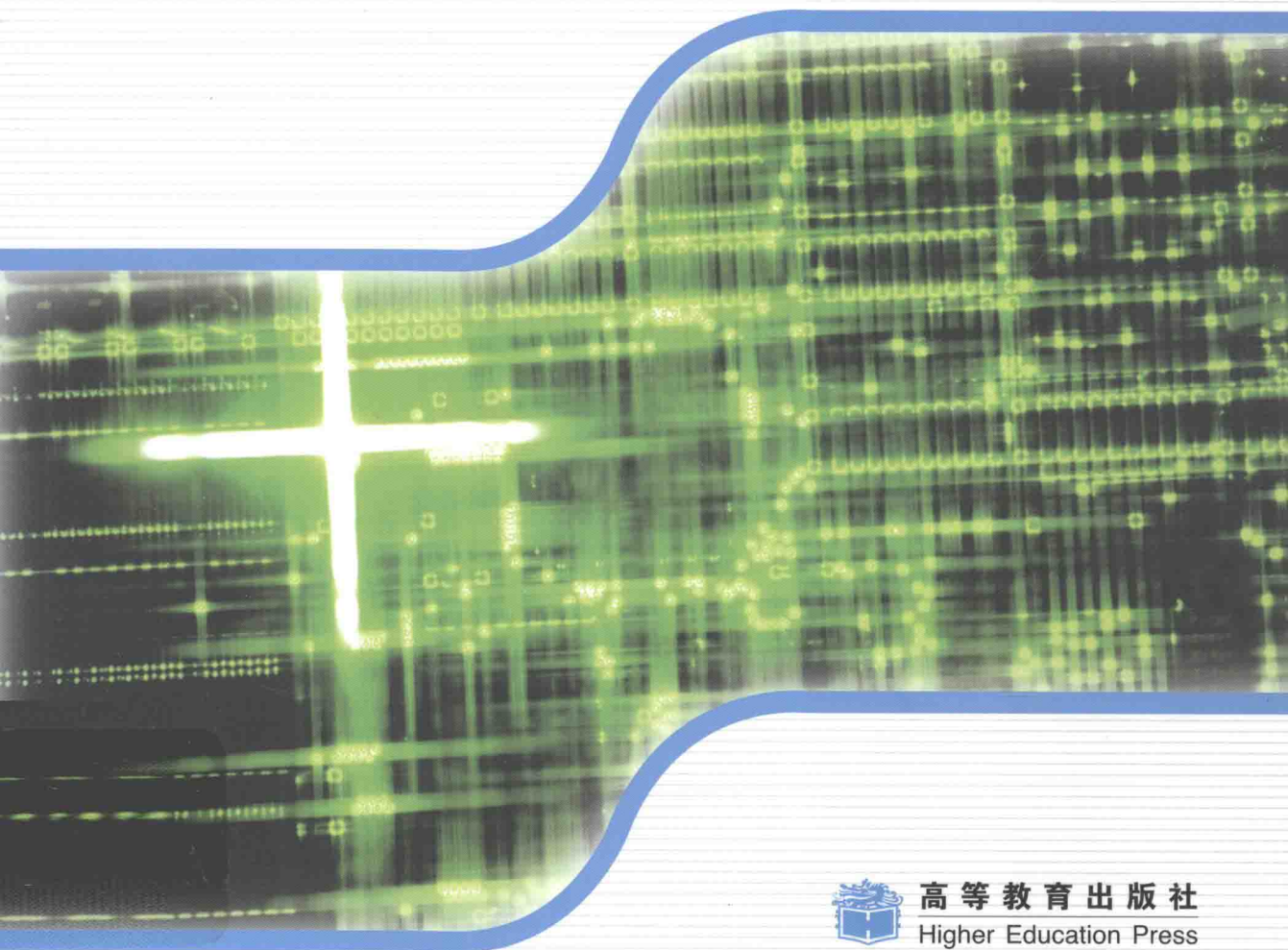
高等职业院校教材

“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

供配电技术

葛金印 组编

汪石平 主编



高等教育出版社
Higher Education Press

高等职业院校教材
“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列

供配电技术

GONGPEIDIAN JISHU

葛金印 组编
汪石平 主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容简介

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一,根据职业教育教学改革成果——最新研发的电气自动化技术专业人才培养方案中《供配电技术课程标准》,并参照相关的最新国家职业技能标准及有关行业的职业标准规范编写而成的。

本书主要内容包括:供配电系统概述,供配电系统一次设备及其选择,供配电线路结构设计与敷设,供配电系统的保护,供配电系统的二次回路与自动装置,安全、环保、节约用电,电力负荷及短路电流的计算,供配电系统的运行管理与维护。

本书可作为高等职业院校电气自动化技术等专业的教材,也可作为相关行业岗位培训教材及有关人员自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

供配电技术/汪石平主编. —北京:高等教育出版社, 2010.4

ISBN 978 - 7 - 04 - 025994 - 0

I. ①供… II. ①汪… III. ①供电 - 高等学校:技术学校 - 教材②配电系统 - 高等学校:技术学校 - 教材 IV. ①TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 032503 号

策划编辑	陈大力	责任编辑	柳秀丽	封面设计	张楠
版式设计	王艳红	责任校对	杨雪莲	责任印制	尤静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
总 机 010 - 58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京宏信印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16
印 张 14.75
字 数 350 000

购书热线 010 - 58581118
咨询电话 400 - 810 - 0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landraco.com>
<http://www.landraco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2010 年 4 月第 1 版
印 次 2010 年 4 月第 1 次印刷
定 价 23.50 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 25994 - 00

出版说明

国务院《关于大力发展职业教育的决定》的精神推动着我国职业教育事业蓬勃发展。为提高职业教育教学质量,教育部启动了新一轮职业教育教学改革行动。高等教育出版社始终站在更新观念及职教课改的前列,打造优质教学资源,研发精品教学资源,增强服务意识,提高服务本领,支持职业教育事业的发展。

在教育部新一轮职业教育教学改革的进程中,高等教育出版社深切地了解到从事高等职业教育教学工作的教师们正以饱满的热情、高昂的斗志积极投身到课程改革的热潮中,他们也渴望能有一套遵循“以服务为宗旨,以就业为导向,以能力为本位”的职教理念,符合中国国情,能够适合高素质技能型人才培养模式,适应实施理论实践一体化和项目教学法,且可操作性强的实用系列专业教材。我社本着服务于职业教育事业发展,服务于职业院校教师的教学,服务于职业院校学生的学习的指导思想,推出了本套满足高职院校(五年制)机电技术专业、数控技术专业教学实际需要的专业课改成果系列教材。

本系列教材是由多年从事高等职业教学工作的一线骨干教师和学科带头人通过社会调研,对劳动力市场人才进行需求分析,进行课题研究,研发专业人才培养方案,制定核心课程标准等技术程序,并在征询了相关企业人员的意见后编写而成的。其主要特点为:

1. 本系列教材打破了原有的“以学科为中心”的课程体系,以原劳动和社会保障部颁发的相关国家职业标准为编写的依据之一,课程设置和教学内容与企业技术发展同步,贯彻了以就业为导向,突出职业岗位能力培养为主的职教思想。

2. 专业核心课程采用综合化模块结构体系;专业基础理论削枝强干,够用为度,兼顾发展;技能训练课程内容实行“项目化”,项目根据学生掌握专门技术的认知规律设置课题。本系列教材在使用时有较强的可操作性。

3. 适应了学分制改革的需要,避免了教学内容的重复与交叉,给学生自主学习和个性化发展留有充分的空间。

4. 本系列教材以最新的相关国家技术标准编写,融入了新知识、新技术、新工艺和新方法。语言表述平实,通俗易懂,便于学生的自学。

伴随着教育部新一轮职业教育教学改革不断深化,本套教材在推广使用中,将根据反馈的信息和教学需求的变化进行修订与完善。

高等教育出版社

前 言

本书是高等职业院校“以就业为导向、以能力为本位”课程改革成果系列教材之一。在教育部新一轮职业教育改革的进程中,来自高等职业院校教学工作一线的骨干教师和学科带头人,通过社会调研,对劳动力市场人才进行需求分析和课题研究,在企业有关人员积极参与下,研发了电气自动化技术专业人才培养方案,并制定了相关核心课程标准。本书就是根据最新制定的《供配电技术课程标准》编写的。

一、课程性质和任务

本课程是高等职业技术学校电气自动化技术专业重要的核心课程。通过本课程的学习和实践,使学生基本熟悉企业供配电系统的设备、接线、结构、原理,初步掌握变配电系统的安全运行及管理,电气设备的操作与维护,供电系统故障分析和排除的技能。养成规范、文明的工作习惯,从而基本具备供配电系统岗位群所需的职业素养。

二、课程理念与设计思路

1. 坚持“以就业为导向,以能力为本位”的职教思想,坚持以工作过程为导向,以生产岗位需求为方向,理论联系实际,培养学生必要的理论基础,规范的职业技能和适应专业发展的职业素质。

2. 本课程以供配电系统的结构组成及其安全运行为主线,根据工作过程把课程分为供配电系统的主电路(一次线路)、供配电系统的控制与保护(二次线路)、供配电系统的运行管理与维护(线路安全可靠运行)三大技术模块,每个模块按生产运行系统设置若干个项目,在各个项目中按岗位的需求组织体现相应知识和技能的具体任务,最后以任务来引领教学过程,通过讲练结合、学做相辅、形成理论实践一体化、知识融会贯通,让学生有效地掌握供配电技术的知识和技能。

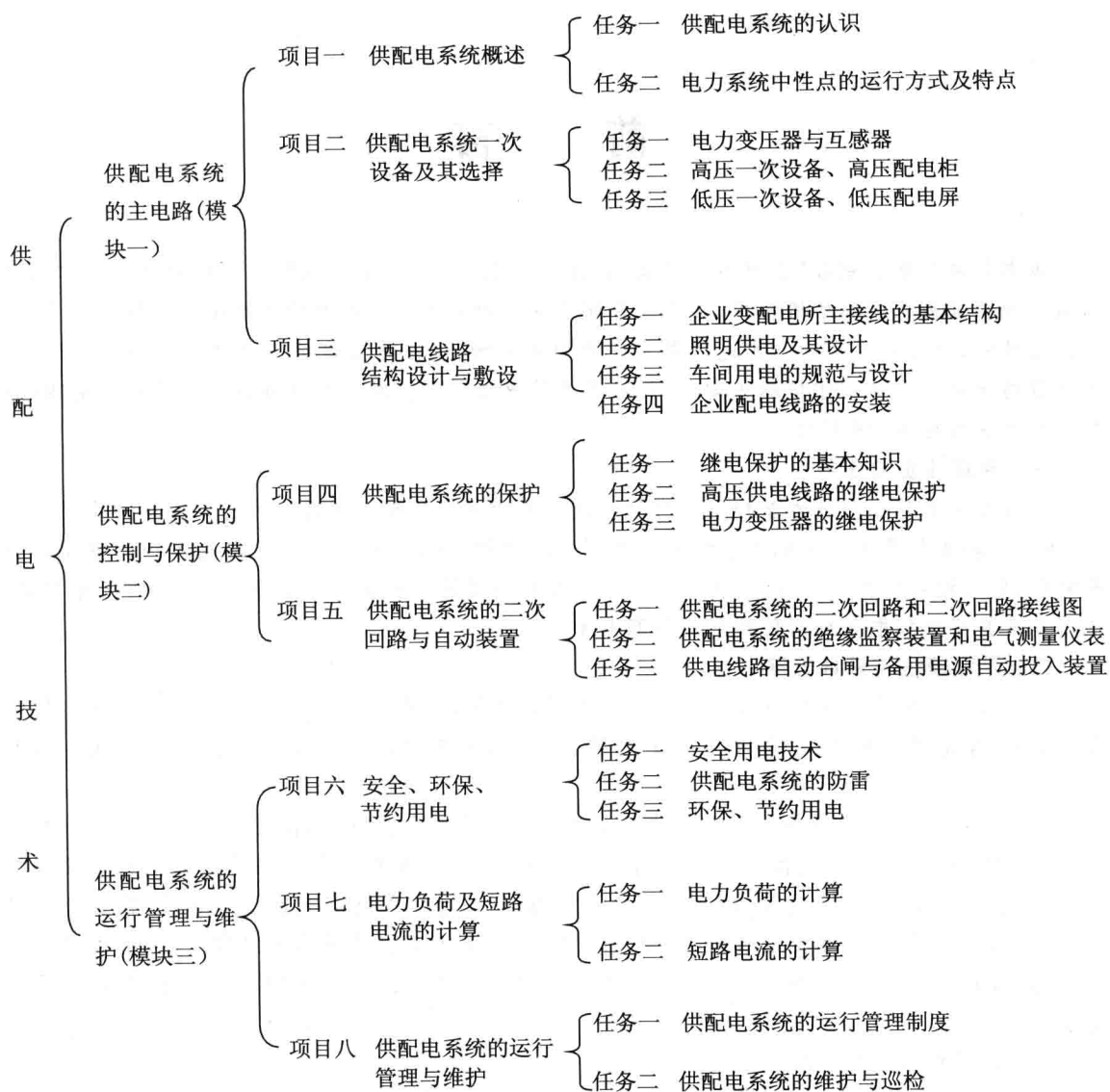
课程的结构如下页图所示。

3. 为立足于高等职业院校人才培养目标,充分体现高等职业院校教育的特点,我们把原有的学科体系框架做了必要的调整,课程遵循理论够用、内容实用、学了能用、突出能力培养的原则,注重培养学生应用和解决实际工作的能力;特别是本课程在内容组织形式上强调学生的主体性学习,在每个任务引领教学前,先提出学习目标,使学生在实施每个项目开始时就知道学习的任务和要求,然后针对各任务进行相关知识介绍、技能实践,最后教师给出知识评价及评分标准,让学生全过程目标明确地去进行学习、实践和自我评价。

三、课程目标

1. 熟悉企业供配电系统,掌握供配电技术的基本知识和基本技能,初步具备电力系统图、设备图纸的识读能力。

2. 掌握供配电主线路的系统、设备、结构、接线,了解变、配电设备选用的基本知识,能正确进行电力线路的安装、排故。



课程结构框图

3. 了解供配电系统的保护与控制知识,基本掌握各种保护、控制装置的工作场合、动作原理、设备选择及其结构接线。

4. 具备高、低压用电安全知识,掌握供配电安全技术;了解环保节约用电的意义、方法和技术。

5. 了解企业负荷计算、短路电流计算,初步具有企业与车间的变、配电容量估算的能力。

6. 熟悉供配电系统操作、运行、维护的基本知识。基本具备供配电系统运行管理、操作维护、日常保养的能力及规范。

四、课程教学建议

1. 学习本课程前,学生应具备电工技术基础知识、电工工艺装接训练和电工识图的初步

能力。

2. 本课程以项目化设计为系统,以任务引领知识学习,重视技能、强调技能训练,因此希望尽量采用理论实践一体化的实践教学方法,要创造条件多在实验室和生产现场进行教学,让学生充分认识供配电系统,熟悉供配电设备,基本掌握供配电系统的结构、安装及其安全运行。

本课程安排了较多的技能训练内容,这些技能训练,教师根据具体情况可安排在理论教学中进行,也可安排在相关任务后进行,有的也可安排在项目后一并进行。

3. 在教学过程中,应加强学生实际能力的培养,通过技能训练,任务的完成来提高学生的学习兴趣,激发学生的成就感,要发挥学生学习的主体性,鼓励学生自己动手,自己搜索资料,积极提出自己的建议、想法,努力培养学生主动获取知识,自主分析和解决问题的能力。在教学过程中,还要注意应用多媒体、投影等教学资源辅助教学,进一步加深学生对供配电系统及其设备安装、安全保护、经济运行的认识和理解。

4. 学时分配建议:

项目	内容	课时		
		理论	实践	总课时
项目一	供配电系统概述	4	2	6
项目二	供配电系统一次设备及其选择	6	4	10
项目三	供配电线路结构设计及敷设	8	6	14
项目四	供配电系统的保护	6	4	10
项目五	供配电系统的二次回路与自动装置	4	4	8
项目六	安全、环保、节约用电	6	4	10
项目七	电力负荷及短路电流的计算	4	2	6
项目八	供配电系统的运行管理与维护	2	4	6
机动	机动	2		2
总计		42	30	72

五、考核评价建议

建议考核评价方法要注重过程考核,职业教育的特点有别于传统教育,理论实践一体化教学也有别于纯理论的课程。

本书由江苏省扬州高等职业技术学校汪石平任主编。全书共分八个项目,项目一由李春编写,项目二由朱银华编写,项目三由朱臻编写,项目四、五由张艳艳编写,项目六由卞素兰编写,项目七由高轩编写,项目八由朱银华、朱臻编写,全书由汪石平统稿。

本书承蒙扬州职业大学周绍平先生审阅,由江苏省联合技术学院机电协作会长葛金印先生最终审定,他们对书稿提出了许多宝贵的修改意见和建议,在此一并表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中错误与疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。同时,非常希望得到本书教学实用性的反馈意见,以便不断改进与完善。

编 者

2010 年 1 月

郑 重 声 明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010)58581897/58581896/58581879

传 真：(010)82086060

E - mail: dd@ hep. com. cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100120

购书请拨打电话：(010)58581118

目 录

项目一 供配电系统概述	1	项目五 供配电系统的二次回路	
任务一 供配电系统的认识	1	与自动装置	137
任务二 电力系统中性点的运行方式及特点	13	任务一 供配电系统的二次回路和二次回路接线图	137
练习与思考题	19	任务二 供配电系统的绝缘监察装置和电气测量仪表	145
项目二 供配电系统一次设备及其选择	20	任务三 供电线路自动合闸与备用电源自动投入装置	149
任务一 电力变压器与互感器	20	练习与思考题	156
任务二 高压一次设备、高压配电柜	31	项目六 安全、环保、节约用电	157
任务三 低压一次设备、低压配电屏	44	任务一 安全用电技术	157
练习与思考题	56	任务二 供配电系统的防雷	167
项目三 供配电线路结构设计与敷设	57	任务三 环保、节约用电	176
任务一 企业变配电所主接线的基本结构	57	练习与思考题	183
任务二 照明供电及其设计	70	项目七 电力负荷及短路电流的计算	185
任务三 车间用电的规范与设计	83	任务一 电力负荷的计算	185
任务四 企业配电线路的安装	92	任务二 短路电流的计算	195
练习与思考题	109	练习与思考题	205
项目四 供配电系统的保护	110	项目八 供配电系统的运行管理与维护	206
任务一 继电保护的基本知识	110	任务一 供配电系统的运行管理制度	206
任务二 高压供电线路的继电保护	119	任务二 供配电系统的维护与巡检	215
任务三 电力变压器的继电保护	128	练习与思考题	221
练习与思考题	136	参考文献	222

项 目 一

供配电系统概述

电力是现代生产和生活的重要能源,企业所需电能都来源于电力系统,因此学习企业供配电技术之前,有必要先了解电力系统的基础知识,为后续供配电技术的学习打下基础。本项目首先说明企业供配电的意义、任务和要求,接着介绍电力系统和企业典型的供配电系统,然后叙述电力系统供配电质量,重点讲述供配电电压的选择、电力系统中性点的运行方式及不同运行方式下的特点。

任务一 供配电系统的认识

任务目标

- 了解企业供配电的意义、任务及对企业供配电的基本要求。
- 理解电力系统、供配电系统的组成,初步了解供配电系统图。
- 知道系统供配电质量的主要指标及其保障措施,掌握电力系统的额定电压。

一、企业供配电的意义、任务、供配电的基本要求

企业供配电系统是指企业所需要的电力能源从进入企业至分配到所有用电设备终端的整个电路组成。电力,是现代工业生产的主要能源和动力,是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。工业生产只有在电气化以后,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。但是企业的电力供应如果突然中断,则将对企业生产造成严重的后果,甚至可能发生重大的设备损坏事故或人身伤亡事故。因此做好企业供配电工作,对于保证企业生产的正常进行和实现工业现代化具有十分重要的意义。

企业供配电工作要很好地为工业生产服务,切实保证工业企业生产和生活用电的需要,并搞好节能工作,必须达到以下基本要求。

(1) 安全

安全是指在电能的供应、分配使用中,不应发生人身事故和设备事故。安全是对供配电系统最基本的要求,供配电系统如果出现故障或异常,将会影响整个电力系统的正常运行,甚至造成重大或无法挽回的损失。

(2) 可靠

可靠性一般用平均全部供电时间占全年时间的百分比表示。应满足电能用户对供电可靠性的要求,即停电时间不能太多,应该限定在一定的范围内,即维持较高的供电可靠性指标。

(3) 优质

优质就是要满足电能用户对电压和频率的要求。因为电压和频率过高或过低都会影响电力系统的稳定性,对电力设备造成危害。

(4) 经济

经济主要体现在发电成本和网络的电能损耗上。为了保证电能的经济性,要求供电系统技术合理、投资少、运行费用低,并尽可能地节约电能和减少有色金属的消耗量。

二、电力系统、供配电系统的组成

(一) 电力系统组成

企业所需电力是由发电厂生产的,通常发电厂都建设在能源基地附近,往往距离电能用户很远,为了减少输电损失,发电厂发出的电能都需经升压变压器升高电压,而电能用户一般需要低压,因此升压后通过电力线路输送的电能又要经降压变压器降压后使用,如图 1 - 1 所示。

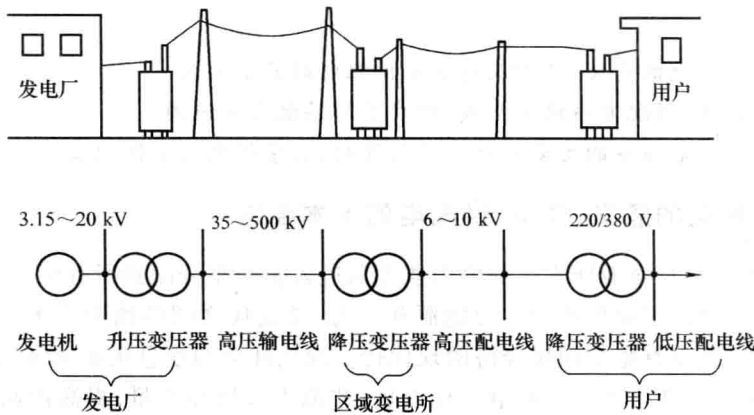


图 1 - 1 从发电厂到电能用户的电力系统送电过程示意图

电能的生产、输送、变配电和使用的全过程,实际上是在同一瞬间内实现的,这个全过程中的各个环节是一个紧密联系的整体。因此把由发电厂、电力网、电能用户组成的发电、输电、变配电和用电的整体,称为电力系统,大型电力系统如图 1 - 2 所示。

电力系统中各级电压线路及其联系的变配电所称为电力网。其作用是把电能从发电厂输送并分配给电能用户。

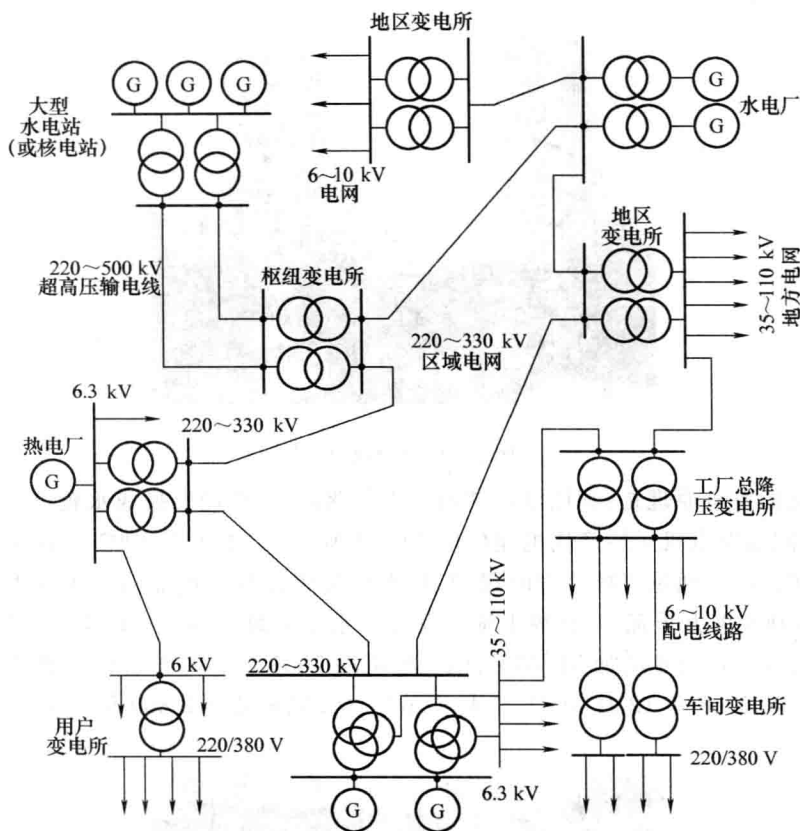


图 1-2 大型电力系统的系统图

1. 发电厂

发电厂又称发电站,它是将自然界蕴藏的各种一次能源转换成电能的特殊工厂。目前发电厂使用的一次能源主要有:煤炭、石油、天然气、水力、风能、核能、太阳能、潮汐等。

根据发电厂利用一次能源的不同,可以将发电厂分为以下几种类型:火力发电厂、水力发电厂、风力发电厂、核能发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等。

(1) 火力发电厂

火力发电厂简称火电厂或火电站(如图 1-3 所示)。它是利用燃料的化学能转换成热能,再借助汽轮机等热力机械将热能转换成机械能,最后由同轴连接的发电机将机械能转换成电能。我国的火电厂大部分是以煤炭作为主要燃料。目前我国火力发电厂发电量占总发电量的 80% 以上。

火电厂又分为凝汽式电厂和热电厂两类。凝汽式电厂仅向用户提供电能,它一般建在煤矿、煤炭基地附近,或者建在交通便捷的地方,然后通过高压输电线路把电能送到负荷中心;热电厂一般建在城市和用户附近,既向用户提供电能,同时为用户提供蒸汽和热水。

火力发电的缺点是热效率不高,同时消耗大量能源。

(2) 水力发电站

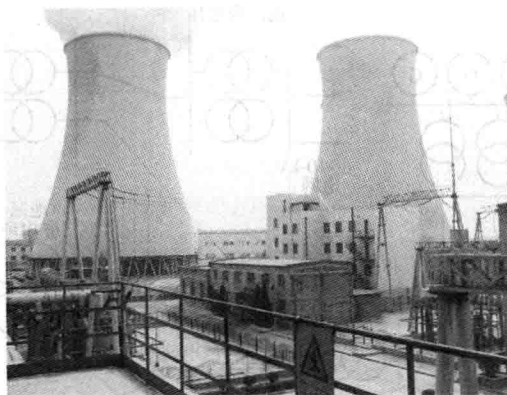


图 1-3 火力发电厂

水力发电站的发电原理是:利用江河湖泊中水的落差,将势能转换成水轮机的动能使水轮机旋转,同时带动同轴发电机运转产生电能(如图 1-4 所示)。中国于 1992 年在第七届全国人民代表大会第五次会议上通过三峡工程的规划,是人类利用开发水电能的一个伟大行动。三峡的水电蕴藏量达 3 000 多万千瓦,是世界上绝无仅有的水能富足之地。三峡电站 2008 年完成发电量 808.12 亿千瓦时,较上年增加 31.28%,创三峡电站 2003 年 7 月首台机组投产以来年发电量的历史纪录。截至 2008 年 12 月 31 日,三峡电站累计发电量超过 2 880 亿千瓦时。

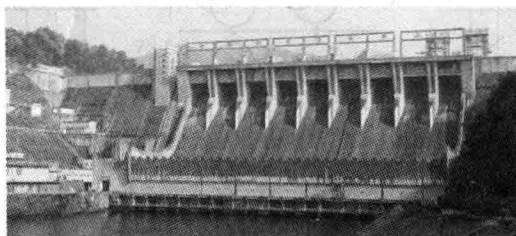


图 1-4 水力发电站

(3) 核电站

核电站又称原子能发电厂(如图 1-5 所示),它利用原子核裂变产生的能量发电。核电站可以节省煤炭、石油、天然气等原料,有利于节约能源并减少污染。20 世纪 90 年代起,我国先后建设了广东大亚湾、浙江秦山和江苏田湾三大核电基地。不久我国将建成世界最先进最安全的第三代核电站(AP1000)。截至 2008 年 12 月,我国核电已经完成了 AP1000 内陆核电站的总体设计、关键系统设计、关键设备的总体设计。对中国核电事业来说,机遇超过危机,我国将大刀阔斧地调整能源结构,让火电放慢步伐,让核电迎头赶上。

(4) 风力发电厂

利用风能作为一次能源的发电厂称为风力发电厂(如图 1-6 所示)。近年来,随着全球能源和环境问题的日益突出,特别是全球气候变暖的威胁日益明显,风电进入快速发展时期,全球风电装机容量已超过 1 亿千瓦。我国大力支持可再生能源发展,2008 年新增风电装机 400 多万千瓦,至 2008 年底,我国风电装机已超过 1 000 万千瓦,风电装机总量已位居世界第五。

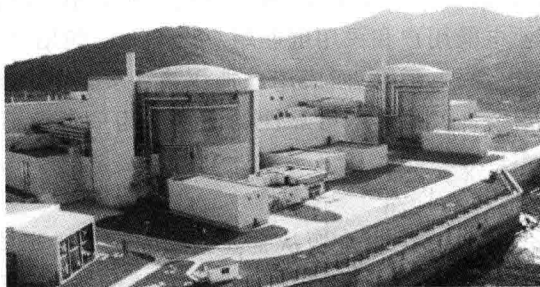


图 1-5 核电站



图 1-6 风力发电厂

到 2020 年,我国将在多个地区建成千万千瓦级的风电基地。

除此以外,还有其他开发电能的形式正在逐步得到利用,如潮汐发电、地热发电、太阳能发电、垃圾发电和沼气发电等,而生物发电、海水波浪发电也正在开发之中。

2. 变配电所

变配电所又称为变配电站。发电厂与电能用户之间总有一定的距离,为了经济、可靠、快速地把电能从发电厂输送到用户,必须经过变电所的升压和降压。升压变电所的任务是将低电压变换为高电压,以利于输送,一般建在发电厂;降压变电所的任务是将高电压变换到一个合理的电压等级,以利于使用,一般建在靠近用电负荷中心。降压变电所根据其在电力系统中的地位和作用的不同,又分为地区变电所和企业变电所、企业配电所。配电所只用来接受和分配电能,不承担变换电压的任务。

3. 电力线路

电力线路又称输电线,其作用是输送和分配电能。根据电力线路的功能不同,可以将电力线路分为输电线路和配电线路,电压在 35 kV 及以上的电力线路称为输电线路,电压在 10 kV 及以下的电力线路称为配电线路;根据电力线路的架设方法不同,可以将电力线路分为架空线路和电缆线路;根据电力线路传输电流的种类不同,可以将电力线路分为交流线路和直流线路。

4. 电能用户

电能用户又称为电力负荷,在电力系统中,所有消耗电能的用电设备都称为电能用户。

电能用户可以分为工业电能用户和民用电能用户。工业电能用户主要利用电能进行工业生产,例如驱动电动机、冶金、电焊、电解等;而民用电能用户主要是家用电器消耗电能。此外电能用户按其在国民经济中的重要性及对供电可靠性的要求分为一级负荷、二级负荷、三级负荷,这在项目七中还将进一步介绍。

(二) 企业供配电系统

企业供配电系统是指企业所需电力电源从企业进端起到企业所有用电设备入端止的整个电力电路。它由企业总降压变电所、高压配电线路、车间变配电所、低压配电线路及用电设备组成。

1. 二次变压的企业供配电系统

大型企业和某些电力负荷较大的中型企业,一般采用具有总降压变电所的二次变压供电系统,如图 1-7 所示。该供电系统,一般采用 $35 \sim 110 \text{ kV}$ 电源进线。现经过企业总降压变电所,将 $35 \sim 110 \text{ kV}$ 的电源电压降至 $6 \sim 10 \text{ kV}$,然后经过高压配电线路将电能送到各车间变电所,再由 $6 \sim 10 \text{ kV}$ 降压至 $380/220 \text{ V}$,供低压用电设备使用。高压用电设备则直接由总降压变电所的 $6 \sim 10 \text{ kV}$ 母线供电。这种供电方式称为二次变压供电方式。

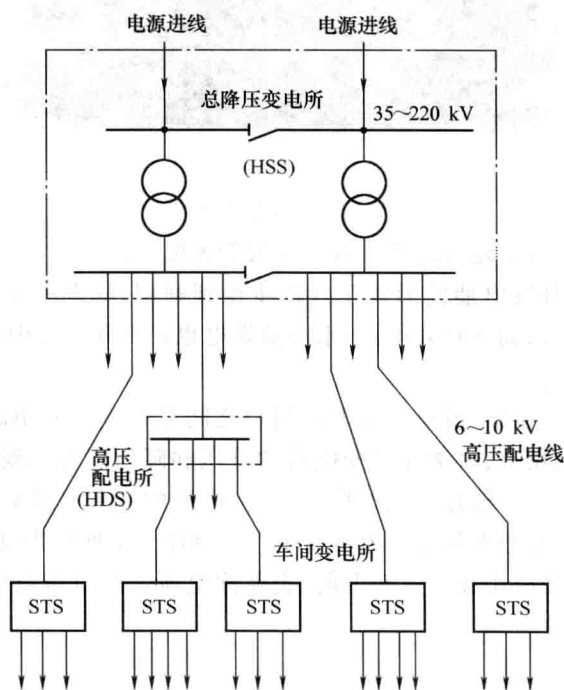


图 1-7 二次变压的企业供配电系统

2. 一次变压的企业供配电系统

(1) 具有高压配电所的一次变压系统

一般中型企业,多采用 $6 \sim 10 \text{ kV}$ 电源进线,经高压配电所将电能分配给各车间变电所,由车

间变电所将 6~10 kV 降压至 380/220 V 电压,供低压用电设备使用。同样,高压用电设备直接由高压配电所的 6~10 kV 母线供电,如图 1-8 所示。

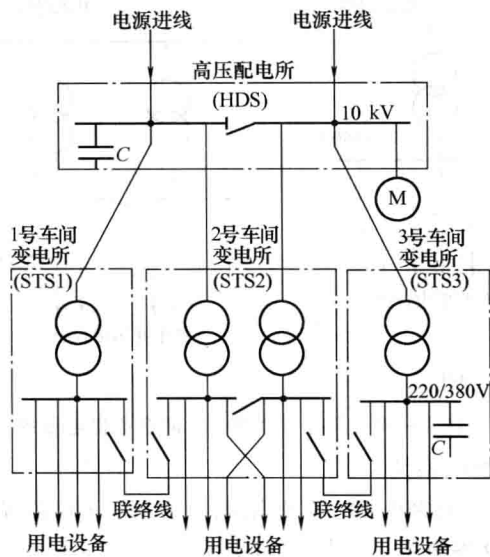


图 1-8 具有高压配电所的一次变压系统

(2) 高压深入负荷中心的一次变压系统

某些中小型企业,如果本地电源电压为 35 kV,且企业的各种条件允许时,可采用 35 kV 作为配电电压,将 35 kV 线路直接引入靠近负荷中心的企业车间变电所,再由车间变电所一次变压为 380/220 V 电压,供低压用电设备使用,如图 1-9 所示。这种高压深入负荷中心的一次变压供电方式,可节省一级中间变压,从而简化了供电系统,节约有色金属,降低电能损耗和电压损耗,提高供电质量,而且适应企业电力负荷的发展。

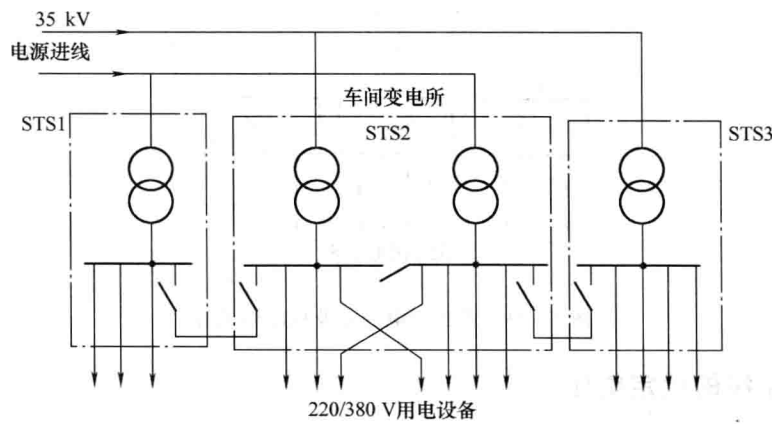


图 1-9 高压深入负荷中心的一次变压系统

(3) 只有一个变电所的企业供电系统

对于小型企业,由于用电较少,通常只设一个将 6~10 kV 降压至 380/220 V 电压的变电所,如图 1-10 所示。