



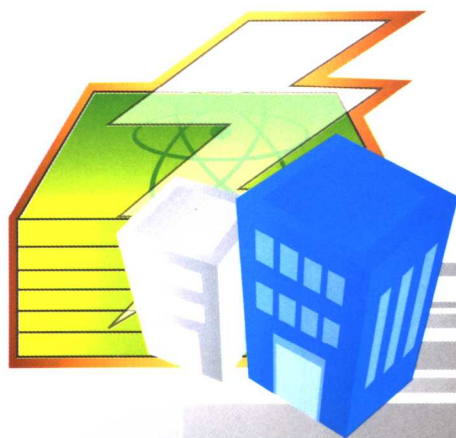
21st CENTURY

十一五规划教材

21世纪全国高等院校

自动化系列

实用规划教材



工厂供配电

主 编 王玉华 赵志英
副主编 李颖峰 刘红宇 朱海忱

中国林业出版社
China Forestry Publishing House



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

TM727.3
10

21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材

工厂供配电

主 编 王 玉 华 赵 志 英
副 主 编 李 颖 峰 刘 红 宇
朱 海 忱

中国林业出版社
China Forestry Publishing House

 北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书共分为8章。第1章介绍电力系统的基本概念;第2章介绍电力负荷的计算方法;第3章至第7章介绍一次系统和二次系统、电力系统短路电流计算、照明设计和防雷接地保护、终端变电所和区域变电所设计;第8章针对电力系统自动化的发展,介绍计算机控制技术、网络技术在电力系统中的应用。全书重点突出,具备很强的实用性。

本书可作为高等院校电气工程及自动化专业教材,也可作为相关工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

工厂供配电/王玉华,赵志英主编. —北京:中国林业出版社;北京大学出版社,2006.8

(21世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材)

ISBN 7-5038-4400-0

I. 工… II. ①王… ②赵… III. ①工厂—供电—高等学校—教材 ②工厂—配电系统—高等学校—教材 IV. TM727.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第090834号

书 名: 工厂供配电

著作责任者: 王玉华 赵志英 主编

策 划 编 辑: 李娉婷

责任编辑: 李 虎 曹 岚 张 敏

标准书号: ISBN 7-5038-4400-0

出 版 者: 中国林业出版社(地址:北京市西城区德内大街刘海胡同7号 邮编:100009)

<http://www.cfph.com.cn> E-mail: cfphz@public.bta.net.cn

电话: 总编室 66180373 营销中心 66187711

北京大学出版社(地址:北京市海淀区成府路205号 邮编:100871)

<http://www.pup.cn> <http://www.pup6.com> E-mail: pup_6@163.com

电话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京大学印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社 中国林业出版社

经 销 者: 新华书店

787毫米×1092毫米 16开本 24.25张 550千字

2006年8月第1版 2006年8月第1次印刷

定 价: 34.00元

《21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材》

专家编审委员会

主任委员 张德江

副主任委员 (按姓氏拼音顺序排名)

陈 静 丁坚勇 侯媛彬

纪志成 任庆昌 吴 斌

秘书长 于微波

委 员 (按姓氏拼音顺序排名)

陈志新 戴文进 段晨旭 樊立萍

范立南 公茂法 关根志 嵇启春

蒋 中 雷 霞 刘德辉 刘永信

刘 原 马永翔 孟祥萍 孟彦京

聂诗良 王忠庆 吴旭云 燕庆明

杨新华 尤 文 张桂青 张井岗

总 序

我们所处的时代被称为信息时代。信息科学技术的迅速发展和广泛应用,深深地改变着人类生产、生活的各个方面。人类社会生产力发展和人们生活质量的提高越来越得益于和依赖于信息科学技术的发展。自动化科学技术涉及到信息的检测、分析、处理、控制和应用等各个方面,是信息科学技术领域的重要组成部分。在我国经济建设的进程中,工业化是不可逾越的发展阶段。面对全面建设小康社会的发展目标,党和国家提出走新型工业化道路的战略决策,这是一条我国当代工业化进程的必由之路。实现新型工业化,就是要坚持走科技含量高、经济效益好、资源消耗低、环境污染少、人力资源优势得到充分发挥的可持续发展的科学发展之路。在这个过程中,自动化科学技术起着不可替代的重要作用,高等学校的自动化学科肩负着人才培养和科学研究的光荣的历史使命。

我国高等教育中工科在校大学生数占在校大学生总数的 35%~40%,其中自动化类的学生是工科各专业中学生人数最多的专业之一。在我国高等教育已走进大众化阶段的今天,人才培养模式多样化已成为必然的趋势,其中应用型人才是我国经济建设和社会需求最多的一大类人才。为了促进自动化领域应用型人才培养,发挥院校之间相互合作的优势,北京大学出版社组织了这套《21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材》。

参加这一系列教材编写的基本上都是来自地方工科院校自动化学科的专家学者,由此确定了教材的使用范围,也为“实用教材”的定位找到了落脚点。本系列教材具有如下特点:

(1) 注重实用性。地方工科院校的人才培养规格大多定位在高级应用型,对这一大类人才的培养要注重面向工程实践,培养学生理论联系实际、解决实际问题的能力。从这一教学原则出发,本系列教材注重实用性,注意引用工程中的实例,培养学生的工程意识和工程应用能力,因此将更适合地方工科院校的教学要求。

(2) 体现新颖性。更新教材内容,跟进时代,加入一些新的先进实用的知识,同时淘汰一些陈旧过时的内容。

(3) 院校间合作交流的果。每一本教材都有几所院校的教师参加编写。北大出版社事先在西安市和长春市召开了编写计划会和审纲会,来自各院校的教师比较充分地交流了情况,在相互借鉴、取长补短的基础上,形成了编写大纲,确定了编写原则。因此,这一系列教材可以反映出各参编院校一些好的经验和做法。

(4) 这一系列教材几乎涵盖了自动化类专业从技术基础课到专业课的各门课程,到目前为止,列入计划的已有 30 多门,教材门数多,参与的院校多,参加编写人员多。

地方工科院校是我国高等院校中比例最大的一部分。本系列教材面向地方工科院校自动化类专业教学之用，将拥有众多的读者。教材专家编审委员会深感教材的编写质量对教学质量的重要性，在审纲会上强调了“质量第一，明确责任，统筹兼顾，严格把关”的原则，要求各位主编加强协调，认真负责，努力保证和提高教材质量。各位主编和编者也将尽职尽责，密切合作，努力使自己的作品受到读者的认可和欢迎。尽管如此，由于院校之间、编者之间的差异性，教材中还是难免会出现一些问题和不足，欢迎选用本系列教材的教师、学生提出批评和建议。

张德江

2006年1月

前 言

随着现代科学技术的飞速发展、专业面的不断拓宽和加深,工厂供配电课程原有的教材逐渐已不再适用于当今的教学。在此背景下,北京大学出版社组织编写出版了本书。

参加本书编写的作者都是多年从事工厂供配电课程教学、科研工作和具有实际供配电技术设计、调试能力的教师,因此本书具备重点突出、着重应用、结合工厂生产实践需要和面向应用型人才培养等特点。本书可作为电气自动化专业及其相关专业的教材,也可供从事电力技术工作的工程技术人员参考。

本书共分为8章。第1章介绍电力系统的基本概念;第2章介绍电力负荷的计算方法;第3~7章介绍一次系统和二次系统、电力系统短路电流计算、照明设计和防雷接地保护、终端变电所和区域变电所设计;第8章针对电力系统自动化的发展,介绍计算机控制技术、网络技术在电力系统中的应用。本书除了知识点的全面介绍和讲解,还附有思考题与习题供自我检测。学生通过本书的学习后,参考一些技术资料,能够独立设计区域变电所和地方变电所并能调试电力控制设备。

本书由长春工业大学王玉华、南昌工程学院赵志英任主编,陕西理工学院李颖峰、安徽建筑工业学院刘红宇、长春理工大学朱海忱任副主编。第1章由王玉华编写,第2章、第3章由赵志英编写,第4章、第5章由李颖峰编写,第6章、第7章由刘红宇编写,第8章由朱海忱编写。王玉华完成统稿并定稿。

由于编者的水平和经验有限,书中难免会有不妥之处,敬请广大读者批评和指正。

编 者
2006年6月

《21 世纪全国高等院校自动化系列实用规划教材》

联合编写学校名单（按拼音顺序排名）

- | | |
|---------------|-------------|
| 1 安徽建筑工业学院 | 30 南昌工程学院 |
| 2 安徽科技学院 | 31 平顶山工学院 |
| 3 北华大学 | 32 平顶山学院 |
| 4 北京工商大学 | 33 青岛科技大学 |
| 5 北京建筑工程学院 | 34 山东建筑工程学院 |
| 6 长春大学 | 35 山东科技大学 |
| 7 长春工程学院 | 36 陕西科技大学 |
| 8 长春工业大学 | 37 陕西理工学院 |
| 9 长春理工大学 | 38 沈阳大学 |
| 10 成都理工大学 | 39 沈阳工程学院 |
| 11 东北电力学院 | 40 沈阳工业大学 |
| 12 福州大学 | 41 沈阳化工学院 |
| 13 广东工业大学 | 42 四川理工学院 |
| 14 桂林工学院 | 43 太原科技大学 |
| 15 合肥工业大学 | 44 潍坊学院 |
| 16 河南工业大学 | 45 武汉大学 |
| 17 河南科技学院 | 46 武汉理工大学 |
| 18 河南农业大学 | 47 西安工程科技学院 |
| 19 华东交通大学 | 48 西安建筑科技大学 |
| 20 黄石理工学院 | 49 西安科技大学 |
| 21 吉林工程技术师范学院 | 50 西安理工大学 |
| 22 吉林化工学院 | 51 西安石油大学 |
| 23 吉林建筑工程学院 | 52 西安外事学院 |
| 24 江南大学 | 53 西安邮电学院 |
| 25 焦作大学 | 54 西南大学 |
| 26 兰州理工大学 | 55 西南科技大学 |
| 27 聊城大学 | 56 浙江大学 |
| 28 辽宁大学 | 57 中北大学 |
| 29 内蒙古大学 | 58 中北大学分校 |

目 录

第 1 章 绪论	1	2.5 尖峰电流及其计算	39
1.1 供配电系统发展概述	1	2.5.1 给单台用电设备供电的 支链尖峰电流计算	39
1.1.1 国内外供配电技术的发展 情况	1	2.5.2 给多台用电设备供电的 干线尖峰电流计算	39
1.1.2 中国电网发展趋势	1	2.6 功率因数的确定与补偿	40
1.2 发电厂及变电所类型	2	2.6.1 功率因数的确定	40
1.2.1 发电厂的类型	2	2.6.2 功率因数补偿方法	41
1.2.2 变电所类型	5	2.6.3 补偿后用户的负荷计算 和功率因数计算	44
1.3 电力系统基础	5	本章小结	45
1.3.1 电力系统的基本概念	5	思考题与习题	46
1.3.2 电力网络的接线方式及电压 等级	7	第 3 章 供配电一次系统	48
1.3.3 电能的质量指标	9	3.1 高压电器及高压配电装置	48
1.3.4 电力系统的额定电压	12	3.1.1 变电所中的高压电器	48
1.3.5 电力系统的中性点运行方式	13	3.1.2 高压配电装置	59
本章小结	15	3.2 变电所的低压设备	69
思考题与习题	16	3.2.1 变电所中的低压电器	69
第 2 章 电力负荷计算及功率因数 补偿	17	3.2.2 低压配电装置	78
2.1 电力负荷的分类	17	3.3 变电所主变压器数量及容量的确定	81
2.2 负荷计算的目的地及意义	18	3.3.1 变电所主变压器数量的确定	81
2.2.1 负荷及负荷曲线	18	3.3.2 变电所主变压器容量的选择	82
2.2.2 负荷的计算方法	22	3.4 变电所的电气主接线	83
2.3 供配电系统的功率损耗与电能损耗	34	3.4.1 电气主接线的作用	85
2.3.1 线路的功率损耗与电能损耗	34	3.4.2 电气主接线的基本形式	85
2.3.2 变压器的功率损耗 与电能损耗	36	3.5 配电网常用电气主接线形式	94
2.4 用户负荷计算	37	3.5.1 高压配电网常用电气 主接线形式	94
2.4.1 按逐级算法确定用户的 计算负荷	38	3.5.2 低压配电网常用电气 主接线形式	96
2.4.2 按需要系数法确定用户的 计算负荷	38	3.6 互感器	99
2.4.3 按年产量估算用户计算负荷	39	3.6.1 电流互感器	99
		3.6.2 电压互感器	104

3.7 组合式成套变电所	107	4.8 导线和电缆截面的选择计算	145
本章小结	108	4.8.1 按发热条件选择导线和电 缆的截面	145
思考题与习题	109	4.8.2 按经济电流密度选择导线 和电缆的截面	147
第4章 短路电流计算及电气设备 选择	111	4.8.3 按电压损耗条件选择导线 和电缆的截面	148
4.1 短路的基本概念	111	本章小结	151
4.1.1 短路的原因	111	思考题与习题	152
4.1.2 短路的危害	111	第5章 供配电系统二次接线	154
4.1.3 短路的种类	112	5.1 二次接线概述	154
4.1.4 短路电流计算的目的 与基本假设	113	5.1.1 二次接线的基本概念	154
4.2 无限大容量电源系统的三相短路 过程分析	113	5.1.2 二次接线的原理图 和安装图	154
4.2.1 无限大容量电源系统	113	5.1.3 变电所二次回路的操作 电源	160
4.2.2 三相短路过渡过程分析	114	5.1.4 高压断路器的控制与信号 回路	163
4.2.3 有关短路的物理量	115	5.1.5 变电所的信号装置	166
4.3 无限大容量电源系统的三相短路 电流计算	117	5.1.6 变电所电气测量仪表	168
4.3.1 采用欧姆法进行短路 电流计算	117	5.2 供配电系统继电保护	172
4.3.2 采用标幺值法进行短路 电流计算	122	5.2.1 继电保护装置的任务 和要求	172
4.4 不对称短路电流的计算	125	5.2.2 常用的保护继电器	174
4.4.1 两相短路电流的计算	125	5.2.3 高压线路的继电保护	183
4.4.2 单相短路电流的计算	126	5.2.4 电力变压器的继电保护	199
4.5 低压电网短路电流的计算	126	5.2.5 高压电动机的继电保护	209
4.5.1 低压电网短路电流计算 的特点	126	5.2.6 电力电容器的保护	213
4.5.2 短路回路中各元件阻抗 计算	126	5.2.7 低压供配电系统的保护	218
4.5.3 低压电网短路电流计算	128	5.3 供配电系统常用的自动装置	222
4.6 短路电流的热效应和电动效应	130	5.3.1 备用电源自动投入装置	222
4.6.1 短路电流的热效应	130	5.3.2 供配电线路自动重合闸 装置	224
4.6.2 短路电流的电动效应	132	5.4 变电所的防雷与接地保护	227
4.7 电气设备的选择及校验	133	5.4.1 过电压及雷电的有关概念	227
4.7.1 电气设备选择的一般条件	133	5.4.2 防雷设备及其保护范围	230
4.7.2 高压电气设备的选择	137	5.4.3 变配电所及架空线路的防雷 措施	237
4.7.3 低压电气设备的选择	144		

5.4.4 供配电系统的接地.....	239	7.4 供配电设计涉及的一些规范标准	299
5.4.5 接地电阻及其计算.....	244	7.5 变配电所设计	299
5.4.6 电气安全.....	247	7.5.1 变配电所设计的准备资料	
本章小结	249	和负荷计算	300
思考题与习题	251	7.5.2 变配电所方案选择及电气	
第6章 电气照明设计	253	主接线	300
6.1 电气照明	253	7.5.3 变电所主变压器的选择	
6.2 常见电光源	260	原则	302
6.2.1 常见电光源种类.....	260	7.5.4 变电所短路电流计算	302
6.2.2 电光源选择.....	266	7.5.5 变电所继电保护	304
6.3 照明灯具	267	7.5.6 区域变电所设计实例	306
6.3.1 灯具的特性及分类.....	267	7.5.7 终端变电所的设计实例	319
6.3.2 灯具的选择.....	273	本章小结	336
6.3.3 灯具的布置.....	273	思考题与习题	337
6.4 照明种类和基本要求	274	第8章 供配电系统自动化	339
6.4.1 照明种类和方式.....	274	8.1 概述	339
6.4.2 照度标准.....	276	8.2 变电所自动化	340
6.4.3 照明质量.....	277	8.2.1 变电所自动化的含义	340
6.5 照明计算	279	8.2.2 变电所综合自动化的特点	340
6.5.1 逐点照度算法.....	279	8.2.3 变电所综合自动化的	
6.5.2 光通利用系数法.....	281	基本功能	341
6.5.3 单位容量法.....	284	8.2.4 变电所综合自动化的结构	342
6.6 照明配电	285	8.3 配电系统自动化	344
6.6.1 电光源使用电压要求.....	285	8.3.1 概述	344
6.6.2 照明电源.....	286	8.3.2 配电系统及其特点	345
6.6.3 照明配电网络.....	288	8.3.3 配电系统自动化的概念	346
6.6.4 照明配电线路导线的选择.....	288	8.3.4 配电系统自动化的意义	
本章小结	289	和目的	347
思考题与习题	290	8.3.5 配电系统自动化的基本功能	
第7章 供配电系统设计	292	及实现原则	349
7.1 供配电系统设计内容	292	本章小结	352
7.2 供配电系统设计程序和要求	293	思考题及习题	352
7.3 电气设计内容的深度	293	附录 I	353
7.3.1 方案设计(评估).....	293	附录 II	366
7.3.2 初步设计.....	294	参考文献	375
7.3.3 施工图设计.....	296		

第 1 章 绪 论

电能是商品,此商品的质量标准由可靠性、电压、频率、波形等指标来描述。由发电厂、变电所、输配电线路和用户组成的整体称为电力系统。电力系统起着生产、分配、输送和消费电能的作用。要将电能输送到用户必须经过电力网络。电力网络可分成 110kV 以上高压网络、10kV~110kV 中压网络、10kV 以下低压网络。电力网络的电压等级对系统的运行特性有着重大影响,因此也影响电力系统的设计。电力网络所选定的电压等级将决定每条馈线的最大长度、最大负荷和接线方式,以及馈线的总条数和每条馈线上的配电所数目。

本章主要介绍电力网络技术基础——电力系统的基本概念、电力系统中供电设备和用电设备的额定电压等级及电力系统中性点的运行方式。

1.1 供配电系统发展概述

1.1.1 国内外供配电技术的发展情况

自从 20 世纪初发明三相交流电以来,输电技术朝着高电压、大容量、远距离、较高自动化的目标不断发展,20 世纪后半叶发展更加迅速。1952 年瑞典首先采用 380kV 输电电压,1954 年美国 354kV 线路投运,1956 年前苏联建成伏尔加河水电站至莫斯科的 400kV 线路并于 1959 年升压到 500kV。进入 20 世纪 60 年代欧洲各国普遍采用 380kV 级输电电压,北美和日本则建设大量 500kV 线路。以后加拿大、前苏联和美国又相继建成一批 735kV~765kV 输电线路。20 世纪 70 年代,欧、美各国对交流 1000kV 级特高压(UHV)输电技术进行了大量研究开发,1985 年前苏联建成世界上第一条 1150kV 工业性输电线路,日本也在 20 世纪 90 年代初建成 1000kV 输电线路。

近 50 年来中国的供配电技术也已经取得了突破性进展。20 世纪 50 年代建设了一大批 35kV 和 110kV 输电线路;60 年代,许多城市建设 220kV 输电线路,并逐步形成地区 220kV 电网。随着电力负荷的增长和大型水力发电和火力发电电源的开发,1972 年建成第一条 330kV 刘家峡水电站至关中超高压线路,该输电线路全长 534km。随后 330kV 输电线路延伸到陕甘宁青 4 个省区,形成西北跨省联合电网。1981 年第一条 500kV 全长 595km 平顶山至武汉输电线路投入运行,接着其他地区也相继采用 500kV 级电压输送电力。目前全国已有东北、华北、华东、华中、西北、南方、川渝 7 个跨省电网和山东、福建、新疆、海南、西藏 5 个独立省(区)网。网内 220kV 输电线路合计全长 120000km,330kV 输电线路 7500km,500kV 输电线路 20000km。华中与华东两大电网之间,通过 1500kV 葛洲坝至上海直流线路实行互联。中国输电线路的建设规模和增长速度在世界上是少有的。

1.1.2 中国电网发展趋势

中国大部分能源资源分布在西部地区,而东部沿海地区经济发达,电力负荷增长迅速。

开发西部的水电和火电基地,实行“西电东送”是国家的一项长期战略。近十年来,山西、内蒙古西部火电基地向京津唐电网送电,葛洲坝水电站通过±500kV 直流线路向上海送电,南方互联电网将天生桥水电站和云南、贵州的水电站所发的电送往广东、广西等省的“西电东送”措施已经取得一定成效。随着西部大开发战略的实施,内蒙古西部、山西、陕西、宁夏、河南西部火电基地的建设,黄河上游、金沙江、澜沧江、红水河、乌江等大型水电站的开发,以及“西电东送”输电大通道的开辟,将加大“西电东送”的能力并促进电网的快速发展。

电网是电力能源的载体。加强电网建设是拓展电力市场,提高电力工业整体效益的重要举措。

中国电网发展分为 3 个步骤进行:

(1) 加紧实施 7 个跨省大区电网之间以及大区电网与 5 个独立省网之间的互联。

(2) 2010 年前后,建成以三峡电网为中心连接华中、华东、川渝的中部电网;华北、东北、西北 3 个电网互联形成的北部电网;以及云南、贵州、广西、广东 4 省(自治区)的南部联合电网。同时,北、中、南 3 大电网之间实现局部互联,初步形成全国统一的联合电网的格局。

(3) 2020 年前后,随着长江和黄河上游以及澜沧江、红水河上一系列大型水电站的开发,西部和北部大型火电厂和沿海核电站的建设,以及一大批长距离、大容量输电工程的实施,电网结构进一步加强,真正形成全国统一的联合电网。在全国统一电网中充分实现西部水电东送,北部火电南送的能源优化配置。此外,北与俄罗斯、南与泰国之间也可能实现周边电网互联和能源优势互补。

近年来,中国电力工业不断实现跨越式发展。1987 年至 1995 年,中国发电装机容量和发电量先后超过法国、英国、加拿大、德国、俄罗斯和日本,跃居世界第二位。随着中国经济迅速增长,中国电力需求迅猛增加,电力供不应求的紧张局面再次出现。为最大限度地满足经济增长对电力的需求,国家采取有效措施,加大电力建设投资,使全国每年发电规模都在 1500 万 kW 以上,到 2003 年底,全国发电装机容量达到 3.91 亿 kW,发电量达到 19052 亿 kW·h。

目前由于装机容量增长速度低于同期国民经济及电力需求增长速度,导致部分地区在充分利用现有发电设备能力的情况下,电力供应依然紧张。有关部门预测,未来 15 年中国须新增 5 亿 kW 以上的发电装机才能满足全面建设小康社会的需要。这意味着未来几年中国电源建设将进入更加快速的发展阶段。

1.2 发电厂及变电所类型

1.2.1 发电厂的类型

根据各个发电厂使用的一次能源不同,发电厂主要分为以下几种。

1. 火力发电厂

以煤、石油、天然气等作为一次能源,借助汽轮机等热力机械将热能转换为机械能,再由汽轮机带动发电机发电的电厂,称为火力发电厂。图 1.1 所示为凝汽式火力发电厂的工作原理。

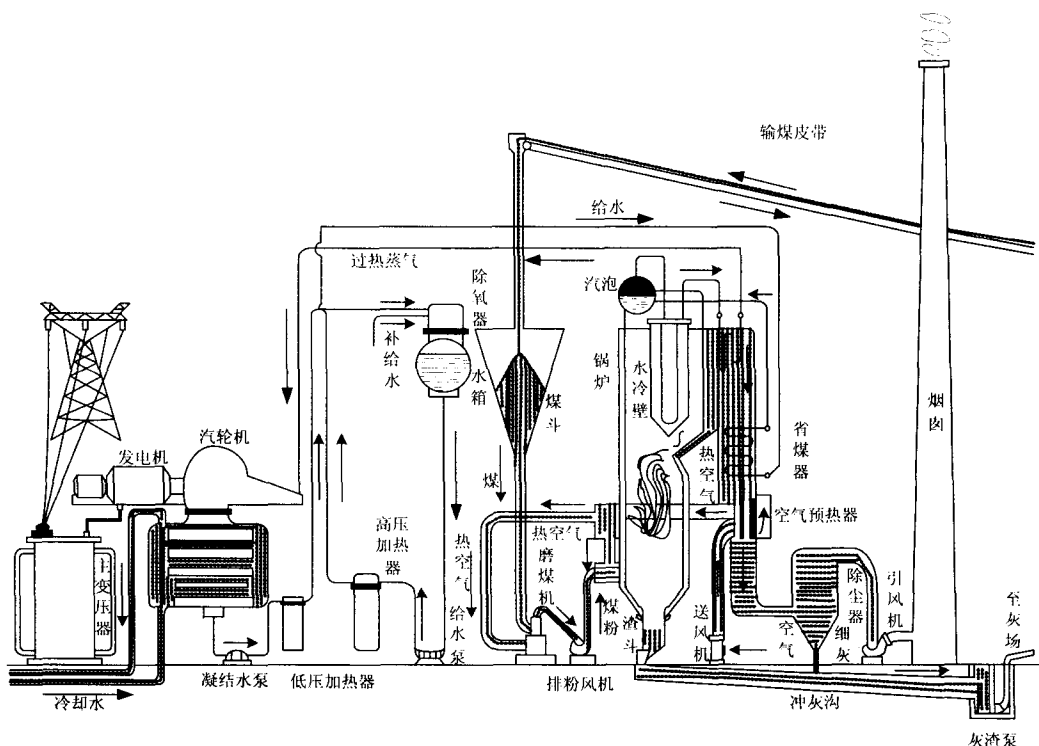


图 1.1 凝汽式火力发电厂的工作原理

输煤带将煤输送到煤斗中再经过磨煤机磨成细煤粉，在热空气的作用下由排粉风机抽出并送入锅炉的燃烧室内燃烧。助燃空气由送风机送进空气预热器变为热空气。其中一部分进入磨煤机用以干燥和输送煤粉，另一部分进入燃烧室助燃。燃烧放出的热量一部分被燃烧室四周的水冷壁吸收，一部分加热燃烧室顶部和烟道出口处的过热器中的蒸汽。余下的热量被烟气带着经省煤器、空气预热器并传递给此设备内的水和空气。烟气冷却后经除尘器净化处理，通过引风机进入烟道排入大气。净化后的给水先进入省煤器预热，再进入汽包后流入水冷壁管中，吸收热量并蒸发成蒸汽，在流经过热器时进一步吸收烟气的热量变为高温高压的过热蒸汽。此高温高压蒸汽经过汽轮机的喷嘴体积膨胀，产生高速气流，推动汽轮机转子的叶片，使转子旋转将热能转变成机械能。汽轮机和发电机同轴连接，带动发电机转子旋转将机械能转变成电能。做功后的蒸汽经过凝汽器放出热量后并凝结成水，经除氧器除去氧，再经给水泵送入省煤器预热以便循环利用。

一般火力发电厂热效率不高，一般为40%左右。

2. 水力发电厂

我国的水力资源极其丰富，据统计目前开发的总量还不足 10%，一些水力资源亟待开发。水力发电厂的生产过程要比火力发电厂简单，它是利用水的位能差进行发电的，如图 1.2 所示。

由拦河坝 4 将水位抬高，经压力水管 6 进入螺旋形蜗壳 14 推动水轮机转子 13 旋转，将水的位能转变成机械能，水轮机与发电机同轴连接，再带动发电机转子转动将机械能转

变成电能。做完功的水排往大坝的下游。

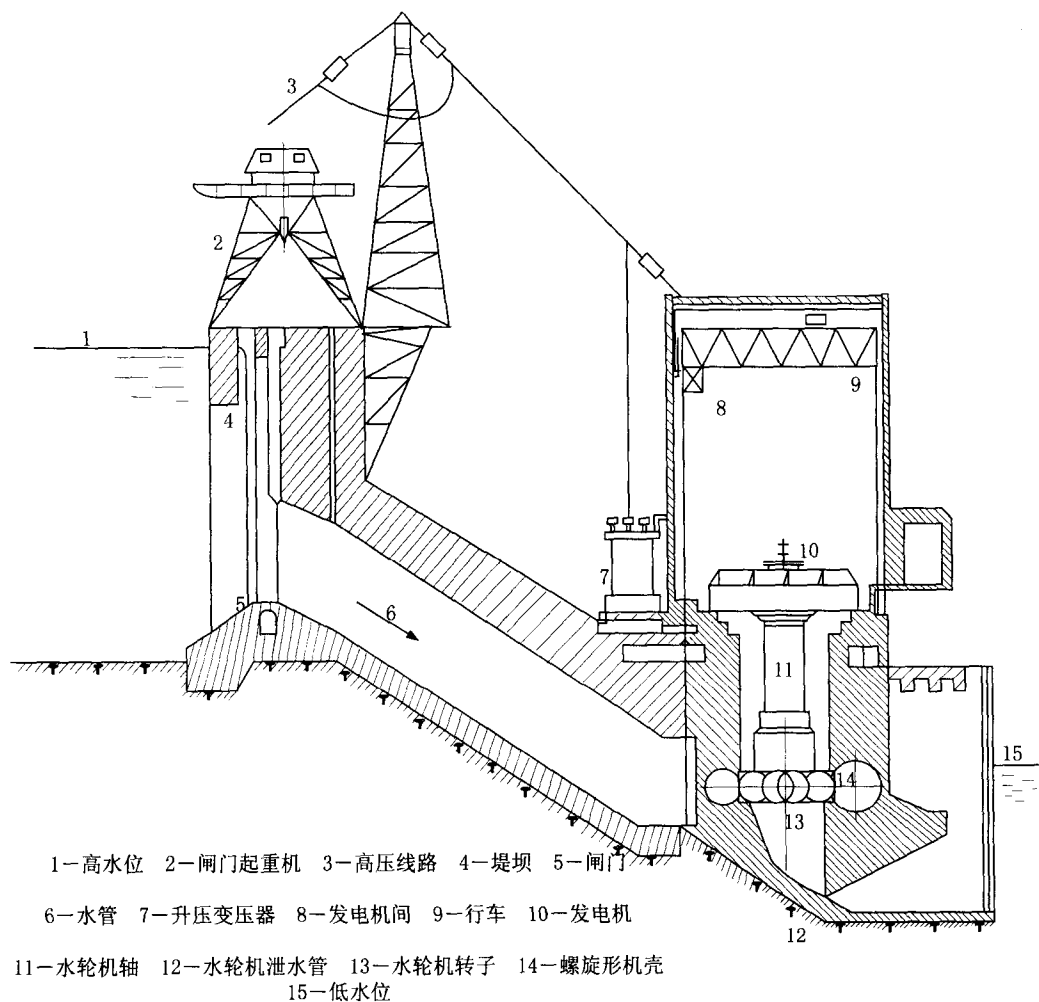


图 1.2 坝式水力发电厂

3. 核力发电厂

利用核能发电的电厂称为核力发电厂。核力发电厂用的一次能源主要是二氧化铀。压水堆核力发电厂的工作原理如图 1.3 所示。

有反应堆、蒸汽发生器、主泵、稳压器和主管道为主体组成核电厂的一回路。核燃料在反应堆发生核裂变反应后产生的热量传给冷却水，由主泵把冷却水从反应堆送到蒸汽发生器，在蒸汽发生器的管束内冷却水放出热量后又主泵排到反应堆。这样周而复始地形成的闭式循环回路，称为一回路。一回路冷却水的热量通过蒸汽发生器，将热量传给另一路线的水，使其加热成高温蒸汽，推动汽轮机旋转，汽轮机再驱动发电机使发电机发电。在汽轮机内做过功的蒸汽进入凝结核后变成凝结水，凝结水泵将凝结水送入低压加热器。低压加热器钢管内流动的低压给水经蒸汽加热，除氧器除氧后经给水泵送入到高压加热器。高压加热器将给水加热后送入蒸汽发生器，重新被加热汽化。这样循环往复形成了第二回

路。核燃料的核能转变成水蒸气的热能，此热能驱动汽轮机旋转转变成机械能，汽轮机再带动发电机 5 发出电能。

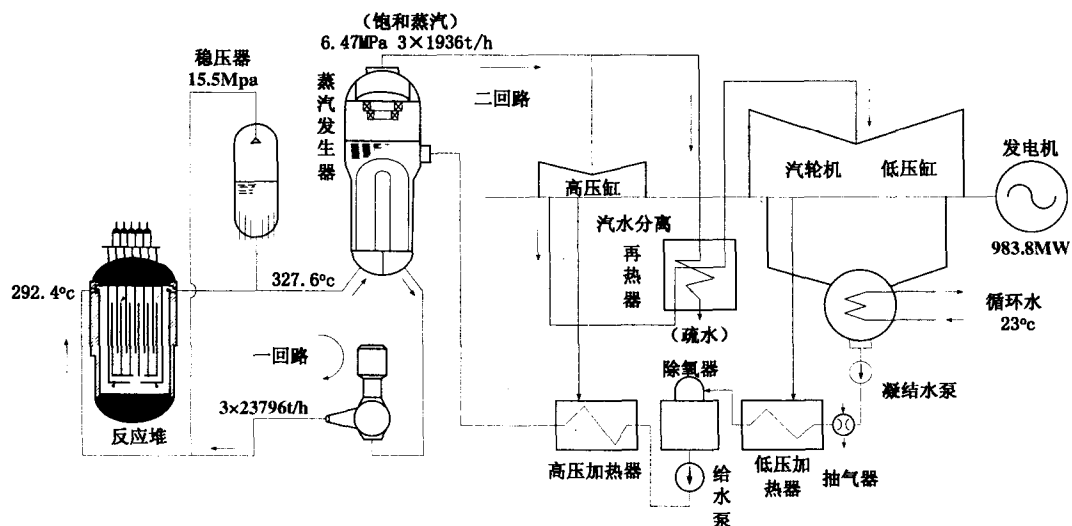


图 1.3 压水堆核力发电厂

1.2.2 变电所类型

变电所是电力转换站，用以提高或降低电压，并分配用电量。从发电厂送电到用户家中的过程中，发电厂发出的电要先经过变电所升高电压才可大量快速地输送。高电压须经过变电所降低电压才可依序分送各地，并逐渐降低到用户可使用的电压。

变电所从结构上可分为屋外式变电所和屋内式变电所。屋内式变电所又可建于地上或地下。

变电所从规模上又可分为枢纽变电所、地区重要变电所和一般变电所。

枢纽变电所的变压器一次电压一般为 330kV 或 500kV，二次电压为 220kV 或 110kV。

地区重要变电所的变压器一次电压一般为 220kV 或 330kV，二次电压为 110kV、35kV 或 10kV。

一般变电所的变压器一次电压一般为 110kV，也有 220kV。

为维持供电品质，避免用户有电压下降问题，变电所应尽量设在负荷中心，也就是说，变电所要尽可能靠近用电多的地方，变电所若远离负荷中心，不仅电能损耗大，而且用户电压降低，频率不稳定，会影响供电质量。

1.3 电力系统基础

1.3.1 电力系统的基本概念

首先各种形式的电厂将不同形式的一次能源转化成电能，电能的传输方式分为直流传输和交流传输两种形式。

直流输电是将发电厂发出的交流电用整流器变换成直流,经直流输电线路送至接收端,再经逆变器变换成三相交流电后送到用户。

在直流输电线路中“极”的定义相当于三相交流线路中的“相”。但从电力传输的技术要求来看,交流输电线路必须变成三相才便于运行;而直流输电线路中的极(正极或负极)却能独立工作,任何一极加上回流电路就能独立输送电力。直流输电线路造价低于交流输电线路但换流站造价却比交流变电站高得多,其输送的电压等级还要受到电子器件耐压性能的限制。

交流输电是将发电厂发出的交流电经升压变压器,再经三相输电线路到降压变压器,然后送到用户。本书主要以介绍交流输电为主。

电能输送到用户须经过供配电网,供配电网由变压器和输电线路组成,起着分配输送电能的作用。如图 1.4 所示,由发电厂、变电所、输配电线路和用户组成的整体称为电力系统。

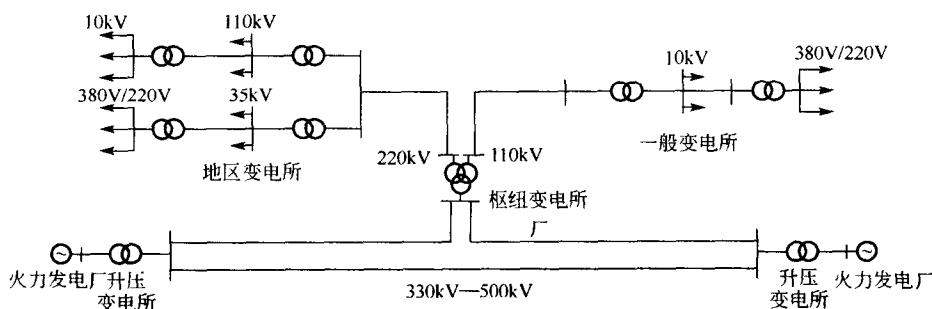


图 1.4 电力系统示意图

1) 组成电力系统的必要性

(1) 为用户提供可靠性更高的电能。如局部系统某发电厂发生故障时,可以切除故障部分,保证其他部分正常运行,实现不间断地对用户供电。

(2) 各发电厂相互支援、互为备用。由于各发电厂通过电力网相互联系,在某个发电厂出现故障或正常检修时,可以由其他发电厂增大发电量继续向该电力网供电。

(3) 可以更充分利用一次能源,降低电能成本。如洪水季节就应该充分利用水力发电厂发电,以尽量减少火力发电厂的发电,节约燃料。

2) 电能的特点

(1) 电能不能大量存储。电能的生产、输送、分配和消费实际上是同时进行的,在电力系统中,任何时刻各发电厂发出的功率,必须等于该时刻各用电设备所需的功率与输送、分配各环节中损耗功率之和,因而对电能生产的协调和管理提出更高要求。

(2) 电磁过程的快速性。电力系统中任何一个地方的运行状态的改变或故障,都会很快影响整个系统的运行,仅依靠手动操作是无法保证电力系统的正常和稳定运行,所以电力系统的运行必须依靠信息就地处理的继电保护和自动装置,以及信息全局处理的调度自动化系统。

(3) 与国民经济的各部门、人民的日常生活等有着极其密切的关系。供电的突然中断