

普通高等教育规划教材

# 供 电 工 程

主 编 翁双安  
副主编 黄绍平  
          何致远  
参 编 李永坚  
          郑荣进  
主 审 包允方

机 械 工 业 出 版 社

本书以供电工程设计和技术应用为主线，论述工业与民用电力用户供电系统的基本理论、工程设计方法和运行管理基本知识。全书共分十章，内容包括绪论，负荷计算与无功功率补偿，短路电流计算，电器、电线电缆及其选择，供电系统的一次接线，供电系统的二次接线，供电系统的继电保护，供电系统的自动化，接地与防雷，电能质量的提高。为便于教学，一些重要章节中都配有例题，同时每章均有思考题与习题。书中例题与习题大多来源于工程实际。

本书特别注重基本理论的实用性与技术内容的先进性，充分体现了供电技术的新发展和标准规范的新要求。在电力系统中性点接地方式、低压电网短路电流计算、高低压电器、低压配电线路保护电器的选择、供电系统的二次接线、微机保护与自动化、信息系统的防雷等方面均有新的论述。

本书既可作为高等学校电气工程与自动化专业及相近专业的教材，也可作为供电工程设计与运行技术人员的培训和参考用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

供电工程 / 翁双安主编. —北京: 机械工业出版社, 2004.5

普通高等教育规划教材

ISBN 7-111-14386-8

I. 供... II. 翁... III. 供电—高等学校—教材 IV. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 037718 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 王保家 苏颖杰

责任编辑: 苏颖杰 版式设计: 霍永明 责任校对: 申春香

封面设计: 姚毅 责任印制:

印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2004 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

787mm×1092mm  $\frac{1}{16}$ ·16.75 印张·409 千字

定价: 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

本社购书热线电话 (010) 68993821、88379646

封面无防伪标均为盗版

# 普通高等教育应用型人才培养规划教材 编 审 委 员 会

主 任：刘国荣 湖南工程学院  
副主任：左健民 南京工程学院  
陈力华 上海工程技术大学  
鲍 泓 北京联合大学  
王文斌 机械工业出版社

委 员：(按姓氏笔画排序)

刘向东 华北航天工业学院  
任淑淳 上海应用技术学院  
何一鸣 常州工学院  
陈文哲 福建工程学院  
陈 陵 扬州大学  
苏 群 黑龙江工程学院  
娄炳林 湖南工程学院  
梁景凯 哈尔滨工业大学（威海）  
童幸生 江汉大学

# 自动化专业分委员会

主任：刘国荣 湖南工程学院

副主任：汤天浩 上海海运学院

梁景凯 哈尔滨工业大学（威海）

委员：(按姓氏笔画排序)

刘启中 上海工程技术大学

刘国繁 湖南工程学院

陈虹 扬州大学

宋丽蓉 南京工程学院

钱同惠 江汉大学

黄家善 福建工程学院

# 序

工程科学技术在推动人类文明的进步中一直起着发动机的作用。随着知识经济时代的到来，科学技术突飞猛进，国际竞争日趋激烈。特别是随着经济全球化发展和我国加入WTO，世界制造业将逐步向我国转移。有人认为，我国将成为世界的“制造中心”。有鉴于此，工程教育的发展也因此面临着新的机遇和挑战。

迄今为止，我国高等工程教育已为经济战线培养了数百万专门人才，为经济的发展作出了巨大的贡献。但据IMD1998年的调查，我国“人才市场上是否有充足的合格工程师”指标排名世界第36位，与我国科技人员总数排名世界第一形成很大的反差。这说明符合企业需要的工程技术人员特别是工程应用型技术人才市场供给不足。在此形势下，国家教育部近年来批准组建了一批以培养工程应用型本科人才为主的高等院校，并于2001、2002年两次举办了“应用型本科人才培养模式研讨会”，对工程应用型本科教育的办学思想和发展定位作了初步探讨。本系列教材就是在这种形势下组织编写的，以适应经济、社会发展对工程教育的新要求，满足高素质、强能力的工程应用型本科人才培养的需要。

航天工程的先驱、美国加州理工学院的冯·卡门教授有句名言：“科学家研究已有的世界，工程师创造未有的世界。”科学在于探索客观世界中存在的客观规律，所以科学强调分析，强调结论的惟一性。工程是人们综合应用科学（包括自然科学、技术科学和社会科学）理论和技术手段去改造客观世界的实践活动，所以它强调综合，强调方案优缺点的比较并做出论证和判断。这就是科学与工程的主要不同之处。这也就要求我们对工程应用型人才的培养和对科学研究型人才的培养应实施不同的培养方案，采用不同的培养模式，采用具有不同特点的教材。然而，我国目前的工程教育没有注意到这一点，而是：①过分侧重工程科学（分析）方面，轻视了工程实际训练方面，重理论，轻实践，没有足够的工程实践训练，工程教育的“学术化”倾向形成了“课题训练”的偏软现象，导致学生动手能力差。②人才培养模式、规格比较单一，课程结构不合理，知识面过窄，导致知识结构单一，所学知识中有一些内容已陈旧，交叉学科、信息学科的内容知之甚少，人文社会科学知识薄弱，学生创新能力不强。③教材单一，注重工程的科学分析，轻视工程实践能力的培养；注重理论知识的传授，轻视学生个性特别是创新精神的培养；注重教材的系统性和完整性，造成课程方面的相互重复、脱节等现象；缺乏工程应用背景，存在内容陈旧的现象。④老师缺乏工程实践经验，自身缺乏“工程训练”。⑤工程教育在实践中与经济、产业的联系不密切。要使我国工程教育适应经济、社会的发展，培养更多优秀的工程技术人员，我们必须努力改革。

组织编写本套系列教材，目的在于改革传统的高等工程教育教材，建设一套富有特色、有利于应用型人才培养的本科教材，满足工程应用型人才培养的要求。

本套系列教材的建设原则是：

## 1. 保证基础，确保后劲

科技的发展，要求工程技术人员必须具备终生学习的能力。为此，从内容安排上，保证学生有较厚实的基础，满足本科教学的基本要求，使学生日后具有较强的发展后劲。

## 2. 突出特色，强化应用

围绕培养目标，以工程应用为背景，通过理论与工程实际相结合，构建工程应用型本科教育系列教材特色。本套系列教材的内容、结构遵循如下9字方针：知识新、结构新、重应用。教材内容的要求概括为：“精”、“新”、“广”、“用”。“精”指在融会贯通教学内容的基础上，挑选出最基本的内容、方法及典型应用；“新”指将本学科前沿的新进展和有关的技术进步新成果、新应用等纳入教学内容，以适应科学技术发展的需要。妥善处理好传统内容的继承与现代内容的引进。用现代的思想、观点和方法重新认识基础内容和引入现代科技的新内容，并将这些按新的教学系统重新组织；“广”指在保持本学科基本体系下，处理好与相邻以及交叉学科的关系；“用”指注重理论与实际融会贯通，特别是注入工程意识，包括经济、质量、环境等诸多因素对工程的影响。

## 3. 抓住重点，合理配套

工程应用型本科教育系列教材的重点是专业课（专业基础课、专业课）教材的建设，并做好与理论课教材建设同步的实践教材的建设，力争做好与之配套的电子教材的建设。

## 4. 精选编者，确保质量

遴选一批既具有丰富的工程实践经验，又具有丰富的教学实践经验的教师担任编写任务，以确保教材质量。

我们相信，本套系列教材的出版，对我国工程应用型人才培养质量的提高，必将产生积极作用，会为我国经济建设和社会发展作出一定的贡献。

机械工业出版社颇具魄力和眼光，高瞻远瞩，及时提出并组织编写这套系列教材，他们为编好这套系列教材做了认真细致的工作，并为该套系列教材的出版提供了许多有利的条件，在此深表衷心感谢！

编委会主任  
湖南工程学院院长

刘国荣教授

# 前 言

本书是普通高等教育规划教材之一，为适应高校课程体系与教学内容改革的需要而组织编写。本书既可作为高等学校电气工程与自动化专业及相近专业的教材，也可作为供电工程设计与运行技术人员的培训和参考用书。

本书以供电工程设计和技术应用为主线，论述了工业与民用电力用户供电系统的基本理论、工程设计方法和运行管理基本知识。全书共分十章，内容包括绪论，负荷计算与无功功率补偿，短路电流计算，电器、电线电缆及其选择，供电系统的一次接线，供电系统的二次接线，供电系统的继电保护，供电系统的自动化，接地与防雷，电能质量的提高。为便于教学，一些重要章节中都配有例题，同时每章均有思考题与习题。书中例题与习题大多来源于工程实际。

本书特别注重基本理论的实用性与技术内容的先进性，充分体现了供电技术的新发展和标准规范的新要求。在电力系统中性点接地方式、低压电网短路电流计算、高低压电器、低压配电线路保护电器的选择、供电系统的二次接线、微机保护与自动化、信息系统防雷等方面均有新的论述。

本书由扬州大学翁双安任主编，湖南工程学院黄绍平、浙江科技学院何致远任副主编。湖南工程学院李永坚、福建工程学院郑荣进参编。翁双安负责全书的构思和统稿工作，并编写第五、六章，黄绍平编写第七、八章，何致远编写第一、九章，李永坚编写第三、十章，郑荣进编写第二章，并和翁双安合作编写第四章。东南大学包允方教授任本书主审，对本书提出了宝贵的意见，在此深表感谢！

本书在编写过程中，参考了许多相关的教材和专著，在此向所有作者表示诚挚的谢意！

由于供电内容越来越广，新产品、新技术不断涌现，书中错漏之处在所难免，敬请使用本书的广大师生和工程技术人员指正。

编 者

# 目 录

序	第七节 低压保护电器的选择 .....	92
前言	思考题与习题 .....	103
本书常用文字符号与图形符号表	第五章 供电系统的一次接线 .....	105
第一章 绪论 .....	第一节 概述 .....	105
第一节 电力系统的基本概念 .....	第二节 电力变压器的选择 .....	105
第二节 电力系统的额定电压 .....	第三节 电气主接线的形式 .....	109
第三节 电力系统的中性点接地方式 .....	第四节 变配电所电气主接线典型	
第四节 用户供电系统及供电要求 .....	方案 .....	113
第五节 供电工程设计的主要内容和	第五节 高低压配电网接线 .....	122
程序 .....	第六节 变配电所的类型与布置 .....	126
15	第七节 供电方案的技术经济指标 .....	131
思考题与习题 .....	思考题与习题 .....	131
16	第六章 供电系统的二次接线 .....	133
第二章 负荷计算与无功功率补偿 .....	第一节 概述 .....	133
18	第二节 操作电源 .....	133
第一节 概述 .....	第三节 电气测量回路与绝缘监视 .....	136
18	第四节 高压断路器的控制和信号	
第二节 三相用电设备组计算负荷的	回路 .....	139
确定 .....	第五节 中央信号装置 .....	144
23	思考题与习题 .....	146
第三节 单相用电设备组计算负荷的	第七章 供电系统的继电保护 .....	148
确定 .....	第一节 概述 .....	148
26	第二节 供电系统单端电源配电线路	
第四节 尖峰电流的计算 .....	的保护 .....	153
28	第三节 电力变压器的继电保护 .....	163
第五节 无功功率补偿 .....	第四节 电力电容器与高压电动机的	
28	保护 .....	173
第六节 供电系统的总计算负荷 .....	第五节 微机型继电保护简介 .....	176
32	思考题与习题 .....	179
第七节 供电系统的电能节约 .....	第八章 供电系统的自动化 .....	181
38	第一节 常用自动装置 .....	181
思考题与习题 .....	第二节 配电自动化概述 .....	183
40	第三节 变配电所综合自动化 .....	187
第三章 短路电流计算 .....	第四节 负荷控制与用电管理自动化 .....	191
42	思考题与习题 .....	195
第一节 概述 .....	第九章 接地与防雷 .....	196
42	第一节 接地与等电位联结 .....	196
第二节 无限大容量电源供电系统的短路		
过程分析 .....		
43		
第三节 高压电网短路电流计算 .....		
46		
第四节 低压电网短路电流的计算 .....		
51		
第五节 短路电流的效应 .....		
55		
思考题与习题 .....		
58		
第四章 电器、电线电缆及其选择 .....		
60		
第一节 概述 .....		
60		
第二节 开关电器的灭弧原理 .....		
61		
第三节 高压电器 .....		
63		
第四节 低压电器 .....		
71		
第五节 互感器 .....		
78		
第六节 电线电缆 .....		
83		

第二节 电击防护 .....	201	允许温度及热稳定系数 .....	236
第三节 供电系统的防雷 .....	203	附录表 17 VS1 型真空断路器的主要技术数据 .....	236
第四节 建筑物防雷 .....	208	附录表 18 XRNT3、XRNP3 型高压限流熔断器的主要技术数据 .....	236
第五节 信息系统防雷 .....	211	附录表 19 高压限流熔断器熔体额定电流与 10kV 电力变压器容量的配合表 .....	236
思考题与习题 .....	214	附录表 20 CW1 系列智能型万能式断路器的主要技术数据 .....	236
第十章 电能质量的提高 .....	215	附录表 21 CMI 系列塑壳式断路器的主要技术数据 .....	237
第一节 概述 .....	215	附录表 22 NT 系列高分断熔断器的主要技术数据及其时间电流曲线 .....	238
第二节 电压偏差及其调节 .....	216	附录表 23 LZZJ-10Q 型电流互感器的主要技术数据 .....	238
第三节 电压波动和闪变及其抑制 .....	219	附录表 24 BH-0.66 型电流互感器的主要技术数据 .....	239
第四节 高次谐波及其抑制 .....	223	附录表 25 绝缘材料的耐热分级及其极限温度 .....	239
第五节 供电系统的三相不平衡 .....	227	附录表 26 架空裸导线的最小允许截面 .....	240
思考题与习题 .....	228	附录表 27 绝缘导线的最小允许截面 .....	240
附录 .....	229	附录表 28 选择导线和电缆的环境温度 .....	240
附录表 1 工厂用电设备组的需要系数 $K_d$ 及功率因数 .....	229	附录表 29 LJ 型铝绞线和 LGJ 型钢芯铝绞线的允许载流量 ( $\theta_{al}=70^{\circ}\text{C}$ ) .....	241
附录表 2 照明用电设备的 $\cos\varphi$ 与 $\tan\varphi$ (无补偿) .....	230	附录表 30 矩形铜母线 (TMY) 的允许载流量 ( $\theta_{al}=70^{\circ}\text{C}$ , $\theta_0=25^{\circ}\text{C}$ ) .....	241
附录表 3 住宅用电负荷需要系数 $K_d$ .....	230	附录表 31 1kV 级聚氯乙烯绝缘铜芯电力电缆 VV 型的允许载流量 ( $\theta_{al}=70^{\circ}\text{C}$ ) .....	241
附录表 4 民用建筑用电设备组的需要系数 $K_d$ 及功率因数 .....	230	附录表 32 交联聚乙烯绝缘铜芯电力电缆 YJV 型的允许载流量 ( $\theta_{al}=90^{\circ}\text{C}$ ) .....	242
附录表 5 工厂用电设备组的利用系数 $K_u$ 及功率因数 .....	231	附录表 33 电缆多根并列敷设时允许载流量修正系数 .....	242
附录表 6 用电设备组的附加系数 $K_a$ .....	231	附录表 34 埋地敷设电缆在不同土壤热阻系数时允许载流量修正系数 .....	243
附录表 7 部分企业的全厂需要系数 $K_d$ 、功率因数及年最大有功负荷利用小时 $T_{\max}$ 参考值 .....	232	附录表 35 铜芯绝缘导线明敷时的允许载流量 .....	243
附录表 8 各类建筑物的负荷密度 (用电指标) .....	232	附录表 36 铜芯聚氯乙烯绝缘导线穿钢管敷设时的允许载流量 ( $\theta_{al}=70^{\circ}\text{C}$ ) .....	243
附录表 9 相间负荷换算相负荷的功率换算系数 .....	233		
附录表 10 自愈式低压并联电力电容器的主要技术数据 .....	233		
附录表 11 三相路线电线电缆单位长度每相阻抗值 .....	233		
附录表 12 10 (1±5%) 0.4kV S9 系列电力变压器技术数据 .....	234		
附录表 13 10 (1±5%) 0.4kV SC (B) 10 系列电力变压器技术数据 .....	234		
附录表 14 低压铜母线单位长度每相阻抗及相零回路阻抗值 .....	235		
附录表 15 低压铜芯电线电缆单位长度相零回路阻抗值 .....	235		
附录表 16 导体在正常和短路时的最高			

附录表 37	铜芯聚氯乙烯绝缘导线穿硬塑料管敷设时的允许载流量 ( $\theta_{al}=70^{\circ}\text{C}$ ) .....	244	附录表 43	外壳防护等级的分类代号 .....	246
附录表 38	配电用低压断路器过电流脱扣器的反时限动作特性 .....	244	附录表 44	DL-30 系列电磁式电流继电器的主要技术数据 .....	246
附录表 39	电动机保护用低压断路器过电流脱扣器的反时限动作特性 .....	245	附录表 45	GL-10 系列感应式电流继电器的主要技术数据 .....	247
附录表 40	g 类熔断体的约定时间和约定电流 .....	245	附录表 46	土壤电阻率参考值 .....	247
附录表 41	电气设备防电击保护分类及保护措施 .....	245	附录表 47	部分电力装置要求的工频接地电阻值 .....	247
附录表 42	NT 系列熔断器熔体最大允许通过的起动电流 .....	246	附录表 48	电力系统中部分主要防雷保护装置冲击接地电阻要求值 .....	248
			附录表 49	垂直管形接地体的利用系数 $\eta$ (未计入连接扁钢的影响) .....	248
			参考文献 .....		249

# 本书常用文字符号与图形符号表

## 一、电气设备的文字符号

项目种类	设备、装置和元器件名称	基本文字符号		项目种类	设备、装置和元器件名称	基本文字符号			
		单字母	多字母			单字母	多字母		
组件及部件	高压开关柜	A	AH	电动机	电动机	M			
	低压交流配电箱(柜)		AA	测量设备	电流表		P	PA	
	直流电源屏		AD		电压表			PV	
	电力配电箱		AP		电度表			PJ	
	照明配电箱		AL		无功电度表			PJR	
	电源自动切换箱(柜)		AT		功率表			PW	
	控制箱(屏、台)		AC		功率因数表			PPF	
	信号箱(屏)		AS		电力开关器件		断路器	Q	QF
	备用电源自动投入装置		ATS				隔离开关		QS
自动重合闸装置	AR	负荷开关	QL						
电容器	电容器	C		开关熔断器组		QFS			
保护器件	避雷器	F		熔断器式开关		QFS			
	熔断器		FU	电阻	电阻器	R			
发电机电源	发电机; 电源 蓄电池	G	GB	主令电器	控制开关(转换开关)	S	SA		
信号器件	指示灯 电铃; 电笛 红色指示灯 绿色指示灯 黄色指示灯 白色指示灯	H	HL		主令开关		SAR		
			HA		按钮开关		SB		
			HR		位置开关(接近、限位开关)		SQ		
			HG		弹簧储能位置开关		SQT		
			HW	变压器	电流互感器	T	TA		
HY	电压互感器		TV						
继电器	瞬时接触继电器 电流继电器 电压继电器 时间继电器 信号继电器 差动继电器 接地继电器 气体保护继电器 温度继电器 热(过载)继电器 合闸保持继电器 跳闸保持继电器 合闸位置继电器 跳闸位置继电器	K	KA	变换器	变流器; 整流器	U			
			KC	线路小母线	电线; 电缆	W			
			KV		母线				
			KT		电压小母线				
			KS		控制小母线				
			KD		信号小母线				
			KE		合闸储能小母线				
			KG		事故音响信号小母线				
			KTM		预告音响信号小母线				
			KH		断路器事故跳闸小母线				
			KHC		掉牌未复归小母线				
			KHT		端子插座		连接片	X	XB
			KPC				插座		XS
电抗器	电抗器(串联和并联) 灭弧线圈	L	LA	端子板		XT			
				电气操作器件	合闸线圈 跳闸线圈; 分励脱扣器 电流脱扣器	Y	YC YT YCT		




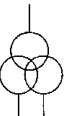













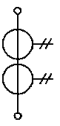





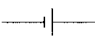

## 二、物理量下角标的文字符号

文字符号	中文含义	文字符号	中文含义
a	有功；附加	OR	过流脱扣器
al	允许	$p$	有功功率
av	平均	P	周期性的；保护
C	电容；电容器	pk	尖峰
c	计算	$q$	无功功率
cab	电缆	qb	速断
cr	临界	QF	断路器
d	需要；基准；差动	r	无功
dsq	不平衡	re	返回；实际
E	接地	rel	可靠
e	设备；有效的	S	系统
ec	经济的	s	整定
eq	等效的	saf	安全
FE	熔体	sh	冲击
FU	熔断器	st	起动
h	谐波	step	跨步
$i$	电流	T	变压器
ima	假想的	$t$	时间
k	短路	TA	电流互感器
K	继电器	tou	接触
L	电感	TV	电压互感器
L	负荷；负载	$u$	电压
l	线	u	利用
M	电动机	w	接线；工作
m	幅值；最大	WB	母线
man	人工	WL	线路
max	最大的	$\theta$	温度
min	最小的	$\Sigma$	总合
N	标称，额定（系统）	$\varphi$	相位
n	额定（元器件）	O	中性线
np	非周期性的	o	周围（环境）
oc	断路		
oh	架空		
OL	过负荷		
op	动作		

三、电气简图用图形符号 (节选自 GB/T 4728—1998~2000)

序号	图形符号	说明	序号	图形符号	说明
1	基本符号		2.8		接通的连接片
1.1		直流, 右边可示出电压	2.9		断开的连接片
1.2		交流, 右边可示出频率	2.10		电缆密封终端, 表示带有一根三芯电缆
1.3	+	正极性	2.11		电缆连接盒, 表示带 T 形连接的三根导线
1.4	-	负极性	3	基本无源元件	
1.5	N	中性线	3.1		电阻器, 一般符号
1.6		接地, 地, 一般符号	3.2		压敏电阻器
1.7		保护接地	3.3		分路器, 带分流和分压端子的电阻器
1.8		等电位	3.4		电容器, 一般符号
2	导体和连接件		3.5		电感器, 线圈, 绕组
2.1		连线 (导线、电线、电缆)	4	半导体器件	
2.2	形式1 形式2	三根导线	4.1		半导体二极管
2.3	●	连接, 连接点	4.2		无指定形式的三极晶闸管
2.4	○	端子	5	电能的发生与转换	
2.5	形式1 形式2	T形连接	5.1		电机的一般符号, 符号内的星号用下述字母之一代替: G 发电机 M 电动机
2.6	形式1 形式2	导线的双重连接	5.2		三相笼形感应电动机
2.7		插头和插座			

(续)

序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
5.3	形式1 	双绕组变压器	6	开关、控制和保护器件	
	形式2 		6.1		动合(常开)触点 本符号也可作开关的一般符号
5.4	形式1 	三绕组变压器	6.2		动断(常闭)触点
	形式2 		6.3		当操作器件被吸合时延时闭合的动合触点
5.5		电抗器	6.4		当操作器件被释放时延时闭合的动断触点
5.6	形式1 	电流互感器	6.5		具有动合触点且自动复位的按钮开关
	形式2 		6.6		具有动合触点且无自动复位的旋转开关
5.7	形式1 	电压互感器	6.7		位置开关, 动合触点
	形式2 		6.8		位置开关, 动断触点
5.8		具有两个铁心, 每个铁心有一个次级绕组的电流互感器	6.9		接触器 接触器的主动合触点
5.9		整流器	6.10		断路器
5.10		逆变器	6.11		隔离开关
5.11		蓄电池	6.12		负荷开关
			6.13		操作器件的一般符号

(续)

序号	图形符号	说 明	序号	图形符号	说 明
6.14		热继电器的驱动器件	7.3		复费率电能表
6.15		过流继电器	7.4		灯, 一般符号 信号灯, 一般符号
6.16		欠压继电器	7.5		电喇叭
6.17		具有反时限特性的过流继电器	7.6		电铃
6.18		气体(瓦斯)继电器	8	电气平面布置	
6.19		熔断器一般符号	8.1		规划(设计)的发电站
6.20		带机械连杆的熔断器 (撞击式熔断器)	8.2		运行的发电站
6.21		熔断器式隔离开关	8.3		规划(设计)的变电所、 配电所
6.22		熔断器式负荷开关	8.4		运行的变电所、配电所
6.23		避雷器	8.5		地下线路
7	测量仪表、灯和信号器件		8.6		架空线路
7.1		指示仪表, 符号内的星号用下述字母之一代替: A 电流表 V 电压表 W 功率表 $\cos\phi$ 功率因数表	8.7		管道线路
			8.8		具有埋入地下连接点的 线路
			8.9		中性线
7.2		积算仪表, 如电能表, 符号内的星号用下述字母之一代替: W 有功电能表 var 无功电能表	8.10		保护线
			8.11		保护线和中性线共用线
			8.12		具有中性线和保护线的 三相线路
			8.13		配电中心, 示出五路馈 线



# 第一章 绪 论

## 第一节 电力系统的基本概念

### 一、电力系统的构成

电力系统是由各种不同电压等级的电力线路将发电厂、变配电所和电力用户联系起来的包含着发电、输电、变电、配电和用电的一个统一整体。

#### (一) 发电厂

发电厂又称为发电站，它在电力系统中承担将自然界蕴藏的各种一次能源转换为二次能源——电能的任务。按照所利用一次能源的不同，发电厂可分成火力发电厂、水力发电厂、核能发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂、风力发电厂和潮汐发电厂等类型。

火力发电厂又称为火电站。它利用燃料的化学能来生产电能。发电过程为：燃料充分燃烧后，使锅炉内的水变成高温高压的蒸汽，推动汽轮机转动，带动与之联轴的发电机旋转发电。其能量转换过程为：燃料化学能→热能→机械能→电能。火力发电按用户的需要又可分为凝汽式发电厂和供热式发电厂。凝汽式发电厂的热效率较低，只有30%~40%，供热式发电厂的热效率可达60%~70%。火力发电至今仍然是世界上最主要的电能生产方式，火力发电机的装机容量在电能生产中占总装机容量的70%以上。

水力发电厂又称为水电站。它利用江河水流的位能来生产电能。发电过程为：有落差的水流冲动水轮机，带动与之联轴的发电机旋转发电。其能量转换过程为：水流位能→机械能→电能。按水流形成的方式不同，水力发电厂又可分成堤坝式水力发电厂、引水式水力发电厂和混合式水力发电厂。水力发电的生产效率高，一般大、中型水力发电厂的发电效率可达80%~90%，小型水力发电厂的发电效率也可达60%~70%。水力发电利用的是可再生能源，发电成本较低，一般只有火力发电的 $1/3 \sim 1/4$ ，而且水力发电不产生污染，同时又兼有防洪、灌溉和航运的综合效益，因而具有较高的开发价值。

核能发电厂又称为原子能发电厂或核电站。它利用铀、钚等重金属元素的原子核裂变能来生产电能。其能量转换过程为：核裂变能→热能→机械能→电能。核能发电的生产过程与火力发电基本相同，只是其热能不是由燃料的化学能产生，而是由反应堆（又称为原子锅炉）中的核燃料发生核裂变时释放出的能量而获得。核能发电可以节省大量的煤、石油等自然资源，1kg铀裂变所产生的热量相当于 $2.7 \times 10^6$  kg标准煤所产生的热量。随着科学技术的发展和人们对核电站安全控制手段的提高，核能发电将成为最清洁、经济、安全的发电方式。

除了上述三种主要的电能生产方式外，随着人类认识水平和技术手段的提高，太阳能发电、风能发电、地热发电和潮汐发电等生产电能的方式，也都得到不断的研究、开发和应用，具有广阔的应用前景。