

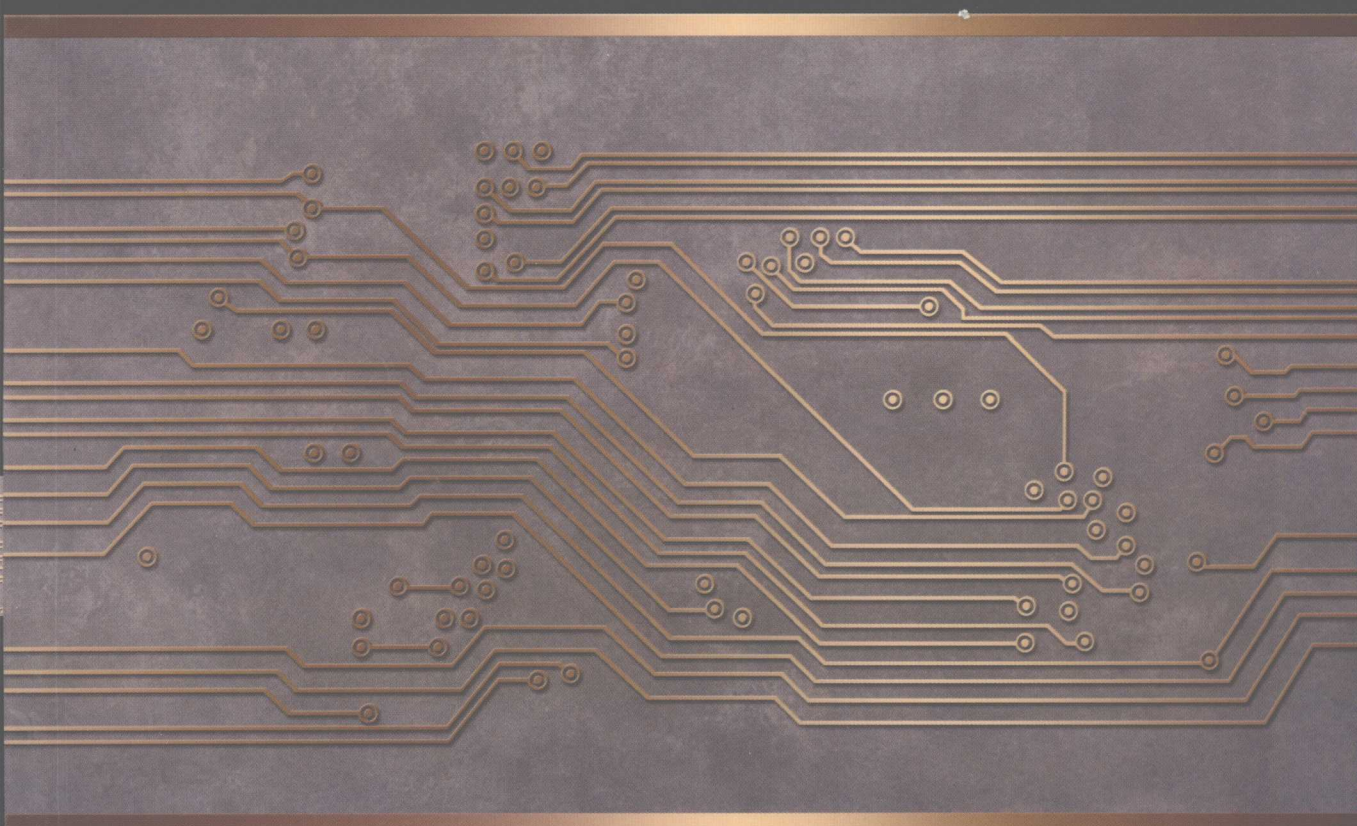
新编电气与电子信息类本科规划教材



# 供配电技术

(第2版)

唐志平 主编 杨胡萍 邹一琴 郭晓丽 副主编  
史国栋 主审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

内容简介



新编电气与电子信息类本科规划教材

# 供配电技术

## (第2版)

唐志平 主编

杨胡萍 邹一琴 郭晓丽 副主编

史国栋 主审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书重点介绍供配电系统的基本知识和理论、计算和设计、运行和管理,反映供配电领域的新技术。全书共分 11 章,主要内容有:电力系统的基本知识,电力负荷计算及无功功率补偿,三相短路分析、计算及效应,变配电所及其一次系统,电气设备的选择与校验,电力线路,供配电系统的继电保护,变电所二次回路及自动装置,电气安全、防雷和接地,电气照明,供配电系统的运行和管理。每章都配以丰富的例题,附有小结、思考题和习题,书前列有常用文字符号表(包含新、旧符号和英文名对照),便于自学和复习。

本书可作为普通高等院校电气工程、电气工程及其自动化等专业的本科生教材,也可作为高职高专、电视大学、函授大学电气信息电子类相关专业的教学参考书,同时可供工厂、企业及城镇从事供配电工作的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

### 图书在版编目(CIP)数据

供配电技术/唐志平主编.—2 版.—北京:电子工业出版社,2008.6

新编电气与电子信息类本科规划教材

ISBN 978-7-121-06684-9

I. 供… II. 唐… III. ①供电—高等学校—教材②配电系统—高等学校—教材 IV. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 068801 号

策划编辑:凌毅

责任编辑:凌毅

印 刷:北京市海淀区四季青印刷厂

装 订:北京鼎盛东极装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1 092 1/16 印张:20.5 字数:525 千字

印 次:2008 年 6 月第 1 次印刷

印 数:5000 册 定价:29.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系。联系及邮购电话:(010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zlt@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010)88258888。

## 再版前言

本书第1版于2005年初正式出版,被国内多所院校采用作为教材,使用效果良好,并于2007年获“江苏省高等学校精品教材”。为适应供电技术的进步和发展要求,作者对本书第1版进行了修订。与第1版相比较,第2版的内容有所增删,部分内容作了调整。

本书共分11章,主要讲述电力系统概论,负荷计算,短路电流计算,变配电所及其一次系统,电气设备的选择,电力线路,供配电系统的继电保护,变电所二次回路及自动装置,电气安全、防雷和接地,电气照明,供配电系统的运行和管理。全书遵循理论注重系统性和理论联系实际的原则,重点介绍供配电系统的基本知识和理论、设计和计算、运行和管理,反映供配电领域的新技术。全书力求做到文字简洁,重点突出,好读易懂,系统性好,实践性强,例题丰富。书前列有常用文字符号表(包含新、旧符号和英文名对照),书末附有常用设备的主要技术数据。

本书可作为普通高等院校电气工程、电气工程及其自动化等相关专业的本科生教材,也可作为高职高专、电视大学、函授大学电气信息类相关专业的教学参考书,同时可供工厂企业及城镇从事供配电工作的工程技术人员参考。

本书由唐志平教授担任主编,并编写第1,3,7章,常用文字符号和附录;杨胡萍、邹一琴和郭晓丽担任副主编,南昌大学杨胡萍编写第8,11章,常州工学院邹一琴编写第2,6,10章,南通大学郭晓丽编写第4,5,9章。本书的编写和修订得到很多单位和个人的大力帮助和支持,在此表示诚挚的谢意。

本书聘请史国栋教授担任主审。史国栋教授在审阅中对本书提出了很多宝贵意见,谨在此表示衷心的感谢!

本书有配套的电子课件,可登录电子工业出版社的华信资源教育网:[www.huaxin.edu.cn](http://www.huaxin.edu.cn) 或 [www.huaxin.com.cn](http://www.huaxin.com.cn),注册后免费下载,也可与唐志平联系 E-mail: [tangzp@czu.cn](mailto:tangzp@czu.cn)。

由于水平有限,书中难免有错缺之处,敬请同行、师生和读者批评指正,不胜感谢。

编者

2008年5月

# 常用文字符号表

1. 电气设备文字符号表

设备名称	文字符号	英文名	旧符号
装备,设备	A	device, equipment	—
备用电源自动投入装置	APD	reserve-source auto-put into device	BZT
自动重合闸装置	ARD	auto-reclosing device	ZCH
照明配电箱	ALD	lighting distribution box	MX
电力配电箱	APD	power distribution box	DX
电容器	C	electric capacity, capacitor	C
照明器	EL	lamp, lighting	ZMQ
避雷器	F	arrester	BL
熔断器	FU	fuse	RD
跌开式熔断器	FD	drop-out fuse	RD
发电机	G	generator	F
蓄电池	GB	battery	XDC
电铃	HA	electric bell	DL
电笛	HB	electric alarm whistle	DD
绿色指示灯	HG	green lamp	LD
高压配电所	HDS	high voltage distribution substation	GPS
总降压变电所	HSS	head step-down substation	GPS
红色指示灯	HR	red lamp	HD
白色指示灯	HW	white lamp	BD
黄色指示灯	HY	yellow lamp	WD
继电器	K	relay	J
电流继电器	KA	current relay	LJ
重合闸继电器	KAR	auto-reclosing relay	ZCJ
差动继电器	KD	differential relay	CJ
闪光继电器	KF	flash-light relay	SGJ
气体继电器	KG	gas relay	WSJ
热继电器	KH	thermal over load relay	RJ
冲击继电器	KI	impulse relay	CJ
中间继电器	KM	auxiliary relay	ZJ
接触器	KM	contactor	CJ、C
防跳继电器	KTL	latching trip relay	TBJ
干簧继电器	KR	reed relay	GHJ
信号继电器	KS	signal relay	XJ
接地信号继电器	KSE	earthing signal relay	JDJ

(续表)

(续表)

设备名称	文字符号	英文名	旧符号
时间继电器	KT	time-delay relay	SJ
电压继电器	KV	voltage relay	YJ
电抗器	L	inductive coil reactor	DK
电动机	M	motor	D
保护线	PE	protective wire	—
保护中性线	PEN	protective neutral wire	N
中性线	N	neutral wire	N
电流表	PA	ammeter	A
电度表	PJ	watt hour meter	WH
功率表	PP	power meter	W
无功功率表	PR	reactive power meter	VAR
无功电度表	PRJ	reactive volt-ampere-hour meter	VARH
电压表	PV	voltmeter	V
电力开关	Q	switch	DK
断路器	QF	circuit breaker	DL
刀开关	QK	knife switch	DK
低压断路器(自动开关)	QF	low-voltage circuit-breaker	ZK
负荷开关	QL	load breaking switch	HK
隔离开关	QS	disconnecter	G
电阻器、变阻器	R	resistor	R
系统	S	system	S
控制开关	SA	control switch	KK
选择开关	SA	selector switch	XK
按钮	SB	button	YA
位置开关、限位开关	SQ	limit switch	XK
车间变电所	STS	shop transformer substation	CBS
变压器	T	transformer	B
电流互感器	TA	current transformer	LH
零序电流互感器	TAZ	zero current transformer	
有载调压变压器	TLC	on-load tap-changing transformer	ZTB
电压互感器	TV	voltage transformer	YH
整流器	U	rectifier	AL
二极管	V	diode	D
事故音响母线	WAS	accident sound signal small busbar	SYM
母线	WB	busbar	M
控制小母线	WC	control small busbar	KM
熔断器报警母线	WF	fuse forecast signal busbar	RBM
预报信号小母线	WFS	forecast signal busbar	YBM



(续表)

设备名称	文字符号	英文名	旧符号
闪光信号小母线	WF	flash light signal busbar	SM
线路	WL	line, wire	L
合闸小母线	WO	switch-on busbar	HM
信号小母线	WS	signal small bsbar	XM
掉牌未复归光字牌母线	WSR	light-word-plate busbar for plate no reset	PM
端子排	X	terminal block	D
连接片	XB	link	LP
合闸线圈	YO	closing operation coil	HQ
跳闸线圈	YR	release operation coil	TQ

## 2. 下标文字符号表

设备名称	文字符号	英文名	旧符号
年	a	year, annual	n
有功	a	active	yg
允许	al	allowable	yx
平均	av	average	pj
平衡	ba	balance	ph
电容, 电容器	C	electric capacity, capacitor	C
计算	c	calculate	js
顶棚, 天花板	c	ceiling	P
补偿	c	compensantion	
电缆	cab	cable	L
需要	d	demand	x
基准	d	datum	j
差动	d	differential	C
地, 接地	E	earth, earthing	d, jd
设备	e	equipment	S
有效的	e	efficient	yx
经济	ec	economic	ji, j
等效的	eq	equivalent	dx
电动稳定	es	electrokinetic stable	dw
熔断器	FU	fuse	RD
熔体	FE	fuse element	RL
谐波	h	harmonic	
电流	i	current	i
假想的	ima	imaginary	jx
偏移	inc	inclined	py
短路	K	short-circurt	d

(续表)

(续表)

设备名称	文字符号	英文名	旧符号
继电器	KA	relay	J
电感	L	inductance	L
负荷	L	load	H
线	l	line	l
长延时	l	long-delay	l
电动机	M	motor	D
最大	max	maximum	max
最小	min	minimum	min
额定, 标称	N	rated, nominal	e
非周期性的	np	non-periodic	f-zq
过电流	oc	over current	gl
断路	oc	open circuit	dl
架空线路	oh	over-head line	K
过负荷	OL	over-load	gh
动作	op	operating	dz
过电流脱扣器	OR	over-current release	TQ
有功功率	p	active power	p
周期性的	p	periodic	大zq
尖峰	pk	peak	jf
无功功率	q	reactive power	q
断路器	QF	circuit-breaker	DL
速断	qb	quick break	sd
无功	r	reactive	wg
可靠(性)	rel	reliability	k
室空间	RC	room cabin	RC
返回	re	returning	f
系统	S	system	XT
短延时	s	short-delay	d
灵敏度	s	sensitivity	s
冲击	sh	shock, impulse	cj, ch
启动	st	start	q, qd
跨步	step	step	kp
变压器	T	transformer	B
时间	t	time	t
接触	tou	touch	jc
热脱扣器	TR	thermal over-load release	R, RT
电压	u	voltage	u



(续表)

(续表)

设备名称	文字符号	英文名	旧符号
不平衡	ub	unbalance	bp
接线	w	wiring	JX
工作	w	working	gz
墙壁	w	wall	q
导线,线路	WL	wire, line	l
(触头)接触	XC	contact	jc
吸收	$\alpha$	absorption	a
反射	$\rho$	reflection	$\rho$
温度	$\theta$	temperature	$\theta$
总和	$\Sigma$	total, sum	$\Sigma$
透射	$\tau$	transmission	$\tau$
相	$\phi$	phase	$\phi$
零,无,空	0	zero, nothing, empty	0
起始的	0	initial	0
停止,停歇	o	stopping	o
环境	o	enviroment	o
瞬时	o	instantaneous	o
半小时[最大]	30	30min[maximum]	30

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应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，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: [dbqq@phei.com.cn](mailto:dbqq@phei.com.cn)

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

第 1 章 电力系统概论	1
1.1 电力系统和供配电系统概述	1
1.1.1 电力系统	1
1.1.2 供配电系统	3
1.1.3 供电的要求和课程任务	3
1.2 电力系统的额定电压	4
1.3 电力系统的中性点运行方式	6
1.3.1 中性点不接地的电力系统	6
1.3.2 中性点经消弧线圈接地的电力系统	7
1.3.3 中性点直接接地的电力系统	8
1.3.4 中性点经电阻接地的电力系统	8
1.4 电能质量指标	8
1.4.1 电压质量指标	8
1.4.2 频率质量指标	10
1.4.3 供电可靠性指标	10
1.5 电力负荷	10
1.5.1 按对供电可靠性要求的负荷分类	10
1.5.2 按工作制的负荷分类	11
小结	12
思考题和习题	12
第 2 章 负荷计算	14
2.1 负荷曲线	14
2.1.1 日负荷曲线	14
2.1.2 年负荷曲线	14
2.1.3 负荷曲线的有关物理量	15
2.2 用电设备的设备容量	16
2.2.1 设备容量的定义	16
2.2.2 设备容量的确定	17
2.3 负荷计算的方法	17
2.3.1 估算法	18
2.3.2 需要系数法	19
2.3.3 二项式法	21
2.3.4 单相负荷算法	22
2.4 功率损耗和电能损耗	24
2.4.1 功率损耗	25

2.4.2	电能损耗	26
2.5	用户负荷计算	27
2.6	尖峰电流的计算	31
2.7	功率因数和无功率补偿	32
2.7.1	功率因数的计算	32
2.7.2	功率因数对供电系统的影响及提高功率因数的方法	33
2.7.3	并联电容器补偿	35
2.7.4	并联电容器的装设与控制	36
2.7.5	补偿后用户的负荷计算和功率因数计算	39
	小结	41
	思考题和习题	41
<b>第3章</b>	<b>短路电流计算</b>	<b>44</b>
3.1	短路概述	44
3.2	无限大容量供电系统三相短路分析	45
3.2.1	无限大容量供电系统的概念	45
3.2.2	无限大容量供电系统三相短路暂态过程	46
3.2.3	三相短路的有关物理量	48
3.3	无限大容量供电系统短路电流的计算	50
3.3.1	标么制	50
3.3.2	短路回路元件的标么值阻抗	51
3.3.3	三相短路电流计算	53
3.3.4	电动机对三相短路电流的影响	56
3.3.5	两相短路电流的计算	56
3.3.6	单相短路电流的计算	57
3.4	短路电流的效应	57
3.4.1	短路电流的电动力效应	57
3.4.2	短路电流的热效应	59
	小结	62
	思考题和习题	62
<b>第4章</b>	<b>变配电所及其一次系统</b>	<b>65</b>
4.1	电压的选择	65
4.1.1	供电电压的确定	65
4.1.2	配电电压的确定	66
4.2	变电所的配置	66
4.2.1	变电所的类型	66
4.2.2	变电所的位置选择	67
4.3	变压器的选择	69
4.3.1	变压器型号选择	69
4.3.2	变压器台数和容量的确定	70
4.3.3	变压器的实际容量和过负荷能力	71

4.4	变电所主要电气设备	72
4.4.1	高压断路器	72
4.4.2	高压隔离开关	75
4.4.3	高压负荷开关	75
4.4.4	高压熔断器	76
4.4.5	互感器	78
4.4.6	避雷器	84
4.4.7	高压开关柜	84
4.4.8	低压电气设备	85
4.5	变配电所主接线	88
4.5.1	变配电所主接线概述	88
4.5.2	变电所常用主接线	89
4.5.3	总降压变电所主接线	92
4.5.4	独立变电所主接线	92
4.5.5	车间变电所主接线	94
4.5.6	配电所主接线	94
4.5.7	主接线实例	95
4.6	变电所的布置和结构	97
4.6.1	变电所的布置	97
4.6.2	变电所的结构	98
4.6.3	变电所布置和结构实例	101
	小结	103
	思考题和习题	103
<b>第5章</b>	<b>电气设备的选择</b>	<b>105</b>
5.1	电气设备选择的一般原则	105
5.2	高压开关电器的选择	105
5.2.1	高压断路器的选择	106
5.2.2	高压隔离开关的选择	107
5.2.3	高压熔断器的选择	108
5.3	互感器的选择	109
5.3.1	电流互感器的选择	109
5.3.2	电压互感器的选择	111
5.4	母线、支柱绝缘子和穿墙套管选择	113
5.4.1	母线的选择	113
5.4.2	支柱绝缘子的选择	114
5.4.3	穿墙套管的选择	114
5.5	高压开关柜选择	116
5.6	低压熔断器选择	117
5.7	低压断路器选择	119
5.7.1	低压断路器选择的一般原则	119

5.7.2	低压断路器脱扣器的选择和整定	119
5.7.3	前后级低压断路器选择性的配合	121
5.7.4	低压断路器灵敏度的校验	121
	小结	122
	思考题和习题	123
<b>第6章</b>	<b>电力线路</b>	124
6.1	电力线路的接线方式	124
6.1.1	放射式接线	124
6.1.2	树干式接线	124
6.1.3	环形接线	126
6.2	导线和电缆选择的一般原则	126
6.2.1	导线和电缆型号的选择原则	126
6.2.2	导线和电缆截面的选择原则	128
6.3	按允许载流量选择导线和电缆截面	128
6.3.1	三相系统相线截面的选择	128
6.3.2	中性线和保护线截面的选择	129
6.4	按允许电压损失选择导线和电缆截面	130
6.4.1	线路电压损失的计算	131
6.4.2	按允许电压损失选择导线和电缆截面	134
6.5	按经济电流密度选择导线和电缆截面	136
6.6	电力线路的结构和敷设	137
6.6.1	电力线路的结构	137
6.6.2	电力线路的敷设	139
6.6.3	车间动力电气平面布置	142
	小结	143
	思考题和习题	143
<b>第7章</b>	<b>供配电系统的继电保护</b>	146
7.1	继电保护的基本知识	146
7.1.1	继电保护的的任务	146
7.1.2	对继电保护的要求	146
7.1.3	继电保护的基本工作原理	147
7.1.4	电流保护的接线方式和接线系数	147
7.2	常用的保护继电器	149
7.2.1	电磁式继电器	149
7.2.2	感应式电流继电器	152
7.3	电力线路的继电保护	154
7.3.1	电力线路的常见故障和保护配置	154
7.3.2	过电流保护	154
7.3.3	电流速断保护	158
7.3.4	单相接地保护	162

163	7.3.5 过负荷保护	164
160	7.4 电力变压器的继电保护	165
160	7.4.1 电力变压器的常见故障和保护配置	165
160	7.4.2 变压器二次侧短路流经一次侧的穿越电流和电流保护的接线方式	165
163	7.4.3 变压器的电流保护	167
163	7.4.4 变压器的气体保护	170
163	7.4.5 变压器的差动保护	172
163	7.5 高压电动机的继电保护	179
163	7.5.1 高压电动机的常见故障和保护配置	179
163	7.5.2 高压电动机的过负荷保护和电流速断保护	179
163	7.5.3 高压电动机的单相接地保护	180
163	7.6 6~10kV 电容器的继电保护	181
163	7.6.1 6~10kV 电容器的常见故障和保护配置	181
163	7.6.2 电容器的电流速断保护	181
163	7.7 配电系统微机保护	182
163	7.7.1 配电系统微机保护的现状和发展	182
163	7.7.2 配电系统微机保护的功能	182
163	7.7.3 微机保护装置的硬件结构	183
163	7.7.4 微机保护装置的软件系统	184
163	小结	186
163	思考题和习题	187
163	<b>第 8 章 变电所二次回路和自动装置</b>	189
163	8.1 二次回路与操作电源	189
163	8.1.1 二次回路概述	189
163	8.1.2 直流操作电源	189
163	8.1.3 交流操作电源	192
163	8.1.4 所用变压器	193
163	8.2 高压断路器控制回路	193
163	8.2.1 对高压断路器控制回路的要求	194
163	8.2.2 电磁操动机构的断路器控制回路	194
163	8.2.3 弹簧操动机构的断路器控制回路	197
163	8.3 中央信号回路	198
163	8.3.1 对中央信号回路的要求	198
163	8.3.2 中央事故信号回路	198
163	8.3.3 中央预告信号回路	200
163	8.4 测量和绝缘监视回路	201
163	8.4.1 测量仪表配置	201
163	8.4.2 直流绝缘监视回路	203
163	8.5 自动重合闸装置(ARD)	204
163	8.5.1 对自动重合闸的要求	204



181	8.5.2 电气一次自动重合闸装置	204
381	8.6 备用电源自动投入装置(APD)	206
781	8.6.1 对备用电源自动投入装置的要求	207
381	8.6.2 备用电源自动投入装置的接线	207
781	8.7 二次回路安装接线图	208
081	8.7.1 二次回路安装接线图基本知识	208
871	8.7.2 屏面布置图	210
971	8.7.3 端子排图	211
971	8.7.4 屏后接线图	213
971	8.8 变电所综合自动化	213
081	8.8.1 变电所综合自动化系统的基本功能	214
181	8.8.2 变电站综合自动化系统的硬件结构	215
181	8.8.3 变电所综合自动化的软件系统	216
181	小结	218
381	思考题和习题	219
	<b>第9章 电气安全、防雷和接地</b>	221
881	9.1 电气安全	221
881	9.1.1 电气安全的含义和重要性	221
181	9.1.2 电气安全措施	221
781	9.1.3 电气防火和防爆	222
781	9.1.4 触电及防护	222
081	9.2 过电压和防雷	223
081	9.2.1 过电压及雷电概述	223
081	9.2.2 防雷设备	224
081	9.2.3 防雷保护	230
501	9.3 电气装置的接地	234
801	9.3.1 接地概述	234
601	9.3.2 接地装置	238
101	9.3.3 接地电阻	240
101	9.3.4 低压配电系统的等电位连接	243
701	小结	244
801	思考题和习题	245
	<b>第10章 电气照明</b>	247
801	10.1 电气照明概述	247
605	10.1.1 照明技术的有关概念	247
105	10.1.2 照明方式和种类	249
105	10.2 常用照明光源和灯具	250
605	10.2.1 照明光源	250
605	10.2.2 灯具类型及选择与布置	253
105	10.3 照度计算	257

10.3.1	照度标准 .....	257
10.3.2	照度计算 .....	257
10.4	照明供电 .....	260
10.4.1	照明供电方式的选择 .....	260
10.4.2	照明供电网络 .....	261
10.4.3	照明供电系统图 .....	262
10.4.4	电气照明平面布置 .....	262
小结	.....	264
思考题和习题	.....	264
<b>第 11 章</b>	<b>供配电系统的运行和管理</b> .....	<b>265</b>
11.1	节约电能 .....	265
11.1.1	节约电能的意义 .....	265
11.1.2	节约电能的一般措施 .....	265
11.1.3	电力变压器的经济运行 .....	266
11.2	电压偏差与调节 .....	268
11.2.1	电压偏差与调节概述 .....	268
11.2.2	电压调节的方法 .....	269
11.3	电压波动、闪变与抑制 .....	273
11.3.1	电压波动和闪变 .....	273
11.3.2	电压波动和闪变的估算 .....	274
11.3.3	电压波动和闪变的抑制 .....	276
11.4	谐波与抑制 .....	276
11.4.1	谐波计算与标准 .....	276
11.4.2	谐波源 .....	278
11.4.3	谐波的危害 .....	280
11.4.4	电网谐波的抑制 .....	280
11.5	变配电所的运行和维护 .....	283
11.5.1	变配电所的规章制度和值班制度 .....	283
11.5.2	变配电所的送电和停电操作 .....	284
11.5.3	变配电设备的巡视规定 .....	285
11.6	电力线路的运行和维护 .....	286
11.6.1	架空线路的运行维护 .....	286
11.6.2	电缆线路的运行维护 .....	287
11.6.3	车间配电线路的运行维护 .....	287
11.6.4	线路运行中突遇停电的处理 .....	288
小结	.....	289
思考题和习题	.....	289
<b>附录 A</b>	<b>常用设备的主要技术数据</b> .....	<b>291</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>311</b>