

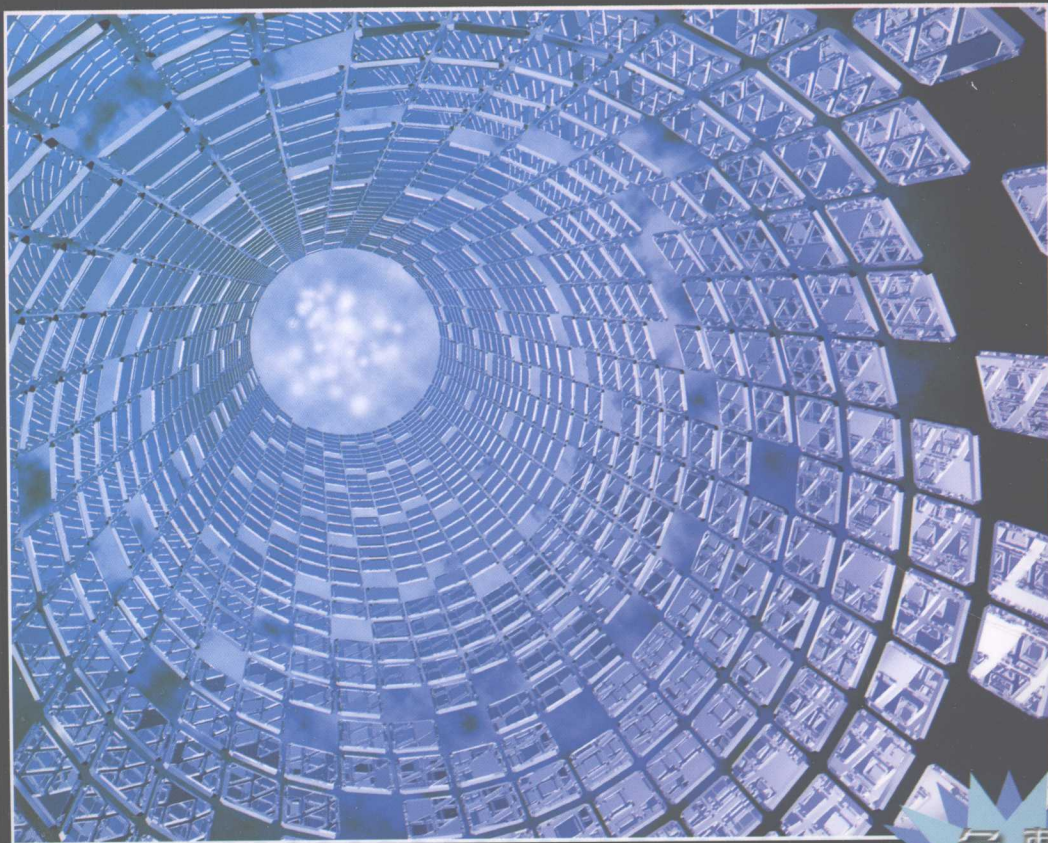


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 工厂供电

刘介才 编著

第2版



免费  
电子课件

机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 工厂供电

第2版

刘介才 编著  
简克良 审订  
吴广宁



机械工业出版社

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是根据本科电气工程与自动化、电气技术等专业的要求编写的。本书也可供有关工程技术人员参考。

本书共分十章，包括概论，电力负荷及其计算，短路电流及其计算，工厂变电所及其一次系统，工厂电力线路，工厂供电系统的过电流保护，工厂供电系统的二次回路和自动装置，防雷、接地与电气安全，工厂的节约用电与计划用电，工厂的电气照明等。

本书内容新颖、实用，注重理论结合实际，且贯彻我国现行的标准规范，并力求反映最新供电技术的发展趋势。本书论述力求深入浅出、明白易懂，以便于自学。每章前有内容提要，每章末附有复习思考题和习题，书末附有习题参考答案。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

工厂供电/刘介才编著. —2版. —北京:机械工业出版社, 2009.7  
普通高等教育“十一五”国家级规划教材  
ISBN 978-7-111-27522-0

I. 工… II. 刘… III. 工厂-供电-高等学校-教材 IV. TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 114401 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)  
责任编辑: 闫晓宇 版式设计: 霍永明 责任校对: 陈延翔  
责任印制: 李 妍  
北京振兴源印务有限公司印刷  
2009 年 8 月第 2 版第 1 次印刷  
184mm × 260mm · 27 印张 · 669 千字  
标准书号: ISBN 978-7-111-27522-0  
定价: 39.80 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换  
销售服务热线电话: (010)68326294  
购书热线电话: (010)88379639 88379641 88379643  
编辑热线电话: (010)88379727  
封面无防伪标均为盗版

# 前 言

本书是按照普通高等教育“十一五”国家级规划教材的要求，根据本科电气工程与自动化、电气技术等专业的要求，结合我国近年来颁布的一系列有关标准、规范和供电技术的最新发展，在对普通高等教育自动化专业规划教材《工厂供电》（2003年版）进行全面修订的基础上编写而成的。本书也可供有关工程技术人员参考。教材内容可根据专业要求和学时数自行取舍，有些内容可布置给学生自学。

本书共分十章，包括概论、电力负荷及其计算、短路电流及其计算、工厂变配电所及其一次系统、工厂电力线路、工厂供电系统的过电流保护、工厂供电系统的二次回路和自动装置、防雷、接地与电气安全、工厂的节约用电与计划用电、工厂的电气照明等。

本书具有以下特色：

1. 新颖——尽量介绍先进的新产品和节能产品。例如：讲高压开关柜，补充介绍SM6型环网柜及其应用的三位置开关；讲低压电器，补充介绍低压配电系统终端广泛应用的模数化小型断路器和漏电保护器；讲照明光源，补充介绍紧凑型节能荧光灯。尽量按我国最新国家标准和有关政策精神来讲述供电技术问题，以增强学生的规范意识和政策观念。例如：讲高压电器选择，结合GB/T 11022—1999《高压开关设备和控制设备标准的共同技术要求》和DL/T 5352—2006《高压配电装置设计技术规程》来讲述；讲防雷问题，按GB 50343—2004《建筑物电子信息系统防雷技术规范》补充介绍电子信息系统的防雷；讲电气照明的设计计算，按GB 50034—2004《建筑照明设计标准》来讲述。关于电气图形符号和文字符号，也尽量按最新国家标准予以规范。

2. 实用——本书注重理论结合实际，注重加强实际技能知识的讲述，讲求“学以致用”。例如：在讲变配电所时，专门讲了变配电所的运行维护；在讲电力线路时，也专门讲了电力线路的运行维护；在讲漏电保护和等电位联结时，分别讲了它们在装设和使用中的一些具体问题；在讲并联电容器时，也专门讲了它的运行维护。本书注重标准规范的引用和贯彻，这不仅有助于增强学生的规范意识，而且这些结合现行标准规范的技术知识，对于学生才是最有实用价值的技术知识。

3. 便于自学——文字叙述力求深入浅出，明白易懂，插图力求简明清晰，图文并茂。为便于读者准确理解部分专业名词术语及其文字符号，本书在其首次出现时，加注了英文，并在本书前面列有常用字符中英含义对照表。为便于学生复习和自学，每章前有内容提要，每章末有复习思考题和习题，书末列有习题参考答案。

本书由西南交通大学简克良教授和吴广宁教授共同审订。两位教授对本书初稿提出了不少宝贵意见和建议，谨在此表示衷心的感谢。

本书附有电子课件。电子课件由电气自动化专业高级工程师罗宓同志协助制作，亦

#### IV

在此表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，还得到不少单位和个人的大力支持，特别是机械工业出版社及学校的领导和老师给予了很多具体帮助，亦在此表示诚挚的谢意。

限于本人水平，书中错漏难免，敬请使用本书的师生和广大读者批评指正。

刘介才

# 本书常用字符表

## 一、电气设备的文字符号（中英对照）

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
A	装置	device	Z
A	放大器	amplifier	FD
APD	备用电源自动投入装置	auto-put-into device of reserve-source	BZT
AR	重合器	recloser	CH
ARD	自动重合闸装置	auto-reclosing device	ZCH
C	电容；电容器	capacitance; capacitor	C
F	避雷器	arrester, lightning arrester	BL
FD (L)	跌开式熔断器（负荷型）	drop-out fuse (load-type)	DR
FE	排气式避雷器	expulsion-type lightning arrester	PB
FE	熔体，熔丝	fuse element	RT
FG	保护间隙	protective gap	JX
FMO	金属氧化物避雷器	metal-oxide lightning arrester	BL
FU	熔断器	fuse	RD
FV	阀式避雷器	valve-type lightning arrester	BL
G	发电机	generator	F
GN	绿色指示灯	green indicating lamp	LD
HL	指示灯，信号灯	indicating lamp, pilot lamp	XD
K	继电器；接触器	relay; contactor	J; C, JC
KA	电流继电器	current relay	LJ
KAR	重合闸继电器	auto-reclosing relay	CHJ
KG	气体（瓦斯）继电器	gas relay	WSJ
KH	热继电器	heating relay	RJ
KM	中间继电器；接触器	medium relay; contactor	ZJ; C, JC
KO	合闸接触器	closing contactor	HC
KR	干簧继电器	reed relay	GHJ
KS	信号继电器	signal relay	XJ
KT	时间继电器	time-delay relay	SJ
KV	电压继电器	voltage relay	YJ
L	电感；电抗器	inductance; reactor	L; DK
M	电动机	motor	D
N	中性线	neutral wire	N
PA	电流表	ammeter	A
PE	保护线	protective wire	—
PEN	保护中性线	protective neutral wire	—
PJ	有功电能表，有功电度表	watt-hour meter	Wh
PJR	无功电能表，无功电度表	var-hour meter	Varh
PV	电压表	voltmeter	V
Q	电力开关	power switch	K
QF	断路器	circuit-breaker	DL
QK	刀开关	knife-switch	DK
QL	负荷开关	load-switch	FK
QM	手动操作机构辅助触点	auxiliary contact of manual operating mechanism	—
QS	隔离开关	disconnecting switch; disconnecter	GK
R	电阻；电阻器	resistance; resistor	R

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
RCD	漏电 (剩余电流) 保护器	residual current protective device	—
RD	红色指示灯	red indicating lamp	HD
RP	电位器	potential meter	W
S	电力系统	power system	XT
S	辉光启动器 (起辉器)	glow starter	S
SA	控制开关; 选择开关	control switch; selector switch	KK; XK
SB	按钮	push-button	AN
SPD	电涌保护器	surge protective device	—
SQ	限位 (位置、行程) 开关	limit (position) switch	XK
SVC	静止无功补偿装置	static var compensator	—
SVG	静止无功电源	static var generator	—
T	变压器	transformer	B
TA	电流互感器	current transformer (CT)	LH
TAN	零序电流互感器	neutral-current transformer	LLH
TM	电力变压器	power transformer	B
TV	电压互感器	voltage (potential) transformer (PT)	YH
U	变流器; 整流器	converter; rectifier	BL; ZL
V, VC	控制回路用电源整流器	rectifier for control circuit supply	KZL
V, VD	二极管	diode	D
V, VT	晶体管	transistor	T
W	母线; 导线	busbar; wire	M; XL
WA	辅助小母线	auxiliary small-busbar	FM
WAS	事故音响信号小母线	accident sound signal small-busbar	SYM
WB	母线	busbar	M
WC	控制小母线	control small-busbar	KM
WF	闪光信号小母线	flash-light signal small-busbar	SM
WFS	预告信号小母线	forecast signal small-busbar	YXM
WH	白色指示灯	white indicating lamp	BD
WL	灯光信号小母线	lighting signal small-busbar	DM
WL	线路	line	XL
WO	合闸电源小母线	switch-on source small-busbar	HM
WS	信号电源小母线	signal source small-busbar	XM
WV	电压小母线	voltage small-busbar	YM
X	电抗	reactance	X
X, XT	端子板	terminal board	—
XB	连接片; 切换片	link; switching block	LP; QP
YA	电磁铁	electromagnet	DC
YE	黄色指示灯	yellow indicating lamp	UD
YO	合闸线圈	closing operation coil	HQ
YR	跳闸线圈, 脱扣器	opening operation coil; release	TQ

## 二、物理量下角标的文字符号 (中英对照)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
a	年	annual, year	n
a	有功	active	yg
Al	铝	Aluminum	Al, L
al	允许	allowable	yx
av	平均	average	pj

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
C	电容; 电容器	electric capacity; capacitor	C
c	计算	calculate	js
c	顶棚, 天花板	ceiling	DP
cab	电缆	cable	L
cr	临界	critical	lj
Cu	铜	Copper	Cu, T
d	需要	demand	x
d	基准	datum	j
d	差动	differential	ed
dsq	不平衡	disequilibrium	bp
E	地; 接地	earth; earthing	d; jd
e	设备	equipment	S, SB
e	有效的	efficient	yx
ec	经济的	economic	j, ji
eq	等效的	equivalent	dx
es	电动稳定	electrodynamic stable	dw
f	地板	floor	DB
f	形状	form	x
FE	熔体	fuse element	RT
Fe	铁	Iron	Fe
FU	熔断器	Fuse	RD
h	高度	height	h
h	谐波	harmonic	—
i	任一数目	arbitrary number	i
i	电流	current	i
ima	假想	imaginary	jx
K	继电器	relay	J
k	短路	short-circuit (sc)	d
L	电感	inductance	L
L	负荷, 负载	load	H, fz
L	灯	lamp	D
l	线路, 线	line	xl, x
l	长延时	long-delay	l
M	电动机	motor	D
m	最大, 幅值	maximum	m
man	人工的	manual	rg
max	最大	maximum	zd
min	最小	minimum	zx
N	标称, 额定	nominal, rated	e
n	数目	number	n
nat	自然的	natural	zr
np	非周期性的	non-periodic	f-zq
oc	断路, 开路	open circuit	dl
oh	架空线路	over-head line	K
OL	过负荷	over-load	gf, gh
op	动作	operate	dz
OR	过流脱扣器	over-current release	TQ
p	有功功率	active power	yg



(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
p	周期性的	periodic	zq
p	保护	protect	bh
pk	尖峰	peak	jf
q	无功功率	reactive power	wg
qb	速断	quick break	sd
QF	断路器	circuit breaker	DL
r	无功的	reactive	wg
RC	室空间	room cabin	RC
re	返回, 复归	return, reset	f, fh
rel	可靠	reliability	k
S	系统	system	XT
s	短延时	short-delay	s
saf	安全	safety	aq
sh	冲击	shock, impulse	cj
st	启动, 起动	start	qd
step	跨步	step	kb
T	变压器	transformer	B
t	时间	time	t
TA	电流互感器	current transformer	LH
tou	接触	touch	jc
TR	热脱扣器	thermal release	RT
TV	电压互感器	voltage (potential) transformer	YH
u	电压	voltage	u
w	接线, 结线	wiring	JX
w	工作	work	gz
w	墙壁	wall	qb
WL	导线, 线路	wire, line	XL
x	某一数值	a number	x
XC	[触头] 接触	contact	jc
$\alpha$	吸收	absorption	$\alpha$
$\rho$	反射	reflection	$\rho$
$\tau$	透射	transmission	$\tau$
$\theta$	温度	Temperature	$\theta$
$\Sigma$	总和	total, sum	$\Sigma$
$\varphi$	相	phase	xg
0	零、无、空	zero, nothing, empty	0
0	停止、停歇	stopping	0
0	每(单位)	per (unit)	0
0	中性线	neutral wire	0
0	起始	initial	0
0	周围(环境)	ambient	0
0	瞬时	instantaneous	0
30	半小时 [最大]	30min [maximum]	30

# 目 录

前言	
本书常用字符表	
第一章 概论	1
第一节 工厂供电及电力系统的基本知识	1
一、工厂供电的意义和要求	1
二、工厂供电系统概况	2
三、发电厂和电力系统简介	4
第二节 电力系统的电压与电能质量	9
一、概述	9
二、三相交流电网和电力设备的额定电压	9
三、电压偏差与电压调整	11
四、电压波动及其抑制	13
五、电网谐波及其抑制	14
六、三相不平衡及其改善	15
七、工厂供配电电压的选择	16
第三节 电力系统的中性点运行方式及低压配电系统的接地型式	18
一、电力系统的中性点运行方式	18
二、低压配电系统的接地型式	21
第四节 供电工程设计与施工的一般知识	24
一、供电工程设计与施工的一般原则	24
二、供电工程设计的内容	24
三、供电工程设计的程序与要求	25
复习思考题	26
习题	27
第二章 电力负荷及其计算	28
第一节 电力负荷与负荷曲线的有关概念	28
一、电力负荷的分级及其对供电电源的要求	28
二、用电设备的工作制	29
三、负荷曲线及有关的物理量	29
第二节 三相用电设备组计算负荷的确定	32
一、概述	32
二、按需要系数法确定计算负荷	33
三、按二项式法确定计算负荷	37
第三节 单相用电设备组计算负荷的确定	39
一、概述	39
二、单相设备组等效三相负荷的计算	40
第四节 工厂供电系统的功率损耗和电能损耗	43
一、工厂供电系统的功率损耗	43
二、工厂供电系统的电能损耗	45
第五节 工厂的计算负荷和年电能消耗量	46
一、工厂计算负荷的确定	46
二、工厂的功率因数、无功补偿及补偿后的工厂计算负荷	47
三、工厂年电能消耗量的计算	49
第六节 尖峰电流及其计算	50
一、概述	50
二、用电设备尖峰电流的计算	50
复习思考题	51
习题	51
第三章 短路电流及其计算	53
第一节 短路与短路电流的有关概念	53
一、短路的原因、后果及其形式	53
二、无限大容量电力系统中三相短路的物理过程	55
三、与短路有关的物理量	56
第二节 无限大容量电力系统中三相短路电流的计算	58
一、概述	58
二、采用欧姆法进行短路计算	58
三、采用标幺制法进行短路计算	63
四、低压电网的短路计算	65
第三节 无限大容量电力系统中两相和单相短路电流的计算	68
一、两相短路电流的计算	68
二、单相短路电流的计算	68
第四节 短路电流的效应和稳定度校验	69
一、概述	69
二、短路电流的电动效应和动稳定度	

校验 .....	69	六、应急柴油发电机组的选择 .....	121
三、短路点附近交流电动机的反馈电流影响 .....	71	第六节 互感器及其选择 .....	121
四、短路电流的热效应和热稳定度校验 .....	73	一、概述 .....	121
复习思考题 .....	75	二、电流互感器 .....	122
习题 .....	76	三、电压互感器 .....	127
<b>第四章 工厂变配电所及其一次系统</b> .....	77	第七节 工厂变配电所的主接线图 .....	129
第一节 工厂变配电所的任务、类型及所址选择 .....	77	一、概述 .....	129
一、工厂变配电所的任务与类型 .....	77	二、高压配电所的主接线图 .....	132
二、工厂变配电所的所址选择及负荷中心的确定 .....	78	三、车间和小型工厂变电所的主接线图 .....	133
第二节 电气设备中的电弧问题及对触头的要求 .....	80	四、工厂总降压变电所的主接线图 .....	138
一、概述 .....	80	五、接有应急柴油发电机组的变电所主接线图 .....	140
二、电弧的产生 .....	80	第八节 工厂变配电所的布置、结构及安装图 .....	141
三、电弧的熄灭 .....	81	一、变电所的总体布置 .....	141
四、对电气触头的基本要求 .....	83	二、变电所及柴油发电机组机房的结构布置 .....	143
第三节 高压一次设备及其选择 .....	84	三、变电所的电气安装图 .....	151
一、概述 .....	84	第九节 工厂变配电所及其一次系统的运行维护 .....	153
二、高压熔断器 .....	84	一、变电所的运行值班制度与要求 .....	153
三、高压隔离开关 .....	86	二、变电所的送电和停电操作 .....	155
四、高压负荷开关 .....	88	三、电力变压器的运行维护 .....	157
五、高压断路器 .....	89	四、配电装置的运行维护 .....	158
六、高压开关柜 .....	97	复习思考题 .....	158
七、高压一次设备的选择 .....	100	习题 .....	159
第四节 低压一次设备及其选择 .....	101	<b>第五章 工厂电力线路</b> .....	161
一、概述 .....	101	第一节 工厂电力线路及其接线方式 .....	161
二、低压熔断器 .....	102	一、电力线路的任务和类别 .....	161
三、低压刀开关和负荷开关 .....	103	二、高压线路的接线方式 .....	161
四、低压断路器 .....	105	三、低压线路的接线方式 .....	162
五、低压配电屏和配电箱 .....	109	第二节 工厂电力线路的结构和敷设 .....	164
六、低压一次设备的选择 .....	112	一、架空线路的结构和敷设 .....	164
第五节 电力变压器和应急柴油发电机组及其选择 .....	112	二、电缆线路的结构和敷设 .....	171
一、概述 .....	112	三、车间线路的结构和敷设 .....	176
二、电力变压器的结构、型号及联结组别 .....	113	第三节 导线和电缆的选择计算 .....	178
三、电力变压器的容量和过负荷能力 .....	116	一、导线和电缆选择的一般规定 .....	178
四、变电所主变压器台数和容量的选择 .....	119	二、导线和电缆截面选择计算的条件 .....	179
五、电力变压器的并列运行条件 .....	120	三、按发热条件选择导线和电缆截面 .....	179
		四、按经济电流密度选择导线和电缆截面 .....	181

五、线路电压损耗的计算	183	四、带时限的过电流保护	215
第四节 车间动力电气平面布线图	188	五、电流速断保护	222
一、概述	188	六、有选择性的单相接地保护	224
二、车间动力电气平面布线图简介与 示例	188	七、线路的过负荷保护	226
第五节 工厂电力线路的运行维护	191	第六节 电力变压器的继电保护	227
一、架空线路的运行维护	191	一、概述	227
二、电缆线路的运行维护	191	二、变压器低压侧短路时换算到高压侧的 穿越电流值	227
三、车间配电线路的运行维护	192	三、变压器低压侧的单相短路保护	230
四、线路运行中突然停电的处理	192	四、变压器的过电流保护、电流速断保护 和过负荷保护	230
复习思考题	193	五、变压器的差动保护	232
习题	194	六、变压器的瓦斯保护	235
<b>第六章 工厂供电系统的过电流保护</b>	195	第七节 高压电动机的继电保护	238
第一节 过电流保护的任务和要求	195	一、概述	238
一、过电流保护的类型和任务	195	二、高压电动机的相间短路保护和过 负荷保护	238
二、对保护装置的基本要求	195	三、高压电动机的单相接地保护	239
第二节 熔断器保护	196	第八节 晶体管继电保护	239
一、熔断器在供电系统中的配置	196	一、概述	239
二、熔断器熔体电流的选择	196	二、晶体管继电保护的组成	240
三、熔断器保护灵敏度的检验	198	三、晶体管定时限过电流保护电路 (示例)	242
四、熔断器的选择与校验	198	第九节 微机继电保护简介	244
五、前后熔断器之间的选择性配合	200	一、概述	244
第三节 低压断路器保护	201	二、微机保护的硬件	245
一、低压断路器在低压配电系统中的 配置	201	三、微机保护的软件	247
二、低压断路器脱扣器的选择和整定	202	复习思考题	248
三、低压断路器过电流保护灵敏度的 检验	203	习题	249
四、低压断路器的选择与校验	203	<b>第七章 工厂供电系统的二次回路和         自动装置</b>	251
五、前后低压断路器之间及低压断路器与 熔断器之间的选择性配合	204	第一节 二次回路及其操作电源	251
第四节 常用的保护继电器	204	一、概述	251
一、概述	204	二、直流操作电源	251
二、电磁式电流继电器和电压继电器	206	三、交流操作电源	253
三、电磁式时间继电器	207	第二节 高压断路器的控制和信号回路	254
四、电磁式信号继电器	208	一、概述	254
五、电磁式中间继电器	209	二、采用手动操作的断路器控制和信号 回路	255
六、感应式电流继电器	210	三、采用电磁操作机构的断路器控制和 信号回路	255
第五节 工厂高压线路的继电保护	213		
一、概述	213		
二、继电保护装置的接线方式	213		
三、继电保护装置的操作方式	214		

四、采用弹簧操作机构的断路器控制和 信号回路·····	257	三、触电的急救处理·····	324
第三节 变配电所的中央信号装置·····	258	复习思考题·····	326
一、中央事故信号装置·····	258	习题·····	327
二、中央预告信号装置·····	260	<b>第九章 工厂的节约用电与计划用电</b> ·····	328
三、闪光信号装置·····	260	第一节 节约用电的意义及一般措施·····	328
第四节 电测量仪表与绝缘监视装置·····	261	一、节约用电的意义·····	328
一、电测量仪表·····	261	二、节约用电的一般措施·····	328
二、绝缘监视装置·····	264	第二节 电力变压器的经济运行·····	331
第五节 自动重合闸与备用电源自动投入 装置·····	265	一、经济运行与无功功率经济当量的 概念·····	331
一、自动重合闸装置·····	265	二、一台变压器运行的经济负荷计算·····	331
二、备用电源自动投入装置·····	269	三、两台变压器经济运行的临界负荷 计算·····	332
第六节 供电系统自动化的基本知识·····	270	第三节 并联电容器的接线、装设、控制、 保护及运行维护·····	333
一、变电所自动化的基本知识·····	270	一、并联电容器的接线·····	333
二、配电线路自动化的基本知识·····	274	二、并联电容器的装设位置·····	334
第七节 二次回路的安装接线和接线图·····	276	三、并联电容器的控制与保护·····	337
一、二次回路的安装接线要求·····	276	四、并联电容器的运行维护·····	338
二、二次回路接线图的绘制要求·····	277	第四节 计划用电的意义及其一般措施·····	339
三、二次回路接线图的绘制方法·····	277	一、计划用电的意义·····	339
复习思考题·····	281	二、计划用电的一般措施·····	339
习题·····	282	第五节 用电管理、电费计收与负荷 预测·····	340
<b>第八章 防雷、接地与电气安全</b> ·····	283	一、用电管理的有关法规和重要规定·····	340
第一节 过电压与防雷·····	283	二、用电计量与电费计收·····	342
一、过电压及雷电的有关概念·····	283	三、电力负荷的预测·····	342
二、防雷设备·····	286	复习思考题·····	344
三、电气装置的防雷·····	293	习题·····	344
四、建筑物的防雷·····	295	<b>第十章 工厂的电气照明</b> ·····	345
五、建筑物电子信息系统的防雷·····	297	第一节 照明技术的基本概念·····	345
第二节 电气装置的接地·····	301	一、概述·····	345
一、接地的有关概念·····	301	二、照明技术的有关概念·····	345
二、电气装置的接地及其接地电阻·····	305	第二节 工厂常用的电光源和灯具·····	348
三、接地装置的计算·····	306	一、工厂常用电光源的类型、特性及其 选择·····	348
四、接地装置的装设与布置·····	310	二、工厂常用灯具的类型及其选择与 布置·····	354
第三节 低压配电系统的接地故障保护、 漏电保护和等电位联结·····	313	第三节 照明质量、照度标准及照度 计算·····	359
一、低压配电系统的接地故障保护·····	313	一、照明质量·····	359
二、低压配电系统的漏电电流保护·····	314		
三、低压配电系统的等电位联结·····	317		
第四节 电气安全与触电急救·····	319		
一、电气安全的有关概念·····	319		
二、电气安全的一般措施·····	321		

二、照度标准 .....	361	附录表 16	LQJ-10 型电流互感器的主要技术数据 .....	390
三、照度计算 .....	361	附录表 17	外壳防护等级的分类代号 .....	390
第四节 照明供电系统及其选择 .....	368	附录表 18	架空裸导线的最小截面 .....	391
一、概述 .....	368	附录表 19	绝缘导线芯线的最小截面 .....	391
二、电气照明的平面布线图 .....	369	附录表 20	LJ 型铝绞线和 LGJ 型钢芯铝绞线的允许载流量 .....	392
三、照明供电系统导线截面的选择 .....	371	附录表 21	LMY 型矩形硬铝母线的允许载流量 .....	392
四、照明供电系统保护装置的选择 .....	374	附录表 22	10kV 常用三芯电缆的允许载流量及校正系数 .....	393
复习思考题 .....	374	附录表 23	绝缘导线明敷、穿钢管和穿塑料管时的允许载流量 .....	394
习题 .....	375	附录表 24	GL- <sup>11,15</sup> / <sub>21,25</sub> 型电流继电器的主要技术数据及其动作特性曲线 .....	403
<b>附录</b> .....	<b>376</b>	附录表 25	普通阀式避雷器与主变压器间的最大电气距离 .....	403
附录表 1	用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数参考值 .....	附录表 26	部分电力装置要求的工作接地电阻值 .....	404
	376	附录表 27	土壤电阻率参考值 .....	404
附录表 2	部分工厂的需要系数、功率因数及年最大有功负荷利用小时参考值 .....	附录表 28	垂直管形接地体的利用系数值 .....	405
	377	附录表 29	爆炸和火灾危险环境的分区 .....	405
附录表 3	三相线路导线和电缆单位长度每相阻抗值 .....	附录表 30	爆炸危险环境钢管配线的技术要求 .....	406
	378	附录表 31	普通照明白炽灯的主要技术数据 .....	406
附录表 4	三相矩形母线单位长度每相阻抗值 .....	附录表 32	室内一般照明灯具距离地面的最低悬挂高度 .....	406
	380	附录表 33	部分工业建筑一般照明标准值(据 GB 50034—2004) .....	408
附录表 5	电流互感器一次线圈阻抗值 .....	附录表 34	部分民用和公共建筑照明标准值(据 GB 50034—2004) .....	410
	380	附录表 35	GC1—A、B—2G 型工厂配照灯的主要技术数据和计算图表 .....	411
附录表 6	低压断路器过电流脱扣线圈阻抗值 .....	附录表 36	采用 GGY-125 型高压汞灯的工厂配照灯单位容量参考值 .....	412
	381	<b>习题参考答案</b> .....	414	
附录表 7	低压开关触头接触电阻近似值 .....	<b>参考文献</b> .....	418	
	381			
附录表 8	10kV 级 S9 和 SC9 系列电力变压器的主要技术数据 .....			
	381			
附录表 9	并联电容器的无功补偿率 $\Delta q_c$ .....			
	383			
附录表 10	部分并联电容器的主要技术数据 .....			
	384			
附录表 11	导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数 .....			
	384			
附录表 12	常用高压断路器的主要技术数据 .....			
	385			
附录表 13	部分万能式低压断路器的主要技术数据 .....			
	386			
附录表 14	RM10 型低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线 .....			
	388			
附录表 15	RT0 型低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线 .....			
	389			

# 第一章 概 论

本章概述工厂供电及供电系统有关的一些基本知识，为学习本课程奠定初步的基础。首先简要进述工厂供电的意义和要求，然后介绍工厂供电系统及发电厂和电力系统的概况，接着重点讲述电力系统的电压和电能质量及电力系统中性点运行方式和低压配电系统接地型式，最后介绍供电工程设计与施工的一般知识。

## 第一节 工厂供电及电力系统的基本知识

### 一、工厂供电的意义和要求

工厂供电（plant power supply）就是指工厂所需电能的供应和分配，亦称工厂配电。

众所周知，电能是现代工业生产的主要能源和动力。电能既易于由其他形式的能量转换而来，又易于转换为其他形式的能量以供应用；电能的输送和分配既简单经济，又便于控制、调节和测量，有利于实现生产过程自动化。现代社会的信息技术和其他高新技术都是建立在电能应用的基础之上的。因此，电能在现代工业生产及整个国民经济生活中应用极为广泛。

在工厂里，电能虽然是工业生产的主要能源和动力，但它在产品成本中所占的比重一般很小（除电化工业外）。例如在机械工业中，电费开支仅占产品成本的5%左右。从投资额来看，一般机械工厂在供电设备上的投资，也仅占总投资的5%左右。因此电能工业生产中的重要性，并不在于它在产品成本中或投资总额中所占的比重多少，而在于工业生产实现电气化以后，可以大大增加产量，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自动化。从另一方面来说，如果供电突然中断，则对工业生产可能造成严重的后果。例如某些对供电可靠性要求很高的工厂，即使是极短时间的停电，也会引起重大设备损坏，或引起大量产品报废，甚至可能发生人身伤亡事故，给国家和人民带来经济上甚至生态环境上或政治上的重大损失。因此，做好工厂供电工作对于发展工业生产、实现工业现代化，具有十分重要的意义。

工厂供电工作要很好地为工业生产服务，切实保证工厂生产和生活用电的需要，并做好节能和环保工作，就必须达到下列基本要求：

- (1) 安全 在电能的供应、分配和使用中，不应发生人身事故和设备事故。
- (2) 可靠 应满足电能用户对供电可靠性即连续供电的要求。
- (3) 优质 应满足电能用户对电压和频率等质量的要求。
- (4) 经济 供电系统的投资要省，运行费用要低，并尽可能地节约电能和减少有色金属消耗量。

此外，在供电工作中，应合理地处理局部和全局、当前和长远等关系，既要照顾局部和当前的利益，又要有全局观点，能顾全大局，适应发展。例如计划用电问题，就不能只考虑一个单位的局部利益，更要有全局观点。

## 二、工厂供电系统概况

### (一) 6~10kV 进线的中型工厂供电系统

一般中型工厂的电源进线是 6~10kV。电能先经高压配电所 (high-voltage distribution substation, HDS)，由高压配电线路将电能分送至各个车间变电所 (shop transformer substation, STS)。车间变电所内装有电力变压器，将 6~10kV 的高压降为一般低压用电设备所需的电压，通常是降为 220V/380V (220V 为三相线路相电压，380V 为其线电压)。如果工厂拥有 6~10kV 的高压用电设备，则由高压配电所直接以 6~10kV 的电压对其供电。

图 1-1 是一个比较典型的中型工厂供电系统的简图。该简图只用一根线来表示三相线路，即绘成单线图 (single-line diagram) 的形式，而且该图除母线分段开关和低压联络线上装设的开关外，未绘出其他开关电器。

图 1-1 所示高压配电所有四条高压配电出线，供电给三个车间变电所。其中 1 号车间变电所和 3 号车间变电所各装有一台配电变压器，而 2 号车间变电所装有两台，并分别由两段母线供电，其低压侧又采用单母线分段制，因此对重要的低压用电设备可由两段低压母线交叉供电。各车间变电所的低压侧，均设有低压联络线相互连接，以提高供电系统运行的可靠性和灵活性。此外，该高压配电所还有一条高压配电线，直接供电给一组高压电动机；另有一条高压线，直接与一组高压并联电容器相连。3 号车间变电所低压母线上也连接有一组低压并联电容器。这些并联电容器都是用来补偿系统的无功功率、提高功率因数的。

图 1-2 是图 1-1 所示工厂供电系统的平面布线示意图。

### (二) 35kV 及以上进线电压的大中型工厂供电系统

对于大型工厂及某些电源进线电压为 35kV 及以上的中型工厂，通常经过两次降压，也就是电源进厂以后，先经总降压变电所 (head step-down substation, HSS)，其中装有较大容量的电力变压器，将 35kV 及以上的电源电压降为 6~10kV 的配电电压，然后通过 6~10kV 的高压配电线将电能送到各车间变电所，也有的经过高压配电所再送到车间变电所，车间变电所装有配电变压器，又将 6~10kV 降为一般低压用电设备所需的电压 (220V/380V)。其系统简图如图 1-3 所示。

有的 35kV 进线的工厂，只经一次降压，即 35kV 线路直接引入靠近负荷中心的车间变电所，经车间变电所的配电变压器，将 35kV 直接降为低压用电设备所需的电压 (220V/380V)，如图 1-4 所示。这种供电方式，称为高压深入负荷中心的直配方式。这种直配方式，省去了一级中间变压，从而简化了供电系统，节约了有色金属，降低了电能损耗，提高了供电质量。然而，这要根据厂区的环境条件是否满足 35kV 架空线路深入负荷中心的“安全走廊”要求而定，否则不宜采用，以确保供电安全。

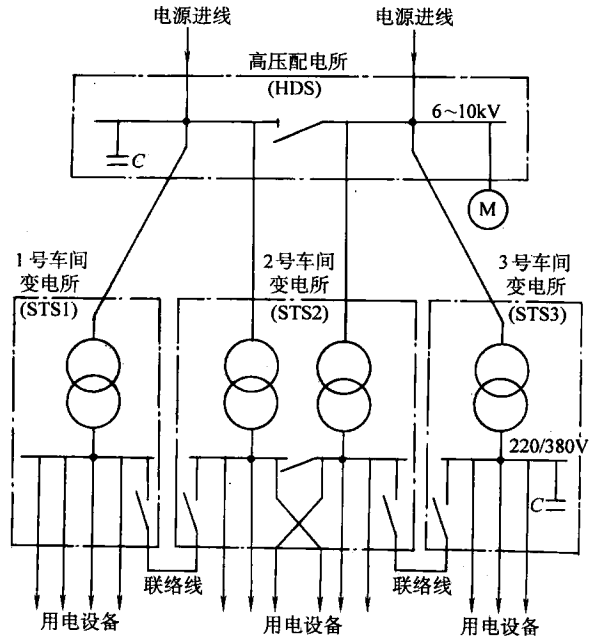


图 1-1 中型工厂供电系统简图



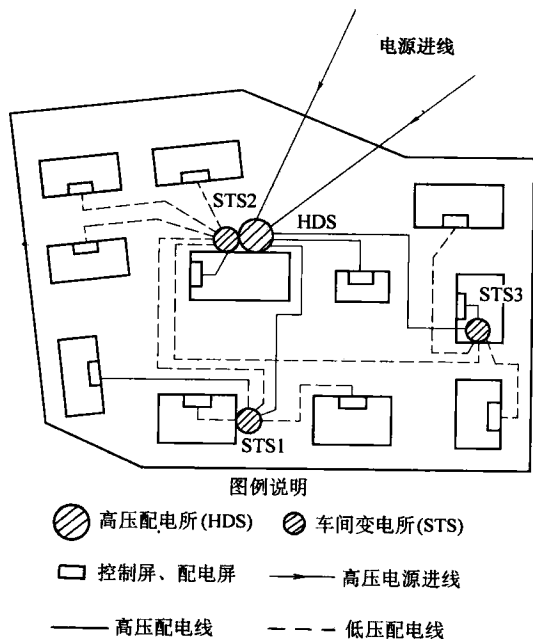


图 1-2 图 1-1 所示工厂供电系统的平面布线示意图

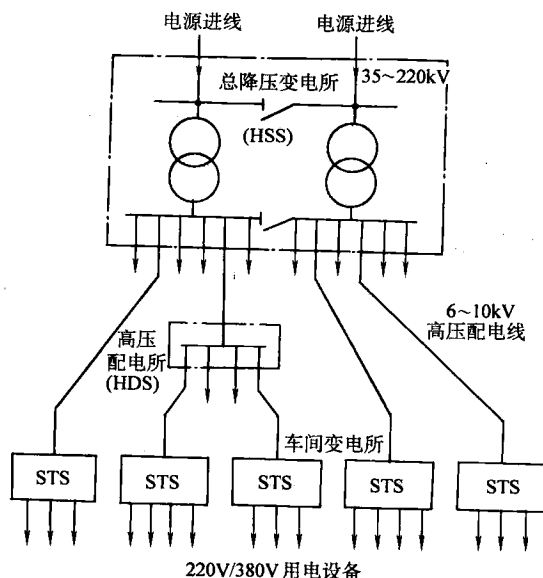


图 1-3 具有总降压变电所的工厂供电系统简图

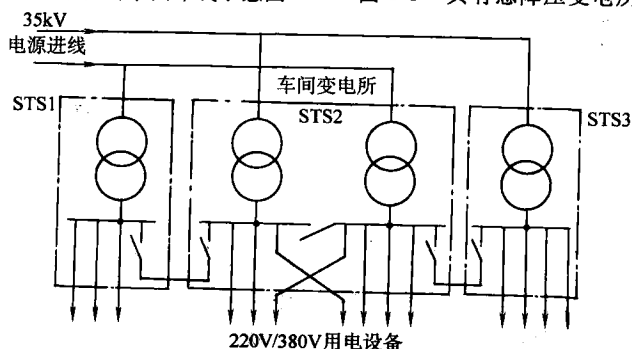


图 1-4 高压深入负荷中心的工厂供电系统简图

### (三) 小型工厂供电系统

对于小型工厂，由于其所需容量一般不大于  $1000\text{kV} \cdot \text{A}$ ，因此通常只设一个降压变电所，将  $6 \sim 10\text{kV}$  电压降为低压用电设备所需的电压，如图 1-5 所示。

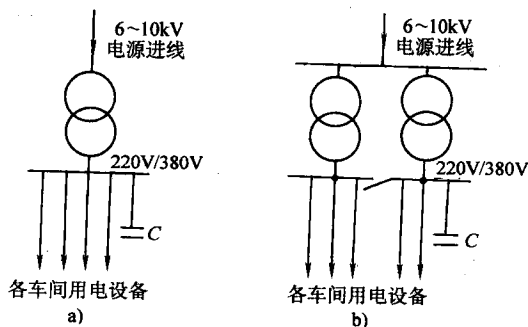


图 1-5 只设一个降压变电所的小型工厂供电系统简图

a) 装有一台变压器 b) 装有两台变压器