



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工厂供电

第6版

刘介才 主编
霍 平 参编



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6版

主编 刘介才

参编 霍 平



机械工业出版社

本书是普通高等工科学学校电气工程及其自动化专业和电气技术专业教材,是《工厂供电》2010年第5版修订后的第6版。

本书共分十章。首先概述工厂供电及有关的基本知识;接着依次讲述工厂的电力负荷及其计算,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,节约用电与计划用电;最后讲述工厂的电气照明。为便于复习和自学,每章前列有内容提要,每章末附有复习思考题和习题,书末附有习题参考答案。

本书在第5版的基础上,按照与时俱进和培养技术应用型专门人才的要求,根据我国近年来新颁的标准规范及新技术的发展又进行了全面修订,以增强学生的规范意识和拓展学生的知识视野。本书注重理论结合实际,以实际应用为主。文字叙述力求深入浅出,明白易懂,插图力求简明清晰,做到图文并茂,便于自学。

本书除了可作应用型本科教材外,高职高专和广播电视大学等有关专业也可选用,还可供有关工程技术人员参考。

本书配有电子课件,欢迎使用本书授课的教师登录机械工业出版社教育服务网 www.cmpedu.com 注册后下载。

图书在版编目(CIP)数据

工厂供电/刘介才主编. —6版. —北京:机械工业出版社,2015.5
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-111-50134-3

I. ①工… II. ①刘… III. ①工厂-供电-高等学校-教材 IV.
①TM727.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第091921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:王雅新 责任编辑:王雅新

责任校对:杜雨霏 封面设计:张静

责任印制:乔宇

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2015年9月第6版第1次印刷

184mm×260mm·25.5印张·627千字

标准书号:ISBN 978-7-111-50134-3

定价:49.90元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

服务咨询热线:010-88379833

读者购书热线:010-88379649

网络服务

机工官网:www.cmpbook.com

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

金书网:www.golden-book.com

封面防伪标均为盗版

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材《工厂供电》2010年第5版修订后的第6版。

本书适用于普通高等工科学校电气工程及其自动化专业和电气技术专业，高职高专和广播电视大学、业余大学等的有关专业也可使用，还可供有关工程技术人员参考。教材内容可根据专业要求和教学时数取舍，有些内容可布置给学生自学。

全书共分十章。首先是概论，简要地介绍工厂供电及有关电源的基本知识，包括电力系统的电压和电能质量问题，为学习本课程奠定初步的基础；接着依次讲述工厂的电力负荷及其计算，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，节约用电与计划用电；最后讲述工厂的电气照明。

为便于学生复习和自学，每章前列有内容提要，每章末附有复习思考题和习题，书末附有习题参考答案。为配合教学和习题的需要，书末还附录一些技术数据图表。为便于学生更准确地理解有关专业名词术语的含义，本书在首次引用时加注了英文，并在书前列出了中英含义对照的常用字符表。

本书在第5版的基础上，按照与时俱进、精益求精、培养技术应用型专门人才的要求，根据我国近年来新颁的一系列标准规范和新技术的发展，又进行了全面修订，以培养和增强学生的规范意识，拓展学生的知识视野。本书注重理论结合实际，以实际应用为主，而理论分析和计算以必需、够用为度。本书在文字叙述上，力求深入浅出，明白易懂，而且尽量配以简明清晰的插图，做到图文并茂，便于自学。

本书第1版和第2版由陕西机械学院苏文成教授主审，第3版和第4版由西南交通大学简克良教授主审，第5版由西南交通大学简克良教授和高仕斌教授共同审稿。对于上述各位教授对本书书稿的不断完善先后做出的贡献，谨在此次修订时再次表示衷心的感谢！

本书的编写和历次修订，还先后得到不少单位和个人的大力支持和帮助，也在此表示衷心的感谢！

为便于教师授课和批改作业，本书制作了电子课件，并编写了习题详解。有需要的任课教师，可直接与机械工业出版社联系（www.cmpedu.com），免费赠送。

限于编者水平，书中错漏难免，敬请使用本书的广大师生和读者指正，在此预致谢意！

编 者

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,设备	device, equipment	Z, SB
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
EPS	应急电源	emergency power supply	EPS
F	避雷器	arrester	BL
FD	跌开式熔断器	drop-out fuse	DR
FD(L)	跌开式熔断器(负荷型)	dropp-out fuse(load-type)	DR(F)
FE	熔体;排气式避雷器	fuse-element;expulsion-type lightning arrester	RT;PB
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, signal 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
LED	发光二极管	light emitting diode	—
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	Watt-hour meter	Wh
PJR	无功电能表	var-hour meter	varh
PV	电压表	voltmeter	V
Q	电力开关	power switch	K



(续)

V

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
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(动)机构辅助触点	auxiliary contact of manual operating mechanism	—
QS	隔离开关	disconnecting switch	GK
QV	电子(晶体管)开关	electro (VT) switch	—
R	电阻;电阻器	resistance; resistor	R
RCD	剩余电流(漏电)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;电源;辉光启动器	power system; source; glow starter	XT; DY; 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 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
UPS	不间断电源	uninterrupted power supply	—
V, VC	控制回路用电源整流器	rectifier for control circuit supply	KZL
V, VD	半导体二极管	diode	D
V, VT	晶体管,半导体三极管	transistor, triode	T
W	母线;导线,线路	busbar; wire	M; XL
WA	辅助小母线	auxiliary small-busbar	FM
WAS	事故声响信号小母线	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 indicator lamp	BD
WL	灯光信号小母线;线路	lighting signal small-busbar; line	DM; 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	X
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 indecator lamp	UD
YO	合闸线圈	clossing 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	Aluminium	Al, L
al	允许	allowable	yx
av	平均	average	pj
C	电容;电容器	capacitance; capacitor	C
c	计算;顶棚,天花板;持续	calculate; ceiling; continuous	js; DP; cs
cab	电缆	cable	L
cr	临界	critical	lj
Cu	铜	Copper	Cu, T
d	需要;基准;差动	demand; datum; differential	x; j; cd
dsq	不平衡	disequilibrium	bp
E	地;接地	earth; earthing	d; jd
e	设备;有效的	equipment; efficient	S, SB; 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;形状	floor; form	DB; x
FE	熔体	fuse element	RT
Fe	铁	Iron	Fe
FU	熔断器	fuse	RD
h	高度;谐波	height; harmonic	h
i	电流;任一数目	current; arbitrary number	i
ima	假想的	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;灯	load; lamp	H, fz; D
l	线路,线;长延时	line; long-delay	xl, x; 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	额定,标称	rated, nominal	e
n	数,数目	number	n
nat	自然的	natural	zr
np	非周期性	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	gh
op	动作,操作	operate	dz
OR	过电流脱扣器	over-current release	TQ
p	有功功率	active power	yg
p	周期性的;保护	periodic; protect	zq; bh
pk	尖峰	peak	jf



(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
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	起动,启动	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;工作;墙壁	wiring; work; wall	JX; gz; qb
WL	导线,线路	wire, line	XL
x	某一数值	a number	x
XC	[触头]接触	contact	jc
α	吸收	absorption	α
ρ	反射	reflection	ρ
τ	透射	transmission	τ
θ	温度	temperature	θ
Σ	总和	total, sum	Σ
φ	相	phase	xg
0	零,无,空	zero, nothing, empty	0
0	停止,停歇	stoping	0
0	每(单位)	per(unit)	0
0	中性线,零线	neutral wire	0
0	起始的	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 工厂供电的意义、要求及课程任务 1

第二节 工厂供电系统及发电厂、电力系统与工厂的自备电源 2

第三节 电力系统的电压与电能质量 9

第四节 电力系统中性点运行方式及低压配电系统接地形式 18

复习思考题 24

习题 24

第二章 工厂的电力负荷及其计算 26

第一节 工厂的电力负荷与负荷曲线 26

第二节 三相用电设备组计算负荷的确定 30

第三节 单相用电设备组计算负荷的确定 37

第四节 工厂的计算负荷及年耗电量的计算 40

第五节 尖峰电流及其计算 43

复习思考题 44

习题 45

第三章 短路电流及其计算 46

第一节 短路的原因、后果和形式 46

第二节 无限大容量电力系统发生三相短路时的物理过程和物理量 48

第三节 无限大容量电力系统中短路电流的计算 50

第四节 短路电流的效应和稳定度校验 59

复习思考题 65

习题 66

第四章 工厂变配电所及其一次系统 67

第一节 工厂变配电所的任务和类型 67

第二节 电力变压器 69

第三节 电流互感器和电压互感器 76

第四节 高压一次设备 84

第五节 低压一次设备 104

第六节 工厂变配电所的主接线图 116

第七节 工厂变配电所的所址、布置、结构及电气安装图 127

第八节 工厂变配电所的运行维护与检修试验 139

复习思考题 152

习题 153

第五章 工厂电力线路 154

第一节 工厂电力线路及其接线方式 154

第二节 工厂电力线路的结构和敷设 157

第三节 导线和电缆截面积的选择计算 170

第四节 电力线路的电气安装图 179

第五节 电力线路的运行维护与检修试验 183

复习思考题 190

习题 190

第六章 工厂供电系统的过电流保护 192

第一节 过电流保护的任务和要求 192

第二节 熔断器保护 193

第三节 低压断路器保护 198

第四节 常用的保护继电器 202

第五节 工厂高压线路的继电保护 211

第六节 电力变压器的继电保护 225

第七节 高压电动机的继电保护 234

复习思考题 237

习题 238

第七章 工厂供电系统的二次回路和

自动装置 239

第一节 二次回路及其操作电源 239

第二节 高压断路器的控制和信号回路 244

第三节 电测量仪表与绝缘监视装置 248

第四节 供电系统的自动装置与运动化 252

第五节 二次回路的安装接线和接线图 259

复习思考题 264

习题 264

第八章 防雷、接地与电气安全 266

第一节 过电压与防雷 266

第二节 电气装置的接地及有关保护 285



第三节 电气安全与触电急救	304	数据	366
复习思考题	312	附录表 12 LQJ-10 型电流互感器的主要	
习题	313	技术数据	368
第九章 节约用电与计划用电	314	附录表 13 外壳防护等级的分类代号	368
第一节 节约用电的意义及其一般措施	314	附录表 14 架空裸导线的最小允许截	
第二节 电力变压器的经济运行	317	面积	369
第三节 并联电容器的接线、装设、控制、		附录表 15 绝缘导线芯线的最小允许截	
保护及其运行维护	320	面积	369
第四节 计划用电、用电管理与电费		附录表 16 LJ 型铝绞线和 LGJ 型钢芯	
计收	325	铝绞线的允许载流量	370
复习思考题	328	附录表 17 LMY 型矩形硬铝母线的允许载	
习题	329	流量	370
第十章 工厂的电气照明	330	附录表 18 10kV 常用三芯电缆的允许载	
第一节 照明技术的基本概念	330	流量及其校正系数	371
第二节 工厂常用的电光源和灯具	333	附录表 19 绝缘导线明敷、穿钢管和穿	
第三节 照明质量、照度标准与照度		塑料管时的允许载流量	372
计算	344	附录表 20 电力变压器配用的高压熔断器	
第四节 照明供电系统及其选择	349	规格	381
复习思考题	353	附录表 21 GL-11、15、21、25 型电流继电	
习题	353	器的主要技术数据及动作	
附录	355	特性曲线	381
附录表 1 用电设备组的需要系数、二项式		附录表 22 爆炸性气体和粉尘危险区域的	
系数及功率因数参考值	355	分区	382
附录表 2 部分工厂的需要系数、功率因数		附录表 23 爆炸危险环境钢管配线的技术	
及年最大有功负荷利用小时		要求	382
参考值	356	附录表 24 部分电力装置要求的工作接地	
附录表 3 并联电容器的无功补偿率	357	电阻值	382
附录表 4 部分并联电容器的主要技术		附录表 25 土壤电阻率参考值	383
数据	357	附录表 26 垂直管形接地体的利用系	
附录表 5 S9、SC9 和 S11-M·R 系列电力		数参考值	383
变压器的主要技术数据	358	附录表 27 普通照明白炽灯的主要技术	
附录表 6 三相线路导线和电缆单位长度		数据	384
每相阻抗值	360	附录表 28 室内一般照明灯具距离地面的	
附录表 7 导体在正常和短路时的最高允许		最低悬挂高度	384
温度及热稳定系数	362	附录表 29 部分工业、民用和公共建筑	
附录表 8 常用高压断路器的主要技术		一般照明标准值	385
数据	362	附录表 30 GC1-A、B-2G 型工厂配照灯	
附录表 9 RM10 型低压熔断器的主要技术		的主要技术数据和概算图表	389
数据和保护特性曲线	364	附录表 31 采用 GGY-125 型高压汞灯的	
附录表 10 RT0 型低压熔断器的主要技术		工厂配照灯单位容量参考值	390
数据和保护特性曲线	365	习题参考答案	391
附录表 11 部分低压断路器的主要技术		参考文献	395

第一章

概 论

本章概述工厂供电有关的一些基本知识和基本问题，为学习本课程奠定一个初步的基础。首先扼要说明工厂供电的意义、要求及本课程的任务，然后简介一些典型的工厂供电系统及发电厂、电力系统和工厂自备电源的基本知识，接着重点讲述电力系统的电压和电能质量问题，最后讲述电力系统的中性点运行方式和低压配电系统的接地型式。

第一节 工厂供电的意义、要求及课程任务

工厂供电是指工厂所需电能的供应和分配，也称工厂配电。

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，也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，而且现代社会的信息技术和其他高新技术无一不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的应用极为广泛。

在工厂里，电能虽然是工业生产的主要能源和动力，但是它在产品成本中所占的比重一般很小（除电化等工业外）。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，一般机械工业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比重多少，而是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，如果工厂供电突然中断，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，甚至可能发生重大的人身事故，给国家和人民带来经济上或生态环境上甚至政治上的重大损失。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，就必须达到以下基本要求：

(1) 安全 在电能的供应、分配和使用中，要注意环境保护，特别要注意防止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的质量要求。

(4) 经济 供电系统的投资要少, 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。

本课程的任务, 主要是讲述中小型工厂内部的电能供应和分配问题, 并讲述电气照明, 使学生初步掌握中小型工厂供电系统和电气照明运行维护和简单设计计算所必需的基本理论和基本知识, 为今后从事工厂供电技术工作奠定一定的基础。

第二节 工厂供电系统及发电厂、电力系统与工厂的自备电源

一、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电压是 6~10kV。电能先经高压配电所集中, 再由高压配电线路将电能分送到各车间变电所, 或由高压配电线路直接供给高压用电设备。车间变电所内装有配电变压器, 将 6~10kV 的高压降为一般低压用电设备所需的电压, 如 220V/380V (220V 为相电压, 380V 为线电压), 然后由低压配电线路将电能分送给低压用电设备使用。

图 1-1 是一个比较典型的中型工厂供电系统简图。该图未绘出各种开关电器 (除母线和低压联络线上装设的联络开关外), 而且只用一根线来表示三相线路, 即绘成单线图的形式。

从图 1-1 可以看出, 该厂的高压配电所有两条 10kV 的电源进线, 分别接在高压配电所的两段母线上。这两段母线间装有一个分段隔离开关 (又称联络隔离开关) 形成所谓“单母线分段制”。在任一条电源进线发生故障或进行检修而被切除后, 可以利用分段隔离开关的闭合, 由另一条电源进线恢复对整个配电所特别是其重要负荷的供电。这类接线的配电所通常的运行方式是: 分段隔离开关闭合, 整个配电所由一条电源进线供电, 其电源通常来自公共电网 (电力系统), 而另一条电源进线作

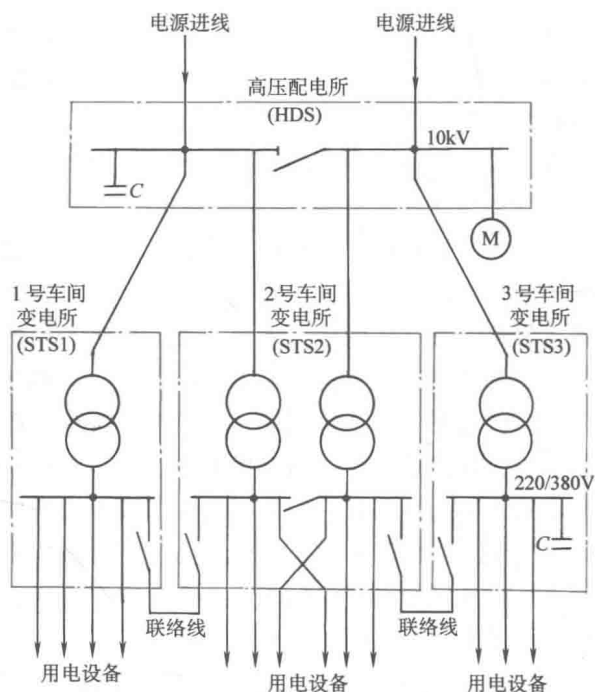


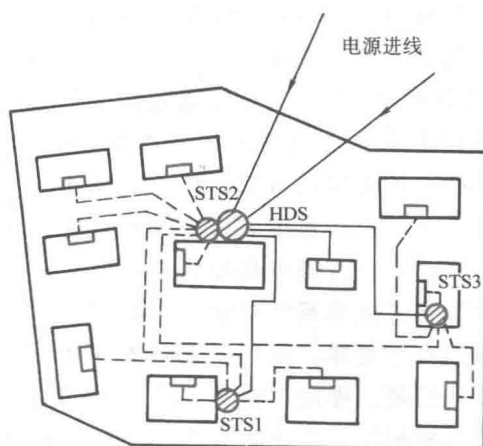
图 1-1 中型工厂供电系统简图

为备用，通常从邻近单位取得备用电源。

图 1-1 所示高压配电所有四条高压配电线，供电给三个车间变电所。其中 1 号车间变电所和 3 号车间变电所都只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，其低压侧又采取单母线分段制，因此对重要的低压用电设备可由两段母线交叉供电。各车间变电所的低压侧，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；另有一条高压配电线，直接与一组并联电容器相连。3 号车间变电所低压母线上也连接一组并联电容器。这些并联电容器都是用来补偿无功功率以提高功率因数。图 1-2 是图 1-1 所示中型工厂供电系统的平面布线示意图。

(二) 35kV 及以上进线的大中型工厂供电系统

大型工厂及某些电源进线电压为 35kV 及以上的中型工厂，一般经两次降压，也就是电源进厂以后，先经总降压变电所，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，然后通过高压配电线将电能送到各个车间变电所，也有的中间经高压配电所再送到车间变电所，最后车间变电所经配电变压器降为一般低压用电设备所需的电压。其简图如图 1-3 所示。



图例说明

- ⊗ 高压配电所 (HDS) ⊗ 车间变电所 (STS)
- 控制屏、配电屏 ——— 高压电源进线
- 高压配电线 - - - 低压配电线

图 1-2 图 1-1 所示中型工厂供电系统的平面布线示意图

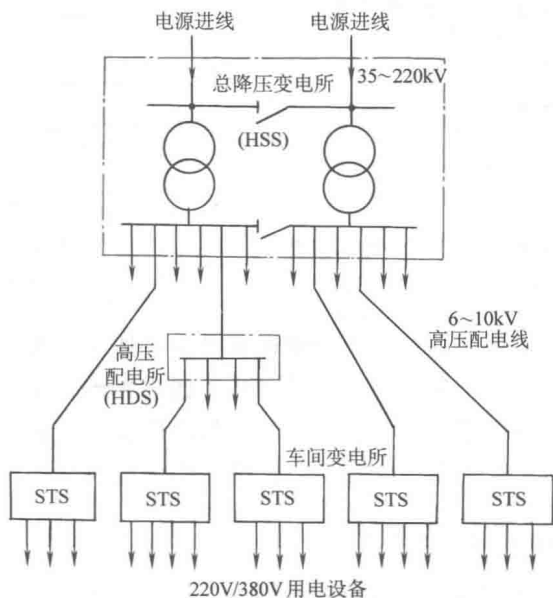


图 1-3 具有总降压变电所的工厂供电系统简图



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直接降为低压用电设备所需的电压，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，可以省去一级中间变压，从而简化了供电系统接线，节约了投资和有色金属，降低了电能损耗和电压损耗，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，否则不能采用，以确保供电安全。

(三) 小型工厂供电系统

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

当工厂所需容量不大于 $160\text{kV}\cdot\text{A}$ 时，一般采用低压电源进线，直接由公共低压电网供电。因此工厂只需设一个低压配电间，如图 1-6 所示。

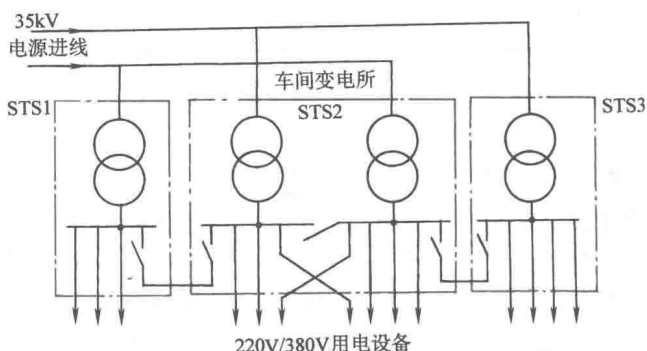


图 1-4 高压深入负荷中心的工厂供电系统简图

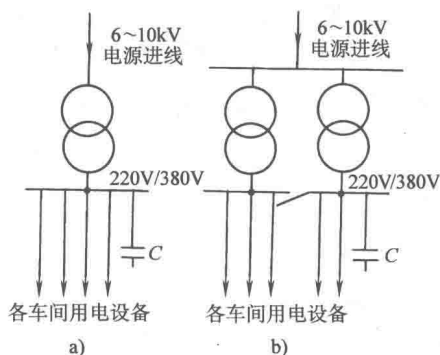


图 1-5 只设一个降压变电所的工厂供电系统简图

a) 装有一台主变压器 b) 装有两台主变压器

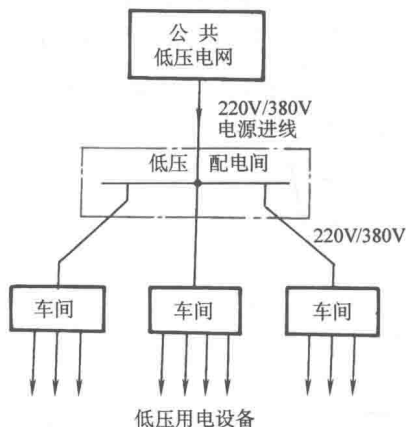


图 1-6 低压进线的小型工厂供电系统简图

由以上分析可知，配电所的任务是接受电能和分配电能，不改变电压；而变电所的任务是接受电能、变换电压和分配电能。供电系统中的母线（Busbar），又称汇流排，其任务是汇集和分配电能。而工厂供电系统，是指从电源线路进厂起到高低压用电设备进线端止的整个电路系统，包括工厂内的变配电所和所有的高低压供电线路。

二、发电厂和电力系统简介

由于电能的生产、输送、分配和使用的全过程，实际上是在同一瞬间实现的，彼此相互影响，因此除了了解工厂供电系统概况外，还需了解工厂供电系统电源方向的发电厂和电力

系统的一些基本知识。

(一) 发电厂

发电厂又称发电站，是将自然界蕴藏的各种一次能源转换为电能（二次能源）的工厂。

发电厂按其所利用的能源不同，分为水力发电厂、火力发电厂、核能发电厂以及风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等类型。

(1) 水力发电厂 水力发电厂简称水电厂或水电站，它利用水流的位能来生产电能。当控制水流的闸门打开时，水流沿进水管进入水轮机蜗壳室，冲动水轮机，带动发电机发电。其能量转换过程是：

水流位能 $\xrightarrow{\text{水轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能

由于水电站的发电容量与水电站所在地点上下游的水位差（即落差，又称水头）及流过水轮机的水量（即流量）的乘积成正比，因此建造水电站，必须用人工的办法来提高水位。最常用的提高水位的办法，是在河流上建造一道很高的拦河水坝，形成水库，提高上游水位，使水坝的上下游形成尽可能大的落差，水电站就建在坝的后边。这类水电站，称为坝后式水电站。我国一些大型水电站包括长江三峡水电站都属于这种类型。另一种提高水位的办法，是在具有相当坡度的弯曲河段上游，筑一低坝，拦住河水，然后利用沟渠或隧道，将上游水流直接引至建设在弯曲河段末端的水电站。这类水电站，称为引水式水电站。还有一类水电站，是上述两种方式的综合，由高坝和引水渠道分别提高一部分水位。这类水电站，称为混合式水电站。另外还有一种利用海洋潮汐能的潮汐水电站，是在有潮汐的海湾或河口筑起水坝，形成水库。涨潮时蓄水，落潮时放水，利用潮汐能来驱动水轮发电机发电。

水电建设的初投资较大，建设周期较长，但发电成本较低，仅为火电发电成本的 $1/3 \sim 1/4$ ；而且水电属于清洁、可再生的能源，有利于环境保护；同时水电建设，通常还兼有防洪、灌溉、航运、水产养殖和旅游等多项功能。我国的水力资源十分丰富（特别是我国的西南地区），居世界首位，因此我国确定要大力发展水电，并实施“西电东送”工程，以促进整个国民经济的发展。

(2) 火力发电厂 火力发电厂简称火电厂或火电站，它利用燃料的化学能来生产电能。火电厂按其使用的燃料类别划分，有燃煤式、燃油式、燃气式和利用工业余热、废料或城市垃圾等来发电的各种类型，但我国的火电厂仍以燃煤为主。为了提高燃煤效率，都将煤块粉碎成煤粉燃烧。煤粉在锅炉的炉膛内充分燃烧，将锅炉内的水烧成高温高压的蒸汽，推动汽轮机带动发电机旋转发电。其能量转换过程是：

燃料化学能 $\xrightarrow{\text{锅炉}}$ 热能 $\xrightarrow{\text{汽轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能

现代火电厂一般都根据节能减排和环保要求，考虑了“三废”（废渣、废水、废气）的综合利用或循环使用；有的不仅发电，而且供热。兼供热能的火电厂，称为热电厂。

火电建设的重点，是煤炭基地的坑口电站。我国一些严重污染环境的低效火电厂，已按节能减排的要求陆续予以关停。我国火电发电量在整个发电量中的比重已逐年降低。

(3) 核能发电厂 核能（原子能）发电厂通称核电站，它主要是利用原子核的裂变能来生产电能。其生产过程与火电厂基本相同，只是以核反应堆（俗称原子锅炉）代替燃煤锅炉，以少量的核燃料代替大量的煤炭。其能量转换过程是：

核裂变能 $\xrightarrow{\text{核反应堆}}$ 热能 $\xrightarrow{\text{汽轮机}}$ 机械能 $\xrightarrow{\text{发电机}}$ 电能



由于核能是巨大的能源,而且核电也是比较安全和清洁的能源,所以世界上很多国家都很重视核电建设,核电在整个发电量中的比重逐年增长。我国在20世纪80年代就确定要适当发展核电,并已陆续兴建了秦山、大亚湾、岭澳等多座大型核电站。但核电站的选址不能处于地震带,以防地震引发核泄漏,污染环境,危害人类健康。

(4) 风力发电简介 风力发电是利用风的动能来生产电能,建在有丰富风力资源的地方。风能是一种取之不尽的清洁、价廉和可再生的能源,因此我国确定要大力发展风力发电。但是风能的能量密度较小,因此单机容量不可能很大;而且它是一种具有随机性和不稳定性的能源,因此风力发电必须配备一定的蓄电装置,以保证其连续供电。

(5) 太阳能发电简介 太阳能发电是利用太阳的光能或热能来生产电能。利用太阳光发电,是通过光电转换元件如光电池等直接将太阳光能转换为电能,也称为“光伏发电”。这已广泛应用在人造地球卫星和宇航装置上,并已在阳光比较充足地区的很多建筑物顶上得到应用。利用太阳热能发电,可分直接转换和间接转换两种方式。温差发电、热离子发电和磁流体发电,均属于热电直接转换。而通过集热装置和热交换器,加热给水,使之变为蒸汽,推动汽轮发电机发电,与火电发电相同,属于间接转换发电。太阳能发电厂建在常年日照时间较长的地方。太阳能是一种十分安全、经济、没有污染而且是取之不尽的能源。我国的太阳能资源也相当丰富,利用太阳能发电大有可为。

(6) 地热发电简介 地热发电厂建在有足够地热资源的地方,利用地球内部蕴藏的大量地热资源来生产电能。地热发电不消耗燃料,运行费用低。它不像火力发电那样,要排出大量灰尘和烟雾,因此地热还是属于比较清洁的能源。但是地下水和蒸汽中大多含有硫化氢、氨和砷等有害物质,因此对其排出的废水要妥善处理,以免污染环境。

(二) 电力系统

为了充分利用动力资源,减少燃料运输,降低发电成本,因此有必要在有水力资源的地方建造水电站,而在有燃料资源的地方建造火电厂。但这些有动力资源的地方,往往离用电中心较远,所以必须用高压输电线路进行远距离输电,如图1-7所示。

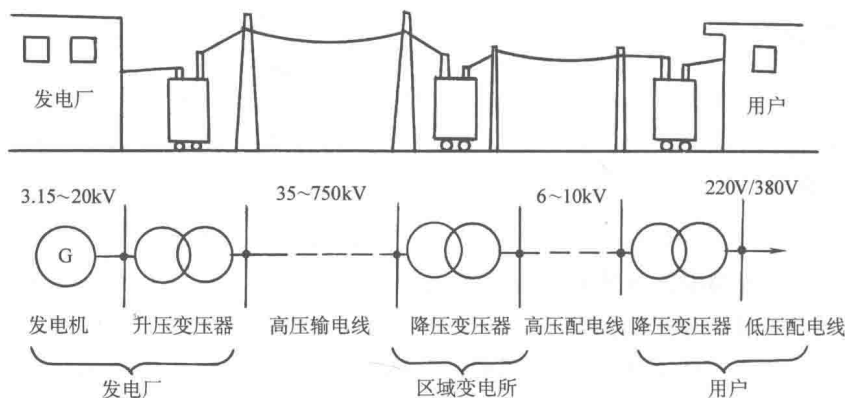


图 1-7 从发电厂到用户的送电过程示意图

由各级电压的电力线路将一些发电厂、变电所和电力用户联系起来的一个发电、输电、变电、配电和用电的整体,称为电力系统(Power System)。图1-8是一个大型电力系统简图。

电力系统中各级电压的电力线路及其联系的变电所,称为电力网或电网。但习惯上,电

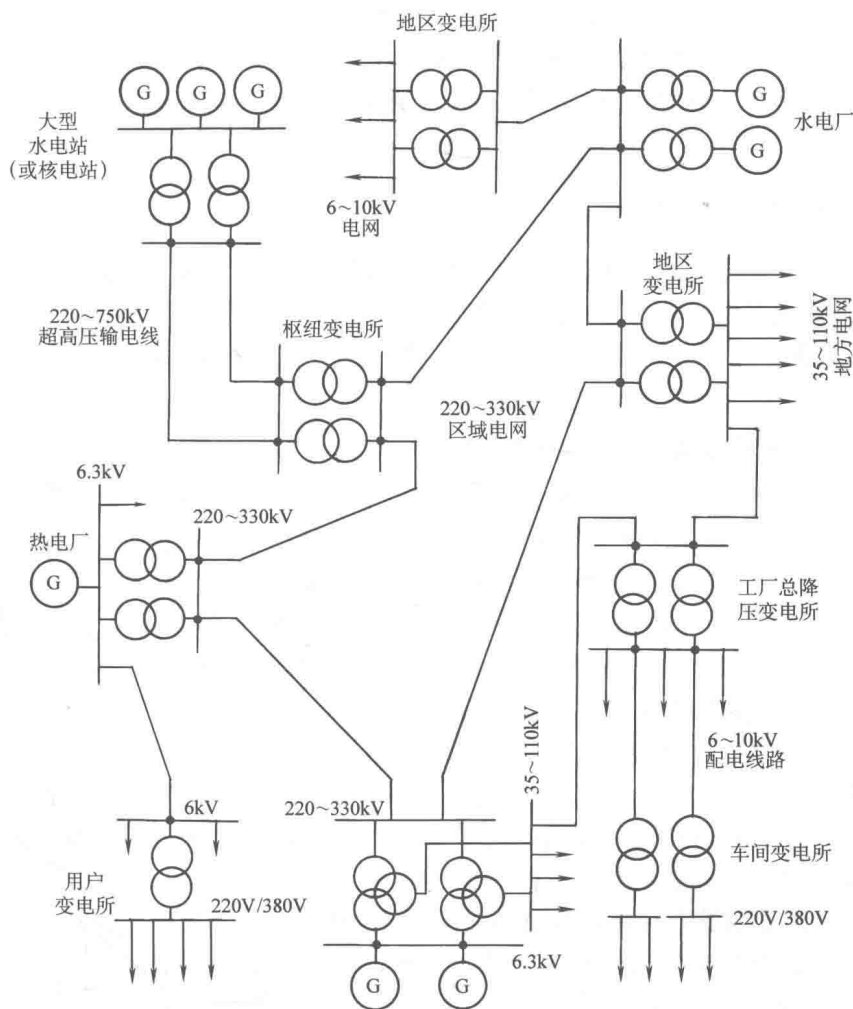


图 1-8 大型电力系统简图

网或系统往往以电压等级来区分，如说 10kV 电网或 10kV 系统。这里所说的电网或系统，实际上是指某一电压级的相互联系的整体电力线路。

电网可按电压高低和供电范围大小分为区域电网和地方电网。区域电网的范围大，电压一般在 220kV 及以上。地方电网的范围较小，最高电压一般不超过 110kV。工厂供电系统就属于地方电网的一种。

电力系统加上发电厂的动力部分及其热能系统和热能用户，就称为动力系统。

现在各国建立的电力系统越来越大，甚至建立跨国的电力系统或联合电网。我国规划，到 2020 年，要在做到水电、火电、核电和新能源合理利用和开发的基础上，初步建成全国统一的智能电网，实现电力资源在全国范围内的合理配置和可持续发展。

智能电网是建立在集成的、高速双向通信网络的基础上，通过先进的电子信息技术、先进的设备控制技术及决策支持系统的应用，实现电网的安全、可靠、优质、经济高效和环保的目标。智能电网的主要特点是电网出现故障时反应快、自动修复能力强，而且节能减排的效果好，可以更好地满足电能用户的用电要求。