



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工厂供电

刘介才 编

第5版



免费
电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TM727.3/6=4

2010

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

工厂供电

第5版

刘介才 编
简克良 审
高仕斌

机械工业出版社

本书作为普通高等教育“十一五”国家级规划教材，是为电气自动化专业和电气技术专业编写的专业课教材，为1984年出版以来的修订第5版。

本书共分十章。首先概述工厂供电及电力电源和电能质量等的基本知识，接着系统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、二次回路和自动装置，防雷、接地和电气安全，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，每章前均列有内容提要，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4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，根据我国新颁布的标准规范又进行了全面修订，以增强学生的规范意识。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，高职高专院校及广播电视大学等的有关专业亦可选用，并可供有关工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工厂供电/刘介才编. —5版. —北京:机械工业出版社, 2009.12
普通高等教育“十一五”国家级规划教材
ISBN 978-7-111-28799-5

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 239052 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: 闫晓宇 责任编辑: 闫晓宇 封面设计: 张 静

责任校对: 姜 婷 责任印制: 杨 曦

保定市中华美凯印刷有限公司印刷

2010年2月第5版第1次印刷

184mm×260mm·26.25印张·618千字

标准书号: ISBN 978-7-111-28799-5

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

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前 言

本书是普通高等教育“十一五”国家级规划教材，为1984年出版以来的修订第5版。

本书适用于普通高等工科学校电气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亦可使用，亦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、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问题。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，本书对首次出现的一些专业名词术语加注了英文，并在本书前面列有中英含义对照的文字符号表，供参考。

本书在第4版的基础上，按照与时俱进、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又进行了全面修订，以培养和增强学生的规范意识。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，作到图文并茂，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。本书第3版至这次第5版，均由西南交通大学简克良教授主审。这次还邀请西南交通大学高仕斌教授审稿。两位教授在这次审稿中，对本书初稿提出了许多宝贵意见和建议，谨在此表示衷心的感谢！

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

为便于教师授课，本书特请电气控制专业高级工程师罗宓同志制作了免费电子课件，有需要者可直接与出版社联系。

限于本人水平，书中错漏难免，敬请使用本书的广大师生和读者指正，本人不胜感激！

刘介才

2009年12月

本书常用字符表

(中英对照)

一、电气设备的文字符号

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
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	BL
FD	跌落式熔断器	drop-out fuse	DR
FDL	负荷型跌落式熔断器	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	瓦斯(气体)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
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

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
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
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	disconnecter	GK
QV	电子(晶体管)开关	electro (VT) switch	—
R	电阻;电阻器	resistance; resistor	R
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;电源;起辉器	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
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	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

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
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;端子板	reactance; 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 indicator 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

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
a	年	annual, year	n
a	有功	active	y _g
Al	铝	Aluminium	Al, L
al	允许	allowable	y _x
av	平均	average	p _j
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; ed
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

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
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	过流脱扣器	over-current release	TQ
p	有功功率;周期性的;保护	active power;periodic;protect	yg; zq; 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	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

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
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
touch	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
θ	温度	temperature	θ
Σ	总和	total, sum	Σ
τ	透射	transmission	τ
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型式	19
复习思考题	25
习题	26
第二章 工厂的电力负荷及其计算	27
第一节 工厂的电力负荷与负荷曲线	27
第二节 三相用电设备组计算负荷的确定	31
第三节 单相用电设备组计算负荷的确定	39
第四节 工厂的计算负荷及年耗电量的计算	42
第五节 尖峰电流及其计算	46
复习思考题	47
习题	48
第三章 短路电流及其计算	49
第一节 短路的原因、后果及其形式	49
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	51
第三节 无限大容量电力系统中短路电流的计算	54
第四节 短路电流的效应和稳定度校验	63
复习思考题	70
习题	70
第四章 工厂变配电所及其一次系统	71
第一节 工厂变配电所的任务和类型	71
第二节 电力变压器	73
第三节 电流互感器和电压互感器	80
第四节 高压一次设备	89
第五节 低压一次设备.....	110

第六节 工厂变配电所的主接线图	123
第七节 工厂变配电所的所址、布置、结构及安装图	134
第八节 工厂变配电所的运行维护和检修试验	147
复习思考题	162
习题	162
第五章 工厂电力线路	164
第一节 工厂电力线路及其接线方式	164
第二节 工厂电力线路的结构和敷设	167
第三节 导线和电缆截面的选择计算	181
第四节 电力线路的电气安装图	191
第五节 电力线路的运行维护与检修试验	196
复习思考题	203
习题	203
第六章 工厂供电系统的过电流保护	204
第一节 过电流保护的任务和要求	204
第二节 熔断器保护	205
第三节 低压断路器保护	211
第四节 常用的保护继电器	215
第五节 工厂高压线路的继电保护	224
第六节 电力变压器的继电保护	238
第七节 高压电动机的继电保护	247
复习思考题	249
习题	250
第七章 工厂供电系统的二次回路和自动装置	252
第一节 二次回路及其操作电源	252
第二节 高压断路器的控制和信号回路	255
第三节 电测量仪表与绝缘监视装置	259
第四节 供电系统的自动装置与远动化	263
第五节 二次回路的安装接线和接线图	270
复习思考题	275
习题	275
第八章 防雷、接地与电气安全	277
第一节 过电压与防雷	277
第二节 电气装置的接地及有关保护	296
第三节 电气安全与触电急救	316
复习思考题	324

习题	325
第九章 节约用电与计划用电	326
第一节 节约用电的意义及其一般措施	326
第二节 电力变压器的经济运行	329
第三节 并联电容器的接线、装设、控制、保护及其运行维护	332
第四节 计划用电、用电管理与电费计收	338
复习思考题	341
习题	341
第十章 工厂的电气照明	342
第一节 照明技术的基本概念	342
第二节 工厂常用的电光源和灯具	345
第三节 照明质量、照度标准及照度计算	357
第四节 照明供电系统及其选择	362
复习思考题	366
习题	366
附录	367
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	367
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	368
附录表 3 并联电容器的无功补偿率 Δq_c	369
附录表 4 部分并联电容器的主要技术数据	369
附录表 5 S9、SC9 和 S11—M·R 系列电力变压器的主要技术数据	370
附录表 6 三相线路导线和电缆单位长度每相阻抗值	372
附录表 7 导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数	374
附录表 8 常用高压断路器的主要技术数据	374
附录表 9 RM10 型低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线	376
附录表 10 RTO 型低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线	377
附录表 11 部分低压断路器的主要技术数据	378
附录表 12 LQJ—10 型电流互感器的主要技术数据	380
附录表 13 外壳防护等级的分类代号	380
附录表 14 架空裸导线的最小截面	381
附录表 15 绝缘导线芯线的最小截面	381
附录表 16 LJ 型铝绞线和 LGJ 型钢芯铝绞线的允许载流量	382
附录表 17 LMY 型矩形硬铝母线的允许载流量	382
附录表 18 10kV 常用三芯电缆的允许载流量及其校正系数	383
附录表 19 绝缘导线明敷、穿钢管和穿塑料管时的允许载流量	384
附录表 20 电力变压器配用的高压熔断器规格	393

附录表 21	GL— $\frac{11,15}{21,25}$ 型电流继电器的主要技术数据及其动作特性曲线	393
附录表 22	爆炸和火灾危险环境的分区	394
附录表 23	爆炸危险环境钢管配线的技术要求	394
附录表 24	部分电力装置要求的工作接地电阻值	394
附录表 25	土壤电阻率参考值	395
附录表 26	垂直管形接地体的利用系数值	395
附录表 27	普通照明白炽灯的主要技术数据	396
附录表 28	室内一般照明灯具距离地面的最低悬挂高度	396
附录表 29	部分工业、民用和公共建筑一般照明标准值	397
附录表 30	GC1—A、B—2G型工厂配照灯的主要技术数据和计算图表	401
附录表 31	采用 GGY—125型高压汞灯的工厂配照灯单位容量参考值	402
习题参考答案		403
主要参考文献		406

第一章 概 论

本章概述工厂供电有关的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，然后简介典型的各类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及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 (plant power supply)，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（除电化学加工等工业外）。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，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

一般中型工厂的电源进线电压是 6 ~ 10kV。电能先经高压配电所 (high-voltage distribution substation, HDS) 集中，再由高压配电线路将电能分送到各车间变电所 (shop transformer substation, STS)，或由高压配电线路直接供给高压用电设备。车间变电所内装有电力变压器，将 6 ~ 10kV 的高压电降为一般低压用电设备所需的电压 (如 220V/380V[⊙])，然后由低压配电线路将电能分送给各用电设备使用。

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 (single-line diagram) 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，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为备用，通常由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

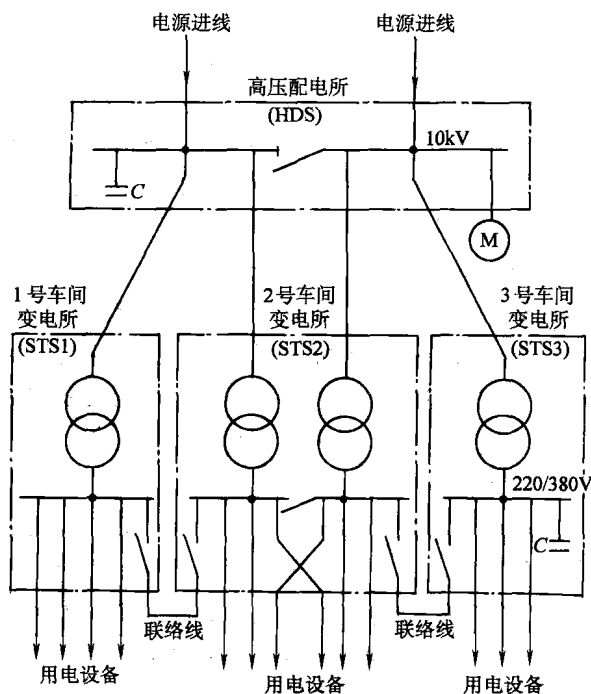
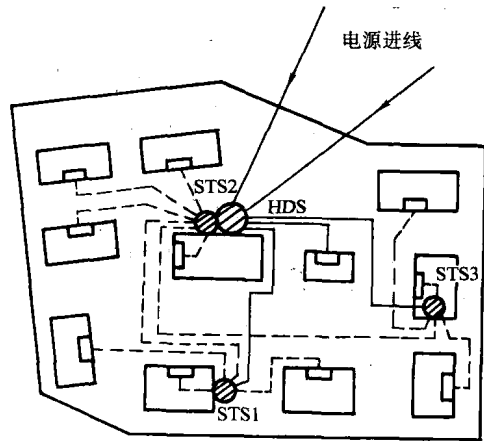


图 1-1 中型工厂供电系统简图

⊙ 按 GB/T 156—2007《标准电压》规定：“220V/380V”的斜线“/”左边 (220V) 为三相线路的相电压，右边 (380V) 为其线电压。

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，其低压侧又采用单母线分段制，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有一组并联电容器。这些并联电容器都是用来补偿无功功率以提高功率因数用的。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。



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

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，一般经过两次降压，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。

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。

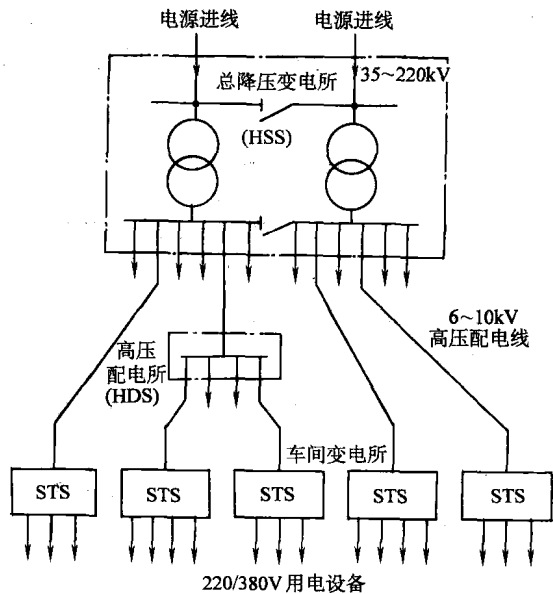


图 1-3 具有总降压变电所的工厂供电系统简图