



教育部高职高专规划教材
Jiaoyubu Gaozhi Gaozhuhan Guihua Jiaocai

供配电技术

刘介才 编著



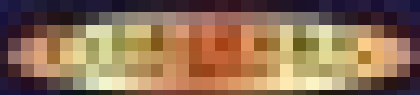
机械工业出版社
China Machine Press



中国石化出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS

供配电技术

第三版



教育部高职高专规划教材

供 配 电 技 术

刘介才 编著



机械工业出版社

本书是教育部高职高专规划教材。

本书共分十章,包括:概论,电力负荷及其计算,短路计算及电器的选择校验,供配电系统的结线、结构及安装图,供配电系统的保护,二次回路与自动装置,电气照明,安全用电、节约用电与计划用电,供配电系统的运行维护和检修试验。

本书在原高专《工厂供电》教材基础上,内容略有扩展,体系进行了较大调整,补充了近年来新颁布的一些电力法规知识和最新产品资料,进一步加强了教材的实用性和针对性。

本书除可作高职、高专教材外,广播电视大学、职工大学、业余大学也可使用,有关工程技术人员亦可参考。

图书在版编目(CIP)数据

供配电技术/刘介才编著. —北京:机械工业出版社,
2000.8

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-111-08189-7

I. 供… II. 刘… III. ①供电-技术-高等学校:
技术学校-教材②配电系统-技术-高等学校:技术学校-
教材 IV. TM72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 65960 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:贡克勤 版式设计:霍永明 责任校对:姚培新

封面设计:李雨桥 责任印制:郭景龙

北京京丰印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行

2000 年 8 月第 1 版·第 1 次印刷

1000mm×1400mmB5·13.75 印张·534 千字

0 001—5 000 册

定价:30.00 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、68326677-2527

出版说明

教材建设工作是整个高职高专教育教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、学校和有关出版社的共同努力下,各地已出版了一批高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设仍落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育基础课程教学基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。出版后的教材将覆盖高职高专教育的基础课程和主干专业课程。计划先用2~3年的时间,在继承原有高职、高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决好新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专教育教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

“教育部高职高专规划教材”是按照《基本要求》和《培养规格》的要求,充分汲取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的,适用于高等职业学校、高等专科学校、成人高校及本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校使用。

教育部高等教育司

2000年4月3日

前 言

本书是教育部高职高专规划教材。同时也适用于广播电视大学、职工大学、业余大学，并可供有关工程技术人员参考。教材内容可根据各校专业要求和教学时数自行取舍。

本书共分十章。首先概述供配电工作的意义、要求及课程任务，简介供配电系统及发电厂和电力系统基本知识、供电质量要求及用电企业供配电电压的选择、用户用电的申请及用户受电工程的建设要求。接着系统地讲述供配电系统的主要电气设备，供配电系统的结线、结构及安装图，供配电系统的继电保护、防雷保护及接地和接零保护，二次回路与自动装置，电气照明，安全用电、节约用电与计划用电。最后讲述供配电系统的运行维护与检修试验。为便于学生复习和练习，本书每章末附有复习思考题和习题，书末附有必要的技术资料 and 习题的参考答案。

本书在原高专《工厂供电》教材的基础上，内容略有扩展，体系进行了较大调整，补充了近年来新颁布的一些电力法规知识和最新产品资料，进一步加强了教材内容的实用性和针对性。

本书的编写，得到不少院校老师的支持，他们提出了不少好的意见和建议。国家机械工业局教材编辑室为本书的出版，也付出了辛勤的劳动。谨在此一并表示衷心的感谢！

限于本人的思想业务水平，书中错漏难免，敬希使用本书的广大师生和读者批评指正，本人不胜感激。

刘介才 谨识
2000年6月

本书常用字符表

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	—
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	electric capacity; capacitor	C
F	避雷器	arrester	BL
FE	排气式避雷器	expulsion-type lightning arrester	GB
FG	保护间隙	protective gap	JX
FMO	金属氧化物避雷器	metal-oxide lightning arrester	—
FU	熔断器	fuse	RD
FV	阀式避雷器	valve-type lightning arrester	FB
G	发电机; 电源	generator; source	F, DY
GN	绿色指示灯	green indicator lamp	LD
HL	指示灯; 信号灯	indicator lamp, pilot lamp	XD
HR	热脱扣器	heating release	RT
K	继电器; 接触器	relay; contactor	J, JC
KA	电流继电器	current relay	LJ
KAR	重合闸继电器	auto-reclosing relay	CHJ
KG	瓦斯继电器	gas relay	WSJ
KH	热继电器	heating relay	RJ
KM	中间继电器	mediam relay	ZJ
KM	接触器	contactor	JC, C
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; 电感线圈	inductance; inductive coil	L
L	电抗器	reactor	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	N
PJ	电能表	energy meter	wh, varh
PV	电压表	voltmeter	V
Q	电力开关	power switch	K
QDF	跌开式熔断器	drop-out fuse	DR

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
QF	断路器 (含自动开关)	circuit-breaker	DL (ZK)
QK	刀开关	knife-switch	DK
QL	负荷开关	load-switch	FK
QS	隔离开关	swich-disconnector	GK
R	电阻; 电阻器	resistance; resistor	R
RD	红色指示灯	red indicator lamp	HD
RP	电位器	potential meter	W
S	电力系统	power system	XT
S	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
T	变压器	transformer	B
TA	电流互感器	current transformer	LH
TAN	零序电流互感器	neutral-current transformer	LLH
TV	电压互感器	voltage transformer	YH
U	变流器; 整流器	converter; rectifier	BL; ZL
V	电子管; 晶体管	electronic tube; transistor	—
VD	二极管	diode	D
VE	电子管	electronic tube	—
VT	晶体 (三极) 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	YBM
WL	灯光信号小母线	lighting signal small-bnsbar	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	端子板	terminal block	—
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, 每年	annual	<i>n</i>
<i>a</i>	有功的	active	<i>a, yg</i>
Al	铝	Aluminium	Al, L
al	允许	allowable	<i>yx</i>
av	平均	average	<i>pj</i>
C	电容; 电容器	electric capacity; capacitor	<i>C</i>
<i>c</i>	计算	calculate	<i>js</i>
<i>c</i>	顶棚, 天花板	ceiling	<i>dp</i>
cab	电缆	cable	<i>L</i>
<i>cr</i>	临界	critical	<i>lj</i>
Cu	铜	Copper	Cu, T
<i>d</i>	需要	demand	<i>x</i>
<i>d</i>	基准	datum	<i>j</i>
<i>d</i>	差动	differential	<i>cd</i>
dsq	不平衡	disequilibrium	<i>bp</i>
E	地; 接地	earth; earthing	<i>d; jd</i>
<i>e</i>	设备	equipment	<i>S, SB</i>
<i>e</i>	有效的	efficient	<i>yx</i>
ec	经济的	economic	<i>j, ji</i>
eq	等效的	equivalent	<i>dx</i>
es	电动稳定	electrodynamic stable	<i>dw</i>
<i>f</i>	地板	floor	<i>db</i>
Fe	铁	Iron	Fe
<i>h</i>	高度	height	<i>h</i>
<i>h</i>	谐波	harmonic	—
<i>i</i>	电流	current	<i>i</i>
<i>i</i>	任一数目	arbitrary number	<i>i</i>
ima	假想的	imaginary	<i>jx</i>
<i>k</i>	短路	short-circuit	<i>d</i>
<i>L</i>	电感	inductance	<i>L</i>
L	负荷, 负载	load	<i>H, fz</i>
<i>l</i>	线	line	<i>l</i>
<i>l</i>	长延时	long-delay	<i>l</i>
m	最大, 幅值	maximum	<i>m</i>
man	人工的	manual	<i>rg</i>
max	最大	maximum	max
min	最小	minimum	min
N	额定, 标称	rated, nominal	<i>e</i>
<i>n</i>	数目	number	<i>n</i>
nat	自然的	natural	<i>zr</i>
<i>np</i>	非周期性的	non-periodic, aperiodic	<i>f-zq</i>

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
oc	断路	open circuit	<i>dl</i>
oh	架空线路	over-head line	<i>K</i>
OL	过负荷	over-load	<i>gh</i>
op	动作	operating	<i>dz</i>
OR	过电流脱扣器	over-current release	<i>TQ</i>
<i>p</i>	有功功率	active power	<i>p, yg</i>
<i>p</i>	周期性的	periodic	<i>zq</i>
<i>p</i>	保护	protect	<i>bh, J</i>
pk	尖峰	peak	<i>jf</i>
<i>q</i>	无功功率	reactive power	<i>q, wg</i>
<i>qb</i>	速断	quick break	<i>sd</i>
<i>r</i>	无功	reactive	<i>r, wg</i>
<i>r</i>	滚球	roll-ball	—
RC	室空间	room cabin	<i>RC</i>
<i>re</i>	返回, 复归	return, reset	<i>f, fh</i>
rel	可靠性	reliability	<i>k</i>
<i>S</i>	系统	system	<i>XT</i>
<i>S</i>	短延时	short-delay	—
<i>s</i>	同时	simultaneous	<i>t</i>
<i>saf</i>	安全	safety	<i>aq</i>
sh	冲击	shock, impulse	<i>cj, ch</i>
st	起动, 启动	start	<i>q, qd</i>
step	跨步	step	<i>kp</i>
<i>t</i>	时间	time	<i>t</i>
tou	接触	touch	<i>jc</i>
<i>u</i>	电压	voltage	<i>u</i>
<i>W</i>	墙壁	wall	<i>qb</i>
<i>x</i>	某一数值	a number	<i>x</i>
<i>a</i>	吸收	absorption	<i>a</i>
<i>p</i>	反射	reflection	<i>p</i>
<i>θ</i>	温度	temperature	<i>θ</i>
Σ	总和	total, sum	Σ
τ	透射	transmission	τ
φ	相	phase	φ, p
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, N
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
∞	无限; 稳态	infinity; steady state	∞
*	相对值, 标么值	relative value	*
~	交流的; 工频的	alternating current; in 50Hz	~
⊥	垂直的; 法线的	perpendicular; normal	⊥
//	平行的; 并联的	parallel; shunt	//
△	三角形联结	△-connection	△
Y	星形联结	Y-connection	Y

目 录

出版说明

前言

本书常用字符表

第一章 概论	1
第一节 供配电工作的意义、要求及课程任务	1
第二节 供配电系统及发电厂和电力系统基本知识	2
第三节 供电质量要求及用电企业供配电电压的选择	15
第四节 用户用电的申请及用户受电工程的建设要求	24
复习思考题	26
习题	27
第二章 供配电系统的主要电气设备	28
第一节 电气设备概述	28
第二节 电力变压器和互感器	28
第三节 高低压开关电器	43
第四节 高低压熔断器和避雷器	60
第五节 无功补偿设备和成套配电装置	70
复习思考题	77
习题	78
第三章 电力负荷及其计算	79
第一节 电力负荷与负荷曲线	79
第二节 三相用电设备组计算负荷的确定	84
第三节 单相用电设备组计算负荷的确定	93
第四节 企业计算负荷及年耗电量的计算	97
第五节 尖峰电流及其计算	104
复习思考题	105
习题	106
第四章 短路计算及电器的选择校验	108
第一节 短路的原因、后果及其形式	108
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	110
第三节 无限大容量电力系统中的短路电流计算	113
第四节 短路电流的效应与校验	123
第五节 高低压电器的选择与校验	129

复习思考题	140
习题	141
第五章 供配电系统的结线、结构及安装图	143
第一节 企业变配电所的主结线方案	143
第二节 企业变配电所的所址、布置及结构	156
第三节 企业变电所主变压器台数和容量的选择	170
第四节 企业供配电线路的结线和结构	171
第五节 供配电线路导线和电缆的选择计算	185
第六节 企业供配电系统的电气安装图	197
复习思考题	201
习题	202
第六章 供配电系统的保护	203
第一节 继电保护的的任务与要求	203
第二节 常用的保护继电器及其结线和操作方式	204
第三节 高压电力线路的继电保护	218
第四节 电力变压器的继电保护	230
第五节 供配电系统和建筑物的防雷保护	240
第六节 电气装置的接地与接零	252
复习思考题	267
习题	268
第七章 供配电系统的二次回路与自动装置	270
第一节 供配电系统的二次回路及其操作电源	270
第二节 高压断路器的控制和信号回路	273
第三节 电测量仪表与绝缘监视装置	277
第四节 供配电系统的自动装置	281
第五节 二次回路的接线和接线图	287
复习思考题	292
习题	293
第八章 电气照明	294
第一节 照明技术的有关概念	294
第二节 电光源和灯具	297
第三节 照明质量及照度计算	309
第四节 照明供电系统及其选择	316
复习思考题	325
习题	326
第九章 安全用电、节约用电与计划用电	327
第一节 电力供应与使用的管理原则	327
第二节 安全用电措施及触电急救	328

第三节	节约用电措施及并联电容器的装设与运行	337
第四节	计划用电措施及电价与电费	349
	复习思考题	352
	习题	353
第十章	供配电系统的运行维护与检修试验	354
第一节	企业变配电所的运行维护	354
第二节	供配电线路的运行维护	359
第三节	变配电所主要电气设备的检修试验	361
第四节	供配电线路的检修试验	376
	复习思考题	381
附录	382
附表 1	常用的电气图用图形符号	382
附表 2	S9 系列低损耗油浸式铜绕组电力变压器的主要技术数据	389
附表 3	部分高压断路器的主要技术数据	392
附表 4	部分万能式低压断路器的主要技术数据	393
附表 5	RM10 型密闭管式低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线	395
附表 6	RT0 型有填料管式低压熔断器的主要技术数据和保护特性曲线	396
附表 7	部分并联电容器的主要技术数据	397
附表 8	无功补偿率 Δq_c	397
附表 9	工业与民用建筑部分重要电力负荷的级别	398
附表 10	用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数	402
附表 11	部分企业的全厂需要系数、功率因数及年最大有功负荷利用小时 参考值	403
附表 12	LJ 型铝绞线、LGJ 型钢芯铝绞线和 LMY 型硬铝母线的主要 技术数据	403
附表 13	电力电缆的电阻和电抗值	405
附表 14	室内明敷和穿管的绝缘导线的电阻和电抗值	406
附表 15	导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数	406
附表 16	电力变压器配用的高压熔断器规格	407
附表 17	绝缘导线明敷、穿钢管和穿硬塑料管时的允许载流量	407
附表 18	10kV 常用三芯电缆的允许载流量	411
附表 19	LQJ-10 型电流互感器的主要技术数据	412
附表 20	外壳防护等级的分类代号	412
附表 21	架空裸导线的最小允许截面	413
附表 22	绝缘导线芯线的最小允许截面	413
附表 23	GL- ^{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	414
附表 24	爆炸和火灾危险环境的分区	415

附表 25	部分电力装置要求的工作接地电阻值	415
附表 26	土壤电阻率参考值	416
附表 27	垂直管形接地体的利用系数值	416
附表 28	普通照明白炽灯的主要技术数据	417
附表 29	一般生产车间及其他部分生产和生活场所的照度标准值	417
附表 30	GC1-A、B-1 型配照灯的主要技术数据和计算图表	419
附表 31	配照灯的比功率参考值	420
附表 32	功率因数调整电费表	420
习题参考答案		422
主要参考文献		426

第一章 概 论

本章概述供配电技术有关的一些基本知识，为学习本课奠定一个基础。首先简要说明供配电工作的意义、要求及课程任务，然后讲述供配电系统及发电厂、电力系统基本知识，接着讲述供电质量的一些要求及企业供配电电压的选择，最后介绍用电的申请及用户受电工程的建设要求。

第一节 供配电工作的意义、要求及课程任务

供配电技术，就是研究电力的供应和分配问题。电力，是现代工业生产的主要能源和动力，是现代文明的物质技术基础。没有电力，就没有工业现代化，就没有整个国民经济的现代化。现代社会的信息化和网络化，都是建立在电气化的基础之上的。工业生产只有电气化以后，才能大大增加产量，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的自动化。但是工矿企业的电力供应如果突然中断，则将对企业生产造成严重的后果，甚至可能发生重大的设备损坏事故或人身伤亡事故。因此做好供配电工作，对于保证企业生产的正常进行和实现工业现代化具有十分重要的意义。

供配电工作要很好地为工业生产和国民经济服务，切实保证工业生产和国民经济的需要，切实搞好安全用电、节约用电、计划用电（合称“三电”）工作，必须达到下列基本要求：

- (1) 安全——在电力的供应、分配和使用中，不应发生人身事故和设备事故。
- (2) 可靠——应满足电力用户对供电可靠性即连续供电的要求。
- (3) 优质——应满足电力用户对电压质量和频率质量等方面的要求。
- (4) 经济——应使供配电系统的投资少，运行费用低，并尽可能地节约电能和减少有色金属消耗量。

此外，在供配电工作中，应合理地处理局部与全局、当前与长远的关系，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，就不能只考虑本单位的局部利益，更要有全局观点，要服从公共电网的统一调度。

本课程的基本任务，主要是讲述一般企业（含工厂）内部的电力供应和分配问题，使学生初步掌握一般企业供配电系统运行维护和简单设计计算所需的基本

理论和基本知识，为今后从事企业供配电技术工作奠定初步的基础。本课程内容的实践性较强，因此学习过程中应注意理论联系实际，加强实践训练，以加深对课程内容的理解和掌握。

第二节 供配电系统及发电厂和电力系统基本知识

一、用电企业的供配电系统基本知识

用电企业以工厂为例，其供配电系统是指工厂所需的电力从进厂起到所有用电设备入端止的整个电力线路及其中变配电设备。

(一) 具有高压配电所的企业供配电系统

图 1-1 是一个有代表性的中型企业供配电系统的系统图。按国家标准 GB6988—1986^①《电气制图》定义，电气系统图是用电气图形符号或带注释的框概略表示电气系统的基本组成、相互关系及其主要特征的一种简图；而电路图则是用电气图形符号并按工作顺序，详细表示电路、设备或成套装置的全部基本组成和连接关系而不考虑其实际位置的一种简图。因此图 1-1 中未绘出高低压开关设

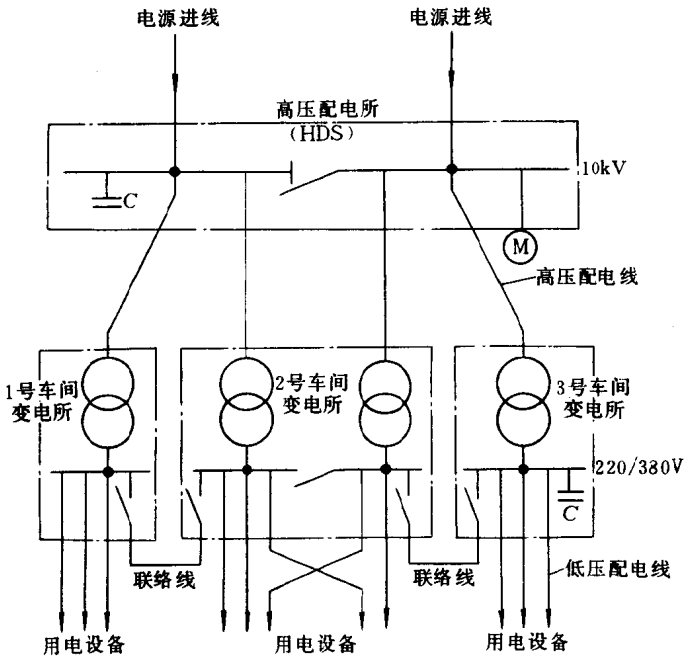


图 1-1 具有高压配电所的企业供配电系统的系统图

① 标准代号末尾的年月，本书统一改用全称，例如此处国标代号原为 GB6988—86，现改为 GB6988—1986。

备（除示出高低压母线上和低压联络线上的开关外）。为使图形简明，系统图和主电路图一般都只用一根线来表示三相线路，即将系统图和主电路图绘成“单线图”形式。关于电路图和系统图常用的图形符号如附录表 1 所示，这些图形符号均摘自国家标准 GB4728—1984、1985《电气图用图形符号》。

由图 1-1 可以看出，该企业高压配电所有两条 10kV 电源进线，分别接在高压配电所的两段母线上。所谓“母线”，就是用来汇集和分配电能的导体，又称“汇流排”。这种用一台开关分隔开的单母线结线，称为“单母线分段制”。当一条电源进线发生故障或进行检修而被切除时，可以闭合分段开关，由另一条电源进线来对整个配电所即全厂的负荷供电。这种具有双电源的高压配电所最常见的运行方式是：分段开关在正常情况下是闭合的，整个配电所由一条电源进线供电，通常来自公共高压电网；而另一条电源进线则作为备用，通常是从邻近单位取得备用电源。

该高压配电所有四条高压配电线，供电给三个车间变电所。车间变电所装有电力变压器（又称“主变压器”），将 10kV 高压降为低压用电设备所需的 220/380V 电压（220V 为相电压，380V 为线电压）。这里的 2 号车间变电所，其两台电力变压器分别由配电所的两段母线供电，而其低压侧也采用单母线分段制，从而使供电可靠性大大提高。又车间变电所的低压侧，又都通过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，该配电所有一条高压配电线，直接供电给一组高压电动机；另有一条高压配电线，直接连接一组高压并联电容器。3 号车间变电所的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、提高功率因数用的。

由以上介绍可知，配电所的任务是接受电能和分配电能；而变电所的任务是接受电能、变换电压和分配电能。两者的区别，在于变电所装设有电力变压器，较之配电所多了变换电压的任务。

（二）具有总降压变电所的企业供电系统

图 1-2 是一个比较典型的具有总降压变电所的大中型企业供电系统的系统

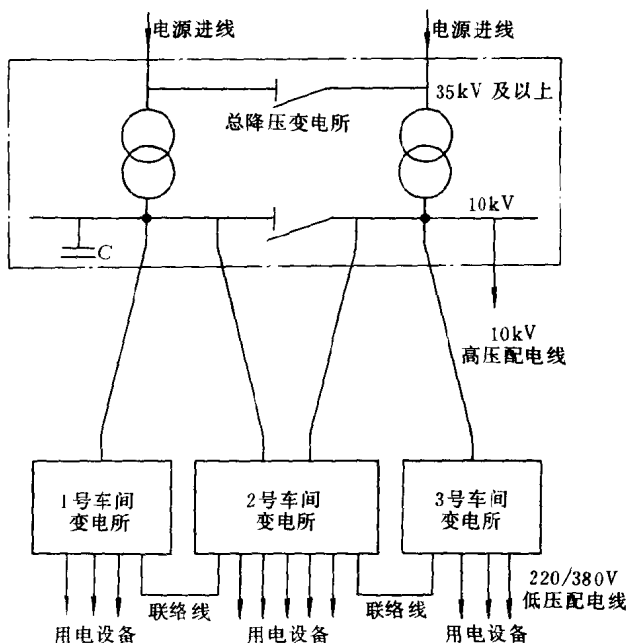


图 1-2 具有总降压变电所的企业供电系统的系统图