



普通中等专业教育机电类规划教材

工厂供电

成都电子机械高等专科学校
中原机械工业学校

刘介才
戴绍基

主编

第2版

机械工业出版社

普通中等专业教育机电类规划教材

工 厂 供 电

第 2 版

主编 刘介才 戴绍基
参编 史兰云 赵德申
主审 申鸿光



机械工业出版社

本书是根据机械工业部中等专业学校电气类专业教学指导委员会审定的中专工业电气化专业工厂供电教学大纲编写的,是机械工业部“九五”规划教材之一。

本书共分十章,分别介绍:工厂供电的有关知识和基本问题;工厂供电系统的主要电气设备;工厂供电系统的结线和结构;负荷计算和短路计算;电器和导体的选择与校验;继电保护装置及二次系统;防雷、接地及电气安全;工厂的电气照明;工厂的电能节约;工厂供电系统的运行维护与检修试验。

为便于复习和自学,章末还附有思考题和习题,书末附有习题的参考答案。此外,为便于实验和课程设计,书末还附有工厂供电实验指导书和课程设计任务书。

本书根据中等专业学校的特点,加强了工厂供电系统运行维护方面的内容,而且注意贯彻我国最新的规范和标准,注意介绍更新换代产品;在文字叙述方面也力求浅显易懂,便于自学。本书可作为工业电气化及有关专业的教材,亦可供有关工程技术人员参考。

工 厂 供 电

第 2 版

成都电子机械高等专科学校 刘介才 主编
中原机械工业学校 戴绍基

*

责任编辑:贡克勤 版式设计:冉晓华
封面设计:姚毅 责任校对:李汝庚
责任印制:王国光

*

机械工业出版社出版(北京市百万庄大街 22 号)

邮政编码:100037

(北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号)

北京京丰印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆·20.5 印张·字数 495 千字

1999 年 3 月第 2 版第 8 次印刷

印数 160 001—165 000 定价:25.00 元

*

ISBN 7-111-06209-4/TM·723 (课)

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

前 言

本书是普通中等专业教育“九五”规划教材，是1993年初版的修订本。

本书初版由成都无线机械学校（现成都电子机械高等专科学校）刘介才主编，上海电机技术高等专科学校申鸿光主审。福建机电学校林松、中原机械工业学校戴绍基和山东机械工业学校史兰云参加了初版的编写，分别编写了初版的第三章、第七章和第九章。

按照机械工业部中专“九五”规划教材的要求，1997年元月在河南省南阳市召开了中专《工厂供电》教材修订会议。会议对本书初版投入使用三年来的情况进行了深入的讨论，决定初版的“第四章负荷计算及电器与导体的选择”和“第五章短路计算及电器与导体的校验”，调整为“第四章负荷计算和短路计算”和“第五章电器和导体的选择与校验”。其他各章基本不变。

本书的修订分工如下：成都电子机械高等专科学校刘介才编写第一、四、五、十章；中原机械工业学校戴绍基编写第二、三、七章和附录；中原机械工业学校赵德申编写第六、八章；山东机械工业学校史兰云编写第九章。刘介才、戴绍基担任主编，上海电机技术高等专科学校申鸿光担任主审。

1997年9月在上海召开了本书的审稿会议。参加审稿会议的除教材编、审人员外，特邀上海电机技术高等专科学校孙兴旺老师、浙江省机械工业学校俞秀金老师参加审稿。主审和与会人员对书稿进行了认真讨论，提出了不少宝贵意见。本书最后由主编定稿。

本书这次修订，除了个别章节作了一些调整外，主要是根据我国近几年正式颁布施行的有关规范标准进行了修订，有的内容进行了更新。至于有关图形符号和文字符号，仍沿袭初版，全部采用我国新国标或按新国标派生。为了便于教学，书中标有*号的章节，可安排为选讲或自学内容。

本书的修订得到编、审者所在单位的大力支持，谨在此表示衷心的感谢！

限于我们的思想水平和业务水平，书中难免还有不少缺点错误，恳切希望使用本书的师生和广大读者批评指正。

编者

1997年9月

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	文字符号	中文含义	英文含义	旧符号				
A	装置 放大器	device amplifier	— FD	PV	电压表	voltmeter	V				
				Q	电力开关	power switch	K				
				QF	断路器	circuit-breaker	DL				
APD	备用电源自动投入装置	auto-put-into device of reserve-source	BZT	(QA)	低压断路器(自动开关)	low-voltage circuit-breaker(auto-switch)	ZK				
ARD	自动重合闸装置	auto-reclosing device	ZCH	QK	刀开关	knife-switch, blade	DK				
C	电容,电容器	electric capacity, capacitor	C	QL	负荷开关	load-switch, switch-fuse	FK				
F	避雷器	arrester	BL	QM	手力操动机构辅助触点	auxiliary contact of manual operating mechanism	—				
FU	熔断器	fuse	RD								
G	发电机,电源	generator, source	F								
HL	指示灯,信号灯	indicator lamp, pilot lamp	XD	QS	隔离开关	disconnector	GK				
K	继电器,接触器	relay, contactor	J;C,JC	R	电阻	resistance	R				
KA	电流继电器	current relay	LJ	RP	电位器	potential meter	W				
KG	瓦斯继电器(气体继电器)	gas relay	WSJ	S	起辉器	glow starter	S				
								SA	控制开关 选择开关	control switch selector switch	KK XK
KH	热继电器,温度继电器	heating relay, thermal relay	RJ	T	变压器	transformer	B				
								TA	电流互感器	current transformer	LH(CT)
								TAN	零序电流互感器	neutral-current transformer	LLH
KM	中间继电器(辅助继电器) 接触器	medium relay (auxiliary relay) contactor	ZJ C,JC	TV	电压互感器	voltage transformer, potential transformer	YH (PT)				
KO	合闸接触器	closing operation contactor	HC	U	变流器,整流器	converter, rectifier	BL, ZL				
KS	信号继电器	signal relay	XJ	V	电子、晶体管	electric tube transistor	D, BG				
KT	时间继电器(延时继电器)	timing relay, time-delay relay	SJ	W	导线,母线	wire, busbar	L, M				
KV	电压继电器	voltage relay	YJ	WAS	事故音响信号小母线	accident sound signal small-busbar	SYM				
L	电感,电感线圈; 电抗器	inductance, inductive coil, reactor	L	WB	母线	busbar	M				
M	电动机	motor	D	WC	控制回路电源小母线	control circuit source small-busbar	KM				
N	中性线	neutral wire	N								
PA	电流表	ammeter	A	WF	闪光信号小母线	flash-light signal small-busbar	SM				
PE	保护线	protective wire	—	WFS	预报信号小母线	forecast signal small-busbar	YBM				
PEN	保护中性线	protective neutral wire	N								
PJ	电能表,电度表	energy meter	Wh, varh								

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号	文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
WL	灯光信号小母线	light signal small-busbar	DM	X	端子板	terminal strip	—
WO	合闸回路电源小母线	switch-on circuit source small-busbar	HM	XB	连接片	connector	LP
				YA	电磁铁	electromagnet	DC
WS	信号回路电源小母线	signal circuit source small-busbar	XM	YO	合闸线圈	closing operation coil	HQ
WV	电压小母线	voltage small-busbar	YM	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	文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
a	年,每年	annual	n	ima	假想	imaginary	jx
a	有功	active	a, yg	k	短路	short-circuit	d
Al	铝	aluminium	Al	KA	继电器	relay	J
al	允许	allowable	yx	L	电感	inductance	L
av	平均	average	pj		负荷,负载	load	H, fz
c	计算顶棚,天花板	calculate ceiling	js	L	灯	lamp	D
				dp	l	线,线路	line
cab	电缆	cable	L	l	长延时	long-delay	l
cr	临界	critical	lj	M	电动机	motor	D
Cu	铜	copper	Cu	man	人工的,手力的	manual	rg
d	需要基准	demand datum	x	m	最大	maximum	m
				j	max	最大	maximum
d	日	day	—	min	最小	minimum	min
dsq	不平衡	disequilibrium	bp	N	额定,标称	rated, nominal	e
E	地,接地	earth, earthing	d, jd	n	数,总数	number, total	n
e	设备	equipment	S, SB	nat	自然的	natural	zr
e	有效	efficient	yx	np	非周期性的	non-periodic, aperiodic	f-zq
eq	等效	equivalent	dx	oc	断路	open circuit	dl
ec	经济	economic	j, ji	oh	架空线路	over-headline	K
es	电动稳定	electrokinetic stable	dw	oL	过负荷,过载	over-load	gh
FE	熔体	fuse-element	RT	op	动作	operat	dz
Fe	铁	iron	Fe	OR	过电流脱扣器	over-current release	TQ
h	高度	height	h				
i	电流任意常数	current arbitrary constant	i				

(续)

文字符号	中文含义	英文含义	旧符号	文字符号	中文含义	英文含义	旧符号
p	有功功率	active power	p	w	结线,接线	wiring	JX
	周期性的	periodic	zq		工作	working	qz
	保护	protect	J		墙壁	wall	—
pk	尖峰	peak	jf	wk	破坏	wreck	ph
q	无功功率	reactive power	q	WL	导线,线路	wire, line	l, XL
qb	速断	quick break	sd	x	某一数值	a number	x
r	无功	reactive	r, wg	XC	[触头]接触	contact	jc
RC	室空间	room cabin	RC	a	吸收	absorption	a
re	返回	return	f	ρ	反射	reflection	ρ
rel	可靠(性)	reliability	k	θ	温度	temperature	θ
S	系统	system	XT	Σ	总和	total, sum	Σ
s	短延时	short-delay	—	τ	透射	transmission	τ
saf	安全	safety	—	φ	相	phase	φ
sh	冲击	shock, impulse	cj, ch	0	零,无,空	zero, nothing, lmpy	0
st	起动	start	q, qd	0	停止,停歇	stopping	0
$step$	跨步	step	kp		每(单位)	per (unit)	0
t	时间	time	t		中性线	neutral wire	0
tou	接触	touch	jc		起始的	initial	0
TR	热脱扣器	thermal release	R, RT		周围(环境)	ambient	0
				瞬时	instantaneous	0	
				30	半小时[最大]	30min[maximum]	30

注：以上字符表中“旧符号”主要指刘介才主编《工厂供电》1979年版和1984年版曾采用的文字符号，这些符号基本符合GB315-64《电工设备文字符号编制通则》和GB7159-87《电气技术中的文字符号制定通则》的规定。

目 录

前言	
常用字符表	IV
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 工厂供电系统及其电源和负荷	1
第三节 电力系统的电压	7
第四节 电力系统的中性点运行方式	14
思考题	18
习题	18
第二章 工厂供电系统的主要电气设备	20
第一节 工厂供电系统电气设备的分类	20
第二节 电气设备中的电弧问题	20
第三节 高低压熔断器	23
第四节 高低压开关设备	26
第五节 电流互感器和电压互感器	42
第六节 高低压成套配电装置	47
第七节 电力变压器	50
思考题	51
第三章 工厂供电系统的结线和结构	53
第一节 工厂变配电所的主结线方案	53
第二节 工厂变配电所的结构与布置	61
第三节 工厂电力线路的结线方式	70
第四节 工厂电力线路的结构与敷设	75
思考题	86
第四章 负荷计算和短路计算	88
第一节 电力负荷和负荷曲线的有关概念	88
第二节 用电设备组计算负荷的确定	91
第三节 工厂计算负荷的确定	97
第四节 尖峰电流及其计算	101
第五节 短路及短路电流的有关概念	102
第六节 短路电流的计算	106
第七节 短路电流的效应	115
思考题	120
习题	120
第五章 电器和导体的选择与校验	122
第一节 电力变压器的容量和过负荷能力	122
第二节 工厂变电所主变压器台数和容量的选择	123
第三节 高低压电器的选择与校验	124
第四节 工厂电力线路的选择与校验	133
思考题	142
习题	143
第六章 继电保护装置及二次系统	144
第一节 继电保护装置的任务和要求	144
第二节 常用的保护继电器	145
第三节 工厂高压线路的继电保护	152
第四节 电力变压器的继电保护	166
第五节 断路器的控制回路和信号系统	172
第六节 绝缘监察装置和测量仪表	177
第七节 工厂供电系统二次回路接线图	180
思考题	184
习题	185
第七章 防雷、接地及电气安全	186
第一节 过电压与防雷	186
第二节 电气设备的接地	196
第三节 电气安全	211
思考题	216
习题	216
第八章 工厂的电气照明	217
第一节 照明技术的有关概念	217
第二节 工厂常用的电光源和灯具	219
第三节 照度标准及照度计算	226
第四节 照明供电系统及其选择	229
思考题	234
习题	234
第九章 工厂的电能节约	235
第一节 电能节约的意义	235
第二节 工厂电能节约的一般措施	235
第三节 工厂供用电设备的电能节约	238

第四节 无功功率的人工补偿	250	导线明敷、穿钢管和穿塑料管	
思考题	259	时的允许载流量	292
习 题	259	表 A-15 户内明敷及穿管的绝缘导线	
第十章 工厂供电系统的运行维护与		的电阻和电抗	294
检修试验*	260	表 A-16 GL- $\frac{1}{2}$ 型感应式电流继电器	
第一节 工厂变配电所的运行维护	260	的主要技术数据及动作特性	
第二节 工厂电力线路的运行维护	264	曲线	294
第三节 工厂变配电所主要电气设备的		表 A-17 常用接闪器的安装部位和	
检修试验	266	材料规格	295
第四节 工厂电力线路的检修试验	279	表 A-18 部分电力装置要求的工作	
思考题	283	接地电阻值	296
附录	284	表 A-19 土壤电阻率参考值	296
附录A 部分常用技术数据表	284	表 A-20 钢接地体和接地线的最小	
表 A-1 RT0 型低压熔断器的主要技术		尺寸规格	296
数据及保护特性曲线	284	表 A-21 垂直管形接地体的利用	
表 A-2 RM10 型低压熔断器的主要		系数	297
技术数据及保护特性曲线	285	表 A-22 PZ220 型普通白炽灯泡的	
表 A-3 SN10-10 型高压少油断路器的		主要技术数据	297
主要技术数据	285	表 A-23 室内一般照明灯具距离地面	
表 A-4 DW19 型低压断路器的主要		的最低悬挂高度	298
技术数据	286	表 A-24 生产车间及工作和生活场所	
表 A-5 SL7 系列低损耗电力变压器		的平均照度值	299
的主要技术数据	287	表 A-25 GC1- $\frac{1}{2}$ -1 型工厂配照灯的	
表 A-6 用电设备组的需要系数、二项式		主要技术数据	300
系数及功率因数数值	288	表 A-26 配照灯的比功率参考值	301
表 A-7 部分工厂的全厂需要系数、		表 A-27 几种高耗电产品电耗最高	
功率因数及年最大有功负荷		限额指标	301
利用小时参考值	289	附录B 工厂供电实验指导书实验须知	302
表 A-8 无功补偿率	289	实验一 高压电器的认识实验	303
表 A-9 BW 系列并联电容器的主要		实验二 低压电器的认识实验	304
技术数据	289	实验三 定时限过电流保护实验	306
表 A-10 导体在正常和短路时的最高		实验四 反时限过电流保护实验	307
允许温度及热稳定系数	290	实验五 电缆绝缘电阻的测量及故障	
表 A-11 架空裸导线的最小截面积	291	的探测分析	309
表 A-12 绝缘导线线芯的最小截面积	291	附录C 工厂供电课程设计任务书	310
表 A-13 LJ 型铝绞线的电阻、电抗		附录D 习题参考答案	314
和允许载流量	291	参考文献	317
表 A-14 BLX 型和 BLV 型铝心绝缘			

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,为学习以后各章内容打下一定基础。首先简要说明工厂供电的意义、要求和课程任务,接着简介一些典型的工厂供电系统及发电厂和电力系统的基本知识,简述工厂电力负荷的分级及其对供电电源的要求,然后重点论述关系供电系统全局的两个问题,即电力系统的电压和电力系统中性点的运行方式。

第一节 工厂供电的意义、要求及课程任务

工厂供电,就是指工厂所需电能的供应和分配问题。我们知道,电能是现代工业生产的主要能源和动力。工业生产应用电能和实现电气化以后,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自动化。但是,工厂的电能供应如果突然中断,则将对工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。由此可见,搞好工厂供电工作对于保证工业生产的正常进行和实现工业现代化,具有十分重大的意义。

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,并搞好电能的节约,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质量和频率质量等方面的要求。
- (4) 经济 应使供电系统的投资少,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。例如计划供用电问题,就不能只考虑一个单位的局部利益,更要有全局观点。

本课程的基本任务,主要是讲述中小型机械类工厂内部的电能供应和分配问题,使学生初步掌握中小型工厂供电系统运行维护及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初步的基础。本课程实践性较强,学习时应注重理论联系实际,培养实际实用能力。

第二节 工厂供电系统及其电源和负荷

一、工厂供电系统

工厂供电系统是指工厂所需的电力电源从进厂起到所有用电设备入端止的整个电路。

一些中小型工厂的电源进线电压为 10kV (或 6kV),某些大中型工厂的电源进线电压可为 35kV 及以上,某些小型工厂则可直接采用低压进线。所谓“低压”,是指低于 1kV 的电压;

而 1kV 以上的电压则称为“高压”^①。

(一) 具有高压配电所的工厂供电系统

图 1-1 是一个比较典型的中型工厂供电系统的系统图^②，图 1-2 是其平面布线图。为使图形简明，系统图、布线图及后面将涉及的主电路图，一般都只用一根线来表示三相线路，即绘成“单线图”的形式。必须说明，这里绘出的系统图未绘出其中的开关电器，但示意性地绘出了高低压母线上和低压联络线上装设的开关。

从图 1-1 可以看出，该厂的高压配电所有两条 10（或 6）kV 的电源进线，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”。这种利用一台开关分隔开的单母线结线形式，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，通常来自公共高压配电网；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。

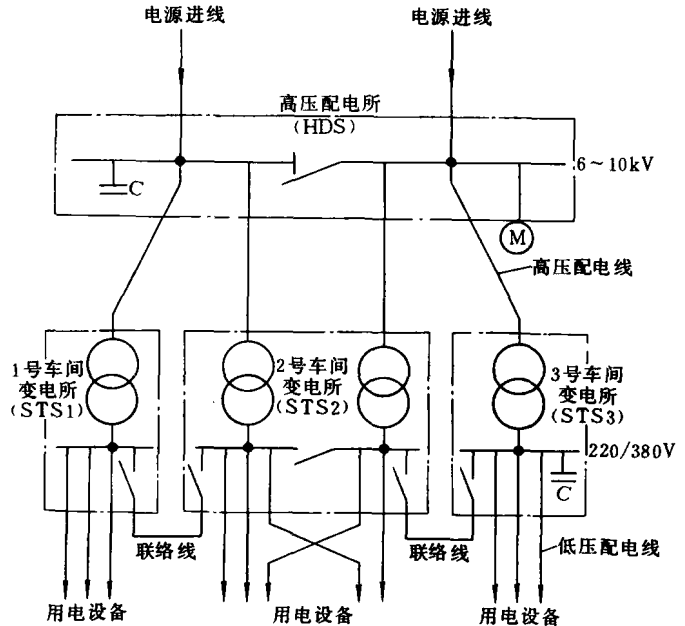


图 1-1 具有高压配电所的工厂供电系统图

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 10（或 6）kV 高压降为低压用电设备所需的 220/380V 电压^③。这里的 2 号车间变电所，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。各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。

(二) 具有总降压变电所的工厂供电系统

- ① 这里所谓的“低压”、“高压”是从设计制造的角度来划分的。如果从电气安全的角度，则按我国电力行业标准 DL408-91 规定：“低压”为设备对地电压低于 250V 者；“高压”为设备对地电压在 250V 以上者。
- ② 按 GB 6988-86《电气制图》定义：“系统图”是用符号或带注释的框，概略表示系统或分系统的基本组成、相互关系及其主要特征的一种简图。而“电路图”是用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。
- ③ 按 GB 156-93《标准电压》规定，电压“220/380V”中的 220V 为三相交流系统的相电压，380V 为线电压。

图 1-3 是一个比较典型的具有总降压变电所的大中型工厂供电系统的系统图。总降压变电所有两条 35kV 及以上电源进线，采用“桥形结线”。35kV 及以上的电压经该所电力变压器降为 10（或 6）kV 的电压，然后通过高压配电路将电能送到各车间变电所。车间变电所又经电力变压器将 10（或 6）kV 的电压降为一般低压用电设备所需的 220/380V 的电压。为了补偿系统的无功功率和提高功率因数，通常在 10（或 6）kV 的高压母线上或 380V 的低压母线上接入并联电容器。

(三) 高压深入负荷中心的工厂供电系统

如果当地的电源电压为 35kV，而厂区环境条件和设备条件又允许采用 35kV 架空线路和较经济的电气设备时，则可考虑采用 35kV 作为高压配电电压，35kV 线路直接引入靠近负荷中心的车间变电所，经电力变压器直接降为低压用电设备所需的电压，如图 1-4 所示。这种高压深入负荷中心的直配方式，可以节省一级中间变压，从而简化了供电系统，节约有色金属，降低电能损耗和电压损耗，提高供电质量。但是必须考虑厂区要有满足 35kV 架空线路的“安全走廊”，以确保供电安全。

(四) 只有一个变电所或配电所的工厂供电系统

对于小型工厂，由于所需电力容量一般不大于 1000kVA 或稍多，因此通常只设一个将 10（或 6）kV 的电压降为低压的降压变电所，其系统图如图 1-5 所示。这种变电所相当于上述的车间变电所。

如果工厂所需电力不大于 160kVA，通常采用低压进线，直接由当地的 220/380V 公共电网供电，因此工厂只需设置一个低压配电所（通称“配电间”），通过低压配电间直接向各

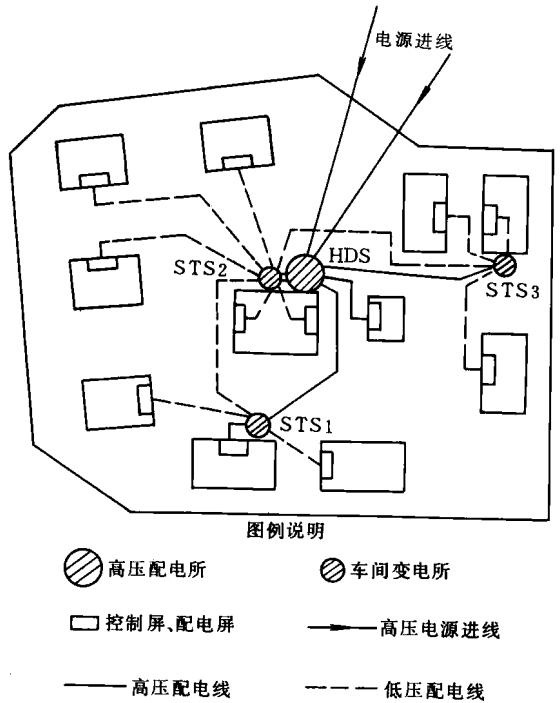


图 1-2 图 1-1 所示工厂供电系统的平面布线图

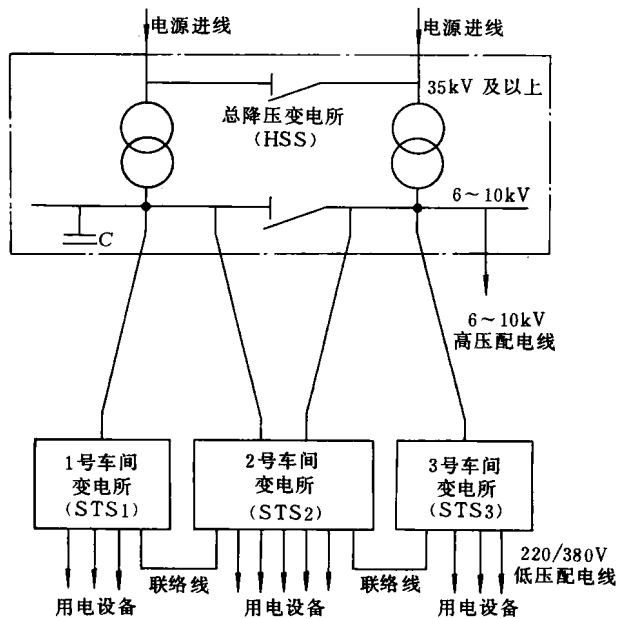


图 1-3 具有总降压变电所的工厂供电系统图

车间配电。

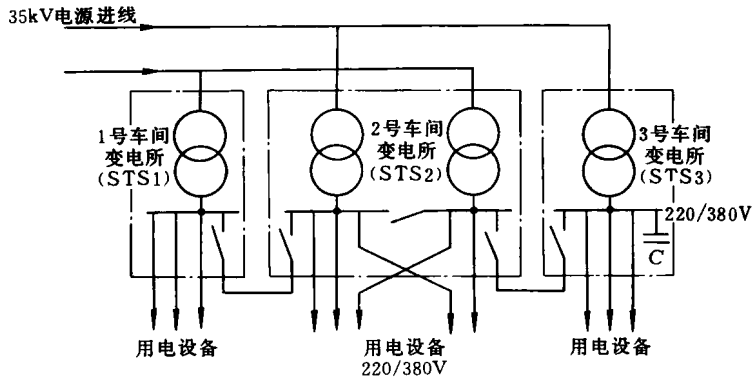


图 1-4 高压深入负荷中心的工厂供电系统图

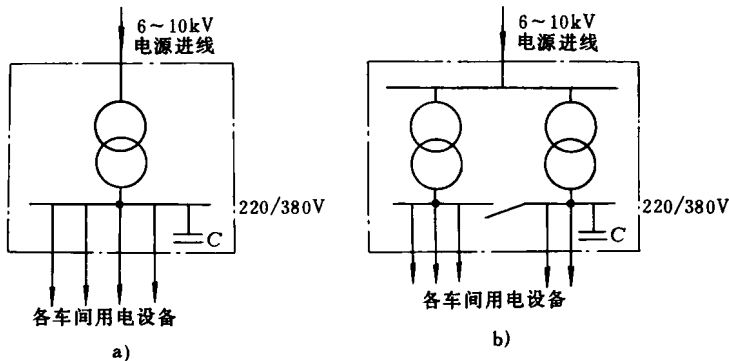


图 1-5 只有一个降压变电所的工厂供电系统图

a) 装有一台变压器 b) 装有两台变压器

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

二、发电厂和电力系统

工厂所需的电力是由发电厂生产的。但发电厂大多建设在能源基地附近，往往离用电负荷很远。为了减少输电损失，因此发电厂发出的电压一般要经升压变压器升压，而用电负荷的电压一般是低压，因此升压输送的电能最后要经降压变压器降压，如图 1-6 所示。由于发电、输电、变电、配电和用电的全过程，对电能本身来说实际上是在同一瞬间实现的，因此在研究工厂供电问题时有必要了解发电厂及电力系统方面的一些基本知识。

(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如水力、煤炭、石油、天然气、风力、地热、太阳能和核能等，转换为电能（二次能源）的工厂。发电厂按其利用的能源不同，可分为水力发电厂、火力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂等等类型。这里只简介水力发电厂、火力发电厂和核能发电厂。

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。

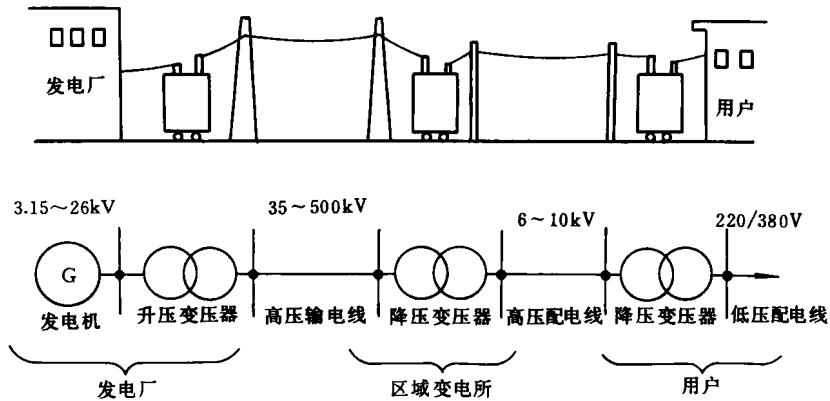
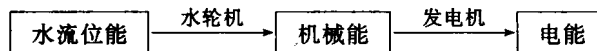


图 1-6 从发电厂到用户的送电过程示意图

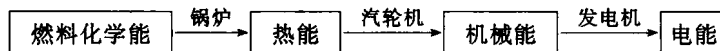
水电站的发电容量与水电站所在地点上下游的水位差（通称“水头”，或称“落差”）和流过水轮机的水流量的乘积成正比，因此建造水电站，必须用人工的办法来提高水位。最常用的办法，是在河道上建筑一个很高的拦河坝，使上游形成水库，提高上游水位，使坝的上下游形成尽可能大的落差。水电站就建在大坝后面。这种水电站称为“坝后式水电站”。我国一些大型水电站包括正在建设中的三峡水电站，都属于这种类型。另一种提高水位的办法，是在具有相当坡度的弯曲河段上游，筑一低坝，拦住河水，然后利用沟渠或隧洞，将河水直接引至建在河段末端的水电站。这种水电站，称为“引水式水电站”。还有一种水电站，是上述两种方式的综合，由水坝和引水渠道分别提高一部分水位。这种水电站，称为“混合式”水电站。

水电站的能量转换过程是



2. 火力发电厂和热电厂 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。我国的火电厂以燃煤为主。为了提高燃煤效率，现代火电厂都把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，推动汽轮机转动，使与它联轴的发电机旋转发电。

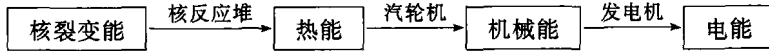
火电厂的能量转换过程是



现代火电厂一般都考虑了“三废”（废渣、废水、废汽）的综合利用，并且不仅发电，而且供热（供应蒸汽和热水）。这种既供电又供热的火电厂，称为“热电厂”或“热电站”。热电厂一般靠近城市或工业区。

3. 核能发电厂 核能发电厂又称“核电站”。它是利用原子核的裂变能（即“核能”）来生产电能的电站。它的生产过程与火电厂基本相同，只是以核反应堆代替了燃煤锅炉，以少量的核燃料取代了大量的煤炭等燃料。

核电站的能量转换过程是



由于核能是极其巨大的能源，而且核电建设具有重要的经济和科研价值，所以世界各国都很重视核电建设，核电发电量的比重正在逐年增长。

从我国的国情出发，我国的电力建设方针确定为“因地制宜，水火并举，适当发展核电，充分发挥我国的水电优势。”我国除了新建和扩建了一批水电站和火电厂外，还兴建了秦山、大亚湾等核电站，并正在兴建举世瞩目的世界上最大的三峡水电站。

(二) 电力系统

由各种电压的电力线路，将各种发电厂、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”。

图 1-7 是一个大型电力系统的系统图。

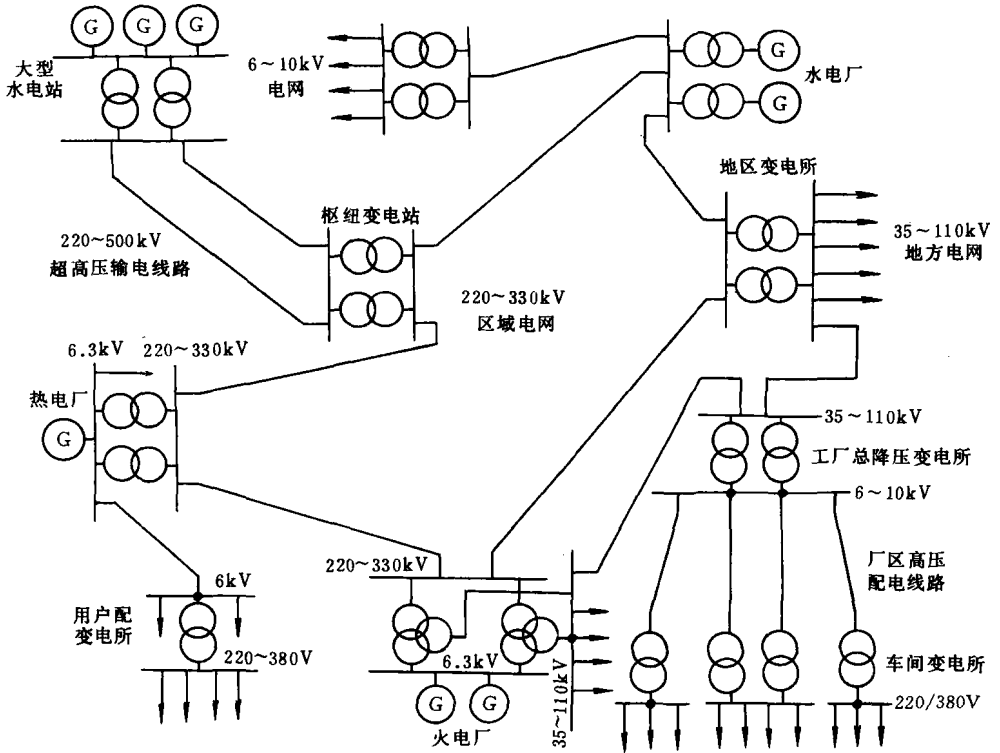


图 1-7 大型电力系统的系统图

电力系统中的各级电压线路及其联系的变配电所，称为“电力网”，简称“电网”。但习惯上，电网或系统往往按电压等级来划分，如说 10kV 电网或 10kV 系统，实指 10kV 的整个线路。

建立大型电力系统，可以更经济合理地利用动力资源（首先是充分利用水力资源），降低发电成本，减少电能损耗，保证供电质量（即电压和频率合乎规范要求），并大大提高供电可靠性，有利于整个国民经济的发展。

三、工厂的电力负荷

电力负荷有两个含义：一是指用电设备或用电单位（用户）；另一是指用电设备或用户所消耗的电功率或电流。这里所讲的电力负荷，是指的前者。

（一）电力负荷的分级

电力负荷根据其对供电可靠性的要求及中断供电在政治、经济上所造成损失或影响的程度，分为以下三级：

1. 一级负荷 符合下列情况之一时，应为一级负荷：①中断供电将造成人身伤亡时；②中断供电将在政治、经济上造成重大损失时，例如重大设备损坏、大量产品报废、用重要原料生产的产品大量报废、国民经济中重点企业的连续生产过程被打乱需要长时间才能恢复时；③中断供电将影响有重大政治、经济意义的用电单位的正常工作时，例如重要交通枢纽、重要通信枢纽、重要宾馆、大型体育场馆、经常用于国际活动的大量人员集中的公共场所等用电单位中的重要电力负荷。

在一级负荷中，当中断供电将发生中毒、爆炸和火灾等情况的负荷，以及特别重要场所的不允许中断供电的负荷，应视为特别重要的负荷。

2. 二级负荷 符合下列情况之一时，应为二级负荷：①中断供电将在政治、经济上造成较大损失时，例如主要设备损坏、大量产品报废、连续生产过程被打乱需较长时间才能恢复、重点企业大量减产时；②中断供电将影响重要用电单位的正常工作时，例如交通枢纽、通信枢纽等用电单位中的重要电力负荷，以及中断供电将造成大型影剧院、大型商场等较多人员集中的重要的公共场所秩序混乱时。

3. 三级负荷 不属于一级和二级负荷者应为三级负荷。

（二）各级电力负荷对供电电源的要求

1. 一级负荷对供电电源的要求 一级负荷属重要负荷，应由两个独立电源供电。当一个电源发生故障时，另一个电源不应同时受到损坏。

一级负荷中特别重要的负荷，除由两个独立电源供电外，尚应增设应急电源，并严禁将其他负荷接入应急供电系统。可作为应急电源的电源有：①独立于正常电源的发电机组；②供电网络中独立于正常电源的专用的馈电线路；③蓄电池；④干电池。

2. 二级负荷对供电电源的要求 二级负荷也属重要负荷，但其重要程度次于一级负荷。二级负荷宜由两回线路供电，供电变压器一般也应有两台。在负荷较小或地区供电条件困难时，二级负荷可由一回 6kV 及以上专用的架空线路或电缆供电。当采用架空线时，可为一回架空线供电；当采用电缆线路时，应采用两根电缆组成的线路供电，其每根电缆应能承受 100% 的二级负荷。

3. 三级负荷对供电电源的要求 三级负荷属不重要负荷，对供电电源无特殊要求。

第三节 电力系统的电压

一、概述

电力系统中的所有电气设备，都是规定有一定的工作电压和频率的。电气设备在其额定电压和频率下工作时，其综合的经济效果最好。例如感应电动机，若电压偏高，虽转矩增大，但电流也增大，温升增高，将使绝缘严重受损，缩短使用寿命；若电压偏低，则转矩将按电

压二次方成比例地减小，而在负荷转矩要求一定的情况下，绕组电流必然增大，并使绝缘受损，缩短使用寿命。若电源频率偏高或偏低，也将严重影响电动机的转矩和使用寿命。又如白炽灯，若电压偏高，其使用寿命将大大缩短；若电压偏低，则灯光明显变暗，严重影响工作效率和人的视力健康。一般认为，电压、频率和供电连续可靠，是表征电能质量的基本指标。

我国采用的工业频率（简称“工频”）为 50Hz，频率偏差范围一般规定为 $\pm 0.5\text{Hz}$ 。如电力系统容量达 3000MW 及以上时，则频率偏差范围规定为 $\pm 0.2\text{Hz}$ 。但是频率的调整主要依靠发电厂。对于工厂供电系统来说，提高电能质量主要是提高电压质量和供电可靠性的问题。

电压质量，不只是指对额定电压来说是电压偏高或偏低即电压偏差的问题，而且包括电压波动以及电压波形是否畸变即是否含有高次谐波成分的问题。

二、三相交流电网和电力设备的额定电压

我国规定的三相交流电网和电力设备的额定电压，如表 1-1 所示。下面对此表作一些说明。

表 1-1 我国三相交流电网和电力设备的额定电压

分类	电网和用电设备 额定电压 kV	发电机额定电压 kV	电力变压器额定电压/kV	
			一次绕组	二次绕组
低 压	0.22	0.23	0.22	0.23
	0.38	0.40	0.38	0.40
	0.66	0.69	0.66	0.69
高 压	3	3.15	3, 3.15	3.15, 3.3
	6	6.3	6, 6.3	6.3, 6.6
	10	10.5	10, 10.5	10.5, 11
	—	13.8, 15.75, 18, 20, 22, 24, 26	13.8, 15.75, 18, 20, 22, 24, 26	—
	35	—	35	38.5
	66	—	66	72.5
	110	—	110	121
	220	—	220	242
	330	—	330	363
500	—	500	550	

（一）电网（电力线路）的额定电压

电网的额定电压等级是国家根据国民经济发展的需要及电力工业的水平，经全面的技术经济分析后确定的。它是确定各类电力设备额定电压的基本依据。表 1-1 中电网额定电压等级是 GB 156—93《标准电压》所规定的。

（二）用电设备的额定电压

由于用电设备运行时要在线路中产生电压损耗，因而造成线路上各点的电压略有不同，如