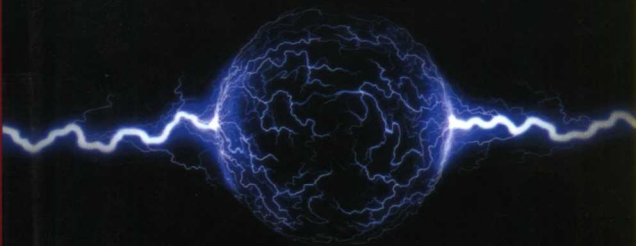




全国电力高等职业教育规划教材



中国电力教育协会审定
全国电力出版指导委员会推荐
王艳华主编 韩志凌副主编

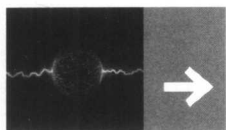
GONGYE QIYE GONGDIAN

工业企业供电



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>



全国电力高等职业教育规划教材

工业企业供电

主 编 王艳华
副主编 韩志凌
编 写 宋玉秋 邹振春
高 嵩
主 审 刘介才 徐其春



中国电力出版社

<http://jc.cepp.com.cn>

内 容 提 要

本书为全国电力高等职业教育规划教材。

本书共分九章, 主要内容包括工业企业供电的基本知识、负荷计算、工业企业电力线路、短路电流计算、电气设备及其选择、供电系统继电保护、防雷与接地、二次接线及自动装置、电能质量的提高与节约电能、工业企业电气照明等。每章后附有习题, 便于读者学习。

在内容选取上以必需、够用为度, 力求覆盖工业企业供电所要求的全部重点内容, 并注重介绍新技术的应用和供电技术的发展趋势, 内容系统、实用性强、深入浅出。书中文字符号和电气符号均采用我国新颁布的标准。

本书适用于高职高专、成人学校及电视大学供用电技术专业、电气技术专业、工业电气自动化专业等电类专业学生使用, 还可供中专、技校同类专业学生使用, 也可供有关供电系统工程的技术人员等参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

工业企业供电/王艳华主编. —北京: 中国电力出版社, 2005

全国电力高等职业教育规划教材

ISBN 7-5083-2980-5

I. 工… II. 王… III. 工业用电-供电-高等学
术: 技术学校-教材 IV. TM727.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 004523 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://jc.cepp.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2005 年 1 月第一版 2005 年 1 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 16.75 印张 383 千字

印数 0001—3000 册 定价 25.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换)



序

高职高专教材建设是高职高专教育的重要组成部分,是一项极具重要意义的基础性工作,对高职高专教育培养目标的实现起着举足轻重的作用。

根据《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》(国发[2002]16号),要充分发挥行业、企业、社会中介组织和人民团体在发展职业教育中的作用;行业主管部门要对行业职业教育进行协调和业务指导,制定行业职业教育和培训规划,参与相关专业的课程教材建设;积极推进课程和教材改革,开发和编写反映新知识、新技术、新工艺和新方法,具有职业教育特色的课程和教材。

为贯彻落实《国务院关于大力推进职业教育改革与发展的决定》精神,进一步推动高等职业教育的发展,加强高职高专教材建设,根据教育部关于通过多层次的教材建设,逐步建立起多学科、多类型、多层次、多品种系列配套的教材体系的精神,中国电力教育协会组织制订了反映电力行业特点、体现高等职业教育特色的全国电力高等职业教育教材规划。同时,为适应电力体制改革和电力高等职业教育发展的需要,中国电力教育协会还组建了全国电力高等职业教育教材建设指导委员会,以便更好地推动全国电力高职高专教材的研究、规划与开发。

高职高专教材建设应紧紧围绕培养高等技术应用性专门人才开展工作。基础课程教材要体现以应用为目的,以必需、够用为度,以讲清概念、强化应用为教学重点;专业课程教材要加强针对性和实用性。同时,高职高专教材建设不仅要注重内容和体系的改革,还要注重方法和手段的改革,以满足科技发展和生产实际的需求。此外,高职高专教材建设还要推动高职高专教育人才培养模式改革,促进高职高专教育协调发展。希望通过我们的共同努力,陆续推出一批内容新、体系新、方法新、手段新,在内容质量上和出版质量上有突破的高水平高职高专教材,力争尽快形成一纲多本、优化配套,适用于不同地区、不同学校、特色鲜明的高职高专教育教材体系。

在全国电力高等职业教育教材规划的组织实施过程中,得到了教育部、劳动和社会保障部、国家电网公司、中国电力企业联合会、中国高等职业技术教育研究会、有关院校和广大教师的大力支持,在此一并表示衷心的感谢。

全国电力高等职业教育教材规划工作是一项长期性任务,今后将根据相关专业课程体系改革和教学需要不断补充完善。在教材的使用过程中,请大家随时提出宝贵的意见

和建议,以便今后修订或增补。(联系方式:100761 北京市宣武区白广路二条1号综合楼
9层 中国电力教育协会教材建设办公室 010-63416237)

中国电力教育协会



前言

本书为全国电力高等职业教育规划教材,是根据《高职高专教育专门课课程基本要求》和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》编写的,体现了高等职业教育的应用特性和能力本位,本教材可供高职高专学校供用电技术专业、电气技术专业、工业电气自动化专业等相关专业使用。

全书共分九章。首先简要地介绍了工业企业供电系统的概况及有关知识,接着系统地讲述了工业企业的电力负荷及其计算,工业企业电力线路,短路电流计算,电气设备及其选择条件,工业企业供电系统继电保护,接地与防雷,二次接线及自动装置,最后讲述了供电质量的提高、节约电能、电气照明的基本知识。为了便于学生学习,每章末附有习题,本书前面列出常用的电气设备的文字符号以及物理量下角标的文字符号,书末附录中编入了工业企业常用技术数据表。

本书是在作者查阅了大量相关书籍和资料,并结合多年教学经验与工程实践经验的基础上编写而成的。针对工业企业供电系统的设计及运行的需要,在重点讲授供电基本理论和基本知识的同时,重视供电系统的设计与计算;加强了理论教学与工程实际的联系;在内容选取上努力贯彻少而精原则;有关的技术数据、资料均按新技术的政策、新设计规范及新设备产品样本进行了整理修订;并注意在有关章节内介绍新技术的应用和供电技术的发展趋势。

随着我国高职高专教育的不断改革和深入,在内容选取上以必需、够用为度,力求覆盖工业企业供电所要求的全部重点内容,内容系统、实用性强、深入浅出;注重介绍新技术的应用和供电技术的发展趋势,结合大中型企业供电系统运行与管理的实际,增加了“变电所微机保护”、“变电所综合自动化”等高新技术的内容。鉴于篇幅有限,有的内容只做了简要介绍,以期起到抛砖引玉的作用,详细地学习可参考有关书籍和资料。例如关于电网高次谐波的抑制方法,不仅介绍了传统的抑制方法,还介绍了应用现代电力电子器件抑制谐波的方法。

本书由王艳华任主编并编写第一、二、七、九章;韩志凌任副主编并编写第四、五章及第六章第七节;宋玉秋编写第六章第一节至第六节;邹振春编写第三章及本书常用字符表;高嵩编写第八章及附录表。全书由王艳华教授整理并定稿。

本书由刘介才教授及北京市电力公司门头沟供电公司徐其春担任主审,他们在审阅大纲和稿件过程中提出了许多宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢!

在本书编审中得到了中国电力出版社的大力支持,在此一并表示衷心的感谢!

限于我们业务水平有限,书中难免有错误和不当之处,恳请读者批评指出。

编者



常用文字符号表

一、电气设备常用基本文字符号

文字符号	中文名称	英文名称	旧符号
A	装备, 设备	device, equipment	—
APD	备用电源自动投入装置	reserve - source auto - put into device	BZT
ARD	自动重合闸装置	auto - reclosing device	ZCH
ACP	并联电容器屏	capacitor panel	BCP
AD	直流配电屏	direct current panel	ZP
AEL	事故照明配电箱	emergency lighting distribution box	SMX
AEP	事故电源配电箱	emergency power source distribution box	SDX
AH	高压开关柜	high voltage switch board	GKG
AL	低压配电屏	low voltage distribution panel	DP
ALD	照明配电箱	lighting distribution box	MX
APD	电力配电箱	power distribution box	DX
C	电容器	electric capacity, capacitor	C
CP	电力电容器	power capacitor	C
EL	照明器	lamp, lighting	ZMQ
F	避雷器	arrestor	BL
FU	熔断器	fuse	RD
G	发电机	generator	F
GB	蓄电池	battery	XDC
HA	电铃	electric bell	DL
HA	电笛	electric alarm whistle	DD
HG	绿色指示灯	green lamp	LD
HDS	高压配电所	high voltage distribution substation	GPS
HL	指示灯, 信号灯	indicating lamp, signal lamp	XD
HSS	总降压变电所	head step - down substation	ZBS
HR	红色指示灯	red lamp	HD
HW	白色指示灯	white lamp	BD
HY	黄色指示灯	yellow lamp	WD
K	继电器	relay	J
KA	电流继电器	current relay	LJ
KAR	重合闸继电器	auto - reclosing relay	CHJ
KF	闪光继电器	flash - light relay	SGJ
KG	气体继电器	gas relay	WSJ
KH	热继电器	heating relay	RJ
KM	中间继电器	medium relay	ZJ

续表

文字符号	中 文 名 称	英 文 名 称	旧 符 号
KI	冲击继电器	impulsing relay	CJJ
KM	接触器	contactor	CJ、C
KO	合闸接触器	closing operation contactor	HC
KS	信号继电器	signal relay	XJ
KT	时间继电器	timing relay	SJ
KV	电压继电器	voltage relay	YJ
L	电抗器	inductive coil reactor	DK
LA	消弧线圈	arc suppression coil	XQ
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
PP	功率表	power meter	W
PPA	相位表	phase - angle meter	ϕ
PJ	电能表	watt hour meter	Wh
PF	功率因数表	power - factor meter	$\cos\phi$
PV	无功功率表	reactive power meter	VAR
PRJ	无功电能表	reactive volt - ampere - hour meter	varh
PS	最大需要表	maximum - demand meter	
PV	电压表	voltmeter	V
Q	电力开关	power switch	K
QF	断路器	circuit - breaker	DL
QFS	熔断器式开关	fuse - switch	RK
QK	刀开关	knife switch	DK
QF	低压断路器 (自动开关)	low - voltage circuit - breaker(auto - switch)	ZK
QL	负荷开关	load breaking switch	FK
QS	隔离开关	disconnector	G
R	电阻器、变阻器	resistor	R
SA	控制开关	control switch	KK
SB	按钮开关	push button	AN
STS	车间变电所	shop transformer substation	CBS
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
TAT	自耦变压器	auto - transformer	OB
TLC	有载调压变压器	on - load tap - changing transformer	ZTB
TV	电压互感器	voltage transforme	YH

续表

文字符号	中文名称	英文名称	旧符号
U, UR	整流器	rectifier	ZL
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 busbar	SM
WFS	预报信号小母线	forecast signal busbar	YBM
WL	线路	line	XL
WO	合闸小母线	switch - on busbar	HM
WP	保护小母线	protective busbar	BM
WS	信号小母线	signal small busbar	XM
WV	电压小母线	voltage busbar	YM
X	电抗	reactance	X
X	端子板、接线板	terminal block	—
XB	连接片	link	LP
YA	电磁铁	electromagnet	DC
YO	合闸线圈	closing operation coil	HQ
YR	跳闸线圈, 脱扣器	release operation coil	TQ

二、常用下标文字符号

文字符号	中文名称	英文名称	旧符号
a	年	year, annual	n
a	有功	active	a, yg
Al	铝	aluminium	Al
al	允许	allowable	yx
av	平均	average	pj
bal	平衡	balance	ph
C	电容, 电容器	electric capacity, capacator	C
c	计算	calculate	js
c	顶棚, 天花板	ceiling	
c	闭合	close on	H
c	线圈	coil	q
cab	电缆	cable	L
cr	临界	critical	ij
Cu	铜	copper	Cu
d	需要	demand	x
b	基准	datum	j
DC	直流	direct current	zl

续表

文字符号	中 文 名 称	英 文 名 称	旧 符 号
E	地, 接地	earth, earthing	d, jd
e	设备	equipment	S
e	有效的	efficient	yx
ec	经济	economic	ji, j
eq	等效的	equivalent	dx
FE	熔体	fuse - element	RT
Fe	铁	iron	Fe
FU	熔断器	fuse	RD
f	形状	figure	x
G	发电机	generator	F
h	高度	height	h
i	电流	current	i
i	任意常数	arbitrary constant	i
ima	假想的	imaginary	jx
in	输入	input	sr
inc	偏移	inclined	py
in	绝缘	insulation	
k	短路	short - circuit	d
K	继电器	relay	J
L	电感	inductance	L
L	负荷	load	H
L	灯	lamp	D
l	线	line	l
M	电动机	motor	D
man	人工的	manual	rg
max	最大	maximum	max
min	最小	minimum	min
N	额定, 标称	rated, nominal	e
n	数目	number	n
nat	自然的	natural	zr
np	非周期性的	non - periodic	f - zq
oc	过电流	over current	GL
oc	断路	open circuit	dl
out	输出	out put	sc
oh	架空线路	over - head line	K
OL	过负荷	over - load	gh
op	动作	operating	dz
p	有功功率	active power	p

续表

文字符号	中 文 名 称	英 文 名 称	旧 符 号
p	周期性的	periodic	zq
p	保护	protect	J
pk	尖峰	peak	jf
q	无功功率	reactive power	q
qb	速断	quick break	sd
QF	断路器	circuit - breaker	DL
QF	低压断路器 (自动开关)	low - voltage circuit breaker	ZK
r	无功	reactive	wg
RC	室空间	room cabin	RC
r	返回	returning	f
rel	可靠 (性)	reliability	k
S	系统	system	XT
sen	灵敏度	sensitivity	s
saf	安全	safety	
sh	冲击	shock, impulse	cj, ch
st	起动	start	q, qd
ast	自起动	self - start	zq
ur	表面	surface	bm
syn	同步	synchronizing	tb
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	R, RT
TV	电压互感器	voltage transformer	YH
u	电压	voltage	u
unb	不平衡	unbalance	bp
ut	利用	utilize	
w	接线	wiring	JX
w	工作	working	gz
w	墙壁	wall	
WL	导线, 线路	wire, line	l
x	某一数值	a number	n
XC	(触头) 接触	contact	jc
α	吸收	absorption	a
ρ	反射	reflection	ρ
θ	温度	temperature	θ
Σ	总和	total, sum	Σ

续表

文字符号	中 文 名 称	英 文 名 称	旧 符 号
τ	透射	transmission	τ
ph	相	phase	ϕ
0	零, 无, 空	zero, nothing, empty	0
0	起始的	initial	0
0	停止, 停歇	stopping	0
0	每 (单位)	per (unit)	0
0	中性线	neutral wire	0
0	周围 (环境)	ambient	0
0	瞬时	instantaneous	0
30	半小时 [最大]	30min [maximum]	30



目 录

序

前言

常用文字符号表

第一章 绪论	1
第一节 电力系统的基本概念	1
第二节 工业企业供电系统	3
第三节 电力系统的额定电压	8
第四节 电力系统中性点的运行方式	11
习题	14
第二章 工业企业电力负荷及其计算	16
第一节 工业企业电力负荷和负荷曲线	16
第二节 用电设备的设备容量	21
第三节 电力负荷的实用计算方法	23
第四节 供电系统的功率损耗和电能损耗	28
第五节 工业企业负荷计算	31
第六节 尖峰电流的计算	32
习题	33
第三章 工业企业电力线路	35
第一节 工业企业电力线路及其接线方式	35
第二节 电力线路的结构及敷设	40
第三节 导线和电缆截面选择的原则	46
第四节 按允许载流量选择导线和电缆的截面	48
第五节 按经济电流密度选择导线和电缆的截面	53
第六节 按允许电压损失选择导线和电缆的截面	54
习题	61
第四章 短路电流计算	64
第一节 短路的一般概念	64

第二节	电力系统中各元件的电抗	65
第三节	无限大容量系统供电的电路内发生三相短路	71
第四节	发电机供电的电路内发生三相短路	74
第五节	不对称短路电流的计算方法	81
第六节	短路电流的电动力效应和热效应	92
习题		95
第五章	电气设备及其选择条件	98
第一节	开关电器的电弧及灭弧原理	98
第二节	高压开关电器	99
第三节	低压开关电器	106
第四节	电力变压器	111
第五节	互感器	115
第六节	电气主接线	121
习题		126
第六章	工业企业供电系统继电保护	127
第一节	继电保护的基本概念	127
第二节	供电系统单端供电网络的继电保护	130
第三节	电力变压器的保护	138
第四节	低压配电系统的保护	144
第五节	高压电动机的继电保护	148
第六节	微机保护简介	153
第七节	接地与防雷	157
习题		167
第七章	工业企业供电系统二次接线及自动装置	170
第一节	测量监察系统	170
第二节	操作电源	174
第三节	高压断路器的控制回路	178
第四节	中央信号回路	181
第五节	安装接线图	184
第六节	自动重合闸装置和备用电源自动投入装置	189
第七节	供电系统变电所的综合自动化	193
习题		197
第八章	供电质量的提高与电能节约	199
第一节	供电系统的电压调整	199
第二节	电网高次谐波及其抑制	204
第三节	电能节约意义及措施	206

第四节 工业企业供电的无功功率补偿	207
第五节 电力变压器的经济运行	215
习题	217
第九章 工业企业的电气照明	219
第一节 电气照明的基本知识	219
第二节 工业企业常用的电光源和灯具	221
第三节 电气照明的照度计算	227
第四节 工业企业照明供电系统	231
习题	233
附录	234
附录表 1 用电设备组的需要系数、二项式系数及功率因数	234
附录表 2 各类工厂的全厂需要系数、功率因数及年最大有功负荷利用小时参考值	234
附录表 3 LJ 型铝绞线的主要技术数据	235
附录表 4 LGJ 型铝绞线的主要技术数据	235
附录表 5 SL7 系列铝绕组低损耗配电变压器技术数据	235
附录表 6 SL7 系列绕组低损耗电力变压器技术数据	236
附录表 7 SJL 型三相双绕组铝线电力变压器技术数据	237
附录表 8 导体在正常和短路时的最高允许温度及热稳定系数	238
附录表 9 裸铜、铝及钢芯铝绞线的允许载流量	238
附录表 10 绝缘导线明敷、穿钢管和穿塑料管时的允许载流量	239
附录表 11 室内明敷及穿管的铝、铜芯绝缘线导线的电阻和电抗	241
附录表 12 常用高压断路器的主要技术数据	242
附录表 13 常用隔离开关的主要技术数据	243
附录表 14 RW 型高压熔断器的主要技术数据	243
附录表 15 部分低压断路器的主要技术数据	244
附录表 16 直流回路编号	245
附录表 17 交流回路编号	246
附录表 18 并联电容器的无功补偿率	246
附录表 19 部分并联电容器的主要技术数据	247
附录表 20 PZ220 型普通白炽灯泡的主要技术数据	248
附录表 21 GC1-A(B)-1 型配照灯的主要数据	248
附录表 22 配照灯的比功率参考值	248
附录表 23 部分生产车间工作面上的最低照度标准	249
主要参考文献	250



第一章

绪 论

本章主要概述工业企业供电的一些基本知识。首先简要介绍电力系统的基本概念,然后介绍工业企业供电系统的组成及其基本要求,最后论述电力系统的额定电压和电力系统中性点的运行方式。

第一节 电力系统的基本概念

由于电能不仅便于输送和分配、易于转换为其他的能源,而且便于控制、管理和调度,易于实现自动化。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。为了更好地做好工业企业供电工作,下面对电力系统的基本概念作简要介绍。

为了提高供电的可靠性和经济性,目前普遍将许多发电厂用电力网连接起来。这些由发电厂、变电所、电力线路和电能用户组成的统一整体,称为电力系统。由于电能的生产、输送、分配和使用几乎是同时完成,所以电力系统是一个紧密联系的整体。电力系统加上热能动力装置或水能动力装置及其他能源动力装置,称为动力系统。电力系统中由

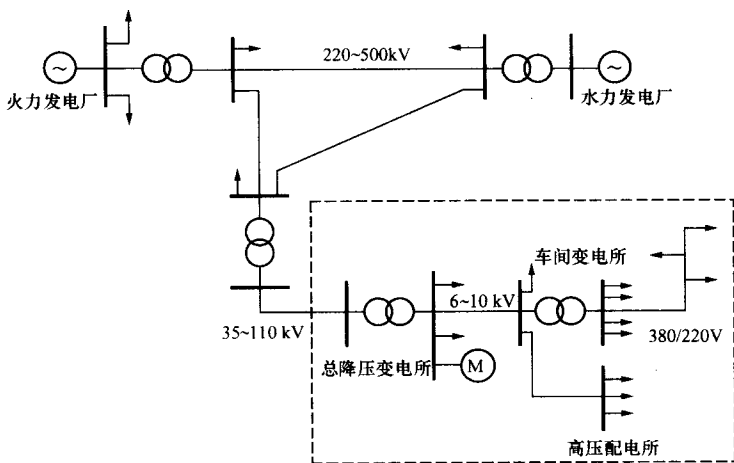


图 1-1 电力系统示意图

各级电压的输配电线路和变电所组成的部分称为电力网,简称电网。图 1-1 所示为某电力系统的示意图。

一、发电厂

发电厂又称发电站,它是电力系统的中心环节。发电厂是将其其他形式的能源(如热能、水能等)转换为电能的工厂。根据所利用一次能源形式的不同,发电厂可分为火力发电厂、

水力发电厂、核能发电厂、风力发电厂、地热发电厂、太阳能发电厂、潮汐发电厂等。根据发电厂的容量大小及其供电范围又可分为区域性发电厂、地方性发电厂和自备专用发电厂。

目前,我国的发电厂主要是火力发电厂和水力发电厂,火力发电厂一般是以煤炭为燃料的凝汽式发电厂。

为了充分利用动力资源,减少燃料运输,降低发电成本,区域性发电厂多建在一次能源丰富的地区附近,如具有大量水力资源或煤矿蕴藏的地方。但这些有动力资源的地方,往往远离用电中心,必须通过高压输电线路远距离输送,向大片区域供电。地方性发电厂一般为中小型发电厂,多建设在用户附近,直接供本地区用电。自备专用发电厂建在大型企业作为自备电源(一般为小型汽轮机或内燃机发电厂),这种发电厂虽然经济性较差,但对重要的大型企业和电力系统起到了后备保安作用。

二、变电所

变电所又称变电站,是联系发电厂和电能用户的中间枢纽。变电所的功能是接受电能、变换电压和分配电能。为了实现电能的远距离输送和将电能分配到用户,需将发电机电压进行多次电压变换,这个任务由变电所完成。它主要由电力变压器、母线和开关控制设备等组成。

按变电所的性质和任务不同,可分为升压变电所和降压变电所,除与发电机相连的变电所为升压变电所外,其余均为降压变电所。按变电所在电网中的地位和作用不同,又可分为枢纽变电所、地区变电所和企业变电所。

枢纽变电所位于大用电区域或大城市附近,从220~500kV的超高压输电网或发电厂直接受电,通过变压器把电压降为35~110kV,供给该区域的用户或大型工业企业用电,其供电范围较大。

地区变电所多位于用电负荷中心,高压侧从枢纽变电所受电,经变压器把电压降到6~10kV,对市区、城镇或农村用户供电,其供电范围较小。

企业变电所包括企业总降压变电所和车间变电所,如图1-1中虚线框内部分。企业总降压变电所与地区变电所相似,它是对企业内部输送电能的中心枢纽;车间变电所是接受企业总降压变电所提供的电能,通过车间变压器把电压降为380/220V,对车间各用电设备直接进行供电。

仅用来接受电能和分配电能的场所称为配电所;仅用于将交流电流转换为直流电流或将直流电流转换为交流电流的场所称为换流站。

三、电力线路

电力线路是把发电厂、变电所和电能用户联系起来的纽带,完成输送电能和分配电能的任务。

电力线路是输电线路和配电线路的总称。通常将电压在220kV及以上的电力线路称为输电线路,110kV及以下的电力线路称为配电线路。110kV配电线路一般作为城市配电干线和特大型企业的供电线路,6~35kV配电线路主要作为城市主要配网及大中型企业的供电线路,1kV以下的低压配电线路一般作为城市和企业的低压配网。

还有一种分类方法是电力网分为低压网、中压网、高压网和超高压网等。电压在1kV以下的电力网称为低压网;1~10kV的电力网称为中压网;高于10kV低于330kV的电力网称