

“十三五”普通高等教育规划教材

# 工厂供电

主编 张雪君 吴娜



提供电子课件

<http://www.cmpedu.com>



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

“十三五”普通高等教育规划教材

# 工厂供电

主 编 张雪君 吴 娜  
 副主编 高 岩  
 参 编 孙晓波 张雪梅 张银娟

本书在介绍电力系统基本知识的基础上，详细讲解供配电系统的基础理论及实用计算方法。全书共9章，主要内容包括：绪论、电力负荷计算、短路电流及其计算、供配电一次系统、供配电线路、供电系统继电保护及安全自动装置、工厂继电保护、工厂电气照明、电力系统的MATLAB/SIMULINK建模与仿真等。每章后附有习题与思考题。

本书由张雪君、吴娜主编。山东科技大学的吴娜编写了第2章、第3章、高岩编写了第7章、第8章；哈尔滨理工大学的孙晓波编写了第6章、张雪梅编写了第5章，其余内容由哈尔滨理工大学的其他教师编写。本书的顺利出版，要感谢哈尔滨理工大学出版社领导和编辑老师给予的大力支持和帮助。

由于时间仓促及编写水平有限，书中可能存在一些疏漏，恳请广大读者提出宝贵意见，以便今后修订。本书在编写过程中，参考了相关文献，在此一并致谢。

机械工业出版社

编 者  
 张雪君  
 吴娜  
 高岩  
 孙晓波  
 张雪梅  
 张银娟

本书是从培养应用型创新人才的目标出发,结合学生就业的具体需求而编写的。本书除了包括电力系统的基本知识、电力负荷的计算方法、短路电流分析与计算、电气设备的选择与校验、供电系统保护及其电气照明等之外,还增加了供电系统的仿真介绍,可以改善强电实验课程开设比较难的现状,通过 MATLAB 仿真软件学生可以对实用供电系统进行设计和开发,提高学生的思维能力和动手能力。每章配有习题与思考题,以指导读者深入地进行学习。

本书较好地平衡了工程应用与基础理论之间的关系,既可用作本科电类相关专业学生的专业课教材,也可用作工程技术人员的参考用书,还可供电力企业考试复习与培训使用。

本书配套授课电子课件,需要的教师可登录 [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com) 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ: 308596956, 电话: 010-88379753)。

## 图书在版编目(CIP)数据

工厂供电/张雪君,吴娜主编. —北京:机械工业出版社,2019.2  
“十三五”普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-61815-7

I. ①工… II. ①张… ②吴… 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(2019)第 020299 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:汤枫 责任编辑:汤枫

责任校对:张艳霞 责任印制:张博

三河市国英印务有限公司印刷

2019 年 3 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm×260mm·19.25 印张·471 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-61815-7

定价:59.00 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

服务咨询热线:(010)88379833

机工官网:[www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

读者购书热线:(010)88379649

机工官博:[weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

教育服务网:[www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

封面无防伪标均为盗版

金书网:[www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

# 前 言

本书是根据本专科院校电类、机电类专业培养工程应用型人才的特点编写的。在内容上,对传统课程内容进行整合、交融和改革,既体现其内在的联系,又密切结合工程实际,注重新技术、新规范、新设备的介绍,加强了教材的工程实用性和针对性。

工厂供电课程涵盖了电力技术和电力科学的基本内容,本书根据培养应用型人才的要求,在内容编排上注意加强理论教学与工程实际的有机联系,在编写时注重基本概念、定性分析、基本计算方法和实际应用。在叙述上力求深入浅出,通过实例加强对概念的理解和应用技术的掌握。本书图文并茂,文字通顺易懂,便于复习和自学。

本书在介绍电力系统基本知识的基础上,系统地讲解了工厂供电的基础理论及实用计算方法。全书共9章,主要内容包括:绪论、电力负荷计算、短路电流及其计算、供配电一次系统、供配电线路、供电系统的二次接线及防雷与接地、工厂继电保护、工厂电气照明、电力系统的 MATLAB/SIMULINK 建模与仿真等。每章后附有习题与思考题。

本书由张雪君、吴娜主编。山东科技大学的吴娜编写了第2章、第3章,高岩编写了第7章、第8章,哈尔滨理工大学的孙晓波编写了第6章,张雪梅编写了第9章,许昌学院的张银娟编写了第5章,其余内容由哈尔滨理工大学的张雪君编写并统稿。本书的顺利出版,要感谢哈尔滨理工大学、山东科技大学和许昌学院的领导和老师给予的大力支持和帮助。

由于时间仓促及编写水平有限,书中可能存在不少缺点甚至错误,请读者原谅,并提出宝贵意见,也敬请各位同行批评指正。在此向所有支持和帮助完成本书的各位同仁表示衷心的感谢,也要感谢书中所引用的参考资料的各位作者。

编 者

# 目 录

## 前言

第1章 绪论	1
1.1 电力系统发展概述	1
1.2 发电厂及变电所类型	1
1.2.1 发电厂类型及新能源发电简介	2
1.2.2 变配电所类型	3
1.3 电力系统基础	7
1.3.1 电力系统的基本概念	7
1.3.2 电能的质量指标	8
1.3.3 电力系统的额定电压	10
1.3.4 电力系统的中性点运行方式	11
本章小结	15
习题与思考题	15
第2章 电力负荷计算	17
2.1 计算负荷的意义及计算目的	17
2.1.1 电力负荷的概念及分类	17
2.1.2 负荷曲线	17
2.1.3 负荷计算的意义及目的	21
2.2 用电设备计算负荷的确定	22
2.2.1 三相用电设备组计算负荷的确定	22
2.2.2 单相用电设备组计算负荷的确定	31
2.3 供电系统的功率损耗与电能损耗	33
2.3.1 线路的功率损耗	34
2.3.2 电力变压器的功率损耗	34
2.3.3 线路及变压器的电能损耗	35
2.4 用户计算负荷的确定	36
2.4.1 按逐级计算法确定用户的计算负荷	36
2.4.2 按需要系数法确定用户的计算负荷	38
2.4.3 估算法	38
2.5 尖峰电流及其计算	39
2.5.1 单台用电设备供电的支线尖峰电流计算	39
2.5.2 多台用电设备供电的干线尖峰电流计算	39
本章小结	40
习题与思考题	40

<b>第3章 短路电流及其计算</b> .....	42
3.1 短路概述 .....	42
3.1.1 短路的基本概念 .....	42
3.1.2 短路的危害 .....	42
3.1.3 短路的种类 .....	43
3.1.4 短路电流计算的目与基本假设 .....	43
3.2 短路过程的分析 .....	44
3.2.1 无限大容量系统 .....	44
3.2.2 三相短路过渡过程分析 .....	44
3.2.3 有关短路的物理量 .....	47
3.2.4 有限大容量电源供电系统短路电流暂态过程分析 .....	49
3.3 无限大容量电源供电系统三相短路电流计算 .....	50
3.3.1 欧姆法短路电流计算 .....	50
3.3.2 标幺值法短路电流计算 .....	55
3.4 两相和单相短路电流的计算 .....	60
3.4.1 两相短路计算 .....	60
3.4.2 单相短路计算 .....	61
3.5 短路电流的效应和稳定度校验 .....	61
3.5.1 短路电流的热效应和热稳定度 .....	62
3.5.2 短路电流的电动力效应 .....	65
本章小结 .....	68
习题与思考题 .....	69
<b>第4章 供配电一次系统</b> .....	70
4.1 供配电一次系统概述 .....	70
4.1.1 一次设备及其分类 .....	70
4.1.2 电气设备运行中的电弧问题与灭弧方法 .....	70
4.2 电力变压器及其选择 .....	73
4.2.1 电力变压器及其分类 .....	73
4.2.2 电力变压器的结构和联结组标号 .....	74
4.2.3 电力变压器的容量和过负荷能力 .....	75
4.2.4 变电所变压器的选择 .....	77
4.2.5 电力变压器并列运行的条件 .....	80
4.3 互感器 .....	80
4.3.1 电流互感器 .....	81
4.3.2 电压互感器 .....	86
4.4 高压一次设备 .....	89
4.4.1 高压熔断器 .....	89
4.4.2 高压隔离开关 .....	91
4.4.3 高压负荷开关 .....	93

4.4.4	高压断路器	95
4.4.5	高压开关柜	102
4.4.6	高压一次设备的选择与校验	106
4.5	低压一次设备	107
4.5.1	低压熔断器	107
4.5.2	低压刀开关和负荷开关	110
4.5.3	低压断路器	112
4.5.4	低压配电装置	117
4.5.5	低压一次设备的选择	120
4.6	变配电所的电气主接线	120
4.6.1	电气主接线概述	120
4.6.2	主接线的基本接线方式	121
4.6.3	工厂变配电所常用的主接线	125
	本章小结	132
	习题与思考题	133
<b>第5章</b>	<b>供配电线路</b>	<b>135</b>
5.1	电力线路及其接线方式	135
5.1.1	高压线路的接线方式	135
5.1.2	低压线路的接线方式	137
5.2	电力线路的结构和敷设	139
5.2.1	架空线路的结构和敷设	139
5.2.2	电缆线路的结构和敷设	147
5.3	导线和电缆截面的选择计算	152
5.3.1	按发热条件选择导线和电缆的截面	153
5.3.2	按经济电流密度选择导线和电缆的截面	155
	本章小结	156
	习题与思考题	156
<b>第6章</b>	<b>供电系统的二次接线及防雷与接地</b>	<b>158</b>
6.1	二次接线概述	158
6.1.1	二次接线的基本概念	158
6.1.2	二次接线的原理图和安装图	158
6.1.3	变电所二次回路的操作电源	162
6.1.4	高压断路器的控制与信号回路	169
6.2	变电所的防雷与接地	180
6.2.1	过电压及雷电的有关概念	180
6.2.2	防雷装置及保护范围	182
6.2.3	变配电所及架空线路的防雷措施	188
6.2.4	供配电系统的接地	191
6.2.5	接地电阻及其计算	198

6.2.6 电气安全 .....	202
本章小结 .....	205
习题与思考题 .....	206
<b>第7章 工厂继电保护</b> .....	<b>208</b>
7.1 继电保护基本知识 .....	208
7.1.1 继电保护的任務 .....	208
7.1.2 对继电保护的基本要求 .....	208
7.1.3 继电保护装置的组成 .....	209
7.2 继电器分类 .....	209
7.2.1 电磁式电流继电器和电压继电器 .....	210
7.2.2 电磁式时间继电器 .....	211
7.2.3 电磁式信号继电器 .....	212
7.2.4 电磁式中间继电器 .....	213
7.3 线路的电流电压保护 .....	214
7.3.1 保护装置的接线方式 .....	214
7.3.2 过电流保护 .....	215
7.3.3 低电压起动的过电流保护 .....	219
7.3.4 无时限电流速断保护 .....	220
7.3.5 电流电压联锁速断保护 .....	221
7.3.6 带时限电流速断保护 .....	222
7.3.7 三段式过电流保护 .....	223
7.4 电力变压器保护 .....	226
7.4.1 概述 .....	226
7.4.2 变压器的气体保护 .....	227
7.4.3 变压器的电流速断保护 .....	229
7.4.4 变压器的纵联差动保护 .....	230
7.5 电力电容器保护 .....	233
7.5.1 概述 .....	233
7.5.2 电容器组与断路器之间连线短路故障时的电流保护 .....	234
7.5.3 电容器组的横联差动保护 .....	235
7.6 高压电动机保护 .....	236
7.6.1 概述 .....	236
7.6.2 电动机的相间短路保护 .....	237
7.6.3 电动机的过负荷保护 .....	238
7.7 低压配电系统保护 .....	238
7.7.1 220V/380V 低压配电系统特点 .....	238
7.7.2 低压熔断器保护 .....	239
7.7.3 低压断路器保护 .....	241
本章小结 .....	243



习题与思考题.....	243
<b>第 8 章 工厂电气照明</b> .....	<b>245</b>
8.1 电气照明的基本概念 .....	245
8.2 照明电光源和照明灯具 .....	246
8.2.1 照明电光源 .....	246
8.2.2 照明灯具 .....	253
本章小结.....	263
习题与思考题.....	264
<b>第 9 章 电力系统的 MATLAB/SIMULINK 建模与仿真</b> .....	<b>265</b>
9.1 电力系统常用仿真软件简介 .....	265
9.2 MATLAB/SIMULINK 的特点 .....	266
9.2.1 MATLAB 的特点.....	266
9.2.2 SIMULINK 的特点 .....	267
9.2.3 SimPowerSystems 库的特点 .....	267
9.3 电力系统稳态仿真 .....	269
9.3.1 连续系统仿真 .....	269
9.3.2 离散系统仿真 .....	271
9.3.3 相量法仿真 .....	274
9.4 电力系统电磁暂态仿真 .....	275
9.4.1 断路器模块 .....	275
9.4.2 暂态仿真分析 .....	277
9.5 电力系统机电暂态仿真 .....	279
9.5.1 输电系统的描述.....	280
9.5.2 单相故障 .....	283
9.5.3 三相故障 .....	284
习题与思考题.....	285
附录.....	286
参考文献.....	300

# 第1章 绪论

本章概述电力系统的相关概念和问题，为学习本课程建立基础。首先简要介绍供配电系统的发展概况，然后介绍发电厂及变电所的类型，并扼要介绍部分新能源发电的知识，接着重点讲述电力系统的基础概念、电能质量指标、电力系统的额定电压及电力系统的中性点运行方式。

## 1.1 电力系统发展概述

电力行业作为国民经济发展的先行部门，为国民经济其他部门提供发展的基本动力。电能是一种优质资源，具有易于由其他形式的能量转换而来，也易于转换成其他形式的能量以供使用的特点。另外电能还具有转换效率高、便于输送和分配、有利于实现自动化等许多方面的优点。从发电厂到用户的送电过程示意如图 1-1 所示。

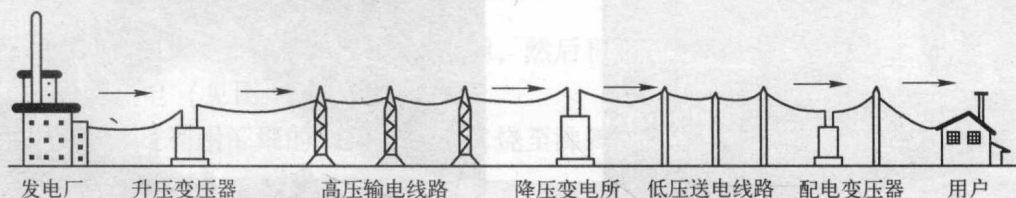


图 1-1 从发电厂到用户的送电过程示意图

电能作为最基本的能源，已广泛地应用到社会生产和生活的各个方面。随着我国国民经济的快速发展和技术的不断进步，对电能的需求将会进一步增大，电能的应用将会更加广泛，因此，搞好电能的生产和供应就显得尤为重要。

1820 年奥斯特通过实验证明了电流的磁效应，1831 年法拉第发现了电磁感应定律，这些很快促成了电动机和发电机的发明。随之引发人们对电能的开发与应用。

在电能应用的初期，由小容量发电机单独向灯塔、轮船、车间等照明系统供电，可看作是简单的住户式供电系统。白炽灯发明后，出现了中心电站式供电系统，如 1882 年托马斯·阿尔瓦·爱迪生在纽约主持建造的珍珠街电站，它装有 6 台直流发电机（总容量约 670 kW），用 110 V 电压供 1300 盏电灯照明。19 世纪 90 年代，三相交流输电系统研制成功，并很快取代了直流输电，成为电力系统大发展的里程碑。

20 世纪以后，人们普遍认识到扩大电力系统的规模可以给能源开发、工业布局、负荷调整、系统安全、经济运行等方面带来显著的社会经济效益，于是，电力系统的规模迅速增长。

## 1.2 发电厂及变电所类型

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，因此我们除了了解供配电系统的概况外，还需要了解发电厂和电力系统的一些基本知识。

### 1.2.1 发电厂类型及新能源发电简介

发电厂 (Power Plant) 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。

发电厂按照其所利用的能源不同，主要分为以下几种类型：

(1) 火力发电厂 (见图 1-2)

火力发电就是利用煤、重油和天然气为燃料，使锅炉产生蒸汽，以高压高温蒸汽驱动汽轮机，由汽轮机带动发电机来发电。

(2) 水力发电厂 (见图 1-3)

水力发电就是利用自然资源作为动力，通过水库或筑坝截流的方式提高水位，利用水流的位能驱动水轮机，由水轮机带动发电机来发电。

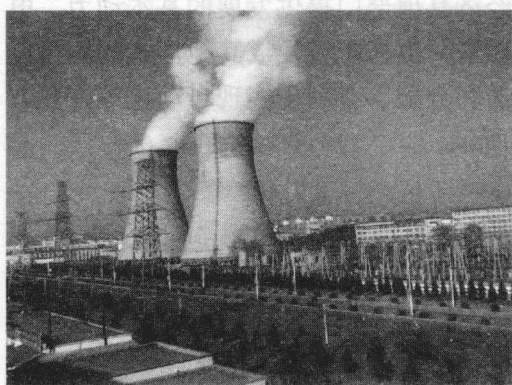


图 1-2 火力发电厂



图 1-3 水力发电厂

(3) 核电厂 (见图 1-4)

原子能发电就是利用核燃料在反应堆中的裂变反应所产生的热能来产生高压高温蒸汽，驱动汽轮机再带动发电机来发电，原子能发电又称核发电。

(4) 风力发电厂 (见图 1-5)

风力发电就是利用自然风力作为动力，驱动可逆风轮机，再由风轮机带动发电机来发电。

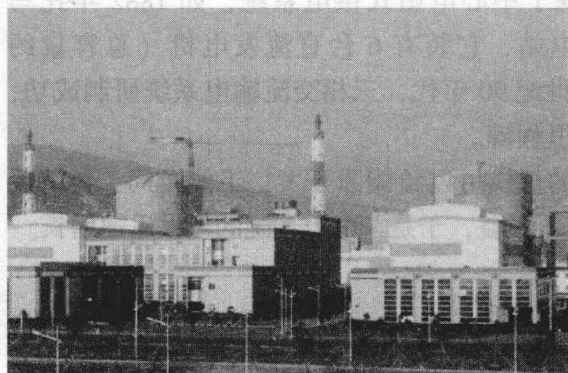


图 1-4 核电厂



图 1-5 风力发电

(5) 潮汐发电 (见图 1-6)

潮汐发电就是利用潮汐的水位差作为动力, 驱动可逆水轮机, 再由可逆水轮机带动发电机来发电。

(6) 沼气发电 (见图 1-7)

沼气发电就是以工业、农业或城镇生活中的大量有机废弃物(例如酒糟液、禽畜粪、城市垃圾和污水等), 经厌氧发酵处理产生的沼气, 驱动沼气发电机组来发电。



图 1-6 潮汐发电

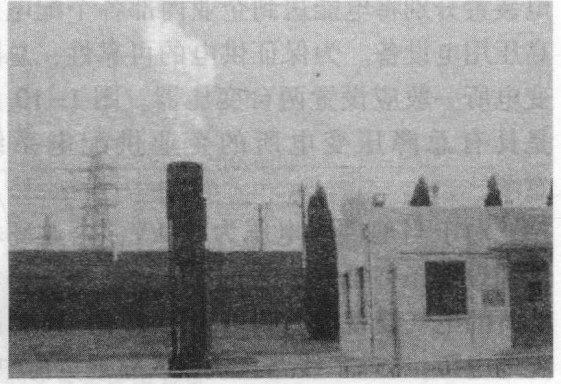


图 1-7 沼气发电

(7) 地热发电 (见图 1-8)

地热发电就是把地下的热能转变为机械能, 然后再将机械能转变为电能。

(8) 太阳能热电 (见图 1-9)

太阳能热电就是利用汇聚的太阳光, 把水烧至沸腾变为水蒸气, 然后用来发电。

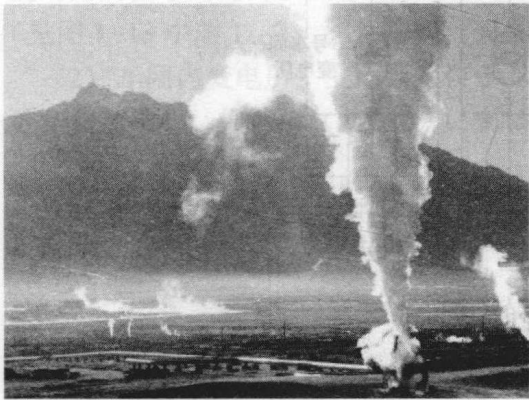


图 1-8 地热发电

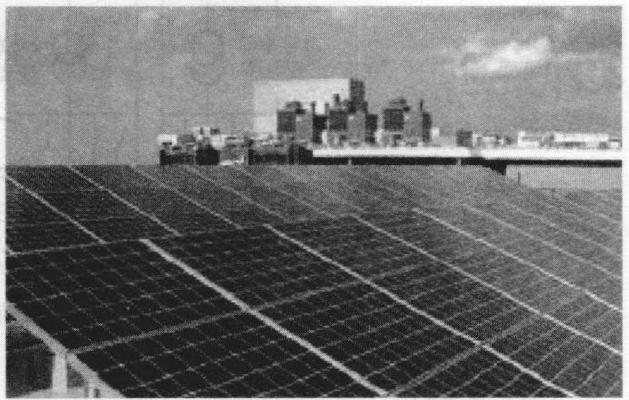


图 1-9 太阳能热电

## 1.2.2 变配电所类型

### 1. 变配电所的任务

变电所担负着从电力系统受电, 经过变压然后配电的任务。配电所担负着从电力系统受电, 然后直接配电的任务。

### 2. 变配电所的类型

企业变电所分为总降压变电所和车间变电所, 一般中小型企业不设总降压变电所。

### (1) 总降压变电所

总降压变电所是企业电能供应的枢纽。它由降压变压器高压配电装置（35~110 kV）和低压配电装置（6~10 kV）等主要配电设备组成。总降压变电所的作用是将 35~110 kV 的电源电压降为 6~10 kV 的电压，再由 6~10 kV 配电装置分别将电能送到企业内部各个配电所或高压用电设备。为保证供电的可靠性，总降压变电所一般应设置两台变压器。图 1-10 所示是具有总降压变电所的企业供配电系统示意图。

对于当地供电电压为 35 kV，企业环境条件和设备条件也允许采用 35 kV 架空线路和较经济的电气设备时，则可采用 35 kV 作为高压配电电压，35 kV 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用电设备所需要的电压，如图 1-11 所示。这种方式被称为高压深入负荷中心的供配电系统。需要指出的是，这种供配电方式企业内部必须满足具有满足 35 kV 架空线路的“安全走廊”，以确保供电安全。

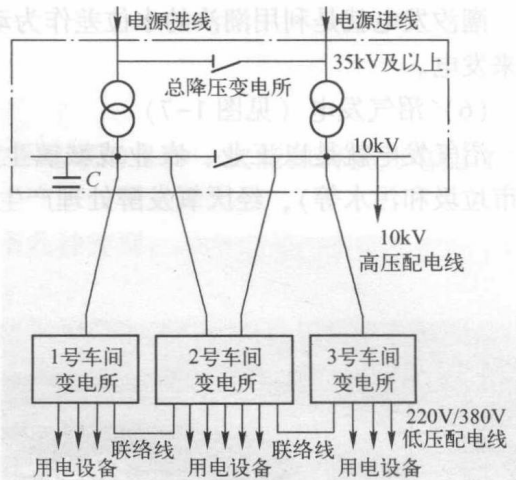


图 1-10 具有总降压变电所的企业供配电系统

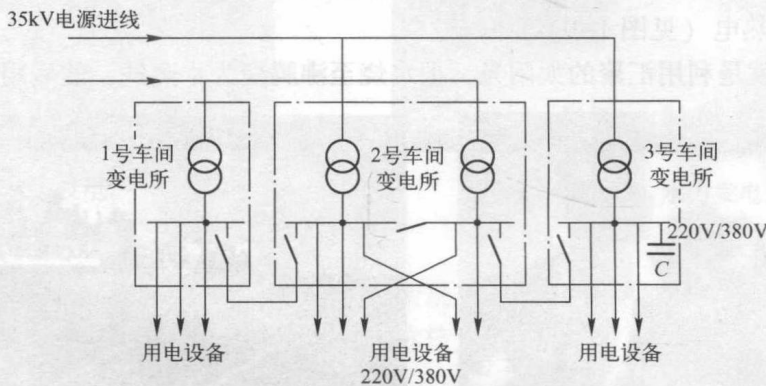


图 1-11 高压深入负荷中心的供配电系统

### (2) 配电所

对于大中型企业，由于厂区范围大，负荷分散，常设置一个或一个以上配电所。配电所的作用是在靠近负荷中心处集中接受总降压变电所 6~10 kV 电源供来的电能，并把电能重新分配，送至附近各个车间变电所或高压用电设备。所以高压配电所是企业内部电能的中转站，企业配电所的设置还起到了减少厂区高压线路，降低初期建设投资的作用。在运行管理上还起到了分区控制的作用。图 1-12 所示是具有高压配电所的企业供配电系统示意图。

### (3) 车间变电所

车间变电所的设置应根据车间负荷的大小和车间负荷分布情况来决定，一个车间可设置一个或多个变电所，几个相邻车间负荷都不大时也可以共用一个车间变电所。车间变电所的

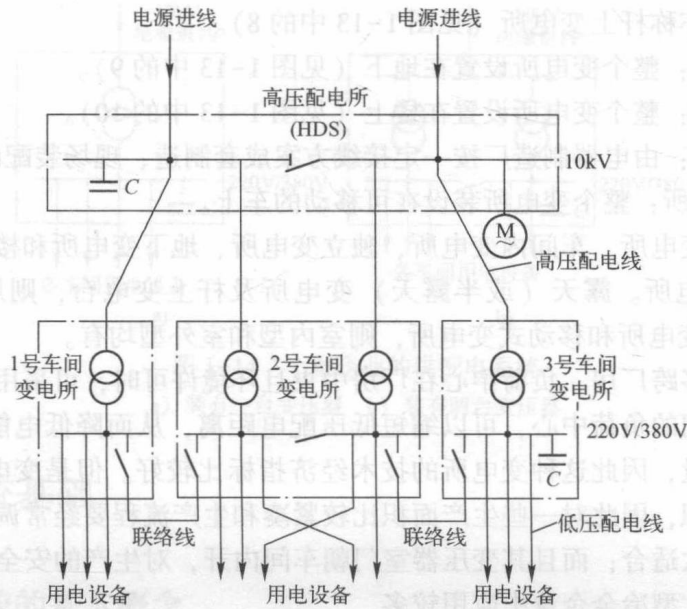


图 1-12 具有高压配电所的企业供配电系统

作用是将 6~10kV 的电源电压变换为 220V/380V 的电压，由 220V/380V 低压配电装置分别送至各个低压用电设备，如图 1-10~图 1-12 所示。

车间变电所按其主变压器的安装位置来分，有下列类型。

1) 车间附设变电所：变电所变压器室的一面墙或几面墙与车间建筑的墙共用，变压器室的大门朝车间外开。如果按变压器室位于车间的墙内还是墙外，还可进一步分为内附式（见图 1-13 中的 1、2）和外附式（见图 1-13 中的 3、4）。

2) 车间内变电所：变压器室位于车间内的单独房间内，变压器室的大门朝车间内开，处于负荷中心，损耗小（见图 1-13 的 5）。

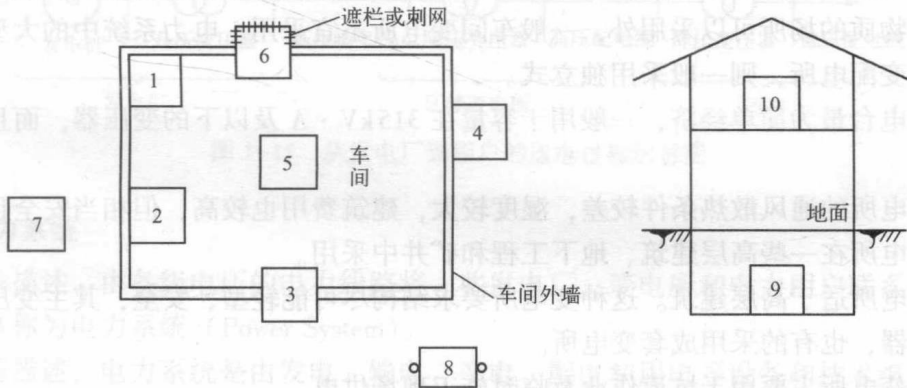


图 1-13 车间变电所的类型

1、2—内附式 3、4—外附式 5—车间内式

6—露天或半露天式 7—独立式 8—杆上式 9—地下式 10—楼上式

3) 露天（或半露天）变电所：变压器安装在车间外面抬高的地面上（见图 1-13 中的 6）。

4) 独立变电所：变电所设在与车间建筑有一定距离的单独建筑物内（见图 1-13 中的 7）。

5) 杆上变电台：变压器安装在室外的电杆上，常用于居民区以及用电负荷较小的单

位，如油田井场，亦称杆上变电所（见图 1-13 中的 8）。

6) 地下变电所：整个变电所设置在地下（见图 1-13 中的 9）。

7) 楼上变电所：整个变电所设置在楼上（见图 1-13 中的 10）。

8) 成套变电所：由电器制造厂按一定接线方案成套制造、现场装配的变电所。

9) 移动式变电所：整个变电所装设在可移动的车上。

其中车间附设变电所、车间内变电所、独立变电所、地下变电所和楼上变电所均属于室内型（户内式）变电所。露天（或半露天）变电所及杆上变电台，则属于室外型（户外式）变电所。成套变电所和移动式变电所，则室内型和室外型均有。

在负荷较大的多跨厂房、负荷中心在厂房中央且环境许可时，可采用车间内变电所，车间内变电所位于车间的负荷中心，可以缩短低压配电距离，从而降低电能损耗和电压损耗，减少有色金属消耗量，因此这种变电所的技术经济指标比较好。但是变电所建在车间内部，要占一定的生产面积，因此对一些生产面积比较紧凑和生产流程要经常调整、设备也要相应变动的生产车间不太适合；而且其变压器室门朝车间内开，对生产的安全有一定的威胁。这种车间内变电所在大型冶金企业中应用较多。

生产面积比较紧凑和生产流程要经常调整、设备也要相应变动的生产车间，宜采用附设变电所的形式。至于是采用内附式还是外附式，要视具体情况而定。内附式要占一定的生产面积，但离负荷中心比外附式稍近一些，而从建筑外观来看，内附式一般也比外附式好。外附式不占或少占车间生产面积，而且变压器室处于车间的墙外，比内附式更安全一些。因此，内附式和外附式各有所长。这两种形式的变电所在机械类工厂中比较普遍。

露天或半露天变电所，简单经济，通风散热好，因此只要周围环境条件正常，无腐蚀性、爆炸性气体和粉尘的场所均可以采用。这种形式的变电所在工厂的生活区及小厂中较为常见。但是这种形式的变电所的安全可靠性较差，在靠近易燃易爆的厂房附近及大气中含有腐蚀性爆炸性物质的场所不能采用。

独立变电所的建筑费用较高，因此除非各车间的负荷相当小而分散，或需远离易燃易爆和有腐蚀性物质的场所可以采用外，一般车间变电所不宜采用。电力系统中的大型变配电站和工厂的总变配电站，则一般采用独立式。

杆上变电台最为简单经济，一般用于容量在  $315\text{kV}\cdot\text{A}$  及以下的变压器，而且多用于生活区供电。

地下变电所的通风散热条件较差，湿度较大，建筑费用也较高，但相当安全且美观。这种形式的变电所在一些高层建筑、地下工程和矿井中采用。

楼上变电所适于高层建筑。这种变电所要求结构尽可能轻型、安全，其主变压器通常采用干式变压器，也有的采用成套变电所。

移动式变电所主要用于坑道作业及临时施工现场供电。

工厂的高压配电所，尽可能与邻近的车间变电所合建，以节约建筑费用。

#### (4) 小型企业供配电系统

对于某些小型企业（容量不大于  $1000\text{kV}\cdot\text{A}$ ），一般只设一个将  $10\text{kV}$  电压降为低压的降压变电所，如图 1-14 所示。

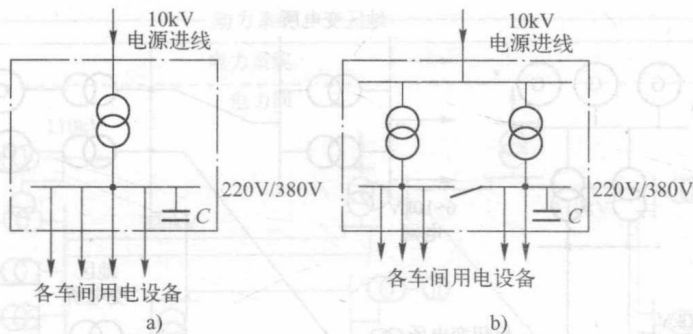


图 1-14 小型企业的供配电系统

a) 装有一台变压器 b) 装有两台变压器

### 1.3 电力系统基础

#### 1.3.1 电力系统的基本概念

为了充分利用动力资源，减少燃料运输，降低发电成本，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的输电，如图 1-15 所示。

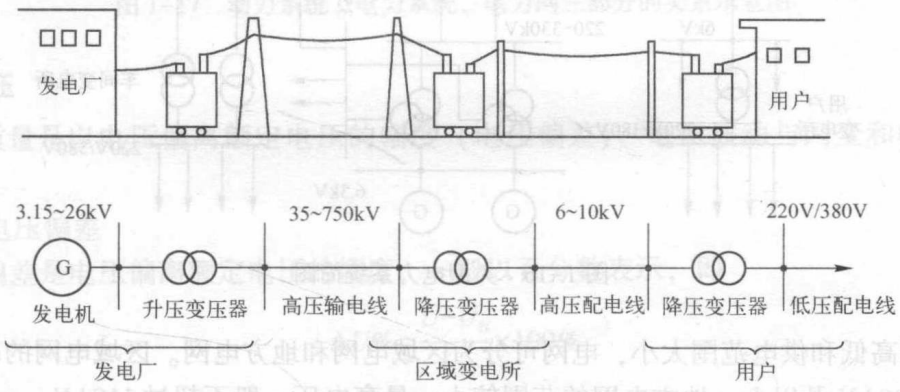


图 1-15 从发电厂到用户的送电过程示意图

#### 1. 电力系统

按对象描述，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，组成的统一整体称为电力系统（Power System）。

按过程描述，电力系统是由发电、输电、变电、配电和用电等设备和技術组成的一个将一次能源转换成电能的一系统。

图 1-16 是一个大型电力系统的简图。

#### 2. 电力网

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（Power Network）。但习惯上，电网和系统往往以电压等级来区分，如 35kV 电网或 10kV 系统。这里所指的电网或系统，实际上是指某一电压级相互联系的整个电力线路。



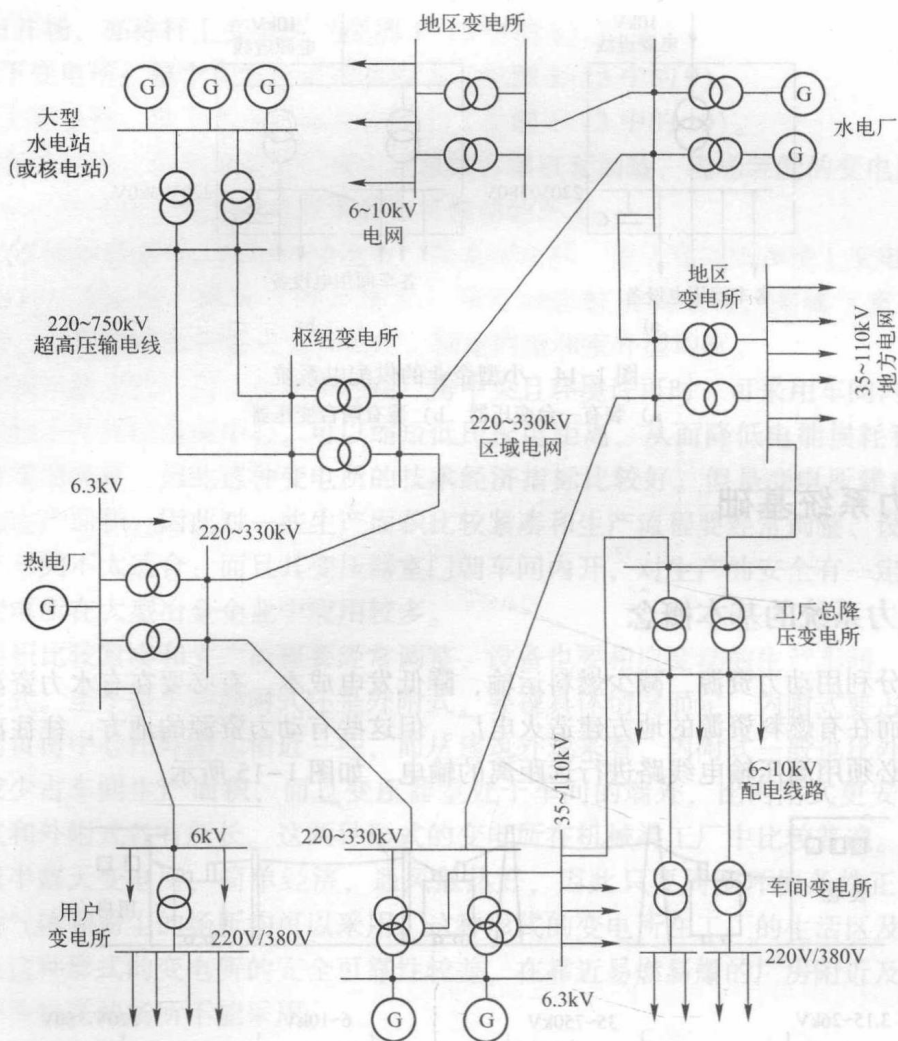


图 1-16 大型电力系统简图

按电压高低和供电范围大小，电网可分为区域电网和地方电网。区域电网的范围大，电压一般在 220 kV 及以上。地方电网的范围较小，最高电压一般不超过 110 kV。

### 3. 动力系统

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，就成为动力系统。

其中动力部分指火力发电厂的锅炉、汽轮机、热力网等；水力发电厂的水库、水轮机等；原子能发电厂的核反应堆、蒸发器等。

动力系统、电力系统、电力网三部分的关系如图 1-17 所示。从图中可见，电力网是电力系统的组成部分；电力系统是动力系统的组成部分。

#### 1.3.2 电能的质量指标

电能质量的指标是频率、电压和交流电的波形。当三者允许范围内变动时，电能质量合格；当上述三者的偏差超过允许范围时，不仅严重影响用户的工作，而且对电力系统本身的运行也有严重的危害。