

国家机械工业委员会统编

工厂供电

(高级内外线电工适用)

机械工人技术理论培训教材

JIXIE GONGREN JISHULILUN PEIXUN JIAOCAI



机械工业出版社

8920

机械工人技术理论培训教材

工 厂 供 电

(高级内外线电工适用)

国家机械工业委员会统编

机械工业出版社

全书共分九章，主要介绍工厂电力负荷计算、短路电流及其计算、工厂变配电所一次系统及其选择、工厂供电系统保护装置及二次系统、工厂电力线路、工厂照明及工厂供电的科学管理，以及工厂供电系统设计示例。

本书是高级内外线电工的培训教材，也可供有关技术人员和工人自学参考。

本书由南京电瓷总厂华毓桂编写，由南京第二机床厂范镇、葛恒宽审稿。

工 厂 供 电

(高级内外线电工适用)

国家机械工业委员会统编

*

责任编辑：何月秋

责任校对：陈立耘

封面设计：林胜利 方 芬 版式设计：张伟行

责任印制：郭 炜

*

机械工业出版社出版 (北京阜成门外百万庄南里一号)

(北京市书刊出版业营业许可出版字第 117 号)

机械工业出版社印刷厂印刷

机械工业出版社发行·新华书店经销

*

开本 $787 \times 1092 \frac{1}{32}$ · 印张 $7 \frac{7}{8}$ · 字数 171 千字

1988 年 11 月北京第一版 · 1988 年 11 月北京第一次印刷

印数 00,001—32,000 · 定价：3.40 元

*

ISBN 7-111-01131-7/TM · 151

前 言

1981年,原第一机械工业部为贯彻、落实《中共中央、国务院关于加强职工教育工作的决定》,确定对机械工业系统的技术工人按照初、中、高三个阶段进行技术培训。为此,组织制定了30个通用技术工种的《工人初、中级技术理论教学计划、教学大纲(试行)》,编写了相应的教材,有力地推动了“六五”期间机械行业的工人培训工作,初步改变了十年动乱造成的工人队伍文化技术水平低下的状况,取得了比较显著的成绩。

鉴于原机械工业部1985年对《工人技术等级标准(通用部分)》进行了全面修订,原教学计划、教学大纲已不适应新《标准》的要求,而且缺少高级部分;编写的教材,由于时间仓促、经验不足,在内容上存在着偏深、偏多、偏难等脱离实际的问题。为此,原机械工业部根据新《标准》,重新制定了33个通用技术工种的《机械工人技术理论培训计划、培训大纲》(初、中、高级),于1987年3月由国家机械工业委员会颁发,并根据培训计划、大纲的要求,编写了配套教材149种。

这套新教材的编写,体现了《国家教育委员会关于改革和发展成人教育的决定》中对“技术工人要按岗位要求开展技术等级培训”的有关精神,坚持了文化课为技术基础课服务,技术基础课为专业课服务,专业课为提高操作技能和分析解决生产实际问题的能力服务的原则。在内容上,力求以

IV

基本概念和原理为主，突出针对性和实用性，着重讲授基本知识，注重能力的培养，并从当前机械行业工人队伍素质的实际情况出发，努力做到理论联系实际，通俗易懂，具有工人培训教材的特色，同时注意了初、中、高三级之间合理的衔接，便于在职技术工人学习运用。

这套教材是国家机械工业委员会委托上海、江苏、四川、沈阳等地机械工业管理部门和上海材料研究所、湘潭电机厂、长春第一汽车制造厂、济南第二机床厂等单位，组织了200多个企业、院校和科研单位的近千名从事职工教育的同志、工程技术人员、教师、科技工作者及富有生产经验的老工人，在调查研究和认真汲取“六五”期间工人教材建设工作经验教训的基础上编写的。在新教材行将出版之际，谨向为此付出艰辛劳动的全体编、审人员，各地的组织领导者，以及积极支持教材编审出版并予以通力合作的各有关单位和机械工业出版社致以深切的谢意！

编好、出好这套教材不容易；教好、学好这些课程更需要广大职教工作者和技术工人的奋发努力。新教材仍难免存在某些缺点和错误，我们恳切地希望同志们在教和学的过程中发现问题，及时提出批评和指正，以便再版时修订，使其更完善，更好地发挥为振兴机械工业服务的作用。

国家机械工业委员会
技工培训教材编审组

1987年11月

本教材适用于高级 内外线电工

本工种需学习下列课程

初级：数学、电工基础、机械传动、电工测量（初、中级内外线、维修电工适用）、初级内外线电工工艺学*

中级：电工与电子基础、电工测量（初、中级内外线、维修电工适用）、电机原理（中级内外线、维修电工适用）、中级内外线电工工艺学

高级：电子技术基础、微机及应用、工厂供电（高级内外线电工适用）*

为便于企业开展培训，国家机械工业委员会教育局和机械工业出版社还组织编写出版了与以上教材配套的习题集，并摄制出版了电视教学录像片（带*者暂未摄制）。

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 工厂供电的意义	1
第二节 工厂供电系统	2
第三节 工厂供电的质量指标	5
复习题	8
第二章 工厂电力负荷计算	9
第一节 电力负荷和负荷曲线	10
第二节 计算负荷的估算法	14
第三节 用需要系数法确定计算负荷	17
第四节 用二项式法确定计算负荷	22
第五节 单相负荷计算方法	24
第六节 功率损耗和能量损耗计算	25
第七节 无功功率补偿	28
第八节 工厂计算负荷的确定	32
第九节 尖峰电流的确定	36
复习题	39
第三章 短路电流及其计算	40
第一节 短路的原因、后果及其形式	40
第二节 三相短路电流的计算	42
第三节 两相短路电流的计算	54
第四节 短路电流的效应	54
复习题	61

第四章 工厂变配电所及一次系统	62
第一节 工厂变配电所的任务和类型	62
第二节 电气设备中的电弧	64
第三节 选择电气设备的一般原则	66
第四节 工厂变配电所的主结线	70
第五节 工厂变配电所的位置、布置及安装图	73
第六节 工厂变配电所一次设备的运行与维护	80
复习题	84
第五章 工厂供电系统的保护装置及二次系统	85
第一节 保护装置的作用和要求	85
第二节 高压熔断器保护	87
第三节 自动空气断路器保护	90
第四节 供电线路的继电保护	99
第五节 电力变压器的继电保护	109
第六节 防雷保护	119
第七节 控制回路和信号设备	122
第八节 绝缘监测装置和测量仪表	128
第九节 工厂供电系统二次回路的电路图和安装图	134
复习题	140
第六章 高压电气设备的预防性试验	142
第一节 概述	142
第二节 绝缘电阻和吸收比的测量	143
第三节 直流耐压试验和泄漏电流的测量	146
第四节 交流耐压试验	150
第五节 介质损失角的测量	153
第六节 高压电气设备的预防性试验项目与试验标准	155
复习题	165
第七章 工厂电力线路及照明	166
第一节 工厂电力线路的接线方式	166

第二节	导线和电缆截面的选择	170
第三节	车间动力电气平面布置图	177
第四节	工厂电力线路的运行维护	180
第五节	照明技术的基本知识	182
第六节	工厂常用的电光源和灯具	186
第七节	人工照明的照度计算	189
第八节	照明供电系统及导线截面的选择	194
复习题		201
第八章	工厂供电的科学管理	202
第一节	加强工厂供电的科学管理	202
第二节	搞好工厂供电系统的技术改造	204
第三节	电力变压器的经济运行	207
第四节	电力负荷电量电脑监控仪	210
复习题		211
第九章	工厂供电系统设计示例	212
第一节	供电及厂区配电	212
第二节	车间电力及照明设计	232
复习题		242

第一章 概 述

第一节 工厂供电的意义

电能是现代工业生产的主要能源和动力。它既易于由其他形式的能量转换而来，又易于转换为其他形式的能量以供应用；它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的自动化。因此，电能在现代工业和生活中的应用极为广泛。

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例一般很小。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，有些机械工厂在供电设备上的投资，也仅占总投资的5%左右。所以，电能在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例多少，而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，有利于实现生产自动化。从另一方面来说，如果工厂的电能供应突然中断，则对工厂生产将会造成严重的后果。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，也会引起重大设备的损坏，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的重大损失。

因此，搞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。当前，节约能源对于国家建设

是一项具有战略意义的工作，也是工厂供电工作的一项重要任务。因此，搞好工厂供电工作对于节约能源、支援国家经济建设也具有重大的作用。

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，并节约能源，就必须达到以下几个基本要求：

(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的要求。

(3) 优质 应满足电能用户对电压质量和频率等方面的要求。

(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导线，以减少有色金属消耗量。

此外，在供电工作中，应合理地处理好局部和全局、当前和长远等关系，既照顾局部和当前的利益，又要有全局观点。例如计划供电的问题，就不能只考虑一个单位的局部利益，更要有全局观点。

第二节 工厂供电系统

一般中型工厂的电源进线电压是 $6\sim 10\text{kV}$ ，先经过高压配电所，然后由高压配电线路将电能输送给各车间变电所，降低成一般用电设备所需的电压 ($380/220\text{V}$)。

图 1-1 是一个比较典型的中型工厂供电系统的电气主结线示意图。图 1-2 是上述工厂供电系统的平面布置示意图。为了使图形简单清晰，电气主结线图和电气平面图上的三相线路只用一根线来表示，即绘成单线图形式。还必须说明：这里绘出的主结线图未表示出线路上的各种开关电器（除母线

和低压联络线上装设的开关外)。

从图 1-1 和图 1-2 可以看出, 这个工厂的高压配电所有两条 6~10kV 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”。当任一条高压电源线发生故障或进行检修而被切除后, 可利用分段隔离开关使整个配电所的供电恢复正常, 即分段隔离开关闭合后

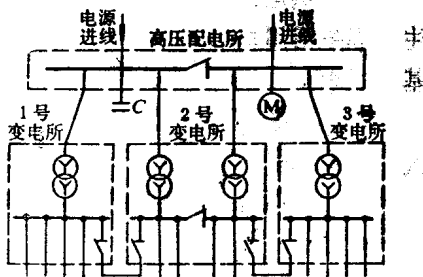


图 1-1 中型工厂供电系统主接线示意图

由另一条高压电源线供电给整个配电所。最常见的运行方式是一条电源线工作, 另一条电源线备用。

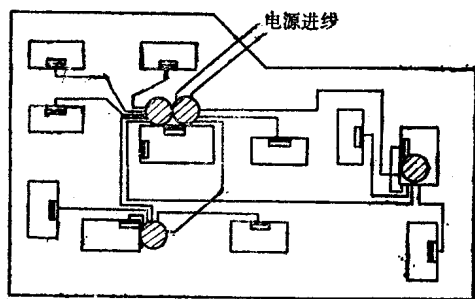


图 1-2 中型工厂供电系统平面布置示意图

这个高压配电所有四条高压配电线, 供电给三个车间的变电所, 其中 1 号和 3 号变电所都只装有一台变压器, 而 2

号变电所装有两台，并分别由两段母线供电，其低压侧又采用单母线分段制，对重要的用电设备可由两段母线交叉供电。车间变电所的低压侧，设有低压联络线相互联接，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，直接与一组用来提高功率因数的高压电容器相联。

对于小型工厂，一般只设一个简单的降压变电所，其容量只相当于图 1-1 中的一个车间变电所。用电量在 $100\text{kV}\cdot\text{A}$ 以下的小型工厂，通常采用低压供电，因此只需设置一个低压配电室。

对于大型工厂和某些电源进线为 35kV 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，将 35kV 以上的电压降为 $6\sim 10\text{kV}$ 电压，然后通过高压配电线将电能送到各个车间变电所，再降到一般低压用电设备所需的电压，如图 1-3 所示。但也有的进线电压为 35kV 的工厂，只经过一次降压，直接降为低压供用电设备使用。

这种供电方式，叫做直配方式。

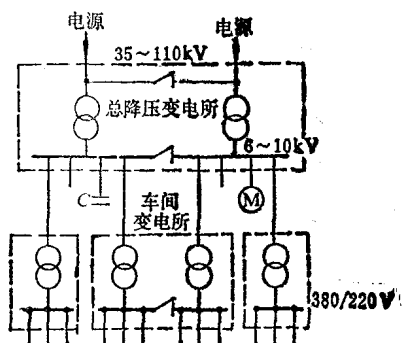


图1-3 具有总降压变电所的工厂
供电系统主结线示意图

由以上分析可知，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、变换电压和分配电压，两者的区别主要在于变电所多了变换电压的电力变压器。

第三节 工厂供电的质量指标

决定工厂供电质量的指标为电压、频率、可靠性。

一、电压

施加于用电设备两端的电压如与用电设备的额定电压差别较大时，对用户的设备危害很大。以照明用的白炽灯为例，当加于灯泡两端的电压低于其额定电压时，发光效率降低，将使人的身体健康受影响，也会降低劳动生产率。当施加的电压高于额定电压时，灯泡将经常损坏，例如某工厂由于夜间电压比额定电压高 5~10%，致使灯泡寿命缩短 30% 以上。

当电压降低时，其他电光源也发生过类似情况，如电压降低 10%，日光灯亮度约降低 10%，寿命缩短 10% 以上，水银荧光灯亮度降低 10~30%；又如电压降低 20%，日光灯不能启动，水银荧光灯启动频繁，使用寿命缩短。

对电动机而言，当电压降低时，转矩急剧减小。例如电压降低 20%，转矩将降低到额定值的 64%，电流增加约 20~35%，温度升高约 12~15℃。转矩减小，使电动机转速降低，甚至停转，从而导致工厂产生废品，甚至引起重大事故。感应电动机本身，也将因为滑差增大致使有功功率损耗增加，线圈过热，绝缘迅速老化，甚至烧坏。

某些电热及冶炼设备对电压要求非常严格，电压降低可使生产率下降，能量消耗显著上升，成本增高。

以上谈到的是用电设备对供电电压的高低的要求，此外还要考虑供电电压波形畸变的问题。

近年来，由于大型可控整流装置的利用，引起供电系统中电压、电流出现高次谐波。这种高次谐波产生的谐波降，使发电机的端电压波形畸变，增加附加损耗，促使绝缘

老化，不但使维护管理的工作量增加，还对工厂、用户产生严重的影响。如高次谐波电流使电网电流的有效值增加，电阻也因集肤效应的影响而相应增大，致使网路中产生附加的功率及能量损失；高次谐波电流加大了旋转电机、变压器、电缆等电气元件中绝缘介质的电离过程，使其发热量增加，寿命降低；特别是对于静电电容器来说，高频电流使其发热量超过正常值，绝缘老化过程加速，例如 5% 的高次谐波电流使介质损失因数 $\tan \delta$ 一年就增加一倍左右。由于消弧线圈不能全部补偿系统中的电容电流，元件绝缘老化，使单相接地比较容易地发展为两相接地，降低了用户用电的可靠性。高次谐波电流除对电气设备产生不良影响之外，而且也涉及到自动化、远动化、通讯等，使它们的工作都受到干扰和破坏。

目前，抑制供电系统高次谐波的重要措施有：

- (1) 采用多相整流的整流装置；
- (2) 限制接入系统的整流装置的最大功率；
- (3) 在整流装置高压侧加 $L-C$ 谐振网路，使整流器产生的高次谐波电流大部分流入谐振回路等。

二、频率

我国工业上的标准电流频率为 50Hz。除此以外，在工厂的某些设备有时采用较高的频率，以减轻工具重量，提高生产率，加热零件。如汽车制造或其他大型流水作业的装配车间采用频率为 175~180Hz 的高频电动工具；某些机床采用 400Hz 的电机以提高切削速度；一些锻压、热处理及熔炼等工艺利用高频加热。

电网低频率运行时，所有用户的交流电动机转速都将相应降低，因而许多工厂的产量和质量都将不同程度地受到影响。例如频率降到 48Hz 时，电动机转速降低 4%，冶金、

化工、机械、纺织、造纸等工业的产量也相应下降，有些工业产品的质量也受到影响，如纺织断线、毛疵，纸张厚薄不均，印刷品深浅不规律，计算机发生误计算和误打印、信号误表示等。

频率的变化对电力系统运行的稳定性影响很大，因而对频率的要求比对电压的要求更严格，频率变化一般不得超过 $\pm 0.5\%$ 。

由电力系统变电所供电的工厂，其频率是由电力系统保证的，即在任一瞬间

$$P_f = P$$

式中 P_f ——电源发出的有功功率 (kW)；

P ——用户负荷所需的有效功率 (kW)。

当重大事故发生时， $P_f \neq P$ ，以致影响频率的质量。此时电力系统往往按照频率的降低范围，切除某些次要负荷，这是一套自动装置，称为在故障情况下，自动按频率减负荷的装置。

三、可靠性

可靠性即根据用电负荷性质和由于事故停电在政治、经济上造成损失或影响的程度对用电设备提出的不中断供电要求。用电负荷分为下列三级：

(1) 一级负荷 突然停电将造成人身伤亡的危险，或重大设备的损坏且难以修复，给国民经济带来重大损失者。

(2) 二级负荷 突然停电将产生大量废品、大量减产、损坏生产设备等，在经济上造成较大损失者。

(3) 三级负荷 停电损失不大者。

负荷分级的问题非常复杂，同样的机械，或其容量不同，或设置于不同工厂，其分级就可能不同，某些一级负荷

也可以有极小间隙停电的可能。因此，必须对各个工厂不同设备的使用情况进行实事求是的调查分析。

各级用电负荷的供电方式，应根据地区供电条件，按下列条件考虑决定：

(1) 一级负荷应由两个独立电源供电。有特殊要求的一级负荷，两个独立电源应来自不同的地点。

所谓独立电源，即若干电源中的任一电源发生故障或停止供电时，不影响其他电源继续供电。

同时具备以下两个条件的发电厂、变电所的不同母线段均属独立电源。

- 1) 每段母线的电源来源于不同的发电机；
- 2) 母线分段之间无联系，或虽有联系但在其中一段发生故障时，能自动将其联系断开，不影响另一段母线继续供电。

(2) 二级负荷一般由两个回路供电。当取得两个回路有困难时，允许一个回路专用线供电，但对人员密集的重要公共建筑物，不允许由一个回路供电。对重要的二级负荷，其两个回路电源线应引自不同的变压器或母线段。

(3) 三级负荷对供电电源无特殊要求。

复 习 题

1. 了解工厂供电的意义。
2. 工厂供电系统的组成是什么？
3. 工厂供电的质量指标有哪些？
4. 电压过低、过高有什么危害？
5. 电网低频率运行有什么危害？
6. 用电负荷是如何分类的？
7. 分别叙述一级负荷、二级负荷对电源的要求。
8. 独立电源的含义及独立电源应具备的条件是什么？