

现代电工 工艺学

中央国家机关
机电专业培训教材

熊威廉 熊希明 主编



现代电工工艺学

熊威廉 熊希明 著

北京出版社

现代电工工艺学
XIANDAI DIANGONG GONGYIXUE

熊威廉 熊希明 著

北京出版社出版

(北京北三环中路6号)

邮政编码: 100011

北京出版社总发行

新华书店北京发行所经销

北京市顺义白辛庄印刷厂印刷

350×148毫米 大32开本 8.75印张 200 000字
1996年5月第1版 1996年5月第1次印刷

印数 1—4 000

ISBN 7-200-02890-8/TM·7

定价: 12.00元

中央国家机关机电专业培训教材编委会

主 任：王志良

副主任：谷政协 陈启祥 陈建田

委 员：傅伯椿 李品生 李金璞

出版说明

为适应中央国家机关工人培训考核工作的需要，根据中央国家机关工人考核委员会的统一部署，由北京理工大学编写的中央国家机关机电专业培训教材出版了。本套教材(共四本)是为中央国家机关初、中、高级维修电工机电专业技术等级考核所编写，也适合行政、事业单位维修电工自学参考。

本套教材是根据原机械委颁布的《中华人民共和国通用技术工种维修电工技术等级标准》和教学大纲的要求，在总结几年来工人培训考核教学经验和实践的基础上进行编写的。在编写过程中，力求突出成人教育的特点，理论联系实际，注重加强基础知识训练；叙述深入浅出，突出学习的重点和难点，对一些理论问题进行了必要的探讨。在同类书中具有自己的独到之处。

本套教材是中央国家机关机电专业维修电工初、中、高级技术等级考核指定的唯一教材。

在编写教材过程中得到北京理工大学电子技术专家、教授的具体帮助和指导，在此一并表示感谢。

中央国家机关工人考核委
员会机电专业考评领导小组

1994年10月10日于北京

前 言

1986年,北京理工大学职工教育科与校附属工厂联合举办技工学校,我担任电工教学工作,选用机械工业出版社出版的技工学校机械类通用教材《电工工艺学》作为教学课本。这本教材包括内外线电工工艺、电力拖动以及电子技术和应用。它是由第一机械工业部委托上海劳动局、上海市第一机电工业局组织“全国机械类技工学校教材”的编委们编写的。我用该教材先后讲授过两次。该书图表丰富,注意理论联系实际,适合作为技校学生教材。

1987、1988年,我校职工教育科为培训技工,先后举办过电工中级班、电工高级班。我担任教学任务,选用科普出版社出版的《内外线电工工艺学(中级本)》为教材。该书为机械工业部统编的机械工人技术培训用书,读者对象是4~6级电工,也可作为有关技术人员学习及参考。我通过教学发现该书适合于用来培训文化程度稍高且已经过初级培训的工厂、企业电工。

1990年春,中央国家机关工人考核委员会在人民大会堂举办了高级电工培训班。培训对象为机关、事业单位的电工,他们有丰富的实践经验,但过去没有经过初、中级培训。由于准备时间很短,没有现成的高级班电工培训教材,因此暂时选择中级培训教材为参考课本,根据具体情况适当增加了部分内容,并在教学中进行大型作业,以提高学员的理论联系实际的能力。最初在选教材时,打算仍采用科普出版社1984年出版的《内外线电工工艺学》,但该书市场上已见不到了,不得已改用

机械工业出版社出版的《中级内外线电工工艺学》。后者为国家机械工业委员会统编的教材，由南通电机厂张滋武编写，书中大部分内容与科普出版社出版的《内外线电工工艺学》相同。该书的优点是叙述简明，采用新的单位，每章附有复习题。在教学中，我认为机关、事业单位以及学校的电工，由于工作范围较广，对他们的要求不同于工厂企业的电工。在事业单位工作的电工需要知识面广而不专，他们除了有一般的配电工作，即变电室值班工作外，还要负责内外线电工工程的安装和维修。他们在工作中除维护一般的照明线路外，也可能遇到特殊的舞台调光等工作。在动力和控制方面，事业单位的动力主要用于采暖、通风，一般不涉及重型机床如龙门刨床等。机关、学校、宾馆及服务行业有电梯等动力设备，但很少遇到大型起重设备如 20 吨的双梁天车。统编教材如《中级内外线电工工艺学》以龙门刨及 20 吨天车为例作为机关、事业、商业单位的电工教科书，由于培训对象缺乏对工厂实际情况的认识，往往不容易讲透，难见成效。因此，编写供机关、事业及宾馆、商业电工使用的电工工艺学教材是很必要的。

随着科技的发展，许多新的设备应运而生，计算机的应用也日益普及，我国机关、事业单位使用的计算机越来越多，为计算机室以及精密仪器实验室供电的问题日益突出。防止干扰、提高用电可靠性以及接地、防雷这些供电问题应该在教材中有所反映。

能源紧缺是 21 世纪面临的大问题。我国改革开放后，工、农业飞速发展，人民生活水平日益提高及家用电器的普及都对电力供应提出了更高的要求，节约用电已成为有关国计民生的重大问题。过去教材中没有涉及这方面的材料，本书结合实际介绍了节电的某些技术措施。

1990 年、1991 年，我在人大会堂和社会科学院教授高级电

工培训班时先后写了八章讲稿。考虑到上述情况，重写了第七章计算机房及精密实验室用电，增写了第八章节电及电费的计量，删去了木杆和人力起重，统编为现代电工工艺学。

我在讲稿和书中分别参考、吸收了上述几种教材的一些内容和长处，谨在此表示深切感谢。书中难免有不妥之处，竭诚希望得到各界朋友的指正及帮助。

熊威廉

1995 年于北京理工大学

目 录

前 言	(1)
第一章 能源与电力工程的基本知识	(1)
第一节 能源与电力	(1)
第二节 发电和我国的电力工业	(3)
一、发电方式	(3)
二、我国的电力工业	(5)
第三节 输电	(9)
一、采用超高压输电技术	(9)
二、扩大电网容量, 形成大区域联网	(11)
第四节 电力接线方式	(13)
一、供电的基本要求	(13)
二、供电质量	(14)
三、负荷等级	(15)
四、电力接线方式	(16)
五、典型接线	(19)
第五节 导线的选择	(21)
一、导线材料的选择	(21)
二、导线截面的选择	(22)
第二章 架空线路的施工	(34)
第一节 架空线概述	(34)
一、塔杆的分类	(34)
二、钢筋混凝土圆杆	(35)
三、杆高的选择	(35)
第二节 杆塔的各种型式	(38)

一、直线杆塔·····	(38)
二、耐张杆塔·····	(38)
三、转角杆塔·····	(40)
四、终端杆塔·····	(40)
五、跨越杆塔·····	(40)
六、换位杆塔·····	(40)
第三节 架空线的基础施工·····	(41)
一、三种荷重·····	(41)
二、选择基础位置、划线及挖坑·····	(42)
三、底盘和卡盘·····	(43)
四、立杆与夯实·····	(44)
第四节 拉线与撑杆·····	(45)
一、拉线的型式·····	(46)
二、拉线组成·····	(47)
三、拉线的计算·····	(49)
四、拉线制作·····	(52)
五、撑杆·····	(52)
第五节 架线·····	(53)
第六节 架空线的验收检查、试验及竣工文件·····	(55)
第三章 电缆线路·····	(57)
第一节 电力电缆概述·····	(58)
第二节 电力电缆的敷设·····	(59)
一、敷设电力电缆的一般要求·····	(60)
二、电缆直接埋地敷设·····	(62)
三、电缆穿管敷设·····	(64)
四、室内敷设·····	(64)
第三节 电缆终端头和中间接头·····	(65)
一、电缆的连接要求·····	(66)
二、电缆终端头的制作·····	(67)

三、电缆中间接头的制作·····	(78)
第四节 电力电缆的试验 ·····	(82)
一、绝缘电阻测试·····	(82)
二、直流耐压试验·····	(84)
第五节 电缆线路的故障及检测 ·····	(85)
一、单相接地或多相短路接地·····	(86)
二、断线故障·····	(88)
三、闪络性故障·····	(89)
第四章 变、配电所的电气设备 ·····	(90)
第一节 变、配电所的组成与分类 ·····	(90)
一、室外变电所·····	(90)
二、地下变电所·····	(91)
三、移动式变电所·····	(91)
四、室内配电所·····	(91)
第二节 电力变压器 ·····	(93)
一、变压器分类·····	(93)
二、变压器室中变压器的布置·····	(94)
三、变压器使用·····	(97)
第三节 高、低压配电室 ·····	(110)
一、高、低压配电柜的型号与布置·····	(111)
二、配电柜和母线的安装·····	(111)
第四节 高压开关设备 ·····	(115)
一、隔离开关·····	(118)
二、负荷开关·····	(120)
三、断路器·····	(124)
第五节 高压互感器 ·····	(140)
一、高压电流互感器·····	(142)
二、高压电压互感器·····	(143)
第六节 保护继电器 ·····	(145)

一、电磁式继电器·····	(145)
二、感应式过电流继电器·····	(150)
三、气体继电器·····	(155)
第七节 一次线路与二次线路·····	(155)
第五章 电气照明和车间动力·····	(164)
第一节 电气照明·····	(164)
一、照明光源·····	(165)
二、灯具·····	(174)
三、电气照明中的注意事项·····	(176)
第二节 动力用电·····	(178)
一、常用的交流电动机·····	(179)
二、电机的控制器件·····	(184)
三、异步电动机的起动线路·····	(187)
四、动力控制线路·····	(192)
五、动力线路的负荷计算·····	(199)
六、动力线路用配电箱·····	(203)
七、动力线路的敷设·····	(203)
第六章 接地与防雷·····	(205)
第一节 接地种类和接地系统·····	(205)
一、TT系统·····	(206)
二、TN系统·····	(207)
三、IT系统·····	(208)
第二节 地的观念、几种接地方法与接地电阻·····	(209)
第三节 接地电阻的测量·····	(212)
第四节 人身安全与漏电保护器·····	(214)
第五节 防雷·····	(217)
一、雷击的产生·····	(217)
二、雷击的三种形式·····	(218)
三、防雷措施·····	(219)

第七章 电子计算机与共用天线	(229)
第一节 电子计算机概述	(229)
一、硬件	(230)
二、输入/输出设备	(231)
三、软件	(232)
第二节 不间断电源	(233)
一、不间断电源的结构	(233)
二、不间断电源使用注意事项	(236)
第三节 计算机房电源发生的几起事故实例和机房电气 要求	(237)
第四节 共用天线	(239)
一、波长、频率及频道	(239)
二、共用天线	(240)
三、共用天线用同轴电缆	(244)
四、共用天线防雷	(244)
第八章 节电与电价	(246)
第一节 提高功率因数	(246)
第二节 淘汰和改造高耗电设备	(251)
第三节 采用节电新技术	(252)
第四节 调整负荷	(253)
第五节 电能平衡	(255)
第六节 电价	(255)
附录 电工常用图形符号	(260)

第一章 能源与电力工程的基本知识

人们的活动大体分为生产活动和生活活动。在现代化的生产和生活中都需要动力。电力是动力的一种。由于电力在传输、使用和控制等方面比其它动力更具优越性，因此往往将其他形式的能量，如热能、水位能、太阳能、原子能等首先转变为电力，输送到工作场所后再转变为机械能即动能或热能。随着人们生活水平的提高，生活用电也日益增多。由照明电灯开始，收音机、电视机、电风扇、电冰箱以及空调等形形色色的家电设备都消耗大量电能。除了生产和生活用电外，在高度发达的社会，公共设施如交通工具、通讯设备、供水、供气等等无不耗用大量电力。因此电力事业是一项关系国计民生的大事。

第一节 能源与电力

能源是人类社会生产和生活活动的源泉。我们需用的电力、热力、机械力和化学能都是由能源产生的。

能源分为四大类：

第一类是来自太阳，叫太阳能。它又分为直接与间接两种。前者是直接取用太阳的辐射能；后者是间接地利用了太阳的能源，取自生物质能。所谓生物质能就是煤炭、石油、天然气等。几千万年以来由于地球上植物、动物而形成的化石燃料如石油、天然气即生物质能。这些生物质能是当今世界上能源的主要部分，但却是有限的、可以用完的。由于政治上以及科学上的原

因，所谓“能源危机”的能源就是指这种能源。生物质能是古代生物的化石，其主要成份是碳氢化合物，它们可通过燃烧发出热能，再用热能转变为其它动力，例如用于发电就叫热力发电。燃烧过程中生成的废渣和废气会污染环境。这种生物质能只能使用一次，故称为一次性能源。

另外，有些能源如水能也是间接取自太阳辐射能的。水分吸收太阳能变成蒸气，蒸气凝结变成云层，最终形成降雨汇入河流，利用水流的地势差和流速差可形成水能。此外还有风能以及海洋能等，也是间接利用太阳辐射而生成的。这些能源可以再生，即重复利用。

以上统称为太阳能。

第二类是来自地热，即利用地球内部的热量。

第三类是核燃料。地球上核资源的储存量丰富。由于核燃料的威力大，1kg 铀-235 原子核完全裂变可释放出相当于燃烧 3000 吨煤所释放出的热量，因此利用核燃料就相对减少了运输和储备量，对电力生产有利。

目前世界上不少国家正进行能源变革。所谓能源变革：一方面是逐步改变利用传统的煤及石油作能源，而发展多种能源，比如以核能取代石油能源。另一方面为了防止环境污染，保持生态平衡，采取某些限制性措施，如限制二氧化碳、二氧化硫以及铅的排放量。为此应优先使用再生能源。

第四类是宇宙能源。宇宙航行发展日益迅速，人们可以由其它星体（如月亮）取回能源。这是新的科研方向。

小结：见下页表

下表中有三项“大”发电，即火力发电、水力发电、核发电。所谓大发电，即发电容量较大。三项“小”发电，指风力发电、海洋能发电以及地热发电。地热发电目前尚处于试验和研究阶段，发电容量较小。表上有 * 号的为再生能源发电，即

太阳能电池、水力发电、风力发电、海洋能发电以及地热能发电。



第二节 发电和我国的电力工业

利用能源进行发电是电力工业的首项任务。在本节中我们概述不同的发电方式并联系实际列举我国电力工业发展情况。

一、发电方式

(一) 火力发电

火力发电是目前主要的发电方式。火力发电就是利用煤、油、天然气或植物燃料产生的热量使锅炉产生高压蒸汽，然后推动汽轮机，再带动发电机进行发电。由于是利用热力或火力，所以又叫热力发电或火力发电。

(二) 水力发电

首先要修建水坝或水库，利用水流的落差（即高度差），推动水轮机，由水轮机再带动发电机发电。

（三）风力发电

风力发电是利用风力使风轮旋转，再带动发电机发电。由于风的流速和风量是不可控制的，不像水流那样可以由闸门和水库控制，加以风能密度仅为水能的 $1/200$ ，因此风力发电机组的单机容量小，对于同容量的发电机组，风轮尺寸要比水轮大几十倍，使得制造比较困难。目前某些国家只达到几千千瓦。我国自制的风力发电机组容量更小，只有几十千瓦或几百千瓦。

（四）海洋能发电

海洋能发电又分为三类：

第一类是潮汐发电。潮汐发电需要修建水库，利用涨潮时向水库充水，落潮时从水库放水，带动水轮机发电。不同的海湾地区具有不同的潮差，即潮水涨落的高度差。在一般海湾只有几十厘米的潮差，因此利用价值不大。个别海湾的潮差可达十米，有较大的利用价值。

第二类是海水温差发电。处于北纬 20° 以南的海域，其表面海水温度大致为 27°C ，而 600m 以下的海水温度则略高于 4°C 。利用表层和深层的海水循环，不断地将冷却剂蒸发和冷却，从而推动汽轮机发电。

第三类是波浪发电、海流能发电等。目前处于实验阶段，其能量较小。可用于为航标和灯塔供电。

（五）地热发电

地热发电是利用地下热水或热气，推动汽轮机发电。首先需勘察出地热点，修建生产井，然后安装发电机组。

（六）核能发电

核能发电是利用核燃料在核反应堆中的裂变反应产生的热能，经过热交换生成高压、高温蒸汽。后者推动汽轮机，再