

中等专业学校教材

电 工 学

机械类专业适用

施戴祿等編

任世鈴审



國防工業出版社

电 工 学

机械类专业适用

施 戴 祿 等 編

任 世 鈴 审



國防工業出版社

1965

內 容 簡 介

本书是根据电工学教学大纲(草案)编写的,經电工教材編审小組审查通过。

本书内容包括电工基础、电工測量、电机及其控制和工业电子学等部分。

本书可作全日制中等专业学校机械类各专业电工学課程的教材,也可供有关人員参考。

电 工 学

施載祿等編

任世鈴审

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业許可証出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店經售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 1/32 印張 7 5/8 192 千字

1965 年 9 月第一版 1965 年 9 月第一次印刷 印数: 00,001—24,000册

統一书号: K15034·1002 定价: (科四) 0.95元

前 言

一、本书是根据 1964 年 4 月制定的中等专业学校 140 学时机械类电工学教学大纲(草案)编写的。

二、本书的名词、术语及其代表符号,基本上采用国际电工辞典的规定。下角注采用汉语拼音缩写符号。在书末列有下角注读音表,以便读者查阅。

三、课文中带 * 号的内容不是必讲的内容,各校可根据专业需要选讲。

四、为了便于因材施教,本书中列入了一些带 * 号的练习题,供学生选做。不做这些题目并不妨碍学生达到基本要求。

五、本书由施载祿(主编)、彭浩、吴翔及詹子龄四位同志编写,由任世铃同志审阅。插图由胡振钧同志绘制。

六、本书初稿于 1964 年 7 月完成,经过十多所学校试用,提出很多宝贵意见,特此致谢。由于我们的水平及时间所限,缺点和错误在所难免,我们热忱地欢迎读者,特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见。

編者

1965 年 1 月

目 录

前言	3
緒論	9

第一篇 电工基础和測量

第一章 直流电路	13
§ 1-1 电路与电流	13
§ 1-2 电压与电位	15
§ 1-3 电动势	16
§ 1-4 欧姆定律	17
§ 1-5 电功率与电能量	21
§ 1-6 额定值	23
§ 1-7 电阻串联的电路	24
§ 1-8 电阻并联的电路	25
§ 1-9 混联电路	27
§ 1-10 具有反电动势的电路	30
§ 1-11 电容器的充电和放电	31
复习綱要	33
练习题	34

第二章 电磁	39
§ 2-1 电流的磁場	39
§ 2-2 鉄磁材料的性质和应用	41
§ 2-3 磁場对通电流导体的作用力	43
§ 2-4 直导体中的感应电动势	45
§ 2-5 綫圈中的感应电动势	48
§ 2-6 自感电动势和电感	49
§ 2-7 渦流	51
复习綱要	52

练习题	52
第三章 单相交流电路	57
§ 3-1 概述	57
§ 3-2 正弦交流电动势	58
§ 3-3 正弦量的图示法	60
§ 3-4 正弦交流电的有效值	62
§ 3-5 交流电路引言	64
§ 3-6 纯电阻电路	65
§ 3-7 纯电感电路	68
§ 3-8 具有电阻与电感的交流电路	72
§ 3-9 纯电容电路	76
§ 3-10 线圈和电容器的并联电路	79
§ 3-11 提高功率因数的意义	81
§*3-12 趋肤效应	82
复习纲要	84
练习题	86
第四章 三相交流电路	92
§ 4-1 概述	92
§ 4-2 三相交流电动势	92
§ 4-3 三相发电机绕组的联接	93
§ 4-4 负载作星形联接的三相电路	96
§ 4-5 负载作三角形联接的三相电路	100
§ 4-6 三相交流电路的功率	101
复习纲要	103
练习题	104
第五章 电工测量	106
§ 5-1 概述	106
§ 5-2 电工仪表的符号和等级	106
§ 5-3 直流电流及电压的测量、磁电式仪表	109
§ 5-4 交流电流及电压的测量、电磁式仪表	111
§ 5-5 单相功率的测量、电动式仪表	113
§*5-6 三相功率的测量	115

§ 5-7 电阻的测量	116
§ 5-8 絕緣电阻的测量	118
§ 5-9 万用表	120
复习綱要	122
练习题	123

第二篇 电机、控制及供电

第六章 直流电机	126
§ 6-1 直流电机的构造与分类	126
§ 6-2 直流并励发电机	130
§ 6-3 直流电动机的工作原理	133
§ 6-4 直流并励电动机	135
§ 6-5 直流电机的銘牌	139
§*6-6 串励电动机	140
§*6-7 直流电动机的制动	141
§*6-8 电机放大机	142
复习綱要	143
练习题	145
第七章 变压器	147
§ 7-1 概述	147
§ 7-2 单相变压器	147
§*7-3 三相变压器	151
§ 7-4 自耦变压器	151
复习綱要	152
练习题	152
第八章 交流电动机	154
§ 8-1 三相鼠籠式电动机的基本构造	154
§ 8-2 旋轉磁場	156
§ 8-3 三相鼠籠式电动机的轉动原理	160
§ 8-4 三相异步电动机的有載运行	161
§ 8-5 三相鼠籠式电动机的起动	162

§ 8-6 三相鼠籠式電動機的調速與反轉	164
§ 8-7 三相繞線式電動機	165
§ 8-8 三相異步電動機的銘牌	167
§*8-9 單相異步電動機	169
§*8-10 同步電動機	171
§ 8-11 使用電動機的注意事項	174
復習綱要	175
練習題	176
第九章 電力驅動	178
§ 9-1 概述	178
§ 9-2 電動機的選擇	178
§ 9-3 最簡單的交流接觸控制電路	182
§ 9-4 磁力起動器——具有自鎖作用的接觸控制電路	187
§ 9-5 正反轉接觸控制電路	190
§ 9-6 電磁繼電器	192
§ 9-7 閱讀接觸控制電路的方法與步驟	194
復習綱要	195
練習題	196
第十章 供電與安全用電	198
§ 10-1 發電站概述	198
§ 10-2 輸配電概念	199
§ 10-3 安全用電	201
復習綱要	203
練習題	204

第三篇 工業電子學

第十一章 整流器	206
§ 11-1 二極管	206
§ 11-2 整流電路	208
§ 11-3 充電二極管	211
§ 11-4 半導體整流器	212

§*11-5 三相半波整流电路	214
§*11-6 闸流管	215
复习纲要	218
练习题	219
第十二章 放大器与电子设备	221
§ 12-1 三极管	221
§ 12-2 三极管放大的基本电路与原理	222
§ 12-3 阻容耦合放大器	227
§ 12-4 电子管振荡器	230
§ 12-5 光电继电器	232
§ 12-6 阴极射线示波器	234
复习纲要	237
练习题	238
附录	240
附录 I 导线及电缆的容许连续电流(安)	240
附录 II 符号下角意义及读音表	241
附录 III 练习题答案	241

緒 論

一、电能的应用及其优点， 电气化在社会主义建設中的作用

随着生产力的发展，电能在现代工业、农业、国防、交通运输、日常生活等各方面的应用日益广泛。

在工业上，各种金属加工机床、起重机、鼓风机等几乎所有生产机械全用电动机来拖动。农业上的排灌机、脱谷机等也使用电能。此外，电工技术还直接用在焊接、冶炼、高频淬火等各种生产工艺上。特别是电子技术在控制、测量、通讯、计算等技术部門中的迅速发展，使电工技术在国防、交通等各方面更占有重要的地位。很多新技术的发展都与电工技术的应用有着密切的联系。

电能之所以会得到如此广泛的应用，主要是因为它具有下列优点：

1. 易于转换：机械能、热能、化学能、原子能等都可以很容易地转换为电能。电能又可以通过电动机、电炉、电灯等设备很方便地转换为机械能、热能、光能以及其他形式的能量。

2. 易于输送和分配：电能可以很方便地输送到远方，设备简单，损耗很小。因此，可以把发电站设在动力资源（水力或燃料）比较丰富的地方，再通过输电线将能量分送到工业基地、广大农村和城镇。

3. 易于控制和测量：由于电气设备的动作迅速，其工作情况可用各种仪表及时测量、了解以进行控制，因而电工技术的应用就为生产过程自动化创造了有利条件。

生产过程自动化只有在电气化的条件下才有实现的可能，所以生产力的高度发展是与电气化联系在一起的。实现生产过程自动化，可以大大地提高劳动生产率，改善劳动条件，这对于加速社会主义建设具有重大的意义。在资本主义国家里，新技术的发展只有在资本家获得更高利润的前提下才有可能，而这种发展也只会使劳动人民受到更深的压迫和剥削，给他们带来贫困和失业。

二、电工技术和理论的发展简史

任何一门专业技术或学科的发展史，都是与社会生产的发展史联系在一起的，因为“……人类的生产活动是最基本的实践活动，是决定其他一切活动的东西。”^①

我国是世界上文化发达最早的国家之一，远在战国及汉代的古书上，就分别记载着磁石吸铁的磁现象和琥珀能吸引轻微物体的静电现象。到了公元十一世纪的宋朝，由于商业和交通的不断发展，我国劳动人民首先将人造磁针应用于航海。

在世界范围内，电工技术和理论在很长的时期内几乎没有什么发展。直到十八世纪末和十九世纪初，欧洲发生了产业革命，人们为了寻求更好的工业能源和设备，电磁现象的系统研究和实际应用才广泛开展起来。原电池发明后，人们获得了连续电流。不久，通过大量的实验，发现了欧姆定律、电磁感应定律，发明了直流电机。

工业的发展需要有大量廉价的动力，而动力资源往往与用电单位相距很远，但直流电远距离输送有困难，因而人们又加强了对交流电的研究。十九世纪后半期，发明了三相变压器、三相发电机和电动机，工业上才普遍使用了电能。

随着生产力的发展，工业生产规模不断扩大，交通运输和通讯事业也有了很大的发展。十九世纪末叶，在电磁理论逐步完善

① 《毛泽东选集》第一卷，人民出版社1952年第2版，第271页。

和实验技术不断提高的基础上发明了无线电。它引起了通讯技术的革命，并给电工技术又开辟了一个新的领域——电子技术。近几十年来，电子技术随着社会生产力的迅速提高而飞跃发展，目前已成为近代科学的尖端。

从以上的介绍可以看到：生产实践推动了电工技术的发展和电工理论的建立，而后者又促进了生产的发展，并在指导生产实践的过程中使技术理论本身得到了进一步的丰富和提高。正如毛主席所说的“实践、认识、再实践、再认识，这种形式，循环往复以至无穷，而实践和认识之每一循环的内容，都比较地进到了高一级的程度。”●

三、我国电气事业发展概况

解放前，由于长期封建统治、官僚资本主义的压迫和帝国主义的侵略，我国的电气事业是十分落后的。解放后，人民取得了政权，社会制度起了根本变化，在党的正确领导下我国的电气事业获得了飞跃的发展。

从电力工业方面来看，到1958年全国发电设备的总容量就已经从1949年的185万千瓦发展到694万千瓦，解放后九年的成就，等于解放前68年（自1882年建立第一个发电厂，到1949年全国解放）的2.7倍。新安江大型水力发电站，总容量达65.25万千瓦。全部成套发电设备，都是自己设计、自己制造、自己安装的。该电站已于1960年开始部分供电，有力地支援了工农业建设。农村用电量，1964年比1957年增长22倍。

在电机制造方面，到1958年已经制成了72500千瓦的水轮发电机和25000千瓦的汽轮发电机。1959年，广大职工又发扬了敢想敢干的共产主义风格，制成50000千瓦的汽轮发电机组。这样大的发电机所发的电用来抽水，一小时约能浇地4万亩；用来炼钢，一小时就能炼300多吨钢。近几年来，又逐步制定了我

● 《毛泽东选集》第一卷，人民出版社1952年第2版，第285页。

国自己的产品系列，提高了中、小型电机的质量和经济指标。

此外，在电工仪器制造方面也有了迅速的发展。许多品质优良的电子仪器和电工仪表已经能自己制造，除了供应某些尖端技术、国防工业、科学研究的需用外，部分产品还出口支援其他国家。

总之，十几年来，我国的电气事业和其他工业一样得到了飞跃的发展，前进的速度是任何资本主义国家望尘莫及的。特别是1964年10月，我国第一颗原子弹试验爆炸成功，更加充分地说明了我国科学事业发展的水平和速度，更加证实了我国坚持自力更生的社会主义建设方针是完全正确的。

四、本课程的任务、特点及学习方法

电工学是一门基础技术课，它主要研究电工的基础理论和应用技术方面的问题。内容包括电工基础、电工测量、电机及其控制和工业电子学等。

由于电工技术在现代工农业生产和各个技术部门中，获得了越来越广泛的应用，使用电源、电气设备和电子仪器已经成为从事生产所不可缺少的条件。这就要求非电专业的工程技术人员也要掌握一定的电工基础理论，并获得必要的电工技术知识和技能，为学习专业知识，了解与掌握各种生产设备的性能，更好地从事专业生产打下基础。

学习任何一门课程都要努力钻研，严肃认真，一丝不苟。电工学有它自己的特点，要学好电工学，应该做到以下几方面：

1. 电工学的理论性较强，故学习时应该抓住事物的本质，弄清解决问题的思路及分析方法，建立明确的物理概念。
2. 电工学的系统性较强，故学习时应注意前后联系，互相对比，及时巩固，并找出其内在联系，才能更深刻地领会学习内容。
3. 电工学本身就具备了联系实际的特点，应活学活用所学知识，重视课堂实验及实验课。

第一篇 电工基础和测量

第一章 直流电路

现代的工业企业中常要使用直流电，同时本章所研究的某些定义、名词术语、电路的某些规律和分析方法，也适用于交流电路，所以直流电路是本课程的基础之一。

§ 1-1 电路与电流

一、电路的组成 最简单的电路是由电源、负载、联接导线和开关等四部分，按一定方式组成的，见图 1-1。

把化学能或机械能等其他形式的能量转换成电能的设备叫做电源，如原电池、蓄电池、发电机等。各种常用电源的代表符号见图 1-2。

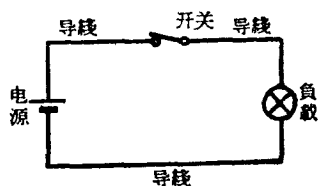


图1-1 最简单的电路

用电的设备叫做负载，它可以把它所接受的电能转换为热能或机械能等其他形式的能量，以满足生产或生活上的需要。例如：电炉把电能转换为热能，而电动机则把电能转换为机械能。图1-3表示几种负载的代表符号。

二、电路中产生电流的条件 有电荷就有电场，电场对场内的电荷有作用力（称为电场力），并可使电荷移动而对电荷做功。在图 1-1 所示的电路中，自由电子在电场力的作用下，做有规律



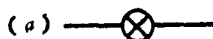
(a)



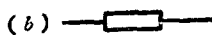
(b)

图1-2 各种常用
电源的代表符号

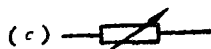
(a) 原电池或蓄
电池; (b) 直流
发电机



(a)



(b)



(c)

图1-3 几种负载的
代表符号

(a) 白炽灯; (b) 电
阻或电阻电炉; 也可以做
为一组负载的代表符号;
(c) 可变电阻

的定向移动而形成电子流, 这种电子流简称为电流。图 1-4 即表示电路中有电流时的情况。自由电子是带负电的质点, 所以在图 1-4 中用符号 “ $\ominus$ ” 表示。

习惯上所规定电流的方向是正电荷移动的方向, 正好与自由电子移动的方向相反。在本书的电路图中, 电流的方向用空心箭头表示。

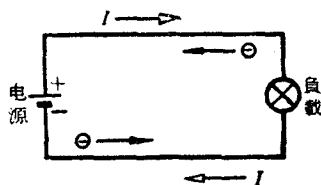


图1-4 闭路中的电流

当开关未接通时, 自由电子的

通路被切断, 因而电路中不再有电流。可见只有电路闭合时, 电路中才有电流, 这就是电路中产生电流的条件。

电路未接通的状态叫做开路, 已接通的状态叫做闭路。

三、电流的定义及单位 单位时间内通过导线横截面的电量叫做电流强度, 习惯上也简称为电流。如果在相当长的时间内, 电流的大小和方向都不变, 则这种电流叫做直流电流, 用大写字母 I 表示。

在实用单位制中, 电流强度的单位是安培, 简称为安。千分之一安为 1 毫安, 百万分之一安为 1 微安。一般室内照明用的电灯, 每盏灯的电流常在 0.5 安以下。普通机床的主轴电动机中,

电流约为几安到几十安。

§ 1-2 电压与电位

我們已經熟知，电路中的其他条件不变时，换上不同的电源，其电压越高，电路中的电流也越大。为了进一步揭露电路中电流、功率等各量之间的联系，必须先了解什么是电压，它与电动势又有什么关系。

一、电压 电场力驱使正电荷在闭合电路中移动时，电荷会与导线中其他质点相碰撞而受到一定的阻力。可见电荷在移动以前，必须具有一定的能量，而在移动的过程中，由于不断克服阻力而逐渐消耗着它所具有的能量。电荷所具有的能量，是由电场供给的。

1 库正电荷从电路中的 A 点移到 B 点，电荷所释放出能量的数值，就是 A 、 B 两点间的电压，用大写字母 U 表示。见图 1-5。

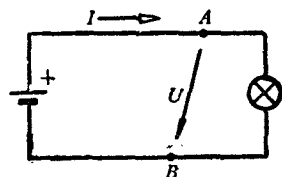


图1-5 电路中 A 、 B 两点间的电压

在实用单位制中，电压的单位是伏特，简称为伏。一般手电筒中，电灯两端的电压约为 3 伏，这时电场力使每 1 库正电荷通过负载，就有 3 焦的电能转换为热能和光能。电压越高，电荷做功的本领也越大。

习惯上规定电压的方向为：由正极指向负极。本书的电路图中，电压的方向用实心箭头表示。

二、电位 1 库正电荷在电路中某一点具有能量的数值，叫做该点的电位，用大写字母 V 表示。电位的单位也是伏。

由于工程上并不需要知道电路中某一点电位的数值，而是需要知道二点间电位的差别，所以可以任意指定电路中某一点的电位为零。习惯上以大地的电位为零。图 1-6 中的 O 点接地，所以 O 点的电位为零。这时电路中其他各点电位的高低，都以这一点

为标准而进行比较。

因为正电荷在电路中移动时，一定要逐渐放出能量，所以在外电路中，正电荷总是从高电位的点向低电位的点移动。由此可知，电源正极的电位高而负极的电位低。应该注意的是：电路中任何一点电位的高低与该点在空间位置的高低毫无关系。

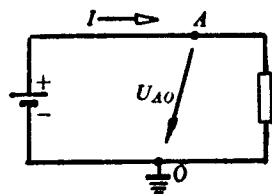


图1-6 具有接地点的电路

大于零的电位为正电位，小于零的电位为负电位。如果图1-6中的A点接地，则O点的电位就是负值。

三、电压与电位的关系 电路中任意两点(图1-5中的A、B两点)的电位之差，就是这两点间的电压。即：

$$V_A - V_B = U_{AB} \quad (1-1)$$

由于B点的电位低于A点的电位，因而电路中电压的方向实际上也就是电位降低的方向，所以有时把电路中两点间的电压称之为电压降。

例1-1 设图1-6所示是一辆汽车中的电路，但接地点不是O而是A(即正极接地)。已知 U_{AO} 为6伏，问电场力使0.3库的正电荷从A点移到O点，电荷释放出来的能量是多少？并求O点的电位 V_O 是多少伏？

解 因为电场力使正电荷移动，总是使它移向低电位的点，现已知A点的电位 V_A 为零，所以O点的电位 V_O 一定是负值。

又由于1库正电荷由A点移到O点所释放出来的能量就是A、O两点间的电压，所以0.3库的电荷在A、O两点间移动时所释放出来的能量应该是：

$$U_{AO} \times q = 6 \times 0.3 = 1.8 \text{ 焦。}$$

又因为 $U_{AO} = V_A - V_O$ ，而 V_A 等于零，所以

$$V_O = -U_{AO} = -6 \text{ 伏。}$$

§ 1-3 电 动 势

在前述电路中，正电荷为什么不能从内电路达到负极而必须