



中等职业技术学校教材

电工基础

江苏省教育委员会 编

周绍敏 主编

第二版



高等教育出版社

中等职业技术学校教材

电 工 基 础

(第二版)

江苏省教育委员会 编

周绍敏 主编

高等教育出版社

(京)112号

内 容 提 要

本书系中等职业技术学校电子电器、电工类专业课程教材,是在1986年第一版的基础上修订而成。本书将第一版的上、下两册合为一册,主要内容有:电路的基本概念和基本定律、直流电路的分析、磁路和电磁感应现象、正弦交流电路的基本概念、相量法和符号法、变压器和电动机、三相正弦交流电路以及非正弦周期电路。每章末均有适量的复习思考题和习题。书后还附有学生实验,以供选用。

本书从中等职业技术学校的实际出发,内容安排由浅入深,通俗易懂,突出应用。本书可作为职业高中技工学校电子电器及电工类专业课程教材,也可作为成人中等职业教育的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/周绍敏主编;江苏省教育委员会编. —2版.
北京:高等教育出版社,1992.9(1997重印)

ISBN 7-04-003912-5

I. 电… II. ①周… ②江… III. 电工-基础理论-
技术学校:中等学校-教材 IV. TM1

中国版本图书馆CIP数据核字(95)第13188号

*

高等教育出版社出版
新华书店总店科技发行所发行
高等教育出版社印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 11.25 字数 270,000

1986年9月第1版

1992年9月第2版 1997年12月第12次印刷

印数 550 031—690 040

定价 10.30元

第二版前言

本书第一版是1986年9月出版的,从五年来的使用情况看,受到了广大读者的欢迎。为了使教材更加适合中等职业技术学校教学的需要,编者收集了各方面的意见,并根据本人的教学体会,对第一版中的某些内容进行了调整和修改。调整与修改的内容主要有以下几个方面:

(1) 在章节体系上,将第一版的上、下两册合为一册,并取消了第一版的第十章“振荡电路和谐振”和第十四章“过渡过程”,有关内容分别并入第八章“正弦交流电路”、第四章“电容”和第五章“磁场和磁路”中。此外,考虑到中等职业技术学校的培养目标,将变压器和电动机合成为一章,并增加了三相异步电动机的控制和单相异步电动机的内容。

(2) 对部分章节的内容进行了压缩和改写。首先是删除了一些陈旧的内容,另外,考虑到中等职业技术学校学生的特点,在数学推导和分析方面有较大的压缩,如将第九章“符号法”列为选学内容,在其余各章节中均不出现复数运算。因此,即使第九章内容不讲,也不影响其他各章的教学。

(3) 加强了基本概念和基本技能的知识,增加了课堂演示实验和学生实验。如增加了“ RC 电路的过渡过程”、“单相交流电路”和“串联谐振电路”三个学生实验。此外,每章末都增加了复习思考题,提出的问题都是基本的和概念性的,有助于学生课后复习巩固。

本书在编写时,以国家教委教职(1990) 017号关于颁发《关于制订职业高级中学教学计划的意见》及部颁标准为依据。内容力求简明扼要,遵循由浅入深,从感性到理性的原则。重点放在电

路的基本概念、基本原理和基本分析方法的阐述上,注意培养学生运用有关原理对实际问题进行定性分析的能力,同时也注意培养学生有相应的实验技能和计算能力。书中打“*”号处,可作为选学内容。

本书注意到与物理课的分工,避免了不必要的重复。部分内容,例如电路的基本物理量、欧姆定律、电阻的联接、磁场的基本物理量等,虽然都已在物理课程中讲过,但是为了加强理论的系统性和满足电工技术的需要,仍列入本书中,使学生对这些内容的理解能进一步巩固和加深,并能充分地应用和扩展。

全书教学时间约 180 课时。各章课时安排的参考意见如下:绪论和第一章 5 课时,第二章 22 课时,第三章 22 课时,第四章 10 课时,第五章 14 课时,第六章 12 课时,第七章 10 课时,第八章 32 课时,第九章 10 课时,第十章 12 课时,第十一章 17 课时,第十二章 4 课时,复习考核 10 课时。学生实验包括在各章课时之内。

本书由上海同济大学刘式雍副教授和陈小龙老师审阅,并先后于 1990 年 6 月和 1991 年 4 月在苏州召开了修订大纲讨论会和修订稿审定会。在会上,常州市第三职业中学朱才良、无锡市电子职业中学徐江、苏州市机械职业中学尹丹明、南京市经营管理职业教育中心荆昌、南通市职业中学钱选体等同志提出了宝贵意见和修改建议,在此深表谢忱。编者还十分感谢对本书第一版提出意见的读者和老师。

由于编者能力有限,见解不多,本书有些内容难免不够妥善,甚至会有错误之处。希望读者,特别是使用本书的教师和同学积极提出批评和改进意见,以便今后改正提高。

编者

1991 年 7 月

第一版前言

职业技术教育是开发智力、培养人材的重要途径,是国民经济持续发展的可靠保证,它同现代化建设有极密切的关系。要进一步提高职业技术教育的质量,必须加强教材的建设。本书是由江苏省教育厅组织编写的,具体编写工作是在苏州市教育局领导下进行的,并得到有关单位的大力支持和协助。

本书分上、下两册,共十四章。上册有六章,第一至三章为直流电路,第四章电容,第五、六章磁场、磁路和电磁感应。下册计八章,除第十一章变压器外,其余均为电路内容,即第七至十章正弦交流电路,第十二章三相正弦交流电路,第十三章非正弦周期电路,第十四章过渡过程。每章末均有适量的习题,书后附有学生实验,供教学中选用。标题前标有*号的为选学内容。

本教材从职业中学的实际出发,力求结合生产实际。在内容处理方面,注意少而精,讲求实效;在编写上力求由浅入深,循序渐进,通俗易懂,使之具有针对性和系统性。本书既可作为职业中学的教材,也可作为成人职业教育的培训教材。目前,由于职业中学学制等情况不同,本课程各校的授课时数多少不等,因此,教学内容可依实际学时数多少而增减。

由于职业中学在教学方面还有许多问题需要探讨,加之编写经验不足,错误和缺点在所难免,恳切希望读者在使用中提出宝贵意见。

编者

1986年9月

目 录

绪论	1
第一章 电路的基本概念	3
第一节 电路	3
第二节 电流	5
第三节 电阻	7
第四节 部分电路欧姆定律	10
第五节 电功和电功率	11
第二章 简单直流电路	16
第一节 电动势 闭合电路的欧姆定律	16
第二节 电池组	23
第三节 电阻的串联	25
第四节 电阻的并联	28
第五节 电阻的混联	32
第六节 万用电表的基本原理	35
第七节 电阻的测量	41
第八节 电路中各点电位的计算	44
第三章 复杂直流电路	51
第一节 基尔霍夫定律	51
第二节 基尔霍夫定律的应用	56
第三节 叠加原理	62
第四节 戴维南定理	64
第五节 电压源与电流源的等效变换	68
*第六节 星形电路与三角形电路的互换	72
第四章 电容	81
第一节 电容器和电容	81

第二节	常用电容器	84
第三节	电容器的联接	86
第四节	电容器的充电和放电	90
第五节	电容器中的电场能量	92
第六节	RC 电路中的过渡过程	94
第五章	磁场和磁路	102
第一节	电流的磁效应	102
第二节	磁场的基本物理量	105
第三节	磁场对电流的作用力	109
第四节	铁磁性物质的磁化	113
第五节	铁磁性物质的分类	117
第六节	磁路的基本概念	118
第六章	电磁感应	126
第一节	电磁感应现象	126
第二节	感生电流的方向	129
第三节	电磁感应定律	132
第四节	自感现象	137
第五节	互感现象	141
第六节	互感线圈的同名端和连接	144
第七节	电磁感应的应用	150
第八节	磁场能与 RL 电路的过渡过程	153
第七章	正弦交流电的基本概念	162
第一节	交流电的产生	162
第二节	表征交流电的物理量	166
第三节	交流电的表示法	170
第八章	正弦交流电路	176
第一节	纯电阻电路	176
第二节	纯电感电路	178
第三节	纯电容电路	181

第四节	电阻、电感、电容的串联电路	185
第五节	串联谐振电路	191
第六节	电阻、电感、电容的并联电路	197
第七节	电感线圈和电容器的并联电路	202
第八节	并联谐振电路	202
第九节	交流电路的功率	210
第十节	交流电路中的实际元件	217
*第九章	符号法	223
第一节	复数的概念	223
第二节	复数的四则运算	227
第三节	正弦量的复数表示法	229
第四节	复数形式的欧姆定律	230
第五节	阻抗的联接	232
第六节	复杂正弦交流电路的一般解法	235
第十章	三相正弦交流电路	241
第一节	三相交流电的产生	241
第二节	三相电源的联接	243
第三节	三相负载的联接	246
第四节	三相电路的功率	252
第五节	安全用电	255
第十一章	变压器和交流电动机	259
第一节	变压器的构造	259
第二节	变压器的工作原理	261
第三节	变压器的功率和效率	266
第四节	常用变压器	268
第五节	变压器的额定值和检验	273
*第六节	小功率电源变压器的设计	274
第七节	三相异步电动机	278
*第八节	三相异步电动机的控制	287

第九节 单相异步电动机	293
第十二章 非正弦周期电路	299
第一节 非正弦周期量的产生	299
第二节 非正弦周期量的谐波分析	300
第三节 波形与谐波分量的关系	303
第四节 非正弦周期量的有效值和平均功率	304
学生实验	307
一 把电流表改装为伏特表	307
二 练习使用万用表	310
三 用惠斯通电路测电阻	312
四 电压和电位的测定	314
五 基尔霍夫定律	316
六 叠加原理	317
七 戴维南定理	319
八 RC 电路的过渡过程	321
九 示波器的使用	324
十 用示波器观察交流电的波形	328
十一 单相交流电路	331
十二 串联谐振电路	334
十三 日光灯电路	337
十四 三相负载的星形联接法	339
十五 三相负载的三角形联接法	341
十六 单相变压器	343
附录	346
一 希腊字母表	346
二 常用单位换算表及国际制词头表	347

绪 论

电工基础是研究电能应用技术的基础课程。电能的应用范围是极其广泛的。它的应用,在生产技术上曾引起了划时代的革命。在现代工业、农业及国民经济的其他各个部门中,逐渐以电力作为主要的动力来源。工业上的各种生产机械,如机床、起重机、轧钢机、鼓风机、水泵等,主要是用电动机来拖动的;在机械制造工艺上,如电镀、电焊、高频淬火、电炉冶炼金属、电蚀加工和电子束加工等,都是电能的应用;对生产过程中所涉及的一些物理量,如长度、速度、压力、温度等,都可用电的方法进行测量和自动调节,以实现生产过程的自动化;现代化农业技术的主要动力是电力,如日益广泛地采用电力排灌设备、粮食和饲料的电力加工装置等;同时,电也是现代物质、文化生活中不可缺少的,如电灯、电话、电影、电视、无线电广播等都离不开电能的应用。

电能所以会得到这样广泛的应用,是因为它具有无可比拟的优越性。电能的优越性主要表现在下列三个方面:

(1) 便于转换 电能可以从水能(水力发电)、热能(火力发电)、原子能(原子能发电)、化学能(电池)及光能(光电池)等转换而得;同时也可以将电能转换为其他所需要的能量形态,如利用电动机将电能转换为机械能,利用电炉将电能转换为热能,利用电灯将电能转换为光能,利用扬声器将电能转换为声能。电能之间也可以转换,如利用整流器将交流电能转换为直流电能,利用振荡器将直流电能转换为交流电能。

(2) 便于输送和分配 电能可以方便地被输送到远方,而且输电设备简单,输电效率很高。我们知道,工厂通常建于原料产地或运输方便之处,而发电站则大多建于有能源的地方,二者之间有一定的距离。动力基地与工业基地在位置上存在的这个矛盾,由

于电能的远距离输送而得到了解决。电能不仅输送方便,而且分配也很容易,自几十瓦的电灯到几千千瓦的电动机,根据用电需要,都可以分配自如。

此外,电能还可以不通过导线而以电磁波的形式进行传播。

(3) 便于控制 电流的传导速度等于光速,电气设备的动作又比较迅速,所以便于实现远距离控制和实现生产过程的自动化。

电工基础是一门实践性较强的专业技术基础课程。它的目的和任务是使学生获得电工技术方面的基本理论、基本知识和基本技能,为学习后续课程以及今后工作打下必要的基础。

为了学好本课程,除了要求具有正确的学习目的和态度外,还要注意以下几点。

(1) 学习时要抓住物理概念、基本理论、工作原理和分析方法;要理解问题是如何提出的,又是怎样解决和应用的;要注意各部分内容之间的联系,前后是如何呼应的;要重在理解,能提出问题,积极思考,不要死记。每章都有复习思考题,提出的问题都是基本的和概念性的,有助于课后复习巩固。

(2) 通过习题可以巩固和加深对所学理论的理解,并培养分析能力和运算能力。为此,各章都安排了适当数量的习题。解题前,要对所学内容基本掌握;解题时,要看懂题意,注意分析,搞清用哪个理论和公式以及解题步骤。习题格式要规范,书写要整洁,作图要整齐,答数要标明单位。

(3) 通过实验可以巩固所学理论,训练实际技能,并培养严谨的科学作风。实验是本课程的一个重要环节,不能轻视。实验前必须进行预习,认真准备;实验时积极思考,多动手,学会正确使用常用的电子仪器、电工仪表、电机和电器设备,要能正确连接电路,能准确读取数据;实验后要对实验现象和实验数据认真地整理分析,编写出整洁的实验报告。

第一章 电路的基本概念

学 习 指 导

本章是电工基础的第一章,起承前启后的作用,把物理学和本课程联系起来,并为本课程打好基础。

本章有些内容虽已在物理课中学过,但本课程在处理这些内容上与物理课不同,是从工程观点来阐述的,不是简单的重复,应该达到温故知新的目的。

本章的基本要求是:

1. 了解电路的组成、电路的三种基本状态和电气设备额定值的意义。
2. 理解电流产生的条件和电流强度的概念,掌握电流强度的计算公式。
3. 理解电阻的概念和电阻与温度的关系。熟练掌握电阻定律。
4. 熟练掌握欧姆定律。
5. 理解电功和电功率的概念,掌握焦耳定律以及电功、电功率的计算。

第一节 电 路

一、电路的组成

由电源、用电器、导线和电键等组成的闭合回路,叫做电路。

1. 电源

把其他形式的能量转变成为电能的装置叫做电源。常见的直

流电源有干电池、蓄电池和直流发电机等。

2. 用电器

把电能转变成其他形式能量的装置称为用电器，也常把它们称为电源的负载，如电灯、电铃、电动机、电炉等利用电能工作的设备。

3. 导线

连接电源与用电器的金属线称为导线，它把电源的电能输送到用电器，常用铜、铝等材料制成。

4. 电键(开关)

它起到把用电器与电源接通或断开的作用。

二、电路的状态

电路的状态有如下几种。

1. 通路(闭路)

电路各部分联接成闭合回路，有电流通过。

2. 开路(断路)

电路断开，不可能有电流通过。

3. 短路(捷路)

电源、负载或电路某一部分的两端由于某种事故有导体连接，使电流直接从导体上通过。

在调试电子设备的过程中，常会有将电路某一部分断开或把某一部分短路的情况，这是为了使与调试过程无关的部分没有电流通过而采取的一种方法。

三、电路图

在设计、安装或修理各种设备和用电器等的实际电路时，常要使用表示电路连接情况的图。为了简便，一般采用统一规定的符号代表各种元件，这种用规定的符号表示电路连接情况的图，称为电路图。其图形符号见国家标准。几种常用的标准图形符号，如

图 1-1 所示。

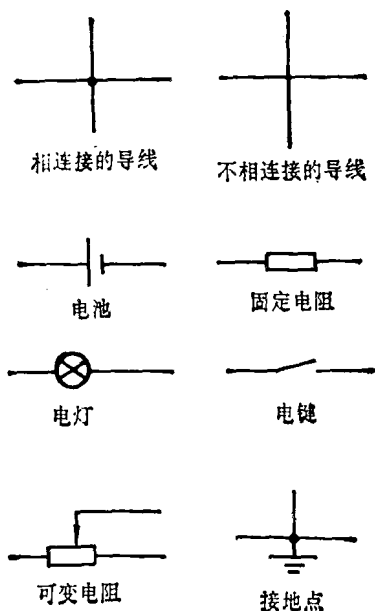


图 1-1

第二节 电 流

一、电流的形成

电荷的定向移动形成了电流。例如金属导体中自由电子的定向移动,电解液中正负离子沿着相反方向的移动,阴极射线管中的电子流等,都是电流。

要形成电流,首先要有能自由移动的电荷——自由电荷。但只有自由电荷还是不能形成电流的,例如,导体中有大量的自由电荷,它们不断地做无规则的热运动,朝任何方向运动的几率都一样。在这种情况下,对导体的任何一个截面来说,在任何一段时间

内从截面两侧穿过截面的自由电荷数都相等,从宏观上看,没有电荷的定向移动,因而也没有电流。

如果我们把导体放进电场内,导体中的自由电荷除了做无规则的热运动外,还要在电场力的作用下做定向移动,形成电流。但由于很快就达到静电平衡状态,电流将消失,导体内部的场强变为零,整块导体成为等势体。可见要得到持续的电流,就必须设法使导体两端保持一定的电压(电位差),才能使导体内部存在电场,持续不断地推动自由电荷做定向移动。这是在导体中形成电流的条件。

二、电流强度

电流的强弱用电流强度来表示。通过导体横截面的电量跟通过这些电量所用的时间的比值,叫做电流强度。如果在时间 t 内通过导体横截面的电量为 q ,那么,电流强度

$$I = \frac{q}{t}$$

在国际单位制中,电流强度的单位是安培(A)。如果在1秒钟(s)内通过导体横截面的电量是1库仑(C),则规定导体中的电流强度为1安培(A)。常用的电流强度的单位还有毫安(mA)、微安(μ A)等。

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}, \quad 1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

习惯上规定正电荷定向移动的方向为电流的方向。在金属导体中电流的方向与自由电子定向移动的方向相反,在电解液中电流的方向与正离子移动的方向相同,与负离子移动的方向相反。

电流方向不随时间而改变的电流叫直流电。电流方向和强弱都不随时间而改变的电流叫稳恒电流。但是通常所说的直流电常是指稳恒电流。

第三节 电 阻

一、电阻

金属导体中的电流是自由电子的定向移动形成的。自由电子在运动中要跟金属正离子频繁碰撞，每秒钟的碰撞次数高达 10^{15} 左右。这种碰撞阻碍了自由电子的定向移动，表示这种阻碍作用的物理量叫做电阻。不但金属导体有电阻，其他物体也有电阻。

导体的电阻是由它本身的物理条件决定的。金属导体的电阻是由它的长短、粗细、材料和温度决定的。

在保持温度(例如 20°C) 不变的条件下,实验结果表明,当导体材料均匀,横截面积相同时,导体的电阻跟它的长度 l 成正比,而跟它的横截面积 S 成反比,即

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

上式称为电阻定律。式中比例系数 ρ 叫做导体的电阻率,单位是欧姆·米($\Omega \cdot \text{m}$)。 ρ 值与导体的几何形状无关,而跟导体材料的性质和导体所处的条件,如温度等有关。 R 、 l 、 S 的单位分别是欧姆(Ω)、米(m)和平方米(m^2)。

不同的物质有不同的电阻率,电阻率的大小反映了各种材料导电性能的好坏,电阻率越大,表示导电性能越差。通常我们将电阻率小于 10^{-8} 欧姆·米的材料称为导体,如金属;电阻率大于 10^7 欧姆·米的材料称为绝缘体,如石英、塑料等;而电阻率的大小介于导体和绝缘体之间的材料,称为半导体,如锗、硅等。导线的电阻要尽可能地小,各种导线都用铜、铝等电阻率小的纯金属制成。而为了安全,电工用具上都安装有用橡胶、木头等电阻率很大的绝