

中等专业学校教材

电工基础

DIAN GONG JI CHU

(第二版)

王运哲 主编

高等教育出版社

中等专业学校教材

电 工 基 础

(第二版)

王运哲 主编

高等教育出版社

中等专业学校教材

电 工 基 础

(第二版)

王运哲 主编

*

高等教育出版社 出版

新华书店上海发行所发行

复旦大学印刷厂印装

*

开本 850×1168 1/32 印张 17.5 字数 419,000

1978 年 9 月第 1 版

1990 年 10 月第 2 版 1991 年 8 月第 3 次印刷

印数 16,201—19,700

ISBN 7-04-003173-6/TM·165

定价 5.15 元

第二版前言

本书第一版是由原第一机械工业部组织编写的。1978年由人民教育出版社出版,1983年后由高等教育出版社印制发行。该书已连续使用12年,累计印数超过50万册。编者衷心感谢广大教师和读者使用本书和提出的宝贵意见。

第二版根据1987年国家教育委员会颁布的中等专业学校《电工基础教学大纲》(电工类),以第一版为基础进行了全面修订,大部分章节进行了重新编写,使之更适合中专教学的需要,同时兼顾成人中专的特点和需要。

根据中专生的培养目标,应加强实践环节,对理论教学应重点讲授最基础的内容。第一版尽管在内容的深度、广度、难度上都已经比同类教材浅、窄、易,但对照新的大纲,仍然显得偏多。作为中专教材,应牢牢掌握“中”字,不能是“大专”更不能是“本科”。这次修订的指导思想就是编一本中等专业学校电工类基础内容的电工教材。将原书的13章按新大纲调整为10章。重点放在“路”,讲点“场”也是为了“路”的需要。

“非线性直流电阻电路”,原来作为一章,现在内容虽然精简不多,实际上降低了对它的要求,只是作为直流电路的一节;原书交流电路分两章编写,现精减为一章,避免了“矢量”与“相量”的重复;将原书电场、磁场、电磁感应精减为两章:讲电场,重点讲电容及电容上的伏安关系;讲磁场,重点讲电感及电感上的伏安关系;“线性电路过渡过程”一章改名为“动态电路时域分析”以更符合近代电路理论分析的要求。讲授中仍注意物理过程的分析,对微分方程不追求严密性。

这次修订后不仅更适合于中等专业学校各类电专业的需要,也可供成人中专、职业高中电工专业的使用。

本教材的内容,按大纲要求分为三类:不加注的是要求深刻理解,熟练掌握的内容;注有“△”号的是要求理解、掌握的内容;注有“△△”号的是要求一般了解或不必讲授的内容。授课教师可根据实际学时和学生水平灵活掌握(本书按新大纲要求总学时为156学时,包括讲课、习题课、机动等,实验课除外。)

这一版除了仍保持原书“简明、通俗、实用、适度”等特点之外,还作了如下一些考虑:

(1) 精减或删除了每章前面的“引子”。因为把将要讲还没有讲的内容罗列在章首,的确作用不大。教师在讲课时可以有“开场”或“引言”,但教材还是“开门见山”为好;

(2) 每章之后的小结是有一定作用的,可以要求学生这样做。但作为课堂面授用的教材,应当给授课老师“留有余地”,所以也删去了;

(3) 曾经摆在书前面的“各物理量符号表”,也确实用处不大。结合课文的学习,各物理量的文字符号自然会掌握,而本教材所使用的都是国际和国家统一规定的符号,并不象有些专著那样复杂,所以也删去了;

(4) 习题的选配主要是用以复习和巩固课内学的基本知识和基本概念以及基本运算技能的训练,没有步骤过多的难题。数量以学生做得了为限。把习题放在每一节的后面,使数量的分布更均匀,内容也更有针对性。答案有的只给出主要的,次序也有颠倒的。

这一版将第一版 16 开上下两册,改为大 32 开全一册版本。通过以上这些考虑节省了不少篇幅。

本书特聘请西安交通大学范丽娟教授担任主审,以保证本书

的质量。

参加本书编写的有芜湖机电学校高级讲师王运哲(一、二、五、六、七、八、九章);高级讲师庄学询(三、四章);高级讲师邵士理(十章),王运哲任主编统编全书。芜湖机电学校高级讲师杨照寰对本书初稿提了不少宝贵建议,电工实验室工程师李旭东为本书设计并描绘了插图,编者深表感谢。

由于编者水平所限,不妥和错误之处,望使用本书的老师 and 读者批评指正,谢谢!

编者

1990年2月

第一版前言

本书是根据 1978 年 1 月一机部中等专业学校工业电气自动化、电机制造专业教材会议拟定的“电工基础编写大纲”编写的。根据新时期总任务提出的要求,为适应现代科学技术的飞速发展,必须不断加强教材的建设。“电工基础”是电工类专业的一门重要的技术基础课,应当加强。本书是在原有教材体系的基础上进行修改,并增编了一些新的内容,以便为今后进一步改革教材体系打下基础。

本着由浅入深、循序渐进的原则,本教材编进了一些属于物理学的内容,供学生复习或参考,也便于自学,可由教师灵活掌握。这次重点增编了直流非线性电路,互感耦合电路,铁心线圈的交流电路和线性电路的过渡过程。其他各章也都有所增加。因为考虑到兼顾两个专业的需要,所以篇幅大了一些,授课教师可根据专业要求有所取舍。

本书由芜湖机械学校主编,哈尔滨电机制造学校和湘潭电机制造学校协编。具体分工如下:芜湖机械学校王运哲同志编写第一、二、七、九、十、十一章;哈尔滨电机制造学校常宁同志编写第三、四章;湘潭电机制造学校周伯孚同志编写第五、十二章;芜湖机械学校李永才同志编写第六、八、十三章。

本书于 1978 年 6 月经集体会审定稿。参加会审工作的除编者外,还有芜湖机械学校庄学询同志,哈尔滨电机制造学校杨其允同志,沈阳机电学校王行至同志,西安航空工业学校曹彦芳同志。

编者认为,随着社会主义建设和教育革命的发展,“电工基础”教材的改革势在必行。但“电工基础”教材的改革与数学、物理以

及专业课的改革有密切的关系，需要进一步讨论研究。由于教学急需，这次编写时在体系上及内容的阐述上都没有作更大的变动。

由于编者思想水平、业务能力和生产实践知识有限，加上编写审订时间短促，错误和不妥之处在所难免，希读者批评指正。

编者

1978年6月

目 录

第一章 电路的基本概念和基本定律	1
§1-1 实际电路与电路模型	1
§1-2 电流、电压、电动势 [△] 及其参考方向	3
§1-3 电阻元件	15
§1-4 欧姆定律	25
§1-5 电功率和电能	31
§1-6 电流的热效应与电气设备的额定值	36
§1-7 基尔霍夫定律	40
§1-8 电阻的联接	48
§1-9 电压源、电流源及其等效变换	56
§1-10 电路的运行状态及负载获最大功率的条件	63
第二章 直流电阻电路的分析与计算	71
§2-1 复杂电路简述	71
§2-2 电阻 Y- Δ 联接的等效变换	73
§2-3 电源变换法	78
[△] §2-4 支路电流法	81
§2-5 网孔电流法	85
§2-6 节点电压法	88
§2-7 叠加原理	94
§2-8 戴维南定理和诺顿定理	100
[△] §2-9 简单的非线性电阻电路	108
^{△△} §2-10 受控电源	121

第三章 静电场·电容	131
§3-1 库仑定律	131
§3-2 电场强度	134
^§3-3 电通量和高斯定理	139
^§3-4 电场中的电介质	147
§3-5 电容器、电容元件	152
^§3-6 常用电容器电容量的计算	154
§3-7 电容元件的联接	158
^§3-8 双层介质平板电容器	164
§3-9 电容元件的电流、电压间关系	167
§3-10 电场能量	168
第四章 磁场·电感	172
§4-1 磁场	172
^§4-2 表征磁场的几个物理量	178
§4-3 安培环路定律	185
§4-4 载流导体在磁场中受力	191
§4-5 线圈中的感应电动势	196
§4-6 直线导体中的感应电动势	204
§4-7 电感元件和自感电压	207
§4-8 磁场能量	215
第五章 正弦电流电路	218
§5-1 正弦交流电的产生	218
§5-2 正弦交流电的“三要素”及其有关问题	224
§5-3 复数概述	240

§5-4	正弦交流电的相量表示法	248
§5-5	电阻元件接通正弦交流电	254
§5-6	电感元件接通正弦交流电	259
§5-7	电容元件接通正弦交流电	264
§5-8	电阻、电感元件的串联电路	270
§5-9	电阻、电感、电容元件的串联电路	276
§5-10	多阻抗的串联电路	282
§5-11	复数阻抗的并联电路及复数导纳	286
§5-12	正弦电流电路的功率和功率因数	299
§5-13	功率因数的提高	307
§5-14	正弦电流电路中的谐振概念	312
§5-15	直流电路网络理论在正弦交流电路中的推广	326
§5-16	交流电路的实际参数	330
§5-17	线性二端口网络简介	334
第六章	三相交流电路	350
§6-1	三相交流电压的产生	351
§6-2	三相电源绕组的联接	354
§6-3	负载的星形联接	362
§6-4	负载的三角形联接	380
§6-5	三相功率	391
§6-6	三相负载接入三相电源的一般原则	397
第七章	非正弦周期电流电路	400
§7-1	非正弦周期量的产生	400
§7-2	非正弦波的分解(傅里叶级数)	402
§7-3	非正弦周期曲线的种类	404

642	§7-4	非正弦周期量的有效值和平均值	411
161	§7-5	非正弦周期电压作用下的线性电路	414
668	§7-6	滤波器简介	421
188		电路元件的功率计算	
072	第八章	互感耦合电路	425
072	§8-1	互感线圈的同名端及互感电压参考方向的标定	
088			425
082	§8-2	具有互感的线圈电压平衡方程式	430
61	§8-3	两个互感线圈串联	432
150	§8-4	两个互感线圈并联	438
212	§8-5	耦合系数及耦合电感器	440
628	§8-6	空心变压器 反射阻抗	444
086	§8-7	理想变压器	448
186		电路元件的功率计算	
	第九章	线性动态电路时域分析	452
076	§9-1	基本概念	452
158	§9-2	$R-C$ 串联电路的零输入响应	458
168	§9-3	直流激励下 $R-C$ 串联电路的零状态响应	466
208	§9-4	直流激励下 $R-C$ 串联电路的全响应及其三要素法	472
036			
102	§9-5	直流激励下 $R-L$ 串联电路的零状态响应	480
346	§9-6	$R-L$ 串联电路的零输入响应	486
	§9-7	$R-L$ 串联电路的全响应及其三要素法	491
004	§9-8	正弦激励下一阶电路的零状态响应	499
004		电路元件的功率计算	
92	第十章	直流磁路和交流铁心线圈	505
80	§10-1	铁磁物质的磁化	505

Δ §10-2	磁路定律	513
§10-3	恒定磁通的无分支磁路计算	519
§10-4	直流电磁铁	525
§10-5	交流铁心线圈电路简介	528
Δ §10-6	正弦电压下的铁心线圈	530
Δ §10-7	正弦电流下的铁心线圈	533
§10-8	铁心损耗	534
$\Delta\Delta$ §10-9	交流铁心线圈的等效电路	539
§10-10	交流电磁铁	542

第一章 电路的基本概念和基本定律

所有电气设备的运行，家用电器的使用，都必须有电流的作用。产生电流的一个必要条件，就是要构成闭合电路。我们所介绍的电路分“直流电路”和“交流电路”。直流电路比较简单，本章先从直流电路入手来介绍电路所共有的一些基本概念和基本定律。

§1-1 实际电路与电路模型

(一) 实际电路的构成和作用

实际电路是为了实现某种特定要求，由电气设备、电器件相互联接而构成的。图 1-1-1 和图 1-1-2 所示的就是两个实际电路的

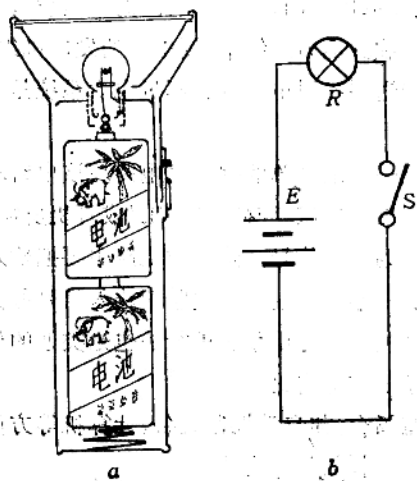


图 1-1-1

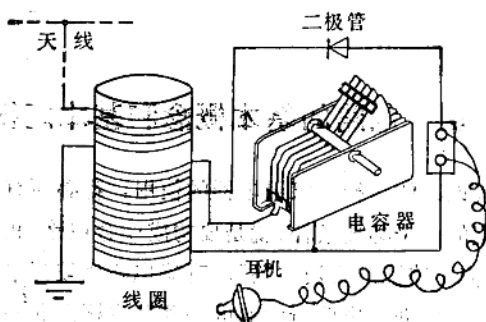


图 1-1-2

例子。

图1-1-1是手电筒电路。开关合上后，随着电流的通过，电池将非电能——化学能转换成电能，沿着导电的筒壁将电能传送给电珠，电珠将它吸收的电能转换成所需的非电能——光能。电工技术中把提供电能的设备或器件称为“电源”，如图1-1-1中的干电池 E 就是电源，把吸取电能的设备或器件称为“负载”，如图1-1-1中的电珠 R 就是负载。电力系统中，发电厂的发电机组就是电源，经传输线将电能传送到各用电单位。不过电力系统是一个极为复杂的实际电路。

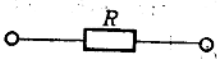
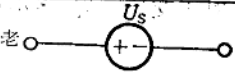
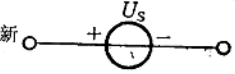
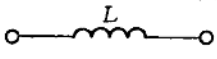
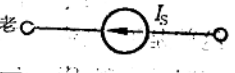
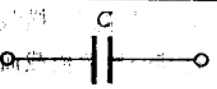
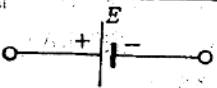
图1-1-2是一个最简单的收音机电路。该电路将施加的电信号——线圈感应出的电压，变换或“加工”成耳机所需要的电信号，该电信号是电路的输出信号。这一类电路主要把输入的电信号“加工”成所需要的输出电信号。通常把输入信号称做“激励”，把输出信号称做“响应”。电讯系统进行的也是类似的处理，不过它也是一个很复杂的实际电路。

在其他一些场合，如自动控制设备，计算机等方面，为了实现不同要求有各式各样的具体电路。

(二) 电路模型

为了便于研究各类具体电路，在电工技术中常用一些理想电路元件及其组合来表征电气设备、电工器件的主要电性能。表 1-1 中列出了常用的几种理想电路元件及其图形符号。所谓理想电路元件，就是把实际电器件忽略次要性质，只表征它的主要电性能的“理想化了”的“元件”。

表 1-1

元件名称	模 型 符 号	元件名称	模 型 符 号
电 阻		理想电压源	老  新 
电 感		理想电流源	老  新 
电 容			
电 池			

〔注*〕 电池是具体实物，不是理想电路元件，如不考虑内阻，可视为理想直流电压源。

用理想元件及其组合代替实际电路中的电气设备、电器件，便形成该实际电路所对应的由理想电路元件构成的“电路模型”。

今后本书中未加特殊说明时，我们所说的电路均指这种抽象的电路模型，所说的元件均指理想元件。

§1-2 电流、电压、电动势^{*}及其参考方向

回顾在“物理学”中曾经学过的一些物理量，并在此基础上强

调指出“参考方向”与“实际方向”的关系。

(一) 电流

电荷的定向移动形成电流。在金属导体内，电流是自由电子有规则的定向运动形成的。电流的大小常用电流强度来表示，所以电流强度习惯上又被简称为“电流”。对于直流电流，用字母 I 表示

$$I = \frac{Q}{t} \quad (1-2-1)$$

对于交流电流，用小写字母 i 表示(或者用 $I(t)$ 表示。)

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1-2-2)$$

式中 I 和 i —— 电流强度，

Q 和 q —— 在时间 t 和 dt 内通过导体某一横截面的电荷量。这就是说，电流等于单位时间内通过某一导体横截面的电荷量。在国际单位制(SI)中电荷量的单位是“库仑”(C)；时间的单位是“秒”(s)；电流的单位是“安培”(A)。“千安”(kA)、“毫安”(mA)和“微安”(μA)与“安培”(A)的关系如下：

$$1\text{kA} = 1000\text{A}$$

$$1\text{mA} = 10^{-3}\text{A}$$

$$1\mu\text{A} = 10^{-6}\text{A}$$

电流的“实际方向”，规定为正电荷流动的方向。对金属导体而言，流动的是自由电子(负电荷)，所以电流的实际方向是指电子流动的反方向(如无特别需要，只讲电流方向而不讲电子流动方向)。本书将电流方向标在所经过的电路段的旁侧。

下面我们要强调指出电流“参考方向”的规定。在电路中，有时对某段电路中的电流实际方向很难预先判断；也有时电流的实