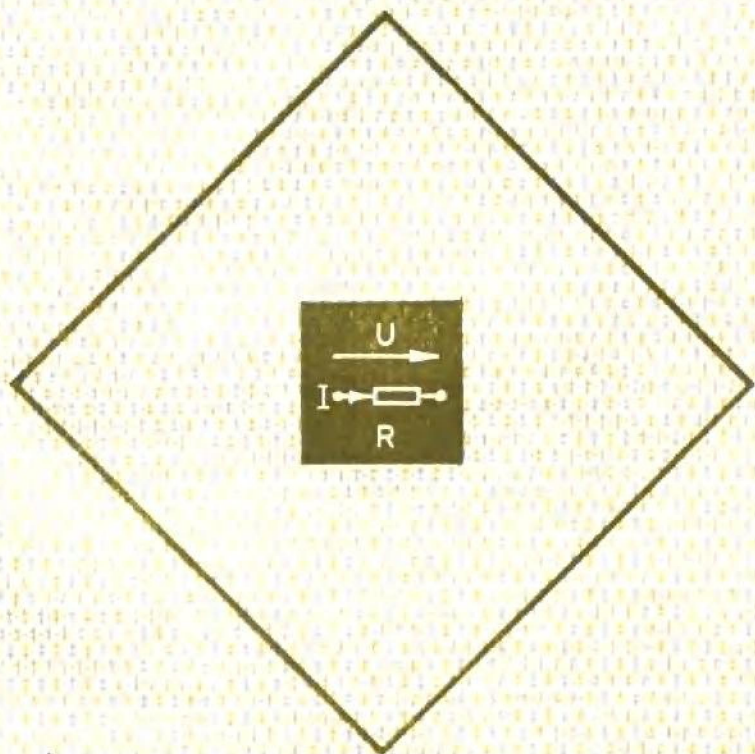


邮电职工教育用书

实用电工学



TM1
77
3

内 容 提 要

本书系根据电信系统技术工人应知应会的要求编写的。全书共十二章，第一至四章讲述了电的基本理论和概念，直流电路的基本定律和电阻的串并联电路等理论分析和使用方法；第五至七章叙述了磁场、电磁感应和电容的基本理论；第八章对电路中电压与电流的瞬态现象做了一定的论述与分析；第九章简述了单相和三相交流电的产生和特性；第十章对谐振电路做了初步讨论；第十一、十二章介绍了变压器和电工测量仪表的工作原理和性能。各章均设有结合实际例题，以加深对内容的理解和运用，章末附习题和答案供学习检查。

本书为电信电子技术工人培训教材，也可供短训班和技工学校使用，也适用于具有初中文化程度的人员自学参考。

邮 电 职 工 教 育 用 书 实 用 电 工 学

张楚风 孙根华 温文声

陈金铭 唐叔湛 编

罗炯光 贺春华 审

责任编辑：刘 兴 航

*

人 民 邮 电 出 版 社 出 版

北京东长安街27号

北 京 印 刷 一 厂 印 刷

新华书店北京发行所发行

各 地 新 华 书 店 经 售

*

开本：787×1092 1/32 1983年3月第一版

印张：10 16/32 页数：168 1983年3月北京第一次印刷

字数：238 千字 印数：1—70,000 册

统一书号：15045·总 2716-有 5294

定价：1.10 元

16

前 言

为了适应邮电职工的学习和提高业务、技术管理水平的需要，我局将陆续组织编写职工教育用书。

这些教育用书，主要是根据邮电部对各专业人员按业务技术等级标准分别规定的应知应会要求，并结合实际工作需要而编写的。内容力求实用、通俗易懂。经我局组织审定，认为适合职工自学，也可作为短训班及各类邮电学校的教学或参考用书。

由于时间仓促、经验不足，书中难免有许多缺点和不足之处，希望各地在使用过程中，及时把意见反映给我局，以便今后修订。

邮电部教育局
一九八一年十月

出 版 说 明

本书是为了适应广大邮电职工教育需要，根据应知应会的
要求，并结合生产实践而编写的。本书内容着重原理、概念的
叙述和分析，尽量避免复杂的数学计算，文字简明，通俗易
懂，适合电信、电子技术工人自学和做培训班教材。

本书第一章介绍电、电流、电压和电阻等的基本原理和概
念；第二、三、四章叙述直流电路中的欧姆定律、串联与并联
电路和基尔霍夫定律等的理论分析和使用方法；第五、六、七
章讲述磁场、电磁感应和电容的基本理论；第八章对电路中电
压与电流的瞬态现象做了一定的叙述和分析；第九章简述了单
相和三相交流电的产生和特性；第十章对谐振电路做了初步论
述；第十一、十二章简要地说明变压器和电工测量仪表的工作
原理、性能及使用方法。各章节中还附例题，书末设有练习
题，以帮助理解和巩固所学内容及联系实际应用。

本书具有下述特点 1. 内容浅显通俗，为一般电信和电子
技术工人所必须掌握的电工基础理论和实用技术知识； 2. 全
书内容紧密结合电信和电子技术工人的生产实际，着重讲清基
本理论的物理概念和具体应用； 3. 根据读者的文化水平，抛
开繁琐的数学推导，而对必要的定量分析尽量采用简化计算方
法，便于理解接受。

本书是北京市电信局组织下述人员编写的，从第一章到第
三章的 3.6 节由张楚风同志编写；从第三章的 3.7 节到第五章
由孙根华同志编写；从第六章到第八章的 8.3 节由温文声同志
编写；从第八章的 8.4 节到第九章的 9.15 节由陈金铭同志编

写；从第九章的 9.16 节到第十二章由唐叔湛同志编写。最后由温文声和唐叔湛同志汇总统编。

初稿编成后，曾请北京长途电信学校贺春华老师和北京长途线务总站高级工程师罗炯光同志分别对全稿进行了审校。特此深表谢意。

由于编写时间仓促，经验不足，错误在所难免，衷心希望广大读者批评指正。

教材图书编辑部

目 录

第一章 电的基本理论	1
1.1 电子和质子	1
1.2 原子的基本结构	2
1.3 原子键	3
1.4 电离	4
1.5 空穴和电子	4
1.6 电流和电量	4
1.7 电位差和电动势	6
1.8 电阻	9
1.9 电阻的单位	9
1.10 温度变化对电阻的影响.....	10
1.11 电阻率.....	14
1.12 电导和电导率.....	16
1.13 电阻的系列值.....	17
1.14 电阻器的色标.....	18
1.15 直流和交流的电压和电流.....	19
练习题.....	21
第二章 欧姆定律、电功率和电能	25
2.1 电流和电动势(或电压)在电阻上的线性关系	26
2.2 电压和欧姆定律	28
2.3 电阻和欧姆定律	29
2.4 正向和反向电动势的串联	30

2.5	电功率	32
2.6	电功率和欧姆定律	33
2.7	电源和负载的判别	34
2.8	电能	35
2.9	千瓦小时	36
2.10	非线性电阻	37
2.11	电路	38
2.12	负载获得最大功率的条件	38
	练习题	39
第三章	电阻的串联和并联电路	43
3.1	电阻的串联电路	43
3.2	串联电路的等效电阻	43
3.3	串联电阻的分压	46
3.4	串联电路的开路和短路	49
3.5	电阻的并联电路	50
3.6	并联电路的等效电阻	51
3.7	并联电路的分流	55
3.8	利用电导计算并联电路	58
3.9	并联电路的开路和短路	59
3.10	电阻的串并联电路	60
3.11	电阻并联后的串联连接	61
3.12	电阻串联后的并联连接	62
3.13	串并联电路的分析	65
	练习题	67
第四章	基尔霍夫定律	70
4.1	基尔霍夫第一定律(电流定律)	70
4.2	基尔霍夫第二定律(电压定律)	71

4.3	支路电流法	74
4.4	回路电流法	80
4.5	电流负值的意义	85
4.6	电路中两点间电位差的计算	86
	练习题	89
第五章	磁场	91
5.1	概述	91
5.2	磁场的方向	92
5.3	磁通和磁通密度	93
5.4	电流的磁效应	94
5.5	单匝线圈所产生的磁通	95
5.6	空心线圈产生的磁通	96
5.7	磁势	97
5.8	磁场强度	98
5.9	铁磁材料的绝对导磁性	99
5.10	真空导磁率和相对导磁率	100
5.11	铁磁材料、顺磁材料和逆磁材料	102
5.12	铁磁性材料的磁化曲线	103
5.13	磁路的“欧姆定律”	104
5.14	磁路中的磁阻和磁导	105
5.15	串联磁路	107
5.16	漏磁和边缘现象(扩散现象)	112
5.17	铁磁材料的 $B-H$ 曲线	114
5.18	磁滞损失	115
5.19	磁屏蔽	116
5.20	继电器的磁路计算	117
	练习题	120

第六章 电磁感应	123
6.1 直导线中的感应电动势	123
6.2 感应电动势的方向-弗来明右手定则	126
6.3 线圈中的感应电动势	128
6.4 感应电动势的平均值和瞬时值	130
6.5 互感	132
6.6 楞次定律	134
6.7 自感	135
6.8 自感量与线圈匝数的关系	139
6.9 对互感的进一步阐述	141
6.10 磁耦合系数	143
6.11 涡流	145
6.12 磁场间的作用力	145
6.13 电动机原理-弗来明左手定则	146
6.14 通电导线所受的力	147
6.15 磁场的能量	148
6.16 电感器的等效电路	149
练习题	150
第七章 静电学	153
7.1 正负电荷	153
7.2 电通量	153
7.3 电场强度	155
7.4 电通量密度	156
7.5 电通量密度与电场强度的关系-介电常数	156
7.6 电容器的电容量	157
7.7 电容器的充电	158
7.8 电容器的放电	160

7.9	电容器存储的能量	161
7.10	平行板电容器的电容量	163
7.11	电容器的并联	166
7.12	电容器的串联	168
7.13	电容器的串并联	171
7.14	电容器的类型	172
7.15	电容器的等效电路	174
	练习题	175
第八章	直流瞬态电路	178
8.1	电压突变对电路元件的影响	178
8.2	L-R 电路中电流增长的过程	180
8.3	L-R 电路里电流增长的计算	185
8.4	L-R 电路时间常数的确定	186
8.5	L-R 电路电流上升时间的估算	187
8.6	L-R 电路稳态电流的建立时间	187
8.7	L-R 电路电阻 R 两端的电压	188
8.8	L-R 电路电感 L 两端的电压	189
8.9	绘制电感 L 两端电压 U_L 的指数衰减曲线	191
8.10	L-R 电路中电流的衰减	192
8.11	电流衰减时 R 和 L 两端的电压	194
8.12	电容器充电电流	197
8.13	电容器充电期间 R 和 C 两端的电压	199
8.14	电容器的放电电流及 R 和 C 两端的电压	202
	练习题	205
第九章	交流电压和电流	207
9.1	交流波形的产生	207
9.2	角的计量单位——度和弧度	209

9.3	正弦波	211
9.4	电阻回路中的电流	215
9.5	交流电的平均值	216
9.6	交流电的有效值或均方根值(r.m.s)	218
9.7	交流电的波形因数和峰值因数	221
9.8	基波和谐波	222
9.9	用向量表示正弦量	224
9.10	相角差.....	226
9.11	向量的加法.....	227
9.12	向量的减法.....	229
9.13	三相系统.....	233
9.14	星形连接三相系统.....	235
9.15	三相四线系统	237
9.16	三角形联接的三相系统.....	241
9.17	星形与三角形联接系统中电流与电压关系的 小结.....	242
9.18	交流电路的功率和功率因数.....	242
	练习题.....	245
第十章	谐振电路	247
10.1	交流电路的谐振概念.....	247
10.2	串联谐振.....	248
10.3	并联谐振.....	253
10.4	通频带及通频带与品质因数Q的关系.....	255
10.5	谐振电路的应用.....	256
	练习题.....	257
第十一章	单相变压器	260
11.1	变压器的功能.....	260

11.2	变压器的构造·····	261
11.3	理想变压器的基本原理·····	265
11.4	变压器的功率和效率·····	270
11.5	自耦变压器·····	274
11.6	变压器的检验和使用方法·····	276
11.7	小功率电源变压器设计介绍·····	280
	练习题·····	283
第十二章	电工测量仪表·····	286
12.1	电工测量仪表的一般分类·····	286
12.2	永磁式仪表·····	287
12.3	电磁式仪表·····	290
12.4	电动式仪表·····	292
12.5	电流的测量·····	293
12.6	电压的测量·····	299
12.7	电压测量的误差与消除方法·····	302
12.8	直流电位计·····	306
12.9	电阻的测量·····	308
	练习题·····	314

第一章 电 的 基 本 理 论

1.1 电子和质子

自然界的一切物质都是由分子组成，分子是由各种不同的原子构成的。而一切原子又都是由两种带电的粒子——**电子**和**质子**，以及不显电性的中子所组成。在这两种带电的粒子之中，电子的质量(9.1066×10^{-28} 克)较小，约为质子的 1837 分之一。

电子带一个单位负(阴)电荷。

质子带一个单位正(阳)电荷。

电子和质子带电极性相反，电量相等。在正常状态下，每个原子内所包含的电子总数和质子总数相等，因此正负电荷互相中和抵消，对外不显电性。

但是，在外界因素的影响下，物质原子失去电子时，则带正电；如得到多余电子，则带负电。

通常所说物体“摩擦生电”，就是由于物体表面原子的部分电子发生得失现象的结果。如用皮革摩擦玻璃棒，迫使棒面原子中的部分电子脱离原位而转移到皮革上去，玻璃棒便失去电子而带正电，皮革得到电子而带负电。

正、负电荷之间有“同性相斥，异性相吸”等重要的特性。

1.2 原子的基本结构

原子很微小，把一亿个原子排成一行，还不到一厘米长。原子的基本结构，主要是由原子核和电子层两部分组成。原子核简称核，位于原子的中心，是由若干个质子和中子构成。电子位于原子核的外部，分层按各自轨道而作自转和高速圆周旋转运动。这与行星围绕太阳旋转运动的情况很相似。

电子层具有不同的半径，其大小主要由电子所受的两种作用力的合力大小来决定。其中一种为电子本身运动而产生的离心力；另一种为电子负电与核正电之间的“异性相吸”产生的向心力。因此，各层电子具有不同的能量。它们按电子所具有的能量由小到大，从里层向外层排列。

电子层由里向外顺序编号为：1、2、3……，相应的层次名称分别为： K 、 L 、 M ……。核外各层电子数量的一般规律是：(1) 每层电子数最多为 $2n^2$ (n 代表电子层数)；(2) 最外层电子数 ≤ 8 (如果只有一个电子层，则最外层电子数 ≤ 2)。各电子层最多可容纳的电子数目如表 1.1 所示。

表 1.1 电子层最多可容纳的电子数

电 子 层 名 称	层 数 号 (n)	每层最多电子个数 ($=2n^2$)
K	1	2
L	2	8
M	3	18
N	4	32

原子的最外电子层和它上面的电子，决定了它的原子价和

物理化学性质，一般叫做价电子层和价电子。如果电子层中的电子排满到最多个数时，电子与核能紧密结合在一起形成稳定的结构，叫做**饱和层**。如图 1.1 中所示的氢原子的 *K* 层和硅原子的 *K*、*L* 层等都是饱和层。相反地，如电子层中的电子没有排满到最多个数时，电子与核处于松弛结合状态。电子容易脱离原子核的束缚而形成“自由电子”，成为不稳定结构，叫做**不饱和层**。如图 1.1 中，氢原子的 *K* 层（最多 2 个电子，现仅有一个）和硅原子的 *M* 层（最多 8 个电子，现仅有 4 个）等均为不饱和层。

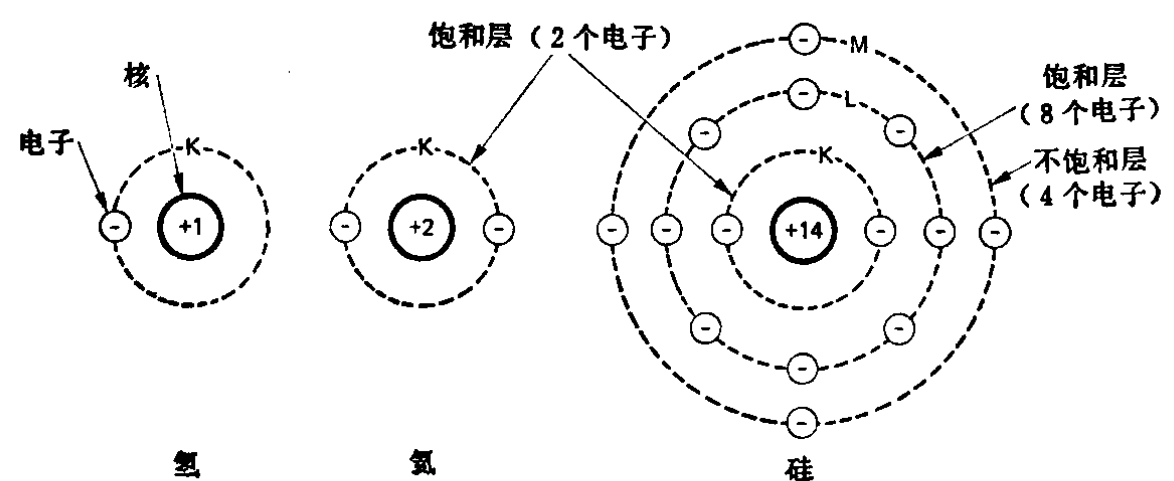


图 1.1 氢、氦和硅原子的结构

1.3 原子键

原子与原子间存在一种互相作用的力，叫做**键**（又称化学键）。这种力主要是由于一些原子最外层属于不饱和层而容易**失掉电子或得到电子**，使外层电子数排满达到稳定结构所引起的。此外，为了达到稳定结构，也有两个原子**共用电子对**，这时，所形成的相互束缚作用，叫做**共价键**（又称原子键）。例如半导体材料的合成，就属于这一种类型。

1.4 电 离

原子中电子和质子的总数相等，在正常状态下不显电性。如果原子获得电子，则电子总数多于质子总数，原子带负电，显示负电性；如果原子失掉电子，则原子的质子总数多于电子总数，原子带正电，显示正电性。带正电或负电的原子，叫做正或负离子。原子形成离子的过程，叫做电离。

当电子从外界热能或光能获得额外能量时，可以使它由内电子层(其上电子能量较低)跃升到外层轨道(其上电子能量较高)。同理，电子失去能量时，便由外电子层退到内电子层轨道上，而失去的能量表现为光或热的形式。

1.5 空穴和电子

当原子核外电子层失掉一个电子时，就出现一个电子空缺位置的空间，这个空缺位置叫做空穴。这时原子内质子总数多于电子总数，呈现正电性，相当于一个带正电性的载流子，所以也叫做正电载流子或叫空穴载流子。同样，电子叫做负电载流子或叫电子载流子。除半导体外，锌、铟、钴等少数金属也有空穴。有空穴的金属导电能力较强。

1.6 电流和电量

电源和负载(如电灯或电热器)之间的电路连通后，电流就沿着电路流动。电流可以简单地认为是负电载流子(即电子)沿着电路做定向运动的结果。根据电子运动的理论，电路沟通

后，在电场力的作用下，电子从电源的负极流出，经过导线、负载而被吸引到电源正极(异性电相吸)。因为电子流不能在电路上任一点“堆积”，所以电子又继续由电源正极流经电源内电路而回到负极，形成了川流不息的电流。所以说电流实际来源于电子的定向运动的结果。**电流就是电子流。**

从前，由于人们对电子学理论认识不够，曾想象电流是由于正电荷自电源正极流出，经过导线、负载而流向负极，然后继续经过电源内电路而回到正极，并依此规定了电流的正方向。这一规定一直沿用到现在，已成习惯。但是，必须注意实际上并不是正电荷沿着电流的正方向运动，而是等量的负电荷在相反的方向上运动。两者在实用上是等效的。电流(符号为 I)单位为安培，简称为安(符号为 A)。

电池或电容器之类的设备都具备贮存电荷的能力。电气设备在一段时间内贮存或放出电流的总量叫做**电量**(符号为 Q)。它的计量单位为安培·小时，简称**安·时**(符号为 Ah)。例如容量为 40 安·时的蓄电池，能以 1 安培的电流持续放电 40 小时，或 2 安培 20 小时。因为用小时作为计量时间的单位太大，所以一般规定电量或电荷的单位为**安·秒**或**库仑**，简称**库**(符号为 C)。因此：

$$\text{电量} = \text{电流} \times \text{时间}$$

$$\text{或} \quad Q = It \quad (1.1)$$

式中 I 为电流，单位为安(A)； t 为时间，单位为秒(S)。由上式可得电流的量纲为库/秒(C/S)(即 $I = \frac{Q}{t}$)，表示单位时间内流过的电量。

一个电子为一个负电载流子，其电量为：

$$e = -1.6 \times 10^{-19} \text{库(C)}$$