

全国家用电器维修培训教材

电 工 基 础

于志洁 编

解 放 军 出 版 社

全国家用电器维修培训教材 1

电 工 基 础

于志洁 编

解放军出版社

内 容 简 介

本书是全国家用电器维修培训教材之一。主要内容有：电的基本知识、直流电路的基本定律与简单运算、复杂直流电路的计算、电流的热作用与化学作用、电与磁的转换、交流电路及其运算、变压器、电路中的谐振等。每章附有习题，可供复习练习之用。

全国家用电器维修培训教材 1

电工基础

于志洁 编

责任编辑 乐俊淮

审阅 王明臣 关德林

解放军出版社出版

(北京平安里三号)

新华书店北京发行所发行

一二〇一工厂印刷

787×1092毫米 32开 9.625印张 208千字

1986年2月第1版 1987年12月(北京)第1次印刷

印数 1——90050册

书号 ISBN 7-5065-0269-O/TM·1

定价：2.30元

前 言

自1986年初中央五部委发出《关于组织家用电器维修人员培训的通知》以来，在各地有关部门的大力支持下，家用电器维修培训工作在全国蓬勃开展起来，并取得了可喜的成果。

1987年4月9日，中国科协、商业部、国家工商行政管理局、劳动人事部、电子工业部、总政宣传部、中国电子学会召开的“全国家电维修培训工作会议”强调指出了这项工作的重要意义，同时指出要对现有教材进行修改，并编写基础与专业基础教材，以适应全国家用电器维修培训工作的需要。

实践证明，编写好家用电器维修培训教材是搞好培训工作的重要保证。我们认真研究了各地培训班对试用教材《家用电器维修指南丛书》的意见，按照统一教学计划的要求，组织有一定理论知识和维修实践经验的作者，编写了这套家用电器维修培训教材。并由科学出版社、人民邮电出版社、电子工业出版社、科普出版社、解放军出版社共同出版。

本教材主要阅读对象是具有初中以上文化程度，从事或准备从事家用电器维修工作、参加家用电器维修培训班的学员；也可供从事家用电器生产的工人、初级技术人员和广大电子技术爱好者参考；还可作为军地两用人才的培

训教材。教材共分十七册出版。其中基础课教材五种：《电工基础》、《机械常识》、《电动机》、《元器件》、《家用电器维修基础》；专业基础课教材两种：《低频电路原理》、《高频电路原理》、专业课教材十种：《电风扇、吸尘器的原理和维修》、《洗衣机的原理和维修》、《电冰箱、空调机的原理和维修》、《电热器的原理和维修》、《电子钟表的原理和维修》、《收音机的原理和维修》、《录音机的原理和维修》、《黑白电视机的原理和维修》、《彩色电视机的原理和维修》、《磁带录象机的原理、使用和维护》。教材分册出版，适于不同专业培训班选用；增加基础课和专业课教材，又为缺乏基础知识的学员提供了方便。此外还出版补充读物若干种，对教材起到拾遗补缺的作用。

在组织编写本教材时，我们注意贯彻理论与实践相结合的原则。基础课教材和专业基础课教材在介绍基本理论和电路时，紧密联系家用电器的实际，将共性的基础知识讲清楚。在教材的深度和广度上，尽可能照顾中、小城市和农村学员的实际水平，力求深入浅出、通俗易懂。

由于家用电器维修培训牵涉面广，学员水平参差不齐，要求不同，加之我们的水平有限，时间仓促，这套教材还会存在许多不足之处。我们恳切希望全国各地家用电器维修培训班的学员、教师，以及关心家用电器维修培训工作的同志们，对这套教材提出宝贵的意见。

全国家用电器维修人员培训教材编委会

1987年10月

目 录

第一章 电的基本知识	1
第一节 电荷与库仑定律	1
第二节 电场、电位和电位差	3
第三节 电 流	8
第四节 电源与电动势	9
第五节 电路与电路元件	12
习 题	14
第二章 直流电路的基本定律与简单运算	15
第一节 欧姆定律	15
第二节 电阻的串联与并联	16
第三节 电源的等值互换及其串并联使用	24
第四节 电的功率和效率	31
第五节 短路和接地	44
习 题	48
第三章 复杂直流电路的计算	52
第一节 基尔霍夫定律	52
第二节 基尔霍夫定律的扩展	58
第三节 迭加原理	64
第四节 戴维南定理	69
第五节 最大功率传递定理	74
第六节 电桥电路	76

第七节 星形电路与三角形电路的互换	79
习 题	86
第四章 电流的热作用与化学作用	92
第一节 电流的热作用	92
第二节 电流的化学作用与化学电源	97
第三节 微型电池	102
习 题	113
第五章 电与磁的转换	114
第一节 磁现象	114
第二节 螺线管与电磁铁	118
第三节 电磁感应	123
第四节 自感与互感	128
第五节 导线切割磁力线产生感应电动势	133
第六节 磁场对通电导体的作用	136
第七节 直流电动机	139
第八节 交流电动机	148
第九节 通用电动机	161
习 题	163
第六章 交流电路及其运算	167
第一节 正弦交流电的基本概念	167
第二节 交流电的三要素	170
第三节 交流电的有效值	179
第四节 交流电路元件	181
第五节 正弦交流电的表示法	194
第六节 交流电路的简单运算	208
第七节 交流电路的阻抗与导纳	215
第八节 应用复数表示法计算正弦交流电路	228

第九节 交流电路的功率	232
第十节 三相电路	237
第十一节 复数的运算	247
习 题	254
第七章 变压器	257
第一节 变压器的结构	257
第二节 变压器的工作原理	258
第三节 变压器的应用	264
第四节 自耦变压器	273
第五节 变压器的分类	275
习 题	277
第八章 电路中的谐振	280
第一节 谐振现象和串联谐振	280
第二节 谐振电路分析	282
第三节 谐振电路的选择性	285
第四节 并联谐振电路	288
习 题	295

第一章 电的基本知识

第一节 电荷与库仑定律

在现代社会生活中，人们每天都要用电。例如电灯、电扇、收录机等我们所熟悉的家用电器，离开了电就无法工作。那么到底什么是电？电是从哪里来的呢？为了回答这些问题，几百年来，科学家们收集和研究了自然界中许许多多有关电的现象，终于揭示了电的本质，说明了产生电的基本原因。

原来，我们周围的一切物质都是由分子组成的，分子则是由更小的微粒——原子组成的。各种各样的原子都是由原子核和一定数量的电子组成的。原子核内有质子和中子，它处在原子的中央，电子在原子核外围，沿着一定的轨道不停地旋转。例如，一个最简单的氢原子，就是由原子核和一个绕核旋转的电子组成的。如图 1-1 所示。

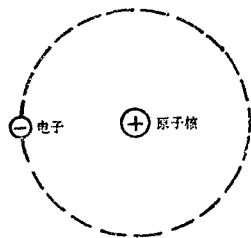


图1-1 氢原子的结构

质子和电子都带有一定数量的电荷。这些电荷在某些情况下，能够表现出我们所看到或觉察到的各种“电”的现象。质子和电子所带的电荷彼此不同，习惯上，把质子所带的

电荷叫做正电荷(用“+”来表示),把电子所带的电荷叫做负电荷(用“-”来表示)。

由于一切物质都是由分子、原子组成,而原子又是由电子和质子等组成,所以,一切物质都带有很多的正电荷和负电荷。如果在某一情况下,一种物质的负电荷多于正电荷,它就呈现“负电”的性质,叫做“带负电”的物质;反之,如果一种物质的正电荷多于负电荷,它就呈现“正电”的性质,叫做“带正电”的物质。不过,在一般情况下,物质的正电荷和负电荷相等,这两种电荷彼此抵消,不呈现带电的性质,叫做“中和”的物质。

一个电子或一个质子所带的电荷量是电荷的最小自然单位,不过这个数量太小了,所以通常用“库仑”作为衡量物体带电量多少的单位,简称库。1库仑电荷约等于 6.25×10^{18} 个电子所带的总电量。

实验证明,凡是同性的电荷(即正电荷和正电荷,或负电荷和负电荷)互相排斥;凡是异性的电荷(即正电荷和负电荷)互相吸引。当两个点电荷的尺寸远小于两者之间的距离时,这个作用力的大小可以通过下面的公式来表示:

$$F = K \frac{q_1 q_2}{\epsilon R^2}$$

q_1 、 q_2 是两个点电荷的带电量(即电荷量), R 是它们中心间的距离(如图1-2所示), ϵ 是介电常数, K 是常数,它与实验时所用的单位制有关, F 是它们之间的作用力。这个规律表示出:在均匀介质中,两点电荷间的作用力,

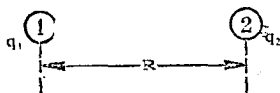


图1-2 两个点电荷之间的作用力

与两个点电荷的带电量的乘积成正比，与其距离的平方成反比。这一关系就叫做库仑定律。它是电学中最基本的定律之一。

一切物质内部的正电荷和负电荷就是靠这种力互相吸引而约束在一起的。如果要从一物质中取出一些电子，使它带上正电荷，就必须克服质子和电子间的吸引力。一个简单的方法，就是使两种不同性质的物体互相摩擦，这样，就能或多或少地把电子从一物体移到另一物体，使得两个物体都产生带电现象。用丝绸摩擦玻璃棒，就会使丝绸带负电而玻璃棒带正电。

当一物体带上电荷时，它能够吸引细小的物体。如果用胶木钢笔杆在毛制衣服上摩擦几次，然后把笔杆靠近小片纸屑，就可以把纸屑吸起；用塑料梳子梳头，头发有时被吸起来，这都是因为物体带电而造成的。

第二节 电场、电位和电位差

如上所述，当两个带电物体互相靠近时，就会产生作用力，即同性带电物体互相排斥，异性带电物体相互吸引。尽管两个带电物体没有直接接触，相互之间却存在着作用力，这证明在带电物体周围空间存在着一种特殊的物质，相互作用力正是靠这种特殊物质来传递的，我们就把这种特殊物质叫做电场。电荷及其周围空间存在的电场是一个统一的整体，凡有电荷存在，其周围必然有电场存在。如果电荷的多少和位置都不变化，则其电场也不变化，这种电场又称为静电场。

电场的强弱是由它作用于带电物体上的机械力的大小

来衡量的。根据库仑定律，在给定的介质中，电荷间的相互作用力，决定于电荷的量值和彼此间的距离，所以对于某一带电物体在某空间位置上产生的电场强弱，可以用单位正电荷在该点所受到的电场力的大小来衡量，这个数值叫做电场强度，简称场强，用字母 E 来代表。所以电场强度的定义如下：

$$E = \frac{F}{q}$$

式中 F ——试验电荷所受的电场力，单位为牛顿，用字母 N 表示；

q ——试验电荷的电量，单位为库仑，用字母 C 表示；

E ——电场强度，单位为伏特/米，用字母 V/m 表示。

〔例题1〕 如 $q = 5 \times 10^{-6}$ 库仑的试验电荷在 a 点所受的作用力为 5×10^{-4} 牛顿。在 c 点所受的作用力为 2×10^{-4} 牛顿，试求这两点的电场强度。若在 c 点另放一个 $q_1 = 4 \times 10^{-6}$ 库仑的试验电荷时，它应受的力是多少？

$$\text{解： } E_a = \frac{F_a}{q} = \frac{5 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-6}} = 100 V/m$$

$$E_c = \frac{F_c}{q} = \frac{2 \times 10^{-4}}{5 \times 10^{-6}} = 40 V/m$$

$$F_{c1} = E_c q_1 = 40 \times 4 \times 10^{-6} = 16 \times 10^{-5} N$$

结合以上的库仑定律公式可以看出，如果使库仑公式中的两个点电荷之一等于1个单位电荷，就得到距另一电荷距离为 R 处一点的电场强度 E 为：

$$E = K \frac{q}{\epsilon R^2}$$

上式表明，带电物体在某一种均匀介质中的某点产生的电场强度，是与其电荷量成正比，而与带电物体中心到

该点的距离的平方成反比。

地球上的物体，在自由运动时，总是从高处移向低处，我们说它在高处具有位能。同样，当一物体带有电荷时，这物体就具有某种程度的电位能，叫做电位。我们常以大地的电位为标准，也就是把大地的电位作为零。所以任何带正电荷的物体都具有比大地更高的电位，而且带正电荷愈多，电位也愈高；反之，任何带负电荷的物体都具有比大地更低的电位，而且带负电荷愈多，则电位也愈低。

如果甲物体带有10库仑的正电荷，其电位比大地高；另一与甲物体同样情况的乙物体带有5库仑的正电荷，它的电位也比大地高，但是却比甲物体的电位低，我们就把甲、乙两物体之间存在的电位差别叫做“电位差”，或者称为“电压”。电位差常用的单位是“伏特”，简称“伏”。

电位和水位的意思很相似，凡是具有较高电位的物体，能够把正电荷推向较低电位的物体，这正是象水位较高的水，总是向较低处流去一样。

当一物体带上正电荷时，由于它具有比大地更高的电位，因而这物体接触大地时，正电荷将从该物体流入大地，物体因消失正电荷而和大地同电位，即电位等于零；同样，当一物体带有负电荷时，它具有比大地更低的电位，如果该物体接触大地时，其负电荷将流入大地，物体因消失负电荷而与大地同电位，即电位也等于零。任何两个电位不相等（电位差不为零）的物体相接触时，都会产生如上的电荷转移，而使电位趋于相等。由此可见，电位差是产生电荷流动的原因。如果没有电位的差别，就不可能有电荷的流动。

电荷移动的过程就是电场力作功的过程。在讲电场力作功之前，首先简单叙述一下物理学中做功的概念。物体

受力，在力的方向上移动了距离，在物理学上称为做功。受力越大移动距离越远做功越多。上述关系用数学表示如下：

$$A = Fl$$

式中 A ——功，单位焦耳，用字母 J 表示；

F ——力，单位牛顿；

l ——距离，单位米用字母 m 表示。

在图1-3中，实验电荷 q 放在均匀电场中受力 F ，电荷在力的作用下自左向右从 a 移到 b ，如果移动的距离为 l_{ab} ，那么电场力对电荷作了多少功呢？

根据上述可知

$$A = Fl_{ab}$$

但如果均匀电场的电场强度为

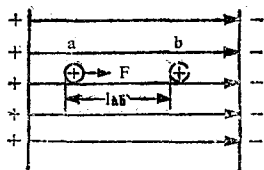


图1-3 电场力做功

E ，则电荷 q 在电场中所受的力 $F = Eq$ 代入前面公式得：

$$A = Fl_{ab} = Eq l_{ab}$$

同样一个电荷 q ，放在不同的电场中，电场力作的功不同，说明电场所具有的能量不同。为了衡量电场做功本领的大小，我们引入了电压这个物理量。

实验电荷在电场中从一点移动到另一点时，电场力所作的功与实验电荷电量的比值，就叫电场中该两点间的电压。用符号 U 表示。

根据前述，均匀电场中电场力移动实验电荷 q ，从 a 到 b 作的功为：

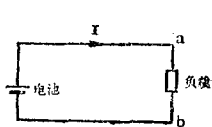
$$A = Fl_{ab} = Eq l_{ab}$$

则 ab 两点间电压：

$$U_{ab} = \frac{A}{q} = \frac{Eq l_{ab}}{q} = E l_{ab}$$

同理，电路中，电场力移动实验电荷从a点到b点所作的功，与实验电荷电量的比值。就叫该电路ab两点间的电压，用符号 U_{ab} 表示。如图1-4所示。

用公式表示即：



$$U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q}$$

式中 U_{ab} ——电压，单位伏特，用字母 V 表示；

q ——实验电荷电量，单位库仑；

A_{ab} ——电场力作的功。

如电场力移动单位正电荷从a点到b点作的功是 1 焦耳，即 A_{ab} 为 1 焦耳， q 为 1 库仑，我们说ab间的电压 U_{ab} 为 1 伏特。

〔例题 2〕 ①电场力移动 5 库仑正电荷从a到b，作功 20 焦耳；②若电场力移动 10 库仑正电荷从a到b作功为 40 焦耳；问：电压 U_{ab} 各为多少？

解：

$$\textcircled{1} \quad U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q} = \frac{20}{5} = 4 \text{ V}$$

$$\textcircled{2} \quad U_{ab} = \frac{A_{ab}}{q} = \frac{40}{10} = 4 \text{ V}$$

从这个例子可以知道在一个电路中移动电荷量不同，电场力作功也不同，但某两点间的电压是一个定值，也就是一个常数。

必须注意，在物理中作功，必须是物体在力的方向上

运动。电压也是由电场力作功定义的，电场力有方向，因此，电压是有正负的。一般假设电压的正方向是由正极到负极。这是因为电场力移动实验电荷是从正极到负极，实验电荷受力的方向是由正到负的缘故。

第三节 电 流

所谓电流，顾名思义，就是电荷有规律的流动。有些物体内的电子很容易移动，这类物体叫做良导体，简称导体，如金、银、铜、铝、铁、石墨等都是导体。也有些物质内的电子很不容易移动，这类物体又叫做绝缘体，如橡胶、玻璃、干木材等都是绝缘体。如果用金属导线把两个

电位不同的带电物体联接起来，如图 1-5 所示。那么因为金属线两端有着电位差或电压，沿导线就有电场的作用，导线中的自由电子（负电荷）在电场的作用下，将向正电荷（电位高）的一侧移动，也就是在导线中产生了

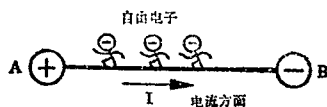


图1-5 电荷的转移

电流。这个电流将继续到两个带电体的电位相等，即它们之间的电位差等于零时为止。这就好象两个水位不同的容器，在下面用水管接通时，水管中便有水流过，直到两个容器中的水位达到同样的高度为止。

通常在导体中的电流，是自由电子移动造成的，电子带负电荷，它总是从低电位的一边移向高电位的一边。不过，在实际应用中却把电流方向规定为从正极到负极，即指正电荷移动的方向。以后我们提到电流方向，均指正电

荷移动的方向。

电流常用字母 I 来表示。电流的单位用安培, 简称安, 用字母 A 表示。1 安培就是在 1 秒钟时间里从导线的横截面流过 1 库仑的电量。在电工学中用公式表示为:

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

式中 t ——时间, 其单位为秒, 用字母 s 表示。

在应用时, 有时安培这个单位太大, 经常用 1 安培的千分之一作单位, 叫做毫安, 用字母 mA 表示。故它们的关系是:

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

〔例题 1〕 有一根导线, 每小时通过其横截面的电量为 900 库仑, 问通过导线的电流多大?

解: 已知 $q = 900$ 库仑, $t = 1$ 小时 $= 3600$ 秒, 根据公式

$$I = \frac{q}{t}, \text{ 可求出电流}$$

$$I = \frac{q}{t} = \frac{900}{3600} = 0.25 \text{ A} = 250 \text{ mA}$$

第四节 电源与电动势

上一节我们介绍了电流的概念, 知道电流是电荷在电压作用之下有规律地移动。但是, 随着电荷的不断转移, 两个物体上的带电量将逐渐减小。最后, 当两个物体的电位相等时, 即电位差等于零时, 电子不再转移, 电流等于零。因此, 要想使导体中的电流维持不变, 就必须使导体内部维持不变的电场, 也就是要求导体两端的电位差维持不变。这就需要在产生电流的同时, 利用外部力量把电荷