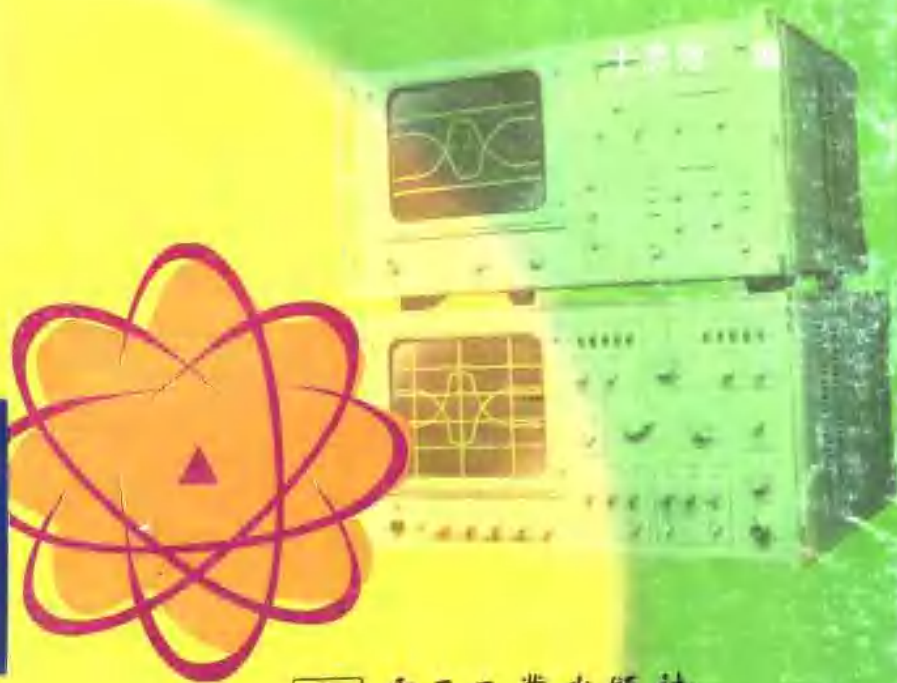


全国家用电器维修培训教材 1

电工基础

(修订本)



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

URL: <http://www.phei.com.cn>

全国家用电器维修培训教材 1

电 工 基 础

(修订本)

于志洁 编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

本书是全国家用电器维修培训教材之一。全书共分七章。主要包括：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。每章均附有习题，可供读者复习练习之用。

本书可供电子爱好者、家电维修人员、家电维修培训班的师生阅读。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有，翻版必究。

图书在版编目(CIP)数据

电工基础/于志洁编著. —修订本. —北京：电子工业出版社，2000. 7

全国家用电器维修培训教材

ISBN 7-5053-6003-5

I. 电… II. 于… III. 电工—理论—技术培训—教材 IV. TM1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 62786 号

从 书 名：全国家用电器维修培训教材 1

书 名：电工基础（修订本）

编 者：于志洁

责任编辑：张新华

特邀编辑：尧 云

印 刷 者：河北省邮电印刷厂

装 订 者：河北省邮电印刷厂

出版发行：电子工业出版社 URL: <http://www.phei.com.cn>

北京市海沿区月坛路 173 信箱 邮编 100036

经 销：各地新华书店

开 本：787×1092 1/32 印张：9.75 字数：208 千字

版 次：2000 年 7 月第 1 版 2000 年 7 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-5053-6003-5

TN·1354

定 价：10.00 元

凡购买电子工业出版社的图书，如有缺页、倒页、脱页、所附磁盘或光盘有问题者，请向购买书店调换；若书店售缺，请与本社发行部联系调换。

电话 68279077

全国家用电器维修培训教材

编委会名单

主 编 王志刚

常务副主编 宁云鹤

副 主 编 沈成衡 文宏武 谭佩香

编 委 (按姓氏笔划排列)

王明臣 刘学达 李 军

陈 忠 张道远 张新华

高坦弟 姚 昀

出版说明

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协助下,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。为了使家用电器维修培训工作更加系统化、正规化,1987年4月,中国科协、商业部、国家工商行政管理局、劳动人事部、国家教委、电子工业部、轻工总会、总政宣传部联合召开“全国家电维修培训工作会议”,各部委一致强调此项工作的重要意义,同时要求中国电子学会对现行教材进行修改,并编写基础与专业教材。遵照会议精神,全国家电维修培训协调指导小组办公室按照统一教学计划的要求,组织既有较高理论知识水平又有丰富维修实践经验的作者,编写了一套实用性较强的家电维修培训教材,由电子工业出版社出版。

随着家电维修培训工作的深入开展,应家电维修培训学校师生及社会各界读者的要求,全国家电维修培训协调指导小组办公室在完成全套教材的出版工作之后,又陆续组织出版了家电维修培训补充读物,目前已出版100余种。在电子科学技术飞速发展、电子产品不断更新换代的今天,为适应新世纪科技发展的需要,我们对家电维修培训教材陆续进行了修订,如:《电工基础》、《元器件》、《电动机》、《收音机的原理与维修》、《黑白电视机原理与维修》、《彩色电视机原理与维修》、《黑白彩色电视机的原理与维修》、《数码影碟机(VCD DVD)原理与维修》、《无绳电话机原理使用与

检修大全》、《厨房电器的原理与维修》、《电冰箱空调器的原理与维修》等基础、专业培训教材,同时先后出版了深受读者喜爱的家电维修培训教材的补充读物,如:《彩色电视机实用单元电路原理与维修图说》、《怎样看家用电器电路图》、《常用电器主要元器件代换手册》、《松下彩色电视机实用电路图全集》、《常用国外彩色电视机电路图集精选》、《黑白电视机修理技术自学读本》、《彩色电视机修理技术自学读本》、《组合音响修理技术自学读本》、《现代家庭实用电工技术》、《大屏幕遥控彩电信号流程及电路详解与故障分析》等。

我们出版的家电维修培训补充读物,对家电培训教材起到了拾遗补缺的作用,为培训学校师生和不同层次的电子爱好者提供了更多的参考资料,深化了他们对培训教材内容的理解,拓宽了他们的知识面。我们在编写过程中,特别注重内容的知识性、新颖性、实用性、资料性,叙述力求深入浅出,通俗易懂。补充读物的出版对提高广大电子爱好者的素质,提高家电维修培训质量都是大有裨益的。

由于家用电器维修培训涉及面广,学员及广大电子爱好者的水平和要求不同,加之我们的水平有限,故家电维修培训教材及补充读物的出版还不能完全满足不同专业、不同层次读者的要求。我们恳切希望全国各地家电维修培训学校的学员、教师以及广大电子爱好者提出宝贵意见,并函寄至北京 3933 信箱(邮政编码 100039)全国家电维修培训协调指导小组办公室,在此谨致诚挚谢意。

《全国家用电器维修培训教材》编委会

2000 年 1 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	(16)
第一节 欧姆定律	(16)
第二节 电阻的串联与并联	(17)
第三节 电源的等值互换及其串并联使用	(25)
第四节 电的功率和效率	(33)
第五节 短路和接地	(45)
习 题	(50)
第三章 复杂直流电路的计算	(54)
第一节 基尔霍夫定律	(54)
第二节 基尔霍夫定律的扩展	(60)
第三节 迭加原理	(67)
第四节 戴维南定理	(72)
第五节 最大功率传递定理	(78)
第六节 电桥电路	(80)
习 题	(83)

第四章 电流的热作用与化学作用	(89)
第一节 电流的热作用	(89)
第二节 电流的化学作用与化学电源	(94)
第三节 微型电池	(100)
习 题	(111)
第五章 电与磁的转换	(112)
第一节 磁现象	(112)
第二节 螺线管与电磁铁	(117)
第三节 电磁感应	(122)
第四节 自感与互感	(127)
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	(150)
习 题	(164)
第六章 交流电路及其运算	(169)
第一节 正弦交流电的基本概念	(169)
第二节 交流电的产生	(169)
第三节 交流电的三要素	(172)
第四节 交流电的有效值	(182)
第五节 交流电路元件	(184)
第六节 正弦交流电的表示法	(198)
第七节 交流电路的简单运算	(213)
第八节 交流电路的阻抗与导纳	(221)
第九节 应用复数表示法计算正弦交流 电路	(234)
第十节 交流电路的功率	(239)

第十一节	三相电路·····	(244)
习 题	·····	(256)
第七章	变压器 ·····	(259)
第一节	变压器的结构·····	(259)
第二节	变压器的工作原理·····	(260)
第三节	变压器的应用·····	(266)
第四节	自耦变压器·····	(276)
第五节	变压器的分类·····	(278)
习 题	·····	(281)
第八章	电路中的谐振 ·····	(283)
第一节	谐振现象和串联谐振·····	(283)
第二节	谐振电路分析·····	(285)
第三节	谐振电路的选择性·····	(288)
第四节	并联谐振电路·····	(292)
习 题	·····	(300)

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

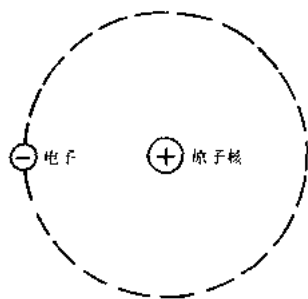


图 1-1 氢原子的结构

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。

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,两个点电荷间的作用力,与两个点电荷带电量的乘积成正比,与其距离的平方成反比。这

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

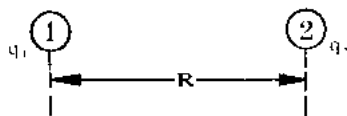


图 1 2 两个点电荷之间的作用力

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,决定于电荷的电量值和彼此间的距离。所以,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 $q = 5 \times 10^{-6} C$ 的试验电荷在 a 点所受的作用力为 $5 \times 10^{-1} N$, 在 c 点所受的作用力为 $2 \times 10^{-1} N$, 试求这两点的电场强度。若在 c 点另放一个 $q_1 = 4 \times 10^{-6} C$ 的试验电荷时, 它应受的力是多少?

$$\text{解: } E_a = \frac{F_a}{q} = \frac{5 \times 10^{-1}}{5 \times 10^{-6}} = 100 \text{ V/m}$$

$$E_c = \frac{F_c}{q} = \frac{2 \times 10^{-1}}{5 \times 10^{-6}} = 40 \text{ V/m}$$

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

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,就得到与另一电荷距离为 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,这正是像水位较高的水,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,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

做功之前,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。上述关系用数学表达式表示为:

$$A = Fl$$

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?

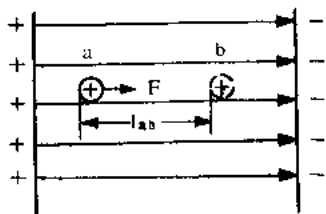


图 1-3 电场力做功

根据上述可知:

$$A = Fl_{ab}$$

但如果均匀电场的电场强度为 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 两点间电压为: $U_{ab} = \frac{A}{q} = \frac{Eq l_{ab}}{q} = Fl_{ab}$

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。

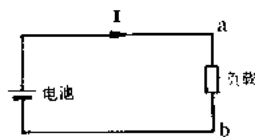


图 1-4 电场在电路中做功

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, 单位焦耳。

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

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

解:

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

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

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,就是电荷有规律地流动。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。



图 1.5 电荷的转移

通常,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