

电 工 学 教 材

(军事队用)

中国人民解放军高射炮兵学校训练部

一九八〇年八月

电 工 学 教 材

高射炮校训练部基础教研室

校对 刘利华 曹风和

787×1092毫米16开本

定价 1.10元

高射炮兵学校训练部印刷厂印刷

目 录

第一章 直流电路

第一节 电路的基本概念	(1)
一 什么是电路	(1)
二 物质的电结构	(2)
三 电流和电流强度	(2)
四 电压	(3)
五 电源和电动势	(4)
六 电阻和电阻器	(5)
第二节 欧姆定律	(10)
一 欧姆定律	(10)
二 欧姆定律应用于全部电路	(12)
三 端电压与电动势的关系	(12)
第三节 电功率与电器元件额定值	(14)
一 电功、电功率	(14)
二 电流热效应及电器元件额定值	(15)
三 电源输出最大功率的条件	(17)
第四节 简单直流电路	(19)
一 电阻串联电路	(19)
二 电阻并联电路	(21)
三 电阻混联电路	(24)
四 电路中的电位分析	(26)
第五节 复杂直流电路的分析	(31)
一 克希荷夫定律	(31)
二 重迭原理	(33)
三 戴维南定理(等效电源法)	(35)
第六节 电场和电容器	(37)
一 电场	(37)
二 电容器	(40)
三 电容器的联结	(47)

第二章 电磁现象

第一节	磁的基本概念	(52)
一	磁的基本现象	(52)
二	磁场和磁力线	(53)
三	磁通和磁通密度	(54)
第二节	电流的磁效应	(56)
一	通电直导体产生的磁场	(56)
二	通电线圈产生的磁场	(58)
三	电磁铁	(59)
第三节	物质的磁性	(61)
一	导磁系数	(61)
二	磁场强度	(62)
三	铁磁性物质的磁化规律	(63)
四	铁磁性物质的分类	(64)
五	磁路的基本概念	(65)
第四节	电磁力	(67)
一	通电直导体在磁场中受的力	(67)
二	运动电子在磁场中受的力	(68)
第五节	电磁感应	(70)
一	导体割切磁力线产生感应电势	(70)
二	与线圈交连的磁通发生变化产生感应电势	(72)
第六节	自感现象	(76)
一	自感现象	(76)
二	自感电势的方向	(77)
三	自感电动势的大小	(78)
四	自感量 (L)	(78)
五	线圈中的储能	(79)
第七节	互感现象	(80)
一	互感现象	(80)
二	互感电势的方向	(80)
三	互感电势的大小	(83)
四	互感量	(83)
第八节	涡流	(85)
一	涡流的产生	(85)
二	涡流的危害及其减小方法	(85)

第三章 交流电路

第一节	交流电的基本概念	(88)
一	交流电的产生	(89)
二	交流电的参数	(91)
三	交流电的矢量表示法	(94)
四	交流电的相位关系	(95)
第二节	只含单一元件的正弦交流电路	(98)
一	纯电阻电路	(98)
二	纯电感电路	(100)
三	纯电容电路	(103)
第三节	R、L、C串、并联交流电路	(108)
一	阻容(R—C)串联电路	(108)
二	阻感(R—L)串联电路	(111)
三	阻感容(R—L—C)串联电路	(111)
四	阻感容(R—L—C)并联电路	(113)

第四章 电机和变压器

第一节	直流电机	(117)
一	直流电机的基本工作原理	(117)
二	直流电机的结构	(119)
三	直流发电机	(120)
四	直流电动机	(121)
五	直流电机的电枢反应	(123)
第二节	交流电机	(128)
一	三相交流发电机	(128)
二	三相感应电动机	(135)
三	两相感应电动机	(140)
第三节	变压器	(145)
一	变压器的基本原理	(145)
二	各类变压器的特点	(148)
三	RN型调压器	(150)
四	变压器的使用注意事项和故障检查	(153)

第四节	整流器.....	(154)
一	半导体二极管.....	(154)
二	整流电路.....	(157)
三	滤波电路.....	(158)

第五章 MF 5 — 1 三用表

第一节	永磁式电表.....	(161)
一	构造.....	(161)
二	工作原理.....	(162)
第二节	电流表.....	(162)
一	测量电流的原理.....	(162)
二	使用注意事项.....	(164)
第三节	电压表.....	(164)
一	测量电压的原理.....	(164)
二	使用注意事项.....	(166)
第四节	欧姆表.....	(166)
一	测量电阻的原理.....	(166)
二	使用注意事项.....	(168)
第五节	三用表.....	(168)
一	三用表的基本线路.....	(168)
二	MF 5 — 1 型三用表.....	(169)

第一章 直流电路

内 容 提 示

直流电路是最常见最基本的电路,同时又是研究交流电路的基础。本章从分析电路基本概念着手,阐明电路中电流、电压、电动势等物理量的意义及它们之间的关系,即欧姆定律。然后,运用欧姆定律分析电阻串、并、混联电路的特点和电路中的电位。这是全章的重点。最后介绍复杂电路的分析方法。

直流电路讲的一些基本概念、定律和分析方法都是一些共性的东西,内容本身似乎很简单,但应用于实际就比较复杂,要用力气。要求我们着眼于知识的理解和灵活应用,而不能满足于死背硬记。

第一节 电路的基本概念

一 什么是电路

电路就是电流流过的路径。电路主要由电源、负载、导线等部分组成。此外为了控制和测量,有时还装有开关和仪表等。如图1—1所示。电源是供给能量的,常用的电源有电池、发电机等;负载是用电器件,如灯泡、电烙铁、电动机等;导线是用来输传电能的,最常用的导线有铜线和铝线。

在图1—1中,如果负载是灯泡,若将开关接通,电路中就有电流,灯泡就会发亮。为什么会有电流?电流的本质是什么?要回答这个问题,必须从物质内部的电结构说起。

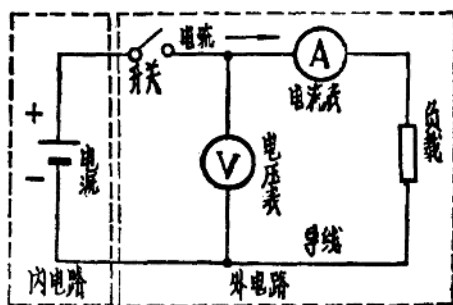


图1—1 基本电路图

二 物质的电结构

一切物质都是由分子组成。分子由更小的微粒——原子组成。原子分为原子核和电子两部分。原子核中包括带正电的质子和不带电的中子,因此整个原子核带正电荷(用“+”号表示);电子带负电荷(用“-”表示)。电子质量约 9.1×10^{-28} 克,为氢原子核质量的 $\frac{1}{1840}$ 。由于正负电荷是相互吸引的,所以电子受原子核的吸引,围绕原子核旋转。质子和电子带电性质虽不同,但每个质子与电子带电的数量是相等的。

原子的种类很多,现在已经发现的有105种。不同原子是由于原子中电子、质子、中子的数目不同。最简单的氢原子只有一个质子和一个电子,如图1—2(a)所示。铜原子的原子核中共有29个质子,外面围绕着29个电子,排列成四层,第一层2个,第二层8个,第三层18个,第四层1个,如图1—2(b)所示。

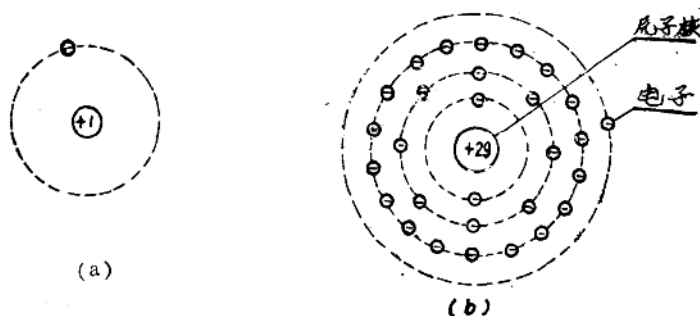


图1—2 氢与铜原子电结构示意图

在正常情况下,原子中电子的数目和质子的数目是相等的。因此,整个原子中正负电荷数量相等,它们的作用相互抵消,或者说相互中和了,整个原子对外显不出带电的性质。如果由于某种外界原因,使原子失去或获得一个或几个电子,那么,这些原子就会带电。失去了电子的原子带正电,获得了电子的原子带负电。因此可以说,物质带电的本质就是电子的得失。物体所带电荷多少,用电量来表示,符号为 Q ,单位是库仑。 1 库仑 $=6.25 \times 10^{18}$ 个电子所带的电量。

三 电流和电流强度

1 电流

电荷有规则的运动就叫电流。在金属导体中,电流是由自由电子的定向运动形成的。因为金属原子外层的电子受原子核的吸引力较小,这些原子构成物体时,最外层电子又受到原子间相互作用,而脱离原子核束缚,我们把这些电子叫自由电子。自由电子毫无规则的运

动着，同一瞬间，有向左的，有向右的，有向上的，有向下的，故不能形成电流。如图 1—3，把导线的一端接到带正电的 A 球，另一端接到带负电的 B 球，导线内的自由电子受到 A 球上正电荷的吸引和 B 球上负电荷的排斥，就向 A 球移动，自由电子的这种有规则的定向运动，就形成了电流。

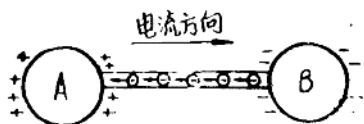


图 1—3 电流示意图

电流的方向，习惯上规定为正电荷流动的方向。正好和电子运动的方向相反。人们对于事物

的认识是逐渐深化的，当人们尚未发现电子以前，误认为电流就是正电荷的移动，因而就把电流的方向规定为正电荷流动的方向，沿用这个规定对我们研究问题并无妨碍，负电荷朝一个方向流动，相当于正电荷朝相反方向流动，因此这个规定一直沿用下来，没有更改。

2 电流强度

电流的大小用电流强度来表示。导体横截面内每秒钟通过的电量叫电流强度，用符号 I 表示。如果在一段时间 t 内，通过导体横截面的电量为 Q，那么这个导体内的电流强度用下式表示：

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

电流强度又简称电流。所以电流这个词有双重含意，有时是指电荷的流动这种物质运动形式，有时是指电流强度这个物理量。

3 电流强度的单位

电流强度的单位是安培，用符号 A 表示。如果 1 秒钟内，通过导线横截面的电量为 1 库仑，这时的电流强度就是 1 安培。辅助单位有毫安 (mA) 和微安 (μA)。

1 毫安是 1 安培的千分之一。

$$\text{即 } 1 \text{ mA} = \frac{1}{1000} \text{ A} = 10^{-3} \text{ A}$$

1 微安是 1 安培的百万分之一。

$$\text{即 } 1 \mu\text{A} = \frac{1}{1000000} \text{ A} = 10^{-6} \text{ A}$$

4 电流的测量

电流的大小，用电流表测量。测量时，电流表必须串联于电路之中，如图 1—1 所示。如果测量直流电流，必须使电流从电流表的正端流入，负端流出，所以，测量前必须了解被测电路的电流方向。如用复用表“电流挡”测直流电流时，必须使电流从表笔的正端流入，负端流出，并估计被测电路的电流大小，以便选择电流表的测量范围。

四 电 压

1 什么是电压

电压也叫电位差，用符号 U 表示。电压是产生电流的必要条件。电压怎样产生电流的呢？这个问题，可以用水流做比喻来说明。在图 1—4 中，A 桶水位比 B 桶水位高，打开笼

头后,水就顺着水管由高水位流向低水位形成水流。当两桶水位差消失时,水流就停止了。所以,水位差是产生水流的必要条件。电流的情况与此相似。在图 1—3 中, A 球带正电, B 球带负电, A 球电位比 B 球电位高。用导线连通后, 导线内的自由电子受到 A 球的吸引 B 球的排斥, 就由 B 球向 A 球运动, 也就是正电荷由高电位的 A 球向低电位的 B 球流动而产生电流。当两球电位差消失时, 导线内电流就停止了。所以, 导线内的自由电子是产生电流的内因, 而导线两端存在电位差是产生电流的必要条件, 若使导线内有电流, 就必须维持导线两端的电压。

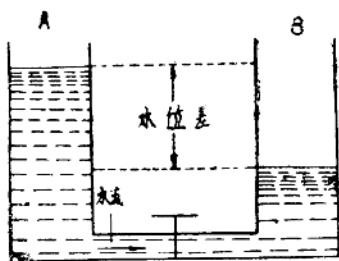


图 1—4 水位差形成水流示意图

2 电压的单位

电压的单位是伏特, 用符号 V 表示。辅助单位有千伏 (KV)。毫伏 (mV)。微伏 (μV), 它们与伏特的关系是:

$$1 \text{ KV} = 1000 \text{ V} = 10^3 \text{ V}$$

$$1 \text{ mV} = \frac{1}{1000} \text{ V} = 10^{-3} \text{ V}$$

$$1 \mu \text{ V} = \frac{1}{1000000} \text{ V} = 10^{-6} \text{ V}$$

3 电压的测量

电压的大小, 用电压表来测量。测量时, 电压表必须跨接于被测电压的两端。如图 1—1 所示, 要测量负载两端的电压, 必须把电压表接于负载两端。如测量直流电压, 必须使电压表的正端与被测电压的正端相接; 电压表的负端与被测电压的负端相接。如用复用表“电压挡”测直流电压时, 必须使表笔的正端与被测电压的正端相接, 表笔的负端与被测电压的负端相接, 并估计被测电路的电压大小, 以便选择电压表的测量范围。

五 电源和电动势

1 电源的作用

前面已讲过, 导线内的电流, 是由导线两端的电压产生的。那么, 导线两端的电压, 又是怎样产生的呢? 这就是电源的作用。电源就是产生和维持电压的装置。常见的电源有电池和发电机等。下面我们以最简单的电池为例, 来说明电源的作用。

下面先作一个实验。如图 1—5 所示, 在盛有稀硫酸的玻璃容器中, 放一块铜板, 一块锌板。在外电路接上灯泡, 可见灯泡发亮。这是什么原因呢? 这是由于化学作用, 使铜板带正电, 成为正极; 使锌板带负电, 成为负极。正极电位比负极电位高, 两极间产生电位差, 即

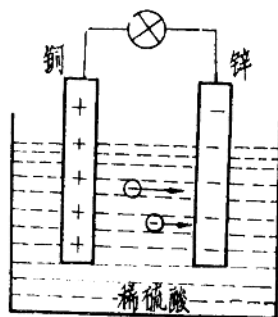


图 1—5 简单电池原理

产生电压。在电源外部,用导线把两个极板接通后,导线内的自由电子就由负极向正极运动,也就是说有电流从电源正极经过导线流向负极。在电源内部,由于化学力的作用,能不断地从正极(铜板)上取下电子,补充给负极(锌板),以保证电源正极(铜板)不断带正电,电源负极(锌板)不断带负电,经常维持两极间电压,产生持续的电流。

电源外部和电源内部构成一个闭合的回路,其电流的大小是相等的。电流的方向:在电源外部是正极流向负极,在电源内部是负极流向正极。

在电路中,常用图 1—6 所示的符号表示电源,其中长线表示正极(“+”),短粗线表示负极(“-”)。



图 1—6 电源符号

2 电动势

根据上述简单电池分析可知,电源产生并维持电压的根本原因,是由于化学力的作用。化学力的作用不断从正极取下电子补充负极时,要克服电荷间的吸引和排斥力,因此要消耗化学能,电池就是一种将化学能转换成电能的电源装置。发电机是由于电磁力作用,把机械能转换成电能的电源装置,同样可以产生并维持电源两极电压(此问题第二章要讲)。

所以我们说,电源有一种产生并维持电压的能力,这种能力叫电动势。用 E 表示。电动势的方向,如图 1—6 箭头所示。电动势的单位也是伏特。

电池电动势的大小,取决于构成电池的材料,常用于电池是用锌板和炭棒作电极,氯化铵作溶液,其电动势是 1.5 伏。汽车和油机上用铅板蓄电池,其电动势为 2 伏左右。

六 电阻和电阻器

1 导体和绝缘体

根据物体导电的难易程度,可分为导体、绝缘体和半导体三类。

容易导电的物体叫导体。一般金属都是导体。因为金属原子外层的电子受原子核吸引力较小,容易形成自由电子,所以金属容易导电。除金属外,各种酸、硷、盐的水溶液也是导体。

不容易导电的物体叫绝缘体。如玻璃、云母、棉纱、橡胶、塑料、陶瓷、油类、干燥的空气等都是绝缘体。绝缘体中,电子和原子核的联系很牢固,外层电子很难从原子核束缚下解脱出来成为自由电子,所以不容易导电。

导电性能介于导体与绝缘体之间的物体叫半导体。常见的有锗、硅、硒等,它们是制成半导体元件的主要材料。

2 电阻的概念

导体对电流的阻力叫电阻,用 R 表示。导体为什么会对电流有阻力呢?其原因是在金属导体内部,除了自由电子的运动外,原子也在不断地运动,不过原子的运动,不象自由电子的运动那样“自由”,可以到处乱跑,而是围绕一个平衡位置来回运动(这种运动叫振动)。原子的这种运动与导体的温度有关,温度越高,原子的振动就越激烈。所以,这种运动又叫热运动。当自由电子作定向运动时(形成电流时),会与不断振动的原子相碰撞,这就妨碍了自由电子的定向运动,因此导体对电流有阻力。

电阻的单位是欧姆,用 Ω 表示。

辅助单位有：仟欧（ $K\Omega$ ）、兆欧（ $M\Omega$ ），它们与欧姆的关系是：

$$1 K\Omega = 1000\Omega = 10^3\Omega$$

$$1 M\Omega = 1000000\Omega = 10^6\Omega$$

3 导体电阻的大小与哪些因素有关

（1）导线越长，电阻越大，即导线的电阻与它的长度成正比。

（2）导线截面积越大，电阻越小，即导线的电阻与它的截面积成反比。

（3）材料不同，电阻大小也不同。例如同样长短粗细的铁线电阻比铜线要大得多。

不同材料的导电性能用电阻系数来表示。长1米，截面积1平方毫米的导线所具有的电阻，称为该材料的电阻系数，用 ρ （读“洛”）来表示。电阻系数大的材料电阻大。常见的金属导电材料的电阻系数，如表1—1所示。

表1—1

材料名称	在20℃时的电阻 系数 $\left(\frac{\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}\right)$	材料名称	在20℃时的电阻 系数 $\left(\frac{\text{欧姆} \cdot \text{毫米}^2}{\text{米}}\right)$
银	0.016	钢	0.13—0.25
铜	0.0175	铁	0.13—0.3
铝	0.029	铅	0.211
钨	0.056	康铜	0.4—0.51
锌	0.062	锰铜	0.43
黄铜	0.07—0.08	镍铬	0.94—1.1
锡	0.114	水银	0.948

导体电阻，可用下式决定：

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

式中：R：导体的电阻。单位是欧姆。

ρ ：导体的电阻系数。

S：导体的截面积。单位是平方毫米。

l：导体的长度。单位是米。

（4）导体电阻还与温度有关。温度升高，金属导体的电阻增大，如电灯泡的灯丝，在未通电或刚通电时，电阻较小，通电正常工作后，电阻较大。这是因为金属导体中，自由电子的数目基本上是不变的，温度升高时，原子的热振动加剧，与自由电子碰撞机会增多，所以电阻增大。

有些物质，如炭和半导体等，温度升高电阻减小。因温度升高时，这些物质中的自由电子增加很多，超过了由于碰撞次数增多的影响，所以电阻减小。

有些物质，如锰铜、康铜等，温度升高，电阻几乎不变，常用作指挥仪计算装置及仪表

中的电阻。

4 常用电阻器

(1) 常用电阻器的种类、结构和特点

在电路中，常需要一种器件，来增减或调节电路中的电阻，以达到增减或调节电流及电压的目的。这种器件称为电阻器。

根据电阻值能否改变，电阻器可分为固定电阻器和可变电阻器两种。它们在电路图中的符号，如图 1—7 所示。图中 (a) 为固定电阻器，(b) 为可变电阻器，(c) 为电位器。

常用电阻器的结构和特点如表 1—2 所示。

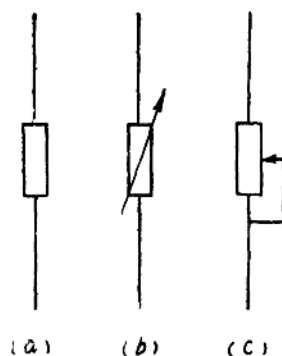


图 1—7 电阻器符号

表 1—2

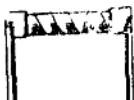
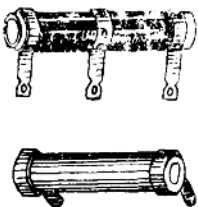
名称及实物图	结 构 和 特 点
(1) 碳膜电阻 	它是把碳氢化合物在高温真空下分解，使其在瓷管或瓷棒上形成一层结晶碳膜，再刻槽以控制阻值。这种电阻稳定性较高，噪声低。
(2) 金属膜电阻 	它是在陶瓷骨架上被复一层薄膜而成的。生成金属膜的方法，一般为真空蒸发法（镍铬合金）和烧渗法（金铂合金）这种电阻噪声低，耐温高，稳定性和精密度也很高。
(3) 金属氧化膜电阻 [实物形状同 (2)]	是由氧化物水解而成的。制造简单，成本低，其性能与金属膜电阻器相同，但耐热性更高，化学稳定性也较好，而精密度不如金属膜电阻，通常可代替金属膜电阻使用。
(4) 线绕电阻 	是用电阻丝绕在瓷管上而成的。常用的电阻丝为镍铬合金及康铜。这种电阻器分为固定和可变两种。其特点是耐热性较高，适用于大功率场合。

表 1—2

名称及实物图	结 构 和 特 点
(5) 电位器 	(1) 线绕电位器: 是把电阻丝绕在环状骨架上而成的。它的特点是阻值变化范围较小。 (2) 碳膜电位器: 电阻体是在纸胶板的马蹄形基体上涂上一层碳而成, 它的稳定性高, 噪音小。

(2) 常用电阻器的阻值、误差

电阻器的阻值, 通常标明在电阻器上。电阻器所标的这个阻值, 是工厂制造时所设计的数值, 通常称为标称阻值。按下列规格标注: 兆欧用M, 仟欧用K, 阻值为欧姆时不标注单位。例如 2 M, 22K, 27等即表示 2 兆欧, 22仟欧和 27欧。

电阻器的实际阻值与标称值总有一定误差, 误差的大小用百分数表示。各级别表示的误差量如表 1—3 所示。

表 1—3

级 别	01 (或00)	02 (或0)	I	II	III
误 差	$\pm 1.0\%$	$\pm 2\%$	$\pm 5\%$	$\pm 10\%$	$\pm 20\%$

(3) 常用电阻器的型号及规格表示法

在电阻器和电位器上, 一般都印有许多字母和数码, 以表示它们的型号和规格,

型号用字母表示。第一个字母表示类别, 是电阻器或电位器。第二个字母表示它们用什么材料做的。第三个字母表示它们的特征。如表 1—4 所示。电阻器通常只有两个字母表示其型号。例如 RT, 表示炭膜电阻; RX 表示线绕电阻。

电阻器最主要的规格是阻值、功率, 其次是型号和误差。电阻器的规格常照下列次序标注: 型号——瓦数(功率)——阻值——误差, 例如一只电阻标记为第一行 RT 0.5, 第二行 51K III, 即表示碳膜电阻功率 0.5 瓦, 阻值 51K Ω , 误差为 $\pm 20\%$ 。

5 电阻器的测量

根据电阻器的阻值, 将复用表的种类和选择开关放在“电阻挡”的对应位置上。首先调零点, 即将正负表笔相接, 旋转调零旋钮, 使表针指零。然后, 用双手拿表笔绝缘部分, 测量电阻, 读出数值。

测量电阻时, 被测元件必须与电路断开, 尤其要断掉电源, 否则易损坏电表。换挡后要重新调零。测量中两手不要同时接触两表笔的金属部分, 以免将人体电阻并入被测电路, 使测量结果不准确。

表 1—4

第一个字母:类别		第二个字母:电阻材料		第三个字母:特征	
名称	符号	材	料	特	征
电阻器	R	碳膜	T	酚醛涂料	Q
电位器	W	合成碳膜	H	被釉	Y
		金属膜	J	防潮	C
		氧化膜	Y		
		线绕	X	微调	W
		实心(包括有机和无机)	S		
		热敏	R	温度补偿用	B
		导电塑料	D	正温度系数	Z

小 结

这一节主要讲了电路的基本概念。着重分析了电路中的电流和电流产生的原因。电流就是电荷有秩序的流动,其方向规定为正电荷流动的方向,其大小用电流强度表示。在金属导体中,电流是自由电子有秩序的运动形成的。导线内存在着大量的自由电子,这是产生电流的内因。但只有这个内因还不能形成电流,因为导体内原子的热运动会阻碍自由电子有秩序的运动。所以,要得到稳定而持续的电流,就必须接入电源。电源内具有电动势,它的作用是产生并维持电源两端的电压,电压是产生并维持导线中电流的必要条件。可见电源是导线内产生电流的外因。电源这个外因,必须通过导线内自由电子这个内因起作用,才能产生电流。假如电路断开,电源两极虽有电压,但电路内不可能有电流,因为电路断开的地方产生电流的内因不具备。总之,产生电流要有两个条件:①要有导线组成的闭合回路;②要有电源的作用。

在电源外部,电流在电压推动下,由高电位流向低电位,即由电源正极流向负极。在电源内部,电流在电动势的推动下,由低电位流向高电位,即由电源负极流向正极。

电阻器和电位器是无线电设备主要元件之一,要熟悉它的结构特点和规格。

思 考 题 和 作 业 题

1. 什么叫电流?电流的方向是怎样规定的?金属导体中的电流是怎样形成的?
2. 在什么条件下才能得到稳定持续的电流?为什么?
3. 什么是电压?什么是电动势?它们的作用是什么?
4. 为什么导体会有电阻?导体电阻大小与哪些因素有关?
5. 常用电阻器规格有哪些?怎样表示法?

第二节 欧姆定律

从电路的基本概念分析可知：导体内的电流既与电压（或电动势）有关，又与导体电阻有关，它们是相互联系是具有内部规律的。欧姆定律就是表示这三者间关系的规律。

一 欧姆定律

欧姆定律是从客观存在的事物中总结出来的。我们可以通过实验得到它们的规律，这个实验的作法如下：如图 1—8 所示，如果保持电阻 R 不变（例如保持 100Ω 不变），当电压增大时，电流就跟着增大，如表 1—5 所示。

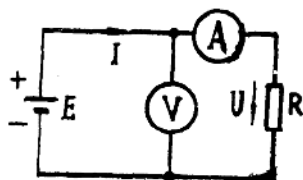


图 1—8 欧姆定律实验

表 1—5

$R = 100\Omega$						
$U (V)$	5	10	15	20	25	30
$I (mA)$	50	100	150	200	250	300

若保持电压 U 不变（例如保持 $U = 15V$ 不变），当电阻增大时，电流减小，如表 1—6 所示。

表 1—6

$U = 15V$					
$R (\Omega)$	100	200	300	500	1000
$I (mA)$	150	75	50	30	15

从以上实验可以看出：如果保持电阻不变，电压增大几倍，电流也增大几倍，就是说电流与电压成正比。如果保持电压不变，电阻增大几倍，电流就减小几倍，就是电流与电阻成反比。综合起来，就得出下面的定律：流过电阻上的电流与电阻两端的电压成正比，而与电阻的阻值成反比，这就是欧姆定律。写成公式就是：

$$I = \frac{U}{R}$$

式中： I —电流强度，单位：安培（A），

U —电压，单位：伏特（V），

R —电阻，单位：欧姆（ Ω ）。

例 1 某电路的电阻等于 250Ω ，加在两端的直流电压为 200V ，求流过电阻的电流？

解： $I = \frac{U}{R} = \frac{200}{250} = 0.8\text{ (A)}$

如已知某段电路的电阻和流过该段电路的电流，则根据欧姆定律，该段电路的电压是：

$$U = I R$$

例 2 已知某段电路的电阻 $R = 10\text{K}\Omega$ ，流过它的电流 $I = 10\text{mA}$ ，求电阻 R 两端的电压。

解： $U = I R = 10 \times 10^{-3} \times 10 \times 10^3 = 100\text{V}$

如果已知某段电路两端的电压和流过该段电路的电流，则根据欧姆定律，该段电路的电阻是：

$$R = \frac{U}{I}$$

例 3 已知某电子管的灯丝电压为 6.3V ，流过灯丝的电流为 0.3A ，问灯丝的电阻等于多少欧姆？

解： $R = \frac{U}{I} = \frac{6.3}{0.3} = 21\Omega$

在运算欧姆定律时，各量都要用基本单位，即电流以安培为单位，电压以伏特为单位，电阻以欧姆为单位。如果已知数据用的是其它辅助单位，应一律换成基本单位进行计算。

在分析电路原理时，经常用曲线表示元件的电压电流关系。例如根据表 1—5 可画出如图 1—9 所示的曲线，这条曲线表示在 100Ω 的电阻上电压电流的关系。从图中可见，当电路内电阻数值保持不变时，流过电阻的电流与它两端电压的关系，是通过座标原点的一条直线。所以，电阻值是常数的元件，叫线性元件。该直线称为电阻线。常用的碳膜电阻器，金属膜电阻器，线绕电阻器都可看作是线性元件。有些元件，流过它的电流与它两端电压不是直线关系，而是曲线关系，这样的元件叫非线性元件。例如电子管、晶体管都是非线性元件。

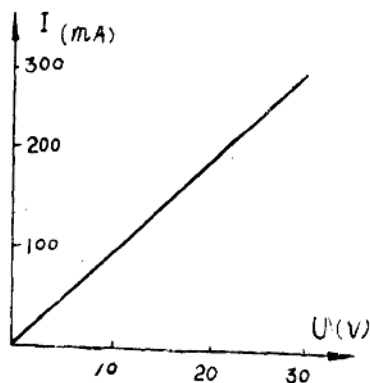


图 1—9 电压—电流关系曲线