

电工无线电基础知识

中国人民解放军炮兵学院训练部

一九八〇年三月

出版编号	546
出版份数	6000
每册张数	文74张、附图1张
校对人	杨庆银
出版时间	1980年3月

目 录

第一章 直流电路

第一节 电的基本概念	1
一、构成物质的分子与原子	1
二、物体带电现象	2
三、导体、绝缘体和半导体	2
第二节 电流、电压、电阻	3
一、电流	3
二、电压	4
三、电源和电动势	4
四、电阻和电阻器	7
第三节 欧姆定律	10
一、电路	10
二、欧姆定律	12
第四节 炭精式话筒	14
一、炭精式话筒的基本结构	14
二、工作原理	14
第五节 电功和电功率	15
一、电功	15
二、电功率	15
三、电流的热效应	17
第六节 简单直流电路	17
一、电阻串联电路	18
二、电阻并联电路	20
三、电阻混联电路	22

第二章 电场和电容器

第一节 电场	27
一、电场的基本概念	27

二、电子在电场中的运动	28
三、静电场中的导体	28
第二节 电容和电容	30
一、电容的概念和电容量	30
二、电容器	31
三、常用电容器的种类	32
四、电容器的主要规格	33
第三节 电容的充电和放电	33
一、电容器的充电过程	33
二、电容器的放电过程	34
三、电阻和电容的大小对充放电过程的影响	34
四、电容器的隔直流作用	36

第三章 磁和电磁现象

第一节 磁的基本概念	38
一、磁体	38
二、磁极	38
三、磁场	39
四、磁力线	39
五、磁通和磁通密度	40
第二节 电生磁	40
一、电流通过长直导体所产生的磁场	41
二、电流通过线圈产生的磁场	42
三、电磁铁及其应用	42
第三节 电磁力	45
一、通电直导体在磁场中受的力	45
二、运动电子在磁场中受的力	46
三、电磁力应用举例	47
第四节 电磁感应	49
一、磁生电	50
二、线圈中的感应电动势	51
三、动圈式话筒	53
第五节 自感现象与互感现象	53
一、自感现象	53
二、互感现象	55
三、日光灯	56

第四章 交流电

第一节 交流电的基本概念	61
一、交流电的产生	61
二、交流电的参数	63
三、交流电的相位	65
第二节 三相交流电	66
一、三相交流电的产生	66
二、电源的星形和三角形联接	66
三、三相负载的联接	68
第三节 安全用电常识	69
一、触电和触电伤害	69
二、预防触电的常识	71

第五章 变压器和电机

第一节 铁心变压器	73
一、铁心变压器的构造和工作原理	73
二、单相电源变压器和自耦变压器介绍	76
第二节 直流电机	77
一、直流电机的结构	78
二、直流发电机	79
三、直流电动机	80
第三节 交流电机	82
一、三相交流发电机	82
二、三相异步电动机	85
第四节 同步机	89
一、同步机	89
二、同步变压器	93
第五节 电机放大机	96
一、电机放大的概念	96
二、电机放大机的基本原理	97
三、电机放大机使用注意事项	99

第六章 无线电基础知识

第一节 电子管	101
一、二极管	101

二、三极管	107
第二节 晶体管	113
一、半导体及其特性	113
二、物质的原子结构和半导体导电特性	113
三、晶体二极管及其整流作用	117
四、晶体三极管及其放大作用	121
五、半导体器件的发展	128
第三节 无线电通仪的基本原理	128
一、无线电波的概念	128
二、无线电通仪的基本过程	130

第七章 电工测量仪表

第一节 磁电式电表	133
一、构造	133
二、工作原理	133
第二节 电流表	134
一、电流表的组成	134
二、分流电阻的计算和量程的扩展	134
三、测量电流时注意事项	135
第三节 电压表	135
一、电压表的组成	135
二、倍压电阻的计算和量程扩展	136
三、交流电压表	136
四、测量电压时注意事项	136
第四节 欧姆表	137
一、欧姆表的组成及测量电阻的原理	137
二、欧姆表量程的扩展	137
三、使用欧姆表的注意事项	138
第五节 MF30型万用电表	138
一、主要用途	138
二、主要组成部分	139
三、使用方法	141
四、有关注意事项	142
附录一：字母读音表	143
附录二：本教材中常用的电学物理量符号及其单位	144
附录三：电路图中常用符号表	145

第一章 直流电路

第一节 电的基本概念

在生产和生活中，我们经常要和“电”打交道。电可以发热、发光；电可以使机器转动；电可以传送信息；……。但电到底是什么？电是怎样产生的呢？要了解这个问题，就必须研究物质的结构和物体带电的现象。

一、构成物质的分子与原子

世界上有千万种物质，例如金属、木材、水、气体、泥土等，并且它们的性质亦千差万别。但根据科学的研究知道，一切物质都是由该物质的很小很小的微粒——分子所组成。分子是构成物质的最细小而又不失去物质特性的最小组成单位。分子是非常微小的，用普通的显微镜也无法观察到它，例如一克重的水中，大约是由三百多万亿个水分子组成的。

继续分割分子，虽然会失去原有物质的特性，但可以分割为更微小的颗粒——原子，所以分子是由更小的物质微粒——原子所组成。有些物质的分子比较简单，如铜或铁等金属物质的分子，是由单一种类的原子所组成，而水的分子是由两个氢原子和一个氧原子化合而成的，塑料和其它有机化合物的分子结构则由数量很多的几种不同原子所组成。

原子比分子小得多，它的直径只有 10^{-8} 厘米。原子虽然极其微小，但是也还是可分的，它包括原子核以及核外的电子二个部分。原子核内主要有质子和中子二种粒子。质子比电子还要小，但它却比电子重1840倍，中子的重量大致和质子相同，所以物质的质量集中在原子核。核内的质子和核外的电子之间有互相吸引的力存在，经科学实验证实：此力来源于它们所带有的二种不同电荷，电子带负电荷，质子带正电荷，而中子是不带电荷的。什么叫电荷呢？物体带电的最小质点叫电荷，电荷具有同性相斥异性相吸的特性。在原子中，由于正负电荷相吸引，因此电子受到原子核的吸引，并且电子围绕原子核高速度旋转。当电子围绕原子核旋转的离心力等于原子核对电子的吸引力时，电子就以一定的轨道围绕原子核运动，就象行星围绕太阳运转一样。

原子的种类很多，现在已经发现有107种。不同的物质原子结构也不同，如氢原子只有一个电子围绕原子核旋转，如图1—1所示。碳原子的原子核中有六个质子，外面有六个电子，排列成两层，第一层两个电子，第二层四个电子，如图1—2所示。

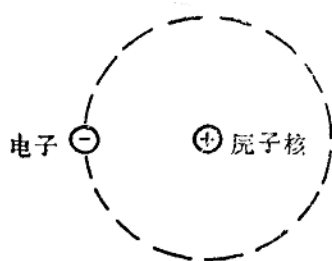


图 1—1

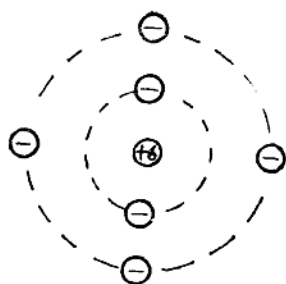


图 1—2

二、物体带电现象

在正常的情况下，原子中的电子和质子的数量是相等的，电子和质子所带的正、负电荷在数量上也就相等，因此就整个原子来说，正、负电荷对原子以外的作用力互相抵消，所以物体平时对外界不显示出带电的现象。

如果由于两种不同的物质相互摩擦或由于其他外力的作用，使一块物体上的电子转移到了另一块物体上，这时物体就显出了带电的现象，失去电子的物体带正电，获得电子的物体带负电。例如拿一块绸子和一根玻璃棒，相互摩擦后，玻璃棒中的一部分电子就转移到绸子上去了，当玻璃棒与绸子分开后，玻璃棒因失去电子带有正电荷，而绸子则因额外得到电子带有负电荷。

物体带电后称为带电体，带正电的用符号“+”表示，带负电的用符号“-”表示。带电体具有同性相斥，异性相吸的特性。

三、导体、绝缘体和半导体

如果用金属线将电池与小灯泡连接成一个回路，灯泡就会发光，而用丝线或塑料线代替金属线来连接，灯泡就不会发光。这种现象说明金属线可以传导电荷，而丝线和塑料线则不易传导电荷，所以根据物体导电性能的好坏，可以把物体分为导体、绝缘体和半导体三类。

(一) 导体：容易导电的物体叫导体。一般的金属都是导体。为什么金属容易导电呢？因为金属原子外层的电子受原子核的吸引力较小，当一个个的原子结合在一起构成物体时，各个原子之间还有相互作用，最外层的电子受到原子间的相互作用，就脱离了原子核的束缚，在原子与原子间的空隙中杂乱无章的运动，如图 1—3 所示。这种脱离原子核束缚的电子叫自由电子，自由电子可以从导体的一处移到另一处，因此金属能够导电。

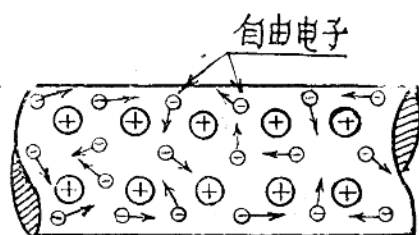


图 1—3

除金属外，各种酸、硷、盐的水溶液也是导体。

(二) 绝缘体：不容易导电的物体叫绝缘体。如玻璃、云母、棉纱、桐胶、塑料、陶瓷、油类、干燥的空气等都是绝缘体。

在绝缘体中,电子与原子核的联系很牢固,电子很难从原子核的束缚下解脱出来成为自由电子,所以绝缘体不容易导电。

(三) 半导体: 导电性能介于导体与绝缘体之间的物体,叫做半导体。常见的半导体有氧化铜、锗、硅、硒等。

第二节 电流、电压、电阻

一、电 流

(一) 什么叫电流: 电荷有规则的运动叫电流,用符号 I 表示。在金属导体中,电流是自由电子的定向运动形成的。因为金属原子最外层的电子受原子核的作用力较小,使这些电子脱离原子核的束缚而成为自由电子。这些自由电子的运动是毫无规则的,在同一瞬间,有向左的,有向右的,有向上的,有向下的。自由电子这种杂乱无章的运动,不能形成电流。如果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,自由电子就向A球运动,如图1-4所示。自由电子这种有规则的定向运动,就形成了电流。

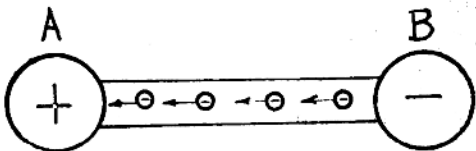


图 1-4

(二) 电流的方向: 习惯上规定正电荷运动的方向为电流的方向。这个规定正好与电子运动的方向相反。这是因为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运动而形成的,因而就把电流的方向规定为正电荷运动的方向为电流的方向。沿用这个规定对我们研究问题并无妨碍,负电荷朝一个方向运动,相当于正电荷朝相反的方向运动,因此这个规定一直沿用下来,没有更改。

(三) 电流的单位是安培,用A表示。在电子设备中,有的地方电流很大,有的地方电流很小,因此除用“安培”这个基本单位外,还用较小单位:毫安(mA)和微安(μA)。1安培的电流强度,是表示在一秒钟内有625亿亿个电子通过导体的截面。

1毫安是1安培的千分之一,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,即

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

(四) 电流的测量: 电流的大小用电流表测量。测量电流时电流表必须串联在电路中,如图1-5所示。如果测量直流电流时,要特别注意电流表的正负极,必须使直流电流从电流表的正极流入,负极流出,否则容易损坏电流表。

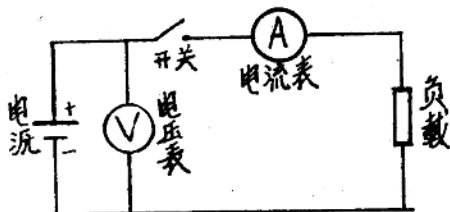


图 1-5

每一个电流表，能测量多大的电流，都有一定的量程范围，如0—10mA的电流表，只能测量10mA以下的电流，而对于10mA以上的电流，就要用具有更大量程的电流表来测量，所以测量电流时，应注意选择电流表的量程。

二、电 压

(一) 什么叫电压：某导体两端的电位差叫电压，用符号U表示。电压是产生电流的必要条件。

为什么说电压是产生电流的条件呢？研究这个问题我们用水流做比喻来说明。在图1—6中，A桶的水位比B桶的水位高，打开龙头后，水就顺着水管由高水位流向低水位，当A、B两桶的水位差消失时，水就停止流动了。所以水位差是产生水流的必要条件。电流的情况与此相似，如图1—4中A球带正电，B球带负电，A球的电位比B球高，用导线联通后，导线内的自由电子受到A球的吸引和B球的排斥，就由B球向A球运动，电流则由A球流向B球，即由高电位流向低电位。由于A、B两球上的正负电荷逐渐中和，所以电位差逐渐减小，等到两球间的电位差消失时，导线内的电流就停止了。所以电压是产生电流的必要条件，要使导线内有电流，就必须维持导线两端的电位差即电压。

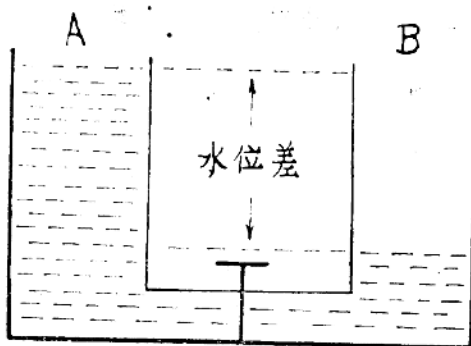


图 1—6

(二) 电压的单位：是伏特，用符号V表示。在实际应用中还用到了千伏(KV)、毫伏(mV)、微伏(μV)。它们的关系是：

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

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

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

(三) 电压的测量：电压的大小用电压表测量。测量时，电压表必须跨接在被测部分的两端。如果测量直流电压时，要特别注意电压表的正负极，要将电压表的正极接到被测电压的正极，将电压表的负极接到被测电压的负极，如图1—5所示。

测量电压时，还应注意选择电压表的量程，如测量220伏电压，就不能用0—10伏的电压表去测量，而要使用0—250伏或0—300伏的电压表去测量。

三、电源和电动势

(一) 电源：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从哪里来的呢？这就是电源的作用。电源就是产生和维持电压的装置，常见的电源有干电池和发电机等。

电源为什么能产生和维持导线两端的电压呢？我们以最简单的伏特电池来说明电源的作用。如图 1—7 所示，在盛有稀硫酸的玻璃容器中放入一块铜板和一块锌板就构成了一个伏特电池。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。这样，两极板间产生电位差。在电源的外部用导线将两个极板接通后，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，由于化学作用，能不断的从正极（铜板）上取下电子，补充给负极（锌板），因此维持两极间的电位差，维持外电路中持续的电流。

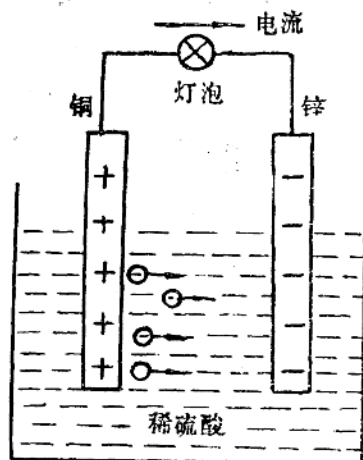


图 1—7

由上述可知，电源内部也有电流，其大小与外电路电流相等。其方向是由负极流向正极，正好与外电路的电流衔接成为闭合回路。

化学作用不断从正极取下负电荷并补充给负极时，要克服电荷之间的吸引力和排斥力，因此要消耗化学能，所以电池是一种将化学能转换成电能的装置。

在电路中常用如图 1—8 所示的符号表示电源，其中长线表示电源的正极，短线表示电源的负极。

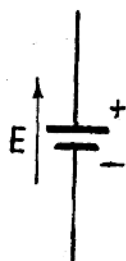


图 1—8

(二) 电动势：电源有一种产生和维持电位差，即电压的能力，这种能力叫电动势，用 E 表示。电动势的单位也是伏特。

电源电动势的大小，取决于构成电池的材料，常用于电池是用锌筒和炭棒作电极，氯化铵作溶液，其电动势是 1.5 伏，汽车和油机上用的铅板蓄电池，每节的电动势为 2 伏左右。

(三) 电池的联接

各种电池都有额定的电动势和放电电流，为适应各种不同负载对所需电压、电流的要求，就需要用几节或十几节电池联接起来供电，其联接的方法有串联、并联和混联三种。

1. 串联：把前一个电池的正极与后一个电池的负极分别联接起来，叫电池串联。最前一个电池的负极与最后一个电池的正极，就是整个电池组的正、负极。如图 1—9 所示。

串联电池组的总电动势等于各单个电池电动势之和。如有几节电池串联，其总电动势：

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \cdots + E_n$$

串联电池组接入电路后，电路中的电流要依次通过每个电池，电池组的放电电流不能超过单个电池的额定放电电流。因此需大电动势，小放电电流时，可采用串联。

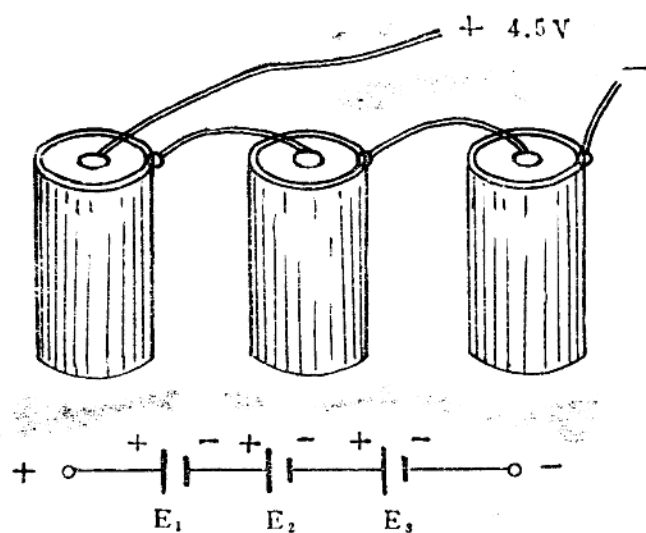


图 1—9

2. 并联：当负载需要的电流较大，超过单个电池的额定电流时可采用电池并联供电。电池并联的方法是将所有单个电池的正极和负极分别接到一起，同时作为电池组的正负极，如图 1—10 所示。

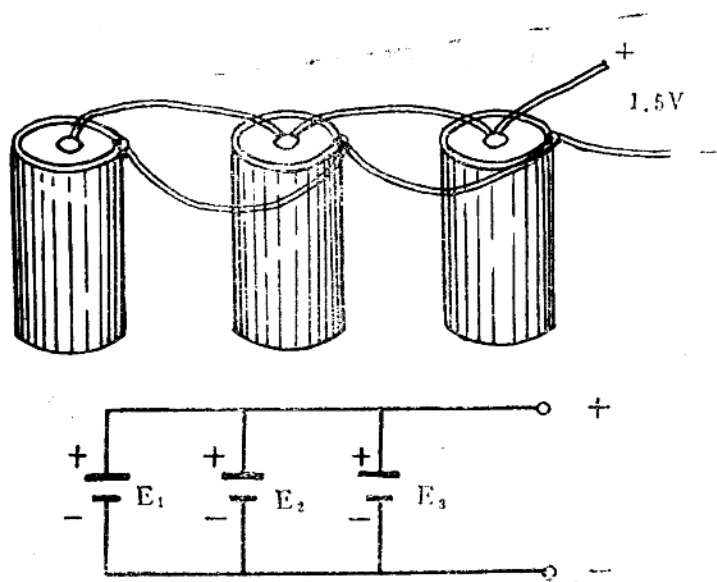


图 1—10

并联电池组的总电动势等于单个电池电动势。

即： $E = E_1$

并联电池组接入电路后，电池组所放出的电流是由各个电池分担的。因此，并联电池组的额定电流为各单个电池额定电流之和。

采用电池并联供电时，要求各个电池的电动势应该相等，否则电动势大的电池对电动势小的电池放电，在电池组内形成一个环流。另外，新旧电池并联使用时，新电池容易造成放电电流过大，缩短电池寿命，因此新旧电池也不要并联使用。

3. 混联：如果将几个电池串联起来成为一组，然后再将几个同样的串联电池组并联起来，这样的电池联接称为混联。如图 1—11 所示。

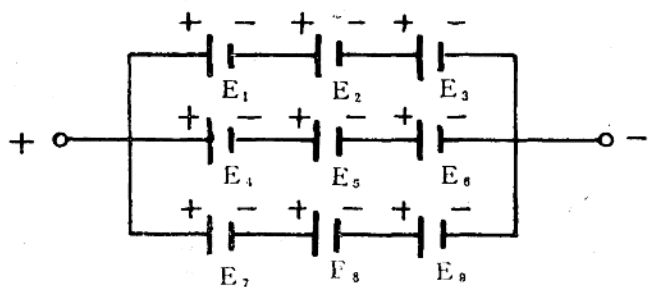


图 1—11

电池混联后，总电动势加大了，总额定电流也加大了。如图 1—11 的混联电池组的总电动势 $E = E_1 + E_2 + E_3$ ；总额定电流为单节电池的三倍。

四、电阻和电阻器

(一) 什么叫电阻

导体对电流的阻力叫电阻，用符号 R 表示。导体为什么会对电流有阻力呢？这是因为在金属导体内部，除了自由电子的运动外，分子和原子也在不断地运动，不过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）。分子和原子的这种运动与导体的温度有关，温度越高，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，会与不断振动的分子和原子相碰撞，这就妨碍了自由电子的定向运动，因此，导体对电流就形成了一种阻力，这种阻力就叫电阻。

(二) 导体电阻大小与那些因素有关

导体电阻的大小与下列因素有关。

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, 电阻的大小也不同。例如同样长短粗细的铁线电阻比铜线要大得多。

4. 导体的电阻还与温度有关。温度升高金属导体的电阻增大。这是因为金属导体中, 自由电子的数目基本上是固定不变的, 温度升高时, 原子的热运动加剧, 与自由电子碰撞的机会增多, 所以电阻增大。

有些物质, 如碳和半导体等, 温度升高电阻减小, 因为温度升高时, 这些物质中的自由电子的数量增加很多, 超过了由于碰撞次数增多的影响, 所以电阻减小。

有些合金如锰铜、康铜等, 温度升高, 电阻几乎不变, 常用来作仪表中的电阻。

(三) 电阻的单位

电阻的单位是欧姆, 用符号 Ω 表示。在实际应用中, 还用到比欧姆大的单位: 千欧($K\Omega$)、兆欧($M\Omega$)。它们与欧姆的关系是:

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

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

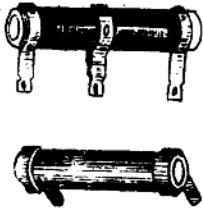
一根长106.3厘米, 截面积为1(毫米)²的水银柱, 在0℃温度时, 它的电阻是1欧姆。而同样条件下的铜线的电阻大约为0.016 Ω 。一般金属的电阻都很低, 所以是导体, 非金属大多是绝缘体, 它们的电阻都很高。

(四) 电阻器

为了在电路中得到所需要的电流和电压值, 常利用对电流具有一定阻力的材料作成不同形式、不同电阻值的电阻器。习惯上电阻器也简称为电阻, 它是无线电设备的基本元件之一。电阻器在电路图中的符号如图1—12所示。常用电阻器可分为固定电阻器和可变电阻器两种, 在构造上又可分为线绕电阻和非线绕电阻, 其结构和特点如表1—1所示。

常用电阻器介绍

表 1—1

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,耐高温,稳定性和精密性也很高。
(3) 金属氧化膜电阻 〔实物形状同(2)〕	是由氯化物水解而成的。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,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。
(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。

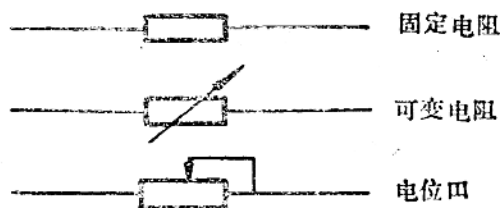


图 1—12

第三节 欧姆定律

一、电路

(一) 电路的总义和组成

电流经过的路径叫电路。电路通常由电源、负载和它们之间的联接导线所组成。最简单的电路如图 1—13 所示。

1. 电源：产生电动势，供给电路中需要的电流。如电池、发电机等。

2. 负载：又叫负荷，它是电流在电路里工作的地方，也就是电源做功的地方。如电灯、电炉、电动机等。

3. 导线：是用来输送及分配电能的，联接电源和负载。常用的导线有铜线和铝线。有时为了控制电路，可以在联接导线的某一处装上开关，以控制电流的通、断。

电路图中常用的符号如表 1—2 所示。

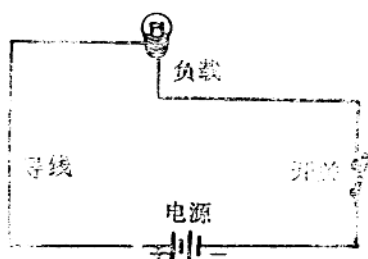


图 1—13

表 1—2

电路图常用符号

名称	符号	名称	符号
发电机		开关	
干电池或 蓄电池		接机壳	
电灯		保险丝	
电流表		电压表	

(二) 电路的三种状态

1. 通路 (闭路) : 开关接通, 构成闭合电路, 电路中有电流, 电流由电源正极经负载到达电源负极构成回路。如图 1—14 所示。

2. 断路 (开路) : 开关断开或电路某一处断开, 电路中无电流。

3. 短路: 如图 1—14 中, 若 a 、 b 两点用导线直接联通, 就叫做灯泡 1 被短路, 此时电路中电流增大。若 a 、 c 两点直接联通, 就叫做电源被短路, 此时负载中无电流, 电流由电源正极直接经短路导线回至电源负极, 此短路电流值很大, 对电源有损害。

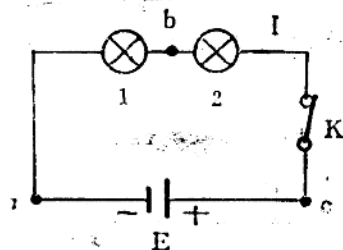


图 1—14

(三) 电路中的电位

1. 什么是电位: 在分析各种电路工作原理时, 往往要从分析电路中的电位着手。电路中某一点与参考点之间的电压, 就叫这点的电位。

为了确定电路中某一点的电位, 必须规定一个电位为零的点作为参考点。这同测量水位一样, 例如长江在各处的水位, 是以入海口作参考点的, 即以入海口处的水位为零来计算的。同样道理, 为了确定电路中各点的电位, 也必须找一个点作参考点, 并规定参考点的电位为零。在电气设备中, 一般以机壳为电路的公共点和接大地的点, 所以为了便于分析问题, 通常以机壳作为参考点。在线路中用符号 “ $\perp$ ” 表示。

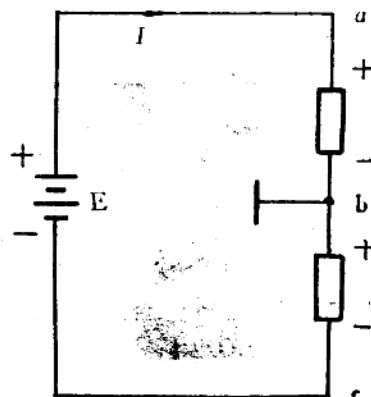


图 1—15

前面我们讲过, 任意两点间的电压, 就是这两点间的电位之差。如图 1—15 中, a 、 b 之间的电压, 就是 a 点电位与 b 点电位之差, 如果选 b 点作参考点, 即规定 b 点电位为零, 那么 a 点的电位也就等于 a 点与参考点之间的电压。同理 c 点的电位等于 c 点与参考点之间的电压。

因此计算电路中某点的电位, 就是计算该点与参考点之间的电压。

电位也用 U 表示, 为了表明是那一点的电位, 在右下角加字注明, 如 a 点的电位用 U_a 表示, b 点的电位用 U_b 表示。

2. 怎样比较电位的高低和正负

在电源上, 根据电源的极性比较电位的高低, 电源正极的电位比负极高。

在电阻上, 根据电流方向比较电位的高低, 电流总是由高电位流向低电位。例如在图 1—15 中, 在电阻上, 电流由 a 点流向 b 点, 再由 b 点流向 c 点, 所以 a 点电位比 b 点高, c 点电位比 b 点低。

一段电路两端电位的高低, 通常用 “+” 和 “-” 表示, 高电位端用 “+” 表示, 低电