



电工、电话学讲义

中国人民解放军沈阳高级炮兵学校

1960.2



117
22

目 錄

第一章 直流电路	(1)
第一节 物質結構	(1)
第二节 物体帶电	(3)
第三节 导体与絕緣体	(5)
第四节 电流、电阻和电压	(5)
第五节 直流电路	(14)
第六节 电功与电功率	(31)
第七节 电流的热效应	(34)
第八节 电阻器	(36)
第二章 化学电源	(44)
第一节 化学生电原理	(44)
第二节 干电池	(47)
第三节 蓄电池	(52)
第四节 电池的联接	(57)
第三章 静电与电容	(64)
第一节 静电	(64)
第二节 电容量	(69)
第三节 电容器的充放电原理	(71)
第四节 介質	(73)
第五节 电容器	(74)
第六节 电容器的联接	(79)
第四章 磁与电磁	(88)
第一节 磁	(88)
第二节 电磁	(91)
第五章 电磁感应	(104)
第一节 感应电动势	(104)
第二节 楞次定律	(108)
第三节 渦流	(111)
第四节 屏蔽	(112)
第五节 自感	(114)
第六节 互感	(119)
第六章 交流电路	(125)
第一节 交流电的基本概念	(125)
第二节 三相交流电	(135)
第三节 集膚效应与分布电感	(138)

第四节	交流电路中的元件	(139)
第五节	串联交流电路	(145)
第六节	并联交流电路	(152)
第七节	交流电路中的电功率	(155)
第七章	谐振电路	(162)
第一节	自由振荡	(162)
第二节	强迫振荡	(167)
第三节	串联谐振	(168)
第四节	并联谐振	(171)
第五节	谐振的调整方法和谐振的尖锐度	(174)
第六节	耦合电路和反射阻抗	(176)
第八章	变压器与整流器	(182)
第一节	变压器	(182)
第二节	固体整流器	(198)
第三节	振动物子变换器	(211)
第九章	电机	(215)
第一节	直流发电机	(215)
第二节	直流电动机	(229)
第三节	感应电动机	(235)
第十章	电气测量仪器	(244)
第一节	磁电式电表	(244)
第二节	电磁式电表	(251)
第三节	整流式电表	(252)
第四节	热偶式电表	(252)
第五节	复用电表	(253)
第六节	使用电表的注意事项	(259)
第十一章	有线电话	(261)
第一节	国产久磁式电话单机	(261)
第二节	国产久磁式交换箱(机)	(272)
第三节	幻象电路	(279)
第四节	电话增音机	(282)
第五节	窃听与反窃听	(286)

第一章 直流电路

电对我们来说，并非生疏的东西。在工厂里开电动机带动机器旋转，日常照明、吹风及一切电热用具都要用电；电信工具更离不开电，每一部通信机器要是没有电源就不能进行工作，现代科学各部门的研究发展也都离不开电。因此，电在国民经济、军事通信中被广泛应用，并在现代科学领域中占着极其重要的地位。

电究竟是什么，它又是怎样产生的，要了解这个问题，就必须从物质的结构研究起。

第一节 物质结构

一、分子

将一种物质用机械的方法分割成极细小的微粒，最后就分割成一种仍旧保持原来物质性质的最小质点，这种质点就是分子。

不同的物质由不同的分子组成，例如铁由铁分子组成，水由水分子组成。铁分子具有铁的一切特性，仍然是铁，水分子具有水的一切特性，仍然是水。

分子还不是组成物质的最小单位，它是由另一种更小的质点——原子所组成的。

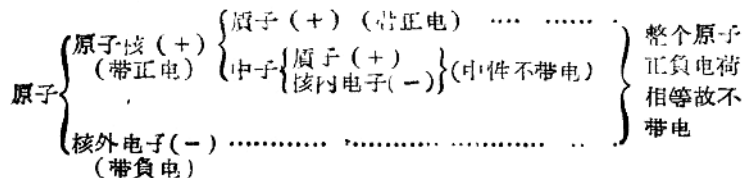
二、原子

1. 什么是原子。一切物质都由极小的、坚固而不可分割的质点所组成，这种质点就是原子。它是组成物质的基本单位。

用机械的方法只能将物质分割为分子，用化学的方法还可将分子再分割为原子。

2. 原子的种类。它不像分子的种类那样繁多。现在已经发现的自然存在的原子有九十几种，人为的有数种，总共已有一百多种(如表1.1)。它们是组成各种物质的元素，各种不同的原子以不同的比例相互结合在一起，就形成千变万化的形形色色的千万种不同物质。有些物质由一种原子组成，这种物质称为元素，如铁、铝、铜、氧等。但大多数物质由两种以上原子所组成，这种物质称为化合物，如水的分子是由两个氢原子和一个氧原子所组成，就是氢、氧化合物的一种。食盐分子是由一个氯原子和一个钠原子所组成，称为氯化钠。

3. 原子的构造。由于科学的进一步发展，人们已经发现原子也不是构成物质的最小单元，它是由两种更小的质点——质子和电子所组成。其一般构造可用下式表示：



原子的組織象一个微小的太阳系，在原子的中心有一个原子核，它是由質子和中子所組成的，因此原子核上帶有正电。在原子核的外面有許多电子，它們沿着一定的軌道環繞原子核旋轉。它們之間的吸引力相当坚固。任何一种原子都是由原子核和核外电子兩部分所組成的。質子数与电子数相等，所以原子是不呈帶电現象的。

一个原子的重量几乎全部在原子核內的質子上，电子則几乎没有什么重量。一个質子的体积比电子小1000倍，它的重量却比电子大1800多倍，但質子与电子所帶的电量相等，性質相反。

各种原子中，質子的性質完全相同，所有电子及中子的性質也都完全相同。但是数目不同的質子、电子与中子組合起来，就构成各种不同性質的原子了。例如氫原子核內只有一个質子，核外也只有一个电子，它是最简单的一种原子（图1.1）氧原子核內有八个質子和八个中子，核外有八个电子（图1.2）。

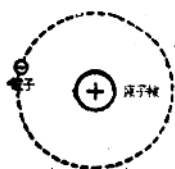


图1.1 氫原子

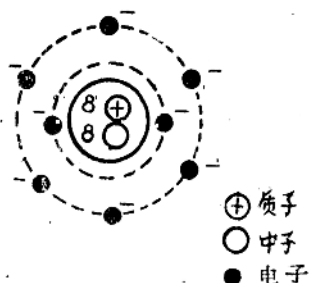


图1.2 氧原子

各种原子核外电子的軌道有一定的层次，每一层軌道上电子的数目也是一定的。例如氧原子核的外面有兩层电子軌道，內层有兩個电子，外层有六个电子。有許多原子的构造还要复杂得多，但由科学測定証明，最外一层軌道上的电子数最多不超过八个。当外层軌道上的电子是八个时，原子呈現最稳定的状态。当不足八个时，这种原子就比较活潑，容易和其他原子化合。一般的原子，各层軌道上的电子数目，有这样的規律：从第一层到第四层軌道上电子的分布数目可用2乘以軌道序数的平方求得，即：

第一层軌道电子数	第二层軌道电子数	第三层軌道电子数	第四层軌道电子数
$2 \times 1^2 = 2$	$2 \times 2^2 = 8$	$2 \times 3^2 = 18$	$2 \times 4^2 = 32$

核外电子都是由里向外一层层地排列，首先排滿內层軌道，剩下的排在外层軌道上。

4. 元素周期表，表1.1是門捷列也夫元素周期表，表中可看出这样的規律：

- ① 周期序数等于核外电子軌道的层数。共七个周期，同一周期內（橫行）的原子，电子軌道层数相等，
- ② 元素序数等于核外电子数。共96种元素，每种元素核外电子数各不相同，
- ③ 在同一直行中的元素为同一族，它們的性質相似，共分九族，
- ④ 原子量等于質子数（帶正电的質子加上中子內的質子），每一元素下方的数字即代表原子量。

例如，銅原子从表中可知：它在第4周期共有四层电子軌道；它的序数为29，即有29个核外电子；它的原子量为63.540；它在第一族直行內，故它和同行內的金、鈉等元素性質相似；其代字为CU。

三、自由电子

在各种原子中，核內和核外都有数目不同的电子，核內电子是相对静止的，核外的电子則不停的圍繞原子核运动。在这一部分核外电子中，大部分都与原子核吸引的非常牢固，但有些原子在最外层軌道上的几个电子則受原子核吸引力較小，它們在輕微的外力作用下，就容易脱离軌道跑到空間或其他原子去，有时又偶而再回到軌道上来，这一部分为数不多的、易于自由行动的电子就称为自由电子。

第二节 物体帶电

由上一节知道，电子存在于任何物質中，但在一般情況下，原子中的質子和电子数目相等，所带的电量相等，所以不呈帶电現象。但是，当物体受到撞击或其他外力作用时，使核外电子比正常数目減少，这时原子就带正电，假使核外电子数目比正常数目增多时，这原子就带負电。带电的原子称离子，带正电的为正离子，带負电的为負离子。我們知道原子这一特性后，便可用各种方法使中性的物体帶电。

一、摩擦帶电

当两个物体互相摩擦时，自由电子就会从一个物体跑到另一个物体上去，使这两个物体带着相等而性質相反的电荷。例如用皮革、綢布和玻璃棒摩擦时（图1.3），玻璃棒上的自由电子就跑到綢布上去，使綢布带負电而玻璃棒带正电。倘将玻璃棒靠近輕微的物体如紙屑等，紙屑中的电子就受到玻璃棒上正电的吸引，而使紙屑附着在玻璃棒上。我們也可以用驗电器来檢驗物体的帶电。图1.4为金箔驗电器，当带电的玻璃棒与金箔相通的銅球相接触时，电荷傳至金箔上，由于同性电荷相排斥，异性电荷相吸引，兩片金箔上因带同性电荷所以相斥离开。証明玻璃棒已带电。

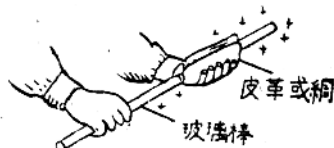


图1.3 摩擦生电

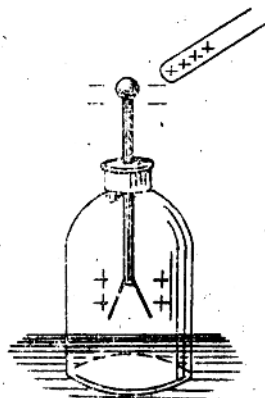


图1.4 用金箔驗电器檢驗物体帶电

在进行摩擦带电实验时，应当用两种不同性质的物体摩擦（用绝缘体）。若用金属导体摩擦，则所带微弱的电荷随即传至人体而跑掉，无法检验出是否带电。

二、感光带电

光电池就是利用光线来产生电的一种设备。其一般构造如图1.5所示。

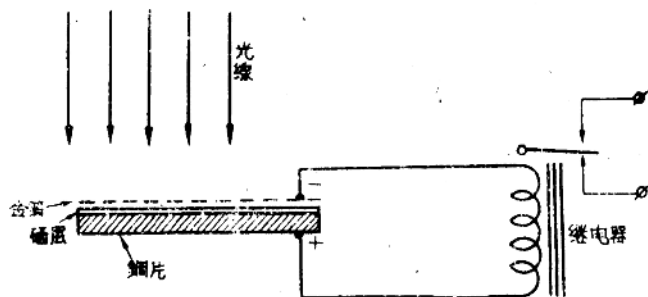


图 1.5 光电池

当光线透过金箔照在锡层上时，在光线刺激作用下，锡层上的原子结构发生了变化，铜片上的自由电子就跑向锡层，锡层又和金箔相接触，结果，金箔上增加了电子带负电，铜片上减少了电子带正电，形成一个电源，两极与一个低电阻的负荷相连接时，便有微弱的电流（电流强度与受光强弱成正比），便可使一个灵敏的继电器工作，控制了一定的电路。

这类光电池可用于照明的曝光表、产品自动计数设备、光警自动报警器及工厂中使机器自动停止的安全设备中。

三、加热带电

如图1.6.将一根铁或铂的金属丝和另外一根康铜丝焊接在一起，于焊接点加热，在热的外力刺激下，铁上的自由电子就跑向康铜，使铁带正电而康铜带负电，但所产生的电动势非常微弱，必须用一只非常灵敏的电表来测量，它在260°C时只产生0.01伏电动势。

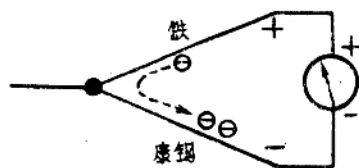


图1.6 热电偶

热电偶可用于测量控制炉火的温度和用于测量高频电流的热偶式电表。

此外还有静电感应带电、化学方法带电（如化学电源）、电磁感应带电（如各种发电机）等，在以后各章中再作详细研究，而应用最广和最有价值的要算电磁感应带电和化学方法带电，摩擦带电、静电感应带电只能供研究实验，没有应用价值；加热带电和感光带电目前还只用于一些特殊设备中。

第三节 导体与绝缘体

一、导体

1. 什么是导体、在正常电力作用下能通过电流的物体，称为导体。也就是说它有导电的性能。

2. 导体的物质结构。导体为什么会导电，这要分两类导体来讲。

①第一类导体。即各种金属导体，如银、铜、铝等。这些物质的原子外层轨道上具有较多的自由电子，在正常的电力作用下，自由电子就能沿一定方向发生推挤运动，在导体上产生传导电流，一个物体的自由电子愈多，导电能力就愈强。

②第二类导体。即各种电解物质，如氯化铵、氯化钠、氯化钙溶液及硫酸溶液等。（详见第二章）在正常电力作用下，电解物质的分子被离解为正、负离子，它们向相反方向运动，在电解质中形成离子电流。一种电解物质愈容易被离解，其导电能力愈强。

二、绝缘体

1. 什么是绝缘体。凡在正常电力作用下，不能通过电流的物体都称为绝缘体。即它具有隔绝电流通过的性能。

2. 绝缘体的物质结构。有些物体其所以能够绝缘，是因为这种物质的原子结构相当牢固，自由电子较少，其核外电子在一般外力作用下，不容易被撞击出去，也不容易吸收别的电子进来。因此常利用它们做为隔绝电流的绝缘材料。常见的绝缘体有玻璃、瓷、电木、云母、橡皮、干燥的木头、硬纸、石蜡及油类等。它们的原子结构都很牢固。

总之导体与绝缘体的区别在于物质的原子结构牢固程度不同，但它们之间并没有绝对的截然界限，一切绝缘体，当外加电场达到一定强度时，也会成为导体。

第四节 电流电阻和电压

一、电流

1. 电流的意义。在电力作用下，电荷在导体内向着一定方向有规则的运动，就成为电流。用 I 或 i 代表。

如图1.7，在正、负两带电体之间用导线连接，负极上多余的电子就会沿着导线跑向缺少电子的正极，但这些电子并非直接跑向正极，而是通过一个个的原子传递过去的，比如以一个电子来说，当它进到导体负端第一个原子时，第一个原子在外力作用下接纳了它，而同时又排挤出去另一个电子进入第二个原子，第二个原子又排挤出去另一个

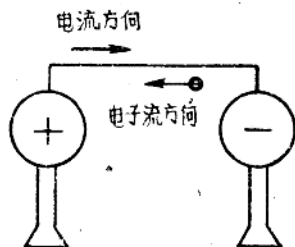


图1.7 电流的产生与方向

电子进入第三个原子内，如此继续下去，电子就在导体上顺一定方向作接力运动了。

2. 电流的方向。电子运动的方向是由负到正，这叫电子流的方向，而我们习惯上则说电流的方向是由正到负，这与电子流的方向恰恰相反（如图1.7）。这是因为在确定电流方向的时候，人们还没有发现电子的存在，以为正电荷可以运动，并认为正电位高于负电位，因此就确定电流的方向是从正到负，这是实用上的电流方向，因为人们已沿用习惯，许多定则、定律又都是按这个电流方向确定下来的，同时它对于解释各种电的现象并无妨碍，因此就没有修改的必要。今后我们所说的电流方向也都是指由正到负的习惯方向。

3. 电流的种类。

①按照传导的形式可分为传导电流、离子电流和位移电流三种：

传导电流：在金属及其他固体导体中的电流，叫做传导电流，即电子在导体内只要电力方向不变时顺一个方向运动。

离子电流：在电解质及一些稀有气体中的电流，叫做离子电流，在电力作用下被离解的正、负离子向相反的方向运动。

位移电流：在绝缘电介质中，在正常电力作用下，原子核外电子虽然不能被推挤脱离最外层轨道，形成传导电流，但是由于受电力影响，电子轨道要发生偏移，在原子内部形成位移电流。

②按照电流的大小与方向变化情形可分为直流与交流两种：

直流电：又可分为平稳直流电、脉动直流电和断续直流电三种。

平稳直流电。就是电流的方向大小保持不变的电流（如图1.8）。在任何一个瞬时内，电流强度都相等，用图表示，电流就是一条与时间（ t ）轴平行的直线。

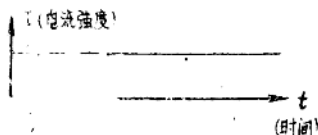


图1.8 平稳直流电

脉动直流电。就是电流的方向不变，但大小随时间而变化的电流（如图1.9）用图表示，电流就是一条在时间轴以上脉动起伏的曲线。

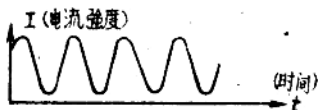


图1.9 脉动直流电

断续直流电（或脉冲直流电）。就是电流方向不变，而大小随时变化并且是时有时无的电流（如图1.10）。用图表示，电流就是一条在时间轴以上断续起伏的脉冲曲线。

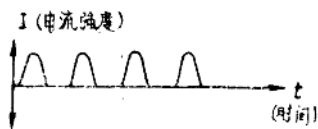


图1.10 断续直流电

交流电：就是电流的方向、大小都随时变化的电流（如图1.11）。用图表示，电流就是一条在时间轴上下两边脉动变化的正弦曲线。至于交流电的产生及其参数等在第五章再作详细研究。

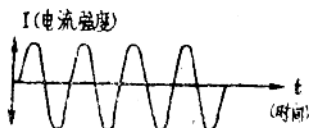


图1.11 交流电

4. 电流的计算单位。电流的大小以每秒钟内通过导体截面的电量多少来计算。一个物体所带电荷的多少称为电量。用 Q 或 q 代表。电量的基本单位是库伦，以 Q 代表。一库伦的电量概略等于六百亿亿（即 6×10^{18} ）个电子（或质子）所带电量的总和。补助单位还有微库伦，以 μQ 代表。一微库伦等于一百万分之一库伦。

$$1 \mu Q (\text{微库伦}) = \frac{1}{1000000} Q (\text{库伦})$$

电流的基本计算单位是安培，以 A 代表，一安培电流等于一秒钟内，通过导体截面一库伦的电量。电流与电量的关系可用下式表示：

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (1)$$

式中 I 是电流，单位为安培； t 为时间，单位是秒； Q 为电量，单位为库伦。

例题（1）：在一个导线中，10秒钟内通过5库伦的电量，求电流？

$$\text{电流}(I) = \frac{5}{10} = 0.5 \text{安培}(A)$$

在无綫电路中，常因安培这个单位太大，因而用毫安（ MA ）和微安（ μA ）做为补助计算单位。

$$\text{一毫安等于千分之一安培。} \quad 1 MA = \frac{1}{1000} A$$

$$\text{一微安等于一百万分之一安培。} \quad 1 \mu A = \frac{1}{1000000} A$$

5. 电流的测量方法。测量电流要用电流表。根据测量范围不同，常用安培（ A ）表和毫安（ MA ）表两种。

要测量一个电路中的电流大小，必须首先断开电路，再将电流表按正、负极串联在电路中测量。（如图1.12）同时要注意不超过电流表的最大测量范围。以防烧毁电表。绝对禁止将电流表与电源或负荷并联测量。

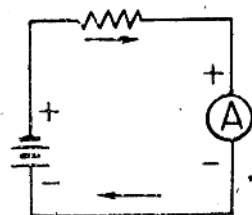


图1.12 电流表的接法

常见电表多为直流电流表，在表上标有“—”符号，绝不能用以测量交流电流，测量交流电流必须使用交流电流表，在表上标有“~”符号。

二、电 阻

1. 电阻的意义。导体对于电流通过有一定的阻力，这个阻力就称为电阻。用 R 或 r 代表。因为自由电子在导体中运动时，要不断和分子及其他电子相互碰撞（由于物体中分子和电子也都在不停的运动着），受到它们的阻碍，所以形成电阻。

2. 电阻的计算单位。基本计算单位是欧姆，用 Ω 代表。欧姆这个单位是这样确定的，在 0°C 时，一段长106.3公分、横截面积为1平方公厘的水银柱的电阻为1欧姆。在无线电电路中常用电阻的阻值较大，用欧姆来计算嫌太小，故常用千欧姆（ $\text{K}\Omega$ ）和兆欧姆（ $\text{M}\Omega$ 或 $\text{meg}\Omega$ ）做单位。

$$1\text{ K}\Omega = 1000\Omega$$

$$1\text{ M}\Omega = 1000000\Omega$$

3. 决定导体电阻大小的因素。

①导体的长度。电阻大小与导体的长短成正比，导线愈长，电流通过时遇到的阻力就愈大。例如1000呎的16号铜线的电阻是4.094 Ω ，则2000呎长的16号铜线的电阻便是8.188 Ω ，导线增长一倍，电阻也增加一倍。

②导体的粗细（即横断面积）。电阻大小与导体粗细成反比，导线愈粗电流愈容易通过，电阻就愈小。例如，9号铜线的横断面积约为7平方公厘，每千呎的电阻是0.8 Ω ，3号铜线的横断面积约为28平方公厘，比9号铜线粗4倍，每千呎的电阻则是0.2 Ω ，电阻值为9号铜线的 $\frac{1}{4}$ 倍。

③导体的质料。电阻大小与导体的质料有关。导体所用金属材料不同，其电阻值也不同。可以说一个导体的电阻大小与该导体质料的电导率成反比。常用导体材料中，导电最好的是银，其次是铜及铝等，因为它们具有较多的自由电子。

④导体的温度。一般金属导体的电阻随温度的升高而增加。因为温度升高时，分子的运动加快，自由电子通过导体时，受分子碰撞的机会增多，阻力增大。

碳质物体的电阻则随温度的上升而减小，温度愈高，电阻愈小。因为，在平常情况下，碳分子运动较慢而振动的距离范围较大，当温度上升时，碳分子的运动加快，而振动的距离范围缩小，虽然分子运动加快也增加对电子的碰撞机会，但由于分子振动距离缩小，对电子碰撞的程度减少的要更多，结果电阻反而减少。常用的碳质电阻器因其中有更多于碳的其他材料合成，所以其阻值也随温度的上升而增加。

各种电解质物质及一些易于电离的稀有气体的电阻也随温度的上升而减少。因为，当温度

上升时，分子运动加快，一方面也增加了对离子的碰撞阻碍，但另一方面更显著的是分子更易于被离解，离子的数量增加得更快，因而电阻减小。

金属中的康铜，其电阻也随温度的上升而略为减小。

4. 电阻的温度系数。温度每增加摄氏一度时，所增加的电阻与原来电阻的比值称为温度系数。若用 R_1 表示原来的电阻， R 表示温度增加 1°C 后所增加的电阻， α 表示温度系数，则可用下式表示：

$$\alpha = \frac{R}{R_1} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{温度系数} = \frac{\text{温度上升 } 1^\circ\text{C} \text{ 时所增加的电阻 } (R)}{\text{原来的电阻 } (R_1)}$$

表1.2 是几种常用导体的平均温度系数 ($0^\circ\text{--}100^\circ\text{C}$)。

表1.2 几种常用导体材料的温度系数

材料名称	温度系数 (α)	材料名称	温度系数 (α)
银	0.004	高阻合金	0.00011
铜	0.00445	黄铜	0.002
铝	0.00423	德银	0.00036
铂	0.00464	镍合金	0.0003
钢	0.00625	锰镍铜合金	0.000015
铅	0.00411	康铜	-0.00003
汞	0.00027	炭	-0.0005

【注】 温度与电阻的关系可用下式表示：

$$R_2 = R_1 + \alpha \cdot R_1 (t_2^\circ - t_1^\circ) \dots\dots\dots (3)$$

式中： R_2 ——温度变化以后在 $t_2^\circ\text{C}$ 时，导体的电阻；

R_1 ——温度在原来 $t_1^\circ\text{C}$ 时所测定的电阻；

α ——温度系数；

t_1° ——原来测定导体电阻的温度（以摄氏计）

t_2° ——变化后的温度（以摄氏计）

例题(2)：有一条黄铜线在温度 $t_1^\circ = 20^\circ\text{C}$ 时电阻 $R_1 = 60\ \Omega$ 求当温度上升到 $t_2^\circ = 40^\circ\text{C}$ 时的电阻 R_2 是多少？

$$R = R_1 + \alpha \cdot R_1 (t_2^\circ - t_1^\circ) = 60 + 0.002 \times 60 (40 - 20) = 60 + 0.002 \times 60 \times 20 = 62.4\ \Omega$$

几种常用的金属材料，在 $0^\circ\text{--}100^\circ\text{C}$ 时的平均温度系数大都接近于 0.004 (即 0.4%)，所以实用上计算一般线路温度变化后的电阻时，可用以下近似公式：

$$R_2 = R_1 + 0.004 \times R_1 (t_2^\circ - t_1^\circ)$$

就是说温度每升高摄氏一度，电阻增加 0.4%。

5. 电阻率（或称电阻系数）。用 ρ （音罗）代表。它是一个常数，其大小随导体的质料而不同。

为了便于比较各种物质的电阻，规定各种物质都取 1 公尺长，截面积都取一平方公厘，并在摄氏 20 度时量得它们电阻的欧姆数，这些数值就称为这些物质的电阻率。根据电阻率，我们就可以比较各种物质的电阻。表 1.3 是几种常见材料的电阻率。

表 1.3 几种常见材料的电阻率

物 质	电 阻 率 (每公尺/平方公厘的欧姆数)	物 质	电 阻 率 (每公尺/平方公厘的欧姆数)
银	0.016	镍	0.6
铜	0.0175	石 炭	7.2—8.12
铝	0.029	火 漆	8×10^9
锡	0.056	玻 璃	5×10^{17}
铁	0.135	云 母	5×10^{20}
铜镍合金	0.4	硬 胶	$10^{19} - 10^{20}$

从这个表上可以看出：银的电阻系数最小，所以导电性最好，铜、铝、锡次之。由于银的价格太高，所以铜用得最广泛。由表中同时可以看到，凡是绝缘物，电阻都是特别大的。

导体的电阻和它的质料、长短及截面积大小的关系可以用下面的公式来表示。

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \text{即：电阻（欧姆）} = \text{电阻系数} \times \frac{\text{导体长度（公尺）}}{\text{导体截面积（平方公厘）}} \dots\dots (4)$$

上式中 L 是导体的长度， A 是导体的截面积， ρ 是电阻率， R 是导体的电阻。

例题（3）：设有一根 20 公尺长的铜线，截面积为 0.5 平方公厘，试求它的电阻。

从表中查得铜的电阻系数 $\rho = 0.0175$ ，所以

$$R = \rho \frac{L}{A} = 0.0175 \times \frac{20}{0.5} = 0.7 \text{ 欧姆}$$

6. 电导。就是电阻的倒数，用 G （或 γ ）代表。即：

$$G = \frac{1}{R} \dots\dots (5)$$

电导和电阻恰恰相反，它表示一个物体导电的能力，一个物体的电导愈大，电阻愈小，它所能通过的电流愈大。电导的单位是姆欧（或漠）。

电阻率（ ρ ）的倒数，称为电导率，用 γ 代表（音嘎马）。即：

$$\gamma = \frac{1}{\rho} \dots\dots (6)$$

表 1.4 是几种常用材料的电导率。从表中可以看出银的电导率最大所以导电最好。

表1.4 几种主要材料的电导率

材料名称	电导率, 米/欧·(毫米) ²	材料名称	电导率, 米/欧·(毫米) ²
銀	61.0	黃銅	15.0—50.0
銅	57.0	鎳合金	3.0
鋁	34.0	康銅	2.04
鎢	10.0	德銀	2—2.2
鉛	5.0	高阻合金	0.9—1.06

7. 电阻的测量方法。测量电阻用的仪器叫电阻表（或欧姆表），在表上标有“Ω”或“KΩ”的符号。

用欧姆表测量电阻时（图1.13），应先将两个插头分别插于“Ω”的两个插孔中，连接线的另外两端与表棒相碰，旋动调零电阻，并观察刻度盘，使表针归至零欧姆位置。然后分开表棒，接于被测电阻两端，此时便可在表的刻度上读出表针所指的数值。常用欧姆表的刻度读数是從右向左，按反时针方向刻制。

测量接在电路中的电阻时，被测电阻必须与电源断开，否则会损坏电表。

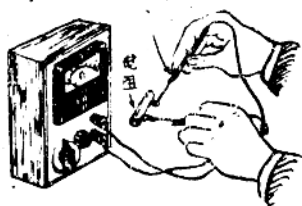


图1.13 欧姆表的使用

三、电 压

1. 电压的意义。任何两点之间的电位差称为电压，它是推动电流的力量。用E或 ϕ 、U、等来代表。

电压的意义可以拿水来做比喻。倘使两个水桶的水面一样高，中间用水管连接，两边的压力相等，水不会流动。但若使右边的水面比左边高，右边的压力也就比左边大，水就会从右边流到左边，

上述左右两边水压力的多少，是由水面的高度来决定的。水面越高，水压力越大。水面的高度称为水位。左右两边水位之差越大，则左右压力之差也越大。一个导体带电的多少，正与水面的高低相同，因此我们用“电位”这个名词来表示一个导体带电的程度。导体带正电越多，则电位越高；带负电越多，则电位越低。电流总是从电位高的地方流向电位低的地方，正好象水总是从水位高地方流向水位低的地方一样。

要說明一个导体电位的高低，必須要有个标准。通常都以大地为比較电位的标准，規定其电位为零，正如規定海平面的高度为零一样。倘电流由某一导体流向地面，則此导体的电位比地高，即具有正电位，倘电流由地面流入导体，則此导体的电位比地低，即具有負电位。兩导体的电位之差称为“电位差”，它也就是兩导体之間的电压。兩导体間的电位差或电压越大，則电流也越大，正如水位差越大，水流得也越快一样，如图1.14(1)是兩個帶相等的同性电的导体，如將它們用電綫連接起来是会产生电流的，若有兩個帶有电位差的导体如图1.14(2)用導綫連接起来，由于正負之間的吸力就使右边的負电流向左边，而产生电流。

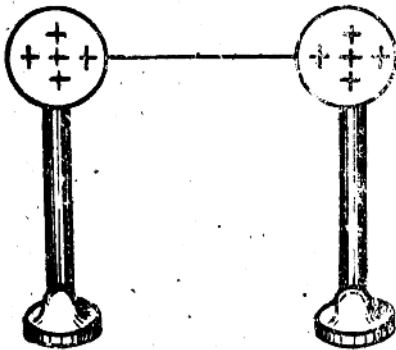


图1.14(1) 等量同性电之間不产生电流

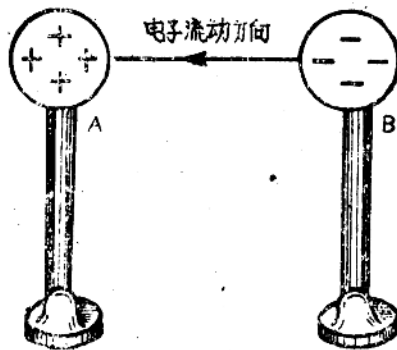


图1.14(2) 在电位差的作用下产生了电流

2. 电动势。是維持电位差的一种力量，用E代表。图1.14(2)中兩导体間的电压并不能长久地維持电流通过，因为正負电很快的中和以后，电位差也就沒有了。为了使电流維持不断，必須使兩导体之間始終維持一定的电位差。正如要維持图1.15的水管中的水流，必須用抽水机不断地將水从左边抽到右边，使左右兩端始終保持一定的水位差。同样，要維持图1.14(2)中左右兩导体的电位差，必須用外力不断地將左边的負电荷移到右边。这种維持电位差的设备叫做电源。电源能产生一定的电动势，因而能維持导体中的电流。

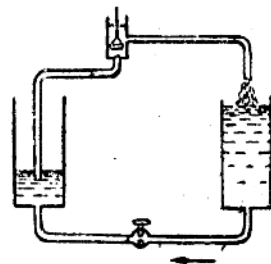


图1.15 以抽水机保持住容器中的水位差，水就不斷地沿管子流动

通常所用的电源有兩種：一种是化学电源，即干电池与蓄電池，它是利用化学的方法来产生电压的；另一种是发电机，它是利用机械的方法来产生电压的。

3. 电压降和端电压。它們都用U来代表。

电流流经电阻后所失去的电位能叫电压降。电流经过电阻，电流本身并没有什么損失，而它所具有的电位能都損失了，或損失了一部分。就如利用瀑布冲下的水带动磨坊里的水車，水是一滴也不会减少的，可是它本身所具有的从高处往下流的能量消耗了，或是已經損失了一部分。在电路中，电流流过电阻以后所失去的电位能叫做电压降。在电源以外全部电

路的电阻上所失去的电位叫外压降，以 U 表示。在电源内部电阻上所失去的电位能叫内压降，以 U_r 表示。因之，电源的电动势就被分配为两部分：一部分供给内电阻，一部分供给外电阻。这样，内压降与外压降的总和就等于电动势。

$$E = U + U_r \quad \text{即：电动势} = \text{外压降} + \text{内压降} \dots\dots\dots (7)$$

换一句话说，就是等于电路中的电源电压。当有了电流的时候，电源两端的电压一定要比它本身的电动势小，这是因为有一部分电位损失在内电阻上的缘故。（如图1.16）

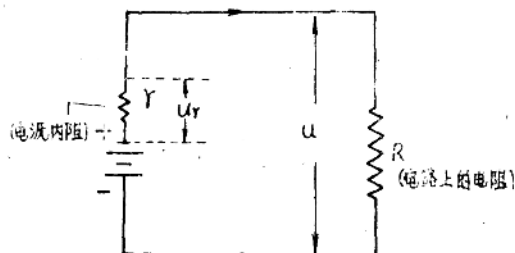


图1.16 电压降和端电压

一般我们指电源电压的高低就是指供给外电阻的电位差。电源电压又叫做电源的端电压。所以算式也可以写成：

$$U = E - U_r \quad \text{即：端电压} = \text{电动势} - \text{内压降}$$

4. 电压的计算单位。电压、电位、电位差、电动势、电压降及端电压都是同一性质的东西，所以都用同一个单位来表示它们。这个单位叫：

伏特 (V) 在一个闭合电路中若电阻为 1Ω ，能够推动 1 A 电流流动的电压就是 1 V 。

补助单位有：

$$\text{千伏 (KV)} \quad 1 \text{ KV} = 1000 \text{ V}$$

$$\text{毫伏 (mV)} \quad 1 \text{ mV} = \frac{1}{1000} \text{ V}$$

$$\text{微伏 (}\mu\text{V)} \quad 1 \mu\text{V} = \frac{1}{1000000} \text{ V}$$

5. 电压的测量方法。

测量电源的电压或电路中任意两点间的电位差的仪器叫电压表，电压表上标有 V 的符号。用电压表测量电压时，应将电压表跨接在电源两端或所要测量的一段电路的两端，测量直流时，电压表的正端必须与电源正极相接，负端与负极相接。（如图1.17所示）。测量交流电压时，可不分正负。

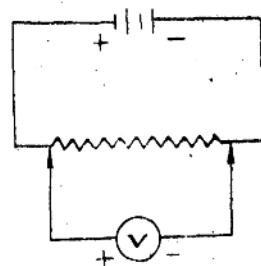


图1.17 电压表的连接

四、262型复用电表的使用

在实际工作中，我們常用复用电表来测量电流、电压和电阻。关于复用电表的线路我們在第九章再作研究。在这里只讲它的使用方法。（图1.18是262型复用电表的面板图。）

不論测量电阻、电压、电流，表棒正极（紅色）固定插在标有“+”号的插孔内，不需再动。只将表棒负极（黑色）选用适当的位置即可。

测量电压时：根据所测电压大小可将表棒负极插入左边250V，或50V、10V、2.5V。然后用紅色表棒接电源正极，黑色表棒接电源负极，观察表針所指讀数。

测量电流时：根据所测电流的大小，将表棒负极插入右边100ma或25ma，5ma，1ma。然后按正負将表棒串联在电路中，观察表針所指讀数。

测量电阻时：将表棒负极插入“K Ω ”位置，然后短路表棒调整电表至零欧姆，尔后再拿表棒去测被测电阻，观察表針所指讀数。

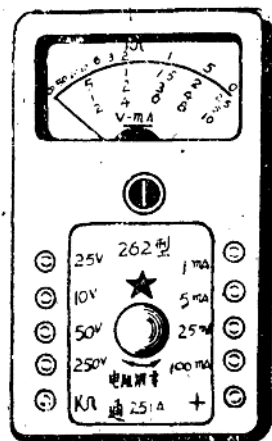


图1.18 262型复用电表面板图

第五节 直流电路

一、电路中的几个名詞

在討論各种电路的問題以前，先把有关电路的几个名詞介紹一下。

电源——是产生电动势的装置，它能够产生一定大小的电压。在直流电路中所用的电源有直流发电机、电池和整流器等。电流从电源的正极出发，回到负极。

負載(或負荷)——凡是和电源相連接，让电流做功的地方都叫負載。例如电灯、电动机等。在电路中我們都將它們当作电阻看待。

闭合电路——能够让电流通过，当中沒有間断的电路叫做闭合电路。一个闭合电路通常是由电源、負載、开关和連接的导綫所組成的（如图1.19）。

开路（断路）——倘將闭合电路中的某一点切断，使电流不能通过，就称为开路。

开路可以当做一个无限大的电阻看待。

短路——把电源的正負兩极用导綫直接連接，就叫短路。在这种情形下，电路中电流极

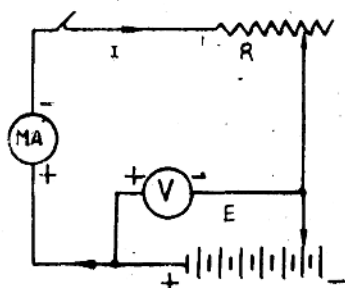


图1.19 闭合电路