

电 工 学

湘潭电机厂工人技术学校编写

湖南科学技术出版社

目 录

第一章 静电	(2)
第一节 电的概念.....	(2)
第二节 物质构成的电子学说的概念.....	(4)
第三节 电场.....	(7)
第四节 电位.....	(8)
第五节 电容及电容器.....	(9)
第二章 电流电动势和电阻	(11)
第一节 电流.....	(11)
第二节 电动势和电压.....	(12)
第三节 电阻.....	(13)
第三章 简单直流电路及其基本规律	(19)
第一节 简单电路.....	(19)
第二节 欧姆定律.....	(19)
第三节 串联电路.....	(22)
第四节 并联电路.....	(24)
第五节 复联电路.....	(26)
第六节 电源的联接.....	(30)
第四章 电流的功与功率	(39)
第一节 电流的功与功率及其测量单位.....	(39)
第二节 电流的热效应.....	(45)
第五章 磁与电磁现象	(50)
第一节 磁铁.....	(50)

第二节	磁場	(52)
第三节	磁的度量	(54)
第四节	通电导体周围的磁場	(55)
第五节	磁場与載流导体的相互作用	(61)
第六节	載流导体間的相互作用	(63)
第七节	鉄磁物質的磁化	(65)
第八节	磁性材料	(66)
第六章	电磁感应	(74)
第一节	电磁感应現象	(74)
第二节	楞次定律	(76)
第三节	自感与互感	(79)
第四节	渦流的概念	(83)
第七章	单相交流电	(88)
第一节	单相交流电的基本概念	(88)
第二节	交流电的向量表示法及相位	(91)
第三节	交流电的有效值	(96)
第四节	电压和电流在各种不同电路中的 相互关系	(97)
第五节	交流电路中的功率与功率因数	(103)
第八章	三相交流电	(112)
第一节	三相交流电的产生	(112)
第二节	三相交流电的星形接法和三角形接法	(115)
第三节	三相交流电的功率	(121)
总复习題		(127)
附录		(129)

編者說明

本書包括从靜電到三相交流電的電工原理八章。內容着重于物理概念和實用計算，盡量避免煩復的數學推導，可供招收高小畢業生的技工學校電工各專業工種教學之用；如作適當刪補，也可供機械各專業工種教學之用。教學方法以課堂講授為主，但要求教師根據學校設備情況，充分進行課堂表演和實驗。

書中各章後都附有習題，最後并有總複習題，題目由易到難，都比較結合實際，希望教師充分利用，并根據生產和學習的具體情況予以補充，以幫助學生複習思考，引導他們將學得的知識應用於生產實際。

本書編寫方案，是根據省勞動局的指示製定的。本省有關兄弟學校在株洲教材方案審查會議上曾提出一些意見，我們進行修改後才確定下來。教材編寫出來以後，省勞動局又組織了二二八技工學校、長沙電力技工學校和武漢電力技工學校等校的有關老師來我校審查，提出了許多寶貴的意見，我們作了最後的修改補充。在這裡，我們對省勞動局和各兄弟學校支持與關懷，表示深切的感謝。

本書可能還有缺點和錯誤，希望使用本書的老師和同學，隨時批評指正。

湘潭電機廠技工學校

1959.12.

第一章 靜 电

第一节 电的概念

在自然界中,許多物体用毛皮、絲或呢布摩擦后,就能够吸引灯草球、紙屑或者絨毛等輕小的物体。远在二千多年前,人們就已經发现了这种現象,从那时起,就有了“电”这个名字。

人們将琥珀用呢布摩擦后,观察了琥珀能吸引輕小物体的現象,接着又发现玻璃、硫磺、树脂、軟木和許多别的物質也都具有和琥珀同样的这种性質,于是,摩擦就被公認為物体带电的原因。人們把这种現象叫做摩擦生电。摩擦后的物体所具有吸引輕小物体的能力叫做靜电力(或电力),表現有靜电力的物体叫做带电体或荷电体。

如果将一带电体和另一不带电体接触,后者便从前者获得一部分电荷而变成带电体。

干燥的綢或皮革摩擦干燥的玻璃棒后,和分別挂在两根絲綫上的两个軟木小球或灯草球接触,这样一来,玻璃棒上的一部分电荷便傳給小球,使两个小球带电;将玻璃棒拿开后,两个带电小球互相推开。如图 1—1。

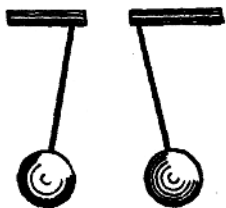


图 1—1 二个小球
都从玻璃棒上或硬橡胶棒
上获得电荷时互相排斥

再用毛皮来摩擦干燥的硬橡胶棒,使它带电,并讓它也接触到另外两个也挂在絲綫上的軟木小球或灯

草球，然后使这两个小球互相靠近，我們看到它們也同样地互相排斥。

假如两个小球中的一个球使
它从玻璃棒上得到电荷；而使另一
一个小球从硬橡胶棒上得到电荷，我
們发现这两个小球会互相吸引。見
图 1—2。

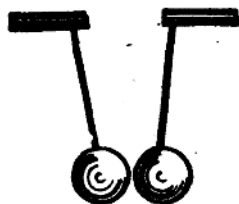


图 1—2 一个小球
从玻璃棒上获得电
荷，另一个小球从硬
橡胶棒上获得电荷，
二个球相互吸引。

从这些实验表明：从玻璃棒上
取得的电荷与从硬橡胶棒上取得的
电荷是不同的。人們对于电的现象
作进一步研究以后发现，不同性质
的物体互相摩擦后，都可带上电；并且只可能获得两种电荷：
一种是和用絲綢摩擦过的玻璃棒上所带的电荷性质相同，叫做
正电或阳电，用符号“+”（正）来表示，如图 1—3；另一种是和

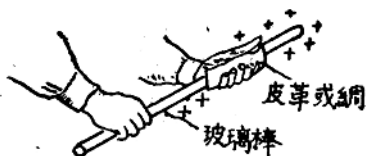


图 1—3 絲綢和玻璃棒摩擦，玻
璃棒上带正电，絲綢带负电。

用毛皮摩擦过的硬橡胶棒所
得的电荷性质相同，叫做负
电或阴电，用符号“-”（负）
来表示。见图 1—4。

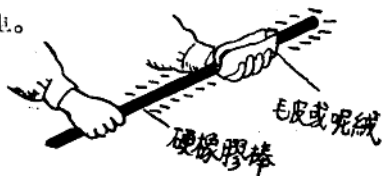


图 1—4 毛皮与硬橡胶棒摩擦
硬橡胶棒带负电，毛皮带正电。

还可以得出这样的結論：
两个物体带有同性质的电
时就互相排斥；带有不同
性质的电时就互相吸引。
如图 1—5 所示。

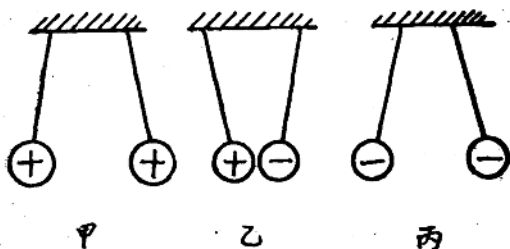


图 1-5 同性相斥，异性相吸。

测量电荷多少的单位是库仑，一个库仑约等于630万万万个电子(或质子)所带的电量。

第二节 物质构成的电子学说的概念

物体经过摩擦为什么会带电？对于这个问题，我们可以从物质的构成中找到答案。

一、物质的构造——分子原子和原子结构

自然界中，所有的物质都可用机械的方法将它分割，一分二，二分四，四分八……愈分愈小，最后分成许多极小的质点。这些质点仍旧保持物质原有的特性，我们把这种极小的质点叫做分子。气体有气体的分子(如氧氢等)，水有水的分子。但分子又是由比它更小的微粒——原子组成的。象水的分子就是由二个氢原子和一个氧原子组成的；铁锈的分子就是由三个铁的原子和四个氧的原子构成。原子非常微小，在一厘米的长度上可以排下一万万个。

实际上，原子结构还很复杂。在它的中心有一个结实的核，叫做原子核，它的直径只有原子的几万分之一。原子核本身又是

由一个或许多个粒子——质子和中子组成的，在原子核的外面有另外一些很小的粒子以很大的速度在围绕核旋转，这些旋转着的粒子称为电子。质子带的是正电，电子带的是负电，中子是不带电的。

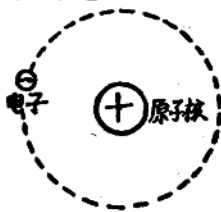


图 1-6

氢原子结构。

不同的物质元素就有不同的原子，在不同元素的原子之间，原子核的大小、质量、质子和电子的数目是不相同的。

氢是最轻的元素，它的原子结构也最简单：只是由具有一个正电荷（即 1 个质子）的核和一个围绕核旋转的电子所组成。如图 1-6。别的元素的原子

结构都比氢复杂，原子核比它重，原子核所带的正电荷比它多，因而围绕核旋转的电子也比它多。如氧的原子核里有八个质子，外面有八个电子沿着不同路径绕核旋转。铝原子的核有 13 个正电荷（质子），外面有 13 个电子绕着它旋转；铁原子有 26 个质子和 26 个电子等等。

从这里我们可以看到：每种元素原子中，正电荷的数目（质子数目）和负电荷的数目（电子数目）是相等的，它们互相束缚、平衡，对外就不显现电性来了。因此在正常状态下，整个原子就象一个不带电的粒子一样，而由原子组成的整个物体也就显不出电的作用。

二、用电子理论解释摩擦起电现象

上面讲过，在正常的情况下，原子中由于电的平衡，整个物体就不会显出电的作用。要使物体带电，就只要破坏这种平衡。

即給它以多餘的电子或者從它那里拿走一些电子，這樣得到电子的物体就帶負電；失去电子的物体帶正電。

前節所講的摩擦生電，其實就是兩個物体在靠得很緊互相摩擦時，由於摩擦的作用使一個物体的一些电子，跑到了另一個物体里的結果，這樣一個物体失去电子就帶正電，另一個物体得到這些电子就帶負電。所以摩擦時總是兩個物体同時帶電，而且它們所帶的電量總是相等的。

絲綢與玻璃棒摩擦，玻璃棒的原子中一部分电子就被迫跑到絲綢上，於是絲綢上就多餘了电子而帶負電，玻璃棒上就少了电子，就帶正電；毛皮與硬橡膠棒摩擦，毛皮上的一些电子就跑到硬橡膠棒上，因此硬橡膠棒就帶了負電，毛皮就帶正電。

三、導電體及絕緣體

原子核和电子由於帶着不同性質的電荷，所以它們互相吸引，但是在原子核外圍常常有很多層电子，如圖 1—7 是銅的原子，它有 29 個电子，分布在四層上。這樣，在外層距離原子核遠一點的电子，與原子核之間的吸引力比較小；所以最外層的电子由於受鄰近原子的作用或其它原因，就可能跳出原子核的吸引範圍，離開原來旋轉的路徑而跑出去或沿一定方向運動，因此，這些电子是比較不穩定的。

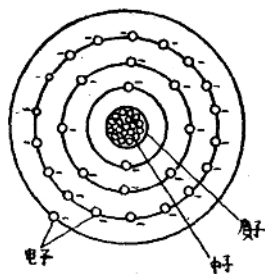


圖 1—7

銅原子結構

所有的金屬都程度不同地具有這類不穩定的电子。它們有

时进入原子核的吸引范围,有时又从哪里跑出来,在整块金属内朝各个方向无秩序地运动着,因此,我们就把这不稳定的电子叫做自由电子。自由电子常在物体内部跑来跑去,这种性质我们就说成是物体的导电作用。金属的自由电子多,所以导电作用也就强。

在另外一类物质里,原子内的电子很牢固地被原子核吸引着,自由电子极少,因而这类物质是不容易导电的。

容易导电的物质,我们叫做导电体(简称导体),如所有的金属和炭等;不容易导电的物质我们叫它绝缘体或电介质,例如橡皮、磁器、云母、青壳纸、黄腊布……等等。但必须指出:绝对不导电的物质是没有的,我们所说的绝缘体或电介质不过是导电性能极差,可以当作不导电来看罢了。

在导体和绝缘体之间,还有一类半导体,例如锗、硒、氧化铜……等等,它们的导电性能比导体要差些,比绝缘体要好些。因为它具有很多特别的性能,所以在电工技术及其他尖端技术当中得到日益广泛的应用。

第三节 电 场

当一个金属小球带上电后,就具有电的性质——即吸引或排斥电荷的现象。这是因为这带电小球周围产生了电力,这种有电力作用的空问,我们叫它“电场”。这电场可用电力线在图上表示出来,电力线的方向就是带正电的质点在电场中运动的方向,自正电荷出发,而终止于负电荷。如图 1—8:

如第一节中所做的实验,使一个悬挂着的轻小的灯草球带上电(正电或负电),另外再用一根带有正电的玻璃棒去靠近这带电小球。这时,我们将会发现,当玻璃棒还离开小球若干距离

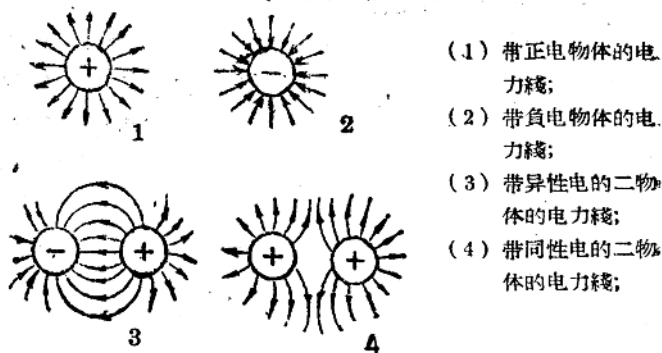


图 1-8 带电体电场的电力线

的地方，小球就受到排斥或吸引，这个现象表明了，在玻璃棒周围空间里有电力在作用，也就是说在玻璃棒周围存在有电场。

第四节 电 位

带电物体的周围存在有电场。这个电场里距离带电体远近不同的各个点上，电力的作用有的比较大，有的比较小。这种使电力大小引起某种程度变化的能力，我们称为“电位”。

地球上的一切物体，当自由行动时，总是从高处向低处移，如水总是由高处向低处流。电荷也有这种情况。对水来讲有水位，对电来讲就称电位。水位通常以海平面作标准；电位通常以大地的为标准。我们把大地的电位作为零。

凡是带正电的物体的电位，都要高于大地的电位。物体带正电荷愈多，电位也愈高。凡是带负电的物体的电位都要比大地电位低，物体带的负电荷愈多，它的电位也愈低。

例如：具有同样大小的甲乙两物体，甲物体带有10库仑正

电荷,乙物体带有5库仑正电荷。那么,甲乙两物体的电位都要高于大地的电位。但是从甲乙两物体所带的正电荷来看,乙物体的电位却比甲物体的电位低。依此类推,带有8库仑负电荷的丙物体的电位要比大地低,而另一与丙物体同样大小的丁物体带有3库仑负电荷时,它的电位也比大地低,但却比丙的电位高。

当两个物体之间的电位不同时,就会产生电位差,正好象两个盛着水的容器里,一个水位高而另一个水位低,它们之间就有水位差一样。电位差又叫电压。一般用字母“U”代表。电位差和电压用一共同的单位——伏特来度量。伏特可以简称伏,一般用字母V代表。伏特的一千倍称为一千伏。1伏特的千分之一称为一毫伏。即:

$$1 \text{ 千伏} = 1000 \text{ 伏},$$

$$1 \text{ 毫伏} = \frac{1}{1000} \text{ 伏}。$$

第五节 电容及电容器

两个盛水的容器,在同样的水位下,盛水多的我们就说这容器的容积大。物体的电容也是相类似的,在同样的电位下,能够多容纳电荷的物体,它的电容就大,所以说电容是物体在一定电位下容纳电荷的能力。

一般最简单的电容器由两金属板制成,两金属板之间,隔着绝缘物,如空气、云母,经过处理的纸等。电容器一般用符号—|—|—表示,如图1—9电容能改变的电容器叫可变电容器,如图1—10。

电容的单位是法拉。但法拉太大，实用上通常采用微法拉及微微法拉。

1 法 拉 = 1,000,000 微法拉

1 微法拉 = 1,000,000 微微法拉

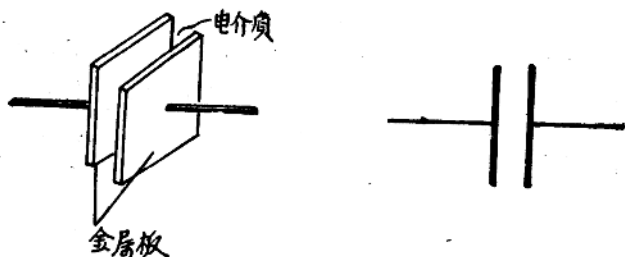


图 1-9 平板电容器的构造及其符号

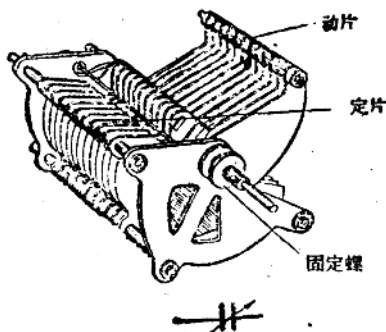


图 1-10 可变电容器及其符号

第二章 电流电动势和电阻

第一节 电 流

在講电場时,我們談到,在电場各不同点上,有的电力作用比較大,有的电力作用比較小;在电力作用不同的两点間,就存在有电位的差別,也就是存在有电压。当一些电荷——带电的粒子进入电場中时,电压就尽力使电荷从电力作用較大的点上,推移到电力作用較小的点上,电荷在电压的作用下,所产生的这种有一定方向的运动,就称为电流。

如图 2—1 有甲乙两金属球,甲球带正电,乙球带負电,如果用金属导綫将两个球連接起来,电子就会从带負电的乙球流到带正电的甲球。这是因为乙球的負电荷与甲球的正电荷相互吸引的緣故。

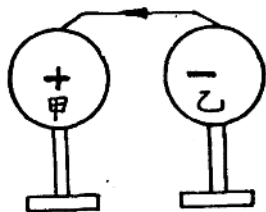


图 2—1 电子沿导綫移动

至于电流的方向,我們說它是从正极流向負极,这是人們早已假定下来而且习惯了的,虽然现在的电子学說証明电子方向是由負到正,为了不改变习惯的說法,在实用中仍旧說是从正到負。

电流一般用字母“ I ”代表;单位是安培,一般用字母“ A ”代表;电流的强弱是以每秒鐘通过导綫某横截面多少电量来計算的。如時間用字母“ t ”代表,电量用“ Q ”代表,那么:

$$\text{电流 } I = \frac{Q}{t}。 \quad (\text{公式 } 2-1)$$

如20秒鐘內通过导电的电量为40庫侖，电流就是

$$\frac{40\text{庫侖}}{20\text{秒}} = 2 \frac{\text{庫侖}}{\text{秒}} = 2 \text{ 安培}。$$

第二节 电动势和电压

从第1节中知道，电位的差别(即电压)是产生电流的主要条件，没有电压就不可能有电流。这个我們可用水的流动来作为說明的例子：

假設有甲乙两个盛着水的水池，甲池比乙池的水面高(見图 2-8) 并用管子将它們連通，由于水平面的差别而产生水位差，并因此产生压力。在水压的作用下，水会从甲池流入乙池，直到两个池的水平面相同为止。如果在甲乙两地之間接入水泵，当水泵轉动时，就可使乙池的水流向甲池，使甲池的水面比乙池水面高，这样甲乙两池又有了水位差(或水压)，于是，甲池中的水又可自高水位的甲池流向低水位的乙池，如果水泵不断地将乙池的水抽向甲池，使甲池經常保持比乙池較高的水位，那么，在联通管內就会产生連續的水流。

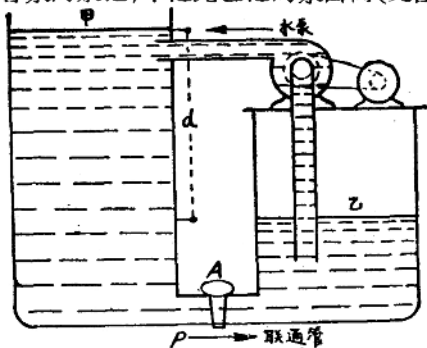


图 2-2 水泵与水流

电流在金属导体中也类似以上情况,当两点的电位相等,也就是两点间电位差别消失的时候,电子停止了运动,电流也没有了,为了要便在金属导体中产生连续不断的电流,也必须要有象水泵的作用相类似的设备,这就是电源。换句话说,电源就好像是一个“电子泵”,它能继续不断地供给电荷。发电机、电池等,都是普通常用的电源。这种电源的内部能产生一种推动电流的力量,这种力量叫做电动势,简称电势。电势产生并维持导体两端的电位差,使导体中的电子沿着一定方向不断移动。电动势和电位差(或电压)的单位一样是伏特。

第三节 电 阻

一、电阻的物理本质

所有导体中,总有一些自由电子存在,这些自由电子能在外力(也就是电压)的影响下移动。当在导体两端加上一电压时,这些原来无规则运动的自由电子将沿着一定的方向运动,因而产生了电流。当电子沿着导线前进时,将碰到许多不断振动着的原子,被它们拦住和阻止,导体的这种阻碍作用将降低自由电子前进的速度,这种导体对电子运动(电流)的阻力,叫做导体的电阻。

导体的电阻现象也可用水来比喻,当水在管子中流动时,管子的壁就将对水产生一定的阻力,换句话说,水必须克服管壁对水流所发生的阻力,才能在管中流过,如果我们在管子中放些石子,水遇到的阻力就会增加,如在管子中放着大量的石子时,阻力将更大。

导体的电阻一般用字母“R”来代表,它的单位是欧姆,一般用“ Ω ”代表。

二、决定电阻的因素、电阻的计算

由于导体内存在着电阻作用,电流在通过导体时,将受到阻力,至于导体电阻的大小,跟下列因素有关:

第一是导体的材料:金属都能导电,但他们的导电能力并不都相同,有的好,有的坏,铜电阻小,因而是良导体,而与铜同样大小的铜的电阻,就比铜大得多;

第二是导线的长度:也就是电子通过路程的长短,路程越长受到的阻力越大,相反地,路程越短,受的阻力就越小。这好象水流过长管子要比流过短管子困难一些一样;

第三是导线横截面的面积:也就是导线的粗细。显然,细的导线比粗的导线阻力大,这好象水流过直径小的管子要比流过直径大的管子困难些一样;

第四是导体的温度:一般地说,温度升高时,金属的电阻增大,而液体和碳的电阻却减小。只有几种特殊的合金(如锰铜、康铜、镍合金等),当温度增加时,它们的电阻几乎不变。

对于同种材料的导体,它的电阻大小和它的长度成正比,和它的粗细成反比,也就是说,如果导线的粗细不变,长度增加多少倍,电阻就要增加多少倍,相反的,如果导体的长度不变,而加粗了多少倍,电阻就要减少多少倍,如用公式来表示,就是:

$$R = \rho \frac{L}{S} \cdots \cdots (\text{公式 } 2-2) \text{ 这里“} R \text{”代表电阻,}$$

“L”代表导体长度,单位是米;“S”代表导体横截面的面积,单位