

电工学基础知识

方孝慈等编写

(哈尔滨市科学技术普及协会供稿)

黑龙江人民出版社

电 工 学 基 础 知 識

方孝慈 沈文豹 王振永 編寫
黃士驊 費正生 史 乃

(哈尔滨市科学技术普及协会供稿)

黑 龙 江 人 民 出 版 社

一九五七年·哈尔滨

电 工 学 基 础 知 識

方孝謙 沈文豹 王振永 編写
黃士鵬 費正生 史 乃

(哈尔滨市科学技术普及协会供稿)

*

黑龙江人民出版社出版

(哈爾濱達里街九号)

黑龙江省书刊出版业营业许可证001号

長春新华印刷厂印刷 新华书店黑龙江分店发行

*

开本850×1163公厘 1/32 · 印張3 1/2 · 字數88,000

一九五七年五月哈爾濱第一次印刷

一九五七年五月哈爾濱第一次印刷

印數：1—20,000

統一書號：15093·15

定 价：(9) 0.65 元

編写者的話

近二年来，我們先后在哈尔滨市組織了几次电工学基础知識講座，比較有系統地給具有高小毕业文化程度和一、二年工龄的职工同志，講解了关于电工学的基础知識。在講解过程中，我們深深感到目前在國內还很难找到一本內容淺显，說理明白，分量适中，避免用过多的数学講解的教材或参考書。因此，为了便于职工們更好地学习这方面的知識，我們就采用了自行編写講义的办法，經過修改和整理后，便成了这本书。

全書共分十五講。考虑到講授上的方便，每講大体上可用兩小时講完（第八講分兩次講）。

这本书从講解什么是“电”开始，順着电工学的系統，講解了直流电路的計算、电的效应、交流电路、仪表、直流电机和交流电机，以及輸配电等方面的基础知識，希望对迫切要求学习科学知識的广大职工群众有所帮助。

由于我們学識有限，書中难免还有不妥的地方，希望讀者批評指正。

本書內多数图表均取之参考文献，特此声明。

1957年3月

目 录

第一講 靜 电	1
(一) 电的概念	1
(二) 电子学說	3
(三) 电位和电压	4
(四) 电 容	6
第二講 直流电路	7
(一) 电 流	7
(二) 电 势	8
(三) 电 阻	9
(四) 欧姆定律	11
(五) 电阻的连接	12
第三講 电功率与电能	16
(一) 电 功 率	16
(二) 电 能	18
(三) 电能轉变为热能	19
(四) 导体的温度上昇狀況	22
第四講 电磁感应	23
(一) 磁 鐵	23
(二) 电流与磁場	24
(三) 电 磁 力	26
(四) 磁 通	27
(五) 电磁感应	28
(六) 自感与互感	30
第五講 交流电的基本知識	33
(一) 交变电流的产生	33

(二) 交流电的最大值与有效值	35
(三) 频率、转速和磁极对数的关系	36
(四) 正弦波的旋转矢量表示法	38
(五) 相位及相位差	39
第六讲 交流电路	41
(一) 电阻电路	41
(二) 电感电路	42
(三) 电阻与电感串联电路	43
(四) 交流电功率	45
(五) 功率因数	47
(六) 电容电路	48
第七讲 三相交流电	50
(一) 三相交流电的产生	50
(二) 三相连接制度	50
(三) 星形和三角形接法	52
第八讲 电工测量与测量仪表	55
(一) 电工测量仪表	55
(二) 各种电量的测量	65
第九讲 直流发电机	71
(一) 直流电机的基本原理	71
(二) 直流电机的构造	74
(三) 直流电机的电枢反应	75
(四) 直流发电机的分类和应用	76
第十讲 直流电动机	78
(一) 直流电动机的作用原理	78
(二) 直流电动机的起动	79
(三) 直流电动机的转速调节	80
(四) 直流电动机旋转方向的改变	81

(五) 直流电动机的应用	82
第十一講 变压器	83
(一) 变压器的用途	83
(二) 变压器的原理	84
(三) 三相电流的变换	85
(四) 变压器的構造	86
第十二講 感应电动机的構造和运转	87
(一) 感应电动机的構造	87
(二) 感应电动机的作用原理	90
(三) 轉 速	92
(四) 轉 矩	93
第十三講 感应电动机的起动	95
(一) 鼠籠式感应电动机的直接起动	95
(二) 鼠籠式感应电动机的星三角变换起动 (或称 $\gamma-\Delta$ 起动)	95
(三) 鼠籠式感应电动机的自耦变压器起动	97
(四) 繞綫式感应电动机的起动	97
(五) 鼠籠式感应电动机与繞綫式感应电动机的比較	98
第十四講 同期发电机与同期电动机	99
(一) 同期发电机的構造与作用原理	99
(二) 同期电动机的構造与作用原理	100
(三) 同期电动机的起动	101
(四) 各种电机的应用特点	102
第十五講 发电与輸配电的基本概念	103
(一) 发 电 站	103
(二) 輸电与配电	107

第一講 靜 電

(一) 電 的 概 念

在很早以前，人們就已經知道物体經過摩擦后具有吸引輕微物体（例如紙屑、稻草等）的性質。远在公元前六世紀，希腊的著名哲学家泰利斯已从摩擦琥珀时观察到这种現象。从那时开始，便有了“电”的名字，目前所应用的“电子”这个名字就是希腊文中的琥珀。

摩擦物体具有吸引輕微物体的性質，并不是琥珀所具有的独特性質，事实証明所有的物体被摩擦后都具有相同的性質。这种能吸引輕微物体的力，叫做电力。表现出电力的物体叫做帶电体，或者说这些物体已經帶有电荷。使物体具有电力的过程叫做起电。电力存在的空間叫做电場。

將一个帶电体和另外一个不帶电的物体互相接触，則不帶电的物体可以从帶电体获得一部分电荷，而变成帶电体。

現在我們把已被絲質的手帕摩擦过的玻璃棒（在这种情况下玻璃棒已經是帶电体），分別与兩個用絲綫悬挂着的輕微小球相接触，这时玻璃棒上的电荷已有一部分傳遞給两个小球。如果把这两个小球互相靠近，則发现它們將會互相排斥。用同样的方法，把用毛皮摩擦过的硬橡皮棒所帶的电荷傳遞給另外的两个小球，我們也会观察到同样的現象，如图 1—1 所示。

如果把从玻璃棒上得到电荷的小球与从硬橡皮棒上得到电荷的小球互相靠近，我們就可以看到它們將會相互吸引，如图 1—2。

从以上的實驗中，我們就可以証明：帶有同类电荷的物体是相互排斥的，而帶有异类电荷的物体是相互吸引的。而且还可以

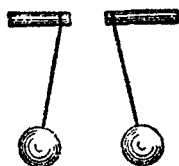


图 1—1
帶有同性电荷

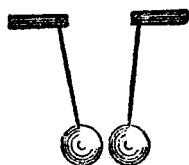


图 1—2
帶有異性电荷

知道，用絲質手帕摩擦过的玻璃棒所帶的电荷与用毛皮摩擦过的硬橡皮棒所帶的电荷是不同的。在习惯上，把用絲質手帕在玻璃棒上摩擦后所帶的电荷叫做正电荷；而把用毛皮在硬橡皮棒上摩擦后所帶的电荷叫做负电荷。

通过实验，我們也可以观察到另外的一种现象，那就是任何两个物体经过摩擦后，在这两个物体上带有不同类型的电荷。如一个物体带有正电荷，则另一物体必带负电荷，而且它们所带有的电荷量是相等的。如果把互相摩擦后的两个物体接触，则它们所带有的电荷将被抵消而消失，不再显示带电的性质。这种现象叫做中和。

通常电荷的数量（或电量）的单位是用庫倫来計量的。

物体是否带电或带有电量多少，可用驗电器来测量，见图 1—3。

驗电器中，有一根金屬杆 C 穿入一金属制的盒內，在金屬杆 C 的中間有一个軸，在軸間裝置一个可以自由旋轉的质量很輕的針 S 。当驗电器的金屬杆 C 不帶电时，針 S 自由的悬挂着。如果將一个帶电体与金屬杆 C 接触，那末金屬杆 C 及針 S 从帶电体获得了一些电量而帶电，由于杆 C 与針 S 所帶的电相同，針 S 則受排斥

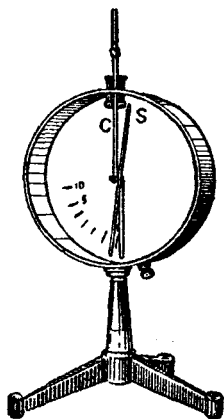


图 1—3 驗电器

的力而伸張一個角度。 S 所伸張的角度大小可以區別帶電體所帶有的電量多少。

(二) 電子學說

過去人們曾認為電是一種沒有質量的流体，這種說法是不正確的。

在自然界中，所有的一切物質都是由很小的微粒，即所謂原子構造而成的。過去在很長的一個時期里，認為原子是不可分割的最小微粒，但是近代科學已經證明原子是由比它更小的微粒組合而成的。

在很小的原子裏含着一個帶有正電荷的原子核，在原子核的周圍有一個或許多個運動着的帶有負電荷的电子。在一般的條件下，物體中的原子裏所含有的正電荷與負電荷的數量是相等的，因此物體是中性的（也就是說不帶電）。

但是由於某些原因，一個物體中的一些負電荷移到另一個物體裏去，使它們所含有的正負電荷的數量不平衡，于是就產生了物體帶電的現象。

例如，假設有兩個不帶電的物體 I 與 II，經摩擦後，在它們上面出現了電荷。可以用電子學說解釋如下：

圖 1—4 所示，在物體 I 與 II 摩擦過程中，假如物體 I 失去了一些負電荷，而這些負電荷移到物體 II 上。這時，因物體 I 的負電荷較正常時應有的數量減少了，多餘了正的電荷，所以物體 I 就顯示出正電荷。而同時物體 II 因從物體 I 得到一些負的電荷，它所含有負電荷較正常時多了一些，因此就顯示出負電荷。同時我們也可以理解到它們所帶的不同類型的電荷在數量上是相等的。

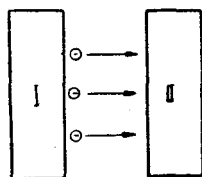


圖 1—4
物體帶電過程

根據（一）所講過的，我們知道電子與原子核之間是互相吸

引着的。但是在某一些物体中，电子与原子核之间的吸引力量比较薄弱，如果稍受外界的某些影响，电子就会摆脱它与原子核之间的吸引力而移动。这种物体是具有很好的导电性的，我们把它叫做导电体。例如，金属、炭和盐类、酸类、碱类的水溶液与大地等都是属于此类的。但也有一些物体，它们之中的电子移动的可能性很小，也就是具有不易导电的性质，这些物体叫做非导电体或绝缘体，也叫做电介质。例如，在正常状态下的气体、云母、玻璃、瓷、纸、橡胶、棉纱、油和胶木等都属于这一类。

(三) 电位和电压

一个容器内水位的高低，可以由水量的多少来决定。水量多时水位一定高，这时容器内的水位与水量成正比的关系。但如果要比较两个形状不同的容器中的水位时，就不能单独从它们所含有的水量多少来决定，而必须采取其他的方法来辨别。例如把两个容器用一直管相连（图 1—5），如果打开连通两管的活门时，水则由高水位的容器移向低水位的容器里去，一直到两个容器内的水位相等为止。

和水位相似，一个导体的电位也可以由它所带有的正电量的情况来决定。如所带的正电量比正常时期更多时，则导体的电位愈高，相反，如正电量比正常时期更少时，则电位愈低。如要比较两个带电体的电位时，也不能单独的由它们所含有的正电量的情况来决定，必须采用比较水位高低的相似方法来辨别。如图 1—6 所示，我们可以用一根导线将两个带电体相连，如它们的电位不等，则它们之间必然要产生电量的移动，直至两带电体的电位相等为止。



图 1—5
水由高水位移向低水位

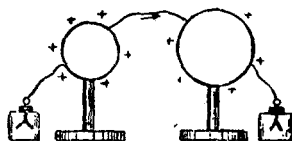


图 1—6
正电量由高电位移向低电位

电位的高低，以正电的移动方向为标准。如果正电量由帶电体 I 移向帶电体 II，則 I 的电位比 II 的电位为高。

一般我們所使用的電池，正極具有正電，而負極缺乏正電（具有負電），所以如果用一根導綫把電池的正負兩極相連，我們就可以觀察到電流是由正極經導綫移向負極的。

根据以上所說，兩個导体之間的电位如有差別，則經導綫連接后就有電量流動。兩個导体的电位所差的值，叫做电位差，也就是我們經常所說的电压。电位用符号 φ 表示，电压或电位差用符号 U 表示，電量用 Q 表示。

电位与电压所用的單位是伏特（简称伏）。如一庫倫的電量，在电位不等的兩個导体間移动时所做的功恰为 1 焦耳，則這兩個导体的电位差为 1 伏特，因而電量、电压与功之間有以下的关系：

$$A = UQ \dots\dots\dots (1-1)$$

$$1 \text{ 焦耳} = 1 \text{ 伏特} \times 1 \text{ 庫倫}$$

$$\text{或} \quad U = \frac{A}{Q} \dots\dots\dots (1-2)$$

$$1 \text{ 伏特} = \frac{1 \text{ 焦耳}}{1 \text{ 庫倫}}$$

除用伏特計量电位与电压以外，在电工上采用很多不同的單位，其中一种用来度量好几千伏特，另一种則只度量一伏特的千分之几。1000 伏特叫做仟伏； $\frac{1}{1000}$ 伏特叫做毫伏。

〔例題 1—1〕 具有 0.002 庫倫的电荷，从電場中的 A 点移动到 B 点时，所作的功为 0.05 焦耳，試求 AB 兩点的电位差？

解： AB 兩点的电位差，

$$\begin{aligned} U_{AB} &= \frac{0.05 \text{ 焦耳}}{0.002 \text{ 庫倫}} \\ &= 25 \text{ 伏。} \end{aligned}$$

〔例題 1—2〕 如果在上題所述的 AB 兩点間移动 0.08 庫倫的电荷时，問需作功若干？

解： 移动电荷时所作之功

$$A = 0.08 \text{ 庫倫} \times 25 \text{ 伏特}$$

$$= 2 \text{ 焦耳。}$$

(四) 电 容

上节已經講过，某一导体如以不帶电为基础，則給与正电荷时，导体的电位增加；給与負电荷（取去正电量）时，电压降低。如把一定数量的电荷給与一个导体，它的电位的变化則与导体的形狀大小，以及同它周围的情况有关。这种关系叫做导体的静电容量，簡称为电容。导体的电容愈大，則变更它的电位时所需要的电量也愈多，正象容器的底面积愈大，要想变化它的水位时所需要的水量愈多一样。

导体的电容值与导体每上升一个單位的电位时所需要的电量值相等。如給与导体电量 Q ，它的电位上升了 U ，則这导体的电容 C 可用以下关系求出，即：

$$C = \frac{Q}{U} \dots\dots\dots (1-3)$$

电容的單位是法拉(簡称法)。如給与导体 1 庫倫的电量，它的电位恰好上升 1 伏特，那么这个导体的电容則为 1 法拉。但法拉这个單位太大，通常用它的百万分之一——微法作为实用單位。

單独导体的电容都很小。如果要增大导体的电容，必須用附近的电量来影响它。假使把一个帶有异号电量的导体 B 与导体 A 接近，如图 1—7 所示，則由于导体 B 与导体 A 所帶的电量符号不同， B 上的負电荷把 A 上的正电荷引到 A 的左边，而使 A 的右边的电量密度减少，即电位

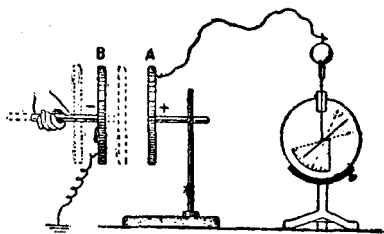


图 1—7
異号电荷接近导体时电容的增加

降低，所以，这时我們可以看到驗电器的讀数减少。如果要恢复 A 右边的电量密度， A 导体上必須再增加一些电量，这說明我們把异号的电量靠近导体时，就可以增加导体的电容。

目前我們所应用的电容器就是利用这个道理。

复 習 題

- (1—1) 在电场里，当移动电荷 $Q = 2 \times 10^{-4}$ 庫倫时，所作的功是 $A = 0.4$ 焦耳。試求所經途徑的起点与終点之間的电压？
- (1—2) 已知給与某一电容器电量 $Q = 100$ 庫倫时，电容器的两端电压为 50 伏特，求該电容器的电容是多少？如果在这电容器的两端加以 100 伏特的电压，問电容器板上的电容应为若干？

第二講 直流电路

(一) 电 流

前面說过，正电量的移动，永远从高电位移向低电位。当用一根导綫連接在电位不等的两个导体間时，在很短的时间內，就有电量的移动現象发生。这种导体內电量的移动叫做电流。如果在 t 秒內通过某一导体横断面的电量为 Q 庫倫，則每單位時間里通过导体横断面的电量，叫做电流强度，簡称为电流。一般电流用 I 来表示，即：

$$I = \frac{Q}{t} \dots\dots\dots (2-1)$$

如果單位時間內通过导体横断面的电量为 1 庫倫，則这时的电流强度叫做一个安培(簡称安)。安培就是我們用来度量电流时所使用的單位，即：

$$1 \text{ 安培} = \frac{1 \text{ 庫倫}}{1 \text{ 秒}}。$$

除安培以外，在电工上我们还采用另一种較小的單位，叫做毫安。一个毫安等于千分之一安培。

在习惯上常以正电量的移动方向作为电流的方向。如果电池的正負兩极用一根导体相連接，則电流的方向是由电池的正极經导体流向电池的負极的。

电流的种类可分为直流与交流兩大类别。方向及大小不变的电流叫做直流；方向和大小按一定周期变化的电流叫做交变电流，簡称为交流。

(二) 电 势

要使电流沿着导綫長期的流动，則必須不断維持导綫兩端上的电位差（电压）。这与用管子連接两个水位不同的容器相似。如图 2—1 所示，AB 两个容器，A 容器的水位高于 B 容器的水位，水从容器 A 流向容器 B，因此 A 的水位逐漸下降，而 B 的水位逐漸上升，水流漸趋停止。为了保持水流的繼續不断，則必須用抽水唧筒把水自容器 B 引到容器 A 內，使容器 AB 的水位保持不变。

电流在导体內流动时，导体一端的电位下降，而另一端的电位上升，如不設法保持导体二端的电位差，則电流也將趋于停止。为了使电流能繼續流通，則必須把导体的二端接在电源（如发电机、电池）的正負兩极上。电源所起的作用正象抽水唧筒一样，它是用来保持导体二端的电位差的，如图 2—2 所示。

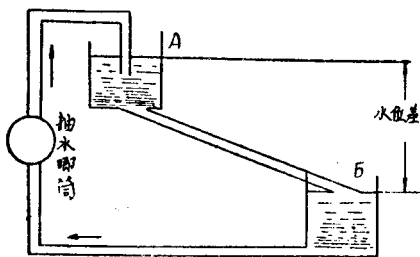


图 2—1
水位差的作用下的水流

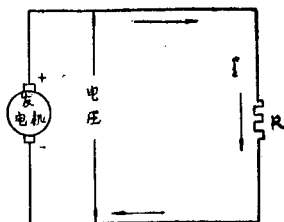


图 2—2
电位差的作用下的电流

发电机或电池等保持电位差而产生的“力”，叫做电势。一般用符号 E 来表示。

电势的單位和电位差（电压）相同，也是用伏特来度量的。

要测定电源的电势，可直接把伏特表兩端接在开路电源的兩极上。这时伏特表上的讀数就是电源的电势，如图 2—3 所示。

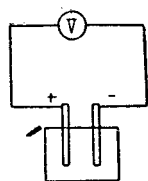


图 2—3
电源电势的测量

（三）电 阻

如上节所述，一导体的二端如有一定的电位差（电压）时，那么电流就可以繼續在导体內通过。但是每秒钟內通过导体的电量，依导体的种类及形狀而不同。由此可知，各种导体对电流的通过所具有的阻碍能力各有不同。这种导体对电流所具有的阻碍能力，叫做导体的电阻，通常以符号 R 来表示。在綫路中，电阻的符号如图 2—4 所示。

一般由实验的结果，测知导体的电阻愈大（电压不变时），则电流愈小。相反，导体的电阻愈小，则通过导体的电流愈大，即导体內所通过的电流在电压不变的情况下与导体的电阻成反比。銅为最好的导体，因为銅的电阻比其他金属要小。所以在电气工业上多使用銅做为导电的材料。



图 2—4
电阻的符号

电阻的單位用欧姆来度量（简称欧）。如导体兩端电压为 1 伏特，在导体內所通过的电流恰为 1 安培时，这导体的电阻值叫做 1 欧姆。

在电綫上，常用千欧姆和兆欧姆作为电阻的單位。1 千欧姆 = 1000 欧姆，1 兆欧姆 = 1000000 欧姆。

同类金属所具有的电阻值也不完全相同，必須由导体的长度及横断面积来决定。例如导体的长度为 l 公尺，横断面积为 S 平方公厘，则导体的电阻可由以下的式子求出：

$$R = \rho \frac{l}{S} \dots\dots\dots (2-2)$$

即一根导线的电阻与长度 l 成正比，与横断面积 S 成反比，并且与金属导体的种类有关。

(2-2) 式中的 ρ 叫做电阻系数，它的数值依导体的种类而异。

几种物质的电阻系数表

导体材料	电阻系数 ρ	导 体 材 料	电阻系数 ρ
银	0.016	铅	0.2
铜	0.0175	涅克林 (铜镍锌合金)	0.42
铝	0.03	锰 铜 (铜镍锰合金)	0.43
锡	0.05	康 铜 (铜镍锰合金)	0.5
铁	0.13	镍铬 (镍铬铁锰合金)	1.1

〔例题2-1〕 求长2仟公尺，横断面积5平方公厘的铜线的电阻。

解： 根据公式 $R = \rho \frac{l}{S}$,

$$R = 0.0175 \frac{2000}{5} = 7 \text{ 欧}。$$

〔例题2-2〕 如果要使长为20公尺的镍铬合金的电阻为25欧姆，求它的横断面积。

解： 根据公式 $R = \rho \frac{l}{S}$,

$$25 = 1.1 \frac{20}{S},$$

所以 $S = \frac{1.1 \times 20}{25} = 0.88 \text{ 平方公厘}。$

应该注意的是：导体的电阻将随温度改变而不同。普通的金