

电机工人適用

电 工 学

第一分册 电的基本概念

章炎福 刘申永著

水利电力出版社

目 录

序言

第一章 电荷和电容器	4
一、电是什么	4
二、电荷	5
三、电位	7
四、电荷的产生	8
五、电容器	9
六、容电器	10
第二章 电流、电压和电阻	11
一、电流	11
二、电流的方向	12
三、电位差、电动势和电压	13
四、能量的转变	14
五、电动势的产生	15
六、电阻	20
七、电阻率	21
八、电阻的温度系数	25
第三章 电路和欧姆定律	28
一、线路图	28
二、完全电路	28
三、电流的控制	32
四、欧姆定律	33

五、欧姆定律的运算	34
六、欧姆定律的应用	37
第四章 电功率和效率	38
一、力	38
二、功和电功	38
三、功率和电功率	40
四、电功的实用单位	42
五、效率	43
六、电功率的公式	45
七、电流的热效应	47
八、楞次-焦耳定律	48
九、大单位和小单位	49

序 言

随着祖国有计划地大规模经济建设的发展，已经和将有大量的新工人不断地参加到工业建设中来，老工人也急需提高技术理论水平。为了帮助新、老工人迅速地掌握电机技术的基本知识，和提高技术理论水平，以适应国家经济建设的需要，争取迅速建成社会主义社会，特为电机技术工人编写了电机工人适用“电工学”。

因为各种专业电机技术工人的需要是不可能完全一致的，所以这本书是分册出版的，暂定分为：（1）电的基本概念；（2）直流电路；（3）磁和电磁；（4）交流电路；（5）直流电机；（6）交流发电机；（7）交流电动机；（8）变压器；（9）量电仪器；（10）整流器；（11）内燃机电气设备等十一分册。读者可以根据工作的需要，随意选读。为了让工人同志们容易了解，所以内容尽量写得浅近些，避免较深的数学，并且多用插图。如果读者有阅读普通书报的能力，就可试行自学。

作者近年来在日常工作中获得的一些经验，以及工人同志们经常关心的一些问题也尽量写入了书中。可是电机工程的范围很广，个人的经验有限，所以在取材方面，必然会有偏差，希望经验丰富的工程师、电业工作者和技术工人同志们多提供宝贵的意见，以便及时修正补充。

在本书编写过程中，承罗先植同志校阅，改正了不少的缺点，

者 1955 年 6 月

目 录

序言

第一章 电荷和电容器	4
一、电是什么	4
二、电荷	5
三、电位	7
四、电荷的产生	8
五、电容器	9
六、容电器	10
第二章 电流、电压和电阻	11
一、电流	11
二、电流的方向	12
三、电位差、电动势和电压	13
四、能量的转变	14
五、电动势的产生	15
六、电阻	20
七、电阻率	21
八、电阻的温度系数	25
第三章 电路和欧姆定律	28
一、线路图	28
二、完全电路	28
三、电流的控制	32
四、欧姆定律	33

五、欧姆定律的运算	34
六、欧姆定律的应用	37
第四章 电功率和效率	38
一、力	38
二、功和电功	38
三、功率和电功率	40
四、电功的实用单位	42
五、效率	43
六、电功率的公式	45
七、电流的热效应	47
八、楞次-焦耳定律	48
九、大单位和小单位	49

第一章 电荷和电容器

一、电是什么

在現代的日常生活中，几乎到处都要用电，如照明用的电灯，通訊用的电话和电报，还有無綫电、电冰箱、电風扇、电爐、电灶等，都是我們熟悉的电器；至于發電机、电动机和变压器等，更是工業上不可缺少的动力設備。所以，工業愈是發达，用电的范围就愈广，数量也愈多，我們的物質生活就可以不断地改善。电力工業的發展，是人类文化日益进步的一个标誌。

虽然我們可以从許多現象中来証明电的存在，例如：把电接到灯泡里，灯泡就会發光；把电接到电爐里，电爐就会發热；把电接到电風扇里，电風扇就会轉动。但是要說明电究竟是什么，却不是很容易的事。几百年来，科学家們收集了自然界各种有关电的現象，从这些現象中，假設了一些学說，企圖說明电是什么。但是由于科学的进步，有很多学說已經被証明是不正确的了。目前世界上公認為最适当的学說，就是电子学說。

根据这个学說，凡是佔有空間和具有重量的东西，都叫做物質。物質是由許多叫做分子的微粒所組成。分子由原子組成。原子由电子和質子組成。这些电子和質子就是我們平常所說的电。

举个例來說明：如果我們从一杯开水中，取出一滴很

小的水点，很明显地，这一滴水点絲毫沒有改变它原来的性質。假使我們把这滴水点繼續再分成千千万万个更小的微粒，直到不能再分为止，这种細小的微粒，就叫做分子。这分子虽然很小，但仍旧是水，和杯里的水的性質相同。物質的分子能够單獨存在。分子是保持物質原有性質的最小單位。

分子并不是構成物質的最小單位。它还可以分裂成更小的微粒，叫做原子。原子的性質，不再和原来物質的性質相同。例如分裂水的分子，可以得到兩種不同的原子：一种是氧，一种是氫。不論氧原子或氫原子的性質，都不再和水的性質相同。世界上所有的物質，有的是由一种原子構成的，如金、銀、銅、鉄，有的是由兩種或几种原子組成的，如橡皮、木材、紙張、油漆等。

現代科學家們还能使原子分裂成更小的部分——質子和电子。質子和电子都具有一定数量的电荷。这些电荷在适当的情况下，能够表現出我們能看到或覺察到的各种“电”的現象。質子和电子所帶的电荷彼此不同。習慣上，規定把質子所帶的电荷叫做正电荷(用“+”来表示)，电子所帶的电荷叫做負电荷(用“-”来表示)。我們平常所說的“电”也就是指电荷所表現的各种現象。

二、电 荷

根据电子学說，不論那一种物質都具有分子、原子，因而也具有电子和質子。換句話說，各种物質都帶有很多的正电荷和負电荷。假使一种物質的負电荷多于正电荷

时，它就呈現“負电”的性質，叫做“帶負电”的物質。要是
一种物質的正电荷多于負电荷时，它就呈現“正电”的性質，
叫做“帶正电”的物質。如果一种物質的正电荷和負电荷相等时，
这两种电荷就彼此抵銷，不呈現帶电的性質，叫做“中和”的物質。

电荷的單位是庫倫^①，或簡称庫。

从實驗中，我們知道凡是同性的电荷（即正电荷和正电荷，
或負电荷和負电荷）互相排斥，而凡是異性的电荷（即正电荷和負
电荷）彼此相吸。这两种作用是电学中最基本的定律。

因此我們可以想像，每一物質中的質子和电子都是彼此相吸引
着的。假使要从一物質中取出一些电子，就必須要用一些方法来克服
質子和电子間的吸力。一个簡單的例子就是：摩擦任何兩個不同的
物体时，能够或多或少地把电子从一物体移到另一物体，使得兩個
物体都产生帶电荷的現象。當我們用絲綢摩擦玻璃棒时，我們就發
現絲綢帶負电而玻璃棒帶正电。

當一物質帶有微弱的电荷时，它能够吸引很細小的紙片。这样，
我們用膠木鋼笔桿在絨綫衫（羊毛衫）上摩擦几次，然后把笔桿的
摩擦部分移近小塊的紙屑，就可以把紙屑吸起。这就証明，当笔
桿和絨綫衫摩擦时可以使笔桿帶电。

天空中的云層往往帶有大量的电荷，这些电荷是由高空下降的
雨点和地面上昇的热空气互相摩擦时所产生的，

① 庫倫：电荷“自然的”單位應該是一个电子或一个質子所帶的电荷：
1庫倫电荷約等于 6.24×10^{18} 个电子所帶的总电荷。

通过潮湿的空气，發出我們所看見的电光和听到的雷声。刚刚着陆的飞机往往也帶有很多的电荷，因此，为了避免可能引起的危險，当飞机着陆时，常拖帶一根放电的接地綫，讓电荷跳入地中。同样，在裝載汽油的車輛上也要拖帶一根放电的接地鏈条。

三、电 位

地球上的一切物体，当自由行动时，总是从高处移向低处。成熟的苹果会从树枝上落下来；長江里的水一直从青藏高原流入东海。同样，当一种物体帶为正电荷时，这物体就具有某种程度的电位。我們常以大地的电位为标准，也就是把大地的电位作为零。所以任何帶正电荷的物体都具有比大地更高的电位。如果这物体所帶的正电荷愈多，它的电位就愈高。当一物体帶有負电荷时，它的电位就比大地低；如果这物体所帶的負电荷愈多，它的电位也愈低。

因此，帶有 10 庫倫正电荷的物体甲的电位比大地高，而另一与甲同样大小的物体乙帶有 5 庫倫正电荷时，它的电位也比大地高，但却比甲的电位低。依此类推，帶有 8 庫倫負电荷的物体丙的电位比大地低，而另一与丙同样大小的物体丁帶有 3 庫倫負电荷时，它的电位也比大地低，但却比丙的电位高。

电位的單位是伏特^①或简称伏。我們常用“电位差”或“电压”来表示两种物体或兩点之間的电位差別。

① 伏特：1 伏特等于用 1 焦耳能量移动 1 庫倫电荷所变动的电位，我們在以后还要进一步討論。

电位和水位的意义相似。凡是具有较高电位的物体，就会把正电荷推向较低电位的物体，正像水位较高的水，总是向较低处流去一样。

当一物体带有正电荷时，它具有比大地更高的电位。因此当这物体接触大地时，正电荷就从物体流入大地。物体因消失正电荷而和大地同位，它的电位就等于零。同样，当一物体带有负电荷时，它具有比大地更低的电位。因此当这物体接触大地时，大地的正电荷就流到物体上来抵销或“中和”它原先所带的负电荷。物体因消失负电荷而和大地同位。

由此可见，电位的差别是产生电荷流动的原动力。如果没有电位的差别，就不可能有电荷的流动。

四、电荷的产生

从“二”中，我们知道摩擦可以产生电荷。但是如果只用摩擦的方法就不能产生大量的电荷。

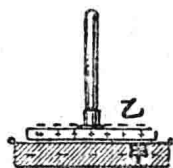


圖 1 起电盤

起电盤几乎可以無限制地产生电荷(如圖 1)。甲是一塊硬橡皮板，預先用兽皮摩擦而帶有一定数量的負电荷。乙是一塊銅板，它具有一个絕緣手柄。当銅板乙放置在硬橡皮板甲上时，甲和乙只在少数的地方相接触，而大部分的地方虽然也很接近但并不互相接触。这样，銅板乙的正电荷就被吸引到靠近橡皮板甲的地方，如圖 1 所示，而銅板乙的負电荷却被推斥到离甲最远的地方。因此，当我们用手指碰触

銅板乙時，這銅板的負電荷就被推斥而經過我們的身體，進入大地。然後再用絕緣手柄提起銅板時，銅板乙就帶正電荷了。只要這樣反復地進行，就可不斷地產生電荷。有些人也許要問：是不是我們可以不勞而獲，白白得到這些無限量的電荷呢？這當然是不可能的。從圖 1 中可以看到，硬橡皮板的負電荷是和銅板乙的正電荷彼此相吸住的。要提起銅板就必須克服這吸力。因此，我們必須要化費一定的力，才能獲得這些電荷。

五、來頓瓶

帶電物體的電荷可以儲蓄在來頓瓶里。來頓瓶是一個玻璃瓶（如圖 2），下半部的里面和外面各貼有一層薄薄的錫箔或鋁箔。同時在軟木或橡皮的瓶塞中，插置一根銅棒。銅棒的上端是一個銅球，下端由一根銅鏈與內層的錫箔相接通。

在使用前，先用導線把外層的錫箔和大地接通。導線的作用就是使電荷可以很方便地從錫箔流入大地。然後用帶有負電荷的物體接觸瓶端的銅球，即可使負電荷經過銅棒、銅鏈而到達內層錫箔，分佈在靠近玻璃瓶的一面。因為同性的電荷互相推斥，異性的電荷互相吸引，所以外層錫箔的正電荷就被吸引到離內層

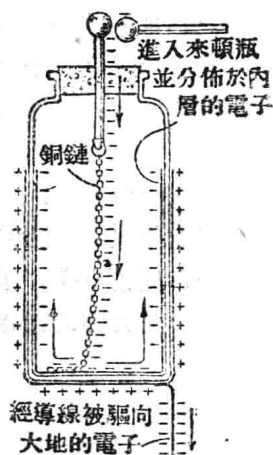


圖 2 來頓瓶

錫箔最近的一面，而負電荷就被推斥到離內層錫箔最遠的地方。由於內層和外層錫箔是被玻璃所隔絕，並且外層錫箔是和大地相接通，因此外層錫箔的正電荷只能吸引到靠近玻璃的一面，而負電荷則被推斥通過導線而進入大地。於是物體的負電荷就儲蓄在來頓瓶的內層錫箔中。這種過程叫做充電。

在充電後的來頓瓶上，如果用銅錢的一端與外層錫箔相接，而把另一端移近銅球時，在銅球與銅錢之間立刻會發生一個相當強的火花。這個火花便是電荷的流動，這種電荷釋放的过程叫做放電。

六、容 電 器

凡是能够像來頓瓶一樣可以儲蓄電荷的裝置，叫做容器。容電器的主要部分是由兩塊互相隔絕的金屬板所組成。來頓瓶就是一個簡單的容器。它的兩塊內層和外層錫箔稱為極片。容電器的充電，就是在極片中加入電荷，它的放電，就是从極片中放出電荷。在來頓瓶的兩塊錫箔之間，是一層玻璃。這玻璃稱為介質。介質就是不傳電的（絕緣的）物質。它能够使容電器的極片互相絕緣，同時還能够增加儲蓄電荷的作用。關於容電器的種類和構造，我們將在以後再作比較詳細的說明。

習 題

1. 原子是由_____與_____兩種微粒所組成。
2. 原子中帶有正電荷的微粒稱為_____，帶有負電荷的微粒稱

为_____。

3. 分子是由_____組成。

4. 同性的电荷互相_____。

5. 異性的电荷互相_____。

6. 当中和的物体失去一部分电子后，这物体就帶有_____电荷。

7. 电位差是产生_____的原动力。

8. 說明容电器儲存电荷的作用。

第二章 电流、电压和电阻

一、电 流

在第一章里，我們曾經談到，凡是具有較高电位的物体就会把正电荷推向电位較低的物体。这就是电荷的流动。电荷的流动就叫做电流。电流的强弱是以每秒鐘通过多少庫倫的电荷来計算的，

即
$$\text{电流} = \text{电荷} / \text{時間}$$

式中 电荷用庫倫来表示(或叫做电量)，

時間用秒来表示，

电流用安培来表示。

安培簡称安，就是电流的單位。

如果在某一点，每秒鐘通过2庫倫的电荷，电流的强度就是2安培。如果每秒鐘通过100庫倫，电流就是100安培。如果2秒鐘内通过40庫倫，电流就只有20安培了。

二、电流的方向

由于电磁感应的作用，發电机能够把甲端的負电荷推向乙端，使甲端帶正电荷，称为正極；乙端帶負电荷，称为負極(如圖 3 所示)。于是在甲端和乙端之間，就产生了一定的电位差別。如果我們用导綫把电灯泡接在發电机的

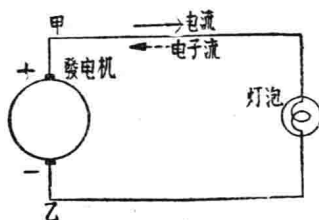


圖 3 电流的方向

兩端，乙端的負电荷就被甲端的正电荷所吸引，通过导綫和灯泡而到达正極，和它的正电荷互相抵銷或中和。

但是由于發电机內部的电磁感应作用，它又不断地將甲

端的負电荷推向乙端，而乙端的負电荷又不断地被甲端的正电荷所吸引，通过导綫和灯泡后，互相抵銷。这样就組成了連續的电子循环，使灯泡一直發亮。

这种电流的方向，原很明显，而且在其他許多实验中，我們还能証明，在任何电流中，負电荷确实是在移动的。但在科学家們还没有作出这样的解釋以前，大家都假定發电机正極的电位高于負極，电流是應該由正極通过灯泡后流向負極。这种說法已經習慣地应用了很久，而且，很多有关电流方向的重要定律都是根据这种說法定出的，不便更改，因此，本書所述电流的方向仍按照这个傳統的習慣，即电流由發电机的正極，通过灯泡，流向負極(如圖 3 实綫箭头方向所示；虛綫箭头的方向表示电子流动的方向)。

三、电位差、电动势和电压

在第一章里，我們知道电位的差别，是产生电荷流动（即电流）的原动力。沒有电位差就不可能有电流。这可以进一步用水来作比喻。假使有甲、乙兩水池，中間用一根水管 P 將水池接通，在水管的中央有一活門 A ，可以使兩水池的水互相接通或彼此隔絕（如圖 4 所示）。首先，我們把活門 A 关闭，使甲、乙兩水池彼此隔絕。然后把水灌入甲水池，使甲池的水面高于乙池的水面的距离如 d 。當我們把活門 A 打开时，甲池的水就經過水管 P ，流过活門 A 而进入乙池。于是，甲池的水面就因有一部分水流入乙池而降低，同时乙池的水面則因甲池的水流入而升高。这样就使甲乙兩池的水位差逐漸減少。当兩池的水位相同时，甲池的水才不再流入乙池。

电流和水流相似，因为电位差是产生电流的原动力，

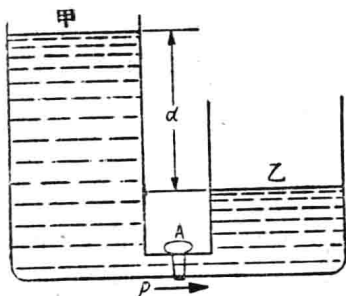


圖 4 水流与水位差的关系

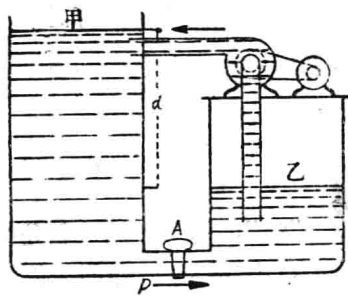


圖 5 水泵与水流

所以要得到連續的电流就必须經常維持一定的电位差。再以水为例，如果在甲乙兩水池之間(如圖4)，接入一只水泵(如圖5所示)。水泵一經轉動后，即可使乙池的水流向甲池，使甲池的水面升高，乙池的水面降落。但因甲池的水面高于乙池的水面，所以甲池的水就經過水管 P 而流入乙池。假設每秒鐘由乙池經過水泵流向甲池的水量恰巧与从甲池經過水管 P 而流至乙池的水量相等，那末甲、乙兩池的水面就能够經常維持 d 的距离。这样就可以在水管 P 中产生連續的水流。

在电学中，和水泵的作用相类似的設備称为电源。換句話說，电源就好像是一个“电子泵”，它能够繼續不断地供給电荷，如發电机、电池等都是普通常用的电源。这种在电源的内部所产生推动电流的力量叫做电动势。因此电位差和电动势都是产生电流的原动力，但严格地說起来，它們所指的意义是不相同的。电位差是指任何兩個物体或兩点之間的电位差別，而电动势則是指在电源的内部所产生推动电流的力量。有时，我們常把电位差和电动势都叫做电压。电位差、电动势和电压都是以伏特(簡称伏)为單位。

四、能量的轉变

“能”，簡單地說，就是能够工作的力量。例如：一个举得很高的鉄錘，由于位置高的緣故，就具有一定的“位能”。这是因为当鉄錘落下时，它能够把一根木樁釘入地下一个相当的深度。当一部机器能够連續地轉動时，它就