

電 工 学

第一分册 電的基本概念

章炎福 刘申永著

電力工業出版社

隨着祖國有計劃地大規模經濟建設的開展，已經和將有大量的新工人不斷地參加到工業建設中來，老工人也急需提高技術理論水平。爲了幫助新、老工人迅速地掌握電機技術的基本知識，和提高技術理論水平，以適應國家經濟建設的需要，爭取迅速建成社會主義社會，特爲電機技術工人編寫了電機工人適用《電工學》。

因爲各種專業電機技術工人的需要，不可能完全一致的，所以這書是分冊出版的，暫定分爲：(1)電的基本概念；(2)直流電路；(3)磁和電磁；(4)交流電路；(5)直流電機；(6)交流發電機；(7)交流電動機；(8)變壓器；(9)量電儀器；(10)整流器；(11)內燃機電氣設備等十一分冊。讀者可以根據工作的需要，隨意選讀。爲了讓工人同志們容易了解，所以內容儘量寫得淺近些，避免較深的數學，並且多用插圖。如果讀者有閱讀普通書報的能力，就可試行自學。

作者近年來在日常工作中獲得的一些經驗，以及工人同志們經常關心的一些問題也儘量寫入了書中。可是電機工程的範圍很廣，個人的經驗有限，所以在取材方面，必然會有偏差，希望經驗豐富的工程師、電業工作者和技術工人同志們多提供寶貴的意見，以便及時修正補充。

在本書的編寫過程中，承羅先植同志校閱，改正了不少的缺點，特致謝意。

作者 1955年6月

目 錄

序言

第一章 電荷和容電器	4
一. 電是什麼	4
二. 電荷	6
三. 電位	8
四. 電荷的產生	9
五. 來頓瓶	10
六. 容電器	12
第二章 電流、電壓和電阻	13
一. 電流	13
二. 電流的方向	13
三. 電位差、電動勢和電壓	15
四. 能量的轉變	18
五. 電動勢的產生	19
六. 電阻	24
七. 電阻率	26
八. 電阻的溫度係數	30
第三章 電路和歐姆定律	33
一. 線路圖	33
二. 完全電路	34
三. 電流的控制	38

四. 歐姆定律	39
五. 歐姆定律的運算	40
六. 歐姆定律的應用	44
第四章 電功率和效率	45
一. 力	45
二. 功和電功	46
三. 功率和電功率	47
四. 電功的實用單位	50
五. 效率	51
六. 電功率的公式	55
七. 電流的熱效應	57
八. 楞次-焦耳定律	58
九. 大單位和小單位	59

第一章 電荷和容電器

一. 電是什麼

在現代的日常生活中，幾乎到处都要用電，如照明的電燈，通訊用的電話和電報，還有無線電、電冰箱、電風扇、電爐、電灶等，都是我們熟悉的電器；至於發電機、電動機和變壓器等，更是工業上不可缺少的動力設備。所以，工業愈是發達，用電的範圍就愈廣，數量也愈多，我們的物質生活就可以不斷地改善。電力工業的發展，是人類文化日益進步的一個標誌。

雖然我們可以从許多現象中來證明電的存在，例如：把電接到燈泡裏，燈泡就會發光；把電接到電爐裏，電爐就會發熱；把電接到電風扇裏，電風扇就會轉動。但是要說明電究竟是什麼，却不是很容易的事。幾百年來，科學家們收集了自然界各種有關電的現象，從這些現象中，假設了一些學說，企圖說明電是什麼。但是由於科學的進步，有很多學說已經被證明是不正確的了。目前世界上公認為最適當的學說，就是電子學說。

根據這個學說，凡是佔有空間和具有重量的東西，

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。原子由電子和質子組成。這些電子和質子就是我們平常所說的電。

舉個例來說明：如果我們從一杯開水中，取出一滴很小的水點，很明顯地，這滴水點絲毫沒有改變它原來的性質。假使我們把這滴水點繼續再分成千千万萬個更小的微粒，直到不能再分為止，這種細小的微粒，就叫做分子。這分子雖然很小，但仍舊是水，和杯裏的水的性質相同。物質的分子能夠單獨存在。分子是保持物質原有性質的最小單位。

分子並不是構成物質的最小單位。它還可以分裂成更小的微粒，叫做原子。原子的性質，不再和原來物質的性質相同。例如分裂水的分子，可以得到兩種不同的原子：一種是氧，一種是氫。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，有的是由一種原子構成的，如金、銀、銅、鐵，有的是由兩種或幾種原子組成的，如橡皮、木材、紙張、油漆等。

現代科學家們還能使原子分裂成更小的部分——質子和電子。質子和電子都具有一定數量的電荷。這些電荷在適當的情況下，能夠表現出我們能看到或覺察到的各種[電]的現象。質子和電子所帶的電荷彼此

不同。習慣上，規定把質子所帶的電荷叫做正電荷(用 $+$ 來表示)，電子所帶的電荷叫做負電荷(用 $-$ 來表示)。我們平常所說的「電」也就是指電荷所表現的各種現象。

二. 電 荷

根據電子學說，不論那一種物質都具有分子、原子，因而也具有電子和質子。換句話說，各種物質都帶有很多的正電荷和負電荷。假使一種物質的負電荷多於正電荷時，它就呈現「負電」的性質，叫做「帶負電」的物質。要是一種物質的正電荷多於負電荷時，它就呈現「正電」的性質，叫做「帶正電」的物質。如果一種物質的正電荷和負電荷相等時，這兩種電荷就彼此抵銷，不呈現帶電的性質，叫做「中和」的物質。

電荷的單位是庫倫^①，或簡稱庫。

從實驗中，我們知道凡是同性的電荷(即正電荷和正電荷，或負電荷和負電荷)互相排斥，而凡是異性的電荷(即正電荷和負電荷)彼此相吸。這兩種作用是電學中最基本的定律。

① 庫倫：電荷「自然的」單位應該是一個電子或一個質子所帶的電荷；1庫倫電荷約等於 6.24×10^{18} 個電子所帶的總電荷。

因此我們可以想像，每一物質中的質子和電子都是彼此相吸引着的。假使要从一物質中取出一些電子，就必須要用一些方法來克服質子和電子間的吸力。一個簡單的例子就是：摩擦任何兩個不同的物体時，能够或多或少地把電子从一物体移到另一物体，使得兩個物体都產生帶電荷的現象。當我們用絲綢摩擦玻璃棒時，我們就發現絲綢帶負電而玻璃棒帶正電。

當一物質帶有微弱的電荷時，它能够吸引很細小的紙片。這樣，我們用膠木鋼筆桿在絨線衫（羊毛衫）上摩擦幾次，然後把筆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，當筆桿和絨線衫摩擦時可以使筆桿帶電。

天空中的雲層往往帶有大量的電荷，這些電荷是由高空下降的雨點和地面上昇的熱空氣互相摩擦時所產生的，通過潮濕的空氣，發出我們所看見的電光和听到的雷聲。剛剛着陸的飛機往往也帶有很多的電荷，因此，爲了避免可能引起的危險，當飛機着陸時，常拖帶一根放電的接地線，讓電荷跳入地中。同樣，在裝載汽油的車輛上也要拖帶一根放電的接地鏈條。

三. 電 位

地球上的一切物体, 当自由行動時, 總是从高处移向低处。成熟的蘋果会从樹枝上落下來; 長江裏的水一直从青藏高原流入东海。同樣, 当一种物体帶有正電荷時, 这物体就具有某种程度的電位。我們常以大地的電位爲標準, 也就是把大地的電位作爲零。所以任何帶正電荷的物体都具有比大地更高的電位。如果这物体所帶的正電荷愈多, 它的電位就愈高。当一物体帶有負電荷時, 它的電位就比大地低; 如果这物体所帶的負電荷愈多, 它的電位也愈低。

因此, 帶有 10 庫倫正電荷的物体甲的電位比大地高, 而另一与甲同樣大小的物体乙帶有 5 庫倫正電荷時, 它的電位也比大地高, 但却比甲的電位低。依此類推, 帶有 8 庫倫負電荷的物体丙的電位比大地低, 而另一与丙同樣大小的物体丁帶有 3 庫倫負電荷時, 它的電位也比大地低, 但却比丙的電位高。

電位的單位是伏特^① 或簡稱伏。我們常用「電位差」或「電压」來表示兩種物体或兩點之間的電位差別。

① 伏特: 1 伏特等於用 1 焦耳能量移動 1 庫倫電荷所變動的電位, 我們在以後還要進一步討論。

電位和水位的意義相似。凡是具有較高電位的物體，就會把正電荷推向較低電位的物體，正像水位較高的水，總是向較低處流去一樣。

當一物體帶有正電荷時，它具有比大地更高的電位。因此當這物體接觸大地時，正電荷就從物體流入大地。物體因消失正電荷而和大地同位，它的電位就等於零。同樣，當一物體帶有負電荷時，它具有比大地更低的電位。因此當這物體接觸大地時，大地的正電荷就流到物體上來抵銷或「中和」它原先所帶的負電荷。物體因消失負電荷而和大地同位。

由此可見，電位的差別是產生電荷流動的原動力。如果沒有電位的差別，就不可能有電荷的流動。

四．電荷的產生

從「二」中，我們知道摩擦可以產生電荷。但是如果只用摩擦的方法就不能產生大量的電荷。

起電盤幾乎可以無限制地產生電荷（如圖 1）。甲是一塊硬橡皮板，預先用獸皮摩擦而帶有一定數量的負電荷。乙是一塊銅板，它具有一個絕緣手柄。當銅板乙放置在硬橡皮板甲上

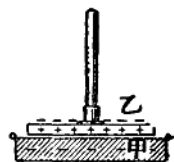


圖 1 起電盤

時，甲和乙只在少數的地方相接觸，而大部分的地方雖然也很接近但並不互相接觸。這樣，銅板乙的正電荷就被吸引到靠近橡皮板甲的地方，如圖 1 所示，而銅板乙的負電荷却被推斥到離甲最遠的地方。因此，當我們用手指碰觸銅板乙時，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。只要這樣反覆地進行，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裏。來頓瓶是一個玻璃瓶（如圖 2），下半部的裏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排斥，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錫箔最近的一面，而負電荷就被排斥到離

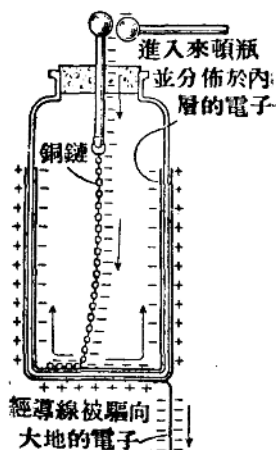


圖 2 來頓瓶

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，而負電荷則被排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，如果用銅線的一端與外層錫箔相接，而把另一端移近銅球時，在銅球與銅線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,叫做容電器。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電器。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,同時还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。

第一章 習 題

1. 原子是由____与____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為____。
3. 分子是由____組成。
4. 同性的電荷互相_____。
5. 異性的電荷互相_____。
6. 当中和的物体失去一部分電子後,這物体就帶有_____電荷。
7. 電位差是產生_____的原動力。
8. 說明容電器儲存電荷的作用。

第二章 電流、電壓和電阻

一. 電 流

在第一章裏，我們曾經談到，凡是具有較高電位的物體就會把正電荷推向電位較低的物體。這就是電荷的流動。電荷的流動就叫做電流。電流的強弱是以每秒鐘通過多少庫倫的電荷來計算的，即

$$\text{電流} = \text{電荷} / \text{時間}$$

式中 電荷用庫倫來表示(或叫做電量)，

時間用秒來表示，

電流用安培來表示。

安培簡稱安，就是電流的單位。

如果在某一點，每秒鐘通過 2 庫倫的電荷，電流的強度就是 2 安培。如果每秒鐘通過 100 庫倫，電流就是 100 安培。如果 2 秒鐘內通過 40 庫倫，電流就只有 20 安培了。

二. 電流的方向

由於電磁感應的作用，發電機能夠把甲端的負電

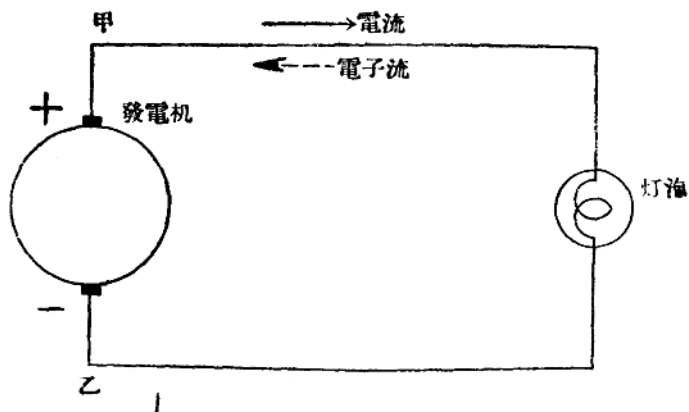


圖 3 電流的方向

荷推向乙端，使甲端帶正電荷，稱為正極；乙端帶負電荷，稱為負極（如圖 3 所示）。於是在甲端和乙端之間，就產生了一定的電位差別。如果我們用導線把電灯泡接在發電機的兩端，乙端的負電荷就被甲端的正電荷所吸引，通過導線和灯泡而到達正極，和它的正電荷互相抵銷或中和。但是由於發電機內部的電磁感應作用，它又不斷地將甲端的負電荷推向乙端，而乙端的負電荷又不斷地被甲端的正電荷所吸引，通過導線和灯泡後，互相抵銷。這樣就組成了連續的電子循環，使灯泡一直發亮。

這種電流的方向，原很明顯，而且在其他許多實驗中，我們還能證明，在任何電流中，負電荷確實是在移

動的。但在科學家們還沒有作出這樣的解釋以前，大家都假定發電機正極的電位高於負極，電流是應該由正極通過燈泡後流向負極。這種說法已經習慣地應用了很久，而且，很多有關電流方向的重要定律都是根據這種說法定出的，不便更改，因此，本書所述電流的方向仍按照這個傳統的習慣，即電流由發電機的正極，通過燈泡，流向負極（如圖 3 實線箭頭方向所示；虛線箭頭的方向表示電子流動的方向）。

三．電位差、電動勢和電壓

在第一章裏，我們知道電位的差別，是產生電荷流動（即電流）的原動力。沒有電位差就不可能有電流。這可以進一步用水來作比喻。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 關閉，使甲、乙兩水池彼此隔絕。然後把水灌入甲水池，使甲池的水面高於乙池的水面的距離如 d 。當我們把活門 A 打開時，甲池的水就經過水管 P ，流過活門 A 而進入乙池。於是，甲池的水面就因有一部分水流入乙池而降低，同時乙池的水面則因甲池的水流入而升高。這樣就使甲乙兩池的水位

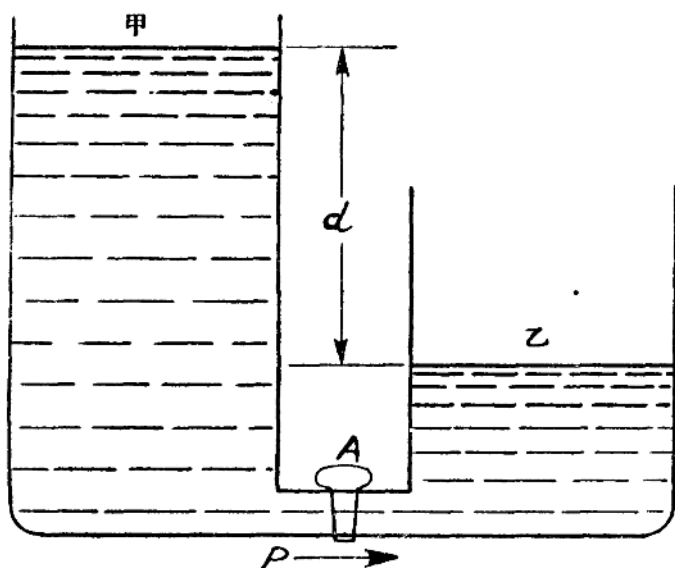


圖 4 水流与水位差的关系

差逐渐减少。当两池的水位相同时，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，所以要得到连续的电流就必须经常维持一定的电位差。再以水为例，如果在甲乙两水池之间（如图 4），接入一隻水泵（如图 5 所示）。水泵一经转动后，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。但因甲池的水面高於乙池的水面，所以甲池的水就经过水管 P 而流入乙池。假设每秒鐘由乙池经过