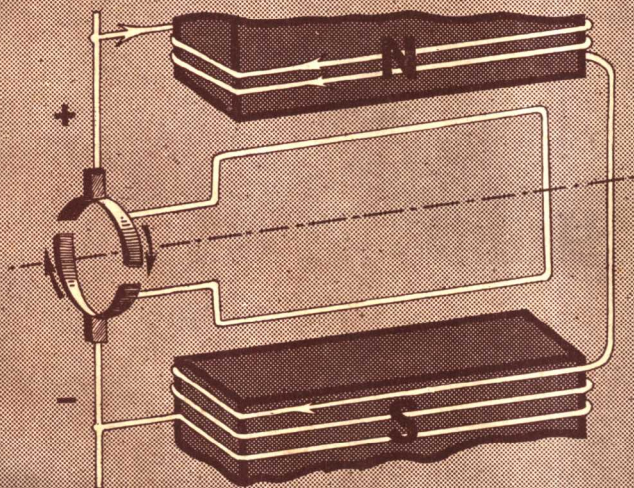


电工基础知识

刘格馬 李曙星 匡綱远

郭伶 朱鳳起



科学普及出版社

電 工 基 礎 知 識

劉格馬 李曙星 匡綱遠

郭 伶 朱鳳起

科學普及出版社

1957年·北京

本書提要

青島市工人文化宮和青島市科學技術普及協會為了提高電工的業務和科學水平，曾經聯合舉辦了電工知識講座，收到一定的成效。這個講座的講稿，經過清華大學電機系同志們的審定，彙編而成這本小冊子。書中不僅對電的基本知識和交流電路作了講解，對各種類型的發電機、電動機、變壓器和電氣儀表等的原理也作了通俗的說明。在目前已出版的各种電工學的書籍中，它是比較簡單但也比較通俗的一本，可以供工廠、機關中的幹部和工人學習用。

本書的第1、3、4章是劉格馬同志的講稿，第2章是朱鳳起同志的講稿，第5、8、10章是匡綱遠同志的講稿，第6章是李曙星同志的講稿，第7、9章是郭佾同志的講稿，全部稿件經過韓維同志的修改訂正。

本書雖在通俗化上作了一番努力，但仍可能有不容易了解的地方，也可能有錯誤，希望讀者指正。

總號：518

電工基礎知識

著者：劉格馬 李曙星 匡綱遠
郭佾 朱鳳起

特約編輯：韓 維

出版者：科學普及出版社
(北京市西直門外郵家溝)

北京市書刊出版業營業許可證出字第091號

發行者：新華書店

印刷者：北京市印刷一廠
(北京市西便門南大街乙1號)

開本：787 × 1092 毫米

印張：4 $\frac{3}{4}$

1957年10月第1版

字數：75,000

1957年10月第1次印刷

印數：35,800

統一書號：15051·57

定價：(9) 5 角

每一个电站和每一个起碼的工厂和國
营农場都应当成为使人們熟悉电、熟悉現
代工業的中心。——列宁

目 次

第一章	电的基本知識	1
第二章	电的基本定律	14
第三章	磁和电	24
第四章	电磁感应	40
第五章	交流电和交流电路	52
第六章	变压器	82
第七章	感应电动机	93
第八章	同步电机	99
第九章	直流电机	105
第十章	电工仪表与測量	117

第一章 電的基本知識

電是人类的得力的助手，在二十世紀里，它已經滲透到一切生产部門中了。現代化的工業、農業、交通運輸業和通訊等各方面都需要電；就是在日常生活里，電的作用也日益重要了。因此人們把二十世紀叫做電的時代。

但是，只有在我們這樣的人民國家里，電才真正地為人們創造財富和幸福，才真正地發揮它應有的作用。列寧對電的作用估價很高，他說“共產主義就是蘇維埃政權加上全國電氣化”。因此，我們所從事的電氣化事業，也就是共產主義建設事業。像我們這樣的電工和電業幹部，也就擔負了十分光榮和重大的任務，我們多懂得一些電的知識，多掌握一些電的技術，也就加強了建設共產主義的力量。

簡單的電現象

二千多年以前，人們已經知道，給毛織物擦過的琥珀，就能夠吸引燈草球、紙屑或者絨毛等輕小的物體。當時的人們以為琥珀中有着特別的“小妖怪”，他們把它叫做“電”。

後來，人們知道不只是琥珀有這種性質，像玻璃、火漆、硬橡膠、硫磺、絲綢、毛皮等，在摩擦別的東西以後，也都有這種性質，人們就把這種現象叫做摩擦生電。物體有了這種吸引輕小物體的性質，我們就說它們帶了電，或者說它們有了電荷。這種帶電的物體就叫做帶電體。

物體帶電的現象，在日常生活時常見到。例如在乾燥的天氣用膠木梳子梳乾淨的頭髮，頭髮常常隨着梳子豎起，這就是因為梳子和頭髮摩擦以後，頭髮帶了電的緣故。用乾淨的手

撫摩小貓也有类似情况。

如果用兩本書担上一塊干淨的玻璃板，玻璃板的下面放些輕小的紙屑，然后用綢子或者用折縐了的干燥紙在玻璃板上摩擦，你便会看見一种有趣的現象：紙屑跳舞了(圖 1)。这是因为玻璃在摩擦后帶上了电，吸引着紙屑往上跳。

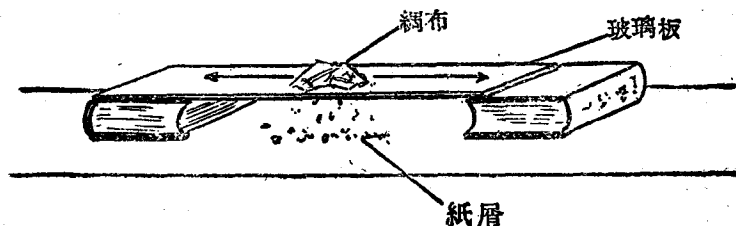


圖 1

但是，并不是所有帶了电的物体都是互相吸引的，有的吸引，有的排斥。例如用綢摩擦玻璃棒以后，再把玻璃棒和挂着的兩球紧密接触，玻璃棒拿开后，灯草球就不但不靠在一起，反而排斥开了(圖 2)。用綢来接触这两个灯草球，拿开綢后，也得到同样結果——互相排斥。如果一个用綢接触，一个用玻璃棒接触，那么灯草球就互相吸引了(圖 3)。可見从摩擦产生的电，它們的性質并不相同。那么我們要問，摩擦究竟可以产生几种电荷呢？

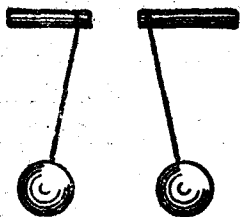


圖 2 二个軟木或灯草球，都从玻璃棒得到电荷时，相互排斥。

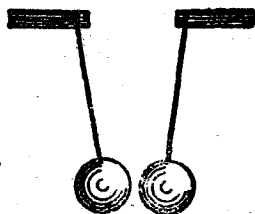


圖 3 二个軟木或灯草球，当一个从玻璃棒帶电，一个从硬橡膠棒帶电时，互相吸引。

两种电荷

人們对于电的现象作进一步研究以后，發現物体如果是同种物質構成的，互相摩擦后，只能發热，不能生电。如果是不同物質構成的物体互相摩擦，它們都有可能帶上电。把这些帶电体靠近前节介紹的兩種灯草球（一种已經帶上了玻璃上的电，一种已經帶上了綢上的电），我們就發現：有一种帶电体和前者相斥而和后者相吸，也就是說所帶的电的性質和玻璃上的电相近；有一种帶电体和前者相吸而和后者相斥，也就是說所帶的电的性質和綢上的电相近。前一种帶电体所帶的电，就叫做正电或陽电，用“+”符号表示(圖4)；后一类帶电体上所帶的电，就叫做負电或陰电，用“-”符号来表示(圖5)。

同时，我們可以得出这样的結論，兩個物体帶有相同符号的电（即同性的电）时，就互相排斥；帶有不同符号的电（即異性的电）时，就互相吸引（圖6）。

正負兩種不同的帶电物体紧密接触时，由于正負电的吸引，它們很快地合在一起，如果双方所帶的正負电荷相等，兩下就中和了，就不再互相吸引

或排斥。如果其中有一个帶电体上的电荷比另一个帶电体上的电荷多时，在两种电荷中和之后，这个帶电体上的多余电荷就要重新分配，傳一些到另一帶电体上去。这样，兩個帶电体上

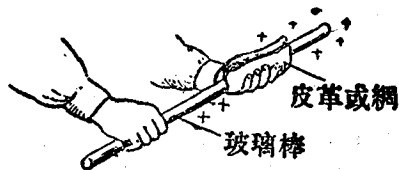


圖4 玻璃棒和綢摩擦，玻璃棒帶陽电，綢帶陰电。

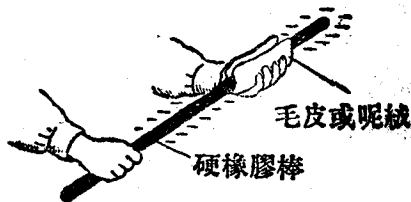


圖5 硬橡膠棒和毛皮摩擦，硬橡膠棒帶陰电，毛皮帶陽电。

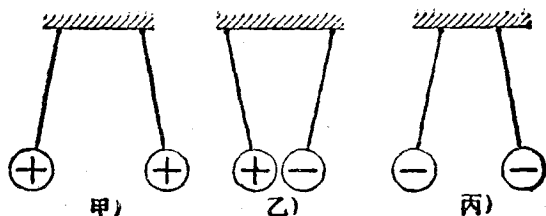


圖 6 帶有同性（甲、丙）和異性（乙）電的物體間的相互作用。

就都有了相同性質的電荷，因而產生互相排斥的現象。

當帶電物體和不帶電的物體緊密接觸時，由於帶電物體上的電荷之間有排斥力，它們想使電荷分佈得愈遠愈好，因此一部分電荷，給趕到不帶電的物體上去，這兩物體帶上了同一種電，它們又要互相排斥了。

物質的電子結構

為什麼物體可以帶電呢？要解決這一問題先讓我們看一看物質的構造吧。

自然界中所有的物質都可以用機械的辦法將它分割。一分二、二分四、……，愈分愈小，最後分成極小的質點，就是分子，也可以說各種物質都是它的分子組成的，空氣有空氣的分子，水有水的分子。分子又由比它更小的質點——原子——組成的，像水的分子就由兩個氫原子和一個氧原子構成。原子非常微小，它的直徑只有一萬萬分之一厘米，也就是說，我們將一萬萬個原子排成一行，才有一厘米長。

不要以為這樣小的東西就非常結實，內部就沒有空隙了，實際上原子的構造還是相當複雜的。在原子的當中有一個結實的核叫做原子核，原子核很小，它的直徑只有原子直徑的萬分之一。原子核的外面有很多小的質點叫做電子，圍着原子核轉。每一個電子都有自己旋轉的軌道，像太陽系里的行星（如

地球，火星……) 圍着太陽旋轉一樣。

物質元素不同，原子核的重量和所帶的電荷的多少也就隨着不同，所以原子核周圍的电子數目也不同。

氫是最輕的元素，它的原子結構最簡單，原子核的周圍只有一個电子圍着核旋轉(圖 7)。別的元素的原子的結構都比氫複雜，原子核比它重，原子核所帶的正電荷比它多，因而圍着核旋轉的电子也比它多，有幾個到几十个电子的。例如，氧的原子核周圍有 8 个电子，銅的原子核周圍有 29 个电子，而鈾的原子核周圍就有 92 个电子。

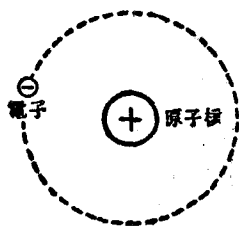


圖 7 氫原子的結構概圖，

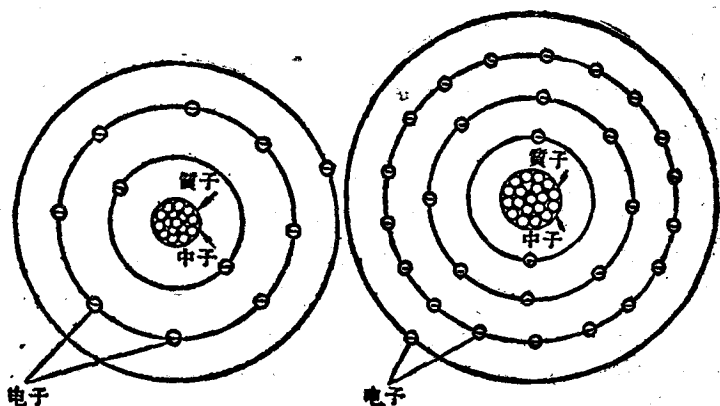


圖 8 左—鈉原子結構圖；右—銅原子結構圖。

原子核和电子由于帶着不同性質的電荷，所以互相吸引，但是电子在原子核外常常有很多層(圖 8)，距離原子核遠一點的电子，和原子核之間的吸引力比較小，就有可能離開原子核的吸引範圍而跑出去，因此这种电子是比較不穩定的。各种金

屬的原子都具有這種不穩定的電子，所以在每一種金屬里，總有一些電子在原子之間運動着。它們有時進入原子核的吸引範圍內，有時又從那個範圍里跑出來，因之，我們就把這些不穩定的電子叫做自由電子。自由電子由物體的一部分跑到另外一部分去，這種性質就是我們常說的物體的導電作用，所以金屬是導電的。但是像橡膠、瓷器等物質的原子，因為它的核和電子緊緊地吸引着，電子不容易離開原子核的吸引範圍而跑出來，因此，也就不容易導電。

容易導電的物質我們叫它做導電體，不容易導電的物質我們叫它做絕緣體或電介質。絕對不導電的物質是沒有的，所謂絕緣體不過是指它的導電性能極小，可以當作不導電來看待。在導電體和絕緣體之間還有半導體，它的導電性能比導體差些，但比絕緣體好些。

電子很輕，大約二千億個電子才有一克重，原子核要比電子重幾千倍到幾萬倍，所以原子的重量都集中在原子核里面。

在平常的物體中，原子的數目是很大很大的，因此電子的數目也是很大很大的。大到這樣程度：我們把一杯水里的電子都作了記號，倒在大海里，在水里拌勻了，然後在全世界任何地方，盛起一杯海水，里面都有幾萬個作了記號的電子。

電子帶負電，原子核帶正電，原子核所帶的正電荷和它周圍電子所帶的全部負電荷相等，所以原子平常顯不出任何電的性能來，也就是說原子是中性的。

當原子要失去了電子或增加了電子時，原來原子中陰陽二電的平衡便被破壞了，原子也就顯出了帶電的性能來。這種帶電的原子叫做離子。

我們說物體帶電，就是指這種物體中一些原子失去了電子或增加了電子。很顯然的失去電子的物體，負電荷減少了，

便帶了陽電；而增加了電子的物體，便帶了陰電。

各種物體對電子的吸引力並不是相等的，當它們由於摩擦而靠得極近時；一部分電子就可能由一種物體跑到另一種物體上，而使這兩種物體都帶上了電。例如用綢擦玻璃，電子就由玻璃跑到綢上，因此綢上的電子過剩，就帶負電；玻璃上的電子少了，就帶正電。

驗電器和靜電感應

要知道一個物體上有沒有電荷，有多少電荷，是正電荷還是負電荷，就要用驗電器來試驗。驗電器是用一個闊口的玻璃瓶做成的，瓶里有兩片金屬箔，裝在一根金屬棒上，金屬棒上面的一頭有一個金屬球。如果拿一個帶有電荷的物體去碰一下金屬球時，帶電體上的電荷就順着金屬棒傳到金屬箔上。這樣，兩片金屬箔上帶有相同性質的電荷，由於同性電荷互相排斥，金屬箔就張開了（圖 9）；電荷多，排斥力大，張開的角度就大，電荷少，張開的角度就小。



圖 9 驗電器。

但是，在帶電體靠近金屬球而沒有碰到時，金屬箔就已經張開了。金屬箔上的電又是怎樣來的呢？這因為金屬箔、金屬棒和金屬球都是導電的，都有很多自由電子，當帶電體靠近金屬球時，如果帶的電是負電，就把金屬球上部分自由電子，排斥到遠離帶電體的地方，因此金屬箔帶上了負電，便張開了，而金屬球帶上了正電。如果帶電體帶的是正電，就把金屬箔中部分電子吸引到金屬球上來，金屬箔上的電子就不足了，因此帶上了正電，金屬箔也隨着張開，而金屬球上却帶了負電。這種

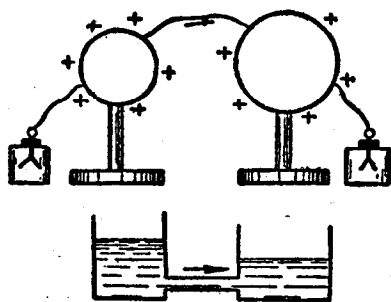
导体在另一帶电体影响下發生电荷的現象，叫做靜电感应。

如果我們用手指接触上面这个实验中的金屬球，这时金屬球上的电荷受帶电体的吸引，并不跑走，而金屬箔上的电荷会从人手上跑走，箔就合下了；如果再把帶电体拿开，在金屬球上的部分电荷又跑到箔上，箔又張开了，但角度要小一些。像这样的通过感应使另一导体（在这兒是金屬球和金屬箔）帶电的办法，叫做感应起电。

电 荷 和 电 位

物体上帶的电荷数量——就是电量的多少，虽然可以用多出多少电子来表示，但是这个單位太小了，因此，一般都用庫侖来表示。1 庫侖电相当于六百二十九亿亿个电子所帶的电。

一个物体上帶的正电荷多，我們就說它的电位高，帶的正电荷少，我們就說它的电位低。这就好像器皿里盛的水多，水位就高，水少，水位就低一样。水要从高处流向低处，同样的当两个帶电物体接触时，电荷就由电荷多的物体跑到电荷少的物体上去，也可以說电从电位高的物体跑到 电位 低的 物体 上去



(圖10)。因此我們可以說兩個物体之間电位不同，就有电位差，正好像两个盛水的器皿里，一个水位高而另一个水位低，它們之間水位不同，就有水位差一样。电位差又叫电压，电位差的單位是伏特——简称伏。把1

圖 10 一部分电荷从一物体移向另一物体。仟克的水提高10厘米，就差不多要做1焦耳的功；把1庫侖电的电位升高1伏也要做1焦耳的功。我們通常又假定电荷总是从帶正电的物体跑到帶負电

的物体上去的，因此帶“+”电荷的物体的电位总比帶“-”电荷的物体的电位高。

电 容

物体容纳电荷的能力叫做电容。不同物体有不同的容电能力，就像不同的器皿的盛水能力也是不同的一样。比較不同物体的电容，要用同样电位为标准，正像比較不同器皿里的水容积；要用相同的水位为标准同样。在同样的水位下，能够多容水的器皿容积就大；同样的，在同样的电位下，能够多容纳电荷的物体电容就大。所以，电容就是物体在一定电位下容纳电荷的能力。电容的多少，要按物体表面积的大小和它的形状来定。电容的实用单位是法拉特，简称法，一个物体容纳了1个库仑的电量以后，它的电位只升高1伏，它的电容就是1法。但是这个单位太大，用起来不方便，因此一般多用法的百万分之一做单位，叫做微法。

一个一米直径的金属球，它的电容也只有万分之一微法。怎样才能增加物体的电容呢？

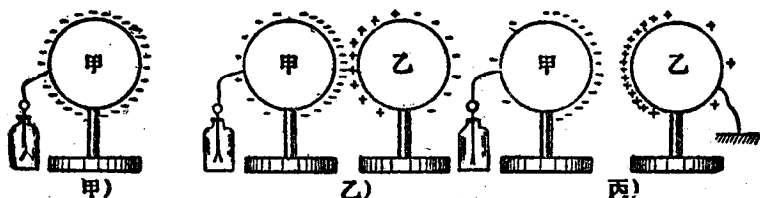


圖 11 把不带电体乙移近带电体甲以改变甲的电容。

在圖 11 中，使甲球帶上負电后，和它連在一起的驗电器也就帶上了負电，金屬箔就張开了（金屬箔上帶的电荷是金屬箔的电容和甲球的电位的乘积，也就是和甲球的电位成正比）。如果把乙球接近甲球，乙球因感应而改变正負电分配情况，甲球上

的負电就集中在靠乙球的一面，金屬箔上的負电少了，張开的角度也小了。如果把乙球接上地，乙球上的負电跑走了，甲球上的負电不再受乙球上負电的排斥，就更集中在靠乙球的一面，金屬箔上的电更少了，角度也更小了，就像甲球沒有帶什么負电似的。从这里可以看出甲球虽然帶上了同量的負电，但对金屬箔的作用，也即是球的电位，却因有接地的乙球而大大降低了，也就是它的电容因有接地的乙球而大大增加了。如果乙球离得远一些，感应的作用小一些，那么电容也就小一些。

同样如果把兩片金屬放得很近，中間有一層空气或絕緣物隔开，把一塊金屬片接上地，当另一塊金屬片帶上正电，接地这块就帶負电，因为兩片上的电荷有異性相吸的性質，便可以多积聚一些电。这就是一个簡單的电容器，也可以叫做靜电电

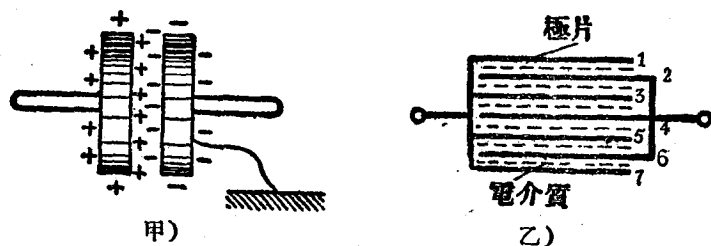


圖 12

甲)最簡單的电容器概圖； 乙)有二組小片的定量电容器。

容器(圖12)。为了增加电容，把二組小片組成电容器，如圖12的乙、那么1,2之間，2,3之間，……6,7之間都是一个电容器，因此电容就是兩片的电容器的6倍。

电 流

有兩個帶电的金屬球甲和乙，甲球帶正电，乙球帶負电，如果用金屬導綫把兩個球連接起来，就有电流从甲球流到乙球。我們一般都說电流是从正的甲球流到負的乙球，但是实际上是电子从負的乙球流到正的甲球的(圖13)。因为电流現象發

現在前，当时电流的方向被假定是从正流到負，这个假定多少年来已經被人們所熟悉，虽然現代的电子学說証明电子流的方向是从負到正，但为了不改变習慣的說法，在实用电工学中，电流的方向到現在还是假定从正流到負。

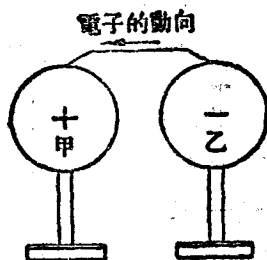


圖 13 电子沿导綫移动。

甲球流到乙球的电流，因为甲球的正电和乙球的負电中和，就慢慢地減少了。

如果連續不断地使甲球帶正电和乙球帶負电，那么連接甲乙兩球的导綫中的电流也就連續不断地流动着。

要使甲乙兩球連續不断地得到正电和負电，就得利用化学作用的方法或者机械作用的方法来产生电。利用化学作用产生电的东西叫电池或蓄電池，利用机械作用产生电的东西叫發电机；因为它们能源源不断地产生电，所以都可以叫做电源。

电 池

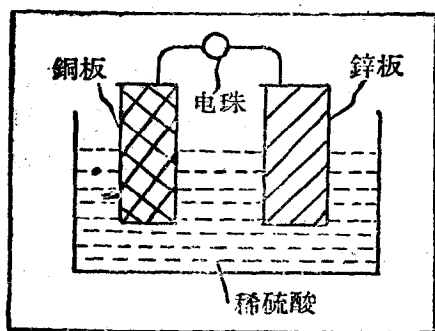
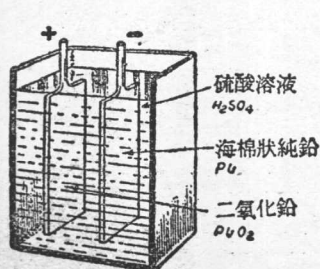


圖 14 最簡單的電池。

把一塊銅板和鋅板放在稀硫酸里，用导綫把一个小电珠連接在銅板和鋅板当中（圖14）的导綫上，小电珠就会亮起来，証明小电珠里有电流通过，这是一种極簡單的電池。这种電池是十八世紀意大利的一位科学家名叫伏打發

明的，所以我們把它叫做伏打電池。電池里的銅板和鋅板叫做極，銅板叫做正極(+)，鋅板叫做負極(-)。

伏打電池能夠供給電流，是因為鋅板和銅板放進稀硫酸後，和稀硫酸發生了化學變化，在鋅板和銅板中間產生一種使導體電荷發生流動的力量，這種力量就叫電動勢。前面介紹過，電位差也能使電荷流動，它和電動勢是一類東西，因此兩者都用同一種單位伏來量。



(充電)

圖 15 蓄電池。

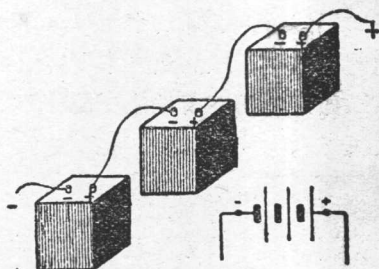


圖 16 電池的串聯。

常用的干電池，原理和伏打電池差不多，只是正極用碳精棒，負極用鋅殼，兩者都浸在氯化銨（礆砂）漿里。因此，當干電池用完以後，在電池殼上打幾個小洞，再把它在氯化銨的溶液中浸一下，又可以再用一個時候。

還有一種應用很廣的電池，叫做蓄電池，它是用一塊鉛板和一塊氧化鉛板放在硫酸里作成的。蓄電池的電放完了，可以重新再充電，使它恢復原來供電的效能。正因為它有這個特點，所以把它叫做蓄電池（圖15）。

把幾個電池或蓄電池正負極依次接起來，如圖16那樣，总的電動勢差不多是一個電池或蓄電池的幾倍，這樣的聯法叫做串聯；如果把幾個電池或蓄電池的正極都結在一起，負極也結在一起，如圖17那樣，電動勢仍和一個電池一樣，這樣的聯法

叫做并联。

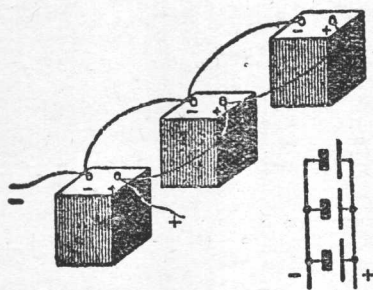


圖 17 电池的并联。

电流的各种效应

电荷是用眼睛看不見的，但是怎样才可以知道它在导体里活动呢？要了解这个问题，我們可以先研究一下电荷在导体里流动时能够产生哪些现象。

把一根很細的导綫接在电池的極上，用手触摩导綫就会感觉导綫慢慢地热起来，这說明了电流通过导綫时可以产生热的现象；我們把这种现象叫做电流的热效应。

用彈簧將一根鉄棒吊起来，在它的下面放一个絕緣导綫繞制成的螺綫管，当把螺綫管的兩头接到电池的正負兩極上以后，我們就可以看到鉄棒像被磁鉄吸引的情况一样，总是往下面移动。这是因为电流通过螺綫管时，使螺綫管产生了磁鉄的性能。我們把这种性能叫做电流的磁效应。

在硫酸銅溶液里插进兩根接在电池正負电極上的碳棒，少等一会兒我們就会看到接通負極的碳棒上积附着很多紫紅色的銅。这是因为电流通过硫酸銅溶液时，使硫酸銅溶液起了化学变化，把銅分解出来了，我們把这种化学变化叫做电解。这便是电流的化学效应。

利用电流的热效应或磁效应，可以制造一种仪器，用来測量导体上有没有电流通过，这种仪器叫做电流計。

电流的化学效应可以应用在电冶、电鑄、电鍍等工業上。

电流的热效应和磁效应的应用范围很广：像电灯、电爐等就是热效应的应用；像电力起重机就是磁效应的应用。