

日常電氣



應用手冊

盛樹枏編

世界書局印行

序

二十世紀是電的世紀，不論從那一方面看來，電都成爲現代世界最大的功能了。我們處身在這種電的世界裏面，電的常識，當然也不能不知道一些。但是據我的經驗，我讀了四、五遍教科書上的電學，我所得到的，僅是枯燥乏味的電理論；除了偶而在實驗室外，仍一些都沒有得到有趣而生動活潑的電智識。所以自從我在松江縣立中學初中部求學的時候，我就在課外找些電的普遍常識和簡易的實驗材料。當時，我很着了迷，每一個傍晚，我不是在圖書館裏翻書，就是在教室裏做我的玩意。我並沒有被書本上嚴肅的材料，使我實驗之心，發生恐懼；相反地，我就被簡易的實驗中得到的結果，打破了書本上的嚴肅。

我雖然只是在課餘忙裏偷閒地發掘我對於電的好奇，但是這七、八年來，存積着的材料，並不可算少了。我想假使當時有人能現成地供給我許多我那時所急於知道的材料，省了我許多到圖書館去尋找拼湊的時間，那末我做的實驗，一定還可以多些，對於電的興趣，一定還可以濃些，電的常識，也可以豐些。但是在我的過去，就沒有人給我這樣的指示，我始終駕着一葉偏舟，浮盪飄泊在茫無邊際，變幻莫測的電海裏。我雖沒有看到海底的奇景，但是海面上的一切，卻已體會到一些，於是就用拙劣的文筆，向大陸上的人們，作一次電海裏的通訊。這決不是遊歷電海的指南，但是也許會引起你對於電的興趣，而造成你做電的實驗的動機。

本書完全以電器的實驗製作和電的普通常識爲中心。對於電器的實驗部分，完全爲便於讀者自己動手，所以對於材料、尺寸都沒有十分嚴格的規定。對於普通常識方面，實用新穎有趣的材料，也儘量探入。他報告你怎麼計算電費，報告你怎樣偷電和怎樣偷打電話。這倒並不是叫各位讀者一定要“學以致用”，但是這些有趣的常識，也是可以知道的。

本書的編制沒有一定的標準，大概都依作者敘述的方便。第三章裏本來預備收集所有零星而不可歸納的電器，但作者卻把整流器在說到蓄電池充電

的時候才談起，電表在電燈一章裏始敘述。這不是作者的故意作弄，因為我們常常總有這樣的感覺，似乎電表總是屬於電燈方面的；而整流器的使用，平常也以充電時的使用為最多。所以就把這二件電器，放在比較特殊的地位，而不把牠放在第三章裏。

電的效應，原來也不可絕對劃分，所以使作者也幾次感覺到分綱立目的困難。最後，經我幾次鄭重的考慮後，就不能不下武斷，把醫療器械毅然放入化學效應一章裏來敘述，有聲電影等放在電輻射器械一章中敘述。但是雖說是武斷，其中只少尚有一些理由，因為電對於疾病的治療，表面上雖然沒有顯著的化學效應，但是在人體細胞的內部，化學效應恐怕仍是不免的。有聲電影，雖然似乎對於電的輻射完全無關，但是有聲電影中所用的光電管，卻仍是利用電極上的銫或鉀的發射而成的。其他的武斷也很多，恕不一一列舉了。

本書的材料，大都根據我過去閱讀筆記的一部，我過去很喜歡看科學畫報，所以這裏的材料，間接採自科學畫報的，恐怕也不少；其他採自國內外各電學實驗名著的也很多，作者特此指出，以表謝忱。

在本書編輯的時候，得到了許多松江縣立中學師長和同學的鼓勵，尤其是兼山級（民二三年級）級友的高誼，很使我得到很大的幫助。只是在松江時同事實驗的尹檢林君在戰後輾轉內地，至今沒有可靠的音信，不能給我寶貴的指正，所以現在除向松縣中諸師友致謝外，並希望尹君在再版時給予很多的補充。

編者才學簡陋，書中錯誤遺漏，當然不少，所以很希望讀者能隨時賜教。拋磚引玉，不勝榮幸。

三十年四月盛樹枏序於滬寓

目次

一 緒論

1. 電	1
2. 電的發生	2
3. 電的傳導檢驗和儲藏	6
4. 電的效能	10

二 電的發生

1. 靜電的發生	15
2. 電池	16
3. 發電機	19

三 電的傳導和開閉器

1. 導線	23
2. 開閉器	26
3. 接合	28
4. 電保險器	29
5. 絕緣材料	32

四 電的檢驗和儲藏

1. 靜電檢驗器	34
2. 動電檢驗器	35
3. 電的儲藏器	38

五 電光

1. 電燈	47
2. 電表	48
3. 電燈的裝線	51
4. 電燈的檢查和修理	53

六 電熱

1. 電熱的使用.....55
2. 電熱器.....56
3. 電工業.....57

七 電動機及其應用

1. 電動機.....60
2. 電力器.....64

八 電磁效應

1. 電磁鐵和感應圈.....68
2. 電鈴.....70
3. 電話.....76
4. 電報.....80

九 電化學效應

1. 電鍍.....84
2. 電鑄.....89
3. 電療病器.....89

十 電輻射器械

1. 礦石收音機.....91
2. 真空管收音機.....98
3. 無線電播音機.....102
4. 無線電報機.....104
5. 微妙的光電管.....104

十一 電的其他常識

1. 電器的購買常識.....107
2. 電的計算.....108
3. 電的危險和急救法.....111

十二 附錄

1. 電氣用戶室內裝線常識.....114

日常電氣應用手冊

一 緒論

1 電

電是什麼 現在的世界是電氣世界，不論在什麼方面，電都成爲一種最重要的動力了。但是說也奇怪，人們雖然都已生長在幸福的電氣世界裏面，但是對於電是什麼的一個問題，卻還沒有確實的答覆。因爲電的本身是太神祕了，他既沒有重量，又沒有顏色，更沒有形體；只是在他發揮他的效用的時候，我們才可以感覺到他在工作，所以我們在還未有確實定義以前，就姑且叫他是一種“能”，好像其他的能，如熱能，磁能一樣，只有在發揮他的效用的時候，我們才可以感覺。好像我們在按電鈴的時候，我們就可以聽見鈴聲；把電扇接上電源後，我們才可以用來扇風。

電的歷史 電是自然界中的現象，不過上古時人民簡單的腦筋裏，總以爲是上帝在用他的威權，來懲戒人民的一種顯示，他們萬萬想不到這是一種非常實際能幹去工作的一種能力。

到古希臘時代，有人發現用貓皮和琥珀摩擦以後，就可以使琥珀吸起一些紙屑。他們認爲這是一種琥珀特有的性質，所以就叫他 Electron，Electron 原來就是希臘文琥珀的意思。後來這個字，就漸漸演變而變成 Electricity，現在我們就完全把他當作電的意思了。

後來人們又發見用其他二樣東西摩擦，往往也能生電，好像我們用絹帕和玻璃棒，我們照樣也可以用玻璃棒去吸起小片的紙屑。後來，富蘭克林又做了一個風箏的試驗，再後來化學生電的方法也發見了。於是科學家又用了他們腦力，去研究這一種新奇神祕的東西，他們終於發見不論摩擦發生的靜電，或是化學作用發生的動電，他們的性質都是相同的，從此電也就成了一种專門的科學。

電的功用 電是一件很難馴服的東西，他能够殺人毀物，但是我們只要想法利用，我們就可以成爲電的主人，來儘量使用了。換句話說，我們要使電發揮他的功用，就須得用我們的聰明理智，先來製造一件能够發揮功用的電器；以後我們要他發揮功用的時候，就只有用很簡便的手續，來使用電器就好了。

有人說，電雖然是一種很是寶貴的能力，但是世界上的能力畢竟還多呢？他既能殺人毀物，那末，就不要利用他好了，用其他的“能”來替代好了。這句話是似是而非的，因爲我們在使用別種“能”的時候，事實上也很有危險。何況電還有一種特殊的好處；這種好處，就是電能够利用一根導線，把一處多餘的能，傳導到另一地方去使用；雖然，在一路上他的電能也有消耗，但是這種消耗比較很少。

所以電的功用，事實上的確是非常偉大的。

2. 電的發生

摩擦生電 電有靜電和動電二種。動電的用途很大，平常所用的電燈、電車……都是動電的應用。動電的發生，通常都是用化學作用或感應而生的。摩擦所生的電是靜電，雖然靜電除了做玩意以外，全沒有其他的用處，但是據科學家發見，靜電的性質是完全和電相同的。所以我們在談電的發生的時候，摩擦生電也不得不先來敘述一下。

所有的物質的最後的單位都是“電”的質點，換句話說，所有的物質都是由“電”做成的，不過在普通的物質裏所有的陽電和陰電的多少相同，所以就中和了而不顯出一些電的特性。但是在把二個物質摩擦的時候，於是就有陰電從一個物體傳到另外一個物體上，從此一個物體就帶了陽電，而另外一個物體，就帶了陰電。陽電的質點，我們叫他爲質子(Proton)，陰電的質點，我們就叫他爲電子(Electron)。

照這樣說來，我們用任何二件物體摩擦都能够生電了；那末我們在用一塊手帕和銅棒摩擦後，爲什麼吸不起一些東西呢？原來在他們摩擦的時候，他們的確是生電的，不過在剛你摩擦好後，從一個物體裏跑出來的電子，因爲銅是導體，所以馬上跑回去了，由是你就不能吸起一片紙屑了。

從此說來，摩擦生電就只有非導體才能够發生。用絹和玻璃棒摩擦了可以生電，用貓皮和火漆棒摩擦了也可以生電，用你的黑色自來水筆桿和你的衣服摩擦也可以生電。

我們在夏天，常可以看見自然界中雷電的現象，這誰都知道是天空中的雲堆帶電而產生的。天空中的電是從那裏來的，當然這是完全因為雲堆的摩擦。

我在這裏不能不順便申明的就是夏天雷雨時放風箏的實驗，在大科學家富蘭克林的手中才完全成功的，但是好奇的讀者，卻切不可模仿追蹤；因為在富蘭克林實驗後的二、三年，曾有一位俄國科學家，也來做同樣的實驗，可是一個可怕的火花，卻把這位俄國科學家，葬送了一身寶貴的生命。

化學生電 用化學生電的方法所生的電，都是動電。這種動電，是靠着電壓的不同而發生的。這種生電的方法，發明還沒有一百年，最早發明的是一个意大利的科學家伏打 (Volta)。

他先用一根銅棒同一根鋅棒放在一個玻璃杯裏，使牠們不要接觸，然後再倒入一些稀硫酸。於是他就看見銅棒的一極一些沒有作用，不過在鋅棒上卻發生了一個個的氣泡，鋅棒也就一些些被侵蝕了。

伏打於是就用了一個很是靈敏的檢電器（檢電器的作用和構造，都得在下章裏來說明。）到二極上去檢驗。他終於發見了銅棒已帶了陽電，鋅棒已帶了陰電。在這個時候，他用了一根銅線去把銅棒和鋅棒連接起來，於是就完成了電路，電就在銅線裏流通了。這就算了世界上第一個簡單的電池。不過他在這個時候，還認為只有用銅和鋅才能够生電吧了。

後來，科學家又發現伏打所做的電池中間的銅棒和鋅棒，都可以用其他兩種不同的金屬來替代；同樣地，硫酸也能够用其他的液體來替代，只要這種液體對於所用的兩種金屬中的一種發生作用便好了。

依照伏打的方法所做的電池，我們就叫牠伏打電池，來紀念這一位電的功臣。不過這種電池很

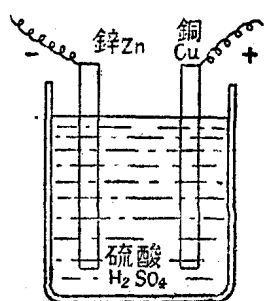


圖 1 伏打電池

不合實用，所以又經過許多的改造，然後造成了現代所應用的濕電瓶和乾電池。現代所應用的電池的構造，完全放在第二章裏來敘述，我很希望讀者還能依照下面所敘述的條目，來自製一個實用有趣的電池呢！

上面所談的是化學生電的歷史，現在我們就來談為什麼鋅棒和銅棒放在稀硫酸裏，就會產生電流。原來普通的硫酸是由一個個很小的單位叫做分子的所組成的，這種分子我們常用 H_2SO_4 的符號來表示；但是當硫酸在他的水溶液裏的時候，有一部分分子就分爲二部，就是 H 和 SO_4 ，而 H 卻又往往失去一個電子而帶陽電，是謂陽離子， H 的陽離子，我們常用 H^+ 來表示； SO_4 往往得到一個電子而爲陰電，我們就叫他陰離子，相同的我們常用 SO_4^{--} 來表示。當鋅棒放入稀硫酸中的時候，鋅 (Zn) 也很有一種傾向來變爲 Zn^{++} (鋅離子) 和二個電子。這種傾向，我們常叫他爲溶液壓力 (Solution pressure)。當鋅離子脫離鋅棒而向溶液裏去以後，鋅棒就帶了陰電，溶液就帶了陽電；換句話說，鋅棒的電壓高於溶液的電壓。銅棒在稀硫酸中也有這種作用，不過他的溶液壓力要比鋅的溶液壓力爲小；所以銅的電壓比溶液的電壓爲低，銅的電壓要比鋅的電壓高些。銅的電壓既然比鋅的電壓爲高，當然一定要有電流發生了。

金屬都有他不同的電壓，所以說用不同的金屬放在適當的溶液裏都可以生電。

感應生電，在 1819 年丹麥物理學家奧斯特 (Oersted) 發現一根導線在通過電流以後，他的周圍會發生一個磁場，這個磁場，我們很可以用一根小小的磁針來明顯發現。這種發見，我們就可以把電變成磁，卻還不可以利用磁來生電。到了 1831 年法拉第 (Faraday) 和亨利 (Henry) 發現利用了一根磁石，就可以把常見的如蒸汽機、水力的機械能 (動能)，來變成可貴的電能。現在的發電機，就是利用他們倆發現的原理來造成的。

我們雖然可以用化學的方法來生電，但是這種感應生電的方法卻更爲重要，因爲我們決不能够用千萬個伏打電池來使一個大城市所有的電燈發光，和許多電車的行駛，來供給數十萬人的需要。

法拉第發現的原理是：當一根導線穿過磁場的時候，這根導線裏就有感應電流發生。

感應電流發生的方向，對於（一）導線運動的方向和（二）磁力線方向都是有關係的。一般的科學家和工程師為便於記憶這種關係，於是都想設法歸納到一個易記而不錯的規則。下面的一個規則，普通就稱為右手定則（Right hand rule），這種定則是 Fleming 氏所假定的，所以有時也叫做 Fleming 定則。

這個規則是這樣的。他說：我們可以先用右手的大拇指、食指和中指展開，使三個指頭都互成直角；我們用大拇指的方向來指示導線運動的方向，食指指示磁力線的方向（磁力線是科學家假設的在磁場裏面具有磁力的線條，他們的方向假定都是從 N 極到 S 極的），那麼中指的方向就是所生的感應電流的方向。如第二圖中，導線運動的方向是由下而上，磁力線的方向是由右至左，那麼所生感應電流的方向就一定由內而外了。

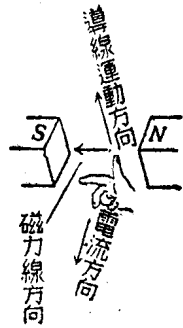


圖 2 感應生電的
右手定則

所生感應電流的大小，有三個條件可以決定。第一個條件是導線運動的速度，導線的運動愈大，所生的電流也愈大。第二個條件是磁場的強度，這就是說發電機裏所用的磁石的磁力愈大，那麼所生的電流也愈大；磁石的磁力愈小，所生的電流就愈小。第三個條件是經過磁場的線的根數。在法拉第發現的原理中，所假定的是使用一根導線，所以完全依照他的原理而造的發電機雖然也能發電，但是所發的電流不大；但是假使用一根很長的導線，繞成了一個線圈，那麼就可以相當連續的一根根的導線了，所以他們能發的電流也要大了。不但如此，線圈的圈數還可以影響所發電流的大小，這就是說，線圈的圈數愈多，所生的電流也愈大。

在下面，我就要向讀者介紹一個簡便而易製的發動機，以上的幾個條件，在那時，也許會幫助你製作的成功。

熱電作用 用熱來變成電的作用，雖然也已經發現了一百多年，但是卻還沒有普遍地應用到生電的器械上去，因為他所發的電較小，使用上也並不感到方便，應用上在感應生電和化學生電的方法發明以後，自然也談不到經濟。所以這種作用，對於讀者諸君也許要比較生疏一些。

本書在下面幾章裏，雖然不預備把這種生電的技術和器械來敘述，不過

這種原理，似乎是不能不談的。

在 1821 年，柏林 (Berlin) 人席貝克 (Seebeck) 用了二種不同的金屬連接成一個環，在二個二種金屬連接的地方，一處的溫度較高，另一處的溫度較低，那麼在這個金屬環裏面，就有電流經過了。

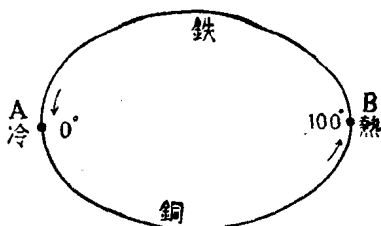


圖 3 熱電作用

這種所生的電流很小，也許你高興也去做一個這樣的環子，而使二個連接頭放在二種不同的溫度裏面，你用了下面所談到的電流檢驗器接在這個金屬圈的電路中間，不論這個電流檢驗器你做得怎樣精密，也不能檢驗出來。除非你如圖 4 中這樣，用許多段的一種金屬和許多段的另一種金屬，一段段的連接起來。把他們接頭的一半放在一個適當的高溫度裏面，接頭的一半放在一個適當的低溫度裏面。假使你所用的二種金屬的段數，都是很多很多，那麼你或許可以使你靈敏的電流檢驗器的指針稍稍的顫動一下，不過你的檢驗器恐怕還得要靈敏一些。

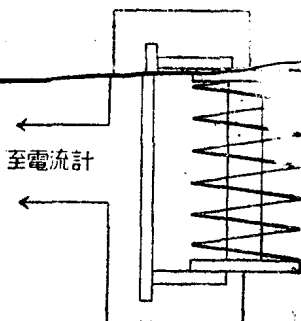


圖 4 熱電發生器

3. 電的傳導、檢驗和儲藏

電的傳導 電能夠傳導，而且他的傳導只要用簡單的一根導線，便可以傳至很遠的地方，這是電的最大的一種好處。所以我們常常把一處多餘的各種能力，先變成電能，傳到了另外的一處地方，而再變成其他有用的能力。他可以減少天賦的不平，好像在長江三峽，很可以有水力利用，可是到了宜昌，卻就不能利用了。有了電我們卻就不怕這點，我們儘可以把三峽的水力來變成電能，再用導線傳導到宜昌城裏去應用——去點燈，去發動機器。

金屬可以傳導電能，酸、鹼、鹽也可以傳導電能。金屬傳電的事實，我們可不必舉例了，因為普通所用的導線，都是用金屬做的。酸、鹼、鹽也都能傳電，

讀者諸君假使用一些食鹽（學名氯化鈉 NaCl ）、一些家常用鹼（學名碳酸鈉 Na_2CO_3 ）或是一些食用的醋酸，溶解在水中；再把電池導線的一頭引入這個溶液中，把電池導線的其他一頭串連了一個電流表，也引入這個溶液，於是你馬上就可以從電流表看到酸、鹼、鹽的溶液，的確也能够傳電的，這種能傳電的酸、鹼、鹽，我們在化學上給他一個特殊的名辭，叫做極性化合物（Polar compound）。

導電的東西，我們都叫他導電體；導電體導電能力的大小，雖然都隨了各種東西性質的不同而相異；但是他們對於溫度也有很大的關係。通常金屬導電體在溫度增高以後，他們導電的能力，就會減小；極性化合物溫度增高以後，他們的導電能力，卻反會增加。這些常識，對於研究電器技術和製作日常電器的讀者，也是應當知道的。

靜電的檢驗 電分陰電和陽電二種，這二種電中間總有這樣的一種性質，就是同性相斥和異性相吸。有人把人類中男女的性別來比方陰陽的二種電性，而把電的同性相斥的特性，來比作同性人類中間的嫉妒，把電的異性相吸的特性，來比作異性人類中間的追求，這原是最妥當不過的。

我們要檢驗靜電的存在，都就利用這一點特性來決定。我們可以把這個要檢驗是否帶電的物件，去和其他兩個輕微的東西接觸，假使原來的那個物件是帶電的，那末就可以使這二個輕微的東西，帶同性的電而能互相排斥的作用了；假使原來的那一個物件並不帶電，那末當然就沒有這種排斥的作用了。

利用這一點性質，我們不但可以決定是否帶電，並且還可以決定他所帶的是陽電還是陰電。因為我們可以先使一個微小的東西去帶陰電或陽電，然後再把要檢驗的帶電體的接近，假使這個帶電體，能够排斥帶陰電或吸引帶陽電的東西，那末這帶電體所帶的電一定是陰電；假使這個帶電體，能够排斥帶陽電或吸引帶陰電的東西，那末這帶電體所帶的電一定是陽電了。

我們假設在玻璃棒和絹帕摩擦後，玻璃棒上所帶的電是陽電；在火漆棒和貓皮摩擦後，火漆棒上所帶的電是陰電。當然摩擦後的絹帕上所帶的電是陰電，貓皮所帶的電是陽電。

陽電我們有時也叫做正電，用+的符號來表示；陰電我們有時也叫做負

電，用-的符號來表示。

動電的檢驗 動電的存在與否或動電的大小，我們通常的檢驗，都是利用他流過導線時導線周圍所發生磁力的有無或大小來決定。

我們平常所用到的電，大都是動電，所用檢驗動電的器械，對於我們是很需要的。這種器械簡單的製造，要到第四章來敘述，不過這種器械，總不外包括一個磁針和一條導線或一條導線變形的線圈。

當電流流過導線或線圈的時候，他的周圍發生一個可能的磁場，他磁力的的大小是和流過這個導線或線圈的電流成正比例的。

磁和電也很有相似的地方，磁的南極(S)北極(N)正相當了電的陰陽或正負；他們兩極之間，也照樣有着同性相斥，異性相吸的作用。於是檢驗器線圈所發生的磁場就可以和他附近的磁針作用，或斥或吸，而生了一個相當偏角，偏角的大小，就正代表了流通線圈電流的大小。假使線圈中沒有電流經過，那末當然就不會有什麼偏角發生。

靜電的儲藏 增高導體儲電的性質，在靜電器械上，也是非常重要的。說到儲電，任何金屬只要加以絕緣，就都可以帶電而很難消散。不過這樣儲電的能力很小，很少有什麼用處的，所以我們不能不想一種方法來增加他的儲電能力。

增加金屬儲電能力的方法，最簡便的只要增加金屬的大小，不過這到底還不是一種妥善的方法。

除了增加金屬大小以外，增加金屬儲電量的方法，只要把用以儲電的金屬先行用絕緣體隔絕，然後再用一塊通地的金屬靠近這塊金屬就好了。

所以能增加儲電量的原因，是因為用以儲電的金屬帶電以後，其他一塊金屬就感應而帶了相反的電。這種相反的電就會拉住金屬所帶的電，使集中於靠近通地金屬的一面。所以遠離通地金屬的一面差不多就沒有帶電了，所以他還能儲藏更多的靜電。

以上所談的，就是儲電器構造的原理。這種儲電器儲電的多少，通常可由幾個條件來決定：

- (一)金屬的大小 金屬面愈大，儲電量愈大。
- (二)二塊金屬間距離的大小 其中的距離愈小，儲電量愈大。

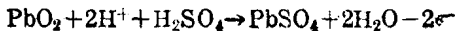
(三)二塊金屬間絕緣物質的不同。

動電的儲藏 動電的儲藏器械，就是蓄電池。其實所謂蓄電池，與其說他為蓄電，倒不如說他是化學作用。因為蓄電池充電的時候，蓄電池裏就發生了化學變化；但是這種化學變化產生了新物質，又會起一個可逆的反應，回復到原來的物質，而放出了電能。所以這種化學變化，就無異於電能暫時的儲藏。

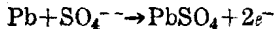
常用蓄電池的正極是二氧化鉛 (PbO_2) 負極是鉛 (Pb)。正極和負極都浸在硫酸 (H_2SO_4) 溶液裏。

當放電的時候，正極的二氧化鉛就和氫離子 (H^+) 和硫酸作用而生成了水 (H_2O) 和硫酸鉛 (PbSO_4)；負極的鉛就和硫酸根作用而變成了硫酸鉛而生電了。這種作用，假使我們用化學上的方程式來表示，那末就可以寫成下面的方式：

正極：——



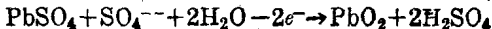
負極：——



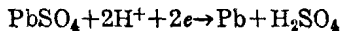
方程式中間的 e^- 就是電子的符號。

當充電的時候，正極的硫酸鉛 (PbSO_4) 和水 (H_2O) 及硫酸根 (SO_4^{--}) 作用，就生成了二氧化鉛 (PbO_2) 和硫酸 (H_2SO_4)；負極的硫酸鉛就和氫離子 (H^+) 作用而成爲鉛 (Pb) 和硫酸 (H_2SO_4) 了。所以他又可以和上面一樣地放電了。這種作用，假使我們用化學方程式來表示，那末應該是：

正極：——



負極：——



除了常用的鉛蓄電池以外，還有一種蓄電池，叫做愛迪生蓄電池 (Edison storage cell)，他的電極是用鎳和鐵的氧化物，中間的溶液是用苛性鉀 (Caustic potash)。這種蓄電池所以能够蓄電的原因，無非也是鉛蓄電池這樣的化學作用。

4. 電的效能

光效應 當電流經過一個導線，要是導線的電阻很大，他就會發熱，要是所發的熱很高，那末就可以使這個電阻發光了。不過在電阻發熱以後，這根導線就會和空氣中的氧化合而變成氧化物，所以這種發光的導線是必需要封閉在真空瓶的。

利用電的光效應的器械，最普遍的當然是電燈。說起電燈，我們也許都會回憶起美國的大科學家愛迪生來。其實在愛迪生前，早已有人研究這個問題，愛迪生不過是能夠把燈泡改造為實用吧了。

愛迪生前研究電燈，比較有成效一些的，要推英國的科學家達維(Davy)，他發現電流在經過二個靠近的電端的時候，就會發生一個暫時的火花；後來他把電流量增加，他發現火花能夠延續片刻。他這樣簡單的發現，僅引起了最大的好奇，他再改用各種不同的金屬，來作為製作二個電端的材料。最後，他用了炭棒去試驗，得到了更好的成績，於是他就稱這二個電端為電極，後來再逐漸改造，才成為今日的弧光燈。

除了上面所談的燈外，還有一種燈，是專門利用封閉的氣體來發光的，普通所見的霓虹燈，就屬於這一種。首先發明這種燈的，是德國的科學家蓋斯勒(Geissler)，他先在封閉的玻璃管中，封閉了一種氣體，當玻璃管二頭的電極通以高電壓的電流以後，這種氣體，就可以發光；不過這樣所發的光，很是微弱，不能作日常的應用。後來，迭經改良，直到了英國科學家拉里(Raleigh)手裏，應用了氖氣，才成功現在市上廣告所用的市招霓虹燈。

除了拉里以外，還有一位科學家穆爾(D. McFarland Moore)，對於改造這種燈，也有很大的勳績，他是發明用電流過通汞氣而發生青色的光的，這種光，在日常應用上雖然沒有多大的用處，但是對於現在正在改進流行的電視，卻有莫大的幫助。

熱效應 在上面談到當電流經過一個導線，要是導線的阻力很大，他就會發熱而生光。所以在事實上，所謂發熱，發光的效應是根本相似的。不過在利用光效應的器械裏，我們通常總把導線封閉在與空氣隔離的玻璃球內，來避免導線和空氣的氧化。在利用熱效應的器械裏，我們因為不能這樣的隔

離，所以常選擇一種阻力很大而又很難氧化的導線來製造。德銅絲是最適合這種條件的導線。

常用的電氣熨斗、電灶、烘麵包器、泡茶器、電焊器、電烙器等都是應用電熱效用而製成的器械。

有一種電力發冷器，好像常見的電氣冰箱是。這種器械，雖然似乎應該歸納到熱效應裏；不過事實上，這樣器械的製造，也只是利用電動機的運轉，來壓縮蒸發發冷器裏預先封閉的特殊氣體而生冷的，所以電氣冷箱，在本書就把他歸納到電力部份裏來討論。

力效應 不論電車、電梯，我們要使電變成力時，電動機總是個中間的介物。電動機的構造差不多和發動機完全一樣，至於他們的製法，我們把他放在第七章中來敘述。他們製造的原理是這樣的：

如圖 5，假使我們有二根導線，下面吊着一個銅棒 M。這根銅棒 M 是懸空放在一個馬蹄形的磁石的二極中間的。假使電池的接法如圖，磁石上面一極為 S 極。下面一極為 N 極。當電流從 + 流過 M 而再流入另外一根銅絲一後，於是 M 就生了運動。假使在 M 內的電流是由內向外，那末 M 的運動就向離開磁石的一方面運動。

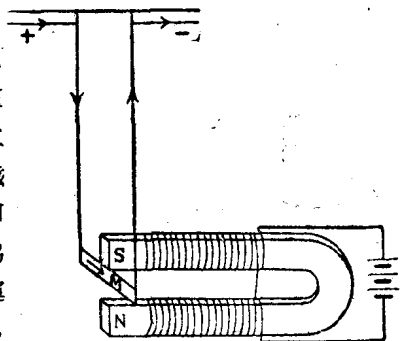


圖 5 電動機的原理

發電機的製造方面，有一條定則，叫做右手定則，在這裏，我們也有一條電動機定則要介紹。這個定則，是用左手的三個指頭來決定的，所以也叫做左手定則。這個定則是這樣的：

假使我們用左手的食指的方向，來指示磁力線的方向，中指的方向指示導線中電流的方向，那末，大指的方向，就指示導線運動的方向。

這條定則，對於我們將來製造電動機的時候，也一定有很大的幫助的。所以我們一定要把牠記憶清楚，我想，假使我們用了這條定則，來試試本節上面

所舉的一個例子，你們一定會格外的明瞭的。

磁效應 在感應生電一節裏，我們已經談到一根導線在通過電流以後，他的周圍會發生一個磁場。不過這樣僅有的一根導線所發生的磁力很小，他雖然也夠使磁針改變方向，但是他卻不能吸起一些鐵屑。但是我們假使把導線繞成一個線圈，他的磁力，於是就會增加。要是我們再用一枝鉛筆插入線圈中間，於是他的磁力就會集中在鉛筆，而格外顯出他的磁力。假使我們用一片鐵來替代鉛筆，這種效力，更是顯著，而能吸起一些鐵屑或鐵片了。

但是當我們把電流切斷以後，那末他的磁力就馬上會喪失，所以一些吸着的鐵屑或鐵片，也就隨着而墮落。不過假使我們在線圈中間插入的鐵是鋼鐵，那末他就永遠具有磁性，即使你把電流切斷，吸着的一些鐵屑和鐵片，也不會就馬上墮下的。

應用電磁效應而製造的器械很多，電報、電話、電鈴、電鐘等都是最重要的應用。其實電動機，有些醫用光線等也都是利用磁效應來製造的。不過本書為敘述便利起見，把電動機、醫用光線都另行分條討論。

化學效應 在上面化學生電一節裏，我們已經談到過，化學作用可以生電；在蓄電池一節，我們不但也談到了化學作用可以生電，而且還談到電可以使其他物質發生化學變化。

我們假使把一個電池二極的連線，放在一杯食鹽溶液裏，我們就可以馬上看見有氣泡從一極發出，這就是一個最易做的電化學效應的實驗。原來所謂食鹽，他的學名就叫氯化鈉（ NaCl ），就是說食鹽都是由氯和鈉二種元素做成的。當食鹽溶液裏通以電流以後，氯和鈉就會分解而出，不過分解出來的鈉，馬上會和水起作用，成為氫氣（ H_2 ）和氫氧化鈉（ NaOH ）；分解出來的氯，又和氫氧化鈉作用而生成次亞氯酸鈉（ NaClO ）和水（ H_2O ）。在實驗中，我們所得到的氣泡，就是產生的氫氣。

利用電能而發生的化學作用的種類很多，上面分解食鹽只不過是一個簡單的例子。不過我們平常實驗室中利用電化學效應的地方，最普遍的也僅僅是電鍍和電鑄。

電鍍和電鑄的原理也非常簡單，我們現在就把鍍銅來說明一下。

鍍銅的方法，可以先用一個電槽，裏面放了硫酸銅（ CuSO_4 ）的溶液，然