
电磁学常识

张 广 华 编

人民邮电出版社

第一章 電和電流

第一節 電的用途和產生方法.....	(1)
第二節 電的一般知識.....	(2)
第三節 電流.....	(5)
第四節 電壓.....	(7)
第五節 電阻.....	(9)
第六節 電功率.....	(15)

第二章 電路和電表

第一節 電路.....	(17)
第二節 歐姆定律.....	(20)
第三節 電阻的聯接法.....	(22)
第四節 電橋.....	(26)
第五節 電表的種類與使用方法.....	(28)

第三章 電池

第一節 電池的簡單原理.....	(32)
第二節 乾電池.....	(33)
第三節 蓄電池.....	(34)
第四節 電池的聯接法.....	(36)

第四章 磁

第一節 磁.....	(39)
第二節 電生磁.....	(46)
第三節 電磁鐵.....	(49)

第五章 電磁感應

第一節 磁生電.....	(51)
第二節 交流電簡單介紹.....	(55)
第三節 線圈的自感應作用與阻流圈.....	(57)

第 四 節 線圈的互感應作用與變壓器.....	(62)
-------------------------	--------

第 六 章 電 容 器

第 一 節 電容器和它的特性.....	(69)
---------------------	--------

第 二 節 電容器的聯接法.....	(73)
--------------------	--------

第 三 節 電容器的種類和構造.....	(75)
----------------------	--------

第 七 章 電 磁 學 的 簡 單 應 用

第 一 節 電話.....	(77)
---------------	--------

第 二 節 電報.....	(78)
---------------	--------

第一章

電和電流

目的： 了解電的用途和一般的產生方法，電的一般知識和什麼叫電流、電壓、電阻、電功率，以及它們的計算單位。

第一節 電的用途和產生方法

電的用途非常廣泛，主要是因為電能夠迅速地傳送到很遠的地方，而且能夠很方便的使各種用電的設備進行工作。因此電廣泛地被利用在工業上、農業上、交通事業上和各種日常生活的器具裏。下面我們簡單談一下電的用途。

從日常生活中，我們知道電燈、電話、電車、電鈴……等許多利用電的設備。利用電燈就可以使黑夜變成像白天似的；利用電話可以使我們在相隔很遠的地方進行談話；電還可以使馬達轉動來帶動工廠裏的車床、機器，使它們生產出各種工業品；電可以開動電車，使起重機動作，代替許多人的繁重體力勞動工作，並且大大提高效率，增加生產；電還可以鍊鋼和提鍊各種金屬和合金；在農業上利用了電，可以使大多數最繁重的工作得到高度的機械化，增加農業生產。而且只有發展了利用電的技術，才能使工業上採用新的技術方法，實現自動化，創造新的有高度生產率的機器。

此外，無線電、雷達、以及原子內部的透入和原子的擊破，也都要利用電。電能夠使我們聽到千里以外的聲音，能夠使我們看到在很遠地方的物體，在醫學上能夠透視人體的內臟和醫治疾病。所以只是說電的用途，也是我們一下子說不完的。

我國正在社會主義建設中，利用電來進行工作一定愈來愈多，因此也就需要大批新的熟悉電氣技術的工人和技術人員。就是在我們的日常生活和工作中，也將要愈來愈多地遇到各種各樣的電氣

機械和器具。因此，我們必須具備電磁學的基本知識。我們這本書裏要講的就是電學和磁學的基本原理和初級常識。

關於電的產生方法，我們簡單介紹幾種如下：

一、摩擦生電：這是最簡單的一種產生電的方法。例如，我們用一雙化學筷子和一塊絲手絹，兩者互相摩擦後，那雙化學筷子就會吸引碎紙片。又如我們晚上用一個化學梳子梳頭，常常由於梳得快了或時間稍長就會聽到一種叭、叭的聲音，同時也會看見有少許的小火花發生。這都是什麼原因呢？這就是由於化學筷子和絲手絹，或是化學梳子和人的頭髮互相摩擦產生了電，所以那化學梳子才會吸引碎紙片，人的頭髮上才會發生火花和聲音。用這種方法產生的電不能供我們使用，只能供我們作試驗之用。

二、化學生電：我們把兩種不同的金屬（譬如是一片銅和一片鋅），放在一種特製化學溶液（如稀硫酸等）中，這兩種金屬之間就有電壓存在，這時如果在這兩塊金屬之間用導線接上小燈泡，小燈泡就會發亮。這種東西我們就叫做電池，手電筒裏用的乾電池和汽車上用的蓄電池（俗稱電瓶）等，就都是利用這種方法產生電的。用這種方法產生電，雖然可以供我們應用；但由於它要受到物質條件的限制，所得的電量不大，往往不能滿足我們大量用電的需要。

三、磁生電：磁生電就是電磁感應生電。用這種方法可以產生大量的電。例如：我們電話機上用的小發電機，電台用的手搖發電機，電燈廠用的大發電機等，都是利用這種方法來產生電的。

電的產生方法，我們在這裏只做一個簡單的介紹，以後再去詳細研究。

第二節 電的一般知識

要想了解電的知識來研究電學，首先要知道電是怎麼一回事。究竟電是怎麼一回事呢？

前面我們曾經說過，一雙化學筷子和一塊絲手絹經過互相摩

擦，化学筷子就会吸引碎紙片。这是因为化学筷子產生了电的原因，否則一双普通的化学筷子是不会吸引紙片的。用这种方法產生的电叫做「摩擦生电」，它是一种「靜电」。这种摩擦生电的現象，我們在电学上叫做「靜电現象」和「帶电現象」。被摩擦后的兩種不同物体（如那双化学筷子和絲手絹），因为帶有电，所以叫做「帶电体」。这种物体的「帶电現象」，也就是用摩擦生电而產生的这种靜电，不会保存很久，拿手指去一碰，这种帶电体的帶电現象就会消失。世界上的物質，在不僅是化学筷子和絲手絹經過擦摩能產生电，其他象玻璃、紙、毛皮、木材、火漆，甚至人体等等，只要是兩種不同的物質，互相摩擦，都会產生这种帶电現象。

为什么兩種不同的物質互相摩擦就会產生电呢？要明白这个道理，讓我們先來研究一下电子学說，自然可以把這個問題弄明白。

根据科学家們的研究，証明世界上的各种物質，都是由无数个極小的微粒組成的，这种極小的微粒就叫做「分子」，每个「分子」仍然保持原來物質的特性，例如，水的分子仍保持水的特性，鹽的分子仍保持鹽的特性。如果我們再去用一种特別方法，把分子分解成更細小的單位，就叫做「原子」，这时它就失去了原來物質的本性。例如水的分子，再去分解就会变成氢和氧，这时它和原來物質的性質已經完全不同。

很久以來，人們以为原子是不能再分割的最小單位，可是現代科学証明原子也有繁复的構造，在原子里面还有最細小的單位，原

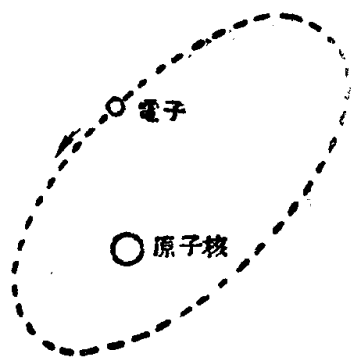


圖 1

子的中心有一个核，叫做原子核，在原子核的周圍有一些电子沿着一定的軌道圍着原子核轉动。（見圖 1）

原子核和电子都帶有电，但是所帶的电不相同，原子核上帶的是正电（用+号表示），电子帶的是負电（用-号表示）。但是原子核比电子重得多，它比电子重1834倍。所以原子構造的情况，就好像是一个太陽系，原子核好比是太陽，在原子的中心不动；电子就好比是行星，沿着一定的軌道圍繞着原子核不停地轉动。一般电子不会随便离开它的軌道。

各种物質的内部既然都是由原子核和电子構成的，因此我們可以說：电是一切物質的根本。但是，为什么一般物質看不出它帶电呢，这是因为正常的原子中，原子核所帶的正电和它外圍电子的負电是相等的，互相正好抵消，所以在原子的外部顯不出帶电的現象。假使一个物体中多了电子，那末物体中的負电就比正电多，所以就有帶負电的現象；相反地，如果物体中缺少了一些电子，那末物体中的負电就会少于正电，因此就有帶正电的現象。

每种化学元素的原子中，电子的数目各不相同，例如 氢 的原子只有一个电子，而 鈾 的原子有92个电子。两种不同的物体互相摩擦时，一种物体中的一些电子跑到另一种物体上，因此失去了一些电子的物体便帶有正电，而得到一些电子的物体便帶有負电，我們前面所說的化学筷子和絲手絹經過摩擦能有帶电的現象，那就是这

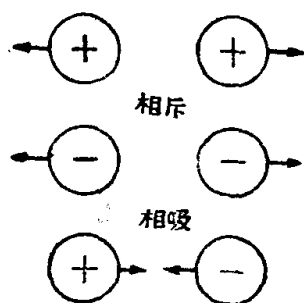


圖 2

个原因，所以化学筷子才会吸引紙片。那化学筷子和絲手絹就叫做帶电体。

两个物体如果帶有相同的电（例如都帶正电，或都帶負电），便有互相排斥的作用；如果帶有異性的电，則有互相吸引的作用（見圖 2）。

总起来說，各种不同的物質，是由各种不同的分子組成的，而分子是由原子組成的。这种原子又是由原子核和电子組成的。原子核屬於正电性，电子屬於負电性。原子核比电子重得多，陰电荷和陽电荷是「同性相斥，異性相吸」。帶正电性的原子核在原子的中心不动，电子圍繞着原子核旋轉，这样就組成了原子。但电子的运动軌道并不一样，有的距原子核近，有的就远。正常的原子，因为里面的正电和負电相等，互相中和，所以顯不出有电；但若是某一物体缺少了电子，就会產生帶正电現象，反之，如果多了电子，就会產生帶負电現象。

第三節 电 流

前面我們曾經說过，摩擦生电是一种靜电，不能供我們使用。那么我們日常生活中使用的电是什么电呢？那是一种动电。也就是說，是一种可以流动的电。譬如电灯、手电筒等用的电，都是这种动电。

什么叫作「电流」呢？前面我們說过，可以流动的电叫作动电，那么我們說电子在电綫里流动起來，就叫作「电流」。譬如說，电灯用的电从發电厂流出來（沿着电綫流出來），經過电灯泡，然后再流回發电厂，这样电灯才会發光。否則，若是沒有电从电灯泡里流过，电灯泡怎么会發光呢？电流在电学上常用字母「 I 」或「 i 」來代表。

电子在电池里或在發电机里，沒有引導它的通路是流不出來的。只有当人們用一种物質（例如街上的电灯綫、電話綫等），把它的正（+）負（-）極互相連接起來，电子才会沿着这种物質开

始流動。在電學上，我們把這種能夠通過電流的物質，也就是說電子可以從它上面通過的這種物質，叫做「導體」。金屬都是導體，我們通常使用的有鐵、銅、鋁等。此外像金、銀等也都是導體。

水流起來叫做水流，電子流動起來就叫做電流。電子的流動情形是首先由電池（或發電機等）裏的電子，去推動導體接連電池負極（因為電池的負極是電子存在的地方）一頭的電子，然後導體這一頭的第一個電子再去推動第二個電子，這樣逐次推下去，再把導體另一頭的電子推到電池的正極。我們可以舉個例子，來說明電子流動的情形。譬如你用一個細紙筒，裏面裝滿了泥球（紙筒粗細和泥球大小相等），如果你再在紙筒的一端，用人力硬塞進去一個泥球，那麼這個塞進去的泥球，就推動原來紙筒一端的第一個泥球，這第一個泥球又會去推動第二個泥球，這樣會一直推下去，便把紙筒另一端的泥球推了出去。要想把你硬塞進去的這個泥球由紙筒的另一端推出來，那麼你還要從這端再塞若干泥球，一直把原來紙筒裏的泥球都推出去了，它才會被推出來。電子在導體裏流動，就和這種情形相似。

「電子流動的方向，是從電池的負極流到正極」。但是在人們還沒有發現電子流動這個道理以前，都以爲電流是由正極流向負極，這種說法到現在已經成爲習慣，習慣上都說電流是由正到負，因此我們也不便去改正它，還是說電流是由正到負。但是爲了區別習慣說法與實際電流方向，我們就說：「電流是由正極流到負極」，「電子流動是由負極到正極」。實際上這兩種說法是一樣的。

電流在導體裏傳動的速度很快，不僅是人追不上，就是火車也追不上，連那最新式的噴氣式飛機也還差得遠的很。究竟有多麼快呢？它的速度根據科學家們研究的結果，是每秒鐘可以達到三萬萬公尺。也就是說每秒鐘可以在導體中傳動三十萬公里，也就是六十萬華里。若以火車的速度去比較，那末每小時行走30公里的火車，要走一年零五十一天又十六小時，才能把電流在一秒鐘內傳動的距離走完。

水流可以用每秒鐘流過的數量去計算。電流的大小則可以用每秒鐘流過的電量計算，在電學上我們用「安培」作為電流的基本計算單位（用字母 A 或 a 代表）。一安培的電流有多大呢？那就是說，每秒鐘在導體裏流過一庫倫（計算電量的單位）的電量，就是一安培的電流。因此電流大小計算的依據，是電量和時間，它的計算公式是： I （電流）= Q （電量） $\div T$ （時間），如果電量的單位是庫倫，時間的單位是秒，那麼所得電流的單位是安培。

但是，我們日常工作中使用的電流，有時小於一安培。因此為了計算方便起見，有時把一安培分作一千分，作為一個小單位去計算，叫做千分安培（用字母 MA 或 ma 代表）或者叫做「毫安」。一安培等於一千個毫安，一毫安等於千分之一安培。

總之：在導體中能夠流動的電叫作「動電」。能夠使電通過的物質叫作「導體」。電子在導體裏流動起來形成了「電流」。電流的方向是：「習慣說法由正到負」，「實際上電子是由負流到正」。電流的基本計算單位是安培（ a ），此外還有毫安（ ma ）。 $1a=1000ma$ ， $1ma=\frac{1}{1000}a$ 。

第四節 電 壓

前面我們說過，電子在導體裏流動起來叫作電流，為什麼電子會在導體裏流動呢？那是由於電壓的原故。現在我們就來研究一下電壓是怎麼一回事。

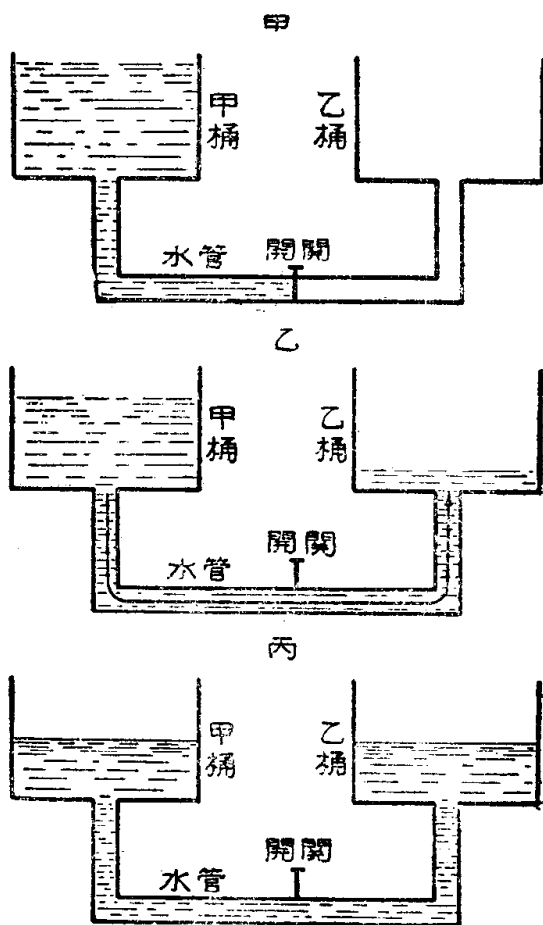
先讓我們打個比方吧！大家都知道，水的流動是靠水位差決定的水壓而流動的。譬如河裏的水，它總是由地勢高的地方流向地勢低的地方。那是因為地勢高的地方與地勢低的地方的水位有差別，在水位高的地方由於水位差的原因，產生了一種壓力（水壓），這種壓力迫使水流向低的地方。又譬如圖三所示：甲、乙兩個水桶，下面用水管接通，水管中間有一個開關，先將開關閉閉，將甲桶裝滿水（如圖三、甲）。這時我們看到甲桶有水，乙桶無水，甲桶水位

高於乙桶，因而甲桶的水對乙桶這個空桶來說，就有一種壓力；但由於水管開關不開，因此雖有水位差或水壓存在，水亦不能流向乙桶。如果我們把開關扭開（如圖三、乙），那麼甲桶的水就會馬上流向乙桶。到兩桶的水位一樣高的時候（如圖三、丙），水流就會停止。因為此時甲、乙兩桶的水位已相等，水位差已不存在，水壓也就沒有了，所以水流也就停止了。

又例如：我們拿一個注射器，裏面裝滿了水，再把玻璃棒推進去放好。這時雖然裏面有水，但因為我們沒有去推玻璃棒，因此水也不會向外流。如

如果你去用力推那玻璃棒，裏面的水就向外流了。這是什麼原因呢？那是由於有了你推的力量（加了壓力），才把裏面的水擠出來了。如果你推的力量大、小不同，那麼向外流的水也就多、少不同。由此可見：壓了就流，不壓就不流；而且壓力大，水就流出得多，壓力小水就流出得少。

從上面例子來看，如果兩個地方的水位差不一樣，或水受到了壓力，就會迫使水流動。電壓的作用基本上和水壓的作用相似，電位差則好比是水位差，如果兩個地方的電不一樣多，那就和兩個地



圖三 甲、水不流 乙、開始流向乙桶
丙、水流停止

方的水不一樣多一樣，電位就有了差別，也就是有電壓的存在，水位差決定了水壓，同樣的電位差也決定了電壓。導體兩端有了電壓就會迫使電子流動而形成電流，如果沒有電壓，電子就不會隨便地在導體裏流動。因此，要想經常保持電流存在，那就要設法使電壓保持經常存在。這正和要想使注射器裏的水不斷向外流，就要不斷的保持你的推力。由此可見電壓乃是產生電流的一個重要條件。電壓就是迫使電子流動的力量，它在電學上通常是用字母 $[E]$ 或 $[V]$ 來代表。

電流有電流的計算單位，電壓也有電壓的計算單位。它的基本計算單位是伏（伏特）（用字母 V 來代表）。我們有的時候會遇到幾千或幾萬伏特的電壓。因此爲了計算方便起見，我們就把一千個伏特作爲一個單位，叫作千伏 (KV)。但是，有的時候我們所用的電壓比一伏特還小得很多，因此我們又把一個伏特分作一千分，取其一分叫作毫伏（用字母 mV 代表）。

總之：電壓就是迫使電子流動的力量。它的計算單位是伏特 (V)，此外還有千伏 (KV) 和毫伏 (mV)。 $1KV=1000V$ ， $1V=1000mV$ 。

第五節 電 阻

上面說過，電壓可以迫使電子流動形成電流，但是電流在導體裏流動，並不是一點不受阻礙的。我們知道水流要受到水管粗細、長短的阻礙，同樣電流在導體中流動也要受到導體的阻礙。我們在本章第二節曾經說過，各種物質的原子核對其電子都有一種控制能力，這種控制能力有的大，有的小；因而有的物質的電子就容易失去，有的則不容易失去。現在電壓去迫使電池裏的電子去推動導體一端的電子；由於導體內原子核對電子有控制力量，那麼這時電壓的力量，必然受到導體內原子核對電子控制力量的阻礙，因而電流的順利通過也就受到阻礙了。這種阻礙力量，也就是說導體內原子核對電子控制的力量，換句話說：就是 物質對電子流動的阻止力

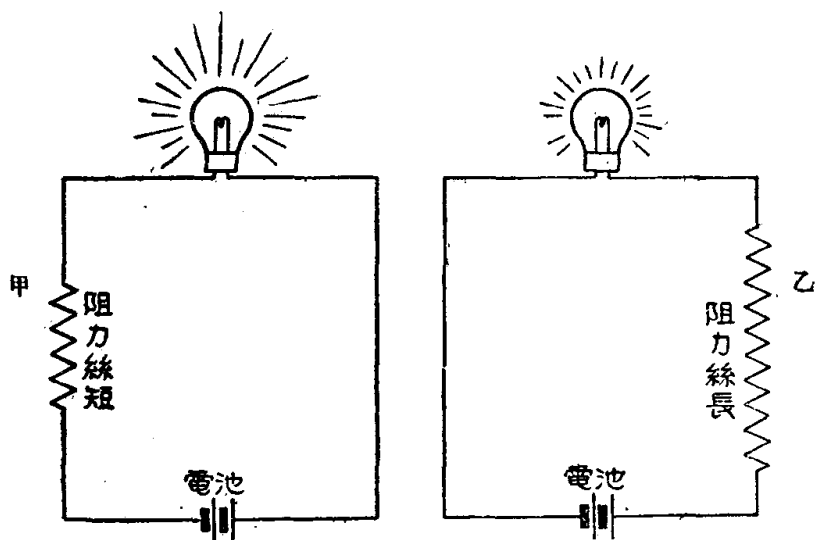
量]，我們叫它作電阻，電阻在電學上是用字母 $[R]$ 或 $[r]$ 來代表的。

各種不同的物質，由於它的原子組成不同，所以它的電阻不同。譬如前面我們說過的導體，它的電阻就很小，因此對電流的阻止力量不大，電流可以從它上面通過。但是如果你用一條線（棉線、絲線等）去連接電池和小燈泡，小燈泡就不會發亮。這是什麼原因呢？就是因為這種物質的原子核對電子的控制力量很大，同樣大的電壓不能戰勝這種阻止力量（電阻），所以電流就不能通過，當然小燈泡也就不會發亮。又譬如我們日常用的電線，外面都有一層膠皮或線套包着裏面的銅絲，那就是為了不讓電隨便由銅絲碰着人。由此可見，有的物質可以通過電流，有的物質就不能通過電流。這些不能通過電流的物質，在電學上我們叫作絕緣體，也叫作非導體。我們就用這種[絕緣體]把有電的地方和不用電的地方隔離起來。普通常見的絕緣體有紙、木、火漆、雲母、蠟、膠木等。空氣也是一種絕緣體，在電機上也常應用。

各種物質的電阻大小根據什麼來決定呢？一般的來說是由下列四條因素來決定的。

一、[各種物體的電阻與其長短成正比]。也就是說：物體越長，它的電阻值越大，物體越短，它的電阻值就越小。譬如說一個水桶，下面接了兩個粗細相等，可是長短不一樣的放水管，如果有兩個人同去打水，看水的人同時給他們放水，再同時給他們停水，這時你去看兩個人水壺的水一定不一樣多。在短水管接水的人得水多一些，而在長水管接水的人就少一些，這是因為水管長短，對水流的阻止力量不相同的原故。又譬如你用兩條粗細相等長短不同的阻力絲，分別連通電池和小燈泡（如圖四）。甲圖上阻力絲短，電阻值小，所以小燈泡發白光；乙圖上阻力絲長，電阻值大，小燈泡僅發紅光。這就是電阻與物體長短的關係。

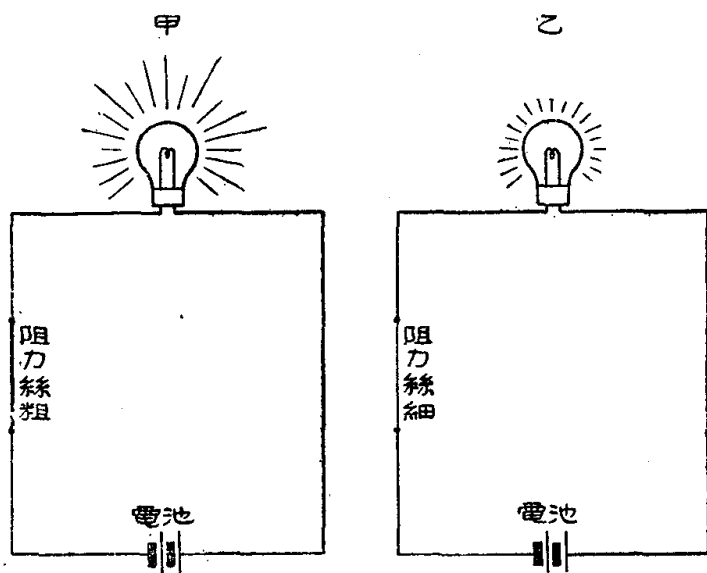
二、[各種物體的電阻與其粗細成反比]。這就是說：物體越粗，它的電阻就越小；物體越細，它的電阻就越大。我們還是用那



圖四 阻力絲短，電阻小，
小燈泡就較亮

阻力絲長，電阻大，
小燈泡不太亮

水桶的放水管來做例子。譬如我們把水桶的放水管，換成兩根長短相同而粗細不一樣的水管，這放水的人還是同時放水再同時停止放

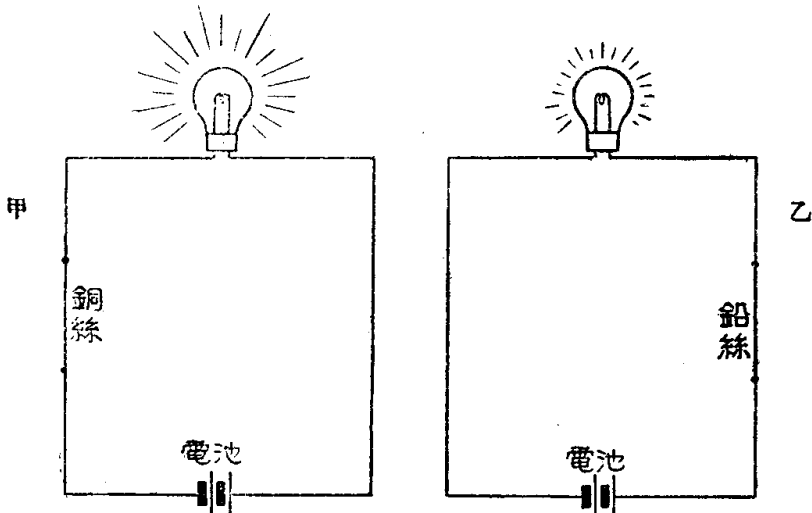


圖五 阻力絲粗，電阻小，
小燈泡亮

阻力絲細，電阻大，
小燈泡不太亮

水。大家想一想，兩個人水壺裏接的水是不是一樣多呢？結果一定是水管粗的流水多一些，水管細的流水少些，這是由於水管粗了，流水的面積增加了。現在我們用兩條長短相等而粗細不同的阻力絲，各接小燈泡和電池（如圖五）。在甲圖中，因為阻力絲粗，電阻小，流過的電流大，所以小燈泡一定亮些，而在乙圖中，因為阻力絲細，電阻大，通過的電流小，因此小燈泡一定不如甲圖裏的亮。這個道理正是和那水管粗細不同而流出的水不一樣多是相似的。這就是電阻大小和物體粗細的關係。

三、〔各種不同的物質，有各種不同的電阻〕。這就是說：電阻的大小和物質的性質很有關係。譬如說，用一條銅絲連接一個電池和一個小燈泡（如圖六、甲）。再用一條同樣粗細同樣長的鉛絲把另一個電池和小燈泡連接起來（如圖六、乙）。甲圖因為銅絲電阻值



圖六 銅絲電阻小，通過的電流大，小燈泡亮

鉛絲電阻大，通過的電流小，小燈泡不太亮

小，通過的電流大些，所以小燈泡很亮。乙圖因為是鉛絲，鉛絲的電阻值大些，通過的電流小，所以小燈泡也就不如甲圖的小燈泡亮了。假如我們再把那銅絲或鉛絲，換為一條棉線，小燈泡就完全不亮了，這是因為棉線的電阻太大了，電流根本通不過去。由此可

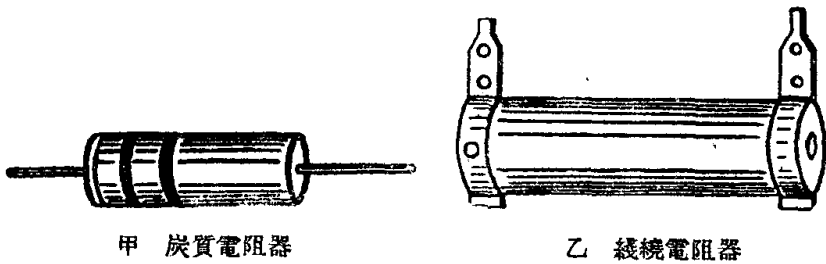
見，各種不同的物質，其電阻一定不同。當然有些物質的電阻是相差無幾的，但是我們用精密的儀器去測量它，總是能發現差別的。

四、「物體溫度的高低，影響着它的電阻值的大小」。也就是說，各種物體在各種不同的溫度裏，它的電阻也各有不同。一般金屬是溫度增高電阻值增大，溫度降低電阻值減小。但是也有一些物體是和這種性質相反，這種物體是溫度越高電阻值越小，溫度越低則電阻值越大，如炭精質或電解質等物。

以上四點就是決定電阻值大小的基本條件，其次，各種物體的電阻值還受到潮濕程度的影響，這是因為水分本身就是一種導體。

現在我們再來介紹一下電阻器和它的種類。什麼叫「電阻器」呢？我們在工作中常常需要用一種東西來增加電阻或改變電阻，使電壓或電流減小，或是調節電壓、電流，這種東西在電學上叫作電阻器。

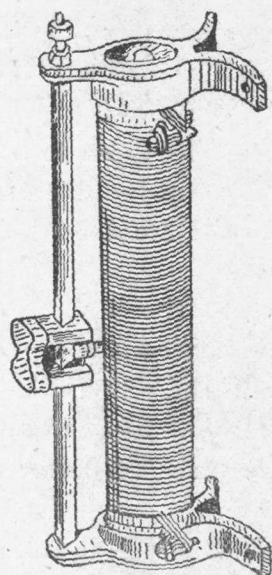
電阻器可以分成兩類：1. 固定電阻器；2. 可變電阻器。固定電阻器中常見的有炭質電阻器、線繞電阻器等（見圖七），它的電阻



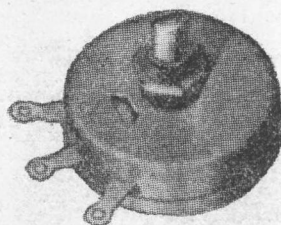
圖七 固定電阻器

是固定不變的。可變電阻器是電阻可以調節的電阻器，因而可以用來調節電路中的電流、電壓；它的種類很多，常見的有滑線式、轉軸式、插頭式等（見圖八）。

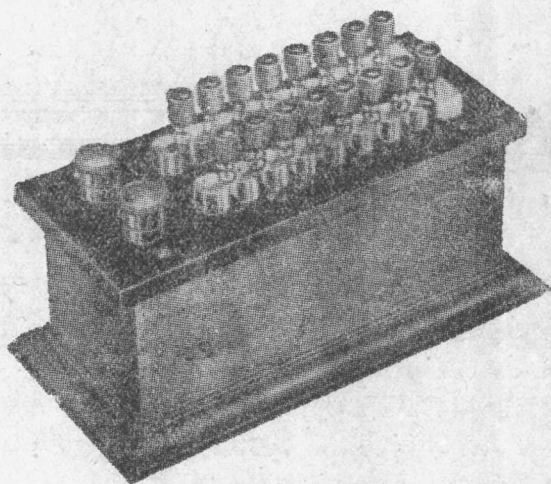
現在我們再來研究電阻的計算單位。電阻的基本計算單位是歐姆（即用字母 Ω 或 OM 代表）。其次還有千歐姆（用 $K\Omega$ 代表）， $1K\Omega$ 等於一千歐姆。再有是兆歐姆（用 $M\Omega$ 代表）， $1M\Omega$ 等於一千個 $K\Omega$ ，或等於一百萬歐姆。兆歐姆有時也叫梅格。



甲 滑繞式可變電阻器



乙 轉軸式可變電阻器



丙 插頭式可變電阻器

圖八