

1.0010.000

第二章

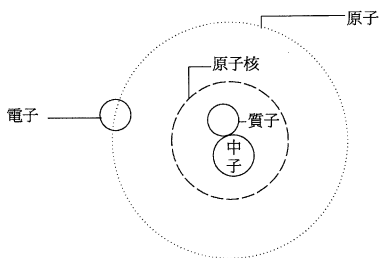
電的導論



2-1 電的性質

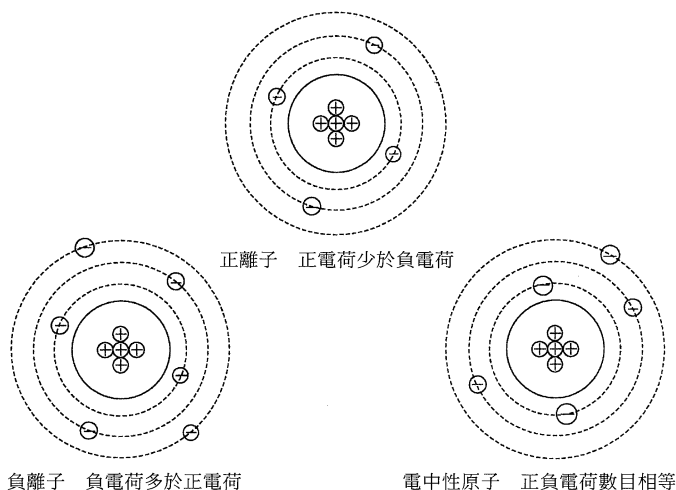
由一個簡單的物理實驗就可以知道電的基本性質，將一個與絲巾摩擦後的玻璃棒靠近紙屑，則紙屑就會被吸向玻璃棒，此一玻璃棒即為一帶電體，重複同一個實驗於另一玻璃棒，並將兩棒靠近，將會看到兩棒互相排斥。我們再拿毛皮摩擦另一個玻璃棒，然後與跟絲巾摩擦過的玻璃棒靠近時，則會看到兩棒互相吸引。由此可知此兩棒必帶相反電荷，所以才會互相吸引，所以我們也可推論互相排斥的玻璃棒必帶相同電荷，所以才會互相排斥。同性電相斥，異性電相吸，就構成電的最重要的性質。

那電荷又是從哪來的呢？我們知道所有的物質皆由原子構成，原子又可細分為質子、中子及電子，其中的中子及質子組成原子核，如圖二六。



■ 圖二六 原子的架構

經由學者研究的結果我們得知質子帶正電，中子不帶電，電子帶負電，而其所帶的電量及質量分別為多少，請見圖二七。



■ 圖二七 原子之結構分布圖

在正常的狀況之下，原子所含的電子數等於質子數，總電荷為零，成電中性。原子若失去電子，則電中性被破壞，由於此時中子的數量大於電子，正電荷數大於負電荷時，此一原子就稱為正離子；反之，若原子得到電子，而使負電荷數大於正電荷，則稱為負離子。表示正負離子及電中性之原子結構。

2-2 導體、絕緣體及半導體

由上一節之討論，我們知道原子可因為正負電荷數的多寡，形成正負離子，而這種使原子變成離子的過程稱為游離。因為原子最外層軌道的電子距原子核中帶正電之質子最遠，故其受正負電荷間相吸的作用力最小，最易受外力影響而脫離軌道而移向他方，這種電子我們稱為自由電子。依物質中的電子是否容易在原子之間移動的程度我們可將物質區分為導體、半導體及絕緣體。也就是說，一物質中，若自由電子含量密度較大，則其導電性較佳，反之即為半導體或絕緣體。

在一般物質中，銀具有最佳的導電性，但因銀的價格昂貴之故，所以在工業使用上通常以銅來當作導體導線的材料。而橡膠、玻璃、陶瓷等物質，則由於對電子流動之阻力極大，一般常被用來當絕緣材料。至於半導體，則是導電性介於導體及絕緣體之間的物質，常用的半導體如矽、鍺皆是。半導體所製成的零件如電晶體及積體電路，在工業上的應用十分的廣泛。

2—3 單位、因次與電氣單位

要以一個數值表示某一物理量時，必須要有單位。現今國際間所公定的國際單位系統 (International System of Units)，亦即SI單位系統是根據度量衡公約所決定。

量	單位名稱	符號	定義	備註
長度	公尺 (米)	m	光在真空中於1/299,792,458秒間所傳送的長度。	1983年改定
質量	公斤	Kg	與國際公斤原器相同的質量。	1989年定義
時間	秒	S	銻 1 3 3 作 超 微 細 遷 移 9,192,631,770個週期所花的時間。	1967年改定
電流	安培	A	在相距1m長度1m之平行線流動產生 2×10^{-7} 乘冪牛頓之間的電流。	1948年改定
溫度	開氏溫標 (度)	K	水之三態點之熱力學溫度之1/273.16。	1954年改定
光度	燭光	cd	540×10^{10} 乘冪HZ之單色放射光的強度為1/683W/sr之光源方向的光度。	1979年改定
物質質量	克分子	mol	與碳12之12g中所包含的原子數相等之粒子數所構成的物質質量。	1971年改定

由七個基本單位經由物理法則和定義，所組合而成者稱為組合單位。如平方米為面積單位，立方米為體積單位；千克 / 立方米為密度單位；米 / 秒為速度單位等。

而因次 (dimension) 可用於辨識出組合單位例如基本物理量之長度 (L,length)，質量 (M, mass)，時間 (T, time)，其因次分別為L，M，T，而組合單位依此規則適切的表達。

2—4 科學與工程標記法

在討論基本電學時，為了避免日後計算上可能會碰上的麻煩，對於很大或很小的數字，10的乘冪是種很方便的表示法，即所謂的科學標記法。

科學標記法即將數字轉化為1至10之間的某一數字，再乘以正確的10的乘冪。例如：

$$720000 = 7.2 \times 10^5$$

$$-0.0005 = 5 \times 10^{-4}$$

為了10的乘冪的表示上更為簡化，我們使用一些符號冠於單位之前，來代表10的乘冪，即所謂的工程標示法。

$$10^3 = K \quad 10^{-2} = C$$

$$10^6 = M \quad 10^{-3} = m$$

$$10^9 = G$$

A 基本電量

2—5 電荷與電流

由第一章之簡單介紹，我們知道了正、負電荷的由來，且知道正負電荷之間會有吸引力，相同電荷之間會有相斥力。（電荷量的單位為庫侖）

那我們要如何計算電荷之間的作用力呢？電荷之間同性相斥與異性相吸的原理，引導了庫侖定律的產生。假設現有兩帶電體，各自有電荷 Q_1 與 Q_2 ，兩帶電體之間的距離為 d ，則此兩帶電體間之電力 F 為

$$F = kQ_1Q_2/d \times d$$

上式即庫侖定律， F 是兩電荷間的作用力， Q_1 與 Q_2 代表兩電荷之電荷量， d 為兩電荷之間距， k 為一常數，隨帶電體之周圍介質特性而定。

在常用的M.K.S制中，電量單位為庫侖，距離單位為米，力之單位為牛頓，由於一庫侖等於 3×10000000000 靜電庫侖，我們可得到 k 之值為 9×10000000000 。所以使用M.K.S制時，公式可簡化成如下所示：

$$F = 9 \times 10 Q_1 Q_2 / d^2 \quad (\text{牛頓})$$

在具備電荷的基本概念後，我們接著進入電流。電荷的移動，導致能量的傳遞，電荷流動的現象即稱電流，提供電荷移動的路徑即是電路。

電流的定義是「單位時間（ t ）內通過的電荷量（ Q ）」其單位為安培，又簡稱為安（A）。公式如下：

$$I = Q/t$$

在此式中， I 為電流，單位為安培（A）， Q 為電荷，單位為庫侖（C）， t 為時間，單位為秒（s）。即當

導體每一秒中通過一庫侖之電荷時，此時導體之電流量為1安培。

2—6 電壓

電荷在導體內流動時，需要動力去推動，此動力稱為電動勢。而此動力由何而來，由力學我們知道，位能可以轉為動能，而在轉換時若有影響物質運動，必定做功；在電學上也是相同的道理，一單位正電荷要由某一點移至另一點，兩點的電位必然不同，於是便有了電位差，我們又稱為電壓，電壓的單位為焦耳(joule)。換句話說，我們假設移動一庫侖之正電荷時，所作之功恰為一焦耳時，此兩點電壓即定為一伏特。如下式所示電壓與功之間的關係。

$$V = W/Q$$

上式中，V為電壓，單位為伏特，簡寫為V，W為功，單位為焦耳，簡寫為J，Q為電荷，單位為庫侖，簡寫為C。

在電壓標示，我們可採用雙下標法。假設電流由a

點流向b點，表示電荷在a點之位能高於b點時之位能，亦即a點之電位高於b點之電位，我們以 V_{ab} 來代表a、b間之電壓。

2—7 功及功率

由上一節我們知道，電荷量 Q 與電壓 V 的乘績，等於對元件所做的功：

$$W = QV$$

功率則為單位時間內所做的功，如下式所示。

$$P = W/t = QV/t$$

此時我們把2-1的電流公式帶入上式則可得推論如下：

$$\therefore I = Q/t$$

$$\therefore P = QV/t = VI$$

由上式的結果，我們也可以了解功率即電壓與電流的乘績。

由於電功率之使用普遍，但在某些場合瓦特這單位仍嫌太小，所以有人改以馬力標示功率額。其關係

如下。

$$1\text{馬力 (HP)} = 746\text{瓦特 (W)}$$

2—8 電壓源、電流源

本節我們討論電源。能提供電路電能者及稱電源。電源可分電壓源和電流源。最簡單的電壓源即電池，它能提供電路直流電源，至於電流源之獲得必須藉助電壓源與其他元件組合而成。以下分別介紹電壓源與電流源。

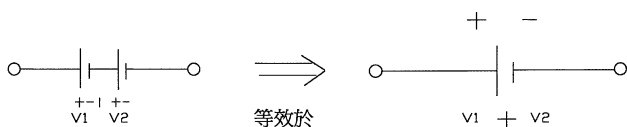
電池是我們最常使用的電壓源，它的原理主要是將化學能轉變成電能，而供應直流電壓。電池的種類有乾電池及蓄電池兩種，乾電池祇能使用一次，蓄電池則可再還原重新使用。

電池的壽命以安培／小時計算，就是假若有一個容量為100安培／小時的電池，則代表此電池可供給1安培直流電源100小時，或2安培電流50小時，或10安培電流10小時。

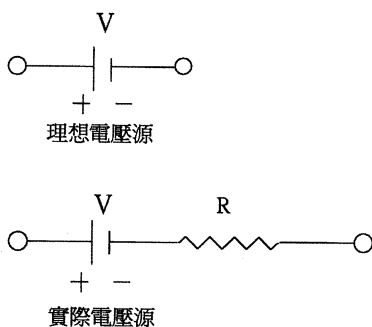
電池可串聯使用，以提供較高的電壓，串聯後之

電池電壓總合，即個電池電壓相加之值。請見圖二八所示。

必須要補充說明一點，我們在討論基本電學時，所討論的電壓源均為一理想值，即此電源不受輸出電流大小而影響其電壓值。如圖二九所示。但是實際應用時，電壓源仍有一小內電阻存在，這是在實作時必須要加以考慮的。



■ 圖二八 電池之串聯



■ 圖二九 電壓源之電路標示

2—9 其他電源

在日常生活中除了電池之外的電源有下列幾種。

(1) 機械能轉電能

例：發電機

發電機最常見的有水力發電、火力發電及核能發電。藉著機械的轉動，割切磁場磁通而產生電能，此法為我們的主要電力來源。

(2) 光能轉電能

例：太陽能電池

太陽能電池以其晶片受光程度大小而轉換電能，因此型電能轉換非常依賴陽光，所以能提供之電能有限。

(3) 熱能轉電能

例：熱電偶器

熱電偶器藉熱偶所受之熱源轉換成電能，其能提供之電源亦相當微弱。

(4) 壓力轉電能

例：壓電材料，石英晶體電池。

壓電材料和石英晶體在工業上常見之換能器，他們在表面受壓後，會有電流釋出給電路，通常用於工業控制上，雖然提供之電能亦十分有限，但在特定的精密控制要求上卻十分的方便。

(5) 磁能轉電能

例：感應線圈如天線線圈、磁頭。

此種獲得電源方式是利用磁能之轉換而產生電能，在某些家庭電氣上，此種材料可以提供簡易，小功率的輸出，應用十分的方便。

B 電阻

2—10 歐姆定律

電荷在物質中流動時會遇到阻力，此阻力在電學上稱之為電阻，其單位為歐姆（ohm）並常以希臘字 Ω 來表示，電阻亦簡寫為R（resistance）如圖所示。一般物質之電阻特性可分為三類：

(1) 導體：導體為易於導電之物質其電阻值很低。

(2) 絕緣體：絕緣體為電流幾乎無法流動之物質，電阻值極高。

(3) 半導體：此類物質其電阻特性介於導體與絕緣體之間。

一材料及截面均勻之導線，其電阻值乃根據以下因素而決定：(1) 材料性質、(2) 導線長度、(3) 導線截面積、(4) 溫度。

在一定溫度下，我們可由下式計算導線電阻：

$$R(\text{導線電阻}) = \rho(\text{導線電阻係數}) l(\text{導線長度}) / A(\text{導線截面積})$$

$$R = \rho l / A$$

由上式可推之，再定溫時，導線之電阻與其長度成正比，而與其截面積成反比，至於導線之電阻係數則依材質而定。

換而言之，隨著溫度改變，導線之電阻值也會隨之發生變化。由此我們可以得到另一個計算式。

$$R_2(\text{受溫度改變後電阻}) = R_1(\text{原電阻})$$

$$\mathbf{【1 + \alpha_1(t_2 - t_1)】}$$

α_1 為導線材料在 t_1 °C 時之電阻溫度係數， t_2 為改變後溫度， t_1 為原溫度。

在介紹完電阻之性質後，我們接著看歐姆定律，其定義如下：

歐姆定律：電路中之穩定電流大小，與電壓成正比，而與電阻成反比。其關係可表成下式。

$$V \text{ (電壓)} = I \text{ (電流)} R \text{ (電阻)}$$

$$I = V/R \text{ 或 } R = V/I$$

單位為：

$$V \text{ (伏特)} = I \text{ (安培)} R \text{ (歐姆)}$$

2—11 電導

電導之名詞是由電阻衍生而來，電導是電阻的倒數。其關係如下式所示

$$G \text{ (電導簡寫,)} = 1 / R \text{ (電阻)}$$

電導單位為姆歐，常以倒寫的 Ω 表示。從物理意義而言，電導表示電流通過導線的容易度。

2-12 可變電阻器

電阻分為固定及可變電阻兩種，本節針對可變電阻器講述。

可變電阻器之設計，通常以調整旋鈕或滑動接動片，來達到改變電阻值的目的。目前常用之可變電阻器有下列三類。

(1) 電位器

此類元件有線繞式和碳化式兩種。線繞式元件可以改變電阻值，也可改變電壓比值。碳化式元件只能改變電阻值。

基本上，電位器本身可視為三端接頭之可變電阻，此電位器最常用於音響設備之音量控制，有時也可作為燈光控制用。

(2) 可變電阻器

可變電阻器與電位器不同的地方是可變電阻為兩端接頭，所以在應用上受限較多。

(3) 半可調電阻器

此類電阻因只能用於較小範圍之電阻值調整，所

以價格較低廉，常被使用於完成某些電路控制。此類電阻亦稱為半固定電阻。

