

電的基本概念

低重要

高重要

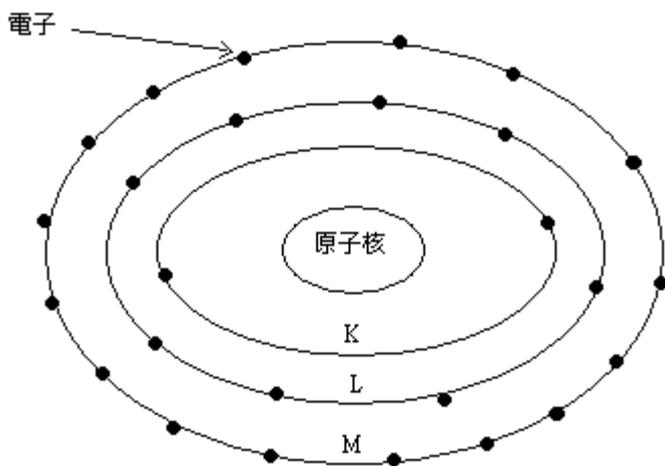
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
重	要	程	度	指	示	條			

許多人不了解電，最主要的原因是電沒有實體的形態，也就是說電是無色、無聲、無味及無形的。在經過了許多年的科學研究，知道電是由許多微小的電子活動所組成的，當這些電子不動時，我們得到的靜止的電，稱為靜電。當電子被迫移動時，電子就處於運動的狀態，稱為動電。在工廠中、各學校中、家庭及許多任何場所所應用的就是這種動電，其功能無窮，因此，要了解電的本質與特性，我們可以從接下來的各單位來探討。

1-1 電的本質

將物質以物理方法分割，而未改變其原有物質特性之最小微粒稱為分子。若再將分子以化學方法分解，使其失去原來物質特性之最小微粒者稱之為原子。

基本原子核構造如下圖所示。它是由中子及質子所組成的原子核與一群環繞在外圍軌道之電子。電子為帶負的電荷，質子為帶正的電荷，且每個原子之電子與質子數量相同。



原子構造圖



各層最大電子數 = $2N^2$

N ：代表層數，及 $K=1 \cdot L=2 \cdot M=3 \cdot \dots$ 。

一個質子帶電量 = 1.6×10^{-19} 庫侖；一個電子帶電量 = -1.6×10^{-19} 庫侖；

一個中子帶電量 = 0 庫侖。

原子正常狀態時，質子與電子數相同且帶電量亦相同，固呈電中性。電子受到原子核吸引，以極快之速度在其軌道環繞原子核運轉，而最外層軌道電子，受到原子核之束縛力較弱，易受外面能量之影響，使其脫離原子，此脫離軌道而自由活動之電子即稱為自由電子。導體就是靠此大量的自由電子移動而形成電流。

若外加一能量，使其質子與電子之平衡狀態破壞，若原子中之電子逸出其軌道，則此原子失去電子，遂成為帶正電。此原子失去電子，而使原子呈現出正電荷，則稱為陽離子；若此原子獲得電子，則原子便呈現帶負電，稱為陰離子。



精選例題

原子構造包括：____、____、____。

解答：電子、質子、中子

1-2 常用單位

目前世界最常用的單位系統是「國際單位系統」，簡稱為 SI 制。

下表為電學常用之國際單位系統(SI制)：

名稱	符號	單位	單位符號
電荷	Q	庫侖	C
電流	I	安培	A
電壓	V	伏特	V
電阻	R	歐姆	Ω



電功率	P	瓦特	W
電感	L	亨利	H
電容	C	法拉	F
磁通量	ϕ	韋伯	Wb
電能	W	焦耳	J

下表為常用字首之十進數值：

字首名稱	符號	十的乘冪
兆	T	10^{12}
十億	G	10^9
百萬	M	10^6
仟	k	10^3
佰	H	10^2
十	Da	10
分	d	10^{-1}
厘	c	10^{-2}
毫	m	10^{-3}
微	μ	10^{-6}
奈·毫微	n	10^{-9}
漠·微微	p	10^{-12}

其中以 M、k、m、 μ 、p 最常用。



精選例題

將下列各題改用字首表示：(1) $I=0.004\text{A}=\underline{\quad}\text{A}$ ；(2) $V=3\times 10^6=\underline{\quad}\text{V}$ ；
(3) $R=3\times 10^3=\underline{\quad}\Omega$ ；(4) $L=6\times 10^{-6}=\underline{\quad}\text{H}$

解答：(1)4m (2)3M (3)3k (4)6 μ



1-3 能量

能量是物質做功的能力，意指任何能夠做功的物質，都可以說它具備了能量。宇宙間之能量是不滅的，我們不能毀滅能，亦不能產生能。

『功』是什麼？在有力作用的地方，就有功。功是施給物體一定的力(F)，使物體沿力的方向移動，其移動距離為 S，則不變的力乘以力在作用期間所移動之距離，稱為功。

$$W = F \times S$$

功與能量的符號為 W，而在 S I 單位制之單位為焦耳，等於牛頓-公尺

$$1\text{J} = 1\text{NT} \cdot \text{m} = \frac{1}{9.8} \text{kg} \cdot \text{m} \quad (\because 1\text{kg} = 9.8\text{NT})$$

在電工方面，實用的電能單位是瓦特小時或仟瓦小時，在工廠用電或家庭用電，是跟據電能計算的。

1-4 電荷

帶電體內所含電荷的數量稱為電量，符號為 Q，以庫侖(C)為單位。

$$1 \text{ 庫侖} = 6.25 \times 10^{18} \text{ 個電子}$$

$$\Rightarrow 1 \text{ 個電子} = \frac{1}{6.25 \times 10^{18}} \approx 1.6 \times 10^{-19} \text{ 庫侖}$$

電荷之特性如下：

1. 電荷有分兩種，即正電荷與負電荷。
2. 電荷間具有同性相斥，異性相吸。
3. 任何兩種不同材料摩擦後，其中一為正電荷，另一必為同電量之負電荷。



1-5 電壓

電壓為電位、電位差、電動勢及電壓降之通稱，其單位為伏特(V)。

電位是以大地為參考點，在各處地面之電位差為該點之電位。電位用一個註字表示，例如 V_A 表示 A 點之電位。而電位差為任兩點電位之差，電位差用二個註字表示，例如 AB 兩點之電位差用 V_{AB} 表示，即 $V_A - V_B$ 。

電壓定義為：將一庫侖之電荷，自一元件端移至另一端時所做的功。

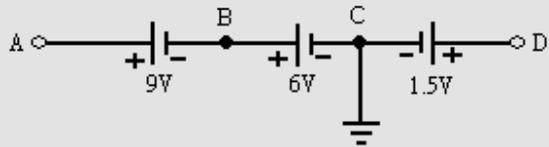
$$V = \frac{W}{Q}$$



精選例題

如下圖所示，求

- (1) 電位 V_A 及 V_D ?
- (2) 電位差 $V_{AD} = ?$



解答：

- (1) C 為參考點，由圖可知， $V_D = 1.5V$ ， $V_B = 6V$ 。但 A 比 B 高 9V，所以 $V_A = 15V$
- (2) $V_{AD} = V_A - V_D = 15 - 1.5 = 13.5V$

1-6 電流

電流之本質是電荷移動所形成的，而其電流值之大小與移動之電荷多寡及速率均有關係。電流大小定義為：在單位時間內，通過導體截面積之電荷量。

$$I = \frac{Q}{t}$$

由上式可知在 1 秒鐘有 1 庫侖之電荷通過導體截面積，則電流為 1 安培。



精選例題

一、有一導線，其電流為 1mA，求(1)每秒通過導線截面積之電子數？(2)每分鐘通過導線截面積之電量為多少？

解答：

$$(1) Q = It = 1 \times 10^{-3} \times 1 = 10^{-3} \text{ 庫侖}$$

$$= 10^{-3} \times 6.25 \times 10^{18} = 6.25 \times 10^{15} \text{ 個電子}$$

$$(2) Q = It = 1 \times 10^{-3} \times 60 = 6 \times 10^{-2} \text{ 庫侖}$$

二、有一導線在 5 秒鐘有 12.5×10^{10} 自由電子通過，則 $I = \underline{\hspace{1cm}} \text{ A} = \underline{\hspace{1cm}} \mu \text{ A}$ 。

$$\text{解答：} I = \frac{Q}{t} = \frac{12.5 \times 10^{10} \times 1.6 \times 10^{-19}}{5} = 0.4 \times 10^{-8} \text{ A} = 0.4 \times 10^{-2} \mu \text{ A}$$

1-7 功率

單位時間所做的功或消耗電能量的比率，稱為電功率。1 瓦特即表示每秒做功 1 焦耳。

$$P = \frac{W}{t}$$

P 表示電功率，單位為瓦特；W 表示功，單位為焦耳；而 t 為時間，單位秒。

在直流電路中，電功率是電壓與電流之乘積，故亦可表示成 $P = VI$ 。

功率的另一實用單位稱為馬力(hp)，是以一匹馬在一整個工作天中平均功率為度量之標準，而瓦特與馬力的關係為： $1 \text{ 馬力} = 746 \text{ 瓦特}$

在電路中，若兩點間之電位差為 V，則將 Q 庫侖電電荷自一點移至另一點時，所做的功，稱為電能，以 W 表示，單位為焦耳。

$$W = QV = Pt$$

電能一般使用焦耳為單位， $1 \text{ 焦耳} = 1 \text{ 庫侖} \cdot \text{伏特} = 1 \text{ 瓦特} \cdot \text{秒}$

焦耳有時嫌單位太小，而用「度電」表示。



1 度電之定義為：1 度電 = 1 仟瓦小時 = 1kWh = 1000 瓦特 × 3600 秒
 $= 3.6 \times 10^6 \text{ 瓦特-秒} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$

有時焦耳又嫌太大，而用電子伏特(eV)表示：

1 電子伏特(eV) = 1.6×10^{-19} 庫侖-伏特 = 1.6×10^{-19} 焦耳



精選例題

一、讓 10hp 之電動機運轉 10 分鐘，消耗電能多少焦耳？等於多少度電？

解答：

$10\text{hp} = 10 \times 746 = 7460\text{W}$; $t = 10 \text{ 分鐘} = 10 \times 60 = 600 \text{ 秒}$

$$W = Pt = 7460 \times 600 = 4.476 \times 10^6 \text{J} = \frac{4.476 \times 10^6}{3.6 \times 10^6} = 1.24 \text{ 度}$$

二、某家庭每日平均用電如下：(1)200W 電視機用 4 小時；(2)400W 洗衣機用 45 分鐘；(3)100W 燈炮 10 個 4 小時。假設每度電費 3.6 元，求該家庭每月(30 天)需付電費多少？

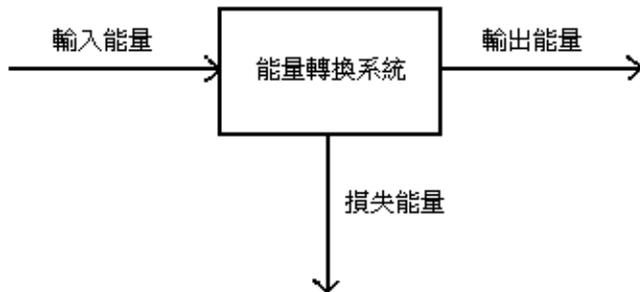
解答：

$$W = P_1 t_1 + P_2 t_2 + P_3 t_3 = 0.2 \times 4 + 0.4 \times 0.75 + 1 \times 4 = 5.1\text{kwh} = 5.1 \text{ 度電}$$

$$\text{每月電費} = 3.6 \times 5.1 \times 30 = 550.8 \text{ 元}$$

1-8 效率

效率(η)可定義為輸出能量對輸入能量之比值，並以百分率表示，如果令輸入能量為 W_i ，輸出能量為 W_o ，損失能量為 W_{loss} ，由右圖可得：



$$W_i = W_o + W_{\text{loss}}$$



因 $P = \frac{W}{t}$ ，上式兩邊各除以 t ，則 $\frac{W_i}{t} = \frac{W_o}{t} + \frac{W_{\text{loss}}}{t}$

即 $P_i = P_o + P_{\text{loss}}$

式中 P_i 為輸入功率， P_o 為輸出功率， P_{loss} 為損失功率。

綜合上述，則效率可以下兩式表示：

$$1. \eta = \frac{W_o}{W_i} \times 100\%$$

$$2. \eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\%$$

若一大系統由許多系統串接而成，如下圖，而每一系統之效率為 η_1 ， η_2 ， $\eta_3 \dots$ ，則此系統之效率為 $\eta_T = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \dots \times \eta_n$



精選例題

有一 2hp 之直流電動機效率為 80%，求其輸入功率。

$$\text{解答：} \eta = \frac{P_o}{P_i} \times 100\% \Rightarrow 0.8 = \frac{2 \times 746}{P_i}, \quad P_i = \frac{2 \times 746}{0.8} = 1865 \text{ W}$$

低重要

高重要

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
重	要	程	度	指	示	條			

2-1-1 電阻

由前一章知電荷 Q 移動即形成電流，但任何材料對電荷移動會呈現移動之阻力，此反抗電荷移動之阻力即稱為電阻。電阻單位為歐姆(Ω)。

決定電阻值大小，有下列幾個因素：

- 1.材料的種類：不同材料其電阻係數(ρ)不同，而 R 與 ρ 值成正比。
- 2.導體的長度(l)： R 值與 l 成正比。
- 3.導體的截面積(A)： R 值與 A 成反比。

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

其中 ρ 為電阻係數，SI 制單位為 $\Omega \cdot m$ 。 l 單位為公尺(m)， A 單位為平方公尺(m^2)



精選例題

有一導線電阻 4Ω ，若將其拉長使其長度為原來之兩倍，求拉長後之電阻多少？

解答：

因體積沒有改變，體積 = $A \times l$ ，所以長度拉長 2 倍，截面積應縮小為原來 $\frac{1}{2}$ 。

由題意知原來之 $R = \rho \frac{\ell}{A} = 4\Omega$ ，拉長後之 $R_2 = \rho \frac{2\ell}{\frac{A}{2}} = 4\rho \frac{\ell}{A} = 16\Omega$

2-1-2 電導及電導係數

電導(G)，為電阻的倒數，可表示成：電導(G) = $\frac{1}{R} = \frac{1}{\rho} \times \frac{A}{\ell} = \gamma \frac{A}{\ell}$

電導單位 SI 制為西門斯(S)。

γ 稱為電導係數，其定義為電阻係數的倒數，故電導係數與電阻係數成反比。



精選例題

試求下列電導的電阻值：(1) $G = 10\text{S}$ ， $R = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(2) $G = 2\text{mS}$ ， $R = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(3) $G = 20\mu\text{S}$ ， $R = \underline{\hspace{2cm}}$ 。(4) $G = 0\text{S}$ ， $R = \underline{\hspace{2cm}}$ 。

解答：(1) 0.1Ω (2) 500Ω (3) $50\text{k}\Omega$ (4) $\infty\Omega$

2-2 常用電阻器

在電機工程或電子電路上，為了能控制適當的電流或電壓，最常採用的方法是在電路內放入合適的電阻值。雖然各有不同的外型、構造、功率，但它們可歸納為固定電阻、可變電阻及半固定可變電阻三種。分別在下面介紹：

● 固定電阻

固定電阻是電阻值為固定不變的電阻，依材料、功率大小有下列幾種：

- (1) 碳素電阻：以炭及石墨物質膠合而成，一般適合用於小功率，其誤差大。
- (2) 碳膜電阻：以炭粉塗於瓷柱上，並將炭粉切割成螺絲狀，適合用於小功率，其誤差較小。
- (3) 線繞電阻：以金屬繞製而成，其電阻值較低，但功率較高。