

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：

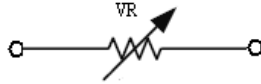
- (1) 碳素電阻：以炭及石墨物質膠合而成，一般適合用於小功率，其誤差大。
- (2) 碳膜電阻：以炭粉塗於瓷柱上，並將炭粉切割成螺絲狀，適合用於小功率，其誤差較小。
- (3) 線繞電阻：以金屬繞製而成，其電阻值較低，但功率較高。



(4)水泥電阻：以繞線電阻用耐繞水泥填充密封而成，具耐繞性，高功率。

●可變電阻

可變電阻(簡稱 VR)其電阻值可隨需要而做適當的調整。其符號如下圖所示。



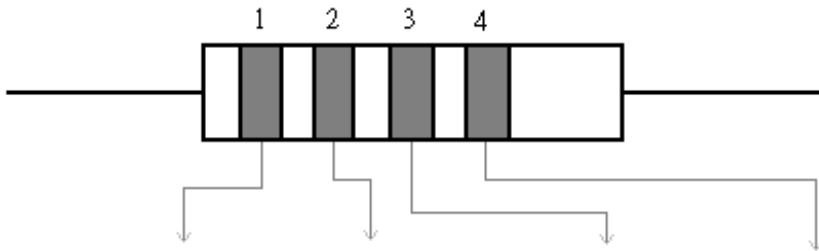
●半固定可變電阻

半固定可變電阻屬於可變電阻的一種，一般均用小起子調整電阻值，由工程師或專業人員調整適當後放在機器之內部即不再調整，使用者不可能再調整此電阻器的電阻大小。

2-3 色碼電阻

一般小功率之電阻器如碳素、碳膜或金屬電阻器，因其體積太小，而以色碼印在其上面。色碼電阻可分四碼與五碼兩種，其識別方法如下：

●四碼電阻識別法

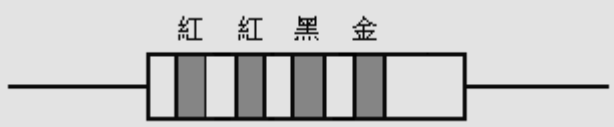


色碼	第一數字	第二數字	冪次	誤差
黑	0	0	10^0	—
棕	1	1	10^1	—
紅	2	2	10^2	—
橙	3	3	10^3	—
黃	4	4	10^4	—

綠	5	5	10^5	—
藍	6	6	10^6	—
紫	7	7	10^7	—
灰	8	8	10^8	—
白	9	9	10^9	—
金	—	—	10^{-1}	±5%
銀	—	—	10^{-2}	±10%
無色	—	—	—	±20%

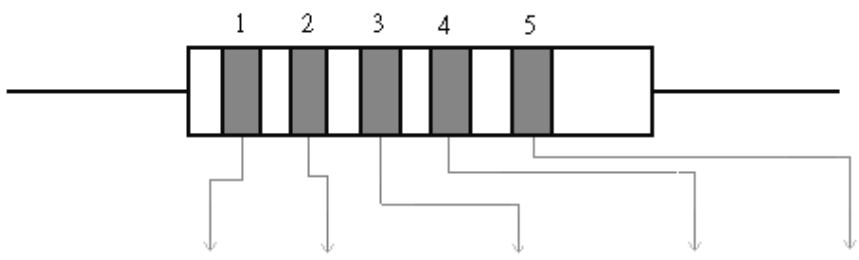
 **精選例題**

試讀出電阻值。



解答：R = $22 \times 10^0 \pm 5\% = 22 \pm 5\%$

● **五碼電阻識別法**



色碼	第一數字	第二數字	第三數字	冪次	誤差
黑	0	0	0	10^0	—
棕	1	1	1	10^1	±1%
紅	2	2	2	10^2	±2%
橙	3	3	3	10^3	—
黃	4	4	4	10^4	—
綠	5	5	5	10^5	±5%

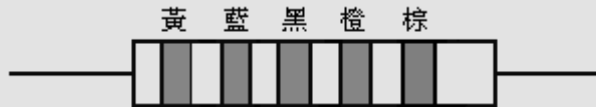


藍	6	6	6	10^6	$\pm 0.25\%$
紫	7	7	7	10^7	$\pm 0.1\%$
灰	8	8	8	10^8	—
白	9	9	9	10^9	—
金	—	—	—	10^{-1}	—
銀	—	—	—	10^{-2}	—



精選例題

試讀出電阻值。

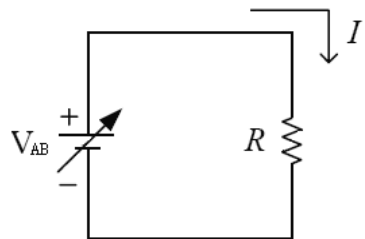


解答： $R = 460 \times 10^3 \pm 1\% = 460\text{k} \pm 1\%$

2-4 歐姆定律

$$I = \frac{V_{AB}}{R}$$

歐姆定律為：流經電阻器(R)之電流大小與電阻器兩端之電位差成正比，與電阻大小成反比。



精選例題

$R = 20\ \Omega$ ，兩端電壓差 110V，則流經 R 之電流 = _____ A

解答： $I = \frac{110}{20} = 5.5\text{A}$



2-5 電阻溫度係數(α_t)

電阻與溫度之關係，可由材料之電阻溫度係數來決定。材料之電阻溫度係數定義：溫度每升高 1°C 所增加之電阻與原電阻之比，是為原溫度電阻溫度係數。

$$\alpha_t = \frac{\frac{R_2 - R_1}{t_2 - t_1}}{R_1} = \frac{R_2 - R_1}{R_1(t_2 - t_1)} \dots\dots(1)$$

材料之 α_t 值為正，則溫度升高，電阻變大， α_t 值愈大表示材料之電阻值受溫度影響較大。若 α_t 值為負，則溫度升高電阻反而變小。

$$\text{公式(1)整理後可得公式 } R_2 = R_1[1 + \alpha_1(t_2 - t_1)] \dots\dots(2)$$

$$\text{經過轉換如下列二式： } R_1 = R_0[1 + \alpha_0(t_1 - 0)] \dots\dots\dots(1)$$

$$R_2 = R_0[1 + \alpha_0(t_2 - 0)] \dots\dots\dots(2)$$

將①/②再整理得公式

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{\frac{1}{\alpha_0} + t_2}{\frac{1}{\alpha_0} + t_1} \dots\dots\dots(3)$$

上式之 α_0 代表在 0°C 時之電阻溫度係數。然而一般導線使用銅材料之機會最多，而銅材料在 0°C 時之電阻溫度係數 $\alpha_0 = 0.00427$ ，其 $\frac{1}{\alpha_0} = 234.5$ 。

因此公式(3)轉換如下。


$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1} \dots\dots\dots(4)$$

上式僅能適用於銅材料，其他材料則必須代公式(3)



電阻溫度係數並非定值，會隨溫度變化而變化之，可利用以上電阻與溫度關係，可推導出電阻溫度係數與溫度關係，如公式(5)

$$\alpha_t = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_o} + t} \dots\dots(5)$$

 **精選例題**

有一台電動機，線圈在 25°C 時，電阻為 5 Ω，若在滿載運轉下，線圈電阻變為 12 Ω。則滿載時線圈溫度上升幾度？

解答：

應用公式(4)

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + t_1} \quad (\text{因電動機線圈材料為銅})$$

$$\frac{12}{5} = \frac{234.5 + t_2}{234.5 + 25} \quad \text{解之 } t_2 = 388.3^\circ\text{C}$$

$$\text{所以上升溫度} = 388.3 - 25 = 363.3^\circ\text{C}$$

2-6 焦耳定律

電流流經電阻時，電阻會產生熱量，此將電能轉換為熱能即為電流熱效應。電流流經電阻器其產生之熱量與電流平方成正比，與電阻及通電時間(t)成正比，即為焦耳定律。

根據物理學定義，一克水升高 1°C 所需之熱量為 1 卡，其必須取入 4.185 焦耳之能量，即 1 卡 = 4.185 焦耳，所以電能轉換熱能(H)，可依下公式求出：

$$H = \frac{I^2 R t}{4.185} = 0.24 I^2 R t \text{ 卡}$$