
電動機原理

Chapter 4 直流無刷馬達



直流無刷馬達

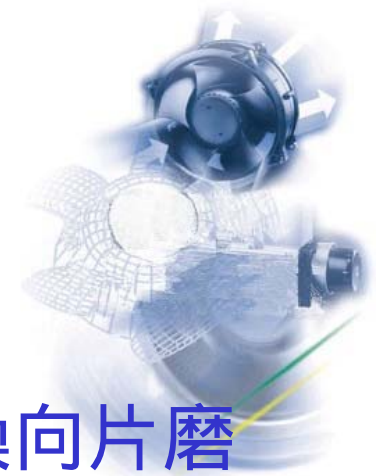


內容

- 直流無刷馬達的發展動機
- 無刷馬達與有刷馬達之差異與比較
- 直流無刷馬達的動作原理
- 直流無刷馬達的構造
- 直流無刷馬達的驅動
- 直流無刷馬達的應用

發展動機

直流無刷馬達之發展動機



➤ 常用的傳統直流馬達的缺點：

電刷與換向片的高速滑動，造成電刷與換向片磨擦甚鉅，如此一來引起不必要的種種電氣障礙與故障。

➤ 改進方式：

直流無刷馬達針對此缺點改進，取代引起毛病的電刷與換向片，改以電子元件代替，但原有直流機的優點仍能保留，故無刷直流馬達可說是傳統直流馬達改進而成的。

無刷馬達與有刷馬達之 差異與比較

無刷馬達與有刷馬達之差異



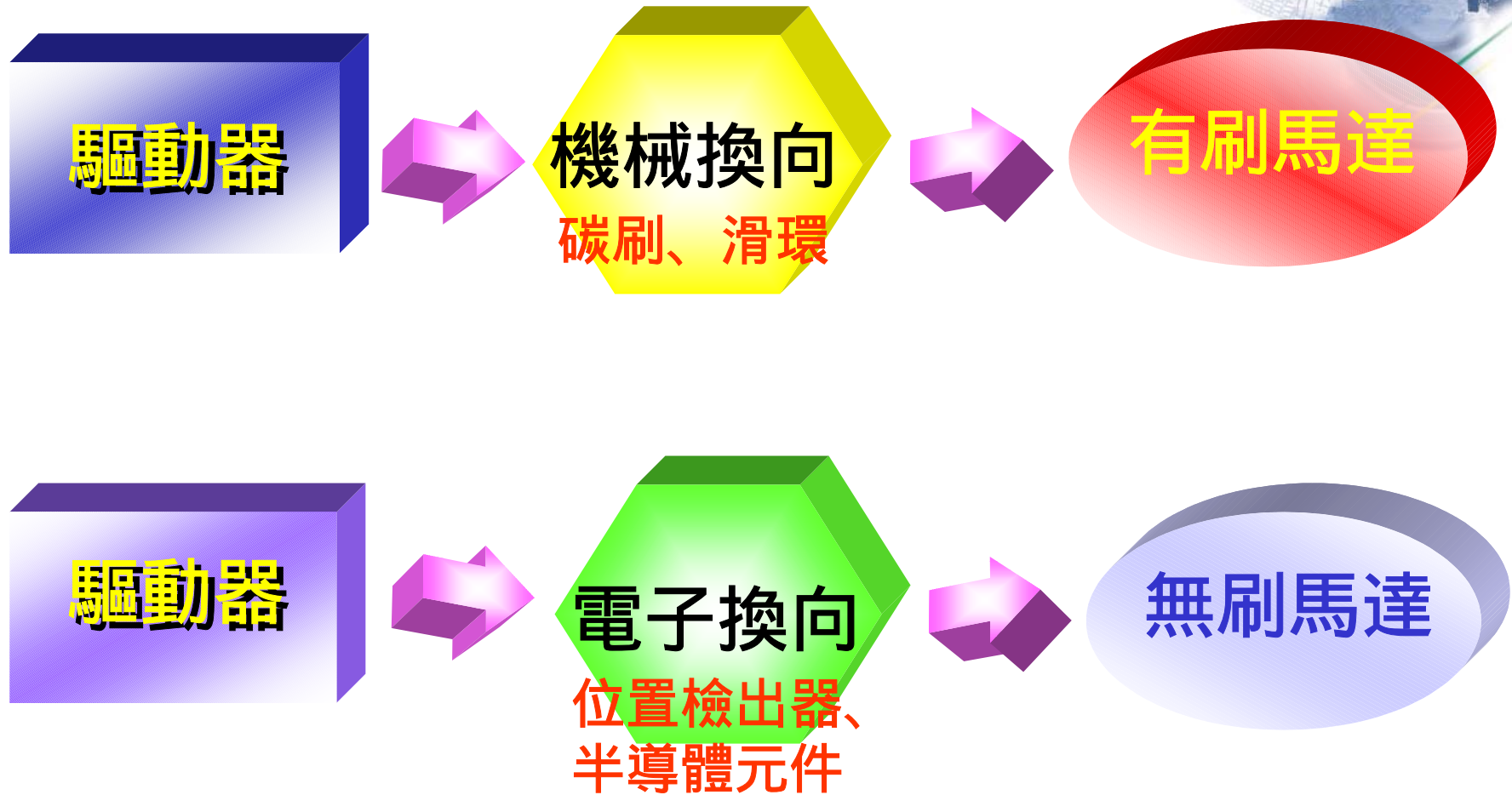
➤ 有刷馬達

- 以**機械式整流子或電刷**來控制換向動作

➤ 無刷馬達

- 以**電子式的電晶體**來控制換相動作。
- 利用磁場力的吸引及**磁場**的變化(換向)來達成**旋轉**輸出的動作。
- 電子式的換向器主要是利用 **Hall Sensor 感應馬達位置的變化**，藉以**來控制電晶體的開或關**。

無刷馬達與有刷馬達之差異



無刷馬達與有刷馬達之比較



Why Brushless?

- (1) 換向時不易產生高溫之電弧及金屬屑。
- (2) 電氣雜訊少，可靠度高、壽命長且易高速化。
- (3) 低電壓、起動快、易控制。
- (4) 製造容易、體積小。
- (5) 可適用於高溫環境下且維修費低。

無刷馬達與有刷馬達之比較



Why Brushless?

(6)在電刷部分不產生碳粉、油霧等之污垢。

(7)不產生電氣之雜訊(不產生電波干擾)。

(8)不產生火花。

(9)不閃絡 (flash over)。



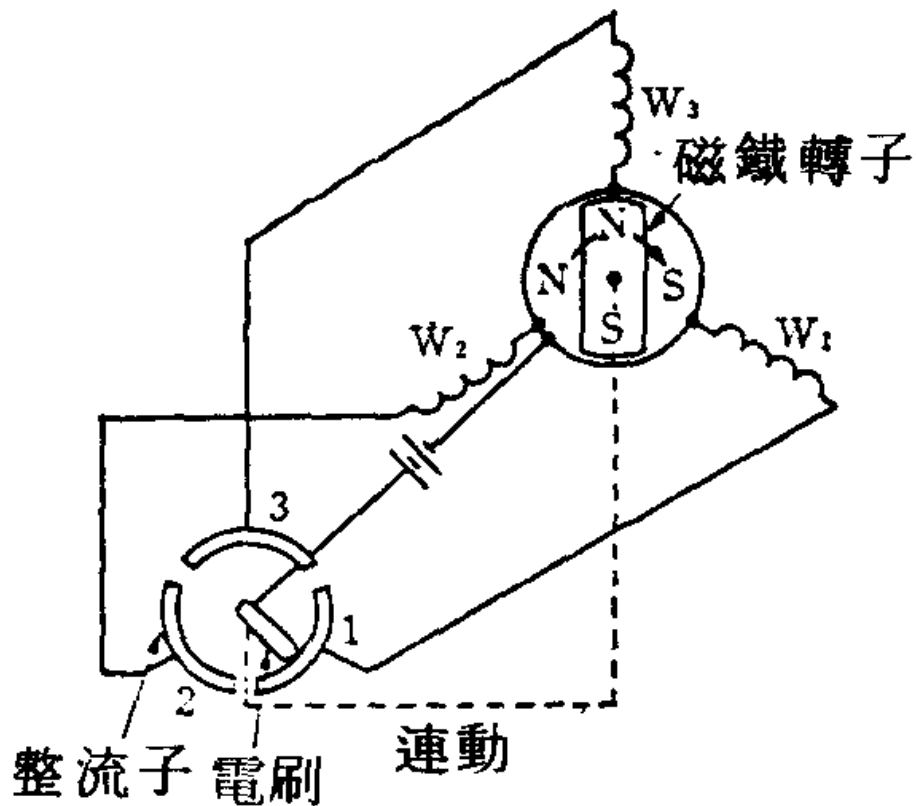
主要缺點

(1)需驅動電路成本較高。

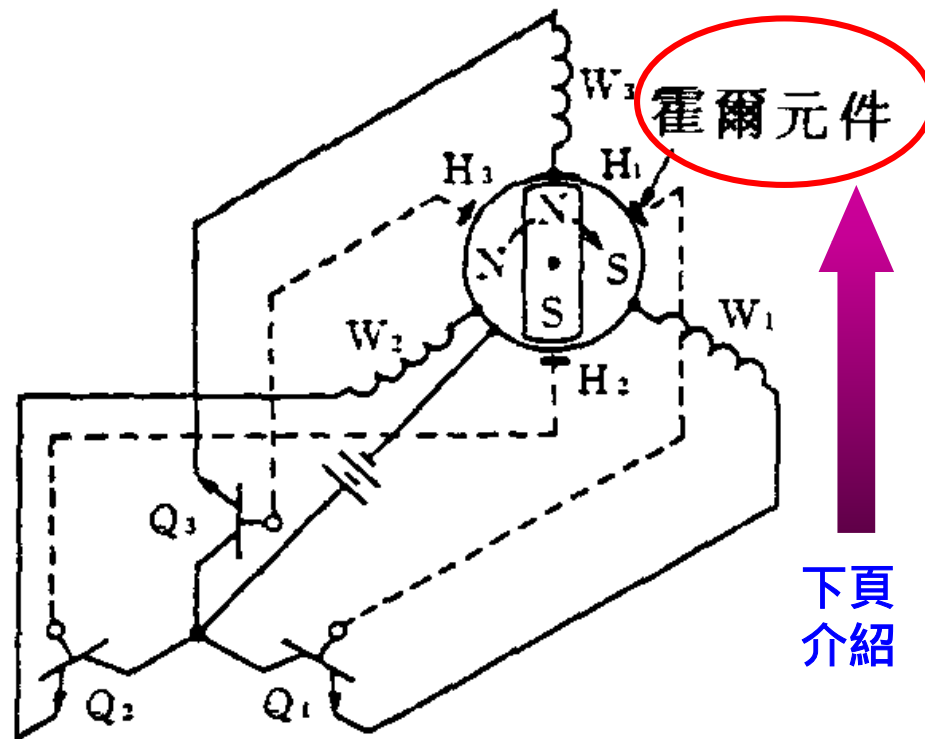
電子換向

動作原理

直流無刷馬達動作原理



有刷DC馬達



無刷DC馬達

以定子的換向來解說

直流無刷馬達動作原理



霍耳元件



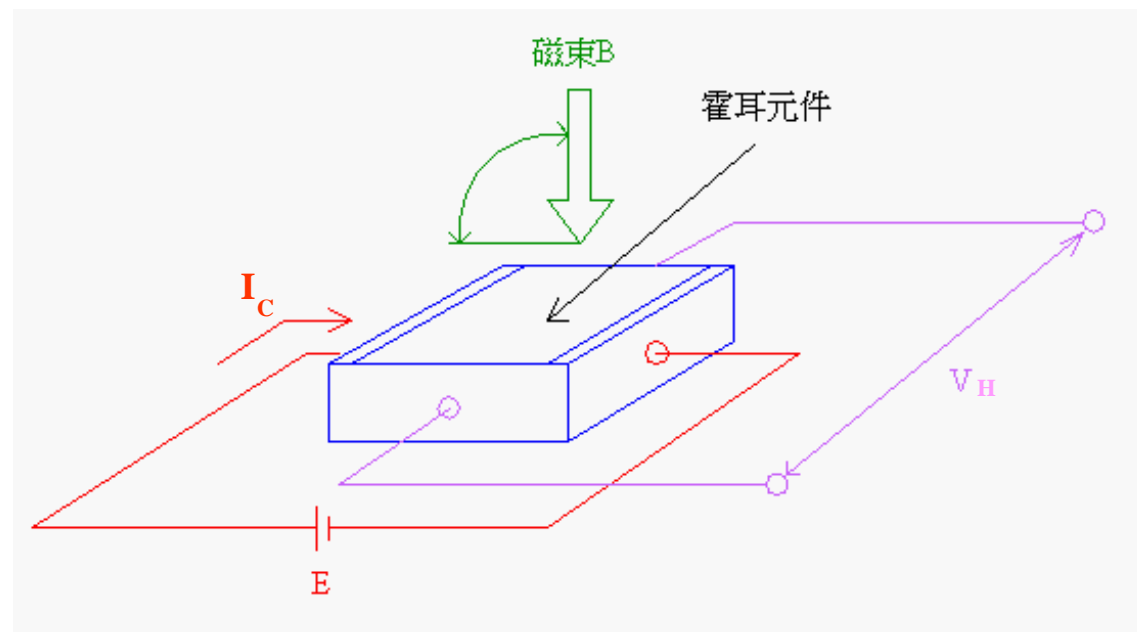
無刷馬達換向的依據

霍耳元件是直流無刷馬達最重要的主動元件，它用來感應**磁場的變化**以送出馬達控制訊號，使馬達得以持續而穩定的運轉。

直流無刷馬達動作原理

霍耳元件的原理

霍耳元件是利用**霍耳效應(Hall effect)**原理製成的元件，**檢測轉子的磁極**，**偵測轉子位置**，以其輸出訊號來引導定子電流相互**切換**，共有四個端子，二個端子控制輸入電流，若外界給予垂直磁場則另外二個端子輸出霍耳電壓 V_H 。



直流無刷馬達動作原理

霍耳元件的原理



$$V_H = K \times I_c \times B \cos$$

K ：靈敏度或積感度，與材質有關。

I_c ：輸入元件電流，大約mA到數十mA。

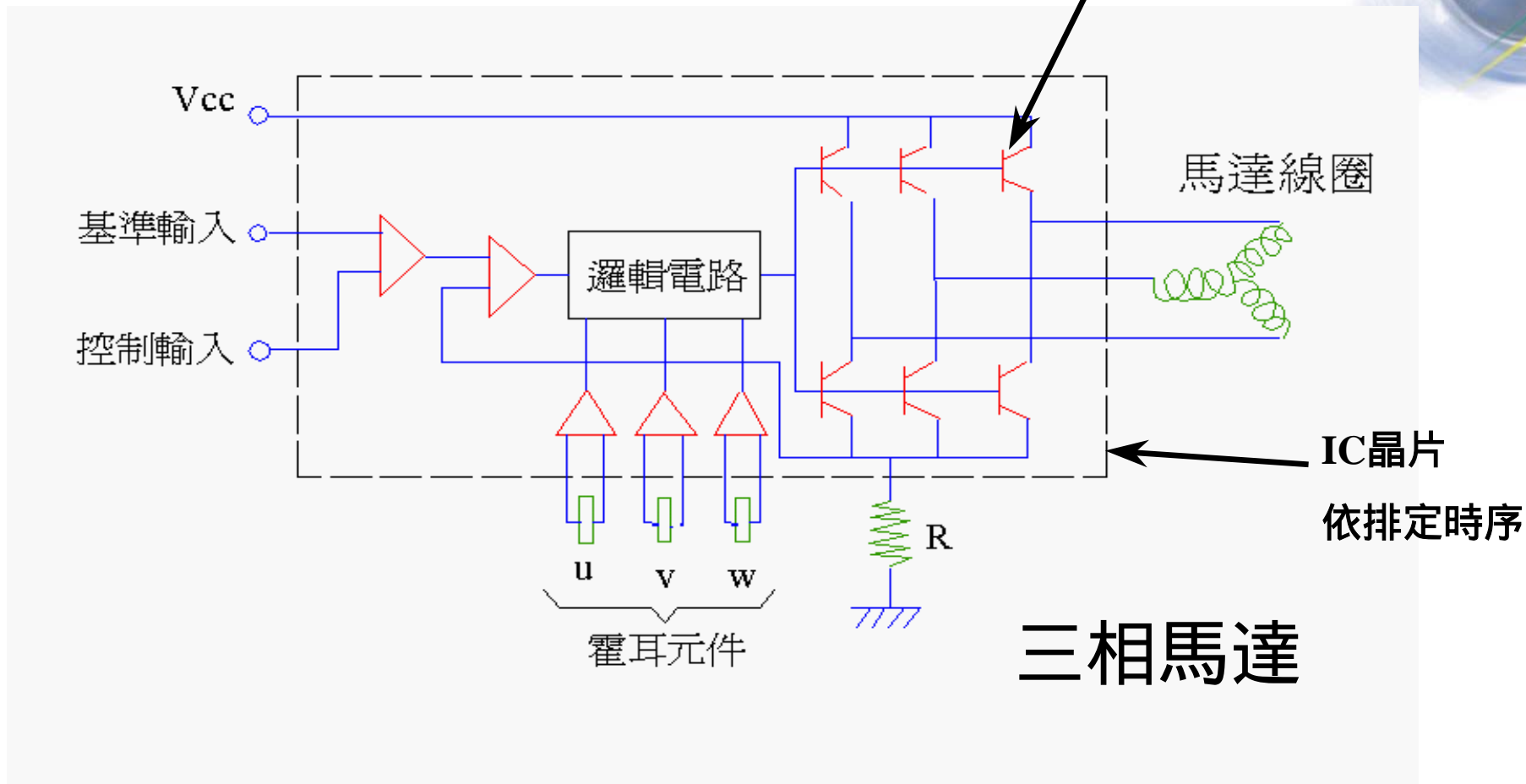
B ：外加的磁通密度，
若元件感測面與
外加磁場並非垂
直，則乘上 \cos 。

$$V_H \propto B$$

註： 有關霍爾元件更進一步的原理，以及霍爾(Edwin Herbert Hall) 本人的事跡，請參閱馬達科技數位學習網第九期電子報

直流無刷馬達動作原理

霍耳元件應用示意圖



直流無刷馬達動作原理

無刷馬達與霍耳元件

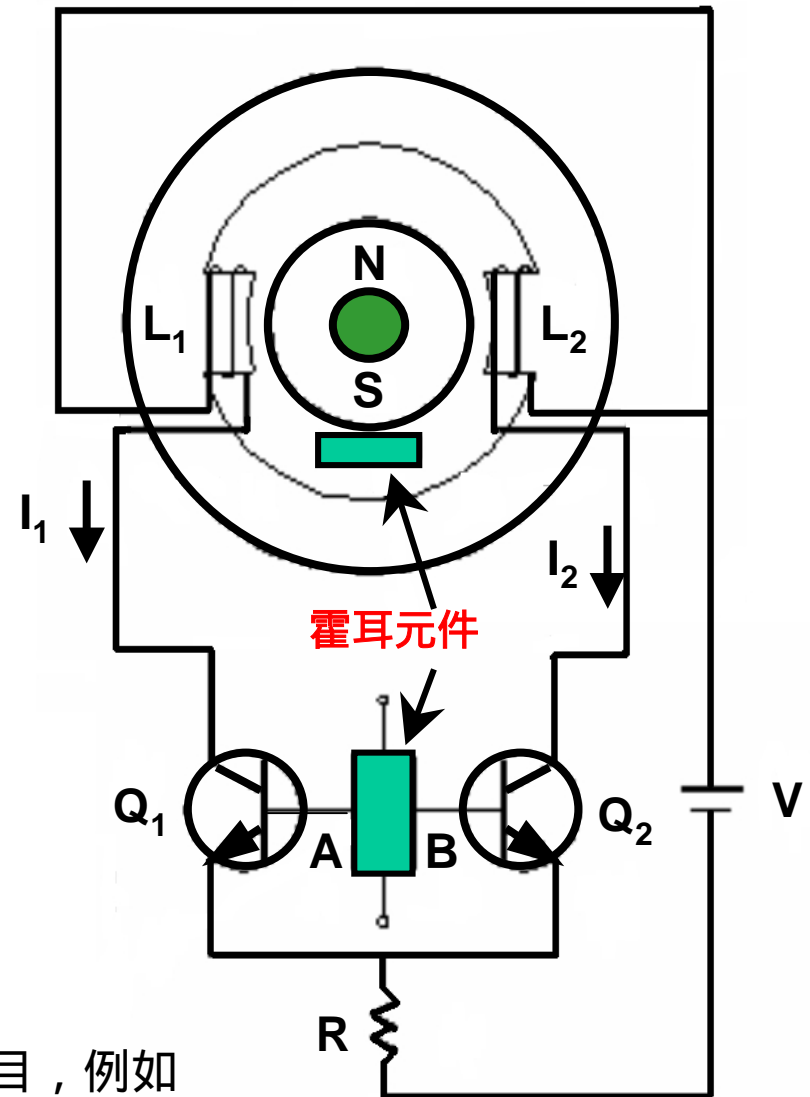
二相無刷直流馬達(單極)

如圖

狀態一：當轉子S極與霍耳元件距離最短，此時磁通密度最高(方向向上)，造成霍耳元件A端子電壓較大，使得電晶體Q1導通，則線圈L1內有 i_1 電流流通，因此線圈L1呈激磁狀態，依右手定則得知線圈L1右側為S極，故轉子逆時針旋轉。

狀態二：當轉子S極遠離霍耳元件時造成磁通密度下降，因此A、B端不再產生霍耳電壓，電晶體Q1、Q2呈OFF狀態。轉子因受慣性作用繼續旋轉。

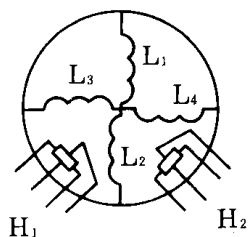
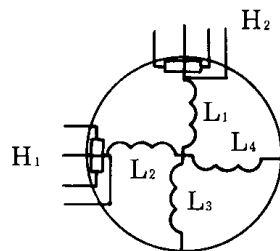
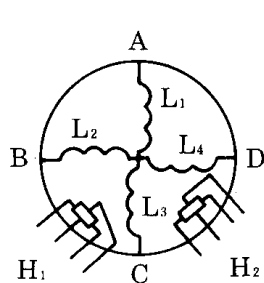
狀態三：當轉子N極轉至霍耳元件時，造成霍耳元件B端子電壓較大，使得Q2導通，則線圈L2內有 i_2 電流流通，因此線圈L2呈激磁狀態，轉子再度受磁力作用逆時針旋轉，依照如此程序轉子持續轉動。



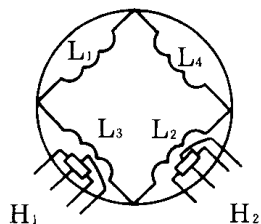
依精度要求可以增加場繞組線圈數目與霍耳元件數目，例如四相、五相無刷馬達，即是指此類運用霍耳元件製成的無刷直流伺服馬達。

直流無刷馬達動作原理

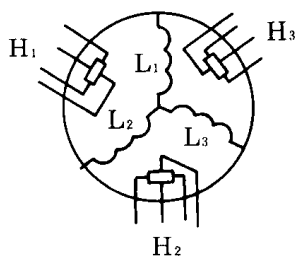
霍耳元件與定子線圈相關位置



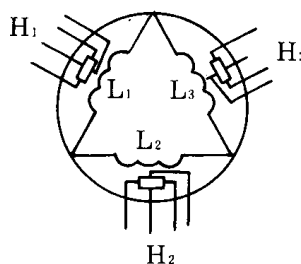
4 相 Y 接



4 相 Δ 接



3 相 Y 接



3 相 Δ 接

- 4相 90° ， L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 機械角位置是 90° ，而霍耳元件也成 90° 機械角。
- 4相 180° ， L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 機械角位置是 180° ，而霍耳元件也成 90° 機械角。
- 3相 120° ， L_1 、 L_2 、 L_3 、 L_4 機械角位置是 120° ，而霍耳元件也成 120° 機械角。

霍耳式電動機的特點



- (a) 較其他種類馬達效率高。
- (b) 具有高性能效果。
- (c) 可以達到馬達的正逆迴轉。
- (d) 適用於輕薄短小化的設計。

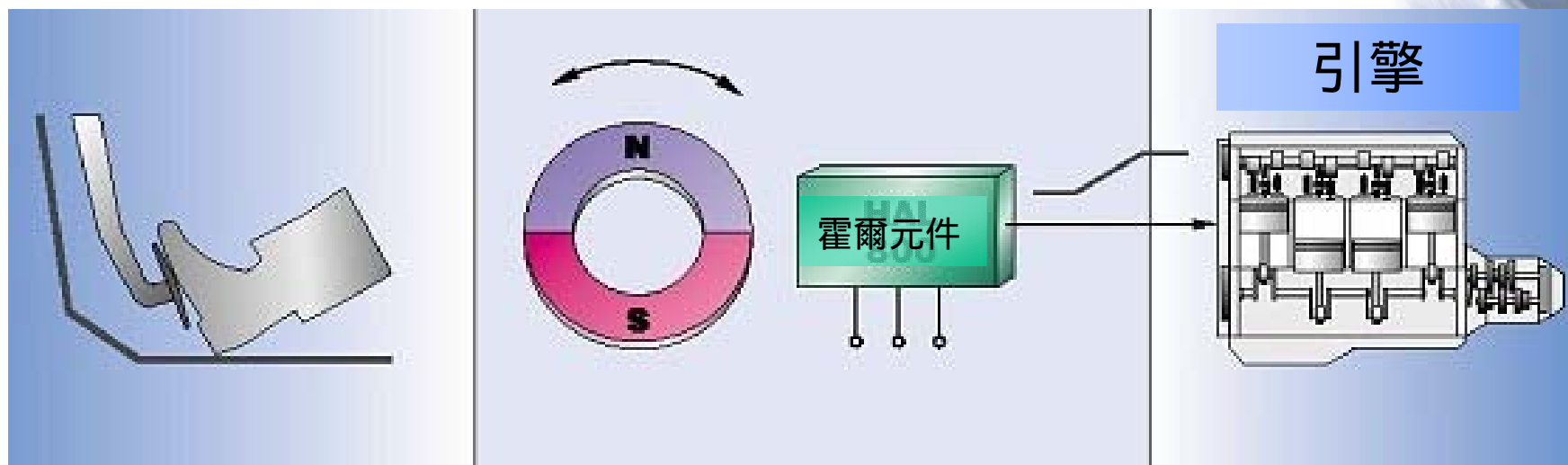
無刷直流伺服馬達由於利用霍耳元件感應激磁順序與時間，因此又稱作「電子換向馬達」，利用霍耳元件感應激磁順序與時間可以減少不必要的電能浪費，同時也可以適時的提供轉子轉動所需的電磁力，因此大幅提升馬達輸出扭矩與效率。

題外話—霍耳元件的應用

在汽車上的應用之一例

油門

引擎

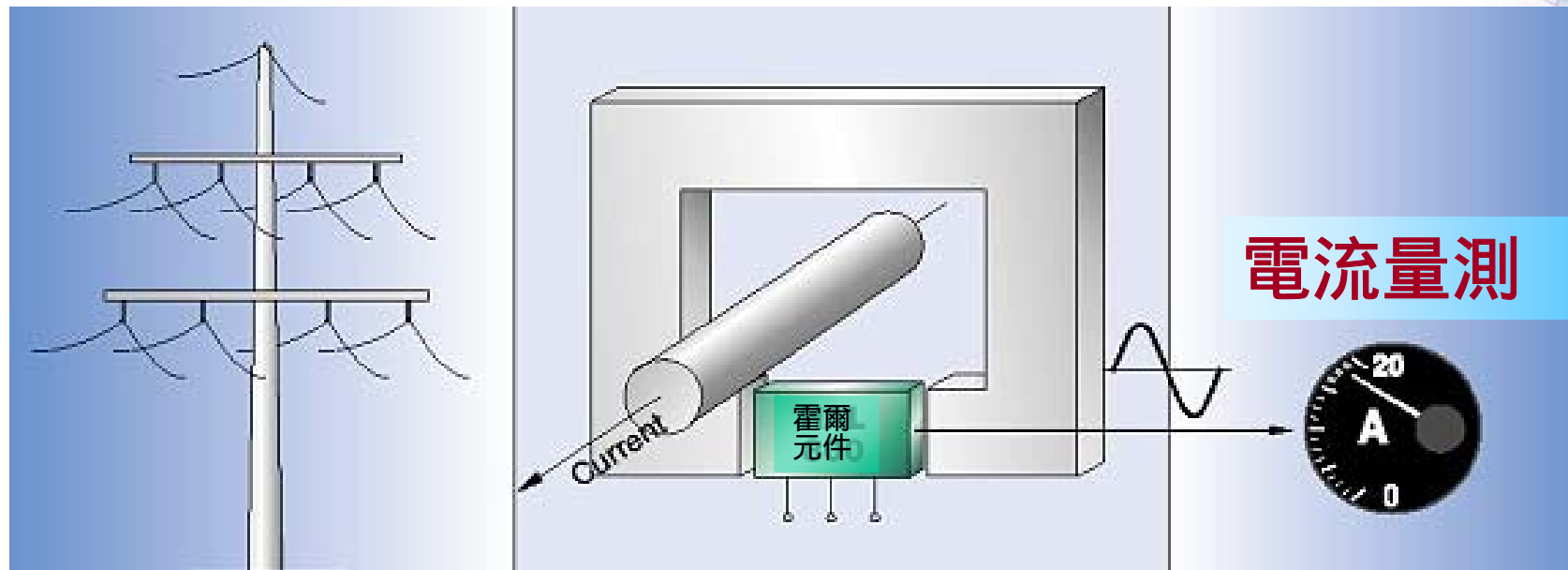


當油門踩下時，根據踩下的程度，一磁鐵會對應轉動。此時霍耳元件感測到磁場變化，將此角度變化轉換成類比電壓訊號，用以調節引擎。

題外話—霍耳元件的應用

工業應用

電流量測

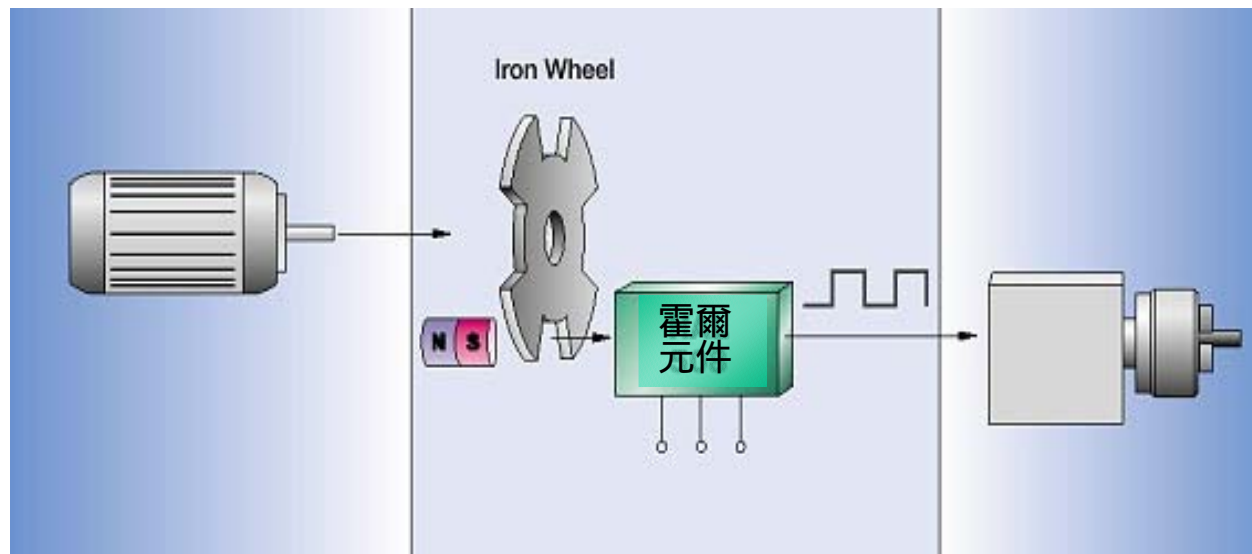


一帶電流的導體在軛鐵中產生磁場，磁場因導體電流的變動而變動，霍耳元件感應而輸出正比於導體中電流的訊號。

題外話—霍耳元件的應用

工業應用

RPM量測



磁鐵位於霍耳元件前端，一可旋轉之強磁輪置於兩者中間以調變磁場。

