

# 第十二章 制動器 學習目標

1. 學生能瞭解制動器的用途。
2. 學生能瞭解制動器的種類及構造。
3. 學生能瞭解制動器的材料。
4. 學生能熟練帶制動器與塊制動器之扭力及功率計算。
5. 學生能瞭解制動器之散熱作用。

# 12-1制動器的用途

- 制動器(brake)一般稱爲煞(刹)車，一套設計良好、功能完善的煞車(制動器)，是確保操作人員安全、避免設備損壞的最佳設備。
- 制動器的功用是使運動的機器減慢速度或完全停止。制動器是利用(1)機械摩擦力 (2)流體黏滯力 (3)電磁阻尼力，來達到制動的目的。

## 接上頁

制動器的良否與制動器本身的制動能力固然有關，但更重要的是制動器的散熱能力。制動器在制動時，必須吸收動能或位能，將其動能或位能轉換成熱能而散發出去。例如汽車制動器所需要吸收的動能遠比汽車引擎所發出的功率大很多。故制動器的散熱問題不容忽視

## 12-2制動器的種類及構造

制動器依制動的方法來分，可分為機械式制動器、電磁式制動器及液體式制動器等三大類。

# 12-2-1 機械式制動器

- 機械式制動器主要是依靠接觸面間的摩擦力，來產生制動作用。其作用不只可以使機械減速，亦可以使機械運動完全停止。
- 常用的機械式制動器有下列幾種：
  - 一、帶制動器 (band brakes)
  - 二、塊制動器 (block brake)
  - 三、鼓式制動器 (drum brake)
  - 四、圓盤制動器 (plate brakes)
  - 五、蝶式制動器 (disk brake)

# 一、帶制動器

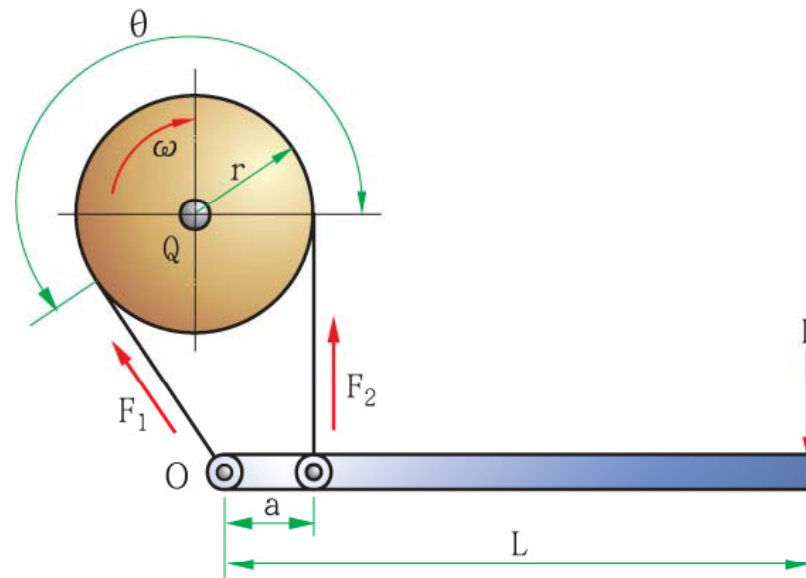
帶制動器主要包括制動帶、制動鼓輪及槓桿連桿等。制動帶可以用繩索、皮帶或柔性的鋼帶繞裝於鼓輪外而成。帶之內側大都以木材、石棉織物、皮革、金屬粉末及纖維物等摩擦係數較高的材料作為內襯。鼓輪之材料一般為鑄鐵或鑄鋼。制動時乃利用槓桿原理將制動帶拉緊，以達到煞車的目的。

# 接上頁

如圖12-1所示之帶制動器，若制動鼓輪以順時針方向轉。設  $\theta$ ：接觸角 (單位：徑度或弧度)

$F_1$ ：高力側的張力       $F_2$ ：低力側的張力

$e$ ：自然對數底數 $e=2.718$      $\mu$ ：摩擦係數



動畫12-1

圖 12-1 帶制動器

## 接上頁

若鼓輪的離心力不計，則

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\theta} \quad (12-1)$$

設鼓輪之半徑為 $r$ ，則作用於鼓輪上的制動扭力矩 $T$ 為。  
 $T = (F_1 - F_2) \times r \quad (12-2)$

若槓桿長為 $L$ ，槓桿尾端所加之外力為 $F$ 。取固定點 $O$ 為中心，其合力矩 (取順時針方向為正值)。

$$\sum M_O = F \times L - F_2 \times a = 0$$

$$\therefore F = \frac{F_2 \times a}{L} \quad (12-3a)$$



# 接上頁

如圖12-2所示，制動鼓以反時針方向轉時，制動扭力矩不變，原來圖12-1中鬆邊 $F_2$ 變為圖12-2中緊邊 $F_1$ 。

(12-3b)

$$\therefore F = \frac{F_1 \times a}{L}$$

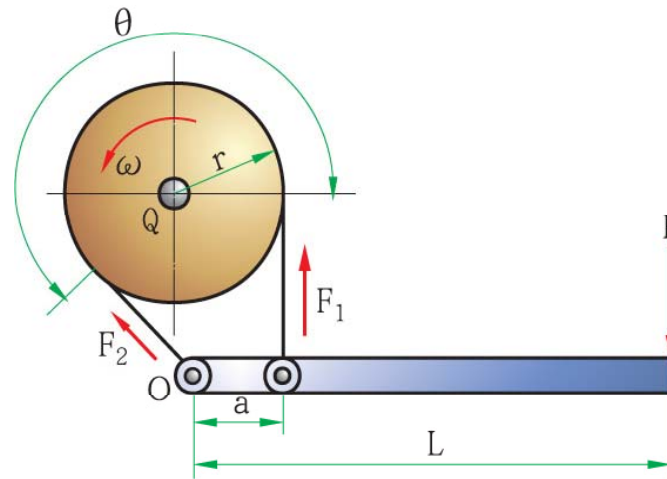


圖12-2帶制動器



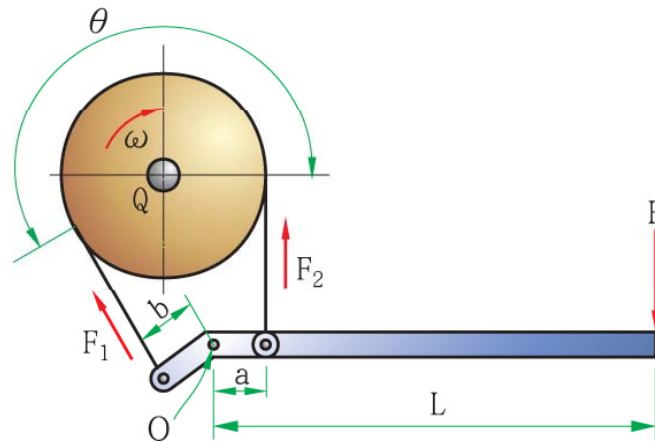
動畫12-2

# 接上頁

如圖12-3所示為一種差動式帶制動器(differential band brake)。取固定點O為支點中心，其合力矩

$$\sum M_o = 0 \quad \sum M_o = F \times L + F_1 \times b - F_2 \times a = 0 \quad (1)$$

$$F = \frac{F_2 \times a - F_1 \times b}{L} = \frac{F_2(a - be^{\mu\theta})}{L} \quad (12-4)$$



動畫12-3

圖12-3差動式帶制動器

## 接上頁

- 在(1)式中得知 $F_1$ 與 $F$ 同為增加制動扭力矩之力，有助於制動效果。此種制動器又稱自勵式制動器 (self-energizing brake)。
- 在前述公式(12-1)、(12-2)式對於這種制動器乃適用，但(12-3a)式須修改為(12-4)式才能適用。
- 在(12-4)式中假如分子 $a$ 為負值，則 $F$ 亦為負值。也就是說，只要帶與制動鼓一接觸，立即產生制動的作用而成自鎖(self locking)。要打開自鎖， $F$ 必須相反方向施力。故在設計時要使 $a$ 之值要略大於，使之值為正。最好盡可能使 $a$ 與接近，則 $F$ 可以減到最小，使操作最省力。

## [例1]

如圖12-1所示為一帶制動器，鼓輪之直徑為20cm，轉向順時針方向100rpm， $L=80\text{cm}$ ， $a=20\text{cm}$ ， $\theta=270^\circ$ ， $\mu=0.2$ ， $F_1=100\text{N}$ 求施於桿端之力 $F$ 及扭力矩 $T$ 為若干？（ $e^{0.942}=2.565$ ）

[解]：令  $r=10\text{cm}$      $\mu=0.2$      $\theta=\frac{3}{2}\pi(\text{rad})$   
 $F_1=100\text{N}$      $L=80\text{cm}$      $a=20\text{cm}$

$$\therefore \frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\theta}$$

$$F_2 = \frac{100}{e^{0.2 \times 1.5\pi}} = \frac{100}{2.565} = 39 \quad \text{N(牛頓)}$$

接上頁

$$F = \frac{F_2 \times a}{L} = \frac{39 \times 20}{80} = 9.75 \quad \text{N(牛頓)}$$

$$T = (F_1 - F_2) \times r = (100 - 39) \times 10 = 610 \quad \text{N} \cdot \text{cm}$$

## [例2]

[如圖12-3所示，爲一帶制動器，其規格爲 $a = 15\text{cm}$ ， $L = 100\text{cm}$ ， $b = 5\text{cm}$ ， $\theta = 270^\circ$ ，摩擦係數爲0.2，鼓輪直徑是20cm，試求平衡200N-cm扭力所需的操作力 $F$ 爲若干？

[解]： $r = 10\text{cm}$ ， $\theta = 1.5\pi(\text{rad})$ ， $\mu = 0.20$ ，  
 $a = 15\text{cm}$ ， $L = 100\text{cm}$ ， $b = 5\text{cm}$

$$T = (F_1 - F_2) \times r = 200 \quad \text{N} \cdot \text{cm}$$

$$\Rightarrow F_1 - F_2 = \frac{200}{10} = 20 \quad \text{N} \quad \text{①}$$

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu\theta} = 2.718^{0.2 \times 1.5 \times 3.14} = 2.565 \quad \text{②}$$

## 接上頁

②式帶入①式得  $F_2 = 12.78\text{N}$  ,  $F_1 = 32.78\text{N}$

$$\sum M_o = F \times L + F_1 \times b - F_2 \times a = 0$$

$$F \times 100 + 32.78 \times 5 - 12.78 \times 15 = 0$$

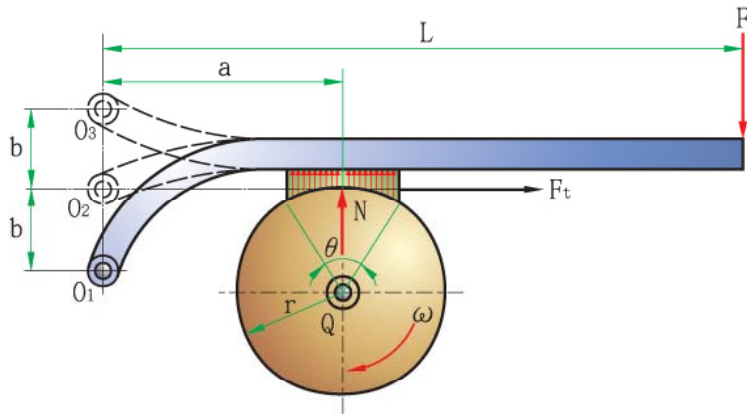
$$F = \frac{191.7 - 163.9}{100} = 0.278 \quad \text{N(牛頓)}$$

或由12-4式  $F = \frac{F_2(a - be^{\mu\theta})}{L}$  得

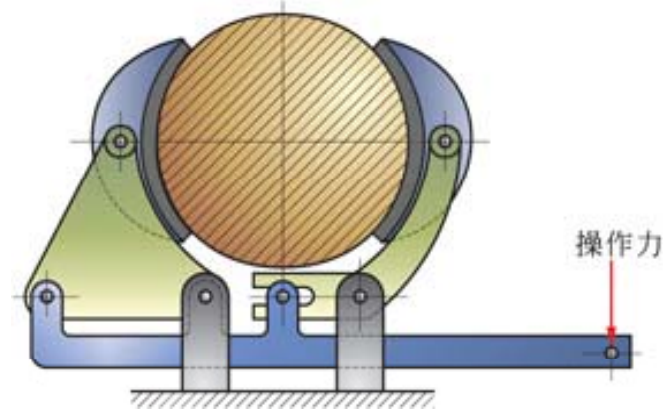
$$F = \frac{12.78(15 - 5 \times 2.565)}{100} = 0.278 \quad \text{N(牛頓)}$$

## 二、塊制動器

塊狀制動器，其構造為制動鼓之圓周上用一或多塊制動塊，如圖12-4及12-5所示，以槓桿之作用壓在制動鼓上，藉摩擦力產生制動效果，制動鼓一般是用鑄鐵或鑄鋼製成，制動塊一般採用鑄鐵塊或在鑄鐵塊加上襯料。



動畫12-4



動畫12-5

圖12-4單塊式塊制動器 圖12-5雙塊式塊制動器



## 接上頁

如圖12-4所示為單塊式塊制動器。爲了便於分析，當制動塊之長度較短( $\theta$ 小於 $60^\circ$ )時，假設制動塊與鼓之間的徑向壓力，集中於塊的中央位置，其制動扭力矩爲：

$$\begin{aligned} T &= F_t \cdot r & F_t &= \mu N \\ T &= \mu N r & & (12-5) \end{aligned}$$

式中， $N$ ：制動鼓與塊之垂直壓力

$F_t$ ：摩擦力       $\mu$ ：摩擦係數

如圖12-4所示，鼓輪以順時針方向轉，槓桿之支點位置爲 $O_1$ 、 $O_2$ 、 $O_3$ ，等三種。

## 接上頁

(1)當支點位於 $O_1$ 的位置時，力矩平衡式

爲  $\Sigma M_{o_1} = 0$  。

$$\Sigma M_{o_1} = F \times L + F_t \times b - N \times a = 0$$

$$F = \frac{Na - F_t b}{L} \quad (\text{支點}O_1) \quad (12-6)$$

(2)當支點位於 $O_2$ 的位置時，力矩平衡式

爲  $\Sigma M_{o_2} = 0$  。

$$\Sigma M_{o_2} = F \times L - N \times a = 0$$

$$F = \frac{Na}{L} \quad (\text{支點}O_2) \quad (12-7)$$

## 接上頁

(3)當支點位於 $O_3$ 的位置時，力矩平衡式為  $\Sigma M_{o_3} = 0$

$$\Sigma M_{o_3} = F \times L - F_t \times b - N \times a = 0$$

$$F = \frac{F_t b + Na}{L} \quad (\text{支點}O_3) \quad (12-8)$$

當鼓輪以逆時針旋轉時，的方向將成反向，公式改變成：

$$(4) \quad F = \frac{F_t b + Na}{L} \quad (\text{支點}O_1)$$

$$(5) \quad F = \frac{Na}{L} \quad (\text{支點}O_2)$$

$$(6) \quad F = \frac{Na - F_t b}{L} \quad (\text{支點}O_3)$$

## 接上頁

當在支點 $O_1$ ，制動鼓向順時針迴轉時，由(12-5)與(12-6)式得制動扭力矩：

$$T = \frac{F \cdot \mu \cdot rL}{a - \mu \cdot b} \quad (12-9)$$

制動鼓反時針迴轉時得制動扭力矩：

$$T = \frac{F \cdot \mu \cdot rL}{a + \mu \cdot b} \quad (12-10)$$

## [例3]

塊狀制動器如圖12-4所示，其槓桿支點位於 $O_1$ ，制動鼓的直徑為25cm，轉速為200rpm並傳遞制動扭力矩 $T=200\text{N}\cdot\text{cm}$ ，假設 $a=20\text{cm}$ ， $L=80\text{cm}$ ， $b=10\text{cm}$ ，摩擦係數是0.20，當制動鼓順時方向迴轉時，阻止其迴轉的操作力 $F$ 為何？又當制動鼓逆時針方向迴轉時，所需之操作力 $F$ 為若干？

[解]：  $T=200\text{N}\cdot\text{cm}$  ，  $a=20\text{cm}$  ，  $b=10\text{cm}$  ，  
 $L=80\text{cm}$  ，  $\mu=0.20$  ，  $D=25\text{cm}$

(a) 順時針方向迴轉時

$$T = \frac{F \cdot \mu \cdot rL}{a - \mu \cdot b} \Rightarrow F = \frac{T(a - \mu \cdot b)}{\mu \cdot rL} = \frac{200(20 - 0.20 \times 10)}{0.20 \times 12.5 \times 80} = 18 \text{ N(牛頓)}$$

## 接上頁

(b)當逆時針方向旋轉時

$$T = \frac{F \cdot \mu \cdot rL}{a + b \cdot \mu}$$

$$F = \frac{T(a + \mu \cdot b)}{\mu \cdot rL} = \frac{200(20 + 0.20 \times 10)}{0.20 \times 12.5 \times 80} = 22 \text{ N(牛頓)}$$

- 如圖12-5所示為雙塊式塊制動器(double block brake)。兩制動塊對稱安裝在鼓輪上，同時煞車，有助於作用力平衡、減輕軸及軸承單方向壓力、增加制動效能。
- 雙塊式塊制動器，其制動桿之支點，設計在摩擦力作用線上時效果最佳，兩制動塊之磨損亦較均勻。

### 三、鼓式制動器

鼓式制動器(drum brake)又稱內靴式汽車制動器 (internal-shoe automotive brake)，或稱圓筒制動器。廣為機車、汽車、卡車等需要高煞車能力的場所使用。如圖12-6所示為油壓式的內靴式汽車制動器，內有兩片煞車塊藉者雙動油壓缸的動作來產生制動作用。

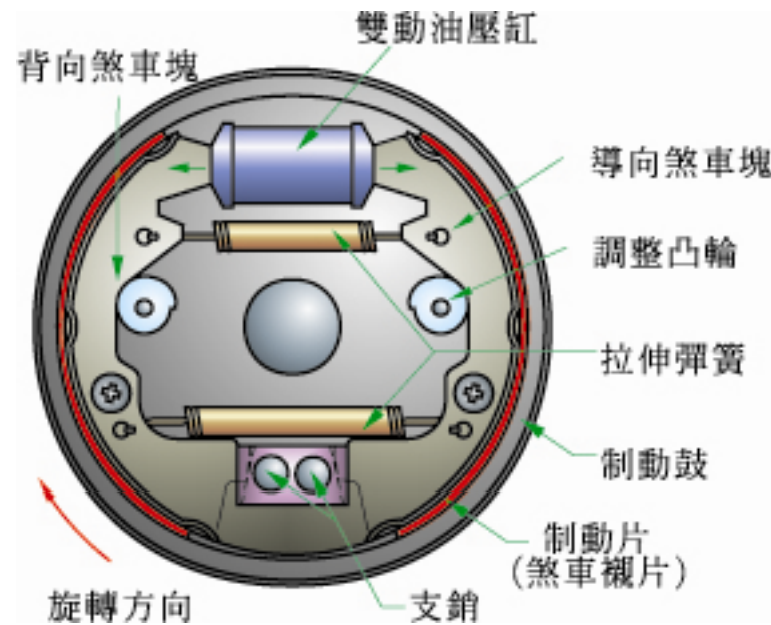


圖12-6鼓式汽車制動器油壓式

## 接上頁

如圖12-7所示為機械式的內靴式汽車制動器，利用槓桿作用推轉凸輪產生制動效果。廣為一般機車所採用。

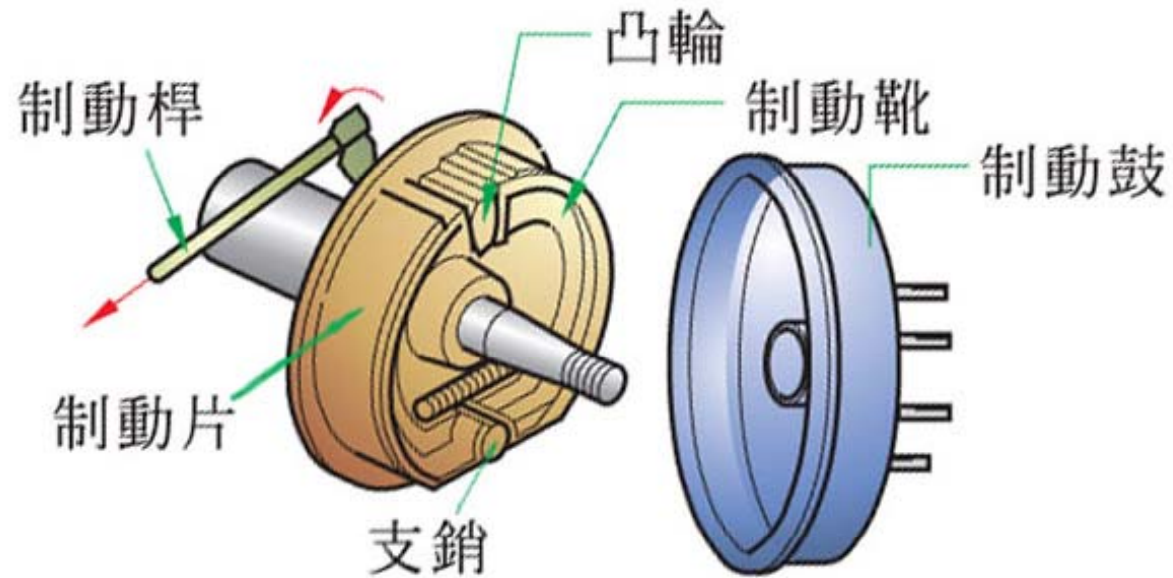
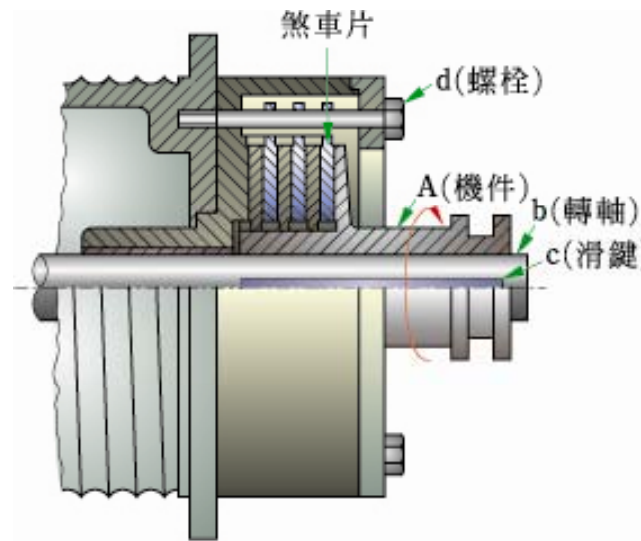


圖12-7內靴式汽車制動器機械式



## 四、圓板制動器(plate brakes)

如圖12-8所示為圓板制動器，又稱圓片式制動器。以螺栓d將圓盤形煞車片固定在外殼，而機件a與轉軸b以滑鍵c結合。轉軸b帶動a旋轉，煞車時a作軸向滑動壓至煞車片，與多片圓盤形煞車片產生摩擦接觸，以達到制動的效果。圓片制動器與圓盤離合器構造類似。常用於大型工程機械如推土機等。



動畫12-8-1



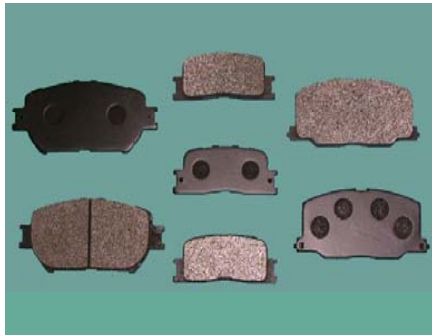
動畫12-8-2

圖12-8圓板制動器

## 五、蝶式制動器(disk brake)

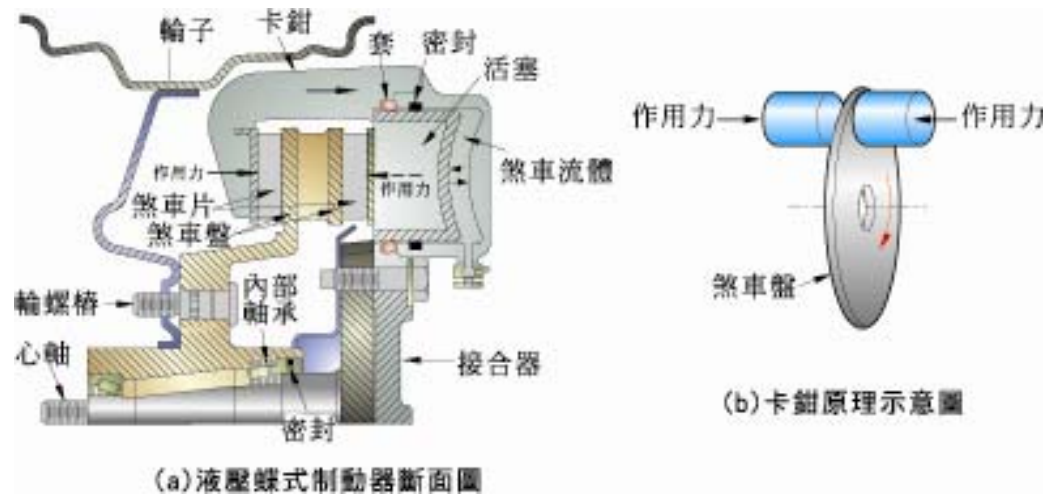
- 如圖12-9所示為蝶式制動器，又稱卡鉗圓盤式制動器。此種煞車具有體積小、扭距大及容易控制之優點。在現今工業上，蝶式煞車已廣泛的被應用。其操作力一般由液壓控制，有取代內靴式制動器之勢。如汽車、升降運送車及其它輕型的裝置等都常使用。蝶式煞車有一個煞車盤，固定在車輪內面與車輪一起旋轉。煞車時運用液壓推動蝶式煞車片夾緊煞車盤，藉由夾緊所產生之摩擦力來達到煞車之目的。
- 圖12-10(a)即為液壓操作之蝶式制動器的斷面圖。其原理就像卡鉗一般的夾住煞車盤，阻止輪子轉動。
- 圖12-10(b)所示為鉗夾煞車盤示意圖。

# 接上頁



(a) 碟式煞車片(富茗汽車提供) (b) 碟式制動器(亨通機械提供)

## 圖12-9 碟式制動器



## 圖12-10 碟式制動器

# 蝶式煞車的優缺點

優點：一般而言，蝶式煞車具有較佳之散熱效果及較佳之穩定性，又有左右輪同時煞車之功能，故少有煞車偏向之現象煞車效果良好。煞車盤因旋轉的離心力大，排水性良好，因此少有因水或泥巴而造成煞車不良的情形。

缺點：因無自動煞緊作用，所以碟式煞車的煞車力較鼓式煞車為低，常需較大之作用活塞來操作。又煞車片之摩擦面積較小，煞車片較易磨損且溫度較高，容易傳熱至液壓系統。因此液壓系統之煞車油須採用耐高溫者，以免煞車油產生汽阻現象。

## 接上頁

汽車無論使用鼓式或碟式煞車，在下雨天行駛或在濕滑低摩擦路面上行駛時，車輪容易被煞車鎖死而失去抓地力，致使車輛無法控制方向。爲了使車輛在濕滑的路面上或急轉彎時能夠有效控制方向，於是啓用**ABS**「防鎖死煞車系統」。性能越來越強的**ABS**「防鎖死煞車系統」，已經普遍的被應用在汽車之煞車系統上。

## 12-2-2 電磁式制動器

轉變機械制動能為電能或熱能，或利用電能轉變為電磁阻尼力以達到制動的目的者稱為電磁式制動器。較常見說明如下：

### 一、發電機制動器 (electric generator braking)

制動作用是引導機械制動能來帶動一個或數個發電機，用以消耗機械能而達到制動目的。機械能變成電能後，電能可以用作其它工作，或由電阻生熱消散。此種制動器適用於制動作用需較長時間的場所。

### 二、渦電流制動器(eddy-current brake)

## 接上頁

渦電流制動器如圖12-11所示。主要的構造有一個固定圓盤(stationary disk)及一個轉動圓盤(rotating disk)。圓盤內繞有線圈，通以電流即可產生磁場。當制動時，由於兩圓盤表面之相對運動，感應渦電流產生磁場，得到制動扭力矩。制動扭力矩的大小隨者轉動圓盤與固定圓盤之滑移，以及產生磁場的電流大小而定。此種制動器可用為電聯車、大型汽車之輔助煞車，俗稱渦電流減速裝置。

# 接上頁

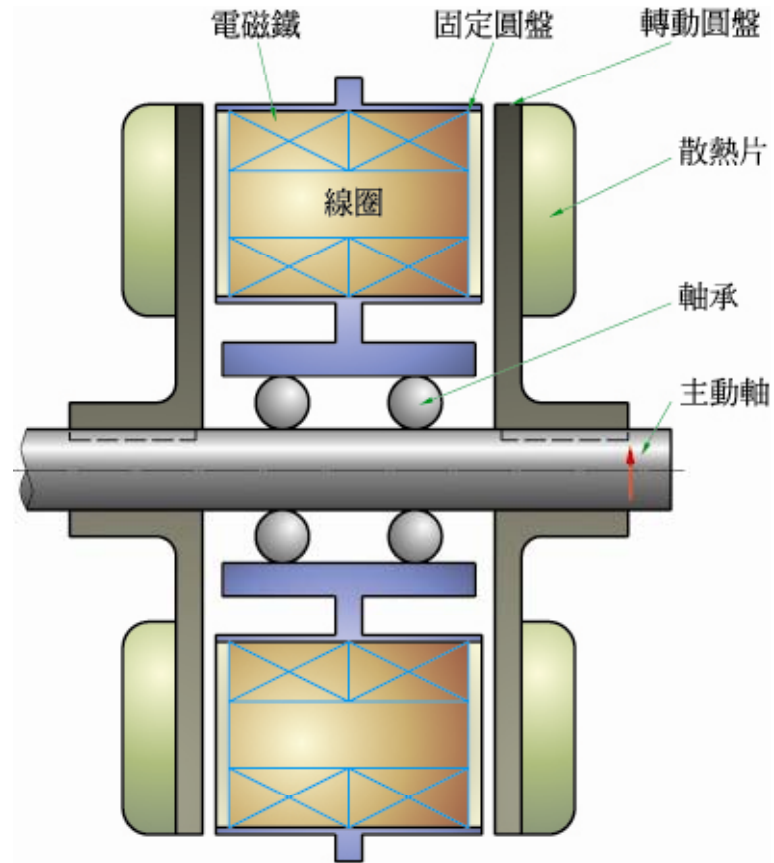


圖12-11渦電流制動器剖面



## 接上頁

其他尚有利用電磁作用配合機械式制動器來控制煞車。機械未啓動前(未送電)，機械式制動器呈煞車鎖住狀態，當機械啓動時藉著電磁作用將煞車解除，當電源切斷時，制動器再度回到煞車狀態，此種特性，可避免電源突然消失而造成人員與機械的損害，特別適用於電梯、升降機、吊車、起重機等。

## 12-2-3液體式制動器

液體式制動器是利用液體的黏滯力來減低下降速度，也就是說以液體的黏滯力來代替機械式的摩擦力，故無機械式制動器立即停止的效果。如果以液體啓動機械式制動器來煞車，則可得到摩擦力煞車的效果，液體式制動器適用在油田、礦場、鑽井或運送重物的地方。

## 12-3 制動器的材料

爲了使制動器達到預期制動效果，制動器的材料必需具備優良的特性。包括：(1)良好的散熱能力 (2)耐磨性 (3)耐蝕性(抗老化) (4)耐高溫 (5)高摩擦係數等。常用摩擦材料有石棉、非石棉(皮革)、軟木質、低金屬、半金屬(鋼纖維)、全金屬(銅基、鐵基)、紙基及碳基等，其中含石棉之摩擦材料已少用(或禁用)。其餘大部份都可以作爲煞車片之材料。圖12-12所示爲各類型煞車片。圖12-13所示爲煞車片之標示。

# 接上頁



圖12-12各類型煞車片(富茗汽車企業公司提供)

飛機與賽車所使用的煞車片，一般由純碳化合物製成。耐高溫但壽命不長，數百公里之後，就必須換新。應用新科技研發之陶瓷煞車片，壽命幾乎與汽車本身的壽命一樣長，使用期間不必更換新的煞車片。

# 表12-1 摩擦係數的設計值

表12-1為制動器材料的摩擦係數設計值。

接觸面材料		設計用摩擦係數
鑄鐵面對鑄鐵面	乾燥面	0.20
	潤滑面	0.07
木材面對鑄鐵面		0.25~0.30
皮革而對鑄鐵面	乾燥面	0.40~0.50
	潤滑面	0.15
石棉纖維對金屬面	乾燥面	0.35~0.40
	潤滑面	0.25
模製石棉材料對金屬面		0.30~0.35

# 接上頁



圖12-13煞車片之標示(勝發汽車材料提供)

## ※12-4制動器的散熱

煞車之作用原理是將動能變成熱能，制動作用所產生的熱能必須經由煞車零件吸收並發散於大氣中，以避免因煞車零件因溫度過高而失效所以制動器的能力設計必以其散熱能力為依據。

1.制動器溫度升高因素：

- (1)負載(壓力)的大小。
- (2)摩擦速度(鼓輪速度)的快慢。
- (3)連續使用時間之長短 (次數頻繁溫度愈高)。
- (4)安裝調整及煞車力的平衡。
- (5)散熱面積之大小，銜接部位的大小。

## 2.制動器的散熱能力

連續使用的制動器(離合器也一樣)常遇到散熱困難的問題。制動器的溫度由開始作用時溫度升高，等到散熱率與生熱率相等時，溫度即維持不變。一般散熱率之計算為：

$$H = \frac{\mu NV}{1000} \quad (\text{仟瓦}) \quad (12-12)$$

(12-12)式中 正壓力  $N$ ：牛頓，  
摩擦面相對速度  $V$ ：公尺/秒。



## 接上頁

假使制動器是用來控制物體下降速度，則其散熱量為：

$$H = W \times S \quad \text{焦耳(Joule)} \quad (12-13)$$

(12-13)式中  $W$ ：物體的重量，單位是牛頓。

$S$ ：下降總距離，單位是公尺。

生熱率則與散熱面積、制動器的面積、空氣循環等因素成反比例。一般在制動器設計上，要求散熱率大於生熱率很多，以確保制動器有良好的制動效果。

# 制動器機構應用動畫

## 1. 單向制動器



動畫12-14