



# 氣液壓學

## 第三章

### 氣壓元件介紹及實習 (1) -A

## 3-1 氣壓缸之種類、構造及作用原理

凡是能將壓縮空氣的壓力能轉換為直線或迴轉等機械運動的氣壓元件，稱為氣壓驅動器。氣壓驅動器的種類繁多，大致上可區分為氣壓缸、迴轉缸、及氣壓馬達三種。

### 3-1-1 氣壓缸的種類

#### 一、單動氣壓缸

- 單動氣壓缸只能活塞之單側施加氣壓空氣，當外力消失後，活塞的反向運動可利用其內裝的彈簧，外力或自重復位。主要使用在夾緊、退料、壓入、進給等操作，
- 依活塞之構造可區分為活塞式、膜片式、滾捲膜片式三種。

## (一) 活塞式單動氣壓缸

- 如圖3-1所示，係利用**柔性材料**嵌裝於**金屬或塑膠活塞**上執行壓縮空氣的密封作業。
- 行程長度皆在100 mm以內。

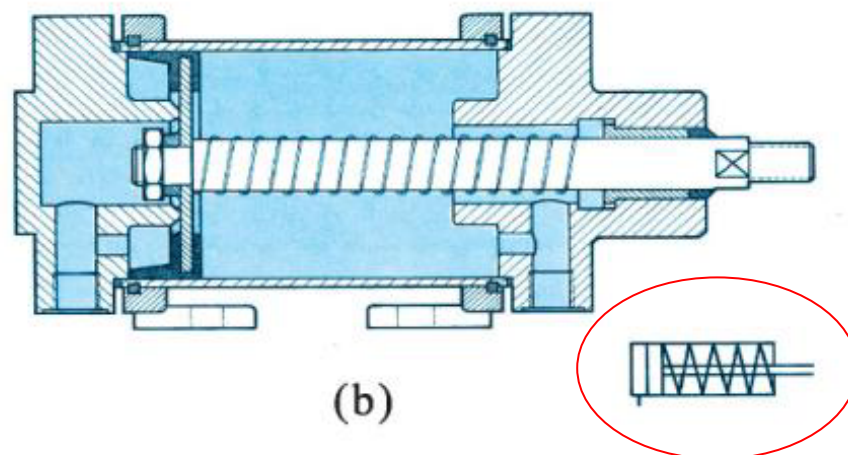
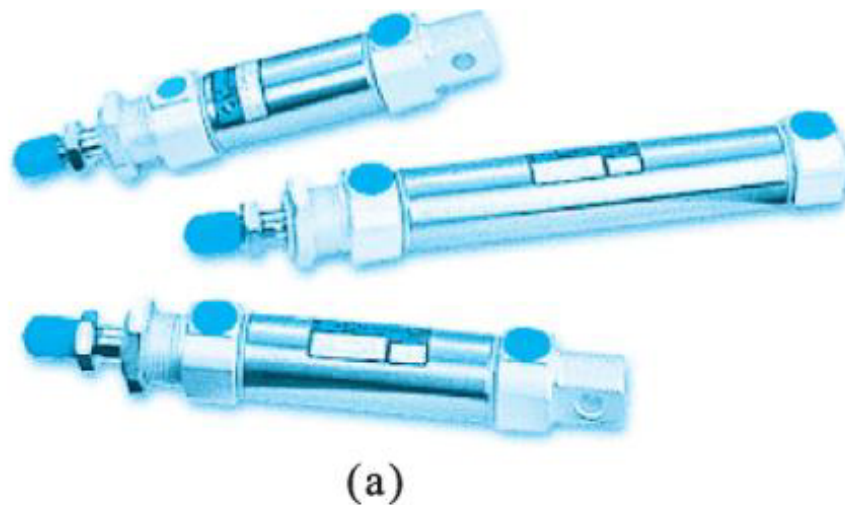


圖 3-1 活塞式單動氣壓缸

## (二) 膜片式氣壓缸

- 以橡膠、塑膠及金屬製成的膜片取代活塞，並以連接在膜片中央的壓力板取代活塞桿。
- 由於此種氣壓缸僅具有極短的行程，約 2 mm

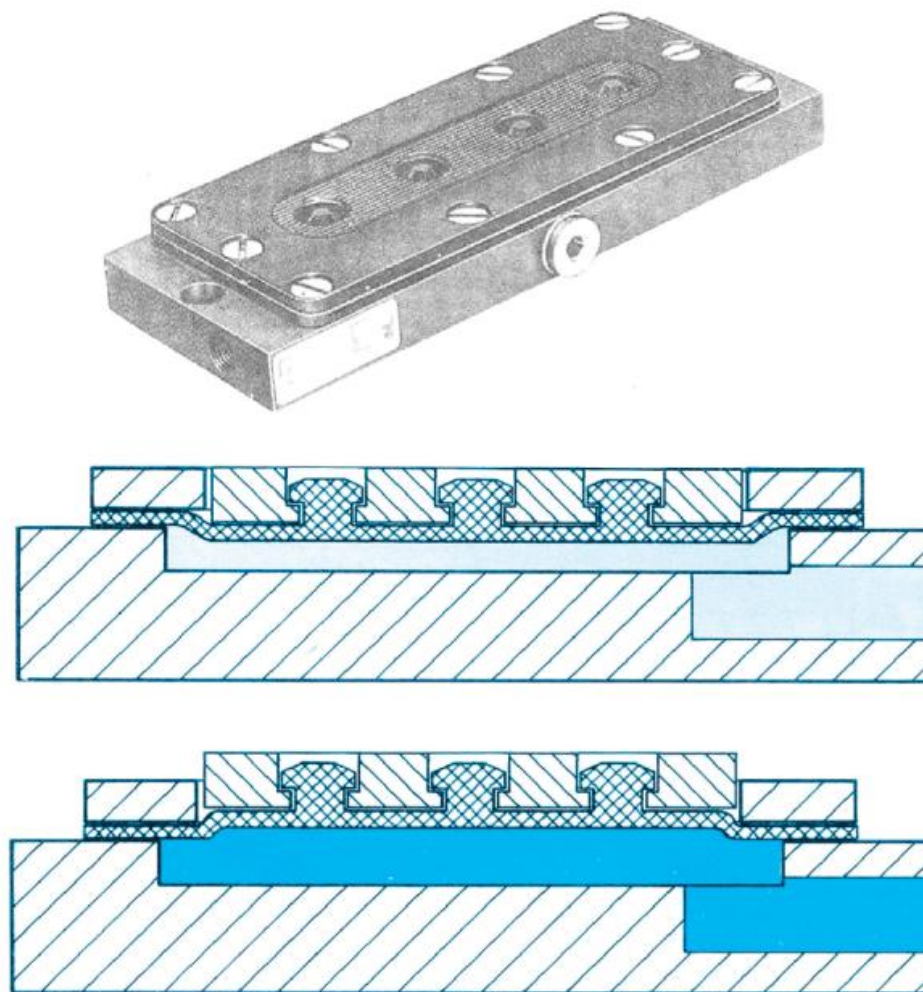


圖 3-3 膜片式氣壓缸

### (三) 滾捲式膜片氣缸

- 當壓縮空氣進入氣壓缸內時，膜片沿著氣缸內壁滾捲並促使活塞桿向外伸出
- 此種氣壓缸幾乎不會產生任何摩擦，而且密封性良好，行程比膜片式氣缸長約 50-80 mm。

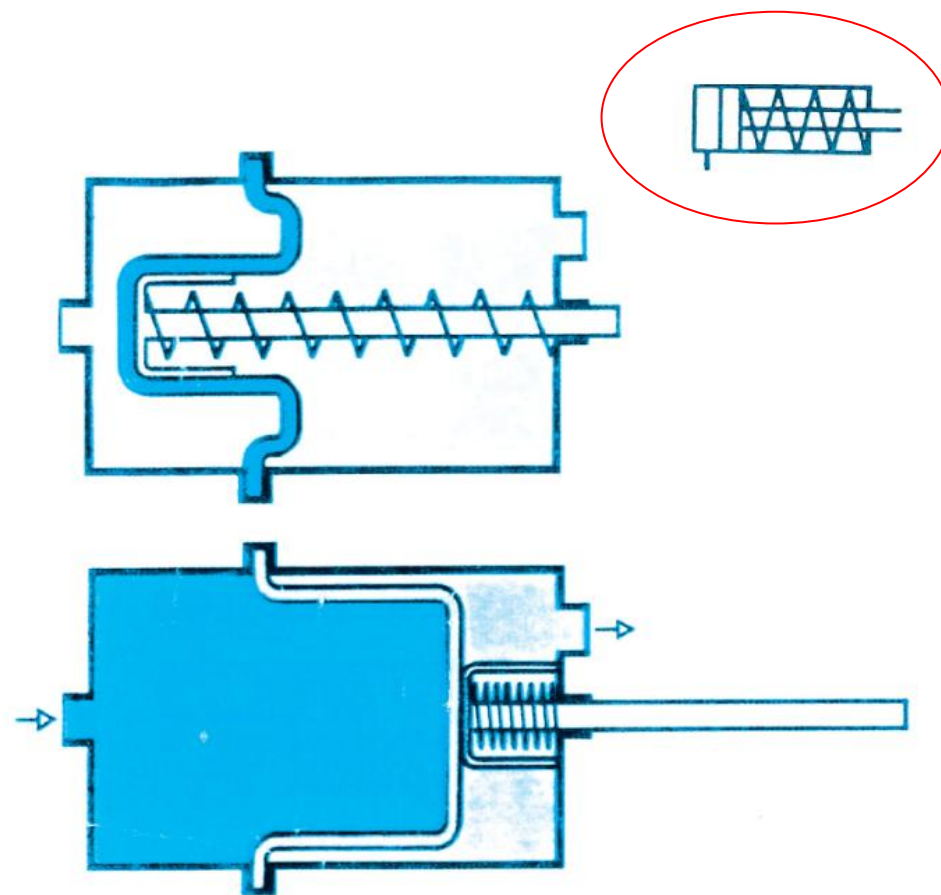


圖 3-4 滾捲式膜片式氣壓缸

## 二、雙動氣壓缸

可分別由活塞兩側供壓，同時藉由**方向閥**改變壓縮空氣的流向，可促使氣壓缸產生往復運動。

### (一) 單桿雙動氣壓缸

● 如圖 3-5 所示，因為只在活塞單側有活塞桿伸出，所以活塞兩側的**有效斷面積不同**，故由推力及拉力公式  $F = P \times A$  得知活塞兩側的出力不同。

● 在工業界此種型式的氣壓缸符合大部份需求。

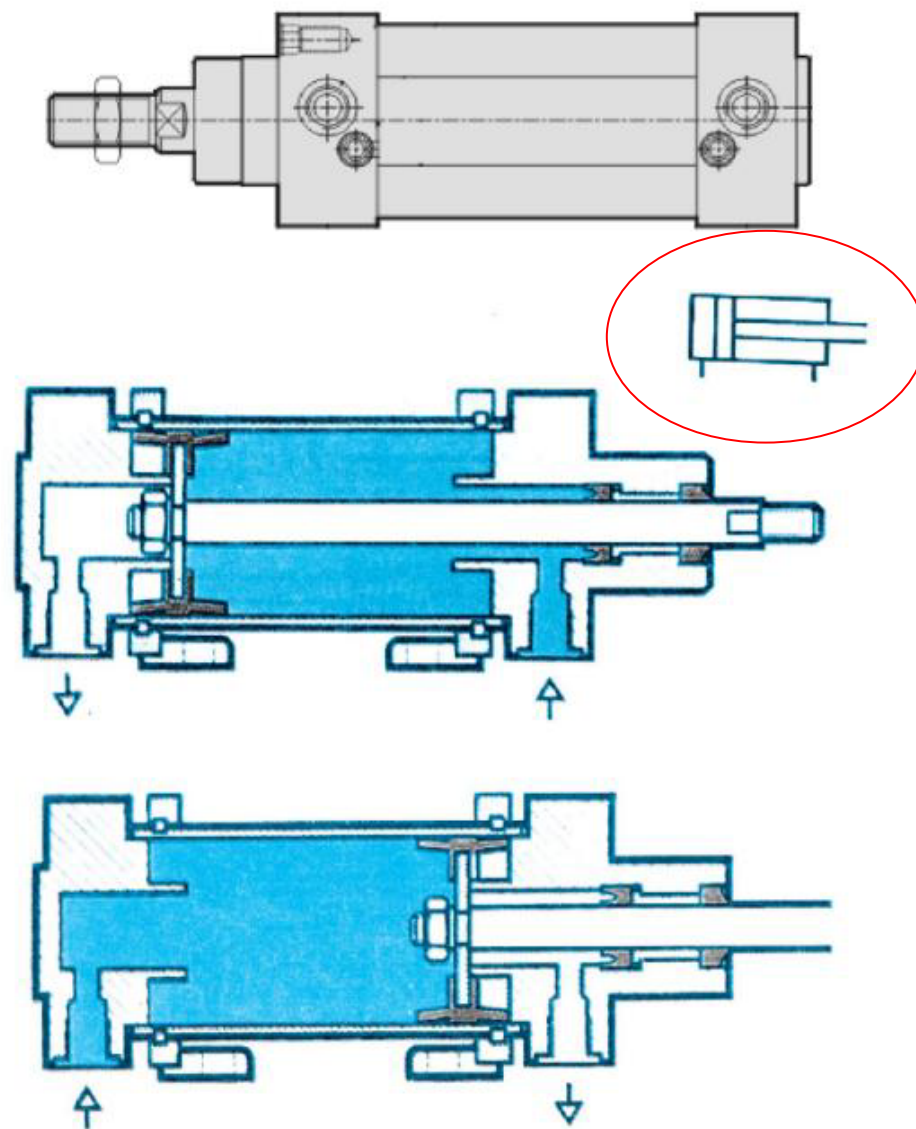


圖 3-5 單桿式氣壓缸

## (二) 緩衝氣壓缸

- 為了防止其因為產生劇烈碰撞而損壞機件，所以當活塞到達端點前必須妥為緩衝。
- 緩衝原理乃活塞到達端點位置前，其正常排氣被裝設在**活塞桿上的緩衝套**及**端蓋上的緩衝環**所阻斷，此時氣壓缸內尚未排放的空氣由於被壓縮，致使壓力升高並形成一股**背壓**（氣墊）與氣壓缸之運動產生制衡，迫使氣壓缸減速。

同時高壓的餘氣從端蓋內設的**可調節小孔**慢慢逸去，故可使活塞緩緩移動到達端點位置。

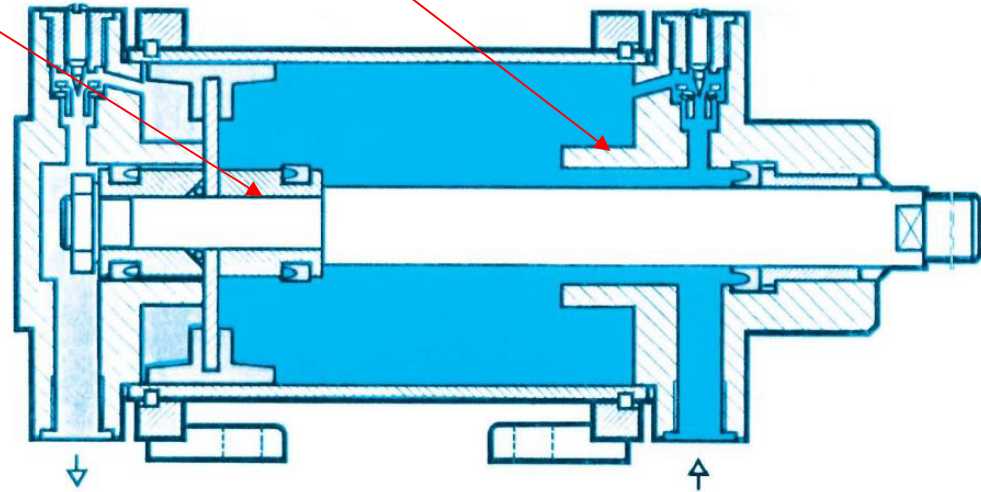


圖 3-6 緩衝氣壓缸

### (三) 感應式氣壓缸

- 如圖 3-7 所示，除了活塞上安裝一**環狀永久磁鐵**外，與傳統常用的氣壓缸並無不同之處。
- 磁簧片接點型磁簧開關安裝在氣壓缸上的固定方式如圖 3-8，有**軌道式**、**鋼帶夾緊式**及**安裝固定式**三種。而**氣壓缸**往復端點之控制可由**磁簧開關**之位置獲得。

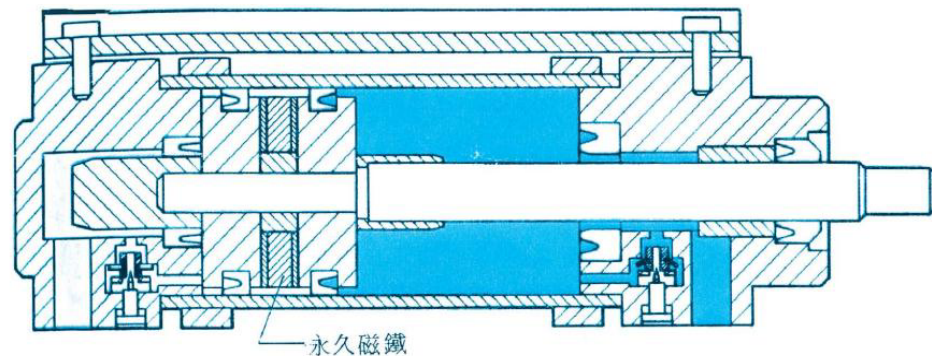
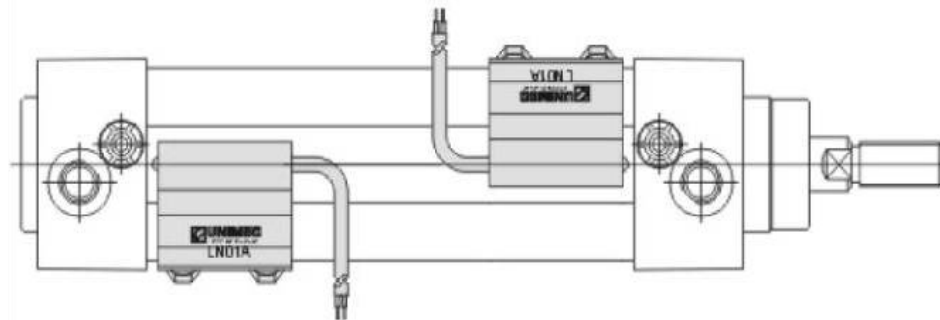
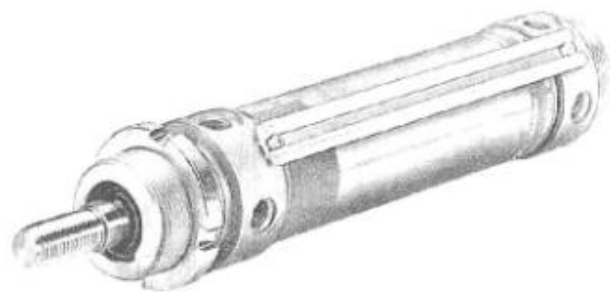


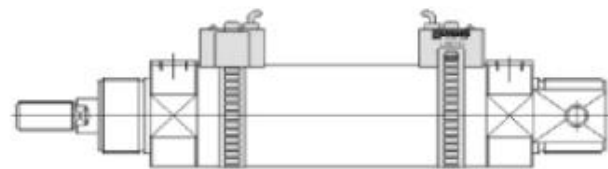
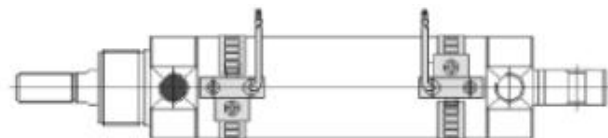
圖 3-7 感應式氣壓缸



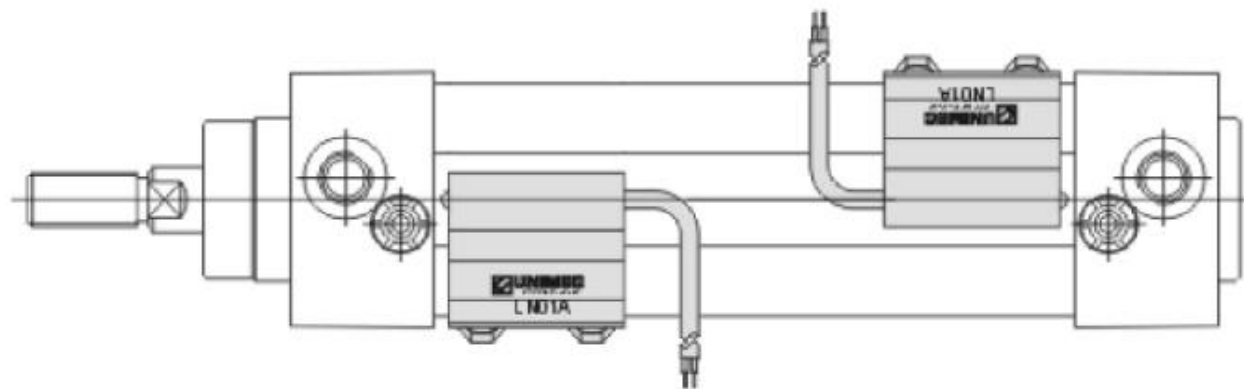
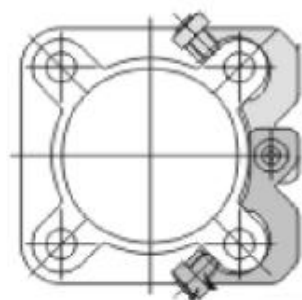




(a) 軌道式安裝



(b) 鋼帶夾緊式安裝



(c) 安裝架固定

圖 3-8 磁簧開關的安裝方式

● 圖 3-9 為磁簧開關的作動原理及迴路圖。注意避免在具強大磁場的場合使用此種開關，如電阻焊接設備。

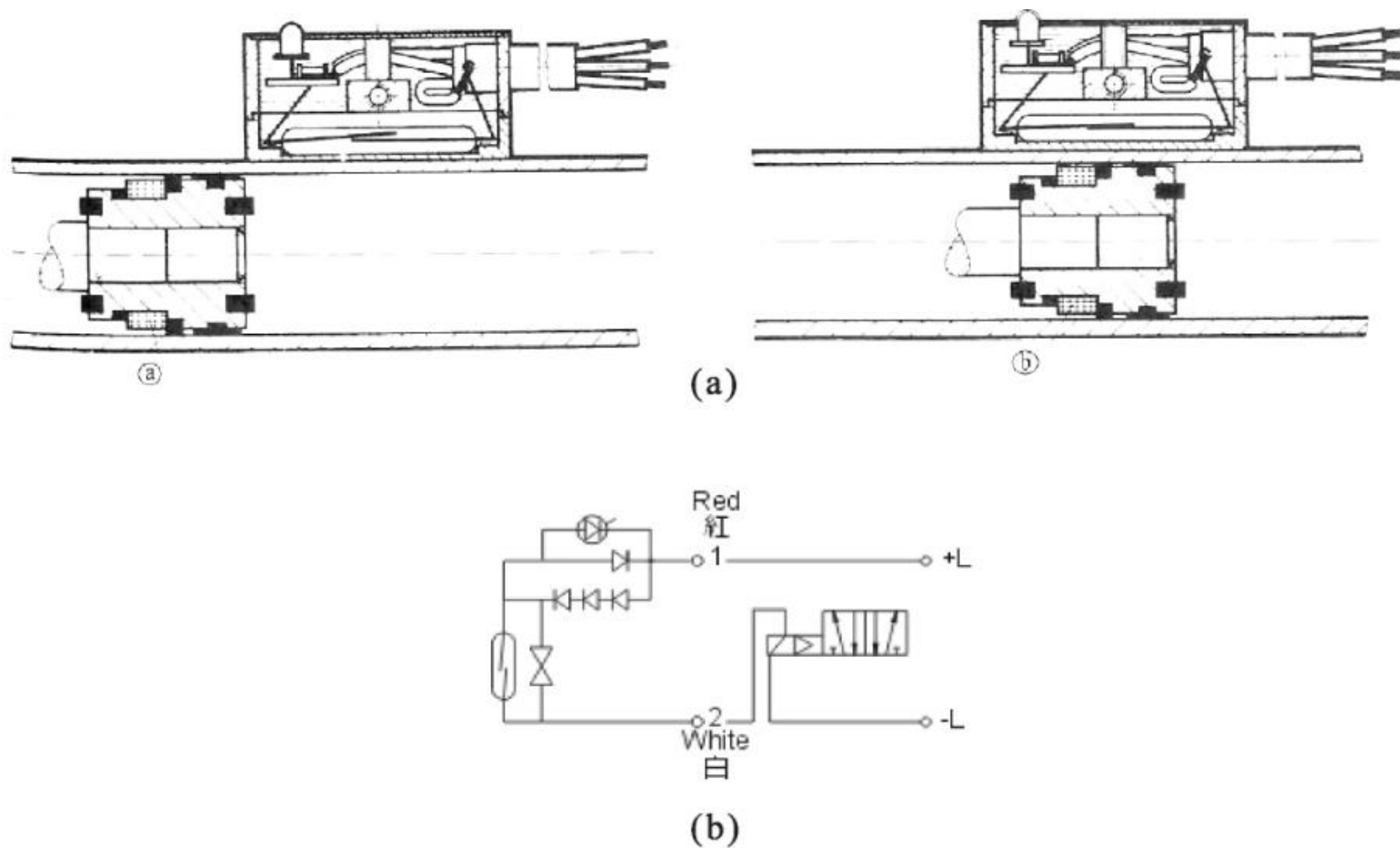
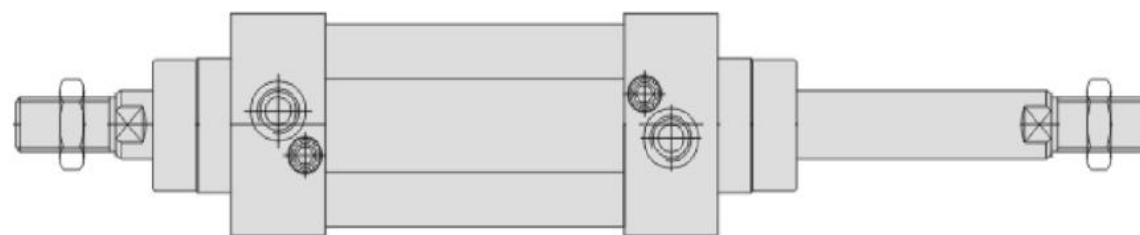


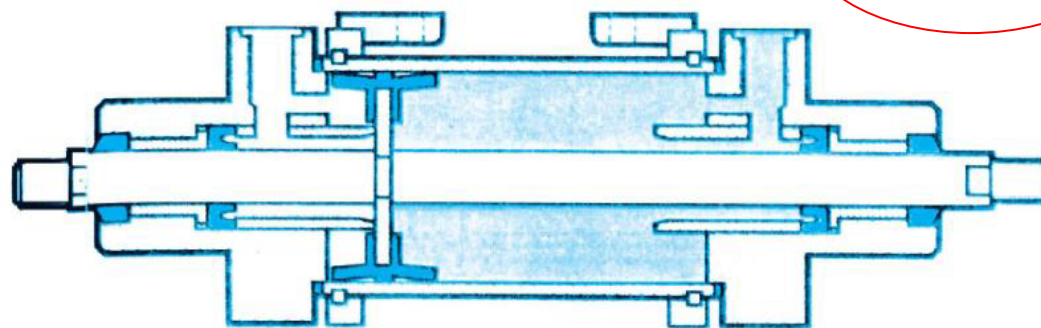
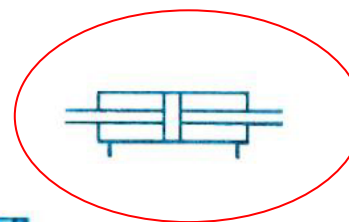
圖 3-9 磁簧開關的作動原理及迴路圖

#### (四) 雙桿式氣壓缸

- 活塞兩側的有效斷面積皆一樣，所以氣壓缸往復的出力均相同。



(a)



(b)

圖 3-10 雙桿式氣壓缸

## (五) 短行程氣壓缸

此種氣壓壓缸由於其超薄型的設計，故重量輕。安裝空間小，約為一般傳統氣壓缸的30%左右。

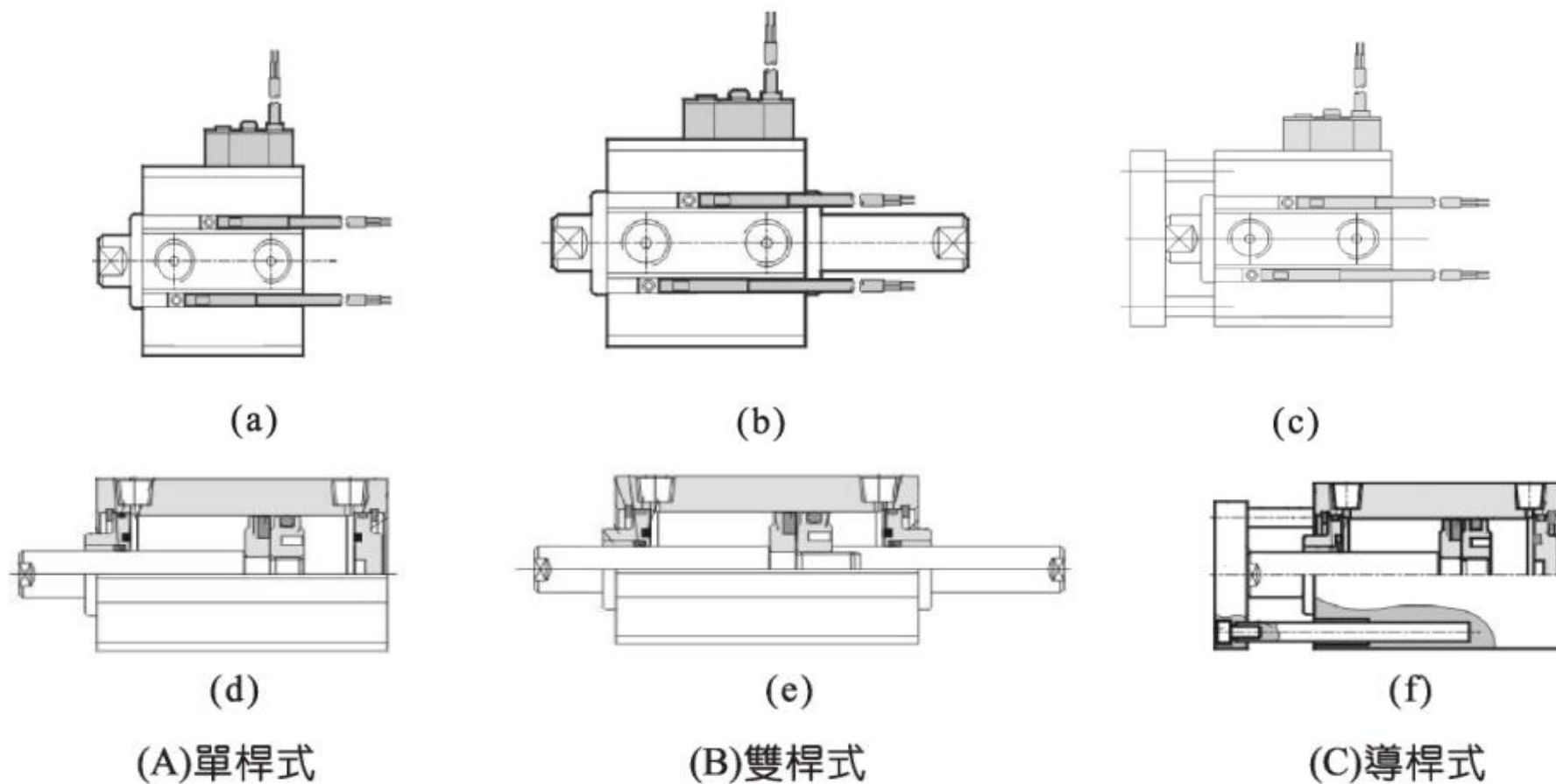


圖 3-11 短行程氣缸

### 三、不旋轉缸

所謂不旋轉缸即**活塞桿不旋轉的氣壓缸**。依其構造之不同可區分為下列幾種。

#### (一) 六角形活塞桿

由於其活塞桿為六角形，因此心軸不會迴轉，一般活塞行程約在 100 mm 以內。



圖 3-12 不旋轉缸（活塞桿六角形）

## (二) 活塞桿三角形

如圖3-13所示，此種氣壓缸為活塞桿三角形的雙動氣壓缸，故心軸亦不會迴轉。

## (三) 雙軸氣壓缸

如圖3-14所示，此種單支氣壓缸在活塞之單側有兩支活塞桿伸出，並使用固定塊連結兩支活塞桿，故其抗旋轉、扭立即側向負荷均較單桿式氣壓缸佳。

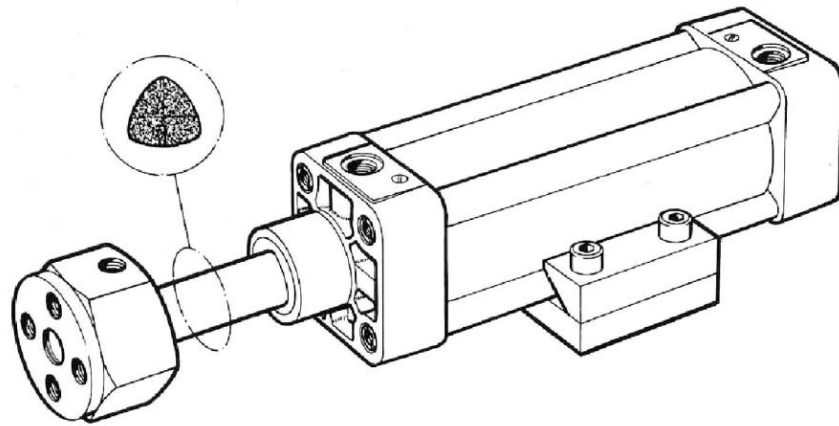


圖 3-13 不旋轉缸（活塞桿三角形）

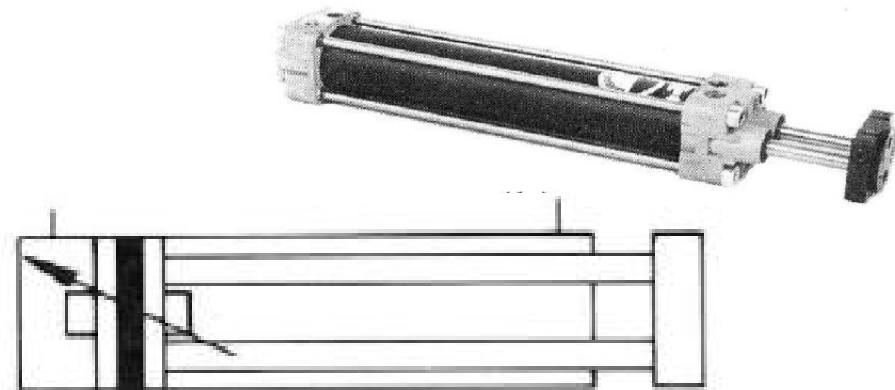


圖 3-14 雙軸氣壓缸

#### (四) 雙軸氣壓缸

如圖3-15所示，兩支氣壓缸並列，故可產生兩倍的出力。其抗旋轉、扭力及側向負荷的能力亦佳。

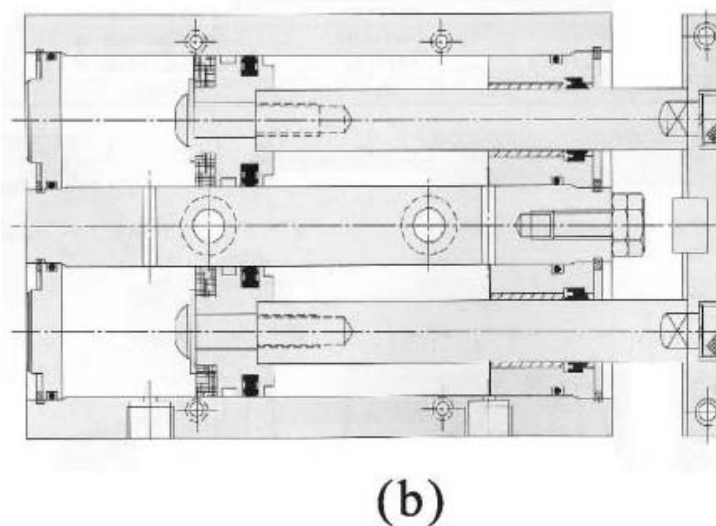
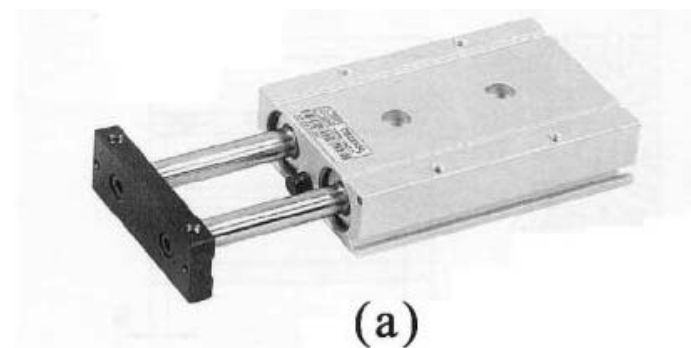


圖 3-15 雙軸氣壓缸

### (五) 導桿氣缸

利用一般傳統氣壓缸並配合週邊設備組合而成，其抗旋轉、扭力及側向負荷的能力比上述任一種不旋轉缸均佳。

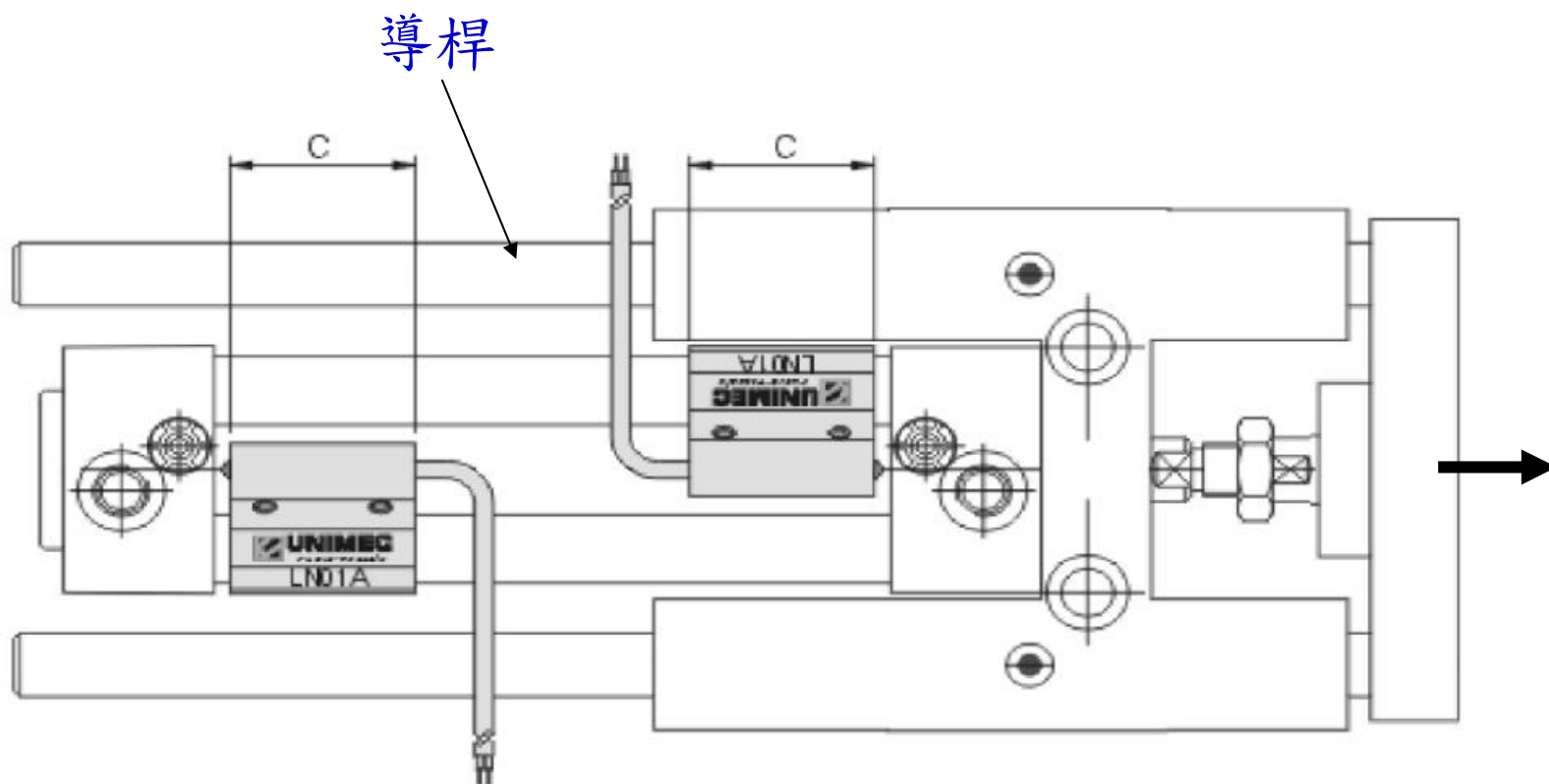


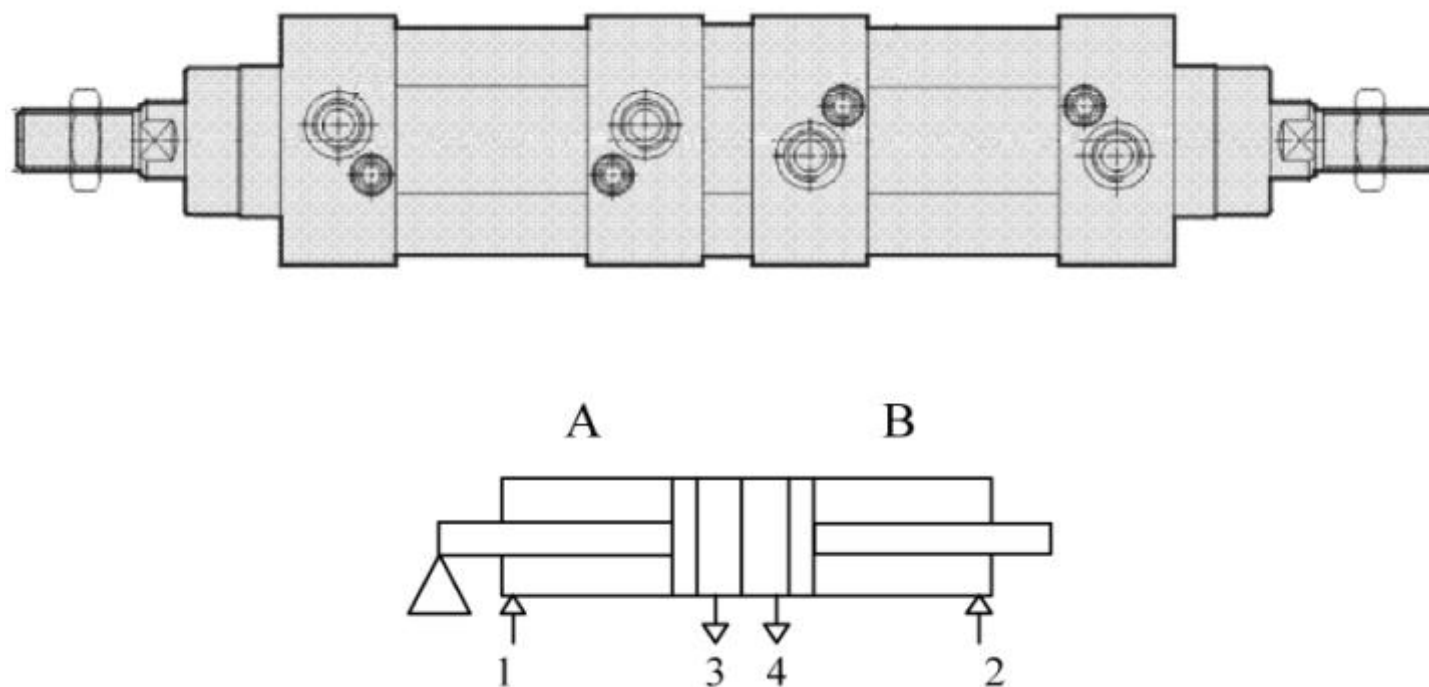
圖 3-16 導桿氣缸

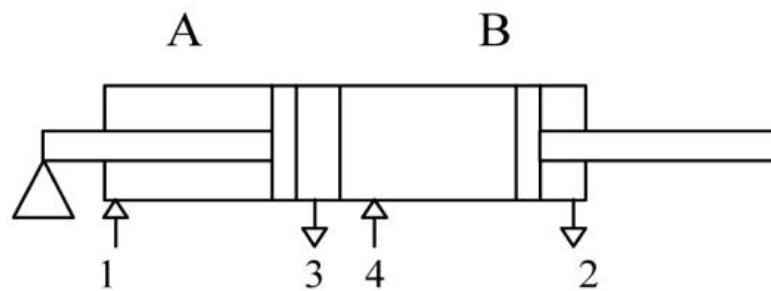
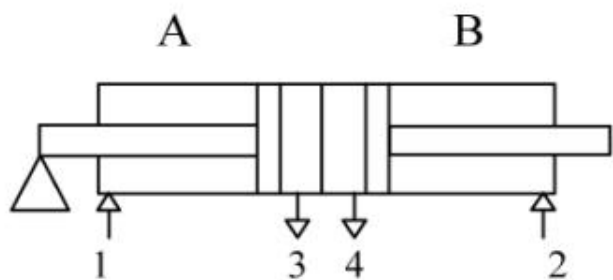
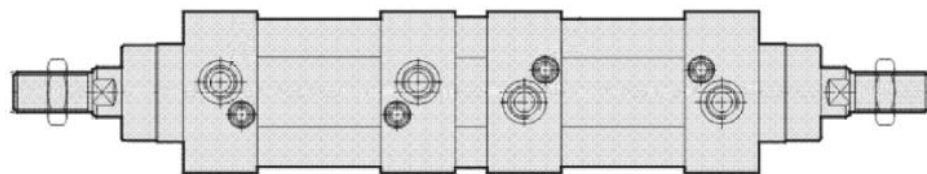


## 四、特殊用途設計的氣壓缸

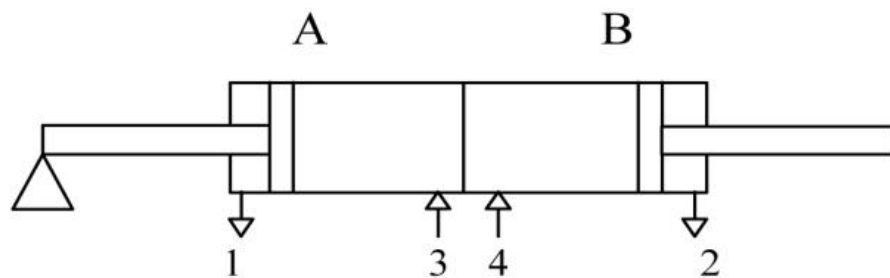
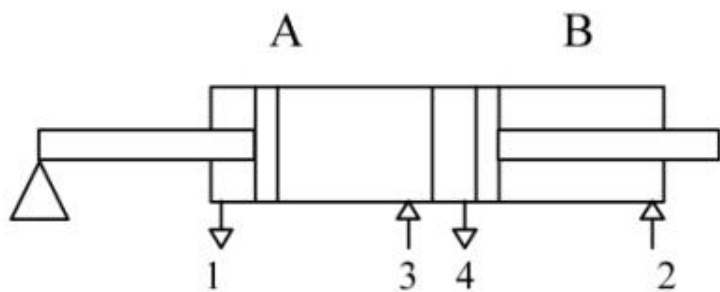
### (一) 並連式氣壓缸

並連式氣壓缸係利用兩支行程長度不同的氣壓缸組合而成，如圖3-17所示，只要分別從氣缸的進氣口加壓，即可獲得四個位置的組合。





(a) 第 1 個作動位置，1、2 孔供氣而 3、4 孔排氣 (c) 第 3 個作動位置，1、4 孔供氣而 2、3 孔排氣

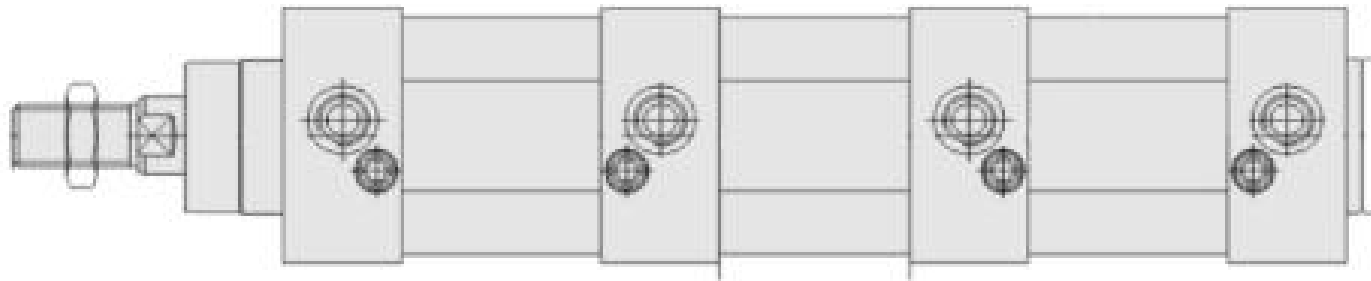


(b) 第 2 個作動位置，2、3 孔供氣而 1、4 孔排氣 (d) 第 4 個作動位置，3、4 孔供氣而 1、2 孔排氣

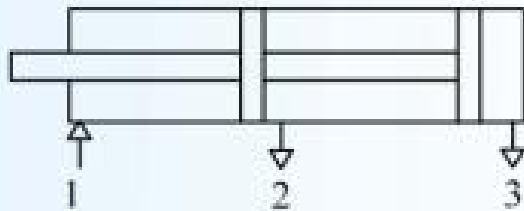
圖 3-17 並連式氣壓缸

## (二) 串連式氣壓缸

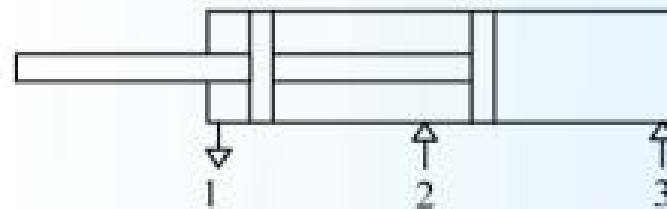
串連式氣壓缸如圖3-18所示，依構造之不同可區分為兩種功能不同之氣壓缸，即 (a) 倍力缸 (b) 多位置缸



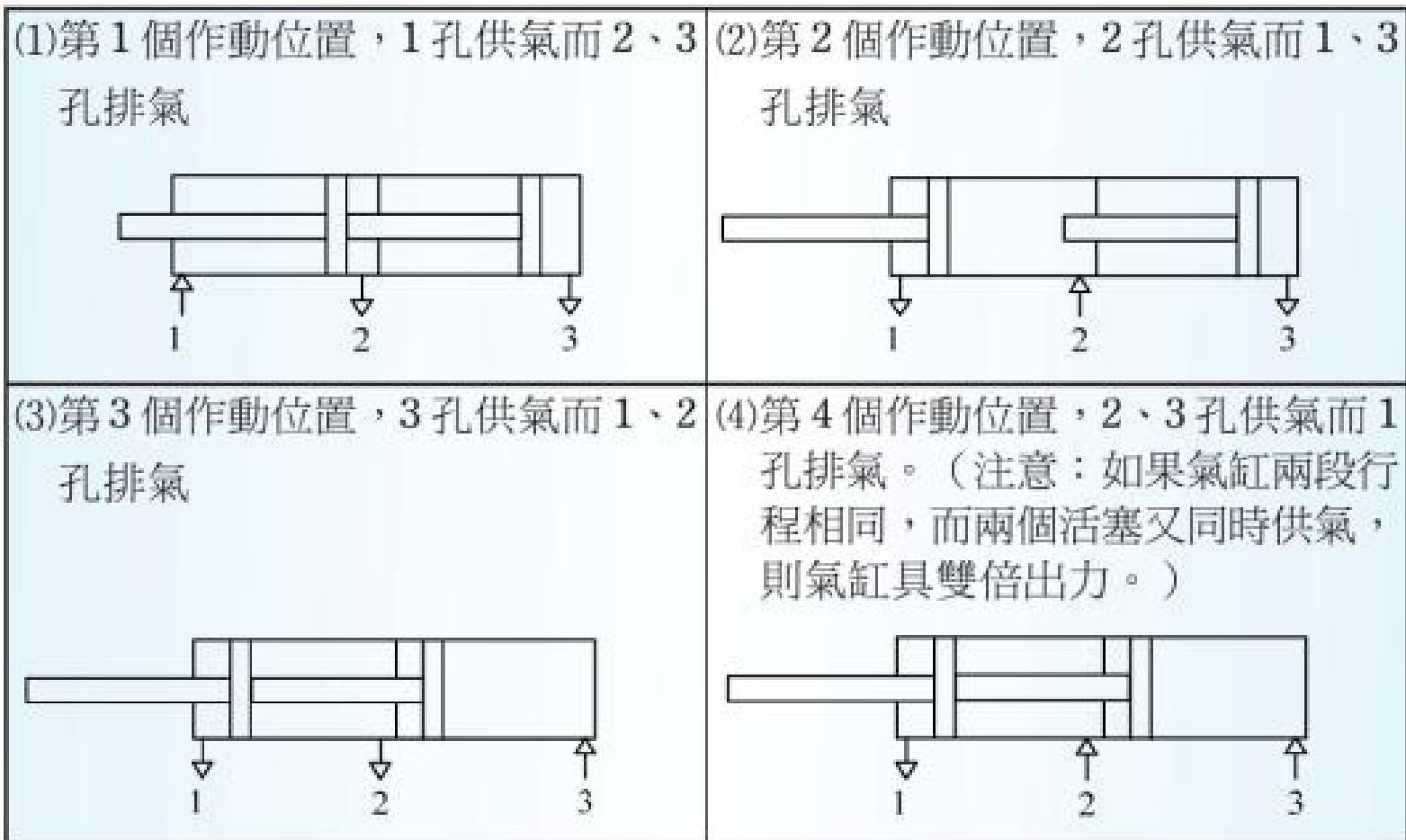
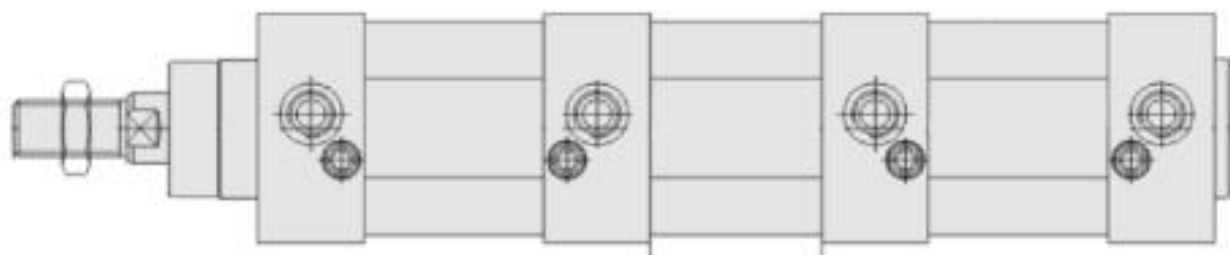
(1) 未作動前之狀態，1 孔進氣而 2、3 孔排氣，氣缸縮回



(2) 作動後之狀態，2、3 孔同時供氣而 1 孔排氣，氣缸具雙倍出力。  
(注意氣缸的兩段行程須相同)



(a) 倍力缸功能

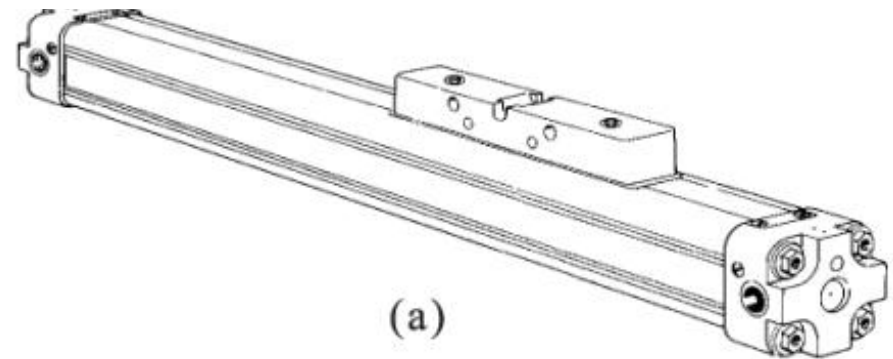
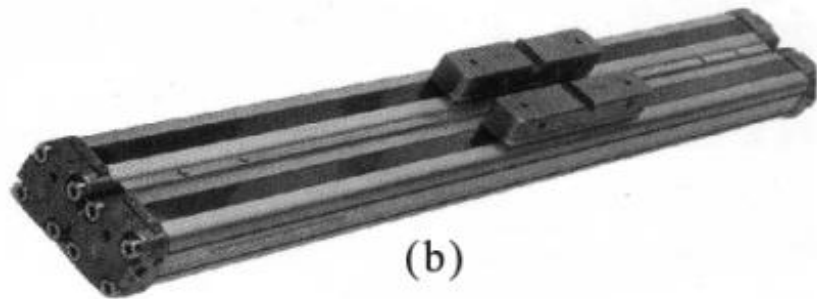


(b)多位置缸功能

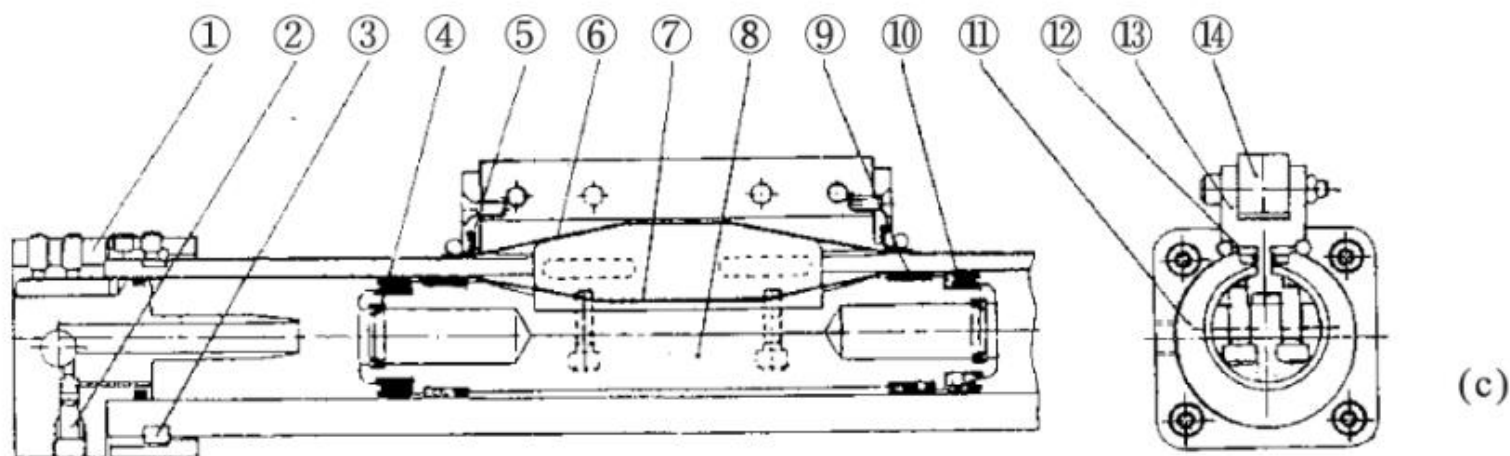
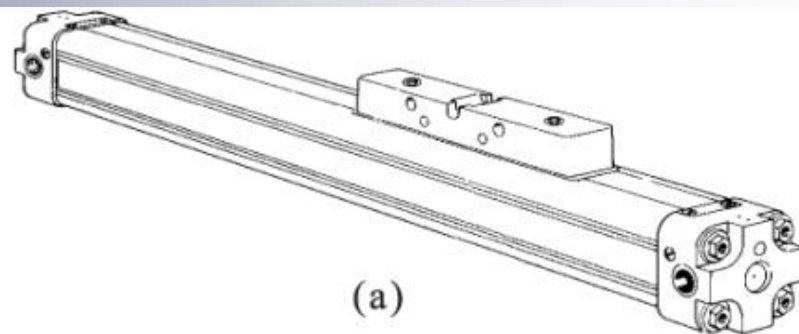
圖 3-18 串連式氣壓缸

### (三) 無桿式氣壓缸

- 無桿式氣壓缸是沒有活塞桿，最大行程可達 10000 mm，可具精密定位性及低速穩定性。
- 如圖3-19所示，在缸筒的軸向上開一個槽縫，並在活塞上設一個活塞軌，從槽縫突出於外側，當施加推力於活塞上，則活塞軌沿著缸筒之槽縫行進，並將力量經由連接在活塞軌上的承座輸出。



- 槽縫的內外側橫跨了兩條以磁鐵固定之不鏽鋼帶，其中外剛代為防塵用，而內鋼帶則作為密封用。



- ① 壓缸蓋
- ② 緩衝針
- ③ 環片
- ④ 緩衝迫緊
- ⑤ 除塵器

- ⑥ 外側密封帶
- ⑦ 內側密封帶
- ⑧ 活 塞
- ⑨ 磨 環
- ⑩ 活塞迫緊

- ⑪ 壓 缸
- ⑫ 滑動支持片
- ⑬ 活塞軛
- ⑭ 連接架

圖 3-19 無桿式氣壓缸

#### (四) 滑台氣缸

兩支氣壓缸並列，除了可產生兩倍出力外，並具有絕佳之抗旋轉、扭力及側向負荷能力。滑台兩端附調整螺絲，可調校行程。

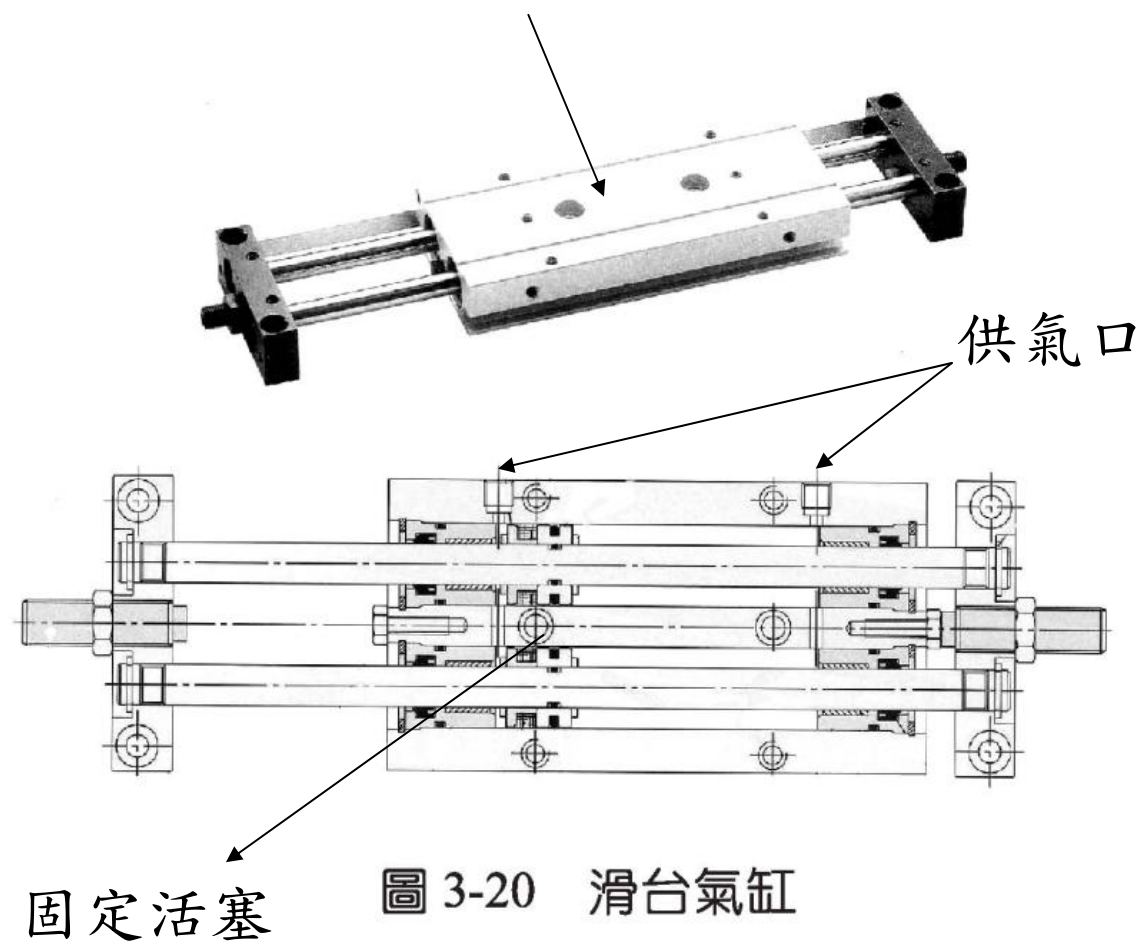


圖 3-20 滑台氣缸

## (五) 氣壓夾爪

如圖3-21所示，依構造之不同可區分為平行氣壓夾爪及V形氣壓夾爪兩種。

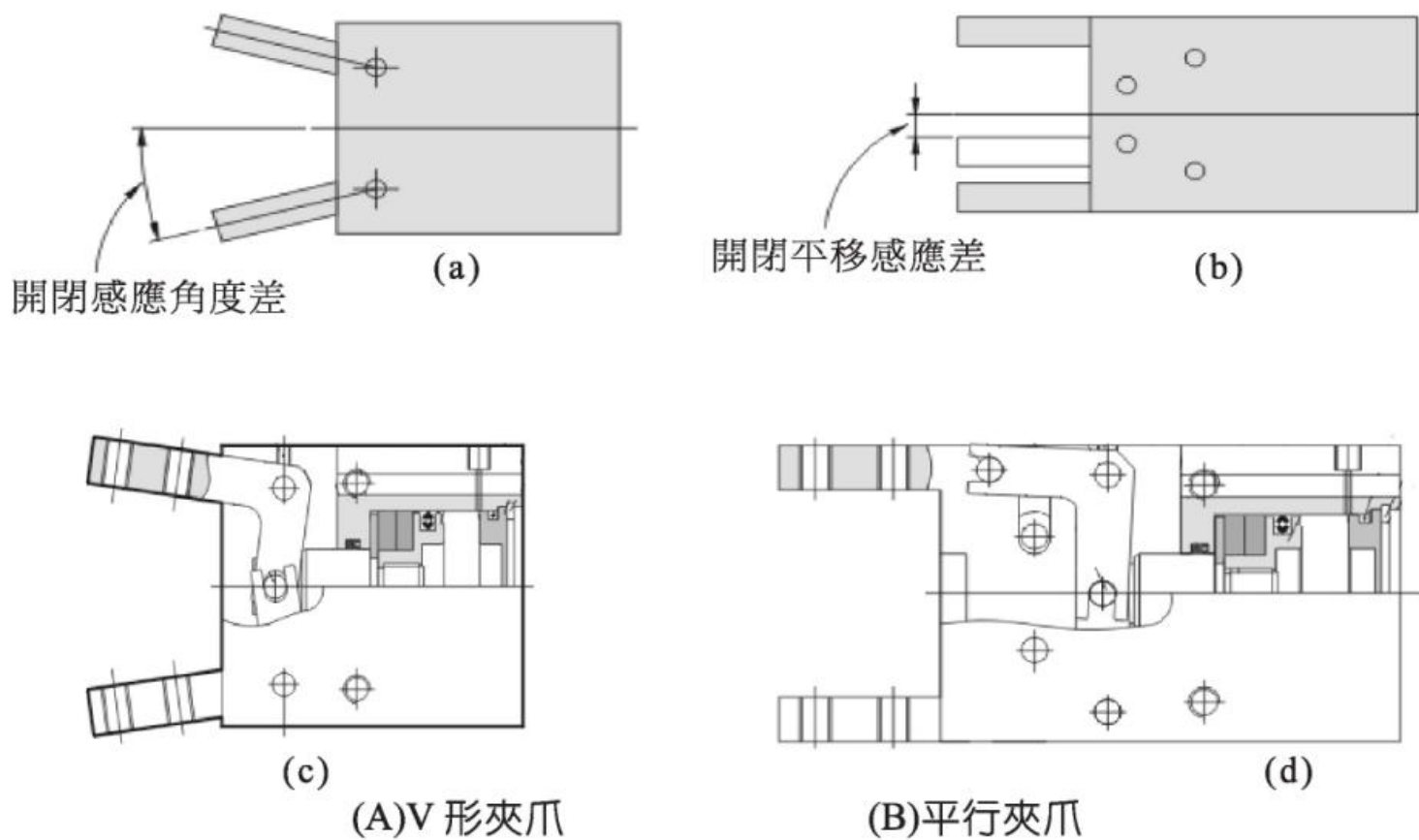


圖 3-21 氣壓夾爪



## (六) 衝擊式氣壓缸

採用衝擊能公式  $E = 1/2 \cdot mV^2$  得知，只要增加速度  $V$ ，即可獲得很高的動能。為了達到上述的控制目的，所以在衝擊缸內設有一蓄器室，

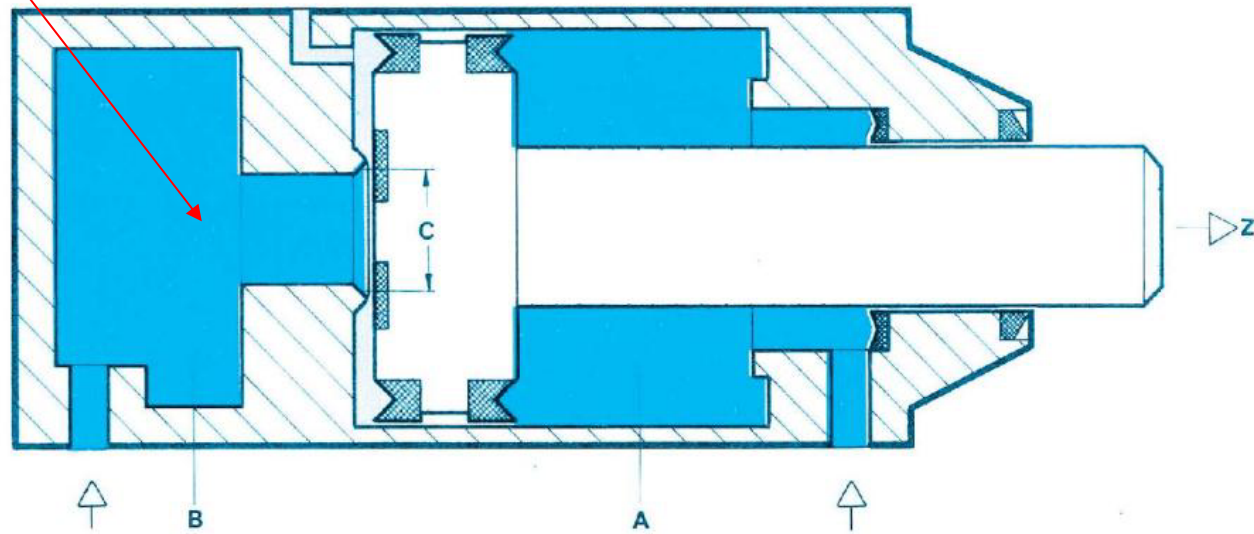


圖 3-22 衝擊式氣壓缸

動作原理如下所述：

- 當氣室 A 供氣時，則活塞復歸起始位置，接著操作方向閥促使氣室 B 加壓而氣室 A 排放，當面積 C 所承受之力大於氣室 A 的活塞力時，活塞自其密封處開始移動，致使加壓的活塞面積增大，因此力量也隨之加大。同時壓縮空氣亦自氣室 B 經通道 C 快速進入截面積較大的部份，所以衝擊缸產生快速而強大的衝擊力。
- 衝擊缸可產生 7.5~10 m/秒的衝擊速度（正常 1-2 m/秒），可供作加壓、衝邊、衝孔及鉚合等作業。

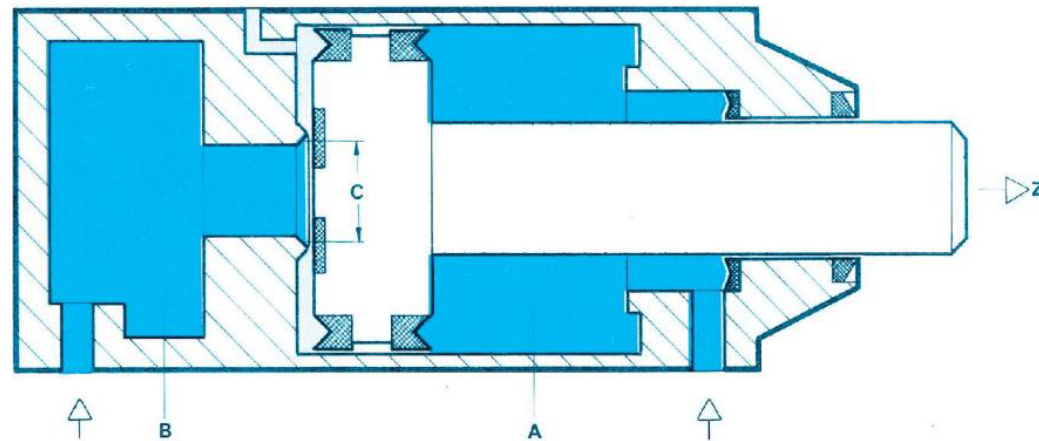


圖 3-22 衝擊式氣壓缸

## (七) 剎車氣壓缸

- 因為空氣具有可壓縮性，故利用一般傳統的氣缸進行鎖固及中間定位其準確度有技術上的困難，但如果利用剎車缸（如圖3-23所示）則其定位精度可達 $\pm 0.2$  m/秒以內。
- 當煞車通口供氣時，煞車活塞左移，錐形圈鬆開對活塞桿夾束，活塞桿可外伸，煞車彈簧受壓縮；當煞車通口排氣時，彈簧放鬆，煞車活塞右移，活塞桿以進行鎖固及中間定位

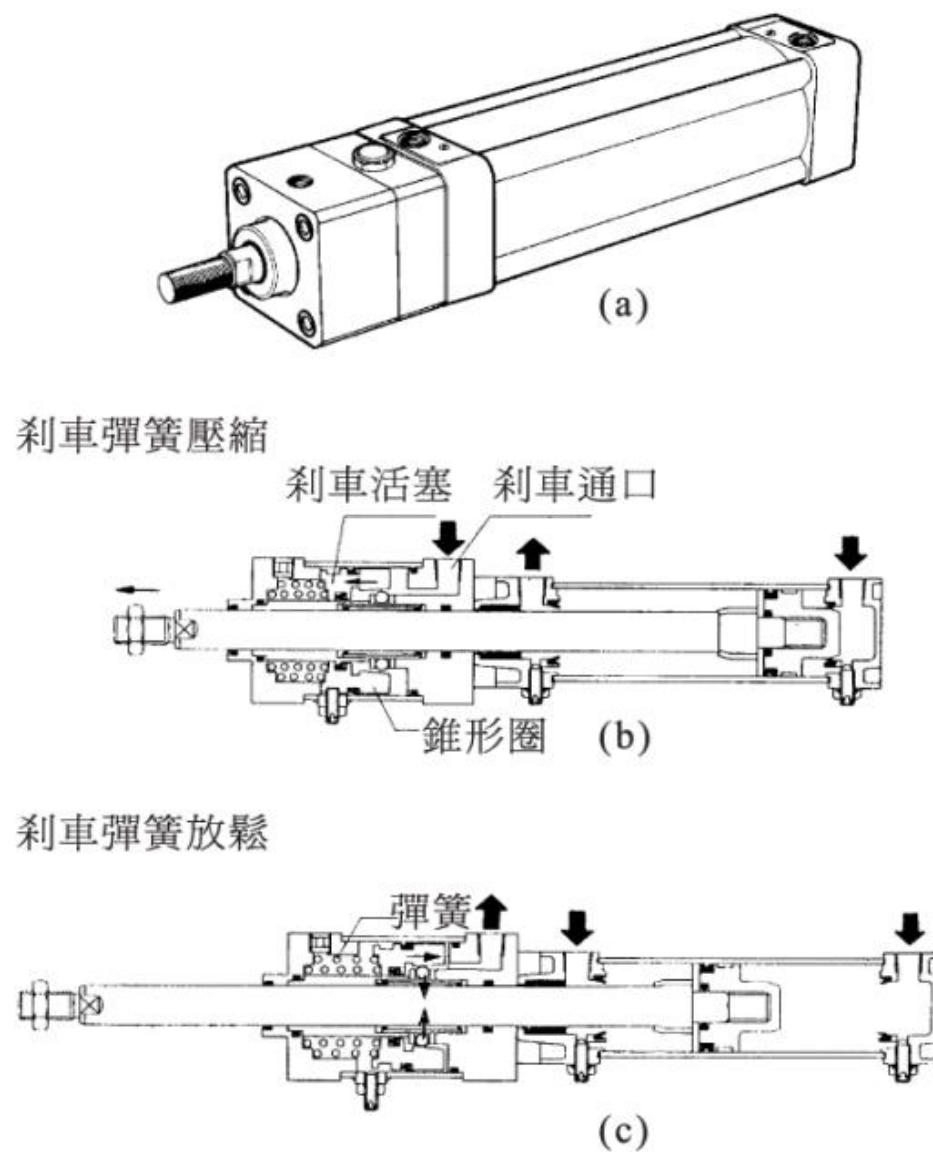


圖 3-23 剎車氣壓缸

### 3-1-2 氣壓缸的構造

活塞式氣壓缸主要由缸筒、前後端蓋、活塞、活塞桿、軸套及除塵環所組合而成。此外有連結零件及密封元件。如圖 3-24 所示

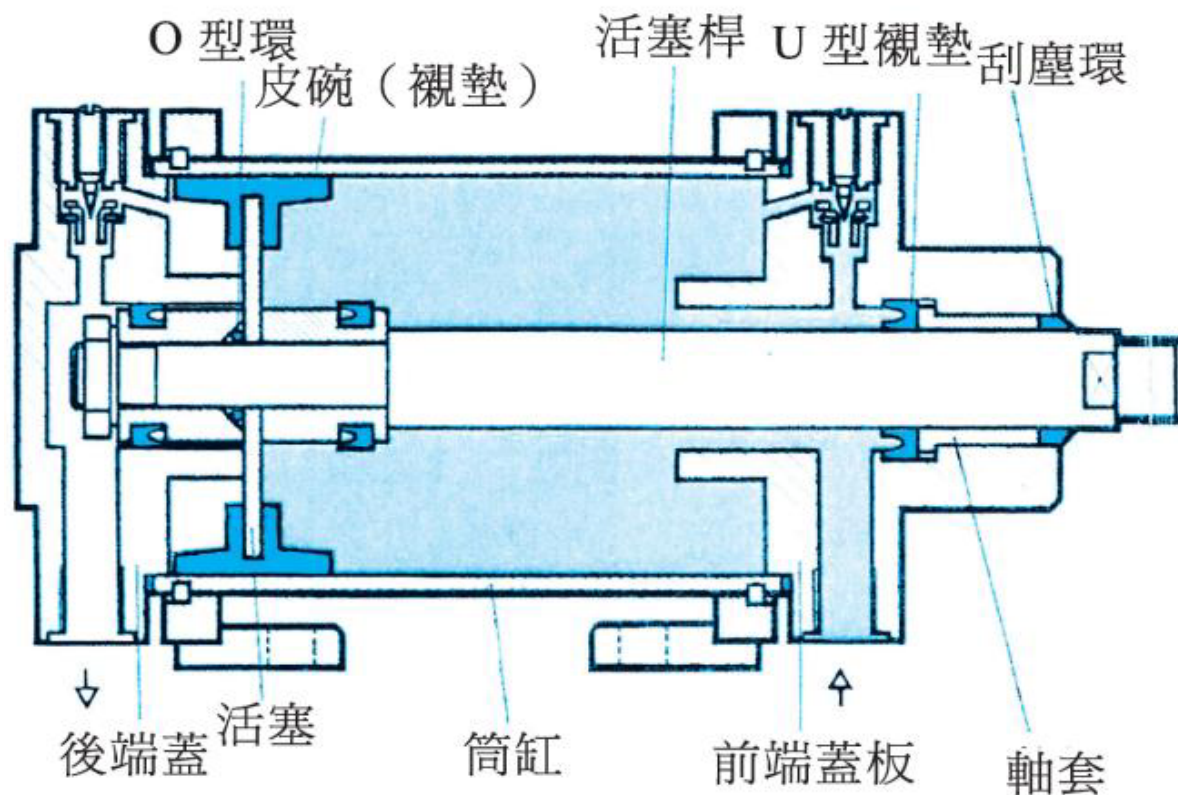


圖 3-24 氣壓缸的構造

### 3-1-3 氣壓缸的安裝

● 氣壓缸在設備或機器上的安裝方式可區分為**固定式**或**擺動式**兩種。如果負荷作**直線運動**則採用**固定式**，但如果負荷須在**同一平面內擺動**則採用**擺動式**。茲將其敘述如下：

一、固定式：可區分為**腳座型**及**法蘭型**

(一) **腳座型 (LB)**，如圖3-25所示，為最普通及簡單的安裝方式，主要使用在輕負荷。

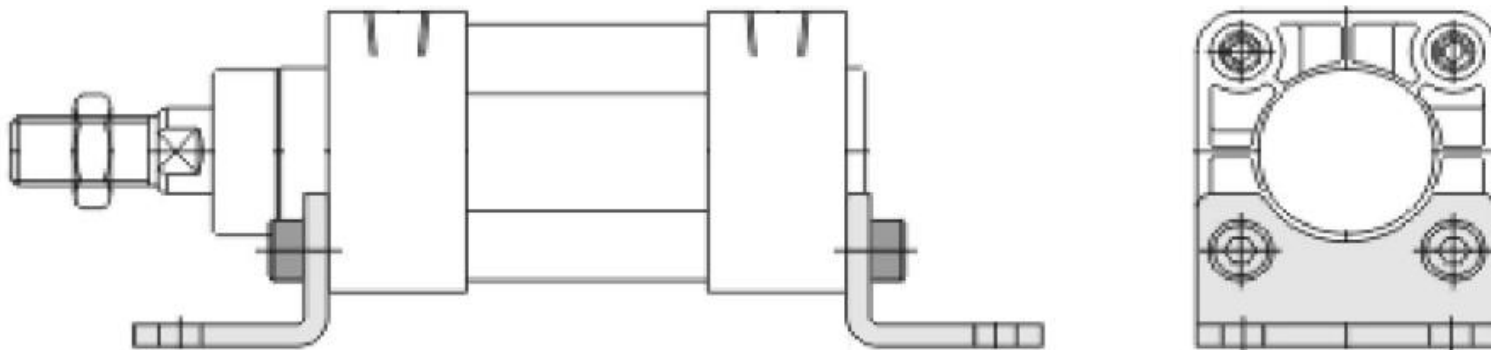
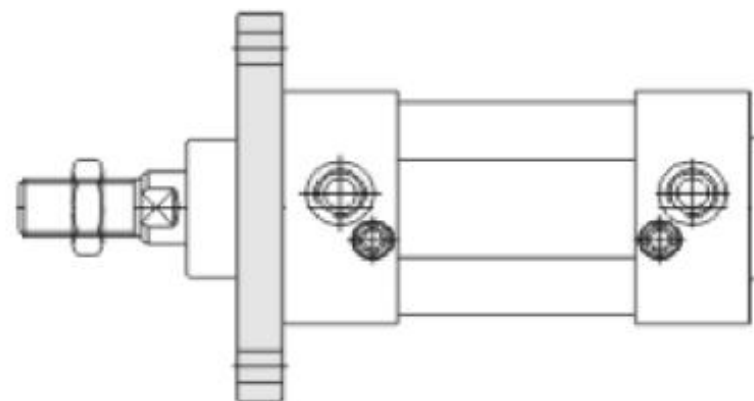
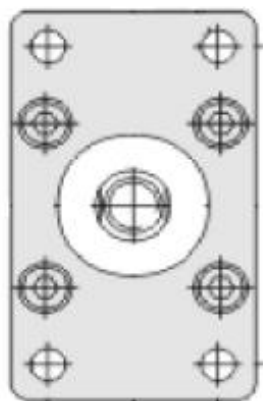


圖 3-25 腳座安裝

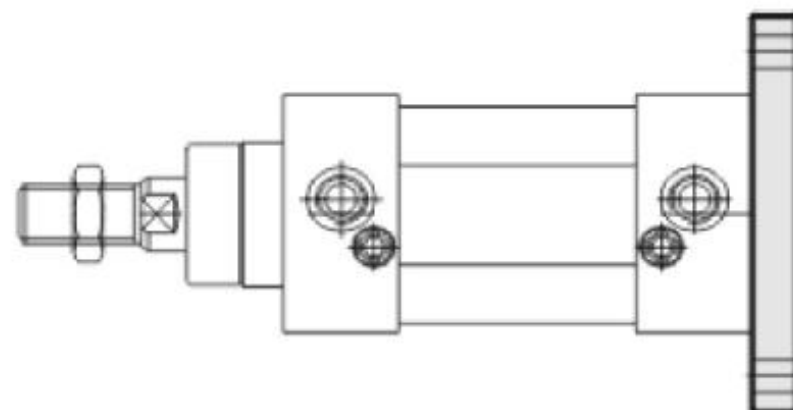
## (二) 法蘭式

如圖3-26所示，因為安裝位置的不同又可區分為前法蘭 (FA) 及後法蘭

(FB)，為最緊固的安裝方式。但在進行安裝時務必使運動方向與軸心對準。



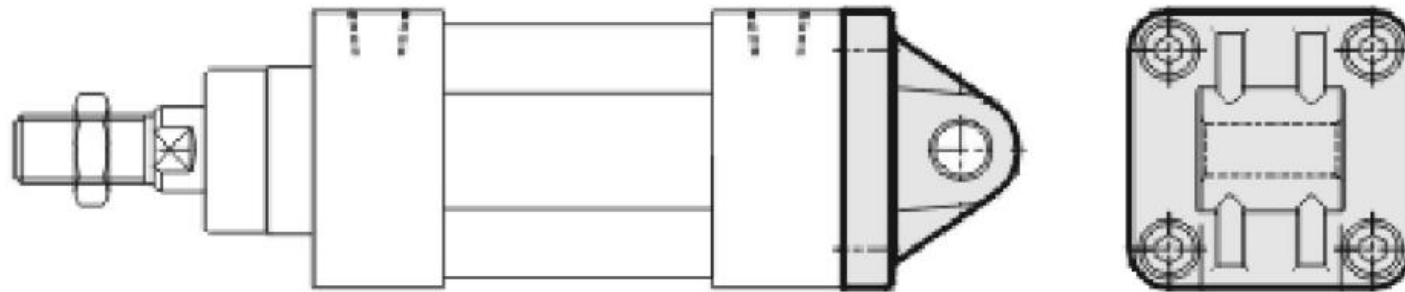
(a)前法蘭 (FA)



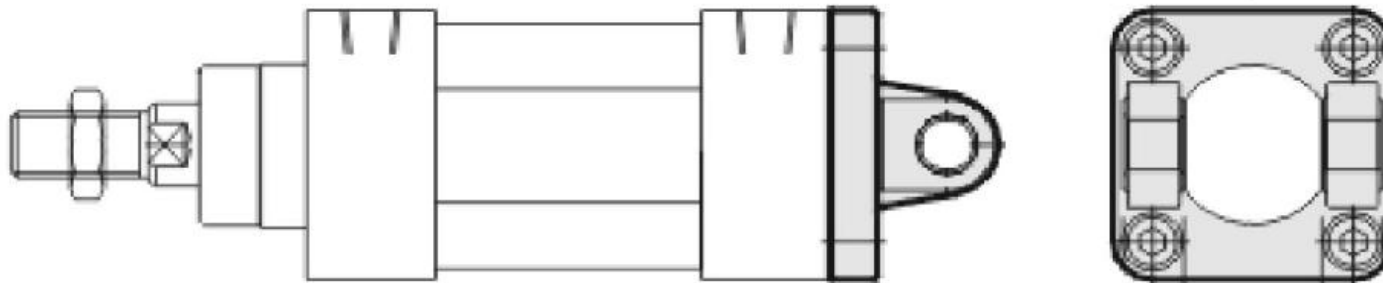
(b)後法蘭 (FB)

圖 3-26 法蘭安裝

二、擺動式：可區分為**環首型**及**耳軸型**，（一）環首型，如圖3-27所示，又可區分為分離式環首型（CA）及分離式U形鉤型（CB）



(a)分離式環首型(單山)



(b)分離式U形鉤型(雙山)

圖 3-27 環首型安裝

(二) 耳軸型，如圖3-28所示，又稱砲耳型（TC）

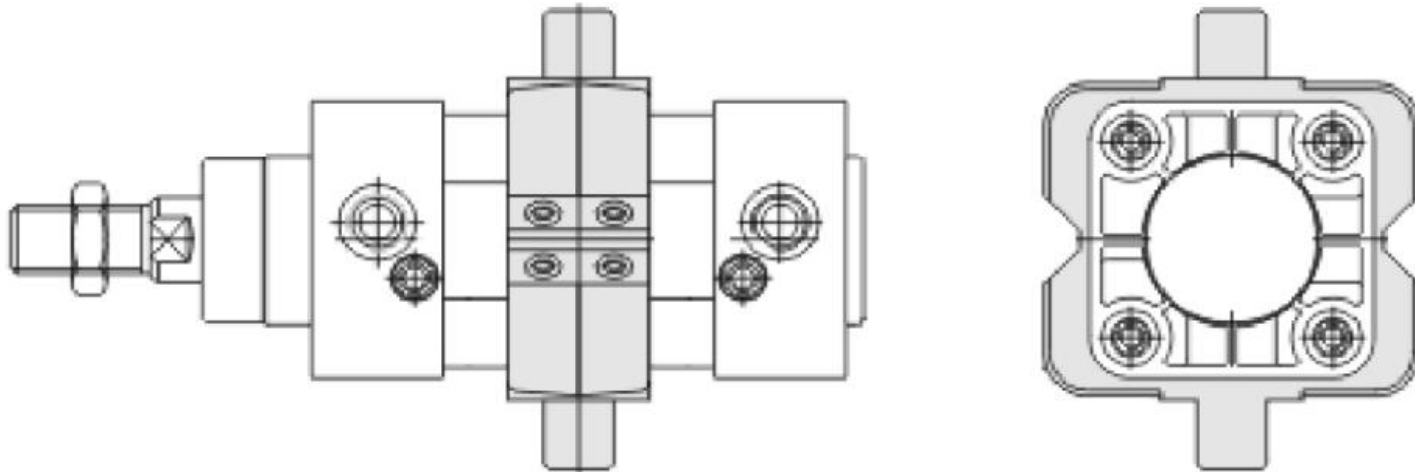


圖 3-28 耳軸型安裝



### 3-1-4 迴轉式氣壓缸

此種氣壓缸係將出力軸限制在某一個角度內做往復迴轉的一種裝置。依其構造之不同可區分為葉片型及活塞型兩種。

#### 一、葉片型

如圖3-29所示，壓縮空氣作用在出力軸的葉片上，使其產生迴轉扭矩。

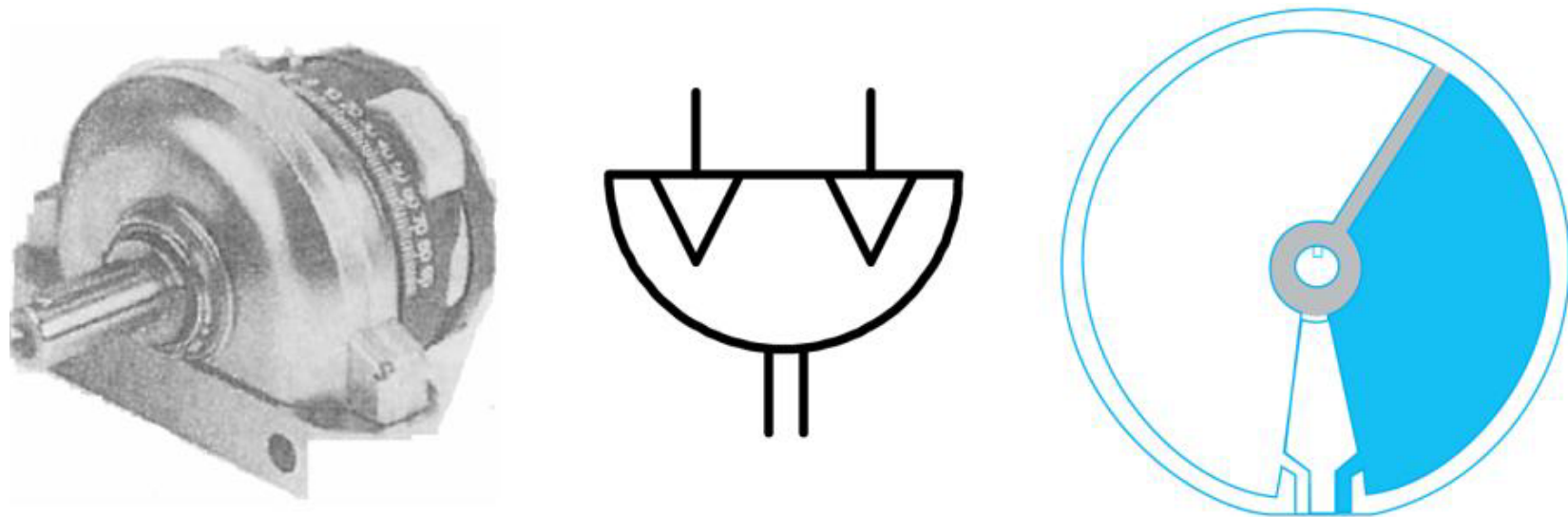
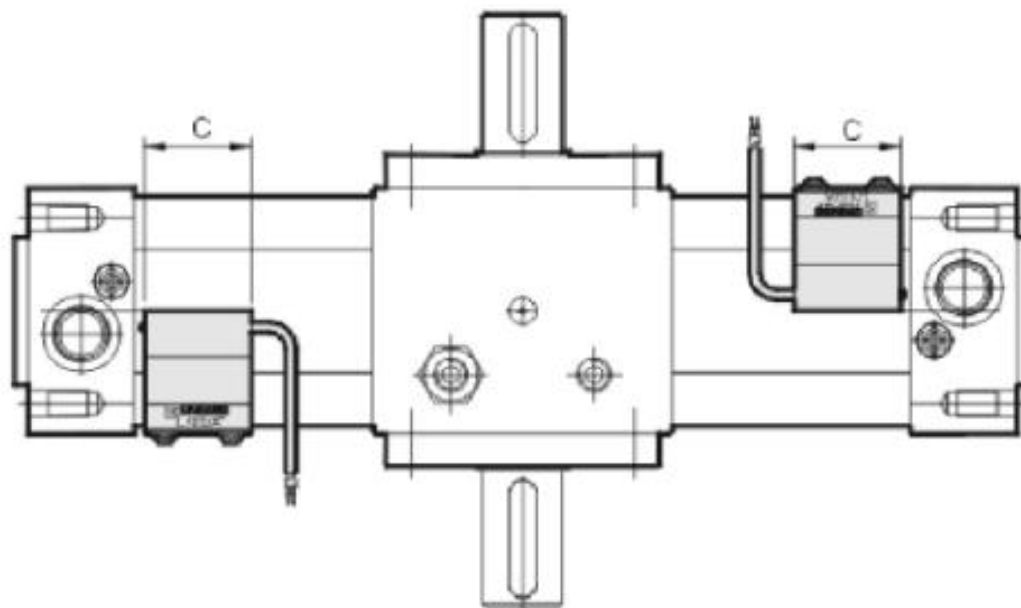


圖 3-29 葉片型迴轉氣壓缸



## 二、活塞型

如圖 3-30 所示，利用活塞桿上齒條的移動帶動齒輪迴轉，將活塞的直線運動轉變成旋轉運動並輸出力扭矩。

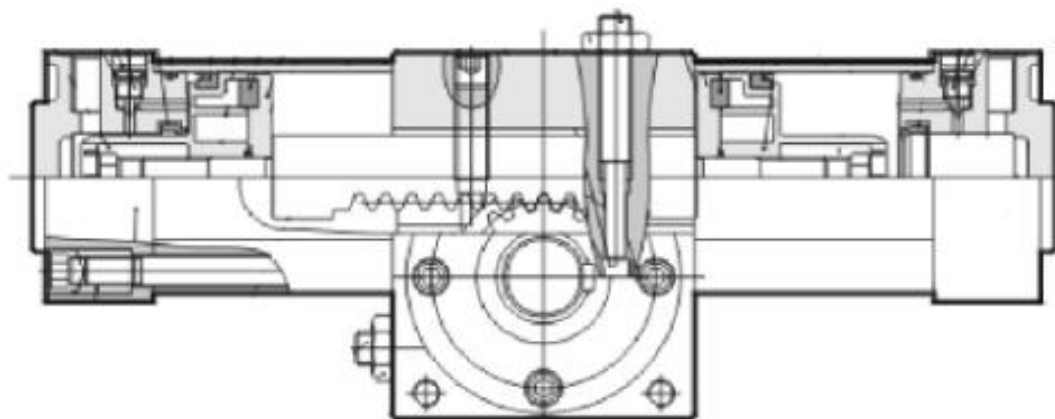


圖 3-30 活塞型回轉氣壓缸

## 3-1-5 氣壓缸有關之計算

### 一、活塞力

如果不考慮摩擦阻力及彈簧力等因素，則氣壓缸活塞之理論出力可表示如下：

$$F_{th} = P \times A$$

式中  $F_{th}$ ：理論出力 (kg)

$P$ ：操作壓力 (bar) (kP/cm<sup>2</sup>)

$A$ ：活塞的有效斷面積 (cm<sup>2</sup>)

而摩擦阻力及彈簧力可假定為活塞理論出力的 3~20%，故單動及雙動氣壓缸的活塞出力可表示如下：

單動氣壓缸的實際出力

$$F_n = P \times A - F_R - F_f$$

雙動氣壓缸的實際出力：

$$F_n = P \times A - F_R$$

式中 $F_n$ ：理論出力（kP）

$P$ ：操作壓力（bar）（kP/cm<sup>2</sup>）

$A$ ：活塞的有效斷面積（cm<sup>2</sup>）

（活塞頭側  $\pi D^2/4$ ，活塞桿側  $\pi (D^2 - d^2) /4$ ）

$F_R$ ：摩擦力（kP）（ $F_{th}$ 的3~20%）

$F_f$ ：回行彈簧力（kP）

$D$ ：缸筒內徑（cm）

$d$ ：活塞桿直徑（cm）

例題：雙動氣壓缸的內徑 50 mm，活塞桿直徑 12 mm，操作壓力 6 bar，求此雙動氣壓缸活塞之實際出力（前進及後退。假設襯墊之摩擦力為理論出力的 10%，而荷重忽略不計）。

解：氣壓缸活塞頭側（**前進**）的實際出力  $F_n = P \times A - F_R$

$$F_n = \frac{\pi D^2}{4} \times P - \left( \frac{\pi D^2}{4} \times P \right) \times 0.1 = \frac{3.14 \times 5^2}{4} \times 6 - \left( \frac{3.14 \times 5^2}{4} \times 6 \right) \times 0.1$$

$\approx 106 \text{ kP}$                       (1 kgf/cm<sup>2</sup> = 1 kp = 0.981 bar)

氣缸活塞桿側（**後退**）的實際出力  $F_n = P \times A - F_R$

$$F_n = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \times P - \left( \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \times P \right) \times 0.1$$
$$= \frac{3.14 \times (5^2 - 1.2^2)}{4} \times 6 - \left( \frac{3.14 \times (5^2 - 1.2^2)}{4} \times 6 \right) \times 0.1$$

$\approx 100 \text{ kP}$

## 二、活塞行程的長度

因為大直徑長行程的氣壓缸其所需的空氣消耗量太大，不甚經濟，故氣壓缸的行程長度最好不要大於 **2000 mm**。

## 三、活塞的速度

- 氣壓缸一般活塞移動的平均速度約為  $0.1 \sim 1.5 \text{ m/s}$ 。
- 如果速度低於  $0.1 \text{ m/s}$  時，活塞移動會產生滯滑的現象(走走停停)；當進行高速運動時，則必須考慮密封件是否能承受高溫。
- 至於氣壓缸活塞移動的速度可利用閥瓣加以調節，例如**降低**活塞移動的速度可利用**節流閥**，而**提高**速度則利用**快速排放閥**。

例題：活塞桿的負荷 800 N，行程 500 mm，活塞直徑 50 mm，求活塞桿不致產生撓曲所需的桿徑。

解：利用圖3-31的撓曲負荷表從Y軸負荷為800 N ( $\approx 80$  kp) 支點劃一條垂直線及X軸型成為 500 mm 之點劃另一條垂直線，而兩條垂直線的交點落在活塞桿直徑 12-16 mm 之間，故得知桿徑在 14 mm 以上時，活塞桿不會產生撓曲。

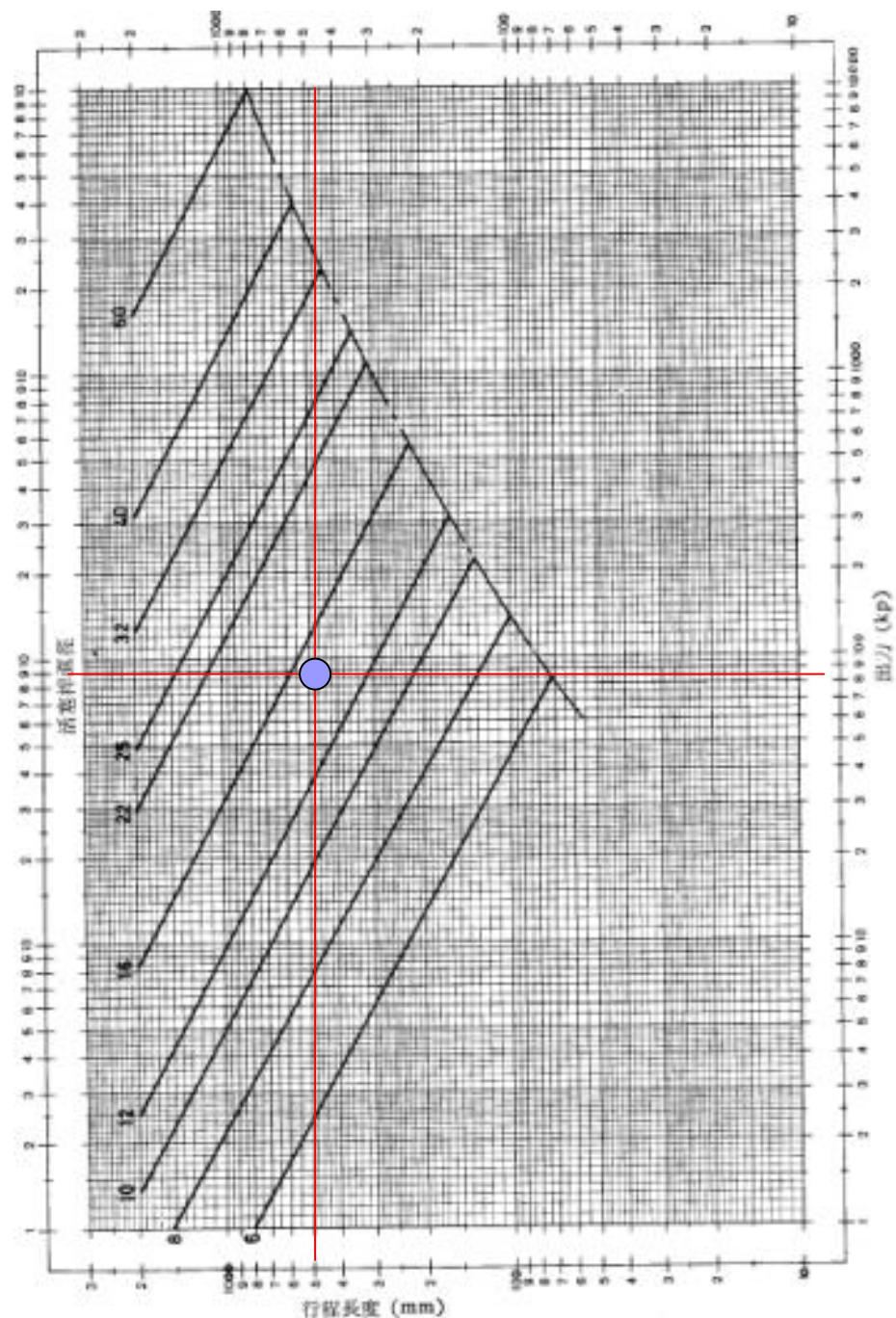


圖 3-31 撓曲負荷表

## 五、空氣消耗量

- 在計算氣壓缸的空氣消耗量時，首先須將壓縮空氣轉換為大氣壓力下的空氣量，所以要乘以壓縮比CR，其計算式如下：

氣壓缸的空氣消耗量 = 活塞面積 × 行程 × 壓縮比

$$\text{式中壓縮比} = \frac{1.033\text{bar} + \text{操作壓力}(\text{bar})}{1.033\text{bar}}$$

空氣消耗量係以每分鐘的正常立升（吸入量）為單位  
(Nl/min)



- 單動氣壓缸空氣消耗量的計算式如下：

$$Q = S \times n \times \frac{\pi D^2}{4} \times \text{壓縮比 (N1/min)}$$

- 雙動氣壓缸空氣消耗量的計算式如下：

$$Q = \left\{ S \times \frac{\pi D^2}{4} + S \times \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \right\} \times n \times \text{壓縮比 (N1/min)}$$

式中：Q = 空氣消耗量，S = 氣缸行程，n = 氣缸每分鐘的作動次數 D = 缸桶內徑 d = 活塞桿直徑

例題：有一缸桶內徑 50 mm 的雙動氣壓缸，桿徑為 16 mm，行程 100 mm，每分鐘作動 10 次，操作壓力 6 bar，求氣壓缸每分鐘的空氣消耗量。

解： 壓縮比 =  $\frac{1.033 + 6}{1.033} = 6.8$


空氣消耗量

$$Q = \left\{ S \times \frac{\pi D^2}{4} + S \times \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4} \right\} \times n \times \text{壓縮比}$$

$$Q = \left\{ 10 \times \frac{3.14 \times 5^2}{4} + 10 \times \frac{3.14 \times (5^2 - 1.6^2)}{4} \right\} \times 10 \times 6.8$$

$$Q = \{10 \times 19.625 + 10 \times 17.615\} \times 10 \times 6.8$$

$$Q = 25323.2 \text{ cm}^3/\text{min} = 25.3 \text{ (Nl/min)}$$



例題：假設 $P = 5 \text{ kgf/cm}^2$ ， $\eta = 90\%$ ，今有一氣壓缸承受 1500 kgf 的負載在 0.5 秒內須向上移動 500 mm，試求符合要求的氣壓缸內徑，緩衝能量、控制閥的額定流量及有效斷面積。

解：因為氣壓缸承受 1500 kgf 負載在 0.5 秒內向上移動 500 mm，故其合成速度為

$$a_t = \frac{2S}{t^2} = \frac{2 \times 500}{0.5^2} = 4000 \text{ mm/sec}^2 = 400 \text{ cm/sec}^2$$

### (一) 氣壓缸

氣壓缸向上推舉工作必須克服重力 (g)，最後產生 400  $\text{cm/sec}^2$  的合成加速度，氣壓缸才能在 0.5 秒內向上移動 500 mm，故實際由氣壓缸所產生的加速度為

$$a_{cy} = a_t + g = 400 + 980 = 1380 \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

∴ 氣壓缸之實際出力為  $F = ma = \frac{1500}{980} \times 1380 = 2112(\text{kgf})$

故

$$F_{\text{th}} = P \times A \times \eta \quad D = \sqrt{\frac{4 \times F}{\pi \times \eta \times P}} = \sqrt{\frac{4 \times 2112}{\pi \times 0.9 \times 5}} = 24.45(\text{cm})$$
$$A = \pi D^2 / 4$$

選用  $\phi 250$  mm 之氣壓缸（以工業界的標準缸為基。）

## (二) 緩衝能量

此氣壓缸之最大移動速度為

$$V_{\text{max}} = V_0 + a t = a t = 400 \times 0.5 = 200 (\text{cm/sec})$$

故其緩衝能量  $KE = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \times \frac{1500}{980} \times 200^2 = 30612(\text{kgf} / \text{cm})$

## (三) 方向閥之額定流量

採瞬間最大空氣消耗量

$$\begin{aligned}
 \text{故 } Q &= A \times V = \frac{\pi}{4} D^2 \times V \times 60 \times 10^{-3} \times \frac{P + 1.033}{1.033} \\
 &= \frac{\pi}{4} \times 25^2 \times 200 \times 60 \times 10^{-3} \times \frac{5 + 1.033}{1.033} \\
 &= 34385 \text{ (Nl/min)}
 \end{aligned}$$


#### (四) 控制閥的有效斷面積

控制閥上下游的壓力比

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{5 + 1.033}{\frac{\pi}{4} \times 25^2 + 1.033} = \frac{5 + 1.033}{4.305 + 1.033} = 1.130 < 1.893$$

由上述的壓力彼得知其為亞音速流動

$$\text{故採用公式 } Q = 22.6 \times S \times \sqrt{(P_1 - P_2)(P_2 + 1.033)}$$



但如果壓力比大於 1.893，則為音速流動，必須採用公式

$$Q = 11.3 \times S \times (P_1 + 1.033)$$

∴ 控制閥的有效斷面

$$\begin{aligned} S &= \frac{Q}{22.6 \times \sqrt{(P_1 - P_2)(P_1 + 1.033)}} \\ &= \frac{34385}{22.6 \times \sqrt{(5 - 4.305)(5 + 1.033)}} \\ &= 742 (\text{mm}^2) \end{aligned}$$

## 3-2 氣壓馬達之種類、構造及作用原理

氣壓馬達仍利用壓縮空氣的壓力能量及速度能量來產生連續迴轉的驅動器。依構造之不同可區分為容積型及速度型，其中容積型是利用壓縮空氣的壓力能量，有輪葉式、齒輪式及活塞式三種不同構造

### 一、輪葉式氣壓馬達

一個具偏心量的轉子安裝在氣缸室內的轉軸上，轉子上附有溝槽，而溝槽中插入3至10枚的葉片，並以轉子的溝槽作導引，利用流入葉片間的壓縮空氣帶動轉子旋轉。

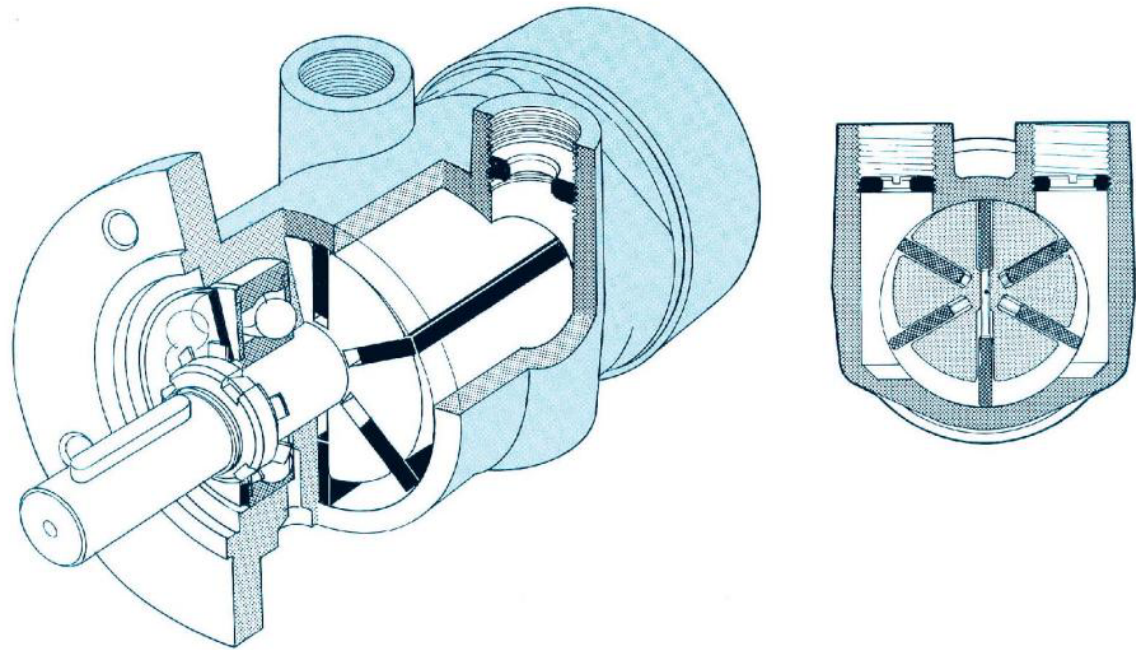


圖 3-33 輪葉式氣壓馬達

## 二、齒輪式氣壓馬達

壓縮空氣作用在二個密接齒輪中間的銜接齒形，促使齒輪迴轉產生扭矩，而出力軸由其中一個齒輪接出。

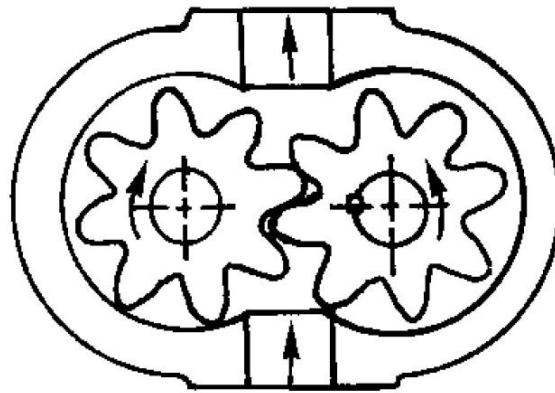


圖 3-34 齒輪式氣壓馬達



### 三、活塞式氣壓馬達

此類氣壓馬達仍利用壓縮空氣促使活塞產生活塞式氣壓馬達由於起動扭矩佳，依其構造可區分為徑向式及軸向式二種。

#### (一) 徑向式活塞氣壓馬達

如圖3-35所示，將3-6個活塞作星形排列，同時藉助旋轉分配閥控制某幾個活塞再不同時段的進氣與排氣。而當活塞進行往復運動時，並透過連桿及曲軸帶動氣壓馬達的出力軸旋轉。

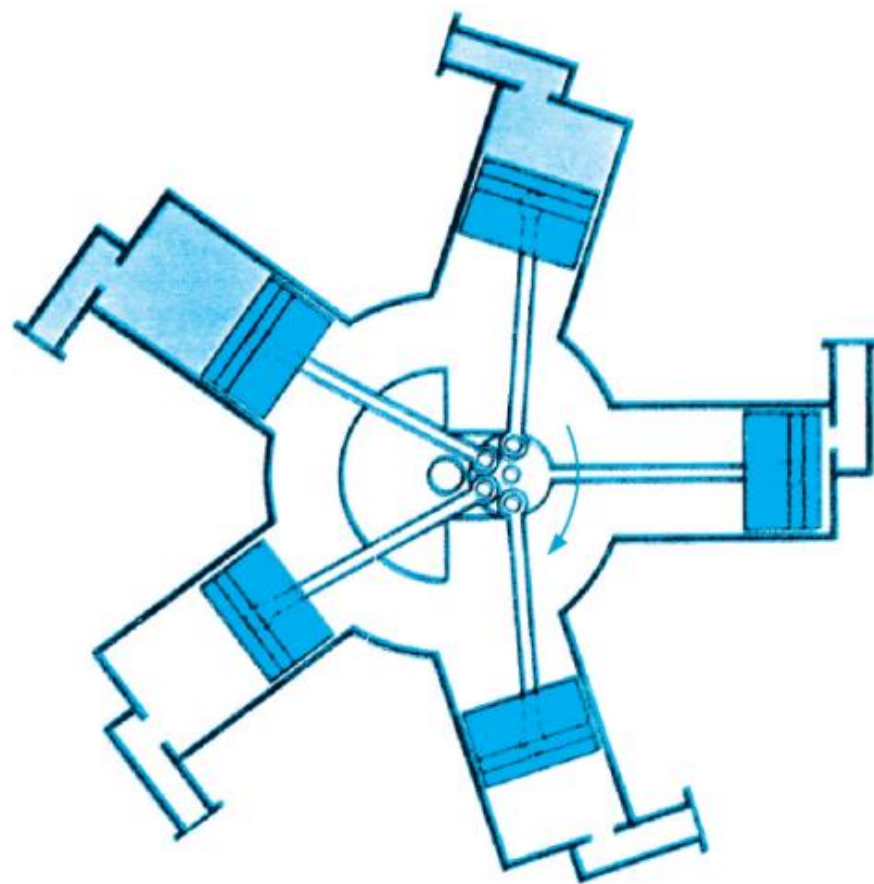


圖 3-35 徑向活塞式氣壓馬達

## (二)軸向活塞氣壓馬達

如圖 3-36 所示，4-6 個氣壓缸以出力軸為中心呈同心排列。活塞所產生之推力透過一斜盤板轉變成回轉運動。此種氣壓馬達雖然構造較複雜，但卻可產生較大的起動扭矩。

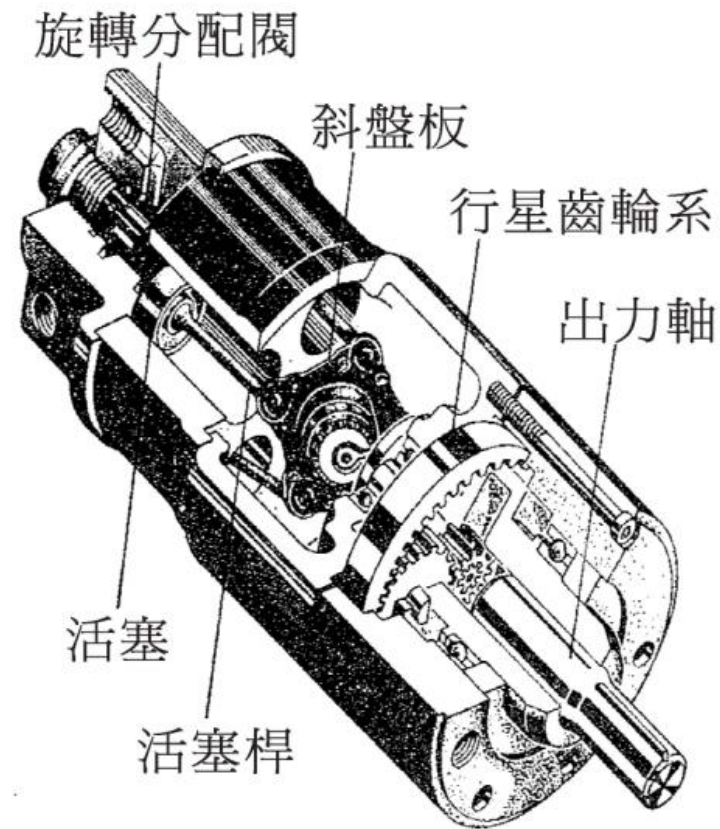


圖 3-36 軸向活塞氣壓馬達

#### 四、輪機氣壓馬達

其動作原理仍利用直接吹在輪葉上的壓縮空氣，此類氣壓馬達通常使用在高速低扭矩的場合。

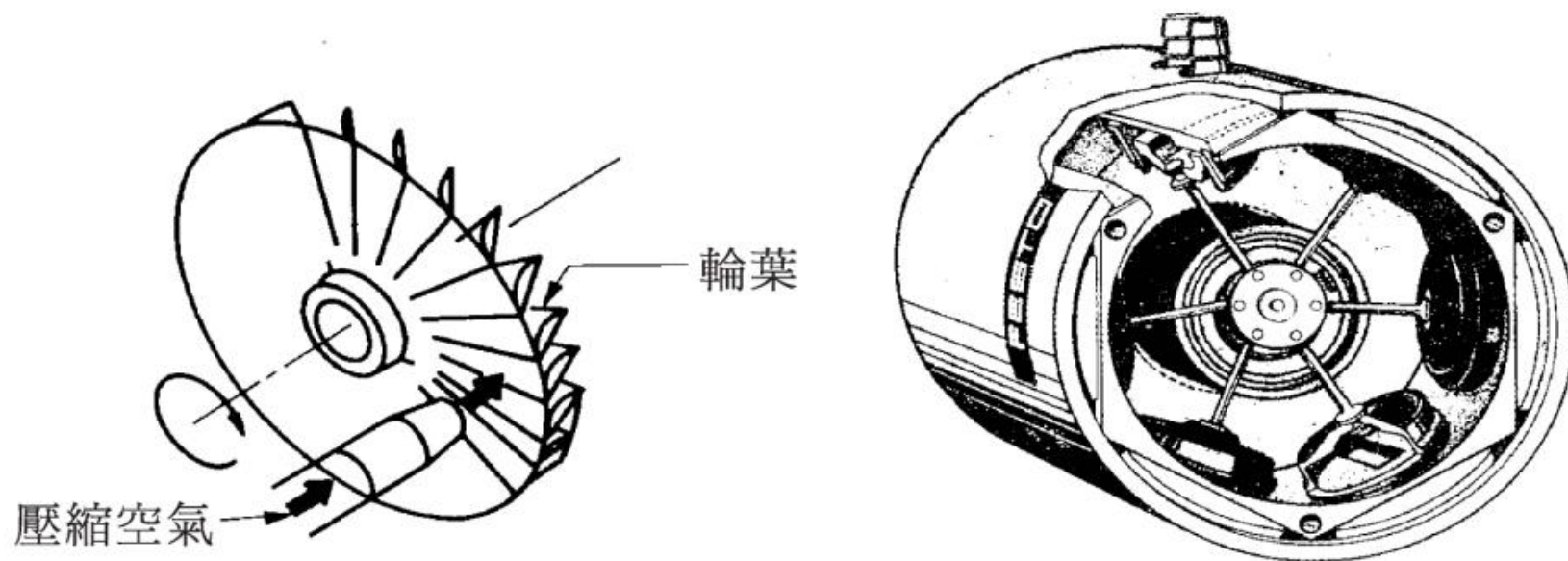


圖 3-37 輪機氣壓馬達