

氣動系統

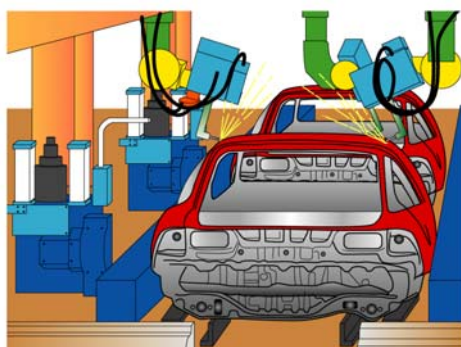
1 氣動系統	3
(a) 氣動系統的優點	3
(i) 高效益	3
(ii) 耐用和可靠	3
(iii) 設計簡單.....	3
(iv) 可適應惡劣環境.....	3
(v) 安全	3
(vi) 易於選擇速度及壓力	4
(vii) 環保和清潔	4
(viii) 經濟	4
(b) 氣動系統的限制	4
(i) 準確性較低	4
(ii) 負載較低.....	4
(iii) 使用前必須處理.....	4
(iv) 移動速度不均勻.....	4
(v) 引致噪音.....	4
(c) 主要氣動元件	4
2 產生和輸送壓縮空氣元件	5
(a) 壓縮機.....	5
(b) 調壓組件	5
3 消耗壓縮空氣元件	6
(a) 執行元件	6
(i) 單作用氣缸	6
(ii) 雙作用氣缸	6
(b) 方向控制閥	7
(i) 二路二位方向控制閥.....	7
(ii) 三路二位方向控制閥.....	8
(iii) 五路二位方向控制閥.....	8
(c) 控制閥.....	9
(i) 單向閥	9
(ii) 限流閥	9
(iii) 梭動閥	9
4 氣動控制原理	10
(a) 氣動回路.....	10
(b) 氣動回路圖	10
(i) 基本規律.....	10
(ii) 基本原理.....	11
(iii) 回路圖的佈局	11
5 各種基本回路	13

(a) 流量放大.....	13
(b) 信號切換.....	13
(c) 記憶功能.....	14
(d) 延時功能.....	14
(i) 延時 ON 壓力信號.....	14
(ii) 延時 OFF 壓力信號.....	15
(e) 單作用氣缸控制.....	15
(i) 直接操控和速度控制.....	15
(ii) 「或」(OR)功能.....	16
(iii) 「與」(AND)功能.....	16
(iv) 「非」(NOT)功能.....	17
(f) 雙作用氣缸.....	17
(i) 直接控制.....	17
(ii) 單獨的速度控制.....	18
6 氣動系統的應用.....	18
(a) 送料系統.....	18
(b) 開關車門.....	19
7 使用氣動控制系統的安全措施.....	19
附錄 —— 氣動元件.....	20
練習.....	24

氣動系統

1 氣動系統

氣體動力系統是利用壓縮氣體來傳遞和控制能量的一種系統，它的用途非常廣泛，例如：控制地下鐵路車門開關、控制自動化生產線操作、控制自動化機械夾頭運作(圖 1)等。



(a) 汽車生產線



(b) 自動化機械的氣動系統

圖1 應用在工業界中的氣動控制系統

(a) 氣動系統的優點

在現今的社會，特別在工業界中，氣動控制系統已被廣泛使用來驅動自動化機械，因為它具有許多優點。

(i) 高效益

不少工廠已具備壓縮氣源及可移動式壓縮機裝置以供生產線使用。壓縮空氣在大氣中隨處可取用而不受限制。壓縮空氣不受距離影響，極易由管路輸送。而且壓縮空氣使用後無須回收，可以在大氣中釋放。

(ii) 耐用和可靠

氣動元件不但有很長的工作壽命，而且不易損壞。所以，氣動元件相對於電動元件更為耐用及有更高的可靠性。

(iii) 設計簡單

氣動元件的設計比較簡單，而且適合用來操作簡單的自動化控制系統。

(iv) 可適應惡劣環境

相對於其他系統如電動系統，壓縮空氣較不受高溫、灰塵、腐蝕等因素影響。

(v) 安全

氣動系統可於易燃環境下操作，而不會引起火災或爆炸，所以比電動系統安全。此外，假如氣動系統負荷太重，它的元件便會停止操作或出現滑動現象。相對於電動系統，氣動系統不會因負荷過重，而使氣路及氣動執行元件過熱而燒毀。

(vi) 易於選擇速度及壓力

氣動系統的直線和回轉運動速度可以容易地調校，而且限制較少。氣動系統的壓力和氣量可以容易地由壓力調節器調校。

(vii) 環保和清潔

氣動系統在操作時不會產生污染物，而排放的空氣也有特殊處理方法。因此氣動系統可以在要求高潔淨度的作業環境中操作，例如：高精密集成電路生產線。

(viii) 經濟

氣動元件的價格比較便宜，整套裝置的費用亦較低。此外，由於氣動元件壽命較長，又不需要經常維修，所以保養費也較低廉。

(b) 氣動系統的限制

氣動系統雖然有眾多優點，但也有不少限制。

(i) 準確性較低

氣動系統是由壓縮空氣提供動力能源，但空氣受壓和受熱時體積容易改變。所以，在操作過程中，難以提供極準確的供應，因為壓縮空氣在氣動元件的氣缸內可能會再被壓縮。

(ii) 負載較低

由於氣動元件的氣缸體積不大，所以氣動系統不能推動太大的負載重量。

(iii) 使用前必須處理

壓縮空氣使用前必須適當處理，不能含有水份和塵埃。否則，氣動元件的活動部分會產生摩擦而加速損耗。

(iv) 移動速度不均勻

由於空氣容易被壓縮，所以氣動系統的移動活塞的移動速度較不均勻。

(v) 引致噪音

氣動元件排放空氣時會發出很大的聲響，容易引致噪音。

(c) 主要氣動元件

氣動系統中的元件可以分為兩大類：

- (i) 產生和輸送壓縮空氣元件
- (ii) 消耗壓縮空氣元件

為了方便設計氣動系統，各種主要氣動元件都可以用簡單的氣動圖形符號來代表。圖形符號只表示元件的功能，並不表示它的結構。氣動圖形符號可以組成氣動圖，一幅氣動圖描述氣動系統中各元件的關係，亦即是系統的設計。這些符號亦適用於液壓系統。

2 產生和輸送壓縮空氣元件

產生和輸送壓縮空氣的元件有許多，例如：壓縮機、調壓組件等。

(a) 壓縮機

壓縮機將空氣壓縮至所需的工作壓力，它能將電動機或內燃機的機械能轉化為壓縮空氣的勢能(圖 2)。只需要一套中央壓縮空氣設備，便可以提供壓縮空氣給各種氣動裝置。各種氣動裝置可以利用管路，從壓縮空氣貯氣缸取得所需的壓縮空氣。容積式空氣壓縮機可分為兩大類：往復式和旋轉式。

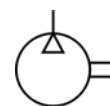


圖2 (a) 學校用的壓縮機

(b) 實驗用的壓縮機

(c) 氣動符號

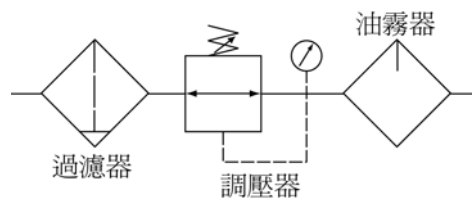
(b) 調壓組件

壓縮空氣調壓組件由數個元件所組成，它們各有獨特的氣動符號：

- (i) 過濾器 — 能除去壓縮空氣在進入氣動元件前的雜質。
- (ii) 調壓器 — 穩定壓力及調節氣動元件操作。
- (iii) 油霧器 — 為氣壓機件提供適當的潤滑。



圖3 (a) 調壓組件實物圖



(b) 調壓組件內氣動元件符號圖

3 消耗壓縮空氣元件

消耗壓縮空氣元件有許多，例如：執行元件(氣缸)、方向控制閥、輔助閥等。

(a) 執行元件

氣動執行元件的工作是提供直線或回轉運動，包括：氣缸活塞、氣動馬達等。氣缸活塞提供直線運動，氣動馬達則提供連續轉動。氣缸有許多種類，例如：單作用氣缸、雙作用氣缸等。

(i) 單作用氣缸

單作用氣缸只能從一端進給壓縮空氣，因此只能在一個方向產生推力(圖 4)。活塞桿作反方向運動(回縮)是由內置彈簧推動，或利用外力如負載重量或機械運動等使其回行(圖 5)。

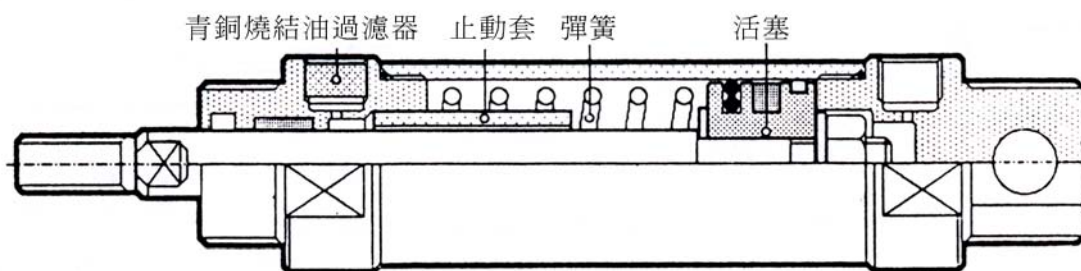
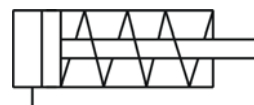


圖4 單作用氣缸剖切圖



圖5 (a) 單作用氣缸實物圖

(b) 氣動符號



由於單作用氣缸須克服彈簧力，活塞桿推出的推力因而減低。因此，利用單作用氣缸推動的機械需要較大的氣缸直徑，而且為配合彈簧本身的長度，氣缸的總長度相應增加，從而限制了行程的長度。單作用氣缸可用於壓緊、打印和送料等工作。

(ii) 雙作用氣缸

雙作用氣缸是利用空氣壓力交替作用於活塞的相對面上，產生兩種伸出和回縮的力(圖 6)。由於有效活塞面積較小，所以回縮行程所產生的推力較弱。雙作用氣缸的無縫缸筒通常由鋼製成，工作面加工成高光亮度和鍍有硬鉻，使摩擦減到最小。

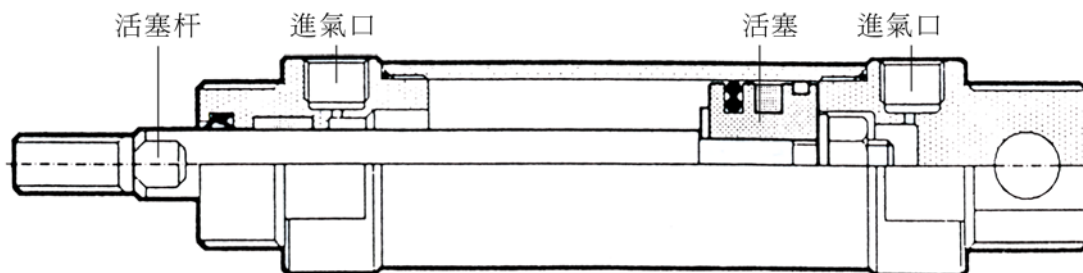


圖6 雙作用氣缸剖切圖

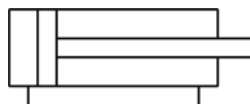


圖7 (a) 雙作用氣缸實物圖

(b) 氣動符號

(b) 方向控制閥

方向控制閥通過開啟、關閉或切換閥內部機構的連接來確定氣口間的氣流流動。按照通氣口數目、切換的位置數目、閥片在不操作時通常的位置和操作方法來分類的。常用的方向控制閥名稱是用 2/2、3/2、5/2 等來表示的。第一位數字是通氣口數目，而第二位數字是位置數目。例如：五路二位方向控制閥可以如圖 8 所描述，但它有獨特的氣動符號。

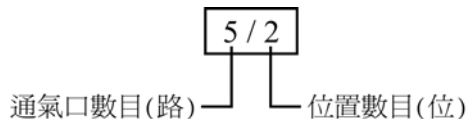


圖8 五路二位方向控制閥的描述

(i) 二路二位方向控制閥

二路二位方向控制閥結構簡單，它的功能是藉彈簧之力迫使閥片開關，阻止壓縮空氣從入氣接口「P」流向工作管路「A」。當作用力於控制軸時，閥片被推開，使「P」與「A」相通(圖 9)。作用力於控制軸需要克服彈簧的對抗力及空氣壓力。而此控制閥可由人力或機械推動，回位的動作則靠彈簧推力。

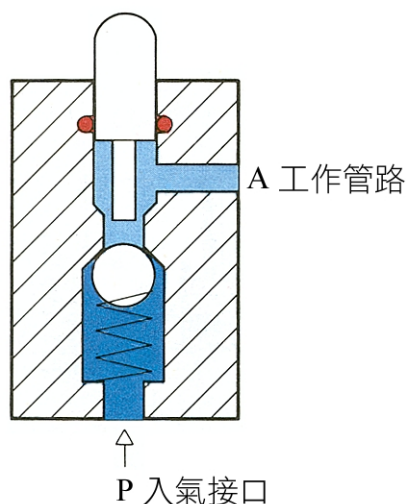


圖9 (a) 二路二位方向控制閥實物圖

(b) 剖切圖

(c) 氣動符號

(ii) 三路二位方向控制閥

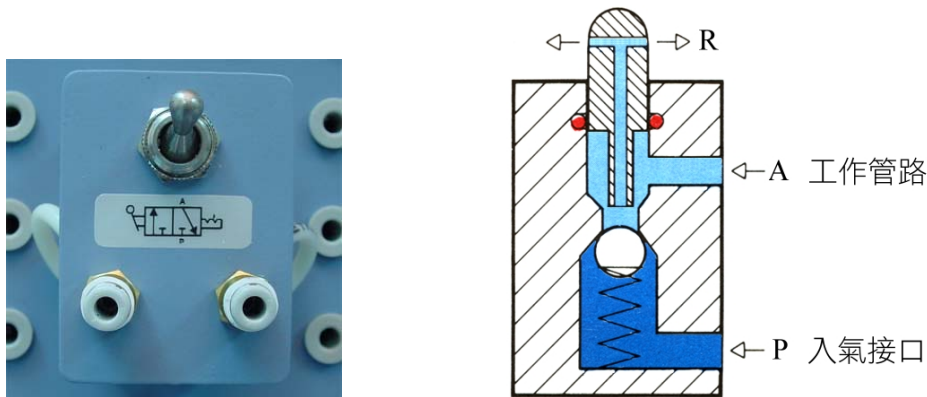


圖10 (a) 三路二位方向控制閥實物圖

(b) 剖切圖



圖11氣動符號 (a) 常閉型

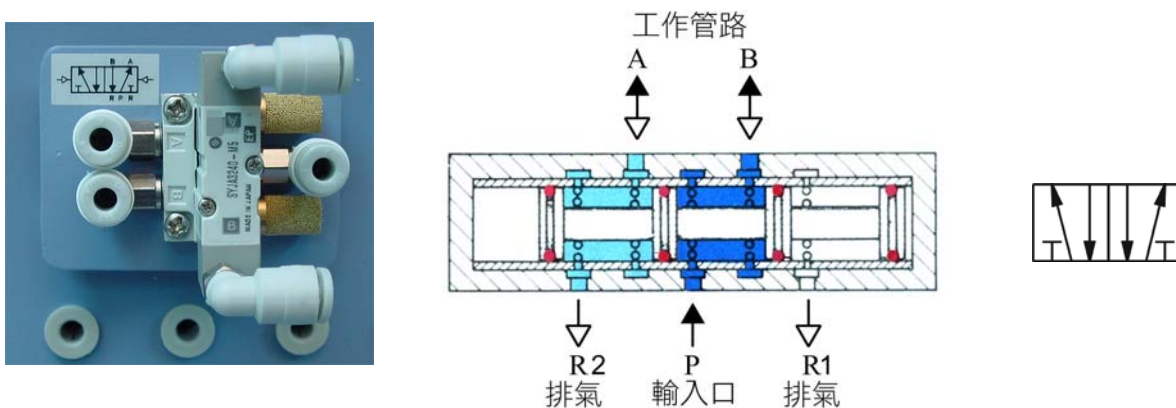


(b) 常開型

三路二位方向控制閥可作單作用氣缸的控制使用(圖 10)。在中間位置開啟的閥片中，則先由閥片關閉自「P」至「A」接合，再向下壓時，另一閥片開啟「A」至「R」(排氣口)的密封座。此類閥片可由人力、機械、電氣或氣壓推動。三路二位方向控制閥可再分為「常開式」(N.O.)和「常閉式」(N.C.)兩種(圖 11)。

(iii) 五路二位方向控制閥

氣壓控制端「P」輸入壓力脈衝，滑柱向左移動，連接輸入口「P」和工作管路「B」。工作管路「A」通過「R1」和「R2」排出氣體。方向閥仍然保持在這操作位置上，直到相對的信號出現。所以此方向閥含有「記憶功能」。



(a) 五路二位方向控制閥實物圖

(b) 剖切圖

(c) 氣動符號

圖12 五路二位方向控制閥

(c) 控制閥

控制閥是一些控制空氣流通的氣閥，例如：單向閥、限流閥、梭動閥等。

(i) 單向閥

單向閥允許空氣只能從一個方向流動，在相反方向則封閉。它也可稱為止回閥(圖 13)。

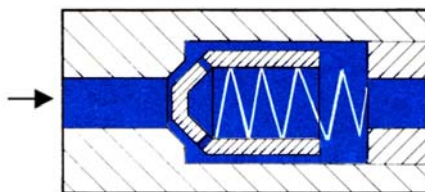
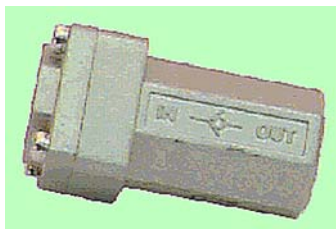


圖13 (a) 單向閥實物圖

(b) 剖切圖

(c) 氣動符號

(ii) 限流閥

限流閥亦稱為速度控制閥，它的結構包括一個單向閥和一個可變節流閥(圖 14)。

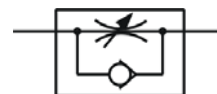
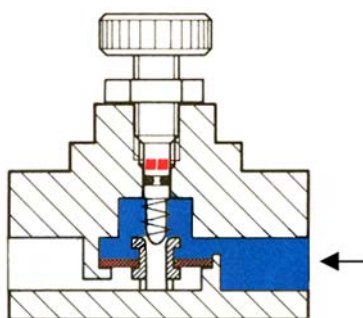


圖14 (a) 限流閥

(b) 剖切圖

(c) 氣動符號

(iii) 梭動閥

梭動閥又稱為雙控制和單控制止回閥。梭動閥分別有兩個入氣口「P₁」和「P₂」及一個出氣口「A」。當壓縮空氣作用於入氣口「P₁」時，圓球密封及阻塞另一個入氣口「P₂」，空氣可自「P₁」流向出氣口「A」。相反時，圓球關閉入氣口「P₁」，壓縮空氣可自「P₂」流向「A」(圖 15)。

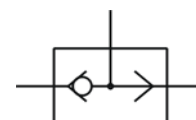
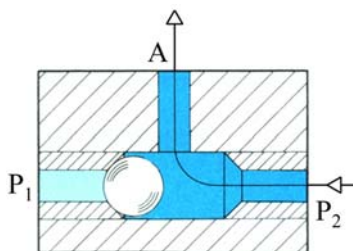


圖15 (a) 梭動閥實物圖

(b) 梭動閥剖切圖

(c) 氣動符號

4 氣動控制原理

(a) 氣動回路

氣動控制系統可以設計成各種回路來執行特定的工作。回路是由氣動元件組合而成的，包括氣缸、方向控制閥、流量控制閥等。回路有下列的主要功能：

- (i) 控制氣缸內的壓縮空氣的注入及排放。
- (ii) 由一個氣閥操控另一個氣閥。

(b) 氣動回路圖

氣動回路圖利用氣動符號來描述回路的設計，繪畫時必須遵守一些基本規律。

(i) 基本規律

1. 回路圖中的系統是繪畫為靜態的，並假設沒有壓力供應，各種元件亦按這種設想來繪畫位置。
2. 方向控制閥基本氣動符號是由一個或多個正方形組成的。進氣口和排氣口畫在正方形的下面，輸出口在上面。每項功能(控制閥的位置)有一個正方形。如一個控制閥有兩個或以上的功能，則各正方形以水平排列(圖 16)。

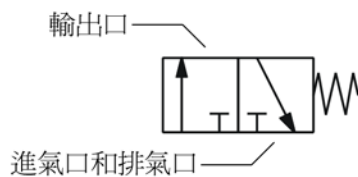


圖16 三路二位(常閉型)

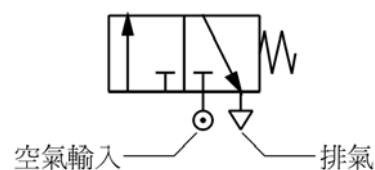


圖17 三路二位(常閉型)

3. 方向閥內部用箭咀 \downarrow 、 \searrow 來表示氣流流動方向，如果外部氣口與內部不接通，則用圖形符號“ \perp ”表示。在氣閥正方形的底部，空氣輸入用“ \odot ”，排氣則用“ ∇ ”。圖 17 顯示一個典型氣閥的例子。
4. 操作元件的氣動符號畫在正方形的外側，可分為機械操作和手動操作兩大類(圖 18 和 19)。

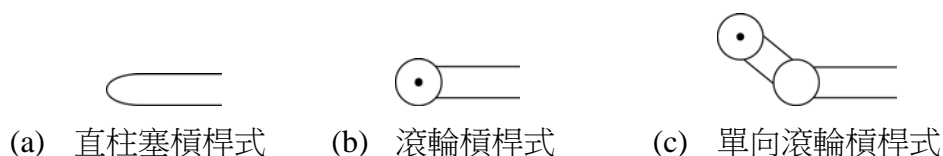


圖18 機械操作

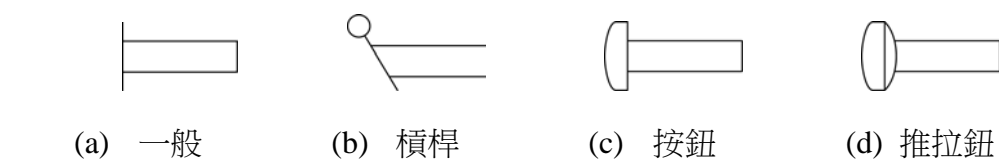


圖19 手動操作

5. 氣控操作信號壓力線畫在正方形的一邊，空氣流的方向用三角形來表示(圖 20)。

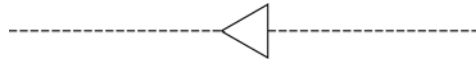


圖20 氣控操作信號壓力線

(ii) 基本原理

圖 21 可以用來顯示繪畫回路圖時的基本原理，圖中的數字與下列各點相對應：

1. 手動操作掣不操作時，閥的位置會被彈簧回復原位。
2. 由於彈簧決定位置，所以這一方塊表示正在操作。按下手動操作掣時另一方塊才會操作。
3. 這條線代表與氣源相連的氣喉，表示有氣體壓力存在。
4. 這氣缸腔和活塞桿處於壓力作用下，所以活塞桿在復位位置。
5. 後氣缸腔用這條線代表氣喉連接排氣口。

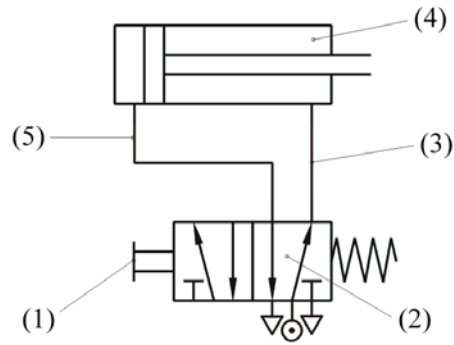


圖21 繪畫回路圖時的基本原理

(iii) 回路圖的佈局

在繪畫一個完整的回路圖時，不同作用的氣動元件會放在不同的高度和位置，以便清楚明白地表示各元件的關係，這方法稱為回路圖的佈局。回路圖通常會分為三層：動力層、邏輯層和信號輸入層(圖 22)。

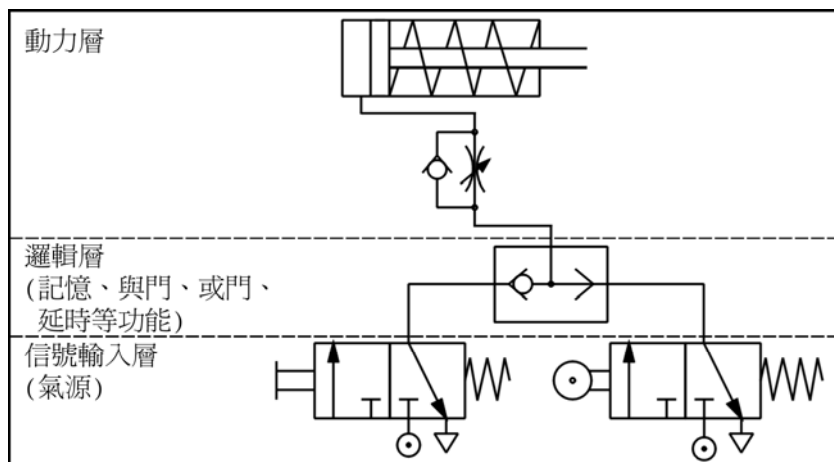
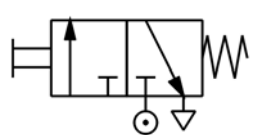


圖22 動力層、邏輯層和信號輸入層

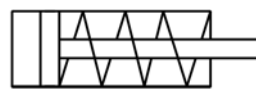
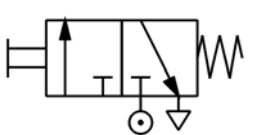
回路圖佈局的步驟如下：

1.



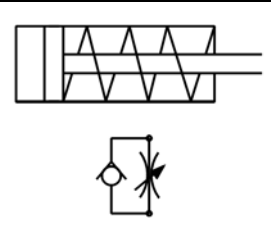
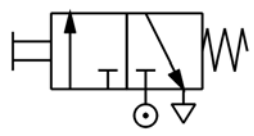
在氣動回路中，繪畫作功的流量應從底部順序至頂部，所以氣源應位於左下角。

2.

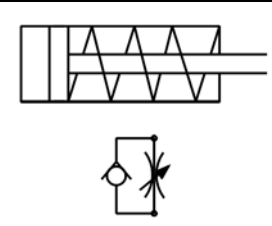
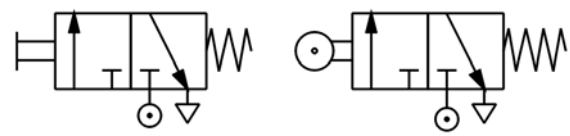
工作循環從左至右繪畫，而作出第一個動作的氣缸應放置於左上角。

3.

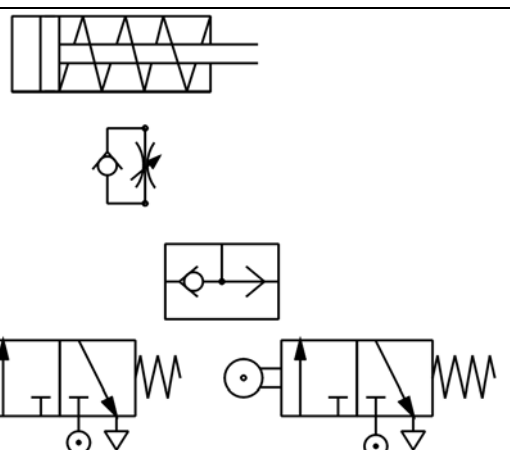
動力控制閥直接繪畫於由它控制的氣缸下，形成一個動力單元。

4.

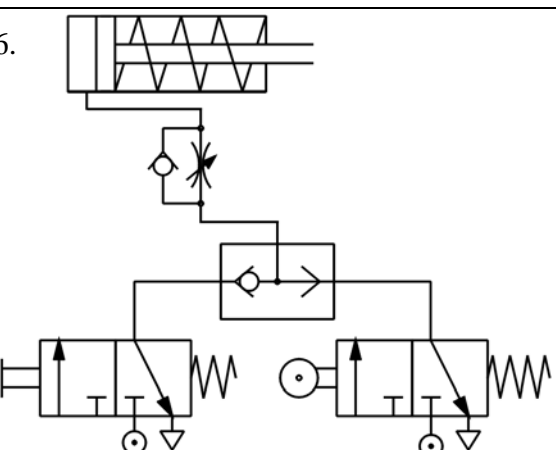
在氣動回路中，控制氣缸或動力控制閥驅動的操作閥(信號元件)應處於較低位置。

5.



在操作元件(信號元件)與動力控制閥之間，可加入一些輔助閥，或具有邏輯功能的輔助閥(如：記憶、「與」、「或」、「非」延時等輔助閥)。

6.



以實線代表氣喉，連接所有氣源及氣動元件以完成氣動回路圖，並在操作前檢查清楚回路及其操作邏輯是否正確，以防止意外發生。

5 各種基本回路

基本回路是用來完成某一特定基本功能的氣動回路。基本回路的例子有：流量放大、信號切換、記憶功能、延時功能、單作用氣缸控制、雙作用氣缸控制等。

(a) 流量放大

大容量的氣缸需要更多的空氣流量，可能會意外傷害操作者。所以，不宜手動操作大流量的氣動方向控制閥，應該先用較小的手動操作控制閥，再用它來操縱大流量的氣動控制系統。這種功能稱為流量放大，可確保操作人員的安全。操作時，大流量閥應放置接近氣缸，而小流量閥應設置在適當的遠距離控制板上。圖 23 顯示流量放大的基本回路，留意該回路圖的佈局已把各元件分為不同的層。

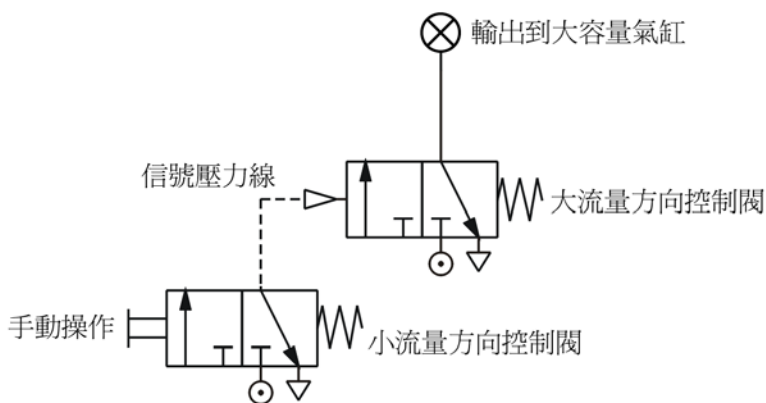


圖23 流量放大系統

(b) 信號切換

圖 24 的氣動圖顯示如何切換方向控制閥。操作控制閥①時，控制閥②的輸出壓力便消失。控制閥①不操作及回復原位時，控制閥②再出現輸出。所以，在任何時間下，控制閥①和控制閥②的輸出壓力剛好相反。

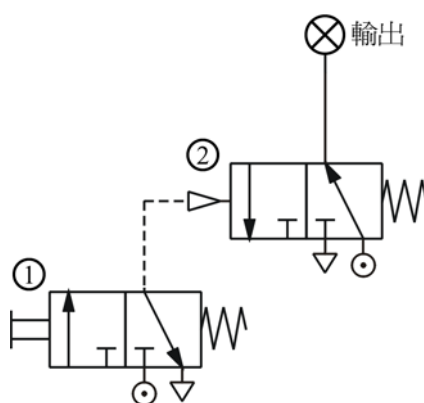


圖24 信號切換系統

(c) 記憶功能

記憶功能是一常用的基本功能，它令一個元件永久保持在特定的狀態，直至信號改變。圖 25 顯示一個記憶功能回路。當控制閥①瞬時操作(即按一下)後，5/2-位方向控制閥③的輸出信號便會被固定為 ON，並保持不變。直到當控制閥②被瞬時操作，產生另一個瞬時信號切換，使它永久地轉為 OFF。

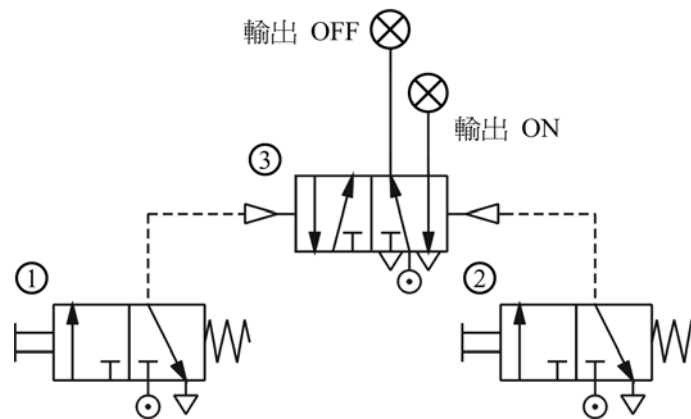


圖25 記憶功能回路圖

(d) 延時功能

氣動延時回路的功用是延遲下一個控制閥開始操作的時間。它的操作原理是利用節流孔來減慢氣流通過，從而操控氣動操作的時間。延時功能可分為兩種：延時 ON 壓力信號和延時 OFF 壓力信號。

(i) 延時 ON 壓力信號

圖 26 顯示延時 ON 壓力信號回路圖，它令下一個控制閥延遲輸出氣壓(ON)。當控制閥①被操作之後，由於單向流量節流閥減慢氣流通過，控制閥②的輸出口(A)會稍遲才輸出信號，產生延時 ON 的效果。但控制閥②回到原位的时间不受影響。

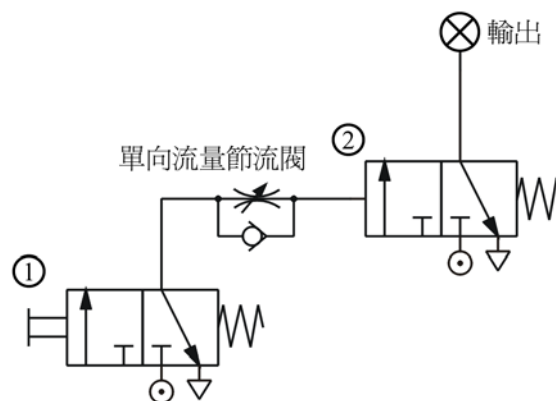


圖26 延時 ON 壓力信號回路圖

(ii) 延時 OFF 壓力信號

圖 27 顯示延時 OFF 壓力信號回路圖，它令下一個控制閥輸出延遲排氣(OFF)。這回路與延時 ON 相似，但單向流量節流閥倒轉了方向。所以，當控制閥①被操作之後，控制閥②的輸出口(A)會照常輸出信號。但當控制閥②要回復原位時，它的排氣被單向流量節流閥所限制而變慢，所以會產生延時 OFF 的效果。

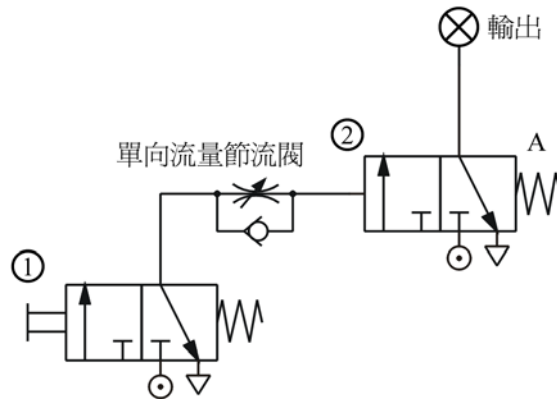


圖27 延時 OFF 壓力信號回路圖

(e) 單作用氣缸控制

單作用氣缸可以直接手動控制。不過，它亦可以用兩個或以上的氣閥來控制，這種方法就稱為邏輯控制。邏輯控制的例子包括：「或」(OR)功能、「與」(AND)功能、「非」(NOT)功能等。

(i) 直接操控和速度控制

如果一個單作用氣缸連接著一個手動操作的 3/2-位控制閥，當這個控制閥操作時，氣缸將隨之而運作(圖 28)。所以，這回路令手動操作可以直接操控氣缸。

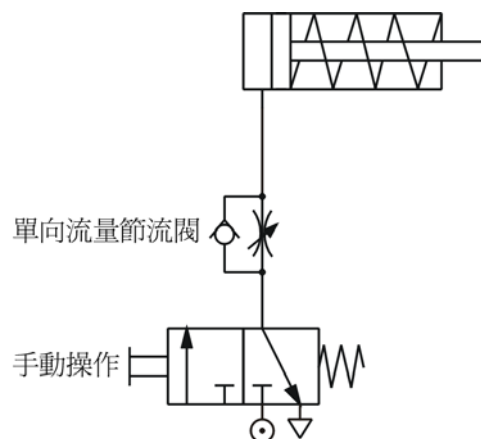


圖28 直接控制單作用氣缸

除了令氣缸運作之外，如果要改變單作用氣缸伸出行程活塞速度，唯一的方法就是對進口氣流進行節流，利用彈簧決定回行程速度。所以，回路中加入了一個單向流量節流閥，以便控制速度。

(ii) 「或」 (OR)功能

圖 29 中的單作用氣缸可以用兩種不同通路來操作，例如：手動或借助於自動回路的信號，即只要控制閥①或控制閥②被操作，氣缸均會運作。所以圖 29 中的回路擁有「或」(OR)功能。不過，如果兩個 3/2-位控制閥的輸出通過一個三通管接頭連接，那麼來自其中一個控制閥①的氣流，將通過另外一個控制閥②的排氣口排出，而不能令氣缸運作。只要在三通管接頭加上一個梭動閥，便可避免這個問題的出現。

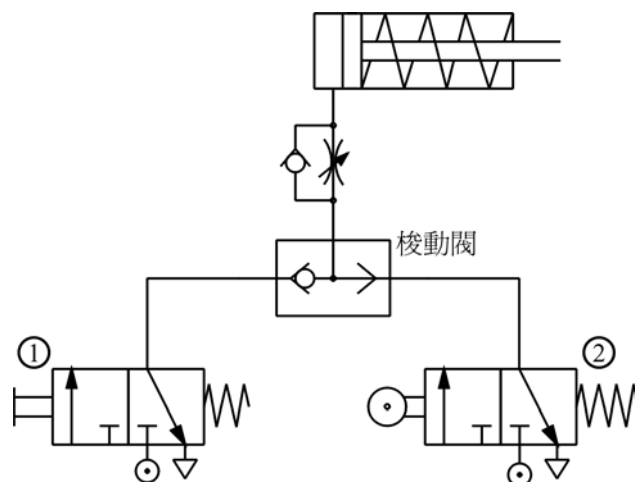


圖 29 「或」 (OR)功能回路圖

(iii) 「與」 (AND)功能

「與」(AND)功能再稱為聯鎖控制，它是指在某種情況下，必須同時滿足指定的功能才能實現某種氣動操控。一個典型的例子就是氣動壓力機只有安全門關閉著，而另一個手動控制閥操作時，機械才能工作。只要兩個控制閥都同時操作，才可打開氣流的通路。圖 30 顯示一個「與」(AND)功能回路圖，假如控制閥①和②一齊被操作，氣缸便會運作。

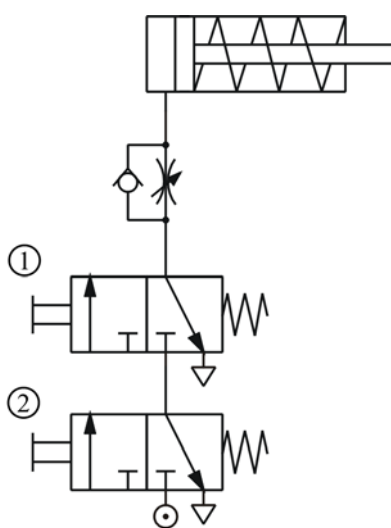


圖 30 「與」 (AND)功能回路圖

(iv) 「非」(NOT)功能

「非」(NOT)功能又稱為轉換操作。為了使輸送機和其他機械在操作時起制動和鎖緊功能，便須要使氣缸鎖緊，直至給予另一解除鎖緊信號為止。因此，解除鎖緊信號應用一個常通(N.O.)的控制閥來操作。但是，如果要解除鎖緊，同一信號也必須使其他裝置解除鎖緊，如圖 31 中的指示信號③。圖 31 顯示如何利用一個常閉控制閥①操作切斷常通控制閥②，達到信號變換的目的。

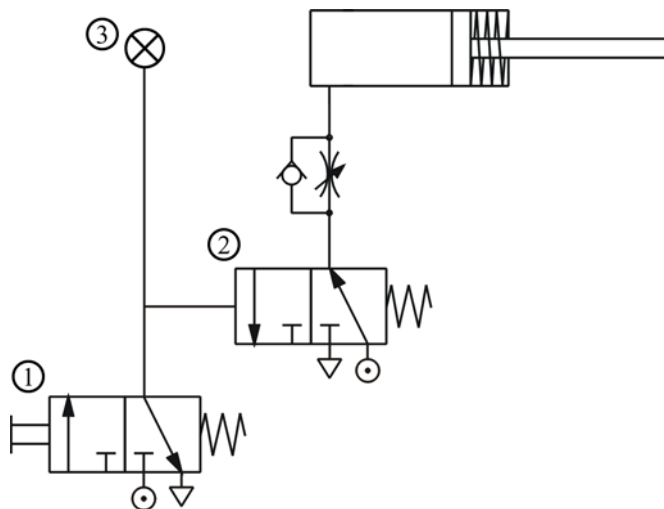


圖31 「非」(NOT)功能回路圖

(f) 雙作用氣缸

(i) 直接控制

雙作用氣缸與單作用氣缸操作的唯一分別是它利用一個 5/2-位方向控制閥代替 3/2-位方向控制閥(圖 32)。通常雙作用氣缸處於不操作位置時，輸出口「B」與輸入口「P」相通。在這回路中，每按一下手動操作按鈕，雙作用氣缸會來回移動一次。

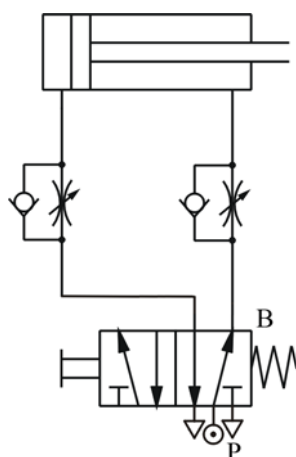


圖32 雙作用氣缸的直接控制回路圖

為了在兩個方向上進行單獨的速度控制，氣缸兩側入氣端口都接上速度控制閥。它的節流方向與單作用氣缸的節流氣缸的排氣情況相反。這與節流進氣相比，節流閥具有剛度大、穩定性好的特性。這樣連接可以輸入足夠氣壓能量推動活塞。

(ii) 單獨的速度控制

在很多情況下，氣缸必須保持它的位置。甚至在操作信號消失後也必須這樣。這可使用含有「記憶」功能的回路裝置。圖 33 表示，雙作用氣缸的伸出行程由控制閥①啟動，再由控制閥②操作返回，控制閥③通過保持其本身的位置得以保持氣缸的位置。控制閥③僅在其中一個手動控制閥推下時才切換。若兩個控制閥①、②同時操作，則控制閥③同時受著相同的壓力作用，因此保持原先位置。

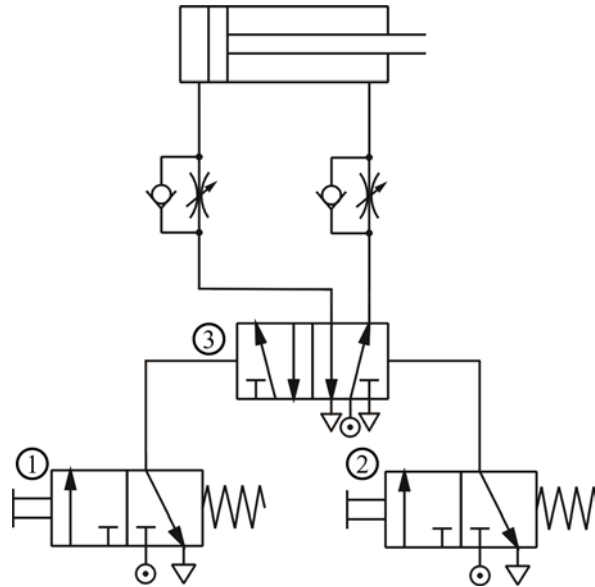


圖33 雙作用氣缸的位置保持回路圖

6 氣動系統的應用

氣動系統的用途非常廣泛，現列舉一些工業和日常生活上的應用例子。

(a) 送料系統

圖 34a 顯示一個簡化的工業送料氣動系統。當按下開關鈕後，送料氣缸便將一件工件從送料架推進到運輸帶。當按鈕開關被釋放後，氣缸便自動縮回。圖 34b 顯示該氣動系統的回路圖。

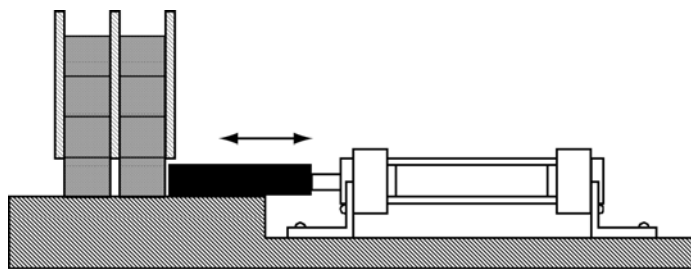
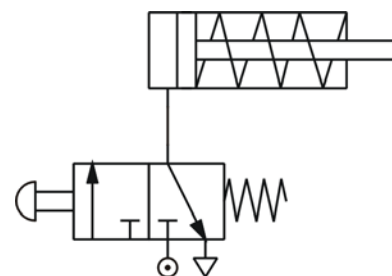


圖34(a) 氣缸送料操作示意圖



(b) 氣動回路圖

(b) 開關車門

氣動系統可以用來開關公共汽車的車門(圖 35a)。假設車門的開啟和關閉使用兩個不同按鈕 ON 和 OFF 來控制的。當壓下按鈕 ON，車門便會開啟；壓下按鈕 OFF，則車門便會關閉。圖 35b 顯示一個可以用來開關車門的氣動系統。

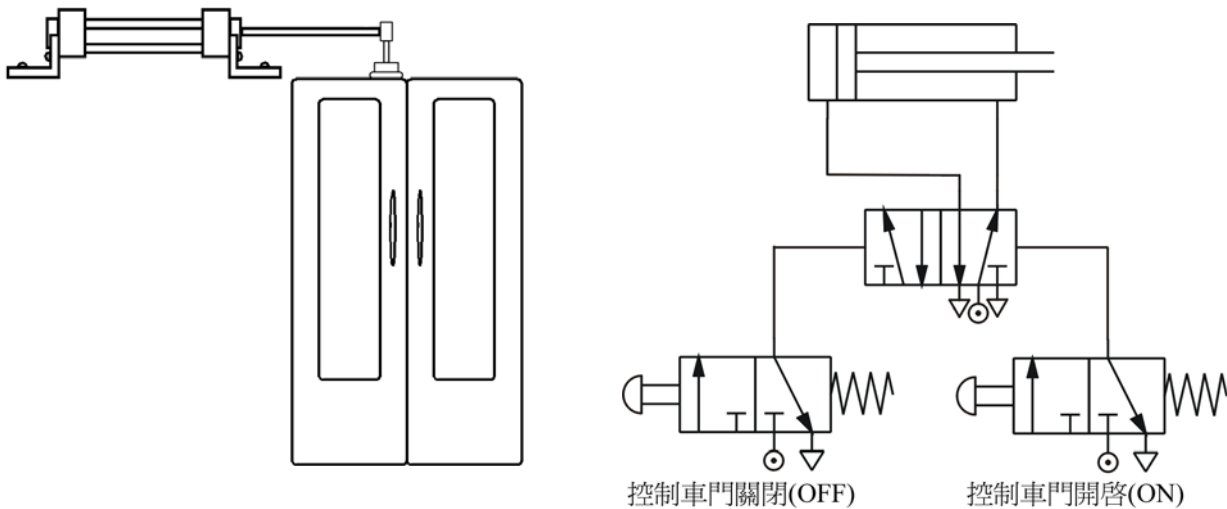


圖35 (a) 車門啟動操作示意圖

(b) 氣動回路圖

7 使用氣動控制系統的安全措施

- (a) 壓縮氣體是可進入人的孔道如口腔、耳朵等，因而可引致嚴重的傷亡。
- (b) 切勿將壓縮空氣噴向任何人身上。
- (c) 在高溫的情況下，壓縮氣體是可穿透皮膚的。
- (d) 排氣口排出的壓縮氣體含有微粒及油，都是會損害眼睛。
- (e) 縱使管道或貯氣缸內的壓縮空氣的壓力比較低，但若容器失去其完整性時，仍會引起激烈的爆炸。
- (f) 在開啟壓縮氣體供應裝置前必須完全檢查整個回路，注意各元件是否穩固、氣壓是否適當、氣喉有否破損等。
- (g) 當管道(尤其是長管道)的一端鬆開會因其內部充滿高壓力的氣體而搖擺，因而產生危險。所以在加壓前務必完全檢查整個回路，以防止意外發生。
- (h) 氣動氣缸提供比較大的動力及快速的動作，假如被這些移動的機械撞擊而可能會引致受傷。
- (i) 在壓縮氣體供應裝置上設置開/關閥，以便容易及快速地調控氣流。
- (j) 若發現有洩漏的情況，應立即關掉氣體供應裝置。
- (k) 在改變回路前，必須關掉氣體供應裝置。
- (l) 切記遠離系統中的移動部分(切勿嘗試用手移動機械操作閥中的驅動器)。

附錄 —— 氣動元件

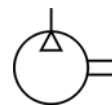
不同的氣動元件生產商所生產的元件在外型及大小可能有不同，但其功用及操作方法相約，以下是另一生產商生產的氣動元件實物圖及其剖切圖，以供參考。

1. 產生和輸送壓縮空氣元件

(a) 壓縮機



圖36 (a) 壓縮機實物圖

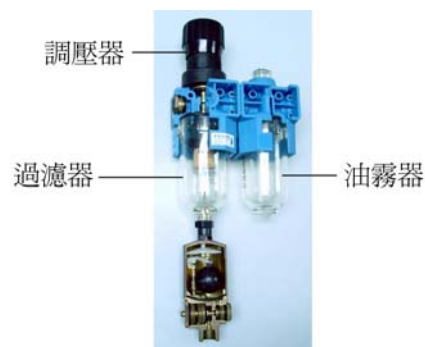


(b) 氣動符號

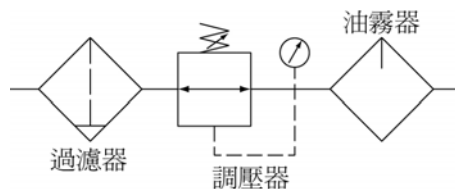
(b) 調壓組件



圖37 (a) 調壓組件實物圖



(b) 實物剖切圖



(c) 氣動符號

2. 消耗壓縮空氣元件

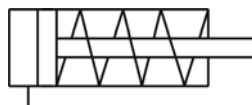
(a) 單作用氣缸



圖38 (a) 單作用氣缸實物圖



(b) 實物剖切圖



(c) 氣動符號

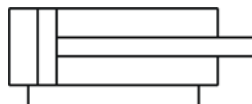
(b) 雙作用氣缸



圖39 (a) 雙作用氣缸實物圖



(b) 實物剖切圖



(c) 氣動符號

(c) 三路二位方向控制閥



圖40 (a) 三路二位方向控制閥實物圖



(b) 實物剖切圖



(c) 氣動符號 (i) 常閉型



(ii) 常開型

(d) 五路二位方向控制閥

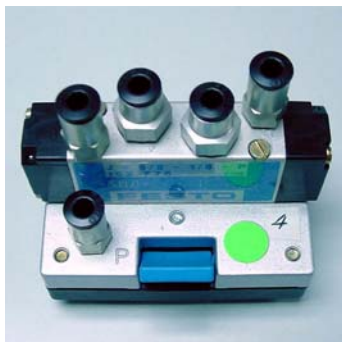
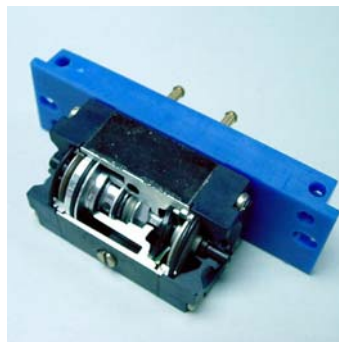


圖41 (a) 五路二位方向控制閥實物圖



(b) 實物剖切圖



(c) 氣動符號

(e) 限流閥

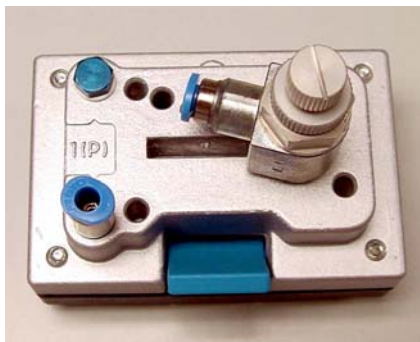
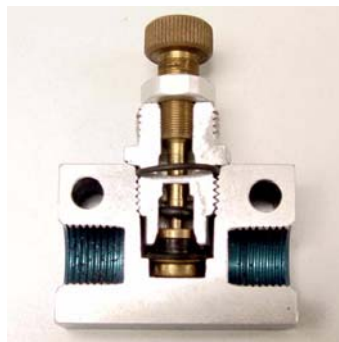
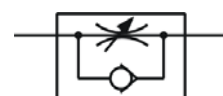


圖42 (a) 限流閥實物圖



(b) 實物剖切圖

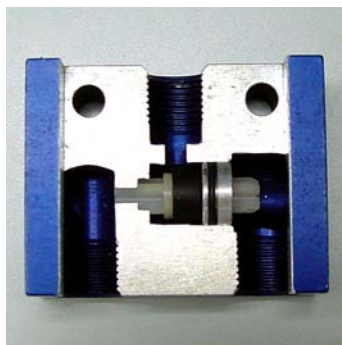


(c) 氣動符號

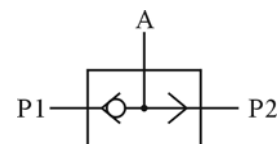
(f) 梭動閥



圖43 (a) 梭動閥實物圖



(b) 實物剖切圖



(c) 氣動符號

3. 其他元件

(a) 接駁喉管



圖44 接駁喉管實物圖

練習

1. 列出使用氣動系統的六個優點。
2. 闡述使用氣動系統的限制。
3. 調壓組件是由甚麼元件所組成？
4. 簡述單作用氣缸與雙作用氣缸的分別。
5. 簡述方向控制閥的功能及分類方法。
6. 氣動控制系統中有哪幾種基本控制功能？
7. 畫出下列各種氣動元件的氣動符號圖。

種類	符號	種類	符號
(a) 壓縮機		(i) 按鈕控制方向閥	
(b) 貯氣罐		(j) 機械碰擊方向閥	
(c) 過濾器		(k) 滾輪方向閥	
(d) 單作用氣缸		(l) 單向閥	
(e) 雙作用氣缸		(m) 限流閥	
(f) 三路二位方向控制閥			
(g) 五路二位方向控制閥			
(h) 手動控制方向閥			

8. 繪畫信號切換氣動回路圖。
9. 繪畫有記憶功能的氣動回路圖。
10. 繪畫雙作用氣缸保持活塞在終端位置的氣動回路圖。