

設計與應用科技

中四至中六
[學與教資源]

簡易版

選修單元一

自動化操作

支援設計與應用科技(中四至中六)課程

資源系列

香港特別行政區政府教育局

課程發展處科技教育組

序言

簡易版學與教資源由榮休科技科目主任林志立先生根據職業訓練局高峰進修學院於 2009 年製作的學與教資源編輯而成。

教師在使用此學與教資源前，請先參閱「教育局中四至中六設計與應用科技 - 學與教資源：使用指引」。

如對本學與教資源有任何意見及建議，請致函：

香港九龍塘沙福道19號西座 W101室

教育局課程發展處科技教育組

總課程發展主任 (科技教育)

本學習資源版權，除在鳴謝頁所列舉的圖片外，全屬於香港特別行政區政府教育局擁有。

教育局歡迎學校等教育團體使用本學習資源的內容作非牟利的教學用途。任何情況下使用本學習資源，需作出鳴謝，教育局保留本學習資源版權。

未經本局事先允許，不能以任何形式使用其中教材作出版或其他用途，否則教育局將保留一切追究的權利。

© 版權所有 2019

目 錄

第一章	控制系統的基本原理	
1.1	循序控制系統	4
1.2	閉環控制系統	8
1.3	系統及子系統	11
1.4	具控制功能的產品	13
第二章	氣動學	
2.1	氣動學	15
2.2	氣動元件及符號	16
2.3	認識氣動元件	18
2.4	氣動回路	22
2.5	電氣動系統	31
第三章	可編程控制系統	
3.1	甚麼是可編程邏輯控制器？	34
3.2	程序編寫	35
3.3	梯型邏輯圖的應用	39
3.4	可編程界面控制器	46
第四章	機械人技術	
4.1	機械人的定義	52
4.2	機械人構造分析	53
4.3	工業機械臂的機械結構	59
4.4	機械人控制系統	64
4.5	機械人的應用	68

第一章 控制系統的基本原理

1.1 循序控制系統

一個簡單的控制系統可以分為三個基本的組成部分：輸入、處理和輸出。

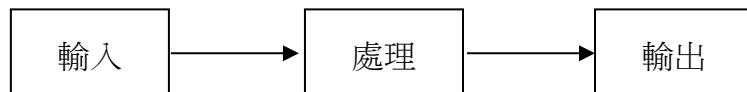


圖 1.1 控制系統的方塊圖

電風扇是簡單控制系統的例子，以下方塊圖顯示它的輸入、處理和輸出部分。



圖 1.2 電風扇的方塊圖

控制系統的基本術語

受控元件	實現任務的元件，如機器、馬達、氣動氣缸及液壓泵等。
控制器	使受控元件執行控制任務的儀器。
自動控制系統	在系統中，控制器令受控元件按照預設的程序而執行任務。
受控/目標值	自動控制系統中可受控制/預期達到的可量度特性，如溫度、速度及排水量等。
參考值（設定點）	自動控制系統中為控制受控元件所需輸入的信號值。
干擾	令自動控制系統中的受控值偏離目標值的因素。 (a) 來自控制系統本身的干擾稱為 內在干擾 。 (b) 來自周邊環境的干擾稱為 外界干擾 。

1.1.1 開環及循序控制系統

(I) 開環控制系統

開環控制系統是最基本的自動控制系統，並沒有「回饋控制」。

它由控制器及受控元件所組成，如以下方塊圖所示：

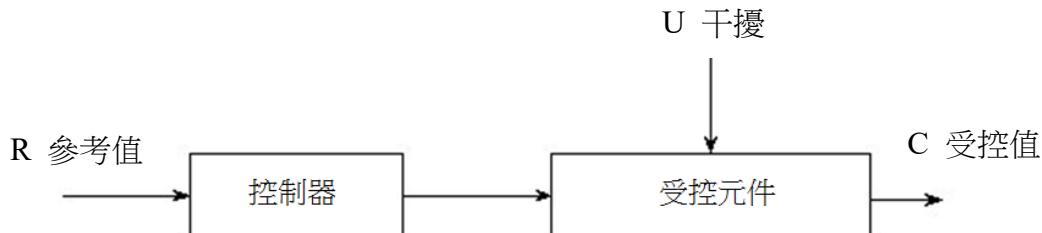


圖 1.3 開環控制系統的方塊圖

開環控制系統的例子：熔爐的溫度控制

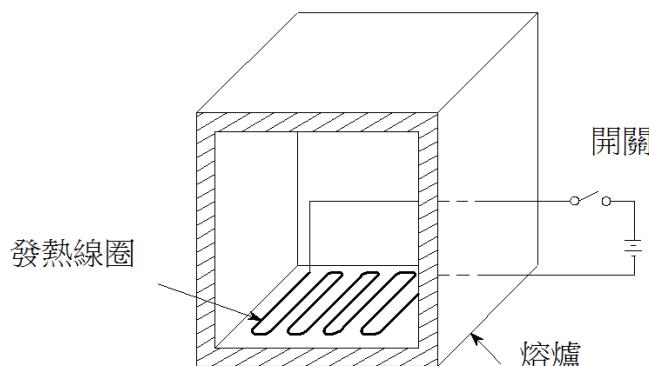


圖 1.4 熔爐溫度的開環控制系統（受控值）

控制器：開關(由機電式繼電器所控制)。

受控元件：熔爐(發熱線圈)。

受控值：熔爐溫度 C。

目標值：預期達到的熔爐溫度。

參考值：傳送至發熱元件的功率 R。

干擾：熔爐門被打開的頻率。

熔爐的溫度控制方法：

- 開關會根據預設的時序而開關電路，令熔爐內的溫度維持在可控制的範圍之內。
- 如果門常常被打開，熔爐的溫度會下降，受控值 C 便會偏離（低於）目標值。
- 開關不會因應熔爐的溫度而有所改變，因此並不需要測量熔爐的溫度。

開環控制系統的特點：

- 較為簡單
- 準確度及穩定性一般不高。
- 增加其穩定性的唯一的方法是確保所有零件都高度準確。
- 不能處理人為的干擾，例如經常將熔爐門打開等。

(II) 循序控制系統

- 循序控制是在下一個操作或過程啟動之前，必須完成上一個操作或過程。
- 下一個操作或過程的執行取決於之前所執行的情況。
- 這些操作過程將會一步一步地順序繼續，直至遇到終止的指令為止。
- 循序控制通常廣泛地應用於工程和工業界的自動化操作系統。
- 以升降機為例，門要穩妥地關上後，升降機才可以上升或下降。
- 自動循序控制通常都會與感應回饋機制配合一起來運作。
- 循序操作的實際應用例子：洗衣機及交通燈系統。

1.1.2 洗衣機的操作

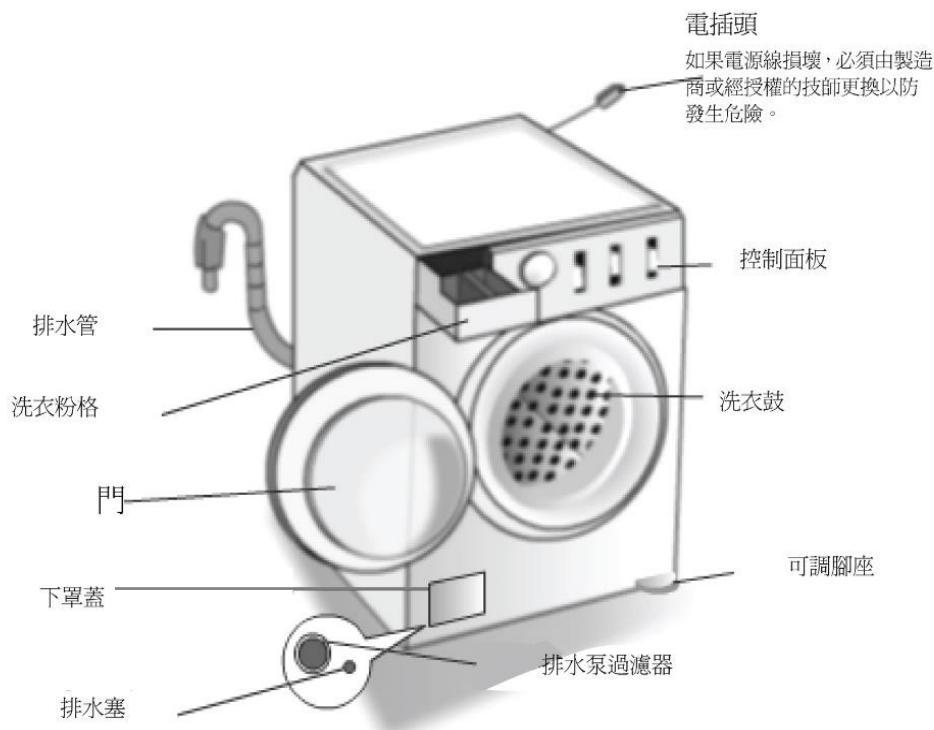
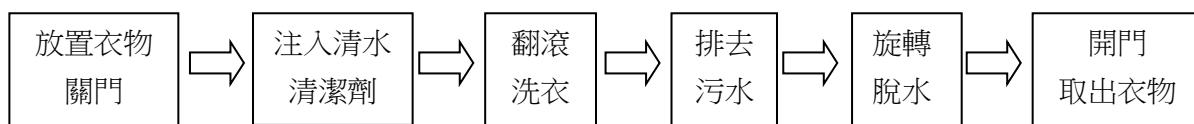


圖 1.5 典型的洗衣機結構圖

洗衣過程

- 洗衣機有一個旋轉的洗衣鼓，用來放置要洗的衣服、水及清潔劑等。
- 洗衣鼓由馬達驅動，並由控制面板來控制轉動的模式(速度和方向等)。
- 洗衣機的操作會因應洗衣機的類型而有所不同，但洗衣過程基本相同。

下列方塊圖顯示一般的洗衣過程：



洗衣機是一種循序控制系統，因為在洗衣過程中，下一個操作啟動之前，必須先完成上一個操作，如必須入水才可以開始翻滾洗衣。

一個操作的執行取決於之前所執行的情況，如脫水時間會受衣物量所影響。

洗衣過程將會逐一順序繼續，直至遇到終止的指令為止。

每一個操作可能會有不同的模式(如時間)，用來應付不同質料的衣物或要求。

有些洗衣機的控制系統很複雜，並會採用人工智能來改進洗衣的效率、水的消耗、噪音、電磁干擾及功率消耗等。

1.1.3 交通燈的操作

交通燈是現代化城市不可或缺的控制交通工具。

適當的交通燈操作(如調整時間)，可以令交通流暢和減少交通意外。

供汽車(駕駛者)使用的交通燈一般是由上而下排列的紅、黃和綠三種燈號組成。

它們有四種不同的操作狀態，用來指示汽車(駕駛者)應如何行駛，如下表所示。

燈號	燈號的意義
紅色	應在「停車」綫前停車。
紅色 + 黃色	此時應停車，或繼續停止不動，但須準備在綠燈亮著時開車，安全情況下駛過路口或行人過路處。
綠色	在安全情況下，你可駛過路口或行人過路綫。
黃色	除非車輛過於接近路口或行人過路處，以致突然停車可能會引起交通意外，否則應該停車。

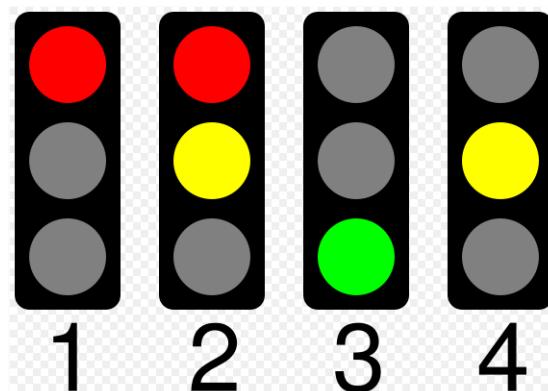
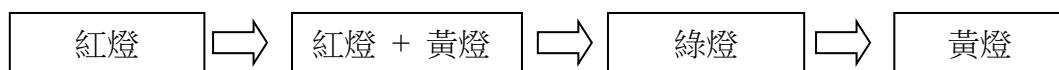


圖 1.6 典型的三色交通燈的循序

下列方塊圖顯示交通燈的一般操作過程：



交通燈是一種循序控制系統，因為下一個燈號(操作)啟動之前，必須先完成上一個燈號，如必須亮起及關掉綠燈才可以亮起黃燈。

交通燈的操作過程會逐一順序繼續，直至完成四個循序，然後再從頭開始。

每一個燈號可能會預先設定不同的亮著時間，以便應付不同的交通情況。

不過，一個燈號的執行亦可能受之前所執行的情況影響，如紅燈時間影響綠燈時間。

有時候，一些交通燈會設有附加的控制器，如一個供行人要求橫過馬路的按鈕。該控制器只會改變燈號(如紅燈)的操作時間，但不會改變交通燈的操作循序。

1.2 閉環控制系統

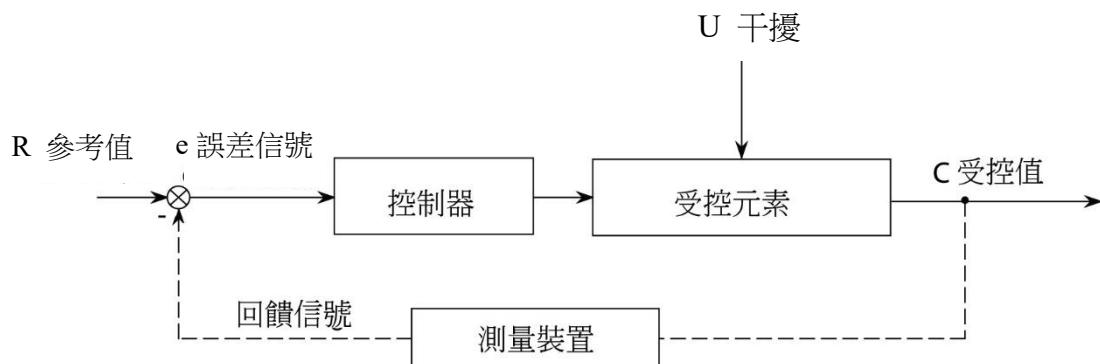


圖 1.7 閉環控制系統的方塊圖

- 閉環和開環控制系統的主要分別在於回饋的功能。
- 量度所得的受控值會用來與輸入信號(參考)作比較，並產生誤差信號。
- 誤差信號放大及轉換後，會改變受控值來減少與目標值的偏差，稱為回饋控制。
- 如果回饋信號會加強受控值，令它超越目標值，稱為正回饋。
- 如果回饋信號會減低受控值與目標值的差距，稱為負回饋。
- 大多數的控制類型都屬於負回饋系統，所以通常可簡稱為回饋系統。
- 優點是參考值會隨著干擾的程度而改變，令受控值可回復到干擾介入前的水平。

1.2.1 自動調節溫度的熔爐

自動調節溫度的熔爐是閉環控制系統的例子。

- 在熔爐中加入水銀開關感應電路。
- 當溫度太低或太高時，感應電路會相應地操作發熱線開關，令溫度保持在預期範圍。

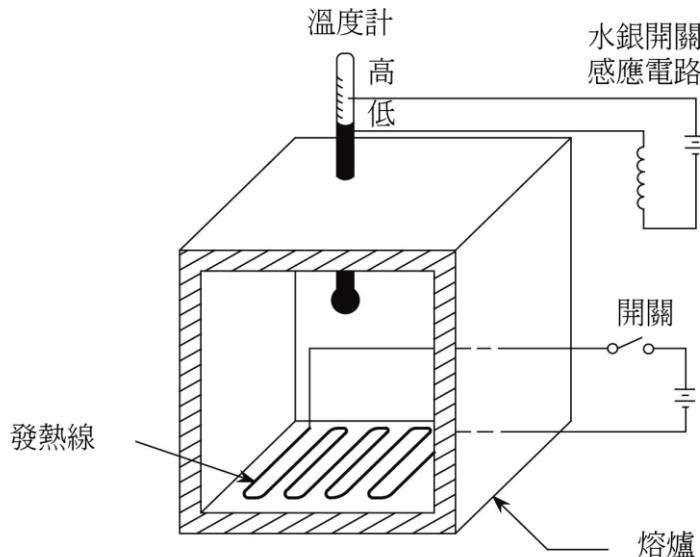


圖 1.8 熔爐的閉環控制系統

1.2.2 調控貯水箱內的液體水位

貯水箱內的調控液體水平系統(如自動沖廁)是閉環系統的常見應用實例，它令貯水箱內的水流出後會自動重新入水，直至回覆到原來(或預設)的水平。

水位控制的基本原理

(I) 用水時(排水閥 V 開啟)

- 如圖 1.9 所示，當排水閥 'V' 打開時，貯水箱內的水會流走，而水平面隨即下降。
- 浮在水面上的浮球亦會相應地下降，並拉動槓桿系統，把桿向下拉。
- 槓桿系統的另一端令進水管的閥門(進水閥)打開，令大量水流入貯水箱。
- 水平面偏離預設位置(A 點)越大，進水閥打開越大，即 C 點時入水量較 B 點時大。

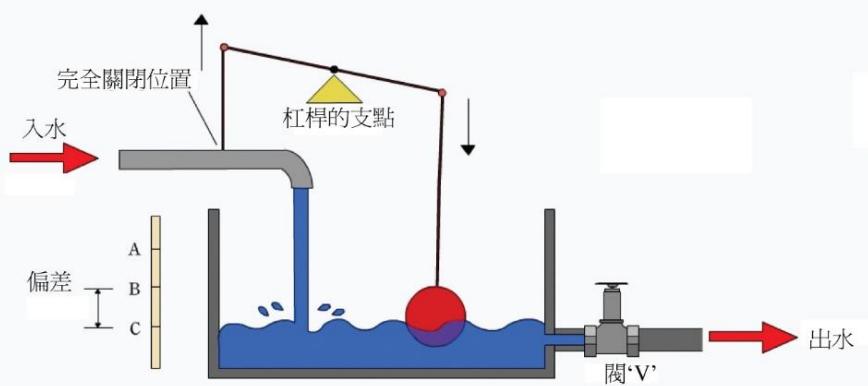


圖 1.9 閥門完全開啟

用水後(排水閥 V 關閉)

- 如圖 1.10 所示，當排水閥 'V' 關閉後，水不再流走但仍然入水，水平面會上升。
- 浮在水面上的浮球亦會相應地上升，並推動槓桿系統，把桿向上推。
- 槓桿系統的另一端令進水管的閥門(進水閥)逐漸關閉，流入的水量相應地減少。
- 當水平面回到預設位置(A 點)時，進水閥會完全關閉而不再入水，水平面不再改變。

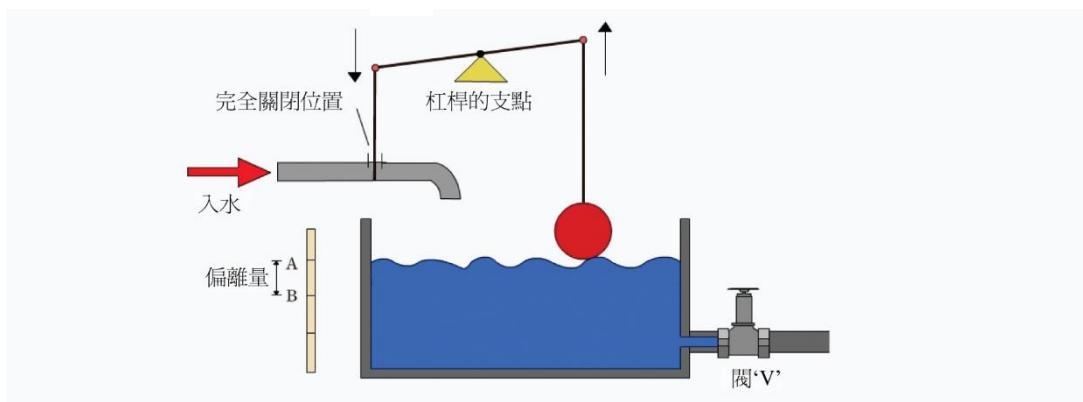


圖 1.10 閥門完全關上

貯水箱水平調控系統的方塊圖

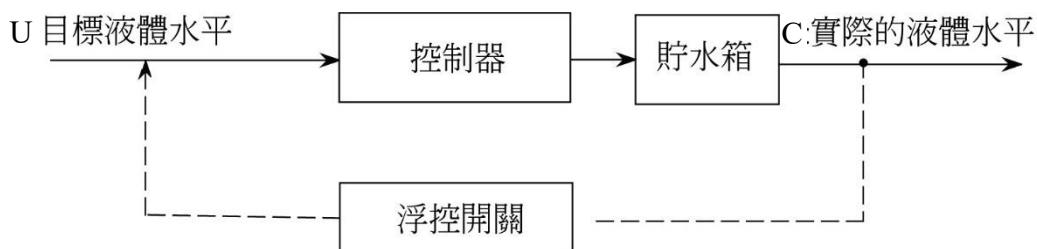


圖 1.11 貯水箱水平調控系統的方塊圖

在貯水箱水平調控系統內的主要元件：

- 受控元件 - 貯水箱
- 測量裝置 - 浮控開關 (既是量度器具，亦用來為控制器提供回饋)
- 受控值 - 水平面位置
- 控制值 - 進水管的流水速度

1.3 系統及子系統

系統是一個整體，它包含了多個互相關聯的部分，稱為子系統。

子系統是系統的一部分，一般以功能來分類。

汽車的子系統

以汽車為例，在正常情況下，駕駛汽車是一個整體的運作。

不過，汽車會被視為一個由多個互相關聯的子系統所組成的系統(如在修車場)。

汽車子系統有不同的功能，例如動力、傳動、轉向、制動、電力及懸掛等。

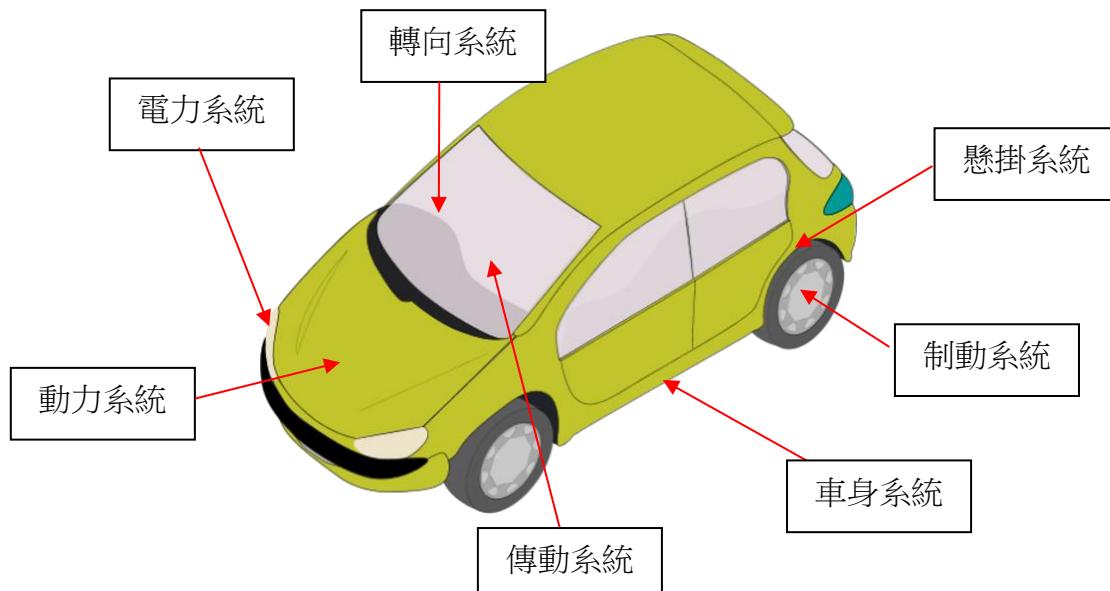


圖 1.12 整部汽車可以分為不同功能的子系統

子系統之間的關係

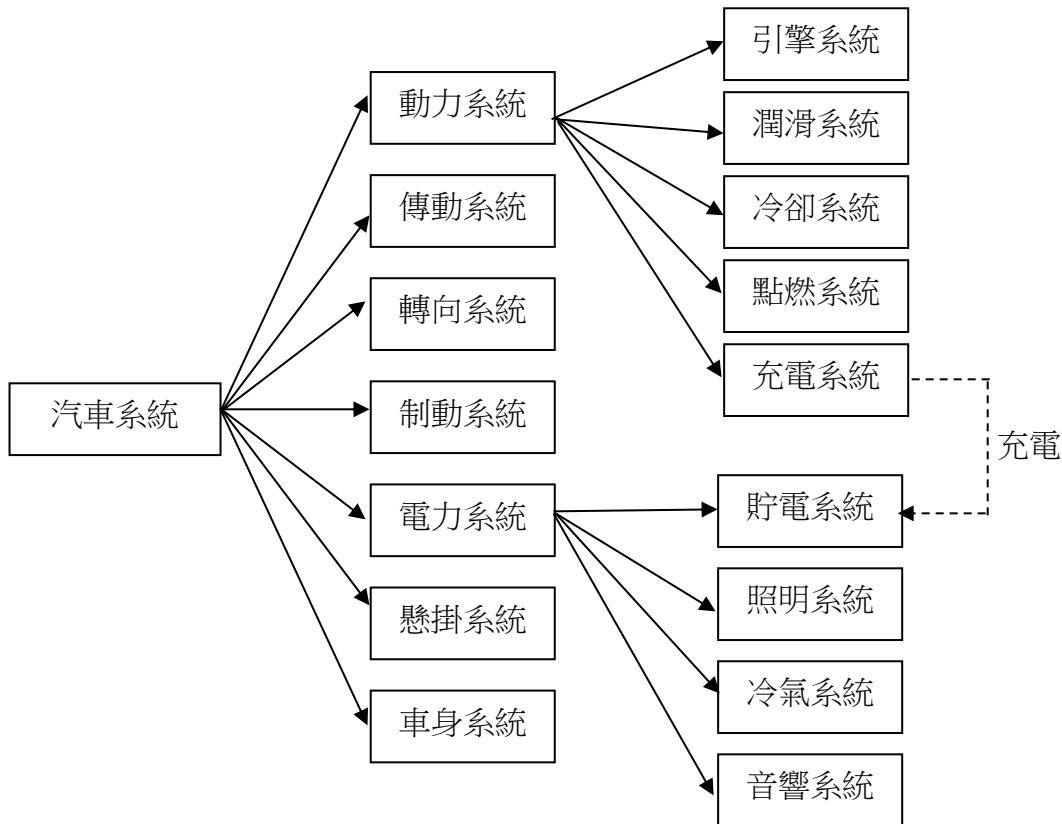


圖 1.13 汽車不同子系統的方塊圖(部分)

每一個子系統又可以更仔細地再分為不同的子系統，如圖1.13的方塊圖所示。

以動力系統為例，它可以再分為引擎、潤滑、冷卻、點燃、充電等子系統等。

所以，一個系統的子系統可以分為不同的階層。

子系統之間亦可以有密切的關係。例如：汽車的貯電池(貯電系統一部分)會由連接引擎的發電機(充電系統一部分)充電。

另一方面，貯電池亦為點燃系統(啟動引擎)提供必要的電力。

子系統和零件

子系統最後可以由很多部件所組成，例如離合器、手扳變速器及傳動用的齒輪箱等。

再者，齒輪箱也包含很多元件，例如齒輪、軸及很多的螺帽與螺栓。

當工程師設計一輛汽車時，通常會先構思車輛應該具備的不同功能。

然後，把這些概念分拆成不同功能的子系統，並了解它們之間的關係。

下一步，把子系統分拆成多個相關的部件，並列出每個單一零件的製造規格。

一部汽車可能有數萬個零件，它們會先獨立地製造和進行質量測試。

合格的零件會先被組裝成不同的子系統，然後裝配成整輛汽車，最後再進行測試。

1.4 具控制功能的產品

1.4.1 自動避障車

自動避障車主要由開關、兩個馬達(連接車輪)、撞擊(接觸)感應器和控制電路組成。

自動避障車的工作原理：

- 該車由左右馬達(車輪)驅動；
- 當該車撞到障礙物時，撞擊感應器會產生訊號，控制電路發出指令，使兩個馬達(車輪)

反向轉動一段短時間；

- 控制電路發出指令，使左馬達前轉和右馬達後轉一段短時間；
- 控制電路發出指令，使雙輪一起前轉，該車再次向前移動，完全避開障礙。

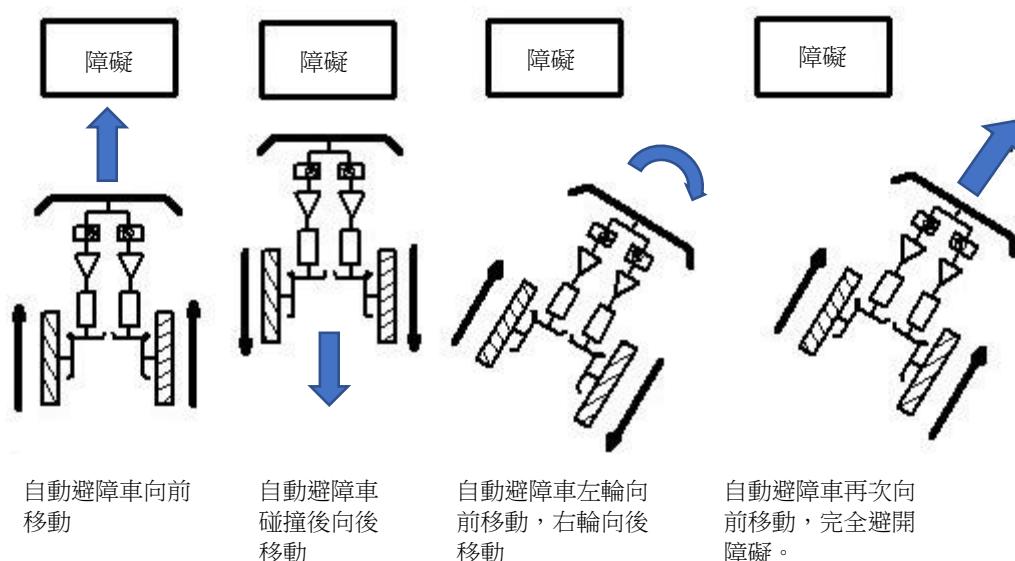


圖 1.14 避障雙輪小車的基本操作

以下是自動避障車的系統控制圖：

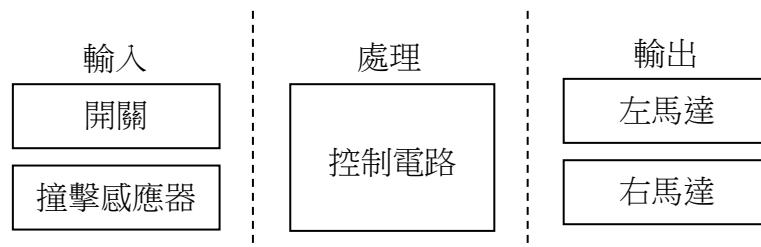


圖 1.15 自動避障小車系統控制圖

自動避障車系統是閉環式控制系統的一個例子，以下是它的方塊圖：

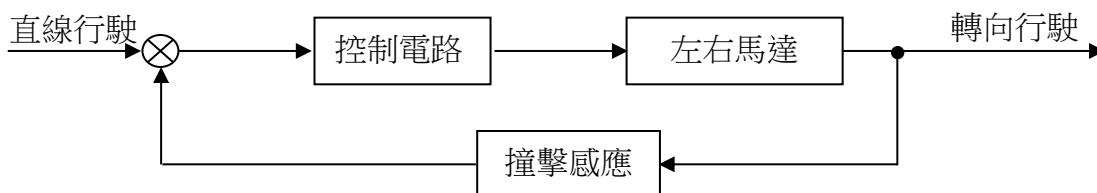


圖 1.16 自動避障車控制系統的方塊圖

1.4.2 空調機

空調機是生活中經常使用的電器，主要用來調節房間內的溫度。

空調機由開關、風扇、冷卻閥門、加暖閥門、溫度感應器和控制電路組成。

空調機的工作原理：

- 溫度感應器測量房間內的溫度(室溫)；
- 當室溫高於預設高溫時，冷卻閥門會單獨開啟，冷卻機內空氣；
- 當室溫低於預設低溫時，加暖閥門會單獨開啟，加暖機內空氣；
- 冷卻/加暖閥門開啟時，風扇會把機內空氣吹送到房間內，改變室溫。



圖 1.17 溫度回饋控制系統的方塊圖

以下是空調機的系統控制圖：

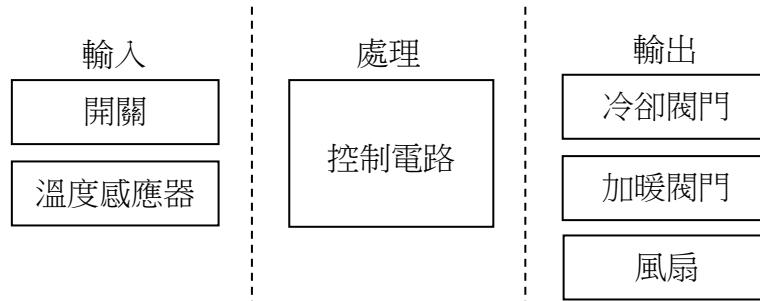


圖 1.18 空調機系統控制圖

空調機是閉環控制系統的例子，它由溫度感應器提供回饋，方塊圖如下。

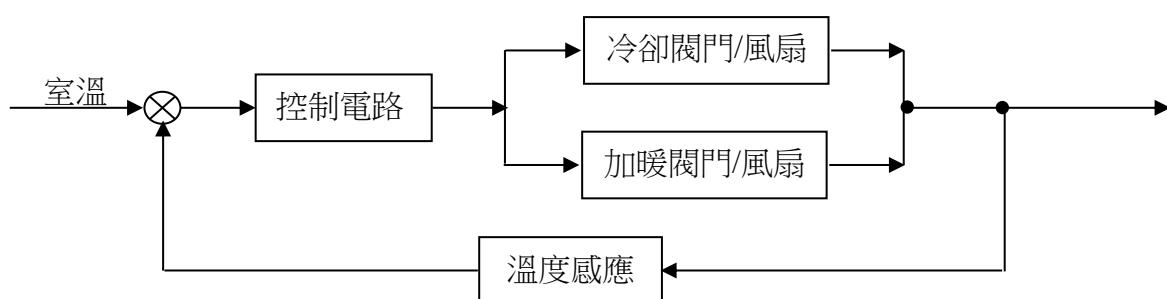


圖 1.19 空調機控制系統的方塊圖

第二章 氣動學

2.1 氣動學

氣動學 (Pneumatics) 是應用壓縮空氣或氣體 (如不易燃燒的惰性氣體) 來施工的科技。

氣動系統有不少好處，如低價、可變性高和比較安全可靠等。以下的氣動系統例子均假設使用壓縮空氣，因為空氣安全又容易獲得，所以較常用。

(I) 氣動系統的應用例子

在日常生活中，一些公共汽車(如巴士)的乘客上落口車門都是由氣動系統驅動的。在工業上，氣動系統常用於自動化生產系統中，可快速地完成生產動作。

(II) 壓力單位

把空氣吹入氣球，它便會向外擴張。由此可知，氣體會四方八面均勻地施力於容器的表面上。氣體(如空氣)的壓力(或壓強)便是施加在容器上每單位面積的力。

$$\text{壓力} = \frac{\text{施力}}{\text{面積}}$$

壓力的公制單位是帕斯卡(Pa)，施力的公制單位是牛頓(N)，面積是平方米(m²)，所以：

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

地球由一層十分厚的空氣(大氣層)所覆蓋，形成了地面上無處不在的大氣壓力。在海平面高度的平均大氣壓力稱為 1 個標準大氣壓力 (atm)，大約是 101,300 Pa。

亦可以用不同的單位表示：

$$1 \text{ atm} = 101.3 \text{ kPa} \quad (\text{k 代表 } 1000)$$

$$1 \text{ bar (巴)} = 100\,000 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa} = 0.1 \text{ MPa}$$

$$(\text{M 代表 } 1\,000\,000 = 1000 \text{ k})$$

$$1 \text{ psi} (\text{磅每平方英吋}) \approx 6900 \text{ Pa}$$

1 個標準大氣約為 14.696 psi 或 1.01325 bar，但一般計算時可以簡化為 1 bar。

氣體的壓力可以用壓力錶來量度。壓力錶一般會量度氣體壓力和當時大氣壓力的差別，所以讀數稱為錶壓力 (GA 或 psig)。

$$\text{錶壓力} = \text{氣體壓力(實際)} - \text{大氣壓力}$$

假如用壓力錶量度大氣壓力，讀數會是零。所以，錶壓力也稱為超壓力(超過大氣壓力)。假如氣體的壓力比大氣壓力為低，可以用絕對壓力 (Pa ABS 或 psia) 來表示。



圖 2.1 表壓盤

2.2 氣動元件及符號

(I) 空氣處理裝置壓力與氣流

a. 為何需要空氣處理裝置？

空氣含有水分、塵埃及其他的污染物，壓縮後可能會損害氣動系統。

空氣處理裝置提供潔淨和經調節的壓縮空氣，是重要的氣動元件。

空氣處理裝置(空氣製備裝置)通常由過濾器、調壓器及(或)潤滑器組成。

b. 過濾器

標準的過濾器包含兩個元件：

水分離器 – 收集相當分量的水，經排水活栓或自動排水設備排出。

過濾器 – 阻止污染物如塵埃及鐵锈微粒進入氣動系統

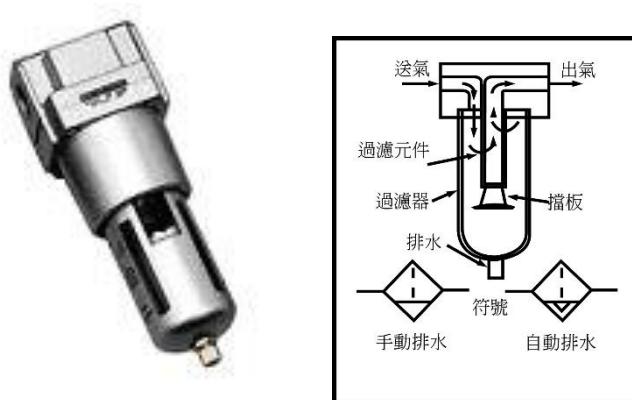


圖 2.2 含排水設備的過濾器的典型結構及符號

c. 調壓器

調壓器的功用是把空氣處理裝置的輸出空氣壓力維持在一定的水平。

它利用一塊膜片來平衡可調的彈簧力和輸出空氣壓力。

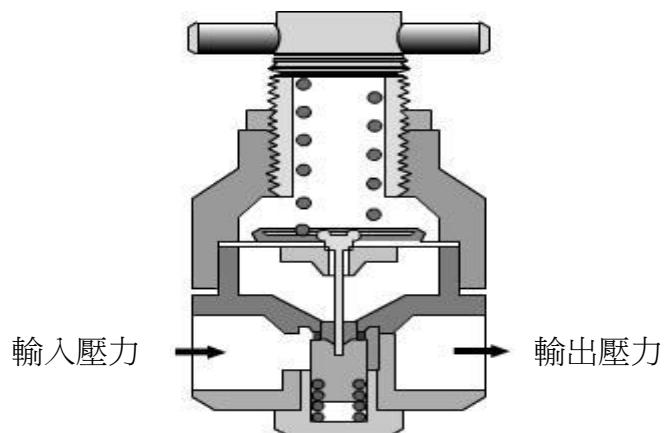


圖 2.3 調壓器的剖面圖

下圖顯示一個調壓器和它的符號。

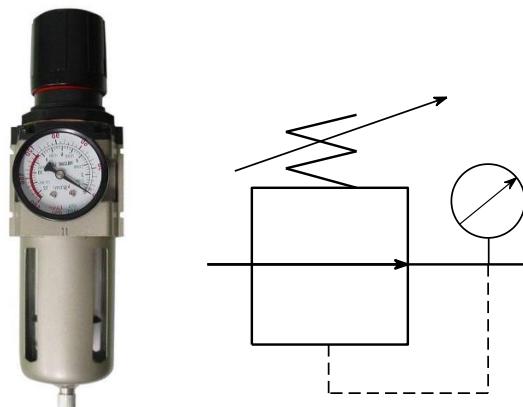


圖 2.4 調壓器的結構及符號

d. 潤滑器

氣動系統一般會持續對壓縮空氣添加一定分量的潤滑油，以達到最高效率。

不過，有些氣動儀器則因為下列原因，而不裝置潤滑器：

1. 應用於食物及藥品時，保持潔淨及衛生的環境
2. 保持無油、健康及安全的工作環境
3. 減少添置額外的潤滑設備、潤滑油，也減少維修的費用

下圖顯示一個潤滑器和它的符號。

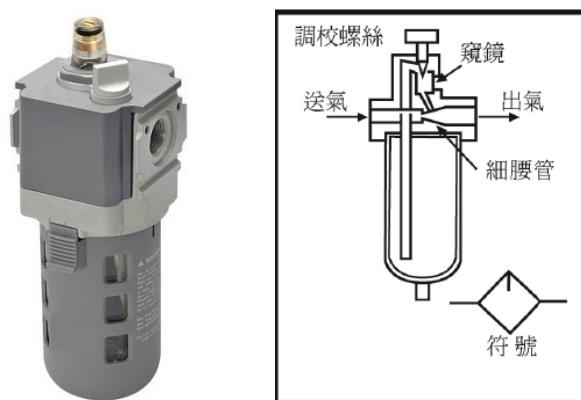


圖 2.5 潤滑器的結構及符號

空氣製備裝置大多同時使用過濾器、調壓器及潤滑器，所以通常採用組合的符號來表示。

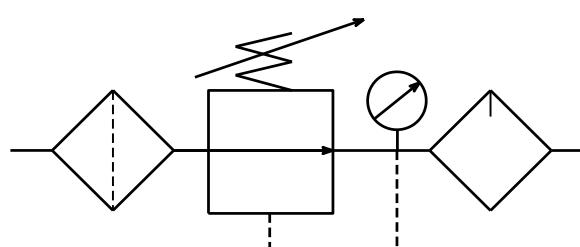


圖 2.6 組合的空氣製備裝置的結構及符號

2.3 認識氣動元件

氣動系統是應用壓縮空氣來操作的控制系統，它由不同功能的氣動元件來組成。

(I) 方向控制閥

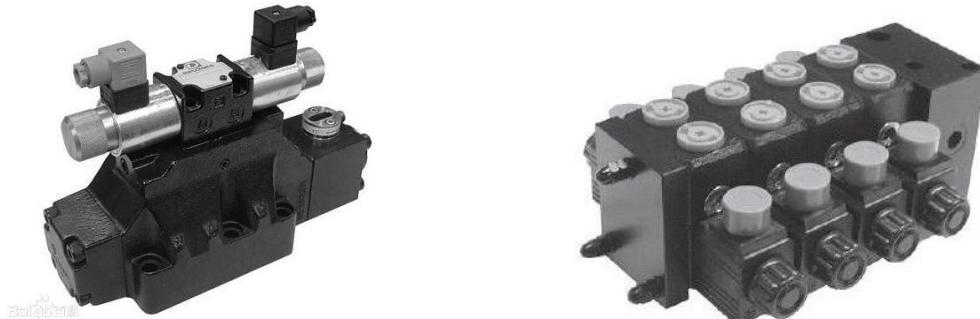


圖 2.7 不同設計的方向控制閥

方向控制閥(簡稱方向閥)是常用的氣動元件，它透過改變管道接口來控制空氣流向。

方向閥的符號主要由方塊組成，其中的箭咀表示空氣可流通的方向(管道)。

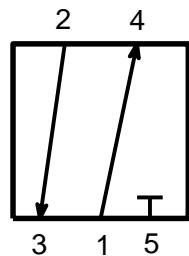


圖 2.8a 5 接口的方向閥方塊(5 通)

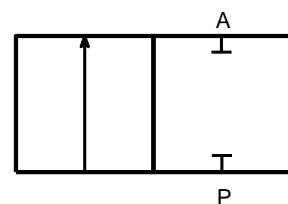


圖 2.8b 2 通 2 位(2/2)方向閥符號

箭咀與方塊的交接點為接口，T 表示不讓空氣通過(封閉)的接口。

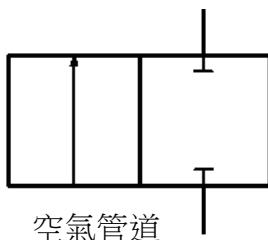
方向閥一般以接口數量(簡稱為通或路)和切換位置的數量(簡稱為位)來表示。

由於要改變空氣流向，方向閥最少應包含兩個

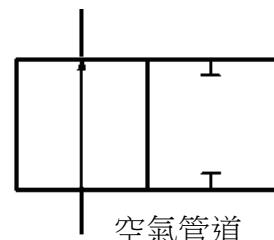
方塊，最右方塊表示它的初始位置。

兩個接口(二通)和兩個切換位置(二位)的方向閥稱為「二通二位」(簡寫為 2/2)(圖 2.8b)。

圖 2.8c 顯示方向閥的應用情況(不同位置)，圖中的黑色實線代表提供空氣的管道。



(a) 初始位置(不通氣)



(b) 切換後位置(氣體流通)

圖 2.8c 2 通 2 位(2/2)方向閥的應用

表 2.0 常用方向閥的符號

方向閥符號	開關功能	主要應用
	2/2 開/關，不設排氣	氣動工具
	3/2 常閉 NC (Normally Closed)	單動氣缸 (推出式)
	3/2 常開 NO (Normally Open)	單動氣缸 (壓入式)
	4/2 輸出接口 A 與 B 間切換，共用排氣口 R	雙動氣缸
	5/2 輸出接口 A 與 B 間切換，不共用排氣口 R	雙動氣缸
	5/3 輸出接口 A 與 B 間切換，中間位完全密封	雙動氣缸，中立位置可用來停止所有氣缸活動

備註 : P 是操作中的空氣管道入口 ; A 及 B 是操作中的空氣管道出口 ; R 是排氣口。

(II) 閥門驅動器

方向閥可以用不同方法操作和復位(如手動、機械、電氣動等)。圖 2.9 顯示一個典型的五通二位(5/2)方向閥的符號。

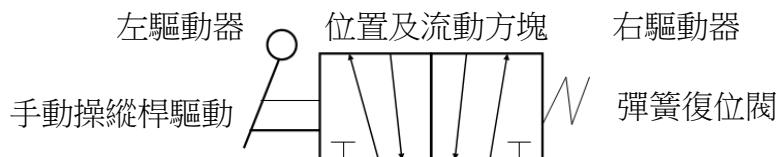


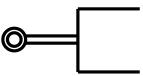
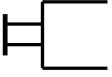
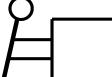
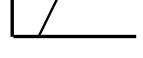
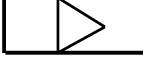
圖 2.9 5/2 方向閥符號

該符號表示了該方向閥的驅動的方法、位置的數量、流動的路徑及接口的數量。

以下簡要描述如何解讀符號：

- 驅動的方法 – 左驅動器用操縱桿手動控制，操作時用來把閥門從左方移至右方。
- 位置的數量 – 有兩個位置(二位)。在任何時候，閥門都只能處於一個位置。
- 流動的路徑 – 每一個位置都有三條流動路徑。
- 接口的數量 – 每一個位置都有五個接口(五通)
- 操縱桿並未啟動時，右方的方塊(初始位置)會進入操作狀態。
- 啟動操縱桿後，閥門會改由操縱桿旁的方塊(左邊方塊)操作。
- 在這轉變過程中，只有閥門箱中的內部連接改變，箱外實際並沒有任何活動。
- 放開操縱桿後，右方的彈簧復位驅動器會閥門回覆初始位置(從右移至左方)。

表 2.1 常用的閥門驅動器符號

符號 (ISO)	驅動器種類
	彈簧復位
	滾柱式 (2 個方向)
	手動控制
	手動操縱桿控制
	手動按鈕控制
	直動電磁閥
	空氣導向器
	導向輔助電磁閥

(III) 氣流的速度控制器

- 速度控制閥由止回閥及可調節流閥組成，用來限制空氣向特定方向流動。
- 空氣可自由從左至右流動，但從反方向流動時則會受到限制，以控制其流動速度。

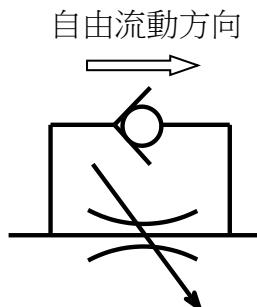


圖 2.10 氣流控制閥的結構及符號

(IV) 氣缸

在氣動系統中，氣缸是可以利用氣體來產生動作的執行元件。

單動氣缸

- 單動氣缸有一個進氣口。當壓縮空氣經接口流進氣缸內，活塞桿便向前伸。
- 當放走空氣，氣缸內部的彈簧便會令活塞桿返回原來位置。
- 單動氣缸一般以三通方向控制閥來運作。

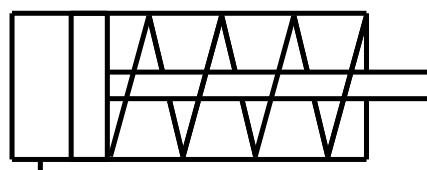


圖 2.11 單動氣缸的結構及符號

雙動氣缸

- 雙動氣缸有前後兩個進氣口，可進行「外伸衝程」及「內縮衝程」。
- 當壓縮空氣經尾端接口流進氣缸內，活塞桿便向前伸。
- 當壓縮空氣以相反方向流經前端接口流進氣缸內，活塞桿便返回原來位置。
- 雙動氣缸一般要用四通或五通的方向控制閥來運作。

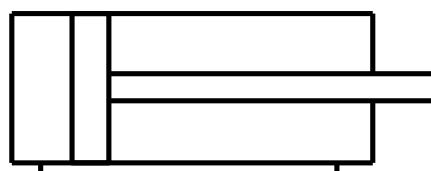


圖 2.12 雙動氣缸的結構及符號

單桿及雙桿氣缸

- 單桿氣缸有一支從氣缸一端凸出的活塞桿。
- 雙桿氣缸有一支兩端凸出的共用活塞桿，活塞桿從一端收回時，便會向另一端伸出。



圖 2.13 單桿氣缸（上）及雙桿氣缸（下）

影響氣缸效能的因素

有很多因素會影響氣缸的效能，其中包括：

1. 接駁氣缸的元件數量及種類
2. 軟管的長度及容量
3. 氣缸的工作載荷
4. 氣源氣壓

2.4 氣動回路

氣動回路是用來表示氣動系統中空氣訊號流向和操作程序的繪圖。

它一般從氣源開始，經過各種氣動元件，直到氣動執行元件（如氣缸）。

繪製氣動回路是由下至上、由左至右進行，基本上由四層組成：

- 頂層 – 工作元件；
- 第三層 – 控制或邏輯元件；
- 第二層 – 訊號元件；
- 最底層 – 供氣裝置。

(I) 氣動回路中的記數法

記數法利用特定規則的數字來表示氣動回路中的不同氣動元件。

表 2.3 氣動回路中的記數法

氣動元件	記數法	備註
頂層： 工作元件	1.0, 2.0, 3.0, 1.01, 1.02, 2.01, 2.02, 3.01, 3.02,	用整數來標示驅動器，例子：單動氣缸。 在工作元件數字後加上尾數來標示相關的輔助元件。 例子：1.01 代表連接 1.0 單動氣缸的限流閥。
第三層： 控制元件	1.1, 2.1, 3.1,	用尾數 1 標示連接工作元件的控制元件 例子：1.1 代表連接 1.0 單動氣缸的 3/2 方向閥。
第二層： 訊號元件	1.2, 1.4, 1.6, 2.2, 2.4, 2.6,	用雙數尾數標示負責氣缸外移的訊號元件。 例子：1.2 代表負責氣缸外移的 3/2 常閉閥。
	1.3, 1.5, 1.7, 2.3, 2.5, 2.7,	用單數尾數(1 除外)標示負責氣缸內縮的訊號元件。 例子：1.3 代表負責氣缸內縮的 3/2 常閉閥。
底層： 供氣元件	0.1, 0.2, 0.3,	用數字 0 加不同尾數標示基本供氣裝置。 例子：空氣處理裝置。

圖 2.14 顯示利用記數法來標示不同氣動元件的氣動回路。

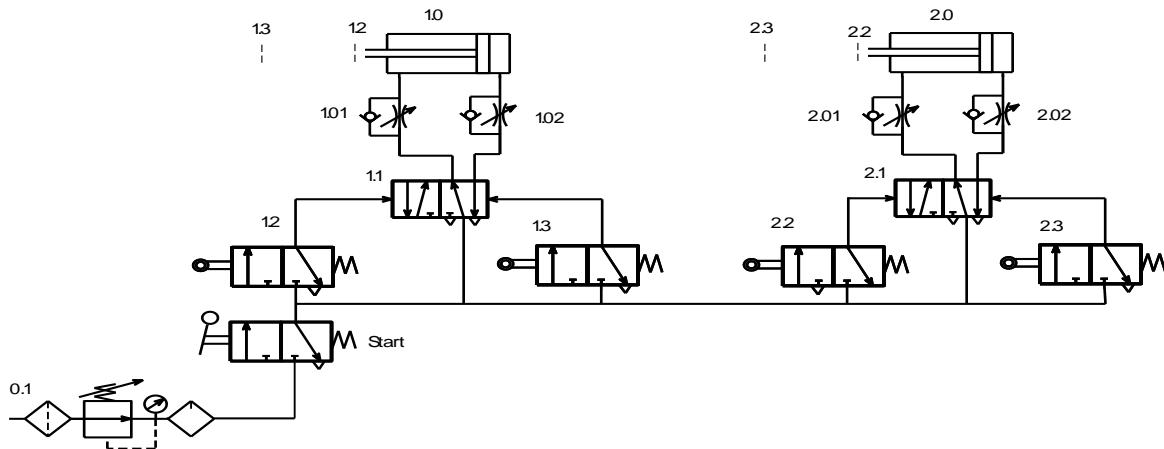


圖 2.14 氣動回路中的記數法

(II) 基本功能

氣動系統的一些基本設計和功能可以用氣動回路來展示。▽表示排氣接口。◎表示空氣管道入口。

a. 流量放大及遠程控制

工業上可能需要使用大功率的氣缸和控制閥。

不過，操作員近距離操控大功率的氣缸和控制閥會可能會有危險。

可以利用放在遠距離的較小手動閥來操作大功率控制閥。

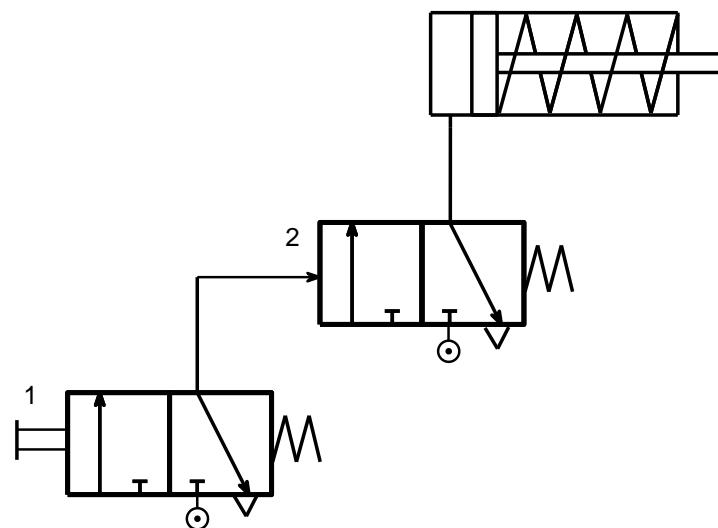


圖 2.15 氣缸的流量放大及遠程控制

b. 速度調節

這設計利用限流閥來調節氣缸向外衝程的速度。

手動 3/2 常閉閥可用來直接令單動氣缸操作。

放鬆閥門時，氣缸會利用彈簧力返回起始位置，但空氣流動不會受限流閥影響。

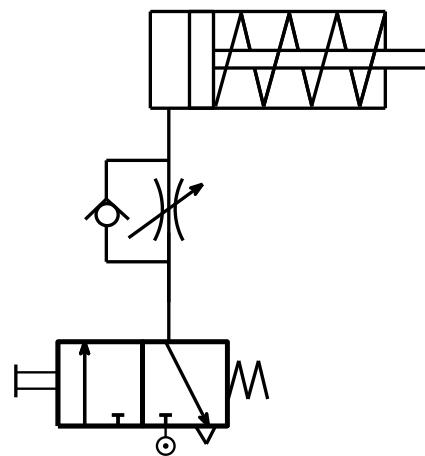


圖 2.16 直接控制單動氣缸

c. 直接控制雙動氣缸

一個 5/2 方向閥可用來控制雙動氣缸的基本操作。

在初始位置時，彈簧控制方向閥，氣缸會處於內縮的位置。

當方向閥被短暫按下時，氣缸便會向外衝程。

內縮及向外衝程的速度可通過兩個限流閥獨立調節。

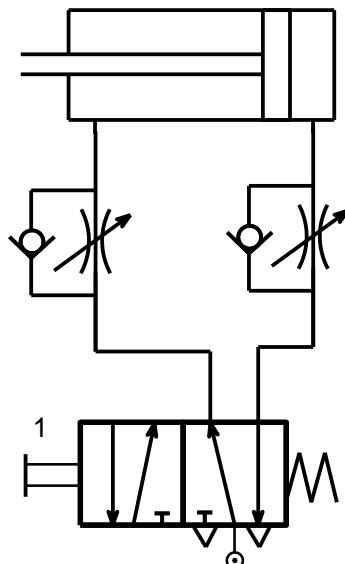


圖 2.17 雙動氣缸的直接控制

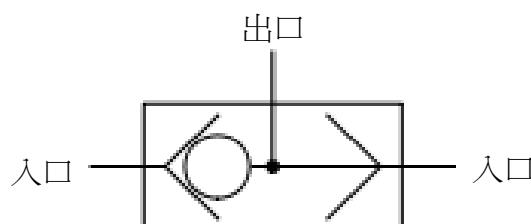
(III) 邏輯回路

氣動系統可以用來處理輸入和輸出的邏輯關係，如「或」和「與」等。

邏輯回路可以用來表示相關的設計，但可能需要使用邏輯元件，如梭動閥。

梭動閥有兩個入口和一個出口，只要左邊或右邊入口有高壓氣體進入，出口就會有高壓氣體排出。

梭動閥的功能就好像是邏輯門中的「或」門，符號如下圖所示。



a. 單動氣缸的邏輯功能「或」

這邏輯回路的設計提供具備「或」功能的氣動系統。

只要操作 1 號或 2 號 3/2 方向控制閥，都可以驅動氣缸的向外衝程。

限流閥的功能是用來調節氣缸外向衝程的速度，與邏輯功能無關。

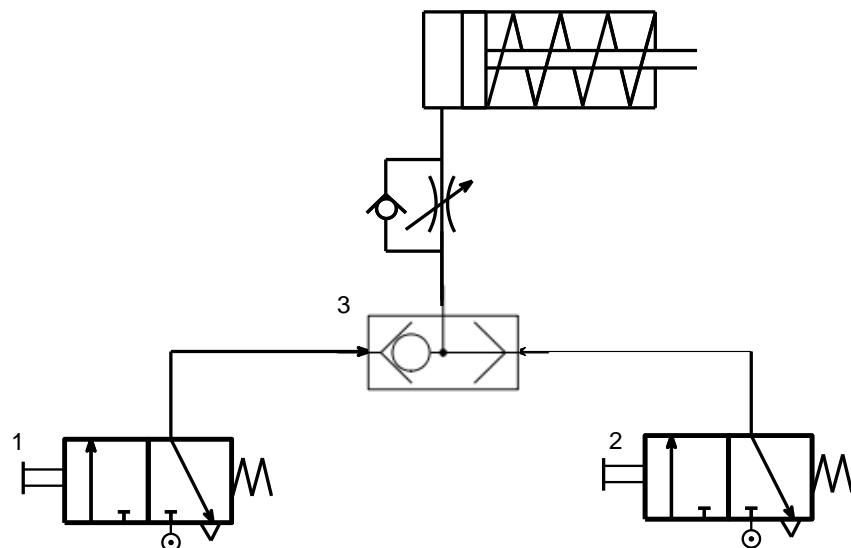


圖 2.18 單動氣缸「或」的操作

b. 單動氣缸的邏輯功能「與」

這邏輯回路的設計提供具備「與」功能(或稱聯鎖)為的氣動系統。

1 號與 2 號 3/2 方向控制閥必須一起被操作，空氣才可以通過而驅動氣缸的向外衝程。

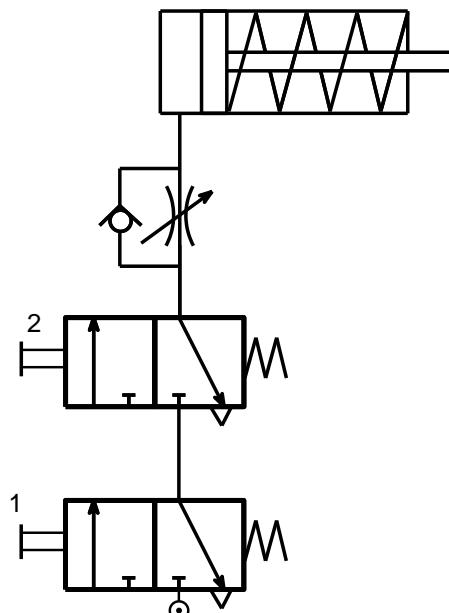


圖 2.19 聯鎖及單動氣缸的「與」功能

c. 逆操作「非」功能

這邏輯回路的設計提供具備「非」功能(或稱逆操作)為的氣動系統。

當 1 號方向控制閥(常閉閥)被按下時，會驅動 2 號閥，令空氣流出氣缸。

這樣令氣缸向內縮(逆操作)而非向外衝程。

相反，在初始狀態下，氣缸會處於向外衝程的位置。

這氣動系統可以提供機械設備的解鎖功能，如打開門鎖等。

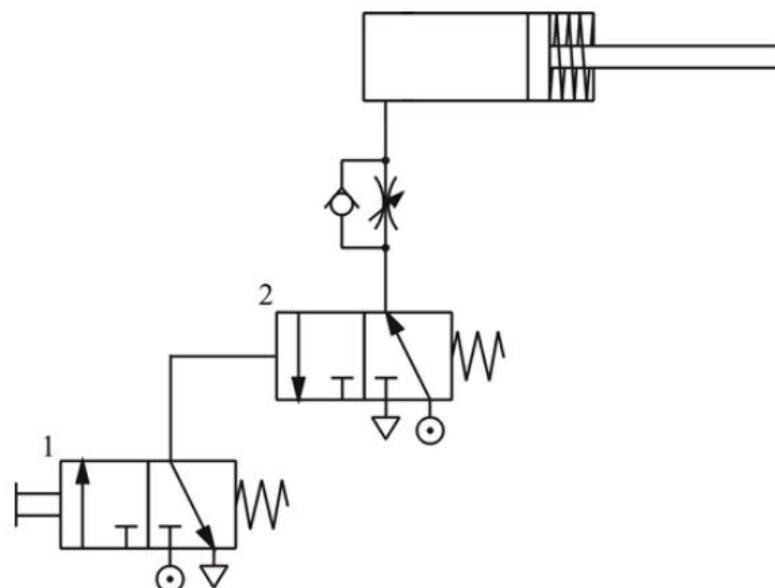


圖 2.20 氣缸的訊號逆轉

(IV) 電氣動

a. 電磁閥

電氣動是指利用電力或電磁感應來操作氣動系統，一般會使用單電磁閥及雙電磁閥。

在單電磁閥中，一旦停止供電，另一端的彈簧會令閥門返回初始位置。

在雙電磁閥中，其中一個電磁線圈通電時會驅動閥門，但就算停上供電也不會返回。只有在另一端的電磁線圈通電時，閥門才會返回初始位置。

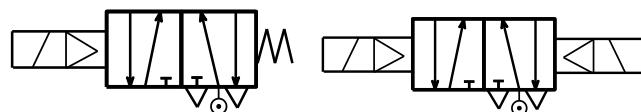


圖 2.21 (左) 單電磁閥；(右) 雙電磁閥

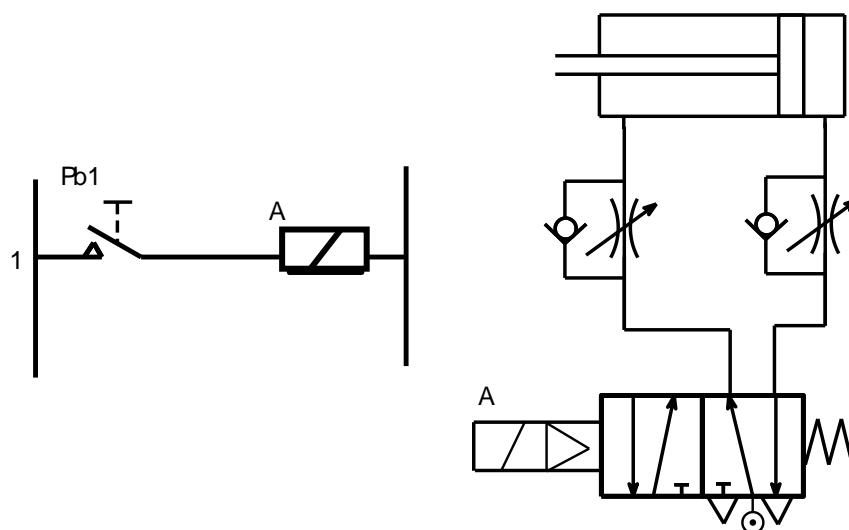
b. 電氣動回路中的主要符號

表 2.4 電氣動回路中的符號

操作	ISO 符號
常開彈簧復位，2 點接點	
常閉彈簧復位，2 點接點	
常開棍操作，彈簧復位接點	
常閉棍操作，彈簧復位接點	
常開電磁控制靠近接點	
控制繼電器	
電磁線圈	

c. 電氣動回路

(i) 手動控制



(a) 電路圖

(b) 氣動回路圖

圖 2.22 手動控制

可利用電磁閥手動（按鈕）控制雙動氣缸。
5/2 方向閥用來操作雙動氣缸。

按下按鈕(Pb1)，電磁線圈通電，氣缸伸出。放開按鈕，彈簧力令方向閥返回原位，氣缸縮回。

電氣動回路涉及電元件的開關或通電，有時較難了解運作的效果。

可以利用真值表來了解電氣動系統的設計是否符合要求。

先設定操作步驟，然後在真值表中按步驟填上電元件和氣動元件的狀態。

在真值表中，電元件一般用 0 代表切開或不通電，1 代表閉合或通電。

下表顯示圖 2.22 手動控制系統的真值表。

步驟	Pb1	A	雙動氣缸
1	0	0	初始位置
2	1	1	伸出
3	0	0	退回

(ii) 「或」控制

在電氣動系統中，兩個或以上的按鈕可以形成「或」邏輯門來操控氣缸。這設計優於單採用氣動系統，因為可避免氣體經開關泄漏而產生問題。

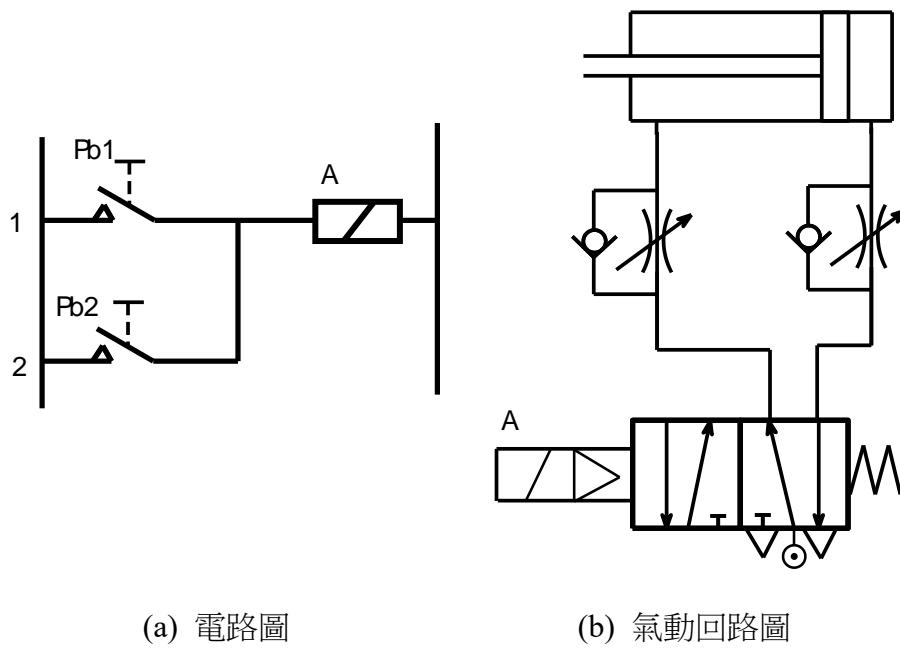


圖 2.23 「或」控制

下表顯示圖 2.23「或」控制系統的真值表。

步驟	Pb1	Pb2	A	雙動氣缸
1	0	0	0	初始位置
2	1	0	1	伸出
3	0	0	0	退回
4	0	1	1	伸出
5	0	0	0	退回

(iii) 順序控制

這是一個利用電氣動系統來順序控制下列過程的電氣動回路例子。

1. 發光二極管會亮起，經過一段預設時間後熄滅；
2. 氣缸操作，經過一段時間後返回原位；
3. 重覆以上兩步驟。

備註：

1. 常閉控制繼電器 R1 用來驅動氣缸(圖中省略了氣缸)。
2. 圖中的繼電器 R1 和 T1 會同時操作相應名稱的開關。
3. 圖中採用延遲作用開關，啟動時會在預設時間後操作，一段時間後回復原狀：



電氣動回路的操作過程：

1. 當「開始」被閉合：
 - (a) 線路 1 的繼電器 T1 通電，啟動線路 3 的延遲作用開關 T1；
 - (b) 線路 2 的發光二極管會亮起。
2. 經過預設的時間後，線路 3 的延遲作用開關 T1 閉合：
 - (a) 線路 3 的繼電器 R1 通電，令氣缸(圖中略去)操作；
 - (b) 線路 1 的常閉開關 R1 會切開，發光

二極管隨之熄滅；

- (c) 線路 4 的控制繼電器 R1 會閉合，T2 通電。
3. 經過一段時間後，延遲作用開關 T2 切開：
 - (a) 線路 3 的繼電器 R1 不通電，令氣缸(圖中略去)回復原位；
 - (b) 線路 1 的開關 R1 閉合而通電；
 - (c) 重回步驟 1，令以上順序操作不斷重複進行。

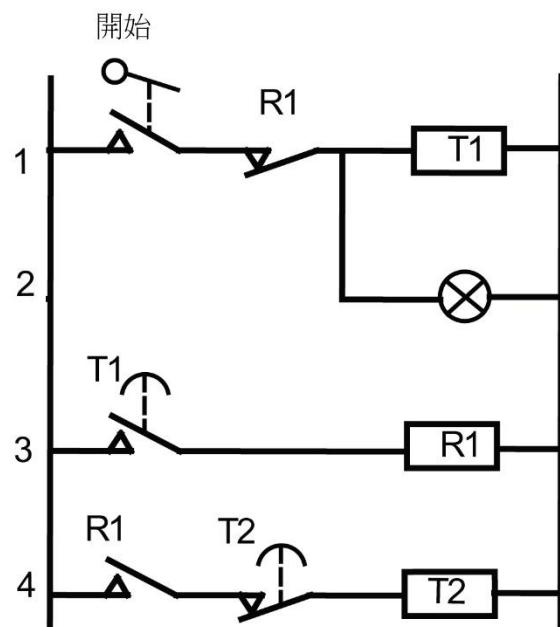


圖 2.24 雙穩態發光二極管閃動的控制

2.5 電氣動系統

本節會介紹電氣動系統在工業上的一些應用例子。

(I) 氣動/電氣動系統的應用

氣動及電氣動控制系統廣泛應用於製造業中的過程控制及自動化生產線。

a. 傳送物件

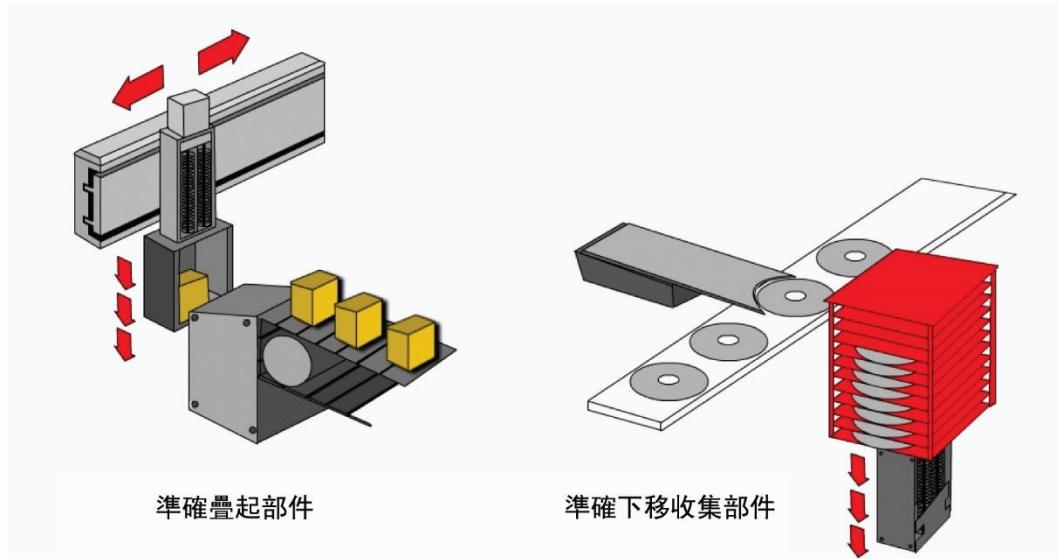


圖 2.25 應用於傳送物件的例子

準確疊起部件(圖 2.25，左圖):

1. 特製的集裝箱連接到氣缸活塞桿的末端，收集從輸送帶運來的工作。
2. 每次當一件工作進入集裝箱後，活塞桿需逐步下降（外伸），以便在適當高度收集新運來的另一件工作。
3. 氣缸會固定在滑動板上，按需要而左右移動，以便收集工作。
4. 而活塞桿位移的時間，必須與輸送帶的速度相配合。

準確下移收集部件(圖 2.25，右圖):

1. 在光碟生產線中，傳送機制中有兩個氣缸。
2. 一個氣缸有規律地把光碟從輸送帶推到物料盒中。
3. 另一個氣缸則連接到物料盒，這個氣缸需逐步垂直下降（收回），確保每片光碟都送入一個空的位置。

b. 測試極限開關

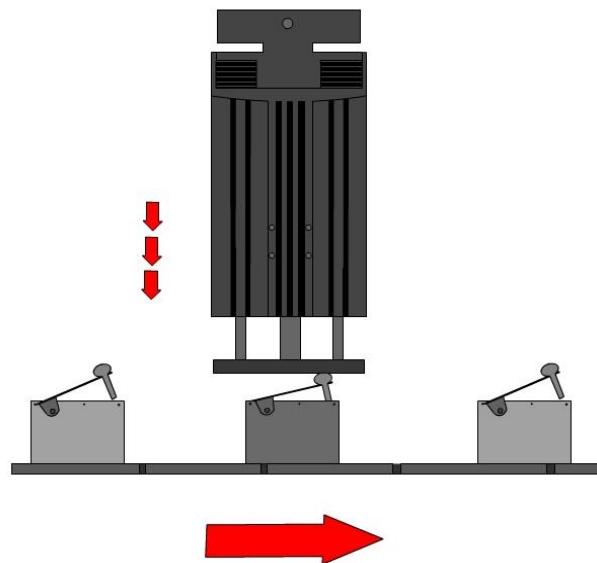


圖 2.26 極限開關的測試

圖 2.26 的氣動系統可用作自動測試及傳送機制。

左方的線性驅動器，用來觸發極限開關，測試其功能有否故障。

極限開關會隨著輸送帶移動，然後由上方的氣動元件逐一向下施力來測試。

這工序適宜利用自動化氣動系統來處理，因為可確保正確及有效率地不停操作。

c. 在壓孔機中彈出工作

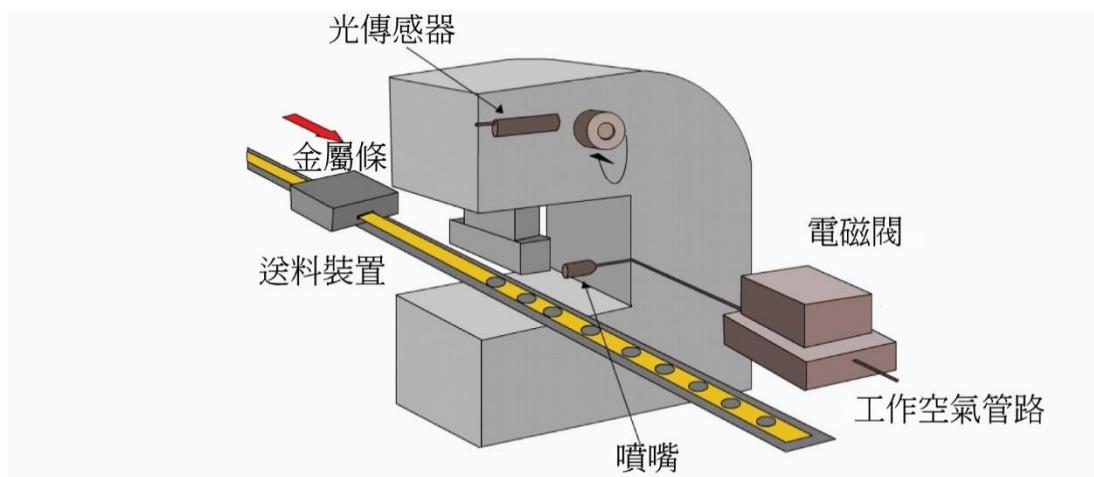


圖 2.27 壓孔機的輔助功能

傳統的金屬加工壓孔機會持續用壓縮空氣「吹走」壓出的小工件。

但不停地噴出壓縮空氣會造成浪費，可用兩通電磁閥和光電開關組合來改善情況，。

控制閥只會在壓模空著時驅動，把壓縮空氣從噴嘴「吹出」，推走完成的工件以作收集。

這方法可以節省 50%(以體積計算)的壓縮空氣。

(I) 氣動系統的安全考慮

1. 固體粒子污染物可能來自損壞了的氣泵及閥門密封物料
2. 液體污染物可能來自油、水或清潔劑
3. 鬆掉了的配件或損壞的軟管可能讓污染物未經過濾器便進入系統中
4. 破舊的、不正確使用的或錯誤連接的軟管
5. 電磁閥需要使用正確的電壓
6. 計算正確的氣壓來啟動裝置
7. 使用壓力釋放閥
8. 馬上修補泄漏空氣的地方
9. 使用氣動氣缸工作時，配戴安全眼鏡
10. 以一套良好的安全措施保護設備及顧客

(II) 氣動系統的好處

1. 高效率，因為細小的壓縮機便能提供壓縮空氣。
2. 壓縮空氣用後可直接排出系統外，不會造成污染，但液壓系統必需回收液體。
3. 非常可靠，因為涉及較少移動部件。
4. 成本低，易於安裝及維修。
5. 備有各種不同標準尺寸及額定的組件可供選用。
6. 較安全，因為空氣裝置不會產生火花，而在潮濕環境中也沒有觸電的危險。
7. 氣動系統容易設計，設備較標準化，所以元件選擇相對簡單和明確。
8. 氣動元件一般比較輕型，並只涉及較低的功率，安裝也相對簡單。

(III) 氣動系統的限制

1. 氣動系統需要特別設備來提供壓縮空氣。
2. 需要額外的乾燥及過濾系統來移除塵埃及濕氣，以減慢氣動系統的損耗。
3. 壓縮空氣流動和排出時會發出響聲，大量氣動元件時容易引致聲音污染。
4. 壓縮空氣在元件或接口泄漏是很難避免的，必須定期檢查及維修。
5. 空氣容易壓縮和膨脹，所以氣缸桿移動的準確度有限，不適用於精確工作。
6. 氣動系統只能提供不太大的功率，故此速度和力量都有限，不適用於大型機械，如消防車的救生梯。

第三章 可編程控制系統

3.1 甚麼是可編程邏輯控制器？



圖 3.1 不同牌子的可編程邏輯控制器

美國電氣製造商協會把可編程邏輯控制器定義為：

可編程邏輯控制器是一個數碼式的電子裝置，它使用可編程的記憶體存貯指令，以執行特定的功能，例如邏輯、順序、計時及運算等，再通過數碼或模擬輸入/輸出模組，控制不同種類的機器或進程。

(I) 為甚麼需要可編程邏輯控制器？

舊式的自動化及進程系統大多為只能達到特定功能的繼電器電路，欠缺靈活性。

可編程邏輯控制器則可通過內置記憶體和軟件編程來運作，容易設定或修改功能。

(II) 可編程邏輯控制器的基本元件

典型的可編程邏輯控制器包含下列的主要元件：

輸入模件： 將訊號輸入到控制器，如極限開關、按鈕、感應器等。

輸出模件： 將開/關訊號從控制器輸出到其他元件，如馬達、氣缸、繼電器等。

處理器： 負責各種邏輯運算及順序處理功能。

記憶體： 包括輸入、輸出及旗幟(flag)記憶體，貯存各種操作用的數據和程序。

供電： 一般使用 110 V 或 220 V 的交流電電源。

程序編寫裝置： 用來編寫程序，然後再輸入到控制器中。

下圖展示可編程邏輯控制器的示意圖：

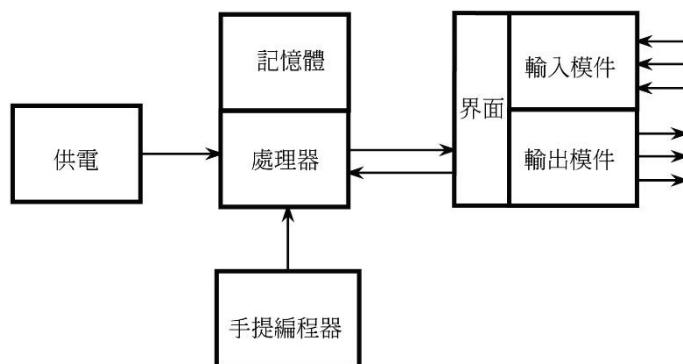


圖 3.2 基本的可編程邏輯控制器的示意圖

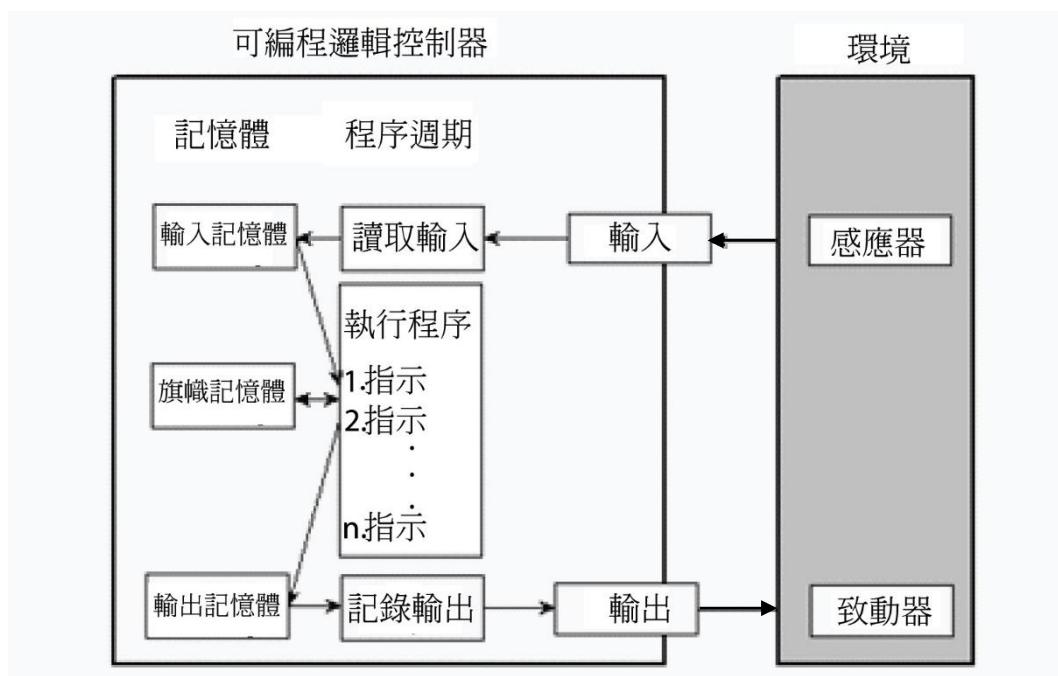


圖 3.3 可編程邏輯控制器中各種元件的功能

3.2 程序編寫

對於可編程邏輯控制器，各種輸入及輸出裝置的狀態只有兩個值：1 或 0。

1 用來表示閉合開關(如按鈕)、感應器有反應、指示燈亮著、馬達開動等。

0 用來表示切開開關、感應器沒有反應、指示燈熄滅、馬達停止等。

可編程邏輯控制器會按程式指示，用適當的邏輯門(如「非」、「與」、「或」)來處理輸入資料，然後將邏輯結果輸出到有關裝置。

輸入及輸出地址表

輸入及輸出的資料會被放到相關的記憶體內，可以用「輸入及輸出地址表」來順序表示，兩表有連續的項目編號。

輸入(Input)記憶體地址一般用 I 加上數字來表示，例子如下。

項目	輸入	地址
1	輸入裝置 1 (如感應器 A)	I1
2	輸入裝置 2 (向上按鈕)	I2
3	輸入裝置 3 (向下按鈕)	I3

輸出(Output)記憶體地址一般用 O 加上數字來表示，例子如下。

項目	輸出	地址
4	輸出裝置 1 (響起蜂鳴器)	O1
5	輸出裝置 2 (亮著指示燈)	O2
6	輸出裝置 3 (馬達轉動)	O3

邏輯門和時序圖

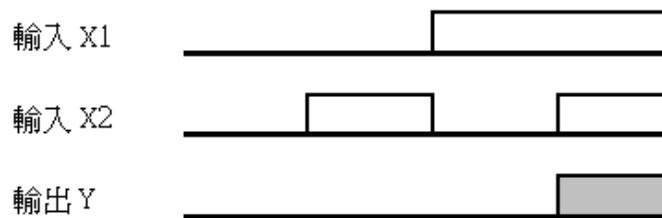
邏輯門可以用真值表來顯示輸入(如 X1 和 X2)和輸出(如 Y)的關係。

時序圖則可以當輸入訊號隨時間(以水平軸表示)改變時，經邏輯門處理後會有何輸出。

以下是一些常用邏輯門和時序圖例子。(在圖中高位代表 1，低位代表 0。)

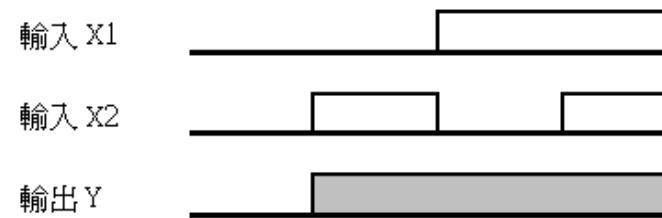
(a) 「與」門 (AND)

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



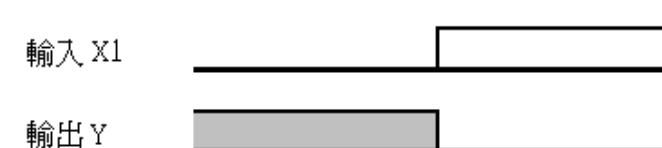
(b) 「或」門 (OR)

X1	X2	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



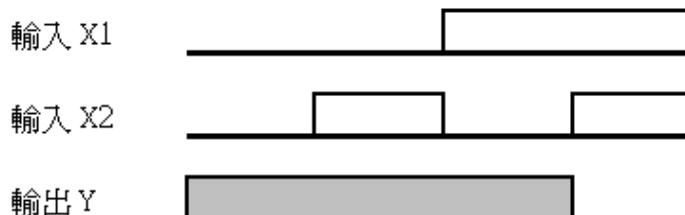
(c) 「非」門 (NOT)

X1	Y
0	1
1	0



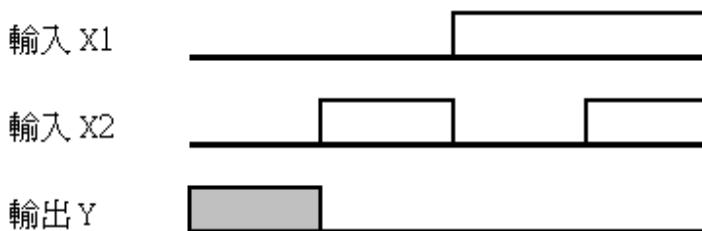
(d) 「與非」門 (NAND)

X1	X2	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



(e) 「或非」門 (NOR)

X1	X2	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0



整個系統的時序圖

在實際應用中，可以按操作情況而繪畫整個系統的時序圖(包括各種輸入和輸出裝置)。

例子：自動化鑽孔的順序控制

- 上方的極限開關 L1 (常開接點) 在鑽孔週期的開始時是閉合的。
- 當短暫按下開始鈕 (常開接點) 時，鑽孔週期開始。
- 同時，輸出負荷馬達 M1 開始轉動鑽頭，而另一個馬達 M2 則開始把鑽機向下移。
- 在鑽機 (M1) 移到下方的極限開關 L2 時便停止，而馬達 M2 此時逆向運作，並把鑽機向上移。

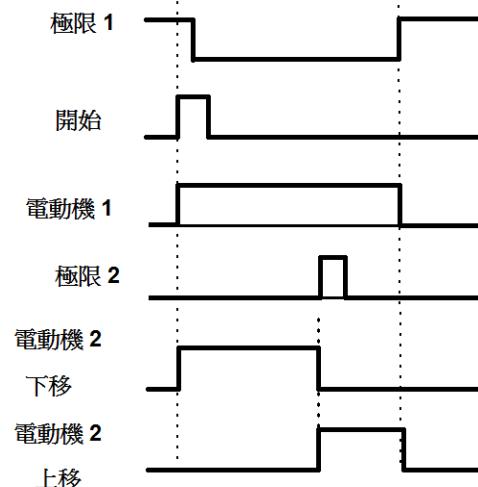
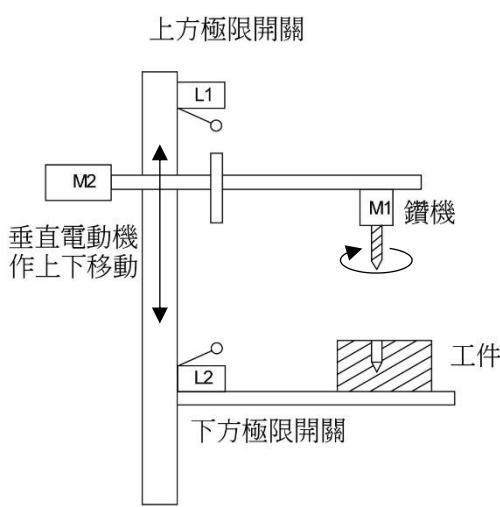


圖 3.4a 自動化鑽孔系統的示意圖

圖 3.4b 自動化鑽孔系統的時序圖

條件表

根據系統時序圖和輸入-輸出地址表，可以建構整個控制系統的條件表，以顯示在各操作程序中，輸入條件和輸出狀態的關係。

為方便稍後編程，條件表中會主要以相關記憶體的輸入地址(即 I1、I2、I3 等)和輸出地址(即 O1、O2、O3 等)來填寫(可多於一項)，例子如下。

操作程序	輸入條件	輸出狀態
1	初始化	---
2	I1, I2	沒有輸出
3	I3	O1
4	I5	O3, O5
5	I4	O2
6	I1, I2	沒有輸出
7	I5	O3, O5

編程和測試

- 當完成條件表後，便可以為可編程邏輯控制器進行編程，即編寫程序。
- 由於可編程邏輯控制器有不同的設計和型號，所以編程前必須參考相關的使用手冊。
- 編程後，便可以按條件表的操作程序來測試，並測試各輸入和輸出裝置的實際操作情況，以便清除錯誤和改良。
- 如有需要，應在測試前先為系統加入安全裝置，如安全感應器或緊急停止按鈕，以免在測試時發生任何意外。

3.3 可編程邏輯控制器的程序編寫

可編程邏輯控制器編寫程序所用的語言在設計上與階梯邏輯圖相近。

繪製階梯邏輯圖

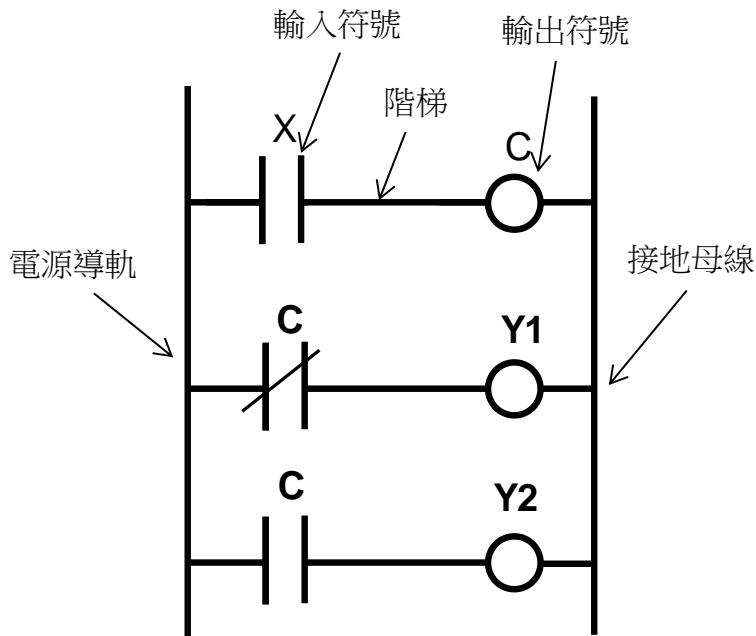
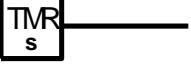


圖 3.5 階梯邏輯圖例子

- 電力（例如 220 V 交流電）由兩條垂直導軌提供，左面是電源導軌，右面是接地母線，而橫線代表「梯級」導線。
- 電力從左至右及從上至下供應，流經一系列常開或常閉接點。
- 輸入及輸出元件(以符號表示_分別位於每個梯級的左方及右方出現。

階梯邏輯圖的元件符號

表 3.1 階梯邏輯圖中常用元件的符號

階梯邏輯圖符號	位於	功能
	左方	輸入：常開接點 (開關、繼電器、其他輸入裝置)
	左方	輸入：常閉接點 (開關、繼電器、其他輸入裝置)
	右方	輸出負荷 (電動機、電燈、電磁線圈、警報器等)
	右方	計時器
	右方	計數器

計時器接到輸入訊號時，會在指定時間後輸出訊號。關閉輸入訊號可以重設計時器。

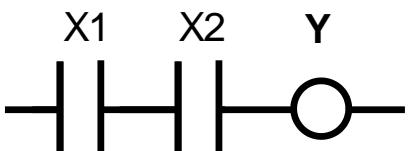
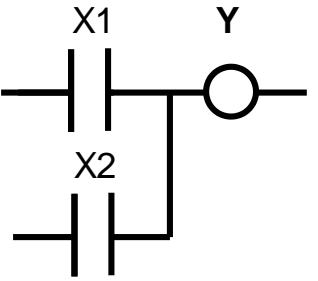
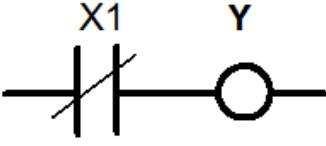
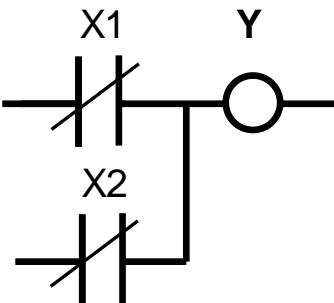
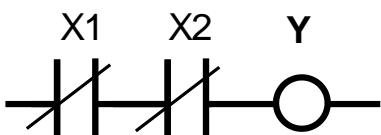
計數器需要兩組輸入訊號：

- (a) 第一組是用來計數的脈衝序列，第二組是用來重設及重新開始計數步驟的訊號。
- (b) 重設遞增計數器把數值重新設定為零，重設遞減計數器把數值設定為初始值。
- (c) 累計的數值可以貯存在旗幟記憶體中，以備系統有需要時使用。

階梯邏輯圖控制邏輯

把兩輸入接點串聯和並聯可用來表示邏輯功能「與」和「或」，如下表所示。

表 3.2 階梯邏輯圖

功能	階梯邏輯圖	真值表	布爾表達式															
「與」 AND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X1</th><th>X2</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	X1	X2	Y	0	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	X1 AND X2 $(X_1 \bullet X_2)$
X1	X2	Y																
0	0	0																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	1																
「或」 OR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X1</th><th>X2</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	X1	X2	Y	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	X1 OR X2 $(X_1 + X_2)$
X1	X2	Y																
0	0	0																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	1																
「非」 NOT		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X1</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	X1	Y	0	1	1	0	NOT X1 $(\overline{X_1})$ or $(/X_1)$									
X1	Y																	
0	1																	
1	0																	
「與非」 NAND		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X1</th><th>X2</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	X1	X2	Y	0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	NOT (X1 AND X2) $(\overline{X_1 \bullet X_2})$ or $/ (X_1 \bullet X_2)$
X1	X2	Y																
0	0	1																
0	1	1																
1	0	1																
1	1	0																
「或非」 NOR		<table border="1"> <thead> <tr> <th>X1</th><th>X2</th><th>Y</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	X1	X2	Y	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	NOT (X1 OR X2) $(\overline{X_1 + X_2})$ or $/ (X_1 + X_2)$
X1	X2	Y																
0	0	1																
0	1	0																
1	0	0																
1	1	0																

階梯邏輯圖的應用例子：啟動及停止電動機

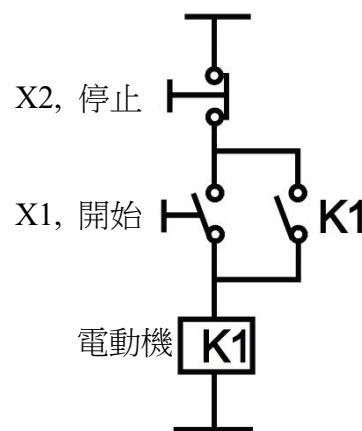


圖 3.6 電動機開/關控制

按鈕(開始/停止)是用來啟動及停止電動機(K1)，一個用來作啟動，另一個用來作停止操作。操作員短暫按下開始按鈕時，會有電力持續供應給電動機，直至按下停止按鈕。

繪畫階梯邏輯圖

利用 X1 和 X2 來分別代表啟動及停止的輸入接點，K1 表示電動機的輸出負荷。

輸入		輸出
X1 (啟動)	X2 (停止)	K1 (電動機)
0	0	0
0	1	0
1	0	1
1	1	0

表 3.3 控制電動機開/關的真值表

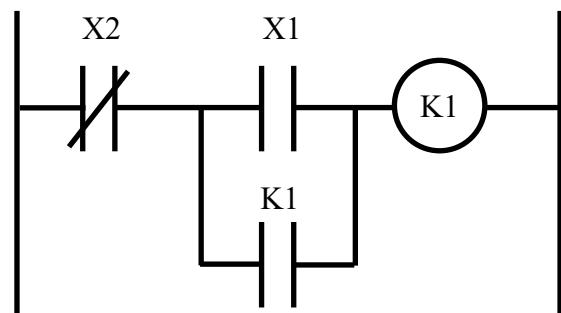


圖 3.7 控制電動機開/關的階梯邏輯圖

K1 輸入是用來提供鎖定功能，以確保啟動鈕不再按下時，電力會持續供應給電動機。下圖展示以硬連線邏輯控制電路來設計以上的開控制電路，以便與階梯邏輯圖作比較。

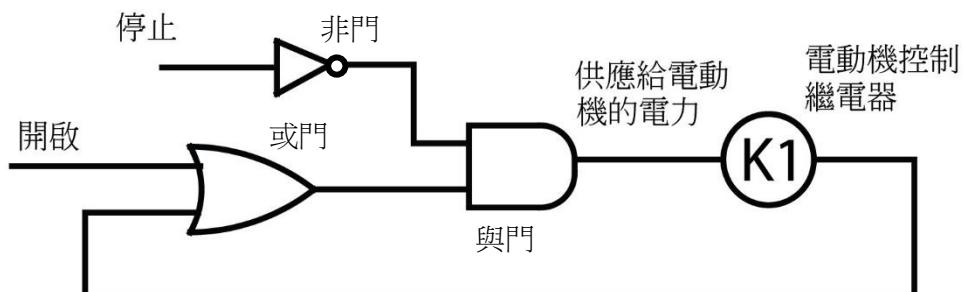


圖 3.8 硬連線邏輯電路用於相同的電動機開/關控制

(III) 可編程邏輯控制器的運作方式

可編程邏輯控制器運作時過程中，會不斷地掃描(即檢測)。

掃描週期包括三個重要步驟：

- (1) 檢查輸入狀況 – 處理器檢測輸入訊號，並將其貯存在輸入記憶體中。

- (2) 執行程序 – 處理器根據程序處理貯存在輸入記憶體中的數值，如邏輯運算。

- (3) 更新輸出狀況 – 將處理(如邏輯運算)後得到的結果輸出到其他元件。

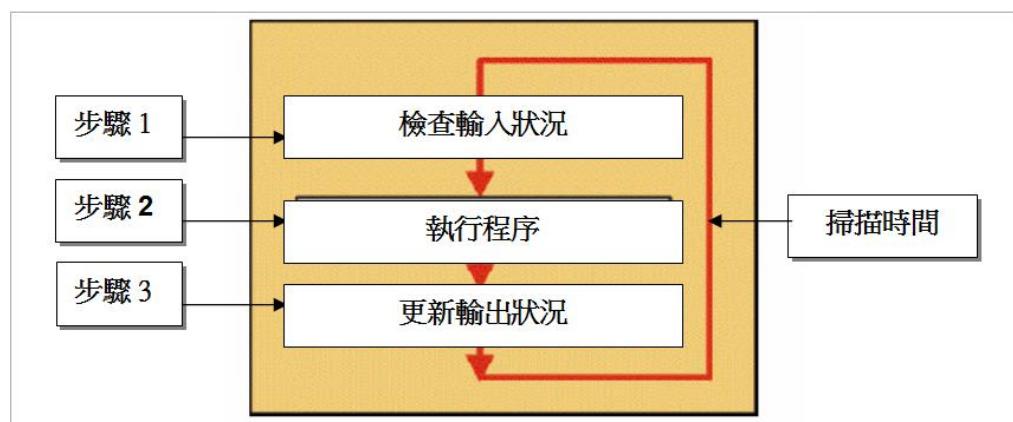


圖 3.9 可編程邏輯控制器的掃描週期

掃描及掃描時間

一次「掃描」指讀取輸入、執行控制程序及更新輸出的週期。

「掃描時間」(完成一次掃描)通常介乎於 1 與 100 ms(毫秒 = 0.000001 秒)之間，視乎需要執行的控制功能的數量及複雜程度而定。

(IV) 輸出裝置的使用

(A) 步進馬達

步進馬達 (Stepper motor) 是特別的直流馬達，可以用可編程邏輯控制器來操控。

一般馬達只能單方向高速旋轉，但步進馬達還可以地固定在任何位置或雙向旋轉。

控制器：發出運轉指令，傳送需求速度以及運轉量的指令脈波訊號。

驅動器：按訊號提供電力以保證馬達按指令運轉。



圖 3.10a 步進馬達

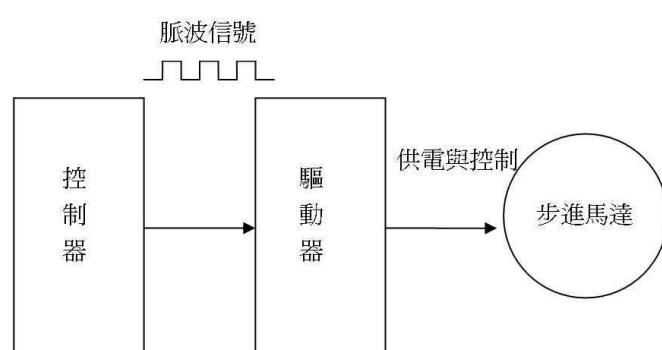


圖 3.10b 步進馬達

步進馬達可用於開環控制系統，通常能應付於低加速下操作及負荷穩定的系統

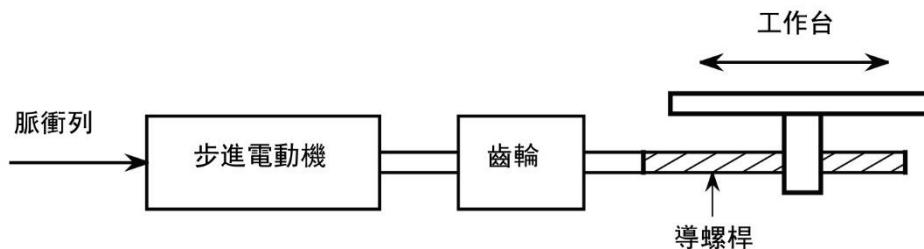


圖 3.11 步進伺服馬達的開環控制

步進馬達的操作原理

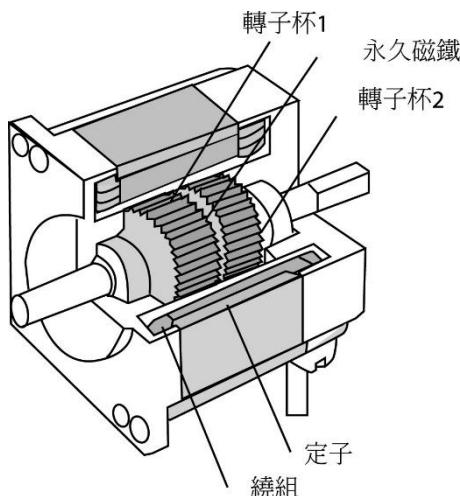


圖 3.12 典型步進馬達的剖視圖

步進馬達把一次轉動分成數個明確的步驟。

當不轉動或不需要位置反饋感應器時，馬達可以停頓在某一位置。

這些步驟是通過逐步把定子電磁鐵通電，令轉子每次都產生與最終的磁場成一直線。

圖中的陰影部分表示經通電後磁鐵的位置，而三角形的頂角表示根據最終磁場而所轉動的角度。

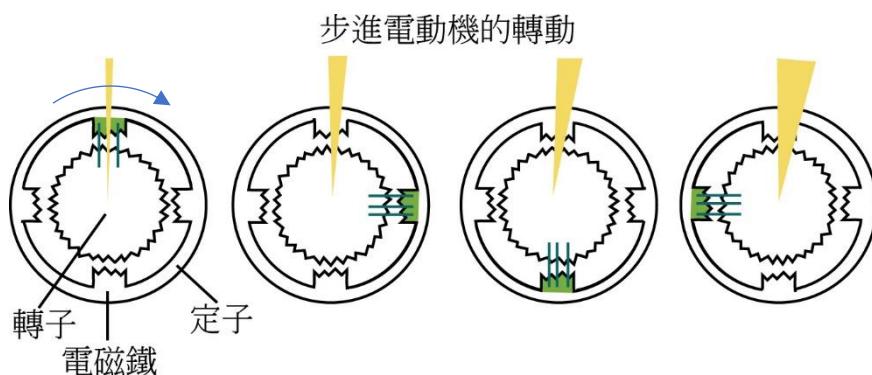


圖 3.13 定子交替通電令轉子轉動

步進馬達可以很快地加速，實現短促而精確的移動。

由於不需定期維修換向器，與其他有換向器的馬達相比，可大幅減少其使用成本。

但太高速時，電磁鐵可能負荷過度，令馬達跳過應有次序，甚至停止運作。

單極步進馬達有四個線圈，必須按正確次序開啟及關閉，才能使馬達適當地轉動。

可利用可編程界面控制器把不同訊號依次序輸出線圈，從而控制步進馬達的運作，情況如下表所示：

步驟	線圈 1	線圈 2	線圈 3	線圈 4
1	1	0	1	0
2	1	0	0	1
3	0	1	0	1
4	0	1	1	0
5	1	0	1	0

表 3.4

(B) 駕服馬達



圖 3.14 駕服馬達

駕服馬達（Servomotor）是對各種使用駕服系統的馬達總稱。

駕服（Servo）的意義是依照命令而運作，而駕服系統會經由閉回路控制方式來控制機械的位置、速度或加速度。

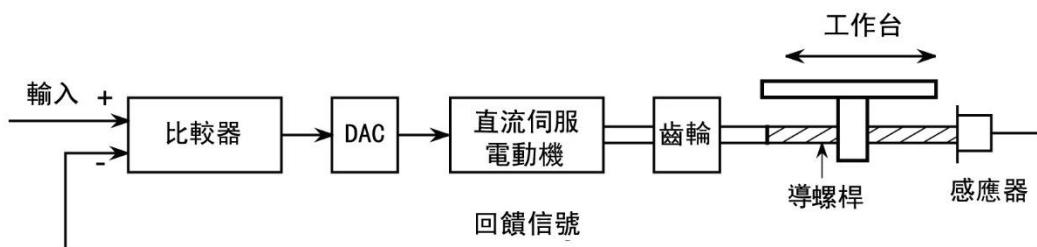


圖 3.15 駕服馬達的閉環控制

伺服馬達可以透過可編程邏輯控制器來操控，它有下列的優點：

- 定位快速
- 最大扭矩很高
- 速度範圍大
- 可控性高

伺服馬達分交流 (AC) 和直流 (DC)，而直流伺服馬達操作較容易，故被廣泛使用。伺服馬達可提供不同的輸出功率，常應用於工業的定位裝置中，例如包裝、處理材料、激光切割及自動化等。



圖 3.16 利用伺服馬達組裝的機械人

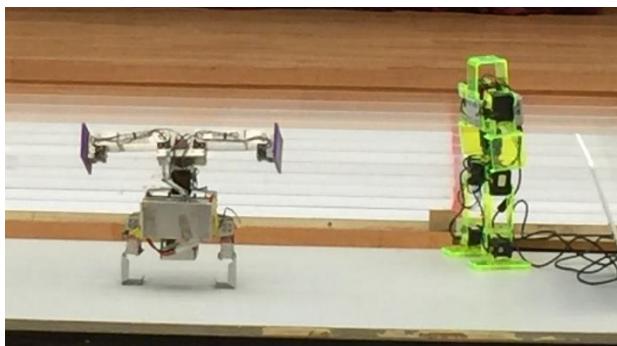


圖 3.17 機械人可準備地做出不同動作

3.4 可編程界面控制器

工業及電機應用的可編程邏輯控制器較為笨重及昂貴，因此學校通常使用微型的可編程界面控制器來代替，供學生學習其原理。

(I) 可編程界面控制器簡介

- 可編程界面控制器的外形是一片可插進電路板的電子芯卡，其中包含一個微處理器及可編程唯讀記憶體 (EEPROM)。
- 控制器一般配置 8、18 或 28 只插腳，以應付多種不同的輸出訊號及數碼/模擬輸入訊號。
- 控制器使用可重新編程的「快閃記憶體」，可重複寫入和刪除資料(超過 10,000 次)。
- 建構一個工作控制器時，需要把控制器芯片連接到電源、連繫輸入及輸出元件，以及加上其他輔助電元件，如電容器、諧振器及還原開關。
- 編號 16F84 的可編程界面控制器(簡稱控制器)十分常用，它有 18 只插腳，其中有 13 個是通訊埠(即是連接處理器的通訊端點)，包括 8 個輸出埠及 5 個輸入埠(圖 3.18)。

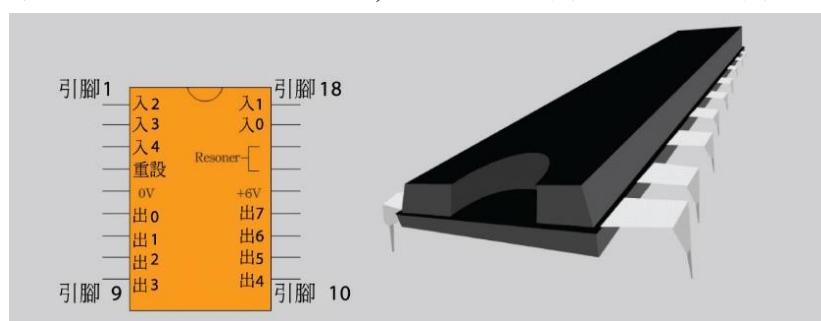


圖 3.18 16F84 可編程界面控制器的插腳分佈圖

(II) 16F84 可編程界面控制器的設定

- 16F84 控制器需要使用 6V 直流電源，可以由 4 顆串聯的 1.5 V 電池(如 AA 類)提供。
- 控制器必須連接一個 4 MHz 的陶瓷諧振器。 ($M = 1\ 000\ 000$ ，Hz 赫茲是頻率單位)
- 諧振器會穩定地輸出矩型電子訊號，讓 16F84 控制器的內部時鐘作為參考。
- 插腳 4 (重設) 必須通過一個 $4\ k\Omega$ 電阻來增加電壓。 $(k = 1000$ ， Ω 歐姆是電阻單位)

(III) 連繫輸入及輸出裝置

16F84 控制器可以接駁數碼(二進制訊號)和模擬輸入裝置，如感應器。

a. 數碼輸入感應器

常用的數碼輸入裝置有微型開關、簧片開關、傾斜開關及按鈕開關，它們只有兩種輸入訊號(切開或關閉)，即邏輯值 0 或 1。

數碼輸入裝置可連接到 16F84 控制器的任何輸入埠(插腳)。



圖 3.19 可編程界面控制器常用的數碼輸入裝置

圖 3.20 顯示接駁輸入裝置時的電路圖，必須注意：

- 應加上 $10\ k\Omega$ 電阻來避免短路。
- 應加上 $1\ k\Omega$ 電阻來保護輸入埠(插腳)。

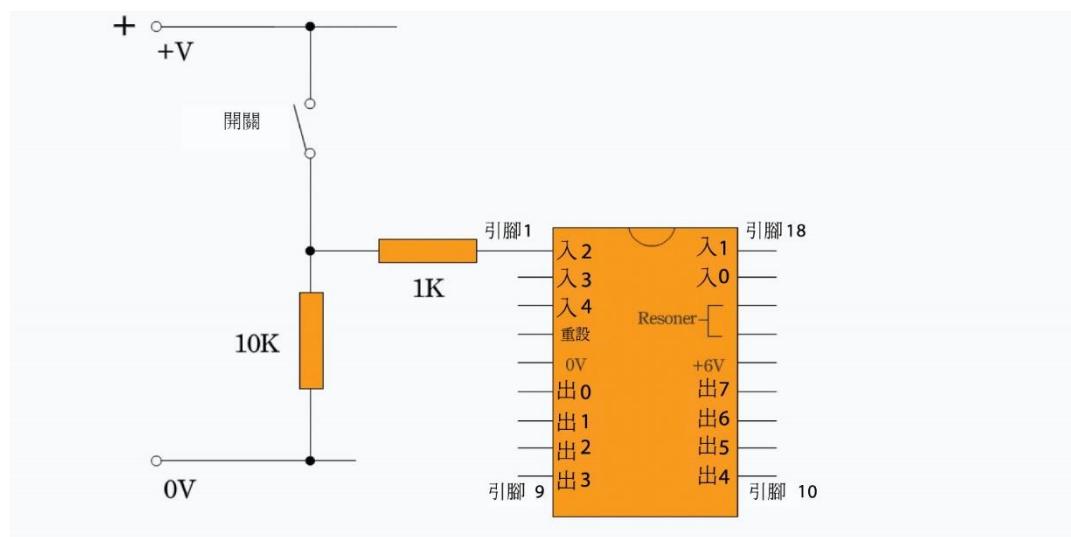


圖 3.20 連接輸入裝置的電路圖

b. 模擬輸入感應器

16F84 控制器並沒有模擬輸入埠(插腳)。

模擬感應器可以先接駁分壓器及晶體管電路，把訊號轉化，再輸入到控制器(圖 3.21)。

在圖 3.21 中，光敏晶體管是一種模擬感應器，它的輸入訊號會根據光亮度而變化。

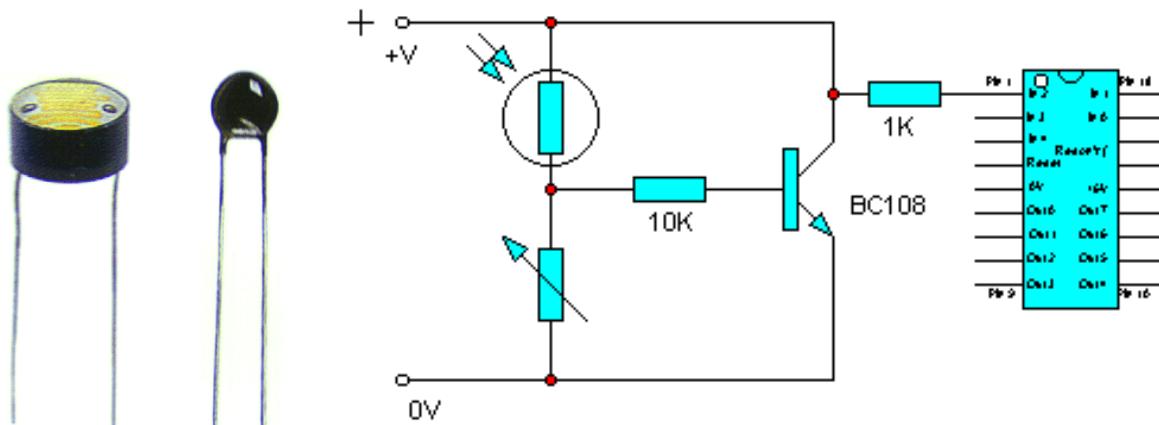


圖 3.21 連接光敏感應器的界面電路

c. 輸出裝置



圖 3.22 常用的輸出裝置

16F84 控制器可以透過多個輸出埠(插腳)來控制不同的輸出裝置。

常用的輸出裝置：發光二極管、七節顯示器、壓電發聲器、揚聲器、燈泡及電磁線圈。

(1) 發光二極管

發光二極管可以直接使用任何輸出埠(插腳)來操作。

使用時，應加上 $330\text{ k}\Omega$ 的電阻來保護輸出埠，避免因發光二極管破裂所引起的短路而導致損壞。同時，也可防止發光二極管因過高的電流而破裂。

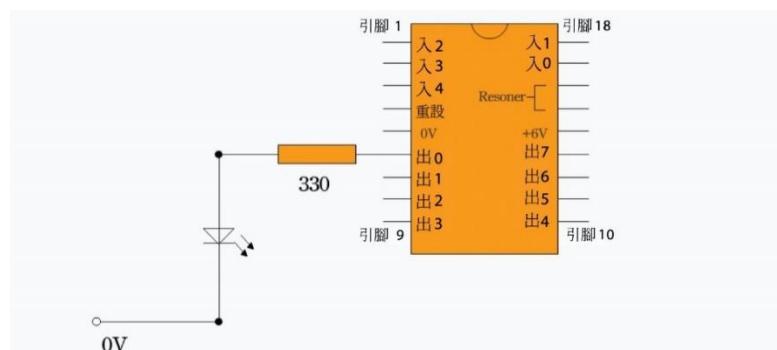


圖 3.23 發光二極管的輸出電路

(2) 七節顯示器：

七節顯示器有七條橫直發光棒，可以用不同發光組合來顯示數字和一些英文字母。

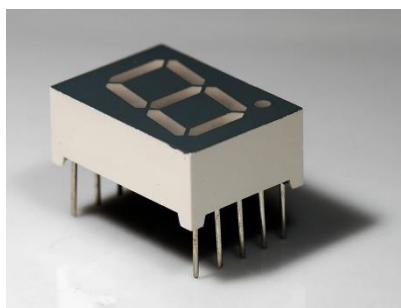


圖 3.24a 七節顯示器

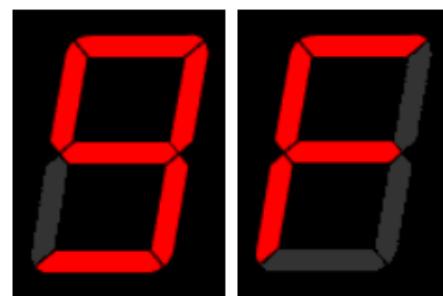


圖 3.24b 七節顯示器顯示的數字和字母

把 16F84 控制器的不同輸出埠適當地接駁到七節顯示器，便可以操控它的顯示。

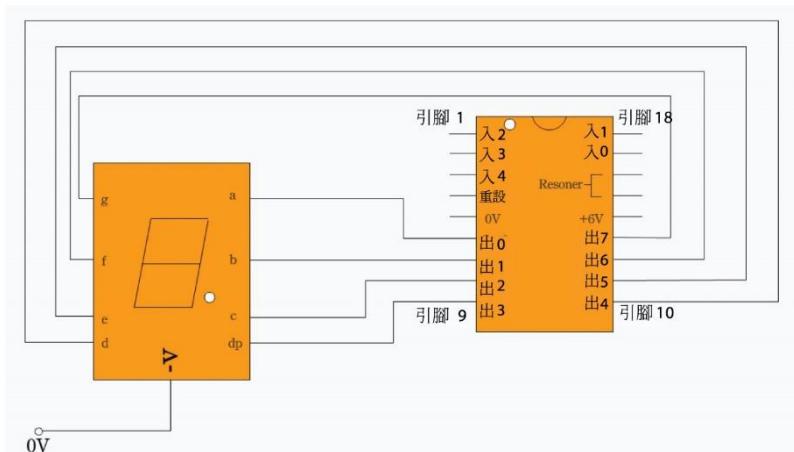


圖 3.25 七節顯示器的輸出電路

(3) 壓電揚聲器

壓電揚聲器的內電阻很高，把它直接連接到輸出埠(插腳)，可以產生不同音調的聲音。

聲音的音調由輸出訊號的頻率所決定，可以通過編程來指示控制器改變頻率。

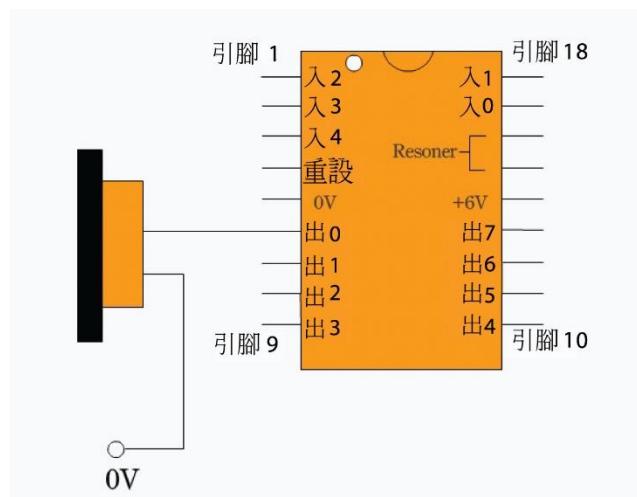


圖 3.26 壓電揚聲器的輸出電路

不過，16F84 控制器的電源只有 6 V，而電流不可以太大，所以只能提供不太高的功率。

故此，16F84 控制器有時會需要其他輔助電路(如晶體管電路或繼電器)來提供額外電力，以放大輸出到揚聲器或其他裝置的電流訊號，如工業應用中的電器。

(4) 蜂鳴器、燈泡和電磁線圈

以下是蜂鳴器、燈泡和電磁線圈等輸出裝置的電路圖：

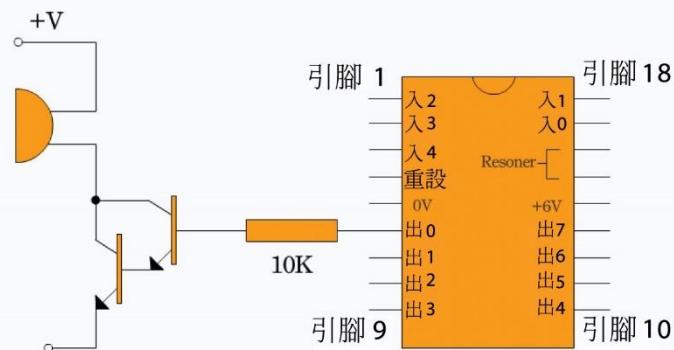


圖 3.27 蜂鳴器的輸出電路

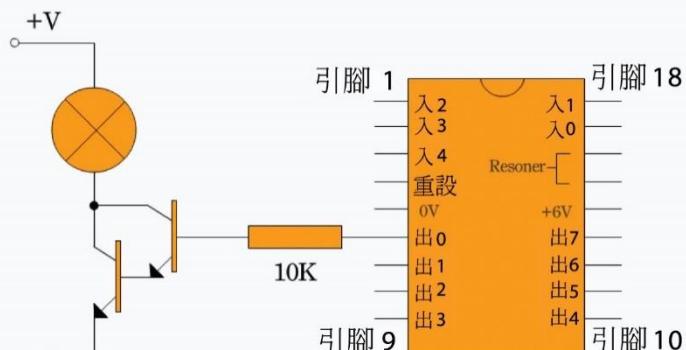


圖 3.28 燈泡的輸出電路

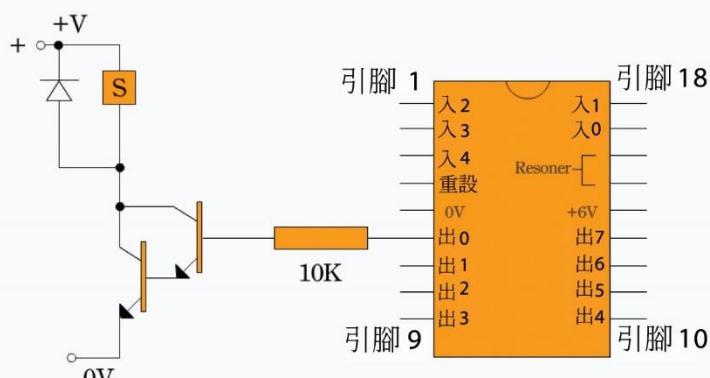


圖 3.29 電磁線圈的輸出電路

(IV) 可編程界面控制器的編程

可編程界面控制器是利用「編譯程序」或「匯編程序」來編程，這兩種程序，屬於高階編程語言。

要簡化可編程界面控制器的編程過程，可以利用程序編輯器，再以流程圖方式來進行編寫。

一般編輯軟件應用流程圖作界面，因此，程序編寫也可利用「拖曳及放下」的方式來操作流程圖，軟件會把流程圖轉換為程序編寫語言 BASIC 或 Assembly，並下載到可編程界面控制器。

(V) 可編程邏輯控制器的優點

- 編寫可編程邏輯控制器較容易接線
- 可編程邏輯控制器可以重新編寫程序；傳統控制系統必須重新接線
- 比起繼電器控制面板，可編程邏輯控制器佔用較少地方
- 較為容易維修可編程邏輯控制器，可靠程度也較高
- 與利用低電流操作的繼電器控制系統相比，可編程邏輯控制器更容易被連接到數碼系統

以下表格比較繼電器邏輯控制與可編程邏輯控制器：

繼電器	可編程邏輯控制器
大型、複雜的系統，佔用大量空間	一個可編程邏輯控制器，可以控制一個大型系統，較以繼電器為基礎的系統佔用較少空間
需用硬連線裝置來裝配梯形繼電器	可編程邏輯控制器的內部結構是固態的，只有輸入及輸出裝置是硬連線的
難於修改或更新程序	通過程序編寫軟件，可以輕易編寫新的程序（或修改舊有的程序），並把程序下載到可編程邏輯控制器中
屬機械裝置，服務壽命有限	屬固態裝置，具有使用壽命長及維修次數少的特性
計時器及計數器需要不同的硬連線	計時器及計數器是內部固態裝置

表 3.5 繼電器與可編程邏輯控制器的比較

第四章 機械人技術

4.1 機械人的定義

「機械人」被美國機械人協會正式定義為「一部設計用以移動物料、部件、工具或特殊裝置，並可通過多變編程動作，履行不同任務的多功能操控器」。



圖 4.1a 工業機械臂



圖 4.1b 國際太空站上的維修用機械臂

機械人可進行重複、精準度高而差異少的動作。機械人均需要一個控制程式來支配速度、方向、加速、減速及活動的距離。

「工業機械人」一般為機械臂，由多個環節與線性、旋轉式或稜柱式的連桿接合點組成。機械人也可用作娛樂用途和許多創新技術上，例如類人動物及軍事用途等。

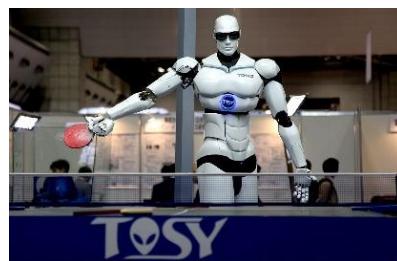


圖 4.2 不同種類的機械人

因此，機械人亦可以被理解為「具備智能及可編程的人造半獨立或全獨立（能自我控制的）物體或協作物體（具相同用途）。」

4.2 機械人構造分析

機械人的構造包括接合點、桿型及任何物理結構。

(I) 靈活度和自由度

工業機械臂的接合點與人類手臂相當近似。接合點能讓兩個部分（連桿）相應移動。

每個連桿與接合點的組合稱作「靈活度」。

自由度是指機械臂能作獨立活動的不同垂直軸或旋轉軸數目。

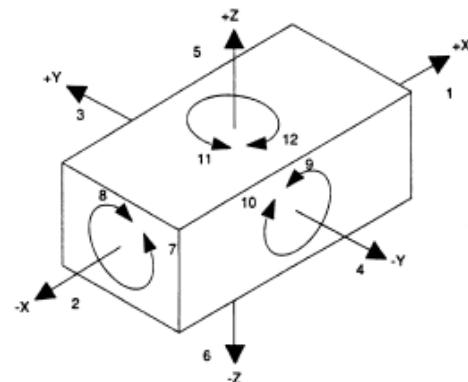


圖 4.3 這個物件擁有合共 6 個自由度/12 個移動方向

每個接合點讓機械人擁有若干程度的自由度。

每個接合點提供多於一個單位的自由度。

自由度可以來自末端受動器，例如握爪的開合。

機械臂的自由度可以是垂直、放射性及旋轉

活動的組合。

- 垂直 – 上下活動的力量 (**z 軸**動力)
- 放射性- 放大和收縮 (內與外或 **y 軸**動力)
- 旋轉 – 垂直軸的旋轉 (**x 軸**動力或沿著底部的垂直軸旋轉)

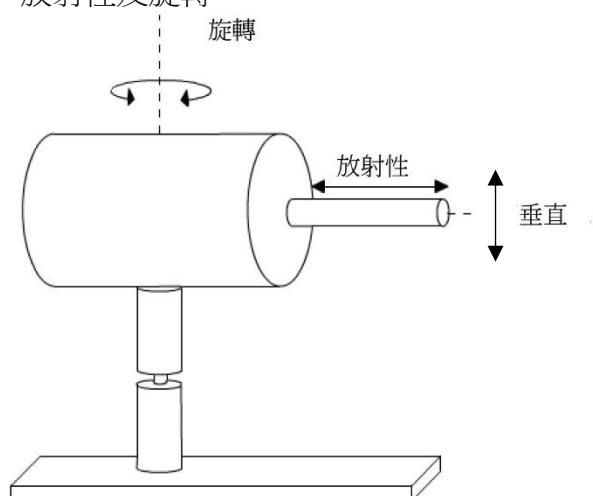


圖 4.4 垂直、放射性及旋轉活動的組合

機械人的自由度十分重要，因為是選擇機械人的一項最普遍使用的規格和標準。

為了安置物件的定位，腕組合有以下三種典型的自由度結構配置：

- 上下擺動 – 用以物件上下的擺動
- 偏蕩 – 用以物件由右至左的轉動
- 滾動 – 用以圍繞軸線轉動物件

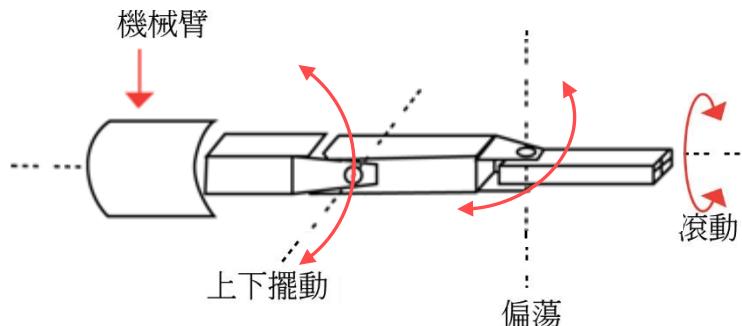


圖 4.5 一個典型的機械腕擁有 3 個自由度

(II) 接合點與連桿

連桿被視為機械人堅硬的組成部分。

每個接合點均有兩個連桿相連，其中一個是輸入連桿，另一個則是輸出連桿。

每個接合點在兩個連桿之間，提供可控制的相應活動。

工業機械人有五種機械性接合點，其中兩種提供線性動作，其餘三種則提供旋轉動作。

以下便是這五個種類：

a. 線性（棱柱形）接合點 – 接合點種類 L

輸入連桿和輸出連桿的相應運動是線性滑動的動作，兩個連桿的軸彼此平行。

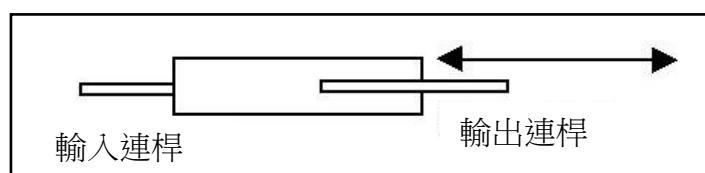


圖 4.6 放射性、滑落或平移活動- 種類 L

b. 矩形接合點 – 接合點種類 O

輸入連桿和輸出連桿的相應活動是線性下滑的動力，兩個連桿的軸成直角。

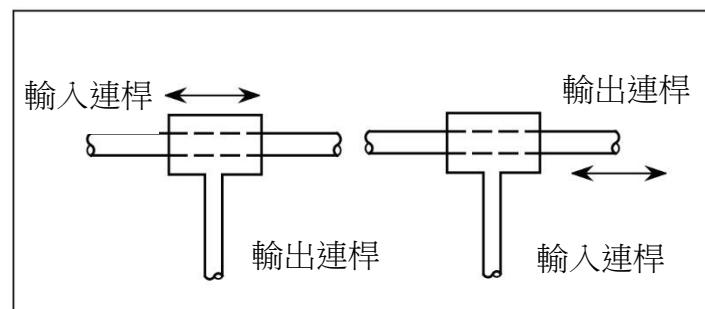


圖 4.7 兩種矩形接合位均是接合點種類 O

c. 轉動接合點 – 接合點種類 R

輸入連桿和輸出連桿的相應運動是轉動的動力，轉動軸和兩個連桿的軸成直角。

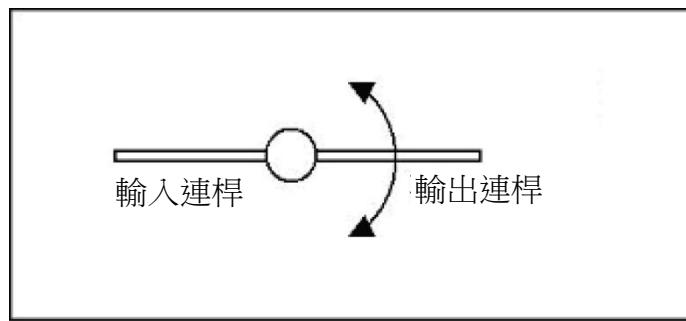


圖 4.8 轉動軸和兩個連桿的軸成直角–接合點種類 R

d. 螺旋形接合點 – 接合點種類 T

輸入連桿和輸出連桿的相應活動是轉動的動作，轉動軸和兩個連桿的軸彼此平行。

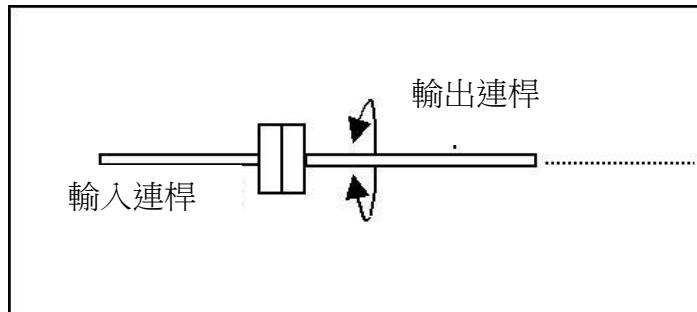


圖 4.9 轉動軸和兩個連桿的軸彼此平行–接合點種類 T

e. 迴轉式接合點– 接合點種類 V

輸出連桿的軸與轉動軸成直角，轉動軸則與輸入連桿彼此平行。

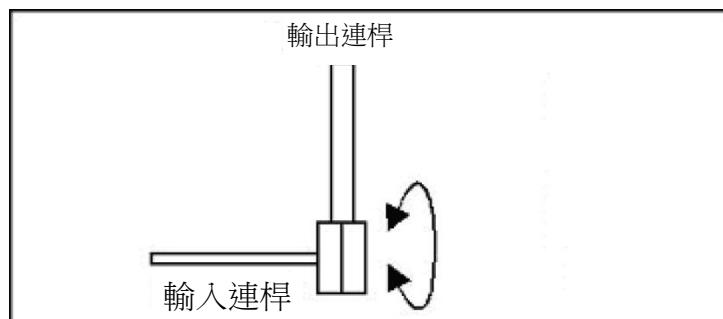


圖 4.10 接合點種類 V
(輸出連桿與輸入連桿成直角，但與轉動軸彼此平行)

(III) 接合點標記法系統

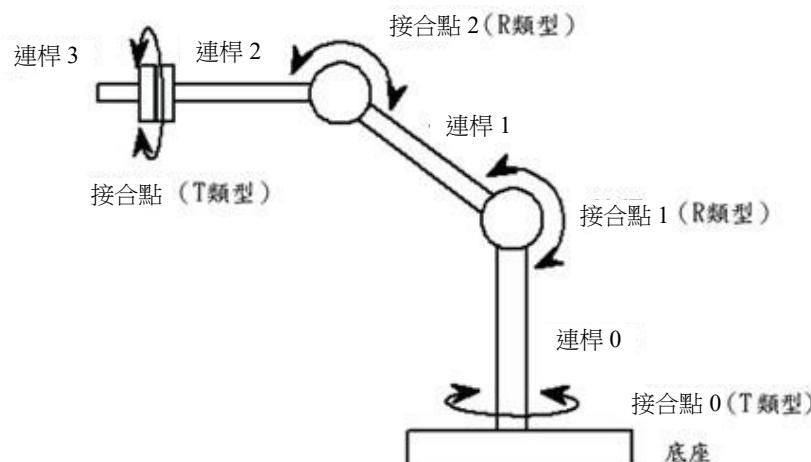


圖 4.11 多連桿型機械人的接合點及連桿標記法

典型的機械臂，可以分為兩個主要部分：

- 身體與臂組合
- 腕部組合

接合點標記系統用以標示機械臂可由底部到末端執行器的不同接合點。

接合點可分為 5 類，分別是：線性(L)、矩形(O)、轉動(R)、螺旋形(T)及迴旋式(V)。

接合點標記法用以上的英文字母來表示機械人的接合點組合。

例子

以 TRR 作為例子，解釋接合點標記法系統：一個機械人其身體與臂部件由 3 個接合點組成：

- 接合點 0 是螺旋形接合點 (T) 作滾動
- 接合點 1 是轉動接合點 (R) 作上下擺動
- 接合點 2 是轉動接合點 (R) 作偏蕩

(IV) 末端執行器

末端執行器是一種儀器依附在機械臂的腕部，藉此執行特定任務的工具。

例如：用以運送材料的抓手、用以接合的焊接焊炬及用以表面處理的噴霧槍等。

末端執行器主要以功能劃分為兩類：

- 握爪 – 用以捉緊及移動物件
- 工具 – 用以執行工作，可以用夾頭固定，可替換工具和具彈性

a. 真空握爪

真空或吸力杯可用作處理一些擁有平坦、平滑、乾淨表面的物件，例如玻璃板料。雖然可用來提起不潔物品、垃圾或廢物，但物件會較易脫落。

握爪的優點是提起物件時力量溫和，不會對物件做成破壞，而且能夠應用於許多物料。



圖 4.12 用於生產線上的真空握爪

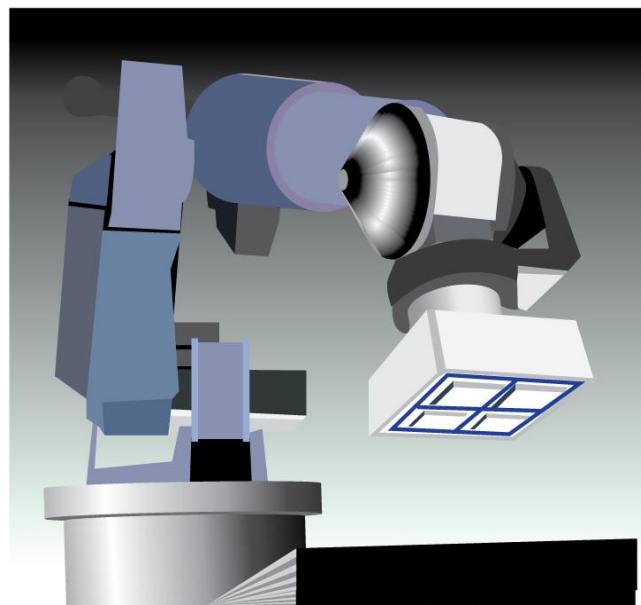


圖 4.13 多連桿型機械人與相連的磁性握爪

b. 磁性握爪

雖然只能用於鐵性物料，但卻能夠快速地拿起不同形狀的物件。

由於採用電磁力操作，當關掉電源，電磁體操作的握爪，便能鬆開物件。

不過，若發生短路問題，卻會相當危險，可

能需要特別的機械裝置方能將物件卸下。

另外一些握爪的設計有黏性吸盤、吊鈎、鏟斗等特別的設計，用以提起特別形狀的部件。

c. 機械性握爪

機械性握爪一般是用手指或鉗(如 2 隻手指)，在兩個不同的位置開與合來抓緊物件。

堅硬的手指容許準確運載，但卻容易破壞易碎的東西的物件。

若物件有多種形狀，可利用可塑性高的手指，並在握爪上加上的感應器來調校力量。

感應器可以是力量感應器、壓力感應器、變形測定器及輕觸式感應器。

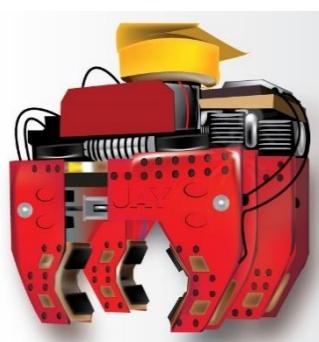


圖 4.14 手指形的機械性握爪

(V) 工作空間

「工作空間」亦被稱為工作體積或工作外圍，即是機械人腕部末端能到達的空間位置。

工作空間取決於以下因素：

1. 操控器的接合點種類和數量(身體與臂及腕組合)
2. 每個接合點和連桿的物理大小

3. 每個接合點的範圍

不同種類的機械人有不同模式的工作空間：

- 直立座標式機械人擁有四方形的工作空間；
- 極座標式機械人擁有半球體的工作空間；
- 圓柱型機械人則有圓柱型的工作體積。

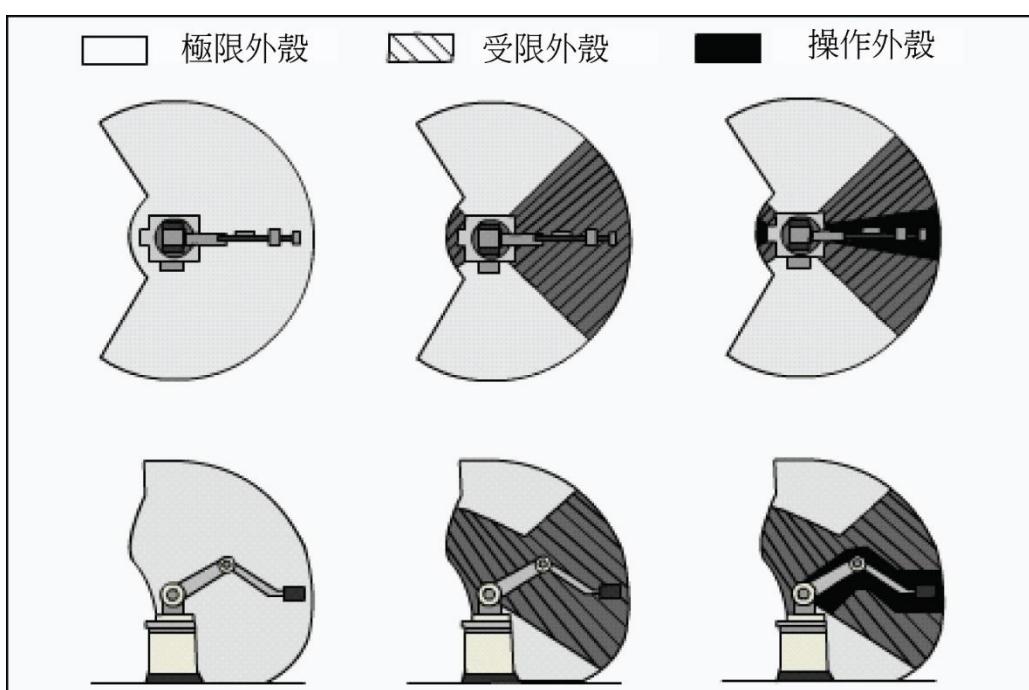


圖 4.15 多關連桿機械人的工作外殼

工作空間的外圍(或稱為外殼)可分為三種：

極限外圍 — 圍繞機械人最大限定運動的外圍，包括末端執行器、工作零件及依附物。

受限外圍 — 是極限外圍的一部分，這部分由機械人限動裝置所限制。

操作外圍 — 是受限外圍內機械人做出已編程動作的範圍。

4.3 工業機械臂的機械結構

機械人可根據不同種類的機械性結構來分類。

(I) 直角座標式機械人

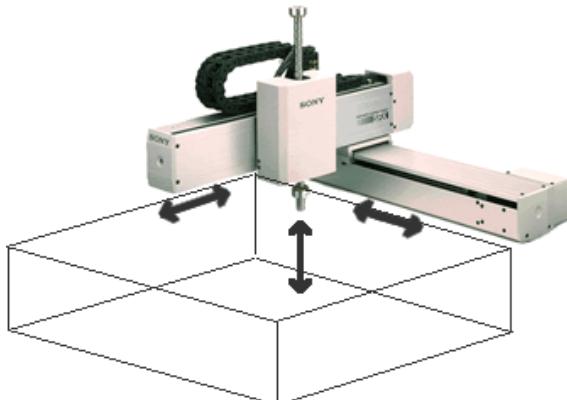


圖 4.16 典型的直角座標式機械人

直角座標式機械人是由3個稜柱狀的接合點組成，方向沿三個垂直的座標軸(X、Y、Z)。

它與橫向部件互相支撐，它的體積頗大，有時會被稱作「高架式機械人」。

它擁有3個可轉動的垂直滑座，故它同時會被稱作xyz機械人或直線機械人。

它的工作體積形成長方形立體，而接合點的種類亦可稱為 **LLL**。

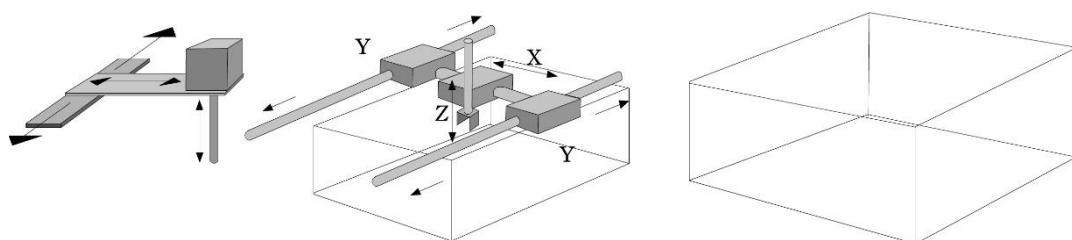


圖 4.17 直立座標式機械人工作模式和所佔空間

優點：

- 堅硬的結構能支撐大型的機械人及龐大的載重量
- 動作容易控制 / 可編程
- 準確度高
- 在整個工作範圍中，準確度、速度及負載容量均保持不變
- 簡單的操控結構
- 傳統的 X、Y、Z 座標軸易於理解
- 內在結構不易彎曲

• 覆蓋範圍廣

- 結構簡單，可靠度高
- 組合模式易於擴展

缺點：

- 機械人需要非常大的空間才可以運作
- 這種機械人難以觸及底層的工作部件
- 稜柱形的接合點容易受塵埃污染，特別是活動風箱摺疊的地方

(II) 圓柱型機械人

圓柱型機械人能夠沿著其中軸旋轉，形成圓柱型的工作空間。



圖 4.18 典型圓柱型機械人

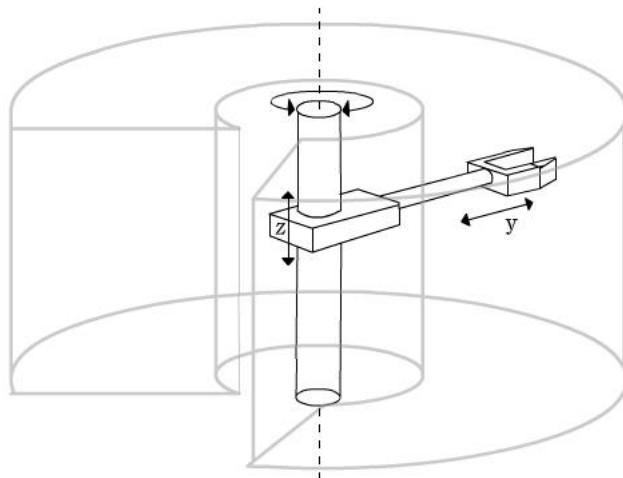


圖 4.19 圓柱型機械人的工作空間

它的底部有兩條線性軸及一條旋轉軸。

圓柱型機械人能在柱的周圍上下移動，機械臂亦能伸縮自如。

它的活動容積是圓柱型的，接合點的種類是 **LTL** 及 **TLL**。

優點：

- 底部旋轉有助加速
- 可以接觸在下面的物件（與直立座標式機械人比較）
- 活動易於控制 / 可編程的
- 簡單的操控系統
- 準確度高

• 操作快捷

- 同樣接觸到前面及側面
- 結構簡單，可靠度高

缺點：

- 活動風箱接合點難以抵擋灰塵的入侵
- 工作空間相對較小（與直立座標式機械人比較）

(III) 球狀 / 極座標式機械人

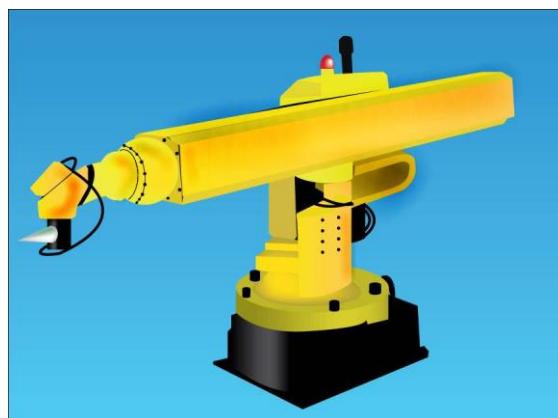


圖 4.20 典型的極座標式機械人

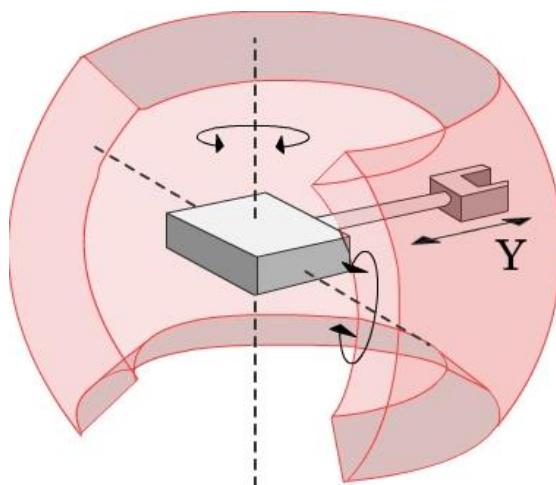


圖 4.21 極座標式機械人的工作空間

極座標式機械人有一條線性軸和兩條旋轉軸，能夠沿著中軸從兩個相反方向旋轉。

加上第 3 個接合點從平面移動，因而形成半球體或極座標式系統。

接合點的種類為 **TRL**。

優點：

- 工作空間大，能夠觸及底部
- 活動易於控制 / 可編程
- 極座標式容易理解
- 龐大的負載容量
- 操作快捷

- 即使範圍較長，亦能保持一定的準確度和可作複檢

缺點：

- 解晰度相對較低，較易變動
- 底部的末端效應器令解晰度降低—角度的轉變愈小，活動愈大

(IV) 可塑裝配機械臂 (SCARA) 機械人



圖 4.22a 典型的可塑裝配機械臂機械人

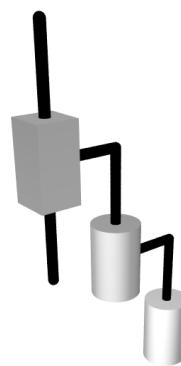


圖 4.22b 機械人的運動圖

可塑裝配機械臂是多連桿型機械人的一種。

它的肩部與肘部的接合點可圍繞垂直軸旋轉，在肩部有稜柱型的接合點，可作升高之用。

可塑裝配機械臂擁有 4 級自由度和橫向定位，其肩部/肘部與地面保持平行。

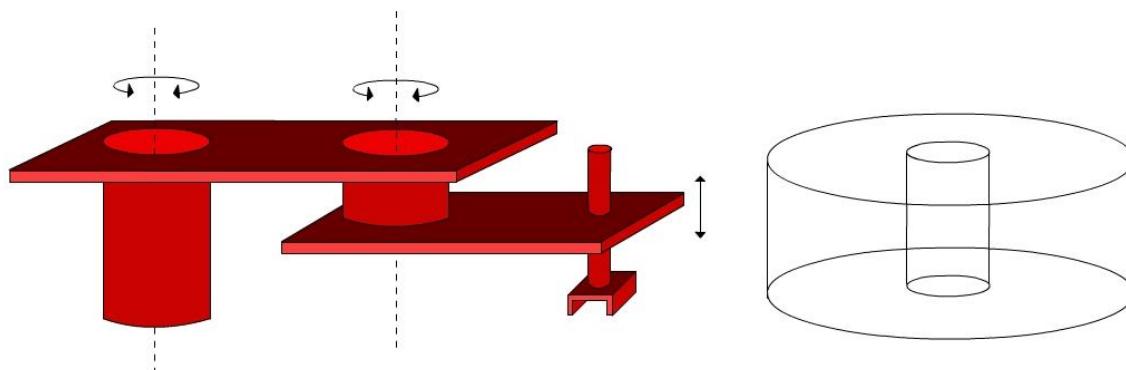


圖 4.23 可塑裝配機械臂機械人的工作空間

優點：

- 循環次數及操作快捷
- 複檢度完美及準確度高
- 由於縱向的結構不易捲曲，故有相對地高的負載容量
- 操縱極靈活，易於接近其可編程的地方

缺點：

- 較難於離線時編程
- 機械臂的機械性結構複雜

(V) 平行式機械人

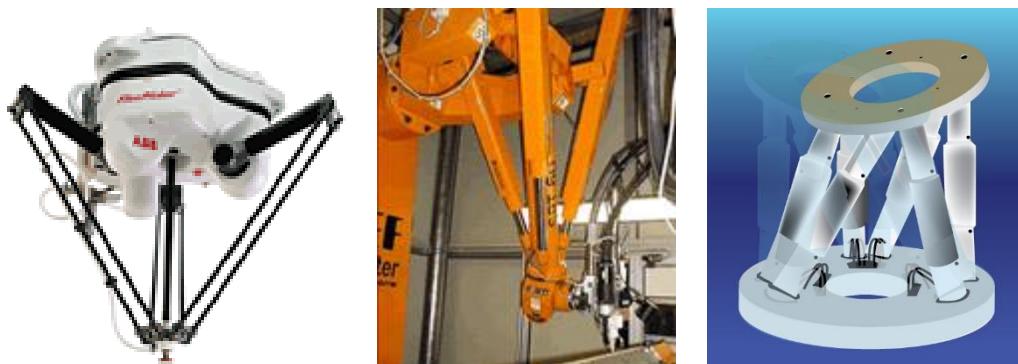


圖 4.24 三角型（左）；三頭型（中）；六足型（右）的平行式機械人

平行式機械人以三個平行四邊形建立，並擁
有三個可平移及一個旋轉的自由位置。

那些平行四邊形能夠一致固定每個桿型的位
置。旋轉軸只由末端受動器發出。

由於機械臂彼此平行，負載物的重量能平均
分布於全部三個連桿。

最佳例子可算是飛行模擬裝置和四維電影
院。

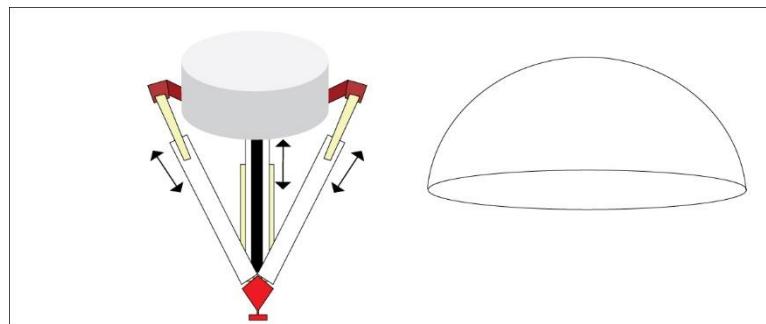


圖 4.25 平行式機械人的工作空間

優點：

- 穩度和機械臂的堅硬程度增加
- 循環周期比相連桿的機械人更快
- 平行的連桿結構令機械臂的失誤能平均分擔

缺點：

- 佔有工作空間的比例相對較大
- 移動的範圍較小

(VI) 多連桿型 / 轉動式機械人

多連桿型或接合臂機械人是最多功能的機械人，它能高度模擬人類的手臂動作。它擁有最少三個轉動連桿的機械操控器，其中一個連桿圍繞底部轉動軸，其他則在另外兩接合點的轉動軸之上。

六軸相連的機械人具有與腕部相連的軸，可會上下擺動、滾動和偏蕩。末端受動器從工作空間的任何位置移動至任何地點。接合點的種類是 TRR。



圖 4.26 典型的多連桿型機械人用於搬動貨物

優點：

- 機械腕能接觸工作外殼之中的任何位置和定點位
- 它能接觸一些其他類型機械人難以接觸的地方
- 它是堅實的，並能因應大小提供最大的工作外殼
- 工作能力極佳
- 能夠跨過障礙物
- 容易觸及前面、側面、背後和頭頂
- 在狹小的地面上，能擁有較大的觸及範圍
- 纖巧的設計，容易融入受制的工作空間佈局
- 由於接合點會旋轉，故操作快捷

缺點：

- 不易控制
- 機械人從點到點的每個動作難以顯見，因為它會以最小角度去移動每個接合點
- 由於接合點多失誤，準確度因而較低
- 基於引力負荷，動力難以控制
- 操控的分辨率並不穩定，在全部的可及範圍中，增額較少

4.4 機械人控制系統**(I) 驅動系統**

機械人的能量驅動可分為三大類，電動、氣動和液壓。

a. 電動

對於電能驅動機械人而言，有四種電動驅動應用：

(i) 步進馬達：

多用於簡單機械裝置(如拾起和放下)，特別是當低成本是最重要的條件。

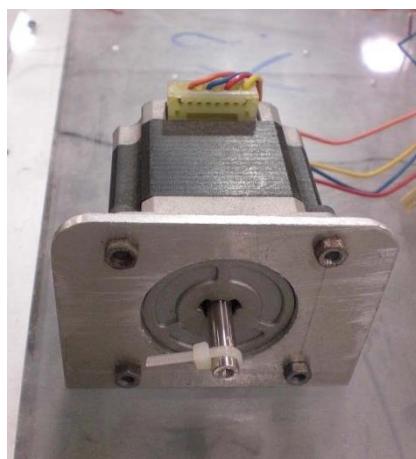


圖 4.27 步進馬達



圖 4.28 交流電伺服系統與控制器

(ii) 直流電伺服系統：

廣泛應用於早期的機械人，提供良好的能量輸出，並擁有高速度及位置控制。

(iii) 交流電伺服系統：

近年交流電流伺服系統取代了直流電流伺服系統，成為標準驅動器。

這種系統能釋放更高的能量輸出，而且操作時更寧靜，在結構上沒有摩擦，非常可靠，且在操作上毋須經常需要維修。

(iv) 螺線管傳動裝置：

螺線管傳動裝置的優點是操作快速，而且容易安裝氣動及液壓的傳動裝置。

不過，螺旋管只有全開（擴張）或緊閉（收縮）功能，不能有太大的負載量。

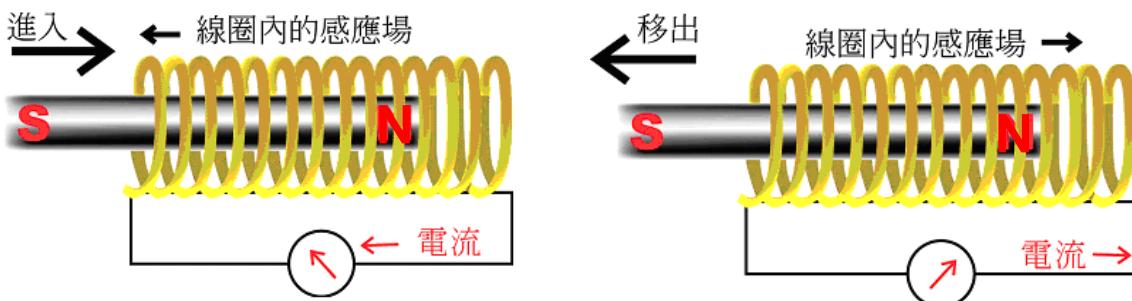


圖 4.29 螺線管傳動裝置的操作

b. 氣動

使用氣動系統的機械人成本較低，而且可以有不同的形式和大小。

氣動系統廣泛應用於執行簡單拾放工作的機械臂。

不過，當要求準確度高的時候，便會出現操控困難的問題。



圖 4.30 採用氣動系統的機器人腿



圖 4.31 安裝了一雙液壓機械臂的作業機

c. 液壓

運用液壓系統的機械人可以執行重型任務，但一般噪音較高，而體型和重量較大。
大量早期機械人採用液壓系統驅動，因為較為堅固和容易控制，而且功率較大。
但液壓機操作上較慢，而且當高壓液體(如水和油)泄漏，會較難處理。

(II) 機械人控制的種類

a. 有序限機械人

這是最基本的操控種類，故只能用於簡單的動作循環，例如拾放的應用。

這種機械人常被設計應用於接合點，安排限制開關或機械性暫停掣，或為接合點開動作順序排列，以完成循環等。

若沒有電力操控器簡單的氣動驅動機械人，均屬此類。

b. 點對點操控

操控器擁有記憶體，可儲存動作的次序，和在特定的工作周期內每個接合點的位置。

利用反應操控，可確定每個獨立的接合點，處於在編定程式中指定的位置。

不過，在點對點操控中，只能操控個別

接合點的最終位置，而不能控制由最初到最終接合點的過程。

c. 連續軌跡操控

因機械臂及腕的活動在移動的時候可被操控。

所以，伺服系統操控可用於在機械臂的位置和速度上，以保持連續軌跡操控，好處是能夠保持機械人平穩的連續軌跡。

d. 智能機械人

人工智能科技容許機械人感知環境，例如視覺感應器和面部識別系統。

因此，智能機械人能在工作周期裡就失誤而作出反應並與人類溝通，可在工作周期裡作出計算和修正。

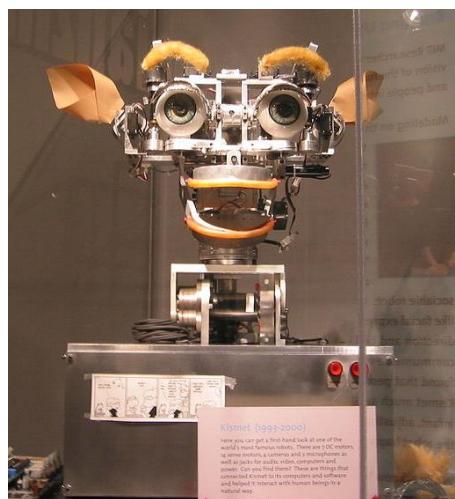


圖 4.32 具有表情等社交能力的機器人(Kismet)

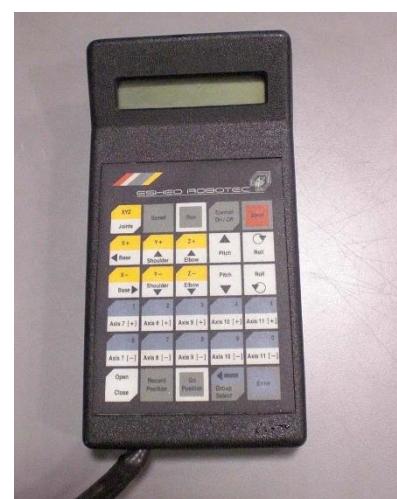


圖 4.33 機械人教導懸吊裝置

(III) 機械人編程

a. 教導懸吊裝置方法

教導懸吊裝置（便攜式編程裝置）是用以操控及為機械人編程。

操作器能夠運用座標系統(底座或工具)來教導機械人去移動其特定的位置。

當工具與部件非常接近時，教導懸吊裝置系統尤為實用。

這種編程方法用法簡易，但當教導進行中時，機械人便無法生產，減低使用率。

b. 引入編程

這個編程方法適用於較細小的機械人，例如噴漆機械人。

機械人被操控器依據工作所需要的移動路途來編程，故易用於大型機械人。

程式上的一些停頓或差錯，絕不容易糾正，除非重新將整個工作編程。

c. 離線編程

這方法以電腦輔助設計、管道裝置及配件作為機械人編寫程式。

程式的結構與教導式編程相近，但可使用電腦輔助設計的數據。

這種編程方式有以下優點：

- 編程期間，機械人可繼續工作，故能縮短停工期
- 編程工具令編程能離線運作，故能縮短產品的提前期

不過，由於離線編程未必準確，故此需要在機械人操作前進行詳細測試，並加以改良。

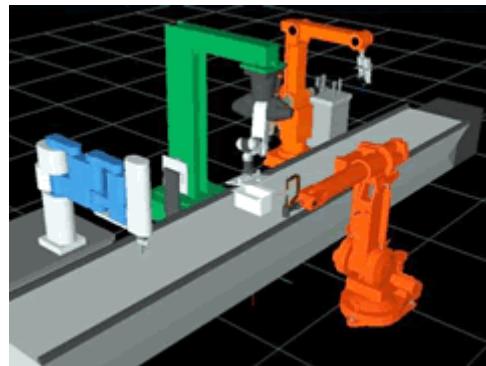


圖 4.34 用於機械人編程教導的教導懸吊裝置

4.5 機械人的應用

(I) 醫學機械人

由於機械人精確度高，配合修整手術儀器的末端受動器，便可進行一些專門手術。這類手術仍需外科醫護人員操作及作輸入指示，但也可透過網上遙控和聲控方式操控。

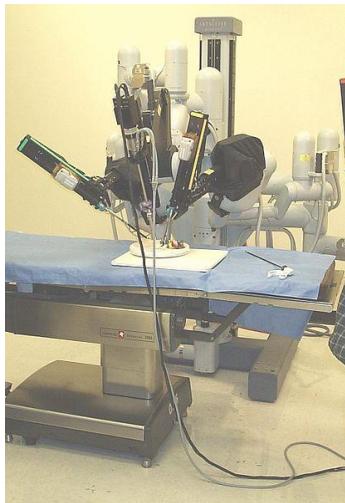


圖 4.35 手術機械人

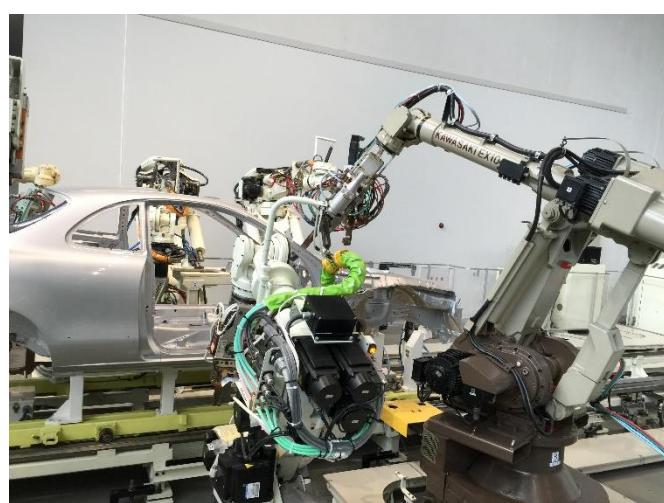


圖 4.36 工廠裡的工業機械人

(II) 機械人在汽車工業

在汽車生產業，機械臂已被廣泛應用於不同的生產程序，包括裝配、點焊、弧焊、部件運送、激光處理、切割、打磨、擦亮、去毛邊、測試及上油漆等。

機械人已被確認能幫助汽車製造商，以更靈活、彈性及快捷方式生產汽車。

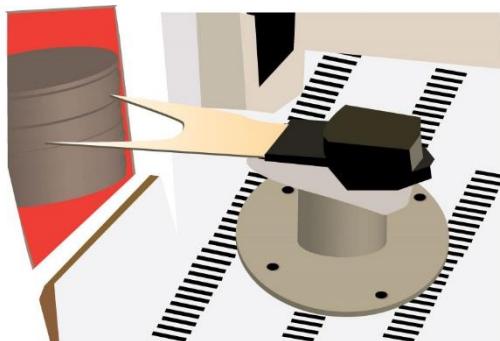


圖 4.37 工廠中的工業機械人

(III) 電子技術 / 半導體

半導體的晶片十分精細，不能沾上少許碎屑或塵埃，。

所以，半導體工作會在無塵室使用機械負責部件運送、裝配、包裝和測試等工序。

因為機械人操作時十分穩定，可以避免在晶片起卸及處理時掉下的碎屑而引致損耗。



圖 4.38 餐飲業機械人

(IV) 餐飲業

機械人可應用在於食品包裝和利用高速物料處理。

一些機械人還可以應用在餐廳內，負責點餐或送餐的工作。

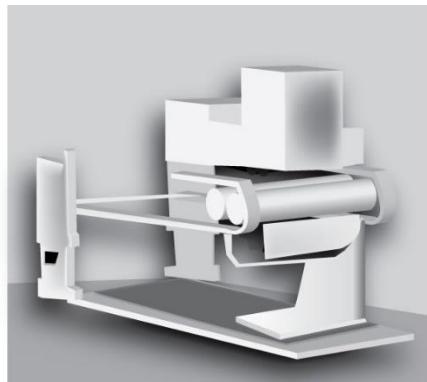


圖 4.39 建築機械人進行鋪路工程

(VI) 太空機械人

太空機械人主要分為兩大類：

- (1) 機械操作服務，例如太空站維修的機械臂，運載物料或建築工程的起重機；
- (2) 太空勘探，在難以估計的行星地面作偵查，及收集土質樣本等工作。

(V) 建造業

建築機械人可提高工程效率，如放置輸送管、挖掘、採礦、砌磚、泥工和鋪路等。

在危險的環境或狹小的空間內，特別適宜以建築機械人代替人手工作。



圖 4.40 火星任務著陸器

(VII) 軍事 / 保安機械人

主要用作無人駕駛的遙控交通工具，可以用來拍攝監視照片。

機械人亦可用來進行清掃礦井或處理炸彈等危險工作，以減少人命傷亡。

一些國家已在開發軍事機械人和在戰場上穩定地奔跑的四足機械動物。



圖 4.41 處理爆炸品的遙控機械人



圖 4.42 可四足奔跑的機械動物