

機械人學的簡介

1 甚麼是機械人學？	2
2 工業機械人的設計	2
(a) 動力系統	3
(b) 臂端工具	4
(c) 電腦數碼控制器	5
(d) 驅動器	5
(e) 量度回輸系統	5
(f) 感應器	5
3 工業機械人的操作	6
(a) 點至點	6
(b) 連續路徑	6
4 工業機械人的應用	7
(a) 焊接	7
(b) 處理物料	8
(c) 裝卸機床刀具	8
(d) 組合工件	8
(e) 處理鑄造工件	8
(f) 噴漆	9
5 機械人的優點	9
6 機械人的限制	10
7 使用機械人的安全措施	10
互動資訊	10
練習	11

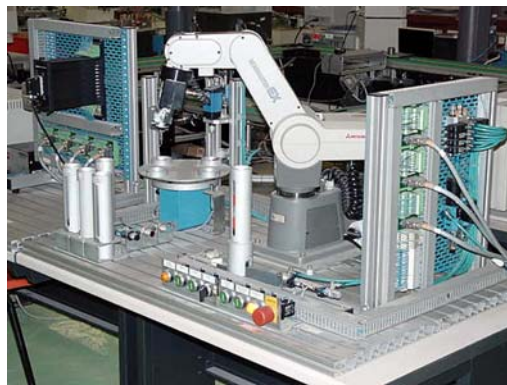
機械人學的簡介

1 甚麼是機械人學？

當提到機械人時，許多人會想到有手、有腳的人型機械(圖 1a)。不過，這類機械人往往出現在科幻電影、娛樂場所、展覽會和玩具店中，它們與工業用的機械人大不相同。工業用機械人(Industrial Robots)簡稱為 IR，它們大多為簡單的操作設備，有時會被稱為機械臂(圖 1b)，例如：進行簡單的提起—放下動作、在機器內放入—取出工件等。不過，亦有不少機械人可以完全用程式控制，並可進行不同類型工作，例如：尋找、運輸、握取、對準、裝配、檢驗等動作。



圖1 (a) 機械人



(b) 機械臂

為了明確地描述機械人，美國機械人協會在 1979 年將機械人定義為「一個可用程式控制、多功能的操作器，它透過程式控制和多變化的動作設計來移動材料、工件、工具或特別設備，以完成一連串的工作」。所以，雖然許多工業用的機械並非有人的形態，但只要它們符合機械人的定義，便可以稱為機械人。

工業機械人雖然已被廣泛應用在多種製造行業內，但估計在不久將來還會有數以十萬計的工業機械人投入服務。現時，不少研究人員正為機械人研究如何加入視覺和感覺，令機械人可以完成更複雜的工作。而研究機械人的學問稱為機械人學。

2 工業機械人的設計

工業機械人通常由六項基本元素所組成，包括：結構、臂端工具、電腦數碼控制器、驅動器、量度回輸系統和感應器。圖 2 顯示該六項基本元素的相互關係。

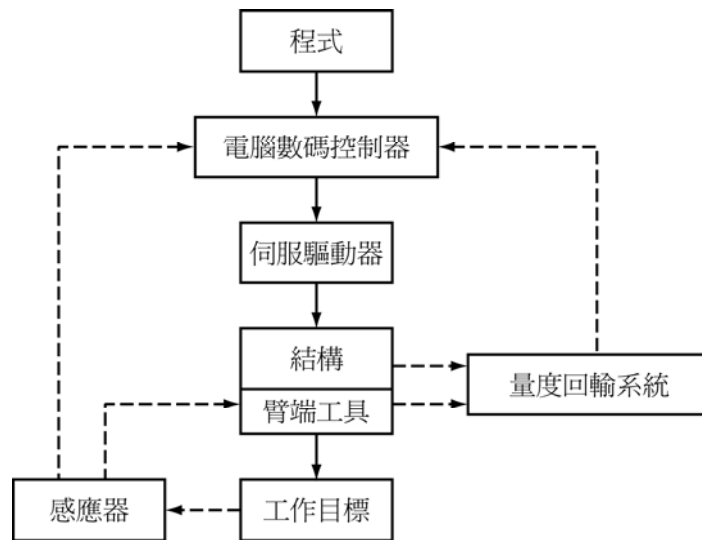


圖2 機械人的六項基本元素

(a) 動力系統

動力系統是機械人在工作區內移動所需要的硬件，其中最重要的通常是機械臂。依據機械人的不同設計，它的各主軸會被設計為線性或旋轉移動。軸的數目代表一個機械人有多少個方向能夠獨立自由移動，所以亦可以稱為「自由度」。如圖 3 所示，假如體積相約，三個旋轉軸或自由度的機械人會有最大的工作範圍。機械人通常有 2 至 10 軸或自由度。不過，大多數機械人的自由度約為 5 至 6 個。

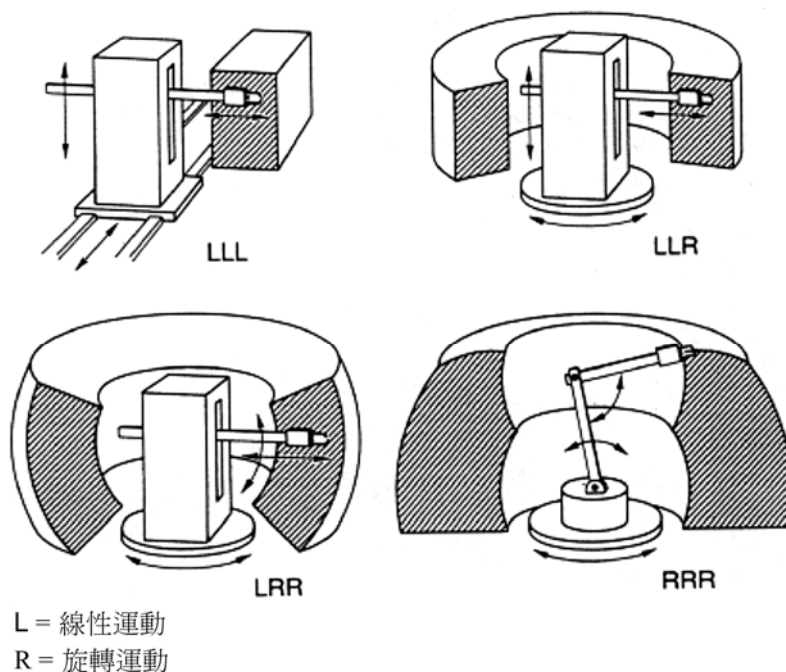


圖3 工業機械人的三軸動力系統和工作範圍

動力系統通常有三種驅動形式，包括：電動、油壓和氣動系統。電動系統利用電動機來驅動機械人，它只需要簡單的電源來提供能量，無需如油壓和氣動系統般使用大量輔助設施。電動系統的優點是簡單、清潔和寧靜，但它不可以提起或移動較重型的物件，所以多用在中型或小型機械人中。

油壓系統利用電動機來將油泵到貯存庫內，然後再壓到活塞上，產生推動力。貯存庫能夠在短時間內利用高壓和大量的油來產生輸出動力，所以可以產生較大的驅動力，而且較易精確地控制移動。不過，油壓系統的價錢較昂貴、結構較複雜、而且容易在喉管和元件間漏油。

氣動系統的優點與油壓系統相若，但可以產生較快速的動作，不過力量較小。此外，大多數自動化工廠都已設有氣動設施，所以能節省成本。不過，由於空氣較易被壓縮，故此機械人的位置和移動控制準確度較低。所以，氣動系統機械人通常需要一些輔助元件或特別設計來確定位置。

(b) 臂端工具

機械人的臂端可以安裝握鉗、焊接槍、電磁鐵、吸盤、鉤或手爪等工具，以使用來進行各種指定工序。握鉗是常用的一種多用途臂端工具，它有多種不同的設計。握鉗可以用來緊握、持有和傳送工件、工具或把它們指向合適的位置(圖 4)。假如握鉗有三個主軸，它便可以進行前後傾斜、扭轉和左右搖動等較複雜的動作。



(a)



(b)

圖4 使用不同握鉗的機械人

(c) 電腦數碼控制器

機械人的電腦控制系統控制各部分的運作，它可以輸入和貯存各種不同的程式，從而決定各種工作的連繫、先後和排列次序等。在一個生產系統內，機械人的電腦亦可能需要同時控制或聯絡其他機械，例如：輸送帶、加工機械等。不同機械人的電腦可能會使用不同的程式語言，例如：VAL、RAPID 等。

大部分機械人亦會採用一種連接控制器的教授裝置。教授裝置可以用來控制機械人進行一些動作，例如：將臂端的焊接槍指到各焊接位置。機械人並會同時將資料記錄和貯存在電腦內，以便在正式操作時重覆。這方法可以節省編寫程式的時間。

(d) 驅動器

驅動器用來控制各軸的操作和維持指定的移動方向。由於機械人移動時需要應付多種元件的重量，它會有較大的動態變化，所以驅動器的動態表現非常重要。機械人的電腦會不斷地發出移動方向的指令，並同時檢查回輸，以確保移動部分依循正確路線。這過程需要一部高速電腦來發出指令，並以合理速度讀取機械的運動狀態。

(e) 量度回輸系統

機械人的量度回輸系統量度各主軸的位置、移動速度和加速度。各主軸可以用絕對或相對量度值來作為回輸系統的數據。這是由於主軸可以將任何一個點指定為零，成為一個參考點，然後便可以進行相對的直線移動。但握鉗則通常只會用絕對量度值，因為當機械人開始操作時，它必須確定握鉗的實際位置。

(f) 感應器

機械人的感應器用來辨認和檢討各種交接活動時的位置改變、圖案差別、障礙物或外界系統的故障等。表 1 列出一些常用的感應器。

感覺	感應器	可以感應的事物
聽覺	微音器	聲音
視覺	光敏電阻	光
觸覺	溫度計和接觸頭	熱量、重量、壓力、形狀、尺寸、位置
嗅覺	煙霧或氣味感應器	氣味、煙霧

表 1 常用的感應器

3 工業機械人的操作

工業機械人的操作通常有較大的可塑性，即可以較容易應付不同的工作和要求。這是因為工業機械人由電腦程式控制，所以只要改變程式便可以改變它的運作，這與數控機床相似。故此，工業機械人的電腦與數控機床的電腦均需要有大容量的記憶體、可重覆執行的子程式、編輯程式的設備、輔助功能的輸入和輸出設備、高速運算能力等。

不過，工業機械人的電腦還需要有一些特別的功能，包括：利用教授方法輸入程式、在機械臂擺動時握鉗保持直線移動(圖 5)、持有重物時自動補償施力等。工業機械人的操作模式可以分為兩大類：點到點和連續路徑。

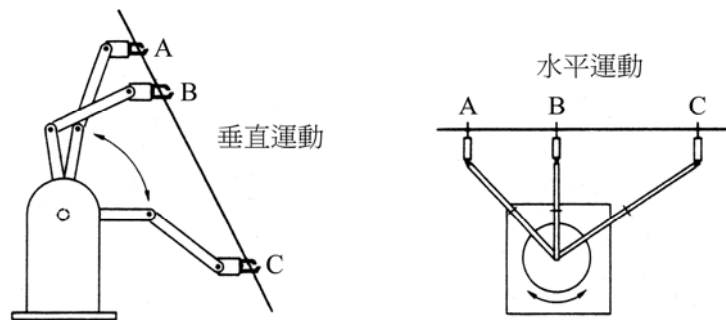


圖5 握鉗保持直線移動

(a) 點至點

當機械人根據程式指示，在多個獨立的指定位置間移動，這種操作模式便稱為點至點模式。這種機械人的每一軸均有回輪和伺服驅動系統，但由一點移動至另一點的運動與移動路徑中的其他點無關。採用這種操作模式時，可以用教授方法或人手輸入個別位置的數據來編寫程式。點到點操作模式的控制系統比較簡單，所以這種機械人較適宜用來處理數控機床上工件(圖 6)。

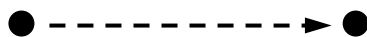
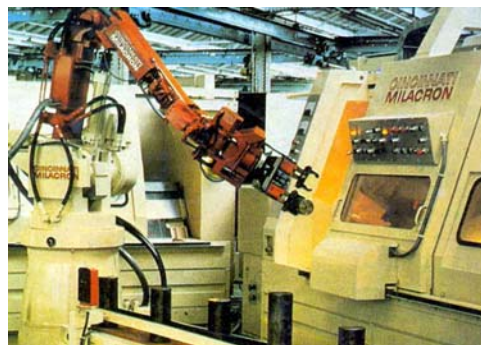


圖6(a) 點至點操作



(b) 機械人處理工件

(b) 連續路徑

假如機械人完全依照程式所指定的路徑移動，這種操作模式便稱為連續路徑模式。這種機械人的每一軸均有位置量度回輪和伺服驅動系統，而且能指定移動到極端位置間的任何點。連續路徑模式運作的機械人可以處理較複雜的工作，例如：沿指定路徑熔接金屬(圖 7)、在汽車表面上大面積地噴漆等。採用這種操作模式時，較適宜用教授方法來編寫程式。

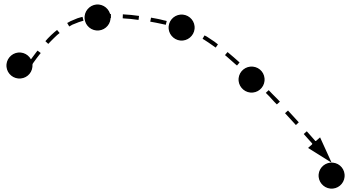
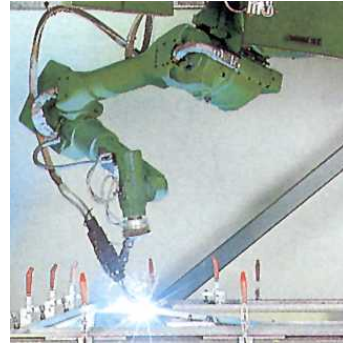


圖7 (a) 連續路徑操作



(b) 機械人焊接

4 工業機械人的應用

工業機械人已被廣泛地應用在工廠內，它們常被用作焊接、噴漆、搬運材料和工具等工作。表 2 顯示 1990 年間工業機械人在工業內應用的大約分佈數據。

應用	百分率
焊接	26%
處理物料	22%
裝卸機床刀具	17%
組合工件	15%
處理鑄造工件	11%
噴漆和表面處理	8%
其他	1%

表 2 機械人的工業應用(1990 年)

(a) 焊接

機械人常用來執行點焊工序，焊接有點焊、電焊、風焊等多種。點焊適合用來熔接薄鋼板，它的操作原理先把兩片鋼板接合在一起，然後兩端的電極加壓後產生電流。在接合處的電流產生高熱並熔化了金屬，快速地使兩片鋼板接合起來。例如：一部汽車中大概有超過數千個熔接點，若利用人手操作，焊點較不穩定，容易出現缺點。所以，適宜利用機械人來代替工人進行這種不斷重覆的工作(圖 8)。

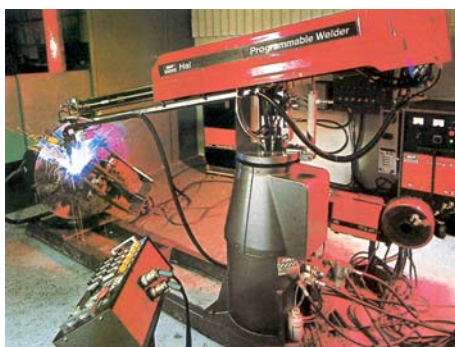


圖8 焊接機械臂



圖9 機械人處理物料

(b) 處理物料

機械人可以用來處理物料，例如：在機床上放入和取出物料、搬運物料(圖 9)等。例如：從生產線上拿取物料、從衝床上取出物料、搬運機械車在工廠內自動地把貨品(材料、半製品、零件等)積集在一起等。

以衝壓工序為例，衝頭用巨大的力量將金屬薄片壓成不同的形狀，包括：汽車外殼、電路外殼等。這種工序非常危險，較容易發生工業意外，所以適宜使用機械人來替代工人。機械人負責提起金屬片，將它放在衝床上的適當位置，然後在工序完成後取出製成品，再疊在一起或送到下一個工序。

(c) 裝卸機床刀具

假如由工人負責裝卸機床刀具，機床和相連各部分必須全面停止運作，以保障工人的安全，這不但需要大量時間，還會阻礙自動化的生產程序。如果使用機械人來裝卸機床刀具，則只需要機床夾頭暫停運作，其他工序可以繼續進行。只要預先將裝卸機床刀具指令加入機械人的程式，機械人便可以快速地從刀具庫取出刀具，然後從機床夾頭卸下和互換刀具，再將舊刀具放回刀具庫，需時可能只需數秒(圖 10)。更換刀具後，機床便可以立刻繼續運作，所以使用機械人可以大大縮短裝卸刀具的時間。



圖10 裝卸機床刀具機械臂



圖11 組合工件機械人

(d) 組合工件

機械人除了可以用來處理工件外，還可以協助組合工件(圖 11)，例如：機械人用吸盤將車窗放置到汽車上。使用機械人來組合工件有不少優點，例如：可以得到較穩定的生產量和生產質素、可以在絕對清潔環境下工作、可以在危險環境下工作等。

(e) 處理鑄造工件

模鑄是將高溫熔解金屬注射入工模內，當金屬凝結後便成為製成品。模鑄材料和製成品均非常熱，容易令工人受傷。所以，適宜使用機械人來放入熔解金屬、冷卻製成品、取出製成品和初步處理表面。機械人還可以 24 小時工作，所以能充分運用昂貴的模鑄設備和廠房設施，以減低平均生產成本。

(f) 噴漆

噴漆是用氣體將油漆噴成小點，然後均勻地噴在製成品的表面上。不過，工人如果經常吸入油漆會損害健康，所以適宜使用機械人來代替人類進行重覆的噴漆工作，例如：利用裝有噴漆鎗的機械人在汽車生產線上為汽車噴漆(圖 12)。利用連續路徑的運作模式，噴漆機械人可以將漆油均勻和快速地噴到汽車上，所以能夠提高生產速率和質素。

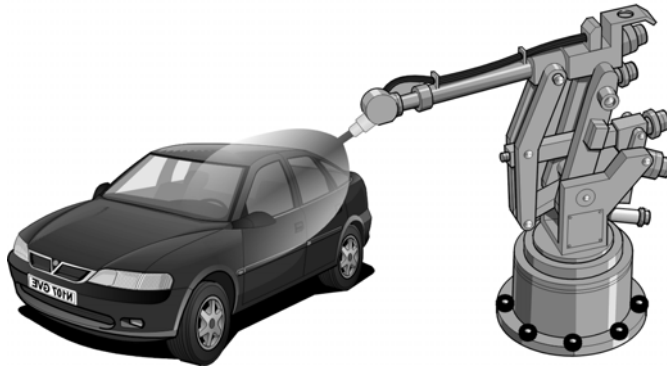


圖12 利用機械臂噴塗汽車外殼

5 機械人的優點

機械人的應用越來越廣泛，因為它們有不少優點：

- (a) 機械人可以代替人類完成單調和重覆的工作。
- (b) 機械人無須休息，可以長時間不停地自動工作，所以能提高生產量。
- (c) 用機械人取代工人不但可以減低勞工成本，而且機械人不會請假、遲到、辭職或罷工，所以生產速率較穩定。
- (d) 由於控制機械人的程式較易更改，所以使用機械人可以增加生產程序的可塑性。
- (e) 可以代替人類在危險或惡劣環境中工作，以避免對工作者的健康構成威脅，例如：取下壓鑄機上的高溫製成品、點焊工作、噴漆工作、搬運化學物品等工作等。
- (f) 使用機械人輔助生產，可增加生產速度，減低成本和增加利潤。
- (g) 使用機械人可減低材料浪費的情況出現。
- (h) 可作高精密度裝配工作，提高產品質素。

6 機械人的限制

機械人雖然有不少優點，但它們使用時也有不少的限制：

- (a) 機械人的感官有較多限制，所以不易完成需要較多觀察和判斷的工作，例如：辨認不同類的物料等。
- (b) 機械人不能進行較細緻的工作，例如：打磨細小金飾、製作陶瓷等。
- (c) 需要優良的機械人技師和操作人員，才可以充分發揮機械人的功能。
- (d) 設立一台工業用的機械人，價格是非常昂貴，非一般中、小型工廠所能負擔。
- (e) 編寫機械人操控程式非常費時，因此較適合用來加工價格昂貴和大量生產的產品，例如：汽車。製造產量較小和價格便宜的產品時，不宜使用機械人。
- (f) 使用機械人作業的廠房空間必須較大，以便預留機械人工作範圍，免生意外。

7 使用機械人的安全措施

為確保安全，使用機械人時必須注意下列事項：

- (a) 採取保護裝置，防止工人接觸操作中的機械人或進入工作範圍。
- (b) 機械人必須設有安全設備如警報器、閃燈、防護器等。
- (c) 應在適當地方清楚顯示機械人的總荷重限制，以免使用時超越安全指引所列的負重能力。
- (d) 採取防止操作機械人的軟件出錯或失效的措施，例如：使用多個處理器、當機械人長時間未能接通電腦時便會自動停止操作、兩個電腦同時運作以核對數據等。
- (e) 經常維修和測試，以防止機械人的硬件失靈，例如：加入感應器以測試機械人的電壓、氣壓、液壓、溫度、速度、加速度等資料。在重要的位置宜加上重覆硬件，以防失靈，例如：負重時宜用多個操作器，以免當一個失靈時重物會掉下而引致意外。
- (f) 採用多重安全設計，以確保在機械人失靈時能夠被停止操作，例如：緊急停止掣、使用時間過長便自動停止等。
- (g) 經常培訓機械人的操作人員，以確保他們有充分知識處理各種機械人事故。

互動資訊

	網址	內容簡介	語言
1.	http://mindstorms.lego.com/en-US/default.aspx?icmp=COFranchiseUSMINDSTORMS	介紹 LEGO 機械人組件	英文
2.	http://www.sciencekits.com/robots1.html	介紹初學者所操控的機械玩具組件	英文
3.	http://www.ljkamm.com/robots.htm	有關工業機械人的文章	英文

練習

1. 工業用的機械人動力系統通常有哪三個基本驅動形式？
2. 機械人的臂端可安裝什麼工具來工作？
3. 機械人的驅動器有什麼用途？
4. 機械人的觸覺感應器有什麼用途？
5. 工業機械人由哪六項基本元素所組成？
6. 寫出由美國機械人協會所制訂的機械人定義。
7. 何謂機械臂的「自由度」？
8. 列出利用氣動系統控制的機械人的優點和缺點。
9. 工業機械人的操作模式可分為哪兩大類？試簡單描述這兩類的操作模式。
10.
 - (i) 焊接機械人可執行哪幾種焊接工序？
 - (ii) 解釋點焊機械人的工作原理。
 - (iii) 點焊機械人被哪一種工業廣泛使用？試比較點焊機械人與人手操作焊接優勝之處。