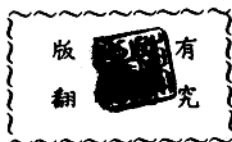


電腦輔助設計及製造 (CAD/CAM)

陳至剛 編著





電腦輔助及製造

編著者：陳 至 剛

發行人：楊 鏡 秋

出版者：儒林圖書有限公司

地 址：台北市重慶南路一段111號

電 話：3812303 3110883 3140111

郵政劃撥：106792號

吉豐印刷廠有限公司承印

板橋市三民路二段正隆巷46弄7號

行政院新聞局局版台業字第1492號

中華民國七十二年五月初版

定價新台幣 230 元正

第 7 章

電腦的應用及其 未來發展的方向

7-1 人造智慧最具體的表現—工業用機器人

在夢想中，機器人應該是一個除了具備人的外型和能力以外，更具備了超人的力量。以過目不忘能力來累積豐富而廣泛的知識。但是；自從 1961 年第一個機器人出現迄今，所有已被發展完成，或是正在開發階段的機器人，並不是這麼一回事，大部份的機器人都只有手和腦，沒有其他的器官。所謂的腦雖然具備了過目不忘的能力，但是它所能記憶的東西太少了，而且除了指揮手的動作以外，它不會做其他的工作，亦即是它只具備了人腦中很小的一部份功能。

正如機器人的腦子一樣，所有的機器人，都只具備了人的一部分功能而已。我們想像中像人一樣的機器人之所以一直沒有出現，一方面固然是因為目前技術的不夠進步，另一方面這樣的機器人，其實用性也是有很大的疑問。

雖然世界上存在著各種各樣的工作，工廠裡生產的東西也有

千萬種，但是做這些工作和生產這些東西的却只有一種——人類。人可以說是萬能的，但是分析每個人的工作，將發現並沒有任何一個人在工作時必須用到他的全部器官和能力，例如在固定位置工作的工人，在工作時他並不需要腳，腳只會使他離開崗位，影響工作。這樣的例子比比皆是。現階段由於機器人的價格尚高，故仍限於工業上的應用，在工業應用時，用的最多的是手和腦。動腦的工作，早有電腦來協助人類。而機器人就是用來取代動手的工作。因此吾人所看到的機器人大部份只有一隻手。也有人稱之為機器手 (Robot Arm)。

美國機器人學會(RIA—Robot Institute of American)對機器人的定義，是一個可以改變程式，具有多方面功能的操作器 (Manipulator)，它能夠經由不同的程式，控制不同的操作，而適應各種不同需要的工作。

最早的工業用機器人是在 1961 年由美國 Unimate 公司所發展出來。使用於壓鑄 (Die Cast) 過程中，擔任合金液的澆注和完成成品的取出工作。在這個案例中，使用機器人的動機有二：

1. 工作環境溫度高而且有相當的危險性。
2. 由於完成成品的溫度尚未降低，工人必須帶上手套才能工作，影響效率，增長了機器的循環時間 (Cycle Time)，使用機器人可大為改善。

此後陸續又有機器人被用來擔任噴漆、焊接和核能廠等惡劣環境下的工作。因此；取代惡劣環境下的工作，成了早期使用機器人的主要動機。當時的機器人主要都以油壓 (Hydraulic) 為動力。由於當時電子技術的限制，其功能多半不很複雜，而且造價很高。因此；使用機器人時，主要考慮的是環境的問題，而不是降低成本。

1965 年，日本開始在全國大力推行自動化，於初期廣泛使

用簡單型的機器人，積極引進並研究電腦控制機器人的技術。到了七十年代末期，不但在技術方面趕上了歐美國家並且有超越的趨勢。而在應用上更是領先全球。由於自動化的成功和機器人的廣泛使用，使得日本的生產力大幅增加，因而引起全球的重視。繼而引發了八十年代的機器人熱。

最近十年，由於微處理機(Microprocessor)的出現，電子控制技術急遽進步，使得機器人的功能愈來愈好，價格也愈來愈低。另一方面，工人的工資不斷上漲。兩者反向的走勢，使得機器人的應用，不再局限於惡劣環境中，使用機器人來降低成本，已成了機器人應用的新趨向。因此，近幾年出現了裝配用機器人，和操作用機器人；而且不斷有新的應用。如澳洲的剪羊毛機器人，日本正在開發的成衣製造用機器人等。而機器人的動力也由油壓驅動而改為直流伺服馬達帶動。

與諸位談完了機器人發展的歷史後，那麼這麼多種各式各樣的機器人要如何分類，還有每一類機器人的特性又如何呢？現在就讓我替諸位慢慢的敘述吧！

工業用機器人大致可分成二類：(1)以座標系統分類。(2)以控制系統分類。現在我們分別加以說明並敘述其特性如下：

(1)以座標系統分類可分成：

(A)直角座標型(圖 7-1.1)

這一型機器人源自於傳統的數值控制(N-C)工具機，其他各型機器人的運動多以馬達經減速後直接轉動臂部(Arm)，而為旋轉運動(Rotation)，但此型機器人則將馬達之轉動經導螺桿變成直線運動。

此型機器人在美國有Prab公司的Versatran，用來做取和放(Pick & Place)的工作，最重可持負2000磅。在日本則有O. T. C, 新明和等公司的焊接用機器人亦屬此型。NEC則有

裝配用機器人亦使用直角座標型。

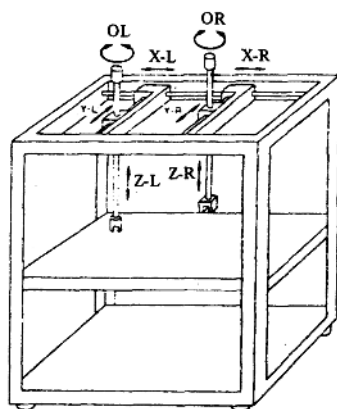


圖 7-1.1 直角座標型機器人

(B) 極座標型 (圖 7-1.2)

以其手部座標，以極座標方式表示最為方便而得名，其第一軸以座標中心為圓心，在水平向轉動，第二軸對同一中心，在鉛直方向轉動，第三軸則改變轉動時的半徑，因而構成（ r ， θ 水平， θ 鉛直）的空間極座標。

此型機器人於 1961 年由美國 Unimate 公司推出，為最早出現的機器人。由於其機械結構適於持負重載，且又多使用油壓為動力，故這一型機器人多屬重負載型 (Heavy Duty)，其持重最大可到 450 磅。由於其設計優異，雖最早出現，但至今仍有許多廠商生產。

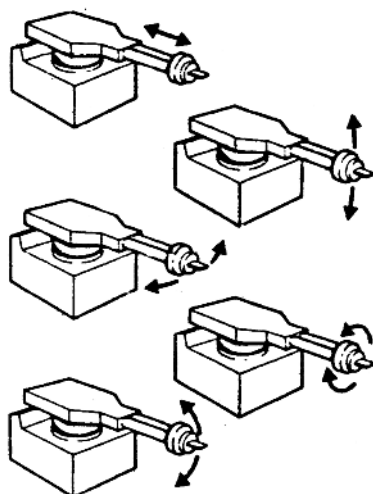


圖 7-1.2 極座標型機器人

(C)圓柱型座標 (如圖 7-1.3)

以其手部 (Cripper) 部份的運動範圍在空間呈一圓柱體而得名。最大特點為兩個主軸均在水平方向轉動，並以 C 型結構相連，故在鉛直方向的鋼性(Rigid)較佳，由於重力造成的彎曲變形(Bending)較少。因而提高了精密度，通常這一型的機器人精度約高達 $\pm 0.05\text{mm}$ ，故可以用來擔任裝配線上的工作，而這也是這一型機器人的主要應用目標。

圓柱座標的機器人大多屬於輕負載 (Light Duty) 型，一般大約負重 5 kg 其體積亦不大，去年 (七十) 資訊週在台北展出之倒汽水的 NEC B-50 型就是這一型的機器人中較大者。

此型機器人的製造廠商以日本為最多，計有：日東、三協

、 NEC、平田、富士通等。國內工研院目前正在開發之 ITRI-E 型亦屬此一類型。

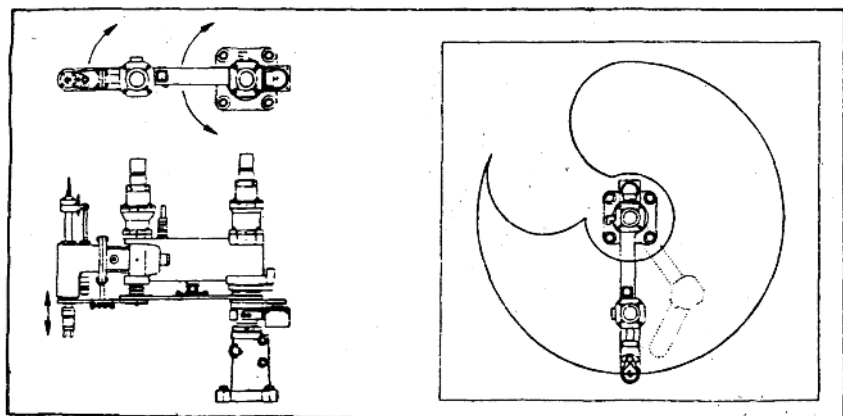


圖 7-1.3 圓柱座標型機器人結構及其活動範圍

(D)關節型座標 (圖 7-1.4)

這一型機器人以其結構類似人手之各個關節而得名。一般而言，關節型的機器人約有 5 ~ 6 軸，由於其近似人手，故其每一軸均可與人體的某一部位相對應，但却不若人體之每一軸均能做兩度空間的轉動。其第一軸對應於人體之腰部，但只有一維的轉動，亦即只能扭腰不能彎腰。第二軸對應於人體的肩部，亦只能將大臂作前後擺動而不能左右擺動。第三軸對應於肘部，第四軸和第五軸合成手腕，一軸轉動，一軸彎曲。第六軸則在第五軸之前端可做超過 360° 的旋轉。其第一至第三軸，一般均大同小異，但第四軸以後則變化較大，視應用上的需要有各種不同的設計。有些僅有五軸的設計，如噴漆用的機器

人。也有多至 8 軸的設計，如雷諾汽車公司用來噴漆於汽車車體死角用的機器人。

關節型機器人，由於其運動範圍廣大，可以適用於各種不同的用途，故生產的廠商最多，約有數十家。

此型機器人的驅動力有油壓伺服馬達和直流伺服馬達兩種。油壓伺服馬達驅動的精度較差，約 $1 \sim 2 \text{ mm}$ ，直流伺服馬達驅動的精度較高，約 $0.1 \sim 0.4 \text{ mm}$ 。早期的設計由於將馬達裝置於第二、三軸上，馬達的重量受到很大的限制，而使直流伺服馬達驅動的機器人只能擔負輕負載 (Light Duty) 的用途，重負載則使用油壓伺服馬達。但 1974 年瑞典的 ASEA 公司改變了設計。將大部分的馬達改裝於主軸上，利用導螺桿或連桿將動力傳動到末端的各軸，減輕了懸空各軸的重量 (圖 7-1.5)，因而消除了馬達重量的限制，使得精度較佳的直流伺服馬達驅動的關節型機器人亦可以擔任重負載 (Heavy Duty) 的工作。而這樣的設計，也就成為今日關節型機器人的主流。

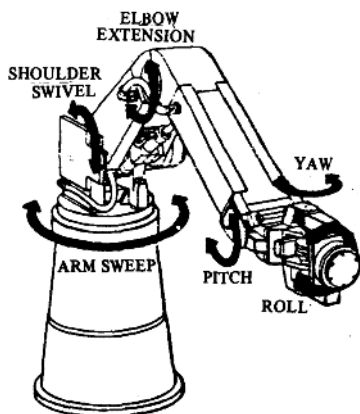


圖 7-1.4 關節座標型機器人

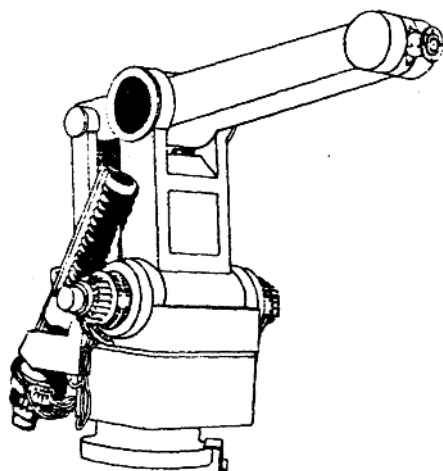


圖 7-1.5 將馬達移至主軸上的關節座標型機器人

(2)以控制系統分類可以分成：

(A)邏輯控制機器人，或稱之為簡單型機器人

這一類機器人為早期自動化使用的機器人，它雖然具備了類似人手的功能，但是它的活動範圍不像前面介紹的那些機器人為一整個區域，它只有空間上幾個有限的點而已。有些是按照固定的順序依序運動，有些是可以視需要而更動順序。其定位則可以藉機械式的調整止動裝置(Stopper)來達成。雖然其功能簡單，但是因其造價低廉，在變動小的生產線，或特定機器的進出料上，均有其優異的經濟性。但是因其種類繁多，故本文不詳加敘述。本文中其他地方所指的機器人，均專指電腦控制機器人而言。

(B)電腦控制機器人

這一類機器人，一般均以微處理機為其主要控制元件，其動力有油壓和電力兩種。依其運動路徑可以將之分為①點對點伺服控制和②連續路徑伺服控制而轉動。

①點對點伺服控制(Point To Point 或 PTP)

在運動時，只考慮起始和終點的位置，而不考慮中間的路徑。各個軸的運動不必相互配合，只需按程式所設定的速度，各自往終點運動。

這樣的控制，對於物料的取放 (Pick & Place) 或操作機器等，無須考慮路徑的應用已足敷使用。

②連續路徑控制

在運動時，若必須考慮路徑時，有兩種程式輸入的方式。一種是將路徑細分成許多小段，記下每一段的端點，走起來雖是連續路徑，但實際上的控制仍是點對點的控制，只是記憶的點數較多而已，一般噴漆用的機器人就是這種，另一種連續路徑的控制，對於運動路線中的直線部分，僅須定出兩個端點，電腦却能用直線內插法 (Linear Interpolation)，使機器人依直線運動。

(C)智慧型機器人

這一類機器人，是以電腦機器人為基礎，加上感覺器官，或使其具有學習能力。所謂感覺器官，目前最常見的為視覺和觸覺。加上這些器官，主要是使機器人具有判斷的能力，增加了其應用上的彈性。例如在機器人取物的地方加裝一視覺系統，則物料送達前可以不經整列，而由機器人自行判斷是否為要取之物。並計算出其應抓取的位置和方向，如此可以使生產線更具變化的彈性。觸覺的應用主要是裝置於手指上，可以使機器人自動調整其抓取的力量，而不致將工件壓壞。具有學習能力的機器人，則可以藉其學習能力不斷改進其工作。

智慧型的機器人，目前技術均尚未成熟，為目前各國積極開發研究的項目。

瞭解了機器人的特性後，我們即可考慮是否要購買機器人以及購買了以後如何操作的問題。

機器人只是全廠自動化時的許多設備中的一環。因此在引進機器人之前，應先對全廠的各種條件，全盤的規劃，才能決定在何時、何地使用何種機器人。規劃時主要考慮三個因素(1)環境的因素，(2)成本的因素，(3)量的因素。

1. 環境的因素

自動化的第一個目標應該是針對那些會對人體造成傷害的工作，如焊接之傷害人體視力，噴漆之有毒氣體，以及鑄造、高溫、放射線等工作。這些工作有時花錢也請不到人，因此最適合機器人的應用。

2 成本的因素

一個機器人目前的售價大約 4 ~ 7 萬美金，依美國的標準通常是以三年為其投資回收期限，但是也有訂為八年的，如汽車工業。用他們的算法，一個機器人每小時大約花費 4 ~ 10 美金，金額的差異和折舊的期限與機器人種類有關。這樣的價格是指機器人 24 小時三班使用。通常機器人的效率約為 95 % 以上，而人的效率約只有 80 % 而已。因此 4 ~ 10 美金 / 小時的機器人，約相當於月薪台幣 24000 ~ 57000 元的工人（包括所有的福利）。這個價格將隨著技術的進步而逐漸降低，國內未來能夠自製後價格將再降低。

有時候成本的比較並非單純的只比較工人的工資與機器人的花費；還必需考慮其他方面的效應。例如：噴漆時再熟練的工人，也很難使他每次噴的都一樣均勻，總是或多或少的浪費了一些材料。但若使用機器人，只要程式調整得好，每次所噴的必定一

樣均勻，不會有材料的浪費。

3. 量的因素

機器人的最大長處，在其具有最佳的可變彈性，故在多樣少量的生產線上，這是一項很重要的優點。但在少樣大量，幾年難得變換一次生產線，甚至從不變換時，則這項優點就變得毫無意義，倒不如使用邏輯控制的簡單型機器人，或使用特別設計的設備來得經濟。

至於機器人的操作，可以分爲程式規劃與撰寫，程式輸入，試車，實際作業四個步驟。由於機器人的運動有相當的危險性，在操作機器人時，安全考慮非常重要。故通常均將之以障礙物遮蔽之。

機器人程式輸入的最大特點，是以教導的方式輸入，教導的方法有兩種，一種是利用一個控制盒，操縱每個軸的動作，將其手部移到定位以後，按下記錄鍵，如此逐點記錄。然後機器人可以按照輸入的先後逐點移動，也可以將記錄下來的點，代入程式中進行其他的動作。

另一種教導的方法，是以人手帶著機器人的手，依照計劃的路徑運動，機器人每隔一小段時間記錄一點，如此記下許多點以後，機器人可以依同一順序重覆動作。由於機器人很笨重，人手不易帶動，故有些廠商另外提供輕便之程式輸入臂(Program Arm)，其各臂之相關尺寸均與原機器人相同，唯獨各軸均以類似落地燈之支架構成，使用者可以帶著程式輸入臂將程式輸入。

第一個工業用機器人問世，迄今已有二十年，但是機器人和人類比較起來仍有極大的距離。雖然目前已有視覺和觸覺系統的研究，但只是在起步階段，這些系統不但價格昂貴，而且功能與人類的視覺比較起來還差了一大截，因此目前在實用上還不易普及，但是在研究人員的不斷努力之下，這些問題都有可能被逐一

克服。

雖然一個和人類完全相同的機器人，不一定有存在的價值，但是研究人員可以藉模擬人體器官的功能而發展出許多意想不到的產品，利用這些產品造福人類，所以機器人的未來發展是難以預料的。

在未來那些動手的生產性工作，大部分將有為機器人所取代，人類將轉而從事思考性和創造性的工作。這是一次新的工業革命，正如十九世紀的第一次工業革命一樣，為世界帶來了一個大衝擊和許多的社會問題。這一次將也不例外，失業和財富的重新分配，是社會學家所必須面對的兩個大問題。

7-2 人造智慧其他方面的應用

(一)下棋比賽的電腦模擬

無可諱言地，下棋或玩其它對局遊戲是人類有意義的活動之一，因為玩這種遊戲必須具有認真的智慧活動、學習的技巧以及經驗的累積才會玩的成功。電腦專家對於這種需要知識與經驗的遊戲亦相當的興趣。早在廿幾年前，美國的山妙 (A. L. Samuel) 先生便成功地發明了西洋象棋對局機器，這種機器就像證明幾何學之電腦一樣，把一串的程式儲存在機器裏，此種程式設計的主題跟任何下棋的人一樣，即是選擇一組最佳的棋子移動法以獲取勝利。目前，個人用電腦之日益普遍化，廠商能提供一些儲存于磁帶或軟性磁碟的遊戲程式給使用者以提高其興趣亦是主因。

根據電腦來推演棋局之經驗，人類在過去並已發展出場面更

大，法則更為複雜之戰爭模擬對局，稱之為兵棋推演，使得作戰指揮人員可根據情報，研判各種戰法與對策，將有助於戰爭的取勝。

(二)圖形辨認的應用 (The Application of the Pattern Recognition)

具有分辨物形的能力是動物重要的特點，過去已有許多心理學家潛心研究動物的知覺。因為知覺是智慧行為最基本的引發者，電腦學家對於知覺問題，特別是由電腦產生知覺有濃厚的興趣，該項學問稱之為圖形辨認 (Pattern Recognition)。從學術觀點而言，知覺是人類智慧行為的主要特徵，值得研究；從實用觀點而言，若能使電腦能夠閱讀印刷字體或手寫字體或聽得懂語言，將可為人類節省許多耗費。

圖形辨認的基本原理可簡述如下：首先需要有一套量測物形特徵的機器，該機器可藉由光、磁、電來感受物形，將物形的特徵轉換為數據資料儲存於記憶體中，此階段稱之為實習階段，就像我們在未看到某一物體時，腦筋中便已有某一物體之形象特徵，該形象特徵實是我們過去經學習而印入腦中記憶者一樣；因此，電子計算機經提供物形讓其學習後，若有同類物形要其識別，它就能以輸入該物形的特徵與事前學習而獲該物形的標準特徵相比較，若相似度高便可判定兩者相同，惟判定之邏輯步驟之選擇，常是本項學問最重要的一項工作。

近年來已有不少圖形辨認的具體實例出現，如電腦處理支票上的文字、警政單位所用之自動指紋辨識系統、醫學上用以自動診斷器官功能的系統以及軍事上由高空偵察形物之影像處理設備。

(三)語音識別

人類試圖讓電腦能識別話音的動機和讓其識別形像是一樣的，不過語音識別的研究成果，在過去較不顯著，但專家認為目前該項研究正進入一決定性的階段。

語音識別的過程，是當語音產生時，會使空氣壓力產生變化，該項壓力變化經由麥克風將其轉換為電的訊號，然後由其中將語音的特性偵檢而出。而與事先儲存在記憶體的标准語音特性比較，而予以判定所聽到的語音是什麼。目前該項研究仍在實驗室階段，較有名的研究單位為卡耐基梅龍大學、IBM 公司與日立電氣公司，對於由數百字所組成的語音識別已有良好的成果，但仍待進一步努力。

研究語音識別的困難在於人類講話的變化多端，不像形像或文字可以較固定，例如同樣一個人講話，他在靜的場合與噪雜的場合，就有不同的空氣壓力變化，他講一句話的長短亦很難固定，甚至講話中偶而打一下噴涕。都予機器識別產生無比的困難，不過，我們相信語音識別研究已經有廿五年的歷史了，未來十年，技術一定可以克服困難，屆時將使人類也許不必坐在終端機旁來用電腦了，可以用講話讓機器聽取命令，使得我們在使用電腦時，手和眼可以同時做其它事情，就像今日使用電話一樣。

(四)數學定理證明之用

人類最具創造性的活動之一，便是科學家努力發現或證明某一知識的真理，例如對數學家而言，最具創造性、最能使人自我滿足的工作，就是發現一條新穎的定理，但其證明的推導，可能

是非常麻煩且時有陷阱，以至於超出數學家毅力之外。因此，乃使電腦專家想起何不利用它來幫忙解決。目前最成功的例子是利用電腦來證明平面幾何之定理，讓它像一位高中學生的求證方法一樣，能夠根據一些已知的條件，推導出一系列的陳述出來，每一陳述必須使用平面幾何學上的術語，並且這一系列的陳述必需由公理及已證出之定理為依據，再逐步推出要求證的定理。

實際上，一部具有智慧的幾何定理證明機器，只不過是一套複雜的程式。基本上，該程式係由三組副程式所組成，它們是：(1)表示圖形的副程式，即該副程式要能提供平面圖形的座標、線條位置、角度等基本資料，俾便根據圖形予以推理。(2)語法產生程式，俾能產生一系列的陳述。(3)證明之副程式，即要能推動正確平面幾何邏輯推演的步驟與程序的副程式。

由於電腦在幾何學上累積的經驗，已使其推展應用於更大的層面，例如都市計劃中土地面積的自動計算、繪圖等，使得土地重劃與都市計劃的業務得以自動化。

7-3 整體資訊系統之積體電路生產系統介紹

整體資訊系統 (Total Information System 簡稱 TIS) 乃是以電腦來協助事業機構維持整體的成長及有效的經營。並可處理日益龐大且複雜的資訊與資料處理的工作。一般而言 TIS 是一線上的整體資訊系統，其下包括 IC 生產、採購倉儲、財務出納等三大系統，本文即就 IC 生產系統作一扼要的介紹。

IC 生產系統是 TIS 的一環，目前包括基本資料建檔系統、晶片製造系統、產品測試系統及裝配系統等主要次系統，至於其系統結構及系統流程圖可參考圖 7-3.1 及圖 7-3.2。現在就