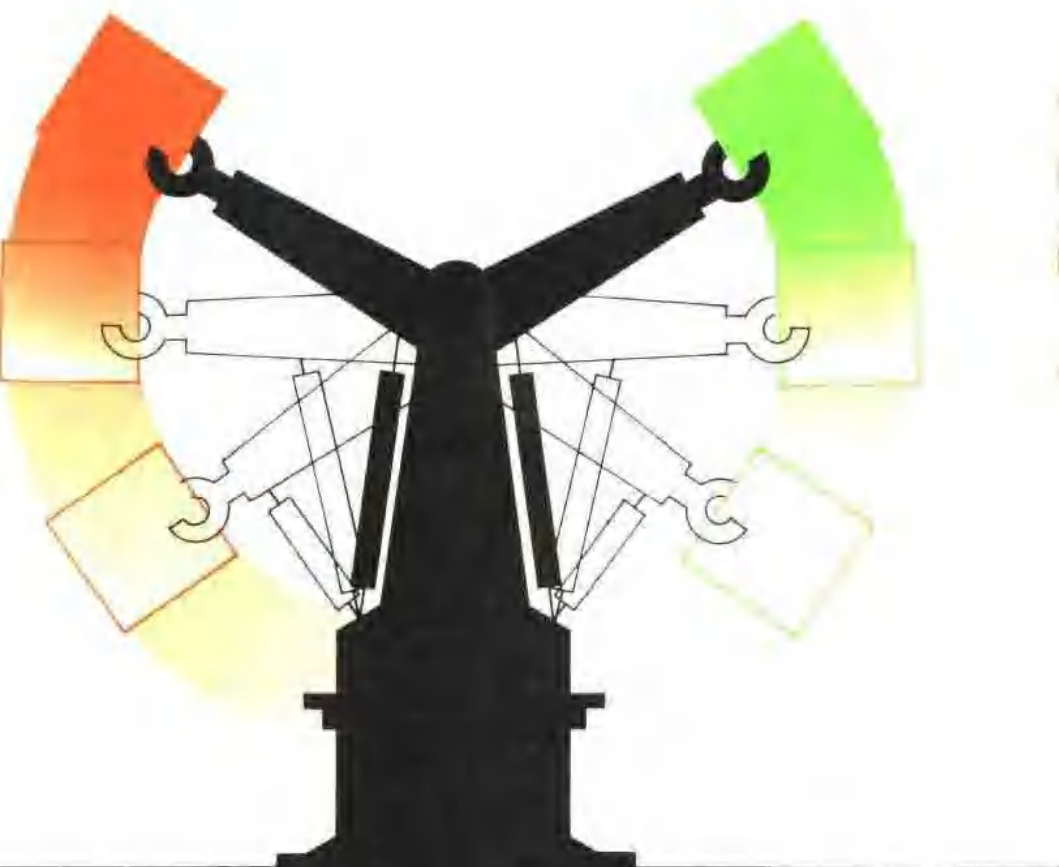


機 器 人 概 論

JOHN M. HOLLAND 著

林 俊 成 譯



新 世 界 出 版 社

機 器 人 概 論

JOHN M. HOLLANO 著

林 俊 成 譯

新 世 界 出 版 社

機 器 人 概 論 (中譯本)

BASIC ROBOTIC CONCEPTS

原著書名: First Edition 1983
Published by:
Howard W. Sams & Co., Inc.

原著者: John M. Holland

譯著者: 林 俊 成

發行人: 黃 淑 女

發行所: 新世界出版社

台北市延平南路 12 號 3 樓

電話: (02) 361-8722

印刷所: 文大印刷有限公司

台北市西園路 2 段 281 巷 6 弄 21 號

出版登記證局版台業字第 2916 號

中華民國七十四年二月 日初版

定價新台幣 160 元

(N-105)

原 序

在這個充滿創新的時代，智慧型機械的發展顯得非常地樂觀。智慧型機械的領域，包含了很多方面，例如：計算機輔助設計（CAD），計算機輔助製造（CAM），自動程序控制，一般之自動控制，及機器人。雖然其各個領域相輔相成，但是卻沒有一個像機器人那樣顯而易見。

這機器人特別的領域，幾乎對每一個人都興起了強烈的感覺，但是這種感覺在每個人的心裏卻有所不同。對工程師或技術人員而言，機器人提供了創造栩栩如生之機器的機會，甚至連最沈着的技術專家，這種可能性都足以激起熱烈的反應。對製造者而言，在與傳統勞力之長時間競爭中，機器人似乎是最後的武器。對裝配線上的工人而言，機器人這個名詞可能有如幽暗的陰影一樣，並不能很容易地讓他們了解。

很幸運地，事情並不如所想像的那樣。其一、製造者對於機器人所創造的所有產品需要開拓市場，而現在的藍領階級勞力所代表的如此龐大的市場需求部份，並不能輕易被廢除。再者，裝配線工人會從煩躁的第一線工作中退出。經過一些努力，工人能夠轉入較好的工作機會。對他們而言，解決辦法並不是單純地等著被解雇，而是儘量提早有所準備。要經過一番探討，如此的工人才能夠與取代他們舊有位置的機器人一起工作。

機器人也提供了其他的福利。平均每一位消費者都能購買到機器人所製造的較便宜且品質較穩定之產品。因為機器人在任何一天的工作都一樣小心，甚至連週末亦如此，因此購買到品質不良的汽車之可能性將大為降低。

要完全了解機器人的潛力，考慮下列等事實即可得知，過去的文明實際上皆立足於奴役制度之上。古代的羅馬人、希臘人和埃及人皆使用奴隸來減少他們人民日常生活的負擔。不幸地，奴役其他民族的結果帶來良心的高昂代價。現在，對於人類而言，已經有了一種擁有奴隸而卻沒有不公平的事情發生之方法。事實上，這些奴隸能夠消除許多現在所存在之經濟上的不平等。

因為機器人能減少危險工作的負荷，更多的人有時間做更高一層的研究。因此，像藝術、哲學、音樂、科學等等，也較能博得人們的注意。改善環境、增進市容、減少犯罪等更能一一地辦到。因此，機器人的長期效益，端賴我們如何把機器人應用在社會結構上。不過，不論我們如何利用它，機器人的時代終將來臨。

譯 者 序

譯者自從研究所畢業後，一直從事機器人的研究發展工作。深覺對機器人有興趣的初學者極需要一本良好的入門書，以奠定正確的觀念。

坊間有關機器人的中文書，不是過於理論，就是太偏向實際，鮮有二者兼顧的。因此很難令初學者抓到機器人學的重點。譯者有見於此，並比較了數本原文書，深覺得“Basic Robotic Concepts”這本書確能把機器人學應注意的重點以淺顯的文字表示，因此特加以編譯。相信讀了本書，能對機器人學有個深刻的印象，並了解坊間各種機器人的工作原理。

能使本書順利出版，譯者除感謝新世界出版社的協助外，特別感謝二哥林俊臣以及三哥林俊宏幫忙謄稿與校對。

林俊成謹識

民國 73 年 11 月

引 言

這本書的寫成乃是希望能對廣大的讀者有所幫助。本書提出機器人四個最重要的主題：運動控制、操作器、可動性、以及視覺系統。許多其他的課題，如主動視覺、航行、通訊、以及語音等，因與機器人領域之相關性較低，且由於篇幅所限，故不予以介紹。至於前述之機器四個重要主題，本書將予以徹底的探討。

對於評估機器人計畫或繼續研究的技術性讀者，本書將深入地說明所討論的主題。需要數學公式的讀者，可參閱編輯於附錄 A 中的公式。希望這樣的編排更易於參考公式，也使每個章節的可讀性提高。如此的架構乃是將觀念以文字敘述出來，而非利用方程式表示。一旦了解了觀念，將會發覺它們十分簡單。

作者亦希望對機器人學有興趣的讀者能發現本書的效益，即使某些觀念的製作可能超出了他們的經濟能力。事實上，在有限的預算下工作可能是重大改革的催化劑。只要看看早期微處理器的嗜好者，便知道這種興趣的重要性。雖然目前家用電腦的市場充滿了諸如 IBM、DEC、Xerox、及 Hewlett-Packard 等品牌的產品，但其並非創始者。創始者乃是組織 Apple Computer、Imesai、Altair 及其他年輕公司的嗜好者、熱心者。其中有些人較其他人有更正規的訓練，但他們全都富有熱心，願在技術上嘗試冒險。

在另一極端的方面，希望能熟悉這些主題的管理者或工作者將發

現本書很有用。對只需知道各個論題的讀者可以快讀每個章節；由每個子標題開始，直到書中的內容比所需知道的更技術性，就可以跳至下一個子標題。

一個簡短的歷史

機器人學並非一門單獨的學問，而是由許多技術所組成。這些領域中有一些成熟的較早。在十七世紀的時候，機械技術已經遠遠超前；手工匠已可以製造機械式的機器人。這些機器人中，有些可以畫草圖和完成其他複雜的功能。這些機器人的限制因素乃是其難以程式化。使用輪齒和凸軸以為程式的方法使這些裝置難以程式化，而且價格昂貴。此外，其亦難以將感測的功能製於純機械的系統上。

在 1950 年後，工程師開始將電子控制應用於機器人裝置上。此時的計算機極端的昂貴，而且效率又低。其較今天一般的家用電腦慢一百倍。這項因素使得當時的計算機不適於即時控制的應用。結果，那時一般均採用類比技術。

第一個實用的機器人乃是在 1955 年由 Planet 公司所提出。這個機器人是用來處理熱鑄造，並且它是可重新程式化的。在這期間，Joseph Engelberger 和 George Devol 相遇，並開始為實用工業機器人的問題一起工作。於 1961 年，他們的新公司（Unimation 公司）將它的第一個工業機器人置於壓模鑄造的應用中。

在五十年代後期，線性控制系統的技術已經十分進步，在機器人系統上應用線性控制技術比其他的技術所遭遇的反對小很多。有趣的是，這些系統致命的缺點與它們的機械前輩一樣——難以程式化。雖

然類比系統能精確地完成閉迴路控制，但是它們不能容易地繼續一連串的动作。

早期的類比機器人有它們的缺點。規劃這些類比系統的最常用方法為使位置伺服放大器的輸入由若干電壓步驟順序提供，而這些電壓步驟乃相對於所欲之路徑線段的終點。這些順序乃由旋轉步進繼電器（由電話工業所開發）所完成，而電壓由一系列電位計所規劃。這種系統可以規劃的路徑數十分有限。此外，條件以及相對運動幾乎不可能完成。這些限制使類比機器人不能流行。

能夠精確的沿著空間任一條直線移動工具的實用機器臂直到迷你計算機已經發展出來後才開發完成。這種機器臂現在被稱為完全關節型（fully articulated）。

非關節型機器臂的控制可簡單地推動機器臂的驅動器，直到碰到制子。這些制子通常為可調整的限制開關。這種機器臂可以完成簡單而高度重複性的功能，如將物件由一位置移至另一處。不幸的是，這種系統於外在條件改變下，並不能對其運動方式做重大的改變。儘管有此限制，非關節型機器臂在工業上仍被廣泛地使用著。若加上更好的控制器，如可程式控制器（programmable controllers，簡稱 PCs），這些臂能與輸送帶和機器人作介面和同步。由於本書的目的，這些機器將不被視為機器人，且不再被討論。

在 1961 年和價廉的迷你計算機（以及後來的微電腦）到來之間，Unimation 公司為唯一在此領域上繼續強力的研究發展之公司。（在七十年代中期，Unimation 公司生產了許多實用而信賴度高的機器人。）

與日本比較

工業機器人的重要性在 1978 年以前就很明顯了，日本早覺於此，而現在幾乎和這個刺激的新技術產生“愛情”。西方的新聞界驚愕於日本的狂熱，而發佈了一連串報導以顯示日本在機器人數目上的龐大。有趣的是，這種早期的不一致乃由於日本將非關節型機器臂計數在內，而美國則否。一般而言，日本的製造商確信機器人的價格不及他們所雇用的工人。因此，工人接受更有趣且更需要的工作訓練。

此種對雇員之長期興趣之作法與大多數美國工業的短期管理哲學恰恰相反。的確在 1960 年到 1970 年間，即使主要改進（如採用機器人）的經費亦遭到阻礙。在如此的系統下，上層的管理人員之流動率提高，為調和這個問題，大多數公司付出了相當多的獎金，而如此又牽涉到公司的利潤問題。因此，產生了惡性循環。

除了這種短視的哲學，大多數西方社會在近幾十年來變得更加沒有人情味。當定單的數量減少時，大多數的公司就採行暫時解雇工人的作法。整個過程就好像是打開一個閥，而讓過多的勞工流回到勞工池裏。而這種態度為勞工協會所支持；勞工協會同意他們的成員被視為可交換的齒輪。

也許這種現象要怪美國的工人對機器人相當大的負反應，而日本人卻有同樣大的正反應。

未來的展望

有愈來愈高的傾向顯示工業界將“機器人”視為流行的關節型機器臂之同義字。事實上，這些機器只是未來工廠的一部份。雖然無人駕駛搬運車已行之有年，但是可動式機器人亦開始被考慮應用在工業上。當機器人應用在新的領域中時，多臂機器人以及其他非傳統型的機器人將愈來愈實用。

在工廠之外，機器人應用的例子將變得更多。在農業、在採礦工業，機器人瀕臨實用的邊緣，而軍方亦資助它的應用之基本研究。如今吾人所經歷到的只是一個廣大而刺激之新工業的開始，對每人而言均有充足的機會以抓取它。讓我們開始本書的第一章以充分的了解它。

目 錄

原序.....	VI
譯者序.....	VII
引言.....	IX
一個簡短的歷史.....	X
與日本比較.....	XI
未來的展望.....	XII

第 一 章

馬達與其控制的方法

系統的類型.....	1
電機馬達.....	2
轉速計與位置編碼器.....	26
伺服馬達控制技術.....	32
油壓馬達及控制.....	41
氣壓馬達.....	43
齒輪與連桿.....	43
結論.....	47

第 二 章

操作器

操作器的類型.....	49
定義機器人的不同關節運動.....	51
位置控制.....	55
運動轉換與協調.....	57
協調的運動.....	59
矩陣與傑克賓轉換.....	62
力量偵測及順應性.....	63
握爪和接觸.....	66
規劃機器手臂的程式.....	70
特殊用途之操作器.....	91

第 三 章

可動性

固定式機器人的缺點.....	95
用於製造上之可動式機器人.....	96
可動式機器人之其他應用.....	100
裝載系統之設計.....	110
三輪之裝載系統.....	112
穩定之重要性.....	114
驅動有輪的裝載系統.....	134

較進步之裝載系統.....	138
---------------	-----

第 四 章

被動視覺系統

攝相管攝影機.....	167
鉛垂管及其他攝相管之相關產品.....	168
混合式影像.....	171
電荷偶合元件.....	173
其他固態攝影機技術.....	181
光學上的觀察.....	182
數位器及前處理器.....	183
全映像影像處理.....	187
二度空間的處理.....	201
認識封閉邊界的影像.....	203
面積、動量與最小慣性軸.....	206
SRI 法則及動量的不變量.....	210
彩色視覺.....	212
三度空間影像處理及範圍測定.....	213
結構化光視覺系統.....	220
視覺系統當成機器人的一整合部.....	220
結論.....	221
附 錄 A 數學方程式.....	223
附 錄 B 程式的例子.....	255

第一章 馬達與其控制的方法

機器人與其他機器的最大基本區別乃是因其具有自我指向運動的能力。除此，機器人或許尚擁有諸如漫遊或視覺之能力。精確運動的控制能力對於機器人的運動而言非常重要。故在此先討論馬達與運動控制的方法。

馬達的學問以及運動控制的方法並不簡單，坊間亦有專門的書籍討論此一主題。故在此並不準備對這個主題加以深入探討。在這一章裏，將給讀者對於可用的元件有一基本的概念，並且明白如何將這些元件使用在機器人的應用方面。

系統的類型

運動控制系統中最常見的三種類型為油壓、氣壓以及電機系統。這些系統均有其優缺點。例如，油壓系統能以極輕的驅動器傳送很大的功率。此特性使得油壓驅動器常被考慮使用在長臂操作器的末端上。唯這些系統有油壓液洩漏的傾向，並且也較電機系統難以控制。另外，假如油壓系統的能源由電力供給（如交流電力線或電池），則需要額外的電力油壓泵。此額外的能源轉換使得效率以及可靠度均降低。另一方面，假如機器人由內在的燃燒引擎提供動力，則油壓系統將

比電機伺服系統的效率更高。

氣壓系統在結構上與油壓系統類似，只是在能量傳動的過程中，使用了壓縮氣體（常為空氣）以替代油壓系統中的油壓液。一般而言，氣壓系統較油壓系統乾淨且較輕。然而傳動介質的可壓縮性亦具有優缺點。當負載為高質量時，氣壓系統需要特殊的阻尼以避免振盪。可壓縮性也提供了某種程度的被動順應性（passive compliance）。順應性在基本上乃是一個系統為了力的因素而對位置的精確所作的折衷（亦見第3章）。因此，氣壓系統常用在手抓的機構中（見第2章）。當氣壓系統使用於關節的驅動時，常利用氣壓馬達以達成此功能。

油壓和氣壓系統尚其他的缺點。傳統的油壓和氣壓係使用閥來做控制，當油壓缸或氣壓缸的進給線之壓力由正變負時，常會引起某種程度的位置遲滯現象。有些控制技術可以減低這種現象，但仍然有其他方面的缺點。因為油壓和氣壓系統需要諸如壓縮器、泵、蓄壓器和油槽等元件，他們要比電機系統佔用更大的面積。即使有這些缺點，油壓和氣壓系統仍然因為他們的某些優點而在許多應用場合中被使用著。在本章稍後將進一步討論到這些系統。

電機系統以不同的形式成長著。除了必須考慮電機系統與其他系統的折衷等問題外，尚需慮及電機系統中元件的重大區別。

電機馬達

所有實用的電機馬達均是根據電流流經導體產生磁場的事實所製成。不同型態的馬達以不同的方式利用此一原則來產生運動。因為機器人系統幾乎都需要在馬達的速度或位置作精確的控制，所以在此不

討論同步交流馬達。

傳統整流式馬達

傳統整流式馬達乃是最早且最廣泛使用的直流馬達。如圖 1-1 所示，此型馬達的特色為一含有線圈繞組的轉動電樞。在實際的馬達裏，這些繞組放在轉子的凹槽中。轉子通常以薄疊片製成，使渦流損失減至最小。電樞由整流子供給動力，電樞之外環繞著固定的定子。定子普通由一個或數個永久磁鐵或電磁鐵所組成。

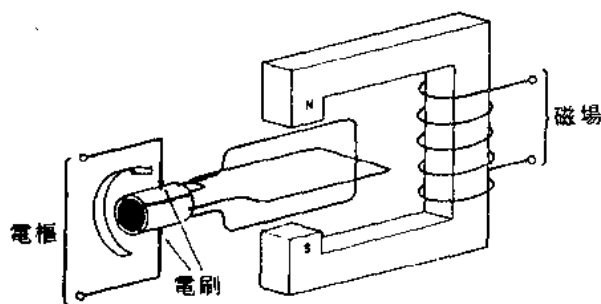


圖 1-1 傳統整流式馬達

電樞繞組中電流方向的改變由連接至轉動電樞的整流子來完成，如此一來，電樞的磁場與定子繞組的磁場才不會在一直線上。在電樞和定子上的相對磁極互相吸引時，電樞將產生轉動。當電樞轉動至與定子在同一直線上時，整流子將改變電樞中電流的方向使電樞能繼續轉動。此改變電流方向的動作乃是使電樞的磁場能在空間中儘量保持