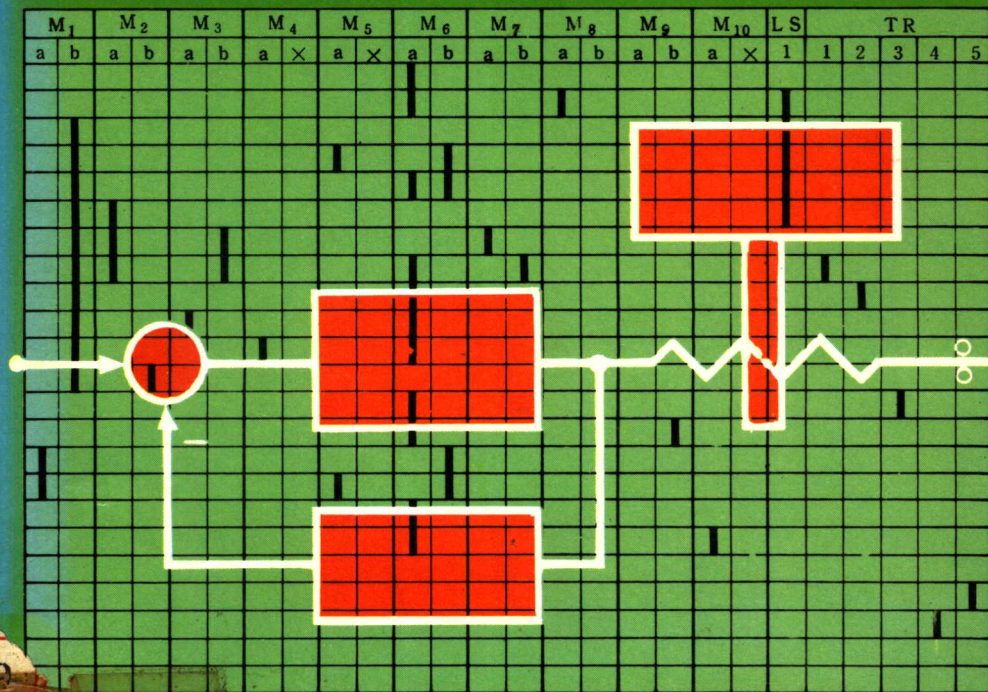


數值控制

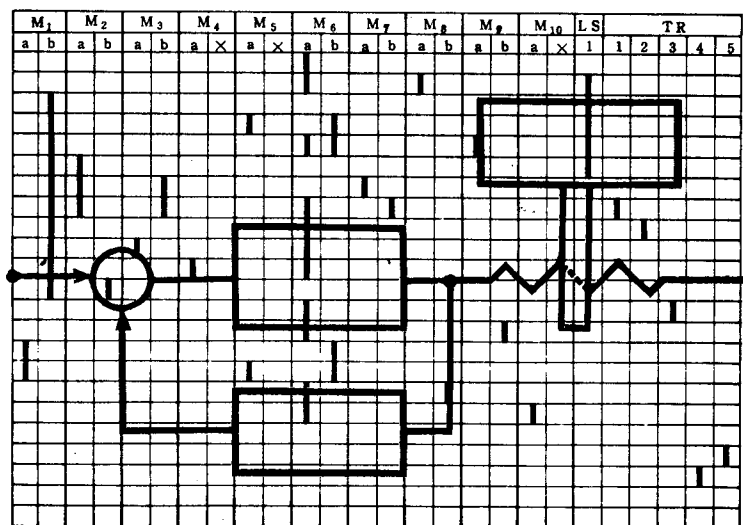
張明容 編著



永華科技圖書出版社印行

張明容 編著

張明容 編著



版權所有・請勿翻印

數值控制

編著者：張明容

發行人：馬超

出版者：永華科技圖書出版社

地 址：九龍北帝街60號

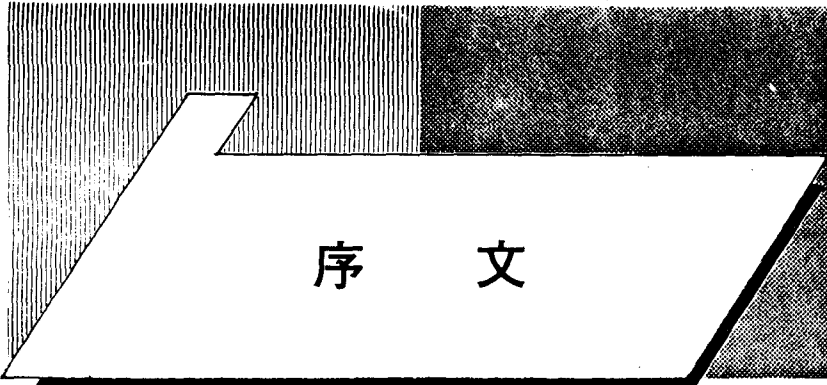
東寶大廈三樓

承印者：永華科技圖書出版社印刷部

地 址：九龍土瓜灣新碼頭街

幸福工廠大廈五樓

定 價：港幣 H.K.\$21.00



序 文

以前的數值控制工具機是硬體式 NC，它把紙帶上的指令一個單元一個單元的讀入，再由硬體來執行一連串的動作，因此不但功能極為有限，而且一般均為開環路式控制系統，精確度也不很理想。

自從 1970 中，第一顆微電腦問世後，硬體式 NC 便在短短幾年內由市場上消退；把微電腦（甚或迷你電腦）溶入數值控制系統已成為一個大洪流，緊跟著的是功能的增加，信賴度與精確度的提高。閉環路軟體式 NC 即為其中之主流，亦即通稱之 CNC。

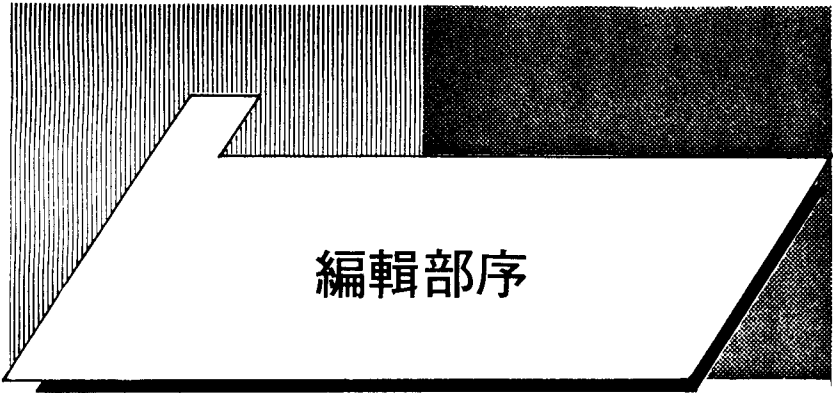
作者多年來從事 CNC 車床控制系統的開發，得以對系統之各項功能有深入之了解，然每每與人提及 CNC，却感到許多人似乎對它那層神秘莫測的面紗始終無法打開，以窺全貌；另一方面在從業人員而言，也常因無法有足夠之資料以便深入了解，不得不死背其使用方法，甚或由外商代為設計程式，落得只知其然而不知其所以然的困境。

有鑑於此，作者不揣其陋，抽工作之餘，歷時六個月，犧牲許多與

家人共渡天倫的時光，把多年心得及各方資料加以整理、分析，雖然不是洋洋巨冊，但求內容正確明晰，以求對初學者有深入淺出的介紹，對從業人員在研讀本書之際，於各項疑問能豁然而解；更希望能藉此書對 CNC 的知識廣為傳播，使更多人投入研究開發的行列。

此書之完成，並非作者一人之功；家人的諒解、同行道友的提供相關資料均功不可沒，特此致謝；書中若有任何疏誤，亦請讀者諸君包涵，並歡迎來函告知，以在新版時更正。

張 明 容 謹識



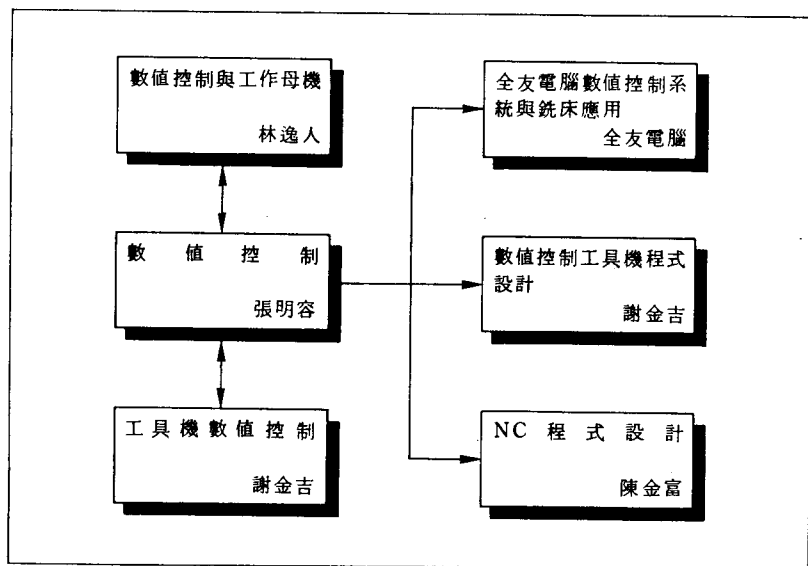
編輯部序

「系統編輯」是我們的編輯方針，我們所將提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

現在，我們將這本「數值控制」呈獻給您。作者張明容先生畢業於技術學院研究所，並參與交大吳永春教授的無人駕駛搬運車的研究。張先生從事車床用數值控制系統之開發多年，在本書中將各種心得詳加整理並把握這一發展的趨勢，把理論與實際相互為用，其中包括：系統介紹、補助功能、雜項功能及預備功能之介紹，對複合循環功能、刀鼻半徑補正功能也有分析及介紹。對於最近發展的趨向，副程式呼叫及巨指令的運用也有深入淺出的分析。讀完本書後將對整個數值控制器之各種指令及特性有深入的了解，對 CNC 機械做最佳之運用。

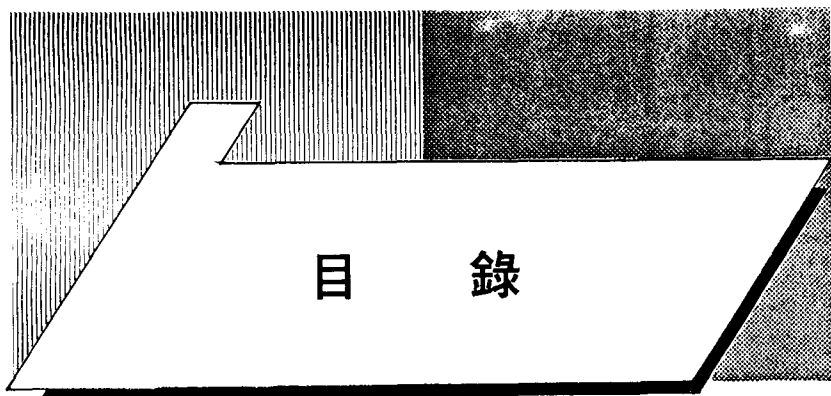
同時，為了使您能有系統且循序漸進研習機械數值控制方面的叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。

流程圖：



永華科技叢書目錄

數值控制.....	張明容	\$21.00
圖解Z-80原理與使用.....	黃建聰	\$22.00
冷凍空調概論.....	蕭明哲	\$32.00
零壹中文電腦程式一百題	集體編寫	\$26.00
油壓設備與維護.....	林達春	\$28.00
數位與類比IC實驗	莊謙本	\$32.00
第四代程式語言—FORTH		
.....	陳漢蓀	\$19.00
機械立體製圖法.....	張木生	\$21.00



第一章 緒 論	1
1-1 數值控制機械的回顧	1
1-2 數值控制機械的現狀與未來	3
第二章 數值控制的基本概念	5
2-1 數值控制系統的構成及種類	5
2-1.1 定位控制型	6
2-1.2 直線切削控制型	7
2-1.3 輪廓切削控制	7
2-2 控制系統的分類及伺服機構	9
2-3 座標系統	10
2-3.1 笛卡爾座標系統——平面座標系統	10
2-3.2 立體座標系統	11
2-4 數值控制機械座標的定義	13
問題研討	13
	5

第三章 程式的基本認識	17
3-1 程式格式	19
3-2 加工順序碼 N	19
3-3 座標 X 、 Z 及 U 、 W	19
3-4 車刀進給率 F	20
3-5 主軸回轉速 S	21
3-6 雜項功能 M 碼	22
3-6.1 $M00$: 程式停止	22
3-6.2 $M01$: 選擇性停止	22
3-6.3 $M02$: 程式結束	23
3-6.4 $M03$: 主軸反向旋轉	23
3-6.5 $M04$: 主軸正向旋轉	23
3-6.6 $M05$: 主軸停止	23
3-6.7 $M07, M08$: 切削液噴出	24
3-6.8 $M09$: 切削液停止	24
3-6.9 $M30$: 資料結束	24
3-6.10 $M41$: 主軸低速回轉(低速檔)	24
3-6.11 $M42$: 主軸高速回轉(高速檔)	24
3-6.12 $M98$: 副程式呼叫	24
3-6.13 $M99$: 副程式結束	24
3-7 刀具號碼 T	25
3-7.1 刀具位置補正	25
3-7.2 刀尖補正	26
3-8 選擇性單元省略	27
3-9 EOB/EOR 單元結束	27

問題研討	28
第四章 程式製作(基礎)	29
4-1 G00 定位指令	29
4-2 G01 直線補間指令	31
4-3 G02 圓弧補間(順時針方向)	
G03 圓弧補間(逆時針方向)	32
4-4 G04 切削暫停(滯留)	34
4-5 G13 前刀架刀具使用	
G14 後刀架刀具使用	35
4-6 G20 英制單位	
G21公制單位	35
4-7 G22, G23 預儲行程極限	36
4-8 G25, G26, G27, G28夾具禁止區設定	39
4-9 G32, G33 螺紋切削(車牙)	40
4-10 G34變化螺紋切削	44
4-11 不同廠家螺紋切削指令之比較	44
4-12 G28自動參考點歸位	46
4-13 G29自動參考點回位	47
4-14 G50零點設定/最高轉速設定	48
4-15 G96, G97 定周速運轉切換	49
4-16 G94, G95 或 G98, G99 進刀率單位切換	51
4-17 G90, G91, G92, G93座標系統切換	52
問題研討	53

第五章 程式製作——刀尖補正及複合指令.....

5-1 刀鼻半徑之意義.....	55
5-2 斜線切削之刀尖補正.....	56
5-3 直線與圓弧相交時切削的刀尖補正.....	61
5-4 G40, G41, G42 刀尖補正指令.....	63
5-4.1 直接刀鼻半徑指定時的刀具位置.....	63
5-4.2 指令的定義.....	65
5-4.3 T碼中刀具號碼的意義.....	66
5-4.4 使用 I、K 方式指定刀尖補正的方法.....	66
5-5 刀尖補正指令使用及其特性.....	67
5-5.1 刀具補正進入點及其誤差.....	67
5-5.2 刀尖補正狀況下的運動.....	70
5-5.2.1 直線對直線之切削.....	70
5-5.2.2 直線對圓弧之切削.....	76
5-5.2.3 圓弧對圓弧之切削.....	80
5-5.2.4 同一程中 G41, G42 的切換.....	81
5-5.2.5 刀尖補正狀態取消時刀具的運動.....	82
問題研討.....	86

第六章 程式製作——循環切削的使用..... 87

6-1 G77 (G90)	87
6-2 G78 (G92)	90
6-3 G79 (G94)	92
6-4 G71.....	94
6-5 G70.....	98

6-6 G72.....	99
6-7 G73.....	101
6-8 範例三則.....	102
6-9 G74.....	107
6-10 G75.....	108
6-11 G76.....	109
問題研討.....	111

第七章 副程式之運用.....

7-1 何謂副程式，它有何功用.....	113
7-2 NC 工具機副程式之介紹.....	115
7-3 副程式之格式.....	116
7-4 副程式之執行.....	116
7-5 副程式的特殊使用法.....	120
問題研討.....	121

第八章 巨指令的運用.....121

8-1 巨指令之介紹.....	121
8-2 變數.....	123
8-2.1 變數之表示.....	123
8-2.2 變數與指令碼之共用.....	123
8-2.3 變數的運算.....	124
8-2.4 邏輯判斷及流程控制指令.....	
8-2.5 變數的種類.....	127
8-2.6 變數的幅數設定.....	128
8-2.7 未予設定之變數的狀態.....	130

8-3 巨指令之呼叫.....	131
8-4 副程式呼叫 (M98) 與巨指令呼叫 (G 65) 之比較.....	133
問題研討.....	134
附錄 A 術語彙集.....	137

1

緒 論

自有人類以來，找尋取代人類勞力的努力便不曾間斷過；十八世紀的產業革命，造成了以機械力大量代替人力的結果，近幾十年來電腦科技的進步，更延伸了人類的智慧。其中帶給機械業者最大的衝擊的是生產的自動化、彈性化，甚至無人化。本章將就此一時潮的主角：數值控制（Numerical control）機械的歷史做一回顧，並就現狀與未來介紹。

1-1 數值控制機械的回顧

早在1801年，法國年青發明家約瑟夫賈卡（Joseph Jacquard）便設計出一種利用打孔卡帶控制布的花樣的織布機；變更卡上所打孔的型式，便可自動織出不同花樣的布。

稍後，有一種自動鋼琴，利用打孔紙捲作為控制媒體，配合抽氣馬達及一系列的閥，控制鋼琴使其按所打的孔之資料自動演奏。

2 數值控制

上面所提到的雖然距離近代的數值控制機械有一段距離，但是它們在近代的發展却有啓蒙作用。

近代的數值控制機械的發展，萌芽在美國密西根州的特雷伏斯城（Traverse city, Michigan）中的帕生斯公司（Persons Company）。當時製造直升機的葉板需要極精確的樣板，帕生斯公司的工程師在 X 、 Y 軸定位以有限度的曲線配合位移程式與電腦部份配合運用。雖然位置已到數學精確程度，但仍需由操作者手工進給鑽模搪床，並以手工磨光表面以達精度要求。而在製作每一型直升機葉片，需要製作 50 片

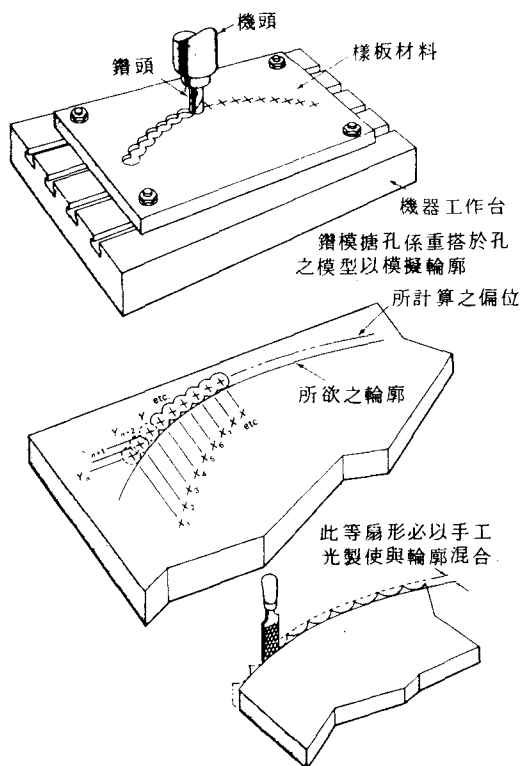


圖 1-1 應用鑽模搪床加工，繼之以手工磨光的製法

樣板，以爲製造及檢驗之用。

1949年帕生斯公司向美國空軍當局提出一個計劃：應用電腦程式使銑床能依照所計算的路線以小的增量步驟移動；空軍當局認爲有價值，並訂合作計劃。

後來這一計劃移到麻省理工學院（Massachusetts Institute of Technology）的伺服控制實驗室，在1952年，此項研究製作了三軸控制的數值控制銑床之雛型機械。

在1955年，美國空軍購買了100台總價值在三千五百萬美元的數值控制銑床，可謂普及的第一步。

在1960年的初期，點到點方式的數值控制機械就已商品化了。

前面所提之數值控制機械在控制單元均是以真空管或電晶體爲處理元件，（可以推測到底有多大體積？）隨着電子科技的進步IC化的處理單元也跟着出現。

1-2 數值控制機械的現狀與未來

在尚未使用電腦之前的數值控制機械，一般簡稱爲NC機械或者叫硬體式NC（Hardware NC），它必需使用打孔紙帶才能運轉，而且功能極爲有限。

1970年代初期，小型電腦（Mini-computer）加入數值控制機械的行列成爲CNC（Computerized Numerical Control）的時代，在70年代中期，微電腦（Micro-computer）的發展更加速此一趨勢，它所造成的影響有：

- (1) 數值控制器的體積相對縮減而功能却相對增加。
- (2) 價格方面日益下降，加速普及率的提高。
- (3) 操作手續日益簡單，而加工精度更加穩定。

目前在車床方面的趨勢是強調「機電一體」，把數值控制器與機械