

5789

2848

• 838004

數值控制工具機

徐有財 編著



佳和出版社 印行

IM . NC . CNC . DNC . CAD . CAM

數值控制工具機

徐有財 編著

佳和出版社 印行

序

數值控制工具機的發展應用是工廠邁向自動化、省力化的最佳途徑。目前正值我國朝著自動化、精密化工業邁進之際，對於NC機具知識的瞭解與深入有其絕對性的需要。著者有鑑於此，特將近十年來專研於NC方面的經驗，以及多年來從事教學所獲的心得編寫此書，以提供給國內工業界相關從業人員以及專職學校學生研讀或教學之用。

本書共分十章，從NC的發展、演進、應用，一直到與NC有關的自動化工厂都有提述。茲將各章內容簡述如下：

第一章概說 介紹數值控制工具機之演進、經濟性及其應用優點。

第二章數控工具機之應用系統 闡述數控系統之各種型式、切削動路、位移法以及軸向應用。

第三章數控帶及其語碼 說明數控資料媒體、語碼意義與控帶格式等等。

第四章數控程式設計要項 詳述程式設計應注意的各種事項，數控工具機的作業流程，以及程式單位與指令值的設定等。

第五章數控程式設計相關數學 討論數控程式設計時，常用的一些數學公式，如計算刀具中心動路、切削力等等。

第六章數控銑床程式設計 詳述NC銑床程式設計規則、各種機能應用及其實例說明。本章也包括了NC鑽床的應用。

第七章數控車床程式設計 詳述NC車床程式設計規則，各種機能應用及其實例說明。

第八章電腦輔助程式設計APT 闡述APT設計系統、指令定

義、切削運動敘語及其設計實例。

第九章電腦輔助程式設計 COMPACT Ⅱ 闡述 COMPACT Ⅱ 在 NC 工具機上之應用、設計系統、指令定義、切削動路敘語及其應用實例。

第十章數控機械與工廠自動化 介紹自動化概念，NC 在自動化中的應用，CAD / CAM 系統，機器人，彈性製造系統及自動化工廠等等。

本書之出版承蒙總邱嘉佑先生之大力協助，以及佳和出版社之出版，在此同表謝忱。本書之成稿雖經再三校對，但疏漏之處在所難免，誠盼國內外讀者先進不吝指正是幸。

徐有財 謹識 74.10.

數控工具機目錄

第一章	概說	1
1-1	何謂數值控制與數值控制工具機	1
1-2	數控工具機之演進	3
1-3	數控工具機之應用條件	9
1-4	傳統性工具機與數控工具機的應用比較	10
1-5	數控工具機的經濟性	11
1-6	數控工具機之應用優點	13
	問題一	16
第二章	數控工具機之應用系統	19
2-1	數控工具機之合成	20
2-2	數控系統型式	21
2-3	數控切削動路	25
2-4	數控系統位移法	31
2-5	數控機械軸向與應用	33
2-6	國內常見的數控工具機	37
	問題二	43
第三章	數控帶及其語碼	45
3-1	數控資料媒體	45

3-2	數控語碼及其意義.....	50
3-3	二進位十進數法.....	53
3-4	數控帶格式.....	60
3-5	程式單 (Program Sheet) 與裝置單 (Set Up Sheet)	80
	問題三.....	87
第四章	數控程式設計要項.....	89
4-1	程式設計注意事項.....	89
4-2	一般數控工具機的作業流程.....	95
4-3	程式單位設定.....	98
4-4	程式指令值的設定.....	99
	問題四.....	101
第五章	程式設計相關數學.....	103
5-1	座標系統.....	104
5-2	三角常用公式.....	108
5-3	解析幾何.....	111
5-4	以三角法解刀具中心動路位置.....	118
5-5	切削作業相關公式.....	124
	問題五.....	132
第六章	數控程式設計(一)——N C 銑床.....	133
6-1	標準座標系與運動指向.....	134
6-2	準備機能——G 機能.....	134
6-3	平面選擇機能——G 17、G 18、G 19	137

6-4	位移機能——G 00、G 01、G 02、G 03	137
6-5	暫停機能——G 04	144
6-6	英公制轉換機能——G 20、G 21	144
6-7	原點回歸機能——G 28、G 29	145
6-8	刀具徑向補正機能——G 38、G 39、G 40、G 41、 G 42	147
6-9	刀具位置補正機能——G 45 ~ G 48	162
6-10	固定循環切削機能——G 80 ~ G 89	170
6-11	固定循環動作圖解.....	174
6-12	對稱切削.....	179
6-13	數控銑床工作準備.....	181
6-14	應用實例.....	184
	問題六.....	188
第七章	數控程式設計(二)——車床.....	191
7-1	標準座標系與運動指向.....	192
7-2	位移指令.....	192
7-3	數控車床常用字碼.....	195
7-4	資料輸入格式.....	196
7-5	程式中小數點的意義.....	197
7-6	程式的最大尺寸.....	198
7-7	程式編號.....	198
7-8	序碼——N機能.....	200
7-9	進刀速率——F機能.....	201
7-10	主軸轉速——S機能.....	204
7-11	刀具選擇——T機能.....	204

7-12	輔助機能——M機能	205
7-13	準備機能——G機能	206
7-14	複合形循環切削機能G70～G76	239
	問題七	249
第八章 電腦輔助程式設計(一)——A P T		251
8-1	概說	252
8-2	電腦輔助程式設計系統種類	254
8-3	電腦輔助程式設計系統軟體	255
8-4	A P T簡介	256
8-5	A P T與數值控制	257
8-6	A P T刀具行進動路觀念	259
8-7	學習A P T之相關知識	263
8-8	A P T程式設計概要	264
8-9	A P T定義敘語	265
8-10	工件幾何形狀定義	268
8-11	刀具定義	276
8-12	容許公差	277
8-13	刀具運動敘語	278
8-14	與工具機有關的指令	284
8-15	算術與函數演算	288
8-16	程式例	289
	問題八	295
第九章 電腦輔助程式設計(二)		
	COMPACT II	299

9-1	概說	300
9-2	COMPACT II 系統及其有關規則	300
9-3	COMPACT II 程式字語	301
9-4	COMPACT II 敘語規則	303
9-5	COMPACT II 程式基本結構與敘語符號	304
9-6	COMPACT II 程式極始語	306
9-7	COMPACT II 幾何形狀定義	312
9-8	刀具換用敘語	314
9-9	運動敘語	324
9-10	直線運動敘語	326
9-11	弧線運動敘語	330
9-12	鑽孔、鉸孔與搪孔作業	335
9-13	應用例	338
	問題九	348
第十章	數控機械與工廠自動化	353
10-1	自動化	354
10-2	CNC 與 DNC	355
10-3	電腦輔助設計與製造 (CAD / CAM)	359
10-4	機器人 (Robot)	362
10-5	彈性製造系統 (FMS)	367
10-6	自動化工廠	370
	問題十	372

概說 1

- 何謂數值控制與數值控制工具機？
- 數控工具機之演進
- 數控工具機之應用條件
- 傳統性工具機與數控工具機的應用比較
- 數控工具機之經濟性
- 數控工具機之應用優點

問題一

1-1 何謂數值控制與數值控制工具機？

數值控制，簡單的說，就是利用儲存於孔帶上之數值資料（語碼），以控制工具（刀具）在工作物上作一預期動作（切削）的一種裝置。一般數值控制簡稱為數控，常以英文的NC二字表之，乃Numerical Control的縮寫，而數值控制工具機，即裝有數控設備的一種機具，藉着控制字帶的資料信號，以操縱該機具的各種動作。

在傳統式的機械加工過程中，技術人員必先詳閱藍圖資料，接着

制訂工作計劃；如工作物的夾持，工具的選擇，主軸轉速的選定，切削及進刀速度的安排等等，最後，依照藍圖的形狀與尺寸大小，再加上個人的工作經驗，漸次加工以至完成產品。但在數控工具機的加工應用程序中，則先由程式師（Programmer）進行藍圖（Blue Print）研閱，再將藍圖中之資料轉譯成程式單（Process Sheet）上之數值符號，然後將這些數值符號利用控制帶打孔機（Tape Puncher），在紙質或塑膠質之帶上沖打出連串的資料小孔，將此資料孔帶（Punched Tape）裝入控制系統中之讀帶機（Tape Reader）上，讀出孔帶上之語碼指令，並透過各種不同的伺服控制系統（Servo Control System），變成機械運動，而完成預期的機械工作，其程序如圖 1-1 所示。

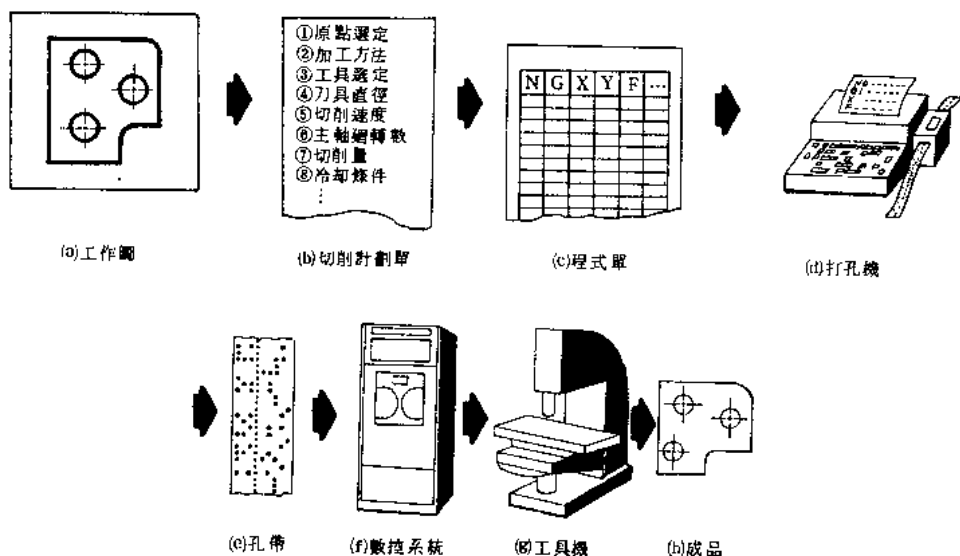


圖 1-1 數控工具機加工順序

1-2 數控工具機之演進

數值控制的觀念早在十八世紀時就已經被引用了，如法人富爾康（Falcon-1728）與夾卡兒（Jacquard-1801）利用沖孔卡片（Perforated Cards）控制編織機（Jacquard Loom）編織花布，荷人利用沖孔紙捲（Perforated Paper Roll）作為控制媒體，以控制自動鋼琴（Player Pianos）的聲音等等，都屬數控應用的實例。如圖 1—2，1—3 所示。但，真正將數值控制的功能，應用到生產加工作業上，還是最近這短短卅多年來的事情。最先從事數值控制的應用研究，是美國密西根州的巴森斯公司（The Parsons Co.）。該公司為了解決直升機翼片的產製問題，才奮力地研究數值加工機械。他們認為過去的加工方法；從劃線、鑽孔，到銼削的加工法，如圖 1—4 所示，無法滿足他們的實際要求；由於速度慢、精度差、一致性不易控制等等。因而該公司便於 1948 年提出一項利用電腦與精密搪孔機（Jig Borer）配合在一起，應用微小增量計算方法，生產製造高精度產品的計劃。同年，該公司又獲美國空軍的合作與獎助，全力發展研究。其間，有關伺服控制系統方面又得力於麻省理工學院（Massachusetts Institute of Technology-MIT）的全力支持，於 1952 年 6 月完成了全世界第一部三軸全數值控制式銑床，如圖 1—5 所示，這是數控機械的祖始。其後在數值控制機械的應用發展上又有幾件歷史性的記載如下：

（→）MIT 自力完成三軸控制銑床：這是應用辛辛那提（Cincinnati）公司產品 Hydrodal 靠模銑床，加上控制裝置與伺服機構裝置而成。當初為達到斜角形或圓弧曲面等複雜形狀的切削要求，其控制系統的組合，遠比工具機本身還大。為改進控制裝置的體積及其應用功能的問題，曾是當時多數企業所最為關心的重點。

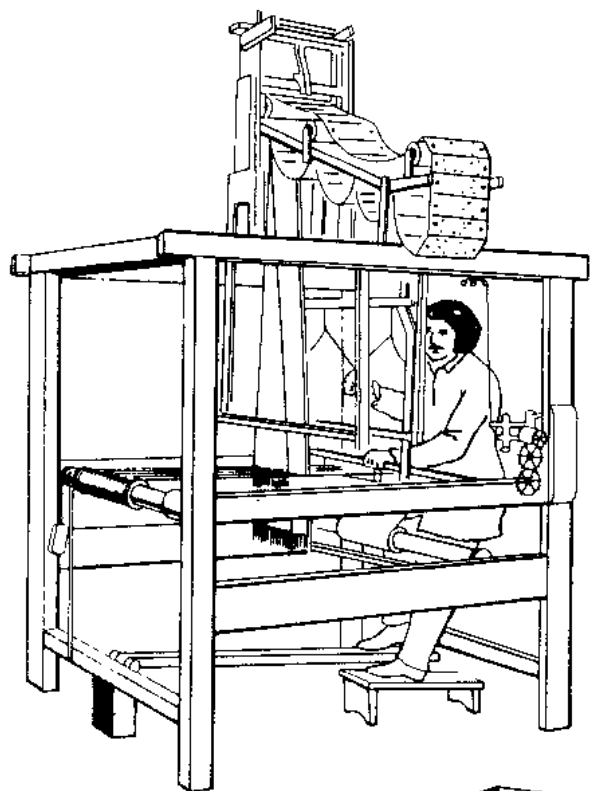


圖 1-2 編織機 (1801)

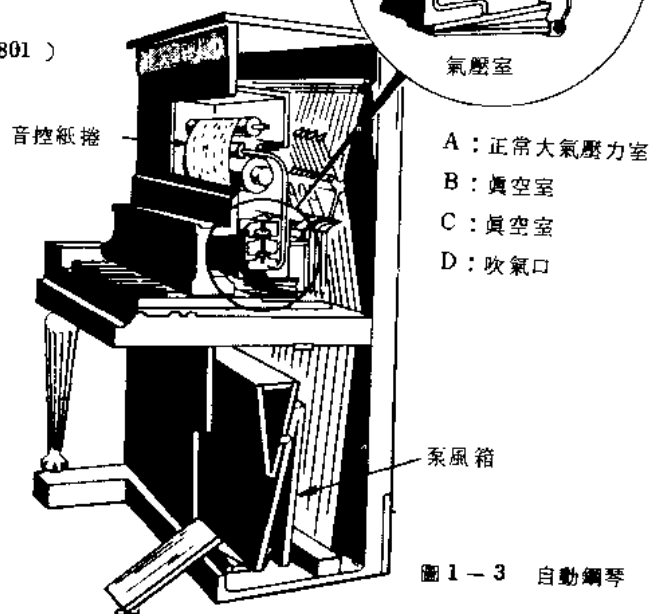


圖 1-3 自動鋼琴

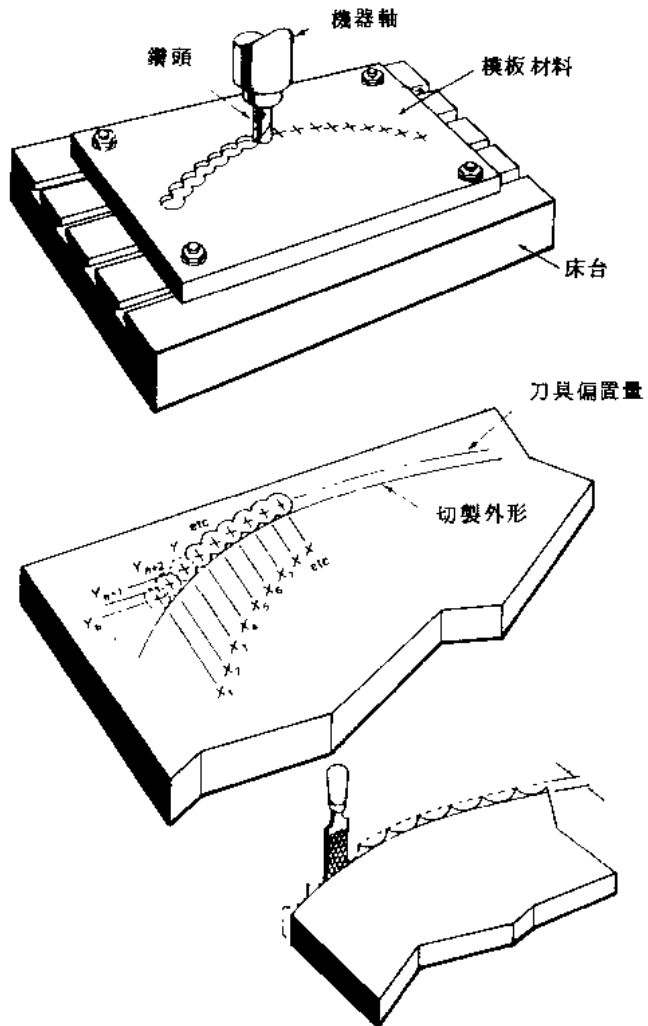


圖 1-4 模板製造加工順序

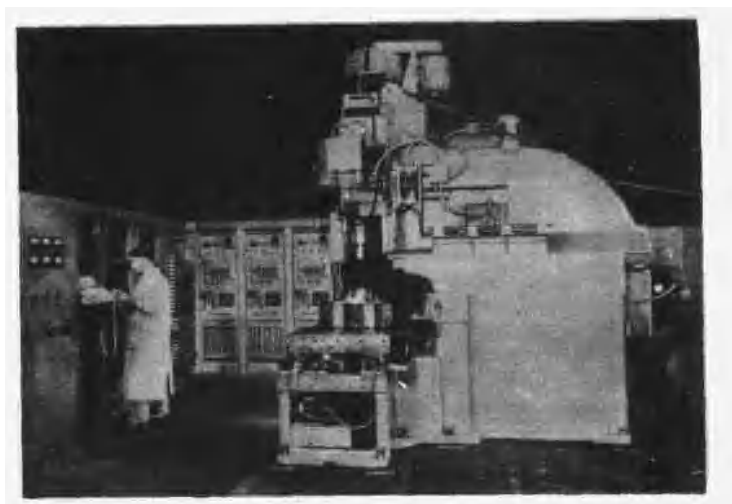


圖 1-5 第一部 NC 銑床 (MIT-1952)

(一) 1955 年，美國航空工業協會，為航空機件的產製，向空軍提出利用數控機具參與生產的計劃，該計劃預定費用為 3800 萬美元，購置 100 台數控機具，分配給各飛機及引擎生產工廠使用。他的實際生產工作預定於 1957 年夏天開始進行。這一計劃案，在機械工業曾引起一陣旋風，而促使數控機械快速發展的最大因素之一。

(二) 數控機具的實際應用，在 1960 年以前，尚限於軍方單位而已。

(三) 1960 年以後，一些簡單的工具機，如數控鑽床、數控沖床等設備，已大量產製，而漸成商品化。

關於數控工具機的發展過程，從基本原理一直到群控制管理，如表 1-1 所示，約在 1970 年代已相繼完成。

數值控制的發展，隨着電子工業的進步，變化很大。最初在美國麻省理工學院開發的 NC 裝置是一套巨大的龐然怪物，因當時所用的電路原件都是應用真空管所組合而成。而後由於電子技術的神速進步，數值控制機具的控制系統也相繼的跟進。由於電子原件的應用不同

表 1-1 NC 工具機之發展過程

技術演進	美 國		日 本	
	時間	公 司 與 開 發 事 例	時間	公 司 與 開 發 事 例
原理發明	1801	Joseph Jacquard		
基礎研究 開始	1947	John T. Parsons 與美 空軍合作，進行 NC 發展 可行性之調查研究。	1955	東京工大開始進行 NC 工 具機之開發研究。
試作機具 完成	1952	美國麻省理工學院開發 NC 銑床成功。	1957	日本富士通公司發表開發 NC 沖床成功。
			1958	牧野、富士通二公司合作 開發 NC 銑床成功，並在大阪展出。
			1959	日本機械試驗所試作 NC 搪床成功。
工業化	1955	Gidding & Lewis 公司 開始產製 NC 銑床	1959	日立精機、日立製作所產 製 NC 銑床並在東京機械 展展出。同年東芝機械展 出 NC 車床。
商品化	1956	Burgmaster 公司 NC 鑽 床開始商品化。(用 Westinghouse 的控制系 統)	1959	日立精機、富士通：NC 銑床商品化。
			1960	日立製作所、三菱電機： NC 搪床商品化。
綜合切削 加工機	1958	Kearney & Tracker 公司開發成功。	1961	日立製作所開發成功。
適應控制	1962	Bendix 公司開發成功。	1970	牧野公司，綜合切削加工 機適應控制開發成功。
群控制	1965	IBM 公司開發成功。	1968	富士通、池貝工廠、國鐵 大宮工場完成群控制系統
群管理	1969	Sunderstrands 公司 OMNI Control Sys- tem 開發成功。	1970	富士通、日立精機、池貝 工場、牧野、東芝機械、 大隈等公司發展群管理系 統成功。

，其控制系統大約可分成四代。

第一代：真空管時代——1952

第二代：電晶體時代——1960

第三代：積體電路時代——1967

第四代：微電腦時代——1970

第五代：超大形積體電路電腦時代——1980

其間微電腦帶給數值控制系統的影響最鉅。它從最簡單的單一NC控制設備到複雜的群管理系統，其所施之角色是不可抹滅的。

數控應用，最後的發展目標是達到全廠無人化的境界。其發展過程亦可分為下列四個階段：

第一階段：一般所稱的NC工具機，一台機器配置一部控制器的應用。

第二階段：一部機器能裝置多種不同的工（刀）具，藉自助工具交換系統（Automatic Tool Changer）的應用，可自動交換刀具，這在綜合切削加工機與數控車床上可看到。

第三階段：應用一套電腦同時控制數台NC工具機的應用，其間有一部份是配合機械手（Robot）的操作而成為所謂的組合製造群（Manufacturing Cell）或稱之為群控制系統。

第四階段：以一套電腦同時控制數拾台不同性質的機具設備，從設計一直到製造，連同全廠的物料管理、生產管理、品質管理等作業，全部自動控制而達全廠無人化的境界，稱之為電腦化製造系統——CMS（Computerized Manufacturing System）。或稱為群製造管理系統。