

科學圖書大庫

數 字 控 制

譯者 徐萬椿

徐氏基金會出版

10.00
徐氏基金會

科學圖書大庫

引介世界科技新知
協助國家科學發展

發行編號 1302

科學圖書大庫

數 字 控 制

譯者 徐萬椿



徐氏基金會出版

我們的工作目標

文明的進度，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力。在整個社會長期發展上，乃對人類未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，自應各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同將人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之收穫，已超越以往多年累積之成果。昔之認為若幻想者，今多已成爲事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允爲社會、國家的基本使命。培養人才，起自中學階段，此時學生對基礎科學，如物理、數學、生物、化學，已有接觸。及至大專院校專科教育開始後，則有賴於師資與圖書的指導啓發，始能爲蔚爲大器。而從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學，旨趣崇高，彌足欽佩！

本基金會係由徐銘信氏捐資創辦；旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利，民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，惜學成返國服務者十不得一。另曾贈送國內數所大學儀器設備，輔助教學，尚有微效；然審情度理，仍嫌未能普及，遂再邀請國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。以主任委員徐銘信氏爲監修人，編譯委員林碧鏗氏爲編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱工作。「科學圖書大庫」首期擬定二千種，凡四億言。門分類別，細大不捐；分爲叢書，合則大庫。爲欲達成此一目標，除編譯委員外，本會另聘從事

翻譯之學者五百餘位，於英、德、法、日文出版物中精選最近出版之基本或實用科技名著，譯成中文，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，內容嚴求深入淺出，圖文並茂。幸賴各學科之專家學者，於公私兩忙中，慨然撥冗贊助，譯著圖書，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬多寡，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，其報國熱忱，思源固本，至足欽仰！

今科學圖書大庫已出版一千餘種，都二億八千餘萬言；尚在排印中者，約數百種，本會自當依照原訂目標，廣續進行，以達成科學報國之宏願。

本會出版之書籍，除質量並重外，並致力於時效之爭取，舉凡國外科學名著，初版發行半年之內，本會即擬參酌國內需要，選擇一部份譯成中文本發行，惟欲實現此目標，端賴各方面之大力贊助，始克有濟。

茲特掬誠呼籲：

自由中國大專院校之教授，研究機構之專家、學者，與從事工業建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究之學人、留學生；

大專院校及研究機構退休之教授、專家、學者

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或就多年研究成果，分科撰著成書，公之於世。本基金會自當運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。尚祈各界專家學人，共襄盛舉是禱！

徐氏基金會 敬啓

中華民國六十四年九月

譯者序

本書數字控制，原名爲 Numerical Control，是奧爾斯坦氏（Nils O. Olsten）所著。奧爾斯坦氏從事太空工業與汽車工業有年，對於數字控制與電腦技術貢獻良多。彼曾在美國普渡大學，及英國、意大利、瑞士、及瑞典諸國講學，現任美國加州系統製造廠之經理。

本書共分十四章敘述，諸如數字控制之基本概念，數字控制之歷史、數字控制法、數字控制之應用與個案研究、數字控制機器之控制系統，數字控制資料處理與配合設備、數字控制之數學、人工零件程式製作、電腦協助之零件程式製作，後處理程式，工具準備、數字控制製造工具、數字控制之經濟學，以及數字控制之訓練等，無不詳述。末後，並附有術語彙編一種，讀者可以參閱。本書就數字控制而言，內容相當充實。數字控制之應用，在國內將逐漸展開，此種基本知識，極有需要。

本書係以平易之筆法譯述，對原意力求吻合，所有譯名係參照國立編譯館出版之電子工程名詞，電機工程名詞，和黃振亞博士所編英漢電腦學辭典。惟以書成倉促，謬誤之處定然難免，尚祈先進學者，賜予指正，是爲序。

徐萬椿 謹序

中華民國六十六年八月十四日

作者序

甚少工程方法和製造方法能如數字控制使人發生濃厚之興趣，使工業界廣泛之各個部門發生甚多之變化。數字控制技術，幾乎遍及製造工業之每一部門，包括自設計乃至模型製造、試驗、工程設計、規劃、工具準備、生產製造、品質控制、以及其管理與經濟之相互關係。

無疑，數字控制之技術，起先即產生混淆、議論，甚至恐懼，甚多人由於起先所發生之問題，而對其經濟效益發生懷疑。今日此種數字控制之技術進入工業之各部份，仍然存在若干相同之問題。若干困難係由於缺乏如何在一定之環境中計劃與設置數字控制之實際資料。筆者撰寫本書，深望能協助澄清此種情形。

此時若指出任何製造廠最低限度必需學習數字控制法，已屬多餘，在過去十年來，數字控制裝置之成長率可說近乎依照一完全之指數曲線而成長。此種大幅成長，自有其確實之經濟理由。

本書擬對管理與技術方面直接有用之方式以包含多數數字控制之實用要點。畢竟數字控制之方法較任何其他方法為精密定義和可以控制，但必需實際瞭解、計劃、和裝置。

本書第一章以易於瞭解之正確技術術語描述基本原理。第二章包括數字控制之歷史，第三章則描述數字控制法，使讀者有深刻之瞭解。此第三章可使管理部門作數字控制之實際規劃，或將現有數字控制作業予以擴展。組織表與方法，並非桌上之幻想，而是真實之產品。

第四章及第五章則詳細討論應用與個案研究，此等討論，對多數讀者而言，是建立數字控制作業最重要之因子。此外，在全書中，含有甚多國際標準之資料。第六章則討論數字控制工具機之控制系統。第七章討論數字控制之資料處理與配合設備，因為此等資料處理與配合設備維繫著最大之經濟效益，而至今日却仍被忽視。

筆者相信，第十二章數字控制之工具設置觀念，可說獨一無二，若干資料，尚未見諸刊行。以數字控制為工具以作生產，或其他之應用，具有極高

之經濟效益。第十三章之主題爲在獲得數字控制設備之前評價經濟因子之方法，提供經過驗證之方法，經過稍許之修改即可應用於不同之工廠。

最後一章爲訓練，應用本書作爲基本資料以爲數學之用。此處又特別強調實用之題目。

由於數字控制含有甚多不同之範圍與觀念，讀者有時對名詞可能難以瞭解，尤其讀者未有從頭閱讀本書者爲更甚。大部份名詞，均在第一次應用時予以解釋，由於篇幅所限，一個名詞不能連續再作解釋。因之，本書含有一完善之語彙。對於編纂此項語彙曾化相當之精力以定義典型之字語與觀念，有時需要以圖說澄清其定義。

撰寫如數字控制一類快速發展之書籍，似屬一種無有希望之工作。不過，數字控制方法多數重要觀念現在已經建立，主要者，其技術之應用與新設備之發展，仍在迅速變化中。爲著保持最新之發展，最好能隨時注意最佳之商業刊物，此等刊物在數字控制方面常較任何其他製造方法爲多之宣傳資料。從事於數字控制之人士，如能屬於美國數字控制學會（Numerical Control Society of America）及不列顛數字控制學會（British Numerical Control Society）爲會員，當可得益非淺。此兩種學會，在甚多地區，均有分會。數字控制人士，如能屬於美國計算機學會（Association of Computing Machinery 簡寫爲A C M）或其他國家類似之學會爲會員，亦將得益甚多。

筆者對每一章之撰寫，均使能獨立應用，而不必經常參閱其他各章，故本書可用作參考與訓練。又，每一章具有一介紹，對於主題可作迅速掃瞄，然後將主題作詳細解釋。此種格式可使本書對所需各種資料位準極爲有用。畢竟，一電腦分析師也許需要工具機工作之資料，一零件程式製作師需要瞭解電腦之基本原理。

由於數字控制所含之材料極爲廣泛，不能作詳細之討論，但是本書並非將此等主題省略，而仍作簡單之解釋，使讀者能得到該主題之概念。在另一方面，在某些部份先前之數字控制書籍已有相當篇幅之報導者，則完全予以略去。筆者相信，若將數字控制經常作爲特別情形處理，將是一種危險，基本哲學仍該儘可能應用。舉例說，數字控制之工廠規劃，則與任何其他新工具機或新方法之工廠規劃相同。無論在何一種情形，必需作徹底評價，將整個製造系統作最佳之運用安排。

由於數字控制所包括之範圍甚爲廣泛，所以在教育上之需要，較任何新技術爲多。在數字控制之多數捷足先登者，訓練與教育爲其重要之工具，但

是缺乏教材，因之被迫發展一種課程與若干課本。本書目的之一，則在作一種教科書。鑑於專科學校各階層建立課程之問題，若讀者需要，筆者可提供課程計劃。

筆者由於從事於數字控制之工作，又撰寫與教授數字控制技術，故已有私人、公司、研究團體，以數字控制設備之製造廠所得到的相當份量之資料。當然，本書中可能只包含一部，若干此等資料他處可能不可多得，讀者可透過出版商，筆者願與讀者分享此項資料。本書如有錯誤，尚請讀者來函指正為感。

若干年前有一種說法，“每一公司可以自行採用數字控制技術，可以成功，也可失敗。”近年來此項說法仍屬真確。若本書能使讀者瞭解數字控制法，則本書之目的已經達成矣。

奧爾斯坦(Nils O. Olesten)

一九六九年十一月

目 錄

譯者序

作者序

第一章 基本觀念

1-1 數字控制之定義·····	1
1-2 數字控制法簡單之解釋·····	2
1-3 基本觀念·····	4
A. 長方形笛卡爾座標系統·····	4
1. 雙向系統·····	4
2. 三向系統·····	5
B. 數字控制工具機之控制系統·····	8
1. 工具機控制系統之分類·····	10
a. 定位系統·····	10
b. 定位 / 直切系統·····	11
c. 輪廓系統·····	11
d. 輪廓 / 定位聯合系統·····	11
2. 機器軸及運動·····	12
3. 增量系統·····	19
4. 絕對系統·····	19
C. 數字系統·····	20
D. 控制媒質·····	23

1-4 數字控制——彈性自動化·····	25
----------------------	----

第二章 數字控制之歷史

2-1 早先之自動化設施·····	29
A. 1801 年之習卡特織布機·····	29
B. 自動鋼琴·····	29
2-2 數字控制之開端·····	31
A. 帕生斯公司計劃·····	32
B. 空軍委託麻省理工學院之研究·····	33
C. 數字控制程式製作系統之發展·····	34
2-3 在一九六〇年代之擴大發展·····	35
A. 太空工業協會在數字控制之作業·····	35
B. 工具機·····	36
C. 控制系統之發展·····	37
2-4 美國地區以外早先數字控制之發展·····	39

第三章 數字控制法

3-1 為普通工具機作計劃·····	42
3-2 靠模控制之工具機·····	44

A. 起槽.....	44	H. 數字控制工作計劃排列 之任務.....	70
B. 以自動追蹤器控制作銑 切.....	45	I. 數字控制之其他應用...	71
3-3 回放系統.....	46	第四章 數字控制之應用與 個案研究	
3-4 數字控制法.....	47	4-1 切削金屬之工具機及金 屬切削法.....	73
A. 數字控制法之零件選擇	47	A. 搪孔.....	73
1. 生產率.....	48	1. 臥式搪孔.....	73
2. 精度要求.....	49	2. 鑽模搪孔.....	77
3. 零件外形.....	50	3. 移動搪孔.....	81
a. 零件之複雜性.....	50	4. 立式搪孔.....	83
b. 向上拱出之外形...	51	B. 鑽孔.....	84
c. 數學定型之零件外 形.....	52	1. 砲鑽.....	84
d. 多項操作.....	53	2. 臥式鑽孔.....	86
e. 工程變更.....	53	3. 多軸鑽孔.....	86
f. 左手外形或右手外 形.....	54	4. 攻螺紋.....	87
4. 調定考慮.....	54	5. 轉塔鑽孔.....	88
5. 準備時間.....	55	6. 立式鑽孔.....	91
6. 工作日程之排列.....	55	C. 輪磨.....	92
7. 工具準備考慮.....	56	1. 外形輪磨.....	95
8. 互換性.....	56	2. 鑽模輪磨.....	95
B. 計劃過程及其相互關係	56	D. 切削中心.....	96
C. 數字控制零件程式製作 法.....	59	1. 一般敘述.....	96
1. 人工零件程式製作...	59	2. 控制系統.....	106
2. 電腦協助之零件程式 製作.....	61	E. 銑切.....	107
D. 數字控制資料處理.....	64	1. 兩軸銑切.....	107
E. 在數字控制工具機上校 對控制媒質.....	64	2. 三軸銑切.....	109
F. 工具機操作者之任務...	67	3. 多軸銑切.....	111
G. 品質保證.....	68	4. 四軸銑切.....	117
		5. 五軸銑切.....	117
		6. 五軸工具機之工具設	

置	118
7. 程式製作	119
F. 定位工作台	120
G. 衝孔	122
H. 起槽	125
I. 鋸切	126
J. 輸送線	129
K. 車削	131
L. 其他金屬切削法	138

第五章 數字控制之應用與個案研究(續)

5-1 雜項工具機及製法	140
A. 裝配	140
B. 數字控制繪圖	142
1. 一般描述	142
2. 第一代繪圖機	142
3. 第二代繪圖機	145
4. 應用	146
C. 細線捲繞	148
D. 火焰切割	150
E. 針織	151
F. 檢驗	152
1. 程式製作	154
2. 度量探針系統	154
3. 操作	156
4. 在數字控制設備作檢驗	157
5. 工具機校準	159
6. 施畢利度量檢驗機器	161
G. 鉚接	162
1. 導言	162
a. 人工鉚接	162

b. 機器鉚接	163
c. 自動機器鉚接	163
2. 定位	163
3. 鉚接操作之自動化	163
4. 以數字控制自動鉚接	165
H. 機器人	168
I. 彎管	169
J. 焊接	175
K. 製線法	180

第六章 數字控制機器之控制系統

6-1 導言	188
6-2 基本構件	189
A. 控制環	194
1. 開環系統	194
2. 閉環系統	194
3. 進給率控制	194
B. 讀帶機	194
1. 打孔帶讀帶機	194
a. 機械讀帶機	195
b. 光電讀帶機	196
2. 磁帶讀帶機	199
C. 電子線路與插值法	200
D. 積體電路	207
1. 積體電路構造	208
E. 引動機構與伺服機構	208
F. 轉換器——返饋設施	212
1. 直線轉換器	213
2. 旋轉轉換器	213
a. 防錯邏輯	215
b. 窗眼碼	215
G. 顯示	215

6-3 定位系統·····218	6-8 線外插值器系統·····274
A. 概述·····218	A. 定義·····274
B. 若干典型定位系統·····219	B. 早先之系統·····276
1. 柯爾曼 650 系列定位系統·····219	1. 導言·····276
2. 克脫勒漢米爾 900 系列定位系統·····222	2. 數位化系統(電子控制系統)·····276
6-4 定位 / 直切系統·····223	3. 吉定魯易士數字碼系統·····277
A. 概述·····223	4. 英格蘭弗藍梯系統 279
1. 參差系統·····223	C. 新近之系統·····280
B. 一典型之系統——世紀通用電氣控制系統·····224	1. 導言·····280
1. 概述·····224	2. 一典型系統——意大利奧力維連續路線控制系統·····281
2. 詳細描述·····224	3. 朋迪克斯系統——導向器路線系統·····284
C. 其他定位 / 直切系統·····237	4. 英格蘭弗爾藍梯系統 288
1. SLO-SYN 系統·····237	6-9 數位磁帶系統·····292
2. 潑拉脫忽德耐系統·····240	A. 數位磁帶讀帶機·····292
3. 其他系統·····243	B. 一典型系統——彭克拉摩 3000 輪廓控制系統 293
6-5 輪廓系統·····243	1. 操作理論·····296
A. 典型系統——朋迪克斯達納路線 20 系統·····244	2. 操作細節·····298
B. 其他輪廓控制系統·····252	6-10 直接數字控制系統·····299
1. 彭克拉摩系統·····252	6-11 流體控制系統·····302
2. ESSI 系統·····256	
3. 通用電氣系統·····257	
6-6 輪廓 / 定位聯合系統·····259	
A. 一典型系統——辛辛納地亞克力麥梯克系統·····260	
B. 其他系統·····268	
6-7 內儲程式系統·····268	
A. 一典型之系統——加拿大施畢利迴轉儀公司 UMAC 5 系統·····268	
	第七章 數字控制資料處理與配合設備
	7-1 一般系統描述·····304
	A. 零件程式原稿·····305
	B. 輸入原稿卡片組·····307
	C. 電腦·····307
	D. 電腦輸出·····308

E. 打孔卡變換打孔紙帶	308
F. 打孔紙帶	308
G. 導向器系統	310
7-2 打孔卡	310
A. 何樂里編碼	311
B. 二進位編碼	311
7-3 列表設備	312
A. 打孔設備與驗證設備	313
B. 分類設備	315
7-4 電腦設備	315
7-5 打孔帶	317
A. 一般敘述	317
B. 電子工業協會標準打孔帶——EIA	318
C. 標準打孔帶——資料交換所用美國標準編碼	338
D. 打孔設備	347
1. 人工製帶	347
a. 帶之驗證	347
2. 自動製帶	350
a. 奧脫龍納克斯公司系統 128	350
b. 磁帶變換打孔帶	351
7-6 磁帶	351
A. 優點	351
B. 缺點	352
7-7 資料通信	352
A. 遙遠數字控制法之操作	353
1. 使用者之位置	353
2. 介面與傳輸線路	356
3. 資料處理中心	356
4. 輸出	356
7-8 服務中心	356

第八章 數字控制之數學

8-1 導言	358
8-2 刀具向量計算	358
8-3 圓周近似插值	360
8-4 一般曲線——拋物線舉例	366
8-5 幾何定義	473
8-6 數學表面定義	374

第九章 零件程式製作——人工

9-1 定位程式	376
9-2 輪廓程式	379
9-3 摘要	387

第十章 零件程式製作——電腦協助之系統

10-1 電腦介紹	388
A. 輸入	389
B. 輸出	390
C. 記憶	390
D. 算術設施	391
E. 控制設施	391
10-2 電腦協助零件程式製作	394
10-3 程式製作系統	395
A. 麻省理工學院之基本研究	395
B. 工業所發展之系統	396
C. 自動刀具程式之發展	396
D. 標準化數字控制電腦系統——一般描述	397
1. 自動刀具程式 IV	397

2. 自動刀具程式副組	413
3. 其他數字控制電腦系統	414
4. 歐洲所發展之數字控制電腦程式	415
a. NEN 數字控制處理機 (2P, L; 2C, L; 2C)	415
b. EXAPT	416
c. 其他歐洲程式	417
E. 程式製作服務中心	418
F. 帶之驗證	418
G. 圖解零件程式製作	422
10-4 摘要	422

第十一章 後處理程式

11-1 導言	424
11-2 後處理程式之定義	425
11-3 數字控制電腦程式製作系統	425
11-4 後處理程式單元	428
A. 控制單元	428
B. 輸入單元	428
C. 運動單元	429
1. 幾何副單元	429
2. 動力副單元	430
a. 程式製作減速度	431
D. 補助單元	432
E. 輸出單元	433
11-5 模組後處理程式之發展	433

第十二章 工具準備

12-1 導言	438
---------	-----

12-2 工作物夾緊設施	438
A. 鑽模與夾具	439
1. 座標圖	439
2. 切削夾具	440
B. 標準化工具	443
1. 華爾登系統	444
2. 生特斯脫藍標準夾具	446
C. 座標系統	446
1. 座標系統觀念	448
2. 爲工具機 10 吋格子副底座定座標	452
D. 標準架子	455
E. 定額工具	455
F. 多項操作工具	456
G. 台板工具	458
H. 雜項工具	458
12-3 刀具及刀具更換器	458
A. 概說	459
B. 刀具控制	459
C. 預行調定刀具	459
1. 預行調定刀具之編碼與鑑別	464
2. 預行調定刀具與分級程序	468
D. 自動刀具更換器	473
12-4 數字控制製造工具	476
A. 概說	476
B. 普通工具製造法	477
C. 數字控制工具製造法	480
D. 鑽模與夾具	482
1. 切削夾具	483
a. 普通法	483
b. 數字控制製造夾具	483

E. 裝配工具.....483

F. 雜項工具.....483

第十三章 數字控制之經濟學

13-1 概說.....488

13-2 經濟評價.....489

13-3 設備評定.....489

A. 設備請購.....489

B. 機器規格單.....492

C. 分析之摘要.....495

D. 設備計劃.....495

13-4 零件程式製作.....496

A. 室內程式製作.....496

B. 服務中心.....496

13-5 追溯配合.....496

13-6 小型商業考慮.....497

第十四章 訓 練

14-1 導言.....498

14-2 廠內訓練.....499

14-3 管理訓練.....499

14-4 保養與操作人員訓練.....499

14-5 零件程式製作師訓練.....500

術語彙編

第一章 基本觀念

1-1 數字控制之定義

1-2 數字控制法簡單之解釋

1-3 基本概念

A. 長方長笛卡爾座標系統

1. 雙向系統

2. 三向系統

B. 數字控制工具機之控制系統

1. 工具機控制系統之分類

a. 定位系統

b. 定位 / 直切系統

c. 輪廓系統

d. 輪廓 / 定位聯合系統

2. 機器軸與運動描述

3. 增量系統

4. 絕對系統

C. 數字系統

D. 控制媒質

1-4 數字控制——可伸縮之自動化

1-1 數字控制之定義 (*Definition of Numerical Control*)

數字控制之定義，係以其應用而異。也許最簡單之定義，就其名字之含義而言，是以數字控制之一種方法。在本書中所用尚有兩種其他定義，即(1)以符號程式製作與符號控制所完成之一種方法；及(2)以“貯存之知識”所完成之一種方法，此項“貯存之知識”一旦設置完成之後，即不致受人之干涉而變更。

數字控制之多數應用，則在協助製造。不過，數字控制具有更廣泛之觀