

科學圖書大庫

彈性製造系統

—設計與運作—

主譯者 國立編譯館
譯者 陳英亮

徐氏基金會出版

科學圖書大庫

彈性製造系統

—設計與運作—

主譯者 國立編譯館
譯者 陳英亮

徐氏基金會出版

財團
法人

徐氏基金會

科學圖書大庫

版權所有



不許翻印

中華民國七十六年十二月二日初版

彈性製造系統

—設計與運作—

基本定價 4.40

主譯者 國立編譯館

譯者 陳英亮 國立交通大學資訊系教授

譯作權所有人 國立編譯館

本書如發現裝訂錯誤或缺頁情形時，敬請「刷掛」寄回調換。 謝謝惠顧

局版臺業字第3033號

出版者 財團法人 徐氏基金會 臺北市郵政信箱13-306號
郵政劃撥帳戶第00157952號 電話：3615795~8

發行人 呂 幻 非 新店市中正路284巷7號

承印廠 祥新印刷有限公司 台北市和平西路3段52巷29號

序 言

當今製造工程的目標是要發展真正的彈性製造系統（FMS——Flexible Manufacturing Systems——）以邁向完全自動化的工廠。我們正朝著這個方向演進，其中包含彈性加工、裝配、產品檢驗以及相關的程序等，這種方式將被證實要比傳統的生產系統優越。

以電腦來整合製造作業是一種有力而且是革命性的技術。FMS將會改變我們的思考方式。我們必須以完全整合性的製造理念設計一種具有高度彈性的系統而將舊技術捨棄。同時，為了一個國家的發展與生存，對於這種高度自動化工廠的觀念是有必要有個清楚的瞭解。

雖然在未來十年之內完全自動化的工廠還不會很普遍，但是一旦經驗的結果顯示了它的功能並降低了風險，這些優點就會引導我們走向彈性自動化的路。

倡導任何一種工業計畫的原理與態度一般是決定於經濟、社會與教育等因素，而知識的獲得也是非常重要的。在發展之初，由於所知有限，進步是緩慢的。不過當所獲得的知識增加時，就會加速的進步直到接近工程與科學的極限。當技術開始成功時，人們就會看出它的潛力，然後隨著知識的增廣與績效的提升，帶動的力量也隨著增加。

邁向彈性自動化時代最重要的關鍵是培養一些新的專家，他們能清楚的瞭解系統技術與製造技術（不僅是加工技術），同時在系統工程與

軟體工程也具有很強的能力。FMS會屹立或衰亡將決定於新一代的管理者、設計者、研究者、顧問以及教師們的態度。

P. Ranky博士的書在倡導新技術上是極為重要的。書中充滿可貴的資訊以及深入的透視，展露出FMS實務廣泛的內涵，說明了這個新技術目前的狀況以及未來的趨向。

科技書籍與文獻的角色是在傳播新觀念，介紹新方法，蒐集並探討研究室與工業界的經驗，促成新方法的產生，指出系統化的研究方向，累積技術轉移所需的知識，並培訓人才。

FMS的設計與運作這本書以這些目標自期，我確信Ranky博士的貢獻是一流的。

Ranky博士是吾友M. Ranky教授這位傑出研究者的公子。他在FMS上所下的工夫令我激賞，我很樂意替他的書寫這篇序言。

Dr-Ing G. F. Micheletti教授
Politecnico di Torino學院

目 錄

序 言.....	I
第一章 彈性製造系統簡介.....	1
1.1 FMS是什麼？.....	2
1.2 FMS與傳統製造系統在即時物料搬運作業與排程作業上的比較	4
1.3 FMS經濟上的價值.....	5
1.4 FMS的基本要件及其在資料處理系統中的整合情形.....	6
1.5 「整體系統」的觀念.....	8
1.6 全世界建立FMS的實例.....	10
第二章 FMS專案在規劃、設計與施行各階段的管理 決策.....	29
2.1 FMS專案管理規劃與組織.....	29
2.2 FMS設計之進行.....	31
2.3 資料處理系統之設計.....	39
2.4 FMS專案文件與軟體文件.....	60

2.5 FMS設計與運作中使用的人工智慧 (AI) 技術·····	62
第三章 FMS中的分散式資料處理系統·····	68
3.1 資料庫管理系統 (DBMS) 簡介及其在CAD/CAM與FMS中之應用·····	70
3.2 FMS中的分佈式系統·····	100
第四章 整合式CAD/CAM系統與工件程式設計··	118
4.1 CAD與CAM的整合·····	118
4.2 一個CAD/CAM的個案研究以及FMS工件程式的資料結構··	134
4.3 不隨機具而異的工件規劃觀念·····	146
4.4 FMS工件程式的規劃風格·····	149
第五章 FMS中的分佈式刀具資料庫·····	152
5.1 具有刀具敘述功能的分佈式刀具資料結構·····	156
5.2 FMS刀具資料庫的施行·····	161
5.3 FMS刀具資料庫的應用領域·····	167
第六章 FMS的夾具與固持裝置資料庫·····	174
6.1 FMS的夾具與固持裝置資料庫·····	174
6.2 托板對正誤差與工件裝件誤差的分析與計算·····	176
6.3 自動化設計與自動化組配中敘述匹配面的方法·····	184
第七章 工業機器人，自動化倉儲以及導引車輛在 FMS中的使用·····	189
7.1 工業機器人在FMS中的規劃·····	189

7.2	工業機器人在FMS中的應用	222
7.3	自動導引車輛 (AGV) 系統的使用	237
7.4	電腦整合系統中的自動化倉儲	245
第八章 在電腦整合的系統中用以測量座標的機器		
		250
8.1	座標測量機概述	251
8.2	接觸式與非接觸式測量原理	256
8.3	座標測量機的工件程式規劃	263
8.4	週期內測量	276
第九章 電腦、機具控制器與工業機器人的聯繫		281
9.1	IEEE 488通用界面載線標準	282
9.2	EIA 232C通訊標準	285
9.3	可規劃式邏輯控制器 (PLCs)	287
9.4	與工業機器人聯繫的方法	290
9.5	DNC系統的任務	294
第十章 電腦輔助專案規劃與動態工件排程		300
10.1	專案規劃與排程方法	302
10.2	CPM專案排程法	303
10.3	PERT專案排程程式	305
10.4	動態排程系統的構成要件	312
第十一章 經濟上的考慮與計算		321
11.1	單級系統與多級系統的容量規劃	322

11.2 以PALCO-LOT-SIZE-ANALYSIS程式作FMS批量分析	326
11.3 以PALCO-INVENTORY-CONTROL程式做庫存控制	332
11.4 以PALCO-MULTIOPT程式來改善多級系統	337
第十二章 FMS的社會面與人性面	343
12.1 如何成為一個「FMS工程師」?	344
12.2 CAD/CAM的社會面與人性面	347
12.3 FMS軟體使用者人性面	347
12.4 機器人學的人性面	349
附錄A 微電腦輔助選擇機器人的個案研究——ROBOTSELECTOR I.1	352
1. 資訊管理系統檔案的紀錄敘述	353
2. 查詢設施摘要	368
3. 保留給系統使用的專用字	368
附錄B 一個與CODASYL相容的機器人資料庫管理系統的資料結構——ROBOTSELECTOR III	370
附錄C 採用關係型資料庫管理系統的機器人資料庫檔案資料結構的一個樣本——ROBOTSELECTORIV. 1	372
附錄D 用HELP語言寫成的一個CNC檢驗程式的輸出	373
參考書目與文獻	382
中英文名詞對照索引	397

第一章

彈性製造系統簡介

彈性製造系統（FMS）是一個綜合高層次分散式資料處理、自動化物料流動以及整合式物料處理與物料儲存的系統。其中物料流動自動化是利用由電腦控制的機具、裝配單元、工業機器人、檢驗儀器等來達成，而物料處理與物料儲存的整合是利用電腦來達成的。

在本書的架構中，把製造視為一個整合許多不同程序的系統，有適當界定的輸入以產生預期的產出。

系統的輸入可為原料及/或資料（例如CNC程式），這些輸入必須經由系統中各種輔助要件加以處理。所謂輔助要件如工具，夾具與固持裝置，以及感測器與其回送資料等等。系統的輸出也可為資料及/或物品，這些輸出的資料或物品可能還須經過這個製造系統其他單元再作進一步的處理。

FMS也可以視為一個分散式管理資訊系統，將機製、焊接、上漆、火焰切割、金屬板製造、檢驗、裝配等智慧型次系統（一般稱為節點）以及物料搬運與儲存過程等整合而成。

FMS這種套組式系統觀，不祇在製造系統的設計與操作時可以應用，在其他由電腦整合的計畫中，機器在電腦控制下以整合的方式運作時，也可以應用。像一些彈性裝配系統採用工業機器人以及其他裝配設備，就是屬於這一類的應用。

1.1 FMS是什麼？

在設計FMS時，基本的問題是怎樣創造出那些構成系統的工作單元。FMS的單元一般是相當複雜的。它們可能需要具有不同的物理特性以對零件或次組件做必要的轉變作業。在不同的物料搬運系統中（機器人、自導車輛、輸送帶、托板裝卸車等），工作單元有種種不同的連接方式，它們還須與資料處理網路連繫使系統有完美的整合。

圖1.1是簡化的FMS單元示意圖。圖中所示是一個工作單元以及它的

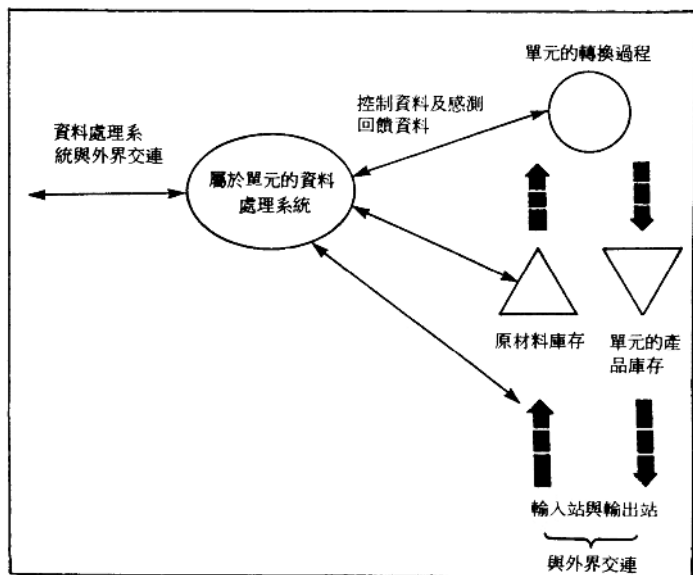


圖1.1 FMS單元的觀念示意圖。圖中顯示其資料處理系統以及物料處理系統與外界交連的情形。

輸入與產生，用以說明其基本功能。基本功能有：執行轉變程序；暫存及/或保存工件；與外界的材料搬運系統交連並與控制系統通訊。零件、工具以及托板等的運送就是實物交連的範圍。

FMS依靠資料處理連線與資料庫互通訊息。資料庫包含有任務程式、檢驗程式、機器人程式、機器作業數據、FMS即時控制資料等等。資料處理管道也能把資料回送到較高層的控制層級，以便於作績效分析或即時故障排除。

一個單元之內可以用不同的設備來搬運零件與工具，例如托板更換設備、自動化托板儲存設備，以及工件更換與工具更換操縱器等皆是。單元在單獨作業或無人作業都需要這些設備。

主要的轉變程序本身包括機器加工（例如車削、成型、鑽、磨、切、打孔等），去屑（零件清洗與切屑清除），焊接、上漆、自動裝配、檢驗、包裝、儲存等等。

FMS單元的產品一般是經由緩衝庫送出的。如果輸送設備的容量夠大，則輸入緩衝庫與輸出緩衝庫以及物料搬運系統可以用共同的輸送設備。

理論上每一個單元在程序控制系統中必須利用分佈式網路中的一個智慧型節點個別操縱。

一個單元的輸出就是FMS中該特定部分的產出物。不僅有硬件（完成的或半完成的產件），同時還包括相關的資料。這些資料必須表達成電腦可讀的格式，經由分佈式通訊網路告訴下一個單元如何進一步處理產出物。

譬如說，一個產件剛經過某個單元作表面處理，接著可能要到另一個單元去作進一步的加工或檢驗，這時產件與資料（資料是指還須要做什麼處理，依照怎樣的順序處理等指示）二者都得傳送到下一個單元（所謂下一個單元並不一定指定輸送系統中的下一站，而是指轉變過程中所規劃的下一個單元）。

1.2 FMS與傳統製造系統在即時物料搬運作業與排程作業上的比較

一個流線式製造系統可以看成是許多產件在不同工作站及/或相似工作站間的單向傳送。這些系統中的物料流動是分離的而且是由人操作。

若流程中各處理站之間物料搬運採用自動化作業，則稱為轉送系統。在這種系統裡產件的加工及/或裝配都是大批量的，同一個時間處理的產件類型很少，往往只有一種，因此沒有什麼彈性。

一般而言，FMS結合了一個高生產力但無彈性的轉送線與一個富彈性低效率的工廠的好處。每一個工件有預定的作業項目，每一個加工/裝配站執行一個或幾個項目。這些工件的製造順序寫在一張表單或一個排程上，在一定的期間內由這個排程決定由哪一部機器做哪一個工件上的哪一項工作。

一般工廠裡所用的排程法則是在開始做排程時應用的，因此是線外式，其所得的結果適用於整個梯次，甚至更久。一旦有意外事故發生，例如刀具損壞，工具機或機器人故障等等，由於這種先定的排程方式，整個生產便中斷了。

FMS必須在動態排程系統控制下進行工作，也就是說，要在目前這個單元的工作項目快要完成時才決定下一項工作要在哪一個單元製造哪一個產件。換句話說，為了要能反應即時的決定，並不是事先就做好一個完整而固定的FMS排程的。

由於FMS在各工作項目之間實際上幾乎沒有耗費整備時間，而且每個單元都能以不同的順序做不同的作業項目，因此FMS比上述各種系統都更具有彈性。

1.3 FMS經濟上的價值

FMS目前在世界各地呈指數式的成長著，什麼原因呢？我們簡要的來討論一下設計與施行FMS的基本理由。

FMS在適當的設計與運用下有以下各項好處：

- (1) 生產力提高。也就是產出增加，單位成本降低，廠房空間減小45%-85%。
- (2) 由於生產過程更為均勻一致，因此產品品質改善。
- (3) 由於採用一些智慧型、能自行修正的系統（也就是一些具有感測資訊回送系統的機器），提高了生產作業的整體可靠性。
- (4) 費用較低。與傳統的獨立式CNC控制的機器比較，所需的機器設備減少45%-85%，整體的資本投資降低了5%-10%。又由於採用彈性的物料搬運與儲存系統，獲得自動化庫存控制，使物料的庫存水平大為降低。
- (5) 產件可以隨機的大批量生產，前置時間可以減少50%-75%。
- (6) FMS是現今的製造界中唯一機具使用時間能高達90%，材料切削時間也能高過90%的系統。與單獨的NC工具機比較，工件在NC工具機製造時，從存料一直到完成，在機器上的時間僅佔全部時間的5%，而在機器上實際的生產工作又僅佔這5%中的30%（參閱圖1.2與1.3）。因此在使用單獨工具機的情況，產件實際進行有用工作的時間僅佔產件在工廠裡全部處理時間的1%-1.5%而已。〔1.1〕

另外有一點必須一提，雖然FMS所需的機具操作員較少，有時甚至根本不需要操作員，但是其餘的人員（也就是生產工程師、電腦程式製作員以及維護工程師等）卻必須具備極高的技藝，因此需要較多的訓練，他們所要求的薪資也較高。

6 彈性製造系統：設計與運作

損失	約 計 %
等候狀態的機器	35
人力控制	15
支援性服務	15
總損失=65%	

圖1.2 獨立的製造中心管理上的生產力損失情形

活動	約 計 %
工具更換，工具定位	25
金屬切削	5
計量、裝載	20
等候與閒置	15
維護	20
其他（例如準備等）	15
總 計=100%	

圖1.3 獨立的製造中心時間的利用情形

1.4 FMS的基本要件及其在資料處理系統中的整合情形

FMS要能達成其重要目標就必須以能相容而且有智慧（也就是可規劃）的子系統來建立。理論上最好是每個單元都由電腦來控制並且都能與組織中較高層的控制者以及物料處理系統相聯繫。（圖1.4）

所謂彈性也可以說是，如果某一個單元故障時，生產規劃與控制系統還能另行規劃並重新做排程，換句話說，能就系統新情況重新分派工作。這就只有在生產過程以及產件製造次序二者都可以隨意規劃的情況下才有可能。

如果把不同的產製程序與一個特殊目的的高產力系統（譬如大批生產的輸送線）僵硬地結合在一起，則系統不可能有套組式的發展，也不可能具有彈性的作業功能。

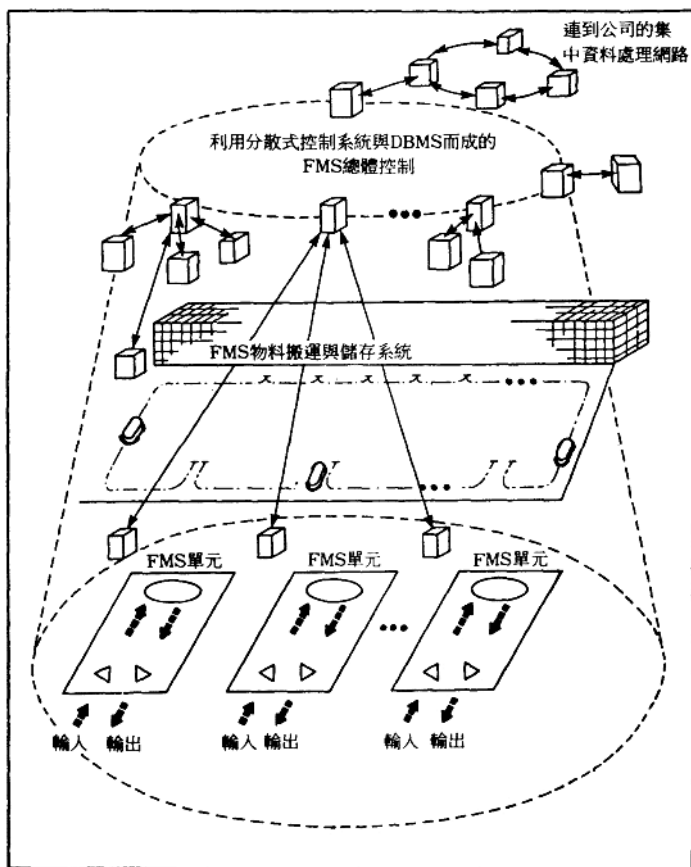


圖1.4 利用分散式控制網路將一些智慧型單元整合成一個整體性的物料搬運與儲存系統

然而，如果各單元以及它們與外界的交連方式都是可以規劃的，而不是固定的，就可能獲得許多有用的回送資訊。例如工具壽命資料、製程中隨時測得的加工表面尺寸資料、生產控制資料以及利用感測器認出的故障資料等，都可以使系統提高其生產力，瞭解其能力限度，並把可以把這些資料告訴各部分的程式製作員，這種資料對FMS設計師作進一步分析系統時也是非常重要的。如果在非即時式控制系統中，這些資料一般都難以蒐集，唯一的辦法就是以人工方式蒐集，但是以人工蒐集資料既費時又不可靠。

1.5 「整體系統」的觀念

如果將FMS建成智慧型子系統，並使具備標準化的機械與電子界面，則理論上可以用這樣的子系統為基石構建出一個無人的系統。再將這樣的系統進一步發展成更大的整合性系統，也是可行的理念。這就是所謂的「無人工廠」。不過這種無人工廠是不可能完全不需要人來管理的。

「整體系統」的觀念是以分佈式管理資訊系統（一般稱為分佈式資料庫管理系統，DBMS——待第三章再作詳細討論）為基礎的。

這樣的系統（圖1.5）不僅整合了生產活動，同時整合了公司中主要的相關活動。

用得到DBMS的高層管理者便能與各子系統聯繫，同時對電腦作出來的決定可以加以監督。這不純是對未來的幻想，在日本、美國以及歐洲，已經嘗試建立了一些無人工廠，工廠中包含有40-60部以電腦整合的工具機。