

第十八章 製造系統

製造系統是指為生產製造零件與產品而組織的工廠，該系統包括「消費者需求」、「材料」、「資金」、「能源」及「人力資源」等輸入、「設計」、「生產」及「管理」等程序，以及「產品」、「滿意度」、「品質」與「收益」等輸出；因此，一個完整的製造系統所包括的將不只是機器設備（Machine）而已，而是還得包括轉換過程所需的生產計畫與系統管制活動，因此，我們可以說：一個製造系統是要將有限的 4M（人力 Manpower、機器設備 Machine、物料 Material、資金 Money）等輸入，透過程序，轉換成市場需要、高品質（quality）、低成本（cost）、能準時交貨（on-time delivery）、高附加價值（value-added）的產品。

一、製造業發展歷程

	產業發展環境	自動化技術主軸	政府策略與措施
1980 年前期 低成本 自動化時代	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>經濟發展以出口導向為主 <input type="checkbox"/>人力成本低廉，多屬勞力密集產業 <input type="checkbox"/>產業結構側重輕工業 <input type="checkbox"/>以傳統機械為生產主力 <input type="checkbox"/>生產產品之附加價值較低 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>手動操作式機械設備 <input type="checkbox"/>傳統專用機大量使用 <input type="checkbox"/>半自動機械式（凸輪、氣油壓系統）設備應用 <input type="checkbox"/>電機與機械結合之機械式自動化 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>頒布「獎勵投資條例施行細則」 <input type="checkbox"/>頒布「生產事業購置設備投資抵減辦法」 <input type="checkbox"/>推動中心衛星工廠制度
1980 年中期 生產 自動化時代	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>二次石油危機改變我國與他國的比較利益 <input type="checkbox"/>生產合理化及自動化需求全面展開 <input type="checkbox"/>資本與技術密集產業抬頭 <input type="checkbox"/>多樣少量式生產漸成趨勢 <input type="checkbox"/>產品之附加價值隨製造技術提升而增加 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>強調單機式自動化 <input type="checkbox"/>機器人使用情況逐漸普遍 <input type="checkbox"/>微電腦與電子技術結合之自動化 <input type="checkbox"/>PLC、CNC 等電子式自動化與工機逐漸形成結合應用 <input type="checkbox"/>數位化控制（NC）技術已臻成熟 <input type="checkbox"/>導入並使用群組技術（GT） 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>成立「經濟部工業自動化技術服務團」 <input type="checkbox"/>推動「中華民國生產自動化推行八年計畫」 <input type="checkbox"/>實施「生產事業研究發展費用適用投資抵減辦法」 <input type="checkbox"/>推行重要外銷產業購置自動化機器設備相關「低利貸款」措施
1990 年 工廠 自動化時代	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>國際化、自由化之經貿環境已然成形 <input type="checkbox"/>使用自動化設備，減少低層勞力不足 <input type="checkbox"/>生產高附加價值產品以因應新台幣升值 <input type="checkbox"/>以 OEM 代工生產方式與國際廠商合作 <input type="checkbox"/>品質已成為產業競爭重點 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>企業採用 CAD/CAM 技術提升研發水準 <input type="checkbox"/>建置彈性式自動化生產系統 <input type="checkbox"/>自動檢測（AIS）系統為生產品質嚴格把關 <input type="checkbox"/>現場監控系統（SFC）已開始運用 <input type="checkbox"/>生產製造導入電腦整合製造系統（CIM） 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>推動「中華民國產業自動化計畫」 <input type="checkbox"/>推動「工業自動化技術輔導十年計畫」 <input type="checkbox"/>實施「促進產業升級條例」、其「施行細則」及購置自動化生產設備或技術適用投資抵減辦法 <input type="checkbox"/>推行購置自動化機器設備相關「優惠貸款」措施 <input type="checkbox"/>實施「主導性新產品開發」及「鼓勵民間事業開發工業新產品」等輔導辦法
1990 年中期 電腦整合 製造時代	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>因應自由化趨勢，政府減少政策性保護 <input type="checkbox"/>企業以自有品牌進入國際市場 <input type="checkbox"/>國內企業積極投資新興高科技產業 <input type="checkbox"/>客製化產品開始興起 <input type="checkbox"/>全球環保意識高漲 <input type="checkbox"/>產業急需導入自動化之整體解決方案 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>生產與企業管理整合為主軸 <input type="checkbox"/>PC based 控制技術廣為應用 <input type="checkbox"/>重視製造自動化系統模組化技術 <input type="checkbox"/>企業導入產品資料管理（PDM）系統 <input type="checkbox"/>企業應用企業需求計畫（ERP）、企業流程再造（BPR）、同步工程（CE）等技術，以提升生產力 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>繼續執行「中華民國產業自動化計畫」 <input type="checkbox"/>繼續執行「工業自動化技術輔導十年計畫」 <input type="checkbox"/>實施「發展台灣成為亞太製造中心推動計畫」 <input type="checkbox"/>推行生產自動化機器設備廠商所需之週轉金等相關優惠貸款措施
2000 年 企業整合時代	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>全球產業競合呈現無國界狀態 <input type="checkbox"/>台灣處於全球供應鏈上之一環 <input type="checkbox"/>產銷方式以客製化及速度為導向 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>推動產儲運銷跨企業之自動化整合技術 <input type="checkbox"/>即時生產方式逐漸普及 	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/>推動「產業自動化及電子化推動方案」 <input type="checkbox"/>推動「製造業自動化技術能力提

	<input type="checkbox"/> 創新為產業發展之重要資產 <input type="checkbox"/> 產品變化快，生命週期短	<input type="checkbox"/> 小而快之靈敏式(Agile)生產系統應運而生 <input type="checkbox"/> 企業漸趨採用高精密度之自動化生產系統 <input type="checkbox"/> 強調遠端監控、維修及服務技術	升五年計畫」 <input type="checkbox"/> 推行購置自動化機器設備，並執行產業自動化方案投資之軟、硬體設備相關「優惠貸款」措施
--	---	---	--

資料來源：經濟部工業局工業自動化及電子化小組

二、從單機自動化走向整合型自動化：彈性製造系統的發展背景

1970 年代以降，尤其是 80 年代和 90 年代，整體製造產業的環境變得更複雜與不確定，顧客對於產品的要求趨向於多樣化，製造業如何由較低水準的製造系統，提升到較高層次，進而整合成電腦整合製造系統（CIM），以較低的生產成本及較短的交貨期來滿足多樣化的變化，成為非常重要的課題。其中，依照提升與整合的程度差異可以分成四個不同的層次。

（1）層次 I（單機自動化）：如機器人和數值控制工具機。

單機自動化是將原本仰賴人工的工件取換工作自動化，並設計供料機構能容納少數批量，儘量減少人工作業，達到「一人多機」之目的，不過本階段的設計方式因限於技術能力，僅能以專用機的方式設計，使供料設備與加工機結合而為一加工單元，而由於使用專用機方式，因此變換工件相當困難費時，不過卻可依據加工工程之特殊需求設計生產流程，可大幅提高設備之稼動率。

（2）層次 II（彈性製造單元）：使用群組技術和電腦輔助製造，由機器和原物料組成，負責生產零組件的一個群組，此層次整合的最高表現，就是 FMS 的單元（彈性製造單元）。

彈性製造單元的基本概念是連結可暫存少量工件的供料系統、具泛用性之搬送機具與加工機具，不但可達到單機自動化加工，且具工件種類變化之調整彈性。為使加工工件種類可變，傳統附著於加工機上專用機式的供料設備必須淘汰，改以獨立設置且可存放多種工件之供料台，在物流搬送上也必須揚棄以往油氣壓式的打料、堆料設備，改以較具泛用性的機械手臂、輸送帶甚或搬運車等，另外一項較顯著的改變為加工機的控制單元必須與單元控制器連線，可於單元控制器上啟動加工機、傳輸加工程式及選擇加工程式。

彈性製造單元以連接多面自動托板以及自動托板交換機構之綜合加工機最具代表性，此類設備可於加工同時安裝其他元件，並藉著模具與托板交換機構之定位精度，免除工件與刀具之調教時間，因此可大幅提高設備之稼動率；不過由於刀倉容量有限，因此工件種類變化彈性較低，且因暫存區有限故無人化時間無法獲得有效之改善。

（3）層次 III：連結層次 II 的各單元，並使用 CAD、CAM、自動儲取系統（automated storage/retrieval system）、剛好即時系統（JIT）和製造需求規劃（MRP II）等，構成比較大型的生產系統。

彈性製造單元的主要缺失在於缺乏彈性，因此若吾人能連結數部加工機，並設置較大容量的物料暫存區，再以搬運車等設備連結加工單元與倉儲單元，即可較徹底的解決有關工件變化之問題，而這也即是發展「彈性製造系統」的主要精神，不過由於必須監管多項設備，因此彈性製造系統的單元控制軟體至少必須具備：加工程式管理、加工資料管理、排程管理、生產操作管理、生產實績管理及系統監控管理等功能，典型的彈性製造系統包含臥式綜合加工機（具自動托板交換及較大容量之刀倉）、洗淨機（具自動托板交換）、工件裝卸站、高架倉儲、單元控制器。

（4）層次 IV：透過廣泛資訊網路的連結，全面整合所有的製造功能和界面。在此層次當中，被廣為熟知的就是電腦整合製造（CIM）。

所謂 CIM 技術 (Computer Integrated Manufacturing)，就是整合應用電腦資訊、通訊網路及自動化技術，將生產製造體系中之各項活動，包括產品開發、製程規劃、生產管理、庫存物管、加工製造、品管檢測、工廠監控、採購銷售，乃至於人事財務等各項業務活動，以電腦系統幫助工作人員迅速而明快地處理，並透過電腦網路，將上述各項業務活動，統合在一個整合性資料庫的環境下運作，使得各業務部門的資訊可以互通共享、即時傳遞，不僅可以免去許多人工的重複抄寫傳送，更重要的是可以充分應用更多有用、正確、即時、而且一致的資訊，而使得產品的推出市場可以加速，品質可以確保穩定，交期可以縮短，良率可以上升，庫存可以下降，稼動率可以提高，市場的動態反應也可以大幅加快。

從適應環境觀點，由傳統單機式的製造方式快速轉移到電腦整合製造系統是被認為最直接的且最有效的，但是從製造業的發展歷程來看，一項不能否認的事實是「成功地導入 FMS 是達到工廠自動化和電腦整合製造的一個重要關鍵」，而 FMS 也不是可以獨自發展的，而是必須整合其他相關的領域，如設計、銷售、採購、程序規劃、生產排程及派工等，才可以聯合發展成為電腦整合製造，因此，層次 II、III 中的 FMC 與 FMS 的導入過程將是達到層次 IV 系統整合的一個重要關鍵。

三、彈性製造系統的定義

在先進的自動化技術中，有關 FMS 的導入逐漸受到學界和業界的重視。近十數年，FMS 在各先進國家被廣泛地運用在相當多的行業，除了切削加工的應用外，也應用到鑄造、壓製廠、鍛造射出成型廠。其中，最主要的對象仍以機械加工方面為主，包括工具機零組件、汽車零組件、機車零組件、塑膠機械零組件和壓縮機零組件等。目前世界先進國，如美國、日本、德國等，對 FMS 的定義仍有所差異，因此，很難明確嚴謹的加以定義。

- FMS 是指將幾台加工性質相同或不同的機器串聯起來，透過電腦控制程式，設計出具彈性變化的一貫作業生產流程。亦即 FMS 係一群製程工作站所組成的，這些工作站之間乃藉由自動化的物料搬運與貯存系統加以連結，並藉著一個整合的電腦系統執行控制的功能。
- FMS 是縮小的自動化工厂，FMS 為一種自動化的生產系統，以彈性的方式生產一種或多種零組件族群。也就是經由共同的控制系統和輸送系統串聯成一群體之數個加工工具機，此群體可以自動地進行加工作業，同時具有自動加工某一範圍內之數種不同的工件。亦即，FMS 是一條包含數個加工工具機之生產線，它可以在不需要停機調整之情況下，自動進行加工數種不同之工件 (Inman, R.A., Flexible Manufacturing Systems: Issues and Implementation, Industrial Management, Vol.33, Jul/Aug 1991, pp.7-11.)。
- FMS 是一個綜合高層次分散式資料處理、自動化物料流動、整合式物料處理與儲運的系統 (Ranky, P. 彈性製造系統--設計與運作。陳英亮譯。國立編譯館。1987 年)。
- FMS 是指合理化而有彈性或多樣性的加工系統 (伊東誼、岩田一明。彈性製造系統。林維新、林勝賢譯。全華科技圖書公司。2 版。1989 年)，而至少具備三個機能，即核心部份為自動化的加工系統、與加工系統有機結合的自動搬運系統、將加工系統和自動搬運系統做統合控制的裝置和結合的軟體機能。
- FMS 是指合理化且具有彈性及多樣性的加工系統，至少應具備自動化的加工系統、能夠與加工系統密切結合之自動搬運系統的生產系統、能夠統合前述兩項之整合軟體機能系統。

綜觀上述各種對 FMS 的解釋與看法，可將 FMS 看成以多樣少量的機械加工為主，具備一般加工機能的工具機、系統控制器、工件裝卸站、物料搬運裝置、工件運輸裝置、輔助設備、刀具室和自動倉儲，且同時具備高度的彈性和自動化為目標的一種生產系統。

參考資料：黃楹進。FMS 的意義、彈性與使用成效。

四、彈性製造系統構成要素

彈性製造系統基本上是由加工單元（附件一）、倉儲單元（附件二）、物流搬運單元（附件三）、週邊單元（附件四）及控制單元（附件五）所組成，若欲再細分則加工單元可分為臥式加工機、立式綜合加工機、車床、車削中心機等數種設備；物流單元可分為裝卸站、輸送帶、機械手、自動導引式搬運車及軌道式搬運車等；而週邊設備則有清洗設備、去毛邊設備、量測系統等；前述四項乃是彈性製造系統中的硬體設備，而控制單元則是整合各項硬體設備，藉由主控制器控制整個系統內的各項物流與資訊流之流向，使整個系統能在彈性化之同時保留作業合理性與緊湊性。

（一）硬體部分

彈性製造系統的硬體設備方面，通常包含加工設備、倉儲設備及搬送設備等單元，其各項設備之組成及應具備機能如下：

- 加工設備：係指將工件加工為成品所需之各項設備最基本的綜合加工機或車床外，視工件狀況尚需附加檢驗、清洗等工程而組成一個加工單元或稱為工作站。
- 倉儲設備：用於儲存素材、半成品及成品，並具存、取機能之硬體設備，主要包含立體式物料之儲放架、高架存取車、工件裝卸站及入、出庫暫存站等設備，對系統而言，倉儲可視為一個大型的暫存區。
- 搬送設備：係指將工件由倉儲中取出後，送至加工機內加工所需之各項搬運用設備，其設備形式依系統設計不同而異，例如可由高架存取車直接將工件托板送至加工機之自動托板交換台，或由自動導引車將工件送達托板台，再由機械手夾持工件送入加工機中加工，搬送設備除了可執行工件之搬送外，尚可搬送刀具、夾治具等，使系統運作更具彈性。
- 週邊設備：為使系統運作順暢，彈性製造系統尚需切屑、切削液集中處理系統，及刀具量測與刀具庫等週邊設備，雖然上述設備並非必備，但卻是維持無人化操作相當重要之設備。

（二）軟體部分

彈性製造系統軟體依其管理權責可分為：管理設備操作的生產操作管理單元、管理加工程式的 DNC 單元、管理生產製程的排程管理單元，及管理各項生產資料的資料管理單元等四個部份，以下分別簡述其組成及功能：

- 資料管理單元：本單元管理系統中工件、製程、夾治具、刀具、加工程式及物料分佈等各項資料，其管理包含資料之建檔、增修、查詢及列印等作業，並能作各項資料間相容性之檢驗，以確定系統資料之正確性。
- 程式管理單元：本單元管理系統中所有加工程式，並可透過 RS-232 之連線方式對加工機傳送程式，或由加工機傳回程式，以及程式之列印等作業。
- 排程管理單元：本單元管理系統中之生產排程，其基本功能係由上位電腦取得訂單資料，再根據目前物料、夾治具、刀具準備狀況，及設定之優先順序，自動產生加工排程，其排程並可作編輯、插入及刪除等作業，完工後尚需將各項加工資訊傳回上位電腦。

- 操作管理單元：本單元依據排程安排管理系統中之各項硬體設備之動作，並收集各項設備之狀態回饋，以監控系統之執行狀態，並可透過人機介面，使操作員可依指令進行各項裝卸、量測、維修等人工作業。

資料來源：中興大學機械系彈性製造系統網頁

五、FMS 與 FMC 的比較

一般而言，所謂單元（cell）是指用於機器的分群方面，這些機器群可以是利用人工操作的機器或自動化操作的機器，或是兩者均有的組合方式。單元可能涵蓋自動化物料搬運及電腦控制，但亦可能兩者皆沒有連結。而所謂 FMS，則是指包含有自動化工作站、自動化物料搬運及電腦控制的一個完整的自動化系統。

由於世界各國對 FMS 的定義有所紛歧，因此在探討 FMS 的相關研究時，亦必須先釐清差異之處。FMC 和 FMS 兩者主要的差異，可能在於各群組中所包括的機器數目有所不同。至於是包括幾部機器以下稱為 FMC，包括幾部機器以上稱為 FMS，各個先進國家的定義有所差異，下表為日、美、德三國 FMC 和 FMS 的功能比較。

一般而言，美國認為 2 台到 4 台 NC 工具機，結合自動檢測、監視、上下料和單元控制系統，即稱為 FMC；而 5 台以上的 NC 工具機，同樣具備 FMC 的功能，即為 FMS。

附表 日、美、德三國 FMC 和 FMS 的功能比較表

	日本		美國		德國	
	FMC	FMS	FMC	FMS	FMC	FMS
單機 NC 工具機	○	—	—	—	—	—
2~4 台 NC 工具機	—	○	○	—	○	○
5 台以上 NC 工具機	—	○	—	○	同型	不同型
自動物流系統 (含工件及刀具)	○	○	○	○	○	○
單元控制器	—	○	○	○	○	○
自動監視裝置 (刀具、工件)	○	○	○	○	○	○

資料來源：戴潔玫。單元控制及 FMS 調查報告。工研院機械所。1993 年 6 月。p.51。

日本則由於工具機市場的飽合，導致工具機廠商欲提升其產品附加價值，因此把單機進一步研發改良，而有 FMC 的產生。FMC 主要係單機功能複合化，具有監視、檢驗和自動上下料功能。此種型態的 FMC 成為日本機械業發展的趨勢，被大多數使用者所接受採納，而大型的 FMC 便構成所謂的 FMS。大體而言，西方歐洲國家 FMC 與 FMS 的定義較趨於一致，而只有日本才有單機式的 FMC。

六、彈性製造系統的效益

(一) 降低勞力

機器的運作是在電腦全盤或部份的監控下進行，以減少對高級技工的需求，而普通的勞工則在裝卸站裝卸零件和進行日常及緊急的刀具／機器維修；另外，由於使用電腦控制物料處理網路，也可省去人力作業。

(二) 增進機器使用率

生產的主要成本之一就是裝配費，因應產品結構的改變，FMS 技術已經做到機器可快速重新裝配，以便生產新的產品，刀具的裝設可在生產線外進行，如此，便可進一步減少機器停機的時間。

而零件從轉進系統到機器之間的傳遞工作，則是在電腦的監控下自動操作，同時，刀具倉匣在必要時也可自動送到機器，提供多餘的刀具進行額外的機製。

(三) 改善作業控制

刀具、工作零件、機器溫度、冷卻液流動、切割速度和進刀率等變數的異常，皆可偵測出來，以防止系統出錯。而影響物料處理組件的變數也是由系統來控制。

電腦模擬技術可作為評估系統能力的工具，利用此技術也可得知設備出錯對其他系統的影響，然後重新有效的安排生產作業，以配合生產計劃。

(四) 減少庫存

由於有效的分類和有效的機器使用，因此只需少量的時間等候零件加工。某些 FMS 提供預備刀具，擁有「JIT」生產的特色，「JIT」生產的目標是要把庫存降到最低限度，如此才能活用資金，當然，庫存量必須維持在一定的程度，剛好可以滿足最短時間內的生產需求，以及一些合理的庫存。

附件一 加工單元

在加工設備方面，依使用狀況不同可分為臥式綜合加工機、立式綜合加工機、車床、車削中心機等，適用於彈性製造系統的加工設備除了依其需求，而執行特定的功能以外，必須具備：單機之自動操作控制器、可與搬送設備連線之自動進、出料設備，以及可與系統連線之訊號傳輸設備，此外，為滿足無人化作業之需求，加工單元必須能自行監控加工過程，防止加工中之意外及確保加工品質，並可輔以各項吹氣、清洗設備，以清洗加工機之工件、工作台或夾治具，使工件取出後不至污染周圍環境，且加工機之夾治具能回復最初狀態。

為對彈性製造系統之加工單元有較完整的認識，以下分別介紹典型的彈性製造系統所應包含之各項加工設備。

一、綜合加工機

綜合加工機大體可分為立式與臥式綜合加工機兩種，其中立式綜合加工機係因主軸為垂直方向而得名，基本的移動軸有 X、Y、Z 三軸，工件係固定於床台上之工作台，其工作台為不具分度的長方形平台，不過工作台上亦可加裝分度之第四軸與第五軸，刀具由工件上方接近加工，加工面為 X-Y 平面，本型式機器之特性為：加工路徑簡單、切削監視容易，但因除非加工第四軸，否則僅能作單一平面之加工，所以需要相當多人工翻轉作業，使設備稼動率降低。

臥式綜合加工機則係因主軸為水平方式置放而得名，其基本的移動軸包含 X、Y、Z 軸及其分度功能之 B 軸，並可再於工作台上附加 A 軸以構成五軸加工機，刀具係以水平方向接近加工，因工作台可作分度旋轉，因此可加工四個面，大幅減少人工換料及翻轉時間。

導入綜合加工機時，必須依據工件外形及作業需求而選用適當的機型，一般而言盤形工件或板形工件較適用於立式綜合加工機，而若工件加工面較多，則臥式綜合加工機可減少工件翻轉及設定次數較為理想，因此導入時必須針對使用效益、需求及適用性等因素詳加評估，尤其少數立式綜合加工機適用之工件並無法以臥式加工機加工，反之亦然，以下簡要列舉立式綜合加工機與臥式綜合加工機性能：

□ 工件

立式：適用於板形工件，加工面一面者。

臥式：適用於箱型工件，加工面為多面者。

□ 精度

立式：主軸懸吊設計，直角度、平行度、表面粗糙度等形狀精度較差。

臥式：設計結構對稱，形狀精度較佳，但尺寸精度與立式綜合加工機相同。

□ 切屑

立式：切屑無法順利排出，必須藉助強力沖屑等設備排屑。

臥式：切屑可借重力排出，但切削液不易到達指定點。

□ 彈性

立式：工件種類變化較受限制，且限於機械架構其刀具容量及其他特殊附件或機能追加較困難。

臥式：工件變化彈性較大，附件追加容易。

選擇加工機型後，必須再根據加工條件與系統運作需求，追加特殊附件及機能，為配合彈性製造系統運作，綜合加工機必須具備下列特殊附件與機能：

- 刀具壽命管理、刀具切削負載檢出、適應性控制等切削監視機能。
- 切削異常時之自動退刀及群組刀具替代機能。
- 自動求心、自動工件量測機能。
- 自動刀長、刀徑量測及補正機能。
- 強力沖屑水幕、鑽頭中心冷卻、切屑收集設備等附件。
- 適用多種工件加工之大容量刀具庫。
- 可作刀具資料及加工程式傳輸之 DNC 介面。

二、車床

車床亦可分為立式與臥式兩種機型，不過除非加工難以搬運及上下料之大型工件，或受限於場地因素，否則大多採取臥式車床，本型式車床主軸為水平方式置放，其基本的移動軸有 X、Z 二軸，工件係以空、油壓夾頭固定於主軸上，刀具固定於旋轉式刀塔上，由右上方接近加工，加工面為 X-Z 平面，車床亦可加裝 C 軸及旋轉刀具構成車削中心機，以主軸作角度定位配合刀盤上之旋轉刀具進行銑削作業，目前亦以發展出雙主軸、雙刀架車床，可於一部車床進行 A、B 面加工，以減少人工翻轉時間，提高設備稼動率。

目前彈性製造系統中較少使用車床為加工機具，其主要原因為車床工件之加工工時通常較短，無法平衡換料時間，而且目前為止車床尚未發展出類似自動托板交換等供料設備，再則車床之自動換爪及自動換刀等機能亦未臻成熟，因此使用車床時，受限於夾爪型式與尺寸及刀盤之刀具數量，工件變化彈性較低，且切削效益無法充分發揮，故較不適於彈性製造系統之運作模式。

由於需旋削之工件現階段仍不能避免，因此車床仍有必要使用，而為配合彈性製造系統運作，車床必須具備下列特殊附件與機能：

- 刀具壽命管理、刀具切削負載檢出、適應性控制等切削監視機能。
- 切削異常時之自動退刀及群組刀具替代機能。
- 自動工件量測機能。
- 自動刀長量測及補正機能。
- 強力沖屑水幕、鑽頭中心冷卻、切屑收集設備等附件。
- 可作刀具資料及加工程式傳輸之 DNC 介面。

雖然上述特殊機能與附件可使車床適於無人化作業，但因車床先天刀具不足、夾爪固定以及難以自動供料的限制，車床在「彈性」方面所能發揮之功能有限，故使用車床時仍以小批量之型態為主，典型的作法係使用拖盤整料、供料，再由機械手負責供料，以延長物料搬運之週期。

附件二 倉儲單元

彈性製造系統中之倉儲事實上可視為大型的暫存區，其儲存項目包含素材、半成品、成品、刀具、治具及其他附件等，其作業內容則包含入庫作業、出庫作業、盤點作業及庫存資料管理列印等，而為能與彈性製造系統連線運作，自動倉儲之高架存取車必須能與系統之搬運系統連線，以及可與系統作訊號傳輸之連結，此外，為滿足長時間無人化作業之需求，倉儲單元必須能儲放相當數量之待加工工件，以及刀具、夾治具等。

一、倉儲硬體設備

自動倉儲之料架在型式上可分為立體式與旋轉式兩種，其中立體式係以多層之儲位並排成一列，並將存取機架設於兩列儲位之間，存取機以上下、左右之方式移動至儲放格位處，再以插取機將拖盤或物料取出，旋轉式則為循環式之多列儲位，儲位可借鍊條等機構驅動旋轉，再以人工或撿料機構存取所欲料件。

一般而言旋轉式倉儲系統較適合精密的電子儀器，或體積較小的工件與刀具等，其操作模式以人工存取為主，不過其儲位搜尋時間與儲位容量呈互補關係，及儲位越多其搜尋時間越久，不過旋轉式倉儲最大的優點為隱密性高，可將庫存品與外界完全隔絕，立體式倉儲則較適於大型工件，可藉存取車之移動而抓取任意儲位之物件，抓取速度較不受儲位多寡之影響，且其儲位擴充容易，其缺點為佔地面積較大，且必須依據工件重量設計儲架剛性，定位、施工較難。

存取車為倉儲系統執行物料存取之主要設備，其運動方向通常分為上、下、前、後，各以一個馬達驅動，存取機上尚有插舉設備，可執行左插與右插，以便取出各儲位之物料。

二、倉儲控制軟體

為使自動倉儲系統之功能充分發揮，除需考量硬體結構外，軟體功能之支援更佔重要之地位，倉儲系統軟體架構可概分為：物料資訊管理與存取控制管理兩方面，以下對各子系統作簡略之介紹。

（一）物料資訊管理

物料資訊管理係以電腦管理傳統之進出庫、儲位等資料，並可定期產生進出庫異動、每日收發料、物料分佈等各種報表與單據，以及作料架使用率之統計，並能依據庫存及需求狀況執行倉儲發料作業，此外，物料資訊管理亦需能提供各種資訊之查詢設定及處理等功能。

（二）存取控制管理

為配合彈性製造系統運作，倉儲系統在控制方面與加工單元相同，必須具備通訊能力、資料處理能力及具備個別的作業系統等三項基本功能，此外，在硬體設備上必須具備導引存取機至正確位置，以及可監控、調整速度等機能，存取系統在單機作業時，必須可執行料架位置分派、存取作業指定、預約執行內容及故障回復等機能，而在存取策略上可分為先進先出（FCFS）與最短距離優先（NRFS），以及最短作業時間優先（STFS）等三種，三種方式各有其優點，必須依據使用狀況審慎評估。

附件三、物流搬送單元

彈性製造系統之物流搬送單元為系統運作之關鍵單元，其內容包含暫存台、自動導引車、機械手等設備，其作業內容則包含工件搬送、工件暫存以及對加工機具之供料等作業，而為能與彈性製造系統連線運作，物流搬送單元必須能與系統之加工單元與倉儲單元連線運作，以及可與主系統作訊號傳輸之連結，此外由於搬送系統屬於移動性設備，因此除系統安裝現場需作適當之區隔與標識外，尚需具備安全防護柵欄及防撞檢知等防護措施，以避免人員或設備之損壞。

一、機械手

機械手屬於相當汎用性之搬送設備，不過對典型以臥式綜合加工機所構成的彈性製造系統而言，由於加工機多採用自動托板交換方式供料，因此機械手多半用於去除毛邊等作業，但是對以車床組成的彈性製造系統而言，由於缺乏其他供料設備，因此可精確定位又可迴避路徑干涉的機械手即成為最佳的選擇。

目前機械手在國內使用量日益增多，尤其對單機自動化及彈性製造單元而言，皆以機械手作為物料搬送之主體，而目前業界所使用之機械手若依驅動方式可分為油氣壓式與伺服式驅動兩種，其中對簡單的動作而言，油氣壓式即可達到，且由於動作簡單，速度通常尚較伺服驅動為快，不過若考慮元件壽命或動作路徑較複雜時，伺服機械手則較具優勢，但是伺服機械手的高價位卻為其推廣上最大障礙。

機械手若依機型可區分為專用型、關節型與門型三種，其中專用型係指專為某特殊用途設計，執行某種搬送作業之機械手，此類機械手多採油氣壓驅動方式。其優點為可以最快之速度、最少之設備完成所欲之作業，其主要缺點則為缺乏應變彈性，當加工設備或工件改變時，機械手往往無法再利用。

關節型機械手雖亦有油氣壓與伺服兩種，但由於油氣壓定位精度較差，若關節數超過三軸時，因累積誤差而將使機械手定位精度不符需求，因此關節型機械手通常均係指全伺服控制之機械手，此類機械手之定位精度較佳，不過由於運動路徑較複雜，故速度雖較其他型式機械手稍慢，不過藉教導可循複雜路徑運動以避開干涉，或作定位及多點之取放料教導，因此對於高精度、多點取放或考慮工件定位、干涉的場合，採用此類機械手亦較理想。

門型機械手則係針對加工供料之需求，融合專用型與關節型之優點所設計，其基本架構是將取放臂架設於橫跨加工機的橫樑上，藉著取放臂高速的直線運動取放工件，並以伺服系統作為各軸驅動，依此作法則不但可快速換料，並可降低成本，而同時尚保有伺服控制的定位精度，且對加工機或工件之變化均具彈性，可謂最理想的機械手式搬送系統。

二、自動導引車

自動導引車的前身為軌道式導引車，係藉輸出入訊號控制，使搬運車沿預先鋪設的軌道運行，自動導引車的原理與軌道式相同，只不過以光學、磁力或電力系統架設不佔空間、不致造成其他設備搬送障礙的軌道，再透過光學、磁力等感應器判別軌道位置，使搬送車能循軌道運動，目前亦開發出純視覺感應之自動導引車，此類導引車無須鋪設任何型式之軌道，而會依據對環境之感應，循著所教導的路徑運動，不過此類導引車多半用於人員無法接近的環境。

不論對彈性製造系統或傳統加工場而言，搬送車均為相當重要的輔助工具，因此搬運車（尤其是軌道式導引車）之使用相當普遍，而在目前業界一片及時化（JIT）的聲中，搬送車亦為執行倉儲發料之推送式生產之利器。

自動導引車在彈性製造系統中，係作為倉儲單元與加工單元間之物料搬送作業，因此自動存取車除了藉輸出入訊號回饋目前之位置與狀態之外，導引車尚需具有可移動其所託載之托板的驅動設備，以承接由暫存台之輸送帶送入之托板，或將托板送出至暫存台，為此導引車必須能精確定位，自動導引車之定位通常藉煞車定位，不過若定位要求較高時，可於定位點地面上加裝錐型停止桿，定位時停止桿打出，藉停止桿的錐面導正導引車，以達到較高精確度之要求。

三、暫存台

彈性製造系統中，由於加工單元與倉儲單元分離，當加工完畢後若拖板必須送回倉儲，再由倉儲送出一托板，則因搬送距離相當長，會造成較長的停機待料，為縮短更換工件時加工機之停機等待時間，必須於加工單元處設置一工件暫存台，當加工單元尚在加工時倉儲及送出一待加工工件至暫存台，以利於第一批工件加工完畢後，可藉托板交換而立即加工第二批工件。暫存站為達上述要求，必須具備移動以及定位托板之動力，以便承接由自動導引車等設備送來之托板。

附件四 週邊設備

在自動化生產線中，除了使用自動化搬送與加工設備外，為使系統能穩定而安全地運轉，且在無人環境下完成所有製程，通常必須增添量測設備、翻轉機構、清洗站、去毛邊站等週邊設備，以下對各項設備作一簡述。

一、量測設備

在自動化生產線中，加工品質為生產線良劣的主要標準，因為彈性製造系統標榜無人化，在此狀況下若品質控制不良勢必將造成大量的不良品，因此加工機具本身或系統中必須有量測設備，以控制生產線的加工品質，現有的品質控制方式有下列幾種：

- 機內自動刀具量測設備。
- 機內自動工件量測設備。
- 機外自動刀具量測設備。
- 機外自動工件量測設備。

上述設備之使用主要是用於檢測刀具磨耗狀況，以修正刀具之磨耗補正值，而採用刀具量測設備時，雖然所得資訊較為直接，但由於溫升變形與刀具受力變形等因素，所得尺寸未必是實際加工尺寸，故使用工件量測設備效果較佳，至於量測方式則有機內及機外兩種，機內量測設備包含自動刀具預設器及自動化工件量測探針兩種型式，此二設備均可量測尺寸並將資料回饋至 CNC 之補正資料記憶體，機外量測設備則有量測刀具之刀具量測機以及量測工件之三次元量測機、形狀檢測機等，其量測資料經作成程式後，傳入 CNC 執行後即可改變相關刀具之補正值。

採用機內量測將花費不少加工時間，造成生產週期延長，但相對地使用機外量測時，則會增加機械手等設備之工作量，且設備之設置成本較高，因此若產量需求上可稍做犧牲，仍以機內量測效果較佳；而若使用機外量測設備時，則量測設備之量測結果必須能回饋至加工機之刀具補正欄，且需能與搬運系統連線運送工件，不過在彈性製造系統中，受限於搬運設備之定位精度、夾具精度及殘留切屑等問題，若採自動量測時所得結果恐非實際加工精度，因此使用者必須注意，並非加裝檢測系統即達高精度要求，否則將因不良率提高而大幅降低系統稼動率。

二、翻轉站

彈性製造系統中，由於工件加工精度要求較高，因此基本上不同製程的工件均需回裝卸站卸下工件並翻轉後，再重新以人工方式安裝於不同之治具，不過若系統中包含車削單元時，為使加工效益提高，若加工精度可符合要求時，則 A、B 工程可連續加工，因此車削加工單元可設置翻轉設備，此設備可承接及定位機械手等設備所置放之工件，並將工件翻轉後，再由機械手等搬送設備供料。

三、清洗站

工件加工後若有切屑纏繞於工件表面上，不但將造成搬送路徑之污染，造成裝卸站操作員作業困擾，且會影響次一製程之精度，因此在精度及安全性的考量下，系統最好設置清洗站，以清除工件表面之切屑，並確保下流程之穩定性。

四、去毛邊站

彈性製造系統中所使用之粗胚若留有毛邊，則無法緊密安裝於夾治具上，或因毛邊干涉使機械手等搬送設備無法準確定位，因此在裝卸站處必須設置去毛邊設備，此外工件加工後若有毛邊，亦需先去除方能送進量測單元。

附件五 控制單元

彈性製造系統中之控制單元時為系統中之靈魂，更是選用彈性製造系統時最需考量的因素，因上述彈性製造系統中各項設備雖各有其技術之困難，但以目前的技術水準而言，皆已為成熟之產品，而如何在花費龐大成本購入上述設備後，能有效連結整合各項設備，使系統發揮應有的效益，即需仰賴完善的控制單元。

控制單元可分為軟、硬體兩大部份，在硬體部份包含系統層的主控及監控電腦、單元層的可程式順序控制器，以及作為訊號連線傳輸之網路與控制線等，在軟體方面則包含生產操作管理、程式管理、排程管理以及生產資料管理四大部份，控制單元的作業內容為對上承接訂單資料，將之轉為系統排程，並回報生產狀況，對下則依據生產排程，對所屬各項設備下達指令，使設備能相互配合於指定時間內完成排程，並收集各項設備之狀態訊息，供操作人員參考。

一、主、監控電腦

彈性製造系統控制單元之硬體由於必須儲存相當龐大的生產與製程資料，且在資料檢驗或排程計算方面 CPU 作業量相當大，而系統必須能隨時監控及執行各項資料傳輸，因此在控制硬體方面，必須具備大容量之磁碟機、快速的中央處理單元（CPU），以及可執行多工作業或可連結網路之功能，目前較多數彈性製造系統控制單元採用工作站級電腦，可符合上述要求，不過由於個人電腦的推陳出新以及網路連線技術成熟，以個人電腦及網路系統作為單元控制洵，亦將打入主流市場。

以典型的彈性製造系統而言，其控制單元的硬體至少必須包含下列設備與機能：

- 高速中央處理器：於 DOS 或 UNIX 等作業系統下執行程式，由於計算相當複雜，因此必須具有高速的處理能力及較大容量的 DRAM，此外，為儲存作業狀態及其所需之資料庫，必須加大其硬碟容量。
- RS-232-C 連接埠：主 CPU 透過 RS-232-C 介面，以資料傳輸方式，將控制指令下達倉儲控制器、系統順序控制器、搬送設備控制器等設備，再由各單機的控制將指令資料轉換為 I/O 訊號作動。
- I/O 介面：主控系統若具多工處理功能，亦可直接由主控電腦做順序控制，並將 I/O 訊號透過 A/D、D/A（數位/類比）訊號轉換後直接驅動系統內各項設備。
- DNC 介面：主 CPU 透過 RS-232-C 或 RS-485 與 CNC 工具機之間進行程式及刀具資料傳輸。
- 網路介面：主 CPU 可藉 Ethernet 網路系統與上位電腦或系統中其他監控電腦連線，以傳輸生產資料或執行各項監控作業。

二、網路系統

彈性製造系統的主要精神是以電腦系統控制複雜的製程，因此資訊傳輸之正確性與及時性具關鍵的影響力，網路系統在這方面扮演相當重要之角色，一般而言網路在彈性製造系統中之功能有二，其一是與上位生產管理電腦連線，傳送訂單、生產批量等資料，或由彈性製造系統控制電腦傳回生產實績與設備使用狀況，再則可與研發或設計部門 CAD/CAM 電腦系統連線，將以 CAD/CAM 系統所製作之程式傳至主控電腦。

網路系統另一項功能為架設主從式（Client server）架構的控制網路，由於彈性製造系統中許多作業必須同時執行，否則將造成設備稼動率低，而當系統採用不具多工處理功能之主控電腦時，唯有分割系統控制功能至個別的主、監控電腦，再透過網路系統連結，使各監控電腦透過網路使用同一伺服器系統資料庫，並得以獨立執行其任務。

資料來源（附件一～五）：中興大學機械系彈性製造系統網頁