

475097-32

數值控制綜合切削中心

工具機手冊 第五十六冊

金屬工業發展中心 編譯



數值控制綜合切削中心

工具機手冊 第五十六冊

徐 文 慶 撰

版權所有
不准翻印

中華民國七十年四月出版

工具機手冊之(五十六)

數值控制綜合切削中心

(全一冊)

編譯者：金屬工業發展中心

發行者：經濟部國際貿易局

印刷：佳興印刷局企業有限公司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外名廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；本手冊前四十冊已於六十九年九月全部刊行，就正我工業界；復承國貿局支持本中心續編第四十一至六十冊計二十冊，主要在將工具機製造公差，工程量測，金屬片沖壓項目等工具機生產技術，又益以精密工具機中心與國外技術合作旋臂鑽床製造之範例，一併編印出版以嚮讀者。至於編撰印行，因時間倉促，容有不週，至祈不吝指示！

序

工具機大多用手或半自動操作，故其效率低、精度差、且產量亦少。全自動操作之工具機，雖改進了機器的性能和生產量，但仍不及數值控制工具機切削中心之功效，即產量及精度的突破，最重要的特性是對於車、銑、搪、鑽、鉸切削可應用到百餘把刀具自動操作來完成其工件。

在實際操作中，還有其他許多優點，操作者在一連串的工作進行中不須停車，如看圖、或設定、停點等。因此工件快速完成，發揮了NC工具機高度的運用，又可免除工作者疲乏之影響及減少精密夾具及量規數量等。自圖樣發給工廠後，對切削準備的工作量和時間都較傳統的工具機為少；而設計變更時，亦易於因應。

除以上所提經濟因素外，數值控制設備的優點為操作者的工資率的大幅的減低。在歐洲國家，初期採用此設備較美國為緩慢，後來看出上述的優點後即被廣泛的重視，隨着個別需要的不同，各國對數值控制工具機仍然在不斷地研究改進，其需求亦在逐年的增加中，就1979年來說，NC工具機生產的先進國家如西德（18%），美國（17%），蘇聯（13%），及日本（13%）等四國約佔全世界NC工具機生產量的60%，總金額約為美金227億元，我國在研製初期自製率不高，電子控制方面仍仰賴諸如日本的富士通公司的供應。

由於NC的工具機用於我們產製工具機時，品質可提高，成本可降低，所以我們要提倡並加利用，今後且要提高我們國產NC工具的自製率及發展更多的新機種，以滿足市場的需求。

數值控制綜合切削中心

目 錄

	頁次
第一章 數值控制.....	1
第二章 NC 工具機切削中心	11
第三章 簡介美國名廠Kearney Trecker Machine Tool Co. 之Milwaukee—Matic 綜合切削中心.....	19
第四章 更進步的切削中心數則.....	34
第五章 一個採用 NC 加工機工場成功的實例.....	51
第六章 今後 NC 的發展.....	61

數值控制綜合切削中心

第 一 章

數 值 控 制

1. 概 說：

數值控制，簡稱為 NC (Numerical Control) 它是機械工業在自動化過程中的一項突破發展，所謂數值控制，就是利用數值信號來控制機械的動作。亦即將機械加工作業的步驟予以特殊語碼化，將此語碼化資料打在紙帶上。此紙帶即稱為 NC 紙帶，而後由 NC 紙帶上的孔碼輸出數值資料來控制機械加工作業。此種利用 NC 紙帶來控制機械動作的工具機稱為 NC 工具機。NC 工具機係屬精密機械，其優點如下：

- (1) 製成的產品不但精度高，而且均質穩定。
- (2) 提高機械活動率，大幅度的增加了產量。
- (3) 可節省工具模具裝置費用，及節省保管的空間。
- (4) 可縮短準備時間。
- (5) 零件加工上能擴大範圍及較多的式樣。
- (6) 可減少操作者疲勞，及人為的誤差。
- (7) 由於精度穩定，可簡化品管作業。
- (8) 變更設計容易，適合開發新產品之用。

除了以上的優點外，亦有它的缺點，那就是初次投資成本高昂。以生產成本的觀點看，並非適用於所有的工廠，在要求工作做得更好及更精確的情況下使用之。現在有許多工廠使用 NC 工具機後，發現金錢的節省以及其他方面的優點較預期的為多。

2. 數值控制工具機發展經過：

在1952年美國麻省理工學院製造成功一部 NC 銑床，此為現今使用之 NC 機的原型，當時 NC 工具機之發展，由於電子控制元件皆採用真空管，因此 NC 裝置體形龐大，控制紙帶之製作須由特殊訓練之

數學專才才能完成。且售價高達數十萬美元。

到了1962年，一部 NC 銑床售價跌至一萬美元以下，另一方面由於電子工業的飛躍進步，從真空管發展到電晶體，以至於近幾年研製成功的積體電路（Integrated circuit）簡稱 I.C，使得 NC 工具機控制系統的體積大為縮小，更重要的是提高了控制系統的可靠性。並且能擔任極為複雜的控制作業。

NC 在不斷地成長中，應用範圍最廣的是工具機，使用 NC 工具機的目的在於製成形狀複雜而精度高的產品。機種大部為 NC 搪床及銑床。最近使用 NC 工具機工廠且添加了 NC 車床與銑床。其原因乃是使用 NC 工具機可提高其生產機能。NC 除了應用在工具機外，還可應用到工程繪圖機、印刷電路板銑孔機、檢驗機、木工機、鉚接機、布料剪裁機等。由於工資不斷的上漲，迫切地使機械自動化及省力化，NC 工具機的使用更是發展蓬勃。近來由於微處理機（Micro Processor）與積體電路技術發展神速，NC 工具機配合上半導體的新技術，更可開發出各種便於使用的機種，因此 NC 工具機在不久的將來會呈現更好的美景。

3. NC 工具機原理簡介：

圖 1 為 NC 工具機從工件圖開始，經由 NC 工具機操作，一直到

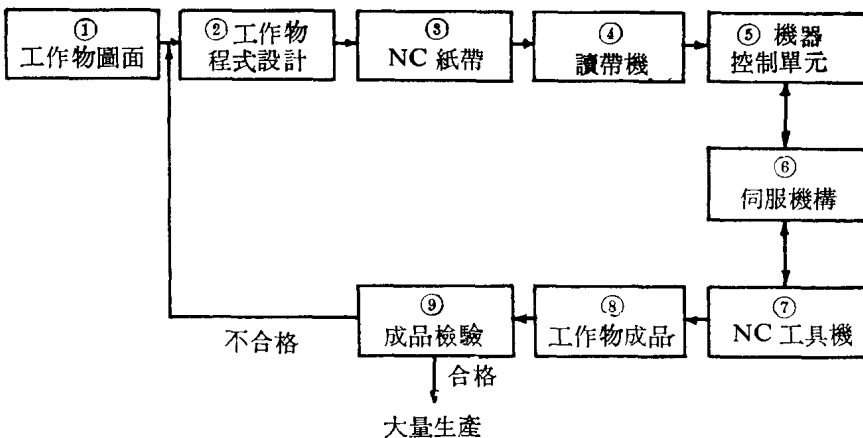


圖 1 NC 工具機的生產流程圖。

該工件完成的整個過程。首先我們將工作物形狀、尺寸與加工條件等，運用程式設計製成 NC 紙帶，讀帶機讀出 NC 紙帶上的資料，並將其轉換成電子信號輸入到機器控制單元，此單元將讀帶機送來的信號轉變成另一種信號脈動，伺服機構根據此種脈動來控制工具機的位置與速度。工具機在動作的同時，產生了對機器控制單元實際運動量的回饋信號。以便控制單元作為修正的依據使工具機的運轉完全合乎其需求。現在我們對圖 1 各部份加以說明如下：

3.1 工作物圖面：

即產品的構圖須描繪詳細，包括各邊線尺寸、曲度、角度等資料。

機械加工用圖面之尺寸記入法，有絕對座標方式及增分方式兩種。絕對座標方式就是某處為標的指示方法，而增分方式就是以現在的地點為起點即可。無須顧及現在與目的地的地點。增分方式在一定地方有起點，同樣地絕對座標方式也有基準的地方。但總是以圖面尺寸之明確易讀及加工方便之處做為基準。

圖 2 所示之軸，取一方之端面為基準，如此有尺寸的記入在 NC 車床加工時，對於絕對座標方式之具有 NC 裝置之 NC 車床就極為方便。

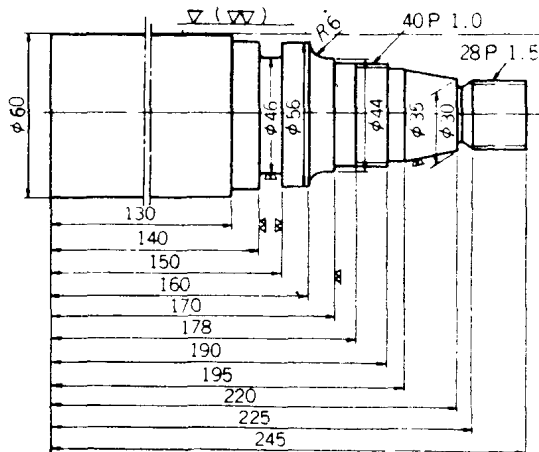


圖 2 絕對座標方式。

圖 3 之齒輪箱蓋，圖面之尺寸線用左邊與下面為基準，作雨滴式的尺寸記入的話，圖面尺寸甚為難讀，要花很多精神。所以像齒輪箱蓋這樣的零件尺寸，應採用一個接一個的表示關係尺寸的增分方式。

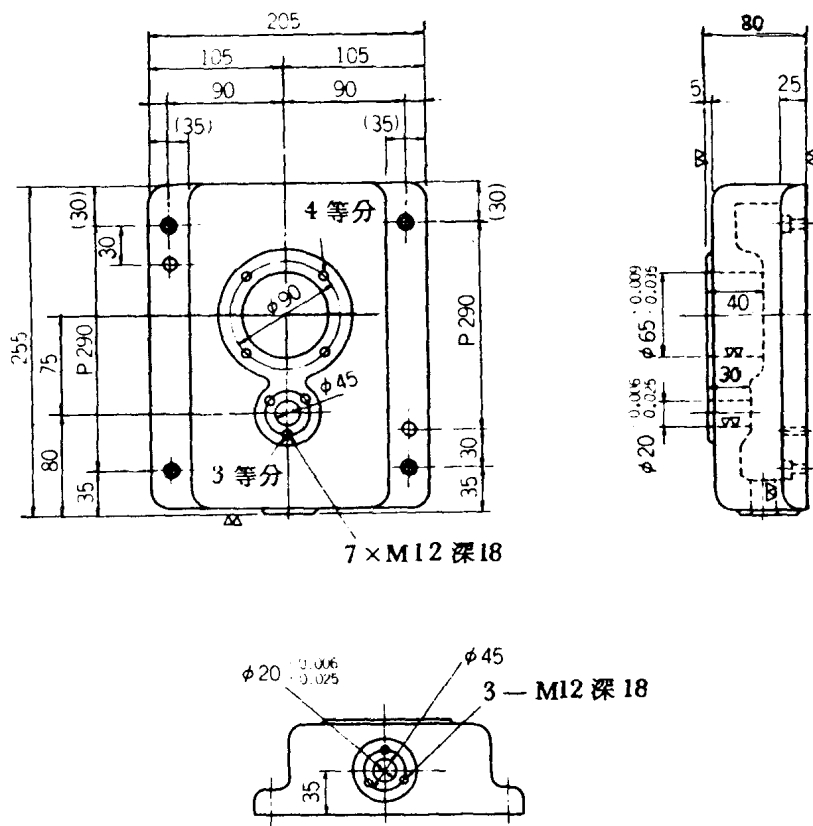


圖 3 增分方式。

銑床、鉗床、搪床等之 NC 裝置，幾乎都用增分方式。因為這些機種所需加工的零件如圖 3 所示另件或比它更為複雜的圖面，若用絕對座標是無法表示出來的。

迄今大體上都使用現成圖面來作 NC 加工。所以用增分方式圖面為對象的加工物之工作機械就採用增分方式的 NC 裝置。而用絕對座標方式圖面加工零件的工作機械就用絕對座標方式的 NC 裝置。

又圖面中用兩種方式記入尺寸的零件，要加工這種零件的工作機械即裝配絕對座標與增分兩種方式均能指示的 NC 裝置。車床即是一例，以後 NC 越來越發展，或許要順應尺寸的記入法並配合工作機械方便的裝置。

3.2 工件程式設計：

爲了要使機器控制單元能控制工具機的動作，原始的控制訊號即來自 NC 紙帶。從工作圖的需求製成 NC 紙帶的過程就叫做工件程式設計。一個 NC 程式設計員至少須具備如下之能力：

- (1)熟悉基本代數、幾何、三角學。
- (2)熟悉 NC 工具機的性能及機械基本原理。

工件的程式設計可分爲手工式設計與計算機程式二種，分述如下：

(1)手工程式設計：即以人工來完成工作物圖面到完成 NC 紙帶的全部過程。

圖 4 所示即爲手工程式設計的流程圖。爲了符合工作物的要求，必須正確地計算出加工過程中工具的座標值與移動量。工作物形狀如爲直線與九十度夾角所構成，則計算過程較爲簡單；但是較複雜的曲度則須應用繁雜的解析幾何、三角函數之運算。工具位置的數據計算出來後，依加工順序將工具移動指令，移動速度，補助機能等資料合併製成程式稿，並詳加複核避免錯誤。然後根據程式稿利用打孔機器製成 NC 紙帶，NC 工具機亦可捨紙帶而用磁帶來貯存其控制指令，但磁帶易受電場或磁場之干擾而造成錯誤。所以紙帶在工廠環境欠佳時比磁帶較爲實用。

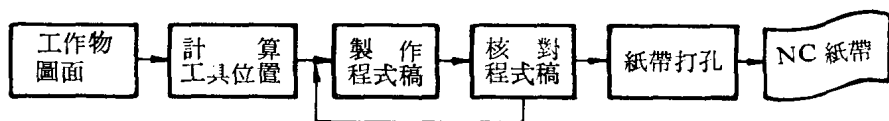


圖 4 手工設計流程圖。

(2)計算機程式設計：由於工業上加工的另件有些頗為複雜，如以人工設計 NC 程式往往費時費力，且易發生錯誤，致使完工成品的精確度不符其需求。利用計算機高速運算能力之助，使程式設計員可以很簡單的使用 NC 電腦程式語言來描述工作物的形狀、大小以及工具機的動作，然後應用計算機的處理程式加以翻譯、運算，並轉換成 NC 工具機的語碼，製成 NC 紙帶。整個計算機程式設計的流程機如圖 5 所示。

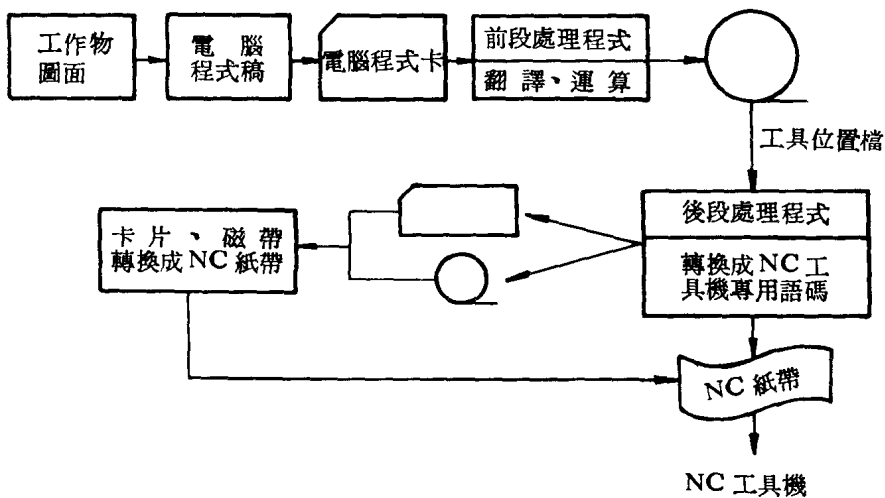


圖 5 計算機程式設計流程圖。

首先利用 NC 專用的電腦程式語言來描述工具機的動作並將其寫成程式稿，然後將此程式稿製成卡片，或以其它計算機可以接受的方式（如磁帶）輸入到計算機中，先經由前段處理程式加以翻譯，同時計算出工具移動的座標值，並將結果記錄在「工具位置檔」（通常為磁帶或磁碟）。「工具位置檔」如所描述的工具座標值均以絕對標值表示，並同時包括進給速度與各項輔助機能等資料；因為每一種 NC 工具機機種均不相同，因此各點的絕對座標位置及其它的動作指令在

製成 NC 紙帶前須再經由後段處理程式處理一次，以便將「工具位置檔」的資料轉換成各 NC 工具機所用之專用語碼。不同的 NC 工具機具有不同的後段處理程式，但前段處理程式則可為相同的。目前各國已開發出許多適合各類用途與不同計算機的 NC 電腦程式語言，茲列舉常用者如下：

- (1)APT (Automatically programmed tools) 此為美國開發的語言，僅能用於大型電子計算機。APT 語言接近英語型態。可表現直線、圓、橢圓、圓錐、球等複雜曲線，目前已發展至 APT IV。
- (2)AUTOMAP(Automatic machining program)。此程式語言簡單易學，適用於中型電子計算機，但僅可做直線及圓弧之加工。
- (3)FAPT (Fanuc programmed tools)：此為日本富士通 (FANUC) 開發的語言，其型式如同數學式，易學易用，可以小型計算機處理。FAPT 可處理直線、與圓對於速度則尤為快捷。
- (4)目前有一些公司設計適於某種 NC 工具機之專用程式語言，使用此種 NC 工具機配合其專用程式語言時，則無需後段處理程式即可直接製成 NC 紙帶，亦可製成卡片式磁帶的型式，再經由其它機器轉換成 NC 紙帶，即可作為 NC 工具機的輸入。

3.3 例舉— NC 車床之程式編寫：

3.3.1 NC 紙帶：

圖 6 所示即為 NC 紙帶。NC 紙帶寬約一吋，其上有八個孔道之碼孔以及一配合孔帶前進的進給孔。利用各種不同的孔組合成為不同的碼 (Code)，目前最廣泛使用的是美國電子工業會制定的 EIA (Electronic Industries Association) 碼及 ISO (International Organization for Standardization)碼的二種。

NC 紙帶通常施以防水，防油處理，使其不易受損且更具耐用性。NC 紙帶具有多種不同顏色，出售時以捲為單位，長度從 1,000 呎到 2,000 呎不等，帶的厚度是 0.1mm。一般帶的顏色以黑色比較理

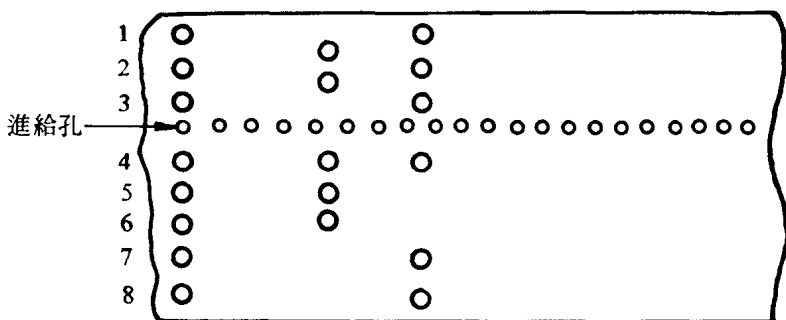


圖 6

想，因其可以澈底遮斷光線。

3.3.2 讀帶機：

讀帶機可讀 NC 紙帶上的孔碼，並將其轉換成電子信號輸入到機器的控制單元。

3.3.3 機器控制單元：

此部份為一些控制電路所組成，它可將讀帶機輸出的信號轉換成一些指令脈動來驅動伺服機構的動作。NC 控制系統通常依工具移動的機能分為三種型態。

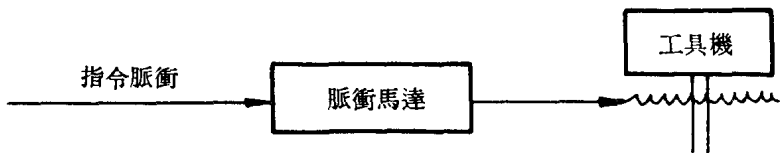
- ① 點至點定位系統：此系統之功能在於使機器之工作台由某一點移動到另外一點，以便在該點作業。
- ② 直線切削系統：此系統之工具可依直線路徑進行切削工作。
- ③ 連續切削系統：此系統至少能同時控制工作台的兩軸軸向的移動，以便作任何路線的行進。

近年來由於微處理機的發展，我們可以將微處理機裝置在 NC 工具機內，利用微處理機的高度計算能力與龐大的記憶容量，使得 NC 工具機的控制機能更具效用。

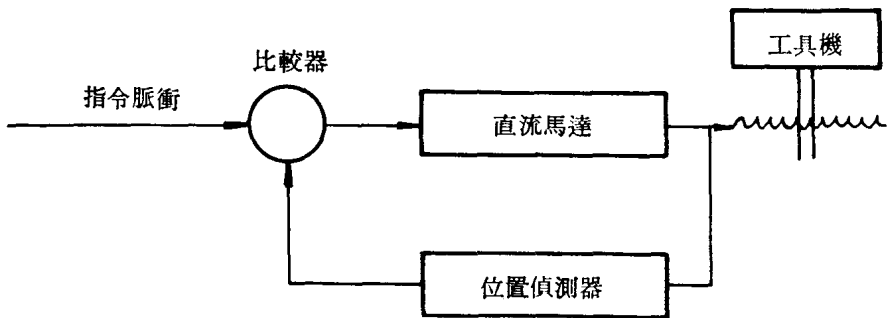
3.3.4 伺服機構：

伺服機構完全根據機器控制單元送來的指令脈衝而動作。如果我們把控制單元比作人的頭腦，那末伺服機構就像人的手脚，它可以同時操縱機器位置及速度。

伺服機構通常分為開環路與閉環路二種如下圖 7 所示。開環路採用脈衝馬達，閉環路則採用直流馬達。脈衝馬達可根據輸入的脈衝數以控制旋轉的角度，並可經由指令脈衝的週期來決定它的旋轉速度，亦即機械的進給速度，所以脈衝馬達乃為一良好的伺服機構。此外直流馬達雖然僅可控制速度尚無法控制位置，但我們仍可加一位置偵測器，用以偵察馬達的旋轉角度而得知工作台的位置，並經由比較器加以比較分析，當到達我們預定之位置時，馬達立即停止。所以直流馬達若加上偵測器亦可成為一良好之伺服機構。



(a) 開環路伺服機構。



(b) 閉環路伺服機構。

圖 7

3.3.5 NC 工具機：

NC 工具機依其可被控制軸向之不同分為二軸、三軸、四軸、五軸以及六軸數值控制工具機，所謂二軸 NC 工具機乃是指前後左右兩軸向之移動，可由 NC 紙帶所輸出的數據資料來控制。

若切削深度亦可由 NC 紙帶控制的話，即稱為三軸 NC 工具機。如果工作台之旋轉亦可加以控制，則為四軸 NC 工具機。至於五軸 NC 工具機指的是刀具軸之傾斜面亦能由控制系統加以控制之謂。採用 NC 工具機後，如需求要製作不同的工作物，只須更換不同的 NC 紙帶，並可製成精度極高的產品。

3.3.6 工件成品：

此乃根據原先設計之工作物圖面，經由程式設計製成 NC 紙帶，再由 NC 紙帶輸出數位資料控制工具機的動作，最後所完成的產品。

3.3.7 成品檢驗：

工作物成品完成後，我們必須加以檢驗，查看其是否合乎我們的需求。如果有不符之處，則須檢查程式設計是否有錯誤之處，然後修改程式，重新製作 NC 紙帶，直到工作物成品完全符合我們的要求為止。此後即可根據此 NC 紙帶大量生產該產品。NC 工具機所有加工作業皆經過 NC 紙帶的數值訊號來控制，沒有人為因素的不良產品。只要第一件產品通過檢驗，以後的產品即可與第一件完全一致，無須經常作檢驗工作，不但提高了產品精度，同時亦簡化了品管程序。

第 二 章

NC 工具機切削中心

1. 概 說：

自從二十餘年前，美國發展 NC 工具機以來，NC 工具機主要生產國如德國、美國、日本、蘇聯等不斷地在求改進。所以有不同類型 NC 工具機出現。茲因 NC 工具機不同的控制方法目前可分為三大類：

- ① 普通 NC 工具機—即一般所說的 NC 工具機。
- ② 電腦單獨控制 NC 工具機—即 CNC 工具機 (Computer numerical control)。
- ③ 直接指令 NC 工具機群—即 DNC (Direct numerical control)。

若按控制系統的作用分，亦可為分三類：

- ① 點與點的位置控制。
- ② 直線切削控制。
- ③ 外形控制系統 (Contouring-control system)。

以上第三類外形控制系統，係控制工作刀具的運動，是連續由至少兩個軸的控制，此類控制可以達到三、四至五個軸的聯動，可以製造出各種不同外型與複雜的產品，這類多軸性的控制也就是工具機綜合切削中心的主要特性。

2. 工具機綜合切削中心之演變：

由於 NC 工具機發展後增進了產品的精度，點到點的加工帶來了位置的精確度（如孔與孔間的位置）。直線加工如車、銑、刨等亦提高了產品品質。外型控制加工，帶來了更多的方便，使得不規則的外型工件，亦能在短時間內完成。雖有那麼多的優點，工業界對 NC 工具機仍不能滿足其需求，想把幾個不同加程序的 NC 工具組合在一起，而成為如同傳統式大量生產之一貫操作機械形式，這就是初期 NC 工具機綜合切削中心，可參閱圖 1 (a)(b)(c) 三種不同的安排方式。

NC 工具機綜合切削中心是因應多種加工要求而設計的，其主要觀念在單一的工具機上，要把欲加工之工件只安置一次，而可作許多