

15 NC 程式製作

*.基本概念

線切割機係利用程式內之各項指令資料畫出加工路線之圖形，並依圖形予以切割。所使用之程式稱為NC程式，由USB、NET、RS232介面將NC程式讀入機器中。

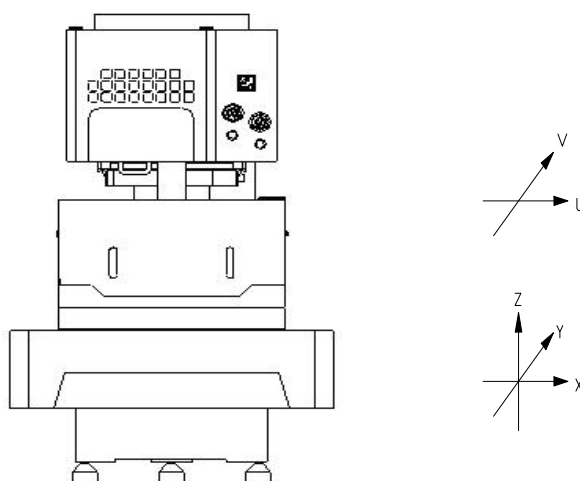
於設計程式之前，必先了解線切割機之座標軸向及所賦予之軸向字語，如圖3-1所示。此外，於設計程式或操作機台時，均須注意雖然銅線僅是不停的做運轉運動，且加工路線之移進係由於工作台移動之結果，但必須忽略此一事實，而假定工件並不移動，且加工路線之移進，係由於上下機頭帶領銅線依程式指令而移動之結果。若不建立此一觀念，則容易發生錯誤。

線切割機之軸向字語及運動方向介紹如下：

(1) 座標軸及其系統

線切割機其工作台及導線具之運動方向係以下列字語來表示，如圖3-2。至於其軸向字語代表之意義如下：

圖 3-1 線切割機之座標軸向



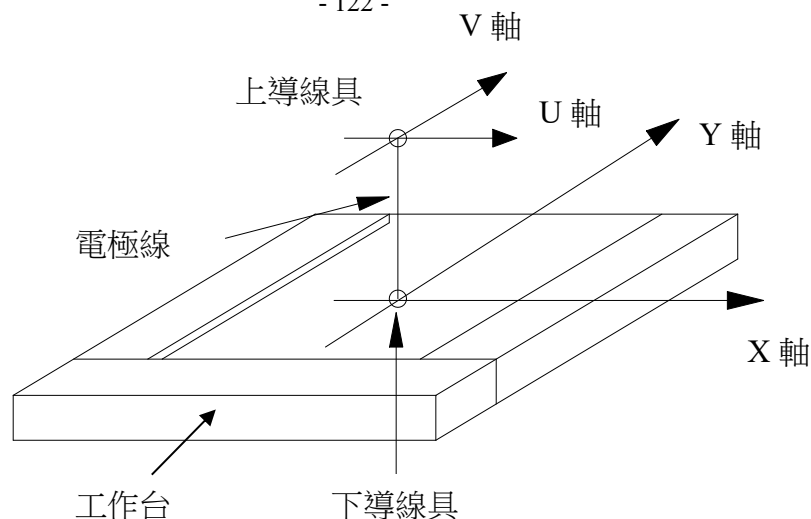


圖3-2 線切割機之軸向

(a) X、Y

X及Y係用以表示工作台(或下導線具)之移動，X軸向右方移動稱為+X方向；Y軸向上方移動則稱為+Y方向，而反向則以-X及-Y表之。

(b) U、V

U及V係用以表示上導線具之移動，U軸之正負方向設定與X軸相同，V軸則與Y軸相同。此外，在錐度加工中，當採用設定工件之上及下表面之型式來切割錐度時，U及V亦用於程式輔助表面之設定。

(c) I、J、K、L

當X及Y指定切割圓弧時，上述之字語係用於表示其圓心位置，X軸用I，Y軸用J表示。而I、J之值則是由圓弧起點到圓弧中心位置之座標向量值。此外，在錐度加工中，當採用工件之上及下表面之方式來切割錐度時，K及L亦用以表示程式輔助表面之圓心位置。

(d) R、,R

R通常用於圓弧之半徑設定，通常轉角R係插入於一指定之移動及次一移動之間(即兩個單節之間)。第一個R用於程式平面之轉角，第二個R係用於錐度加工時程式輔助表面之轉角R之半徑設定。在第二個R之前必須有「,」之符號。

(2) 最小輸入增量單位

軸向字語之最小輸入增量單位如表3-1所示。

(3) 座標系統

(a) 機械座標系統

機械座標系統係工具機所獨有者其包括X、Y、Z、U、V座標之顯示，而原點係固定於採用機械原點復歸所獲得之原點位置。通常設計程式時並不需考慮此座標系統，其係以(MACHINE)顯示於螢幕上，如圖3-3所示。

表3-1 最小輸入增量

輸入 區分	輸入與輸出單位 導螺桿種類	最小輸入增量 (輸入單位)	最小指令增量 (輸出單位)
公制 輸入	公制進給導螺桿	0.0001mm	0.0001mm
英制 輸入		0.0001"	0.0001"

(b) 程式座標系統(G92 設定)

於程式中，本系統係設定X、Y兩軸之座標系統。此座標系統可選擇最合適之一點當作程式之原點，其設定方式係採用一程式原點設定之指令G92而設定之。如圖3-4所示。

(c) 絕對座標系統

絕對座標系統係用以表示由程式座標系統所設定之機械位置，其包括XY及UV兩個絕對座標系統。XY絕對座標系統係用以表示下導線具之機械位置，除非機台接受圖形旋轉或比例倍率之指令，否則其均與程式座標系統相一致。亦即程式所指令之各軸移動距離即為該座標系統各軸之座標移動值。而當機台接受圖形旋轉或比例倍率之指令時，XY絕對座標系統之座標值將以程式座標系統之值放大或縮小或因旋轉某些角度而改變XY之座標值。

至於UV軸絕對座標系統則用以表示上導線具之機械位置。其原點即為銅線與工作台完全垂直時之位置，而軸之指向亦與XY絕對座標系統完全相同。其係以(ABSOLUTE)型式顯示於螢幕上。

相對座標系統係表示工具機之現在位置，其包括XY輸出座標系統指示下導線具之機械位置及UV輸出座標系統指示上導線具之機械位置。本系統可經由座標設定使各軸座標歸零之方式重新建立其座標系統，如此在執行某些機台之基本操作如尋邊或尋中心時將更為方便。而當絕對座標系統被設定時，本系統並不因座標系統設定指令而改變，其係以(RELATIVE)型式顯示於螢幕上。

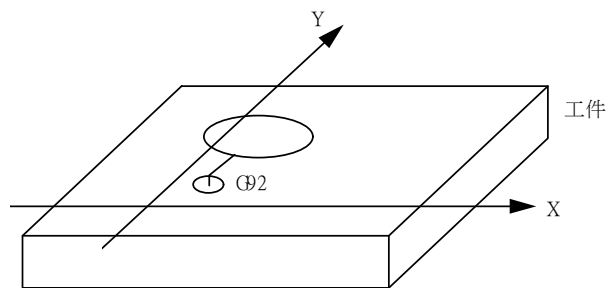


圖 3-4 程式座標系統之原點設定

2. 準備機能及補助機能

G指令係一準備機能，其以G+□□之狀態來設定單節內指令之意義。線切割機常用之G碼代表意義如表3-2表示。

表3-2 G機能碼之意義

G碼	機 能	G碼	機 能
G00	快速定位	G48	自動圓角ON
G01	直線插值	G49	自動圓角OFF
G02	順時針圓弧插	G60	工件上下圓角相等
G03	逆時針圓弧插值	G61	工件上下圓角不等
G04	暫停	G90	絕對座標指令
G20	英制輸入	G91	增量座標指令
G21	公制輸入	G92	程式原點設定
G22	軟體行程極限ON	G94	手動進給
G23	軟體行程極限OFF	G95	伺服進給
G28	自動機械原點復歸	G500	關閉圓弧補償
G30	加工開始點復歸	G501	開啟圓弧補償
G40	線徑補正消除	G502	關閉轉角保護
G41	線徑補正偏左	G503	開啟轉角保護
G42	線徑補正偏右	G504	關閉線徑消耗補償
G50	線之傾斜消除	G505	開啟線徑消耗補償
G51	線之傾斜向左	G506	設定輔助線為“交點”模式
G52	線之傾斜向右	G507	開啟線徑消耗補償，切割模式必須設定稜度或是上下異型模式

2.1 快速定位 (G00)

(1) 快速定位 (G00)

G00 X_Y_U_V_;(再加工和 MDI 皆有效)

當 G00 被指令後，每一軸可獨立地移動至程式所指定之座標位置，而且各軸之移動路線並非經常成一直線。如圖 3-5 所示。

例：絕對座標指令 G00 X90.0 Y20.0;

增量座標指令 G00 X60.0 Y-30.0;

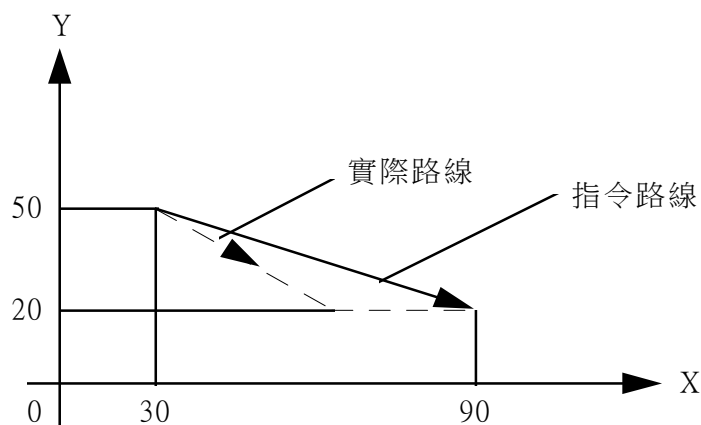


圖3-5

(2) 直線插值 (G01)

G01 X_Y_
G01 U_V_;(再加工和 MDI 且設定上下異型模式下有效)

每一軸均可由指令成直線移動至指定之座標點。如圖 3-6 所示。

例：絕對座標指令 G01 X35.0 ;①

X50.0 Y10.0 ;②

增量座標指令 G01 X25.0 ;①

X15.0 Y-20.0 ;②

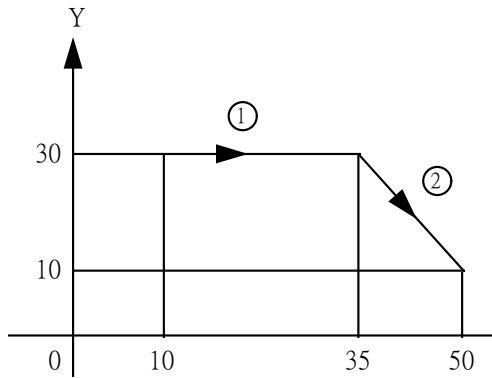


圖 3-6 直線移動

(3) 圓弧插值 (G02, G03)

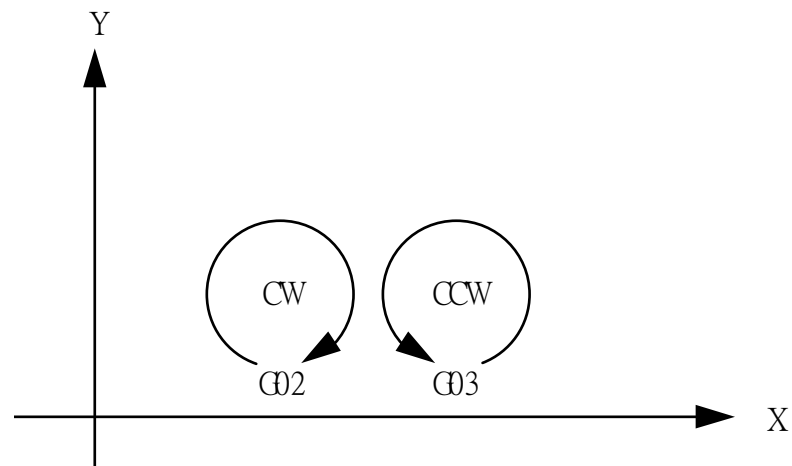
G02 X_Y_I_J_U_V_K_L;(順時針圓弧插值) G03 X_Y_I_J_U_V_K_L;(逆時針圓弧插值)
--

每一軸之移動係依據 X、Y 來指令，其後之值為圓弧之終點座標值。而圓弧之中心座標係由 I、J 來指令，其後之值為由圓弧起點至圓弧中心之值，吾人把 I、J 之值稱為在 X、Y 軸方向之向量值。而圓弧之指令係使用 G02(順時針)及 G03(逆時針)來表示，如圖 3-7(a)所示。

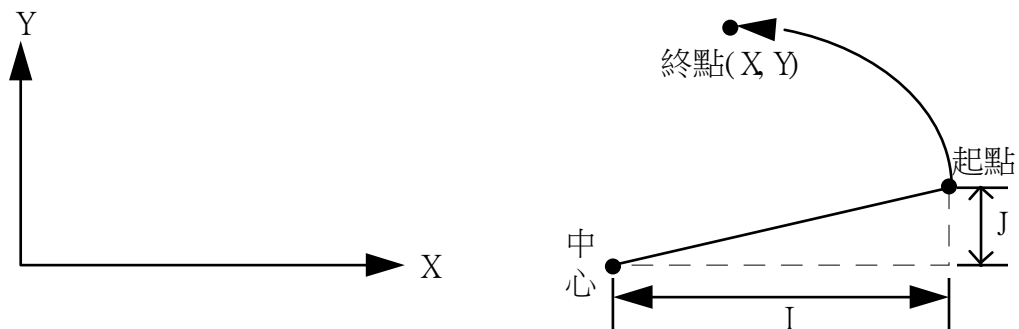
G02-CW，即 CLOCKWISE

G03-CCW，即 COUNTER-CLOCKWISE

(a) 圓弧指令之後緊接著圓弧之終點座標，再其後為 I、J。



(a) 圓弧之方向及指令



(b) I、J 值之判斷

圖3-7 圓弧指令定義

(b) I、J係由圓弧起點至圓弧中心之X、Y軸向量分量，與G90、G91之狀態無關，而以增量值表示之。並賦予軸向之正負符號，其正負之決定與X、Y相同(即I向右為正向左為負)如圖 3-7(b)所示。

(C) I、J、K、L 之值為 0 值，得予省略。而圓弧起點與終點相同時，X、Y 之值可省略，僅以 I、J 指令圓弧之中心。圓弧移動指令之例,圖如 3-8 所示。

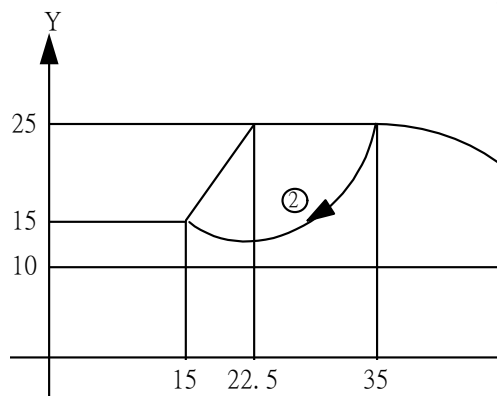


圖3-8 圓弧移動指令

例 絕對座標指令 G03 X35.0 Y25.0 I-15.0 ;①
G02 X15.0 Y15.0 I-25.0 ;②

絕對座標指令 G03 X-15.0 Y15.0 I-15.0 ;①
G02 X-20.0 Y-10.0 I-25.0 ; ②

(4) 轉角 R

移動指令 R_;

轉角 R 及其後之半徑值可插入於一移動指令及下一個移動指令之間，但若被單獨指令於某一區段，則該區段將被忽視，亦即 R 之設定必須跟隨於移動指令之後方屬有效。R 亦可插入於一直線與一圓弧間或插入於兩圓弧及兩直線移動間，但在 MDI 操作時則無法指令轉角 R。

R 值之正負亦影響圓弧角度之大小，當 R 值為正時，其圓弧角度小於 180°；當 R 值為負時，不做轉角 R。

例：增量座標指令

G02 X-15.0 Y15.0 J15.0 R2.5;..... ①
G01 X-20.0 R2.5;.....②
G02 X-15.0 Y-15.0 I-15.0;..... ③

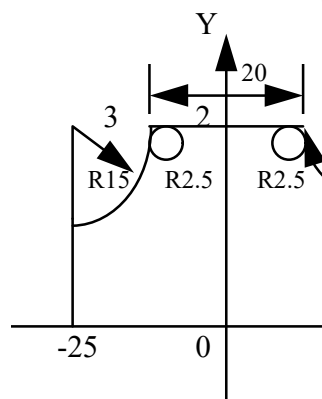


圖 3-9 轉角 R 之指令

2.2 進給機能 (G94, G95)

(a) 手動進給 (G94)

G碼藉位址“F”及其後之值來指令工作台之每分鐘進給速度，其設定之增量基準如表3-4所示。

表3-4 輸入增量基準

輸入區分	增量值	指 令 增 量
公制輸入		0.001 mm/min
英制輸入		0.0001 inch/min

例： F120表示0.12mm/min或0.012inch/min

F0.8表示0.8mm/min或0.8inch/min

由“F”所指令之進給速度可由S code來設定當採用G94時，加工速度係由“F”設定之值決定，機台會自動儘量達到所設定之速度，且速度較能持續不變，且當“F”設定之值增加時，速度亦將隨之提高。

(b) 伺服進給 (G95)

伺服進給可視為自動切割，使用伺服靈敏度,FS設定，此值調高伺服進給反應較快，但易產生加工不穩定，反之響應較慢，加工較穩定。當採用 G95 時，

加工速度係由機台視極間之狀況(如放電條件)而自動調整之，即當兩極間放電狀況不良時，機台會自動降低其加工速度，反之則自動提高加工速度。如此則較不易產生斷線之狀況。

(3) 空跑速度(dry run speed)

若欲在切割之前先將程式予以空跑(即在不切割之狀況下預先將程式設計路線執行一次)，則須點選空跑，此時其空跑之速度當 F%設定 100%時之值速度是由【參數】→[速度參數]→《空跑》設定來決定。當 F%設定越小速度相對減慢。

(4) 暫停(G04)

G04 X_ G04 P_

本指令係用於程式中需暫停之處，其設定方法係使用位址 X 加上其後之數值為之。暫停之時間 X 可用小數點設定，但 P 則不可使用小數點。而指令之最小增量為 0.001 秒，如下例：

例：當欲暫停 1.5 秒，則其指令為

G04X1.5 或 G04P1500

2.4 程式原點設定(G92)

G92 X_Y_I_J;

於 NC 程式中，必須先指令 G92，來建立程式的座標系統，如圖 3-11 自此之後的切割加工指令，才可依此座標系建立位置關係。於程式，可執行多個 G92 指令，當遇到第一個 G92 時，系統的(絕對座標 ABSOLUTE)、(相對座標 RELATIVE)會被設定成 G92 指令指定座標值；但第二個以後的 G92 指令，每次都只會重設絕對座標值。

例： G92 X40.0 Y60.0;

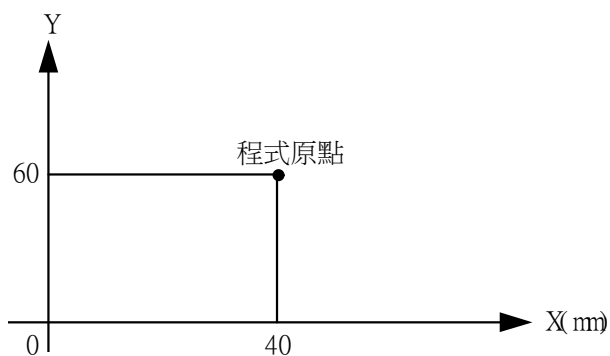


圖 3-11 程式原點設定

※ 注意事項

當程式中有線徑補正指令及錐度加工指令時，則該區段中不可加入 G92，通常 G92 係設定於每一程式之第一個區段(BLOCK)中。

2.5 絕對座標及增量座標(G90，G91)

(1) 絕對座標指令 (absolute command) G90

係指工作台移動(即切割路線)之各座標點，均係以座標系統設定之零點為基準之座標值。

(2) 增量座標指令 (incremental command) G91

係以開始點為基準，計算下一位置點之座標值，其一區段之終點即為下一區段運動之起點。

表3-5

G 碼	機 能
G90	絕對座標指令
G91	增量座標指令

例：絕對座標指令 G90 X40.0 Y25.0;

增量座標指令 G91 X30.0 Y10.0;

2.6 公制及英制轉換 (G20，G21)

無論機台之最小指令增量係公制或英制輸出，其輸入增量均可設定為公制或英制輸入，當輸入增量系統及輸出增量系統之單位不同時，輸入之指令值可於輸出之前自動地轉換為輸出之單位。輸入之增量可由下述兩種方法予以設定：

(1) 由【系統】→「製造商參數」→《系統》→《Sys-Unit》內容設定。※需密碼才可更換

(2) 由程式中G碼予以設定。

表3-6

G碼	機能
G20	英制輸入
G21	公制輸入

當參數設定改變後，下述之數值亦隨之改變單位

- (a) 進給指令之F值。
- (b) 線徑補正值
- (c) SET畫面設定
- (d) 增量進給之移動值

※注意事項:

- (1) 於程式中途無法改變G20/G21設定。
- (2) 當使用G20後，必須指令G21方能改為公制輸入，反之亦然。
- (3) 當電源開啟時，控制器顯式與輸入單位由參數設定。
- (4) 當輸入增量系統改變時，下述之數據控制器會自動轉換以符合其輸入之系統。
 - (a) 所有之線徑補正值。
 - (b) 參數設定畫面設定。

2.7 線徑補正

線徑補正機能係指銅線沿著程式設定路線移進時，銅線之中心與程式設定路線保持一指令之 **OFFSET** 之距離。故工件之正確尺寸可容易地藉指令之補正值而得之，同時當執行兩次加工之操作時，其預留之加工裕度亦將偏離程式設定路線，如圖 3-13 所示。

(1) 線徑補正方向指令 (G40, G41, G42)

下列之方向指令用以線徑之補正。

表3-7 線徑補正指令

G 碼	機 能
G40	線徑補正消除
G41	線徑補正偏左
G42	線徑補正偏右

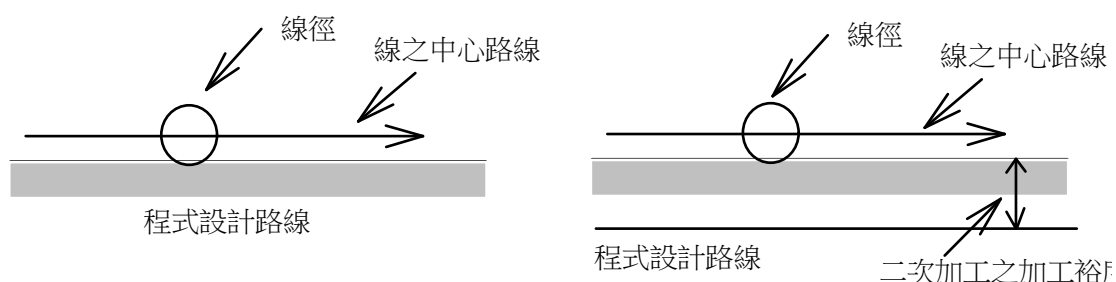


圖3-13 線之中心路線與程式設計路線之關係

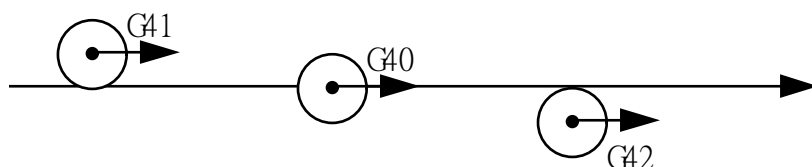


圖3-14 線徑補正指令與程式設定路線之關係

圖 3-14 顯示不同之線徑補正指令與程式設定路線之關係。當線之中心沿著程式設計路線移動時，此種操作稱之為線徑補正消除方式。此模式之設定係指電源剛開啟時或 NC 系統在重新設定狀態。當線徑補正消除(G40)被指令時，此方式係由被指令之下一區段開始執行。

若線之中心偏向程式設定路線之左方移動時，則稱機台設定於線徑補正偏左之方式，以 G41 來指令，此方式係於被指令之區段開始執行。

若線之中心偏向程式設定路線之右方移動時，則稱機台設定於線徑補正偏右之方式，以 G42 來指令，此方式亦於被指令之區段開始執行。

上述之準備機能皆屬於同一組群之模式 G 碼，故其功能將持續有效直至另一方式之 G 碼被指令時，或 NC 系統被重新設定時。亦即若程式開頭設定 G41 指令，其功能在其後之區段中均屬有效，直至 G40 被指令為止。

(2) 線徑補正值與線徑補正號碼

(a) 線徑補正值(wire diameter compensation value)

線徑中心與程式設定路線之距離稱為線徑補正值。該值必須於開始切割之前設定於電腦之 OFFSET 記憶中。其最小輸入增量及最大設定值如表 3-8 所示。

表3-8

	最小輸入增量	最大設定量
公制輸入	0.001mm	±10.000mm
英制輸入	0.0001"	±0.400000"

當線徑補正值設定為負值時，線徑補正之偏左及偏右方式將彼此倒轉，亦即在 G41 指令時，若補正值設定為負，則將造成 G42 之結果。當進行一般加工或兩次加工時，其補正值之設定如圖 3-15 所示。

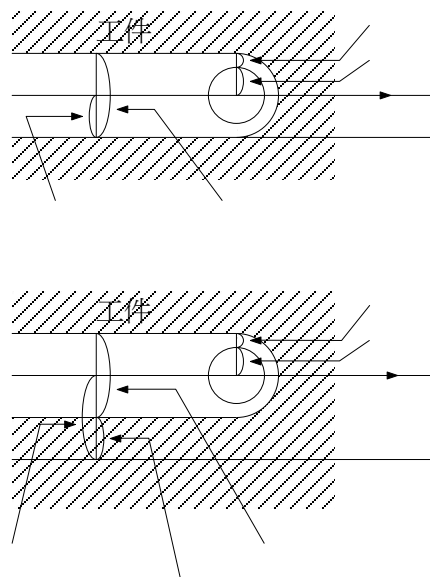


圖 3-15 一般 加工與兩次加工之補正值設(b)
線徑補正號碼(wire diameter compensation numbers)

在電腦記憶中。最多有 300 個補正值可供設定，可在參數設定畫面中設定，這些號碼稱之為線徑補正號碼。在程式中，其係以 D+□□之型式予以設定，如 D01，D14…等。線徑補正值必須與補正號碼一致以便使用。當程中設定一補正號碼時，此補正值將持續有效，直至另一補正號碼被設定或 NC 系統被重新設定(reset)為止。在未指定補正號碼或 RESET 狀態，視作指令 D0 為補正號碼，而執行 00 處之補正值。

線徑補正值可在加工中途依補正值號碼之改變而執行該號碼之補正值，如下例所示：

例：G91 G01 X25.0D1;
X10.0 Y-25.0D2;
X-35.0D1;

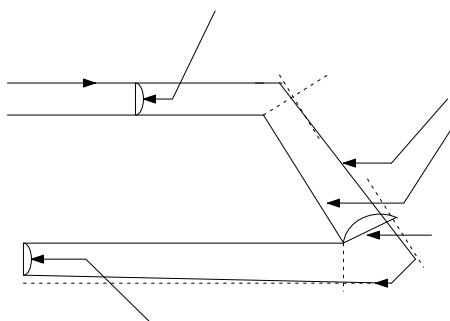


圖 3-16 加工中途補正號碼改變
因銅線仍有對工件造成過切之可能。

2.8 錐度加工

在此錐度加工型式，系統控制下導線具(X及Y軸)及上導線具(U及V軸)並藉所設定之角度使銅線傾斜，其具有如下所述之特點：

- ★在內角切割時可獲得一尖銳之轉角。
- ★於執行程式中途可變更錐度之角度。
- ★可選擇工件之任一橫截面而畫出銅線於該面之移動路線，故錐度圖形於切割之前可事先予以檢查。
- ★平面可切割成相同半徑,指定半徑或截圓錐之圓角R。

(1) 工件厚度之設定

所謂工件厚度，亦即由程式平面至工件之另一表面稱之為輔助平面之距離。此距離需在功能【程式模擬】->參數設定下之工件厚度設定。若被指定表面在程式表面之上方，則工件厚度為正值，反之若指定表面位於程式表面之下方，則為工件厚度負值，如圖 3-26 所示。於加工垂直工件時,上下機頭並無相對運動,因此 I 值之準確度並不重要,但於錐度或上下異形時,由於須利用程式平面及輔助平面之位置計算 X,Y,U,V 軸之移動軌跡,因此必須精密地設定工件之厚度並輸入加工之設定條件中。

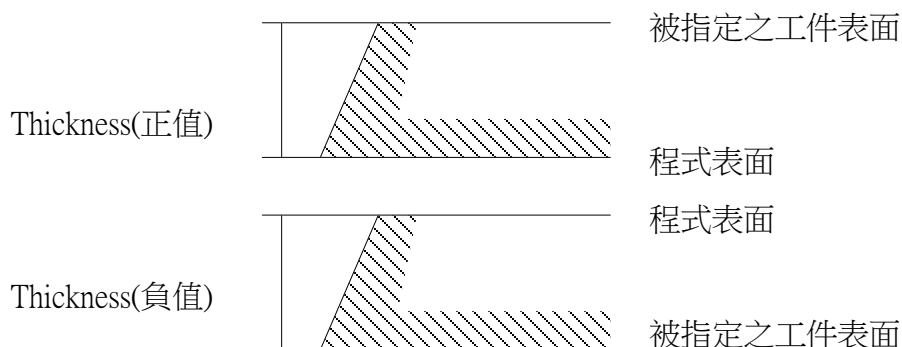


圖3-26 工件厚度值之正負決定

(2) 錐度加工指令 (G50， G51， G52)

如下之傾斜指令係於錐度加工中使用。當線對工件執行垂直之切割時，稱為線傾斜消除方式，機台在電源剛開啟時或重新設定(reset)時均處於該種方式。當線傾斜消除(G50)被指令後，此方式係由被指令之下一區段開始執行。

表3-9 線之傾斜指令

G 碼	機 能
G50	線之傾斜消除
G51	線之傾斜向左
G52	線之傾斜向右

若如圖 3-27 所示，線係傾向程式指定表面之左方，則此加工方式稱為線傾向左方向(或稱倒 TAPER)，而用 G51 予以指令。於此加工方式中，上導線具經常在程式指定表面上依指定路線而移向其左方。

若線係傾向程式指定表面之右方，則此加工方式稱為線傾向右方式(或稱正 TAPER)，而用 G52 予以指令。於此加工方式中，上導線具經常在程式指定表面上依指令路線而移向其右方。

有關 G51 與 G52 切割後之工件剖面，如圖 3-28 所示，以增進讀者了解。又上述之機能可於程式中選擇一區段而予以指令或改變。

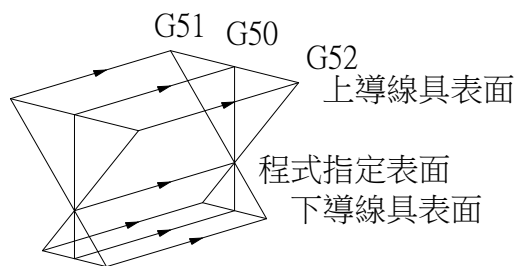


圖3-27 線之傾斜方向

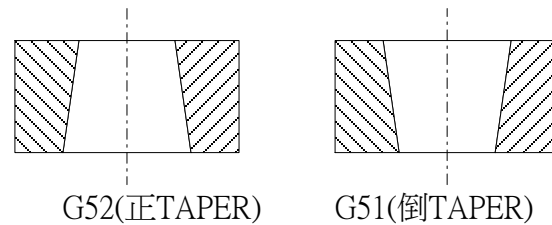


圖3-28 G 5 1 ， G 5 2 切割後之工件剖面圖

(3) 線傾斜角度設定

銅線傾斜之角度，可用位址“T”予以設定，其最小輸入增量及程式雖無最大可使用尺寸限制，但因機型及眼膜因素所以建議最大可使用尺寸如表3-10所示。

線之傾斜角度設定係由垂直位置算起之角度，如圖 3-29 所示為線輕斜角度與程式指定平面關係，不論銅線傾斜向左或向右通常均設定為正值。若設定為負值，則線之傾斜方向將彼此倒轉。

線之傾斜角度係設定於線之傾斜指令之前或設定於同一區段中，且其角度亦可於加工中途予以改變。

表3-10

位 址	最小輸入增量	程式最大設計尺寸
T	0.0001°	±45.00000°

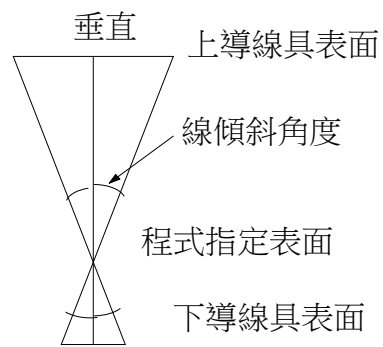


圖3-29 線傾斜角度與程式指定平面之關係

(4) 錐度加工時銅線之移動狀況

(a) 開始加工狀態，如圖 3-30 所示。

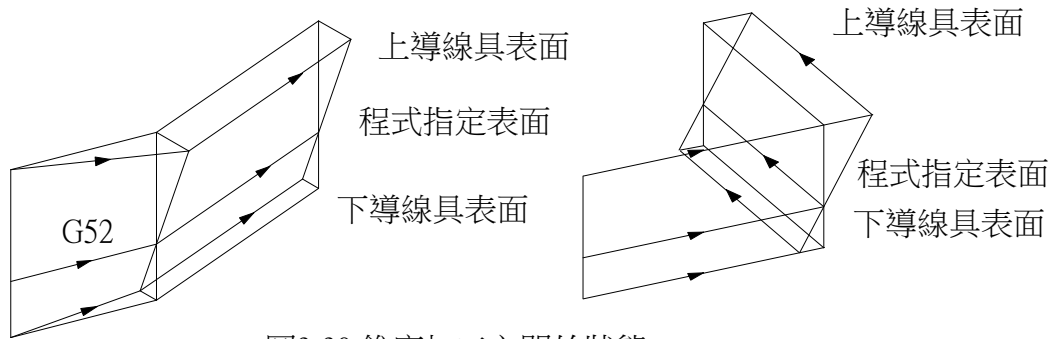


圖3-30 錐度加工之開始狀態

(b) 錐度加工方式，如圖 3-31 所示。

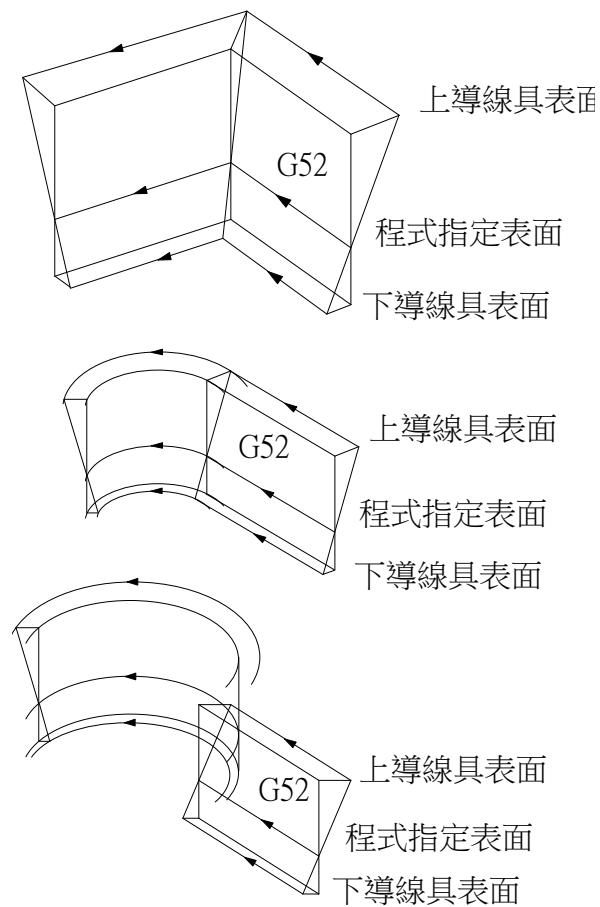


圖3-31 錐度加工之執行方式

(c) 錐度加工消除 之狀態，如圖 3-32 所示。

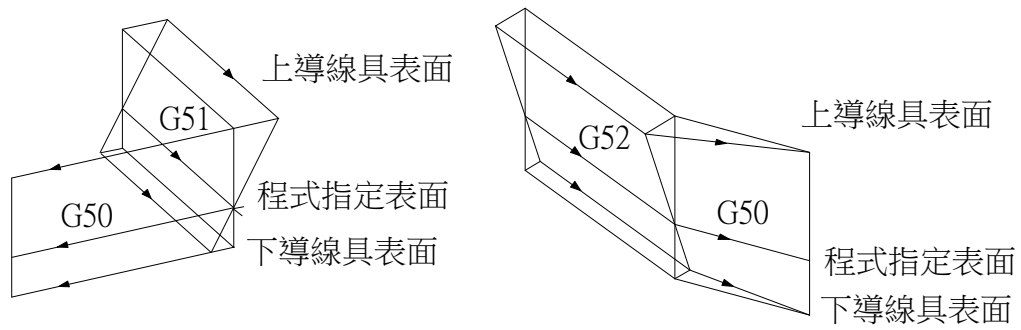


圖3-32 錐度加工之消除狀態

(d) 線之傾斜角修正改變之狀態，如圖 3-33 所示。

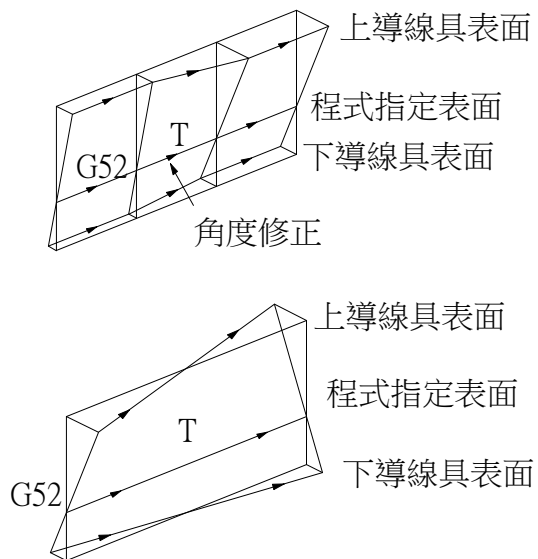


圖3-33 線之傾斜角修正改變之狀態

(5) 特殊錐度圓形

(a) 工件之上及下表面等圓角R

於錐度加工時，若程式只以R之指令指定圓角，，則工件之上及下表面均將得到相同半徑之圓角R(即為FANUC 0W系列原來之G60模式)。且線之傾斜角度可在圓角R之前或其後變更之。圖3-34係使用R指令之一例(SET畫面之工件厚度要設負值)，注意R必須書於移動指令之後，且不能以獨立之區段設定之。

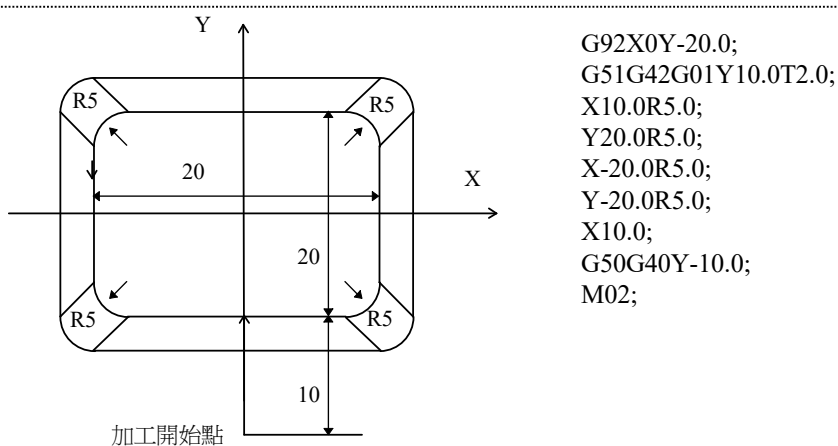


圖3-34 使用R指令之例

(b) 工件之上及下表面為圓錐角R

移動指令 G61 R_;

於錐度加工時，以G61及圓角R之指令，可獲得一截圓錐之圓角，同時亦可設定R0以獲致一圓錐角。圖3-35係使用G61指令之一例(SET畫面之工件厚度要設負值)。該指令亦須輸入於移動指令之後而無法單獨設定。當設定R0時，工件之上表面轉角處成一直角，而下表面則依設定之線傾斜角度而成一圓角。

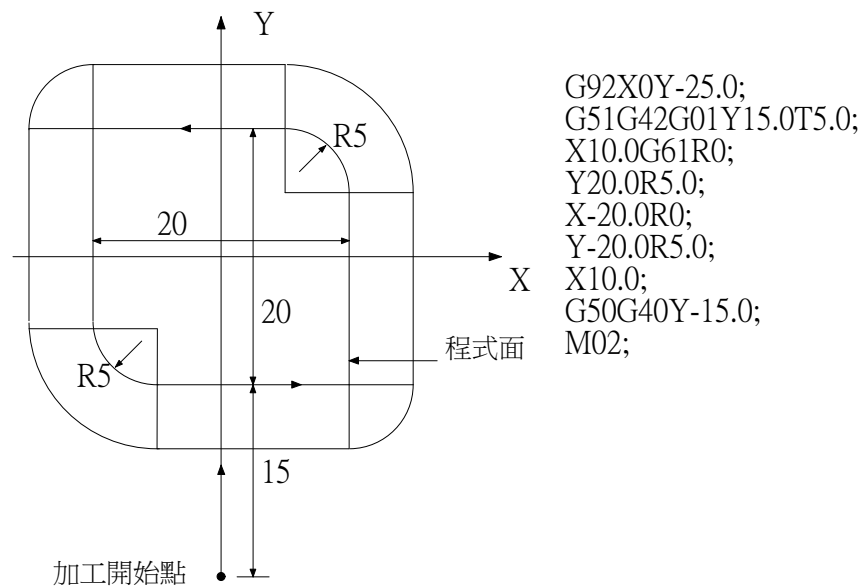


圖3-35 使用G 6 1 指令之例

(c) 工件之上及下表面為不等角R

移動指令 R ,R ; 於錐度加工中，工件之上下表面之轉角為不等角時，此時無須以G指令設定，而以字語R_,R_及其後之數值表之。R為程式指定表面之半徑值，「,R」為另一表面之半徑值。於本例中，因程式指定表面位於工件另一表面上方，故厚度以負值設定。如圖3-36所示。

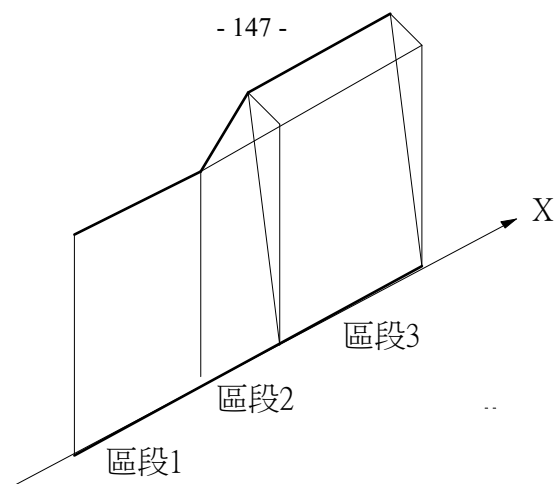


圖3-38 單一區段之線傾斜指令銅線移動狀況

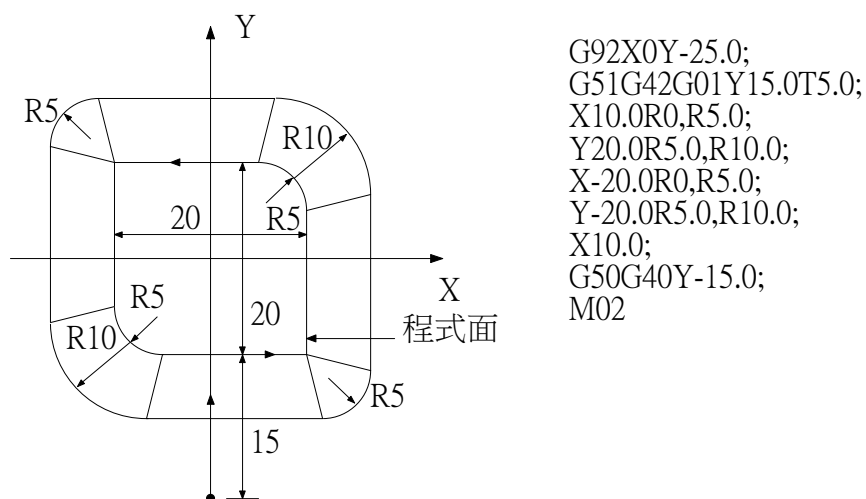


圖3-36 工件上及下表面不等角

而在區段②，線條以漸近傾斜方式，移動至終點，於終點時線傾斜角度為區段②所設定，此一行中必須加入移動指令方有效(移動指令可只有1mm)。若只有T_之命令為無效。如圖3-38所示。

以下介紹以單一區段線傾斜指令切割之例。

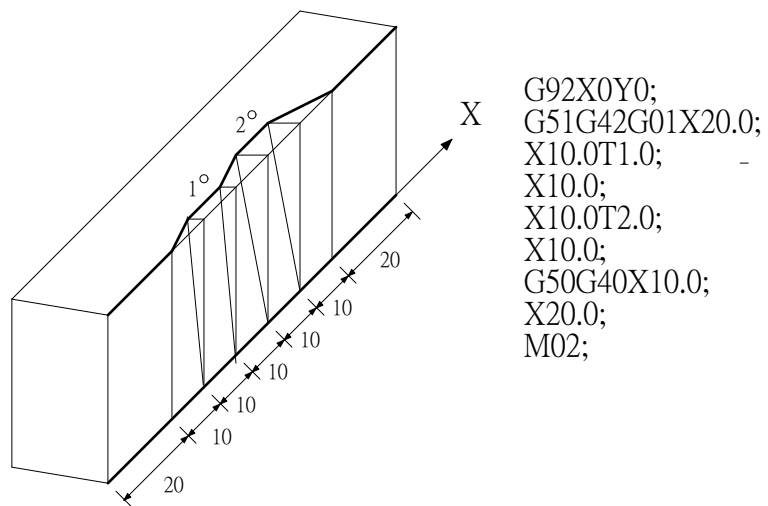


圖3-39 階級式錐度

(6) 設定工件之上及下表面型式之錐度加工

(a) 概說

於本機能，工件所切割之錐度係依據所指令工件之上及下表面而決定。在一般常見的錐度加工中，係指令欲切割之錐度角度及程式指定表面，此為較簡易之法，但所能切割之錐度表面種類亦為有限，有時便不能切割較為獨特之型式。但若採用本機能之方式來切割錐度時，即可執行任何型式錐度加工。

(b) 程式設定

兩平面之截面形狀，即工件之上及下表面，於設計程式時，係與xy平面相平行，其一稱為程式指定表面(programming plane)，另一面稱為輔助程式指定表面(auxiliary program plane)，何者在何者上方並無關緊要。如圖3-40所示。至於程式指定表面之截面形狀其程式係以一般之方法設定，而輔助程式指定表面之截面形狀，其程式係以由程式指定表面截面形狀觀之的錐度修正向量設定之。

a. 座標系統設定

於設定座標系統時，設定程式指定表面之線目前所在位置“X”“Y”之值設定之。而程式指定表面與輔助程式指定表面間之距離以“I”來表示，此距離需在功能鍵【加工】→[模擬]→參數設定下之工件厚度設定。當輔助程式指定表面位於程式指定表面之上方時，I為正確，反之則為負值。於工件之上及下表面型式之錐度加工，即切割上下異形(T時,由於須利用程式平面及輔助平面之位置計算X,Y,U,V軸之移動軌跡,因此必須精密地設定工件之厚度，上機頭高度並輸入加工之設定條件中。

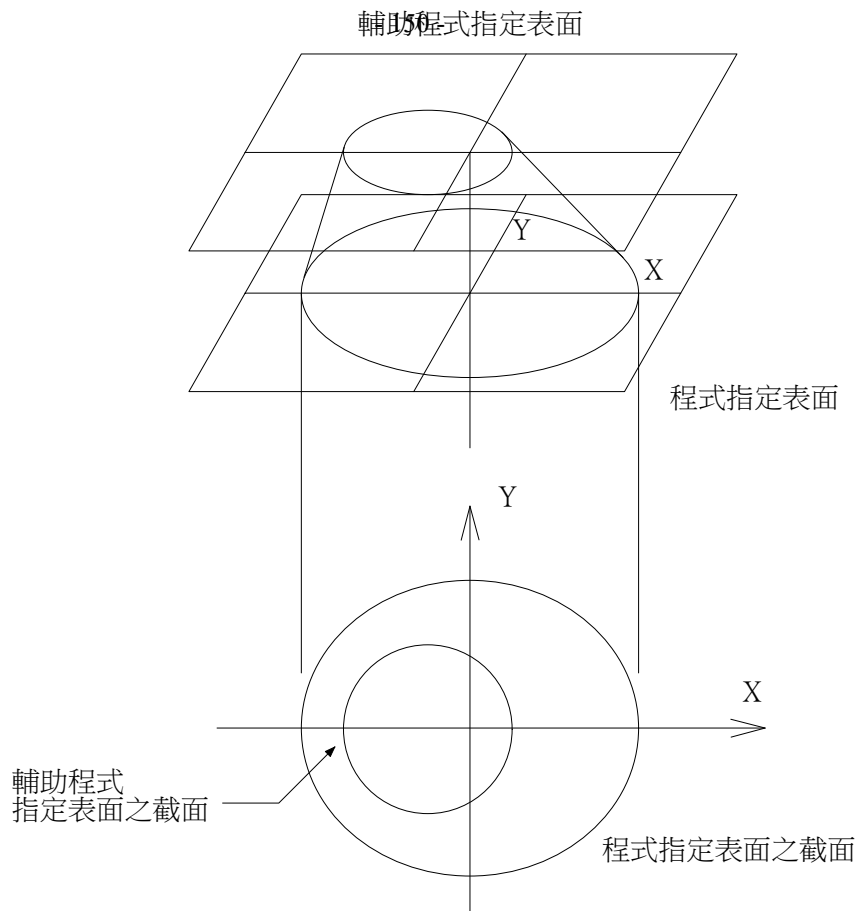


圖3-40 程式指定表面與輔助程式指定表面

如圖 3-41 所示，線之目前所在位置無須設定於輔助程式指定表面，因其可依線之傾斜而自動判斷之。工件厚度設定必須於 SET 畫面設定。

b. 直線插值 (G01)

G01 X_Y_U_V_;

當工件之上及下表面(上下導線具間之線移動路線)係直線時，則設定 **G01**，此可運用絕對座標系統或增量座標系統為之。在輔助程式指定表面之線之位置係以 **U** 及 **V** 及其後之數值而決定。而修正向量可藉程式指定表面之終點座標朝向輔助程式指定表面之終點座標來下定義，如圖 3-42 所示。

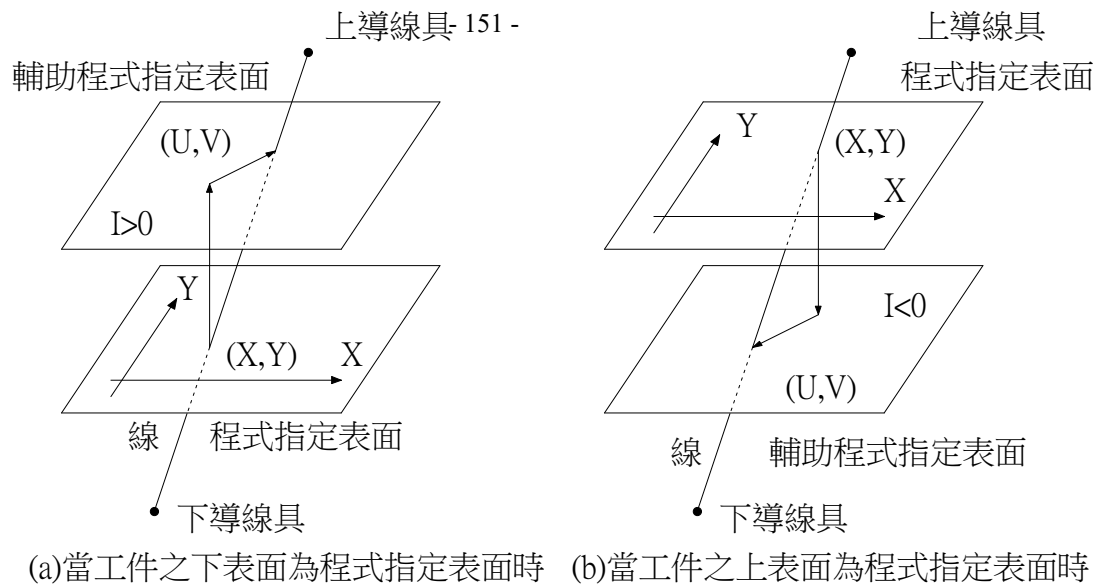


圖3-41 工件厚度之正負決定方式

此方式在絕對座標系統或增量座標系統之程式中均可應用。

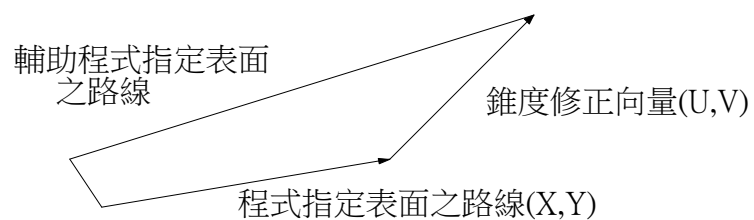


圖3-42 錐度修正向量與輔助程式指定表面之路線

b. 圓弧插值(G02, G03)

G02	X	Y	I	J	U	V	K	L	;
G03	X	Y	I	J	U	V	K	L	;

當工件之上及下表面(介於上下導線具間之線移動路線)係一圓弧時，則設定為G02(順時針方向轉動)或G03(逆時針方向轉動)。並用“X”及“Y”及其後之值來設定程式指定表面之圓弧終點座

標，用 “I” 及 “J” 及其後之值來設定圓弧之中心。且由圓弧之起點算起，無論是使用絕對座標系統或增量座標系統來設定程式，均必須使用增量值來設定。

工件之輔助程式指定表面，其圓弧路線係以 “U” 及 “V” 與其後之數值來決定。由程式指定表面之終點座標朝向輔助程式指定表面之終點座標之指向來定義終點修正向量，並以 “K” 及 “L” 與其後之值來定義輔助程式指定表面之圓弧中心。同時亦由程式指定表面之圓弧中心朝向輔助程式指定表面之圓弧中心之指向來定義圓弧中心修正向量，如圖 3-43 所示。

d. 線徑補正

此處所使用之線徑補正 G 碼之設定和前所述者相同。如表 3-11 所示。

線徑補正之方向及其值，係同時存在於程式指定表面及輔助程式指定表面之截面形狀，但其係單獨地予以計算。使用本機能時，亦可如一般之使用方式，於程式中加入 D 碼及線徑補正號碼而呼叫其補正值。圖 3-44 係表示補正之方式。

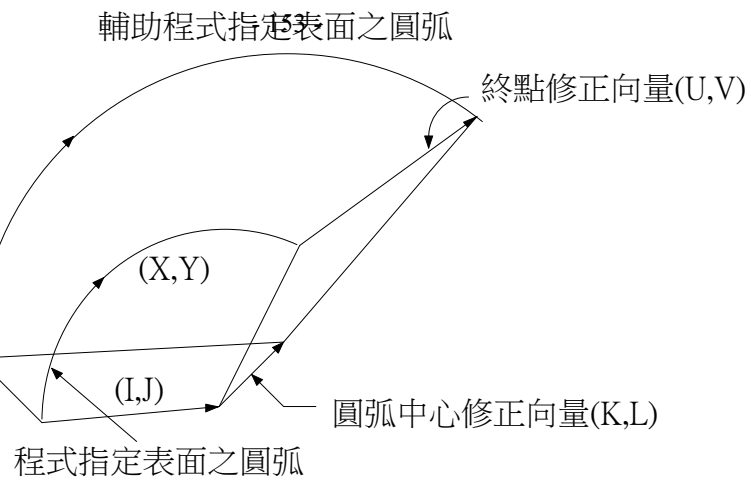


圖3-43 圓弧修正向量之定義

表3-11

G 碼	機 能
G40	線徑補正消除
G41	線徑補正偏左
G42	線徑補正偏右

輔助程式設定表面之線徑補正向量

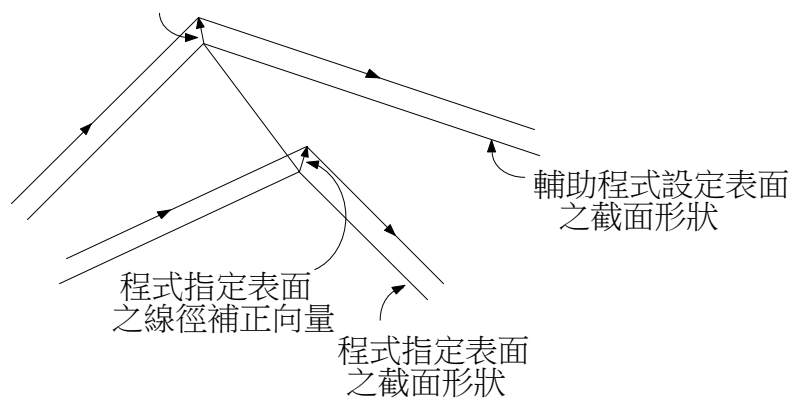


圖3-44 程式指定表面與輔助程式指定表面之補正方式

(c) 程式實例

a. 圓弧插值之應用，如圖3-45所示。(外形切割)

b. 直線插值之應用，如圖3-46所示。(內孔切割)

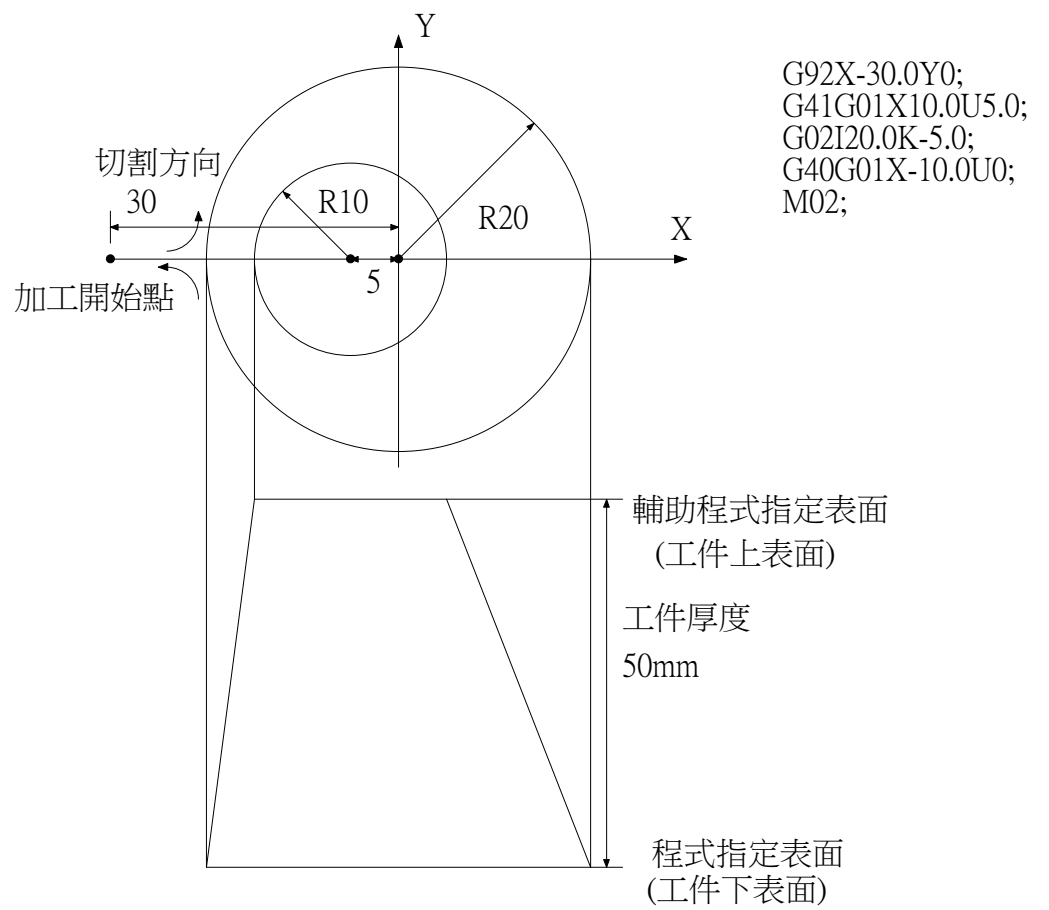


圖3-45 程式平面與輔助平面圓弧插值之應用

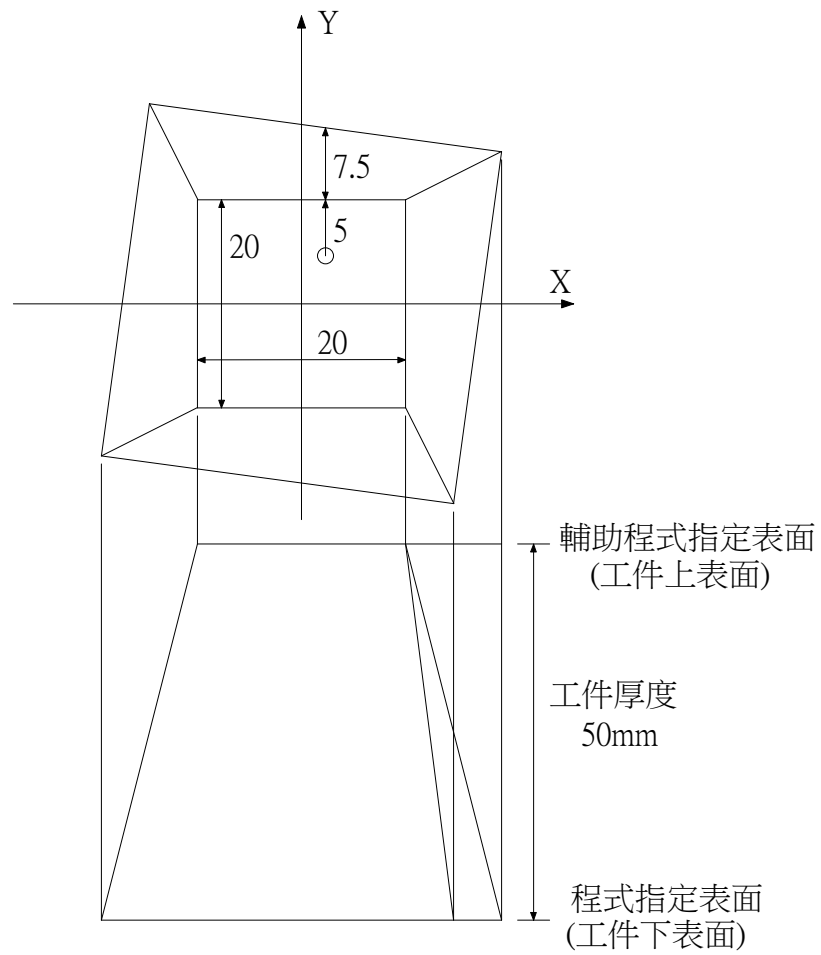


圖3-46 程式平面與輔助平面直線插值之應用

(d) 加工方式設定 (cutting mode setting)

當工件之錐度加工係以上下表面之型式來設定時，其加工方式之設定須設定為上下異型模式。

其餘之錐度加工設定條件與一般之方式相同。但必須記住上下導線具之距離與工件厚度之比必須小於或等於100。有關錐度加工條件之設定如圖3-47所示。

※ 注意事項

- (1) 當係採用設定工件之上及下表面型式而進行錐度加工時即 TAPE B 模式，線傾斜指令 G50、G51、G52 及線傾斜角度可設定，但指令無效。

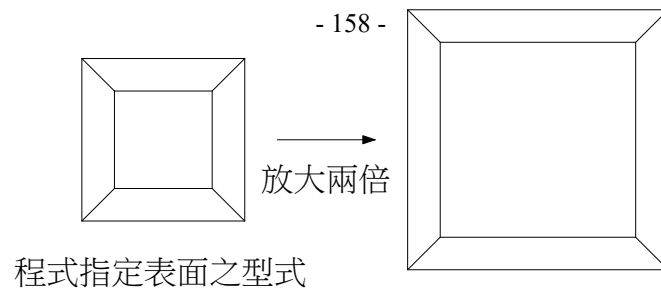


圖3-48 程式指定表面與放大後之型式

(2) 當係採用設定工件之上及下表面型式而進行錐度加工時，轉角R指令及自動圓角機能(G48及G49)可設定使用，但轉換及倒轉複製機能，無法設定使用。

(3) 輔助程式指定表面用以設定圓弧之字語 “U”

“V” “K” “L” 及用以設定工件厚度之字語

“I” 對比例倍率無效。若已設定比例倍率，則程式指定表面之型式將會放大或縮小，但錐角度並不改變，如圖3-48所示。

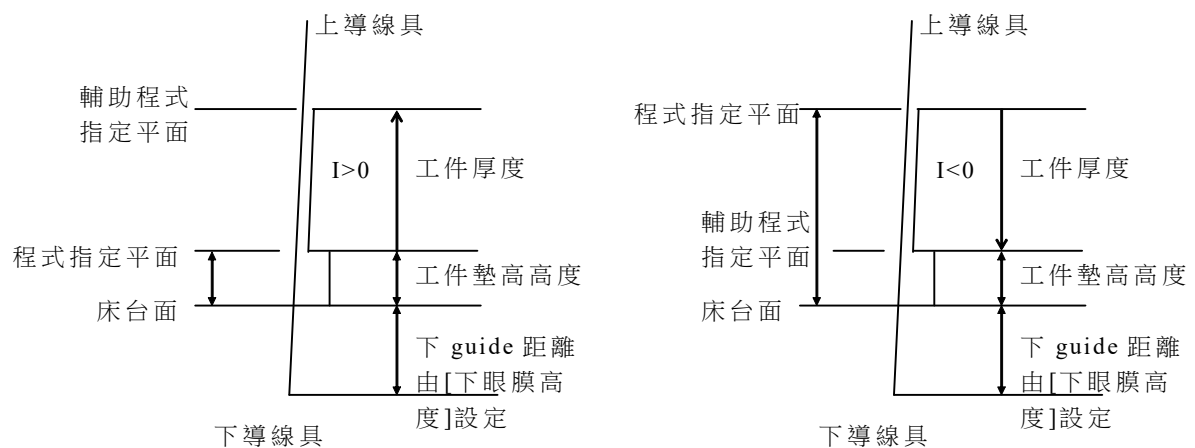


圖3-47 當工件之下表面設為程式指定表面之條件設定

2.9 行程極限設定

本機能係使工作台之移動超過預先設定之可移動範圍時，會因Alarm警報之發生而使機台停止移動。機台之可移動範圍依照所設之極限設定，當被設定時，機台所無法移動之禁區。

行程極限係依據機台之座標系統而設定，如上所述，當機械原點復歸不正確時，本機能即無法有效執行

(1) 行程極限設定

Sys-SoftProtect1P1X&1P2X－點1&2之X座標值

Sys-SoftProtect1P1Y&1P2Y－點1&2之Y座標值

Sys-SoftProtect1P1Z&1P2Z－點1&2之Z座標值

Sys-SoftProtect1P1U&1P2U－點1&2之U座標值

Sys-SoftProtect1P1V&1P2V－點1&2之V座標值

Sys-SoftProtect1P1W&1P2W－點1&2之W座標值

設定上述之座標值時，應於機械座標系統之機械原點歸零時為之。

2.10 輔助機能(miscellaneous functions)

輔助機能係以 M+□□之狀態存在，其不同號碼之機能如表 3-12 所示。而 M 機能雖有如下所述之多種不同機能，但在實際之加工過程中，一般常用者僅有 M00、M02、M30、M98、、M99…等，其餘之機能並不常使用。因其中有數個機能與操作面板上之按鈕功能用相同，但在使用上則不若按鈕方便，且自動穿線機之應用並不普遍也。

表3-12 輔助機能表

M碼	機 能	說 明
M00	程式停止	當程式執行至M00之單節時，機台之加工將自動停止，放電電源、線之進給、加工液之供給，以及線之張力之按鈕開關會自動關閉，欲再加工時，須給予上述四加工條件，再按CYCLE START即可。
M01	選擇性程式停止	當程式執行至M01之單節時，若機械操作面板上之OPT STOP按鈕被按下時，則其效用與M00相同，若OPT STOP未予按下，則M01指令將被忽視而不予執行。
M02	程式終了	當程式執行至M02之單節時，即表示該程式已執行終了，而機台之加工亦自動停止，放電電源、線之進給、加工液之供給，以及線之張力之按鈕開關亦自動關閉。
M21	單節暫停 ON	單節之間暫停功能有效，暫停時間由SETTING畫面之Block Stop Time 設定(單位:秒)
M22	單節暫停OFF	單節之間暫停功能無效。
M30	程式終了並倒轉	當程式執行至M30之單節時，即表示該程式已執行終了，而機台之加工亦自動停止，放電電源、線之進給、加工液之供給，以及線之張力之按鈕開關亦自動關閉。程式並且會自動倒轉。
M41	加工電源關	放電電源關閉。
M42	線進給關	停止銅線之進給。
M43	加工液供給關	停止加工液之供給。
M70	回程開始	當程式開始執行至M70之單節時，銅線將由該處沿切割路線回至加工開始點。
M81	加工電源開	放電電源開啟。
M82	線進給開	開始銅線之進給。

M83	加工液供給開	開始加工液之供給。
M98	呼叫副程式	用以從主程式中呼叫副程式。
M99	副程式結束	用以表示副程式之終止，而回至主程式。

3.程式內容說明

程式係由數個命令組成，而一組命令又可稱為一個“區段”(BLOCK，亦稱單節)。區段之終結以“；”表之，亦即由某一個“；”至次一個“；”間稱之為一區段。

本控制器在單節後可以不下“；”來表示結尾，只以單行為該節的結束，每行所可下之最大字元數為120字。

例：G92 X0 Y0；

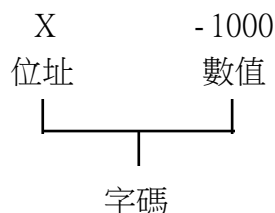
G92 G01 G41 Y5.0；

G02 X35.474 Y-1.543 I17.254

如上之每行均稱為一區段，結尾之“；”有無皆可接受。

(1) 位址字語(address word)

區段係由數個字碼組成，而字碼又由一個位址及數值組成，數值之值可正可負，如



通常所使用之位址字語係一英文字母，其代表意義如表3-13所示。

(2) 小數點之使用(decimal point programming)

程式中可選擇是否使用小數點。此小數點可用於距離、時間、速度和角度，其單位有mm、in及秒等。

X20. — 20mm或20"

F1.0 — 1.0mm/min或1.0吋/分

G04 X2.0 — 暫停兩秒

T.8 — 錐度角度 0.8°

(d) 一超過最大號碼之數 值將無法被設定。

(e) 一超過最大程式可使用尺寸範圍之數值亦無法被設定。

(3) 程式最大指令值(maximum programmable dimension)

於程式設計時，各位址所能使用之最大數值範圍如表 3-14所示。

(4) 程式號碼(program number)

程式號碼通常位於程式之最前端，其係由一個位址“0”及四個數字組成。本控制器程式號碼可省略，但須與程式檔名相同，以免副程式呼叫時錯誤。此號碼必須在可使用之數值範圍內(0～9999)。

通常一程式係由程式號碼始，而以M02；、M30；、M99；等指令終。M02；、M30；表主程式終了，M99；表副程式終了。

※注意事項：

(a) 若一區段之前有選擇區段跳越之“／”記號，如/M02；/M30；/M99；則其並不視為程式終了。

表3-14 最大指令值

機 能	位址	公 制 進 給 導 螺 桿	
		公制輸入	英制輸入
程式號碼	O	0-9999	
順序號碼	N	1-999	
軸向字語	X , Y	±9999.9999mm	±9999.9999"
	U , V	±9999.9999mm	±9999.9999"
	I , J	±9999.9999mm	±9999.9999"
轉角R	R	±9999.9999mm	±9999.9999"
進給速度(每分鐘)	F	0-99.9999mm/min	0-0.9999inch/min
輔助機能	M	0-99	
線徑補正號碼	D	0-299	
暫停時間	X	0-9999.999秒	
副程式號碼	P	0-9999	
副程式反覆次數	L	1-9999	
放電條件記憶儲存號碼	S	0-255	
工件厚度	I	0-99999.9999mm	0-999.9999"

(5) 順序號碼(sequence number)

在程式中之順序號碼可在一區段之前以位址“N”加上(0~9999)內之號碼設定之。其又簡稱“序號”，在設計程式時序號並非是必要的，其可用於所有之區段之前或用於某一特定之區段之前。一般而言，在線切割機之實際應用上，每一區段之前並不加上序號，而用以代表孔數。如一工件欲切割8個孔數，則可於每一孔之程式原點設定(G92)區段之前加上序號，由N1~N8順序使用之。其中N1可予省略，且序號亦不須依次排列使用，以任意號碼設定亦無不可。

※注意事項

- (a) 在必須把序號視為程式號碼之狀況，勿設定第一個序號為0。
- (b) 序號之號碼與程式之內容無關，可不按照順序而任意刪改甚或重複使用，如此雖仍不影響程之執行，但對操作者而言容易引起困擾而發生錯誤。故使用序號時仍以依次排列為宜。

(6) 區段跳越(optional block skip)

當一斜線記號“/”設定於區段之最前端，表示該區段之內容可予忽視而不執行。易言之，前有“/”記號之該段程式可由操作者視狀況需要而決定是否應予以執行。如下例：

```
.....;  
/G01 Y15.0;
```

當/時本區段無效

※注意事項：

- (a) 斜線符號必須置於區段之最前端，若將其置於區段內之其他位置，則當執行區段跳越機能時，由“/”至“；”間之指令均將被忽視而不予執行。

4.可簡化程式之機能

4.1 副程式(subprogram)

當一主程式內有某些固定之程式或常須重複使用之指令組時，這些程序或指令組可被儲存於記憶體內而做為一副程式。如此即可簡化程式，使主程式(main program)之結構更為簡潔，且副程式亦無須於程式內做多次之重複指令。

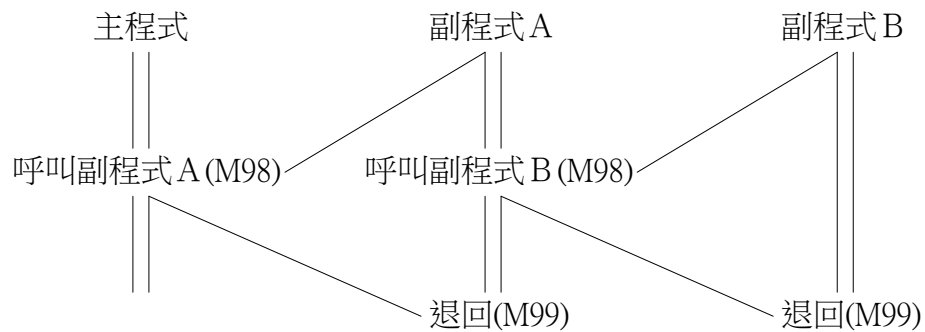


圖3-52 雙環副程式之呼叫

副程式可於記憶操作方式中被呼叫出，同時一副程式亦可呼叫另一副程式。被主程式呼叫之副程式稱為“單環副程式”(ONE LOOP SUBPROGRAM CALL)。圖3-52所示者係雙環副程式之呼叫，而副程式被呼叫之次數可至9999次。

(1) 副程式之組成

一副程式可由下列之格式組成，如圖3-54所示。

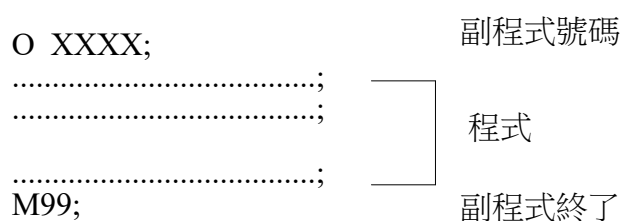


圖3-53 副程式之格式組成

即副程式係以程式號碼始，以M99指令結束。程式號碼係以“0”之後緊接四個數字表示之，而M99亦無須獨立於一單節中，可與其他指令並寫於同一區段中。

(2) 副程式之執行

副程式必須在經由主程式或另一副程式之呼叫時方能被執行，其呼叫之方式如下：

M98 P_L_;

其中P代表副程式號碼，L代表副程式重複執行之次數，若L未指定，則僅執行副程式一次。如下例所示：

M98 P2001 ; -----表示執行20001程式一次

M98 P2004 L6 ; -----表示執行 2004 程式六次

在一程式中若含有主程式及副程式，則其執行之方式及順序如圖3-54所示。一副程式被另一副程式呼叫時，其執行之方式及順序亦如同上述。

※注意事項

- (a) M98及M99必須相互配合，無法單獨使用。若副程式缺M99，則會產生" LACK OF SUB RETURN" 之ALARM。
- (b) 若程式指令之副程式號碼無法尋出，則會產Alarm。
- (c) 副程式之呼叫無法在 MDI 方式以輸入 M98 PXXXXX之指令呼叫而得之。

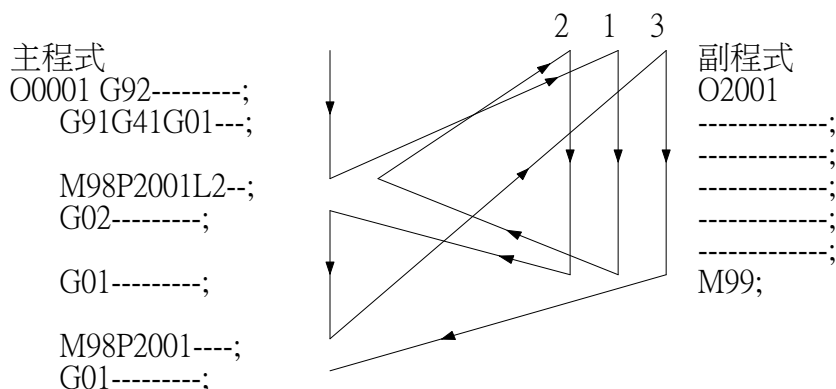


圖3-54 程式中包含主程式與副程式之執行順序

(3) 副程式之特殊用法

(a)若在副程式中 M99 指令之後以位址 “P” 加上主程式之序號，則程式之執行將不會回至呼叫副程式該區段之下一區段，而會回至由 P 所指令之序號區段。但主程式若非在 加工 狀態時執行，則 P 之指令仍會被忽視。如圖 3-55 所示。

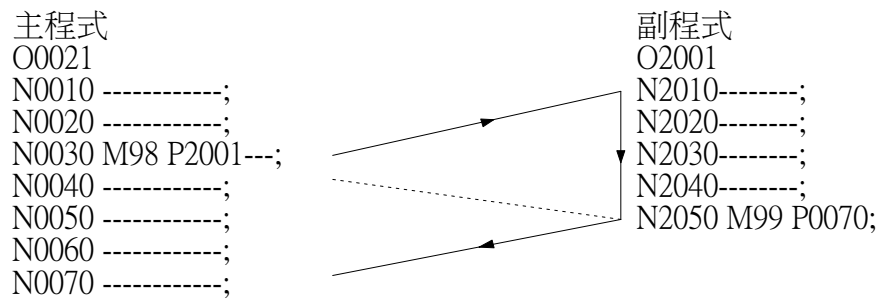


圖3-55 副程式中M99指令之後以"P"加上主程式序號

- (b) 當主程式中設定 M99 指令時，通常係與區段跳越來相互配合。當前有“／”之區段會被忽略而不執行。則程式執行至 M99 區段時，會依”所指令之序號而跳至該區段執行，如下例：

注意:

- (a) 本控制器之副程式功能(M98) 不具有轉換複製機能, 因此其後不接受 B, K, Q 之參數。
- (b) 本控制器之副程式功能(M98)可以巢狀呼叫8層。

5.程式製作要點

在常用之數控工具機中，線切割機之程式與銑床較為相似，但每種數控工具機均有其特殊之指令與機能。於本節中，將介紹製作線割程式時須注意之要點。

5.1 引出線與導孔

工件於切割之前，每一欲切割之孔均須先鑽一導孔，做為穿線及起割之用。導孔之大小視切割之孔而定，一般均用 $\varphi 0.6$ 、 0.8 、 1.0 、 1.2 、 1.5 、 1.8 或 $\varphi 2$ 之小鑽頭來鑽導孔。但當工件厚度較大以小鑽頭較不易鑽孔時，通常均係以放電加工機放電之，或採用於材料背面鑽“逃孔”之方式。

由導孔開始切割至工件之預定尺寸處，此長度稱為“引出線”，如圖3-57所示。其長度視欲切割之孔大小與導孔所在位置而定，一般約在 $3 \sim 5\text{mm}$ 之間，其決定之方法依欲切割之工件形狀而決定如下：

- (1) 圓孔－引出線之長度等於圓之半徑。但若圓之直徑為 $\varphi 15\text{mm}$ 以上時，通常均將導孔鑽於接近孔之邊線約 $3 \sim 5\text{mm}$ 左右之處，亦即其引出線約為 $3 \sim 5\text{mm}$ 。
- (2) 方孔－約 15mm 以下時，引出線之長由其中心點算起。若超過 15mm ，一般均將導孔鑽於接近孔之邊線，約 $3 \sim 5\text{mm}$ 左右。

異形孔－即形狀不規則之孔，此時引出線可設於接近直線形狀處，以不接近不規則形狀之邊為宜，如圖 3-58 儘量設於直線之處。

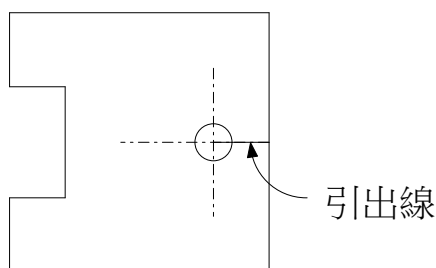


圖3-57 引出線之定義

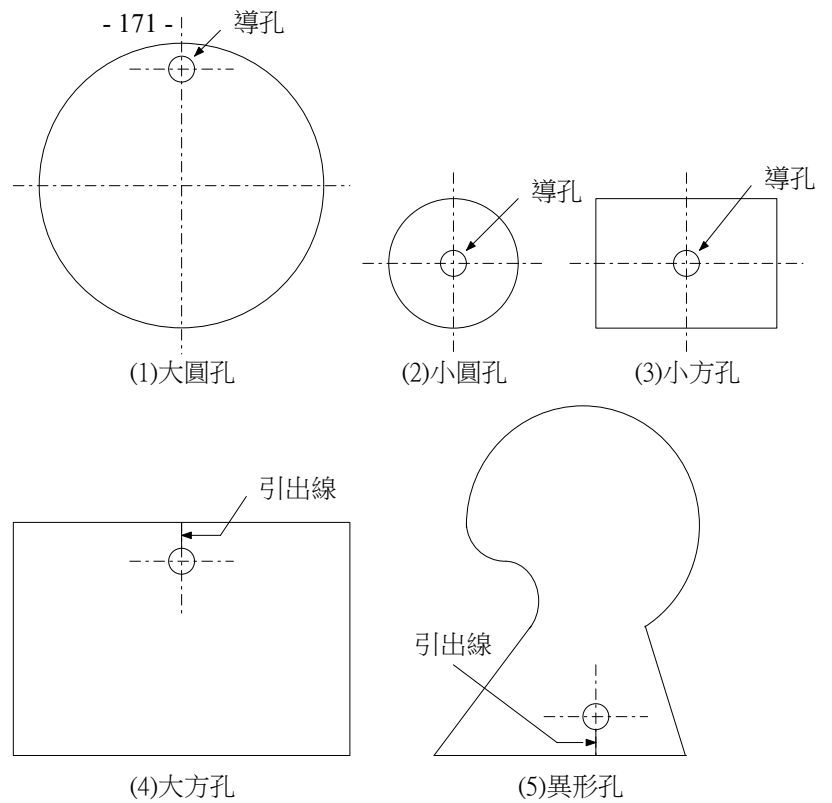


圖3-58 形狀不同內圓孔之導孔位置

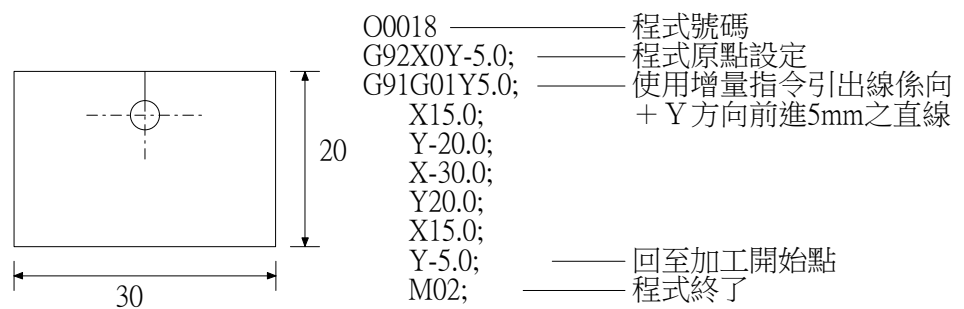


圖3-59 長方孔程式設計實例

同時在設計程式時，加工路線係由加工開始點 (start point，簡稱S.P)起割，故當該孔切割完成，亦須回至其加工開始點，以完成一循環。如此在切割多孔數之工件時，較易於設定各孔間之距離，以符合圖面要求，此外亦可供程式之尺寸設定正確與否之檢驗。圖3-59所示為一長方孔之程式設計實例。

引出線分直線及斜線兩種，通常係設定為直線較為方便。

5.2 線徑補正設定

線徑補正係以如下之指令為之

- (1) G40線徑補正消除
- (2) G41線徑補正偏左
- (3) G42線徑補正偏右

引出線之終點，即工件之預定尺寸處，此時程式指定路線之轉彎方向係向左或向右，對同一線徑補正指令(G40除外)而言，卻將相反之效果，如圖3-60所示。當向左轉時，程式指定路線之下方為G41，但向右轉時，程式指定路線之下方將為G42。故使用線徑補正指令時應特別注意，以免影響工件尺寸之精度。以切割內孔為例，通常係使用G42指令，亦即引出線下一區段之移動指令係向右轉；若使用G41指令，則所切割之內孔尺寸將增大。但若設定引出線之下一區段移動指令為向左轉，則應使用G41指令。切割內孔與外形，何者使用G41，何者使用G42，並無硬性規定，視程式設計者之習慣而定。但一般在使用時，通常內孔係使用G42指令，外形使用G41指令以利識別，如圖3-61所示。

此外於程式中使用線徑補正指令時，係於引出線之該區段中加入線徑補正偏左或偏右指令，而於程式終了前，亦即引出線回程之該區段，加入線徑補正消除指令(G40)，使銅線能回至加工開始點。以圖3-59之長方孔為例，其程式應改為：

例 1：00018

G92 X0 Y0；

G91 G42 G01 Y5.0； ----線徑補正偏右

X15.0；

Y-20.0；

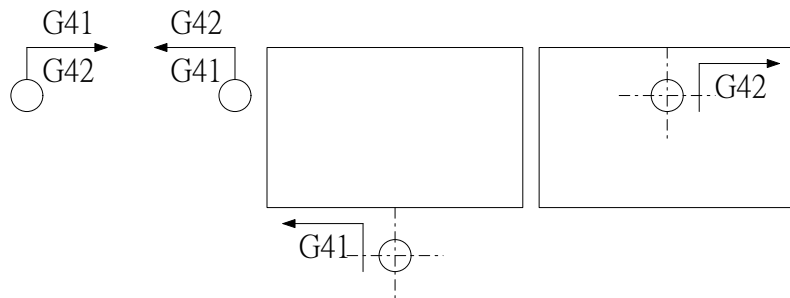
X-30.0；

Y20.0；

X15.0；

G40 Y-5.0； ----線徑補正消除

M02；



(a)切割外形用G41 (b)切割內孔用G42

圖3-60 引出線終點向左或向右G40/G41補正效果相反

例 2：以圖 3-61 之圓孔為例，其程式如下：

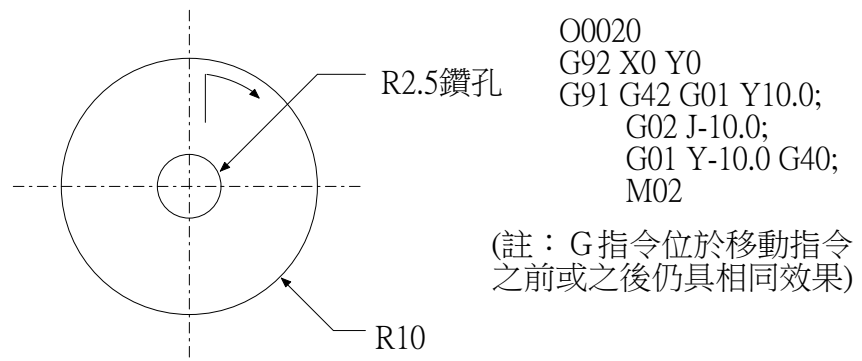
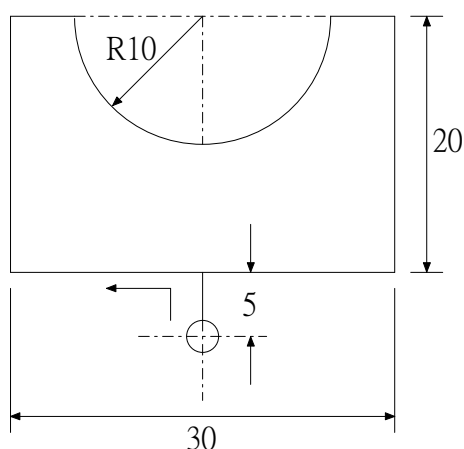


圖3-61切割內孔程式設計

例 3：以圖 3-62 之沖頭為例



```
O0001
G92 X0 Y0;
G91 G41 G01 Y5.0;
      X-15.0;
      Y20.0;
      X5.0;
G03 X20.0 I10.0;
G01 X5.0;
      Y-20.0;
      X-15.0;
G40 Y-5.0;
M02;
```

圖3-62 切割沖頭之程式設計

當切割多孔數之工件時，每一孔均須個別使用線徑補正指令，亦即剛開始切割時使用線徑偏左或偏右指令，而於該孔之引出線回程加入線徑補正消除指令，如此銅線方能回至其加工開始點，於移位切割下一孔時其距離方不致產生誤差。若不使用 **G40** 指令，銅線將無法回至其加工開始點，而其保持一線徑補正值之距離。

5.3 錐度加工設定

錐度加工係以如下之指令設定之

- (1) **G50** 線之傾斜消除
- (2) **G51** 線之傾斜偏左
- (3) **G52** 線之傾斜偏右

圖 3-28 所示者，為不同線傾斜方向之剖面圖。

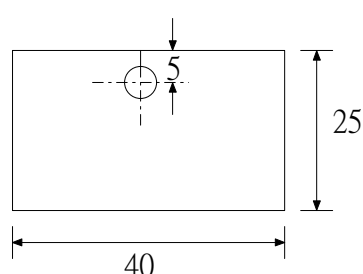
於錐度加工時，線之傾斜指令係設定於引出線之區段內，並須以“**T**”(傾斜角度)配合之。於切割完畢時，亦須於引出線回程之區段中加入線之傾斜消除指令 **G50**，使銅線重新恢復垂直狀態(亦即 UV 軸回至原點)。同時於錐度加工之操作中，亦須於 **PROGRAM**→**SET** 中

設定錐度加工 (taper cutting) 之模式，方能正確執行錐度加工機能。

註：在設計程式時，亦須考慮機台所能切割之錐度最大極限，以防超過最大極限時U、V軸產生Alarm並傷及U、V軸之精度。

錐度加工之程式設計介紹如下：

一般錐度加工如圖3-63所示。



```
O2817
G92 X0 Y-5.0;
G91 G42 G52 T0.6 G01 Y5.0;
(割正TAPER線之傾斜角度為0.6度)
X20.0;
Y-25.0;
X-40.0;
Y25.0;
X20.0;
G40 G50 Y-5.0;
M02;
```

圖3-63 一般錐度加工

5.4 M機能於程式之使用

M機能種類雖多，但在實際應用上約僅有如下四種 (M98、M99除外)：

- (1) M00----程式停止
- (2) M01----程式選擇性停止
- (3) M02----程式終了
- (4) M30---- 程式終了，螢幕上之程回至最前端。

上述四種M機能於程式中應用詳述如下：

- (3) M00----當切割多孔數之工件時，割完一孔後，設定M00使加工三條件《Wire》、《Water》、《EDM》工作台亦停止移進，再設定G00移位至欲切割之下一孔座標，再設定M00使工作台停止，以便穿線再開始切割。

(2) M01---- 通常係使用 於當該孔即將切割完畢，僅剩約0.5mm長時，加入本指令使機台之加工停止(作用與(1)同)，其作用有三：

(a) 通知操作者該孔即將切割完成。

(b) 防止割完後廢料掉落夾住下機頭。

(c) 停止後再起動切割剩餘之0.5mm時，速度較慢，有利於毛頭(臍部)之去除。

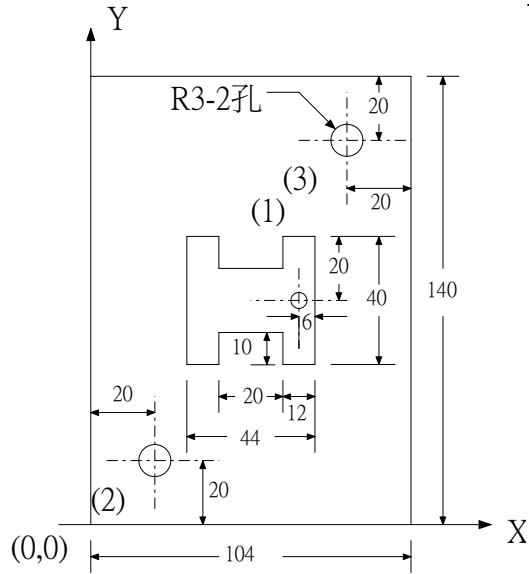
M01指令必須與機螢幕【Auto1】→「執行M01」，當按下該按鈕後程式中之M01指令即能有效執行，使機台停止操作。若未按下該安鈕，則M01指令將被忽視而不執行，亦即機台仍將繼續操作而不停止。

(3) M02----係表示程式終了，亦即整個加工過程終結，此時機台會自動停止其操作，《Wire》、《Water》、《EDM》、關閉，以便將工件自工作台取下。

(4) M30----其作用與M02指令相似，且除具有M02之功能外，同時當程式執行至該指令時，螢幕上之程式將自動跳回程式之最前端，故其功能較M02為強。通常在實際應用上，操作者會隨即將M02改為M30，以省略程式於空跑後再按[RESET]以使程式回至最前端之麻煩。

5.5 切割多孔數之程式製作

在實際操，通常沖頭(punch)係一次切割完成(複合模除外)其餘諸如下模(die)、夾板(punch holder)、脫料板(stripper)、K.O.(knock out內脫板)甚或入塊(bush)亦鮮少僅須切割單孔者。圖3-64所示者，即為一簡單之多孔數程式設計實例，僅供讀者參考之。



例：圖中之異形孔之 S P 設於離右側 6 m m 處，圓孔 S P 則設於中心，先割異形孔再割圓孔

O0017

G92 X68.0 Y70.0;

G91 G42 G01 X6.0;

Y-20.0;

X-12.0;

Y10.0;

X-20.0;

Y-10.0;

X-12.0;

Y40.0;

X12.0;

Y-10.0;

X20.0;

Y10.0;

X12.0;

Y-19.5 M01;

Y-0.7;

X-6.0 Y0.2 G40;

M00;

N2 G92 X20.0 Y20.0;

G42 G01 Y3.0;

G02 X-0.5 Y-0.042 J-3.0 M01;

X0.7 Y0.035 I0.5 J-2.958;

G01 X-0.2 Y-2.993 G40;

M00;

G00 X64.0 Y100.0;

M00;

N3 G92 X84.0 Y120.0;

G42 G01 Y3.0;

G02 X-0.5 Y-0.042 J-3.0 M01;

X0.7 Y0.035 I0.5 J-2.958;

G01 X-0.2 Y-2.993 G40;

M00;

G00 X-16.0 Y-50.0;

M02;

圖 3-64 線切割多孔數之程式設計

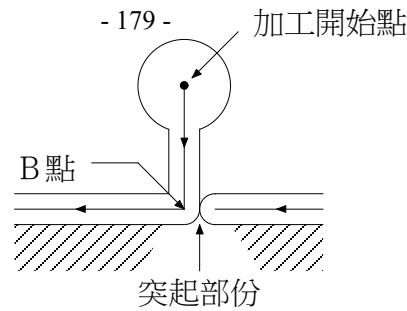


圖3-65 毛頭之位置

5.6 毛頭之修除與M01之配合

當一孔切割完成，廢料即與工件分離，此時工件之切落部份(即引出線終點附近)將留下小塊之突起物，此稱之為“毛頭”或“臍部”，如圖 3-65 所示。毛頭形成之原因，乃當工件即將切割完成時，雖銅線未到達引線之終點(B點)，但由於線之半徑成圓弧狀，加以放電間隙之作用，使廢料因本身之重量掉落而與工件分離，此時必將在工件表面留下毛頭；而操作者必須將毛頭修除以利沖頭與沖模之配合。

當切割沖頭時，因毛頭位於工件之外部，故可利用研磨之方式或以鑽石銼刀去除之。但若屬內孔加工，則因毛頭位於孔之內部，若遇狹小之形狀則不易以鉗工方式去除之，因而必須於機台上以線割方式修除之。

修除毛頭之方法，可於設計程式時，利用M01指令實行之。於本章5.4節中，曾介紹M01指令之功能，此處再詳細闡述之。通常於每孔即將切割完成時，在程式最末一段之加工指令(非引出線之回程區段)區段中加入M01指令，其預留量通常為0.5mm，但M01後之移動指令通常為0.7mm，理由是為求完全將毛頭修除，如圖3-66所示。因銅線到達B點之位置後，程式即指令銅線回至加工開始點A；但在銅線未到達點B之前廢料即有可能掉落，此時使機

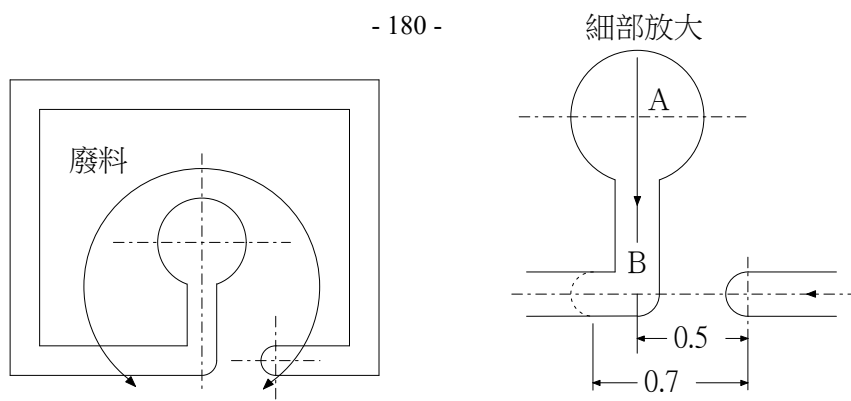


圖3-66 預留量與毛頭修除之關係

台復行加工以修除毛頭，但銅線因廢料已掉落，故圓孔下方內緣材料擠迫而稍向上移，且當到達點B之位置後即執行引出線之回程而回至點A，如此則無法完全將毛頭修除。故通常將預留量加上0.2mm，俾使銅線完全經過B點，如圖中之虛線所示，則較能將毛頭完全修除。茲以圖3-67之程式為例：

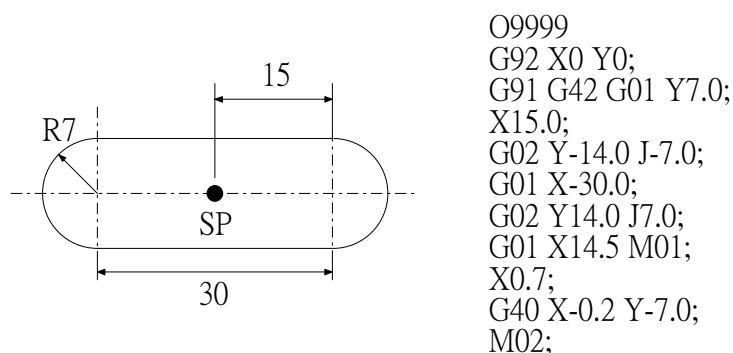


圖3-67加工預留量程式例

此外，切割多孔數之工件時，每一孔切割完畢，於引出線回程區段之後，亦即原為設定M02處，改用M00指令，使機台停止操作，其後用G00 X_Y_指令使工作台移位，而移至下一孔之座標，其後再用M00指令，使工作台於定位後停止移進，準備穿線切割下一孔。而每一孔均須使用G92

指令做程式原點(座標系統)之設定，如此在螢幕上由 POSITION機能按鈕所顯示之第一畫面上，(MACHINE)之座標值方能於機台執行G92指令後轉換至(START)處理，以利操作者參考。(請參閱圖3-64切割多孔數工件之程式)。

※注意事項：

- (1) 當切割約 $\phi 1.5$ 以下之小圓孔時，可無須使用M01指令。
- (2) 當切割較小之圓孔或方孔時，不一定要在M01指令之後再移動0.7mm，視個人使用習慣亦可僅移動0.5mm。
- (3) 當切割沖頭時，預留量及 M01 其後之移動量均為 0.5mm 即可。

5.7 G500~G507 使用方法即限制

- (1)G501：開啟圓弧補償。當解譯到圓弧單節時，會自動圓弧半徑做補償。用以克服加工至外圓弧時會縮小，內圓弧時會擴大。

設定方式：

參數說明：

- I: 外圓弧補償量，單位(同系統設定)。
- J: 內圓弧補償量，單位(同系統設定)。
- K: 補償模式。0:關閉、1:內外圓弧補償、2:外圓弧補償、3:內圓弧補償預設為內外圓弧補償，補償量為 0。

建議設定：

第一刀時為 I0.04、j0.02，第二刀時為 I0.008 J0.004，第三刀時關閉。

範例：G501 I0.04 J0.02 K1.0;

說明：外圓弧補償量 0.04mm，內圓弧補償量 0.02mm，啟動內外圓弧補償。

- (2)G500：關閉圓弧補償。
- (3)G503：開啟轉角保護。當加工單節為直線相接，且為外角時會插入轉角保護輔助線。

參數說明：

I: 轉角保護偏移量，單位(同系統設定)。

建議設定：

第一刀時為 0.04mm，第二刀時為 0.02mm，
第三刀時關閉。

範例：G503 I0.04;

說明：轉角處外偏 0.04mm。

(4)G502：關閉轉角保護。

(5)G505：開啟線徑消耗補償，切割模式必須設定為錐度或上下異形模式。

參數說明：

I: 補償角度，單位(度)。正數時上機頭沿著路徑補償線徑，負數時上機頭沿著路徑縮減線徑。

建議設定：

第一刀時為 0.003 度，第二刀時為 0.0015 度，第三刀時關閉。

範例：G505 I0.003;

說明：補償角度 0.003 度。

(6)G504：關閉線徑消耗補償。

(7)G506：設定輔助線模式為"交點"模式。

(8)G507：開啟輔助線模式，切割模式必須設定為錐度或上下異形模式。

參數說明：

I: 輔助線模式。

範例：G507 I1.0;

說明：<90 度(切線)輔助線模式

模式選擇共有五種模式，說明如下：

1: 交點 ==> 兩線段交點

2: <90 度(切線) ==> 工件角 <= 90 度時使用切線輔助線，工件角 > 90 度時使用交點輔助線。

3: <90 度 (繞 ⁻¹⁸³圓) ==> 工件角 <= 90 度時
使用原
 弧輔助線，工件角 > 90 度時使用交點輔助線
4: 切線 ==> 切線輔助線
5: 繞圓 ==> 原弧輔助線

附錄一

G 指令總覽

組群	G 指令	功能	格式
00	G04	暫停（停止指定的時間）	G04 P_或 G04X_
	G05	上下異形插值	G05 X_Y_I_J_U_V_ G05 X_Y_U_V_K_L_
	G06	上下異形插值	G06 X_Y_I_J_U_V_ G06 X_Y_U_V_K_L_
	G07	上下異形插值	G07 X_Y_I_J_U_V_K_L_
	G08	上下異形插值	G08 X_Y_I_J_U_V_K_L_
	G92	程式原點設	G92 X_Y_I_J_
01	G00	快速定位	G00 X_Y_U_V_
	G01	直線切割	G01 X_Y_U_V_
	G02	順時針圓弧切割	G02 X_Y_I_J_U_V_K_L_
	G03	逆時針圓弧切割	G03 X_Y_I_J_U_V_K_L_
03	G90	絕對座標指令	G90（指定絕對值座標）
	G91	增量座標指令	G91（指定相對值座標）
04	G22	軟體行程極限 ON	G22 X_Y_I_J_
	G23	軟體行程極限 OFF	G23
05	G94	手動速度進給	G94 F_
	G95	伺服速度進給	G95
06	G20	英制輸入	G20
	G21	公制輸入	G21
07	G40	線徑補正取消	G40 X_Y_
	G41	線徑補正偏左	G41 X_Y_D_ ,D_
	G42	線徑補正偏右	G42 X_Y_D_ ,D_
08	G50	線之傾斜消除	G50 X_Y_
	G51	線之傾斜向左	G51 X_Y_T_
	G52	線之傾斜向右	G52 X_Y_T_
09	G60	工件上下圓角相等	G60 X_Y_R_
	G61	工件上下圓角不等	G61 X_Y_R_

10	G48	自動圓角 ON	G48
	G49	自動圓角 OFF	G49
11	G54	加工座標系 1 選擇	G54 X_Y_
	G55	加工座標系 2 選擇	G55 X_Y_
	G56	加工座標系 3 選擇	G56 X_Y_
	G57	加工座標系 4 選擇	G57 X_Y_
	G58	加工座標系 5 選擇	G58 X_Y_
	G59	加工座標系 6 選擇	G59 X_Y_
12	G500	關閉圓弧補償	
	G501	開啟圓弧補償	G501 I_ J_ K_
	G502	關閉轉角保護	
	G503	開啟轉角保護	G503 I_
	G504	關閉線徑消耗補償	
	G505	開啟線徑消耗補償	G505 I_
	G506	設定輔助線模式為"交點"模式	
	G507	開啟線徑消耗補償，切割模式必須設定為錐度或上下異形模式	G507 I_

M 指令總覽

M 指令	功 能	說 明
M00	程式停止	當程式執行至 M00 之單節時，機台之加工將自動停止，放電電源、線之給進、加工液之供給，以及線之張力之按鈕開關會自動關閉，欲再加工時，須給予上述四加工條件，再按《CYCLE START》即可。
M01	選擇性程式停止	當程式執行至 M01 之單節時，若機械操作面板上之《OPT STOP》按鈕被按下時，則其效用與 M00 相同，若《OPT STOP》未予按下，則 M01 指令將被忽視而不予執行。
M02	程式終了	當程式執行至 M02 之單節時，即表示該程式已執行終了，而機台之加工亦自動停止，放電電源、線之給進、加工液之供給，以及線之張力之按鈕開關亦自動關閉。
M21	單節暫停 ON	單節之間暫停功能有效，暫停時間由 SETTING 畫面之 Block Stop Time 設定（單位：秒）
M22	單節暫停 OFF	單節之間暫停功能無效。
M23	開啟助走功能	
M25	開啟圓弧控制	
M26	開啟轉角控制	
M30	程式終了並倒轉	當程式執行至 M30 之單節時，即表示該程式已執行終了，而機台之加工亦自動停止，放電電源、線之給進、加工液之供給，以及線之張力之按鈕開關亦自動關閉。程式並且會自動倒轉。
M33	關閉助走功能	
M35	關閉圓弧控制	
M36	關閉轉角控制	
M41	加工電源關	放電電源關閉。
M42	線進給關	停止銅線之進給。
M43	加工液供給關	停止加工液之供給。
M70	回程開始	當程式開始執行至 M70 之單節時，銅線將由該處沿切割路徑回至加工開始點。
M81	加工電源開	放電電源開啟。

M82	線進給開	開始銅線之進給。
M83	加工液供給開	開始加工液之供給。
M98	呼叫副程式	用以從主程式中呼叫副程式。
M99	副程式結束	用以表示副程式之終止，而回至主程式。