

電腦數值控制切削中心機能力本位訓練教材 了解刀具半徑補正機能指令 之意義及應用

編號：PMT-NCM0406

編著者：陳天送

審稿者：趙志揚、張鴻清、張訓臣

主辦單位：行政院勞工委員會職業訓練局

研製單位：中華民國職業訓練研究發展中心

印製日期：九十年十二月

單元 PMT-NCM0406 學習指引

當你學習本單元之前，你必須精通下列相關知識和技術能力：

- PMT-NCM0403 了解刀具長度補正機能指令之意義及應用。
- PMT-NCM0404 了解直線切削機能指令之意義及應用。

※假如你無法勝任上列之工作能力，請將本教材放回原位，並取出編號 PMT-NCM403、PMT-NCM405 教材開始學習或請教你的老師。

※如果你已熟悉了上列部份單元能力，請取出你無法勝任的項目單元教材開始學習，若你有疑問，可以先和同學討論或是請教你的老師。

※假如你已俱備上列之相關知識和技術能力，請你開始學習本單元，本單元將引導你熟悉刀具半徑補正機能指令的意義與應用。

本單元包括以下內容：

壹、引言	1
貳、定義	2
參、學習目標	3
肆、學習活動	4
學習活動一：瞭解刀具半徑補正指令意義與功用	5
學習活動二：瞭解工作計劃和應用刀具半徑補正指令 G41、G42 及 G40 來製作程式	25
學習活動三：使用刀具半徑補正指令；操作電腦數值控制中心 機完成工件	26
伍、單元學後評量	45

※假如你已俱備本單元相關知識和技術能力，請翻到 45 頁接單元學後評量。

引言

電腦數值控制中心機於設計加工程式時，通常以刀具中心點沿著工件之輪廓切削，但將導致每一加工路徑皆有一刀徑半徑之過切削現象，如圖 1 中陰影即為過切削的部份。爲了避免過切現象需將刀具中心點向外移一個半徑的向量如圖二中虛線 B；即刀具中心點路徑與圖形輪廓間，保持一個刀具半徑值，使得加工後，工件之尺寸，完全符合工作圖要求。然而此一刀具（中心點）路徑困難求取，如圖 2 中 C、D、E、F、G、H、I、J 諸點；必須應用幾何學與三角函數分析始能計算出來，然後才能連接以上諸點完成此刀具路徑。爲了方便求取刀具路徑本單元將介紹你一個迅速正確的新方法。即應用刀具半徑補正指令（G41、G42），使刀具於切削時，其刀具路徑與程式路徑（圖形輪廓）間；保持一個刀具半徑量，切削加工完成後，工件將與圖形輪廓完全一致。如此，在製作加工程式時，只須依照工作圖加工尺寸（輪廓）撰寫程式路徑，再配合使用刀具半徑補正指令，無需考慮刀具半徑大小所造成之過切削現象，即可完成尺寸正確之加工成品。刀具半徑補正指令經常被應用於銑削內部或外部輪廓，至爲重要，學習者更應努力學習，完全理解與應用。

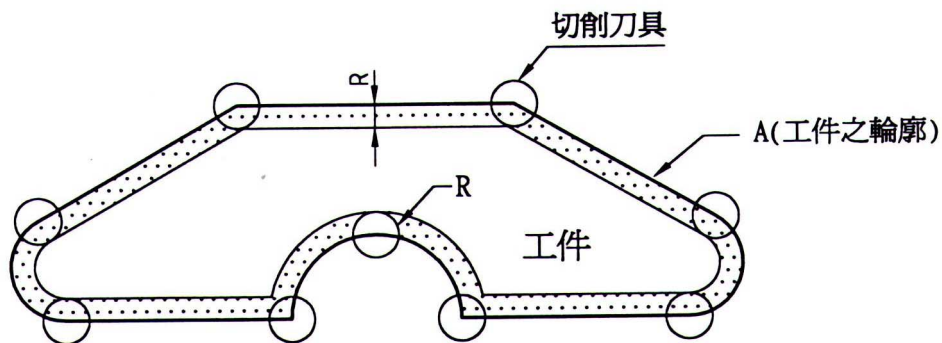


圖 1 不考慮刀徑半徑補正之切削路徑

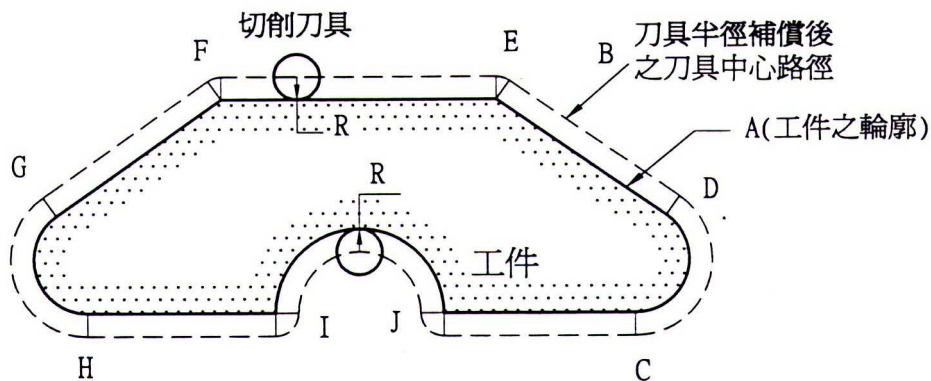


圖 2 考慮刀徑半徑補正後之切削路徑

請翻至下一頁。

定義

程式指定路徑：撰寫加工程式時刀具（中心點）經過圖上相關各點（輪廓）所連接而成的路徑。

刀 具 路 徑：切削加工時刀具（中心點）實際經過的點所連接而成的路徑。

學習目標

- 一、在不參考其他資料和書籍下，你能用自己的話正確地說出刀具半徑補正指令的意義與功用。
- 二、你能依照工作圖製作工作計劃和正確地應用刀具半徑補正指令來製作程式。
- 三、給你一張工作圖及材料以及足夠的工具、刀具，你能在規定時間內，使用刀具半徑補正指令安全地操作數值控制中心機，完成工件加工並合乎工作圖要求。

學習活動

本單元的學習內容分為相關知識與實際技能操作。你可以由閱讀本教材之第 5 頁至 48 頁去學習。

本單元學習活動總共包含下列三個活動，其說明如下：

學習活動一：瞭解刀具半徑補正指令的意義與功用。

學習活動二：瞭解工作計畫和應用刀具半徑補正指令 G41、G42 及 G40 來製作程式。

學習活動三：使用刀具半徑補正指令；操作電腦數值控制中心機完成工件。

學習活動一

學習目標：

在不參考其他資料和書籍下，你能用自己的話正確地說出刀具半徑補正指令的意與功用。

學習內容

一、刀具半徑補正機能指令的意義

刀具半徑補正機能是刀具在切削過程中，刀具（中心點）路徑沿程式路徑執行一相當於刀具半徑 R 的向量偏移；此向外或向內偏移之切削路徑，使切削後的工件輪廓合乎工作圖尺寸，如圖 3 刀具中心路徑所示。因此只要依照工作圖上的尺寸設計程式指令路徑；再配合刀具半徑補正指令的應用，電腦即自行運算能夠達到切削正確尺寸的刀具路徑，亦即此刀具路徑不必經由人腦考慮刀具半徑及應用惱人的幾何分析三角函數計算得來。

刀具半徑補正指令程式格式：

$$\left\{ \begin{array}{l} G17 \\ G18 \\ G19 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} G41 \\ G42 \\ G40 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} G00 \quad X__ Y__ \\ G01 \quad X__ Z__ D__; \\ Y__ Z__ \end{array} \right.$$

說明：

G17、G18、G19 工作座標平面。

G41：刀具半徑向左補正。

G42：刀具半徑向右補正。

G40：刀具半徑補正取消。

X__ Y__、X__ Z__、Y__ Z__ 終點座標。

D__：刀具半徑補正號碼。

例：下列圖 3 所示之工件，請分別以人工計算及刀徑半徑補正機能指令完成其加工程式。

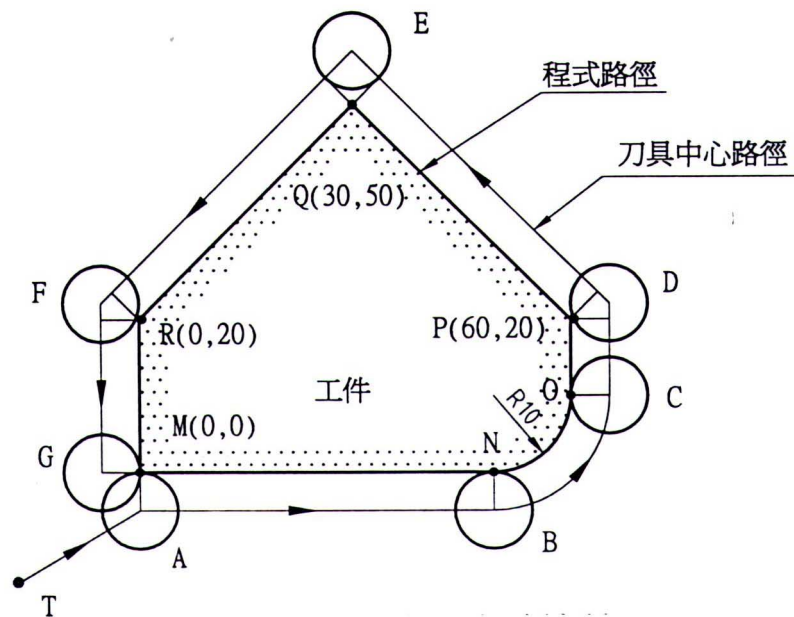


圖 3 刀徑半徑補正程式練習

(一)不用刀具半徑補正指令。用人腦使用幾何分析三角函數計算求出刀具路徑 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow F \rightarrow G$ 其中 D、E、F 點較困難計算。

請翻至下一頁。

刀具路徑程式如下：

使用刀具：12mm 端銑刀

O \bar{X} 1234;

G54;..... 設定第一工作座標系統。

S750 M03;

G90 G00 X-15.0 Y-10.0;..... 靠近工作物之適當點 T。

G43 Z10.0 H01;

M08 Z-2.0;

G01 X0 Y-6.0 F100;..... 直線切削至 A 點。

X50.0..... B 點 (A、B、C、D、E、F、G

G03 X66.0 Y10.0 R16.0;..... C 點 點座標需以人腦考慮

G01 Y24.142;..... D 點 半徑 6mm;利用幾何分

X30.0 Y64.142;..... E 點 析，三角函數計算求出。)

X-6.0 Y24.142;..... F 點

Y0;..... G 點

M09;

G91 G28 Z0 M05;

M30;

(二)使用刀具半徑補正指令 (G41、G42)。連結圖 M→N→O→P→Q→諸點為程式路徑再加入 G41 或 G42 指令電腦即自行運算如程式 01234 之刀具路徑。其應用程式路徑如下：

O \bar{X} 4321;

G54;..... 設定第一工作座標系統。

S750 M03;

G90 G00 X-15.0 Y-10.0;..... 靠近工作物之適當點 T。

G43 Z10.0 H01;

Z-2.0 M08;

G01 $\boxed{G42}$ X0 Y0 $\boxed{D02}$; M 點刀具開始向右補正，半徑補正代號 D02;補正值為刀具半徑(6mm)。

X50.0.....N 點。

G03 X60.0 Y10.0 R10.0;..... O 點

G01 Y20.0;..... P 點

X30.0 Y50.0;..... Q 點

X0 Y20.0;..... R 點

Y0..... M 點

G40 X-15.0 Y-10.0..... 補正取消點 T。

M09;

G91 G28 Z0 M05;

M30;

上列程式中 D02 為刀具補值號碼，操作電腦數控中心機時需在 **OFFSET** 刀具補正欄中 2 號位置輸入刀具半徑 6mm。（刀具補正值設定在 40 頁詳細說明）

二、刀具半徑機能指令解說

(一) 刀具半徑補正方向

刀具（中心點）向左、向右偏移補正方向是依據程式路徑運動方向而定，在程式路徑前進方向的左邊為向左補正，反之在程式路徑前進方向的右邊為向右補正，若在程式路徑上則為不補正（或補正取消），如圖 4 所示。當刀具半徑補正方向偏右時使用 G42 指令，如圖 5 所示，當補正方向偏左時使用 G41 指令，如圖 6 所示。

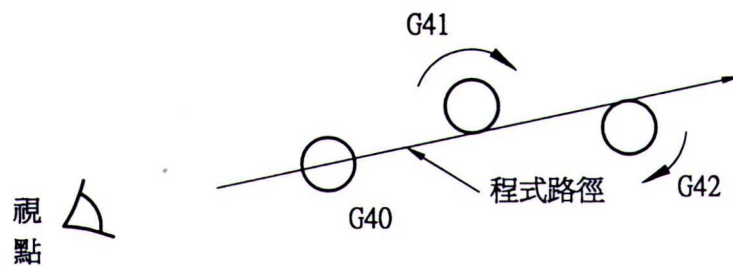


圖 4 刀具半徑補正方向之決定

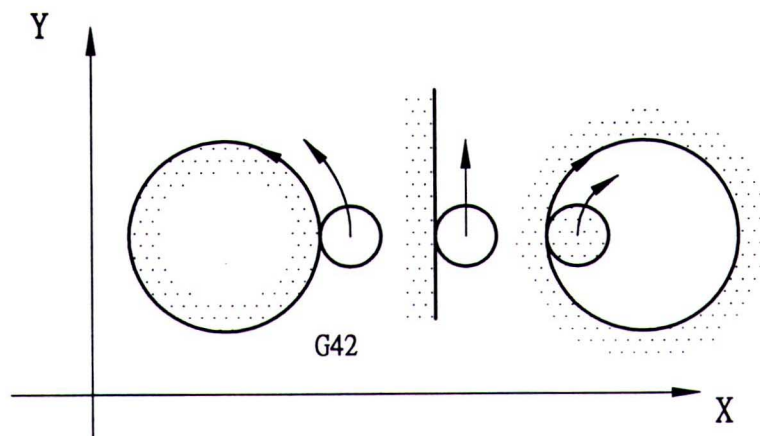


圖 5 刀具半徑向右補正

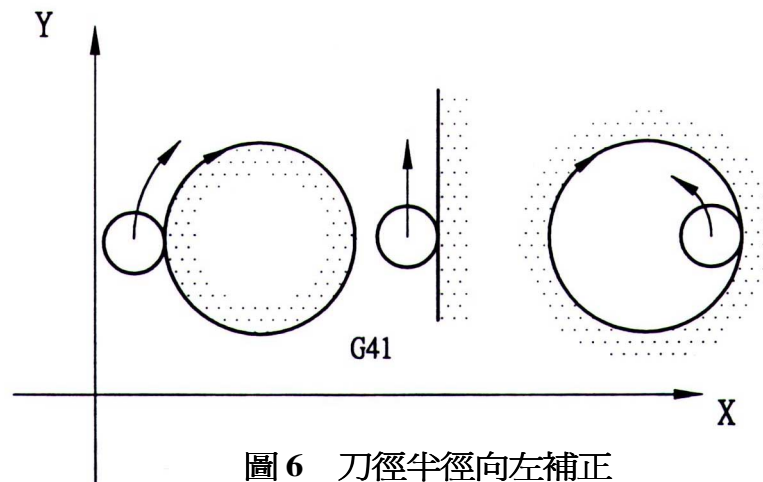


圖 6 刀徑半徑向左補正

(二) 刀具半徑補正值的設定

電腦數值控制中心機在執行程式時；當執行到有刀具補正指令時，必須有一對應的刀具半徑值讓電腦預先運算再命令刀具做適當的偏移。此刀具半徑值在程式中以刀具半徑補正號碼 $D_{__}$ 為指令代碼；而其補正值的大小則通常利用操作面盤上 **OFFSET** 欄內相對應的號碼直接輸入（亦可用其他指令執行）。今以第七頁程式 $O \bar{X} 4321$ 作說明；程式中刀具半徑補正號碼為 $D02$ ，執行程式前按 **OFFSET** 鍵，欄內 02 位置輸入刀具半徑值 6.0 即可。刀具補正號碼由 01~99 共 99 組可利用，若有需要亦可再擴充。

刀具補正欄 (**OFFSET**) 隨機器和參數設定有不同型態，今以 FANUC-0M 為例說明如下表一。

表一 刀具補正

補正號碼	補 正 (幾何+磨耗)	D 碼/H 碼共通
01	320.3	H 碼用 (長度)
02	6.0	D 碼用 (半徑)
03	8.0	D 碼用
.	.	.
.	.	.
.	.	.
.	.	.
08	.	.

刀具半徑補正值通常為正 (+) 值，但若補正值正負值改變時，對 G41、G42 將產生相反的偏移（刀具路徑），即 G42 指令在補正值為正時，其補正偏右，若給予負 (-) 的補正值，則 G42 變成向左補正。G41 指令亦同。如表二所示。

表二 G41、G42 機能指令之補正方向

G 機能 \ 正負值	+	-
	G41	補正向左	補正向右
G42	補正向右	補正向左
G40	補正取消	

(三) 刀具半徑補正的起始設定

由無補正指令狀態改變為補正指令狀態稱為補正指令插入，而此插入補正指令的單節，稱為刀具半徑補正指令起始設定單節。

1. 在 G41、G42 指令的起始單節中，其位移指令僅能使用 G00 或 G01，不可直接使用在 G02 或 G03，否則系統將產生警示訊號 (ALARM)。

例：下列圖 7 所示之程式路徑，在 A 點插入刀徑補正機能指令 G42，其程式如下說明：

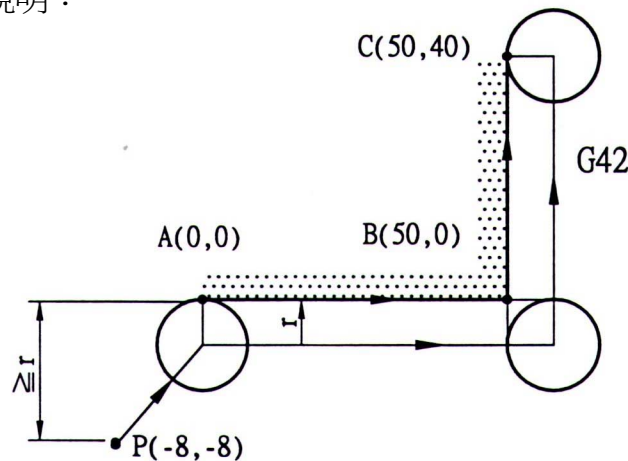


圖 7 刀徑補正 G42 之插入
程式內容：

```

:
:
N5 G90 G17 G00 X-8.0 Y-8.0;
N6 Z-5.0;
N7 G42 G01 X0 Y0 F120 D02; ..... 補正指令起始設定

```

N8 X50.0

N9 Y40.0

:

:

例：下列之程式中，若在 G02 或 G03 之同一單節插入 G42 或 G41 指令，將產生警訊 (ALARM)。

:

:

N5 G90 G17 G00 X-8.0 Y-8.0;

N6 Z5.0

N7 G01 Z-2.0 F80;

N8 G42 G03 I-7.0 D02 F120; 產生警訊(ALARM)，不能繼續

:

執行。因為 G42 指令不能直接

:

使用在 G03 單節內。

2.由補正指令起始單節至上一無補正指令單節間的距離應大於或等於刀具半徑值，否則系統將偵測出過量切削而產生警示訊號 (ALARM)，而停止繼續執行。如圖 7 中 P 點來補正；而 A 點開始補正，PA 點間距離 \geq 刀具半徑 (r)。

3.在刀具半徑補正 G41、G42 指令的起始設定單節中，若沒有被切削平面之位移指令，則此一單節將不執行刀具半徑補正偏移，但控制系統將保留此補正指令 (G41 或 G42) 於下一有位移指令之單節中執行補正偏移。

例：(刀具路徑圖如圖 8，而不是圖 9 所示)

:

:

G90 G17 G01 X0 Y0 F100;

G42 D05 F150;..... 單節未出現 G17 XY 位移指令不執行補正偏移。

N6 Y50.0;..... N6 單節才開始執行半徑補正向右偏移。

Y50.0

:

:

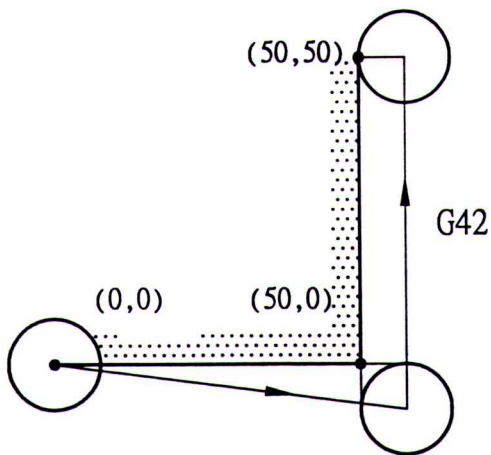


圖 8 正

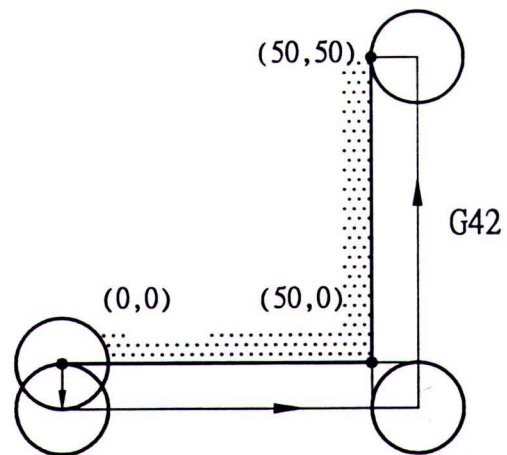


圖 9 誤

(四) 刀具半徑補正時的刀具路徑

1. 刀具補正轉角路徑模式

當 G41、G42 被執行後，刀具路徑即依程式路徑執行一刀具半徑 r 的向量偏位移動，此刀具路徑的計算，由控制器自動計算出來。程式設計者只須依圖示編寫程式指令路徑即可。當刀具由前一單節轉至下一單節位移路徑時，其轉角處的運動軌跡有圓弧型與交角型兩種型態，如圖 10、圖 11 所示，而一般數控系統多採用交角型態。

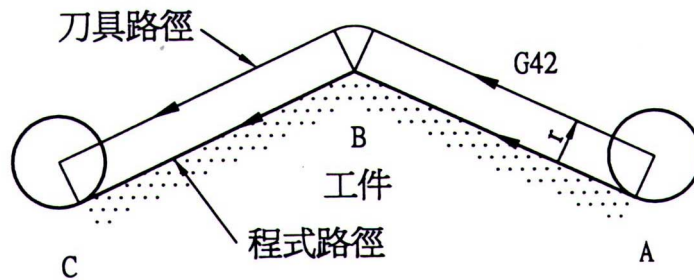


圖 10 圓弧型轉角之路徑

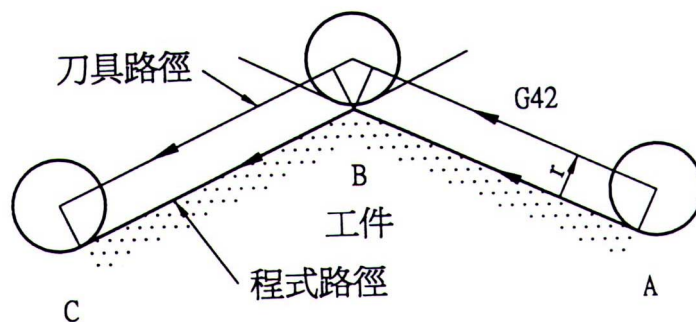


圖 11 交角型轉角之路徑

2. 工件外轉角切削時之刀具半徑補正路徑

(1) 前後單節之路徑其夾角為 $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ ，如圖 12 所示。

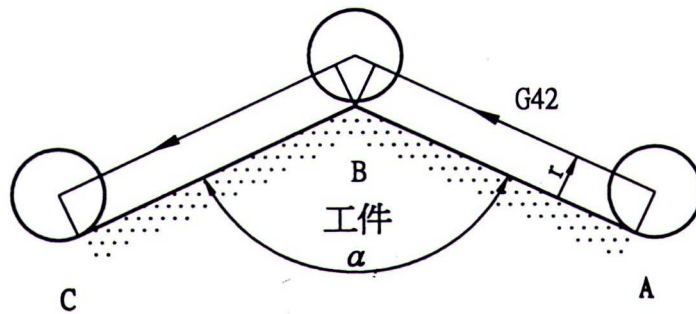


圖 12 夾角 ($90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$) 之路徑

(2) 前後單節之路徑其夾角為 $\alpha < 90^\circ$ 如圖 13 所示。

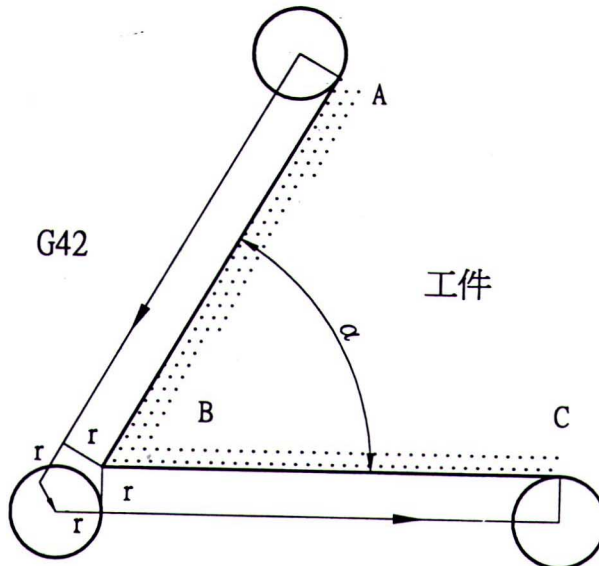


圖 13 夾角 ($\alpha < 90^\circ$) 之路徑

3. 工件內轉角切削時之刀具半徑補正路徑。

前後單節之路徑其夾角為 $\alpha \geq 180^\circ$ 如圖 14 所示。

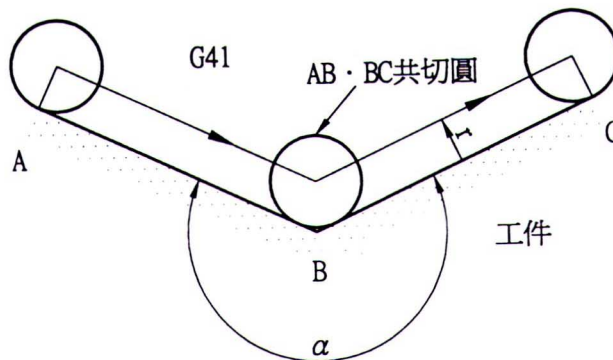


圖 14 夾角 ($\alpha \geq 180^\circ$) 之路徑

(五) 刀具半徑補正取消

當 G41、G42 指令被執行後，刀具路徑即依程式路徑偏移一個半徑補正值，一直延續執行到有 G40 指令出現為止。刀具半徑補正取消剛好與刀具半徑補正起始設定相反，其位移指令亦只能使用 G00、G01 如例 B 所示，不能直接使用 G02、G03 等位移指令，否則系統將產生警示訊號 (ALARM)，如例 2 所示。

例 1：(刀具路徑如圖 15 所示)

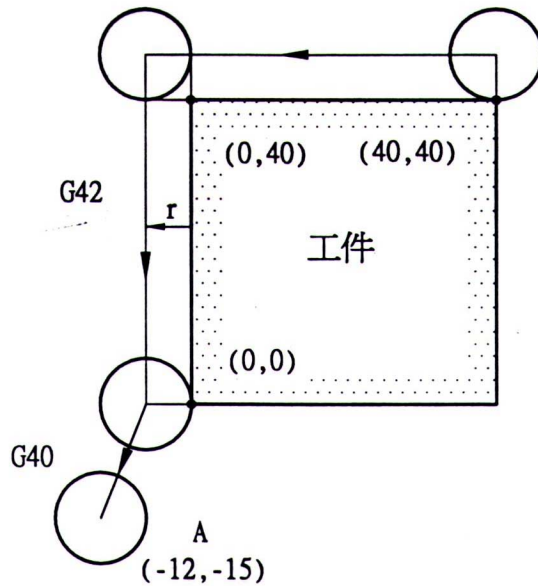


圖 15 刀徑補正機能指令範例

程式內容：

：
：

G01 G42 X40.0 Y40.0 D03 F80;

X0;

Y0;

G01 G40 X-12.0 Y-15.0 F200;

G00 Z10.0

：
：

例 2：

：
：


```
G01 G42 X20. F100 D03;
G02 I-20.0;
G40 X28.0;..... G40 直接與 G02 位移指令使
G00 Z10.0          用系統產生警示訊號。
:
:
```

(六) 刀具補正時路徑產生過切削現象。

1. 開始補正單節的過切現象。

例 3：（說明過切現象如圖 16）

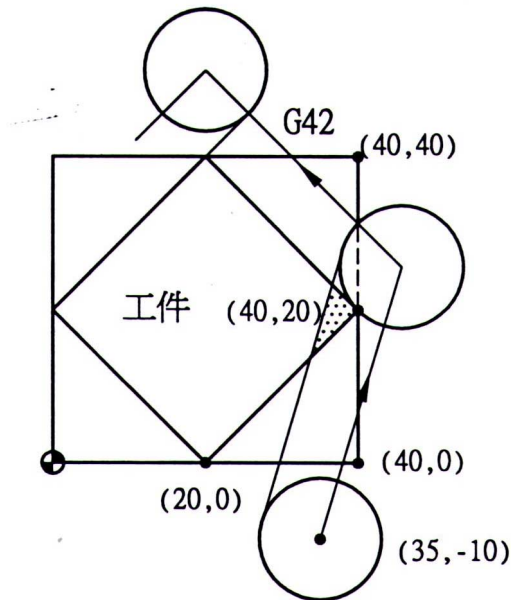


圖 16 誤（過切）

程式內容：

```
:
:
G90 G00 X35.0 Y-10.0;
G01 Z-2.0 F100;
N5 G42 X40.0 Y20.0 D03;..... (N5 單節開始向右補正發生
                                如斜線部份之過切量)
N6 X20.0 Y40.0
:
:
```

例 4：（修正例 3 使不產生過切如圖 17 所示）

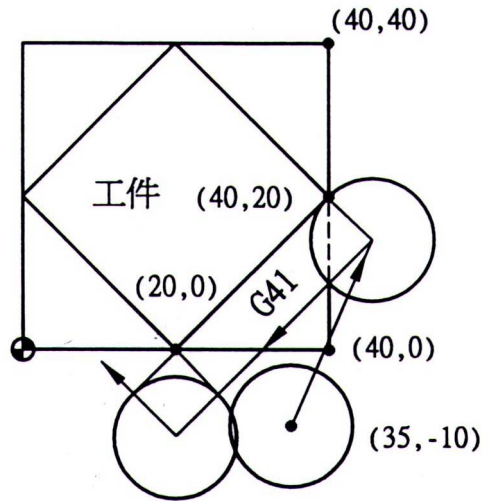


圖 17

程式內容：

```

:
:
G90 G40 X35.0 Y-10.0;
G01 Z-2.0 F100;
G41 X40.0 Y20.0 D03;
X20.0 Y0;
:
:
:

```

2.使用刀具半徑 r 大於內切削圓弧半徑 R ，控制器系統會偵測產生過切而預先出現警告訊息並停止加工，如圖 18 所示。至於外切削圓弧則不受刀具半徑大小限制，如圖 19 所示。

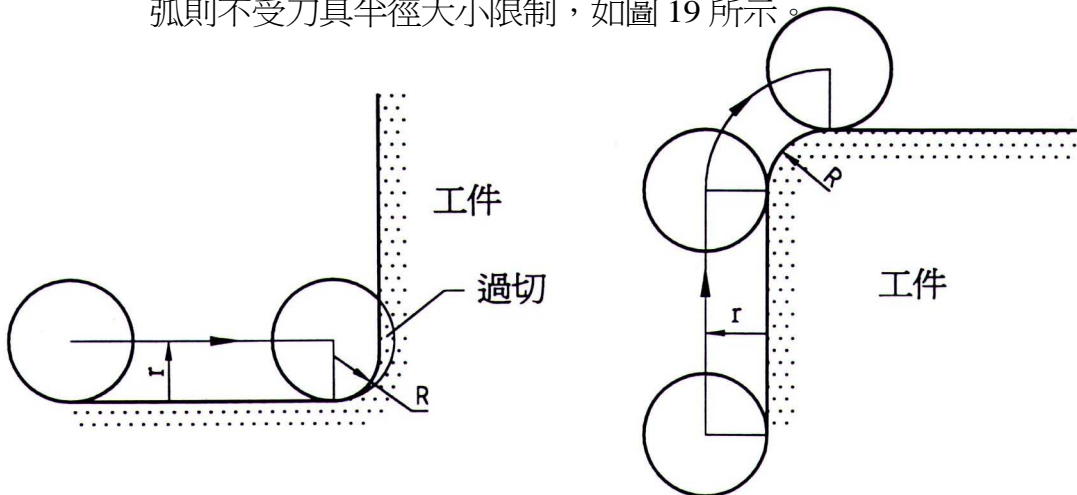


圖 18 $r > R$ 產生過切(斜線部份) 圖 19 $r > R$ 不產生過切(外切削圓弧)
[請翻至下一頁。](#)

- 3.當銑削有凹處形狀外形時（圖 20），此時刀具直徑不能大於凹處共切圓之直徑，否則控制器系統會出現警告訊息（ALARM）並停止加工。

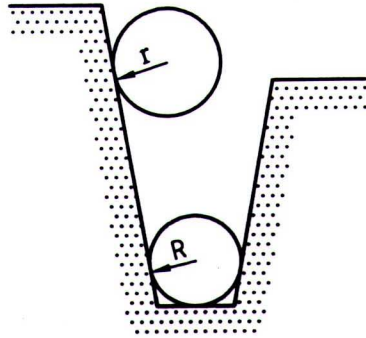


圖 20 刀具半徑大於凹處共切圓之半徑

- 4.補正消除單節位移不當產生過切削如圖 21 所示，當 $AP < r$ 時產生過切，控制器系統會出現警告訊息（ALARM）並停止加工或過切削工件。

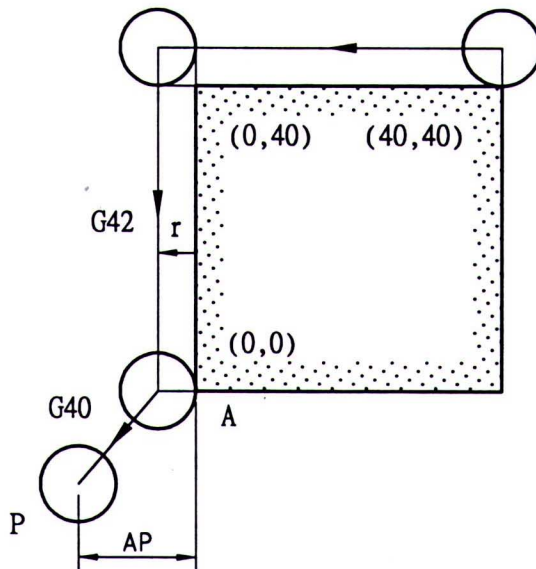


圖 21 刀具半徑為 r 當 $AP < r$ 時過切或警示（ALARM）

圖 21 之程式如下所列。

∴
∴

G01 G42 X40.0 Y40.0 D03 F80;

請翻至下一頁。

X0;

Y0;

G40 X-5.0 Y-1.0 F200; 補正消除時過切警示， $X \leq -6$ （刀具半徑為 6mm）時則不會發生過切。

:

:

(六)非工作平面位移指令單節對補正路徑的影響。

當刀具半徑補正時，程式中若有非工作平面位移指令單節散佈其間；則會對刀具路徑造成影響。

1.單一非工作平面位移指令單節，不影響刀具補正路徑。

例：（刀具路徑如圖 22 所示）

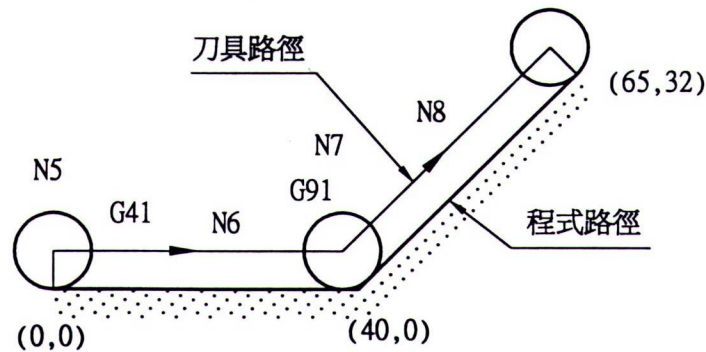


圖 22

程式說明：

:

:

N5 G90 G41 X0 Y0 G01 D03;

N6 X40.0;

N7 G91; 單一工作平面位移指令單節不

N8 X25.0 Y32.0;

影響 G41 刀具補正路徑如圖 22 所示。

:

:

2.連續兩個以上非工作平面位移指令單節對補正路徑的影響。

為當刀具補正（G41、G42）被執行之單節，若其後所接的單節為連續兩個以上沒有出現工作平面的位移指令時，則控制器系統僅記憶 G41、G42 指令，而刀具半徑偏移未執行。換言之，刀具會執

行偏移一個半徑，其偏移停留位置係由前後二個工作平面位移指令單節來控制，經由控制器計算出正確的偏移停留位置。且控制器在執行某一單節位移指令時，電腦預讀暫存區只能再閱讀兩個單節，若此兩單節皆為非工作平面位移指令時，電腦將無法計算刀具該偏移何處，因而系統即不執行刀具路徑，而改為執行程式路徑。如圖 23 之範例說明。

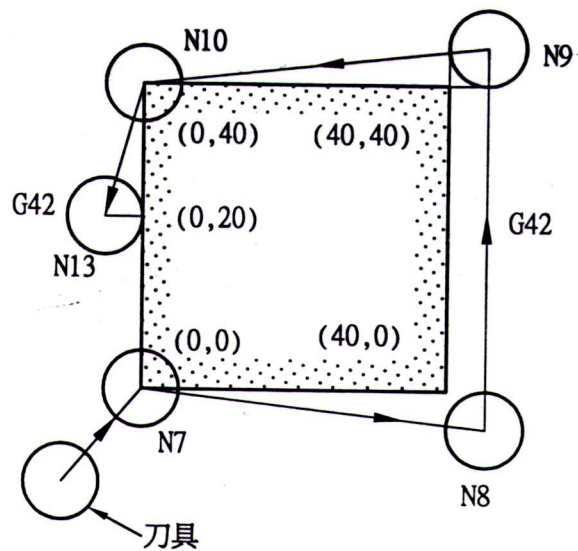


圖 23

圖 23 之程式如下列

:
:

N7 G17 G90 G42 G00 X0 Y0 D03;..... 執行 G42 但因其後連續兩個單節工作平面位移指令，所以所以刀具沒有偏移。

M08;

G01 Z-3.0 F80;

N8 X40.0;..... 執行 G42 且刀具偏移。單一非工作平面位移指令不影響刀具偏移。

G04 P200;

N9 Y40.0;

執行 G42 刀具偏移

N10 X0;

執行 G42 但刀具不偏移；因其後連續接上兩個非工作平面位移指令。

```

N11 G91;
N12 S800;
      N13 Y-20.0 執行 G42 刀具偏移。
N14 G90G01 Y0;
      :
      :

```

3.工作平面零位移指令。

在刀具補正程式中，其中若有一單節工作平面零位移指令，則刀具將不執行刀具偏移而產生過切，如圖 24 所示。

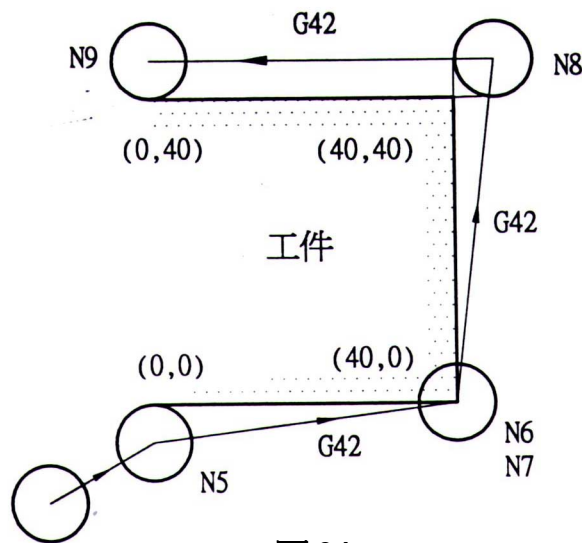


圖 24

```

      :
      :
N5 G90 G17 G42 G01 X0 Y0 D03;..... 執行 G42 刀具偏移。
N6 X40.0;..... 執行 G42 刀具不偏移因下
N7 G91 X0      一單節為工作平面零位移
      指令。
N8 Y40.0;..... 執行 G42 刀具偏移。
N9 X-40.0;
      :
      :

```

三、使用刀具半徑補正指令時，其他應注意事項：

(一) 在 MDI 操作執行指令時，不能使用刀具半徑補正功能。

請翻至下一頁。

(二)程式中若使用刀具半徑補正指令；當程式路徑結束（輪廓完成後），需使用 G40 指令取消補正至一安全座標點。若圖上有兩個以上不同形狀的輪廓，則先使用 G41、G42 完成其一輪廓後，取消補正指令 G40 至一適當的點，再進行第二輪廓的補正指令應用。否則第二輪廓的補正起始點會產生切削不足現象，如圖 25 說明。

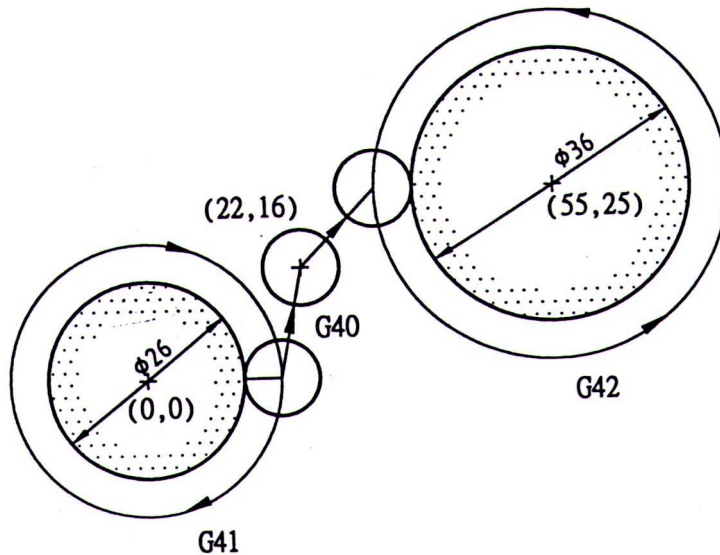


圖 25

圖 25 程式如下列

```

:
:
G01 G41 X13.0 Y0 D04 F100;
G02 I-13.0;
G01 G40 X16.0 Y16.0;
G42 X37.0 Y25.0 ;
G03 I18.0;
G00 Z10.0;
G40 X0 Y0;
:
:

```

(三)有使用刀具補正 G41、G42 指令的程式，程式號碼後通常緊接著 G40 指令，如 O1234 G40;。

- (四)執行刀具補正 G41、G42 指令過程中，若有執行 G28 指令，則補正指令會在中間點自動取消，使機器回機械原點，但在離開機械原點後補正指令會再自行插入執行刀具半徑偏移。
- (五)公英制單位互換時，OFFSET 補正值單位亦更改互換。
- (六)執行補正指令時，刀具補正號碼不能為 D00。當設定為 D00 時，其半徑補正值為零。
- (七)副程式中亦可使用 G41、G42 指令。
- (八)執行固定循環機能指令(G73 ~ G89)時，必須先用 G40 指令取消 G41、G42 指令。

學習活動一評量

一、是非題

- () 1. 刀具半徑補正指令 G42，為刀具半徑補正偏右。
- () 2. 在 G41、G42 的起始設定單節中，其位移動作可配合 G02、G03 指令使用。
- () 3. 指令 G43、G44、G49 為刀具半徑左、右補正與消除。
- () 4. 利用刀具半徑補正指令編寫程式，其端點座標要加減計算半徑值。
- () 5. 刀具半徑補正與工作平面有關。
- () 6. 執行刀具半徑指令時須有工作平面位移指定，且不能為零位移指令。

二、選擇題

- () 1. 刀具半徑補正偏右指令為 (1)G40 (2)G42 (3)G41 (4)G43。
- () 2. 當執行刀具半徑補正時，需先設定 (1)工作座標 (2)工作平面 (3)極座標 (4)機械座標。
- () 3. 下列何者為刀具補正值指令？ (1)G30、G31、G32、G33 (2)G26、G27、G28、G29 (3)G41、G42、G43、G44 (4)G80、G81、G82、G83。
- () 4. 刀具半徑補正消除指令為： (1)G49 (2)G80 (3)G41 (4)G40。
- () 5. G17 G41 G01 X Y D ；那一軸不具半徑補正功能 (1)Z 軸 (2)X 軸 (3)Y 軸 (4)A 軸。

三、問答題

(一) 以自己的話寫出刀徑半徑補正的意義。

(二) 寫出刀具半徑補正指令程式格式

學習活動一評量答案：

一、是非題

1. (○)
2. (✗) 半徑補正起始單節，其位移動作應配合 G01 或 G00 指令使用。
3. (✗) G41、G42 及 G40 為刀具半徑補正指令與消除指令。
4. (✗) 不須加減半徑值，補正指令會自動計算終點座標。
5. (○)
6. (○)

二、選擇題

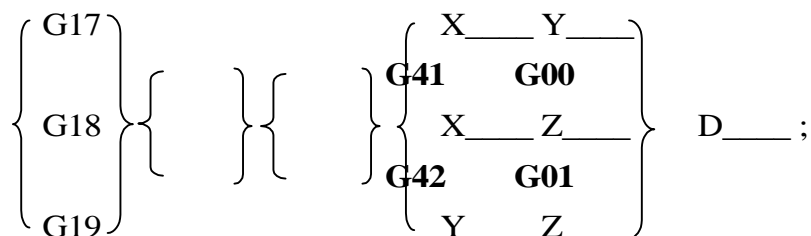
1. (2)
2. (2)
3. (3)
4. (4)
5. (1)

三、問答題

1. (參考答案)

一般銑床或切削中心機於執行加工程式時，若刀具中心沿著工件之外形輪廓切削，則將導致每一加工路徑皆有一刀具半徑值的過切現象。刀具半徑補正的功能，係指刀具於切削時，其刀具路徑與程式指令路徑間，保持一個刀具半徑量之偏移，使得加工後，工件之外形尺寸，完全符合加工圖面的要求。

2.



假如你的答案與上列完全不同，請翻到下一頁，繼續學習下一個行為目標，假如你的答案與上列解答不同，則請你翻到第 6 頁再重新詳細閱讀本教材，或閱讀第 59 頁所列之參考書籍，再學習到你的答案完全正確後，翻到第 25 頁學習下一個學習目標。

學習活動二

現在你已經能用自己的話正確地說出刀具半徑補正指令的意義與功用，本教材第二部份是要你應用刀具半徑補正指令製作程式。

學習目標：

你能依照工作圖製工作計劃和正確地應用半徑補正指令 G40~G42 來製作程式。

學習內容

本學習內容將以實際的電腦數值控制機械加工工作範例說明，讓學習者能夠正確研讀工作圖，並經由工作指示之要求，詳細規劃其加工工作計劃。

一、工作指示

NC 機械加工工作計劃之第一步驟是正確了解工作指示，工作指示通常包括有工作圖、加工範圍（如加工流程表）、加工特性、加工批量數（如加工命令單）．．．等。而這些工作指示則作為下一個步驟加工規劃的依據。

(一)工作圖

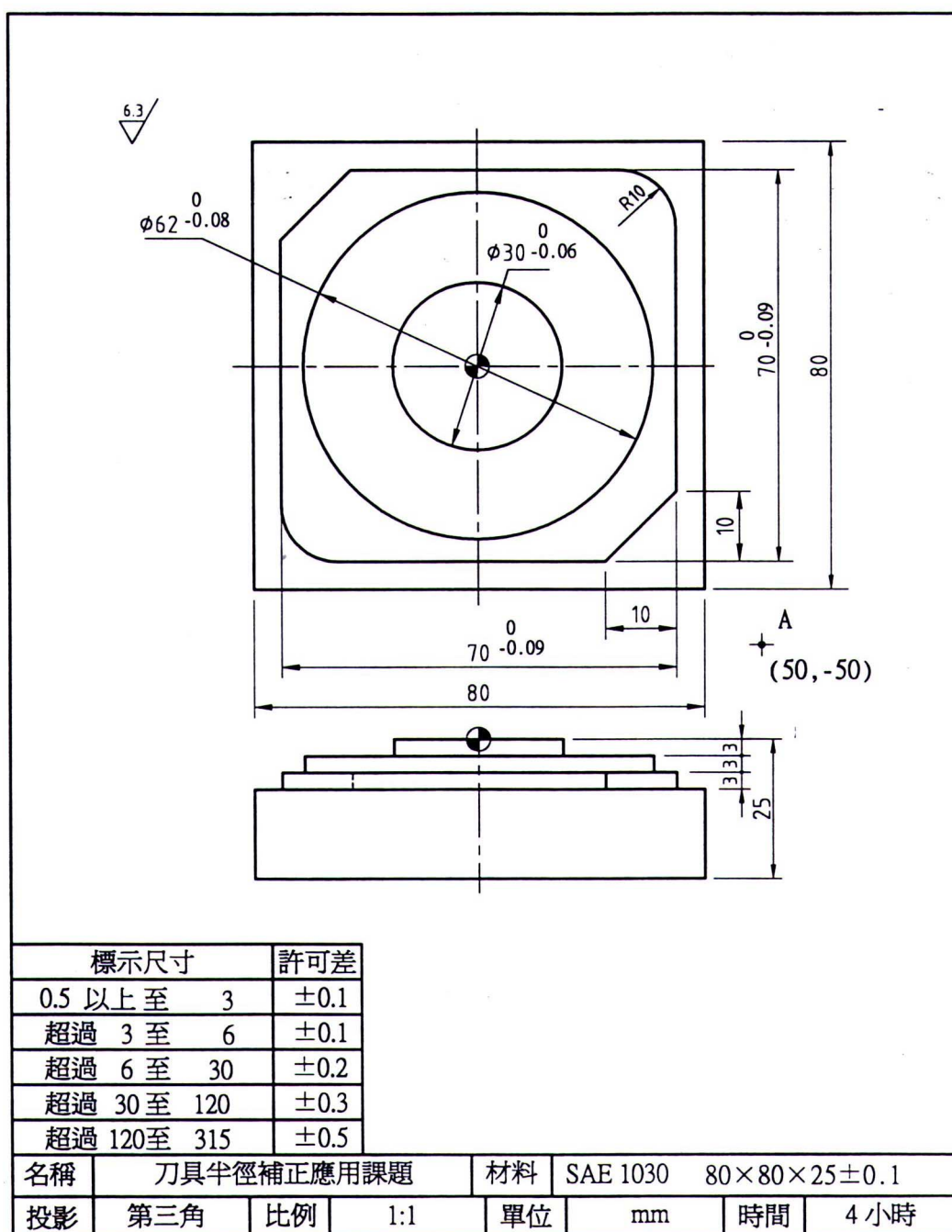


圖 26 刀具半徑補正練習課題

請翻至下一頁。

(二) 加工命令單

工作編號	加工類別	標準工時	加工數	完成日期	合格數
備註					

二、加工規劃

加工規劃是 NC 機器加工作業中最重要之一環，在接獲工作指示後，應立即進行加工規劃，再作實際 NC 機械加工作業，加工規劃可分下列步驟：

(一)研讀工作指示。

研究工作圖及加工命令單以了解加工類別為外形輪廓銑削，精度公差等級，工作物材質，工作數量等加工指示。

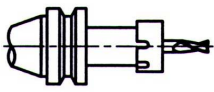
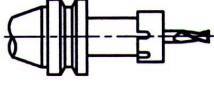
(二)加工步驟

- 1.由 A 點開始粗銑四邊形輪廓，然後再粗銑 $\text{Ø}62$ 外圓輪廓，最後粗銑 $\text{Ø}30$ 外圓輪廓。
- 2.精銑四邊形；再精銑 $\text{Ø}62$ 及 $\text{Ø}30$ 外圓。

(三)選用刀具

- 1.粗銑削用 $\text{Ø}16$ 四刃斷屑端銑刀。
- 2.精銑削用 $\text{Ø}16$ 四刃端銑刀
- 3.使用刀具、切削條件如表三

表三 刀具切削條件表

刀具號碼	使用	刀 具	補正號碼	主軸轉速	進給速率
T01	16 粗端銑刀		H01 D02	450RPM	F70
T02	16 精端銑刀		H03 D04	490RPM	F100

(四)選用夾具

工件小且為四方體，因此選用精密鉗做快速定位夾持裝置。

(五)分析程式設計重點

- 1.加工類型為外形輪廓銑削，因銑削外形需要使用端銑刀等類型刀具，而在設計加工程式時，就必需先考慮到大小不同的刀具半徑，然後再經過複雜的數學運算才能得到刀具中心點路徑。

2.爲了提高製作程式效率、迅速求取刀具路徑，採用本單元介紹之刀具半徑補正指令 G41、G42、G40 來製作程式，只要依照工作圖上的尺寸設計程式路徑；再配合 G41、G42 指令的應用，即可得到正確的刀具路徑而完成程式設計。

3.程式原點設定於工作圖對稱中心，方便決定 XY 座標值。

(六)設計加工程式(FANUC 0M 系統)		說 明
O1234 G40;	.....	刀具半徑補正取消。
G54;	.....	設定第一工作座標系統。
N1 T01 (ROUGH ENDMILL 16);	....	1 號刀定位 (粗端銑刀 16mm)。
G91 G30 Y0;	.....	Y 軸回第二參考點。
M06;	.....	換刀
S450 M03;		
G17 G90 G00 G44 Z10.0 H01;		
M08 X50.0 Y-50.0;	.....	由 A 點開始粗銑削四邊形 70x70 Z-9.0;
G01 G42 X35.0 Y-25.0 D02 F70;	.....	刀具開始向右補正銑削四邊形輪廓，刀具半徑補正代號 D02，補正值爲刀具半徑 8mm + 預留量 0.2 mm = 8.2mm。
Y25.0;		
G03 X25.0 Y35.0 R10.0;		
G01 X-25.0;		
X-35.0 Y25.0;		
Y-25.0;		
G03 X-25.0 Y-35.0 R10.0;		
G01 X25.0		
X35.0 Y-25.0;	.....	四邊形輪廓結束點。
G01 Z-6.0		
G40 X45.0 Y0 F150	.....	補正取消至適當的點。
G42 X31.0 F70;	.....	再向右補正銑削 Ø62 圓外形輪廓。
G03 I-31.0;	.....	Ø62 圓外形輪廓結束點。
G01 Z-3.0;		
G40 X25.0;	.....	補正取消至適當的點。
G42 X15.0;	.....	再度向右補正銑削 Ø30 圓形輪廓。
G03 I-15.0;	.....	Ø30 圓輪廓結束後。
G00 Z10.0 M09;		
G40 X50.0 Y-50.0;	.....	補正取消至適當的點。
G91 G28 Z0 M05;	.....	Z 軸回機械原點

N2 T02 (FINISHING ENDMILL 16); 2 號刀定位 (精端銑刀 16mm)
 G91 G30 Y0;
 M06;
 S490 M03;
 G90 G00 G44 Z10.0 H03;
 Z-9.0 M08;
 G01 G42 X35.0 Y-25.0 D04 F100; 刀具開始向右補正精削四邊形輪
 Y25.0; 廓，刀具半徑補正代號 D04，補
 G03 X25.0 Y35.0 R10.0; 正值為刀具半徑 8.0mm。
 G01 X-25.0;
 X-35.0 Y25.0;
 Y-25.0;
 G03 X-25.0 Y-35.0 R10.0;
 G01 X25.0;
 X35.0 Y-25.0;四邊形輪廓精削結束點
 G01 Z-6.0;
 G40 X45.0 Y0 F200;補正取消至適當的點
 G42 X31.0 F100;再向右補正精削 $\Phi 62$ 外形輪廓。
 G03 I-31.0; $\Phi 62$ 圓外形輪廓結束點。
 G01 Z-3.0;
 G40;G42 補正取消刀具無位移。
 G42 X15.0;再度向右補正精削 $\Phi 30$ 外形輪廓。
 G03 I-15.0; $\Phi 30$ 圓外形輪廓結束點。
 G00 Z10.0 M09;
 G40 X50.0 Y-50.0;補正取消至 A 點。
 G91 G28 Z0 M05;
 M30;

(七)程式模擬與修正

- 1.在老師之指導、協助下，將程式輸入個人電腦，並利用程式模擬軟體模擬刀具之移動路徑、詳細觀察該路徑是否合理正確。
- 2.若程式語法有誤，或刀具路徑不佳或與圖不符，則依正確之指令將程式予以修正，直至程式無誤及刀具路徑合理、正確為止。

學習活動二到此結束，你理解了嗎？假如有困難，請從第 25 頁再讀一遍，若仍有困難，可參閱 59 頁之參考書籍或去請教你的老師。假如你已充分了解，請翻到下一頁，進行本學習目標之評量。

學習評量二：

在不參考資料及書籍下，你能正確的應用刀具半徑補正指令完成工作圖圖 27 之工作計劃。（包含工作規劃、程式內容、程式模擬與修正）

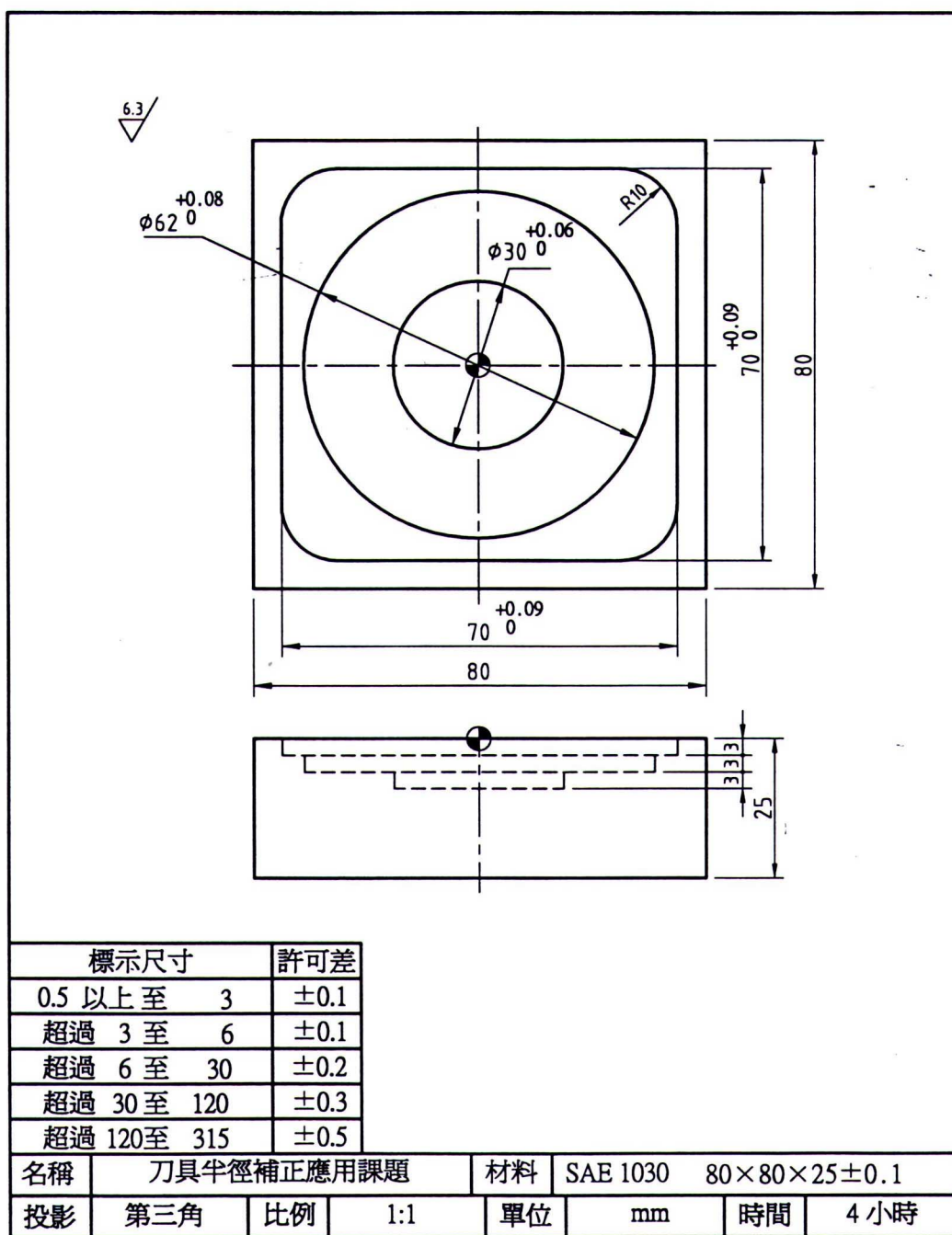


圖 27

學習評量二答案：

一、研讀加工指示。

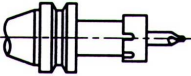
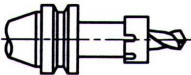


二、加工步驟：

1. 鑽中心孔
2. 鑽孔
3. 粗銑內孔、四邊形輪廓
4. 精銑內孔、四邊形輪廓

三、選用刀具：

1. 鑽中心孔使用 $\varnothing 3.2$ 中心鑽。
2. 鑽削使用 $\varnothing 8$ 鑽頭。
3. 粗銑輪廓使用 $\varnothing 164$ 刃斷屑端銑刀。
4. 精銑輪廓使用 $\varnothing 164$ 刃端銑刀。
5. 使用刀具、切削條件如表四。

表四 刀具切削條件表

刀具號碼	使用 刀 具	補正號碼	主軸轉速	進給速率
T01	$\varnothing 3.2$ 中心鑽 	H01	200RPM	F100
T02	$\varnothing 8$ 鑽頭 	H02	700RPM	F80
T03	$\varnothing 16$ 粗端銑刀 	H03 D11	450KPM	F70
T04	$\varnothing 16$ 精端銑刀 	H04 D12	500RPM	F1200

四、選用夾具：

工件小且為四方體，因此選用精密虎鉗做快速定位夾持裝置。

五、分析程式設計重點：

1. 加工類型為內部輪廓銑削，圓銑削輪廓需要使用端銑刀等類型刀具，而在設計加工程式時，就必需先考慮到大小不同的刀具半徑，然後再經過複雜的數學運算才能得到刀具（中心點）路徑。

2.爲了提高製作程式效率，迅速求取刀具路徑，採用本單元介紹之刀具半徑補正指令 G41、G42、G40 來製作程式，只要依照工作圖上的尺寸設計程式路徑；再配合 G41、G42 指令的應用，即可得到正確的刀具路徑而完成程式設計。

3.程式原點設定於工作圖對稱中心，方便決定 XY 座標值。

六、設計加工程式 (FANUC 0M 系統) 說明

O1234 G40; 刀具半徑補正取消。
 G55; 設定第二工作座標系統。
 N1 T01 (ENTER DRILL 3.2); 1 號刀定位 (中心鑽 3.2mm)。
 G91 G30 Y0; Y 軸回第二參考點。
 M06; 換刀
 S700 M03;
 G17 G90 G00 X0 Y0;
 G44 Z8.0 H01 S2000; 刀具補正 G44；補正代號 H01;
 Z3.0 M08; 主軸旋轉加速至 2000RPM。
 G01 Z-5.0 F100; 銑削中心孔。
 G0 Z10.0 M09 S1000;
 G91 G28 Z0 M05; Z 軸回機械原點。
 N2 T02 (DRILL 8); 2 號刀定位 (鑽頭 8mm)
 G91 G30 Y0;
 M06;
 S700 M03;
 G90 G00 G44 Z10.0 H02;
 Z3.0 M08;
 G01 Z-8.8 F80; 銑孔
 G00 Z10.0 M09;
 G91 G28 Z0 M05;
 N3 T03 (ROUGH ENDMILL 16); 3 號刀定位 (粗端銑刀 16mm)
 G91 G30 Y0;
 M06;
 S450 M03; G44
 G90 G00 G44 Z10.0 H03;
 Z3.0 M08;
 G01 Z-9.0 F70; 由程式原點 X0Y0 開始粗銑削。
 G42 X-15.0 D11; 向右補正開始粗銑 Ø30 內圓輪廓

G02 I15.0; , 半徑補正代號 D11 ; 補正值為半
 G01 Z-6.0; 徑 8mm + 預留量 0.2mm = 8.2mm)
 G40 ; G42 補正取消 ; 刀具無位移。
 G42 X-31.0; 再向右補正銑削 $\Phi 62$ 內圓輪廓。
 G02 I31.0; $\Phi 62$ 內圓輪廓結束點。
 G01 Z-3.0;
 G40 X-20.0 Y25.0; 補正取消至適當的點。
 G42 X-35.0; 刀具再度向右補正粗削四方形內側
 G02 X-25.0 Y35.0 R10.0; 輪廓。
 G01 X25.0;
 G02 X35.0 Y25.0 R10.0;
 G01 Y-25.0;
 G02 X25.0 Y-35.0 R10.0;
 G01 X-25.0
 G02 X-35.0 Y-25.0 R10.0;
 G01 Y25.0; 四方形內側輪廓結束點。
 G00 Z8.0 M09
 G40 X0 Y0; 補正取消至 X0 Y0 點。
 G91 G28 Z0 M05;
 N4 T04 (FINISH ENDMILL 16); 4 號刀定位 (精端銑刀 16mm)
 G91 G30 Y0;
 M06;
 S500 M03;
 G90 G00 G44 Z10.0 H04;
 Z-5.0 M08;
 G01 Z-9.0 F100;
 G42 X-15.0 D12; 向右補正開始精削 $\Phi 30$ 內圓輪廓
 G02 I15.0; ; 半徑補正代號 D12 ; 補正值為半
 G01 Z-6.0; 徑 8mm。
 G40; G42 指令取消 ; 刀具無位移。
 G42 X-31.0; 再向右補正精削 $\Phi 62$ 內圓輪廓。
 G02 I31.0; $\Phi 62$ 內圓輪廓結束點。
 G01 Z-3.0;
 G40; G42 指令取消 ; 刀具無位移。

G42 X-35.0 Y25.0;..... 刀具再度向右補正精削四方形內
 G02 X-25.0 Y35.0 R10.0; 側輪廓。
 G01 X25.0;
 G02 X35.0 Y25.0 R10.0;
 G01 Y-25.0;
 G02 X25.0 Y-35.0 R10.0;
 G01 X-25.0;
 G02 X-35.0 Y-25.0 R10.0;
 G01 Y25.0;..... 四方形內側輪廓結束點。
 G00 Z15.0 M09;
 G40 X0 Y0;..... 補正取消至 X0Y0 點。
 G91 G28 Z0 M05;
 M30;

七、程式模擬與修正

- 1.在老師之指導、協助下，將程式輸入個人電腦，並利用程式模擬軟體模擬刀具之移動路徑、詳細觀察該路徑是否合理正確。
- 2.若程式語法有誤，或刀具路徑不佳或與圖不符，則依正確之指令將程式予以修正，直至程式無誤及刀具路徑合理、正確為止。

學習活動三：

太棒了！現在你已能正確地說出刀具半徑補正指令的意義與功用，同時你也理解如何應用半徑補正指令來製作程式。

學習目標：

給你一張工作圖及材料和足夠的工具、刀具、量具，你能在規定時間內，使用刀具半徑補正指令安全地操作電腦數值控制中心機，獨立完成工件加工並合乎工作圖要求。

學習內容：

在你要實際操作之電腦數值控制中心；應用刀具半徑補正指令完成工件，前你必須先熟悉電腦數值控制中心機製作工件的操作程序。現在以學習活動二中圖 26（26 頁）工作圖為範例，說明電腦數值控制中心機使用刀具半徑補正指令製作工件的操作步驟，首先請你到工具管理員處，借編號 PMT-NCM0406 的電視錄影片，然後在教學區找一部錄放影機學習本範例的操作程序，並參照閱讀下列之操作程序。

操作步驟：

一、準備上機

- (一)檢查週邊設施是否合乎安全衛生；檢查空壓壓力表、油量表是否恰當。
- (二)打開機器總電源開關 ON 位置；再開面板螢幕開關，直到螢幕出現 XYZ 座標畫面。
- (三)執行手動原點復歸。

二、輸入程式

- (一)將學習活動二中圖 工作圖之模擬修正完成的正確程式存入磁片或列印，以利保存彙整，並延續至本學習活動使用。
- (二)將(一)項中之程式直接在面盤鍵入或藉個人電腦與電腦數值控制中心機連線，利用編輯傳輸軟體將程式輸入機器數控系統內。

三、將工件固定，快速正確地定位在工作台上

本工作物因體積不大，形狀簡單，可用精密虎鉗將工作物迅速定位夾緊如圖 28 所示。X 軸定位如左邊檔塊；Y 軸定位虎鉗固定側；Z 軸定位可用平行塊或虎鉗底面。如圖 28。

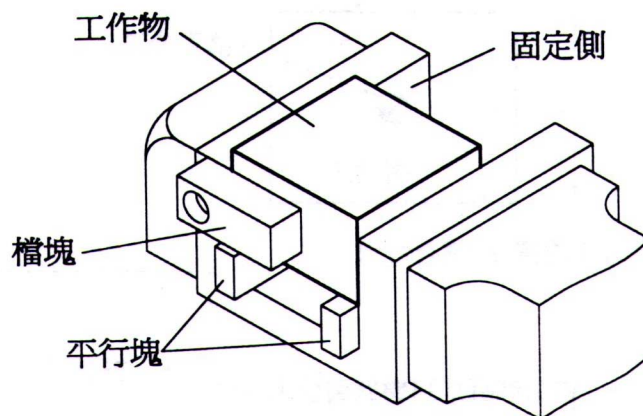


圖 28

四、按裝刀具

請翻至下一頁。

(一)本範例圖 及程式 (頁) 中共使用二支刀具，分別設定為：

1. T01 \varnothing 16 粗端銑刀
2. T02 \varnothing 16 精端銑刀

(二)刀具、刀號設定步驟一以台中精機 0M-C 為例

1. 模式選鈕 (MODE) 轉至手動或 MDI (手等程式輸入) 位置，將粗端銑刀放入儲刀倉 1 號位置，依此方法將精端銑刀放入儲刀倉 2 號位置。
2. 模式選鈕再轉回 MDI 位置。

在 MDI 劃面，鍵入 M80，按 INPUT 後再按 START 鍵，鍵入 M81，按 INPUT 後再按 START 鍵，此時二把刀具重整設定完成，成為刀具程式號碼與刀倉位置號碼一致的狀態，即 T01 粗端銑刀在刀倉 1 號位置；T02 精端銑刀在刀倉 2 號位置。

五、設定座標 (G54~G59)

如圖 29 所示，工作 (程式) 原點與機械原點相對位置關係，求取量測 XY 工作座標設定值的步驟順序如下：

(一)Y 軸工作座標設定值 說 明

1. Z 軸 XY 軸原點復歸
2. 按 **POS** 功能鍵，再按 **綜合** 鍵 2. 出現機械座標系畫面 X0Y0Z0

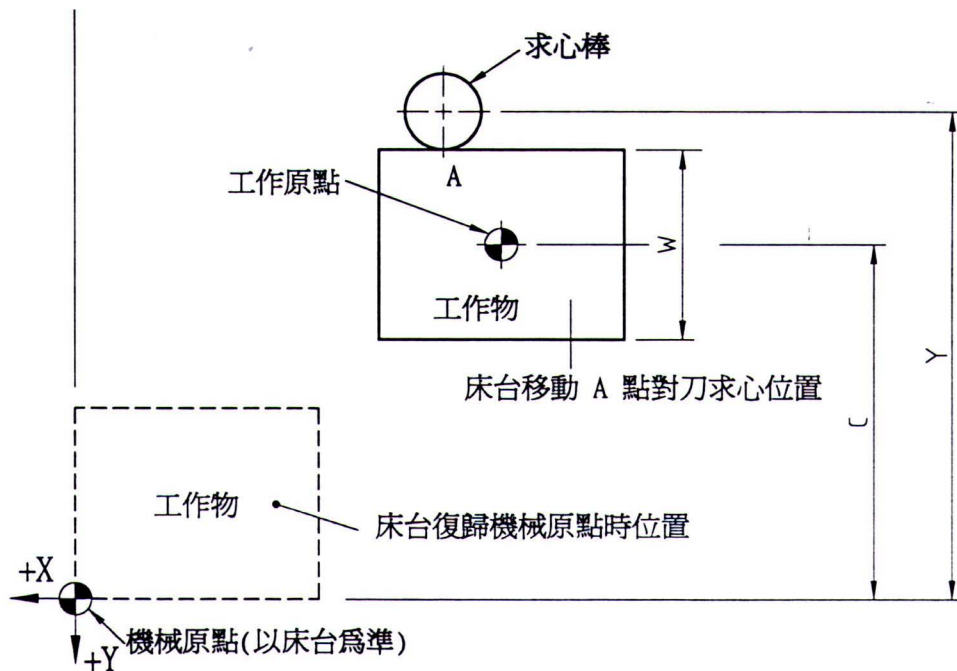


圖 29 工作原點與機械原點之位置

請翻至下一頁。

$$C=Y-r-\frac{1}{2}W \quad W: \text{工作物寬度}$$

C：工作座標系統設定 Y 軸設定值

Y 值：由機械標系 Y 軸座標值讀出

r：求心棒半徑

3.裝尋邊器主軸旋轉 600RPM

3.作為定點尋邊感測器用。

4.以手動、微調方式移動刀軸
(求心棒)與床台，使求心

4.工作座標系統設定 Y 軸設定值
 $C=Y$ 軸機械座標值 $-r-\frac{1}{2}W$ 如

棒輕微接觸工作物 A 點，
如圖 29 所示，並於螢幕上
讀取 Y 軸的機械座標值。

圖 15 所示。

(二)X 軸工作座標設定值。

工作座標系統設定 X 軸設定值和圖 30 中 D 值，其求取方法與 Y 軸設定值求取方法相同請參考 頁。

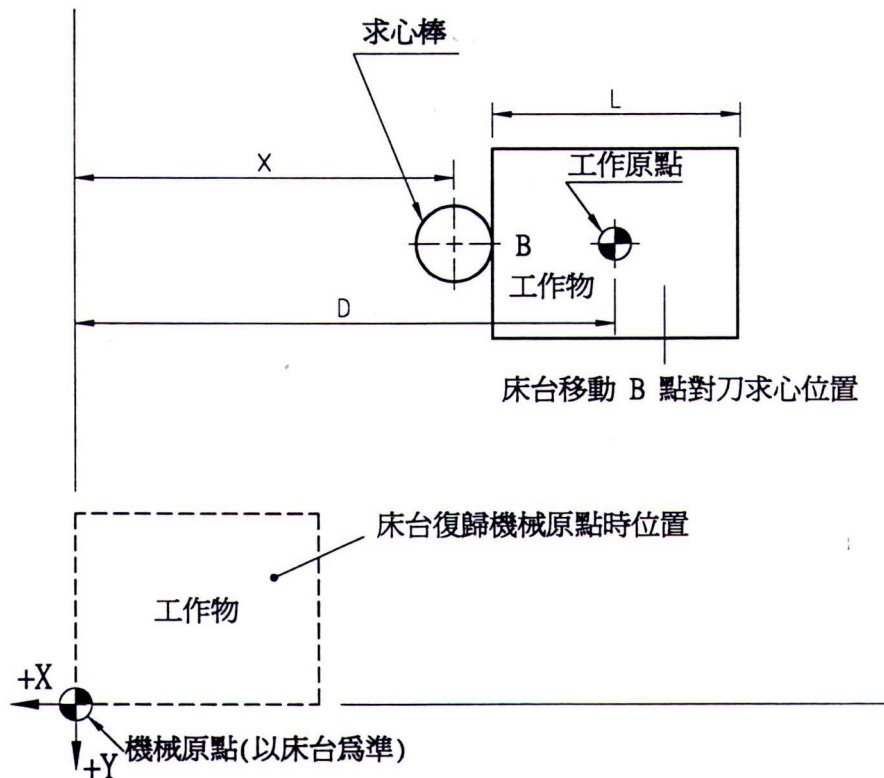


圖 30 工作原點與機械原點之位置

$$D=X+r+\frac{1}{2}L \quad L: \text{工作物長度}$$

D：工作座標系統設定 X 軸設定值

X 值：由機械座標 X 軸座標讀出

r：求心棒半徑

(三) Z 軸工作座標設定值。

工作座標系 Z 軸設定值求取方法，與 X、Y 軸相類似，但因本工作圖加工需同時使用二把刀具，不方便用此方法改由第六項刀具長度補正設定。

(四) X、Y 軸設定值輸入機器面盤之工作座標表欄內。

X 軸 Y 軸設定值即圖 29 圖 30 中 C 值 舉例示範。由圖 29、30 中若及 D 值輸入機器數控系統內。按 X-250.0，Y 值-150.0，r 為 5.0。

OFFSET 鍵，再按螢幕下方“座標系”C=Y-r-1/2W (W·L 各為鍵使如表四所示。程式製作時工作座標100)

系若為 G54 時將游標移至 01 位置，將 C=-100.0-5.0-50.0=-155.0 將 D 值輸入 X 位置；C 值輸入 Y 位置 155.0

。若程式設定為 G55 時則將游標移至 $D=X+r+\frac{1}{2}L$

游標移至 01 位置後按 X-02 位置， $D=-250.0+5.0+50.0=-195.0$ 再將 D 值、C 值輸入，G56~G59 依此 195.0，再按 INPUT 鍵；依此類推，完成 X 軸 Y 軸工作座標設定。按 Y-155.0 按 INPUT 鍵；完成設定。

表五 工作座標系統設定

號 碼	數 值	號 碼	數 值
00	X0.000	02	X0.000
	Y0.000		Y0.000
	Z0.000		Z0.000
01	X-195.0		X0.000
	Y-155.0		Y0.000
	Z0.000		Z0.000

六、設定補正值

設定補正值可分為刀具長度補正值與半徑方向補正值。以立式電腦數值控制中心機而言，長度補正為 Z 軸方向。

(一)設定長度 (Z 軸) 補正值

1.以刀長測定儀或 NC 機器以手動、微調方式移動 Z 軸求取 Z 軸方向補正值 Z1、Z2 如圖 31、32 所示。

本範例圖 26 共使用二支刀具，其刀具長度補正值程式代號設定如表六。

表六

	刀 具 名 稱	程式代號	補 正 值	補正值程式代號
1.	16 粗端銑刀	T01	Z1 (假設 Z1=100.0)	H01
2.	16 精端銑刀	T02	Z2 (假設 Z2=205.0)	H02

2.Z 軸補正值輸入機器面盤 **OFFSET** 欄內。

舉例說明：Z1、Z2 值有正負值由程式中 G43、G44 來決定。本工作圖程式製作時使用 G44 指令，因此 Z1、Z2 皆為正值。將 Z1、Z2 分別輸入機器系統，按 **OFFSET** 鍵使畫面出現如表六所示。將游標移至 1 位置，鍵入 200.0 後按 INPUT 鍵，完成 T01 粗端銑刀長度補正設定。依此將游標移至 2 位置，鍵入 205.0 按 INPUT 鍵。完成本範例二支刀具長度補正設定。

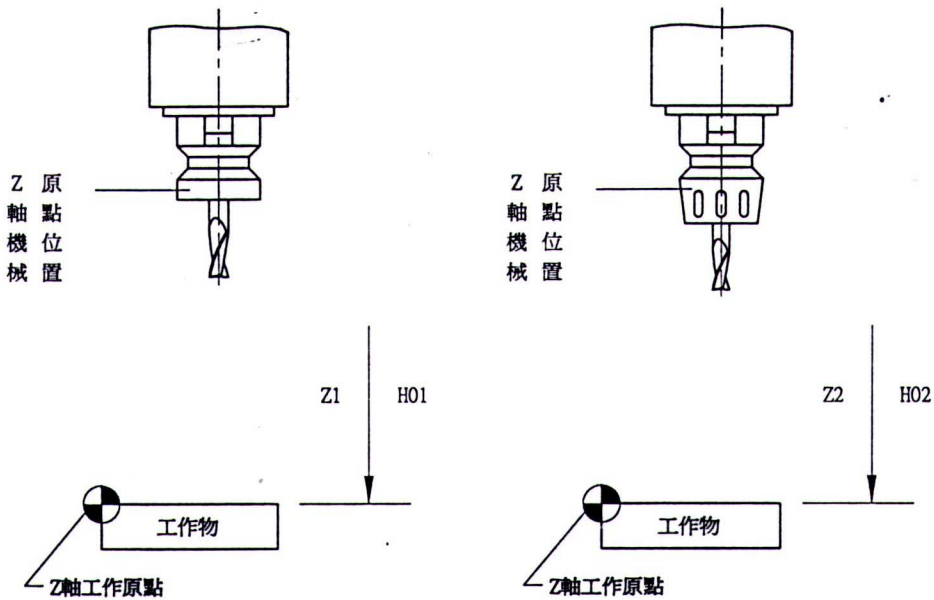


圖 31

圖 32

表七 Z 軸之刀具補正設定

號 碼	數 值	號 碼	數 值
01	200.0	09	0
02	205.0	10	0
03	0	11	8.2
04	0	12	8.0
:	:	13	0
:	:		
08	0	16	0

註：17~99 請按 PAGE ↓ 鍵

請翻至下一頁。

(二)設定半徑補正值

- 1.本範例圖 26 共使用二支刀具，其刀具半徑補正值程式代號設定如表八所示。

表八 使用刀具及半徑補正值設定

	刀 具 名 稱	程式代號	補 正 值	補正值程式代號
1.	Ø16 粗端銑刀	T01	刀半徑 8 + 預留量 0.2 = 8.2mm	D11
2.	Ø 16 精端銑刀	T02	刀具刀徑 = 8mm	D12

- 2.半徑補正輸入機器面盤 **OFFSET** 欄內。

將半徑補正值 8.2 及 8.0 分別輸入機器系統內，按 **OFFSET** 鍵使畫面出現如表六所示。將游標移至 11 位置，鍵入 8.2 後按 **INPUT** 鍵，完成 T01 粗端銑刀半徑補正設定。依此將游標移至 12 位置，鍵入 8.0 按 **INPUT** 鍵，完成 T02 精銑端銑刀半徑補正設定。

七、程式路徑繪圖模擬

- 1.將程式保護鑰匙轉到“編輯”位置。
- 2.模式選擇鈕轉到“編輯”位置，呼叫程式 O1234。
- 3.按圖形功能鍵 **GRAPH**。
- 4.按螢幕下方之“立體”鍵，設定繪圖之相關資料（材料大小、原點……等）。
- 5.續按“執行”、動劃“即開始執行路徑模擬。
- 6.檢查是否有警示訊息發生，圖形與工作圖是否相符，銑削路徑是否合理正確，是否過切，撞機等現象，並予排除修正。

八、程式預演

- 1.將工作物自虎鉗取下。
- 2.面盤上按下“程式預演”鍵，此時刀具位移速度由面盤之“切削進給率鈕”調整控制，而程式中 G00 及 G01 位移速度暫時失效。
- 3.模式選擇鈕轉到“操作”位置。
- 4.按下“啓動”鍵，機器刀具即開始依程式內容作預演。
- 5.執行預演視情況可用單節或連續模式執行。
- 6.程式預演中，右手應移至“暫停”鍵上等待，以便遇有突發狀況可壓下，令刀具暫停移動，防止意外發生。

九、試車

- (一)工作物重新定位夾緊於虎鉗上，按下“啓動”鍵，當刀具快接近工件之前（約 20~50mm），按下“暫停”鍵後觀看“檢視”內之余移動量（X,Y,Z 座標值），由該量大小研判刀具空間是否安全，無誤後再重新按下“啓動”。
- (二)視情況使用單節或連續模式執行切削，隨時觀察刀具切削狀況，並對主軸轉速及進給率作適當的調整，及注意是否有切削過量振動現象。
- (三)注意各種安全開關、安全防範措施，若有突發異常狀況，迅速按下“暫停”或緊急開關。

十、量測及修正尺寸

切削完畢後，測量工件實際尺寸，若尺寸與精度有錯誤，則修正程式、工作座標或補正值，再試切削一次，直至各部位尺寸合乎工作圖要求。

十一、批量生產

現在你已熟悉刀徑半徑補正指令實作課題之操作步驟，假如你仍未完全熟悉，請重覆學習編號 PMT-NCM050 的教學錄影帶及閱讀第 頁到第 頁直到完全熟悉為止，若還是有困難的話，則去請教你的老師。

當你完全熟悉後，請將編號 PMT-NCM050 的教學錄影帶歸還還工具管理員，再向工具管理員領取本實作課題所需之工具、量具、刀具、材料等設備，如下表所示，然後依前述之各項操作要領，作實際操作練習，練習中若有任何困難，可請教你的老師。

實作操作練習課題：工作圖與學習活動二中圖 12 工作圖相同（24 頁）

設備及工具

項次	名稱	規格	單位	數量	備註
1	電腦數值控制銑床	立式及相關附件。	台	1	
2	程式模擬系統	PC 電腦及週邊設備、模擬軟體及傳輸系統	套	1	
3	印表機	B4 噴墨	台	1	
4	銑床虎鉗	150mm	座	1	附板手
5	平行塊	10 × 15 × 150mm ~ 10 × 40 × 150mm，5mm 一組	套	1	
6	香檳鎚	1 磅	支	1	
7	六角扳手	2mm ~ 14mm	支	各 1	
8	銼刀	8 吋中平裝	支	1	
9	刀具接頭	配合主軸錐度	套	1	
10	安全眼鏡		付	1	
11	尋邊器	10mm	支	1	
12	毛刷	2 吋	支	1	

刀具

項次	名稱	規格	單位	數量	備註
1	端銑刀	Ø16.4 刃斷屑	支	1	
2	端銑刀	Ø16.4 刃	支	1	

請翻至下一頁。

量具

項次	名稱	規格	單位	數量	備註
1	游標卡尺	150×0.02mm	支	1	
2	外徑分厘卡	25~50 50~75mm	支	1	
3	內徑分厘卡	5~50 50~75mm	支	各 1	
4	深度分厘卡	0~25mm	支	1	
5	量表	0.01×10mm	組	1	附磁性座

材料及消耗品（材料先準備妥當）

項次	名稱	規格	單位	數量	備註
1	低碳鋼	SEA 1030 80×80×25±0.1	塊		
2	潤滑油	R32 或 R68		1	
3	切削劑				
4	抹布		塊	若干	可用擦拭紙替代

如今你已熟悉刀具半徑補正指令實作課題的操作步驟，也實際做了練習，現在將針對你實作技能作一評量，請你根據評量二中之工作圖 13(28 頁)至工具管理員領取所需的工具、量具、刀具、材料等，及使用學習評量二之程式內容，進行學習活動三評量。

操作評量中若你有困難，你可以邊看操作程序之說明邊操作，你也可以請教你的老師。當你作好了練習，請你對你的成品依第 頁的評量表，做自我評量，若你對自我評量的結果不滿意，你可再向管理員領取一塊材料繼續練習，直到你能勝任本單元為止。

學習活動三評量

請依下列圖示，於 4 小時內使用刀具半徑補正指令完成工件。

(與 28 頁圖 27 工作圖相同)

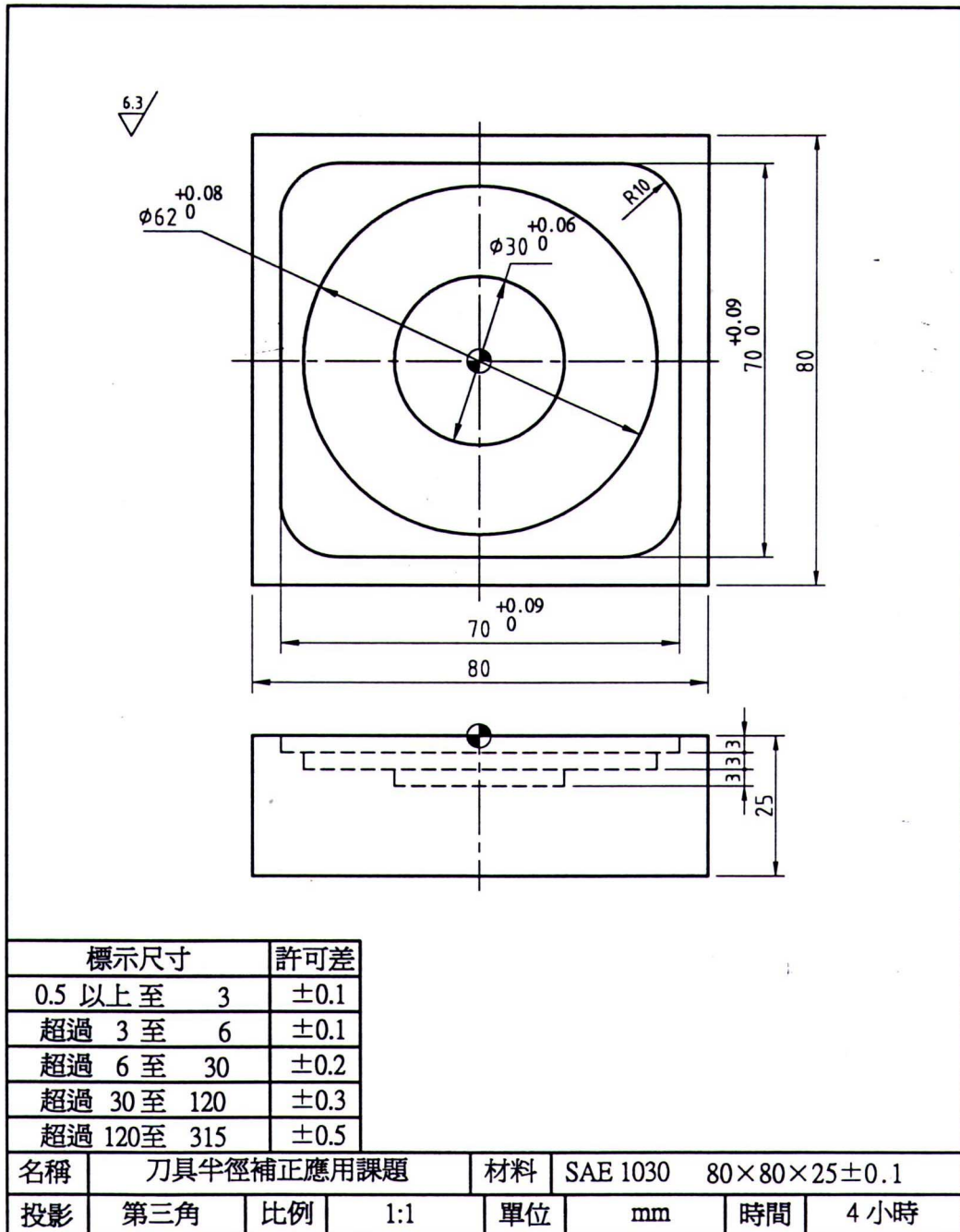


圖 33 刀具半徑補正練習

工件自我評量表

(一)尺寸精度

部 位	標 示 尺 寸	實 測 尺 寸	合 格	不 合 格
	+0.09 70 0			
	+0.09 70 0			
	+0.08 62 0			
	+0.06 30 0			
	3±0.1			

(二)表面粗糙度

部 位	標 示 尺 寸	實 測 尺 寸	合 格	不 合 格
工件表面	6.3a			

評量標準：你必須在每評分項目均為合格，則本評量才算通過。

學後評量

現在你已完成本單元所有學習活動，也通過各學習活動之評量，後面有一個單元學後評量請你完成。評量時先進行相關知識測驗，再做實作測驗。本單元學後評量包括下列三項：

- 一、相關知識測驗 %
- 二、實作測驗 %
 - (一) 工作計劃自我評量
 - 1. 所需要的設備及工具
 - 2. 所需要的量具
 - 3. 所需要的刀具
 - 4. 所需要的材料與消耗品
 - 5. 工作步驟及注意事
 - (二) 實作工件評量
 - (三) 安全習慣評量 %
- 三、學習態度評量
- 四、教師評量

一、相關知識測驗

(一) 是非題

- () 1. 刀具半徑補正與工作平面有關。
- () 2. 使用 G41、G42 刀具半徑補正，不考慮內側角隅。
- () 3. 執行刀具半徑指令時須有工作平面位移指令，且不能為零位移指令。
- () 4. 同一程式中公英制單位任意互換，不影響補正值。
- () 5. 刀具半徑補正值的正負號，會影響到補正方向的改變。
- () 6. 在 MDI 模式下，不得使用刀具半徑補正功能。
- () 7. 程式作外圓弧的補正切削，所使用刀具半徑值並無特別大小限制。
- () 8. 在 G40 補正取消單節中，其位移動作可配合 G02、G03 指令使用。

(二) 選擇題

- () 1. 刀徑補正取消有 G40 和 (1)G41 (2)G42 (3)G43 (4)D00。
- () 2. 在 G41、G42 的取消單節中，其位移動作應配合 (1)G02 (2)G03 (3)G00 (4)G04 指令來使用。
- () 3. G41 及 G42 指令是屬於？ (1)延續機能 (2)單一機能 (3)輔助機能 (4)轉速機能。
- () 4. G17 G42 G00 X Y D ；那一軸不具半徑補正功能 (1)X 軸 (2)Y 軸 (3)Z 軸 (4)B 軸。
- () 5. 若精銑削 R10 內側二次元圓弧，選用下列何種刀具直徑較好？ (1)30 (2)16 (3)25 (4)22。

(三) 問答題

1. 寫出刀具半徑補正指令程式格式。

二、實作測驗

請依照圖示之要求完成加工成品，在你工作之前請先填好工作計劃（下一頁），工作計劃單完成後須先送給老師認可，在老師認可後再依據你所擬之計劃單明細，到工具室管理員領取所需之材料、刀具、工具及量具等，然後在老師安排下借用一台電腦數值控制中心機做實作測驗。

在你完全成實作測驗後，請你對你做好之成品做自我評量，並將詳細之評量結果填入實作自我評量表中。

實作測驗工作圖：

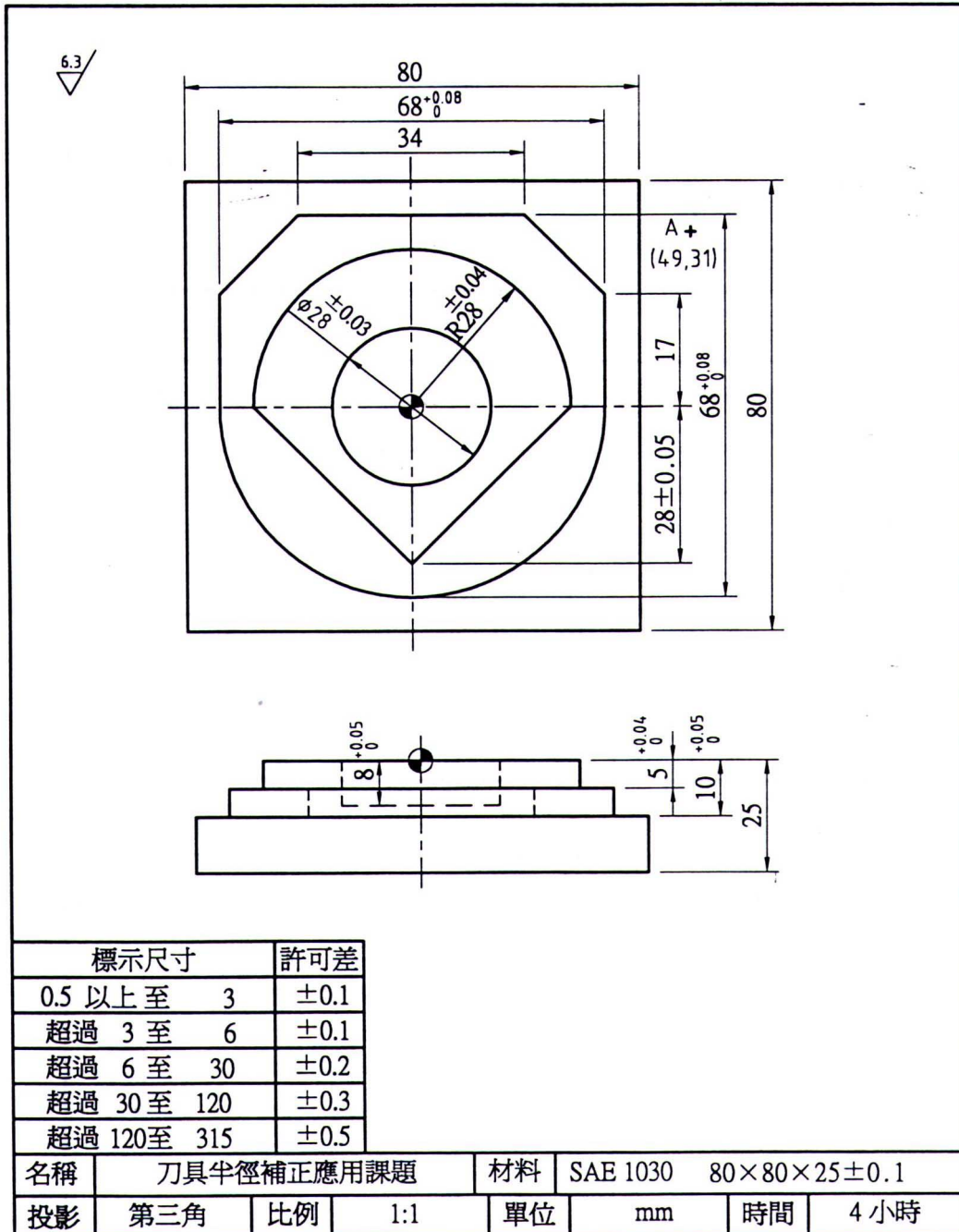


圖 34 刀具半徑補正練習

一、工作計畫自我評量

作業名稱：_____

工作開始日期：_____ 完成日期：_____

工作時間：_____小時 教師認可：_____

1. 所需要的機器及工具

項次	名稱	規格	單位	數量	備註

2. 所需要的量具

項次	名稱	規格	單位	數量	備註

3. 所需要的刀具

項次	名稱	規格	單位	數量	備註

4. 所需要的材料與消耗品

項次	名稱	規格	單位	數量	備註

5. 工作步驟及注意事項

項次	名稱	規格	單位	數量	備註

工作計劃評量表

工作計畫評量項目	分數					
	優 10	良 8	中 6	可 4	差 2	劣 0
1. 所需機器、工具及材料是否完備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 上項之名稱、規格是否詳細、正確	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 所需要的量具是否完備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 上項之名稱、規格是否詳細、正確	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 所需之刀具及消耗品是否完備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 上項之名稱、規格是否詳細、正確	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 工作步驟是否詳細、完整	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 工作步驟是否合理、可行	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 是否重視安全注意事項並適時提示	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 書寫是否工整、清晰	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

注意：(1)現在你已完成你的作業計畫，請不要馬上工作，你先檢討一下，有沒有其他更好的方法呢？有沒有遺漏呢？請將你的計畫送給你的老師認可；然後才開始工作，工作時間為 4 小時。

(2)當你做好了作業，請對你的成品做自我評價 (Self-evaluation)，然後送交老師評分。

我的工作計劃總得分：_____ 屬於 _____ 等

等第分類：

A=90 分以上

B=80 分以上

C=70 分以上

D=60 分以上

E=59 分以下

二、實作工作自我評量表

實作工件自我評分表

尺	部位	標示尺寸	實測尺寸	評 分 標 準					得 分	
寸		+0.08 68+0		+0.08 0	10	+0.10 0	6	+0.12 0	3	
		+0.08 68+0		+0.08 0	10	+0.10 0	6	+0.12 0	3	
		28±0.05		±0.05	10	±0.07	6	±0.09	3	
		56±0.04		±0.04	12	±0.06	8	±0.08	4	
		28±0.03		±0.03	12	±0.05	8	±0.07	4	
		+0.05 8+0		±0.05 0	13	+0.07 0	9	+0.09	4	
		+0.05 10+0		+0.05 0	13	+0.07 0	9	+0.09	4	
精										
度										
										/80
表面 粗 糙 度	工件	標 示 值	實 測 值	評 分 標 準					得 分	
	件 1	6.3a		6.3a	20	12.5a	10			/20
扣 分 項 目	項 目		實 測 值	評 分 標 準			扣 分			
	每處傷良			扣2分						
	每三處毛邊未修除			扣2分						
	材料使用每換一件			扣10分						
備 註	註 1：工件得分=尺寸精度+表面粗糙度-扣分。						總 得 分			
							等 第			

我的成品自我評分得分：_____ 屬於 _____等

等第分類

A=90 分以上

B=80 分以上

C=70 分以上

D=60 分以上

E=59 分以下

三、安全習慣評量

安全習慣評量表

安全習慣評量項目	是	否
1. 使用合於規定的工具，不任意替代。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 工具及材料置於正確位置並擺放整齊。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 依規定佩戴個人安全器具。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 起動機器前檢查防護及運轉部位，異常應即反應。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 獨立操作機器，集中精神，不玩笑嬉鬧。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 機器運轉時不擅離工作崗位。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 不以任何物品或肢體接觸運轉中的機件。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 工作環境周圍保持整齊、清潔、光線足夠。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 成品的毛當修整、妥當放置。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 依規定清潔及保養測量機具。	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
實 得 總 分		

※每一項為“是”者得10分，“否”者得0分。

我的安全習慣得分：_____ 屬於 _____ 等

等第分類：

A=95 分以上

B=85 分以上

C=75 分以上

B=65 分以上

E=59 分以下

四、學習態度評量

學習態度評量表

學習態度評量項目	分 數					
	優 10	良 8	中 6	可 4	差 2	劣 0
1. 言行舉止合宜、服儀容整齊	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. 準時上、下課、不遲到早退	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. 守秩序，不喧嘩吵鬧	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. 服從教師指導、進行學習	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. 上課專心認真	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. 愛惜教材教具及設備	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. 有疑問時主動要求協助	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. 閱讀教材外的議義及參考資料	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. 參與班級教學的討論活動	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. 將學習內容與工廠環境配合	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

我的學習態度得分：_____ 屬於 _____ 等

等第分類：

A=95 分以上

B=85 分以上

C=75 分以上

B=65 分以上

E=59 分以下

五、教師評量

教師評量表

評分項目	得分	等第	百分比%	通 通	不 通 過	備 註
一、相關知識測驗						
二、 實 作 測 驗	工作計劃					
	實作工件					
	安全習慣					
三、學習態度						
總分		通 過	教 評			
等第		不 通 過	師 語			

註：1.等第分類

A=90 分以上

B=80 分以上

C=70 分以上

D=60 分以上

E=59 分以下

2.評分項目各項所佔百分比，由輔導老師依單元特性自行評定。

參考資料

- 一、FANUC Series 6M-Model B、0-Mate MC
- 二、胡金星編著 數控工具機；P116~P125;
- 三、沈金旺，方錫聰編著 CNC 綜合切削中心機程式設計與應用，P87~P96。
- 四、中華民國職業訓練研究發展中心研製 電腦數值控制銑床單元式訓練教材 MMC019。