

CNC車床教學講義

編著：陳德楨 (南亞技術學院)

機械系

CNC車床程式設計

基本機能簡介

電腦數值控制車床之程式是利用各種英文字母、數值、符號……等組成，組成後構成一系列有意義的動作、功能，通常吾人將其稱為機能指令，並歸類為六大類。

- G機能 (準備機能)
- M機能 (輔助機能)
- T機能 (刀具機能)
- S機能 (主軸轉速機能)
- F機能 (進給機能)
- N機能 (程式序號機能)

G機能(準備機能)

G機能又稱為準備機能或G碼，它是由G位址字元後面接續兩個數字所組成。

【機能說明】

- G機能包括G00～G99等，不同的G機能指令代表不同的功能，動作。
- G碼代表之意義及功能，依控制器廠牌之不同而略有差異。
- 本書採用日本FANUC(富士通)系統控制器，該控制器又把G碼分成A、B、C三種體系，國內通常以使用A系統最為普遍。
- G碼可分為下列兩種形式：
 - 單次G碼(One-shot G code)：此G碼僅在它指定的單節有效。
 - 狀態G碼(Modal G code)：此G碼設定後將一直有效，直到相同組群之G碼設定，才被取代。

M機能(輔助機能)

M機能又稱為輔助機能或M碼，它是由M位址字元後面接續兩個數字。

【機能說明】

- M機能包括M00~M99不同的M機能指令代表不同的功能，動作。
- M碼可使控制器產生 (ON/OFF) 之控制訊號。
- 使用時在每一單節不能有兩個或兩個以上之M機能，只有排列在最後一個之M機能有效。
- 不同廠牌工具機或控制器其M機能亦略有差異。

T機能(刀具機能)

T機能又稱刀具機能，此機能是用來選擇刀塔上之刀具及對各種不同幾何形狀之刀具作各種補正。

【機能說

- 明】
- 刀具機能是由T位址字元後面接續4個數字號碼所組成
 - 前面兩個兩位數字群為定義刀塔上之刀具編號
 - 後面兩位數字群則是定義選用刀具之補正編號

【範

- 例】
- T0303**：1.前兩碼03代表刀具號碼，即選用3號刀具 及使用NO.3幾何補正。
2.後兩碼03代表補正號碼，即使用NO.3耗磨補正。
- T 0900**：1.前兩碼09代表刀具號碼，即選用9號刀具 及使用NO.9幾何補正。
2.後兩碼00代表補正號碼，即補正號碼取消。

S機能(主軸轉速機能)

S機能又稱為主軸轉速機能，數控車床加工有三種狀態：

一、固定表面切削速度設定 (G96 S____)

S____為切削速度，通常單位為(公尺/分)，設定後控制器將依據程式上X軸之位置(依切削理論)正確算出主軸之轉速。

二、最高主軸轉速設定 (G50 S____)

S____為主軸最高轉速設定值，若使用固定表面切削速度設定時應同時設定主軸最高轉速。

三、固定主軸轉速設定 (G97 S____)

主軸將呈現所設定之轉速值，並保持其固定值，用於車牙

【範等】。

例】 G96 S160 M03：切削速度設定為160m/min，主軸正轉。
G50 S2500：主軸最高轉速設定為2500rpm。
G97 S1200：主軸固定轉速設定為1200rpm。

F機能(進給機能)

F機能又稱進給機能，所謂進給 (Feed)，對車床而言是指工件每轉一週，刀具之前進量，其單位為 (公厘 / 轉 或 mm/rev)。

•進給率之表現方式可分為兩種：(每分鐘進給率及每轉進給率)

•每分鐘進給率，在FANUC控制器中可利用G98控制。

•每轉進給率，在FANUC控制器中可利用 G99控

制。

•車削加工時須使用每轉進給率，而銑削加工則用每分鐘進給

率。

【範

例】

```
G99 G01 X___ Z___ F0.2;
```

【說明】

以直線車削至X___Z___座標，進給率為0.2mm/rev。

N機能(程式序號機能)

N機能又稱程式序號機能，由位址字元N及正整數組成 (N0001～N9999)

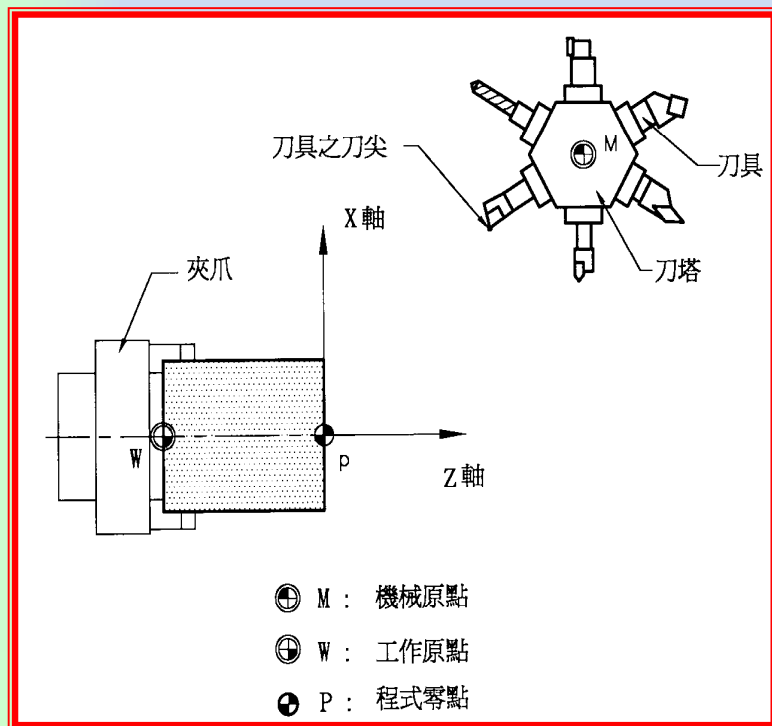
【說明】

- 程式序號一般為程式單節的第一個字
- 在舊式之NC控制系統中，程式之每一單節均須編寫程式序號且為遞增之形式。
- 現今之CNC控制器之中則無須再編寫程式序號。
- 在程式執行邏輯判讀或特定控制迴路時需編寫程式序號（例：副程式指令、循環機能指令……等）
- 若為了加工需要亦可在適當單節加註程式序號，以便於程式編輯、執行等。

參考點 (Reference coordinates)

通常在數控工具機程式編寫時，至少須選用一個參考座標點來計算工作圖上各點之座標值，這些參考點我們稱之為**零點 (Zero points)** 或原點。

CNC車床之參考點：



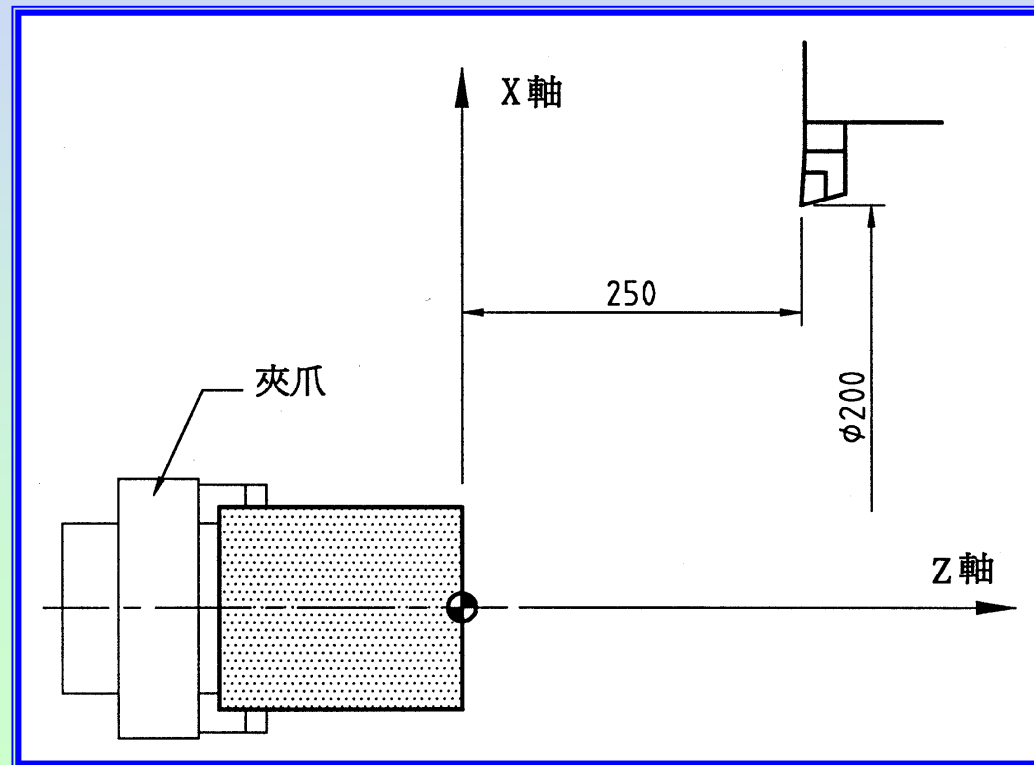
- 機械參考點 (Machine reference point)
 1. 作為刀具之交換點
 2. 作為其他座標點之參考點
 3. 機械開機後初始座標設定
- 工作參考點 (Work reference points)
- 程式參考點 (Program reference points)

座標系統設定 (Coordinate system setting)

座標系統設定主要目的在於設定刀具與程式原點間之距離關係，亦可說是設定刀具與材料間之關係位置，通常我們可以利用座標系統設定機能指令 (G50 X___ Z___;) 來完成。

【程式範
例】

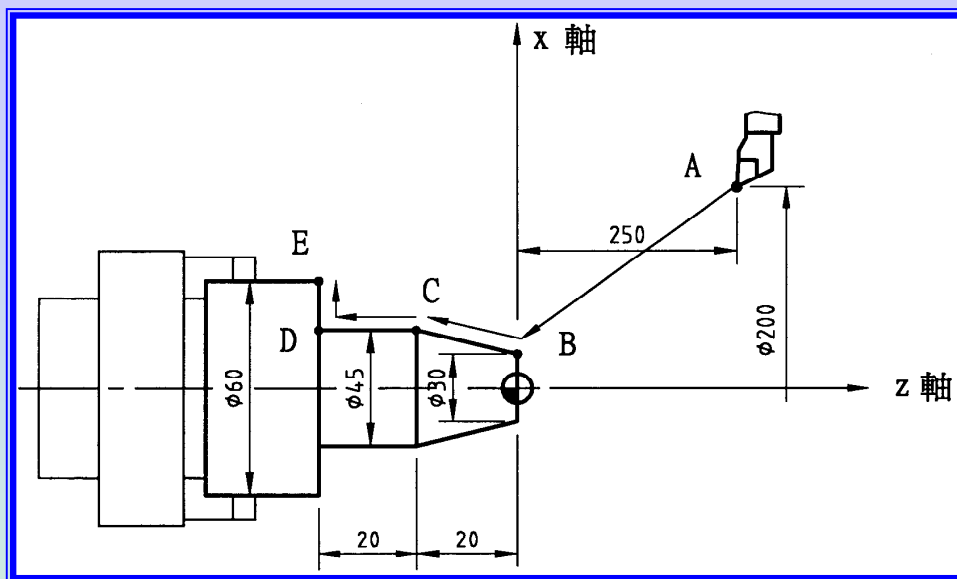
```
G50 X200. Z250.;
```



絕對座標與增量座標範例

絕對座標模式

下列圖所示之刀具運動路徑，請以絕對座標方式表示之。



【程式內容】

G50X200. Z250. ;

座標系統設定

G00X30. Z0 ;

刀具由A點位移至B

點

G01X45. Z-20. F0.2 ;

刀具由B點車削至C

點

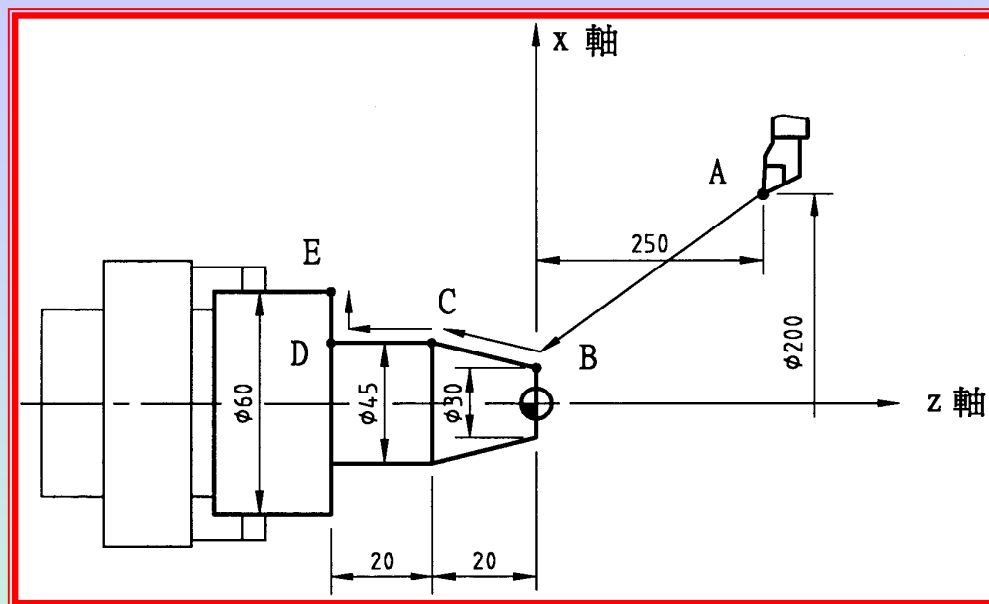
Z-40 .

刀具由C點車削至D

絕對座標與增量座標範例

增量座標模式

下列圖示之刀具運動路徑，請以增量座標方式表示之。



【程式內容】

G50 X200. Z250. ;

座標系統設定

G00 U-170. W-250. ;

刀具由A點車削至B

點

G01 U15. W-20. F0.2 ;

刀具由B點車削至C

點

W-20. ;

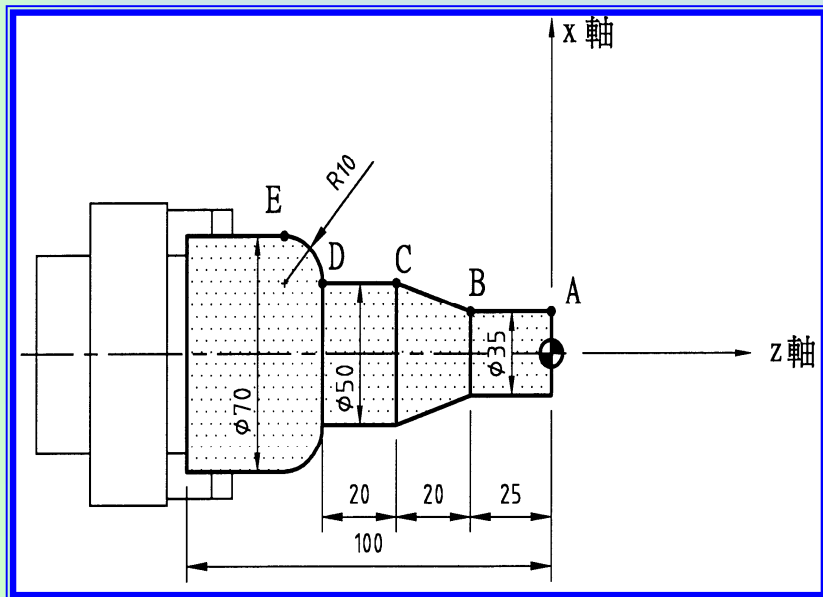
刀具由C點車削至D

直徑指令與半徑指令程式

編寫程式時，其X方向的尺寸標示方式可分為**直徑指令與半徑指令 (Diameter and radius programming)** 兩種，一般CNC車床其控制器系統皆設定為直徑指令方式。

【程式範例】

下列圖示之工件，請以直徑指令模式標示各點之座標值。



各點之座標值如下說明：

座標點	X座標	Z座標
A	35.0	0
B	35.0	-25.0
C	50.0	-45.0
D	50.0	-65.0
E	70.0	-75.0

輸入單位系統之選擇

【指令格式】

G20：英制單位系統

G21：公制單位系統

【格式說明】

- 通常CNC車床之使用單位為公制系統，因此在開始時即以被設定為公制單位系統，在程式中不須再編寫G21之指令。
- 若該程式輸入之資料為英制單位時，則需在程式之開頭編寫G21之指令。
- 在同一程式中不可同時有G20及G21之指令，只能擇其一使用。

快速定位 (G00)

【指令格式】

G00 X____Z____ ; (絕對座標模式)

G00 U____W____ ; (增量座標模式)

【格式說明】

- G00後面之X____、Z____或U____、W____是代表位移目標之指定位置。
- 編寫程式時可用絕對座標系統 (即G00 X____Z____ ;)
- 也可用增量座標系統 (即G00 U____W____ ;)
- 也可以在同一程式同一單節中以絕對座標與增量座標混合使用之方法 (即G00 X____W____ ; 或G00 U____Z____ ;)

快速定位(G00)之運動路徑探討

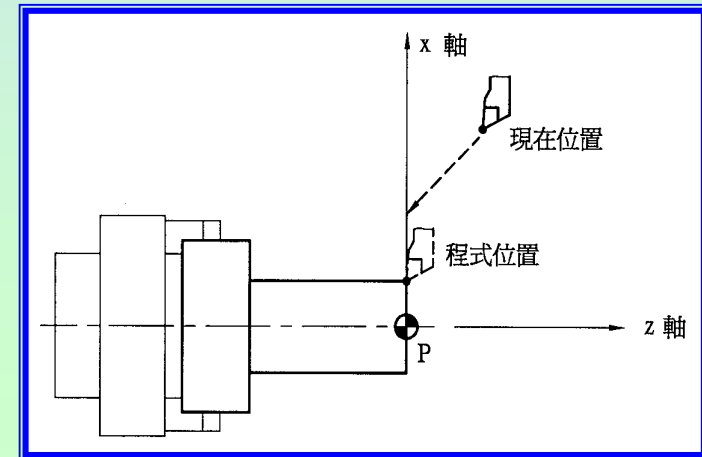
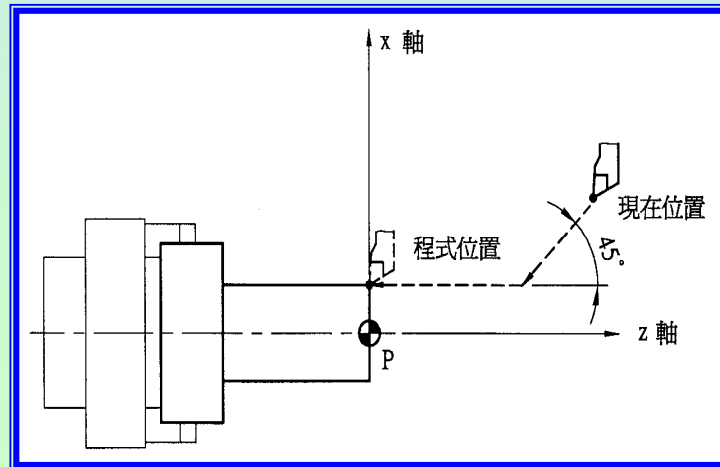
G00快速定位 (Rapid traverse) 機能，其主要功能是命令刀具以快速位移之方式到達指定之位置上。

【運動路徑】

• 控制器接受指令後，刀具以同時移動X軸及Z軸之方式，直到其中一軸到達指定位置後，再沿另一軸到達終點。

• 假如X軸及Z軸之運動速度相同，則刀具接受G00指令後，會以相對於X軸或Z軸之45度方向運動，直到其中一軸到達指定位置後，再沿另一軸到達終點。

【範例】



直線切削 (G01)

【指令格式】

G01 X___ Z___ F___ ; (絕對座標模式)

G01 U___ W___ F___ ; (增量座標模式)

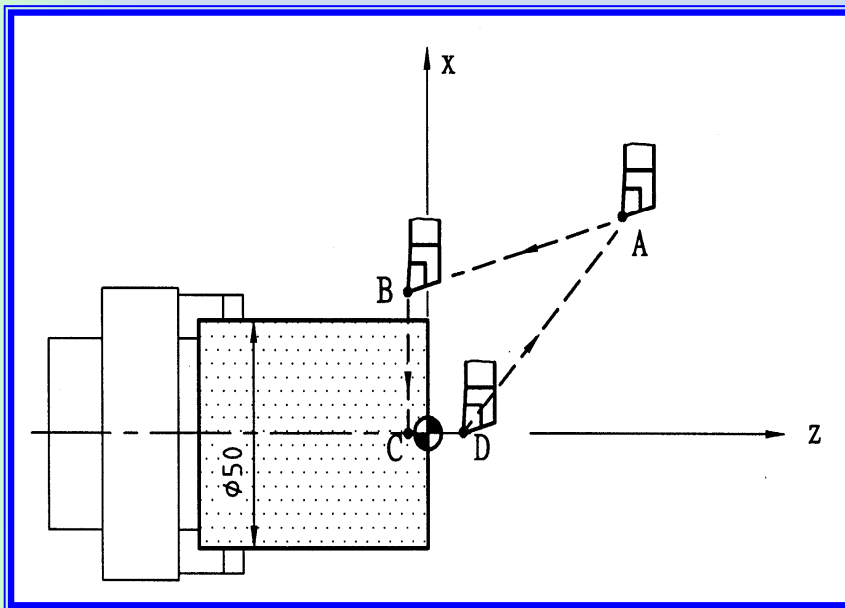
【格式說明】

- G01後面之X___ Z___或U___ W___是代表刀具切削之目標指定位置。
 - F則代表切削之進給率，其進給率之單位為(公釐 / 轉)
- 使用絕對座標系統 (即X___ Z___ F___ ;)
- 使用增量座標系統 (即U___ W___ F___ ;)
- 絕對座標與增量座標混合之方式 (即G01 X___ W___ F___ ; 或 G01 U___ Z___ F___ ;)

端面車削 (Facing cuts)

所謂端面車削是將工件端面作切除之作業，因此，端面車削是以刀具沿X軸作切削，Z軸則不變。

【程式範例】



【程式內容】

```
G00 X52. Z-1.; (B點)  
G01 X-1.6 F0.25 ; (C  
點)  
G00 Z2. ; (D點)  
X60. Z10.; (A點)
```


錐度認識

一、錐度之定義

圓桿的兩端直徑通常是一樣的，若兩端特定要求直徑大小不同，則稱為錐度，亦可說：沿著工作物測量，該工作物之直徑逐漸且均一地改變，則稱錐度。

二、錐度之分類

1.自著式錐度 (Self-holding tapers)

2.自離式錐度 (Self-releasing tapers)

三、錐度常用表示方法

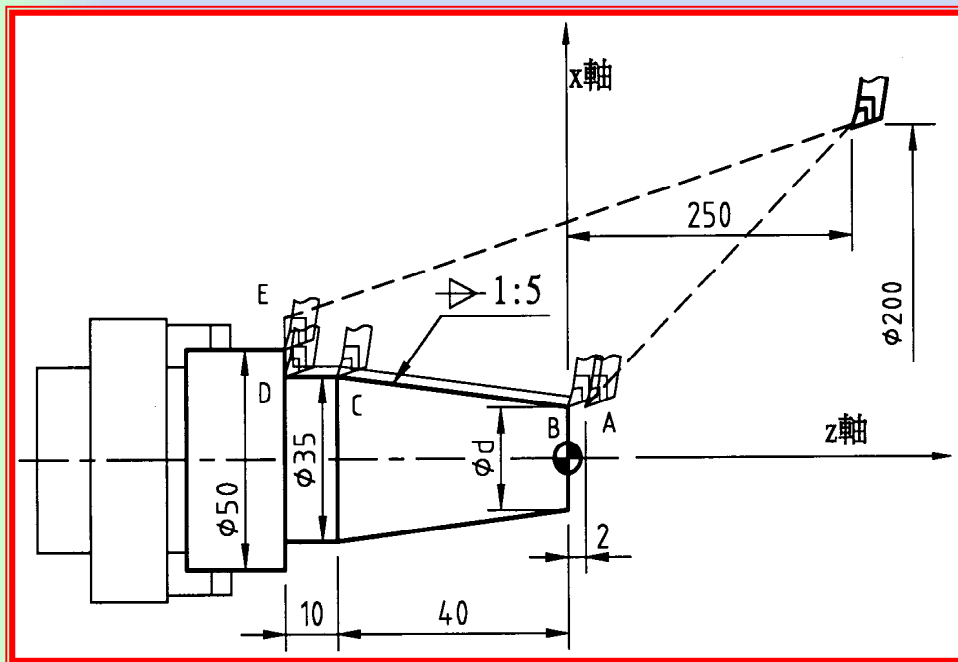
1.錐率表示法 (In ration)

2.錐角或半錐角表示法 (In degrees)

錐度車削 (Taper turning)

【程式範

例】圖示之工作圖，請寫出工件外形之車削程式。(刀具切削路徑A→B→C→D→E)



【程式內

```
O0411 ;  
G50 X200. Z250. S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S150 M03 ;  
G00 X27. Z2. T0101 ; (A點)  
G01 Z0 F0.2 ; (B點)  
X35. Z-40. ; (C點)  
Z-50. ; (D點)  
X52. ; (E點)  
G00 X___ Z___ T0100 ;
```

原點復歸 (Reference point return)

所謂原點或稱參考點，它是機器上預先設定之一個固定點，原點復歸是使刀塔回到該設定點(機械原點)

【原點復歸之功

用】

- 作為定義工作座標之參考點
- 作為程式執行時刀具交換之位置

【原點復歸之方

式】

- 手動方式執行原點復歸
- 程式控制執行原點復歸

原點復歸核對G27(Reference poin turn check)

【指令格式】

```
G27 X(U)___Z(W)___;
```

【格式說明】

- 上式中X(U)、Z(W)之座標值是機械原點之座標位置。
- 機械執行該指令時，刀具將以快速位移之方式到達該指令之位置。
- 若該座標位置正確，刀具將移至機械原點時，將自行減慢速度到達機械原點，且機械原點之訊號燈發亮。
- 若程式有誤，則刀具不會回至機械原點，機械原點之訊號燈亦不會發亮。

自動原點復歸 (G28)

【指令格式】

```
G28 X (U)____ Z (W)____ ;
```

【格式說明】

- 本指令在執行時將包含兩項動作。
- 原點復歸時將先快速位移至指定位置（上式中X、Z之座標值）
- 至指定位置後，再以自動方式回機械原點。
- G28指令之座標點可謂刀具回機械原點前之安全中間點。
- 使用時以增量座標模式為宜。

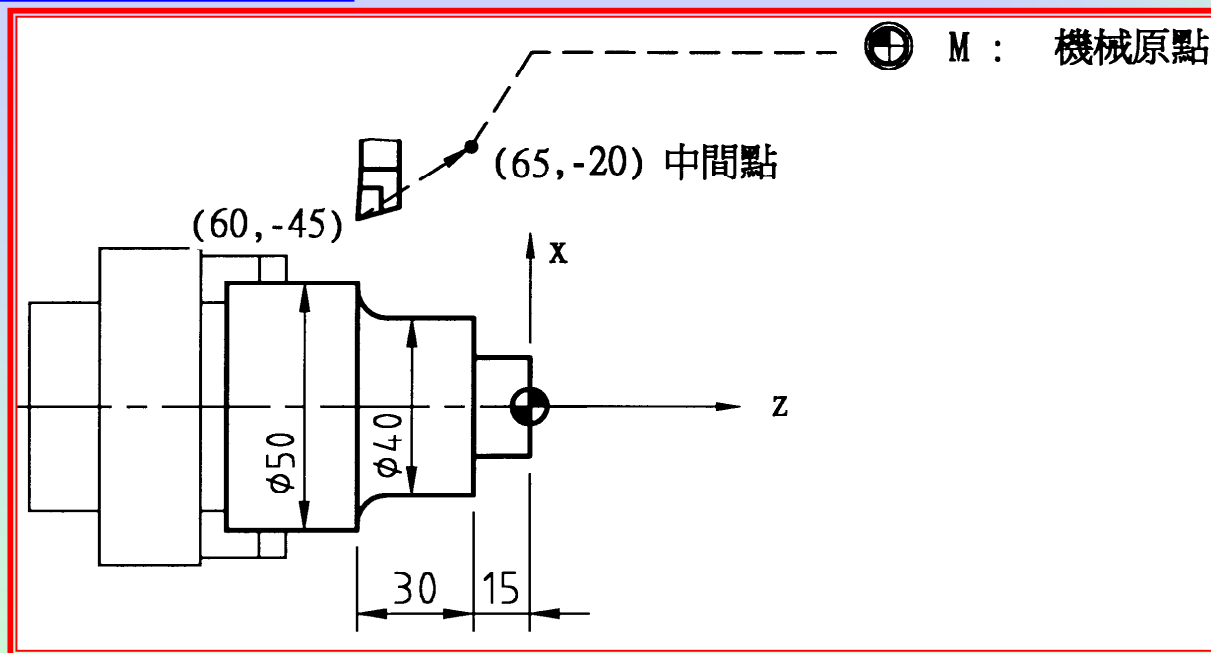
自動原點復歸(G28)範例

以絕對座標模式
自動原點復歸

【程式範

例】

G28 X65. Z-20. ;



【結果】

刀具由目前座標(X60，Z-45)經過中間點(X65，Z-20)，再自動回機械原點。

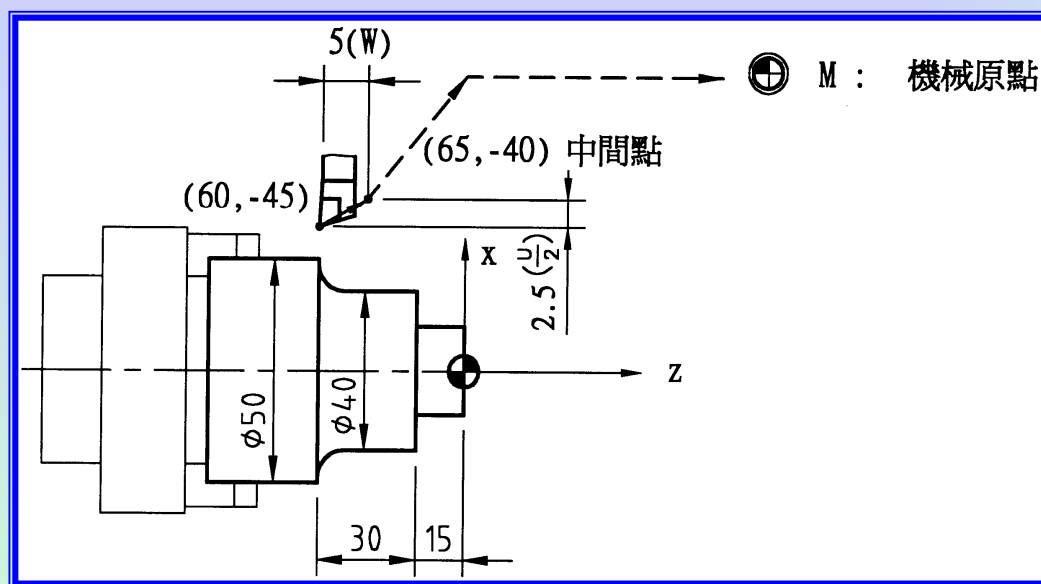
自動原點復歸(G28)範例

以增量座標模式
自動原點復歸

【程式範

例】

G28 U5. W5. ;



【結果】

刀具由目前座標位置(X60，Z-45)，經中間點座標(X65，Z-40)，再自動回機械原點。

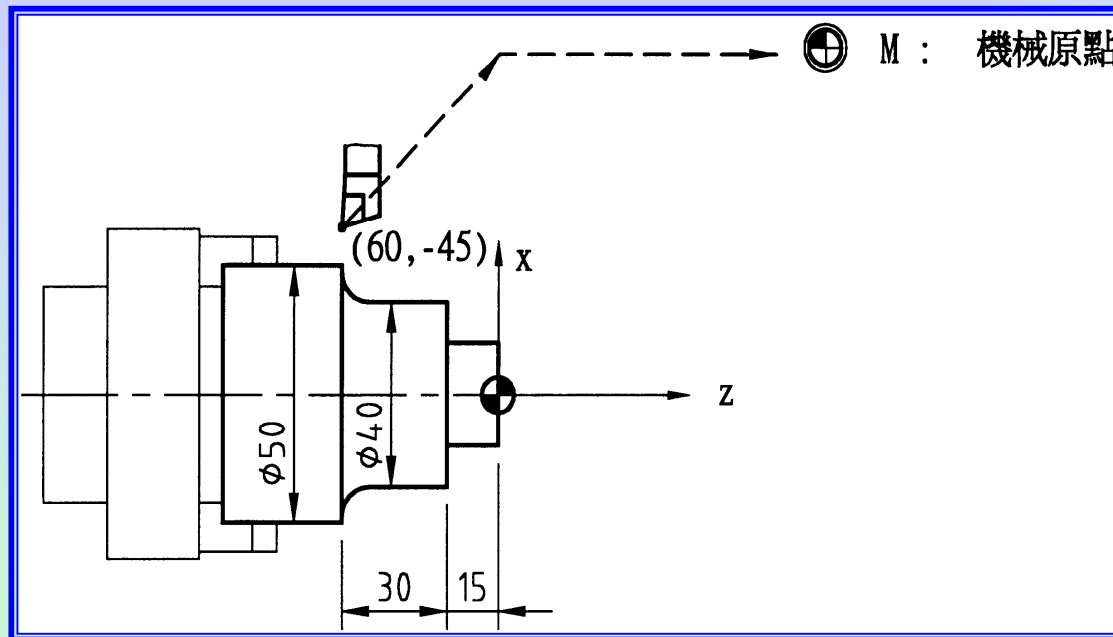
自動原點復歸(G28)範例

以增量座標模式，且增量值為零，執行自動原點復歸

【程式範

例

G28 U0 W0 ;



【結果】

刀具由目前座標位置(X60，Z-45)不經過任何點，直接回機械原點。

第2、第3、第4原點復歸(G30)

【指令格式】

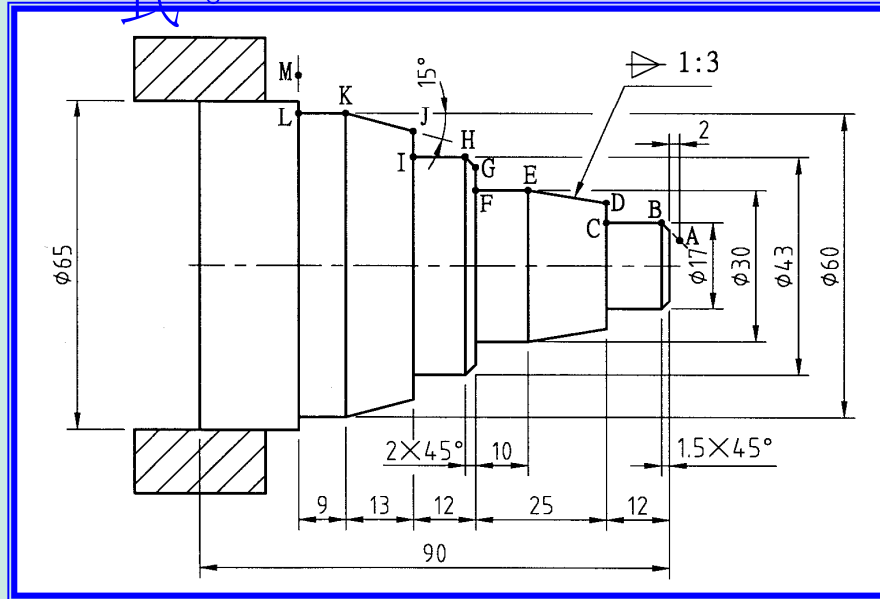
```
G30 P____X(U)____Z(W)____;
```

【格式說明】

- 上式中，P____為選擇第2、第3、第4原點（分別設定為P2、P3、P4）
- 若P____被省略，則視為第2原點。
- G30和G28指令除復歸點不同外，其他動作均相同。
- 第2、第3、第4參考點之位置和第一參考點之距離可事先用參數設定（參數：NO.0735、0736、0780、0787）。

直線切削程式範例(外徑)

下列圖所示之工作圖，請寫出精車工件外形之程式。

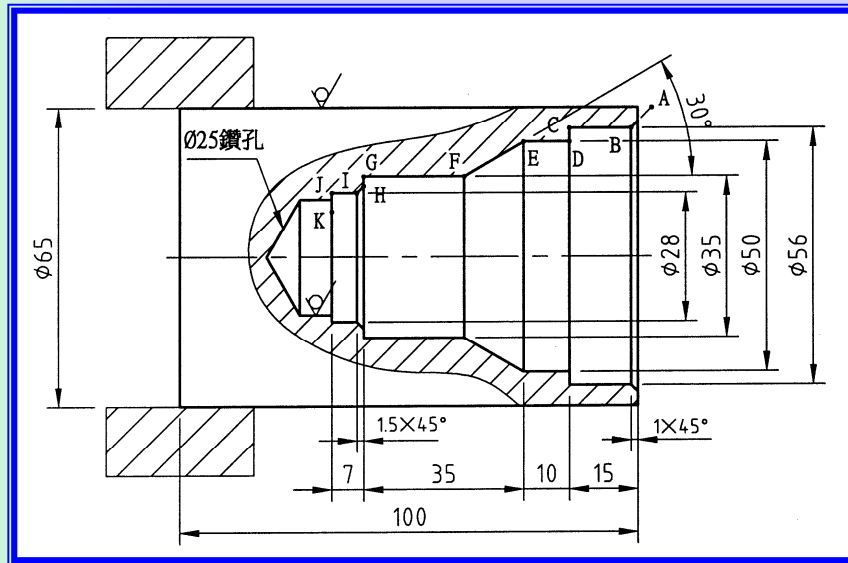


```
O0426 ;  
G50 X150. Z200. S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S150 M03 ;  
G00 X10. Z2. T0101 M08 ;  
G01 X17. Z-1.5 F0.15 ;
```

```
Z-12. ;  
X25. ;  
X30. Z-27. ;  
Z-37. ;  
X39. ;  
X43. Z-39. ;  
Z-49. ;  
X53.03 ;  
X60. Z-62. ;  
Z-71. ;  
X67. ;  
G28 U0 W0 M09 T0100 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

直線切削程式範例(內徑)

下列圖示之工作圖，請寫出精車工件內徑之程式。



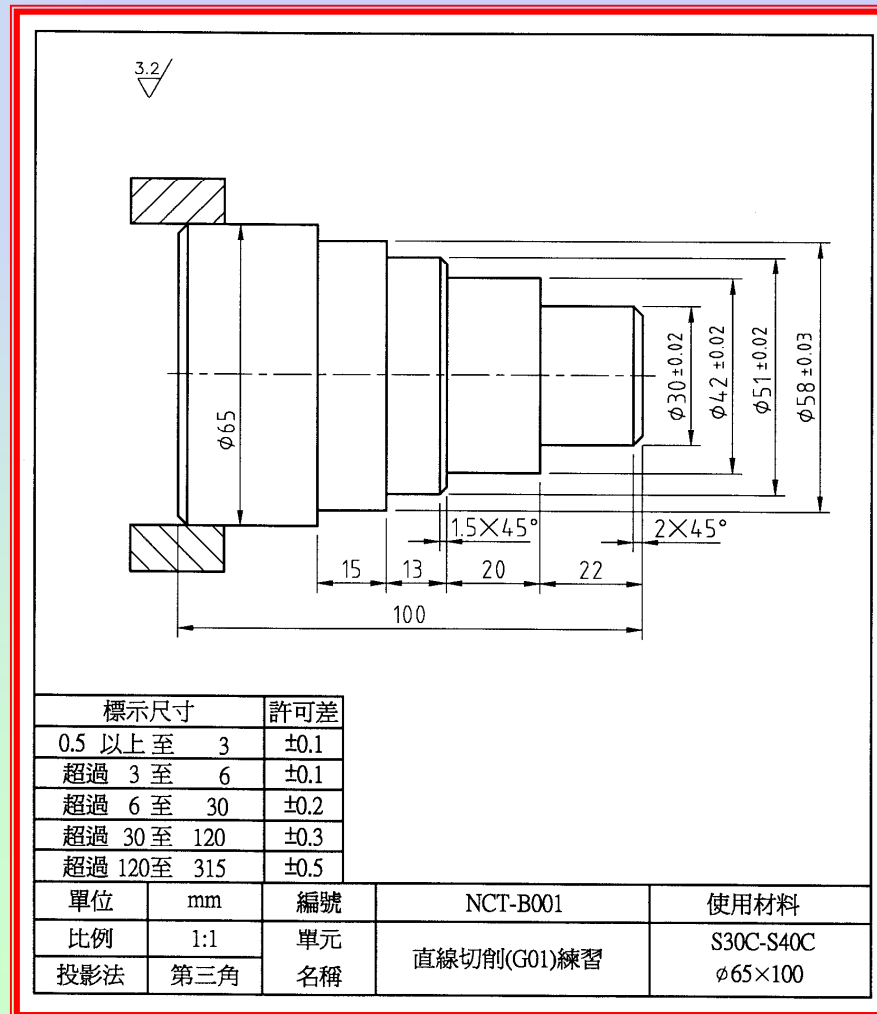
【程式內容】

```
O0426 ;  
G50 X150. Z200. S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S150 M03 ;  
G00 X62. Z2. T0101 M08 ;
```

```
G01 X56. Z-1. F0.15 ;  
Z-15. ;  
X50. ;  
Z-25. ;  
X35. Z-37.99 ;  
Z-60. ;  
X31. ;  
X28. Z-61.5. ;  
Z-67. ;  
X23. ;  
G00 Z2. ;  
G28 U0 W0 M09 T0100 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

實作練習一

下列圖示之工件，請分別使用粗車刀及精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



超連結選項

刀具表 程式一 程式二

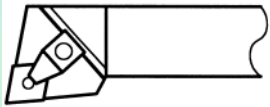
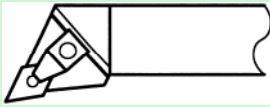
選用刀具及切削條件設定

一、選用刀具

粗 車：80度外徑刀，刀鼻R=0.8。

外徑精車：55度外徑刀，刀鼻R=0.4。

二、切削條件設定

刀具及補正號碼	用途	刀具型式	切削速度	進給	切削深度
T0101	外徑粗車		130 m/mm	0.3 mm/rev	2 mm
T0303	外徑精車		160 m/mm	0.15 mm/rev	0.3 mm 0.15 mm

超連結選項

工作圖 程式一 程式二

實作練習一之加工程式(一)

一、程式說明：

- 1.粗車每次切削深度設定為2mm。
- 2.程式原點設於工件之右端面中心。

二、程式內容：

```
O0415 ;  
N1 G50 X150. Z200.  
S2500 ;  
T0100 ;  
M42 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X67. Z0 T0101  
M08 ;  
G01 X-1.6 F0.2 ;  
G00 X61. Z2. ;  
G01 Z-70. F0.3 ;  
X63. ;
```

```
G00 Z2. ;  
X57. ;  
G01 Z-55. ;  
X59. ;  
G00 Z2. ;  
X53. ;  
G01 Z-55. ;  
X55. ;  
G00 Z2. ;  
X49. ;  
G01 Z-42. ;  
X51. ;  
G00 Z2. ;
```

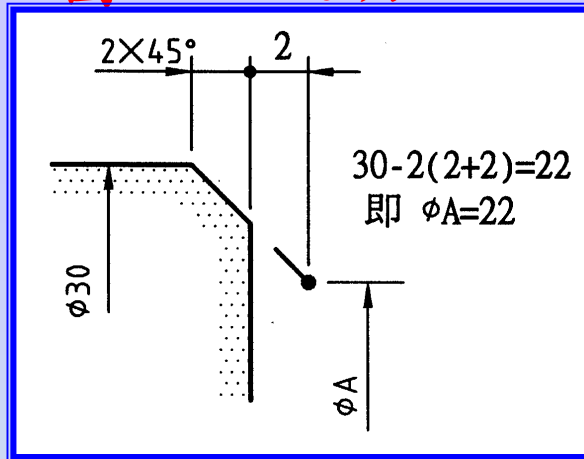
```
G00 Z2. ;  
X45. ;  
G01 Z-42. ;  
X47. ;  
G00 Z2. ;  
X41. ;  
G01 Z-22. ;  
X43. ;  
G00 Z2. ;  
X37. ;  
G01 Z-22. ;  
X39. ;  
G00 Z2. ;
```

超連結選項

實作練習一之加工程式(二)

```
X33. ;  
G01 Z-22. ;  
X35. ;  
G00 Z2. ;  
X22. ;  
G01 X30. Z-2. F0.2 ;
```

```
Z-22. ;  
X42. ;  
Z-42. ;  
X48. ;  
X51. W-1.5 ;  
Z-55. ;  
X58. ;  
Z-70. ;  
X67. ;  
G28 U0 W0 T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;
```



```
N2 G50 X150. Z200.  
S2500 ;  
T0300 ;  
M42 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X32. Z0 T0303  
M08 ;  
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X22. Z2. ;  
G01 X30. Z-2.  
F0.15 ;
```

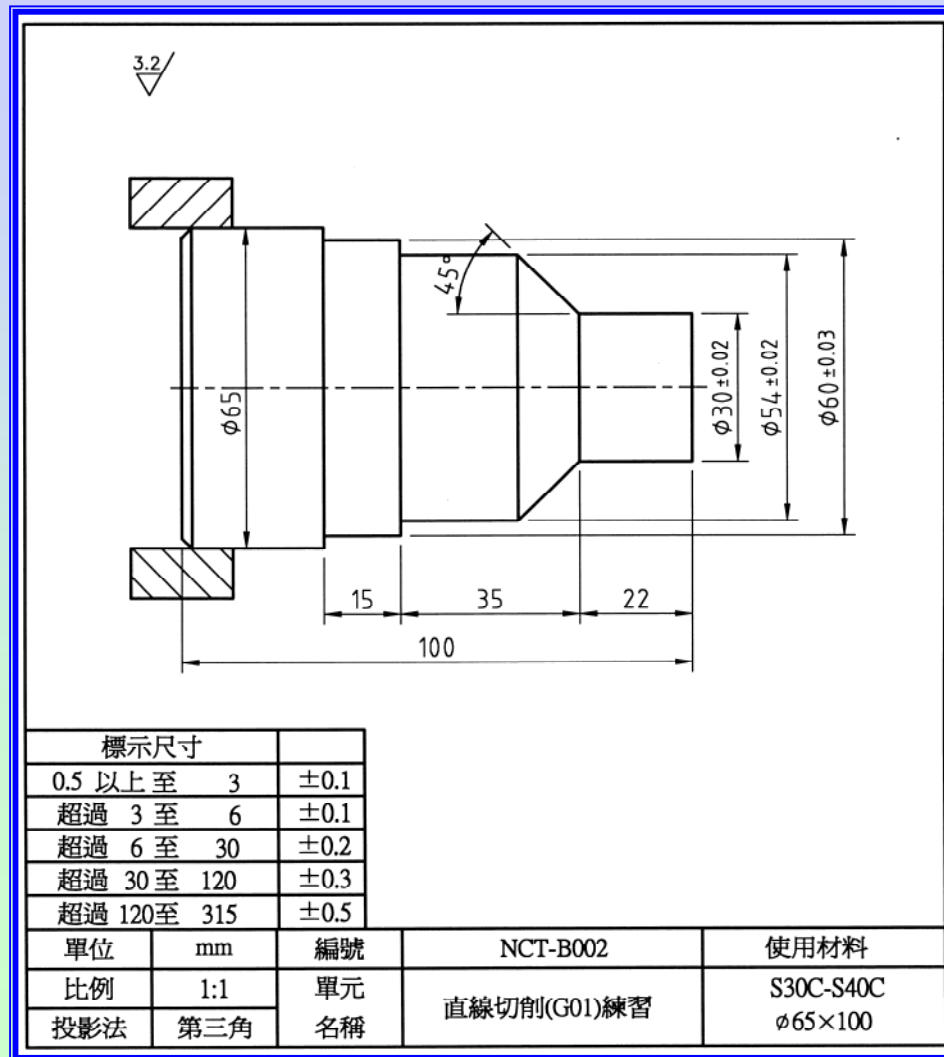
```
Z-22. ;  
X41. ;  
X42. W-0.5 ;  
Z-42. ;  
X48. ;  
X51. W-1.5 ;  
Z-55. ;  
X57. ;  
X58. W-0.5 ;  
Z-70. ;  
X67. ;  
G28 U0 W0 T0300 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

超連結選項

工作圖 刀具表 程式一

實作練習二

下列圖示之工件，請分別使用粗車刀及精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



超連結選項

刀具表 程式一 程式二

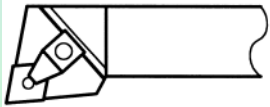
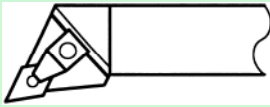
選用刀具及切削條件設定

一、選用刀具

粗 車：80度外徑刀，刀鼻R=0.8。

外徑精車：55度外徑刀，刀鼻R=0.4。

二、切削條件設定

刀具及補正號碼	用途	刀具型式	切削速度	進給	切削深度
T0101	外徑粗車		130 m/mm	0.3 mm/rev	2 mm
T0303	外徑精車		160 m/mm	0.15 mm/rev	0.3 mm 0.15 mm

超連結選項

工作圖 程式一 程式二

實作練習二之加工程式(一)

一、程式說明：

- 1.粗車每次切削深度設定為2mm。
- 2.程式原點設於工件之右端面中心。

二、程式內容：

```
O0417 ;  
N1 G50 S2500 ;  
(座標係設定利用面盤上之  
形狀補正功能)  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X67. Z0 T0101 M08 ;  
G01 X-1.6 F0.2 ;
```

```
G00 X61. Z2. ;  
G01 Z-72. F0.3 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X57. ;  
G01 Z-57. ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X53. ;  
G01 Z-33.5 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;
```

超連結選項

工作圖 刀具表 程式二

實作練習二之加工程式(二)

```
X49. ;  
G01 Z-31.5 ;  
U1. ;  
G00 Z2.  
X45. ;  
G01 Z-29.5 ;  
U1. ;  
G00 Z2  
X41. ;  
G01 Z-27.5 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X37. ;  
G01 Z-25.5 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X33. ;
```

```
G01 Z-23.5 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X30. ;  
G01 Z-22. ;  
X54. Z-34. ;  
Z-57. ;  
X60. ;  
Z-72. ;  
X67. ; G28 U0 W0 M09  
T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;
```

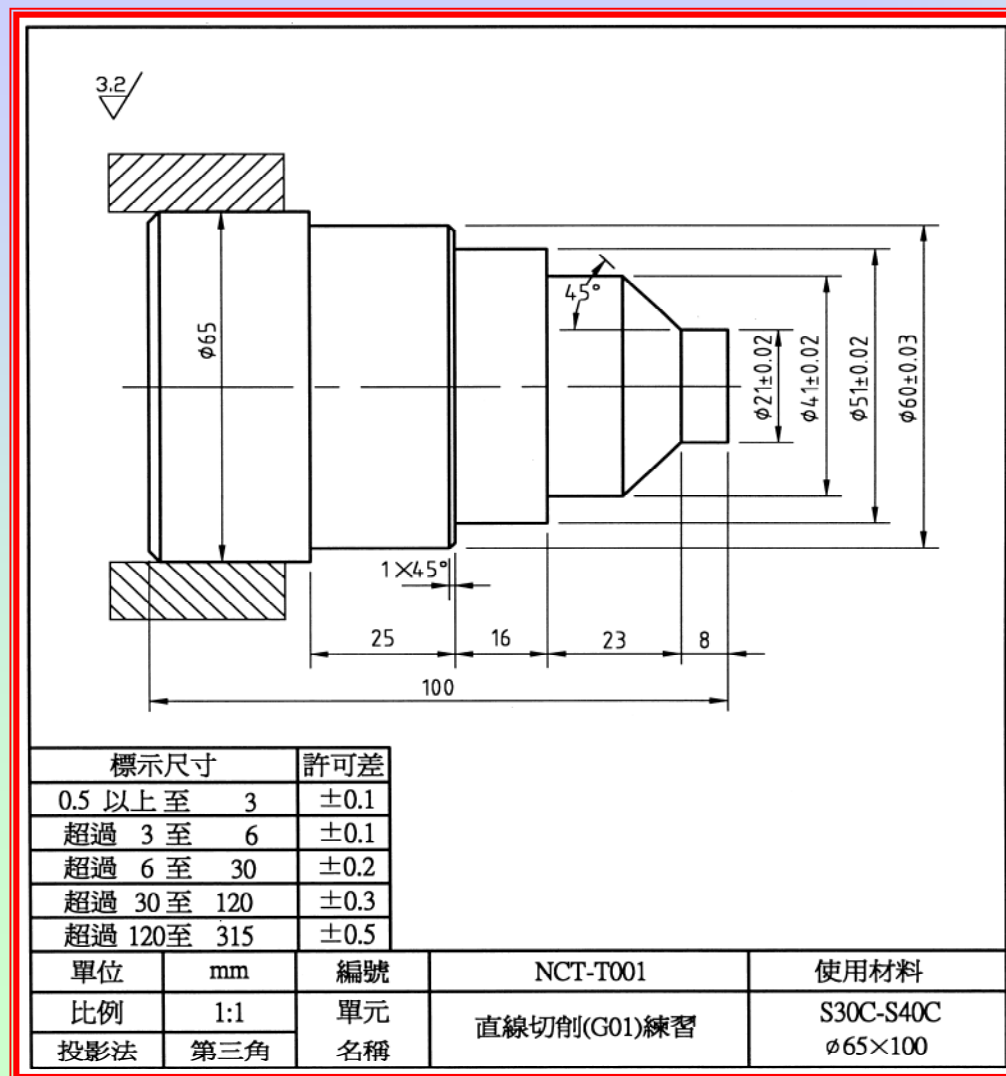
```
G00 X32. Z0 T0303  
M08 ;  
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X25. Z2. ;  
G01 X30. Z-0.5 F0.15 ;  
Z-22. ;  
X54. Z-34. ;  
Z-57. ;  
X59. ;  
X60. W-0.5 ;  
Z-72. ;  
X67. ;  
G28 U0 W0 T0300 M09 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

超連結選項

工作圖 刀具表 程式一

自我挑戰

下列圖示之工件，請分別使用粗車刀及精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



定義圓弧切削所需之相關資料

電腦數控車床對於圓弧切削是以G02及G03兩個指令來完成，執行圓弧切削機能指令時，程式中須提供五項完整之資料。

- 圓弧起點之座標
- 圓弧徑之旋轉方向
- 圓弧終點之座標
- 圓弧半徑或圓弧中心點位置
- 進給率

圓弧切削 (G02、G03)

R標示方式定義圓弧

【指令格式】

順時針方向切削：

G02 X___ Z___ R___ F___ ; (絕對座標模式)

G02 U___ W___ R___ F___ ; (增量座標模式)

逆時針方向切削：

G03 X___ Z___ R___ F___ ; (絕對座標模式)

G03 U___ W___ R___ F___ ; (增量座標模式)

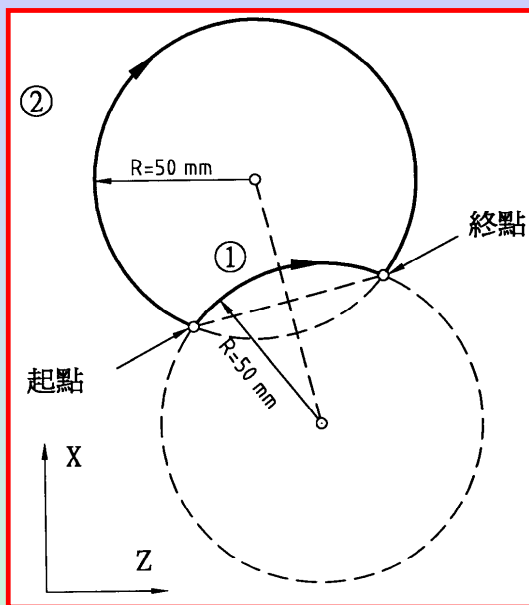
【格式說明】

上式中，X___ Z___ 及 U___ W___ 代表圓弧之終點座標。

•R代表圓弧之大小，但R值有正、負之別。

圓弧切削(G02、G03)其R值之判別

圓弧切削指令，R代表圓弧之大小，圓弧夾角之不同，R值有正、負之別。

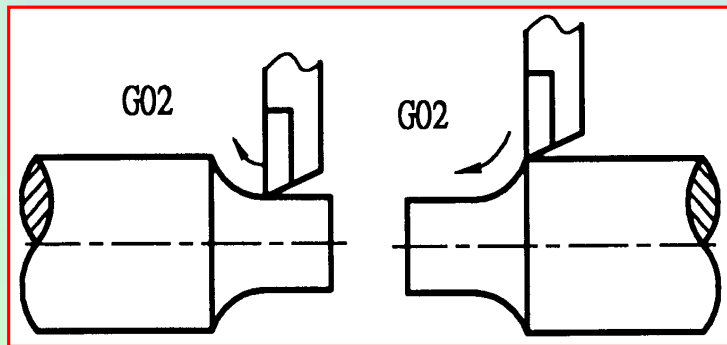


【R值正、負之判別】

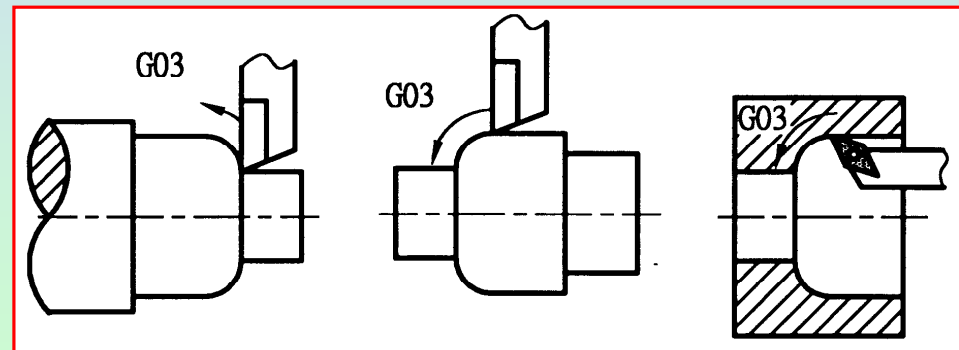
- 若 α (圓弧夾角)=0度至180度，則R值為正。
- 若 α (圓弧夾角)=181度至359度，則R值為負。
- 若 α (圓弧夾角)=360度，則無法以R標示方式，須以I、K標示方式。

圓弧切削 (G02、G03)指令應用

使用圓弧切削機能指令時，應針對工件之外形去選用順時針圓弧切削 (G02) 或逆時針圓弧切削 (G03)，國內電腦數值控制車床通常為斜背轉塔式刀塔，刀具位於中心軸之外側 (Z軸之上方)，其 G02、G03 之選定將依工件形狀而定，如下說明：



順時針圓弧切削之工件

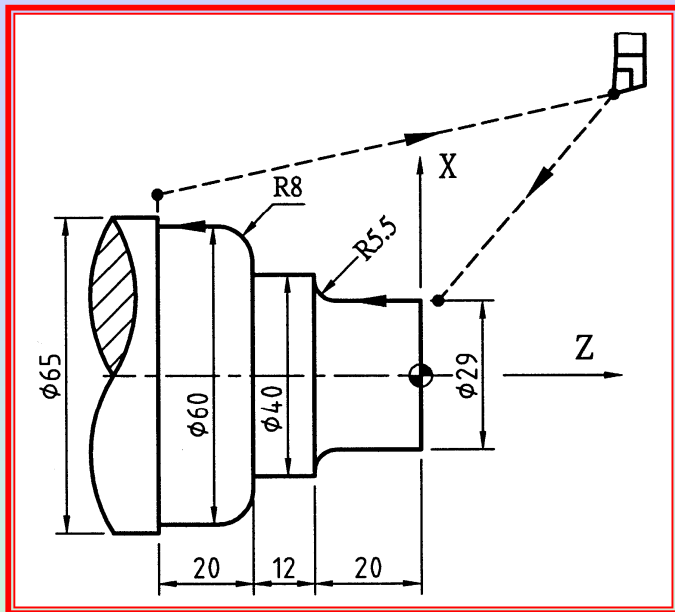


逆時針圓弧切削之工件

圓弧切削 (G02、G03) 程式範例

R標示方式

請寫出下面圖示之加工程式，使刀具路徑沿圖形之輪廓切削。(圓弧切削機能指令以R標示方式)



【程式內容】

```
O0415 ;  
N1 G50 X150. Z200. S2500 ;  
T0100 ;
```

```
G00 X29. Z2. T0101 ;  
G01 Z-14.5 F0.15 ;  
G02 X40. Z-20. R5.5 ;  
G01 Z-32. ;  
X44. ;  
G03 X60. Z-40. R8. ;  
G01 Z-52. ;  
X67. ;  
G28 U0 W0 T0100 M05 ;  
M30 ;
```

圓弧切削 (G02、G03) I、K標示方式定義圓弧

【指令格式】

順時針方向切削：

G02 X___ Z___ I___ K___ F___ ; (絕對座標模式)

G02 U___ W___ I___ K___ F___ ; (增量座標模式)

逆時針方向切削：

G03 X___ Z___ I___ K___ F___ ; (絕對座標模式)

G03 U___ W___ I___ K___ F___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

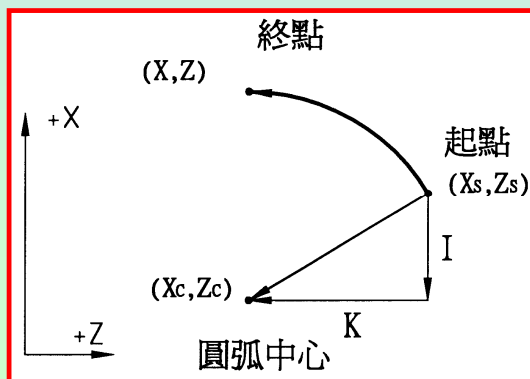
- 上式中，X___ Z___ 及 U___ W___ 代表圓弧之終點座標
- F為切削進給率
- I、K為定義圓弧中心座標

圓弧切削機能(I、K值之判斷依據)

圓弧切削機能指令除了以R之方式定義外，亦可使用I、K方式定義，其I、K值之大小或正、負如下說明：

【I、K判斷標準】

- 以圓之起點為基準，看圓心所在之方向，來決定I、K值為正或為負。
- 圓心在起點之正方向，則I、K之值為正值。
- 圓心在起點之負方向，則I、K之值為負值。



I、K方式定義圓弧中心

$$I = \frac{X_c - X_s}{2} \quad (\text{CNC 車床採直徑指令模式})$$
$$K = Z_c - Z_s$$

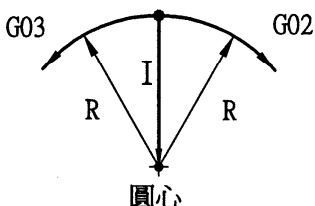
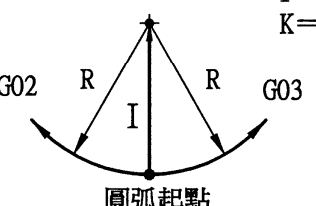
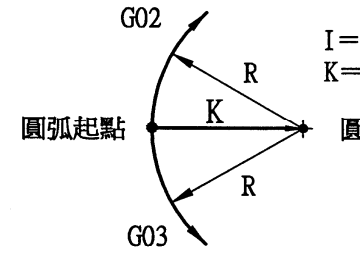
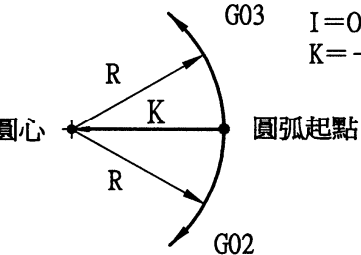
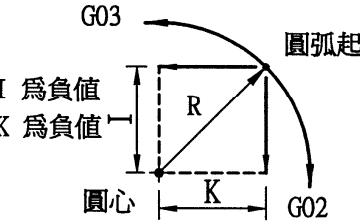
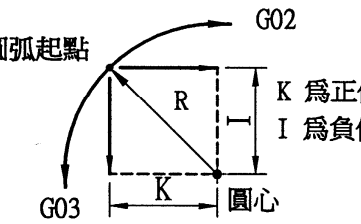
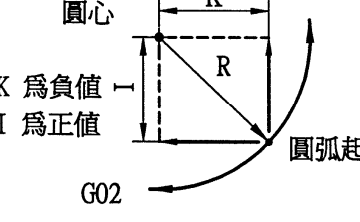
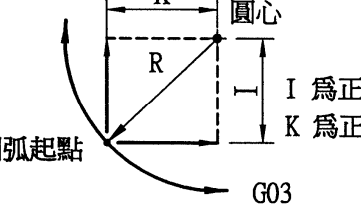
Xc：圓弧中心X座標

Xs：圓弧起始點X座標

Zc：圓弧中心Z座標

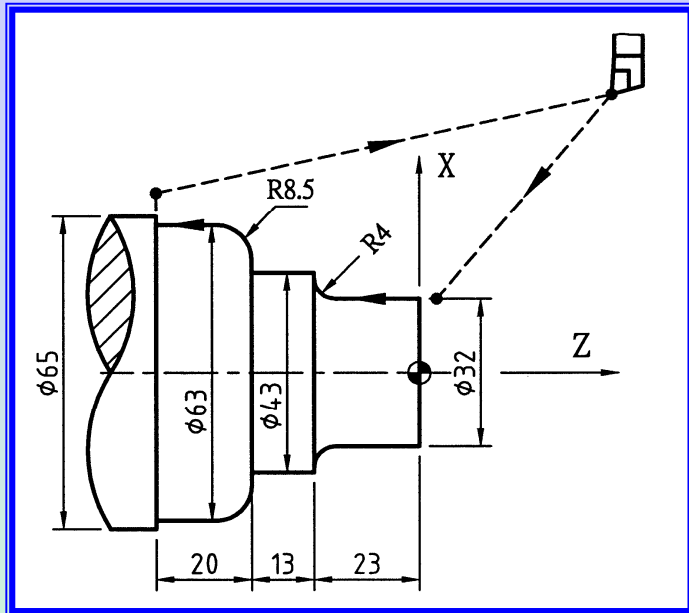
Zs：圓弧起始點Z座標

圓弧切削機能(I、K值之判斷總表)

<p>圓弧起點</p>  <p>圓心</p> <p>$I = -R$ $K = 0$</p>	<p>圓心</p>  <p>圓弧起點</p> <p>$I = R$ $K = 0$</p>
<p>圓弧起點</p>  <p>圓心</p> <p>$I = 0$ $K = R$</p>	<p>圓心</p>  <p>圓弧起點</p> <p>$I = 0$ $K = -R$</p>
<p>圓弧起點</p>  <p>圓心</p> <p>I 為負值 K 為負值</p>	<p>圓弧起點</p>  <p>圓心</p> <p>K 為正值 I 為負值</p>
<p>圓心</p>  <p>圓弧起點</p> <p>K 為負值 I 為正值</p>	<p>圓弧起點</p>  <p>圓心</p> <p>I 為正值 K 為正值</p>

圓弧切削(G02、G03)程式範例 I、K標示方式

請寫出下列圖之加工程式，使刀具路徑沿圖形之輪廓切削。(圓弧切削機能指令以I、K標示方式)



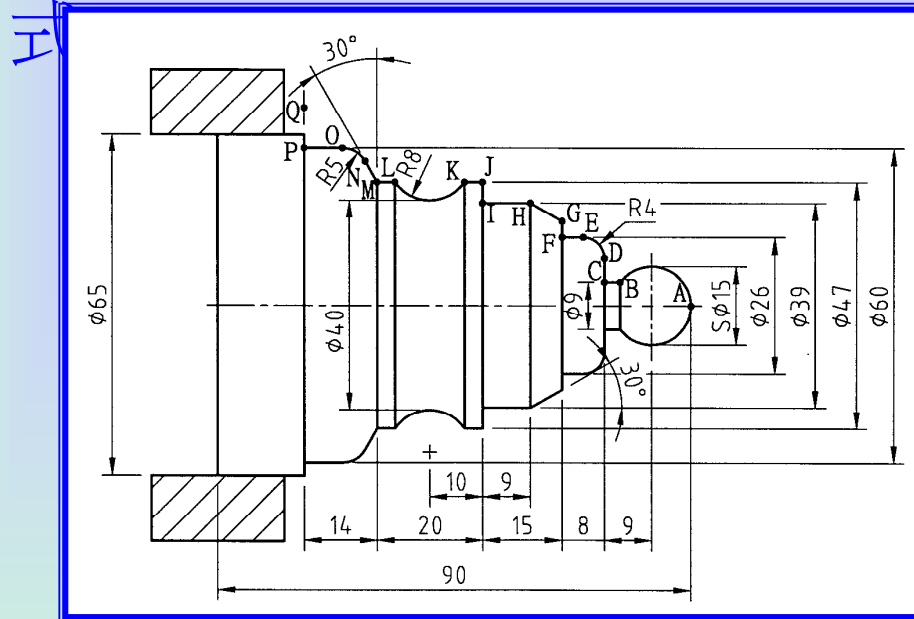
【程式內容

```
O0415 ;  
N1 G50 X150. Z200. S2500 ;  
T0100 ;
```

```
G00 X32. Z2. T0101 ;  
G01 Z-19. F0.15 ;  
G02 X40. Z-23. I4. ;  
G01 X43. ;  
Z-36. ;  
X46. ;  
G03 X63. Z-44.5 K-8.5 ;  
G01 Z-56. ;  
X67. ;  
G28 U0 W0 T0100 M05 ;  
M30 ;
```

圓弧切削(G02、G03)程式範例

下列圖所示之工作圖，請寫出精車工件外形之程



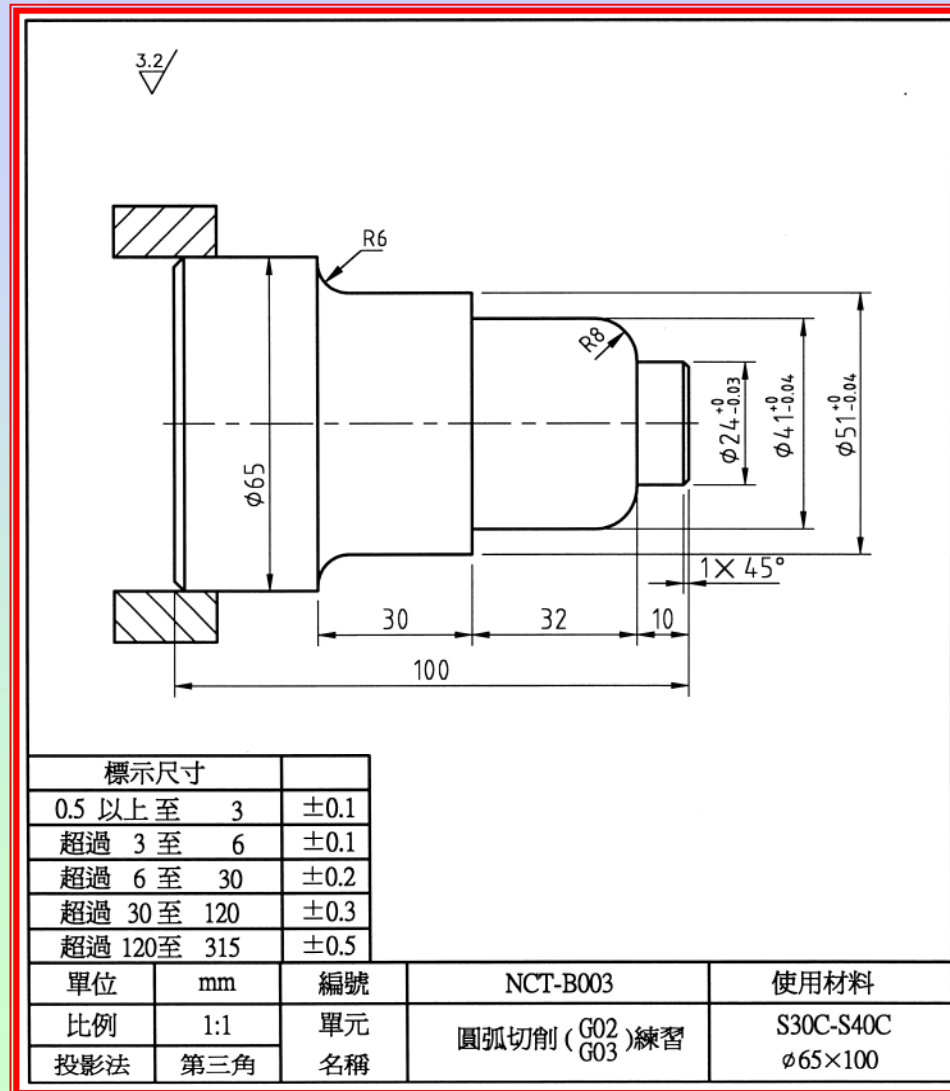
```
O0417 ;
N1 G50 S2500 ;
T0100 ;
G96 S130 M03 ;
G00 X0 Z2. T0101
M08
G01 Z0 F0.15 ;
```

```
G03 X9. Z-13.5 R7.5 ;
G01 Z-16.5 ;
X18. ;
G03 X26. Z-20.5 R4. ;
G01 Z-24.5 ;
X32.07 ;
```

```
X39. Z-30.5 ;
Z-39.5 ;
X47. ;
Z-42.89 ;
或 ( W-3.39 ;
G02 X47. Z-56.11 R8. ;
或 (G02 X47. W-13.22 R8. ;
G01 Z-59.5 ;
X55. Z-61.81 ;
G03 X60. Z-66.14 R5. ;
G01 Z-73.5 ;
X67. ;
G28 U0 W0 T0100 ;
M05 ;
M30 ;
```

實作練習三

下列圖示之工件，請分別使用粗車刀及精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



超連結選項

刀具表 程式一 程式二 座標計算

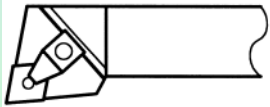
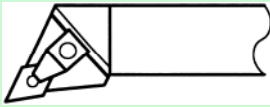
選用刀具及切削條件設定

一、選用刀具

粗 車：80度外徑刀，刀鼻R=0.8。

外徑精車：55度外徑刀，刀鼻R=0.4。

二、切削條件設定

刀具及補正號碼	用途	刀具型式	切削速度	進給	切削深度
T0101	外徑粗車		130 m/mm	0.3 mm/rev	2 mm
T0303	外徑精車		160 m/mm	0.15 mm/rev	0.3 mm 0.15 mm

超連結選項

工作圖 程式一 程式二 座標計算

相關座標計算

一、程式說明：

- 1.粗車每次切削深度設定為2mm。
- 2.程式原點設於工件之右端面中心。
- 3.切削時相關座標計算如下說明

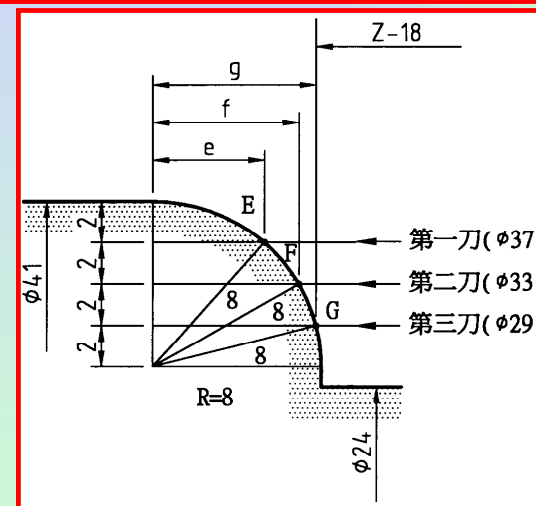
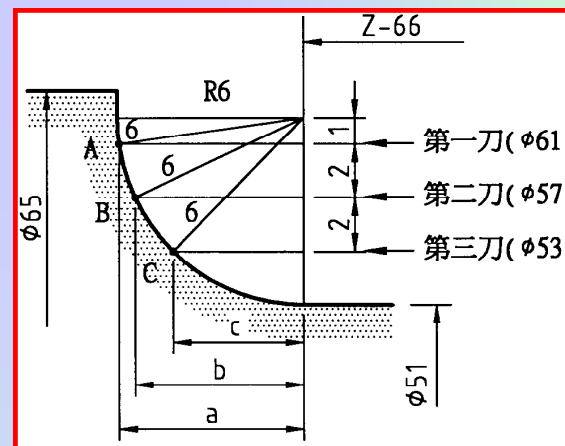
第一刀： $a = \sqrt{6^2 - 1^2} = 5.916$
 $A_z = -(66 + 5.916) = -71.916$

第二刀： $b = \sqrt{6^2 - 3^2} = 5.196$
 $B_z = -(66 + 5.136) = -71.196$

第三刀： $c = \sqrt{6^2 - 5^2} = 3.316$
 $C_z = -(66 + 3.36) = -69.316$

第七刀： $e = \sqrt{8^2 - 6^2} = 5.291$
 $E_z = -(18 - 5.231) = -12.709$

第八刀： $f = \sqrt{8^2 - 4^2} = 6.928$
 $F_z = -(18 - 6.928) = -11.072$



第九刀： $g = \sqrt{8^2 - 2^2} = 7.746$
 $G_z = -(18 - 7.746) = -10.254$

[超連結選項](#)

實作練習三之加工程式(一)

【程式內容

```
O0417 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X67. Z0 T0101 M08 ;  
G01 X-1.6 F0.2 ;  
G00 X61. Z2. ;  
G01 Z-71.916 F0.3 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X57. ;  
G01 Z-71.196 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X53. ;
```

```
G01 Z-69.316 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X49. ;  
G01 Z-42. ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X45. ;  
G01 Z-42. ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X41. ;  
G01 Z-42. ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X37. ;
```

```
G01 Z-12.709 ;  
X39. ;  
G00 Z2. ;  
X33. ;  
G01 Z-11.072 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X29. ;  
G01 Z-10.254 ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;  
X25. ;  
G01 Z-10. ;  
U1. ;  
G00 Z2. ;
```

超連結選項

工作圖 刀具表 程式二 座標計算

實作練習三之加工程式(二)

```
X18. ;  
G01 X24. Z-1. ;  
Z-10. ;  
X25. ;  
G03 X41. Z-18. R8. ;  
G01 Z-42. ;  
X51. ;  
Z-66. ;  
G02 X63. Z-72. R6. ;  
G01 X67. ;  
G28 U0 W0 M09 T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X32. Z0 T0303 M08 ;
```

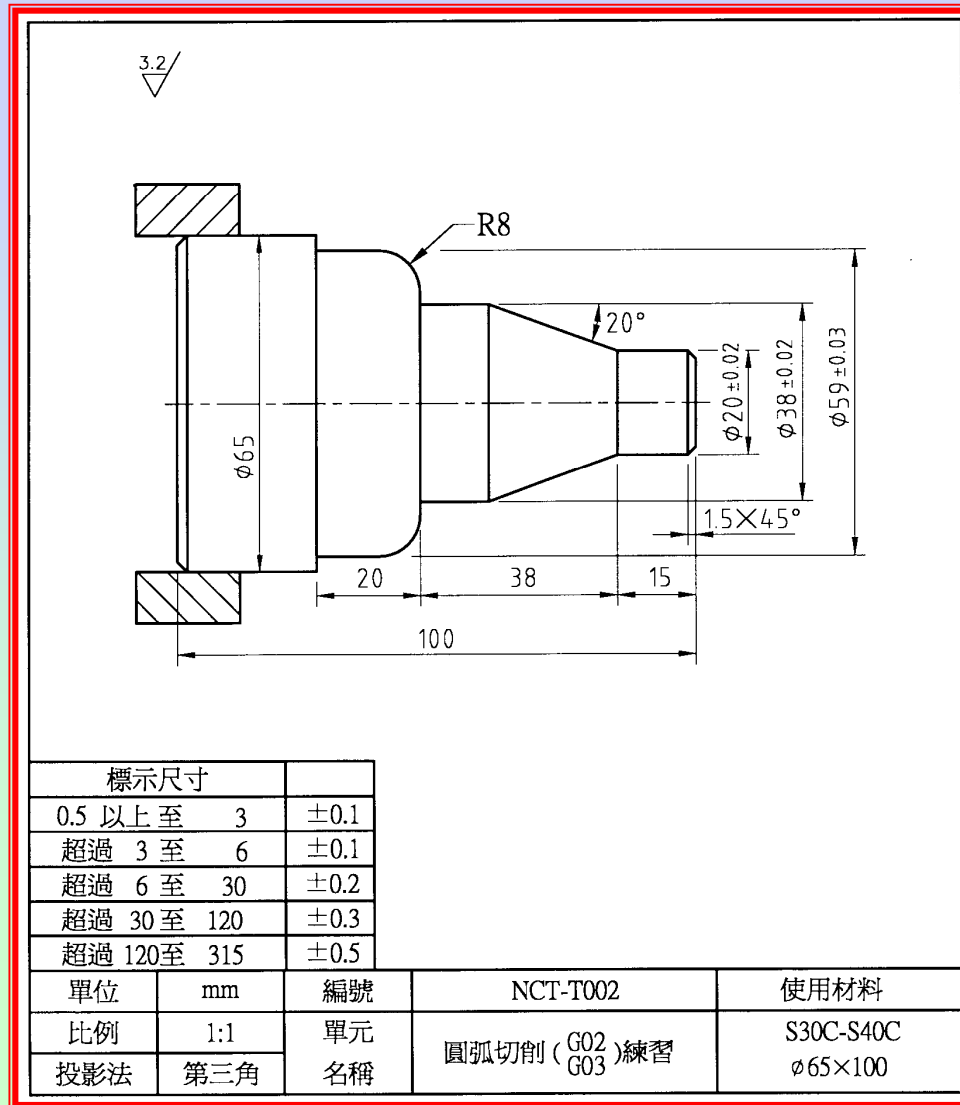
```
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X18. Z2. ;  
G01 X24. Z-1. F0.15 ;  
Z-10. ;  
X25. ;  
G03 X41. Z-18. R8. ;  
G01 Z-42. ;  
X50. ;  
X51. W-0.5 ;  
Z-66. ;  
G02 X63. Z-72. R6. ;  
X67. ;  
G28 U0 W0 T0300 M09 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

超連結選項

工作圖 刀具表 程式一 座標計算

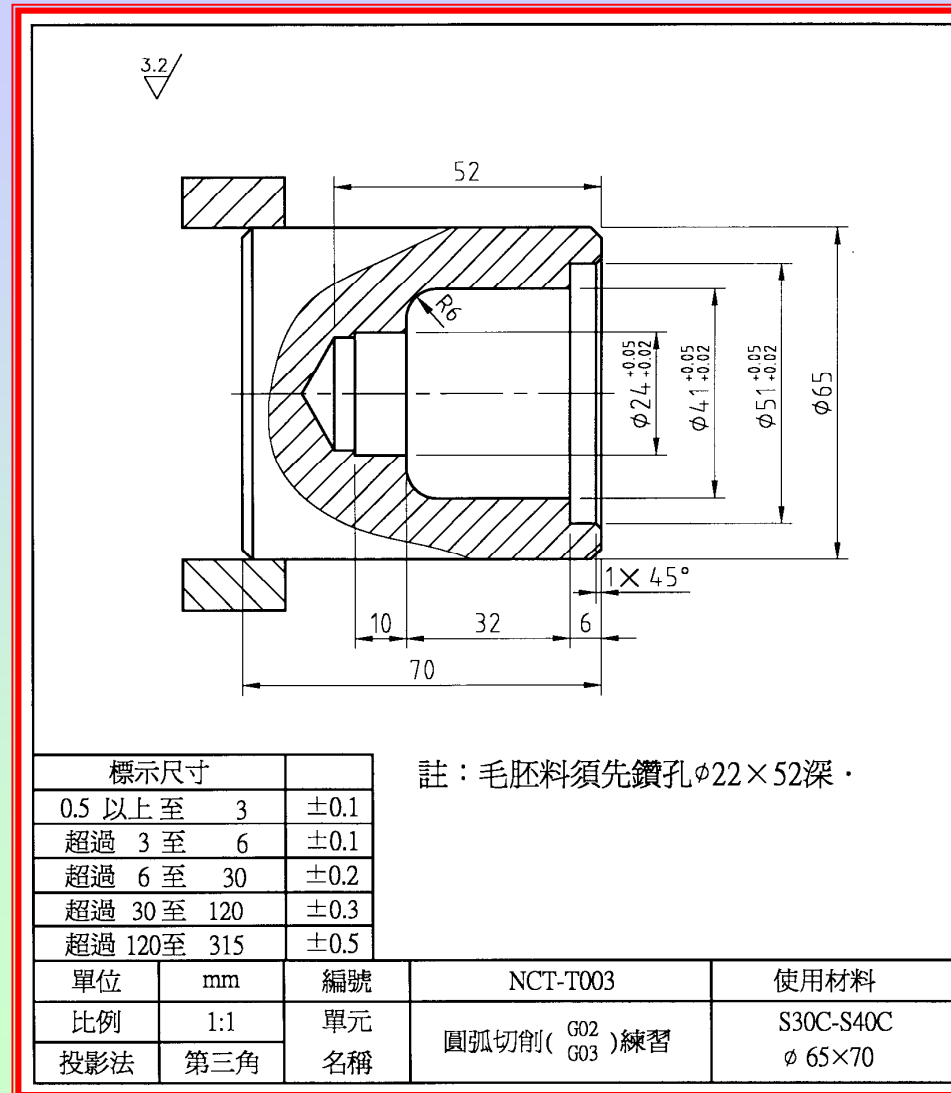
自我挑戰

下列圖示之工件，請分別使用粗車刀及精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



自我挑戰

下列圖示之工件，請分別使用內徑粗車、精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



暫停指令 (G04)

【指令格式】

G04 X____(可有小數點)

G04 U____(可有小數點)

G04 P____(不可有小數點)

【格式說明】

- 其後之X____、U____、P____為暫停時間
- 指令之單位為秒
- 其中P位址不可有小數點

外徑(軸向)固定切削循環(G90)

直線切削模式

【指令格式】

式

G90 X___ Z___ F___ ; (絕對座標模式)

G90 U___ W___ F___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

刀具之切削路徑為如圖所示之矩形型式

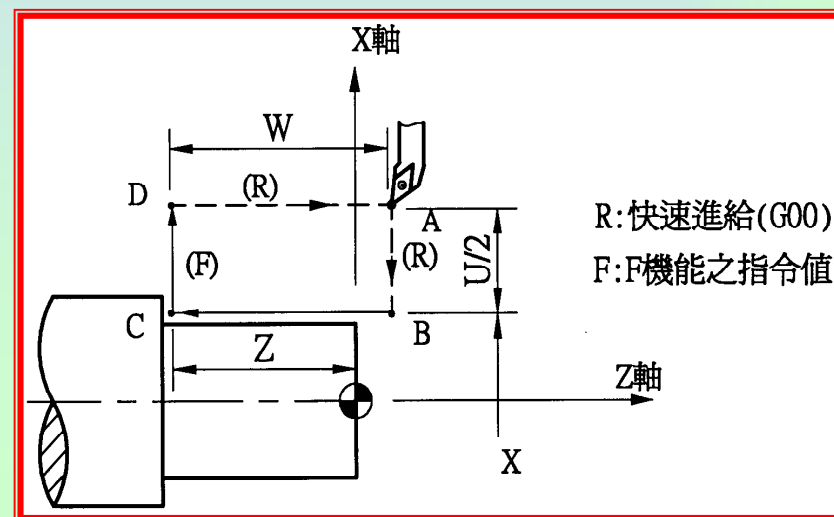
- 刀具將由A→B→C→D→A之路徑完成一次循環，如下說明：

A→B(以G00快速進給)

B→C(以F機能之指令值)

C→D(以F機能之指令值)

D→A(以G00快速進給)



外徑(軸向)固定切削循環(G90)

錐度切削模式

【指令格式】

OT系統：

G90 X___ Z___ R___ F___ ; (絕對座標模式)

G90 U___ W___ R___ F___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

• 刀具將由A→B→C→D→A之路徑完成一次循環，如下說明：

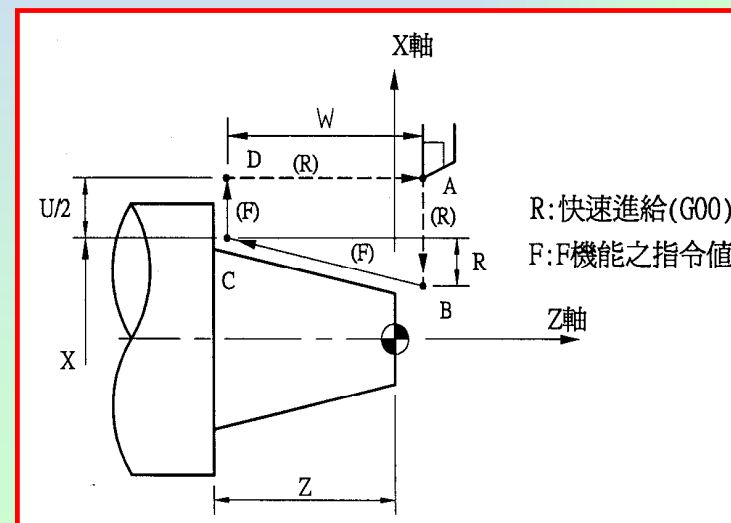
A→B(以G00快速進給)

B→C(以F機能之指令值)

C→D(以F機能之指令值)

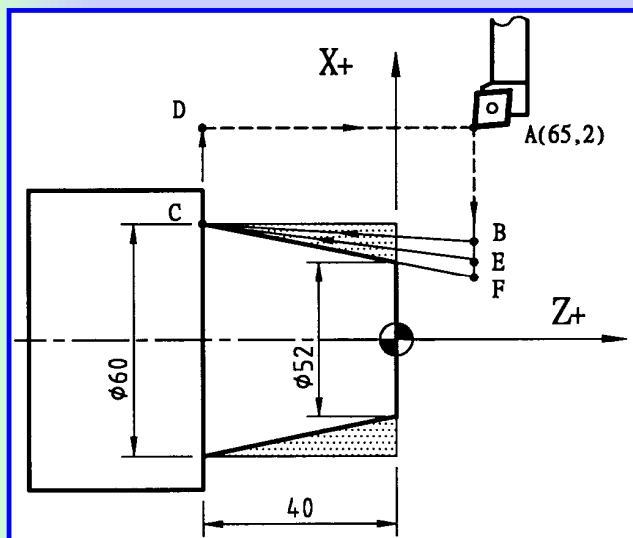
D→A(以G00快速進給)

• 以R值之大小及正負符號來控制工件之錐度形狀



G90指令(外徑錐度切削循環)程式範例

如圖所示，以G90指令（外徑錐度切削循環），連續作三次錐度切削，其程式內容及相關說明如下：



$$W = 40 + 2 = 42$$

(車削起點至車削終點，在Z軸方向之距離)

$$R = W \times \frac{T}{2} = 42 \times \frac{1/5}{2} = 4.2$$

(以最後一刀車削為基準)

若分為三次車削，為使每次車削為均量，

故： $R_1 = -1.4$ (第一次車削)

$R_2 = -2.8$ (第二次車削)

$R_3 = -4.2$ (第三次車削，與工件圖形輪廓一致)

R值之設定及求法：

$$T = \frac{D - d}{L} = \frac{60 - 52}{40} = \frac{1}{5}$$

D：工件之大徑

d：工件之小徑

L：錐度部位之長度

【程式內容】

N1 S2500 ;

T0100 ;

G96 S150 M03 ;

G00 X65. Z2. T0101 ;

G90 X60. Z-40. R-1.4

F0.3 ;

9 R-2.8 ;

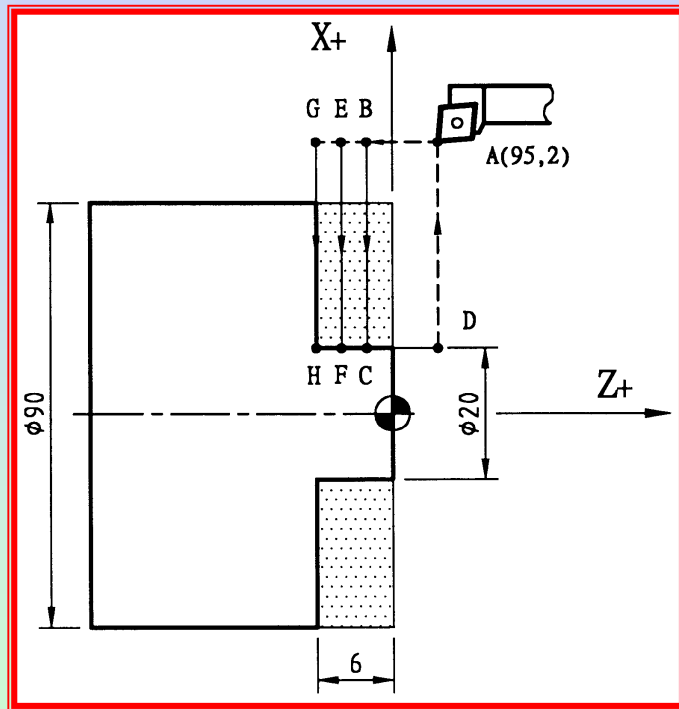
9 R-4.2 ;

G28 U0 W0 T0100 ;

M30 ;

端面固定切削循環(G94)程式範例

如圖所示，利用G94指令（端面切削循環），切削工件之端面三次，其程式內容如下說明：



【程式內容】

```
N1 G50X150.Z200.S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S150 M03 ;  
G00 X95.Z2.T0101 M08 ;  
G94 X20.Z-2.F0.3 ;  
Z-4. ;  
Z-6. ;  
G28 U0 W0 T0100 M09 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

端面固定切削循環 (G94)

錐度切削模式

【指令格式】

OT系統：

G94 X___ Z___ R___ F___ ; (絕對座標模式)

G94 U___ W___ R___ F___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

• 刀具將由A→B→C→D→A之路徑完成一次循環，如下說明：

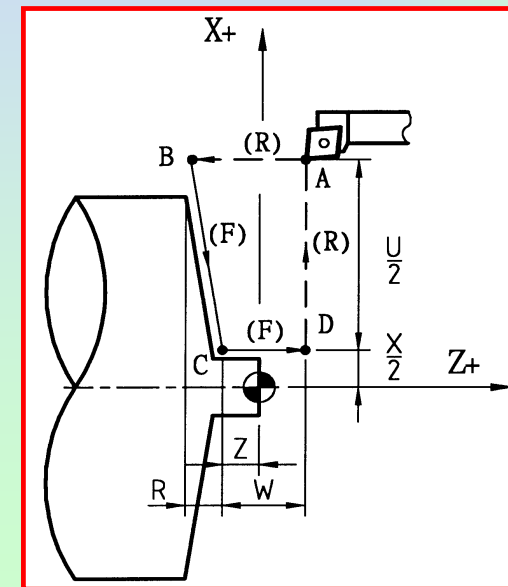
A→B(以G00快速進給)

B→C(以F機能之指令值)

C→D(以F機能之指令值)

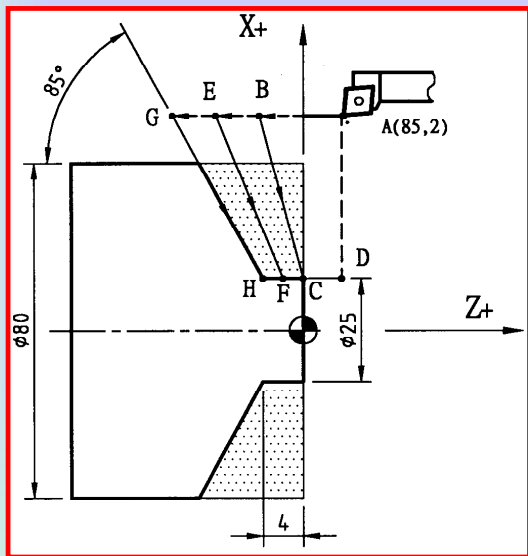
D→A(以G00快速進給)

• R值之大小及正負符號來控制工件之錐度形狀



G94指令(端面錐度切削循環)程式範例

如圖所示，利用G94指令（端面錐度切削循環），切削工件三次，其程式內容如下說明：



本課題共分三刀車削，因其切削路徑為錐度，為使其切削更有效率，將程式中之R值作若干修正：

$$R_1 = \frac{2.62 + 4}{3} = 2.21$$

第一刀之R值

$$R_2 = (2.21 + 2.21) - 2 = 2.42$$

第二刀之R值

R值之設定及求法：

$$\frac{U}{2} = \frac{85 - 25}{2} = 30$$

(車削起點至車削終點在X軸方向之距離)

$$R = \frac{U}{2} \times \tan 5^\circ = 2.62$$

(R為負值)此為最後一刀之R值，該值須依工件之錐度而定。

N1 S2500 ;

T0100 ;

G96 S150 M03 ;

G00 X85. Z2. T0101 M08 ;

G94 X25. Z0 R-2.21 F0.3 ;

Z-2. R-2.42 ;

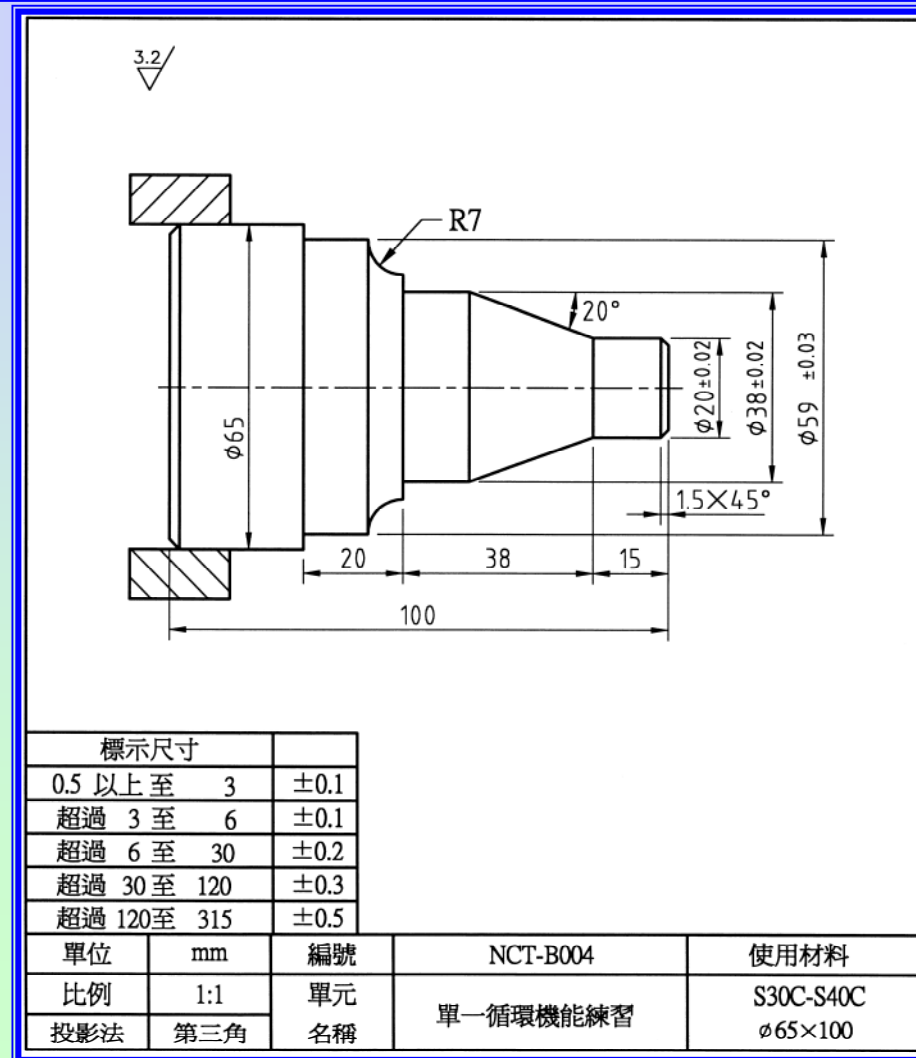
Z-4. R-2.62 ;

G28 U0 W0 T0100 M09 ;

M30 ;

實作練習四

下列圖所示之工件，請分別使用粗車刀及精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際完成圖示之工件。
 (程式之粗車部份須以單一固定切削循環機能指令完成)



超連結選項

刀具表 程式 座標計算

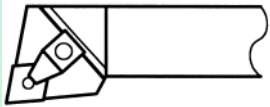
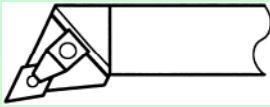
選用刀具及切削條件設定

一、選用刀具

粗 車：80度外徑刀，刀鼻 $R=0.8$ 。

外徑精車：55度外徑刀，刀鼻 $R=0.4$ 。

二、切削條件設定

刀具及補正號碼	用途	刀具型式	切削速度	進給	切削深度
T0101	外徑粗車		130 m/mm	0.3 mm/rev	2 mm
T0303	外徑精車		160 m/mm	0.15 mm/rev	0.3 mm 0.15 mm

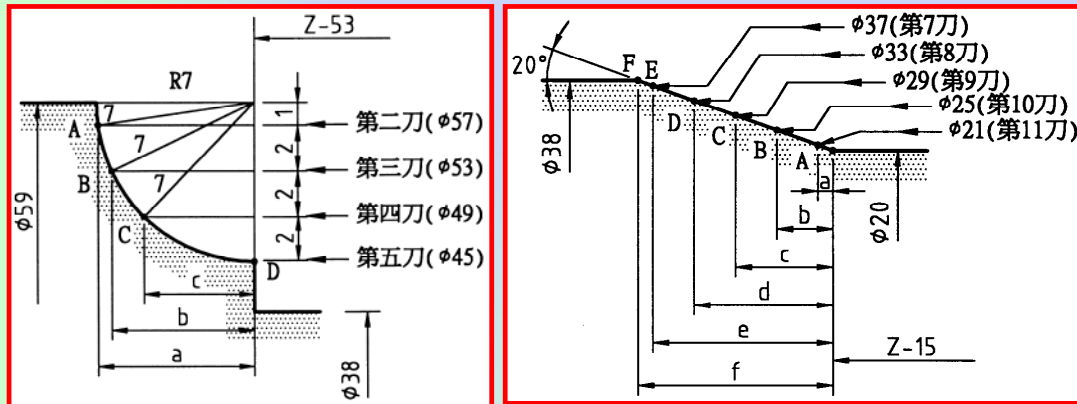
超連結選項

工作圖 程式 座標計算

相關座標計算

一、程式說明：

- 1.粗車每次切削深度設定為2mm。
- 2.程式原點設於工件之右端面中心。
- 3.切削時相關座標計算如下說明



第二刀： $a = \sqrt{7^2 - 1^2} = 6.93$
 $A_z = -(53 + 6.93) = -59.93$

第三刀： $b = \sqrt{7^2 - 3^2} = 6.32$
 $B_z = -(53 + 6.32) = -59.32$

第四刀： $c = \sqrt{7^2 - 5^2} = 4.90$
 $C_z = -(53 + 4.90) = -57.90$

第五刀：D座標為：

$$(D_x = 45, D_z = -53)$$

第11刀： $a = 0.5 \times \cot 20^\circ = 1.37$

A座標為： $A_x = 21, A_z = -16.37$

第10刀： $b = 2.5 \times \cot 20^\circ = 6.87$

B座標為： $B_x = 25, B_z = -21.87$

第9刀： $c = 4.5 \times \cot 20^\circ = 12.36$

C座標為： $C_x = 29, C_z = -27.36$

第8刀： $d = 6.5 \times \cot 20^\circ = 17.86$

D座標為： $D_x = 33, D_z = -32.86$

第7刀： $e = 8.5 \times \cot 20^\circ = 23.36$

E座標為： $E_x = 37, E_z = -38.36$

F座標為： $f = 9 \times \cot 20^\circ = 24.73$

$$F_x = 38, F_z = -39.73$$

超連結選項

工作圖 刀具表 程式

實作練習四之加工程式

【程式內容】

```
O0417 ;  
  N1 G50 S2500 ;  
  T0100 ;  
  G96 S130 M03 ;  
  G00 X67. Z0 T0101 M08 ;  
  G01 X-1.6 F0.2 ;  
  G00 X67. Z2. ;  
  G90 X61. Z-73. F0.3 ;  
  X57. Z-59.93 ;  
  G00 X59. ;  
  G90 X53. Z-59.32 ;  
  X49. Z-57.90 ;  
  X45. Z-53. ;  
  G00 X46. ;  
  G90 X41. Z-53. ;  
  X37. Z-38.36 ;
```

```
X33. Z-32.86 ;  
G00 X34. ;  
G90 X29. Z-27.36 ;  
  X25. Z-21.87 ;  
  X21. Z-16.37 ;  
G00 X13. ;  
G01 X20. Z-1.5 ;  
  Z-15. ;  
  X38. Z-39.73 ;  
  Z-53. ;  
  X45. ;  
G02 X59. W-7. R7. ;  
G01 Z-73. ;  
G01 X67. ;  
G28 U0 W0 M09 T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;
```

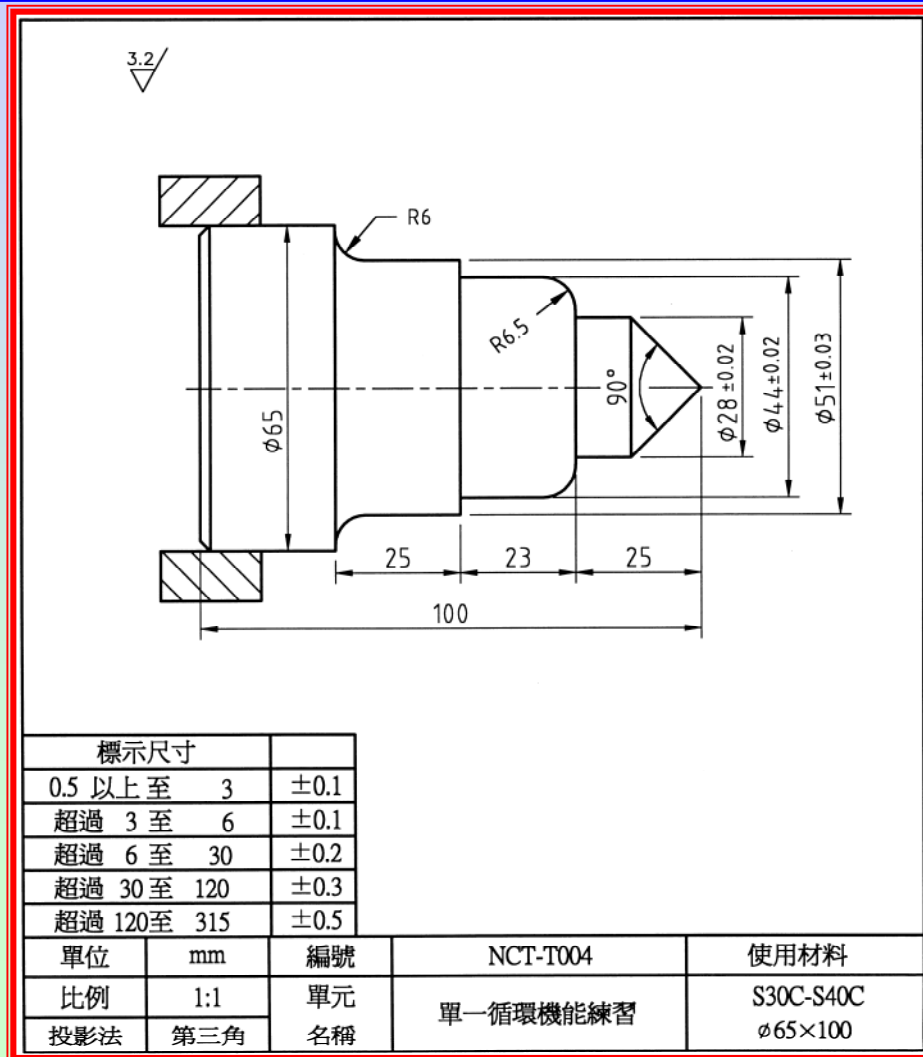
```
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X22. Z0 T0303 M08 ;  
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X13. Z2. ;  
G01 X20. Z-1.5 F0.15 ;  
  Z-15. ;  
  X38. Z-39.73 ;  
  Z-53. ;  
  X45. ;  
G02 X59. W-7. R7. ;  
G01 Z-73. ;  
G01 X67. ;  
G28 U0 W0 M09 T0100 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

超連結選項

工作圖 刀具表 座標計算

自我挑戰

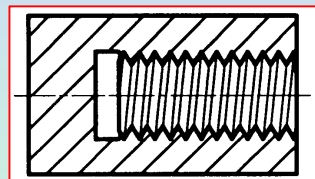
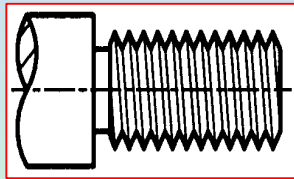
下列圖所示之工件，請分別使用粗車刀及精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際完成圖示之工件。
 (程式之粗車部份須以單一固定切削循環機能指令完成)



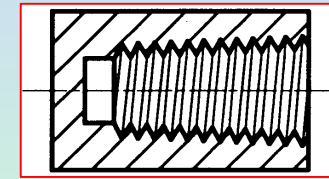
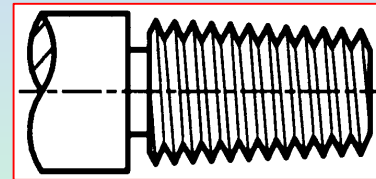
電腦數值控制車床車削螺紋之種類

利用電腦數值控制車床車削螺紋，不但快速、便捷，而且能夠應用數控上之各種切削機能指令加工許多不同型式之螺紋，包括下列各種：

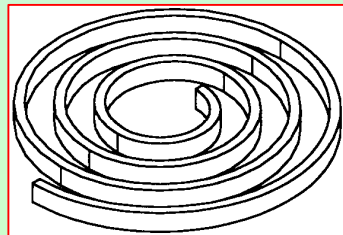
1. 直線螺紋 (Straight thread)



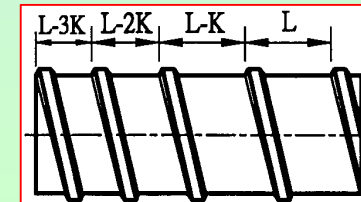
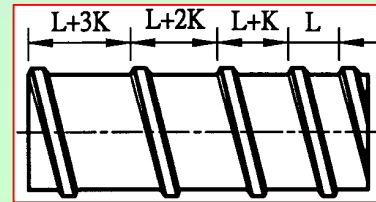
2. 錐度螺紋 (Tapered thread)



3. 平面渦形螺紋 (Spiral thread)



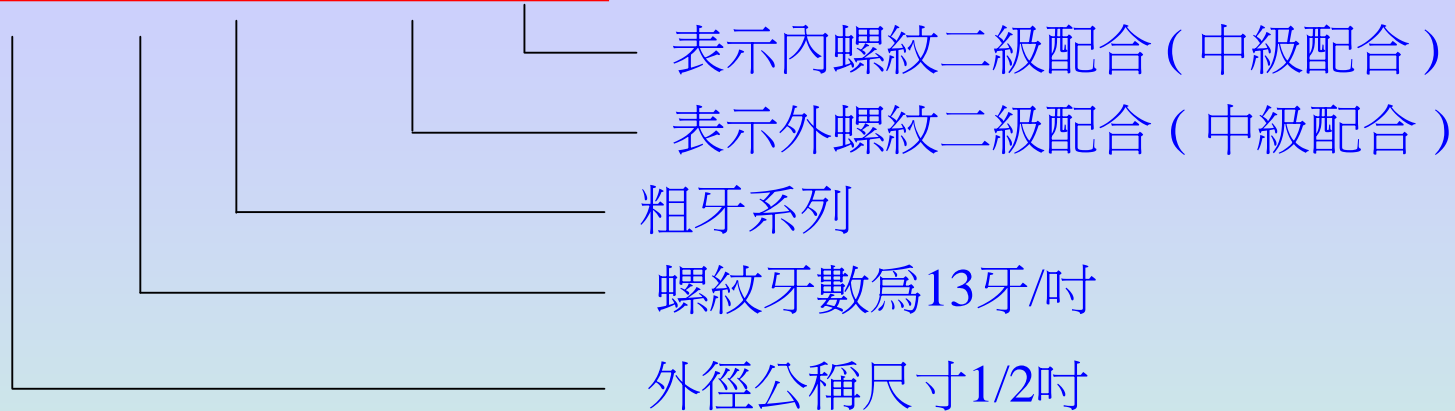
4. 變螺距螺紋 (Variable-pitch thread)



統一標準螺紋(英制)及ISO公制螺紋之標註方式

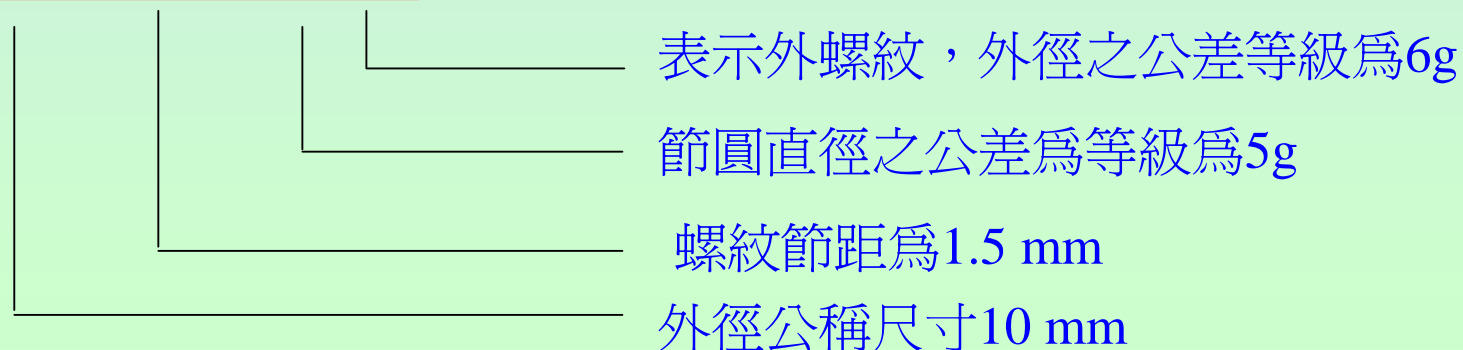
統一標準螺紋

1/2-13 UNC-2A / 2B



ISO公制螺紋

M10×1.5-5g 6g



螺紋牙深之計算

程式設計者除了須瞭解螺紋基本規格外，程式設計前須先預知螺紋之牙深，再依該牙深去規劃切削次數及每次切削量等。螺紋之牙深通常使用下列公式：

h ：螺紋之牙深

p ：螺紋之節距

$H=0.6403 \times p$ (統一標準螺紋)

$H=0.6495 \times p$ (ISO公制螺紋)

註：統一標準螺紋為英制單位，因此在應用上列公式時，須先將每吋牙數轉換為節距規格。

(例：20牙/吋，轉換後為： $p=1/20$ 吋或 $p=1.27$)

單一機能螺紋切削 (G32)

【指令格式】

6T系統：

G32 X(U)___Z(W)___F___ ; (公制系統螺紋)

G32 X(U)___Z(W)___E___ ; (英制系統螺紋)

【格式說

明】

- X(U) 及 Z(W) 為螺紋切削終點之座標值。
- F：螺紋之導程值，該值可寫至小數點以下第二位。
 - E值亦代表螺紋之導程值，但該值可寫至小數點以下第四位。
- 通常E值使用英制系統之螺紋 (例13牙/吋之螺紋其導程值應為E=1.9538)

單一機能螺紋切削 (G32)

【指令格式】

OT系統：

G32 X(U)___Z(W)___F___ ; (公、英制系統螺紋共用)

【格式說明】

- X(U) 及 Z(W) 為螺紋切削終點之座標值
- F：螺紋之導程值，該值可寫至小數點以下第四位
- 公制及英制規格螺紋通用（英制螺紋不可使用E值）

螺紋切削機能指令應用時需規劃之相關事項

在螺紋切削機能指令應用時，須先依據欲車削螺紋之規格，規劃下列相關事項。

1. 主軸轉速之決定。
2. 計算不完整螺紋距離。
3. 計算螺紋之牙深，並規劃螺紋切削總次數及每次之切削量。
4. 決定進刀方式及退刀方式。

(1) 螺紋之進刀方式：有直進法及斜進法

(2) 螺紋之退刀方式：有直角退刀（垂直退刀）及斜角退刀

螺紋車削時主軸轉速之決定

理論轉速之計算

$S \times P \leq 4000$ (否則將造成亂牙現象，4000其數據依機型不同略有差異)

S：主軸之轉速 (rpm)

P：工件之節距 (mm)，在單線螺紋時，節距導程

$$S = \frac{1000 V}{\pi \cdot D}$$

S：主軸之轉速 (rpm)

V：切削速度 (m/min或公尺/分)

D：螺紋之外徑 (mm)

在數控車床上車削螺紋，其原理同於傳統車床，在車削過程中，從粗車到精車均須重複相同之路徑，否則將產生不正確之導程或導程重疊，即俗稱之亂牙現象，因此，車削螺紋時，主軸之轉速須固定不變，應使用“G97 S___M03；”之轉速機能。

螺紋車削之進刀方式

螺紋車削時其進刀方式有直進法及斜進法，如下說明：

•直進法：

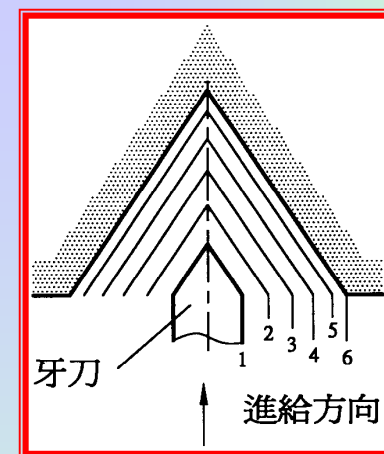
- 所謂直進法是指螺紋切削時，刀具只做橫向進給，其切削路徑垂直於工件。
- 車削大節距之螺紋時，其切削阻力較大。

•斜進法：

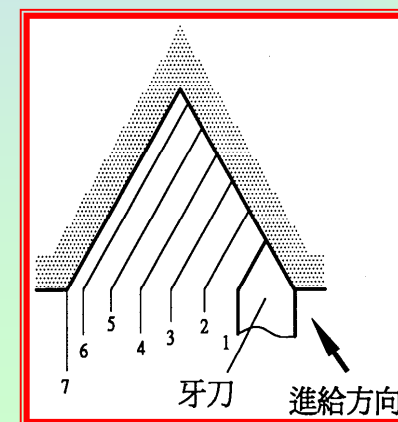
- 所謂斜進法是指螺紋切削時，刀具之切削路徑非垂直於工件，而與工件之垂線構成若干角度，通常其角度約為螺紋角之半。
- 刀具只承受單邊切削，因此，切削阻力較小，切削效果甚佳。

通常使用G32、G92機能時均以直進法車削，G76則以斜進法車削。

明：



直進法車削螺紋



斜進法車削螺紋

螺紋車削之退刀方式

螺紋車削之退刀方式有：直角退刀（垂直退刀）及斜角退刀。

直角退刀

直角退刀是指螺紋切削時，當刀具車削至螺紋終點位置後，以垂直方式退刀，以此種退刀方式車削之螺紋，其螺紋之有效長度較長也較易控制，但螺紋終點處牙深變化驟增，將影響螺紋之強度。

斜角退刀

斜角退刀是指螺紋切削時，當刀具車削到螺紋終點位置後，以斜角方式退刀，亦即提前若干距離退刀，其提前退刀之距離通常以導程之倍數計算（例：1.2倍、1.5倍等），使用此種退刀方式車削之螺紋，其螺紋之有效長度較短，但螺紋終點處牙深變化較和緩，螺紋之強度較佳

1. 通常使用G32機能時以直角退刀，G92及G76則可依需要選用直角退刀或斜角退刀。

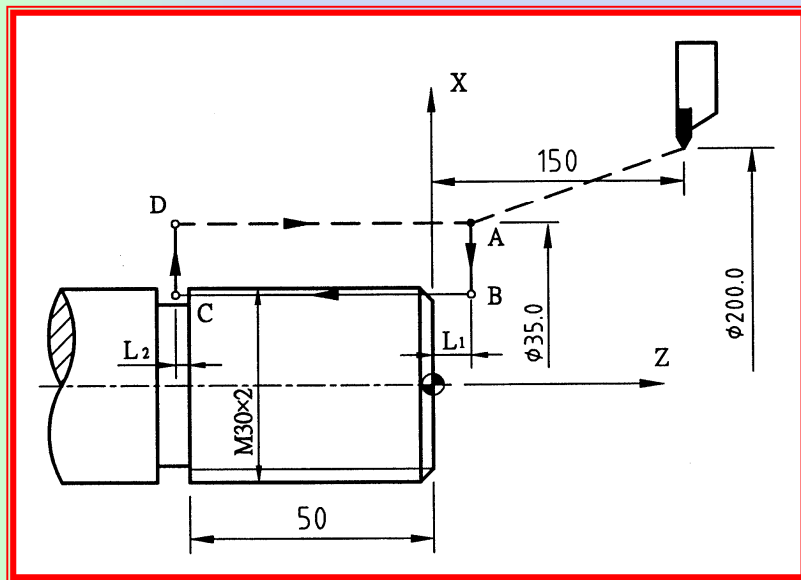
2. 0T系統退刀方式可配合M23，M24使用，6T系統則由參數控制。

G32 程式範例

工作圖

如下圖有一螺紋規格為“M30x2”，請以G32之螺紋切削機能指令完成程式。(設工件之材質為S45C)

P=2，總牙深為1.3mm，可分十刀完成。每刀之切削量及切削次數為：



次數	每次切削量	切削徑
1	0.24 mm	φ 29.52
2	0.22 mm	φ 29.08
3	0.19 mm	φ 28.07
4	0.16 mm	φ 28.38
5	0.14 mm	φ 28.10
6	0.10 mm	φ 27.90
7	0.08 mm	φ 27.74
8	0.07 mm	φ 27.60
9	0.05 mm	φ 27.50
10	0.05 mm	φ 27.40
總計	1.30 mm	

超連結選項

程式

G32 程式範例

程式內容

【程式內容】

```
O0479 ;  
  N1 T0100 ;  
  G97 S1000 M03 ;  
  G00 X35. Z8. T0101 M08  
  X29.52 ;  
  G32 Z-52. F2.0 ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;  
  X29.08 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;  
  X28.70 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;
```

```
X28.38 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;  
  X28.10 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;  
  X27.90 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;  
  X27.74 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;
```

```
X27.60 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;  
  X27.5 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  Z8. ;  
  X27.40 ;  
  G32 Z-52. ;  
  G00 X35. ;  
  G28 U0 W0 T0100 M05 ;  
  M30 ;
```

超連結選項

工作圖

螺紋固定切削循環(G92) 直線螺紋切削模式

【指令格

式】 6T系統：

```
G92 X(U)___Z(W)___F___;
```

```
G92 X(U)___Z(W)___E___;
```

0T系統：

```
G92 X(U)___Z(W)___F___;
```

【格式說

明】、Z為螺紋切削終點之座標

- 若為斜角退刀 其退刀處之r值是由參數來設定 (6T系統)
- 斜角退刀設定量通常以導程倍數為之 (例：1倍、1.2倍、1.5倍等)
- 若0T系統，台中精機Vturn系車床則須配合M23，M24指令使用

→

螺紋固定切削循環(G92) 錐度螺紋切削模式

【指令格

6T系統：

```
G92 X(U)___ Z(W)___ I___ F___ ;
```

```
G92 X(U)___ Z(W)___ I___ E___ ;
```

0T系統：

```
G92 X(U)___ Z(W)___ R___ F
```

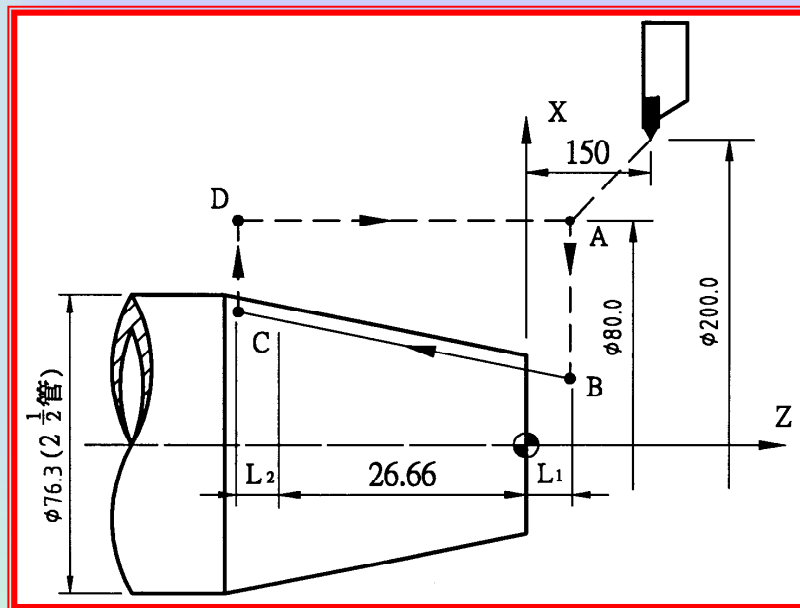
【格式說

- 明】
- X、Z為螺紋切削終點之座標
 - 其動作原理有如前述介紹之G92指令 (直線螺紋切削模式)
 - R值之設定如前述介紹之G90指令 (錐度切削模式)

G92 程式範例

錐度螺紋

如下圖有一螺紋規格為 PT2 ½，請以G92機能指令完成程式。



【程式內容】

1. 每一螺紋車削終點座標須先算出

2.

設 $L_1 = 8$, $L_2 = 2$

$$R = (26.66 + L_1 + L_2) \times \frac{T}{2} = 36.66 \times \frac{1/16}{2} = 1.145$$

N1 T0100 ;

G97 S1000 M03 ;

G00 X35. Z8. T0101 M08

G92 X75.38 Z-28.66 R-1.145 F2.309 ;

X74.98 ;

X74.62 ;

X74.30 ;

X74.06 ;

X73.82 ;

X73.60 ;

X73.40 ;

X73.20 ;

X73.06 ;

X72.92 ;

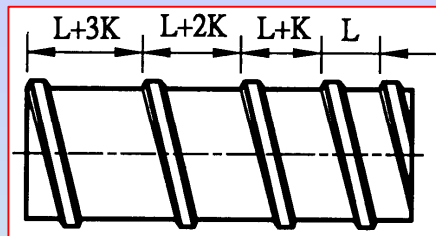
X72.82 ;

G28 U0 W0 T0100 M05 ;

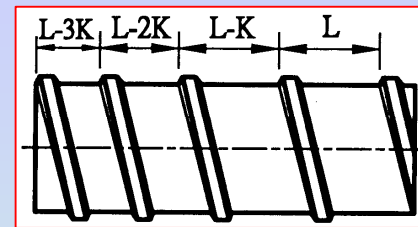
M30 ;

變導程螺紋切削循環(G34)

所謂變導程螺紋就是螺紋每旋轉一周時，導程作增量或減量之變化，此種螺紋稱之。如下圖所示。



增量導程螺紋



減量導程螺紋

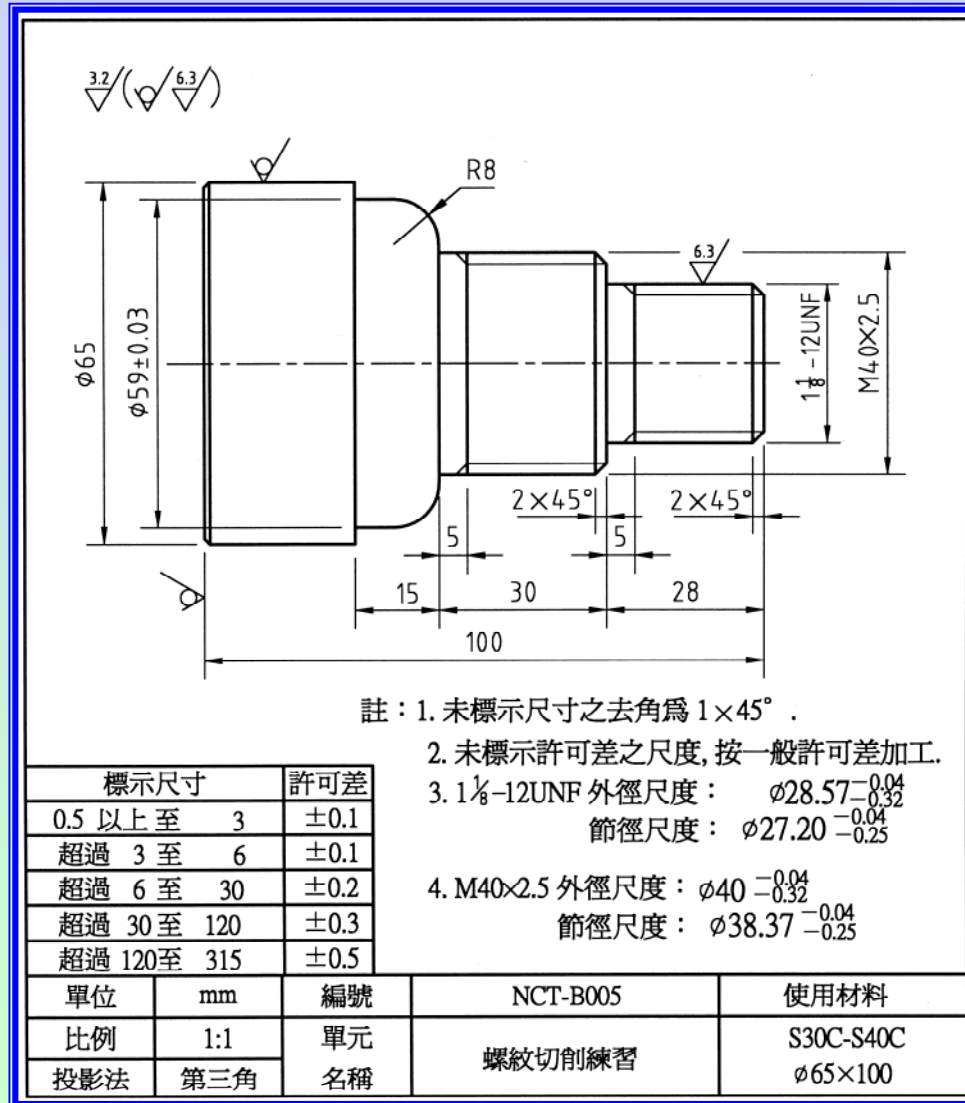
【指令格式】

G34 X(U)___ Z(W)___ F___ K___ ;

- X(U) , Z(W) : 螺紋之終點座標
- F為螺紋起始點之導程
- K為主軸每旋轉一周之導程增量或減量

實作練習五

下列圖所示之工件，請使用相關機能指令完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



超連結選項

刀具表 程式一 程式二 螺紋規劃

選用刀具及切削條件設定

選用刀具

粗車：80度外徑刀，刀鼻 $R=0.8$ 。

外徑精車：55度外徑刀，刀鼻 $R=0.4$ 。

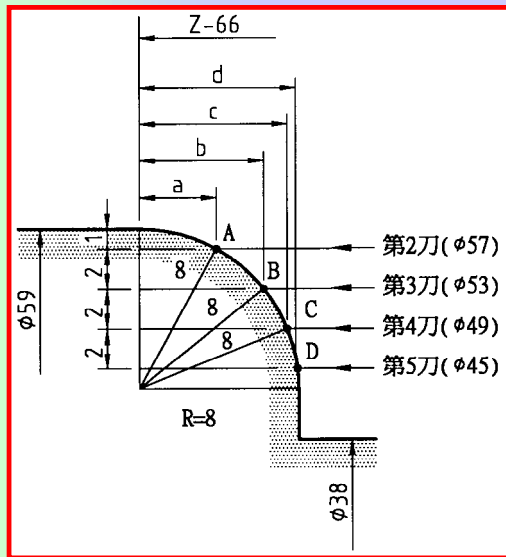
外螺紋車刀：螺紋角60度。

刀具及補正號碼	用途	刀具型式	切削速度	進給率	切削深度
T0101	外徑粗車		$S=130$ m/min	$F=0.3$ mm/rev	2mm
T0303	外徑精車		$S=160$ m/min	$F=0.15$ mm/rev	外徑： 0.3mm 端面： 0.1mm
T0505	外螺紋車削		$S=100$ m/min	依螺紋規格	依規劃表

超連結選項

工作圖 程式一 程式二 螺紋規劃

相關座標計算及螺紋進刀規劃



第二刀： $a = \sqrt{8^2 - 7^2} = 3.873$

$A_z = -(66 - 3.873) = -62.127$

第三刀： $b = \sqrt{8^2 - 5^2} = 6.245$

$B_z = -(66 - 6.245) = -59.755$

第四刀： $c = \sqrt{8^2 - 3^2} = 7.416$

$C_z = -(66 - 7.416) = -54.584$

第五刀： $d = \sqrt{8^2 - 1^2} = 7.937$

$D_z = -(66 - 7.937) = -58.063$

“M40x2.5” 螺紋之進刀規劃表

次數	每次切削量	切削徑
1	0.26mm	39.48
2	0.23mm	39.02
3	0.20mm	38.62
4	0.18mm	38.26
5	0.14mm	37.98
6	0.12mm	37.74
7	0.10mm	37.54
8	0.10mm	37.34
9	0.08mm	37.18
10	0.08mm	37.02
11	0.06mm	36.90
12	0.05mm	36.80
總計	1.60 mm	

“1 1/8-12UNF” 螺紋進刀規劃表

次數	每次切削量	切削徑
1	0.23mm	28.11
2	0.20mm	27.71
3	0.18mm	27.35
4	0.16mm	27.03
5	0.12mm	26.79
6	0.12mm	26.55
7	0.10mm	26.35
8	0.08mm	26.19
9	0.07mm	26.05
10	0.05mm	25.95
11	0.05mm	25.85
總計	1.36mm	

超連結選項

工作圖 刀具表 程式一 程式二

實作練習五之加工程式(一)

【程式內容】

```
O0417 ;  
  N1 G50 S2500 ;  
  T0100 ;  
  G96 S130 M03 ;  
  G00 X67. Z0 T0101 M08 ;  
  G01 X-1.6 F0.2 ;  
  G00 X67. Z2. ;  
  G90 X61. Z-73. F0.3 ;  
  X57. Z-62.127 ;  
  G00 X59. ;  
  G90 X53. Z-59.755 ;  
  X49. Z-58.584 ;  
  X45. Z-58.063 ;  
  G00 X46. ;  
  G90 X41. Z-58. ;  
  X37. Z-28. ;
```

```
X33. ;  
X29. ;  
G00 X20.57 ;  
G01 X28.57 Z-2. ;  
Z-28. ;  
X36. ;  
X40. W-2. ;  
Z-58. ;  
X43. ;  
G03 X59. W-8. R8. ;  
G01 Z-73. ;  
X67. ;  
G00 X100. Z5. M09 ;  
G28 U0 W0 T0100 M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;
```

```
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X32. Z0 T0303  
M08 ;  
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X20.47 Z2. ;  
G01 X28.47 Z-2.  
F0.15 ;  
Z-28. ;  
X35.9 ;  
X39.9 W-2. ;  
Z-58. ;  
X43. ;  
G03 X59. Z-66. R8. ;  
G01 Z-73. ;
```

超連結選項

實作練習五之加工程式(二)

```
X67. ;  
G28 U0 W0 M09 T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N3 T0500 ;  
G97 S1000 M03 ;  
G00 X35. Z8. T0505 M08. ;  
G92 X28.11 Z-23. F2.1166 ;  
X27.71 ;  
X27.35 ;  
X27.03 ;  
X26.79 ;  
X26.55 ;  
X26.35 ;  
X26.19 ;  
X26.05 ;  
X25.95 ;
```

```
X25.85 ;  
G00 X45. Z-20. ;  
6G92 X39.48 Z-53. F2.5 ;  
X39.02 ;  
X38.62 ;  
X38.26 ;  
X37.98 ;  
X37.74 ;  
X37.54 ;  
X37.34 ;  
X37.18 ;  
X37.02 ;  
X36.90 ;  
X36.80 ;  
G28 U0 W0 M09 T0100 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

超連結選項

外徑(軸向)複合形固定切削循環(G71)

```
G71 U( $\Delta d$ ) R(e) ;
```

```
G71 P(ns) Q(nf) U( $\Delta u$ ) W( $\Delta w$ ) F(f) S(s) ;
```

Δd : 每次粗車的切削深度 (半徑標示方式, 例: U2.5=2.5mm)

e : 每次粗車後之退刀量 (半徑指令, 例: R1.=1mm)

ns : 切削循環的起始單節序號

nf : 切削循環的結束單節序號

Δu : X軸向精車削預留量與方向 (直徑指令, 通常車削外徑設為正值, 內徑則為負值)

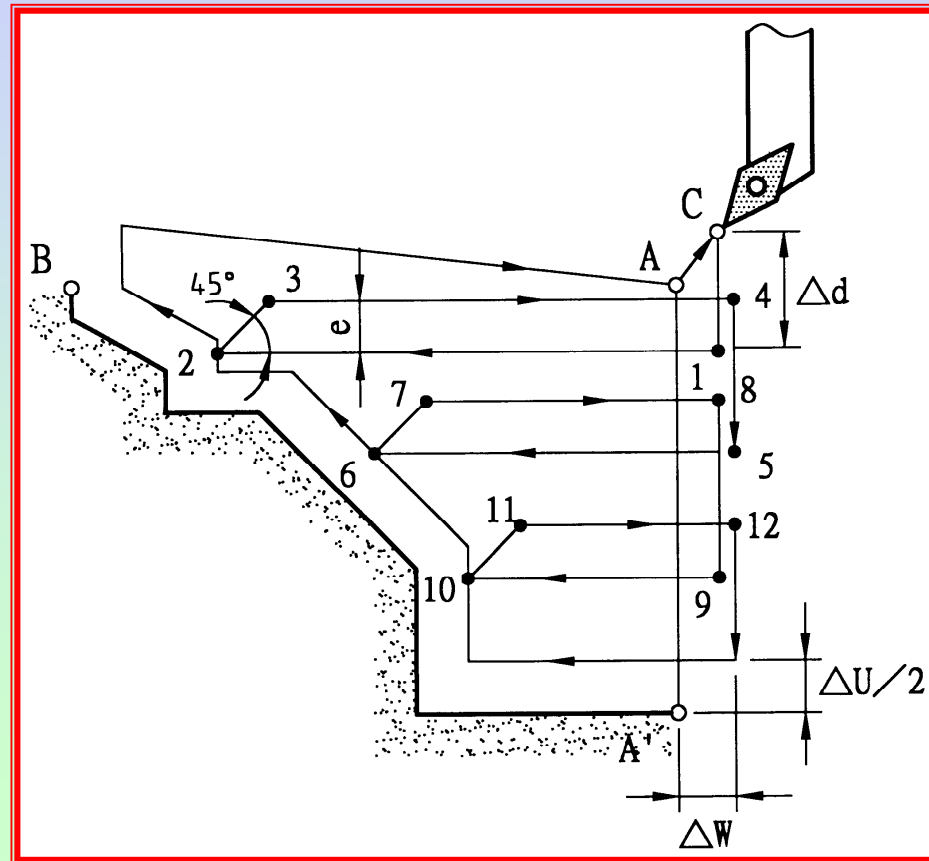
Δw : Z軸向精車削預留量與方向

f,s : 進給率及主軸轉速

G71外徑複合形固定切削循環機能指令之路徑

G71程式執行時會自動將工件加工至預定之輪廓，並留下一定之預留量以作為精車之用。

【切削路徑】



G70精切削循環

【指令格式】

G70 P(ns) Q(nf)

【格式說明】

ns：開始循環之單節順序號碼（精車）

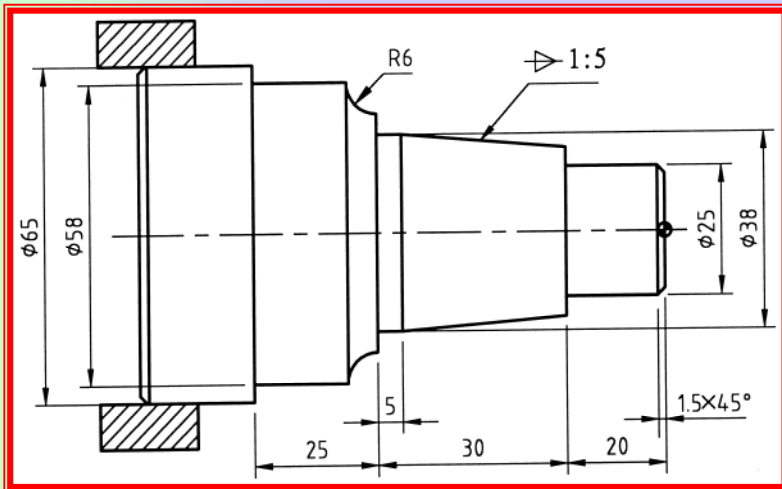
nf：最後循環之單節順序號碼（精車）

【機能特性】

- 在G71, G72, G73的指令單元中F、S指令無效，在G70指令中P.Q順序號碼所指定範圍內之F、S機能有效。
- G70切削後刀具會回到切削起點，該點通常設定同於G71~73之切削起點較為安全，若欲改變位置時應考慮安全因素。
- P與Q順序號碼之間的程式，無法用副程式叫出。
 - 沒有G71, G72, G73指令時，G70指令不能使用。

G71程式範例(外徑車削)

有一工件如下圖所示，請以複合形固定切削循環機能指令G71及G70完成工件之粗車及精車程式。(設每刀之切削深度為)



【程式內容】

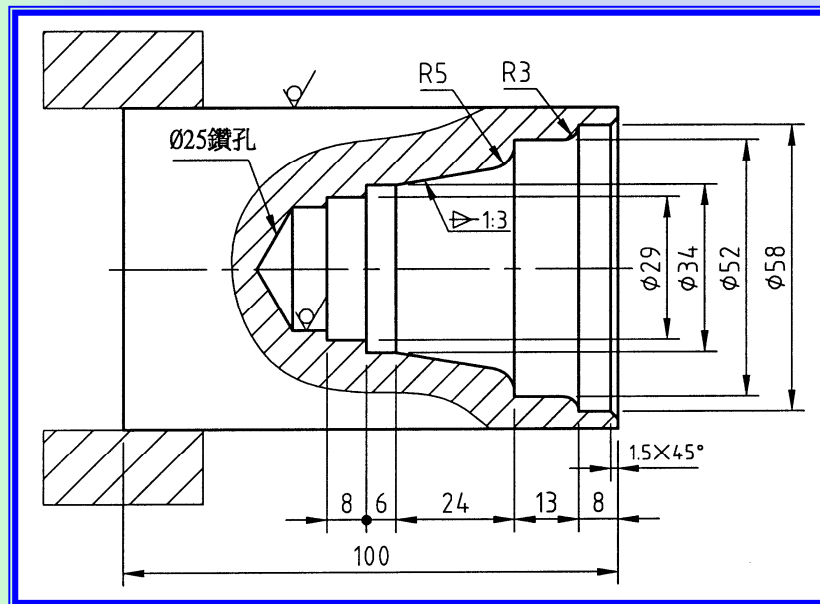
```
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X67. Z0 T0101 M08 ;  
G01 X-1.6 F0.2 ;  
G00 X66. Z2. ;  
G71 U2.5 R1. ;
```

```
G71 P10 Q20 U0.3  
W0.1 F0.3 ;  
N10 G00 X18. ;  
G01 X25. Z-1.5  
F0.15 ;  
Z-20. ;  
X33. ;  
X38. Z-45. ;  
Z-50. ;  
X46. ;  
G02 X58. W-6. R6. ;  
G01 Z-75. ;  
N20 X66. ;  
G00 X100. Z80. M09 ;
```

```
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X32. Z0 T0303  
M08 ;  
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X66. Z2. ;  
G70 P10 Q20 ;  
G00 X100. Z80.  
M09  
M30 ;
```

G71程式範例(內徑車削) 工作圖

有一工件如下圖所示，請以複合型固定切削循環機能指令G71及G70完成工件之粗車及精車程式。(毛胚料須預先鑽孔深)



【程式說明】

- 粗車每次之切削深度設定為 1.5 mm。
- 程式原點設定於工件之右端面中心。
- 圖形中某些轉折點座標須預先求得。

超連結選項

程式

G71程式範例(內徑車削)

程式內容

【程式內容】

```
O0476 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X24. Z2. T0101  
M08 ;  
G71 U1.5 R1. ;  
G71 P10 Q20 U-0.3  
W0.1 F0.3 ; (U為負值)  
N10 G00 X65. ;  
G01 X58. Z-1.5 F0.15 ;  
Z-8. ;  
G02 X52. Z-11. R3. ;  
G01Z-21. ;  
X51.474 ;
```

```
G02 X41.608 Z-25.179  
R5. ;  
G01 X34. Z-45. ;  
Z-51. ;  
X29. Z-59. ;  
N20 X24. ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;
```

```
G00 X24. Z2.  
T0303 M08 ;  
G70 P10 Q20 ;  
G00 X100. Z80.  
T0300 M09 ;  
M30 ;
```

超連結選項

工作圖

端面複合形固定切削循環(G72)

G72 W(Δd) R(e) ;

G72 P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) ;

Δd : 每次粗車的切削深度
(無正、負值符號, 可含 有小數點, 例 2.5=2.5mm)

e : 每次粗車後之退刀量

ns : 切削循環的起始單節序號

nf : 切削循環的結束單節序號

Δu : X軸向精車削預留量與方向
(直徑指令, 通常車削外徑設為正值, 內徑則為負值)

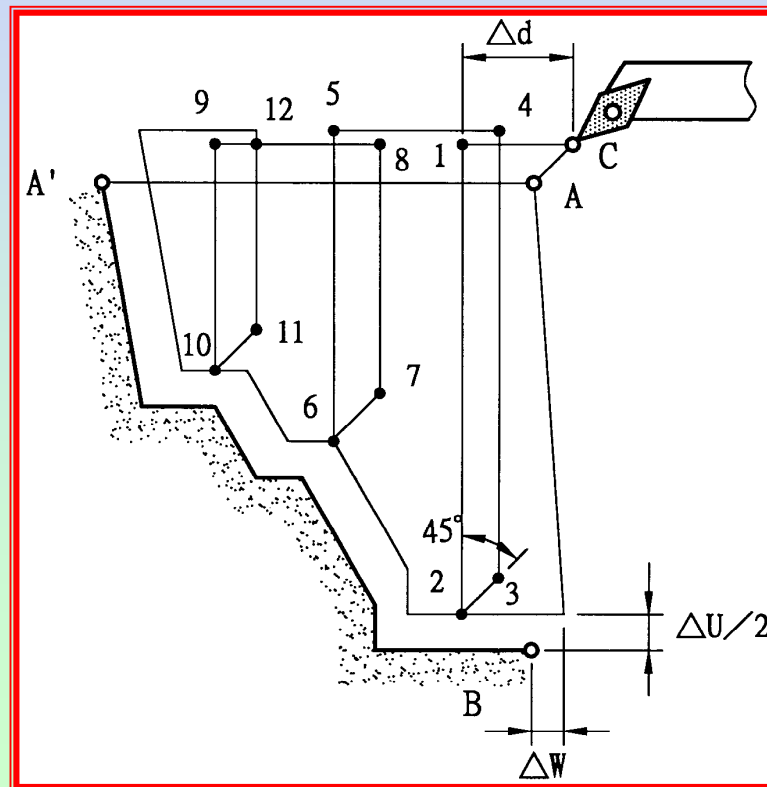
Δw : Z軸向精車削預留量與方向 (通常為正值)

f,s : 進給率及主軸轉速
(G72單節指定的F及S值只對循環單節有效)

G72端面複合形固定切削循環機能指令之路徑

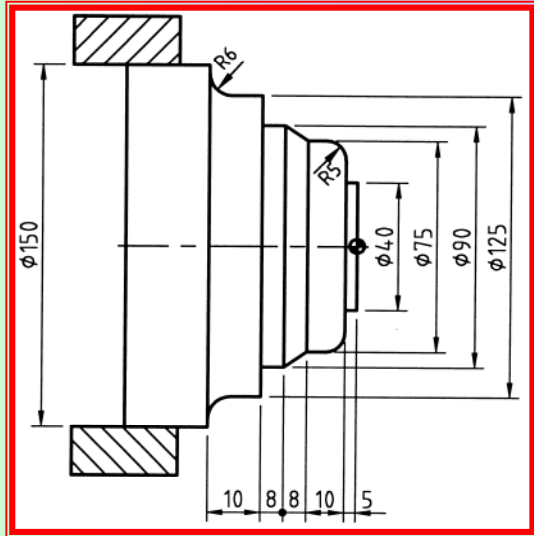
使用G72端面複合形固定切削循環之刀具路徑模式，除了其切削路徑為平行X軸外（適合端面車削形式），其餘皆與G71指令相類似。

【切削路徑】



G72 程式範例

有一工件如下圖所示，請以複合形固定切削循環機能指令G72及G70完成工件之粗車及精車程式。(設每刀之切削深度為2.5mm)



【程式內

```
O0479 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X152. Z0. T0101 M08 ;  
G01 X-1.6 F0.2 ;
```

```
G00 X153. Z1 ;  
G72 W2.5 R1. ;  
G72 P10 Q20 U0.3  
W0.1 F0.3 ;  
N10 G00 Z-41. ;  
G01 X137. F0.15 ;  
G03 X125. Z-35.  
R6. ;  
G01 Z-31. ;  
X90. ;  
Z-23. ;  
X75. Z-15. ;  
Z-10. ;  
G02 X65. Z-5. R5. ;  
G01 X40. ;
```

```
N20 Z2. ;  
G00 X100. Z80. T0100  
M09 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X42. Z0 T0303 M08 ;  
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X153. Z1. ;  
G70 P10 Q20 ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0300 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

G73輪廓複合形固定切削循環

G73 U(i) W(k) R(d) ;

G73P(ns) Q(nf) U(Δu) W(Δw) F(f) S(s) ;

i : X軸毛胚量退刀之距離及方向
(半徑值指令，通常車削外徑為正值，內徑為負值)

k : Z軸毛胚量退刀之距離及方向 (通常為正值或零)

d : 切削次數 (可令小數點或無小數點，例：R4. 及R4均表示4次)

ns : 切削循環的起始單節序號

nf : 切削循環的結束單節序號

Δu : X軸向精車預留量 (直徑指令，通常車削外徑設為正值，內徑則為負值)

Δw : Z軸向精車預留量

f,s : 進給率及主軸轉速

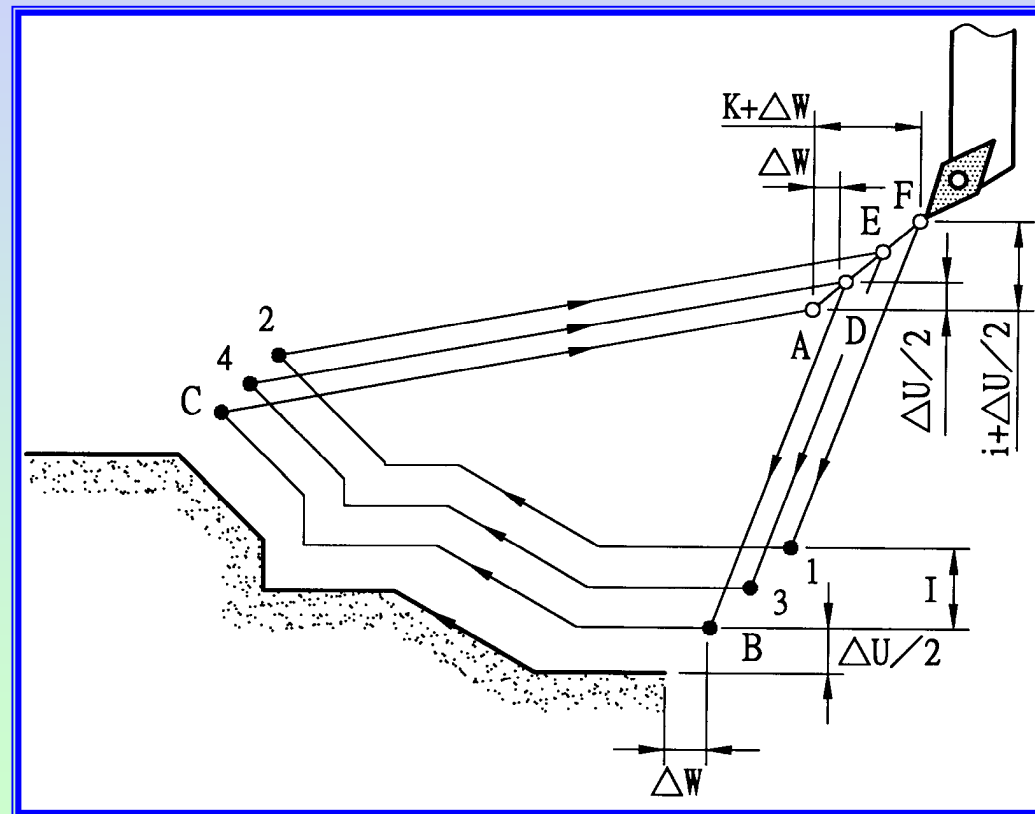
i (X軸退刀距離) = (X軸總切削量) - (每一次切削量)

k (Z軸退刀距離) = (Z軸總切削量) - (每一次切削量)

G73輪廓複合形固定切削循環機能指令之路徑

G73輪廓切削循環指令之刀具路徑會沿著工件之輪廓重複切削所需要之次數，圖中 $\Delta U/2$ 及為精車之預留量。

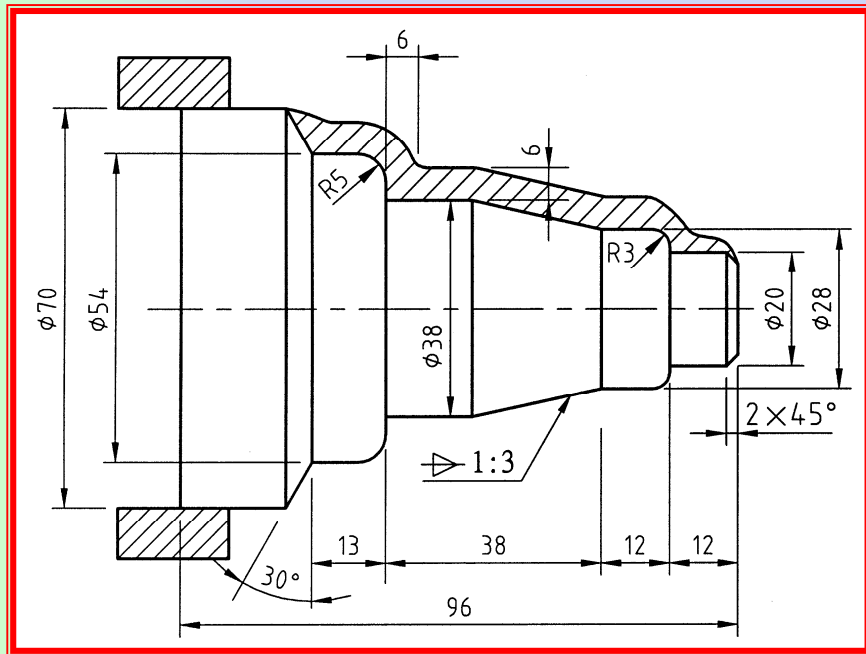
【切削路徑】



G73 程式範例

工作圖

有一鍛造工件，如下圖示，請以複合形固定切削循環指令G73及G70完成工件之粗車及精車程式。(設其粗車總量為，分4次完成)



X方向及Z方向退刀距離之設定：

∴ 粗車總量為6mm，共分4次完成
每次之切削量為： $6/4=1.5\text{mm}$

退刀距離(粗車總量)(每次之切削量)

∴ 設定 $i=4.5\text{mm}$ $k=4.5\text{mm}$

超連結選項

程式

G73 程式範例

程式內容

【程式內容】

```
O0481 ;  
N1 G50 S2500 ; T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X80. Z10.  
T0101 M08 ;  
G73 U4.5 W4.5 R4. ;  
G73 P10 Q20 U0.3  
W0.1 F0.3 ;  
N10 G00 X14. Z1. ;  
G01 X20. Z-2. F0.15 ;  
Z-12. ;  
X22. ;
```

```
G03 X28. W-3. R3. ;  
G01 Z-24.  
X38. Z-54. ;  
Z-62. ;  
X44. ;  
G03 X54. Z-67. R5. ;  
G01 Z-73. ;  
N20 X74. Z-80.773 ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;
```

```
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X80. Z10. ;  
G70 P10 Q20 ;  
G00 X100. Z80.  
M09 T0300 ;  
M30 ;
```

超連結選項

工作圖

G74端面(Z軸向)溝槽切削循環

G74 R(e) ;

G74 X(U)____Z(W)____P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F(f) ;

e : 退刀量

X : 切削終點的X絕對座標 (U : 切削終點的X增量座標)

Z : 切削終點的Z絕對座標 (W : 切削終點的Z增量座標)

Δi : X軸向的移動量(不需正負符號) ,

OT系統該值不可含小數點, 例: P3000=3mm

Δk : Z軸向的切削深度 (不需正負符號) ,

OT系統該值不可含小數點, 例: Q5000=5mm

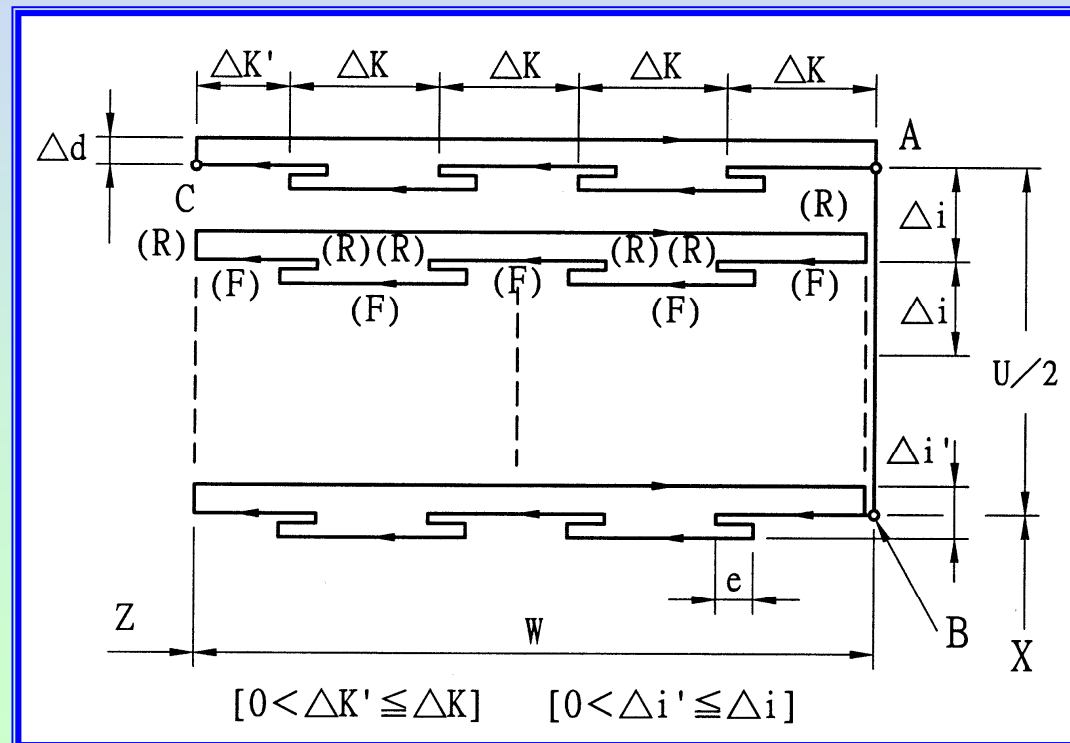
Δd : 切削至底部時的退刀 (鑽孔時此值為零, 端面切槽時該值亦須為零, 否則第一刀之切槽將造成槽刀與槽之側面產生干涉)

f : 進給率 (mm/rev)

G74端面(Z軸向)溝槽切削循環機能指令之路徑

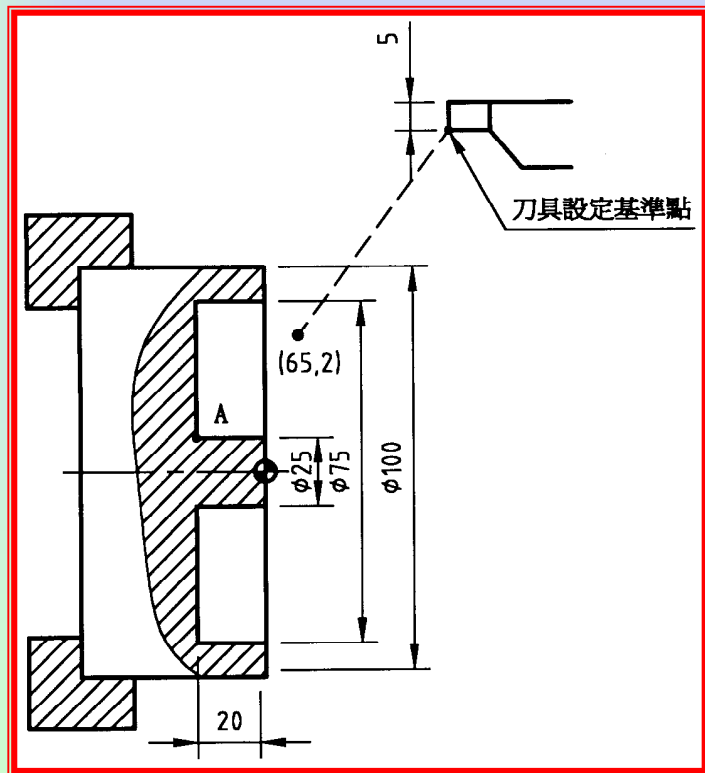
G74端面溝槽切削循環指令，可用來做端面（軸向）切槽斷續切削，若把“X(U)”及“I”值省略則可用來啄式深孔之鉗孔動作，其切削路徑如圖所示。

【切削路徑】



G74 程式範例 端面切槽練習

如下圖示，請以G74端面切槽切削循環機能指令完成工件之程式。(設切槽刀之寬度為5)



【程式內容】

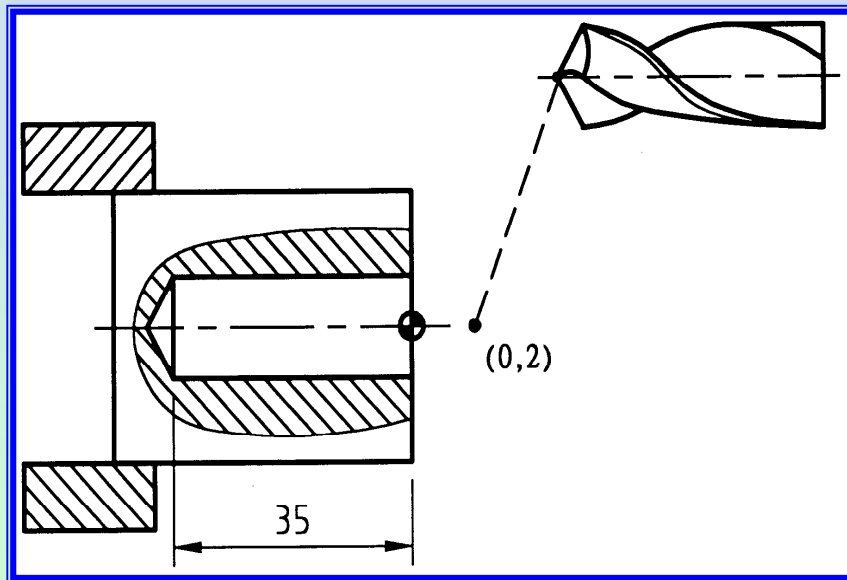
```
O0483 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X65. Z2. T0101 M08 ;  
G74 R1.0 ;  
G74 X25. Z-20. P4000 Q5000  
F 0.07 ;  
G00 X100. Z80. M09 T0100 ;  
M30 ;
```

G74 程式範例

鉗孔循環練習

如下列圖示之工件，請以G74端面切槽切削循環機能指令完成工件之鉗孔程式。

【程式內容】



```
O0484 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G97 S800 M03 ;  
G00 X0. Z2. T0101 M08 ;  
G74 R1. ;  
G74 X25. Z-20. P4000  
Q5000 F0.08 ;  
G00 X100. Z80. M09 T0100 ;  
M30 ;
```

外徑(X軸向)溝槽切削循環(G75)

G75 R(e) ;

G75 X(U)___Z(W)___P(Δi) Q(Δk) R(Δd) F(f) ;

e : 退刀量

X : 切削終點的X絕對座標 (U : 切削終點的X增量座標)

Z : 切削終點的Z絕對座標 (W : 切削終點的Z增量座標)

Δi : X方向之切削深度(半徑值),
OT系統該值不可含小數點, 例: P3000=3mm

Δk : Z方向之移動量,
OT系統該值不可含小數點, 例: Q5000=5mm

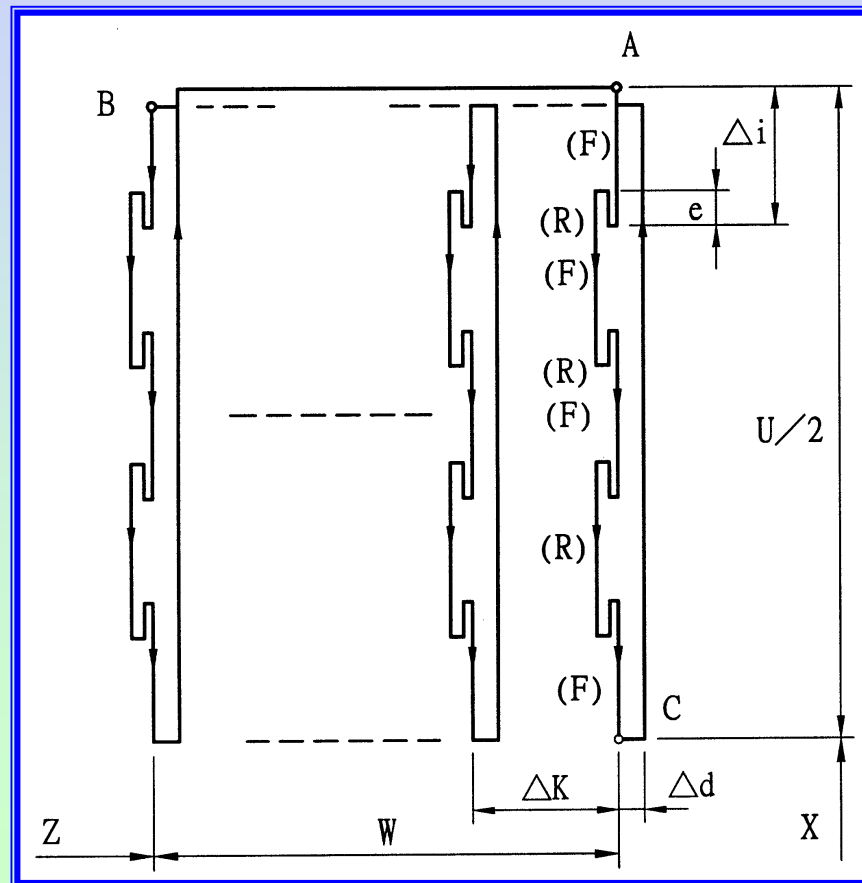
Δd : 切削至底部之退刀量

f : 進給率 (mm/rev)

G75外徑(X軸向)溝槽切削循環機能指令之路徑

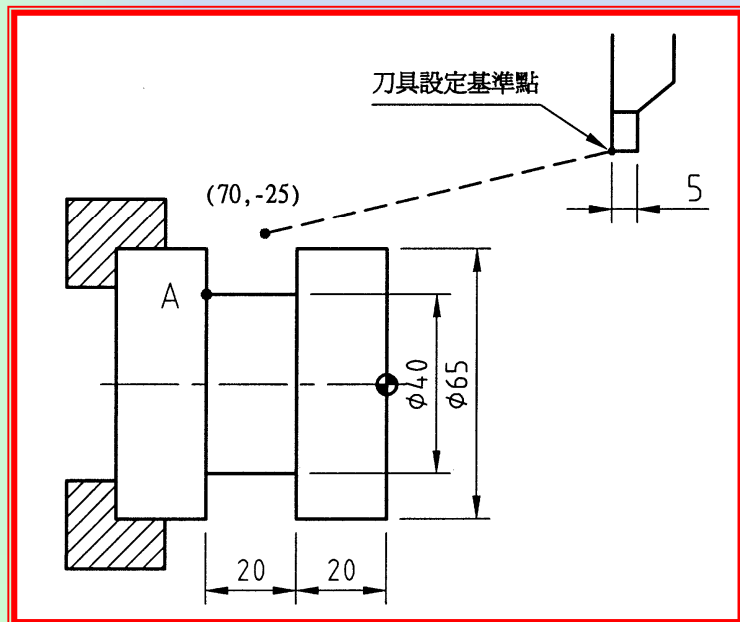
G75指令與G74指令其切削路徑大同小異，主要差別在於其切削之軸向不同，因此，G75指令可用於徑向切槽（即一般之外徑切槽），詳細之切削路徑如圖示

【切削路徑】



G75 程式範例

如下圖所示之工件，請以G75外徑溝槽切削循環機能指令完成工件之切槽程式。



【程式內容】

```
O0486 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X70. Z-25. T0101 M08 ;  
G75 R1. ;  
G75 X40. Z-40. P5000 Q4000  
F0.08 ;  
G00 X100. Z80. M09 T0100 ;  
M30 ;
```

G76螺紋自動切削循環

G76 P(m)(r)(a)Q(Δd min)R(d) ;

G76 X(U)_____Z(W)_____R(i)P(k)Q(Δd)F(l) ;

m：精車次數

r：倒角長度之倍數（即斜角退刀之距離，以導程計算）

a：螺紋之螺紋角

Δd min：最小之車削深度（每一車削間之差距），
車削螺紋時若計算出之切削量小於此值時，將以此值為其切削深度

d：精車削預留量（可含小數點或無小數點，例：R020=0.02mm

X：螺紋切削終點的X座標
或 R0.02=0.02mm)

Z：螺紋切削終點的Z座標

i：螺紋之錐度差距（半徑值，該值之求得原理與方法同於前述G92指令）

k：螺紋深度（不可含小數點，例：P1300=1.3mm)

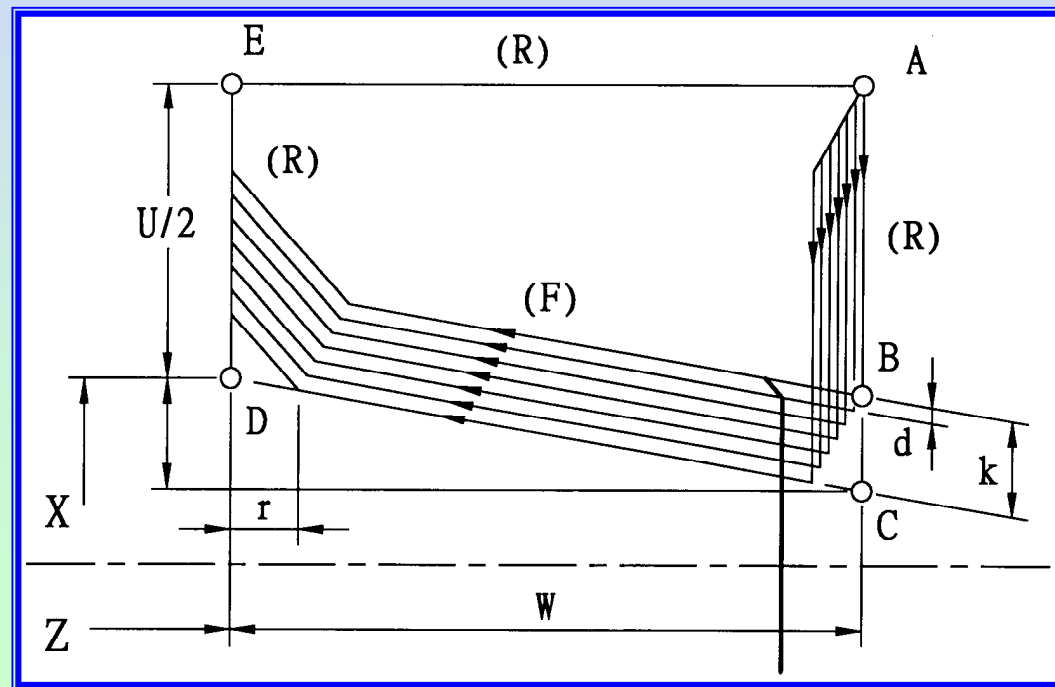
Δd ：第一刀切削之深度（不可含小數點，例：Q450=0.45mm）

l：導程

G76螺紋自動切削循環機能指令之路徑

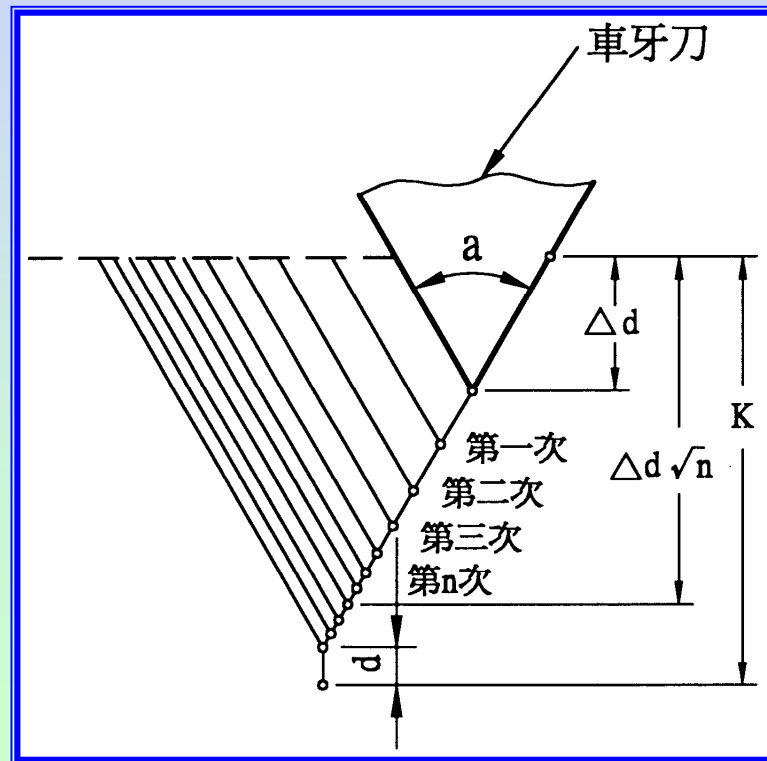
G76螺紋切削循環指令車削螺紋，僅須一個指令即可完成螺紋之全部車削工作，最為有效、方便，螺紋切削時，刀具是以斜進法進刀，並以斜角退刀方式退刀。

【切削路徑】



G76螺紋車削之進刀方式與深度

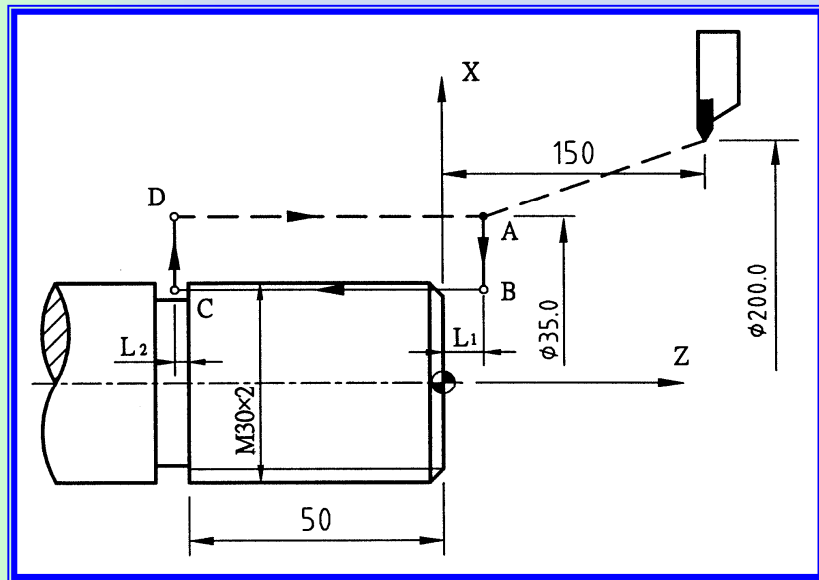
G76螺紋複循環車削中，牙刀每一回切削之深度示意圖，如圖所示，螺紋第一刀之切削深度為 Δd ，第二刀為 $\Delta d\sqrt{2}$ ，第n刀則為 $\Delta d\sqrt{n}$ 之深度，d則為最後精車削之預留量。



G76 程式範例

如下圖所示，有一螺紋規格為“M30×2”，請以G76之螺紋切削機能指令完成程式。(設工件之材質為S45C)

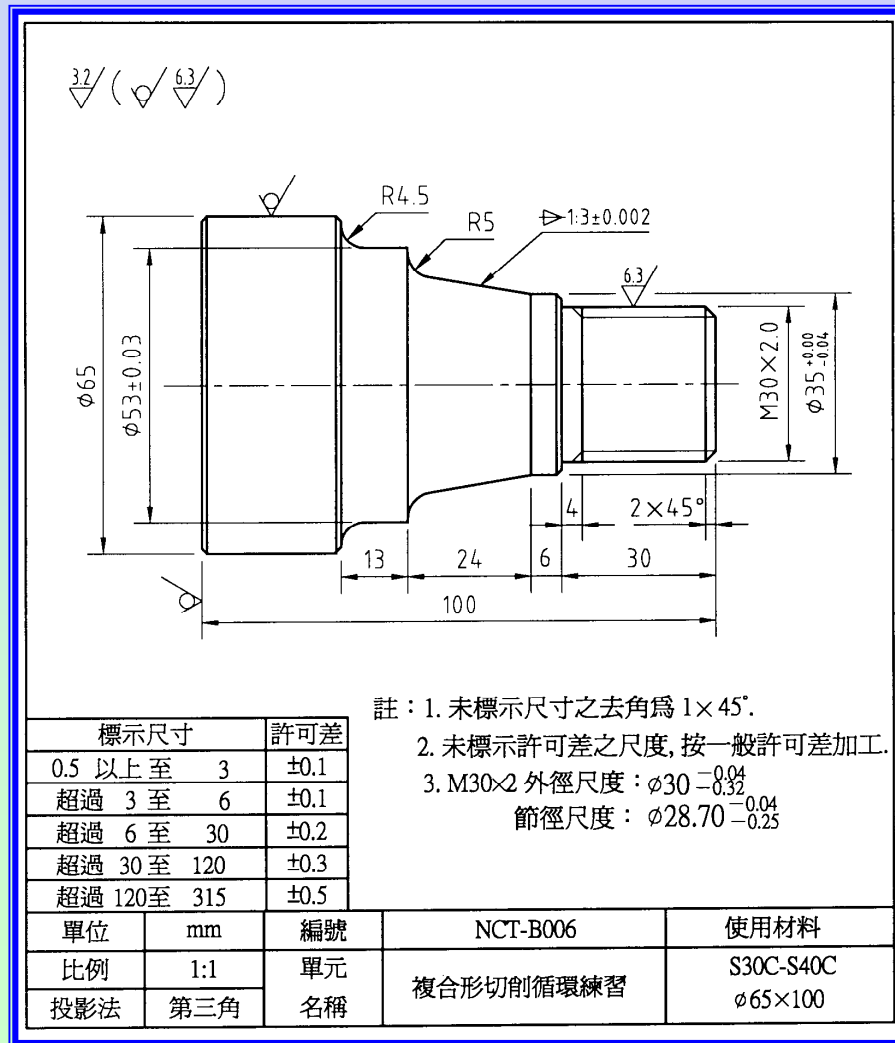
【程式內容】



```
O0489 ;  
  N1 G50 S2500 ;  
  T0100 ;  
  G97 S1000 M03 ;  
  G00 X35. Z8. T0101 M08 ;  
  G76 P011060 Q040 R020 ;  
  G76 X27.4 Z-52. P1300  
  Q0450 F2.0 ;  
  G00 X100. Z80. M09 T0100 ;  
  M30 ;
```

實作練習六

下列圖示之工件，請使用相關機能指令完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。(粗車請以複合形切削循環機能指令)



超連結選項

刀具表 程式螺紋規劃

選用刀具及切削條件設定

選用刀具

粗車：80度外徑刀，刀鼻 $R=0.8$ 。

外徑精車：55度外徑刀，刀鼻 $R=0.4$ 。

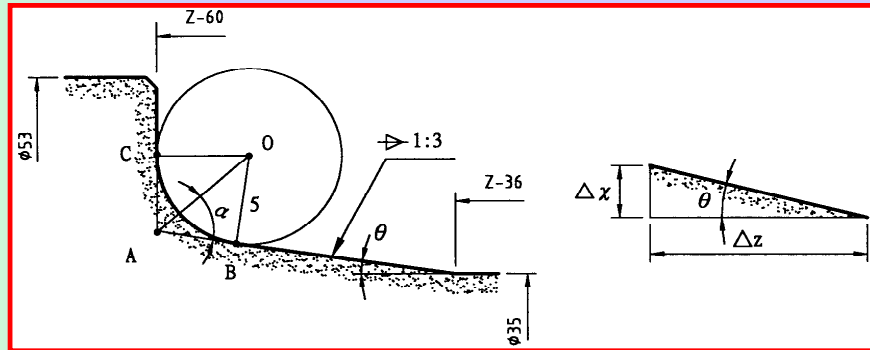
外螺紋車刀：螺紋角60度。

刀具及補正號碼	用途	刀具型式	切削速度	進給率	切削深度
T0101	外徑粗車		$S=130 \text{ m/min}$	$F=0.3 \text{ mm/rev}$	2mm
T0303	外徑精車		$S=160 \text{ m/min}$	$F=0.15 \text{ mm/rev}$	外徑： 0.3mm 端面： 0.1mm
T0505	外螺紋車削		$S=100 \text{ m/min}$	依螺紋規格	依規劃表

超連結選項

工作圖 程式 螺紋規劃

相關座標計算及螺紋進刀規劃



求A點之座標

$$\frac{A_x - 35}{60 - 36} = \frac{1}{3} \quad A_x = 43$$

得A點之座標為：A(43, -60)

M30x2.0之切削量及切削次數

次數	每次切削量	切削徑
1	0.24	29.52
2	0.22	29.08
3	0.19	28.70
4	0.16	28.38
5	0.14	28.10
6	0.10	27.90
7	0.08	27.74
8	0.07	27.60
9	0.05	27.50
10	0.05	27.40
總計	1.30 (牙深)	

求B點及C點之座標

在 ΔABO 中

$$\left(\theta = \tan^{-1} \frac{T}{2} = \tan^{-1} \frac{1/3}{2} = 9.46^\circ \right)$$

$$\angle \alpha = \frac{90 + 9.46}{2} = 49.73$$

$$\overline{AB} = R \times \cot \alpha = 5 \times \cot 49.73^\circ = 4.237$$

$$\overline{AB} = \overline{AC} = 4.237$$

$$\Delta X = \overline{AB} \times \sin \theta = 4.237 \times \sin 9.46^\circ = 0.696$$

$$\Delta Z = \overline{AB} \times \cos \theta = 4.237 \times \cos 9.46^\circ = 4.179$$

B座標

$$B_x = 43 - 2 \times \Delta X = (43 - 2 \times 0.696) = 41.608$$

$$B_z = -(60 - \Delta Z) = -(60 - 4.179) = -55.821$$

C座標

$$C_x = 43 + (2 + \overline{AC}) = 43 + (2 \times 4.237) = 51.474$$

超連結選項

工作圖 刀具表 程式

實作練習六之加工程式

【程式內容】

```
O0417 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X67. Z0 T0101 M08 ;  
G01 X-1.6 F0.2 ;  
G00 X66. Z2. ;  
G71 U2.5 R1. ;  
G71 P10 Q20 U0.3 W0.1  
F 0.3 ;  
N10 G00 X21.9 ;  
G01 X29.9 Z-2. F0.15 ;  
Z-30. ;  
X32.98 ;  
X34.98 W-1. ;  
Z-36. ;  
X41.608 Z-55.821 ;
```

```
G02 X51.474 Z-60. R5. ;  
G01 X52. ;  
X53. W-0.5 ; 0Z-68.5  
G02 X62. Z-73. R4.5 ;  
G01 X63. ;  
N20 X67. Z-75. ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X32. Z0. T0303  
M08 ;  
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X66. Z2. ;  
G70 P10 Q20 ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0300 ;
```

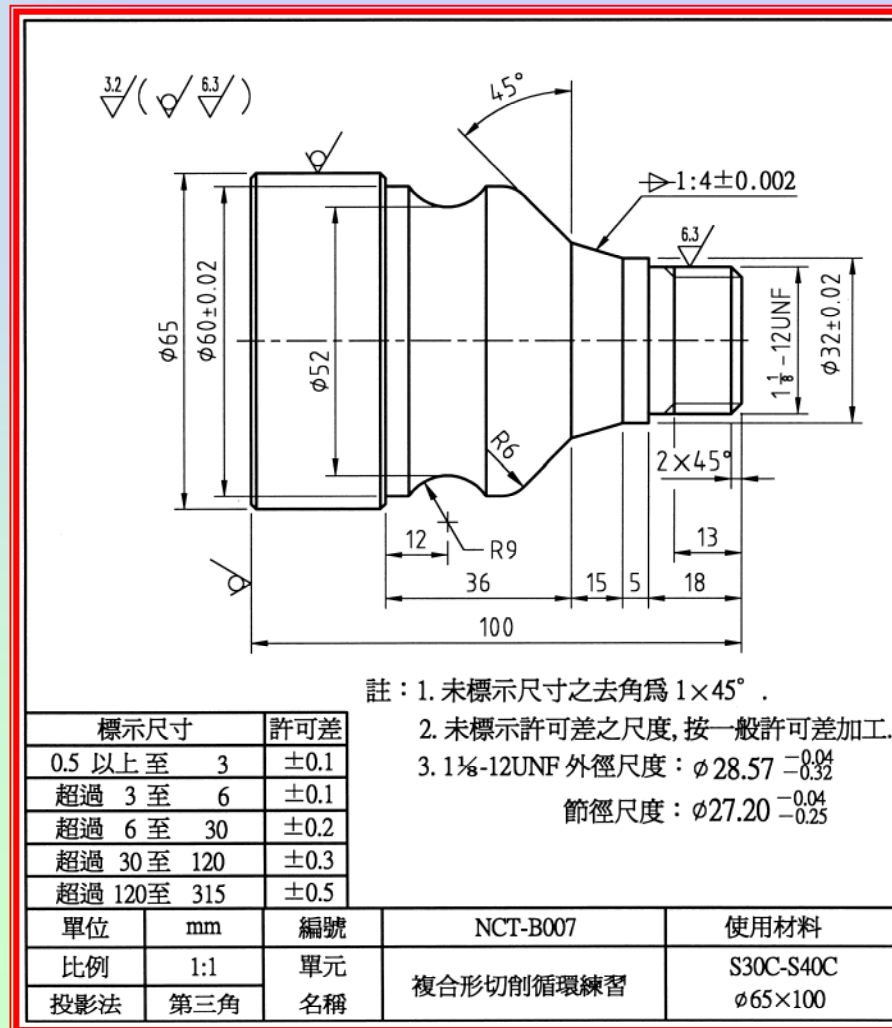
```
M05 ;  
N3 T0500 ;  
G97 S1000 M03 ;  
G00 X35. Z8. T0505 M08 ;  
G92 X29.52 Z-26. F2.0 ;  
X29.08 ;  
X28.70 ;  
X28.38 ;  
X28.10 ;  
X27.90 ;  
X27.74 ;  
X27.60 ;  
X27.50 ;  
X27.40 ;  
G28 U0 W0 M09 T0500 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

超連結選項

工作圖 刀具表 螺紋規劃

實作練習七

下列圖示之工件，請使用相關機能指令完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。
(粗車請以複合形切削循環機能指令)



超連結選項

程式二 刀具表 程式一 螺紋規劃 座標計算

選用刀具及切削條件設定

選用刀具

粗車：80度外徑刀，刀鼻 $R=0.8$ 。

外徑精車：55度外徑刀，刀鼻 $R=0.4$ 。

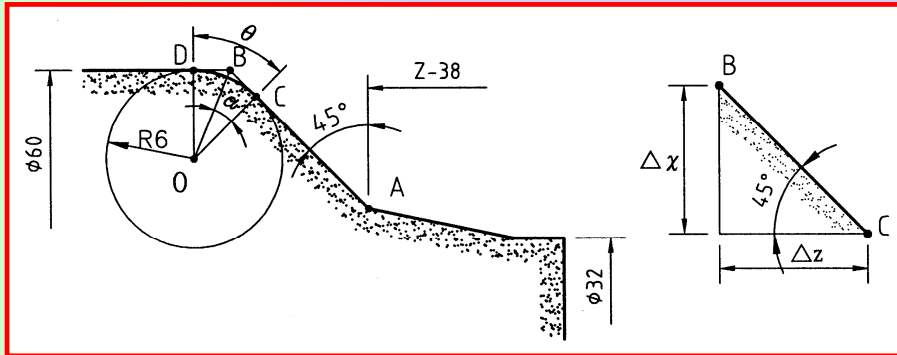
外螺紋車刀：螺紋角60度。

刀具及補正號碼	用途	刀具型式	切削速度	進給率	切削深度
T0101	外徑粗車		$S=130 \text{ m/min}$	$F=0.3 \text{ mm/rev}$	2mm
T0303	外徑精車		$S=160 \text{ m/min}$	$F=0.15 \text{ mm/rev}$	外徑： 0.3mm 端面： 0.1mm
T0505	外螺紋車削		$S=100 \text{ m/min}$	依螺紋規格	依規劃表

[超連結選項](#)

相關座標計算(一)

凸圓弧R6切點之座標計算



•先求A點及B點之座

標：

$$\frac{A_x - 32}{15} = T \Rightarrow A_x = 35.75$$

得A點之座標為：A(35.75, -38)

•再由A點座標之位置求得B座標：

$$B_z = -\left(38 + \frac{60 - 30.75}{2}\right) = 50.12$$

得B點之座標為：B(60, -50.12)

•求C點及D點之座標：

在 $\triangle BOC$ 中, $\theta = 45^\circ$, $\angle \alpha = \frac{45^\circ}{2} = 22.5^\circ$

$$\overline{BC} = R \times \tan \alpha = 6 \times \tan 22.5^\circ = 2.48$$

$$\overline{BC} = \overline{BD} = 2.48$$

另 $\Delta X = \overline{AB} \times \sin 45^\circ = 1.75$

$$\Delta Z = \overline{AB} \times \cos 45^\circ = 1.75$$

$$C_x = (60 - 2 \times \Delta X) = 56.5$$

$$C_z = -(50.12 - 1.75) = -48.37$$

得C點座標為：C(56.5, -48.37)

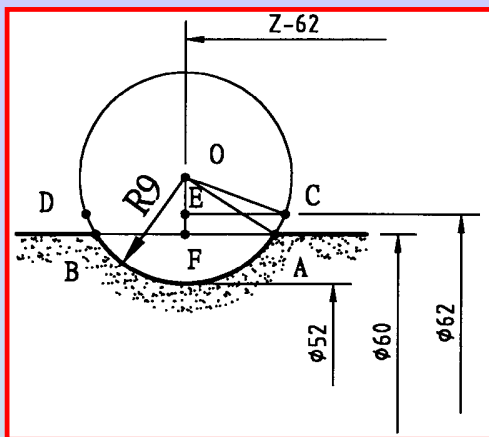
$$D_z = -(50.12 + \overline{BD}) = -52.6$$

得D點座標為：D(60, -52.6)

超連結選項

相關座標計算(二)及螺紋進刀規劃

R9凹圓弧之相關座標計算



•求A點及B點之座標

在 $\triangle AOF$ 中 $\overline{AF} = \sqrt{9^2 - 5^2} = 7.48$

$$\overline{AF} = \overline{BF} = 7.48$$

$$A_Z = -(62 - 7.48) = -54.52$$

A點之座標為：(60 , -54.52)

$$B_Z = -(62 + 7.48) = -69.48$$

B點之座標為：(60 , -69.48)

•求C、D點之座標 (G73之下刀起點及終點)

在 $\triangle BOC$ 中 $\overline{CE} = \sqrt{9^2 - 4^2} = 8.06$

$$\overline{CE} = \overline{DE} = 8.66$$

$$C_Z = -(62 - 8.06) = -53.94$$

C點之座標為：(62 , -53.94)

$$B_Z = -(62 + 8.06) = -70.06$$

D點之座標為：(62 , -70.06)

次數	每次切削量	切削徑 (28.57)
1	0.20	28.17
2	0.18	27.81
3	0.16	27.49
4	0.15	27.19
5	0.12	26.95
6	0.11	26.73
7	0.10	26.53
8	0.07	26.39
9	0.07	26.25
10	0.05	26.15
11	0.04	26.07
總計		1.25

實作練習七之加工程式(一)

【程式內容

```
O0417 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X67. Z0 T0101 M08 ;  
G01 X-1.6 F0.2 ;  
G00 X66. Z2. ;  
G71 U2.5 R1. ;  
G71 P10 Q20 U0.3 W0.1  
F 0.3 ;  
N10 G00 X20.47 ;  
G01 X28.47 Z-2. F0.15 ;  
Z-18. ;  
X32. ;  
Z-23. ;  
X35.75 Z-38. ;  
X56.5 Z-48.37 ;
```

```
G03 X60. Z-52.6 R6. ;  
G01 Z-74. ;  
X63. ;  
N20 X67. W-2 ;  
G00 X75. Z-50. ;  
G73 U3. W0 R4. ;  
G73 P30 Q40 U0.3 W0 F0.3 ;  
N30 G00 X62. Z-53.94 ;  
N40 G02 X62. Z-70.06 R9. ;  
G00 X100. Z80. M09 T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X32. Z0. T0303 ;
```

```
M08 ;  
G01 X-0.8 F0.1 ;  
G00 X20.47 Z2. ;  
G01 X28.47 Z-2.  
F0.15 ;  
Z-18. ;  
X31.2 ;  
X32. W-0.4 ;  
Z-23. ;  
X35.75 Z-38. ;  
X56.5 Z-48.37 ;  
G03 X60. Z-52. 6  
R6. ;  
G01 Z-54. 52 ;
```

超連結選項

實作練習七之加工程式(二)

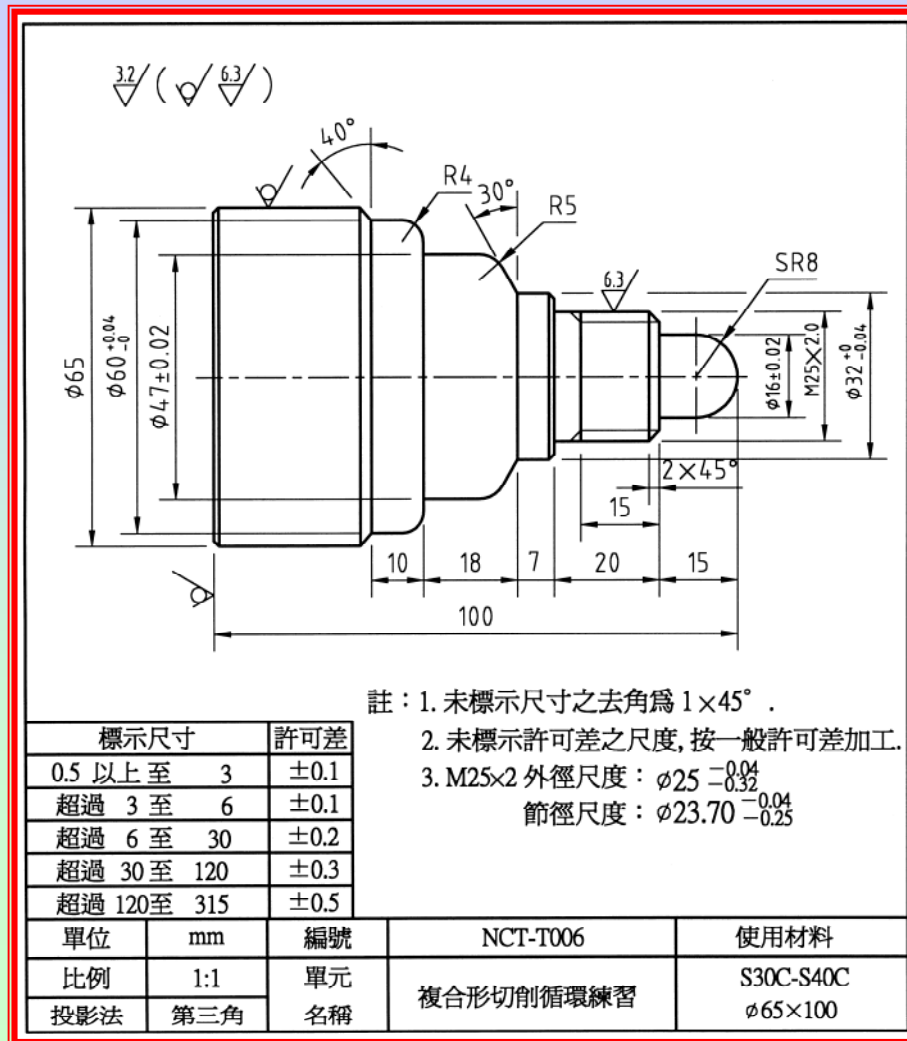
```
G02 X60. Z-69.48 R9. ;  
G01 Z-74. ;  
X63. ;  
X67. W-2. ;  
G00 X100. Z80. M09 T0300 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N3 T0500 ;  
G97 S1000 M03 ;  
G00 X35. Z8. T0505 M08 ;  
G92 X28.17 Z-13. F2.1166 ;  
X27.81 ;  
X27.49 ;  
X27.19 ;  
X26.95 ;  
X26.73 ;
```

```
X26.53 ;  
X26.39 ;  
X26.25 ;  
X26.15 ;  
X26.07 ;  
G28 U0 W0  
G28 U0 W0 M09 T0100 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

超連結選項

自我挑戰

下列圖示之工件，請使用相關機能指令完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。(粗車請以複合形切削循環機能指令)



面倒角切削 (G01) 由X軸至Z軸之面倒角

當工件的直角部位有 45° 之去角時，可用G01之機能指令來編寫程式，它可以用一個單節指令表示該去角之動作，稱為面倒角

【指令格式】

G01 X ___ C \pm ___ F ___ ; (絕對座標模式)

G01 U ___ C \pm ___ F ___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

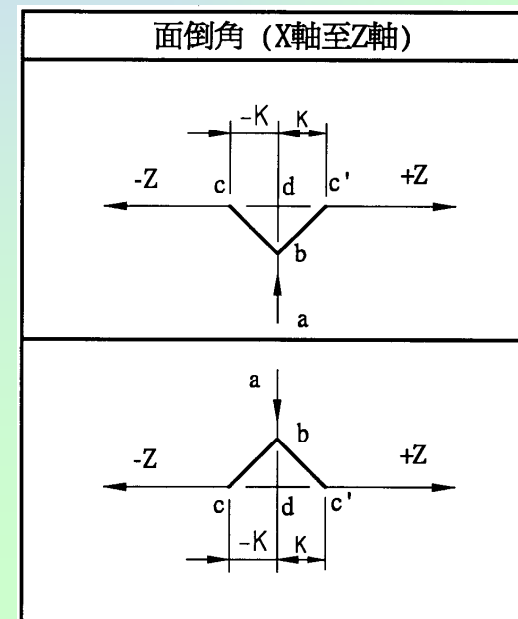
X：兩垂直線之X軸交點座標 (絕對座標)

U：兩垂直線之X軸交點座標 (增量座標)

C： 45° 之去角大小

F：切削進給率

\pm ：兩垂直線之交點往去角終點之方向



面倒角切削(G01)

由Z軸至X軸之面倒角

當工件的直角部位有 45° 之去角時，可用G01之機能指令來編寫程式，它可以用一個單節指令表示該去角之動作，稱為面倒角

【指令格式】

G01 Z ___ C \pm ___ F ___ ; (絕對座標模式)

G01 W ___ C \pm ___ F ___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

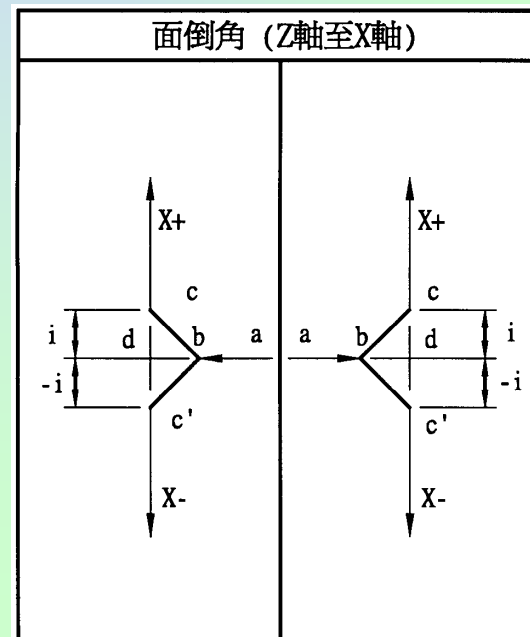
Z：兩垂直線之Z軸交點座標（絕對座標）

W：兩垂直線之Z軸交點座標（增量座標）

C： 45° 之去角大小

F：切削進給率

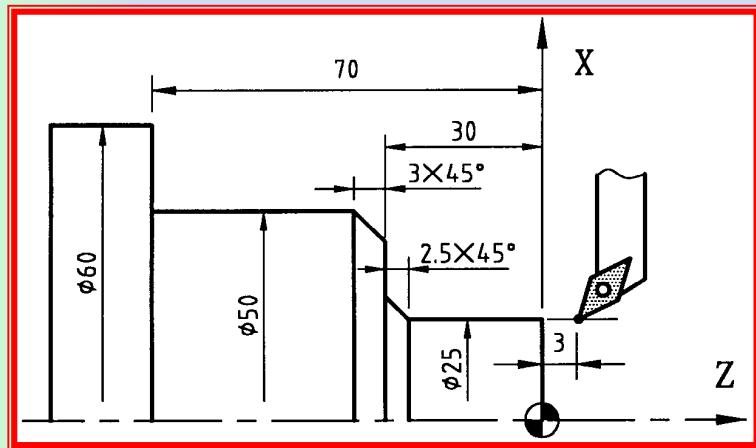
\pm ：兩垂直線之交點往去角終點之方向



面倒角切削程式範例

下列圖所示之工件，請寫出面倒角切削之程式

【程式內容】



```
O0486 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X25. Z3. T0101 M08 ;  
G01 Z-30. C2.5 F0.2 ;  
X50. C-3.0 ;  
Z-70. ;  
X62. ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0100 ;  
M30 ;
```

面圓弧角切削 (G01)

由X軸至Z軸之面圓弧角

當工件的直角部位有相切圓弧角時，可用G01之機能指令來編寫程式，它可以用一個單節指令表示該去角或圓弧角之動作，稱為面圓弧角。

【指令格式】

G01 X ___ R ± ___ F ___ ; (絕對座標模式)

G01 U ___ R ± ___ F ___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

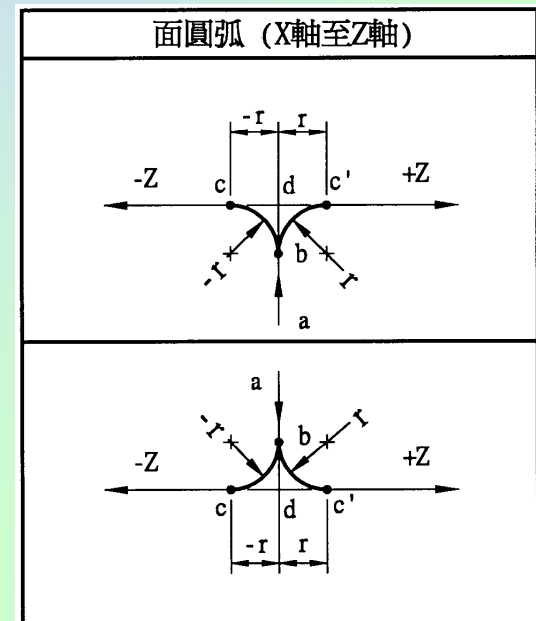
X：兩垂直線之X軸交點座標 (絕對座標)

U：兩垂直線之X軸交點座標 (增量座標)

C：圓弧半徑

F：切削進給率

±：兩垂直線之交點往去角終點之方向



面圓弧角切削 (G01) 由Z軸至X軸之面圓弧角

當工件的直角部位有相切圓弧角時，可用G01之機能指令來編寫程式，它可以用一個單節指令表示該去角或圓弧角之動作，稱為面圓弧角。

【指令格式】

G01 Z ___ R ± ___ F ___ ; (絕對座標模式)

G01 W ___ R ± ___ F ___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

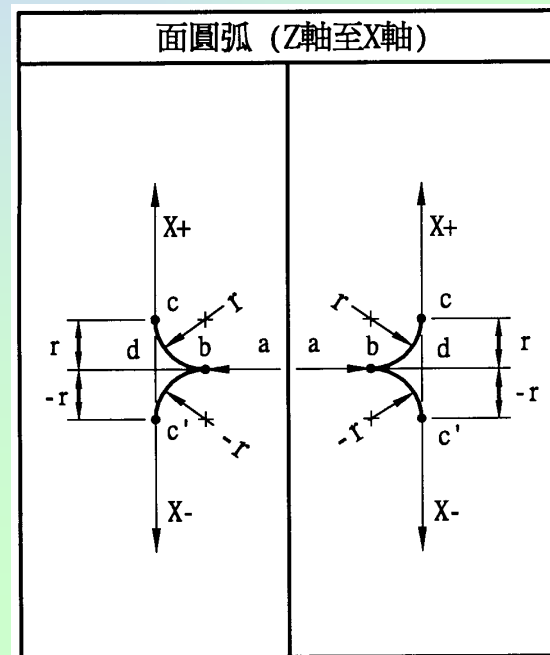
Z : 兩垂直線之Z軸交點座標 (絕對座標)

W : 兩垂直線之Z軸交點座標 (增量座標)

C : 圓弧半徑

F : 切削進給率

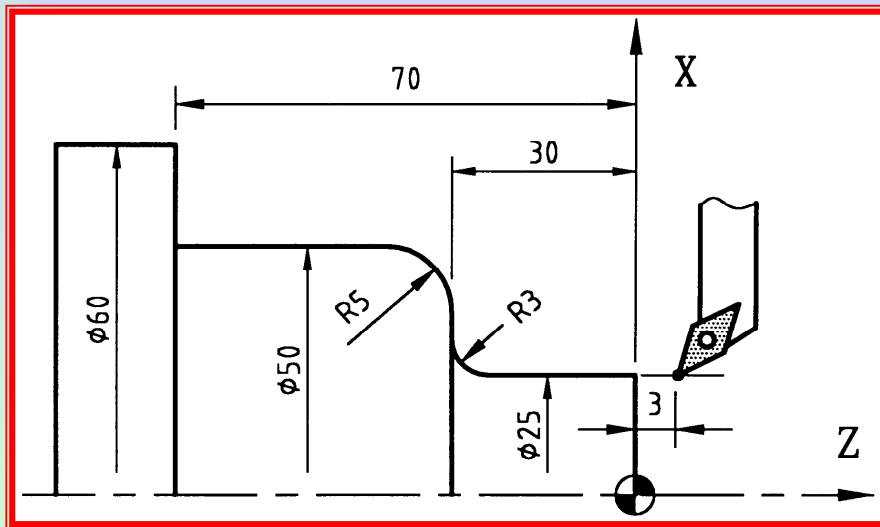
± : 兩垂直線之交點往去角終點之方向



面圓弧角切削程式範例

下列圖所示之工件，請寫出面圓弧角切削之程式

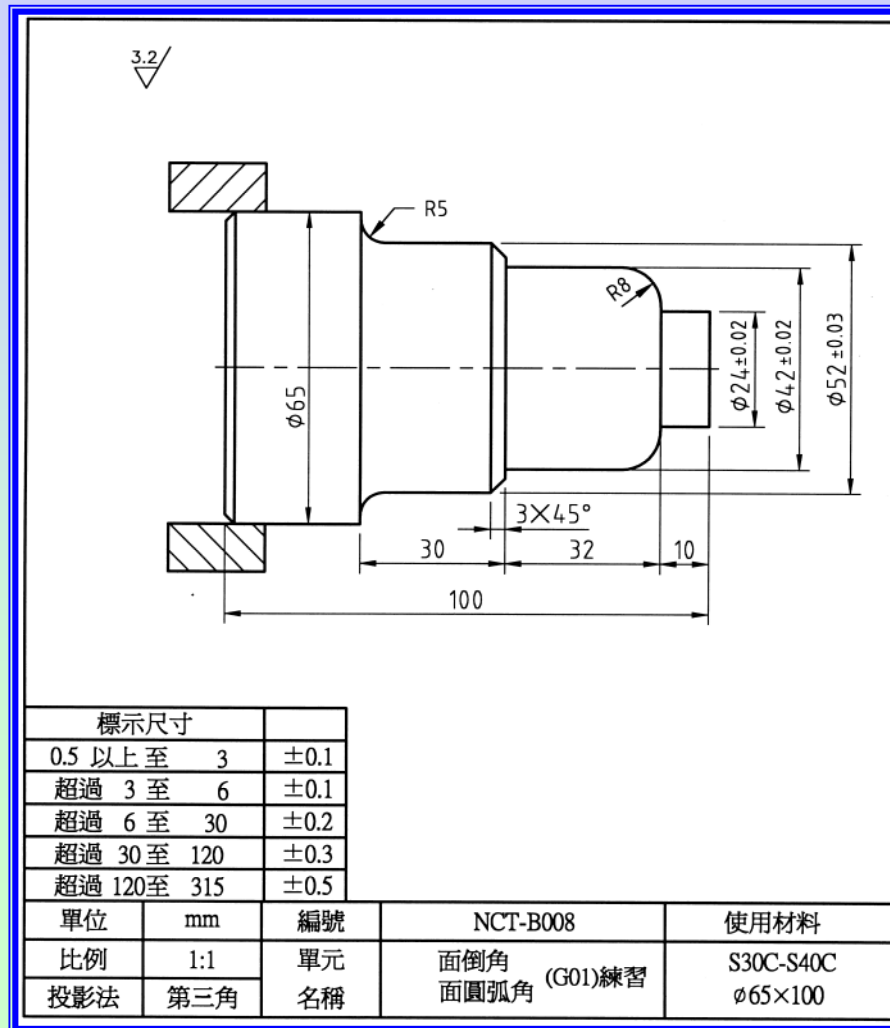
【程式內容】



```
O0486 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X25. Z3. T0101 M08 ;  
G01 Z-30. R3. F0.1 ;  
X50. R-5. ;  
Z-70. ;  
X62. ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0100 ;  
M30 ;
```

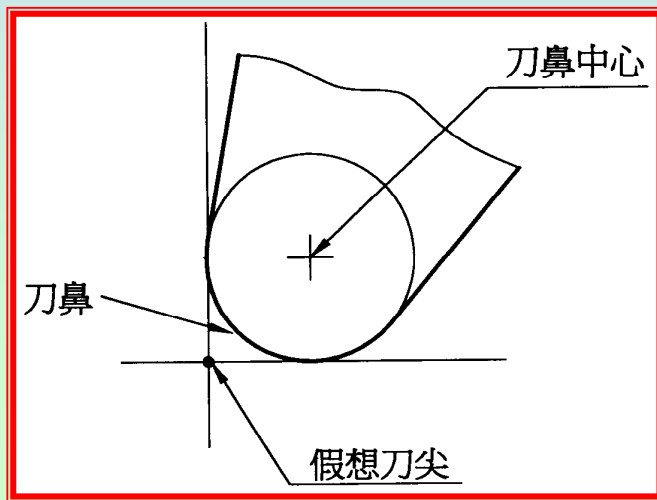
實作練習八

下列圖示之工作，請利用面倒角及面圓弧角機能，分別使用粗車刀及精車刀完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。

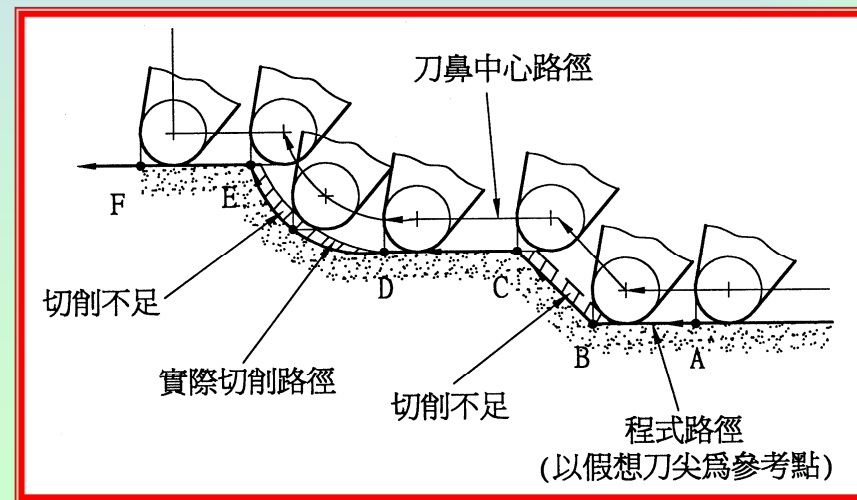


刀鼻半徑補正之意義

- 程式設計時，假想刀尖為刀具之參考點，其加工路徑是由該參考點沿工件輪廓構成，而實際車削作業時，工件尺寸之決定則由刀鼻與工件之接觸點產生。
- 由於假想刀尖與刀鼻間之位差，因此，程式路徑之圖形與實際加工後之工件外型將有若干差異，對於車削圓弧、錐度等形狀之工件，將造成切削不足或過切之現象。
- 爲了消除因刀鼻因素使車削時產生之切削不足或過切現象所採取之措施稱爲刀鼻半徑補正。



刀具之假想刀尖



未作刀鼻半徑補正造成切削不足現象

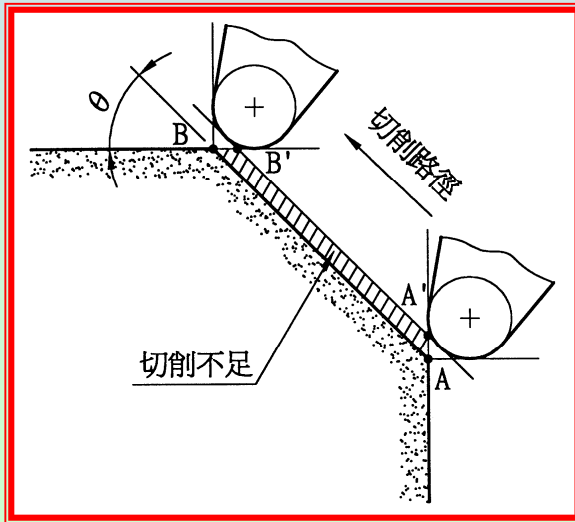
不考慮刀鼻半徑補正因素產生之誤差

錐度或倒角

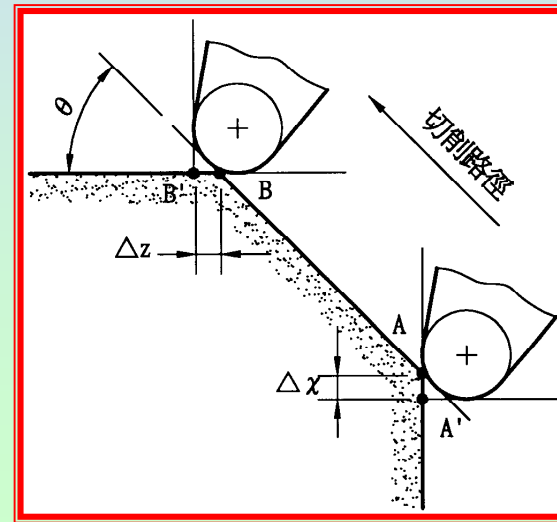
- 車削錐度或倒角時，車削時若不考慮刀鼻半徑補正因素，則將產生切削不足之現象。

- 下圖中當刀具之假想刀尖由A點削至B點時，但實際刀具之刀鼻切削路徑為A'點至B'點，因此，造成斜線部份為切削不足。

- 下圖中之點及點為考慮刀鼻補正後，刀具假想刀尖之位置，而及則為補正量（轉折點座標修正量）。



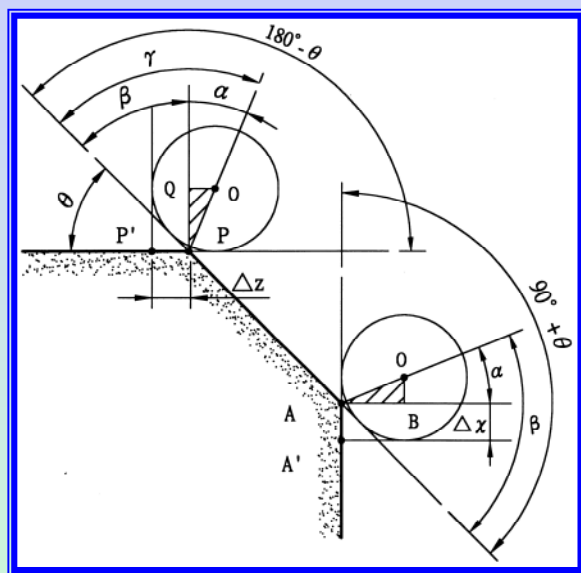
未考慮刀鼻半徑補正造成切削不足



考慮刀鼻半徑補正後之刀具路徑

人工計算刀鼻半徑補正 錐度或倒角

車削錐度或倒角時，考慮刀鼻半徑補正因素，各座標轉折點應予以修正，圖中之 A' 點及 B' 點為考慮刀鼻補正後，刀具假想刀尖之位置，而 ΔX 及 ΔZ 則為補正量（轉折點座標修正量）。



垂線變斜線
座標轉換

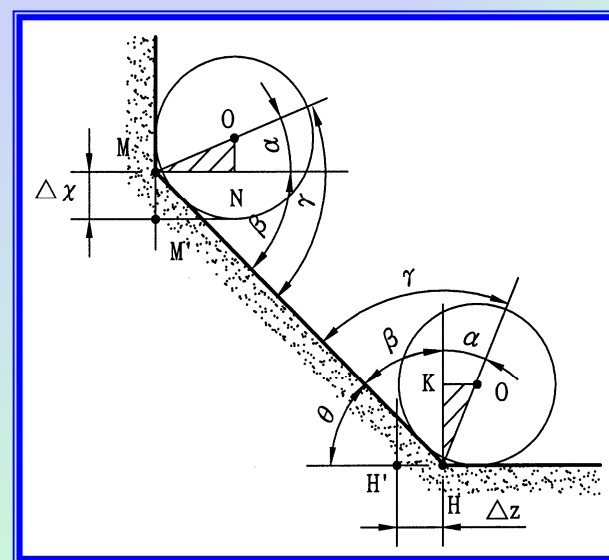
$$\Delta X = R \left(1 - \tan \frac{90^\circ - \theta}{2} \right)$$

$$\Delta Z = 0$$

斜線變水平
線座標轉換

$$\Delta X = 0$$

$$\Delta Z = R \left(1 - \tan \frac{\theta}{2} \right)$$



水平線變斜
線座標轉換

$$\Delta X = 0$$

$$\Delta Z = R \left(1 - \tan \frac{\theta}{2} \right)$$

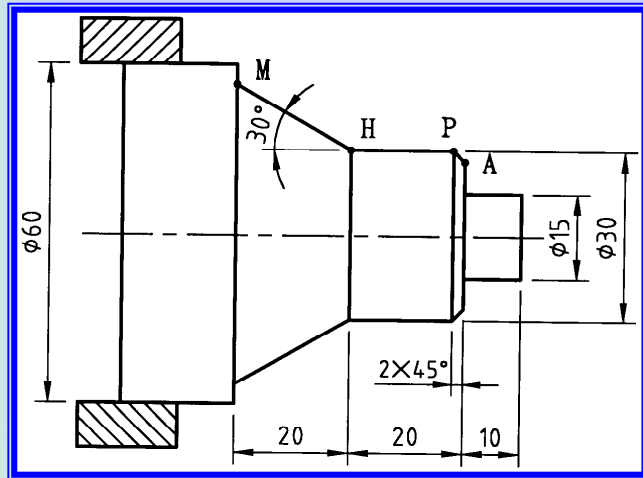
斜線變垂直
線座標轉換

$$\Delta X = R \left(1 - \tan \frac{90^\circ - \theta}{2} \right)$$

$$\Delta Z = 0$$

人工計算刀鼻半徑補正程式範例

如下圖所示之工件，請寫出精車削路徑之程式，並須考慮刀鼻半徑補正。(以人工計算方式)



【程式說明】

- 圖中之座標點A、P、H、M為斜面之轉折點，因此，該座標均須予以執行刀鼻半徑補正
- 修正後之A、P、H、M之座標值分別

A : (26 , -10) \rightarrow (25.532 , -10)

P : (30 , -12) \rightarrow (30 , -12.234)

H : (30 , -30) \rightarrow (30 , -30.293)

M : (53.09 , -50) \rightarrow (52.752 , -50)

【程式內容】

```
O0486 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X15. Z3. T0101 M08 ;  
G01 Z-10. F0.15 ;
```

```
X25.532 ;  
X30. Z-12.234 ;  
Z-30. 293 ;  
X52.752 Z-50. ;
```

```
X65. ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0100 ;  
M30 ;
```

人工計算刀鼻半徑補正

車削90度圓弧

爲了使刀具之刀鼻能車削出正確之圓弧，車削圓弧時應使刀鼻相切於圓弧之起點座標，車削完成後刀鼻相切於圓弧之終點座標，且切削過程中刀鼻保持相切於圓弧之輪廓前進。

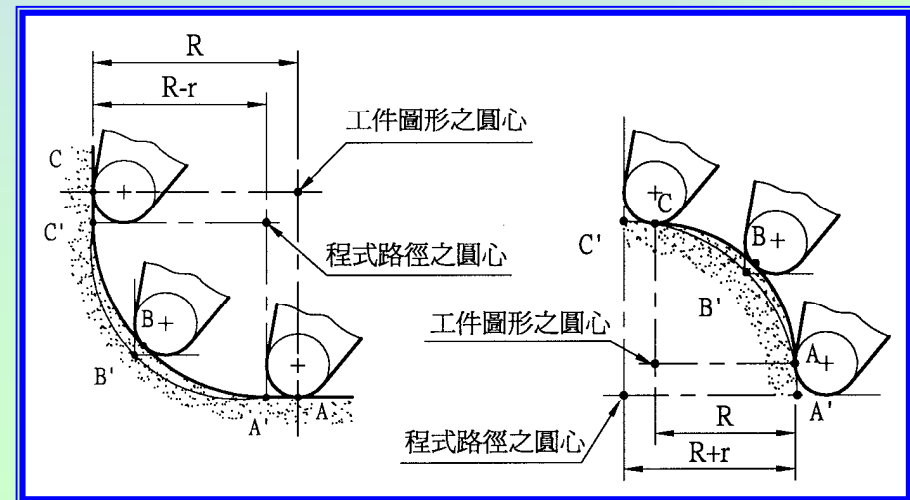
【說明】

- 編寫程式時於圓弧之起點及終點座標應予以修正，其修正量（補正量）分別爲 ΔX 及 ΔZ ，其值恰爲刀鼻之半徑。

- 程式中之R值亦須修正，R值之修正量如下說

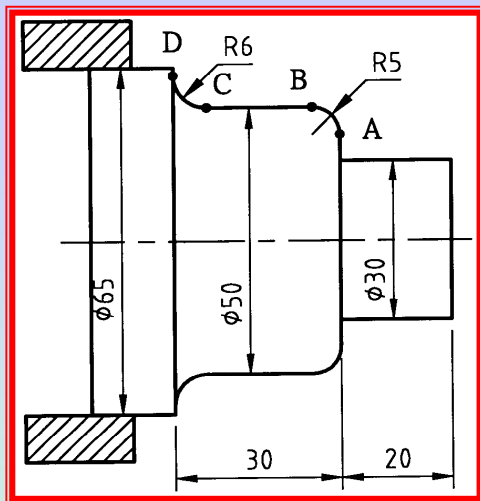
車削凹圓弧時：程式中之R值應以工件圖形之R值（半徑值），減去刀鼻半徑值r，修正後爲 $(R - r)$ 。

車削凸圓弧時：程式中之R值應以工件圖形之R值（半徑值），加上刀鼻半徑值r，修正後爲 $(R + r)$ 。



人工計算刀鼻半徑補正程式範例

如下圖所示之工件，請寫出精車削路徑之程式，並須考慮刀鼻半徑補正。(設刀鼻半徑為0.4)



【程式內容】

```
O0486 ;  
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X30. Z2. T0101 M08 ;  
G01 Z-20. F0.15 ;
```

【程式說明】

•A、B、C、D為圓弧之起點及終點，該座標點須予以修正如下說明：

A : (40 , -20) \rightarrow (39.2 , -20)

B : (50 , -25) \rightarrow (50 , -25.4)

C : (50 , -44) \rightarrow (50 , -44.4)

D : (62 , -50) \rightarrow (61.2 , -50)

•R值須予以修正，修正後分別

為： $R5 \rightarrow R5.4$ $R6 \rightarrow R5.6$

```
X39.2 ;  
G03 X50. Z-25.4 R5.4 ;  
G01 Z-44.4 ;  
G02 X61.2 Z-50. R5.6 ;
```

```
G01 X70. ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0100 ;  
M30 ;
```

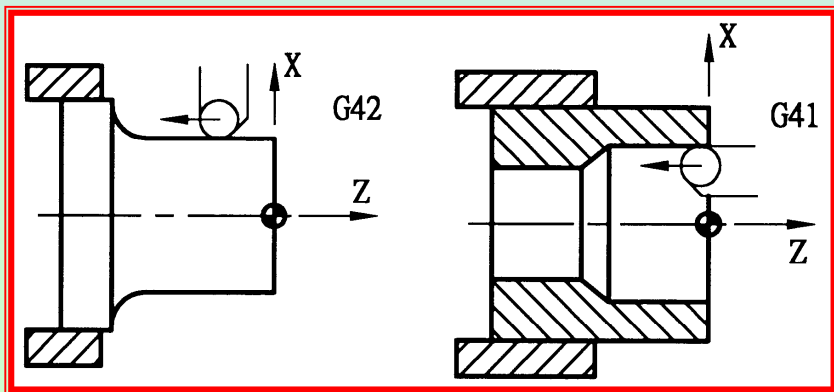
刀鼻半徑補正機能指令(G40、G41、G42)之意義

執行刀鼻半徑補正之方法，除了利用人工計算補正量後再轉換座標之方法外，亦可利用控制系統內之刀鼻半徑補正機能指令

【指令意義】

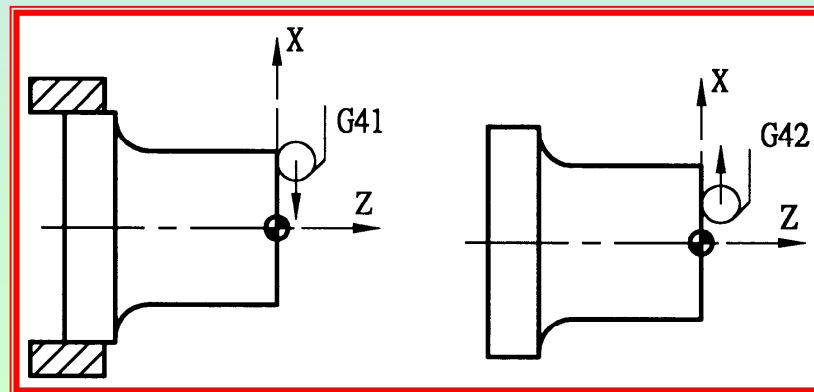
G碼	指令意義	刀具路徑
G40	刀鼻半徑補正取消	刀具依原程式路徑運動
G41	刀鼻半徑偏左補正	刀具沿程式路徑向左偏移一定值運動
G42	刀鼻半徑偏右補正	刀具沿程式路徑向右偏移一定值運動

【指令應用】



車削外徑

車削內徑



車削端面

刀鼻半徑補正及假想刀尖方向之設定

程式執行補正機能時須先在面盤上設定刀鼻半徑及假想刀尖方向，設定時須將MDI/CRT之面盤上按下“OFFSET”補正功能鍵，則螢幕將顯示補正之畫面，如下表所示，並將相關資料輸入。

補正號碼	X X軸補正值	Z Z軸補正值	R 刀鼻半徑 補正值	T 刀尖位置號碼
01	0.040	0.020	0.20	1
02	0.050	0.030	0.25	2
31	0.050	0.015	0.12	6
32	0.030	0.025	0.24	3

假想刀尖位置號碼之判別

假想刀尖位置號碼則依該刀具之假想刀尖與刀鼻圓心之關係位置而異，通常有八種號碼可選擇使用，而0號與9號位置則是假想程式位置點與刀鼻中心重疊，詳細如下圖所示。

號碼	刀鼻方向	號碼	刀鼻方向
4		5	
3		6	
2		7	
1		8	
0 或 9			

刀鼻半徑補正後刀具路徑之變化

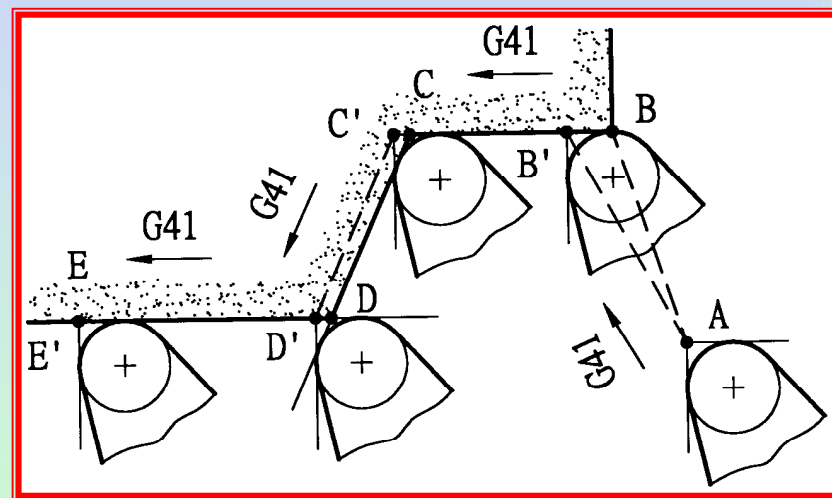
刀鼻半徑補正模式下之刀具路徑

【說明】

•在刀鼻半徑補正機能持續之模式下，其刀鼻將與程式路徑恆保持接觸。

•當該刀鼻運動至座標轉折點時，刀鼻將停留於使刀鼻相切於兩條運動路徑之位置。

•該兩條運動路徑之其中一路徑為目前單節之路徑，另一路徑則為下一單節之路徑。



•如圖示中，以D點座標為例，此時之刀鼻停留位置為相切於二條路徑：“C→D”路徑（目前單節之路徑）及“D→E”路徑（下一單節路徑）。因此，刀具之假想刀尖為 D'。

刀鼻半徑補正後刀具路徑之變化

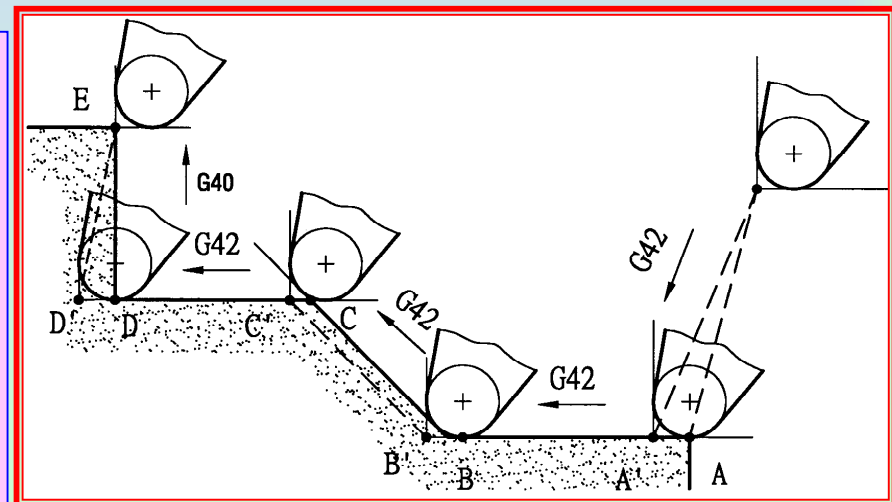
刀鼻半徑補正取消單節之刀具路徑

【說明】

- 在插入刀鼻補正取消機能指令G40之單節中，程式是由補正模式變成無補正模式。

- 補正模式下最後一單節座標D點發生變化（補正消除插入單節之前一單節座標）

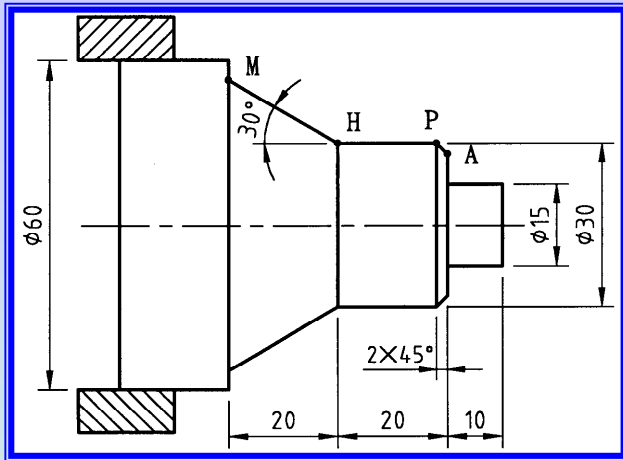
- D點改變為D'點，D'點之位置為：刀鼻沿著原來切削路徑偏右且相切於補正模式下最後一單節座標D點，其圓心連線並垂直該單節之運動路徑(C→D之路徑)



- 此時之假想刀尖座標為D'，由圖中可看出已產生過切現象。

刀鼻半徑補正(G40、G41、G42)程式範例

如下圖所示之工件，請寫出精車削路徑之程式，並考慮刀鼻半徑補正（以刀鼻半徑補正機能完成）



【程式內容】

O0486 ;

N1 G50 S2500 ;

T0100 ;

G96 S130 M03 ;

G42 G00 X15. Z2. T0101 M08 ;

本單節插入補正指令G42，設刀鼻
 $r = 0.4$ 座標變化為：(X15, Z1.6)

G01 Z-10. F0.15 ;座標未有變化，仍為
(X15, Z-10)

X26. ; 座標變化為：(X25.532, Z-10)

X30. Z-12. ; (X30, Z-12.234)

Z-30. ; 座標變化為：(X30, Z-30.293)

X53.09 Z-50. ; (X52.752, Z-50)

X70. ; 座標變化為：(X69.2, Z-50)

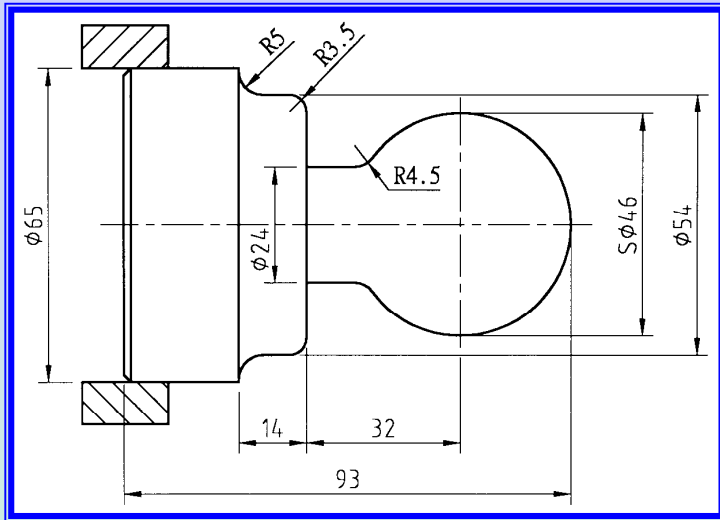
G00 G40 X150. Z80. ;

M05 ;

M30 ;

刀鼻半徑補正(G40、G41、G42)程式範例

如下圖所示之工件，請分別使用粗車刀及精車刀寫出車削路徑之程式，並考慮刀鼻半徑補正（以刀鼻半徑補正機能完成）



【程式說明】

- 先將圓球之頸部填滿，利用G71循環指令粗車完成半圓球之輪廓。
- 以G01直線切削指令粗車圓球之頸部。（車削頸部須使用35度刀具，以免產生干涉）
- 設頸部每刀之切削深度為，則須分七刀完成，其每刀之下刀點分別為(A~G)，另與圓球之切點座標分別為P、Q點。

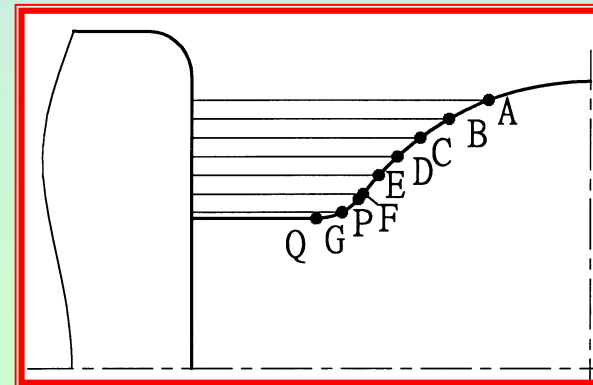
A : (X43 , Z-31.17) F : (X28 , Z-41.24)

B : (X40 , Z-34.36) G : (X25 , Z-45)

C : (X37 , Z-36.67) P : (X27.6 , Z-41.4)

D : (X34 , Z-38.49) Q : (X24 , Z-45)

E : (X31 , Z-39.99)



超連結選項

程式一 程式三

刀鼻半徑補正(G40、G41、G42)程式範例

【程式內容】

```
N1 G50 S2500 ;  
T0100 ;  
G96 S130 M03 ;  
G00 X67. Z0 T0101 M08 ;  
G01 X-1.6 F0.2 ;  
G00 X66. Z2. ;  
G71 U2.5 R1. ;  
G71 P10 Q20 U0.3 W0.1  
F0.3 ;  
N10 G00 X0 ;  
G42 G01 Z0 ;  
G03 X46. Z-23. R23. ;  
G01 Z-55. ;  
X47. ;  
G03 X54. W-3.5 R3.5 ;
```

```
G01 Z-64. ;  
G02 X64. W-5. R5. ;  
G01 X67. ;  
N20 G40 ;  
G00 X53. Z-28.17 ;  
G42 X49. ;  
G01 X43. Z-31.17  
F0.2 ;  
Z-55. ;  
X50. ;  
G00 Z-31.36 ;  
X46.  
G01 X40. Z-34.36 ;  
Z-55. ;  
X47. ;  
G00 Z-33.67 ;
```

```
X43. ;  
G01 X37. Z-36.67 ;  
Z-55. ;  
X44. ;  
G00 Z-35.49 ;  
X40.  
G01 X34. Z-38.49 ;  
Z-55. ;  
X41. ;  
G00 Z-36.99 ;  
X37.  
G01 X31. Z-39.99 ;  
Z-55. ;  
X38. ;
```

超連結選項

工作圖 程式二

刀鼻半徑補正(G40、G41、G42)程式範例

【程式內容】

```
G00 Z-38.42 ;  
X34.  
G01 X28. Z-41.24 ;  
Z-55. ;  
X35. ;  
G00 Z-42. ;  
X31.  
G01 X25. Z-45. ;  
Z-55. ;  
X50. ;  
G00 G40 Z-23.  
G01 G42 X46. T0102 ;  
G03 X27.6 Z-41.4 R23. ;  
G02 X24. Z-45. R4.5 ;
```

```
G01 Z-55. ;  
X58. ;  
G00 G40 Z2. ;  
G00 X100. Z80. M09  
T0100 ;  
M05 ;  
M01 ;  
N2 G50 S2500 ;  
T0300 ;  
G96 S160 M03 ;  
G00 X0 Z2. T0303  
M08 ;  
G01 G42 Z0 F0.15 ;  
G03 X27.6 Z-41.4  
R23. ;  
G02 X24. Z-45. R4.5 ;
```

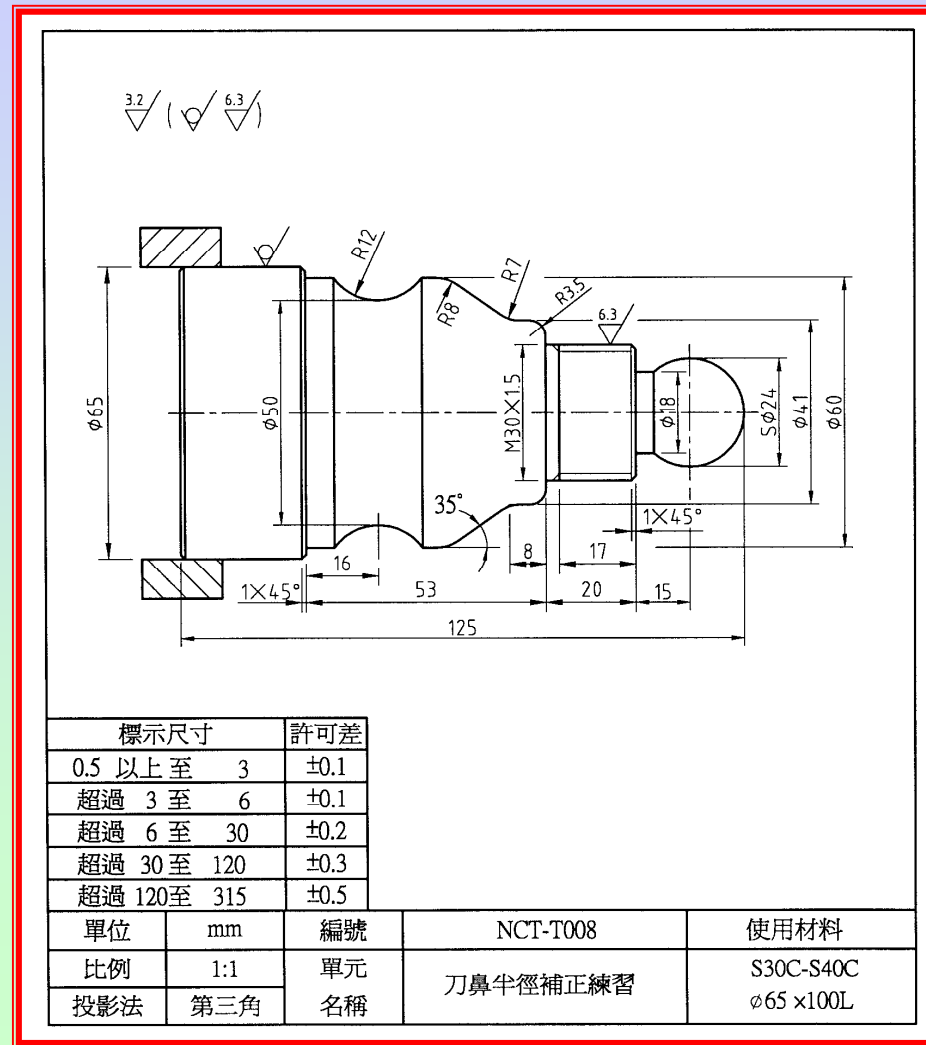
```
G01 Z-55. ;  
X47. ;  
G03 X54. W-3.5  
R3.5 ;  
G01 Z-64. ;  
G02 X64. W-5.  
R5. ;  
G01 X68. ;  
G40 Z2. ;  
G00 X100. Z80.  
M09 T0100 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

超連結選項

工作圖 程式一

自我挑戰

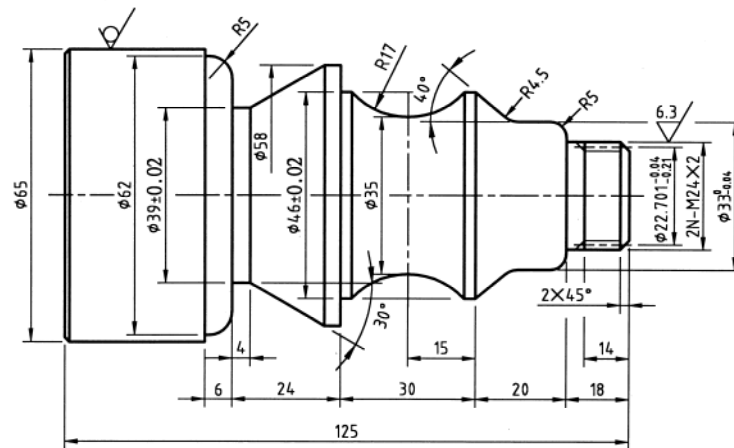
下列圖所示之工件，請使用相關機能指令完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。(須考慮刀鼻半徑因素)。



自我挑戰

下列圖所示之工件，請使用相關機能指令完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。(須考慮刀鼻半徑因素)。

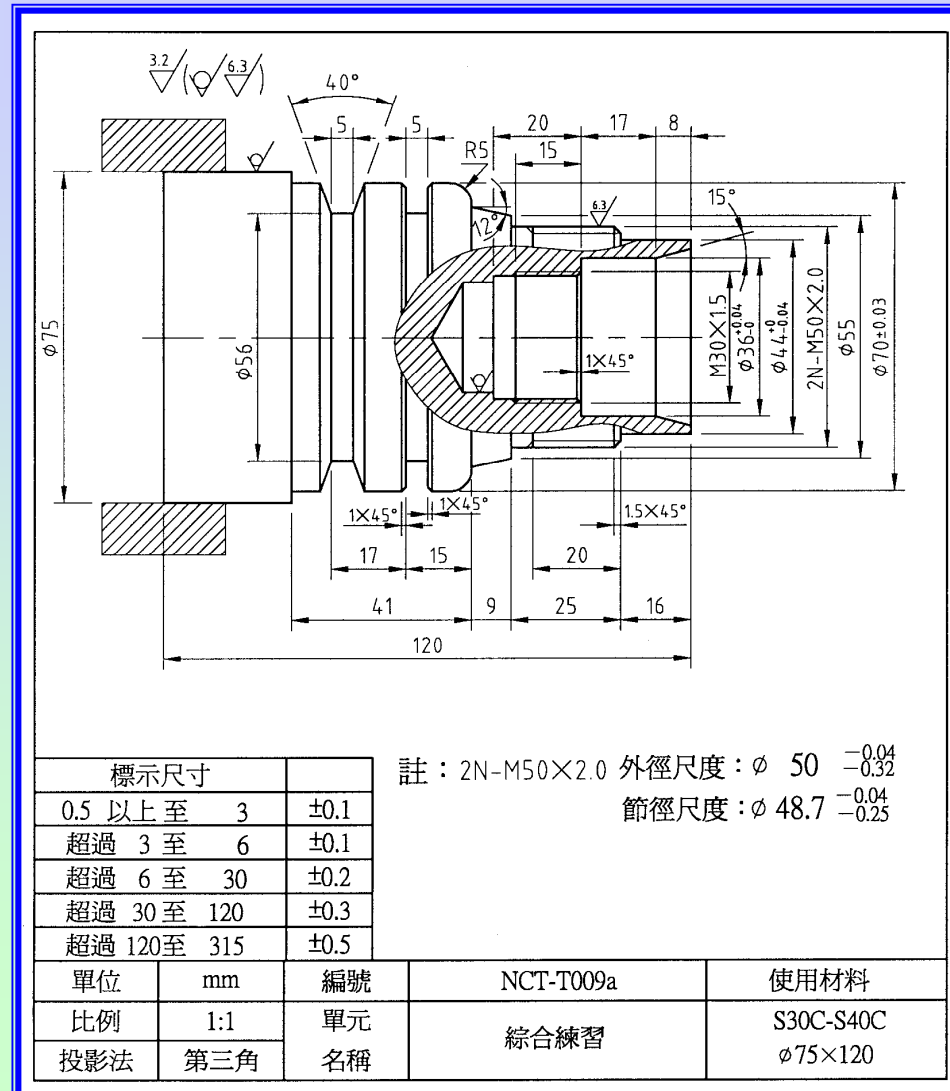
$\frac{3.2}{\sqrt{}} \left(\frac{\sqrt{}}{\sqrt{}} \frac{6.3}{\sqrt{}} \right)$



標示尺寸		許可差	
0.5 以上至	3	±0.1	
超過 3 至	6	±0.1	
超過 6 至	30	±0.2	
超過 30 至	120	±0.3	
超過 120 至	315	±0.5	
單位	mm	編號	NCT-T009
比例	1:1	單元名稱	刀鼻半徑補正練習
投影法	第三角	使用材料	S30C-S40C φ65×125

自我挑戰

下列圖示之工件，請使用相關機能指令完成加工程式，並在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



副程式 (M98、M99)

主程式內有些特定的加工指令動作經常一次以上被重複用時，這些特定加工指令動作，可單獨形成另一個程式，稱為副程式。

【指令格式】

`M98 P XXXXXXXX`

【格式說】

- **說明** M98為呼叫副程式

PXXX XXXX

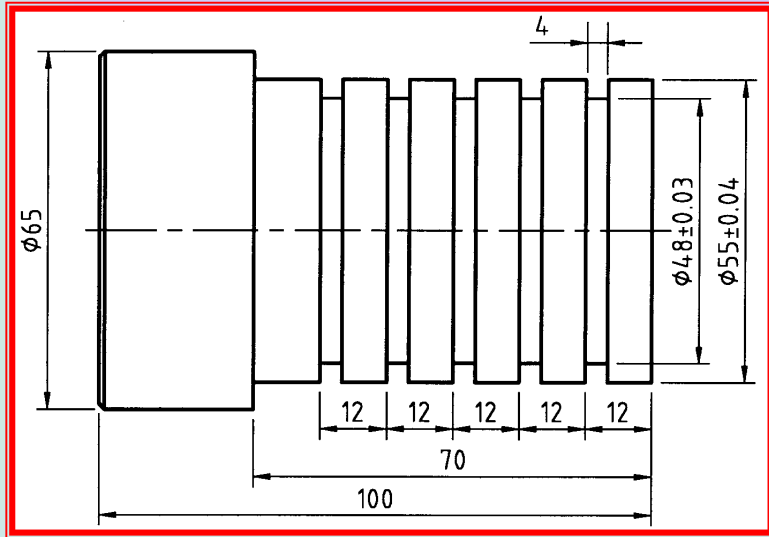
被呼叫的副程式號碼，四位數

副程式的重複執行次數，最多可重複呼叫999次。

- 重複呼叫執行次數省略時，視為一次。P後面的位數不足7位時，以最後面4位數決定副程式號碼，其餘位數決定重複執行次數。
- 副程式結束指令為“M99”

副程式(M98、M99)程式範例

下圖所示之工件，請利用副程式指令，切削五個 $\phi 48 \times 4$ 之槽徑



【副程式】

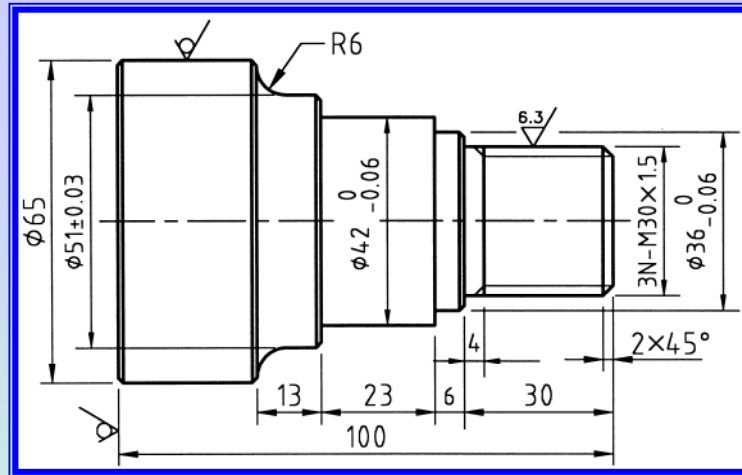
```
O1001 ;  
G00 W-12. ;  
G01 X48. F0.05 M08 ;  
G04 U0.2 ;  
G00 X57. M09 ;  
M99 ;
```

【主程式】

```
O4133 ;  
N1 T0300 ;  
G97 S800 M03 ;  
G00 X57. Z0. T0303 ;  
M98 P005 1001 ;  
G00 X100. Z80. T0300 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

副程式(M98、M99)程式範例

下圖所示之工件，為三線螺紋之工件，請利用副程式指令，寫出切削3N-M30×1.5之多頭螺紋。



【主程式】

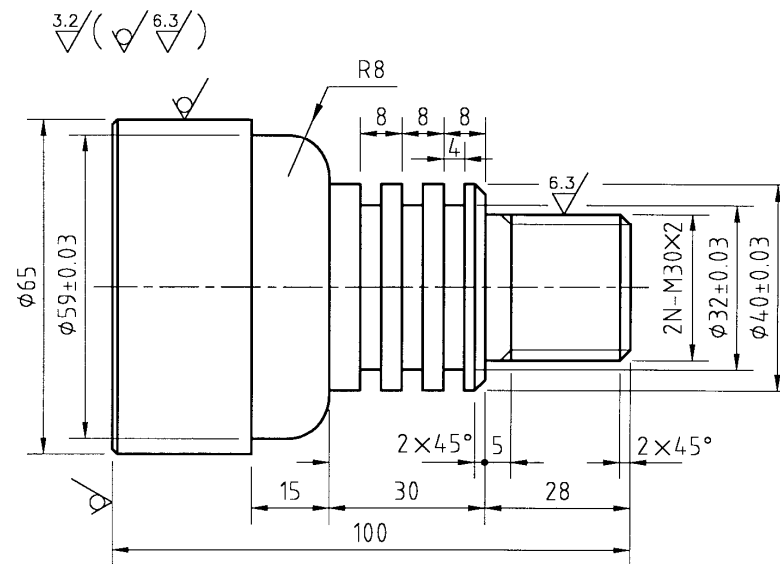
```
O4134 ;  
N1 T0500 ;  
G97 S500 M03 ;  
G00 X35. Z10. T0505 M08 ;  
M98 P0030002 ;  
G00 X100. Z80. M09 ;  
M05 ;  
M30 ;
```

【副程式】

```
O0002 ;  
G92 X29.52 Z-26. F4.5 ;  
X29.08  
X28.70 ;  
X28.38 ;  
X28.10 ;  
X28.05 ;  
G01 W-1.5 F0.5 ;  
M99 ;
```

實作練習九

下列圖所示之工件，請利用副程式指令，完成三個槽及雙頭螺紋切削，並分別使用粗車刀及精車刀完成外徑加工程式後，在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



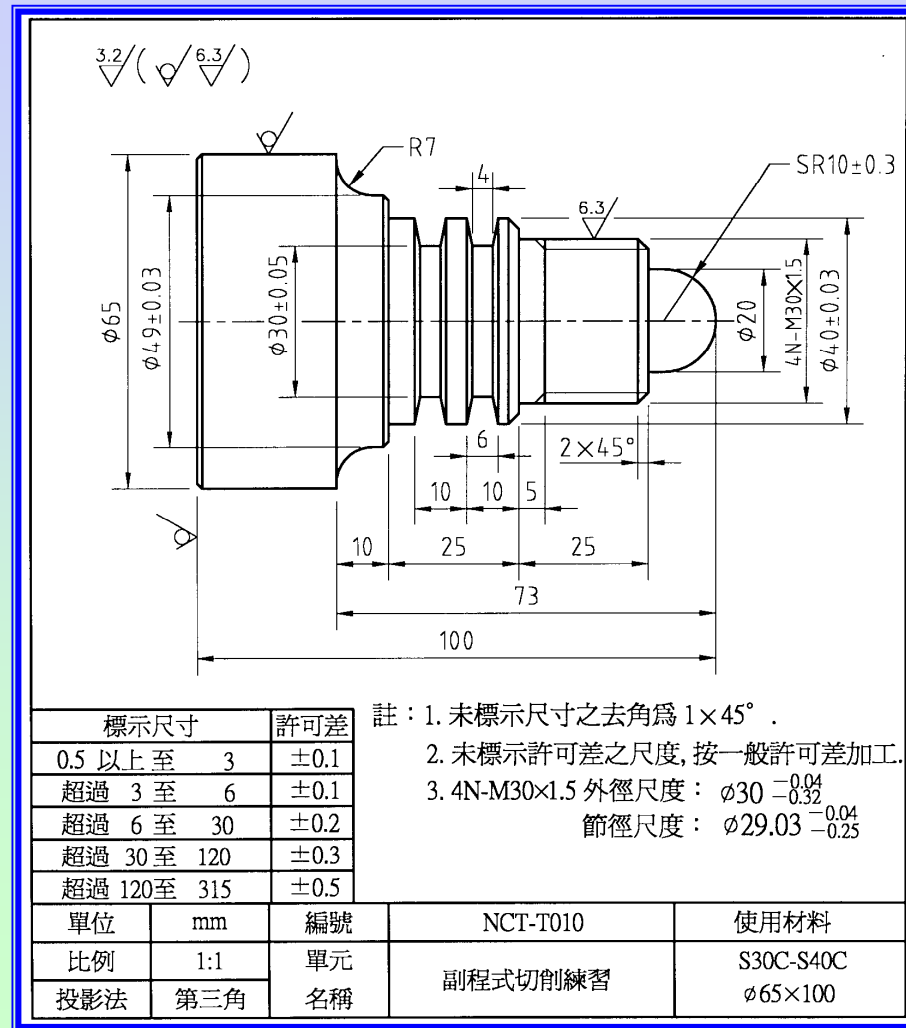
- 註：1. 未標示尺寸之去角為 $1 \times 45^\circ$.
 2. 未標示許可差之尺度, 按一般許可差加工.
 3. 2N-M30x2 外徑尺度： $\phi 30 \begin{smallmatrix} -0.04 \\ -0.32 \end{smallmatrix}$
 節徑尺度： $\phi 28.70 \begin{smallmatrix} -0.04 \\ -0.25 \end{smallmatrix}$
 4. 2N-M30 x2 及 $\phi 2 \times 4$ 之切槽，分別用不同之副程式

標示尺寸	許可差
0.5 以上至 3	± 0.1
超過 3 至 6	± 0.1
超過 6 至 30	± 0.2
超過 30 至 120	± 0.3
超過 120 至 315	± 0.5

單位	mm	編號	NCT-B009	使用材料
比例	1:1	單元	多頭螺紋，切槽	S30C-S40C
投影法	第三角	名稱	副程式切削練習	$\phi 65 \times 100$

自我挑戰

下列圖所示之工件，請利用副程式指令，完成V槽及四線螺紋切削，並分別使用粗車刀及精車刀完成外徑加工程式後，在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



可程式補正值輸入 (G10)

應用於工件平移值之設定補正

【指令格

式 G10 P 0 X ____ Z ____ ; (絕對座標模式)

G10 P 0 U ____ W ____ ; (增量座標模式)

【格式說明】

- P 0 : 用於工件平移值設定之補正號碼
- X : X軸向補正量 (絕對值)
- Z : Z軸向補正量 (絕對值)
- U : X軸向補正量 (增量值)
- W : Z軸向補正量 (增量值)

可程式補正值輸入(G10)範例

【範例】

```
G10 P0 X20. Z50. ;
```

【說

明】是採用絕對值輸入之工件平移補正值，表示工件平移 (Work Shift) 畫面之平移值 X20.000 , Z50.000。如下列畫面所

示：

工件平移			O0100 N0100
	(平移值)		(設定值)
X	20.000	X	0.000
Z	50.000	Z	0.000
現在位置 (相對座標)			
U	0.000	W	0.000
數值		S	0 T
	EDIT		
摩耗	形狀	工件移	MACRO

可程式補正值輸入(G10)範例

【範例】

若延續上題程式，再輸入下列

```
G10 P0 U-10. W-15. ;
```

【說明】

程式：

• 工件平移之平移值採增量值計算
即新的平移值增量值輸入之平移補正值原來的平移值

$$X = -10.0 + 20.0 = 10.0$$

$$Z = -15.0 + 50.0 = 35.0$$

如下列畫面所示：

工件平移		O0100	N0100
	(平移值)		(設定值)
X	10.000	X	0.000
Z	35.000	Z	0.000
現在位置 (相對座標)			
U	0.000	W	0.000
數值		S	0 T
	EDIT		
摩耗	形狀	工件移	MACRO

可程式補正值輸入 (G10)

應用於刀鼻半徑或工件直徑及長度補正

【指令格

G10 P___ X___ Z___ R___ Q___ ; (絕對座標模式)

【格式說

• **G10**：可程式補正值輸入指令

• **P**：補正號碼 (幾何補正量：P=10000+幾何補正號碼)

例：P10001表示1號幾何補正 (即G offset 01)

• **X**：X軸向補正量 (絕對值)

• **Z**：Z軸向補正量 (絕對值)

• **R**：刀鼻半徑補正量 (絕對值)

• **Q**：假想刀尖號碼

可程式補正值輸入(G10)範例

【範例】

```
G10 P10002 X0.3 Z0.1 R0.8 Q3 ;
```

【說

- **明用**絕對值輸入G10補正量，為新的補正值替代原來之補正值。

表示在G offset 02輸入補正值

X = 0.3 , Z = 0.1 , R = 0.8 , T = 3

如下列畫面所示：

工具補正 / 形狀 番號	X	Z	R	T
G 01	0.000	0.000	0.000	0
G 02	0.300	0.100	0.800	3
G 03	0.000	0.000	0.000	0
G 04	0.000	0.000	0.000	0
G 05	0.000	0.000	0.000	0
G 06	0.000	0.000	0.000	0
G 07	0.000	0.000	0.000	0
G 08	0.000	0.000	0.000	0
現在位置 (相對座標)				
U	0.000	W	0.000	
ADRS.		S	0	T
MDI				
摩耗	形狀	工件移	MARCO	

可程式補正值輸入 (G10)

應用於刀鼻半徑或工件直徑及長度補正

【指令格式】

G10 P___ U___ W___ C___ Q___ ; (增量座標模式)

【格式說明】

- G10：可程式補正值輸入指令
- P：補正號碼 (磨耗補正量：P=磨耗補正號碼)

例：P5表示5號磨耗補正 (即W offset 05)

- U：X軸向補正量 (增量值)
- W：Z軸向補正量 (增量值)
- C：刀鼻半徑補正量 (增量值)
- Q：假想刀尖號碼

可程式補正值輸入(G10)範例

【範例】

G10 P3 U0.5 W0.2 C0.8 Q3 ;

【說

- 表示在W offset 03輸入補正值 (3號磨耗補正)

X比原補正值增加0.5

Z比原補正值增加0.2

R比原補正值增加0.8

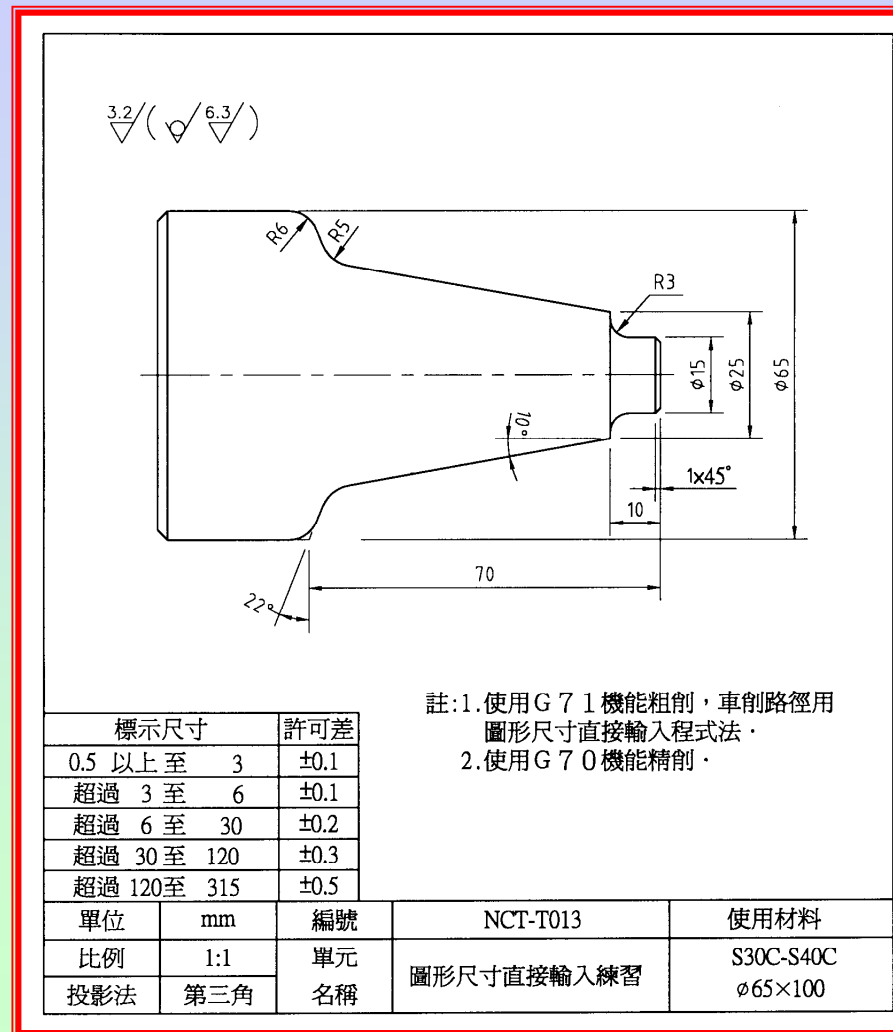
T=3取代原來之T值。

- 如果原來之畫面W03之X、Z、R、T皆為零，則如下列畫面：

工具補正 / 形狀 番號	X	Z	R	T
W 01	0.000	0.000	0.000	0
W 02	0.000	0.000	0.000	0
W 03	0.500	0.200	0.800	3
W 04	0.000	0.000	0.000	0
W 05	0.000	0.000	0.000	0
W 06	0.000	0.000	0.000	0
W 07	0.000	0.000	0.000	0
W 08	0.000	0.000	0.000	0
現在位置 (相對座標)				
U	0.000	W	0.000	
ADRS.		S	0	T
MDI				
摩耗	形狀	工件移	MARCO	

自我挑戰

下列圖示之工件，請使用圖形尺寸直接輸入程式指令，配合G70、G71機能，並分別使用粗車刀及精車刀完成外形加工程式後，在老師安排下選用一部數控車床實際加工完成圖示之工件。



習題(一)

- 1.請簡述電腦數值控制車床之加工程式中，其機能指令之分類。
- 2.何謂主軸最高轉速機能？為何須使用此機能？
- 3.請說明下列能指令之意義
G50 G96 G97 M00 M01 M03 M05 M08 M09 M30
- 4.請簡要說明程式設計時常用之參考點 (Reference point) 有那些？
- 5.請說明直徑指令與半徑指令 (Diameter and radius programming) 之意義。
- 6.請說明絕對座標 (Absolute positioning) 與增量座標 之意義。
- 7.請說明錐度之功用及其分類。
- 8.何謂原點復歸 (Reference point return)？其功用為何？
- 9.請說明快速定位機能指令G00之意義及其特性。
- 10.請說明自動原點復歸機能指令G28之意義及使用要領。
- 11.執行圓弧切削機能指令時，程式中須提供那些資料？
- 12.請寫出圓弧切削指令 (G02/G03) 其IJK方式及R方式之指令格式。

習題(二)

13. 下列螺紋符號代表何意義？

(1) 1/2-12UNC-2A (3) M20×2.0-5g6g

(2) 3/4-16UNF-1A (4) 2N-M25×1.5-6H

14. 請寫出G90切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

15. 請寫出G94切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

16. 請寫出G92切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

17. 請寫出G71切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

18. 請寫出G72切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

19. 請寫出G73切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

20. 請寫出G74切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

21. 請寫出G75切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

22. 請寫出G76切削循環機能之指令格式，並繪圖說明其刀具路徑。

23. 請說明刀鼻半徑補正機能指令 (G40、G41、G42) 之意義。

24. 請編寫本章中自我挑戰課題之加工程式。