

# NC 程式教學

講師：林育洲

TEL:0920355536  
yclinrobert@yahoo.com.tw

# 課程大綱

- 座標系統
- G M CODE 介紹
- 刀具徑、長補正之使用
- 固定循環
- 切削條件
- 變數使用簡介

# 何謂數值控制？

電子工業協會（EIA）對數值控制的定義：「系統的一系列動作是透過輸入的數值資料來控制，並至少對資料的一部份作自動插補。」

數值控制可視為一種多功能的可程式自動化形式，即藉由字元、數字、符號等組成的一系列指令碼來控制機器各種動作。這些指令碼被轉成脈衝及 ON/OFF 等兩種電子控制訊號，脈衝輸出訊號是作主軸與加工件的定位及進給速度控制，ON/OFF 輸出訊號則執行以下功能：

- （1）控制主軸旋轉速度及方向
- （2）控制切削液開關
- （3）切削刀具的選擇
- （4）其它（如暫停、選擇性暫停、自動夾持及鬆開）。

# NC 沿革

數值控制的概念在 1725 年便肇始於英國，當時英國人用系統化的沖孔卡控制針織機器編織布料圖樣。在 1808 年，Joseph M. Jacquard 則在織布機上，運用沖孔的薄板金屬卡自動控制編織圖樣，其織針是否動作是依金屬卡上相對應位置孔之有無而作動。

大約 1863 年，M. Fourne-aux 利用空氣通過直徑 4.5 英吋穿孔紙鼓，使已編定的順序程式靈巧的控制鍵盤機構作動而發明自動彈奏鋼琴。1912 年紐約的 Emmanuel Scheyer 利用打孔紙帶控制的小型自動機器剪切布料，並宣稱所發明的裝置可以輕易的控制各種不同型式的機器，包括多軸機器。192 年瑞典的 Max Schenker 發明自動車床，他利用打孔卡儲存資料，且可同時控制進給方向與速度。

# NC 沿革

1947 年，在密西根 Traverse City，Parsons 公司的 John Parsons 開始嘗試利用三軸曲率資料控制機器動作，以切削加工複雜的飛機機身元件。

1948 年 11 月，他利用數學運算法則為空軍成功的示範路徑切削

1949 年 6 月獲得美國空軍 \$200,000 美元，為期 21 個月研製可自動作路徑切削加工機器的合約。

1951 年，麻省理工學院從空軍獲得發展研製世界第一台數值控制工具機（即 Cincinnati Hydrotel 立式銑床）的主合約

1952 年，完成了以電子真空管架構比機器主體還大的機器控制單元（MCU），它讀進打孔帶二進位碼的加工資料，利用線性插補方法產生三軸移動

1955 年數值控制副委員會（Numerical Control Subcommittee）經太空工業協會（Aerospace Industry Association, AIA）的飛機結構製造設備委員會（Airframe Manufacture Equipment Committee）重新改組以發展 NC 系統，此副委員曾對空軍作成兩項建議：近代的工具機勢必要裝置數值控制及建立標準的 NC 系統。空軍因此撥予 \$ 35,000,000 美元製造 100 台 NC 銑床用以製造飛機及飛彈元件

# 程式語言發展

1954 年麻省理工學院（MIT）致力於 NC 程式語言的電腦化而發展出程式自動編輯工具（Automatically Programmed Tool, APT）。APT 用一群符號語言在電腦上定義工件的幾何形狀及刀具路徑

1958 年麻省理工學院發表 APT II，這是在 IBM 704 執行的進階版本

1961 年發表功能更強的 APT III 程式語言，此時伊利諾斯技術研究院（Illinois Institute of Technology Research Institute, IITRI）獲得太空工業協會

（AIA）的獎助致力於 APTIII 語言的發展與維護，將 APTIII 系統擴充使其具有定義複雜加工曲面的能力而成 APT IV，因而 APT 成為加工複雜工件的 NC 標準程式語言，更是今日電腦輔助設計 / 電腦輔助製造（Computer-Aided Design/Computer-Aided Manufacturing, CAD/CAM）的根基。

# 數值控制工具機的構造

(一) 數控系統：此為數控工具機之核心，由讀帶機或標準介面、鍵盤輸入程式，可記憶在磁泡記憶體 ( bubble memory ) 在經 CPU ( Central Processing Unit ) 的判斷運算比較，由此系統發出命令驅動伺服馬達做旋轉來帶動機構系統，並能接收量度系統的信號來比較做修正。

(二) 伺服系統：此系統為接受數控系統的命令來做放大及驅動，其包括伺服馬達、伺服放大器、液壓驅動器……等。

(三) 機構系統：為工具機之主體，如基價、基座、主軸、軸承、齒輪係、滾珠導螺桿、儲刀倉、工作臺、刀具交換器……等。此機構由伺服系統來驅動。

(四) 量度系統：又稱回饋系統 ( feedback system )，主要為量測刀具或床台之移動了多少距離，提供給數控系統作為判斷比較預期移動距離是否執行完畢，若還沒有執行完畢則再繼續移動，其組件如光學尺 ( optical scale )、迴轉式脈衝產生器 ( rotary pulse generator ) 線性脈衝產生器 ( linear pulse generator ) ……等。

# 程式的組成

程式頭

```
%  
O0201  
(D80 FACE mill Roughness)  
G91G28Z0  
G40G17G80G49  
G05.1Q0  
G54G90  
G05.1Q1  
G0X11.479Y-123.26  
/M08  
S1100M3  
G43Z2.H1
```

程式段

```
G1Z-5.898F500  
Y-121.2F250  
G2G17X15.344Y-104.745I26.417J2.476  
G3X8.894Y-94.884I-5.736J3.288  
G2X-8.894Y94.884I-8.893J94.884  
X8.987Y-94.875I8.893J-94.884  
G3X4.719Y-105.904I.623J-6.581
```

程式尾

```
.  
. .  
G1Z-17.897F500  
X121.2F250  
G2X82.267Y-113.292I-41.198J2.863  
G1X-68.625Y-121.2  
G0  
Z100.  
G05.1Q0  
M99  
%
```

# G 碼指令一覽表

項目	功能名稱	備註	項目	功能名稱	備註
G00	直線快速定位		G65	單一巨集程式呼叫	※
G01	直線補間、切削進給		G66	模式巨集程式呼叫	※
G02	圓弧補間 (順時鐘)		G67	模式巨集程式呼叫取消	※
G03	圓弧補間 (逆時鐘)		G68	座標旋轉開始	
G04	暫停指定時間		G69	座標旋轉取消	
G09	確實停止檢測		G70	英制單位加工	
G10	可程式資料輸入		G71	公制單位加工	
G15	極座標插位取消		G73	高速啄式鑽孔循環	
G16	極座標插位		G74	左手攻牙循環	
G17	設定 X-Y 工作平面		G76	精細搪孔循環	
G18	設定 Z-X 工作平面		G80	取消循環	
G19	設定 Y-Z 工作平面		G81	鑽孔循環	

# G 碼指令一覽表

G28	參考點回歸		G82	孔底暫停鑽孔循環	
G29	從參考點回歸		G83	啄式鑽孔循環	
G30	任意參考點回歸		G84	攻牙循環	
G31	跳越指令		G85	搪孔循環	
G33	螺牙切削		G86	高速搪孔循環	
G40	刀具半徑補償消除		G87	背面精細搪孔循環	
G41	刀具半徑左補償		G88	半自動精細搪孔循環	
G42	刀具半徑右補償		G89	孔底暫停搪孔循環	
G43	刀具長度正補償		G90	絕對位置輸入方式	
G44	刀具長度負補償		G91	相對位置輸入方式	
G49	刀具長度補償取消		G92	絕對零點座標系統設定	

# G 碼指令一覽表

G50	放大縮小開始		G94	每分鐘進給 (mm/minmin.)	
G51	放大縮小取消		G95	每轉進給量 (mm/minrev.)	
G50.1	鏡像無效		G96	等表面切削速度	
G51.1	鏡像有效		G97	等表面切削速度取消	
G52	局部座標系統設定		G98	復歸到初始點	
G53	機械座標系統設定		G99	復歸到 R 點	
G54	工作座標系統設定		G134	圓周孔循環	
G59	工作座標系統設定		G135	角度直線孔循環	
G61	確實停止檢測		G136	圓弧孔循環	
G64	切削模式		G137.1	棋盤孔循環	

## 26 個英文字母於 NC 程式之意義

A	
B	旋轉軸角度
C	
D	刀徑補正
E	
F	切削進給率
G	準備機能
H	刀長補正
I	X軸向量值
J	Y軸向量值
K	Z軸向量值
L	重複次數
M	輔助機能

N	編號
O	程式號碼
P	副程式呼叫、秒數設定
Q	每次進給距離
R	半徑、進刀位置
S	轉速
T	刀具呼叫
U	
V	多軸座標
W	
X	X軸座標
Y	Y軸座標
Z	Z軸座標

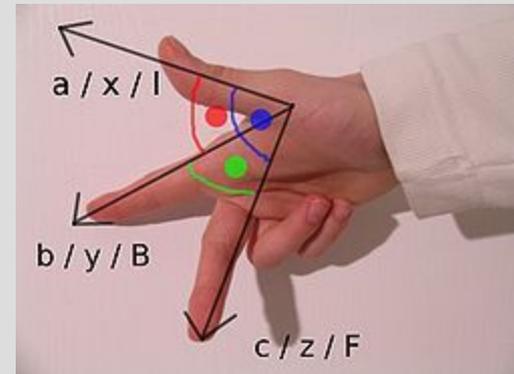
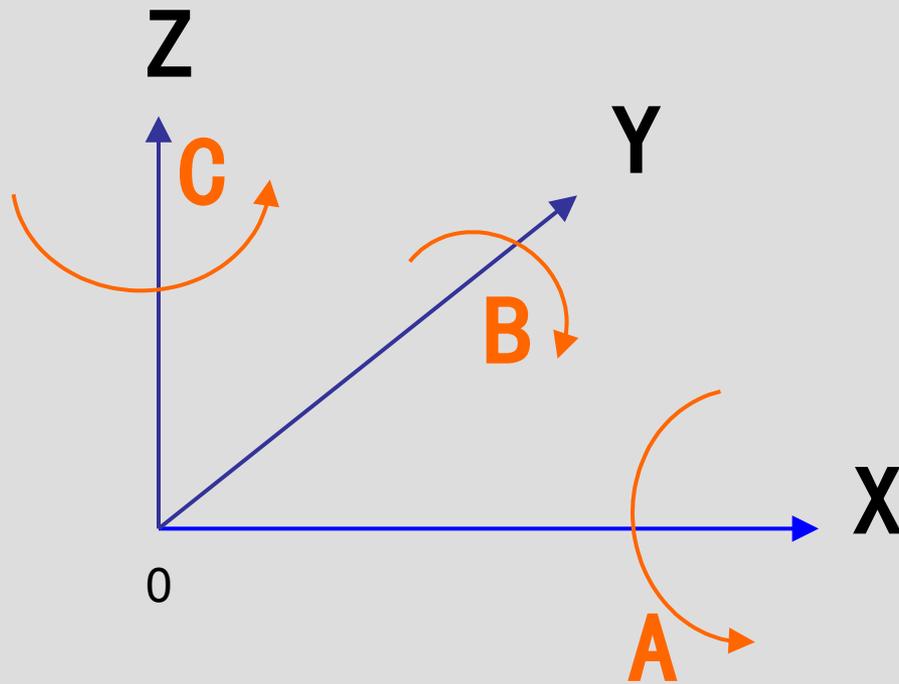
# 群組

G 碼	群 組	機 能
G00	01	快速定位
▼G01		直線切削
G02		圓形／螺旋順時針切削
G03		圓形／螺旋逆時針切削
G04	00	暫停
G09		正確停止檢測
G10		資料設定（可程式補正值輸入）
G11		資料設定模式取消
▼G15	17	極座標指令取消
G16		極座標指令設定

# 使用注意事項

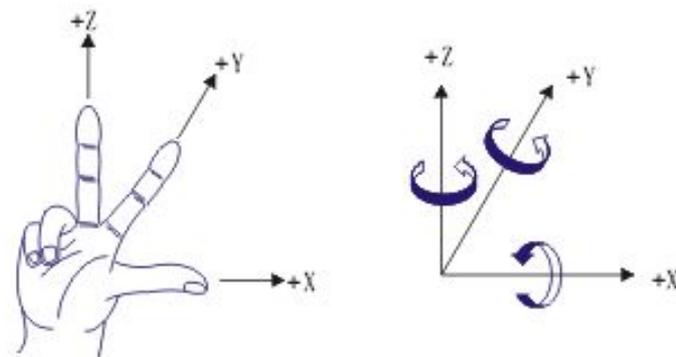
- ◆ **G** 碼標註▼記號是各群中最初的 **G** 碼。在電源開時或重新設定後，系統即指定這些 **G** 碼有效。
- ◆ **G** 碼在 00 群中不是模式 **G** 碼 (Model **G** Code) 而是一次式 **G** 碼，它們僅在它們所指定的單節中有效。
- ◆ **G** 碼一覽表內沒有的 **G** 碼，被指定時會有警示表示；或控制器中未定義的選擇性 **G** 碼，被指定時有警示表示。
- ◆ 在一個單節中，可指定不同群的數個 **G** 碼。當同一群的 **G** 碼有 2 個以上時，以後面被指定的 **G** 碼有效。

# 笛卡兒座標系統



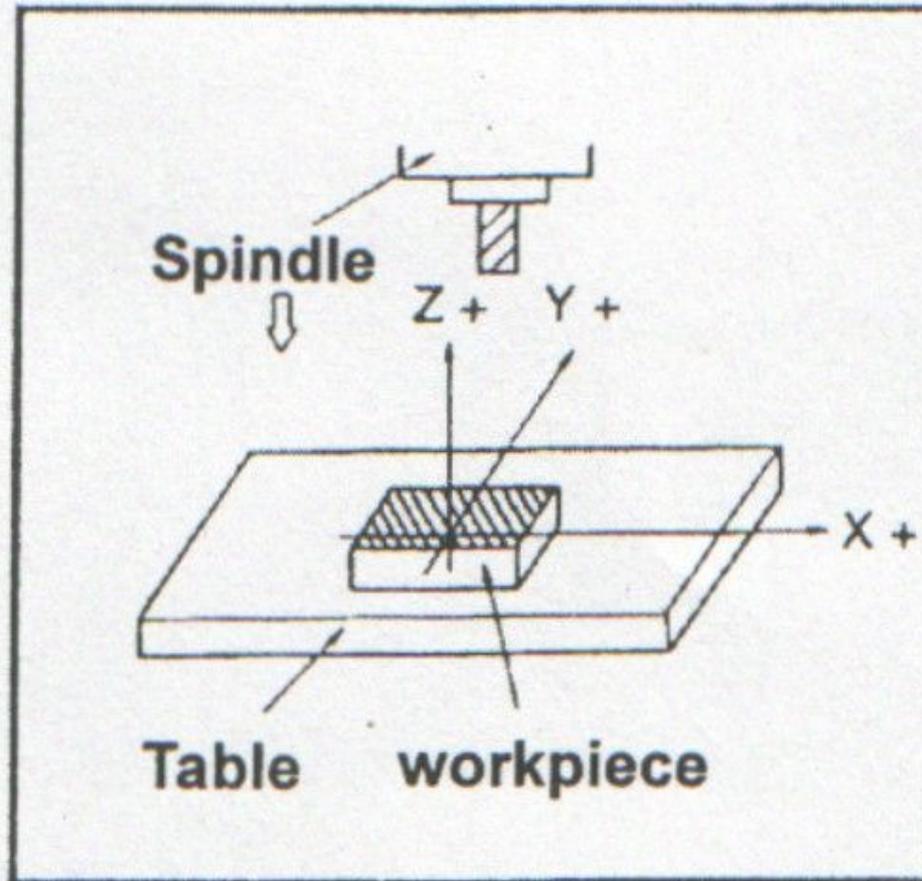
右手座標系統

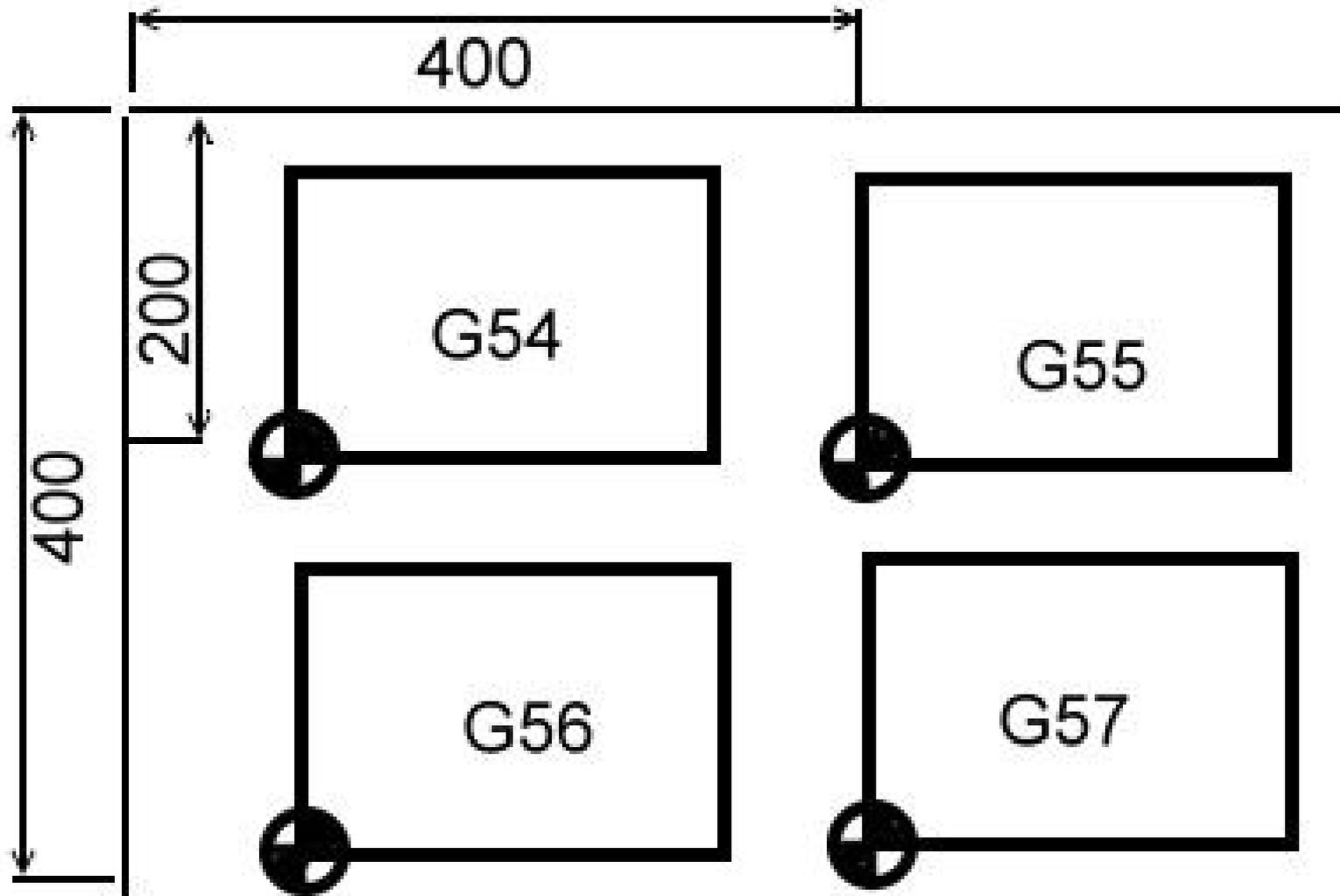
# 綜合加工機格式及座標系與控制軸



- **CNC** 銑床或 **MC** 是依據座標系統來確定其刀具運動的路徑，因此座標系統對 **CNC** 程式設計極為重要。
- **CNC** 工具機各軸的標註，**CNS**( 中國國家標準 ) 是採用右手直角座標系統，如圖所示，大姆指表示 **X** 軸，食指表示 **Y** 軸，中指表示 **Z** 軸，且手指頭表示的方向為正方向。
- **X**、**Y**、**Z** 軸向是用於標註線性移動軸；另外定義三個旋轉軸，繞 **X** 軸旋轉者稱為 **A** 軸，繞 **Y** 軸旋轉者稱為 **B** 軸，繞 **Z** 軸旋轉者稱為 **C** 軸。
- 三旋轉軸的正方向皆定義為順著移動軸正方向看，順時針迴轉為正，逆時針迴轉為負，如圖所示。

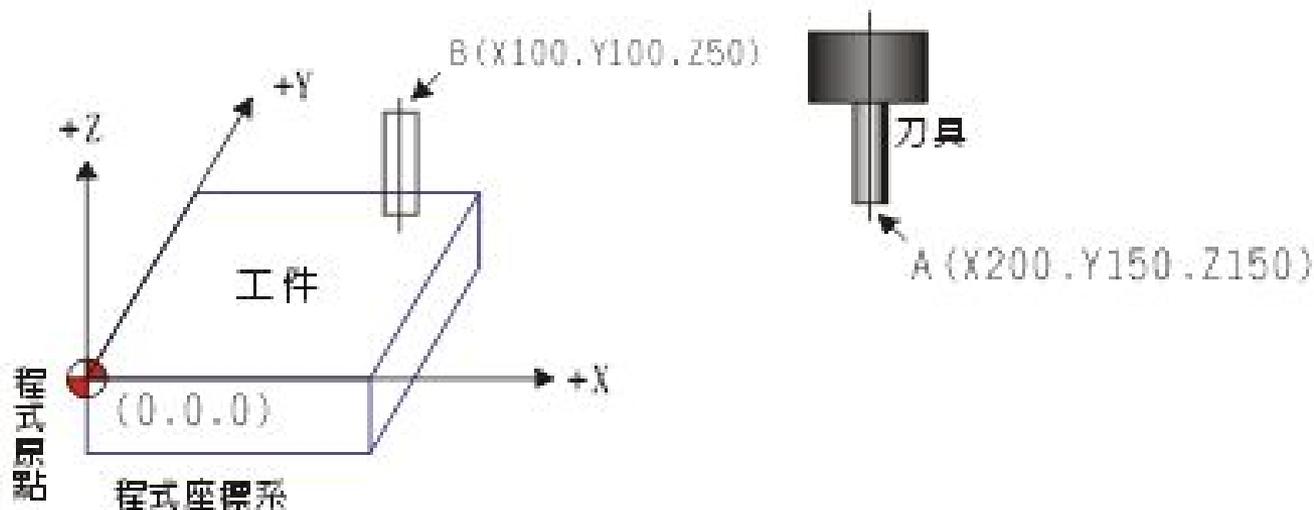
# 笛卡兒座標系統





# 座標位置的表示方式

## 絕對值與增量值



CNC 程式除了一些基本設定，如程式原點，刀具號碼，主軸轉速，進給速率等外，最主要的命令刀具移動或切削至某一座標位置。

而座標位置的表示有絕對值和增量值兩種。

絕對值以 " 程式原點 " 為依據來表示座標位置。

增量值是以 " 前一點 " 為依據來表示兩點之間實際的向量值 ( 包含距離和方向 )

**G00**：直線快速定位 (POSITIONING)

**G01**：直線補間、切削進給 (LINEAR INTERPOLATION)

指令格式：

G00 X\_\_Y\_\_Z\_\_；

G01 X\_\_Y\_\_Z\_\_ F\_\_；

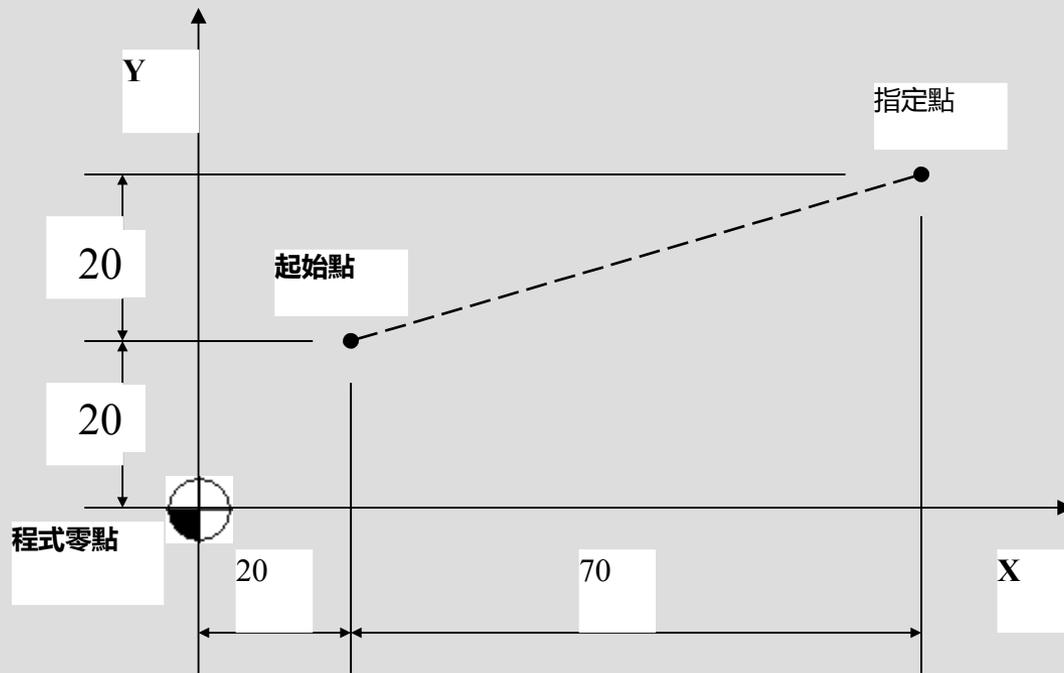
X、Y、Z：指定點座標

F：進給率 mm/min

說明：

各軸以最短距離在無切削狀態下快速移動至指定點，X、Y、Z 為終點的座標，以 G90/G91 決定絕對或是增量值。

圖例：



# 程式說明：

1. 方式一 ( 絕對值 ) : G90 G00 X90.0 Y40.0 ;  
// 以程式零點為相對座標，做快速移動至指定點

2. 方式二 ( 增量值 ) : G91 G00 X70.0 Y20.0 ;  
// 以指定點和起始點之差值，做快速移動至指定

點

1. 方式一 ( 絕對值 ) : G90 G01 X90.0 Y40.0 F500 ;  
// 以指定點和程式零點之差值，做直線切削至指定點

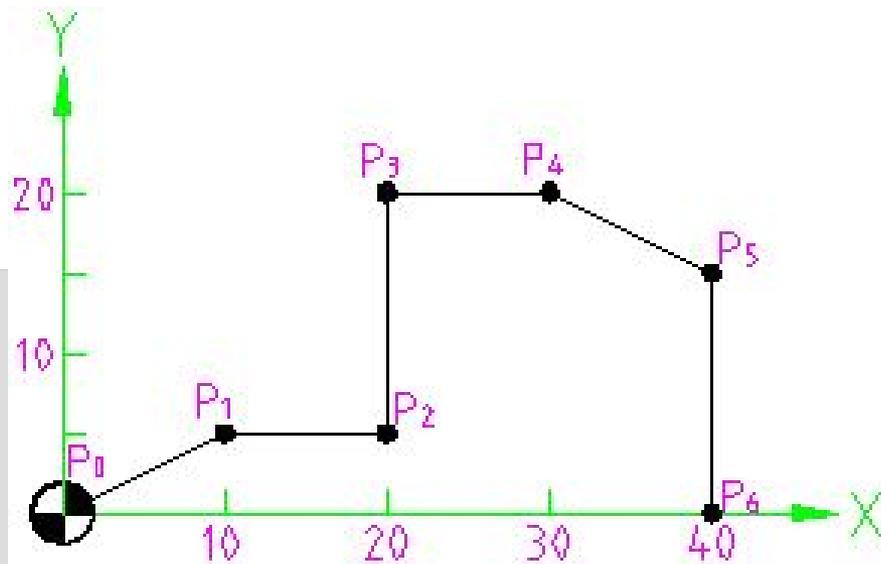
2. 方式二 ( 增量值 ) : G91 G01 X70.0 Y20.0 F500 ;  
// 以指定點和起始點之差值，做直線切削至指定點

▼ G90  
G91

絕對指令  
增量指令

### 絕對座標寫法

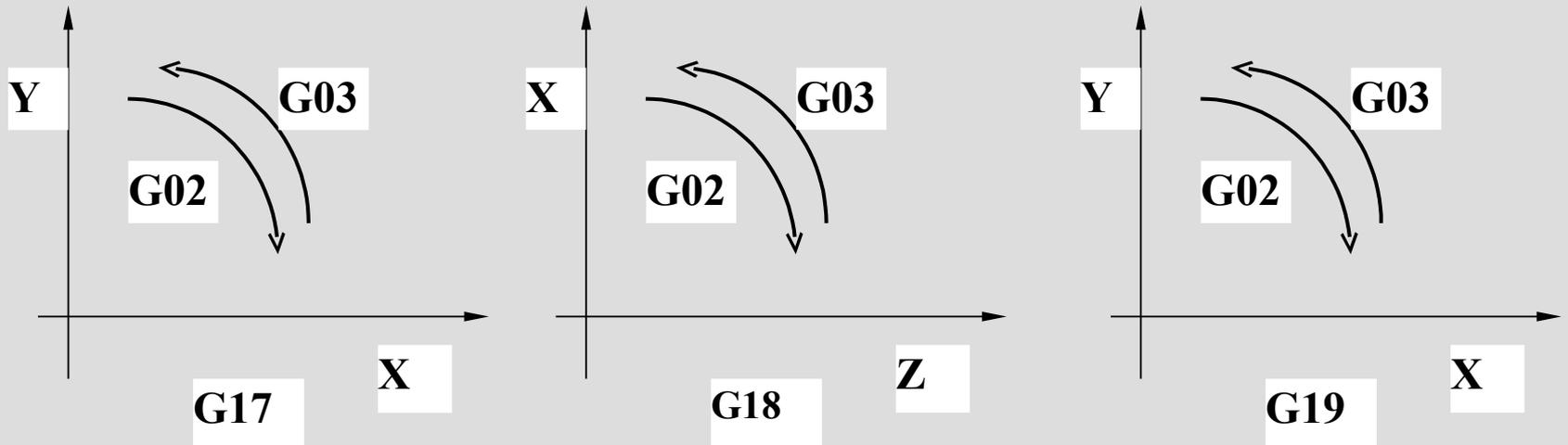
```
G90 G00 G54 X0. Y0. M3 S1000;  
G43 Z10.0 H1;  
G01 Z-1.0 F100;  
G90 G01 X10.0 Y5.0 F200; P0→ P1  
X20.0; ----- P1→ P2  
Y20.0;----- P2→ P3  
X30.0;----- P3→ P4  
X40.0 Y15.0;----- P4→ P5  
Y0.;----- P5→ P6  
G00 Z10.0;
```



### 增量座標寫法

```
G90 G00 G54 X0. Y0. M3 S1000;  
G43 Z10.0 H1;  
G01 Z-1.0 F100;  
G91 G01 X10.0 Y5.0 F200; P0→ P1  
X10.0; ----- P1→ P2  
Y15.0;----- P2→ P3  
X10.0;----- P3→ P4  
X10.0 Y-5.0;----- P4→ P5  
Y-15.0;----- P5→ P6  
G00 Z10.0;
```

# G02、G03 圓弧切削之方向

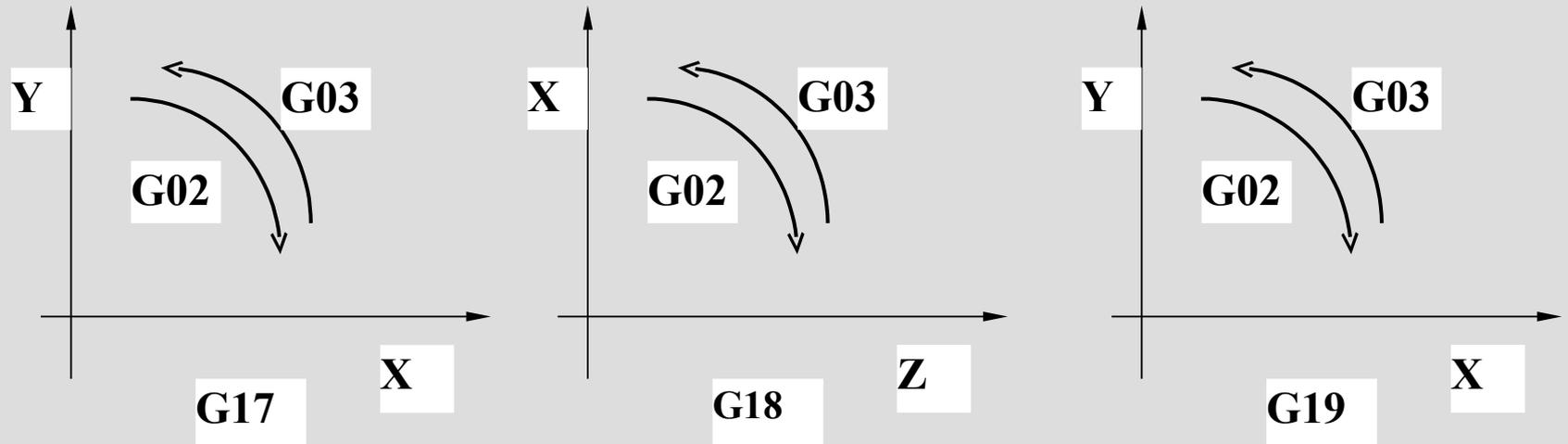


# 平面設定之判定

X Y Z X Y Z

G17 G18 G19

# G02、G03 圓弧切削之方向



X Y Z X Y Z

G17 G18 G19

## G02、G03：順時針、逆時針圓弧切削 (CIRCULAR INTERPOLATION)

指令格式：

(1). X-Y 平面圓弧切削：

$$G17 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} \begin{matrix} X\_ \\ Y\_ \end{matrix} \begin{cases} R\_ \\ I\_ J\_ \end{cases} F\_ ;$$

(2). Z-X 平面圓弧切削：

$$G18 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} \begin{matrix} X\_ \\ Z\_ \end{matrix} \begin{cases} R\_ \\ I\_ K\_ \end{cases} F\_ ;$$

(3). Y-Z 平面圓弧切削：

$$G19 \begin{cases} G02 \\ G03 \end{cases} \begin{matrix} Y\_ \\ Z\_ \end{matrix} \begin{cases} R\_ \\ J\_ K\_ \end{cases} F\_ ;$$

X、Y、Z：終點座標

I、J、K：圓弧起點到圓心的向量值 (圓心一起點)

R：圓弧半徑

F：進給率

G90/G91 決定絕對或是增量

# R 的使用

(1) 圓周角  $\theta \leq 180^\circ$  時，R 值取正值。

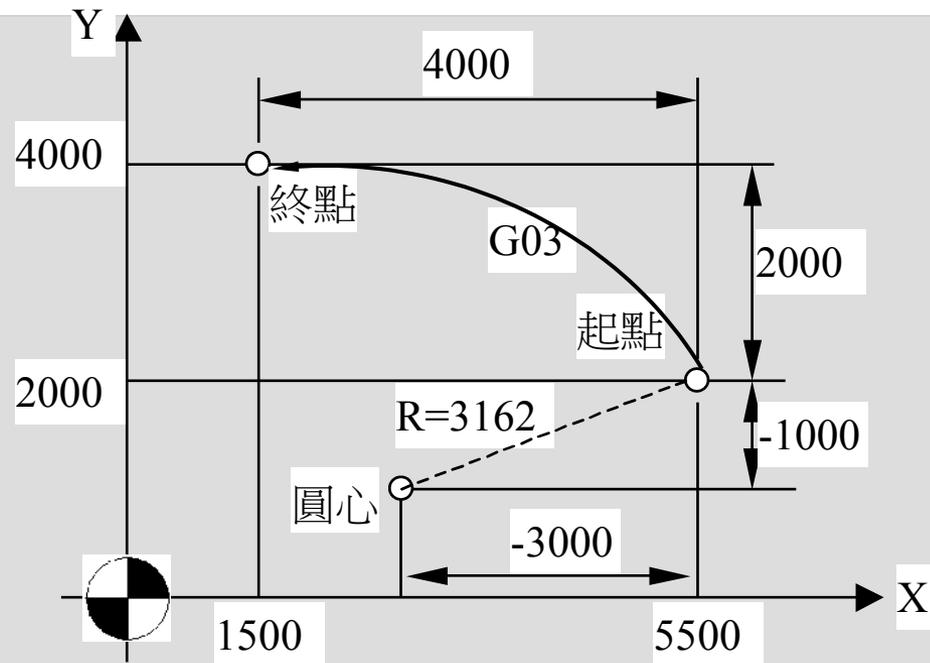
```
G02 {G03} X__ Y__ R25.0
```

(2) 圓周角  $180^\circ < \theta < 360^\circ$  時，R 值取負值。

```
G02 {G03} X__ Y__ R - 25.0 ;
```

(3). 圓周角  $\theta$  為  $360^\circ$  時，只能使用 I、J、K 值。

# R 之例題



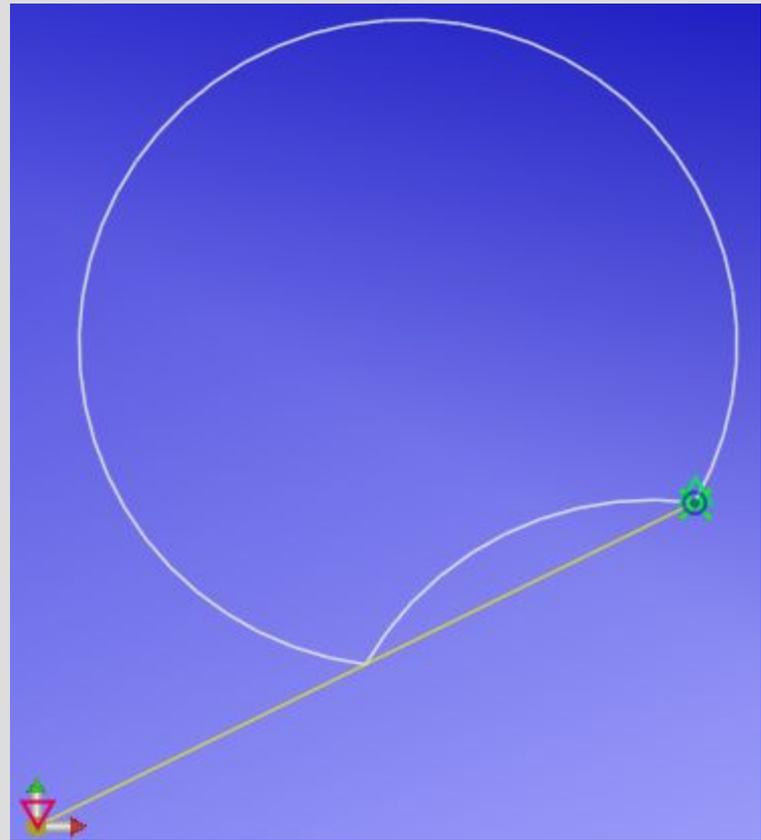
G90 G00 X5500. Y2000.;// 快速定位至圓弧起點

G17 G90 G03 X1500. Y4000. R3162. F200;// 絕對值指令

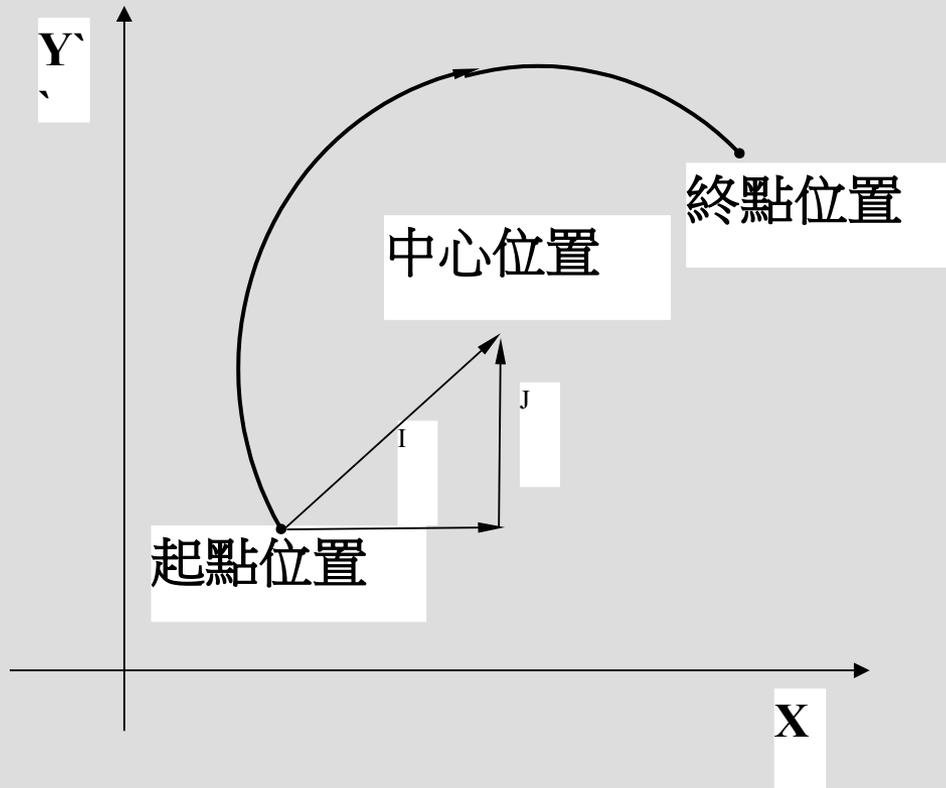
(G17 G91 G03 X-4000. Y2000. R3162. F200;// 相對值指令)

# +R 之差別

```
%  
O0100  
G17G40G80G49  
G90G54X0.Y0.  
G00X100.Y50.  
G02X200.Y100.R100.F1000  
G00X100.Y50.  
G02X200.Y100.R-100.F1000  
M30  
%
```

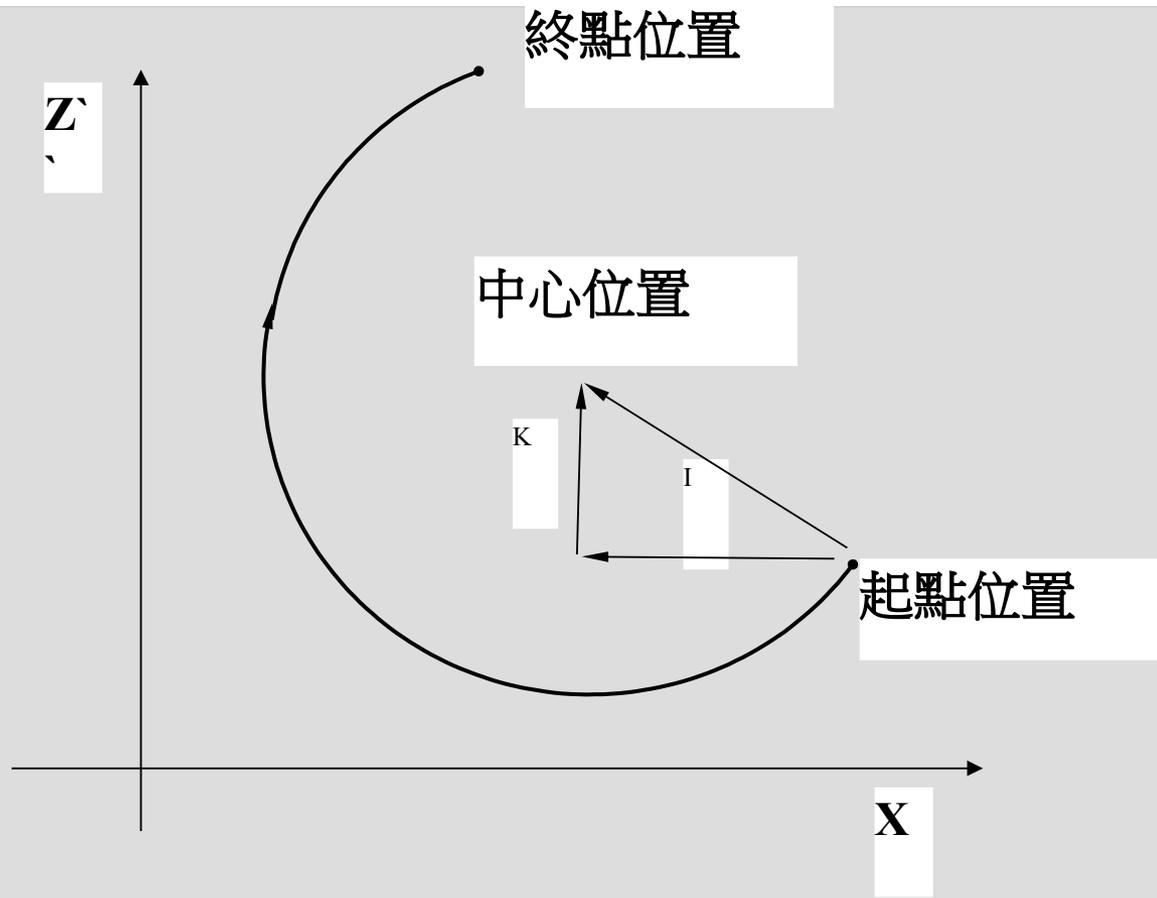


# I、J、K之定義 X-Y 平面



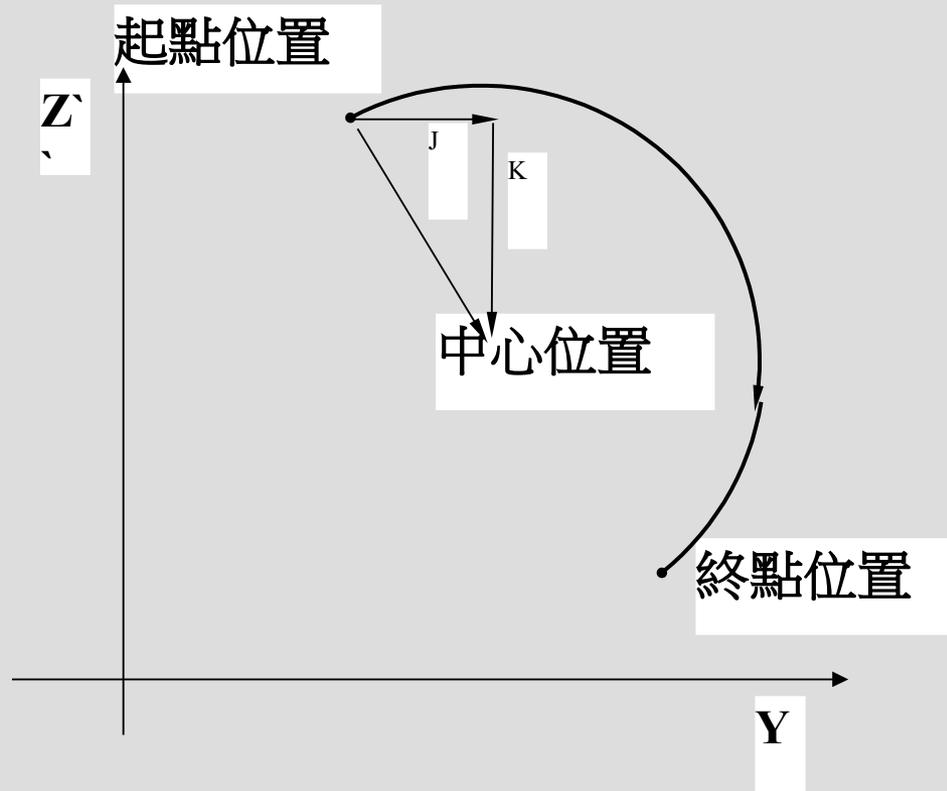
**X-Y 平面的圓弧 (G17)**

# I、J、K之定義 Z-X平面



Z-X 平面的圓弧 (G18)

# I、J、K之定義 Y-Z平面

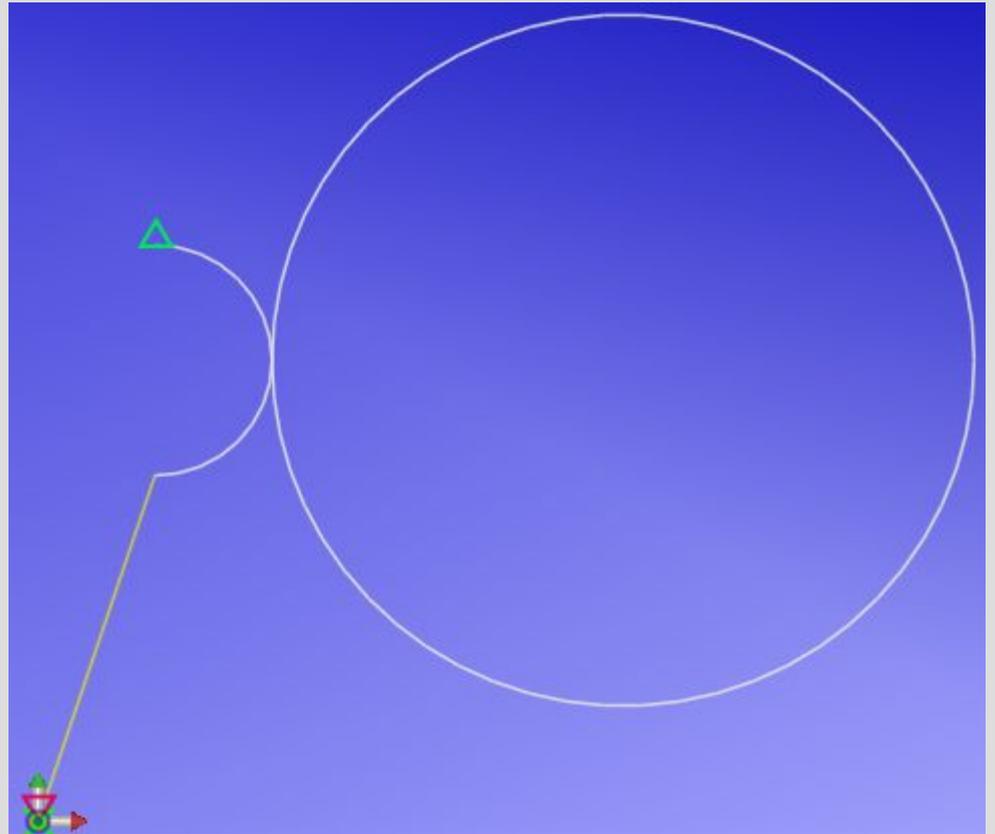


Y-Z平面的圓弧 (G19)

設定資料		指令	定義
1	平面選擇	G17	X-Y 平面設定
		G18	X-Z 平面設定
		G19	Y-Z 平面設定
2	刀具路徑方向	G02	順時鐘方向
		G03	逆時鐘方向
3	終點位置	G90 X、Y、Z 中之二軸	所切削圓弧之終點座標
		G91 X、Y、Z 中之二軸	從起點到終點之向量值
4	起點到圓心之距離	I、J、K 中之二軸	自圓弧起點到圓心之向量值 (圓心 - 起點)
	圓弧半徑	R	圓弧半徑
5	進給率	F	沿圓弧之進刀速率

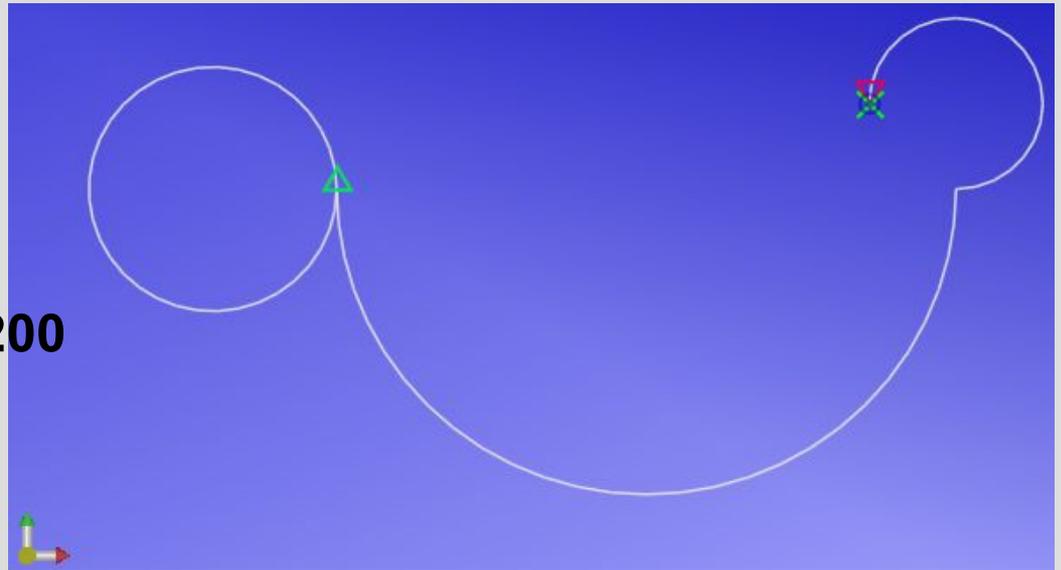
# G02 G03 例題

```
%  
O0100  
G17G40G80G49  
G90G54X0.Y0.  
G00X50.Y150.  
G03X100.Y200.R50.  
G02X100.Y200.I150.  
G03X50.Y250.R50.  
M30  
%
```



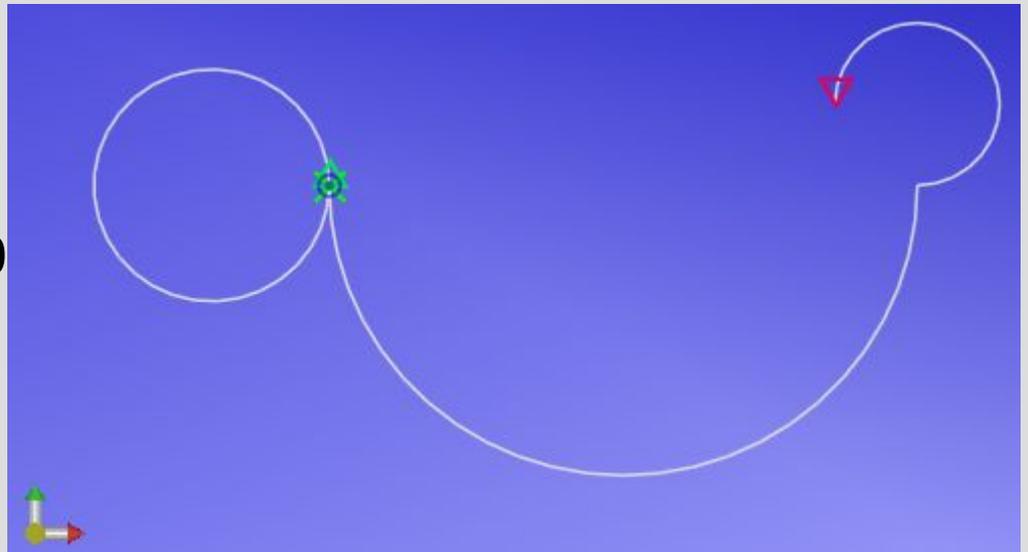
# G02 G03 絕對座標 例題

```
%  
O0010  
G90 G00 G54 X68.0 Y37.0  
M3 S1000  
G43 Z10.0 H1  
G01 Z-1.0 F100  
G90 G02 X75.0 Y30.0 R-7.0 F200  
X25.0 R25.0  
G03 I-10.0  
G00 Z10.0  
M30  
%
```



# G02 G03 增量座標 例題

```
%  
O0020  
G90 G00 G54 X68.0 Y37.0  
M3 S1000  
G43 Z10.0 H1  
G01 Z-1.0 F100  
G91 G02 X7.0 Y-7.0 R-7.0 F200  
X-50.0 R25.0  
G03 I-10.0  
G00 Z10.0  
M30  
%
```



# G02、G03：螺旋補間 (HELICAL INTERPOLATION)

X、Y：圓弧終點座標

;

Z：直線終點座標；

R：圓弧半徑；

I、J：圓弧中心座標

;

F：進給率；

X、Z：圓弧終點座標

;

Y：直線終點座標；

R：圓弧半徑；

I、K：圓弧中心座標

;

F：進給率；

Y、Z：圓弧終點座標

;

X：直線終點座標；

R：圓弧半徑；

J、K：圓弧中心座標

;

F：進給率；

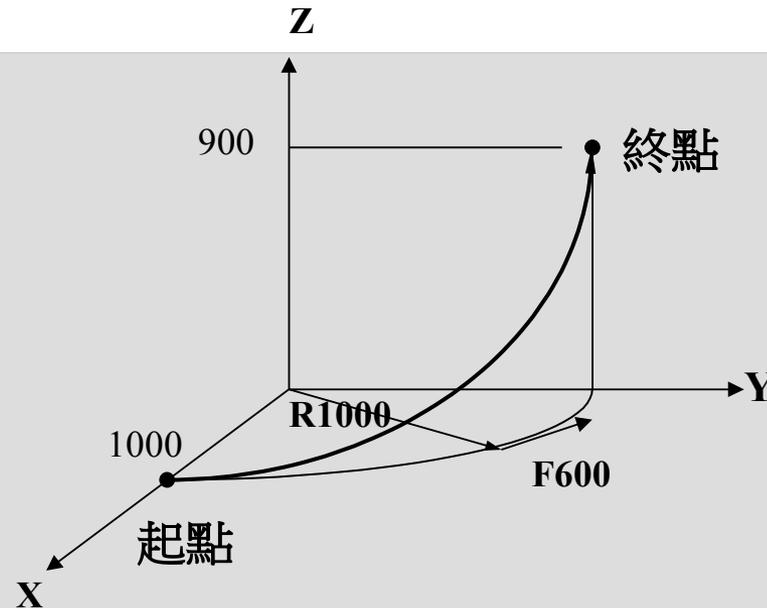
G17 { G02  
G03 } X\_Y\_ { R  
I\_J\_ } Z\_F\_ ;

G18 { G02  
G03 } X\_Z\_ { R  
I\_K\_ } Y\_F\_ ;

G19 { G02  
G03 } Y\_Z\_ { R  
J\_K\_ } X\_F\_ ;

# G02、G03 螺旋補間

範例：



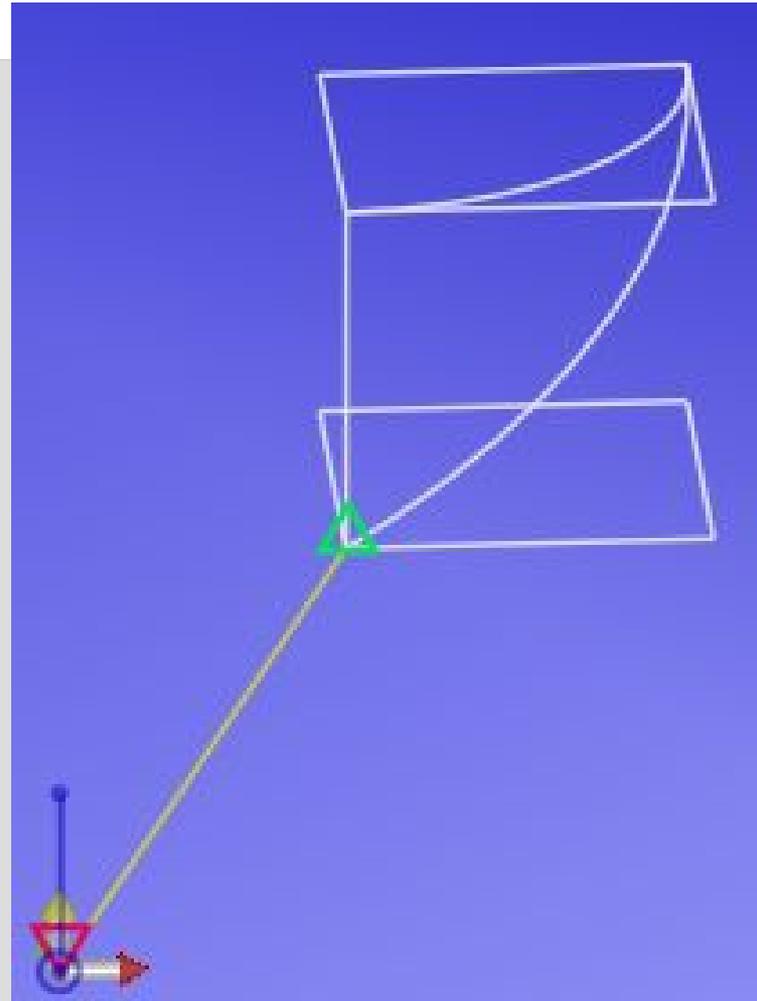
程式說明：

```
G17 G03 X0.0 Y1000.0 R1000.0 Z900.0 F600 ;
```

對 X-Y 平面圓弧，逆時鐘方向 (**CCW**)，Z 軸直線差值，切削率 600mm/min 做螺旋切削

# G02、G03 螺旋補間

```
%  
O0100  
G17G40G80G49  
G90G54X0.Y0.Z0  
G00X50.Y150.  
G03X100.Y200.R50.Z50.F1000  
G01X50.  
Y150.  
X100.  
Y200.  
G02X50.Y150.R50.  
G01Z0  
Y200.  
X100.  
Y150.  
X50.  
M30  
%
```



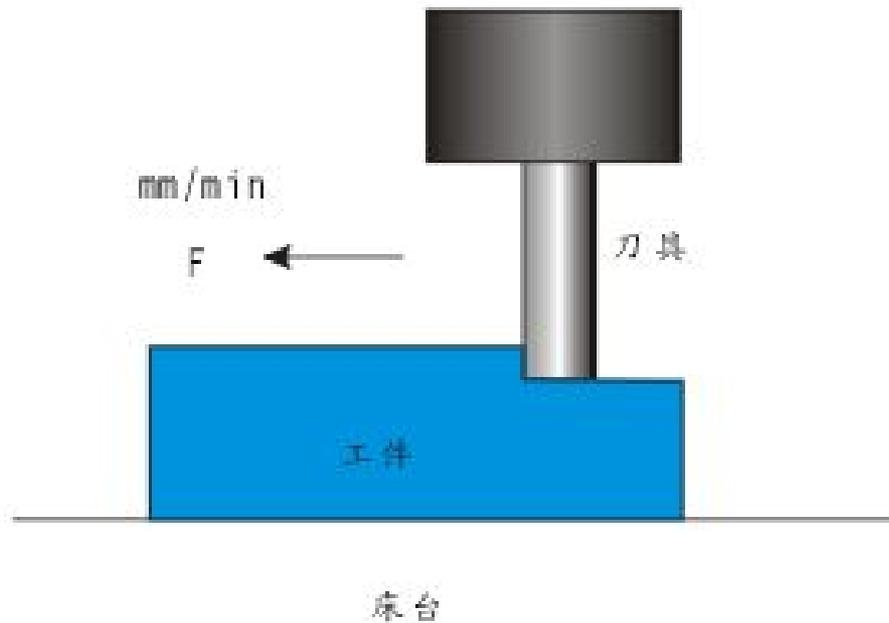
# F、S、T 機能

## F 機能：刀具進給速度機能

切削某工件所指定刀具的移動速度稱為進給。

進給率可用實際數值指定。

例如，對 300mm/min 的刀具進給率指定： F300 。



**T 機能** - 刀具機能稱為 T 機能，須配合 M 機能 (M06) 使用，始能換刀

**S 機能** - 轉速機能，用來指定主軸回轉數一轉／每分鐘，須配合 M 機能 (M03 M04) 使用，主軸才能旋轉

**N 機能** - N 機能又稱單節編號機能，其範圍由 N0001 至 N9999。現今之 CNC 控制系統中，無需在每一單節予以編號，通常只在程式執行邏輯判讀或特定控制回路時才予以編號或為了加工需要，在適當單節予以編號，以便程式之編輯與執行

## H/D 機能

H/D 機能主要為設定刀具長度 (H) 或半徑 (D) 之補正值和 00~99 之兩位數字組成。

H 補正需接於刀具長度補正 (G43 及 G44) 之後，而 D 補正需接於刀具半徑補正 (G41 及 G42) 之後

# 刀具半徑補正 G40~G42

- G41 刀具半徑向左補正
- G42 刀具半徑向右補正
- G40 刀具半徑補正消除

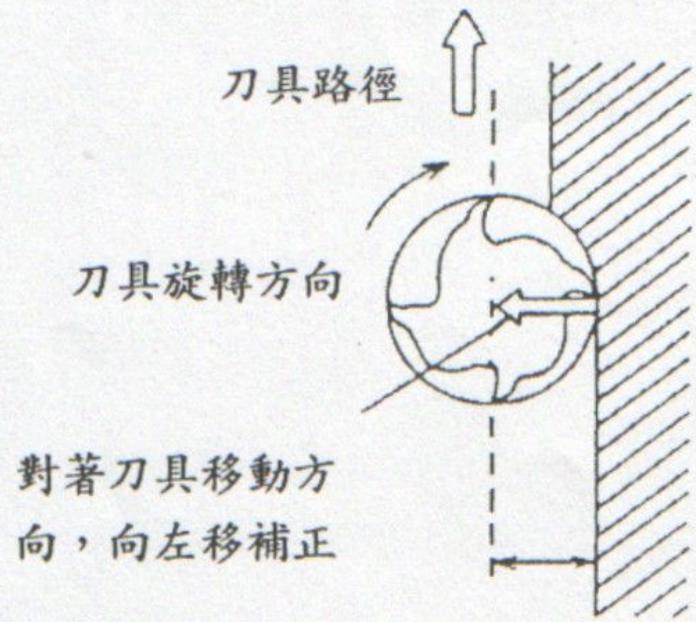
指令格式：  
平面選擇

刀具半徑補正

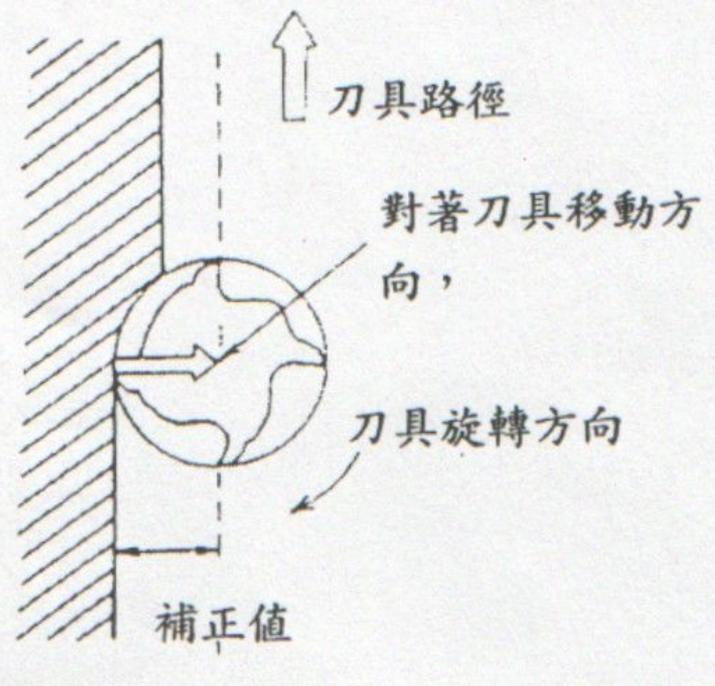
補正

號碼

$$\left\{ \begin{array}{l} G17 \\ G18 \\ G19 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} G00 \\ G01 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} G41 \\ G42 \end{array} \right\} \left\{ \begin{array}{l} X\_Y\_ \\ Z\_X\_ \\ Y\_Z\_ \end{array} \right\} D\_;$$

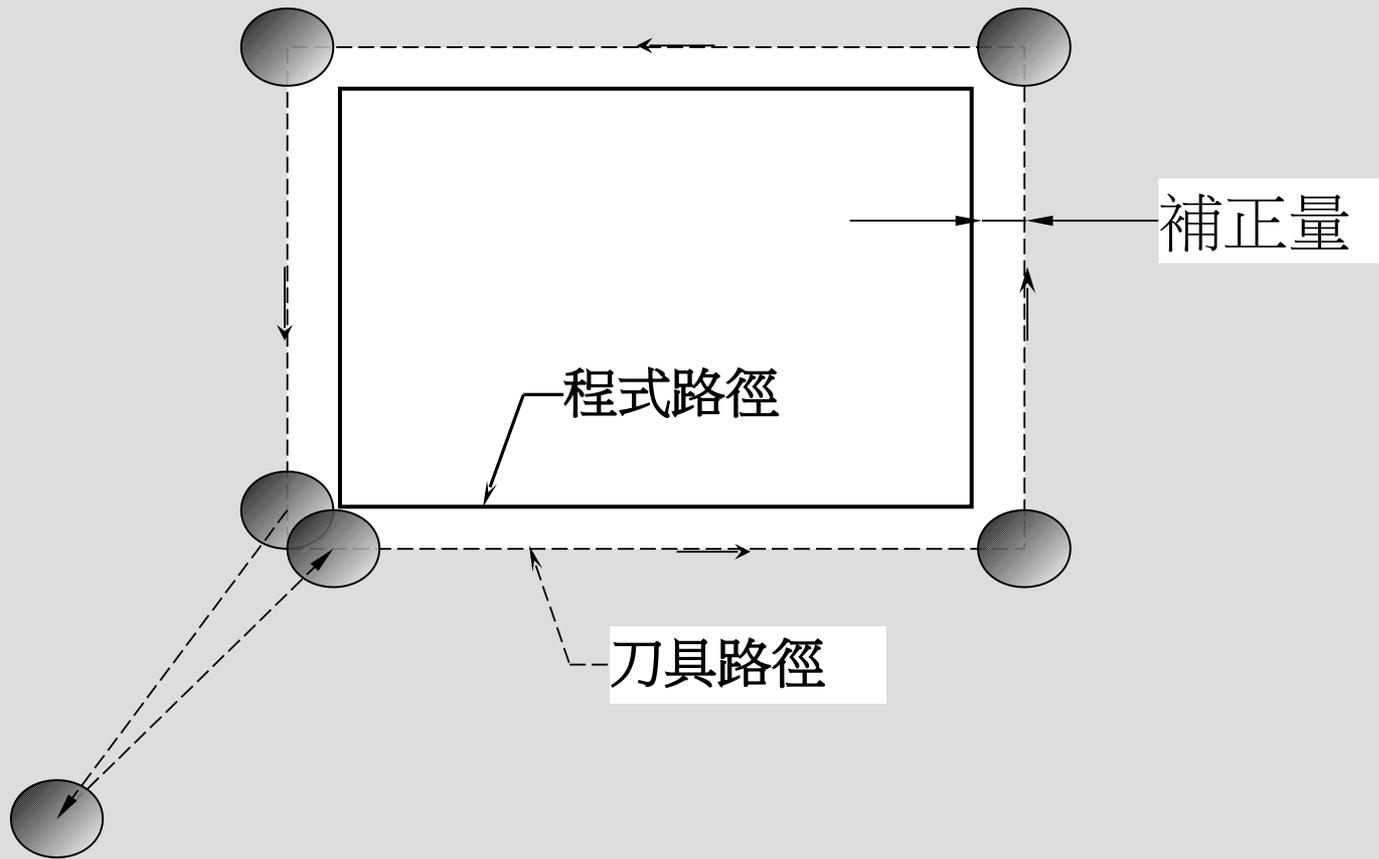


(a) G41 (Left)

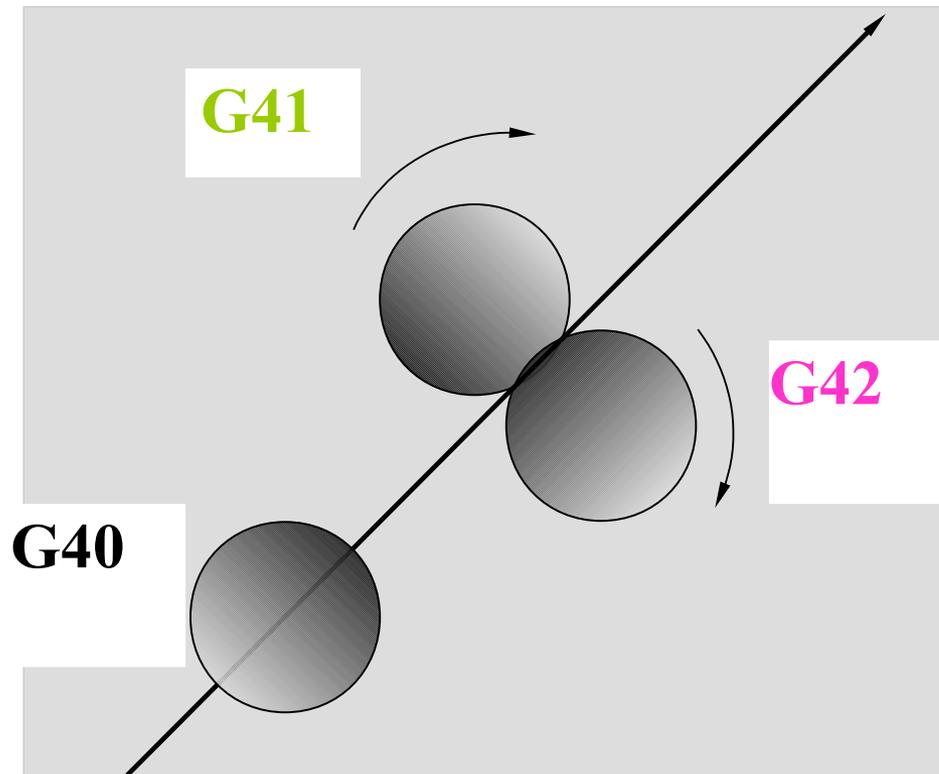


(b) G42 (Right)

# 刀具半徑補正

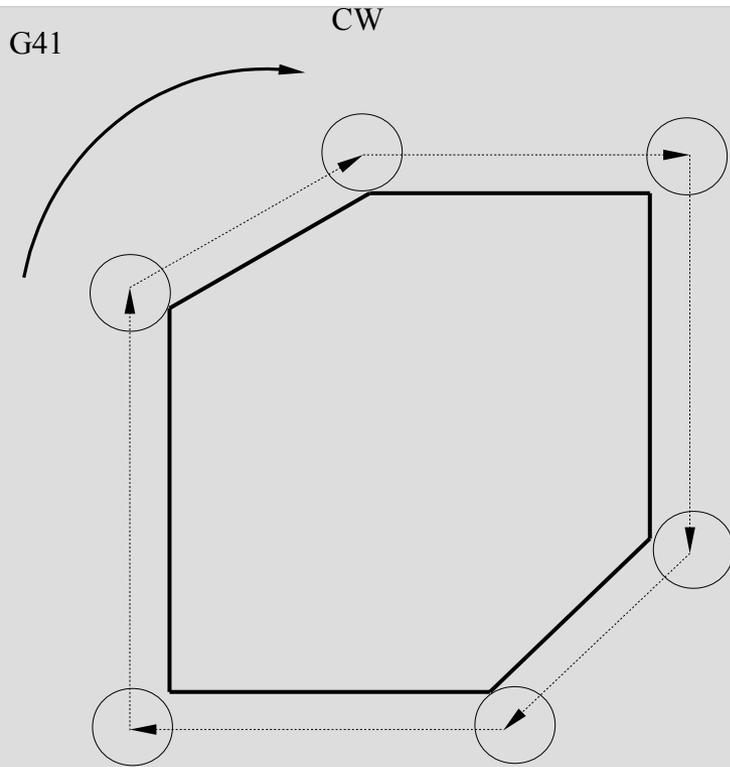


# 刀具半徑補正方向之判定

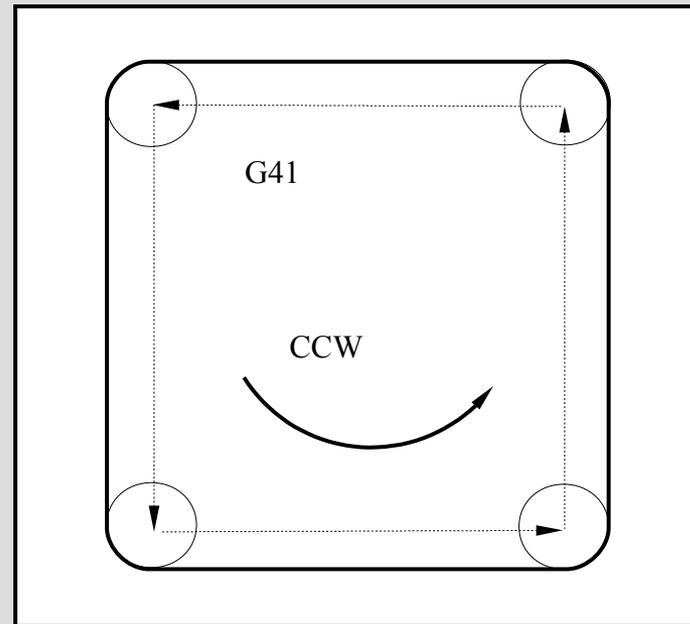


	正值	負值
G41	補正 偏左	補正 偏右
G42	補正 偏右	補正 偏左

# 刀具半徑補正 G41

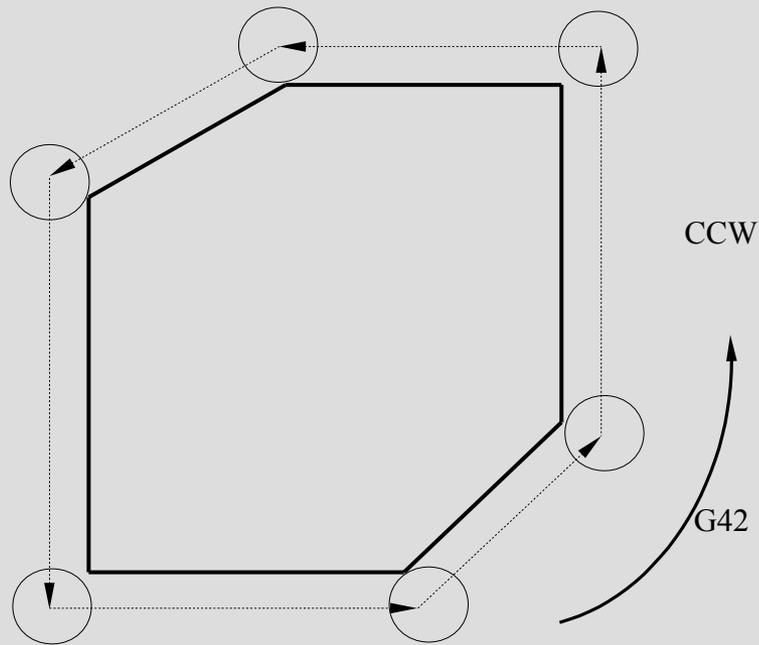


a. G41- 順時鐘方向外輪廓銑削

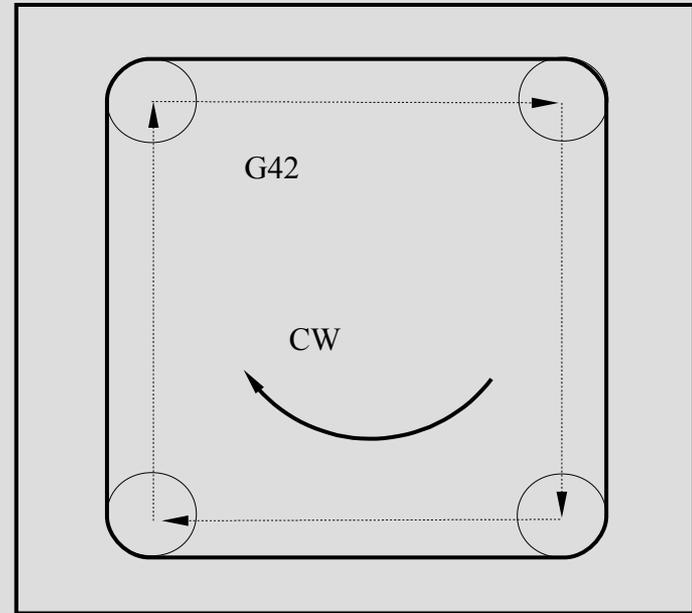


b. G41- 逆時鐘方向內輪廓銑削

# 刀具半徑補正 G42

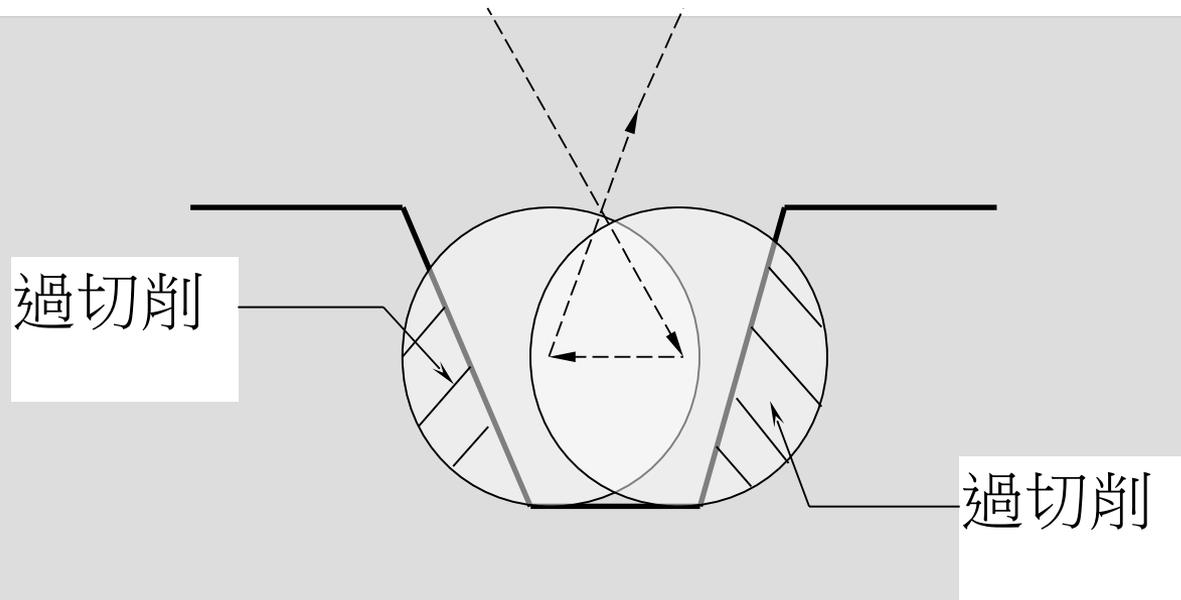


c. G42- 逆時鐘方向外輪廓銑削



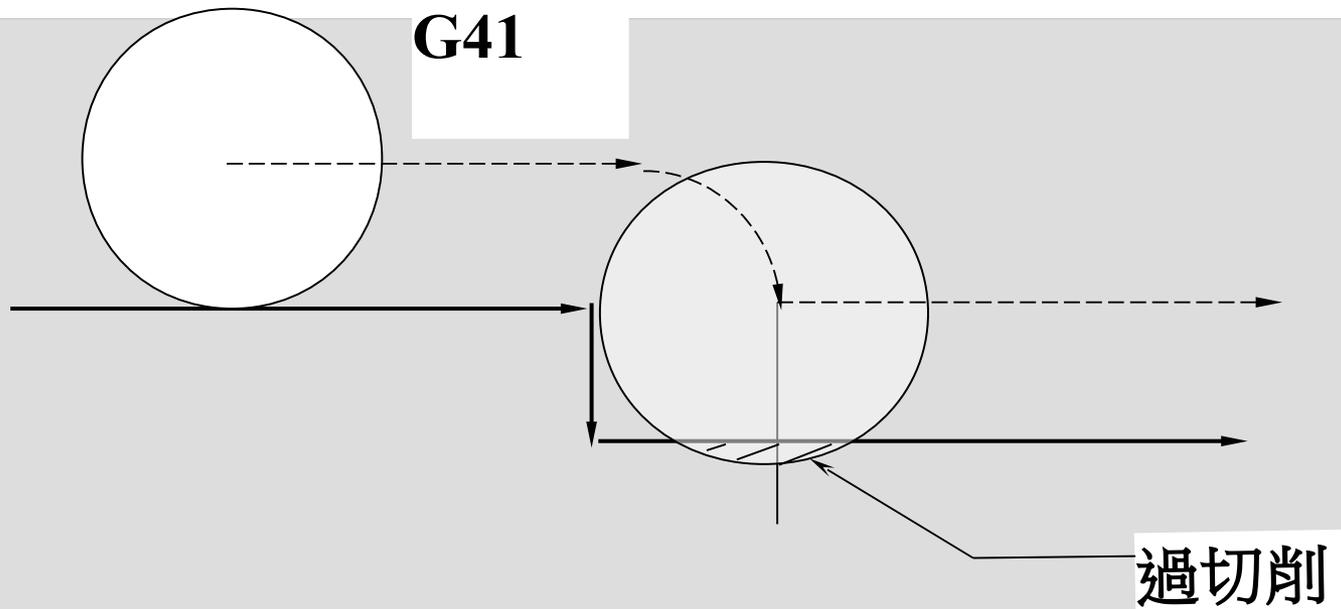
d. G42- 順時鐘方向內輪廓銑削

# 補正產生過切



加工凹槽時，若槽寬小於兩倍之刀具半徑，則系統將因過切而發出警告訊號。

# 補正產生過切

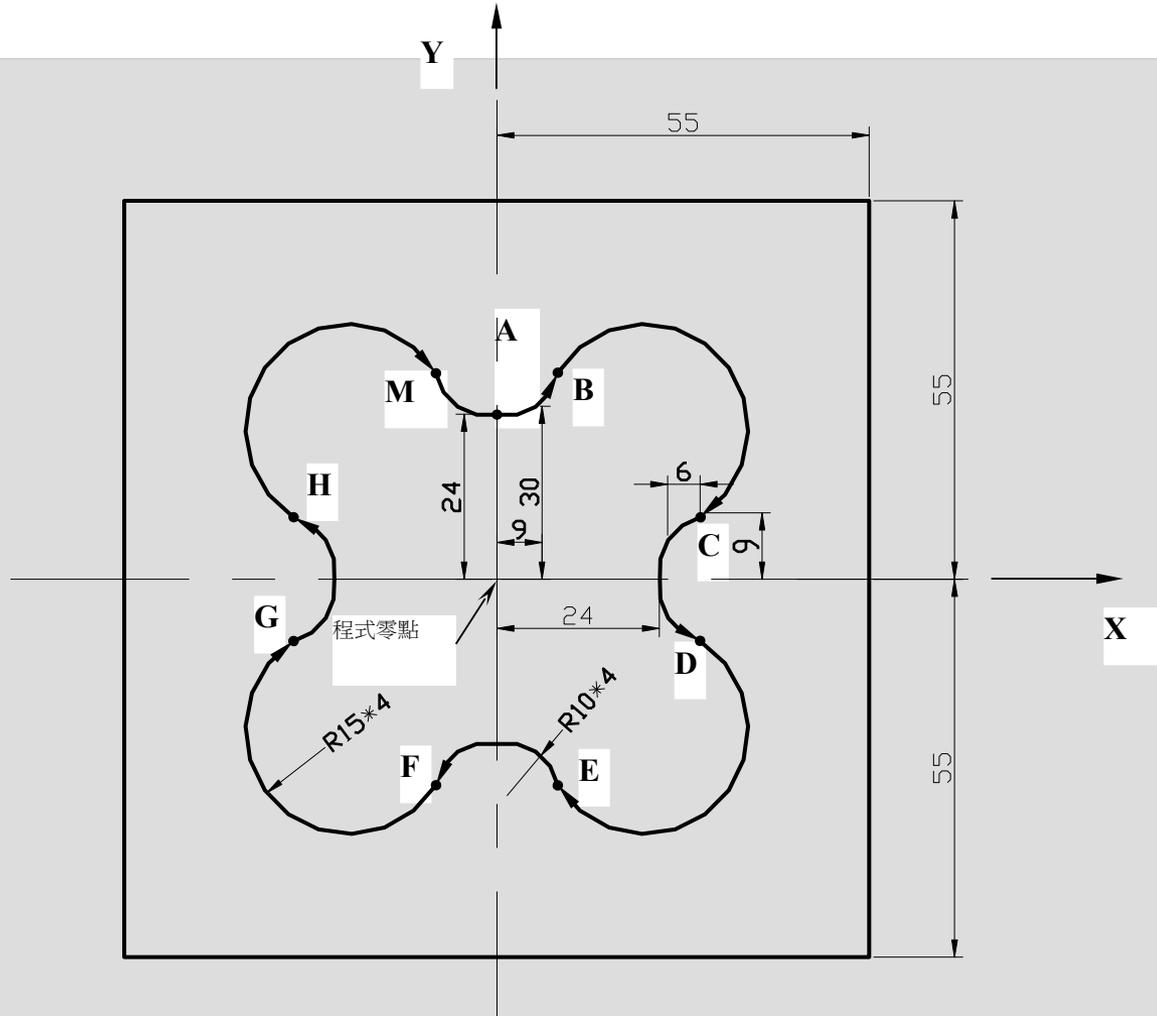


加工階梯形狀之工件時，若階梯高小於工件半徑  
則系統將因過切削而發出警告訊號。

# 注意事項

- 工件加工，若於” **MDI**” 模式下進行，不得使用刀具半徑補償功能。
- 刀具半徑補償機能設定 (**G41/G42**) 與取消 (**G40**) 之單節，只能與 **G00**、**G01** 之位能指令，不能與 **G02**、**G03** 同一單節使用。

# 實例



# 程式說明

**T1 S1000 M03** ; //1 號刀具 (直徑 10mm 端銑刀) , 主軸正轉  
1000rpm

**G00 X0.0 Y0.0 Z10.0** ; // 快速定位至程式零點之上方

**M08** ; // 打開切削劑

**G90 G01 Z-10.0 F600** ; // 直線切削到 " 花形槽 " 底 , 進給率  
600mm/min

**G42 Y24.0 D01** ; // 刀具左補償 , 程式零點 'A

**G03 X9.0 Y30.0 R10.0** ; //A'B 逆時針圓弧切削

**G02 X30.0 Y9.0 R15.0** ; //B'C 順時針圓弧切削

**G03 X30.0 Y-9.0 R10.0** ; //C'D 逆時針圓弧切削

**G02 X9.0 Y-30.0 R15.0** ; //D'E 順時針圓弧切削

**G03 X-9.0 Y-30.0 R10.0** ; //E'F 逆時針圓弧切削

**G02 X-30.0 Y-9.0 R15.0** ; //F'G 順時針圓弧切削

**G03 X-30.0 Y9.0 R10.0** ; //G'H 逆時針圓弧切削

**G02 X-9.0 Y30.0 R15.0** ; //H'M 順時針圓弧切削

**G03 X0.0 Y24.0 R10.0** ; //M'A 逆時針圓弧切削

**G00 Z10.0** ; //Z 軸向上拉昇 , 回加工起始點

**G40 X0.0 Y0.0** ; // 取消刀具補正 , 回加工起始點

**M09** ; // 關掉切削劑

**M05** ; // 主軸停止

請看下圖猜一句成語:



請看左圖  
猜一句成語

一直以來【解謎／密】都是創作的永不敗題材，從文學的「達文西密碼」、到電影的「國家寶藏」、「風聲」甚至是電玩遊戲遊戲，無不受到大家的喜愛！你解得開來嗎？動動你的大腦吧！

# 刀具長度補正 G43~G49

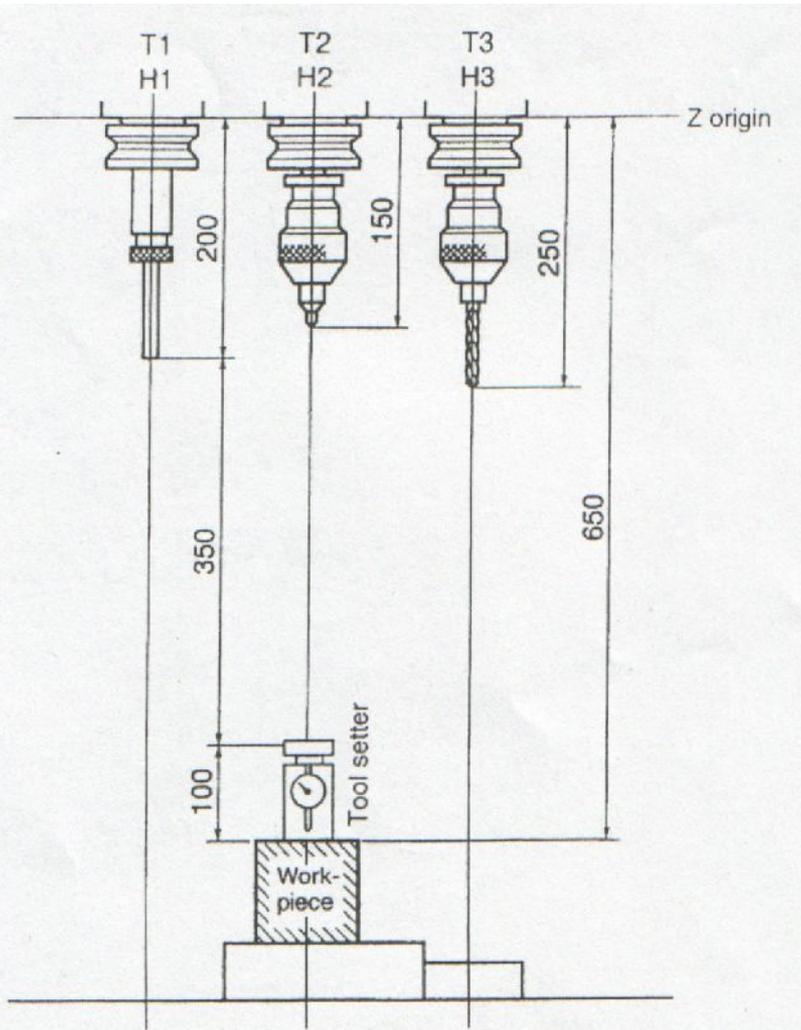
G54 X\_Y\_Z\_ ；中 Z 值通常予以零指定，而以刀具點（機械原點）至程式原點間之軸向距離為補正值，而以指令 G43 H\_ 表示，H 後面之數字為補正值之代表號碼。

- G43 刀具長度正向補正
- G44 刀具長度負方向補正
- G49 刀具長度補正取消

指令格式： **G43 (G44) H\_\_** ；

# 已知刀長

(a) 輸入刀具長度的資料(G43+刀長，G44-刀長)



OFFSET		00000 N0000	
NO.	DATA	NO.	DATA
001	200.000	009	0.000
002	150.000	010	-7.500
003	250.000	011	12.000
004	5.000	012	-20.000
005	0.000	013	0.000
006	0.000	014	0.000
007	0.000	015	0.000
008	0.000	016	0.000
ACTUAL POSITION (RELATIVE)			
X	0.000	Y	0.000
Z	0.000		
>			
MDI **** * * * *		16:17:33	
[OFFSET]	[SETTING]	[WORK]	[ ] [(OPRT)]

# 已知刀長

(b) 輸入主軸端面至工件表面的距離至 G54~G59 之 Z。

刀具長度 T1 + 移動距離 + 刀長測定器。

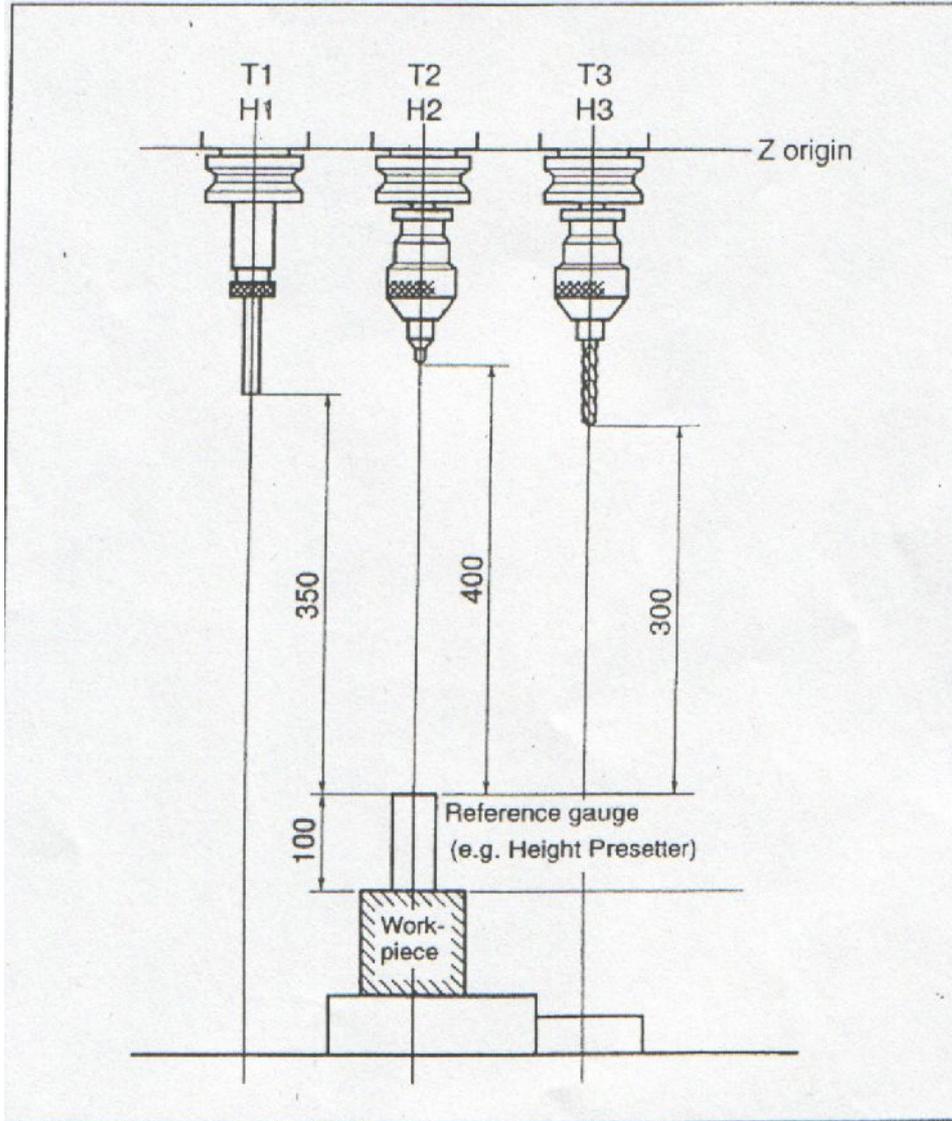
$$200 + 350 + 100 = 650$$

因此輸入 -650.000 至 G54 的 Z。

WORK COORDINATES				00000 N00000			
(G54)							
NO.		DATA		NO.		DATA	
00	X	0.000		02	X	-100.000	
(EXT)	Y	0.000		(G55)	Y	-50.000	
	Z	0.000			Z	-650.000	
01	X	-100.000		03	X	-300.000	
(G54)	Y	-50.000		(G56)	Y	-200.000	
	Z	-650.000			Z	0.000	
>				S	0 T0000		
MDI	****	***	***		12:12:48		
[OFFSET]	[SETTING]	[WORK]	[ ]	[ ]	[[OPRT]]		

# 未知刀具長度

(a) 輸入刀尖至工件表面的距離(G43 : + , G44 : -)



OFFSET		00000 N0000	
NO.	DATA	NO.	DATA
001	-450.000	009	0.000
002	-500.000	010	-7.500
003	-400.000	011	12.000
004	5.000	012	-20.000
005	0.000	013	0.000
006	0.000	014	0.000
007	0.000	015	0.000
008	0.000	016	0.000
ACTUAL POSITION (RELATIVE)			
X	0.000	Y	0.000
Z	0.000		
>			S 0 T0000
MDI **** * * * *			16:17:33
[OFFSET]	[SETTING]	[WORK]	[ ] [ ] [OPRT]

WORK COORDINATES				00000 N00000	
(G54)		DATA		NO.	DATA
00	X	0.000	02	X	-152.580
(EXT)	Y	0.000	(G55)	Y	-56.284
	Z	0.000		Z	0.000
01	X	-100.000	03	X	-300.000
(G54)	Y	50.000	(G56)	Y	-200.000
	Z	0.000		Z	0.000
>					S 0 T0000
MDI **** * * * *					12:12:48
[OFFSET]	[SETTING]	[WORK]	[ ] [ ]	[OPRT]	

# OiD 補正畫面

工具補正		O8501 N00000			
番号	形状 (H)	摩耗 (H)	形状 (D)	摩耗 (D)	
001	0.000	0.000	0.000	0.000	
002	0.000	0.000	0.000	0.000	
003	0.000	0.000	0.000	0.000	
004	0.000	0.000	0.000	0.000	
005	0.000	0.000	0.000	0.000	
006	0.000	0.000	0.000	0.000	
007	0.000	0.000	0.000	0.000	
008	0.000	0.000	0.000	0.000	
相對座標	X	188.800	Y	-411.733	
	Z	171.467			
A) ^					
S 0 L 0%					
JOG	****	***	***	11:25:11	
補正	設定	座標系		(操作)	+

# 0iD 座標系畫面

工件座標系設定 08501 N00000

(G54)

番号		値	番号		値
00	X	0.000	02	X	546.571
EXT	Y	0.000	G55	Y	-247.520
	Z	0.000		Z	0.000
01	X	546.571	03	X	400.000
G54	Y	-247.520	G56	Y	-200.000
	Z	0.000		Z	-220.000

A) ^

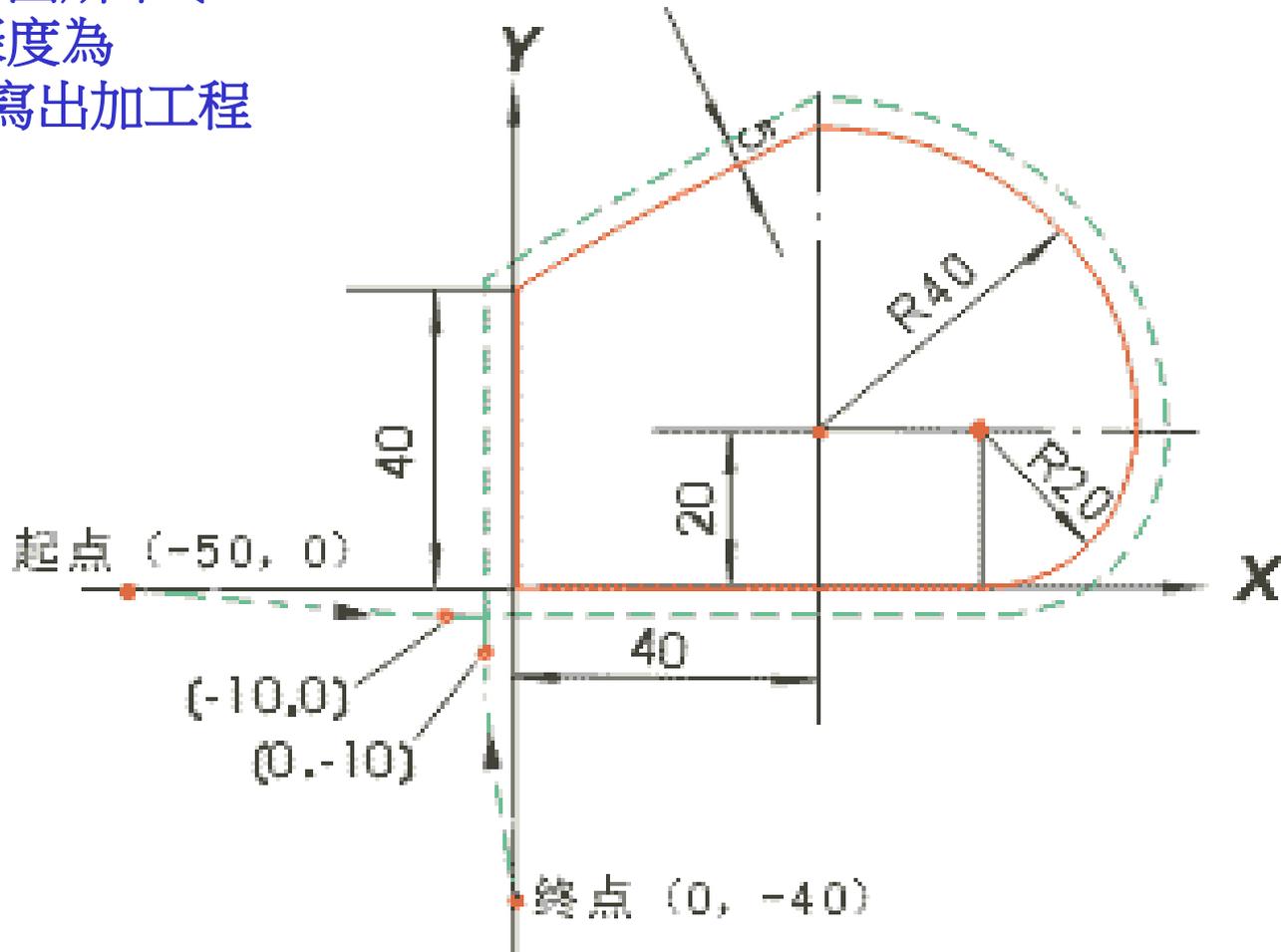
S      0 L    0%

JOG    \*\*\*\*    \*\*\*    \*\*\*    |    11:25:35    |

補正    設定    座標系    (操作)    +

# 銑削範例

使用半徑為 5mm 的  
刀具加工如圖所示零  
件，加工深度為  
5mm，試寫出加工程  
式



# 範例程式

O10

G91G28Z0//Z 軸回機械原點

G55 G90 // 設定 G55 加工坐標系

G00 X-50 Y0 // 到達 X ， Y 座標起始點

M03 S5000 // 主軸啟動

G00 Z40

G01 G42 X-10 Y0D01 // 建立右偏刀具半徑補償

G01 Z-5 F100 // 到達 Z 座標起始點

G01 X60 Y0 F1000// 切入輪廓

G03 X80 Y20 R20 // 切削輪廓

G03 X40 Y60 R40 // 切削輪廓

G01 X0 Y40 // 切削輪廓

G01 X0 Y-10 // 切出輪廓

G01 G40 X0 Y-40 // 撤銷刀具半徑補償

G00 Z40 //Z 座標退刀

M05 // 主軸停

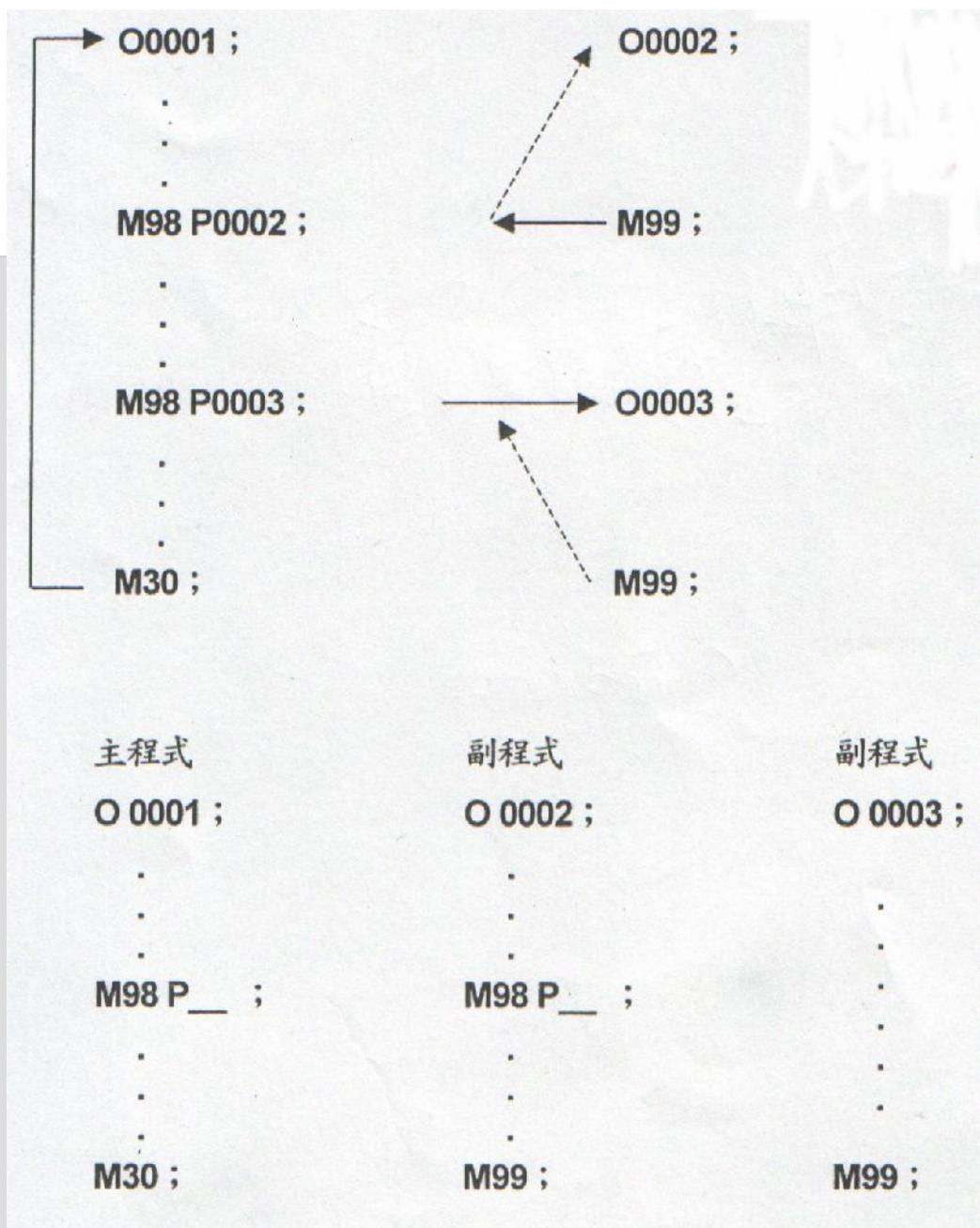
M30 // 程式停

設置 G55 : X = -400 , Y = -150 , Z = -50 ;

D01 = 5

# 副程式

M98 : 呼叫副程式  
M99 : 副程式終了  
， 回到主程式



# G68(G69) 座標系統旋轉 (取消)

此指令是執行程式座標旋轉，可將程式內容作某一角度之旋轉，以減少座標點之複雜計算，縮短製作程式的時間。

指令格式：**G68** X\_\_\_ Y\_\_\_ **R**\_\_\_ ；

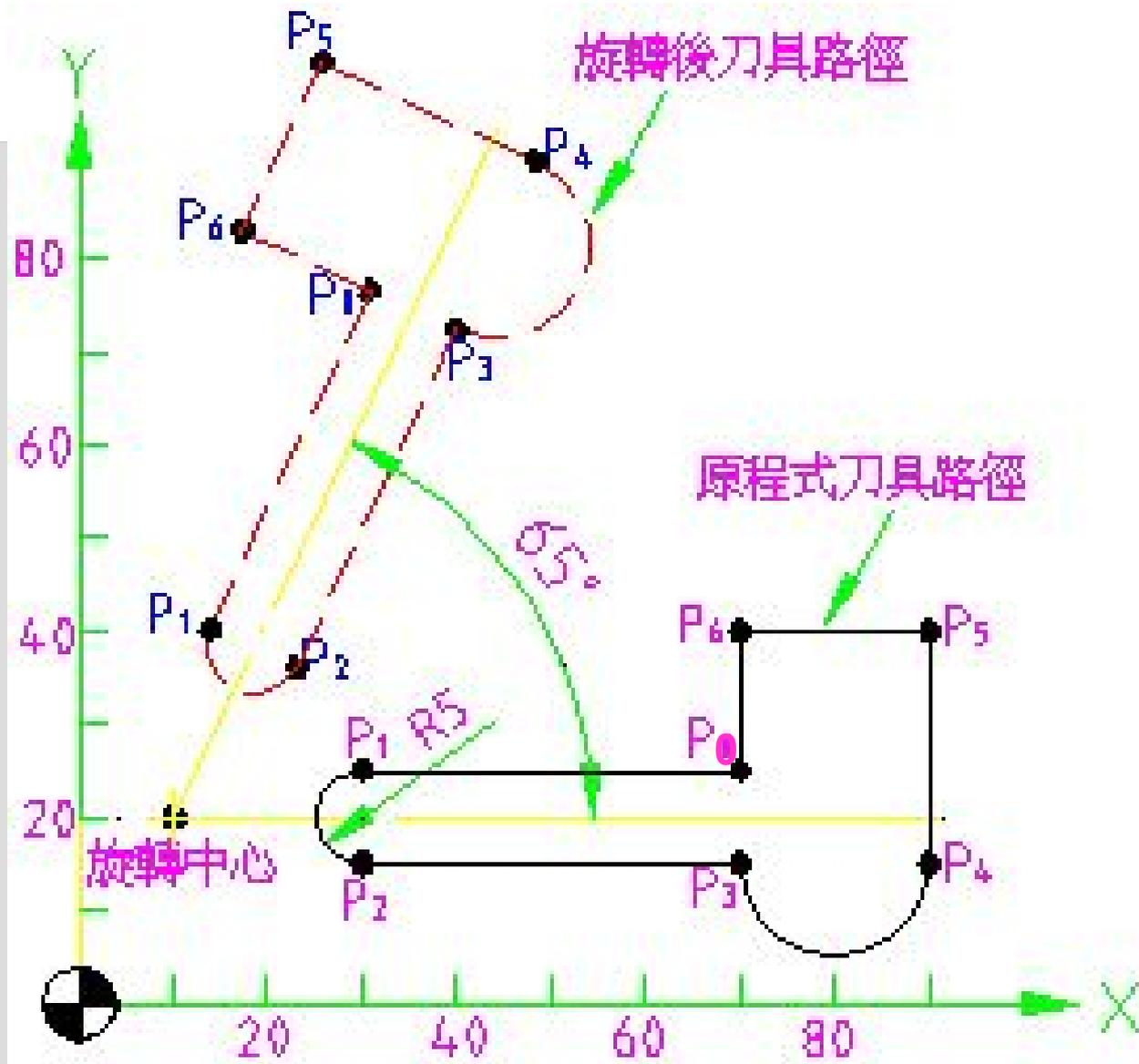
**G68**: 座標系統旋轉

**G69**: 座標系統旋轉取消

**X**、**Y**: 旋轉中心座標

**R**: 旋轉角度，順時針方向為負值、逆時針方向為正值

# G68(G69) 座標系統旋轉 (取消)



# G68(G69) 座標系統旋轉 ( 取消 )

## 絕對座標寫法

```
G90 G54 X0. Y0. M3 S1500;  
G43 Z10.0 H1;  
G68 X10.0 Y20.0 R65.0;  
N1 G00 X70.0 Y25.0;  
N2 G01 Z-3.0 F100;  
N3 X30.0; ----- P0→P1  
N4 G03 Y15.0 R5.0; ----- P1→P2  
N5 G01 X70.0; ----- P2→P3  
N6 G03 X90.0 R10.0; ---- P3→P4  
N7 G01 Y40.0; ----- P4→P5  
N8 X70.0; ----- P5→P6  
N9 Y25.0; ----- P6→P0  
N10 Z10.0;  
N11 G69 ;
```

## 增量座標寫法

```
G90 G54 X0. Y0. M3 S1500;  
G43 Z10.0 H1;  
G68 X10.0 Y20.0 R65.0;  
N1 G00 X70.0 Y25.0;  
N2 G01 Z-3.0 F100;  
N3 G91 X-40.0; ----- P0→P1  
N4 G03 Y-10.0 R5.0;----- P1→P2  
N5 G01 X40.0; ----- P2→P3  
N6 G03 X20.0 R10.0; ---- P3→P4  
N7 G01 Y15.0; ----- P4→P5  
N8 X-20.0; ----- P5→P6  
N9 Y-15.0; ----- P6→P0  
N10 Z10.0;  
N11 G69 ;
```

## 固定循環

## 指令格式：

**G81:** 鑽孔切削循環

**G81** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G82** 鑽孔切削循環 ( 可暫停 )

**G82** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ P\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G83** 分段式深孔啄鑽循環

**G83** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ Q\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G73** 深孔啄鑽 ( 微退 ) 切削循環

**G73** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ Q\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G74** 左螺旋切削循環

**G74** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G84** 右螺旋切削循環

**G84** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G76** 精密搪孔切削循環

**G76** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ P\_\_\_ Q\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G86** 粗搪孔切削循環

**G86** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G87** 背搪孔切削循環

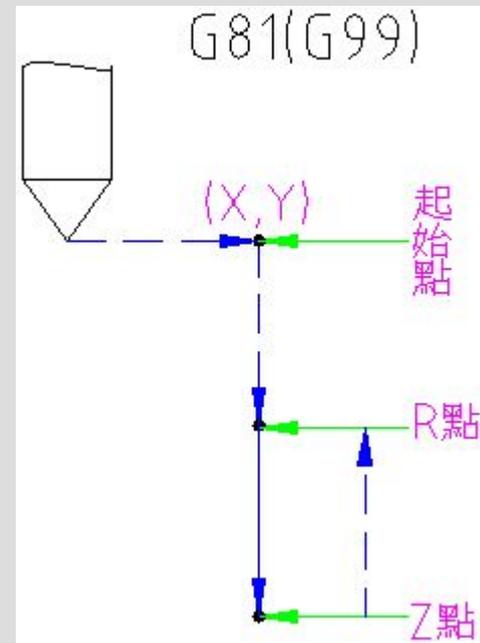
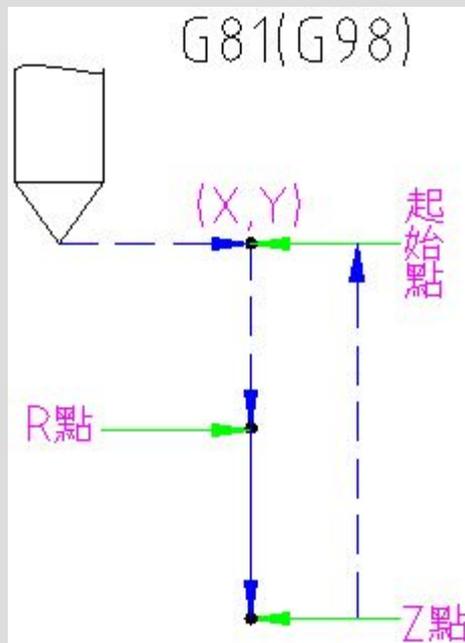
**G87** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ Q\_\_\_ F\_\_\_ ；

**G88** 盲孔搪削循環

**G88** X\_\_\_ Y\_\_\_ Z\_\_\_ R\_\_\_ P\_\_\_ F\_\_\_ ；

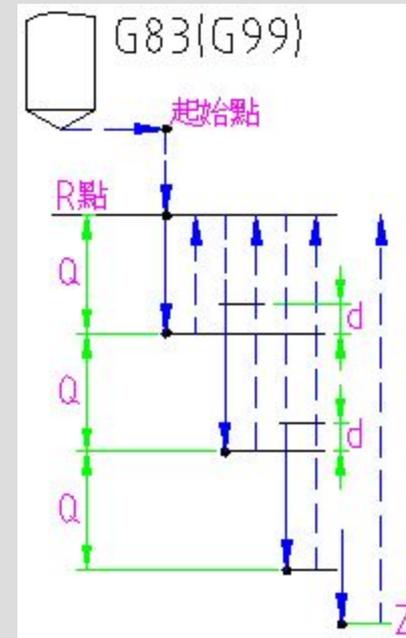
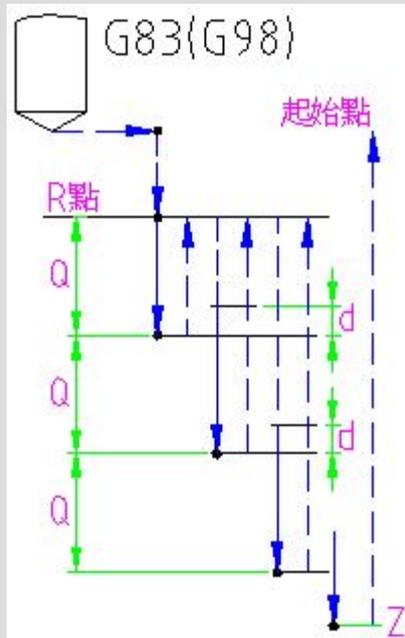
## G81: 鑽孔切削循環

1. 刀具以快速定位模式至  $X$ \_\_\_  $Y$ \_\_\_ 中心座標。
2. 刀具快速位移至  $Z$  軸  $R$  點。
3. 刀具依  $F$  之進給率切削至  $Z$  點。
4. 刀具依程式格式快速位移提昇至起始點 ( $G98$ ) 或  $R$  點 ( $G99$ )。



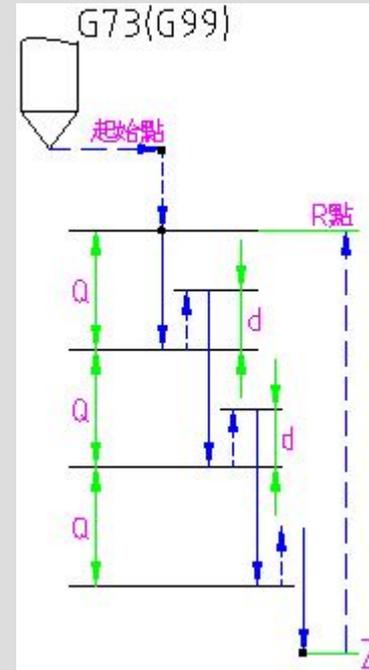
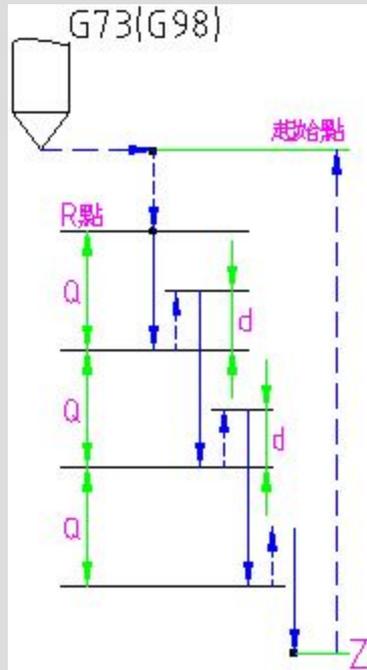
## G83: 分段式深孔啄鑽循環

1. 刀具以快速定位模式至 X\_\_\_ Y\_\_\_ 中心座標。
2. 刀具快速位移至 Z 軸 R 點。
3. 刀具依 F 之進給率切削，且每鑽削 Q 量後，Z 軸即快速位移提昇至 R 點。
4. Z 軸快速位移至上一鑽削終點前 d 量之位置。
5. 切削進給 Q 量。
6. Z 軸快速位移至 R 點。
7. 繼續依步驟 4~6 之形式循環加工直至 Z 點。
8. 刀具依程式格式快速位移提昇至起始點 (G98) 或 R 點 (G99)。



## G73: 深孔啄鑽 ( 微退 ) 切削循環

1. 刀具以快速定位模式至 X\_\_\_ Y\_\_\_ 中心座標。
2. 刀具快速位移至 Z 軸 R 點。
3. 刀具依 F 之進給率切削，且每鑽削 Q 量後主軸即快速位移提昇 d 量。
4. 主軸繼續依步驟 3 之形式循環加工直至 Z 點。
5. 刀具依程式格式快速位移提昇至起始點 (G98) 或 R 點 (G99) 。

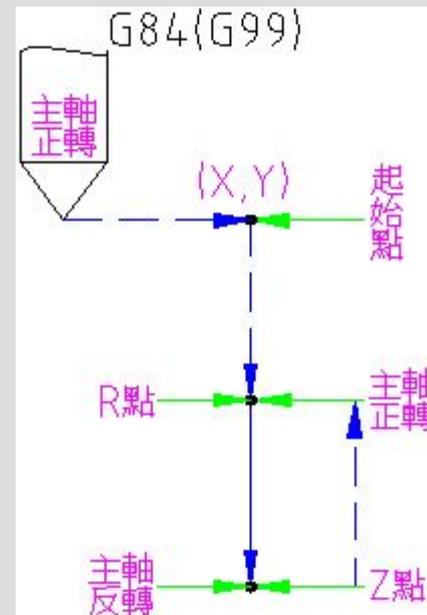
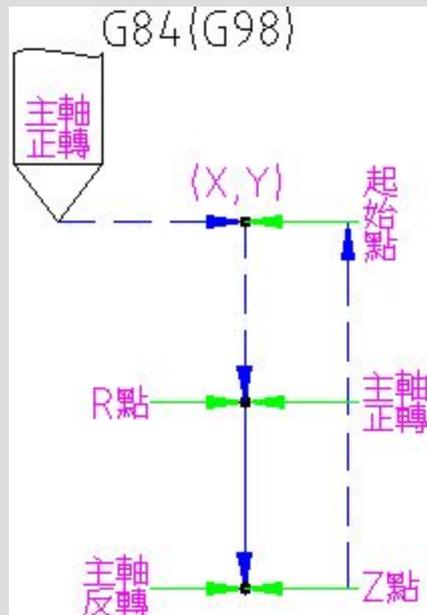


## G84: 右螺旋切削循環 (右牙)

1. 刀具以快速定位模式至 X\_\_\_ Y\_\_\_ 中心座標。
2. 刀具快速位移至 Z 軸 R 點。
3. 刀具依 F 之進給率切削至 Z 點。
4. 主軸停止轉動。
5. 主軸反轉，進給率依步驟 3 之速度退至 R 點。
6. 主軸恢復正轉。
7. 刀具依程式格式快速位移提昇至起始點 (G98) 或 R 點 (G99)。
8. 主軸停止。

註：(1) 程式指令中之進給率  $F=(節距 P) \times (主軸轉速 S)$ 。

註：(2) 步驟 5 之退回速率可由參數設定。

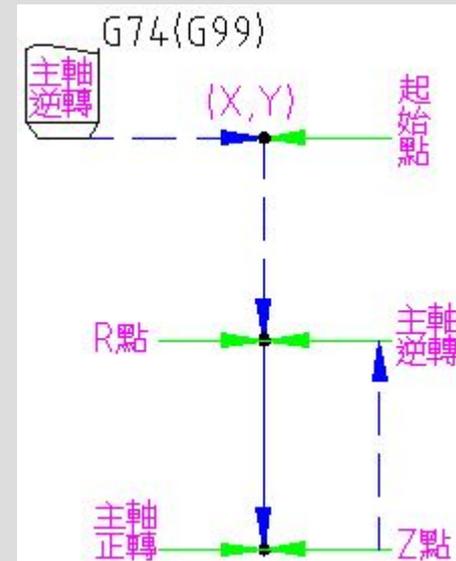
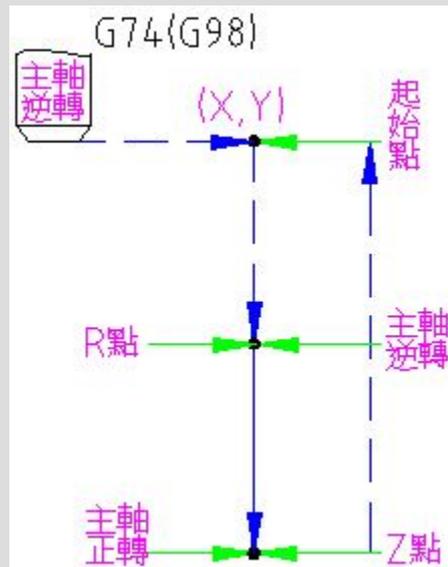


## G74: 左螺旋切削循環 (左牙)

1. 刀具以快速定位模式至 X\_\_\_ Y\_\_\_ 中心座標。
2. 主軸逆轉。
3. 刀具快速位移至 Z 軸 R 點。
4. 刀具依 F 之進給率切削至 Z 點。
5. 主軸停止轉動。
6. 主軸正轉，進給率依步驟 4 之速度退至 R 點。
7. 主軸恢復逆轉。
8. 刀具依程式格式快速位移提昇至起始點 (G98) 或不移動 (G99)。

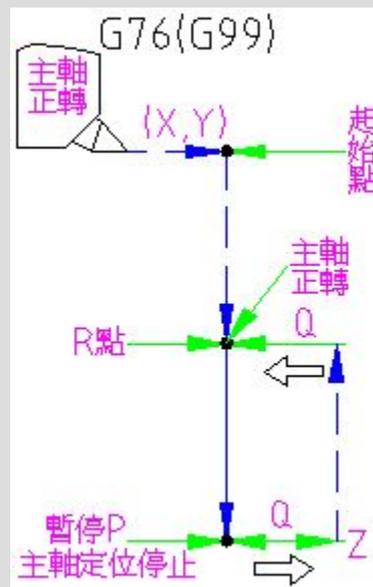
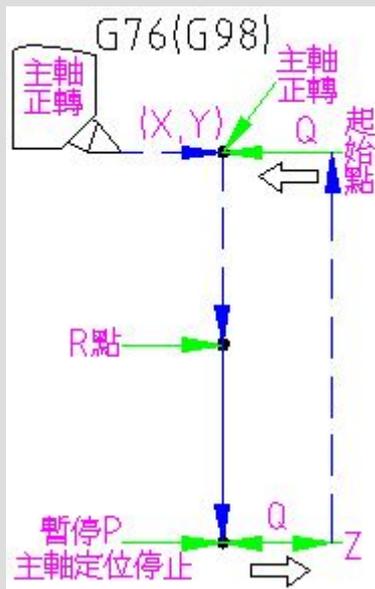
註：(1) 程式指令中之進給率  $F=(\text{節距 } P) \times (\text{主軸轉速 } S)$ 。

註：(2) 步驟 5 之退回速率可由參數設定。

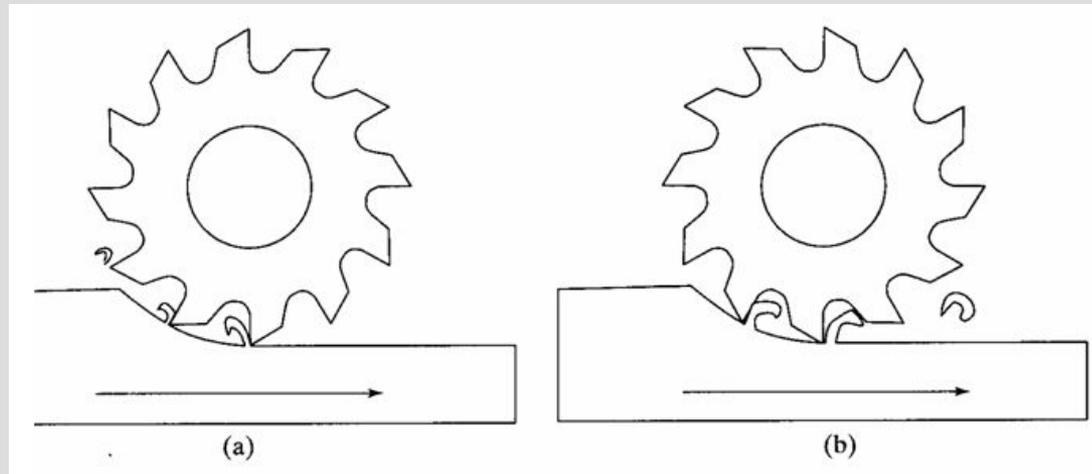


## G76: 精密搪孔切削循環

1. 刀具以快速定位模式至 X\_\_\_ Y\_\_\_ 中心座標。
2. 刀具快速位移至 Z 軸 R 點。
3. 刀具依 F 之進給率切削至 Z 點。
4. Z 軸依 P 值進行暫停時間。
5. 主軸停止並定位。
6. 主軸朝固定方向對孔中心偏移 Q 量。
7. 刀具依程式格式快速位移提昇至起始點 (G98) 或 R 點 (G99)。
8. 主軸偏移至原來位置。
9. 主軸再恢復轉動。



# 順逆銑



(a) 逆銑法（上銑法）

(b) 順銑法（下銑法）

工件運動方向與刀具旋轉方向相反時為逆銑

工件運動方向與刀具旋轉方向相同時為順銑

# 順逆銑優劣點

## 順銑

### 優點：

- a · 刀刃摩擦小，刀具壽命長。
- b · 加工表面光度佳。
- c · 適合碳化物刀具 CNC 工具機上，重銑削或精銑削。
- d · 切削功率消耗少。

### 2. 缺點：

- a · 易產生床台之間隙移動，需有消除床台進給機構之齒隙裝置。
- b · 不適合工件表面有鱗片或硬點之鍛鑄件。
- c · 加工時刀齒對工件之壓力大，機台 - 夾具 - 工件之剛性需高，且易因衝擊而使刀具斷裂。

## 逆銑

### 優點：

- a · 不會產生床台之間歇性震動，可用老舊之銑台。
- b · 適合銑削有鱗皮或硬點之鍛鑄件。
- c · 刀齒平靜的切入工件，故不易斷裂（可提供銳利之刀齒）。

### 缺點：

- a · 刀刃摩擦大，刀具壽命少。
- b · 工件有向上推移之傾向，故挾持需穩固，不適合長薄工件且易震動，加工面表面光度差。
- c · 切削功率消耗大。
- d · 不適合 CNC 工具機上銑削。

## 切削速度的計算

$$V_c = (\pi * D * S) / 1000$$

$V_c$  : 線速度 (m/min)

$\pi$  : 圓周率 (3.14159)

$D$  : 刀具直徑 (mm)

$S$  : 轉速 (rpm)

例題 . 使用  $\Phi 25$  的銑刀  $V_c$  為 (m/min)25

求  $S=?$ rpm

$$V_c = \pi D S / 1000$$

$$25 = \pi * 25 * S / 1000$$

$$S = 1000 * 25 / \pi * 25$$

$$S = 320 \text{rpm}$$

## 進給量 (F 值) 的計算

$$F = S * Z * F z$$

F : 進給量 (mm/min)

S : 轉速 (rpm)

Z : 刃數

F z : ( 實際每刃進給 mm/tooth)

例題 . 一標準 2 刃立銑刀以 2000rpm) 速度切削工件，求進給量 (F 值) 為多少？

( F z=0.25mm)

$$F = S * Z * F z$$

$$F = 2000 * 2 * 0.25$$

$$F = 1000(\text{mm/min})$$

# G10- 工件座標系

G10 L2 P $p$  IP\_ 設定 G54~59 及 EXTERNAL 的零偏位置

G10 L20 P $p$  IP\_ 設定 G54.1 的零偏位置

$p=0$ : 外部工件零點偏置值

$p=1$  到  $6$ : 分別與工件 54 到 59 的工件零點偏置值

$p=1$  到  $48$ : 分別與工件 54.1P1 到 54.1P48 的工件零點偏置值

IP:

- 對一個絕對指令 (G90), 每個軸的工件零點偏置值  $(X\_Y\_Z\_W\_B)$
- 對一個增量指令 (G91), 該值要加到每個軸原設置的工件零點偏置值上 (相加的結果成為新工件零點偏置值)

# G10- 刀具補償

G10	L10	{ P _ R _ ; }	用於刀具長 (H) 幾何補正量
	L11		用於刀具長 (H) 磨耗補正量
	L12		用於刀具徑 (D) 幾何補正量
	L13		用於刀具徑 (D) 磨耗補正量

P : 刀具補正號碼 ;

R : 刀具補正值 ( 刀具長或刀具直徑資料 ) ;

- 在絕對指令模式 (G90) 下是絕對值， G10 之設定值為新的補正值
- 在增量指令模式 (G91) 下是增量值， G10 之設定值為目前值加上新補正值



END

THANK YOU!