

# 14. 龍門式CNC加工中心機側銑頭(RAH)尺寸 精度誤差補正技術

巫維標 助理教授、黃仁清 副教授  
東南科技大學 機械工程系

## 摘要

龍門式CNC加工中心機在對於工件四個周面（four side face）加工時，必需在主軸頭換上附屬配件側銑頭（RAH），側銑頭之各零組件尺寸因有製造與組裝公差、剛性…等因素，故側銑頭旋轉在不同角度其X、Y、Z軸均有不同的誤差量產生，本技術是利用控制器廠商提供控制系統之巨指令（Macro）及配合研製側銑頭（RAH）尺寸精度誤差檢驗台，在加工工件之四個周面標準角度（0度、90度、180度、270度），發展CNC加工中心機側銑頭（RAH）尺寸精度誤差補正程式，提供改進CNC加工中心機四個周面加工時側銑頭（RAH）尺寸精度之誤差補償，達到側銑頭能精確的加工作業，提升生產成品精度品質及提高生產效率。

**關鍵字：**龍門式CNC加工中心機、側銑頭（RAH）、巨指令（Macro）、誤差補償

## 一、前言

本技術報告是國內大型油壓機械製造廠—連結機械股份有限公司與本校機械工程系產學合作—技術服務項目成果之一，本報告是利用二大步驟進行實際量測找出不同角度側銑頭(RAH)尺寸精度誤差量資料並求出平均值後，將其誤差量平均值設定在指令參數（I、J、K）內實施補正，再檢驗側銑頭(RAH)補正後之精度，以驗證龍門式CNC加工中心機中心加工機側銑頭（RAH）尺寸精度誤差補正技術之正確及有效性，供使用龍門式CNC加工中心機側銑頭（RAH）尺寸精度誤差補正參考。

當龍門式CNC加工中心機加工工件之正面（top face）時，可使用立式主軸頭裝上刀具，其刀具長度與平面位置補正及刀具偏位補償均可利用一般控制系統提供之補正功能（G40~G44、G49）[1]來克服解決。而加工到工件之四個周面（four side face）時，由程式控制自動的卸下立式主軸頭，換裝側銑頭(RAH)後裝上刀具來加工。而側銑頭在旋轉不同角度時（即不同加工座標系），因側銑頭各零組件有製造、組裝公差及剛性…等因素，在X、Y、Z軸均有不同的誤差量產生，為了維持側銑頭在旋轉不同角度加工尺寸精度，必需在X、Y、Z軸做不同誤差量的補正，以方便程式設計者的程式撰寫及操作者方便檢測及操作，對龍門式CNC加工中心機的加工程式而言，X、Y、Z軸不同誤差量的補正須與變換加工座標系程式結合，一般CNC控制器廠商通常會提供一些標準加工座標轉換套裝軟體（內含誤差量的補正）供買者使用，如日本富士通公司FANUC M系列及日本三菱公司MELDAS M系列兩大廠聯合開發一套共用使

用軟體[2]，西德西門子公司SINUMERIK M系列亦有提供使用軟體[3]，日本MITSUBISHI公司在自己開發機型亦有開發一套使用軟體[4]，捷克SKODA公司利用西德SIEMENS之SINUMERIK 880M系統也有發展一套使用軟體[5]，但各個工廠CNC加工中心機控制器系統及加工附件之側銑頭(RAH)規格不同，且控制器廠商提供側銑頭(RAH)尺寸精度之誤差補正軟體均針對特定機型設計並鎖住不任意讓使用者操作，若要修正設定誤差量只有請原廠技師來修正設定造成不方便與維護成本增加。

本報告是以控制器廠商提供控制系統之巨指令（Macro）及配合研製側銑頭(RAH)尺寸精度誤差檢驗台，在加工工件之四個周面（four side face）標準角度（0度、90度、180度、270度）應用時，發展龍門式CNC中心加工機側銑頭(RAH)尺寸精度誤差補正技術，提供改進龍門式CNC中心加工機側銑頭(RAH)尺寸精度之誤差補正功能，以提升龍門式CNC中心加工機側銑頭加工成品精度。

## 二、龍門式CNC加工中心機側銑頭(RAH)尺寸精度誤差補正技術介紹

以龍門式CNC中心加工機而言，若在工件之正表面加工座標系上一點要轉換至側銑頭各四周面加工，其側銑頭加工座標系旋轉情形如下：（如圖2-1所示）

0度時，必須先對X軸轉90度後再對Y軸轉90度即完成座標系轉換。

90度時，必須對X軸轉90度即完成座標系轉換。

180度時，必須先對X軸轉90度後再對Y軸轉-90度即完成座標系轉換。

270度時，必須先對X軸轉-90度後再對Z軸轉180度即完成座標系轉換。

若設原始工件正表面加工座標系為G54，側銑頭由 $X_w$ 、 $Y_w$ 、 $Z_w$ 加工座標系至不同四周面之 $X_p$ 、 $Y_p$ 、 $Z_p$ 加工座標系，要考慮的移動尺寸有下列[6]：

- 加工物之正表面加工座標系 $X_w$ 、 $Y_w$ 、 $Z_w$ 座標至各四個周面之加工座標系 $X_p$ 、 $Y_p$ 、 $Z_p$ 距離。如圖2-2（90度為例）距離為 $\{-500, -700, -600\}$ 。
- 由立銑頭端面中心 $X_m$ 、 $Y_m$ 、 $Z_m$ 至側銑頭中心端面距離 $X_a$ 、 $Y_a$ 、 $Z_a$ ，如圖2-3所示。
- 側銑頭因旋轉角度不同而產生的誤差量 $X_e$ 、 $Y_e$ 、 $Z_e$ ，即 $X_a$ 、 $Y_a$ 、 $Z_a$ 之誤差量，此誤差量約在0.015mm以內，這些偏差量可使用四個量表分別在0度、90度、180度、270度位置分別測出，如圖2-4所示。

龍門式CNC加工中心機側銑頭(RAH)尺寸精度誤差補正技術，是由程式直接控制側銑頭(RAH)精度誤差量

之補正，以便在不同四周面角度正確的加工；龍門式CNC加工中心機側銑頭 (RAH) 尺寸精度誤差補正技術有共二大步驟如下：

1. 首先要在加工工件之四個周面 (four side face) 標準角度(0度、90度、180度、270度)，執行未設誤差補正量之補正技術程式在檢驗台檢測找出在不同角度時側銑頭精度誤差量資料，重複進行5次檢測後計算平均精度誤差量。
2. 將平均精度誤差量設定在補正技術程式做誤差補正，並在相同之檢驗台再一次測試補正後之精度誤差值來做比較。

側銑頭各特別角座標轉換及誤差量測與補正流程圖 (如圖2-5) 及補正技術之主、副程式如程式2-1，主程式呼叫副程式指令單節為：

G65P9010(G200) A\_C\_D\_E\_F\_I\_J\_K\_X\_Y\_Z\_;

參數說明：

G65P9010(G200)：主程式呼叫誤差量補正技術副程式09010

A：側銑頭旋轉角度(如0度、90度、180度、270度)

C：工作座標系統(如G54、G55、G56...G59)

D、E、F：C指定加工座標系至側銑頭座標系在X、Y、Z軸之距離Xp、Yp、Zp(絕對值mm)

I、J、K：側銑頭在X、Y、Z軸之誤差量(Xe、Ye、Ze)(絕對值mm)

X、Y、Z：由立銑頭端面中心至側銑頭中心端面距離(Xa、Ya、Za)

### 三、龍門式CNC加工中心機側銑頭(RAH) 尺寸精度誤差補正技術實例

本報告利用上節所述二大步驟進行實際量測找出不不同角度側銑頭(RAH)尺寸精度誤差量資料並求出平均值後，將其誤差量平均值設定在指令參數(I、J、K)內實施補正，再檢驗側銑頭(RAH)補正後之精度，以驗證龍門式CNC加工中心機中心加工機側銑頭(RAH)尺寸精度誤差補正技術之正確性與有效性，二大步驟其使用機器設備、程式指令、實際細節步驟條件分別如下：

使用機器：日本三菱 (MITSUBISHI) M-VS 25/20龍門式CNC加工中心機

控制器：FANUC-18MB

側銑頭規格：Xa=160、Ya=245、Za=0 (單位mm)

工作座標系統：G54

第一步驟量測側銑頭尺寸精度誤差量之指令：(A分別由0、90、180、270等各角度量測)

G200A\_C54D\_\_E\_\_FIQJ0K0X160Y245Z0；(I、J、K設為0，D、E、F依A不同角度尺寸設定)

其細節步驟如下：

1. 銑製並研磨檢驗台基座S50C300mmx300mmX200mm一塊(如圖3-1)，及要裝在檢驗台基座上之多方向量表挾持座(如圖3-2)。
2. 組裝多方向量表挾持座及十二支量錶於檢驗台基座上，0度、90度、180度、270度X、Y、Z軸各一支(如圖3-3)。

3. 檢驗台移至三次元量床校正組裝及量錶歸零位置。
4. 將歸零好之檢驗台裝在龍門式CNC中心加工機床台中央位置，並校正平行、平面及直角度精度。
5. 在龍門式CNC中心加工機用MDI方式執行呼叫側銑頭至主軸，並裝上 $\phi 50\text{mm} \times 100\text{mm}$ 校正用測試棒。
6. 使用RAPID及MPG操作量取機械原點至G54原點之距離，並設定到OFFSET之G54加工座標系補正。
7. 在EDIT下呼叫側銑頭尺寸精度誤差補正程式，並將側銑頭誤差量I、J、K等參數設為0。
8. 在MEMORY下執行側銑頭尺寸精度誤差補正程式，觀察側銑頭誤差量I、J、K並記錄。
9. 重複7、8項五次後並求出平均值(如表3-1)。

經過上述九個步驟，則可量測出此龍門式CNC中心加工機側銑頭在不同角度下之誤差量。

第二步驟將平均精度誤差量設定在補正技術程式做誤差補正之指令：(A分別由0、90、180、270等各角度量測)

G200A\_C 54 D\_E\_F\_I\_J\_K X160.Y245.Z0；(I、J、K依誤差量設定，D、E、F依A不同角度尺寸設定)

其細節步驟如下：

1. 在EDIT編輯模式下，將不同角度精度誤差量平均值(如表3-1)資料設定到指令之I、J、K參數位置。
2. 在MEMORY下執行側銑頭誤差補正程式，觀察側銑頭各角度誤差量並記錄。
3. 重複1、2項五次後並求出平均值(如表3-2)。

### 四、結果與討論

1. 由表3-1得知龍門式CNC中心加工機之側銑頭誤差量，以X、Y軸較大，Z軸較小，這是因其機械X、Y軸常依不同加工周面旋轉所造成。
2. 由表3-2得知龍門式CNC中心加工機之側銑頭，經過誤差補正後發現側銑頭尺寸精度誤差量明顯減少，有助於提高側銑頭在四周面加工尺寸之精度。
3. 龍門式CNC中心加工機其側銑頭之誤差因素很多，例如側銑頭製造誤差、立銑頭端面中心至側銑頭端面中心距離誤差、工作座標系至側銑頭座標系距離誤差...等等誤差，故需要做誤差補正，以免造成加工尺寸不易控制。

### 五、對工廠之貢獻

經過使用龍門式CNC中心加工機側銑頭(RAH)尺寸精度誤差補正技術，提供快速精確之龍門式CNC中心加工機側銑頭(RAH)尺寸精度誤差補正，而此側銑頭誤差補償技術可使側銑頭誤差量明顯減少，不僅提升生產成品精度品質，更能提高生產效率。

### 參考文獻

- [1] “FANUC SYSTEM 10M-MODEL A OPERATOR’S MANUAL” B-54824E/01 FANUC LTD, 1984, pp98-pp139。
- [2] “MVR, MVS INSTRUCTION MANUAL FOR FIVE FACE MACHINING OPTWARE”, 1998 MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD, 1998, pp11-pp16。
- [3] “SINUMERIK 850 User Documentation” SIEMENS CO LTD Edition, June 1989.
- [4] “MITSUBISHI PLANO-MACHINING CENTER Instruction Manual”, MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD, 1998.
- [5] “SINUMERIK System 800 Measuring Cycles for Milling Machines and Machining Centers” SIEMENS CO LTD Edition, June 1988.
- [6] “FANUC Series 16-MC 18-MC OPERATOR’S MANUAL” B-62764EN/01 FANUC LTD, 1995.

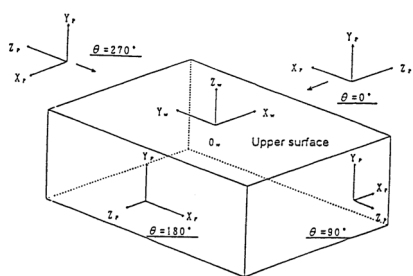


圖2-1 龍門式CNC中心加工機各面加工座標系，其中Xw Yw Zw 正表面座標系，Xp Yp Zp側銑頭各周面之加工座標系[2]

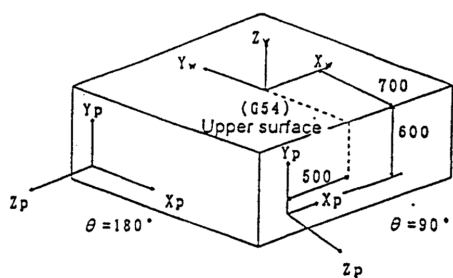


圖2-2 正表面座標系Xw、Yw、Zw座標系至四周面(90度) Xp、Yp、Zp之座標系距離[2]

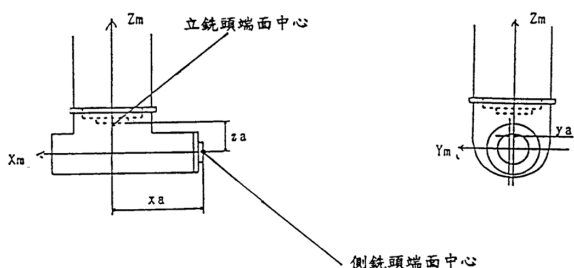


圖2-3 Xm、Ym、Zm至側銑頭中心端面距離Xa、Ya、Za[2]

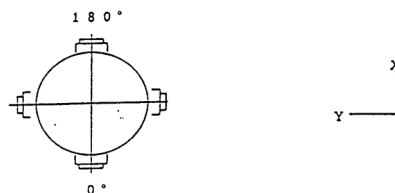


圖2-4 側銑頭檢測Xe、Ye、Ze誤差量在不同角度示意圖[2]

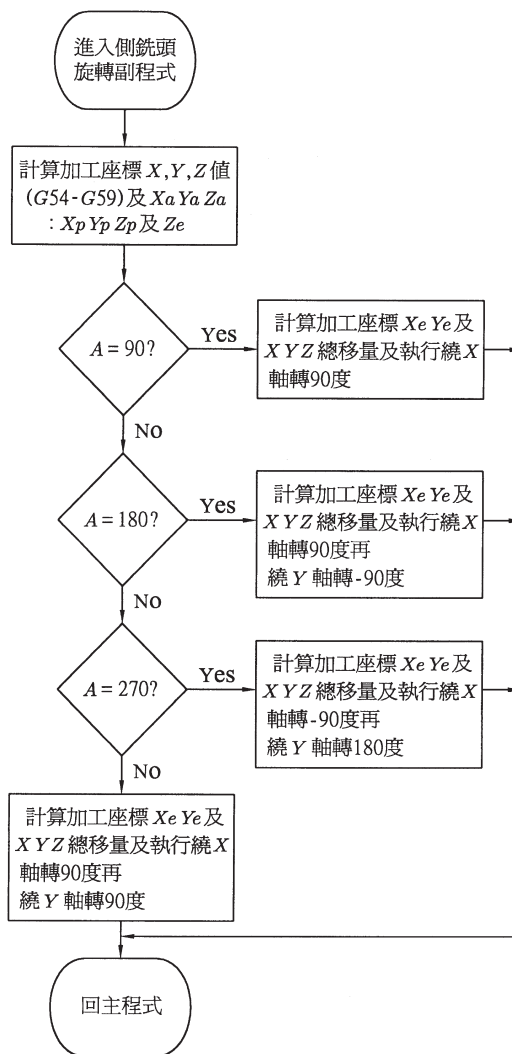


圖2-5 側銑頭尺寸精度誤差檢測及補正流程圖

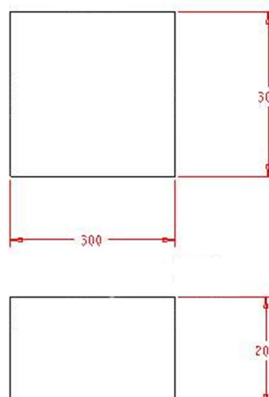


圖3-1 檢驗台基座

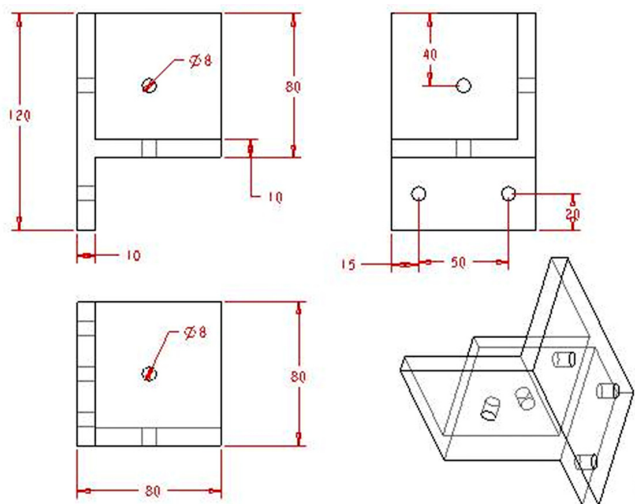


圖3-2檢驗台多方向量表挾持座

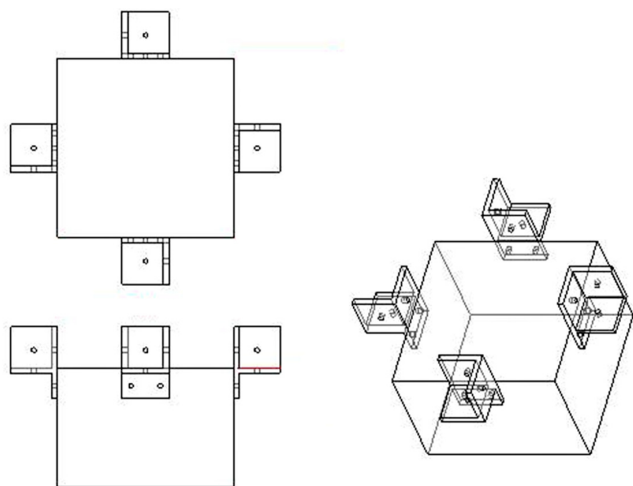


圖3-3組裝多方向量表挾持座於檢驗台基座

表3-1 龍門式CNC中心加工機側銑頭在不同角度下之誤差量

角度	軸向	1	2	3	4	5	平均值 (μm)
		0	X	12	13	11	
0	Y	-8	-6	-8	-7	-6	-7.0
	Z	4	4	3	4	5	4.0
	90	X	-9	-8	-9	-10	-12
90	Y	-4	-9	-10	-11	-10	-8.8
	Z	6	6	5	4	6	5.4
180	X	14	14	13	10	11	12.4
	Y	9	8	9	7	9	8.4
	Z	5	6	5	5	6	5.4
270	X	10	11	10	12	13	11.2
	Y	-8	-10	-12	-14	-11	-11.0
	Z	8	8	7	8	9	8.0

表3-2 龍門式CNC中心加工機側銑頭在不同角度下經補正後之誤差量

角度	軸向	1	2	3	4	5	平均值 (μm)
		0	X	0	1	2	
0	Y	-1	-3	0	0	-1	-1.0
	Z	2	0	0	1	3	1.2
	90	X	1	0	3	0	-1
90	Y	-3	0	-2	-1	-2	-1.6
	Z	0	0	1	0	2	0.6
	180	X	1	2	1	1	2
180	Y	-2	0	-1	1	2	0.0
	Z	-1	-1	0	1	2	0.2
	270	X	3	2	1	2	1
270	Y	-1	-1	-2	-1	0	-1.0
	Z	2	0	0	1	2	1.0

```

程式2-1
主程式
O6000 ;
G65P9021T1100 ;
G90G00G54X0Y0Z0 ;
G44Z0H01 ;
G200 A_C_D_E_F_I_J_K_X_Y_Z_ ;
...
G69 ;
M30 ;
    
```

```

副程式一
O9010 ;
#30 = #3 - 54. ;
#31 = #30 * 20. ;
#11 = #[5201 + #31] + #24 + #4. ;
#12 = #[5202 + #31] + #25 + #5. ;
#13 = #[5203 + #31] + #26 + #9 + #6. ;
IF[#1 EQ 90.]GO TO 90 ;
IF[#1 EQ 180.]GO TO 180 ;
IF[#1 EQ 270.]GO TO 270 ;
N0 M55B0 ;
G91 G00 X[#11 + #7]Y#12 Z#13 ;
...
G68 X0 Y0 Z0 I0 J1 K0 R180. ;
M98P6001 ;
GO TO 500 ;
...
N500M99 ;
    
```

```

副程式二
O6001 ;
G90G00Z100. ;
Y-50. ;
...
M99 ;
    
```