

工具機空間精度量測與補償技術探討

Study on the Volumetric Accuracy Measurement and Compensation of Machine Tools

吳相儒

財團法人精密機械研究發展中心 工具機發展處 製程技術部

前言

近年來航太及汽車產業需求日漸增長，在盡量不增加機械成本以及長時間維持加工品質的需求下，工具機精度量測及補償技術被視為是解決此問題的重要方法之一。即使在全球智慧機械迅速發展的今日，根本的機械幾何精度仍舊是重要的一環，本篇研究內容將介紹，利用空間精度量測技術來探討五軸工具機的幾何誤差，企圖找出關鍵因素，並利用此技術做適當補償以改善工具機幾何誤差與空間精度誤差表現。

從線性軸幾何誤差到空間精度

工具機所有誤差來源中靜態誤差佔了 70%，而幾何誤差為靜態誤差中的主要成分，其可分為元件誤差(Component error)以及位置誤差(Location error)，元件誤差係指誤差隨元件移動位置不同而有不同的誤差值，可視為一誤差函數對應不同位置，例如：定位精度、真直度、PITCH、ROLL、

YAW。位置誤差則不隨移動而改變，是一固定數值，例如：垂直度、旋轉中心誤差 ... 等。

五軸工具機一般含有三個線性軸以及兩個旋轉軸(包含一旋轉軸、一傾斜軸)，在線性軸部分，由三個線性軸所組成的座標系統中，含有三個因垂直度造成的位置誤差，以及每一線性軸中共含有 6 個自由度元件誤差，故在三個線性軸所組成的座標系統中，共含有二十一項誤差，而一旋轉軸中共有 5 個位置誤差以及 6 個自由度元件(定位精度、兩方向真直度、PITCH、ROLL、YAW)誤差共 11 項誤差，因此五軸工具機一共含有線性軸 21 項誤差加上兩個旋轉軸 22 項誤差，共有 43 個誤差項。

空間精度誤差來源中，除原有的零組件品質及加工組裝技術所造成的定位精度與真直度外，運動角度是一大關鍵(PITCH、ROLL、YAW)，由圖 1 可知，當運動過程中產生角度誤差時，會使得定位精度在不同 Z 位置造成影響，此影響因子也會同時表現在真直度誤差裡。

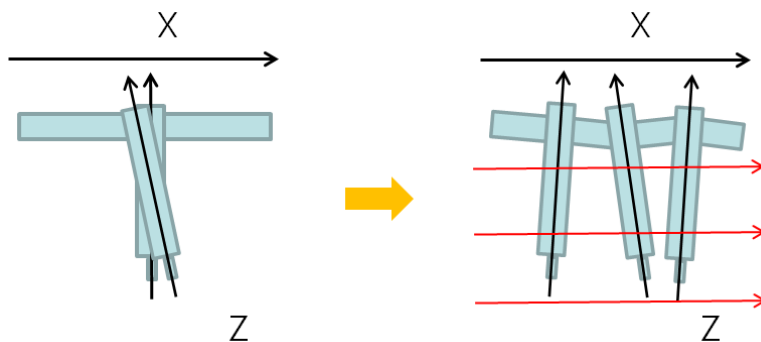


圖 1 運動角度誤差與不同位置定位精度之關係

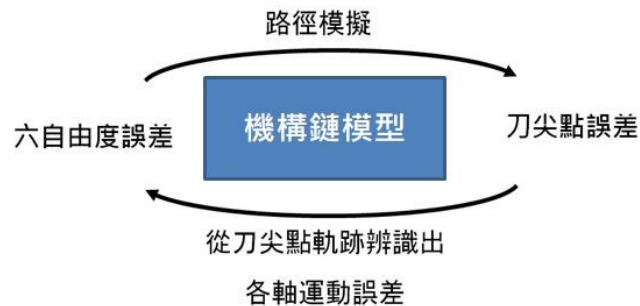


圖 2 機構鏈模型流程圖

然而上述的運動角度關係又會被不同線性軸堆疊的關係所影響，因此必須針對機台構型建立機構鏈，以掌握刀尖與工件的相對位置，使得線性軸與旋轉軸的堆疊關係能完整建立在控制器內，使其運算及補償機制能夠正常運作。其簡單概念是由刀端點出發經過各驅動軸後至工件座標原點而形成一個封閉架構。

故如能將各線性軸之 6 自由度誤差量測出來，再按照其構型建立相對應之誤差模型，即可計算出空間各位置之刀尖點誤差，如圖 2 所示。

目前工具機業界常用之 CNC 三大商用控制

器，皆可支援空間精度補償，並可按照空間精度補償方式分為歐系 (HEIDENHAIN、SIEMENS) 與日系 (FANUC) 兩種補償方式。歐系控制器係利用機構鏈補償、日系控制器則是利用空間格點方式補償。

精機中心目前於空間精度量測與補償實驗成果中，利用能量測六自由度誤差之雷射系統 (簡稱 6D 雷射)，量測五軸工具機之 X、Y、Z 三軸之六自由度誤差，並於同一線性軸量測中進行多位置量測、如圖 3，以量測因角度所造成不同位置之影響，由圖 4 實際量測結果可知，同一線性軸

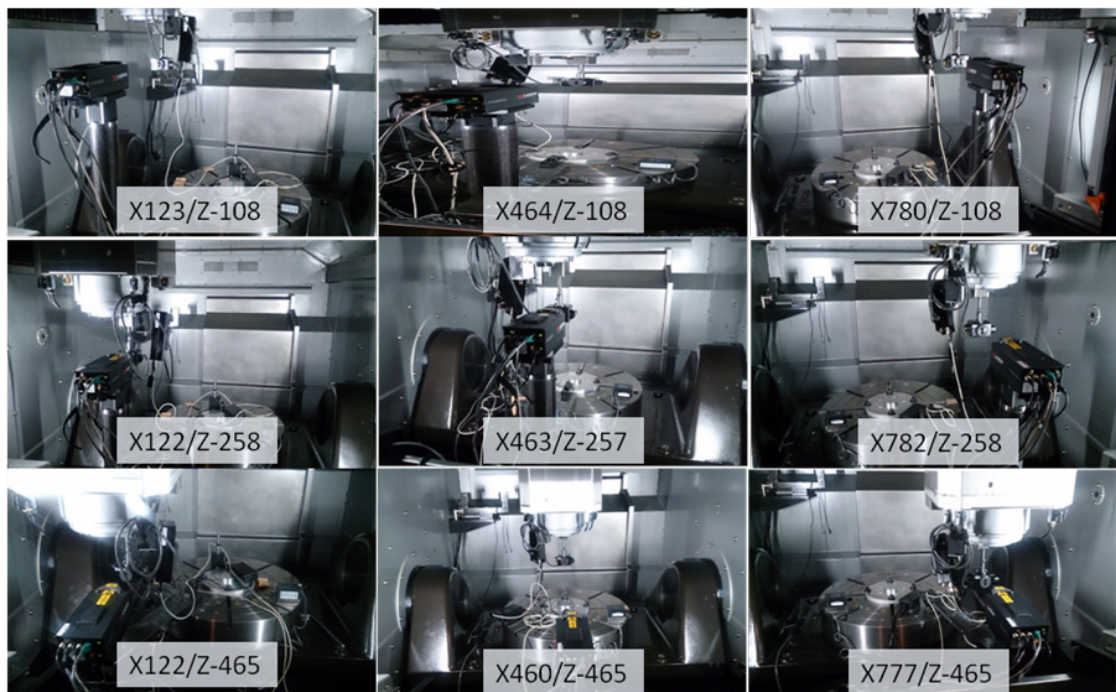


圖 3 6D 雷射量測整機多位置空間精度

更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | · 441 期 · 108 年 12 月號

機械工業雜誌·每期 **220** 元·一年 **12** 期 **2200** 元

線上訂購網址：<https://www.automan.tw/magazine/orderMag.aspx>

付款方式

1. 郵局劃撥—戶名：財團法人工業技術研究院機械所 帳號：07188562
請於劃撥單的通訊欄寫明：購買期數、金額等
2. 匯款資料—兆豐國際商業銀行新竹分行(代號 017)
帳號：203-07-02288-0 戶名：財團法人工業技術研究院
3. 信用卡—請填寫信用卡 [訂購單](#)

麻煩您將 [繳款收執](#) 或 [信用卡刷卡單](#) 傳真至 (03)582-2011，我們會盡快處理您的訂單並開通權限，再次感謝您的支持與愛護。

訂書專線：03-591-9339

傳 真：03-582-2011

機械工業雜誌·官方網站：www.automan.tw 機械工業雜誌·信箱：jmi@itri.org.tw

機械工業雜誌 優惠訂購單

訂閱一年 **12** 期

\$ 2200 / 續訂戶 \$ 2000

好禮二選一

A 史欽泰墨寶帆布袋

B 工研院機械所無人車USB (8G)

訂閱紙本+電子雜誌

\$ 3000 原價 \$ 4400

一年12期

贈送

A 史欽泰墨寶帆布袋

訂閱二年 **24** 期

\$ 4000 / 續訂戶 \$ 3600

好禮四選二

A 史欽泰墨寶帆布袋

B 工研院機械所無人車USB (8G)

C 工具機叢書任一本

D 智慧機械人叢書任一本

限量專屬精品送給您



A



B



C



D