多軸CNC工具機的誤差來源與分析

Analysis of error resources for Multi-Axis CNC machine tools

黃華志
工研院機械所
智慧機械技術組
研發經理

關鍵詞

- 誤差來源 error resources
- 多軸 CNC 工具機 Multi-axis machine tools
- 體積誤差 volumetric error
- 精度 accuracy

摘要

本文嚐試針對影響多軸數值控制工具機加工精度的各項因素及誤差來源作確認與解析。發生在加工程製的運動誤差其來源可分為四大類：(a) 切削過程的影響，例如，刀具彎曲變形，顫振，製程引起的刀具與工件熱變形，工件內應力引起的變形，夾具夾持力引起的變形；(b) 機械性缺失，例如，軸的不直度、背隙、黏滯運動；(c)伺服控制與運動軸的動態特性；伺服控制迴路參數的配合不良，將引起定位誤差；(d)刀具幾何不準確性的影響，如刀具磨損、刀具安裝精度等。所有的這些誤差來源皆會以複雜的方式來影響刀具加工點的定位精度。運動誤差的總和則是前述誤差來源的組合。本文目的是期望能對各個關鍵因素提出有效的改善方案，提升工藝水平，以建造出高精度的精密工具機為最終目標。

1. 前言

加工零件的精準度(accuracy)是所有生產製造者最關切的事情。在各項影響因素中，以切削刀具、加工條件、工具機解析度與工件種類等爲最重要；一旦這些因子確定後，機器穩定的精度性

能指標是取決於刀具的刀尖點(tool tip)至欲切削的工件尺寸(required workpiece dimension)，是否可以準確定位的能力。而這樣的能力，常受制於機台建造的誤差、因溫度變化而發生的週期性誤差或切削力產生的誤差。本文嚐試針對影響多軸數值控制(Computer Numerical Control, CNC)工具機精度的各項因素及誤差來源作確認與解析，其目的是期望能對各個關鍵因素提出有效的改善方案，提升工藝水平，最終建造出高精度的機台。

2. 誤差分析

在策略性的關鍵零組件上，目前所觀察到的長期製造趨勢是趨向於不斷地提高其精密度。就精度改善而言，美國的研究報告[19]指出在關鍵尺寸的公差(tolerances)上，所呈現的長期趨勢是以每10年3倍數的遞減，如圖1所示。由此可知，無論是工件或工具機的精密度均有不斷地提升的發展趨勢。

以工具機而言，誤差的定義是機器的實際反應與機器的作業協定下所發出的原始命令之間的差異。精度(accuracy)則定義爲最終完成零件其尺寸和幾何形狀與規格的相符合程度。加工件的尺寸精度直接受限於用來生產製造之工具機本身的精度。體積誤差/精度(volumetric errors/accuracy)係表示工具機在工作空間的整體誤差/精度[17]。由機器結構本身、控制系統等所產生的各類誤差來源，將會決定多軸工具機的定位精密度。圖2顯示影響加工精度的誤差來源[9]，其中系統性誤差較容易做加工刀具尖點位置預估與補償。

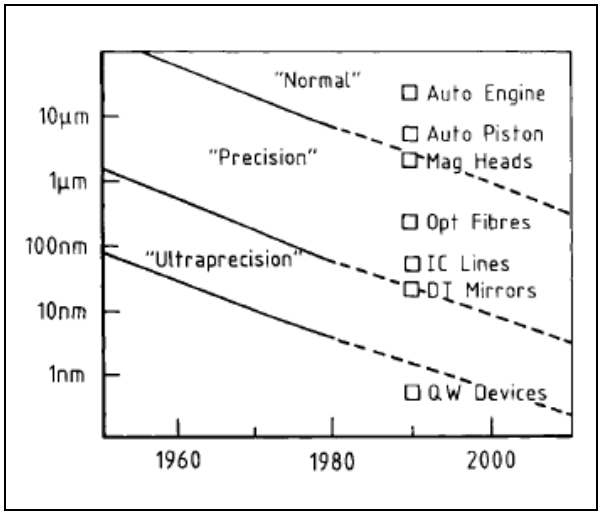

圖1　加工零件公差遞減趨勢圖[18]

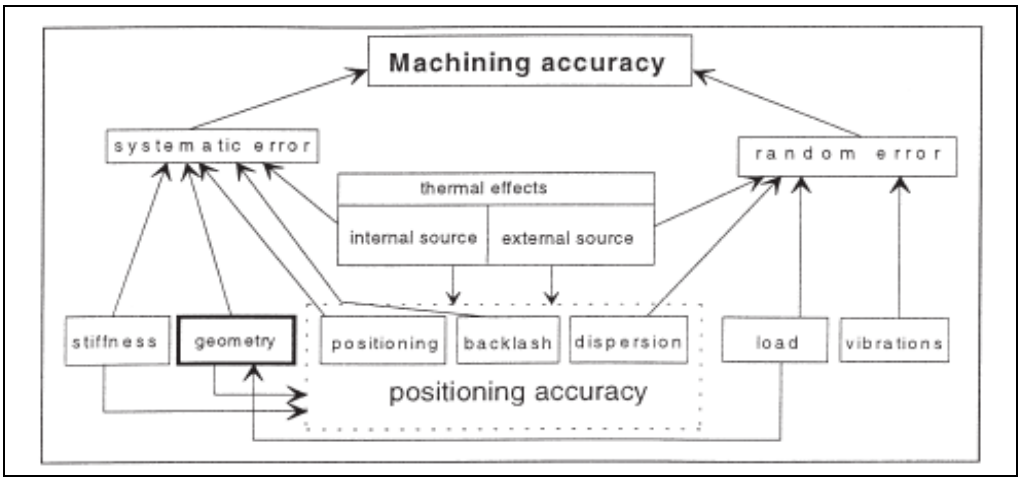

圖2
影響加工精度的誤差來源示意圖[9]

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】348 期・101 年 3 月號

每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw