

CNC 控制器慣量估測技術發展與介紹

Introduction to Development of Inertia Estimation Technology for CNC Controller

李日傑^{1*}、吳柏勳²、曾郁升³、林子喬⁴、麥朝創⁵

¹ 工研院智慧機械中心 智慧機械技術組 資訊與資源部 副研究員

² 工研院智慧機械中心 智慧機械技術組 資訊與資源部 研究員

³ 工研院智慧機械中心 智慧機械技術組 資訊與資源部 副研究員

⁴ 工研院智慧機械中心 智慧機械技術組 數值控制部 副研究員

⁵ 工研院智慧機械中心 智慧機械技術組 副組長

摘要：機近年來工具機加工朝向少量多樣的生產趨勢發展，然而當前的伺服參數出廠設定值無法滿足不同類型加工需求，且機台負載工件重量不同影響動態響應，因此如何針對不同的工件品質需求來調整控制器參數變得極為重要。本文針對當前國內外 CNC 控制器，對於慣量估測技術之發展進行說明與介紹。

Abstract : In recent years, the development trends of machine tools is toward low volume and high diversity production. However, current machine tools servo parameter settings out of factory cannot meet the needs of different types of processing, not to mention that weight of the workpiece loaded by the machine can affect its dynamic response. Therefore, adjusting controller parameters according to different workpiece quality requirements becomes extremely important. This article describes and introduces the development of inertia estimation technology for current domestic and foreign CNC controllers.

關鍵詞：慣量估測、電腦數值控制器、CNC 工具機

Keywords : Inertia estimation, Computer numerical Controller, CNC machine tools

前言

現今科技的進步速度日新月異，生活周遭的許多商品不斷朝向高科技發展，對於商品的需求量與品質要求越來越高，如何於製造生產過程中提高效率降低消耗得到高品質的商品，工具機高速、高精、高穩定度等技術成為必備條件。傳統 CNC 工具機在出廠前，會先經過伺服調整與誤差補正以符合加工需求，但是參數調整僅考慮到伺服電控端的慣量比，未考慮到工件及治具於不同負載的慣量變化，此外，機台經長時間的運作與磨耗後，會造成老化現象使得性能逐漸劣化，此時慣量對加工造成的影響甚鉅，因此於本文中將

探討工具機於加工前在不同荷重下如何調整伺服參數，才能維持加工品質並延長機台壽命。

本技術先以習知的調機技術，透過模型鑑別與頻譜響應關係，求得機台最佳化的參數，在導入倒傳遞類神經當作控制演算法，以工件與治具的荷重做為輸入層 (Input Layer)、以輪廓誤差期望值當作輸出層 (Output Layer)、以伺服、控制器參數當作隱藏層 (Hidden Layer)，找出在不同負載條件下之伺服參數，透過學習式伺服調整技術，減少人為因工作台上工件、夾具重量不同，需重新最佳化參數之時間，完成倒傳遞類神經伺服慣量比最佳化技術。伺服慣量控制技術對於工具機長時間加工之精度穩定性有明顯突破，能同時強化

工具機控制器之高速高精加工機能，引領國內工具機製造業者提升市場競爭優勢。

國外 CNC 控制器慣量估測技術發展

現今國外控制器對於加工中的平滑軌跡、工件成品的表面品質、加工輪廓的精度提升和環境變化的應對控制等提供許多高階技術，如：AI 輪廓控制、線段即時預讀、轉角平滑化、曲線擬合、學習控制、熱誤差補償、切削振動抑制、機台干涉碰撞監控和誤差量測與補償等功能，以符合加工上精度、智能化與環境多變化等問題。在高階技術的成品的品質與良率越來越高，如何針對加工效率進行提升，將是技術發展的關鍵。

1.FANUC

國際控制器大廠 FANUC 便針對機台的效能提升，提供一智能機台控制功能，以針對機台主軸與各軸機台的兩大運行系統進行優化。智能化機台控制功能針對工件負重、環境溫度、機台不同位置與加工磨耗等變化，透過各個功能應對隨著時間變化的機台特性，此技術便是調節控制器對於各種機台控制的功能。對於伺服的加減速時間、線段重疊設定與背隙補償等和主軸的最佳功率、剛性攻牙、負載估測與自適應性控制等功能，智能化機台控制將上述這些功能智能化，使得機台能夠於線上即時自動地適應機器不斷變化的狀況，便可持續於最短時間內透過循環監控，達到最佳切削速度、最高精度與加工質量。

於智能化機台控制中提供一智能進給軸加減速參數調配功能，針對機台平台的負重自動估測目前負載慣量，依照慣量大小自動調整加速 / 減速的時間常數，可大幅縮短加工時間，將加工循環時間最適化到極限 [1]。其功能以一小幅度的平台運動，透過控制裝置與控制系統關係於短時間內預測馬達能驅動的平台之慣量，FANUC 智慧加減速調整技術如圖 1 所示。在驅動器對馬達的扭矩命令上，透過一正弦波訊號產生器將扭矩命令加上正弦波，再讀取馬達所輸出的電流作為回授訊號之一，讀取馬達的轉速作為速度回授並且透過回授的速度訊號計算加速度數值，最後根據得到的電流、加速度回授訊號與馬達的扭矩常數計算慣量 [2]。

在工具機台中，瞭解驅動器輸出至馬達後，馬達做動所推動的工作平台的慣量，在決定工件的加工需求和切削條件等方面與控制器在高精度控制和該馬達對應的驅動器軸參數調整方面甚為重要。例如：精準的獲得慣量數值，有利於設定加工條件時決定加減速的時間常數，使其能夠進行平順的速度控制且充分的發揮馬達的加減速時間；此外，於驅動器控制系統中計算速度迴路控制響應的增益值方面，準確的慣量也是有利分析計算的。

2.OKUMA

日本工具機大廠 OKUMA 針對智能化技術推出伺服優化功能 SERVO NAVI[3]，透過自動優化

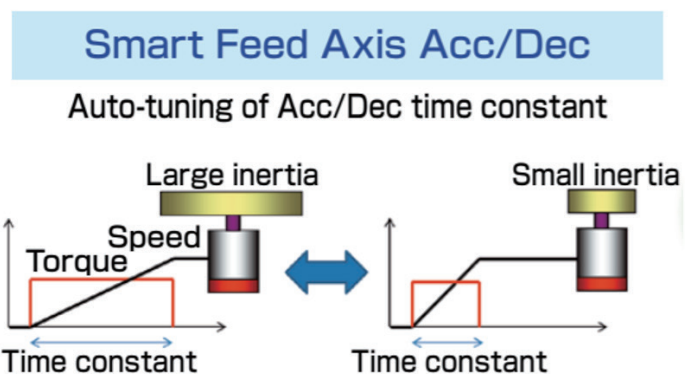
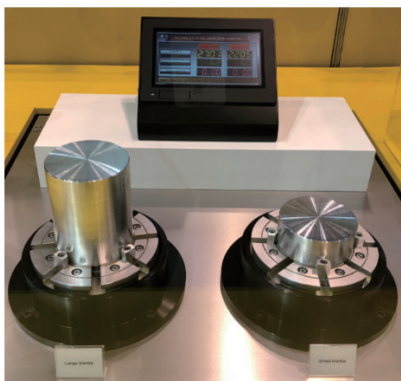


圖 1 FANUC 智慧加減速調整技術

更完整的內容

詳見 | 機械工業雜誌 | • 444 期 • 109 年 3 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