

工具機伺服系統基礎技術

蓋震宇

工研院智慧機械中心 智慧製造技術組 數位製造技術部

前言：伺服系統是決定工具機性能良窳的重要指標，因此「高階製造系統基礎技術」於第二期程，將工具機伺服系統基礎技術列入計畫目標，發展自動調機技術，針對加工需求中的精度、表粗、速度指標，自動優化運動控制、伺服控制等參數，除了建立參數調整標準流程，還開發輔助工具，期望深耕工具機基礎技術發展，厚實理論培育基礎人才，提升產業的附加價值。

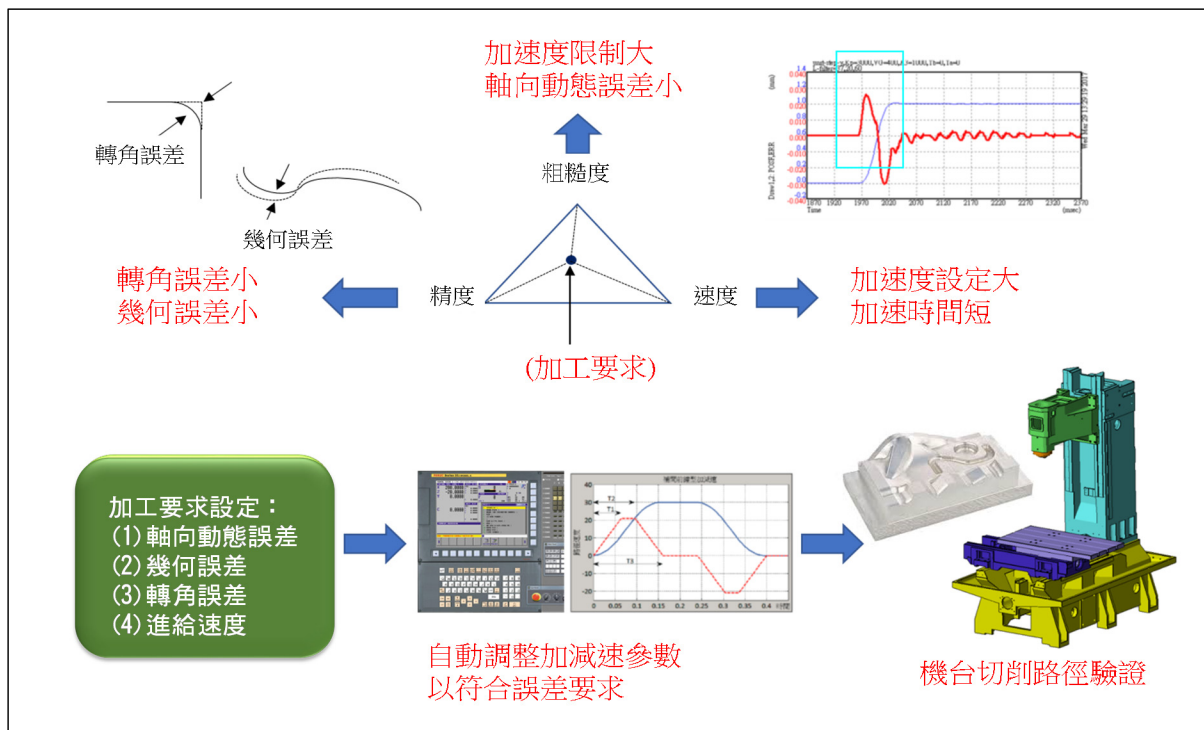
工具機伺服優化技術

工具機是典型的機電整合產品，結合機械工藝與電控技術，如機構設計、製造工藝、組裝品質、馬達選用、驅動與控制器設計等，都是影響其性能的重要因素。通常工具機在出廠前會經過調教，符合一定的性能指標，以達到客戶所指定的加工要求。但機台出廠後，常會因為現場安裝、場地施工與環境等問題，影響原有機台性能。此外，機械元件經過長時間運作，受到振動、摩擦、粉塵所造成的耗損，或者結構變形等，皆會使機台特性改變，造成性能的劣化。若要以修改機械元件或結構的方式來改善機台性能，在實務的執行上有相當難度，特別是在機台已經出廠之後。然而，控制器的調整卻沒有此問題，控制器的參數可以輕易調整，而且可以直接展現在機台的性能表現上。但前提是，調整者需要相當熟悉控制器功能，並且了解機台性能，同時由必須對機台設計與加工製程有一定的專業知識。因此除了具備機械背景，還需要電控專長，而這樣的人才在業界培養實為不易。因此本計畫以深耕工具機基礎技術為出發點，發展可以根據機台特性與加工需求，自動調整控制器參數的自動調機技術，同時提供調整人員方便與快速的輔助工具，除了增進調整的精準度與機台性能的提升，更可作為教育訓練、人才培育的基礎工具。

一個完整的控制系統，包含了運動控制、伺服控

制、馬達驅動與機構等部分。運動控制器將加工程序轉換為運動命令，經由馬達伺服，驅動馬達以及機構，完成加工程序。運動控制器主要負責產生運動路徑、規劃運動加減速、路徑插值以及產生位置脈波命令。此命令再透過伺服控制器，產生扭矩命令驅動馬達，其中伺服控制器採用環狀多迴路控制架構，各迴路分別負責伺服系統中的位置、速度、扭矩控制，此外，伺服控制還包含了前饋補償以及陷波慮波等。而控制器的調整，例如運動控制的加速度、加加速度，以及伺服控制的增益、前饋補償等參數，除了要對應加工要求(精度、表粗、速度)，還必須考量馬達特性、機台結構的動剛性、共振頻率、模態振型與阻尼比等動態特性，以及傳動系統引起的背隙與摩擦等非線性現象。調機技術不僅是對控制參數的了解，更重要的是對於整機動態的專業知識。而自動調機技術的期望目標是達成運動控制、伺服控制以及加工參數的最佳化，自動調機以科學化的方法，建立參數調整的標準流程，不憑經驗或試誤方式做參數的調變。

本計畫針對調機流程中影響最大的運動控制器、伺服系統與機械結構，進行模擬與模型建立。其中運動控制模擬器可以模擬商用控制器的軌跡生成，預測參數調整對運動軌跡的影響，分析參數調整是否符合需求。而伺服系統建模包含了位置、速度、電流控制迴路，以及電器部分的動態特性，可以了解不同馬達



工具機伺服優化技術

與伺服參數，對於伺服系統的影響。同時，為獲得精確的系統模型，還建立了一套系統鑑別的流程。機械結構的動態模擬則由另一子計畫「工具機動態分析模擬基礎技術」，建立工具機動態模型，此模型可匯入運動控制模擬器的運動軌跡，模擬加減速對機械結構所產生的響應，也可以模擬伺服控制系統，對機構所引起的摩擦與背隙的補償效果，或者對結構振動抑制的成效。不僅可作為自動調機的參考依據，還可以用在機台的開發流程，於開發階段就預先評估機電系統與機械結構的匹配問題，輔助機電整合設計，作為開發的參考依據。期望以此計畫，深耕工具機基礎技術發展，厚實理論培育基礎人才，支援國內產業精益求精之需求，建立長久競爭力，提升產業的附加價值。

參考文獻

[1] D. M. Auslander, A. C. Huang and M. Lemkin, "A design and implementation methodology for real time control of mechanical systems," *Mechatronics*, vol. 5, no.7, pp. 811-832, 1995.

[2] E. Kaan and Y. Altintas, "High speed CNC system design. Part I: jerk limited trajectory generation and

quintic spline interpolation," *International Journal of machine tools and manufacture*, vol. 41, no. 9, pp. 1323-1345, 2001.

[3] E. Kaan and Y. Altintas, "High speed CNC system design. Part II: modeling and identification of feed drives," *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, vol. 41, no. 10, pp. 1487-1509, 2001.

[4] S. H. Suh, S. K. Kang, D. H. Chung, I. Stroud, *Theory and design of CNC systems*. Springer Science & Business Media, 2008.