



# 工具機技術專輯

## 主編前言

Editor's Notes for the Special Issue  
on Technologies of Machine Tool

蘇興川

工研院  
工具機科技中心  
副主任

本期將針對「工具機工業基礎技術」進行階段研發成果的邀稿與分享。在幾年前，一群憂心台灣工業發展轉型的學者，提出基礎技術深耕的重要性，希望選擇具全球關鍵指標的技術進行深度研發，並以「三高一廣」（高共通性、高技術挑戰性、高經濟影響力，以及潛在市場應用廣泛）作為產業的選擇標準。工具機正是其中重點項目，在執行以來，承蒙各界先進的指正，對其具體產出的內涵，know-why/ tools/ key component，已深具共識，但對驗證平台及指標的選擇，則存在不同的見解。部份專家認為應選擇世界級的頂級產品指標，作長期的突破；另一方則認為應務實選擇接近短期市場需求的產品技術，分階段突破再精進。個人認為，法人科專可選擇 A 級的產品作為指標，研發出關鍵的共通技術，再以 Mirror-project 的精神，推動業界科專，以具市場

性的 A- 作為指標，將技術導入進行產業化應用，兩者互補回饋，如此應能兼顧基礎技術的精神，並能有效協助產業升級。

首期科專，以高精度微米級工具機作為驗證平台，並完成結構熱平衡最佳設計、虛擬工具機整合設計、模擬軟體、智慧化加工製程優化資料庫、精密液靜壓軸承及導軌等多項關鍵技術（系統架構如圖 1 所示），並將相關技術用來推動「高值化航太加工設備及應用」研發聯盟業界科專，並輔導多家工具機廠針對龍門加工中心機、精密磨床、車銑複合機、線切割放電加工機進行產品技術升級，希望能發揮「三高一廣」的具體功率。

工業基礎技術執行重點在精度及精度壽命，因此針對機器穩定度、可靠度的議題也積極投入，希望逐步落實可靠度工程在工具機設計的系統流程，並結合理論與測試，將可靠度的基本精



## 高階工具機驗證載具建構

導入各子項技術進行驗證

工作臺-Y軸向剛體旋轉

高階工具機設計分析技術-  
結構最佳化設計

高階工具機設計分析技術-  
恆溫設備場模擬分析

工具機結構鑄件精度穩定性技術

鑄花介面

高精密組裝技術

工業精密光學尺精進技術

精密加工基礎技術

精密軸承技術-  
液靜壓軸承系統技術

精密軸承技術-  
氣靜壓主軸軸承系統裝配

圖 1

神內化到產業，這也是本期的邀稿重點，共有八篇系統及模組的可靠度論述，以及兩篇高階工具機的設計及檢測技術。提供讀者瞭解如何導入可靠度的工程手法，提升整機的精度壽命及切削加工的信賴度，技術則包括液靜壓、鑄花、結構熱平衡、主軸、加工優化、光學尺及刀具檢測等項目。其中「液靜壓線性導軌軸承系統可靠度研究」一文，介紹透過設計潛在失效模式與效應分析模型的建立以及機率可靠度工程設計手法，定量地設計挑選適用之元件，了解設計時的缺點，根據每一事件分析評估可能產生的問題，找出解決的方案。另外以可靠度狀態監測診斷方法進行壽命

預估方法，其平均壽命可即時監控，並可實際應用於一般應用之模組。「工具機滑動導軌鑄花面磨損實驗與工作壽命預估探討」說明工具機導軌的鑄花目的與鑄花參數的影響。並以自製滑動導軌鑄花面磨損測試機進行試驗，再應用迴歸分析得到對應的鑄花面磨損率預測模型。其成果可作為滑動導軌鑄花面工作壽命預估與維護整修的依據。「品質工具應用於結構熱平衡之研究」一文主要為使台灣工具機定位由中品級升級至高品級的熱平衡技術開發，以往技術開發方向均朝向國內外工具機展、專利分析、技術分析及學術論文著手。利用各種不同的品質工具來優化技術與



創新，以有效利用所開發的結構熱平衡技術提升台灣工具機品級，以達到本研究設定的指標。「工具機結合面剛度對切削性能可靠度之影響」提出一高效率量測方法針對結構動態特性驗證，並建構一介面剛性資料藉以提升模擬準確性。整合切削效率、結構響應與介面剛性...等工具機研發關鍵參數於分析模型中，可有效提升機台開發效率。將結合介面參數整合實務組裝過程中之不確定性，透由可靠度理論模型，可預測介面特性在實際切削時所產生的影響效益。「氣靜壓主軸系統可靠度研究」應用多孔質節流器開發高精度切削氣靜壓主軸系統。本文提供開發氣靜壓主軸之可靠度分析流程，從建立 FMEA，以關鍵指數進行關鍵元件之可靠度預估，計算關鍵元件 MTBF，並進行設計改善與建立設計流程。在設計開發階段導入可靠度手法，可提升國產設備之品質與壽命。「智慧化加工製程優化技術與可靠度」介紹智慧化加工製程優化技術的現況與展望，以及顫振迴避基礎技術的執行情況，包含 CNC 通訊、訊號收集與處理、軟體可靠度與測試與決策模組的設計，並展示配合廠商的測試成果。「光學尺讀頭可靠度設計及改善」提供光學尺可靠度設計評估方法，綜合相關系統可靠度失效可能、評估設計並改善失效率，可提供相關廠家作為光學尺開發與評估機制。「整合於刀庫系統之刀具端面刀腹磨耗自動檢測技術」本文基於機器視覺技術開發一整合於工具機刀庫系統之刀具端面刀腹磨耗檢測方法，其透過接收控制器傳回的刀長補正資料及分析刀具磨耗區域的像素統計，能克服檢測時刀具長度不一與刀具角度偏轉等問題，期望藉由量化的刀具磨耗資訊，輔助使用者設定較佳的刀具更

換時機。由於刀具狀態監測為影響工件加工品質的關鍵因素，適時地更換刀具可有效控制加工品質與效能。

「工具機機電一體化設計與驗證技術」本文探討如何模擬平台上進行此綜合加工機的機械、電氣和軟體的動態特性之匹配優化，並以有限元素方法與最佳化方法建立工具機結構的多重物理耦合分析優化技術，以提升工具機的靜動態剛性、動態反應與熱誤差抑制等。「多軸複合加工機檢測技術與應用」該文則探討多功能多軸複合加工機檢測系統，應用自主開發檢校模組，有效的實現靜/動態性能檢校，並實際應用於產業，協助國內多家工具機母機廠及加工業者檢校機台精度。最後，「從 2015EMO 工具機展探討智能化及熱平衡技術發展趨勢」一文，則從機械結構設計以及控制器概念來探索了解歐美日先進國家工具機智能化及熱誤差相關技術的發展趨勢，來做說明，以掌握我們現有相關技術與未來的發展趨勢，提供業界的技術發展方向，以利未來技術佈局、並且避免侵害他國技術或專利時之參考。以上，請讀者參考指正。

■