

# 可重組式工具機之研究 設計與製造

巫崇璋、賴元隆, 紀華偉

E-mail: 386809@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

隨著科技進步,對於CNC的效率、精度和需求都越來越高,從三軸機延伸至四軸機、五軸機等都是為了滿足業界的需要,而對於可重組式工具機相關的研究與文獻也日漸增加。重組式機台的應用可介於專用機與多功能的CNC機台之間,若加工件是屬於單一產品而大量生產適合選用專用機,少量而種類多樣則適合多功能高單價的CNC,而其他的加工類型可以考量重組式工具機的應用,其非常具發展潛力,很值得在這方面作深入的探討與研究。本論文對工具機之可重組式模組發展作為研究主軸,首先將工具機零組件依據功能、運動與組裝需求進行模組化的分類作業,再由力流之方向的導入,介紹如何將機台分成主要模組與次要模組,並從可搭配出的多個模組中淘汰不適合的模組。依照這一系列的選用步驟找出符合需求的模組,最後透過限制方程式找出最符合成本函數(Cost function)的工具機模組。利用這個方法,設計者可從模組化之模型庫中依不同的需求搭配出最適合的組合模型,可避免相似規格再全新設計與繪製機台模型,僅替換所需的模組,即可變更機台類型,不需整機重新設計,不只可以節省時間又可節省成本。本研究利用模組化方法模擬建置一重組式機台,規格確認後即對結構做先期設計,計算選用合宜之螺桿、線軌等關鍵零組件以符合精度要求。針對加工行程的選配尋求供應廠商以滿足成本與交期的需求,並將加工之零組件依設計圖面嚴格驗證公差尺寸,量測後的零組件依分類入庫。制定標準組裝程序與機台檢驗表,裝配時依標準規畫流程組裝各零組件,確保公差精度累積之誤差在控制範圍內。送電後並搭配雷射干涉儀作定位補償,循圓測試儀作真圓度檢測以達同動內插誤差要求。最後利用D-H修正標記法轉寫作標轉換程式,將CC path轉換為CL path產生機台加工NC Code,將NC Code匯入控制器後實際加工並完成對工件成品的精度量測,確認是否符合設計尺寸要求。

關鍵詞: 模組化、五軸加工機、D-H修正標記法

## 目錄

中文摘要.....	iii	ABSTRACT.....	v	誌謝.....	vii	目錄.....	viii	圖目	
錄.....	x	表目錄.....	xiii	第一章 緒論.....	1	1.1前言.....	1	1.2研究動機與目的.....	2
1.3文獻回顧.....	3	1.4論文章構.....	4	第二章 D-H修正標記法應用於加工機台.....	7	2.1齊次轉換矩陣.....	7	2.2 D-H 修正標記法.....	9
2.3 螺旋理論.....	11	2.4 圖形理論.....	18	第三章 可重組式運動模型建構.....	22	3.1 機台模型建構.....	22	3.2機台運動誤差.....	28
3.3 機台選用範例.....	33	第四章 機台組裝檢測及加工驗證.....	40	4.1機台組裝、檢測.....	40	4.2後處理器概述.....	45	4.3NC碼加工與驗證.....	46
4.3.1實際加工.....	46	4.3.2加工點驗證.....	52	第五章 結論與未來展望.....	60	5.1 結論.....	60	5.2 未來展望.....	61
參考文獻.....	62								

## 參考文獻

- [1]Denavit J., Hartenberg R.S.(1955). A Kinematic Notation for Lower pair Mechanisms Based on Matrices, Journal of Applied Mechanics, 215-221.
- [2]Lin P. D., Chen J.F. (1994). Analysis of Error in Precision for Closed Loop Mechanisms , Journal of Mechanical Design, March, Vol.116,197-203.
- [3]Kenneth W., James S.(2008). Schmiedeler: Kinematics. Springer Handbook of Robotics, 9-33.
- [4]Tilbury D.M., KotaS.(1999). Integrated Machine and Control Design for Reconfigurable Machine Tools. IEEE/ASME ,629- 634.
- [5]Nasser A.(2011). Reconfigurable Machine Tools Design Methodologies and Measuring Reconfigurability for Design Evaluation. Thesis of Master ,The Royal Institute of Technology, Sweden .
- [6]Padayachee J., Bright G. (2012).Modular machine tools: Design and barriers to industrial implementation. Journal of Manufacturing Systems, Vol.31,92-102.
- [7]Yong M.M.(2002) Design of Reconfigurable Machine Tools. ASME, Vol.124, 480-483.
- [8]Lin Y., Shen Y.(2003). Modelling of Five-Axis Machine Tool Metrology Models Using the Matrix Summation Approach. Int J Adv Manuf Technol, Vol.21, 243- 248.

- [9]邱國峰(2011)。五軸工具機之電腦模擬機構建立。碩士論文，大葉大學，彰化。
- [10]吳孟霖(2007)。五軸加工後處理程式之建構與應用。碩士論文，國立台北科技大學，台北。
- [11]鄒震羸(2006)。應用 OpenGL 於五軸虛擬工具機系統之發展。碩士論文，國立成功大學，台南。
- [12]吳錫章(2007)。非正交型車銑複合虛擬工具機運動模型系統之發展。碩士論文，國立成功大學，台南。
- [13]郭禮安(2008)。利用D-H修正標記法於非正交多軸工具機自動化泛用型後處理程式之發展。碩士論文，國立成功大學，台南。
- [14]Aini A.K., Xun X., Enrico.H.(2011). Virtual Machine Tools and Virtual Machining —A Technological Review. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Vol.27,494-508.
- [15]Abdul W.K., Chen W.(2010) .Systematic Geometric Error Modeling for Workspace Volumetric Calibration of a 5-axis Turbine Blade Grinding Machine. Chinese Journal of Aeronautics, Vol.23, 604-615.
- [16]Abdul W.K.,Chen W.(2010). Systematic Geometric Error Modeling for Workspace Volumetric Calibration of a 5-axis Turbine Blade Grinding Machine. Chinese Journal of Aeronautics , Vol.23, 604-615.
- [17]王靖霏(2002)。三軸工具機誤差分析與量測。碩士論文，國立成功大學，台南。
- [18]Luiz R., Roberto S., Edson Roberto De Pieri., Daniel Martins.(2012). A Comparative Study of the Kinematics of Robots Manipulators by Denavit-Hartenberg and Dual Mecanica Computacional, Vol.31,2833- 2848.
- [19]Conrad K.L., Panayiotis S., Shiakolas., Yih T.C.(2000). Robotic Calibration Issues:Accuracy, Repeatability and Calibration. the 8th Mediterranean Conference on Control & Automation.
- [20]Schultschik R.(1997).The Components of Volumetric Accuracy. Annals of CIRP,Vol.26.
- [21]黃泓欽(2007)。五軸虛擬工具機系統之技術研究。碩士論文，國立中正大學機械工程研究所，嘉義。
- [22]Kiridena V.S.B.,Ferreira P.M.(1994).Kinematic Modelling of Quasistatic Errors of Three-Axis Machining Centers.Int. J.Mach. Tools Manufact, Vol.34,1.68,85- 100.
- [23]Lin Y.Z.,Shen Y.L.(2004).Enhanced Virtual Machining for Sculptured Surfaces by Integrating Machine Tool Error Model into NC Machining Simulation. International Journal of Machine Tool & Manufacture, Vol.44,79-86.
- [24]Suh S.H.,Lee K.S.(1991).A Prototype CAM System for Four -axis NC Machining of Rotational-Free- Surfaces. Journal of Manufacturing Systems, Vol.10,322-331.
- [25]許博榕(2012)。五軸工具機之線性傳動機構。碩士論文，大葉大學，彰化。