

並聯式精密定位平台於五軸工具機設計之研究

林辰育、賴元隆, 紀華偉

E-mail: 386804@mail.dyu.edu.tw

摘要

近幾年來許多製造產業均有高精度及複雜的空間幾何形狀的需求，工件要符合最少裝夾即可完成全部或絕大部分加工的工具機發展方向，使得多軸加工已經成為目前精密加工的趨勢，而常見五軸工具機的旋轉軸大多是由單一馬達帶動夾持檯面使其旋轉，但在不同的工件重量下以及在馬達承擔重量同時，旋轉速度應當與重量成反比，因此軸與軸同步性變差，導致加工尺寸精確性也大大的下降。因此本研究設計一款2PRP的平面並聯式平台，由一根圓棒連結兩個PRP接頭與活動檯面，利用馬達驅動滾珠螺桿帶動PRP接頭，兩並聯螺桿藉由產生不同的移動位置差異來達到移動或是旋轉的效果，如此可模擬五軸工具機上旋轉檯面之功能。本文依規格需求設計一平面並聯式工作台，除對結構做細部的設計，計算選用適合的交叉滾柱軸承、滾珠螺桿、線性滑軌等關鍵零組件以符合精度要求。針對加工行程的選配以及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平台檢驗表，裝配時依標準規劃流程組裝各零組件，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做定位補償，循圓測試儀作真圓度檢測以達同動內插誤差要求。由於平面並聯式平台多用於半導體製程的定位上，較少用於工具機精密加工，本文的特殊作法是將平面並聯式平台應用於工具機上，建立工件座標系與刀具座標系相對之位置與方位關係。由於此種機型無相對應後處理器，因此本研究利用螺旋理論設計專用後處理器，最後利用D-H修正標記法撰寫座標轉換程式，將CC path轉換成CL path產生機台加工NC-code，將NC-code匯入控制器實際加工，完成後的工件成品作各尺寸精度量測，確認並聯式平台加工符合設計尺寸要求。

關鍵詞：並聯式平台、五軸工具機、D-H修正標記法

目錄

封面內頁 簽名頁 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文獻回顧.....	2	1.3研究目的與動機.....	4
1.4論文架構.....	7	第二章五軸工具機與並聯式平台介紹.....	9	2.1五軸工具機介紹.....	9
2.2工具機分類.....	10	2.3五軸工具機幾何誤差.....	13	2.4並聯式平台介紹.....	16
2.5並聯式機構與串聯式機構比較.....	17	第三章螺旋理論於工具機之應用.....	20	3.1齊次轉換矩陣.....	20
3.2D-H 標記法.....	22	3.3螺旋理論.....	25	3.4求解工具機運動方程組.....	35
第四章五軸工具機與定位平台運動模型分析.....	38	4.1五軸工具機運動誤差推導.....	38	4.2運動學分析.....	51
第五章定位平台組裝檢驗與後處理程式驗證.....	57	5.1平台組裝檢測.....	57	5.2後處理器概述.....	66
5.3後處理程式驗證.....	69	5.3.1加工點驗證.....	71	5.3.2實際加工.....	79
第六章結論與未來展望.....	82	6.1結論.....	82	6.2未來展望.....	84
參考文獻.....	85	附錄A曲面加工NC-code.....	89		

參考文獻

- [1]吳孟霖(2007)。五軸加工後處理程式建構與應用。碩士論文。國立台北科技大學。台北。
- [2]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。
- [3]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。
- [4]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。
- [5]張育誠(2003)。混合並聯式五軸工具機PC-Based CNC系統設計與實現。碩士論文，成功大學製造工程研究所，台南。
- [6]Joubair A.,Slamani M., BonevI.A.(2012). A Novel XY-Theta Precision Table and a Geometric Procedure for Its Kinematic Calibration.Journal of Robotics and Computer-Integrated Manufacturing ,28,57-65.
- [7]Lotfi B., Zhong Z.W., Khoo L.P. (2010). A Novel Algorithm to Generate Backlash-free Motion. Mechanism and Machine Theory,45(8),1171-84.
- [8]BriotS., BonevI.A. (2007).Are Parallel Robots More Accurate than Serial Robots . Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering , 31, 445-455.

- [9]Bonev I.A., Zlatanov D., Gosselin C.M. (2003). Singularity Analysis of 3-DOF Planar Parallel Mechanisms via Screw Theory. *Journal of Mechanical Design*, 125, 81-573.
- [10]Hesselbach J., Wrege J., Raatz A., Becker O. (2004). Aspects on Design of High Precision Parallel Robots. *Assembly Automation*, 24, 49-57.
- [11]Zhang X., Mills J.K., Cleghorn W.L. (2010). Multi-mode Vibration Control and Position Error Analysis of Parallel Manipulator with Multiple Flexible Links. *Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering*, 34, 197-213.
- [12]Yu A., Bonev I.A., Zsombor-Murray P. (2008). Geometric approach to the accuracy analysis of a class of 3-DOF planar parallel robots. *Mechanism and Machine Theory*, Vol.43, 364-375.
- [13]Ronchi S., Company O., Pierrot F., Fournier A., (2004). PRP Planar Parallel Mechanism in Configurations Improving Displacement Resolution. *Proceedings of the 1st International Conference on Positioning Technology*, 16, 279-284.
- [14]Yu A., Bonev I.A., Zsombor-Murray P. (2006). New XY-Theta Positioning Table with Partially Decoupled Parallel Kinematics. Paper presented at the Industrial Electronics, IEEE International Symposium on, Vol.4, 3108-3112.
- [15]Joubair A., Slamani M., Bonev I.A. (2012). Kinematic Calibration of a 3-DOF Planar Parallel Robot. *Industrial Robot: An International Journal*, 39, 392-400.
- [16]Zhuang h., Jiahua Y., Masory O. (1998). Calibration of Stewart Platforms and Other Parallel Manipulators by Minimizing Inverse Kinematic Residuals. *Journal of Robotic Systems*, 15(7), 395-405.
- [17]Liu X.J., Wang J., Pritschow G. (2006). Kinematics, Singularity and Workspace of Planar 5R Symmetrical Parallel Mechanisms. *Mechanism and Machine Theory*, Vol.41, No.2, 119-144.
- [18]Wang L., Wu J., Wang J., You Z. (2009). An Experimental Study of a Redundantly Actuated Parallel Manipulator for a 5-DOF Hybrid Machine Tool. *IEEE/ASME Transaction on Mechatronics*, 14, 81-172.
- [19]余振華(1997)。空間凸輪五軸加工數值控制程式設計系統之研究。博士論文，國立成功大學機械工程研究所，台南。
- [20]洪佳杰(2009)。史都華平台原理與定位方式。元智大學，桃園。
- [21]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。
- [22]Stewart D. (1965). A Platform with Six Degree of Freedom, in *Proc. Instn Mech Engrs*, Vol.180, Pt.1, NO.15, pp.371-386.
- [23]MacCallion H., Pham P.T. (1979). The Analysis of a Six Degree of Freedom Work. *Station for Mechanized Assembly. Proc. 5th World Congress on Theory of Mechanisms*, Montreal, 611-616.
- [24]Hunt. K. H. (1983). Structural Kinematics of In-Parallel- Actuated Robot-Arm. *Trans. ASME, J. Mech., Trans. And Auto. In Design*, Vol.105, 705-712.
- [25]陳冠文(2000)。平行機構工具機。出國研習報告。 http://report.nat.gov.tw/ReportFront/report_detail.aspx?sysId=C09001348。
- [26]Denavit J., Hartenberg. R.S. (1955). A Kinematic Notation for Low-pair Mechanisms Based on Matrices. *ASME Journal of Applied Mechanics*, 22, 215-221.
- [27]Lin P. D., Chen J. F. (1994). Analysis of Error in Precision for Closed Loop Mechanisms. *Journal of Mechanical Design*, Vol.116, 197-203.
- [28]郭武章(2009)。點與線之有限位移螺旋的線幾何研究。博士論文。國立成功大學。台南。
- [29]Lin Y., Shen Y. (2003). Modeling of Five-Axis Machine Tool Metrology Models Using the Matrix Summation Approach. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, Vol. 21, 243-248.