

# 多軸數控工具機後處理演算法之研究=studies on the postprocessor algorithm for multi-axis numerical control machine tools

林哲賢、余振華

E-mail: 9612390@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

與傳統工具機比較，多軸工具機可使刀軸有不同偏擺的彈性，藉以提高成品加工效率及防止撞刀。基於多軸NC程式只能應用於特定構型的多軸工具機，而泛用型的多軸工具機構型種類繁多，造成程式的可攜性大為降低。目前國內航太加工業多處於代工層次，其均由上游廠商（美國、日本等）直接提供特定構型之NC程式，一旦刀具變動或排程變更，原始程式即無法使用而造成很多困擾。對於不同構型之NC程式互換，傳統作法必須經由正逆向後處理才能求得，但須透過兩次的轉換及精度控制之要求。因此，本文整合正逆向後處理為一個模組，可將任一多軸NC程式直接轉換為不同構型工具機之NC碼。為驗證本研究所建立的演算法，本文發展出視窗轉換介面，可對實際NC程式作轉換，此外，本研究藉由網路進行NC程式實體模擬切削之遠端控制，由結果證實本文所提方法論之可行性與正確性。同時，本文所發展的模組可使現場加工排程更有效率，提高工具機之加工稼動率，為多軸自動化加工的重要一環。

關鍵詞：多軸加工；正向運動學；逆向運動學；後處理

## 目錄

第一章 緒論.....	1	1.1 研究背景與動機.....	1	1.2 文獻回顧.....	4	1.3 研究目的及方法.....	8
1.4 論文架構.....	10	第二章 多軸工具機座標系統.....	12	2.1 座標系統定義.....	12	2.2 齊次座標轉換矩陣.....	13
第三章 多軸後處理程式.....	16	3.1 後處理程式概述.....	16	3.2 五軸工具機構型定義及構型碼分類.....	20	3.2.1 構型定義.....	20
3.2.2 構型碼分類.....	22	3.3 五軸工具機後處理數學模型推導.....	25	3.3.1 工作台傾斜型.....	25	3.3.2 主軸傾斜型.....	30
3.3.3 工作台/主軸傾斜型.....	31	第四章 整合正逆向後處理之NC碼轉換.....	35	4.1 NC碼轉換之逆向後處理.....	35	4.2 工作台傾斜型(CAXZ/Y)與主軸傾斜型(XZ/YBA)NC碼轉換.....	40
4.2.1 工作台傾斜型(CAXZ/Y)轉換為主軸傾斜型(XZ/YBA).....	40	4.2.2 主軸傾斜型(XZ/YBA)轉換為工作台傾斜型(CAXZ/Y).....	43	4.3 主軸傾斜型(XZ/YBA)與工作台/主軸傾斜型(AXZ/YB)NC碼轉換.....	44	4.3.1 主軸傾斜型(XZ/YBA)轉換為工作台/主軸傾斜型(AXZ/YB).....	44
4.3.2 工作台/主軸傾斜型(AXZ/YB)轉換為主軸傾斜型(XZ/YBA).....	46	4.4 工作台/主軸傾斜型(AXZ/YB)與工作台傾斜型(CAXZ/Y)NC碼轉換.....	47	4.4.1 台/主軸傾斜型(AXZ/YB)轉換為工作台傾斜型(CAXZ/Y).....	47	4.4.2 台傾斜型(CAXZ/Y)轉換為工作台/主軸傾斜型(AXZ/YB).....	49
第五章 虛擬工具機建構.....	51	5.1 VERICUT 簡介.....	52	5.2 虛擬工具機建構模式.....	57	5.3 遠端控制.....	61
第六章 結果與討論.....	66	6.1 以正逆向後處理轉換NC碼.....	66	6.2 整合正逆向後處理轉換NC碼.....	73	6.3 虛擬工具機實體模擬切削驗證.....	80
6.3.1 工作台傾斜型模擬加工驗證.....	81	6.3.2 主軸傾斜型模擬加工驗證.....	84	6.3.3 工作台/主軸傾斜型模擬加工驗證.....	88	6.3.4 各種構型模擬加工運動分析.....	90
6.4 各種構型NC碼模擬加工資料比對.....	96	6.5 以遠端控制軟體進行模擬切削驗證使用情形.....	100	第七章 結論與建議.....	104	7.1 結論.....	104
7.2 建議.....	106	參考文獻.....	107	附錄.....	111		

## 參考文獻

- [1] 鄭正東, “五軸數控加工過程中CAD/CAM系統的有效性結構及其運用技術”, 機械技術, May, 1996, pp. 180-185.
- [2] 蔡瀚毅, “電腦輔助設計/製造應用於石材異形加工之研究”, 碩士論文, 國立成功大學資源工程研究所, 1993.
- [3] Nagata, F. and K. Watanabe Development of post-processor 5-axis control NC machine tool with tilting-head for woody furniture. Journal of the Japan Society for Precision Engineering, Vol. 62, No. 8, 1996, pp. 1203-1207.
- [4] Connolly, G. “Multi-axis laser cuts manufacturing time of aerospace parts”, Mechanical Engineering, February, 1994, pp. 64-64.
- [5] Diane Hallum, “High Speed Milling at Ford”, Modern Manufacturing, April, 1995, pp. 16-20.
- [6] G. W. Vickers and K. W. Quan, “Ball mills Versus End-mills for Curved Surface machining”, Journal of Engineering for Industry, ASME, Vol. 111, Feb., 1989, pp. 22-66.

- [7] Mark Albert, " Bypassing The Bench " , Modern Machine Shop, Feb., 1994, pp. 49-57.
- [8] 陳來毅, " 淺談五軸加工機發展現況 " ,機械工業出版社, April, 1996, pp. 159-165.
- [9] Denavit, J. and Hartenberg, R. S., " A Kinematics Notation for Lower-Pair Mechanisms Based on Matrices " ,Journal of Applied Mechanics, 1955, pp. 215-221.
- [10] Reshetov, D. N. and V. T. Portman, " Accuracy of Machine Tools " , ASME press, New York, 1988.
- [11] Bruce, B., " NC Program Portability Through Decentralized Postprocessing " , Autofact, Vol.11, 1990, pp. 31-40.
- [12] 黃世光, " 多軸工具機之合成分析 " ,碩士論文,國立成功大學機械工程研究所, 1990。
- [13] 詹建梁、唐立新、廖效果, " 五座標聯動加工時座標運動分量計算 " ,機械工程師, April, 1993, pp. 15-17.
- [14] V. S. B. Kiridena, P. M. Ferreira, " Kinematic Modelling of Quasistatic Error of Three-Axis Machining Centers " , Int. J. Mach. Tools Manufact, Vol. 34 No. 1, 1994, pp.85-100.
- [15] 余振華, " 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, 1997。
- [16] 薛堯文, " 多軸工具機刀具路徑規劃與碰撞問題之研究 " , 博士論文,國立台灣大學機械工程研究所, 1997。
- [17] 梁家雄, " 五軸CNC加工切削誤差與刀具旋轉角度之研究 " ,碩士論文,國立中央大學機械工程學系, 1997。
- [18] 胡修華, " 泛用五軸後處理器設計 " ,碩士論文,國立台灣大學機械工程研究所, 1999。
- [19] 曾世宗, " 機械手臂應用虛擬模擬於工作空間運動之運動學分析 " ,碩士論文,國立雲林科技大學機械工程系, 2000。
- [20] 陳文翔, " 五軸加工規劃之整合研究 " ,碩士論文,國立台灣大學機械工程研究所, 2000。
- [21] Sim, R. M., " Numerical Control User ' Handbook: Post Processor " , McGraw-Hill Publishing Company Ltd., 1970, pp. 299-340.
- [22] Fauvel, O. R., J. Vaidyanathan and D. H. Norrie, " An Analysis of Linearization Errors in Multi-axis APT-bases Programming for Systems " , Journal of Manufacturing for Systrms, Vol. 9, No. 4, 1989, pp. 353-362.
- [23] Chou, J. J. and D. C. H. Yang, " On the Generation of Coordinated Motion of Five-axis CNC/CAM Machine " , ASME Journal of Engineering for Industry, Vol. 114, 1995, pp. 15-22.
- [24] Tasi, J. P. and R. S. Lee, " Development of a Remote Collaborative Reverse Engineering System for Concurrent Product and Process Development Environment " , accepted by " International Journal of Agile Manufacturing " , 2001.
- [25] 李榮顯、蔡若鵬, " 遠距協同式逆向工程在產品與製程開發之研究 " , 模具技術成果暨論文發表會, July, 2000, pp. 249-254.
- [26] 黃河詮、陳響亮、鄭弘裕等, " 遠端網際網路加工 " ,中國機械工程學會第十七屆全國學術研討會論文集, Vol. 4, 2000, pp. 309-315.
- [27] 吳淑惠、戴鑑廷, " 網際網路同步設計製造工程系統 " ,中國機械工程學會第十七屆全國學術研討會論文集, Vol. 4, 2000, pp. 627-632.
- [28] URL: <http://www.cgtech.com/> [29] URL: <http://www.uk.research.att.com/vnc/index.html> [30] pcAnywhere安裝操作指南。
- [31] Chen, L. C. and Grier C. I. Lin, " An integrating reverse engineering approach to reconstructing free-form surfaces " , Computer Integrated Manufacturing Systems, Vol. 10, No. 1, 1997, pp. 49-60.
- [32] 賴耿陽, " 彈性製造性統加工技術之理論實務,復漢出版社, March, 2000, pp. 44-61.