

# 空間凸輪滾子槽加工路徑生成之研究

李東昇、賴元隆

E-mail: 9607878@mail.dyu.edu.tw

## 摘要

本研究主要目的是使用小於滾子槽之銑削刀具取代等徑銑削 刀具，進行空間凸輪之加工製造。除了有效解決生產線上之製造加工問題外，還可以降低刀具成本及提高生產效率。本論文並且利用電腦輔助製造之技術，針對空間凸輪小於滾子槽之加工技術建立自主性之製造技術。本研究內容包括：曲線精度分割、滾子槽等徑刀具之數值加工路徑生成及小尺寸標準刀具之數值加工路徑生成。求取空間凸輪數值加工路徑須要展開二維平面進行分析計算，然後再經由轉換成機台座標，即可獲得數值加工路徑程式碼。在求取小尺寸標準刀具之加工路徑中，利用偏置理論進行分析計算，得到左、右兩側加工路徑之座標值，並確保小徑加工刀具在每一個加工點上，要位在等徑加工刀具之切削範圍內。根據研究內容，本論文撰寫完整之空間凸輪數值加工路徑電腦輔助系統。然後利用多軸NC模擬銑削軟體，進行逆向模擬實際空間凸輪銑削情形。其模擬結果均符合在等徑加工刀具之運動範圍內。本研究除了提供空間凸輪加工製造技術外，更可縮短加工時間及降低製造成本，並且結合電腦輔助製造技術與業界實務製造經驗，建立完整加工製程模式。

關鍵詞：圓柱凸輪，加工路徑，電腦輔助製造

## 目錄

封面內頁 簽名頁 授權書.....	iii	中文摘要.....	iii
..... iv 英文摘要.....	iv	..... v 誌謝.....	v
..... vii 目錄.....	vii	..... vii 圖目錄.....	vii
..... x 表目錄.....	x	..... xiii 第一章 緒論.....	xiii
..... 1 1.1 研究動機.....	1	..... 1 1.2 研究目的.....	1
..... 2 1.3 文獻回顧.....	2	..... 2 1.4 研究步驟.....	2
..... 7 1.5 論文架構.....	7	..... 9 第二章 凸輪基本理論.....	9
..... 10 2.1 空間凸輪簡介.....	10	..... 10 2.2 運動曲線圖之定義.....	10
..... 11 2.3 運動曲線特徵值.....	11	..... 11 2.3 運動曲線特徵值.....	11
..... 13 2.4 運動曲線之種類.....	13	..... 14 2.4.1 使用符號說明.....	14
..... 15 2.4.2 簡諧曲線.....	15	..... 15 2.4.3 擺線曲線.....	15
..... 16 2.4.4 修正梯形曲線.....	16	..... 17 2.4.5 修正正弦曲線.....	17
..... 20 2.4.6 修正等速曲線.....	20	..... 24 2.4.8 SHP-50.....	24
..... 27 2.4.9 雙諧合曲線.....	27	..... 28 2.4.10 等速度曲線.....	28
..... 29 2.4.11 等加速曲線.....	29	..... 30 第三章 等徑標準刀具之數值加工路徑生成.....	30
..... 32 3.1 等徑標準刀具之數值加工路徑簡介.....	32	..... 32 3.2 加工機結構與分析.....	32
..... 35 3.4 曲線精度分割.....	35	..... 36 3.5 等徑刀具之加工路徑生成.....	36
..... 39 3.6 轉換機械座標.....	39	..... 45 第四章 小尺寸標準刀具之數值加工路徑生成.....	45
..... 48 4.1 數值加工碼解析.....	48	..... 48 4.2 座標轉換.....	48
..... 49 4.3 小尺寸標準刀具之偏置.....	49	..... 50 4.4 小尺寸標準刀具之加工路徑生成.....	50
..... 53 4.5 轉換數值加工碼.....	53	..... 57 4.6 結果分析與討論.....	57
..... 67 5.1 Visual Studio.Net 2003簡介.....	67	..... 67 5.2 等徑標準刀具數值加工路徑生成之程式介面.....	67
..... 68 5.3 小尺寸標準刀具數值加工路徑生成之程式介面.....	68	..... 70 5.4 實際舉例.....	70
..... 72 第六章 結論.....	72	..... 82 參考文獻.....	82
..... 85 附錄A 等徑刀具數值加工程序流程圖.....	85	..... 91 附錄B 小尺寸刀具數值加工程序流程圖.....	91
..... 92	92		

## 參考文獻

- [1] Chen F. Y., Mechanics and Design of Cam Mechanisms, Pergamon Press, New York, 1982.
- [2] Freudenstein, F., " On the Dynamics of High Speed Cam Profiles ", Journal of Mechanical Science, Vol.1, pp.342-349, 1960.
- [3] Rothbart, H. A., " Cam Torque Curves ", Machine Design, pp.127-130, 1959 July.

- [4] Neklutin, C. N., " Trig-Type Cam Profiles " , Machine Design, pp.175-187, 1959 October.
- [5] Yoon, K., and Rao, S.S., " Cam Motion Synthesis Using Cubic Splines " , Journal of Mechanical Design, Vol.115, pp.441-446, 1993.
- [6] Sandgren, E., and West, R. L., " Shape Optimization of Cam Profiles Using a B-Spline Representation " , Journal of Mechanisms, Transmissions, and Automation in design, Vol.111, pp.195-201, 1989.
- [7] Wilson, C. E., Sadler, J. P., and Michels, W.J., Kinematics and dynamics of Machinery, Harper and Row, New York, 1983.
- [8] Jesen, P.W., Cam Design and Manufacture, Marcel Dekker, New York, U.S.A., 1987.
- [9] Reeve, J., Cams for Industry, Mechanical Engineering Publications Limited, London, England, 1995.
- [10] Dooner, D.B., Seireg, A.A., The Kinematic Geometry of Gearing, John Wiley & Sons, New York, U.S.A., 1995.
- [11] Norton, R. L., Design of Machinery, 2nd ed., McGraw-Hill, New York, U.S.A., 1999.
- [12] Lo, J.S., Study for bearing contact, manufacturing and assembly of roller gear cam, Ph.D. Thesis, NCTU, ShingChu, Taiwan, 2003.
- [13] 陳志新, " 共軛曲面基本原理 " , 科學出版社, 北京, 中國, 1985.
- [14] Meng, J.-L., Hsieh, K.-E., and Tsay, C.-B., " An Analytical Method for Synthesis of Cam Profiles " , Journal of the Chinese Society of Mechanical Engineers, Vol.8 (4), pp. 271-276, 1987.
- [15] Litvin, F. L., Theory of Gearing, NASA, Washington, D.C., U.S.A., 1989.
- [16] Litvin, F. L., Gear Geometry and Applied Theory, PTR Prentice- Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, U. S. A., 1994.
- [17] Chakraborty, J., Dhande, S.G., Kinematics and Geometry of Planar and Spatial Cam Mechanisms, Wiley, New York, U.S.A., 1977.
- [18] Gonzalez-Palacios, M. A., and Angeles, J., " On the Design of Planar and Spherical Pure-Rolling Indexing Cam Mechanisms " , Proc. ASME Mechanisms Conference, Mechanical Design and Synthesis, Vol.46, pp. 323-328, 1992.
- [19] Gonzalez-Palacios, M. A., and Angeles, J., " Synthesis of Contact Surfaces of Spherical Cam-Oscillating Roller-Follower Mechanisms: A General Approach " , ASME Transactions, Journal of Mechanical Design, Vol.116 (1), pp. 315-319, 1994.
- [20] Gonzalez-Palacios, M.A., Angeles, J., " Generation of Contact Surfaces of Indexing Cam Mechanism-a Unified Approach " , Transactions of the ASME, Journal of Mechanical Design, Vol.116 (2), 369-374, 1994.
- [21] Yan, H.S., Chen, H.H., " Geometry Design and Machining of Roller Gear Cams with Cylindrical Rollers " , Mechanism and Machine Theory, Vol.29(6), pp.803-812, 1994.
- [22] Yan, H.S., Chen, W.T., " Axode Synthesis of Cam-Follower Mechanisms with Hyperboloidal Rollers " , Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, Vol.20 (3), pp.275-292, 1998.
- [23] 鄭文騰, " 凸輪從動件系統的運動合成與分析 " , 博士論文, 國立成功大學機械工程研究所, 台南, 台灣, 1996.
- [24] Churchill, F.T., Hanson, D.R.S., " Theory of Envelope Provides New Cam Design Equations " , Product Engineering, Vol.20, 45- 55, 1962.
- [25] Tsay, D. M., and Wei, H. M., " Design and Machining of Cylindrical Cams with Translating Conical Followers " , Computer-Aided Design, Vol.25 (10), pp. 655-660, 1993.
- [26] Tsay, D.M., Hwang, G.S., " Application of Theory of Envelope to the Determination of Camoid Profiles with Translating Followers " , ASME Journal of Mechanical Design, Vol.116 (1), 320-325, 1994.
- [27] Tsay, D.M., Wei, H.M., " A General Approach to the Determination of Planar and Spatial Cam Profiles " , ASME Journal of Mechanical Design, Vol.118, 259-265, 1996.
- [28] Yang, S.C., Chen, C.K., " Applying Two-Parameter Envelope Theory to Determining Spherical Cam Profile with Cylindrical Followers " , Transactions of the Canadian Society for Mechanical Engineering, Vol.24(2), pp.415-435, 2000.
- [29] 郭為忠, 鄒慧君, 王可剛, 汪利, 梁慶華, " 擺動滾子從動件圓柱凸輪的精確設計 " , 上海交通大學學報, Vol.33(7), pp.870-873, 1999.
- [30] 張義智, 李衛國, " 擺動滾子從動件圓柱凸輪參數化設計 " , 機械設計與研究, Vol.22(2), pp.46-49, 2006.
- [31] Tsay, D.M., Lin, B.J., " Profile Determination of Planar and Spatial Cams with Cylindrical Roller-Followers " , IMechE Journal of Mechanical Engineering Science, Vol.210, 565-574, 1996.
- [32] Tsay, D.M., Lin, B.J., " Design and Machining of Globoidal Index Cams " , ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol.119, pp. 21-29, 1997.
- [33] Tsai, W.J., Lee, J.J., " Automated System for Cam Design and Manufacture " , ASME Design Engineering Division, Vol.71, pp.121-128, 1994.
- [34] Litvin, F.L., Peng, A., Wang, A., " Limitation of Gear Tooth Surfaces by Envelopes to Contact Lines and Edge of Regression " , Mechanism and Machine Theory, Vol.34, pp.889- 902, 1999.
- [35] 卯一宏, " 具擺動型或直動型圓錐滾子從動件空間凸輪機構之曲面設計及過切條件的研究 " , 國立成功大學, 機械工程研究所碩士論文, 2001.
- [36] 劉德福, 潘晉平, 周賢, " 圓柱凸輪數控加工的幾個關鍵問題 " , 機械傳動, Vol.27(3), pp.53-55, 2003.
- [37] 王勇, " 擺動從動件圓柱凸輪機構的設計誤差分析 " , 機械, Vol.32, pp.14-17, 2005.
- [38] 朱國文, 彭芳瑜, 周雲飛, " 寬槽圓柱凸輪數控加工的研究 " 現代製造工程, Vol.4, pp.13-15, 2000.
- [39] 顏鴻森, " 機構學 " , 臺灣東華書局股份有限公司, 1999.

- [40] 張安欣, 溫超東, 蔣旭堂, 簡守謙, 曹中丞, 陳德楨, 謝為, “機構學”, 高立圖書有限公司, 2002。
- [41] 鍾玉堆, 蔡錫鏡, 張濟川, 金德聞, “機構學”, 新文京開發出版有限公司, 2003。
- [42] 張定昌, “機構學”, 文京圖書有限公司, 2003。
- [43] 顏鴻森, 方銘國, “凸輪運動曲線之選用和設計”, 機械月刊, Vol.19(9), 1993。
- [44] 吳隆庸, 陳志蓬, 林逸仁, 吳曉暉, “凸輪從動件運動曲線之一般化”, 機械月刊, Vol.20(11), 1994。
- [45] 詹佳尉, “應用凸輪運動方程式於汽車造形設計”, 成功大學, 工業設計學系碩士論文, 2003。
- [46] 李棟成, 楊昂岳, “擺動滾子從動件圓柱凸輪的解析設計”, 國防科技大學學報, Vol.14(4), pp.100~105, 1992。
- [47] 劉昌祺, 牧野洋, 曹西京, “凸輪機構設計”, 機械工業出版社, 北京, 2005。
- [48] 董明棠, “應用六標準差設計於五軸向機製工件之製程改良”, 逢甲大學, 工業工程與系統管理研究所碩士論文, 2006。
- [49] 傅能展, “CNC 綜合切削中心機程式設計”, 全華科技圖書股份有限公司, 2000。
- [50] CNC 教學網-CNC 程式專業網站-仁安資訊, <http://www.renan.com.tw>。
- [51] 賴元隆, “整合型CAD/CAM 軟體系統之研發”, 國立中興大學, 機械工程研究所博士論文, 2004。
- [52] 邱成豪, “含NURBS 曲線之車床刀具路徑產生”, 國立中興大學, 機械工程研究所博士論文, 2005。