

The study of computer-aided tolerancing analysis

林俊明、劉大銘

E-mail: 8918587@mail.dyu.edu.tw

ABSTRACT

Tolerance stack analysis has become a very important phase during the design stages of a product as it helps designers to keep manufacturing cost down by not having to tighten design and manufacturing tolerance limits unnecessarily, while at the same time achieving the aim of ensuring assemblies and sub-assemblies remains interchangeable, with no rework or deviations of any form arising. Based on the tolerance design database, the system developed by this thesis contains five main modules and several subsidiary programs. These modules are (1) feature extraction module, (2) tolerance specification extraction module, (3) fitting assignment module, (4) Tolerance Network construction module, and (5) tolerance analysis interface.

Keywords : tolerance ; Tolerance Network ; feature ; assembly

Table of Contents

目錄封面內頁簽名頁授權書.....	iii	中文摘要.....	iii
.....iv	英文摘要.....	.....vi	誌謝.....
.....viii	目錄.....	.....ix	圖目錄.....
.....xii	表目錄.....	.....xix	第一章 緒論.....
.....1	1.1 研究動機.....	.....1	1.2 研究目的及範圍.....
.....2	1.3 研究背景.....	.....3	1.3.1 尺寸鏈.....
.....5	1.3.2 空間尺寸與變異幾何模型.....	.....9	1.4 系統環境需求.....
.....9	1.5 論文大綱.....	.....9	第二章 公差分析理論.....
.....11	2.1 公差數學模型.....	.....11	2.1.1 公差之種類.....
.....11	2.1.2 差值轉換矩陣理論及表示法.....	.....14	2.1.3 尺寸與幾何公差數學模型之建立.....
.....19	2.1.4 區間資料的四則運算.....	.....26	2.2 公差網路表示法.....
.....30	2.3 誤差累積數學模型.....	.....32	第三章 系統設計與建構.....
.....35	3.1 系統架構.....	.....35	3.1.1 系統規劃.....
.....35	3.1.2 系統發展工具.....	.....36	3.2 Solidworks環境與其應用程式介面簡介.....
.....40	3.3 特?判斷與資訊擷取模組.....	.....42	3.3.1 特?座標判定.....
.....46	3.3.2 特?凹凸判斷.....	.....49	3.4 公差標註與資訊擷取模組.....
.....53	3.4.1 尺寸公差資訊的擷取.....	.....53	3.4.2 幾何公差與基準特?符號資訊的擷取.....
.....56	3.5 公差分析計算模組.....	.....59	第四章 實例探討.....
.....63	4.1 機器手臂之公差分析.....	.....63	4.1.1 圖檔產生與公差產標註.....
.....64	4.1.2 零件公差分析資訊擷取.....	.....69	4.2 模具之公差分析.....
.....84	第五章 結論與未來展望.....	.....91	5.1 結論.....
.....91	5.2 系統完整性探討與未來展望.....	.....92	參考文獻.....
.....94	目錄A.....	.....104	目錄B.....
.....113	圖目錄 圖1.1 圓階桿A.....	.....5	圖1.2 圓階桿A之方塊模型.....
.....6	圖1.3 齒輪箱.....	.....7	圖1.4 齒輪箱之方塊模型網路圖.....
.....8	圖2.1 空間幾何拘束模型.....	.....14	圖2.2 空間中一點P與座標系統N、R之間之關係.....
.....15	圖2.3 尺寸公差之(a)線性公差(b)角度公差(c)直徑公差.....	.....19	圖2.4 真直度公差(a)作用於特?邊(b)作用於特?軸.....
.....21	圖2.5 (a)真圓度公差(b)圓柱度公差.....	.....22	圖2.6 定位公差作用於(a)中心點(b)軸(c)中心平面.....
.....23	圖2.7 區間資料三種型態.....	.....27	圖2.8 零件組合圖.....
.....30	圖2.9 特?及座標位置示意.....	.....31	圖2.10 特?組合圖.....
.....32	圖3.1 系統架構圖.....	.....39	圖3.2 特?資訊擷取流程圖.....
.....45	圖3.3 特?座標判定.....	.....46	圖3.4 特?座標判斷流程圖.....
.....48	圖3.5 三角形嵌滿面示意圖.....		

.....49	圖3.6 凹凸特?判斷說明圖.....	50	圖3.7 凹凸特?判斷流程圖.....
.....52	圖3.8 工程圖特?總管欄.....	55	圖3.9 幾何公差屬性對話框.....
.....57	圖3.10 主程式之公差分析運算介面.....	59	圖3.11 兩筆區間資料之四則運算.....
.....60	圖3.12 區間資料輸入說明.....	60	圖3.13 單筆座標之平移與旋轉運算.....
.....61	圖3.14 兩筆座標之平移與旋轉轉換運算.....	62	圖3.15 各種形式的公差轉換成差值矩陣.....
.....62	圖4.1 機械手臂組合圖.....	63	圖4.2 特?抑制功能畫面.....
.....64	圖4.3 特?抑制示意圖.....	65	圖4.4 特?抑制後之機械手臂.....
.....65	圖4.5 工程圖公差產生器.....	66	圖4.6 尺寸選擇畫面說明圖.....
.....67	圖4.7 幾何公差標註對話框.....	68	圖4.8 幾何公差符號選擇對話框.....
.....68	圖4.9 工程圖註解輸入對話框.....	69	圖4.10 檔案下拉式功能表現窗畫面.....
.....70	圖4.11 系統主程式視窗畫面.....	70	圖4.12 輸入特?資料庫名稱對話框.....
.....71	圖4.13 詢問是否覆蓋資料表.....	71	圖4.14 特?計數器.....
.....72	圖4.15 特?資料擷取完成對話框.....	72	圖4.16 特?資訊資料表瀏覽器.....
.....73	圖4.17 幾何拘束作用種類圖.....	73	圖4.18 補充個別參考公差資訊.....
.....74	圖4.19 補充交互參考公差資訊.....	75	圖4.20 尺寸公差擷取完成對話框.....
.....75	圖4.21 尺寸及尺寸公差資料表瀏覽器.....	75	圖4.22 基準特?符號標註方式.....
.....76	圖4.23 幾何公差資料表.....	77	圖4.24 機器人手臂產品架構圖.....
.....82	圖4.25 機器人手臂之公差網.....	83	圖4.26 模具組合圖.....
.....84	圖4.27 模座組.....	84	圖4.28 裝配後導柱與下模座塊之垂直度.....
.....85	圖4.29 兩導柱安裝後相互平行度.....	86	圖4.30 裝配後導筒與上模座塊之垂直度.....
.....87	圖4.31 兩導筒安裝後相互平行度.....	88	圖4.32 下模座塊與兩導柱之公差網路圖.....
.....88	圖4.33 上模座塊與兩導筒之公差網路圖.....	95	表目錄 頁次 表1.1齒輪箱A5 C1之公差累積.....
.....8	表2.1 幾何公差之種類及相關對應關係表.....	13	表2.2 不同形式的公差其所對座之.....
.....25	表2.3 不同形式的公差其所對之(續).....	26	表2.4 區間資料之加法運算公式表.....
.....28	表2.5 區間資料之乘法運算公式表.....	29	表3.1 引用Solidworks應用程式介面物件的方法.....
.....42	表3.2 特?屬性擷取函式用法.....	43	表3.3 尺寸公差區分.....
.....54	表3.4 幾何公差與基準特?符號資訊.....	.....58	

REFERENCES

- 參考文獻: 1. ANSY Y14.5M, "Dimensioning and Tolerancing", American National Standards Institute, 1982. 2. O.Bjorke,"Computer aided tolerancing",2nd Edition,1989,ASME Press. 3. J. -C. Tsai, D. -N. Guo, and K. -D. Cheng, " Variational Kinematic Models for Geometric Tolerances and Fittings, " Proceedings of 4th National Applied Mechanisms and Robotics Conference, Vol. II, paper number AMR95-107, 1995. 4.Kirsten Carr and Placid Ferreirat, "Verification of form tolerances part I : Basic issues,flatness , and straightness",Precision Engi- neering 17:131-143, 1995. 5.Fumihiko Kimura, " Computer-aided Tolerancing " , Proceedings of 4th CIRP Design Seminar The University of Tokyo, ToKyo,Japan, April 5-6,1995 6. O. W.Salomons , F.J.Haalboom, H.J.Jonge Poerink,F.van Slooten, F.J.A.M.van Houten, H.J.J. Kals, "A computer aided tolerancing tool I: Tolerance specification", Computers in Industry, 1996 ,31 ,161-174. 7. O. W.Salomons , F.J.Haalboom, H.J.Jonge Poerink,F.van Slooten, F.J.A.M.van Houten, H.J.J. Kals, " A computer aided tolerancing toolIII : Tolerance analysis " , Computers in Industry , 1996 , 31 ,175-186. 8. J- C. Tsai and M. R. Cutkosky, " Representation and Reasoning of Geometric Tolerance in Design, " Artificial Intelligence in Design, Analysis and Manufacturing, Vol. 11, No. 4, 1997. 9. B.K.A.NGOI,M.AGARWAL and C.S.CHUA, " The generic capsule to stack analysis " , INT.J.PROD.RES., 1998, VOL. 36, NO .12,3273-3293. 10.B. K. A. NGOI and K. C. CHEONG, "An alternative to assembly tolerance stack analysis" , INT. J.PROD.RES.,1998,VOL.36,NO.11 ,3067-3083. 11. B.K.A.NGOI and J.M.ONG , " A complete tolerance charting system in assembly " , INT.J.PROD.RES.,1999,VOL. 37,NO.11. ,2477-2498. 12.Y.-J. TSENG and Y.-S. TERNG,"Alternative tolerance allocations for machining parts represented with multiple sets of features " ,INT.J.PROD.RES.,1999,VOL.37,NO.7,1561-1579. 13.A. A. Requicha , " Toward A Theory of Geometric Tolerancing " , International Journal of Robotics Research Vol.No.4, 1983,pp.45 -60. 14.D. C. Gossard, R. P. Zuffante and H.Sakurai , " Representing Di- mensions,Tolerances,and Features in MACE Systems " , IEEE Computer Graphics and Applications.1988,pp. 51-59. 15.N. S. Bernstein and K.Preiss, " Representation of Tolerance Infor- mation in Solid Models " ,Proceedings of 1989 ASME Design Tec- hnical Conference,Advances in Design Automation,Vol.I,DE-Vol. 19-1.pp.37-48. 16.A. Fleming , " Geometric Relationships between Toleranced Fea- tures, " Artificial Intelligence,Vol.37,No.1-3,1988,pp.403-412. 17. 張永爵,"公差配合",國科會機械設計實作專案計劃, 1995. 18.劉大銘、楊聰賢,"電腦輔助機械設計專家系統資料庫之研究",大葉工學院碩士論文, 1995. 19.劉大銘,"電腦輔助設計在汽車零組件設計變更上之研究",大葉工學院, 1992. 20.蔡志成、侯靖男、曾柏昌,"公差分析在產品設計之應用",中國

機械工程學會第十三屆學術研討會論文集（製造），360-367頁，1996。 21.蔡志成、郭德寧，“公差配合誤差數學模型之發展”，中國機械工程師學會第十三屆學術研討會論文集（製造），352-359 頁，1996。 22.鄭國德，“區間與統計資料運算方法之發展及其在產品誤差分析之應用”，1995,國立中興大學碩士論文。 23.王文璋，“CAD環境下電腦輔助公差設計與分析系統”，1998，國立中興大學碩士論文。