

三維軸流風扇葉片之自動化設計系統

陳慶順, 陳維銘
建國技術學院 電機系 三匠科技股份有限公司
彰化市500介壽北路1號 台北縣新店市中正路525號10F
Tel: (04)7224676轉3236 Tel: (02)22188000
email: ching_shun@yahoo.com.tw email: weimine@tpts4.seed.net.tw

摘要

本研究運用AutoCAD內建的VBA語言配合NACA系列葉形，研發一套軸流風扇葉片之自動化設計系統，藉由簡易的參數(如風扇內徑、葉片安裝角)不同設定，運用電腦輔助設計可快速完成三維葉片成形的工作。本研究自動化設計成形之葉片，並進一步經由國內業界三匠科技公司運用加工相關軟硬體製做完成原型PC散熱風扇，再利用AMCA測試設備量測風扇性能，來驗證本研究成果為可行且可提昇相關設計工作效率。

1.前言

運用電腦來提升企業生產力的觀念在1970年代由美國工程學界最先提倡即所謂的電腦整合製造Computer Integrated Manufacturing (CIM)，其內涵包括產品設計、開發、工廠監控自動化、物流生產至銷售業務等，其中電腦輔助設計與製造更扮演重要的角色【1】。軸流風扇現已廣泛用於移熱系統，尤其是在電腦及其週邊設備上【2】。隨著電腦中央處理器之運算功能日益強大（目前已高達1.5GHz），且電子產品在高溫狀態下容易產生不穩定現象，因此電腦的散熱問題即成為工業界最迫切需要解決的課題。目前最常用的解決方案是在電腦中央處理器(CPU)上加裝冷卻器(Heat-Sink)，將CPU產生之廢熱排出去；冷卻器一般是由小型冷卻風扇加上一組散熱鱗片組成，其中小型風扇提供強制對流(Force Convection)的動力來源，伴演是否能將廢熱排出之關鍵角色。一般風扇葉片多屬三維扭曲葉片，近年來，蘇聖斌及陳世雄【3】運用曲線擬合(Curve Fitting)技術產生葉形，並將實際流場模擬加入，並配合風扇性能的量測，作相關葉片外型的探討。林顯群【4】等人配合NACA的葉形產生所需的風扇葉形，並運用數值模擬對相關流場進行分析，後將葉形由CAD/CAM系統轉換成加工程式再經加工機製成原型葉片，再利用AMCA風扇測試設備量測驗證。

在軸流風扇相關流場中數值模擬分析方面，紊流經常扮演著重要的角色。在學理上，有許多方法已被運用來模擬複雜的紊流流場，一般大致可分為下述四類：

- A. 直接數值模擬法(Direct Numerical Simulation, DNS Method)：直接求解所有之統御方程式，不含有模式之應用【5】。
- B. 大渦流模擬法(Large Eddy Simulation, LES Method)：傳輸變數藉由過濾過程分為大尺度(Large Scale)及次格點尺度(Subgrid Scale)兩部份【6】。LES的實現包含DNS與次格點尺度部份的模式。
- C. 機率密度函數法(Probability Density Function, pdf Method)：運用Lagrangian 觀點及Monte Carlo 法求解相關之pdf統御方程式【7】。
- D. Moment Closure法：求解模式化的統御方程式以獲得流場性質的均值(Mean)及均方差(Variance)【8】。採用直接數值模擬法或機率密度函數法進行計算需耗費相當大的電腦資源，甚至需要超級電腦才能處理。雖然CFD研究各界認定LES方法將很快取代Moment Closure法，而在工程應用上，目前常用的仍是需求較簡易之Moment Closure法【9】。本研究產生之葉片外型已成功轉換成適當的資料格式，並進行初步的數值模擬研究，惟成果較多量，擬另撰專文報告。

另一方面，由微軟(Microsoft)公司發展的Visual Basic系列語言，據估計目前全世界使用者已達數百萬人以上，其應用範圍極其廣闊，涵蓋例如有網際網路、辦公室應用、工業自動控制等設計應用。目前微軟公司也開放Visual Basic Engine供各類軟體(如AutoCAD)內建以提供進一步資料計算及傳遞的功能。運用Visual Basic for Applications (VBA)可進行AutoCAD、Word、Excel巨集程式設計，以具備CAE/CAD/CAM及文書、圖表等自動化功能來提昇相關工作效率，運用VBA語言已成功完成三維計算流體程式設計並進行相關複雜紊流流場模擬研究【10】。

參考前人的研究，本文運用AutoCAD內建的VBA語言配合NACA系列葉形，初步研發軸流風扇葉片之自動化設計系統，經適當的程式設計功能，可由簡易的參數(如風扇內徑、葉片安裝角)不同設定，藉電腦輔助設計可快速完成三維葉片成形的工作。本研究自動化設計成形，並進一步經由國內業界三匠科技公司運用加工相關軟硬體製做完成原型PC散熱風扇，再利用AMCA測試設備量測風扇性能，來驗證本研究成果為可行且可提昇相關設計工作效率。

2.扇葉設計

本研究係以NACA系列之翼剖面為二維外形，藉由NACA系列葉形較符合氣動力特性，期能縮短葉形開發嘗試的時間。目前已建置之NACA葉形有NACA 65-006、65-008、65-009、65-010、65-012、65-015、65-018、65-021等八種不同特性資料，可供不同尺寸、葉數之三維葉形生成之用。NACA系列葉形扇葉的生成為決定轉軸半徑、轉軸長度、葉片數目、葉片角度、葉片高度、NACA系列葉形、徑向格點數目、角向格點數目...等重要參數，並運用VBA程式設計的技巧，決定NACA葉形中心線的位置，再將上下葉面格點所在的厚度由NACA系列葉形厚度特性資料中線性內插獲得，經由計算標定出三維葉片各格點所在之三維座標進行適當的連接，可進而生成三維軸流風扇。如下，圖1為三維軸流風扇葉片自動化設計系統之操作畫面。



圖1、三維軸流風扇葉片自動化設計系統之操作畫面。

使用時，按下【圖形產生】按鈕，即可驅動AutoCAD產生三維軸流風扇葉片的相關圖形。圖2為在AutoCAD環境中產生之CAD圖形：

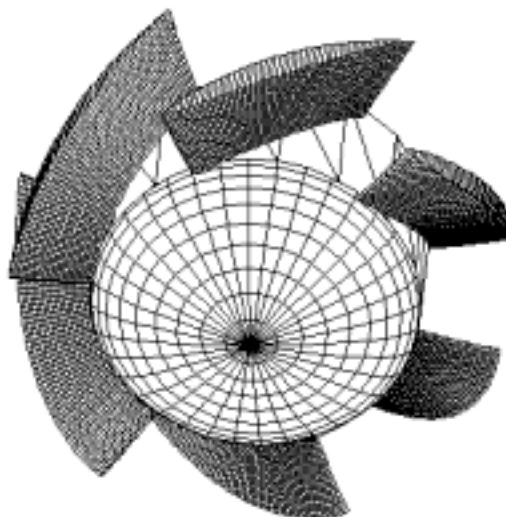


圖2、三維軸流風扇葉片於AutoCAD環境之生成圖。

以圖2為例，每片扇葉上共有2400個以上的參考點，如果運用人工進行繪製，需將每一參考點計算出來，再逐一輸入定點，再逐一連接形成立體葉片。保守估計，工作時數至少超過一個工作天，如果操作過程發生人為疏失而致錯誤，則工作時間更加延長。而運用三維軸流風扇葉片自動化設計系統在經過適當的參數設定後，進行扇葉成形的CAD圖檔將不需一分鐘即可獲得(註：需在500 MHz CPU以上的電腦上使用)，運用電腦輔助設計改進工作效率的優勢由此可證。為便於觀察，吾人更可進一步運用AutoCAD彩現的功能，將較接近實體的圖形呈現出來如圖3：



圖3、三維軸流風扇葉片於AutoCAD環境之彩現圖。

有關三維軸流風扇葉片自動化設計系統的設計，雖採用VBA語法但仍有以下數點需配合AutoCAD特殊環境下加以設計：

宣告物件語法：

```
Set acadObj = GetObject("AutoCAD.Application")
```

畫出圓柱體語法：<文字表示註解>Set TmpObj = acadObj.ActiveDocument.ModelSpace.AddCylinder(or gPt<點座標>, dbCR<半徑>, dbCL<長度>)

畫出3D格點曲面：Set TmpObj = acadObj.ActiveDocument.ModelSpace.Add3dmesh((int GridR + 1), intGridA, Points)

進一步整體配合Visual Basic簡易的語法設計出決定各曲面格點所在位置的程式，即可將三維軸流風扇葉片快速成形的功能實作出來。

3.葉片原型製作

設計產生的三維軸流風扇葉片CAD圖檔，運用 hyperMILL軟體產生NC加工路徑，hyperMILL係配合 Windows NT 3.51以上、Mechanical Desktop環境使用之軟體，運行於486 CPU以上，具備數學運算器 64 MB RAM以上、200 MB HD以上、VGA卡 600×800等硬體電腦設備上，提供刀具參數及系統設定、二軸加工（含Z軸碰撞檢查、袋狀加工、基本圓孔及輪廓加工、外形輪廓加工、殘料清角加工、平面加工、鑽孔循環加工等）、三軸等高降層粗加工、三軸投影式精加工、等高降層環繞加工、三軸自動殘料多刀清角、三軸自動殘料一刀清角、三軸循曲線輪廓自動加工、U/V沿面加工、多面特殊加工、夜間離線運算等功能，經由適當的CAD圖檔讀入，加工工法相關操作及參數設定、動態刀具模擬Simulation、計算路徑、模擬路徑...等後，產生POF刀具路徑檔，可供CNC加工機具讀入並進行三維軸流風扇葉片原型雕刻製作用。圖4為 LEADWELL TDC-450 CNC加工機概觀，用來實作雕刻三維軸流風扇葉片原型，圖5為CNC加工機中刀具及夾具概觀：

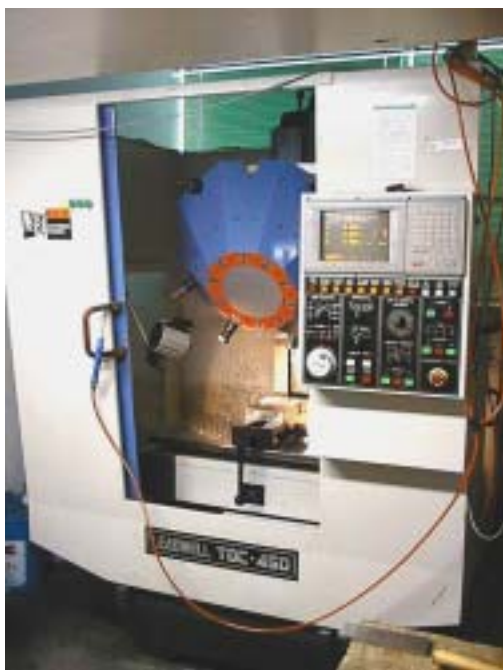


圖4、LEADWELL TDC-450 CNC加工機概觀。

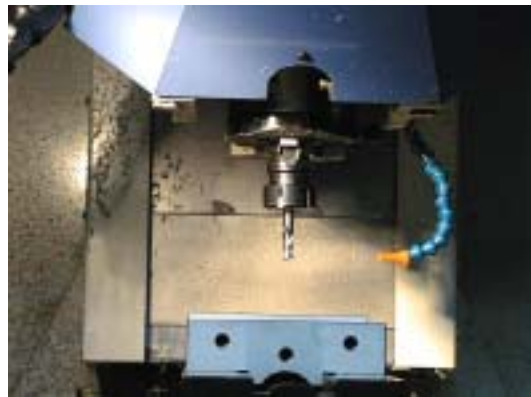


圖5、CNC加工機中刀具及夾具概觀。

CNC加工機採用三菱 MELDAS 50系列32位元CNC控制器，具備CRT中文顯示、刀具補正、加工參數設定、異警訊息、伺服監視、圖形機能等功能，適合於三維軸流風扇葉片原型加工製作。

參考文獻

- [1] 張俊彥, “積體電路製程及設備技術手冊,” 經濟部技術處, 1997.
- [2] 吳俊億, 林唯耕, 沈慶行, “軸流風扇之理論設計與模擬,” 第七屆全國計算流體力學學術研討會論文集, pp. P-28~P-31, 2000.
- [3] 蘇聖斌, 陳世雄, “軸流泵葉輪與導葉之設計分析,” 中國機械工程學會第十三屆學術研討會論文集, pp. 298~396, 1996.
- [4] 林顯群, 黃家烈, 簡宏斌, 沈銘秋, “軸流風扇之數值與實驗分析,” 1999全國航太學術聯合會議論文集, pp. 107~117, 1999.
- [5] P. Givi, “Model-free Simulations of Turbulent Reactive Flows,” *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol.15, pp.1-107, 1989.
- [6] M. Germano, U. Piomelli, P. Moin, and W.H. Cabot, “A Dynamic Subgrid-scale Eddy Viscosity Model,” *Phys. Fluids, A*, Vol.3, pp. 1760-1765, 1991.
- [7] S. B. Pope, “PDF Methods for Turbulent Recative Flows,” *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol.11, pp.119-192, 1985.
- [8] S. M. Correa and W. Shyy, “Computational Models and Methods for Continuous Gaseous Turbulent Combustion,” *Progress in Energy and Combustion Science*, Vol.13, pp.249-292, 1987.
- [9] Keh-Chin Chang, “Turbulent Flow Computations in Combustors,” *Proc. Natl. Sci. Counc. ROC(A)*, Vol.24, pp.413-421, 2000.
- [10] 陳慶順, 于筇, “軸對稱漩渦紊流擴散火燄之數值研究,” 中國航空太空學會學刊, Vol. 3, pp. 179~184, 1999.