

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

※ 滑動葉片旋轉式壓縮機之研究與發展(Ⅲ) ※

※ 總計畫：滑動葉片旋轉式壓縮機之研究與發展(Ⅲ) ※

※
※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※※

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 88-2212-E-002-036

執行期間：87年8月1日至89年7月31日

計畫主持人：黃元茂

共同主持人：黃元茂

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：國立台灣大學機械工程學研究所

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

滑動葉片旋轉式壓縮機之研究與發展(III)

總計畫：滑動葉片旋轉式壓縮機之研究與發展(III)

The Research and Development of Rotary Compressor with Sliding Blades

計畫編號：NSC 88-2212-E-002-036

執行期限：87年8月1日至89年7月31日

主持人：黃元茂

共同主持人：吳文方 陳漢民

計劃參與人員：楊盛安 鍾震聲

利建良 黃世勳

唐開年

國立台灣大學機械工程學研究所

國立台灣大學機械工程學研究所

國立台灣大學機械工程學研究所

國立台灣大學機械工程學研究所

國立台灣大學機械工程學研究所

一、中文摘要

本計畫為國科會整合型研究計畫，滑動葉片旋轉式壓縮機之研究與發展-總計畫(III)的第三年成果報告，總體目標是以三年期間完成一滑動葉片旋轉式壓縮機之電腦輔助設計、可靠度分析及壓縮機實體性能研究與流體性質之量測。目前已完成第一、二年度的進度，分別發展出壓縮機電腦輔助動態模擬、可靠度分析在壓縮機組件上之應用及壓縮機實體相關設備之組立，並進行測試，以期未來在製造壓縮機實體之前，能先以電腦輔助模擬壓縮機實體之動態，並以可靠度分析其零組件，然後製造壓縮機實體，實驗結果發現目前壓縮機可安全運轉的轉速約高至每分鐘 1125 轉，壓力可由 97.5kPa 壓縮至 121.5 kPa，效率約為 56%左右。

關鍵詞：滑動葉片、旋轉、壓縮機

Abstract

This is the third year report of the main - proposal. The main goal of this study is to integrate computer aided design system, reliability analysis, and performance and test of a sliding vane rotary compressor in three years. The computer aided dynamic simulation, reliability analysis for the parts and the test of the compressor were completed. The computer aided design system can be used to simulate the dynamic behavior of the compressor. The results of the reliability analysis can be used to analyze reliability of the compressor's components. The results showed that the rotational speed of the compressor could be up to 1125 rpm safely. The air can be compressed from 97.5kPa up to 121.5kPa, and the efficiency is about 56%.

Keywords : Sliding Blades, Rotary, Compressor

二、緣由與目的

總計畫的目標是以三年期間完

成“滑動葉片旋轉式壓縮機”之電腦輔助設計、可靠度分析的應用及壓縮機實體性能之研究與流體性質之量測。

具橢圓形內壁設計的滑動葉片旋轉式壓縮機有構造簡單、環境適應性高、成本低廉等多項優點，在傳統空調壓縮系統中極具發展的潛力。本總計畫為研究與發展一滑動葉片旋轉式壓縮機，靜子為橢圓形，轉子內有可滑動之葉片，出入口位置在左右上下對角對稱，可得轉子旋轉一週有兩次壓縮作用之效果，因此，有相同流量之壓縮機的體積可以相對減少很多，由於設計簡單，製造也相對的容易。

三、研究方法

本總計畫分為三個子計畫：

I、滑動葉片旋轉式壓縮機之設計

本計畫為量測壓縮機實體之流量、進氣完成與排氣前的壓力與溫度、馬達輸入功率，實驗設備如圖一所示，主要包含壓縮機本體、馬達、變頻器、儲氣槽、散熱風扇及相關之量測設備，量測方法是於壓縮機運轉穩定後，分別量測壓縮機在不同的轉速下所表現出的情形，其詳細的量測概念及方法請參閱子計畫一的內容。

II、滑動葉片旋轉式壓縮機之電腦輔助設計系統研究

本計畫的目的是要將電腦輔助設計的原理實際應用在產品的開發上，減少傳統設計中設計生產力低、前置時間長、修改設計之麻煩與雛形機測試等的缺點，同時增加設

計的準確度，使設計更具標準化，提供較佳的產品。

主要的內容是滑動葉片旋轉式壓縮機的電腦繪圖動態模擬展示，其中包含電腦繪圖中關於隱面消除及多邊形切割法則等問題之研究。為了使整個動態模擬過程能更迅速的顯現出來，本計畫今年之重點放在任意多邊形三角化方法之研究，以達到節省電腦運算時間的目的，這將對整個壓縮機動態模擬有相當大的助益。

III、可靠度在壓縮機設計上之應用

該型壓縮機亦有葉片容易破壞之問題產生，本計畫的目的即針對滑動葉片的破壞及影響進行該型壓縮機效能改善的分析工作，以期得到整體機組的最大效益。研究的方法則根據壓縮機的幾何動力分析，配合摩擦、磨耗、可靠度等相關理論建立磨耗壽命評估方式，使壓縮機能在適當維護規劃上得到較高的可靠度；此外，利用類神經網路的特殊統計技術，推估葉片摩擦係數隨滑動速度改變的關係，以決定較佳操作轉速來提升壓縮機的性能效率。

四、結果與討論

在研究成果方面，目前已順利完成壓縮機本體之製作，實驗設備的建立，包含壓縮機本體、馬達、變頻器、儲氣槽、散熱風扇及相關之量測設備。各子計畫的執行成果為：

- 1、滑動葉片旋轉式壓縮機之設計
：完成壓縮機本體之性能分析

製作，實驗設備的建立，並進行壓縮機實驗，其結果如圖二所示，由圖可知，馬達的輸入功率會隨著轉速的上升而提高，主要的原因是馬達及壓縮機在高轉速時所需要的帶動功率較高，另外高轉速的機械摩擦較多，也會消耗較多的功率，而當轉速增加到 1125rpm 時，壓縮功率會隨著轉速的上升而提高，主要是因為高轉速時壓縮機的流量較大，使得整體壓縮功率提昇；另外壓縮機的效率會隨著轉速的上升而提昇，而且實驗值會趨近理論值，主要是因為高轉速時流量增加及洩漏量少，使得每一單位的輸入功可得到較高的壓縮功率，因此壓縮機的整體效率會隨著轉速而提昇。

2、滑動葉片旋轉式壓縮機之電腦輔助設計系統研究：研究任意多邊形三角化方法，其流程圖如圖三、圖四所示，以期達到節省電腦運算時間的目的，能使整個動態模擬過程迅速的顯現出來，對整個壓縮機動態模擬有相當大的助益。

3、可靠度在壓縮機設計上之應用：結合可靠度工程與類神經網路的統計分析理論，對於壓縮機的壽命、性能作最佳的規劃，分析公差尺寸對壓縮機可靠度之影響，但是只侷限於葉片厚度的部分，其以卡方分配為基準得到適合得嵌合曲線，如圖五所示，另外磨耗壽命的可靠度設計過程，如圖六所示。

五、結論

壓縮機之設計部份，由實驗結果發現，壓縮機在高轉速時能有較好的表現，但高轉速卻也增加了溫度的提昇及機械元件的摩耗...等的問題，這些問題皆會造成機械元件的耐用度降低，容易破壞的缺點，無法得到有效的量測數據，因此如何防止溫度上升與提昇各個機械元件在高轉速及高溫時的耐用度是未來可發展的方向；另外提高加工時的精密度，使各個機械元件的間隙變小，降低空氣的洩漏量，提高壓縮機的壓縮效率，也是另一個發展方向。

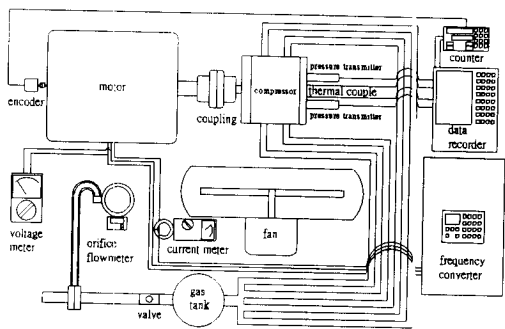
壓縮機之電腦輔助設計系統部份，就最佳化的觀點來看，多邊形三角化的改進空間還是很大的，應該避免三角形的內角的角度過大或過小，使切割出來的三角形能盡量的均勻。對於非簡單多邊形的切割方面，僅討論了三種類型的非簡單多邊形三角形化，可能尚存在其他類型的非簡單多邊形，所以三角形化的方法在非簡單多邊形方面還有很多的討論空間。

可靠度在壓縮機設計上之應用部份，結合可靠度工程與類神經網路的統計分析理論，對於壓縮機的壽命、性能做最佳的規劃，亦執行了預期計畫目標中公差尺寸對壓縮機可靠度之影響，但是只侷限於葉片厚度的部分。本研判所加入的其他內容，不僅能夠針對滑動葉片旋轉式壓縮機的破壞主因找出破壞的機制，以此計算出維修時間與可靠度的關係，此外，應用類神經網路

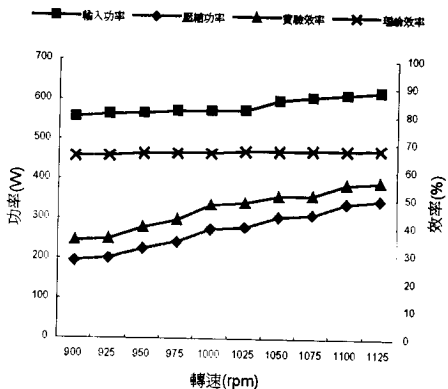
與性能效率的觀念，可輕易地取得最大效率的操作轉速。有了成本與效率的資料，能夠在此得失之間取得平衡，跳脫過去單向的思考模式，而避免得此失彼。

六、參考文獻

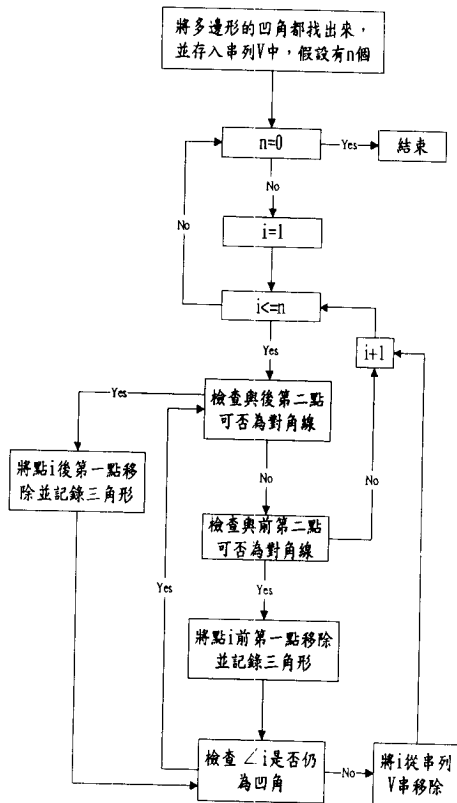
1. Gibbs, C. W., *Compressed Air and Gas Data*, Ingersoll-Rand, New York, 1971.
2. Gulf Publishing Company, *Compressor Handbook for the Hydrocarbon Processing Industries: Selected from the pages of Hydrocarbon Processing Book Division*, Tex., Houston, 1979.
3. Huang, Yuan, Mao, 1995, "Analysis of the Roto-Cooler Air Conditioning System," *International J. of Refrigeration*, Vol. 18, No. 6, pp.367-372
4. Jean-Daniel Boissonnat, *Algorithmic Geometry*, Cambridge University Press, 1998 (Chapter 12 : Triangulation in Dimension 2)
5. Kenneth L. Clarkson, Robert E Tarjan, and Christopher J. Van Wyk. "A Fast Las Vegas Algorithm for Triangulating a Simple polygon". *Discrete Computer Geometry*, Vol. 4, 1989, pp.423-432.
6. Kragelsky, I. V. and Alsin, V. V., *Friction, Wear, Lubrication: Tribology Handbook*, Vol. 1, Mir Publishers, Moscow, 1981.
7. Kragelsky, I. V. and Alsin, V. V., *Friction, Wear, Lubrication: Tribology Handbook*, Vol. 2, Mir Publishers, Moscow, 1981.
8. Mark de Berg, Marc van Kreveld and Mark Overbeers. *Computational Geometry Algorithms and Applications*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 1997. (Chapter 3: Polygon Triangulation.)
9. Nakajima, Nobuyuki, 1990, "New Rotary- type Continuous Variable Capacity for Automotive Air Conditioners," Warrendale, PA, USA, pp.1-9
10. William, W. C. and William, N. J., *Refrigeration and Air Conditioning Technology: Concepts, Procedures, and Troubleshooting Techniques*, Delmar Publishers, Albany, 1995.
11. 汪文喜，*滑動葉片旋轉式壓縮機之葉片研究*，國立台灣大學機械工程學研究所碩士論文，民國八十八年。
12. 余昱暄 主編，"壓縮機專輯"，*機械月刊*，第二十一卷第五期，民國八十四年五月號。
13. 葉怡成，*應用類神經網路*，儒林書局，民國八十六年。
14. 劉致宏，*物件排序法則及應用*，國立臺灣大學機械工程學研究所，碩士論文，中華民國 86 年 6 月



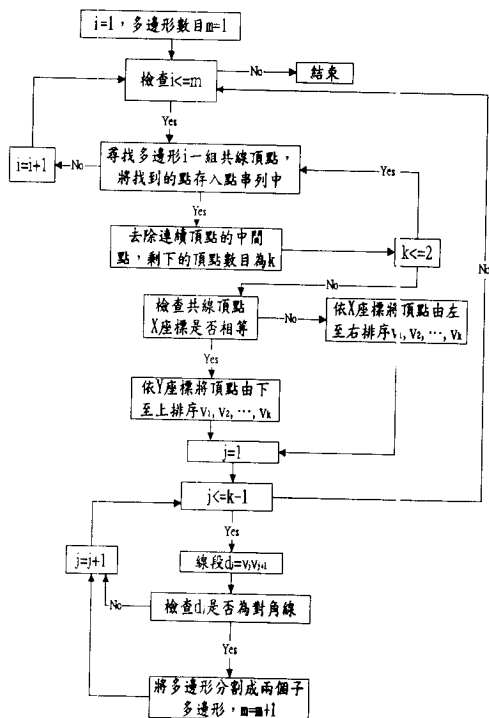
圖一 壓縮機實驗配置圖



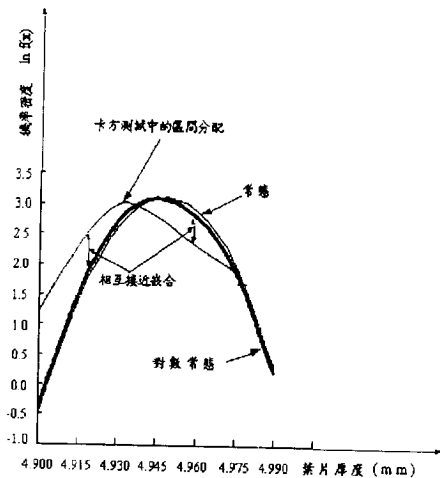
圖二 功率、效率與轉速的關係圖



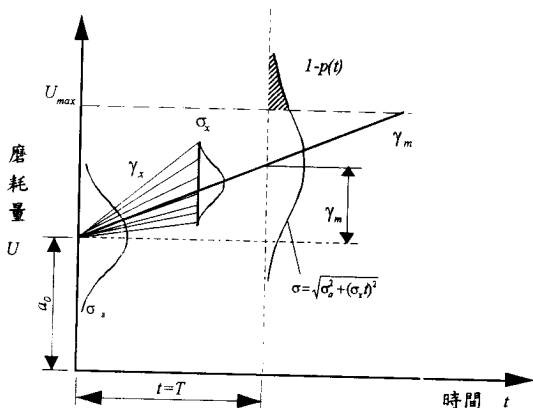
圖四 多邊形去凹角的三角化流程圖



圖三 頂點共線時三角化的流程圖

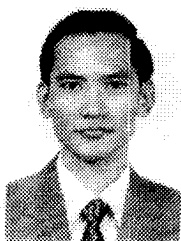


圖五 嵌合測試曲線圖



圖六 磨耗過程的可靠度評估圖

作者簡介



黃元茂

國立台灣大學機械工程學系教授

美國普渡大學機械工程學博士

專長：壓縮機、車輛及零件產品之
研發與設計

電話：(02) 8369-1791

傳真：(02) 2363-1755

※可能使用此成果之相關廠商：

瑞智、復盛、東元、大同、東正
三洋與大連