

[illegible]

執行期間： 90 年 8 月 1 日至 91 年 7 月 31 日

計畫參與人員：楊盛安、利建良、張耀仁

☐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

中 華 民 國 91 年 10 月 31 日

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

旋轉式壓縮機設計參數之最佳化

Optimization of Design Parameters for The Rotary Compressor

計畫編號：NSC 90-2212-E-002-168

執行期限：90年8月1日至91年7月31日

主持人：黃元茂 國立台灣大學機械工程學研究所

共同主持人：

計畫參與人員：楊盛安、利建良、張耀仁

一、中文摘要

本文利用最佳化設計方法之一的遺傳演算法，將滑動式葉片旋轉式壓縮機之機械效率最佳化，研究族群大小值、突變率及交配率與各設計變數間之關係，並求得最佳定子內壁長軸長度與短軸長度、氣體入口與出口位置、葉片厚度、深度與高度、轉子轉速、多變指數與機械效率。機械效率由原設計之 0.5 增至 0.55。

關鍵詞：壓縮機、滑動葉片、最佳化設計、遺傳演算法

Abstract

This study presents the optimum design of a sliding vane rotary compressor for mechanical efficiency by using the genetic algorithms. effects of the population size, mutation rate and crossover rate of the genetic algorithms on design parameters including the elliptical major axis length, minor axis length, angular locations of inlet and outlet ports, thickness, depth and height of vanes, rotor rotational speed, polytropic exponent and mechanical efficiency are determined. The mechanical efficiency of the compressor increases to 0.55 from 0.5 of the existing design.

Keywords: Compressor, rotary vane, optimization, genetic algorithms

二、緣由與目的

壓縮機(Compressor)是產業機械最重要的項目之一，由小家電產品至整個工廠之加壓氣體系統皆需使用到壓縮機，市場潛力大，所以經濟部將其列為重點發展項目之一。滑動葉片旋轉式壓縮機因具有零件少、體積小、重量輕與成本低之優點，受到青睞。它可用於車輛空調、真空泵及氣體壓縮等裝置。

本計畫研究滑動葉片旋轉式壓縮機之最佳化，外殼的內輪廓為橢圓型，其內有轉子，轉子上有切槽，葉片置於切槽中，轉子轉動帶動葉片轉動，並於切槽內滑動，同時帶動流體進入葉片所夾之空間，經由流體體積之變化，而達到壓縮流體之目的，利用出入口位置左右上下對角對稱的設計，如圖 1 所示，可得轉子旋轉一週有兩次壓縮作用之效果，因此，相同流量之壓縮機的體積可以相對減少很多。提昇滑動葉片旋轉式壓縮機的效率，最直接的方式就是要改善造成整體效率低的原因，故應先求得整體結構最佳化之設計。因此本文將利用最佳化設計(Optimal Design)方法之一的遺傳演算法(Genetic Algorithms)，對壓縮機的整體結構之參數作最佳化設計，此組參數最佳值即可提供一較高效率之壓縮機。

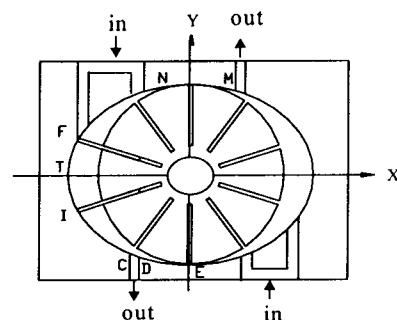


圖 1 壓縮機示意圖

三、研究方法

透過遺傳演算法優越的求解能力，得多變數的最佳化解，大體上可分成四個步驟，第一個步驟：利用結構幾何關係，配合熱力分析及各種相關理論，推導出以壓縮機各元件幾何尺寸關係為變數的整體效率作為目標函數 (Objective Function)；第二個步驟：根據壓縮機各元件材料的強度和幾何尺寸，配合其本身承受各種負載的情形，求出各種可能的限制條件 (Restricted Condition)；第三個步驟：將整體效率的目標函數與所有限制條件彙整，並先以懲罰函數法 (Penalty Function Method) 將含有限制條件的目標函數轉換成無限制條件的目標函數，然後再進一步利用遺傳演算法的理論架構，求出當目標函數為最佳值時的各變數之最佳值。第四個步驟：利用不同的族群大小，交配率及突變率，將結構的幾何尺寸與機械效率進行比較。

四、結果與討論

本文先以 Gen and Cheng (1997) 中之 Himmelblau' s 函數，及 Reklaitis 等 (1995) 之資料驗證遺傳演算法執行的正確性，並觀察遺傳演算法求解之情形。然後將壓縮機整體結構尺寸最佳化，以求得最佳之機械效率，其操作狀態如表 1 所示。

表 1 基本操作狀態

大氣溫度	300.22K
大氣壓力	101.3kpa (14.7psi)
相對濕度	25 %

在求解的過程中，為了使演算法得到較佳的結果，必須選擇理想的遺傳演算參數。當族群大小值為 400 及交配率為 1.0，但突變率為不同值下，運算十次得橢圓長軸長度 $2a$ 、橢圓短軸長度 $2b$ 、葉片厚度 T_v 、葉片深度 D_e 、葉片高度 h 、機械效率 η 、轉子轉速 ω 、多變指數 n 與氣體之出入口位置 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_6 之平均值，其結果如圖

2 至 13 所示。當突變率為 0.01 時，設計變數與目標函數最佳化的效果最好。當族群大小值為 400，突變率為 0.01 時，交配率對結果的影響如圖 14 至 25 所示。當交配率之值為 1.0 時，其變數最佳解最令人滿意。當突變率為 0.01，交配率為 1.0，族群大小對結果的影響如圖 26 至 37 所示。而在族群大小值為 400 時，效率最佳化的結果令人相當滿意。故當突變率為 0.01，族群大小值為 400，交配率為 1.0 時，此壓縮機之機械效率最佳化的結果可由黃(1995)的單變數分析所得之 0.5 增加為 0.55。

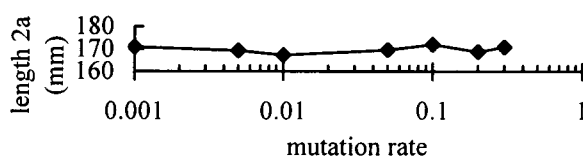


圖 2 橢圓最佳化長軸長度 $2a$ 與突變率之關係

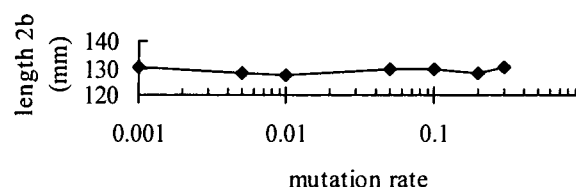


圖 3 橢圓最佳化短軸長度 $2b$ 與突變率之關係

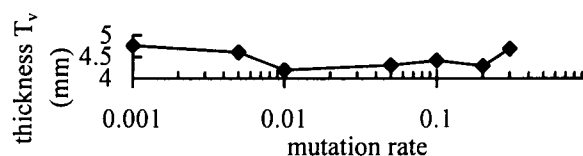


圖 4 葉片最佳化厚度 T_v 與突變率之關係

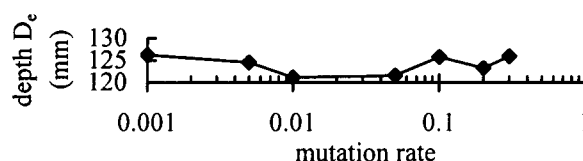


圖 5 轉子最佳化深度 D_e 與突變率之關係

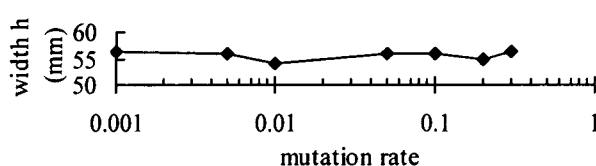


圖 6 最佳化葉片高度 h 與突變率之關係

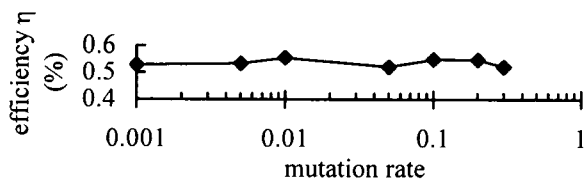


圖 7 最佳化效率 η 與突變率之關係

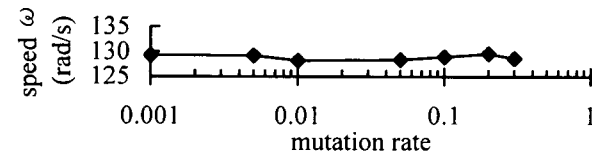


圖 8 最佳化轉子轉速 ω 與突變率之關係

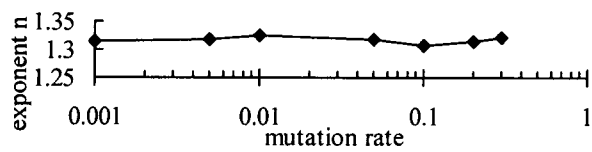


圖 9 最佳化多變指數 n 與突變率之關係

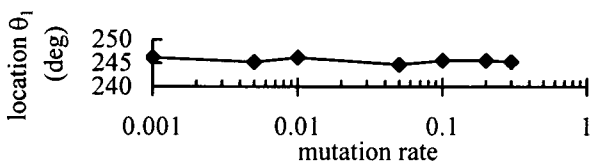


圖 10 最佳化氣體出口後端與突變率之關係

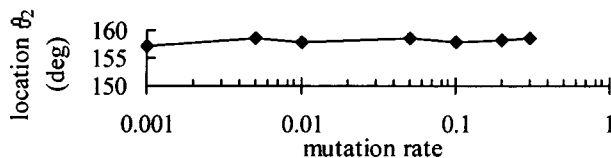


圖 11 最佳化氣體入口前端與突變率之關係

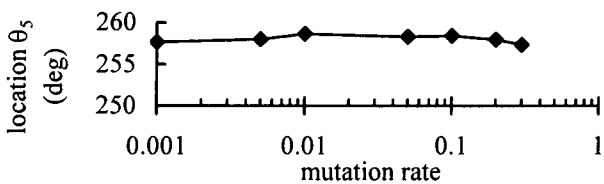


圖 12 最佳化氣體出口前端與突變率之關係

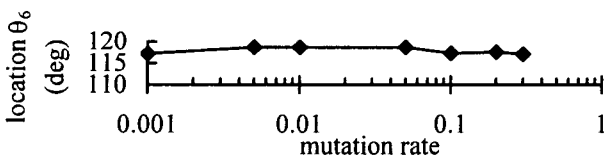


圖 13 最佳化氣體入口後端與突變率之關係

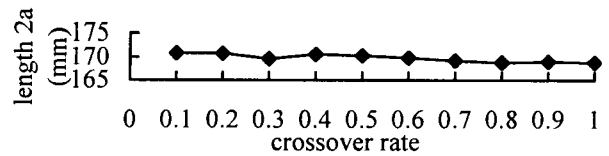


圖 14 橢圓最佳化長軸長度 $2a$ 與交配率之關係

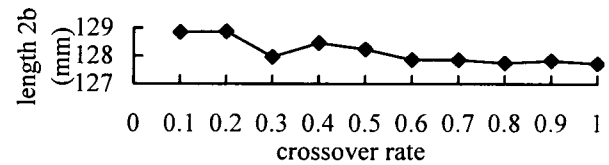


圖 15 橢圓最佳化短軸長度 $2b$ 與交配率之關係

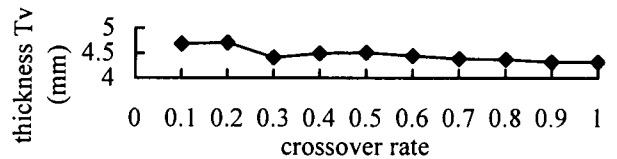


圖 16 葉片最佳化厚度 T_v 與交配率之關係

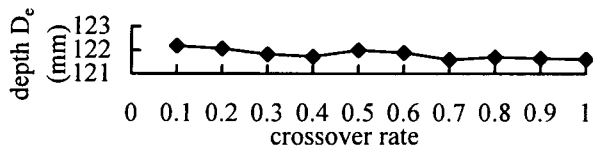


圖 17 轉子最佳化深度 D_e 與交配率之關係

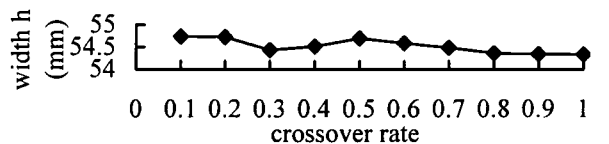


圖 18 最佳化葉片高度 h 與交配率之關係

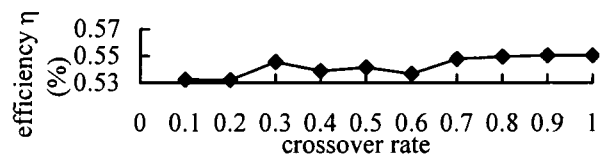


圖 19 最佳化效率 η 與交配率之關係

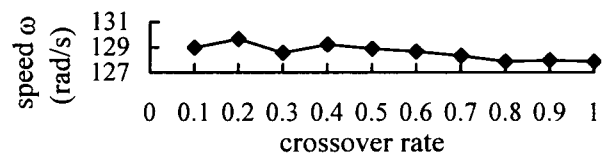


圖 20 最佳化轉子轉速 ω 與交配率之關係

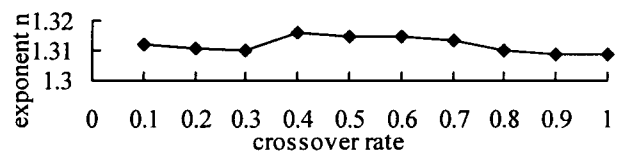


圖 21 最佳化多變指數 n 與交配率之關係

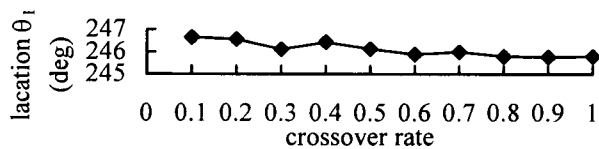


圖 22 最佳化氣體出口後端與交配率之關係

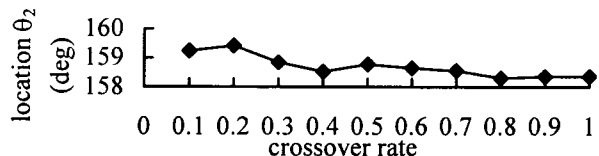


圖 23 最佳化氣體入口前端與交配率之關係

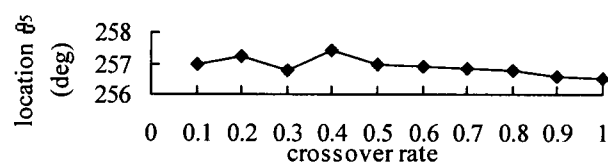


圖 24 最佳化氣體出口前端與交配率之關係

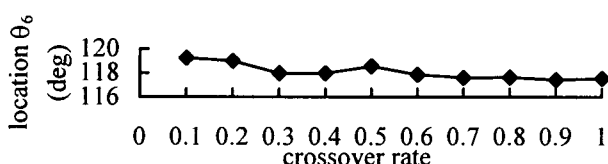


圖 25 最佳化氣體入口後端與交配率之關係

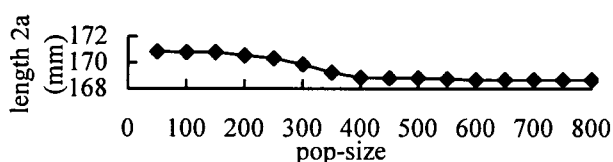


圖 26 橢圓最佳化長軸長度 2a 與族群大小之關係

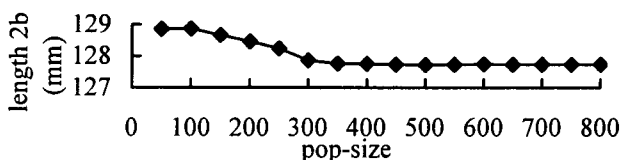


圖 27 橢圓最佳化短軸長度 2b 與族群大小之關係

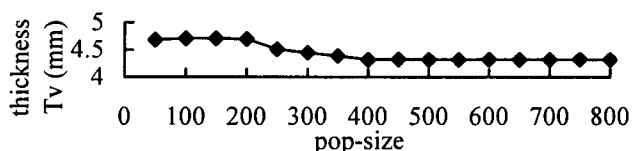


圖 28 葉片最佳化厚度 T_v 與族群大小之關係

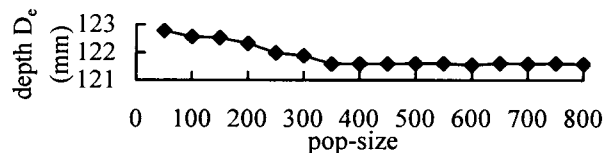


圖 29 轉子最佳化深度 D_e 與族群大小之關係

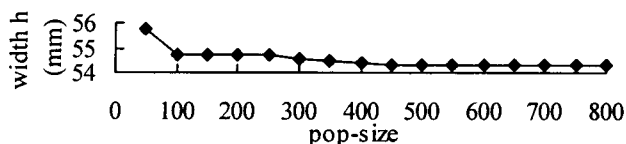


圖 30 最佳化葉片高度 h 與族群大小之關係

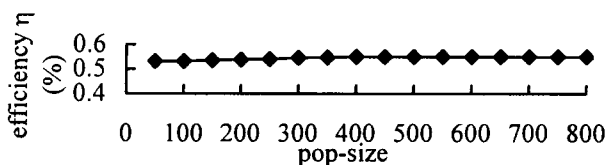


圖 31 最佳化效率 η 與族群大小之關係

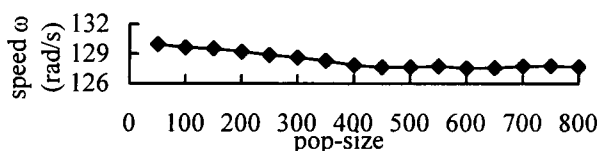


圖 32 最佳化轉子轉速 ω 與族群大小之關係

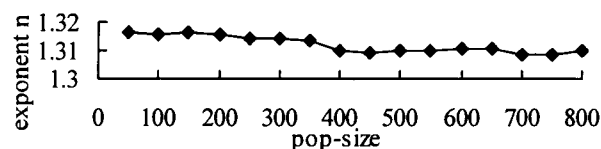


圖 33 最佳化多變指數 n 與族群大小之關係

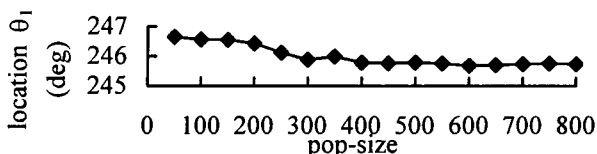


圖 34 最佳化氣體出口後端與族群大小之關係

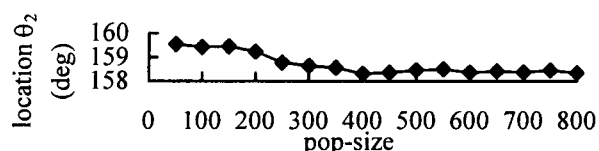


圖 35 最佳化氣體入口前端與族群大小之關係

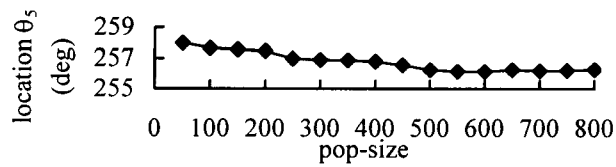


圖 36 最佳化氣體出口前端與族群大小之關係

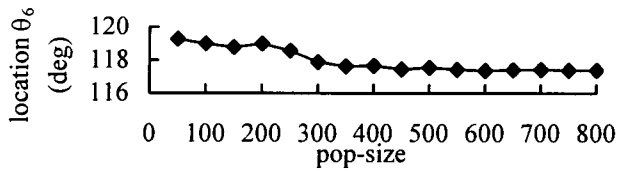


圖 37 最佳化氣體入口後端與族群大小之關係

五、誌謝

感謝國科會之研究經費補助，此計畫得以完成。

六、參考文獻

- [1] Gen, M., and Cheng, R., 1997, "Genetic Algorithms and Engineering Design," Ashikaga Institute of Technology, Ashikaga Japan.
- [2] Reklaitis, G. V., Ravindran, A., and Ragsdell, K. M., 1995, "Engineering Optimization Method and Applications," John Wiley & Sons, Inc.
- [3] Huang, Y. M., 1995, "Analysis of the Rotor-Cooler Air-Conditioning System," International Journal of Refrigeration, Vol. 20, No. 1, pp. 55-62.