

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

總計畫：高效率冷氣系統對變化負載之研發（Ⅲ）

子計畫二：新冷媒凝結器凝熱傳加強研究（Ⅲ）

計畫編號：NSC-87-2212-E-009-032

執行期限：86年8月1日至87年7月31日

主持人：盧定昶 交通大學機械系 教授

一、中文摘要

本計畫選擇七個凸型百葉窗型及七個波浪型鰭片凝結器分別進行熱傳與壓降分析。凝結器是在相同的管徑與鰭片厚度及縱、橫向管距，不同的管排數與鰭片節距下進行測試分析。測試的結果以熱傳 j 因子及摩擦因子 f 相對雷諾數 Re_{D_c} 的變化來表示，雷諾數中的特性長度是取管外徑加上兩倍鰭片厚度做為計算的基礎，雷諾數範圍則取 300 至 8,000 之間。

本計畫除了直接以 j 與 f 因子比較鰭片的性能外，亦使用多種以凝結器面積或體積的觀點，來做鰭片間的性能比較。比較的結果以凸形百葉窗型鰭片的性能比波浪型鰭片高，唯一例外的是在低雷諾數、管排數 4 排、鰭片節距為 1.21 mm 的凸形百葉窗型鰭片，造成其熱傳性能降低的主要原因是低雷諾數時，鰭片波形角掩蔽區域內的氣流無法排放至主流，導致熱邊界層受到抑制，無法充分發展。

根據本實驗所得鰭片空氣側之 j 、 f 因子，經多重線性迴歸方法分別求得凸形百葉窗型與波浪型鰭片的 j 與 f 因子的經驗式，可做為小型空調

機凝結器尺度率輔助設計程式中所需要的熱傳與壓降係數。藉由本計畫所發展的電腦輔助設計程式，於程式執行時鍵入凝結器鰭管型式與參數、額定熱傳量，然後設定空氣側的壓力降範圍，藉由輔助設計程式的演算，可求得其所需要的熱傳面積及最佳的凝結器尺寸大小。

關鍵詞：凝結器，凸型百葉窗型鰭片

Abstract

In this research report, seven convex-louver fin condensers and seven wavy fin condensers with identical tube diameter (D_o)、longitudinal and transverse tube pitch (F_p) were tested and analyzed for the heat transfer and pressure drop characteristics. Results are presented with the Colburn j factor and Fanning factor f against Reynolds number (Re_{D_c}) base on the tube collar (D_c) in the range of 300 to 8,000.

This study compare not only the performance of the j and f factors but also the performance of area and

volume. The results show that the performance of convex-louver fin is higher than that of wavy fin with the expectation that for the case at lower Reynolds number with 4-row coils with $F_p = 1.21 \text{ mm}$ for convex-louver fin. The reason of j factor drops off is that a recirculation region will be established in the “sheltered” area formed by the apex angle of the chevron, and that the trapped fluid in the “sheltered” area often can not eject to the main stream at low Reynolds number so that the thermal boundary layer will not fully develop.

The correlations of j and f factor for convex-louver and wavy fin geometries are obtained for condenser sizing problems with the pattern and parameters of the heat exchanger and the rate of heat transfer and air side pressure drops, the program can give the heat transfer area and sizing of the condenser.

Keywords : condensers , convex-louver fins

二、計畫緣由與目的

冷凍空調中的冷凝器是重要的熱傳設備之一，其主要功能是將高溫工作流體的熱量排放至另外一側冷流體上，而其熱傳效率好壞，對整個系統設備的整體性能會有很大的影響。多年來，學術界及工程界一直致力研究如何增強冷凝器的熱傳性能，來提高整個系統設備的能源效率；另外也要求將冷凝器的尺寸縮小，以降低成

本，增加競爭力。

對於冷凍空調系統中的冷凝器型式，以鰭管式 (Fin-and-Tube) 冷凝器佔大多數，其中管內側的工作流體(如水或冷媒)，與大量流過鰭片側的空氣進行熱交換。通常管由銅材製成而鰭片由鋁材製成，但也有兩者皆用相同材料。就整個鰭管式冷凝器管內側部份而言，以增加熱傳面積、提高單位面積熱傳量為考慮條件，如熱傳管技術由星條管以至微鰭管和特殊增熱增強管等；另外，就管外空氣側的鰭片部份，對於冷凝器效率的影響來講，因為鰭片面積遠大於管內側之面積，所以熱傳遞面積的多寡便為其主要效率影響的因素，因此改變鰭片種類以增加熱交換面積的方法普遍被業者採用。從早期的平板型 (Plate fin) 鰭片至波浪型 (Wavy fin)、百葉窗型 (Louver fin)，以至最近幾年來發展的凸形百葉窗型 (Convex louver) 鰭片等，使冷凝器的體積更小、效率更高。這些製造技術雖已成熟，但對其熱傳及壓降方面的資料，仍嫌不足。

在使用數值分析 (Numerical analysis) 方法來模擬百葉窗型鰭片的熱傳特性有：1989 年的 Akoi et al. 【1】、1990 年的 Kazuhiko et al. 【2】及 1992 年 Sahnoun and Webb 【3】等人。Sahnoun and Webb 針對以往數值分析的缺點如忽略鰭片中非百葉窗區域與管側的熱傳效應，而做出一新的解析模式 (Analysis model) 來預估熱傳及壓降的特性。

Hitachi Cable ,Ltd. 【4】在 1984 年率先使用凸形百葉窗鰭片於熱交換器上；Hatada and Senshu 【5】 1984 年亦發表凸形百葉窗型鰭片熱交換器性

能，並指出熱傳係數高出百葉窗型平板鰭片 (Louverd plate fin) 14% 之多。雖然凸形百葉窗型鰭片的發展已有十餘年，但公開的文獻資料仍嫌不足，Hadata et al.【6】1989 年則首度發表凸形百葉窗型鰭片的實驗資料，惟其數據僅於單排管，實驗數據顯示 j 因子高過平板型鰭片 2.8 倍， f 因子則為其 2.3 倍。1996 年 C.C.Wang et al.【7】實驗指出凸形百葉窗型鰭片，在雷諾數範圍低於 1,000 時，管排數對 j 因子有少許的影響，另外也顯示管排數對 f 因子的影響則可忽略。

限於國內廠商產製的凸形百葉窗型鰭片僅有一家，且因製程的關係，鰭片可控制的幾何參數僅有二個，即鰭片節距 F_p 及管排數 N ，其他參數皆為固定。因此本計畫即以這二個參數組合七種不同鰭片節距及管排數的凸形百葉窗型鰭片冷凝器，再搭配另外七個同樣組合的波浪型鰭片冷凝器做熱流性能的比較，以茲做為爾後設計冷凝器之參考。

三、研究方法

一般而言，鰭管式冷凝器的工作流體為空氣對水或空氣對冷媒。由於空氣側的熱傳與壓降特性比較不受管內工作冷媒的影響，因此為了取得較佳的管內控制條件，本實驗進行時在管內側採用熱水為工作流體。本研究的實驗設備可分為四大部份：一為風洞，用來測試冷凝器空氣側的熱流性質；二測試品，有十四個不同鰭片節距或管排數的冷凝器組合；三為熱水循環系統，提供管內側所需的熱水；四為資料蒐集系統。

四、結果與討論

- (1).在雷諾數大於 1,200 時，凸形百葉窗型與波浪型鰭片的 j 因子有集中的現象；當雷諾數小於 1,200 時，其兩者的 j 因子分佈較為分散，這情形為低雷諾數時，管排數與鰭片節距對 j 因子影響較大。
- (2).管排數的效應對於凸形百葉窗型與波浪型鰭片的 f 因子幾乎沒有影響。
- (3).在不同的管排數下，鰭片節距為 2.54mm 時對凸形百葉窗型與波浪型鰭片熱傳係數的因子影響非常小；但鰭片節距為 1.21mm，當雷諾數小於 2,000 時， j 因子隨著管排數的增加而減小，而在雷諾數大於 2,000 以上時，則鰭片節距的大小對 j 因子的影響逐漸減少，這是因為管排的效應已經開始對通過冷凝器的氣流產生影響，導致氣流之旋渦消散，因而使得鰭片節距的效應對因子影響減少，如附圖 1.所示。
- (4).根據實驗所得鰭片空氣側之 j 、 f 因子，經多重線性迴歸方法分別求得凸形百葉窗型與波浪型鰭片的 j 與 f 因子的經驗式，可做為小型空調機尺度率輔助設計程式中所需的熱傳與壓降係數。藉由本計畫所發展的電腦輔助設計程式，於程式執行時鍵入冷凝器鰭管型式與參數、額定熱傳量，然後設定空氣側的壓力降範圍，藉由輔助設計程式的演算去求得其所需的熱傳面積及最佳的冷凝器大小，如附圖 2.的例子說明。

