

藉由消毒水循環進行洗滌消毒與熱交換之固定式空氣熱交換器之研發

李志良

德霖技術學院機械工程系

摘要

本研究之空氣熱交換器，為使用於醫療院所空調之節能設備，使進排出之空氣能經過消毒水之簡易殺菌過程，且透過循環流動的消毒水做為熱交換介質，成為固定式空氣熱交換器，以替代成本較貴的旋轉式滾輪熱交換器。本研究具洗滌與消毒功能之固定式空氣熱交換器之動作原理，以固定的蜂巢板將兩側流體分成供應新鮮空氣區與廢氣排出區，此兩側流體透過消毒水溶液的循環，將空氣中的熱能在不同分隔區間迴轉作為熱能交換的媒介。夏日戶外高溫氣體將熱能傳至蜂巢板，經消毒水的循環再將熱能傳給室內回氣後由廢氣排出，而進入室內之新鮮空氣則得到降溫的熱交換以及能源回收的效果。目前空調用之傳統空氣熱交換器多為旋轉式之滾輪，其製造成本較高，而本研究之空氣熱交換器，藉由消毒水的循環，以期達到具有洗滌與消毒進排空氣之功能，同時有能源回收與降低成本的效果。

關鍵字：固定式、空氣熱交換器、旋轉式

The Development of a Fixed Type Air Heat Exchanger with Washing and Disinfection Function by Using Circulated Disinfectant Water

Chi-Liang Lee

Department of Mechanical Engineering, De-Lin Institute of Technology

Abstract

This study investigates a fixed type air heat exchanger. The separator divides the honey-comb plate into the exhaust and the supply zones. In other words, supply and exhaust air flow alternately through the honey-comb plate in opposite direction. Almost all the heat passing through the supply zone is absorbed into the plate. The honey-comb plate accumulates the heat by circular disinfectant solution and transfer the heat to the air of the exhaust zone on the other side. Thus, the exhaust air is taken to the return air and the supply air is into the outdoor air while the heat is fully transferred to the exhaust air. It can be said, therefore, that the function of this heat exchanger is to supply the fresh air after bringing it close to the room air condition when there is a difference in temperature, and thus save energy. The traditional air heat exchanger is rotary type that is expensive for the rotor. In this study, the fixed type air heat exchanger with washing and disinfection function by using circulated disinfectant water is developed. At final purpose, in the hope of getting the result is saved energy and lower costs for air heat exchanger.

Keywords : Fixed type, Air heat exchanger, Rotary type

一、前言

隨著科技的進步與發展，居住環境愈來愈講求溫濕度的舒適，因此，一般住家、辦公大樓以及醫院之空調系統不僅要求通風順暢，室內空氣品質 (Indoor Air Quality, IAQ) 也倍受重視。由於現代建築物多採密閉空間設計，並使用大量非自然的裝潢材料，雖可隔絕噪音、濕氣、灰塵、蚊蟲侵入，但室內容易累積裝潢材料所釋出的有機溶劑氣體或其他有毒物質，因此容易讓人感到不舒服，造成頭昏、頭痛、注意力不集中、工作效率降低等病態建築症候群 (sick building syndrome, SBS) 的現象，嚴重者甚至因而感染支氣管炎、過敏或呼吸道疾病。此外像 SARS 流行與和平醫院封院事件期間，更凸顯醫院空調系統排出空氣之安全問題。為解決前述問題，目前密閉空間的空調系統均會引進外界的新鮮空氣，同時排出部份室內空氣，藉以提供密閉空間足夠的換氣量。由於室內空氣受空調系統調節，因此室內空氣的溫度與外界空氣不同，如直接將外界空氣引入室內，勢必提高空調系統的負荷。因此，除了裝設空調系統之外，亦會裝設空氣熱交換器，利用排出的室內空氣與引入的新鮮空氣進行熱能的回收，空調設備中的空氣熱交換器便擔任此一任務。

本研究便是要研發製作一種具有洗滌與消毒功能之空氣熱交換器，係於機體內設置固定直立式蜂巢體，併排設置做為第一交換單元與第二交換單元，分別讓室內與室外空氣流過，而機體底部設置可填裝消毒溶液之槽體，並於機體底部之二側設置泵浦，用以抽取槽體內之消毒溶液至另一側蜂巢體之頂端，藉此將消毒溶液澆淋於蜂巢體，並由溶液與蜂巢體儲存流經空氣之冷或熱能，藉由溶液的交互循環除可達到空氣熱交換之目的，同時亦可對空氣進行洗滌與消毒的效果，以針對醫院及大型劇院做為空氣調節之節能設備。本研究之空氣熱交換器構造簡單，不僅易於保養與維修，並可大幅降低製造成本，此外，可對欲進行交換之空氣進行消毒殺菌，藉此提供不受污染之空氣進行交換，不僅可避免外界不潔淨之氣體進入室內空間，亦可防止如醫院內之病菌或其他污染源隨空氣排至外界而造成危害，再者，將熱能傳導改為水溶液循環來取代，使空氣與消毒溶液直接接觸而達到熱交換效果，為一低製造成本之熱能回收空調設備。

目前傳統之空氣熱交換器為旋轉式滾輪，但是其造價太高，設計一個旋轉式熱交換器時需要考量的參數很多，例如滾輪的外形尺寸及其旋轉的速度，熱交換交叉流體的質量與熱容流率及正向截面積大小，還有滾輪基體在各方向的熱傳導性的影響等，都直接影響到旋轉式熱交換器的熱效率。有關旋轉式熱交換器的相關研究可以參考 Kay and London [1] 所著的 "Compact Heat Exchangers" 一書，還有許多不同的研究學者針對旋轉式熱交換器之研究發表了不少的著述 [2-5]，而其中以 Lamberston [3]，及 Bahnke and Howard [5] 提出較完整的數值解，以有限差分法來解旋轉式熱交換器於有限轉速及有限縱向熱傳導的穩態操作情形。又 Holmbert [6,7] 則再利用 Gauss-Seidel 的疊代方法來解旋轉式熱交換器於滾輪基體覆著除濕劑與沒有覆著除濕劑的熱與質傳問題，並將其結果應用於固體除濕冷卻空調系統之中。而 Van Leersum and Ambrose [8] 以及 Lai, Shih and Chuah [9] 更將其熱與質傳問題做出實驗數據與有限差分的數值解做比較，來相互驗證研究結果的正確性。至於其他的相關研究亦有 Li [10] 的研究來解熱交換器中流體與滾輪基體的溫度分佈情形，以及 Skeipko [11] 利用分離變數法來解能量方程式以求得滾輪基體在考慮縱向熱傳導的影響。另 Attia and D'Silva's [12] 更將滾輪基體圓周向的熱傳導加入數學模式中，但是仍僅止於二維的研究，故 Hong [13] 提出了一完整的三維分析研究，包括了滾輪基體縱向、圓周向及徑向三個方向的熱傳導性，同時亦將三維的溫度分佈場繪出，而滾輪的幾何形狀對熱效率

的影響亦在研究之中。另為瞭解旋轉式熱交換器於運轉操作中，兩交叉流體的質量與熱容流率與所通過的截面積比對熱效率的影響，Lee [14]以數值模擬方式做出相關研究。

本研究為國科會產學合作計畫補助執行，合作廠商之公司負責人林文鋒先生，從事空氣熱交換器研發、生產製造及銷售安裝等工作已三十多年，林先生累積多年經驗曾於電機月刊針對蜂巢式除濕輪的除濕機發表文章[15]，推廣除濕輪空調系統。本研究所要研發的具洗滌與消毒功能之固定式空氣熱交換器，經合作廠商表示業界並無此類產品，基於製造成本的降低與上述之各項優點，所以非常值得開發。

二、 研究內容

2.1 設計原理

下圖圖 1 為固定式空氣熱交換器中之蜂巢體的熱交換示意圖，室內空氣由回風入口(RA)進入，通過了利用水循環在蜂巢體裡頭做熱交換的機組，室內空氣經由水把冷能抓下後排至室外空氣的排風入口(EA)。而室外空氣則經由另一個外氣入口(OA)吸入，經由上方帶有冷能的水在蜂巢體裡頭進行熱交換，將室外空氣冷卻後由冷風入口(SA)排至室內屋中。而流到下水盤裡頭的水再由水泵打至上方的蜂巢體重複循環做熱交換的動作。

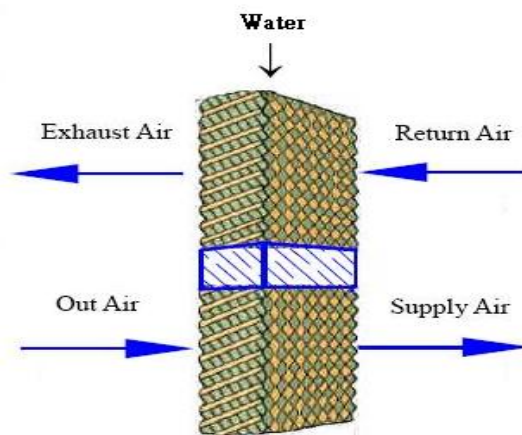


圖 1 熱交換蜂巢體熱交換示意圖

目前傳統之空氣熱交換器為旋轉式滾輪，但是其造價太高，固定式空氣熱交換器與旋轉式熱交換器比較之優點如下：

- 1.不需連續轉動熱交換輪，熱能傳導由水溶液(消毒水)的循環取代。
- 2.不需提供轉動熱交換輪之動力，沒有氣封板磨損之問題，沒有驅動減速機皮帶滑動之問題，沒有進排氣洩露之問題。
- 3.由於蜂巢體不需轉動，潛熱轉換顯熱幾乎相等，沒有蓄熱移行致熱能損耗的問題，因此可增加熱能回收。
- 4.空氣與水溶液直接接觸，是所有各種型式熱交換器熱交換效率最高的。
- 5.有效簡化構件，使整體構造簡單，除降低製造成本之外，其後續維修費用亦可減少。
- 6.消毒液使進排空氣具洗滌清淨殺菌作用。
- 7.加入不凍液時，可用於冬季熱回收。

2.2 原型機構造

本研究主要目的在研發製作具有洗滌與消毒功能之空氣熱交換器，其中主要機體分為兩側；將蜂巢體置於機體內做為熱交換媒介；另於機體底部空間做為填裝消毒溶液之槽體；分別有兩台泵浦位於機體底部之兩側，用以抽取槽體內之消毒溶液至蜂巢體之頂端，以將消毒溶液澆淋於蜂巢體；位於機體內一側之交換單元驅使室內(外)空氣流經蜂巢體；而另一側之交換單元則驅使室外(內)空氣流經蜂巢體。此外設有區段隔板位於蜂巢體之間用以分隔蜂巢體，其中區段隔板可由至少一平板及至少一蜂巢板交疊而成，且區段隔板可由陶瓷纖維材料及璃纖維材料所製成。在交換單元中之風車用以吸取空氣；濾網用以濾除空氣中之浮游粉塵；另有擋板位於蜂巢體與風車之間，用以防止澆淋於蜂巢體之消毒溶液飛濺。本熱交換器構造簡單，不僅維修方便，並可大幅降低製造成本。下圖圖 2 為固定式空氣熱交換器之蜂巢體圖示；分別將裁好的蜂巢板依照設計圖一片片組合起來置入於水盤中，在將風車依設計圖安裝定位。最後將壓克力板組裝於外殼，以便觀看裡面水流的情形和方便量測，下圖圖 3 為固定式空氣熱交換器之測試原型機。



圖 2 固定式空氣熱交換器之蜂巢體圖示

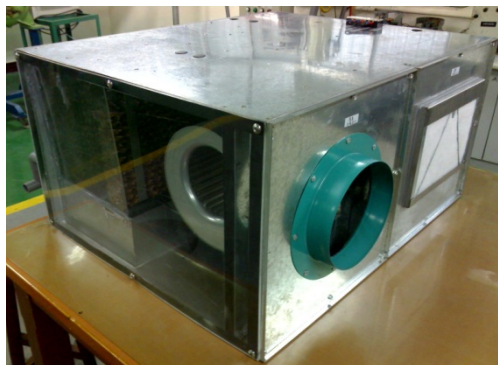


圖 3 固定式空氣熱交換器測試原型機

三、 結果與討論

本研究之實驗測試則是使用封閉的風管將冷氣機與回風入口連接，利用冷氣機來控制室內空氣的溫度，藉由控制風車的風量和水的流量來進行實驗，在利用溫度測定儀來量測各出入風口的溫度。圖 4 中為實驗系統架構圖，將熱交換器主體之四個風口—回風入口(RA: Return Air)、

排氣出口(EA: Exhaust Air)、外氣入口(OA: Out Air)、冷風出口(SA: Supply Air)，分別連接上四個保溫軟管，其中 OA 及 EA 之軟管將直接連接至室外，而 RA 以風管與冷氣機(製造冷氣用)連接，SA 則直接排至室內，但基於實驗系統中各個流道之空氣不應混雜之原則，目前設定為各風口之距離至少為 2 m。實驗系統之感測器使用 4 只 EE-16 溫濕度感測器及 2 只 PT-100Ω 溫度感測器進行實驗之溫度的量測，其中 EE-16 溫濕度感測器裝配在保溫軟管上以量測四個風道的溫度數據，而 PT-100Ω 溫度感測器則是連接至機械內部以測量兩個水盤之溫度。

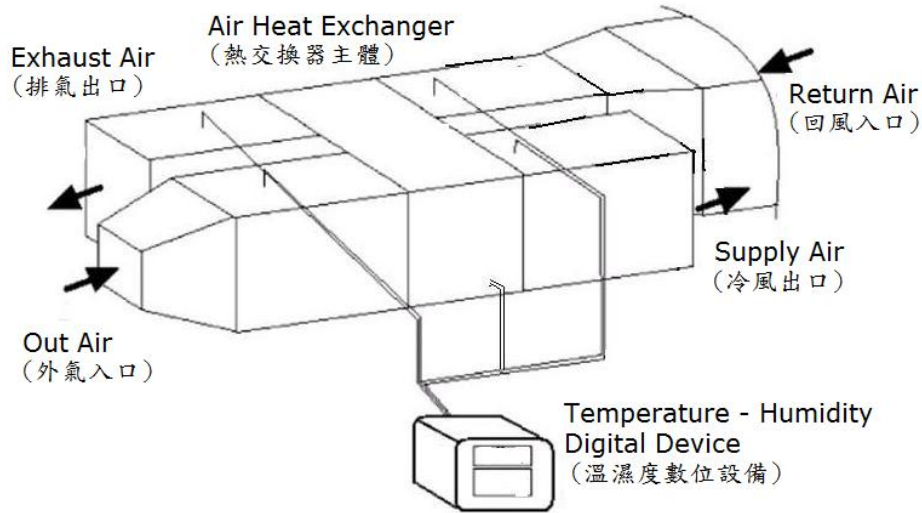


圖 4. 實驗系統架構圖

將實驗數據記錄，並繪製成圖 5 之風量與進出口溫度圖以利分析。當實驗條件風量設定為 1800CMH 時，所測得的溫度分別為(EA) 26.9°C、(RA) 25.5°C、(OA) 32.7°C、(SA) 28.5°C。我們可以看出室內空氣(RA)，經過蜂巢體之後，所排出之空氣(EA)有明顯的提升；而室外空氣(OA)，經過蜂巢體之後，所排出之空氣(SA)則有明顯的降低。經熱效率計算 $\eta=72.4\%$ ，證明本研究之空氣熱交換器能有效抓掉冷能，進行熱交換具熱回收的效果。

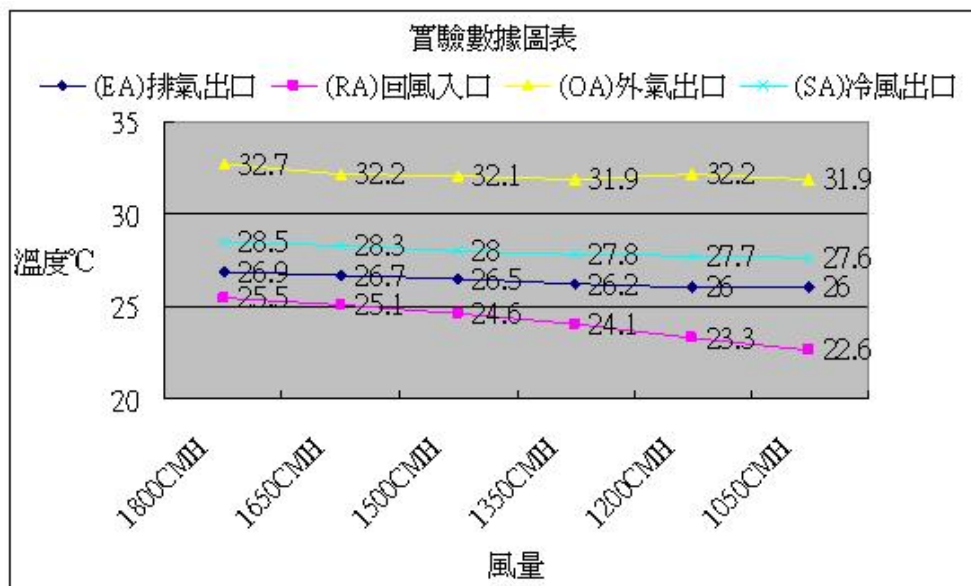


圖 5 風量與進出口溫度圖

實驗過程中由於噴淋嘴與蜂巢板接合間隙過大，導致出水流量不平均，使得洗滌效率降低，而循環水量不足導致熱回收效果變差。因此，設計時選用適當的噴嘴級管線口徑，改變噴淋嘴與蜂巢板間隙大小使兩者緊密接合，防止水花濺出，以免效率降低。下圖圖 6 為出水口與蜂巢板安裝配合圖示，經修改後已可得到較理想的實驗結果。



圖 6 出水口與蜂巢板安裝配合圖

四、 結論

本研究之固定式空氣熱交換器之構造簡單，不僅易於保養與維修，與傳統的旋轉式熱交換器比較可大幅降低製造成本。本研究藉由消毒水循環進行洗滌消毒與熱交換之固定式空氣熱交換器經由實驗證明有熱回收之效用，而且空氣經過水幕能有效阻擋懸浮微粒，以達到潔淨空氣之效能外；若透過循環流動的消毒水做為熱交換介質，經由簡易的消毒水殺菌過程，非常適合安裝於醫療院所來使用，至於消毒殺菌效果如何，則是本研究需進一步與相關專業學者探討的目標。

誌謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會之經費贊助，計畫編號 NSC98-2622-E-237-002-CC3，特此致謝。

參考文獻

1. Kays, W.M., and London, A.L. (1984), "Compact Heat Exchangers," 3rd Edn. McGraw-Hill, New York.
2. Coppage, J.E., and London, A.L. (1953), "The Periodic-Flow regenerator-A Summary of Design Theory," ASME Transactions, Vol.75, pp.779-787.
3. Lambertson, T.J. (1958), "Performance Factors of a Periodic-Flow Heat Exchanger," ASME Transactions, Vol.80, pp.586-592.
4. Schalkwijk, W.F. (1959), "A Simplified Regenerator Theory," ASME Journal of Engineering for Power, Vol.81, pp.142-150.
5. Bahnke, G.D., and Howard, C.P. (1964), "The Effect of Longitudinal Heat Conduction on

- Periodic-Flow Heat Exchanger Performance,” ASME Journal of Engineering for Power, Series A, Vol.86, pp.105-120.
6. Holmberg, R.B. (1977), “Heat and Mass Transfer in Rotary Heat Exchangers with Non-hygroscopic Materials,” ASME Journal of Heat Transfer, Vol.99, pp.196-202.
 7. Holmberg, R.B. (1979), “Combined Heat and Mass Transfer in Regenerators with Hygroscopic Materials,” ASME Journal of Heat Transfer, Vol.101, pp.205-210.
 8. Van Leersum, J.G., and Ambrose, C.W. (1981), “Comparisons Between Experiments and a Theoretical Model of Heat and Mass Transfer in Rotary Regenerators with Nonsorbing Matrices,” ASME Journal of Heat Transfer, Vol.103, pp.189-195.
 9. Lai, S.M., Shih, J.S. and Chuah, Y.K. (1989), “Computer Simulation and Performance Analysis of Rotary Desiccant Dehumidifier,” 6th National Conference on Mechanical Engineering, CSME.
 10. Li, C.H. (1983), “A Numerical Finite Difference Method for Performance Evaluation of a Periodic-Flow Heat Exchanger,” ASME Journal of Heat Transfer, Vol.105, pp.611-617.
 11. Skiepko, T. (1987), “The Effect of Matrix Longitudinal Heat Conduction on the Temperature Fields in the Rotary Heat Exchanger,” Int. J. Heat Mass Transfer, Vol.31, No.11, pp.2227-2238.
 12. Attia, M.H., and D’Silva, N.S. (1983), “On the Thermal Characteristics and Response Behavior of Residential Rotary Regenerative Heat Exchangers,” in Tabore, J., Hewitt, G.F., and Afgan, N. (ed.), HEAT EXCHANGERS: Theory and Practice, Hemisphere Publishing Co., Washington.
 13. Hong, J.Z. (1991), “The Thermal Characteristics of Rotary Heat Exchangers,” Thesis for Master of Science, Department of Mechanical Engineering, Tatung Institute of Technology.
 14. Lee, C.L. (1992), “The Optimal Analysis of Thermal Performance in Rotary Heat Exchanger,” Thesis for Master of Science, Department of Mechanical Engineering, Tatung Institute of Technology.
 15. 林文鋒(1999), “蜂巢式除濕機簡介”, 電機月刊第九卷第五期, pp. 151–158.

